

# MỤC LỤC

	Trang
<b>Chương 1- NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN</b> .....	3
1.1. Khái niệm về Trắc địa.....	3
1.2. Hình dạng và kích thước Trái đất.....	3
1.3. Ảnh hưởng độ cong Trái đất đến kết quả đo.....	5
1.4. Hệ tọa độ địa lý .....	7
1.5. Hệ độ cao dùng trong Trắc địa.....	7
1.6. Phép chiếu bản đồ và hệ tọa độ vuông góc phẳng .....	8
1.7. Khái niệm về bản đồ bình đồ và mặt cắt .....	11
1.8. Chia mảnh đánh số bản đồ địa hình .....	13
1.9. Biểu diễn địa hình địa vật trên bản đồ .....	13
<b>Chương 2 □ KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ SAI SỐ</b> .....	16
2.1. Khái niệm và phân loại sai số .....	16
2.2. Các tiêu chuẩn đánh giá độ chính xác kết quả đo .....	17
2.3. Sai số trung phương của hàm các đại lượng đo.....	19
2.4. Trị trung bình cộng và sai số trung phương trị trung bình cộng.....	21
2.5. Tính toán khi đo không cùng độ chính xác .....	22
2.6. Đặc điểm tính toán trong trắc địa.....	23
<b>Chương 3 - ĐO GÓC</b> .....	25
3.1. Khái niệm.....	25
3.2. Máy kinh vĩ .....	25
3.3. Kiểm nghiệm các điều kiện cơ bản của máy kinh vĩ.....	29
3.4. Đo góc bằng .....	31
3.5. Sai số trong đo góc bằng .....	34
3.6. Đo góc đứng .....	36
<b>Chương 4 - ĐO KHOẢNG CÁCH</b> .....	37
4.1. Khái niệm.....	37
4.2. Đo khoảng cách bằng thước thép .....	38
4.3. Đo khoảng cách bằng máy có cặp dây đo khoảng cách và mia đứng.....	42
<b>Chương 5 - ĐO CAO</b> .....	45
5.1. Khái niệm.....	45
5.2. Đo cao hình học.....	45
5.3. Đo cao lượng giác.....	51
<b>Chương 6 - LƯỚI KHỔNG CHẾ MẶT BẰNG</b> .....	54
6.1. Khái niệm.....	54
6.2. Định hướng đường thẳng .....	55

6.3. Hai bài toán trắc địa .....	57
6.4. Đường chuyên kinh vĩ .....	58
6.5. Xây dựng lưới khống chế bằng phương pháp giao hội.....	63
<b>Chương 7 - LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐỘ CAO.....</b>	<b>65</b>
7.1. Khái niệm .....	65
7.2. Lưới khống chế độ cao kỹ thuật.....	66
<b>Chương 8- ĐO VẼ BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH VÀ MẶT CẮT.....</b>	<b>69</b>
8.1. Khái niệm .....	69
8.2. Đo vẽ bản đồ theo phương pháp toàn đạc .....	69
8.3. Đo vẽ mặt cắt địa hình.....	72
8.4. Sử dụng bản đồ địa hình .....	73
<b>Chương 9 □ BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH.....</b>	<b>78</b>
9.1. Khái niệm.....	78
9.2. Bố trí các yếu tố cơ bản .....	79
9.3. Bố trí điểm mặt bằng .....	81
.....	
9.4. Bố trí đường cong tròn.....	83
.....	
9.5. Công tác trắc địa phục vụ xây dựng công trình .....	86
<b>Chương 10 □ QUAN TRẮC BIẾN DẠNG.....</b>	<b>90</b>
10.1. Khái niệm.....	90
10.2. Quan trắc lún.....	90
.....	
10.3. Quan trắc chuyển dịch ngang.....	92
.....	

## Chương 1

### Những kiến thức cơ bản về trắc địa

#### 1.1. Khái niệm về trắc địa

Trắc địa là môn khoa học nghiên cứu về hình dạng kích thước trái đất về các phương pháp đo đạc và biểu thị bề mặt quả đất dưới dạng bản đồ và số liệu.

Trắc địa được chia ra làm nhiều chuyên ngành khác nhau như trắc địa cao cấp, trắc địa địa hình địa chính, trắc địa ảnh, trắc địa công trình, bản đồ... mỗi ngành có một chức năng riêng.

Trắc địa tham gia tất cả các giai đoạn khi xây dựng công trình từ khảo sát, thiết kế, thi công và dõi độ ổn định của công trình khi công trình đưa vào sử dụng.

Môn học trắc địa giới thiệu những kiến thức cơ bản và cần thiết về ngành trắc địa trong lĩnh vực xây dựng cơ bản.

#### 1.2. Hình dạng kích thước trái đất

Bề mặt tự nhiên trái đất phức tạp với diện tích khoảng 510 triệu km<sup>2</sup>, lục địa chiếm khoảng 29%, còn lại 71% là đại dương. Độ cao trung bình của lục địa so với mực nước đại dương khoảng 875m, còn độ sâu trung bình khoảng -3800m. Chênh lệch độ cao giữa nơi sâu nhất (Hố Marian -11032m) và điểm cao nhất (đỉnh núi Chomolungma 8882m) khoảng 20km. Bán kính trung bình của trái đất là 6371km.

Với số liệu trên ta hình dung nếu thu nhỏ trái đất thành quả cầu nước có bán kính là 3m thì vết gợn lớn nhất trên bề mặt là 1cm. Như vậy có thể coi mô hình trái đất là nhẵn nhụi.

Bề mặt tự nhiên của trái đất phức tạp để biểu diễn được bề mặt trái đất theo phương pháp toán học ta phải đưa nó về bề mặt quy ước có thể biểu diễn được dưới dạng toán học và gần với bề mặt thực nhất.

##### 1. Mặt thủy chuẩn

Bề mặt nước biển trung bình yên tĩnh, trải dài xuyên qua lục địa và hải đảo tạo thành mặt cong khép kín gọi là mặt thủy chuẩn (hay còn gọi là mặt Geoid, mặt nước gốc). Mặt này được lấy làm mặt chuẩn độ cao. Ở Việt Nam lấy mặt nước biển trung bình nhiều năm của trạm nghiệm triều ở đảo Hòn Dấu (Đồ Sơn, Hải Phòng) làm mặt khởi tính độ cao. Mặt nước gốc có đặc điểm tại bất kỳ điểm nào trên mặt này phương pháp tuyến trùng với phương của đường dây dọi đi qua điểm đó, mặt thủy chuẩn là mặt gần với bề mặt thực.

