

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI

PGS. TS. NGUYỄN QUANG TÁC (*Chủ biên*) - KS. BÙI VĂN DEO

ThS. NGUYỄN MAI HẠNH - ThS. LÊ MINH PHƯƠNG

# TRẮC ĐỊA



NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG



THƯ VIỆN  
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ





**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KIẾN TRÚC HÀ NỘI**  
**PGS. TS. NGUYỄN QUANG TẮC** (*Chủ biên*) - **KS. BÙI VĂN DEO**  
**ThS. NGUYỄN MAI HẠNH** - **ThS. LÊ MINH PHƯƠNG**

# TRẮC ĐỊA

(*In bổ sung*)

**NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG**

**HÀ NỘI - 2011**



THƯ VIỆN  
HUBT



THƯ VIỆN  
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ



## LỜI NÓI ĐẦU

*Giáo trình Trắc địa được xuất bản lần đầu vào năm 1998 và là tài liệu phục vụ cho việc dạy và học môn Trắc địa ở các trường đại học có đào tạo ngành kiến trúc, xây dựng cũng như ở một số trường thuộc khối kỹ thuật. Trong lần tái bản này, chúng tôi muốn sửa đổi, bổ sung một số nội dung để đáp ứng cho việc dạy và học theo hình thức tín chỉ (tài liệu do PGS.TS Nguyễn Quang Tác chủ biên). Giáo trình vẫn được biên soạn dựa theo chương trình khung của Bộ Giáo dục và Đào tạo nhằm thống nhất nội dung căn bản chung cho nhiều trường và sắp xếp các chương mục một cách hợp lý để thuận tiện cho việc dạy và học môn học này. Nội dung cuốn sách gồm bốn phần:*

- 1. Những kiến thức chung về Trắc địa;*
- 2. Các phương pháp và dụng cụ đo đạc cơ bản;*
- 3. Thành lập bản đồ tỷ lệ lớn;*
- 4. Ứng dụng Trắc địa trong xây dựng.*

*Những kiến thức cơ bản mang tính kinh điển trong từng phần vẫn được trình bày theo lý thuyết truyền thống. Còn lại, một số nội dung đã được thay đổi bổ sung để tăng tính hệ thống, đầy đủ và hiện đại. Nội dung cuốn sách trong lần tái bản này còn cập nhật những công nghệ và thiết bị đo đạc mới, hiện đại đang dần được thay thế cho những công nghệ và thiết bị cũ, lạc hậu.*

*Phần ứng dụng, chủ yếu trình bày những nội dung liên quan đến việc sử dụng bản đồ trong lĩnh vực kiến trúc quy hoạch cũng như các công tác trắc địa trong xây dựng dân dụng và công nghiệp. Tuy nhiên, đây cũng là những ứng dụng căn bản có thể dùng để tham khảo cho các ngành xây dựng cơ bản khác như giao thông, thủy lợi - thủy điện...*

*Ngoài mục đích phục vụ cho việc dạy và học, cuốn sách còn được dùng làm tài liệu tham khảo tốt cho cán bộ kỹ thuật, kỹ sư, kiến trúc sư, các nhà quản lý làm việc ở các viện nghiên cứu hoặc ở các đơn vị chủ đầu tư, tư vấn khảo sát thiết kế, tư vấn giám sát, các nhà thầu thi công xây dựng cùng đông đảo bạn đọc quan tâm.*

*Chúng tôi xin chân thành cảm ơn những đóng góp quý báu của các nhà khoa học và bạn đọc trong lần tái bản này.*

**Các tác giả**



THƯ VIỆN  
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

## THUẬT NGỮ - ĐỊNH NGHĨA - VIẾT TẮT - KÝ HIỆU

Các thuật ngữ, khái niệm đưa ra trong giáo trình này được giải thích, thống nhất sử dụng trong các công tác trắc địa (thống nhất với các định nghĩa và thuật ngữ chuyên môn đã được quy định trong các tiêu chuẩn quy phạm chuyên ngành như 96TCN 42-90 và 96TCN 43-90). Dưới đây là một số thuật ngữ và định nghĩa thường gặp:

- Điểm trắc địa cơ sở: Là những điểm của lưới khống chế trắc địa Quốc gia, lưới khống chế phục vụ đo vẽ tỷ lệ lớn, lưới bố trí và lưới quan trắc biến dạng công trình;
- Lưới Nhà nước (Quốc gia): Là hệ thống lưới điểm trong hệ tọa độ Nhà nước;
- Lưới chìm dày: Là hệ thống các điểm nhằm tăng mật độ cho lưới Nhà nước;
- Lưới đo vẽ: Là hệ thống các điểm phục vụ trực tiếp cho việc đo vẽ chi tiết;
- Lưới bố trí công trình: Là một mạng lưới điểm trên khu đất xây dựng có tọa độ và độ cao với độ chính xác cần thiết được sử dụng để chuyển các hạng mục công trình từ bản vẽ thiết kế ra thực địa;
- Lưới ô vuông xây dựng: Là hệ thống các điểm trên khu đất xây dựng công trình tạo thành các đỉnh hình vuông hoặc hình chữ nhật có tọa độ chuẩn và chiều dài các cạnh là bội số của 50 hoặc 100;
- Bố trí công trình: Là một tổ hợp các công tác trắc địa để chuyển bản vẽ thiết kế công trình ra thực địa;
- Bản đồ tỷ lệ lớn: Là bản đồ có tỷ lệ từ 1: 200 đến 1: 5000;
- Bản đồ địa hình tỷ lệ lớn cơ bản: Thành lập theo các quy định chung của cơ quan quản lý Nhà nước để giải quyết những nhiệm vụ địa hình cơ bản. Nội dung thể hiện theo quy định của quy phạm hiện hành;
- Bản đồ địa hình tỷ lệ lớn chuyên ngành: Chủ yếu là loại bản đồ địa hình công trình và các loại mặt cắt. Ngoài những yêu cầu như đối với bản đồ tỷ lệ lớn cơ bản, loại bản đồ này còn yêu cầu có độ chi tiết cao hơn, nó được dùng làm tài liệu cơ sở về địa hình, địa vật phục vụ cho khảo sát, thiết kế quy hoạch, thiết kế san nền, thi công xây dựng và sử dụng công trình;
- Bản đồ số: Là bản đồ được lưu giữ dưới dạng tệp dữ liệu;
- Điểm nút: Là các điểm giao nhau của các tuyến đường chuyển tọa độ và độ cao;
- 1: M là tỷ lệ của bản đồ (bản vẽ), M là mẫu số của tỷ lệ;
- Độ cao gốc: Là độ cao của điểm được dùng làm gốc;



- Đo vẽ hoàn công: Là xác định kích thước, hình dạng, vị trí thực tế của cả công trình hay từng hạng mục công trình sau khi hoàn tất xây lắp;
- Biến dạng công trình: Là sự thay đổi vị trí, hình dạng, kích thước của công trình so với vị trí, hình dạng, kích thước ban đầu của nó;
- Biến dạng công trình theo thời gian: Là sự thay đổi vị trí, hình dạng, kích thước của công trình theo thời gian so với một thời điểm gốc nào đó;
- Chu kỳ quan trắc: Là những lần đo đạc theo định kỳ;
- GPS (Global Positioning System): Là Hệ thống định vị toàn cầu;
- WGS (World Geodetic System): Là Hệ tham chiếu thế giới;
- $\Delta S_h$ : Số hiệu chỉnh vào khoảng cách do chênh lệch độ cao mặt đất và mặt chiếu;
- $m_p$ : Sai số trung phương vị trí điểm;
- $m_H$ : Sai số trung phương đo độ cao;
- $h$ : Khoảng cao đều (chênh lệch độ cao giữa 2 đường đồng mức liền kề nhau);
- Đường đồng mức (đường bình độ): Là đường biểu diễn những điểm có cùng độ cao trên thực địa;
- $\delta$ : Độ lệch cho phép;
- $t$ : Hệ số đặc trưng cho cấp chính xác;
- $m$ : Sai số trung phương của một đại lượng đo;
- $\Delta_{td}$ : Dung sai của công tác trắc địa;
- $\Delta_{xt}$ : Dung sai của công tác xây lắp;
- ppm: Parts per million - Thừa số trong phân sai số chịu ảnh hưởng của khoảng cách đo khi đo chiều dài bằng sóng điện từ ( $m_s = a + b \text{ ppm}$ ) và được hiểu là  $D \cdot 10^{-6}$ ,  $b$  - thường là một số tự nhiên;
- Máy Toàn đạc điện tử (Electronic Total Station): TĐĐT

## Phần thứ nhất

# NHỮNG KIẾN THỨC CHUNG VỀ TRẮC ĐỊA

---

## Chương 1

### MỞ ĐẦU

#### 1.1. KHÁI NIỆM VỀ MÔN HỌC VÀ NHIỆM VỤ CỦA TRẮC ĐỊA

Trắc địa là một môn khoa học về trái đất. Trắc địa nghiên cứu hình dạng, kích thước và bề mặt tự nhiên của Quả đất, nghiên cứu vị trí không gian và kích thước của các yếu tố tự nhiên như địa hình, thủy văn, thực vật... cũng như những công trình nhân tạo như thành phố, đô thị, các khu công nghiệp và các công trình kinh tế, quốc phòng khác. Nhờ quá trình đo đạc trên mặt đất, qua xử lý số liệu, ta có thể lập được bản đồ, biểu diễn toàn bộ hay từng phần bề mặt của Quả đất, xác định được tọa độ và độ cao các điểm trên thực địa, lập được các mặt cắt... Như vậy có thể nói, Trắc địa là môn khoa học về các phương pháp, phương tiện đo đạc và xử lý số liệu nhằm xác định hình dạng, kích thước của các đối tượng đo để phục vụ cho mục đích nghiên cứu khoa học, đáp ứng yêu cầu của các ngành kinh tế quốc dân và quốc phòng.

Nhiệm vụ chính của Trắc địa là tiến hành đo đạc các yếu tố cần thiết như góc, cạnh, độ cao; Tính toán xử lý số liệu và thể hiện chúng dưới dạng bình đồ, bản đồ, mặt cắt... Trắc địa trực tiếp giải quyết và tham gia giải quyết nhiều bài toán ứng dụng trong quá trình khảo sát, quy hoạch, thiết kế, xây dựng và sử dụng mọi công trình trong các lĩnh vực kinh tế, quân sự. Khi thiết kế, quy hoạch và xây dựng công trình, trước hết cần có các tư liệu về mặt bằng khu vực, đây là cơ sở không thể thiếu được đối với các nhà quy hoạch, các kiến trúc sư và kỹ sư xây dựng. Sau đó, các công trình thiết kế trên bản vẽ được chuyển ra thực địa bằng những phương pháp và máy móc trắc địa. Vì thế, các nhà quy hoạch, các kiến trúc sư và kỹ sư xây dựng cũng cần được trang bị những kiến thức nhất định về bình đồ, bản đồ, những hiểu biết về dụng cụ và phương pháp đo đạc cơ bản trong Trắc địa để ứng dụng chúng trong thiết kế, xây dựng và sử dụng công trình.

Trong quá trình phát triển của mình, Trắc địa đã ứng dụng những thành tựu của nhiều lĩnh vực khoa học khác như toán học, vật lý, gắn liền với nhiều ngành khoa học Trái đất như địa chất, địa lý, địa mạo, môi trường... cũng như những ngành khoa học về vũ trụ như thiên văn, viễn thám...



Trắc địa cũng được chia ra những ngành hẹp như Trắc địa cao cấp, Trắc địa công trình, Trắc địa ảnh, địa hình và ngành bản đồ.

Trắc địa cao cấp tiến hành các công tác đo đạc, xử lý số liệu cho những phạm vi rộng lớn mang tính Quốc gia cũng như phục vụ các mục đích nghiên cứu khoa học như lập lưới khống chế, theo dõi sự dịch chuyển vỏ quả đất, tiến hành đo thiên văn, trọng lực v.v...

Trắc địa ảnh tiến hành đo chụp các loại ảnh (ảnh hàng không, ảnh vũ trụ, ảnh mặt đất) và xử lý phim ảnh để thành lập bình đồ, bản đồ và phục vụ các mục đích ứng dụng khác. Trắc địa địa hình nghiên cứu những phương pháp biểu diễn bề mặt địa hình lên bản đồ, bình đồ.

Ngành bản đồ nghiên cứu các phương pháp thành lập các loại bản đồ, tiến hành biên tập, chỉnh lý, in ấn và xuất bản các loại bản đồ.

Trắc địa công trình là lĩnh vực trắc địa ứng dụng trong xây dựng, nó nghiên cứu các phương pháp, phương tiện đảm bảo trắc địa cho quá trình thiết kế, thi công xây dựng và theo dõi sự biến dạng của từng loại công trình.

“Trắc địa” được dịch từ tiếng Hy Lạp có nghĩa là phân chia đất đai, khoa học trắc địa xuất hiện từ hơn 3000 năm trước công nguyên cùng với chữ số, thước đo và hình học. Như vậy, trắc địa là một trong những ngành khoa học cổ xưa nhất, xuất hiện từ nhu cầu thực tiễn của con người. Những công trình cổ đại ở Ai Cập, Trung Quốc, Ấn Độ, Hy Lạp được xây dựng trước công nguyên hàng nghìn năm và ngay cả công trình thành Cổ Loa ở nước ta đã ghi lại dấu ấn của trắc địa. Hàng trăm năm trước công nguyên, nhà bác học Pitago và nhà triết học Aristốt đã nêu giả thuyết rằng quả đất có dạng hình cầu và vào thế kỷ thứ III trước công nguyên đã tiến hành những đo đạc đầu tiên để xác định bán kính trái đất. Từ thế kỷ XVI - XVII bắt đầu lập bản đồ cho những khu vực rộng lớn. Sau khi nhà bác học Galilê phát minh ra ống kính, trắc địa bắt đầu phát triển mạnh vì có những dụng cụ đo đạc mới ra đời như máy nivô và máy kinh vĩ.

Hiện nay, nhờ sự phát triển rất nhanh của các ngành khoa học ứng dụng, đặc biệt là trong lĩnh vực điện tử, tin học, trắc địa nói chung và trắc địa công trình nói riêng cũng có những bước tiến mới, nhiều máy móc, công nghệ đo đạc hiện đại ra đời, nhiều quá trình được tự động hoá, đáp ứng được mọi yêu cầu của thực tế sản xuất cũng như nghiên cứu khoa học, tiếp cận được những quy trình công nghệ thi công hiện đại.

Ở nước ta, vào đầu thế kỷ 20 thực dân Pháp đã tiến hành đo vẽ bản đồ khá chi tiết phục vụ cho mục đích cai trị và khai thác tài nguyên. Chất lượng công việc đã theo tiêu chuẩn Châu Âu thời đó nên nhiều số liệu địa hình và bản đồ ở một số khu vực còn lưu trữ vẫn có thể sử dụng được cho một số ngành.

Nhận rõ tầm quan trọng của công tác trắc địa trong xây dựng, phát triển và bảo vệ Tổ quốc, ngay sau khi hoà bình được lập lại, năm 1959 Nhà nước ta đã quyết định thành lập Cục đo đạc và bản đồ trực thuộc Phủ Thủ tướng. Trong gần 50 năm xây dựng và phát



triển, hiện nay ngành Trắc địa và Bản đồ đang hoạt động dưới sự quản lý trực tiếp ở cấp Nhà nước của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Ngoài ra, các Bộ, các ngành điều tra và xây dựng cơ bản đều có các cơ quan chức năng quản lý và tiến hành các công tác trắc địa phục vụ cho chuyên ngành mình.

Đến nay, đội ngũ những người làm công tác trắc địa đang ngày càng lớn mạnh, được đào tạo ở mọi trình độ, riêng trình độ đại học đã có gần 50 khoá ra trường với hàng ngàn kỹ sư. Những khoá đầu tiên được đào tạo tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội, kỹ sư khoá 1 ra trường vào năm 1961. Đến năm 1966, trường Đại học Mỏ - Địa chất được thành lập trên cơ sở tách ra từ trường Đại học Bách khoa Hà Nội, trong đó có khoa Trắc địa. Hiện nay, khoa Trắc địa là trung tâm đào tạo và nghiên cứu khoa học lớn nhất của cả nước về lĩnh vực này. Ngoài ra, cán bộ kỹ thuật trắc địa từ trình độ công nhân đến trung cấp còn được đào tạo ở các trường thuộc các ngành điều tra và xây dựng cơ bản khác.

## 1.2. VAI TRÒ CỦA TRẮC ĐỊA ĐỐI VỚI NGÀNH XÂY DỰNG

Trắc địa nằm trong nhóm những ngành điều tra cơ bản, nó có một vai trò quan trọng đối với nền kinh tế quốc dân và quốc phòng nói chung, đặc biệt đối với các ngành xây dựng cơ bản, trắc địa luôn giữ vị trí quan trọng hàng đầu. Những tài liệu, số liệu trắc địa luôn là những cơ sở ban đầu để giải quyết những nhiệm vụ kỹ thuật cụ thể kể từ khâu khảo sát thiết kế, quy hoạch, thi công xây dựng cho đến khi khai thác sử dụng công trình. Các công tác trắc địa công trình có mối quan hệ rất chặt chẽ với từng giai đoạn của quá trình xây dựng cơ bản và với công nghệ thi công xây dựng công trình.

Đối với công tác khảo sát, thiết kế, quy hoạch, trắc địa đáp ứng mọi yêu cầu về mặt bằng (bản đồ, bình đồ hiện trạng các tỷ lệ), các mặt cắt dọc, ngang, độ cao, độ sâu, độ dốc v.v..., các số liệu khảo sát kể cả về địa chất công trình và địa chất thuỷ văn. Trong giai đoạn này, trắc địa cung cấp tư liệu cơ sở để lập tổng bình đồ công trình, chuẩn bị các số liệu, bản vẽ để chuyển công trình ra thực địa, cung cấp các bản vẽ thiết kế quy hoạch mặt bằng và độ cao (quy hoạch đúng) từ khâu tính toán đến lập bản vẽ chi tiết, tính toán các số liệu san lấp, diện tích khu vực, dung lượng hồ chứa v.v...

Trong giai đoạn thi công, trắc địa đảm bảo bố trí công trình trên thực địa đúng như thiết kế. Thông thường, giai đoạn này đòi hỏi độ chính xác cao hơn giai đoạn khảo sát thiết kế. Ở đây, trắc địa sẽ cung cấp một cơ sở bố trí gồm một mạng lưới các điểm có toạ độ và độ cao với độ chính xác cần thiết. Các công tác trắc địa công trình sẽ đảm bảo chuyển các trục chính của công trình ra thực địa, đảm bảo các số liệu và theo dõi thi công hố móng và xây móng theo từng chi tiết, đảm bảo bố trí các hệ thống công trình ngầm, từng toà nhà và cả hệ thống tổ hợp công trình theo đúng thiết kế. Đồng thời tiến hành đo vẽ hoàn công để có thể đánh giá được chất lượng thi công về hình dạng và kích thước công trình, trên cơ sở đó xác định những sai lệch so với thiết kế để có những biện

pháp khắc phục kịp thời. Trong quá trình lắp đặt và điều chỉnh các kết cấu xây dựng và thiết bị kỹ thuật, trắc địa sẽ đảm bảo hướng dẫn lắp đặt, sau đó là điều chỉnh các kết cấu và thiết bị cả về mặt bằng, độ cao và độ thẳng đứng cũng như các hướng bán kính, các điểm trên đường cong với độ chính xác cần thiết nhờ sử dụng các phương pháp và máy móc chuyên dùng. Đây là một lĩnh vực phát triển mạnh của trắc địa công trình, nhất là đối với những công trình lớn có giải pháp kết cấu phức tạp.

Trong giai đoạn khai thác sử dụng công trình cũng cần phải tiến hành các công tác trắc địa chính xác để theo dõi độ ổn định của chúng theo thời gian hoặc sau những tác động đột ngột của thiên nhiên và con người như động đất, giông bão, lũ lụt, xây dựng công trình ngầm, đóng cọc v.v... Kết quả đo đạc sẽ xác định được sự dịch chuyển theo phương nằm ngang như đối với đập nước, cầu cống..., sự dịch chuyển theo phương thẳng đứng như hiện tượng trồi, lún móng công trình và xác định được độ nghiêng, độ rạn nứt... Trên cơ sở đó sẽ phát hiện nguyên nhân và dự báo sự phát triển của quá trình biến dạng cũng như khẳng định và lựa chọn phương án thiết kế, xử lý móng và thi công trên những công trình tương tự nhằm đạt được một hiệu quả kinh tế cao và tránh được những sự cố đáng tiếc có thể xảy ra.



## Chương 2

# NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN

## 2.1. KHÁI NIỆM VỀ HÌNH DẠNG VÀ KÍCH THƯỚC CỦA QUẢ ĐẤT

Quả đất có hình dạng quả cầu hơi dẹt về phía hai cực. Tuy nhiên, trong nhiều lĩnh vực khoa học kỹ thuật như thiên văn, địa lý, địa chất... cần phải có những hiểu biết chính xác về hình dạng kích thước của quả đất. Những hiểu biết đó còn được sử dụng trong các ngành vũ trụ, hàng không, hải dương học cũng như khảo sát tìm kiếm thăm dò khoáng sản...

Bề mặt vật lý của quả đất lồi lõm gồ ghề có tổng diện tích khoảng 510 triệu km<sup>2</sup> trong đó bề mặt đại dương đã chiếm tới 71% chỉ còn lại 29% là lục địa, đất liền. Nhìn từ ngoài vũ trụ, quả đất như một quả cầu nước, trong đó đất liền chỉ như những hòn đảo, độ cao trung bình của đất liền so với mặt biển chỉ bằng khoảng 780m, trong khi đó độ sâu trung bình của đại dương đạt tới 3800m, chênh lệch giữa nơi cao nhất và nơi thấp nhất của vỏ quả đất cũng chỉ xấp xỉ 20km. Nếu đem so sánh với kích thước quả đất có đường kính khoảng 12000 km thì sự lồi lõm bề mặt quả đất thật không đáng kể. Trên cơ sở đó có thể coi hình dạng quả đất là hình dạng của bề mặt đại dương yên tĩnh. Từ đây nảy sinh khái niệm về “mặt nước gốc” của quả đất. Người ta quy ước bề mặt đại dương yên tĩnh, kéo dài xuyên qua các lục địa tạo thành một mặt cong khép kín làm mặt nước gốc quả đất. Hình dạng quả đất được tạo bởi mặt nước gốc quả đất khép kín đó có tên gọi là Geoid. Đặc điểm của mặt nước gốc là luôn nằm ngang tại mọi điểm, tức là tại mọi điểm phương của đường pháp tuyến luôn trùng với phương dây dọi. Tuy nhiên, do sự phân bố vật chất không đồng đều của cấu tạo vỏ trái đất, nên ngay cả ở trạng thái yên tĩnh Geoid cũng có một hình dạng rất phức tạp. Để có thể giải được các bài toán liên quan đến các công thức toán học, trong trắc địa người ta sử dụng mặt Elipxôid tròn xoay thay cho mặt Geoid. Mặt Elipxôid tròn xoay nhận được bằng cách quay hình Elip quanh trục nhỏ PP<sub>1</sub> của nó (hình 2.1).

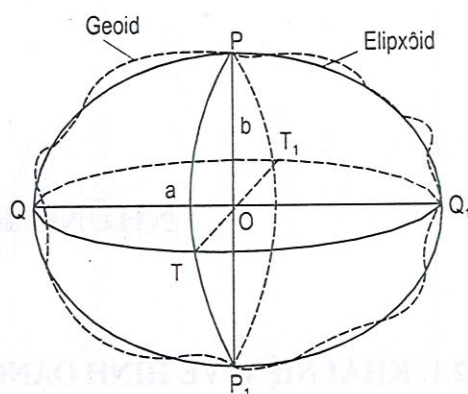
Kích thước Elipxôid quả đất được xác định bằng các đại lượng bán trục lớn a (a = QO), bán trục nhỏ b (b = PO) và độ dẹt  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{a - b}{a}; \quad (2.1)$$



Việc xác định các kích thước của Elipxôid quả đất đòi hỏi phải tiến hành đo đạc trên toàn bộ bề mặt trái đất, đó là một nhiệm vụ rất khó khăn và phức tạp, do đó mỗi nước lại sử dụng những Elipxôid tham khảo riêng của nước mình, có kích thước được xác định dựa trên những kết quả đo đạc trên lãnh thổ nước đó hoặc kết hợp đo trên lãnh thổ của các nước lân cận.

Như vậy, Elipxôid tham khảo của một nước là Elipxôid có kích thước nhất định và được định vị trong quả đất sao cho nó gần trùng nhất với bề mặt Geoid trên lãnh thổ nước đó.



Hình 2.1. Geoid và Elipxôid quả đất.

Ở nước ta, trước đây vẫn sử dụng Elipxôid mang tên nhà bác học Nga Krasovski (Elipxôid tham khảo Krasovski), kích thước Elipxôid này do nhà bác học Nga Krasovski xác định có những giá trị như sau:

$$a = 6378245\text{m}; \quad b = 6356863\text{m}; \quad \alpha = 1: 298,3$$

Trong những năm 1960 - 1962, các nhà khoa học Liên Xô và Mỹ đã dùng những số liệu quan trắc từ vệ tinh để tính các kích thước của Elipxôid quả đất. Những kết quả tính được cũng rất gần với kích thước mà nhà bác học Krasovski đã xác định. Tuy nhiên, để hạn chế mức độ biến dạng cho những khu vực nằm xa trung tâm múi chiếu khi khai triển quả cầu trái đất lên mặt phẳng, hiện nay nước ta đang sử dụng hệ toạ độ VN-2000, hệ quy chiếu toàn cầu WGS-84 và Elipxôid tham khảo GRS-80 (Geodetic Reference System 1980) với các thông số:

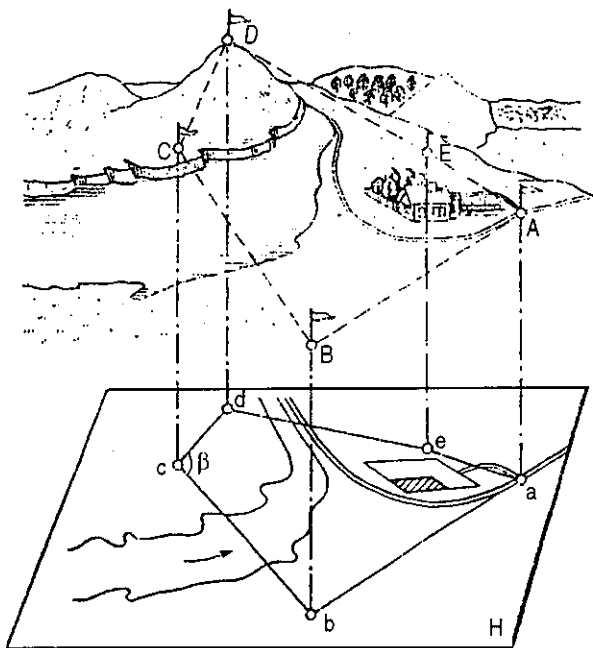
$$a = 6378137\text{m}; \quad b = 6356752\text{m}; \quad \alpha = 1: 298,257223563.$$

Vì độ dẹt  $\alpha$  của quả đất rất nhỏ nên trong những tính toán ứng dụng có thể coi Elipxôid quả đất có dạng hình cầu với bán kính trung bình  $R_{tb} = 6371,11\text{km}$ .

## 2.2. NGUYÊN TẮC BIỂU DIỄN BỀ MẶT QUẢ ĐẤT LÊN MẶT PHẲNG. KHÁI NIỆM VỀ BÌNH ĐỒ, BẢN ĐỒ VÀ MẶT CẮT

Một trong những nhiệm vụ của trắc địa là biểu diễn bằng đồ thị bề mặt quả đất lên giấy (lên mặt phẳng). Để giải quyết nhiệm vụ này có thể sử dụng phương pháp chiếu thẳng góc (phương pháp chiếu bằng). Bản chất của nó là các điểm trên mặt đất được chuyển lên mặt phẳng ngang theo những đường thẳng đứng song song với nhau và vuông góc với mặt phẳng ngang. Ví dụ, điểm A trên thực địa (ngã ba đường) được chiếu lên mặt phẳng H theo đường thẳng đứng Aa, điểm B theo Bb v.v... các điểm a và b là hình chiếu bằng của các điểm A và B ngoài thực địa lên mặt phẳng H (hình 2.2). Các

cạnh  $ab, bc, cd, de, ea$  và các góc giữa chúng  $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_5$  là hình chiếu bằng của các cạnh và góc tương ứng của thực địa lên mặt phẳng  $H$ . Các góc  $\beta_i$  gọi là góc ngang.



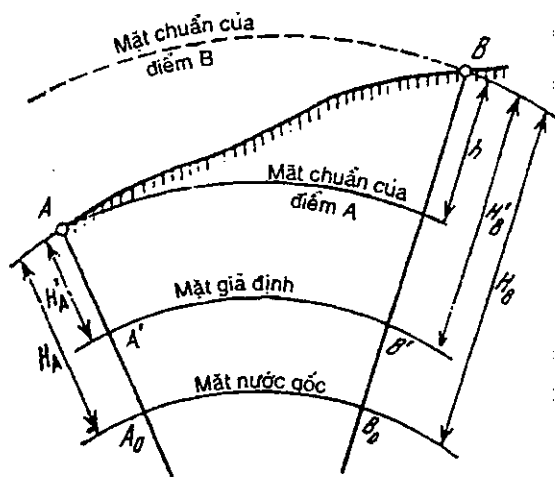
**Hình 2.2.** Nguyên tắc biểu diễn bề mặt đất lên mặt phẳng.

Hình chiếu bằng của cạnh gọi là khoảng cách ngang. Việc chuyển từ khoảng cách  $d$  đo được ngoài thực địa sang khoảng cách ngang  $S$  được thực hiện nhờ đo góc nghiêng  $v$  của cạnh đó và tính theo công thức:

$$S_1 = d_1 \cos v_1; \quad (2.2)$$

Khoảng cách tính theo phương thẳng đứng (phương dây dọi) từ điểm bất kỳ trên mặt đất đến mặt nước gốc quả đất được gọi là độ cao tuyệt đối của điểm đó, trị số của nó được gọi là cao độ (hình 2.3). Độ cao so với bề mặt bất kỳ nào đó song song với mặt nước gốc đều được gọi là độ cao giả định.

Mỗi quốc gia đều quy ước chọn riêng một mặt nước gốc và lấy cao độ của nó bằng 0. Vị trí mặt nước gốc được xác định bằng cách theo dõi mực nước đại dương trong nhiều năm. Ở nước ta đã



**Hình 2.3.** Khái niệm về độ cao.



chọn điểm “không” tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu - Đồ Sơn làm độ cao “0” cho cả nước, mọi điểm so với mặt gốc này được coi là trong cùng một hệ thống độ cao.

Chênh lệch độ cao (tuyệt đối hoặc giả định) giữa hai điểm được gọi là chênh cao giữa hai điểm đó và được ký hiệu là  $h$  được tính theo công thức:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A; \quad (2.3)$$

Mọi bản vẽ biểu diễn thu nhỏ bề mặt thực địa theo hình chiếu bằng lên trên giấy đều được gọi chung là bình đồ hoặc bản đồ. Hiện nay những biểu diễn thu nhỏ này còn được lưu dưới dạng các tệp (file) dữ liệu và được gọi là bản đồ số. Giữa bình đồ và bản đồ cũng tồn tại những sự khác biệt cơ bản.

Bình đồ là biểu diễn thu nhỏ bề mặt thực địa trên một phạm vi hẹp lên mặt phẳng theo phép chiếu bằng không tính đến ảnh hưởng của độ cong quả đất. Trên bình đồ, mọi biểu diễn thu nhỏ đều đồng dạng với thực địa và thực tế không bị biến dạng. Nếu trên bình đồ chỉ biểu diễn địa vật và các đường ranh giới mà không thể hiện địa hình (độ cao) thì được gọi là bình đồ địa vật hay bình đồ ranh giới. Còn bình đồ, trên đó biểu diễn cả ranh giới, địa vật và địa hình thì được gọi là bình đồ địa hình.

Để biểu diễn trên giấy những khu vực rộng lớn hoặc cả bề mặt quả đất thì không thể bỏ qua ảnh hưởng độ cong của nó. Muốn vậy, người ta sử dụng những phép chiếu bản đồ khác nhau, những định luật toán học nhất định để biểu diễn bề mặt quả đất lên mặt phẳng mà không bị đứt đoạn hoặc chồng chéo. Khi đó hình ảnh biểu diễn không thể tránh khỏi biến dạng, sai lệch về khoảng cách, về góc và về diện tích, nghĩa là nó không đồng dạng với hình chiếu bằng của bề mặt thực địa. Như vậy, bản đồ là biểu diễn khái quát, thu nhỏ và có biến dạng do độ cong quả đất một khu vực rộng lớn bề mặt trái đất lên mặt phẳng trong một phép chiếu bản đồ nhất định.

Ngoài ra, để giải quyết nhiều nhiệm vụ kỹ thuật người ta còn biểu diễn thu nhỏ hình chiếu bề mặt đất theo một hướng nhất định nào đó lên mặt phẳng đứng, những bản vẽ này được gọi là mặt cắt. Trong thực tế thường sử dụng phổ biến hai loại mặt cắt - mặt cắt dọc và mặt cắt ngang.

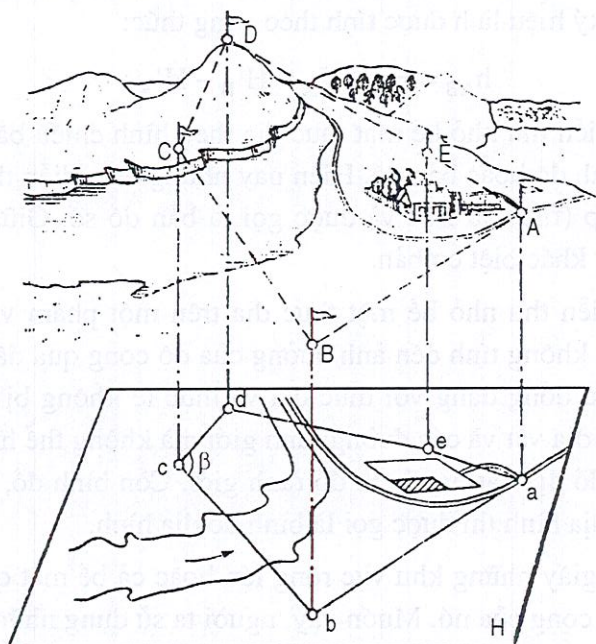
### 2.3. ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CONG QUẢ ĐẤT TỚI KHOẢNG CÁCH VÀ ĐỘ CAO CÁC ĐIỂM

Khi tiến hành các công tác trắc địa trên những khu vực nhỏ, thường coi mặt thủy chuẩn là mặt phẳng. Sự thay thế đó đã gây ra một số sai lệch cho chiều dài đo và độ cao các điểm. Ta sẽ xác định xem với kích thước khu vực là bao nhiêu thì có thể coi những sai lệch đó là không đáng kể.

Giả sử mặt nước gốc của quả đất là mặt cầu có bán kính  $R$  (hình 2.4). Thay phạm vi mặt  $A_0BC_0$  bằng mặt phẳng nằm ngang  $ABC$  tiếp tuyến với quả cầu tại điểm  $B$  ở giữa khu vực.



cạnh  $ab, bc, cd, de, ea$  và các góc giữa chúng  $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_5$  là hình chiếu bằng của các cạnh và góc tương ứng của thực địa lên mặt phẳng  $H$ . Các góc  $\beta_i$  gọi là góc ngang.



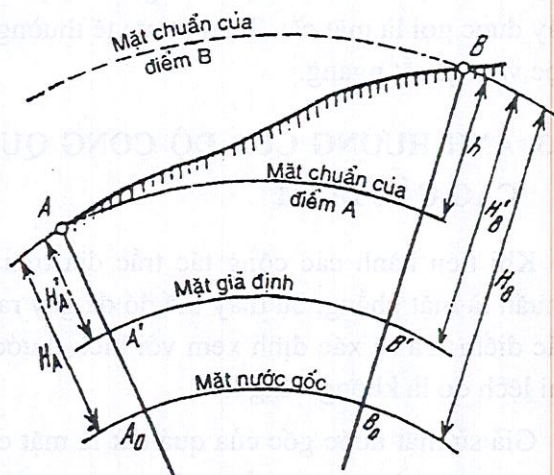
**Hình 2.2.** Nguyên tắc biểu diễn bề mặt đất lên mặt phẳng.

Hình chiếu bằng của cạnh gọi là khoảng cách ngang. Việc chuyển từ khoảng cách  $d$  đo được ngoài thực địa sang khoảng cách ngang  $S$  được thực hiện nhờ đo góc nghiêng  $v$  của cạnh đó và tính theo công thức:

$$S_1 = d_1 \cos v_1; \quad (2.2)$$

Khoảng cách tính theo phương thẳng đứng (phương dây dọi) từ điểm bất kỳ trên mặt đất đến mặt nước gốc quả đất được gọi là độ cao tuyệt đối của điểm đó, trị số của nó được gọi là cao độ (hình 2.3). Độ cao so với bề mặt bất kỳ nào đó song song với mặt nước gốc đều được gọi là độ cao giả định.

Mỗi quốc gia đều quy ước chọn riêng một mặt nước gốc và lấy cao độ của nó bằng 0. Vị trí mặt nước gốc được xác định bằng cách theo dõi mực nước đại dương trong nhiều năm. Ở nước ta đã



**Hình 2.3.** Khái niệm về độ cao.



chọn điểm “không” tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu - Đồ Sơn làm độ cao “0” cho cả nước, mọi điểm so với mặt gốc này được coi là trong cùng một hệ thống độ cao.

Chênh lệch độ cao (tuyệt đối hoặc giả định) giữa hai điểm được gọi là chênh cao giữa hai điểm đó và được ký hiệu là  $h$  được tính theo công thức:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A ; \quad (2.3)$$

Mọi bản vẽ biểu diễn thu nhỏ bề mặt thực địa theo hình chiếu bằng lên trên giấy đều được gọi chung là bình đồ hoặc bản đồ. Hiện nay những biểu diễn thu nhỏ này còn được lưu dưới dạng các tệp (file) dữ liệu và được gọi là bản đồ số. Giữa bình đồ và bản đồ cũng tồn tại những sự khác biệt cơ bản.

Bình đồ là biểu diễn thu nhỏ bề mặt thực địa trên một phạm vi hẹp lên mặt phẳng theo phép chiếu bằng không tính đến ảnh hưởng của độ cong quả đất. Trên bình đồ, mọi biểu diễn thu nhỏ đều đồng dạng với thực địa và thực tế không bị biến dạng. Nếu trên bình đồ chỉ biểu diễn địa vật và các đường ranh giới mà không thể hiện địa hình (độ cao) thì được gọi là bình đồ địa vật hay bình đồ ranh giới. Còn bình đồ, trên đó biểu diễn cả ranh giới, địa vật và địa hình thì được gọi là bình đồ địa hình.

Để biểu diễn trên giấy những khu vực rộng lớn hoặc cả bề mặt quả đất thì không thể bỏ qua ảnh hưởng độ cong của nó. Muốn vậy, người ta sử dụng những phép chiếu bản đồ khác nhau, những định luật toán học nhất định để biểu diễn bề mặt quả đất lên mặt phẳng mà không bị đứt đoạn hoặc chồng chéo. Khi đó hình ảnh biểu diễn không thể tránh khỏi biến dạng, sai lệch về khoảng cách, về góc và về diện tích, nghĩa là nó không đồng dạng với hình chiếu bằng của bề mặt thực địa. Như vậy, bản đồ là biểu diễn khái quát, thu nhỏ và có biến dạng do độ cong quả đất một khu vực rộng lớn bề mặt trái đất lên mặt phẳng trong một phép chiếu bản đồ nhất định.

Ngoài ra, để giải quyết nhiều nhiệm vụ kỹ thuật người ta còn biểu diễn thu nhỏ hình chiếu bề mặt đất theo một hướng nhất định nào đó lên mặt phẳng đứng, những bản vẽ này được gọi là mặt cắt. Trong thực tế thường sử dụng phổ biến hai loại mặt cắt - mặt cắt dọc và mặt cắt ngang.

### 2.3. ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ CONG QUẢ ĐẤT TỚI KHOẢNG CÁCH VÀ ĐỘ CAO CÁC ĐIỂM

Khi tiến hành các công tác trắc địa trên những khu vực nhỏ, thường coi mặt thủy chuẩn là mặt phẳng. Sự thay thế đó đã gây ra một số sai lệch cho chiều dài đo và độ cao các điểm. Ta sẽ xác định xem với kích thước khu vực là bao nhiêu thì có thể coi những sai lệch đó là không đáng kể.

Giả sử mặt nước gốc của quả đất là mặt cầu có bán kính  $R$  (hình 2.4). Thay phạm vi mặt  $A_0BC_0$  bằng mặt phẳng nằm ngang  $ABC$  tiếp tuyến với quả cầu tại điểm  $B$  ở giữa khu vực.



Nếu chiều dài nằm ngang là  $l$ , còn chiều dài cung tương ứng với nó là  $r$  thì hiệu  $\Delta r = l - r$  chính là sai lệch do thay thế mặt cầu bằng mặt phẳng nằm ngang. Từ hình 2.4 ta có:

$$l = R \operatorname{tg} \alpha \text{ và } r = R \cdot \alpha$$

$$\text{Từ đó: } \Delta r = R(\operatorname{tg} \alpha - \alpha); \quad (2.4)$$

Khai triển  $\operatorname{tg} \alpha$  thành chuỗi và chỉ giữ lại hai số hạng đầu ta được:

$$\operatorname{tg} \alpha = \alpha + \frac{\alpha^3}{3},$$

Như vậy công thức (2.4) có dạng:

$$\Delta r = R \frac{\alpha^3}{3}; \quad (2.5)$$

$$\text{vì } \alpha = \frac{r}{R} \text{ nên } \Delta r = \frac{r^3}{3R^2}; \quad (2.6)$$

Để tiện so sánh ta biểu diễn sai lệch này dưới dạng tương đối:

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{r^2}{3R^2}; \quad (2.7)$$

Các giá trị sai lệch tuyệt đối  $\Delta r$  và tương đối  $\Delta r/r$  được tính theo các công thức (2.6) và (2.7) và lấy  $R = 6370$  km cho khu vực có phạm vi bán kính  $r$  khác nhau được nêu trong bảng 2.1.

**Bảng 2.1. Ảnh hưởng độ cong quả đất tới khoảng cách**

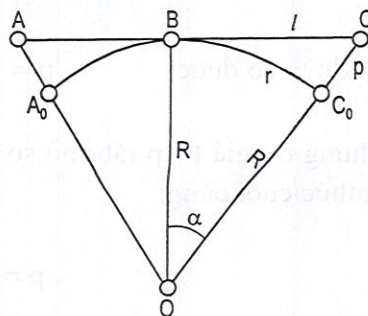
|                 |             |           |           |          |          |
|-----------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|
| $r$ , km        | 10          | 20        | 25        | 50       | 100      |
| $\Delta r$ , cm | 1           | 7         | 13        | 105      | 821      |
| $\Delta r/r$    | 1:1 000 000 | 1:300 000 | 1:200 000 | 1:49 000 | 1:12 000 |

Xét tới độ chính xác đo chiều dài thực tế hiện nay thì khu vực mặt đất trong phạm vi kích thước không lớn hơn 20km có thể coi là mặt phẳng mà không làm sai lệch kết quả đo chiều dài, vì sai lệch này ở khoảng cách 20km cũng chỉ tương đương với sai số đo chiều dài (khoảng 1:300 000).

Cũng hình dung tương tự thì sai lệch về độ cao điểm  $C_0$  do ảnh hưởng của độ cong quả đất chính là đoạn  $CC_0 = p$  trên hình 2.4. Từ tam giác vuông  $OBC$  ta có:

$$R^2 + l^2 = (R + p)^2 = R^2 + 2Rp + p^2 \text{ hay:}$$

$$l^2 = 2Rp + p^2 = p(2R + p); \quad (2.8)$$



**Hình 2.4. Ảnh hưởng độ cong quả đất**

Từ đó ta có được: 
$$p = \frac{l^2}{2R + p}; \quad (2.9)$$

Nhưng do giá trị  $p$  rất nhỏ so với bán kính  $R$  của trái đất nên có thể bỏ qua và ta có công thức cuối cùng:

$$p = \frac{l^2}{2R}; \quad (2.10)$$

Sai lệch độ cao các điểm ứng với khoảng cách  $l$  tính theo (2.10) được nêu trong bảng 2.2.

**Bảng 2.2. Ảnh hưởng độ cong quả đất tới độ cao các điểm**

|          |      |      |      |      |      |      |       |
|----------|------|------|------|------|------|------|-------|
| $l$ (km) | 0,3  | 0,5  | 1,0  | 2,0  | 5,0  | 10,0 | 20,0  |
| $p$ (m)  | 0,01 | 0,02 | 0,08 | 0,31 | 1,96 | 7,85 | 33,40 |

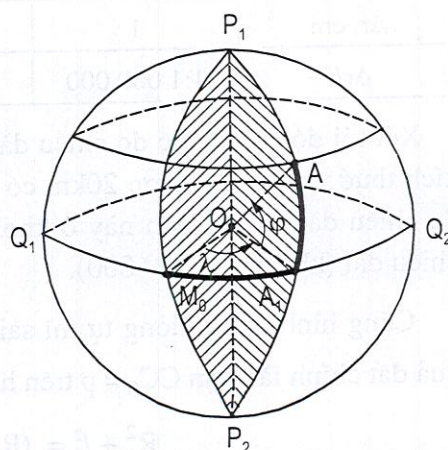
Như vậy, ảnh hưởng của độ cong quả đất tới độ cao các điểm đã biểu hiện ngay từ khoảng cách bằng 0,3km (khoảng 1cm), do đó khi đo hoặc chuyển độ cao giữa hai điểm, kể cả qua những khoảng cách không lớn cũng cần phải lưu ý tính toán khắc phục sai số này, theo tính toán nêu trên là khoảng cách từ 300m trở lên.

## 2.4. HỆ TOẠ ĐỘ ĐỊA LÝ

Vị trí các điểm trên mặt đất được xác định bằng toạ độ, đó là các đại lượng đặc trưng cho vị trí của chúng so với điểm gốc, đường thẳng gốc hoặc mặt phẳng gốc của một hệ toạ độ đã chọn. Toạ độ địa lý của một điểm là đại lượng đặc trưng cho vị trí địa lý của điểm đó trên bề mặt quả địa cầu.

Hệ toạ độ địa lý được quy định chung và thống nhất cho toàn bộ quả đất. Giả sử bề mặt quả đất là mặt cầu tâm  $O$  với trục quay  $P_1P_2$  (hình 2.5). Giao tuyến của mặt cầu và mặt phẳng chứa trục quay  $P_1P_2$  gọi là kinh tuyến địa lý. Giao tuyến của mặt cầu và mặt phẳng vuông góc với trục quay quả đất gọi là vĩ tuyến. Đường vĩ tuyến tạo bởi mặt phẳng vuông góc đi qua tâm  $O$  gọi là đường xích đạo, còn mặt phẳng chứa đường xích đạo là mặt phẳng xích đạo. Qua mỗi điểm trên bề mặt quả đất ta đều có thể kẻ được một đường kinh tuyến và một đường vĩ tuyến. Do đó vị trí của một điểm bất kỳ trên bề mặt quả đất được xác định bằng vĩ độ địa lý  $\varphi$  và kinh độ địa lý  $\lambda$ .

Vĩ độ địa lý của điểm  $A$  là góc  $\varphi$  tạo bởi đường thẳng đứng  $AO$  đi qua điểm đó và mặt phẳng xích



**Hình 2.5. Hệ toạ độ địa lý.**



đạo. Vĩ độ được tính từ mặt phẳng xích đạo về hai phía bắc, nam bán cầu tùy thuộc vào vị trí của điểm đó nằm ở nửa bán cầu nào.

Điểm nằm ở phía bắc bán cầu sẽ có vĩ độ Bắc, còn ở nam bán cầu sẽ có vĩ độ Nam. Vĩ độ có giá trị từ  $0^\circ$  tại các điểm trên đường xích đạo và tăng lên đến  $90^\circ$  tại các cực  $P_1$  và  $P_2$ . Kinh độ địa lý của điểm A là góc nhị diện  $\lambda$  giữa mặt phẳng của kinh tuyến gốc  $P_1M_0P_2$  và mặt phẳng kinh tuyến  $P_1A_1P_2$  của điểm đó.

Trong hệ toạ độ địa lý, kinh tuyến gốc là kinh tuyến đi qua đài thiên văn Grinuych (Greenwich) ở gần Thủ đô London của nước Anh. Kinh độ có giá trị từ  $0^\circ$  đến  $180^\circ$  tính từ kinh tuyến gốc về phía đông và về phía tây bán cầu, ở phía đông bán cầu gọi là kinh độ Đông, còn ở phía tây bán cầu là kinh độ Tây.

Ví dụ: Thủ đô Hà Nội có toạ độ địa lý gần đúng là:

$$\varphi_{HN} = 21^\circ \text{ vĩ độ bắc (hai mươi một độ vĩ bắc);}$$

$$\lambda_{HN} = 106^\circ \text{ kinh độ Đông (một trăm linh sáu độ kinh Đông).}$$

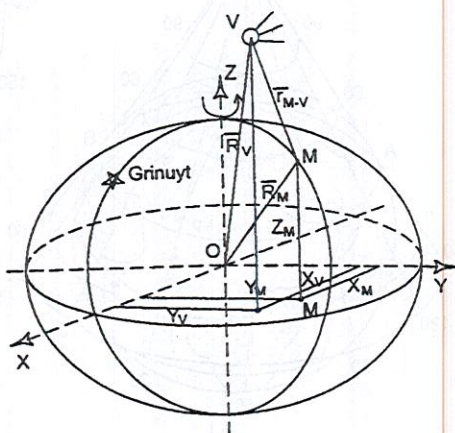
Kinh độ  $\lambda$  và vĩ độ  $\varphi$  được xác định từ các kết quả đo thiên văn. Nếu chúng được tính từ các số liệu trắc địa đo trên mặt đất sẽ được gọi là kinh độ, vĩ độ trắc địa và được ký hiệu tương ứng là L và B. Hiện nay, nhờ sử dụng hệ thống định vị toàn cầu GPS, việc xác định toạ độ địa lý của các điểm rất thuận lợi và nhanh chóng, nội dung của phương pháp này sẽ được trình bày ở mục 7.8 của giáo trình.

Hệ toạ độ địa lý khá đơn giản nhưng không được tiện lợi trong tính toán ứng dụng vì toạ độ địa lý được tính theo đơn vị đo góc, còn giá trị độ dài ứng với giá trị góc ấy ở những khu vực khác nhau trên mặt cầu lại khác nhau, mặt khác việc tính toán với chúng khá phức tạp, vì thế, trong trắc địa, hệ toạ độ vuông góc phẳng được áp dụng rộng rãi nhất.

## 2.5. HỆ TOẠ ĐỘ TRẮC ĐỊA THẾ GIỚI - 84 (WGS - 84)

Đây là hệ toạ độ không gian do Cục Bản đồ Quân sự Mỹ thiết lập năm 1984 và được sử dụng trong hệ thống định vị toàn cầu GPS để xác định vị trí của các điểm trên mặt đất và trong không gian.

Trong hệ toạ độ WGS-84 vị trí mỗi điểm trong không gian được xác định bởi ba đại lượng là X, Y và Z (hình 2.6). Đây là hệ toạ độ không gian ba chiều có điểm gốc là tâm O của trái đất. Trục OZ trùng với trục quay của trái đất, trục OX là giao tuyến giữa mặt phẳng kinh



Hình 2.6. Hệ WGS-84



tuyến gốc và mặt phẳng xích đạo, trục OY vuông góc với trục OX và nằm trên mặt phẳng xích đạo.

Trên hình 2.6 biểu thị điểm M nằm trên mặt đất, điểm V là vị trí của vệ tinh trong không gian. Toạ độ của điểm M và của vệ tinh V được liên hệ với nhau qua biểu thức :

$$\vec{R}_M = \vec{R}_V - \vec{r}_{M-V} \quad (2.11)$$

trong đó:

$$\vec{R}_M = \sqrt{(X_M^2 + Y_M^2 + Z_M^2)}, \quad (2.12) \text{ là véc tơ toạ độ điểm M;}$$

$$\vec{R}_V = \sqrt{(X_V^2 + Y_V^2 + Z_V^2)}, \quad (2.13) \text{ là véc tơ toạ độ vệ tinh;}$$

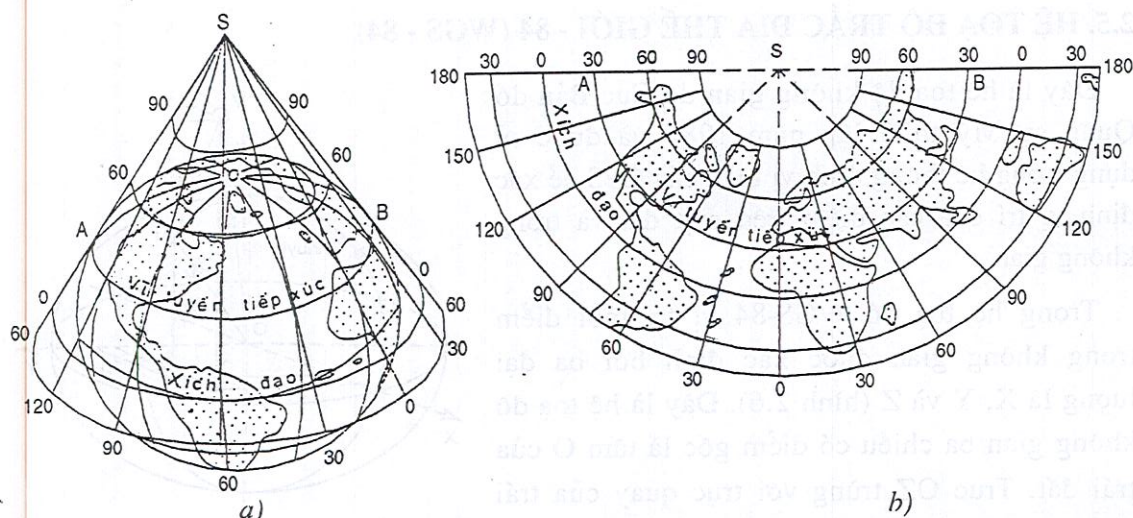
$$\vec{r}_{M-V} = \sqrt{(\Delta X_{M-V}^2 + \Delta Y_{M-V}^2 + \Delta Z_{M-V}^2)}, \quad (2.14) \text{ là véc tơ toạ độ vệ tinh trong hệ toạ độ mặt đất.}$$

Nguyên lý xác định vị trí các điểm trên mặt đất trong hệ thống định vị vệ tinh GPS được trình bày trong mục 7.8 của giáo trình.

## 2.6. KHÁI NIỆM VỀ MỘT SỐ PHÉP CHIẾU VÀ HỆ TOẠ ĐỘ VUÔNG GÓC PHẪNG

Khi khai triển bề mặt quả đất lên mặt phẳng thường có những biến dạng, sai lệch nhất định. Các nhà khoa học đã đề xuất nhiều phép chiếu khác nhau để biểu diễn bề mặt quả đất lên mặt phẳng với độ biến dạng nhỏ nhất như phép chiếu hình nón, phép chiếu hình trụ đứng, hình trụ ngang, phép chiếu UTM v.v..

*Phép chiếu hình nón:* Ngoại tiếp quả cầu trái đất bằng một hình nón có điểm S nằm trên trục quay của trái đất (hình 2.7a). Hình nón này tiếp xúc với trái đất theo vĩ tuyến  $\varphi$  còn gọi là vĩ tuyến tiếp xúc.



Hình 2.7. Phép chiếu hình nón



đạo. Vĩ độ được tính từ mặt phẳng xích đạo về hai phía bắc, nam bán cầu tùy thuộc vào vị trí của điểm đó nằm ở nửa bán cầu nào.

Điểm nằm ở phía bắc bán cầu sẽ có vĩ độ Bắc, còn ở nam bán cầu sẽ có vĩ độ Nam. Vĩ độ có giá trị từ  $0^\circ$  tại các điểm trên đường xích đạo và tăng lên đến  $90^\circ$  tại các cực  $P_1$  và  $P_2$ . Kinh độ địa lý của điểm A là góc nhị diện  $\lambda$  giữa mặt phẳng của kinh tuyến gốc  $P_1M_0P_2$  và mặt phẳng kinh tuyến  $P_1AP_2$  của điểm đó.

Trong hệ toạ độ địa lý, kinh tuyến gốc là kinh tuyến đi qua đài thiên văn Grinuych (Greenwich) ở gần Thủ đô London của nước Anh. Kinh độ có giá trị từ  $0^\circ$  đến  $180^\circ$  tính từ kinh tuyến gốc về phía đông và về phía tây bán cầu, ở phía đông bán cầu gọi là kinh độ Đông, còn ở phía tây bán cầu là kinh độ Tây.

Ví dụ: Thủ đô Hà Nội có toạ độ địa lý gần đúng là:

$$\varphi_{HN} = 21^\circ \text{ vĩ độ bắc (hai mươi một độ vĩ bắc);}$$

$$\lambda_{HN} = 106^\circ \text{ kinh độ Đông (một trăm linh sáu độ kinh Đông).}$$

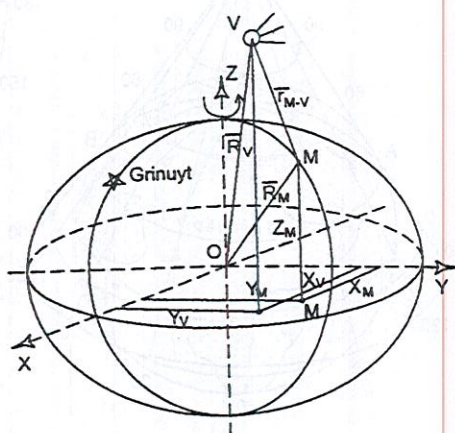
Kinh độ  $\lambda$  và vĩ độ  $\varphi$  được xác định từ các kết quả đo thiên văn. Nếu chúng được tính từ các số liệu trắc địa đo trên mặt đất sẽ được gọi là kinh độ, vĩ độ trắc địa và được ký hiệu tương ứng là L và B. Hiện nay, nhờ sử dụng hệ thống định vị toàn cầu GPS, việc xác định toạ độ địa lý của các điểm rất thuận lợi và nhanh chóng, nội dung của phương pháp này sẽ được trình bày ở mục 7.8 của giáo trình.

Hệ toạ độ địa lý khá đơn giản nhưng không được tiện lợi trong tính toán ứng dụng vì toạ độ địa lý được tính theo đơn vị đo góc, còn giá trị độ dài ứng với giá trị góc ấy ở những khu vực khác nhau trên mặt cầu lại khác nhau, mặt khác việc tính toán với chúng khá phức tạp, vì thế, trong trắc địa, hệ toạ độ vuông góc phẳng được áp dụng rộng rãi nhất.

## 2.5. HỆ TOẠ ĐỘ TRẮC ĐỊA THẾ GIỚI - 84 (WGS - 84)

Đây là hệ toạ độ không gian do Cục Bản đồ Quân sự Mỹ thiết lập năm 1984 và được sử dụng trong hệ thống định vị toàn cầu GPS để xác định vị trí của các điểm trên mặt đất và trong không gian.

Trong hệ toạ độ WGS-84 vị trí mỗi điểm trong không gian được xác định bởi ba đại lượng là X, Y và Z (hình 2.6). Đây là hệ toạ độ không gian ba chiều có điểm gốc là tâm O của trái đất. Trục OZ trùng với trục quay của trái đất, trục OX là giao tuyến giữa mặt phẳng kinh



Hình 2.6. Hệ WGS-84



tuyến gốc và mặt phẳng xích đạo, trục OY vuông góc với trục OX và nằm trên mặt phẳng xích đạo.

Trên hình 2.6 biểu thị điểm M nằm trên mặt đất, điểm V là vị trí của vệ tinh trong không gian. Tọa độ của điểm M và của vệ tinh V được liên hệ với nhau qua biểu thức :

$$\vec{R}_M = \vec{R}_V - \vec{r}_{M-V} \quad (2.11)$$

trong đó:

$$\vec{R}_M = \sqrt{(X_M^2 + Y_M^2 + Z_M^2)}, \quad (2.12) \text{ là véc tơ tọa độ điểm M;}$$

$$\vec{R}_V = \sqrt{(X_V^2 + Y_V^2 + Z_V^2)}, \quad (2.13) \text{ là véc tơ tọa độ vệ tinh;}$$

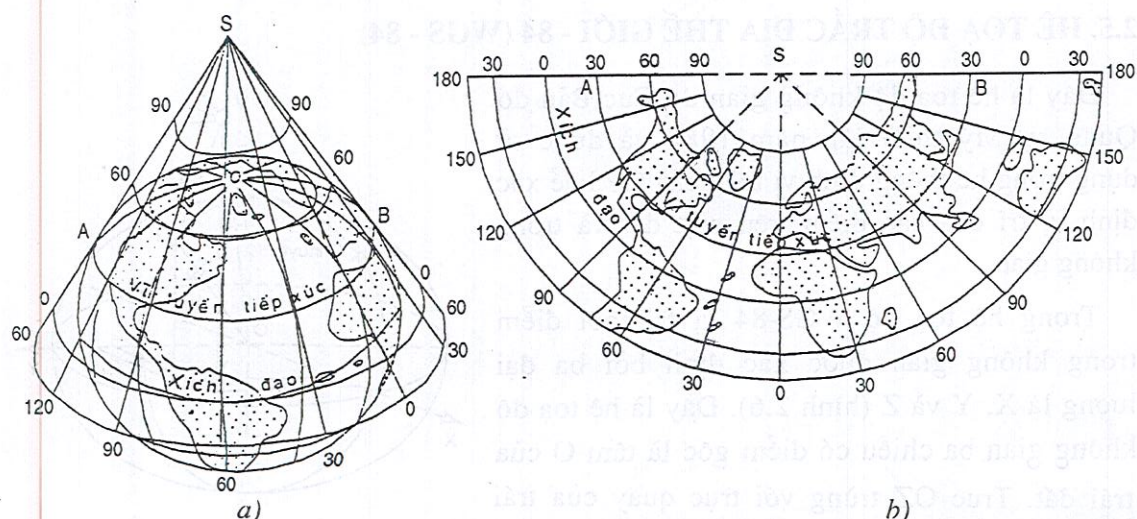
$$\vec{r}_{M-V} = \sqrt{(\Delta X_{M-V}^2 + \Delta Y_{M-V}^2 + \Delta Z_{M-V}^2)}, \quad (2.14) \text{ là véc tơ tọa độ vệ tinh trong hệ tọa độ mặt đất.}$$

Nguyên lý xác định vị trí các điểm trên mặt đất trong hệ thống định vị vệ tinh GPS được trình bày trong mục 7.8 của giáo trình.

## 2.6. KHÁI NIỆM VỀ MỘT SỐ PHÉP CHIẾU VÀ HỆ TOẠ ĐỘ VUÔNG GÓC PHẪNG

Khi khai triển bề mặt quả đất lên mặt phẳng thường có những biến dạng, sai lệch nhất định. Các nhà khoa học đã đề xuất nhiều phép chiếu khác nhau để biểu diễn bề mặt quả đất lên mặt phẳng với độ biến dạng nhỏ nhất như phép chiếu hình nón, phép chiếu hình trụ đứng, hình trụ ngang, phép chiếu UTM v.v..

*Phép chiếu hình nón:* Ngoại tiếp quả cầu trái đất bằng một hình nón có điểm S nằm trên trục quay của trái đất (hình 2.7a). Hình nón này tiếp xúc với trái đất theo vĩ tuyến  $\phi$  còn gọi là vĩ tuyến tiếp xúc.



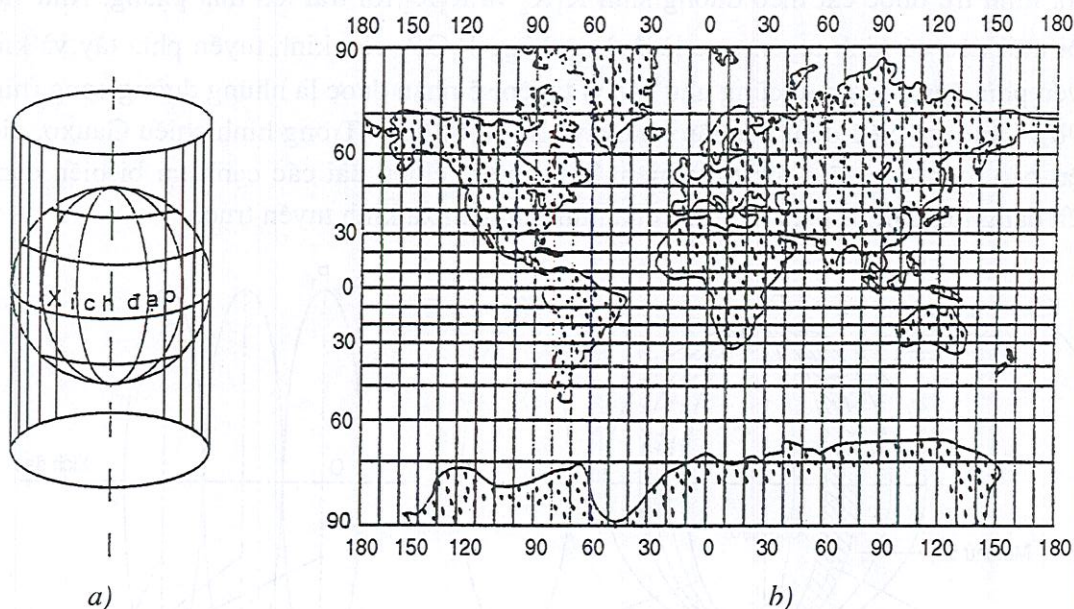
Hình 2.7. Phép chiếu hình nón



Dùng phép chiếu xuyên tâm có tâm chiếu là tâm O của trái đất, mặt chiếu là mặt trong của hình nón. Sau khi chiếu bề mặt trái đất lên mặt trụ, triển khai hình nón theo một đường sinh rồi trải lên mặt phẳng (hình 2.7b), ta được hình chiếu của khu vực.

Trên hình chiếu, các kinh tuyến trở thành các đường sinh của hình nón đồng quy tại S, các vĩ tuyến trở thành các vòng tròn đồng tâm có cùng tâm S. Trên mặt chiếu, độ dài đường vĩ tuyến tiếp xúc không bị biến dạng. Những vùng nằm càng xa đường vĩ tuyến tiếp xúc càng bị biến dạng nhiều. Phép chiếu hình nón được ứng dụng chiếu cho những vùng có vĩ độ từ  $30^\circ$  đến  $60^\circ$ .

**Phép chiếu hình trụ đứng:** Cho ngoại tiếp quả cầu trái đất bằng một hình trụ đứng tiếp xúc theo đường xích đạo (hình 2.8a). Dùng phép chiếu xuyên tâm có tâm chiếu là tâm trái đất để chiếu bề mặt trái đất lên mặt trong của hình trụ. Sau đó khai triển hình trụ theo một đường sinh rồi trải lên mặt phẳng (hình 2.8b).



**Hình 2.8.** Phép chiếu hình trụ đứng.

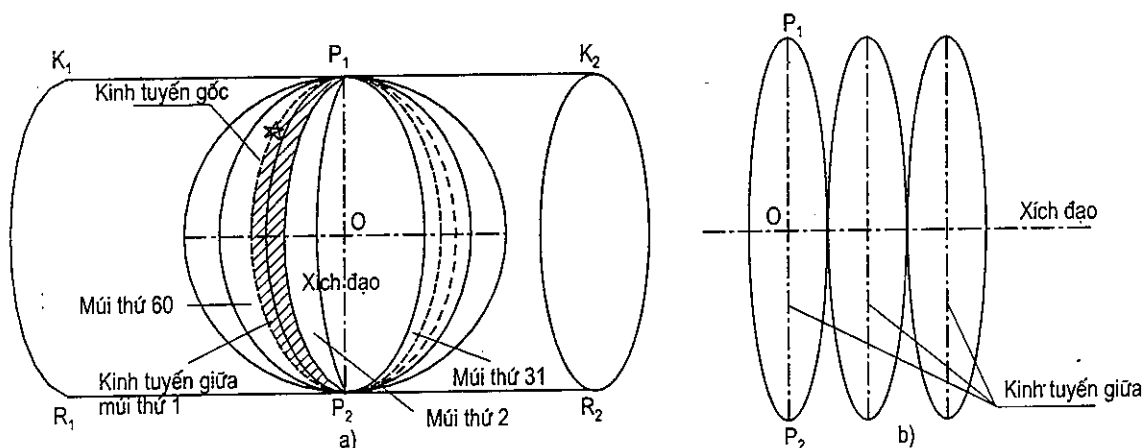
Trên hình chiếu, đường xích đạo là đường nằm ngang có chiều dài không bị biến dạng, vùng càng gần đường xích đạo càng ít bị biến dạng và ngược lại càng xa càng bị biến dạng nhiều. Các kinh tuyến trở thành các đường sinh của hình trụ, các vĩ tuyến trở thành các đường nằm ngang song song nhưng không cách đều mà càng xa xích đạo các vĩ tuyến càng thưa dần, tức là càng biến dạng nhiều.

Phép chiếu này được áp dụng chiếu cho những vùng lân cận đường xích đạo tức là những vùng từ  $30^\circ$  vĩ độ Nam đến  $30^\circ$  vĩ độ Bắc.

**Phép chiếu hình trụ ngang - phép chiếu Gauxơ:** Các phép chiếu trên đây có nhược điểm là hình ảnh trên mặt chiếu chỉ giống hình thực trong một phạm vi nào đó trên mặt

đất. Khi khu vực chiếu khá rộng lớn thì hình chiếu sẽ bị biến dạng nhiều. Nhà bác học Gauxơ (1777-1855) đã đề xuất phép chiếu hình trụ ngang để khắc phục nhược điểm nêu trên, phép chiếu này còn được mang tên nhà bác học nổi tiếng này: phép chiếu Gauxơ.

Nội dung của phép chiếu Gauxơ như sau: Chia toàn bộ quả cầu trái đất thành 60 phần bằng nhau, mỗi phần được giới hạn bởi 2 kinh tuyến có hiệu độ kinh là  $6^\circ$ . Mỗi phần như vậy được gọi là một múi chiếu. Trong mỗi múi chiếu có kinh tuyến chính giữa chia múi làm hai phần bằng nhau được gọi là kinh tuyến trục (kinh tuyến giữa). Các múi được đánh số thứ tự từ 1 đến 60 kể từ kinh tuyến gốc về phía Đông, như vậy kinh tuyến gốc Grinuych là giới hạn phía tây của múi thứ nhất. Phép chiếu Gauxơ được thực hiện trên từng múi một. Trước tiên đặt nội tiếp quả cầu trái đất vào trong hình trụ nằm ngang sao cho chúng tiếp xúc nhau theo đường kinh tuyến trục  $P_1OP_2$  của một múi nào đó (hình 2.9a) còn trục của hình trụ nằm trên mặt phẳng xích đạo. Sau khi chiếu xong từng múi, hình trụ được cắt theo đường sinh  $K_1K_2$  và  $R_1R_2$  rồi trải lên mặt phẳng. Như vậy, mỗi múi đều có kinh tuyến trục là đường thẳng  $P_1OP_2$  còn kinh tuyến phía tây và kinh tuyến phía đông của múi cũng như các vĩ tuyến sẽ nhận được là những đường cong (hình 2.9b). Lần lượt biểu diễn độc lập như vậy cho cả 60 múi. Trong hình chiếu Gauxơ, điều kiện bảo toàn góc đã được thực hiện. Tuy nhiên, chiều dài các cạnh lại bị biến dạng, biến dạng lớn dần về phía hai biên của múi nơi nằm xa kinh tuyến trục.



**Hình 2.9. Phép chiếu hình trụ ngang - Phép chiếu Gauxơ**

Kết quả trên hình chiếu của mỗi múi ta được:

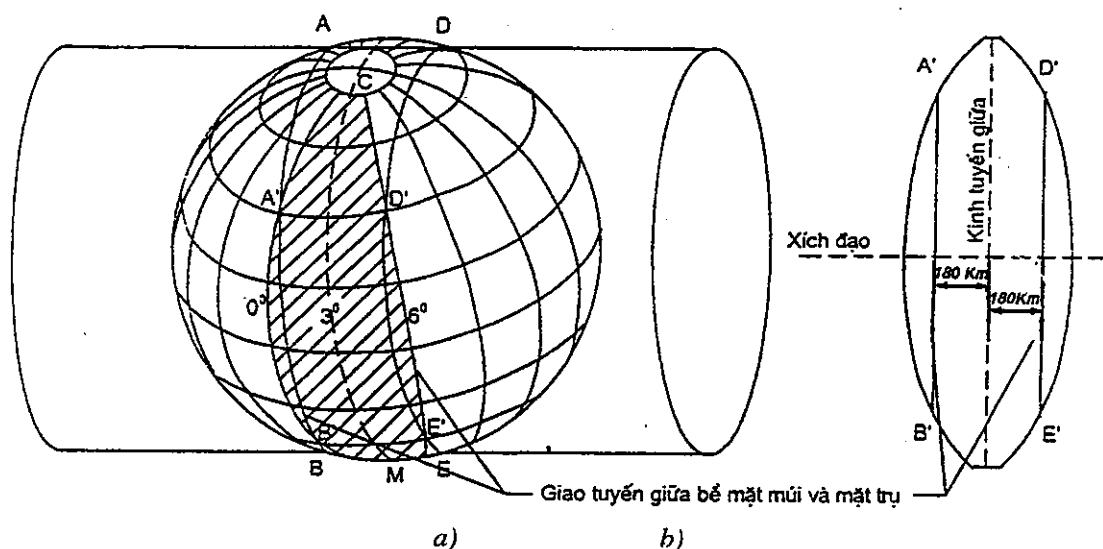
- Xích đạo là trục nằm ngang và có độ dài lớn hơn độ dài thực;
- Kinh tuyến giữa các múi là trục đối xứng thẳng đứng vuông góc với đường xích đạo và có độ dài không bị biến dạng (hệ số chiếu  $k = 1$ );
- Những vùng nằm càng gần đường kinh tuyến trục càng ít bị biến dạng và ngược lại càng xa càng bị biến dạng nhiều;



- Diện tích của mũi trên mặt chiếu lớn hơn diện tích thực trên mặt đất.

Tuy nhiên, trong giới hạn múi chiếu  $6^\circ$  thì những biến dạng đó cũng không vượt quá sai số đồ thị và có thể thoả mãn để thành lập bản đồ tỷ lệ 1: 10000 và nhỏ hơn. Để giảm bớt độ biến dạng và thoả mãn cho các bản đồ tỷ lệ lớn hơn, người ta có thể áp dụng múi chiếu  $3^\circ$  (chia quả đất thành các múi  $3^\circ$ ).

**Phép chiếu UTM (Universal Transversal Mecators):** Phép chiếu UTM cũng là phép chiếu hình trụ ngang và được thực hiện với từng múi có  $\Delta\lambda = 6^\circ$ , nhưng số thứ tự của múi trong phép chiếu này được tính từ đường kinh tuyến  $180^\circ$  đối diện với đường kinh tuyến gốc vòng qua Tây sang Đông (hình 2.10). Như vậy số thứ tự múi ở đây lệch với số thứ tự múi trong phép chiếu Gauss là 30 đv và bằng đúng số thứ tự cột dùng để đánh số ký hiệu bản đồ. Nội dung phép chiếu UTM hoàn toàn tương tự như phép chiếu Gauss, cũng là phép chiếu hình trụ ngang đồng góc nhưng mặt chiếu không tiếp xúc với mặt elipsoid tại các kinh tuyến trục như trong phép chiếu Gauss mà cắt nó theo hai cắt tuyến cách đều kinh tuyến trục 180km (hình 2.10a), nghĩa là không ngoại tiếp trái đất theo kinh tuyến trục mà cắt trái đất theo 2 đường (AB và DE) đối xứng nhau qua kinh tuyến trục (CM). Kinh tuyến trục nằm phía ngoài mặt trụ còn 2 kinh tuyến biên của múi nằm phía trong mặt trụ. Ở đây hệ số chiếu của kinh tuyến trục nhỏ hơn 1 và bằng 0,9996, hệ số chiếu của hai kinh tuyến biên lớn hơn 1. Hai giao tuyến giữa múi chiếu và mặt trụ (A'B' và D'E') có hệ số chiếu bằng 1. Sau khi chiếu, khai triển mặt trụ theo đường sinh thành mặt phẳng ta được hình chiếu của mỗi múi (hình 2.10b).



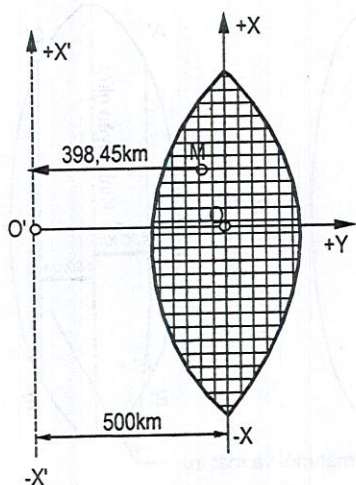
**Hình 2.10. Phép chiếu UTM**

Trên hình chiếu của mỗi múi, xích đạo trở thành trục nằm ngang và kinh tuyến giữa của múi trở thành trục đối xứng thẳng đứng vuông góc với đường xích đạo. Những vùng

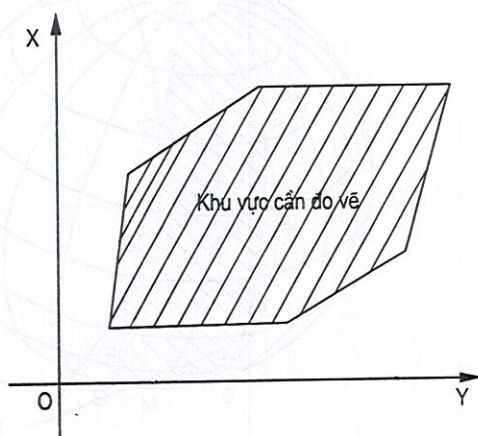
nằm phía trong hai giao tuyến (AB và DE) giữa mũi và mặt trụ có diện tích nhỏ hơn diện tích thực trên mặt đất còn những vùng nằm phía ngoài có diện tích lớn hơn diện tích thực trên mặt đất.

Trong phép chiếu UTM do mặt chiếu nằm vào khoảng giữa kinh tuyến trục và hai kinh tuyến biên của mũi (trong phép chiếu Gauxơ tiếp xúc với kinh tuyến trục) nên độ biến dạng lớn nhất theo chiều dài (trên đường kinh tuyến giữa mũi) là  $1 - 0,9996 = 0,0004$ , có nghĩa là với chiều dài 1km thì sẽ bị biến dạng đi 0,4m. Còn trong phép chiếu Gauxơ đại lượng biến dạng lớn nhất tại vùng biên của mũi đạt tới 1,3 - 1,4m trên 1km chiều dài, lớn hơn nhiều so với phép chiếu UTM, đó là một trong những lý do mà từ năm 2000, chúng ta đã thay đổi hệ quy chiếu Quốc gia (chuyển từ hệ HN-72 dùng phép chiếu Gauxơ sang hệ VN-2000 dùng phép chiếu UTM).

**Hệ tọa độ vuông góc phẳng Gauxơ:** Trong phép chiếu Gauxơ, kinh tuyến trục vuông góc với đường xích đạo nên có thể dùng tọa độ vuông góc phẳng theo mũi để xác định vị trí các điểm trong mũi. Trong hệ tọa độ này lấy đường biểu diễn kinh tuyến trục làm trục tung X, đường xích đạo làm trục hoành Y (hình 2.11). Gốc tọa độ O là giao điểm của kinh tuyến trục và xích đạo. Hướng dương của các trục tọa độ là từ Nam lên Bắc và từ Tây sang Đông. Như vậy, các điểm ở Bắc bán cầu đều có tung độ dương, còn hoành độ trong phạm vi một mũi cũng có thể âm hoặc dương. Để thuận tiện cho tính toán và tránh có hoành độ âm, hoành độ của điểm gốc tọa độ không chọn bằng 0 mà lấy bằng 500km, có nghĩa là tịnh tiến trục OX về phía tây 500 km. Khi đó hoành độ của mọi điểm trong mũi sẽ luôn luôn dương vì nơi rộng nhất ở xích đạo của nửa mũi  $6^\circ$  cũng không quá 385km. Ngoài ra để biết được điểm cần xác định nằm ở mũi nào trong 60 mũi, trước hoành độ của mỗi điểm được ghi thêm số thứ tự của mũi.



Hình 2.11. Hệ tọa độ vuông góc Gauxơ



Hình 2.12. Hệ tọa độ giả định

Ví dụ: điểm H có tọa độ  $X_H = 2065,83$  km;  $Y_H = 18398,45$  km có nghĩa là điểm H nằm ở mũi tọa độ thứ 18, cách kinh tuyến trục của mũi về bên trái (phía Tây) là 101,55km ( $500 - 398,45 = 101,55$ ) và cách xích đạo về phía Bắc 2065,83km.



Để thuận tiện cho việc sử dụng, trên bản đồ địa hình còn được kẻ thêm lưới tọa độ gồm hệ thống các đường vuông góc tạo nên một lưới ô vuông. Các cạnh ô vuông song song với các trục hoành độ và tung độ. Độ lớn các cạnh ô vuông tương ứng với một khoảng cách nhất định trên thực địa (thường là bội số của 1km tùy thuộc vào tỷ lệ bản đồ) và gọi là lưới kilômét.

Khi lập bình đồ địa hình ở một khu vực nhỏ trên mặt đất, cũng có thể sử dụng hệ tọa độ vuông góc phẳng giả định. Trong hệ tọa độ này vị trí tương hỗ các trục tọa độ vẫn giữ nguyên, còn hướng gốc của trục tung OX có thể xê dịch chút ít so với hướng của kinh tuyến thực. Góc tọa độ được chọn tùy ý và cố gắng chọn sao cho hoành độ và tung độ của các điểm trong khu vực đều dương và có giá trị không lớn để thuận tiện cho việc tính toán. Thông thường gốc tọa độ được chọn ở điểm tận cùng phía ngoài góc Tây nam của khu vực (hình 2.12), trong trường hợp cần thiết phải đo nối và tính chuyển về hệ tọa độ Quốc gia.

## 2.7. TỶ LỆ VÀ THƯỚC TỶ LỆ

Tỷ lệ là giá trị quy định số lần thu nhỏ khoảng cách ngang trên thực địa khi biểu diễn khoảng cách đó lên bình đồ hoặc bản đồ. Như vậy tỷ lệ chính là tỷ số giữa chiều dài một đoạn thẳng trên bình đồ hoặc bản đồ và chiều dài nằm ngang của chính đoạn thẳng đó trên thực địa. Tỷ lệ được biểu diễn dưới dạng một phân số đơn giản, không đơn vị, có tử số bằng 1, mẫu số bằng số lần thu nhỏ khoảng cách nằm ngang trên thực địa khi biểu diễn lên bình đồ hoặc bản đồ, đó chính là tỷ lệ được biểu diễn dưới dạng số. Ví dụ, ở các tỷ lệ 1: 500; 1: 1000; 1: 2000, các khoảng cách ngang trên thực địa được thu nhỏ đi 500, 1000 và 2000 lần. Đó chính là tỷ lệ số và được ký hiệu là  $\frac{1}{M}$ , M được gọi là mẫu

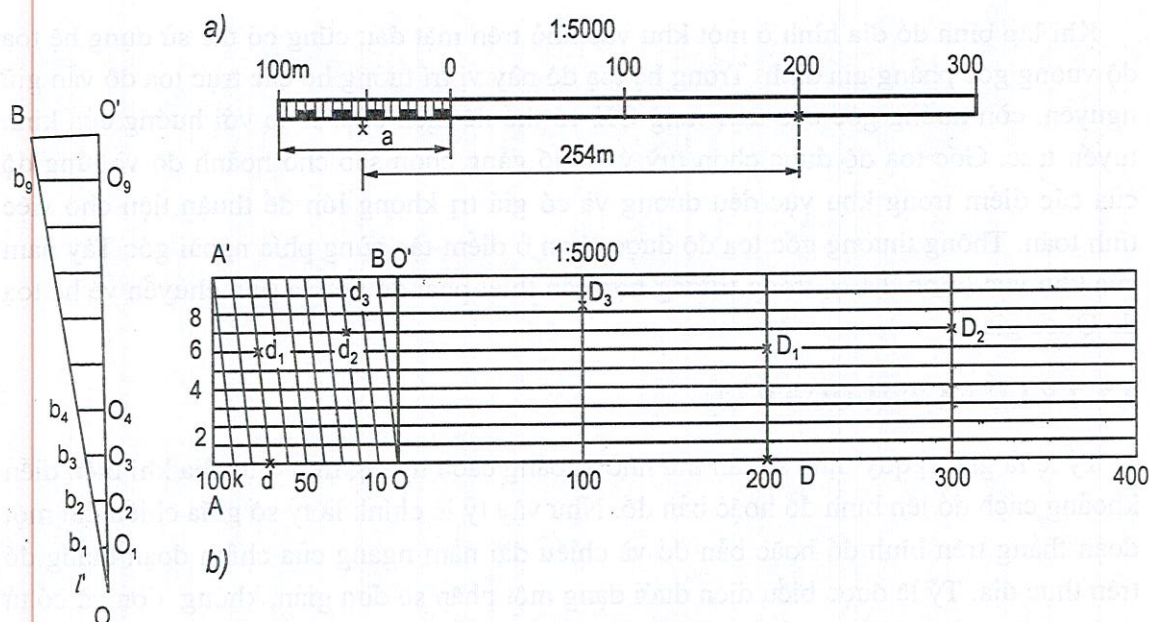
số của tỷ lệ bản đồ, nó chính bằng tỷ số giữa khoảng cách ngang trên thực địa S và chính khoảng cách đó khi biểu diễn trên bản đồ s ( $M = S/s$ ). Khi tỷ lệ càng lớn tức là khi M càng nhỏ (số lần thu nhỏ ít), thì càng thể hiện được nhiều chi tiết địa hình, địa vật lên bình đồ, bản đồ. Tỷ lệ bản đồ được lựa chọn theo nhiệm vụ kỹ thuật dựa trên mục đích sử dụng tờ bản đồ đó. Vấn đề này sẽ được đề cập chi tiết trong chương 9.

Theo tỷ lệ số và chiều dài đoạn thẳng trên bình đồ có thể tính được chiều dài ngang của đoạn thẳng đó ngoài thực địa và ngược lại. Để thuận tiện cho việc xác định chiều dài sẽ đưa lên bản đồ hoặc chiều dài ngang trên thực địa, tỷ lệ số được biểu diễn bằng đồ thị dưới dạng thước tỷ lệ.

Có hai loại thước tỷ lệ là thước tỷ lệ thẳng và thước tỷ lệ ngang (còn gọi là thước tỷ lệ xiên). Để xây dựng thước tỷ lệ thẳng, ta kẻ một đường thẳng và đặt liên tiếp trên đó nhiều đoạn a bằng nhau (hình 2.13a), mỗi đoạn đó được gọi là một đơn vị cơ bản của thước, thông thường lấy  $a = 2\text{cm}$ , nó tương ứng với một chiều dài chuẩn ngoài thực địa. Ví dụ, đối với bình đồ: 1: 5000 đơn vị cơ bản bằng 2cm của thước sẽ tương ứng với



chiều dài 100m ngoài thực địa. Đầu phải của vạch cơ bản thứ nhất sẽ được đánh số 0, từ vạch 0 về bên phải ta lần lượt ghi chiều dài thực tương ứng với số vạch đơn vị cơ bản, ví dụ 100m, 200m, 300m... Đoạn cơ bản bên trái vạch 0 lại được chia ra 10 phần hoặc 20 phần bằng nhau tùy thuộc yêu cầu độ chính xác.



Hình 2.13. Thước tỷ lệ

Đo đoạn thẳng trên bản đồ và đặt lên thước ta sẽ xác định ngay được độ dài của nó ngoài thực địa (trên hình vẽ, đoạn đo được có chiều dài bằng 254m). Thước tỷ lệ thẳng chỉ có độ chính xác bằng 1/10 hoặc 1/20 của đơn vị cơ bản, do đó để nâng cao độ chính xác xác định chiều dài theo bình đồ hoặc bản đồ có thể sử dụng thước tỷ lệ xiên (hình 2.13b).

Cũng giống như khi dựng thước tỷ lệ thẳng, sau khi đã đặt liên tiếp các đoạn đơn vị cơ bản lên đường thẳng, ta dựng các đường vuông góc AA', OO'... có chiều dài bằng chiều dài của đơn vị cơ bản (2 hoặc 4cm) và tiếp tục chia chúng ra mười phần bằng nhau. Đáy dưới AO và đáy trên A'O' của đơn vị cơ bản đầu cùng bên trái cũng được chia ra làm mười phần bằng nhau và nối với nhau theo một đường xiên. Theo các tam giác đồng dạng thì vạch chia nhỏ nhất trên thước có thể đọc được là:

$$b_1O_1 = l = \frac{AO}{100}.$$

Nếu đơn vị cơ bản của thước là 2cm thì giá trị vạch chia nhỏ nhất của tỷ lệ ngang sẽ là  $b_1O_1 = l = 0,2\text{mm}$ . Để xác định khoảng cách ta chỉ việc dùng compa đo đặt lên các đoạn tương ứng sau khi đã xê dịch theo chiều dọc để lấy giá trị chuẩn và chiều ngang để lấy các đoạn lẻ. Ví dụ, đối với tỷ lệ 1: 5000, các đoạn trên thước (hình 2.13b) tương ứng là:

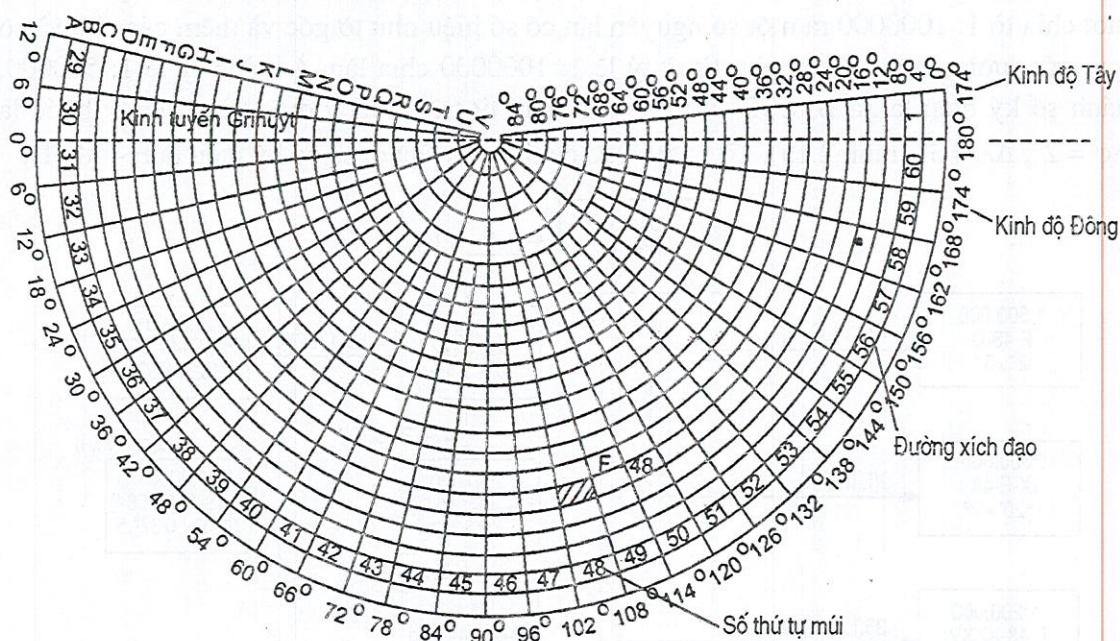


$$Dd = 270m; D_1d_1 = 276m; D_2d_2 = 327m; D_3d_3 = 108,5m;$$

Kinh nghiệm cho thấy, mắt thường chỉ có thể phân biệt được một khoảng cách nhỏ nhất là 0,1mm trên giấy. Vì thế chiều dài ngoài thực địa ứng với 0,1mm trên bình đồ theo mỗi tỷ lệ chính là độ chính xác của tỷ lệ bản đồ. Ví dụ, đối với các tỷ lệ 1:500; 1: 1000; 1: 2000 ; 1: 5000 độ chính xác của bản đồ tương ứng là 0,05; 0,1; 0,2 và 0,5m. Đây chính là độ chính xác cao nhất có thể xác định được khoảng cách theo những bản đồ có tỷ lệ nêu trên. Cũng chính vì thế mà các yếu tố đo ngoài thực địa không thể biểu diễn lên bình đồ được nếu chúng có kích thước nhỏ hơn độ chính xác của tỷ lệ bản đồ. Độ chi tiết và đầy đủ của bản đồ cũng được quy định dựa trên cơ sở này.

## 2.8. CHIA MẢNH VÀ ĐÁNH SỐ HIỆU BẢN ĐỒ

Để tiện lợi cho việc in ấn, xuất bản và sử dụng bản đồ, các khu vực của bề mặt Quả đất được biểu diễn theo từng tờ riêng biệt. Mỗi tờ bản đồ được giới hạn bởi những kinh tuyến và vĩ tuyến tạo thành một hình thang có kích thước tùy thuộc vào tỷ lệ của nó và vào vĩ độ khu vực được biểu diễn. Trình tự phân chia vị trí và tỷ lệ các tờ bản đồ gọi là chia mảnh bản đồ, còn ký hiệu của từng mảnh bản đồ trong một hệ thống nhất định gọi là số hiệu hay danh pháp tờ bản đồ.

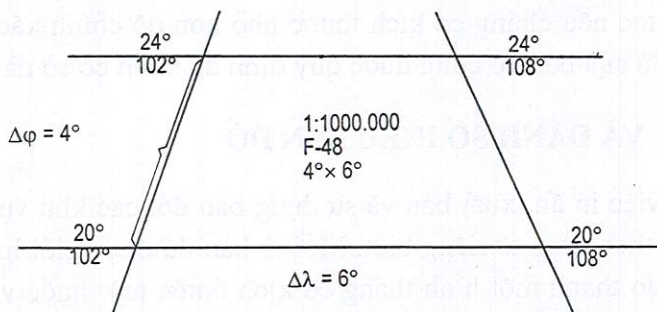


Hình 2.14a. Nguyên tắc chia mảnh bản đồ.

Quy ước quốc tế quy định lấy tờ bản đồ tỷ lệ 1: 1000000 làm cơ sở gốc để chia mảnh bản đồ. Tờ bản đồ này biểu diễn những khu vực khi chia quả đất bằng những vĩ tuyến qua 4° tính từ xích đạo về hai cực tạo thành những vành đai và ký hiệu bằng các chữ La

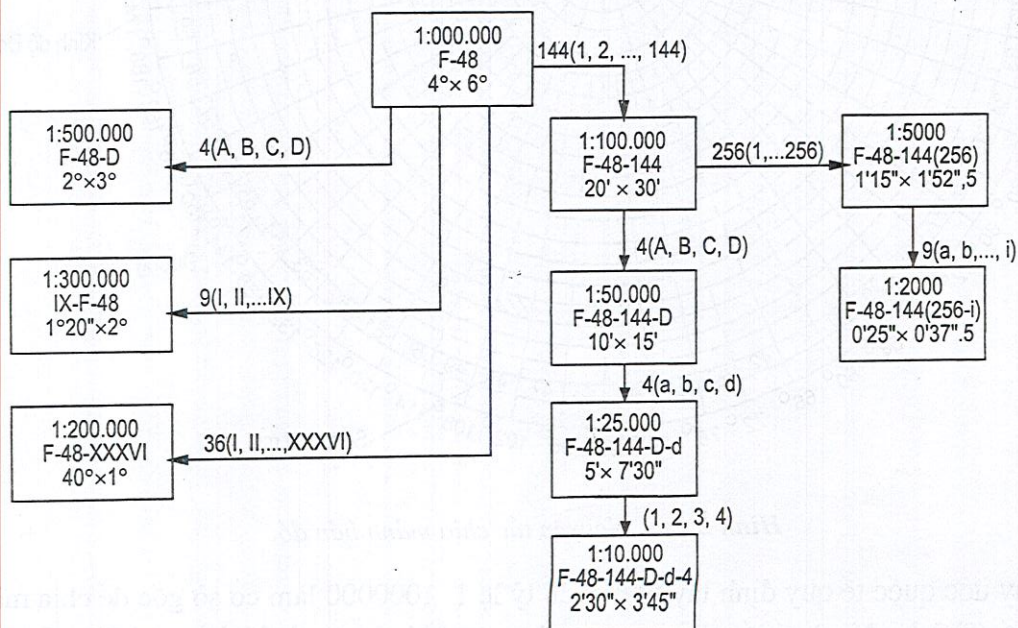


ting (A, B,...V) và các đường kinh tuyến cách nhau  $6^\circ$  từ kinh tuyến  $180^\circ$  tạo thành các cột được đánh số theo các chữ số Ả Rập (1, 2,...60) (hình 2.14a). Vì các cột  $6^\circ$  này có diện tích và hình dạng trùng với múi toạ độ  $6^\circ$  nên để tránh nhầm lẫn, người ta lấy số thứ tự của cột khác số thứ tự của múi là 30. Ví dụ, tờ bản đồ tỷ lệ 1: 1000000 trong đó có thủ đô Hà Nội sẽ có số hiệu là F - 48 (Hà Nội ở vành đai F, cột thứ 48 tức là bằng múi thứ 18 cộng với 30). Trên hình 2.14b là ký hiệu và kích thước mảnh bản đồ tỷ lệ 1: 1000000 trên đó có Thủ đô Hà Nội.



**Hình 2.14b.** Ký hiệu và vị trí mảnh bản đồ tỷ lệ 1:1000000.

Chia mảnh và đánh số hiệu các tờ bản đồ tỷ lệ lớn hơn được tiến hành bằng cách lần lượt chia tờ 1: 1000000 ra một số nguyên lần có số hiệu như tờ gốc và thêm các chữ và số quy ước tương ứng. Ví dụ, như tờ tỷ lệ 1: 1000000 chia làm 4 mảnh tỷ lệ 1: 500000, đánh số ký hiệu là A, B, C, D từ trái sang phải, từ trên xuống dưới và có kích thước là  $\Delta\varphi = 2^\circ$ ;  $\Delta\lambda = 3^\circ$  (hình 2.15). Tờ 1: 500000 có thủ đô Hà Nội sẽ có ký hiệu là F - 48 - D.



**Hình 2.15.** Trình tự phân chia các mảnh bản đồ.



Trên sơ đồ hình 2.15 là trình tự phân chia và đánh số hiệu bản đồ các tỷ lệ. Hướng mũi tên chỉ từ tờ gốc tới các tờ được phân chia tiếp theo, trên mũi tên là số mảnh được chia và ký hiệu của chúng trong ngoặc đơn (), trong khung lần lượt là tỷ lệ, số hiệu và kích thước  $\Delta\varphi \times \Delta\lambda$  của tờ bản đồ.

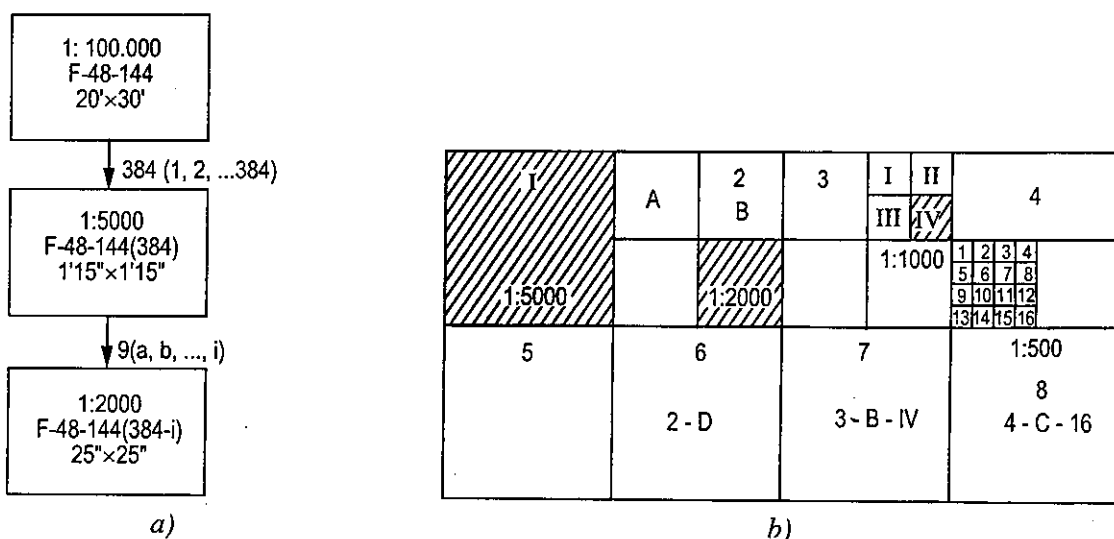
Đối với những khu vực nhỏ (dưới  $20\text{km}^2$ ) trong phạm vi thành phố, khu công nghiệp..., việc chia mảnh được tiến hành theo ô vuông tọa độ lấy cơ sở là tỷ lệ 1:5000 trên khung giấy có kích thước tiêu chuẩn là:

(40 × 40) cm cho tỷ lệ 1: 5000

(50 × 50) cm cho tỷ lệ 1: 2000; 1: 1000 và 1: 500

Tờ bản đồ tỷ lệ 1: 5000 hình thành từ tờ bản đồ tỷ lệ 1: 100000, sau khi chia tờ bản đồ tỷ lệ 1: 100000 ra 384 mảnh, mỗi mảnh lại được chia ra 9 mảnh tỷ lệ 1: 2000 và được ký hiệu theo quy định Quốc gia (hình 2.16a).

Số hiệu của các tờ bản đồ tỷ lệ lớn ký hiệu theo quy định địa phương do Ủy ban nhân dân thành phố hoặc Văn phòng Kiến trúc sư trưởng phê chuẩn. Trình tự phân chia và đánh số hiệu các tờ bản đồ tỷ lệ lớn được nêu trên sơ đồ hình 2.16b, tờ bản đồ tỷ lệ 1: 500 sẽ có ký hiệu là 4-C-16.



Hình 2.16. Trình tự phân chia và đánh số hiệu các tờ bản đồ tỷ lệ lớn

## 2.9. KHÁI NIỆM VỀ ĐỊNH HƯỚNG ĐƯỜNG THẲNG VÀ CÁC GÓC PHƯƠNG VỊ

Định hướng đường thẳng là xác định hướng của đường thẳng ấy so với một hướng nào đó được chọn làm gốc. Thực chất của việc định hướng đường thẳng là xác định góc giữa hướng gốc đi qua điểm đầu của đường thẳng và hướng của bản thân đường thẳng đó.

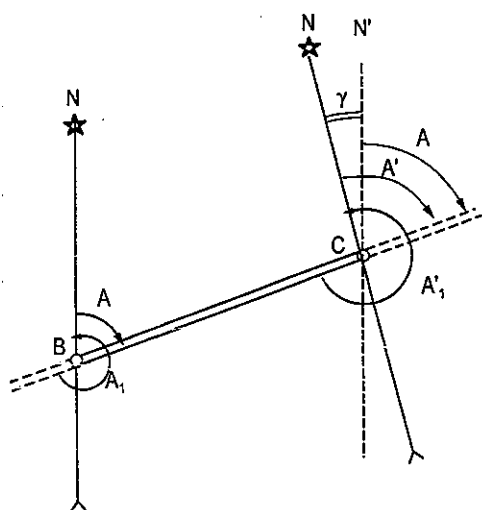
Trong trắc địa, các hướng được chọn làm gốc là hướng bắc của kinh tuyến thực (kinh tuyến địa lý), hướng bắc của kinh tuyến từ (hướng chỉ bắc của kim nam châm) hoặc hướng bắc của kinh tuyến trục (hướng trục tung của hệ toạ độ vuông góc trên bản đồ). Tùy thuộc vào hướng gốc được chọn mà các góc định hướng của đường thẳng có thể là phương vị thực, phương vị từ hoặc phương vị định hướng  $\alpha$ .

Phương vị thực  $A$  của đường thẳng  $BC$  tại điểm  $B$  (hình 2.17) là góc phẳng tính từ hướng Bắc của kinh tuyến thực (kinh tuyến địa lý) theo chiều kim đồng hồ đến hướng cần xác định  $BC$ , nó có thể có giá trị từ  $0^\circ$  đến  $360^\circ$ . Vì các kinh tuyến ở các điểm khác nhau không song song mà cắt nhau ở hai cực của quả đất nên phương vị thực của cùng một đường thẳng nhưng ở các điểm khác nhau trên đường thẳng đó sẽ có những giá trị khác nhau. Ví dụ, đối với đường thẳng  $BC$ , phương vị thực  $A$  của nó tại điểm  $B$  không bằng phương vị thực  $A$  tại điểm  $C$ .

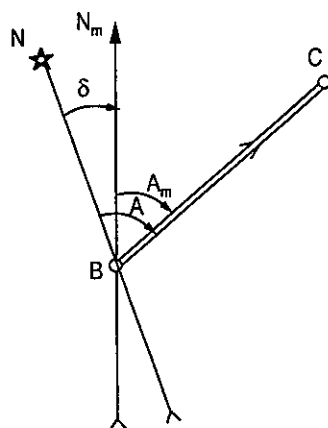
Nếu kẻ qua điểm  $C$  một đường thẳng  $CN'$  song song với kinh tuyến  $BN$  ta được góc lệch  $\gamma$  và nó được gọi là độ hội tụ kinh tuyến (độ gần kinh tuyến). Khi đó:

$$A' = A + \gamma$$

Độ hội tụ kinh tuyến tăng dần từ xích đạo về hai cực, tại xích đạo độ hội tụ bằng 0 và đạt cực đại tại hai cực. Phương vị thực của đường thẳng được xác định bằng đo thiên văn hoặc sử dụng các dụng cụ đo chuyên dùng như kinh vĩ hoặc địa bàn con quay.



Hình 2.17. Góc phương vị thực.



Hình 2.18. Góc phương vị từ.

Phương vị từ  $A_m$  của đường thẳng  $BC$  tại  $B$  (hình 2.18) là góc phẳng tính từ hướng Bắc của kinh tuyến từ theo chiều kim đồng hồ đến hướng cần xác định, nó cũng có giá trị từ  $0^\circ$  đến  $360^\circ$ . Vì kinh tuyến từ là hướng tự do của trục kim nam châm (hướng về cực từ của quả đất), mà cực từ và cực địa lý không trùng nhau nên tại cùng một điểm nó tạo với kinh tuyến địa lý một góc  $\delta$ , góc này được gọi là góc lệch kim nam châm (độ lệch kim nam châm).

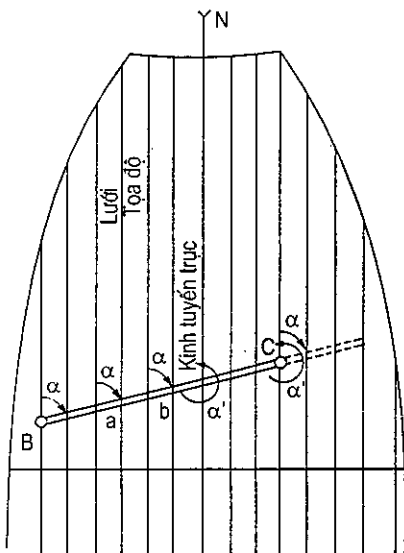


Đầu kim nam châm có thể lệch về phía đông hoặc phía tây của kinh tuyến địa lý nên cũng có thể có góc lệch đông hoặc góc lệch tây. Góc lệch đông quy ước mang dấu dương, góc lệch tây mang dấu âm. Vì thế phương vị thực và phương vị từ có mối quan hệ theo công thức:

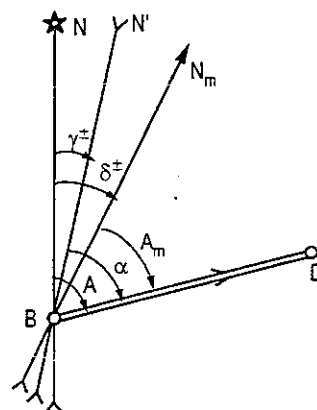
$$A = A_m + (\pm \delta), \quad (2.15)$$

Độ lệch kim nam châm không những có giá trị khác nhau tại các điểm trên cùng một đường thẳng mà tại cùng một điểm giá trị của nó cũng không ổn định theo thời gian. Trong vòng một ngày đêm giá trị độ lệch kim nam châm có thể thay đổi tới 15' hoặc lớn hơn và có thể đạt tới hàng chục độ sau mấy trăm năm. Vì thế, phương vị từ chỉ dùng để định hướng sơ bộ với yêu cầu độ chính xác không cao.

