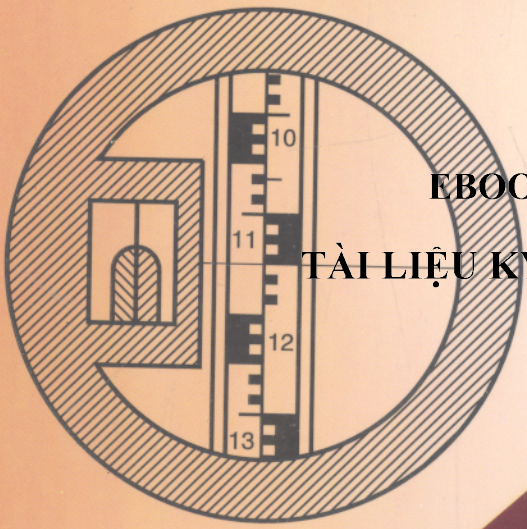
TRẦN VĂN QUẢNG

# TRẮC ĐỊA
# Đại cương




EBOOKBKMT.COM
TÀI LIỆU KỸ THUẬT MIỄN PHÍ

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG

TRẦN VĂN QUẢNG

# TRẮC ĐỊA
# Đại cương

EBOOKBKMT.COM

TÀI LIỆU KỸ THUẬT MIỄN PHÍ

NHÀ XUẤT BẢN XÂY DỰNG
HÀ NỘI - 2001

# MỞ ĐẦU

*Trắc địa là môn khoa học về các phép đo được tiến hành trên mặt đất để xác định hình dạng và kích thước trái đất, thành lập các loại bản đồ cũng như giải quyết các vấn đề kỹ thuật khác.*

*Cùng với sự phát triển của xã hội, trắc địa phân ra một số chuyên môn hẹp như trắc địa cao cấp, trắc địa địa hình, trắc địa ảnh, trắc địa công trình, trắc địa bản đồ...*

*Trong quá trình phát triển, trắc địa có quan hệ mật thiết với các ngành khoa học khác như toán học, vật lý, thiên văn, địa chất, địa lý...*

*Trắc địa có vai trò quan trọng đối với nền kinh tế quốc dân, quốc phòng cũng như đối với xây dựng cơ bản. Trong xây dựng, trắc địa tham gia tất cả các giai đoạn từ khảo sát, thiết kế, thi công nghiệm thu và theo dõi sự ổn định của công trình khi công trình đã đi vào sử dụng.*

*Do vậy, trắc địa là môn khoa học không thể thiếu trong quá trình đào tạo kỹ sư xây dựng cũng như một số ngành kỹ thuật khác. Cuốn "**Trắc địa đại cương**" với 11 chương sẽ giới thiệu những vấn đề cơ bản và cần thiết của khoa học trắc địa trong xây dựng cơ bản.*

*Chúng tôi đã cố gắng trình bày các vấn đề một cách rõ ràng, ngắn gọn song không tránh khỏi thiếu sót, rất mong nhận được các ý kiến góp ý, phê bình.*

*Xin chân thành cảm ơn!*

TÁC GIẢ

# Chương I

# NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ TRẮC ĐỊA

## §1-1. HÌNH DÁNG VÀ KÍCH THƯỚC TRÁI ĐẤT

Bề mặt tự nhiên của trái đất rất phức tạp với diện tích khoảng 510 triệu $km^2$, trong đó lục địa chỉ chiếm 29%, còn lại 71% là đại dương. Tuy nhiên, chênh lệch giữa nơi cao nhất của lục địa (khoảng 9km) và nơi thấp nhất của đại dương (khoảng 11km) cũng không đáng kể so với kích thước trái đất (đường kính khoảng 12000 km). Do vậy, có thể coi *"mặt nước biển trung bình, yên tĩnh kéo dài qua các lục địa và hải đảo, tạo thành mặt cong khép kín"* là đặc trưng cho hình dáng của trái đất. Mặt đặc trưng này gọi là mặt thủy chuẩn (các tên thường gặp: mặt nước gốc, geoid). Việt Nam lấy giá trị mặt nước biển trung bình của trạm quan trắc thủy triều ở Hòn Dáu (Đồ Sơn-Hải Phòng) để xác định mặt thủy chuẩn quốc gia.

Đối với khu vực nhỏ, người ta còn dùng mặt thủy chuẩn quy ước (giả định). Các mặt thủy chuẩn quy ước song song với mặt thủy chuẩn.

Đặc điểm của mặt thủy chuẩn: tại bất kỳ điểm nào của mặt này, pháp tuyến luôn trùng với phương của dây dọi đi qua điểm đó.

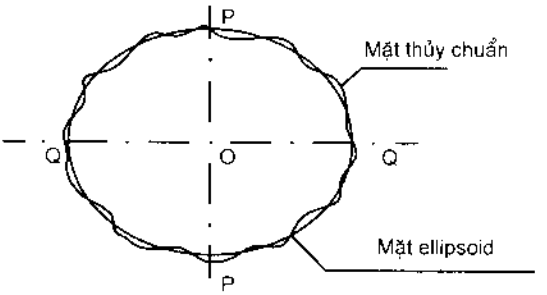
Phương của dây dọi phụ thuộc vào sự phân bố vật chất trong lớp vỏ trái đất mà sự phân bố vật chất lại không đồng đều. Do đó, về mặt hình học mặt thủy chuẩn biến đổi rất phức tạp.

Để thuận tiện cho việc sử dụng và tính toán cần xác định một mặt có dạng chuẩn tắc về mặt hình học. Mặt này phải đáp ứng được các yêu cầu sau:

- Biểu diễn được dưới dạng các phương trình toán học.

- Gần với mặt thủy chuẩn nhất.

Trên cơ sở các kết luận của lý thuyết và các số liệu thực nghiệm người ta thấy rằng, nếu nhìn toàn cảnh thì mặt thủy chuẩn gần giống mặt ellipsoid tròn xoay với các bán trục lớn a, bán trục nhỏ b và độ dẹt $\alpha$ (hình 1-1).




***Hình 1-1***

$$\alpha = \frac{a - b}{a} \qquad (1\text{-}1)$$

Các thông số của ellipsoid rất quan trọng với khoa học nên đã có nhiều nhà khoa học trên thế giới nghiên cứu. Tuy nhiên các số liệu rất khác nhau.

Ở nước ta, trước đây dùng ellipsoid với số liệu của nhà bác học Nga Kraxốpxki (Đ.H-KPACOBCKOTO) công bố năm 1940:

$$a = 6.378.245 \text{ m} \qquad b = 6.356.863 \text{ m} \qquad \alpha = \frac{1}{298,3}$$

Từ tháng 7 năm 2000, theo quyết định của Thủ tướng Chính phủ, Việt Nam sử dụng ellipsoid quy chiếu quốc tế WGS-84 với:

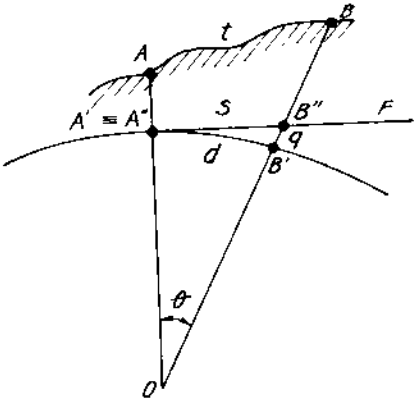
$$a = 6.378.137m \qquad b = 6.356.752\ m \qquad \alpha = \frac{1}{298,25}$$

Do độ dẹt $\alpha$ khá nhỏ nên khi đo đạc khu vực không lớn, có thể coi trái đất là hình cầu với bán kính R = 6371,11km.

## §1-2. ẢNH HƯỞNG ĐỘ CONG TRÁI ĐẤT ĐẾN CÁC YẾU TỐ ĐO

### 1. Ảnh hưởng độ cong Trái đất đến đo dài

Hai điểm A, B trên mặt đất; A', B' là hình chiếu của A, B lên mặt thủy chuẩn (coi là mặt cầu) như hình 1-2.




*Hình 1- 2*

Giả sử dùng mặt phẳng F tiếp xúc với mặt cầu ở A' để thay thế mặt cầu trong phép chiếu.

Khi đó hình ảnh của A, B trên mặt phẳng F là A", B"(A"B" = s).

Sai số về độ dài khi thay thế mặt cầu bởi mặt phẳng là :

$$\Delta d = s - d \qquad (1\text{-}2)$$

$$s = R.\, tg\theta \qquad (1\text{-}3)$$

$$d = R.\, 0 \qquad (1\text{-}4)$$

Ta có:
$$\Delta d = R\,(tg\,0\text{-}0) \qquad (1\text{-}5)$$

Khai triển hàm tgθ thành chuỗi và giữ lại hai số đầu ta được:

$$tg0 = \theta + \frac{\theta^3}{3}$$

Công thức (1-5) có dạng:

$$\Delta d = R\,\frac{\theta^3}{3} \qquad (1\text{-}6)$$

Thay (1-4) vào (1-6) và để tiện so sánh ta biểu diễn sai lệch này dưới dạng sai số tương đối :

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{d^2}{3R^2} \qquad (1\text{-}7)$$

Xét tới độ chính xác đo chiều dài thực tế hiện nay thì khu vực đo đạc trong phạm vi bán kính 10 km, có thể coi là mặt phẳng mà không làm sai lệch đo chiều dài.

($d = 10$ km $\rightarrow \Delta d = 1$ cm và $\frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{1.220.000}$ )

## 2. Ảnh hưởng độ cong Trái đất đến góc bằng

Theo lượng giác cầu: tổng các góc trong một đa giác phẳng nhỏ hơn tổng các góc trong của đa giác đó khi nó nằm trên mặt cầu một đại lượng $\epsilon$ :

$$\epsilon'' = \frac{A}{R^2} \cdot \rho'' \qquad (1\text{-}8)$$

$\epsilon$: độ vượt góc mặt cầu (siêu giác cầu)

A: diện tích đa giác trên mặt cầu

Tuỳ theo độ chính xác đo góc mà quyết định phạm vi khu vực có thể coi là mặt phẳng. Ví dụ đo góc chính xác 1" thì phạm vi 100 $km^2$ được coi là mặt phẳng.

### 3. Ảnh hưởng độ cong Trái đất đến chiều cao

Theo hình 1-2, q là sai lệch độ cao khi thay mặt cầu bằng mặt phẳng, có thể chứng minh dễ dàng:

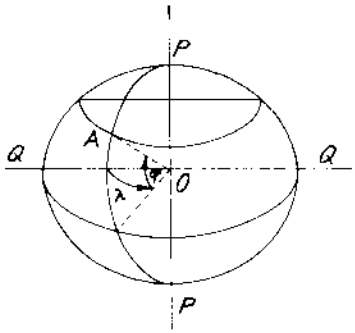
$$q = \frac{d^2}{2R} \qquad (1\text{-}9)$$

Khi đo cao với độ chính xác tới mm thì d >50 m phải tính đến ảnh hưởng độ cong Trái đất (d = 50 m , q = 0,2 mm). Trong đo cao hình học đặt máy ở giữa trạm đo, sai số do ảnh hưởng độ cong Trái đất của tia ngắm trước và sau triệt tiêu nhau.

## §1-3. HỆ TỌA ĐỘ ĐỊA LÝ

Quy định chung thống nhất cho toàn bộ Trái đất. Giả sử mặt thủy chuẩn là mặt cầu có tâm O, trục quay PP như hình 1-3

* Giao tuyến của mặt cầu với mặt phẳng chứa trục quay PP là kinh tuyến địa lý. Kinh tuyến gốc đi qua đài thiên văn Grinuych ở gần London thủ đô nước Anh.




*Hình 1-3*

* Giao tuyến của mặt cầu với mặt phẳng vuông góc với trục quay Trái đất là vĩ tuyến địa lý. Vĩ tuyến lớn nhất là xích đạo. Mặt phẳng chứa xích đạo là mặt phẳng xích đạo.

Tọa độ địa lý của điểm A ($\varphi_A$ , $\lambda_A$).

* Vĩ độ của điểm A ($\varphi_A$) là góc $\varphi$ tạo bởi đường AO và mặt phẳng xích đạo. Độ vĩ được tính từ xích đạo về hai phía Bắc và Nam bán cầu, tương ứng là độ vĩ bắc và độ vĩ nam. Giá trị độ vĩ thay đổi từ $0^0$ đến $90^0$.

* Kinh độ của điểm A ($\lambda_A$) là góc nhị diện hợp bởi mặt phẳng chứa kinh tuyến gốc với mặt phẳng kinh tuyến qua A. Độ kinh được tính từ kinh tuyến gốc về hai phía Đông và Tây bán cầu, tương ứng là độ kinh đông và độ kinh tây. Giá trị của kinh độ thay đổi từ $0^o$ đến $180^o$.

Ví dụ: Toạ độ địa lý điểm A là:

$$\varphi_A = 21^0\ 18'15''B$$
$$\lambda_A = 107^o\ 42'08''Đ$$

Độ kinh và độ vĩ được xác định từ các kết quả đo thiên văn.

Hệ tọa độ địa lý được thể hiện bằng những đoạn "trắng đen" và các con số ghi ở bốn góc khung của tờ bản đồ. Hệ tọa độ địa lý tương đối đơn giản song không thuận tiện trong sử dụng vì tọa độ địa lý tính theo đơn vị góc còn giá trị độ dài ứng với giá trị góc ấy ở những khu vực khác nhau trên mặt cầu lại khác nhau. do đó việc tính toán với tọa độ địa lý khá phức tạp.

## §1-4. HỆ TỌA ĐỘ PHẲNG THẲNG GÓC

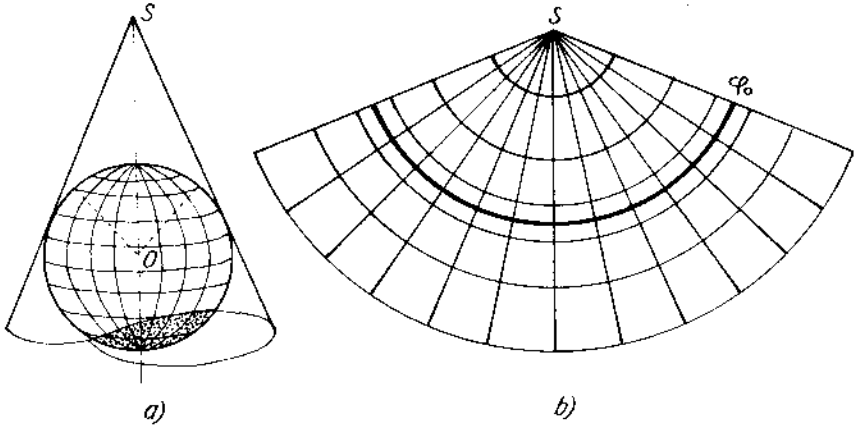
### I. Khái niệm về phép chiếu bản đồ

Tất cả các công tác đo đạc đều tiến hành trên bề mặt tự nhiên của Trái đất, thông qua các số liệu đó người ta biểu diễn được

hình dạng mặt đất tự nhiên lên tờ giấy phẳng (bình đồ, bản đồ,...). Việc chuyển các yếu tố từ hình ellipsoid sang hình phẳng bao giờ cũng có những sai lệch. Để hạn chế các sai lệch đó người ta sử dụng các phép chiếu bản đồ: phép chiếu hình nón, phép chiếu hình trụ đứng, phép chiếu hình trụ ngang,...

## 1. Phép chiếu hình nón

Lồng ra ngoài ellipsoid một hình nón sao cho trục của nó trùng với trục quay PP' và tiếp xúc với ellipsoid ở vĩ tuyến $\varphi_0$ nào đó (hình 1-4a).




*Hình 1-4*

Chiếu lưới vĩ tuyến và kinh tuyến từ mặt ellipsoid lên mặt nón nhờ tâm chiếu O, sau đó cắt hình nón theo một đường sinh nào đó và trải phẳng (hình 1-4b). Lưới chiếu có đặc điểm:

- Các kinh tuyến là những đường thẳng gặp nhau ở đỉnh S.

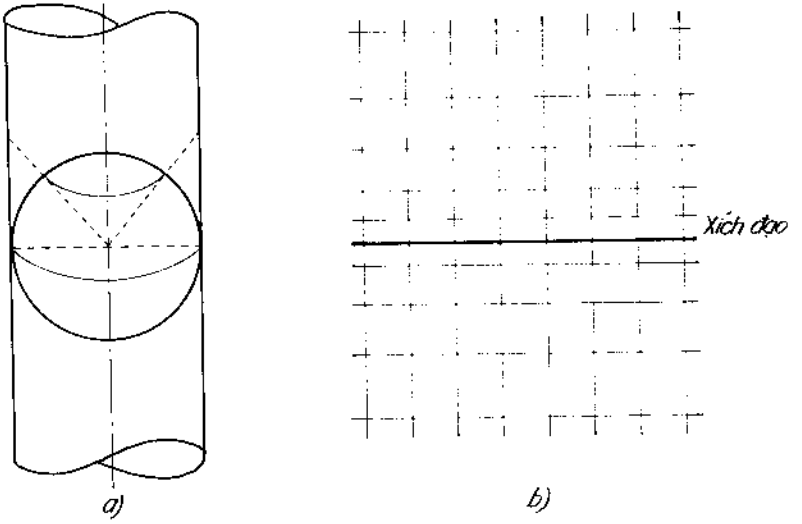
- Các vĩ tuyến là những cung tròn đồng tâm nhưng cách nhau không đều.

- Tỷ lệ biến dạng dài m=1 đối với vĩ tuyến tiếp xúc $\varphi_0$. Càng xa vĩ tuyến $\varphi_0$, tỷ lệ biến dạng dài càng tăng (m<1 đối với các vĩ tuyến phía trong vĩ tuyến $\varphi_0$ và m>1 đối với các vĩ tuyến phía ngoài vĩ tuyến $\varphi_0$).

Phép chiếu này phù hợp với các quốc gia có độ vĩ trung bình trở lên.

## 2. Phép chiếu hình trụ đứng

Trong phép chiếu hình nón, khi vĩ tuyến tiếp xúc là xích đạo ($\varphi_0$=0) thì các đường sinh của hình nón song song với nhau, khi đó ta có phép chiếu hình trụ đứng (hình 1-5a).




***Hình 1-5***

Sau khi chiếu lưới kinh tuyến và vĩ tuyến lên mặt trụ, cắt mặt trụ theo một đường sinh nào đó rồi trải phẳng. Trên mặt phẳng này các kinh tuyến là những đường thẳng song song cách đều

nhau, các vĩ tuyến cũng là những đường thẳng song song nhưng không cách đều và vuông góc với các kinh tuyến (hình 1-5b). Tỷ lệ biến dạng dài m=1 dọc theo xích đạo, càng về hai cực tỷ lệ biến dạng dài càng tăng, ở hai cực m=∞.

Phép chiếu trụ đứng thích hợp với các quốc gia có độ vĩ thấp.

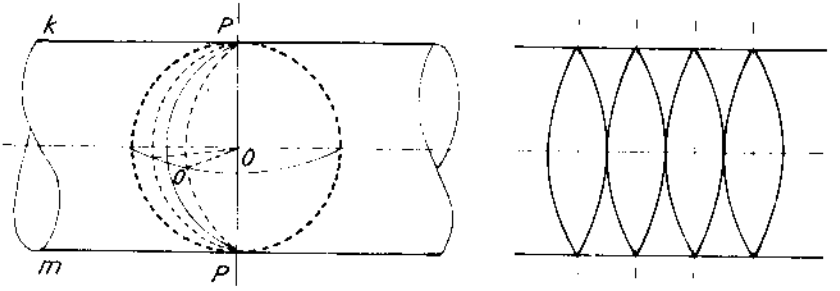
### 3. Phép chiếu hình trụ ngang

*a) Phương pháp chiếu Gauxơ*

Ellipsoid Trái đất được chia thành 60 múi, mỗi múi giới hạn bởi kinh tuyến Đông ($L_Đ$) và kinh tuyến Tây ($L_T$) với hiệu độ kinh là $6^0$; kinh tuyến trục $L_0$ chia múi chiếu thành hai phần bằng nhau. Các múi được đánh số thứ tự từ 1 đến 60 từ kinh tuyến gốc về phía Đông, như vậy kinh tuyến Grinuych là giới hạn phía Tây của múi 1. Số kinh tuyến trục của múi thứ n xác định như sau:

$$L_0 = 3^0 (2n-1) \qquad (1\text{-}10)$$

Đặt ellipsoid Trái đất nội tiếp với hình trụ ngang theo kinh tuyến trục PO'P của múi nào đó sao cho trục của hình trụ ngang trùng với mặt phẳng xích đạo của ellipsoid (hình 1-6a).




a) b)

***Hình 1-6***

Lấy tâm của ellipsoid là tâm chiếu. Sau khi chiếu xong từng múi, cắt hình trụ theo hai đường sinh k và m rồi trải phẳng. Hình chiếu mỗi múi có đặc điểm sau (hình 1-6b):

+ Bảo toàn về góc

+ Xích đạo và kinh tuyến trục là những đường thẳng vuông góc. Hình chiếu của các kinh tuyến , vĩ tuyến là những đường cong.

+ Tỷ lệ biến dạng dài của kinh tuyến trục bằng 1, càng xa kinh tuyến trục biến dạng dài càng tăng. Đoạn thẳng s có tọa độ hai đầu là $(x_1, y_1)$ và $(x_2, y_2)$, số hiệu chỉnh biến dạng dài sẽ là:

$$\Delta_s = \frac{y^2 . s}{2R^2}$$

Với : $$y = \frac{y_1 + y_2}{2} \qquad (1\text{-}11)$$

Hình chiếu của múi trên mặt phẳng rộng hơn so với bản thân múi trên ellipsoid. Để hạn chế biến dạng, người ta dùng múi chiếu $\Delta\lambda = 3^0, 1^0 5...$

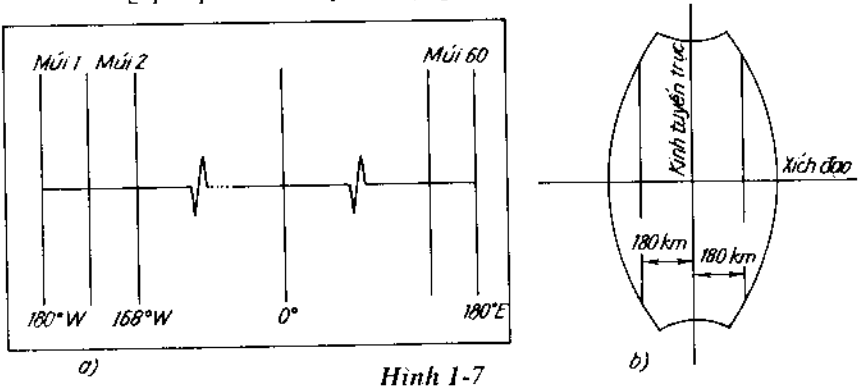
Kích thước ellipsoid dùng trong phương pháp chiếu này lấy theo số liệu của Kraxopxki.

*b) Phương pháp chiếu UTM (Universal Transverse Mercator)*

Việc chia các múi chiếu cũng tương tự như phương pháp chiếu Gauxơ nhưng số thứ tự được ghi từ 1 đến 60 tính từ kinh tuyến $180^0$ W về phía Đông (hình 1-7a). Mặt trụ ngang không tiếp xúc với mặt ellipsoid tại kinh tuyến trục của múi mà cắt theo hai cung cát truyến cách đều kinh tuyến trục 180km (hình 1-7b). Tỷ lệ biến dạng dài dọc theo hai cung này bằng 1 còn ở kinh tuyến trục là m = 0,9996.

Phương pháp chiếu UTM làm giảm được sai số biến dạng ngoài biên và phân bố tương đối đều trong phạm vi múi chiếu.

Phương pháp chiếu này sử dụng ellipsoid WGS-84.



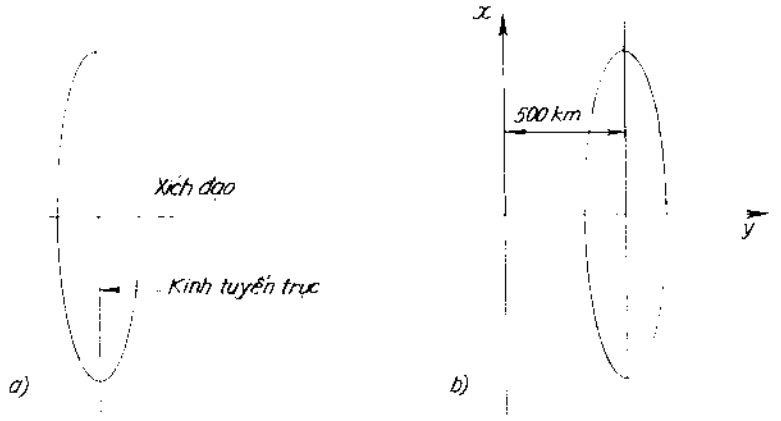

*Hình 1-7*

## II. Hệ tọa độ thẳng góc

*a) Hệ tọa độ thẳng góc và lưới ô vuông kilomet của bản đồ địa hình Gauxơ*

Trong phép chiếu Gauxơ, ở mỗi múi chiếu, kinh tuyến trục và xích đạo là hai đường thẳng vuông góc với nhau và tạo thành một hệ trục tọa độ. Trục X là đường biểu diễn kinh tuyến trục, trục Y là đường biểu diễn xích đạo. Giao của hai đường này là gốc tọa độ O (hình 1-8a). Như vậy từ xích đạo lên phía Bắc tọa độ x mang dấu dương (+), xuống phía Nam mang dấu (-). Từ kinh tuyến trục sang phía Đông , tọa độ y mang dấu (+) và sang phía Tây mang dấu âm (-).

Đối với các khu vực ở Bắc bán cầu, giá trị tọa độ x luôn luôn dương còn giá trị tọa độ y có thể âm hay dương. Để thuận tiện cho tính toán và tránh tọa độ y âm, trục X được dời sang phía Tây 500km (hình 1-8b).




*Hình 1-8*

Trên hình chiếu mỗi múi, người ta kẻ thêm những đường thẳng song song với các trục và cách đều nhau, khoảng cách thường là chẵn kilomet gọi là lưới ô vuông hay lưới kilomet của bản đồ. Do cách ghi số ô vuông của các múi giống nhau nên có nhiều điểm trên mặt đất cùng có giá trị x và y. Để tọa độ điểm trên mặt đất là đơn trị, người ta ghi số thứ tự múi chiếu trước tọa độ y.

Ví dụ: Điểm A có giá trị tọa độ:

$$A\begin{cases} x_A = 2\,438{,}43\ \text{km} \\ y_A = 18.298{,}87\ \text{km} \end{cases}$$

Như vậy ta biết được điểm A thuộc múi chiếu thứ 18, cách kinh tuyến trục về phía Tây là 500,00km -298,8km = 201,13km và cách xích đạo về phía Bắc là 2438,43km.

*b) Hệ tọa độ thẳng góc và lưới ô vuông kilomet của bản đồ địa hình UTM*

Gốc và hệ trục tọa độ thẳng góc giống như phương pháp Gauxơ. Các đường thẳng song song với hai trục đều có khoảng

cách bằng nhau (100km) nên gọi là lưới ô vuông lớn cạnh 100×100km. Để tránh nhầm lẫn, hàng dọc và hàng ngang của lưới ô vuông lớn đó được đánh dấu bằng các chữ cái in hoa theo nguyên tắc:

+ Hàng ngang: Bắt đầu ghi từ kinh tuyến $180^0$W (bên phía Tây của múi số 1) từ đó ghi lần lượt cho các múi 1,2,3 sang phía Đông bằng 24 chữ cái. Trong 24 chữ cái không dùng chữ cái I, O vì tránh nhầm lẫn với 1 và 0. Các múi 4, 5, 6 lập lại như trên và lần lượt ghi cho hết 60 múi.

+ Hàng dọc: Các chữ cái được ghi từ Nam lên Bắc tính từ xích đạo cho các múi có số thứ tự lẻ (1, 3, 5...) và tính từ đường cách xích đạo về phía Nam 500km cho các múi có số thứ tự chẵn (2,4,6..). 20 chữ cái (trừ các chữ I, O, W, X, Y, Z) được ghi lặp lại sau 2000km. Việc làm này tránh cho các ô vuông lớn cạnh 100×100km cùng tên nằm trên cùng phạm vi một vùng bao quát của lưới ô vuông.

Nhờ lưới ô vuông cạnh lớn này tọa độ vuông góc của một điểm được xác định đơn giản, nhanh chóng.

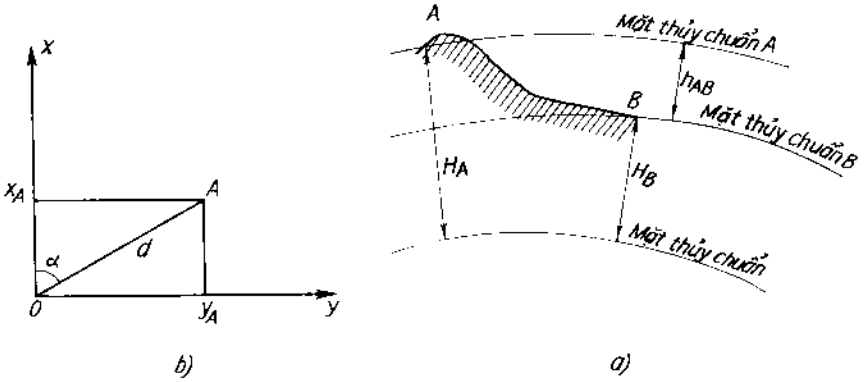
Để phù hợp với khu vực và toàn cầu cũng như đảm bảo các yêu cầu phát triển kinh tế, phục vụ an ninh quốc phòng từ tháng 7 năm 2000, lưới chiếu mặt trụ ngang đồng góc UTM được sử dụng làm lưới chiếu tọa độ phẳng cơ bản của Việt Nam.

## §1-5. VỊ TRÍ ĐIỂM TRÊN MẶT ĐẤT

### 1. Vị trí mặt bằng

Từ hình 1-9a ta có:

$$x_A = d\cos\alpha$$
$$y_A = d\sin\alpha \qquad (1\text{-}12)$$




*Hình 1-9*

### 2. Vị trí độ cao

Độ cao tuyệt đối (H) là khoảng cách theo phương dây dọi từ điểm đến mặt thủy chuẩn (hình 1-9b).

Độ cao giả định của một điểm là khoảng cách theo phương dây dọi từ điểm đó đến mặt thủy chuẩn quy ước.

Hiệu số độ cao giữa hai điểm là khoảng cách giữa hai mặt thủy chuẩn quy ước đi qua hai điểm đó.

$$h_{AB} = H_B - H_A \qquad (1\text{-}13)$$

## §1-6. ĐỊNH HƯỚNG ĐƯỜNG THẲNG

### 1. Khái niệm

Để xác định vị trí một đường thẳng, nếu chỉ biết chiều dài nằm ngang thì chưa đủ mà còn phải biết góc giữa đường thẳng đó với hướng gốc nào đó. Việc xác định quan hệ đó gọi là định hướng đường thẳng.

Trong Trắc địa, hướng gốc được chọn có thể là kinh tuyến thực, kinh tuyến từ và kinh tuyến trục của múi. Tương ứng có các khái niệm: góc phương vị thực, phương vị từ và góc định hướng.

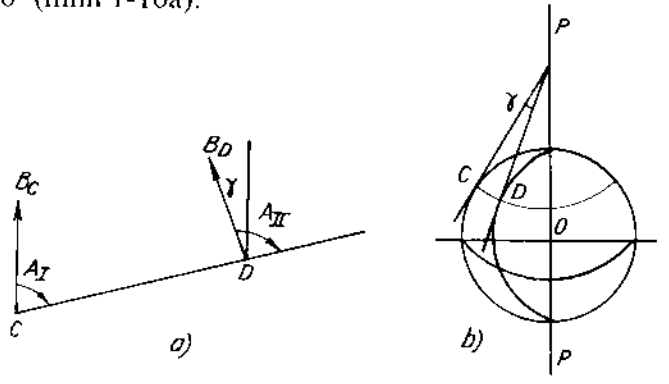
Tại một điểm trên mặt đất, kinh tuyến thực và kinh tuyến từ lệch nhau một góc δ - gọi là độ từ thiên hay góc lệch kim nam châm. Kinh tuyến từ có thể nằm ở phía đông hoặc tây của kinh tuyến thực, tương ứng có góc lệch đông $\delta_Đ$ và góc lệch tây $\delta_T$. Quy ước $\delta_Đ$ mang dấu dương và $\delta_T$ mang dấu âm. Do đó, phương vị thực và phương vị từ tại một điểm khác nhau một đại lượng là δ.

$$A_{tc} = A_t \pm \delta \quad (+ \text{ khi } \delta_Đ\,, \; - \text{ khi } \delta_T)$$

Giá trị của δ thay đổi theo không gian và thời gian. Trong một ngày đêm δ có thể thay đổi tới $1^0$ (trung bình là ±15'), với chu kỳ 500 năm δ có thể lệch tới $22^0,5$. Vì thế, phương vị từ chỉ dùng để định hướng sơ bộ với yêu cầu độ chính xác không cao.

## 2. Góc phương vị thực A

Là góc hợp bởi hướng Bắc của kinh tuyến thực với hướng của đường thẳng theo chiều kim đồng hồ. Giá trị của A thay đổi từ $0^0$ đến $360^0$ (hình 1-10a).




*Hình 1-10*

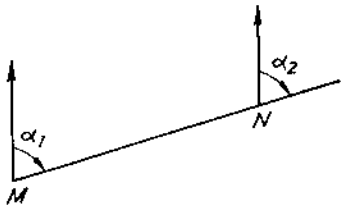
Do hướng Bắc là hướng tiếp tuyến với đường kinh tuyến đi qua mỗi điểm nên ở hai điểm khác nhau trên trái đất thì hướng Bắc không trùng nhau mà hội tụ ở trục trái đất, tạo với nhau một góc $\gamma$ - độ gần kinh tuyến (hình 1-10b).

$$\gamma = \Delta_\lambda \sin\varphi \qquad (1\text{-}14)$$

Theo hình 1-10a ta có $A_{II} = A_I + \gamma$ (1-15)

### 3. Góc định hướng $\alpha$

Là góc hợp bởi hướng của kinh tuyến trục (ox) với hướng của đường thẳng thuận kim đồng hồ (hình 1-11). Giá trị của nó từ $0^0$ đến $360^0$.




*Hình 1-11*

Tại các điểm trên cùng một đường thẳng giá trị của góc định hướng không đổi:

$$\alpha_I = \alpha_{II}$$

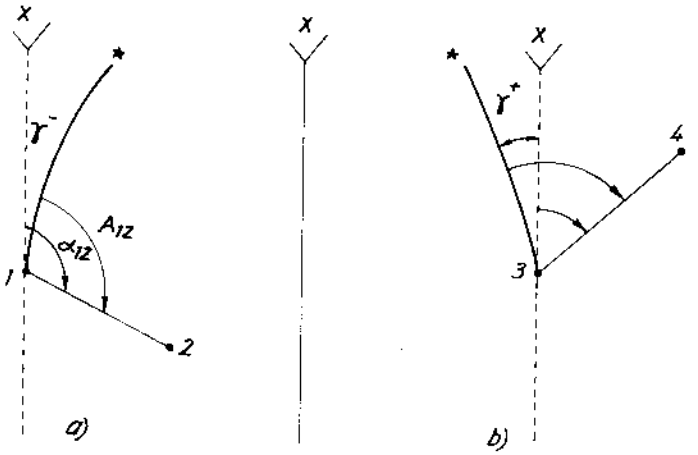
Theo hình (1-11), góc định hướng thuận $\alpha_{MN}$ và góc định hướng nghịch $\alpha_{NM}$ lệch nhau $180^0$.

$$\alpha_{NM} = \alpha_{MN} + 180^0 \qquad (1\text{-}16)$$

Do các đặc điểm trên nên góc định hướng được sử dụng rộng rãi, tiện lợi ngoài thực tế.

### 4. Quan hệ giữa góc định hướng và góc phương vị thực

Người ta quy ước tại một điểm, nếu kinh tuyến trục nằm ở phía Tây kinh tuyến thực, $\gamma$ nhận giá trị âm (hình 1-12a) và ngược lại $\gamma$ nhận giá trị dương (hình 1-12b).



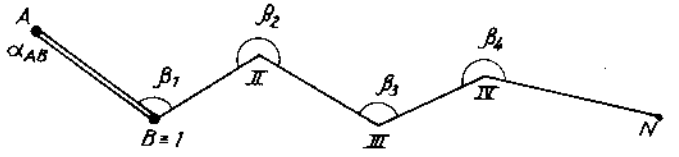

*Hình 1-12*

Như vậy, quan hệ giữa góc định hướng và góc phương vị thực tại điểm bất kỳ là:

$$\alpha = A - \gamma \qquad (1\text{-}17)$$

## 5. Quan hệ giữa góc định hướng và góc bằng

Giả sử có các đoạn thẳng gấp khúc như hình 1-13, góc bằng kẹp giữa hai đoạn thẳng là $\beta_i$, góc định hướng cạnh khởi đầu $\alpha_{AB}$.




*Hình 1-13*

Theo hình 1-13, góc $\beta_1$ ở phía trái đường tính (hướng đi từ A đến N), ta có:

$$\alpha_{1\,II} = \alpha_{AB} - (180^0 - \beta_1)$$

$$\alpha_{1\,II} = \alpha_{AB} + \beta_1 - 180^0$$

Như vậy góc định hướng tính cho cạnh n sẽ là:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_n - 180^0$$

Và nếu tính từ góc định hướng cạnh khởi đầu ($\alpha_d = \alpha_{AB}$):

$$\alpha_n = \alpha_d + \sum_{i=1}^{n} \beta_i - n.180^0 \qquad (1\text{-}18a)$$

Tính tương tự khi góc bằng phía phải đường tính ta được:

$$\alpha_n = \alpha_d - \sum_{i=1}^{n} \beta_i + n.180^0 \qquad (1\text{-}18b)$$

Từ (1-18a) và (1-18b) ta có thể viết:

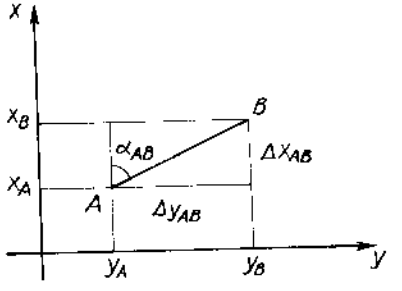
$$\alpha_n = \alpha_d \pm \sum_{i=1}^{n} \beta_i \mp n.180^0 \qquad (1\text{-}19)$$

## §1-7. HAI BÀI TOÁN CƠ BẢN TRONG TRẮC ĐỊA

### 1. Bài toán thuận

Biết tọa độ điểm A ($x_A$, $y_A$), chiều dài bằng và góc định hướng cạnh AB là $d_{AB}$ và $\alpha_{AB}$. Tính tọa độ của B ($x_B$, $y_B$)

Theo hình 1-14 ta có :




*Hình 1-14*

$$x_B = x_A + \Delta x_{AB}$$
$$y_B = y_A + \Delta y_{AB} \qquad (1\text{-}20)$$

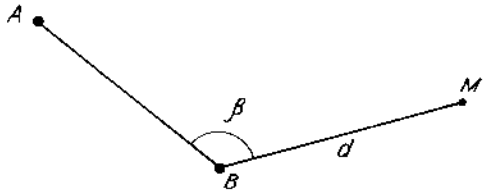
Trong đó :

$$\Delta x_{AB} = d_{AB} \cos\alpha_{AB}$$
$$\Delta y_{AB} = d_{AB} \sin\alpha_{AB} \qquad (1\text{-}21)$$

Thay (1-21) vào (1-20) nhận được:

$$x_B = x_A + d_{AB} \cos\alpha_{AB}$$
$$y_B = y_A + d_{AB} \sin\alpha_{AB} \qquad (1\text{-}22)$$

***Bài toán 1-5a:*** Tính tọa độ điểm M theo sơ đồ hình (1-15).




***Hình 1-15***

Với: B(256,42m ; 589,76m)

$\beta = 131^0 46'7$ ; $\alpha_{AB} = 145^0 28'6$

d = 87,57m

Giải:

Theo (1-21) ta có:

$\Delta x_{BM} = d. \cos\alpha_{BM}$

$\Delta y_{BM} = d. \sin\alpha_{BM}$

$\alpha_{BM} = \alpha_{AB} + \beta - 180^0$ (Vì β ở phía trái đường tính)

$\alpha_{BM} = 145^0 28'6 + 131^0 46'7 - 180^0 = 97^0 15'3$

Và :

$$\Delta x_{BM} = 87,57.\cos 97^{0}15'3 = -11,06\ (m)$$

$$\Delta y_{BM} = 87,57.\sin 97^{0}15'3 = 86,87\ (m)$$

Khi đó:

$$x_M = x_B + \Delta x_{BM} = 256,420m - 11,06m = 245,36m$$

$$y_M = y_B + \Delta y_{BM} = 589,76m + 86,87m = 676,63m$$

**2. Bài toán ngược**

Biết hai điểm A ($x_A$ , $y_A$) và B($x_B$ , $y_B$) , tìm chiều dài bằng và góc định hướng cạnh AB.

Theo hình 1-14 ta có:

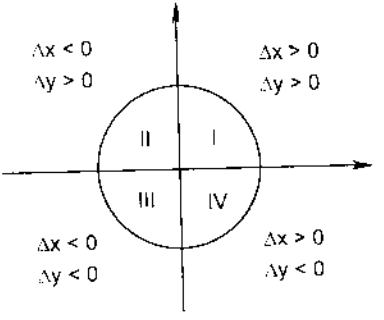
$$d_{AB} = \sqrt{\Delta x_{AB}^2 + \Delta y_{AB}^2}$$

$$d_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} \qquad (1\text{-}23)$$

Và : $$tg\alpha_{AB} = \frac{\Delta y_{AB}}{\Delta x_{AB}} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \qquad (1\text{-}24)$$

Khi đó: $$\alpha_{AB} = \text{artg}\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \qquad (1\text{-}25)$$

Để xác định giá trị chính xác của $\alpha_{AB}$, căn cứ vào dấu của các gia số tọa độ như hình 1-16.




***Hình 1-16***

***Bài toán 1-5b:***

Tính tọa độ điểm M theo sơ đồ hình 1-15. Biết:

A (349,67m ; 492,53m)

B (264,38m ; 587,93m)

$\beta = 129^0 18'3$

d = 92,48m

Giải:

Cần xác định góc định hướng $\alpha_{AB}$ theo các công thức (1-24) và (1-25):

$$tg\alpha_{AB} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{587,93 - 492,53}{246,38 - 349,67} = \frac{97,40}{-85,29} = -1,141986$$

$$\alpha_{AB} = atg\,(-1,141986) = -48^0 47'5$$

Theo hình 1-16, góc $\alpha_{AB}$ nằm ở góc phần tư thứ 2 nên $\alpha_{AB}$ có giá trị là:

$$\alpha_{AB} = -48^0 47'5 + 180^0 = 131^0 12'5$$

Việc tính toán tọa độ điểm M như bài toán 1-5a và kết quả như sau:

$$\begin{cases} \alpha_{BN} = 80°30'8 \\ \Delta x_{BM} = +15,24m \\ \Delta y_{BM} = +91,22m \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_M = 279,62m \\ y_M = 681,15m \end{cases}$$

## Câu hỏi và bài tập chương I

1. Định nghĩa mặt thủy chuẩn, ở Việt Nam mặt thủy chuẩn chọn gốc ở đâu? Tại sao trong xây dựng người ta hay dùng mặt thủy chuẩn quy ước?

2. Thế nào là độ cao tuyệt đối, độ cao tương đối, hiệu độ cao giữa hai điểm?

3. Ảnh hưởng độ cong trái đất đến các yếu tố đo đạc cơ bản như thế nào? Người ta có thể hạn chế được ảnh hưởng độ cong trái đất đến kết quả đo hay không?

4. Điểm A có tọa độ địa lý như sau:

$$\varphi_A = 21^0 18'25'' \quad B$$
$$\lambda_A = 105^0 37'54'' \quad Đ$$

Nêu ý nghĩa của các chữ và số.

5. Nội dung và đặc điểm của phương pháp chiếu Gauxơ ?

Hệ tọa độ phẳng thẳng góc Gauxơ được biểu diễn như thế nào? Tại sao đối với các nước ở bắc bán cầu kinh tuyến trục của múi chiếu được dịch chuyển về phía Tây 500km sau khi trải phẳng?

Điểm B có tọa độ vuông góc:

$$x_B = 2\,486\,972{,}56 \text{ m}$$
$$y_B = 18.315\,867{,}67 \text{ m}$$

Giải thích số liệu trên

6. Phép chiếu Gauxơ và phép chiếu UTM giống và khác nhau ở những điểm nào?

7. Trong trắc địa dùng những loại hướng gốc nào làm cơ sở cho định hướng đường thẳng. Tại sao trên cùng một đường thẳng, ở các vị trí khác nhau, góc phương vị thực có giá trị khác nhau?