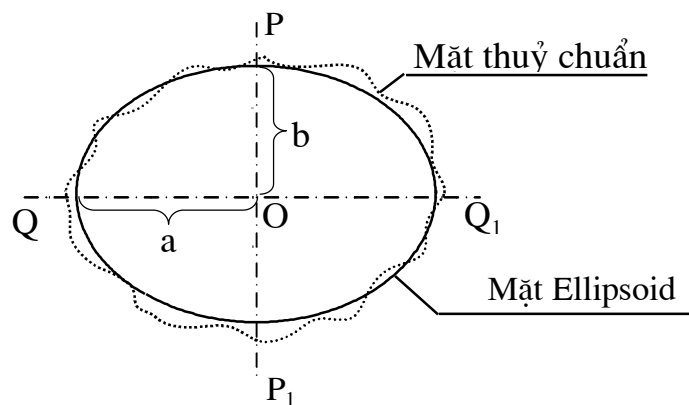
Phương của đường dây dọi phụ thuộc vào vật chất phân bố trong lòng Trái đất mà sự phân bố vật chất lại không đều. Vì vậy mặt thủy chuẩn biến đổi phức tạp khó mô hình hóa.

## 2. Mặt elipxoid

Thay thế mặt thủy chuẩn bằng elipxoid tròn xoay có bán trục lớn  $a$  bằng bán kính trái đất ở xích đạo, bán trục nhỏ  $b$  bằng bán kính trái đất ở hai cực ( hình 1.1).

*Tính chất của Elipxoid là:*

- + Tâm Elipxoid trùng tâm quả đất.
- + Thể tích Elipxoid bằng thể tích Geoid.
- + Mặt phẳng xích đạo Elipxoid trùng mp xích đạo trái đất.
- + Tổng bình phương chênh cao giữa mặt Elipxoid và mặt Geoid nhỏ nhất.
- + Tại mọi điểm trên mặt đất phương của pháp tuyến vuông góc với Elipxoid.



Hình 1.1 Hình dạng quy ước của Trái Đất

Mặt elipxoid có các tham số đặc trưng là:

- + Bán trục lớn  $a$ .
- + Bán trục nhỏ  $b$ .
- + Độ dẹt  $\alpha = \frac{a-b}{a}$  (1.1)

Kích thước một số Elipxoid đã được sử dụng khi xử lý số liệu ở nước ta được giới thiệu trong bảng 1.1

Bảng 1.1

Elipxoid	Năm	Bán trục lớn ( $a$ )	Độ dẹt ( $\alpha$ )
Everest	1830	6.377.296	1:300,8
Kraxovski	1940	6.378.245	1:298,3
WGS - 84	1984	6.378.137	1:298,2

Ở Việt nam trước năm 1975 miền Bắc dùng ellipsoid Kraxovski và miền Nam sử dụng ellipsoid Everest . Từ tháng 7 năm 2000 , theo quyết định của Thủ tướng Chính phủ , Việt nam sử dụng số liệu ellipsoid WGS-84(bảng 1-1)

Ellipsoid WGS - 84 là cơ sở toán học của hệ tọa độ VN - 2000 đồng thời cũng là hệ tọa độ dùng trong công nghệ định vị vệ tinh GPS .

Các số liệu được đo đạc trên mặt đất được tính chuyển lên mặt Elipsoid sau đó được tính chuyển lên mặt phẳng.

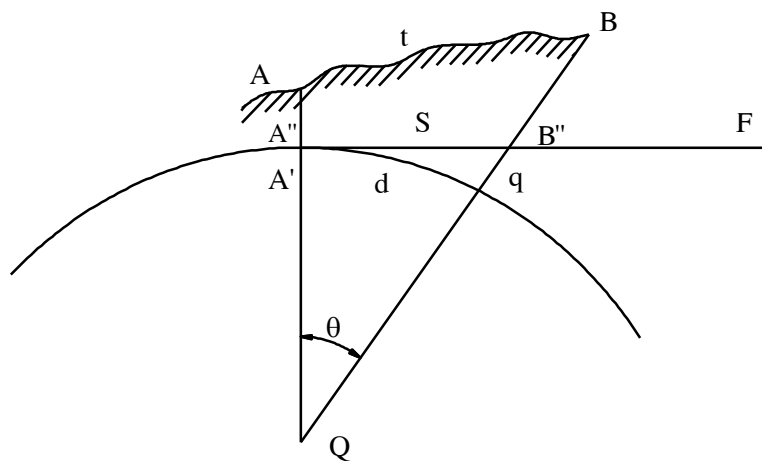
Khi đo đạc trong khu vực có diện tích nhỏ ảnh hưởng độ cong trái đất đến kết quả đo nhỏ nên có thể bỏ qua, khi đó ta coi bề mặt Trái đất là mặt phẳng.

### 1.3. Ảnh hưởng độ cong trái đất đến kết quả đo

Bề mặt Trái đất là cong, các đại lượng đo như chiều dài cạnh (D), góc bằng ( $\beta$ ), chênh cao (h).. đều được đo trên mặt cong này. Khi xử lý số liệu các đại lượng đo được tính chuyển từ mặt đất lên mặt phẳng nên chúng bị biến dạng. Với phạm lãnh thổ nhỏ để đơn giản ta coi mặt chuẩn quy chiếu là mặt cầu có bán kính  $R = 6371\text{km}$ , mặt phẳng chiếu hình là mặt phẳng tiếp tuyến với mặt cầu và độ biến dạng là sai số do ảnh hưởng của độ cong trái đất đến đại lượng đo.

#### 1.3.1. Ảnh hưởng độ cong trái đất đến kết quả 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

$$\Delta d = s - d \quad (1-2)$$

$$s = R \cdot \operatorname{tg}\theta \quad (1-3)$$

$$d = R \cdot \theta \quad (1-4)$$

Ta có:  $\Delta d = R (\operatorname{tg}\theta - \theta) \quad (1-5)$

Khai triển hàm  $\operatorname{tg}\theta$  thành chuỗi và giữ lại hai số đầu ta được:

$$\operatorname{tg}\theta = \theta + \theta^3 / 3$$

Công thức (1-5) có dạng:

$$\Delta d = R \cdot \theta^3 / 3 \quad (1-6)$$

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

$$\Delta d / d = d^2 / 3R^2 \quad (1-7)$$

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

$$(d = 10 \text{ km} \rightarrow \Delta d = 1 \text{ cm và } \Delta d / d = 1 : 1\,220\,000)$$

### 1.3.2. 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  $\epsilon$

$$\epsilon'' = \rho'' A / R^2 \quad (1-8)$$

$\epsilon$ : độ vượt góc mặt cầu (siêu góc 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<sup>2</sup> được coi là mặt phẳng.