Hiện nay, tọa độ cực từ Bắc của quả đất là:  $\varphi_N = 70^\circ$  vĩ độ Bắc;  $\lambda_N = 96^\circ$  kinh độ Tây (nằm trên lãnh thổ Canada) và tọa độ cực từ Nam là:  $\varphi_S = 73^\circ$  vĩ độ nam;  $\lambda_S = 156^\circ$  kinh độ Đông (nằm trên châu Nam cực). Bởi vì các góc phương vị  $A$  và  $A_m$  tại những điểm khác nhau trên cùng một đường thẳng lại có giá trị khác nhau nên việc sử dụng chúng để định hướng rất không thuận tiện, vì thế trong trắc địa người ta sử dụng góc phương vị định hướng  $\alpha$ . Góc định hướng  $\alpha$  của một cạnh (hình 2.16) là góc phẳng tính từ hướng bắc kinh tuyến trục của mỗi múi hoặc từ hướng dương của trục  $OX$  (hướng song song với trục  $OX$ ) theo chiều kim đồng hồ đến hướng của cạnh đó. Giá trị của góc định hướng  $\alpha$  cũng có thể thay đổi từ  $0^\circ$  đến  $360^\circ$ , nhưng có một điểm khác cơ bản so với các phương vị  $A$  và  $A_m$  là tại mọi điểm của cùng một đường thẳng nó chỉ có một giá trị duy nhất là  $\alpha$ .



Hình 2.19. Góc định hướng  $\alpha$ .



Hình 2.20. Mối quan hệ  $A$ ,  $A_m$  và  $\alpha$ .

Điều này cho phép ứng dụng góc định hướng  $\alpha$  ngoài thực tế rất tiện lợi.

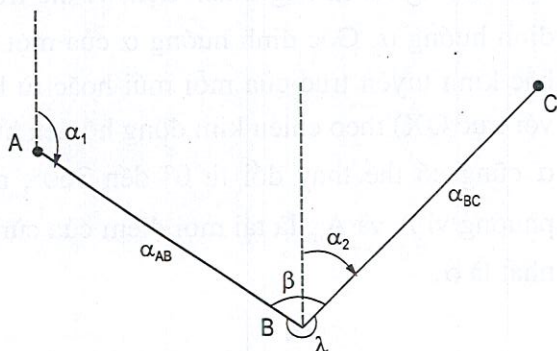
Góc định hướng thuận  $\alpha$  và ngược  $\alpha'$  của cùng một đường thẳng BC (hình 2.19) có giá trị lệch nhau đúng bằng  $180^\circ$ :

$$\alpha = \alpha' \pm 180^\circ, \quad (2.16)$$

Mối liên hệ giữa các góc định hướng có thể được chỉ rõ trên hình 2.20, trên đó BN là kinh tuyến thực BN' là đường song song với kinh tuyến trục (lưới toạ độ) và BN<sub>m</sub> là hướng của kinh tuyến từ. Theo các định nghĩa nêu trên, góc NBN' =  $\gamma$  là độ hội tụ kinh tuyến, góc NBN<sub>m</sub> =  $\delta$  là độ lệch từ. Từ hình vẽ ta thấy, khi tính toán, dấu  $\pm$  được chọn theo dấu cụ thể của  $\delta$  và  $\gamma$  cho trên từng mảnh bản đồ.

## 2.10. MỐI QUAN HỆ GIỮA PHƯƠNG VỊ ĐỊNH HƯỚNG $\alpha$ CỦA HAI CẠNH LIÊN TIẾP NHAU - BÀI TOÁN CHUYỂN PHƯƠNG VỊ

Trong trắc địa thường phải xác định phương vị định hướng  $\alpha$  của một cạnh nào đó theo phương vị của một cạnh khác và góc ngang giữa hai cạnh đó (bài toán chuyển phương vị). Giả sử cạnh AB có phương vị đã biết là  $\alpha_{AB}$  (hình 2.21). Theo hướng đi qua B đến C, tại B ta đo góc ngang  $\beta$  bên trái hướng đi (góc trái) hoặc góc ngang  $\lambda$  nằm bên phải (góc phải) giữa hai cạnh AB và BC. Cần xác định phương vị định hướng  $\alpha_2$  của cạnh BC ( $\alpha_{BC}$ ). Vì góc phương vị thuận  $\alpha_1$  và ngược  $\alpha_1'$  của cùng một đường thẳng lệch nhau đúng  $180^\circ$  nên đối với cạnh AB ta có thể viết:



Hình 2.21. Mối quan hệ của các góc  $\alpha$

$$\alpha_1' = \alpha_1 \pm 180^\circ; \text{ hay } \alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ,$$

từ đó theo hình 2.21 ta có thể viết:

$$\alpha_2 = \alpha_1' + \beta = \alpha_1 \pm 180^\circ + \beta; \text{ hay } \alpha_{BC} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ + \beta, \quad (2.17)$$

Vì góc trái  $\beta$  và góc phải  $\lambda$  bù nhau: ( $\beta = 360^\circ - \lambda$ ) nên khi đo góc phải  $\lambda$  ta có thể tính theo công thức:

$$\alpha_2 = \alpha_1 \pm 180^\circ - \lambda; \text{ hay } \alpha_{BC} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ - \lambda, \quad (2.18)$$

Khi tính theo công thức (1.17):

lấy dấu (+) nếu  $\alpha_1 < 180^\circ$

lấy dấu (-) nếu  $\alpha_1 > 180^\circ$ .



Ví dụ, khi  $\alpha_1 = 45^\circ$ ,  $\beta = 110^\circ$  theo (2.17) ta được  $\alpha_2 = 45 + 180^\circ + 110^\circ = 335^\circ$  hoặc khi  $\alpha_1 = 240^\circ$ ,  $\beta = 190^\circ$  theo (2.17) ta được  $\alpha_2 = 240^\circ - 180^\circ + 190^\circ = 250^\circ$ . Khi tính theo công thức (2.18) sẽ lấy dấu dương nếu tổng  $(\alpha_1 + 180^\circ) > \lambda$  và lấy dấu (-) nếu hiệu  $(\alpha_1 - 180^\circ) > \lambda$ .

Ví dụ: khi  $\alpha_1 = 25^\circ$ ;  $\lambda = 135^\circ$  theo (2.18) ta được:

$$\alpha_2 = 25^\circ + 180^\circ - 135^\circ = 70^\circ; \text{ lấy dấu } + \text{ vì } (25^\circ + 180^\circ) > 135^\circ$$

hoặc khi:  $\alpha_1 = 345^\circ$ ;  $\lambda = 100^\circ$ ; ta được:

$$\alpha_2 = 345^\circ - 180^\circ - 100^\circ = 65^\circ; \text{ lấy dấu } - \text{ vì } (345^\circ - 180^\circ) > 100^\circ$$

Trường hợp tổng quát, nếu tuyến gồm nhiều cạnh liên tiếp nhau ta có thể áp dụng các công thức:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i \pm 180^\circ + \beta_i; \quad (2.19)$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i \pm 180^\circ - \lambda_i; \quad (2.20)$$

Như vậy, góc ngang giữa hai cạnh liên tiếp kề nhau sẽ bằng hiệu hai góc phương vị của hai cạnh đó:

$$\beta_i = \alpha_{i+1} - \alpha_i \text{ khi } \alpha_{i+1} > \alpha_i; \quad (2.21)$$

$$\beta_i = (\alpha_{i+1} + 360^\circ) - \alpha_i \text{ nếu } \alpha_{i+1} < \alpha_i; \quad (2.22)$$

## 2.11. TÍNH TỌA ĐỘ VUÔNG GÓC, HAI BÀI TOÁN TRẮC ĐỊA CƠ BẢN - BÀI TOÁN THUẬN (BÀI TOÁN CHUYỂN TỌA ĐỘ) VÀ BÀI TOÁN NGƯỢC TRONG TRẮC ĐỊA

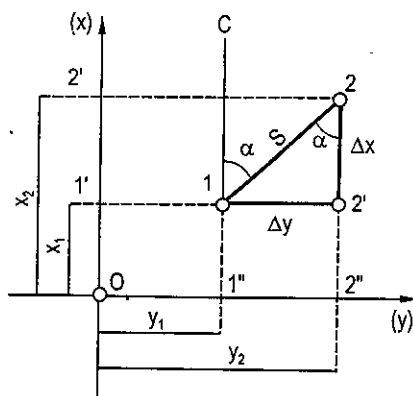
Giả sử hai điểm 1 và 2 trong hệ toạ độ vuông góc XOY có các toạ độ  $x_1$ ;  $y_1$  và  $x_2$ ;  $y_2$  (hình 2.22). Hiệu các toạ độ:

$$\Delta x = x_2 - x_1 \text{ và } \Delta y = y_2 - y_1; \quad (2.23)$$

gọi là các gia số toạ độ. Như vậy ta sẽ có:

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + \Delta x \\ y_2 &= y_1 + \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (2.24)$$

Nếu kẻ qua điểm 1 đường 1-C song song với trục X khi đó góc C12 sẽ là góc phương vị định hướng  $\alpha$  của cạnh 1-2. Nếu khoảng cách ngang giữa hai điểm 1 và 2 ký hiệu là S, thì trên cơ sở giải tam giác vuông ta được các gia số toạ độ:



Hình 2.22. Cơ sở bài toán thuận ngược.

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= S \cos \alpha \\ \Delta y &= S \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (2.25), \text{ từ đó ta được: } \left. \begin{aligned} x_2 &= x_1 + S \cos \alpha \\ y_2 &= y_1 + S \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (2.26)$$

Như vậy dựa vào tọa độ điểm thứ nhất, khoảng cách ngang từ điểm thứ nhất đến điểm thứ hai và phương vị định hướng của cạnh đó để xác định tọa độ điểm thứ hai gọi là bài toán thuận trong trắc địa (bài toán tính chuyển tọa độ).

Nếu cho trước tọa độ vuông góc của hai điểm  $x_1, y_1; x_2, y_2$  (hình 2.22) cần xác định phương vị  $\alpha_{1-2}$  và khoảng cách ngang  $S_{1-2}$  giữa 2 điểm đó, đây chính là nội dung bài toán ngược trong trắc địa. Bài toán này được giải theo những công thức sau:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= x_2 - x_1; \quad \Delta y = y_2 - y_1 \\ \operatorname{tg} \alpha_{1-2} &= \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad S_{1-2} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \sqrt{\Delta^2 x + \Delta^2 y} \end{aligned} \right\} \quad (2.27)$$

Khi giải các bài toán thuận và ngược có thể sử dụng máy tính bỏ túi và máy tính điện tử cá nhân cũng như sử dụng kết hợp các bảng tra giá số tọa độ, bảng tra lượng giác hoặc bảng tra lôgarit.

Vì hướng tính góc phương vị  $\alpha$  trong trắc địa quy ước bắt đầu từ hướng Bắc theo chiều kim đồng hồ (ngược với hướng tính góc lượng giác thông thường) nên người ta đã chuyển các trục tọa độ X thành Y để cho việc áp dụng các công thức lượng giác trong toán học vẫn được thực hiện bình thường, không có gì thay đổi.

Vì giá trị các góc  $\alpha$  thay đổi từ  $0^\circ$  đến  $360^\circ$  nên để tiện cho việc tra bảng ta nên tính giá trị góc hai phương  $r$  (giá trị cosin và sin của góc  $r$  đúng bằng giá trị cosin và sin của góc  $\alpha$ ) cũng như lấy dấu của số gia tọa độ tùy thuộc vào giá trị của các góc phương vị  $\alpha$  theo chỉ dẫn trong bảng 2.3.

**Bảng 2.3. Giá trị góc  $r$  và dấu của  $\Delta x, \Delta y$**

| Góc $\alpha$       | $0^\circ \div 90^\circ$<br>ĐB | $90^\circ \div 180^\circ$<br>ĐN | $180^\circ \div 270^\circ$<br>TN | $270^\circ \div 360^\circ$<br>TB |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Góc hai phương $r$ | $r = \alpha$                  | $r = 180^\circ - \alpha$        | $r = \alpha - 180^\circ$         | $r = 360^\circ - \alpha$         |
| $\Delta x$         | +                             | -                               | -                                | +                                |
| $\Delta y$         | +                             | +                               | -                                | -                                |



### Chương 3

## LÝ THUYẾT SAI SỐ ĐO ĐẶC

### 3.1. KHÁI NIỆM VỀ LÝ THUYẾT SAI SỐ VÀ PHÉP ĐO

Đo đặc trong trắc địa được đánh giá theo hai tiêu chuẩn: tiêu chuẩn về lượng biểu thị giá trị bằng số của đại lượng cần đo và tiêu chuẩn về chất đặc trưng cho độ chính xác của nó.

Từ thực tế cho thấy cho dù có đo nhiều lần cùng một đại lượng thì cũng không thể nhận được những kết quả giống nhau. Điều đó chứng tỏ rằng những kết quả nhận được không phải là những giá trị của đại lượng đo mà đã có một sự sai lệch nào đó. Như vậy, sai lệch của kết quả đo một đại lượng so với giá trị thực của nó gọi là sai số đo. Lý thuyết xử lý toán học các kết quả đo đặc gọi tắt là lý thuyết sai số đo đặc nghiên cứu nguồn gốc và quy luật tích lũy và phát triển của sai số đo dựa trên những quy luật của lý thuyết xác suất và toán thống kê, nhờ đó có thể lựa chọn được các điều kiện, phương pháp đo đặc thích hợp, máy móc dụng cụ đo cần thiết, thoả mãn các yêu cầu về kinh tế kỹ thuật của nhiệm vụ đặt ra.

**Phép đo** là quá trình so sánh đại lượng cần đo với đại lượng cùng loại được chọn làm đơn vị. Tùy vào phương pháp đo có thể chia ra làm hai dạng chủ yếu: đo trực tiếp và đo gián tiếp.

**Đo trực tiếp** là một dạng đo đơn giản nhất, trong đó kết quả đo được là nhờ so sánh trực tiếp đại lượng đo với đơn vị đo, ví dụ đo chiều dài bằng thước thép có chia vạch, đo nhiệt độ bằng nhiệt kế... Tuy nhiên, không phải lúc nào cũng có thể đo trực tiếp một đại lượng được, khi đó phải tiến hành đo gián tiếp.

**Đo gián tiếp** là dựa trên cơ sở quan hệ đã biết giữa đại lượng cần đo và đại lượng đo được trực tiếp để tính ra giá trị của đại lượng cần đo (ví dụ xác định chênh cao giữa hai điểm thông qua việc đo chiều dài và góc nghiêng giữa hai điểm đó).

Tùy thuộc vào điều kiện xuất hiện sai số, phép đo còn chia ra là đo phụ thuộc và đo độc lập. Đo phụ thuộc là khi độ chính xác đo đại lượng này ảnh hưởng tương quan đến độ chính xác đo đại lượng kia. Còn đo độc lập là khi độ chính xác đo đại lượng này không ảnh hưởng đến độ chính xác đo đại lượng kia.

Nếu tiến hành đo một đại lượng nào đó trong các điều kiện cho phép xác định kết quả đo với cùng một độ chính xác thì đó là phép đo cùng độ chính xác. Ngược lại ta có phép

đo không cùng độ chính xác. Những kết quả đo kể trên lại còn tùy thuộc vào số lượng lần đo để có thể là phép đo đủ hoặc phép đo thừa.

### 3.2. PHÂN LOẠI SAI SỐ ĐO, TÍNH CHẤT CỦA SAI SỐ NGẪU NHIÊN

Sai số thực  $\Delta$  của trị đo là hiệu đại số của kết quả đo  $x$  và giá trị thực  $X$  của đại lượng đo (sai lệch giữa kết quả đo và giá trị thực của đại lượng đo):

$$\Delta = x - X; \quad (3.1)$$

Theo nguồn gốc xuất hiện, sai số đo được chia ra: sai số do dụng cụ đo, sai số do tác động của ngoại cảnh (ảnh hưởng của môi trường bên ngoài - sai số khách quan) và sai số do người đo (sai số chủ quan).

Sai số do dụng cụ đo là không tránh khỏi vì thực trạng của mỗi dụng cụ không thể đúng như điều kiện lý tưởng theo sơ đồ cấu tạo, cũng như quá trình kiểm nghiệm, điều chỉnh máy không thể thực hiện được hoàn toàn chính xác. Ngoài ra, các dụng cụ đo còn được phân loại theo độ chính xác nên sẽ xuất hiện những giá trị sai lệch khác nhau. Để hạn chế ảnh hưởng của nguồn sai số này cần lựa chọn máy, dụng cụ đo phù hợp, kiểm tra, kiểm nghiệm và điều chỉnh đầy đủ trước khi đo.

Sai số do tác động của ngoại cảnh là những ảnh hưởng của các yếu tố môi trường (nhiệt độ, độ ẩm không khí, áp suất khí quyển, độ chiếu sáng, ảnh hưởng do rung động...) đến kết quả đo. Để giảm ảnh hưởng của những sai số này có thể dùng các số hiệu chỉnh hoặc lựa chọn thời gian đo, phương pháp đo hợp lý.

Sai số chủ quan là ảnh hưởng do bản thân người đo gây nên.

Tất cả các nguồn sai số nêu trên đều ảnh hưởng đến kết quả đo một cách độc lập và tạo nên một sai số tổng hợp trong kết quả đo.

Theo tính chất, sai số đo được chia làm 3 nhóm: sai số thô, sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên.

*Sai số thô* là sai số có giá trị tuyệt đối lớn gấp nhiều lần giá trị dự tính, chúng có thể là sự nhầm lẫn trong đo đạc, đọc số, ghi chép hoặc do dụng cụ đo không được kiểm nghiệm, điều chỉnh đầy đủ, loại sai số này sẽ được phát hiện ngay nhờ tiến hành đo lại hoặc kiểm tra và được loại ra khỏi kết quả đo.

*Sai số hệ thống* là sai số lặp đi lặp lại có quy luật cả dấu và giá trị trong suốt quá trình đo, nó có tính chất đặc trưng là không thay đổi về dấu và giá trị. Những sai số này thường do dụng cụ đo hoặc do điều kiện ngoại cảnh gây nên như khắc vạch trên thước, trên bàn độ; do kiểm nghiệm thước, đặt thước không thẳng hướng đo hoặc mìa bị nghiêng khi tiến hành đo cao hình học. Để giảm trừ hoặc loại bớt ảnh hưởng của sai số hệ thống cần kiểm nghiệm và hiệu chỉnh dụng cụ đo một cách thận trọng, áp dụng phương pháp đo hợp lý hoặc tính thêm các số hiệu chỉnh vào kết quả đo.



Sai số ngẫu nhiên là sai số có giá trị và tác động đến kết quả đo khác nhau, dấu và độ lớn của chúng không thể xác định được (xuất hiện ngẫu nhiên cả dấu và giá trị). Tuy nhiên qua khảo sát lý thuyết và thực tế cho thấy, sai số ngẫu nhiên có thể được xem như những đại lượng toán học ngẫu nhiên và tuân theo những quy luật xác suất nhất định, nghiên cứu những quy luật ấy cho phép nhận được kết quả đáng tin cậy hơn và đánh giá được độ chính xác của nó.

Sai số ngẫu nhiên có những tính chất đặc biệt sau:

1. Trong các điều kiện đo đặc xác định, giá trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên không vượt quá một giá trị cho trước thường được gọi là sai số giới hạn. Tính chất này cho phép phát hiện và loại trừ những kết quả nhầm lẫn.
2. Số lượng các sai số ngẫu nhiên có cùng độ lớn và ngược dấu nhau xuất hiện khá đồng đều trong một chuỗi trị đo. Đây là tính chất đối xứng của sai số ngẫu nhiên.
3. Trong một chuỗi trị đo, những sai số ngẫu nhiên có giá trị tuyệt đối nhỏ thường xuất hiện nhiều hơn các sai số ngẫu nhiên có giá trị tuyệt đối lớn. Đây là tính chất tập trung của sai số ngẫu nhiên.
4. Trị trung bình cộng của sai số ngẫu nhiên trong chuỗi trị đo cùng độ chính xác sẽ tiến tới 0 khi số trị đo tăng lên vô hạn. Đây là tính chất bù trừ của sai số ngẫu nhiên và được biểu diễn bằng biểu thức toán học:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0 \quad (3.2)$$

trong đó:  $[\Delta] = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 + \Delta_4 + \dots + \Delta_n$ ;  $n$  là số trị đo.

Trong lý thuyết sai số đo người ta quy ước dùng dấu  $[\ ]$  để biểu thị tổng của những đại lượng ghi trong dấu, thay cho dấu tổng  $\Sigma$  vẫn thường được dùng trong toán học.

Trên cơ sở tính chất này của sai số ngẫu nhiên có thể khẳng định rằng trị trung bình cộng của chuỗi trị đo cùng độ chính xác sẽ tiến tới giá trị chính xác và tin cậy nhất của trị đo đó.

## ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO TRỰC TIẾP

đo cùng giá độ chính xác đo đặc cần phải đo một đại lượng nào đó nhiều lần trong thấp. Mức độ, số lần đo càng nhiều việc đánh giá càng được chính xác. Các kết quả càng khác nhau nhiều (mức độ tản mạn lớn) thì độ chính xác càng sử dụng các giá trị của kết quả đo có thể xác định bằng nhiều phương pháp, thường là Tiêu chuẩn đánh giá đối của sai số ngẫu nhiên hoặc bình phương của chúng. ngẫu nhiên và nhạy cảm nhất là tiêu chuẩn không phụ thuộc vào dấu của từng sai số những sai số lớn trong chuỗi trị đo.



THƯ VIỆN  
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

Trước tiên người ta sử dụng sai số trung bình. Sai số trung bình là số trung bình cộng của trị số tuyệt đối các sai số ngẫu nhiên, được kí hiệu bằng  $\theta$  và tính theo công thức:

$$\theta = \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| + |\Delta_3| + \dots + |\Delta_n|}{n} \quad (3.3)$$

Hay 
$$\theta = \frac{[\Delta_i]}{n}$$

Như vậy sai số trung bình mới chỉ loại trừ được ảnh hưởng về dấu của các sai số ngẫu nhiên mà chưa nêu bật được mức độ tản mạn của kết quả đo.

Sai số trung phương (trung bình bình phương) của trị đo đã thoả mãn những tiêu chuẩn ấy. Sai số này do nhà bác học Gausơ đề xuất, được kí hiệu bằng chữ  $m$  và tính theo công thức:

$$m^2 = \frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n} = \frac{[\Delta^2]}{n} \quad (3.4)$$

Nghĩa là, bình phương của sai số trung phương là trị trung bình cộng của bình phương các sai số ngẫu nhiên thực trong dãy trị đo, do đó:

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} \quad (3.5)$$

Sai số trung phương của trị đo càng nhỏ thì kết quả đo càng chính xác. Tiêu chuẩn đánh giá này hoàn toàn tin cậy khi số lần đo  $n \geq 10$ . Trong trường hợp tổng quát, độ tin cậy xác định sai số trung phương có thể được đánh giá theo công thức:

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2n}} \quad (3.6)$$

Để làm sáng tỏ hai tiêu chuẩn đánh giá vừa nêu, ta xét ví dụ sau.

Hai tổ cùng tiến hành đo một đại lượng trong những điều kiện như nhau, kết quả đánh giá được nêu trên bảng (3.1).

Từ bảng 3.1 ta thấy, nếu chỉ đánh giá theo sai số trung bình thì kết quả đo của hai tổ đều có độ chính xác như nhau (đều có sai số trung bình bằng nhau  $\theta_I = \theta_{II} = 8$ ). Nhưng khi đánh giá theo sai số trung phương, kết quả đo của tổ I cao hơn tổ II ( $m_I < m_{II}$ ). Điều đó cho thấy việc đánh giá kết quả đo theo sai số trung phương là có độ tin cậy hơn cả.

Tuy nhiên, công thức tính sai số trung phương nêu trên chỉ áp dụng được khi biết sai số thực  $\Delta$ , tức là phải biết được trị thực  $X$  của đại lượng cần đo. Trên thực tế trường hợp đó rất không phổ biến. Thông thường thì các trị đo chỉ có thể nhận được gần với trị thực, đó là trị trung bình cộng của chúng:



$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{[x]}{n} \quad (3.7)$$

**Bảng 3.1. So sánh kết quả đánh giá độ chính xác**

| STT | Tổ I                                  |                     | Tổ II                                       |                        |
|-----|---------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------|------------------------|
|     | $\Delta_I$                            | $\Delta_I^2$        | $\Delta_{II}$                               | $\Delta_{II}^2$        |
| 1   | +4                                    | 16                  | -2                                          | 4                      |
| 2   | -5                                    | 25                  | +4                                          | 16                     |
| 3   | -6                                    | 36                  | +4                                          | 16                     |
| 4   | +9                                    | 81                  | -6                                          | 36                     |
| 5   | -10                                   | 100                 | +9                                          | 81                     |
| 6   | +12                                   | 144                 | -14                                         | 196                    |
| 7   | +10                                   | 100                 | -17                                         | 189                    |
| [ ] | $[ \Delta_I ] = 56$<br>$\theta_I = 8$ | 502<br>$m_I = 8,47$ | $[ \Delta_{II} ] = 56$<br>$\theta_{II} = 8$ | 638<br>$m_{II} = 9,55$ |

Từ đó ta có thể tính được các độ lệch  $v_i$  (số hiệu chỉnh) của từng trị đo so với trị trung bình cộng:

$$v_i = \bar{X} - x_i \quad (3.8)$$

Các số hiệu chỉnh đó được gọi là các sai số xác suất nhất và có đặc điểm là tổng đại số của chúng bằng “0” ( $[v] = 0$ ).

Khi đó, sai số trung phương của trị đo được tính theo công thức Bessel:

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{(n-1)}} \quad (3.9)$$

Rõ ràng là độ chính xác của trị trung bình cộng sẽ cao hơn độ chính xác của trị đo. Sai số trung phương của trị trung bình cộng có thể được xác định theo công thức:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (3.10)$$

Trong đó  $m$  là sai số trung phương của mỗi trị đo tính theo công thức (3.5) hoặc (3.9). Chúng ta sẽ còn đề cập đến trị trung bình cộng và sai số trung phương của nó khi đánh giá độ chính xác đại lượng đo gián tiếp.

Ngoài ra, trong thực tế để kiểm tra và nâng cao độ chính xác, một trị đo còn được xác định hai lần (đo kép) hoặc đo theo chiều thuận, ngược và lấy trung bình. Trong trường hợp đó sai số trung phương từng trị đo được tính theo công thức:

$$m = \sqrt{[d^2]/2n} \quad (3.11)$$

Và sai số trung phương của trị trung bình tính theo công thức:

$$m = \frac{1}{2} \sqrt{[d^2]/n} \quad (3.12)$$

trong đó:

d- hiệu các kết quả của hai lần đo;

n- số lượng các hiệu số đó.

Ngoài sai số trung phương, còn có thể sử dụng sai số xác suất và sai số giới hạn. Sai số xác suất  $r$  là sai số ngẫu nhiên nằm ở giữa dãy sai số ngẫu nhiên xếp theo thứ tự tăng dần hoặc giảm dần của giá trị tuyệt đối của chúng và được tính theo công thức:

$$r = \frac{2}{3} m \quad (3.13)$$

Sai số giới hạn là trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên mà không một sai số ngẫu nhiên nào trong dãy trị đo có thể vượt qua. Trong lý thuyết xác suất đã chứng minh được rằng một trị đo được xác định 1000 lần thì có 634 trường hợp có sai số ngẫu nhiên nhỏ hơn sai số trung phương (nhỏ hơn  $m$ ), chỉ có 366 trường hợp có sai số ngẫu nhiên lớn hơn hoặc bằng sai số trung phương (lớn hơn hoặc bằng  $m$ ); 49 trường hợp vượt qua hai lần sai số trung phương (lớn hơn  $2m$ ) và 3 trường hợp vượt quá 3 lần sai số trung phương (lớn hơn  $3m$ ). Trong thực tế để đảm bảo yêu cầu về nâng cao độ chính xác thường lấy sai số bằng 2 lần sai số trung phương làm sai số giới hạn:

$$\Delta_{gh} = 2m \quad (3.14)$$

Trong xây dựng, sai số giới hạn được gọi là độ lệch cho phép hay còn gọi là dung sai. Những trị đo có sai số lớn hơn 2 lần (hoặc 3 lần) sai số trung phương được coi là sai lầm (sai số nhầm lẫn) và được loại bỏ.

Những sai số nêu trên đều được gọi là sai số tuyệt đối, tuy nhiên nhiều khi sai số tuyệt đối chưa thể hiện hết được mức độ chính xác của trị đo (ví dụ khi đo chiều dài), khi đó phải dùng đến sai số tương đối. Sai số tương đối là tỷ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị trung bình của đại lượng đo và được biểu diễn dưới dạng một phân số đơn giản có tử số bằng 1, còn mẫu số thì làm tròn đến chẵn chục, chẵn trăm, chẵn nghìn...

$$\frac{m_s}{S} = \frac{1}{S/m_s} = \frac{1}{N}; (N = \frac{S}{m_s}) \quad (3.15)$$

Ví dụ, khi đo một khoảng cách có chiều dài 1m có sai số trung phương  $m_s = 5\text{mm}$ , cũng với sai số đó có thể đo một khoảng cách bằng 100m. Như vậy trường hợp thứ nhất có sai số tương đối là:



$$\frac{1}{N} = \frac{5\text{mm}}{1000\text{mm}} = \frac{1}{200};$$

Trường hợp thứ hai là:

$$\frac{1}{N} = \frac{5\text{mm}}{100000\text{mm}} = \frac{1}{20000};$$

Do vậy, chất lượng đo ở trường hợp thứ hai cao hơn nhiều so với trường hợp thứ nhất.

### 3.4. ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO GIÁN TIẾP

Một đại lượng không đo được trực tiếp mà được tính thông qua một số đại lượng đo trực tiếp khác có quan hệ hàm số với nó, được gọi là đại lượng đo gián tiếp. Sai số của hàm số sẽ phụ thuộc vào các sai số của các đối số tạo nên hàm số đó. Đánh giá độ chính xác của hàm (đại lượng đo gián tiếp) dựa vào các sai số của đối số (các trị đo trực tiếp) tạo nên hàm đó là bài toán thuận của lý thuyết sai số đo. Ngược lại trên cơ sở sai số của hàm các trị đo cần xác định sai số cho phép của mỗi trị đo là bài toán ngược của lý thuyết sai số đo. Ở đây cần giả thiết rằng sai số của các đối số không phụ thuộc lẫn nhau (các sai số ảnh hưởng độc lập nhau - phép đo độc lập).

Nếu hàm số đo có dạng tổng quát:

$$U = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (3.16)$$

Trong đó các đối số  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  được đo trực tiếp với các sai số trung phương  $m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_n}$  thì sai số trung phương của hàm được tính theo công thức:

$$m_u^2 = \left( \frac{\partial f}{\partial x_1} m_{x_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial x_2} m_{x_2} \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial f}{\partial x_n} m_{x_n} \right)^2 \quad (3.17)$$

Hay:

$$m_u = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 m_{x_i}^2} \quad (3.18)$$

Như vậy, sai số trung phương của hàm trị đo bằng căn bậc hai của tổng bình phương các tích đạo hàm riêng và sai số trung phương từng đối số.

Ví dụ: Chênh cao  $h$  đo bằng phương pháp lượng giác được tính theo công thức:

$$h = S \cdot \tan \alpha$$

Theo công thức (3.18), sai số xác định chênh cao  $h$  sẽ là:

$$m_h = \sqrt{\left( \frac{\partial h}{\partial S} \right)^2 m_s^2 + \left( \frac{\partial h}{\partial \alpha} \right)^2 \frac{m_\alpha^2}{\rho^2}}$$

$$m_h = \sqrt{m_s^2 \cdot \tan^2 \alpha + \frac{S^2}{\cos^4 \alpha} \cdot \frac{m_\alpha^2}{\rho^2}}$$

Trên cơ sở công thức (3.17) đối với một số hàm tiêu biểu có thể được vận dụng như sau:

1. Hàm:  $U = k.x$ ;

Sai số trung phương của hàm sẽ là:

$$m_u = k.m_x \quad (3.19)$$

2. Hàm:  $U = x \pm y$ , trong đó  $x$  và  $y$  là các trị đo trực tiếp với các sai số trung phương tương ứng là  $m_x$  và  $m_y$ , khi đó:

$$m_u^2 = m_x^2 + m_y^2 \quad (3.20)$$

3. Hàm của tổng đại số nhiều trị đo:

$$U = x_1 \pm x_2 \pm \dots \pm x_n,$$

với các sai số  $m_{x1}, m_{x2}, \dots, m_{xn}$  ta được:

$$m_u^2 = m_{x1}^2 + m_{x2}^2 + \dots + m_{xn}^2 \quad (3.21)$$

Nếu phép đo cùng độ chính xác, tức là:  $m_{x1} = m_{x2} = \dots = m_{xn} = m_x$ , ta được:

$$m_u = m_x \sqrt{n} \quad (3.22)$$

4. Hàm:

$$U = k_1 x_1 \pm k_2 x_2 \pm \dots \pm k_n x_n, \quad (3.23)$$

trong đó:

$k_1, k_2, \dots, k_n$  - những hằng số,

$x_1, x_2, \dots, x_n$ , - những đại lượng đo trực tiếp có sai số trung phương là  $m_{x1}, m_{x2}, \dots, m_{xn}$ , do đó ta sẽ được:

$$m_u^2 = k_1^2 m_{x1}^2 + k_2^2 m_{x2}^2 + \dots + k_n^2 m_{xn}^2 \quad (3.24)$$

Cũng giống như các đại lượng đo trực tiếp, ngoài sai số trung phương dưới dạng sai số tuyệt đối, các đại lượng đo gián tiếp còn được đánh giá theo sai số tương đối và sai số giới hạn.

Trở lại với trị trung bình cộng  $\bar{X}$  ta thấy công thức (3.7) có thể được viết dưới dạng:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} x_1 + \frac{1}{n} x_2 + \dots + \frac{1}{n} x_n \quad (3.25)$$

Như vậy, trị trung bình cộng có dạng (3.23), áp dụng công thức (3.24) ta được:

$$m_{\bar{x}}^2 = \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_{x1}^2 + \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_{x2}^2 + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_{xn}^2 \quad (3.26)$$



Khi phép đo cùng độ chính xác ta có:  $m_{x1} = m_{x2} = \dots = m_{xn} = m_x$ , do đó công thức (3.25) được rút gọn:

$$m_{\bar{x}}^2 = n \left( \frac{1}{n} \right)^2 m_x^2 = \frac{m_x^2}{n},$$

Hay:  $m_{\bar{x}} = \frac{m_x}{\sqrt{n}}$  (3.27)

Từ (3.27) cho thấy sai số trung phương của trị trung bình cộng nhỏ hơn sai số trung phương mỗi trị đo  $\sqrt{n}$  lần. Điều đó khẳng định trị trung bình cộng của dãy kết quả đo cùng độ chính xác là trị xác suất nhất trong dãy kết quả đo đó. Công thức này hoàn toàn phù hợp với công thức (3.10).

Dưới đây ta xét hai ví dụ đơn giản khi cần đánh giá độ chính xác kết quả đo đạc trong trắc địa.

**Ví dụ 1.** Chiều dài cạnh S được đo 6 lần với những kết quả nêu trong bảng 3.2. Hãy tìm trị trung bình cộng (trị xác suất nhất) của dãy kết quả đo và sai số trung phương của nó.

**Bảng 3.2. Đánh giá độ chính xác kết quả đo cạnh**

| Trị đo | S (m)  | v (cm) | $v^2$ | Kết quả tính toán                                                                                                                                                                                    |
|--------|--------|--------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 121,75 | -1     | 1     | $\bar{S} = \frac{[S]}{n} = 121,76\text{m}$<br>$m_s = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{81}{5}} = 4\text{cm}$<br>$M = m_s / \sqrt{n} = 4 / \sqrt{6} = 1,6\text{cm};$<br>$1/N = m_s / S = 1/3000$ |
| 2      | 121,81 | +5     | 25    |                                                                                                                                                                                                      |
| 3      | 121,77 | +1     | 1     |                                                                                                                                                                                                      |
| 4      | 121,70 | -6     | 36    |                                                                                                                                                                                                      |
| 5      | 121,73 | -3     | 9     |                                                                                                                                                                                                      |
| 6      | 121,79 | +3     | 9     |                                                                                                                                                                                                      |
| [ ]    | 730,55 | -1     | 81    |                                                                                                                                                                                                      |

**Ví dụ 2.** Một góc ngang được đo 6 vòng với những kết quả nêu trong cột 2 bảng 2.3. Tìm giá trị góc xác suất nhất và đánh giá độ chính xác đo góc đó. Kết quả tính toán nêu trong cột 5.

**Bảng 3.3. Đánh giá độ chính xác kết quả đo góc**

| Trị đo | $\beta (^{\circ} ' '' )$ | $v_{\beta} ('' )$ | $v_{\beta}^2$ | Kết quả tính toán                                       |
|--------|--------------------------|-------------------|---------------|---------------------------------------------------------|
| 1      | 45°26'38",3              | +1,1              | 1,21          | $\bar{\beta} = \frac{[\beta]}{n} = 45^{\circ}26'39'',4$ |
| 2      | 45°26'38",3              | -3,9              | 15,21         |                                                         |
| 3      | 45°26'38",3              | +4,7              | 22,09         |                                                         |

|     |              |      |       |                                                                                |
|-----|--------------|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 4   | 45°26'38",3  | -1,7 | 2,89  | $m_{\beta} = \sqrt{\frac{[v_{\beta}^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{63,20}{5}} = 3",5$ |
| 5   | 45°26'38",3  | -3,4 | 11,56 |                                                                                |
| 6   | 45°26'38",3  | +3,2 | 10,24 |                                                                                |
| [ ] | 272°39'56",4 | 0    | 63,20 | $M = \frac{m_{\beta}}{\sqrt{n}} = 3", \frac{5}{\sqrt{6}} = 1",4;$              |

### 3.5. KHÁI NIỆM VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ĐO KHÔNG CÙNG ĐỘ CHÍNH XÁC

Trong thực tế đo đạc thường gặp trường hợp kết quả đo nhận được không trong cùng một điều kiện và có mức độ tin cậy khác nhau, tức là đo không cùng độ chính xác. Rõ ràng rằng khi xác định giá trị xác suất nhất trong chuỗi trị đo không cùng độ chính xác không thể sử dụng trị trung bình cộng vì ảnh hưởng của các trị đo không đồng đều. Do các trị đo nhận được trong các điều kiện khác nhau, nên hợp lý nhất là chọn đại lượng tỷ lệ nghịch với sai số trung phương của chúng để đặc trưng cho mức độ tin cậy của kết quả đo. Đại lượng đó được gọi là trọng số đo và được xác định theo công thức:

$$P_i = \frac{\mu^2}{m_i^2} \quad (3.29)$$

Trong đó:  $\mu^2 = C = \text{const}$  là hệ số tỷ lệ, có giá trị không đổi cho tất cả các trị đo đang được đem so sánh. Trọng số là những đại lượng tương đối, vì thế trong cùng một chuỗi trị đo chúng có thể cùng tăng lên hoặc giảm đi một số lần tùy ý. Nếu chọn  $P = 1$  thì  $\mu = m_i$ . Giá trị  $\mu$  là sai số trung phương của trị đo có trọng số bằng 1 đơn vị và được gọi là sai số trung phương trọng số đơn vị. Trị trung bình của chuỗi trị đo không cùng độ chính xác được tính theo công thức:

$$\bar{X} = \left[ \frac{P \cdot X}{P} \right] \quad (3.30)$$

và được gọi là trị trung bình trọng số.

Sai số trung phương trọng số đơn vị có thể tính theo công thức Gaucho:

$$\mu = \sqrt{\frac{P \Delta^2}{n-1}} \quad (3.31)$$

Nếu không tính được sai số thực có thể đánh giá kết quả đo không cùng độ chính xác bằng cách sử dụng các số hiệu chỉnh theo công thức Bessel:

$$\mu = \sqrt{\frac{P v^2}{n-1}} \quad (3.32)$$

Sai số trung phương trị trung bình trọng số được tính theo công thức:



$$M = \frac{\mu}{\sqrt{[P]}} \quad (2.33)$$

### 3.6. NHỮNG ĐƠN VỊ THƯỜNG DÙNG VÀ QUY TẮC LÀM TRÒN SỐ KHI TÍNH TOÁN

Trong trắc địa thường dùng những đơn vị đo sau đây:

**1. Đơn vị đo độ dài** thường dùng là mét (m) do nhà bác học Dalambre đề xuất vào năm 1791. Khi đó 1 mét được quy ước lấy bằng 1 phần 1 triệu (1/1.000.000) độ dài tính từ cực đến xích đạo của đường kinh tuyến đi qua Paris thủ đô nước Pháp. Mét mẫu được làm bằng Platin vào năm 1899 và lưu giữ tại viện đo lường quốc tế Paris. Để thuận tiện cho việc sử dụng và tránh sự thay đổi của mét mẫu do ảnh hưởng của môi trường, Hội nghị đo lường quốc tế năm 1960 đã thống nhất biểu diễn mét bằng chiều dài sóng ánh sáng và lấy quy ước như sau:

Một mét là độ dài của 1650 763,73 bước sóng truyền trong chân không của nguyên tố đồng vị phóng xạ Krypton 86 trong vùng quang phổ nhất định.

Một mét còn được định nghĩa là khoảng cách mà sóng ánh sáng đi được trong một khoảng thời gian bằng 1/299792458 giây.

**2. Đơn vị đo góc phẳng** là độ (°), Grad (Gr), Mil hoặc Radian (rad).

- Một độ (1°) là 1/90 của góc vuông, cả một vòng tròn (góc đầy) chứa 360°. Độ còn được chia nhỏ ra phút (1° = 60') và giây (1' = 60''), như vậy 1° = 3600''.

- Một grad là 1/100 của góc vuông (cả vòng tròn gồm 400grad). Grad cũng được chia nhỏ ra centigrad (c) và miligrad (cc), 1gr = 100c; 1gr = 1000cc. Như vậy giữa độ và grad có mối quan hệ sau:

$$1\text{gr} = \frac{360^\circ}{400} = \frac{9^\circ}{10} = 54': \quad \text{hay:}$$

$$1\text{gr} = 0^\circ,9$$

- Một mil là 1/6400 của một góc đầy (một vòng tròn chia ra 6400 mil).

- Một radian (viết tắt là ρ) là giá trị một góc phẳng ở tâm của một vòng tròn chắn một cung tròn có chiều dài r bằng đúng chiều dài bán kính R của đường tròn ấy (r = R). Biểu diễn ở đơn vị đo độ ta có:  $\rho^\circ = 360^\circ/2\pi \approx 57^\circ,3 \approx 3438' \approx 206265\Delta''$ .

Để sai số làm tròn trong quá trình tính toán không ảnh hưởng đến kết quả cuối cùng, cần tuân thủ những nguyên tắc làm tròn số như sau.

Trong các phép tính trung gian cần lấy thêm một chữ số có nghĩa so với yêu cầu. Kết quả cuối cùng cần làm tròn để giữ lại số chữ số cần thiết, khi làm tròn thường có 3 trường hợp:

1. Nếu số bỏ đi nhỏ hơn 5 thì giữ nguyên số được làm tròn (ví dụ số 23,432 có số bỏ đi là 2 nhỏ hơn 5 thì số được làm tròn sẽ là 23,43);

2. Nếu số bỏ đi lớn hơn 5 thì tăng thêm một đơn vị cho số trước nó (ví dụ số 23,436 có số bỏ đi là 6 lớn hơn 5 thì số được làm tròn sẽ là 23,44);

3. Nếu số bỏ đi đúng bằng 5 sẽ nảy sinh hai trường hợp:

a - Giữ nguyên số được làm tròn khi đứng trước số bỏ đi là số chẵn (ví dụ số 23,485 sẽ được lấy bằng 23,48);

b - Tăng thêm 1 đơn vị cho số đứng trước số bỏ đi nếu nó là số lẻ (ví dụ số 23,375 sẽ được lấy bằng 23,38).



## Phần thứ hai

# CÁC PHƯƠNG PHÁP VÀ DỤNG CỤ ĐO ĐẠC CƠ BẢN

### Chương 4

## ĐO GÓC NGANG VÀ GÓC ĐÚNG

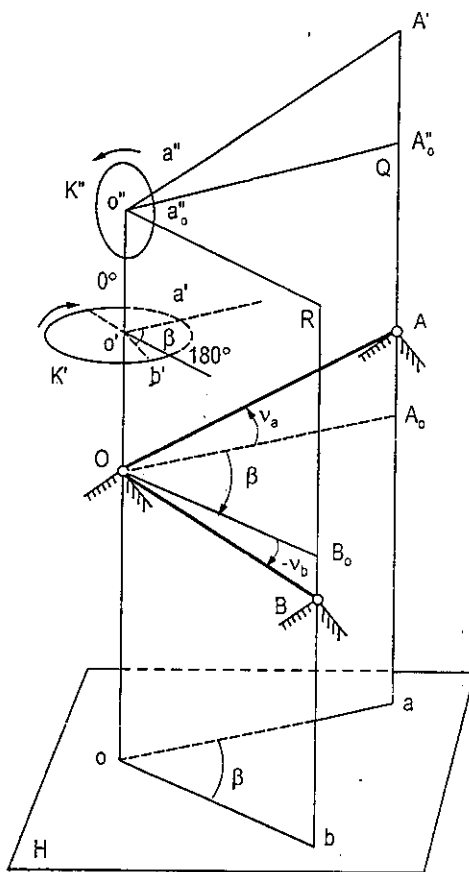
### 4.1. NGUYÊN LÝ ĐO GÓC NGANG VÀ GÓC ĐÚNG

Khi nói tới các góc đo ngoài thực địa là nói tới các góc ngang và góc đứng. Xét 3 điểm O, A, B trên thực địa (hình 4.1), chúng nằm trên các độ cao khác nhau so với mặt phẳng ngang H. Cần phải đo hình chiếu bằng của góc AOB trên mặt phẳng này. Qua OA và OB dựng hai mặt phẳng thẳng đứng Q và R vuông góc với mặt phẳng H, cắt H theo oa và ob. Góc aob trên mặt phẳng H chính là góc ngang  $\beta$  cần đo.

Đặt một vòng chia độ  $K'$  nằm ngang sao cho tâm  $o'$  của nó trùng với đường thẳng đứng  $Oo$  đi qua đỉnh góc cần đo AOB. Các mặt phẳng thẳng đứng Q và R cắt vòng chia độ theo các bán kính  $o'a'$  và  $o'b'$  tạo nên góc  $a'o'b'$  có giá trị đúng bằng  $\beta$ . Giá trị đó bằng hiệu hai số đọc trên vòng độ  $K'$  ở hai điểm  $b'$  và  $a'$  tức là:

$$\beta = b' - a'; \quad (4.1)$$

Góc đứng hay còn gọi là góc nghiêng của một hướng nào đó là góc tạo bởi hướng đó và mặt phẳng nằm ngang. Để đo được góc đứng của hướng OA hoặc OB ngoài thực địa, qua điểm O của mặt phẳng đứng R và Q kẻ các đường nằm ngang  $OA_o$  và  $OB_o$ . Nếu điểm A nằm cao hơn điểm O thì góc nghiêng  $v_a$  của hướng OA sẽ có giá trị dương, còn nếu điểm B nằm thấp hơn điểm O thì góc nghiêng  $v_b$  của hướng OB sẽ có



Hình 4.1. Nguyên lý đo góc.

giá trị âm. Trong cả hai trường hợp, các góc đứng đều được tính từ các đường nằm ngang  $OA_0$  và  $OB_0$  đến các hướng trên thực địa OA và OB, do đó chúng có giá trị từ  $0^\circ$  đến  $90^\circ$ .

Góc đứng (ví dụ  $v_a$ ) có thể đo được nếu đặt vòng chia độ K" vào mặt phẳng đứng Q và làm trùng tâm  $o''$  của nó với đường thẳng đứng  $Oo$ , còn bán kính của vòng độ  $o''a''$  trùng với đường nằm ngang  $o''A''_0$ . Góc đứng  $v_a$  chính là hiệu hai số đọc trên vòng độ đứng ở các điểm  $a''$  và  $a''_0$  tức là:

$$v_a = a'' - a''_0; \quad (4.2)$$

Trong đó  $a''$  là số đọc theo hướng bán kính  $o''a''$  song song với hướng OA ngoài thực địa. Tương tự như vậy, mỗi khi làm trùng vòng độ đứng K" với mặt phẳng đứng chứa hướng nghiêng nào đó, ta sẽ đo được góc đứng của hướng đó. Ngoài ra, trong trắc địa còn có khái niệm về góc thiên đỉnh, đó là góc tạo bởi hướng thiên đỉnh của dây dọi (đường thẳng đứng) và hướng nghiêng của thực địa, nó thường được ký hiệu là Z và có giá trị từ  $0^\circ$  đến  $90^\circ$  tính từ hướng thiên đỉnh. Như vậy góc đứng và góc thiên đỉnh có một mối quan hệ là:

$$v_a + Z_a = 90^\circ \quad (4.3)$$

Như vậy, để đo góc ngang và góc đứng cần có một dụng cụ có vòng chia độ nằm ngang và vòng chia độ đứng kèm theo các bộ phận đọc số trên những vòng chia độ ấy. Mặt khác, dụng cụ này cần có bộ phận để đặt các vòng độ nằm ngang và thẳng đứng với độ chính xác cần thiết. Ngoài ra, dụng cụ còn cần có bộ phận có thể làm trùng tâm vòng chia độ ngang với đường thẳng đứng đi qua đỉnh góc cần đo và làm trùng vòng độ đứng với mặt phẳng đứng đi qua cạnh cần phải đo góc đứng.

Tất cả những yêu cầu nêu trên đều được một dụng cụ trắc địa để đo góc thỏa mãn và nó được gọi là máy kinh vĩ (Theodolite).

## 4.2. MÁY KINH VĨ - PHÂN LOẠI VÀ CẤU TẠO CƠ BẢN

Máy kinh vĩ là một dụng cụ trắc địa dùng để đo góc ngang, góc đứng trên thực địa. Nguyên lý cấu tạo của máy kinh vĩ ngoài việc thỏa mãn các yêu cầu để đo được các góc trên thực địa, chúng còn cần phải thỏa mãn các điều kiện:

- Tiện lợi và gọn nhẹ, dễ vận chuyển và bảo quản;
- Các phần chính của máy được bảo vệ chắc chắn, tránh bị đốt nóng, bụi bẩn, ẩm ướt và hỏng hóc cơ học;
- Các bộ phận thao tác trên máy được bố trí hợp lý sao cho người sử dụng không phải thay đổi vị trí khi thao tác;



- Máy có độ chắc chắn ổn định cao, ít phải điều chỉnh thêm ngay cả khi sử dụng một thời gian dài trong điều kiện khó khăn;
- Hệ thống quang học có chất lượng lý tưởng, cho hình ảnh rõ nét (độ tương phản cao) ngay cả khi điều kiện chiếu sáng kém;
- Hình dạng đơn giản, đạt chất lượng kiểu dáng công nghiệp cao.

Máy kinh vĩ thường được phân loại theo cấu tạo bàn độ và theo độ chính xác.

Theo cấu tạo bàn độ, máy kinh vĩ được chia làm 3 loại: máy kinh vĩ kim loại, máy kinh vĩ quang học và máy kinh vĩ quang điện tử hiện số.

Máy kinh vĩ kim loại là máy có bàn độ ngang và bàn độ đứng được làm bằng kim loại, có thể đọc trực tiếp bằng mắt các giá trị hướng đo trên bàn độ ở hai vị trí đối diện qua tâm bàn độ cho phép loại trừ ảnh hưởng lệch tâm của các số đọc. Ví dụ: máy kinh vĩ TT-50 ; TT-5 ; TH (Liên Xô cũ), Meopta (Tiệp Khắc cũ)... Những loại máy này do công nghệ chế tạo lạc hậu đã ngừng sản xuất, thay vào đó là loại máy kinh vĩ có bàn độ làm bằng thủy tinh và được gọi là máy kinh vĩ quang học.

Máy kinh vĩ quang học có bàn độ làm bằng thủy tinh chất lượng cao, các vạch chia độ được khắc hoặc in chụp trên mặt thủy tinh và được bảo vệ bởi một vỏ bọc kim loại. Các giá trị hướng ngắm trên bàn độ được đọc thông qua một hệ thống quang học và gương chiếu sáng. Các loại máy kinh vĩ quang học được sử dụng rộng rãi ở nước ta như: T2; Tbl; T5; T3O; 3T5K (Liên Xô cũ); Theo 010; Theo 020; Theo 080; Dahlta (CHDC Đức); Transit (Mỹ); Wild (Thụy Sĩ)...

Hiện nay, nhiều nước trên thế giới đã đưa ra thị trường nhiều loại máy kinh vĩ thế hệ mới trong đó nhiều tiến bộ khoa học đã được ứng dụng, đó là các loại máy kinh vĩ quang học điện tử hiện số và máy toàn đạc điện tử tự động đa chức năng. Nhờ số hóa các tín hiệu và tự động hóa tối đa chương trình đo và tính nên khi đo ngắm chỉ cần ấn vào những nút chức năng là có thể nhận được các số liệu cần thiết (góc ngang, góc đứng, khoảng cách, độ cao, tọa độ...) những số liệu đó được hiện bằng số trên màn hình tinh thể lỏng.

Theo độ chính xác, máy kinh vĩ được chia ra làm 3 nhóm, nhóm thứ nhất là máy kinh vĩ có độ chính xác cao cho phép đo góc ngang và góc đứng với sai số trung phương  $m_\beta$  từ 0,5" đến 2,0" như T-05, T1, T2, Theo 02, Theo 010, Wild-T3. Nhóm thứ hai là máy kinh vĩ có độ chính xác trung bình cho phép đo góc ngang và góc đứng với sai số trung phương  $m_\beta$  từ 5" đến 10" như T5, TE-C1, Theo 020, 3T5KP... Nhóm thứ ba là máy kinh vĩ có độ chính xác thấp (máy kinh vĩ kỹ thuật) cho phép đo góc ngang, góc đứng với sai số trung phương  $m_\beta$  từ 15" đến 30" như TT-5, T30, Theo-080, 4T30P, Wild T16...

Máy kinh vĩ tuy có nhiều loại, nhưng về cấu tạo cơ bản chúng đều có những bộ phận chính như sau (hình 4.2): Bàn độ ngang 1, bộ phận đọc số thường được bố trí trên vòng

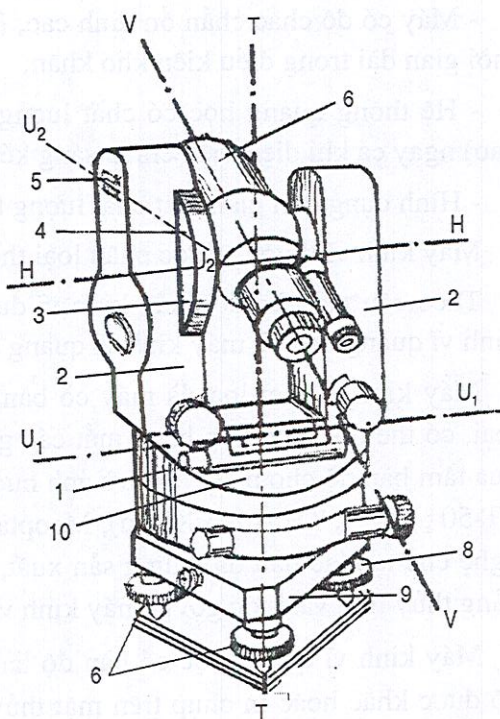


đọc số 10, bàn độ đứng 3 và ống kính 6 được giữ trên giá đỡ 2, vòng đọc số của bàn độ đứng 4, ống thủy 7 trên bàn độ ngang, ba ốc cân máy 8 gắn liền với đế máy 9; ống thủy 5 trên vòng đọc số của bàn độ đứng.

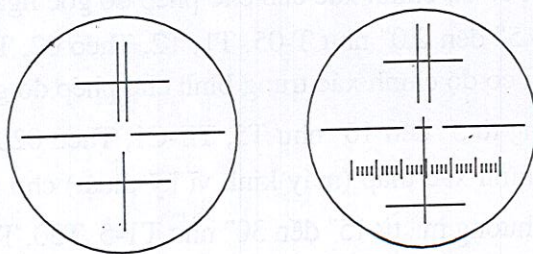
Tất cả các bộ phận của máy đều được bố trí theo một mối liên hệ kết cấu chặt chẽ thông qua các yếu tố hình học như trục quay TT của máy (vòng chia độ và vòng đọc số nằm ngang sẽ quay quanh trục này); Trục nằm ngang HH (trục quay của ống kính); Trục ngắm VV của ống kính, trục này sẽ tạo nên một mặt phẳng thẳng đứng (mặt phẳng chuẩn trục) khi quay ống kính quanh trục quay HH của nó;  $U_1U_1$  và  $U_2U_2$  là trục của các ống thủy dài trên bàn độ ngang và bàn độ đứng. Ống thủy dài là một ống thủy tinh cong, được hàn kín trong đó chứa đầy một loại dung dịch dễ chuyển động và một khoảng không thường được gọi là bọt thủy. Mặt trên của ống thủy được chia ra những vạch nhỏ có giá trị khoảng chia bằng 2mm. Phần không chứa dung dịch trong ống thủy (bọt thủy) luôn luôn nằm ở phía trên mặt ống thủy. Trục UU của ống thủy là tiếp tuyến với mặt cong phía trong của bọt thủy tại điểm giữa của nó (điểm giữa của thang chia vạch). Khi hai đầu của bọt thủy đối xứng qua điểm không thì trục UU của ống thủy dài sẽ ở vị trí nằm ngang.

Ống kính của máy kinh vĩ là một hệ thống quang học gồm có kính vật, bộ phận thay đổi tiêu cự (bộ phận điều quang), kính mắt và lưới chỉ. Bộ phận điều quang gồm một hoặc một số lăng thấu kính có thể di chuyển trong ống kim loại giữa kính mắt và kính vật, nhờ đó mà có thể điều chỉnh hình ảnh rõ nét ở những khoảng cách ngắm khác nhau.

Lưới chỉ (hình 4.3) là một tấm kính mỏng trên đó có khắc những đường chỉ mảnh dưới dạng tấm lưới. Phần trung tâm lưới chỉ (chữ thập) dùng để bắt mục tiêu. Trục ngắm VV của ống kính là đường thẳng nối quang tâm của kính vật với tâm chữ thập của lưới chỉ. Hai chỉ nằm ngang đối diện qua chỉ giữa dùng để đo khoảng cách gọi là chỉ thị cự.



**Hình 4.2.** Các bộ phận chính trên máy kinh vĩ quang học.



**Hình 4.3.** Lưới chỉ của máy kinh vĩ

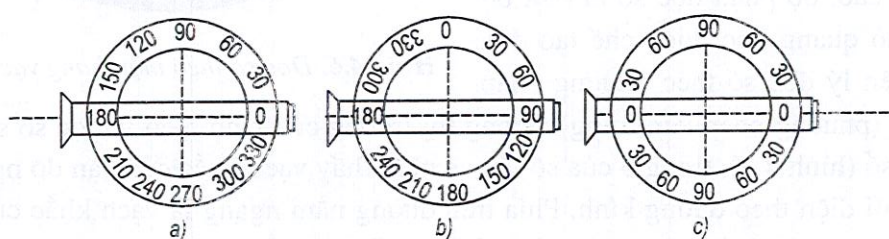


Tất cả những loại máy kinh vĩ quang học hiện nay đều có những bộ phận chủ yếu nêu trên, chúng chỉ khác nhau ở những cấu tạo chi tiết, cụ thể của từng bộ phận tùy thuộc vào độ chính xác và mục đích sử dụng của từng loại máy.

### 4.3. CẤU TẠO BÀN ĐỘ VÀ BỘ PHẬN ĐỌC SỐ CỦA MÁY KINH VĨ QUANG HỌC

Bàn độ ngang của máy kinh vĩ có dạng hình vành khăn, ở những máy kinh vĩ hiện đại, chúng được làm bằng thủy tinh đặc biệt trong suốt, trên đó có vạch chia đều đặn và được đánh số tăng theo chiều kim đồng hồ (từ  $0^\circ \div 360^\circ$  hay từ  $0\text{gr} \div 400\text{gr}$ ). Mỗi khoảng chia độ ( $1^\circ$ ) lại được chia ra những vạch nhỏ có giá trị  $10'$ ,  $20'$  hoặc  $30'$  tùy theo từng loại máy, đó là giá trị khoảng chia bàn độ. Bên trong bàn độ là một đĩa tròn đồng tâm với bàn độ, trên đó có khắc một vạch chuẩn đọc số nên còn gọi là vòng đọc số. Vòng đọc số tách rời và chuyển động độc lập so với vòng bàn độ, vạch chuẩn đọc số chỉ vào giá trị nào của bàn độ thì đó là số đọc trên bàn độ. Vòng đọc số gắn liền với trục đỡ ống kính do đó khi quay máy trong mặt phẳng nằm ngang (quay quanh trục đứng) thì vòng đọc số cũng quay theo, còn vòng bàn độ ngang thì đứng yên.

Bàn độ đứng và vòng đọc số trên bàn độ đứng về cơ bản cũng giống như bàn độ ngang. Tuy nhiên, nó cũng có hai điểm khác biệt chính, thứ nhất, bàn độ đứng được gắn chặt với ống kính nên khi quay ống kính quanh trục nằm ngang thì bàn độ cũng quay theo, còn vòng đọc số lại đứng yên. Thứ hai, cách đánh số trên bàn độ đứng không thống nhất cho mọi loại máy, chúng có thể được đánh số liên tục từ  $0^\circ$  đến  $360^\circ$  thuận chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ, hoặc không liên tục mà đối xứng từ  $0^\circ$  đến  $90^\circ$  (hình 4.4).



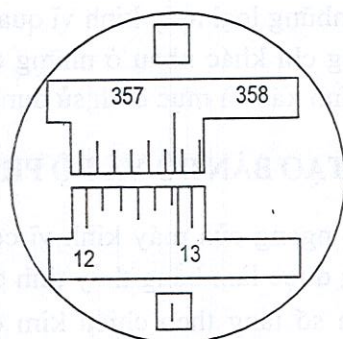
Hình 4.4. Đánh số trên bàn độ đứng.

Vòng chia độ của bàn độ đứng được gắn chặt với ống kính sao cho tâm của nó trùng với tâm trục quay nằm ngang HH của ống kính. Đường kính  $0^\circ - 180^\circ$  (hoặc  $90^\circ - 270^\circ$ , hoặc  $0^\circ - 0^\circ$  tùy từng loại máy) của vòng chia độ phải song song với trục ngắm của ống kính. Đường kính  $0 - 0$  của vòng đọc số phải nằm ngang. Vòng đọc số của bàn độ ngang và bàn độ đứng có các bộ phận đọc số cho phép đọc được các số trên vòng bàn độ với độ chính xác nhất định.

Các loại máy kinh vĩ có độ chính xác trung bình và máy kinh vĩ kỹ thuật thường đọc số theo kính hiển vi một vạch chuẩn hoặc kính hiển vi thang vạch chuẩn (hình 4.5 và 4.6).

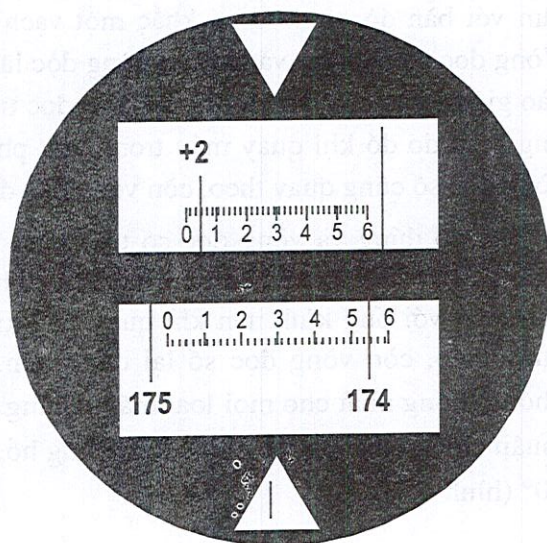


Khi dùng máy kinh vĩ có bộ phận đọc số dạng một vạch chuẩn, thì trong thị trường của kính hiển vi đọc số (ô cửa sổ đọc số) có thể nhìn thấy đồng thời vạch khắc của cả hai bàn độ ngang và đứng với cùng một vạch chuẩn cố định nằm ở giữa, số đọc sẽ dựa vào vị trí vạch cố định này, phần lẻ của vạch chia nhỏ nhất được ước lượng bằng mắt. Ví dụ, trên hình 4.5 số đọc bàn độ ngang là  $12^{\circ}52'$  bàn độ đứng là  $357^{\circ}16'$ .



Hình 4.5. Đọc số theo 1 vạch chuẩn

Khi dùng máy kinh vĩ có bộ phận đọc số dạng một thang vạch chuẩn, trong thị trường của kính hiển vi đọc số ta cũng nhìn thấy đồng thời vạch khắc của cả hai bàn độ kèm theo thang vạch chuẩn có vạch chia nhỏ đến phút, phần lẻ của phút được ước lượng bằng mắt. Ví dụ, trên hình 4.6 số đọc bàn độ ngang là  $174^{\circ}55,0'$  bàn độ đứng là  $2^{\circ}05,0'$ .

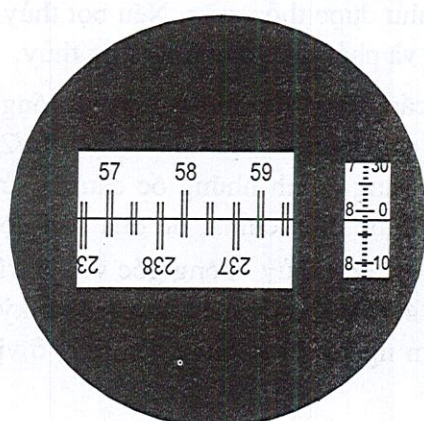


Hình 4.6. Đọc số theo một thang vạch chuẩn

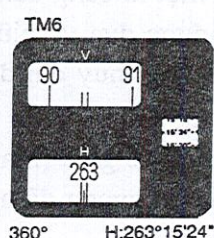
Trong các máy kinh vĩ quang học chính xác cao, bộ phận đọc số là một bộ đo cực nhỏ quang học được chế tạo dựa trên nguyên lý đọc số theo phương pháp chấp vạch (phương pháp làm trùng). Trong thị trường của kính hiển vi đọc số sẽ thấy rõ hai ô cửa sổ (hình 4.7), trong ô cửa sổ lớn sẽ nhìn thấy vạch khắc của bàn độ ngang ở cả hai phía đối diện theo đường kính. Phía trên đường nằm ngang là vạch khắc của số đọc chính, còn phía dưới là vạch khắc của số đọc đối diện theo đường kính (dùng để chấp vạch và kiểm tra). Trong ô cửa sổ nhỏ là thang số đọc của bộ đo cực nhỏ, giá trị khoảng chia nhỏ nhất của nó là  $1''$ . Số vạch chia trên thang số là 600 vạch, bằng đúng số lượng giây ( $''$ ) tương ứng của một vạch chia nhỏ nhất trên bàn độ ( $10'$ ). Vạch chia của bàn độ ngang là vạch kép còn vạch chia trên bàn độ đứng là vạch đơn. Để đọc số, ta xoay núm vi động của bộ đo cực nhỏ sao cho các vạch phía trên và dưới trùng nhau (hình 4.7a). Số đọc độ sẽ là số bên trái hoặc ở giữa của hàng trên, số chẵn chục phút sẽ bằng số vạch nằm giữa số đọc trên và số đọc đối diện với nhau theo đường kính và khác nhau đúng  $180^{\circ}$  (số đọc dưới luôn luôn nằm bên phải số đọc trên, hoặc trong trường hợp đặc biệt, khi số đọc phút không quá 10 phút, chúng sẽ trùng nhau). Số lẻ của phút và giây được đọc ở ô cửa sổ nhỏ, phần lẻ của giây được ước lượng bằng mắt. Ví dụ trên hình 4.7a số



đọc trên bàn độ ngang là  $57^{\circ} 50'$  trong ô cửa sổ lớn và  $8' 02'',0$  trong ô cửa sổ nhỏ, số đọc cuối cùng sẽ là  $57^{\circ} 58' 02,0''$ . Ngoài ra, một số loại máy mới có hệ thống đọc số cũng tới phần lẻ của giây (") nhưng cấu tạo đơn giản và dễ đọc số hơn (xem hình 4.7b), số đọc ở đây sẽ là:  $263^{\circ} 15' 24''$  (với máy TM6) và  $246^{\circ} 38' 16''7$  (với máy TM11).



Hình 4.7a. Đọc số theo phương pháp làm tròn



Hình 4.7b. Một dạng đọc số đơn giản

#### 4.4. KIỂM NGHIỆM VÀ ĐIỀU CHỈNH MÁY KINH VĨ

Kiểm nghiệm máy kinh vĩ là tiến hành một số thao tác nhằm xác định các điều kiện hình học và những thông số cơ bản của máy. Khi phát hiện được điều kiện nào đó bị sai lệch cần phải điều chỉnh để nó thỏa mãn điều kiện đặt ra. Quá trình đó gọi là điều chỉnh máy kinh vĩ. Những máy mới xuất xưởng, trước khi đưa vào sử dụng hoặc sau một quá trình vận chuyển, va đập nhất thiết phải kiểm nghiệm. Trước khi tiến hành kiểm nghiệm và điều chỉnh máy kinh vĩ, cần kiểm tra sơ bộ, bao quát toàn bộ máy xem các ốc hãm, ốc cân, vít vặn có hoạt động bình thường không. Các điều kiện hình học cơ bản mà mỗi máy kinh vĩ cần thỏa mãn là (hình 4.2): Trục ống thủy dài trên bàn độ ngang  $U_1U_1$  phải vuông góc với trục quay của máy; Trục ngắm (trục quang học) VV của ống kính phải vuông góc với trục quay HH của nó; Trục quay HH của ống kính phải vuông góc với trục quay VV của máy; Chỉ đứng trung tâm trên lưới chỉ của ống kính phải vuông góc với trục quay của ống kính (phải thẳng đứng); Trục ngắm của bộ dọi tâm quang học cần trùng với trục quay VV của máy kinh vĩ và vị trí "điểm không" (MO) của bàn độ đứng phải ổn định và gần bằng không. Dưới đây là nội dung chi tiết các bước kiểm nghiệm và điều chỉnh các điều kiện đã nêu.

**1. Trục ống thủy dài  $U_1U_1$  trên bàn độ ngang phải vuông góc với trục quay TT của máy ( $U_1U_1 \perp VV$  - hình 4.2)**

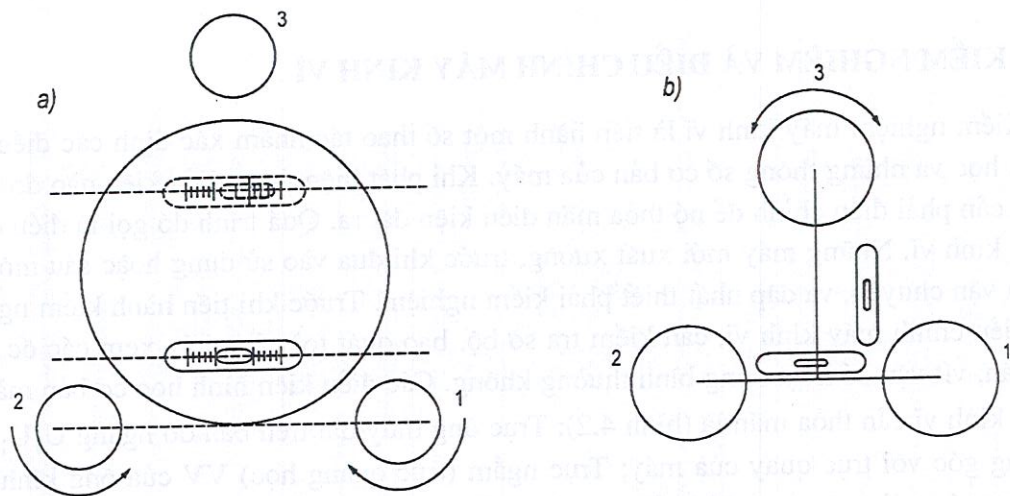
Nếu điều kiện này được thỏa mãn thì khi đo góc, ta có thể dùng ống thủy dài để đưa trục quay VV của máy kinh vĩ về vị trí thẳng đứng. Việc kiểm nghiệm được thực hiện



theo trình tự sau: Đặt máy kinh vĩ trên giá ba chân (chân máy) sao cho ống thủy dài nằm trên hướng 1 - 2 của hai trong ba ốc cân máy (hình 4.8a), vận hai ốc cân này theo hai chiều ngược nhau để đưa bọt thủy về vị trí điểm 0 (điểm giữa ống thủy), sau đó quay máy đi  $180^\circ$ . Nếu bọt thủy vẫn còn ở giữa (có thể lệch trong phạm vi 1 vạch chia đối với máy có độ chính xác trung bình) thì điều kiện này coi như được thỏa mãn. Nếu bọt thủy lệch đi quá 1 vạch chia thì điều kiện này chưa thỏa mãn và phải điều chỉnh lại ống thủy.

Giả sử bọt thủy lệch đi  $n$  vạch chia, để điều chỉnh cần dùng vít điều chỉnh trên ống thủy đưa bọt thủy di chuyển về giữa một khoảng bằng một nửa số vạch đã bị lệch ( $n/2$  vạch chia), một nửa độ lệch còn lại được đưa về giữa bằng chính những ốc cân đã sử dụng ban đầu (ốc 1 hoặc 2). Sau khi ống thủy dài đã được điều chỉnh, để đưa bàn độ ngang về vị trí nằm ngang, cần quay máy đi  $90^\circ$  cho vị trí ống thủy vuông góc với vị trí ban đầu, dùng ốc cân thứ 3 đưa bọt thủy về giữa (hình 4.8b). Sau đó, nếu ở vị trí bất kỳ mà bọt thủy vẫn ở giữa thì khi đó bàn độ ngang đã nằm ngang (trục quay của máy ở vị trí thẳng đứng - đã cân xong máy).

**2. Trục ngắm VV của ống kính phải vuông góc với trục quay HH của ống kính ( $VV \perp HH$  - hình 4.2).**



**Hình 4.8. Cân máy nhờ ống thủy**

Điều kiện này đảm bảo để trục ngắm tạo nên một mặt phẳng thẳng đứng (mặt chuẩn trục) khi quay ống kính quanh trục quay của nó và được kiểm nghiệm như sau: Tiến hành cân máy như nội dung kiểm nghiệm và điều chỉnh ở mục 1. Ngắm ống kính đến một điểm rõ nét ở xa, bắt mục tiêu điểm đó (làm trùng chữ thập của lưới chỉ với ảnh của điểm ngắm trong ống kính) và đọc số  $a_1$  trên bàn độ ngang. Mở các ốc hãm ống kính và bàn độ, quay đảo ống kính đi  $180^\circ$ , hướng ống kính và bắt mục tiêu lên điểm ngắm đã chọn, lần này sẽ đọc được số đọc  $a_2$ . Theo lý thuyết các số đọc  $a_1$  và  $a_2$  sẽ khác nhau đúng  $180^\circ$ . Tuy nhiên, do không thể thỏa mãn điều kiện này một cách tuyệt đối nên giữa hai số đọc đó có một độ chênh lệch nhất định được kí hiệu là  $2C$ :



$$a_1 - a_2 \pm 180^\circ = 2C \quad (4.4)$$

Sai số này thường được gọi là sai số 2C (sai số chuẩn trực) của máy. Nếu sai số 2C của máy không vượt quá hai lần độ chính xác đọc số trên máy ( $2'$  đối với máy có độ chính xác cấp phút) thì điều kiện này của máy coi như thỏa mãn. Nếu 2C có giá trị lớn hơn, cần phải điều chỉnh.

Để điều chỉnh điều kiện này, từ số đọc  $a_1$  và  $a_2$  ta tính số đọc trung bình:

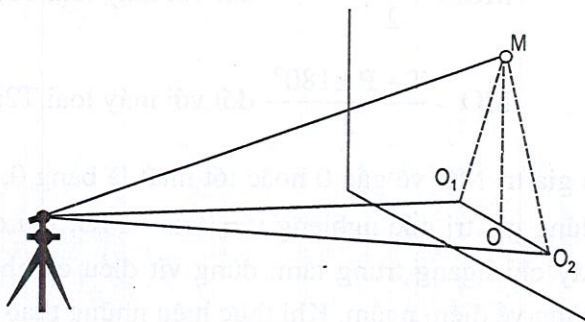
$$a = \frac{a_1 + a_2 \pm 180^\circ}{2} \quad (4.5)$$

Dùng vít vi động điều chỉnh cho số đọc trên bàn độ đúng bằng  $a$ , khi đó hình ảnh điểm ngắm trong ống kính sẽ bị lệch khỏi chữ thập của lưới chỉ. Mở nắp bảo vệ lưới chỉ ở phần kính mắt, dùng các vít của lưới chỉ điều chỉnh xô dịch theo chiều ngang cho đến khi chữ thập trùng lại với hình ảnh điểm ngắm thì vặn chặt các vít cố định lưới chỉ lại. Nội dung kiểm nghiệm và điều chỉnh này được lặp lại vài lần.

Tuy nhiên, khi đo góc thường đo ở hai vị trí của bàn độ đứng (trái và phải), do đó nếu lấy giá trị trung bình thì sai số 2C sẽ được loại trừ. Để kiểm tra mức độ ổn định của máy, khi đo góc tại trạm có nhiều hướng cần theo dõi sự biến động của sai số 2C ở mỗi hướng. Nếu sai số 2C có biến động lớn, cần phải kiểm tra lại các liên kết cơ học của ống kính, trục đỡ và lưới chỉ.

### 3. Trục quay HH của ống kính phải vuông góc với trục quay TT của máy ( $HH \perp TT$ )

Để kiểm nghiệm nội dung này cần đặt máy cách tường nhà khoảng  $15 \div 20\text{m}$  sau khi cân máy, hướng ống kính ngắm lên một điểm M rõ nét ở trên cao, cố định bàn độ ngang từ từ hạ ống kính xuống ngang tầm độ cao máy và đánh dấu lên tường một điểm  $O_1$ . Đảo ống kính và làm tương tự như lần đầu, đánh dấu được điểm  $O_2$  (hình 4.9). Nếu điểm  $O_1$  và  $O_2$  trùng nhau hoặc lệch nhau nhưng vẫn nằm trong phạm vi chỉ kép của lưới chỉ thì điều kiện này của máy thỏa mãn. Nếu hai điểm chiếu  $O_1$  và  $O_2$  vượt ra ngoài chỉ kép của lưới chỉ thì điều kiện này không thỏa mãn và phải đưa vào xưởng sửa chữa. Điều kiện này cần được chú ý khi sử dụng máy ở những nơi có góc nghiêng lớn như ở vùng núi, trong xây dựng đập thủy điện, công trình cao và nhà cao tầng.



Hình 4.9. Kiểm tra vị trí trục quay ống kính.



#### 4. Chỉ đúng trung tâm trên lưới chỉ của ống kính cân vuông góc với trục quay HH của ống kính

Điều kiện này được kiểm nghiệm như sau: sau khi cân máy, ngắm ống kính tới một dây dọi treo ở nơi khuất gió cách máy khoảng  $15 \div 20\text{m}$ . Nếu hình ảnh dây dọi trùng với chỉ đúng thì điều kiện được thỏa mãn. Ngược lại, nếu chỉ đúng và hình ảnh dây dọi lệch nhau, cần phải điều chỉnh chỉ đúng về đúng vị trí bằng cách nới lỏng ốc hãm lưới chỉ, xoay lưới chỉ hoặc toàn bộ phần kính mắt cùng với lưới chỉ, sau đó vặn chặt ốc hãm lại. Sau khi kiểm nghiệm và điều chỉnh nội dung này cần kiểm tra lại điều kiện thứ hai ( $VV \perp HH$ ).

#### 5. Trục ngắm của bộ dọi tâm quang học cần trùng với trục quay của máy kinh vĩ

Nội dung kiểm nghiệm này cũng tiến hành sau khi đã cân máy. Qua kính mắt của bộ dọi tâm quang học đánh dấu tâm chiếu lên một tấm phẳng, quay máy đi  $180^\circ$ , tiếp tục chiếu và đánh dấu được điểm thứ hai. Hai điểm chiếu này không được lệch nhau. Nếu hai điểm chiếu lệch nhau nhiều cần điều chỉnh lại vị trí bộ định tâm quang học bằng các ốc vít cố định. Nếu sai lệch các điểm chiếu quá lớn (hơn 3mm) cần phải đưa máy vào xưởng sửa chữa.

#### 6. Vị trí điểm 0 của bàn độ đứng (MO) phải gần bằng "0" và ổn định

Vị trí điểm 0 là số đọc trên bàn độ đứng khi trục ngắm nằm ngang và bọt thủy gắn trên vòng đọc số của bàn độ đứng nằm ở giữa.

Để xác định MO cần đặt máy, cân máy và ngắm máy về một điểm rõ nét, đưa bọt thủy trên bàn độ đứng về giữa đọc được số đọc trái (Tr) trên bàn độ đứng. Đảo ống kính qua thiên đỉnh quay máy đi  $180^\circ$  và lại ngắm về điểm đã chọn, bắt mục tiêu đưa bọt thủy về giữa đọc được số đọc phải (Ph). Tùy cách đánh số trên vòng độ đứng, vị trí điểm 0 có thể được tính theo các công thức:

$$MO = \frac{T + P + 180^\circ}{2} \text{ đối với máy loại T30} \quad (4.6)$$

hoặc 
$$MO = \frac{T + P}{2} \text{ đối với máy loại T5, 4T30P} \quad (4.7)$$

hoặc 
$$MO = \frac{T + P \pm 180^\circ}{2} \text{ đối với máy loại T2; TT5} \quad (4.8)$$

Để điều chỉnh cho giá trị MO về gần 0 hoặc tốt nhất là bằng 0, ở vị trí bàn độ trái ta đặt lại số đọc bằng đúng giá trị góc nghiêng  $v = \text{Trái} - MO$ , khi đó hình ảnh của điểm ngắm sẽ lệch khỏi dây chỉ ngang trung tâm, dùng vít điều chỉnh lưới chỉ cho dây chỉ ngang trung tâm về trùng về điểm ngắm. Khi thực hiện những thao tác trên máy cần theo dõi để bọt thủy trên vòng đọc số bàn độ đứng luôn ở trung tâm.



Quá trình kiểm nghiệm và điều chỉnh máy kinh vĩ nhất thiết phải tuân theo thứ tự nêu trên nhằm đảm bảo cho các nội dung đã điều chỉnh trước đó không bị thay đổi khi điều chỉnh những nội dung tiếp sau. Hai nội dung đầu tiên cần kiểm tra và điều chỉnh thường xuyên trước khi đo mỗi ngày, các nội dung còn lại có thể tiến hành sau một số tuần làm việc. Toàn bộ nội dung kiểm nghiệm phải được tiến hành sau một chuyến vận chuyển đường dài ngay trước khi đưa máy vào phục vụ sản xuất.

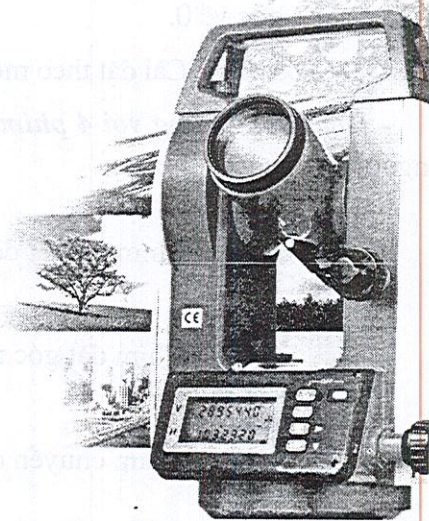
#### 4.5. MÁY KINH VĨ ĐIỆN TỬ HIỆN SỐ ( ELECTRONIC DIGITAL THEODOLITE)

Máy kinh vĩ điện tử hiện số có cấu tạo cơ bản giống như máy kinh vĩ quang học. Điều khác biệt là các số đọc trên bàn độ đứng và bàn độ ngang được hiện lên màn hình đọc số mà không phải đoán đọc như ở loại máy quang học.

Máy kinh vĩ điện tử là sản phẩm được chế tạo kết hợp giữa kỹ thuật quang cơ với công nghệ điện tử - tin học. Mục đích chính của các máy kinh vĩ điện tử là nhằm đơn giản hoá các thao tác đo cho người sử dụng máy, các số đọc trên bàn độ đứng và bàn độ ngang được hiện ngay lên màn hình mà không phải đoán đọc như ở máy quang học, do đó loại trừ được sai số đọc số của người đo.

Trên thế giới có rất nhiều hãng sản xuất máy Kinh vĩ điện tử, song nhìn chung thì máy của các hãng đều giống nhau về nguyên lý cấu tạo và chỉ khác nhau về mặt hình thức như màu sơn, cách bố trí vị trí các phím trên thân máy. Trong tài liệu này, chúng tôi xin giới thiệu về máy Kinh vĩ điện tử DT500 có độ chính xác đo góc  $5''$  và độ phóng đại ống kính bằng  $30\times$  của hãng Sokkia - Nhật Bản, là một trong những hãng lớn trên thế giới chuyên sản xuất và cung cấp các loại thiết bị phục vụ công tác đo đạc.

Máy kinh vĩ điện tử DT500 là một trong những thế hệ mới. Máy được thiết kế gồm 2 màn hình được bố trí ở hai mặt của máy. Các máy thuộc thế hệ này có bộ phận con lắc tự động, nó sẽ tự động hiệu chỉnh làm số đọc trên bàn độ ngang và bàn độ đứng không thay đổi khi trục quay thẳng đứng của máy bị nghiêng so với phương thẳng đứng một góc không quá  $3'$ . Vì thế máy có độ chính xác đo góc khá cao. Thế hệ này sử dụng cổng RS232C để có thể kết nối được với sổ điện tử của SOKKIA để ghi lại số liệu đo mà không phải ghi ra giấy như máy quang cơ. Đây là những đặc điểm kỹ thuật ưu việt mà các máy kinh vĩ quang học không có.

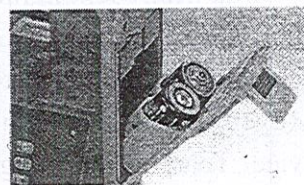


Hình 4.10. Máy kinh vĩ điện tử DT500.



Một số tính năng mới của máy bao gồm:

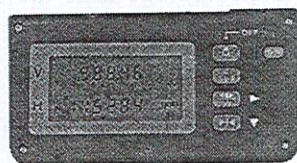
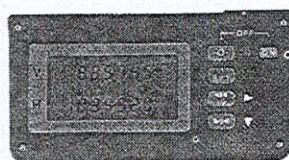
- **Khắc phục được ảnh hưởng của môi trường** theo tiêu chuẩn IP66. Để khắc phục ảnh hưởng của môi trường, đặc biệt là độ ẩm, hãng SOKKIA đã dùng loại keo bảo vệ đặc biệt IP66 theo tiêu chuẩn IEC60529. Với loại keo bảo vệ này máy không những có thể chống lại được sự xâm nhập của nước, sương mù mà còn chống được bụi bẩn hay các loại hạt nhỏ khác. Máy vẫn có thể hoạt động bình thường trong khi trời đang mưa, trong môi trường độ ẩm và bụi bẩn cao.



- **Nguồn điện năng cung cấp kéo dài.** Trong thực tế khi dùng máy để đo ngoài thực địa, yêu cầu về dung lượng của pin cho máy là rất cần thiết. Máy thuộc thế hệ mới này dùng 2 pin loại R14/C thay cho việc dùng 4 pin loại Alkaline như các máy trước đây. Thời gian đo liên tục với 2 pin R14/C là 75 giờ.

- **Tính năng tự động tắt.** Để tiết kiệm năng lượng, máy thuộc thế hệ này sẽ tự động ngắt nguồn trong vòng 30 phút kể từ lúc ngừng đo.

- **Màn hình to và dễ đọc.** Các số đọc góc ngang và góc đứng được hiện trên các dòng khác nhau sẽ làm cho việc đọc số dễ dàng và tránh nhầm lẫn khi đọc số.



- **Các ốc hãm lớn.** Các ốc hãm được thiết kế có thêm tai để giúp việc hãm mở bàn độ cũng như vĩ chỉnh một cách dễ dàng.



- **Các dạng đo và chức năng**

+ **Đo góc ngang:** Cùng chiều, ngược chiều kim đồng hồ, giữ góc (Hold), đặt góc về 0.

+ **Đo góc đứng:** Cài đặt theo một số dạng hiển thị  $0^\circ$ -  $360^\circ$ , hoặc  $\pm 90^\circ$ , hiện độ dốc %.

- **Hoạt động cùng với 4 phím điều khiển.** Chúng được thiết kế hợp lý, dễ dàng cho người sử dụng:



Phím bật/tắt đèn màn hình



Phím đặt góc ngang về 0



Phím chuyển đổi các dạng đo góc ngang trái/phải (R/L).

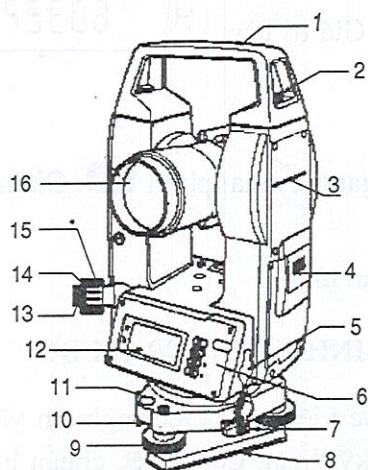


Phím này có chức năng giữ giá trị góc ngang được hiển thị trên màn hình trong trường hợp ta quay máy đi hướng khác (Giống như ốc khoá bàn độ ngang ở máy kinh vĩ quang học).

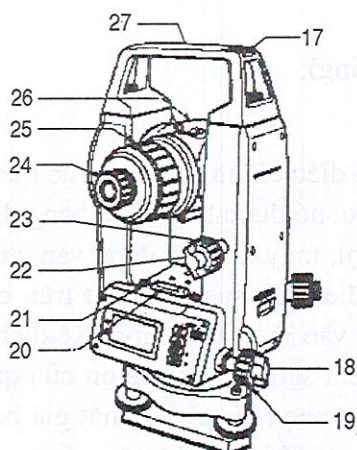


Các điều kiện hình học cơ bản của máy kinh vĩ điện tử cũng giống như ở các loại máy quang cơ, tuy nhiên việc điều chỉnh chúng được thực hiện đơn giản hơn nhiều.

### Cấu tạo của máy (Các bộ phận chính)



1. Tay xách
2. Ốc hãm tay xách
3. Vạch độ cao máy
4. Nắp đậy ắc quy
5. Cổng kết nối dữ liệu
6. Bàn phím
7. Ốc khoá để máy
8. Đế máy
9. Ốc cân máy
10. Ốc vi chỉnh bọt thủy tròn
11. Bọt thủy tròn
12. Màn hình
13. Ống kính bội tâm quang học
14. Điều chỉnh độ rõ lưới chỉ của ống kính bội tâm quang học
15. Điều chỉnh tiêu cự của ống kính bội tâm quang học
16. Ống kính



17. Khe cắm la bàn
18. Ốc khoá bàn độ ngang
19. Ốc vi chỉnh bàn độ ngang
20. Bọt thủy dài
21. Ốc vi chỉnh bọt thủy dài
22. Ốc khoá bàn độ đứng
23. Ốc vi chỉnh bàn độ đứng
24. Kính mắt
25. Điều chỉnh tiêu cự của ống kính
26. Ống ngắm sơ bộ
27. Vạch tâm máy

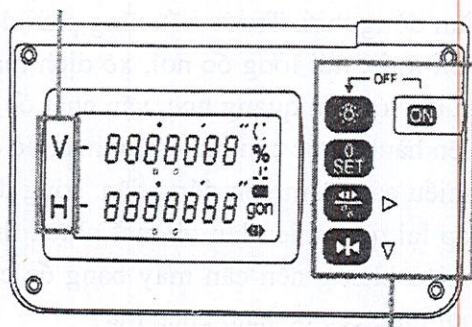
Hình 4.11. Các bộ phận chính của máy DT500.

### Hiển thị màn hình, chức năng bàn phím

V - Số đọc bàn độ đứng.

H - Số đọc bàn độ ngang.

- Bật nguồn điện.**
- Tắt nguồn điện trong máy.**
- Đặt góc về 0°00'00".**
- Bật đèn màn hình.**
- Giữ nguyên giá trị bàn độ ngang.**
- Thay đổi giá trị bàn độ trái, phải.**





Đặt giá trị bàn độ ngang:

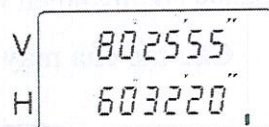
\* Quay máy tới giá trị bàn độ ngang cần đặt. Khoá bàn độ ngang sao cho giá trị đó không đổi.

\* Giữ nguyên giá trị hiển thị ấn phím  hai lần. Giá trị bàn độ ngang được giữ nguyên.

\* Đặt giá trị góc ngang cho hướng.

Quay máy ngắm tới điểm khởi đầu, khoá bàn độ ngang. Ấn lại phím . Giá trị góc ngang sẽ tiếp tục tính từ giá trị mà ta vừa đặt.

Giá trị góc đứng V luôn hiển thị ở dòng trên của màn hình.



#### 4.6. NHỮNG THAO TÁC CƠ BẢN TRÊN MÁY KINH VĨ TẠI TRẠM ĐO

Trước khi đưa vào sử dụng, máy kinh vĩ phải được kiểm tra, kiểm nghiệm và điều chỉnh đảm bảo thỏa mãn những thông số và yêu cầu kỹ thuật. Công việc chuẩn bị máy cho đo ngắm bao gồm các thao tác cơ bản sau:

- \* Định tâm máy;
- \* Cân máy (đưa trục quay của máy về vị trí thẳng đứng);
- \* Điều chỉnh ống kính và lấy hướng.

Định tâm máy trên điểm đo (còn gọi là dọi điểm) là điều chỉnh sao cho trục quay của máy trùng với đường thẳng đứng đi qua đỉnh góc cần đo, nó được tiến hành bằng dây dọi hoặc bộ phận định tâm quang học. Khi sử dụng dây dọi, máy kinh vĩ được vận chạt vào giá ba chân bằng ốc nổi, đặt sơ bộ giá ba chân lên điểm đo sao cho mặt trên của nó tương đối nằm ngang và đầu nhọn của quả dọi rơi gần vào vị trí tâm mốc. Xê dịch vị trí hoặc dận đều ba chân máy cho chúng cắm chắc vào đất sao cho đầu nhọn của quả dọi rơi gần đúng tâm mốc. Nới lỏng ốc nổi và xê dịch máy nhẹ nhàng trên mặt giá ba chân để cho đầu nhọn quả dọi rơi chính xác vào tâm mốc, sau đó vận chạt ốc nổi lại. Vị trí đầu nhọn quả dọi cũng có thể được xê dịch nhẹ nhàng trên tâm mốc bằng cách điều chỉnh từng chân của giá 3 chân lên cao xuống thấp nhờ các ốc hãm chân máy (ở những nơi đặt máy có sàn cứng).

Nếu máy có bộ phận định tâm quang học hoặc laser, việc định tâm và cân máy phải làm đồng thời. Trước hết cũng phải đặt máy sơ bộ sao cho tâm quang học gần trùng với tâm mốc, nới lỏng ốc nổi, xê dịch máy trên giá ba chân cho tới khi nhìn thấy tâm mốc trùng với tâm quang học, vận chạt ốc nổi lại. Việc định tâm sơ bộ này sẽ bị thay đổi nếu tiến hành bước cân máy tiếp theo, do đó quá trình cũng được tiến hành gần đúng dần. Có nhiều cách làm gần đúng dần, song để quá trình định tâm và cân máy không phải lặp đi lặp lại quá nhiều lần và mất nhiều thời gian, sau khi định tâm sơ bộ nếu bọt thủy lệch nhiều không nên cân máy bằng ốc cân mà nên cân máy trước hết bằng chân máy nhờ nới lỏng các ốc hãm chân máy.



Cân máy là đưa trục quay của máy về vị trí thẳng đứng, khi đó bàn độ ngang của máy sẽ ở vị trí nằm ngang. Cân máy được tiến hành nhờ ống thủy dài gắn trên bàn độ ngang và ba ốc cân. Trước tiên quay máy sao cho vị trí ống thủy dài song song với hướng của 2 ốc cân, dùng 2 ốc cân này đưa bọt thủy vào giữa, sau đó quay máy đi  $90^\circ$ , dùng ốc cân thứ ba tiếp tục đưa bọt thủy vào giữa. Vì điều kiện hình học thứ nhất của máy đã thỏa mãn nên sau hai thao tác trên có thể xem như máy đã được cân bằng, về lý thuyết, ở mọi vị trí của máy bọt thủy đều phải nằm ở giữa ống thủy. Tuy nhiên, các thao tác cũng phải lặp lại vài lần, nếu ở mọi vị trí của máy, bọt thủy không lệch khỏi điểm giữa quá 1 vạch chia thì coi như máy đã được cân bằng.

Điều chỉnh ống kính để đo ngắm bao gồm thao tác điều chỉnh ống kính theo mắt người quan sát; hướng ống kính tới điểm ngắm bắt mục tiêu và khử hiện tượng thị sai. Điều chỉnh ống kính theo mắt người quan sát thực hiện bằng cách chiếu ống kính lên một phông nền sáng và xoay ốc điều chỉnh kính mắt sao cho hình ảnh lưới chỉ nhìn thấy rõ nét. Để điều chỉnh ống kính tới điểm ngắm và ngắm bắt mục tiêu, trước hết dùng tiêu cơ học hoặc quang học nằm bên ngoài phía trên ống kính để hướng ống kính tới mục tiêu. Xoay ống kính sang trái, sang phải hoặc lên, xuống. Sau khi đã nhìn thấy điểm ngắm trong thị trường ống kính, khóa ốc hãm bàn độ và ống kính, dùng ốc điều quang (ốc điều chỉnh tiêu cự của hệ thống quang học) điều chỉnh cho hình ảnh điểm ngắm rõ nét. Dùng các vít vi động bàn độ và ống kính làm trùng tâm chữ thập của lưới chỉ với hình ảnh điểm ngắm, thao tác này chính là ngắm bắt mục tiêu.

Trong đo góc, thường chọn một hướng ban đầu và đặt giá trị số đọc của hướng đó gần bằng  $0^\circ$  để thuận tiện cho việc tính toán và thay đổi vị trí bàn độ trong các vòng đo sau, đặc biệt khi đo vẽ chi tiết tại một trạm theo phương pháp tọa độ cực thì số đọc hướng ban đầu nhất thiết phải bằng  $0^\circ 00' 00''$  để thuận tiện cho việc triển điểm chi tiết lên bản vẽ. Muốn đặt trước một giá trị bất kỳ trên bàn độ, ví dụ  $0^\circ 00' 00''$  cho một hướng nào đó, trước tiên quay máy và hãm bàn độ ở gần  $0^\circ$ . Dùng vít vi động bàn độ ngang điều chỉnh để có số đọc chính xác là  $00^\circ 00' 00''$ . Khóa chốt hãm vòng đọc số, lúc này bàn độ ngang và vòng đọc số bị hãm chặt với nhau nên số đọc luôn giữ nguyên, không đổi. Mở ốc hãm bàn độ ngang, quay máy ngắm bắt mục tiêu ở hướng ban đầu đã chọn, như vậy hướng này đã có giá trị là  $0^\circ 00' 00''$ . Để đo ngắm các hướng tiếp theo cần mở chốt hãm vòng đọc số và tiến hành bình thường. Điều cần chú ý khi đặt giá trị hướng là phải giữ đúng trình tự đóng, mở chốt hãm vòng đọc số và thao tác đóng mở chốt hãm này phải thực hiện nhẹ nhàng để giá trị số đọc đã chọn không bị thay đổi.

Đối với máy có bộ đo cực nhỏ quang học, muốn đặt được số đọc đúng bằng  $0^\circ 00' 00''$  cần đặt đúng  $0' 00''$  trên bộ đo cực nhỏ trước khi vi động bàn độ ngang về giá trị  $0^\circ 0'$ . Đối với máy kinh vĩ điện tử các thao tác này được đơn giản đi rất nhiều như đã giới thiệu ở trên.



## 4.7. PHƯƠNG PHÁP ĐO GÓC NGANG

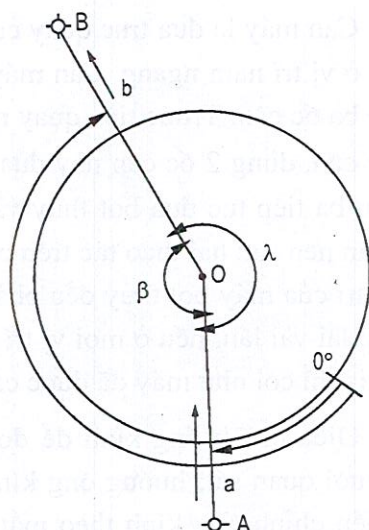
Giả sử cần đo góc ngang AOB giữa hai hướng OA và OB đỉnh góc là điểm O (hình 4.12). Tại đỉnh O, hai hướng OA và OB tạo nên góc  $\beta$  và góc  $\lambda$ , như vậy phải xác định xem cần đo góc nào - góc  $\beta$  bên trái tuyến đo hay góc  $\lambda$  bên phải tuyến đo. Nếu tuyến đo xuất phát từ điểm A đi tới các điểm B, C... thì người ta quy ước gọi các góc nằm bên trái tuyến đo là góc trái và ký hiệu là  $\beta$ , còn các góc nằm bên phải tuyến đo là góc phải và ký hiệu là  $\lambda$ . Tại một điểm các góc trái và phải là những góc bù nhau ( $\lambda = 360^\circ - \beta$ ).

Để đo được góc, đầu tiên cần đặt máy tại đỉnh O của góc cần đo sao cho trục đứng của máy thẳng đứng và đi qua đỉnh O.

Các thao tác định tâm và cân máy trong quá trình đặt máy được thực hiện đồng thời theo phương pháp gần đúng dần như đã trình bày ở trên. Tại điểm A và B cần phải dựng các tiêu nhỏ, sào tiêu hoặc bảng ngắm đứng trên tâm mốc. Khi đo góc chính xác, bảng ngắm cũng được lắp giá ba chân và được định tâm, cân bằng trên điểm ngắm như đối với máy kinh vĩ. Trong trường hợp sử dụng sào tiêu, để giảm ảnh hưởng do sào tiêu dựng không thẳng đứng, cần cố gắng ngắm tới điểm càng gần dưới chân sào tiêu càng tốt. Có nhiều phương pháp đo góc ngang bằng máy kinh vĩ. Dưới đây sẽ giới thiệu hai phương pháp được áp dụng phổ biến trong trắc địa ứng dụng là phương pháp đo góc đơn và phương pháp đo toàn vòng.

Phương pháp đo góc đơn được áp dụng khi tại một điểm chỉ cần đo một góc riêng biệt (chỉ có hai hướng đo). Một vòng đo góc tạo bởi hai nửa vòng đo độc lập nhau ở hai vị trí của bàn độ đứng (nửa vòng đo trái (tr) - khi vị trí bàn độ đứng ở bên trái người đo và nửa vòng đo phải (ph) - khi bàn độ đứng ở bên phải người đo).

Giả sử góc cần đo là góc trái  $\beta$  (hình 4.12), ở vị trí bàn độ trái, đặt giá trị hướng ban đầu gần  $0^\circ$ , khóa chốt hãm vòng đọc số, mở ốc hãm bàn độ ngang, quay máy hướng ống kính đến điểm A (điểm phía sau trên tuyến đo), vặn chặt ốc hãm bàn độ ngang, dùng vít vi động bàn độ ngang bắt mục tiêu, đọc số và ghi vào sổ đo ngoại nghiệp (1) (bảng 4.1). Mở chốt hãm vòng đọc số, quay máy theo chiều kim đồng hồ tới điểm B (điểm phía trước trên tuyến đo), vặn chặt ốc hãm vòng đọc số, dùng vít vi động vòng đọc số bắt mục tiêu, đọc số và ghi được số thứ hai (2). Tính giá trị góc đo ở nửa vòng đo trái (tr) theo quy tắc lấy số đọc khi ngắm điểm phía trước trừ đi số đọc khi ngắm điểm phía sau, nghĩa là theo công thức:



Hình 4.12. Sơ đồ đo góc đơn.



$$(2) - (1) = (3) = \beta_{tr} \quad (4.16)$$

Đến đây, nửa vòng đo thứ nhất (nửa vòng đo trái tr) đã kết thúc.

Tiếp tục thực hiện nửa vòng đo thứ hai, nửa vòng đo phải (ph). Muốn vậy cần đảo ống kính qua thiên đỉnh và quay máy đi  $180^\circ$ , lần lượt thao tác như trên, trước tiên ngắm về A, bắt mục tiêu đọc được số đọc (4), sau đó ngắm về B, bắt mục tiêu đọc được số đọc (5) và tính được giá trị góc đo ở nửa vòng đo phải:

$$(5) - (4) = (6) = \beta_{ph} \quad (4.17)$$

**Bảng 4.1. Mẫu ghi sổ theo phương pháp đo góc đơn**

| STT<br>vòng đo | Đỉnh<br>góc | Điểm<br>ngắm | Vị trí<br>bàn độ | Số đọc bàn độ<br>(0) (°) | Giá trị góc<br>nửa vòng đo | Giá trị góc<br>một vòng đo | Giá trị<br>trung bình |
|----------------|-------------|--------------|------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1              | O           | A            | Trái             | $0^\circ 04' (1)$        |                            |                            |                       |
|                |             | B            |                  | $172^\circ 48' (2)$      | $172^\circ 44' (3)$        |                            |                       |
|                | O           | A            | Phải             | $180 05 (4)$             |                            | $172^\circ 44',5 (7)$      |                       |
|                |             | B            |                  | $352 50 (5)$             | $172 45 (6)$               |                            | $172^\circ 45',2(15)$ |
| 2              | O           | A            | Trái             | $90 08 (8)$              | $172 45 (10)$              |                            |                       |
|                |             | B            |                  | $262 53 (9)$             |                            |                            |                       |
|                | O           | A            | Phải             | $270 10 (11)$            |                            | $172 46,0 (14)$            |                       |
|                |             | B            |                  | $82 57 (12)$             | $172 47 (13)$              |                            |                       |

Nếu sai lệch giữa các giá trị  $\beta_{tr}$  và  $\beta_{ph}$  của hai nửa vòng đo không vượt quá hai lần độ chính xác đọc số (đối với máy Theo 080 là  $2'$ ) thì tiến hành tính giá trị góc của một vòng đo đầy đủ bằng cách lấy trung bình của hai nửa vòng đo ấy.

$$\beta = \frac{\beta_{tr} + \beta_{ph}}{2} \quad (4.18)$$

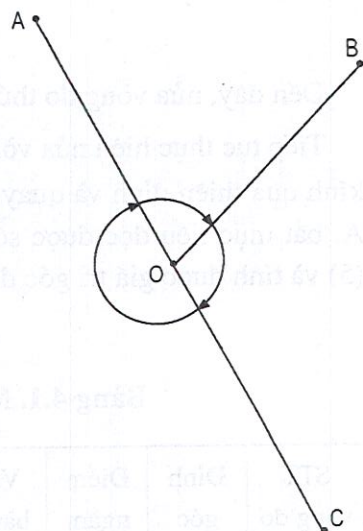
Ví dụ ghi sổ và tính toán kết quả đo góc trái  $\beta$  bằng hai vòng đo đầy đủ nêu trong bảng 4.1. Số ghi trong ngoặc đơn là thứ tự đọc số và tính toán trên trạm đo. Nếu cần đo  $n$  vòng thì phải xê dịch giá trị hướng ban đầu trên bàn độ ngang đi một giá trị  $\delta = 180^\circ/n$ . Các thao tác ở các vòng đo sau được lặp lại tương tự. Giá trị cuối cùng của góc đo được lấy trung bình từ kết quả của các vòng đo:

$$\beta_{tb} = \frac{\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n}{n} \quad (4.19)$$

Phương pháp đo toàn vòng được áp dụng khi tại trạm đo có từ ba hướng đo trở lên. Bản chất của phương pháp là: Sau khi đã đặt máy, định tâm và cân máy tại điểm O



(hình 4.13), trên các điểm ngắm A, B, C đã dựng sào tiêu hoặc đặt bảng ngắm. Người đứng máy chọn một hướng ban đầu (giả sử là OA) và đặt trên bàn độ một giá trị gần  $0^\circ$  (vị trí bàn độ trái), ngắm bắt mục tiêu lên điểm A, đọc số và ghi vào sổ đo (1). Mở chốt hãm vòng đọc số, quay máy theo chiều kim đồng hồ lần lượt ngắm các điểm B, C và quay trở về hướng ban đầu A đọc số, ghi vào sổ đo (2), (3) và (4) (bảng 4.2). Giá trị (4) của hướng ban đầu dùng để kiểm tra độ ổn định của vòng bàn độ trong quá trình đo và được gọi là trị khép vòng. Như vậy, đã kết thúc nửa vòng đo đầu. Để tiếp tục nửa vòng đo thứ 2, cần đảo ống kính qua thiên đỉnh, quay máy đi  $180^\circ$  và lại hướng ống kính về hướng ban đầu A, bắt mục tiêu và đọc số (5). Ở nửa vòng đo thứ hai, máy được quay ngược chiều kim đồng hồ, tức là đến điểm C, B và quay về A, ghi được các số đọc (6), (7), (8).