8. Góc định hướng là gì? Các công thức biểu thị mối quan hệ giữa góc định hướng với góc phương vị thực và với góc bằng?

9. Bài tập:

***Bài tập 1-1:*** Tính tọa độ điểm M theo sơ đồ hình 1-15 với số liệu sau:

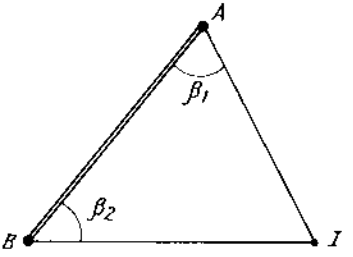
$$A\begin{cases} x_A = 197{,}48\ m \\ y_A = 256{,}52 m \end{cases}$$

$$B\begin{cases} x_B = 203{,}42 m \\ y_B = 328{,}79 m \end{cases}$$

$$\beta = 98^0 49'6$$

$$d = 85{,}72 m$$

***Bài tập 1-2:***




***Hình 1-17***

Tính tọa độ điểm I theo sơ đồ hình 1-17 với số liệu ở bảng 1-1.

**Bảng 1-1**

| Điểm | x(m) | y(m) | $\beta_1$ | $\beta_2$ |
|---|---|---|---|---|
| A | 200,00 | 325,20 | $61^0 31'4$ | - |
| B | 96,48 | 248,25 | - | $56^0 42'7$ |

***Bài tập 1-3:***

Tính các góc $\beta_1$ , $\beta_2$ theo sơ đồ hình 1-17, các số liệu ở bảng (1-2).

**Bảng 1-2**

| Điểm | x(m) | y(m) |
|---|---|---|
| A | 329,52 | 403,61 |
| B | 203,85 | 318,92 |
| I | 212,47 | 485,18 |

# Chương II

# BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH

## §2-1. KHÁI NIỆM

***1. Bản đồ:*** là hình vẽ thu nhỏ và đồng dạng của một khu vực mặt đất theo một phương pháp chiếu nhất định, có kể đến ảnh hưởng độ cong trái đất.

Bản đồ có tỷ lệ thay đổi ở những phần khác nhau của nó. Tỷ lệ chính là tỷ lệ của hướng được chọn làm cơ sở cho việc lập bản đồ (có thể là một kinh tuyến hay một vĩ tuyến). Tỷ lệ của các phần còn lại là tỷ lệ riêng.

Bản đồ được chia thành nhiều loại tuỳ theo mục đích sử dụng và nội dung biểu diễn. Trong quy hoạch nền kinh tế quốc dân, quân sự và công trình người ta thường sử dụng bản đồ địa hình là loại trên đó vừa biểu diễn dáng đất vừa biểu diễn địa vật.

***2. Bình đồ:*** là hình vẽ thu nhỏ và đồng dạng trên giấy các hình chiếu bằng của những khu vực không lớn, không kể đến ảnh hưởng độ cong trái đất. Bình đồ có tỷ lệ duy nhất, không đổi ở mọi nơi.

***3. Mặt cắt địa hình:*** là sự thu nhỏ mặt cắt đứng bề mặt Trái đất theo một hướng nào đó.

Do đó, mặt cắt địa hình là đặc trưng cho địa hình theo tuyến ngoài thực địa.

## §2-2. TỶ LỆ BẢN ĐỒ

***1. Tỷ lệ bản đồ:*** là tỷ số giữa độ dài của đoạn thẳng trên bản đồ và độ dài tương ứng của đoạn thẳng đó ngoài mặt đất được biểu thị dưới dạng phân số có tử số bằng 1 và mẫu số là độ thu nhỏ M :

$$\frac{1}{M} = \frac{d}{D} \qquad (2\text{-}1)$$

Để dễ dàng trong sử dụng, M thường được chọn là những số tròn trăm, ví dụ 200, 500, 1000, 2000...

Trên bản đồ, mắt người chỉ phân biệt được đoạn thẳng lớn hơn 0,1 mm vì vậy người ta lấy 0,1 mm làm cơ sở xác định độ chính xác của tỷ lệ (t).

$$t = 0{,}1\ M\ mm \qquad (2\text{-}2)$$

Từ 2-2 nhận thấy rằng tỷ lệ bản đồ càng lớn thì mức độ biểu diễn địa hình, địa vật càng đầy đủ, chi tiết và chính xác.

***2. Thước tỷ lệ:*** là dụng cụ tính chuyển đổi chiều dài qua lại giữa bản đồ và mặt đất.

Có hai loại thước tỷ lệ: thước tỷ lệ thẳng và thước tỷ lệ xiên.

*a) Thước tỷ lệ thẳng*

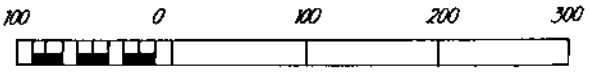
Trên đường thẳng đặt liên tiếp nhiều đoạn thẳng a bằng nhau, mỗi đoạn đó gọi là đơn vị cơ bản của thước.

Thường a = 2 cm nó tương ứng chiều dài chẵn ngoài thực địa và ghi trực tiếp chiều dài này lên từng đơn vị thước.

Trên đơn vị cơ bản đầu thước, người ta chia làm n phần bằng nhau và gọi là độ chính xác của thước tỷ lệ thẳng: $t_T = \frac{a}{n}$

Hình 2 - 1 biểu diễn thước tỷ lệ thẳng với M = 5000 và a = 2cm.

Tỷ lệ 1: 5.000



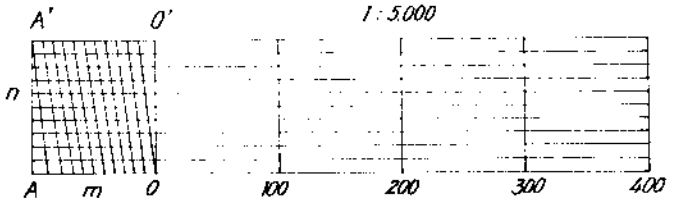

*Hình 2-1*

Khi sử dụng, dùng compa đo và đặt trực tiếp lên thước tỷ lệ là xác định được trị số độ dài.

*b) Thước tỷ lệ xiên*

Tương tự như xây dựng thước tỷ lệ thẳng, sau khi nhận được các đoạn đơn vị cơ bản, ta dựng các đường vuông góc AA', OO' có chiều dài bằng đơn vị cơ bản (2cm) như hình 2-2 và chia chúng ra n phần bằng nhau.

Qua các điểm chia kẻ các đường thẳng song song với đường đáy. Tiếp tục chia các đoạn AO , A'O' thành m phần bằng nhau và nối với nhau theo các đường xiên (ở đây lấy n = m = 10).




*Hình 2-2*

Độ chính xác của thước tỷ lệ xiên $t_X$ là:

$$t_X = \frac{AO}{n.m} = \frac{AO}{10.10} = \frac{20}{100} = 0{,}2 \text{ mm}$$

Như vậy, với cùng một tỷ lệ, độ chính xác của thước tỷ lệ xiên cao hơn độ chính xác của thước tỷ lệ thẳng m lần.

## §2-3. PHÂN MẢNH BẢN ĐỒ

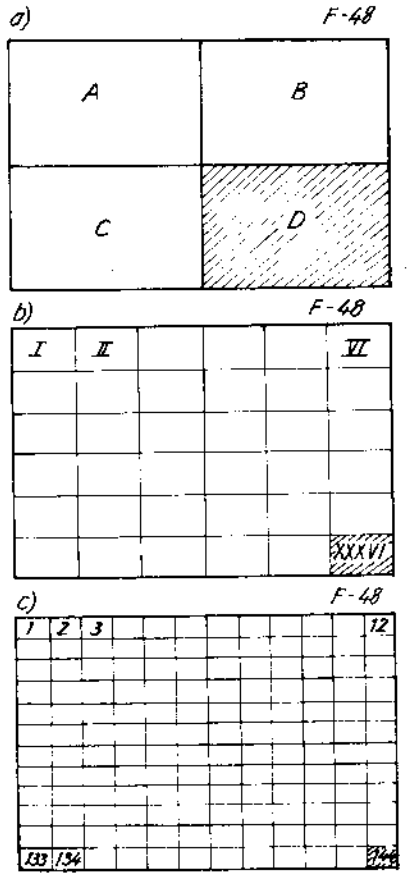
Để tiện lợi cho in ấn và cho sử dụng mỗi tờ bản đồ thường có kích thước gần như nhau (50cm × 60 cm) và có một số hiệu nhất định, có thể chia bản đồ theo các kinh tuyến và vĩ tuyến.

Quy ước quốc tế quy định dùng tờ bản đồ 1: 1.000.000 làm cơ sở để chia mảnh bản đồ. Tờ bản đồ này là những mảnh khi chia Trái đất thành những dải vĩ tuyến $4^0$ tính từ xích đạo về hai cực và được đặt tên theo các chữ cái La tinh A, B, C... và các cột kinh tuyến rộng $6^0$ tính từ kinh tuyến $180^0$ được đánh số Arập (1,2,3...) từ Tây sang Đông.

Ví dụ tờ bản đồ 1:1. 000.000 chứa thủ đô Hà Nội có số hiệu F-48.

Từ tờ 1: 1.000.000 chia thành các tờ bản đồ tỷ lệ 1: 500.000

1: 200.000 và 1: 100.000 như hình 2-3 và bảng 2-1.



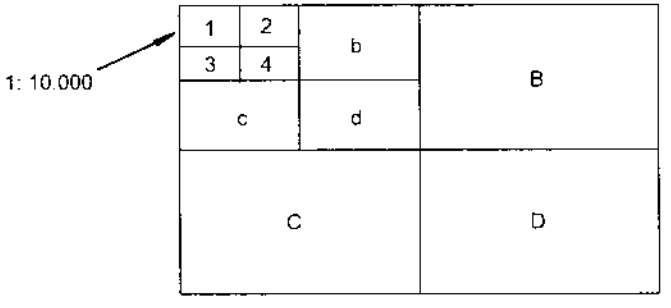

*Hình 2-3*

Từ tờ 1: 100.000 (ví dụ F 48-144) phân chia thành các mảnh tỷ lệ 1: 50.000, 1: 25.000 và 1: 10.000 được tiến hành theo bảng 2-2 và hình 2-4.

**Bảng 2-1**

| Tỷ lệ | Số mảnh bản đồ nằm trong mảnh F48 | Kích thước | Ví dụ số hiệu mảnh | |
|---|---|---|---|---|
| | | Δφ | Δλ | |
| 1:500.000 | 2×2 =4 | $2^0$ | $3^0$ | F48-D |
| 1:200.000 | 6×6 =36 | 40' | $1^0$ | F48-VI |
| 1:100.000 | 12×12 =144 | 20' | 30' | F48-144 |

F 48 -144




***Hình 2-4***

**Bảng 2- 2**

| Tỷ lệ | Số mảnh bản đồ nằm trong mảnh F48-144 | Kích thước | Ví dụ số hiệu mảnh | |
|---|---|---|---|---|
| | | Δφ | Δλ | |
| 1:50 000 | 2×2 = 4 | 10' | 15' | F48-144-A |
| 1:25 000 | 4×4 = 16 | 5' | 7'30'' | F48-144-A-a |
| 1:10 000 | 8×8 = 64 | 2'30" | 3'45'' | F48-144-A-a-1 |

Tờ bản đồ 1:100.000 phân chia thành 16×24 = 384 mảnh tỷ lệ 1:5.000.

Số hiệu của mảnh thứ n nào đó được ghi là F48-144-(n). Ở đây n là chữ số Arập 1, 2... 384.

Lấy mảnh 1:5.000 chia ra 2×3 = 6 mảnh tỷ lệ 1:2.000

Số hiệu của mảnh 1:2.000 là số hiệu của mảnh tỷ lệ 1:5.000 kèm theo 1 trong 6 chữ a, b, c, d, e, f.

Ví dụ : F48-144(135-d).

Đối với bản đồ tỷ lệ lớn (lớn hơn 1:5.000) thường phân mảnh theo lưới tọa độ ô vuông với các kích thước khung 50cm ×50cm.

## §2-4. BIỂU DIỄN ĐỊA HÌNH, ĐỊA VẬT TRÊN BẢN ĐỒ

### *1. Biểu diễn địa vật*

Địa vật là những vật thể do thiên nhiên hay do con người tạo ra như sông suối, rừng núi, thành phố, làng mạc...

Các kí hiệu biểu diễn địa vật phải đơn giản, rõ ràng và thống nhất. Các địa vật có kích thước khác nhau nên biểu diễn chúng lên bản đồ cũng khác nhau:

a. Biểu diễn địa vật theo tỷ lệ: đối với những địa vật có hình dáng, kích thước rõ ràng như ao hồ, sình lầy, làng mạc, theo tỷ lệ người ta vẽ trực tiếp lên bản đồ đúng hình dạng và kích thước của chúng.

b. Biểu diễn địa vật không theo tỷ lệ: đối với những địa vật có kích thước nhỏ mà theo tỷ lệ bản đồ không thể thực hiện được như cây độc lập, giếng nước, nhà thờ... thì dùng các kí hiệu để biểu thị. Các kí hiệu này đã được quy định bởi Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước.

c. Với những công trình dạng tuyến như sông suối, đường giao thông, biên giới... người ta kết hợp hai cách biểu diễn trên.

### *2. Biểu diễn địa hình*

Địa hình là hình dáng cao thấp khác nhau của mặt đất tự nhiên. Có nhiều phương pháp biểu diễn địa hình: kẻ vân, tô màu, ghi số, đường đồng mức...

*a) Phương pháp kẻ vân:*

Dùng các nét kẻ đứt đoạn biểu diễn dáng đất theo nguyên tắc địa hình dốc các nét kẻ ngắn, đậm và dày; địa hình thoải các nét kẻ dài mảnh và thưa.

Phương pháp này cho phép nhìn được khái quát địa hình, song bản vẽ tối, không biết độ cao chính xác của một điểm hoặc của một khu vực. Phương pháp này được sử dụng trong các bản đồ cổ hay bản đồ du lịch tỷ lệ nhỏ.

*b) Phương pháp tô màu:*

Dùng màu sắc và độ đậm nhạt để biểu diễn địa hình. Thông thường đồi núi được biểu diễn bằng màu nâu, hệ thống thủy văn (sông, suối, biển...) biểu diễn bằng màu lam. Núi càng cao, sông biển càng sâu màu càng đậm. Địa hình tiếp giáp với hai loại trên là đồng bằng thường được biểu diễn bằng màu xanh lá mạ. Do đó khi nhìn vào bản đồ người ta cảm nhận được sự cao thấp của các khu vực. Tuy vậy cũng không cho chính xác các thông số về độ cao của điểm hoặc khu vực.

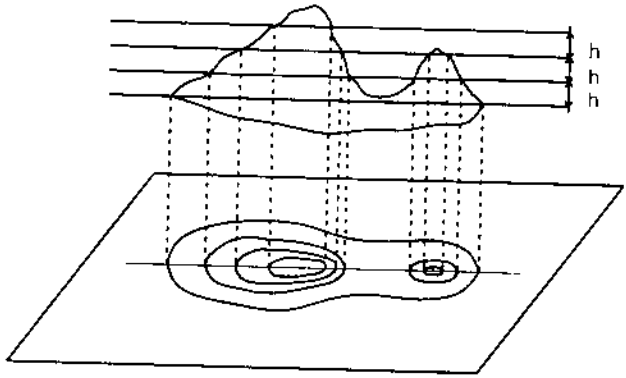
*c. Phương pháp ghi độ cao theo điểm:*

Người ta ghi trực tiếp độ cao của các điểm đặc trưng địa hình lên bản đồ. Ưu điểm của phương pháp này là cho biết chính xác độ cao của điểm, của khu vực cần nghiên cứu nhưng không cho

biết khái quát được toàn bộ khu vực, mặt khác do ghi độ cao của nhiều điểm nên bản vẽ tối.

*d. Phương pháp đường đồng mức:*

Đường đồng mức là đường nối liền các điểm có cùng độ cao. Nó cũng chính là hình chiếu của giao tuyến giữa mặt đất tự nhiên và mặt thủy chuẩn quy ước (hình 2-5).




***Hình 2-5***

Đường đồng mức có các đặc tính sau:

- Đường đồng mức liên tục và khép kín.

- Các đường đồng mức không cắt nhau.

- Các đường đồng mức càng sít nhau, mặt đất càng dốc. Các đường đồng mức càng xa nhau, mặt đất càng thoải.

- Đường vuông góc với hai đường đồng mức kề nhau là đường dốc nhất.

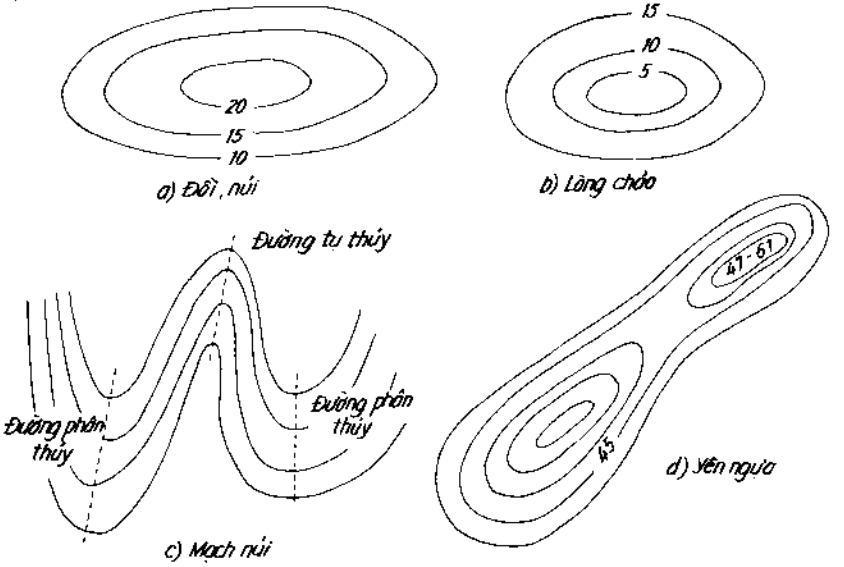
- Hiệu số độ cao giữa hai đường đồng mức kề nhau là khoảng cao đều h. Lựa chọn khoảng cao đều phụ thuộc vào tỷ lệ bản đồ, độ dốc của bề mặt địa hình... Khoảng cao đều thường được chọn với các giá trị 0,25m; 0,5m; 1,0m; 2,0m; 5,0m; 10,0m...

Các đường đồng mức được thể hiện bằng nét liền, màu nâu (đối với địa hình trên cạn) hoặc màu lam (đối với địa hình dưới nước) các đường đồng mức này là các đường đồng mức chính. Để dễ dàng khi sử dụng bản đồ địa hình, cứ cách 5 đường đồng mức người ta lại tô đậm một đường và ghi độ cao của nó (quay về phía cao) và đường đậm này là đường đồng mức cái.

Ở những khu đất ít dốc, để biểu diễn các chi tiết nhỏ của địa hình, người ta dựng đường đồng mức phụ (đường đồng mức bổ trợ) có khoảng cao đều bằng nửa khoảng cao đều của đường đồng mức chính và nó được biểu diễn bằng nét đứt.

Với những nơi độ dốc lớn hơn 45°, các đường đồng mức gần như chập vào nhau, người ta sẽ dùng các ký hiệu đặc biệt để biểu diễn.

Tuy hình dáng mặt đất rất đa dạng nhưng theo phương pháp đường đồng mức có thể chia thành các dạng địa hình chủ yếu (hình 2-6).




***Hình 2-6***

Rõ ràng phương pháp đường đồng mức cho phép ta nhìn được toàn cảnh của địa hình mặt đất đồng thời cũng cho biết độ cao khu vực cần nghiên cứu.

## §2-5. SỬ DỤNG BẢN ĐỒ

### I. Khái niệm

Bản đồ là tài liệu gốc không thể thiếu trong các giai đoạn của công tác khảo sát quy hoạch, thiết kế và thi công các công trình. Để sử dụng tốt bản đồ, cần phải hiểu được bản chất, nội dung, ý nghĩa của tất cả những chữ, số, kí hiệu... trình bày trên tờ bản đồ.

Các số liệu thu được từ bản đồ càng tin cậy nếu tỷ lệ bản đồ càng lớn, khoảng cao đều càng nhỏ và thời gian biên vẽ càng gần hiện tại...

Trong quá trình sử dụng bản đồ, đôi khi người ta cần phải định hướng bản đồ để đối chiếu với thực địa. Có hai cách định hướng:

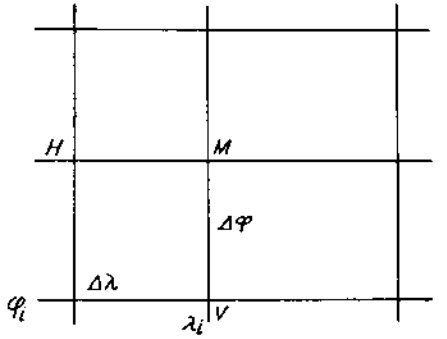
Dùng địa bàn: đặt địa bàn lên tờ bản đồ trải phẳng sao cho kim địa bàn ở vị trí cân bằng tự do, đường $180^0$- $0^0$ của địa bàn trùng với khung đứng của bản đồ, sau đó xoay tờ bản đồ cho đến khi kim địa bàn chỉ số 0.

Định hướng theo địa vật: chọn trên bản đồ một địa vật dạng tuyến (đường xá, sông ngòi...) mang bản đồ tới gần địa vật đó ngoài thực địa rồi xoay tờ bản đồ sao cho hướng của địa vật trên bản đồ trùng với hướng của địa vật ngoài thực địa. Để tránh nhầm lẫn, cần quan sát các địa vật khác nằm ở hai bên địa vật dạng tuyến đã chọn.

## II. Xác định các yếu tố trên bản đồ

### *1. Xác định tọa độ địa lý của một điểm*

Trên mỗi tờ bản đồ, bốn góc khung ghi giá trị độ kinh, độ vĩ. Ở mỗi cạnh khung bản đồ người ta chia thành những khoảng trắng đen biểu thị giá trị độ kinh và độ vĩ chẵn đến phút gọi là thang chia độ. Nối các điểm có cùng giá trị ở các cạnh khung đối diện sẽ được lưới tọa độ địa lý.




*Hình 2-7*

Từ điểm M cần xác định tọa độ địa lý, kẻ hai đường thẳng. Một đường song song với cạnh ô kinh tuyến và một đường song song với cạnh ô vĩ tuyến. Đo các đoạn thẳng MH và MV sẽ tính được các gia số $\Delta\varphi$ và $\Delta\lambda$. Khi đó tọa độ địa lý điểm M sẽ là:

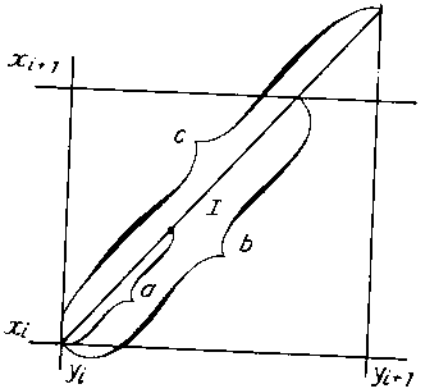
$$\varphi_M = \varphi_i + \Delta\varphi \qquad (2\text{-}1)$$

$$\lambda_M = \lambda_i + \Delta\lambda \qquad (2\text{-}2)$$

### *2. Xác định tọa độ vuông góc của một điểm*

Giả sử cần xác định tọa độ vuông góc của điểm I. Trên cơ sở lưới tọa độ ô vuông có sẵn trên bản đồ, tạo ô vuông có chứa điểm I (giới hạn bởi các đường $x_i$, $x_{i+1}$, $y_i$, $y_{i+1}$) như hình 2-8. Qua

góc Tây Nam của ô vuông và điểm I kẻ đường thẳng, xác định được các đoạn a, b và c.




*Hình 2-8*

Khi đó tọa độ vuông góc của điểm I sẽ là:

$$x_i = x_i + \frac{x_{i+1} - x_i}{b}.a \qquad (2\text{-}3)$$

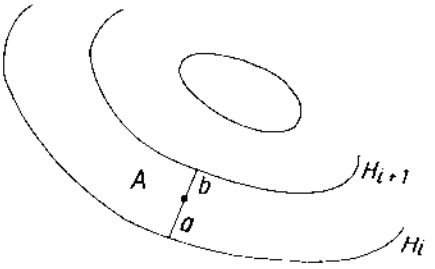
$$y_i = y_i + \frac{y_{i+1} - y_i}{c}.a \qquad (2\text{-}4)$$

### *3. Xác định độ cao của một điểm*

Qua A, dựng đường vuông góc với 2 đường đồng mức kề nhau ($H_i$, $H_{i+1}$) và đo các đại lượng a, b (hình 2 - 9), khi đó độ cao của điểm A là:

$$H_A = H_i + \frac{H_{i+1} - H_i}{a + b}\,a$$

$$H_A = H_{i+1} - \frac{H_{i+1} - H_i}{a + b}\,b \qquad (2\text{-}5)$$




*Hình 2-9*

Trường hợp A nằm kẹp giữa hai đường đồng mức cùng độ cao thì độ cao của A được lấy gần đúng lớn hơn hay nhỏ hơn độ cao đường đồng mức gần nhất một khoảng gần bằng nửa khoảng cao đều (0,5h).

### *4. Xác định độ dài*

Xác định độ dài một đoạn thẳng: dùng compa và thước tỷ lệ đo và tính trực tiếp ra chiều dài của đoạn thẳng đó.

Xác định độ dài của một đoạn cong:

- Chia đường cong thành nhiều đoạn nhỏ và xem mỗi đoạn nhỏ như một đoạn thẳng. Xác định chiều dài của các đoạn thẳng đó và cộng các kết quả lại.

- Dùng máy đo đường cong: đặt bánh xe của máy ở một đầu đường cong ứng với số đọc ban đầu là $u_0$. Lăn bánh xe dọc đường cong cho đến điểm cuối cùng, đọc được số đọc $u_n$. Chiều dài đường cong d được tính theo:

$$d = k\,(u_n - u_0) \qquad (2\text{-}6)$$

với k là giá trị một khoảng chia của máy đo.

### *5. Xác định độ dốc và góc dốc của đoạn thẳng*

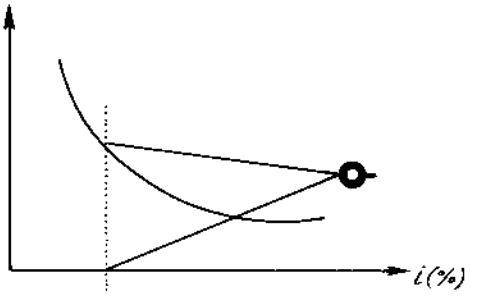
Muốn xác định độ dốc hoặc góc dốc của đoạn thẳng, trước tiên cần xác định độ cao của điểm đầu $H_đ$ và điểm cuối $H_c$ cũng như chiều dài bằng của đoạn thẳng d.

Độ dốc i %: $$i = \frac{H_c - H_đ}{d} \quad (2\text{-}7)$$

Góc dốc V: $$V = \text{artg}\frac{H_c - H_đ}{d} \quad (2\text{-}8)$$

Trên cơ sở công thức (2-7), (2-8) người ta xây dựng các biểu đồ độ dốc và góc nghiêng. Những biểu đồ này được bố trí ở góc phía Nam của tờ bản đồ.

Để xác định độ dốc địa hình giữa hai điểm nào đó, dùng compa đo khoảng cách giữa chúng, giữ nguyên khẩu độ và đặt lên biểu đồ. Tịnh tiến compa song song với trục tung cho tới khi một đầu compa trùng với đường cong và đầu còn lại trùng với trục hoành, vị trí này chính là giá trị độ dốc giữa hai điểm (hình 2-10).

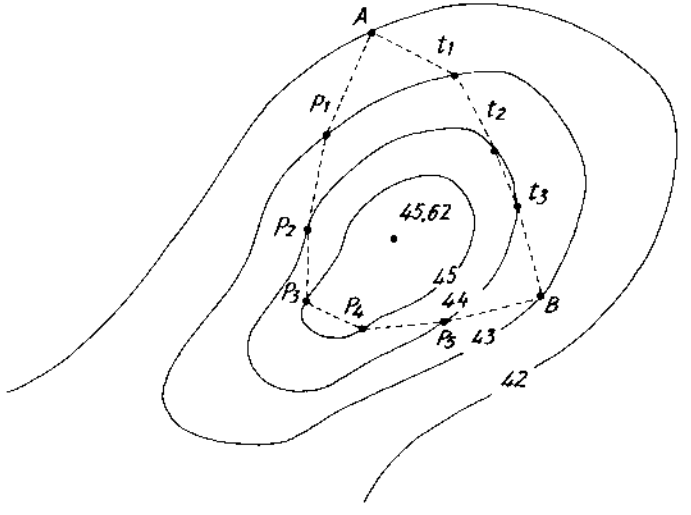



***Hình 2-10***

### *6. Xác định tuyến có độ dốc cho trước trên bản đồ*

Giả sử cần xác định tuyến ngắn nhất từ điểm A tới điểm B trên bản đồ với độ dốc i (hình 2-11). Từ khoảng cao đều và độ dốc i ta dễ dàng xác định khoảng cách nằm ngang nhỏ nhất a trên bản đồ tương ứng với độ dốc i:

$$a = \frac{h}{i.M} \qquad (2\text{-}9)$$




*Hình 2-11*

Trong đó M là mẫu số tỷ lệ bản đồ. Mở khẩu độ compa bằng giá trị a đã tính, từ A theo hướng tới B, lần lượt đặt các khẩu độ đó sao cho chúng cắt các đường đồng mức kế tiếp tại các điểm $p_1$, $p_2$... (hoặc $t_1$, $t_2$). Ít nhất chúng ta nhận được hai tuyến thoả mãn độ dốc i. Theo yêu cầu của thiết kế sẽ chọn được tuyến cần thiết.

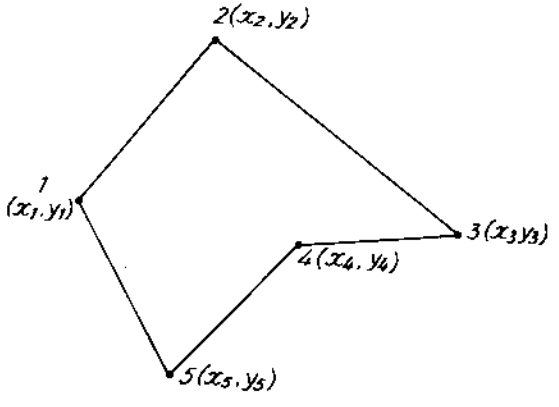
Trường hợp khẩu độ compa không cắt đường đồng mức kế tiếp, nghĩa là địa hình khu vực đó có độ dốc nhỏ hơn độ dốc thiết kế, khi đó có thể chọn một vị trí bất kỳ để phát triển tuyến. Đây là vấn đề được ứng dụng nhiều khi xây dựng các công trình dạng tuyến.

### *7. Xác định diện tích trên bản đồ*

Tùy theo hình dạng của khu vực cần xác định diện tích trên bản đồ, độ chính xác yêu cầu mà sử dụng một trong các phương pháp sau:

*a) Phương pháp giải tích*: áp dụng trường hợp diện tích cần xác định là một đa giác.

* Nếu các đỉnh đa giác đã biết tọa độ ($x_i$, $y_i$) và được đánh số thứ tự theo chiều kim đồng hồ (hình 2-12), diện tích đa giác tính theo công thức:




***Hình 2-12***

$$A=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} x_i(y_{i+1}-y_{i-1}) \qquad (2\text{-}10)$$

$$A=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} y_i(x_{i+1}-x_{i-1}) \qquad (2\text{-}11)$$

Ví dụ: Tính diện tích của đa giác theo số liệu sau:

| Đỉnh đa giác | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| x(m) | 300 | 800 | 1200 | 100 | 400 |
| y(m) | 300 | 400 | 600 | 1000 | 1200 |

Giải:

Theo (2-10) ta có:

$$2A = x_1(y_2-y_5) + x_2(y_3-y_1) + x_3(y_4-y_2) + x_4(y_5-y_3) + x_5(y_1-y_4) \qquad (2\text{-}12)$$

Thay số:

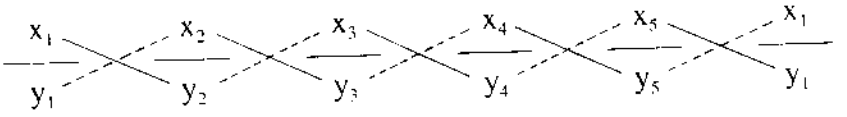
$$2A = 300(400-1200) + 800(600-300) + 1200(1000-400) +$$
$$+ 1000(1200-600) + 400(300-1000) = -240.000 +$$
$$+ 240.000 + 720.000 + 600.000 - 280.000 = 1.040.000$$

$A = 1.040.000 : 2 = 520.000\ (m^2)$

*Chú ý:* Từ (2-12) cũng có thể viết:

$$2A = x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_4 + \ldots + x_{n-1}y_n + x_ny_1 - x_2y_1 - x_3y_2 - \ldots - x_1y_n \qquad (2\text{-}13)$$

Nếu viết tọa độ các điểm dưới dạng phân số (tử số là x, mẫu số là y) và xếp thứ tự như (2-13) khi đó vế trái của (2-13) bằng hiệu của tổng các tích tọa độ kết nối bằng nét liền và tổng các tích tọa độ kết nối bằng nét đứt.




***Hình 2-13***

Sơ đồ (2-13) rất tiện lợi khi dùng máy tính để tính toán.

* Trường hợp không biết tọa độ các đỉnh đa giác: chia đa giác thành các tam giác, đo tất cả các cạnh của tam giác, khi đó diện tích của tam giác thứ i là:

$$A_i = \sqrt{p_i(p_i - a_i)(p_i - b_i)(p_i - c_i)} \qquad (2\text{-}14)$$

Trong đó: $p_i = \frac{a_i + b_i + c_i}{2}$ ; $a_i$, $b_i$, $c_i$ là chiều dài các cạnh của tam giác i và diện tích của đa giác là:

$$A = \sum_{i=1}^{n} A_i \qquad (2\text{-}15)$$

Phương pháp giải tích cho độ chính xác cao hơn các phương pháp khác (đạt tới $1^0/_{00}$).

*b) Phương pháp đồ giải:* áp dụng trong trường hợp khu vực cần xác định diện tích có đường bao bất kỳ.

* Xác định bằng lưới ô vuông:

Trên tờ giấy bóng, xây dựng lưới ô vuông sao cho mỗi ô vuông có cạnh từ 2 đến 4mm. Phủ lưới ô vuông lên hình cần đo, đếm số ô vuông nguyên nằm trong đường ranh giới, các ô khuyết ở mép hình được dồn lại cho đủ thành ô nguyên qua ước lượng bằng mắt. Diện tích khu vực bằng số ô vuông nhân với diện tích một ô vuông tính theo tỷ lệ bản đồ.

* Xác định bằng lưới các đường song song:

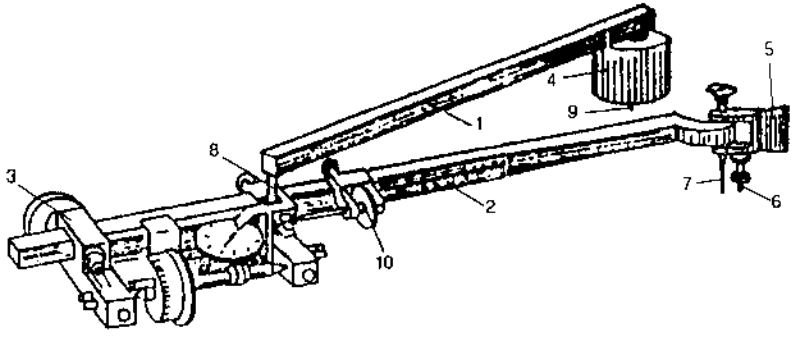
Kẻ những đường song song cách đều nhau một khoảng a (a = 2÷4mm) trên giấy bóng. Phủ lưới các đường song song lên hình cần đo. Diện tích của hình bằng tổng diện tích các hình chữ nhật có chiều rộng bằng a còn chiều dài đo trực tiếp theo các đường trung bình của băng bị giới hạn bởi đường biên của hình.

Phương pháp đồ giải có ưu điểm là đơn giản, nhanh chóng nhưng độ chính xác thấp (2%-5%). Để kiểm tra và nâng cao độ chính xác, phương pháp này thường được thực hiện vài ba lần trên cùng khu vực cần xác định. Kết quả cuối cùng là trung bình cộng của các lần đo.

*c) Phương pháp cơ học (dùng máy đo diện tích):*

Phương pháp này áp dụng cho khu vực có đường bao hình dạng bất kỳ. Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản, nhanh chóng và đáp ứng được độ chính xác mà công tác xây dựng yêu cầu (5%).

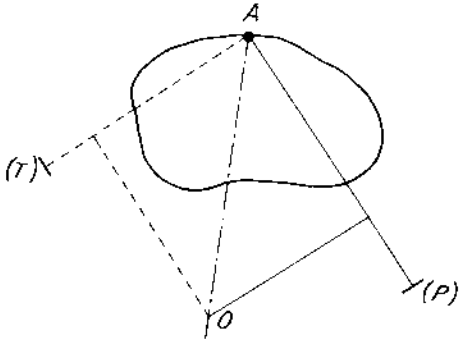
Máy đo diện tích có các bộ phận chính: cánh tay đòn cực, cánh tay đòn quay, bánh xe quay, bộ phận đọc số... (hình 2-14).




***Hình 2-14***

Tùy theo diện tích cần đo nhỏ hay lớn mà vị trí đặt kim cực O. Nếu khu vực đo dưới 400cm$^2$ trên bản đồ, kim cực O nằm ngoài ranh giới cần xác định, còn nếu lớn hơn đặt kim cực bên trong của đường ranh giới.

Giả sử cần đo khu vực như (hình 2-15) có diện tích tương đối nhỏ. Đặt kim cực O ở ngoài ranh giới đo.




***Hình 2-15***

- Nửa vòng đo phải P (bộ phận đọc số ở bên phải đường nối kim cực với kim quay OA). Đặt kim quay lên điểm A bất kỳ trên đường bao, đọc số đọc ban đầu $n_1$. Di chuyển kim quay theo đường bao thuận chiều kim đồng hồ cho đến khi trở lại A, đọc số $n_2$.

Diện tích hình cần đo là:

$$A = c\,(n_2 - n_1) \qquad (2\text{-}16)$$

Trong đó c là giá trị mỗi khoảng chia của máy đo diện tích, c được xác định bằng thực nghiệm.

- Nửa vòng đo trái T (bộ phận đọc số nằm ở bên trái đường $A_0$) làm tương tự như nửa vòng đo phải.

Kết quả nhận được là trung bình cộng của hai nửa vòng đo.

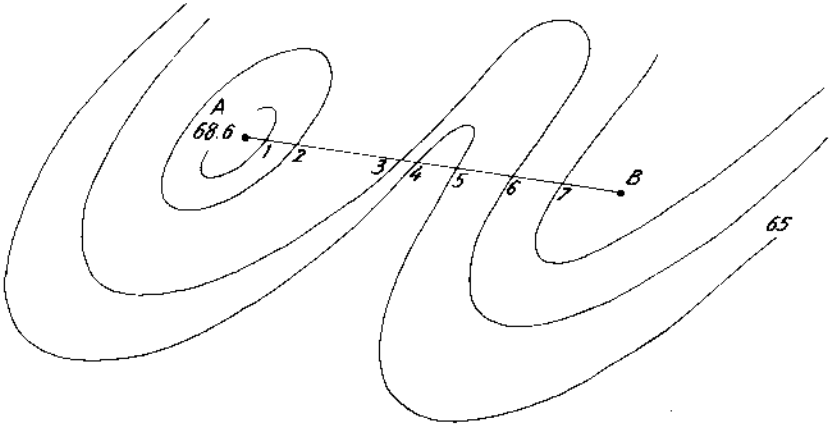
Để xác định c, dùng máy đo diện tích ở trên đo một hình đã biết diện tích $A_0$ (thường là vài ba ô vuông của lưới vuông góc). Khi đó ta nhận được:

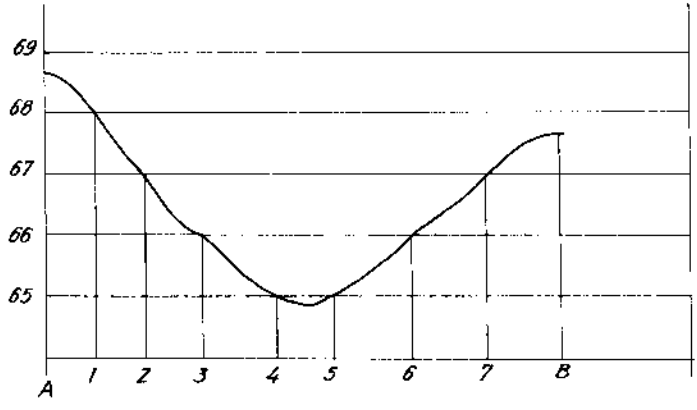
$$c = \frac{A_0}{n_2 - n_1} \qquad (2\text{-}17)$$

Để đảm bảo độ chính xác phải dùng tấm bản đồ không nhàu nát, gấp nếp và đặt lên mặt bàn phẳng. Khi đo bán kính quay R phải không đổi và bằng giá trị khi xác định c. Bố trí điểm cực sao cho góc ở khớp khi đo từ $30^0$ đến $150^0$.

### *8. Lập mặt cắt dọc nhờ bản đồ*

Giả sử cần lập mặt cắt dọc địa hình theo hướng AB trên bản đồ như hình 2-16. Đặt tờ giấy kẻ ly theo hướng AB, đánh dấu tất cả các điểm giao nhau giữa đường AB với các đường đồng mức. Từ những điểm này, dựng các đường vuông góc với AB, trên đó đặt độ cao của các đường đồng mức tương ứng theo tỷ lệ đứng của mặt cắt. Nối đầu mút của các đoạn vuông góc này bằng đường cong, ta nhận được mặt cắt đứng địa hình theo hướng AB.




| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Độ cao | | | | | | | | | |
| Khoảng cách | | | | | | | | | |

***Hình 2-16***

## Câu hỏi và bài tập chương II

1. Bản đồ và bình đồ giống và khác nhau ở những điểm nào?

2. Có tờ bản đồ tỷ lệ 1:10.000, hỏi khoảng cách nhỏ nhất ngoài thực địa là bao nhiêu để có thể biểu diễn lên bản đồ đó?

3. Hãy trình bày:

a. Nguyên tắc phân mảnh và ghi số hiệu cho các tờ bản đồ tỷ lệ 1:1.000.000?

b. Nguyên tắc phân mảnh và ghi số hiệu cho các tờ bản đồ có tỷ lệ lớn hơn?

4. Địa vật là gì? Các cách biểu diễn địa vật?

5. Địa hình là gì? Các phương pháp biểu diễn địa hình? Tại sao ngày nay người ta sử dụng phương pháp đường đồng mức trong biểu diễn bản đồ địa hình?

6. Trình bày các phương pháp xác định chiều dài giữa hai điểm thuộc một tuyến nào đó trên bản đồ?

7. Cách sử dụng bản đồ để xác định độ dốc mặt đất giữa hai điểm? Áp dụng phương pháp này để xác định tuyến đã biết độ dốc như thế nào?

8. Các phương pháp xác định diện tích một khu vực trên bản đồ? Điều kiện để áp dụng cho mỗi phương pháp?

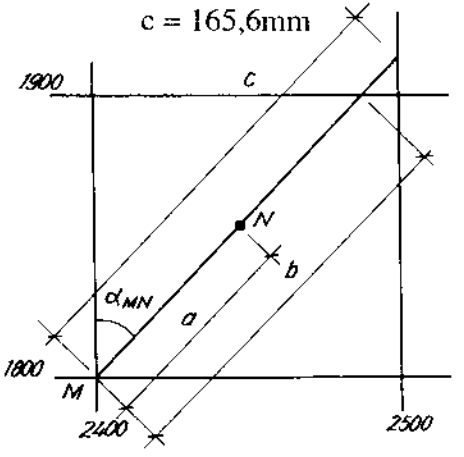
9. Cách sử dụng bản đồ để xây dựng mặt cắt dọc địa hình?