### 1.3.3. Ảnh hưởng độ cong Trái đất đến đo cao

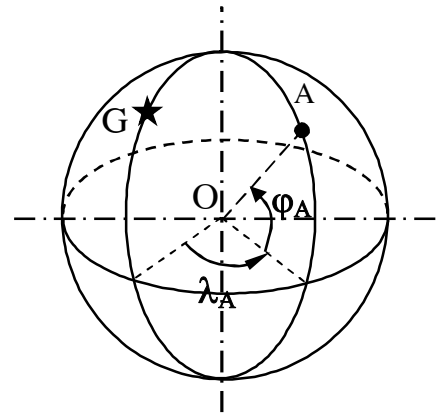
Theo hình 1-2, q là sai lệch độ cao khi thay mặt cầu bằng mặt phẳng, có thể chứng minh dễ dàng:

$$q = d^2 / 2R \quad (1-9)$$

Khi đo cao với độ chính xác tới mm thì  $d > 50 \text{ m}$  phải tính đến ảnh hưởng độ cong Trái đất ( $d = 50 \text{ m}$ ,  $q = 0,2 \text{ mm}$ ). 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.

#### 1.4. Hệ tọa độ địa lý

Trong hệ tọa độ địa lý nhận trái đất là hình tâm  $O$  của quả đất là gốc tọa độ ( hình 1.3), hai mặt phẳng tọa độ là mặt phẳng xích đạo và mặt phẳng xích đạo và mặt phẳng chứa kinh tuyến gốc Greenwich. Tọa độ địa lý của điểm  $A$  được xác định bởi vĩ độ  $\varphi$  và kinh độ  $\lambda$  của nó.



Hình 1.3

Vĩ độ địa lý của điểm  $A$  là góc hợp bởi phương của đường dây dọi đi qua nó và mặt phẳng xích đạo, ký hiệu là  $\varphi_A$ . Nếu điểm  $A$  ở bắc bán cầu ( từ xích đạo về phía Bắc) thì gọi là vĩ độ Bắc còn điểm  $A$  ở phía nam ( từ xích đạo về phía Nam ) là vĩ độ Nam. Trị số của vĩ độ có giá trị từ  $0^0$  đến  $90^0$ .

Kinh độ địa lý của điểm  $A$  là góc nhị diện hợp bởi mặt phẳng kinh tuyến gốc Greenwich và mặt phẳng kinh tuyến qua điểm  $A$  đó ký hiệu  $\lambda_A$ . Điểm  $A$  nằm ở phía đông kinh tuyến gốc ta có kinh độ Đông, điểm  $A$  nằm ở phía tây ta có kinh độ Tây. Trị số kinh độ có giá trị từ  $0^0$  đến  $180^0$ .

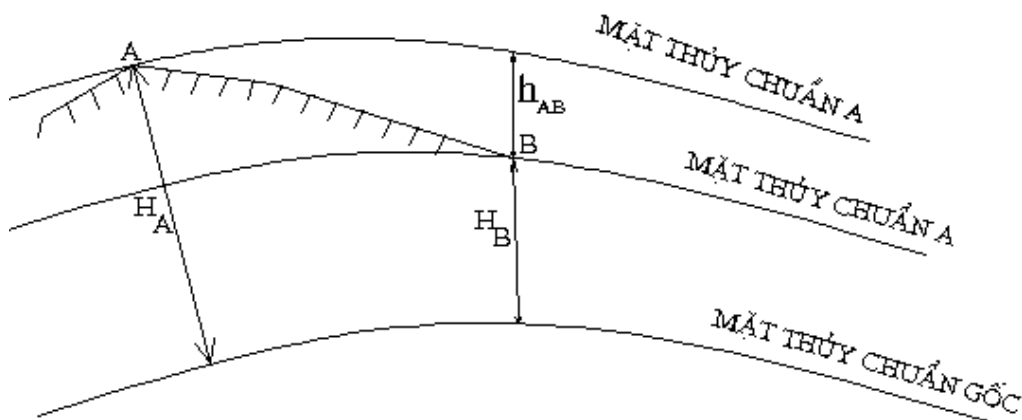
Lãnh thổ Việt nam nằm hoàn toàn trên phía bắc bán cầu và phía đông kinh tuyến gốc nên tất cả các điểm nằm trên đó đều có vĩ độ Bắc và kinh độ Đông.

Ví dụ: Cột cờ Hà Nội có tọa độ địa lý là  $\varphi = 21^0 02' B$ ,  $\lambda = 105^0 50' Đ$ .

Hệ tọa độ địa lý được xác định bằng phương pháp đo thiên văn nên còn gọi là tọa độ thiên văn.

#### 1.5. Hệ độ cao dùng trong Trắc địa

Như mục 1.1 đã giới thiệu mặt chuẩn để khởi tính độ cao là mặt thủy chuẩn, độ cao tuyệt đối của một điểm ( $H$ ) trên bề mặt đất là khoảng cách theo phương dây dọi từ điểm đó đến mặt thủy chuẩn gốc ( hình 1.4).



Hình 1.4

Độ cao tương đối hay chênh cao giữa hai điểm là khoảng cách tính theo phương dây dọi giữa hai mặt thủy chuẩn quy ước đi qua hai điểm đó. Trên hình 1.4,  $H_A$  và  $H_B$  là độ cao tuyệt đối của hai điểm A và B, còn chênh cao giữa hai điểm là  $h_{AB} = H_B - H_A$ .

Khi biết độ cao tuyệt đối của một điểm i là  $H_i$  và chênh cao giữa hai điểm là  $h_{ij}$  ta tính được độ cao tuyệt đối điểm j theo công thức:

$$H_j = H_i + h_{ij} \quad (1-10)$$

## 1.6. Phép chiếu bản đồ và hệ tọa độ vuông góc phẳng

Các kết quả đo đạc được tiến hành trên bề mặt đất tự nhiên được tính chuyển lên mặt Elipxoid sau đó được tính chuyển lên mặt phẳng. Việc tính chuyển các yếu tố từ Elipxoid lên mặt phẳng sẽ có biến dạng. Để hạn chế những biến dạng cần lựa chọn phép chiếu bản đồ thích hợp, tùy theo vị trí địa lý của từng vùng lãnh thổ và yêu cầu đặc điểm biến dạng mà áp dụng phép chiếu khác nhau, trong nội dung bài này chỉ nêu một số phép chiếu thông dụng.