**Hình 4.13.** Sơ đồ đo theo phương pháp toàn vòng

Các giá trị hướng trung bình (9), (10), (11), (12) được tính từ kết quả của 2 nửa vòng đo. Hướng khép vòng trung bình lại được tính một lần nữa (13). Để tiện cho việc sử dụng các kết quả đo sau này, cần tính giá trị các hướng đã "quy không", tức là giá trị các hướng khi chọn hướng ban đầu bằng  $0^\circ00'00''$ .

Muốn vậy, chỉ việc lần lượt lấy giá trị trung bình của mỗi hướng trừ đi giá trị khép vòng trung bình, kết quả được ghi vào cột cuối cùng của sổ đo: (14), (15), (16). Cuối cùng là tính trị trung bình của các hướng giữa nhiều vòng đo nếu có. Số lượng vòng cần đo n phụ thuộc vào độ chính xác yêu cầu và cấp chính xác của máy. Để giảm ảnh hưởng của sai số vạch khắc bàn độ, sau mỗi vòng đo, bàn độ cũng được dịch chuyển đi một giá trị  $\delta = 180^\circ/n$ . Ngoài hai phương pháp phổ biến nêu trên, còn có các phương pháp khác như phương pháp đo lặp, phương pháp làm trùng vạch 0 của vòng chia độ và vòng đọc số (đo từ O), phương pháp tổ hợp... Tuy nhiên, những phương pháp này không được áp dụng phổ biến.

**Bảng 4.2.** Mẫu ghi sổ theo phương pháp đo toàn vòng

| Điểm ngắm | Số đọc bàn độ trái       | Số đọc bàn độ phải       | Số đọc trung bình         | Trị hướng quy không       | Trị trung bình |
|-----------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| A         | $0^\circ 45' 24''$ (1)   | $180^\circ 45' 32''$ (8) | $0^\circ 45' 26''$ (13)   |                           |                |
| B         | $34^\circ 21' 16''$ (2)  | $214^\circ 21' 22''$ (7) | $0^\circ 45' 28''$ (9)    | $0^\circ 00' 00''$ (14)   |                |
| C         | $102^\circ 59' 08''$ (3) | $282^\circ 59' 16''$ (6) | $34^\circ 59' 12''$ (10)  | $33^\circ 35' 53''$ (15)  |                |
| A         | $102^\circ 59' 08''$ (3) | $282^\circ 59' 16''$ (6) | $102^\circ 59' 12''$ (11) | $102^\circ 13' 46''$ (16) |                |
| A         | $0^\circ 45' 20''$ (4)   | $180^\circ 45' 28''$ (5) | $0^\circ 45' 24''$ (12)   |                           |                |



- **Phương pháp đo góc ngang** bằng máy kinh vĩ điện tử. Các thao tác đặt máy, cân máy cũng được thực hiện như đối với máy kinh vĩ quang học thông thường, quá trình đo góc được thực hiện theo trình tự:

(Instrument Station: Điểm trạm máy).

\* Ngắm về điểm 1 (1st target)

\* Đưa giá trị góc ngang về  $0^{\circ}00'00''$ , ấn phím **SET** hai lần.

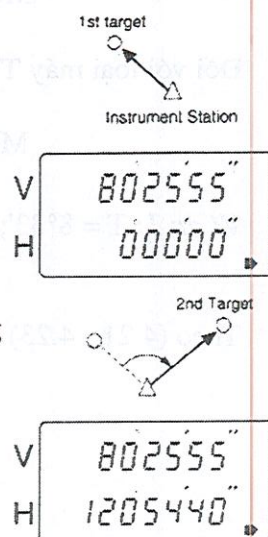
Góc ngang sẽ bắt đầu được tính từ  $0^{\circ}00'00''$ .

\* Ngắm về điểm 2 (2nd target)

Giá trị góc ngang hiển thị trên màn hình sẽ là giá trị góc ngang giữa hai điểm 1 và điểm 2.

Góc đứng (V):  $80^{\circ}25'55''$

Góc ngang (H):  $120^{\circ}54'40''$ .



#### 4.8. PHƯƠNG PHÁP ĐO GÓC ĐỨNG

Góc đứng (góc nghiêng) của một hướng là góc tạo bởi hướng đó và mặt phẳng ngang. Muốn đo được góc đứng ta sử dụng bàn độ đứng của máy kinh vĩ. Vạch chuẩn đọc số cho các góc đứng là đường kính nằm ngang 0-0 đi qua tâm của bàn độ đứng. Vạch chuẩn này được điều chỉnh nằm ngang nhờ bộ tự cân bằng hay nhờ ống thủy gắn trên vòng đọc số của bàn độ đứng.

Nếu đường kính 0-0 của vòng đọc số không nằm ngang thì khi ống kính nằm ngang, số đọc trên bàn độ đứng không bằng không mà bằng một giá trị nào đó và được gọi là vị trí điểm không (MO) của bàn độ đứng.

Theo định nghĩa của góc đứng và nguyên lý cấu tạo của bàn độ đứng thì đo góc đứng của hướng từ điểm đặt máy tới điểm đo chính là đọc số trên bàn độ đứng ở vị trí trái (tr) và phải (ph) của nó khi ngắm về điểm đo. Để tính được góc đứng  $\nu$ , trước hết theo các số đọc (tr) và (ph) trên bàn độ cần xác định giá trị MO theo các công thức (4.16), (4.17), (4.18). Giả sử đối với loại máy T30 ta có:

$$MO = (\text{trái} + \text{phải} + 180^{\circ})/2; \quad (4.20)$$

Khi đó các góc đứng được tính theo công thức:

$$\nu = \text{Trái} - MO; \quad (4.21)$$

$$\nu = MO - \text{Phải} - 180^{\circ}; \quad (4.22)$$

$$\nu = (\text{Trái} - \text{Phải} - 180^{\circ})/2 \quad (4.23)$$

Cần lưu ý trước khi tính theo các công thức trên, nếu các số đọc trên bàn độ đứng và MO nhỏ hơn  $90^{\circ}$  thì phải cộng thêm  $360^{\circ}$ .

Đối với loại máy T5:

$$MO = \frac{T+P}{2} \rightarrow v = T - MO = MO - P = \frac{T-P}{2}$$

Đối với loại máy TT5 và T2:

$$MO = \frac{(T+P \pm 360^\circ)}{2} \rightarrow v = P - MO = MO - T = \frac{P-T}{2}$$

**Ví dụ 1:**  $T = 8^\circ 33'$ ;  $P = 171^\circ 31'$ ; theo (4.20) ta được:

$$MO = [8^\circ 31' + 360^\circ] + 171^\circ 31' + 180^\circ / 2 = 0^\circ 02'$$

Theo (4.21 - 4.23) ta được:

$$v_1 = 8^\circ 33' - 0^\circ 02' = 8^\circ 31'$$

$$v_2 = 0^\circ 02' - 360^\circ - 171^\circ 31' - 180^\circ = 8^\circ 31'$$

$$v_3 = [8^\circ 33' + 360^\circ] - 171^\circ 31' - 180^\circ / 2 = 8^\circ 31'$$

**Ví dụ 2:**  $Tr = 356^\circ 44' + 183^\circ 12'$ , theo các công thức (4.20 - 4.23) ta có:

$$MO = [356^\circ 44' + 183^\circ 12' + 180^\circ] / 2 = 359^\circ 58'$$

$$v_1 = 356^\circ 44' - 359^\circ 58' = -3^\circ 14'$$

$$v_2 = 359^\circ 58' - 183^\circ 12' - 180^\circ = -3^\circ 14'$$

$$v_3 = 356^\circ 44' - 183^\circ 12' - 180^\circ = -3^\circ 14'$$

Để nâng cao độ chính xác khi đo góc đứng, ở mỗi vị trí của bàn độ người ta bắt buộc tiêu và đọc số theo cả 3 dây (trên, giữa, dưới) của lưới chỉ, giá trị góc nghiêng sẽ được tính trung bình từ những kết quả ấy.

Trong một số trường hợp đòi hỏi phải đo góc thiên đỉnh  $Z$ , nếu cấu tạo bàn độ không cho phép đo trực tiếp góc thiên đỉnh nó có thể tính qua góc đứng  $v$  theo công thức:

$$Z = 90^\circ - v \quad (4.24)$$

Tùy theo yêu cầu của độ chính xác, góc đứng cũng có thể đo 1 vòng hoặc đo nhiều vòng. Trong quá trình đo nhiều góc đứng, cần theo dõi độ ổn định của  $MO$ , giá trị thay đổi của nó không được vượt quá 1,5 đối với loại máy cấp phút (T30).

#### 4.9. NHỮNG NGUỒN SAI SỐ CHỦ YẾU TRONG ĐO GÓC NGANG VÀ GÓC ĐỨNG

Những nguồn sai số chủ yếu khi đo góc bằng máy kinh vĩ là sai số của bản thân dụng cụ đo, sai số do người đo và sai số do ảnh hưởng của ngoại cảnh. Để giảm ảnh hưởng sai số của bản thân dụng cụ đo có thể áp dụng phương pháp và quy trình đo hợp lý. Ví dụ để loại trừ ảnh hưởng của sai số do trục ngắm VV không vuông góc với trục





quay HH của nó và sai số do trục quay HH của ống kính không vuông góc với trục đứng TT của máy cần đo góc ở hai vị trí trái và phải của bàn độ.

Sai số do khắc vạch lên vòng bàn độ có giá trị không lớn, bằng những phương pháp hiện đại có thể cho phép đưa vạch khắc lên vòng bàn độ với sai số không vượt quá 1-2". Sai số do vòng bàn độ không vuông góc với trục quay của nó cũng ảnh hưởng không đáng kể. Tính toán cho thấy khi vòng chia độ bị nghiêng thậm chí tới 10' trong khi trục đứng vẫn thẳng đứng thì sai số trong góc đo do ảnh hưởng của vòng bàn độ bị nghiêng cũng không vượt quá 1". Như vậy đối với những máy kinh vĩ có độ chính xác trung bình và những máy kinh vĩ kỹ thuật, ảnh hưởng của bản thân sai số máy tới kết quả đo là không đáng kể.

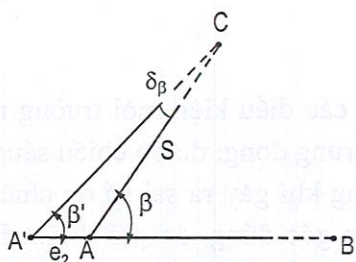
Những sai số do người đo gây ra là những nguồn sai số đáng chú ý, ảnh hưởng rõ rệt nhất tới kết quả đo góc ngang là sai số định tâm máy và định tâm tiêu đo (bảng ngắm). Tính toán cho thấy khi định tâm máy với độ chính xác  $e_2$  ảnh hưởng này được thể hiện trên hình 4.14 và được tính theo công thức:

$$\delta_\beta = \beta - \beta' = \frac{e_2}{S} \rho'' \quad (4.25)$$

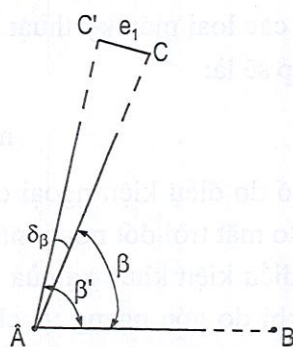
Như vậy nếu ở khoảng cách  $S = 20\text{m}$ , định tâm lệch một khoảng  $e_2 = 2\text{cm}$ , sai lệch vào góc (cho cả hai hướng) sẽ bằng khoảng 7'.

Ảnh hưởng do định tâm tiêu ngắm, bảng ngắm cũng tương tự (hình 4.15) và được xác định bằng công thức:

$$\delta_\beta = \beta' - \beta = \frac{e_1}{S} \rho'' \quad (4.26)$$



Hình 4.14



Hình 4.15

Như vậy, cũng ở khoảng cách đó nếu muốn cho sai số do định tâm tiêu ngắm ảnh hưởng tới kết quả đo góc không vượt quá 1' ( $\delta_\beta \leq 1'$ ) cần phải định tâm tiêu ngắm trên điểm đo với sai lệch không vượt quá giá trị  $e_1$  tính theo công thức:

$$e_1 = \frac{20000\text{mm}}{3438'} \cdot 1' \leq 5\text{mm}$$

Tóm lại, cần phải định tâm máy và tiêu ngắm thận trọng và tránh đo những góc có hướng quá ngắn.

Sai số bất mục tiêu lại phụ thuộc chủ yếu vào độ phóng đại của ống kính và được tính theo công thức:

$$m_b = \frac{60''}{V^x} \quad (4.27)$$

Trong đó  $V^x$  là độ phóng đại của ống kính. Đối với máy kỹ thuật  $V^x = 20^x$  thì sai số bất mục tiêu bằng khoảng  $3''$ , giá trị này cũng có thể bỏ qua. Sai số đọc số  $m_0$  là khả năng đoán đọc trên máy, nó phụ thuộc vào độ chính xác  $t$  của bộ phận đọc số, thường lấy  $m_0 = \frac{t}{2}$ . Sai số này ảnh hưởng vào giá trị góc đo hai lần do đó sai số đo góc nửa vòng đo sẽ là:

$$m_{\beta 1/2} = m_0 \sqrt{2} = \frac{t}{2} \sqrt{2} = \frac{t}{\sqrt{2}}.$$

Tuy nhiên, góc thường được đo 1 vòng đầy đủ gồm một nửa vòng đo trái và một nửa vòng đo phải nên khi đó sai số đo góc 1 vòng đo sẽ có độ chính xác tăng lên  $\sqrt{2}$  lần:

$$m_\beta = \frac{m_{\beta 1/2}}{\sqrt{2}} = \frac{\frac{t}{2} \sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{t}{2} \quad (4.28)$$

Như vậy sai số đo góc một vòng đo chính bằng khả năng ước lượng đoán đọc trên máy. Đối với các loại máy kỹ thuật cấp phút, sai số đo góc 1 vòng đo bằng  $1'$ . Sai số giới hạn cho phép sẽ là:

$$m_{\beta gh} = 2m_\beta = 2'.$$

Sai số do điều kiện ngoại cảnh là ảnh hưởng của các điều kiện môi trường như ảnh hưởng do mặt trời đốt nóng máy, tiêu ngắm, làm ảnh rung động, do độ chiếu sáng không tốt, do điều kiện khúc xạ của tia ngắm đi trong không khí gây ra sai số do chiết quang ngang khi đo góc ngang và chiết quang đứng khi đo góc đứng, do gió thổi... Để khắc phục những ảnh hưởng này cần chọn điều kiện thời tiết thích hợp, quy trình đo hợp lý. Nói chung, đối với những máy kinh vĩ kỹ thuật thì ảnh hưởng lớn nhất tới độ chính xác đo góc là sai số đọc số (khả năng ước lượng đọc số lẻ trên máy), sau đó là sai số định tâm máy và định tâm tiêu ngắm.

Trong bảng 4.3 giới thiệu một số máy kinh vĩ được phân loại theo độ chính xác.



**Bảng 4.3. Phân loại một số máy kinh vĩ theo độ chính xác**

| Độ chính xác đo góc | Hãng sản xuất - ký hiệu máy                                                                                                                              |                              |                            |                                                                |                                                                                 |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
|                     | Leica Thụy Sĩ                                                                                                                                            | SOKKIA, Trimble Nhật - Mỹ    | NIKON Nhật                 | TOPCON Nhật                                                    | Nga, Đức, Hung <sup>1</sup>                                                     |
| 1"- 2"              | T3000(0,1"; 43 <sup>x</sup> )<br>T2002(0,1"; 32 <sup>x</sup> )<br>T2- (0,1"; V30 <sup>x</sup> ), T1800, DKM3, T1010<br>T1100/1610 (1", 30 <sup>x</sup> ) | DT-2, TM1A                   |                            | DT-101<br>(1"; V = 30 <sup>x</sup> )                           | OT.02, Theo 02, T05, T.2, Theo 010, T5, Te.B1.<br>(0,2"-1"; V>30 <sup>x</sup> ) |
| 5"                  | T-16, T-105<br>(1" ; V = 30 <sup>x</sup> )                                                                                                               | DT4, DT5, DT500/510          | NE-202/203, NE.103         | DT-102, DT-205<br>(1"; V = 30 <sup>x</sup> )                   | Theo 020, T.10, Te.C1, 3T5KP,                                                   |
| 6"-10"              | T100/200/110<br>(1" ; V = 30 <sup>x</sup> )                                                                                                              | TM-6,DT-6, TM20H, DT-600/610 | NE-20H NE.100/101 NT.2/2CD | DT-103/104, DT-207/209<br>(5", 10"; V = 26 - 30 <sup>x</sup> ) | Te.C1, TB1, T20, T30,                                                           |
| >10"                |                                                                                                                                                          | T-60E                        |                            |                                                                | Theo 080, 4T30P                                                                 |

**Ghi chú:** (0,1"; 43<sup>x</sup>) nghĩa là: (giá trị số đọc nhỏ nhất của bàn độ là 0,1" và độ phóng đại của ống kính V bằng 43 lần);

## Chương 5

# ĐO ĐỘ DÀI

### 5.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO ĐỘ DÀI VÀ DỤNG CỤ ĐO TRỰC TIẾP

Hiện nay, những dụng cụ dùng để đo chiều dài trong trắc địa có thể chia ra làm ba nhóm: nhóm dụng cụ cơ học, nhóm dụng cụ quang học và nhóm dụng cụ quang điện tử, chúng có thể đo được các khoảng cách từ một vài mét tới hàng chục, hàng trăm ki lô mét.

Những dụng cụ đo chiều dài cơ học bao gồm thước sợi vải, sợi thủy tinh, thước thép cuộn, thước dây cuộn (thước dây Inva). Tùy thuộc vào loại thước sử dụng mà độ dài có thể được đo với độ chính xác từ 1/1000 (khi dùng thước cuộn) đến 1/1000000 (khi dùng thước dây Inva). Khi dùng các dụng cụ này, chiều dài sẽ được đo trực tiếp, nghĩa là trực tiếp so sánh chiều dài cần đo với chiều dài của dụng cụ đo.

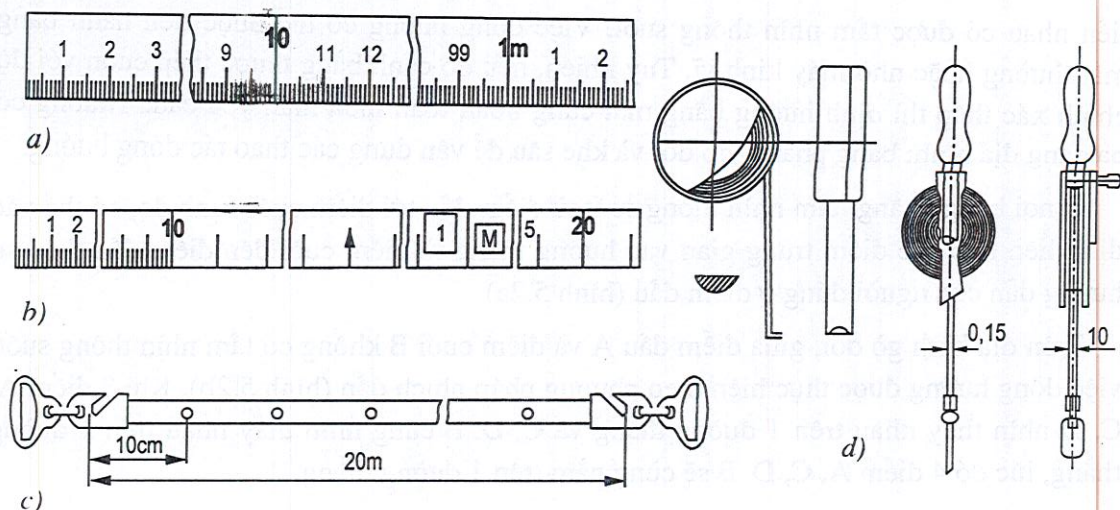
Đo chiều dài bằng các máy đo dài quang học hoặc quang điện tử (máy đo dài ánh sáng và máy đo dài vô tuyến) là đo gián tiếp.

Đo chiều dài bằng các máy đo dài quang học trước hết là đo góc hoặc cạnh của tam giác thị sai, sau đó dùng các công thức tương ứng để tính ra độ dài cần xác định. Độ chính xác đo chiều dài bằng các máy đo dài quang học đạt khoảng 1/300 đến 1/5000 giá trị cạnh đo. Đo chiều dài bằng các máy đo dài quang điện tử thực chất là xác định thời gian truyền sóng ánh sáng hoặc sóng vô tuyến trên khoảng cách cần đo. Những máy này có thể đo được những khoảng cách lớn với độ chính xác khoảng từ 1/10000 đến 1/1000000.

Tùy thuộc vào mục đích, ý nghĩa của công việc và độ chính xác cần thiết cũng như vào điều kiện trang thiết bị kỹ thuật, điều kiện địa hình cụ thể mà chọn dụng cụ và phương pháp đo thích hợp.

Thước thép cuộn là dụng cụ đo dài trực tiếp phổ biến nhất, chúng có thể có chiều dài 1; 2; 5; 10; 20; 30; 50 hoặc 100m; bản rộng 10 ÷ 12mm, độ dày 0,15 ÷ 0,30mm. Trên bản mặt của thước được chia vạch tới 1 mm cho suốt chiều dài thước (hình 5.1a) hoặc chỉ chia vạch tới 1 mm ở 10cm đầu tiên (hình 5.1b) còn lại là các vạch cm. Ở các vạch chuẩn có ghi số còn ở các vạch chuẩn mét, ngoài con số còn ghi thêm chữ M. Thước được cuộn vào khung thép hoặc hộp nhựa (hình 5.1d), hai đầu thước có vòng để kéo căng thước hoặc treo quả nặng khi đo.





**Hình 5.1.** Một số loại thước dây.

Ngoài ra, để đo sơ bộ chiều dài hoặc đo chiều dài với độ chính xác thấp có thể sử dụng thước vải, loại này được làm bằng vải sợi bền đan xen các sợi kim loại, sợi đồng hoặc sợi thủy tinh cực nhỏ để tăng độ chịu kéo, hai mặt thước có phủ sơn bảo vệ và chia vạch tới cm.

Để đo chiều dài với độ chính xác cao ( $1/100000 - 1/1000000$ ) cần sử dụng thước dây làm bằng loại hợp kim Inva đặc biệt (64% sắt và 36% niken) có hệ số giãn nở nhiệt rất nhỏ. Ở hai đầu dây là hai thang đọc số chia vạch tới mm, chiều dài của thước dây Inva thường bằng 24m.

Trước khi đo, thước thép phải được kiểm nghiệm để xác định chiều dài thực của nó. Kiểm nghiệm thước là đem so sánh chiều dài của nó với một chiều dài chuẩn (thước chuẩn) nhằm xác định giá trị sai lệch giữa chiều dài thực với chiều dài chuẩn để tính số hiệu chỉnh vào các kết quả đo.

## 5.2. ĐO CHIỀU DÀI BẰNG THƯỚC THÉP

Chiều dài cạnh được xác định bằng cách đặt liên tiếp thước đo theo hướng thẳng từ điểm đầu đến điểm cuối cạnh đo. Có thể đặt trực tiếp thước đo trên mặt đất hoặc treo thước trên giá nếu yêu cầu độ chính xác cao hơn. Các điểm đầu và cuối cạnh đo được đánh dấu bằng các cọc gỗ thiết diện vuông hoặc tròn đường kính  $4 \div 5$ cm, chiều dài 30 - 40cm đóng sâu xuống đất. Trên mặt mỗi cọc đều được đóng một chiếc đinh nhỏ làm tâm mốc. Trước khi đo cần định tuyến đo.

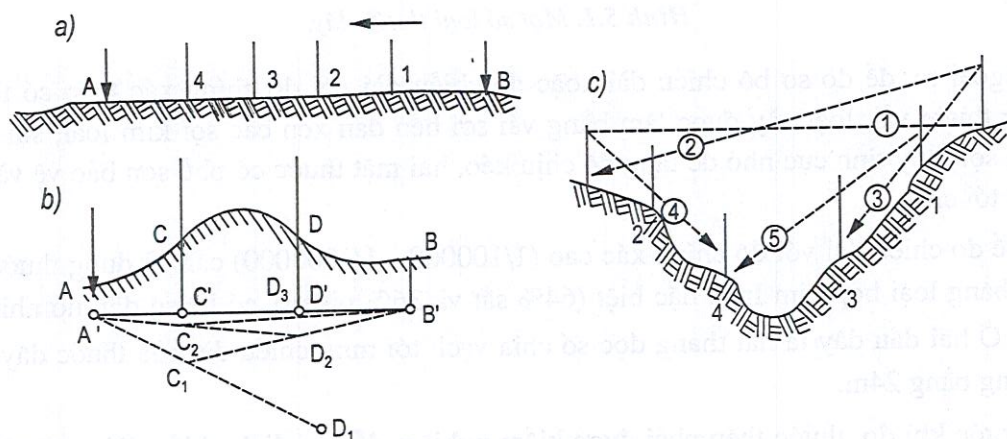
Để định tuyến đo (đóng hướng cạnh đo) cần cắm các sào tiêu ở hai đầu cạnh đo. Nếu chiều dài cạnh đo lớn hơn 150m, cần cắm thêm một số sào tiêu trung gian (thường là qua mỗi đoạn không quá 100m). Những sào tiêu này phải nằm trên một đường thẳng hàng trùng với cạnh đo. Quá trình cắm các sào tiêu trung gian vào hướng đo gọi là đóng hướng. Khoảng cách giữa các sào tiêu trung gian phải lựa chọn sao cho giữa hai sào tiêu



liên nhau có được tầm nhìn thông suốt. Việc dóng hướng có thể được tiến hành bằng mắt thường hoặc nhờ máy kinh vĩ. Tuy nhiên, nếu đo cạnh bằng thước thép cuộn với độ chính xác thấp thì định hướng bằng mắt cũng hoàn toàn thỏa mãn yêu cầu. Thường có ba dạng địa hình: bằng phẳng, gò đồi và khe sâu để vận dụng các thao tác dóng hướng.

Ở nơi bằng phẳng, tầm nhìn thông suốt từ điểm đầu tới điểm cuối cạnh đo, có thể xác định liên tiếp các điểm trung gian vào hướng thẳng từ điểm cuối đến điểm đầu theo sự hướng dẫn của người đứng ở điểm đầu (hình 5.2a).

Trên địa hình gò đồi, giữa điểm đầu A và điểm cuối B không có tầm nhìn thông suốt, việc dóng hướng được thực hiện theo phương pháp nhích dần (hình 5.2b). Khi 3 điểm A, C, D nhìn thấy nhau trên 1 đường thẳng và C, D, B cũng nhìn thấy nhau trên 1 đường thẳng, lúc đó 4 điểm A, C, D, B sẽ cùng nằm trên 1 đường thẳng.



Hình 5.2. Sơ đồ dóng hướng cạnh đo.

Trường hợp điểm đầu A và điểm cuối B của cạnh đo nằm hai bên bờ khe sâu. Quá trình dóng hướng được tiến hành từ hai đầu cạnh đo theo trình tự ghi trên hình 5.2c, số thứ tự thao tác ghi trong vòng tròn. Lần dóng hướng thứ (5) dùng để kiểm tra điểm 4.

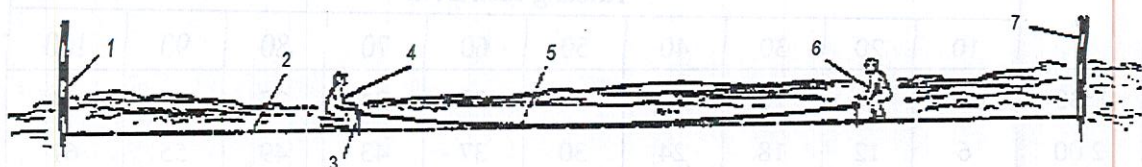
Sau khi hướng AB của cạnh đo đã được xác định hai người kéo căng thước và bắt đầu đo. Người đi sau làm trùng vạch 0 của thước với tâm mốc và ra hiệu cho người đi trước đặt đầu thước vào đúng hướng đo. Theo hiệu lệnh "căng thước" người đi trước từ từ kéo căng thước cho toàn bộ chiều dài thước nằm đúng trên hướng đo và lấy 1 que sắt cắm xuống đất đánh dấu vạch 20m (nếu dùng thước 20m). Sau đó cả hai cùng nhấc thước và di chuyển về phía trước. Khi người sau tới vị trí đánh dấu que sắt thì dừng lại, thao tác được lặp lại như ở đoạn đầu (hình 5.3). Số lượng que sắt mà người sau thu lại khi đo xong mỗi đoạn chính là số lần đặt thước. Đoạn cuối cùng ngắn hơn một đoạn thước được gọi là đoạn lẻ, khi đo đoạn lẻ phải căn cứ vào tâm mốc ở điểm B để đọc số. Chiều dài cạnh đo được tính theo công thức:

$$D_{AB} = 20.n + r, \quad (5.1)$$



trong đó:  $n$  - số lần đặt thước;

$r$  - chiều dài đoạn lẻ.



Hình 5.3. Sơ đồ kéo thước khi đo.

Để kiểm tra và nâng cao độ chính xác, chiều dài mỗi cạnh được đo theo hai chiều "đi" và "về" (từ A đến B và từ B đến A). Dựa vào sai lệch của hai lần đo này có thể tính được sai số tương đối đo cạnh theo công thức:

$$\frac{\Delta_D}{D} = \frac{D_{di} - D_{ve}}{D_{tb}} \quad (5.2)$$

Khi sai số này thỏa mãn độ chính xác đặt ra thì lấy giá trị trung bình  $D_{tb}$  làm kết quả cuối cùng.

Trong khi đo và di chuyển thước cần chú ý để thước không bị xoắn, không để vật khác đè lên thước, trước lúc cuộn phải lau sạch thước, sau khi kết thúc công việc đo cạnh phải lau khô và bôi mỡ chống gỉ cho thước. Tốt nhất nên dùng loại thước lõi thép bọc nhiều lớp chống gỉ.

Vì dùng thước đo trực tiếp khoảng cách trên mặt đất tự nhiên nên khoảng cách  $D$  đo được là khoảng cách nằm nghiêng, để thể hiện lên bình đồ cần xác định hình chiếu bằng của nó theo công thức:

$$S = D \cdot \cos v \quad (5.3)$$

trong đó:  $v$  - góc nghiêng thực địa.

Hình chiếu bằng của cạnh còn được xác định thông qua số hiệu chỉnh  $\Delta_D$  cho khoảng cách  $D$  theo công thức:

$$\Delta_D = D - S = D(1 - \cos v) = 2D \sin^2 \frac{v}{2} \quad (5.4)$$

Để cho tiện lợi có thể lập sẵn bảng tra  $\Delta_D$  theo khoảng cách  $D$  và góc nghiêng  $v$  (bảng 5.1).

**Ví dụ:** khoảng cách đo được  $D = 137,46\text{m}$  trên mặt dốc địa hình  $v = 3^\circ$ , từ bảng 5.1 ta có thể tra được:

$$D = 100 + 30 + 7 + 0,46 \quad \Sigma = 137,46\text{m}$$

$$\Delta_D = 137 + 41 + 10 + 1 \quad \Sigma = 189\text{mm}$$

Như vậy:

$$S = D - \Delta_D = 137,46 - 0,19 = 137,27\text{m}$$



**Bảng 5.1. Bảng tra số hiệu chỉnh  $\Delta_D$**

| v     | Khoảng cách D, m |    |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | 10               | 20 | 30  | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 |
| 1°30' | 3mm              | 7  | 10  | 14  | 17  | 20  | 24  | 27  | 30  | 34  |
| 2 00  | 6                | 12 | 18  | 24  | 30  | 37  | 43  | 49  | 55  | 61  |
| 2 30  | 10               | 19 | 29  | 38  | 48  | 57  | 67  | 76  | 86  | 95  |
| 3 00  | 14               | 27 | 41  | 55  | 69  | 82  | 96  | 110 | 124 | 137 |
| 3 30  | 19               | 37 | 56  | 75  | 94  | 112 | 131 | 149 | 168 | 187 |
| 4 00  | 24               | 49 | 73  | 98  | 112 | 146 | 171 | 195 | 220 | 244 |
| 4 30  | 31               | 62 | 92  | 123 | 154 | 185 | 216 | 246 | 277 | 308 |
| 5 00  | 38               | 76 | 114 | 152 | 190 | 229 | 267 | 305 | 343 | 381 |

Nếu cạnh đo lại gồm nhiều đoạn nhỏ có các góc nghiêng địa hình khác nhau, số hiệu chỉnh cho toàn bộ chiều dài cạnh đo sẽ bằng tổng các số hiệu chỉnh của từng đoạn. Cần lưu ý rằng số hiệu chỉnh do mặt dốc địa hình vào chiều dài cạnh đo luôn luôn mang dấu âm (-).

Khi đo bằng thước thép, các cạnh có độ dốc không quá  $2^\circ$  có thể coi là khoảng cách ngang và số hiệu chỉnh  $\Delta_D = 0$ .

Các góc nghiêng của cạnh có thể được đo bằng máy kinh vĩ hoặc những dụng cụ đo góc khác kể cả êke và thước đo độ đơn giản.

Dùng thước thép thường có thể đo được chiều dài với độ chính xác cao nhất khoảng  $1/2000 - 1/3000$ . Để đo chiều dài với độ chính xác cao hơn cần phải dùng thước thép chia vạch tới milimét hoặc thước dây Inva đã kiểm nghiệm. Khi đo phải tính hết các số hiệu chỉnh vào kết quả đo như số hiệu chỉnh do kiểm định thước  $\Delta_k$ ; số hiệu chỉnh  $\Delta_h$  do thước không nằm ngang (do độ dốc địa hình),  $\Delta_h = -(h^2/2l)$ ; số hiệu chỉnh do nhiệt độ khi đo không bằng nhiệt độ khi kiểm nghiệm  $\Delta_t = \alpha \cdot l(t_d - t_0) \dots$  Ngoài ra còn phải tính toán để tìm biện pháp giảm ảnh hưởng của một số nguồn sai số khác như sai số do gió thổi, sai số do lực căng thước, sai số do đóng hướng, sai số do định tâm ở hai đầu cạnh đo, sai số do đọc số... Khi tiến hành đóng hướng cần dùng máy kinh vĩ chứ không được dùng mắt thường như khi đo bằng thước thép thông thường. Phải kéo căng thước bằng lực kế đúng với lực căng đã tính toán hoặc treo thước bằng quả nặng thông qua hệ thống ròng rọc. Nói tóm lại, càng lưu ý tính toán hết các số hiệu chỉnh, loại trừ hoặc hạn chế càng nhiều nguồn sai số thì độ chính xác đạt được càng cao. Chính vì thế mà việc dùng thước dây Inva có thể đo được trực tiếp các chiều dài với sai số tương đối đạt tới  $1/1000000$ .



### 5.3. ĐO CHIỀU DÀI BẰNG MÁY ĐO DÀI QUANG HỌC

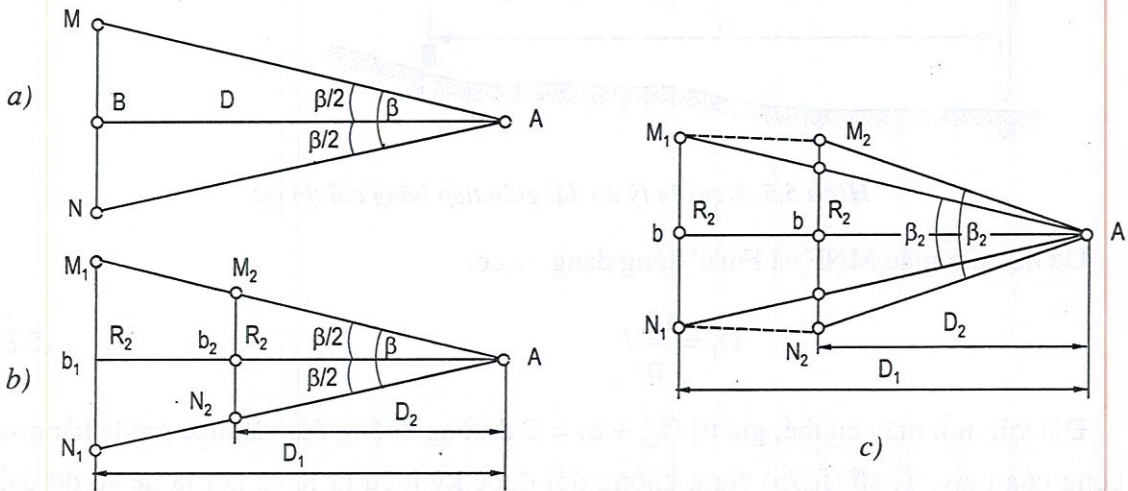
Trong nguyên lý cấu tạo các loại máy đo dài quang học hiện nay đều cho phép giải bài toán tính chiều cao của tam giác cân có góc ở đỉnh rất nhỏ. Trên hình 5.4a, chiều cao  $AB = D$  của tam giác cân  $AMN$  được tính theo công thức:

$$D = \frac{1}{2} b \cotg \frac{\beta}{2} \quad (5.5)$$

Trong đó:  $b$ - cạnh  $MN$  của tam giác cân và được gọi là cạnh đáy, còn góc đối diện cạnh đáy là góc thị sai, góc này thường có giá trị nhỏ.

Tùy theo cấu tạo, máy đo dài quang học được chia ra làm hai nhóm - máy đo dài với góc thị sai cố định, đáy thay đổi (hình 5.4b) và máy đo dài với đáy cố định, góc thị sai thay đổi (hình 5.4c). Đối với nhóm thứ nhất, công thức (5.5) có thể viết dưới dạng:

$$D = K.b, \quad (5.6)$$



Hình 5.4. Nguyên lý đo dài gián tiếp.

Trong đó:  $K = \frac{1}{2} \cotg \frac{\beta}{2}$  - là giá trị không đổi và được gọi là hệ số đo dài.

Dựa trên nguyên lý cấu tạo của nhóm thứ nhất, người ta đã chế tạo phổ biến loại máy đo dài quang học sử dụng ngay lưới chỉ của máy (chỉ thị cự), gọi là máy đo dài thị cự. Trên lưới chỉ kính mắt được kẻ thêm hai dây chỉ nằm ngang  $m$  và  $n$  (hình 5.5) đối xứng qua dây chỉ giữa  $r$ . Dây chỉ  $m$  và  $n$  được gọi là chỉ đo xa, chỉ thị cự hoặc vạch đo xa. Khoảng cách  $p$  từ dây chỉ  $m$  đến  $n$  không đổi và hình thành giá trị góc thị sai  $\beta$  cố định. Đáy thay đổi  $l$  chính là hiệu số đọc  $M$  và  $N$  do dây chỉ  $m$  và  $n$  cắt trên thước mia được dựng đứng tại điểm cuối cạnh đo.

Theo sơ đồ hình 5.5, khoảng cách  $D$  từ máy đến điểm dựng mia được tính theo công thức:

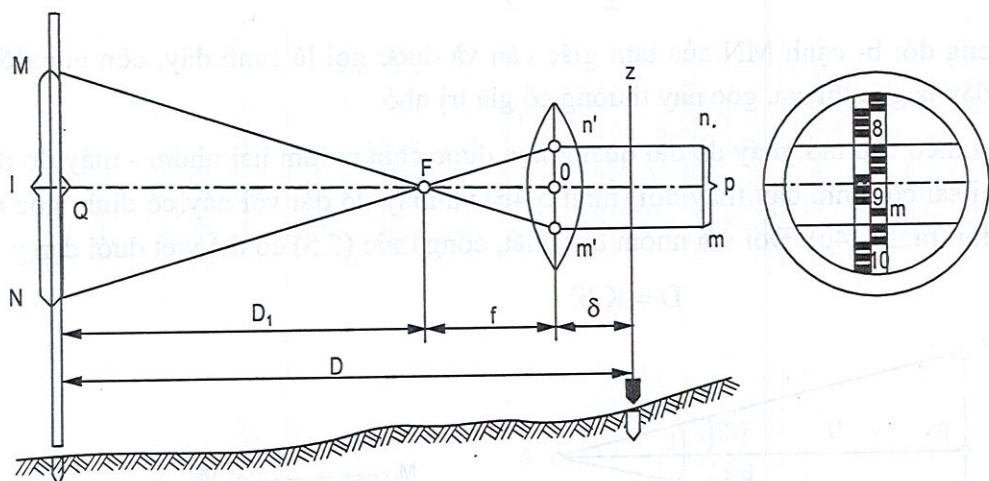
$$D = D_1 + f_{kv} + \delta \quad (5.7)$$

trong đó:

$D_1$  - khoảng cách từ tiêu điểm trước của kính vật tới điểm dựng mĩa;

$f_{kv}$  - tiêu cự của kính vật;

$\delta$  - khoảng cách từ tâm kính vật đến trục quay của máy.



Hình 5.5. Nguyên lý đo dài gián tiếp bằng chỉ thị cự.

Do hai tam giác MNF và Fm'n' đồng dạng, ta có:

$$D_1 = \frac{f_{kv}}{p} l \quad (5.8)$$

Đối với mỗi máy cụ thể, giá trị  $(f_{kv} + \delta) = C$  thường không đổi và được gọi là hằng số cộng của máy. Tỷ số  $(f_{kv}/p)$  cũng không đổi được ký hiệu là K và gọi là hệ số đo dài. Như vậy công thức (5.7) sẽ có dạng:

$$D = K.l + C \quad (5.9)$$

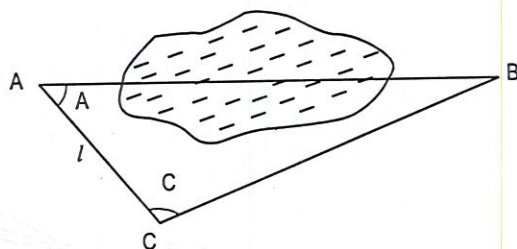
Hệ số đo dài K có thể là một số tùy ý phụ thuộc vào giá trị góc thị sai  $\beta$ . Để thuận tiện cho quá trình đo đạc, máy được thiết kế với giá trị góc  $\beta$  sao cho hệ số đo dài có giá trị bằng đúng 50, 100 hoặc 200 và sử dụng các loại mĩa có vạch chia centimét. Trong một số máy hiện nay, người ta đã thiết kế để triệt tiêu hằng số C.

Công thức (5.9) được áp dụng khi đo cạnh ở những nơi bằng phẳng. Trong trường hợp cạnh đo có một độ dốc nào đó với góc dốc địa hình là  $\nu > 2^\circ$ , hướng ngắm hướng theo mặt dốc địa hình sẽ không vuông góc với trục mĩa, khi đó khoảng chắn trên mĩa giữa chỉ trên và chỉ dưới sẽ lớn hơn giá trị  $l'$  đưa vào tính toán, nghĩa là  $l' = l \cdot \cos \nu$  (đoạn a'b' hình 5.6).





Những dụng cụ loại này có thể đo được khoảng cách tới 700m với sai số tương đối 1/2000 - 1/6000. Ngoài ra, để đo khoảng cách trên những địa hình phức tạp, còn dùng một loại mìa ngang thường gọi là mìa Bala có chiều dài được biết trước và dùng làm cạnh đáy, đó chính là phương pháp thị sai đáy ngắn. Khi đo, máy kinh vĩ được đặt ở một đầu cạnh đo, ở đầu kia đặt mìa. Trên mìa có bộ phận để đặt mìa nằm ngang và vuông góc với hướng đo.



**Hình 5.7.** Đo gián tiếp chiều dài bằng máy kinh vĩ và thước thép.

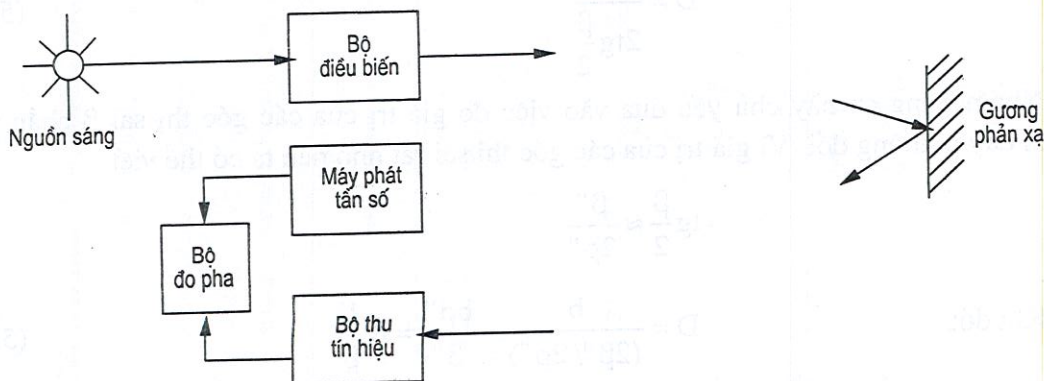
Dùng mìa Bala có thể đo được các khoảng cách qua các chướng ngại vật, đầm lầy, ao hồ, trên khu vực đi lại khó khăn và tính ngay được khoảng cách nằm ngang. Độ chính xác đo chiều dài bằng mìa Bala có thể đạt tới 1/5000 - 1/20000.

Ngoài ra, nếu nhóm đo chỉ có máy kinh vĩ và thước thép, có thể đo các khoảng cách AB qua chướng ngại vật, ao hồ, sông suối theo sơ đồ trên hình 5.7. Trong đó, AC = l là chiều dài đo trực tiếp bằng thước thép, các góc A, C đo bằng máy kinh vĩ, chiều dài cần xác định được tính theo công thức:

$$AB = l \frac{\sin C}{\sin (A + C)} \quad (5.19)$$

#### 5.4. KHÁI NIỆM VỀ ĐO CHIỀU DÀI GIÁN TIẾP BẰNG SÓNG ĐIỆN TỪ

Hiện nay trong sản xuất đã ứng dụng rất phổ biến các loại máy dùng sóng điện từ để đo chiều dài. Nguyên lý hoạt động của máy dựa trên cơ sở xác định thời gian truyền sóng điện từ trên khoảng cách cần đo. Ở một đầu của cạnh đo người ta đặt máy đo dài có chức năng thu phát tín hiệu, ở đầu kia đặt bộ phản xạ tín hiệu - gương phản xạ (hình 5.8). Như vậy, sóng điện từ được phát đi từ máy phát, sau khi phản xạ và quay trở lại đã đi trên một quãng đường bằng hai lần khoảng cách cần đo (lần đi và lần quay trở lại).



**Hình 5.8.** Nguyên lý đo chiều dài bằng sóng điện từ



Khoảng cách  $D$  cần đo có thể được xác định theo công thức:

$$D = \frac{v \cdot \tau}{2} \quad (5.20)$$

trong đó:

$v$  - tốc độ truyền sóng điện từ trong khí quyển;

$\tau$  - thời gian truyền sóng điện từ trên hai lần khoảng cách cần đo.

Tốc độ truyền sóng điện từ trong khí quyển được xác định theo công thức:

$$v = \frac{c}{n} \quad (5.21)$$

Trong đó tốc độ truyền sóng điện từ trong chân không  $c = 299\,792\,458$  m/s;  $n$  - hệ số khúc xạ của khí quyển, nó phụ thuộc vào chiều dài bước sóng  $\lambda$  và các điều kiện khí tượng như áp suất, độ ẩm, nhiệt độ, độ ẩm bụi...

Các dải tần của sóng điện từ phù hợp cho đo khoảng cách là dải tần của sóng ánh sáng trong các máy đo dài ánh sáng và dải tần của sóng vô tuyến cực ngắn (sóng centimét) trong các máy đo dài radiô.

Thông thường, các sóng ánh sáng (hồng ngoại và tử ngoại) dễ tập trung thành một chùm tia hẹp, nhưng lại bị yếu đi rất nhanh khi gặp các lớp sương mù, màn khói... và lại đòi hỏi phải có tầm nhìn thông suốt giữa hai đầu cạnh đo.

Các sóng vô tuyến không đòi hỏi phải có tầm nhìn thông suốt giữa hai điểm đầu cạnh đo, có thể đo trong mọi điều kiện thời tiết nhưng lại không tạo ra một giải pháp, do đó nó cũng có một số nhược điểm đáng quan tâm như dễ bị phản xạ bởi bề mặt địa hình.

Hiện nay, các máy đo dài điện từ được chia thành hai nhóm chính dựa vào đặc tính lan truyền sóng điện từ của tín hiệu sóng tải và sóng đo.

Nhóm thứ nhất gọi là các máy đo dài sóng ngắn (Microwave EDM), sử dụng các sóng có bước sóng  $\lambda_0$  cỡ 3cm. Trong nhóm này chỉ có loại máy Tellurometer Model MRA-4 là sử dụng tín hiệu có bước sóng  $\lambda_0 = 8$ mm.

Nhóm thứ hai là các máy đo dài quang điện, sử dụng tín hiệu ở bước sóng gần với tia hồng ngoại làm tín hiệu đo. Trong nhóm này người ta sử dụng các thiết bị tạo laser Helium-Neon (He-Ne) với bước sóng  $\lambda_0 = 0,63\mu\text{m}$  hoặc với diot Galium-Arsenide (Ga-As) để tạo ra tia nhìn thấy có bước sóng  $\lambda_0 = 0,9\mu\text{m}$ . Chỉ có thiết bị đo Mekometer sử dụng nguồn tia khác đó là ánh sáng Xenon được tạo ra với bước sóng  $\lambda_0$  cỡ  $0,43\mu\text{m}$ .

Nói chung các máy sử dụng tín hiệu với bước sóng càng ngắn thì có độ chính xác đo càng cao. Vì thế các máy đo dài sóng ngắn có độ chính xác thấp hơn các máy đo dài quang điện. Nhưng ngược lại các tín hiệu có bước sóng dài hơn lại có độ xuyên tốt hơn



trong môi trường sương mù, chính vì thế các máy đo dài sóng ngắn được sử dụng để đo khoảng cách dài trong điều kiện khí tượng xấu, còn các máy đo dài quang điện được sử dụng trong điều kiện nhìn thấy giữa các điểm đo tốt với yêu cầu độ chính xác cao hơn.

Các máy sử dụng tia hồng ngoại có đặc điểm chung là do tia sáng rất yếu nên chiều dài tối đa đo được thường ngắn hơn các máy khác, thường chỉ trong khoảng 1 đến 3 km tùy thuộc vào chủng loại, ngoại trừ thiết bị hồng ngoại đã dùng cho máy toàn đạc điện tử HP-3820.

Các thiết bị đo dài điện tử dùng trong trắc địa đều sử dụng tia bức xạ điều biến để đo khoảng cách. Bước sóng của tín hiệu điều biến được gọi là bước sóng chuẩn (pattern wavelength) và được coi như là đơn vị để đo khoảng cách. Các máy khác nhau sử dụng các bước sóng chuẩn khác nhau với chiều dài từ vài mét đến 40m tùy thuộc vào loại máy, trừ máy Mekometer đã sử dụng bước sóng  $\lambda = 60\text{cm}$ .

Tất cả các máy đo dài điện tử đều có nguyên tắc đo khoảng cách như nhau là: Tín hiệu điều biến được phát đi từ một đầu của khoảng cách đo và phản xạ trở lại ở đầu kia. Hiệu số pha giữa tín hiệu phát và tín hiệu phản hồi được đo bằng thiết bị đo hiệu pha của máy đo dài (transmitting instrument).

Nếu biết được chính xác số nguyên lần  $m$  nửa bước sóng trong khoảng cách đo thì hiệu pha sẽ bằng 0. Trong mọi trường hợp hiệu số trong pha được chuyển thành một phần nhỏ  $U$  của nửa bước sóng và được thể hiện bằng đơn vị chiều dài.

Khoảng cách giữa máy phát và gương phản xạ được thể hiện bởi công thức:

$$S = U + \frac{m\lambda}{2} \quad (5.22)$$

Để nhận được giá trị  $m$  thì việc đo đạc phải được thực hiện lặp lại với hai hoặc nhiều bước sóng khác.

Như đã biết, bước sóng chuẩn  $\lambda$  là hàm của tần số điều biến  $f$  và tốc độ  $v$  là tốc độ lan truyền tín hiệu sóng điện từ:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (5.23)$$

Trong chân không tốc độ  $v$  là hằng số đối với mọi sóng điện từ và bằng  $c$ :

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s} \quad (5.24)$$

Trong điều kiện khí quyển tốc độ  $v$  luôn nhỏ hơn  $c$  và được tính theo công thức:

$$v = \frac{c}{n} \quad (5.25)$$

trong đó:  $n$  - hệ số khúc xạ,

$n$  - hàm của mật độ không khí và bước sóng tải.



Từ các biểu thức trên ta có:

$$\lambda = \frac{c}{n.f} \quad (5.26)$$

Giá trị của  $n$  nằm trong khoảng bằng 1 trong chân không và khoảng 1,0003 trong điều kiện khí tượng trung bình. Giá trị chính xác của  $n$  có thể xác định trên cơ sở đo các yếu tố khí tượng như nhiệt độ, áp suất và độ ẩm dọc theo chiều dài cạnh đo. Chính vì thế giá trị chiều dài bước sóng của tín hiệu điều biến là chưa biết trong khi đó ít nhất phải biết  $n$  hoặc là có thể tính được nó. Tần số  $f$  của tín hiệu điều biến được giữ ổn định và thông thường nó được biết với độ chính xác cao.

Nhà chế tạo thường sử dụng giá trị  $\lambda = \lambda_1$  với điều kiện khí tượng xác định cũng có nghĩa là giá trị chỉ số khúc xạ tương ứng sẽ là  $n = n_1$ . Như vậy:

$$\lambda_1 = \frac{c}{n_1.f} \quad (5.27)$$

Từ đó khoảng cách được đo bằng máy đo dài điện tử sẽ tương ứng là:

$$S_1 = U_1 + m. \frac{\lambda_1}{2} \quad (5.28)$$

trong đó:  $U_1$  là phần nhỏ của  $\frac{1}{2} \lambda_1$ .

Nếu khi đo giá trị  $n = n_2$  thì giá trị đúng của  $\lambda$  sẽ là:

$$\lambda_2 = \frac{c}{n_2.f} \quad (5.29)$$

Và khoảng cách tương ứng là:

$$S = U_2 + m. \frac{\lambda_2}{2} \quad (5.30)$$

Từ các phương trình (5.27) và (5.29) ta có:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \frac{n_1}{n_2} \quad (5.31)$$

Cuối cùng thì khoảng cách đúng sẽ được tính theo biểu thức:

$$S = U_1 \frac{n_1}{n_2} + \frac{m \lambda_1 n_1}{2 n_2} = S_1 \frac{n_1}{n_2} ; \quad (5.32)$$

Biểu thức (5.32) là công thức cơ sở để hiệu chỉnh cho khoảng cách đo tương ứng với điều kiện khí tượng thực tế tại thời điểm đo.

Do tâm điện tử của máy đo dài thường không trùng khít với tâm dọi (đường thẳng đứng đi qua tâm mốc), do vậy cần phải xác định số hiệu chỉnh  $Z_0$  vào khoảng cách tính. Cuối cùng khoảng cách đã được hiệu chỉnh sẽ là:

$$S_0 = S_1 \frac{n_1}{n_2} + Z_0 + \Delta_s; \quad (5.33)$$

trong đó:

- $S_1$  - khoảng cách đo;
- $n_1$  - hệ số khúc xạ được chấp nhận trong điều kiện tiêu chuẩn (khi sản xuất);
- $n_2$  - hệ số khúc xạ khi đo ở thực địa (do người đo xác định);
- $Z_0$  - số cải chính điểm 0;
- $\Delta_s$  - số hiệu chỉnh tổng hợp do tính chuyển.

Khi đo dài bằng máy toàn đạc điện tử, khoảng cách đo được sẽ chịu ảnh hưởng của một số nguồn sai số như sau:

- Sai số do tốc độ tín hiệu;
- Sai số của tần số điều biến;
- Sai số chỉ số khúc xạ;
- Sai số xác định hiệu pha v.v...

Mô hình sai số của khoảng cách đo được biểu thị bởi công thức:

$$m_{D2} = a_2 + b_2.D_2 \quad (5.34)$$

trong đó:

$$a_2 = \sigma_U + \sigma_{Z_0} \quad (5.35)$$

$$b_2 = \left( \frac{\sigma_C}{C} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_f}{f} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_n}{n} \right)^2 \quad (5.36)$$

với:  $\sigma_C$  - sai số của vận tốc ánh sáng trong chân không;

$\sigma_f$  - sai số của tần số điều biến;

$\sigma_n$  - sai số của chỉ số khúc xạ  $n$ ;

$\sigma_U$  - sai số của hiệu pha  $U$  xác định;

$\sigma_{Z_0}$  - sai số xác định số hiệu chỉnh "0" của máy.

Đối với các máy đo dài, tham số  $a$  thường biểu thị ở đơn vị mm còn tham số  $b$  phụ thuộc vào khoảng cách đo và được biểu thị ở phần triệu ppm (parts per million =  $1.10^{-6}$ ), thể hiện sai số do các yếu tố khí tượng  $t$ ,  $p$  và  $e$  gây nên, vì vậy có thể coi sai số đó là ảnh hưởng của điều kiện ngoại cảnh đến độ chính xác đo khoảng cách bằng các máy toàn đạc điện tử. Do đó đối với lưới khống chế đo cạnh khi cạnh càng ngắn thì càng ít chịu ảnh hưởng của điều kiện ngoại cảnh, có nghĩa là cạnh đo càng ngắn thì giá trị sai số tuyệt đối đo khoảng cách càng nhỏ.

Đặc trưng kỹ thuật của một số loại máy thông dụng được nêu trong bảng 5.2.



**Bảng 5.2. Đặc trưng kỹ thuật của một số loại máy thông dụng**

| Tên máy       | Nước sản xuất | Tầm đo, km | Độ chính xác | Năng lượng |
|---------------|---------------|------------|--------------|------------|
| CT5           | Liên Xô (cũ)  | 5          | 5mm + 5ppm   | 5w         |
| Geodimet 600  | Thụy Điển     | 40         | 5mm + 1ppm   | 26         |
| Eldi2         | CHLB Đức      | 3          | 5mm + 2ppm   | 5          |
| RED 2         | Nhật          | 5          | 5mm + 5ppm   | 5          |
| MCD IM        | Liên Xô cũ    | 0.5        | 2mm + 5ppm   | 2.5        |
| ME 3000       | Thụy Sĩ       | 3          | 0,2mm + 1ppm | 16         |
| Di 600        | Thụy Sĩ       | 5          | 3mm + 2ppm   | 12V        |
| DTM 750       | Nhật          | 3          | 3cm + 3ppm   | 7,2V       |
| LUSH          | Liên Xô (cũ)  | 40         | 1cm + 3ppm   | 80         |
| Telur MRA6    | Anh           | 50         | 3cm + 3ppm   | 20         |
| DM20          | Mỹ            | 50         | 1cm + 3ppm   | 48         |
| Distomat Di50 | Thụy Sĩ       | 150        | 2cm + 5ppm   | 50         |

### 5.5. MÁY TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ (ELECTRONIC TOTAL STATION)

Về cơ bản, máy toàn đạc điện tử (TĐĐT) cũng có cấu tạo bên ngoài, hình dáng giống như máy kinh vĩ điện tử. Tuy nhiên nhờ sự phát triển của kỹ thuật điện tử, công nghệ số hóa và tin học ngày một hoàn thiện nên những tiện ích của các loại máy này cũng được phát huy đến mức tối đa. Đặc biệt trong các máy TĐĐT đã được cài đặt các chương trình giải các bài toán hình học, lượng giác và những bài toán trắc địa cơ bản nên có khá nhiều những công việc thông dụng trong thực tiễn được giải quyết đơn giản, nhanh chóng và đạt độ chính xác cao. Hầu hết các loại máy TĐĐT hiện nay đều có dung lượng nhớ trong rất lớn, thường từ 5.000 ÷ 20.000 điểm, vì thế thời gian đo đạc, thu thập dữ liệu, thông tin ngoài hiện trường có thể được kéo dài nhiều ngày, thậm chí hàng tuần, loại trừ việc ghi chép và tránh được nhiều sai sót, nhầm lẫn. Việc đo khoảng cách được thực hiện dựa trên nguyên lý đo thời gian truyền sóng điện từ, đặc biệt có loại có chế độ đo bằng tia laser không cần dùng gương phản xạ rất tiện lợi cho quá trình đo đạc khảo sát kiểm tra, thẩm định công trình, có thể đo được khoảng cách tới các điểm mà con người khó tiếp cận. Bàn phím của máy được cấu tạo hợp lý và tiện lợi, ở nhiều loại máy còn có cả phím số và phím chữ cái (hình 59a, b).

Trên thế giới hiện nay có nhiều hãng như Leica Thụy Sĩ, Nikon; Sokkia; Topcon Nhật, Trimble Mỹ giới thiệu trên thị trường Việt Nam nhiều loại máy với những độ chính xác (chủ yếu là độ chính xác đo góc) và công dụng khác nhau. Riêng độ chính xác đo cạnh đã đạt rất cao, trung bình khoảng 5mm trên một đoạn đo kể cả ở khoảng cách



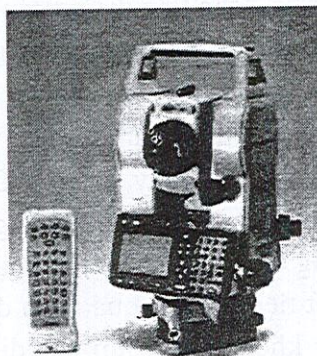
hàng cây số, có loại đạt độ chính xác đo cạnh tới 1mm như máy TC-2003 của hãng Leica Thụy Sĩ.

Để làm quen với công nghệ đo đạc hiện đại này, dưới đây sẽ giới thiệu tóm tắt về một vài loại máy TĐĐT thông dụng ở Việt Nam hiện nay, đó là máy của các hãng Nikon và Sokkia của Nhật. Máy của hãng Nikon thường được ký hiệu là DTM - kèm theo các con số ký hiệu seri sản xuất và độ chính xác đo góc, máy của hãng Sokkia được ký hiệu là SET - , của hãng Topcon là GTS - và của hãng Leica là TC - (xem bảng 5.4).

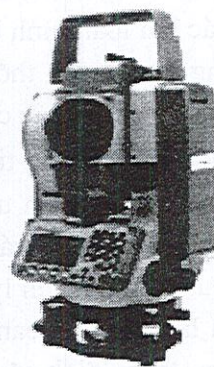
Máy toàn đạc điện tử được ra đời dựa trên các tiến bộ khoa học kỹ thuật về lĩnh vực điện tử tin học. Về nguyên lý cấu tạo, máy toàn đạc điện tử bao gồm 3 bộ phận chính với các chức năng sau:

1. Bộ phận đo chiều dài theo nguyên tắc điện tử EDM;
2. Bộ phận đo góc điện tử, hiển thị kết quả dạng số EDT;
3. Bộ phận vi xử lý CPU và các phần mềm tiện ích.

Hiện nay có rất nhiều chủng loại máy toàn đạc điện tử được nhập vào nước ta, chủ yếu là các máy của Thụy Sĩ, Nhật Bản, Mỹ v.v... Các loại máy này có độ chính xác đo chiều dài với sai số từ  $1 \div 5$  mm, sai số đo góc cỡ  $1''$  đến  $5''$  và có tầm hoạt động từ vài km đến dăm bảy km. Các máy đo dài điện tử cũng như toàn đạc điện tử đã được sử dụng có hiệu quả trong công tác lập các mạng lưới khống chế trắc địa công trình, phục vụ xây dựng công trình, đo vẽ bản đồ địa hình, bản đồ địa chính tỷ lệ lớn, theo dõi và quan trắc biến dạng công trình. Các máy toàn đạc điện tử thế hệ mới có nhiều khả năng ứng dụng có hiệu quả trong công tác trắc địa, các tính năng đó là:



Hình 5.9a. SET 1030R3.



Hình 5.9b. Trimble- M3.

Thực hiện các phép tính trắc địa thông dụng nhờ phần mềm cài đặt trong máy;

- Đo và tính diện tích, chu vi thửa đất;
- Đo giao hội ngược để xác định toạ độ, độ cao trạm máy;
- Chuyển thiết kế ra thực địa;



- Đo góc và đo chiều dài;
- Chuyển trục công trình lên cao và xuống tầng hầm;
- Đo biến dạng công trình.

Khi kiểm nghiệm các điều kiện hình học của máy toàn đạc điện tử, ngoài các nội dung như đối với máy kinh vĩ quang học. Máy toàn đạc điện tử còn phải kiểm nghiệm một số nội dung sau:

### 1. Xác định hệ số khúc xạ

Hệ số khúc xạ nhóm (chiết quang) đối với tia sáng nhìn thấy và gần dải hồng ngoại trong điều kiện 0°C và áp suất 760mm cột thủy ngân (tương đương 1013,250mbar) với thành phần dioxit cacbon 0,03% được tính toán theo công thức của Barrel và Sears như sau:

$$n_0 = 1 + \left( 287,604 + \frac{4,8864}{\lambda_0^2} + \frac{0,068}{\lambda_0^4} \right) \cdot 10^{-6}; \quad (5.37)$$

trong đó:  $\lambda_0$  là bước sóng tải tính ở đơn vị micromet. Xét trường hợp khi sử dụng laser He-Ne có bước sóng là  $\lambda_0 = 0,6328\mu\text{m}$  và  $n_0 = 1,000300$ . Nếu nhiệt độ  $t$ , áp suất  $p$  và độ ẩm của không khí khác với điều kiện tiêu chuẩn, thì hệ số khúc xạ nhóm được tính theo công thức:

$$n - 1 = \frac{0,269578(n_0 - 1)}{273,15 + t} p - \frac{11,27}{273,15 + t} 10^{-6} \cdot e; \quad (5.38)$$

trong đó:  $e$  là thành phần áp suất hơi nước tính ở đơn vị milibar,  $t$  là nhiệt độ tính ở độ C và áp suất  $p$  tính ở milibar.

Giá trị  $e$  thường được xác định từ kết quả đo sự khác nhau trong nhiệt độ khô  $t_D$  và nhiệt độ ẩm  $t_W$  bằng nhiệt kế hình bầu (bulb thermometer) và sử dụng công thức gần đúng sau để tính toán:

$$e = E - 0,7(t_D - t_W) = E - 0,7\Delta t; \quad (5.39)$$

trong đó:  $E$  là áp lực hơi nước đã được làm ướt tính ở đơn vị milibar, giá trị  $E$  được lập thành bảng tra với số liệu khí tượng. Trong bảng 5.3 là thí dụ về sự thay đổi của  $E$  khi thay đổi 10°C trong điều kiện nhiệt độ xác định:

**Bảng 5.3. Áp lực hơi nước đã được làm ướt**

|                            | $t_W$      |            |           |           |           |
|----------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
|                            | -10°C      | 0°C        | 10°C      | 20°C      | 30°C      |
| $E(\text{mbar})$           | 2,6        | 6,1        | 12,3      | 23,4      | 42,4      |
| $\Delta E/1^\circ\text{C}$ | $\pm 0,23$ | $\pm 0,44$ | $\pm 0,8$ | $\pm 1,4$ | $\pm 2,4$ |



Số liệu trong bảng này cho thấy độ ẩm ảnh hưởng không nhiều tới các số đo khí tượng. Trong điều kiện cực trị, khi nhiệt độ đạt giá trị 300°C, độ ẩm 100% và  $t_w = t_D$  thì  $e = E = 42,4\text{mbar}$ , trong trường hợp này ảnh hưởng của  $e$  có thể bỏ qua, như vậy trong biểu thức (5.38) ta thay giá trị  $e = 0$ , sai số này tham gia tính toán  $n$  chỉ đạt cỡ 1,6ppm. Trong thực tế người ta bỏ qua số hạng thứ hai trong biểu thức (5.38).

Hệ số khúc xạ đối với sóng ngắn có thể tính toán theo công thức Essen và Froome:

$$n - 1 = \frac{77.624}{T} \cdot 10^{-6} \cdot p + \left( \frac{0.372}{T^2} - \frac{12.92}{T} \cdot 10^{-6} \right) \cdot e \quad (5.40)$$

trong đó:  $T = 273.15^\circ\text{C}$ , với  $t$  là nhiệt độ tính ở độ C và  $e$  tính ở milibar.

Trên thực tế việc tính toán theo công thức (5.38) và (5.40) chỉ cho trường hợp đo khoảng cách với độ chính xác cao, trong đo đặc thông thường người ta sử dụng đồ thị để xác định hệ số khúc xạ. Đồ thị do hãng chế tạo máy lập sẵn cho người sử dụng, các đồ thị được lập dựa trên công thức (5.38) hoặc (5.40) và sử dụng hệ số khúc xạ chấp nhận từ thực nghiệm. Sử dụng đồ thị để tính toán hiệu chỉnh cho khoảng cách đo sẽ có độ chính xác thấp hơn một chút (cỡ 2ppm) so với tính toán chặt chẽ. Một số máy đo dài đã có chế độ tính hiệu chỉnh tự động, trong trường hợp này chỉ cần người đo đưa vào máy các kết quả đo khí tượng (qua phím chức năng). Nói chung người sử dụng không phải xác định hệ số khúc xạ.

## 2. Hiệu chỉnh giá trị "0"

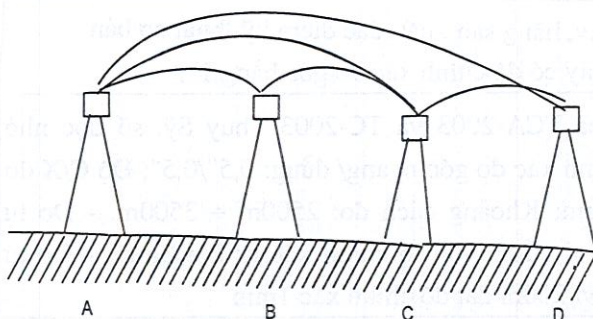
Nếu như tâm điện tử của máy đo dài không trùng với tâm của máy khi định tâm tại điểm đo sẽ gây ra sai số vị trí "0" của máy đo dài. Sai số này khó tránh khỏi khi chế tạo máy, do ảnh hưởng của thời gian truyền tín hiệu trong các mạch điện tử trong máy đo dài làm cho thời gian đo được dài hơn thời gian tín hiệu lan truyền thực tế giữa máy và gương đã được định tâm.

Các hãng chế tạo máy thường cho biết số hiệu chỉnh giá trị "0" để người sử dụng biết và hiệu chỉnh vào kết quả đo, hoặc là cài đặt sẵn trong máy để tự hiệu chỉnh khi đo. Như vậy với một máy mới, khi cần kiểm định số hiệu chỉnh này thường nhận được giá trị "0", song sau một thời gian dài sử dụng, số hiệu chỉnh này có thể bị thay đổi. Sự thay đổi đối với các máy đo dài quang điện thường là nhỏ, tối đa cỡ chỉ vài mm song đối với các máy đo dài sóng ngắn thì sự thay đổi này có thể đến vài cm. Vì vậy khi sử dụng các máy đo dài điện tử chúng ta cần định kỳ kiểm tra lại kết quả đo một số chiều dài khác nhau trên bãi kiểm định chiều dài. Các chiều dài kiểm định cho máy đo dài quang điện nên chọn trong khoảng từ 50m ÷ 500m, còn đối với các máy đo dài sóng ngắn thì nên chọn trong khoảng từ 200m ÷ 1000m, nếu không có chiều dài chuẩn chính xác, có thể sử dụng phương pháp đo các khoảng cách nhỏ. Phương pháp này đòi hỏi phải có một khu đất dài và bằng phẳng, trên đó có một số mốc ổn định, thí dụ 4 mốc A, B, C và D (hình 5.10).

Khoảng cách tổng là A-D và các khoảng cách nhỏ A-B, B-C, C-D sẽ được đo bằng máy cần kiểm định. Chúng ta ký hiệu số hiệu chỉnh "0" là  $Z_0$  và coi là hằng số với mọi



khoảng cách đo, giá trị  $Z_0$  có thể tính được từ so sánh khoảng cách tổng với các khoảng cách nhỏ:



**Hình 5.10.** Sơ đồ kiểm nghiệm máy TĐĐT

Từ các kết quả trên sơ đồ hình 5.10 ta có:

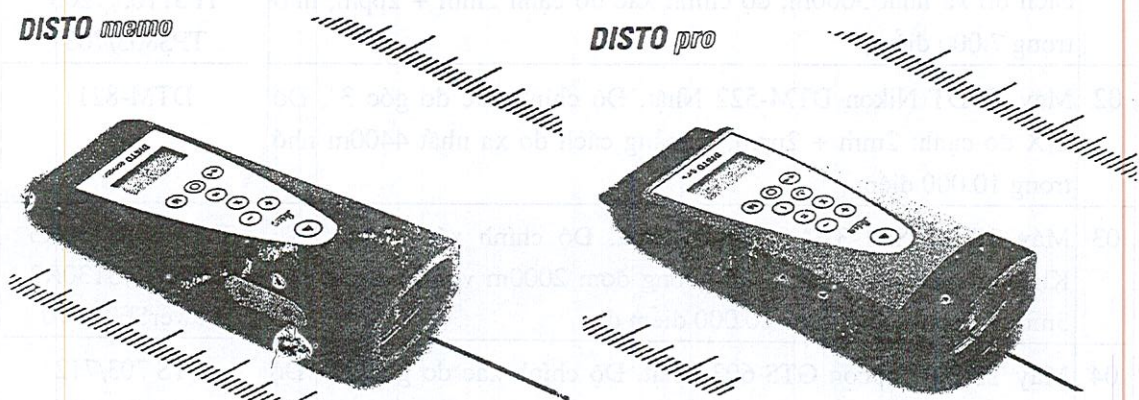
$$AD - (AB + BC + CD) = 2Z_0 \quad (4.13)$$

Tương tự ta có các biểu thức sau:

$$AC - (AB + BC) = Z_0 \quad (4.14)$$

$$BD - (BC + CD) = Z_0 \quad (4.15)$$

Trong thực tế, để kiểm định số hiệu chỉnh “0” người ta bố trí bãi kiểm định gồm 4 khoảng cách nhỏ và xác định  $Z_0$  nhờ phương pháp số bình phương nhỏ nhất. Tất nhiên các khoảng cách đo cần được hiệu chỉnh trước chỉ số khúc xạ, độ nghiêng v.v... Trong bảng 5.4.1, 5.4.2 và 5.4.3 giới thiệu một số máy toàn đạc điện tử thông dụng. Ngoài các loại máy toàn đạc, hiện nay còn sử dụng khá phổ biến các loại máy đo dài điện tử cầm tay (dùng sóng siêu âm hoặc tia laser nhìn thấy được) có kích thước nhỏ, gọn nhẹ, có thể đo được khoảng cách đến 120m với độ chính xác từ 1mm ÷ 3mm rất tiện lợi cho những đo đạc ứng dụng trong xây dựng (xem hình 5.11).



**Hình 5.11.** Máy đo dài điện tử cầm tay

**Bảng 5.4.1. Các loại máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao**  
(dùng để đo lưới khống chế hạng cao và quan trắc biến dạng công trình)

| TT | Ký hiệu máy, hãng sản xuất, đặc điểm kỹ thuật cơ bản<br>(máy có độ chính xác đo góc bằng 1")                                                                                                                                                                                                | Một số máy tương đương                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 01 | Máy TĐĐT Leica TCA-2003 và TC-2003 Thụy Sĩ, số đọc nhỏ nhất: 0",1; Độ chính xác đo góc ngang/ đứng: 0,5"/0,5"; Độ C/X đo cạnh: 1mm + 1ppm; Khoảng cách đo: 2500m ÷ 3500m. - Đo tự động trong phạm vi 500m với độ chính xác từ 2 ÷ 3mm; - Đo tự động trong phạm vi 200m đạt độ chính xác 1mm | TPS1101/1201;<br>TPS-702/802;<br>TC-1800;<br>TC-2002 |
| 02 | Máy TĐĐT Sokkia Power SET1010 Nhật. Độ chính xác đo góc 1", Độ C/X đo cạnh: 2mm + 2ppm; Khoảng cách đo xa nhất 4200m, nhớ trong 5000 điểm, cạc số liệu.                                                                                                                                     | SET1030R3<br>SET1130R3,<br>Trimble 5601              |
| 03 | Máy TĐĐT Nikon DTM-552 Nhật. Độ chính xác đo góc 1", độ C/X đo cạnh: 2mm + 2ppm; Khoảng cách đo xa nhất 4400m, nhớ trong 10.000 điểm, có hướng dẫn cầm điểm bằng tia hồng ngoại.                                                                                                            | Nikon DTM-851<br>NPL-800                             |
| 04 | Máy TĐĐT Topcon GTS 601 Nhật. Độ chính xác đo góc 1", độ C/X đo cạnh: 2mm + 2ppm; Khoảng cách đo xa nhất 3000m, nhớ trong + Ram 320KB.                                                                                                                                                      | Topcon GTS<br>310/ 710/ 701                          |

**Bảng 5.4.2 Các loại máy toàn đạc điện tử chính xác**  
(dùng để đo lưới khống chế công trình, đo phục vụ thi công xây dựng)

| TT | Ký hiệu máy, hãng sản xuất, đặc điểm kỹ thuật cơ bản<br>(máy có độ chính xác đo góc bằng 3")                                                            | Một số máy tương đương                           |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 01 | Máy TĐĐT Leica TC-703 - Thụy sĩ. Chính xác đo góc 3", Khoảng cách đo xa nhất 3000m, độ chính xác đo cạnh 2mm + 2ppm, nhớ trong 7.000 điểm;              | TC-805, TC-403<br>TPS1103/1203<br>TPS803/703     |
| 02 | Máy TĐĐT Nikon DTM-522 Nhật. Độ chính xác đo góc 3", Độ C/X đo cạnh: 2mm + 2ppm; Khoảng cách đo xa nhất 4400m nhớ trong 10.000 điểm .                   | DTM-821                                          |
| 03 | Máy TĐĐT SET-310 SOKKIA-Nhật. Độ chính xác đo góc 3"; Khoảng cách đo xa nhất với gương đơn: 2000m với độ chính xác 3mm + 2ppm; Nhớ được 10.000 điểm đo. | SET-330R/330R3<br>SET3030/3130R3<br>PowerSET3010 |
| 04 | Máy TĐĐT Topcon GTS 603 Nhật. Độ chính xác đo góc 3", Độ C/X đo cạnh: 2mm + 2ppm; Khoảng cách đo xa nhất 3000m, nhớ trong + Ram 320KB.                  | GTS 703/712<br>GPT-1002                          |



**Bảng 5.4.3 Các loại máy toàn đạc điện tử độ chính xác trung bình**  
(dùng để đo lưới khống chế đo vẽ, đo vẽ chi tiết địa hình, mặt cắt, cắm tuyến đường, đo phục vụ thi công xây dựng...)

| TT | Ký hiệu máy, hãng sản xuất, đặc điểm kỹ thuật cơ bản<br>(máy có độ chính xác đo góc bằng 5")                                                                                          | Một số máy<br>tương đương                        |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 01 | Máy TĐĐT Leica TC-705 - Thụy Sĩ. Độ chính xác đo góc: 5"; độ chính xác đo cạnh 2mm + 2ppm, Khoảng cách đo xa nhất 3000m, nhớ trong 7000 điểm                                          | TCR705/405<br>TC-605/305/405<br>TPS805/1205/1104 |
| 02 | Máy TĐĐT Nikon DTM - 352 — Nhật. Độ chính xác đo góc: 5", độ chính xác đo cạnh 3mm + 2ppm, nhớ 10.000 điểm, Khoảng cách đo xa nhất: 2.100m, nhớ 10.000 điểm.                          | DTM - 310/332<br>NPL352                          |
| 03 | Máy TĐĐT SOKKIA SET-510 - Nhật. Độ chính xác đo góc: 5"; góc hiển thị 1"/5", độ chính xác đo cạnh 3mm + 2ppm; . Khoảng cách đo xa nhất với gương đơn: 2000m. Nhớ được 10.000 điểm đo. | SET-510/530R,<br>SET4010/ 4110R                  |
| 04 | Máy TĐĐT Topcon GTS 235N - Nhật. Độ chính xác đo góc: 5", Độ C/X đo cạnh: 2mm + 2ppm; Khoảng cách đo xa nhất 2000m, nhớ trong 20 000 điểm.                                            | Topcon GTS 225/<br>GTS 605/ 713<br>GPT 1003      |

**Ghi chú:** - Các loại máy TĐĐT có chế độ đo không cần dùng gương phản xạ của các hãng sản xuất được ký hiệu như sau: Leica - TCR...; Nikon - NPL...; SOKKIA-SET...R; Topcon-GPT... (ví dụ: TCR705; NPL352; SET4110R; GPT1003). - 1ppm được hiểu là  $1.10^{-6}D$ , D là khoảng cách đo tính bằng mm.

## Chương 6

# ĐO ĐỘ CAO

### 6.1. KHÁI NIỆM VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐỘ CAO

Quá trình đo đạc để xác định chênh lệch độ cao (chênh cao) giữa các điểm trên mặt đất hoặc độ cao của chúng so với mặt chuẩn nào đó gọi là đo cao. Tùy theo dụng cụ đo và nguyên lý đo được áp dụng, người ta chia ra các phương pháp đo cao sau đây: đo cao hình học; đo cao lượng giác; đo cao áp kế; đo cao thủy tĩnh; đo cao vô tuyến; đo cao cơ học, đo ảnh lập thể và đo cao sử dụng công nghệ GPS.

Phương pháp đo cao hình học dựa trên cơ sở sử dụng tia ngắm nằm ngang của máy thủy bình (máy Nivô). Hiệu độ cao (chênh cao) của các điểm được xác định theo số đọc trên mìa đặt thẳng đứng tại hai điểm đo. Đây là phương pháp hoàn thiện nhất, đảm bảo xác định chênh cao với sai số từ 0,5 đến 50mm trên 1km chiều dài tuyến đo.

Đo cao lượng giác được thực hiện bằng tia ngắm nghiêng, ở đây người ta dùng máy kinh vĩ đo góc nghiêng của tia ngắm và khoảng cách ngang (hoặc nghiêng) giữa hai điểm. Chênh cao được tính toán theo các công thức lượng giác. Độ chính xác của đo cao lượng giác đạt khoảng 4cm trên 100m chiều dài.

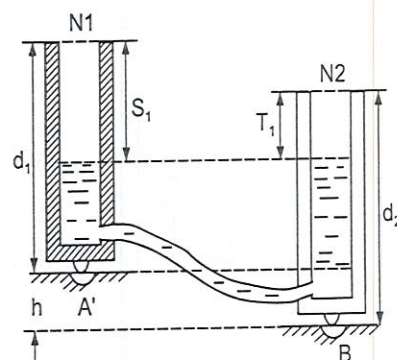
Đo cao áp kế dựa trên cơ sở quan hệ của áp suất khí quyển và độ cao điểm đo so với mực nước biển. Bản chất của phương pháp là xác định hiệu độ cao của các điểm bằng cách so sánh giá trị áp suất khí quyển tại những điểm đó. Trên những khu vực nhỏ và bằng phẳng, độ cao các điểm xác định bằng phương pháp này có thể đạt độ chính xác khoảng  $0,2 \div 0,3m$ , ở những vùng núi khoảng  $1 \div 2m$ .

Đo cao thủy tĩnh dựa trên đặc điểm bề mặt chất lỏng trong các bình thông nhau luôn nằm trên cùng một mức độ cao (hình 6.1). Xác định được độ cao các cột nước trong các bình thông nhau đặt ở hai điểm, ta có thể xác định được chênh cao giữa hai điểm đó theo công thức:

$$h = (d_1 - d_2) - (S_1 - T_1), \quad (6.1)$$

trong đó:  $d_1, d_2$  - chiều cao bình;

$S_1, T_1$  - khoảng cách từ đỉnh bình tới bề mặt chất lỏng trong mỗi bình.



Hình 6.1. Nguyên lý đo cao thủy tĩnh.



Phương pháp này đạt được độ chính xác rất cao, thường là  $1 \div 2\text{mm}$  và thậm chí còn cao hơn, vì thế nó thường được áp dụng trong công tác trắc địa công trình chính xác. Ngoài ra cũng có thể đo áp suất cột chất lỏng trong hệ thống thủy tĩnh để cùng một lúc xác định chênh cao giữa nhiều điểm.

Đo cao cơ học được thực hiện dựa trên cơ sở sử dụng nguyên lý con lắc luôn có xu hướng giữ vị trí thẳng đứng khi tham gia chuyển động cơ học theo phương nằm ngang. Thông qua các thiết bị ghi trên băng giấy hoặc trên phim ảnh sẽ xác định được chênh lệch độ cao theo tuyến trên mặt đất mà thiết bị cơ học này di chuyển. Phương pháp này cũng đạt độ chính xác khoảng vài centimét trên một kilômét chiều dài tuyến đo.

Đo cao vô tuyến được thực hiện dựa trên đặc tính phản xạ của sóng điện từ hoặc sóng âm. Máy thu phát sóng điện từ thường được đặt trên máy bay nếu để đo độ cao các điểm trên mặt đất hoặc phát sóng âm đặt trên tàu, thuyền nếu để đo độ sâu của sông, hồ, biển.

Phương pháp đo ảnh lập thể dựa trên việc đo chênh cao theo mô hình lập thể mặt đất được tạo nên nhờ các dụng cụ lập thể chuyên dùng theo một cặp phim ảnh cùng phủ trùm một khu vực. Sai số xác định độ cao các điểm bằng phương pháp chụp ảnh lập thể mặt đất vào khoảng  $0,1 \div 0,3\text{m}$ , còn khi đo chụp ảnh máy bay sẽ bằng  $1/1500$  độ cao bay chụp.

Độ cao còn được xác định nhờ sử dụng công nghệ định vị toàn cầu GPS.

Trong những phương pháp nêu trên thì đo cao hình học và đo cao lượng giác được áp dụng phổ biến hơn cả. Trong tài liệu này chúng tôi cũng chỉ đề cập đến hai phương pháp này.

## 6.2. NGUYÊN LÝ VÀ NỘI DUNG CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO CAO HÌNH HỌC

Cơ sở nguyên lý của phương pháp đo cao hình học rất đơn giản. Để xác định chênh cao giữa hai điểm A và B ngoài thực địa (hình 6.2a), tại các điểm đó cần dựng thẳng đứng hai thước giống nhau được gọi là "mia", còn ở giữa hai điểm đó đặt dụng cụ trắc địa để tạo tia ngắm ngang gọi là máy thủy bình (máy Nivô). Máy thủy bình được phân ra nhiều loại như máy có ống thủy (tạo tia ngắm ngang nhờ ống thủy), máy tự động điều chỉnh, máy laser và máy điện tử.

Mia là một thước gỗ, trên đó có sơn vạch centimet, đầu mia có số đọc là 0, được gọi là đế mia, mia cũng có nhiều loại làm từ các chất liệu khác nhau.

Máy thủy bình là một dụng cụ trắc địa được cấu tạo từ một ống kính quang học, trên đó có gắn một ống thủy dài (hình trụ) hoặc có bộ phận tự cân bằng dùng để điều chỉnh cho trục ngắm nằm ngang. Tia ngắm ngang cắt các trục mia tại A và B. Hiệu các đoạn  $AA'$  và  $BB'$  từ điểm cần đo A, B tới tia ngắm nằm ngang trên mia chính là chênh cao  $h_{AB}$  giữa hai điểm ấy, tức là:

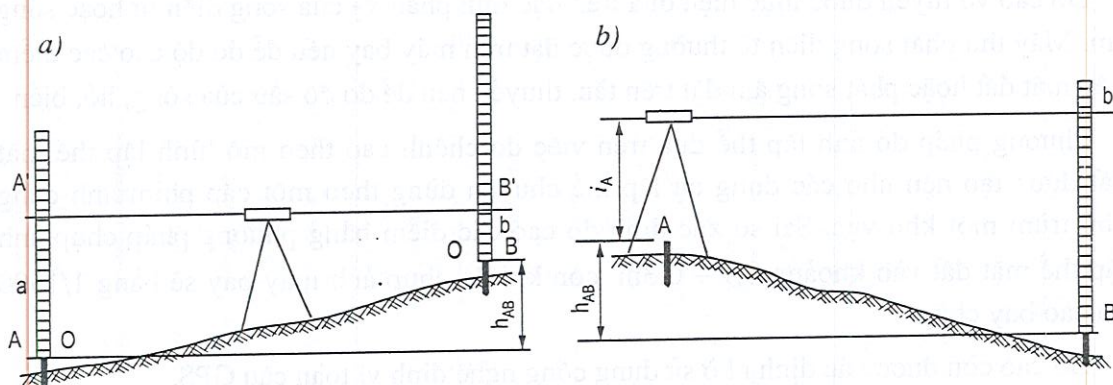


$$h_{AB} = AA' - BB' \quad (6.2)$$

Vì các số đọc  $a$  và  $b$  trên mìa tương ứng bằng chiều dài các đoạn  $AA'$  và  $BB'$  nên chênh cao có thể được biểu diễn bằng công thức:

$$h_{AB} = a - b \quad (6.3)$$

Điểm xuất phát  $A$  để xác định chênh cao của các điểm khác gọi là điểm sau, số đọc trên mìa tại đó gọi là số đọc sau và được ký hiệu là  $S$ , còn điểm  $B$  là điểm trước, có số đọc trước và được ký hiệu là  $T$ . Như vậy chênh cao giữa hai điểm bằng số đọc mìa sau trừ số đọc mìa trước ( $h = S - T$ ). Phương pháp này gọi là phương pháp đo cao hình học từ giữa (hình 6.2a).



**Hình 6.2.** Sơ đồ các phương pháp đo cao hình học.

Ngoài ra còn có phương pháp đo cao hình học về phía trước (hình 6.2b). Máy thủy bình được đặt tại điểm đầu  $A$  còn tại điểm  $B$  thì dựng mìa thẳng đứng. Dùng mìa hoặc thước dây đo khoảng cách thẳng đứng từ đỉnh điểm  $A$  đến tâm kính mắt của ống kính đã đặt nằm ngang (gọi là chiều cao của máy  $i_A$ ) và đọc số  $b$  trên mìa. Chênh cao được tính theo công thức:

$$h_{AB} = i_A - b; \quad (6.4)$$

Như vậy, chênh cao giữa hai điểm xác định theo phương pháp đo cao hình học về phía trước bằng chiều cao máy trên điểm sau trừ đi số đọc trên mìa trước. Do độ chính xác không cao và năng suất lao động thấp nên phương pháp đo cao về phía trước ít được áp dụng.

Nếu hai điểm nằm gần nhau, chênh cao giữa chúng không vượt quá chiều dài mìa và được xác định qua một trạm máy (một vị trí đặt máy), thì đây được gọi là đo đơn giản (hình 6.3a). Nếu chênh cao giữa hai điểm lại không xác định thông qua một trạm máy được mà phải đo liên tiếp qua một số trạm, hình thành một tuyến đo thì quá trình này được gọi là đo phức tạp (hình 6.3b). Các điểm đặt mìa trong tuyến đo được gọi là các điểm trung gian (điểm liên hệ).

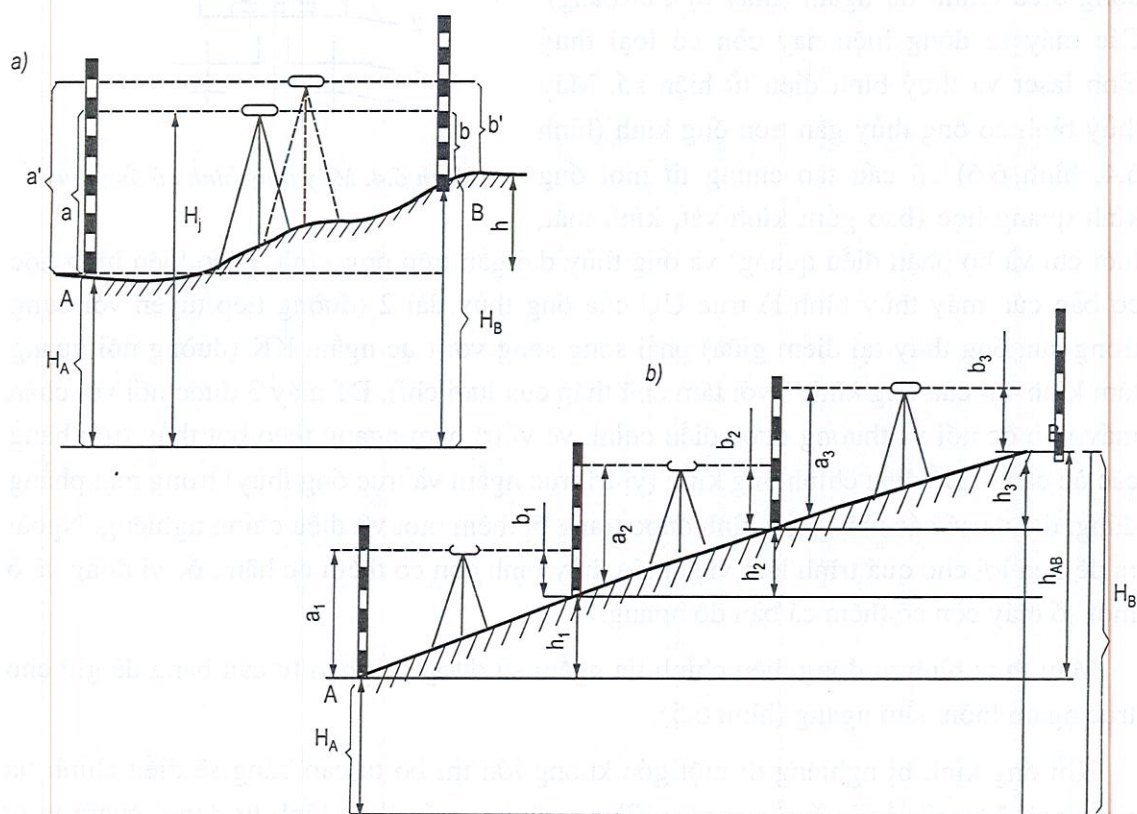


Như vậy, chênh cao của điểm B cuối tuyến đo cao so với điểm đầu A bằng tổng các chênh cao đo trên các trạm qua các điểm trung gian, nghĩa là:

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n = \sum h_i \quad (6.5)$$

Nếu biết độ cao điểm A là  $H_A$  thì độ cao điểm B sẽ là:

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + \sum h_i \quad (6.6)$$



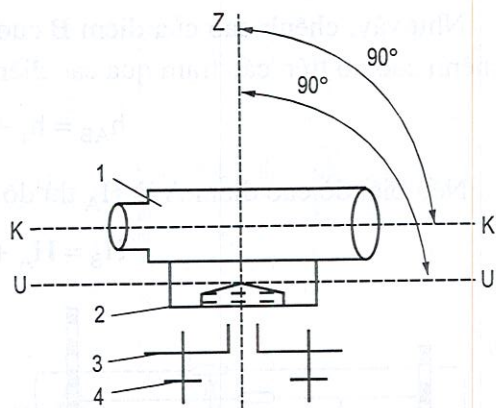
Hình 6.3

Đo cao hình học phức tạp thường được áp dụng để xác định độ cao các điểm dọc trục công trình, độ cao các điểm trên tuyến chuyển độ cao, tuyến đa giác và kinh vĩ. Ngoài ra, nếu dùng đo cao hình học để xác định độ cao các điểm trên phạm vi một bề mặt khu vực với độ chính xác cần thiết có thể gọi là đo cao bề mặt. Tùy theo độ chính xác, phương pháp đo cao hình học cũng được chia ra các cấp hạng khác nhau, mỗi cấp hạng đều sử dụng những quy trình công nghệ đo và máy móc tương ứng.

### 6.3. PHÂN LOẠI VÀ CẤU TẠO CƠ BẢN CỦA MÁY THỦY BÌNH VÀ MIA

Máy thủy bình (Nivô) là một dụng cụ trắc địa dùng để xác định hiệu độ cao của hai điểm nhờ tạo được tia ngắm nằm ngang kết hợp sử dụng mia dựng thẳng đứng tại những điểm đó.

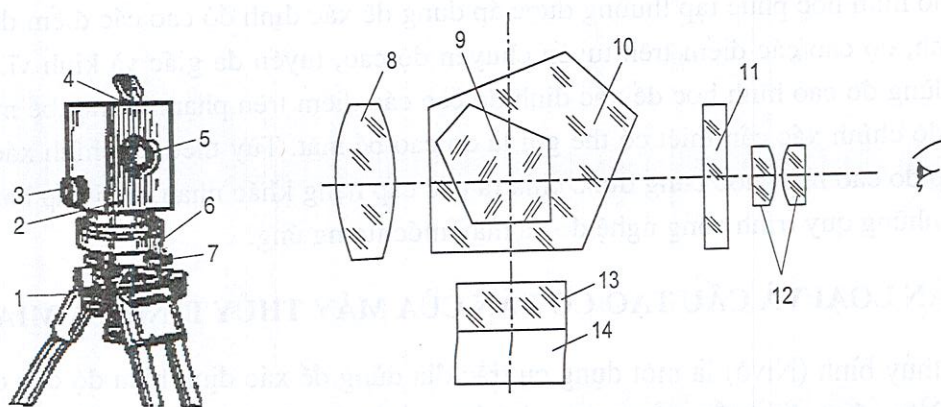
Hiện nay máy thủy bình thường có hai loại: loại điều chỉnh tia ngắm nằm ngang nhờ ống thủy dài gắn trên ống kính và loại tự động điều chỉnh tia ngắm nằm ngang nhờ bộ phận tự cân bằng. Do đó, loại thứ nhất gọi là máy thủy bình có ống thủy dài, còn loại thứ hai là máy tự động điều chỉnh tia ngắm (máy tự cân bằng). Các máy tự động hiện nay còn có loại thủy bình laser và thủy bình điện tử hiện số. Máy thủy bình có ống thủy gắn trên ống kính (hình 6.4, hình 6.6) có cấu tạo chung từ một ống kính quang học (bao gồm kính vật, kính mắt, lưới chỉ và bộ phận điều quang) và ống thủy dài gắn trên ống kính. Điều kiện hình học cơ bản của máy thủy bình là trục UU của ống thủy dài 2 (đường tiếp tuyến với cung trong của ống thủy tại điểm giữa) phải song song với trục ngắm KK (đường nối quang tâm kính vật của ống kính 1 với tâm chữ thập của lưới chỉ). Để máy 3 được nối với chân máy nhờ ốc nối và thường được điều chỉnh về vị trí nằm ngang theo bọt thủy tròn bằng các ốc cân 4. Để điều chỉnh ống kính (vị trí trục ngắm và trục ống thủy) trong mặt phẳng đứng, đại đa số các máy thủy bình được trang bị thêm một vít điều chỉnh nghiêng. Ngoài ra để tiện lợi cho quá trình làm việc máy thủy bình còn có thêm ốc hãm, ốc vi động và ở một số máy còn có thêm cả bàn độ ngang.



**Hình 6.4.** Máy thủy bình có ống thủy

Máy thủy bình tự động điều chỉnh tia ngắm sử dụng bộ phận tự cân bằng để giữ cho trục ngắm luôn nằm ngang (hình 6.5).

Khi ống kính bị nghiêng đi một góc không lớn thì bộ tự cân bằng sẽ điều chỉnh tia ngắm và đưa nó về vị trí nằm ngang. Trong những máy thủy bình tự động, phạm vi tự điều chỉnh của bộ phận tự cân bằng vào khoảng từ  $5' \div 30'$ .



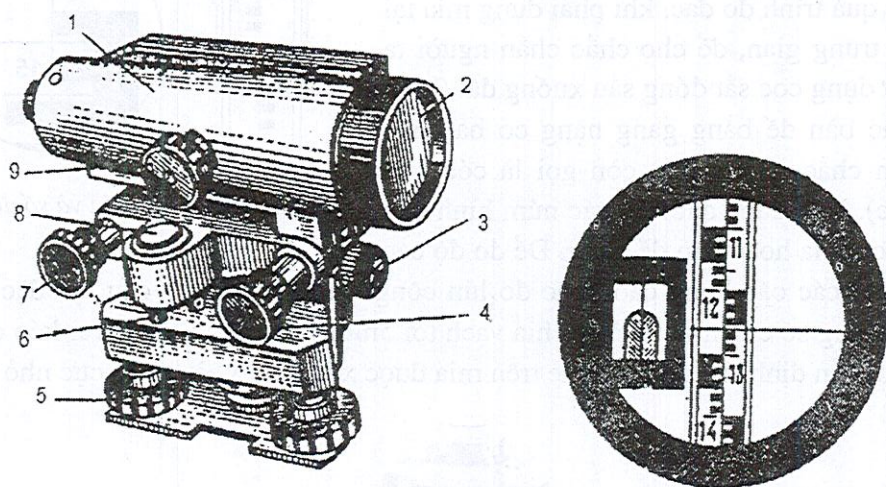
**Hình 6.5.** Máy thủy bình tự cân bằng.



Theo độ chính xác, máy thủy bình được chia làm 3 nhóm: Máy chính xác cao, máy chính xác trung bình và máy kỹ thuật.

Máy chính xác cao (như H- 05, Ni- 002, Ni- 004, NK2, AS-2C, AT-G1...) dùng để đo độ cao hạng I và II, để quan trắc độ lún và biến dạng nhà và công trình. Sai số đo cao trên 1 km chiều dài tuyến đo đi và đo về không vượt quá 0,5mm.

Máy chính xác trung bình (như H-3, KONI-007, NA728, BC21, AZ-2S, ATG3...) cho phép đạt độ chính xác không quá 3mm trên 1 km chiều dài tuyến đo đi, đo về, chúng được sử dụng để đo độ cao hạng III. Trên hình 6.6 là máy thủy bình H-3, máy còn được trang bị thêm bộ phận làm trùng hai đầu bọt thủy (ống thủy tiếp xúc). Hình ảnh của hai đầu bọt thủy được nhìn thấy trong ống kính dưới dạng hai nửa parabol chuyển động ngược chiều nhau và được làm trùng nhờ điều chỉnh vít nghiêng. Khi hai nhánh parabol trùng khớp nhau là lúc bọt thủy đã nằm ở chính giữa, đây là thời điểm đọc số trên mìa theo chỉ giữa của lưới chỉ.



Hình 6.6. Máy H-3 và số đọc trên mìa là 1260.

Máy thủy bình kỹ thuật (như H-LO, HB-1, Ni 025, Ni-030, NA720, C41, AX-2S, AT-G7...) được sử dụng để tiến hành đo độ cao kỹ thuật và các công tác trắc địa trong xây dựng. Chúng có sai số không quá 10mm trên 1km chiều dài tuyến đo đi đo về.

Mỗi máy thủy bình đều đi kèm theo ít nhất một cặp mìa cùng loại. Mìa thường được làm bằng gỗ dài 3m có thể gấp lại để dễ vận chuyển. Mìa có thiết diện ngang hình chữ I để chống cong vênh và biến dạng, mìa có hai mặt đều kẻ thang số chia vạch tới cm với độ chính xác 0,5mm và được đánh số qua các vạch dm. Một mặt có vạch chia màu đen là mặt chính, còn mặt kia các vạch chia được sơn đỏ trên nền trắng gọi là mặt đỏ để kiểm tra (hình 6.7). Hai đầu của mìa được bịt kim loại để tránh bị mòn và gọi là đế mìa, mặt của đế mìa được làm trùng với vạch 0 thang số của mặt đen.

Để kiểm tra, thang số đọc ở mặt đỏ được bắt đầu từ một số bất kỳ, ví dụ 4786. Tại một vị trí bất kỳ, số đọc mặt đen và số đọc mặt đỏ luôn chênh nhau đúng bằng số cố

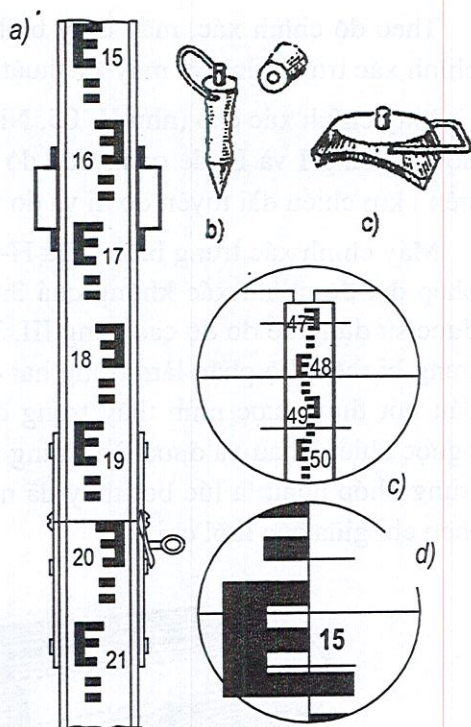


định đó, nhờ vậy có thể kiểm tra được số đọc trên mìa đúng hay sai một cách dễ dàng. Để thuận tiện cho việc dựng mìa thẳng đứng, trên mìa còn được trang bị thêm một ống thủy tròn và tay cầm.

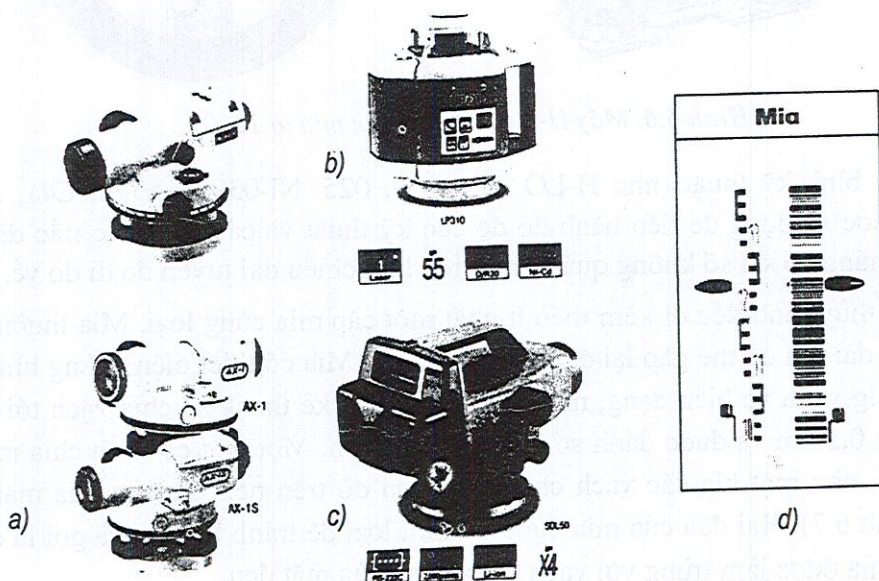
Số đọc trên mìa được căn cứ theo chỉ giữa, đầu tiên đọc số chẵn dm tiếp đến là số chẵn cm và cuối cùng là phần lẻ cm được ước lượng bằng mắt, như vậy số đọc cuối cùng tính đến mm sẽ gồm bốn con số.

**Ví dụ:** Trên hình 6.7d, mặt đen có số đọc là 1537 (15dm, 3cm, 7mm - ước lượng bằng mắt) mặt đỏ là 4853 (48dm, 5cm và 3mm).

Trong quá trình đo đạc, khi phải dựng mìa tại các điểm trung gian, để cho chắc chắn người ta thường sử dụng cọc sắt đóng sâu xuống đất (hình 6.7b) hoặc bàn đế bằng gang nặng có ba chân nhọn bám chắc xuống đất, còn gọi là cóc mìa (hình 6.7c). Mìa được đặt trên các núm hình bán cầu của cọc mìa hoặc bàn đế gang. Để đo độ cao chính xác ở các cấp hạng cao hoặc đo lún công trình, mìa được cấu tạo đặc biệt hơn, trong đó thang số của mìa thường chia vạch tới 5mm trên một băng Invar kéo căng bằng một lực kéo ổn định. Số đọc phần lẻ trên mìa được xác định nhờ bộ đo cực nhỏ trên máy.



**Hình 6.7.** Mìa, cóc mìa và số đọc trên mìa



**Hình 6.8.** Máy thủy bình tự động (a), thủy bình laser (b), thủy bình điện tử (c) và mìn mã vạch (d)

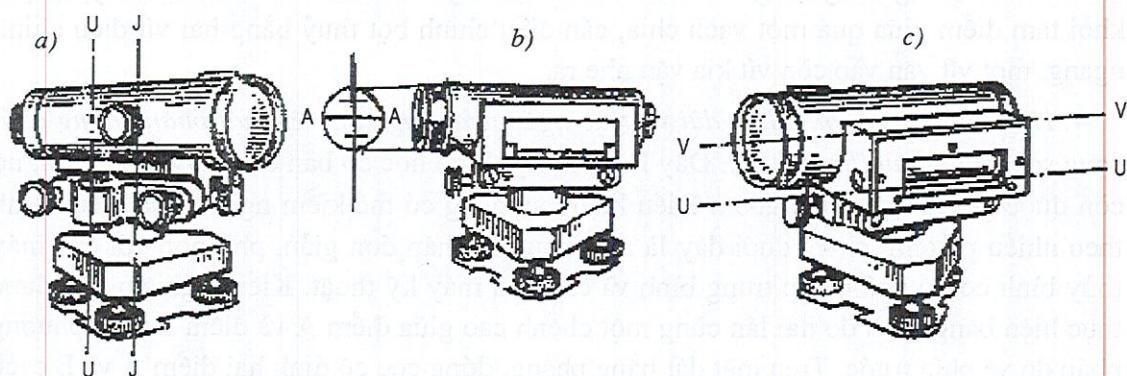


Ngoài những máy thủy bình nêu trên, trong sản xuất hiện nay còn phổ biến loại máy thủy bình laser và thủy bình điện tử hiện số. Máy thủy bình laser có tia ngắm được tạo ra bởi một chùm tia laser với phạm vi hoạt động lên tới 500m, mặt nằm ngang được xác định nhờ một hệ thống quét liên tục, để xác định chính xác vị trí độ cao của tia quét, máy còn được trang bị thêm một bộ dò tìm (hình 6.8). Riêng đối với máy thủy bình điện tử, phải dùng loại mìn mã vạch chuyên dụng. Trên hình 6.8 là một số loại máy thủy bình tự động, thủy bình laser, thủy bình điện tử và một vài thiết bị đi kèm.