10. Bài tập:

***Bài tập 2-1:*** Trên bản vẽ tỷ lệ 1:1.000 có 2 điểm M và N (hình 2-17). Điểm M đã biết tọa độ ($x_i$, $y_i$) , điểm N được xác định tọa độ qua các thông số a, b, c. Hãy xác định góc định hướng $\alpha_{MN}$, biết:

$$M \begin{cases} x_i = 1800{,}00\text{m} \\ y_i = 2400{,}00\text{m} \end{cases}$$

a = 45,3mm
b = 124,7mm
c = 165,6mm

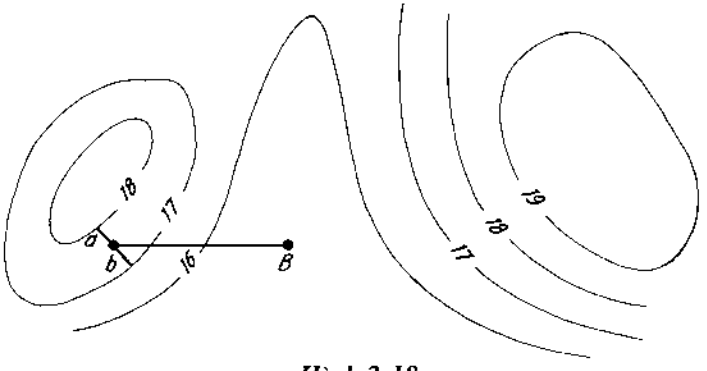



***Hình 2-17***

***Bài tập 2-2:*** Tính độ dốc đoạn thẳng AB theo hình (2-18) và các số liệu đo được như sau:

Tỷ lệ bản vẽ 1:2.000

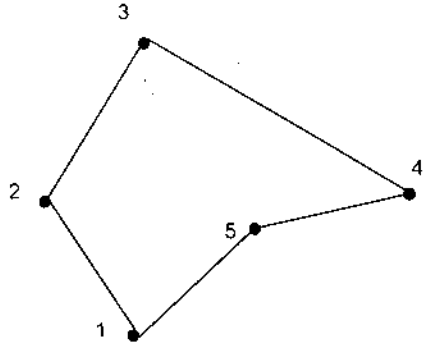
a = 6mm
b = 8mm
$d_{AB}$ = 55,2mm




*Hình 2-18*

***Bài tập 2-3:*** Tính diện tích khu vực giới hạn bởi đa giác (hình 2-19) với số liệu ở bảng sau:

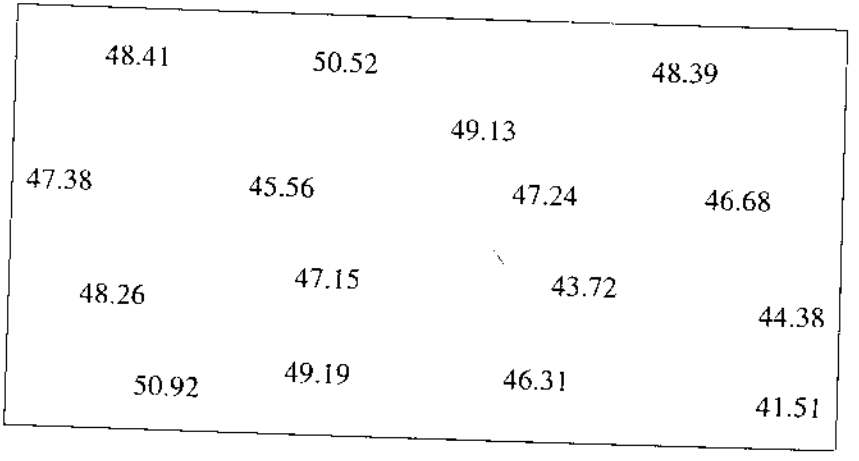
| Điểm | x(m) | y(m) |
|---|---|---|
| 1 | 5110,25 | 6220,47 |
| 2 | 5255,60 | 6130,55 |
| 3 | 5400,75 | 6240,65 |
| 4 | 6350,55 | 6400,35 |
| 5 | 5210,15 | 6350,46 |




*Hình 2-19*

***Bài tập 2-4:***

Các điểm đặc trưng địa hình của một khu vực được thể hiện trên bản vẽ như hình 2-20. Vẽ các đường đồng mức của khu vực đó với khoảng cao đều là 1m.




***Hình 2-20***

# Chương III

# KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ SAI SỐ

## §3-1. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI SAI SỐ

Đo đạc một đại lượng là đem so sánh nó với một đại lượng cùng loại được chọn làm đơn vị.

Để xác định một đại lượng đo, phải dùng dụng cụ đo rồi tiến hành đo theo một phương pháp đo nào đó trong môi trường đo nhất định. Song không bao giờ có được dụng cụ đo tuyệt đối chính xác, một phương pháp đo thật hoàn chỉnh, còn môi trường luôn luôn thay đổi. Do vậy bất cứ một kết quả đo nào cũng chứa sai số.

Sai số ($\Delta$) là hiệu số giữa giá trị đo ($l$) và trị thực (X) của đại lượng cần đo.

$$\Delta = l - X \tag{3-1}$$

Tuỳ theo nguồn gốc, đặc tính mà sai số chia ra các loại: sai lầm, sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên.

***1. Sai lầm:*** Là sai số gây nên do thiếu cẩn thận, nhầm lẫn trong khi đo, ghi, tính...

Ví dụ: Khi đo khoảng cách nhầm hẳn một đoạn thước. Sai lầm thường có giá trị lớn nhưng dễ phát hiện và loại trừ nếu có biện pháp kiểm tra.

*2. Sai số hệ thống:* Là sai số gây nên do sự thiếu chính xác của dụng cụ đo, do thói quen của người đo, do ngoại cảnh thay đổi (nhiệt độ, độ ẩm, chiết quang...)

Ví dụ: Dùng thước vải cuộn có chiều dài danh nghĩa 20,00m để đo đoạn thẳng nào đó, nhưng chiều dài thật của thước khi đo lại là 19,99m. Như vậy mỗi lần đặt thước sai số 1cm, đây là sai số hệ thống do dụng cụ đo gây ra.

Sai số hệ thống có trị số và dấu không đổi suốt quá trình đo.

Để loại trừ hoặc hạn chế ảnh hưởng của sai số hệ thống cần: kiểm nghiệm và điều chỉnh dụng cụ đo, áp dụng phương pháp đo thích hợp hoặc tính số hiệu chỉnh vào kết quả đo.

*3. Sai số ngẫu nhiên:* Là sai số xuất hiện do điều kiện đo luôn luôn thay đổi.

Ví dụ: Khi đo cao hình học, số đọc theo các dây chỉ có chứa sai số do mia bị nghiêng, do ước lượng khi đọc số, do khúc xạ ánh sáng...

Qua nghiên cứu lý thuyết và thực tế cho thấy sai số ngẫu nhiên có thể được coi là những đại lượng toán học ngẫu nhiên tuân theo luật phân bố chuẩn của Gauxơ và có các tính chất sau:

+ Trong điều kiện đo nhất định sai số ngẫu nhiên không vượt quá một giới hạn nhất định.

+ Sai số ngẫu nhiên có trị số tuyệt đối càng nhỏ thì có khả năng xuất hiện càng nhiều.

+ Số lần xuất hiện của sai số ngẫu nhiên dương xấp xỉ số lần xuất hiện của sai số ngẫu nhiên âm

+ Khi số lần đo tăng lên vô hạn, số trung bình cộng của sai số ngẫu nhiên tiến tới 0.

$$\lim_{n\to\infty}\frac{[\Delta]}{n}=0 \qquad (3\text{-}1a)$$

## §3-2. CÁC TIÊU CHUẨN ĐỂ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ĐO CÙNG ĐỘ CHÍNH XÁC

* Để đánh kết quả đo cùng độ chính xác (các kết quả đo nhận được trong cùng một điều kiện đo), người ta dùng các tiêu chuẩn sau:

### *1. Sai số trung bình 0*

$$\theta=\frac{\sum_{i=1}^{n}|\Delta_i|}{n} \qquad (3\text{-}2)$$

Trong đó: $\Delta_i$: sai số thực lần thứ i

n : số lần đo

*Ví dụ 3-1:* Hai nhóm A và B cùng đo các góc trong một tam giác với 10 lần đo và sai số khép của mỗi lần đo là (đơn vị giây):

Nhóm A: +4, -3, -5, +3, +2, -1, +5, -4, -3, +4.

Nhóm B : -1, +2, -8, -3, +2, -2, +9, +1, -4, -2.

Theo (3-2) , sai số trung bình của mỗi nhóm là:

$$\theta_A = 3''4 \qquad \theta_B = 3''4$$

Nếu chỉ dùng sai số trung bình thì hai nhóm đo chính xác như nhau.

### *2. Sai số trung phương (m)*

Để khuyếch đại phạm vi biến động của sai lệch Gauxơ đề xuất sai số trung phương:

$$m=\pm\sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \qquad (3\text{-}3)$$

Với ví dụ (3-1) ta có: $m_A = \pm 3''6$ và $m_B = \pm 4''3$

Như vậy nhóm A đo chính xác hơn nhóm B.

Các công thức trên đều được lập với sai số thực $\Delta$, song trên thực tế rất nhiều trường hợp không thể biết được trị thực X. Vì vậy Beexen đã đưa ra công thức tính sai số trung phương:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \qquad (3\text{-}4)$$

Trong đó : $v_i = l_i - L$ là sai số xác suất nhất

$L$ là trị xác suất nhất

Từ các công thức (3-3) và (3-4) ta thấy độ chính xác tăng khi số lần đo tăng.

### *3. Sai số xác suất $\rho$*

Là sai số ngẫu nhiên mà trong điều kiện đo đã biết những sai số ngẫu nhiên có trị số tuyệt đối nhỏ hay lớn hơn nó đều thường gặp như nhau trong dãy đo.

Nếu viết các sai số ngẫu nhiên theo thứ tự tăng dần thì sai số ở vị trí giữa của dãy sẽ có giá trị gần bằng sai số xác suất.

Cũng có thể tính sai số xác suất thông qua sai số trung phương m:

$$\rho \approx \frac{2}{3} m \qquad (3\text{-}5)$$

### *4. Sai số tuyệt đối và sai số tương đối*

Các loại sai số trên là sai số tuyệt đối, chúng đều có đơn vị đo.

Nếu chỉ dùng các sai số tuyệt đối đôi khi không thể đánh giá được độ chính xác của các dãy đo.

*Ví dụ 3-2:* Tổ A đo chiều dài 1000m với sai số 20cm, tổ B đo chiều dài 600m với sai số 15cm.

Trong trường hợp này ta sử dụng sai số tương đối $\frac{1}{T}$ là tỷ số giữa sai số tuyệt đối và trị số của đại lượng đo.

Theo ví dụ 3-2 , kết quả là:

$$\frac{1}{T} = \frac{20}{100000} = \frac{1}{5.000}$$

$$\frac{1}{T} = \frac{15}{60000} = \frac{1}{4.000}$$

Như vậy tổ A đo chính xác hơn tổ B.

## § 3-3. SAI SỐ TRUNG PHƯƠNG CỦA MỘT HÀM SỐ CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO

### *1. Hàm tuyến tính*

Xét hàm số: $$z = x + y \tag{3-6}$$

Với x, y là các đại lượng đo độc lập, tương ứng có các sai số thực $\Delta_x$ và $\Delta_y$. Khi x, y thay đổi một lượng $\Delta_x$ , $\Delta_y$ thì hàm số z cũng thay đổi một lượng $\Delta_z$, nghĩa là:

$$z + \Delta_z = (x + \Delta_x) + (y + \Delta_y)$$

$$\Delta_z = \Delta_x + \Delta_y \tag{3-7}$$

Nếu mỗi đại lượng đo được đo n lần, như vậy ta có n đẳng thức dạng (3-7). Bình phương cả hai vế của các đẳng thức trên, ta có n đẳng thức có dạng:

$$\Delta_{zi}^2 = \Delta_{xi}^2 + \Delta_{yi}^2 + 2\Delta_{xi}\Delta_{yi} \tag{3-8}$$

Cộng các đẳng thức trên lại và chia cho n, ta có:

$$\frac{[\Delta_z\Delta_z]}{n} = \frac{[\Delta_x\Delta_x]}{n} + \frac{[\Delta_y\Delta_y]}{n} + 2\frac{[\Delta_x\Delta_y]}{n} \qquad (3\text{-}9)$$

Theo tính chất của sai số ngẫu nhiên, ta có thể bỏ qua số hạng cuối cùng:

$$\frac{[\Delta_z\Delta_z]}{n} = \frac{[\Delta_x\Delta_x]}{n} + \frac{[\Delta_y\Delta_y]}{n}$$

Trên cơ sở công thức (3-3), ta có:

$$m_z^2 = m_x^2 + m_y^2 \qquad (3\text{-}10)$$

Từ (3-10), có thể suy ra cho hàm có n biến số:

$$z = k_0 \pm k_1x_1 \pm k_2x_2 \pm \ldots\ldots \pm k_nx_n \qquad (3\text{-}11)$$

Trong đó $x_1, x_2, \ldots x_n$ là các biến số độc lập, tương ứng có các sai số trung phương $m_1, m_2 \ldots m_n$.

$k_0, k_1, k_2 \ldots k_n$ là các hằng số.

Khi đó sai số trung phương của hàm z sẽ là:

$$m_z^2 = k_1^2m_1^2 + k_2^2m_2^2 + \ldots + k_n^2m_n^2 \qquad (3\text{-}12)$$

*Ví dụ 3-3:* Trong tam giác ABC, để xác định góc C người ta đo các góc A và B nhận được số liệu sau:

$A = 53°18'19''$ với $m_A = \pm 3''$

$B = 69°35'27''$ với $m_B = \pm 4''$

Tính giá trị góc C và sai số trung phương $m_C$

Giải:

$C = 180° - (A + B)$

$C = 180° - (53°18'19'' + 69°35'27'')$

$C = 57°06'14''$

Sai số trung phương $m_C$ tính theo (3-12):

$m_C^2 = m_A^2 + m_B^2$

$m_C^2 = 3^2 + 4^2 = 25$

$-> m_C = \pm 5''$

Giá trị của góc C là $C = 57^0 06'14'' \pm 5''$

*2. Hàm số dạng tổng quát*

Có hàm số:

$$z = f(x_1, x_2 \ldots x_n) \qquad (3\text{-}13)$$

$x_1, x_2 \ldots x_n$: Các biến số độc lập

$\Delta_1, \Delta_2 \ldots \Delta_n$: Các sai số thực tương ứng của các biến số.

Ta có thể viết:

$$z + \Delta_z = f(x_1+\Delta_1; x_2+\Delta_2 \ldots x_n+\Delta_n) \qquad (3\text{-}14)$$

Khai triển theo chuỗi Taylor và bỏ qua số hạng phi tuyến tính nhận được:

$$z + \Delta_z = f(x_1, x_2 \ldots x_n) + \frac{\partial_f}{\partial_{x_1}}\Delta_1 + \frac{\partial_f}{\partial_{x_2}}\Delta_2 + \ldots + \frac{\partial_f}{\partial_{x_n}}\Delta_n$$

Nghĩa là:

$$\Delta_z = \frac{\partial_f}{\partial_{x_1}}\Delta_1 + \frac{\partial_f}{\partial_{x_2}}\Delta_2 + \ldots + \frac{\partial_f}{\partial_{x_n}}\Delta_n \qquad (3\text{-}15)$$

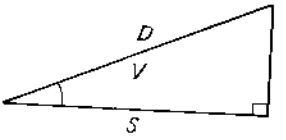
Trên cơ sở (3-11) và (3-12) ta có sai số trung phương của hàm z là:

$$m_z^2 = \left(\frac{\partial_f}{\partial_{x_1}}\right)^2 m_1^2 + \left(\frac{\partial_f}{\partial_{x_2}}\right)^2 m_2^2 + \ldots + \left(\frac{\partial_f}{\partial_{x_n}}\right)^2 m_n^2 \qquad (3\text{-}16)$$

Trong đó: $\frac{\partial_f}{\partial_{x_i}}$ : đạo hàm riêng phần của hàm z với biến số $x_i$

$m_i$: sai số trung phương của $x_i$

*Ví dụ 3-4:* Đo chiều dài đoạn đường dốc được D = 50,00m; $m_D = \pm 0{,}05$ m , góc nghiêng $V = 15^0 00$ ; $m_V = \pm 30''$. Tính chiều dài bằng S và sai số trung phương của nó (hình 3-1).




*Hình 3-1*

Giải: Theo hình vẽ chiều dài S là:

$$S = D \cos V$$

$$S = 50{,}00.\ \cos 15^{0}00 = 48{,}29\ (m)$$

Và sai số trung phương của chiều dài S:

$$m_S^2 = \left(\frac{\partial S}{\partial D}\right)^2 m_D^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)^2 \frac{m_V^2}{\rho^2}$$

$$\frac{\partial S}{\partial V} = -D\sin V;\quad \frac{\partial S}{\partial D} = 1$$

Thay số ta có: $m_S = \pm 0{,}05$ (m)

Như vậy chiều dài đoạn đo là: $S = (48{,}29 \pm 0{,}05)$ m

## §3-4. SỐ TRUNG BÌNH CỘNG VÀ SAI SỐ TRUNG PHƯƠNG CỦA NÓ KHI ĐO CÙNG ĐỘ CHÍNH XÁC

Trong Trắc địa, một đại lượng thường được đo nhiều lần và giá trị của nó là trung bình các lần đo.

Trong cùng điều kiện đo , một đại lượng nào đó đo n lần với các trị $l_1, l_2, \ldots, l_n$ với các sai số trung phương tương ứng là $m_1$ , $m_2, \ldots, m_3$ . Số trung bình cộng L của các trị đo là:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^{n} l_i}{n} \qquad (3\text{-}17)$$

L là hàm các trị đo $l_i$ , theo (3-12) ta nhận được sai số trung phương của L là $m_L$. $m_L^2 = (\frac{1}{n})^2 m_1^2 + (\frac{1}{n})^2 m_2^2 + ... + (\frac{1}{n})^2 m_n^2$

Giả sử $m_1 = m_2 = ... = m_n = m$ thì sai số $m_L$ có giá trị:

$$m_L = \frac{m}{\sqrt{n}} \qquad (3\text{-}18)$$

Từ công thức (3-18) ta nhận thấy số trung bình cộng có sai số nhỏ hơn $\sqrt{n}$ lần so với sai số của mỗi lần đo. Vì vậy số trung bình cộng là số đáng tin cậy nhất.

$v_i$ : là số hiệu chỉnh lần thứ i, $v_i = l_i - L$

Sai số trung phương của số trung bình cộng theo số hiệu chỉnh là :

$$m_L = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{(n-1).n}} \qquad (3\text{-}19)$$

*Ví dụ 3-5:* Chiều dài AB được đo 4 lần cùng độ chính xác với các kết quả nhận được ở bảng 3-1. Hãy xác định số trung bình cộng và sai số trung phương của nó cũng như sai số trung phương của mỗi lần đo.

**Bảng 3-1**

| Lần đo | $l_i$ (m) | $v_i = l_i - L$ (m) | vv |
|---|---|---|---|
| 1 | 178,75 | -0,03 | 0,0009 |
| 2 | 178,82 | +0,04 | 0,0016 |
| 3 | 178,76 | -0,02 | 0,0004 |
| 4 | 178,79 | +0,01 | 0,0001 |
| L | 178,78 | | |
| Σ | | 0,00 | 0,0030 |

Sai số trung phương mỗi lần đo:

$$m = \pm\sqrt{\frac{[vv]}{(n-1)}} = \pm\sqrt{\frac{0,0030}{3}} = \pm 0,03 \quad (m)$$

Sai số trung phương của L:

$$m_L = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{0,03}{\sqrt{4}} = 0,015 \quad (m)$$

Và chiều dài AB là L = 178,78 ± 0,02 (m).

## §3-5. TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ ĐO KHÔNG CÙNG ĐỘ CHÍNH XÁC

Trong thực tế, điều kiện đo thường thay đổi nên các kết quả đo nhận được không cùng độ chính xác và như vậy, không thể tính toán theo các biểu thức của §.3-4.

Để giải quyết, người ta dùng số bổ trợ cho việc tính toán cùng một lúc các trị đo không cùng độ chính xác, đồng thời cũng cho biết độ chính xác của các trị đo. Số đó gọi là trọng số và tính theo công thức:

$$P_i = \frac{\mu^2}{m_i^2} \qquad (3\text{-}20)$$

Trong đó:

$P_i$ - trọng số của lần đo thứ i.

$m_i$ - sai số trung phương của lần đo i.

$\mu^2 = C$ - hệ số trọng số có giá trị tuỳ chọn. Tuy nhiên C không đổi cho tất cả các trị đo được đem so sánh.

Khi đó số trung bình cộng $L_p$ của dãy đo không cùng độ chính xác là:

$$L_p = \frac{[Pl]}{[P]} \qquad (3\text{-}21)$$

Qua (3-21) ta thấy $P_i$ càng lớn thì trị đo tương ứng $l_i$ chiếm tỷ trọng càng lớn trong việc xác định trị trung bình trọng số $L_p$. Đây là bản chất trọng số của trị đo:

Nếu chọn $\mu = m_i$ thì $P_i = 1$ (trọng số đơn vị). Khi đó $\mu$ gọi là sai số trung phương trọng số đơn vị, được tính theo công thức:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \qquad (3\text{-}22)$$

Và sai số trung phương của số trung bình trọng số là:

$$m_{L_p} = \pm \frac{\mu}{\sqrt{[P]}} \qquad (3\text{-}23)$$

Thay (3-22) vào (3-23) ta có:

$$m_{L_p} = \pm \sqrt{\frac{[P_{vv}]}{(n-1)[P]}} \qquad (3\text{-}24)$$

## §3-6. CÁC ĐƠN VỊ ĐO DÙNG TRONG TRẮC ĐỊA

### *1. Đơn vị đo chiều dài*

Đơn vị đo chiều dài là mét (m). Một mét là chiều dài của 1.650.763,73 bước sóng truyền trong chân không của nguyên tố Kripton86 trong vùng quang phổ xác định. Ngoài ra còn hay dùng các bội số và ước số của mét như: kilomet (km), đêximét (dm), xăngtimét (cm), milimét (mm)...

### *2. Đơn vị đo góc*

Góc được đo bằng độ ($^o$) Grad (gr) hoặc Radian (rad).

- Một độ ($1^o$) là giá trị góc ở tâm chắn cung có chiều dài bằng $\frac{1}{360}$ chu vi của đường tròn.

Độ còn được chia thành phút ($1' = \frac{1^\circ}{60}$) và giây ($1'' = \frac{1}{60}$)

- Một Grad (1gr) là giá trị góc ở tâm chắn cung có chiều dài bằng $\frac{1}{400}$ chu vi của đường tròn. Các ước số của grad:

Xăngtigrad: $1^c = \frac{1^{gr}}{100}$

Miligrad: $1^{cc} = \frac{1^c}{100}$.

- Một Radian (1rad) là giá trị góc ở tâm chắn cung có chiều dài bằng bán kính của đường tròn. Các đơn vị đo có thể tích chuyển đổi:

$$1\text{Rad} = 57^\circ,29578 = 63,66198\text{n gr}$$

$$1^\circ = 0,01745\ \text{Rad} = 10/9\ \text{gr}$$

$$1^{gr} = 0,1571\ \text{Rad} = 0^\circ,9$$

Để dễ dàng chuyển đổi cung tròn từ đơn vị dài sang đơn vị góc và ngược lại, người ta dùng hệ số chuyển đổi ρ:

$$\rho^\circ = 57^\circ,3$$
$$\rho' = 3.438'$$
$$\rho'' = 206.265''$$

## Câu hỏi và bài tập chương III

1. Sai số đo đạc là gì? Phân loại sai số theo bản chất. Tại sao sai lầm và sai số hệ thống có thể loại trừ khỏi kết quả đo?

2. Sai số ngẫu nhiên là gì? Nêu các đặc điểm?

3. Trong đo đạc cùng độ chính xác, có những tiêu chuẩn nào đánh giá độ chính xác kết quả đo? Công thức tính sai số trung phương của Gauxơ và Becxen có điểm nào giống và khác nhau?

4. Thành lập công thức tính sai số trung phương của hàm số các kết quả đo độc lập?

5. Tại sao người ta nói "Số trung bình cộng là số đáng tin cậy nhất"?

6. Công thức tính trọng số? Nêu ý nghĩa của nó trong việc xử lý các kết quả đo không cùng độ chính xác?

7. Bài tập:

***Bài tập 3-1:*** Kết quả đo 8 lần một góc bằng β, nhận được các trị số ghi trong bảng 3-2. Tính trị số trung bình góc β và sai số trung phương của góc tính được.

**Bảng 3-2**

| Lần đo | Trị số đo | Lần đo | Trị số đo |
|---|---|---|---|
| 1 | 86°05'4 | 5 | 86°05'5 |
| 2 | 86°05'3 | 6 | 86°05'4 |
| 3 | 86°05'7 | 7 | 86°05'6 |
| 4 | 86°05'2 | 8 | 86°05'1 |

***Bài tập 3-2:*** Cạnh A-B được đo 6 lần với số liệu ghi trong bảng 3-3. Tính sai số tương đối cạnh A-B

**Bảng 3-3**

| Lần đo | Trị số đo (m) | Lần đo | Trị số đo (m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 18,896 | 4 | 18,887 |
| 2 | 18,892 | 5 | 18,893 |
| 3 | 18,901 | 6 | 18,885 |

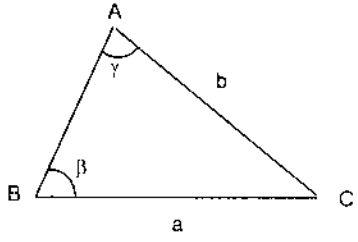
***Bài tập 3-3:*** Có tam giác ABC (hình 3-2). Các trị số và sai số tương ứng:

$a = 215{,}46\ m \pm 0{,}08m$

$\gamma = 58°17'3 \pm 0'3$

$\beta = 71°48'6 \pm 0'3$

Tính chiều dài b của cạnh AC và sai số trung phương $m_b$.




***Hình 3-2***

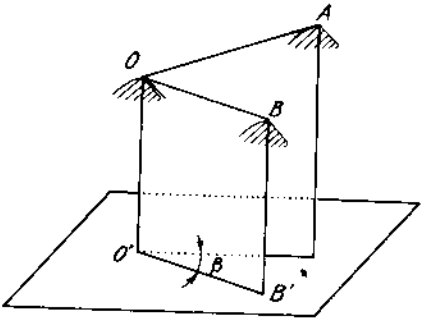
# Chương IV

# ĐO GÓC

## § 4-1. KHÁI NIỆM

Góc là một trong những yếu tố cơ bản của công tác trắc địa. Có hai loại góc: góc bằng β và góc đứng V.

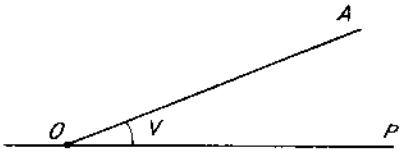
1. Góc bằng β của hai hướng OA và OB là góc nhị diện hợp bởi 2 mặt phẳng thẳng đứng, chứa OA và OB (hình 4-1).




*Hình 4-1*

Giá trị của góc bằng biến đổi từ $0^0 \rightarrow 360^0$ theo chiều kim đồng hồ.

2. Góc đứng V (còn gọi là góc nghiêng) của hướng ngắm OA là góc tạo bởi hướng ngắm với mặt phẳng nằm ngang P (hình 4-2).




*Hình 4-2*

Nếu OA nằm phía trên mặt phẳng ngang V mang giá trị dương, trường hợp ngược lại V mang giá trị âm.

Giá trị của V biến đổi từ $0^0 \div 90^0$.

## §4-2. MÁY KINH VĨ

Máy kinh vĩ là dụng cụ để đo góc bằng và góc đứng. Ngoài ra còn dùng để đo khoảng cách và đo cao.

Theo cấu tạo, máy kinh vĩ được chia làm 3 loại:

- Máy kinh vĩ kim loại: vành độ làm bằng kim loại và đọc số trực tiếp bằng kính lúp.

- Máy kinh vĩ quang học: vành độ làm bằng vật liệu trong suốt, số đọc truyền lên kính lúp qua hệ thống lăng kính.

- Máy kinh vĩ điện tử: nhờ bộ đếm và màn hình người ta dễ dàng xác định được số đọc.

Theo độ chính xác máy kinh vĩ được chia thành:

- Máy kinh vĩ độ chính xác cao với sai số trung phương đo góc:

$$m_\beta = \pm 0''5 \div \pm 3''$$

- Máy kinh vĩ độ chính xác trung bình với sai số trung phương đo góc:

$$m_\beta = \pm 3'' \div \pm 10''$$

- Máy kinh vĩ độ chính xác thấp với sai số trung phương đo góc:

$$m_{\beta} = \pm 10'' \div \pm 60''$$

Dù là loại nào máy kinh vĩ cũng gồm 3 phần chính:

***1. Giá máy:*** bằng gỗ hay bằng kim loại, tạo thành bởi 3 chân. Các chân có thể thay đổi độ dài.

***2. Đế máy:*** là bàn đế có 3 ốc, chúng để cân bằng máy khi đo (hình 4-3).

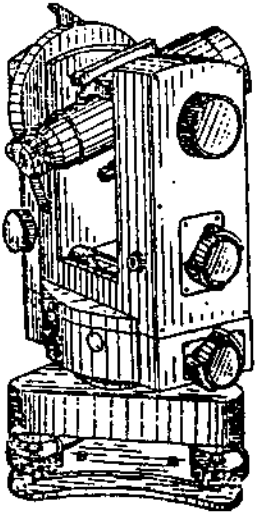
***3. Thân máy:***

- Bàn độ ngang và bàn độ đứng.

- Ống kính.

- Các loại ốc khoá, ốc vi động...

*a) Bàn độ:* trên đó khắc vạch (theo thang độ hay grad) giá trị tăng theo chiều kim đồng hồ. Giá trị vạch khắc tuỳ thuộc vào độ chính xác yêu cầu của máy. Để xác định dễ dàng số đọc, trên bàn độ còn có vạch chuẩn (vòng chuẩn). Để biết được các bàn độ đã ở vị trí làm việc hay chưa người ta gắn ống thủy vào bàn độ.

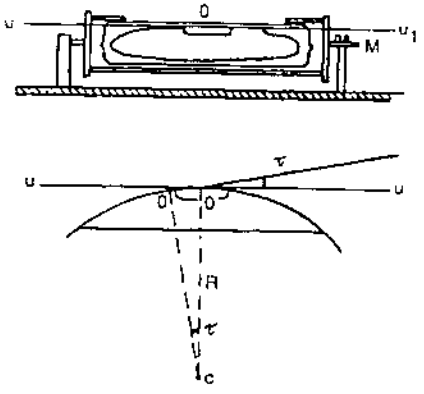


***Hình 4-3***

*b) Ống thủy:* có hai loại

- Ống thủy dài: được cấu tạo từ một ống thủy tinh hình trụ với mặt trên phía trong có dạng cong tròn, bán kính R = 3m ÷ 200m. Ống thủy được đổ

đầy chất lỏng có độ nhớt thấp như ete hay cồn nóng rồi hàn kín lại. Ở nhiệt độ thường, khối chất lỏng giảm thể tích tạo khoảng trống gọi là "bọt nước". Mặt trên của ống thủy có các vạch chia cách nhau 2mm tương ứng với góc ở tâm τ (hình 4-4). Giá trị τ càng nhỏ thì độ chính xác của ống thủy càng cao (thường τ = 15" ÷ 60"). Đường tiếp tuyến với mặt cong phía trong của ống thủy và đi qua điểm giữa ("điểm không") gọi là trục của ống thủy dài. Khi hai đầu "bọt nước" đối xứng với nhau qua "điểm không" trục ống thủy dài nằm ngang.

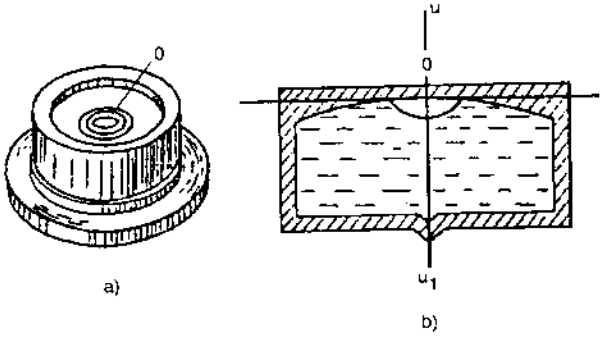



*Hình 4-4*

- Ống thủy tròn:

Mặt trong của ống thủy tròn có dạng chỏm cầu, đỉnh mặt chỏm cầu là "điểm không". Đường bán kính đi qua "điểm không" là trục của ống thủy tròn (hình 4-5). Khi "bọt nước" tập trung, trục ống thủy tròn ở vị trí thẳng đứng.

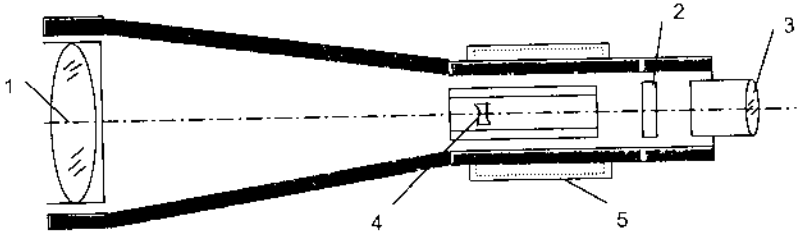
Độ chính xác của ống thủy tròn thấp hơn độ chính xác của ống thủy dài. Dùng ống thủy tròn trong cân bằng sơ bộ máy.




*Hình 4-5*

*c) Ống kính*

Các bộ phận chính của ống kính đơn giản (hình 4-6).




*Hình 4- 6*

+ Kính vật (1): Tạo hình ảnh thật của vật. Ảnh này nhỏ hơn kích thước vật và nằm cùng phía với tiêu điểm sau của kính vật.

+ Lưới dây chữ thập (2): là một tấm kính phẳng trên đó khắc lưới chỉ chữ thập (các vạch chính và các vạch đo khoảng cách). Ảnh của vật khi đo sẽ nằm trên lưới dây chữ thập .

+ Kính mắt (3): Có tác dụng như kính lúp qua đó nhìn thấy ảnh trên lưới dây chữ thập. Kính mắt có thể di chuyển được nhờ một ốc gọi là ốc điều tiêu.

Khi thay đổi vật ngắm, vị trí ảnh tương ứng cũng thay đổi theo. Để đưa ảnh về lưới dây chữ thập, người ta bố trí một thấu kính phân kỳ (4) giữa kính vật và lưới dây chữ thập để thay đổi tiêu cự sau của kính vật. Thấu kính phân kỳ di chuyển dọc trục nhờ ốc điều ảnh (5).

Đường thẳng nối quang tâm kính vật với quang tâm kính mắt và đi qua tâm của màng dây chữ thập là trục ngắm của ống kính.

Độ phóng đại của ống kính $V^x$:

$$V^x = \frac{f_v}{f_m} \qquad (4 - 1)$$

$f_v$: tiêu cự kính vật

$f_m$: tiêu cự kính mắt

Hiện nay độ phóng đại của ống kính trắc địa thường từ 15 đến 50 lần, vùng ngắm $0,5^o \div 2^o$.

*d) Bộ phận đọc số*

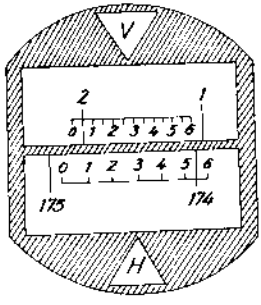
Để đọc được dễ dàng và chính xác các giá trị góc trên bàn độ người ta cấu tạo thêm bộ phận đọc số.

- Đối với máy kinh vĩ kim loại dùng du xích với số độ chính xác $t = \frac{l}{n}$ ($l$: giá trị nhỏ nhất của vạch chia trên bàn độ, n: số khoảng chia trên du xích). Khi đọc số ta tìm vạch trùng của du xích và bàn độ.

- Kính hiển vi thang vạch dùng cho máy kinh vĩ quang học. Thang vạch được khắc trực tiếp lên màn ảnh của kính đọc số. Mỗi thang chia vạch có giá trị bằng $l$ và được chia thành n khoảng bằng nhau. Khi đọc số, dựa theo vạch khắc nào đó của

vành độ nằm lọt trong thang vạch (hình 4-7). Theo hình vẽ số đọc trên bàn độ ngang là $174^0 55'0$.

-Với máy kinh vĩ điện tử, số đọc thể hiện trực tiếp trên màn hình.




*Hình 4-7*

## §4-3. KIỂM NGHIỆM VÀ ĐIỀU CHỈNH CÁC ĐIỀU KIỆN CƠ BẢN CỦA MÁY KINH VĨ

Để đảm bảo đo góc được chính xác, các điều kiện hình học cơ bản của máy kinh vĩ phải được tôn trọng. Tuy nhiên, trong quá trình sử dụng, các điều kiện này có thể bị phá vỡ. Vì vậy, cần phải kiểm nghiệm và điều chỉnh chúng.

### *1. Trục ống thủy dài trên bàn độ ngang phải vuông góc với trục quay của máy*

*a) Kiểm nghiệm*

Sau khi cân bằng sơ bộ máy, quay máy để cho ống thủy dài song song với đường nối 2 ốc cân nào đó, xoay hai ốc cân này ngược chiều nhau cho bọt thủy tập trung.

- Quay máy $90^0$, dùng ốc cân còn lại (ốc 3) đưa bọt nước vào giữa.

- Quay máy đi $180^{O}$, nếu bọt nước không lệch hoặc lệch không quá nửa khoảng chia thì điều kiện này coi như thoả mãn.

Nếu bọt nước lệch nhiều hơn cần phải điều chỉnh.

*b) Điều chỉnh:*

- Dùng ốc cân 3 đưa bọt thủy về một nửa số cung lệch.

- Dùng ốc điều chỉnh ở đầu ống thủy dài để đưa bọt thủy tập trung.

Thường phải thực hiện vài lần các bước a, b điều kiện này mới đảm bảo.

***2. Trục ngắm của ống kính phải vuông góc với trục quay của ống kính***

*a) Kiểm nghiệm:*

Đặt máy ở điểm A, sau khi cân bằng máy, quay máy về ngắm điểm B (cách máy 25 ÷ 40m). Điểm B phải rõ và độ cao gần bằng độ cao ống kính. Đo ở hai vị trí ống kính được các trị số T và P. Tính sai lệch:

$$P - T - 180^{O} = 2c \qquad (4\text{-}2)$$

Nếu $2c \leqslant 2t$ (t: độ chính xác của bộ phận đọc số) thì coi như điều kiện này đã đảm bảo. Nếu $2c > 2t$ cần phải điều chỉnh.

*b) Điều chỉnh:*

* Giữ nguyên tình trạng của máy, tính số đọc đã hiệu chỉnh:

$$P' = P + c \qquad (4\text{-}3)$$

Tìm số đọc đúng P' trên bàn độ ngang. Lúc này dây đứng của lưới chỉ dây chữ thập lệch khỏi điểm B.

* Nới lỏng các ốc giữ lưới dây chữ thập, điều chỉnh để trung tâm lưới dây chữ thập trùng điểm B sau đó vặn chặt các ốc lại.

Điều kiện này thường tiến hành một số lần mới thoả mãn.

### *3. Trục quay của ống kính phải vuông góc với trục quay của máy*

Đặt máy kinh vĩ cách tường công trình 20 ÷ 30m, sau khi cân bằng máy, ngắm điểm A rõ nét ở trên cao, cố định bàn độ ngang. Hạ ống kính ngang tầm độ cao máy, đánh dấu được điểm $A_1$ trên tường. Đảo ống kính và làm tương tự được điểm $A_2$... Nếu hai hình chiếu $A_1$, $A_2$ vượt ra ngoài chỉ kép của lưới chỉ thì phải đưa máy vào xưởng sửa chữa.

Điều kiện này rất quan trọng khi sử dụng máy kinh vĩ chuyển trục lên tầng cao, trong kiểm tra sự thẳng đứng của công trình...

### *4. Dây chỉ đứng chính lưới chữ thập phải thẳng đứng*

*a) Kiểm nghiệm*

Sau khi cân bằng máy, hướng ống kính tới một dây dọi treo ở nơi khuất gió cách máy 20 ÷ 25m. Nếu hình ảnh dây dọi trùng với dây chỉ đứng thì điều kiện này thoả mãn. Ngược lại hình ảnh dây dọi và dây chỉ đứng tạo với nhau một góc lệch, cần phải điều chỉnh.

*b) Điều chỉnh*

Nới lỏng các ốc giữ lưới dây chữ thập và xoay lưới chỉ cho đến khi dây đứng trùng với hình ảnh của dây dọi, sau đó vặn chặt các ốc giữ.

Sau khi kiểm nghiệm và điều chỉnh điều kiện này cần kiểm tra lại điều kiện thứ hai.

### *5. Vị trí điểm O của bàn độ đứng (MO) phải ổn định gần bằng 0*

Vị trí điểm O là số đọc trên bàn độ đứng khi trục ngắm nằm ngang và bọt thủy của ống thủy dài trên bàn độ đứng tập trung.

*a) Kiểm nghiệm*

Sau khi cân bằng máy, ngắm về điểm B (dây ngang chính trùng điểm B) rồi đọc số trên bàn độ đứng ở cả hai vị trí, được các số đọc T và P. Trước khi đọc số phải chỉnh cho bọt nước của ống thủy dài trên bàn độ đứng tập trung. MO được xác định theo công thức:

$$MO = \frac{T + P \pm 360^{O}}{2} \qquad (4\text{-}4)$$

*b) Điều chỉnh*

Dùng ốc vi động bàn độ đứng đặt số đọc bằng số đọc đã điều chỉnh sai số MO, khi đó bọt nước lệch khỏi vị trí giữa. Dùng vít riêng của ống thủy trên bàn độ đứng đưa bọt nước vào giữa.

Sau khi điều chỉnh xong phải kiểm tra lại.

Quá trình kiểm nghiệm và điều chỉnh máy kinh vĩ phải tuân theo thứ tự trên đây nhằm đảm bảo cho các kết quả đã hiệu chỉnh trước không bị thay đổi khi điều chỉnh các điều kiện tiếp theo.

## §4-4. ĐO GÓC BẰNG

### I. Thao tác tại mỗi trạm đo

### *1. Định tâm và cân máy*

Định tâm máy là làm cho trục quay của máy đi qua đỉnh góc cần đo (tâm mốc), còn cân máy là đưa trục quay của máy về vị

trí thẳng đứng. Trong thực tế, định tâm và cân máy có liên quan ảnh hưởng lẫn nhau, cần phải làm đúng dần như sau:

*a) Định tâm sơ bộ:* Sau khi đã vặn chặt máy vào giá ba chân nhờ ốc nối có móc dây dọi, đặt sơ bộ giá ba chân sao cho đầu nhọn của quả dọi rơi vào tâm mốc. Cố định chắc ba chân, khi đó đầu quả dọi có thể ra khỏi tâm mốc. Nới lỏng ốc nối, xê dịch máy cho tới khi đầu quả dọi trùng tâm mốc.

*b) Cân máy sơ bộ:* Dùng ba ốc cân điều chỉnh sao cho bọt thủy của ống thủy tròn trên bàn độ ngang tập trung.

*c) Định tâm máy chính xác:* Nới lỏng ốc nối, nhìn qua bộ phận định tâm quang học, dịch chuyển máy cho tâm của nó trùng với tâm mốc. Vặn chặt ốc nối.

*d) Cân máy chính xác:*

Đặt cho trục ống thủy dài trên bàn độ ngang song song với đường nối 2 trong 3 ốc cân máy, vặn hai ốc này ngược chiều nhau cho bọt thủy tập trung.

Quay máy đi $90^0$, dùng ốc cân còn lại để điều chỉnh cho bọt nước tập trung.

Sau khi cân máy chính xác, điều kiện định tâm có thể bị phá vỡ, cần phải làm lại từ bước c trở đi cho đến khi cả 2 điều kiện này được đảm bảo.

### *2. Ngắm mục tiêu*

Trước khi ngắm mục tiêu phải điều chỉnh để nhìn rõ lưới chữ thập bằng cách hướng ống kính lên một phông nền sáng, vặn ốc điều chỉnh kính mắt cho đến khi thấy lưới chữ thập rõ nét. Để ngắm mục tiêu chính xác, nhanh chóng, cần thực hiện theo hai bước:

*a) Bắt mục tiêu sơ bộ:* Nhờ bộ phận ngắm sơ bộ gắn phía ngoài ống kính để tìm mục tiêu, khi mục tiêu trùng với đường chuẩn của bộ phận ngắm sơ bộ thì khoá ốc hãm bàn độ và ống kính, dùng ốc điều quang điều chỉnh cho ảnh của mục tiêu rõ nét.

*b) Bắt mục tiêu chính xác:* Dùng các ốc vi động bàn độ ngang và ống kính để đưa trung tâm màng dây chữ thập vào đúng mục tiêu.

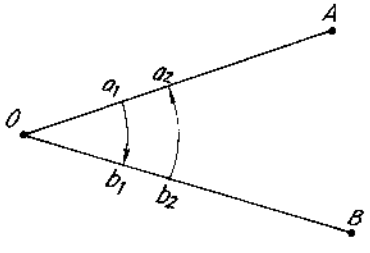
### *3. Đặt giá trị số đọc hướng ban đầu*

Trong đo góc cũng như bố trí góc bằng, hướng ban đầu thường được đặt một góc $a_0$ nào đó (0°00'00" hoặc $\frac{180^\circ}{n}$ với n là số vòng đo góc). Cách làm như sau: Mở ốc hãm vành chuẩn ngang quay máy để tìm số đọc gần đúng với giá trị $a_0$. Khoá ốc hãm vành chuẩn ngang, dùng ốc vi động vành chuẩn ngang để đặt đúng giá trị $a_0$. Sau đó mở ốc hãm bàn độ ngang, đưa máy về ngắm chính xác điểm đầu như mục 2.

## II. Các phương pháp đo góc bằng

### *1. Phương pháp đo đơn (đo cung)*

Phương pháp này thường áp dụng cho trạm đo có hai hướng đo (hình 4-8).




***Hình 4-8***

Mỗi vòng đo được tạo bởi hai nửa vòng đo độc lập nhau ở hai vị trí của bàn độ đứng (nửa vòng đo thuận T - khi vị trí bàn độ đứng ở bên trái người đo và nửa vòng đo đảo P khi bàn độ đứng ở bên phải người đo).

*a) Nửa vòng đo thuận:*

- Đặt giá trị hướng ban đầu, ngắm chính xác A được giá trị $a_1$.

- Mở ốc hãm vành chuẩn ngang, quay máy thuận kim đồng hồ ngắm chính xác B đọc được số $b_1$. Giá trị góc là:

$$\beta_1 = b_1 - a_1 \qquad (4\text{-}5)$$

*b) Nửa vòng đo đảo :*

- Đảo ống kính qua thiên đỉnh.