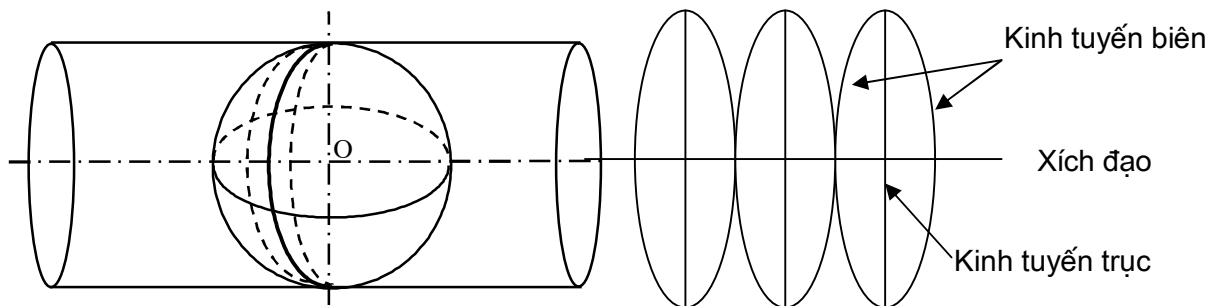
### 1.6.1. Phép chiếu Gauss - Krüger

Là phép chiếu hình trụ ngang đẳng góc

Chia Elipxoid thành 60 múi, mỗi múi  $6^\circ$ , đánh số thứ tự từ 1 ÷ 60 theo chiều từ Tây sang Đông bắt đầu từ kinh tuyến gốc Greenwich. Kinh tuyến giữa của mỗi múi được gọi là kinh tuyến trục (kinh tuyến giữa múi) có kinh độ được tính theo công thức:

$$L_0 = 3(2n - 1) \quad (n \text{ là số thứ tự múi chiếu}) \quad (1-11)$$

Lồng bên ngoài Elipxoid một hình trụ và tiếp xúc với Elipxoid tại một kinh tuyến trục của múi cần chiếu, trục quay của Elipxoid vuông góc với trục hình trụ (hình 1.5a).



Hình 1.5a

Hình 1.5b

Hình 1.5. Phép chiếu Gauss



Lấy tâm O của Elipxoid làm tâm chiếu, lần lượt chiếu từng múi lên mặt trụ bằng cách vừa xoay, vừa tịnh tiến. Sau đó, cắt hình trụ theo hai đường sinh và trải phẳng, được hình chiếu của 60 múi (hình 1.5b).

**Đặc điểm của phép chiếu Gauss - Kruger:**

- Không làm biến dạng về góc nhưng diện tích bị biến dạng.
- Hình chiếu của xích đạo và kinh tuyến trục vuông góc với nhau.
- Kinh tuyến giữa múi là trục đối xứng và không có biến dạng về chiều dài (tỷ lệ biến dạng bằng 1). Càng xa kinh tuyến trục, biến dạng chiều dài càng tăng (kinh tuyến biên có tỷ lệ biến dạng bằng 1.0014).

Để giảm tỷ lệ biến dạng, người ta chia nhỏ múi chiếu thành múi  $3^0$ , thậm chí  $1.5^0$ .

Phép chiếu Gauss được sử dụng để xây dựng hệ toạ độ HN72.

Hệ toạ độ vuông góc phẳng Gauss - Kruger:

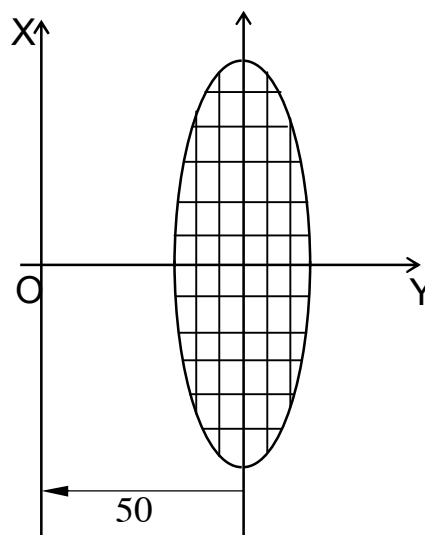
Trục X là hình chiếu của kinh tuyến trục, trục Y là hình chiếu của xích đạo và giao điểm của hai trục là gốc toạ độ O.

Như vậy, những khu vực ở Bắc bán cầu, giá trị X luôn dương còn giá trị Y có thể âm hoặc dương. Để tránh toạ độ Y âm, trục OX dời sang phía Tây 500km (hình 1.6).

Mỗi múi chiếu, thành lập một hệ toạ độ vuông góc cho múi đó, do đó có thể có điểm thuộc hai múi chiếu khác nhau lại có cùng giá trị toạ độ. Để tránh trường hợp này, người ta ghi kèm số thứ tự múi chiếu trước toạ độ Y.

Ví dụ: Toạ độ điểm A:  $X_A = 2\ 244\ 900.469m$   
 $Y_A = 18\ 594\ 655.609m$

(Điểm A nằm cách xích đạo 244900.469m về phía Bắc, thuộc múi chiếu thứ 18 và cách kinh tuyến trục  $594655.609 - 500000 = 94655.609m$  về phía Đông)



Hình 1.6

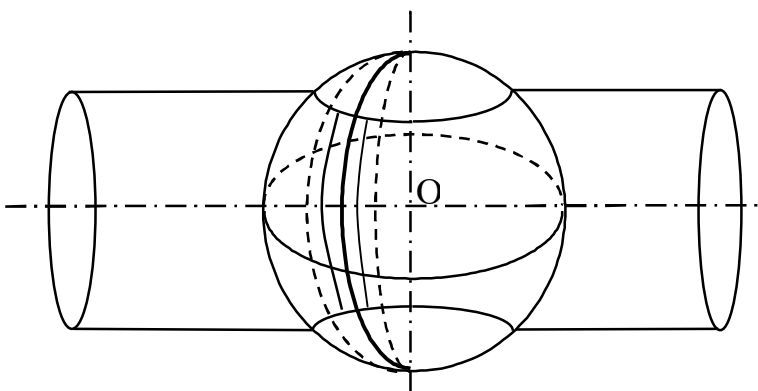
Để tiện sử dụng, trên bản đồ địa hình người ta kẻ sẵn những đường thẳng song song với các trục và cách đều nhau chẵn kilômét, gọi là lưới ô vuông hoặc lưới kilômét của bản đồ.

### 1.6.2 Phép chiếu UTM (Universal Transverse Mercator)

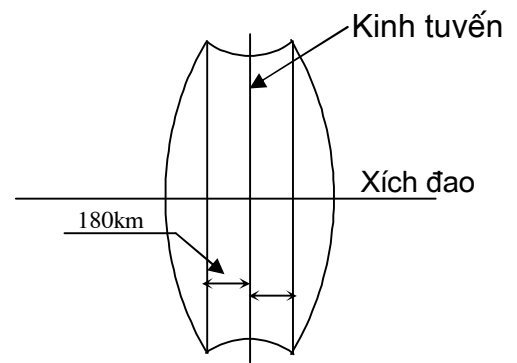
Tương tự như phép chiếu Gauss, Ellipsoid cũng chia thành 60 múi và đánh số thứ tự từ 1 ÷ 60 nhưng bắt đầu từ kinh tuyến ( $\lambda = 180^{\circ}\text{W}$ ) theo chiều từ Tây sang Đông.

Dùng hình trụ ngang cắt Ellipsoid tại hai kinh tuyến cách đều kinh tuyến trục 180km, lúc này kinh tuyến trục nằm phía ngoài mặt trụ còn hai kinh tuyến biên của múi nằm phía trong mặt trụ (hình 1.7a).