#### 6.4. KIỂM NGHIỆM VÀ ĐIỀU CHỈNH MÁY THỦY BÌNH

Cũng như đối với máy kinh vĩ, máy thủy bình phải được kiểm tra, kiểm nghiệm và điều chỉnh trước khi đưa vào sử dụng.

Máy thủy bình có ống thủy dài gắn trên ống kính và vít điều chỉnh nghiêng (hình 6.9) cần kiểm nghiệm và điều chỉnh những nội dung sau.



Hình 6.9. Các điều kiện hình học của máy thủy bình.

1. Trục ống thủy tròn phải song song với trục quay của máy (hình 6.9a). Trục ống thủy tròn chính là bán kính của chỏm cầu lồi đi qua tâm của chỏm cầu đó. Để kiểm tra xem ống thủy tròn được lắp đặt chính xác chưa, ta dùng ba ốc cân đưa bọt thủy tròn về đúng tâm chỏm cầu sau đó quay máy đi  $180^\circ$ . Nếu bọt thủy vẫn nằm ở tâm chỏm cầu thì điều kiện này đã được thỏa mãn. Nếu bọt thủy lệch khỏi tâm chỏm cầu, khi đó tiến hành điều chỉnh ống thủy tròn bằng các vít điều chỉnh sao cho bọt thủy di chuyển về tâm chỏm cầu một khoảng bằng một nửa độ lệch ban đầu. Một nửa độ lệch còn lại được chuyển về đúng tâm chỏm cầu bằng ốc cân. Thao tác này được lặp đi, lặp lại vài lần, sau đó quay máy đi  $90^\circ$  và đưa bọt thủy về tâm bằng ốc cân thứ ba. Sau những thao tác này, bọt thủy tròn sẽ luôn nằm đúng tâm ở mọi vị trí của máy.

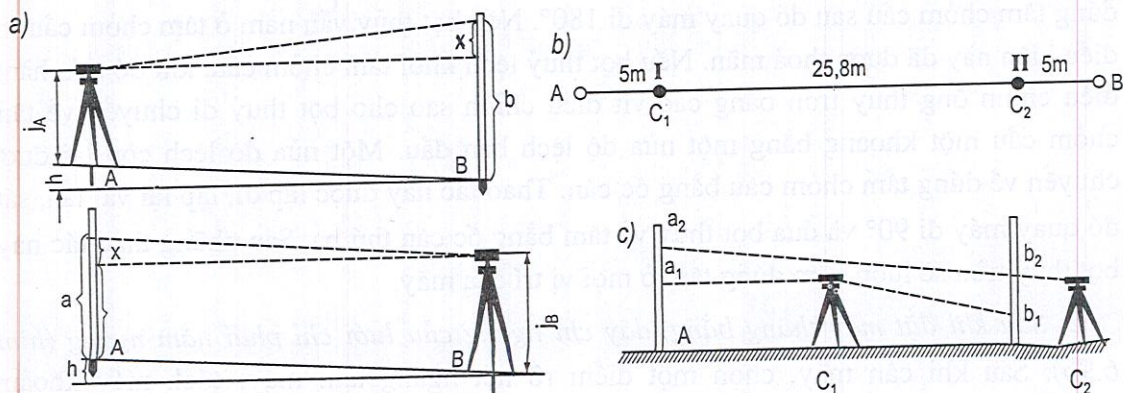
2. Sau khi đặt máy thẳng bằng, dây chỉ ngang của lưới chỉ phải nằm ngang (hình 6.9b). Sau khi cân máy, chọn một điểm rõ nét ngang tầm máy, cách máy khoảng  $20 \div 30\text{m}$ , điều chỉnh ống kính sao cho hình ảnh của điểm đó nằm trên dây chỉ ngang. Dùng vít vi động từ từ quay ống kính của máy và theo dõi điểm ngắm, nếu điểm ngắm



không lệch khỏi dây chỉ ngang thì điều kiện này đã thỏa mãn, ngược lại cần phải điều chỉnh lưới chỉ nhờ nối lỏng các ốc cố định lưới chỉ và xoay dần lưới chỉ cho đến khi thỏa mãn yêu cầu trên. Nội dung này cũng có thể kiểm nghiệm bằng cách làm trùng chỉ đứng với hình ảnh của một sợi dây nhỏ treo quả dọi cách máy khoảng  $10 \div 15\text{m}$ . Việc điều chỉnh cũng thao tác tương tự.

3. Hình chiếu trục ống thủy dài và trục ngắm của ống kính lên mặt phẳng ngang phải song song với nhau (hình 6.9c). Dựng mĩa cách máy khoảng  $50 \div 75\text{m}$  theo hướng của một ốc cân. Cân máy bằng ống thủy tròn để đưa trục quay của máy về vị trí thẳng đứng. Ngắm máy lên mĩa, dùng vít nghiêng đưa bọt thủy dài về điểm giữa và đọc số trên mĩa. Vặn 2 ốc cân đang nằm trên hướng vuông góc với hướng ngắm đi  $2 \div 3$  vòng để nghiêng ống kính về phía trái, sau đó về phía phải của hướng ngắm, đồng thời theo dõi độ ổn định của số đọc trên mĩa. Nếu sau những thao tác nêu trên, vị trí bọt thủy vẫn nằm ở điểm giữa và số đọc không bị thay đổi thì trục ống thủy dài và trục ống kính đều nằm trên các mặt đứng song song với nhau, điều kiện này đã thỏa mãn. Nếu bọt thủy bị lệch khỏi tâm điểm giữa quá một vạch chia, cần điều chỉnh bọt thủy bằng hai vít điều chỉnh ngang, một vít vặn vào còn vít kia vặn nhẹ ra.

4. Hình chiếu trục ống thủy dài và trục ngắm của ống kính lên mặt phẳng đứng phải song song với nhau (hình 6.9c). Đây là điều kiện hình học cơ bản của máy thủy bình, nó còn được gọi là điều kiện góc  $i$ . Điều kiện này cũng có thể kiểm nghiệm và điều chỉnh theo nhiều phương pháp, dưới đây là một phương pháp đơn giản, phù hợp với các máy thủy bình có độ chính xác trung bình và các loại máy kỹ thuật. Kiểm nghiệm này được thực hiện bằng cách đo hai lần cùng một chênh cao giữa điểm A và điểm B theo phương pháp đo về phía trước. Trên mặt đất bằng phẳng, đóng cọc cố định hai điểm A và B cách nhau khoảng  $30 \div 40\text{m}$  (hình 6.10a). Đầu tiên đặt máy tại A, đo chiều cao máy  $J_A$  bằng thước dây hoặc mĩa thủy chuẩn, tại B đặt mĩa thẳng đứng. Hướng ống kính về B, ngắm mĩa, dùng vít nghiêng điều chỉnh bọt thủy về điểm giữa và đọc số  $b$  trên mĩa ở B. Sau đó, máy và mĩa đổi chỗ cho nhau, thao tác tương tự, hướng về A, đọc số  $a$  trên mĩa ở A.



Hình 6.10. Sơ đồ xác định góc  $i$  của máy thủy bình



Theo phương pháp đo cao về phía trước ta có:

$$h_{AB} = J_A + x - b \text{ và } h_{BA} = J_B + x - a,$$

nhưng vì chênh cao giữa hai điểm tính từ hai phía chỉ khác nhau về dấu, tức là:

$$h_{AB} = -h_{BA}$$

nhên có thể viết:

$$J_A + x - b = -(J_B + x - a) = a - x - J_B,$$

hay:

$$x = \frac{a+b}{2} - \frac{J_A + J_B}{2}. \quad (6.7)$$

Ở đây, giá trị  $x$  đặc trưng cho độ nghiêng của trục ngắm so với phương nằm ngang hoặc mức độ không song song của trục ngắm và trục ống thủy dài.

Thông thường giá trị  $x$  được biểu diễn theo đơn vị đo góc, nó được ký hiệu là  $i$  và tính theo công thức:

$$i'' = \frac{x}{S_{AB}} \rho'', \quad (6.8)$$

Đối với máy thủy bình có độ chính xác trung bình và máy kỹ thuật, giá trị góc  $i$  không được vượt quá  $30 \div 40''$ , còn đối với máy thủy bình chính xác cao, giá trị góc  $i$  không được vượt quá  $10 \div 20''$ .

Để điều chỉnh cho góc  $i$  đạt những quy định nêu trên, ở vị trí của máy tại B, ta dùng vít nghiêng đặt chỉ giữa vào số đọc  $a' = a - x$ . Khi đó bọt thủy sẽ bị lệch khỏi điểm giữa, dùng vít điều chỉnh ống thủy dài đưa bọt thủy trở về điểm giữa ống thủy. Sau đó, để kiểm tra, có thể tiến hành xác định giá trị góc  $i$  một lần nữa. Vì đây là điều kiện cơ bản của máy thủy bình, nó thường xuyên được kiểm tra và điều chỉnh, nên để tiện lợi và đơn giản cho việc đo đạc, tính toán có thể bố trí cố định các điểm đặt máy (I-C1, II-C2) và mia (A, B) trên cùng một đường thẳng theo sơ đồ hình 6.10b, khi đó góc  $i$  và giá trị  $x$  sẽ được tính theo những công thức đơn giản:

$$i'' = 4(h_1 - h_2) \text{ và } x = \frac{1}{2} (h_1 - h_2) \quad (6.9)$$

Trong đó:  $h_1, h_2$  tính theo đơn vị milimét là chênh cao giữa A và B được xác định khi đặt máy tại trạm I và II.

Để điều chỉnh góc  $i$  ta cũng đặt số đọc  $a'_2 = a_2 + x$  trên mia tại A bằng vít nghiêng, sau đó chỉnh bọt thủy bằng vít điều chỉnh ống thủy dài.

Góc  $i$  cũng có thể được xác định khi đo hai lần giá trị chênh cao giữa A và B theo sơ đồ hình 6.10c, khi đó ta có:

$$i'' = \frac{\Delta h}{S_{AB}} \rho'',$$



trong đó:  $\Delta h = h_{c1} - h_{c2}$ ;  $h_{c1}$ ,  $h_{c2}$  - chênh cao giữa A và B khi đặt máy tại  $C_1$  và  $C_2$ .

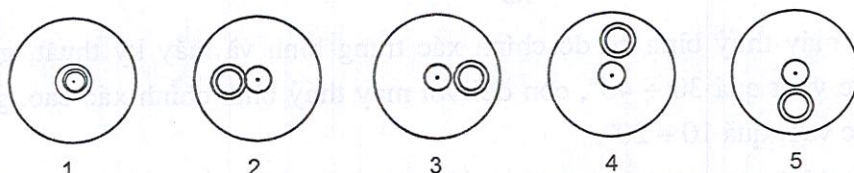
Máy thủy bình tự điều chỉnh tia ngắm cần kiểm nghiệm những nội dung sau:

1. Trục ống thủy tròn phải song song với trục quay thẳng đứng của máy;
2. Dây chỉ ngang của lưới chỉ phải nằm ngang sau khi cân bằng máy.

Hai nội dung này cũng được tiến hành như máy có ống thủy gắn trên ống kính.

3. Tia ngắm phải nằm ngang. Sau khi cân máy, tia ngắm phải nằm trong mặt phẳng thẳng đứng đi qua trục của ống kính và phải nằm ngang. Nội dung kiểm nghiệm này giống như kiểm nghiệm điều kiện hình học cơ bản của máy thủy bình có ống thủy dài trên ống kính. Tuy nhiên, việc điều chỉnh góc  $i$  được thực hiện bằng cách xê dịch vị trí dây chỉ ngang của lưới chỉ về vị trí có số đọc  $a' = a - x$  trên mìa đặt ở A (theo phương pháp đo cao về phía trước), khi đó tia ngắm sẽ nằm ngang.

4. Kiểm nghiệm độ nhạy của bộ phận tự cân bằng. Nội dung này được kiểm nghiệm bằng cách đọc số trên mìa dụng cách máy khoảng 100m ở 5 vị trí khác nhau của bọt thủy tròn (xem hình 6.11).



Hình 6.11

Nếu 5 giá trị số đọc đó sai khác nhau không quá 5mm thì xem như bộ phận tự cân bằng hoạt động bình thường, ngược lại máy phải đưa vào xưởng sửa chữa để điều chỉnh.

**Bảng 6.1. Một số loại máy thủy bình thông dụng**

| Độ chính xác<br>$m_h/1km$ đo đi và đo về) | Hãng sản xuất - Ký hiệu máy                                               |                                                                           |                                               |                                                                  |                                                      |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                           | Leica<br>Thụy Sĩ                                                          | SOKKIA,<br>Trimble<br>Nhật - Mỹ                                           | NIKON<br>Nhật                                 | TOPCON<br>Nhật                                                   | Nga, Đức,<br>Hung...                                 |
| Nhỏ hơn<br>1mm                            | N3, NA2/NAK2,<br>NA/3000, ( $V > 30^\circ$ ),<br>DNA03/DNA10<br>(điện tử) | B1, B2, PL1,<br>( $V > 30^\circ$ ),<br>Dini12/12T<br>Dini 22<br>(điện tử) | AS-2C,<br>AE-7C<br>AP7,<br>( $V > 30^\circ$ ) | AT-G1/2,<br>TS-E1( $V > 30^\circ$ ),<br>DL-101 (điện tử)         | Ni004, HA-1<br>Ni002,<br>Ni-A1<br>( $V > 30^\circ$ ) |
| Từ 1mm ÷<br>2mm                           | NA2002,<br>NA728/NA724<br>( $V \leq 30$ )                                 | B21, C30,<br>TTL6<br>( $V \leq 30$ )                                      | AZ-2S,<br>AC-2S<br>$V \leq 30^\circ$          | AT-G3/4,<br>TS-3A, AT/G6<br>( $V \leq 30$ ), DL-102<br>(điện tử) | Koni007,<br>NiB3, Ni030<br>( $V \leq 30$ )           |
| Từ 2mm ÷<br>5mm                           | NA720,<br>$V = 20^\circ$                                                  | C40, C41,<br>$V = 20^\circ$                                               | AX-2S,<br>$V = 20^\circ$                      | AT-G7<br>( $V = 22^\circ$ )                                      | Ni025,<br>HB-1                                       |



Khi tiến hành đo cao hình học chính xác, ngoài việc kiểm nghiệm thêm một số nội dung khác như độ ổn định của trục ngắm khi điều quang, độ nhảy của ống thủy, sự hoạt động của bộ đo cực nhỏ v.v... Còn phải tiến hành kiểm nghiệm cả mịa để tính các số hiệu chỉnh khi cần thiết.

Trong bảng 6.1 giới thiệu một số loại máy thủy bình đang được sử dụng.

## 6.5. CÔNG NGHỆ CỦA ĐO CAO HÌNH HỌC

Đo cao hình học thực chất là đưa tia ngắm của máy về phương nằm ngang và đọc số trên các mịa đặt tại các điểm cần xác định độ cao. Đo cao thường bắt đầu từ một điểm mốc A, độ cao  $H_A$  của điểm đó đã biết. Mịa được dựng ở điểm đã biết độ cao và điểm cần xác định độ cao (hay điểm tiếp theo trên tuyến đo). Đặt máy ở vị trí gần giữa hai điểm mịa, chân máy đặt chắc chắn, ốc vít vặn vừa chặt, dùng ba ốc cân điều chỉnh cho bọt thủy tròn vào chính giữa tâm. Hướng ống kính về điểm sau - S (điểm xuất phát), sau đó dùng vít nghiêng đưa bọt thủy của ống thủy dài vào giữa (làm trùng hai nửa parabol của ống thủy tiếp xúc) và đọc số trên mặt đen của mịa ( $S_{den}$ ) theo chỉ giữa. Quay máy ngắm về điểm trước - T, dùng vít nghiêng làm trùng bọt thủy và đọc số theo mặt đen của mịa ( $T_{den}$ ). Tiếp đến, vẫn giữ nguyên vị trí máy đang hướng tới mịa trước, ra hiệu để cho người cầm mịa quay sang mặt đỏ để đọc số ( $T_{đỏ}$ ). Quay máy ngắm về mịa sau, làm trùng bọt thủy và đọc số trên mặt đỏ ( $S_{đỏ}$ ). Trình tự này thường được viết tắt là STTS ( $S_{den}, T_{den}, S_{đỏ}, T_{đỏ}$ ). Khi dùng máy tự cân bằng, không có thao tác làm trùng bọt thủy, mà chỉ cần chờ một vài giây cho máy ổn định là có thể đọc số được ngay. Trên mỗi trạm có thể kiểm tra ngay việc đọc số bằng cách so sánh hiệu số đọc giữa mặt đen và mặt đỏ của mỗi mịa, hiệu số này không được sai khác hằng số chênh lệch vạch 0 ở mặt đen và đỏ của mỗi mịa quá 5mm. Cũng có thể kiểm tra chênh cao h trên mỗi trạm tính theo số đọc mặt đen và mặt đỏ ( $h_{den} = S_{den} - T_{den}$ ;  $h_{đỏ} = S_{đỏ} - T_{đỏ}$ ), sai lệch giữa  $h_{den}$  và  $h_{đỏ}$  không được vượt quá 5mm. Chênh cao cuối cùng sẽ là giá trị trung bình:

$$h = \frac{h_{den} + h_{đỏ}}{2} \quad (6.10)$$

Sau khi đã kiểm tra thận trọng theo các kết quả tính toán trên một trạm, tiến hành di chuyển máy sang trạm tiếp theo và lặp lại các thao tác trên trạm máy như đã nêu trên. Kết quả đo được ghi vào sổ đo theo mẫu (bảng 6.2).

Thông thường, tuyến đo cao đều dựa trên hai điểm đã biết trước độ cao nên việc kiểm tra kết quả trên cả tuyến cũng được thuận lợi. Khi đó, tổng chênh cao đo trên tuyến phải bằng tổng chênh cao theo lý thuyết của nó và bằng hiệu độ cao của điểm đầu và điểm cuối tuyến:

$$\sum h_{\text{lý thuyết}} = H_{\text{cuối}} - H_{\text{đầu}} \quad (6.11)$$



**Bảng 6.2. Mẫu ghi số đo thủy chuẩn**

| Trạm máy | Điểm mìa | Khoảng cách m |                      | Số đọc trên mìa |          |           | Hàng số của cặp mìa | $h_{tb}$ mm |
|----------|----------|---------------|----------------------|-----------------|----------|-----------|---------------------|-------------|
|          |          | Sau $\Delta$  | Trước $\Sigma\Delta$ | Ký hiệu         | Mặt đen  | Mặt đỏ    |                     |             |
| 5        | X4       | 107,5         | 103,8                | S               | 2808 (1) | 7498 (4)  | 4690 (5)            | + 2107(9)   |
|          |          |               |                      | T               | 0702 (2) | 5380 (3)  | 4688 (6)            |             |
|          | X5       | + 3,7         | + 8,5                | S-T             | +2106(7) | + 2108(8) |                     |             |

Nếu tuyến đi theo một vòng khép kín, tức là lại trở về điểm xuất phát thì tổng chênh cao phải bằng 0. Sai lệch giữa tổng chênh cao lý thuyết và tổng chênh cao thực tế được gọi là sai số khép, có ký hiệu là  $f_h$  và tính theo công thức:

$$f_h = \sum h_{đo} - \sum h_{lý\ thuyết} = \sum h_{đo} - (H_{cuối} - H_{đầu}) \quad (6.12)$$

Sai số khép này không được vượt quá những giá trị cụ thể quy định cho từng cấp chính xác như trên bảng 6.3.

**Bảng 6.3. Tiêu chuẩn kỹ thuật của các cấp hạng đo cao**

| Thông số kỹ thuật | Các cấp đo  |             |              |              |              |
|-------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|                   | I           | II          | III          | IV           | KT           |
| D, m              | 50          | 65          | 75           | 100          | 125          |
| $f_h$ cho phép mm | $3\sqrt{L}$ | $5\sqrt{L}$ | $10\sqrt{L}$ | $20\sqrt{L}$ | $50\sqrt{L}$ |
| $m_h$ trạm, mm    | 0,15        | 0,30        | 0,65         | 3,0          | 8,3          |

Dưới đây sẽ trình bày công nghệ của hai cấp đo được áp dụng phổ biến đó là đo cao hình học cấp IV và đo cao kỹ thuật.

Đo cao hình học cấp IV được tiến hành giữa các điểm ở cấp cao hơn hoặc từ một số tuyến tạo thành điểm nút. Trong khu xây dựng cứ khoảng 0,5km phải bố trí một điểm độ cao cấp IV, ngoài khu xây dựng có thể kéo dài tới 2km. Tuyến độ cao cấp IV chỉ cần đo theo một chiều (trên mỗi trạm, số đọc trên mìa-sau và mìa trước theo dây chỉ giữa được đọc theo trình tự:  $S_{đen}$ ;  $T_{đen}$ ;  $T_{đỏ}$ ;  $S_{đỏ}$ ).

Máy, mìa sử dụng trong đo cao hình học cấp IV phải thỏa mãn những yêu cầu sau: ống kính của máy thủy bình phải có độ phóng đại nhỏ nhất là 25 lần ( $V^x > 25^x$ ), giá trị khoảng chia ống thủy dài không được lớn hơn 25" trên 2mm (hoặc máy tự cân bằng có độ nhạy tương đương), mìa được dùng là mìa hai mặt có vạch chia centimét, sai số chiều



dài 1m trên mìa không vượt quá 1mm. Một số máy thủy bình phù hợp cho đo cao cấp IV như H-10; NA724, Ni030; C30; AC-2/2S, AT-G6...

Đo cao hình học cấp IV được thực hiện theo phương pháp đo từ giữa, đọc số trên mặt đen, mặt đỏ của mìa theo dây chỉ giữa với sai số trung phương đo chênh cao trên một trạm máy không quá 3mm và chênh cao trên 1km chiều dài tuyến đo không quá 6,68mm.

Chiều dài chuẩn của tia ngắm từ máy tới mìa khoảng 100m. Chênh lệch chiều dài tia ngắm từ máy tới mìa trước và mìa sau không quá 5m, đồng thời tích lũy trên một đoạn hoặc một tuyến đo cũng không quá 10m.

Chênh cao trên cùng một trạm xác định theo mặt đen và mặt đỏ của mìa không được sai khác quá 5mm. Sai số khép  $f_h$  của tổng chênh cao trên tuyến đo hoặc một vòng đo khép kín không được vượt quá  $20\sqrt{L}$  mm hay  $5\sqrt{n}$  mm, trong đó  $L$  là chiều dài tuyến đo tính theo đơn vị km;  $n$  là số trạm máy trên tuyến đo.

Đo cao kỹ thuật cũng tiến hành giữa các điểm của cấp cao hơn hoặc tạo thành điểm nút. Trong những trường hợp đặc biệt có thể phát triển tuyến đo treo (chỉ có một điểm gốc) nhưng phải đo đi và đo về.

Tùy theo mục đích và độ chính xác cũng như điều kiện địa hình, đo cao kỹ thuật có thể được tiến hành bằng phương pháp đo cao hình học hoặc đo cao lượng giác. Trên mỗi trạm máy đọc số theo hai mặt mìa ở một độ cao của máy hoặc theo một mặt mìa nhưng ở hai độ cao của máy (đặt lại máy).

Khi áp dụng phương pháp đo cao hình học có thể dùng các loại máy thủy bình H-10; HB - 1; Ni025; Ni030; C41, AX-2S..., máy kinh vĩ có ống thủy gắn trên ống kính, mìa một mặt hoặc hai mặt có vạch chia tới centimet. Sai số trung phương đo chênh cao trên 1km chiều dài tuyến không quá 16,68mm, còn chênh cao trên 1 trạm máy không quá 8mm, chiều dài chuẩn của tia ngắm từ máy đến mìa khoảng 125m, chiều dài lớn nhất cũng không quá 150m. Sai lệch chênh cao trên 1 trạm không quá 10mm. Sai số khép trên tuyến đo không quá  $50\sqrt{L}$  mm.

Nếu áp dụng phương pháp đo cao lượng giác, cần sử dụng máy kinh vĩ có dao động vị trí điểm "0" (MO) của bàn độ đứng không lớn hơn 1 phút.

## 6.6. ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA ĐO CAO HÌNH HỌC

Theo đặc điểm tác động, các nguồn sai số trong đo cao hình học được chia làm hai nhóm: nhóm sai số ngẫu nhiên và nhóm sai số hệ thống.

Những sai số ngẫu nhiên bao gồm: sai số kẻ vạch trên mìa, sai số do hình ảnh vạch mìa dao động, sai số do đưa bọt thủy về điểm 0 không chính xác (do chụp ảnh parabol hoặc tự cân bằng trong máy tự động, sai số ngắm bắt mục tiêu, sai số do góc  $i$  (do điều kiện hình học cơ bản của máy), sai số do loại trừ không hết ảnh hưởng của độ cong quả đất tới độ cao các điểm, sai số do đọc số trên mìa.



Những sai số hệ thống bao gồm: sai số do máy bị trôi, lún trong khi đo, sai số do dụng mĩa nghiêng, sai số do mặt mĩa bị uốn cong, sai số do chia vạch mét và dm trên mĩa, sai số do ảnh hưởng của chiết quang đúng. Tuy nhiên, dưới đây xin chỉ trình bày những nguồn sai số ảnh hưởng đáng kể tới đo cao hình học cấp IV và đo cao kỹ thuật, đối với những cấp cao hơn cần có những tính toán cụ thể khác.

Giả sử chênh cao  $h$  được xác định bằng đo cao hình học từ giữa, theo (6.3) ta có:

$$h = a - b,$$

trong đó:  $a, b$  là số đọc tương ứng trên mĩa sau và mĩa trước.

Nếu  $m_a$  và  $m_b$  là sai số trung phương của những số đọc này thì sai số  $m_h$  của chênh cao sẽ được xác định theo công thức:

$$m_h = \sqrt{m_a^2 + m_b^2} \quad (6.13)$$

Giả thiết rằng các số đọc  $a, b$  có độ chính xác như sau  $m_a = m_b = m_{sđ}$  ta được:

$$m_h = m_{sđ} \sqrt{2} \quad (6.14)$$

Những sai số chủ yếu ảnh hưởng tới sai số  $m_{sđ}$  của số đọc trên mĩa là:

1. Sai số trung phương đưa trục ống kính về vị trí nằm ngang (sai số cân máy) được xác định theo biểu thức:

$$m_{can} = \frac{m_{b.th}}{\rho''} S \quad (6.15)$$

trong đó:

$m_{b.th}$  - sai số trung phương đưa bọt thuỷ vào giữa, nó thường có giá trị bằng 0,1 giá trị khoảng chia  $\tau''$  của ống thuỷ ( $m_{b.th} = 0,1\tau''$ );

$S$  - chiều dài tia ngắm từ máy đến mĩa. Nếu  $\tau = 25''$  và  $S = 100m$  thì  $m_c = 1,2mm$ .

2. Sai số trung phương đọc số  $m_o$ , trên mĩa phụ thuộc vào vạch khắc trên mĩa, vào độ phóng đại của ống kính, vào khoảng cách đo ngắm và vào điều kiện môi trường được xác định qua công thức:

$$m_o = 0,03t + 0,136 \frac{S}{V^x} \quad (6.16)$$

trong đó:

$t$  - giá trị vạch chia nhỏ nhất trên mĩa ( $t = 10mm$ );

$S$  - khoảng cách đo ngắm tính bằng mét;

$V^x$  - độ phóng đại của ống kính. Khi  $S = 100m$ ;  $V^x = 25^x$ , ta được  $m_o = 1mm$ .



3. Sai số trung phương bất mục tiêu trên mĩa  $m_b$  phụ thuộc vào khả năng phân biệt của ống kính và tỷ lệ thuận với khoảng cách đo ngắm:

$$m_b = \frac{60''}{V^x \cdot \rho''} S \quad (6.17)$$

Khi  $V^x = 25^x$ ,  $S = 100m$  thì  $m_b = 1,3mm$ .

4. Sai số chia vạch  $dm$  trên mĩa  $m_{dm} = 0,5mm$

Thông thường, người ta giả thiết rằng những nguồn sai số này tác động độc lập nhau, vì thế sai số trung phương số đọc trên mỗi mĩa sẽ là:

$$m_a = m_b = m_{sd} = \pm \sqrt{m_c^2 + m_0^2 + m_b^2 + m_{dm}^2} \quad (6.18)$$

Thay các giá trị đã ước tính ở trên vào (6.18) và theo (6.14) ta được:

$$m_h = 2.1 \sqrt{2} = \pm 3mm$$

Đối với tuyến đo có  $n$  trạm máy, sai số của tuyến sẽ là:  $m_{tuyến} = m_h \sqrt{n}$ .

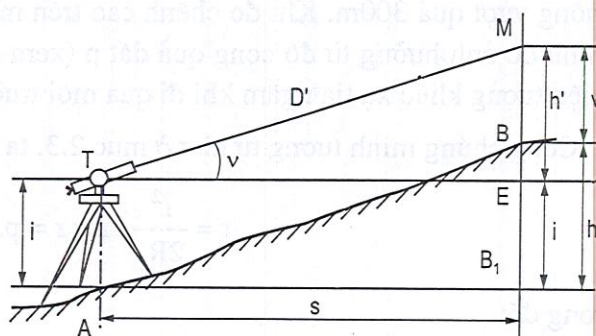
Sai số khép cho phép của tuyến được tính bằng ba lần sai số của tuyến tức là:

$$f_{hch.ph} = 3m_{tuyến}$$

Những nguồn sai số khác, do áp dụng công nghệ đo, lựa chọn được máy móc dụng cụ đo và thời gian đo thích hợp nên được loại trừ hoặc có giá trị nhỏ không đáng kể đối với cấp hạng đang xét nên đã được bỏ qua.

## 6.7. PHƯƠNG PHÁP ĐO CAO LƯỢNG GIÁC

Đo cao lượng giác là xác định chênh cao giữa hai điểm thông qua việc đo góc nghiêng và khoảng cách giữa hai điểm đó. Để xác định chênh cao  $h$  của điểm  $B$  so với điểm  $A$  (hình 6.12), tại  $A$  đặt máy kinh vĩ, tại  $B$  dựng thẳng đứng một sào tiêu hoặc mĩa. Ngắm máy lên điểm  $M$  bất kỳ trên mĩa. Đo chiều cao  $i$  của máy (khoảng cách thẳng đứng từ đầu mốc



Hình 6.12. Đo cao lượng giác

$A$  đến trục quay của ống kính) và chiều cao  $v$  của điểm ngắm (khoảng cách thẳng đứng từ đầu mốc  $B$  đến điểm ngắm  $M$ ). Sau khi đo được khoảng cách nghiêng  $TM$  ta có thể tính được khoảng cách ngang  $S = AB$ , theo công thức:

$$S = TM \cdot \cos v, \quad (6.19)$$

trong đó:  $v$  - góc nghiêng của tia ngắm  $TM$  so với mặt phẳng ngang.

Từ hình 6.12 ta thấy:

$$ME + i = h + v$$

Đặt  $ME = h'$  ta được:

$$h = h' + i - v \quad (6.20)$$

Từ  $\Delta TME$  ta có:  $h' = S.tgv$ . Khi đó công thức tính chênh cao  $h$  sẽ có dạng:

$$h = S.tgv + i - v \quad (6.21)$$

Nếu khoảng cách đến điểm B được xác định bằng máy đo dài thị cự (sử dụng lưới chỉ và mia) thì khoảng cách nằm ngang được tính theo công thức:

$$S = D.\cos^2 v \quad (6.22)$$

trong đó:  $D$  - khoảng cách nghiêng đo bằng máy đo dài thị cự. Thay vào (6.21) ta được:

$$h = D \cos^2 v.tgv + i - v = D \cos v \sin v + i - v, \quad (6.23)$$

hoặc ta có công thức cuối cùng:

$$h = \frac{1}{2} D \sin 2v + i - v \quad (6.24)$$

Công thức trên sẽ được đơn giản đi nếu khi đo góc nghiêng ta ngắm lên điểm M sao cho chiều cao  $v$  của điểm ngắm đó bằng chiều cao  $i$  của máy ( $v = i$ ), khi đó (6.21) và (6.24) sẽ có dạng:

$$h = S.tgv \text{ và } h = \frac{1}{2} D \sin 2v \quad (6.25)$$

Những công thức nêu trên cũng chỉ được áp dụng khi khoảng cách giữa hai điểm không vượt quá 300m. Khi đo chênh cao trên một khoảng cách lớn cần tính đến số hiệu chỉnh do ảnh hưởng từ độ cong quả đất  $p$  (xem mục 2.3) và ảnh hưởng do chiết quang  $r$  (hiện tượng khúc xạ tia ngắm khi đi qua môi trường không khí không đồng nhất).

Cũng chứng minh tương tự như ở mục 2.3, ta được ảnh hưởng của chiết quang là:

$$r = \frac{l^2}{2R_1} \text{ hay } r = p.K \quad (6.26)$$

trong đó:

$R_1$  - bán kính đường cong chiết quang, nó thường lớn gấp 6 ÷ 7 lần bán kính quả đất;

$$p = \frac{l^2}{2R} \text{ xem công thức (2.10);}$$

$K = \frac{R}{R_1}$  - hệ số chiết quang, theo kết quả nghiên cứu ở nước ta, nó có giá trị

bằng khoảng 0,14. Như vậy ảnh hưởng tổng hợp của độ cong quả đất và chiết quang là:



$$p - r = p(1 - K) = \frac{l^2}{2R}(1 - K) \quad (6.27)$$

Nếu lấy hệ số chiết quang trung bình cho lãnh thổ nước ta là 0,14 thì ảnh hưởng tổng hợp đó sẽ bằng:

$$f = 0,43 \frac{l^2}{R} \quad (6.28)$$

Như vậy công thức đầy đủ để tính chênh cao khi đo bằng phương pháp lượng giác là:

$$h = S.tgv + i - v + f \quad \text{và} \quad h = \frac{1}{2} D \sin 2v + i - v + f, \quad (6.29)$$

Trong đo cao lượng giác, chênh cao được xác định theo chiều đo đi và đo ngược lại. Chênh lệch giá trị giữa hai kết quả ấy không được vượt quá 4cm trên mỗi khoảng cách 100m. Độ chính xác của đo cao lượng giác phụ thuộc vào độ chính xác đo khoảng cách giữa hai điểm và độ chính xác đo góc nghiêng  $v$ , trong đó ảnh hưởng đo góc nghiêng là chủ yếu.

Nói chung, độ chính xác của đo cao lượng giác kém hơn độ chính xác của đo cao hình học nhưng nó có năng suất lao động cao và có thể đo được những chênh cao lớn ở cách xa nhau hoặc trên những địa hình đi lại khó khăn.



## Phần thứ ba

# THÀNH LẬP BẢN ĐỒ TỶ LỆ LỚN

### Chương 7

## LƯỚI KHỐNG CHẾ MẶT BẰNG

### 7.1. KHÁI NIỆM VỀ LƯỚI KHỐNG CHẾ MẶT BẰNG VÀ PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG LƯỚI

Để thành lập bình đồ, bản đồ một khu vực nào đó, nhất thiết phải xây dựng trên đó một mạng lưới các điểm trắc địa có toạ độ và độ cao thống nhất gọi là lưới khống chế (lưới trắc địa). Những điểm này cần được gia cố chắc chắn ngoài thực địa và được bảo quản, gìn giữ lâu dài.

Lưới trắc địa ở nước ta được chia làm ba dạng: lưới Nhà nước (còn gọi là lưới Quốc gia), lưới chiêm dày và lưới đo vẽ. Những dạng lưới này đều được xây dựng trên nguyên tắc “từ toàn diện đến cục bộ”, từ độ chính xác cao đến độ chính xác thấp. Điều đó có nghĩa là trên toàn bộ lãnh thổ sẽ xây dựng một mạng lưới điểm khống chế có mật độ tương đối thưa, toạ độ và độ cao của chúng được xác định với độ chính xác cao nhất. Sau đó, lưới này được chiêm dày thêm một số bậc. Toạ độ và độ cao các điểm của những bậc tiếp theo được xác định dựa trên cơ sở các điểm của những bậc khống chế cấp trên. Độ chính xác xác định toạ độ và độ cao ở các bậc khống chế tiếp theo bao giờ cũng thấp hơn độ chính xác của các điểm ở bậc khống chế trên nó. Lưới khống chế trắc địa Nhà nước là cơ sở trắc địa cơ bản để đo vẽ địa hình các loại tỷ lệ, đồng thời thoả mãn các yêu cầu của nền kinh tế quốc dân và quốc phòng cũng như để giải quyết các nhiệm vụ khoa học kỹ thuật cụ thể khác.

Lưới khống chế mặt bằng Nhà nước được chia ra lưới cấp 1, 2, 3 và 4. Các cấp lưới này có những thông số kỹ thuật được quy định khác nhau như về độ chính xác đo góc, đo cạnh và chiều dài các cạnh (bảng 7.1).

**Bảng 7.1. Một số tiêu chuẩn kỹ thuật của lưới Nhà nước**

| Cấp lưới       | Cấp 1       | Cấp 2       | Cấp 3       | Cấp 4      |
|----------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Sai số đo góc  | 0",7        | 1",0        | 1",5        | 2",0       |
| Sai số đo cạnh | 1 : 200 000 | 1 : 150 000 | 1 : 100 000 | 1 : 70 000 |
| Chiều dài cạnh | 20 ÷ 25km   | 7 ÷ 20km    | 5 ÷ 8 km    | 2 ÷ 5km    |



Lưới khống chế chêm dày (lưới khu vực) là lưới điểm bổ sung, chêm dày thêm vào lưới khống chế Nhà nước. Chúng là những điểm của lưới giải tích và đường chuyển đa giác bậc 1 và 2. Các bậc lưới khống chế chêm dày này cũng được quy định dựa theo độ chính xác đo góc, đo cạnh và chiều dài các cạnh.

Lưới khống chế đo vẽ là cơ sở trực tiếp phục vụ cho đo vẽ lập bình đồ, bản đồ. Lưới được phát triển dựa trên các điểm của lưới khống chế Nhà nước và lưới chêm dày. Mật độ điểm của lưới khống chế đo vẽ phụ thuộc vào tỷ lệ cần đo vẽ, vào phương pháp đo vẽ và được quy định trong các tiêu chuẩn chuyên ngành.

Việc xây dựng mạng lưới khống chế Nhà nước là một công tác trắc địa cơ bản độc lập đối với lãnh thổ cả nước. Các điểm của lưới khống chế Nhà nước là cơ sở gốc để xây dựng mạng lưới chêm dày. Trên cơ sở các điểm của lưới khống chế Nhà nước và lưới chêm dày sẽ xây dựng lưới khống chế đo vẽ trực tiếp ngay trên những khu vực có diện tích không lớn phục vụ cho đo vẽ lập bản đồ, bình đồ khu vực đó.

Vị trí mặt bằng của các điểm khống chế được xác định trong một hệ tọa độ Quốc gia chung, từ năm 2000, chúng ta đã thay đổi hệ quy chiếu Quốc gia và chuyển từ hệ Hà Nội 72 (HN-72) dùng phép chiếu Gauss sang hệ VN-2000 dùng phép chiếu UTM (xem 2.5 và 2.6), còn độ cao được lấy từ mặt nước gốc đi qua điểm "0" của trạm nghiệm triều Hòn Dấu (Đồ Sơn - Hải Phòng) cho phạm vi cả nước.

Lưới khống chế mặt bằng được xây dựng theo phương pháp tam giác đo góc, phương pháp đo toàn cạnh, phương pháp đường chuyền, phương pháp dùng công nghệ định vị vệ tinh GPS và phương pháp kết hợp.

*Phương pháp tam giác đo góc* là xây dựng trên thực địa một hệ thống điểm hình thành một chuỗi tam giác hoặc một lưới tam giác dày đặc. Trong mỗi tam giác, tiến hành đo tất cả các góc ngang, ở đầu và cuối khu vực của lưới cần đo chiều dài của ít nhất hai cạnh gọi là cạnh đáy hoặc là cạnh khởi tính. Theo các góc đo và chiều dài của một cạnh, từ một điểm có tọa độ gốc, có thể lần lượt tính ra tọa độ mặt bằng của tất cả các điểm theo nội dung bài toán chuyển tọa độ. Cho đến nay, ngoại trừ phương pháp đo bằng GPS thì phương pháp tam giác đo góc vẫn là một phương pháp chính xác và có năng suất nhất để xây dựng lưới khống chế trắc địa trên những phạm vi lớn. Tuy nhiên, do sự phát triển mạnh của khoa học kỹ thuật, hiện nay đã có những máy đo chiều dài bằng sóng điện từ có thể đo được các khoảng cách lớn với độ chính xác cao, nên lưới khống chế còn được xây dựng bằng phương pháp đo toàn cạnh.

*Phương pháp đo toàn cạnh* chỉ khác so với phương pháp tam giác đo góc là trong các tam giác người ta không đo các góc mà đo tất cả các cạnh và cũng dựa vào việc giải tam giác, sau khi tính được các góc, sẽ tiến hành tính chuyển phương vị và tính chuyển tọa độ để tính ra tọa độ các điểm trong lưới.

Phương pháp đường chuyền là xây dựng trên thực địa các điểm hình thành những tuyến gãy khúc kín hoặc dựa vào các điểm của lưới cấp cao hơn, trong đó đo



khoảng cách giữa các điểm kề nhau và tất cả các góc ngang tại các điểm. Trong phương pháp này vừa đo góc, vừa đo cạnh, nhất là khi các phương tiện đo cạnh ngày một phát triển và vị trí các điểm lại được bố trí khá linh hoạt có thể tránh được các chướng ngại vật nên thường không phải dựng cột tiêu cao, giảm giá thành xây dựng lưới nên phương pháp đường chuyền ngày càng được áp dụng rộng rãi. Ngoài ra, nhờ tiến bộ của khoa học kỹ thuật, những năm gần đây công nghệ GPS đã được áp dụng rất rộng rãi trong nhiều lĩnh vực trong đó có các công tác trắc địa, đặc biệt là trong công tác xây dựng lưới khống chế. Vì thế, xây dựng lưới bằng công nghệ GPS là phương pháp hiệu quả nhất hiện nay.

Do giới hạn của chương trình, dưới đây chúng tôi chỉ đề cập đến lưới khống chế đo vẽ và công tác xây dựng loại lưới này.

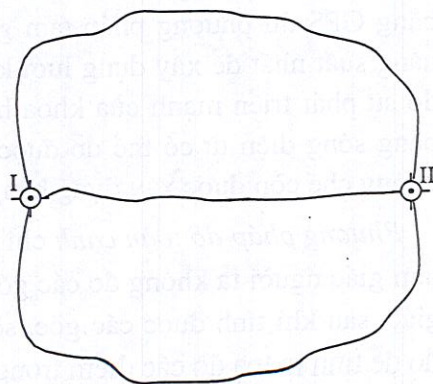
## 7.2. LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐO VẼ

Lưới khống chế đo vẽ được xây dựng dưới dạng các đường chuyền kinh vĩ, toàn đạc, bàn đạc, lưới các tam giác nhỏ đo góc, các phương pháp giao hội trắc địa và dùng công nghệ GPS. Thông thường vị trí mặt bằng và độ cao các điểm được xác định đồng thời. Độ cao các điểm của lưới khống chế đo vẽ được xác định bằng đo cao hình học hoặc đo cao lượng giác, thậm chí có thể dùng tia ngắm nằm ngang của máy kinh vĩ có ống thủy gắn trên ống kính.

Trên những khu vực cần đo vẽ có diện tích không quá  $1\text{km}^2$  có thể xây dựng một lưới khống chế trắc địa độc lập.

Mật độ điểm của lưới khống chế đo vẽ phụ thuộc vào tỷ lệ cần đo vẽ, vào các phương pháp đo vẽ và được quy định trong quy phạm đo vẽ địa hình. Đối với mỗi tỷ lệ đo vẽ, mật độ điểm khống chế được quy định như sau:

- Khi đo vẽ tỷ lệ 1 : 5000 cần 4 điểm trên  $1\text{km}^2$ ;
- Khi đo vẽ tỷ lệ 1 : 2000 cần 12 điểm trên  $1\text{km}^2$ ;
- Khi đo vẽ tỷ lệ 1 : 1000 cần 16 điểm trên  $1\text{km}^2$ ;
- Khi đo vẽ tỷ lệ 1 : 500 trong khu xây dựng cần xác định số lượng điểm qua khảo sát cụ thể, ít nhất cũng cần phải bố trí tới 18 điểm và tối đa lên tới 24 điểm trên  $1\text{km}^2$ . Hình thức phổ biến nhất của lưới khống chế đo vẽ mặt bằng là xây dựng các đường chuyền kinh vĩ khép kín dựa trên một hoặc hai điểm gốc, hoặc hệ thống các đường chuyền dựa trên ít nhất là hai điểm gốc. Các đường chuyền kinh vĩ trong lưới có thể cắt nhau tạo nên những điểm nút. Trong những trường hợp đặc biệt cũng có thể xây



**Hình 7.1.** Đường chuyền kinh vĩ độc lập.



dụng lưới đường chuyền kinh vĩ độc lập (không có điểm gốc) tạo nên ít nhất hai vòng khép kín có hai điểm nút (hình 7.1).

Chiều dài của tuyến kinh vĩ phụ thuộc vào tỷ lệ đo vẽ và điều kiện khi đo. Ví dụ, khi đo vẽ khu xây dựng ở tỷ lệ 1: 5000, chiều dài của tuyến kinh vĩ không được vượt quá 4,0km, còn ở tỷ lệ 1: 500 - không quá 0,8km. Ở khu không xây dựng, chiều dài của tuyến có thể tăng lên gấp rưỡi.

Chiều dài cạnh trong tuyến tối đa là 350m, cạnh ngắn nhất là 20m. Sai số khép tương đối về chiều dài không vượt quá  $1/2000$ , trong những điều kiện đo đạc không thuận lợi có thể cho phép tới  $1/1000$ .

Các góc trong lưới được đo bằng máy kinh vĩ một vòng đo với sai số trung phương đo góc  $m_\beta = 0',5$ . Sai lệch giá trị góc giữa hai nửa vòng đo không được vượt quá  $0',8$ . Sai số khép góc cho phép trong tuyến  $f_{\beta_{gh}} \leq 1\sqrt{n}$ , trong đó  $n$  - là số góc đo trong tuyến.

Khi xác định độ cao các điểm khống chế đo vẽ bằng đo cao hình học, sai số khép trong tuyến không được vượt quá  $5\text{cm}\sqrt{L}$ , khi đo cao lượng giác là  $f_h = 20\text{cm}\sqrt{L}$  hoặc  $f_h = (0,04 \sum s)\sqrt{n}$  cm, trong đó  $L$  là chiều dài tuyến tính theo đơn vị km,  $n$  là số cạnh,  $s$  - chiều dài mỗi cạnh trong tuyến tính theo đơn vị 100m.

Các điểm của lưới khống chế đo vẽ có thể đánh dấu ngoài thực địa bằng những mốc tạm thời bằng cọc gỗ, nếu những điểm đó có dự kiến phục vụ cho những mục đích lâu dài tiếp theo thì phải gia cố chắc chắn bằng cọc bê tông hoặc ống thép.

Trên một mặt bằng rộng rãi và quang đãng, thay cho các tuyến kinh vĩ, người ta xây dựng những chuỗi tam giác, hệ thống tam giác trung tâm, tỷ giác trắc địa và chêm điểm, gọi chung là lưới tam giác nhỏ, có ít nhất hai điểm đã biết tọa độ và dựa trên hai cạnh gốc ở hai đầu khu vực của lưới. Cạnh gốc có thể là cạnh của lưới giải tích và đường chuyền bậc 1, bậc 2 chêm dày hoặc đo trực tiếp với độ chính xác  $1/5000$ . Góc nhỏ nhất trong tam giác không được nhỏ hơn  $20^\circ$  còn cạnh ngắn nhất là 150m, cạnh dài nhất không quá 1km. Các góc được đo hai vòng bằng máy kinh vĩ có độ chính xác  $30''$ . Sai lệch giá trị của góc giữa các vòng đo không được quá  $45''$ , sai số khép trong tam giác không vượt quá  $1',5$ . Nếu vị trí điểm được xác định bằng giao hội thuận thì phải đo ít nhất từ 3 điểm, còn bằng giao hội nghịch thì phải ngắm đến ít nhất là 4 điểm. Góc  $\gamma$  tại điểm giao hội không được nhỏ hơn  $30^\circ$  và lớn hơn  $150^\circ$  ( $30^\circ \leq \gamma \leq 150^\circ$ ). Nếu sử dụng máy toàn đạc điện tử hoặc dùng công nghệ GPS thì công tác đo đạc xây dựng lưới sẽ được đơn giản đi rất nhiều và đạt được độ chính xác cao.

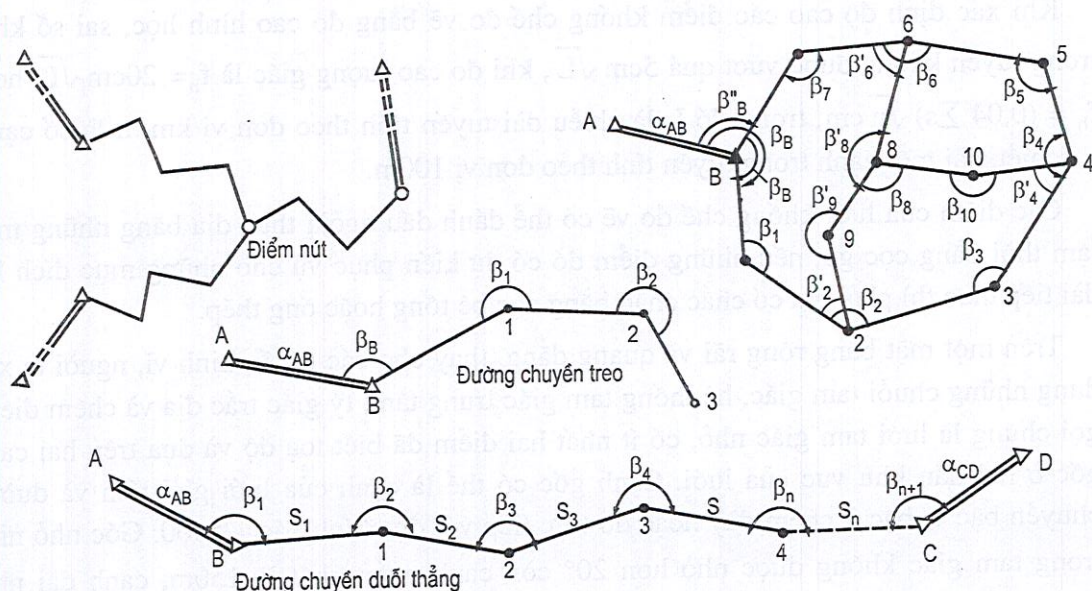
### 7.3. XÂY DỰNG LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐO VẼ BẰNG ĐƯỜNG CHUYỀN KINH VĨ

Đường chuyền kinh vĩ là một tuyến nối các điểm khống chế tạo nên một đường gãy khúc khép kín hoặc không khép kín. Xây dựng lưới khống chế bằng phương pháp



đường chuyền có ưu điểm nổi bật là các điểm có thể bố trí rất linh hoạt tùy theo điều kiện khu đo vì nó chỉ đòi hỏi tầm nhìn thông hướng giữa hai điểm kề nhau mà không phải dựng tiêu cao. Trong đường chuyền đo tất cả các góc và các cạnh. Dựa vào toạ độ và phương vị khởi đầu, thông qua bài toán thuận có thể tính ra toạ độ của tất cả các điểm còn lại.

Trong thực tế sản xuất thường gặp dạng đường chuyền khép kín và không khép kín, đường chuyền phù hợp và không phù hợp. Đường chuyền phù hợp là đường chuyền có điểm xuất phát và điểm kết thúc đều là điểm gốc. Đường chuyền không phù hợp có thể là đường chuyền treo (chỉ có điểm xuất phát là điểm gốc), hoặc đường chuyền độc lập không có điểm toạ độ gốc cho trước. Khi đó, để xử lý số liệu đo cần phải giả định phương vị của một cạnh và toạ độ một điểm gốc. Ngoài ra, nếu đường chuyền có dạng bất kỳ (các góc có giá trị bất kỳ) thường gọi là đường chuyền gãy khúc, còn đường chuyền có các góc ngoặt ở đỉnh gần với  $180^\circ$  gọi là đường chuyền duỗi thẳng (hình 7.2).



**Hình 7.2. Các dạng đường chuyền kinh vĩ.**

Trên những khu vực rộng lớn có thể xây dựng nhiều đường chuyền liên kết với nhau tạo nên những điểm nút để nâng cao độ chính xác của lưới và mở rộng phạm vi đo vẽ.

Quy trình công nghệ lập đường chuyền kinh vĩ thực hiện theo hai giai đoạn: giai đoạn ngoại nghiệp và giai đoạn nội nghiệp.

Công tác ngoại nghiệp gồm: thiết kế đường chuyền, khảo sát chọn điểm, chôn mốc ngoài thực địa, đo cạnh và đo góc trong đường chuyền.

Công tác thiết kế tuyến kinh vĩ được tiến hành sau khi có nhiệm vụ kỹ thuật cụ thể. Căn cứ vào khu vực cần đo vẽ và những điểm khống chế cấp cao hơn có trên khu vực để bố trí các điểm của đường chuyền kinh vĩ sao cho chúng được phân bố đều trên khu đo



và ở những vị trí có thể quan sát được nhiều nhất địa hình, địa vật xung quanh. Để đơn giản cho tính toán, nên bố trí các điểm tạo thành những tuyến đơn phù hợp hoặc đường chuyển khép kín.

Sau khi đã có sơ đồ thiết kế, bắt đầu tiến hành chọn điểm và chôn mốc ngoài thực địa. Các điểm được chọn có thể thay đổi, xê dịch chút ít so với sơ đồ thiết kế, sao cho nơi bố trí điểm có điều kiện địa chất ổn định, thuận tiện cho đi lại đo ngắm và có thể bảo quản giữ lại được lâu dài. Các điểm được đóng cọc gỗ chắc chắn, trên mặt có đóng đinh để làm tâm mốc, nếu cần bảo quản lâu dài nên thay cọc gỗ bằng cọc bê tông hoặc ống thép.

Nếu sử dụng máy quang học và thước thép thì quá trình đo đạc đường chuyển thường bắt đầu từ việc đo chiều dài các cạnh. Chiều dài cạnh được đo bằng thước thép đã kiểm nghiệm theo chiều đo đi và đo về hoặc những dụng cụ đo dài khác đảm bảo sai số tương đối đo cạnh khoảng 1/1500 - 1/2000. Khi đo ở những khoảng cách ngắn bằng thước thép, sai lệch giữa hai lần đo không được vượt quá 3cm.

Khi dùng thước thép để đo chiều dài cạnh, phải tính đến số hiệu chỉnh do kiểm nghiệm thước nếu giá trị của nó lớn hơn 2mm. Số hiệu chỉnh do độ dốc địa hình cũng được tính đến nếu góc nghiêng  $\nu$  lớn hơn  $1^\circ 30'$  và tính theo công thức:

$$\Delta S_v = 2S \sin^2 \frac{\nu}{2}, \quad (7.1)$$

trong đó:

S - khoảng cách đo bằng thước thép;

$\nu$  - góc nghiêng địa hình đo được bằng máy kinh vĩ.

Trong trường hợp nhiệt độ không khí khi đo chênh lệch quá  $8^\circ\text{C}$  so với nhiệt độ khi kiểm nghiệm thước, cần tính số hiệu chỉnh do nhiệt độ theo công thức:

$$\Delta S_t = \alpha \cdot S (t - t_0) \quad (7.2)$$

trong đó:

$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}/1^\circ$  - hệ số giãn nở nhiệt của vật liệu làm thước;

$t_0$  và  $t$  - nhiệt độ khi kiểm nghiệm và khi đo cạnh.

Nếu trên hướng cạnh đo có chướng ngại vật không thể đo trực tiếp được, có thể lựa chọn các phương án đo gián tiếp.

Khi đo góc trong đường chuyển, tại điểm cấp cao còn phải đo thêm các góc nối từ hướng gốc tới hướng của cạnh đường chuyển. Nếu đường chuyển không tạo thành vòng khép kín, nên đo các góc ngoặt  $\beta$  bên trái tuyến, còn đối với vòng khép kín nên đo các góc phía trong đa giác. Nói chung, để tránh nhầm lẫn khi tính toán, các góc ngang trong cùng một đường chuyển đều đo thống nhất theo một phía, hoặc đo tất cả các góc trái  $\beta$  hoặc đo tất cả các góc phải  $\lambda$ .



Khi đo góc cần đặc biệt chú ý dựng tiêu sao cho thật thẳng đứng, khi ngắm lên sào tiêu, cố gắng ngắm càng gần chân sào tiêu càng tốt để hạn chế ảnh hưởng do sào tiêu bị nghiêng. Nếu có thể được nên ngắm thẳng vào tâm mốc. Máy kinh vĩ phải được định tâm với sai số không vượt quá 5mm. Tốt nhất là dùng máy có bộ phận định tâm quang học.

Nếu có điều kiện sử dụng máy toàn đạc điện tử thì quá trình đo góc và đo cạnh được tiến hành đồng thời, các số liệu đo được hiệu chỉnh và lưu giữ vào bộ nhớ trong của máy. Thậm chí có thể xác định ngay được tọa độ các điểm.

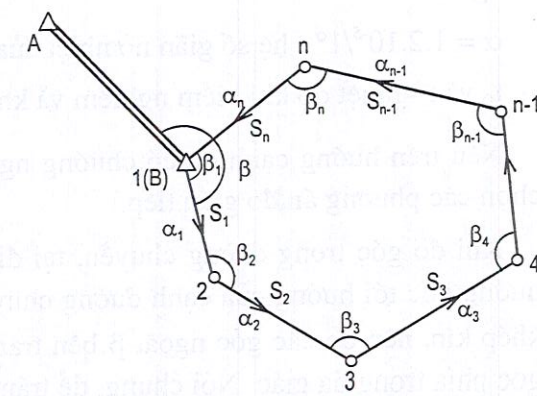
Nếu là đường chuyền độc lập, cần xác định phương vị từ của một cạnh nào đó trong đường chuyền bằng la bàn. Sau khi đã kiểm tra toàn bộ kết quả đo đạc và tính toán sơ bộ, bắt đầu công tác nội nghiệp gồm xử lý số liệu, tính toán tọa độ các điểm, đánh giá độ chính xác và viết báo cáo kỹ thuật. Trên hình 7.3 là sơ đồ một đường chuyền kinh vĩ khép kín trong khu vực cần đo vẽ.

Do giới hạn của chương trình, dưới đây xin chỉ trình bày nội dung công tác tính toán, xử lý kết quả đo đạc đối với đường chuyền kinh vĩ phù hợp khép kín và không khép kín.

#### 7.4. TÍNH TOÁN, XỬ LÝ KẾT QUẢ ĐO ĐƯỜNG CHUYỀN KINH VĨ KHÉP KÍN

Tính toán, xử lý kết quả đo nhằm mục đích xác định tọa độ các điểm của đường chuyền kinh vĩ, đây là giai đoạn nội nghiệp. Ta hãy xét trình tự tính toán một đường chuyền kinh vĩ phù hợp khép kín như trên sơ đồ hình 7.4.

Đường chuyền bắt đầu từ điểm 1 (trùng với điểm B của lưới bậc cao hơn) đi qua các điểm 2, 3... n-1, n và lại quay trở về điểm 1(B). Thông thường tọa độ của điểm 1(B) đã biết trước hoặc giả định cho trước. Trong đường chuyền đo góc nối giữa hướng của phương vị đầu BA và cạnh đầu của tuyến 1(B) - 2;



Hình 7.4. Đường chuyền kinh vĩ phù hợp khép kín.



Đo tất cả các góc trong  $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_{n-1}, \beta_n$  theo hướng đi của đường chuyển chúng cũng là các góc trái, xác định chiều dài nằm ngang  $S_1 \dots S_n$  của tất cả các cạnh. Trình tự tính toán theo các bước sau:

**Bước 1:** Điều chỉnh các góc đo của đường chuyển.

Kết quả đo góc ngang trong một đồ hình cần thoả mãn các điều kiện hình học của nó. Ví dụ, trong một tam giác phẳng, tổng các góc trong của nó phải bằng  $180^\circ$ , trong tứ giác, tổng các góc trong bằng  $360^\circ$  v.v.. Tuy nhiên, trên thực tế do không tránh khỏi những sai số khi đo nên tổng các góc đo không bằng tổng lý thuyết của chúng. Vì thế cần điều chỉnh vào góc đo một số hiệu chỉnh nào đó sao cho sau khi điều chỉnh tổng các góc đã hiệu chỉnh phải đúng bằng tổng lý thuyết. Quá trình này gọi là điều chỉnh các góc đo.

Trước hết ta tính tổng các góc đo của đường chuyển khép kín:

$$\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_{n-1} + \beta_n = \sum_{i=1}^n \beta_{ido} \quad (7.3)$$

Tổng lý thuyết các góc trong của một đa giác phẳng có  $n$  góc được tính theo công thức:

$$\sum_{i=1}^n \beta_{ilt} = 180^\circ(n-2) \quad (7.4)$$

Chênh lệch giữa tổng các góc đo và tổng lý thuyết của chúng được gọi là sai số khép góc trong đường chuyển và được tính theo công thức:

$$f_\beta = \sum_{i=1}^n \beta_{ido} - \sum_{i=1}^n \beta_{ilt} \quad (7.5)$$

Sai số khép không được vượt quá giá trị giới hạn  $f_{\beta gh}$  đối với những điều kiện đo cụ thể, nghĩa là:

$$f_\beta \leq f_{\beta gh} \quad (7.6)$$

Sai số khép giới hạn trong đường chuyển kinh vĩ được tính theo công thức:

$$f_{\beta gh} = 2m_\beta \sqrt{n} = l' \sqrt{n} \quad (7.7)$$

trong đó:  $m_\beta$  - sai số đo góc;

$n$  - số lượng góc đo trong đường chuyển.

Nếu sai số khép góc tính theo công thức (7.5) nhỏ hơn hoặc bằng sai số giới hạn thì kết quả đo góc được xem như đạt yêu cầu kỹ thuật. Trong trường hợp ngược lại, phải kiểm tra, tiến hành đo lại ở một số trạm hoặc phải đo lại toàn bộ các góc. Sai số khép góc  $f_\beta$  được chia ra các số hiệu chỉnh  $v_\beta$  với dấu ngược lại đồng đều cho tất cả các góc đã đo theo công thức:

$$v_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n} \quad (7.8)$$

Khi điều chỉnh góc, cần đảm bảo chặt chẽ yêu cầu là tổng các số hiệu chỉnh phải đúng bằng sai số khép góc với dấu ngược lại, nghĩa là:

$$\sum_1^n v_{\beta} = -f_{\beta} \quad (7.9)$$

Các góc đo được điều chỉnh sẽ có giá trị là:

$$\beta_{ihc} = \beta_{ido} + \frac{-f_{\beta}}{n} = \beta_{ido} + v_{\beta} \quad (7.10)$$

Đến đây, quá trình tính toán phải được kiểm tra theo công thức:

$$\sum_1^n \beta_{ihc} = \sum_1^n (\beta_{ido} + v_p) = \sum_1^n \beta_{ilth} \quad (7.11)$$

*Bước 2:* Tính góc phương vị của các cạnh đường chuyền.

Sau khi điều chỉnh các góc đo sẽ tiến hành tính các góc phương vị của các cạnh đường chuyền. Trước hết, cần tính góc phương vị  $\alpha_1$  của cạnh thứ nhất 1(B)-2 (hình 7.4) theo công thức (2.19) vì góc đo là góc trái  $\beta_{nối}$ :

$$\alpha_1 = \alpha_{dầu} \pm 180^\circ + \beta_{nối} \quad (7.12)$$

trong đó:

$\alpha_{dầu}$  - góc phương vị ban đầu của cạnh gốc AB;

$\beta_{nối}$  - góc nối tại điểm 1(B) giữa hướng ban đầu và cạnh thứ nhất 1-2 của đường chuyền.

Sau đó lần lượt tính các góc phương vị của tất cả các cạnh còn lại của tuyến theo công thức:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \alpha_1 \pm 180^\circ + \beta_2 \\ \alpha_3 &= \alpha_2 \pm 180^\circ + \beta_3 \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha_n &= \alpha_{n-1} \pm 180^\circ + \beta_n \end{aligned} \quad (7.13)$$

Để kiểm tra việc tính phương vị của các cạnh đường chuyền kinh vĩ khép kín, ta tính lại góc phương vị cạnh đầu tiên một lần nữa theo công thức:

$$\alpha_1 = \alpha_n \pm 180^\circ + \beta_1 \quad (7.14)$$

Nếu trong đường chuyền không đo góc trái mà đo các góc phải  $\lambda$  thì trình tự tính các góc phương vị vẫn không thay đổi nhưng phải sử dụng công thức (2.20).





Trong các đường chuyển kinh vĩ, sai số khép tương đối không được vượt quá 1/1000 đến 1/2000 tùy thuộc vào điều kiện đo cạnh.

Nếu sai số khép chiều dài vượt quá giá trị cho phép, cần phải phát hiện các sai số qua việc kiểm tra tính toán, sổ đo,... hoặc phải tiến hành đo lại.

Khi sai số khép chiều dài nằm trong phạm vi cho phép, ta tiến hành điều chỉnh gia số tọa độ. Sai số khép  $f_x$  và  $f_y$  theo các trục tọa độ được phân chia dưới dạng các số hiệu chỉnh  $v_{xi}$  và  $v_{yi}$  cho tất cả các gia số tọa độ đã tính với dấu ngược lại của sai số khép. Các số hiệu chỉnh được tính tỷ lệ thuận với chiều dài cạnh trong tuyến, nghĩa là cạnh càng dài thì số hiệu chỉnh cho gia số tọa độ tương ứng càng lớn:

$$\begin{aligned}v_{xi} &= \frac{-f_x}{\sum S} S_i; \\v_{yi} &= \frac{-f_y}{\sum S} S_i\end{aligned}\quad (7.20)$$

Tổng các số hiệu chỉnh vừa tính phải đúng bằng sai số khép tương ứng với dấu ngược lại, nghĩa là:

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n v_{xi} &= -f_x; \\ \sum_{i=1}^n v_{yi} &= -f_y\end{aligned}\quad (7.21)$$

Sau đó tính các gia số tọa độ được hiệu chỉnh:

$$\begin{aligned}\Delta X_{ihch} &= \Delta X_{itính} + v_{xi} \\ \Delta X_{ihch} &= \Delta X_{itính} + v_{yi}\end{aligned}\quad (7.22)$$

Việc tính toán gia số tọa độ điều chỉnh được kiểm tra theo những điều kiện sau đối với tuyến khép kín:

$$\begin{aligned}\sum_1^n \Delta X_{hch} &= \sum_1^n \Delta X_{lth} = 0; \\ \sum_1^n \Delta Y_{hch} &= \sum_1^n \Delta Y_{lth} = 0\end{aligned}\quad (7.23)$$

Với những gia số đã được điều chỉnh, lần lượt tính tọa độ vuông góc của các điểm theo công thức (7.15). Tọa độ điểm đầu 1(B) được tính một lần nữa theo vòng khép kín sẽ được dùng để kiểm tra cả quá trình tính toán.

Hiện nay, việc tính toán các lưới lớn, phức tạp được gọi là bình sai lưới và đều được thực hiện bằng các chương trình phần mềm chuyên dụng, tuy nhiên đối với những đường chuyển đơn có thể sử dụng máy tính kỹ thuật cầm tay và để cho đơn giản, quá trình tính toán được thực hiện dưới dạng bảng (xem bảng 7.2) theo từng cột lần lượt từ trái sang phải, kết thúc cột này mới chuyển sang cột tiếp theo.



**Bảng 7.2. Bảng tính tọa độ các điểm của đường chuyển kinh vĩ khép kín**

| Tên điểm                                                                                                            | Góc ngoài (trái)  |                 | Góc phương<br>$\alpha_i, \alpha$ | Góc $r$             | cos<br>sin $r$       | Khoảng cách<br>năm ngang $S_i$<br>m | Tích toán     |                |       |                 |       |                          | Hiệu chỉnh               |            |       | Tọa độ, m |         | Số<br>điểm |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|---------------|----------------|-------|-----------------|-------|--------------------------|--------------------------|------------|-------|-----------|---------|------------|
|                                                                                                                     | $\beta_{ds}$      | $\beta_{h, ch}$ |                                  |                     |                      |                                     |               |                |       |                 |       |                          |                          |            |       |           |         |            |
|                                                                                                                     | 2                 | 3               | 4                                | 5                   | 6                    | 7                                   | $\pm$         | $\Delta X$     | $\pm$ | $\Delta Y$      | $\pm$ | $\Delta X$               | $\pm$                    | $\Delta Y$ | $\pm$ | x         | y       |            |
| 1<br>N°46                                                                                                           |                   |                 |                                  |                     |                      |                                     | 8             | 9              | 10    | 11              | 12    | 13                       | 14                       | 15         |       | 16        | 17      | 18         |
|                                                                                                                     |                   |                 |                                  |                     |                      |                                     | -             | +0,01<br>39,77 | +     | -0,04<br>62,28  | -     |                          |                          |            |       | 1415,48   | 2041,62 | N°46       |
| 1                                                                                                                   | -0,3<br>162°49',0 | 162°48',7       | 122°33',6                        | ĐN 47°26',4         | -0,53818<br>+0,84283 | 73,89                               |               |                |       |                 |       |                          |                          |            |       |           |         |            |
| 2                                                                                                                   | -0,3<br>149°03,0  | 149°02,7        | 105°22,3                         | ĐN 74°37,7          | -0,26508<br>+0,96423 | 172,26                              | -             | +0,02<br>45,66 | +     | -0,04<br>166,10 | -     |                          |                          |            |       | 1375,72   | 2103,86 | 1          |
| 3                                                                                                                   | -0,4<br>55°01,90  | 55°00,6         | 74°25,0                          | ĐB 74°25,0          | +0,26864<br>+0,96324 | 94,92                               | +             | +0,01<br>25,50 | +     | -0,04<br>91,43  | +     |                          |                          |            |       | 1330,08   | 2269,92 | 2          |
| 4                                                                                                                   | -0,3<br>167°20,5  | 167°20,2        | 309°25,6                         | TB 50°34,4          | +0,63509<br>-0,77244 | 123,98                              | +             | +0,01<br>78,74 | -     | -0,04<br>95,77  | -     |                          |                          |            |       | 1355,59   | 2361,31 | 3          |
| 5                                                                                                                   | -0,3<br>104°31,0  | 104°30,7        | 296°45,8                         | TB 63°14,2          | +0,45031<br>-0,89287 | 160,87                              | +             | +0,02<br>72,44 | -     | -0,04<br>143,64 | +     |                          |                          |            |       | 1434,34   | 2265,50 | 4          |
| N°46                                                                                                                | -0,4<br>81°17,5   | 81°17,1         | 221°16,5                         | TN 41°16,5          | -0,75155<br>-0,65967 | 121,52                              | -             | +0,01<br>91,33 | -     | -0,04<br>80,16  | -     |                          |                          |            |       | 1506,80   | 2121,82 | 5          |
|                                                                                                                     |                   |                 | 122°33,6                         |                     |                      |                                     |               |                |       |                 |       |                          |                          |            |       |           |         |            |
| $\Sigma \beta_{\text{đo}} = 720^\circ 02',0$<br>$\Sigma \beta_{\text{tính}} = 720^\circ 00',0$<br>$f_\beta = +2',0$ |                   |                 |                                  | $\Sigma S = 747,24$ |                      |                                     | +             | 176,68         | +     | 319,81          | +     |                          |                          |            |       | 1415,48   | 2041,62 | N°46       |
|                                                                                                                     |                   |                 |                                  |                     |                      |                                     | -             | 176,76         | -     | 319,57          | -     |                          |                          |            |       |           |         |            |
|                                                                                                                     |                   |                 |                                  |                     |                      |                                     | $f_x = -0,08$ |                |       | $f_y = +0,24$   |       | $\Sigma \Delta X = 0,00$ | $\Sigma \Delta Y = 0,00$ |            |       |           |         |            |

Tính sai số khép góc cho phép:  $f_{\beta_{ch, p}} = 1' \sqrt{n} = \pm 2',4$ ;  
Tính sai số khép chiều dài cho phép:  $f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,08^2 + 0,24^2} = 0,25\text{m};$

$$\frac{1}{N} = \frac{0,25}{747,24} \approx \frac{1}{3000} < \frac{1}{2000}$$

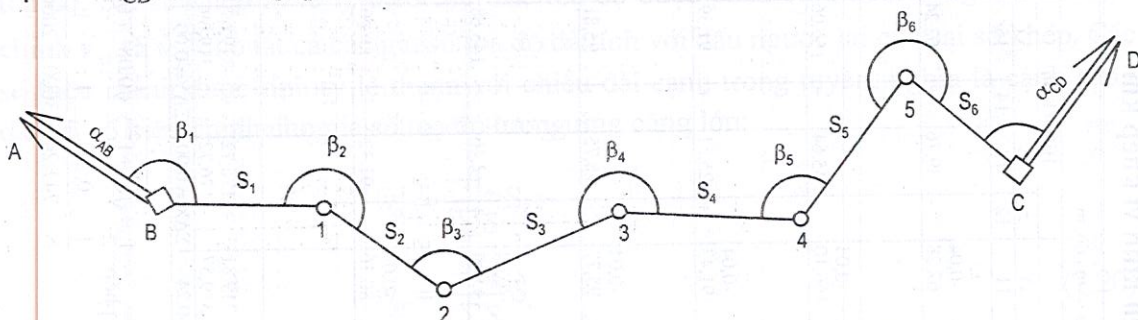


THƯ VIỆN  
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ

## 7.5. TÍNH TOÁN, XỬ LÝ KẾT QUẢ ĐO ĐƯỜNG CHUYỀN KINH VĨ PHÙ HỢP KHÔNG KHÉP KÍN (ĐƯỜNG CHUYỀN HỎ)

Đường chuyền kinh vĩ phù hợp không khép kín là đường chuyền xuất phát từ một phương vị đầu  $\alpha_{AB}$ , một điểm gốc (B) và kết thúc tại một điểm gốc khác (C) và phương vị cuối  $\alpha_{CD}$  mà không quay về điểm ban đầu (hình 7.5).



Hình 7.5. Đường chuyền phù hợp không khép kín.

Trình tự tính toán vẫn gồm 3 bước giống như trường hợp đường chuyền khép kín. Tuy nhiên, do có hai điểm có tọa độ gốc ( $X_{\text{đầu}}$ ,  $Y_{\text{đầu}}$ ,  $X_{\text{cuối}}$ ,  $Y_{\text{cuối}}$ ) và hai phương vị gốc  $\alpha_{\text{đầu}}$  ( $\alpha_{AB}$ ) và  $\alpha_{\text{cuối}}$  ( $\alpha_{CD}$ ) nên các giá trị tổng lý thuyết của các góc và tổng các gia số tọa độ sẽ được tính theo các công thức khác.

**Bước 1:** Khi điều chỉnh góc đo, tổng các góc theo lý thuyết được tính theo công thức:

$$\text{Khi đo góc trái } \beta: \sum_{i=1}^n \beta_{\text{lth}} = \alpha_{\text{cuối}} - \alpha_{\text{đầu}} + n.180^\circ \quad (7.24)$$

$$\text{Khi đo góc phải } \lambda: \sum_{i=1}^n \lambda_{\text{lth}} = \alpha_{\text{đầu}} - \alpha_{\text{cuối}} + n.180^\circ \quad (7.25)$$

trong đó:  $n$  - số góc đo trong tuyến.

Khi đó, sai số khép góc được tính theo công thức:

$$f_\beta = \sum_{i=1}^n \beta_{\text{đo}} - \sum_{i=1}^n \beta_{\text{lth}} \quad (7.26)$$

Giá trị góc hiệu chỉnh tính theo công thức:

$$\beta_{\text{ihch}} = \beta_{\text{đo}} + v_{\beta_i} \quad (7.27)$$

$$\text{trong đó: } v_{\beta_i} = \frac{-f_\beta}{n} \quad (7.28)$$

Quá trình tính toán được kiểm tra theo công thức (7.11).

**Bước 2:** Tính góc phương vị của các cạnh đường chuyền theo công thức (7.13).



Bước 3. Tính tọa độ các điểm trong đường chuyền.

Trong các đường chuyền hở, tổng lý thuyết của các giá số tọa độ được tính theo các công thức sau:

$$\sum_{i=1}^n \Delta X_{l.th} = X_{cuối} - X_{đầu}; \quad \sum_{i=1}^n \Delta Y_{l.th} = Y_{cuối} - Y_{đầu}; \quad (7.29)$$

Khi đó sai số khép tọa độ được tính theo công thức:

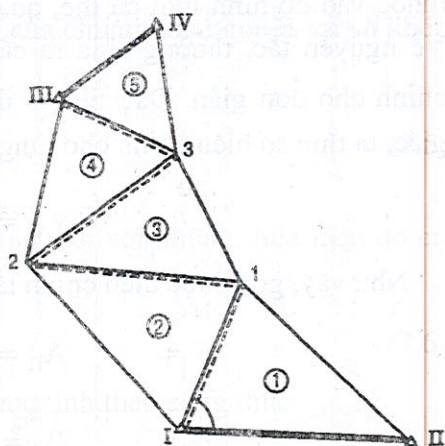
$$f_x = \sum_{i=1}^n \Delta X_{tính} - \sum_{i=1}^n \Delta X_{l.th}; \quad f_y = \sum_{i=1}^n \Delta Y_{tính} - \sum_{i=1}^n \Delta Y_{l.th} \quad (7.30)$$

Sai số khép chiều dài  $f_s$  và sai số tương đối  $\frac{f_s}{\sum S}$  được tính theo các công thức (7.18)

và (7.19). Khi sai số khép chiều dài nằm trong giới hạn cho phép thì các số hiệu chỉnh cho giá số tọa độ được tính theo công thức (7.20), giá số tọa độ đã hiệu chỉnh tính theo (7.22). Cuối cùng tính tọa độ các điểm theo công thức (7.15). Biểu mẫu tính toán cũng giống như trường hợp đường chuyền khép kín (bảng 7.2).

## 7.6. XÂY DỰNG LƯỚI KHÔNG CHẾ ĐO VẼ BẰNG PHƯƠNG PHÁP LƯỚI TAM GIÁC NHỎ

Cũng như đối với đường chuyền kinh vĩ, trước khi đo đạc, lưới tam giác nhỏ (hình 7.6) cũng được thiết kế, chọn điểm và xây dựng tiêu mốc ngoài thực địa. Nếu lưới không dựa vào một cạnh gốc thì chiều dài các cạnh đáy của nó phải được đo bằng thước thép đã kiểm nghiệm theo chiều đo đi và đo về, thước phải được kéo căng bằng một lực kéo cố định khoảng 10 ÷ 15kg hoặc đo bằng các máy đo dài điện tử có độ chính xác tương ứng. Khi đo bằng thước thép, cạnh đáy phải được chọn ở những nơi bằng phẳng, việc dóng hướng thực hiện bằng máy kinh vĩ. Nếu cạnh đáy có độ dốc, cần đo chênh cao để tính số hiệu chỉnh khi chuyển về khoảng cách nằm ngang. Ngoài ra còn phải đo nhiệt độ để tính số hiệu chỉnh do giãn nở thước. Chiều dài nằm ngang của cạnh đáy được tính theo công thức:



Hình 7.6. Lưới tam giác nhỏ.

$$S = n(l_0 + \Delta l) + r + \alpha l_0 \sum_{i=1}^n (t - t_0) - \sum_{i=1}^n \frac{h_i^2}{2l_0} + r - \frac{h_r^2}{2r}, \quad (7.31)$$

trong đó:

$n$  - số lần đặt thước;

$l_0$  - chiều dài danh nghĩa của thước;

$\Delta l$  - số hiệu chỉnh do kiểm nghiệm thước;

$h_i$  và  $h_r$  - chênh cao của các đầu đoạn thước và của đoạn lẻ  $r$ ;

$\alpha$  - hệ số giãn nở nhiệt của vật liệu làm thước.

Sai số tương đối giữa hai lần đo chiều dài cạnh đáy không vượt quá 1 : 5000.

Sai số trung phương đo góc trong lưới được tính theo công thức:

$$m_\beta = \sqrt{\frac{f_{\beta i}^2}{3n}},$$

trong đó:  $f_{\beta i}$  - sai số khép góc trong tam giác;

$n$  - số tam giác trong lưới.

Nếu sử dụng máy toàn đạc điện tử thì quá trình đo đạc được đơn giản đi rất nhiều, đặc biệt là quá trình đo cạnh đáy, vì mọi số hiệu chỉnh có thể được tự điều chỉnh, ngoài ra máy có thể xác định ngay tọa độ các điểm.

Sau khi đã kiểm tra và đánh giá sơ bộ các kết quả đo góc và đo cạnh, sẽ tiến hành bình sai lưới (xử lý tính toán tọa độ điểm và đánh giá độ chính xác các kết quả nhận được). Lưới tam giác nhỏ được bình sai theo phương pháp đơn giản. Tuy nhiên, tùy thuộc vào đồ hình lưới cụ thể, quá trình tính các số hiệu chỉnh cũng có thể khác nhau. Về nguyên tắc, thường chia ra các nhóm phương trình điều kiện để tính các số hiệu chỉnh cho đơn giản. Đầu tiên là điều kiện hình, theo sai số khép góc  $f_{\beta i}$  của mỗi tam giác, ta tính số hiệu chỉnh cho từng góc trong tam giác theo công thức:

$$v_{A1} = v_{B1} = v_{C1} = -\frac{f_{\beta i}}{3}, \quad (7.33)$$

Như vậy, góc được điều chỉnh lần thứ nhất theo điều kiện hình sẽ là:

$$\begin{aligned} A_{i1} &= A_{ido} - \frac{f_{\beta i}}{3} \\ B_{i1} &= B_{ido} - \frac{f_{\beta i}}{3} \\ C_{i1} &= C_{ido} - \frac{f_{\beta i}}{3} \end{aligned} \quad (7.34)$$

Nếu trong lưới có hai phương vị góc, sẽ xuất hiện điều kiện góc phương vị, nếu có hai cạnh đáy sẽ xuất hiện điều kiện cạnh đáy. Điều kiện góc phương vị được tính theo sai số khép phương vị  $f_\alpha$ . Tuy nhiên, sai số này chỉ do các góc  $C_i$  của tam giác tham gia, nên số hiệu chỉnh cho các góc đó sẽ là:

$$v_{ci} = -\frac{f_\alpha}{n} \quad (7.35)$$



Để cho điều kiện hình vẫn được thỏa mãn, các góc  $A_i$  và  $B_i$  của tam giác cũng phải bớt đi một nửa giá trị số hiệu chỉnh vào góc  $C_i$ , khi đó các góc được hiệu chỉnh lần thứ hai sẽ bằng:

$$\begin{aligned} A_{i2} &= A_{i1} + \frac{f_\alpha}{2n} = A_{ido} - \frac{f_\beta}{3} + \frac{f_\alpha}{2n} \\ B_{i2} &= B_{i1} + \frac{f_\alpha}{2n} = B_{ido} - \frac{f_\beta}{3} + \frac{f_\alpha}{2n} \\ C_{i2} &= C_{i1} - \frac{f_\alpha}{n} = C_{ido} - \frac{f_\beta}{3} - \frac{f_\alpha}{n} \end{aligned} \quad (7.36)$$

Điều kiện cạnh đáy xuất hiện dựa trên cơ sở công thức tính chiều dài cạnh tam giác:

$$b_2 = b_1 \frac{\sin A_{11} \cdot \sin A_{21} \dots \sin A_{n1}}{\sin B_{11} \cdot \sin B_{21} \dots \sin B_{n1}}, \quad (7.37)$$

hay: 
$$\lg b_1 - \lg b_2 + \sum_1^n \lg \sin A_{i1} - \sum_1^n \lg \sin B_{i1} = W_b \quad (7.38)$$

$W_b$  - số hạng tự do của phương trình điều kiện cạnh đáy.

Số hiệu chỉnh vào các góc  $A_i$  và  $B_i$  được tính theo công thức:

$$V_{Ai2} = \frac{W_b}{\sum_1^n (\delta_{Ai} + \delta_{Bii})}, \text{ và } V_{Bi2} = -V_{Ai2} = \frac{W_b}{\sum_1^n (\delta_{Ai} + \delta_{Bii})} \quad (7.39)$$

trong đó:  $\delta_{Ai}$  và  $\delta_{Bi}$  - thay đổi  $\lg \sin$  của góc  $A_i$  và  $B_i$  khi các góc đó thay đổi đi 1' (giá trị góc tính theo đơn vị phút).

Số hiệu chỉnh do điều kiện cực cũng được tính tương tự như (7.39), ở đây số hạng tự do của điều kiện cực  $W_c$  được tính theo công thức:

$$W_c = \sum_{i=1}^n \lg \sin A_{i1} - \sum_{i=1}^n \lg \sin B_{i1} \quad (7.40)$$

Hiện nay, công tác tính toán bình sai lưới trắc địa đều được thực hiện nhờ sự trợ giúp của máy tính điện tử và những phần mềm chuyên dụng, tuy nhiên những bài toán nhỏ ở những lưới đơn giản vẫn có thể tính toán bằng các loại máy tính kỹ thuật bỏ túi thông dụng hoặc có thể sử dụng các ngôn ngữ Fortran, Pascan, Visual basic... để tự viết các phần mềm dựa vào những công thức toán học nêu trên.

## 7.7. XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ ĐIỂM KHỐNG CHẾ ĐO VẼ BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIAO HỘI

Để xác định tọa độ điểm độc lập chêm vào giữa các điểm cấp cao, thường áp dụng phương pháp giao hội. Tùy thuộc vào máy móc dụng cụ được áp dụng, trong thực tế có hai loại giao hội: giao hội góc và giao hội cạnh. Ngoài ra, theo công nghệ đo người ta



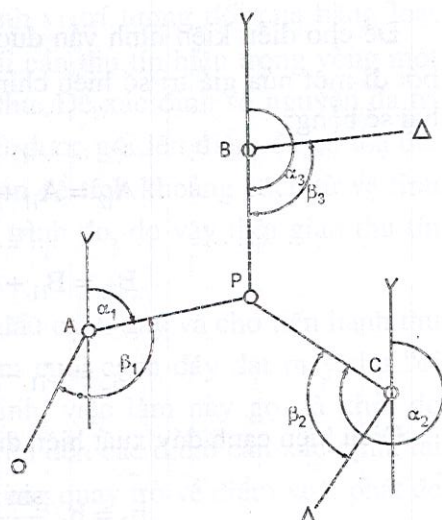
chia giao hội góc ra giao hội góc thuận và giao hội góc ngược. Trong đó giao hội thuận được áp dụng rộng rãi hơn cả vì quá trình đo đạc và tính toán tương đối đơn giản.

Giao hội thuận là tiến hành đặt máy đo ngắm từ các điểm đã biết tọa độ tới các điểm cần xác định tọa độ. Trường hợp tổng quát (hình 7.7), tọa độ điểm P được xác định theo các công thức góc phương vị:

$$X_P = \frac{X_A \operatorname{tg} \alpha_1 - Y_A - X_B \operatorname{tg} \alpha_2 + Y_B}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2}$$

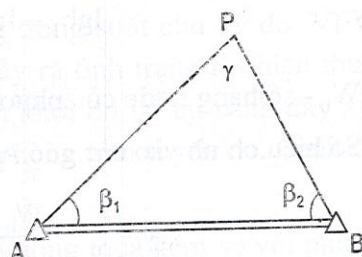
$$Y_P = (X_P - X_A) \operatorname{tg} \alpha_1 + Y_A; \quad (7.41)$$

$$Y_P = (X_P - X_B) \operatorname{tg} \alpha_2 + Y_B$$



Hình 7.7. Sơ đồ giao hội thuận

Giá trị  $Y_P$  được tính hai lần dùng để kiểm tra. Tọa độ P còn có thể xác định tương tự theo các cặp điểm B, C và A, C. Sai lệch cho phép xác định tọa độ điểm P không được vượt quá 0,15mm tính theo tỷ lệ bình đồ. Ví dụ, đối với tỷ lệ 1: 500,  $\delta_p \leq 0,08m$ ; tỷ lệ 1: 10 000,  $\delta_p \leq 0,15m$  và tỷ lệ 1: 2 000,  $\delta_p \leq 0,30m$ .



Hình 7.8. Giao hội 2 hướng

Trường hợp đơn giản hơn có thể bố trí đo hai góc  $\beta_1$  và  $\beta_2$  theo sơ đồ hình 7.8. Sau khi giải tam giác, có thể tính được các chiều dài  $S_{AP}$  và  $S_{BP}$ . Theo bài toán thuận dễ dàng tìm được tọa độ điểm P. Ngoài ra, nếu tại một điểm gốc A hoặc B không tiện đặt máy, có thể đặt máy tại P để đo góc  $\gamma$ . Khi đó nhờ giải tam giác và theo bài toán thuận cũng tính được tọa độ điểm P.

Hiện nay nếu sử dụng máy toàn đạc điện tử thì giao hội ngược lại được áp dụng phổ biến hơn và việc tính toán tọa độ điểm được thực hiện ngay trên máy theo chương trình đã được cài đặt sẵn kết hợp cả giao hội góc và giao hội cạnh. Những hình thức bố trí linh hoạt đồ hình giao hội được áp dụng khá phổ biến trong quá trình đo vẽ chi tiết.

## 7.8. XÁC ĐỊNH TOẠ ĐỘ ĐIỂM KHÔNG CHẾ BẰNG HỆ THỐNG ĐỊNH VỊ TOÀN CẦU GPS

Hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) được Bộ Quốc phòng Mỹ nghiên cứu thiết lập trong những năm 1970 nhằm phục vụ cho mục đích quân sự, mãi tới những năm đầu của thập kỷ 80 hệ thống định vị này mới bắt đầu được phép khai thác sử dụng trong dân sự. Từ đó hệ thống định vị GPS đã được nghiên cứu, ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau như trắc địa, viễn thám, quốc phòng, giao thông, hàng hải, hàng không, du lịch, bảo vệ môi trường v.v... Một ưu điểm nổi bật của GPS so với bất cứ

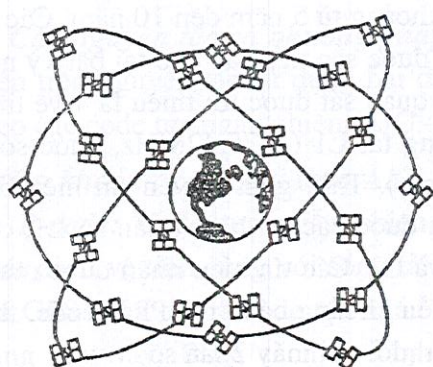


THƯ VIỆN  
HUBT

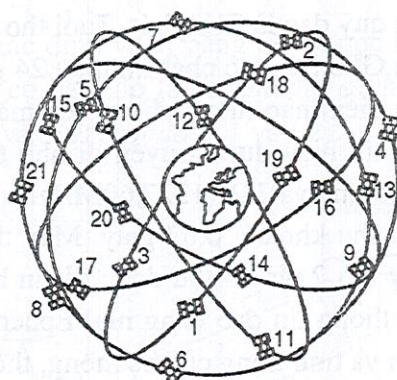
TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ



phương tiện đo đạc nào là nó có thể làm việc cả ngày đêm trong mọi điều kiện thời tiết, mọi địa hình và đặc biệt là không cần tầm nhìn thông giữa các điểm trên mặt đất. Hệ thống của Mỹ viết tắt là NAVSTAR (Navigation System with Time And Ranging) còn hệ thống của Nga là GLONASS (Global Navigation Satellite System) (hình 7.9a, b).



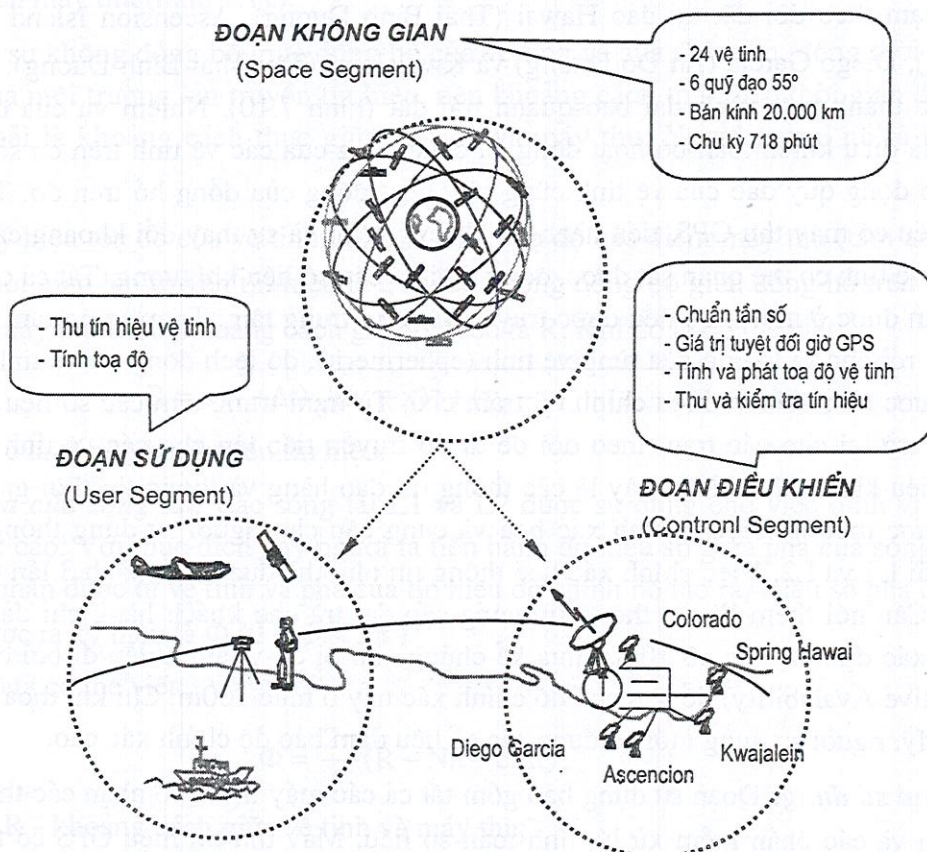
a) GLONASS



b) NAVSTAR

Hình 7.9. Hệ thống GPS

**Về cấu tạo:** Hệ thống GPS bao gồm 3 bộ phận: đoạn không gian (Space segment), đoạn điều khiển (Control segment) và đoạn sử dụng (User segment) được thể hiện trên hình 7.10.



Hình 7.10. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của hệ thống GPS.



**Đoạn không gian:** Hệ thống GPS bao gồm 24 vệ tinh (21 vệ tinh hoạt động và 3 vệ tinh dự trữ) phân bố trên 6 mặt phẳng quỹ đạo (hệ GLONASS - trên 3 mặt phẳng) nghiêng với mặt phẳng xích đạo một góc  $55^\circ$ . Bán kính quỹ đạo các vệ tinh xấp xỉ 26600 km, tức là vệ tinh bay cách mặt đất cỡ 20180km. Chu kỳ chuyển động của vệ tinh trên quỹ đạo là 718 phút. Tuổi thọ của vệ tinh GPS khoảng từ 5 năm đến 10 năm. Các vệ tinh GPS liên tục phát tín hiệu 24 giờ trong ngày và được sắp xếp sao cho tại bất kỳ một thời điểm nào từ các điểm trên mặt đất cũng có thể quan sát được tối thiểu là 4 vệ tinh. Các tín hiệu được truyền đi nhờ tần số của các sóng tải L1 (1575,42MHz, bước sóng 19,05cm) và L2 (1227,60MHz, bước sóng 24,45cm). Thời gian truyền tín hiệu đến máy thu khoảng 0,07 giây. Máy thu 1 tần số sẽ thu được các tín hiệu ở tần số L1, còn máy thu 2 tần số thu được cả tín hiệu ở tần số L1 và L2. Các tín hiệu nhận được mang các thông tin đạo hàng như Ephemerit, tín hiệu nhiễu khoảng cách giả PRN-code, thời gian và tình trạng của hệ thống, thông tin về tầng ion (đối với máy 2 tần số) v.v...

Với các thông tin trên chúng ta sẽ thực hiện bài toán định vị (tuyệt đối và tương đối) trong hệ WGS-84 theo hai loại trị đo là: Khoảng cách giả (Pseudoranges) và pha sóng tải (carrier phases).

**Đoạn điều khiển:** Đoạn này gồm trạm điều khiển trung tâm đặt tại Colorado Springs và 4 trạm theo dõi đặt tại đảo Hawai (Thái Bình Dương), Ascension Island (Đại Tây Dương), Diego Garcia (Ấn Độ Dương) và Kwajalein (Tây Thái Bình Dương). Các trạm này tạo thành một vành đai bao quanh trái đất (hình 7.10). Nhiệm vụ của đoạn điều khiển là điều khiển toàn bộ hoạt động và chức năng của các vệ tinh trên cơ sở theo dõi chuyển động quỹ đạo của vệ tinh cũng như hoạt động của đồng hồ trên đó. Tất cả các trạm đều có máy thu GPS, tiến hành đo khoảng cách và sự thay đổi khoảng cách tới tất cả các vệ tinh có thể quan sát được, đồng thời đo các số liệu khí tượng. Tất cả các số liệu đo nhận được ở mỗi trạm đều được truyền về trạm trung tâm. Trạm trung tâm xử lý các số liệu rồi cho ra toạ độ của từng vệ tinh (ephemerit), độ lệch đồng hồ vệ tinh theo giờ GPS được tính toán và hiệu chỉnh tại trạm chủ. Từ trạm trung tâm các số liệu này được truyền trở lại cho các trạm theo dõi để từ đó truyền tiếp lên cho các vệ tinh cùng các lệnh điều khiển khác. Như vậy là các thông tin đạo hàng và thông tin thời gian trên vệ tinh được thường xuyên chính xác hoá và cung cấp cho người sử dụng thông qua các sóng tải L1 và L2. Việc chính xác hoá thông tin như thế được tiến hành 3 lần trong một ngày. Cần nói thêm là các thông tin cung cấp đại trà cho khách hàng chỉ đảm bảo độ chính xác định vị đến cỡ 10m, chưa kể chúng còn bị cố ý làm nhiễu đi bởi chế độ SA (Selective Availability) để hạn chế độ chính xác này ở mức 100m. Chỉ khi thoả thuận với phía Mỹ, người sử dụng mới có được các số liệu đảm bảo độ chính xác cao.

**Đoạn sử dụng:** Đoạn sử dụng bao gồm tất cả các máy thu GPS nhận các thông tin từ vệ tinh và các phần mềm xử lý, tính toán số liệu. Máy thu tín hiệu GPS có thể đặt cố định trên mặt đất (đo tĩnh) hay gắn trên các phương tiện chuyển động (đo động) như đi

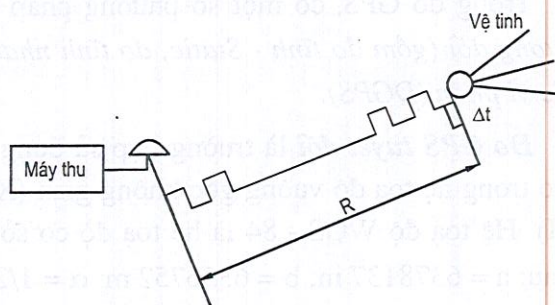


bộ, đi xe đạp, ô tô, máy bay, tàu biển, tên lửa, vệ tinh nhân tạo... Tín hiệu vệ tinh được thu qua anten máy thu. Tâm của anten là điểm thu tín hiệu và xác định tọa độ. Tùy theo mục đích sử dụng mà các máy thu GPS có thiết kế cấu tạo, có độ chính xác cũng như giá thành khác nhau.

**Các nguyên tắc và phương pháp đo GPS:** Việc xác định vị trí bằng GPS được thực hiện trên nguyên tắc sử dụng hai dạng đại lượng đo cơ bản, đó là *đo khoảng cách giả* theo các code tựa ngẫu nhiên (A/C - code và P- code) và *quét bản đồ* (L1 và L2).

#### **Đo khoảng cách giả theo A/C - code**

và **P-code:** Code tựa ngẫu nhiên được phát đi từ vệ tinh cùng với sóng tải. Máy thu GPS cũng tạo ra code tựa ngẫu nhiên đúng như vậy. Bằng cách so sánh code thu được từ vệ tinh và code của chính máy thu có thể xác định được khoảng thời gian lan truyền của tín hiệu code, và từ đây dễ dàng tính được khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu (hình 7.11).



**Hình 7.11.** Nguyên lý xác định khoảng cách bằng GPS.

Do có sự không đồng bộ giữa đồng hồ của vệ tinh và của máy thu, đồng thời do ảnh hưởng của môi trường lan truyền tín hiệu, nên khoảng cách tính theo thời gian đo được không phải là khoảng cách thực giữa vệ tinh và máy thu. Người ta gọi nó là khoảng cách giả.

Nếu ký hiệu tọa độ của vệ tinh là  $X_s, Y_s, Z_s$ , tọa độ của điểm máy thu (tâm anten) là  $x, y, z$ , thời gian lan truyền tín hiệu là  $t$ , sai số không đồng bộ giữa đồng hồ trên vệ tinh và trong máy thu là  $\Delta t$ , khoảng cách giả đo được là  $R$ . Khi đó ta có thể viết:

$$R = c(t + \Delta t) \sqrt{(x_s - x)^2 + (y_s - y)^2 + (z_s - z)^2} + c \cdot \Delta t ; \quad (7.42)$$

trong đó:  $c$  là tốc độ lan truyền tín hiệu.

**Đo pha của sóng tải.** Các sóng tải L1 và L2 được sử dụng cho việc định vị với độ chính xác cao. Với mục đích này người ta tiến hành đo hiệu số giữa pha của sóng tải do máy thu nhận được từ vệ tinh và pha của tín hiệu do chính nó tạo ra. Hiệu số pha do máy thu đo được ta ký hiệu là  $\Phi$  ( $0 < \Phi < 2\pi$ ).

Khi đó ta có thể viết:

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}(R - N\lambda + c \cdot \Delta t),$$

trong đó:  $R$  - khoảng cách giữa vệ tinh và máy thu;

$\lambda$  - bước sóng của sóng tải;



N - số nguyên lần bước sóng  $\lambda$  chứa trong R;

$\Delta t$  - sai số không đồng bộ giữa đồng hồ của vệ tinh và máy thu.

Trong trường hợp đo pha theo sóng tải L1 có thể xác định khoảng cách giữa vệ tinh và máy thu với độ chính xác tới cỡ centimet thậm chí đến milimet. Sóng tải L2 cho độ chính xác thấp hơn nhưng có tác dụng cùng với sóng tải L1 tạo ra khả năng làm giảm ảnh hưởng đáng kể của tầng điện ly và thêm vào đó là làm cho việc xác định số nguyên đa trị N được đơn giản hơn.

Trong đo GPS, có một số phương pháp thường dùng là *đo GPS tuyệt đối*; *đo GPS tương đối* (gồm *đo tĩnh - Static*, *đo tĩnh nhanh - Fast Static* và *đo động - Kinematic*) và *đo vi phân (DGPS)*.

**Đo GPS tuyệt đối** là trường hợp sử dụng máy thu GPS để xác định tọa độ của điểm đo trong hệ tọa độ vuông góc không gian (X, Y, Z) hoặc trong hệ tọa độ mặt cầu (B, L, H). Hệ tọa độ WGS - 84 là hệ tọa độ cơ sở của GPS nhận ellipsoid có kích thước như sau:  $a = 6378137$  m;  $b = 6356752$  m;  $\alpha = 1/298,2572$ .

Việc xác định tọa độ điểm đo được thực hiện trên cơ sở sử dụng đại lượng đo là khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu theo nguyên tắc giao hội không gian từ các điểm có tọa độ đã biết là các vệ tinh. Từ công thức (7.42) ta có:

$$(X_s - x)^2 + (Y_s - y)^2 + (Z_s - z)^2 = (R_i - c \cdot \Delta t)^2 \quad (7.43)$$

Nếu biết chính xác khoảng cách  $R_i$  từ vệ tinh thứ  $i$  đến máy thu. Khi đó chỉ cần xác định khoảng cách đồng thời từ 3 vệ tinh đến máy thu ta sẽ được 3 phương trình dạng (7.43) và giải hệ phương trình này sẽ tìm được tọa độ  $x, y, z$  của máy thu. Song, do có sai số không đồng bộ của đồng hồ trên vệ tinh và trong máy thu  $\Delta t$  là chưa biết, nên phải coi nó là ẩn số thứ tư để tìm. Chính vì vậy mà ta cần phải có thêm một phương trình dạng (7.43), tức là phải quan sát thêm một vệ tinh thứ tư để xác định số hiệu chỉnh cho đồng hồ thạch anh của máy thu là  $\Delta t$ . Thu tín hiệu đồng thời 4 vệ tinh là yêu cầu tối cần thiết để xác định tọa độ không gian tuyệt đối của điểm quan sát. Tuy vậy, nếu máy thu được trang bị đồng hồ có độ chính xác cao thì khi đó chỉ cần quan sát đồng thời 3 vệ tinh.

Trong trường hợp biết trước độ cao  $z$  của máy thu (chẳng hạn như đo trên biển), khi đó chỉ còn phải xác định hai ẩn số là  $x, y$  của điểm quan sát, do vậy chỉ cần quan sát đồng thời 2 vệ tinh là đủ.

Trên thực tế với hệ thống vệ tinh hoạt động như hiện nay, số lượng vệ tinh có thể quan sát đồng thời thường là  $6 \div 8$ , hoặc có thể đến 10 vệ tinh. Khi đó cần áp dụng nguyên tắc số bình phương nhỏ nhất để tính toán, xử lý số liệu đo.

**Đo GPS tương đối** là trường hợp sử dụng hai máy thu GPS đặt ở hai điểm quan sát khác nhau để xác định ra hiệu tọa độ vuông góc không gian ( $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ ) hay hiệu tọa độ mặt cầu ( $\Delta B, \Delta L, \Delta H$ ) giữa chúng trong hệ tọa độ WGS - 84.



Nguyên tắc đo GPS tương đối được thực hiện trên cơ sở sử dụng đại lượng đo là pha của sóng tải. Để đạt được độ chính xác cao khi xác định hiệu tọa độ (hay vị trí tương hỗ) giữa hai điểm, người ta đã tạo ra và sử dụng các sai phân khác nhau cho pha sóng tải nhằm làm giảm ảnh hưởng của các nguồn sai số (sai số của đồng hồ trên vệ tinh cũng như trong máy thu, sai số của tọa độ vệ tinh, số nguyên đa trị...).

Ký hiệu pha (thực chất là hiệu pha) của sóng tải vệ tinh  $j$  được đo tại trạm quan sát  $r$  vào thời điểm  $t_i$  là  $\Phi_r^j(t_i)$ . Khi đó, nếu xét hai trạm 1 và 2 tiến hành quan sát đồng thời vệ tinh  $j$  vào thời điểm  $t_i$  ta sẽ có sai phân bậc một được lập như sau:

$$\Delta\Phi^j(t_i) = \Phi_1^j(t_i) - \Phi_2^j(t_i);$$

Trong sai phân này hầu như không còn ảnh hưởng của sai số đồng hồ trên vệ tinh. Nếu xét hai trạm tiến hành quan sát đồng thời hai vệ tinh  $j$ , kết toán vào thời điểm  $t_i$  ta sẽ có sai phân bậc hai:

$$\Delta^2\Phi^{j,k}(t_i) = \Delta\Phi^k(t_i) - \Delta\Phi^j(t_i);$$

Trong sai phân này hầu như không còn ảnh hưởng của sai số đồng hồ trên vệ tinh cũng như sai số của đồng hồ trong máy thu.

Nếu xét hai trạm tiến hành quan sát đồng thời hai vệ tinh  $j$ , kết toán vào các thời điểm  $t_i$  và  $t_{i+1}$  ta sẽ có sai phân bậc ba:

$$\Delta^3\Phi^{j,k}(t_i) = \Delta^2\Phi^{j,k}(t_{i+1}) - \Delta^2\Phi^{j,k}(t_i).$$

Sai phân bậc 3 này không còn phụ thuộc vào số nguyên đa trị.