- Mở ốc hãm vành chuẩn ngang quay máy ngắm B, đọc được $b_2$.

- Xoay vành chuẩn ngang ngược kim đồng hồ ngắm về điểm A, đọc được trị số $a_2$. Giá trị góc khi đo đảo kính là:

$$\beta_2 = b_2 - a_2 \qquad (4\text{-}6)$$

*c) Tính giá trị góc của vòng đo:*

Nếu $\beta_1 - \beta_2 \leq 2t$ (t: độ chính xác của máy)

thì giá trị góc của vòng đo $\beta$ là: $\beta = \dfrac{\beta_1 - \beta_2}{2}$ (4-7)

*Chú ý:*

Nếu tại một trạm đo n vòng thì giá trị hướng ban đầu sẽ khác nhau $\dfrac{180^o}{n}$ ở mỗi vòng đo và giá trị góc là trung bình cộng của các vòng đo. Nếu chỉ đo 1 vòng đo, ở nửa vòng đo đảo kính phải xoay máy đi $90^o$ sau đó mới tiến hành đo.

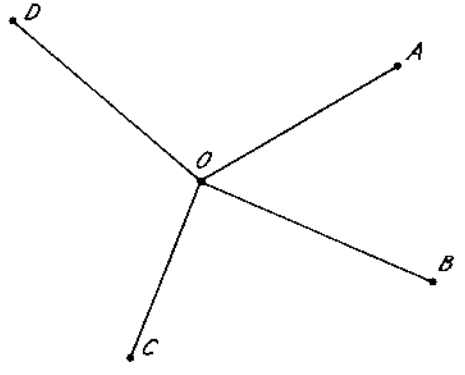
*Ví dụ 4-1:* Ghi sổ và tính toán kết quả đo góc bằng β với 2 vòng đo theo phương pháp đo cung, nêu trong bảng 4-1:

**Bảng 4-1**

| Trạm đo | Vòng đo | Điểm đo | Vị trí bàn độ | Số đọc trên bàn độ ngang | Giá trị góc nửa vòng đo | Giá trị góc 1 vòng đo | Giá trị góc trung bình |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| O | I | A | Trái | 00°03' (1) | 138°39'0 (5) | 138°39'2 (7) | 138°38'7(15) |
| | | B | | 138°42' (2) | | | |
| | | B | Phải | 318°43' (3) | 138°39'5 (6) | | |
| | | A | | 180°3'5 (4) | | | |
| | II | A | Trái | 90°07' (8) | 138°38'5 (12) | 138°38'2 (14) | |
| | | B | | 228°45'5 (9) | | | |
| | | B | Phải | 48°46' (10) | 138°38' (13) | | |
| | | A | | 270°08'(11) | | | |

*2. Phương pháp đo toàn vòng*

Phương pháp này áp dụng cho trạm đo có từ 3 hướng trở lên như hình 4-9.




***Hình 4-9***

*a) Nửa vòng đo thuận:*

- Đặt trị số hướng ban đầu

- Quay máy thuận kim đồng hồ lần lượt ngắm A, B, C, D, A tương ứng được các số đọc $a_1$, $b_1$, $c_1$, $d_1$, $a_1'$.

*b) Nửa vòng đo đảo*

Đảo ống kính qua thiên đỉnh, quay máy ngược chiều kim đồng hồ lần lượt ngắm A, D, C, B, A tương ứng được các số đọc $a_2'$, $d_2$, $c_2$, $b_2$, $a_2$.

*c) Tính giá trị trung bình các hướng*

Nếu sự chênh lệch ở các hướng giữa hai nửa vòng đo nhỏ hơn sai số cho phép thì tính giá trị trung bình cho mỗi hướng đo. Trên cơ sở đó ta có thể tính góc bằng kẹp giữa các hướng.

Nếu một trạm đo, đo n vòng thì giá trị hướng ban đầu ở mỗi vòng đo sẽ khác nhau $\frac{180^\circ}{n}$ và giá trị góc là trung bình cộng các vòng đo.

*Ví dụ 4-2:* Ghi sổ và tính toán kết quả đo góc bằng ở vòng đo thứ nhất, theo phương pháp đo toán này, nêu trong bảng 4-2.

**Bảng 4-2**

| Trạm đo | Vòng đo | Điểm đo | Số đọc bàn độ ngang | | Trung bình hướng | Giá trị góc 1 vòng đo | Giá trị góc trung bình |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Vị trí bàn độ trái | Vị trí bàn độ phải | | | |
| | | | | | {00°05'4} (16) | | |
| O | 1 | A | 00°05'4(1) | 180°05'6(10) | 00°05'4(11) | 68°14'2(17)<br>81°17'7(18)<br>146°06'5(19)<br>64°21'6(20) | |
| | | B | 68°19'6(2) | 248°19'7(9) | 68°19'6(12) | | |
| | | C | 149°37'2(3) | 329°37'4(8) | 149°37'3 (13) | | |
| | | D | 295°43'8(4) | 115°43'9(7) | 295°43'8 (14) | | |
| | | A | 00°05'2(5) | 180°05'5(6) | 00°05'4 (15) | | |

Ngoài hai phương pháp cơ bản trên còn có các phương pháp đo lặp (dùng cho trạm có hai hướng đo), phương pháp tổ hợp (dùng cho trạm có nhiều hướng đo)... Tuy nhiên, trong đo đạc công trình, người ta ít dùng các phương pháp này.

## §4-5. CÁC SAI SỐ CHỦ YẾU TRONG ĐO GÓC BẰNG

Những nguyên nhân chính gây ra sai số trong đo góc bằng là: môi trường đo, dụng cụ đo và do người đo. Thông qua việc nghiên cứu các sai số này người ta tìm ra được biện pháp làm giảm hoặc loại trừ được chúng ra khỏi các kết quả đo.

### *1. Sai số đo môi trường*

a) Khi tia ngắm truyền trong môi trường đo, nó bị khúc xạ theo hai chiều: ngang và đứng làm cho nó lệch khỏi mặt phẳng thẳng đứng đi qua tâm máy và điểm đo. Để khắc phục, tia ngắm phải cách vật cản lớn hơn 1m theo cả hai phương ngang và đứng.

b) Do sương mù, bụi... làm giảm cường độ ánh sáng sẽ khó khăn cho bắt mục tiêu. Vì vậy cố gắng đo khi thời tiết tốt và dùng tiêu ngắm có các đoạn sơn trắng, đỏ xen kẽ.

c) Do ánh sáng mặt trời chiếu trực tiếp vào máy làm cho các bộ phận của máy giãn nở không đều. Vì vậy, cần dùng ô che cho máy khi đo vào những lúc nắng nóng.

### *2. Sai số đo máy*

Trước khi đo thông thường máy kinh vĩ đã được kiểm nghiệm và hiệu chỉnh, song không thể thoả mãn hoàn toàn các điều kiện hình học của máy và đó cũng là nguyên nhân dẫn đến sai số.

Tuy nhiên, nếu đo góc ở hai vị trí bàn độ sẽ khắc phục được sai số do trục ngắm không vuông góc với trục quay ống kính

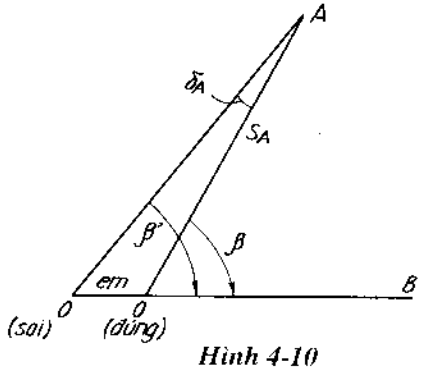
cũng như trục quay ống kính không vuông góc với trục quay máy, còn khi đặt giá trị hướng ban đầu của mỗi vòng đo khác nhau $\frac{180^0}{n}$ sẽ làm giảm sai số các vạch khắc không đều nhau của vành độ.

### *3. Sai số do người đo*

*a) Sai số do định tâm máy*

Theo hình 4-10 máy đặt lệch tâm đoạn $e_m$:

$$\delta_A = \beta - \beta' = \frac{e_m}{S_A}.\rho \qquad (4\text{-}8)$$



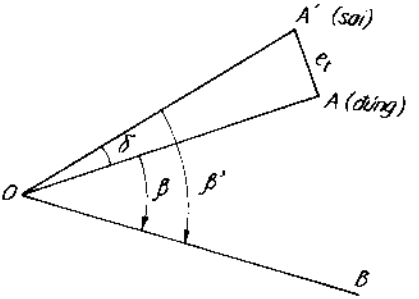

***Hình 4-10***

Như vậy, ảnh hưởng của sai số này càng lớn khi khoảng cách từ máy đến tiêu càng nhỏ và bán kính lệch tâm $e_m$ càng lớn. Để hạn chế, giảm $e_m$ bằng cách dùng bộ phận định tâm quang học.

*b) Sai số do định tâm tiêu (hình 4-11)*

Tiêu bị lệch tâm do đặt tiêu ra ngoài mốc hoặc do dựng tiêu nghiêng. Sai số δ do định tâm tiêu tại A là:

$$\delta = \frac{e_t}{S_A}.\rho \qquad (4\text{-}9)$$




*Hình 4-11*

Để khắc phục, ngoài việc đặt tiêu đúng tâm mốc và dựng tiêu thẳng, khi đo cố gắng ngắm đến gốc hoặc gần gốc tiêu.

*c) Sai số ngắm $m_n$:*

$$m_n = \pm\frac{60''}{V^x} \qquad (4\text{-}10)$$

60": góc nhìn tới hạn của mắt người đo.

$V^x$: độ phóng đại của ống kính.

*d) Sai số đọc $m_d$*

$$m_d = \frac{t}{2} \qquad (4\text{-}11)$$

t: độ chính xác của bộ phận đọc số.

So với các sai số thành phần khác, sai số do đọc số ảnh hưởng lớn hơn cả. Do đó, khi đo góc cần lưu ý đến sai số này.

## §4-6. ĐO GÓC ĐỨNG

Giả sử cần xác định góc đứng của hướng AB

Đặt máy tại A, cân bằng máy.

- Đo thuận kính: Hướng ống kính tới điểm B (dùng dây ngang chính của lưới chữ thập để bắt mục tiêu), cân bằng bọt thủy dài trên bàn độ đứng đọc được giá trị T.

- Đảo ống kính thao tác như nửa vòng đo thuận kính, được giá trị P.

Tùy thuộc vào từng loại máy (do cách khắc vạch ở bàn độ đứng) mà có cách tính góc đứng V cho phù hợp.

Ví dụ với máy Theo 020 ta có:

$$M_0 = \frac{P + T \pm 180^0}{2} \qquad (4\text{-}12)$$

Và góc nghiêng được tính theo các công thức sau:

$$V = M_0 - T \qquad (4\text{-}13)$$

$$V = P - M_0 \qquad (4\text{-}14)$$

$$V = \frac{P - T}{2} \qquad (4\text{-}15)$$

Cách đo góc như trên cho kết quả nhanh chóng nhưng độ chính xác thấp, thường áp dụng khi đo vẽ chi tiết địa hình. Khi lập lưới khống chế độ cao đo vẽ, yêu cầu độ chính xác cao hơn, người ta đo góc đứng theo phương pháp sau đây: tại mỗi vị trí ống kính bắt mục tiêu ba lần tương ứng với dây trên, dây giữa, dây dưới, tương ứng đọc được các số đọc Tt, Tg, Td và Pt, Pg, Pd. Góc đứng tính theo kết quả của 6 số đo trên.

## Câu hỏi và bài tập chương IV

1. Có mấy loại góc theo quan điểm của trắc địa? Nêu định nghĩa từng loại.

2. Máy kinh vĩ gồm những bộ phận chính nào? Tác dụng của từng bộ phận chính đó?

3. Tại sao trước khi đo góc, phải kiểm tra, kiểm nghiệm và điều chỉnh máy kinh vĩ? Nêu trình tự và cách kiểm nghiệm, điều chỉnh các điều kiện cơ bản của máy kinh vĩ?

4. Trình bày "phương pháp đo cung" trong đo góc bằng. Phạm vi ứng dụng?

5. Góc bằng AOB (hình 4-8) được đo bằng phương pháp đo cung, số liệu vòng đo thứ nhất như sau:

- Nửa vòng đo trái:

$$a_1 = 00^0 09'4$$

$$b_1 = 49^0 48'7$$

- Nửa vòng đo phải:

$$a_2 = 180^0 09'6$$

$$b_2 = 229^0 48'7$$

Sai số ở các lần đọc số là như nhau và bằng ±0'2. Hãy:

a. Ghi số liệu vào sổ đo và tính toán trị số góc.

b. Tính sai số trung phương của góc (chỉ do đọc số gây ra).

6. Trình bày cách đo góc bằng theo phương pháp đo toàn vòng? Phạm vi ứng dụng?

7. Các sai số ảnh hưởng đến đo góc bằng? Biện pháp hạn chế?

8. Các xác định $M_0$ và góc nghiêng tại mỗi trạm đo?

9. Dùng máy kinh vĩ Theo 020 đặt tại A, đo góc đứng cạnh AB được số liệu sau:

$$T = 84^0 46'$$

$$P = 275^0 14'$$

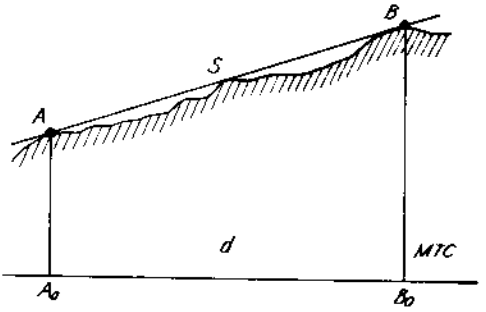
Sai số đọc số ở các vị trí bàn độ là như nhau và bằng $\pm 0'2$. Tính giá trị góc đứng theo các cách khác nhau và sai số tương ứng?

# Chương V

# ĐO CHIỀU DÀI

## §5-1. KHÁI NIỆM

Giả sử có hai điểm A và B trên mặt đất tự nhiên (hình 5-1). $A_0$, $B_0$ là hình chiếu của A, B trên mặt thủy chuẩn. Đo chiều dài là xác định khoảng cách nằm ngang d của đoạn AB.




*Hình 5-1*

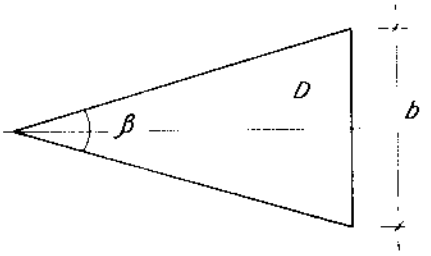
Để xác định chiều dài AB, có thể dùng phương pháp đo trực tiếp (so sánh trực tiếp chiều dài cần đo với chiều dài của dụng cụ đo) hoặc đo gián tiếp (chiều dài cần xác định được tính qua 1 đại lượng khác được đo trực tiếp).

### *1. Dụng cụ đo dài*

- Thước các loại như thước gỗ, thước vải (đo dài với độ chính xác thấp), thước thép (đo dài với độ chính xác trung bình) và thước Inva (đo dài độ chính xác cao).

- Máy đo xa quang học: dựa trên nguyên lý xác định một trong 2 đại lượng của tam giác thị sai (hình 5-2) và dùng công thức tương ứng để tính kết quả:

$$d = \frac{1}{2} b \cot g \frac{\beta}{2} \qquad (5\text{-}1)$$




*Hình 5-2*

b: cạnh đáy.

β: góc thị sai (góc chắn)

Nếu β không đổi, cần đo b

Nếu b không đổi, cần đo β

- Máy đo xa sóng điện từ: máy đặt ở A, thiết bị phản xạ sóng ở B chiều dài AB là:

$$d = \frac{vt}{2} \qquad (5\text{-}2)$$

v: vận tốc truyền sóng trong khí quyển

t: thời gian sóng đi về trên quãng đường AB.

Tương ứng với các loại sóng ta có máy đo dài ánh sáng và máy đo dài vô tuyến điện.

*2. Tùy theo tính chất của công trình ta có:*

- Đo dài độ chính xác cao:

$$\frac{l}{T} = \frac{l}{10^5} \div \frac{l}{10^6}$$

- Đo dài độ chính xác trung bình:

$$\frac{l}{T} = \frac{l}{5000} \div \frac{l}{10000}$$

- Đo dài với độ chính xác thấp:

$$\frac{l}{T} = \frac{l}{200} \div \frac{l}{5000}$$

## §5-2. ĐO CHIỀU DÀI BẰNG THƯỚC THÉP

*1. Dụng cụ đo*

Thước thép có nhiều loại với chiều dài 20, 30, 50, 100m chiều rộng bản 10 ÷ 15mm, độ dày 0,2 ÷ 0,3mm. Vạch khắc trên thước đến xăngtimét. Để nâng cao độ chính xác, ở đêximét đầu tiên người ta khắc vạch đến milimét. Thước được cuộn trong khung sắt hay hộp kín, hai đầu thước có vòng để kéo căng thước hoặc treo quả nặng khi đo.

Trước khi đo phải kiểm tra, kiểm nghiệm thước để biết thước có đảm bảo yêu cầu đo đạc hay không và chiều dài thực tế của thước.

*2. Định đường thẳng*

Thông thường chiều dài AB cần đo lớn hơn nhiều lần chiều dài của thước. Vì vậy người ta cần xác định các điểm trung gian 1, 2, 3... trên hướng AB (hình 5-3) sao cho khoảng cách của 2 điểm trung gian kề nhau nhỏ hơn chiều dài của thước. Việc làm như vậy gọi là định đường thẳng.

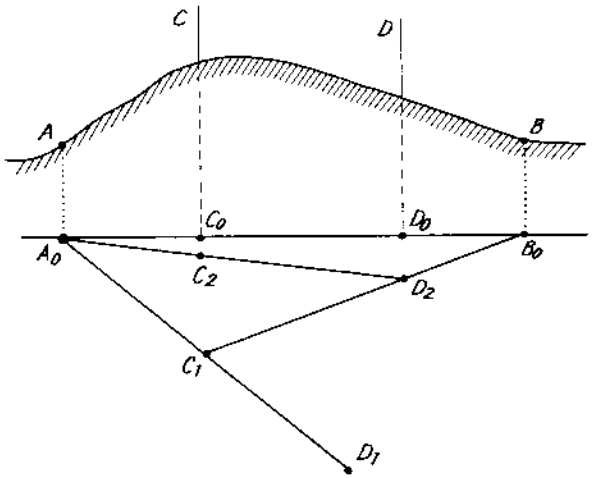
*Hình 5-3*

Khi đo với độ chính xác thấp có thể định đường thẳng bằng mắt thường, khi cần đo độ chính xác cao, phải định bằng máy.

*a) Định đường thẳng bằng mắt*

Dựng tiêu ở điểm A và B, một người đứng cách A khoảng 2-3m ngắm sao cho 2 tiêu trùng nhau. Người thứ hai dựng sào tiêu theo sự chỉ dẫn của người ngắm sao cho tiêu trùng với hướng 2 tiêu ban đầu và đánh dấu điểm. Làm tương tự cho các điểm khác.

Trong điều kiện địa hình phức tạp, tầm ngắm của AB không thông suốt, việc định đường thẳng được thực hiện theo phương pháp nhích dần (hình 5-4). Khi các điểm A, C, D nằm trên một




*Hình 5-4*

đường thẳng và C, D, B cũng nằm trên một đường thẳng lúc đó 4 điểm A, C, D, B sẽ thẳng hàng.

*b) Định đường thẳng bằng máy*

Đặt máy kinh vĩ ở A, sau khi cân bằng máy, ngắm về tiêu ở B. Khoá ốc hãm vành độ ngang, khi đó ống kính quay xung quanh trục quay của nó và tạo ra mặt phẳng thẳng đứng. Tất cả các vị trí sào tiêu nằm trong mặt phẳng này đều thuộc hướng AB.

### *3. Đo và tính chiều dài*

Dùng thước thép xác định trực tiếp chiều dài giữa 2 điểm trung gian kề nhau. Sau khi kết thúc các đoạn đi từ A đến B (đo đi) nhất thiết phải đo ngược lại từ B về A (đo về), việc làm này để loại trừ sai số sai lầm và là cơ sở cho việc đánh giá độ chính xác kết quả đo.

Nếu sai số tương đối $\frac{\Delta S}{S} = \frac{S_{đi} - S_{về}}{S_{tb}}$ thoả mãn yêu cầu đặt ra của công trình thì tính giá trị trung bình đo đi và đo về làm kết quả cuối cùng.

$$S_{tb} = \frac{1}{2}(S_{đi} + S_{về}) \qquad (5\text{-}3)$$

Chiều dài S đo được là chiều dài nghiêng, cần tính chuyển về chiều dài bằng d.

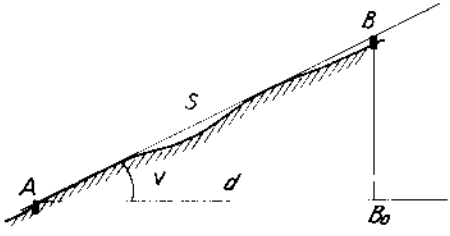
Nếu địa hình giữa A và B là dốc đều, xác định góc nghiêng V (hình 5-5) và tính được :

$$d = S \cos V \qquad (5\text{-}4a)$$

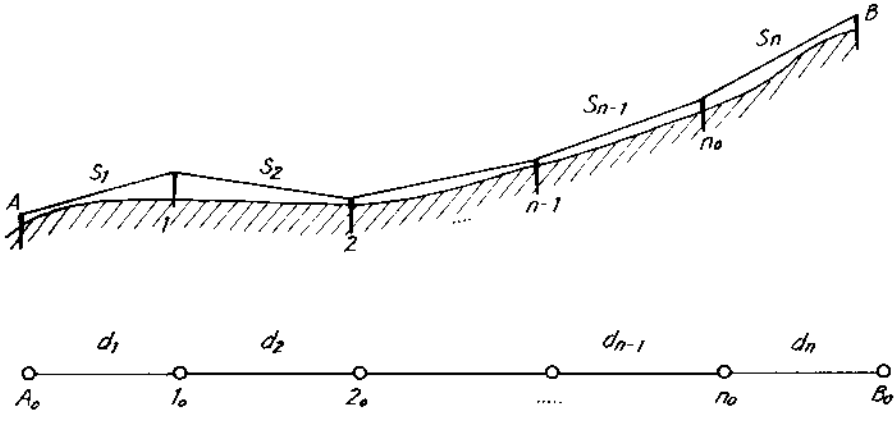
Nếu địa hình giữa A và B có độ dốc thay đổi (hình 5-6) hoặc do độ chính xác yêu cầu, cần xác định hiệu độ cao giữa các cọc phân đoạn. Khi đó chiều dài bằng của đoạn thẳng thứ i là:

$$d_i = S_i + \Delta S_i \qquad (5\text{-}4)$$

$$\Delta S_i = -\frac{h_i^2}{2S_i} \qquad (5\text{-}5)$$




*Hình 5-5*




*Hình 5-6*

Và chiều dài d của đoạn AB sẽ là:

$$d = \sum_{i=1}^{n} S_i - \sum_{i=1}^{n} \frac{h_i^2}{2S_i} \qquad (5\text{-}6)$$

Trong đó: $S_i$ chiều dài đo trực tiếp ở đoạn i

$h_i$ độ chênh cao giữa hai cọc phân đoạn i

### *4. Các sai số trong đo chiều dài bằng thước thép*

*a) Sai số do kiểm nghiệm thước:*

$$\Delta l_1 = l_t - l_0 \qquad (5\text{-}7)$$

$l_t$: chiều dài thực tế

$l_0$: chiều dài danh nghĩa

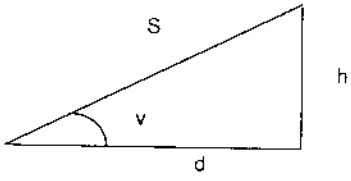
*b) Sai số do ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ:*

$$\Delta l_2 = \alpha l_0 . \Delta t \qquad (5\text{-}8)$$

$\alpha$: hệ số giãn nở vì nhiệt của vật liệu làm thước

$\Delta t$: chênh lệch nhiệt độ giữa khi đo và khi kiểm nghiệm

*c) Sai số do thước bị nghiêng (hình 5-7)*




***Hình 5-7***

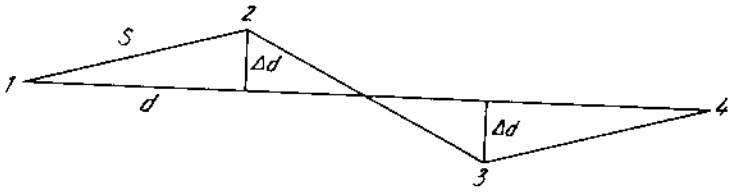
$$\Delta l_3 = \frac{h^2}{2S} \qquad (5\text{-}9)$$

*d) Sai số do định đường thẳng: (hình 5-8)*

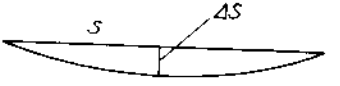
$$\Delta l_4 = \frac{\Delta_d^2}{2S} \qquad (5\text{-}10)$$

*e) Sai số do thước bị võng: (hình 5-9)*

$$\Delta l_5 = \frac{8\Delta_s^2}{3!} \qquad (5\text{-}11)$$




*Hình 5-8*




*Hình 5-9*

*f) Sai số do lực kéo thước không đều*

$$\Delta l_6 = \frac{d.\Delta P}{q.E} \qquad (5\text{-}12)$$

Trong đó:

ΔP: chênh lệch lực kéo thước khi đo so với khi kiểm nghiệm

E: hệ số đàn hồi của vật liệu làm thước

q: tiết diện thước.

Ngoài ra còn phải tính đến sai số do thước bị cong theo phương ngang, sai số do đọc số, do vạch khắc của thước không đều...

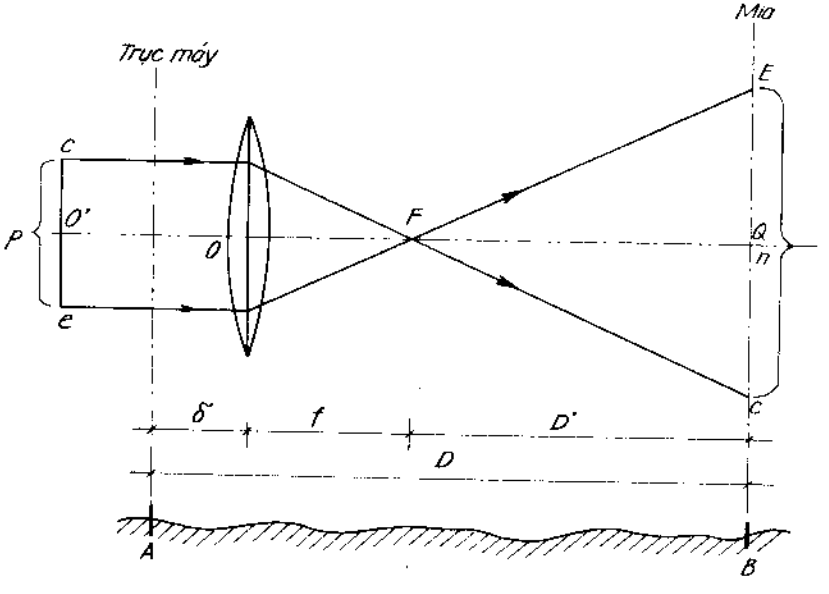
Dùng thước thép thường để xác định chiều dài theo phương pháp đã trình bày ở trên, độ chính xác cao nhất đạt khoảng $\frac{1}{2.000} \div \frac{1}{3.000}$. Nếu muốn đo với độ chính xác cao hơn cần phải dùng thước thép chia vạch đến milimét và phương pháp đo chặt chẽ hơn.

## §5-3. ĐO CHIỀU DÀI BẰNG MÁY CÓ CẶP DÂY ĐO KHOẢNG CÁCH VÀ MIA ĐỨNG

Máy có cặp dây đo khoảng cách là máy kinh vĩ hay máy thủy bình. Cặp dây đo khoảng cách được khắc đối xứng với dây ngang của lưới chữ thập với khoảng cách p. Mia dài 3 ÷ 4m, vạch khắc đến xăngtimét. Khi đo khoảng cách, trục mia ở vị trí thẳng đứng đi qua điểm cần đo. Để xác định khoảng cách AB, đặt máy ở A, mia ở B.

### *1. Trường hợp tia ngắm nằm ngang*

Trục ngang O'O cắt mia ở Q. Hình ảnh của các dây đo khoảng cách c, e ở trên mia là C và E.




*Hình 5-10*

Từ hai tam giác đồng dạng CFE và c'F e' ta có:

$$\frac{D'}{f} = \frac{n}{p} \qquad (5\text{-}13)$$

và:

$$D' = \frac{f}{p}.n \qquad (5\text{-}14)$$

Khoảng cách D từ trục quay của máy đến mia là:

$$D = D' + f + \delta \qquad (5\text{-}15)$$

Trong đó:

f: tiêu cự của kính vật

p: khoảng cách giữa 2 dây đo khoảng cách

δ: khoảng cách từ trục quay của máy đến tâm của kính vật

n: khoảng cách trên mia giữa hai điểm E và C

Với mỗi máy cụ thể f + δ = C thường không đổi và được gọi là hằng số của máy và tỷ số $\frac{f}{p} = K$ cũng không đổi được gọi là hệ số đo dài.

Chiều dài D sẽ là:

$$D = Kn + C \qquad (5\text{-}16)$$

Hệ số C thường rất nhỏ so với khoảng cách cần đo nên có thể bỏ qua, khi đó:

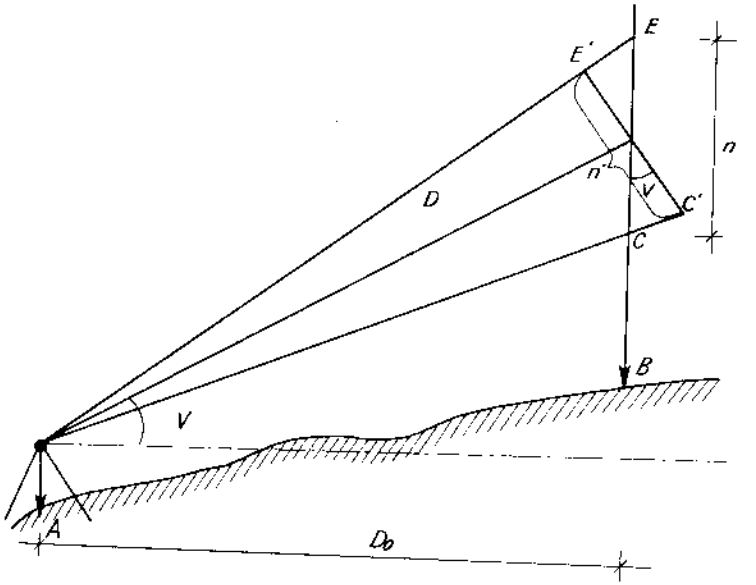
$$D = Kn \qquad (5\text{-}17)$$

Để dễ dàng trong tính toán, người ta cấu tạo máy sao cho K = 100 (có trường hợp bằng 200).

### *2. Trường hợp tia ngắm nghiêng*

Khi đo ở địa hình dốc, tia ngắm có góc dốc V. Khi đó giá trị cần tính n' nhỏ hơn giá trị đọc được trên mia n:

$$n' = n.\cos V \qquad (5\text{-}18)$$




*Hình 5-11*

Khoảng cách nghiêng D:

$$D = Kn' = Kn\cos V \qquad (5\text{-}19)$$

Khoảng cách nằm ngang $D_0$:

$$D_0 = D.\cos V = Kn\cos^2 V \qquad (5\text{-}20)$$

Công thức (5-20) có thể viết dưới dạng:

$$D_0 = Kn(1-\sin^2 V) = Kn - Kn\sin^2 V \qquad (5\text{-}21)$$

Trong đó $\Delta D = Kn\sin^2 V$ là số hiệu chỉnh từ chiều dài nghiêng về chiều dài bằng, đại lượng này có thể xác định nhanh chóng trong bảng tra chuyên dùng.

Trong thực tế với $V \leqslant 2^0$ có thể coi chiều dài nghiêng xấp xỉ chiều dài bằng.

Đo chiều dài theo phương pháp này nhanh chóng, phù hợp với địa hình phức tạp song độ chính xác thấp (1:300).

## §5-4. ĐO CHIỀU DÀI BẰNG SÓNG ĐIỆN TỪ

### *1. Nguyên lý đo*

Giả sử cần đo khoảng cách D giữa hai điểm A và B. Tại A đặt máy phát sóng tín hiệu, tại B đặt thiết bị phản xạ tín hiệu. Nếu xác định được vận tốc truyền sóng điện từ thì khoảng cách AB sẽ có chiều dài tính theo công thức (5-2).

### *2. Xác định vận tốc*

Tốc độ truyền sóng điện từ trong không gian v được tính theo công thức:

$$v = \frac{c}{n} \qquad (5\text{-}22)$$

Trong đó:

c: tốc độ sóng điện từ truyền trong chân không

c = 299792,5 km/s

n: hệ số khúc xạ của khí quyển, phụ thuộc vào chiều dài bước sóng $\lambda$ và các điều kiện khác như áp suất, độ ẩm, nhiệt độ, hàm lượng bụi...

### *3. Xác định thời gian t*

Thời gian sóng đi về trên tuyến đo được xác định theo hai cách:

- Phương pháp đo xung: là đo trực tiếp thời gian truyền xung điện từ trên khoảng cách cần đo. Phương pháp này có độ chính xác thấp, hiện nay ít dùng.

- Phương pháp đo pha: máy phát ở A có anten thu, khi phát sóng, sóng tín hiệu chia làm 2 ngả: một ngả đến ngay anten thu còn một ngả đi về trên khoảng cách cần đo. So sánh độ lệch pha của chúng để tính ra thời gian. Phương pháp này cho độ chính xác cao.

Đo chiều dài bằng sóng điện từ hiện nay được tự động hoá đến mức tối đa, thao tác đơn giản, cho kết quả nhanh chóng và độ chính xác cao.

## Câu hỏi và bài tập chương V

1. Thực chất đo chiều dài giữa 2 điểm trên mặt đất tự nhiên là gì?

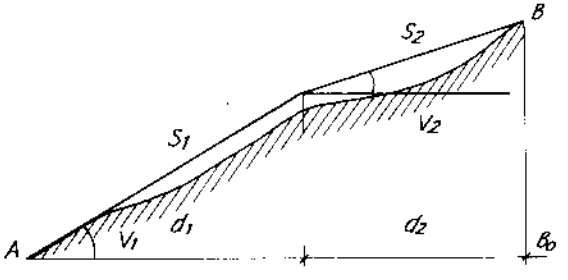
2. Phân loại đo dài theo dụng cụ đo, theo độ chính xác?

3. Trình bày phương pháp đo chiều dài bằng thước thép. Các sai số trong đo chiều dài bằng thước thép và biện pháp hạn chế. Những ưu điểm và nhược điểm của phương pháp?

4. Chứng minh công thức đo dài bằng máy có cặp dây đo khoảng cách và mia đứng. Độ chính xác và phạm vi ứng dụng?

5. Nêu các phương pháp xác định vận tốc sóng điện từ trong không gian và thời gian sóng truyền trên khoảng cách cần xác định? Những ưu điểm chính của phương pháp đo dài bằng sóng điện từ?

6. Bài tập:




***Hình 5-12***

***Bài tập 5-1:*** Tính chiều dài bằng AB (hình 5-12) theo số liệu sau:

$S_1 = 48,50m$ $V_1 = 12^0 30'$

$S_2 = 39,60m$ $V_2 = 6^0 45'$

***Bài tập 5-2:*** Chiều dài d giữa 2 điểm trên mặt đất được xác định bằng máy có cặp dây đo khoảng cách và mia đứng với số liệu như sau:

$n = 1042mm$ với $m_n = \pm 5mm$

$v = 5^0 45'$ với $m_v = \pm 45'$

Tính sai số tương đối của chiều dài trên (coi sai số của K là có thể bỏ qua và K = 100).

***Bài tập 5-3:*** Theo số liệu của bài tập 5-1, để đảm bảo chiều dài AB đạt sai số tương đối $\frac{1}{2000}$ thì chiều dài nghiêng và góc nghiêng phải đo với độ chính xác là bao nhiêu?

# Chương VI

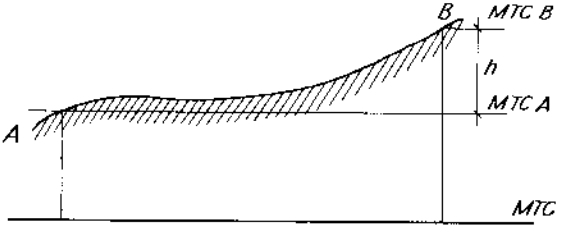
# ĐO CAO

## §6-1. KHÁI NIỆM

Đo cao là dạng đo đạc cơ bản nhằm xác định độ cao của điểm-yếu tố thứ ba của tọa độ điểm trong không gian. Thực chất của đo cao là xác định độ chênh cao h giữa các điểm, trên cơ sở độ cao của một điểm đã biết tính ra được độ cao các điểm kia (hình 6-1).

$$H_B = H_A + h \qquad (6\text{-}1)$$

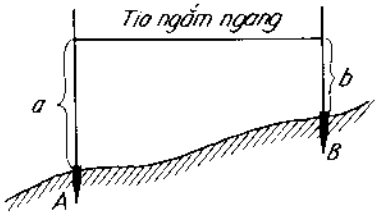
Tuỳ theo nguyên lý đo và dụng cụ đo người ta chia ra các dạng đo sau:



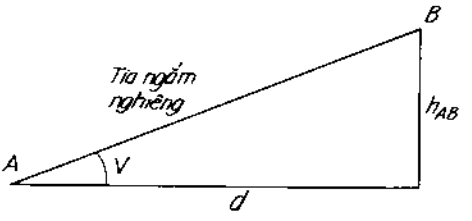

*Hình 6-1*

### *1. Đo cao hình học*

Dựa trên cơ sở tia ngắm ngằm ngang (hình 6-2) để xác định hiệu độ cao $h_{AB}$ (chênh cao giữa hai điểm A và B).




*Hình 6-2*




*Hình 6-3*

Đo cao hình học đạt được độ chính xác cao $m_h$ = (0,5 ÷ 50) mm/km phương pháp này thường được áp dụng trong đo lưới khống chế độ cao, xây dựng công trình...

### *2. Đo cao lượng giác*

Trên cơ sở góc nghiêng của tia ngắm và chiều dài bằng giữa hai điểm (hình 6-3), độ chênh cao được tính toán theo công thức lượng giác.

Độ chính xác của phương pháp đạt được $m_h$ = (100 ÷ 400) mm/km thường áp dụng trong đo lưới khống chế độ cao độ chính xác thấp, ở những nơi địa hình phức tạp, trong đo vẽ chi tiết...

### *3. Đo cao thủy tĩnh*

Đo cao thủy tĩnh dựa trên tính chất mặt thoáng của chất lỏng trong các bình thông nhau ở cùng một mức độ cao.

Độ chính xác của phương pháp này đạt $m_h$ = (±2 ÷ 20) mm trên 16 mét dài, được áp dụng trong công tác đo đạc công trình chính xác, trong lắp đặt thiết bị...

*4. Đo cao khí áp*

Dựa trên nguyên tắc áp suất khí quyển thay đổi theo độ cao.

Dùng áp kế xác định áp suất khí quyển ở những điểm khác nhau. Theo hiệu số áp suất người ta xác định được độ cao của các điểm.

Vì độ chính xác thấp (sai số 2÷3m) do đó phương pháp này được sử dụng trong giai đoạn khảo sát sơ bộ đối với vùng núi cao.

Ngoài ra còn có các phương pháp đo cao cơ học, đo cao bằng sóng điện từ, đo cao bằng ảnh lập thể... Tuỳ thuộc vào tính chất của từng ngành mà lựa chọn phương pháp đo cao cho phù hợp. Trong xây dựng cơ bản, phương pháp đo cao hình học và đo cao lượng giác chiếm ưu thế.

## §6-2. ĐO CAO HÌNH HỌC

Dụng cụ để tạo tia ngắm nằm ngang là máy thủy bình (nivô) còn dụng cụ đặt tại các điểm để tạo ra các "số đọc" là mia.

Nếu máy thủy bình đặt trong khoảng AB (hình 6-2) ta có đo cao từ giữa, còn nếu máy đặt ở A, mia đặt ở B hoặc máy đặt ở B mia đặt ở A tương ứng có đo cao phía trước và đo cao phía sau.

Do độ chính xác không cao và năng suất lao động thấp nên đo cao phía trước và đo cao phía sau ít được áp dụng. Vì vậy chúng ta chỉ đề cập đến phương pháp đo cao từ giữa.

* Đặt máy thủy bình ở khoảng giữa A - điểm đã biết độ cao $H_A$ và B - điểm cần xác định độ cao, đọc các giá trị a, b trên mia dựng ở A và B (hình 6-4) ta có:

$$h_{AB} = a\text{-}b$$

và:
$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (6\text{-}2)$$

Trong đó: (6-3)

- Mia dựng ở A là mia sau, tương ứng có số đọc sau a
- Mia dựng ở B là mia trước, tương ứng có số đọc trước b

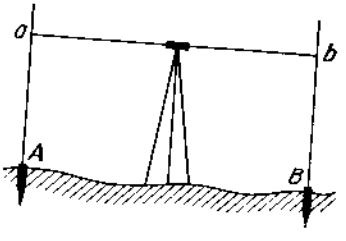
* Nếu hai điểm A, B xa nhau (hình 6-5), cần phải thực hiện liên tiếp nhiều trạm đo. Khi đó:

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + \ldots + h_n$$

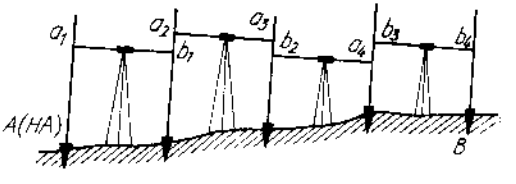
$$h_{AB} = \sum_{i=1}^{n} h_i \quad (6\text{-}4)$$

Trong đó $h_i$ là độ chênh cao ở đoạn đo thứ i. Độ cao của điểm B sẽ là:

$$H_B = H_A + \sum_{i=1}^{n} h_i \quad (6\text{-}5)$$




*Hình 6-4*




*Hình 6-5*

## §6-3. MÁY THỦY BÌNH VÀ MIA

### *1. Máy thủy bình*

Máy thủy bình gồm có các bộ phận chính:

- Giá máy

- Ống kính

- Ống thủy (dài, tròn)

- Các ốc cân máy, ốc khoá và các ốc di động.

Theo độ chính xác, máy thủy bình được chia làm ba nhóm:

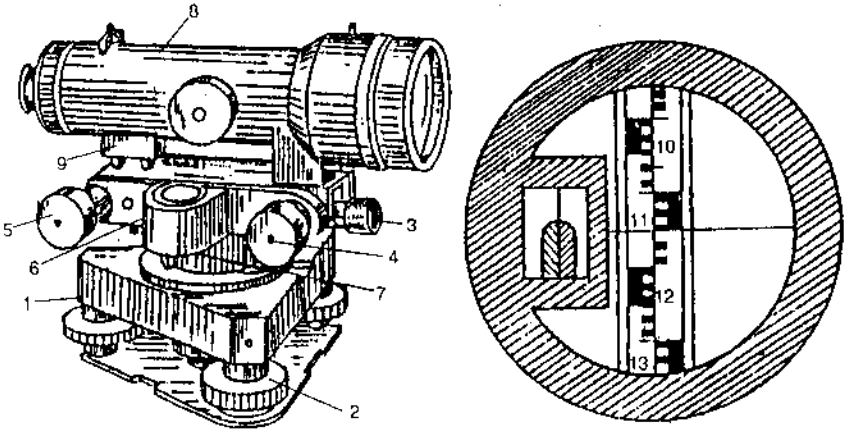
+ Máy thủy bình chính xác cao $m_h$ = (0,5 ÷1,0) mm/km thường dùng để đo lưới độ cao Nhà nước cấp I, II; quan trắc lún.

+ Máy thủy bình chính xác trung bình: $m_h$ = (3 ÷8) mm/km. Sử dụng đo lưới Nhà nước cấp III, IV quan trắc lún trong giai đoạn thi công công trình...

+ Máy thủy bình chính xác thấp: $m_h$ = (10 ÷30) mm/km. Sử dụng trong đo thủy chuẩn kỹ thuật và phục vụ xây dựng các các công trình.

Theo cấu tạo, máy thủy bình chia làm hai nhóm:

+ Máy thủy bình có ốc kích nâng để điều chỉnh tia ngắm nằm ngang (hình 6-6).



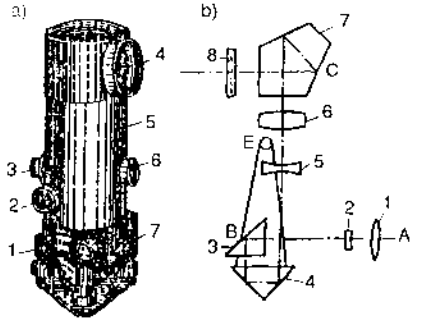

*Hình 6-6*

+ Máy thủy bình tự động điều chỉnh tia ngắm nằm ngang (hình 6-7). Khi ống kính bị nghiêng đi một góc không lớn thì bộ tự cân bằng sẽ điều chỉnh tia ngắm về vị trí nằm ngang.