Lấy tâm O của Ellipsoid làm tâm chiếu, lần lượt chiếu từng múi lên mặt trụ bằng cách vừa xoay, vừa tịnh tiến. Sau đó, cắt hình trụ theo hai đường sinh và trải phẳng, được hình chiếu của 60 múi (hình 1.7b).



Hình 1.7a



Hình 1.7b

Hình 1.7. Phép chiếu UTM

#### **Đặc điểm của phép chiếu UTM:**

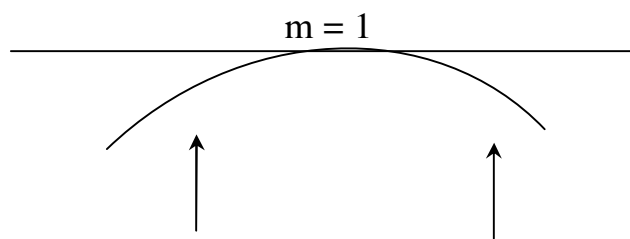
- Không làm biến dạng về góc nhưng diện tích bị biến dạng.
- Hình chiếu của xích đạo và kinh tuyến trục vuông góc với nhau.
- Tỷ lệ biến dạng về chiều dài tại hai kinh tuyến tiếp xúc bằng 1, tại kinh tuyến trục bằng 0.9996 (Đối với múi chiếu  $3^{\circ}$ , tỷ lệ này là 0.9999), ngoài kinh tuyến biên tỷ lệ biến dạng chiều dài lớn hơn 1.

So với phép chiếu Gauss, phép chiếu UTM giảm được tỷ lệ biến dạng ngoài biên và biến dạng là tương đối đều trên phạm vi múi chiếu.

Phép chiếu UTM được sử dụng để xây dựng hệ tọa độ VN 2000.

### 1.6.3 Phép chiếu thẳng góc

Khu vực có phạm vi nhỏ (bán kính nhỏ hơn 10km), có thể sử dụng phép chiếu thẳng góc. Sử dụng mặt phẳng tiếp xúc với điểm tâm khu vực cần chiếu ( hình 1.8).



Hình 1.8

Tâm chiếu ở vô cùng, các tia chiếu

song song nhau. Phép chiếu có độ biến dạng tại tâm khu vực = 1, tỉ lệ biến dạng tại khu vực khác nhỏ hơn sai số đo nên có thể bỏ qua.

## 1.7. Khái niệm về bản đồ bình đồ và mặt cắt

### 1.7.1. Khái niệm về bản đồ, bình đồ và mặt cắt

#### 1. Bản đồ

Bản đồ là hình ảnh thu nhỏ và đồng dạng của một khu vực mặt đất lên mặt phẳng nằm ngang theo một phép chiếu nhất định, có kể đến ảnh hưởng của độ cong quả đất.

Bản đồ có tỉ lệ thay đổi ở các phần khác nhau do sự biến dạng khi chiếu lên mặt phẳng. Tỉ lệ chính là tỉ lệ của hướng được chọn làm cơ sở cho việc thành lập bản đồ ( kinh tuyến hoặc vĩ tuyến), phần còn lại là tỉ lệ riêng.

Bản đồ được chia làm nhiều loại tùy theo mục đích sử dụng và nội dung biểu diễn.

#### 2. Bình đồ

Bình đồ là hình chiếu thu nhỏ và đồng dạng của một khu vực mặt đất lên mặt phẳng nằm ngang theo phép chiếu thẳng góc, không kể đến ảnh hưởng của độ cong Trái đất. Bình đồ có tỉ lệ duy nhất, trong xây dựng công trình dùng bình đồ là chủ yếu.

#### 3. Mặt cắt

Mặt cắt là hình chiếu thu nhỏ của một hướng nào đó ở ngoài thực địa lên mặt phẳng thẳng đứng. Mặt cắt địa hình đặc trưng cho địa hình theo tuyến ngoài thực địa.

### 1.7.2. Tỉ lệ bản đồ

1. Tỉ lệ bản đồ: Là tỉ số giữa đoạn thẳng trên bản đồ và độ dài thật của đoạn thẳng đó ngoài thực địa, ký hiệu là 1:M.

$$\frac{1}{M} = \frac{S_{bd}}{S_{td}} \quad (1-12)$$

Để tiện sử dụng người ta thường chọn mẫu số M là những số chẵn trăm, chẵn nghìn. Mẫu số M càng nhỏ thì mức độ biểu diễn địa vật càng chi tiết nên gọi là tỷ lệ lớn.

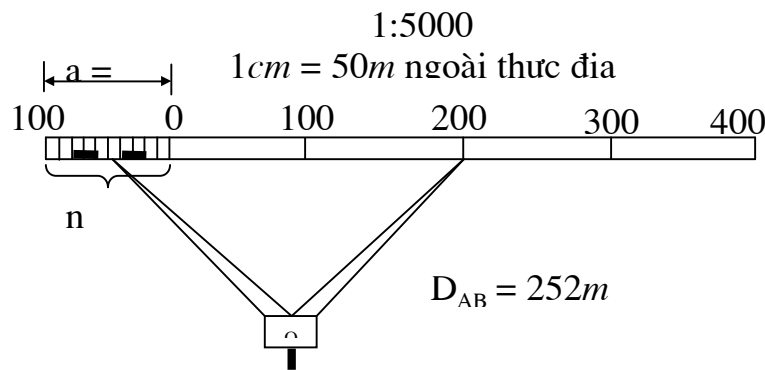
Trên bản đồ, mắt người, mắt người chỉ phân biệt được đoạn thẳng lớn hơn 0,1 mm vì vậy người ta lấy 0,1 mm làm cơ sở xác định độ chính xác của tỷ lệ (t).

$$t = 0,1 M \text{ mm} \quad (1-13)$$

2. Thước tỉ lệ: Để thuận tiện cho việc xác định khoảng cách trên bản đồ dễ dàng tại cuối tờ bản đồ có in sẵn thước tỉ lệ. Có hai loại thước tỉ lệ là thước tỉ lệ thẳng và thước tỉ lệ xiên.

a) Thước tỉ lệ thẳng:

Để dựng thước tỉ lệ thẳng trên đường thẳng ta đặt các đoạn thẳng liên tiếp bằng nhau, mỗi đoạn đó gọi là đơn vị cơ bản của thước, trên đoạn đầu tiên của thước ta chia làm n phần bằng nhau ( hình 1.9).



Hình 1.9. Thước tỉ lệ thẳng

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

b) Thước tỉ 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 và chia chúng ra n phần bằng nhau ( hình 1.10).