Như đã nói ở các phần trước, số vệ tinh trong GPS xuất hiện trên bầu trời thường nhiều hơn 4, có khi tới trên 10. Bằng cách tổ hợp theo từng cặp vệ tinh ta sẽ có rất nhiều trị đo. Không những thế khi đo tương đối thường từ nửa giờ đến vài ba giờ đồng hồ, do vậy trên thực tế số lượng trị đo để xác định ra hiệu tọa độ giữa hai điểm quan sát sẽ rất lớn, và khi đó số liệu đo sẽ được xử lý theo nguyên tắc số bình phương nhỏ nhất.

**Đo tĩnh.** Phương pháp đo tĩnh cần có hai máy thu, một máy đặt ở điểm đã biết tọa độ, còn máy kia đặt ở điểm cần xác định. Cả hai máy phải đồng thời thu tín hiệu từ một số vệ tinh chung liên tục trong một khoảng thời gian nhất định, thường là từ một tiếng đến hai, ba tiếng đồng hồ. Số vệ tinh chung tối thiểu cho cả hai trạm quan sát là 3, nhưng thường được lấy là 4 để đề phòng trường hợp tín hiệu vệ tinh bị gián đoạn. Khoảng thời gian quan sát phải kéo dài là để đủ cho đồ hình phân bố vệ tinh thay đổi mà từ đó có thể xác định được số nguyên đa trị của sóng tải, đồng thời để có nhiều trị đo nhằm đạt được độ chính xác cao. Đây là phương pháp cho phép đạt được độ chính xác cao nhất trong việc định vị tương đối bằng GPS, có thể đạt cỡ centimét, thậm chí milimét ở khoảng cách giữa hai điểm tới hàng chục và hàng trăm kilômét. Nhược điểm chủ yếu của phương pháp là thời gian đo phải kéo dài hàng giờ do vậy năng suất đo thường không cao.



**Đo động.** Phương pháp đo động cho phép xác định vị trí tương đối của hàng loạt điểm so với điểm đã biết trong đó tại mỗi điểm đo chỉ cần thu tín hiệu trong vòng một phút. Theo phương pháp này cần có ít nhất hai máy thu. Để xác định số nguyên đa trị của tín hiệu vệ tinh, cần phải có một cạnh đáy đã biết được goni lên điểm đã có tọa độ. Sau khi đã xác định, số nguyên đa trị được giữ nguyên để tính khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu cho các điểm đo tiếp trong suốt cả quá trình đo, do vậy thời gian thu tín hiệu tại điểm đo là một vài phút.

Để tiến hành đo, ta đặt máy thu “cố định” ở điểm đầu cạnh đáy và cho tiến hành thu liên tục tín hiệu vệ tinh trong suốt chu kỳ đo, ở điểm cuối cạnh đáy đặt máy thu “đi động” thu tín hiệu vệ tinh đồng thời với máy cố định, việc làm này gọi là khởi đo (initialization). Tiếp đó cho máy đi động lần lượt chuyển đến các điểm cần xác định, tại mỗi điểm dừng lại để thu tín hiệu từ vệ tinh, và cuối cùng quay trở về điểm xuất phát để khép tuyến đo.

Yêu cầu nhất thiết của phương pháp đo động là cả máy cố định và máy đi động phải đồng thời thu tín hiệu liên tục ít nhất từ 4 vệ tinh chung trong suốt chu kỳ đo. Vì vậy tuyến đo phải bố trí ở khu vực thoáng đãng để không xảy ra tình trạng tín hiệu thu bị gián đoạn. Nếu xảy ra trường hợp này thì phải tiến hành khởi đo lại tại cạnh đáy xuất phát hoặc sử dụng một cạnh đáy khác được thiết lập dự phòng trên tuyến đo. Cạnh đáy có thể dài từ 2m đến 5km và có độ chính xác cỡ cm là đủ.

Phương pháp đo động cho phép đạt độ chính xác cao không thua kém so với phương pháp đo tĩnh. Song phương pháp này đòi hỏi khá chặt chẽ về thiết bị và quy trình tổ chức đo để đảm bảo yêu cầu về đồ hình phân bố cũng như tín hiệu của vệ tinh.

Hiện nay trên thế giới các hãng thiết bị nổi tiếng như Leica (Thụy sỹ), Sokkia, Topcon...(Nhật Bản), Trimble (Mỹ)... đều sản xuất máy thu GPS. Các máy GPS cũng rất đa dạng, từ độ chính xác cao (có thể đạt tới milimét) đến các máy cầm tay du lịch với độ chính xác cỡ năm, mười mét hoặc lớn hơn.

**Đo vi phân.** Do chế độ phát tín hiệu nhiễu SA của NASA nên theo nguyên lý thông thường, các máy thu có độ chính xác bị hạn chế. Để nâng cao độ chính xác máy thu, các nhà sản xuất máy thu GPS đã giới thiệu và đưa ra phương pháp đo GPS vi phân.

Theo phương pháp này cần có một máy thu GPS có khả năng phát tín hiệu vô tuyến được đặt tại điểm có tọa độ đã biết (nó thường gọi là máy cố định), đồng thời có máy khác (gọi là điểm cố định hoặc điểm di động như tàu thủy, ô tô, máy bay...). Cả máy cố định và máy di động cần tiến hành đồng thời thu tín hiệu từ các vệ tinh như nhau. Nếu thông tin từ vệ tinh bị nhiễu thì kết quả xác định tọa độ của cả máy cố định và máy di động đều bị sai lệch cùng một giá trị. Độ sai lệch này được xác định trên cơ sở so sánh tọa độ đo được và tọa độ đã biết trước của máy cố định. Độ sai lệch này được máy cố định phát đi qua sóng vô tuyến để máy di động thu nhận và hiệu chỉnh vào kết quả xác định tọa độ.

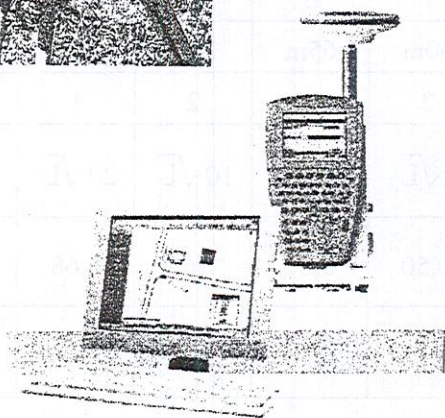
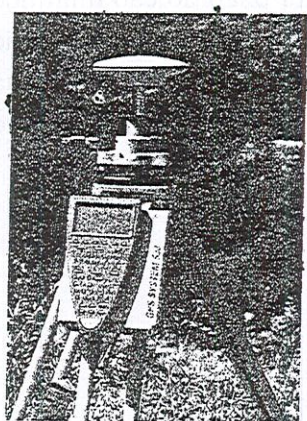


Ngoài cách hiệu chỉnh cho tọa độ, người ta còn đưa ra phương pháp hiệu chỉnh cho khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu. Cách hiệu chỉnh này đòi hỏi máy thu cố định có cấu tạo phức tạp và tinh vi hơn nhưng lại cho phép người sử dụng xử lý chủ động và linh hoạt hơn.

Để đảm bảo độ chính xác cần thiết, các số liệu hiệu chỉnh cần được xác định và phát chuyển nhanh với tần suất cao. Cũng với lý do này mà phạm vi hoạt động có hiệu quả của máy thu cố định không phải là tùy ý, mà thường hạn chế ở bán kính từ một vài trăm đến năm trăm km. Định vị GPS vi phân đạt độ chính xác phổ biến cỡ vài ba mét và có thể đạt tới decimet ứng với tầm hoạt động cỡ vài chục km.

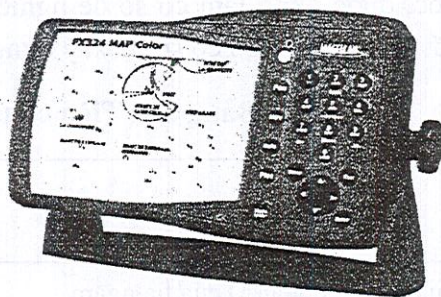
Tùy theo mục đích khi xử lý các số liệu đo GPS, thường sử dụng các hệ tọa độ như: Hệ tọa độ sao; hệ tọa độ trái đất; hệ tọa độ thiên văn; hệ tọa độ địa diện xích đạo, địa diện chân trời.

Trên hình 7.12 giới thiệu máy thu GPS loại chính xác cao, với độ chính xác vị trí điểm  $3\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ . Giá thành của máy khoảng 15.000USD. Đối với máy GPS cầm tay (hình 7.13) sử dụng chủ yếu trong giao thông, du lịch, bảo vệ môi trường và thành lập GIS với bản đồ tỷ lệ nhỏ v.v... độ chính xác đạt khoảng  $\pm 10\text{m}$  và có giá thành cỡ từ 200 ÷ 550USD.



Hình 7.12. Máy GPS độ chính xác cao

**MAGELLAN**



Hình 7.13. Máy GPS cầm tay



## Chương 8

# LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐỘ CAO

### 8.1. KHÁI NIỆM VỀ LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐỘ CAO

Để thống nhất độ cao cho toàn bộ lãnh thổ một quốc gia, người ta xây dựng trên thực địa một mạng lưới các điểm được gia cố chắc chắn ở những nơi ổn định, được bảo quản lâu dài, độ cao của chúng được xác định chính xác xuất phát từ một điểm gốc. Mạng lưới điểm đó được gọi là lưới khống chế độ cao. Lưới khống chế độ cao cũng được xây dựng trên nguyên tắc “Từ toàn diện đến cục bộ, từ độ chính xác cao đến độ chính xác thấp”. Ở nước ta, lưới khống chế độ cao bao gồm lưới độ cao nhà nước, lưới độ cao kỹ thuật và lưới độ cao đo vẽ. Mặt nước gốc đi qua điểm “0” của trạm nghiệm triều Hòn Dấu (Đồ Sơn) được chọn làm mặt khởi tính độ cao cho cả nước.

Lưới khống chế độ cao nhà nước được xây dựng bằng phương pháp đo cao hình học còn được chia làm 5 hạng lưới: hạng I, II, III, IV và V (độ cao kỹ thuật) theo một số đặc trưng kỹ thuật (bảng 8.1). Trong đó, lưới độ cao hạng I và II là cơ sở độ cao cơ bản của cả nước, được dùng làm cơ sở để nghiên cứu mặt nước gốc quả đất, sự trôi lún của vỏ trái đất, đồng thời làm cơ sở để xây dựng lưới hạng III và IV.

**Bảng 8.1. Tiêu chuẩn kỹ thuật của lưới độ cao**

| Các chi tiết kỹ thuật                                                      | Các hạng lưới độ cao |             |              |              |              |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|                                                                            | I                    | II          | III          | IV           | V            |
| Chiều dài tiêu chuẩn D của tia ngắm                                        | 50m                  | 65m         | 75m          | 100m         | 125m         |
| Số tuyến đo                                                                | 2                    | 2           | 2            | 1            | 1            |
| Sai số khép cho phép của tuyến:<br>$f_{[h]} \leq [h]_{đi} + [h]_{về}$ , mm | $3\sqrt{L}$          | $5\sqrt{L}$ | $10\sqrt{L}$ | $20\sqrt{L}$ | $50\sqrt{L}$ |
| Sai số trung phương tổng chênh cao trên 1km chiều dài tuyến (mm)           | 0,50                 | 0,84        | 1,68         | 6,68         | 16,68        |
| Sai số trung phương chênh cao trên một trạm máy, mm                        | 0,15                 | 0,30        | 0,65         | 3,0          | 8,3          |

Lưới khống chế độ cao còn được phát triển phục vụ công tác khảo sát, thiết kế, xây dựng và sử dụng các loại công trình, đồng thời là cơ sở để đo vẽ địa hình tỷ lệ lớn, để



định tuyến các công trình kéo dài, phục vụ cho các công tác bố trí, lắp đặt điều chỉnh các kết cấu xây dựng và thiết bị kỹ thuật cũng như để quan trắc biến dạng công trình.

Độ chính xác định độ cao và mật độ điểm trên khu vực thành phố và khu công nghiệp phụ thuộc vào độ chính xác yêu cầu bố trí và đo vẽ, còn sơ đồ lưới, kích thước hình dạng của lưới phụ thuộc vào kích thước và hình dạng của khu xây dựng.

Lưới độ cao Nhà nước từ hạng II đến hạng IV được xây dựng tùy theo diện tích khu vực và được quy định như sau:

Từ 50 đến 500km<sup>2</sup> cần xây dựng lưới độ cao hạng II, III và IV;

Từ 10 đến 50km<sup>2</sup> cần xây dựng lưới độ cao hạng III và IV;

Từ 1 đến 10km<sup>2</sup> cần xây dựng lưới độ cao hạng IV.

Dưới đây, do giới hạn của chương trình nên tài liệu này chỉ đề cập đến lưới độ cao hạng IV, độ cao kỹ thuật và lưới độ cao đo vẽ.

## 8.2. LƯỚI KHÔNG CHẾ ĐỘ CAO HẠNG IV NHÀ NƯỚC

Lưới độ cao hạng IV được thành lập dựa trên các điểm độ cao hạng cao hơn tạo thành những vòng khép kín hoặc đường chuyển phù hợp, đồng thời có thể tạo nên các điểm nút. Chu vi các vòng khép kín hoặc chiều dài tuyến hạng IV giữa các mốc hạng cao hơn không được vượt quá 4km, còn giữa các điểm nút trong lưới không quá 2km. Đường chuyển độ cao hạng IV đi qua các dấu mốc độ cao gần tường, mốc độ cao chôn sâu và qua các điểm của lưới khống chế mặt bằng.

Các mốc độ cao phải được bố trí ở những nơi có điều kiện địa chất ổn định, có thể bảo quản được lâu dài. Kết cấu mốc và phương pháp bố trí gia cố mốc được lựa chọn tùy thuộc vào mục đích sử dụng, vào điều kiện địa chất khu vực, chúng được chia ra mốc chôn sâu, mốc đất nền và mốc gắn tường. Trong nhiều trường hợp chúng được gắn kết hợp trên các mốc khống chế mặt bằng. Trong các khu vực xây dựng công nghiệp, dân dụng có thể gắn vào các công trình đã xây dựng ổn định. Khoảng cách giữa các mốc độ cao trong khu xây dựng không quá 0,5km và ngoài khu xây dựng không quá 2km.

Trên khu vực những thành phố hiện đại thường tiến hành các công tác trắc địa công trình rất đa dạng, yêu cầu cao nhất về độ chính xác bố trí độ cao được đặt ra đối với các công trình ngầm, đường hầm giao thông và hệ thống đường ống tự chảy có đường kính lớn.

Tuyến độ cao hạng IV được đo theo một cặp điểm dựng mìn, theo một chiều đo đi. Trình tự đọc số trên một trạm máy theo cặp mìn như sau: Sau đen, trước đen, trước đỏ, sau đỏ (STTS). Dụng cụ sử dụng trong đo cao hạng IV là máy thủy bình và mìn thỏa mãn các điều kiện sau: Độ phóng đại của ống kính  $V^* \geq 25^*$ ; khoảng chia của ống thủy dài không được lớn hơn 25" trên mỗi vạch 2mm (hoặc máy thủy bình tự động có độ nhạy tương đương); sai số cho phép khoảng chia 1m chiều dài trên mìn không được vượt quá 1mm.



Đo cao hạng IV được tiến hành bằng đo cao hình học từ giữa, đọc số theo chỉ giữa trên mặt đen và mặt đỏ của cặp mĩa với độ chính xác đặc trưng bởi sai số trung phương chênh cao trên 1km chiều dài tuyến đo không quá 6,68mm và trên mỗi trạm không quá 3mm. Chiều dài tiêu chuẩn  $D_c$  của tia ngắm từ máy đến mĩa là 100m, chênh lệch chiều dài tia ngắm mĩa trước và mĩa sau trên mỗi trạm không được vượt quá 5m và tổng chênh lệch trên từng đoạn đo hay trên cả tuyến đo không được vượt quá 10m.

Hiệu chênh cao tính theo mặt đen và mặt đỏ trên một trạm máy không được sai nhau quá 5mm. Sai số khép tổng chênh cao trên tuyến đo hoặc theo vòng khép kín không được vượt quá  $20\sqrt{L}$  mm hay  $5\sqrt{n}$  mm, trong đó: L - chiều dài tuyến tính theo km; n - số trạm máy trong tuyến.

### 8.3. LƯỚI KHÔNG CHẾ ĐỘ CAO KỸ THUẬT

Lưới độ cao kỹ thuật được xây dựng dưới dạng những tuyến đơn hoặc hệ thống lưới với các điểm nút. Mỗi tuyến đều được đo nối với điểm độ cao của cấp hạng cao hơn hoặc nối vào điểm nút của lưới. Trong những trường hợp đặc biệt có thể cho phép phát triển tuyến treo nhưng phải đo theo hai chiều đi và về. Chiều dài tuyến độ cao kỹ thuật được quy định tùy theo khoảng cao đều cần đo vẽ và được nêu trong bảng 8.2.

**Bảng 8.2. Chiều dài cho phép của các tuyến độ cao**

| Tuyến độ cao                         | Khoảng cao đều h cần đo vẽ, m |         |             |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------|-------------|
|                                      | h = 0,25                      | h = 0,5 | h = 1; 2; 5 |
| Tuyến đơn giữa 2 điểm cấp trên       | 2 km                          | 8 km    | 16 km       |
| Tuyến giữa điểm cấp trên và điểm nút | 1,5 km                        | 6 km    | 12 km       |
| Tuyến giữa hai điểm nút              | 1 km                          | 4 km    | 8 km        |

Tùy thuộc vào mục đích và yêu cầu độ chính xác xác định độ cao, đo cao kỹ thuật có thể được thực hiện theo phương pháp đo cao hình học hoặc đo cao lượng giác. Khi tiến hành đo cao hình học từ giữa, có thể đọc số theo hai mặt mĩa ở một độ cao của máy hoặc một mặt mĩa ở hai độ cao của máy.

Máy và mĩa dùng trong đo cao kỹ thuật cũng phải thoả mãn các tiêu chuẩn như đối với đo cao hạng IV, ngoài ra còn có thể sử dụng máy kinh vĩ có ống thuỷ gắn trên ống kính. Các loại máy thuỷ bình cần có các chỉ tiêu kỹ thuật tối thiểu như:  $V' \geq 20''$ ;  $\tau'' \leq 45''/2\text{mm}$ . Khi tiến hành đo theo phương pháp đo cao lượng giác cần sử dụng máy kinh vĩ có dao động điểm "O" (MO hoặc MZ) trên mỗi trạm không quá 1'.

Khi dùng mĩa hai mặt có thể cho phép đọc số trên mĩa theo trình tự:  $S_{\text{đen}}$ ,  $S_{\text{đỏ}}$ ,  $T_{\text{đen}}$ ,  $T_{\text{đỏ}}$  (SSTT). Chiều dài tia ngắm tiêu chuẩn là 125m, trong điều kiện thuận lợi cho phép kéo dài tới 150m, chênh lệch chiều dài tia ngắm từ máy đến mĩa có thể bằng 10m.



Đo cao kỹ thuật được thực hiện với độ chính xác đặc trưng bởi sai số trung phương chênh cao trên 1km chiều dài tuyến không quá 16,68mm, còn sai lệch chênh cao trên mỗi trạm máy tính theo mặt đen, mặt đỏ hoặc ở hai độ cao của máy không được vượt quá 10mm. Sai số khép tuyến độ cao kỹ thuật không được vượt quá  $50\sqrt{L}$  mm hoặc  $10\sqrt{n}$  mm khi số trạm máy n nhiều hơn 25 trạm trên 1km tuyến đo.

Các tuyến độ cao kỹ thuật được xử lý, tính gần đúng, sai số khép độ cao được phân phối tỷ lệ thuận với chiều dài đoạn đo hay số lượng trạm máy trong đoạn đo. Việc tính toán thực hiện theo mẫu bảng biểu lập sẵn. Bảng 8.3 dưới đây là kết quả xử lý tính toán một tuyến đơn đi từ điểm A tới điểm B đều đã biết độ cao, tuyến đi qua các điểm 1, 2, 3 là những điểm cần xác định độ cao. Trước hết cần tính tổng chênh cao đo được giữa hai điểm A và B  $\sum h_i$ ; chênh cao này phải bằng đúng giá trị lý thuyết của nó, nghĩa là bằng hiệu độ cao của hai điểm gốc  $H_B - H_A$ . Sai lệch giữa hai tổng chênh cao này (tổng chênh cao đo và tổng chênh cao lý thuyết) gọi là sai số khép  $f_h = \sum h_i - (H_B - H_A)$ , các số hiệu chỉnh  $v_{hi}$  cho chênh cao của từng đoạn đo, chênh cao đã hiệu chỉnh  $h_{ihc}$  và độ cao các điểm được tính theo các công thức:

$$v_{hi} = -\frac{f_h}{\sum n} n_i \quad (8.1)$$

$$\sum h_{ihc} = \sum (h_i + v_{hi}) \quad (8.2)$$

$$H_i = H_{i-1} + \sum h_{ihc} \quad (8.3)$$

**Bảng 8.3. Bảng tính toán xử lý một đường chuyền độ cao**

| Tên điểm | $\sum h_{do}, \text{mm}$ | n | $v_{hi}, \text{mm}$ | $\sum h_{ihc}, \text{mm}$ | $H_i, \text{m}$ |
|----------|--------------------------|---|---------------------|---------------------------|-----------------|
| A        |                          |   |                     |                           | <u>108.054</u>  |
| 1        | -1885                    | 4 | +3                  | -1882                     | 106.172         |
| 2        | -1880                    | 4 | +3                  | -1877                     | 104.295         |
| 3        | +1254                    | 6 | +5                  | +1259                     | 105.554         |
| B        | +4002                    | 8 | +6                  | +4008                     | <u>109.562</u>  |

#### 8.4. LƯỚI KHÔNG CHẾ ĐỘ CAO ĐO VẼ

Lưới khống chế độ cao đo vẽ là cấp khống chế cuối cùng, phục vụ trực tiếp cho đo vẽ các điểm chi tiết (điểm mĩa). Các tuyến độ cao đo vẽ đều đi qua các điểm khống chế đo

vẽ mặt bằng như các điểm của lưới tam giác nhỏ, điểm đường chuyển kinh vĩ, điểm đường chuyển toàn đạc... Lưới khống chế độ cao đo vẽ cũng được xây dựng bằng các đường đo cao kỹ thuật hoặc đo cao lượng giác dựa vào các điểm độ cao cấp trên tạo thành các tuyến phù hợp, tuyến khép kín hoặc một hệ thống các tuyến với các điểm nút.

Khi đo vẽ bình đồ tỷ lệ 1:500 với khoảng cao đều là 0,5m có thể dùng tia ngắm nằm ngang của máy kinh vĩ hoặc bàn đạc để xác định chênh cao giữa hai điểm. Khi đo vẽ địa hình với khoảng cao đều từ 1m ÷ 5m có thể xác định độ cao các điểm bằng đo cao lượng giác theo hai chiều đo đi và đo về trên cùng một cạnh. Góc đứng được đo 1 vòng đo, bất mục tiêu, đọc số theo cả 3 chỉ hoặc đo hai vòng theo một chỉ giữa của lưới chỉ. Chênh lệch giá trị góc đứng đo trên trạm máy và thay đổi giá trị điểm "O" (MO) của bàn độ đứng không được vượt quá 45". Chiều cao của máy và điểm ngắm được đo hai lần với sai số không quá 1cm. Chênh cao đo được theo hai chiều không được sai khác quá 4cm trên mỗi khoảng cách 100m, còn sai số khép cho phép trong cả lưới được tính theo công thức:

$$f_{hch.ph} = (0,04\Sigma S)\sqrt{n} \quad (8.4)$$

Khi đo ở vùng đồi núi có các góc nghiêng lớn hơn 6°, có thể cho phép tính theo:

$$f_{hch.ph} = (0,06\Sigma S)\sqrt{n} \quad (8.5)$$

trong đó:

$n$  - số cạnh trong lưới;

$\Sigma S$  - tổng chiều dài các cạnh tính ở đơn vị 100m. Lưới độ cao đo vẽ cũng được xử lý tính toán gần đúng như lưới độ cao kỹ thuật.



## Chương 9

# ĐO VẼ THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN

## 9.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO VẼ THÀNH LẬP BẢN ĐỒ VÀ CÔNG DỤNG CỦA BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH TỶ LỆ LỚN

Đo vẽ là một quá trình đo đạc tổng hợp (thu thập tài liệu, số liệu) được tiến hành để thành lập bình đồ, bản đồ hoặc mặt cắt của một khu vực nào đó. Tùy theo đặc điểm thể hiện số liệu của thực địa, người ta chia ra những loại đo vẽ sau: *đo vẽ mặt bằng*, *đo vẽ độ cao*, *đo vẽ địa hình* và *đo vẽ mặt cắt*.

*Đo vẽ mặt bằng* là đo vẽ bình đồ ranh giới, địa vật của thực địa. Trên bình đồ này, độ cao của các yếu tố trên thực địa không được thể hiện bằng đường đồng mức mà chỉ ghi chú độ cao ở những nơi cần thiết.

*Đo vẽ độ cao* nhằm mục đích xác định độ cao của các điểm so với một mặt chuẩn nào đó. Đây chính là công tác đo độ cao bề mặt.

*Đo vẽ địa hình* là đo vẽ kết hợp cả mặt bằng và độ cao. Kết quả đo vẽ sẽ nhận được bình đồ hoặc bản đồ, trên đó thể hiện cả vị trí mặt bằng và độ cao của các điểm, các yếu tố độ cao được biểu diễn bằng các đường đồng mức.

*Đo vẽ mặt cắt* là đo đạc để biểu diễn địa hình theo một hướng nhất định, thường là hướng dọc trục công trình dạng tuyến (mặt cắt dọc) và hướng vuông góc với nó (mặt cắt ngang), hoặc các mặt cắt đứng để xác định khối lượng.

Nhiệm vụ của công tác đo vẽ nói chung đều là xác định vị trí tương hỗ của các đối tượng đo vẽ như các điểm địa vật và địa hình trên thực địa để thành lập bản đồ tỷ lệ lớn hoặc mặt cắt và thể hiện lên giấy, lên phim hoặc dưới dạng các tệp dữ liệu được lưu giữ trong máy tính.

Công tác đo vẽ thực địa bao gồm những quá trình chủ yếu sau: xây dựng trên khu vực một lưới khống chế đo vẽ; đo vẽ chi tiết địa hình địa vật; tính toán xử lý các kết quả đo đạc (tính toạ độ và độ cao các điểm khống chế đo vẽ và đánh giá độ chính xác của kết quả ấy), chuyển các kết quả đo đạc và tính toán lên giấy vẽ dưới dạng bình đồ, bản đồ, mặt cắt và những tài liệu bản vẽ cần thiết khác hoặc dưới dạng các tệp dữ liệu được lưu trong máy tính.



Hai giai đoạn đầu thuộc về các công tác ngoại nghiệp (ngoài trời), tức là được tiến hành trực tiếp ngay trên thực địa. Công tác tính toán, đồ họa, can vẽ được tiến hành ở trong phòng, gọi là công tác nội nghiệp.

Tuỳ theo phương pháp và dụng cụ được áp dụng trong quá trình thu thập số liệu, đo vẽ được chia ra một số dạng như đo vẽ bằng máy kinh vĩ; đo vẽ bằng máy toàn đạc; đo vẽ bằng bàn đạc; đo vẽ bằng phương pháp đo chụp ảnh kể cả ảnh số và đo độ cao (đo cao bề mặt). Đo vẽ mặt cắt (lập mặt cắt) thực chất là xác định vị trí mặt bằng và độ cao các điểm theo một hướng nhất định, có thể được tiến hành riêng biệt hoặc sử dụng những kết quả của những phương pháp đã nêu để lập mặt cắt tuỳ theo yêu cầu của nhiệm vụ kỹ thuật.

*Đo vẽ bằng máy kinh vĩ* được tiến hành bằng dụng cụ đo góc và thước thép nhằm mục đích xác lập bình đồ ranh giới trên thực địa, chủ yếu là đo vẽ các yếu tố địa vật (như đo giải thửa trong địa chính). Do đó, đo vẽ bằng máy kinh vĩ là đo vẽ mặt bằng, yếu tố độ cao không được biểu diễn bằng các đường đồng mức.

*Đo vẽ bằng máy toàn đạc* là đo chiều dài bằng dây chỉ thị cự và mia, đồng thời đo góc ngang, góc nghiêng để xác định vị trí và độ cao các điểm (phương pháp tọa độ cực). Hiện nay, nhờ sử dụng máy toàn đạc điện tử nên quá trình đo vẽ bằng phương pháp này rất thuận tiện và nhanh chóng.

*Đo vẽ bằng bàn đạc* được tiến hành trực tiếp trên thực địa nhờ bàn vẽ và máy ngắm. Phương pháp này do dụng cụ lạc hậu và năng suất thấp nên hiện nay rất ít được sử dụng.

*Đo vẽ bằng phương pháp đo chụp ảnh mặt đất* được tiến hành nhờ máy kinh vĩ chụp ảnh. Bình đồ hoặc bản đồ địa hình được thành lập ở trong phòng qua đo đạc xử lý các tấm phim đã chụp ngoài thực địa.

*Đo vẽ bằng phương pháp đo chụp ảnh hàng không* là phương pháp chủ yếu hiện nay để thành lập bản đồ địa hình trên những khu vực rộng lớn. Bề mặt thực địa được chụp bằng các máy ảnh chuyên dụng đặt trên máy bay. Bản đồ được thành lập ở trong phòng qua đo đạc, xử lý các tấm phim ảnh hàng không.

Hiện nay nhờ công nghệ điện tử và tin học phát triển đã xuất hiện máy ảnh số và từ đây đã nảy sinh phương pháp đo vẽ ảnh số - công nghệ ảnh số.

*Đo vẽ độ cao* được tiến hành bằng máy thủy bình theo một tuyến định trước hoặc theo cả bề mặt trên những khu vực bằng phẳng, đó là đo cao bề mặt.

Ngoài việc đo vẽ trực tiếp trên thực địa, bản đồ địa hình còn có thể được thành lập bằng *phương pháp biên tập* dựa trên cơ sở bản đồ đã có sẵn trên khu vực nhờ áp dụng công nghệ điện tử tin học, hiện nay quá trình này được gọi là *số hoá bản đồ*.

Bình đồ (bản đồ tỷ lệ lớn các loại) được sử dụng trong xây dựng cơ bản cho nhiều mục đích khác nhau và thường được quy định như sau:



Bình đồ tỷ lệ 1: 5 000 được sử dụng để lập tổng bình đồ thành phố, để bố trí các mạng lưới công trình ngầm và trên không, để quy hoạch khu trồng trọt và cây xanh, lập các bản thiết kế xây dựng cũng như giải quyết nhiều nhiệm vụ khác trong xây dựng cơ bản.

Bình đồ tỷ lệ 1: 2 000 dùng để thành lập các tổng bình đồ và các bản thiết kế quy hoạch chi tiết vùng đô thị, nông thôn, dùng để lập các bản vẽ bố trí các đường ranh giới, chỉ giới đường đỏ, chỉ giới quy hoạch, để lập các bản thiết kế quy hoạch xây dựng, vùng trồng cây xanh trong khu xây dựng...

Bình đồ tỷ lệ 1: 1 000 dùng để thành lập tổng bình đồ và các bản vẽ thi công khi thiết kế xây dựng khu nhà thấp tầng ở đô thị hoặc khu dân cư, phục vụ thiết kế san nền và trồng cây, để lập các bình đồ mạng lưới công trình ngầm, đo nối khu lân cận, nhà và công trình với khu xây dựng...

Bình đồ tỷ lệ 1: 500 dùng để thiết kế xây dựng khu nhà ở, ô phố, đường phố, lập các tổng bình đồ hoàn công khu xây dựng và các bản vẽ thi công khu nhà nhiều tầng với mật độ mạng lưới ngầm dày đặc, khu công nghiệp và khu vui chơi... và đôi khi còn đòi hỏi tới tỷ lệ 1 : 200.

Có thể khái quát những mục đích chính của bản đồ các tỷ lệ như quy định trong bảng 9.1 dưới đây.

**Bảng 9.1. Mục đích thành lập bản đồ các tỷ lệ**

| Tỷ lệ bản đồ                                                    | Mục đích thành lập                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Giai đoạn lập luận chứng kinh tế kỹ thuật sơ bộ</i>          |                                                                                                                                                                                                        |
| Từ 1:1 000 đến 1: 5 000                                         | Phục vụ công tác lập luận chứng kinh tế kỹ thuật sơ bộ, lập tổng bình đồ thành phố, quy hoạch khu công viên, cây xanh...                                                                               |
| <i>Giai đoạn thiết kế quy hoạch chi tiết, thiết kế kỹ thuật</i> |                                                                                                                                                                                                        |
| 1: 5 000                                                        | Lập bản đồ cơ sở, tổng bình đồ khu vực thành phố, khu công nghiệp                                                                                                                                      |
| 1: 2 000                                                        | Phục vụ thiết kế quy hoạch chi tiết vùng, thiết kế kỹ thuật công trình công nghiệp, dân dụng, thủy lợi, hệ thống đường dây, ống dẫn...                                                                 |
| <i>Giai đoạn thiết kế kỹ thuật thi công</i>                     |                                                                                                                                                                                                        |
| 1: 1 000                                                        | Phục vụ thiết kế thi công công trình trên khu vực xây dựng mới, khu nhà thấp tầng, thiết kế quy hoạch đúng (thiết kế san nền),                                                                         |
| 1: 500                                                          | Phục vụ thiết kế thi công công trình trong thành phố, khu công nghiệp, nhà nhiều tầng..., phục vụ đo vẽ hoàn công công trình                                                                           |
| 1: 200                                                          | Phục vụ thiết kế thi công công trình trên diện tích nhỏ nhưng có chiều cao lớn, đòi hỏi độ chính xác cao, những khu vực có hệ thống kỹ thuật hạ tầng dày đặc, phức tạp cả ở trên không và dưới mặt đất |



## 9.2. NỘI DUNG VÀ YÊU CẦU KHI ĐO VẼ BẢN ĐỒ TỶ LỆ LỚN

Nội dung của bản đồ địa hình tỷ lệ lớn chuyên ngành phải thể hiện đầy đủ các yếu tố sau:

- Yếu tố địa hình: Đường đồng mức và độ cao của tất cả các điểm đặc trưng;
- Yếu tố địa vật: Nhà cửa và các công trình xây dựng, giao thông, hệ thống thủy lợi, đường ống, dây dẫn, hồ ao, sông ngòi... và các hiện tượng địa chất quan sát được như các hiện tượng đứt gãy, sụt lở, cátstơ v.v...

Mức độ chi tiết của bản đồ phải phù hợp với mức độ khái quát hóa của từng tỷ lệ. Độ chính xác, độ chi tiết và độ đầy đủ của bản đồ địa hình tỷ lệ lớn được quy định như sau:

**Độ chính xác** của bản đồ địa hình được đặc trưng bởi sai số trung phương tổng hợp vị trí mặt bằng và độ cao các điểm địa hình, địa vật và được quy định là:

- $m_p = 0,3\text{mm}$  trên bản đồ đối với khu vực đang hoặc sẽ xây dựng;
- $m_p = 0,4\text{mm}$  trên bản đồ đối với khu vực xây dựng thừa thớt;
- $m_H = (1/3 \div 1/4)h$ , (lấy hệ số 1/3 cho vùng đồi núi, 1/4 cho vùng đồng bằng), trong đó  $h$  là khoảng cao đều giữa các đường đồng mức.

Đối với công tác thiết kế, sai số vị trí điểm tương hỗ giữa các địa vật quan trọng rõ nét không được vượt quá 0,2mm trên bản đồ.

- **Độ chi tiết** của bản đồ địa hình được đặc trưng bởi mức độ đồng dạng của các yếu tố biểu diễn trên bản đồ so với hiện trạng của chúng ở trên mặt đất. Bản đồ tỷ lệ càng lớn thì mức độ chi tiết đòi hỏi càng cao. Sai số do khái quát địa vật rõ nét đối với bản đồ tỷ lệ lớn không được vượt quá 0,5mm trên bản đồ.

- **Độ đầy đủ** của bản đồ được đặc trưng bởi mức độ dày đặc của các đối tượng cần đo vẽ và khả năng biểu diễn được trên bản đồ. Độ đầy đủ của bản đồ được xác định bằng kích thước nhỏ nhất của đối tượng cần đo vẽ và khoảng cách nhỏ nhất giữa các đối tượng trên thực địa, giá trị này không được lớn hơn 0,2mm trên bản đồ. Như vậy, tất cả các địa vật có kích thước (độ lớn) và cách nhau từ 0,2mm trở lên tính theo tỷ lệ bản đồ đều phải được đo vẽ và biểu diễn lên bản đồ.

Nội dung của bản đồ địa hình phụ thuộc vào tỷ lệ đo vẽ và những quy định của các quy phạm chuyên ngành cũng như những nhiệm vụ kỹ thuật cụ thể do chủ đầu tư hoặc cơ quan thiết kế yêu cầu. Tỷ lệ đo vẽ sẽ ảnh hưởng tới mật độ và độ chính xác của các điểm khống chế trắc địa, tới quy trình công nghệ đo vẽ, tới thời hạn và hiệu quả của công việc. Tỷ lệ đo vẽ lại phụ thuộc vào mục đích sử dụng bản đồ, diện tích khu vực đo vẽ, mức độ và độ chính xác biểu diễn thực địa, vào các giai đoạn thiết kế và nhiều yếu tố khác. Địa hình, địa vật được biểu diễn lên bản đồ theo tỷ lệ và bằng các ký hiệu quy ước giả định. Tuy nhiên, có thể khái quát những nội dung đo vẽ chính như sau:



Trên bình đồ tỷ lệ 1: 500, khu xây dựng được biểu diễn theo từng ô phố có phân chia rõ các toà nhà công cộng, cơ quan hoặc nhà ở. Đồng thời chỉ rõ những công trình chính như các cột điện ở những góc ngoặt, cột cây số, điểm khống chế toạ độ, độ cao. Còn trên bình đồ các tỷ lệ từ 1: 2 000 đến 1: 500 phải chỉ rõ ranh giới ô phố, khu nhà, khu xây dựng, tất cả các toà nhà và công trình, có chỉ rõ loại nhà, số tầng, vật liệu xây dựng, và những chi tiết kiến trúc được biểu diễn lên bình đồ có kích thước từ 0,4mm trở lên. Cần thể hiện chi tiết địa vật bên trong mỗi khu nhà, ô phố như khu trồng cây, vườn hoa, cây độc lập... cũng như địa vật trên đường phố, quảng trường, các tượng đài, đường ray, đèn tín hiệu, loại đường, hệ thống ga, cống ngầm, bờ nước. Kênh mương, sông rạch được đo vẽ cả hai bờ nếu nó được biểu diễn trên bình đồ với chiều rộng lớn hơn 3mm và đo vẽ một bên bờ nếu chiều rộng được biểu diễn nhỏ hơn 3mm.

Trên khu vực xây dựng có thể không cần phải đo vẽ các công trình tạm, lán trại, công trình di động trên đường phố hoặc trong khu phố cũng như các hàng rào che chắn, bảo vệ trên mặt bằng xây dựng.

Khi đo vẽ tỷ lệ 1:500 trên những khu vực có mật độ xây dựng dày đặc, có thể biểu diễn địa hình bằng cách ghi độ cao các điểm đặc trưng trên đường phố, hè phố, giếng thu nước, hố ga, các đường ranh giới, hệ thống ngầm ...

### 9.3. ĐO VẼ BÌNH ĐỒ BẰNG MÁY KINH VĨ (PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH)

Quá trình thành lập bình đồ ranh giới, địa vật nhờ máy kinh vĩ, thước thép hoặc dụng cụ đo dài khác có độ chính xác tương đương, đảm bảo yêu cầu kỹ thuật chính là đo vẽ bằng máy kinh vĩ và được gọi là đo vẽ mặt bằng. Đo vẽ bằng máy kinh vĩ thường được áp dụng trên những khu vực nhỏ, bằng phẳng, khi địa hình, dáng đất không phải là yếu tố chủ yếu, trên đường phố và trong lòng khu phố. Bình đồ chỉ thành lập đến tỷ lệ không nhỏ hơn 1:5000 (phương pháp này chỉ được áp dụng để thành lập bản đồ tỷ lệ lớn), thường là tỷ lệ 1:2000, 1:1000 và 1:500.

Lưới khống chế đo vẽ (xem mục 7.2) thường được xây dựng bằng cách lập các đường chuyền kinh vĩ. Đó là những đường gãy khúc khép kín hoặc không khép kín, các đỉnh của chúng được đánh dấu bằng cọc gỗ hoặc bê tông. Để xác định toạ độ các điểm, người ta đo tất cả các góc và các cạnh của đường chuyền. Đối với những khu vực nhỏ, lưới khống chế đo vẽ có thể chỉ là một đường chuyền đơn khép kín hoặc không khép kín. Đường chuyền kinh vĩ còn được sử dụng trong các công tác trắc địa công trình.

Đo vẽ bình đồ bằng máy kinh vĩ bao gồm các giai đoạn chủ yếu như công tác chuẩn bị, khảo sát khu vực đo vẽ, chôn mốc (gia cố các điểm bằng các mốc chắc chắn), đo đạc ngoại nghiệp và các công tác nội nghiệp.

Công tác chuẩn bị là nghiên cứu khu vực, dự kiến kế hoạch và trình tự thực hiện công việc, lựa chọn dụng cụ máy móc và kiểm nghiệm điều chỉnh chúng. Khảo sát thực địa nhằm khẳng định lại bản thiết kế sơ bộ, lựa chọn vị trí các điểm mới, tìm kiếm các điểm



cũ, xác định lại khối lượng và kế hoạch tiến hành công việc. Sau khi lựa chọn được vị trí thích hợp, các điểm được gia cố bằng các cọc bê tông chắc chắn hoặc cọc gỗ tùy theo mục đích sử dụng lâu dài hoặc tạm thời. Các cạnh của đường chuyển kinh vĩ có chiều dài cho phép từ 20m đến 350m và được bố trí ở những nơi bằng phẳng, thuận tiện cho việc kéo thước. Nếu sử dụng máy toàn đạc điện tử thì chiều dài cạnh của đường chuyển có thể cho phép kéo dài tới 550m.

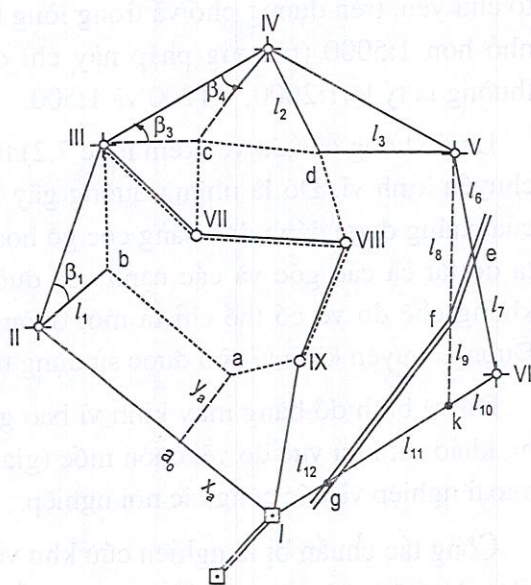
Đo đạc ngoại nghiệp bao gồm việc đo góc, đo cạnh trong đường chuyển và đo vẽ chi tiết. Góc trong đường chuyển được đo bằng máy kinh vĩ một vòng đo đầy đủ theo phương pháp đo góc đơn. Các góc nghiêng dưới  $5^\circ$  có thể đo bằng phương pháp đơn giản, các góc lớn hơn  $5^\circ$  được đo bằng máy kinh vĩ đọc số trên bàn độ đứng. Chiều dài các cạnh đo theo các hướng thuận và ngược. Độ chính xác đo góc và đo cạnh, tuân theo các tiêu chuẩn của quy phạm.

Sau khi xây dựng xong đường chuyển (xem chương 7 và 8) và đã chuyển được vị trí các điểm khống chế I, II, III,... lên bản vẽ (hình 9.1), bắt đầu tiến hành đo vẽ chi tiết thực địa dựa vào các điểm và các cạnh của đường chuyển. Đo vẽ chi tiết thực chất là xác định vị trí các đối tượng cần đo vẽ so với các điểm, các cạnh của đường chuyển. Khi đo vẽ chi tiết cần phải vẽ sơ họa, sơ đồ khu vực đo vẽ, đánh số các điểm, ký hiệu các yếu tố đo kèm theo ghi chú để tiện lợi cho việc biểu diễn các điểm lên bản vẽ bình đồ sau này.

Đo vẽ chi tiết được tiến hành theo nhiều phương pháp, trong đó chủ yếu là phương pháp đường vuông góc, phương pháp toạ độ cực, phương pháp giao hội góc, giao hội cạnh và phương pháp hướng chuẩn.

Đo vẽ điểm theo **phương pháp đường vuông góc** thực chất là xác định chân đường vuông góc hạ từ điểm cần đo vẽ xuống cạnh của đường chuyển (điểm  $a_0$ ), sau đó đo chiều dài  $y_a$  của đường vuông góc và khoảng cách  $x_a$  từ điểm I của đường chuyển tới chân đường vuông góc  $a_0$ .

**Phương pháp toạ độ cực** là dùng máy kinh vĩ đặt tại một điểm nào đó (ví dụ điểm II) của đường chuyển đo góc cực  $\beta_1$  giữa cạnh II - III của đường chuyển và hướng tới điểm b cần đo vẽ, đồng thời đo khoảng cách  $l_1$  từ điểm II (điểm đứng máy) tới điểm cần đo vẽ b.



Hình 9.1. Đo vẽ chi tiết.



**Phương pháp giao hội góc** là xác định vị trí điểm c cần đo vẽ so với cạnh đường chuyền III - IV bằng cách dùng máy kinh vĩ đo góc  $\beta_3$  và  $\beta_4$  giữa cạnh đường chuyền và các g tới điểm cần đo vẽ.

Điểm c được xác định trên bình đồ theo giao điểm của hai hướng III - c và IV - c khi dựng các góc  $\beta_3$  và  $\beta_4$  giữa cạnh đường chuyền và các hướng tới điểm cần đo vẽ. Phương pháp này được áp dụng rất tiện lợi khi điểm đo vẽ nằm cách xa các điểm đường chuyền và điều kiện đo khoảng cách tới các điểm đó có nhiều khó khăn.

**Phương pháp giao hội cạnh** thực chất là đo khoảng cách  $l_2$  và  $l_3$  giữa điểm d cần xác định trên thực địa tới các điểm IV, V của đường chuyền. Trên bình đồ, điểm d sẽ là giao điểm của hai cung tròn có tâm ở điểm IV và điểm V với bán kính tương ứng là  $l_2$  và  $l_3$  đã được thu nhỏ theo tỷ lệ.

**Phương pháp hướng chuẩn** được áp dụng khi các cạnh của đường chuyền kinh vĩ cắt ngang một đường ranh giới nào đó. Ví dụ, điểm e và điểm k được xác định bằng cách đo các đoạn  $l_6, l_7$  và  $l_{10}, l_{11}$  trên cạnh đường chuyền. Điểm f trên đường ranh giới lại được xác định theo một hướng chuẩn phụ V - k bằng cách đo các đoạn  $l_8$  và  $l_9$ .

Đo vẽ chi tiết đòi hỏi người thực hiện phải rất thận trọng, chú ý trong khi đo đạc và ghi sổ ngay tại thực địa. Cần chú ý nhất là vẽ sơ hoạ thật tỷ mỉ, chi tiết bởi vì nó là một trong những tài liệu đo vẽ chủ yếu giúp cho việc biểu diễn lên bình đồ không bị nhầm lẫn và bỏ sót. Trong những trường hợp có thể, cần đo kiểm tra, đo nối vào những ranh giới, địa vật đã đo từ những trạm máy khác. Hiện nay, do sử dụng khá phổ biến máy toàn đạc điện tử nên phương pháp này có thể được thay thế, quá trình đo vẽ sẽ rất đơn giản và nhanh chóng.

#### 9.4. ĐO VẼ BÌNH ĐỒ THEO PHƯƠNG PHÁP TOÀN ĐẠC (ĐO VẼ BẰNG MÁY TOÀN ĐẠC)

Máy toàn đạc chính là máy kinh vĩ nhưng trên lưới chỉ của máy kinh vĩ có kẻ thêm hai dây chỉ thị cự (dây chỉ để đo khoảng cách). Vì thế, ngoài các góc ngang, góc nghiêng còn đo được cả khoảng cách nên có thể xác định được cả vị trí không gian của điểm chi tiết. Việc đo vẽ đồng thời đường ranh giới - địa vật và địa hình dáng đất, trong đó vị trí không gian của mỗi điểm được xác định từ một trạm máy theo phương pháp tọa độ cực nhờ sử dụng máy toàn đạc (xác định được các góc ngang, khoảng cách và chênh cao) gọi là đo vẽ bằng phương pháp toàn đạc.

Góc ngang được đo là góc tính từ hướng gốc (hướng từ điểm đứng máy tới một điểm gốc khác) đến hướng ngắm tới điểm cần đo vẽ. Hướng gốc thường được đặt trùng với hướng  $0^\circ$  trên vòng chia độ. Chiều dài được xác định nhờ chỉ thị cự của máy. Chênh cao giữa điểm đo so với điểm trạm máy được xác định theo phương pháp đo cao lượng giác.



Đo vẽ toàn đạc được thực hiện theo nguyên tắc từ toàn diện đến cục bộ, nghĩa là đầu tiên tiến hành xây dựng cơ sở khống chế mặt bằng và độ cao, sau đó tiến hành đo vẽ chi tiết và theo kết quả này tiến hành thành lập bình đồ địa hình ở trong phòng. Các điểm khống chế Nhà nước, các điểm của đường chuyên kinh vĩ và độ cao của các điểm khống chế cấp cao đều có thể được sử dụng làm cơ sở khống chế mặt bằng, độ cao phục vụ cho đo vẽ. Điểm khống chế đo vẽ được xác định qua việc xây dựng các đường chuyển toàn đạc. Song song với quá trình đo vẽ địa hình, địa vật tại các trạm của đường chuyển toàn đạc nhất thiết phải tiến hành vẽ sơ hoạ biểu diễn đặc điểm, vị trí của địa vật và các điểm đặc trưng của địa hình. Ưu điểm của phương pháp đo vẽ toàn đạc là công tác ngoại nghiệp được tiến hành trong một thời gian ngắn và trong điều kiện không thuận tiện cho các phương pháp khác. Nhưng nó cũng có nhược điểm là quá trình đo vẽ ngoại nghiệp và nội nghiệp tách rời nhau, thậm chí có thể do những nhóm khác nhau thực hiện nên có thể bỏ sót điểm hoặc là sai lệch địa hình, đáng tiếc so với thực tế.

Trong quá trình đo vẽ ngoại nghiệp cũng cần phải phát triển các đường chuyển toàn đạc để tăng dày thêm mật độ điểm trên khu đo theo yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Việc phát triển các đường chuyển toàn đạc cũng bắt đầu từ khâu khảo sát, chọn điểm, chôn mốc giống như khi xây dựng đường chuyên kinh vĩ. Các điểm được chọn phải đáp ứng tốt nhất mọi điều kiện cho đo vẽ chi tiết.

Đường chuyển toàn đạc thường được phát triển thành những tuyến khép kín dựa vào những điểm khống chế cấp cao hơn. Chiều dài cả tuyến không được vượt quá 1,2km khi đo vẽ tỷ lệ 1:5000 và 0,2km khi đo vẽ tỷ lệ 1:500 với chiều dài mỗi cạnh tương ứng không quá 300m và 100m. Khi đo vẽ tỷ lệ 1:500, chiều dài cạnh đường chuyển được đo bằng thước thép hoặc các máy toàn đạc điện tử. Khi đo đường chuyển, nếu dùng máy quang cơ, trên mỗi trạm máy cần thực hiện những thao tác theo trình tự sau:

1. Đặt máy trên điểm trạm đo (cân máy và định tâm máy), sai số định tâm máy không được lớn quá 3mm. Tuy nhiên nếu cạnh đường chuyển càng ngắn thì càng phải định tâm chính xác hơn;

2. Đo chiều cao máy;

3. Hướng ống kính tới mia dựng ở điểm sau của tuyến đo, điều chỉnh ống kính, ngắm mia và đọc số theo chỉ trên, chỉ dưới của lưới chỉ để xác định khoảng cách (tốt nhất là đặt số đọc nhỏ hơn trùng với một số chẵn nào đó trên mia, ví dụ 1000mm). Hiệu hai số đọc này nhân với hệ số đo dài K sẽ cho ta chiều dài cạnh đo. Để kiểm tra, có thể đo lại theo số đọc trên mặt đồ của mia; đưa chỉ giữa về số đọc trên mia đúng bằng chiều cao máy, điều chỉnh bọt thủy bàn độ đứng vào giữa nếu cần và đọc số trên bàn độ đứng để xác định góc nghiêng;

4. Ngắm tới phần gần đế mia để đọc số trên bàn độ ngang;

5. Hướng ống kính tới mia dựng ở điểm phía trước của tuyến và lặp lại các thao tác

3, 4. Toàn bộ các thao tác đó cho ta kết quả một nửa vòng đo. Sau khi quay đảo ống



kính, tiếp tục thực hiện các thao tác như ở nửa vòng đo đầu ta sẽ được kết quả của một nửa vòng đo sau. Chênh lệch giá trị góc ngang giữa hai nửa vòng đo không được vượt quá 1' khi đo bằng máy có độ chính xác cấp phút. Kết quả đo góc nghiêng được kiểm tra *theo độ ổn định vị trí điểm không (giá trị MO) của bàn độ đứng, giá trị này không được thay đổi quá hai lần độ chính xác đọc số trên bàn độ đứng.*

Việc tính toán khoảng cách ngang của các cạnh đường chuyển và chênh cao giữa các điểm có thể tiến hành ngay trên thực địa nhờ sử dụng bảng tra hoặc máy tính bỏ túi. Khoảng cách ngang  $D$  của cạnh nghiêng  $S$  đo bằng máy đo đài thị cự được tính theo công thức:

$$D = S \cos^2 \nu, \quad (9.1)$$

trong đó:  $S$  - khoảng cách đo bằng chỉ thị cự, góc nghiêng  $\nu$  của cạnh tính theo số đọc trên bàn độ đứng. Chênh lệch khoảng cách ngang tính theo hai kết quả đo thuận và đo ngược không được vượt quá 1/400, còn chênh cao không quá 4cm trên mỗi khoảng cách 100m.

Sau khi tính được toạ độ và độ cao các điểm đường chuyển theo kết quả đo ngoại nghiệp, bắt đầu quá trình đo chi tiết địa hình, địa vật, nghĩa là xác định vị trí không gian của các điểm chi tiết (điểm mĩa) mà theo đó, ta sẽ lập được bình đồ địa hình sau này.

Như vậy, nhiệm vụ chủ yếu khi đo vẽ địa hình địa vật là xác định các điểm chi tiết cần và đủ để biểu diễn được các đường ranh giới, địa vật lên bình đồ dựa vào các điểm khống chế và biểu diễn được đáng đất địa hình bằng các đường đồng mức.

*Đo vẽ chi tiết* theo phương pháp toàn đạc trên một trạm máy chỉ tiến hành ở một vị trí của bàn độ đứng (vị trí trái) theo trình tự sau:

1. Đặt máy tại trạm đo, xác định chiều cao của máy;
2. Xác định vị trí "điểm không" (MO) của bàn độ đứng. Nếu không cần điều chỉnh, có thể thực hiện các thao tác tiếp theo;
3. Định hướng bàn độ ngang theo một cạnh đường chuyển toàn đạc xuất phát từ điểm đặt máy, lấy số đọc trên hướng đó bằng  $0^{\circ}00'$  và coi đó là hướng gốc ban đầu cho cả quá trình đo vẽ trên trạm;
4. Ngắm tới các điểm mĩa (điểm chi tiết, đó là những điểm đặc trưng cho địa hình, địa vật, các điểm góc ngoặt trên đường ranh giới, các điểm thay đổi quy. luật của địa hình...). Mật độ các điểm chi tiết phải đủ để biểu diễn địa vật cũng như mô tả hết địa hình. Để kiểm tra, nên đo thêm một số điểm chi tiết đã đo ở những trạm lân cận;
5. Đo khoảng cách tới điểm chi tiết bằng chỉ thị cự. Khoảng cách từ máy đến điểm chi tiết tùy thuộc vào tỷ lệ đo vẽ, khoảng cao đều và vào đối tượng đo vẽ được quy định như trong bảng 9.2;



6. Điều chỉnh chỉ giữa của lưới chỉ trùng vào số đọc trên mia đúng bằng chiều cao máy, điều chỉnh bọt thủy bàn độ đứng vào giữa, đọc số trên bàn độ đứng để xác định góc nghiêng ;

7. Đọc số theo bàn độ ngang.

Cứ thao tác như vậy cho tất cả các điểm chi tiết có thể nhìn thấy được nằm xung quanh điểm trạm máy, khi kết thúc một trạm cần quay về hướng ban đầu để kiểm tra, giá trị sai lệch khỏi hướng ban đầu không được vượt quá 1,5'. Tùy theo tỷ lệ đo vẽ, khoảng cao đều để thể hiện địa hình và đặc điểm của các điểm chi tiết, khoảng ngắm từ máy đến mia và khoảng cách giữa các điểm mia được quy định như trong bảng 9.2.

**Bảng 9.2. Khoảng cách giới hạn từ máy đến mia khi đo vẽ địa hình địa vật**

| Tỷ lệ đo vẽ | Khoảng cao đều đường đồng mức, m | Khoảng cách tối đa, m |                    |                   |
|-------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
|             |                                  | Giữa các điểm mia     | Khi đo vẽ địa hình | Khi đo vẽ địa vật |
| 1:5000      | 0,5                              | 60                    | 250                | 150               |
|             | 1,0                              | 80                    | 300                | 150               |
|             | 2,0                              | 100                   | 350                | 150               |
|             | 5,0                              | 120                   | 350                | 150               |
| 1:2000      | 0,5                              | 40                    | 200                | 100               |
|             | 1,0                              | 40                    | 250                | 100               |
|             | 2,0                              | 50                    | 250                | 100               |
| 1: 1000     | 0,5                              | 20                    | 150                | 80                |
|             | 1,0                              | 30                    | 200                | 80                |
| 1:500       | 0,5                              | 15                    | 100                | 60                |
|             | 1,0                              | 15                    | 150                | 60                |

Kết quả đo chi tiết được ghi vào sổ theo mẫu quy định (bảng 9.3). Song song với việc đo chi tiết các điểm cần tiến hành vẽ sơ họa, ghi chú về đặc điểm của mỗi điểm đo, hướng dốc địa hình, sơ đồ nối các điểm trên đường ranh giới hoặc địa vật. Sơ họa là một tài liệu rất quan trọng của quá trình đo vẽ toàn đạc, vì dựa vào đó ở điều kiện nội nghiệp mới có thể vẽ được bình đồ địa hình, địa vật một cách đầy đủ, chính xác và không bị bỏ sót. Khi đo vẽ các điểm dân cư, khu đô thị có điều kiện địa vật phức tạp, có thể đưa các điểm chi tiết lên bản vẽ ngay tại mỗi trạm đo ngoại nghiệp, khi đó để đảm bảo chất lượng bản vẽ, không nên dùng giấy vẽ thông thường mà phải dùng phim nhựa Diamat.

Sau khi kết thúc đo đạc ngoại nghiệp, cần tiến hành ngay công tác xử lý nội nghiệp. Trước hết cần kiểm tra sổ đo, các sơ đồ, sơ họa, kiểm tra tính toán góc ngang, góc đứng, chiều dài cạnh, tọa độ vuông góc các điểm của lưới cũng như tọa độ, độ cao các điểm



chi tiết. Số liệu đo đạc cần được đưa ngay lên bản vẽ để kịp thời phát hiện và điều chỉnh những sai sót so với thực địa.

**Bảng 9.3. Sổ đo vẽ theo phương pháp toàn đạc**

| N <sup>o</sup> điểm<br>chi tiết                                                                  | Số đọc<br>trên bàn<br>độ ngang | Khoảng<br>cách đo<br>bằng thị cự<br>D, m | Số đọc<br>bàn độ<br>đứng, vị<br>trí trái | Góc<br>nghiêng<br>$\nu$ | Khoảng<br>cách ngang<br>$d = D \cos^2 \nu$ ,<br>m | Chênh<br>cao h,<br>m | Độ<br>cao<br>H, m | Ghi chú    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|----------------------|-------------------|------------|
| Trạm máy III; Điểm định hướng: II; $H_{III} = 150,70\text{m}$ ; Chiều cao máy $i = 1,32\text{m}$ |                                |                                          |                                          |                         |                                                   |                      |                   |            |
| Loại máy T30; MO = $359^\circ 59'$ ; Người đo: Lê Văn Hoá; Người ghi: Trần Thu Mai               |                                |                                          |                                          |                         |                                                   |                      |                   |            |
| II                                                                                               | $0^\circ 00'$                  |                                          |                                          |                         |                                                   |                      |                   |            |
| 1                                                                                                | $342^\circ 30'$                | 126,6                                    | $358^\circ 38'$                          | $-1^\circ 21'$          | 126,6                                             | -2,98                | 147,7             | Đường mòn  |
| 2                                                                                                | 334 45                         | 61,2                                     | 356 06                                   | -3 53                   | 60,8                                              | -6,08                | 144,6             | Đầu cầu    |
| 3                                                                                                | 356 10                         | 75,9                                     | 355 37                                   | -4 22                   | 75,5                                              | -5,73                | 145,0             | Bờ suối    |
| 6                                                                                                | 43 10                          | 91,4                                     | 358 21                                   | -1 38                   | 91,4                                              | -2,59                | 148,1             | Ranh giới  |
| 12                                                                                               | 208 05                         | 58,4                                     | 356 20                                   | -3 39                   | 58,2                                              | -3,70                | 147,0             |            |
| 13                                                                                               | 266 30                         | 85,5                                     | 357 19                                   | -2 40                   | 85,3                                              | -3,96                | 146,7             | Đường mòn  |
| 16                                                                                               | 310 00                         | 120,0                                    | 356 34                                   | -3 25                   | 119,5                                             | -7,11                | 143,6             | Bờ suối    |
| 17                                                                                               | 54 05                          | 30,2                                     | 354 39                                   | -5 20                   | 29,9                                              | -2,76                | 147,9             |            |
| II                                                                                               | 0 01                           |                                          |                                          |                         |                                                   |                      |                   | Về điểm II |

Quá trình thành lập bình đồ bằng phương pháp toàn đạc bao gồm:

1. Dựng lưới tọa độ trên giấy vẽ, hoặc giấy Diamát, quá trình thực hiện giống như trường hợp thành lập bình đồ bằng máy kinh vĩ;

2. Tính tọa độ, độ cao các điểm khống chế đo vẽ và đưa các điểm đó lên bình đồ. Quá trình bình sai đường chuyền toàn đạc cũng giống như đối với đường chuyền kinh vĩ. Sai số khép góc  $f_\beta$  và chiều dài  $f_s$  trong đường chuyền toàn đạc được xác định theo những công thức:

$$f_{\beta gh} = 1' \sqrt{n}, \quad (9.2)$$

trong đó: n - số trạm đo trong tuyến;

$$f_{s gh} = \frac{P}{400\sqrt{N}}, \quad (9.3)$$

trong đó: P - chiều dài tuyến tính bằng m;

N - số cạnh đo trong tuyến.



Sai số khép độ cao  $f_h$  khi đo theo phương pháp lượng giác được tính theo công thức:

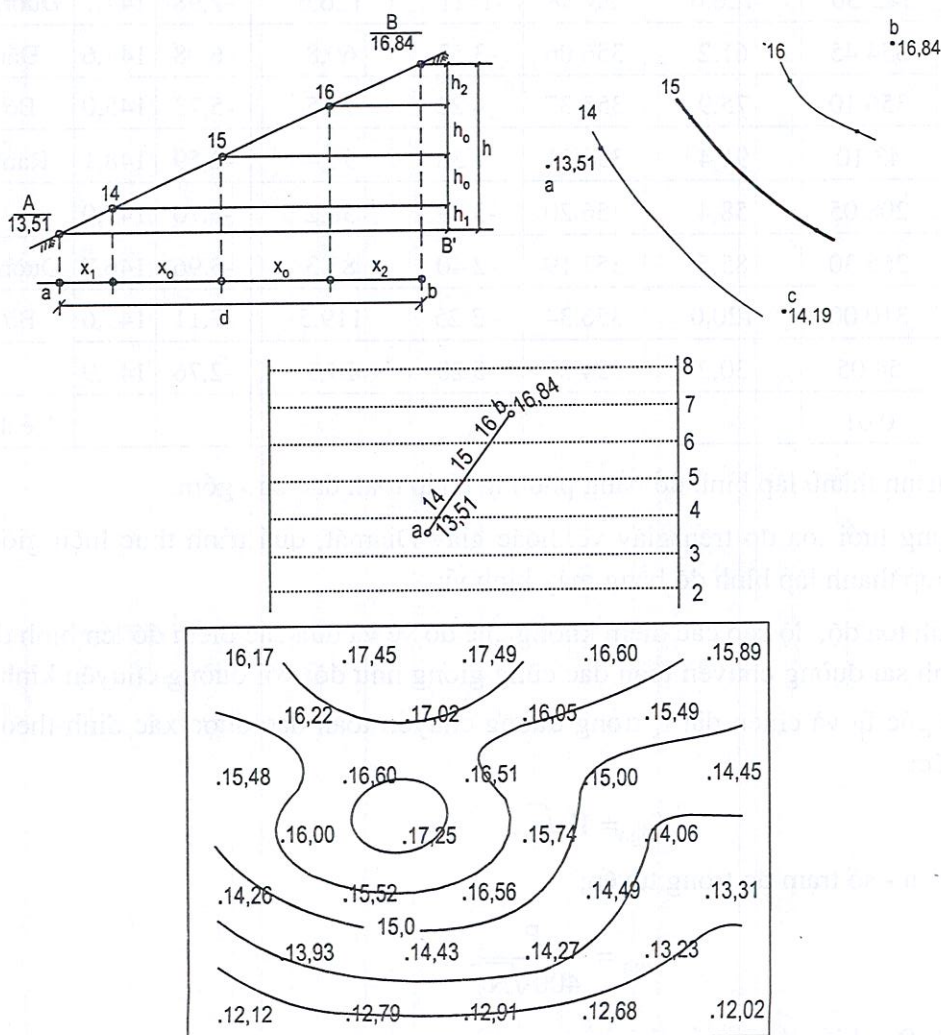
$$f_h = \sum h_{tb} - (H_{cuối} - H_{đầu}), \quad (9.4)$$

trong đó:  $\sum h_{tb}$  - tổng đại số các giá trị chênh cao trung bình của mỗi cạnh;

$H_{đầu}$ ;  $H_{cuối}$  - độ cao đã biết của điểm đầu và điểm cuối tuyến.

Sau khi phân phối sai số khép tỷ lệ thuận với chiều dài mỗi cạnh vào các chênh cao trung bình và dựa vào độ cao điểm gốc ta sẽ tính được độ cao của các điểm. Các điểm khống chế đo vẽ được đưa lên bình đồ theo tọa độ và có ghi kèm độ cao. Lưới khống chế được xem như bộ khung để dựa vào đó mà chuyển các điểm chi tiết lên bình đồ.

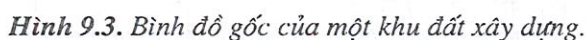
3. Các điểm chi tiết được đưa lên bình đồ bằng thước đo độ dựa theo số đo, khoảng cách nằm ngang từ trạm đo đến điểm chi tiết trước khi đưa lên bình đồ được thu nhỏ theo tỷ lệ. Địa vật được vẽ theo những ghi chú trong bản vẽ sơ họa;



Hình 9.2. Một số phương pháp vẽ đường đồng mức.



Sau khi kiểm tra, thanh vẽ bản chì mới được tiến hành lên mực bản vẽ. Quá trình này phải tuân thủ theo quy định của bộ mẫu ký hiệu giả định đối với bình đồ địa hình tỷ lệ lớn (từ 1: 500 đến 1: 5000) trong các tiêu chuẩn chuyên ngành. Trên hình 9.3 là bình đồ địa hình một khu vực sẽ xây dựng công trình.





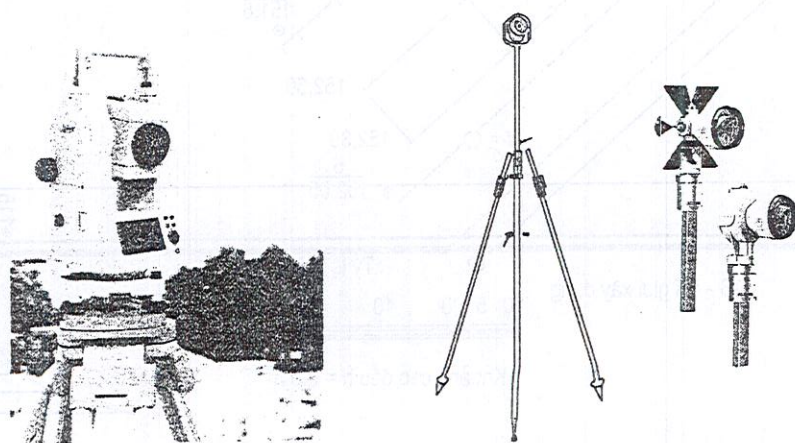
## 9.5. ĐO VẼ BÌNH ĐỒ BẰNG MÁY TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ

Cấu tạo của máy toàn đạc điện tử gồm ba khối chính là máy đo xa điện tử EDM (Electronic Distance Measurement), máy kinh vĩ hiện số DT (Digital Theodolite) và bộ vi xử lý trung tâm CPU.

Đặc trưng cơ bản của khối EDM là xác định khoảng cách nghiêng  $D$  từ điểm đặt máy đến điểm đặt gương phản xạ (điểm chi tiết), còn kinh vĩ hiện số DT là xác định giá trị của hướng (hoặc góc ngang  $\beta$ ) và góc nghiêng  $v$  (hoặc góc thiên đỉnh  $z$ ). Bộ vi xử lý CPU cho phép nhập các dữ liệu như hằng số của máy ( $K$ ), số liệu khí tượng môi trường đo (nhiệt độ, áp suất), tọa độ và độ cao ( $X, Y, H$ ) của trạm đặt máy và của điểm định hướng, chiều cao máy ( $J_m$ ), chiều cao gương ( $l_g$ ). Nhờ sự trợ giúp của các phần mềm tiện ích cài đặt trong CPU và với các dữ liệu trên cho phép ta xác định ngay được các số liệu tọa độ và độ cao của điểm chi tiết. Số liệu này có thể được hiển thị trên màn hình tinh thể lỏng hoặc lưu giữ trong bộ nhớ trong của máy (RAM - Random Access Memory) hoặc bộ nhớ ngoài (gọi là FieldBook - sổ điện tử) và sau đó được trút qua máy tính nhờ dây cáp trút số liệu hoặc loại không dây. Bộ nhớ trong của máy hiện nay có thể có dung lượng từ 5.000 đến 20.000 điểm đo giúp cho công việc đo đạc ngoại nghiệp có thể kéo dài nhiều ngày, đây là một phương pháp thu thập dữ liệu hiện đại nhất hiện nay. Việc biên tập bản đồ gốc được thực hiện nhờ các phần mềm chuyên dụng cài đặt sẵn trong máy vi tính.

Khác với đo chi tiết bằng máy kinh vĩ hoặc toàn đạc quang học, khi dùng máy toàn đạc điện tử thì toàn bộ việc ghi chép và xử lý số liệu được tự động hoá hoàn toàn. Tuy theo từng loại máy mà quy trình đo và xử lý số liệu có những đặc điểm khác nhau, dưới đây là một số nguyên tắc chung.

**Chuẩn bị máy móc và thiết bị.** Tại một trạm đo cần có một máy toàn đạc điện tử, một bộ nhiệt kế và áp kế (có một số máy tự cảm ứng mà không cần đo nhiệt độ, áp suất), một thước thép 2m để đo chiều cao máy và một số bộ sào gương phản xạ. Tại điểm định hướng B, đặt bảng ngắm có gương phản xạ với bộ cân bằng dọi tâm quang học. Tại các điểm chi tiết có thể dùng gương sào (hình 9.4).

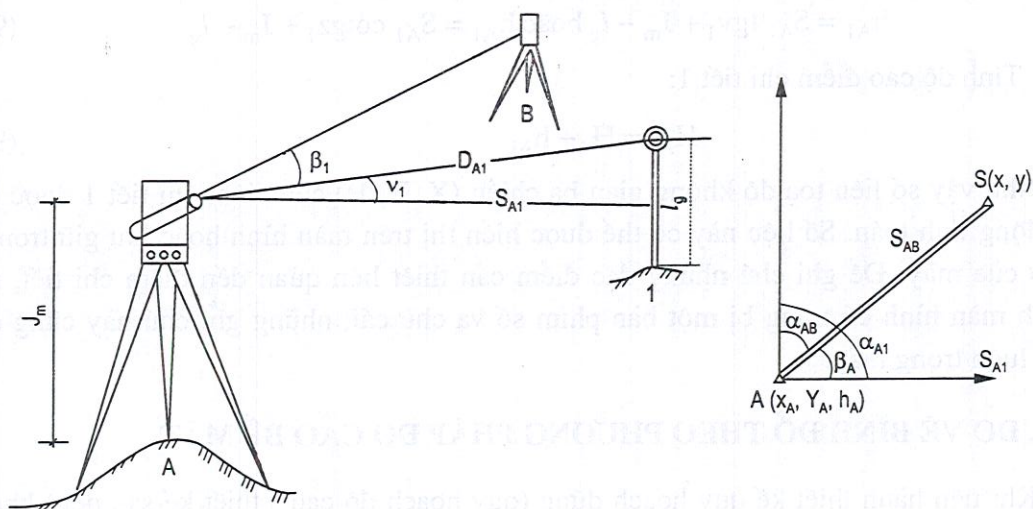


Hình 9.4. Máy toàn đạc điện tử và gương sào.



Các máy móc, thiết bị phải được kiểm nghiệm và điều chỉnh theo các quy định trong các tiêu chuẩn chuyên ngành. Hạn sai về sai số 2C và MO khi đo chi tiết được quy định như đối với máy kinh vĩ kỹ thuật.

**Trình tự đo.** Giống như đối với máy quang học, nhưng do nhiều quá trình đã được tự động hoá nên nhiều thao tác được loại bỏ, một số thao tác được thực hiện đơn giản và nhanh chóng. Cụ thể, tại trạm máy A tiến hành cân máy và định tâm máy, cài đặt chế độ đo và đơn vị đo. Đưa ống kính ngắm chính xác điểm định hướng B. Bằng các phím chức năng, nhập các số liệu như hằng số (K), nhiệt độ ( $t^\circ$ ), áp suất (P), tọa độ và độ cao điểm trạm đo A ( $X_A, Y_A, H_A$ ), tọa độ điểm định hướng B ( $X_B, Y_B$ ), chiều cao máy  $J_m$ , chiều cao gương sào ( $l_g$ ). Đưa giá trị hướng ban đầu về  $0^\circ00'00''$ . Quay ống kính về ngắm tâm gương sào tại điểm chi tiết 1, lúc này máy sẽ tự động đo các giá trị khoảng cách nghiêng  $D_{A1}$ , góc ngang  $\beta_1$  (kẹp giữa hướng mở đầu AB và hướng A1) và góc nghiêng  $\nu_1$  (hoặc góc thiên đỉnh  $z_1$ ), (hình 9.5) và nhập kết quả đo vào CPU (ấn nút Rec).



Hình 9.5. Nguyên lý đo điểm chi tiết.

Với các lệnh được thực hiện trên bàn phím của máy và nhờ các phần mềm tiện ích đã cài đặt trong bộ xử lý CPU, các bài toán sẽ lần lượt thực hiện như sau:

- Tính số gia tọa độ giữa điểm trạm máy A và điểm định hướng B:

$$\begin{aligned}\Delta X_{AB} &= X_B - X_A \\ \Delta Y_{AB} &= Y_B - Y_A\end{aligned}\quad (9.5)$$

- Tính góc định hướng của cạnh mở đầu:

$$\alpha_{AB} = \text{artg} \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \quad (9.6)$$



- Tính góc định hướng của cạnh A1:

$$\alpha_{A1} = \alpha_{AB} + \beta_1 \quad (9.7)$$

- Tính chuyển cạnh nghiêng  $D_{A1}$  về trị số cạnh ngang  $S_{A1}$ :

$$S_{A1} = D_{A1} \cos v_1 \text{ hoặc } S_{A1} = D_{A1} \sin z_1, \quad (9.8)$$

- Tính số gia toạ độ giữa điểm đặt máy A và điểm chi tiết 1:

$$\begin{aligned} \Delta X_{A1} &= S_{A1} \cos \alpha_{A1} \\ \Delta Y_{A1} &= S_{A1} \sin \alpha_{A1} \end{aligned} \quad (9.9)$$

- Tính toạ độ của điểm chi tiết 1:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_A + \Delta X_{A1} \\ Y_1 &= Y_A + \Delta Y_{A1} \end{aligned} \quad (9.10)$$

- Tính chênh cao giữa điểm đặt máy A và điểm chi tiết 1:

$$h_{A1} = S_{A1} \operatorname{tg} v_1 + J_m - l_g \text{ hoặc } h_{A1} = S_{A1} \cot g z_1 + J_m - l_g \quad (9.11)$$

- Tính độ cao điểm chi tiết 1:

$$H_{A1} = H_A + h_{A1} \quad (9.12)$$

Như vậy số liệu toạ độ không gian ba chiều (X, Y, H) của điểm chi tiết 1 được CPU tự động tính toán. Số liệu này có thể được hiển thị trên màn hình hoặc lưu giữ trong bộ nhớ của máy. Để ghi chú những đặc điểm cần thiết liên quan đến điểm chi tiết, ngay cạnh màn hình có trang bị một bàn phím số và chữ cái, những ghi chú này cũng được lưu luôn trong máy.

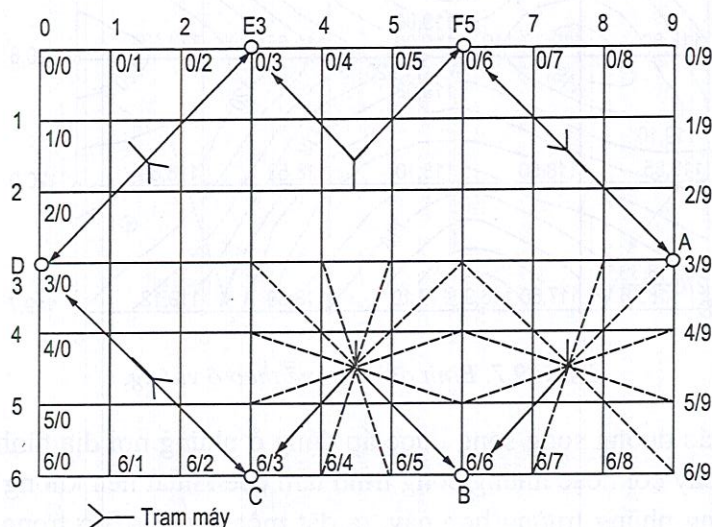
## 9.6. ĐO VẼ BÌNH ĐỒ THEO PHƯƠNG PHÁP ĐO CAO BỀ MẶT

Khi tiến hành thiết kế quy hoạch đứng (quy hoạch độ cao - thiết kế san nền) khu đất xây dựng công trình, cần thiết phải biểu diễn địa hình của khu vực lên bình đồ bằng những đường đồng mức. Tùy thuộc vào đặc điểm địa hình, địa vật của khu vực và trong điều kiện trang thiết bị còn hạn chế, có thể áp dụng các phương pháp đo cao bề mặt như đo theo ô vuông, đo theo các đường song song và đo theo tuyến tới các đường cắt ngang. Khi đó chỉ cần sử dụng các dụng cụ đơn giản như máy kinh vĩ, máy thủy bình và thước thép.

Đo cao bề mặt theo ô vuông được áp dụng để thành lập bình đồ địa hình tỷ lệ lớn, thường là 1: 500 và 1: 1 000 trong trường hợp mặt bằng khu vực quang đãng và tương đối bằng phẳng. Trước khi đo cần dùng máy kinh vĩ và thước thép để bố trí một mạng lưới ô vuông có chiều dài cạnh từ 10 đến 100m tùy thuộc vào yêu cầu kỹ thuật và khoảng cao đều giữa các đường đồng mức. Khi bố trí các ô vuông nên chọn một điểm gốc ở gần giữa khu vực đo vẽ, dùng máy kinh vĩ đặt tại điểm này dựng hai hướng vuông góc với nhau. Một hướng gốc thường được lấy trùng với hướng Bắc hoặc trùng với hướng kéo dài của



khu vực. Trên những hướng đó, dùng thước thép đặt từng khoảng cách đã định, ta được các đỉnh ô vuông, hoặc dùng sợi dây trên đó có đánh dấu từng đoạn bằng chiều dài cạnh ô vuông và kéo căng theo các hướng gốc ta cũng xác định được các đỉnh ô vuông. Những đỉnh ô vuông này được đánh dấu bằng cọc gỗ tạm thời có ghi ký hiệu tương ứng theo hệ thống lưới, ví dụ: 0/0; 0/1; 0/2; ... 6/0; 6/1; 6/2... (hình 9.6).



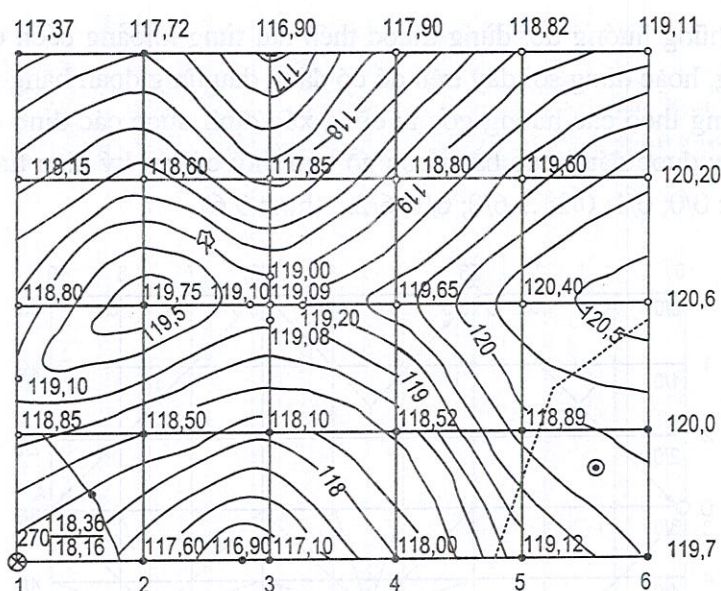
**Hình 9.6.** Sơ đồ đo cao bề mặt theo ô vuông.

Trên những khu vực rộng lớn, nên bố trí ô vuông theo hai giai đoạn. Trước hết bố trí các ô vuông lớn có cạnh 100 hay 200m, sau đó đến các ô vuông nhỏ có cạnh 10 hay 20m. Song song với việc bố trí lưới ô vuông, ta tiến hành đo vẽ chi tiết bằng cách đo khoảng cách tới các điểm ranh giới đặc trưng. Sơ hoạ được vẽ trên giấy trắng có kẻ ô vuông và đánh số ký hiệu tương ứng với lưới trên thực địa. Trên sơ hoạ còn vẽ các điểm đặc trưng địa hình như gò đất, hố sâu... Lưới ô vuông được bố trí thật thận trọng nếu nó còn được dùng để phục vụ cho thiết kế quy hoạch mặt bằng công trình.

Đo độ cao bắt đầu theo tuyến chính từ A qua B, C... Rồi lại quay về A, các điểm này nên lấy trùng với những điểm ô vuông đã bố trí (hình 9.6). Sau khi phân phối lại sai số khép cho tuyến chính, tiến hành đo tất cả các điểm ô vuông còn lại. Vị trí đặt máy thủy bình được đánh dấu sao trên sơ đồ hình 9.6. Hướng ngắm từ điểm đặt máy tới mìa trên các đỉnh ô vuông được biểu diễn bằng đường gạch nét đứt. Những ô vuông lớn có cạnh 100m được đo riêng biệt từng ô một theo một trạm máy đặt ở giữa ô vuông. Trước tiên đo tất cả các ô vuông nằm xung quanh lưới, sau đó đo các ô vuông ở phía trong.

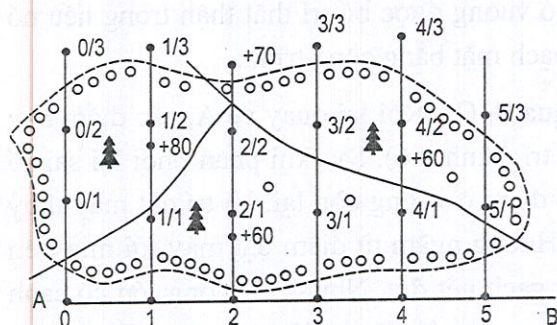
Độ chính xác đo cao bề mặt cũng tuân theo những quy định của đo cao kỹ thuật. Sau khi tính toán độ cao các đỉnh ô vuông, tiến hành vẽ đường đồng mức. Trên hình 9.7 là bình đồ địa hình khu vực ở tỷ lệ 1: 1000, cạnh ô vuông 200m với khoảng cao đều giữa hai đường đồng mức  $h = 0,25$  m.



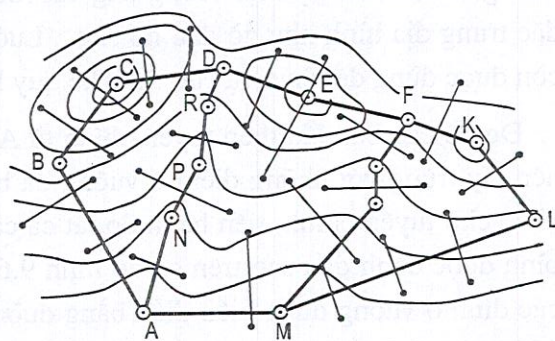


Hình 9.7. Bình đồ được vẽ theo ô vuông.

Đo cao theo các đường song song được áp dụng ở những nơi địa hình tương đối bằng phẳng nhưng có cây cối hoặc những công trình tạm che khuất nên không thể bố trí theo ô vuông được. Trong những trường hợp này, ta đặt một tuyến AB ở trong hoặc ngoài khu vực (hình 9.8), tiếp tục đặt trên tuyến AB các đoạn bằng chiều dài lưới ô vuông, tại những điểm đó ta lại dựng các đường vuông góc hình thành những tuyến song song. Những tuyến song song này sẽ là cơ sở để đo vẽ các đường ranh giới và đo độ cao. Trên những tuyến song song ta cũng đánh dấu ký hiệu các điểm trực và điểm đặc trưng địa hình. Sau khi đo nối một điểm nào đó của lưới với mốc độ cao gốc, ta bắt đầu đo trên tuyến chính AB, sau đó đến các điểm trên các đường song song. Tuyến gốc AB được đo theo 2 chiều (đo đi và đo về), tuyến song song đo một chiều bằng mĩa hai mặt hoặc thay đổi chiều cao máy.



Hình 9.8. Đo theo các đường song song.



Hình 9.9. Đo theo tuyến với đường cắt ngang.

Đo cao theo tuyến với những đường cắt ngang được tiến hành chủ yếu ở những nơi địa hình phức tạp (hình 9.9). Tuyến đo với những đường cắt ngang thường đi theo đường phân nước (phân thủy), đường tụ nước (tụ thủy), sườn dốc,... tức là theo đường đặc trưng của địa hình.

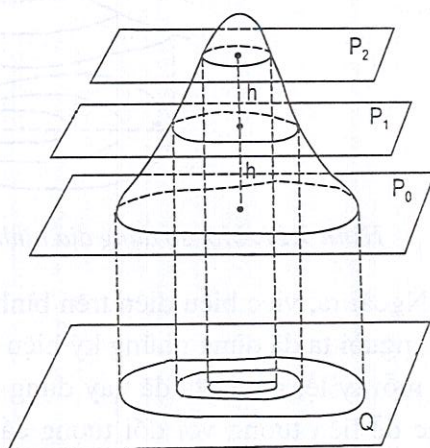


Theo tuyến chính ta đặt các đường chuyển kinh vĩ để xác định tọa độ các đỉnh và theo đó đưa toàn tuyến lên bình đồ. Sau đó tiến hành đo cao dọc tuyến chính và các đường cắt ngang. Theo kết quả đo cao, kết hợp với bản vẽ sơ hoạ tiến hành vẽ bình đồ và các đường đồng mức.

## 9.7. BIỂU DIỄN ĐỊA HÌNH, ĐỊA VẬT TRÊN BÌNH ĐỒ

Địa hình, dáng đất là một nội dung biểu diễn quan trọng của bình đồ địa hình. Dáng đất là một tập hợp tổng thể toàn bộ bề mặt lồi lõm, gồ ghề, cao thấp khác nhau của mặt đất tự nhiên. Biết được những đặc điểm của dáng đất sẽ có một ý nghĩa quan trọng khi thiết kế quy hoạch khu đô thị, dân cư, những vùng kinh tế phát triển cũng như khi thiết kế xây dựng các công trình kỹ thuật và khai thác ở các khu mỏ.

Để biểu diễn địa hình, dáng đất có thể sử dụng nhiều phương pháp như kẻ vân, tô màu nhưng hiện nay phổ biến nhất là phương pháp các đường đồng mức. Đường đồng mức là một đường cong tròn khép kín, các điểm trên đó đều có cùng độ cao so với mực nước biển. Thực chất nó là giao tuyến của mặt đất tự nhiên với mặt phẳng song song với mặt nước gốc. Giao tuyến này được thu nhỏ theo tỷ lệ và biểu diễn lên bình đồ sẽ cho ta một đường đồng mức. Nếu cắt mặt đất tự nhiên bằng nhiều mặt phẳng song song với mặt nước gốc ở những độ cao khác nhau, ta sẽ được trên bình đồ những đường đồng mức có độ cao khác nhau (hình 9.10).

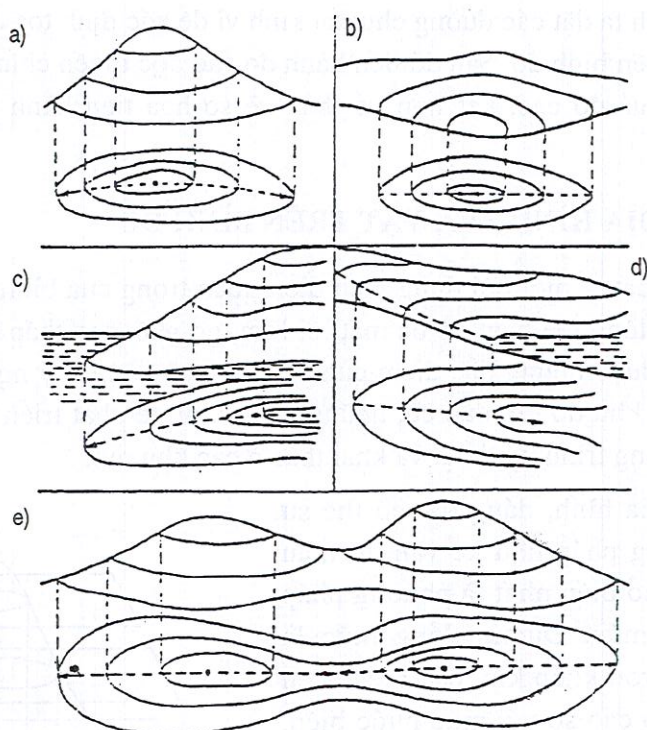


Hình 9.10. Nguyên lý đường đồng mức

Khoảng cách  $h$  tính theo chiều cao (theo phương thẳng đứng) giữa hai đường đồng mức liền kề nhau gọi là khoảng cao đều địa hình,  $h$  có thể có giá trị lớn hoặc nhỏ tùy thuộc tỷ lệ bình đồ cần lập và đặc điểm của địa hình. Nhất thiết phải chỉ rõ giá trị của nó trên bình đồ hoặc bản đồ. Khoảng cách trên bình đồ giữa các đường đồng mức liền kề nhau gọi là khoảng cách nằm ngang giữa các đường đồng mức. Khoảng cách này càng ngắn thì độ dốc địa hình càng lớn và ngược lại. Tuy địa hình, dáng đất rất đa dạng nhưng theo cách biểu diễn bằng đường đồng mức có thể chia làm năm dạng địa hình chủ yếu (hình 9.11). Đó là núi, gò đồi - a; hồ trũng, lòng chảo - b; sườn dốc - c; khe núi, sông, suối, thung lũng - d và yên ngựa - e.

Những nơi có địa hình vách đứng, bờ lở, sườn dốc lớn hơn  $45^\circ$  không biểu diễn bằng đường đồng mức mà dùng các ký hiệu riêng. Như vậy, dựa vào cách biểu diễn các đường đồng mức trên bình đồ ta có thể hình dung được địa hình mặt đất tự nhiên.





**Hình 9.11.** Một số dạng địa hình đặc trưng được biểu diễn bằng đường đồng mức

Ngoài ra, việc biểu diễn trên bình đồ, bản đồ còn đòi hỏi dễ nhận biết địa vật, muốn vậy, người ta đã dùng những ký hiệu đặc biệt gọi là những ký hiệu quy ước giả định. Đối với mỗi tỷ lệ, người ta đã xây dựng những bộ mẫu ký hiệu quy ước có dạng gần giống hoặc dễ liên tưởng với đối tượng cần biểu diễn, do đó cũng cho ta hình dung được rõ ràng, chính xác các địa vật trên thực địa.

Những ký hiệu quy ước giả định được chia làm ba nhóm: nhóm ký hiệu theo diện tích - theo tỷ lệ (ký hiệu diện); nhóm ký hiệu theo dạng tuyến - nửa tỷ lệ và nhóm ký hiệu không theo tỷ lệ (còn gọi là ký hiệu điểm). Ngoài ra còn có thể có những ghi chú kèm theo.

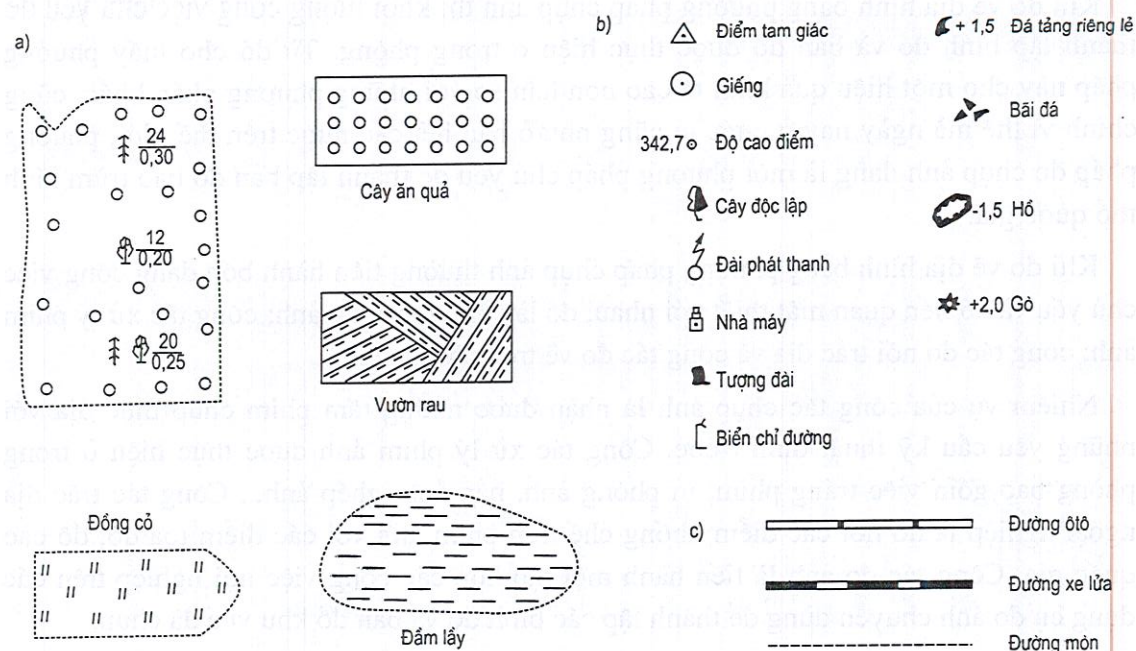
Ký hiệu theo diện tích (hình 9.12a) biểu diễn những khu vực chiếm diện tích lớn, ranh giới khu vực được bao quanh bởi những đường chấm hoặc nét liền mảnh theo hình dạng của khu vực, bên trong biểu diễn những ký hiệu để phân biệt với những khu vực khác. Theo ký hiệu này ta có thể xác định được diện tích của nó.

Ký hiệu không theo tỷ lệ (hình 9.12b) dùng để biểu diễn các địa vật có diện tích hay kích thước nhỏ không biểu diễn được theo tỷ lệ trên bình đồ, bản đồ. Dựa theo những ký hiệu đó ta không thể nói chính xác về kích thước của địa vật nhưng có thể xác định được vị trí của chúng.

Ký hiệu theo tuyến (hình 9.12c) dùng để biểu diễn những địa vật kéo dài như sông, suối, kênh mương, đường sắt, đường bộ, đường dây tải điện, đường ống dẫn... Chiều dài và hình dạng của ký hiệu được giữ đồng dạng với địa vật trên thực địa, nhưng kích thước



theo chiều rộng có thể biểu diễn không theo tỷ lệ. Nói cách khác, theo những ký hiệu địa vật này ta chỉ có thể xác định được chiều dài của đối tượng biểu diễn mà không xác định được độ rộng và đặc điểm của chúng theo bản đồ.



**Hình 9.12.** Một số dạng mẫu ký hiệu giả định.

Ngoài các ký hiệu, trên bình đồ, bản đồ còn dùng những ghi chú để giải thích thêm cho các đặc điểm địa hình địa vật cả về lượng cũng như về chất. Ghi chú thường đi kèm luôn với các ký hiệu quy ước đã nêu. Ngoài ra, để cho dễ nhìn nhận, các bản đồ, bình đồ địa hình còn được biểu diễn bằng nhiều màu sắc khác nhau.

Bộ mẫu ký hiệu giả định phải được xây dựng thống nhất cho mọi tỷ lệ và cho tất cả các Bộ, các ngành làm bản đồ, bình đồ địa hình theo quy định của tiêu chuẩn chuyên ngành. Khi thành lập các bản đồ chuyên đề, các Bộ, các ngành có thể dùng những bộ mẫu ký hiệu riêng của ngành mình để bổ xung thêm vào bộ mẫu ký hiệu chung.

## 9.8. KHÁI NIỆM VỀ ĐO VẼ ĐỊA HÌNH BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHỤP ẢNH

Phương pháp chụp ảnh địa hình để thành lập bình đồ và bản đồ được sử dụng dựa trên cơ sở sử dụng các tấm phim ảnh chụp bề mặt thực địa bằng những máy ảnh chuyên dùng. Như ta đã biết, bình đồ bề mặt thực địa là hình chiếu thẳng góc lên bề mặt nằm ngang, còn phim ảnh là hình chiếu xuyên tâm, các tia chiếu đều đi qua tâm chiếu - kính vật của máy ảnh.

Việc xử lý chuyển hình chiếu xuyên tâm của đối tượng được chụp lên phim ảnh về hình chiếu thẳng góc là nhiệm vụ chủ yếu của một môn khoa học trắc địa được gọi là



môn đo ảnh. Sự phát triển đáng kể nhất của đo ảnh liên quan mật thiết với việc lập bản đồ bề mặt quả đất. Một phần của lĩnh vực đo ảnh là nghiên cứu xây dựng phương pháp lập bình đồ và bản đồ theo các phim ảnh.

Khi đo vẽ địa hình bằng phương pháp chụp ảnh thì khối lượng công việc chủ yếu để thành lập bình đồ và bản đồ được thực hiện ở trong phòng. Từ đó cho thấy phương pháp này cho một hiệu quả kinh tế cao hơn hẳn so với những phương pháp khác, cũng chính vì thế mà ngày nay ở nước ta cũng như ở hầu hết các nước trên thế giới, phương pháp đo chụp ảnh đang là một phương pháp chủ yếu để thành lập bản đồ bao trùm lãnh thổ quốc gia.

Khi đo vẽ địa hình bằng phương pháp chụp ảnh thường tiến hành bốn dạng công việc chủ yếu và có liên quan mật thiết với nhau, đó là công tác chụp ảnh; công tác xử lý phim ảnh; công tác đo nối trắc địa và công tác đo vẽ trên phim ảnh.

Nhiệm vụ của công tác chụp ảnh là nhận được những tấm phim chụp thực địa với những yêu cầu kỹ thuật định trước. Công tác xử lý phim ảnh được thực hiện ở trong phòng bao gồm việc tráng phim, in phóng ảnh, nắn ảnh, ghép ảnh... Công tác trắc địa ngoại nghiệp là đo nối các điểm khống chế trên phim ảnh với các điểm toạ độ, độ cao quốc gia. Công tác đo ảnh là tiến hành một tập hợp các công việc nội nghiệp trên các dụng cụ đo ảnh chuyên dùng để thành lập các bình đồ và bản đồ khu vực đã chụp.

Tuỳ thuộc vào thiết kế kỹ thuật sử dụng khi chụp và công nghệ xử lý phim ảnh người ta chia ra ba phương pháp chính: đo vẽ địa hình bằng phương pháp chụp ảnh trên mặt đất; đo vẽ địa hình bằng ảnh máy bay và đo vẽ địa hình bằng ảnh vệ tinh.

Đo vẽ địa hình bằng *ảnh chụp trên mặt đất* (bằng máy kính vĩ chụp ảnh) gọi tắt là đo chụp ảnh mặt đất dựa trên cơ sở những tấm phim ảnh được chụp bằng máy ảnh chuyên dùng gọi là máy kính vĩ chụp ảnh đặt ngay trên mặt đất. Đo vẽ địa hình bằng *ảnh máy bay* là dựa trên những tấm phim ảnh chụp bề mặt thực địa bằng những máy ảnh đặt trên máy bay chuyên dùng hoặc trực thăng. Đo vẽ địa hình bằng *ảnh vệ tinh* là dựa trên những tấm phim ảnh chụp từ các con tàu vũ trụ hoặc các trạm vệ tinh nhân tạo.

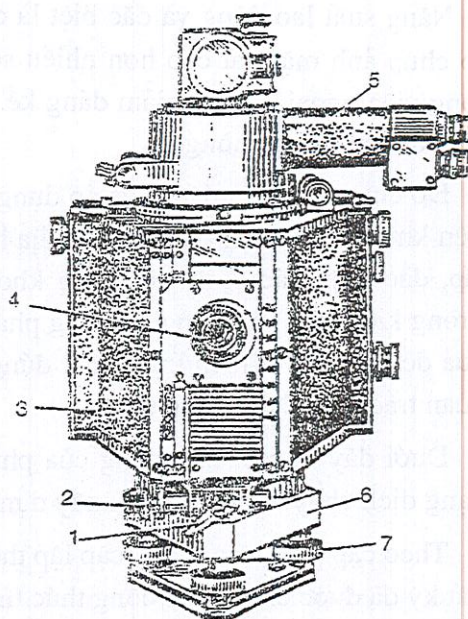
## 9.9. BẢN CHẤT CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐO CHỤP ẢNH MẶT ĐẤT VÀ ỨNG DỤNG

Ý tưởng của phương pháp đo vẽ địa hình bằng ảnh mặt đất là lập bình đồ bề mặt thực địa theo hai tấm phim ảnh cùng chụp một khu vực từ hai vị trí đặt máy nào đó tạo nên một cạnh đáy chụp ảnh. Một cặp phim chụp cùng một khu vực như vậy được gọi là cặp phim lập thể (cặp lập thể). Khi quan sát đồng thời cả hai tấm phim của cặp lập thể, nhưng mỗi mắt chỉ nhìn lên một phim (mắt trái nhìn phim trái, mắt phải nhìn phim phải), ta sẽ nhận được một hiệu ứng lập thể. Khi đó hình ảnh hai tấm phim phẳng sẽ chồng lên nhau tạo nên một hình khối gọi là mô hình lập thể. Theo mô hình lập thể, người quan sát có thể đánh giá được vị trí tương hỗ của các yếu tố thực địa trong không



gian. Cơ sở của phương pháp đo chụp ảnh mặt đất là mối tương quan hình học giữa vị trí các điểm cần xác định ngoài thực địa và hình ảnh của chúng trên cặp lập thể.

Đo vẽ, xử lý mô hình lập thể này trên những dụng cụ đo vẽ lập thể độ chính xác cao sẽ cho ta bình đồ địa hình khu vực.



*Hình 9.13. Máy kinh vĩ chụp ảnh*

Để tiến hành các công tác ngoài trời, người ta dùng một dụng cụ chuyên dùng gọi là máy kinh vĩ chụp ảnh (hình 9.13). Máy kinh vĩ chụp ảnh gồm một buồng chụp chuyên dụng và một dụng cụ đo góc. Buồng chụp cho phép lắp cỡ phim (13 × 18) cm và có bộ phận định hướng, cho phép định hướng buồng chụp theo một hướng nhất định so với cạnh đáy chụp ảnh. Tiêu cự của kính vật lắp cố định của buồng chụp bằng khoảng 19cm. Phần máy kinh vĩ dùng để đo chiều dài cạnh đáy cũng như đo nối đáy chụp với lưới khống chế trắc địa.

Công tác ngoại nghiệp bao gồm việc khảo sát, đánh dấu các điểm đáy chụp, đo nối lưới, đo chiều dài đáy chụp và chụp ảnh đối tượng cần đo vẽ. Máy kinh vĩ chụp ảnh đặt ở hai đầu cạnh đáy chụp ảnh. Tại mỗi điểm, trục quang học của máy được điều chỉnh nằm ngang và định hướng vuông góc với đáy chụp. Trong một số trường hợp cho phép quay trục quang học về phía trái hoặc về phía phải cùng một góc trong phạm vi 30° so với hướng vuông góc. Tỷ lệ chụp ảnh không được nhỏ hơn tỷ lệ bản đồ cần thành lập quá 2,5 lần, khoảng cách giới hạn từ đối tượng chụp tới điểm trạm chụp được tính theo công thức:

$$Y_{gh} = f \cdot M_{ch}, \quad (9.13)$$

trong đó:  $M_{ch}$  - mẫu số của tỷ lệ chụp ảnh.

Tuy nhiên, thực tế cho thấy do chất lượng phim ảnh và điều kiện tâm nhìn, khoảng cách trên thường được giảm đi 20%. Độ phủ từ hai điểm trạm chụp lân cận bằng khoảng 50%. Chiều dài cạnh đáy nằm trong khoảng từ 1/5 ÷ 1/15 khoảng cách từ điểm trạm chụp đến đối tượng cần chụp.

Công tác nội nghiệp bao gồm việc xử lý, in tráng phim ảnh, tính toán các yếu tố đo nối và công tác đo ảnh để thành lập bình đồ.

Xử lý đo ảnh trên các phim chụp mặt đất là đo đạc với độ chính xác cao trên mô hình thực địa theo từng cặp phim bằng những dụng cụ đo ảnh chuyên dụng. Kết quả là ta sẽ lập được bình đồ gốc địa hình trên khu xây dựng đã chọn.



Năng suất lao động và đặc biệt là chất lượng công việc khi đo vẽ bằng phương pháp đo chụp ảnh mặt đất cao hơn nhiều so với phương pháp toàn đạc, bàn bạc, khối lượng công việc ngoại nghiệp giảm đáng kể. Bình đồ được thành lập theo phim ảnh hoàn toàn ở điều kiện trong phòng.

Đo chụp ảnh mặt đất được áp dụng rộng rãi để lập bình đồ tỷ lệ lớn (1:500 - 1:1000) trên khu vực có diện tích hẹp mà địa hình lại phức tạp; dùng để xác định khối lượng san lấp, đào đắp, xác định trữ lượng khoáng sản ở những khu khai thác lộ thiên, mỏ đá. Trong kiến trúc xây dựng, phương pháp chụp ảnh mặt đất cũng được sử dụng rất có hiệu quả để lập bản vẽ hiện trạng mặt đứng công trình, phục hồi các công trình cổ cũng như quan trắc biến dạng công trình.

Dưới đây là một ứng dụng của phương pháp chụp ảnh mặt đất để xác định độ biến dạng dịch chuyển của kết cấu xây dựng khi thử nghiệm.