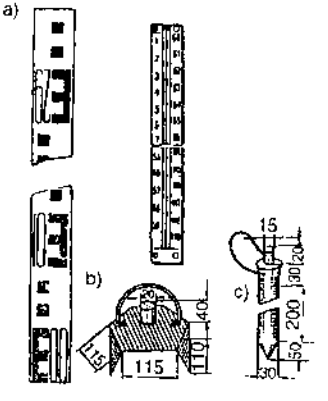
*2. Mia đo cao (hình 6-8)*

Mia đo cao được làm bằng gỗ hoặc kim loại dài 3m, có hai mặt đều kẻ thang số chia vạch với khoảng chia nhỏ nhất đến xăngtimét. Một mặt có vạch chia và số màu đen là mặt chính (gọi là mặt đen) còn mặt kia vạch và số màu đỏ (mặt đỏ) để kiểm tra khi đo. Đế mia mặt đen có giá trị 0,000 còn đế mia mặt đỏ có giá trị khác không (4473, 4573...) gọi là hằng số mia. Giá trị đế mia mặt đỏ của một cặp mia thường chênh nhau 100 mm. Mia có gắn ống thủy tròn để dựng mia được thẳng đứng. Khi đo, đặt mia trên đỉnh cọc hoặc trên giá mia (hình 6-8b, c).

Khi đo với độ chính xác cao dùng mia Inva với vạch khắc nhỏ nhất 5mm (hình 6-8d).




*Hình 6-7*




*Hình 6-8*

### *3. Kiểm nghiệm và điều chỉnh máy thủy bình*

Để thoả mãn nguyên lý đo cao hình học, máy thủy bình cần phải đảm bảo một số điều kiện:

1. Trục ống thủy dài phải vuông góc với trục quay máy.

2. Dây ngang của dây chữ thập phải nằm ngang.

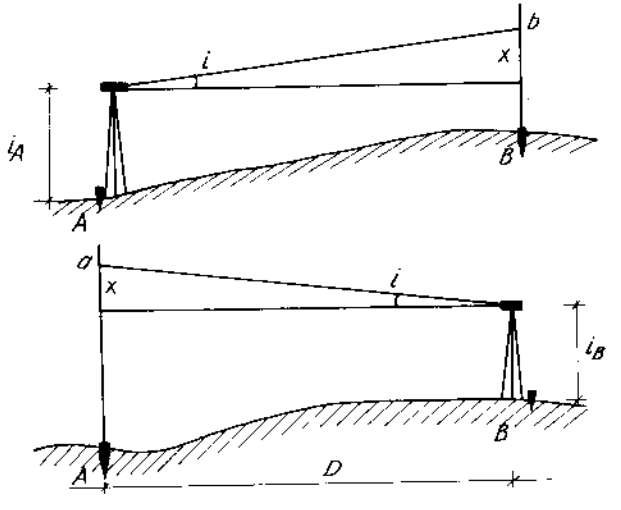
Hai điều kiện này được kiểm nghiệm và điều chỉnh tương tự như các điều kiện 1 và 4 của máy kinh vĩ.

3. Trục ống kính phải song song với trục ống thủy dài (điều kiện góc i).

Chọn hai điểm A,B cách nhau (30 ÷40) m và thực hiện kiểm nghiệm theo phương pháp đo cao phía trước.

*a) Kiểm nghiệm:*

Đặt máy thủy bình ở A, sau khi cân bằng, đo chiều cao máy $i_A$, quay máy đọc trị số b trên mia dựng ở B (hình 6-9).




***Hình 6-9***

- Mang máy về B, thao tác như đối với điểm A được các trị số $i_B$ và số đọc a trên mia A.

Trước khi đọc các số đọc b, a cần phải điều chỉnh cho bọt thủy tập trung.

Độ chênh cao giữa A và B là:

$$h_{AB} = i_A - (b-x) \quad (6\text{-}6)$$

$$h_{BA} = i_B - (a-x) \quad (6\text{-}7)$$

Từ (6-6) và (6-7) ta có:

$$x = \frac{a+b}{2} - \frac{i_A + i_B}{2} \quad (6\text{-}8)$$

và góc nghiêng i:

$$i = \frac{x}{D}\rho'' \quad (6\text{-}9)$$

nếu $i \leq 20''$ Thì điều kiện đảm bảo.

$i > 20''$ Cần phải điều chỉnh.

*b) Điều chỉnh:*

- Tính số đọc khi tia ngắm nằm ngang a' :

$$a' = a - x \quad (6\text{-}10)$$

- Đưa ống kính về số đọc đúng a' bằng vít kích nâng, bọt thủy bị lệch khỏi vị trí cân bằng.

- Dùng vít riêng của ống thủy để điều chỉnh cho bọt nước tập trung.

Cần thực hiện kiểm nghiệm điều kiện này một số lần cho tới khi đạt yêu cầu.

## §6-4. ĐO CAO HÌNH HỌC CẤP IV

Tuỳ độ chính xác, đo cao hình học được chia thành 5 cấp. Trong đó cấp IV và cấp V thường được áp dụng trong xây dựng.

Trong đo cao cấp IV, thường dùng máy thủy bình có độ phóng đại ống kính $V^x \geq 25^x$, $\tau \leq 25''/2$ mm, mia hai mặt đen đỏ có gắn ống thủy tròn.

Trình tự công việc tại mỗi trạm đo:

- Đặt máy ở giữa hai điểm cần đo, cân bằng sơ bộ máy bằng ống thủy tròn.

- Dựng mia ở hai điểm sao cho mia thẳng đứng (dựa vào ống thủy tròn gắn trên mia).

- Quay máy ngắm mia sau, đọc số đọc mặt đen theo vạch giữa và một vạch đo khoảng cách.

- Đưa ống kính ngắm mặt đen mia trước, đọc số đọc theo vạch giữa và mặt vạch đo khoảng cách. Đọc số đọc trên mặt đỏ mia trước theo vạch giữa.

- Quay máy trở lại ngắm mặt đỏ mia sau, đọc số theo vạch giữa.

Trước khi đọc các số đọc trên mia phải dùng ốc kính nâng để đưa bọt thủy của ống thủy dài tập trung.

Một số quy định trong đo cao hình học hạng IV.

- Khoảng cách từ máy đến mia không lớn hơn 100m, chênh lệch chiều dài tia ngắm trước và tia ngắm sau không quá 5m và chênh tích luỹ trên tuyến đo không quá 10m.

- Tia ngắm phải cách mặt đất tối thiểu là 0,2m.

- Sai lệch giữa độ chênh cao tính theo mặt đen và mặt đỏ không quá 5mm.

Sau khi đã kiểm tra cẩn thận và tính toán sơ bộ kết quả đo, mới chuyển máy sang trạm đo tiếp theo. Kết quả đo ghi vào sổ đo theo bảng (6-1).

**Bảng 6-1**

| Trạm đo<br>Điểm đo | Khoảng cách (m) | | Số đọc trên mia (mm) | | Chênh cao đen đỏ (mm) | Chênh cao trung bình (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sau ($A_S$) | Trước ($\Sigma A_S$) | Sau | Trước | | |
| I<br>A – B | 68,5 | | 1265 (1) | 1978 (2) | -713 (7) | -712,5 (10) |
| | | 73,2 | 5741 (4) | 6553 (3) | -812 (8) | |
| | -4,7 | -4,7 | 4476 (5) | 4575 (6) | -99 (9) | |
| II<br>A – B | 82,7 | | 2156 | 1983 | +173 | 173,5 |
| | +2,9 | 79,8 | 6730 | 6456 | +274 | |
| | | -1,8 | 4574 | 4473 | 101 | |

Tính số liệu đo:

Hằng số mia (5) = (4)-(1)

(6) = (3)-(2)

Chênh cao mặt đen (7) = (1)-(2)

Chênh cao mặt đỏ (8) = (4)-(3)

Hằng số của cặp mia (9) = (5)-(6)

Kiểm tra (9) = (8)-(7)

Chênh cao trung bình $(10) = \frac{1}{2}[(7) + (8) \pm 100]$

## §6-5. ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA ĐO CAO HÌNH HỌC

### *1. Sai số dụng cụ đo*

- Do điều kiện cơ bản (góc i) không đảm bảo, có thể hạn chế sai số này bằng cách đặt máy cách đều 2 mia (đo cao từ giữa) hoặc giảm tầm ngắm (đo cao phía trước, đo cao phía sau).

- Do vạch khắc trên mia không đều, mia bị cong, vênh, đế mia bị mòn...

*2. Sai số do người đo*

- Do cân ống thủy dài không thật chính xác. Cần dậm chân máy chắc chắn trước khi đo và tránh đo lúc gió to.

- Do dựng mia bị nghiêng. Khắc phục bằng cách dùng mia có gắn ống thủy tròn.

- Sai số do ngắm và đọc số, sai số này phụ thuộc vào khoảng cách đo ngắm, độ phóng đại ống kính...

*3. Sai số do môi trường*

- Khúc xạ ánh sáng là yếu tố rất quan trọng, để hạn chế sai số này cần rút ngắn tầm ngắm, tia ngắm phải cách chướng ngại vật lớn hơn 0,2m, đo vào lúc thời tiết tốt.

- Do máy bị chiếu nắng trực tiếp sẽ giãn nở cục bộ do đó khi đo phải dùng ô che máy.

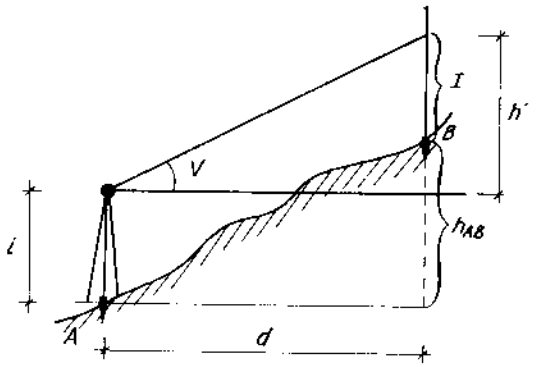
*4. Sai số do ảnh hưởng độ cong trái đất*

Sai số này sẽ không đáng kể khi đo cao từ giữa với chiều dài tia ngắm trước bằng hoặc xấp xỉ chiều dài tia ngắm sau.

Khi đo cao phía trước hoặc sau, cần tính hiệu chỉnh sai số này vào kết quả đo khi chiều dài tia ngắm lớn hơn 50m.

## §6-6. ĐO CAO LƯỢNG GIÁC

Để xác định độ chênh cao của điểm B so với điểm A (hình 6-10) tại A đặt máy kinh vĩ, sau khi cân bằng máy đo chiều cao máy là i. Dựng tại B một sào tiêu hay mia. Quay máy ngắm mia B đọc trị số *l* theo dây chỉ giữa và xác định góc đứng V.




*Hình 6-10*

Theo hình vẽ ta có:

$$h' + i = h_{AB} + l$$
$$h_{AB} = i - l + h' \qquad (6\text{-}11)$$

Nếu khoảng cách AB = d được xác định bằng thước thép thì:

$$h' = d \operatorname{tag} V \qquad (6\text{-}12)$$

Nếu khoảng cách AB được đo bằng dây đo khoảng cách theo mục §.5-3 ta có:

$$d = Kn \cos^2 V$$

khi đó: $$h' = Kn \cos^2 V . \operatorname{tag} V = \frac{1}{2} Kn \sin 2V \qquad (6\text{-}13)$$

Thay (6-13) vào (6-11) được:

$$h_{AB} = i - l + \frac{1}{2} Kn \sin 2V \qquad (6\text{-}14)$$

Với: K- hệ số đo xa của máy

n- khoảng cách trên mia chắn giữa 2 vạch đo xa

V- góc nghiêng của tia ngắm

i- chiều cao máy đặt ở A

*l*- số đọc trên mia theo dây chỉ giữa

Từ (6-14) nhận thấy:

- Nếu *l* = i thì :

$$h_{AB} = \frac{1}{2} Kn \sin 2V \qquad (6\text{-}15)$$

việc tính toán sẽ đơn giản.

- Nếu V = 0 thì $h_{AB} = i - l$ (6-16)

Lúc đó tương tự như đo cao hình học phía trước.

Công thức (6-14) chỉ áp dụng khi khoảng cách giữa hai điểm nhỏ hơn 300m. Khi đo cao lượng giác ở khoảng cách lớn cần phải tính số hiệu chỉnh do ảnh hưởng độ cong trái đất q và ảnh hưởng do khúc xạ ánh sáng r.

$$q = \frac{d^2}{2R} \qquad \text{(xem công thức 1-9)}$$

$$r = \frac{d^2}{2R_1} \qquad (6\text{-}17)$$

Trong đó $R_1$ là bán kính đường cong khúc xạ thường lớn gấp 6-7 lần bán kính trái đất.

Nếu gọi tỷ số $\frac{R}{R_1} = k$ là hệ số chiết quang, lúc đó:

$$r = qk \qquad (6\text{-}18)$$

Ảnh hưởng tổng hợp của độ cong trái đất và khúc xạ ánh sáng là:

$$f = q - r = q(1-k) = \frac{d^2}{2R}(1-k) \qquad (6\text{-}19)$$

Nếu lấy hệ số khúc xạ trung bình cho lãnh thổ Việt Nam là 0,14 thì :

$$f = 0,43\frac{d^2}{R} \qquad (6\text{-}20)$$

Như vậy, công thức tính chênh cao giữa 2 điểm A, B khi đo bằng phương pháp lượng giác là:

$$h_{AB} = d \operatorname{tag} V + i - l + f \qquad (6\text{-}21)$$

và

$$h_{AB} = \frac{l}{2} Kn \sin 2V + i - l + f \qquad (6\text{-}22)$$

Tùy theo độ chính xác mà có hay không kể đến f. Lượng f có thể loại trừ trong (6-21), (6-22) bằng cách đo đi và đo về trên một trạm đo.

Từ (6-21) ta nhận thấy, để xác định độ chênh cao giữa hai điểm trên cần phải đo các yếu tố: i, *l*, v, d. Nếu gọi các sai số tương ứng là $m_i$, $m_l$, $m_v$, $m_d$ thì sai số xác định độ chênh cao theo (6-21) sẽ là:

$$m_h^2 = \left(\frac{\partial h}{\partial d}\right)^2 m_d^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial v}\right)^2 \frac{m_v^2}{\rho^2} + \left(\frac{\partial h}{\partial l}\right)^2 m_l^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial i}\right)^2 m_i^2$$

$$m_h^2 = tg^2 v m_d^2 + d^2 Sec^4 v \frac{m_v^2}{\rho^2} + m_l^2 + m_i^2 \qquad (6\text{-}23)$$

Tương tự ta xác định được $m_h$ theo (6-22).

Độ chính xác 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 của yếu tố thứ hai là chủ yếu.

Đo cao lượng giác độ chính xác thấp hơn đo cao hình học nhưng năng suất lao động cao và đặc biệt tiện lợi khi đo ở địa hình phức tạp.

## Câu hỏi và bài tập chươngVI

1. Thực chất của việc đo cao là gì?

2. Theo nguyên lý đo và dụng cụ đo, đo cao được phân thành những dạng nào? Phạm vi ứng dụng và độ chính xác?

3. Máy thủy bình phục vụ cho dạng đo cao nào? Phân loại máy thủy bình theo độ chính xác và theo cấu tạo?

4. Máy thủy bình có những bộ phận chính nào? Tính năng và cách sử dụng của bộ phận ấy.

5. Tại sao phải kiểm nghiệm và điều chỉnh máy thủy bình? Nêu trình tự và cách kiểm nghiệm, điều chỉnh các điều kiện hình học cơ bản của máy.

6. Các phương pháp đo cao hình học và phạm vi ứng dụng?

7. Trình bày phương pháp đo cao hình học cấp IV.

8. Các sai số gặp phải trong đo cao hình học? Biện pháp để hạn chế chúng?

9. Chứng minh công thức đo cao lượng giác? Có thể hạn chế ảnh hưởng độ cong trái đất và khúc xạ ánh sáng đến kết quả đo cao lượng giác được hay không?

10. Bài tập

***Bài tập 6-1:***

Số liệu đo cao hình học cấp IV tại trạm đo, với các điểm đo B và C như sau:

Số đọc mặt đen mia sau: dây chỉ trên 1631

dây chỉ giữa 1025

Số đọc mặt đen mia trước: dây chỉ trên 2365

dây chỉ giữa 1738

Số đọc mặt đỏ mia trước: dây chỉ giữa 6313

Số đọc mặt đỏ mia sau: dây chỉ giữa 5501

Lập sổ đo và tính toán trạm đo.

*Bài tập 6-2:*

Tại một trạm đo cao lượng giác, các số liệu đo được như sau:

Góc nghiêng $V = 6^0 12'0 \pm 0'5$

Khoảng cách ngang $d = 56,78m \pm 0,03m$

Chiều cao máy $i = 1,50m \pm 0,01m$

Chiều cao điểm ngắm trên sào tiêu $l = 2,20m \pm 0,01m$

Tính độ chênh cao h và sai số trung phương $m_h$?

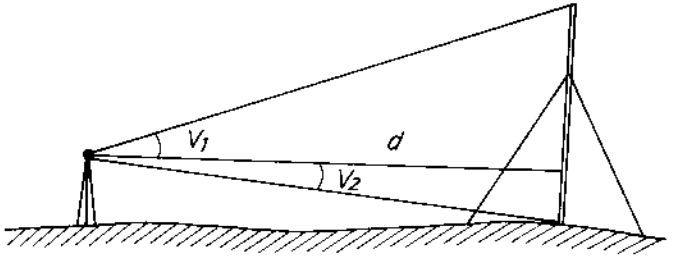
*Bài tập 6-3:*

Để xác định chiều cao của cột anten (hình 6-11) người ta đo các đại lượng d, $V_1$, $V_2$. Hãy xác định chiều cao của cột anten và sai số trung phương của nó với số liệu sau:

$$V_1 = +16^0 18'5 \pm 0'5$$

$$V_2 = -2^0 49'0 \pm 0'5$$

$$d = 78,49m \pm 0,05m$$




***Hình 6-11***

# Chương VII

# LƯỚI KHỐNG CHẾ MẶT BẰNG

## §7-1. KHÁI NIỆM

Để tránh sai số tích lũy và nâng cao độ chính xác, người ta xây dựng lưới khống chế trắc địa theo nguyên tắc từ tổng thể đến cục bộ, từ độ chính xác cao đến độ chính xác thấp.

Lưới khống chế trắc địa là tập hợp những điểm ở ngoài thực địa có tọa độ được xác định với độ chính xác cao. Những điểm này là cơ sở để đo vẽ bản đồ và xây dựng công trình.

Lưới khống chế trắc địa ở nước ta thường chia làm ba dạng: lưới Nhà nước, lưới khu vực (chêm dày) và lưới đo vẽ.

Lưới khống chế mặt bằng Nhà nước được xây dựng thành mạng tam giác (với bốn cấp, độ chính xác giảm dần, từ cấp I đến cấp IV, xem bảng 7-1). Các điểm của lưới khống chế Nhà nước là cơ sở để xây dựng các lưới chêm dày cũng như phục vụ cho việc nghiên cứu khoa học.

**Bảng 7-1**

| Chỉ tiêu kỹ thuật | Cấp I | Cấp II | Cấp III | Cấp IV |
|---|---|---|---|---|
| Chiều dài cạnh tam giác (km) | 20 ÷ 30 | 7 ÷ 20 | 5 ÷ 10 | 2 ÷ 6 |
| Sai số tương đối đo cạnh đáy | $\frac{1}{400000}$ | $\frac{1}{300000}$ | $\frac{1}{200000}$ | $\frac{1}{200000}$ |
| Sai số trung phương đo góc | ±0"7 | ±1"00 | ±1"5 | ±2"5 |
| Góc nhỏ nhất trong tam giác | $40^{o}$ | $30^{o}$ | $30^{o}$ | $25^{o}$ |

Lưới khống chế khu vực là lưới điểm bổ xung, tăng mật độ các điểm khống chế cho từng khu vực. Lưới khống chế khu vực có thể là lưới giải tích hoặc đường chuyền đa giác cấp I và II (bảng 7-2 và 7-3).

LƯỚI GIẢI TÍCH

**Bảng 7-2**

| Yêu cầu kỹ thuật | Cấp I | Cấp II |
|---|---|---|
| Số lượng tam giác giữa các cạnh đáy | 10 | 10 |
| Chiều dài cạnh tam giác | (1÷5) km | (1÷3) km |
| Góc nhỏ nhất trong tam giác | $20^0$ | $20^0$ |
| Sai số trung phương đo góc | ± 5" | ± 10" |
| Sai số trung phương đo cạnh đáy | 1:50.000 | 1:20.000 |

LƯỚI ĐƯỜNG CHUYỀN

**Bảng 7-3**

| Yêu cầu kỹ thuật | Cấp I | Cấp II |
|---|---|---|
| Chiều dài đường chuyền (km) | | |
| Đường đơn | 5 | 3 |
| Giữa điểm khởi tính và điểm nút | 3 | 2 |
| Giữa các điểm nút | 2 | 1,5 |
| Chu vi vòng khép lớn nhất (km) | 15 | 9 |
| Chiều dài cạnh (km) | 0,1 ÷ 0,8 | 0,08 ÷ 0,4 |
| Số cạnh nhiều nhất trong đường chuyền | 15 | 15 |
| Sai số trung phương đo góc | ± 5" | ± 10" |
| Sai số khép góc của đường chuyền | $\leq \pm 10" \sqrt{n}$ | $\leq \pm 20" \sqrt{n}$ |

Lưới khống chế đo vẽ là cơ sở trực tiếp phục vụ cho đo vẽ lập bản đồ, nó được xây dựng dưới dạng đường chuyền kinh vĩ, lưới tam giác nhỏ, giao hội điểm...

Mật độ các điểm khống chế tùy thuộc vào tỷ lệ cần đo vẽ.

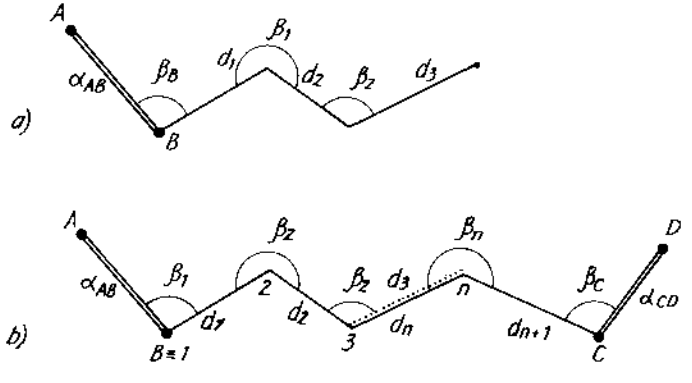
- Đo vẽ tỷ lệ 1:5000 cần 4 điểm/1km$^2$
- Đo vẽ tỷ lệ 1:2000 cần 12 điểm/1km$^2$
- Đo vẽ tỷ lệ 1:1000 cần 16 điểm/1km$^2$

## §7-2. ĐƯỜNG CHUYỀN KINH VĨ

### I. Khái niệm

Chọn trên mặt đất một số điểm tạo thành đa giác khép kín hay không khép kín, dùng máy kinh vĩ đo góc bằng kẹp giữa các cạnh, đo chiều dài trực tiếp tất cả các cạnh. Dựa vào tọa độ một điểm và góc định hướng của một cạnh nào đó tính được tọa độ các điểm còn lại. Đường như vậy gọi là đường chuyền kinh vĩ. Đường chuyền kinh vĩ có các dạng:

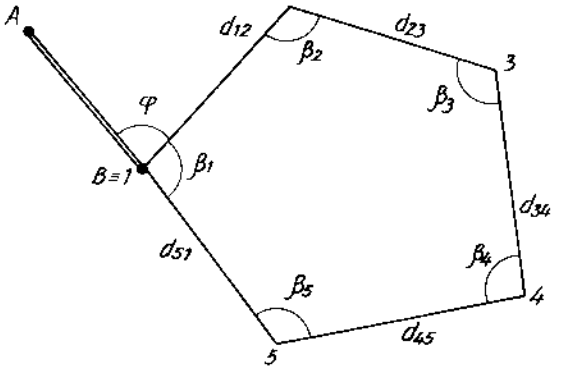
+ Đường chuyền đơn: hình 7-1 a, b




***Hình 7-1***

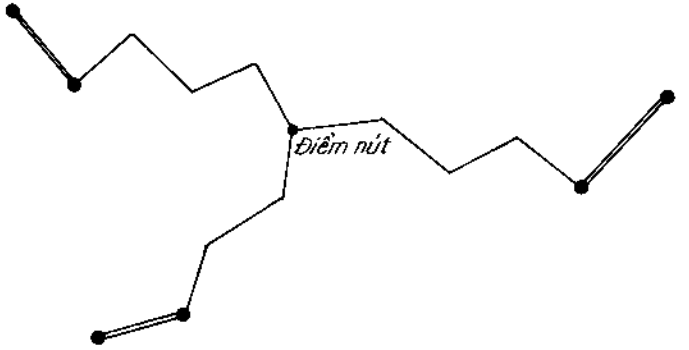
*a) Đường chuyền treo; b) Đường chuyền phù*

+ Đường chuyền khép kín: hình (7-2)




***Hình 7-2***

+ Hệ thống đường chuyền kinh vĩ có điểm nút : (hình 7-3)




***Hình 7-3***

Xây dựng đường chuyền kinh vĩ qua các bước thiết kế, khảo sát, chọn điểm, đo đạc và tính toán.

## II. Thiết kế đường chuyền

Căn cứ vào nhiệm vụ đo vẽ và những điểm khống chế cấp cao hơn trong khu vực để bố trí các điểm đường chuyền sao cho chúng phân bố đều trên khu vực đo. Tuỳ điều kiện địa hình cụ thể mà chọn một trong các dạng đồ hình trên.

Chiều dài cạnh đường chuyền không vượt quá 350m, chiều dài toàn đường chuyền đơn quy định trong bảng 7-4.

**Bảng 7-4**

| Tỷ lệ đo vẽ | Khu vực quang đãng | Vùng đồi núi |
|---|---|---|
| 1:500 | 0,6 km | - |
| 1:1000 | 1,2 km | 1,0 km |
| 1:2000 | 2,0 km | 1,5 km |
| 1:5000 | 4,0 km | 3,0 km |

## III. Khảo sát, chọn điểm

Trên cơ sở thiết kế để chọn điểm và chôn mốc. Điểm được chọn phải nằm ở nơi ổn định, thuận tiện cho công tác đo đạc. Các điểm được đánh dấu bằng mốc (gỗ, bê tông, thép...), trên mặt mốc khắc vạch chữ thập. Để dễ tìm mốc, phải làm dấu nhận biết và vẽ phác vị trí của mốc vào sổ.

## IV. Đo đường chuyền

### *1. Đo góc bằng*

Dùng máy kinh vĩ độ chính xác 30", đo một vòng đo với chênh lệch giữa hai nửa vòng đo không quá 45". Sai số khép góc cho phép trong đo đường chuyền là:

$$f_{\beta cf} \leq \pm 60'' \sqrt{n}$$

n: số góc của đường chuyền

***2. Đo chiều dài cạnh***

Chiều dài các cạnh được đo bằng thước thép hoặc bằng máy đo xa với sai số tương đối không quá 1:2000 đối với khu vực quang đãng và 1:1000 đối với khu vực đồi núi. Nơi có góc dốc lớn hơn $1^{0}5$ cần phải tính chuyển từ chiều dài nghiêng về chiều dài nằm ngang.

## V. Tính toán bình sai đường chuyền kinh vĩ

***1. Tính toán bình sai đường chuyền kinh vĩ khép kín hình 7-2***

*a) Tính sai số khép góc $f_\beta$:*

$$f_\beta = [\beta] - (n-2)180^{o} \qquad (7\text{-}1)$$

[β]: Tổng các góc trong của đường chuyền

n: Số đỉnh của đường chuyền

Tính sai số khép kín cho phép $f_{\beta cf} = \pm 60'' \sqrt{n}$ (7-2)

Nếu $f_\beta > f_{\beta cf}$ phải đo lại góc bằng.

Nếu $f_\beta \leq f_{\beta cf}$ tính số hiệu chỉnh $V_{\beta i}$ vào góc:

$$V_{\beta i} = -\frac{f_\beta}{n} \qquad (7\text{-}3)$$

Khi đó góc sau hiệu chỉnh là:

$$\beta'_i = \beta_i + V_{\beta i} \qquad (7\text{-}4)$$

*b) Tính góc định hướng các cạnh:*

Thông qua góc định hướng AB và góc đo nối φ có thể dễ dàng xác định được góc định hướng cạnh 1-2.

$$\alpha_{12} = \alpha_{AB} + \varphi - 180^{O} \quad (7\text{-}5)$$

và góc định hướng của cạnh thứ i (góc $\beta'_i$ nằm phía phải hướng tính) :

$$\alpha_{i,i+1} = \alpha_{i-1,i} - \beta'_i + 180^{O} \quad (7\text{-}6)$$

khi góc $\beta'_i$ nằm phía trái hướng tính:

$$\alpha_{i,i+1} = \alpha_{i-1,i} + \beta'_i - 180^{O} \quad (7\text{-}7)$$

Để kiểm tra việc tính toán, khi tính đến cạnh cuối cùng ta tính lại góc định hướng cạnh khởi đầu.

*c) Tính sai số khép tọa độ fx, fy:*

$$fx = [\Delta x]$$
$$fy = [\Delta y] \quad (7\text{-}8)$$

Trong đó:

$$\Delta x_{i,i+1} = d_{i,i+1}.\cos\alpha_{i,i+1}$$
$$\Delta y_{i,i+1} = d_{i,i+1}.\sin\alpha_{i,i+1} \quad (7\text{-}9)$$

Trên cơ sở sai số khép tọa độ fx, fy ta tính được sai số khép kín toàn phần fs :

$$fs = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (7\text{-}10)$$

Nếu: $\frac{fs}{[d]} \leq \frac{1}{2000}$ với vùng quang đãng

$\leq \frac{1}{1000}$ với vùng đồi núi

Tiến hành tính số hiệu chỉnh gia số tọa độ cho các cạnh theo công thức:

$$V_{\Delta x_{i,i+1}} = -\frac{fx}{[d]}.d_{i,i+1}$$

$$V_{\Delta y_{i,i+1}} = -\frac{fy}{[d]}.d_{i,i+1} \quad (7\text{-}11)$$

và gia số tọa độ sau hiệu chỉnh là:

$$\Delta' x_{i,i+1} = \Delta x_{i,i+1} + V_{\Delta x_{i,i+1}}$$
$$\Delta' y_{i,i+1} = \Delta y_{i,i+1} + V_{\Delta y_{i,i+1}} \qquad (7\text{-}12)$$

*d) Tính tọa độ các điểm:*

$$x_{i+1} = x_i + \Delta' x_{i,i+1}$$
$$y_{i+1} = y_i + \Delta' y_{i,i+1} \qquad (7\text{-}13)$$

*Ví dụ 7-1:* Tính bình sai đường chuyền kinh vĩ khép kín (hình 7-2) với số liệu cho ở bảng (7-5) và $\varphi = 105^0 30'$

**Bảng 7-5**

| Đỉnh | chiều dài cạnh d | $\beta_i$ | $\alpha_i$ | Gia số tọa độ | | Toạ độ đỉnh | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\Delta x_m$ | $\Delta y_m$ | $x_m$ | $y_m$ |
| 1(B) | | | 135°00'0 | | | | |
| | | | | -2 | -3 | 200,00 | 300,00 |
| | 78,25 | +0'2 | 60°30'0 | +38,53 | +68,11 | | |
| 2 | | 121°12'1 | | | | | |
| | | | | -2 | -3 | 238,51 | 368,08 |
| | 91,32 | +0'2 | 119°17'7 | -44,68 | +79,64 | | |
| 3 | | 117°39'2 | | | | | |
| | | | | -2 | -3 | 193,81 | 447,69 |
| | 79,92 | +0'3 | 181°38'3 | -79,89 | -2,28 | | |
| 4 | | 83°58'3 | | | | | |
| | | | | -2 | -4 | 113,90 | 445,38 |
| | 117,19 | +0'3 | 227°39'7 | +15,62 | -116,14 | | |
| 5 | | 120°08'5 | | | | | |
| | | | | -1 | -2 | 129,50 | 329,20 |
| | 76,31 | +0'3 | 337°30'9 | +70,51 | -29,18 | | |
| 1(B) | | 97°00'6 | | | | | |
| | | | | | | 200,00 | 300,00 |
| | | | 60°30'0 | | | | |
| | 442,99 | 539°58'7 | | +0,09 | +0,15 | | |
| | | $f_\beta$=-1'3 | | $f_x$=+ 9cm | $f_y$=+15cm | | |

$$f_{\beta cf} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 2'2$$

$$f_s = 0,17m \qquad \frac{f_s}{[d]} = \frac{0,17}{443} = \frac{1}{2600}$$

***2. Tính toán bình sai đường chuyền kinh vĩ phù hợp (hình 7-1b)***

Các bước tính toán tương tự như đường chuyền kinh vĩ khép kín, nhưng do điểm đầu và điểm cuối không trùng nhau nên các biểu thức trên có những thay đổi.

*a) Sai số khép góc:*

$$f_\beta = [\beta] - (\alpha_{CD} - \alpha_{AB}) - (n+1)\ 180^0 \qquad (7\text{-}14)$$

khi đó góc sau điều chỉnh là:

$$\beta'_i = \beta_i + V_{\beta_i} \qquad (7\text{-}15)$$

với:
$$V_{\beta_i} = -\frac{f_\beta}{n+1}$$

*b) Tính góc định hướng cho các cạnh theo (7-7)*

*c) Tính sai số khép tọa độ*

$$fx = [\Delta x] - (x_C - x_B) \qquad (7\text{-}16)$$

$$fy = [\Delta y] - (y_C - y_B) \qquad (7\text{-}17)$$

*d) Tính tọa độ các điểm:*

Tính toán theo các biểu thức từ (7-11) đến (7-13).

## §7-3. LƯỚI TAM GIÁC NHỎ

***1. Khái niệm***

Lưới tam giác nhỏ là dạng cơ bản của lưới khống chế mặt bằng đo vẽ, thông thường được bố trí phát triển từ các điểm cấp

cao hơn (từ giải tích cấp 2 trở lên). Lưới tam giác được đo tất cả các góc gọi là lưới tam giác đo góc, còn lưới tam giác đo tất cả các cạnh là lưới tam giác đo cạnh.

Tuỳ điều kiện địa hình mà lưới tam giác có các dạng: dầy đặc, hình trung tâm, chuỗi tam giác, tam giác đơn...

Khi xây dựng lưới tam giác cần đảm bảo các yêu cầu:

- Các góc trong tam giác không nhỏ hơn $20^{o}$ và không lớn hơn $140^{o}$.

- Số lượng tam giác nằm giữa 2 cạnh đo trực tiếp (đối với lưới tam giác đo góc) phải nhỏ hơn 15 khi bố trí dạng chuỗi.

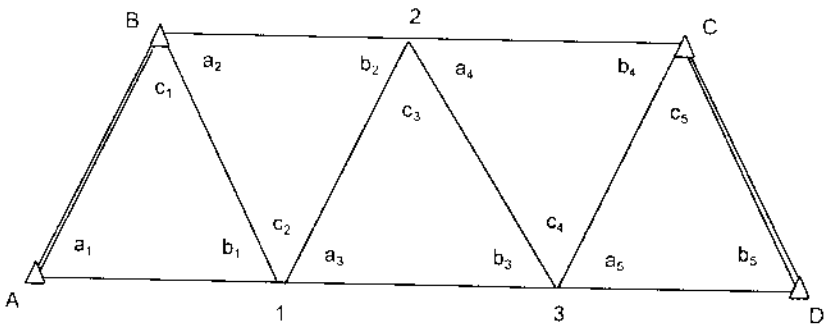
- Chiều dài cạnh tam giác S tuỳ thuộc tỷ lệ cần đo vẽ

1:5000 S = 600 ÷ 800m

1:2000 S = 300 ÷ 600m

Trường hợp không lợi dụng được cạnh cấp cao thì phải đo cạnh đáy (lưới tam giác đo góc) với sai số tương đối không vượt quá 1:5000.

### *2. Tính toán bình sai đơn giản chuỗi tam giác đo góc: (hình 7-4)*




***Hình 7-4***

Trong xây dựng chuỗi tam giác, số lượng đo thường vượt quá số lượng cần thiết. Nhờ lượng đo thừa, ngoài việc kiểm tra chất lượng đo, loại trừ sai sót người ta còn lập được mối quan hệ hình học giữa các yếu tố đo. Mối quan hệ đó được gọi là phương trình điều kiện. Đối với chuỗi tam giác có các nhóm phương trình điều kiện sau:

### *1. Phương trình điều kiện hình*

$$f_{\beta_i} = (a_i + b_i + c_i) - 180^O \qquad (7\text{-}18)$$

Khi đó số hiệu chỉnh cho từng góc là:

$$(a_i) = (b_i) = (c_i) = -\frac{f_{\beta i}}{3} \qquad (7\text{-}19)$$

và góc sau hiệu chỉnh lần thứ nhất là:

$$\begin{aligned} a'_i &= a_i + (a_i) \\ b'_i &= b_i + (b_i) \\ c'_i &= c_i + (c_i) \end{aligned} \qquad (7\text{-}20)$$

### *2. Phương trình điều kiện góc định hướng*

Trong lưới có thêm góc định hướng CD nên xuất hiện phương trình điều kiện sau:

$$f_\alpha = \alpha'_{CD} - \alpha_{CD} \qquad (7\text{-}21)$$

$\alpha'_{CD}$: góc định hướng cạnh CD được tính qua các góc bằng $c'_i$

$\alpha_{CD}$: góc định hướng cạnh CD đã biết

Do chỉ có các góc $c'_i$ tham gia tính nên số hiệu chỉnh cho các góc đó là:

$$(c'_i) = -\frac{f\alpha}{n} \qquad (7\text{-}22)$$

Để cho điều kiện hình không bị phá vỡ, cần hiệu chỉnh vào các góc $a_i$, $b_i$ một đại lượng:

$$(a'_i) = (b'_i) = -\frac{(c'_i)}{2} \qquad (7\text{-}23)$$

Góc sau hiệu chỉnh lần hai là:

$$\left.\begin{aligned} a''_i &= a'_i + (a'_i) \\ b''_i &= b'_i + (b'_i) \\ c''_i &= c'_i + (c'_i) \end{aligned}\right\} \qquad (7\text{-}24)$$

### *3. Phương trình điều kiện cạnh*

Tương tự như phương trình điều kiện góc định hướng, ta có thể viết:

$$fs = d'_{CD} - d_{CD} \qquad (7\text{-}25)$$

hay $$fs = lgd_{AB} - lgd_{CD} + \sum lgSin\, a''_i - \sum lgSin b''_i \qquad (7\text{-}26)$$

và số hiệu chỉnh cho các góc $a_i$, $b_i$ sẽ là:

$$(a''_i) = -\frac{fs}{\sum_1^n (\delta_{ai} + \delta_{bi})}$$

$$(b''_i) = -(a''_i) = \frac{fs}{\sum_1^n (\delta_{ai} + \delta_{bi})} \qquad (7\text{-}27)$$

Trong đó:

$\delta_{ai}$, $\delta_{bi}$ là giá trị lgsin của góc $a_i$, $b_i$ khi góc đó thay đổi 1".

Góc sau hiệu chỉnh lần 3 là:

$$a_i''' = a_i'' + (a_i'')$$
$$b_i''' = b_i'' + (b_i'') \qquad (7\text{-}28)$$
$$c_i''' = c_i''$$

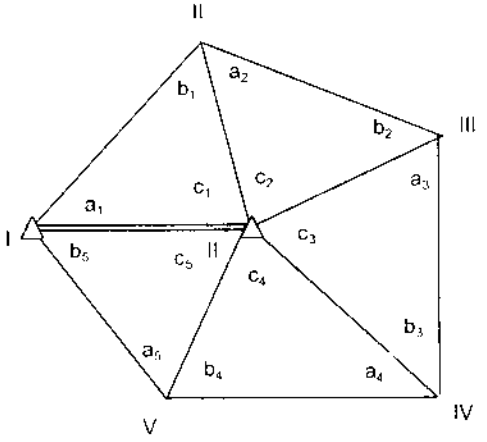
Sau đó chọn đường tính tọa độ như đối với đường chuyền.

Đối với lưới trung tâm (hình 7-5), phương trình điều kiện nhóm 2 và 3 được gọi là phương trình điều kiện vòng và phương trình điều kiện cực, được tính theo biểu thức.

$$f_\alpha = \sum c'_i - 360^0 \qquad (7\text{-}29)$$

$$fs = \sum \lg\sin a''_i - \sum \lg\sin b''_i \qquad (7\text{-}30)$$

Các bước tính toán tiếp theo giống như đối với chuỗi tam giác.




***Hình 7-5***

*Ví dụ 7-2:* Bình sai lưới tam giác trung tâm (hình 7-5) với số liệu cho trong bảng (7-6).

**Bảng 7-6**

| Tam giác | Tên góc | Giá trị góc ° ' " | $(a_i)$ $(b_i)$ $(c_i)$ | Giá trị góc sau bình sai lần 1 | $(a'_i)$ $(b'_i)$ $(c'_i)$ | Giá trị góc sau bình sai lần 2 | logsin a"$_i$ logsin b"$_i$ | δa" δb" | $(a''_i)$ $(b''_i)$ | Giá trị góc đã biết sai |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | $a_1$ | 53.18.00 | -3 | 53.17.57 | +1 | 53.17.58 | 9.904047 | 1.5 | +1 | 53.17.59 |
| | $b_1$ | 58.56.18 | -3 | 58.56.15 | +1 | 58.56.16 | 9.932781 | 1.3 | -1 | 58.56.15 |
| | $c_1$ | 67.45.50 | -2 | 67.45.48 | -2 | 67.45.46 | | | | 67.45.48 |
| | | 180.00.08 | -8 | 180.00.00 | 0 | 180.00.00 | | | | 180.00.00 |
| 2 | $a_2$ | 65.58.06 | +2 | 65.58.08 | +1 | 65.58.09 | 9.960627 | 0.9 | +1 | 65.58.10 |
| | $b_2$ | 45.43.00 | +2 | 45.43.02 | +1 | 45.43.03 | 9.854856 | 2.0 | -1 | 45.43.02 |
| | $c_2$ | 68.18.48 | +2 | 68.18.50 | -2 | 68.18.48 | | | | 68.18.48 |
| | | 179.59.54 | +6 | 180.00.00 | 0 | 180.00.00 | | | | 180.00.00 |
| 3 | $a_3$ | 62.03.08 | -1 | 62.03.07 | +1 | 62.03.08 | 9.946148 | 1.2 | +1 | 62.03.09 |
| | $b_3$ | 55.04.04 | -1 | 55.04.03 | +1 | 55.04.04 | 9.913726 | 1.5 | -1 | 55.04.02 |
| | $c_3$ | 62.52.50 | 0 | 62.52.50 | -2 | 62.52.48 | | | | 62.52.48 |
| | | 180.00.02 | -2 | 180.00.00 | 0 | 180.00.00 | | | | 180.00.00 |
| 4 | $a_4$ | 43.01.10 | -2 | 43.01.08 | +1 | 43.01.09 | 9.833939 | 2.2 | +1 | 43.01.10 |
| | $b_4$ | 64.50.54 | -2 | 64.50.52 | +1 | 64.50.53 | 9.956733 | 1.0 | 1 | 64.50.52 |
| | $c_4$ | 72.08.01 | -1 | 72.08.00 | -2 | 72.07.58 | | | | 72.07.58 |
| | | 180.00.05 | -5 | 180.00.00 | 0 | 180.00.00 | | | | 180.00.00 |
| 5 | $a_5$ | 46.26.20 | +3 | 46.26.23 | +1 | 46.26.24 | 9.860132 | 2.0 | | 46.26.25 |
| | $b_5$ | 44.38.52 | +3 | 44.38.55 | +1 | 44.38.56 | 9.846816 | 2.0 | | 44.38.55 |
| | $c_5$ | 88.54.40 | +2 | 88.54.42 | -2 | 88.54.40 | | | | 88.54.40 |
| | | 179.59.52 | +8 | 180.00.00 | 0 | 180.00.00 | | | | 180.00.00 |

* Cột 1, 2, 3 là các số liệu đã biết

* Cột 4 ghi số hiệu chỉnh lần 1 (điều kiện hình)

* Để tính số hiệu chỉnh lần 2, cần xác định số hạng tự do f$\alpha$ (điều kiện cực):

$$f_\alpha = \sum c'_i - 360^0 = +10''$$

* Số hiệu chỉnh lần 2 ghi ở cột 6

* Cột 8 và 9 ghi các giá trị logsin a''$_i$, logsin b''$_i$ và giá trị δa''$_i$, δb''$_i$:

$$\left.\begin{aligned}\sum \lg\sin a''i &= 9.504892\\ \sum \lg\sin b''i &= 9.504912\end{aligned}\right\} \; f_s = -20$$

$$\sum\left(\delta_{ai} + \delta_{bi}\right) = 15{,}6$$

$$\left(a''_i\right) = -\frac{-20}{15{,}6} \approx +1$$

$$\left(b''_i\right) = -\left(a''_i\right) = -1$$

* Cột 10 ghi giá trị $\left(a''_i\right)$. $\left(b''_i\right)$

* Cột 11 ghi giá trị góc đã bình sai

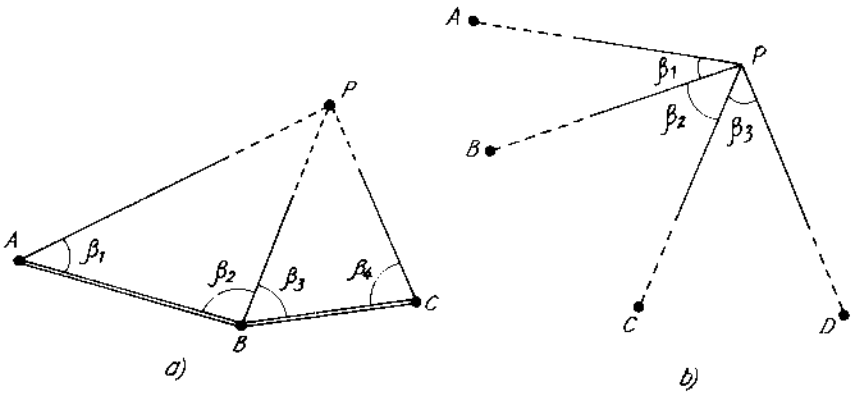
Trên cơ sở chiều dài và góc định hướng cạnh AB, tọa độ điểm A (hoặc B), ta tính được tọa độ các điểm của lưới thông qua các góc đã bình sai.