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)

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

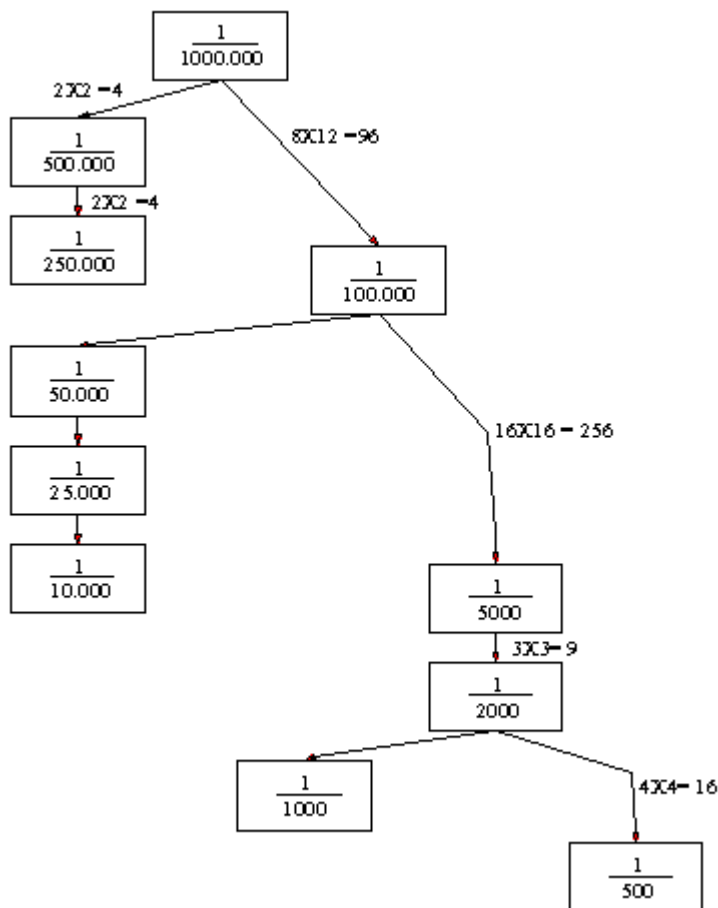
$$t_x = \frac{AO}{n.m} = \frac{AO}{10.10} = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ mm}$$

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.

### 1.8. Chia mảnh và đánh số bản đồ địa hình

Do kích thước tờ bản đồ địa hình có hạn ( thường là 50cmx50cm hoặc 60cmx60) nên khi biểu thị vùng đất rộng lớn cần nhiều tờ bản đồ ghép lại. Để tiện cho việc quản lý và sử dụng phải thống nhất các qui định chia mảnh và đánh số bản đồ.

Quy ước quốc tế qui định lấy tờ bản đồ 1/1000.000 làm cơ sở để chia mảnh và đánh số bản đồ, dưới đây là sơ đồ chia mảnh đánh số bản đồ địa hình theo phiên hiệu VN-2000 tại Việt Nam ( hình 1.11).



Hình 1.11. Sơ đồ phân mảnh đánh số bản đồ

### 1.9. Biểu diễn địa hình, địa vật trên bản đồ
















#### 1.9.1. 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...

Việc biểu diễn địa vật tuân theo các ký hiệu quy ước do Cục đo đạc bản đồ quy định. Các ký 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:

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

- 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 ký hiệu để biểu thị.

		Tháp cổ. Đình, chùa, đền, miếu
		Chòi cao. Tượng đài, bia tưởng niệm
		Nghĩa địa. Mộ xây độc lập
<i>Trg.</i>		Trường học. Bệnh viện
		Trạm tiếp xăng dầu. Lò nung, sấy
		Trạm biến thế. Cột anten
		Đài phát thanh, truyền hình. Trạm bưu điện
		Đài, trạm khí tượng. Điện thoại công cộng

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

Để biểu diễn địa vật đầy đủ, người ta còn dùng các ký hiệu chú giải đó là dùng các con số, chữ được ghi kèm theo ký hiệu.

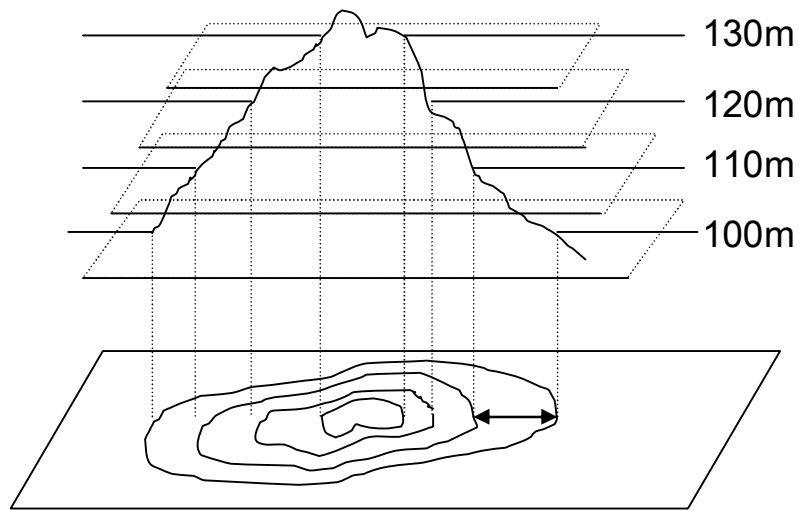
Tùy theo tỉ lệ bản đồ mà địa vật được biểu diễn ở mức độ chi tiết khác nhau, bản đồ tỉ lệ càng lớn thì địa vật được biểu diễn đầy đủ, chi tiết và chính xác hơn.

### 1.9.2. Biểu diễn địa hình

Địa hình là hình dáng, độ cao thấp của bề mặt đất. Có nhiều phương pháp để biểu diễn địa hình như: phương pháp kẻ vân, phương pháp tô màu, □ nhưng có nhiều ưu điểm và phổ biến nhất hiện nay là phương pháp đường đồng mức kết hợp ghi chú độ cao.

Đường đồng mức hay đường bình độ là đường nối liền các điểm có cùng độ cao ở trên mặt đất tự nhiên theo một quy luật nhất định, hay nói cách khác là

giao tuyến giữa mặt đất tự nhiên và mặt song song với mặt thủy chuẩn ( hình 1.12)



*Biểu diễn địa hình bằng đường đồng mức*

Hình 1.12

Các tính chất của đường đồng mức:

- Các điểm trên cùng một đường đồng mức có độ cao như nhau.
- Đường đồng mức là các đường cong tròn, liên tục và khép kín.
- Các đường đồng mức không cắt nhau.
- Các đường đồng mức càng sát nhau, mặt đất càng dốc. Các đường đồng mức càng xa nhau, mặt đất càng thoải.
- Đường vuông góc ngắn nhất 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  $h$ , khoảng cao đều  $h$  được lựa chọn phụ thuộc vào tỉ lệ bản đồ và độ dốc địa hình.