Theo cặp phim tạo thành cặp lập thể có thể tính được tọa độ không gian của một điểm bất kỳ đã được chụp. Các công thức tính toán có dạng sau:

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{Bx}{P} \\ Z &= \frac{Bz}{P} \\ Y &= \frac{Bf}{P} \end{aligned} \right\} \quad (9.13)$$

trong đó:  $X, Y, Z$  - tọa độ không gian của điểm trên đối tượng chụp;

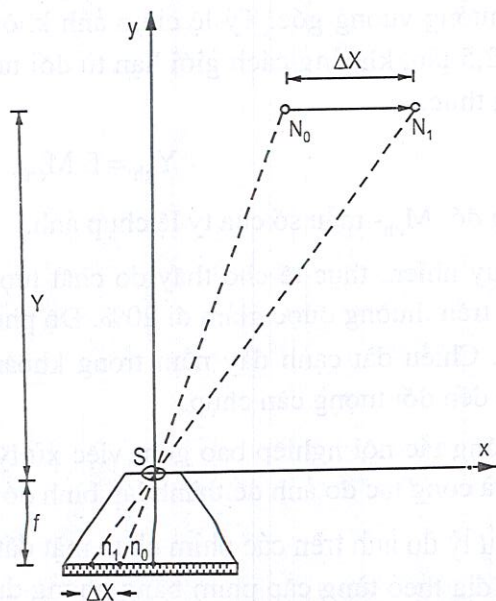
$x, z$  - tọa độ vuông góc phẳng của điểm đó trên tấm ảnh bên trái;

$p = x' - x''$  - góc thị sai;

$B$  - đáy chụp ảnh;

$f$  - tiêu cự máy chụp.

Kết cấu xây dựng cần nghiên cứu được chụp bằng máy kính vĩ chụp ảnh từ cùng một điểm đặt cách đối tượng chụp ít nhất khoảng 15 ÷ 20m. Điểm đánh dấu trên kết cấu do bị biến dạng nên sẽ dịch chuyển từ  $N_0$  đến  $N_1$  (hình 9.14). Đo hiệu tọa độ điểm đánh dấu trước và sau khi có lực tác động (chất tải) và chuyển về cùng tỷ lệ chụp ta sẽ xác định được độ biến dạng theo trục  $X$ :



Hình 9.14. Dịch chuyển điểm  $N_0$



$$\Delta x = x_1 - x_0 = On_1 - On_0;$$

$$\Delta X = M. \Delta x = \frac{Y}{f} \Delta x; \quad (9.14)$$

Để xác định biến dạng theo chiều cao (độ cong, võng) có thể sử dụng công thức:

$$\begin{aligned} \Delta z &= z_1 - z_0; \\ \Delta Z &= M. \Delta z = \frac{Y}{f} \Delta z; \end{aligned} \quad (9.10)$$

Để xác định biến dạng theo trục Y, cần chụp kết cấu từ 2 điểm đầu cạnh đáy B và sử dụng công thức:

$$\Delta Y = - \frac{Bf}{p^2} \Delta p; \quad (9.11)$$

trong đó:  $\Delta p$  - hiệu thị sai của điểm trên kết cấu được chụp trước và sau khi có lực tác động (trước và sau khi chất tải).

Độ chính xác xác định biến dạng bằng phương pháp đo chụp ảnh lập thể phụ thuộc vào khoảng cách từ máy đến đối tượng cần chụp và bằng  $1 \div 3\text{mm}$  ở khoảng cách từ  $15 \div 30\text{m}$  theo trục X và trục Z. Độ chính xác xác định biến dạng theo trục Y thấp hơn khoảng  $2 \div 3$  lần.

## 9.10. BẢN CHẤT CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐO VẼ ĐỊA HÌNH BẰNG ẢNH HÀNG KHÔNG

Đối với những khu vực rộng lớn thì việc lập bình đồ và bản đồ địa hình các loại tỷ lệ bằng ảnh hàng không là ưu việt nhất. Ảnh hàng không là ảnh chụp mặt đất từ những hệ thống thiết bị chụp ảnh đặt trên máy bay, trên các trạm vệ tinh hoặc các con tàu vũ trụ. Quá trình thu nhận được ảnh hàng không gọi là quá trình chụp ảnh hàng không.

Thiết bị chụp ảnh hàng không là một hệ thống chụp ảnh tự động. Phim ảnh được dùng là loại phim ảnh có độ nhạy cao. Quá trình chụp được điều khiển từ xa hoặc tự động hoàn toàn kể từ việc lên phim, điều chỉnh cho tấm phim nằm trên mặt phẳng tiêu cự của buồng chụp, bấm chốt, cuốn phim v.v...

Máy ảnh hàng không được đặt trên máy bay sao cho trục quang học của kính vật luôn luôn ở vị trí thẳng đứng, trong trường hợp này ta sẽ thu được vị trí lý tưởng của ảnh hàng không. Tuy nhiên, do vị trí của máy bay trong không gian không hoàn toàn ổn định nên trục quang của máy ảnh cũng bị nghiêng một góc nào đó so với phương thẳng đứng. Nếu góc nghiêng này trong thời điểm chụp không vượt quá  $3^\circ$  thì tấm ảnh đã chụp được coi là ảnh nằm ngang (phim ảnh nằm ngang). Phim ảnh chụp khi trục quang nghiêng đi một góc lớn hơn  $3^\circ$  được gọi là phim ảnh nghiêng. Phim ảnh nghiêng ít được dùng để thành lập bản đồ mà chủ yếu dùng cho các mục đích quân sự hoặc viễn thám.



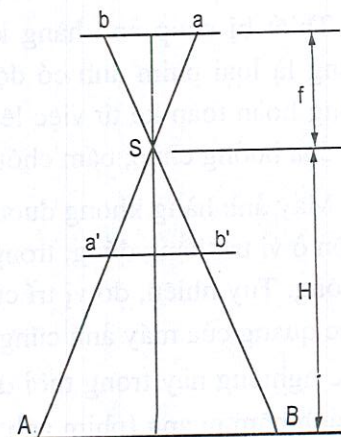
Để đo vẽ những khu vực rộng lớn, người ta thiết kế trước những dải bay chụp, sao cho ảnh được chụp liên tục qua những khoảng thời gian nhất định và phim sau chồng lên phim trước một phạm vi nhất định gọi là độ phủ dọc. Thông thường độ phủ dọc bằng khoảng  $60 \div 65\%$ . Nếu diện tích khu vực có diện tích lớn, một dải bay không chụp phủ kín hết được cần phải thực hiện theo một số dải bay song song với nhau. Các dải bay này cũng lại phải chồng lên dải bay bên cạnh một diện tích nhất định gọi là độ phủ ngang, nó thường có giá trị bằng khoảng  $30 \div 40\%$ . Các phim ảnh hàng không cần được đo nối với thực địa, tức là cần tiến hành các công tác trắc địa ngoại nghiệp để xác định toạ độ, độ cao của một số điểm được đánh dấu ngoài thực địa và thấy rõ trên phim ảnh. Các điểm đó được gọi là điểm khống chế ảnh. Số lượng và vị trí của chúng tùy thuộc vào tỷ lệ bình đồ định thành lập, vào phương pháp và công nghệ xử lý phim ảnh cũng như điều kiện địa hình khu vực bay chụp.

Phim ảnh và số liệu đo nối toạ độ không gian của các điểm khống chế ảnh được chuyển đến bộ phận xử lý đo ảnh nội nghiệp. Theo phim ảnh hàng không, nhờ những phương pháp đo ảnh đặc biệt người ta tiến hành xây dựng một lưới tam giác ảnh không gian nhằm mục đích tăng dày các điểm khống chế đến một mật độ cần thiết. Mỗi phim ảnh có một tỷ lệ nhất định.

Tỷ lệ ảnh là tỷ số giữa tiêu cự  $f$  của máy ảnh và độ cao bay chụp  $H$  (hình 9.15) và cũng được biểu diễn bằng một phân số đơn giản có tử số là 1 đơn vị:  $\frac{1}{M} = \frac{f}{H}$ , trong đó  $M$  là mẫu số tỷ lệ ảnh và bằng  $H/f$ .

Tỷ lệ ảnh hàng không cũng có thể tính bằng tỷ số giữa chiều dài một đoạn thẳng trên ảnh với chiều dài tương ứng của đoạn thẳng đó trên thực địa. Do địa hình không bằng phẳng và vị trí máy bay khi bay chụp không ổn định nên tỷ lệ ảnh là một giá trị trung bình. Mối quan hệ giữa các điểm của cặp ảnh lập thể được xác định nhờ phần mềm chuyên dụng trên máy vi tính hoặc những thiết bị đo ảnh lập thể toàn năng. Cũng trên cơ sở những máy đo ảnh toàn năng, theo các tấm phim ảnh hàng không, người ta tiến hành thành lập các tấm bình đồ, bản đồ địa hình gốc. Muốn vậy, trước hết người ta xây dựng những mô hình lập thể mặt đất, sau đó tiến hành đo đạc để xác định toạ độ không gian của từng điểm trên thực địa và vẽ địa hình (biểu diễn địa hình) bằng các đường đồng mức.

Hiện nay, đo vẽ địa hình bằng ảnh hàng không là một phương pháp chủ yếu để thành lập bản đồ địa hình các loại tỷ lệ nhỏ và trung bình. Nhờ có sự phát triển mạnh



Hình 9.15. Tỷ lệ bay chụp

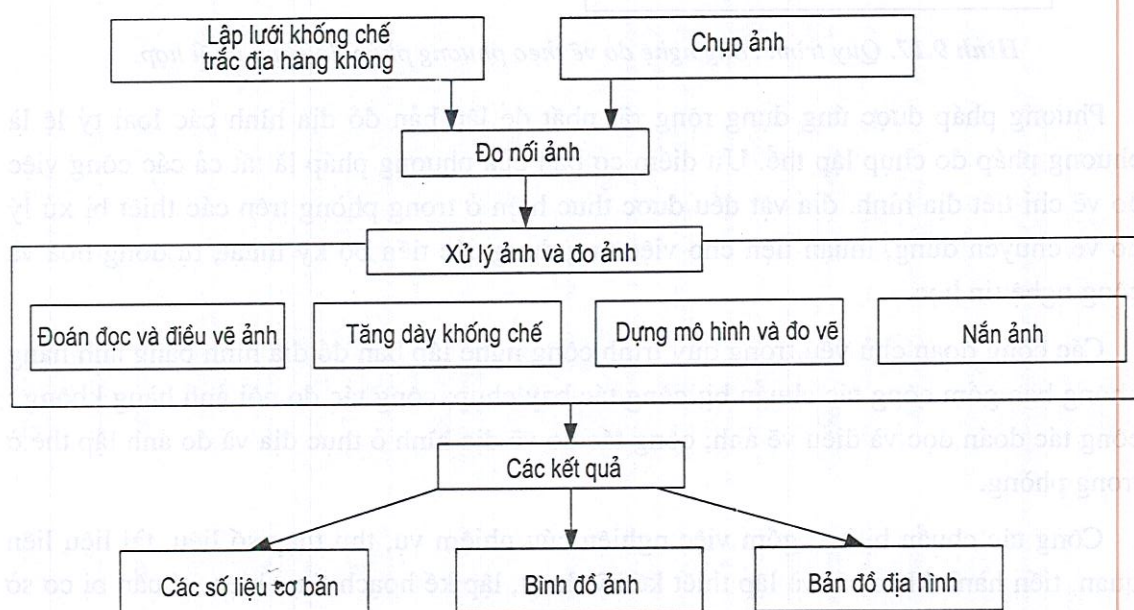


của công nghệ trắc địa nói chung và trắc địa ảnh nói riêng, còn có thể áp dụng phương pháp này để lập các bình đồ tỷ lệ lớn 1:2000; 1:1000 thậm chí tới 1:500.

Phim ảnh chụp mặt đất từ các thiết bị đặt trên các trạm vệ tinh hoặc các con tàu vũ trụ gọi là ảnh vệ tinh hoặc ảnh vũ trụ. Ảnh vũ trụ rất khác so với ảnh máy bay vì nó có tỷ lệ rất nhỏ và tỷ lệ mỗi phim ảnh lại có thể khác nhau rất nhiều. Ảnh vũ trụ bao trùm một diện tích chụp rất rộng lớn bề trên bề mặt quả đất nên có thể dùng để hiệu chỉnh bản đồ địa hình tỷ lệ nhỏ 1:50000; 1:100000. Ứng dụng quan trọng nhất của ảnh vũ trụ là lập bản đồ bề mặt các hành tinh khác như Mặt trăng; Sao hỏa... và ứng dụng trong lĩnh vực viễn thám phục vụ các ngành địa chất, thủy văn, hải dương học, nông lâm ngư nghiệp, môi trường, quốc phòng v.v...

### 9.11. KHÁI QUÁT VỀ QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ VÀ NỘI DUNG CÁC CÔNG ĐOẠN CHỦ YẾU CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐO ẢNH HÀNG KHÔNG ĐỂ THÀNH LẬP BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH

Quy trình tổng quát về công nghệ đo ảnh để thành lập bản đồ địa hình có thể được tóm tắt trên sơ đồ hình 9.16. Tùy thuộc vào phương pháp đo vẽ địa hình được chọn là phương pháp phối hợp, đo vẽ lập thể hoặc mô hình số mà quy trình công nghệ nêu trên cũng có thể thay đổi.

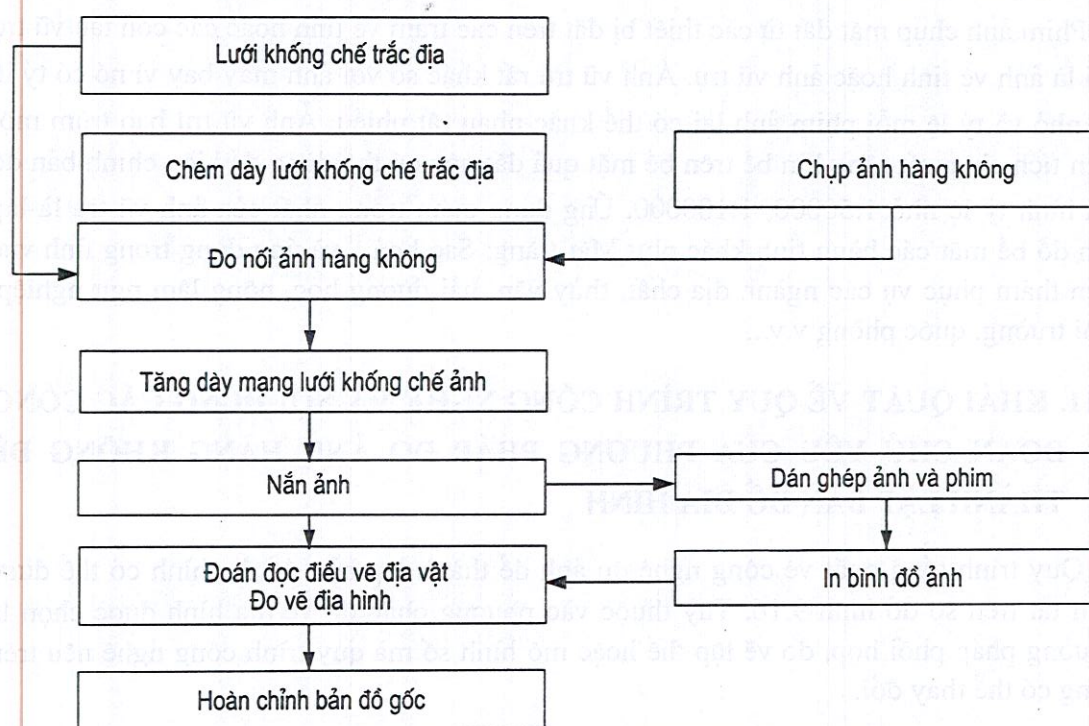


**Hình 9.16.** Quy trình tổng quát công nghệ thành lập bản đồ bằng đo ảnh.

Bản chất của phương pháp đo chụp phối hợp là bản đồ địa hình được lập trên cơ sở bình đồ ảnh. Các yếu tố địa vật và đường ranh giới đã được chụp trên ảnh. Các yếu tố địa hình được đo vẽ trực tiếp lên bình đồ ảnh bằng các phương pháp toàn đạc hay bàn đạc. Như vậy, ưu điểm nổi bật của phương pháp đo chụp phối hợp là giảm được nhiều khối



lượng công việc xây dựng lưới khống chế và đo vẽ chi tiết địa vật. Quy trình công nghệ đo vẽ theo phương pháp đo chụp phối hợp được thể hiện trên sơ đồ hình 9.17.



**Hình 9.17.** Quy trình công nghệ đo vẽ theo phương pháp đo chụp phối hợp.

Phương pháp được ứng dụng rộng rãi nhất để lập bản đồ địa hình các loại tỷ lệ là phương pháp đo chụp lập thể. Ưu điểm cơ bản của phương pháp là tất cả các công việc đo vẽ chi tiết địa hình, địa vật đều được thực hiện ở trong phòng trên các thiết bị xử lý đo vẽ chuyên dùng, thuận tiện cho việc ứng dụng các tiến bộ kỹ thuật, tự động hoá và công nghệ tin học.

Các công đoạn chủ yếu trong quy trình công nghệ lập bản đồ địa hình bằng ảnh hàng không bao gồm công tác chuẩn bị; công tác bay chụp; công tác đo nối ảnh hàng không; công tác đoán đọc và điều vẽ ảnh; công tác đo vẽ địa hình ở thực địa và đo ảnh lập thể ở trong phòng.

Công tác chuẩn bị bao gồm việc nghiên cứu nhiệm vụ, thu thập số liệu, tài liệu liên quan, tiến hành khảo sát và lập thiết kế kỹ thuật, lập kế hoạch thực hiện, chuẩn bị cơ sở kỹ thuật trang thiết bị và nhân lực.

Công tác bay chụp ảnh được tiến hành dựa trên cơ sở nhiệm vụ được giao sau khi đã lập được bản thiết kế kỹ thuật bay chụp. Trong đó chỉ rõ phạm vi bay chụp. Trên những khu vực rộng lớn, khi thiết kế dải bay cần tính toán sao cho độ phủ ngang của ảnh bằng khoảng  $30 \div 40\%$ .



Trong khâu thiết kế kỹ thuật bay chụp, cần đặc biệt lưu ý tới việc xác định các thông số kỹ thuật chụp ảnh phù hợp với tỷ lệ bản đồ cần thành lập và đặc điểm địa hình khu đo, đặc biệt là tỷ lệ ảnh  $1/m_a$ . Tỷ lệ ảnh có thể xác định theo công thức:

$$m_a = C\sqrt{m_{bd}}$$

trong đó:  $m_{bd}$  - mẫu số tỷ lệ bản đồ cần thành lập;

$m_a$  - mẫu số tỷ lệ ảnh;

C - hệ số Gruber.

Với các tiến bộ hiện nay trong công tác chụp ảnh, chất lượng ảnh và công tác đo ảnh, hệ số C có thể lấy từ  $200 \div 300$ .

Để xử lý và đo ảnh ở trong phòng, mỗi mô hình cần có 4 điểm ở bốn góc có thể dễ dàng nhận biết được vị trí chính xác trên ảnh và biết tọa độ, độ cao của chúng ở ngoài thực địa. Các điểm này được gọi là điểm khống chế ảnh và được dùng khi nắn ảnh (chuyển tấm ảnh nghiêng ở tỷ lệ tự do thành ảnh ở vị trí lý tưởng và có tỷ lệ nhất định), cũng như để định hướng các mô hình. Việc đo đạc ở ngoài trời để xác định tọa độ và độ cao các điểm khống chế gọi là đo nối ảnh hàng không. Lưới đo nối cần có độ chính xác tương đương lưới tam giác nhỏ hoặc đường chuyền kinh vĩ và lưới độ cao kỹ thuật.

Khi tiến hành các công tác trắc địa ngoại nghiệp có thể sử dụng các thiết bị đo dài điện quang, điện tử hoặc kỹ thuật định vị toàn cầu GPS để xác định tọa độ và độ cao các điểm khống chế ảnh.

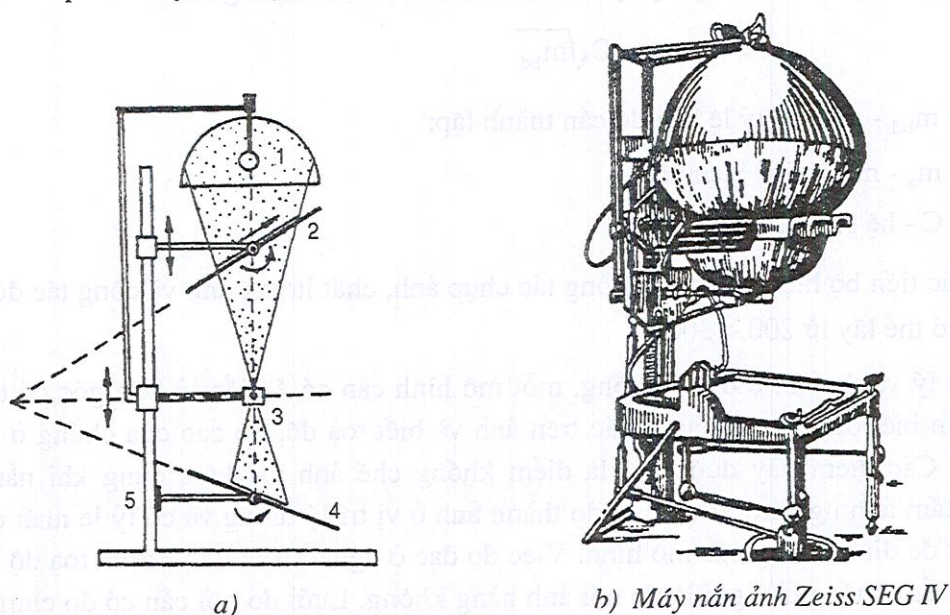
Tăng dày khống chế ảnh được tiến hành để tăng số lượng điểm khống chế ảnh lên mật độ tối thiểu 4 điểm trên một ảnh đơn hoặc một mô hình. Trong công tác tăng dày điểm khống chế ảnh cần sử dụng các phương pháp giải tích ảnh không gian, bình sai theo khối để vừa giảm khối lượng điểm khống chế ngoại nghiệp vừa nâng cao độ chính xác xác định tọa độ các điểm tăng dày.

Trong quá trình bay chụp, máy bay chuyển động trong không gian nên các tấm ảnh chụp được chỉ ở gần vị trí lý tưởng, chúng có tỷ lệ khác nhau và độ nghiêng bất kỳ. Quá trình chuyển các tấm ảnh nghiêng có tỷ lệ bất kỳ về vị trí nằm ngang ở một tỷ lệ nhất định gọi là nắn ảnh. Nguyên lý nắn ảnh cơ quang học được thể hiện trên sơ đồ hình 9.18a, b. Về cơ bản máy nắn ảnh giống như máy thu phóng ảnh. Nó gồm có đèn chiếu, 1 giá đặt phim âm 2, kính vật 3 và bàn hứng ảnh 4. Để đảm bảo mục đích nắn ảnh, máy nắn ảnh còn có thêm một số chi tiết đặc biệt, các chi tiết này có thể điều chỉnh nâng, hạ tấm phim lên xuống so với bàn hứng ảnh, đồng thời xoay tấm phim quanh các trục X, Y, Z. Tuy nhiên, để khử sai số xê dịch điểm ảnh do ảnh hưởng địa hình lồi lõm cần sử dụng các máy nắn vi phân, nắn từng phần của tấm ảnh theo dải độ cao.

Sau khi nắn ảnh, chúng ta thu được các tấm ảnh đơn cùng tỷ lệ. Tuy nhiên, mỗi tấm ảnh đơn chỉ thể hiện được một phần nhỏ mặt đất trong phạm vi một tờ bản đồ. Để thu



được hình ảnh của cả tờ bản đồ người ta đem cắt bỏ những phần trùng nhau (phần chụp ngang và chụp dọc) của những tấm ảnh đơn đã nắn, dán ghép những phần còn lại với nhau. Sản phẩm này được gọi là bình đồ ảnh.



**Hình 9.18.** Nguyên lý nắn ảnh và máy nắn ảnh

Bình đồ ảnh có thể được xem như một bản đồ mặt bằng, sau khi đo vẽ, biểu diễn các yếu tố địa hình, độ cao lên đó, ta có thể nhận được một tấm bản đồ địa hình gốc, Bình đồ ảnh còn có thể sử dụng thay cho bản đồ trong các mục đích quân sự, dùng để thiết kế và bố trí mặt bằng tổng thể và lập các kế hoạch kỹ thuật khác.

Do địa vật được chụp lên ảnh chưa thể hiện được đầy đủ đặc điểm tính chất và nội dung của chúng nên khi sử dụng phương pháp đo ảnh để thành lập bản đồ nhất thiết phải tiến hành công tác đoán đọc và điều vẽ ảnh.

Đoán đọc là căn cứ vào đặc trưng hình dạng của các loại địa vật, dựa vào quy luật tạo ảnh trong phép chiếu xuyên tâm để đoán nhận hình dạng, kích thước, ranh giới, tính chất và nội dung các địa vật. Công tác đoán đọc ảnh có thể được thực hiện ở trong phòng hoặc ngay trên thực địa. Chất lượng đoán đọc phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm nghề nghiệp của người thực hiện. Để tăng hiệu quả đoán đọc có thể dùng các loại kính nhìn lập thể và các phim ảnh đa phổ. Đồng thời dựa trên một số tiêu chuẩn cơ bản để đoán đọc ảnh trắng đen như chuẩn hình bóng, chuẩn hình dạng và kích thước, chuẩn màu sắc và chuẩn quy luật phân bố.

Điều vẽ ảnh là căn cứ vào yêu cầu và nội dung bản đồ địa hình, dựa vào kết quả đoán đọc và tiến hành điều tra thực địa mà tổng hợp thích đáng các địa vật đã có trên ảnh hoặc xác định lên ảnh các yếu tố chưa có. Sau đó dùng các ký hiệu bản đồ để thể hiện đầy đủ các yếu tố địa vật lên ảnh, gồm các ghi chú cả về chất lượng và nội dung của địa vật.

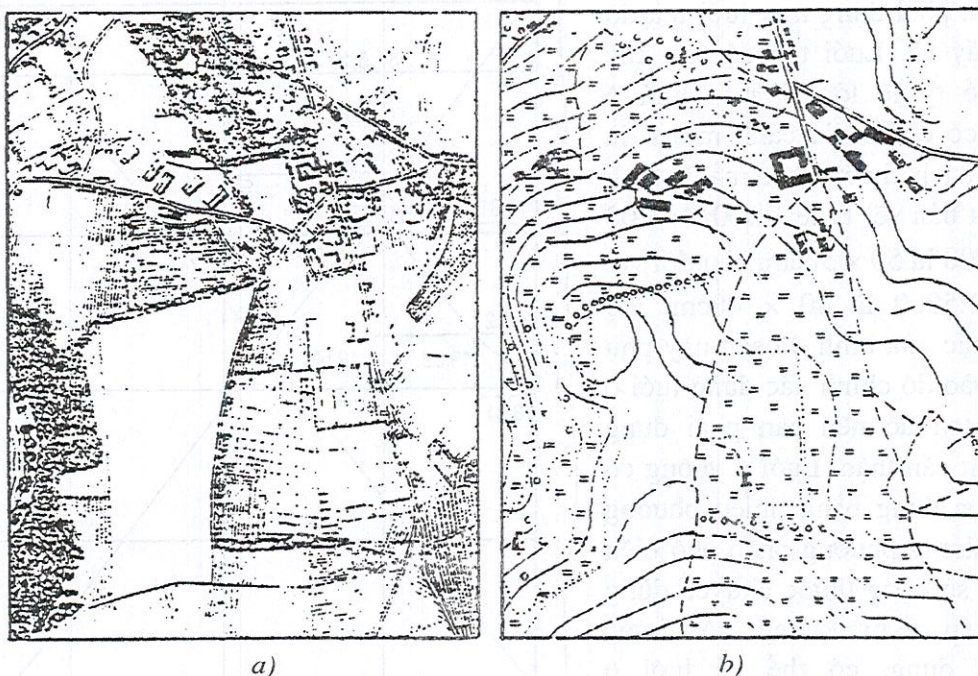


Trong quy trình công nghệ lập bản đồ địa hình bằng phương pháp đo chụp phối hợp, người ta còn phải tiến hành đo đạc trực tiếp ở ngoài thực địa bằng máy bàn đạc hoặc toàn đạc để biểu diễn địa hình (độ cao) lên bình đồ ảnh. Tất cả các điểm khống chế đã có trên khu đo đều có thể dùng làm điểm trạm đo. Ngoài ra còn có thể dùng một số điểm địa vật rõ nét trên bình đồ ảnh làm điểm trạm đo mà không phải phát triển thêm các điểm phụ.

Phương pháp đo vẽ chi tiết địa hình hoàn toàn giống các phương pháp thông thường, có nghĩa là vẫn dùng phương pháp tọa độ cực để xác định vị trí điểm mịa và dùng đo cao lượng giác để xác định độ cao của chúng. Có thể lợi dụng các điểm nhận biết được trên ảnh nên không cần dựng mịa mà ngắm trực tiếp xuống mặt đất để đo góc đứng còn khoảng cách thì xác định trực tiếp trên ảnh. Bình đồ ảnh cho phép đoán nhận khái quát địa hình khá thuận lợi, vì thế số điểm đo chi tiết địa hình có thể giảm đi tới 30% so với các phương pháp thông thường.

Trong quá trình đo địa hình sẽ kết hợp đo vẽ thêm các địa vật quan trọng nhưng có kích thước nhỏ không thấy trên ảnh. Sau khi đo vẽ chi tiết địa hình, ta tiến hành vẽ đường đồng mức lên bình đồ ảnh.

Trong phương pháp đo chụp lập thể, quá trình đo vẽ địa hình được tiến hành ngay ở trong phòng dựa trên mô hình lập thể của từng cặp ảnh. Dụng cụ đo ảnh chuyên dùng phổ biến hiện nay là máy đo ảnh toàn năng.



Hình 9.19. Ảnh hàng không (a) và bình đồ địa hình (b)

Qua ống kính quan sát của máy đo ảnh toàn năng sẽ nhìn thấy ảnh của tiêu đo. Tiêu đo có thể di động trong không gian 3 chiều của mô hình lập thể nhờ hệ thống quang học và các tay quay cơ học. Sự di động của tiêu đo sẽ được chuyển qua bàn vẽ nhờ hệ thống



truyền chuyển động, bút vẽ di chuyển và vẽ lên giấy đặt trên bàn vẽ. Người ta điều chỉnh cho tiêu đo tiếp xúc với bề mặt mô hình và di chuyển theo đường biên địa vật hoặc bề mặt địa hình, khi đó bút vẽ sẽ vẽ đường biên địa vật hoặc đường đồng mức lên bản vẽ. Trên hình 9.19a, b là ví dụ về một tấm ảnh hàng không và bình đồ địa hình được thành lập theo tấm ảnh đó.

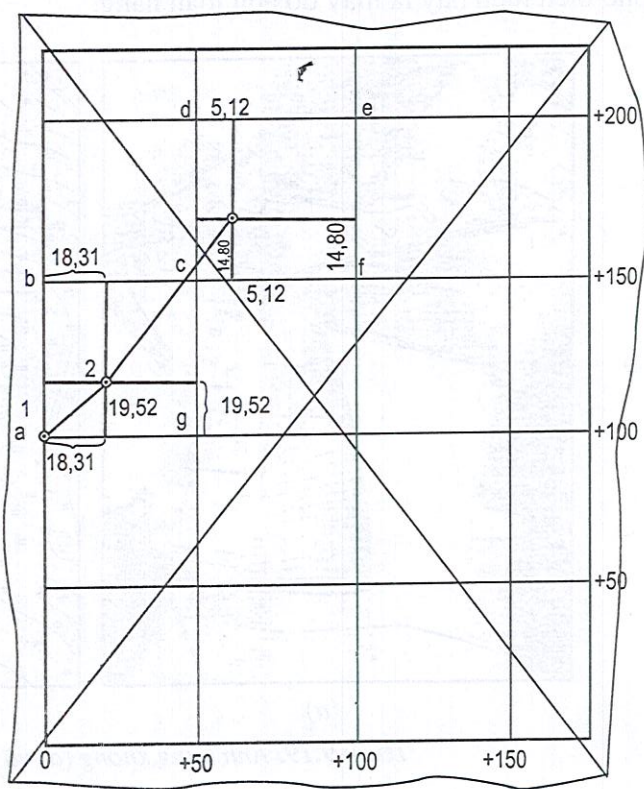
Hiện nay đã xuất hiện thế hệ máy chụp ảnh số đặt trên máy bay có tích hợp chương trình xây dựng mô hình số địa hình ngay trên tấm ảnh chụp với mật độ các điểm độ cao cần thiết giúp cho quá trình thành lập bản đồ địa hình được rút ngắn và thực hiện đơn giản hơn nhiều.

## 9.12. BIÊN VẼ BẢN ĐỒ GỐC

Dựa vào toạ độ phẳng và độ cao của lưới khống chế trắc địa cùng với số liệu đo chi tiết ta tiến hành biên vẽ bản đồ gốc theo phương pháp truyền thống qua các công đoạn sau:

### 1. Dựng lưới ô vuông

Lưới ô vuông là một hệ thống các đường thẳng cách đều nhau, song song với hệ trục toạ độ phẳng vuông góc OX và OY. Để đo vẽ bình đồ, trước hết cần phải chuyển toàn bộ mạng lưới điểm khống chế lên bản vẽ (sau này sẽ là bình đồ). Muốn vậy, cần phải dựng một lưới toạ độ trên giấy vẽ. Lưới toạ độ cho các bình đồ tỷ lệ lớn là một lưới ô vuông có chiều dài cạnh mỗi ô là 10cm. Kích thước một mảnh bình đồ (một bản vẽ) tỷ lệ 1:500; 1:1000 và 1:2000 là  $50 \times 50$ cm, còn đối với tỷ lệ 1:5000 là  $40 \times 40$ cm. Độ chính xác của bình đồ sau này phụ thuộc vào độ chính xác dựng lưới ô vuông toạ độ nên cần phải dựng lưới thật cẩn thận. Lưới ô vuông có thể được dựng bằng nhiều phương pháp, nhưng phương pháp phổ biến nhất là sử dụng thước chuyên dùng Drôbusép. Khi không có thước chuyên dùng, có thể kẻ lưới ô vuông bằng thước thẳng và compa đo. Trước hết, dựng hình chữ nhật xuất phát từ giao điểm hai đường chéo nhau, sau đó trên các cạnh đối



Hình 9.20. Dựng lưới ô vuông và chuyển điểm khống chế lên bản vẽ.



diện của hình chữ nhật đặt các đoạn 10cm và nối các điểm tương ứng với nhau ta sẽ được một lưới ô vuông (hình 9.20). Hiện nay ở nhiều cơ sở sản xuất, viện nghiên cứu và các trường đào tạo đã được trang bị các máy chuyển toạ độ. Giá trị toạ độ X và Y của một điểm được đặt lên thang trục X và trục Y của máy nhờ thang số đọc và chấm lên bản vẽ bằng một đầu kim nhọn, nhờ đó có thể cùng một lúc chuyển được các điểm của lưới ô vuông cũng như các điểm của lưới khống chế. Độ chính xác dựng lưới ô vuông được kiểm tra bằng cách đo chiều dài đường chéo các ô vuông bằng compa đo và thước tỷ lệ xiên rồi so sánh chúng với nhau. Sai lệch cho phép không được vượt quá 0,2mm. Lưới ô vuông được đánh số phù hợp với toạ độ các điểm khống chế sao cho các điểm khống chế được chuyển lên đều nằm ở gần giữa bản vẽ.

Để chuyển các điểm khống chế lên bản vẽ cần sử dụng compa đo và thước tỷ lệ. Sau khi chuyển hai điểm đầu tiên của đường chuyển nhất thiết phải kiểm tra lại vị trí của chúng. Khoảng cách giữa hai điểm vừa được chuyển lên bản vẽ cần được đem so sánh với khoảng cách của chúng trong bảng kết quả tính toán bình sai. Sai lệch về khoảng cách không được vượt quá 0,3mm. Việc chuyển điểm còn được kiểm tra theo giá trị các góc ngoặt cũng như góc phương vị trong bảng kết quả tính toán bình sai. Sau khi đã chuyển hết các điểm, chúng được nối với nhau theo một đường chỉ mảnh.

Trong thực tế sản xuất hiện nay, việc dựng lưới ô vuông thường được thực hiện bằng phần mềm đồ hoạ cài đặt trong máy vi tính. Phương pháp này đạt được tiến độ nhanh, thực hiện đơn giản và có độ chính xác cao.

## 2. Chuyển điểm khống chế trắc địa lên bản vẽ

Sau khi dựng xong lưới ô vuông tiến hành đưa vị trí của các điểm khống chế trắc địa lên bản vẽ. Dựa vào số liệu toạ độ sau bình sai của tất cả các điểm lưới khống chế Nhà nước, lưới khống chế khu vực và lưới khống chế đo vẽ có trong khu đo, ta chọn toạ độ của điểm góc khung Tây - Nam có các trị số X và Y nhỏ nhất để sao cho tất cả các điểm khống chế khác nằm gọn và cân đối trong bản vẽ. Sai số chuyển điểm khống chế không được vượt quá 0,2mm.

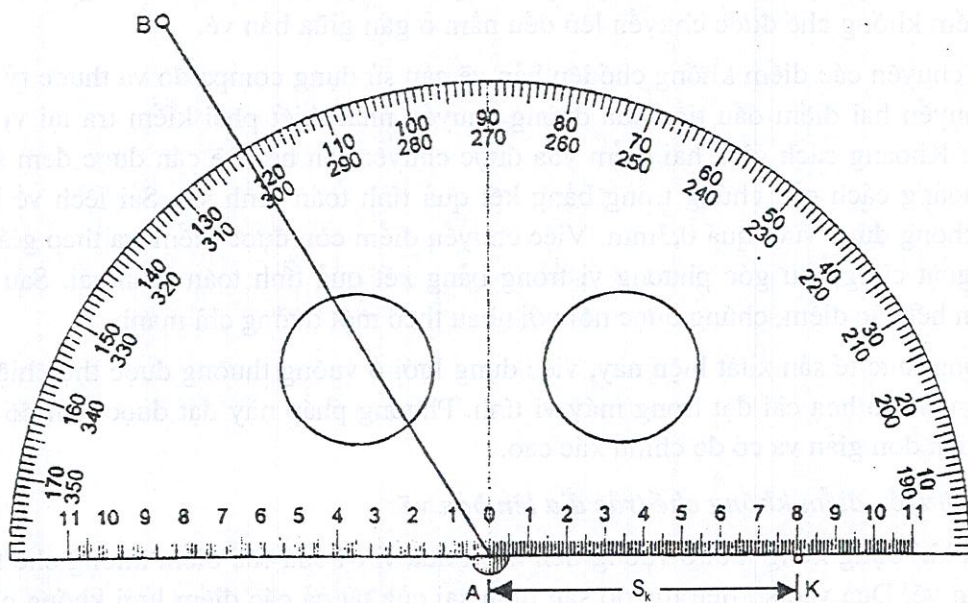
Việc chuyển điểm khống chế có thể tiến hành theo phương pháp thủ công hoặc sử dụng phần mềm đồ hoạ. Nếu sử dụng phần mềm đồ hoạ ta chỉ cần nhập toạ độ X, Y của các điểm khống chế. Nếu chuyển điểm bằng thước tỷ lệ xiên và compa (hình 9.20) thì phải tính số gia toạ độ  $\delta_X$  và  $\delta_Y$  giữa điểm khống chế và điểm mắt lưới ô vuông gần nhất phía Tây - Nam có toạ độ chẵn. Tiếp theo, ta dóng hai đường vuông góc từ 4 cạnh của ô vuông chứa điểm khống chế. Giao điểm của hai đường vuông góc chính là vị trí điểm cần chuyển lên bản vẽ. Ký hiệu và kích thước của điểm khống chế phải được trình bày theo đúng quy định trong các tiêu chuẩn ngành "Ký hiệu bản đồ địa hình tỷ lệ lớn".

Sau khi chuyển xong các điểm khống chế, ta tiến hành kiểm tra bằng cách đo khoảng cách giữa hai điểm khống chế, tính chiều dài thực tế của nó theo tỷ lệ bản đồ rồi so sánh với chiều dài tính từ giá số toạ độ. Chênh lệch giữa hai trị số này không được vượt quá sai số chuyển điểm (0,2mm.  $M_{bd}$ ).



### 3. Chuyển điểm chi tiết lên bản vẽ

Sau khi có các điểm khống chế trên bản vẽ, dựa vào số liệu đo chi tiết tiến hành chuyển điểm chi tiết của từng trạm đo. Công tác chuyển điểm chi tiết cũng được thực hiện bằng phương pháp thủ công hoặc bằng các phần mềm chuyên dụng. Để chuyển điểm chi tiết đã đo theo phương pháp thủ công, người ta dùng thước đo độ, thước tỷ lệ, com pa, bút chì cứng và kim châm. Thước đo độ chuyên dùng (Рорóктор) thường có bán kính  $R = 10 \div 12\text{cm}$ , chia vạch nhỏ nhất  $t = 30'$  hoặc  $20'$ , đánh số ngược chiều kim đồng hồ, vạch 0 trùng với cạnh thẳng qua tâm thước, trên cạnh thẳng có khắc vạch đến milimet. Cách chuyển điểm chi tiết được mô tả trên hình 9.21.



Hình 9.21. Chuyển điểm chi tiết

Để vẽ điểm chi tiết K, ta dùng kim châm qua lỗ tâm thước đo độ, đặt tâm thước trùng với điểm trạm đo A trên bản vẽ. Dùng bút chì nhọn kẻ hướng mở đầu từ điểm A đến điểm định hướng B. Quay thước đo độ, dựa vào hướng chuẩn AB đặt sao cho giá trị góc BAK đúng bằng góc đo, ví dụ trên hình 9.19 đặt góc  $\beta_k = 121^\circ$ , ta có góc cực. Theo cạnh thẳng của thước đo độ đặt đoạn thẳng  $S_k$  bằng giá trị cạnh nằm ngang trên thực địa được thu nhỏ theo tỷ bản đồ ( $S_k = 80\text{mm}$ ). Đoạn  $S_k$  thường đặt chính xác đến 0,1mm trên bản đồ. Dùng kim nhọn đánh dấu vị trí điểm chi tiết K lên bản vẽ.

Độ cao của điểm chi tiết được làm tròn đến 0,1m và ghi lên bản vẽ. Khi ghi độ cao cần lấy dấu vị trí điểm chi tiết làm dấu phẩy cho các giá trị độ cao, các chữ số viết đúng hướng Bắc.

### 4. Biểu diễn các yếu tố địa hình và địa vật trên bản vẽ

Căn cứ vào ghi chú trong sổ đo và bản sơ họa cùng với tài liệu hướng dẫn biên tập bản đồ, tiến hành biểu diễn địa vật. Nếu kích thước của địa vật đủ lớn thì biểu diễn nó



theo đúng tỷ lệ, nếu quá bé thì biểu diễn bằng các ký hiệu điểm giả định. Ngoài ra cần ghi chú bằng chữ như địa danh, tính chất của địa vật... Trong khi biểu diễn địa vật cần vận dụng “nguyên tắc lấy, bỏ, tổng hợp” một cách hợp lý.

Yếu tố địa hình được biểu diễn dưới dạng đường đồng mức chủ yếu bằng phương pháp nội suy theo độ cao của các điểm chi tiết. Những nơi không biểu diễn được đường đồng mức (hố, vực sâu, vách đứng...) thì biểu diễn bằng ký hiệu riêng có ghi chú. Ngoài ra, cần ghi chú độ cao bằng số đối với các điểm đặc trưng của địa hình (điểm thay đổi độ dốc).

Để vẽ đường đồng mức có thể áp dụng phương pháp giải tích, phương pháp đồ giải hoặc phương pháp ước lượng bằng mắt với giả thiết độ dốc mặt đất giữa hai điểm chi tiết biến đổi đều tức là chênh cao tỷ lệ thuận với khoảng cách.

Phương pháp giải tích là cơ sở để xây dựng phần mềm vẽ đường đồng mức của bản đồ số địa hình. Trong chương trình các phần mềm chuyên dụng đã phân lớp vẽ địa vật và vẽ địa hình. Sau khi nhập tọa độ không gian ba chiều X, Y, H của các điểm chi tiết, quá trình hiển thị các yếu tố địa vật và địa hình được tự động hoá.

Trong thực tế đo vẽ bình đồ địa hình trên những khu vực nhỏ, khi nội suy đường đồng mức người ta thường dùng phương pháp ước lượng bằng mắt.

### **9.13. CÔNG TÁC TIẾP BIÊN, TU CHỈNH VÀ KIỂM TRA NGHIỆM THU BẢN ĐỒ**

#### **1. Công tác tiếp biên bản đồ**

Trong một khu đo có thể gồm nhiều mảnh bản đồ, vì vậy sau khi đo vẽ xong ta phải tiến hành ghép biên các mảnh liền kề nhau để kiểm tra xem các yếu tố địa vật và đường đồng mức có trùng khớp và liên tục hay không. Để đảm bảo tiếp biên được tốt, ở thực địa phải bố trí một vài trạm máy đo chung cho hai mảnh tiếp giáp nhau. Mỗi mảnh cần phải vẽ ra ngoài khung tối thiểu 5 cm. Sau khi vẽ xong bản đồ, ta tiến hành can vẽ dọc theo khung bản đồ lên hai tờ giấy bóng can: một tờ can yếu tố địa vật còn một tờ can đường đồng mức. Sau đó đem bản can của hai mảnh bản đồ ghép lại để kiểm tra. Độ xô dịch giữa ranh giới của cùng một địa vật trên hai mảnh bản đồ không được vượt quá 1mm, còn độ xô dịch của cùng một đường đồng mức không được vượt quá 0,3 khoảng cao đều (0,3h).

#### **2. Tu chỉnh bản đồ**

Công tác tu chỉnh bản đồ được tiến hành từ tổng quát đến chi tiết. Đầu tiên phải tiến hành tu chỉnh khung bản đồ. Để vẽ khung bản đồ phải tính tọa độ địa lý ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) và tọa độ vuông góc (X, Y) của 4 điểm góc khung để từ đó biểu thị chính xác hệ thống lưới kinh vĩ tuyến và lưới tọa độ vuông góc (lưới ô vuông). Tiếp đến là biểu thị yếu tố ngoài khung như số hiệu danh pháp, sơ đồ ghép mảnh, tỷ lệ số và thước tỷ lệ, khoảng cao đều và thước đo độ dốc, biểu đồ định hướng... Cuối cùng tu chỉnh từng yếu tố địa vật và đường đồng mức.



Đối với bản đồ số, việc tu chỉnh được tiến hành trực tiếp trên màn hình của máy vi tính theo đúng các yêu cầu kỹ thuật quy định như cho bản đồ giấy.

### 3. Kiểm tra và nghiệm thu bản đồ

Công tác kiểm tra được tiến hành theo hai bước là kiểm tra nội nghiệp (trong phòng) và kiểm tra ngoại nghiệp (ngoài thực địa). Công tác kiểm tra nội nghiệp bao gồm kiểm tra toàn bộ các số liệu đo lưới khống chế, đo chi tiết và chất lượng của bản vẽ.

Công tác kiểm tra ngoại nghiệp là đối soát bản đồ với thực địa. Để kiểm tra vị trí các điểm khống chế có thể đo khoảng cách giữa các điểm rồi đối chiếu với giá trị tính từ số gia toạ độ hoặc dùng các phương pháp giao hội. Để kiểm tra vị trí và độ cao của các điểm chi tiết ta chọn một số trạm đo tiến hành đo một số điểm đặc trưng.

Công tác nghiệm thu bản đồ được các cấp quản lý kỹ thuật thực hiện. Toàn bộ nội dung kiểm tra nghiệm thu phải được trình bày bằng văn bản.

## 9.14. KHÁI NIỆM VỀ BẢN ĐỒ SỐ VÀ SỐ HOÁ BẢN ĐỒ

Bản đồ số là loại bản đồ trong đó các thông tin về mặt đất như toạ độ, độ cao các điểm địa hình, địa vật đều được lưu giữ dưới dạng số và thuật toán xử lý chúng để giải quyết các yêu cầu và nhiệm vụ cụ thể. Đó cũng chính là một trong những sản phẩm quan trọng của ngành Trắc địa - Bản đồ được biên tập, lưu giữ, hiển thị trên máy tính dưới dạng các tệp (file) dữ liệu và khi cần thiết, người ta có thể in lên các vật liệu khác nhau, ví dụ như giấy, phim...

Trên bản đồ số phân biệt 3 yếu tố cơ bản là điểm (point), đường (line) và vùng (region - polygon), mỗi yếu tố được đặc trưng bởi các thông tin về vị trí và đặc điểm của các đối tượng.

Để thành lập bản đồ số cần phải có hai phần chủ yếu:

- *Phần cứng* gồm các máy đo đạc (quang cơ hoặc điện tử), máy tính điện tử, máy vẽ bản đồ, máy quét;

- *Phần mềm* xử lý số liệu và thành lập bản đồ số. Các phần mềm phổ biến hiện nay đã được nhiều nước trên thế giới như Thụy Sĩ, Anh, Mỹ, Đức, Nhật, Trung Quốc... sản xuất, trong đó có một số phần mềm đã và đang được sử dụng ở Việt Nam.

Để thành lập bản đồ số cần thu thập các dữ liệu ban đầu theo một trong 3 phương pháp sau: đo đạc trực tiếp trên mặt đất; đo chụp ảnh hoặc đo trên bản đồ giấy đã có sẵn.

- *Đo đạc trực tiếp trên mặt đất* là sử dụng máy toàn đạc, mà tốt nhất là máy toàn đạc điện tử (loại máy có thể ghi lại được số liệu) để thu thập các thông tin cần thiết như toạ độ, độ cao các điểm, cũng có thể sử dụng công nghệ định vị toàn cầu GPS, sau đó sử dụng các phần mềm chuyên dùng để xử lý và vẽ bản đồ trên máy tính;

- *Thu thập dữ liệu ban đầu bằng phương pháp đo chụp ảnh* là phương pháp có hiệu quả nhất. Sau khi chỉnh lý cặp ảnh, tiến hành đo các điểm đặc trưng của địa hình, địa



vật, tự động xác định tọa độ, độ cao và mã hoá đặc trưng của các điểm đó. Trong máy tính các số liệu đặc trưng sẽ được xử lý và đưa về hệ tọa độ thống nhất theo yêu cầu. Độ chính xác của bản đồ số gần như phụ thuộc hoàn toàn vào độ chính xác của số liệu ban đầu. Vì vậy khi sử dụng phương pháp này thì độ chính xác của bản đồ số phụ thuộc vào độ chính xác đo ảnh và tỷ lệ ảnh.

- Trong trường hợp đã có bản đồ của khu vực thể hiện trên giấy, có thể chuyển bản đồ đó về dạng bản đồ số. Công việc này được gọi là số hoá bản đồ. Khi thành lập bản đồ số từ bản đồ đã có sẵn (số hoá bản đồ), độ chính xác của bản đồ số phụ thuộc chủ yếu vào độ chính xác của bản đồ gốc và độ chính xác của việc quét, nắn và số hoá bản đồ. Thông thường độ phân giải của máy quét càng cao thì chất lượng của dữ liệu quét sẽ càng tốt.

Hệ thống phần mềm chuyên dùng để thành lập bản đồ số bao gồm:

- Phần mềm xử lý số liệu lưới khống chế khu vực đo vẽ. Phần mềm này dùng để xử lý số liệu đo ngoại nghiệp, bao gồm giải mã, hiệu chỉnh trị đo, bình sai trạm máy, tự động sắp xếp điểm và thành lập cấu trúc số liệu mạng lưới, tính số hiệu chỉnh chiếu hình cho các trị đo, tính tọa độ gần đúng cho các điểm, tính toán bình sai v.v...

- Phần mềm biên tập đồ hình. Các số liệu sau khi đã nạp vào máy tính thì căn cứ vào các loại mã của nó có thể tự động hình thành bản đồ. Nhưng do tính chất phức tạp của bản đồ địa hình, bản đồ mới được hình thành không thể tránh khỏi sai sót. Do đó cần phải dùng hình thức giao diện người - máy để tiến hành gia công, biên tập. Phần mềm biên tập đồ hình bao gồm việc hình thành bản đồ, biên tập, chuyển sang máy vẽ và máy in bản đồ.

- Phần mềm biên vẽ các ký hiệu và ghi chú trên bản đồ địa hình. Phần mềm này bảo đảm chế hình và vẽ các ký hiệu, đường nét và các kiểu số, kiểu chữ.

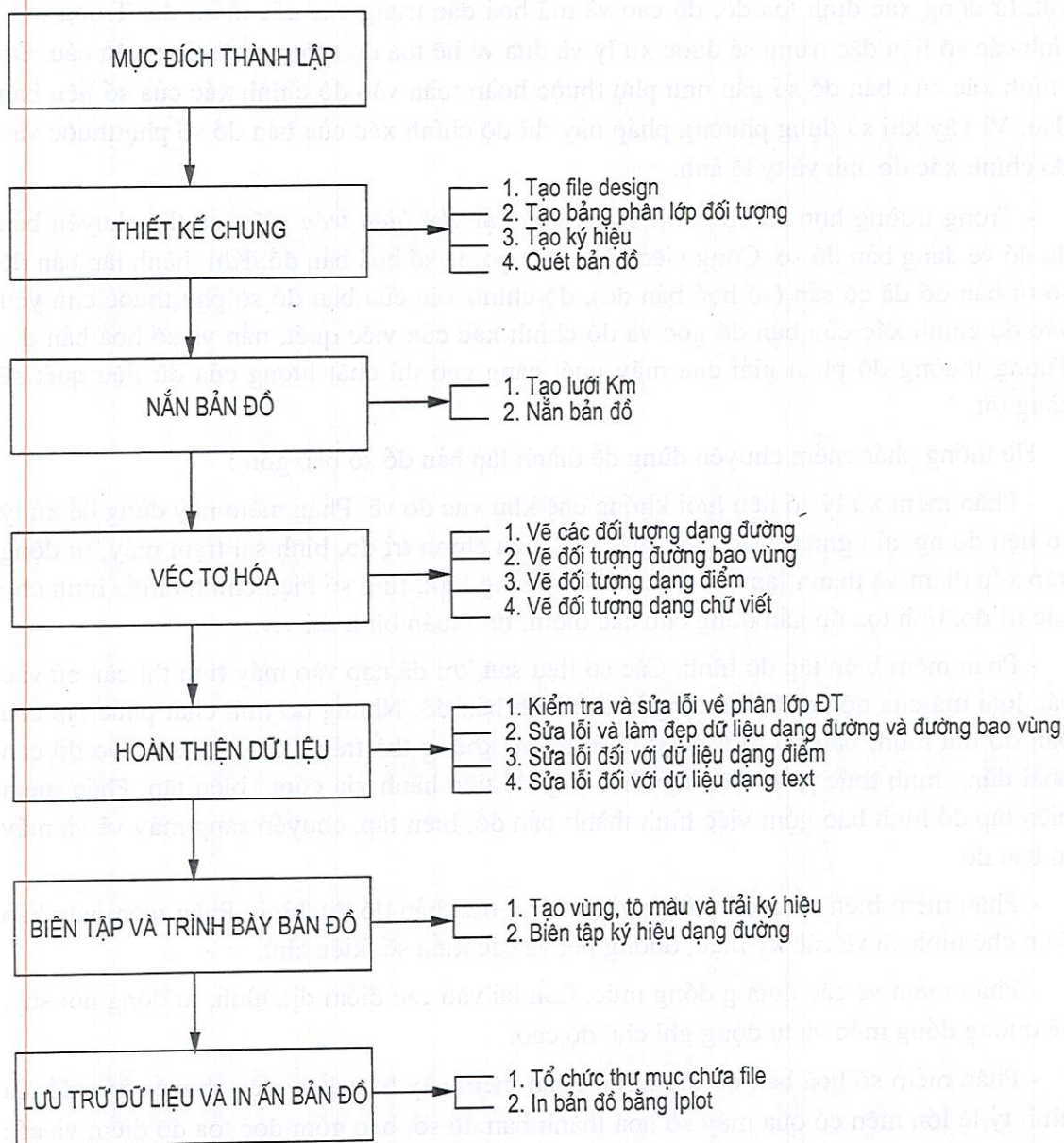
- Phần mềm vẽ các đường đồng mức. Căn cứ vào các điểm địa hình, tự động nội suy, vẽ đường đồng mức và tự động ghi chú độ cao.

- Phần mềm số hoá bản đồ địa hình. Phần mềm này bảo đảm việc chuyển bản đồ địa hình tỷ lệ lớn hiện có qua máy số hoá thành bản đồ số, bao gồm đọc tọa độ điểm và các yếu tố của bản đồ, chuyển đổi và lưu tọa độ, biểu thị đồ hình, tạo sự thống nhất giữa số liệu đo ở thực địa và số liệu số hoá bản đồ cũ để thành lập bản đồ số.

Máy tính điện tử là cốt lõi của phần cứng trong công nghệ thành lập bản đồ số để thực hiện nhiệm vụ tính toán, hiển thị đồ hình, giao diện giữa người và máy, biên tập đồ hình... Máy vẽ bản đồ là một loại thiết bị ngoại vi thường được dùng trong công nghệ thành lập bản đồ số, nó tự động vẽ lên giấy nội dung bản đồ đã được tạo ra trong máy tính. Máy số hoá bản đồ cũng là một loại thiết bị cần thiết trong công nghệ thành lập bản đồ số, nó thực hiện việc chuyển mọi thông tin trên bản đồ cũ đã có thành dạng số. Có hai loại máy số hoá bản đồ, loại điều khiển bằng tay và loại máy quét tự động.

Sơ đồ tổng quát của quy trình số hoá và biên tập bản đồ số được giới thiệu trên hình 9.22.





**Hình 9.22.** Sơ đồ tổng quát của quy trình số hoá bản đồ

Để đảm bảo tính thống nhất cho tất cả các bản đồ trong khối công việc, công tác chuẩn bị cho quá trình số hoá và biên tập bản đồ bao gồm: *Định nghĩa file chuẩn (seed file)*; *Tạo Design file*; *Phân lớp đối tượng*; *Tạo file Feature Table*; *Tạo ký hiệu và Quét bản đồ*.

**Định nghĩa file chuẩn (seed file).** Seed file thực chất là một Design (không chứa dữ liệu) nhưng nó chứa đầy đủ các thông số quy định chế độ làm việc với Microstation. Đặc biệt với các file bản đồ, để đảm bảo tính thống nhất về cơ sở toán học giữa các file dữ liệu, phải tạo một Seed file chứa các tham số về hệ toạ độ, phép chiếu, đơn vị đo... Sau đó các file bản đồ cùng cơ sở toán học sẽ được tạo dựng trên nền Seed file này. Mỗi một cơ sở toán học của bản đồ sẽ có một Seed file riêng.



**Tạo Design file.** Các file bản đồ có đuôi là dgn được tạo trong Microstation dựa trên Seed file của bản đồ cần thành lập. Tên file thường được đặt theo danh pháp của tờ bản đồ.

**Phân lớp đối tượng.** Các đối tượng bản đồ khi tồn tại dưới dạng số được thể hiện và lưu trữ trên các lớp thông tin khác nhau. Vì vậy trước khi tiến hành số hoá, thành lập bản đồ số, cần xác định xem các đối tượng cần được thể hiện trên bản đồ được xác định trước sẽ được lưu trữ trên lớp thông tin nào. Ví dụ các đối tượng là sông, hồ sẽ được lưu trữ trên lớp thông tin thứ nhất, các đối tượng là đường bình độ (đường đồng mức) cơ bản sẽ được lưu trên lớp thông tin thứ hai...

Số lớp thông tin nhiều nhất trên một file bản đồ là 63 lớp. Vì vậy các đối tượng trên một file bản đồ nên được phân thành nhiều nhất là 63 lớp thông tin khác nhau. Mỗi một lớp đối tượng sẽ được đánh số từ 1 ÷ 63.

**Tạo file Feature Table.** Mục tiêu của file feature table dùng để quản lý và đảm bảo tính nhất quán cho các đối tượng trong quá trình số hoá cũng như sửa đổi dữ liệu sau khi số hoá. File feature table được tạo dựa trên bảng thiết bị phân lớp.

File feature table chứa toàn bộ các thông số đồ hoạ của tất cả các đối tượng (feature có trong bản đồ cần thành lập, ví dụ: Số lớp (level), màu sắc (color), kiểu đường (line style), lực nét (weight), kiểu chữ (font), kích thước chữ... File feature table (tbl) được tạo bằng công cụ File table Editor của MSFC.

**Tạo ký hiệu.** Theo các phân loại dữ liệu không gian, các ký hiệu trên bản đồ được chia thành 4 loại:

- + Ký hiệu dạng điểm.
- + Ký hiệu dạng đường
- + Ký hiệu dạng pattem (các ký hiệu được trải đều trên diện tích một vùng nào đó).
- + Ký hiệu dạng chữ chú thích.

Các ký hiệu dạng điểm và pattem được thiết kế thành các cell. Các cell này được sử dụng một cách thường xuyên, lặp đi lặp lại nhiều lần trong quá trình số hoá cũng như biên tập bản đồ. Mỗi cell được định nghĩa bởi thư viện chứa cell và tên cell. Ví dụ: các cell ký hiệu dùng cho bản đồ địa hình 1 : 50000 được lưu trữ trong thư viện cell Dh-50 Cell. Trong thư viện này ký hiệu nhà độc lập phi tỷ lệ có tên là C.NHA.

Các ký hiệu dạng đường được thiết kế dưới dạng là kiểu đường Custom. Các kiểu đường dùng để biểu thị các đối tượng dạng đường của bản đồ được chứa trong thư viện kiểu đường (lên style Library) hay còn gọi là file resource. Ví dụ: ĐH - 50.rsc. Để sử dụng được các kiểu đường này, các file resource bắt buộc phải được lưu trong thư mục:

\\win 32 app\ustation\wsmod\dcdefault\symbol\\*rsc.

**Quét bản đồ.** Mục đích của quá trình này là chuyển các bản đồ được lưu trữ trên giấy, phim ảnh, giấy diamat thành các file dữ liệu số dưới dạng raster. Sau đó các file



này sẽ được chuyển đổi về các định dạng của Intergraph (\*.rle hoặc \*.Tif) để xử lý ảnh tiếp theo bằng phần mềm IRASB.

Tuỳ theo từng loại bản đồ và mục đích sử dụng sau này mà người ta sử dụng các máy quét cùng các phần mềm chuyên dụng khác nhau.

Độ phân giải quy định cho mỗi bản đồ khi quét phụ thuộc vào chất lượng của tài liệu gốc và mục đích sử dụng. Thông thường, độ phân giải càng cao, sẽ cho chất lượng dữ liệu raster tốt hơn cho quá trình số hoá sau này, nhưng nó cũng làm cho độ lớn của file tăng lên.

**Nắn bản đồ.** *Nắn bản đồ là chuyển đổi các ảnh quét đang ở tọa độ hàng, cột của các pixel về tọa độ trắc địa (tọa độ thực - hệ tọa độ địa lý hoặc tọa độ phẳng).* Đây là bước quan trọng nhất trong quy trình thành lập bản đồ số vì nó ảnh hưởng tới toàn bộ độ chính xác của bản đồ sau khi được số hoá dựa trên nền ảnh.

Trước tiên phải tiến hành *tạo lưới Km*. Lưới Km và lưới kinh độ, vĩ độ được tạo nên bằng cách dựa vào tọa độ của các góc khung và khoảng cách giữa các mắt lưới. Lưới được sử dụng làm cơ sở cho việc chọn các điểm khống chế khi nắn bản đồ. Với các lưới Km của các bản đồ tỷ lệ lớn ta có thể tạo bằng các công cụ của MicroStation nhưng với lưới km và kinh, vĩ độ của các bản đồ tỷ lệ nhỏ thì bắt buộc phải tạo bằng công cụ Grid Generation của MGE để đảm bảo độ chính xác.

Công việc tiếp theo là *nắn bản đồ*. Để nắn các file ảnh đã chuyển định dạng thành các file có đuôi (.rle) của Intergraph ta sử dụng công cụ Warp của Irasb. Quá trình nắn này được dựa trên tọa độ của các điểm khống chế trên ảnh, tọa độ của các điểm khống chế tương ứng trên file (.dgn) và mô hình được chọn để nắn (các mô hình nắn đã được viết sẵn trong phần mềm irasb). Trong quá trình nắn ảnh, người sử dụng phải đặc biệt quan tâm đến các sai số chuẩn và sai số giữa khoảng cách thật giữa điểm chuyển đổi và điểm do người dùng thu nhập.

**Véc tơ hoá đối tượng** là quá trình biến đổi dữ liệu raster thành dữ liệu Vector. Quá trình này được thực hiện dựa trên các phần mềm sau: MSFC, MicroStation, irasb, Geovec. Sau khi có file ảnh raster đã làm nền bằng phần mềm irasb, file bảng đối tượng (.tbl) được tạo trong MSFC với đầy đủ các lớp thông tin trên ảnh cần số hoá. Người thực hiện đã có thể sẵn sàng số hoá trên ảnh để tạo dữ liệu vectơ trong file (.dgn). Đối với mỗi kiểu dữ liệu khác nhau người thực hiện nên chọn các công cụ thích hợp trên Microstation hoặc trên Geovec để số hoá.

**Hoàn thiện và chuẩn hoá dữ liệu** được thực hiện sau quá trình số hoá, dữ liệu nhận được chưa phải đã hoàn thiện và sử dụng được ngay. Các dữ liệu này thường được gọi là các dữ liệu thô, cần phải qua một quá trình kiểm tra, chỉnh sửa và hợp lệ các dữ liệu. Quá trình này bao gồm các công đoạn:

- Kiểm tra và sửa chữa các lỗi về thuộc tính đồ họa (sai lớp, sai kiểu đường, màu sắc, lứt nét...).



- Sửa các lỗi riêng của dữ liệu dạng đường: lọc bỏ điểm thừa (filter), làm trơn đường (smooth), loại bỏ các đối tượng trùng nhau, sửa các điểm cuối tự do, tạo các điểm giao.
- Sửa các lỗi riêng của dữ liệu dạng điểm và chữ viết.

**Biên tập và trình bày bản đồ.** Các đối tượng bản đồ khi được thực hiện bằng màu sắc và ký hiệu phải đảm bảo được tính tương quan về vị trí địa lý cũng như tính thẩm mỹ của bản đồ, muốn vậy cần thực hiện các công việc tạo vùng, tô màu, trái ký hiệu cho các đối tượng dạng vùng, các đối tượng đó phải tồn tại dưới dạng shape hoặc complex shape. Vì vậy cần phải qua một bước tạo vùng từ những đường bao đóng kín. Tiếp theo là biên tập các ký hiệu dạng đường. Đối với các đối tượng dạng đường, khi tồn tại ở dạng dữ liệu thì nó phải gặp nhau tại các điểm nút và nó là một đối tượng đường duy nhất. Nhưng để thể hiện nó dưới dạng ký hiệu bản đồ thì có thể phải thể hiện nó bằng hai hoặc ba kiểu đường.

**Lưu trữ dữ liệu và in bản đồ.** Kết quả của quá trình số hoá và biên tập bản đồ có thể được lưu trữ dưới hai dạng: lưu trữ trên đĩa và in ra giấy. Khi lưu trữ dữ liệu, nên tổ chức dữ liệu dưới dạng các thư mục một cách khoa học và lưu trữ cả các file phụ trợ đi kèm ví dụ như file (.tbl), (.cel), (.rsc), (.ctb)...

**Mô hình số mặt đất (hay địa hình) (Digital Terrain Model viết tắt là DTM)** là biểu diễn dưới dạng số các thông tin bề mặt địa hình. Trên quan điểm toán học, mô hình số địa hình được định nghĩa là một mô tả có tính định lượng và định tính các loại thông tin phân bố trên bề mặt đất.

**Mô hình số độ cao (Digital Elevation Model viết tắt là DEM)** là biểu thị một tập hợp hữu hạn 3 chiều  $\{V_i = (X_i, Y_i, H_i), i=1,2,...,n\}$  của bề mặt địa hình D, trong đó  $(X_i, Y_i)$  thuộc D) là toạ độ mặt phẳng và  $H_i$  là độ cao ứng với điểm  $(X_i, Y_i)$ .

Khi vị trí điểm mặt phẳng của tập hợp trên được sắp xếp theo lưới quy chuẩn thì toạ độ mặt phẳng của chúng có thể lược bỏ. Do đó mô hình số độ cao DEM sẽ đơn giản thành một tập hợp hữu hạn 1 chiều  $\{H_i, i = 1, 2, ..., n\}$ . Chính vì vậy mà trong thực tế sử dụng mô hình số độ cao DEM thường gọi là mô hình số địa hình DTM. Mô hình số địa hình DTM là phần cốt lõi của cơ sở dữ liệu thông tin địa lý (GIS). Nếu chỉ chú ý đến thành phần độ cao trong DTM thì sẽ có mô hình số độ cao DEM hoặc DHM (Digital Height Model). DTM hoặc DEM có thể trực tiếp đưa vào máy tính phục vụ cho các mục đích khai thác khác nhau, như: công tác thiết kế tự động, thành lập bản đồ số, lập mặt cắt và tính toán khối lượng v.v...

## 9.15. ĐO VẼ MẶT CẮT

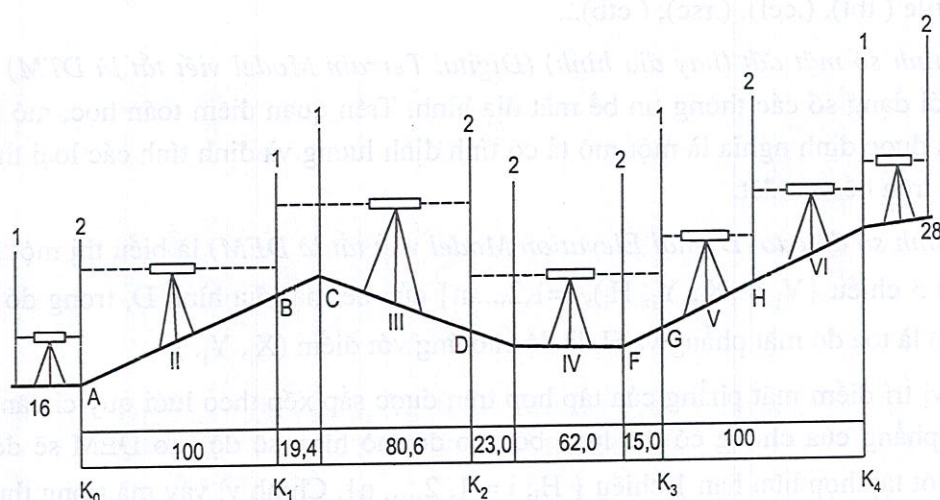
Để cung cấp số liệu cho việc thiết kế, xây dựng tuyến đường, cần phải lập mặt cắt dọc theo trục công trình và các mặt cắt ngang ở những vị trí cần thiết. Lập mặt cắt dọc tuyến công trình là xác định vị trí mặt bằng và độ cao các điểm nằm dọc theo trục công trình



cách nhau một khoảng nhất định thường là bằng 100m và một số điểm phụ đặc trưng cho địa hình của tuyến. Để lập được mặt cắt địa hình dọc theo trục công trình cần bố trí tuyến công trình ra thực địa, đo các góc chuyển hướng (các góc ngoặt) của tuyến, đóng các cọc chính (cọc 100m) và các cọc phụ, bố trí đường cong, đo độ cao các điểm cọc, sau đó sẽ vẽ được mặt cắt.

### 1. Đo vẽ mặt cắt dọc

Sau khi công trình dạng tuyến được bố trí trên thực địa, tức là khi trục công trình được đánh dấu tại những điểm đặc trưng của địa hình, địa vật tại những điểm cọc chính - cọc 100m và các cọc phụ, ta tiến hành xác định độ cao của những điểm đó để lập mặt cắt dọc tuyến công trình. Muốn vậy, trước hết cần chuyển độ cao từ điểm khống chế nhà nước tới điểm cọc số “0” - K<sub>0</sub> sau đó đi qua các điểm chính và phụ. Vì các điểm chính dùng để chuyển độ cao cho cả tuyến nên phải đặt máy ở khoảng giữa các điểm đó (hình 9.23), phải đo theo cả mặt đen và mặt đỏ của mia (hoặc đo ở hai độ cao của máy), chênh lệch kết quả giữa hai lần đo không được vượt quá 5mm. Các điểm phụ chỉ cần đo một lần và không cần hạn chế chênh lệch chiều dài tia ngắm.



**Hình 9.23.** Sơ đồ đo vẽ mặt cắt dọc.

Số hiệu cọc chính được tính từ cọc khởi điểm  $K_0$  đến  $K_1, K_2, \dots, K_n$ . Việc đánh số như vậy cho phép nhanh chóng biết được khoảng cách từ điểm đầu tuyến đến một cọc bất kỳ trên tuyến. Ví dụ, điểm có số hiệu  $K_3$  sẽ cách điểm đầu tuyến 300m. Số hiệu các cọc phụ bằng số hiệu của cọc chính trước đó cộng với khoảng cách từ cọc chính tới cọc phụ này, ví dụ cọc phụ C trên hình 9.23 sẽ có số hiệu là  $K_1 + 19,4$ .

Song song với việc bố trí, đo đạc dọc theo trục công trình, còn phải bố trí các cọc phụ cắt ngang tuyến tại những điểm đặc trưng cho địa hình và tại các đỉnh góc ngoặt về hai bên của tuyến trong một phạm vi theo yêu cầu của thiết kế, có khi tới  $25 \div 50\text{m}$ . Ngoài ra, số liệu đo mặt cắt ngang còn được sử dụng khi tính toán khối lượng đào đắp.



Số liệu đo độ cao được tính toán xử lý như ví dụ nêu trong mục 8.3. Độ cao các điểm phụ ở mỗi trạm được tính bằng cách lấy độ cao máy của trạm đó trừ đi số đọc trên mia tại điểm phụ như trên sơ đồ hình 9.24:

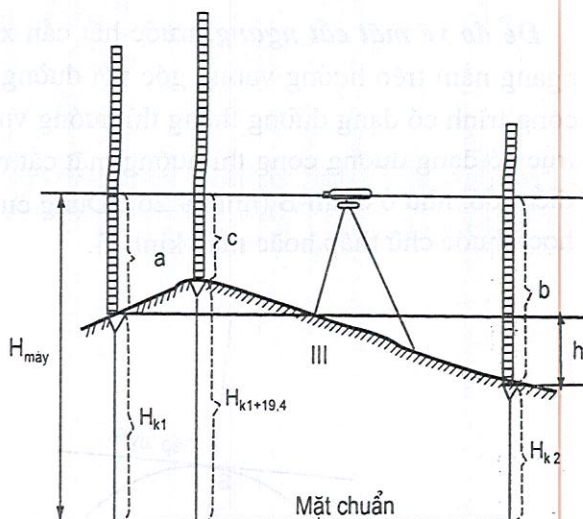
$$H_{K1+19,4} = H_{\text{máy}} - c,$$

trong đó:

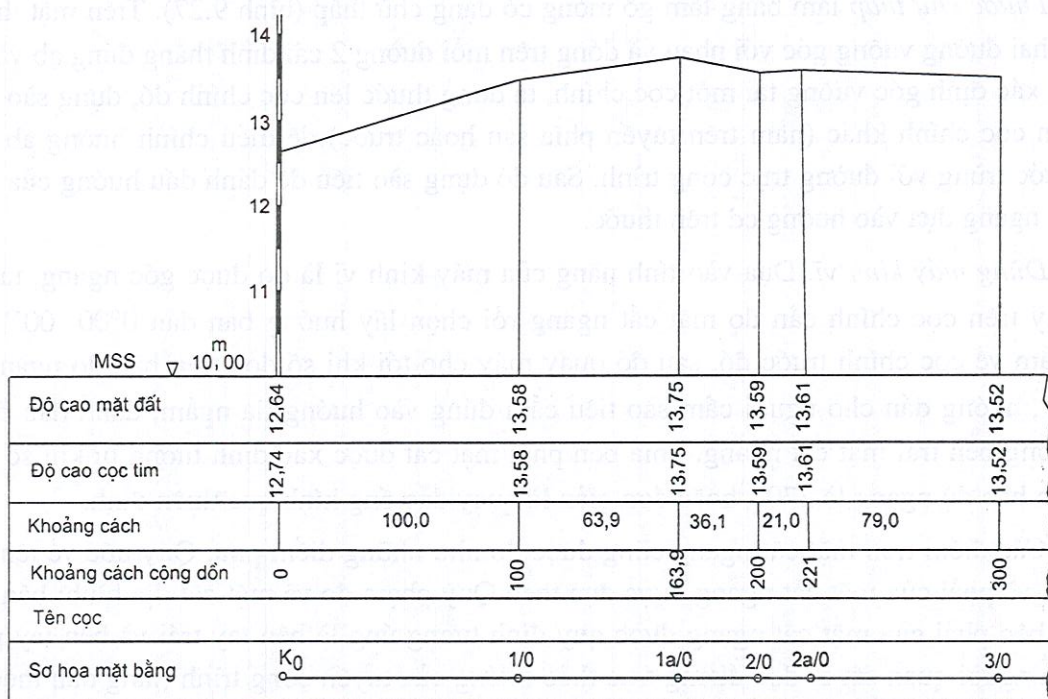
$$H_{\text{máy}} = H_{K1} + a = H_{K2} + b$$

Sau khi đã bố trí xong tuyến và có thêm các kết quả đo độ cao, có thể tiến hành lập mặt cắt dọc và các mặt cắt ngang. Mặt cắt dọc thường được vẽ trên giấy kẻ ly hoặc trên máy tính theo các chương trình phần mềm chuyên dụng. Trên giấy kẻ ly lấy trục hoành biểu thị cho chiều dài công trình, thường chọn ở tỷ lệ 1: 500 đến 1: 5000. Để cho dễ nhận biết sự thay đổi địa hình dọc theo tuyến, thường lấy tỷ lệ đứng lớn gấp 10 lần tỷ lệ nằm ngang.

Trên hình 9.25 giới thiệu cách trình bày một mặt cắt dọc tuyến đường từ điểm có số hiệu cọc  $K_0$  đến điểm cọc  $K_4$ .



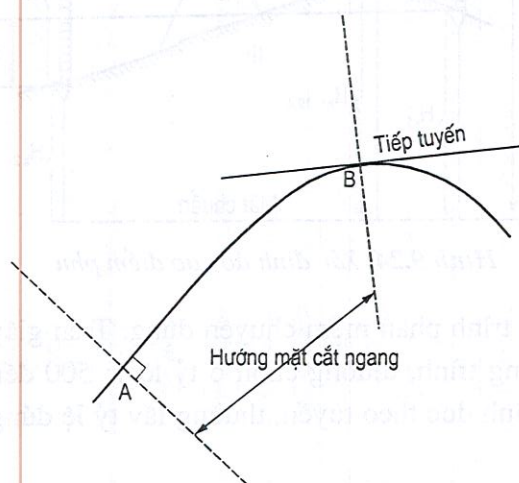
Hình 9.24. Xác định độ cao điểm phụ



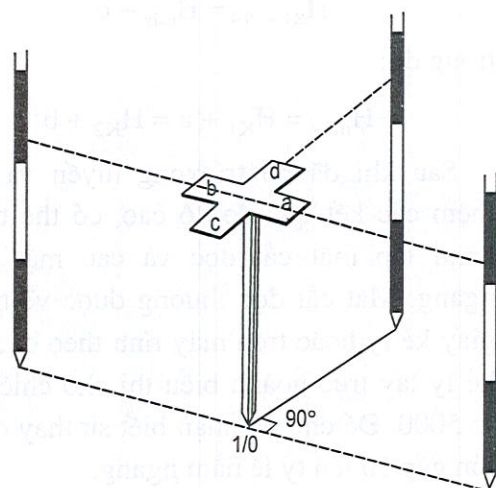
Hình 9.25. Mặt cắt dọc tuyến đường.



**Đồ vẽ mặt cắt ngang**, trước hết cần xác định hướng của mặt cắt ngang. Mặt cắt ngang nằm trên hướng vuông góc với đường trục công trình tại các cọc chính. Nếu trục công trình có dạng đường thẳng thì hướng vuông góc được xác định như tại điểm A, nếu trục có dạng đường cong thì hướng mặt cắt ngang là hướng vuông góc với tiếp tuyến tại điểm đó, như ở điểm B (hình 9.26). Dụng cụ để xác định hướng vuông góc là êke quang học, thước chữ thập hoặc máy kinh vĩ.



**Hình 9.26.** Xác định mặt cắt ngang.



**Hình 9.27.** Thước chữ thập.

**Thước chữ thập** làm bằng tấm gỗ mỏng có dạng chữ thập (hình 9.27). Trên mặt thước kẻ hai đường vuông góc với nhau và đóng trên mỗi đường 2 cái đinh thẳng đứng ab và cd. Để xác định góc vuông tại một cọc chính, ta dựng thước lên cọc chính đó, dựng sào tiêu trên cọc chính khác (nằm trên tuyến phía sau hoặc trước) để điều chỉnh hướng ab của thước trùng với đường trục công trình. Sau đó dựng sào tiêu để đánh dấu hướng của mặt cắt ngang dựa vào hướng cd trên thước.

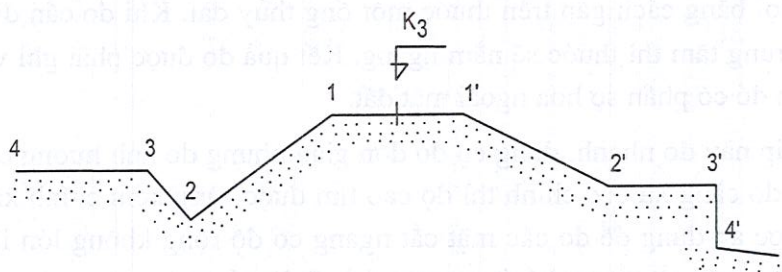
**Dùng máy kinh vĩ.** Dựa vào tính năng của máy kinh vĩ là đo được góc ngang, ta đặt máy trên cọc chính cần đo mặt cắt ngang rồi chọn lấy hướng ban đầu  $0^{\circ}00'00''$  khi ngắm về cọc chính trước đó, sau đó quay máy cho tới khi số đọc trên bàn độ ngang là  $90^{\circ}$ , hướng dẫn cho người cầm sào tiêu cắm đúng vào hướng tia ngắm, đánh dấu được hướng bên trái mặt cắt ngang. Phía bên phải mặt cắt được xác định tương tự khi số đọc trên bàn độ ngang là  $270^{\circ}$ , hoặc đơn giản là quay đảo ống kính qua thiên đỉnh.

Các điểm trên mặt cắt ngang cũng được đo như những điểm phụ. Quy ước về tên gọi trái và phải của mặt cắt ngang được dựa theo Quy phạm đồ vẽ mặt cắt địa hình: bên trái và bên phải của mặt cắt ngang được quy định tương ứng là bên tay trái và bên tay phải của người quan sát đi dọc đường trục theo hướng của tuyến công trình (tăng dần theo số hiệu cọc). Nội dung của đồ vẽ mặt cắt ngang là xác định độ cao của các điểm chi tiết (các điểm đặc trưng về địa hình, địa vật) và khoảng cách giữa chúng trên mặt cắt. Điểm



đặc trưng địa hình là các điểm mà tại đó độ dốc theo hướng mặt cắt thay đổi, còn điểm đặc trưng địa vật là các điểm của địa vật mà mặt cắt đi qua, ví dụ như mép đường, mép suối, tim đường, mép tường nhà, v.v...

Ví dụ ở hình 9.28, tại cọc  $K_3$  trên trục, các điểm 1, 2, 3, 4... ở bên trái và 1', 2', 3', 4' ở bên phải là những điểm chi tiết của mặt cắt.

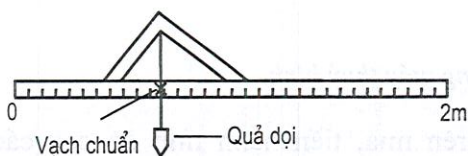


Hình 9.28. Điểm cọc chính và các điểm trái, phải mặt cắt ngang

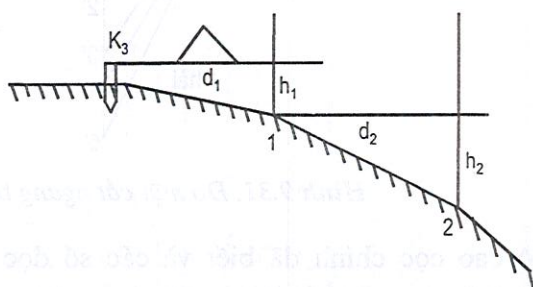
Khi đo mặt cắt ngang tùy theo thiết bị máy móc, yêu cầu về độ chính xác mà có thể áp dụng các phương pháp như dùng thước chữ A; dùng máy thủy bình hoặc dùng máy kinh vĩ.

**Phương pháp dùng thước chữ A.** Khi công trình nhỏ, có chiều ngang công trình không lớn lắm, có thể áp dụng phương pháp đơn giản với dụng cụ đo là thước chữ A và mìa. Thước chữ A làm bằng gỗ, gồm một thước dài 2 hoặc 3m, khắc vạch và đánh số đến dm và một khung gỗ hình chữ A gắn cố định trên thước (hình 9.29). Ở đỉnh chữ A có móc treo quả dọi để điều chỉnh thước về vị trí nằm ngang khi đo bằng cách nâng, hạ đầu thước để dây dọi đi qua vạch chuẩn trên thước (khi chế tạo dùng ống thủy để chỉnh cho thước nằm ngang, khi đó dây dọi chạm thước ở đâu thì khắc vạch chuẩn tại đó).

Giả sử cần đo các điểm bên phải của mặt cắt ngang tại cọc chính  $K_3$  (hình 9.30). Trước hết đặt đầu 0 của thước chữ A trùng với điểm cọc chính  $K_3$  và điều chỉnh cho thước nằm ngang và áp sát vào mìa dựng thẳng đứng tại điểm 1 cần đo trên mặt cắt ngang. Tại điểm giao nhau của thước và mìa, đọc số trên thước được khoảng cách ngang  $d_1$ , đọc số trên mìa được chênh cao  $h_1$ .



Hình 9.29. Thước chữ A.



Hình 9.30. Đo mặt cắt ngang bằng thước chữ A.

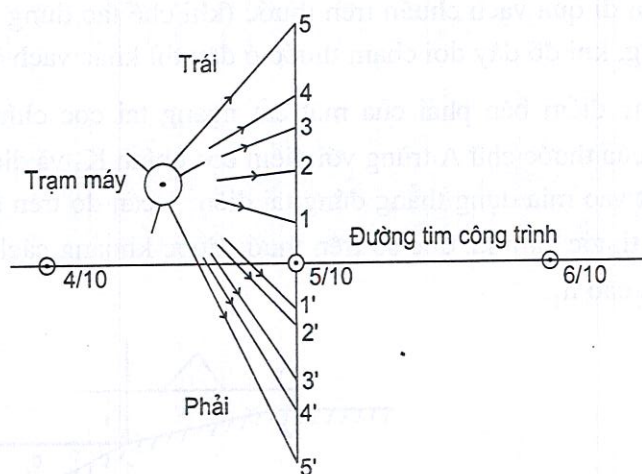


Tiếp theo chuyển thước để đầu 0 trùng với điểm 1, dựng mìa tại điểm 2 cần đo, tương tự như trên ta có  $d_2$  và  $h_2$ . Khi đo xuống thấp, chênh cao  $h$  có giá trị âm, khi đo lên cao, chênh cao  $h$  có giá trị dương. Cứ làm như vậy cho các điểm khác ở cả bên trái và phải của mặt cắt ngang. Vì cọc  $K_3$  đã có độ cao nên có thể tính độ cao các điểm chi tiết mặt cắt dựa vào các chênh cao đo được. Để thước đo gọn nhẹ và thao tác thuận tiện hơn, có thể thay dây dọi bằng cách gắn trên thước một ống thủy dài. Khi đo cần điều chỉnh cho bọt thủy vào trung tâm thì thước sẽ nằm ngang. Kết quả đo được phải ghi vào sổ đo mặt cắt ngang, trên đó có phần sơ họa ngoài mặt đất.

Phương pháp này đo nhanh, dụng cụ đo đơn giản nhưng do ảnh hưởng của sai số tích lũy, các điểm đo càng xa cọc chính thì độ cao tìm được càng kém chính xác. Vì vậy nó chỉ thường được áp dụng để đo các mặt cắt ngang có độ rộng không lớn lắm, các điểm đo gần nhau như mặt cắt ngang kênh mương nhỏ, đường hẹp...

**Phương pháp dùng máy thủy bình.** Có thể dùng máy thủy bình kết hợp với thước thép để đo mặt cắt ngang. Trước tiên phải xác định hướng của mặt cắt ngang bằng 2 sào tiêu A, B cắm ở hai đầu mặt cắt.

Chọn vị trí đặt máy thủy bình sao cho có thể ngắm hết các mìa dựng tại các điểm chi tiết trên mặt cắt. Vị trí đặt máy có thể chọn ở ngay trên mặt cắt hoặc ngoài mặt cắt sao cho có thể đo được nhiều mặt cắt. Sau khi cân máy, lần lượt đọc số trên mìa dựng tại cọc chính (số đọc này sẽ là số đọc sau vì cọc chính đã biết độ cao) và các mìa dựng trên các điểm chi tiết (số đọc trước). Khoảng cách giữa các điểm chi tiết được đo bằng thước thép hoặc bằng mìa do người đi mìa thực hiện (hình 9.31).

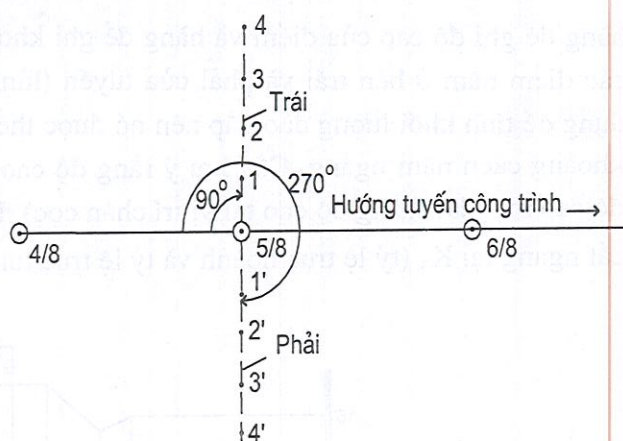


**Hình 9.31.** Đo mặt cắt ngang bằng máy thủy bình.

Từ độ cao cọc chính đã biết và các số đọc trên mìa, tiến hành tính độ cao các điểm chi tiết trên mặt cắt. Dùng khoảng cách và độ cao tính được có thể vẽ mặt cắt ngang lên giấy.



Vì công việc đo khoảng cách và đo độ cao do 2 nhóm thực hiện độc lập, nên khi ghép 2 sổ đo để vẽ có thể có sự nhầm lẫn. Để tránh sai sót này, cả hai nhóm cần phải thống nhất đánh số ký hiệu các điểm chi tiết và bản sơ họa trước khi đo. Ngoài ra, do tia ngắm của máy thủy bình nằm ngang nên tầm ngắm sẽ bị hạn chế khi địa hình có độ dốc lớn, vì vậy phương pháp này chỉ áp dụng khi đo vùng đất tương đối bằng phẳng, có độ dốc nhỏ.



**Hình 9.32.** Đo mặt cắt bằng máy kinh vĩ

**Phương pháp dùng máy kinh vĩ.** Khi chiều rộng mặt cắt khá lớn, địa hình hai bên mặt cắt thay đổi phức tạp, người ta thường dùng máy kinh vĩ để đo. Giả sử cần đo mặt cắt ngang tại cọc 5/8 (xem hình 9.32), ta đặt máy kinh vĩ trên cọc chính 5/8 rồi tiến hành định tâm, cân máy, đo chiều cao máy  $i$ , ngắm máy về cọc chính liền kề trước đó (cọc 4/8) và đặt số đọc trên bàn độ ngang bằng đúng  $0^{\circ} 00' 00''$ . Quay máy đi  $90^{\circ}$  theo chiều kim đồng hồ, lúc đó hướng ngắm sẽ là hướng trái của mặt cắt, lần lượt ngắm các điểm chi tiết 1, 2, 3, 4... tại mỗi điểm cần đọc số, đọc chỉ trên, chỉ giữa, chỉ dưới trên mìa và số đọc trên bàn độ đứng.

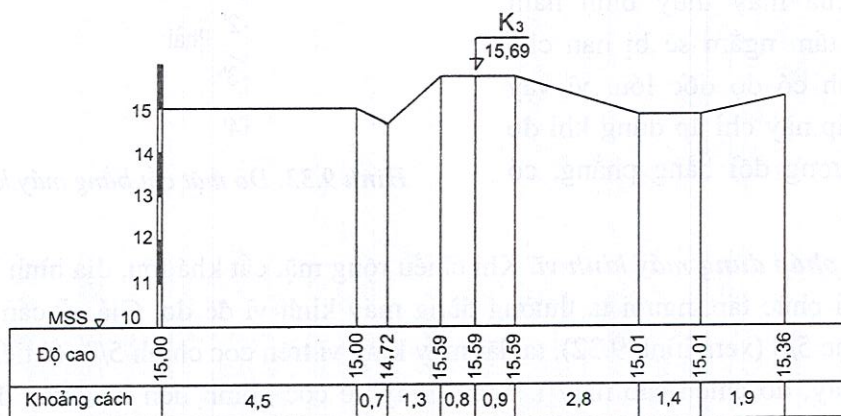
Sau đó quay máy cho tới khi số đọc trên bàn độ ngang bằng  $270^{\circ}$ , hướng ngắm lúc này sẽ là hướng phải của mặt cắt, tiến hành đo tương tự cho các điểm 1', 2', 3', 4'... Độ cao các điểm chi tiết được tính theo phương pháp đo cao lượng giác còn khoảng cách từ máy đến mìa được xác định bằng phương pháp dùng chỉ thị cự từ số đọc chỉ trên và chỉ dưới trên mìa.

Đo mặt cắt ngang bằng máy kinh vĩ có nhiều thuận lợi như việc định hướng mặt cắt ngang được tiến hành ngay khi đo, không bị hạn chế về địa hình, về độ rộng mặt cắt, tốc độ đo nhanh, tính toán đơn giản và chính xác. Cần lưu ý là khoảng cách trong sổ đo là khoảng cách từ máy đến điểm chi tiết. Phải tính đổi ra khoảng cách giữa các điểm chi tiết để vẽ. Nếu điều kiện thiết bị cho phép, có thể thay thế máy kinh vĩ bằng máy toàn đạc điện tử thì công việc sẽ đơn giản, chính xác và nhanh chóng hơn nhiều vì máy cho phép ta đo ngay được độ cao và khoảng cách ngang giữa các điểm mà không cần phải tính toán ghi chép.

**Vẽ mặt cắt ngang.** Dựa vào kết quả đo độ cao và khoảng cách giữa các điểm chi tiết, tiến hành vẽ mặt cắt ngang lên giấy. Mặt cắt ngang được vẽ trên giấy kẻ ly có chiều cao 30cm và được vẽ cho từng mặt cắt theo thứ tự trên tuyến mặt cắt dọc. Mặt cắt ngang cũng được dựng như mặt cắt dọc nhưng đơn giản hơn nhiều vì nó chỉ gồm hai hàng,



hàng để ghi độ cao của điểm và hàng để ghi khoảng cách từ trục tuyến (tim đường) đến các điểm nằm ở bên trái và phải của tuyến (hình 9.33). Vì mặt cắt ngang còn được sử dụng để tính khối lượng đào đắp nên nó được thể hiện ở cùng một tỷ lệ cho cả độ cao và khoảng cách nằm ngang. Cần lưu ý rằng độ cao cọc chính trên mặt cắt ngang khi vẽ là độ cao mặt đất (bằng độ cao tại vị trí chân cọc). Dưới đây là một ví dụ về bản vẽ của mặt cắt ngang tại  $K_3$  (tỷ lệ trục hoành và tỷ lệ trục tung đều bằng 1: 100).



**Hình 9.33. Mặt cắt ngang tại điểm  $K_3$**



## ỨNG DỤNG TRẮC ĐỊA TRONG XÂY DỰNG

### Chương 10

## SỬ DỤNG BẢN ĐỒ

### 10.1. ĐẶC ĐIỂM CỦA BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH

Tờ bản đồ địa hình chứa đựng một lượng thông tin rất phong phú về khu vực được thể hiện trên đó và có thể sử dụng bản đồ để giải quyết nhiều nhiệm vụ kỹ thuật cũng như những vấn đề có liên quan.

Bao bọc xung quanh một tờ bản đồ là hệ thống khung bản đồ, gồm khung ngoài (khung phút) và khung trong (hình 10.1).

Khung ngoài là đường nét đậm ở phía Bắc và phía Nam tờ bản đồ, nó biểu diễn các đường vĩ tuyến biên, còn ở phía Đông và phía Tây là các đường kinh tuyến biên của tờ bản đồ, chúng tạo nên hình dạng hình thang. Mỗi một góc khung đều có ghi các tọa độ địa lý (kinh độ  $\lambda$  và vĩ độ  $\varphi$ ) của điểm góc ấy. Ví dụ, vĩ độ và kinh độ góc khung Tây Nam của tờ bản đồ là  $21^{\circ}00'$  và  $105^{\circ}52'30''$  và góc khung Tây Bắc là  $21^{\circ}05'$  và  $105^{\circ}52'30''$ . Khung ngoài nét đậm là khung phút, các vạch chia trên khung này ứng với một phút độ vĩ và độ kinh, trên một số vạch còn có thể chia nhỏ ra những vạch  $10''$ . Để tiện sử dụng, các vạch một phút được tô đậm và để trắng xen kẽ nhau. Nếu nối các vạch phút tương ứng ở khung Tây và Đông, khung Bắc và Nam với nhau, ta sẽ được hệ thống lưới tọa độ địa lý.

Khung trong là một đường nét mảnh phía trong của khung phút (song song với kinh tuyến trục), dựa vào khung này người ta kẻ một lưới tọa độ vuông góc, đó là một lưới ô vuông có các đường thẳng đứng song song với kinh tuyến trục của múi chiếu, còn các đường nằm ngang song song với xích đạo. Do ảnh hưởng của độ hội tụ kinh tuyến nên các đường thẳng đứng không song song với các đường của lưới tọa độ địa lý (khung ngoài) mà lệch một góc đúng bằng độ hội tụ kinh tuyến  $\gamma$ . Khoảng cách giữa các đường kề nhau của lưới tọa độ vuông góc (kích thước ô vuông) bằng giá trị chuẩn kilômét, do đó lưới tọa độ vuông góc còn được gọi là lưới kilômét. Ví dụ, tờ bản đồ tỷ lệ 1: 25 000 có kích thước ô vuông tương ứng bằng 1km; tỷ lệ 1: 100 000 có kích thước ô vuông tương ứng bằng 2km... Đối với các bình đồ tỷ lệ lớn, kích thước lưới tọa độ vuông góc là 10cm trên bản vẽ.







Ở khoảng cách giữa khung trong và khung phút có ghi giá trị tung độ và hoành độ X; Y của những đường thẳng đứng và nằm ngang trong lưới tọa độ vuông góc (lưới kilômét). Ví dụ, dọc theo khung phía Nam và khung phía Bắc ghi hoành độ Y: 18 592; 93,..., 18 603 và dọc theo khung phía Đông và phía Tây ghi tung độ X: 2324, 25,..., 31, 2332. Các số 18 952, 93..., 18 603 cho ta biết vị trí các đường này có hoành độ bằng 592, 593..., 603 km; số 18 là số thứ tự mũi chiếu 6° trong hệ tọa độ Gauxơ có chứa tờ bản đồ này (xem 2.6). Giá trị hoành độ lớn hơn 500km có nghĩa là tờ bản đồ này nằm ở phía Đông của kinh tuyến trục có độ kinh bằng 105°:

$$\lambda^{\circ} = 6^{\circ}.n - 3^{\circ} = (6^{\circ} \times 18) - 3^{\circ} = 105^{\circ}$$

Để thuận tiện cho việc ghép các mảnh bản đồ, ngoài khung tờ bản đồ ở góc Đông Bắc có sơ đồ 8 mảnh bản đồ nằm xung quanh và trên các biên khung có ghi số hiệu 4 tờ bản đồ tiếp giáp có cùng tỷ lệ.

Ở chính giữa, ngoài khung phía Bắc tờ bản đồ ghi tên một địa danh quan trọng nhất trong vùng, ngay dưới địa danh là số hiệu tờ bản đồ. Ở chính giữa ngoài khung phía Nam tờ bản đồ ghi tỷ lệ số của tờ bản đồ và vẽ một thước tỷ lệ thẳng tương ứng, ở góc dưới ghi chú khoảng cao đều đường đồng mức cơ bản. Ngoài ra, còn biểu diễn một thước đo độ dốc, một sơ đồ và số liệu độ lệch kinh tuyến (độ hội tụ kinh tuyến  $\gamma$  và góc lệch kim nam châm  $\delta$ ).

## 10.2. ĐỊNH HƯỚNG BẢN ĐỒ TRÊN THỰC ĐỊA

Bình đồ, bản đồ địa hình tùy theo tỷ lệ được sử dụng rộng rãi trong các công tác khảo sát thiết kế, lập luận chứng kinh tế - kỹ thuật cho các công trình giao thông, đầu mối thủy lợi, thủy điện, làm cơ sở cho việc thiết kế quy hoạch, xây dựng thành phố, khu đô thị, nông thôn, khu công nghiệp và các công trình kỹ thuật khác.

Bản đồ quốc gia đóng một vai trò quan trọng khi giải quyết các nhiệm vụ khảo sát thiết kế. Tuy nhiên, quá trình thiết kế chi tiết còn cần phải tiến hành công tác khảo sát trắc địa công trình, lập các bình đồ khảo sát tỷ lệ lớn chuyên ngành với những đặc điểm chuyên môn riêng.

Các nhà kiến trúc và kỹ sư xây dựng cũng cần phải được trang bị một lượng kiến thức trắc địa nhất định, cần thiết cho chuyên môn của mình. Khi nghiên cứu tấm bản đồ ngoài thực địa, cần phải định hướng đúng vị trí tờ bản đồ. Định hướng bản đồ ở thực địa là đặt tờ bản đồ sao cho hướng Bắc - Nam của kinh tuyến vẽ trên bản đồ trùng với hướng Bắc - Nam của đường kinh tuyến trên thực địa. Thông thường có hai phương pháp định hướng tờ bản đồ: Định hướng theo địa vật và định hướng bằng la bàn.

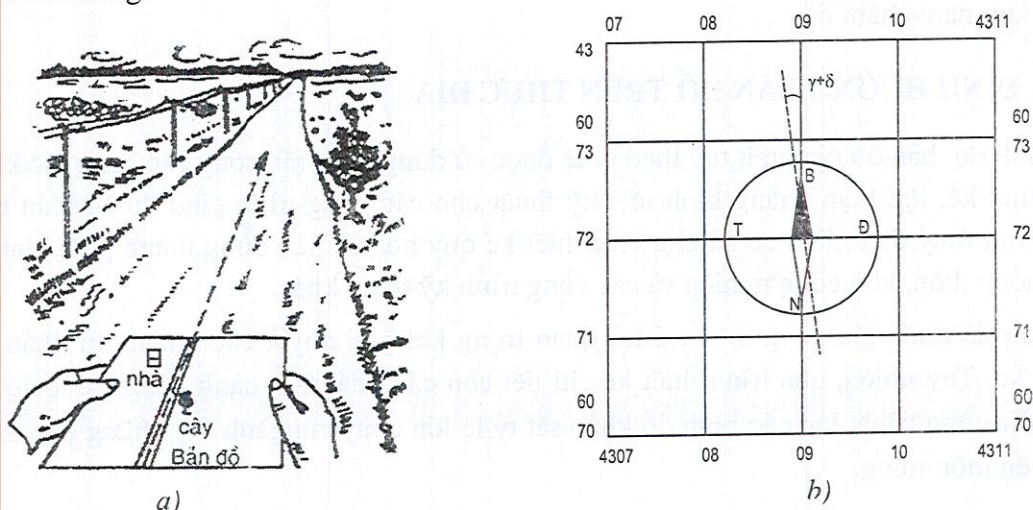
Định hướng theo địa vật được tiến hành dựa vào địa vật rõ nét vẽ trên bản đồ và bản thân địa vật đó đang có trên thực địa. Thông thường nên sử dụng các địa vật dạng tuyến



như đường quốc lộ, đường mòn, đường sắt, sông, suối hoặc các vật chuẩn rõ nét khác (hình 10.2a). Trái phải và xoay tấm bản đồ cho đến khi những địa vật trên thực địa trùng với hướng của chúng trên bản đồ. Để kiểm tra, nên chọn thêm một vài vật chuẩn khác để đối chiếu.

Định hướng bản đồ được thực hiện chính xác hơn nếu ta dùng la bàn (hình 10.2b) đặc biệt là vùng rừng núi, nơi khó xác định và không nhìn rõ các vật chuẩn. Trái phải tấm bản đồ, đặt la bàn lên bản đồ sao cho hướng Bắc - Nam ( $0^\circ$  -  $180^\circ$ ) của kim nam châm trùng với hướng kinh tuyến trục (đường kẻ lưới kilômét), xoay dần tấm bản đồ (trên đó có đặt la bàn) cho tới khi đầu Bắc của kim nam châm chỉ vào số đọc  $(\pm\delta) - (\pm\gamma)$  ( $\delta$  - là độ lệch kim nam châm,  $\gamma$  - là độ hội tụ kinh tuyến), các giá trị này đều được ghi rõ trên mỗi tấm bản đồ kèm theo dấu âm, dương cụ thể, khi đó tấm bản đồ đã được định hướng đúng. Nếu ta không đặt trục Bắc - Nam của kim nam châm trùng với đường kẻ lưới kilômét mà trùng với đường kinh tuyến địa lý (mép khung ngoài, xoay dần tấm bản đồ cho tới khi đầu Bắc của kim nam châm chỉ vào số đọc bằng  $(\pm\delta)$  có ghi trên mỗi tấm bản đồ, khi đó tấm bản đồ cũng đã được định hướng đúng.

Sau khi tấm bản đồ đã được định hướng, có thể tiến hành kiểm tra, đối soát để đánh giá nó theo từng khu vực, từng mục đích riêng. Trong trường hợp cần thiết có thể phải đo vẽ bổ sung.



Hình 10.2. Định hướng bản đồ.

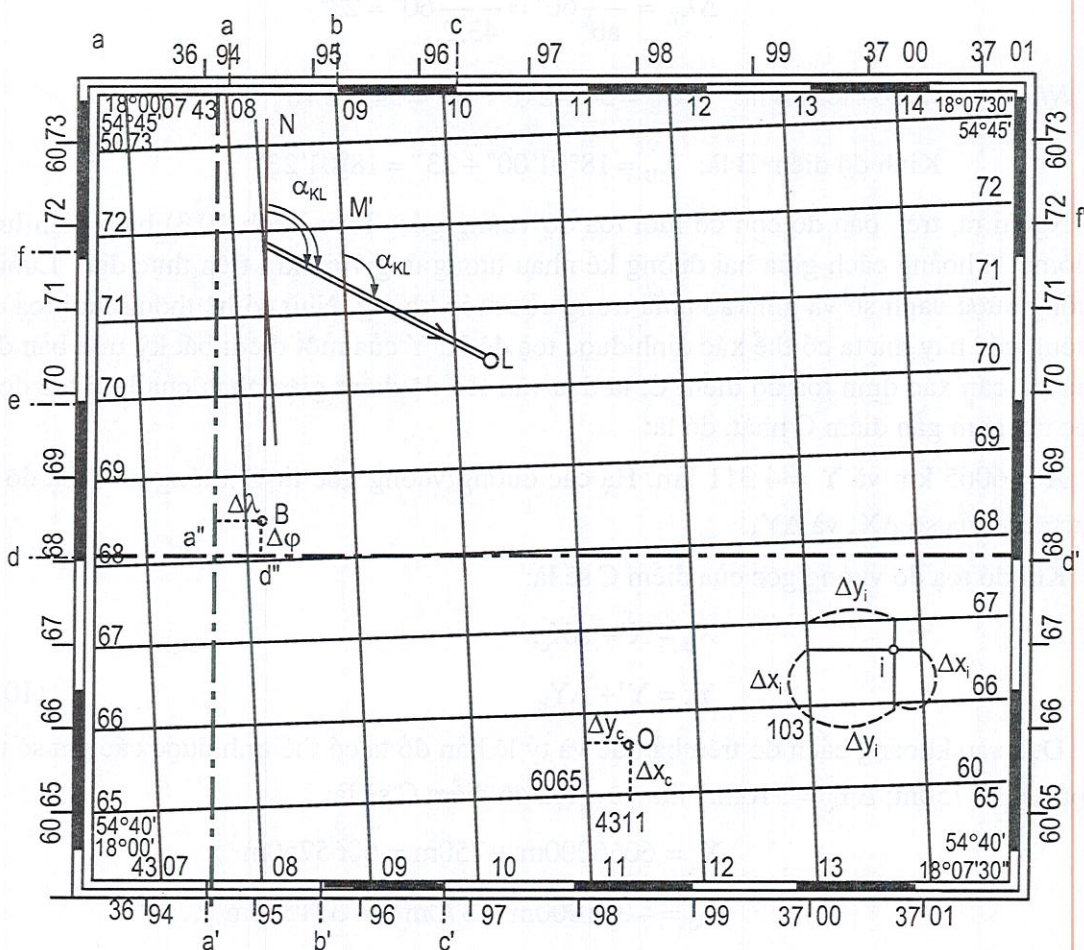
### 10.3. XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ ĐIỂM TRÊN BÌNH ĐỒ, BẢN ĐỒ

Bình đồ và bản đồ cho phép ta có được nhiều thông tin về thực địa, nhờ đó có thể giải quyết được nhiều nhiệm vụ kỹ thuật khác nhau.