## §7-4. XÂY DỰNG ĐIỂM KHỐNG CHẾ BẰNG GIAO HỘI GÓC

Giao hội góc thường được áp dụng để xác định vị trí điểm độc lập giữa các điểm cấp cao. Tuỳ điều kiện địa hình và phương pháp thực hiện mà có giao hội góc thuận (hình 7-6a) và giao hội góc nghịch (hình 7-6b). Trong thực tế, giao hội góc thuận đơn giản về tính toán trong quá trình đo đạc. Giao hội góc thuận phải được tiến hành từ 3 điểm của lưới cấp cao hơn với các góc giao hội không nhỏ hơn $30^0$ và không lớn hơn $150^0$.

Tọa độ điểm P được tính từ điểm A và B theo công thức sau:

$$x_P = \frac{(y_B - y_A) + x_A \operatorname{cotg}\beta_2 + x_B \operatorname{cotg}\beta_1}{\operatorname{cotg}\beta_1 + \operatorname{cotg}\beta_2} \qquad (7\text{-}31)$$

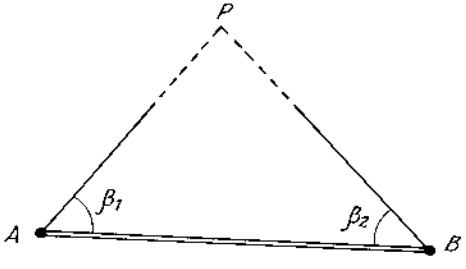



*Hình 7-6*

$$y_P = \frac{(x_A - x_B) + y_A \cot g\beta_2 + y_B \cot g\beta_1}{\cot g\beta_1 + \cot g\beta_2}$$

Tương tự ta tính được tọa độ điểm P từ điểm B và C thông qua các góc $\beta_3$ và $\beta_4$. Kết quả cuối cùng là trị trung bình cộng của của các giá trị đã tính.

Trong trường hợp cho phép có thể bố trí giao hội theo hình (7-7). Sau khi giải tam giác, dùng bài toán thuận có thể dễ dàng tính được tọa độ điểm P.




*Hình 7-7*

## Câu hỏi và bài tập chương VII

1. Lưới khống chế trắc địa là gì? Tại sao phải xây dựng lưới khống chế trắc địa?

2. Nguyên tắc xây dựng lưới khống chế trắc địa? Trên nguyên tắc đó, lưới khống chế mặt bằng gồm những dạng nào? Nêu chỉ tiêu kỹ thuật của từng dạng.

3. Đường chuyền kinh vĩ là gì? Có mấy loại đường chuyền kinh vĩ? Công tác thực địa đối với đường chuyền kinh vĩ (chọn địa điểm, chôn mốc, đo đạc). Các bước tính bình sai đường chuyền kinh vĩ?

4. Xây dựng lưới tam giác nhỏ (thiết kế kỹ thuật, đo đạc và tính toán bình sai)?

5. Phạm vi ứng dụng của giao hội góc? Các loại giao hội góc thường gặp và phương pháp tính toán?

6. Bài tập

***Bài tập 7-1:*** Bình sai đường chuyền kinh vĩ (hình 7-1b) với số liệu cho trong bảng (7-7).

**Bảng 7-7**

| Điểm | $d_i$ (m) | $\beta_i$ (°, ', ") | $\alpha_i$ | $x_i$ (m) | $y_i$ (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | | | 130.21.30 | | |
| B ≡ 1 | | 109.38.00 | | 500,00 | 300,00 |
| | 216,90 | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | | 175.14.30 | | | |
| | 194,01 | | | | |
| 3 | | 232.42.37 | | | |
| | 269,43 | | | | |
| 4 | | 147.28.07 | | | |
| | 241,21 | | | | |
| 5 | | 204.09.30 | | | |
| | 137,71 | | | | |
| 6 | | 172.17.15 | | | |
| | 169,20 | | | | |
| 7 ≡ C | | 320.03.00 | | 668,21 | 1.441,39 |
| | | | 231.54.00 | | |
| D | | | | | |

***Bài tập 7-2:*** Tính tọa độ điểm P (hình 7-6a) theo số liệu sau:

A (400,00m; 200,00m)

B (300,00m; 300,00m)

C (350,00m; 400,00m)

$\beta_1 = 50^0 10'$

$\beta_2 = 45^0 20'$

$\beta_3 = 63^0 06'$

$\beta_4 = 57^0 18'$

***Bài tập 7-3:*** Để xác định tọa độ điểm C người ta đo tam giác ABC như (hình7-8). Số liệu như sau:

$\varphi = 91^0 27'0$

$\beta_1 = 48^0 48'3$

$\beta_2 = 52^0 37'6$

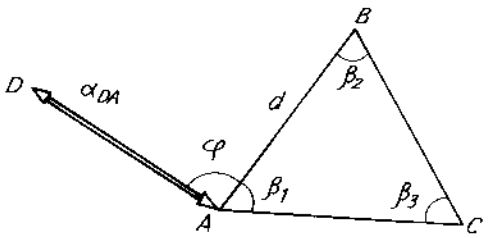
$\beta_3 = 78^0 33'5$

d = 87,52m

$\alpha_{DA} = 135^0 00'0$

A (100,00m; 200,00m)

Tính tọa độ điểm C.



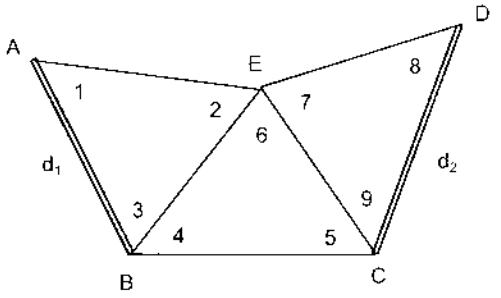

***Hình 7-8***

***Bài tập 7-4:*** Bình sai chuỗi tam giác giữa hai cạnh đáy (hình 7-9) với số liệu cho ở bảng (7-7).

**Bảng 7-7**

| Số góc | Giá trị góc |
|---|---|
| 1 | $30^0 41'3$ |
| 2 | $91^0 52'3$ |
| 3 | $57^0 25'2$ |
| 4 | $53^0 21'2$ |
| 5 | $64^0 59'5$ |
| 6 | $61^0 39'8$ |
| 7 | $60^0 33'0$ |
| 8 | $41^0 34'5$ |
| 9 | $77^0 53'8$ |

$d_1 = 318,08m$ $d_2 = 183,86m$




***Hình 7-9***

# Chương VIII

# LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐỘ CAO

## §8-1. KHÁI NIỆM

Để thống nhất độ cao trên toàn lãnh thổ, người ta xây dựng mạng lưới các điểm mà độ cao của chúng được xác định chính xác xuất phát từ điểm gốc. Mạng lưới đó gọi là lưới khống chế độ cao, nó bao gồm lưới khống chế độ cao Nhà nước, lưới độ cao kỹ thuật và lưới độ cao đo vẽ. Điểm "0" của trạm nghiệm triều Hòn Dáu (Đồ Sơn-Hải Phòng) là điểm khởi tính cho lưới độ cao.

## §8-2. LƯỚI ĐỘ CAO NHÀ NƯỚC

Lưới khống chế độ cao Nhà nước được xây dựng bằng phương pháp đo cao hình học và được chia làm 4 cấp. Với độ chính xác giảm dần từ cấp I đến cấp IV (bảng 8-1). Lưới độ cao cấp I, II là cơ sở để xây dựng các lưới cấp thấp hơn và phục vụ cho công tác nghiên cứu khoa học.

Lưới độ cao cấp III, IV được phát triển từ cấp cao hơn, làm cơ sở cho đo vẽ bản đồ địa hình các loại tỷ lệ và phục vụ cho xây dựng cơ bản.

**Bảng 8-1**

| Các chỉ tiêu kỹ thuật | Cấp lưới khống chế | | | |
|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV |
| Chiều dài tia ngắm | 50m | 65m | 75m | 100m |
| Sai số khép cho phép (mm) | $3\sqrt{L}$ | $5\sqrt{L}$ | $10\sqrt{L}$ | $20\sqrt{L}$ |
| Sai số trung phương tổngchênh cao trên 1km chiều dài (mm) | 0,50 | 0,84 | 1,68 | 6,68 |
| Sai số trung phương của 1 trạm đo (mm) | 0,15 | 0,30 | 0,6 | 3,0 |

Lưới khống chế độ cao Nhà nước được xây dựng độc lập với lưới khống chế mặt bằng Nhà nước. Tuỳ theo diện tích khu vực cần phục vụ mà xây dựng lưới cấp nào cho phù hợp. Ví dụ:

Từ 50 đến 500 $km^2$ cần xây dựng lưới độ cao cấp II, III và IV.

Từ 10 đến 50 $km^2$ chỉ cần xây dựng lưới độ cao cấp III và IV.

## §8-3. LƯỚI ĐỘ CAO KỸ THUẬT

### *1. Khái niệm*

Lưới độ cao kỹ thuật được phát triển từ lưới cấp cao hơn, mục đích là để tăng dày điểm khống chế độ cao cho khu vực và làm cơ sở cho việc xây dựng lưới độ cao đo vẽ.

Tuỳ theo điều kiện địa hình, lưới độ cao kỹ thuật có thể bố trí dưới dạng đường đơn nối giữa hai điểm cấp cao hoặc hệ thống có một hay nhiều điểm nút, chiều dài tuyến đo cao kỹ thuật quy định ở bảng 8-2 .

**Bảng 8-2**

| Dạng tuyến đo cao | Khoảng cao đều | | |
|---|---|---|---|
| | 0,25 | 0,5 | 1-2-5 |
| 1. Tuyến đơn | 2km | 8km | 16km |
| 2. Tuyến giữa điểm cấp cao và điểm nút | 1,5km | 6km | 12km |
| 3. Tuyến giữa hai điểm nút | 1km | 4km | 8km |

Độ cao các điểm xác định bằng phương pháp đo cao hình học. Trong trường hợp đo vẽ bản đồ ở vùng đồi núi với khoảng cao đều 2m hoặc 5m, có thể dùng phương pháp đo cao lượng giác.

### *2. Đo lưới*

Máy thủy bình dùng để đo có các chỉ tiêu kỹ thuật phải thoả mãn: $V^X > 20^X$, $\tau \leqslant 45''/2mm$. Mia có thể dùng loại 2 mặt hoặc 1 mặt.

Nếu dùng mia 2 mặt đọc số theo thứ tự: đọc số đen, đỏ ở mia sau rồi đọc số đen đỏ ở mia trước.

Nếu dùng mia 1 mặt: đọc số mia sau → đọc số mia trước. Thay đổi chiều cao máy (>10cm), đọc số mia trước → mia sau.

Chênh lệch độ chênh cao ở mỗi trạm tính theo hai mặt mia hay theo 2 số đọc khi thay đổi chiều cao máy không vượt quá 5mm. Tầm ngắm từ máy đến mia 120m, trong điều kiện thuận lợi có thể lên tới 200m.

Sai số khép cho phép:

$$f_h = \pm 50\sqrt{L} \quad (mm) \qquad (8\text{-}1)$$

L: chiều dài tuyến đo tính bằng km

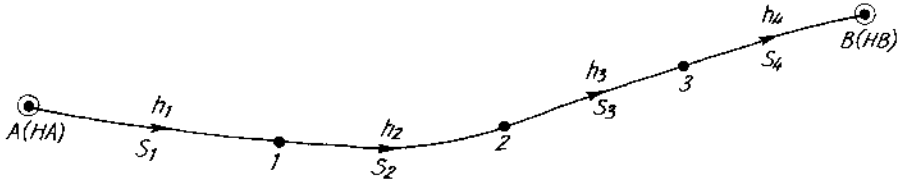
Khi số trạm đo n lớn hơn 25 trạm trên 1km dài:

$$f_h = \pm 10\sqrt{n} \quad (mm) \qquad (8\text{-}2)$$

### *3. Tính toán bình sai*

Tính toán bình sai lưới độ cao kỹ thuật theo phương pháp gần đúng.

Giả sử có tuyến đo cao kỹ thuật phát triển giữa 2 điểm cấp cao A(HA), B(HB) (hình 8-1).




***Hình 8-1***

- Tính sai số khép chênh cao $f_h$:

$$f_h = \sum_1^n h_i - (H_B - H_A) \qquad (8\text{-}3)$$

- So sánh $f_h$ với $f_{hcf}$ nếu $f_h \leqslant \pm 50\sqrt{L}$ (mm) (8-4)

Tính số hiệu chỉnh vào các trạm đo :

$$V_{hi} = -\frac{f_h}{\sum_1^n S_i} \cdot S_i \qquad (8\text{-}5)$$

Độ chênh cao sau hiệu chỉnh:

$$h_i' = h_i + Vh_i \qquad (8\text{-}6)$$

- Độ cao tuyệt đối của điểm:

$$H_i = H_{i-1} + h'_i \qquad (8\text{-}7)$$

Kiểm tra $\quad * \ [V_h] = -f_h$

* Độ chênh cao điểm B tính được theo (8-7) phải bằng độ cao điểm B đã cho.

Nếu giữa các điểm trung gian 1, 2... khá xa nhau và bao gồm nhiều trạm đo, các biểu thức (8-4), (8-5) sẽ là:

$$f_h \leqslant \pm 10\sqrt{n} \ (mm) \qquad (8\text{-}8)$$

$$V_{hi} = -\frac{f_h}{n} \cdot n_i \qquad (8\text{-}9)$$

Trong đó: n - tổng số trạm đo trên toàn tuyến

$n_i$ - số trạm đo giữa hai điểm trung gian (i - 1, i)

Để tránh nhầm lẫn, việc tính toán được thực hiện trên bảng biểu.

*Ví dụ 8-1:* Tính bình sai đường đo cao kỹ thuật (hình 8-1) với số liệu cho trong bảng (8-3) và $H_A = 8{,}054$m, $H_B = 8{,}265$ m.

**Bảng 8-3**

| Tên điểm | Khoảng cách $S_i$ (m) | Hiệu độ cao $h_i$ (mm) | Số hiệu chỉnh $V_i$ | Hiệu độ cao đã hiệu chỉnh $h'_i$ (m) | Độ cao điểm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| A | | | | | 8,054 |
| | 198,5 | -1085 | +5 | -1080 | |
| 1 | | | | | 6,974 |
| | 167,8 | +1254 | +4 | +1258 | |
| 2 | | | | | 8,232 |
| | 201,3 | +0903 | +5 | +0908 | |
| 3 | | | | | 9,140 |
| | 128,6 | -0878 | +3 | -0875 | |
| B | | | | | 8,265 |
| Σ | 696,2 | +194 | +17 | +211 | |

$$f_h = 194 - (8265 - 8054) = -17(\text{mm})$$

$$h_{hcf} = \pm 50\sqrt{L} = \pm 41(\text{mm})$$

$$f_h < f_{hcf} \rightarrow V_i = -\frac{-17}{696} . S_i$$

## §8-4. LƯỚI ĐỘ CAO ĐO VẼ

Lưới khống chế độ cao đo vẽ là cấp cuối cùng phục vụ trực tiếp đo vẽ các điểm chi tiết, do đó người ta tận dụng luôn các điểm của lưới khống chế đo vẽ mặt bằng làm các điểm của lưới đo vẽ độ cao. Cơ sở để phát triển lưới độ cao đo vẽ là các điểm của lưới độ cao Nhà nước và lưới độ cao kỹ thuật.

Khi đo vẽ tỷ lệ 1:500 có thể dùng tia ngắm nằm ngang của máy kinh vĩ hay bàn đạc để xác định chênh cao. Khi đo vẽ ở vùng đồi núi với h = 2m ÷ 5m thường dùng phương pháp đo cao lượng giác với góc đứng đo một vòng đo (đọc số theo cả 3 dây chỉ). Chênh lệch giá trị góc đứng trên cùng một hướng và sai số chỉ tiêu (MO) trên cùng một trạm không vượt quá 45". Chiều cao của máy được đo 2 lần với độ chính xác ±1cm.

Sai số khép cho phép:

$$f_h = \pm \frac{0{,}04 \sum S}{\sqrt{n}} (cm) \qquad (8\text{-}10)$$

Trong đó: $\sum S$ - chiều dài các cạnh

n - số cạnh trong lưới

Tính toán bình sai lưới độ cao đo vẽ cũng giống như đối với lưới độ cao kỹ thuật.

## Câu hỏi và bài tập chương VIII

1. Lưới khống chế độ cao là gì? Phân loại lưới khống chế độ cao theo quy mô và độ chính xác?

2. Lưới khống chế độ cao Nhà nước được phân thành mấy cấp? Tác dụng và phạm vi ứng dụng của từng cấp?

3. Xây dựng lưới đo cao kỹ thuật (thiết kế, đo đạc, tính bình sai)?

4. Mục đích của việc xây dựng lưới khống chế đo vẽ là gì? Các phương pháp xây dựng lưới khống chế độ cao đo vẽ?

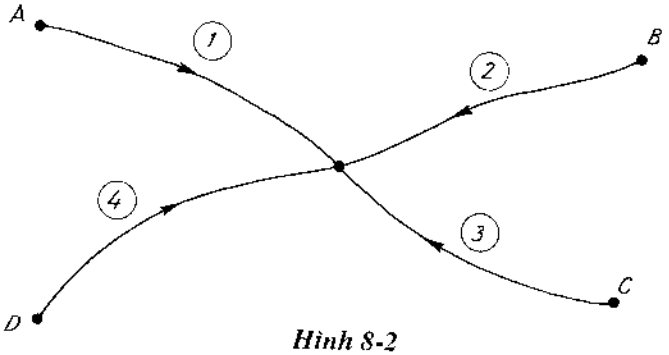
5. Bài tập:

***Bài tập 5-1:*** Bình sai đường chuyền độ cao (hình 8-1) với số liệu trong bảng 8-4.

**Bảng 8-4**

| Tên điểm | Hiệu độ cao (mm) | Số trạm đo trong từng đoạn | Độ cao điểm (m) |
|---|---|---|---|
| A | | | 18,054 |
| 1 | -1885 | 4 | |
| 2 | -1880 | 4 | |
| 3 | +1254 | 6 | |
| B | +4002 | 8 | 19,562 |

***Bài tập 5-2:*** Bình sai lưới độ cao có 1 điểm nút (hình 8-2), các kết quả đo ghi trong bảng (8-5). Tính trị trung bình trọng số điểm M và sai số trung phương của nó.




***Hình 8-2***

| Tên điểm | Độ cao (m) | Tuyến đo | Hiệu độ cao (m) | Chiều dài tuyến $S_i$ (km) |
|---|---|---|---|---|
| A | 57,960 | 1 | -9,201 | 45,6 |
| B | 40,460 | 2 | +8,324 | 32,8 |
| C | 41,202 | 3 | +7,566 | 40,3 |
| D | 57,060 | 4 | -8,293 | 51,4 |

Gợi ý: Trọng số $P_i$ nhận giá trị bằng $\frac{100}{S_i}$

# Chương IX

# ĐO VẼ BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH VÀ MẶT CẮT

## §9-1. KHÁI NIỆM

Thực chất của đo vẽ bản đồ địa hình là xác định vị trí tương quan của các đối tượng đo vẽ (các điểm đặc trưng của địa hình, địa vật) trên thực địa rồi dùng các ký hiệu bản đồ để biểu diễn chúng lên tờ giấy phẳng theo tỷ lệ nào đó.

Như vậy, khi đo vẽ bản đồ địa hình cần phải dựa vào các điểm khống chế mặt bằng và khống chế độ cao Nhà nước. Mật độ điểm khống chế mặt bằng (có độ chính xác từ giải tích cấp 2 hoặc tương đương trở lên) phải đảm bảo yêu cầu:

- 4 điểm trên $1km^2$ đối với khu công nghiệp, thành phố, khu xây dựng.

- 1 điểm trên $1km^2$ đối với khu vực không xây dựng.

Khi đo vẽ bản đồ, người ta tăng dày điểm khống chế bằng cách xây dựng lưới đo vẽ.

Đo vẽ bản đồ địa hình có thể tiến hành theo một số phương pháp:

- Phương pháp đo vẽ toàn đạc.
- Phương pháp đo vẽ bàn đạc.
- Phương pháp đo vẽ bằng ảnh.
- Phương pháp đo vẽ tổng hợp.

Dù đo vẽ bằng phương pháp nào, trên bản đồ địa hình (tỷ lệ lớn 1:5.000 ÷ 1:500) cũng cần đảm bảo thể hiện các nội dung sau:

- Các điểm của lưới khống chế trắc địa

- Các công trình xây dựng dân dụng, công nghiệp và nơi lộ ra của công trình ngầm.

- Đường thông tin liên lạc và các phương tiện phục vụ đi kèm.

- Đường dây điện cao thế và hạ thế cùng các trạm biến áp.

- Hệ thống đường giao thông (đường sắt, đường bộ) cùng các công trình có liên quan như ga, cầu phà, bến cảng...

- Hệ thống thủy văn, các cơ sở cung cấp nước... Đối với dòng chảy rộng hơn 3mm trên bản đồ phải đo vẽ theo 2 bờ và cứ cách 15cm cần ghi chú độ cao mực nước của dòng chảy kèm thời gian xác định.

- Khi đo vẽ rừng, ngoài việc xác định ranh giới còn cần phải xác định đặc tính, chủng loại rừng, các khu đất công, nông nghiệp nằm trong đó.

- Phải đo vẽ tất cả các điểm và đường đặc trưng của dáng đất, lưu ý đến cao độ mực nước trong ao, hồ, sông... khi gặp địa hình castơ phải biểu thị chỗ lõm, phễu của thực địa.

- Với khu vực trũng, đầm lầy cần xác định khả năng qua lại, độ sâu và lớp thực vật phủ.

Diện tích nhỏ nhất của địa vật cần biểu diễn:

- 20mm$^2$ đối với khu trồng trọt có giá trị kinh tế.

- 50 mm$^2$ đối với khu trồng trọt không có giá trị kinh tế

Không đo vẽ các công trình tạm thời.

Có nhiều phương pháp đo vẽ chi tiết: tọa độ vuông góc, giao hội góc, giao hội cạnh, tọa độ cực... Nhưng ngày nay phương pháp tọa độ cực hay được dùng hơn cả.

## §9-2. ĐO VẼ BẢN ĐỒ THEO PHƯƠNG PHÁP TOÀN ĐẠC

Đo vẽ toàn đạc là đo vẽ địa hình bằng máy toàn đạc hay máy kinh vĩ theo phương pháp tọa độ cực.

Đo vẽ toàn đạc có ưu điểm nhanh chóng, có thể đo trực tiếp trong điều kiện thời tiết không mấy thuận lợi. Tuy nhiên, do nội nghiệp và ngoại nghiệp tách nhau nên khó phát hiện những sai sót. Đo vẽ toàn đạc thường được ứng dụng ở nơi các phương pháp đo vẽ khác khó thực hiện.

### *1. Lưới khống chế đo vẽ*

Lưới khống chế đo vẽ là hệ thống các điểm được xác định tọa độ mặt bằng và độ cao, thông thường các điểm này đủ đảm bảo đo vẽ chi tiết. Trong trường hợp cần phải tăng dày điểm khống chế đo vẽ thì bố trí đường chuyền toàn đạc. Điểm khởi tính của đường chuyền toàn đạc phải là điểm của đường chuyền kinh vĩ có sai số tương đối 1/1000 trở lên. Đường chuyền toàn đạc phải đảm bảo các yêu cầu trong bảng (9-1).

**Bảng 9-1**

| Tỷ lệ bản đồ | Chiều dài lớn nhất của cả đường chuyền | Chiều dài lớn nhất của một cạnh | Số cạnh nhiều nhất trong đường chuyền |
|---|---|---|---|
| 1:5000 | 1200 m | 300m | 6 |
| 1:2000 | 600m | 200m | 5 |
| 1:1000 | 300m | 150m | 3 |
| 1:500 | 200m | 100m | 2 |

- Góc bằng đo một lần, sai số khép góc cho toàn đường chuyền là:

$$f_\beta = \pm 60'' \sqrt{n}$$

- Chiều dài cạnh được xác định bằng cặp dây đo khoảng cách với hai lần đo đi và đo về. Sai số tương đối không vượt quá 1/400.

- Độ chênh cao giữa các điểm xác định bằng đo cao lượng giác, đo đi và đo về. Sai số khép độ cao:

$$f_h = \pm 0{,}04 \frac{\sum S}{\sqrt{n}} \quad (cm)$$

***2. Đo vẽ chi tiết***

** Công tác chuẩn bị tại một trạm đo chi tiết:*

- Đặt máy vào điểm trạm đo (là điểm khống chế đo vẽ). Sau khi định tâm, cân bằng máy xác định giá trị MO.

- Đo chiều cao máy (i) bằng thước hoặc mia.

- Định hướng ban đầu $00^0$ về điểm khống chế lân cận (vị trí bàn độ trái).

** Đo các yếu tố điểm chi tiết:*

- Quay máy đến ngắm mia đặt ở điểm chi tiết (điểm đặc trưng của địa hình, địa vật)

- Đọc số đọc theo 2 dây đo khoảng cách (n)

- Đọc số đọc theo dây chỉ giữa (*l*)

- Đọc góc bằng β trên bàn độ ngang

- Cân bọt thủy trên bàn độ đứng và đọc giá trị T trên bàn độ đứng.

Các số liệu đo được ghi vào sổ đo theo mẫu quy định (bảng 9-2).

## Sổ đo chi tiết

**Bảng 9-2**

| N° Điểm | kn (m) | Số đọc bàn độ ngang βi | Số đọc bàn độ đứng Tj | Góc nghiêng Vi | Khoảng cách ngang d (m) | Chênh cao hi (m) | Độ cao Hi (m) | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Trạm máy N° I - định hướng theo I - VI, $l$ = i = 1,32m, $H_I$ = 50,70 m<br>Máy đo T30, MO=359°59' | | | | | | | | |
| 1 | 126,6 | 342°30' | 358°38' | -1°21' | 126,6 | -2,98 | 47,7 | Đường |
| 2 | 91,2 | 334°45' | 356°06' | -3°53' | 90,8 | -6,08 | 44,6 | Đầu cầu qua mương |
| 3 | 75,9 | 356°10' | 355°37' | -4°42' | 75,5 | -5,73 | 45,0 | Bờ mương |
| 4 | 94,4 | 24°30' | 358°13' | -1°46' | 94,4 | -2,90 | 47,8 | Điểm địa hình |
| 5 | 116,0 | 48°50' | 359°30' | -0°29' | 116,0 | -0,93 | 49,8 | Điểm địa hình |

Khoảng cách giữa các điểm mia không vượt quá quy định ở bảng 9-3.

**Bảng 9-3**

| Tỷ lệ đo vẽ | Khoảng cao đều (m) | Khoảng cách lớn nhất giữa các điểm mia (m) | Khoảng cách lớn nhất từ máy đến khi đo vẽ (m) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Địa hình | 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 |

Để tránh trùng lặp hoặc bỏ sót, cần phải phân vùng cho các trạm đo. Tuy nhiên, giữa các trạm đo cần có vùng phủ để tiện việc kiểm tra.

Cùng với công tác đọc số, cần vẽ phác sơ đồ vị trí điểm khống chế, điểm chi tiết để tránh nhầm lẫn khi vẽ bản đồ.

Trước khi kết thúc trạm đo cần kiểm tra lại hướng ban đầu, nếu lệch không quá 1'5 là đảm bảo.

### *3. Tính toán*

+ Tính tọa độ mặt bằng vã độ cao các đỉnh đường chuyền

+ Tính chiều dài bằng từ máy đến điểm chi tiết:

$$d = Kn - \Delta_d \qquad (9\text{-}1)$$

Với $\Delta_d = Kn \sin^2 V$

+ Tính độ chênh cao của điểm chi tiết so với trạm máy:

$$h = \frac{1}{2} Kn \sin 2V + i\text{-}l \qquad (9\text{-}2)$$

+ Tính độ cao điểm chi tiết:

$$H = H_{Trạm\ máy} + h \qquad (9\text{-}3)$$

### *4. Vẽ bản đồ*

* *Vẽ lưới ô vuông:* Bao gồm các ô vuông nhỏ kích thước 10 × 10 (cm). Kiểm tra các cạnh ô vuông không chênh nhau quá 0,2mm, các đường chéo ô vuông không chênh nhau quá 0,3mm.

* *Chấm các điểm khống chế trắc địa lên lưới ô vuông theo phương pháp tọa độ vuông góc:* Vẽ ký hiệu điểm khống chế và bên phía trái điểm ghi một phân số có tử số là tên điểm còn mẫu số là độ cao của điểm.

Sau khi chấm xong các điểm khống chế, kiểm tra lại khoảng cách của chúng trên bản vẽ và so sánh chúng với khoảng cách ngoài thực địa đã rút về tỷ lệ. Sai lệch này không quá 0,3mm.

* *Chấm các điểm chi tiết theo phương pháp tọa độ cực:* Điểm chi tiết được đánh dấu bằng bút chì và nó là dấu phân cách phần nguyên và thập phân của giá trị độ cao.

Kết thúc từng trạm máy dùng bút chì vẽ địa vật theo quy ước và vẽ đường đồng mức theo phương pháp ước lượng.

* *Sau khi kết thúc tất cả các trạm đo và đã kiểm tra cẩn thận, bản vẽ được tô mực theo thứ tự:*

- Tô chữ và số
- Tô địa vật
- Vẽ mực đường đồng mức
- Trình bày khung và bản vẽ.

* *Kiểm tra đánh giá độ chính xác bản đồ địa hình:*

- Sai số giới hạn của lưới khống chế so với điểm khống chế cấp trên gần nhất theo tỷ lệ bản đồ không vượt quá 0,2mm đối với vùng quang đãng và 0,3mm đối với vùng rừng núi.

- Sai số giới hạn của các điểm khống chế độ cao so với mốc cấp trên gần nhất không vượt quá 1/5 khoảng cao đều đối với vùng đồng bằng và 1/3 đối với vùng rừng núi.

- Sai số vị trí các địa vật cố định biểu thị trên bản đồ so với điểm khống chế đo vẽ gần nhất không lớn hơn 0,5mm với vùng quang đãng và 0,7mm với vùng rừng núi.

- Sai số biểu diễn dáng đất không vượt quá 1/4 khoảng cao đều đối với vùng đồng bằng và 1/3 đối với vùng rừng núi.

- Căn cứ vào độ chênh lệch để đánh giá chất lượng bản đồ. Số lượng điểm chênh lệch vượt quá giới hạn cho phép không quá 10% tổng số điểm kiểm tra.

## §9-3. ĐO VẼ BẢN ĐỒ BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHỤP ẢNH

### I. Khái niệm

Đo vẽ bản đồ địa hình bằng ảnh là phương pháp được xây dựng trên cơ sở những tấm ảnh chụp bề mặt thực địa bởi những máy móc thiết bị chuyên dùng. Để nhận được tờ bản đồ, thường tiến hành bốn công đoạn chủ yếu và có liên quan mật thiết với nhau đó là chụp ảnh, xử lý phim ảnh, đo nối trắc địa và đo vẽ chi tiết trên ảnh.

Tuỳ thuộc vào thiết bị kỹ thuật khi chụp ảnh nên có phương pháp đo vẽ địa hình bằng ảnh hàng không và đo vẽ địa hình bằng ảnh mặt đất.

Đo vẽ địa hình bằng ảnh chụp từ trên không là phương pháp chủ yếu để lập bản đồ địa hình khu vực rộng lớn, địa hình phức tạp.

Đo vẽ địa hình bằng ảnh chụp từ mặt đất được áp dụng khi lập bản đồ khu vực nhỏ có hình dáng rõ rệt của dáng đất; đặc biệt tiện lợi đối với công tác khai thác mỏ lộ thiên, quan trắc biến dạng công trình...

Do khối lượng công việc của phương pháp chủ yếu được thực hiện ở trong phòng nên hiệu quả kinh tế cao hơn các phương pháp khác, vì thế nó được ứng dụng rộng rãi trong quốc phòng và trong các ngành: lâm nghiệp, địa chất, xây dựng cơ bản...

## II. Đo vẽ địa hình bằng ảnh chụp từ trên không

Ảnh hàng không là ảnh chụp mặt đất từ các thiết bị chụp ảnh đặt trên máy bay. Thiết bị chụp ảnh hàng không là một hệ thống chụp ảnh tự động. Quá trình chụp ảnh có thể điều khiển từ xa hoặc tự động theo chương trình cài đặt sẵn.

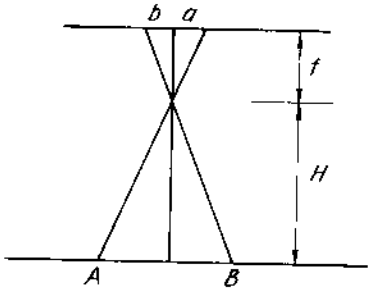
Việc chụp ảnh hàng không được hiện bởi những chuyến bay chuyên dụng, bay chụp theo những dải song song đã được thiết kế sao cho những dải ảnh chụp được đều có độ phủ dọc và độ phủ ngang. Độ phủ dọc chiếm khoảng 60% chiều dài tấm ảnh và độ phủ ngang chiếm khoảng 30%-40% chiều rộng tấm ảnh. Nhờ có độ phủ mà người ta đánh giá được chất lượng ảnh chụp đồng thời tạo được hiệu ứng lập thể trong đo vẽ chi tiết trên ảnh.

Trong quá trình chụp ảnh, khi trục quang học của máy ảnh trùng với phương dây dọi như hình 9-1 ta sẽ được tấm ảnh nằm ngang và tỷ lệ của tấm ảnh là:

$$\frac{1}{m} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H} \qquad (9\text{-}4)$$

f: tiêu cự của máy chụp ảnh

H: chiều cao chụp ảnh




***Hình 9-1***

Trên thực tế, điều kiện trên khó đảm bảo nên các tấm phim ảnh thu được thường có độ lệch khác nhau, do đó tỷ lệ của các tấm ảnh cũng khác nhau. Trong trường hợp này (ảnh chụp nghiêng), các điểm trên ảnh bị lệch đi so với vị trí thực của nó. Để loại trừ sai lệch này, các tấm ảnh hàng không phải được biến đổi (nắn lại) trên thiết bị chuyên môn gọi là máy nắn ảnh. Sau khi nắn ảnh, người ta thu được các tấm ảnh đơn nằm ngang có cùng tỷ lệ. Cắt bỏ các phần trùng nhau của các tấm ảnh đơn và dán ghép lại ta được bình đồ ảnh - một loại bản đồ mặt bằng. Bình đồ ảnh được dùng trong lĩnh vực quân sự, trong việc thiết kế mặt bằng tổng thể...

Muốn nắn lại các tấm ảnh hàng không một cách dễ dàng, trên mỗi tấm ảnh cần phải có một số điểm địa vật đã biết tọa độ phân bố đều trên tấm ảnh. Công tác trắc địa nhằm xác định tọa độ các điểm địa vật gọi là đo nối ảnh. Lưới đo nối có độ chính xác tương đương lưới tam giác nhỏ hoặc đường chuyền kinh vĩ và lưới độ cao kỹ thuật.

Trên cơ sở những tấm ảnh đã nắn, bản đồ địa hình được xây dựng theo các phương pháp:

- Phương pháp đo chụp phối hợp: Các yếu tố địa vật và đường ranh giới đã biểu thị trên bình đồ ảnh, các yếu tố địa hình được xác định bằng toàn đạc hay bàn đạc. Trong quá trình đo vẽ địa hình, kết hợp đo vẽ thêm các địa vật quan trọng nhưng có kích thước nhỏ không thể hiện trên ảnh.

- Phương pháp đo vẽ lập thể: Quá trình đo vẽ địa hình tiến hành ở trong phòng trên cơ sở mô hình lập thể của từng cặp ảnh thông qua máy đo vẽ toàn năng.

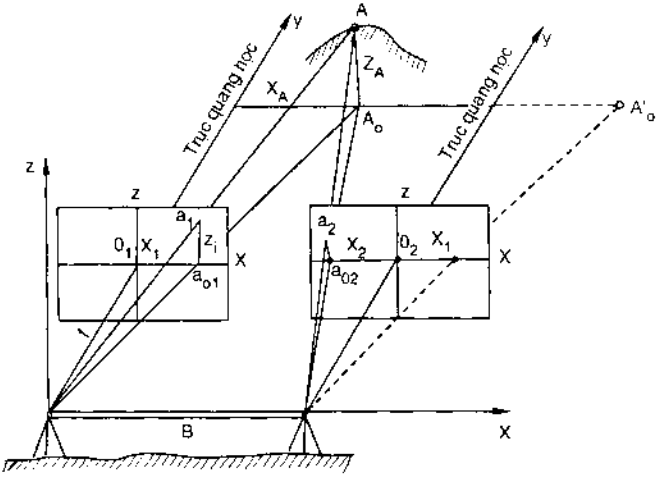
- Phương pháp mô hình số: Sử dụng máy quét ảnh đưa bình đồ ảnh vào máy vi tính để tiến hành vẽ bản đồ trên máy vi tính.

## III. Đo vẽ địa hình bằng ảnh chụp từ mặt đất

Các tấm phim ảnh nhận được từ các trạm chụp bố trí ngay trên mặt đất bằng máy chụp ảnh kinh vĩ. Ngoài ra máy chụp ảnh kinh vĩ cũng còn được sử dụng để đo góc bằng, góc đứng nhằm mục đích xác định tọa độ của các trạm chụp ảnh. Để có cặp ảnh lập thể , một khu vực được chụp từ hai trạm kề nhau, đường thẳng nối hai trạm chụp gọi là cạnh đáy chụp ảnh.

Khi tiến hành chụp ảnh, máy chụp ảnh kinh vĩ đặt ở hai đầu cạnh đáy chụp ảnh và được điều chỉnh sao cho trục quang học của máy nằm ngang và vuông góc với cạnh đáy. Trong trường hợp khó khăn, trục quang học có thể quay về phía trái hoặc phía phải cùng một góc trong phạm vi $30^0$.

Trên hình 9-2 biểu diễn hai trạm S1 và S2 của máy chụp ảnh kinh vĩ ở hai đầu cạnh đáy B. Để xác định tọa độ của điểm $A(X_A, Y_A, Z_A)$ ngoài thực địa, người ta lấy gốc tọa độ là quang tâm kính vật bên trái S1. Trục Z trùng với đường dây dọi của S1, trục Y trùng với trục quang học của máy ảnh còn trục X trùng với hướng cạnh đáy chụp ảnh lên trên mặt phẳng nằm ngang.




*Hình 9-2*

Theo hình vẽ ta có:

$$\frac{Y_A}{f} = \frac{B}{p} \qquad (9\text{-}5)$$

Với p là sai số ngang của điểm A trong không gian:

$$p = x_1 - x_2$$

Từ các tam giác đồng dạng khác ta có:

$$\frac{X_A}{x_1} = \frac{Z_A}{z_1} = \frac{Y_A}{f} = \frac{B}{p} \qquad (9\text{-}6)$$

Suy ra:

$$\left.\begin{aligned} X_A &= x_1 . \frac{B}{p} \\ Y_A &= f . \frac{B}{p} \\ Z_A &= z_1 . \frac{B}{p} \end{aligned}\right\} \qquad (9\text{-}7)$$

Các trị số $x_1$, $z_1$, p được xác định bằng máy đo lập thể tọa độ. Theo các giá trị tọa độ, chấm điểm lên bản đồ so với hệ thống đo ảnh đối với cạnh đáy đã cho.

Muốn thành lập bản đồ khu vực tương đối lớn, phải bố trí nhiều cạnh đáy chụp ảnh, chúng được nối với nhau để tọa độ các trạm chụp cùng trong một hệ thống tọa độ.

Việc tính tọa độ các điểm như trên rất mất thời gian vì khối lượng tính toán rất lớn. Bởi vậy, khi lập bản đồ người ta thường dùng máy đo vẽ lập thể ảnh mặt đất. Trên bàn vẽ của máy, đặt bản vẽ đã có các điểm khống chế trắc địa và các điểm mút trái của các cạnh đáy chụp ảnh. Ở bộ phận đo ảnh, tiêu đo làm việc trên mô hình lập thể để xác định vị trí điểm cần đo và đánh dấu

lên bản vẽ bằng bút chì của bộ phận vẽ còn độ cao của điểm xác định từ máy đo độ cao. Nếu di chuyển tiêu đo theo một đường nào đó có cùng một độ cao trên mô hình thì bút chì sẽ vạch lên bản vẽ đường đồng mức tương ứng.

Việc vẽ sẽ được kiểm tra thông qua các điểm trắc địa đã có ở trên bản vẽ và trên các tấm ảnh.

## §9-4. ĐO VẼ MẶT CẮT

Để phục vụ cho thiết kế, thi công các công trình dạng tuyến: đường sắt, đường ô tô, kênh, mương, đường ống, hệ thống đường dây tải điện... phải tiến hành đo vẽ mặt cắt địa hình.

Mặt cắt địa hình biểu diễn sự cao thấp của mặt đất tự nhiên dọc theo một tuyến nào đó.

Đo vẽ mặt cắt địa hình gồm các giai đoạn chính sau:

### *1. Cố định tuyến ngoài thực địa*

*a) Đối với mặt cắt dọc:*

+ Dùng các cọc để cố định tuyến, các cọc chính cách nhau 100m (được xác định với độ chính xác $\frac{1}{1000} \div \frac{1}{2000}$), ký hiệu là $C_0$, $C_1$, $C_2$... trong đó $C_0$ là điểm đầu của tuyến.

+ Ở những đỉnh góc ngoặt của tuyến được đóng bằng những cọc chắc chắn hơn (ống thép, bê tông...) xác định khoảng cách từ đó trở lại cọc chính gần nhất với độ chính xác $\frac{1}{1000} \div \frac{1}{2000}$ góc ngoặt của các đỉnh đo bằng máy kinh vĩ với độ chính xác $m_\beta \leqslant \pm 0'5$.

+ Ở những nơi tuyến cắt các công trình khác hoặc nơi mặt đất thay đổi độ dốc ta đóng cọc phụ, xác định khoảng cách từ cọc phụ trở lại cọc chính với độ chính xác ±1dm. Ghi số hiệu cọc phụ, ví dụ $C_{2+45}$, $C_{2+70}$.

*b) Đối với mặt cắt ngang:*

Mặt cắt ngang nói chung có hướng vuông góc với tuyến, dài từ 40 ÷50m. Mặt cắt ngang thường được bố trí ở nơi dáng đất thay đổi nhiều hay theo yêu cầu của thiết kế. Tại nơi giao của mặt cắt ngang và mặt cắt dọc được đánh dấu bằng cọc và xác định khoảng cách từ cọc đó trở lại cọc chính với độ chính xác ±1dm, ghi ký hiệu cọc như đối với cọc phụ ở mục a. Ở những nơi thay đổi độ dốc trên mặt cắt ngang, đóng các cọc phụ và đo khoảng cách từ nó đến tuyến với độ chính xác 1m, ghi số hiệu cọc (bên phải hay bên trái tuyến).

Đồng thời với việc bố trí hệ thống cọc, tiến hành đo vẽ chi tiết dọc tuyến trong phạm vi 50m về mỗi phía trên đó biểu diễn tất cả các cọc chính, cọc phụ, mặt cắt ngang, các địa vật...

. Cùng với việc bố trí hệ thống cọc trên mặt cắt dọc, mặt cắt ngang và đo vẽ chi tiết dọc tuyến, cần phải vẽ phác vào giấy kẻ ly bản vẽ phác biểu diễn trục tuyến theo chiều từ dưới lên trên để ghi các cọc chính, cọc phụ, nơi cắt các địa vật, vị trí mặt cắt ngang, đỉnh góc ngoặt (hướng ngoặt được biểu thị bằng mũi tên)...