## Chương 2

### KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ SAI SỐ

#### 2.1. 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.

Khi tiến hành đo đạc một đại lượng cần phải dùng dụng cụ đo rồi tiến hành đo theo một phương pháp nhất định trong môi trường đo cụ thể.

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

$$\Delta = L - X \quad (2-1)$$

Giá trị sai số  $\Delta$  càng nhỏ, kết quả đo càng chính xác. Nghiên cứu các phương pháp đo, dụng cụ đo, phương pháp xử lý kết quả đo, nhằm đạt kết quả đo chính xác theo yêu cầu cũng là nhiệm vụ của Trắc địa.

Theo tính chất, theo quy luật mà sai số phân thành ba loại: sai số thô (sai lầm), sai số hệ thống, sai số ngẫu nhiên.

1. *Sai số thô*: Là sai số nhầm lẫn trong khi đo đạc hoặc tính toán. Ví dụ, khi đo khoảng cách nhầm hẳn một đoạn thước. Sai số thô thường có giá trị lớn nhưng dễ phát hiện và loại trừ nếu có biện pháp kiểm tra như thêm trị đo thừa.

2. *Sai số hệ thống*: Là sai số có trị số và dấu không đổi trong suốt quá trình đo. Nguyên nhân gây ra sai số hệ thống do người đo, dụng cụ đo hoặc ảnh hưởng của ngoại cảnh.

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 trong kết quả đo một cách ngẫu nhiên không biết trước quy luật xuất hiện cũng như trị số của nó.

Sai số ngẫu nhiên có tính chất như 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.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0 \quad (2-2)$$

Sai số ngẫu nhiên không thể tránh được trong quá trình đo đạc. Đây là sai số chính mà Lý thuyết sai số nghiên cứu.

## 2.2. Các tiêu chuẩn đánh giá độ chính xác kết quả đo

Để đánh giá độ chính xác của kết quả đo trực tiếp của một đại lượng người ta dùng các tiêu chuẩn sau:

### 2.2.1. Sai số trung bình cộng ( $\theta$ )

Trị đo L được đo n lần ( $L_1, L_2, \dots, L_n$ ) ta được n giá trị sai số thực tương ứng ( $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ ). Sai số trung bình cộng được tính:

$$\theta = \frac{[\Delta]}{n} \quad (2-3)$$

Ví dụ: Hai nhóm A và B cùng đo một góc  $\beta$ , mỗi nhóm có các sai số đo như sau:

Sai số thực nhóm A gồm có: -5", -3", +7", +1".

Sai số thực nhóm B gồm có: +5", -4", -3", +4".

Ta tính được sai số trung bình cộng tương ứng của hai nhóm là:

$$\theta_1 = \frac{5 + 3 + 7 + 1}{4} = 4''$$

$$\theta_2 = \frac{5 + 4 + 3 + 4}{4} = 4''$$

Nếu dùng tiêu chuẩn sai số số trung bình ta thấy nhóm A và nhóm B đạt độ chính xác như nhau, nhưng thực tế điều kiện đo của nhóm B tốt hơn vì biến động sai số của nhóm B nhỏ hơn nhóm A.

### 2.2.2. Sai số trung phương ( $m$ )

Để khắc phục sự hạn chế của sai số trung bình cộng, Gauss đưa ra công thức tính sai số trung phương nhằm khuếch đại phạm vi biến động của sai số ngẫu nhiên, giúp ta đánh giá chính xác hơn.

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} \quad (2-4)$$

Ví dụ: Từ số liệu hai dãy sai số thực ở trên, sử dụng công thức Gauss ta tính sai số trung phương của hai điều kiện đo là:

$$m = \sqrt{\frac{25 + 9 + 49 + 1}{4}} = \pm 4''58$$

$$m = \sqrt{\frac{25 + 16 + 9 + 16}{4}} = \pm 4''06$$

Lúc này ta có thể thấy kết quả đo của nhóm B độ chính xác tốt hơn nhóm A.

Trong thực tế, hầu hết chúng ta chưa biết được trị thực X. Vì vậy Betxen đưa ra công thức tính sai số trung phương với trị xác suất nhất  $\bar{L}$

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (2-5)$$

Trong đó:

$$v_i = L_i - \bar{L} \text{ là sai số xác suất nhất}$$

$$\bar{L} = \frac{[L]}{n} \text{ là trị xác suất nhất}$$

Sai số trung phương khuếch đại được phạm vi biến động của sai số, do đó sai số trung phương thường được dùng để đánh giá độ chính xác kết quả đo.

### 2.2.3. Sai số xác suất ( $\rho$ )

Là trị số nào đó của sai số ngẫu nhiên mà các sai số ngẫu nhiên khác có giá trị tuyệt đối lớn hơn hoặc nhỏ hơn đều có khả năng xuất hiện như nhau.

Nếu ta sắp xếp các sai số ngẫu nhiên theo thứ tự trị tuyệt đối tăng dần thì sai số nằm ở giữa là sai số xác suất. Tương quan giữa sai số xác suất và sai số trung phương là:

$$\rho = \frac{2}{3} m \quad (2-6)$$

### 2.2.4. Sai số giới hạn ( $f$ )

Là sai số mà các sai số ngẫu nhiên không vượt qua giá trị này, nếu vượt qua thì phải loại bỏ. Sai số giới hạn chính là sai số cho phép độ lớn của nó phụ thuộc vào điều kiện đo.

Thực nghiệm cho thấy khi đo một đại lượng 1000 lần trong cùng một điều kiện và tính sai số thực thì có ba giá trị sai số thực (0,3%) vượt qua giới hạn ba

lần sai số trung phương (3m) và có 50 giá trị sai số thực (5%) vượt quá giới hạn hai lần sai số trung phương (2m). Do đó người ta nhận giá trị của sai số giới hạn  $f = 3m$ . Trong công tác đòi hỏi độ chính xác cao, chọn sai số giới hạn  $f = 2m$ .

#### 2.2.5. Sai số tương đối $1/T$

Các chỉ tiêu trên đều là sai số tuyệt đối, trong một số trường hợp như đo chiều dài dùng tiêu chuẩn sai số tương đối sẽ phản ánh được rõ mức độ chính xác của kết quả đo. Sai số tương đối là tỉ số giữa sai số đo và giá trị của đại lượng đo.

$$1/T = m/L \quad (2-7)$$

Ví dụ: Đo cạnh  $S_{AB} = 100m$  có sai số trung phương  $m_{AB} = \square 1cm$ .

Cạnh  $S_{CD} = 2m$  có sai số trung phương  $m_{CD} = \square 1mm$ .

Áp dụng công thức tính sai số tương đối ta có:

$$\frac{1}{T_{AB}} = \frac{0,01}{100} = \frac{1}{10.000}$$

$$\frac{1}{T_{CD}} = \frac{0,001}{2} = \frac{1}{2.000}$$

Như vậy cạnh  $S_{AB}$  được đo chính xác hơn cạnh  $S_{CD}$ .