Trên một tờ bản đồ, các đường khung nét mảnh nằm bên trong, về phía bắc và phía nam (hình 10.3) là các đường vĩ tuyến, còn ở phía đông và phía tây là các đường kinh



tuyến. Trên tờ bản đồ còn ghi tọa độ địa lý của các góc khung. Mỗi cạnh của khung nét đậm được chia hẳn đến từng phút theo kinh độ, vĩ độ và được gọi là khung phút. Để cho tiện khi sử dụng, các đoạn của khung được để trắng và tô đen kế tiếp nhau. Các đoạn  $ab$  và  $bc$  tương ứng với một phút (') kinh độ, còn  $de$  và  $ef$  tương ứng với một phút vĩ độ.



**Hình 10.3.** Xác định tọa độ điểm trên bản đồ.

Để xác định tọa độ địa lý của điểm B ta kẻ các đường kinh tuyến phía tây và vĩ tuyến phía nam gần với điểm B nhất (các đường chấm gạch). Từ B ta hạ các đường vuông góc xuống đường kinh tuyến được điểm  $a''$  và đường vĩ tuyến được điểm  $d''$ . Vĩ độ  $\varphi_B$  và kinh độ  $\lambda_B$  của điểm B được tính theo công thức:

$$\begin{aligned}\varphi_B &= \varphi_N + \Delta\varphi_B; \\ \lambda_B &= \lambda_T + \Delta\lambda_T\end{aligned}\quad (10.1)$$

trong đó:  $\varphi_N$  - vĩ độ của vĩ tuyến phía nam sát điểm B (hình 10.3);

$\lambda_B$  - kinh độ của kinh tuyến phía tây sát điểm B.



Các giá trị  $\Delta\varphi_B$  và  $\Delta\lambda_B$  tính theo các biểu thức:

$$\Delta\varphi_B = \frac{Bd''}{ed} 60'' = \frac{20,0\text{mm}}{74,5\text{mm}} 60'' = 16''$$

$$\Delta\lambda_B = \frac{a''B}{ab} 60'' = \frac{16,5}{43,2} 60'' = 23''$$

Như vậy: Vĩ độ điểm B là:  $\varphi_B = 54^\circ 42' 0'' + 16'' = 54^\circ 42' 16''$

Kinh độ điểm B là:  $\lambda_B = 18^\circ 01' 00'' + 23'' = 18^\circ 01' 23''$

Ngoài ra, trên bản đồ còn có lưới tọa độ vuông góc. Trên (hình 10.3) biểu diễn lưới kilômét (khoảng cách giữa hai đường kẻ nhau tương ứng với 1km trên thực địa). Lưới ô vuông được đánh số và ghi vào phía trong của mép khung. Nhờ có hệ thống lưới tọa độ vuông góc này mà ta có thể xác định được tọa độ X, Y của một điểm bất kỳ trên bản đồ. Giả sử, cần xác định tọa độ điểm C, ta dựa vào tọa độ điểm giao nhau của lưới tọa độ ở góc tây nam gần điểm C nhất, đó là:

$X = 6065$  km và  $Y = 4\ 311$  km. Hạ các đường vuông góc từ C xuống lưới tọa độ ta được các giá số  $\Delta X_c$  và  $\Delta Y_c$ .

Khi đó tọa độ vuông góc của điểm C sẽ là:

$$X_c = X' + \Delta X_c;$$

$$Y_c = Y' + \Delta Y_c \quad (10.2)$$

Dựa vào khoảng cách đo trên bản đồ và tỷ lệ bản đồ ta có thể tính được các giá số tọa độ:  $\Delta X_c = 750\text{m}$ ;  $\Delta Y_c = 370\text{m}$ . Như vậy, tọa độ điểm C sẽ là:

$$X_c = 6065000\text{m} + 750\text{m} = 6065750\text{m}$$

$$Y_c = 4\ 311000\text{m} + 370\text{m} = 4\ 311370\text{m}$$

Nghĩa là, điểm C nằm cách đường xích đạo 6065000m và nằm ở múi thứ 4 cách gốc tọa độ của múi này 311370m hoặc lưu ý rằng gốc tọa độ của mỗi múi đã được dịch chuyển về phía tây 500km nên điểm C sẽ nằm cách kinh tuyến trục của múi về phía tây là  $500000 - 311370 = 188630\text{m}$ .

Để chuyển tọa độ của các điểm lên bản đồ, các thao tác được tiến hành ngược lại với quá trình nêu trên.

Độ chính xác vị trí điểm trên bản đồ phụ thuộc vào độ chính xác đưa các điểm khống chế lên bản đồ, vào bản thân quá trình đo vẽ và đưa các điểm chi tiết lên bản đồ. Tính toán cho thấy, sai số trung phương vị trí điểm đặc trưng (điểm góc nhà, điểm địa vật, điểm ranh giới...) trên bình đồ tỷ lệ 1:1000, 1:2000 và 1:5000 thực tế bằng khoảng 0,3mm tính theo tỷ lệ bình đồ ( $m_d = 0,3\text{mm}$ ). Sai số giới hạn  $\Delta_{gh}$  được lấy gấp hai lần sai số trung phương, tức là  $\Delta_{gh} = 2m_d$ .



## 10.4. XÁC ĐỊNH KHOẢNG CÁCH NGANG GIỮA HAI ĐIỂM TRÊN BẢN ĐỒ

Chiều dài đoạn thẳng giữa hai điểm trên bản đồ được xác định bằng cách đo trực tiếp khoảng cách đó bằng thước và compa hoặc thước tỷ lệ và dựa vào tỷ lệ bản đồ để tính ra khoảng cách ngang tương ứng với nó trên thực địa. Độ chính xác xác định khoảng cách bằng phương pháp này được đặc trưng bởi sai số trung phương  $m_s = \pm 0,08\text{mm}$  trên bản đồ. Ngoài ra khoảng cách ngang còn có thể được xác định thông qua việc giải bài toán trắc địa ngược:

$$S = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (10.3)$$

trong đó:  $x_1, x_2; y_1, y_2$  là tung độ và hoành độ được xác định bằng đồ thị của hai điểm đầu đoạn thẳng 1-2.

Dựa vào lý thuyết sai số (xem chương 3) ta có công thức tính sai số trung phương xác định khoảng cách S:

$$m_s^2 = \left(\frac{\partial s}{\partial x_1}\right)^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial s}{\partial x_2}\right)^2 m_{x_2}^2 + \left(\frac{\partial s}{\partial y_1}\right)^2 m_{y_1}^2 + \left(\frac{\partial s}{\partial y_2}\right)^2 m_{y_2}^2; \quad (10.4)$$

Giả thiết rằng, sai số trung phương hoành độ và tung độ bằng nhau, tức là:

$$m_{x_1} = m_{x_2} = m_{y_1} = m_{y_2} = m,$$

khi đó thay các đạo hàm riêng và sai số m vào (10.4) ta được:

$$m_s^2 = \frac{2S^2}{S^2} m^2; \quad \text{hay} \quad m_s = m\sqrt{2} \quad (10.5)$$

Tính toán cho thấy, sai số trung phương m có thể lấy giá trị bằng 0,11mm. Thay vào (10.5) ta được:

$$m_s = 0,16\text{mm trên bình đồ} \quad (10.6)$$

Như vậy, khoảng cách giữa hai điểm khi xác định thông qua giải bài toán ngược có độ chính xác kém hơn khi xác định trực tiếp bằng compa và thước tỷ lệ.

Nếu khoảng cách cần xác định là chiều dài giữa hai điểm đặc trưng (điểm ranh giới, điểm địa vật...) trong đó vị trí điểm đặc trưng có sai số  $m_d = \sqrt{m_{dx}^2 + m_{dy}^2}$  hoặc áp dụng nguyên tắc đồng ảnh hưởng ta được  $m_d = \bar{m}_d \sqrt{2}$ , tức là:  $\bar{m}_d = m_x = m_y = \frac{m_d}{\sqrt{2}} = m$ , thì cũng trên cơ sở (10.5) ta được kết quả cuối cùng:

$$m_s = m_d \quad (10.7)$$

Như vậy, sai số trung phương chiều dài đoạn thẳng giữa hai điểm đặc trưng bằng sai số trung phương vị trí các điểm ấy trên bình đồ. Theo (10.3), có thể lấy  $m_s = 0,3\text{mm}$  trên



bình đồ. Nếu khoảng cách giữa hai điểm đặc trưng không tính gián tiếp theo công thức (10.3) mà đo trực tiếp bằng compa và thước tỷ lệ thì sai số trung phương  $m_s$  thực tế cũng bằng khoảng 0,3mm trên bình đồ. Sai số giới hạn  $\Delta_s$  khi xác định chiều dài đoạn thẳng trên bình đồ được lấy bằng:  $\Delta_s = 2m_s$ .

Sai số tương đối giới hạn có thể được tính theo công thức:

Nếu đoạn thẳng không dựa vào các điểm đặc trưng thì  

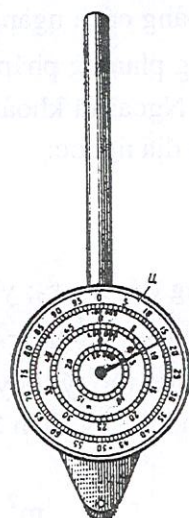
$$\frac{\Delta s}{S} = \frac{0,016}{S} \text{ - khi đo bằng compa và thước tỷ lệ; và } \frac{\Delta s}{S} = \frac{0,032}{S} \text{ -}$$
 khi tính thông qua bài toán ngược;

Nếu đoạn thẳng được xác định giữa các điểm đặc trưng thì  

$$\frac{\Delta s}{S} = \frac{0,060}{S},$$
 trong đó:  $S$  - chiều dài đoạn thẳng đo trên bình đồ tính bằng centimét.

Như vậy, nếu chiều dài đoạn thẳng đo trên bình đồ càng lớn thì sai số tương đối đo chiều dài đoạn thẳng đó sẽ càng nhỏ.

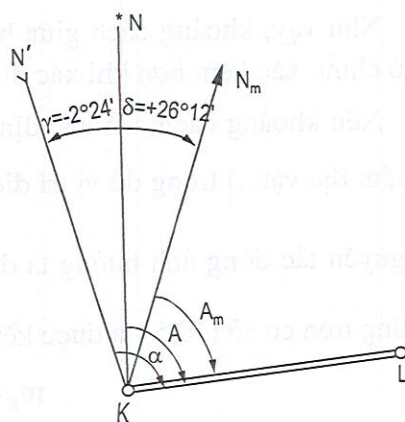
Chiều dài đường cong giữa các điểm cũng có thể được xác định bằng compa và thước tỷ lệ nếu chia đường cong đó ra những đoạn nhỏ và coi chúng là những đoạn thẳng hoặc dùng dụng cụ chuyên dùng đo chiều dài đường cong trên bản đồ (hình 10.4a).



**Hình 10.4a.** Dụng cụ đo độ dài đường cong trên bản đồ.

## 10.5. XÁC ĐỊNH GÓC PHƯƠNG VỊ CỦA MỘT HƯỚNG TRÊN BẢN ĐỒ

Hướng của một đường thẳng trên bản đồ được xác định dựa theo hướng của các kinh tuyến từ, kinh tuyến thực (kinh tuyến địa lý - mép khung ngoài) hoặc kinh tuyến trục (hướng bắc lưới kilômét) nhờ thước đo độ hoặc la bàn. Trên các tờ bản đồ địa hình, ở bên dưới khung phía nam thường biểu diễn một sơ đồ định hướng, trên đó có chỉ rõ vị trí tương-hỗ của ba loại kinh tuyến nêu trên tại một điểm ở giữa mảnh bản đồ và có ghi rõ các giá trị độ hội tụ kinh tuyến  $\gamma$  và độ lệch kim nam châm  $\delta$ . Như vậy, để xác định phương vị của hướng KL trên bản đồ (hình 10.4b), ta chỉ cần kẻ qua điểm K đường thẳng song song với một trong những đường kinh tuyến nêu trên và dùng thước đo độ xác định giá trị góc đó. Những góc phương vị còn lại có thể xác định dựa vào sơ đồ định hướng. Ví dụ, trên hình 10.4b ta kẻ qua K đường thẳng KN' song song với kinh tuyến trục ta sẽ đo được góc phương vị định hướng  $\alpha_{KL}$  bằng thước đo độ



**Hình 10.4b.** Sơ đồ xác định góc phương vị trên bản đồ.



tính từ hướng bắc KN' theo chiều kim đồng hồ tới hướng KL. Các góc phương vị còn lại được tính theo các công thức:

- Phương vị thực:

$$A_{KL} = \alpha_{KL} + (-\gamma)$$

- Phương vị từ:

$$A_M = \alpha_{KL} + (\pm\delta) + (\pm\gamma)$$

Khi tính toán thiết kế, góc phương vị định hướng  $\alpha_{1-2}$  của một cạnh được xác định theo công thức của bài toán trắc địa ngược:

$$\operatorname{tg}\alpha_{1-2} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

trong đó:  $x_1, y_1, x_2, y_2$  - là tọa độ tương ứng của các điểm 1 và 2 được xác định bằng đồ thị.

Trên cơ sở công thức (3.16) khi coi sai số xác định tọa độ bằng  $m$ , ta có thể viết:

$$m_\alpha^2 = \frac{m^2 \cos^4 \alpha}{(x_2 - x_1)^4} 2S^2 \rho^2, \text{ trong đó } \rho = 3438'; \text{ vì}$$

$$\frac{\cos^4 \alpha}{(x_2 - x_1)^4} = \frac{1}{S^4} \text{ nên } m_\alpha = \frac{m\sqrt{2}}{S} \rho \quad (10.8)$$

Đó chính là sai số trung phương xác định góc phương vị  $\alpha$  cho hướng giữa hai điểm bất kỳ. Nếu hướng nằm giữa hai điểm đặc trưng ta sẽ có:

$$m_\alpha = \frac{m_d}{S} \rho \quad (10.9)$$

Theo các công thức (10.8) và (10.9) ta thấy rằng, góc phương vị của cạnh xác định trên bình đồ có độ chính xác càng cao khi chiều dài cạnh càng lớn. Điều này cần được lưu ý khi tính toán định hướng bản thiết kế quy hoạch và xây dựng.

*Ví dụ:* chiều dài của hướng giữa hai điểm đặc trưng trên bình đồ là  $S = 10\text{cm}$ , sai số vị trí điểm đặc trưng  $m_d = 0,3\text{mm}$ , khi đó góc  $\alpha$  của hướng giữa hai điểm đó sẽ được xác định với độ chính xác:

$$m_\alpha = \frac{0.3}{100} 3438' = 10',3$$

Sai số giới hạn xác định góc phương vị trên bản đồ được lấy bằng:

$$\Delta_\alpha = 2m_\alpha.$$



## 10.6. XÁC ĐỊNH ĐỘ CAO CỦA MỘT ĐIỂM TRÊN BẢN ĐỒ

Trên bản đồ độ cao của bề mặt địa hình thường được thể hiện bằng đường đồng mức hoặc các điểm ghi chú độ cao. Nếu điểm cần xác định độ cao nằm ngay trên đường đồng mức hoặc nơi có ghi chú độ cao thì độ cao của nó lấy chính bằng độ cao đường đồng mức hay độ cao ghi chú đó.

Khi điểm cần xác định độ cao nằm ở khoảng giữa hai đường đồng mức 12 và 14 hình 10.5 thì ta sẽ xác định độ cao của nó theo công thức sau:

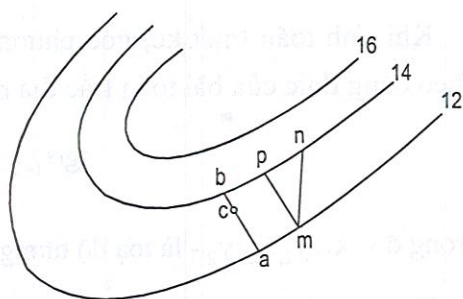
$$H_c = 12m + \frac{ac}{ab} 2m$$

$$H_c = 14m - \frac{bc}{ab} 2m$$

Ví dụ:  $ab = 10mm$ ;  $bc = 4mm$  khi đó:

$$H_c = 12 + \frac{6}{10} 2 = 14m - \frac{4}{10} 2$$

$$H_c = 12m + 1,2m = 14m - 0,8m = 13,2m$$



Hình 10.5. Sơ đồ xác định độ cao dựa theo đường đồng mức

Độ chính xác xác định độ cao theo đường đồng mức có thể chia thành hai nhóm. Nhóm thứ nhất bao gồm những ảnh hưởng khi xác định độ cao ngoài thực địa, thành lập lưới khống chế, ảnh hưởng do bề mặt lồi lõm của địa hình, sai số khi xác định độ cao điểm chi tiết (điểm mĩa) và sai số do khái quát địa hình. Nhóm thứ hai là những sai số đo xác định vị trí điểm mặt bằng của đường đồng mức như lập lưới khống chế, chuyển các điểm chi tiết lên bình đồ, nội suy và vẽ các đường đồng mức. Độ chính xác biểu diễn địa hình bằng đường đồng mức dưới ảnh hưởng của hai nhóm sai số trên có thể viết dưới dạng công thức tổng quát như sau:

$$m_H = a + btg\alpha \quad (10.10)$$

Tuy nhiên hai nhóm ảnh hưởng trên chủ yếu biểu hiện thông qua giá trị khoảng cao đều  $h_0$ , độ dốc trung bình của địa hình và tỷ lệ bản đồ.

Khi đó sai số trung phương độ cao xác định theo đường đồng mức có thể tính theo công thức:

$$m_H = (0,19h_0 + 16 \cdot 10^{-5} M \cdot i_{tb}) \quad (10.11)$$

Nói chung đối với tỷ lệ 1:1000; 1:2000; 1:5000, giá trị  $m_H$  có thể bằng khoảng 0,10m-0,15m.

## 10.7. XÁC ĐỊNH ĐỘ DỐC VÀ ĐƯỜNG CÓ ĐỘ DỐC CHO TRƯỚC TRÊN BẢN ĐỒ

Độ dốc của địa hình được đặc trưng bởi góc nghiêng của bề mặt địa hình. Trong thiết kế và xây dựng công trình thường sử dụng giá trị tang của góc nghiêng ( $tg\alpha$ ), giá trị này được gọi là độ dốc và ký hiệu là  $i$ :

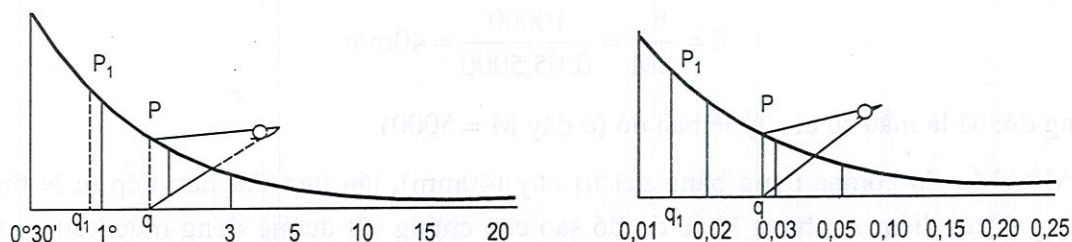


$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{S} \quad (10.12)$$

trong đó:  $h$  - chênh cao giữa hai điểm;

$S$  - khoảng cách nằm ngang giữa hai điểm.

Độ dốc thường được tính theo phần trăm (%) hoặc phần nghìn (Ê) khi biểu diễn những độ dốc nhỏ. Để tiện lợi cho việc xác định góc nghiêng và độ dốc, người ta thường sử dụng các biểu đồ góc nghiêng và độ dốc. Những biểu đồ này (hình 10.6) được bố trí ngay ở phía dưới khung phía nam của mỗi tờ bản đồ.



Hình 10.6. Biểu đồ đo góc nghiêng và độ dốc.

Để xác định độ dốc mặt đất giữa hai điểm  $P$  và  $Q$  bất kỳ trên bản đồ, ta mở khẩu độ cho hai đầu compa đo trùng với điểm  $P$  và  $Q$ , giữ nguyên khẩu độ đó và đặt lên biểu đồ đo độ dốc hoặc góc nghiêng. Di chuyển tịnh tiến compa song song với trục tung sao cho một đầu của nó di chuyển trên trục hoành của biểu đồ cho đến khi đầu kia của compa trùng với đường cong của biểu đồ. Vị trí đầu nhọn compa trên trục hoành cho ta giá trị góc nghiêng hoặc độ dốc giữa hai điểm  $P$  và  $Q$

$$\alpha_{pq} = 1^\circ 42'; \quad i_{pq} = 0.028;$$

$$\alpha_{p1q1} = 0^\circ 52'; \quad i_{p1q1} = 0.014$$

Khi xác định độ dốc ta sử dụng chênh cao  $h$  giữa hai điểm tức là hiệu độ cao giữa hai điểm đó, như vậy công thức 10.12 có thể viết

$$i = \frac{H_2 - H_1}{S} \quad (10.13)$$

Vì sai số xác định khoảng cách  $S$  ảnh hưởng không đáng kể nên trên cơ sở lý thuyết sai số ta có thể viết:

$$m_i = \frac{m_H \sqrt{2}}{S} \quad (10.14)$$

trong đó:  $m_H$  là sai số xác định độ cao của điểm trên bản đồ.

Giả sử khi xác định độ dốc cho một đoạn thẳng giữa hai điểm có khoảng cách ngang là 100m, độ cao các điểm được xác định với độ chính xác  $m_H = 0,12\text{m}$ , ta sẽ được độ chính xác xác định độ dốc cho đoạn thẳng đó là:



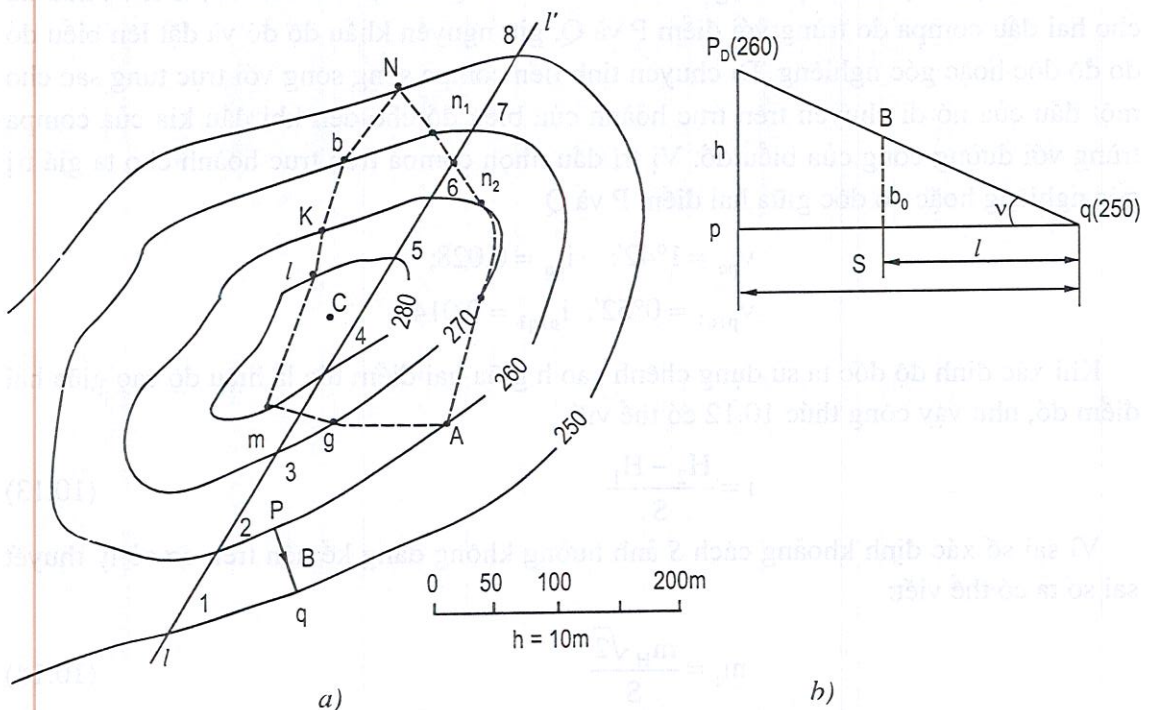
$$m_i = \frac{0,12\sqrt{2}}{100} = 0,0017$$

Khi thiết kế tuyến đường hoặc những hệ thống hạ tầng khác, một trong những yêu cầu chủ yếu là giữ được độ dốc cho trước theo một tuyến đi ngắn nhất. Để đạt được mục đích này ta làm như sau: Giả sử cần xác định một tuyến đi ngắn nhất từ điểm N tới điểm A trên bản đồ tỷ lệ 1: 5 000 với một độ dốc cho trước  $i < 0,05$  (hình 10.7). Khi khoảng cao đều giữa hai đường đồng mức là  $h_0 = 10\text{m}$ , trước hết ta xác định khoảng cách ngang  $S$  trên bản đồ tương ứng với độ dốc đã cho:

$$S = \frac{h_0}{i \cdot M} = \frac{10000}{0,05 \cdot 5000} = 40\text{mm}$$

trong đó:  $M$  là mẫu số của tỷ lệ bản đồ (ở đây  $M = 5000$ ).

Mở khẩu độ compa đúng bằng giá trị này (40mm), lần lượt đặt liên tiếp từ N theo hướng đi tới điểm A những khẩu độ đó sao cho chúng cắt đường đồng mức kế tiếp tại các điểm b, k, l...A (hoặc  $n_1, n_2, n_3...$ ), ít nhất ta nhận được hai phương án. Dựa vào các yêu cầu thiết kế, ta sẽ lựa chọn được phương án cuối cùng.



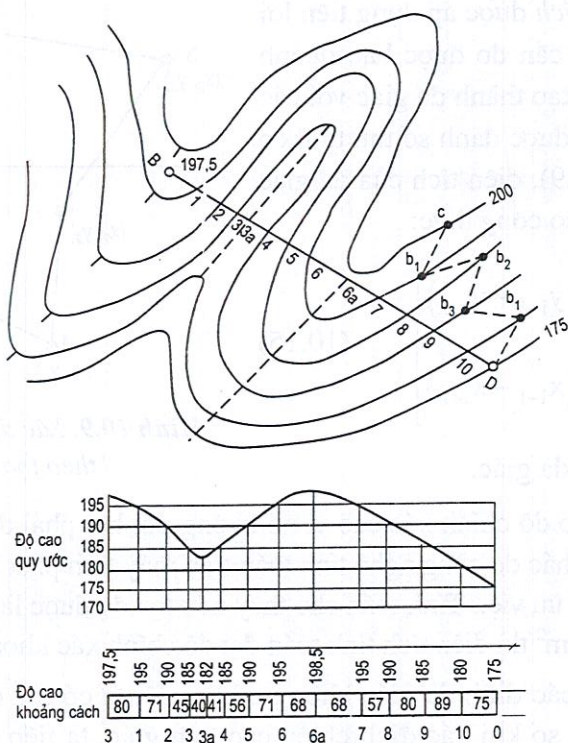
Hình 10.7. Xác định đường đi có độ dốc cho trước

Trong trường hợp khẩu độ compa không cắt đường đồng mức tiếp theo, có nghĩa là bề mặt địa hình khu vực đó có độ dốc nhỏ hơn độ dốc cho trước, khi đó ta có thể chọn một vị trí bất kỳ để phát triển tuyến đi.



## 10.8. LẬP MẶT CẮT DỌC THEO MỘT HƯỚNG ĐÃ CHỌN TRÊN BẢN ĐỒ

Để thấy rõ sự thay đổi uốn lượn của bề mặt địa hình tự nhiên dọc theo một hướng đã cho trên bản đồ, ta có thể dựa vào các điểm cắt nhau của hướng đó với các đường đồng mức để vẽ mặt cắt địa hình.



**Hình 10.8.** Lập mặt cắt theo hướng cho trước trên bản đồ.

Giả sử trên bản đồ tỷ lệ 1: 10 000 có hai điểm B và D (hình 10.8) cần lập mặt cắt địa hình giữa hai điểm ấy. Muốn vậy trước hết nối hai điểm B và D bằng một đường thẳng và đánh số thứ tự các điểm cắt nhau của hướng BD với tất cả các đường đồng mức chạy qua hướng đó. Trên giấy kẻ li dựng các hàng khoảng cách và độ cao. Lần lượt đặt theo khoảng cách trên bản đồ từ điểm B qua các điểm cắt nhau trung gian tới điểm D (đặt theo trục hoành bằng tỷ lệ bản đồ). Dóng song song trục tung theo các đường vuông góc với trục hoành và đặt các độ cao của các điểm giao nhau tương ứng theo tỷ lệ gấp 10 lần tỷ lệ đặt khoảng cách ngang. Nối các đầu mút của các đường vuông góc này theo một đường cong trơn, lượn đều ta được mặt cắt địa hình dọc theo hướng đã chọn.

Mặt cắt dựng theo phương pháp trên có độ chính xác không cao, vì thế thường chỉ áp dụng khi tiến hành khảo sát thiết kế sơ bộ hoặc khi cần xác định tầm nhìn thông hướng giữa hai điểm nằm cách xa nhau. Để phục vụ cho những tính toán thiết kế cụ thể, không những cần các số liệu dọc tuyến mà còn phải có những số liệu ở hai phía cắt ngang tuyến, do đó phải tiến hành đo vẽ trực tiếp các mặt cắt dọc và ngang tuyến với mức độ chi tiết cần thiết ở tỷ lệ lớn hơn.

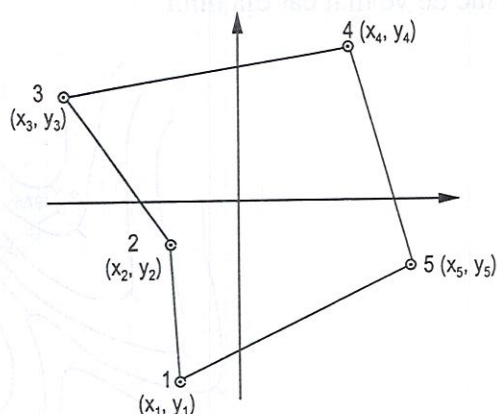


## 10.9. XÁC ĐỊNH DIỆN TÍCH MỘT KHU VỰC TRÊN BẢN ĐỒ

Tuỳ theo hình dạng của khu vực, độ chính xác yêu cầu, các phương tiện đo và tính, có thể xác định diện tích một khu vực trên bản đồ bằng phương pháp giải tích, phương pháp đồ thị hoặc phương pháp cơ học, cơ học điện tử.

Phương pháp giải tích được áp dụng tiện lợi khi diện tích khu vực cần đo được bao quanh bởi những đoạn thẳng tạo thành đa giác với các đỉnh đã biết tọa độ và được đánh số thứ tự theo kim đồng hồ (hình 10.9), diện tích của đa giác đó có thể được tính theo công thức:

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1}) \\ P &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}) \end{aligned} \right\} \quad (10.15)$$



Hình 10.9. Xác định diện tích khu vực theo tọa độ các điểm

trong đó:  $n$  là số đỉnh đa giác.

Phương pháp này có độ chính xác cao vì nó không đòi hỏi phải đo thêm một yếu tố nào nữa trên bản đồ. Mặt khác do công nghệ tính toán trên máy tính phát triển mạnh nên phương pháp này lại càng tỏ ra ưu việt. Tính toán cho thấy nếu tọa độ được làm tròn đến 0,1m và kết quả tính toán lấy đến 1m<sup>2</sup> thì diện tích tính toán đạt độ chính xác khoảng 1/1000.

Trong trường hợp các đỉnh đa giác không có tọa độ, ta có thể chia đa giác thành các tam giác, để tránh sai số khi xác định chiều cao tam giác, ta tiến hành đo chiều dài các cạnh của chúng và tính diện tích những tam giác ấy theo công thức quen thuộc:

$$p_i = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}; \quad p = \frac{a+b+c}{2} \quad (10.16)$$

$$\text{Diện tích khu vực sẽ là:} \quad P = \sum_{i=1}^n p_i \quad (10.17)$$

Phương pháp đồ thị được áp dụng khi khu vực cần xác định diện tích là một đa giác mà các đỉnh không có tọa độ hoặc nằm trong một ranh giới đường cong. Trong trường hợp khu vực bao quanh bởi một đường cong bất kỳ ta có thể dùng các điểm lưới ô vuông hoặc các dải song song.

Tấm lưới điểm ô vuông (hình 10.10a, b) được chuyển lên tấm phim nhựa trong hoặc giấy bóng mờ. Đặt tấm lưới này lên khu vực cần xác định diện tích, đếm số điểm chấm hoặc số ô vuông nằm trong đường ranh giới, các ô khuyết nằm trên đường biên được đếm bù trừ qua ước lượng bằng mắt. Diện tích ở khu vực sẽ bằng số ô vuông nhân với diện tích một ô vuông tính theo tỷ lệ bản đồ. Cách xác định này thường được thực hiện một vài lần để kiểm tra. Khi dùng phương pháp chia dải song song, ta chuyển lên tấm phim nhựa những dải song song cách đều nhau một khoảng  $h$  bằng từ 0,5 ÷ 2cm (hình

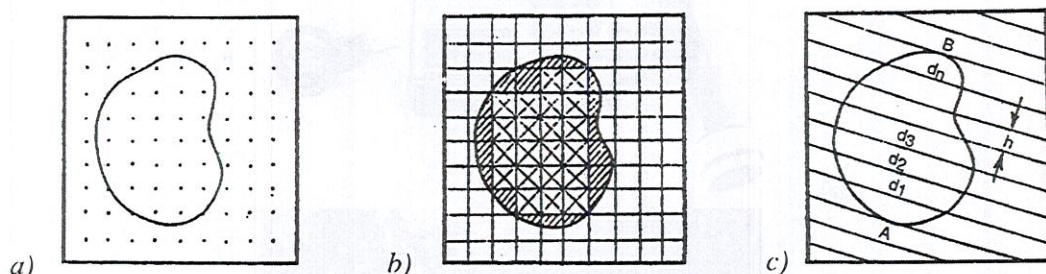


10.10c). Khi đặt tấm này lên khu vực cần đo diện tích, sẽ hình thành một loạt hình thang có các đáy là  $d_1, d_2, \dots, d_n$ . Các dải ngoài cùng có các điểm A và B có thể coi là những hình thang mà một đáy của chúng ( $d_0$  và  $d_{n+1}$ ) bằng 0. Diện tích khu vực sẽ bằng tổng diện tích các hình thang có chiều cao h:

$$P = \frac{d_0 + d_1}{2} h + \frac{d_1 + d_2}{2} h + \dots + \frac{d_n + d_{n+1}}{2} h; \quad (10.18)$$

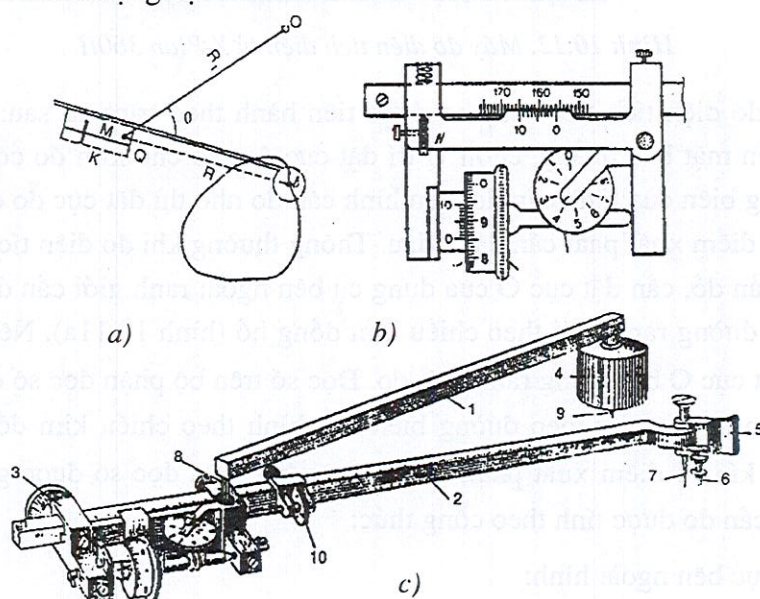
$$P = h(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_{n-1} + d_n) = h \sum_{i=1}^n d_i$$

Chiều dài  $d_i$  được đo bằng thước tỷ lệ hoặc compa.



Hình 10.10

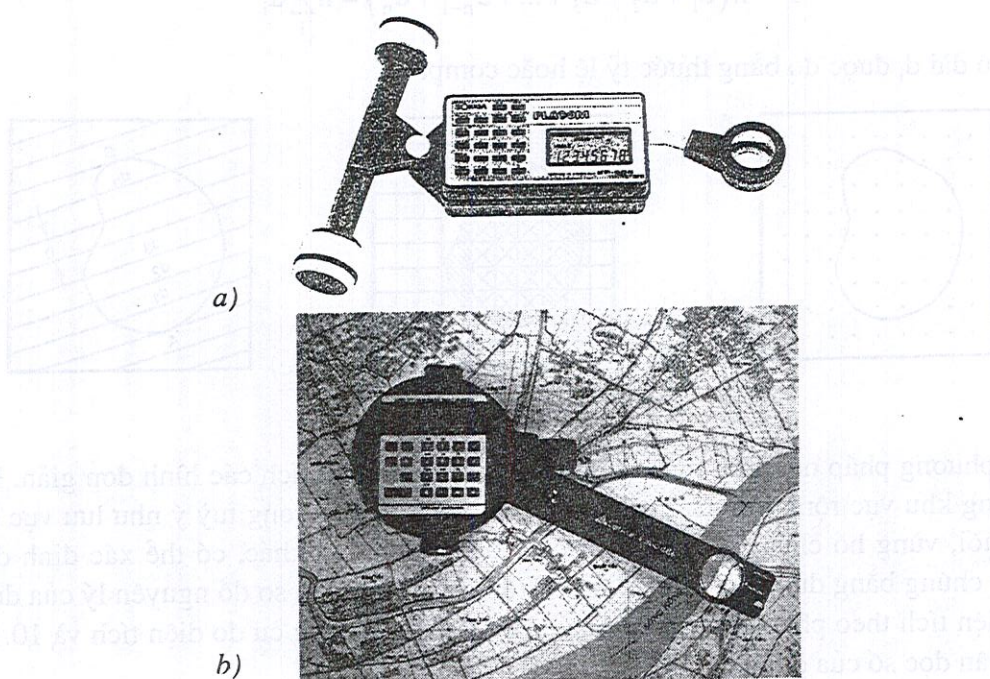
Các phương pháp nêu trên thường dùng để xác định diện tích các hình đơn giản. Đối với những khu vực rộng lớn nằm trong một ranh giới đường cong tùy ý như lưu vực của sông, suối, vùng hồ chứa và các khu vực có dạng phức tạp khác, có thể xác định diện tích của chúng bằng dụng cụ đo diện tích. Trên hình 10.11a là sơ đồ nguyên lý của dụng cụ đo diện tích theo phương pháp cơ học, hình 10.11c là dụng cụ đo diện tích và 10.11b là bộ phận đọc số của dụng cụ.



Hình 10.11. Máy đo diện tích cơ học.



Dùng dụng cụ này ta đo được diện tích của các hình có đường biên bất kỳ một cách nhanh chóng và thuận tiện. Máy đo diện tích nói chung gồm có 3 bộ phận chính là tay đòn cực, tay đòn quay và bộ phận đọc số. Một đầu tay đòn quay gắn với kim đo, là bộ phận khi đo được di chuyển theo đường biên hình cần đo. Cùng với sự phát triển của khoa học, máy đo diện tích ngày càng được hoàn thiện, những năm gần đây máy đo diện tích điện tử (hình 10.12a, b) được ứng dụng rộng rãi. Đối với máy điện tử thì không cần tay đòn cực còn bộ phận đọc số là một màn hình điện tử hiện số.



**Hình 10.12. Máy đo diện tích điện tử X-Plan 360II**

Công việc đo diện tích trên máy cơ được tiến hành theo trình tự sau: đặt bản đồ có hình cần đo lên mặt bàn phẳng, chọn vị trí đặt cực đo sao cho kim đo có thể di chuyển được hết đường biên của hình cần đo, nếu hình cần đo nhỏ thì đặt cực đo ở biên của hình cần đo, đây là điểm xuất phát cần đánh dấu. Thông thường khi đo diện tích khu vực dưới  $400\text{cm}^2$  trên bản đồ, cần đặt cực O của dụng cụ bên ngoài ranh giới cần đo và di chuyển kim đo b trên đường ranh giới theo chiều kim đồng hồ (hình 10.11a). Nếu diện tích cần đo lớn, cần đặt cực O bên trong ranh giới đo. Đọc số trên bộ phận đọc số được giá trị  $U_0$ . Di chuyển kim quay từ từ theo đường biên của hình theo chiều kim đồng hồ hết một vòng và khép kín về điểm xuất phát, đọc số trên bộ phận đọc số được giá trị  $U_1$ . Diện tích của hình cần đo được tính theo công thức:

- Nếu đặt cực bên ngoài hình:

$$S = p(U_1 - U_0) \quad (11-17)$$



- Nếu đặt cực bên trong hình:

$$S = p (U_1 - U_0 + Q) \quad (11-18)$$

trong đó:

$p$  - hằng số nhân của máy (diện tích ứng với 1 đơn vị số đọc trên máy);

$Q$  - hằng số cộng của máy.

Các hằng số  $P$ ,  $Q$  đều phụ thuộc vào độ dài của tay đòn quay được đặt khi tiến hành đo. Các hằng số này có thể tra trong lý lịch của máy hoặc có thể xác định trực tiếp.

Muốn xác định hằng số  $p$ , ta chọn một hình đã biết diện tích, thường lấy ngay một hay vài ô vuông của lưới kilômét trên bản đồ. Đặt cực ở ngoài hình và đo thật cẩn thận diện tích hình đó ba hoặc bốn lần. Nếu các giá trị  $\Delta U = (U_1 - U_0)$  của các lần đo chỉ chênh nhau vài ba đơn vị thì lấy giá trị trung bình. Từ đó tính được:

$$P = \frac{S}{\Delta U}; \quad (11-19)$$

Để xác định hằng số cộng  $Q$ , ta chọn một hình lớn hơn có diện tích  $S$  biết trước, đặt cực ở trong hình, tiến hành đo diện tích của nó được số đọc  $U_0$  và  $U_1$ . Từ công thức (11-18) ta được:

$$Q = \frac{S - p(U_1 - U_0)}{p}; \quad (11-20)$$

Khi dùng máy đo diện tích điện tử thì không cần chọn vị trí đặt cực nên công việc đo được tiến hành nhanh hơn. Để tiến hành đo diện tích và chu vi của một hình nào đó, ta cần đặt các thông số về đơn vị tính, tỷ lệ bản vẽ (tỷ lệ theo trục ngang và trục dọc) và đại lượng đo (diện tích hoặc chu vi). Thông thường máy có hai chế độ đo là đi từng điểm (point) và đo liên tục (continuous). Đối với các hình có đường biên là đường thẳng (các đa giác) ta đặt máy đo ở chế độ đo điểm sau đó đặt kim đo tại điểm xuất phát và lần lượt đặt kim đo tại các đỉnh của hình cần đo theo chiều kim đồng hồ, tại các điểm này ta ấn phím "start/point" và cuối cùng khép về điểm xuất phát ban đầu, diện tích hình cần đo sẽ hiện lên trên màn hình. Đối với các hình cần đo mà trên đường biên có những đoạn là đường cong thì khi đo đến các đoạn cong này phải chuyển máy sang chế độ đo liên tục. Sau đó di chuyển kim đo theo đoạn cong cho đến điểm cuối của nó ta ấn phím "start/point", còn các đoạn thẳng thì vẫn đo theo chế độ đo điểm như trên.

Để đảm bảo độ chính xác của kết quả đo thì phải dùng tấm bản đồ không nhàu nát, gấp nếp trải trên một mặt bàn phẳng. Vị trí điểm cực phải chọn sao cho trong quá trình di chuyển kim đo nhẹ nhàng, đều tay và đi đúng trên đường ranh giới khu đo. Sai số tương đối khi đo diện tích bằng máy cơ đạt khoảng  $1/100 \div 1/200$ , còn nếu dùng máy điện tử có thể đạt tới  $1/400$ .



## 10.10. KHÁI NIỆM VỀ XÁC ĐỊNH THỂ TÍCH DỰA THEO BẢN ĐỒ

Để tính toán thể tích đất đá, trữ lượng khoáng sản, dung lượng hồ chứa... cũng có thể sử dụng bản đồ địa hình. Giả sử cần thiết kế tính toán san nền cho một khu vực nào đó để đạt được độ cao thiết kế  $H_{tk} = 270m$  thì đường đồng mức có độ cao 270m sẽ là đường ranh giới đào đắp. Khối lượng đào đắp giới hạn giữa hai đường đồng mức liên tiếp có thể được tính theo công thức gần đúng:

$$v_i = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} h; \quad (10.21)$$

trong đó:  $S_i$  và  $S_{i+1}$  diện tích khu vực giới hạn bên trong đường đồng mức thứ  $i$  và thứ  $i+1$ ;  $h$  là khoảng cao đều giữa hai đường đồng mức.

Nếu lớp trên cùng có dạng hình nón thì thể tích được tính theo công thức:

$$v_{n+1} = \frac{1}{3} S_n h' \quad (10.22)$$

Nếu lớp địa hình trên cùng lại có dạng vòm thì có thể áp dụng công thức:

$$v_{n+1} = \frac{1}{2} S_n h' \quad (10.23)$$

Trong đó  $S_n$  là diện tích được tạo bởi đường đồng mức trên cùng,  $h'$  là chênh cao của điểm đỉnh so với đường đồng mức trên cùng.

Tổng khối lượng san lấp sẽ bằng tổng các khối lượng của từng lớp:

$$V = v_1 + v_2 + ..... + v_n + v_{n+1} \quad (10.24)$$

Diện tích khu vực trên bản đồ được tính theo các phương pháp nêu trong mục 10.9.

Dung lượng hồ chứa cũng có thể được tính dựa vào việc phân chia thể tích cần xác định thành những mặt cắt thẳng đứng cách đều nhau, những tính toán này đều có thể thực hiện dựa trên những phần mềm chuyên dùng.



## Chương 11

# CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH

### 11.1. KHÁI NIỆM VỀ BỐ TRÍ VÀ LƯỚI BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH

Bố trí công trình là tiến hành các công tác trắc địa ngoài hiện trường để xác định vị trí mặt bằng, độ cao, độ thẳng đứng của các điểm, của các kết cấu hoặc từng phần của công trình đúng như với thiết kế. Đó cũng chính là quá trình chuyển các số liệu thiết kế từ bản vẽ ra thực địa. Quá trình bố trí công trình được thực hiện ngược với quá trình đo vẽ, các yếu tố về góc, chiều dài và độ cao đã có sẵn trong bản thiết kế, chỉ việc đặt đúng những giá trị đó ra thực địa. Quá trình bố trí tuân theo nguyên tắc từ toàn diện đến cục bộ, trước hết là tiến hành bố trí chủ yếu (xác định phạm vi công trình, định hướng, định vị công trình), sau đó mới đến bố trí chi tiết nhằm xác định vị trí các yếu tố và kết cấu công trình.

Cơ sở hình học để chuyển bản vẽ thiết kế ra thực địa là các trục bố trí, vị trí của chúng được chỉ rõ trên các bản vẽ thiết kế. Người ta thường phân biệt một số trục bố trí như trục chính, trục cơ bản, trục chi tiết... Trục chính là các trục đối xứng của công trình, đối với công trình dạng tuyến đó là trục dọc của công trình, đối với công trình dân dụng-công nghiệp là các trục đối xứng. Trục cơ bản là trục tạo nên hình dạng và kích thước theo chu vi của công trình. Các trục chi tiết, trục trung gian là những trục của từng yếu tố kết cấu và cấu trúc của công trình.

Để tiến hành bố trí công trình, cần xây dựng trên thực địa một hệ thống các điểm mặt bằng và độ cao, gọi là lưới bố trí công trình (lưới khống chế thi công), toạ độ và độ cao của chúng được xác định với độ chính xác cần thiết theo yêu cầu của nhiệm vụ kỹ thuật. Bố trí trực tiếp vị trí các điểm gồm hai công đoạn, trước hết phải tiến hành tính toán các yếu tố và lập các bản vẽ bố trí tùy theo phương pháp được lựa chọn theo kết quả giải bài toán ngược dựa trên cơ sở toạ độ, độ cao các điểm trong lưới cũng như các số liệu thiết kế. Tiếp theo là thao tác trên thực địa. Toàn bộ quá trình bố trí được chia làm ba giai đoạn. Trong giai đoạn một, tiến hành các công tác bố trí chủ yếu, nghĩa là theo các số liệu đo nối với lưới bố trí công trình, tiến hành xác định vị trí các điểm trục chính, trục cơ bản, các đường ranh giới, vị trí từng hạng mục công trình và đánh dấu bằng các mốc cố định.



Giai đoạn hai bắt đầu ngay từ khi tiến hành các công tác chuẩn bị móng công trình (đóng, ép cọc, khoan nhồi, đào hố móng...) đây là giai đoạn bố trí chi tiết. Xuất phát từ các điểm trục chính, trục cơ bản, tiến hành bố trí các trục dọc, ngang, kết hợp xác định điểm và mặt phẳng theo những độ cao thiết kế. Giai đoạn này nhằm xác định vị trí tương hỗ các yếu tố chi tiết của công trình nên đòi hỏi độ chính xác cao hơn giai đoạn một. Nếu các trục chính của công trình chỉ cần xác định trên thực địa với độ chính xác khoảng  $3 \div 5\text{cm}$ , thì các trục chi tiết phải bố trí với độ chính xác khoảng  $2 \div 3\text{mm}$  hoặc cao hơn.

Giai đoạn ba là đảm bảo lắp đặt và điều chỉnh các kết cấu xây dựng và thiết bị công nghệ, nó yêu cầu độ chính xác cao nhất.

Khi bố trí công trình cần tham khảo những tài liệu, bản vẽ sau:

- Tổng bình đồ của toàn khu xây dựng;
- Bản vẽ bố trí các trục chính, trục cơ bản của công trình (trên đó có ghi rõ kích thước, giá trị góc, toạ độ giao điểm các trục, độ cao mặt nền, các điểm khống chế cùng toạ độ và độ cao của chúng;
- Bản vẽ móng công trình, ghi rõ các trục, kích thước và chiều sâu của móng;
- Bản vẽ mặt cắt công trình với các kích thước và độ cao cần thiết.

Độ chính xác của các công tác trắc địa khi bố trí công trình phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Kích thước và chiều cao công trình xây dựng;
- Vật liệu xây dựng công trình ;
- Hình thức kết cấu của toàn công trình;
- Quy trình công nghệ và phương pháp thi công xây dựng.

Tuỳ thuộc vào đặc điểm công trình, độ chính xác của các bố trí được quy định trong các tiêu chuẩn chuyên ngành.

## 11.2. BỐ TRÍ CÁC YẾU TỐ CƠ BẢN RA THỰC ĐỊA

Các yếu tố bố trí cơ bản bao gồm góc thiết kế, khoảng cách thiết kế, độ dốc và độ dốc thiết kế.

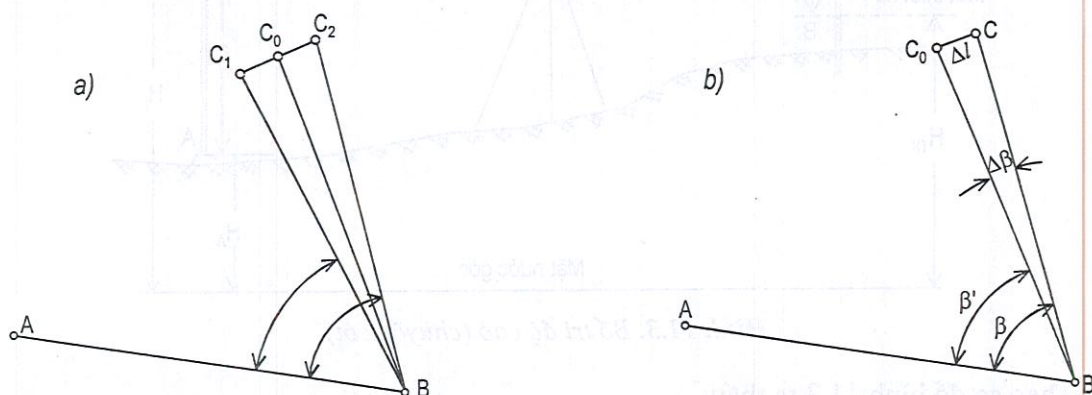
Bố trí góc là dựng trên thực địa tại điểm B dựa vào hướng BA cho trước một góc thiết kế có giá trị bằng  $\beta$  (hình 11.1), đó chính là tìm hướng  $BC_0$  ngoài thực địa sao cho có được góc  $ABC_0 = \beta$ . Muốn vậy, ta đặt máy kinh vĩ tại điểm B (định tâm và cân máy), định hướng ngắm ban đầu tới A ở vị trí trái của bàn độ đứng và quay vòng đọc số cùng với ống kính đi một góc đúng bằng  $\beta$  ta được hướng  $BC_1$ . Đảo ống kính sang vị trí phải



và làm tương tự ta được hướng  $BC_2$  (vì máy kinh vĩ luôn tồn tại sai số  $2C$  nên hai hướng  $BC_1$  và  $BC_2$  không trùng nhau). Lấy hướng trung bình  $BC_0$  ta sẽ được hướng cần dựng (hình 11.1a).

Để nâng cao độ chính xác bố trí, ta đo lại góc  $ABC_0$  và được giá trị  $\beta'$ . So sánh với  $\beta$  thiết kế ta được số hiệu chỉnh về góc  $\Delta\beta$  (hình 11.1b). Đoạn hiệu chỉnh về chiều dài  $\Delta l$  có thể được tính theo công thức.

$$\Delta l = \frac{S \cdot \Delta\beta''}{\rho''}; \quad (11.1)$$

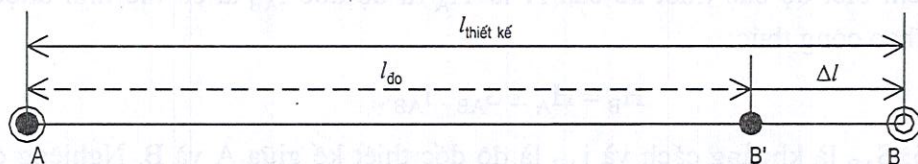


**Hình 11.1.** Bố trí góc thiết kế ra thực địa.

trong đó:  $S$  - khoảng cách  $BC$ . Nếu muốn dựng góc vuông với độ chính xác không cao lắm có thể áp dụng phương pháp đo cạnh theo nguyên tắc của định lý Pitago.

Để đặt được một khoảng cách thiết kế ( $l_{TK}$ ) trên thực địa, ta đặt từ điểm gốc  $A$  (điểm xuất phát) theo hướng  $AB$  cho trước một đoạn  $AB'$  gần bằng  $l_{TK}$  đo lại chính xác đoạn  $AB'$ , ta sẽ được  $\Delta l = AB' - l_{TK}$ , điều chỉnh theo hướng  $AB$  có lưu ý tới dấu của  $\Delta l$  ta được điểm  $B$  có khoảng cách  $AB$  đúng bằng  $l_{TK}$  (hình 11.2).

Khi đặt khoảng cách thiết kế cần lưu ý, nếu đặt trực tiếp lên bề mặt địa hình, cần phải lấy dấu của các số hiệu chỉnh do kiểm nghiệm thước, do nhiệt độ khi đo và do độ dốc địa hình ngược lại với dấu của chúng khi đo chiều dài. Cụ thể, nếu đặt trên bề mặt địa hình dốc thì số hiệu chỉnh do độ dốc địa hình sẽ mang dấu cộng.

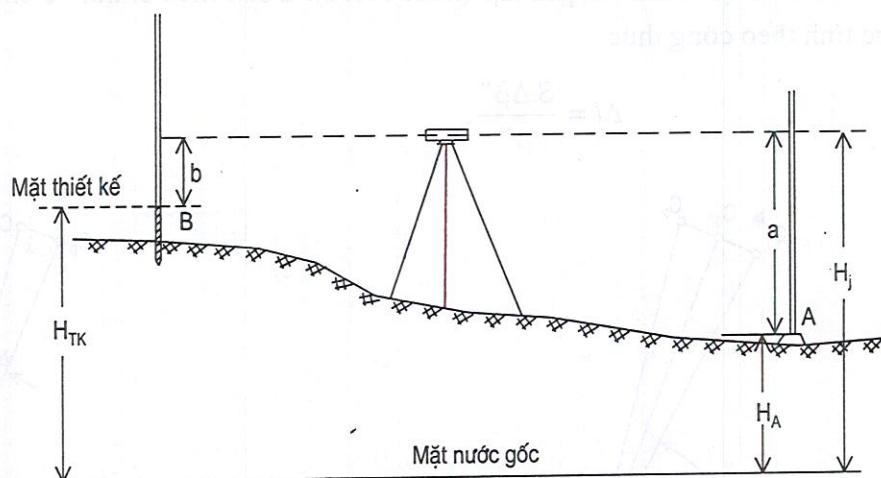


**Hình 11.2.** Bố trí khoảng cách



Để chuyển ra thực địa độ cao thiết kế, cần dựa vào một điểm độ cao gốc gần nhất có trên khu vực (điểm A hình 11.3). Đặt máy thủy bình vào khoảng gần giữa điểm gốc và điểm cần chuyển độ cao. Dụng mìa thẳng đứng tại điểm gốc ta đọc được số đọc  $a$  trên mìa và xác định độ cao  $H_j$  của máy:

$$H_j = H_A + a; \quad (11.2)$$



Hình 11.3. Bố trí độ cao (chuyển cốt)

Theo sơ đồ hình 11.3 ta thấy:

$$H_A + a = H_{TK} + b, \quad (11.3)$$

do đó: 
$$b = H_A + a - H_{TK} \quad (11.4)$$

Như vậy, tại điểm cần có độ cao thiết kế ta nâng mìa lên hoặc hạ mìa xuống theo phương thẳng đứng cho đến khi đọc được số đọc  $b$  vừa tính ở trên, lúc này vị trí để mìa sẽ cho ta độ cao bằng  $H_{TK}$ . Trong một số trường hợp ta có thể đánh dấu độ cao  $H_j$  của máy lên tường, lên ván khuôn... và từ vạch dấu này dễ dàng tìm được các điểm có độ cao thiết kế cần thiết.

Để chuyển ra thực địa các độ dốc và mặt dốc thiết kế có thể sử dụng máy thủy bình, máy kinh vĩ hoặc dụng cụ laze.

Khi sử dụng máy thủy bình, ta đặt máy sao cho hướng hai ốc cân của máy gần song song với hướng AB cần đặt độ dốc thiết kế (hình 11.4).

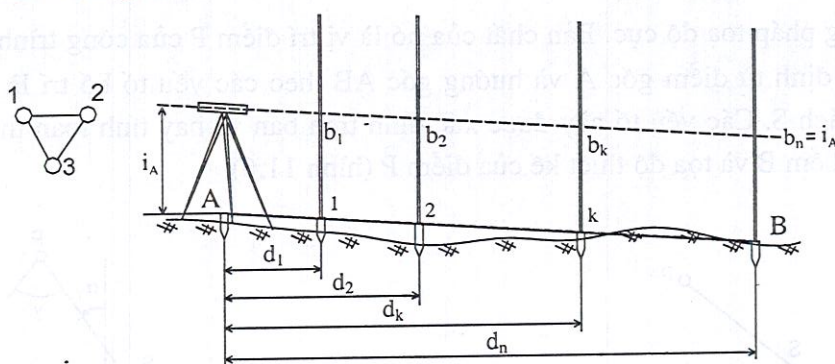
Nếu chỉ biết độ cao thiết kế của A là  $H_A$  và độ dốc  $i_{AB}$  ta có thể tính được độ cao điểm B theo công thức:

$$H_B = H_A \pm S_{AB} \cdot i_{AB}, \quad (11.5)$$

trong đó:  $S_{AB}$  là khoảng cách và  $i_{AB}$  là độ dốc thiết kế giữa A và B. Nghiêng ống kính theo hướng AB và điều chỉnh máy sao cho số đọc trên mìa dựng tại A và B bằng nhau,



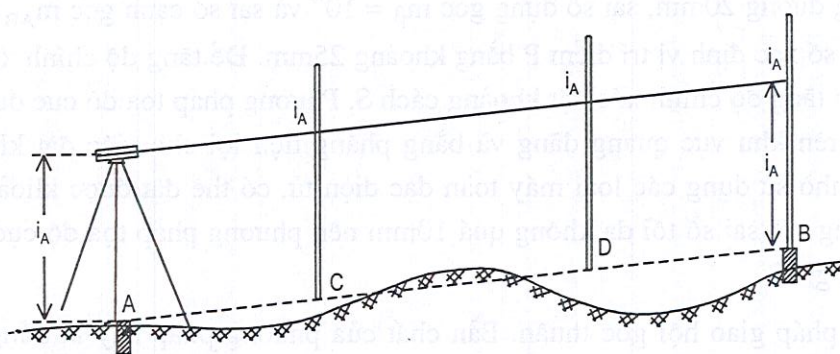
ngĩa là tia ngắm đã tạo thành một đường có độ dốc đúng bằng độ dốc thiết kế. Tiếp theo, dựng mìa liên tiếp trên hướng AB cách đều nhau một khoảng 5m và đánh dấu các điểm để mìa khi ngắm được số đọc trên mìa đúng bằng số đọc ở điểm cuối, ta sẽ được các điểm nằm trên cùng một độ dốc.



Hình 11.4. Bố trí độ dốc bằng máy thủy bình

Khi sử dụng máy kinh vĩ ta đặt máy tại điểm đầu A, đo chiều cao máy  $i_A$ , đặt số đọc ứng với góc dốc thiết kế lên bàn độ đúng có tính đến vị trí điểm không MO của máy.

Tia ngắm của máy kinh vĩ lúc này sẽ song song với đường có độ dốc thiết kế và cách đường đó theo phương thẳng đứng một khoảng đúng bằng chiều cao của máy. Mọi điểm để mìa trên hướng này khi có số đọc bằng  $i_A$  sẽ cho ta điểm cần tìm nằm trên đường có độ dốc cho trước (hình 11.5). Mặt phẳng có độ dốc cho trước sẽ được thiết lập bằng cách dựng các đường có độ dốc dọc và dốc ngang trong mặt phẳng đó theo các phương pháp nêu trên.



Hình 11.5. Bố trí độ dốc bằng máy kinh vĩ.

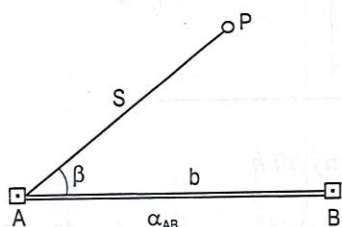
### 11.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP BỐ TRÍ ĐIỂM MẶT BẰNG RA THỰC ĐỊA

Bố trí công trình thực chất là bố trí các điểm đặc trưng (điểm góc, điểm trục...) của công trình ra thực địa. Để tiến hành bố trí các điểm mặt bằng ra thực địa có thể áp dụng phương pháp tọa độ cực, tọa độ vuông góc, giao hội cạnh, giao hội góc và giao hội

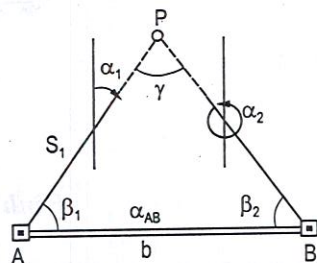


hướng chuẩn. Việc lựa chọn phương pháp này hay phương pháp khác phụ thuộc vào dạng công trình, điều kiện xây dựng, sơ đồ vị trí các điểm gốc, phương tiện trang thiết bị kỹ thuật, giai đoạn thi công và một số yếu tố khác. Dưới đây là nội dung cơ bản của một số phương pháp thông dụng.

**Phương pháp tọa độ cực.** Bản chất của nó là vị trí điểm P của công trình trên thực địa được xác định từ điểm gốc A và hướng gốc AB theo các yếu tố bố trí là góc cực  $\beta$  và khoảng cách S. Các yếu tố này được xác định trên bản vẽ hay tính toán theo tọa độ của điểm A, điểm B và tọa độ thiết kế của điểm P (hình 11.6).



Hình 11.6. Phương pháp tọa độ cực.



Hình 11.7. Giao hội góc thuận.

Trên thực địa ta đặt máy kinh vĩ tại A, dựa vào hướng gốc AB dựng góc thiết kế ở hai vị trí bàn độ, theo hướng trung bình AP vừa dựng ta đặt một khoảng cách bằng S, ta sẽ được điểm P.

Độ chính xác bố trí điểm P chủ yếu phụ thuộc vào sai số đặt khoảng cách S, sai số dựng góc  $\beta$  và sai số cạnh gốc. Nếu cạnh S bằng 100m, sai số đặt khoảng cách là 1/5000 tức là tương đương 20mm, sai số dựng góc  $m_\beta = 10''$  và sai số cạnh gốc  $m_{AB} = 10\text{mm}$ , ta sẽ được sai số xác định vị trí điểm P bằng khoảng 25mm. Để tăng độ chính xác xác định điểm P, cần tăng độ chính xác đặt khoảng cách S. Phương pháp tọa độ cực được áp dụng khi bố trí trên khu vực quang đặng và bằng phẳng tiện lợi cho việc đặt khoảng cách. Hiện nay, nhờ sử dụng các loại máy toàn đạc điện tử, có thể đặt được khoảng cách rất nhanh chóng với sai số tối đa không quá 10mm nên phương pháp tọa độ cực càng được áp dụng rộng rãi.

**Phương pháp giao hội góc thuận.** Bản chất của phương pháp này là đồng thời dựng các góc  $\beta_1, \beta_2$  bằng máy kinh vĩ đặt tại hai điểm A và B đã biết (hình 11.7).

Giao điểm của hai hướng AP và BP sẽ cho ta vị trí điểm P cần tìm. Các góc tìm được theo kết quả giải bài toán ngược dựa vào tọa độ của điểm A, điểm B và tọa độ thiết kế của điểm P theo công thức:

$$\beta_1 = \alpha_{AB} - \alpha_{AP};$$

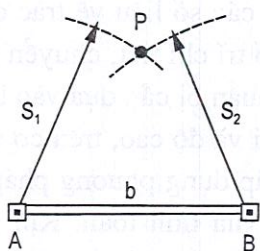
$$\beta_2 = \alpha_{BP} - \alpha_{BA};$$

(11.6)

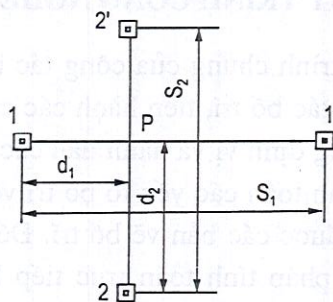


Độ chính xác xác định vị trí điểm P phụ thuộc vào sai số dựng góc, vào giá trị của góc giao hội  $\gamma$  và vào khoảng cách S. Điểm P sẽ được xác định với độ chính xác cao nhất khi  $\gamma$  gần bằng  $90^\circ$  và thấp nhất khi góc  $\gamma$  nhỏ, gần với  $0^\circ$  hoặc  $180^\circ$ . Phương pháp giao hội góc thuận được ứng dụng rộng rãi khi bố trí các điểm công trình nằm cách xa điểm gốc, đặc biệt khi không có các thiết bị đo dài điện tử mà lại phải đặt khoảng cách qua chướng ngại như đầm lầy, hồ nước hoặc khi bố trí các tâm mốc trụ cầu... Để nâng cao độ chính xác của phương pháp có thể dùng máy kinh vĩ đo lại cả 3 góc trong tam giác, điều chỉnh sai số khép tam giác cho 3 góc đo, tính tọa độ điểm P, so sánh với tọa độ thiết kế của nó ta được độ lệch  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , từ đó có thể điều chỉnh, xê dịch điểm P về vị trí chính xác. Khi đó, phương pháp này được gọi là phương pháp tam giác khép kín.

Phương pháp giao hội cạnh (hình 11.8). Trong phương pháp này, vị trí điểm P cần tìm là giao điểm của hai khoảng cách  $S_1$  và  $S_2$  (giao điểm của hai cung tròn tâm A, B với bán kính  $S_1$  và  $S_2$ ). Độ chính xác của phương pháp này cũng phụ thuộc vào góc giao hội và sai số đặt các khoảng cách  $S_1$ ,  $S_2$ .



Hình 11.8. Giao hội cạnh



Hình 11.9. Giao hội hướng chuẩn

Phương pháp giao hội cạnh được áp dụng khi mặt bằng bố trí tiện lợi cho việc đặt khoảng cách và tốt nhất khi các khoảng cách cần đặt ngắn hơn chiều dài một đoạn thước đang sử dụng. Nếu khoảng cách lớn có thể dùng máy đo dài quang điện hay các loại máy toàn đạc điện tử.

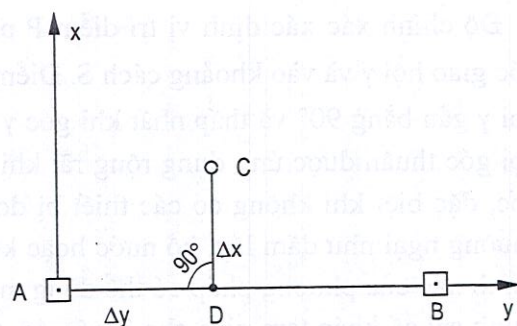
Phương pháp giao hội hướng chuẩn. Khi áp dụng phương pháp này, vị trí điểm P cần tìm nằm tại giao điểm của hai hướng chuẩn cho trước 1-1' và 2-2' (hình 11.9). Hướng chuẩn được tạo nên bằng máy kinh vĩ đặt tại điểm gốc 1 hướng tới tiêu ngắm đặt tại 1' và đặt tại 2 hướng tới 2'. Hai hướng chuẩn này sẽ cắt nhau tại điểm P cần tìm.

Phương pháp giao hội hướng chuẩn được áp dụng rất phổ biến trong xây dựng dân dụng và công nghiệp khi phần lớn các trục thường giao nhau dưới một góc vuông. Một hình thức đơn giản của phương pháp này là đặt các khoảng cách thiết kế theo từng trục trên hướng trục được tạo nên bằng máy kinh vĩ.

Độ chính xác của phương pháp giao hội hướng chuẩn chủ yếu phụ thuộc vào độ chính xác dựng hướng chuẩn.



Phương pháp tọa độ vuông góc (hình 11.10) được áp dụng chủ yếu trên những mặt bằng xây dựng có lưới ô vuông. Điểm C được bố trí theo các số gia tọa độ  $\Delta x$  và  $\Delta y$  so với một điểm gần nhất của lưới ô vuông (điểm A). Số gia có giá trị lớn hơn (trên hình là  $\Delta y$ ) được đặt theo hướng chuẩn trên cạnh AB của lưới ô vuông, tại điểm D dùng máy kinh vĩ dựng một góc vuông, trên đường vuông góc vừa nhận được đặt số gia có giá trị nhỏ ( $\Delta x$ ) ta được điểm C cần tìm. Để hạn chế sai số dựng góc vuông, cần tuân thủ đúng trình tự đặt số gia lớn trước theo cạnh của lưới ô vuông, sau đó mới đặt số gia nhỏ theo đường vuông góc vừa dựng. Trong phạm vi 100m, sai số xác định điểm C không vượt quá 2cm.



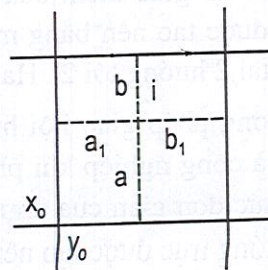
Hình 11.10. Phương pháp tọa độ vuông góc

#### 11.4. QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CHUNG CỦA CÔNG TÁC BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH

Quy trình chung của công tác bố trí bao gồm: Chuẩn bị các số liệu về trắc địa phục vụ công tác bố trí, tiến hành các công tác bố trí chủ yếu, bố trí chi tiết, chuyển các trục lên khung định vị và đánh dấu các điểm. Trong giai đoạn chuẩn bị cần dựa vào bản thiết kế để tính toán các yếu tố bố trí về tọa độ, về góc, chiều dài và độ cao, trên cơ sở đó có thể lập được các bản vẽ bố trí. Để chuẩn bị số liệu có thể áp dụng phương pháp đồ thị, phương pháp tính toán trực tiếp hoặc kết hợp vừa đồ thị vừa tính toán. Khi áp dụng phương pháp đồ thị (xác định các yếu tố bố trí bằng đồ thị) cần cố gắng loại trừ ảnh hưởng do giấy bị biến dạng, nếu cạnh của lưới ô vuông trên bình đồ tỷ lệ lớn sai lệch quá 0,2mm so với chiều dài chuẩn của nó (thường bằng 100mm) thì phải tính toán hiệu chỉnh. Để hạn chế sai số này, khi lấy tọa độ điểm  $i$  bằng đồ thị trên bình đồ (hình 11.11) nên tính trung bình theo công thức:

$$x_i = x_o + \left( \frac{100}{a+b} a \right) M; \quad y_i = y_o + \left( \frac{100}{a_1+b_1} a_1 \right) M \quad (11.7)$$

trong đó:  $x_o, y_o$  là tọa độ góc tây nam của ô vuông có chứa điểm  $i$ ;  $a, b$  là khoảng cách từ điểm  $i$  tới cạnh phía nam và phía bắc;  $a_1, b_1$  là khoảng cách từ điểm  $i$  tới cạnh phía tây và phía đông của ô vuông trên bình đồ.  $M$  là mẫu số tỷ lệ bình đồ. Khi áp dụng phương pháp giải tích để xác định các yếu tố bố trí cần giải các bài toán trắc địa thông dụng (bài toán thuận và bài toán ngược - xem 2.10).



Hình 11.11. Xác định tọa độ điểm.



Ngoài ra trong thực tế thường gặp bài toán xác định tọa độ  $x_0, y_0$  của điểm giao nhau  $O$  giữa hai đoạn thẳng  $AB$  và  $CD$  (hình 11.12); trong đó ta biết tọa độ các điểm là  $x_A, y_A; x_B, y_B; x_C, y_C; x_D, y_D$ . Khi đó có thể áp dụng công thức;

$$x_0 = x_A + \frac{m}{\lambda - \mu}; \quad y_0 = y_A + \lambda \frac{m}{\lambda - \mu}; \quad (11.8)$$

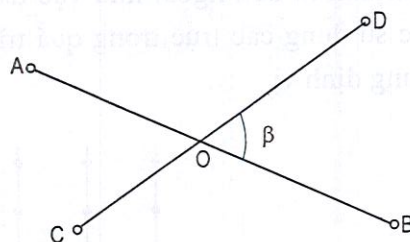
trong đó:  $\lambda = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad \mu = \frac{y_D - y_C}{x_D - x_C}; \quad m = (y_C - y_A) - \mu (x_C - x_A)$

Góc giữa hai đường thẳng  $AB$  và  $CD$  bằng hiệu phương vị của hai đường thẳng ấy:

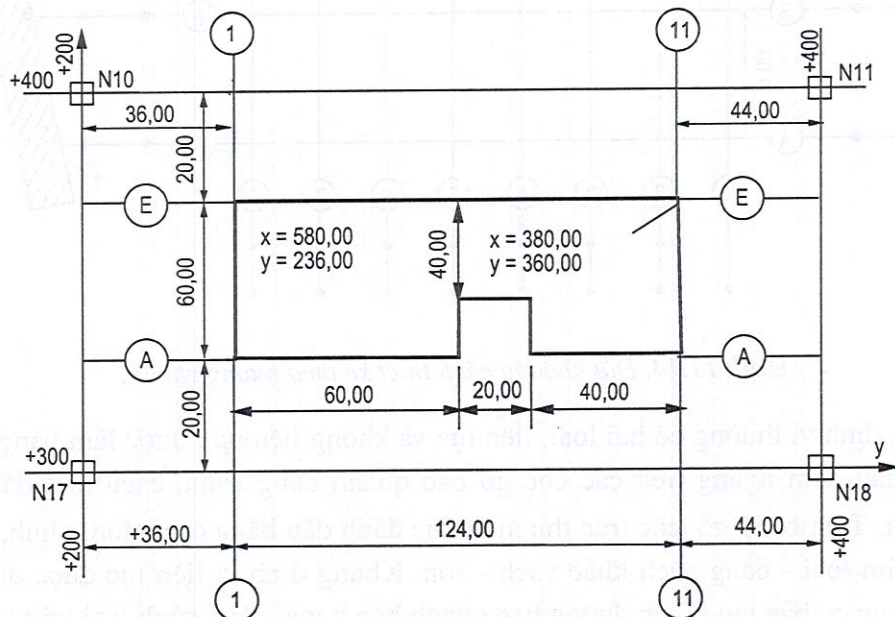
$$\beta = \alpha_{AB} - \alpha_{CD}; \quad (11.9)$$

trong đó:  $\alpha_{AB}$  và  $\alpha_{CD}$  được xác định nhờ giải bài toán ngược.

Để đảm bảo độ chính xác bố trí và tiến độ thi công công trình, cần lập bản thiết kế các công tác trắc địa cụ thể. Sau khi công tác chuẩn bị số liệu đã hoàn tất, bắt đầu giai đoạn bố trí chủ yếu và bố trí chi tiết công trình.



Hình 11.12. Xác định tọa độ giao điểm.



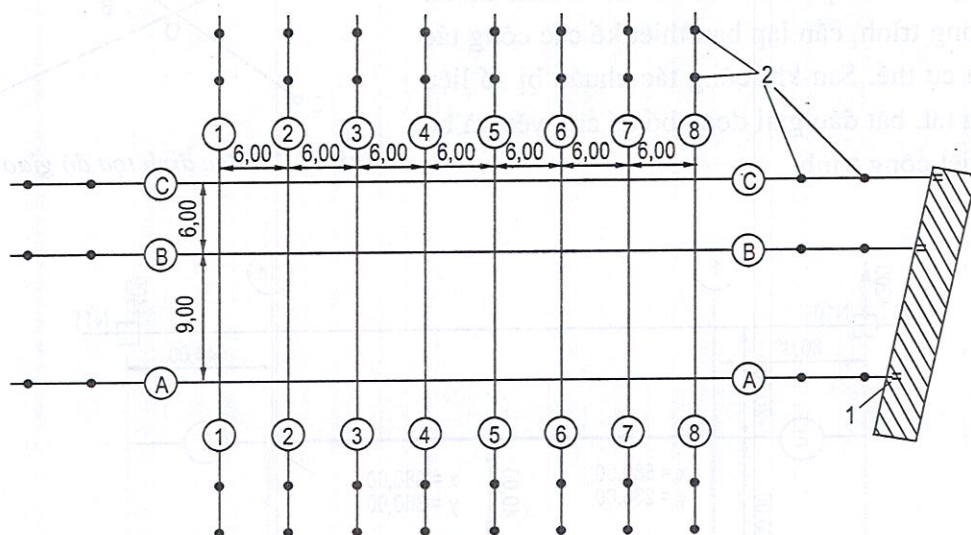
Hình 11.13. Bố trí công trình dựa vào các điểm lưới ô vuông.

Bố trí chủ yếu là bố trí trục chính và trục cơ bản của công trình ra thực địa, ngoài ra trong một số trường hợp còn bố trí các điểm giao nhau của các trục trung gian với các



trục ấy. Đối với những công trình có cấu trúc và hình dạng phức tạp, ngoài trục chính có khi phải chuyển cả từng phần của công trình. Phương pháp bố trí chủ yếu được lựa chọn tùy thuộc vào dạng công trình và các điều kiện thi công, vào cơ sở bố trí, vào máy móc dụng cụ sẵn có và độ chính xác yêu cầu bố trí. Sau khi bố trí cần kiểm tra lại các kích thước hình học như chiều dài và góc sao cho các điều kiện song song và vuông góc giữa các trục được đảm bảo. Trên hình 11.13 là sơ đồ bố trí các trục cơ bản của công trình dựa vào các điểm lưới ô vuông.

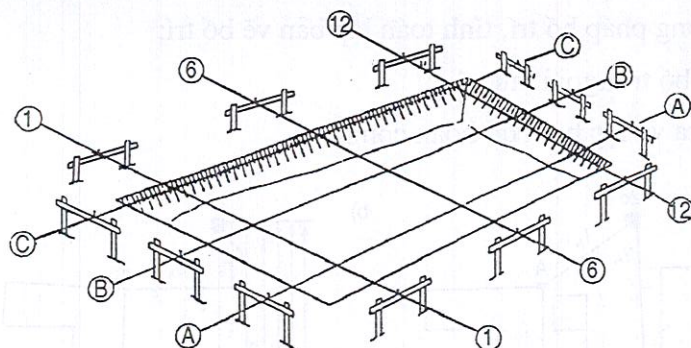
Các trục chính và trục cơ bản là cơ sở để tiến hành bố trí chi tiết công trình (bố trí các trục trung gian, trục kết cấu...) phương pháp bố trí chi tiết đơn giản nhất là đặt khoảng cách thiết kế theo hướng chuẩn của các trục cơ bản (hình 11.14). Các trục đều phải được đánh dấu ra bên ngoài khu vực đào móng. Để đánh dấu trục cũng như để tiện lợi cho việc sử dụng các trục trong quá trình thi công xây dựng, cần chuyển các điểm trục lên khung định vị.



*Hình 11.14. Đặt khoảng cách thiết kế theo hướng chuẩn.*

Khung định vị thường có hai loại, liên tục và không liên tục, được làm bằng gỗ hoặc kim loại gắn nằm ngang trên các cọc gỗ bao quanh công trình, cách mặt đất khoảng  $40 \div 60\text{cm}$ . Trên bảng gỗ, các trục thường được đánh dấu bằng cách đóng đinh, còn trên các tấm kim loại - bằng cách khắc vạch - sơn. Khung định vị liên tục được dựng song song với trục cơ bản tạo thành đường bao quanh bên ngoài công trình ở vị trí có thể được bảo quản trong suốt thời gian xây dựng, chúng phải thẳng hàng và nằm ngang để khi đặt khoảng cách không phải tính đến các số hiệu chỉnh. Tuy nhiên, khung định vị liên tục ít được áp dụng trong thực tế vì chúng gây cản trở cho việc đi lại, nhất là khi trên công trường có nhiều phương tiện cơ giới hoạt động.





**Hình 11.15.** Khung định vị không liên tục.

Hợp lý nhất là dùng loại khung định vị không liên tục, chúng chỉ được dựng ở những nơi cần đánh dấu trục nằm ngoài phạm vi công trình (hình 11.15). Vị trí các điểm trục chính và trục cơ bản được đánh dấu bằng những mốc cố định ở những nơi có thể được bảo quản lâu dài và tiện lợi cho công tác theo dõi thi công xây lắp. Cũng có thể đánh dấu bằng cách đóng đinh hoặc kẻ những vạch sơn 1 (hình 11.14) lên tường những công trình đang tồn tại. Để xác định trục một cách nhanh chóng, trên đường kéo dài mỗi trục về cả hai phía nên bố trí mỗi bên hai mốc 2 (hình 11.14), một mốc nằm ngay bên dưới khung định vị.

Trên mỗi công trình độc lập cần bố trí ít nhất hai mốc độ cao ở nơi ổn định, bảo quản lâu dài và tiện lợi khi sử dụng, ngoài ra cũng có thể dùng các mốc độ cao tạm thời bằng cách đánh dấu sơn lên các kết cấu xây dựng.

## 11.5. CHUYỂN BẢN THIẾT KẾ QUY HOẠCH XÂY DỰNG RA THỰC ĐỊA

Thiết kế quy hoạch đường phố, khu phố bao gồm thiết kế quy hoạch mặt bằng và thiết kế quy hoạch độ cao - quy hoạch đứng (thiết kế san nền). Chuyển thiết kế quy hoạch mặt bằng ra thực địa chính là chuyển và đánh dấu vị trí các đường ranh giới trên thực địa. Chỉ giới đường đỏ (ranh giới giữa phần đất đường phố và các loại đất khác), chỉ giới xây dựng và trục đường phố trên bản vẽ quy hoạch mặt bằng được chuyển ra thực địa dựa vào các điểm khống chế trắc địa thành phố. Sai số chuyển các điểm chỉ giới đường đỏ và trục phố so với điểm khống chế không được vượt quá những quy định dưới đây:

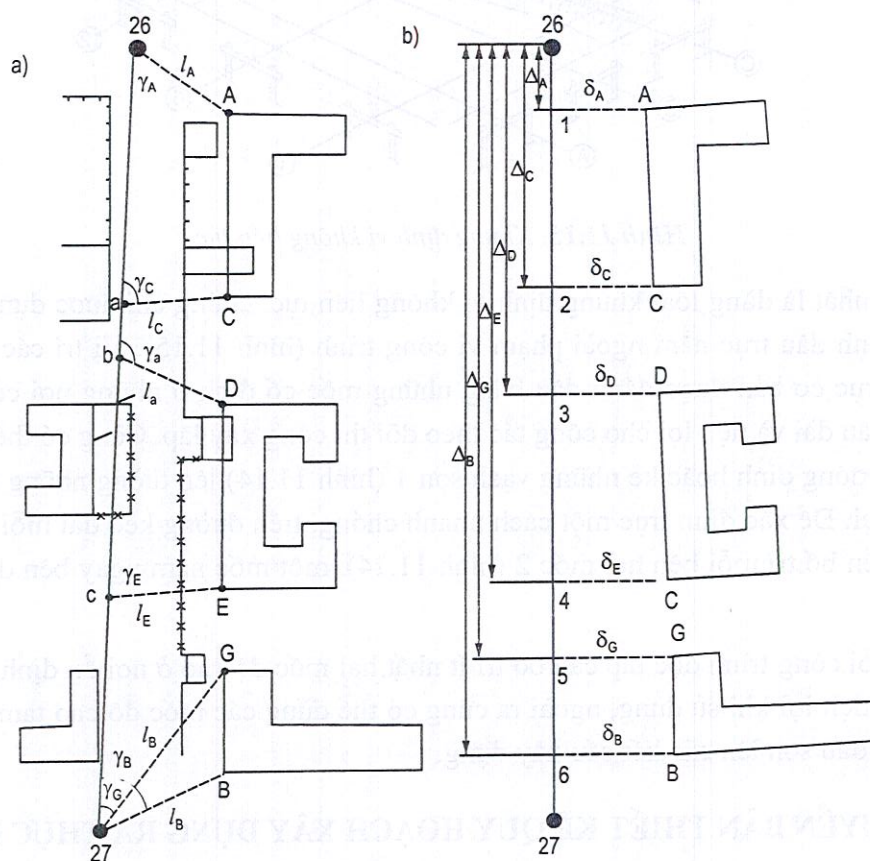
- 5cm - đối với khu vực xây dựng nhà cao tầng;
- 8cm - đối với khu vực xây dựng nhà thấp tầng;
- 10cm - trên khu vực chưa xây dựng.

Chuyển chỉ giới đường đỏ và trục đường phố ra thực địa được thực hiện theo trình tự sau:

1. Kiểm tra bản vẽ, kiểm tra cơ sở cũ hoặc lập cơ sở bố trí mới;



2. Chọn phương pháp bố trí, tính toán lập bản vẽ bố trí;
3. Tiến hành bố trí ngoài thực địa;
4. Đo kiểm tra và lập bình đồ hoàn công.



**Hình 11.16.** Chuyển điểm công trình ra thực địa.

Phương pháp được áp dụng phổ biến nhất là phương pháp tọa độ cực (hình 11.16a). Các điểm A, B, C, D,... của công trình cần được bố trí ra thực địa, điểm cơ sở bố trí (điểm gốc 26 và 27) đã có ngoài thực địa. Các yếu tố bố trí là các khoảng cách  $l_A, l_B, \dots$  và các góc cực  $\gamma_A, \gamma_B, \dots$  được tính toán dựa vào kết quả giải bài toán ngược. Để chuyển các điểm C, D, E,... có thể sử dụng thêm các điểm a, b, c,... nằm trên hướng chuẩn của các điểm gốc. Khi khoảng không giữa cạnh đường chuyển (hướng gốc) và chỉ giới xây dựng quang đãng, thông thoáng, không bị che khuất, có thể áp dụng phương pháp các đường vuông góc (dùng tọa độ vuông góc).

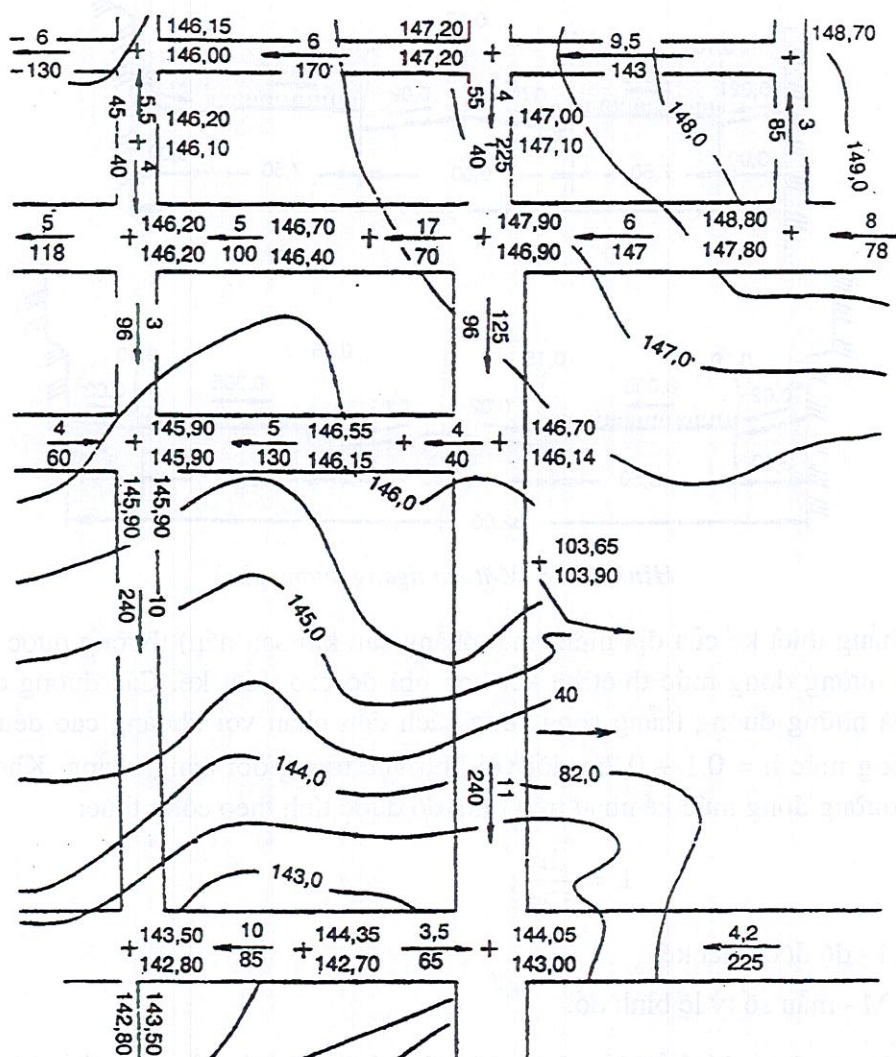
Ở đây cần tính chiều dài  $\delta_A, \delta_B, \delta_C, \delta_D, \dots$  của các đường vuông góc (tung độ giả định) (hình 11.16b) hạ từ điểm cần chuyển xuống cạnh gốc 26 - 27 và khoảng cách  $\Delta_A, \Delta_B, \Delta_C, \Delta_D, \dots$  từ điểm gốc tới chân đường vuông góc 1, 2, 3,... (hoành độ giả định) theo các công thức tính chuyển sau:



$$\Delta = \Delta y \sin \alpha + \Delta x \cos \alpha ;$$

$$\delta = \Delta y \cos \alpha + \Delta x \sin \alpha; \quad (11.10)$$

Trong đó:  $\Delta x$  và  $\Delta y$  là hiệu tọa độ giữa điểm cần chuyển so với điểm gốc 26;  $\alpha$  là phương vị của hướng gốc 26 - 27. Như vậy, ta sẽ nhận được các điểm cần chuyển bằng cách đặt khoảng cách  $\Delta$  trên hướng gốc từ điểm 26 và khoảng cách  $\delta$  theo các đường vuông góc. Khi chuyển phần đường cong thường bố trí chuyển các điểm trên đường cong cách nhau khoảng 10m, các phương pháp bố trí điểm trên đường cong sẽ được trình bày trong mục 11.7. Nói chung, khi áp dụng phương pháp tọa độ cực hoặc phương pháp các đường vuông góc, thì hiệu quả nhất vẫn là sử dụng các loại máy toàn đạc điện tử có độ chính xác cần thiết. Để giảm bớt khối lượng công việc đo đạc ngoài thực địa khi chuyển chỉ giới đường đỏ, đầu tiên nên chuyển trục đường phố (tìm đường), sau đó dựa vào các điểm trục tìm đường mà chuyển ranh giới đường đỏ.

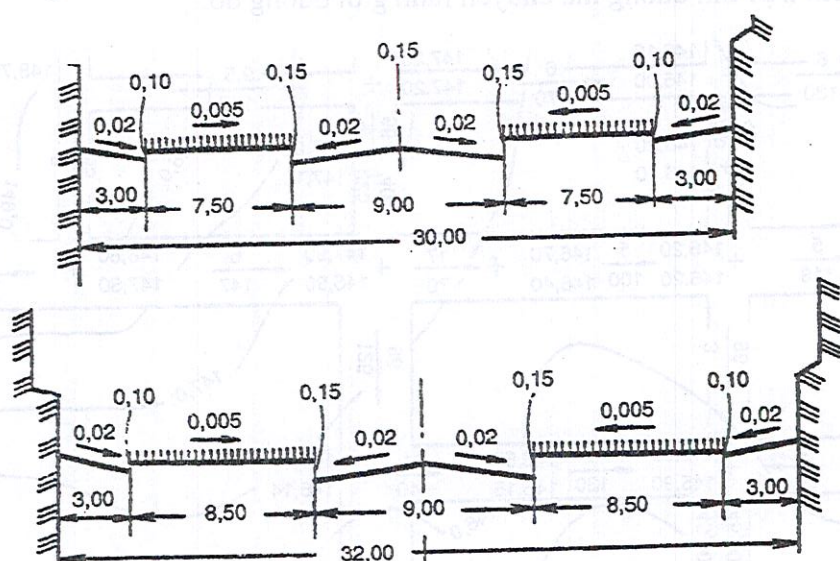


**Hình 11.17. Sơ đồ tổ chức san lấp.**



Sau khi tiến hành đo kiểm tra (thường theo một vệt cắt hoàn công), sẽ tiến hành lập bản vẽ hoàn công, trên đó chỉ rõ vị trí các điểm gốc, vị trí các điểm và khoảng cách giữa các điểm đã chuyển, kết hợp lập sơ đồ, sơ họa vị trí các điểm vừa chuyển để tiện cho việc sử dụng sau này.

Một trong những nhiệm vụ chính của quy hoạch độ cao (quy hoạch đứng) là để giải quyết vấn đề thoát nước bề mặt trên đường phố, quảng trường, trong lòng khu phố cũng như để điều chỉnh độ cao khu phố, độ dốc đường phố và các nút giao thông cho thỏa mãn các tiêu chuẩn kỹ thuật. Cơ sở để tiến hành công tác quy hoạch độ cao là sơ đồ tổ chức san lấp (hình 11.17), trên đó có ghi rõ độ cao thiết kế, độ cao thực tế của các điểm đặc trưng, các điểm thay đổi độ dốc, mũi tên chỉ hướng dốc, giá trị độ dốc thiết kế và khoảng cách giữa các điểm. Kèm theo sơ đồ còn phải có các mặt cắt ngang đường phố (hình 11.18) ở tỷ lệ 1: 200 - 1: 100.



Hình 11.18. Mặt cắt ngang đường phố.

Mặt phẳng thiết kế của địa hình (mặt phẳng sau khi san nền) thường được biểu diễn bằng các đường đồng mức thiết kế kết hợp ghi độ cao thiết kế. Các đường đồng mức thiết kế là những đường thẳng song song cách đều nhau với khoảng cao đều giữa các đường đồng mức  $h = 0,1 \div 0,2\text{m}$  đối với khu vực tương đối bằng phẳng. Khoảng cách giữa các đường đồng mức kề nhau trên bình đồ được tính theo công thức:

$$L = \frac{h}{i \cdot M}; \quad (11.11)$$

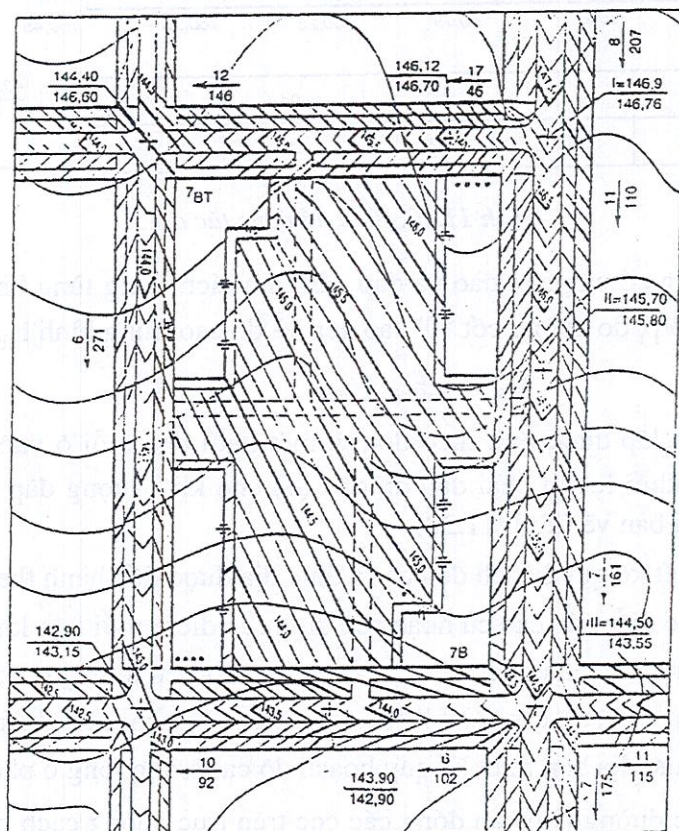
trong đó:  $i$  - độ dốc thiết kế;

$M$  - mẫu số tỷ lệ bình đồ.

Bình đồ tổ chức đất bắt đầu được lập cho đường phố, đầu tiên tiến hành vẽ các đường đồng mức cho phần lòng đường, sau đó đến các dải đất trồng cây, vỉa hè... có



Trên hình 11.19 trích giới thiệu bình đồ tổ chức đất của một ô phố. Khi lập bình đồ tổ chức đất đồng thời tiến hành lập biểu đồ công tác đất để xác định khối lượng san lấp.

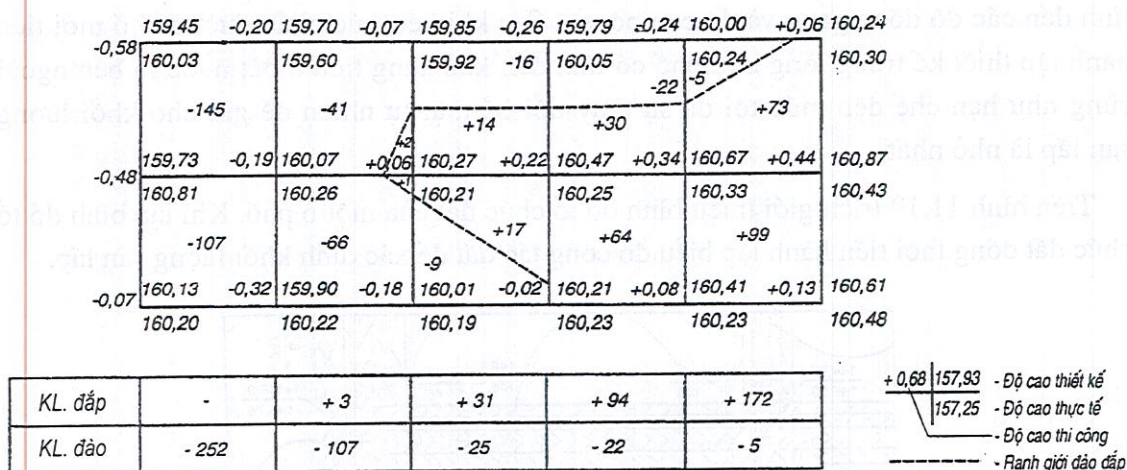


Bình đồ công tác đất (hình 11.20) là một lưới ô vuông có các cạnh bằng 5; 10 hoặc 20m tùy thuộc vào tỷ lệ bình đồ và độ chính xác cần tính toán khối lượng san lấp (cạnh ô vuông trên hình 11.20 bằng 20m). Sau khi xác định đường ranh giới giữa đào và đắp (đường cốt “0”), ta tiến hành tính khối lượng san lấp. Đối với những ô vuông chỉ cần đắp hoặc đào, khối lượng  $V_0$  được tính theo công thức:

trong đó: P - diện tích ô vuông;

$h_1, h_2, h_3, h_4$  - độ cao thi công của 4 đỉnh ô vuông.





Hình 11.20. Bình đồ công tác đất.

Đối với ô vuông có cả phần đào và đắp cần tính tách riêng từng khối lượng dựa vào diện tích các ô nhỏ  $p_r$  do đường cốt "0" tạo nên và độ cao trung bình  $h_{tb}$  của ô nhỏ đó.

$$V_R = p_r \cdot h_{tb} \quad (11.13)$$

Khối lượng san lấp được tính theo đơn vị mét khối cho mỗi ô vuông với dấu tương ứng, dấu (-) cho khối lượng phải đào đi, dấu (+) cho khối lượng đắp thêm vào và tổng hợp ngay bên dưới bản vẽ (hình 11.20).

Chuyển bản thiết kế quy hoạch độ cao ra thực địa được tiến hành theo trình tự:

1. Tìm kiếm các điểm độ cao cũ hoặc xác định các điểm mới trên khu vực;
2. Chuyển ra thực địa bản thiết kế quy hoạch độ cao trên đường phố;
3. Chuyển ra thực địa độ cao thiết kế của các điểm trên chỉ giới đường đỏ;
4. Chuyển ra thực địa bản thiết kế quy hoạch độ cao trong lòng ô phố.

Để chuyển trục đường phố cần đóng các cọc trên trục đường cách nhau từ 10 ÷ 20m. Cọc được đóng sao cho đỉnh cọc có độ cao bằng đúng độ cao thiết kế. Trong trường hợp phải đắp lên nhiều hoặc phải đào xuống có thể ghi ngay lên cọc các độ cao thi công kèm theo dấu (+) hoặc (-) để chỉ rõ phải đắp lên hay đào xuống. Trong mỗi ô phố, độ cao thiết kế cũng được chuyển ra bằng cách chia ô vuông với cạnh bằng 10 hoặc 20m. Nếu mặt phẳng ô phố chỉ có một độ dốc thì có thể chuyển mặt phẳng thiết kế ra thực địa bằng tia ngắm nghiêng (xem 11.2).

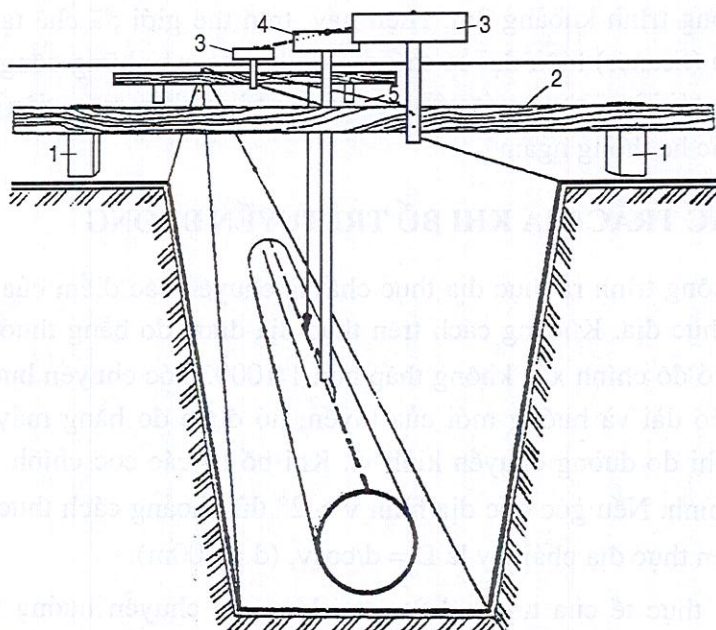
## 11.6. CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA KHI XÂY DỰNG VÀ ĐO VẼ HỆ THỐNG CÔNG TRÌNH NGẦM

Trong khu vực xây dựng dân dụng và công nghiệp thường có nhiều mạng lưới hạ tầng kỹ thuật ngầm và các công trình phụ trợ, trong đó bao gồm hệ thống cấp thoát nước, hệ thống cáp điện, điện thoại, các loại đường ống dẫn ...



Phương pháp phổ biến nhất để bố trí lắp đặt hệ thống ngầm là đào hào. Để tiến hành đào hào cũng phải chuyển ra thực địa tuyến hào và các điểm đặc trưng như tâm giếng, đỉnh góc chuyển hướng, hố ga... Dựa vào bản vẽ thiết kế và các mặt cắt dọc, cắt ngang *tuyến hào ta tiến hành lập các bản vẽ bố trí, trên đó có ghi rõ các yếu tố bố trí và các số liệu cần thiết.* Phương pháp bố trí phổ biến vẫn là phương pháp toạ độ cực, phương pháp giao hội, phương pháp dựng đường vuông góc... Để đặt được các đường ống về đúng độ cao thiết kế, đảm bảo độ dốc nhỏ hơn 0,003 cần phải sử dụng máy thủy bình hoặc các dụng cụ dùng tia laze. Các dụng cụ laze được sử dụng đặc biệt có hiệu quả khi lắp đặt các đường ống tự chảy đường kính lớn (800 ÷ 1500mm). Trên hình 11.21 là sơ đồ kiểm tra tra việc đặt ống dưới hào.

Trong quá trình sử dụng, các hệ thống kỹ thuật ngầm cũng được đưa lên bình đồ để theo dõi, sửa chữa, cải tạo mở rộng hoặc thiết kế lắp đặt những hệ thống mới. Bình đồ công trình ngầm có thể thành lập tới tỷ lệ 1: 200 tùy thuộc vào mục đích, mật độ và đặc điểm của các hệ thống ngầm. Độ chính xác xác định vị trí mặt bằng của công trình khoảng 0,10 ÷ 0,15m, về độ cao khoảng 5 ÷ 10mm và độ dốc sai lệch không quá 10 đến 20% độ dốc thiết kế.



**Hình 11.21.** Kiểm tra lắp đặt ống

Quá trình đo vẽ hệ thống ngầm có thể chia làm hai giai đoạn: giai đoạn chuẩn bị và giai đoạn trực tiếp đo vẽ. Giai đoạn chuẩn bị bao gồm công tác khảo sát khu vực, thu thập mọi thông tin về các hệ thống ngầm có trong khu vực, xác định các điểm khống chế góc. Giai đoạn đo vẽ là xác định vị trí mặt bằng và độ cao (độ chôn sâu) của công trình ngầm.

Để đo vẽ công trình ngầm có thể áp dụng phương pháp đo vẽ hoàn công, phương pháp đào thăm dò và phương pháp dùng máy thăm dò công trình ngầm. Phương pháp đo vẽ



hoàn công là phương pháp đơn giản và chính xác nhất. Trong phương pháp này, vị trí của công trình ngầm được xác định ngay sau khi lấp đặt xong, khi công trình chưa bị lấp kín.

Đối với những công trình ngầm đang sử dụng mà không có tài liệu hoàn công có thể áp dụng phương pháp đào thăm dò. Trong phương pháp này, ta phải dựa vào vị trí những giếng thu, những hống nước, hố ga hoặc những phân lộ thiên của hệ thống ngầm để phán đoán và đào những đoạn hào sâu cắt ngang tuyến đi của công trình ngầm. Phương pháp này rất tốn kém và không đảm bảo xác định hết được các công trình ngầm nằm sâu dưới đất vì thế ít được áp dụng, hơn nữa nó lại rất nguy hiểm khi sử dụng để tìm kiếm những đường cáp điện và cáp thông tin ngầm.

Phương pháp tin cậy, an toàn và có hiệu quả nhất là phương pháp dùng máy thăm dò công trình ngầm. Máy thăm dò được cấu tạo dựa trên hiện tượng cảm ứng từ gồm ba bộ phận chính: Máy phát, bộ phận thu và nguồn điện, chúng được tính toán để có thể xác định được toạ độ x, y và độ sâu h của các loại công trình ngầm bằng kim loại, bằng bê tông cốt thép, các đường cáp điện, cáp thông tin. Khi dùng máy thăm dò có thể áp dụng hai phương pháp - phương pháp tiếp xúc và phương pháp không tiếp xúc. Phương pháp tiếp xúc có độ chính xác cao hơn và đạt khoảng 5cm về mặt bằng và 10cm về độ cao ở chiều sâu của công trình khoảng 3m. Hiện nay, trên thế giới đã chế tạo được các loại dụng cụ thăm dò (Scanner) hiện đại có thể xác định được cả những công trình ngầm phi kim loại ở độ sâu tới hàng chục mét với các chương trình phần mềm tiện ích rất thuận lợi cho việc đo vẽ các hệ thống ngầm.