### *2. Đo cao dọc tuyến*

Để xác định độ cao của các điểm, thường thực hiện bằng đo cao hình học cấp kỹ thuật. Khi đo, người ta chọn một số điểm trên tuyến làm điểm của đường chuyền độ cao (điểm liên kết) và đo nối với các điểm khống chế độ cao. Đồng thời với việc đo cao các điểm liên kết, tại mỗi trạm tiến hành đo các điểm trung gian (điểm phụ, mặt cắt ngang...). Các số liệu được ghi vào sổ đo.

### *3. Tính toán*

- Tính bình sai kết quả đo cao dọc tuyến đối với các điểm liên kết với sai số khép $f_h$ trong từng đoạn không vượt quá $\pm 50\sqrt{L}$ (mm).

Trong đó L là chiều dài đoạn đo tính bằng kilômét.

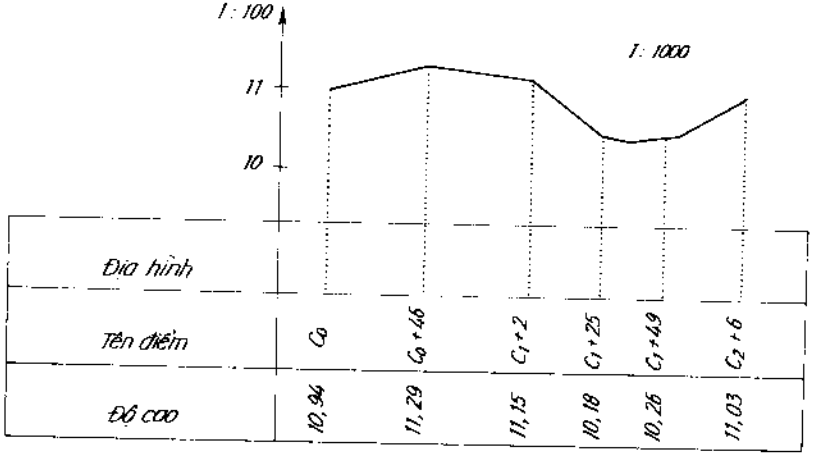
- Từ độ cao điểm liên kết, tính độ cao của máy. Độ cao của điểm nào đó bằng hiệu số giữa độ cao của máy với số đọc theo dây giữa trên mia tại điểm đó.

### *4. Vẽ mặt cắt*

Kết quả đo cao dọc tuyến được vẽ lên giấy kẻ li thành mặt cắt dọc, mặt cắt ngang với tỷ lệ đứng lớn gấp 10 lần tỷ lệ ngang.

Để thuận tiện cho sử dụng người ta thường lựa chọn độ cao quy ước của bản vẽ (đường chân trời) sao cho điểm thấp nhất trên mặt cắt cũng nằm cao hơn đường này từ 8 đến 10 cm.

Ghi số liệu và vẽ mặt cắt (hình 9-3)




***Hình 9-3***

## Câu hỏi và bài tập chương IX

1. Các phương pháp đo vẽ bản đồ địa hình ?

2. Nội dung đo vẽ bản đồ tỷ lệ lớn (1:5000 ÷ 1:500)?

3. Đo và vẽ bản đồ bằng phương pháp toàn đạc:

- Yêu cầu về lưới khống chế đo vẽ?
- Trình tự đo tại một trạm đo chi tiết ?
- Tính toán và vẽ ?
- Kiểm tra, đánh giá độ chính xác công tác đo, vẽ ?

4. Mặt cắt địa hình là gì ? Các giai đoạn chính khi đo vẽ mặt cắt địa hình ?

5. *Bài tập:* Lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:1000 với khoảng cao đều h = 1,0m với số liệu sau:

a. Lưới khống chế đo vẽ: Đường chuyền kinh vĩ khép kín (hình 9-2). Số liệu đo ghi ở bảng 9-4.

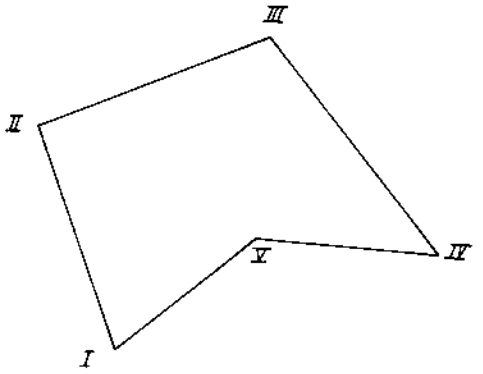
**Bảng 9-4**

| Điểm | Góc bằng | Chiều dài bằng | Toạ độ điểm | |
|---|---|---|---|---|
| | | (m) | x | y |
| I | 65°38'2 | 179,54 | | |
| II | 84°56'3 | 272,32 | | |
| III | 74°35'1 | 219,47 | | |
| IV | 34°09'2 | 128,07 | | |
| V | 280°43'4 | 180,18 | | |
| I | | | | |

Toạ độ điểm I và góc định hướng $\alpha_{I\,II}$ giả định.

I (250,00 m; 300,00m)

$\alpha_{I\,II} = 358^{0}25'8$




*Hình 9-4*

b. Lưới khống chế độ cao được xây dựng trên cơ sở lưới khống chế mặt bằng. Số liệu ở bảng 9-5.

**Bảng 9-5**

| Điểm | h (mm) | Hi (m) |
|---|---|---|
| I | -319 | 23,52 |
| II | +669 | |
| III | +5829 | |
| IV | -5316 | |
| V | -809 | |
| I | | |

c. Số liệu đo chi tiết trong bảng 9-6.

**Bảng 9-6**

| N° điểm | kn (m) | βi ° ' | T ° ' | V | d (m) | hi (m) | Hi (m) | Ghi chú |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Trạm đo I, định hướng theo I-IV, i = l = 1,49m, MO = 90°00'0, máy đo Theo 020 | | | | | | | | |
| 1 | 47,9 | 70.05 | 89.57,8 | | | | | Rào sân vận động |
| 2 | 20,5 | 37.15 | 89.46,6 | | | | | nt |
| 3 | 81,2 | 09.15 | 89.57,9 | | | | | nt |
| 4 | 52,7 | 354.15 | 89.43,0 | | | | | Địa hình |
| 5 | 58,9 | 329.30 | 89.34,9 | | | | | nt |
| 6 | 78,3 | 283.15 | 88.48,4 | | | | | nt |
| 7 | 72,3 | 270.20 | 89.25,3 | | | | | nt |
| 8 | 88,2 | 243.00 | 89.58,8 | | | | | Đường sắt (8) |
| 9 | 67,6 | 237.05 | 90.01,0 | | | | | nt (9) |
| 10 | 39,0 | 218.50 | 90.06,2 | | | | | nt |
| 11 | 39,5 | 119.20 | 90.06,1 | | | | | nt |
| 12 | 66,3 | 138.35 | 90.34,4 | | | | | Bờ hồ |
| 13 | 86,9 | 147.35 | 94.04,8 | | | | | Mép nước |
| 14 | 84,9 | 178.30 | 94.10,9 | | | | | nt |
| 15 | 108,8 | 194.00 | 93.15,8 | | | | | nt |
| 16 | 155,8 | 198.16 | 92.16,0 | | | | | nt |
| 17 | 164,2 | 202.55 | 90.05,7 | | | | | Rào nhà kho |
| 18 | 153,5 | 207.20 | 90.02,7 | | | | | Nhà kho A |
| 19 | 110,3 | 219.15 | 90.02,2 | | | | | nt |
| 20 | 121,0 | 2 25.10 | 90.02,0 | | | | | nt |
| 21 | 118,3 | 228.05 | 90.07,8 | | | | | Rào nhà kho |
| 22 | 100,5 | 217.55 | 90.09,2 | | | | | nt |
| 23 | 89,4 | 207.25 | 90.20,0 | | | | | Bờ hồ |
| 24 | 62,3 | 191.45 | 90.34,2 | | | | | nt |
| 25 | 165,2 | 163.15 | 92.08,5 | | | | | nt |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trạm đo II, định hướng theo II-I, i = *l* = 1,52m, MO = 90°00'0, máy đo Theo 020 | | | | | | | | |
| 1 | 26,4 | 326.00 | 89.09,2 | | | | | Đường sắt |
| 2 | 45,8 | 02.15 | 89.32,2 | | | | | nt |
| 3 | 72,8 | 10.55 | 89.42,5 | | | | | nt, nối đường sắt (8) |
| 4 | 60,5 | 18.25 | 89.40,4 | | | | | nt, nối đường sắt (9) |
| 5 | 84,5 | 37.10 | 89.44,9 | | | | | Đường sắt |
| 6 | 124,5 | 64.55 | 89.49,8 | | | | | nt |
| 7 | 84,2 | 43.50 | 89.50,2 | | | | | Kho B |
| 8 | 67,2 | 51.45 | 89.47,7 | | | | | nt |
| 9 | 105,2 | 73.35 | 89.52,2 | | | | | nt |
| 10 | 110,5 | 80.50 | 89.56,6 | | | | | Rào nhà kho |
| 11 | 57,0 | 51.20 | 89.52,8 | | | | | nt |
| 12 | 81,5 | 39.25 | 89.57,5 | | | | | nt |
| 13 | 41,7 | 81.15 | 90.13,2 | | | | | Địa hình |
| 14 | 82,4 | 78.30 | 90.03,8 | | | | | nt |
| 15 | 101,6 | 90.30 | 91.20,6 | | | | | Ruộng lúa |
| 16 | 136,1 | 139.00 | 91.07,2 | | | | | nt |
| 17 | 79,1 | 171.45 | 91.41,4 | | | | | nt |
| 18 | 60,3 | 187.00 | 92.14,7 | | | | | nt |
| 19 | 43,6 | 130.20 | 93.05,5 | | | | | nt |
| 20 | 21,1 | 114.45 | 89.40,4 | | | | | Địa hình |
| 21 | 52,3 | 211.55 | 89.52,1 | | | | | nt |
| 22 | 42,2 | 266.35 | 89.28,2 | | | | | Đường sắt, nối ĐS (8) |
| 23 | 69,2 | 253.45 | 89.40,6 | | | | | nt |
| 24 | 128,0 | 245.30 | 89.49,5 | | | | | nt |
| 25 | 145,6 | 275.05 | 89.42,5 | | | | | Địa hình |
| 26 | 95,4 | 295.08 | 89.22,5 | | | | | nt |
| 27 | 72,0 | 331.45 | 88.56,0 | | | | | nt |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trạm đo III, định hướng theo III-I, i = *l* = 1,40m, MO = 90°00'0, máy đo Theo 020 | | | | | | | | |
| 1 | 40,2 | 32.50 | 90.23,9 | | | | | Cột điện |
| 2 | 81,2 | 77.20 | 90.00,4 | | | | | nt |
| 3 | 115,0 | 99.15 | 90.15,2 | | | | | nt |
| 4 | 158,2 | 110.40 | 90.06,7 | | | | | nt |
| 5 | 72,2 | 157.00 | 88.46,7 | | | | | Điểm địa hình |
| 6 | 57,8 | 126.30 | 89.59,9 | | | | | nt |
| 7 | 120,0 | 226.50 | 88.51,5 | | | | | nt |
| 8 | 105,0 | 265.30 | 89.16,4 | | | | | nt |
| 9 | 122,0 | 280.50 | 89.26,5 | | | | | nt |
| 10 | 96,2 | 309.45 | 89.49,6 | | | | | Cột điện |
| 11 | 87,3 | 287.22 | 89.40,7 | | | | | Điểm địa hình |
| 12 | 46,3 | 280.05 | 88.32,4 | | | | | nt |
| 13 | 54,0 | 331.10 | 90.38,8 | | | | | Cột điện nối điểm 1 & 10 |
| Trạm đo IV, định hướng theo IV-I, i = *l* = 1,48m, MO = 90°00'0, máy đo Theo 020 | | | | | | | | |
| 1 | 54,9 | 297.00 | 90.45,6 | | | | | Sân vận động |
| 2 | 32,7 | 330.00 | 91.31,3 | | | | | nt |
| 3 | 84,0 | 350.45 | 90.28,0 | | | | | nt, nối điểm 3 trạm I |
| 4 | 90,0 | 04.50 | 90.04,6 | | | | | Địa hình |
| 5 | 49,4 | 26.45 | 89.47,5 | | | | | nt |
| 6 | 62,2 | 90.20 | 90.06,6 | | | | | nt |
| 7 | 115,7 | 102.25 | 90.10,1 | | | | | nt |
| 8 | 126,8 | 125.20 | 89.56,4 | | | | | CĐ nối điểm 10 trạm III |
| 9 | 80,8 | 133.30 | 89.35,0 | | | | | nt |
| 10 | 41,5 | 163.20 | 89.00,7 | | | | | nt |
| 11 | 43,3 | 247.15 | 90.07,0 | | | | | nt |
| 12 | 150,0 | 250.00 | 89.34,1 | | | | | Địa hình |
| 13 | 96,7 | 172.00 | 88.14,7 | | | | | nt |
| 14 | 126,6 | 145.25 | 88.25,2 | | | | | nt |
| 15 | 169,1 | 141.45 | 88.43,1 | | | | | nt |
| 16 | 145,3 | 163.45 | 87.50,7 | | | | | nt |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trạm đo V, định hướng theo V-IV, i = l = 1,53m, MO = 90°00'0, máy đo Theo 020 | | | | | | | | |
| 1 | 45,9 | 289.28 | 91.44,6 | | | | | Địa hình |
| 2 | 32,6 | 197.11 | 96.22,8 | | | | | nt |
| 3 | 48,2 | 108.41 | 93.58,8 | | | | | nt |
| 4 | 41,8 | 50.45 | 94.57,5 | | | | | nt |
| 5 | 75,9 | 38.45 | 93.42,5 | | | | | nt |
| 6 | 59,1 | 330.22 | 94.33,5 | | | | | nt |
| 7 | 78,5 | 267.45 | 93.40,4 | | | | | nt |
| 8 | 66,6 | 215.21 | 94.20,2 | | | | | nt |
| 9 | 73,6 | 165.55 | 93.45,7 | | | | | Địa hình |
| 10 | 75,9 | 131.11 | 93.13,7 | | | | | nt |
| 11 | 99,2 | 96.32 | 92.00,3 | | | | | nt |
| 12 | 93,7 | 72.15 | 92.37,0 | | | | | nt |

# Chương X

# BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH

## §10-1. KHÁI NIỆM

Việc xác định vị trí mặt bằng và độ cao của từng phần hoặc toàn bộ công trình ở ngoài thực địa theo đúng thiết kế gọi là bố trí công trình. Công tác bố trí công trình ngược lại với công tác đo vẽ.

Thực chất của công tác bố trí công trình là bố trí các điểm đặc trưng của công trình trong không gian. Do đó nội dung của công tác bố trí công trình cũng là bố trí các yếu tố cơ bản: góc bằng, khoảng cách bằng và độ cao.

Bố trí công trình cũng tuân theo nguyên tắc từ tổng quát đến chi tiết và tiến hành theo thứ tự:

- Xây dựng lưới thi công với độ chính xác thường yêu cầu cao hơn so với lưới khống chế đo vẽ.

- Bố trí các trục cơ bản của công trình.

- Dựa vào các trục cơ bản, bố trí các điểm chi tiết đặc trưng của công trình.

Trong bố trí công trình, độ chính xác yêu cầu tăng dần từ khống chế đến bố trí chi tiết.

Độ chính xác của công tác bố trí được xác định như sau:

- Độ chính xác bố trí khoảng cách giữa hai điểm thuộc công trình xây dựng:

$$m_d = \pm \frac{k}{2,5} \sqrt{L} \text{ (mm)} \qquad (10\text{-}1)$$

Trong đó: L - khoảng cách tính bằng mét.

k - hệ số phụ thuộc phương pháp thi công

k = 2 khi thi công đổ bê tông tại chỗ

k = 1 khi thi công lắp ghép.

- Độ chính xác bố trí góc bằng:

$$m''_\beta = \pm \frac{0,03k}{\sqrt{L}} \rho'' \qquad (10\text{-}2)$$

- Độ chính xác bố trí độ cao:

$m_H = \pm 2$ mm đối với công trình đổ toàn khối (10-3)

$m_H = \pm 0,8$ mm đối với công trình lắp ghép (10-4)

Độ chính xác khi chuyển trục lên tầng cao:

$$m_h = \pm 0,8 \sqrt{L} \text{ (mm)} \qquad (10\text{-}5)$$

L - chiều cao truyền trục tính bằng mét

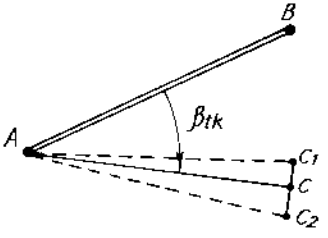
## §10-2. BỐ TRÍ CÁC YẾU TỐ CƠ BẢN

### *1. Bố trí góc bằng*

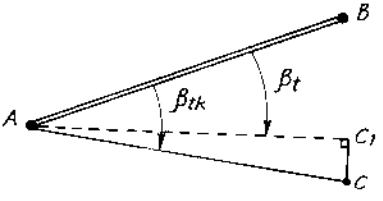
Trên bản vẽ thiết kế đã biết góc bằng $\widehat{BAC} = \beta_{tk}$, ngoài thực địa biết các điểm A và B. Có thể xác định hướng AC tạo với hướng AB bằng $\beta_{tk}$ như sau:

Đặt máy kinh vĩ ở A (hình 10.1), định hướng ống kính về B. Mở vành chuẩn ngang 1 góc bằng $\beta_{tk}$, theo hướng ống kính đánh dấu được $C_1$. Đảo ống kính, thao tác tương tự như trên, đánh dấu được điểm $C_2$. Chia đôi khoảng $C_1C_2$, được điểm C cần xác định. Phương pháp này áp dụng khi bố trí sơ bộ góc bằng.

Khi cần bố trí góc bằng với độ chính xác cao, các thao tác bố trí tương tự như khi nhận được điểm $C_1$ (hình 10-2). Đo góc bằng $BAC_1$ theo phương pháp đo cung nhận được kết quả $\beta_t$.




*Hình 10-1*




*Hình 10-2*

Tính đoạn cần dịch chuyển $\Delta d$ là:

$$\Delta d = CC_1 = \frac{d\Delta\beta''}{\rho''} \qquad (10\text{-}6)$$

với d là chiều dài từ A đến $C_1$:

$$\Delta\beta'' = \beta_t - \beta_{tk} \qquad (10\text{-}7)$$

Từ $C_1$ theo hướng vuông góc với $AC_1$ đặt đoạn $\Delta d = C_1C$ về phía cần thiết được điểm C. Góc ABC là góc cần xác định.

### *2. Bố trí đoạn thẳng*

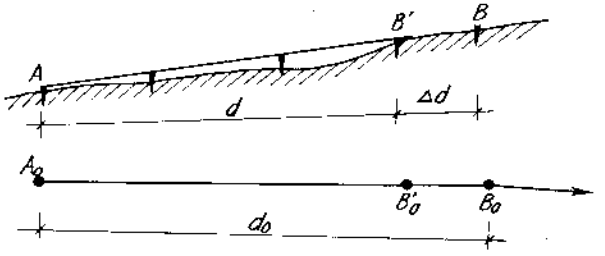
Trên bản vẽ có đoạn thẳng AB chiều dài $d_0$, ngoài thực tế có điểm A và hướng Ax, cần xác định điểm B cách A một đoạn $d_0$.

Từ điểm A, theo hướng Ax đo sơ bộ một đoạn AB' có chiều dài xấp xỉ bằng $d_0$, đánh dấu điểm B' (hình 10-3).

Dùng thước thép đo đoạn thẳng AB', sau khi tính toán nhận được giá trị d' = AB' chính xác. Tính đoạn cần dịch chuyển.

$$\Delta d = d' - d_0 \qquad (10\text{-}8)$$

Từ B' đặt đoạn Δd về phía tương ứng được điểm B cần tìm.

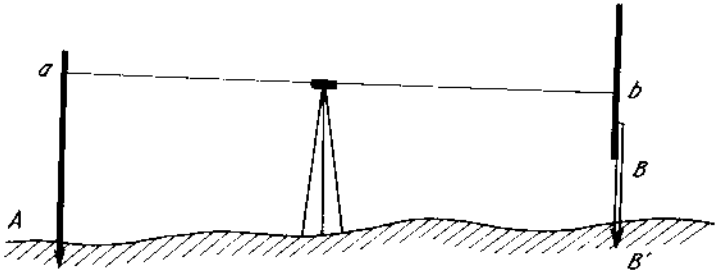



*Hình 10-3*

### *3. Bố trí độ cao*

Bản thiết kế có 2 điểm A($x_A$, $y_A$, $H_A$) và B($x_B$, $y_B$, $H_B$). Ngoài thực địa có A($x_A$, $y_A$, $H_A$) và B'($x_B$, $y_B$), cần xác định điểm B.

Đặt máy thủy bình giữa A và B' (hình 10-4)




*Hình 10-4*

Đọc số đọc trên mia dựng ở A được a. Khi đó chiều cao máy là:

$$H_m = H_A + a \qquad (10\text{-}9)$$

Từ độ cao của máy và điểm B, ta dễ dàng tính ra được số đọc b trên mia dựng ở B' là:

$$b = H_m - H_B \qquad (10\text{-}10)$$

Quay máy ngắm mia dựng ở B', điều chỉnh mia để tìm đúng số đọc b, khi đó đế mia chính là điểm B, dùng cọc để cố định điểm.

## §10-3. BỐ TRÍ ĐIỂM MẶT BẰNG

Trên bản vẽ thiết kế có 3 điểm $A(x_A, y_A)$, $B(x_B, y_B)$ và $I(x_I, y_I)$. Ngoài thực địa đã có hai điểm A và B. Để bố trí điểm I, có một số phương pháp sau:

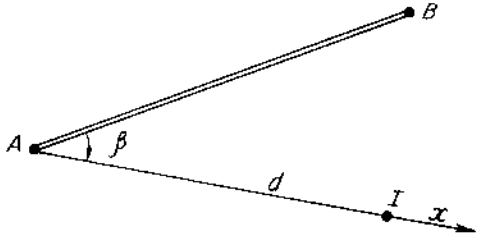
### *1. Phương pháp tọa độ cực*

*a) Tính số liệu bố trí*: theo hình 10-5 để xác định vị trí I cần biết góc β và chiều dài d.

$$\beta = \alpha_{AI} - \alpha_{AB} \qquad (10\text{-}11)$$

$$d = \sqrt{(x_I - x_A)^2 + (y_I - y_A)^2} \qquad (10\text{-}12)$$

Dùng bài toán ngược để tìm $\alpha_{AI}$, $\alpha_{AB}$.




*Hình 10-5*

*b) Công tác bố trí:*

- Đặt máy kinh vĩ tại A, bố trí góc bằng β, được hướng Ax.

- Theo hướng Ax bố trí đoạn thẳng bằng d, dùng mốc cố định điểm I.

Độ chính xác của điểm I:

$$m_I = \pm \sqrt{m_d^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 . d^2} \qquad (10\text{-}13)$$

Trong đó: $m_d$ - sai số trung phương bố trí bán kính cực d.

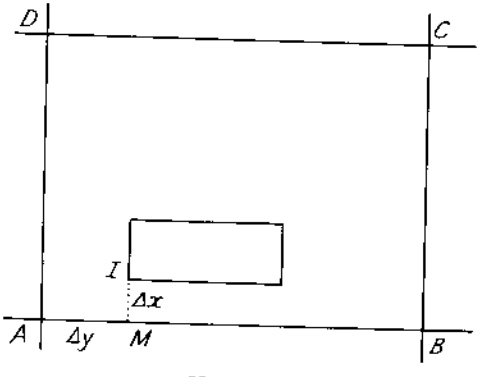
$m_\beta$ - sai số trung phương bố trí góc β.

d - chiều dài bán kính cực.

Phương pháp tọa độ cực thường áp dụng cho khu vực tương đối thoáng đãng thuận tiện cho bố trí chiều dài.

### *2. Phương pháp tọa độ vuông góc*

Với khu vực xây dựng có lưới thi công ô vuông bố trí điểm mặt bằng bằng phương pháp tọa độ vuông góc rất thuận lợi, nhanh chóng (hình 10-6).




***Hình 10-6***

*a) Tính số liệu bố trí:*

$$\Delta x = x_I - x_A$$
$$\Delta y = y_I - y_A \qquad (10\text{-}14)$$

*b) Bố trí:*

Phải chọn gia số tọa độ có giá trị lớn để bố trí dọc theo cạnh trục tọa độ của lưới ô vuông, còn gia số tọa độ nhỏ hơn đặt theo hướng vuông góc với nó.

Theo hình 10-6, ta thấy đối với điểm I có $\Delta y > \Delta x$. Đặt máy kinh vĩ tại A, định hướng về B và theo ống kính bố trí đoạn thẳng $\Delta y$ được điểm M. Dời máy kinh vĩ về điểm M, định hướng máy về B, đặt một góc vuông, theo hướng này bố trí đoạn thẳng $\Delta x$ được điểm I.

Độ chính xác bố trí điểm I (khi bố trí theo trục y trước):

$$m_I^2 = m_{\Delta y}^2 + m_{\Delta x}^2 + (\frac{m_\beta}{\rho})^2 \Delta^2 x \qquad (10\text{-}15)$$

Nếu bố trí theo trục x trước ta có:

$$m_I^2 = m_{\Delta y}^2 + m_{\Delta x}^2 + (\frac{m_\beta}{\rho})^2 \Delta^2 y \qquad (10\text{-}16)$$

Trong đó: $m_{\Delta x}$, $m_{\Delta y}$ : sai số bố trí đoạn $\Delta x$, $\Delta y$

$m_\beta$ : sai số trung phương bố trí góc vuông.

***3. Phương pháp giao hội góc:*** *(hình 10-7)*

*a) Tính số liệu bố trí:*

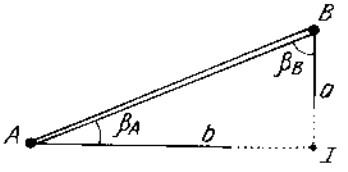
Theo hình vẽ ta có:

$$\beta_A = \alpha_{AI} - \alpha_{AB} \qquad (10\text{-}17)$$
$$\beta_B = \alpha_{BA} - \alpha_{BI} \qquad (10\text{-}18)$$

$\alpha_{AI}$, $\alpha_{AB}$ , $\alpha_{BI}$ được xác định qua bài toán nghịch.

*b) Bố trí:*

Đặt hai máy kinh vĩ ở A và B, bố trí các góc bằng tương ứng $\beta_A$ , $\beta_B$ ; giao của hai hướng ngắm là điểm I cần bố trí.




***Hình 10-7***

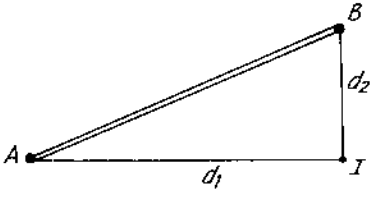
Độ chính xác bố trí điểm I:

$$m_I = \pm \frac{m_\beta}{\rho'' \sin I} \sqrt{a^2 + b^2} \qquad (10\text{-}19)$$

Phương pháp giao hội góc thường được áp dụng để bố trí trụ cầu, công trình thủy lợi... khi điểm cần bố trí ở xa điểm khống chế và việc đi lại khó khăn.

***4. Phương pháp giao hội cạnh:*** *(hình 10-8)*

*a) Tính số liệu bố trí*




***Hình 10-8***

Tính các bán kính giao hội $d_1$ và $d_2$:

$$d_1 = \sqrt{(x_1 - x_A)^2 + (y_1 - y_A)^2} \qquad (10\text{-}20)$$

$$d_2 = \sqrt{(x_1 - x_B)^2 + (y_1 - y_B)^2} \qquad (10\text{-}21)$$

*b) Bố trí:*

Dùng 2 thước thép, đầu 0 của chúng đặt tại A và B, kéo thước đến số đọc $d_1$ và $d_2$ tương ứng. Giao của hai số đọc là điểm I cần xác định.

Độ chính xác của điểm I:

$$m_I = \pm \frac{m_d}{\sin I} \cdot \sqrt{2} \qquad (10\text{-}22)$$

Trong đó:

$m_d$- Sai số bố trí cạnh $d_1$ và $d_2$ (ở đây coi $m_{d1} = m_{d2} = m_d$).

Phương pháp này áp dụng khi điểm cần bố trí ở gần các điểm khống chế (bán kính giao hội nhỏ hơn chiều dài thước), địa hình bằng phẳng.

## §10-4. BỐ TRÍ ĐƯỜNG CONG TRÒN

### I. Khái niệm

Khi xây dựng các công trình dạng tuyến (kênh mương, đường xá...) ở những nơi tuyến đổi hướng cần bố trí các đường cong để nối các đoạn thẳng của tuyến với nhau. Có nhiều loại đường cong: đường cong tròn, đường cong xoắn...

Một đường cong tròn được xác định nếu biết 3 điểm: điểm đầu $T_đ$, điểm giữa G và điểm cuối $T_c$. Ba điểm này gọi là ba điểm chính của đường cong tròn.

Để đảm bảo thi công đường cong tròn được chính xác, người ta bố trí một số điểm nằm trên đường cong đó. Các điểm này gọi là điểm phụ. Khoảng cách giữa các điểm phụ tuỳ thuộc vào tính chất của công trình (5 ÷ 20 m).

## II. Bố trí các điểm chính của đường cong tròn

Các tham số của đường cong tròn:

- Bán kính cong R: theo số liệu thiết kế.
- Góc ngoặt θ: đo trực tiếp ngoài thực địa.
- Độ dài của đoạn tiếp tuyến T.
- Độ dài đoạn phân giác P.
- Độ dài đường cong tròn K.

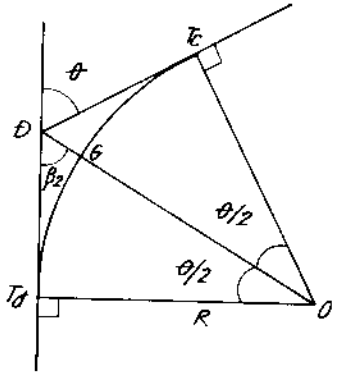
### *1. Tính số liệu bố trí*

Theo hình 10-9 dễ dàng tính được các số liệu:

$$T = T_d Đ = T_c Đ = R\,tg\frac{\theta}{2} \qquad (10\text{-}23)$$

$$P = ĐG = \frac{R}{\cos\frac{\theta}{2}} - R = R\left(Sec\frac{0}{2} - 1\right) \qquad (10\text{-}24)$$

$$\frac{K}{\theta} = \frac{2\Pi R}{360^0} \rightarrow K = \frac{\Pi R\theta}{180^0}$$




*Hình 10-9*

*2. Bố trí các điểm chính*

- Đặt máy kinh vĩ ở Đ, định hướng về cạnh chứa điểm $T_c$, theo hướng ống kính bố trí đoạn thẳng T, đóng cọc mốc được điểm $T_d$.

- Mở góc bằng $\frac{\beta}{2}$, ($\beta = 180^0 - \theta$) theo hướng ống kính đặt đoạn thẳng P, đóng cọc mốc xác định được G.

- Mở tiếp góc bằng $\frac{\beta}{2}$, trên hướng này đặt đoạn thẳng T xác định được điểm $T_c$.

## III. Bố trí các điểm phụ của đường cong tròn

Có nhiều phương pháp bố trí điểm phụ: tọa độ vuông góc, tọa độ cực, dây cung kéo dài, giao hội góc, chia cung....

*1. Phương pháp tọa độ vuông góc*

* Tính các số liệu bố trí.

Giả sử các điểm phụ cách đều nhau cung k, góc ở tâm φ tương ứng chắn cung k là :

$$\frac{\varphi}{k} = \frac{360^0}{2\pi R}$$

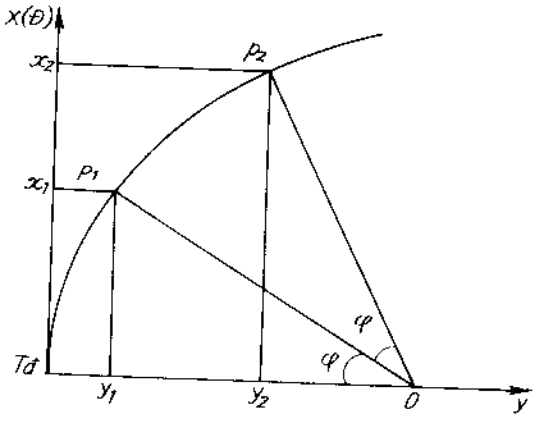
Suy ra:
$$\varphi = \frac{180^0}{\pi R}.k \qquad (10\text{-}26)$$

Theo hình vẽ (10-10) ta có tọa độ các điểm phụ:

$$x_i = R\sin\varphi$$

$$y_i = R - R\cos\varphi = R(1-\cos\varphi) \qquad (10\text{-}27)$$

$$y_1 = 2R\sin^2\frac{\varphi}{2} \qquad (10\text{-}28)$$




***Hình 10-10***

Chứng minh tương tự, ta có tọa độ điểm phụ thứ i là:

$$x_i = R\sin i\varphi$$

$$y_i = 2R\sin^2\frac{i\varphi}{2} \qquad (10\text{-}29)$$

* Bố trí các điểm phụ:

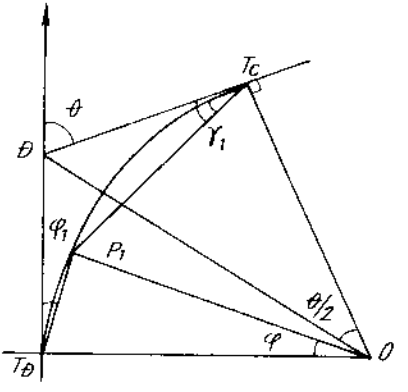
- Đặt máy kinh vĩ tại $T_d$, định hướng về điểm Đ. Theo hướng ống kính đặt các đoạn $x_1, x_2, \ldots x_i, \ldots$

- Chuyển máy lần lượt đến $x_i$ mở góc vuông so với hướng $T_d$Đ, tương ứng đặt các đoạn $y_i$, đóng cọc mốc xác định được $P_i$.

Các điểm phụ bố trí một cách độc lập do đó chúng không chịu ảnh hưởng của sai số lan truyền. Phương pháp này thường được sử dụng ở nơi dễ bố trí chiều dài.

### *2. Phương pháp giao hội góc*

Giả sử $P_1$ là điểm phụ (hình 10-11) nối $P_1$ với $T_d$ và $T_c$ ta được các góc $\varphi_1$ và $\gamma_1$ tương ứng. Chúng là các tham số để bố trí $P_1$.




*Hình 10-11*

* Tính toán $\varphi_1$ và $\gamma_1$:

$$\varphi_1 = \frac{\varphi}{2} \qquad (10\text{-}30)$$

$$\gamma_1 = \frac{\theta - \varphi}{2} \qquad (10\text{-}31)$$

Cộng vế với vế 2 biểu thức trên ta được:

$$\varphi_1 + \gamma_1 = \frac{\theta}{2}$$

Suy ra :

$$\gamma_1 = \frac{\theta}{2} - \varphi_1 \qquad (10\text{-}32)$$

Tương tự tính điểm i:

$$\varphi_i = \frac{i\varphi}{2} \qquad (10\text{-}33)$$

$$\gamma_i = \frac{\theta}{2} - \varphi_i \qquad (10\text{-}34)$$

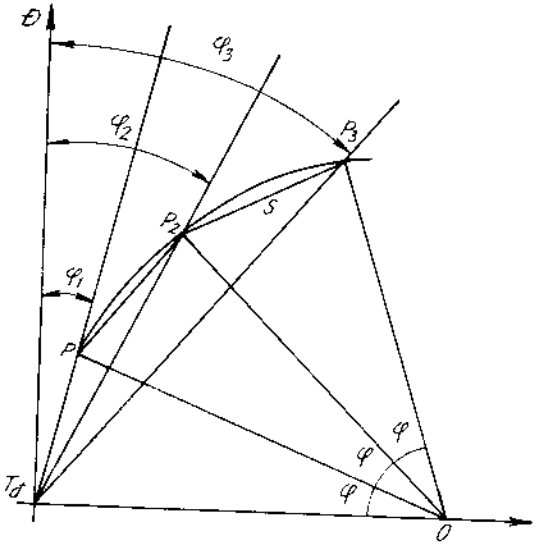
Góc φ tính như đối với phương pháp tọa độ vuông góc.

** Bố trí:*

Sử dụng 2 máy kinh vĩ, máy thứ nhất đặt tại $T_Đ$, định hướng về Đ, bố trí góc bằng $\varphi_i$, máy thứ hai đặt tại $T_C$ ; định hướng về Đ và bố trí góc bằng $\gamma_i$ giao của hai hướng là điểm $P_i$.

***3. Phương pháp tọa độ cực mở rộng:*** (phương pháp mở góc bội số)

Giả sử các điểm phụ $P_1$, $P_2$,... $P_i$ cách đều nhau và các góc ở tâm tương ứng là φ (hình 10-12).




***Hình 10-12***

* Để xác định $P_1$, $P_2$,... $P_i$ cần tính các tham số $\varphi_1$, $\varphi_2$,... $\varphi_i$,... và bán kính cực di động là dây cung $S = T_đP_1 = P_1P_2 = ...$

Như hình vẽ ta có:

$$\varphi_1 = \frac{\varphi}{2}$$

$$\varphi_2 = \varphi$$

$$\varphi_3 = \frac{3\varphi}{2}$$

$$\varphi_i = \frac{i\varphi}{2} \qquad (10\text{-}35)$$

và $$S = 2R\text{Sin}\ \frac{\varphi}{2} \qquad (10\text{-}36)$$

** Bố trí:*

Đặt máy kinh vĩ ở $T_d$, định hướng máy về điểm Đ, lần lượt bố trí các góc $\varphi_1$, $\varphi_2$,... $\varphi_i$,... Theo hướng cạnh $\varphi_1$, bố trí chiều dài S được $P_1$. Từ $P_1$ quay cung có bán kính s cắt cạnh góc $\varphi_2$ ở $P_2$... Làm tương tự ta được các điểm $P_i$.

## §10-5. BỐ TRÍ ĐƯỜNG CONG CHUYỂN TIẾP

### *1. Khái niệm*

Một vật chuyển động từ đường thẳng vào đường cong bán kính R sẽ chịu tác động của lực li tâm:

$$F = \frac{mv^2}{\rho} \qquad (10\text{-}37)$$

Trong đó m: khối lượng của vật chuyển động

V: vận tốc của vật

ρ: bán kính cong của chuyển động tại thời điểm nghiên cứu

Từ (10-37) ta thấy tại điểm cuối của đường thẳng ($\rho=\infty$) thì $F_l=0$ và tại điểm đầu của đường cong ($\rho=R$) lực li tâm đạt giá trị.

$$Fc=\frac{mv^2}{R}$$

Như vậy khi lực ly tâm thay đổi dột ngột từ $F_l$ đến $F_c$ sẽ gây ra mất an toàn cho vật chuyển động. Để giảm ảnh hưởng đó người ta sử dụng một đường cong có bán kính thay đổi phù hợp từ $\infty$ đến R để nối đường thẳng với đường cong bán kính R. Đường cong đó gọi là đường cong chuyển tiếp.

Có nhiều dạng đường cong chuyển tiếp phù hợp với yêu cầu trên như đường Oval, đường Clotoid, đường Parabol bậc ba... Qua thực tế, đường Clotoid được sử dụng nhiều hơn cả vì có các ưu điểm sau:

- Tính toán đơn giản, bố trí dễ dàng.
- Tầm nhìn của người điều khiển phương tiện tốt
- Dáng của đường Clotoid phù hợp với điều kiện thủy động học trong các công trình thủy lợi.
- Giảm chi phí đáng kể trong xây dựng vì tác động của nó đến địa hình khu vực là ít nhất.

### *2.Tính các yếu tố đường cong Clotoid*

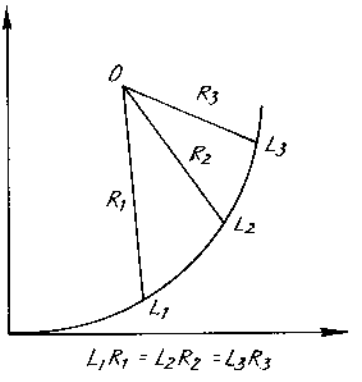
Đường cong Clotoid là đường cong thoả mãn biểu thức:

$$L.R=A^2 \qquad (10\text{-}38)$$

L: chiều dài đường cong Clotoid tại điểm xét

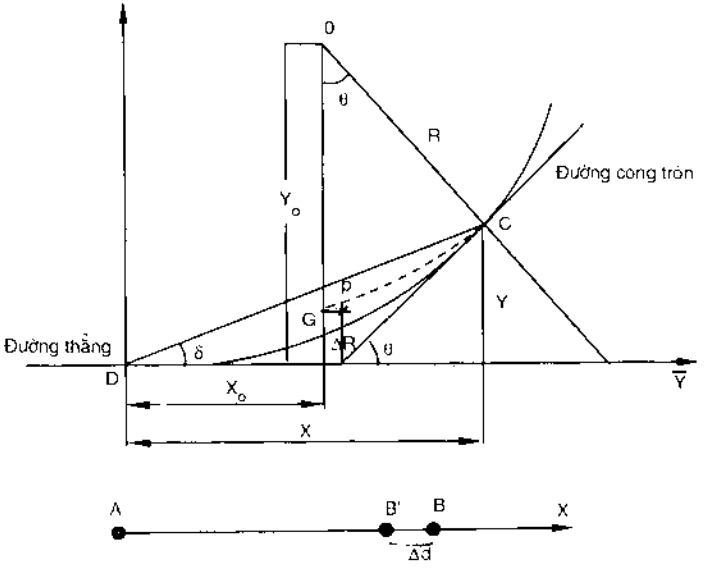
R: bán kính tại điểm xét (hình 10-13)

$A^2$: hằng số Clotoid




*Hình 10-13*

Như vậy A là thông số biểu thị độ lớn của Clotoid, hình 10-14 biểu diễn đường cong Clotoid có chiều dài L nối tiếp giữa đường thẳng và đường cong tròn.




*Hình 10-14*

Đ: Điểm đầu của Clotoid (điểm gặp giữa đường thẳng và Clotoid)

C: Điểm cuối của Clotoid (điểm gặp giữa đường Clotoid và đường cong tròn bán kính R)

O: Tâm của đường cong tròn

θ: Góc ở tâm của Clotoid

OP: Bán kính của đường cong tròn vuông góc với trục Y

G: Giao của đường Clotoid với đường OP và cách trục Y một đoạn $\frac{\Delta R}{2}$. Đây là 1 trong 3 điểm chính của Clotoid.

Để xác định đường Clotoid ngoài thực địa cần bố trí các điểm chính G, C và các điểm phụ. Có nhiều phương pháp bố trí, ở đây ta dùng phương pháp tọa độ vuông góc.

Toạ độ vuông góc của các điểm nhận được qua phép tích phân Fresnel.

Toạ độ điểm C:

$$X = \frac{L\theta}{3}\left(1 - \frac{\theta^2}{14} + \frac{\theta^4}{440} - + \ldots\right) \qquad (10\text{-}39)$$

$$Y = \left(1 - \frac{\theta^2}{10} + \frac{\theta^4}{260} - + \ldots\right) \qquad (10\text{-}40)$$

Toạ độ điểm G:

$$X_G = \frac{\Delta R}{2} = \frac{X + R\cos\theta - R}{2}$$

$$X_G = \frac{L}{48R}\left(1 - \frac{\theta^2}{28} + \frac{\theta^4}{1320} - + \ldots\right) \qquad (10\text{-}41)$$

$$Y_G = Y_O = Y - R\sin\theta$$

$$Y_G = \frac{L}{2}\left(1 - \frac{\theta^2}{30} + \frac{\theta^4}{1080} - + \ldots\right) \qquad (10\text{-}42)$$

Tọa độ vuông góc của điểm phụ thứ i được tính toán trên cơ sở công thức (10-39), (10-40) tương ứng với chiều dài $L_i$.

Trên cơ sở các điểm chính và phụ, dùng máy kinh vĩ và thước thép để bố trí đường cong Clotoid.

## §10-6. CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH

### *1. Tính khối lượng đất san nền*

Tính toán khối lượng đào đắp khi san nền là công việc không thể thiếu khi lập tiến độ thi công và tính toán giá thành công trình. Để dễ dàng tính toán và thi công người ta lập lưới ô vuông bao trùm toàn bộ khu vực cần san nền. Độ cao thực tế (cao độ đen: $H_d$) các đỉnh ô vuông được biết từ bản đồ hay nhờ kết quả cao đạc ô vuông còn độ cao đỏ ($H_{đỏ}$) do bản thiết kế quy định.

Như vậy thể tích của mỗi "khối ô vuông" được tính gần đúng:

$$v = a^2 . h_{tb} \qquad (10\text{-}43)$$

Trong đó: v - thể tích của " khối ô vuông ".

a - chiều dài cạnh ô vuông.

$h_{tb}$ - " chiều cao công tác " trung bình của khối

$$h_{tb} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \qquad (10\text{-}44)$$

Với $h_1$, $h_2$, $h_3$, $h_4$ là "chiều cao công tác" ở bốn đỉnh ô vuông

"Chiều cao công tác" ở từng đỉnh ô vuông được xác định theo biểu thức:

$$h_i = H_i^d - H_i^{đỏ} \qquad (10\text{-}45)$$

Quy ước: $h_i > 0$: Công tác đào

$h_i < 0$: Công tác đắp

Thể tích công tác đất trong toàn khu vực tính theo:

$$V = a^2 \cdot \frac{\Sigma h^I + 2\Sigma h^{II} + 3\Sigma h^{III} + 4\Sigma h^{IV}}{4} \qquad (10\text{-}46)$$

Trong đó:

a - Cạnh ô vuông

$h^I$ - Chiều cao công tác ở đỉnh chỉ thuộc về một ô vuông.

$h^{II}$ - Chiều cao công tác ở đỉnh thuộc về hai ô vuông.

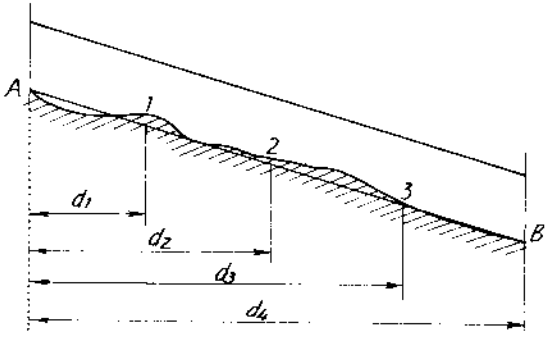
$h^{III}$ - Chiều cao công tác ở đỉnh thuộc về ba ô vuông.

$h^{IV}$ - Chiều cao công tác ở đỉnh thuộc về bốn ô vuông.

Từ thể tích công tác V sẽ tính được khối lượng công tác đất W đào hay đắp thông qua hệ số nén chặt. Độ chính xác của việc tính khối lượng phụ thuộc vào kích thước ô vuông, độ chính xác tính chiều cao công tác...

### *2. Bố trí đường thẳng theo thiết kế*

Giả sử cần bố trí đoạn thẳng AB có độ dài d với một độ dốc i% theo thiết kế (hình 10-15).




***Hình 10-15***

Chia đường AB thành n đoạn nhỏ, mỗi đoạn có chiều dài $d_i$. Đóng cọc ở các điểm trung gian.

Độ cao thiết kế của các cọc $H^{tk}$ là:

$$\left.\begin{aligned} H_1^{tk} &= H_A + d_1.i \\ H_2^{tk} &= H_A + d_2.i \\ H_n^{tk} &= H_A + d_n.i \\ H_B^{tk} &= H_A + d.i \end{aligned}\right\} \quad (10\text{-}47)$$

Dùng máy thủy bình xác định độ cao các đỉnh cọc được $H_i^d$. Chiều cao công tác ở các cọc h:

$$h = H^{tk} - H^d \quad (10\text{-}48)$$

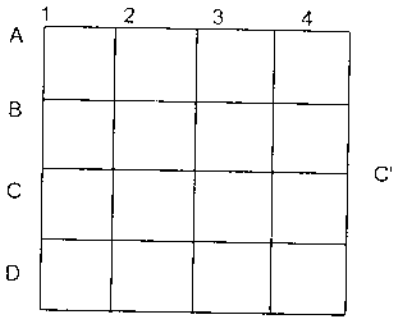
Quy ước:

+ Nếu $h > 0$ từ đỉnh cọc đo lên cao một đoạn h được điểm thiết kế.

+ Nếu $h < 0$ từ đỉnh cọc đo xuống thấp một đoạn h được điểm thiết kế.

### *3. Bố trí mặt phẳng thiết kế*

Giả sử cần bố trí mặt phẳng P độ dốc i (hình 10-16).




***Hình 10-16***

Chọn 2 đường thẳng vuông góc AE và CC' sao cho AE nằm ngang có cùng một độ cao (max hay min), còn CC' là đường dốc nhất (độ dốc i).

Chia mặt phẳng P thành những ô vuông như hình vẽ, các đỉnh của lưới ô vuông được đóng cọc làm mốc. Tính độ cao thiết kế ($H^{tk}$) của các đỉnh, còn độ cao đen ($H^{d}$) được xác định bằng cao đạc ô vuông.

Chiều cao công tác tại các đỉnh ô vuông:

$$h = H^{tk} - H^{d} \qquad (10\text{-}49)$$

Quy ước:

+ Nếu $h > 0$ đo từ đỉnh cọc lên trên một đoạn h sẽ được điểm thiết kế.

+ Nếu $h < 0$ đo từ đỉnh cọc xuống dưới một đoạn h sẽ được điểm thiết kế.

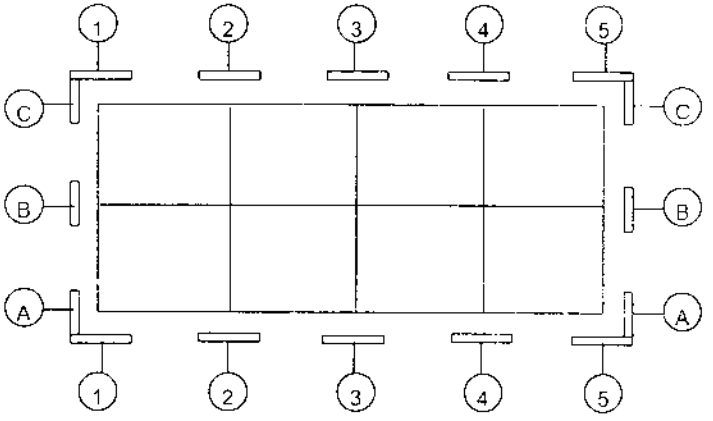
### *4. Định vị công trình*

Định vị công trình theo thứ tự:

* Từ các mốc trắc địa, bố trí các trục của công trình ra ngoài thực địa. Các trục này là cơ sở để bố trí chi tiết công trình. Để tiện cho thi công, các trục được đánh dấu lên khung định vị (hệ thống cọc ngựa). Khung định vị có thể liên tục hoặc không liên tục, ngày nay người ta hay dùng khung định vị không liên tục tức là chỉ bố trí cọc ngựa ở những nơi cần thiết (hình 10-17).

Các điểm đóng của các trục được cố định lên giá định vị bằng đinh và vạch sơn màu. Dùng máy thủy bình để xác định độ cao các điểm này.

* Bố trí các điểm chi tiết: công tác này đòi hỏi độ chính xác cao và diễn ra suốt trong quá trình thi công.




*Hình 10-17*

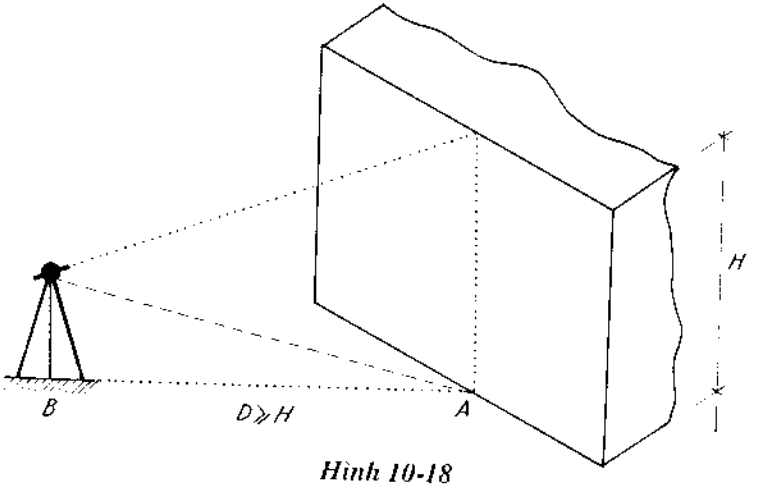
### *5. Chuyển trục lên tầng cao*

Sau khi kết thúc thi công một sàn, cần phải chuyển các trục lên sàn đó bằng các phương pháp dây dọi, máy chiếu đứng hay máy kinh vĩ.

Với công trình dân dụng có số tầng ít hơn 4 dùng dây dọi để chuyển trục lên tầng. Công trình có số tầng ít hơn 10, dùng máy kinh vĩ để chuyển trục (hình 10-18).

Để chuyển điểm A từ móng lên tầng nào đó, đặt máy kinh vĩ ở điểm B sao cho hướng BA vuông góc với mặt chính của công trình và $\overline{BA}$ lớn hơn chiều cao cần chuyển trục. Ngắm A, cố định bàn độ ngang, đưa ống kính lên sàn, đánh dấu được điểm $A_1$. Đảo kính làm tương tự được điểm $A_2$. Điểm giữa của $A_1$, $A_2$ là điểm A đã được chuyển lên sàn.

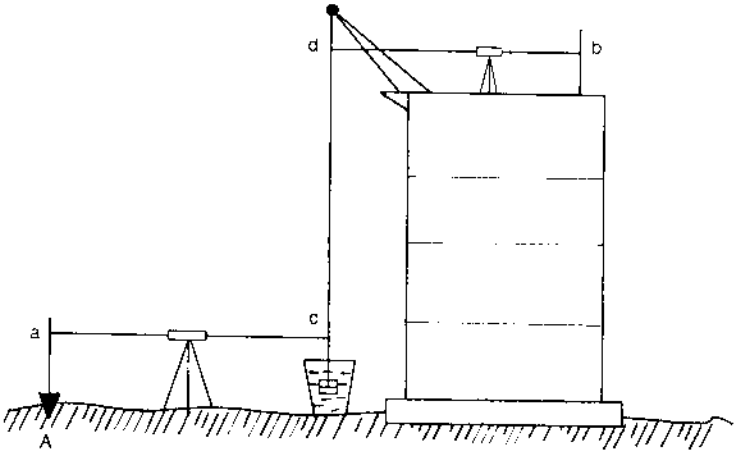
Đối với nhà cao trên 10 tầng dùng máy chiếu thiên đỉnh quang học hoặc lazc. Ở các sàn đều để lỗ trống 20cm × 20 cm, trục sẽ được máy truyền qua các lỗ này lên sàn cần thiết.




*Hình 10-18*

### *6. Chuyển độ cao lên tầng*

Để chuyển độ cao lên tầng người ta sử dụng thước thép, máy thủy bình và mia như sơ đồ hình 10-19.




*Hình 10-19*

Khi đó:

$$H_B = H_A + a + (d - c) - b \qquad (10\text{-}50)$$

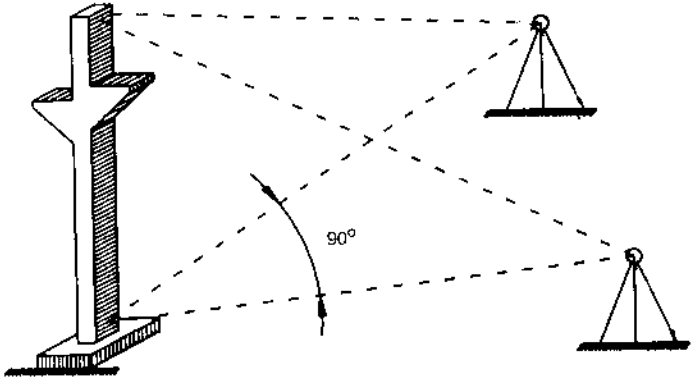
Trong đó:

a, b: số đọc trên mia dựng ở A và B

d, c: số đọc trên thước thép

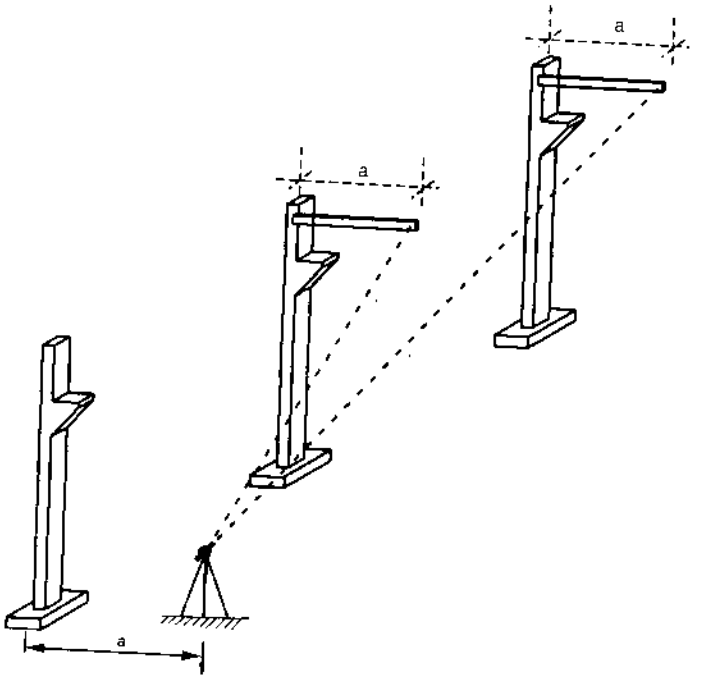
### *7. Công tác trắc địa khi dựng cột*

Trong quá trình lắp dựng, cần đảm bảo khung cột ở vị trí thẳng đứng. Khi cột không cao, thi công đổ tại chỗ thì có thể dùng dây dọi hay ống nivô để kiểm tra. Khi yêu cầu độ chính xác cao, dùng hai máy kinh vĩ đặt ở hai hướng vuông góc nhau để chỉnh cột (hình 10-20).




***Hình 10-20***

Khi kiểm tra dãy cột ở một phía nào đó, đặt máy kinh vĩ cách dãy cột một đoạn a = 1 ÷ 1,5m rồi kiểm tra số đọc ở mia đặt ngang trên cột như hình 10-21.




*Hình 10-21*

## §10-7. ĐO VẼ HOÀN CÔNG

Sau khi xây dựng xong công trình cần phải đo đạc xác định vị trí, kích thước thực tế của nó ngoài thực địa và biểu diễn lên bản vẽ. Việc làm như vậy gọi là đo vẽ hoàn công.

Trong quá trình xây dựng, sau khi kết thúc từng giai đoạn công việc cần phải đo vẽ hoàn công từng phần (móng, từng tầng nhà...). Nó là cơ sở để giải quyết các vấn đề xây dựng tiếp theo cũng như việc sửa chữa, mở rộng công trình sau này.

Khi đo hoàn công, phải dựa vào các điểm khống chế trắc địa mặt bằng và độ cao. Nếu công trình riêng biệt có thể dựa vào ngay các trục móng và hệ thống mốc độ cao thi công.

Về nguyên tắc, tất cả các số liệu ghi trên bản thiết kế đều được xác định lại trên thực tế và phản ảnh vào bản vẽ. Cần quan tâm đến các đối tượng sau:

Đối với công trình ngầm: Phải đo vẽ trước khi lấp đất. Ngoài xác định mặt bằng các điểm đặc trưng, còn cần phải xác định độ cao đáy công trình.

- Xác định vị trí các trục móng, độ cao các lớp móng, độ cao nền... vị trí cấu kiện đúc sẵn đã lắp ghép...

- Hệ thống đường dây dẫn: đo khoảng cách giữa các trục cột, độ cao của các dầm, xà ngang; khoảng cách đến các công trình gần đó.

- Công trình dạng tròn: Phải xác định tọa độ tâm và bán kính.

- Đo vẽ đường: Xác định các yếu tố của đường cong, đo nối các đỉnh góc ngoặt đến lưới khống chế trắc địa, vị trí các điểm giao nhau của hệ thống đường...

- Đo vẽ quy hoạch mặt đứng: Đo cao bề mặt và mặt cắt các điểm đặc trưng; độ cao vỉa hè, chỗ giao nhau, nơi thay đổi độ dốc của mặt đường, lòng đường, đáy rãnh thoát nước, nắp giếng, cửa chắn rác thoát nước...

Trên cơ sở đo vẽ, lập bình đồ hoàn công trên đó biểu diễn các điểm khống chế trắc địa, các công trình dân dụng và công nghiệp, hệ thống đường xá, công trình ngầm, đường điện trên không và dưới đất và các địa vật khác... Thể hiện trên bản vẽ như đối với vẽ bản đồ địa hình.

## Câu hỏi và bài tập chương X

1. Bố trí công trình là gì? Trình bày nguyên tắc và thứ tự của công tác bố trí?

2. Độ chính xác của công tác bố trí công trình?

3. Phương pháp bố trí các yếu tố góc bằng, đoạn thẳng, độ cao?

4. Bố trí điểm theo các phương pháp: tọa độ cực, tọa độ vuông góc, giao hội góc, giao hội cạnh. Nêu độ chính xác và điều kiện áp dụng cho từng phương pháp?

5. Đường cong tròn là gì? Đường cong tròn được xác định bởi những điểm đặc trưng nào?

6. Tính các yếu tố cơ bản của đường cong tròn? Bố trí các điểm chính như thế nào?

7. Bố trí điểm phụ của đường cong tròn theo các phương pháp: tọa độ vuông góc, giao hội góc, tọa độ cực mở rộng. Điều kiện áp dụng đối với từng phương pháp?

8. Lập công thức tính khối lượng đất san nền. Độ chính xác phụ thuộc vào những yếu tố nào?

9. Bố trí đường thẳng đã biết độ dốc i như thế nào?

10. Bố trí mặt phẳng thiết kế?

11. Trình tự và phương pháp định vị công trình?

12. Các phương pháp chuyển trục lên tầng cao, phạm vi áp dụng?

13. Làm cách nào để có thể truyền độ cao lên tầng cao?

14. Công tác trắc địa phục vụ khi dựng cột đơn, hàng cột?

15. Tại sao phải đo vẽ hoàn công? Nội dung của công tác đo vẽ hoàn công?

16. Bài tập:

***Bài tập 10-1:*** Trên cơ sở 2 điểm khống chế A (187,52m; 494,87m) và B (106,39m; 441,24m), tính số liệu bố trí điểm I (154,48m; 467,15m) theo phương pháp tọa độ cực. Nếu sai số bố trí góc bằng là $m_\beta = \pm 0,5$ và sai số bố trí chiều dài $m_d = \pm 0,01$(m) thì độ chính xác bố trí điểm I là bao nhiêu?

***Bài tập 10-2:*** Biết tọa độ 2 đỉnh của lưới ô vuông xây dựng:

$$A\begin{cases} x_A = 300,00m \\ y_B = 500,00m \end{cases} \quad B\begin{cases} x_B = 300,00m \\ y_B = 600,00m \end{cases}$$

và tọa độ thiết kế của M và N :

$$M\begin{cases} x_M = 376,00m \\ y_M = 589,00m \end{cases} \quad N\begin{cases} x_N = 250,00m \\ y_N = 535,00m \end{cases}$$

a) Tính số liệu bố trí các điểm M và N theo phương pháp tọa độ vuông góc.

b) Tính độ chính xác vị trí điểm M và N nếu sai số bố trí góc bằng là $m_\beta = \pm 30''$ và sai số bố trí chiều dài là $m_{\Delta y} = m_{\Delta x} = \pm 0,06m$.

***Bài tập 10-3:***

a) Tính số liệu để bố trí 2 điểm I và II của trục công trình theo phương pháp giao hội góc trên cơ sở 2 điểm khống chế A và B. Tọa độ các điểm như sau:

$$I\begin{cases} x_I = 365,42m \\ y_I = 263,75m \end{cases} \quad II\begin{cases} x_{II} = 365,42m \\ y_{II} = 418,75m \end{cases}$$

$$A\begin{cases}x_A = 246{,}72m\\ y_A = 300{,}24m\end{cases} \qquad B\begin{cases}x_B = 302{,}15m\\ y_B = 426{,}76m\end{cases}$$

b) Phải bố trí góc bằng với độ chính xác là bao nhiêu để sai số vị trí các điểm I và II đạt ±0,05m?

***Bài tập 10-4:*** Tọa độ của các điểm khống chế A, B là:

$$B\begin{cases}x_B = 119{,}76m\\ y_B = 149{,}85m\end{cases} \qquad A\begin{cases}x_A = 129{,}12m\\ y_A = 111{,}98m\end{cases}$$

và điểm C có tọa độ theo thiết kế là::

$$C\begin{cases}x_C = 160{,}17m\\ y_C = 150{,}13m\end{cases}$$

a) Tính số liệu bố trí điểm C theo phương pháp giao hội cạnh.

b) Giả sử độ chính xác bố trí chiều dài AC và BC là như nhau $m_d = \pm 0{,}02m$. Tính độ chính xác bố trí đạt được của điểm C?

***Bài tập 10-5:*** Tính số liệu bố trí các điểm chính của đường cong tròn bán kính R=125,00m; góc ngoặt $\theta = 51^0 15'0$.

***Bài tập 10-6:*** Tính số liệu bố trí 3 điểm phụ đầu tiên $P_1$, $P_2$, $P_3$ của đường cong tròn bán kính R=120,00m; góc ngoặt $\theta = 115^0 00'0$ và các điểm phụ cách đều nhau cung k=20,0m theo phương pháp tọa độ vuông góc.

***Bài tập 10-7:*** Đường cong tròn bán kính R=105,00m; góc ngoặt $\theta = 90^0 30'0$ ngoài 3 điểm chính còn cần bố trí thêm 10 điểm phụ cách đều nhau theo phương pháp tọa độ cực mở rộng. Hãy tính số liệu bố trí 3 điểm phụ đầu tiên ($P_1$, $P_2$, $P_3$).

***Bài tập 10-8:*** Tính toán số liệu bố trí 2 điểm phụ đầu tiên của đường cong tròn bán kính R=195,00m; góc ngoặt ở đỉnh $\theta = 100^0 00'0$, theo phương pháp giao hội góc nếu các điểm phụ cách đều nhau cung k=15m.

# Chương XI

# QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH

## §11-1. KHÁI NIỆM

Trong quá trình thi công và sử dụng công trình, dưới tác động của tải trọng bản thân và các lực bên ngoài như gió, bão, động đất..., công trình sẽ bị biến dạng từng phần hoặc toàn bộ. Biến dạng là sự chuyển vị không gian của các điểm trên công trình theo thời gian.

Biến dạng công trình phụ thuộc vào các yếu tố:

- Điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn: sự phân bố của các lớp đất đá và đặc tính vật lý của đất đá nền; mực nước ngầm và tính chất hoá lý của mạch nước ngầm....

- Điều kiện địa lý trong vùng xây dựng: hệ thống đường sắt, hệ thống đường ôtô, ao hồ, sông suối... sự tác động của con người trong xây dựng, sản xuất....

- Tải trọng bản thân của công trình cũng như kết cấu chịu lực và vật liệu xây dựng; phương pháp thi công công trình....

Mục đích của quan trắc biến dạng là xác định chuyển vị thực tế của công trình qua đó có biện pháp bảo vệ công trình hữu hiệu bằng giải pháp thiết kế, thi công hay thay đổi vật liệu, trang thiết bị của công trình.

Quan trắc biến dạng là một tập hợp các công tác đo đạc với độ chính xác cao và thời gian dài. Đối với những công trình quan

trọng quan trắc biến dạng phải được đặt ra từ khi thiết kế và tiến hành ngay sau khi xây lắp móng, kéo dài cho tới khi có kết luận về độ ổn định của công trình.

Biến dạng công trình có thể phân ra làm các loại: lún, dịch chuyển ngang, nghiêng, cong, võng...

## §11-2. QUAN TRẮC LÚN

Dưới tác động của tải trọng bản thân, công trình sẽ bị lún. Độ lún của công trình có thể là đồng đều và cũng có thể là không đều (lún cục bộ). Những vấn đề cần quan tâm trong quan trắc lún:

### *1. Hệ thống mốc quan trắc*

* Hệ thống mốc gốc (ít nhất phải có 3 mốc), được bố trí gần công trình nhưng phải nằm ngoài phạm vi ảnh hưởng lún của công trình. Mốc gốc có thể chôn sâu dưới đất hay gắn lên tường các công trình kiên cố đã ổn định lún. Có thể đo nối hệ thống mốc gốc với lưới độ cao khu vực hoặc dùng độ cao giả định.

* Hệ thống mốc đo lún: được bố trí vòng quanh đỉnh móng công trình dưới các cấu kiện chịu lực (cột, tường chịu lực), hai bên khe lún, nơi có tải trọng động... Mốc lún được làm bằng kim loại sao cho tiện lợi trong đo đạc, đơn giản trong thi công và bền chắc suốt quá trình đo. Cần phải ghi số hiệu cho các mốc lún.

### *2. Chu kỳ quan trắc lún*

Chu kỳ quan trắc đầu tiên bắt đầu sau khi xây lắp xong móng công trình.

Trong giai đoạn xây dựng, các lần đo được tiến hành khi công trình có bước nhảy về tải trọng, đặc biệt khi công trình đạt được 25%, 50%, 75%, 100% tải trọng thiết kế. Đối với công trình có chiều cao lớn, địa chất nền móng phức tạp, có thể tăng thêm chu kỳ đo.

Trong giai đoạn sử dụng công trình, chu kỳ đo có thể là tháng, quý, nửa năm... việc quan trắc lún phát triển cho đến khi độ lún trong 3 chu kỳ liên tiếp không thay đổi, khi đó mới kết thúc.

Khi công trình bị nứt, chu kỳ quan trắc lún là 10 đến 20 ngày.

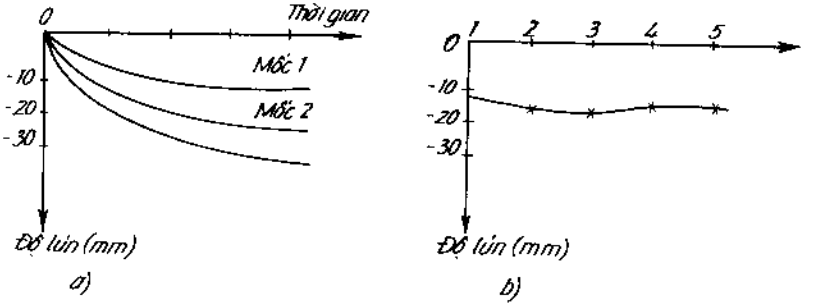
### *3. Phương pháp đo*

Phương pháp được áp dụng phổ biến nhất trong đo lún là đo cao hình học tia ngắm ngắn ($S < 25m$). Dụng cụ đo là máy thủy bình có bộ đo cực nhỏ và mia Inva, đo theo quy phạm đo cao cấp II hoặc cấp III Nhà nước với sai số trung phương trên trạm máy là $0,5 \div 0,9$ mm. Trong trường hợp đặc biệt có thể dùng phương pháp đo cao thủy tĩnh, đo cao lượng giác khoảng cách ngắn ($S < 100m$).

### *4. Tính toán, vẽ biểu đồ*

Sau khi kết thúc 1 chu kỳ đo, kiểm tra sơ bộ số liệu đo, nếu thấy đảm bảo thì tiến hành bình sai để tính độ cao cho các mốc lún. Việc tính toán bình sai được trình bày dưới dạng bảng biểu.

Trên cơ sở các kết quả đã tính toán được, vẽ đồ thị theo thời gian của từng mốc, mặt cắt độ lún dọc trục, bình đồ đẳng lún... (hình 11-1).




***Hình 11-1***

*a) Độ lún theo thời gian;*

*b) Mặt cắt lún theo trục 1, 2, 3, 4, 5 tại thời điểm t.*

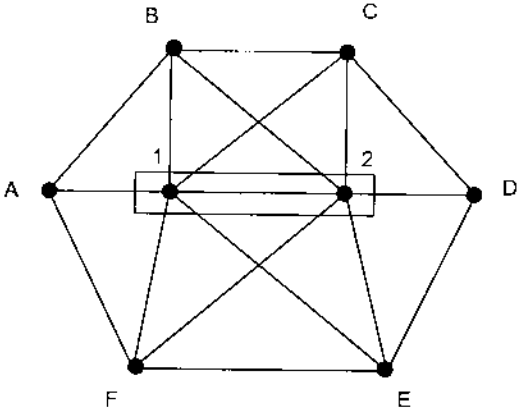
## §11-3 QUAN TRẮC DỊCH CHUYỂN NGANG

Dưới tác động của thành phần lực ngang (áp lực nước tác dụng lên đập, áp lực lên tường chắn...) công trình sẽ bị biến dạng theo phương ngang. Thực chất của quan trắc dịch chuyển ngang là xác định tọa độ mặt bằng của một số điểm đặc trưng của công trình vào những thời điểm khác nhau và so sánh với những điểm gốc nằm ngoài phạm vi dịch chuyển.

Chu kỳ quan trắc dịch chuyển ngang trong giai đoạn xây dựng phụ thuộc vào đặc điểm của nền móng, quy mô của công trình, phương pháp và tiến độ thi công... Trong giai đoạn sử dụng, mỗi năm đo vài lần vào những thời điểm có sự thay đổi áp lực ngang, thường là trước và sau mùa mưa. Nếu giá trị biến dạng ngang không quá 2mm/năm thì có thể dừng quan trắc.

Có nhiều phương pháp để quan trắc biến dạng ngang, sử dụng phương pháp nào là tuỳ điều kiện địa hình, hình dáng công trình...

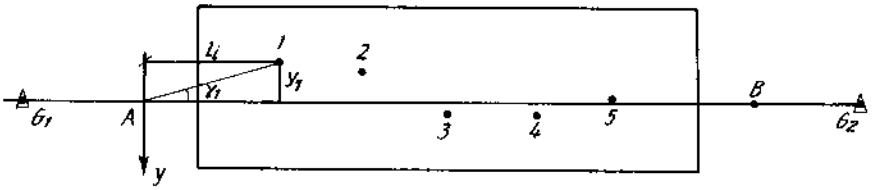
- Đối với các công trình có các mốc dịch chuyển gắn ở các độ cao khác nhau (đập thủy điện, nhà lệch tầng...), thường áp dụng phương pháp tam giác hoặc phương pháp giao hội góc (hình 11-2). Sau khi đo các yếu tố cần thiết, người ta sẽ tính được giá trị và hướng của dịch chuyển giữa các chu kỳ quan trắc.




***Hình 11-2***

- Phương pháp dóng hướng sẽ rất thuận lợi đối với những công trình trên đó gắn các mốc dịch chuyển gần như có cùng độ cao. Trên hướng chuẩn bố trí các mốc gốc $G_1$, $G_2$ (hình 11-3) và các mốc quan trắc A, B. Độ dịch chuyển của các điểm 1, 2... trên công trình được xác định qua chuyển vị y.

$$y_i = l_i \frac{\gamma_i''}{\rho''}$$




***Hình 11-3***

Đo góc nhỏ $\gamma_i$ và khoảng cách $l_i$ khi đó chuyển vị $y_i$ là:

$$y_i = l_i \frac{\gamma''_i}{\rho''} \qquad (11\text{-}1)$$

Trong trường hợp sử dụng bảng ngắm di động, chuyển vị $y_i$ được xác định trực tiếp qua số đọc trên thang số khi điều chỉnh bảng ngắm vào đúng hướng chuẩn. Phương pháp đơn giản, khối lượng tính toán ít và có thể tự động hoá quá trình đo. Giá trị chuyển vị của điểm i trongchu kỳ n so với chu kỳ đầu là:

$$\Delta d_{nd} = y_n - y_d \qquad (11\text{-}2)$$

và chuyển vị giữa 2 chu kỳ kề nhau:

$$\Delta d_{n,(n-1)} = y_n - y_{(n-1)} \qquad (11\text{-}3)$$

- Phương pháp đo hướng được dùng trong trường hợp như đóng hướng nhưng hướng chuẩn không thể bố trí được. Cần phải bố trí ít nhất 3 mốc gốc I, II, III (hình 11-4). Đại lượng dịch chuyển của các điểm xác định từ mốc gốc tính theo công thức:

$$q_i = S_i \frac{\Delta\beta''}{\rho''} \qquad (11\text{-}4)$$

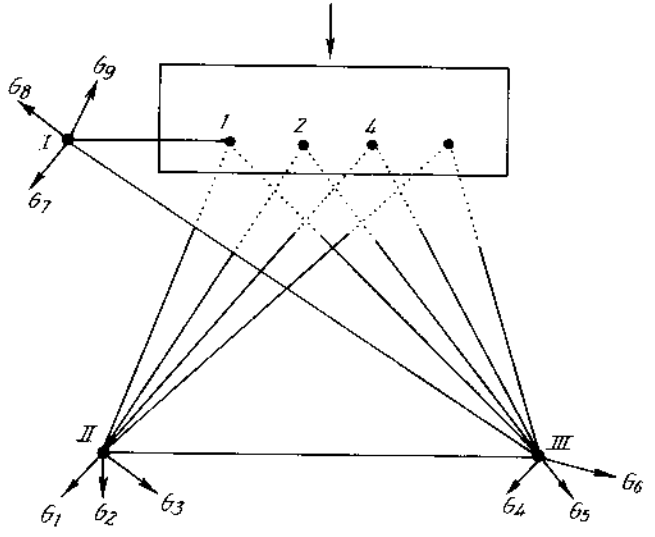
Trong đó:

$S_i$ : khoảng cách từ điểm gốc đến điểm quan trắc.

$\Delta\beta$ : giá trị thay đổi của hướng giữa các chu kỳ.

Trong khi đo, luôn kiểm tra hướng ngắm từ các mốc gốc tới các điểm định hướng $G_i$. Nhờ các hướng này mà xác định được mốc gốc có ổn định hay không.

- Phương pháp đường chuyền áp dụng cho công trình có dạng vòng cung, tuy nhiên việc đo góc đòi hỏi phải đạt độ chính xác rất lớn.




*Hình 11-4*

## §11-4. QUAN TRẮC ĐỘ NGHIÊNG CÔNG TRÌNH

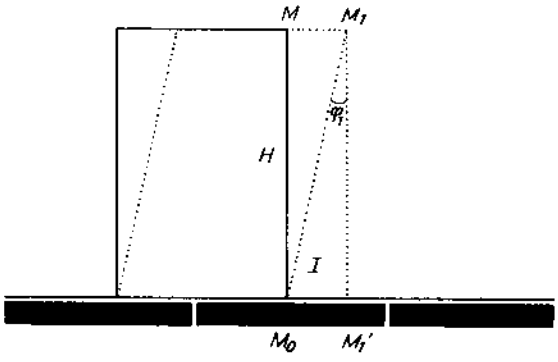
Dưới tác động của áp lực gió, lún lệch... các công trình cao (ống khói, cột anten, tháp vô tuyến, tháp nước...) sẽ bị nghiêng. Trên hình 11-5, điểm đỉnh M khi công trình bị nghiêng sẽ dịch chuyển đến $M_1$, khi đó độ nghiêng của công trình sẽ được đặc trưng bởi góc nghiêng φ hay đoạn nghiêng *l*. Các đại lượng này quan hệ với chiều cao H của công trình theo biểu thức:

$$\sin\varphi = \frac{l}{H} \qquad (11\text{-}5)$$

Tuỳ thuộc vào độ cao, hình dáng, kích thước của công trình, độ nghiêng có thể được xác định bằng nhiều phương pháp.

### *1. Phương pháp chiếu thẳng đứng*

- Với những công trình có chiều cao nhỏ hơn 15 m. Dùng dây dọi để chiếu điểm. Đoạn *l* được đo trực tiếp bằng thước thép.

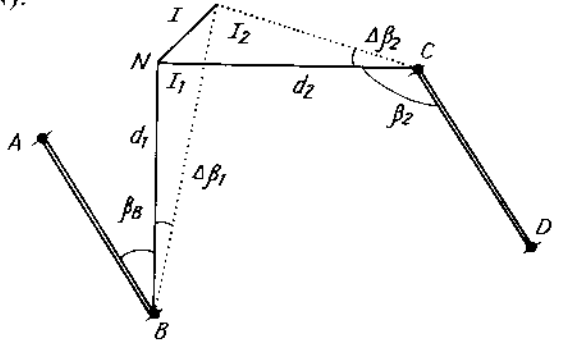



*Hình 11-5*

- Với những công trình cao, dùng máy chiếu quang học hoặc laser. Những dụng cụ này xác định độ lệch không quá 1mm trên 100m chiều cao.

### *2. Phương pháp đo góc bằng*

Chọn các mốc gốc A, B, C, D (hình 11-6) định kỳ đo góc bằng giữa các hướng gốc AB, CD và hướng tới điểm quan trắc (điểm N).




*Hình 11-6*

Khi đó các độ nghiêng thành phần $l_1$, $l_2$ là:

$$l_1 = \frac{d_1 . \Delta\beta_1}{\rho''} \qquad (11\text{-}6)$$

$$l_2 = \frac{d_2 . \Delta\beta_2}{\rho''} \qquad (11\text{-}7)$$

Độ nghiêng toàn phần sẽ là:

$$l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \qquad (11\text{-}8)$$

và giá trị góc nghiêng $\varphi$ được tính theo biểu thức:

$$\varphi'' = \frac{l}{H}\rho'' \qquad (11\text{-}9)$$

Độ chính xác của phương pháp này tuỳ thuộc vào độ chính xác đo góc bằng. Để đảm bảo yêu cầu, góc bằng thường được đo với sai số trung phương không vượt quá 1".

## Câu hỏi và bài tập chương XI

1. Biến dạng công trình là gì? Các yếu tố ảnh hưởng đến biến dạng công trình?

2. Tại sao với công trình nhà nhiều tầng cần phải quan trắc lún? Quá trình đo, tính và vẽ các biểu đồ lún?

3. Các phương pháp quan trắc dịch chuyển ngang? Phạm vi ứng dụng của chúng?

4. Các phương pháp quan trắc độ nghiêng công trình? Ưu khuyết điểm và phạm vi ứng dụng của từng phương pháp?

## NHỮNG CÔNG THỨC TOÁN THƯỜNG GẶP

1. $d(c \pm y) = \pm dy$
2. $d(cy) = cdy$
3. $d\left(\frac{c}{y}\right) = -\frac{c}{y^2}dy$
4. $dy^n = ny^{n-1}dy$
5. $d\left(\frac{u}{v}\right) = \frac{vdu - udv}{v^2}$
6. $d(u \pm v \pm w) = du \pm dv \pm dw$
7. $d(uv) = udv + vdu$
8. $d\ln y = \frac{dy}{y}$
9. $d\sin y = \cos dy$
10. $d\cos y = -\sin y dy$
11. $dtgy = \frac{dy}{\cos^2 y}$
12. $d\cot gy = \frac{dy}{-\sin^2 y}$
13. $\sin^2\beta + \cos^2\beta = 1$
14. $\sec^2\beta = 1 + tg^2\beta$
15. $\sin 2\beta = 2\sin\beta\cos\beta = \frac{2tg\beta}{1+tg^2\beta} = \frac{2}{tg\beta + \cot g\beta}$
16. $\cos 2\beta = 1 - 2\sin^2\beta = \frac{1-tg^2\beta}{1+tg^2\beta} = \frac{\cot g^2\beta - 1}{\cot g^2\beta + 1}$

17. $\operatorname{tg}2\beta = \dfrac{2\operatorname{tg}\beta}{1-\operatorname{tg}^2\beta} = \dfrac{2}{\operatorname{cot g}\beta - \operatorname{tg}\beta}$

18. $\operatorname{tg}(\beta \pm \alpha) = \dfrac{\operatorname{tg}\beta \pm \operatorname{tg}\alpha}{1 \pm \operatorname{tg}\beta\operatorname{tg}\alpha}$

19. $\operatorname{cot g}(\beta \pm \alpha) = \dfrac{\operatorname{cot g}\beta \operatorname{cot g}\alpha \mp 1}{\operatorname{cot g}\alpha \pm \operatorname{cot g}\beta}$

20. $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta$

21. $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta$

# TÀI LIỆU THAM KHẢO


1. Quy phạm đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 5000, 1: 2000, 1:1000, 1:500 - Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước - Hà Nội 1976

2. Trắc địa, PGS. TS. Phạm Văn Chuyên. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật - Hà Nội 1999.

3. Trắc địa đại cương, TS. Vũ Thặng. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật - Hà Nội 1999

4. Tóm tắt bài giảng Trắc địa, Trần Văn Quảng. Hà Nội 1975, 1999

5. Surveying. James M Anderson.

   Mc Graw- Hill Companies - 1998

6. Topographie appliquée aux travaux publics batiments et levers urbains

   Lucien Lapointe- EYROLLES - 1995

7. Topografia prática tratado da Clotóide

   Lin Ruey - Chieh Hemus- São Paulo -1976.

EBOOKBKMT.COM

TÀI LIỆU KỸ THUẬT MIỄN PHÍ

# MỤC LỤC

| | *Trang* |
|---|---|
| Mở đầu | 3 |
| ***Chương I*** | |
| **Những kiến thức cơ bản về trắc địa** | |
| § 1-1. Hình dáng và kích thước trái đất | 5 |
| § 1-2. Ảnh hưởng độ cong trái đất đến các yếu tố đo | 7 |
| § 1-3. Hệ tọa độ địa lý | 9 |
| § 1-4. Hệ tọa độ phẳng thẳng góc | 10 |
| § 1-5. Vị trí điểm trên mặt đất | 17 |
| § 1-6. Định hướng đường thẳng | 18 |
| § 1-7. Hai bài toán cơ bản trong trắc địa | 22 |
| Câu hỏi và bài tập chương I | 26 |
| ***Chương II*** | |
| **Bản đồ địa hình** | |
| § 2-1. Khái niệm | 29 |
| § 2-2. Tỷ lệ bản đồ | 30 |
| § 2-3. Phân mảnh bản đồ | 32 |
| § 2-4. Biểu diễn địa hình, địa vật trên bản đồ | 34 |
| § 2-5. Sử dụng bản đồ | 51 |
| Câu hỏi và bài tập chương II | |
| ***Chương III*** | |
| **Kiến thức cơ bản về sai số** | |
| § 3-1. Khái niệm và phân loại sai số | 55 |
| § 3-2. Các tiêu chuẩn để đánh giá kết quả đo và độ chính xác | 57 |
| § 3-3. Sai số trung phương của một hàm số các đại lượng đo | 59 |

§ 3-4. Sai số trung bình cộng và sai số trung phương của nó khi đo cùng độ chính xác 62
§ 3-6. Các đơn vị đo dùng trong trắc địa 65
Câu hỏi và bài tập chương III 67

*Chương IV*

**Đo góc**

§ 4-1. Khái niệm 69
§ 4-2. Máy kinh vĩ 70
§ 4-3. Kiểm nghiệm và điều chỉnh các điều kiện cơ bản của máy kinh vĩ 75
§ 4-4. Đo góc bằng 78
§ 4-5. Các sai số chủ yếu trong đo góc bằng 84
§ 4-6. Đo góc đứng 86
Câu hỏi và bài tập chương IV 88

*Chương V*

**Đo chiều dài**

§ 5-1. Khái niệm 90
§ 5-2. Đo chiều dài bằng thước thép 92
§ 5-3. Đo chiều dài bằng máy có cặp dây đo khoảng cách và mia đứng 98
§ 5-4. Đo chiều dài bằng sóng điện từ 101
Câu hỏi và bài tập chương V 103

*Chương VI*

**Đo cao**

§ 6-1. Khái niệm 105
§ 6-2. Đo cao hình học 107
§ 6-3. Máy thủy bình và mia 108
§ 6-4. Đo cao hình học cấp IV 112
§ 6-5. Độ chính xác của đo cao hình học 114

§ 6-6. Đo cao lượng giác 115
Câu hỏi và bài tập chương VI 119

*Chương VII*

**Lưới khống chế mặt bằng**

§ 7-1. Khái niệm 121
§ 7-2. Đường chuyền kinh vĩ 123
§ 7-3. Lưới tam giác nhỏ 129
§ 7-4. Xây dựng điểm khống chế bằng giao hội góc 135
Câu hỏi và bài tập chương VII 137

*Chương VIII*

**Lưới khống chế độ cao**

§ 8-1. Khái niệm 140
§ 8-2. Lưới độ cao Nhà nước 140
§ 8-3. Lưới độ cao kỹ thuật 141
§ 8-4. Lưới độ cao đo vẽ 144
Câu hỏi và bài tập chương VIII 146

*Chương IX*

**Đo vẽ bản đồ địa hình và mặt cắt**

§ 9-1. Khái niệm 148
§ 9-2. Đo vẽ bản đồ theo phương pháp toàn đạc 150
§ 9-3. Đo vẽ bản đồ bằng phương pháp chụp ảnh 155
§ 9-4. Đo vẽ mặt cắt 160
Câu hỏi và bài tập chương IX 163

*Chương X*

**Bố trí công trình**

§ 10-1. Khái niệm 169
§ 10-2. Bố trí các yếu tố cơ bản 170
§ 10-3. Bố trí điểm mặt bằng 173

§ 10-4. Bố trí đường cong tròn 177
§ 10-5. Bố trí đường cong chuyển tiếp 183
§ 10-6. Công tác trắc địa phục vụ xây dựng công trình 187
§ 10-7. Đo vẽ hoàn công 194
Câu hỏi và bài tập chương X 196

*Chương XI*

**Quan trắc biến dạng công trình**

§ 11-1. Khái niệm 109
§ 11-2. Quan trắc lún 200
§ 11-3. Quan trắc dịch chuyển ngang 202
§ 11-4. Quan trắc độ nghiêng công trình 205
Câu hỏi và bài tập chương XI 208
Những công thức toán thường gặp 209
Tài liệu tham khảo 210
Mục lục 211

# TRẮC ĐỊA ĐẠI CƯƠNG

*Chịu trách nhiệm xuất bản:*
BÙI HỮU HẠNH

*Biên tập :* ĐINH BẢO HẠNH
*Chế bản :* LÊ HƯƠNG
*Sửa bản in :* ĐINH BẢO HẠNH
*Vẽ bìa :* NGUYỄN HỮU TÙNG

---

In 1000 cuốn khổ 15 x 21 cm tại Xưởng in Nhà xuất bản Xây dựng. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 409/XB-QLXB-1 ngày 29-3-2001. In xong nộp lưu chiểu tháng 5 năm 2001.

912
XD - 2001
409 - 2001

**Giá : 23.000$^{đ}$**