## 11.7. CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA KHI BỐ TRÍ TUYẾN ĐƯỜNG

Bố trí tuyến công trình ra thực địa thực chất là chuyển các điểm của tuyến đường từ bản thiết kế ra thực địa. Khoảng cách trên thực địa được đo bằng thước thép hoặc các dụng cụ đo dài có độ chính xác không thấp hơn 1/1000. Góc chuyển hướng  $\theta$  là góc tạo bởi hướng cũ kéo dài và hướng mới của tuyến, nó được đo bằng máy kinh vĩ với độ chính xác như khi đo đường chuyển kinh vĩ. Khi bố trí các cọc chính 100m cần lưu ý đến độ dốc địa hình. Nếu góc dốc địa hình  $\nu > 2^\circ$  thì khoảng cách thực tế giữa các cọc 100m cần đặt trên thực địa phải lấy là  $D = d/\cos \nu$ , ( $d = 100\text{m}$ ).

Do chiều dài thực tế của tuyến đường tại khu vực chuyển hướng tính theo đường cong, nên ở khu vực này cần bố trí các điểm cọc trên trục đường cong. Trong thực tế, tùy thuộc địa hình và cấu trúc đường mà có thể có một số dạng đường cong, nhưng áp dụng phổ biến nhất vẫn là đường cong tròn.

Các yếu tố của đường cong tròn (hình 11.22) bao gồm: điểm đầu đường cong  $T_d$ ; điểm giữa đường cong  $G$ ; điểm cuối đường cong  $T_c$ , chúng được gọi là các điểm chính của đường cong tròn. Để xác định được các điểm chính này cần phải biết thêm các yếu tố khác của đường cong tròn như: Góc chuyển hướng  $\theta$ ; Bán kính đường cong tròn  $R$ .



Chiều dài tiếp tuyến T (tiếp cự); Chiều dài đoạn cong K; Chiều dài đoạn phân cự B; Hiệu giữa chiều dài đoạn gãy khúc và chiều dài đoạn cong:

$$D = 2T - K.$$

Nếu đo được góc  $\theta$  và biết được bán kính R của đường cong (thường cho trong thiết kế) ta có thể tính được các yếu tố của đường cong tròn theo các công thức sau:

- Chiều dài tiếp cự:

$$T = R \tan \frac{\theta}{2}; \quad (11.14)$$

- Chiều dài đoạn cong:

$$K = \frac{2\pi R}{360^\circ} \theta = \frac{\pi R}{180^\circ} \theta; \quad (11.15)$$

- Đoạn phân cự:

$$B = O\bar{D} - R = R \sec \frac{\theta}{2} - R = R \left( \sec \frac{\theta}{2} - 1 \right); \quad (11.16)$$

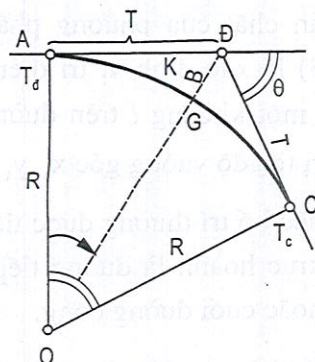
Điểm đầu  $T_d$  và điểm cuối  $T_c$  của đường cong được xác định trên thực địa bằng cách đặt khoảng tiếp cự T từ đỉnh góc quay về hướng cũ và đi tiếp theo hướng mới. Để tìm điểm giữa G của đường cong, có thể dùng máy kinh vĩ đặt tại đỉnh Đ, xác định hướng phân giác ĐO và đặt theo hướng đó một đoạn bằng B ta sẽ được điểm G. Số hiệu cọc của các điểm chính trên đường cong tròn được xác định xuất phát từ số hiệu cọc  $K_D$  của đỉnh góc chuyển hướng như sau:

- Số hiệu cọc điểm đầu đường cong là:  $K_{Td} = K_D - T; \quad (11.17)$

- Số hiệu cọc điểm giữa đường cong là:  $K_G = K_{Td} + K/2; \quad (11.18)$

- Số hiệu cọc điểm cuối đường cong là:  $K_{Tc} = K_{Td} + K = K_D + T - D. \quad (11.19)$

Để bố trí các điểm cọc trên đoạn thẳng tiếp theo cần thêm vào số hiệu cọc của điểm cuối đường cong một giá trị sao cho số hiệu mới có giá trị chẵn 100m. Trong quá trình xây dựng trên đoạn đường cong, các điểm chính của đường cong chưa đủ để thi công công trình, khi đó cần bố trí thêm các điểm chi tiết, nghĩa là cắm thêm các điểm phụ nằm trên đường cong cách đều nhau một khoảng nhất định, thường là 10m hoặc 20m. Các phương pháp phổ biến để bố trí chi tiết đường cong tròn là phương pháp tọa độ vuông góc, phương pháp dây cung kéo dài và phương pháp đặt các góc và các cạnh, nếu có máy toàn đạc điện tử có thể sử dụng phương pháp tọa độ cực hoặc trực tiếp bố trí điểm theo tọa độ của chúng.



Hình 11.22. Yếu tố đường cong tròn.



Bản chất của phương pháp tọa độ vuông góc (hình 11.23) là xác định vị trí điểm 1, 2, ..., n nằm cách đều nhau một khoảng  $l$  trên đường cong tròn thông qua các giá trị tọa độ vuông góc  $x_i, y_i$  của chúng.

Việc bố trí thường được tiến hành từ hai đầu vào giữa. Lấy trục hoành là đường tiếp tuyến, gốc tọa độ là điểm đầu hoặc cuối đường cong.

Để tính tọa độ  $x_i, y_i$  cần tính góc ở tâm  $\varphi$  chắn cung có giá trị bằng  $l$  theo công thức:

$$\varphi = \frac{360^\circ}{2\pi R} l = \frac{180^\circ}{\pi R} l; \quad (11.20)$$

Giải tam giác vuông OC1 ta được:

$$x_1 = R \sin \varphi; \quad (11.21)$$

$$y_1 = R - OC = R - R \cos \varphi;$$

$$y_1 = R (1 - \cos \varphi) = 2R \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad (11.22)$$

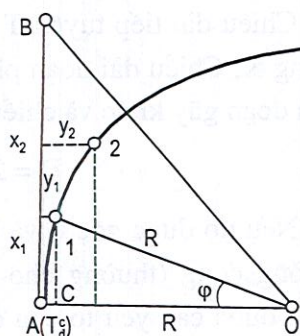
Tọa độ các điểm chi tiết nằm cách nhau một khoảng  $l$  ở nửa đầu đường cong tròn được tính theo các công thức tổng quát:

$$x_i = R \sin i\varphi; \quad y_i = 2R \sin^2 \left( i \frac{\varphi}{2} \right); \quad (11.23)$$

Để cắm điểm 1 trên đường cong (hình 11.23), ta đặt đoạn  $x_1$  xuất phát từ điểm đầu đường cong theo hướng tiếp tuyến, tại đây ta dựng đường vuông góc và đặt trên đường vuông góc này một đoạn bằng  $y_1$  ta sẽ được điểm 1.

Nửa còn lại của đường cong được bố trí từ điểm cuối, do các điểm chi tiết nằm đối xứng qua điểm giữa đường cong, nên có thể sử dụng các số liệu  $x_i, y_i$  của nửa đầu đường cong mà không cần phải tính toán lại. Phương pháp tọa độ vuông góc còn có ưu điểm cơ bản là các điểm được bố trí độc lập nên không có sai số tích lũy. Phương pháp này được áp dụng ở những nơi bằng phẳng, quang đãng, thuận tiện cho việc đo cạnh. Trong trường hợp chủ yếu chỉ dùng thước dây ta có thể áp dụng phương pháp dây cung kéo dài (hình 11.24). Theo giá trị bán kính  $R$  và giá trị cho trước  $b$  của dây cung (10m hoặc 20m) ta xác định được các đoạn  $y$  và  $d$  bằng cách tra bảng lập sẵn dựa trên cơ sở các công thức sau:

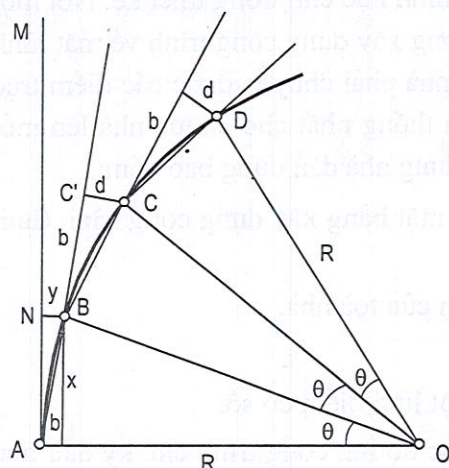
$$y = \frac{b^2}{2R}; \quad d = 2y = \frac{b^2}{R}; \quad (11.24)$$



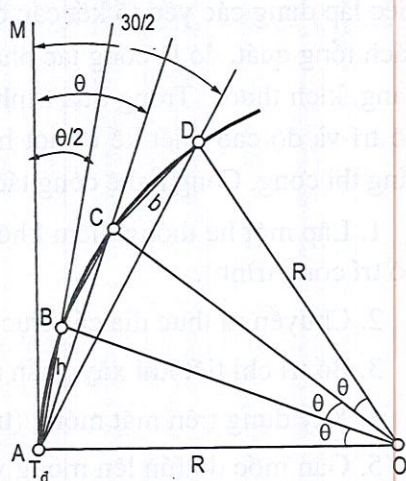
Hình 11.23. Phương pháp tọa độ vuông góc



Vị trí điểm B được xác định bằng cách đặt theo tiếp tuyến một đoạn  $AN = b$ , giao hội hai cạnh  $AB = b$  và  $NB = y$  ta được điểm B. Trên hướng AB kéo dài ta lại đặt một đoạn  $BC' = b$ , tiếp tục giao hội hai cạnh  $BC = b$  và  $C'C = d = 2y$  ta được điểm C. Cứ tiếp tục như vậy ta sẽ cắm được các điểm chi tiết trên đường cong tròn. Nhược điểm cơ bản của phương pháp này là các điểm tiếp sau được xác định dựa vào các điểm trước đó nên sai số bị tích lũy và độ chính xác bố trí điểm sẽ giảm đi rất nhanh.



Hình 11.24. Phương pháp dây cung kéo dài.



Hình 11.25. Phương pháp đặt góc và cạnh.

Phương pháp đặt góc và cạnh dựa trên tính chất: Góc nội tiếp giữa tiếp tuyến và dây cung bằng một nửa góc ở tâm cùng chắn cung đó (hình 11.25), góc này được tính từ công thức:

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{b}{2R}; \quad (11.25)$$

Giá trị góc  $\frac{\theta}{2}$  có thể tra từ bảng lập sẵn theo giá trị  $b$  và  $R$ .

Để bố trí các điểm chi tiết trên đường cong tròn cần đặt máy kinh vĩ tại điểm đầu đường cong, lấy hướng tiếp tuyến làm hướng gốc, dựng một góc  $\frac{\theta}{2}$  và trên hướng đó đặt một đoạn  $AB = b$  ta được điểm B. Tiếp tục dựng góc  $(2 \frac{\theta}{2})$ , đặt đoạn  $BC = b$  từ điểm B gặp hướng AC tại C, ta được điểm C. Cứ như vậy ta bố trí tới điểm giữa đường cong. Nửa còn lại được bố trí xuất phát từ điểm cuối đường cong. Nhược điểm của phương pháp này cũng giống như ở phương pháp dây cung kéo dài. Để khắc phục nhược điểm này và phát huy hiệu quả kinh tế ở những đơn vị có trang bị máy toàn đạc điện tử, có thể áp dụng phương pháp tọa độ cực. Khi đó, góc cực lần lượt là các góc  $\frac{\theta}{2}; 2 \frac{\theta}{2}; 3 \frac{\theta}{2} \dots$ ,



còn khoảng cách AB, AC, AD... sẽ được tính theo các góc cực tương ứng dựa vào công thức (11.25).

## 11.8. CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA KHI XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG

Công tác trắc địa trong xây dựng dân dụng là một tập hợp các công tác đo đạc, tính toán và xử lý nhằm bảo đảm bố trí chính xác các toà nhà và công trình, đồng thời đáp ứng việc lắp dựng các yếu tố kết cấu đúng với kích thước hình học cho trong thiết kế. Nói một cách tổng quát, đó là công tác nhằm đảm bảo chất lượng xây dựng công trình về mặt hình dạng, kích thước. Trong quá trình xây dựng từng toà nhà phải chuyển được các điểm trục bố trí và độ cao thiết kế ở một hệ toạ độ không gian thống nhất cho cả toà nhà lên mỗi tầng thi công. Công nghệ công tác trắc địa trong xây dựng nhà dân dụng bao gồm:

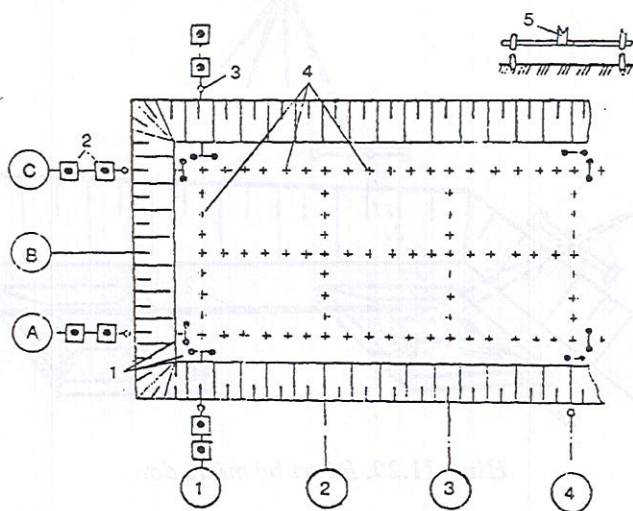
1. Lập một hệ thống điểm khống chế trắc địa trên mặt bằng xây dựng công trình (lưới bố trí công trình).
  2. Chuyển ra thực địa các trục chính và trục cơ bản của toà nhà.
  3. Bố trí chi tiết khi xây phần móng của toà nhà;
  4. Xây dựng trên mặt móng (trên sàn tầng gốc) một lưới điểm cơ sở;
  5. Gắn mốc đo lún lên móng và tiến hành quan trắc độ lún công trình chu kỳ đầu tiên (lập trạng thái “không” của công trình);
  6. Chuyển các điểm, trục, độ cao trên mặt móng (sàn cốt không) lên các tầng, xử lý điều chỉnh các điểm ấy trên mỗi tầng cho phù hợp với toạ độ của chúng;
  7. Phát triển các trục bố trí và tiến hành bố trí chi tiết để lắp đặt các kết cấu trên mỗi tầng;
  8. Đo kiểm tra và đo vẽ hoàn công các phần đã được lắp dựng trên mỗi tầng;
  9. Tiến hành quan trắc độ lún công trình theo các chu kỳ đã dự kiến.
- Tuỳ thuộc đặc điểm công trình, độ chính xác bố trí chi tiết được nêu trong bảng 11.1.

**Bảng 11.1. Yêu cầu về độ chính xác công tác bố trí**

| TT | Đặc điểm công trình                                                                                                                   | Sai số bố trí |                                   |               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------|
|    |                                                                                                                                       | Đo góc        | Đo cạnh và chuyển trục thẳng đứng | Chuyển độ cao |
| 1  | Nhà dưới 5 tầng, khẩu độ dưới 6m, công trình cao dưới 15m, nhà khung.                                                                 | 30"           | 1: 3 000                          | 3mm           |
| 2  | Công trình có kết cấu kim loại, bê tông cốt thép, thi công theo cốp pha trượt, nhà từ 5÷16 tầng khẩu độ 6÷36m, công trình cao 15÷60m. | 20"           | 1: 5 000                          | 2,5           |
| 3  | Nhà cao hơn 16 tầng, khẩu độ lớn hơn 36m, công trình cao hơn 60m                                                                      | 10"           | 1: 10 000                         | 2             |
| 4  | Kết cấu kim loại ghép nối, bê tông đúc sẵn lắp ghép theo khớp nối.                                                                    | 5"            | 1: 15 000                         | 1             |

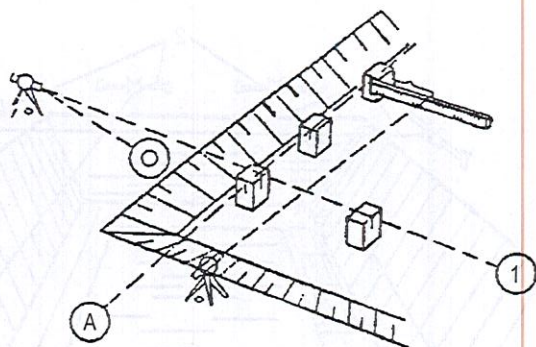


Khi xây dựng phần móng cần đánh dấu các trục ngoài phạm vi đào móng vận dụng sơ đồ bố trí móng một cách thích hợp. Trên hình 11.26 giới thiệu sơ đồ bố trí cọc móng.

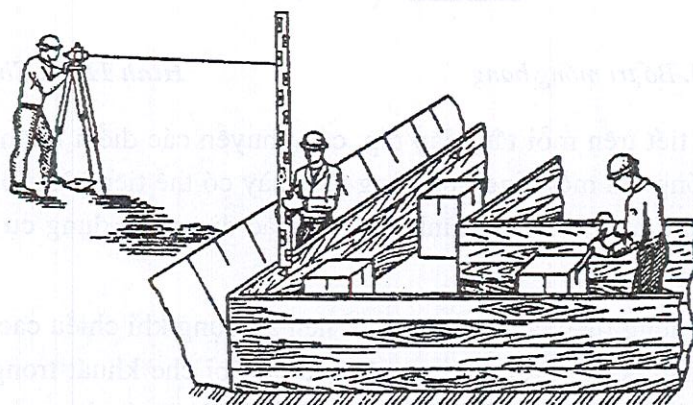


Hình 11.26. Sơ đồ bố trí móng cọc.

Để chuyển trục lên đỉnh cọc có thể áp dụng sơ đồ hình 11.27. Trong trường hợp tịnh tiến trục (ví dụ trục A) có thể áp dụng phương pháp “đo cao” bên cạnh, vạch đánh dấu trục là vị trí để mìn khi trên mìn có số đọc bằng a (a là khoảng cách giữa trục chính đến trục đã tịnh tiến). Khi bố trí ván khuôn và cốt thép có thể căn cứ vào các vạch đánh dấu trục trên đỉnh cọc để điều chỉnh. Trên hình 11.28 giới thiệu sơ đồ bố trí mặt bằng và độ cao khi lắp dựng cốp pha và cốt thép.



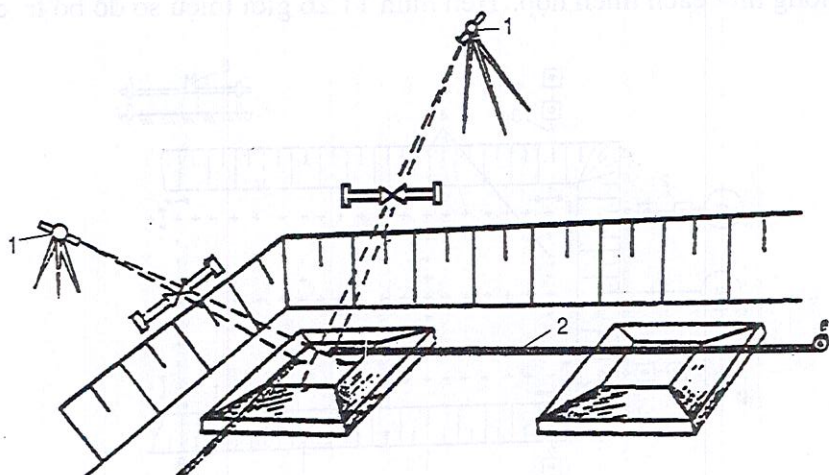
Hình 11.27. Chuyển trục lên đỉnh cọc.



Hình 11.28. Lắp dựng cốp pha.

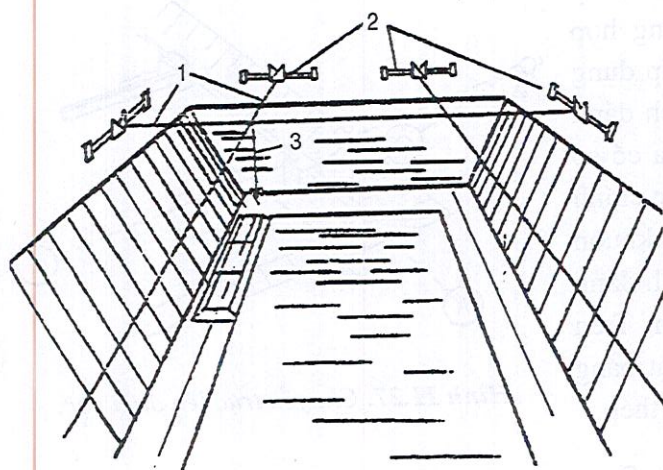


Bệ móng đơn có thể bố trí như trên hình 11.29.

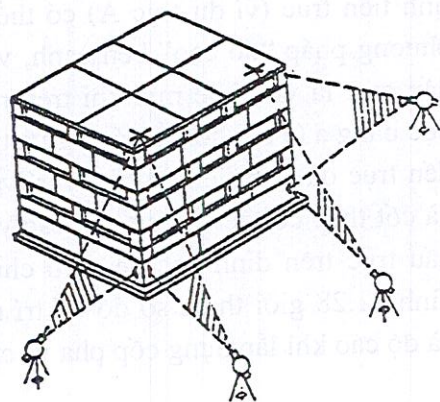


Hình 11.29. Bố trí hệ móng đơn

Móng băng có thể được bố trí như sơ đồ hình 11.30, để đánh dấu trục có thể dùng quả dọi chạy trên dây căng.



Hình 11.30. Bố trí móng băng.



Hình 11.31. Chuyển trục lên cao.

Để bố trí chi tiết trên mỗi tầng lắp ráp, cần chuyển các điểm khống chế cơ sở, điểm trục trên mặt móng lên mỗi tầng đó. Công việc này có thể tiến hành bằng cách chiếu tia ngắm nghiêng nhờ máy kinh vĩ (hình 11.31) hoặc dùng các dụng cụ chiếu thẳng đứng (hình 11.32).

Phương pháp dùng tia ngắm nghiêng chỉ nên áp dụng khi chiều cao công trình không lớn và xung quanh công trình thoáng, rộng không bị che khuất trong phạm vi khoảng cách gấp rưỡi chiều cao công trình. Tiềm lợi nhất là dùng các dụng cụ chiếu thẳng đứng



chính xác (hình 11.33) và chiều ở bốn vị trí của máy:  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  và  $270^\circ$  để lấy vị trí trung bình.

Độ cao được chuyển lên các tầng lắp ráp bằng đo cao hình học và thước dây treo bố trí như sơ đồ hình 11.34, giá trị độ cao được tính theo công thức:

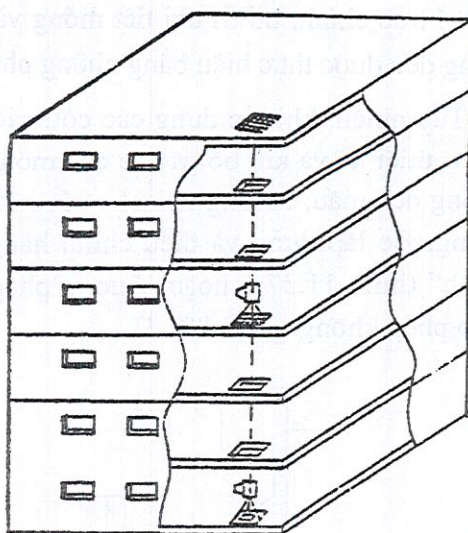
$$H_i = H_{\text{gốc}} + (a - b) + l; \quad (11.26)$$

trong đó:

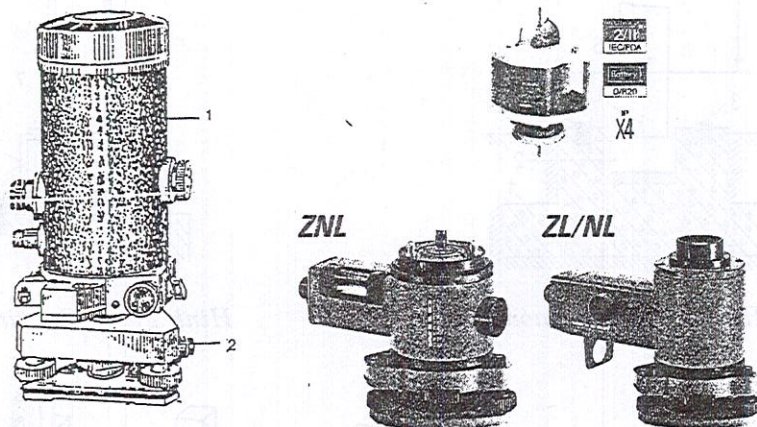
$a$  - số đọc trên mìn đặt tại điểm gốc;

$b$  - số đọc trên mìn đặt trên sàn thứ  $i$ ;

$l = l_2 - l_1$  - hiệu các số đọc trên thước dây treo.



Hình 11.32. Chiều đứng điểm trực.

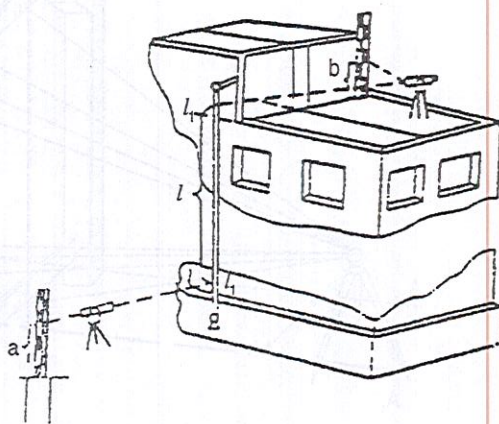


Hình 11.33. Dụng cụ chiếu đứng.

Ngoài ra, cũng có thể chuyển độ cao bằng máy toàn đạc điện tử, sử dụng công nghệ định vị vệ tinh GPS hoặc các máy đo dài điện tử cầm tay (đo bằng sóng siêu âm hoặc bằng tia laser).

## 11.9. CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA KHI XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH CÔNG NGHIỆP

Công tác trắc địa trong xây dựng nhà công nghiệp cũng được tiến hành giống như khi xây dựng công trình dân dụng, trong đó kể cả việc

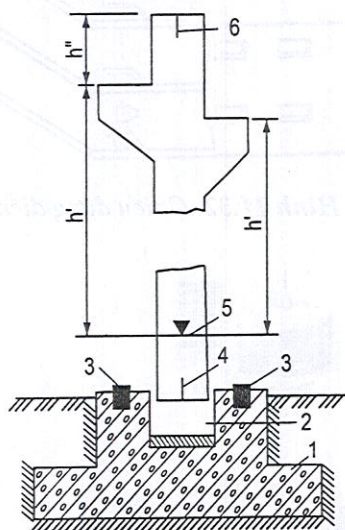


Hình 11.34. Sơ đồ chuyển độ cao.

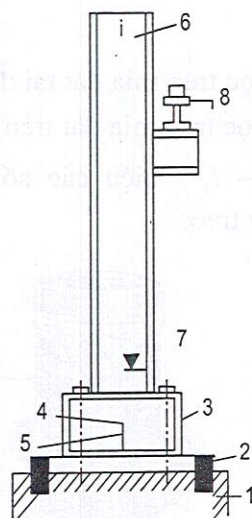


bố trí trục chính, bố trí chi tiết móng và các trục phụ cũng như lắp dựng các kết cấu xây dựng đều được thực hiện bằng những phương pháp và theo trình tự nêu trong mục 11.8.

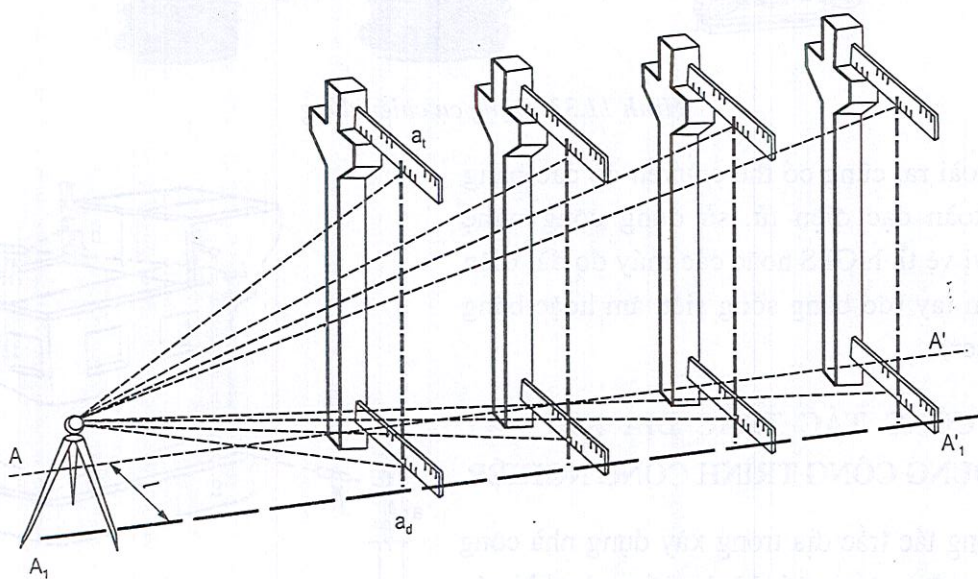
Tuy nhiên, khi lắp dựng các cột, các kết cấu chịu tải chính của nhà công nghiệp vào vị trí thiết kế và khi bố trí các cốt móng cho các cột bê tông cốt thép (hình 11.35) và hệ thống neo mấu, bulông chờ cho các kết cấu kim loại (hình 11.36) phải tiến hành rất thận trọng. Để lắp dựng và điều chỉnh hàng cột, có thể áp dụng phương pháp “đo cao bên cạnh” (hình 11.37a) hoặc phương pháp ngắm bên cạnh (hình 11.37b). Độ nghiêng cột cho phép không quá  $0,001 H$ .



Hình 11.35. Cốt móng.

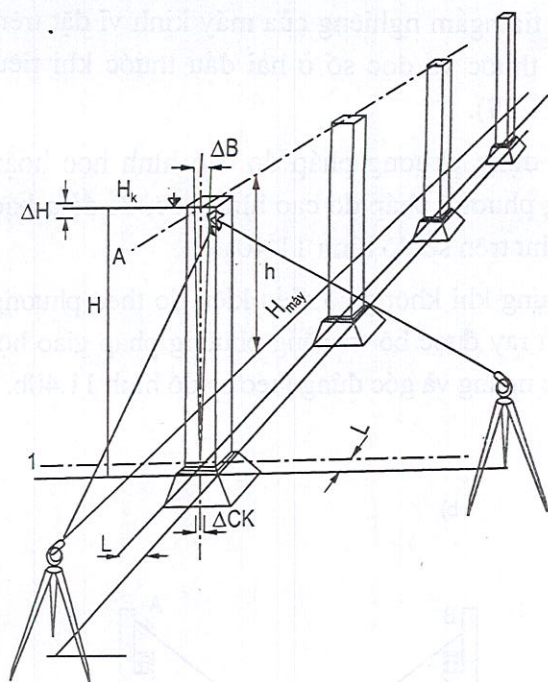


Hình 11.36. Cột kim loại.

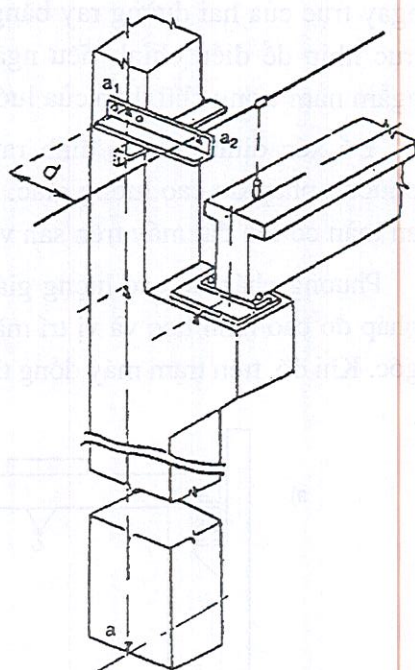


Hình 11.37a. Sơ đồ phương pháp “đo cao bên cạnh”.



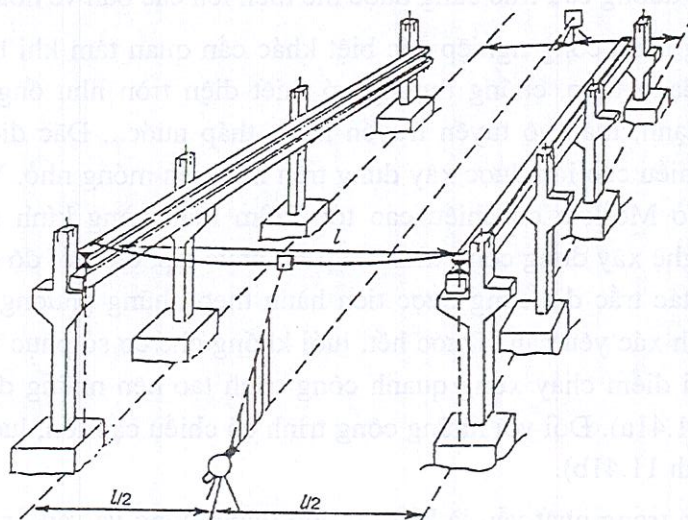


Hình 11.37b. Sơ đồ phương pháp "đo cao bên cạnh".



Hình 11.38. Căn chỉnh đường ray.

Đối với đường cầu trục nhà công nghiệp, công tác bố trí và điều chỉnh không những được tiến hành trong giai đoạn xây lắp mà còn được tiến hành theo dõi ngay cả trong quá trình sử dụng. Để lắp đặt đường ray cầu trục vào vị trí thiết kế, có thể sử dụng sơ đồ hình 11.38 trên sơ đồ d là khoảng cách thiết kế từ tim cột tới tim đường ray.



Hình 11.39. Sơ đồ bố trí trục ray của đường cầu trục.

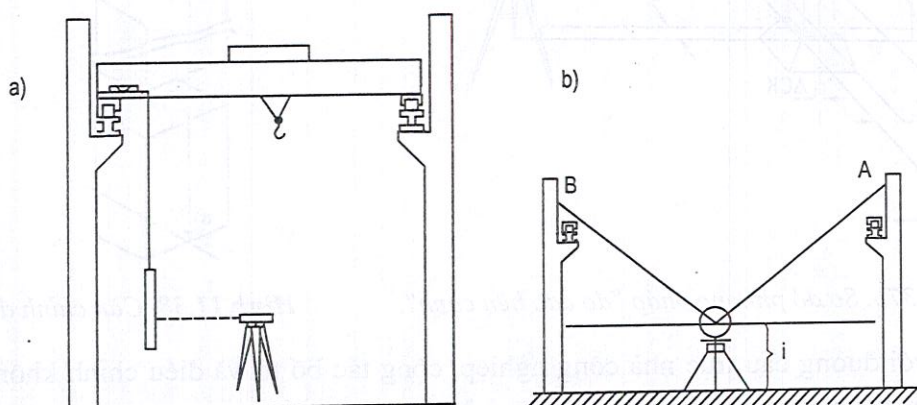
Nếu chiều rộng nhịp nhỏ hơn chiều dài thước đo, có thể bố trí trục một đường ray ở phía dưới bằng cách đặt khoảng cách  $l/2$  từ trục nhịp đến trục ray, cũng có thể bố trí



ngay trục của hai đường ray bằng cách dùng tia ngắm nghiêng của máy kinh vĩ đặt trên trục nhịp để điều chỉnh tiêu ngắm gắn trên thước và đọc số ở hai đầu thước khi tiêu ngắm nằm trong chữ thập của lưới chỉ (hình 11.39).

Để xác định độ cao đỉnh ray có thể áp dụng phương pháp đo cao hình học hoặc phương pháp đo cao lượng giác. Khi áp dụng phương pháp đo cao hình học, để đảm bảo an toàn có thể đặt máy trên sàn và bố trí đo như trên sơ đồ hình 11.40a.

Phương pháp đo cao lượng giác được áp dụng khi không có điều kiện đo theo phương pháp đo cao hình học và vị trí mặt bằng thanh ray được bố trí bằng phương pháp giao hội góc. Khi đó, trên trạm máy đồng thời đo cả góc ngang và góc đứng theo sơ đồ hình 11.40b.



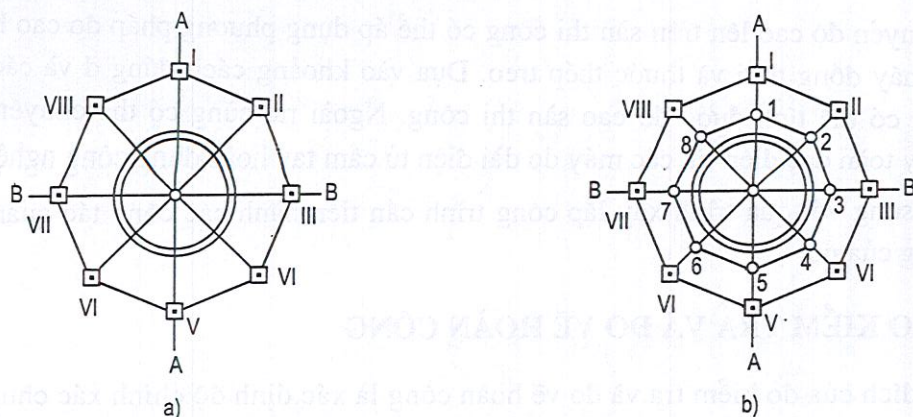
**Hình 11.40.** Sơ đồ xác định độ cao đỉnh ray

Số liệu đo đặc đường cầu trục cũng được thể hiện lên các bản vẽ hoàn công.

Một loại công trình công nghiệp đặc biệt khác cần quan tâm khi bố trí xây dựng là công trình cao dạng tháp, chúng thường có thiết diện tròn như ống khói, bể lọc, bể chung cất, làm lạnh, tháp vô tuyến truyền hình, tháp nước... Đặc điểm của loại công trình này là có chiều cao lớn được xây dựng trên một nền móng nhỏ. Ví dụ, tháp truyền hình Ôstankinô ở Moskva có chiều cao tới 540m mà đường kính móng của nó chỉ có 60m. Công nghệ xây dựng công trình tháp rất phức tạp, đòi hỏi độ chính xác rất cao, vì thế các công tác trắc địa cũng được tiến hành theo những phương pháp đặc biệt để đảm bảo độ chính xác yêu cầu. Trước hết, lưới khống chế cơ sở phục vụ xây dựng công trình tháp là lưới điểm chạy xung quanh công trình tạo nên những đường đa giác đều khép kín (hình 11.41a). Đối với những công trình có chiều cao lớn, lưới có thể bao gồm 2 vòng điểm (hình 11.41b).

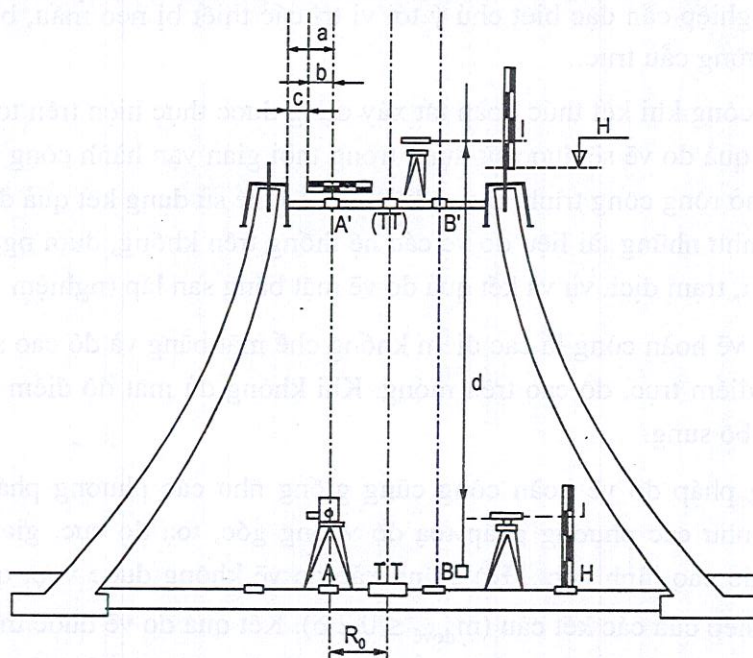
Công tác quan trọng nhất vẫn là kiểm tra độ thẳng đứng và vận xoắn của ván khuôn cũng như từng phần hoặc toàn bộ công trình đã hoàn tất xây dựng. Muốn vậy, phổ biến nhất và đảm bảo chắc chắn nhất vẫn là dùng dụng cụ chiếu thẳng đứng để chuyển trục và tâm công trình lên các tầng lắp ráp, và từ đó tiến hành lắp dựng cũng như kiểm tra, điều chỉnh từng kết cấu của công trình.





**Hình 11.41.** Lưới khống chế xây dựng công trình dạng tháp.

Để tính toán, hiệu chỉnh ảnh hưởng do mặt trời đốt nóng không đều đến thân công trình cần theo dõi cả nhiệt độ trong những khoảng thời gian nhất định. Đồng thời để kiểm tra độ nghiêng và độ uốn cong công trình ở phần đã xây dựng có thể tiến hành quan trắc những điểm mốc gắn bên ngoài trên phần vỏ công trình. Để xác định vị trí khuôn trượt có thể dùng máy chiếu thẳng đứng bố trí theo sơ đồ hình 11.42. Vị trí ván khuôn ở độ cao thiết kế sẽ nằm trên đường tròn bán kính  $R_{TK} = R_0 + a$ , trong đó  $a$  là khoảng cách được tính toán từ số liệu thiết kế,  $R_0$  là khoảng cách từ điểm đặt máy chiếu tới tâm công trình. Ngoài ra cũng có thể áp dụng phương pháp “đo cao bên cạnh” dùng tia ngắm thẳng đứng, khi đó đặt mìa nằm ngang, để mìa tiếp xúc với khuôn ván hoặc cách một khoảng bằng  $c$ , số đọc cần thiết trên mìa sẽ là  $b = a - c$  (hình 11.42).



**Hình 11.42.** Căn chỉnh vị trí ván khuôn và chuyển độ cao thiết kế.



Để chuyển độ cao lên trên sàn thi công có thể áp dụng phương pháp đo cao hình học dùng 2 máy đồng thời và thước thép treo. Dựa vào khoảng cách đứng d và các số đọc trên mia, có thể tính được độ cao sàn thi công. Ngoài ra, cũng có thể chuyển độ cao bằng máy toàn đạc điện tử, các máy đo dài điện tử cầm tay hoặc dùng công nghệ GPS.

Song song với quá trình xây lắp công trình cần tiến hành các công tác quan trắc độ biến dạng của nó.

## 11.10. ĐO KIỂM TRA VÀ ĐO VẼ HOÀN CÔNG

Mục đích của đo kiểm tra và đo vẽ hoàn công là xác định độ chính xác chuyển thiết kế công trình ra thực địa (độ chính xác thi công xây lắp) và những độ lệch cho phép trong quá trình xây dựng cũng như vị trí thực tế của công trình sau khi hoàn tất xây dựng. Muốn vậy, cần xác định tọa độ những điểm đặc trưng của công trình đã xây dựng, các kích thước hình học của nó và các số liệu cần thiết khác. Đo kiểm tra và đo vẽ hoàn công được tiến hành trong từng giai đoạn xây dựng và đo vẽ kết thúc khi hoàn tất công trình. Đo vẽ hoàn công từng phần, từng hạng mục công trình từ hố móng đến sàn nhà, từng hạng mục trong nhà công nghiệp để cung cấp những số liệu cần thiết, kịp thời điều chỉnh quá trình xây lắp nhằm đảm bảo chất lượng thi công công trình. Ở đây, cần đặc biệt chú ý tới các chi tiết sẽ nằm ngầm trong móng hoặc sẽ bị lấp kín, tới vị trí các lối ra vào của công trình ngầm. Khi đo vẽ hoàn công xây móng, cần chú ý đến vị trí mặt bằng, độ cao của các chi tiết móng. Khi lên tầng, cần chú ý tới vị trí độ thẳng đứng của cột, kích thước bên trong và độ thẳng đứng của khoang thang máy. Đối với nhà công nghiệp cần đặc biệt chú ý tới vị trí các thiết bị neo mấu, bu lông chờ, hệ thống cột và đường cầu trục...

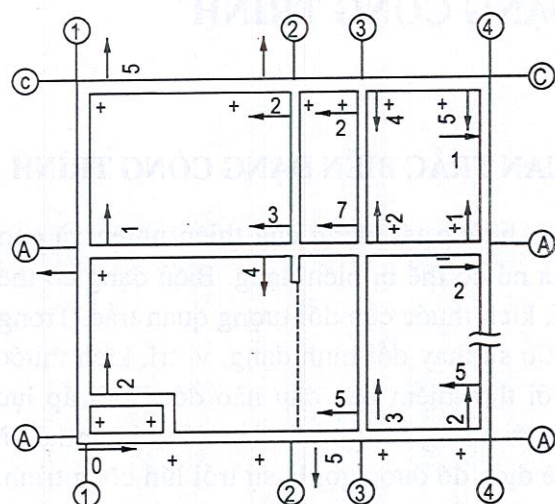
Đo vẽ hoàn công khi kết thúc hoàn tất xây dựng được thực hiện trên toàn bộ phạm vi công trình, kết quả đo vẽ sẽ được sử dụng trong thời gian vận hành công trình cũng như khi sửa chữa, mở rộng công trình. Đo vẽ kết thúc có thể sử dụng kết quả đo vẽ từng phần trước đó cũng như những tài liệu đo vẽ các hệ thống trên không, dưới ngầm, mạng giao thông, các điểm, trạm dịch vụ và kết quả đo vẽ mặt bằng san lấp (nghiệm thu san nền).

Cơ sở để đo vẽ hoàn công là các điểm khống chế mặt bằng và độ cao sẵn có trên khu vực, vị trí các điểm trực, độ cao trên móng. Khi không đủ mật độ điểm khống chế cần phải phát triển bổ sung.

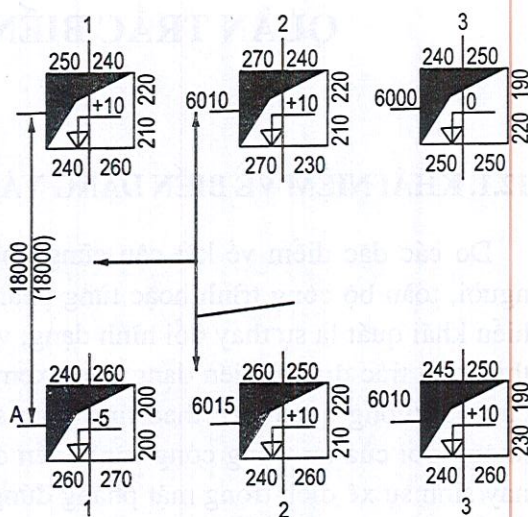
Các phương pháp đo vẽ hoàn công cũng giống như các phương pháp đo vẽ thông thường, ví dụ như các phương pháp tọa độ vuông góc, tọa độ cực, giao hội cạnh, đo khoảng cách, đo cao hình học... Độ chính xác đo vẽ không được vượt quá 20% giá trị dung sai cho phép của các kết cấu ( $m_{\text{đo vẽ}} \leq 0,2 \delta$ ). Kết quả đo vẽ được thể hiện trên bản vẽ hoàn công, trên đó chỉ rõ các kích thước thực tế của các chi tiết, kết cấu xây dựng và những giá trị độ lệch nếu có.



Trên hình 11.43 giới thiệu kết quả đo vẽ hoàn công móng băng, còn trên hình 11.44 là kết quả đo vẽ hoàn công cốt móng. Trên sơ đồ, hướng mũi tên chỉ hướng lệch còn con số ghi giá trị độ lệch hoặc kích thước thực tế, dấu + hoặc - đặc trưng cho độ lệch về độ cao so với thiết kế.



Hình 11.43. Hoàn công móng băng.



Hình 11.44. Hoàn công cốt móng.



## Chương 12

# QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH

### 12.1. KHÁI NIỆM VỀ BIẾN DẠNG VÀ QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH

Do các đặc điểm về kết cấu cũng như ảnh hưởng tác động của thiên nhiên và con người, toàn bộ công trình hoặc từng phần của nó có thể bị biến dạng. Biến dạng có thể hiểu khái quát là sự thay đổi hình dạng, vị trí, kích thước của đối tượng quan trắc. Trong thực tiễn trắc địa thì biến dạng được xem xét ở sự thay đổi hình dạng, vị trí, kích thước của đối tượng quan trắc theo thời gian so với thời điểm ban đầu nào đó. Dưới áp lực không đổi của tải trọng công trình, nền đất dưới móng công trình dần dần bị nén lại và nảy sinh sự xô dịch trong mặt phẳng đứng, xô dịch đó được gọi là sự trôi lún công trình. Ngoài áp lực do bản thân tải trọng công trình, độ lún công trình còn có thể nảy sinh do những nguyên nhân khác như do các hiện tượng cátstơ, trượt lở, thay đổi mực nước ngầm, động đất và những hoạt động của con người. Độ lún công trình có thể là đồng đều và cũng có thể không đồng đều. Do tải trọng khác nhau của từng phần công trình lên móng, cũng như độ nén của nền đất dưới móng không đều nên thường nảy sinh độ lún không đều và điều đó gây nên các hiện tượng biến dạng khác nhau như dịch chuyển, nghiêng, võng, rạn nứt công trình...

Độ lún do tác động của tải trọng công trình sẽ tăng dần theo thời gian cùng với độ nén chặt của nền đất dưới móng. Thông thường, nền cát có tốc độ lún lớn ở giai đoạn đầu, nhưng sau đó giảm lún rất nhanh. Ngược lại, nền sét lại có tốc độ lún tương đối nhỏ lúc đầu và tắt lún khá chậm trong vòng nhiều năm.

Ngoài ra, dưới tác động của các hiện tượng trượt lở cũng như áp lực từ một phía như đối với đập nước, trụ cầu, đê điều, bờ mỏ, bến cảng sẽ nảy sinh biến dạng theo phương nằm ngang, đó chính là sự chuyển dịch ngang công trình.

Tóm lại, những nguyên nhân gây ra biến dạng công trình có thể chia làm hai nhóm chính, nhóm do các yếu tố thiên nhiên và nhóm do tác động của con người. Các yếu tố thiên nhiên gây nên biến dạng công trình bao gồm các hiện tượng địa chất công trình, địa chất thủy văn, sự thay đổi mực nước ngầm và các yếu tố khí tượng...

Biến dạng tổng hợp nền móng cũng như toàn bộ nhà và công trình được đặc trưng bởi các thông số sau:

1. Độ lún toàn phần  $S$  và tốc độ lún  $V_s$  theo thời gian của nền móng cục bộ hoặc toàn bộ công trình;



2. Độ lún trung bình  $S_{tb}$  và tốc độ lún trung bình  $V_{tb}$  của từng phần hoặc toàn bộ công trình;
3. Hiệu độ lún hay độ lún lệch  $\Delta S$  giữa các điểm trên móng;
4. Độ lún lệch tương đối  $\frac{\Delta S}{l}$ , trong đó  $l$  là khoảng cách giữa hai điểm;
5. Độ nghiêng  $i$  của móng  $i = \frac{\Delta S}{L}$ , trong đó  $\Delta S$  là độ lún lệch của 2 điểm nằm trên biên móng đối diện,  $L$  là chiều rộng hoặc chiều dài móng và là đường kính móng nếu là móng tròn. Độ nghiêng móng dẫn tới độ nghiêng công trình  $Q$ , đó chính là độ lệch vị trí trục đứng công trình tại đỉnh so với phương thẳng đứng;
6. Độ võng tương đối  $\frac{f}{l}$ , trong đó:  $f$  - độ võng của móng,  $l$  - chiều dài móng;
7. Góc xoay  $\chi$  của công trình;
8. Độ dịch chuyển ngang  $U$  của công trình.

## 12.2. NHIỆM VỤ QUAN TRẮC, ĐỘ CHÍNH XÁC VÀ CHU KỲ QUAN TRẮC

Mục đích của công tác quan trắc biến dạng là xác định các đại lượng biến dạng để đánh giá độ bền vững của công trình và kịp thời đưa ra những giải pháp đảm bảo cho công trình hoạt động bình thường. Kết quả quan trắc biến dạng công trình sẽ minh chứng cho độ tin cậy của các giải pháp thiết kế móng và kết cấu xây dựng, cho phép áp dụng những biện pháp phòng chống biến dạng hay khắc phục hậu quả khi có biến dạng vượt quá những giới hạn cho phép, cũng như xác định quy luật biến dạng để có thể dự báo quá trình biến dạng tránh những tổn thất bất ngờ có thể xảy ra.

Quan trắc biến dạng công trình là một tập hợp các công tác đo đạc phức tạp, chính xác, do những chuyên gia có kinh nghiệm phụ trách nhằm xác định giá trị biến dạng và nguyên nhân gây ra biến dạng. Đối với những công trình phức tạp, quan trắc biến dạng công trình phải được đặt ra từ khi thiết kế và tiến hành ngay khi xây móng công trình. Công tác này có thể kéo dài đến những năm đầu sử dụng cho đến khi có kết luận về độ ổn định của công trình. Việc quan trắc được tiến hành theo những nhiệm vụ kỹ thuật cụ thể do đơn vị tư vấn thiết kế quy định hay đơn vị thi công đề xuất có tính đến mục đích và giải pháp kết cấu của nhà và công trình cũng như cấu tạo địa chất công trình của nền móng. Riêng những công trình đặc biệt, có thể phải thường xuyên quan trắc trong suốt quá trình sử dụng.

Việc quan trắc được tiến hành lặp đi lặp lại, có hệ thống, qua một khoảng thời gian nhất định, mỗi lần đo được gọi là một chu kỳ đo. Trong những trường hợp bất thường như thay đổi tải trọng, bão lụt, động đất..., cần tiến hành đo ngay một chu kỳ bổ sung.



Song song với việc quan trắc biến dạng công trình, để phát hiện nguyên nhân gây ra biến dạng cần tổ chức theo dõi thêm về trạng thái nhiệt độ, mực nước ngầm hay sự thay đổi tải trọng lên móng...

Để tiến hành quan trắc biến dạng công trình cần lập bản thiết kế đo đạc đặc biệt, trong đó nêu rõ mục đích yêu cầu, đặc điểm kết cấu công trình, cấu tạo và sơ đồ bố trí mốc, tính toán độ chính xác cần thiết, lựa chọn phương tiện, phương pháp đo cũng như xử lý số liệu đo. Việc lựa chọn phương tiện và phương pháp đo cũng như chi phí đo đạc phụ thuộc vào độ chính xác, vào điều kiện đo và số lượng chu kỳ đo. Độ chính xác và số chu kỳ đo đều phải được chỉ rõ trong nhiệm vụ thiết kế hoặc trong các tiêu chuẩn kỹ thuật. Tuy nhiên, có thể lấy những quy định về sai số trung phương đo biến dạng như sau:

- 1mm - đối với nhà và công trình xây trên nền đá gốc hoặc trên móng cọc;
- 2mm - đối với nhà và công trình xây trên nền cát, sét hoặc những nền đất chịu nén khác;
- 5mm - đối với nhà và công trình xây trên nền đất đắp và những nền đất chịu nén kém;
- 15mm - đối với những công trình đất đắp.

Độ nghiêng của ống khói, cột ăng ten, tháp cao được xác định với độ chính xác bằng 0,0005H, trong đó H là chiều cao của công trình.

Đối với những công trình quan trọng và phức tạp, độ chính xác quan trắc biến dạng cần phải được tính toán cụ thể.

Xác định độ chính xác quan trắc biến dạng công trình là vấn đề tương đối phức tạp, nhưng trong thực tế nhiều trường hợp có thể áp dụng công thức:

$$m_b \leq 0,2 \Delta B; \quad (12.1)$$

trong đó:  $m_b$  - sai số trung phương đo biến dạng;

$\Delta B$  - giá trị biến dạng giữa hai chu kỳ đo liên kế nhau.

Hoặc có thể lấy sai số xác định biến dạng không được vượt quá từ 5% ÷ 10% giá trị biến dạng cho phép tùy thuộc vào mục đích và tầm quan trọng của việc quan trắc.

Khoảng thời gian giữa hai chu kỳ đo liên tiếp được chọn tùy thuộc vào loại công trình, vào đặc điểm xây dựng cũng như tốc độ biến dạng công trình. Chu kỳ quan trắc đầu tiên của giai đoạn thi công được tiến hành vào thời điểm xây xong phần móng công trình. Các chu kỳ tiếp theo được ấn định tùy thuộc vào tiến độ xây dựng và mức tăng tải trọng công trình, thường tiến hành đo vào các thời điểm khi công trình đạt 25%, 50%, 75% và 100% tải trọng của nó. Đối với công trình quan trọng có chiều cao lớn, có địa chất nền móng và kết cấu phức tạp có thể tăng thêm chu kỳ đo.

### 12.3. QUAN TRẮC ĐỘ LÚN CÔNG TRÌNH

Trong kiến nghị về đo lún công trình đã quy định: Tất cả các công trình xây dựng trên khu đất mới và nền đất dễ lún, nhất thiết phải được tiến hành đo độ lún. Độ trôi lún công trình có thể được xác định bằng các phương pháp trắc địa như:



- Phương pháp đo cao hình học chính xác khoảng cách ngắn (25m);
- Phương pháp đo cao lượng giác khoảng cách ngắn (dưới 100m);
- Phương pháp đo cao thủy tĩnh;
- Phương pháp đo chụp ảnh lập thể.

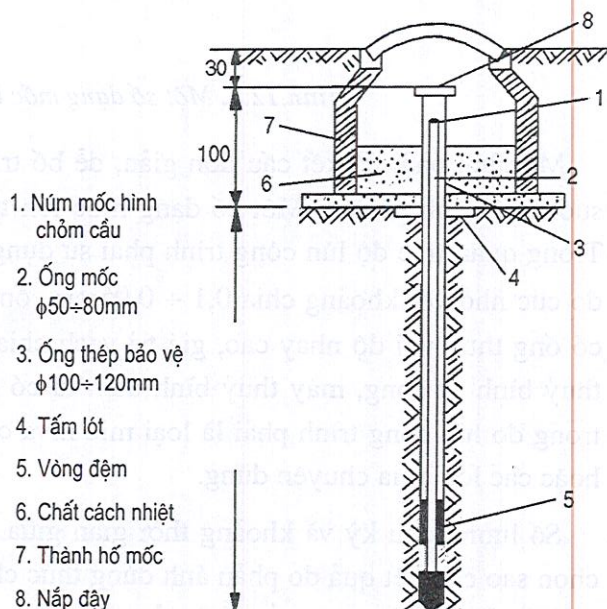
Phương pháp được áp dụng phổ biến nhất là phương pháp đo cao hình học, do có nhiều ưu điểm nên nó được xem là phương pháp thông dụng nhất, nó có độ chính xác cao, tiến hành đo đạc đơn giản, nhanh chóng, máy móc thiết bị không quá đắt tiền, có thể tiến hành đo trong những điều kiện khó khăn, chật hẹp.

Phương pháp đo cao hình học chính xác khoảng cách ngắn có thể xác định được hiệu độ cao các điểm cách nhau  $5 \div 10\text{m}$  với sai số từ  $0,05 \div 0,1\text{mm}$  và các điểm cách nhau hàng trăm mét với sai số khoảng  $0,5\text{mm}$ .

Tuỳ thuộc vào độ chính xác yêu cầu xác định độ lún, có thể áp dụng các cấp đo khác nhau, ví dụ, khi xác định độ lún của đập bê tông, công trình cao tầng xây trên móng cọc có thể đo theo tiêu chuẩn hạng I và II Nhà nước với sai số trung phương đo chênh cao trên một trạm máy khoảng  $0,3 \div 0,5\text{mm}$ ; khi xác định độ lún các công trình công nghiệp và dân dụng thường đo theo tiêu chuẩn hạng II và III Nhà nước với sai số trung phương đo chênh cao trên trạm máy khoảng  $0,5 \div 0,9\text{mm}$ .

Để xác định độ lún công trình theo phương pháp đo cao hình học cần bố trí một hệ thống các điểm mốc chuẩn và mốc lún. Những mốc này giữ một vai trò rất quan trọng trong công tác quan trắc độ lún công trình. Mốc chuẩn được bố trí ngoài vùng chịu ảnh hưởng lún, ở những nơi có độ ổn định cao, sao cho độ cao mốc chuẩn không thay đổi trong suốt thời gian đo lún, hàng năm độ cao mốc chuẩn không được thay đổi quá  $1\text{mm}$ , ngoài ra mốc chuẩn cũng không được bố trí quá xa công trình để hạn chế sự tích lũy sai số khi đo.

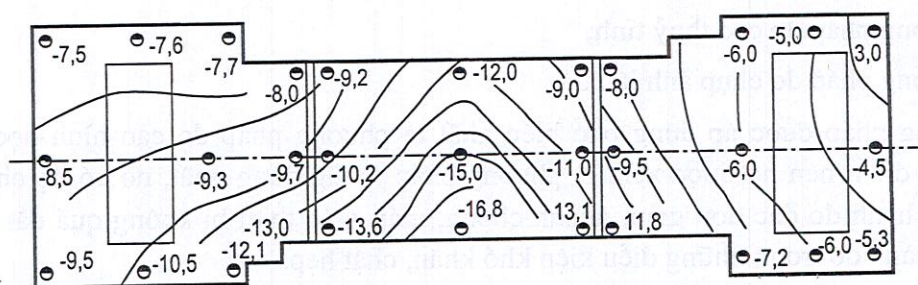
Để đánh giá được độ ổn định của các mốc chuẩn và đảm bảo mức độ tin cậy khi xác định độ lún, đối với mỗi công trình độc lập cần xây dựng ít nhất là 3 mốc nếu chúng là mốc chôn sâu và 4 mốc nếu chúng là mốc gắn tường. Mốc chôn sâu phổ biến nhất là mốc dạng ống thép (hình 12.1). Độ sâu chôn mốc tuỳ thuộc vào đặc điểm địa chất nơi bố trí mốc, sao cho thân mốc được đưa xuống tới nền đất ổn định. Nếu cần chôn sâu



Hình 12.1. Mốc chôn sâu

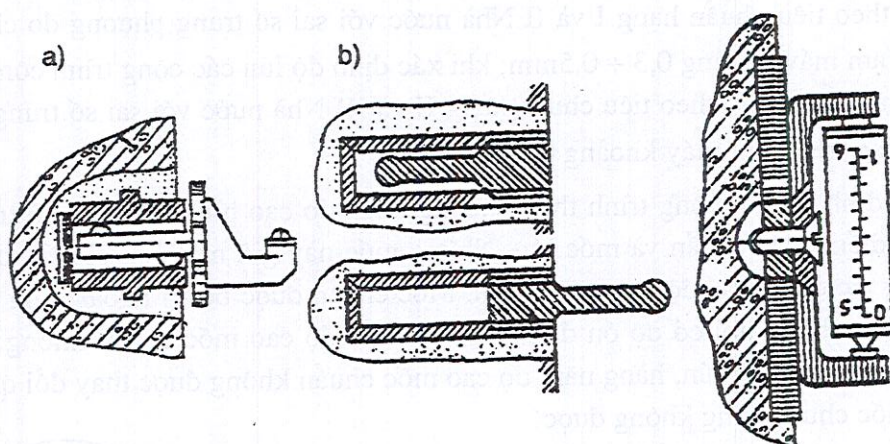


tối hàng chục mét cần phải sử dụng những loại ống thép có đường kính tới 170mm. Mốc chôn sâu cũng có thể là dạng cọc bê tông đóng sâu xuống đất.



Hình 12.2. Sơ đồ bố trí mốc lún trên công trình.

Mốc đo lún được gắn trực tiếp lên thân móng, lên các cột, hai bên khe lún và các phần chịu lực xung quanh công trình cũng như ở những vị trí được dự đoán là lún mạnh. Mốc lún có thể được bố trí như trên sơ đồ hình 12.2.



Hình 12.3. Một số dạng mốc lún gắn trên công trình.

Mốc lún phải có kết cấu đơn giản, dễ bố trí nhưng phải đảm bảo độ bền chắc trong suốt quá trình đo lún. Một số dạng mốc lún tiêu biểu được nêu trên hình 12.3 - 12.4. Trong quan trắc độ lún công trình phải sử dụng các loại máy thủy bình chính xác có bộ đo cực nhỏ với khoảng chia  $0,1 \div 0,05\text{mm}$ , ống kính có độ phóng đại từ 30 lần trở lên, có ống thủy với độ nhạy cao, giá trị vạch chia không quá  $12''/2\text{mm}$  hoặc các loại máy thủy bình tự động, máy thủy bình điện tử có độ chính xác tương đương. Mìe sử dụng trong đo lún công trình phải là loại mìe invar có khoảng chia trên mìe không quá 5 mm hoặc các loại mìe chuyên dùng.

Số lượng chu kỳ và khoảng thời gian giữa hai chu kỳ quan trắc được tính toán, lựa chọn sao cho kết quả đo phản ánh đúng thực chất quá trình lún của công trình, quá trình cố kết của đất nền và sự ổn định của nền móng.



Nói chung có thể chọn khoảng thời gian giữa hai chu kỳ đo dựa vào 3 giai đoạn:

- Giai đoạn thi công công trình;
- Giai đoạn đầu vận hành công trình;
- Giai đoạn công trình bắt đầu ổn định.

Trong giai đoạn thi công cần theo dõi thường xuyên để đảm bảo thi công an toàn và cung cấp được những số liệu về độ lún một

cách khách quan nhất. Trong giai đoạn đầu vận hành công trình, khoảng thời gian giữa hai lần quan trắc kế tiếp được xác định tùy thuộc vào tốc độ lún của công trình, có thể chọn bằng từ 1 đến 3 tháng. Khi độ lún công trình trong 3 chu kỳ liên tiếp không thay đổi, có thể xem như công trình bắt đầu giai đoạn ổn định lún. Trong giai đoạn này, thời gian giữa các chu kỳ quan trắc có thể cách nhau từ 6 tháng đến 1 năm. Kết quả đo chu kỳ đầu được xem là cơ sở gốc để xác định độ lún của các điểm trên công trình trong các chu kỳ sau. Dựa vào kết quả tính toán, xử lý các chu kỳ đo tiếp theo, ta có thể xác định được các thông số lún và lập được các biểu đồ lún bao gồm:

- Độ lún  $S$  giữa hai chu kỳ liên tiếp nhau ( $j - 1$ ) và  $j$ :

$$S_{j-(j-1)} = H_j - H_{j-1} \quad (12.2)$$

- Tổng độ lún tính từ chu kỳ đầu:

$$S_j = H_j - H_0 \quad (12.3)$$

- Độ lún lệch giữa hai điểm trong chu kỳ  $j$ :

$$\Delta S_{1-2} = (S_2 - S_1)_j \quad (12.4)$$

từ đó có thể tính được độ nghiêng móng.

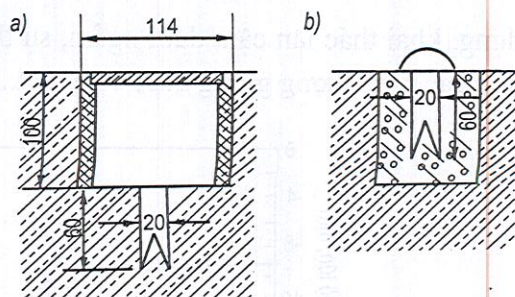
- Tốc độ lún của các điểm:  $V_i = \frac{S_i}{t}$ ; (12.5)

và tốc độ lún trung bình của công trình:

$$V_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^r V_i}{r}; \quad (12.6)$$

trong đó:  $r$  - số lượng mốc lún gắn trên công trình.

Để cho dễ nhìn nhận và hình dung được xu hướng lún của công trình cần lập các biểu đồ độ lún theo trục (hình 12.5), bình đồ đường đẳng lún (hình 12.2) và biểu đồ lún một số mốc đặc trưng (hình 12.6). Ngoài ra còn cần ghi nhận lại những tác động của con người và thiên nhiên có ảnh hưởng đến độ ổn định của công trình như hoạt động xây

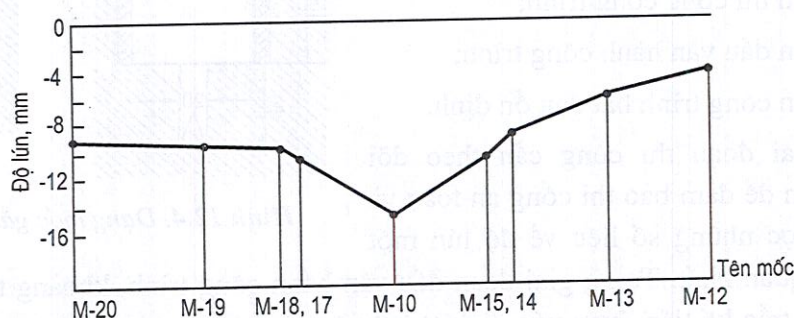


Hình 12.4. Dạng mốc gắn trên nền.

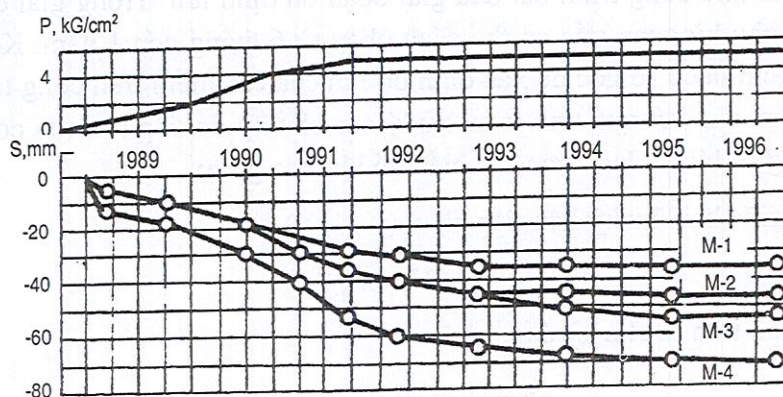




dụng, khai thác lân cận, dưới ngầm, sự thay đổi mực nước ngầm, thay đổi nhiệt độ cũng như các hiện tượng giống bão, động đất...



**Hình 12.5. Biểu đồ độ lún theo trục**



**Hình 12.6. Biểu đồ độ lún của các mốc.**

Trên cơ sở những kết quả quan trắc và xử lý số liệu có thể dự đoán được quá trình phát triển lún, điều này có một ý nghĩa hết sức quan trọng cho quá trình vận hành sử dụng công trình cũng như lựa chọn phương án thiết kế, xử lý móng và lựa chọn công nghệ thi công cho những công trình, những nền móng tương tự. Phương pháp thủy tĩnh cũng có độ chính xác cao, nó được ưu tiên áp dụng ở những nơi khó lui tới, trong các tầng hầm chật chội, độ chiếu sáng kém, có những tác động có hại cho sức khỏe con người như dưới các tầng hầm và trong các nhà máy gia tốc hạt, nhà máy điện nguyên tử. Phương pháp đo cao lượng giác có độ chính xác thấp hơn, nhưng nó lại thuận lợi trong những trường hợp phải quan trắc nhiều điểm của công trình ở những độ cao khác nhau như trên công trình đập thủy điện. Hiện nay, công nghệ GPS cũng bắt đầu được áp dụng có hiệu quả trong quan trắc biến dạng.

## 12.4. QUAN TRẮC CHUYỂN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH

Quan trắc chuyển dịch ngang từng phần toà nhà hoặc toàn bộ công trình được tiến hành bằng nhiều phương pháp trắc địa như phương pháp đo hướng chuẩn, phương pháp



toạ độ (dùng máy toàn đạc điện tử, đo tam giác, đo toàn cạnh, đo hướng giao hội, đo đường chuyền...), phương pháp đo chụp ảnh lập thể, phương pháp dùng công nghệ GPS và phương pháp kết hợp.

Độ chuyển dịch tuyệt đối của công trình được xác định so với những điểm gốc cố định nằm ngoài phạm vi bị dịch chuyển. Ngoài ra còn có thể xác định được độ dịch chuyển tương đối giữa các điểm trên công trình so với nhau. Độ chính xác quan trắc chuyển dịch ngang các phần toà nhà và công trình được quy định tùy thuộc đặc điểm và nền móng của chúng và không được vượt quá những giá trị sau :

- 1mm đối với nhà và công trình xây trên nền đá gốc và nửa gốc;
- 3mm đối với nhà và công trình xây trên nền cát, sét và những nền đất chịu nén;
- 5mm đối với nhà và công trình xây trên nền đất lấp, dễ lún và những nền đất kém chịu nén khác;
- 15mm đối với những công trình đắp đất.

Đối với những công trình quan trọng, đòi hỏi độ chính xác cao, độ chính xác quan trắc chuyển dịch được xác định trên cơ sở những tính toán cụ thể. Số lượng và khoảng thời gian giữa hai chu kỳ quan trắc chuyển dịch ngang công trình phụ thuộc vào đặc điểm của nền móng, vào dạng công trình, vào độ chuyển dịch dự tính và vào tiến độ cũng như công nghệ thi công công trình.

Chu kỳ quan trắc đầu tiên được tiến hành sau khi các mốc chuẩn đã bắt đầu ổn định và khi chưa có áp lực ngang lên công trình. Chu kỳ này thường được đo đi đo lại  $2 \div 3$  lần.

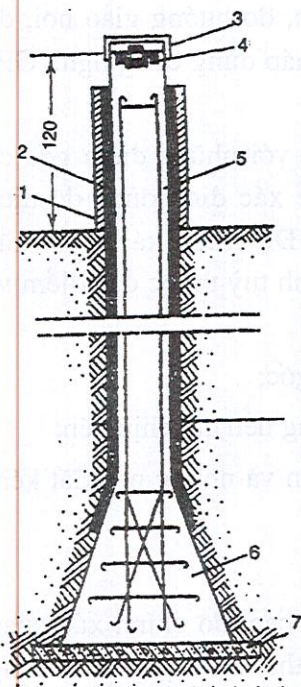
Chu kỳ thứ hai tiến hành ngay sau khi có áp lực ngang lên công trình. Sau đó tiến hành đo các chu kỳ tiếp theo dựa vào sức tăng hoặc giảm áp lực ngang lên công trình nếu nó vượt quá 25% áp lực thiết kế. Sau khi công trình được đưa vào sử dụng, việc quan trắc còn được tiến hành để kiểm tra độ ổn định và bền chắc của nó bằng cách đo vài chu kỳ trong một năm vào những thời điểm có thay đổi đột ngột của các yếu tố bên ngoài, thường là trước và sau mùa mưa.

Quan trắc chuyển dịch ngang công trình có thể kết thúc khi tốc độ chuyển dịch giảm dần và đạt giá trị không quá 2mm/năm. Trong trường hợp thay đổi chế độ và điều kiện vận hành công trình cũng như khi xuất hiện những hiện tượng biến dạng vượt quá quy định thiết kế cần phải khôi phục lại công tác quan trắc.

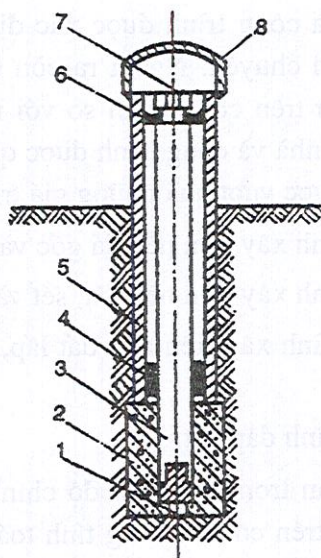
Để quan trắc chuyển dịch ngang cần bố trí các mốc chuyển dịch vào càng gần móng càng tốt để giảm ảnh hưởng của biến dạng do nhiệt độ và độ nghiêng công trình. Các mốc bố trí cách nhau từ 10 đến 20m.

Mốc chuẩn được bố trí ngoài phạm vi chuyển dịch, tại những nơi ổn định và được đo nối tới các điểm định hướng để kiểm tra. Nếu trong các chu kỳ phát hiện mốc chuẩn cũng bị dịch chuyển vượt quá giới hạn thì phải tính toán hiệu chỉnh. Mốc chuẩn có thể là cột bê tông cốt thép (hình 12.7) hay dạng ống thép (hình 12.8).

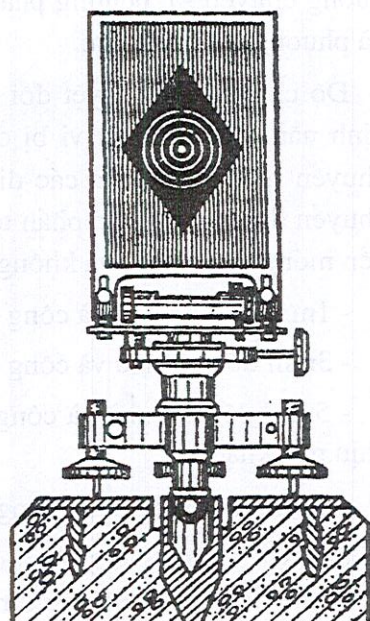




Hình 12.7. Cột bê tông.

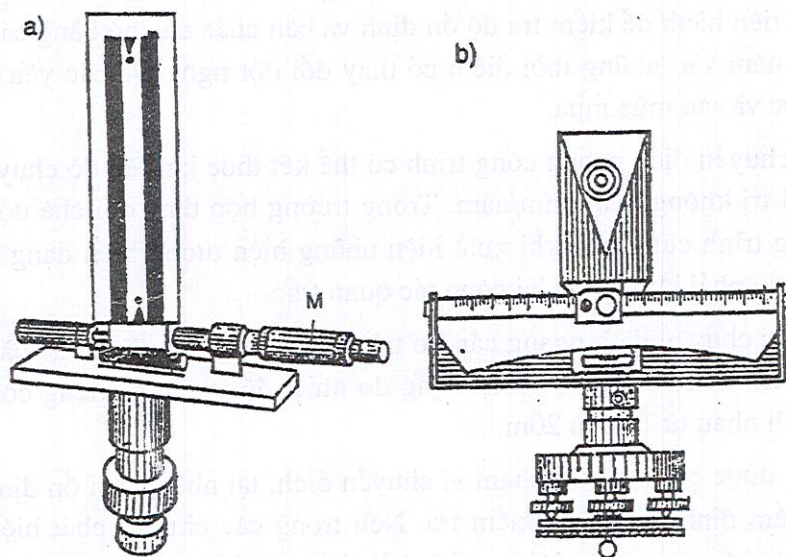


Hình 12.8. Ống thép.



Hình 12.9. Bảng ngắm cố định.

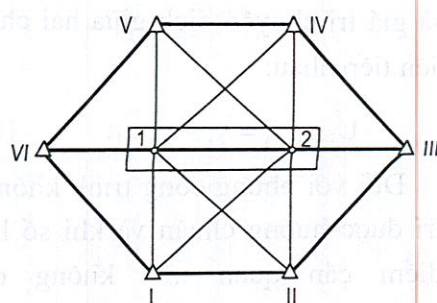
Bảng ngắm sử dụng trong quan trắc chuyển dịch ngang công trình thường có hai loại, loại bảng ngắm cố định và loại bảng ngắm di động. Bảng ngắm cố định (hình 12.9) thường được dùng trong các phương pháp có đo góc và đo hướng. Bảng ngắm di động (hình 12.10a, b) là loại bảng ngắm có thể xô dịch tới từng 0,01mm trong một phạm vi nhất định trên thang số nằm ngang, nó thường được sử dụng trong phương pháp đo hướng chuẩn.



Hình 12.10. Hai loại bảng ngắm di động.



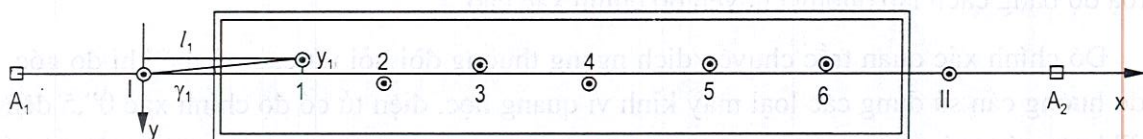
Đối với những công trình có các mốc chuyển dịch gần ở nhiều độ cao khác nhau như đập thủy điện, thì tiện lợi nhất là áp dụng phương pháp tọa độ có sử dụng máy toàn đạc điện tử hoặc công nghệ GPS, hình 12.11.



Hình 12.11. Lưới quan trắc.

Trên cơ sở so sánh tọa độ các điểm chuyển dịch 1, 2 trên công trình xác định được trong các chu kỳ tiếp theo với tọa độ của chúng đã xác định được trong chu kỳ đầu ta có thể tính được giá trị chuyển dịch cũng như hướng chuyển dịch của các điểm ấy. Hiện nay, nhờ có sự phát triển mạnh của tiến bộ kỹ thuật đã xuất hiện nhiều loại thiết bị đo đạc hiện đại như các loại máy toàn đạc điện tử cùng một lúc có thể xác định được tọa độ không gian của điểm với độ chính xác cao nên việc áp dụng phương pháp tọa độ là rất tiện lợi và kinh tế.

Đối với những công trình có thể gắn các mốc chuyển dịch trên gần cùng một độ cao và thẳng hàng, thì tiện lợi nhất là áp dụng phương pháp hướng chuẩn. Ở hai đầu hướng chuẩn cần bố trí các mốc chuẩn  $A_1, A_2$  (hình 12.12) và các mốc quan trắc I, II nằm trên hướng chuẩn đó. Độ dịch chuyển của các điểm 1, 2... gắn trên công trình được xác định qua sự thay đổi độ lệch  $y$  so với hướng chuẩn giữa các chu kỳ quan trắc. Độ lệch này có thể được xác định gián tiếp bằng phương pháp đo góc hay xác định trực tiếp nhờ sử dụng bảng ngắm di động.



Hình 12.12. Sơ đồ hướng chuẩn.

Khi áp dụng phương pháp đo góc nhỏ, độ lệch được tính theo công thức:

$$y_i = l_i \frac{\gamma_i''}{\rho''}; \quad (12.7)$$

Trong trường hợp sử dụng bảng ngắm di động, độ lệch  $y$  được xác định trực tiếp qua số đọc trên thang số khi điều chỉnh bảng ngắm vào đúng hướng chuẩn. Khoảng cách từ mốc chuẩn tới các điểm trên công trình không được vượt quá 1000m, nếu khoảng cách lớn hơn cần đo theo các chương trình phân đoạn.

Phương pháp này tương đối đơn giản, khối lượng tính toán ít và có thể tự động hoá quá trình đo đạc, đọc số. Giá trị chuyển dịch của điểm trong chu kỳ đo so với chu kỳ đầu được xác định theo công thức:

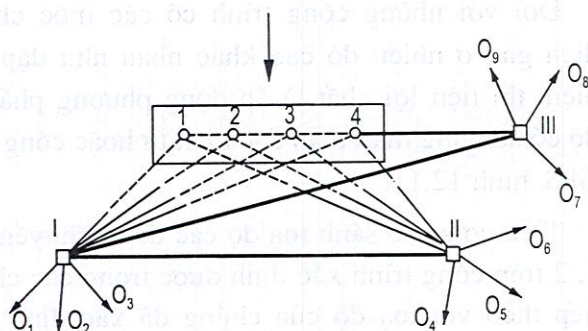
$$U_{j-0} = y_j - y_0; \quad (12.8)$$



và giá trị chuyển dịch giữa hai chu kỳ liên tiếp nhau:

$$U_{j-(j-1)} = y_j - y_{j-1}; \quad (12.9)$$

Đối với những công trình không bố trí được hướng chuẩn và khi số lượng điểm cần quan trắc không nhiều (khoảng 3 ÷ 4 điểm) có thể áp dụng phương pháp đo hướng. Để áp dụng phương pháp này cần bố trí ít nhất ba mốc chuẩn I, II, III (hình 12.13).



Hình 12.13. Phương pháp đo hướng.

Đại lượng dịch chuyển của các điểm xác định từ mốc chuẩn được tính theo công thức:

$$q = S \frac{\Delta\beta''}{\rho''}; \quad (12.10)$$

trong đó: S - khoảng cách từ mốc chuẩn đến điểm chuyển dịch trên công trình;  $\Delta\beta$  - giá trị thay đổi của hướng ngắm tới điểm trên công trình giữa các chu kỳ quan trắc. Các hướng ngắm từ các điểm chuẩn tới các điểm định hướng  $O_1, O_2, \dots$  trong mọi chu kỳ đều phải giữ nguyên và dùng để kiểm tra độ ổn định của mốc chuẩn. Để xác định độ chuyển dịch các công trình dạng vòng cung hoặc dạng tròn có thể áp dụng phương pháp tọa độ bằng cách lập đường chuyển độ chính xác cao.

Độ chính xác quan trắc chuyển dịch ngang thường đòi hỏi rất cao, vì thế khi đo góc, đo hướng cần sử dụng các loại máy kinh vĩ quang học, điện tử có độ chính xác  $0''{,}5$  đến  $2''$  hoặc các máy chuyên dùng và dụng cụ đo dài cho phép đo được các cạnh với sai số tương đối không quá  $1/300\,000$ . Kết quả quan trắc chuyển dịch ngang cũng được xử lý tính toán lập bảng biểu và biểu diễn bằng biểu đồ để tiện cho việc theo dõi, sử dụng những kết quả ấy.

## 12.5. QUAN TRẮC ĐỘ NGHIÊNG VÀ ĐỘ RẠN NÚT CÔNG TRÌNH

Độ nghiêng là một đặc trưng biến dạng của công trình, nó thường xảy ra đối với những công trình cao như ống khói, tháp vô tuyến truyền hình, cột ăng ten, nhà cao tầng... Độ nghiêng có thể xuất hiện do thi công bị sai lệch, do công trình bị lún không đều, cũng như do sự uốn cong, vặn xoắn phần trên công trình dưới tác động đốt nóng không đều của mặt trời và áp lực gió. Vì thế, để có được đầy đủ thông tin về độ nghiêng, độ uốn cong cần phải kết hợp quan trắc cả phần móng và phần thân công trình. Độ nghiêng công trình cũng được quan trắc ngay trong quá trình xây dựng và cả trong giai đoạn sử dụng.



Khi quan trắc độ nghiêng công trình phải đảm bảo các sai số giới hạn không được vượt quá:

0,0001L - đối với móng tổ máy và bệ máy;

0,0001H - đối với tường nhà dân dụng và công nghiệp ;

0,0005H - đối với ống khói, tháp cao và cộtăng ten;

Trong đó L và H tương ứng là chiều dài móng và chiều cao công trình. Tùy thuộc vào hình dạng và độ cao của công trình, vào các yếu tố kỹ thuật và điều kiện quan trắc, độ nghiêng công trình có thể được xác định bằng nhiều phương pháp. Phương pháp đơn giản nhất để xác định độ nghiêng là dùng quả dọi và dụng cụ chiếu thẳng đứng. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của ngoại cảnh nên quả dọi chỉ được dùng để xác định độ nghiêng những công trình có chiều cao không quá 15m. Đối với những công trình có chiều cao lớn (tới hàng trăm mét) có thể sử dụng dụng cụ chiếu thẳng đứng quang học hoặc dùng tia laze, cũng có thể dùng các loại máy quang học hoặc điện tử có kính ngắm vuông góc. Những dụng cụ này cho phép xác định độ lệch so với phương thẳng đứng với sai số không quá 1mm trên 100m chiều cao. Tuy nhiên, nó chỉ được áp dụng khi có thể đặt dụng cụ vào tâm công trình hoặc có tầm nhìn thông suốt theo phương thẳng đứng.

Trong thực tế, nhất là đối với những công trình đang vận hành có độ cao lớn, độ nghiêng của chúng lại thường được xác định bằng máy kinh vĩ theo phương pháp tọa độ, phương pháp chiếu hoặc phương pháp đo hướng...

Trong phương pháp tọa độ, độ nghiêng được xác định bằng cách đặt một đường chuyền gồm 3 ÷ 4 điểm mốc chạy xung quanh và cách công trình một khoảng gần bằng 2 lần chiều cao của nó. Trong mỗi chu kỳ đo, dùng phương pháp giao hội hoặc dùng máy toàn đạc điện tử để xác định tọa độ điểm tâm trên công trình. Theo hiệu tọa độ đỉnh xác định được giữa các chu kỳ ta có thể tính được độ nghiêng thành phần:

$$Q_x = x_j - x_o; \quad Q_y = y_j - y_o; \quad (12.11)$$

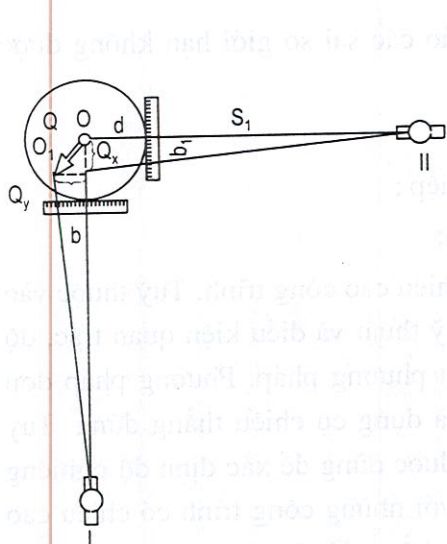
độ nghiêng toàn phần và hướng nghiêng:

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}; \quad (12.12)$$

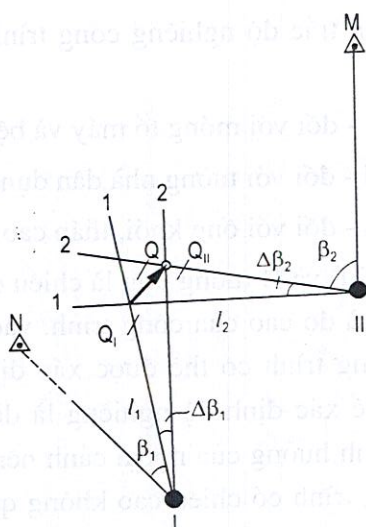
$$\operatorname{tg} \alpha_Q = \frac{Q_y}{Q_x}; \quad (12.13)$$

Trong phương pháp chiếu, từ hai điểm I, II (hình 12.14) nằm trên hai trục vuông góc của công trình và cách công trình một khoảng bằng hai lần chiều cao của nó, ta dùng máy kinh vĩ chính xác chiếu điểm đỉnh công trình xuống chân công trình (ngang tâm máy). Biết được khoảng cách S từ máy đến công trình, bán kính của nó và các số đọc  $b, b_1$  trong mỗi chu kỳ ta có thể tính được các độ lệch thành phần  $Q_x, Q_y$  và độ lệch toàn phần Q theo công thức (12.12).





Hình 12.14. Phương pháp chiếu.



Hình 12.15. Phương pháp đo góc ngang.

Trong trường hợp chân công trình bị che khuất, có thể áp dụng phương pháp đo góc ngang  $\beta$  tại điểm quan trắc I, II (hình 12.15) giữa hướng tới điểm chuẩn M, N và hướng tới điểm đỉnh công trình. Theo giá trị thay đổi của góc đo giữa các chu kỳ và khoảng cách từ điểm đo tới công trình ta cũng có thể xác định được độ nghiêng thành phần:

$$Q_I = \frac{l_1 \Delta \beta_1}{\rho''}; \quad Q_{II} = \frac{l_2 \Delta \beta_2}{\rho''}; \quad (12.14)$$

và độ nghiêng toàn phần  $Q$  theo công thức (12.12). Nếu hai hướng từ điểm I và II tới công trình không vuông góc mà cắt nhau dưới một góc  $\gamma$  thì độ nghiêng toàn phần được tính theo công thức:

$$Q = \frac{1}{\sin \gamma} \sqrt{Q_I^2 + Q_{II}^2 - 2Q_I Q_{II} \cos \gamma}; \quad (12.15)$$

Độ nghiêng móng công trình thường được xác định theo phương pháp đo cao hình học chính xác hoặc dùng máy đo độ nghiêng móng.

Biến dạng nền móng không những làm cho công trình bị nghiêng mà có thể còn sinh ra những vết rạn nứt trên các kết cấu chịu tải. Để quan trắc sự phát triển của các vết rạn nứt có thể sử dụng dạng tiêu mốc đặc biệt gắn trực tiếp vào khu vực vết nứt. Trường hợp đơn giản nhất là dùng thước và compa để đo chiều rộng vết nứt. Để có đầy đủ thông tin về hiện tượng rạn nứt cần kết hợp ghi chép, mô tả và minh họa bằng hình ảnh.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Quang Tác. *Trắc địa*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 1998.
- [2]. Nguyễn Quang Tác. *Trắc địa ứng dụng độ chính xác cao*. Giáo trình cao học. Đại học Mỏ - Địa chất. Hà Nội, 1998.
- [3]. Nguyễn Quang Tác và nnk. *Chương 2, Sổ tay xây dựng thủy điện*. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. Hà Nội, 1998.
- [4]. Nguyễn Quang Tác. *Tổng kết đề tài Nhà nước 46A-05-01*. Hà Nội, 1990.
- [5]. Đỗ Hữu Hình và nnk. *Trắc địa*. Nhà xuất bản Giáo dục. Hà Nội, 1992.
- [7]. Nguyễn Tấn Lộc và nnk. *Trắc địa đại cương*. Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh, 1996.
- [8]. Hoàng Xuân Thành. *Trắc địa đại cương*. Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội, 2006.
- [9]. *Ký hiệu bản đồ địa hình*. Tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1: 2000 và 1:5000. Tổng cục Địa chính. Hà Nội, 1995.
- [10]. Tiêu chuẩn ngành 96 TCN 42-90. *Quy phạm đo vẽ bản đồ địa hình*. Tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1: 2000 và 1:5000 (phần trong phòng).
- [11]. Tiêu chuẩn ngành 96 TCN 42-90. *Quy phạm đo vẽ bản đồ địa hình*. Tỷ lệ 1:500, 1:1000, 1: 2000 và 1:5000 (phần ngoài trời).
- [12]. Tiêu chuẩn và quy tắc xây dựng - SNIP. 3.01.03.84. Matxcova, 1998. *Công tác trắc địa trong xây dựng - Tiêu chuẩn LB Nga* (bản tiếng Nga) .
- [13]. *Quy phạm trắc địa công trình GB. 50026-93*. Bắc Kinh 1993.
- [14]. Андреева. Ph.V. và nnk. *Đảm bảo trắc địa trong xây dựng dân dụng và công nghiệp*. Matxcova, Nhedra 1988 (bản tiếng Nga).
- [15]. Aphanaxiev V.G., Muraviev A.V. *Trắc địa và trắc địa mở trong xây dựng giao thông*. Matxcova, Nhedra 1987 (bản tiếng Nga).
- [16]. Bolsakov V.D., Markuze IU. I. *Thực hành lý thuyết xử lý toán học các kết quả đo đạc*. Matxcova, Nhedra 1984 (bản tiếng Nga).
- [17]. Bolsakov V.D., Vaxiutinski I.IU. Kliusin E.B. và nnk. *Các phương pháp và dụng cụ đo đạc chính xác cao trong xây dựng*. Matxcova, Nhedra 1976 (bản tiếng Nga).
- [18]. Bukrinxki V.A. và nnk. *Cơ sở trắc địa và trắc địa mở*. Matxcova, Nhedra 1984 (bản tiếng Nga).
- [19]. Bus. V.V., Kalughin V.V. *Công tác trắc địa khi xây dựng công trình dạng tháp*. Matxcova, Nhedra 1985 (bản tiếng Nga).



- [20]. Kliusin E.B. và nnk. *Trắc địa công trình*. Trung tâm xuất bản Viện hàn lâm, Matxcova 2006 (bản tiếng Nga).
- [21]. Kliusin E.B. và nnk. *Thực hành trắc địa ứng dụng*. Matxcova, Nhedra 1985 (bản tiếng Nga).
- [22]. Levtruc G.P. và nnk. *Trắc địa ứng dụng - Các phương pháp và nguyên tắc cơ bản của công tác trắc địa công trình*. Matxcova, Nhedra 1981 (bản tiếng Nga).
- [23]. Levtruc G.P. và nnk. *Trắc địa ứng dụng - Các công tác trắc địa trong khảo sát và xây dựng công trình*. Matxcova, Nhedra 1983 (bản tiếng Nga).
- [24]. Xundacov IA.A. *Công tác trắc địa trong xây dựng công trình công nghiệp lớn và nhà cao tầng*. Matxcova, Nhedra 1980 (bản tiếng Nga).
- [25]. Phendman V.D., Mikhelev D.S. *Cơ sở trắc địa công trình*. Matxcova, Nhedra 1988 (bản tiếng Nga).
- [26]. Jack C., Mc. Cormac. *Surveying Fundamentals*. PrentreeHall, 2002.
- [27]. Kaplan E. *Understanding GPS: Principles & Applications*. Artech House Publishers. Boston, 2002.



# MỤC LỤC

|                                                                                                                                         | Trang |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Lời nói đầu</b>                                                                                                                      | 3     |
| <b>Thuật ngữ - Định nghĩa - Viết tắt - Ký hiệu</b>                                                                                      | 5     |
| <b>Phần thứ nhất</b>                                                                                                                    |       |
| <b>NHỮNG KIẾN THỨC CHUNG VỀ TRẮC ĐỊA</b>                                                                                                |       |
| <b>Chương 1. Mở đầu</b>                                                                                                                 |       |
| 1.1. Khái niệm về môn học và nhiệm vụ của trắc địa                                                                                      | 7     |
| 1.2. Vai trò của trắc địa đối với ngành xây dựng                                                                                        | 9     |
| <b>Chương 2. Những kiến thức cơ bản</b>                                                                                                 |       |
| 2.1. Khái niệm về hình dạng và kích thước của quả đất                                                                                   | 11    |
| 2.2. Nguyên tắc biểu diễn bề mặt quả đất lên mặt phẳng.<br>Khái niệm về bình đồ, bản đồ và mặt cắt                                      | 12    |
| 2.3. Ảnh hưởng của độ cong quả đất tới khoảng cách và độ cao các điểm                                                                   | 14    |
| 2.4. Hệ toạ độ địa lý                                                                                                                   | 16    |
| 2.5. Hệ toạ độ trắc địa thế giới - 84 (WGS - 84)                                                                                        | 17    |
| 2.6. Khái niệm về một số phép chiếu và hệ toạ độ vuông góc phẳng                                                                        | 18    |
| 2.7. Tỷ lệ và thước tỷ lệ                                                                                                               | 23    |
| 2.8. Chia mảnh và đánh số hiệu bản đồ                                                                                                   | 25    |
| 2.9. Khái niệm về định hướng đường thẳng và các góc phương vị                                                                           | 27    |
| 2.10. Mối quan hệ giữa phương vị định hướng $\alpha$ của hai cạnh liên tiếp nhau -<br>Bài toán chuyển phương vị                         | 30    |
| 2.11. Tính toạ độ vuông góc, hai bài toán trắc địa cơ bản - Bài toán thuận<br>(bài toán chuyển toạ độ) và bài toán ngược trong trắc địa | 31    |
| <b>Chương 3. Lý thuyết sai số đo đạc</b>                                                                                                |       |
| 3.1. Khái niệm về lý thuyết sai số và phép đo                                                                                           | 33    |
| 3.2. Phân loại sai số đo, tính chất của sai số ngẫu nhiên                                                                               | 34    |
| 3.3. Đánh giá độ chính xác đại lượng đo trực tiếp                                                                                       | 35    |
| 3.4. Đánh giá độ chính xác đại lượng đo gián tiếp                                                                                       | 39    |
| 3.5. Khái niệm về đánh giá kết quả đo không cùng độ chính xác                                                                           | 42    |
| 3.6. Những đơn vị thường dùng và quy tắc làm tròn số khi tính toán                                                                      | 43    |



## Phần thứ hai

### CÁC PHƯƠNG PHÁP VÀ DỤNG CỤ ĐO ĐẠC CƠ BẢN

#### Chương 4. Đo góc ngang và góc đứng

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Nguyên lý đo góc ngang và góc đứng                          | 45 |
| 4.2. Máy kinh vĩ - Phân loại và cấu tạo cơ bản                   | 46 |
| 4.3. Cấu tạo bàn độ và bộ phận đọc số của máy kinh vĩ quang học  | 49 |
| 4.4. Kiểm nghiệm và điều chỉnh máy kinh vĩ                       | 51 |
| 4.5. Máy kinh vĩ điện tử hiện số (Electronic Digital Theodolite) | 55 |
| 4.6. Những thao tác cơ bản trên máy kinh vĩ tại trạm đo          | 58 |
| 4.7. Phương pháp đo góc ngang                                    | 60 |
| 4.8. Phương pháp đo góc đứng                                     | 63 |
| 4.9. Những nguồn sai số chủ yếu trong đo góc ngang và góc đứng   | 64 |

#### Chương 5. Đo độ dài

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 5.1. Khái niệm về đo độ dài và dụng cụ đo trực tiếp        | 68 |
| 5.2. Đo chiều dài bằng thước thép                          | 69 |
| 5.3. Đo chiều dài bằng máy đo dài quang học                | 73 |
| 5.4. Khái niệm về đo chiều dài gián tiếp bằng sóng điện từ | 76 |
| 5.5. Máy toàn đạc điện tử (Electronic Total Station)       | 81 |

#### Chương 6. Đo độ cao

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1. Khái niệm về các phương pháp xác định độ cao          | 88  |
| 6.2. Nguyên lý và nội dung các phương pháp đo cao hình học | 89  |
| 6.3. Phân loại và cấu tạo cơ bản của máy thủy bình và mìn  | 91  |
| 6.4. Kiểm nghiệm và điều chỉnh máy thủy bình               | 95  |
| 6.5. Công nghệ của đo cao hình học                         | 99  |
| 6.6. Độ chính xác của đo cao hình học                      | 101 |
| 6.7. Phương pháp đo cao lượng giác                         | 103 |

## Phần thứ ba

### THÀNH LẬP BẢN ĐỒ TỶ LỆ LỚN

#### Chương 7. Lưới khống chế mặt bằng

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Khái niệm về lưới khống chế mặt bằng và phương pháp xây dựng lưới | 106 |
|------------------------------------------------------------------------|-----|



|                                                                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.2. Lưới khống chế đo vẽ                                                                                                               | 108 |
| 7.3. Xây dựng lưới khống chế đo vẽ bằng đường chuyển kinh vĩ                                                                            | 109 |
| 7.4. Tính toán, xử lý kết quả đo đường chuyển kinh vĩ khép kín                                                                          | 112 |
| 7.5. Tính toán, xử lý kết quả đo đường chuyển kinh vĩ phù hợp không khép kín (đường chuyển hở)                                          | 118 |
| 7.6. Xây dựng lưới khống chế đo vẽ bằng phương pháp lưới tam giác nhỏ                                                                   | 119 |
| 7.7. Xác định vị trí điểm khống chế đo vẽ bằng phương pháp giao hội                                                                     | 121 |
| 7.8. Xác định toạ độ điểm khống chế bằng hệ thống định vị toàn cầu GPS                                                                  | 122 |
| <b>Chương 8. Lưới khống chế độ cao</b>                                                                                                  |     |
| 8.1. Khái niệm về lưới khống chế độ cao                                                                                                 | 130 |
| 8.2. Lưới khống chế độ cao hạng IV Nhà nước                                                                                             | 131 |
| 8.3. Lưới khống chế độ cao kỹ thuật                                                                                                     | 132 |
| 8.4. Lưới khống chế độ cao đo vẽ                                                                                                        | 133 |
| <b>Chương 9. Đo vẽ thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn</b>                                                                              |     |
| 9.1. Khái niệm về đo vẽ thành lập bản đồ và công dụng của bản đồ địa hình tỷ lệ lớn                                                     | 135 |
| 9.2. Nội dung và yêu cầu khi đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn                                                                                     | 138 |
| 9.3. Đo vẽ bình đồ bằng máy kinh vĩ (phương pháp giải tích)                                                                             | 139 |
| 9.4. Đo vẽ bình đồ theo phương pháp toàn đạc (đo vẽ bằng máy toàn đạc)                                                                  | 141 |
| 9.5. Đo vẽ bình đồ bằng máy toàn đạc điện tử                                                                                            | 148 |
| 9.6. Đo vẽ bình đồ theo phương pháp đo cao bề mặt                                                                                       | 150 |
| 9.7. Biểu diễn địa hình, địa vật trên bình đồ                                                                                           | 153 |
| 9.8. Khái niệm về đo vẽ địa hình bằng phương pháp chụp ảnh                                                                              | 155 |
| 9.9. Bản chất của phương pháp đo chụp ảnh mặt đất và ứng dụng                                                                           | 156 |
| 9.10. Bản chất của phương pháp đo vẽ địa hình bằng ảnh hàng không                                                                       | 159 |
| 9.11. Khái quát về quy trình công nghệ và nội dung các công đoạn chủ yếu của phương pháp đo ảnh hàng không để thành lập bản đồ địa hình | 161 |
| 9.12. Biên vẽ bản đồ gốc                                                                                                                | 166 |
| 9.13. Công tác tiếp biên, tu chỉnh và kiểm tra nghiệm thu bản đồ                                                                        | 169 |
| 9.14. Khái niệm về bản đồ số và số hoá bản đồ                                                                                           | 170 |
| 9.15. Đo vẽ mặt cắt                                                                                                                     | 175 |



## Phần thứ tư

### ỨNG DỤNG TRẮC ĐỊA TRONG XÂY DỰNG

#### Chương 10. Sử dụng bản đồ

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 10.1. Đặc điểm của bản đồ địa hình                             | 183 |
| 10.2. Định hướng bản đồ trên thực địa                          | 185 |
| 10.3. Xác định tọa độ điểm trên bình đồ, bản đồ                | 186 |
| 10.4. Xác định khoảng cách ngang giữa hai điểm trên bản đồ     | 189 |
| 10.5. Xác định góc phương vị của một hướng trên bản đồ         | 190 |
| 10.6. Xác định độ cao của một điểm trên bản đồ                 | 192 |
| 10.7. Xác định độ dốc và đường có độ dốc cho trước trên bản đồ | 192 |
| 10.8. Lập mặt cắt dọc theo một hướng đã cho trên bản đồ        | 195 |
| 10.9. Xác định diện tích một khu vực trên bản đồ               | 196 |
| 10.10. Khái niệm về xác định thể tích dựa theo bản đồ          | 200 |

#### Chương 11. Công tác trắc địa phục vụ bố trí công trình

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.1. Khái niệm về bố trí và lưới bố trí công trình                    | 201 |
| 11.2. Bố trí các yếu tố cơ bản ra thực địa                             | 202 |
| 11.3. Các phương pháp bố trí điểm mặt bằng ra thực địa                 | 205 |
| 11.4. Quy trình công nghệ chung của công tác bố trí công trình         | 208 |
| 11.5. Chuyển bản thiết kế quy hoạch xây dựng ra thực địa               | 211 |
| 11.6. Công tác trắc địa khi xây dựng và đo vẽ hệ thống công trình ngầm | 216 |
| 11.7. Công tác trắc địa khi bố trí tuyến đường                         | 218 |
| 11.8. Công tác trắc địa khi xây dựng công trình dân dụng               | 222 |
| 11.9. Công tác trắc địa khi xây dựng công trình công nghiệp            | 225 |
| 11.10. Đo kiểm tra và đo vẽ hoàn công                                  | 230 |

#### Chương 12. Quan trắc biến dạng công trình

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 12.1. Khái niệm về biến dạng và quan trắc biến dạng công trình | 232 |
| 12.2. Nhiệm vụ quan trắc, độ chính xác và chu kỳ quan trắc     | 233 |
| 12.3. Quan trắc độ lún công trình                              | 234 |
| 12.4. Quan trắc chuyển dịch ngang công trình                   | 238 |
| 12.5. Quan trắc độ nghiêng và độ rạn nứt công trình            | 243 |

#### Tài liệu tham khảo

245



# TRẮC ĐỊA

(In bổ sung)

Chịu trách nhiệm xuất bản :

**TRỊNH XUÂN SƠN**

Biên tập : TRỊNH KIM NGÂN  
Chế bản : ĐÌNH THỊ PHƯỢNG  
Sửa bản in : TRỊNH KIM NGÂN  
Bìa : VŨ BÌNH MINH



**THƯ VIỆN  
HUBT**

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ



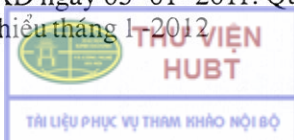
# TRẠC ĐỊA

(in 25 trang)

Chịu trách nhiệm xuất bản :  
TRẦN XUÂN SƠN

Biên tập :  
Cố vấn :  
Sửa bản in :  
Bìa :  
TRẦN KIM NGÂN  
DINH TIẾT PHƯƠNG  
TRẦN KIM NGÂN  
Vũ Bình Minh

In 300 cuốn khổ 19 x 27cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 46-2011/CXB/403-01/XD ngày 05-01-2011. Quyết định xuất bản số 469/QĐ-XBXD ngày 23/12/2011. In xong nộp lưu chiểu tháng 1-2012.







THƯ VIỆN  
HUBT

TÀI LIỆU PHỤC VỤ THAM KHẢO NỘI BỘ



6X-6X1  
XD - 2011 46 - 2011



Giá : 81.000đ