### 2.3. Sai số trung phương của hàm các đại lượng đo

Trong các bài toán trắc địa thường gặp các trường hợp một đại lượng được xác định gián tiếp thông qua các đại lượng đo trực tiếp khác. Vì vậy ta phải xác định sai số trung phương của hàm số các đối số là trị đo trực tiếp độc lập nhau.

#### 2.3.1. Sai số trung phương của hàm số có dạng tuyến tính

Xét hàm số:  $z = x + y$  (2-8)

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:

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

$$\Delta_z = \Delta_x + \Delta_y \quad (2-9)$$

Nếu mỗi đại lượng đo được đo  $n$  lần, như vậy ta có  $n$  đẳng thức dạng (2-9). Bình phương cả hai vế của các đẳng thức trên, ta có  $n$  đẳng thức có dạng:

$$\Delta_{zi}^2 = \Delta_{xi}^2 + \Delta_{yi}^2 + 2\Delta_{xi}\Delta_{yi} \quad (2-10)$$

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

$$\frac{[\Delta_z \Delta_z]}{n} = \frac{[\Delta_x \Delta_x]}{n} + \frac{[\Delta_y \Delta_y]}{n} + 2 \frac{[\Delta_x \Delta_y]}{n} \quad (2-11)$$

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 (2-4), ta có:

$$m_z^2 = m_x^2 + m_y^2 \quad (2-12)$$

Từ (2.12), có thể suy ra cho hàm có n biến số:

$$z = k_0 \pm k_1 x_1 \pm k_2 x_2 \pm \dots \pm k_n x_n \quad (2-13)$$

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

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

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

$$m_z^2 = k_1^2 m_1^2 + k_2^2 m_2^2 + \dots + k_n^2 m_n^2 \quad (2-14)$$

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

$$A = 53^\circ 18' 19'' \quad \text{với } m_A = \pm 2''$$

$$B = 69^\circ 35' 27'' \quad \text{với } m_B = \pm 3''$$

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

Giải:

$$C = 180^\circ - (A + B)$$

$$C = 180^\circ - (3^\circ 18' 19'' + 69^\circ 35' 27'')$$

$$C = 57^\circ 06' 14''$$

Sai số trung phương  $m_C$  tính theo (2-12)

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

$$m_C^2 = 2^2 + 3^2 = 13$$

$$\rightarrow m_C = \pm 3.6''$$

Giá trị của góc C là  $C = 57^\circ 06' 14'' \pm 3.6''$

### 2.3.2. Hàm số dạng tổng quát:

$$\text{Có hàm số: } z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2-15)$$

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

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

Ta có thể viết:

$$z + \Delta_z = f(x_1 + \Delta_1; x_2 + \Delta_2 \dots x_n + \Delta_n) \quad (2-16)$$

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

$$z + \Delta_z = f(x_1, x_2 \dots x_n) + \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta_n$$

Nghĩa là:

$$\Delta_z = \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta_n \quad (2-17)$$

Trên cơ sở (2.13) và (2.14) ta có sai số trung phương của hàm z là:

$$m_z^2 = \left( \frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^2 m_1^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial x_2} \right)^2 m_2^2 + \dots + \left( \frac{\partial f}{\partial x_n} \right)^2 m_n^2 \quad (2-18)$$

Trong đó:  $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ : Đạo hàm riêng phân của hàm z với biến số  $x_i$

$m_i$ : sai số trung phương của  $x_i$

Ví dụ: Đo chiều dài đoạn đường dốc được  $D = 50,00\text{m}$ ;  $m_D = \pm 0,05 \text{ m}$ , góc nghiêng  $V = 15^\circ 00'$ ;  $m_V = \pm 30''$ . Tính chiều dài bằng S và sai số trung phương của nó (hình 2.1)

Giải: Theo hình vẽ chiều dài S là:

$$S = D \cos V$$

$$S = 50,00 \cdot \cos 15^\circ 00' = 48,29 \text{ (m)}$$

Và sai số trung phương của chiều dài S:

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

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

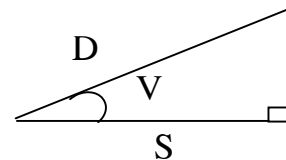
Thay số ta có:  $m_S = \pm 0,05 \text{ (m)}$

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

#### 2.4. Trị trung bình cộng và sai số trung phương của nó

Trong thực tế trị thực của một đại lượng và sai số thực không thể xác định được lên thường coi trị trung bình là gần với trị thực nhất.

Trong cùng một điều kiện đo, một đại lượng được đo n lần các giá trị mỗi lần đo là  $L_1, L_2, \dots, L_n$ , các sai số thực tương ứng là  $m_1, m_2, \dots, m_n$ . Trị trung bình cộng là:



Hình 2.1

$$\bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_n}{n} = \frac{[L]}{n} \quad (2-19)$$

$\bar{L}$  là hàm các trị đo  $l_i$ , theo (2-15) ta nhận được sai số trung phương của  $\bar{L}$  là  $m_L$ :

$$m_L^2 = \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_1^2 + \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_2^2 + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_n^2$$

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

$$m_L = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (2-20)$$

Từ công thức (2-20) 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.

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

$$m_L = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{(n-1).n}} \quad (2-21)$$

Trong đó số hiệu chỉnh  $v_i = \bar{L} - L_i$

Ví dụ: Chiều dài của một đoạn thẳng được đo 5 lần với số liệu trong bảng sau:

STT	$S_i$ (m)	$v_i$ (mm)	$v_i v_i$	Công thức
1	48,39	1	1	$m_s = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \pm 2\text{cm}$ $M_s = \frac{m_s}{\sqrt{n}} = \pm 0,9\text{cm}$
2	48,35	-3	9	
3	48,40	2	4	
4	48,37	-1	1	
5	48,39	1	1	
$\Sigma$	$\bar{S} = 48,38$	0	16	

## 2.5. Tính toán khi đo không cùng độ chính xác.

Trong thực tế kết quả đo được thực hiện trong điều kiện đo khác nhau sẽ có độ chính xác khác nhau. Để tính toán và đánh giá độ chính xác của kết quả đo không cùng độ chính xác đó, sử dụng khái niệm trọng số P:

$$P_i = \frac{c}{m_i^2} \quad (2-22)$$

Trong đó:  $m_i$ : Sai số trung phương của lần đo  $i$

$c$ : Hằng số tùy chọn

Và trung bình cộng  $\bar{L}$  của dãy trị đo không cùng độ chính xác (trung bình trọng số):

$$\bar{L} = \frac{P_1L_1 + P_2L_2 + \dots + P_nL_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{[Pl]}{[P]} \quad (2-23)$$

Sai số trung phương của kết quả đo không cùng độ chính xác:

$$m_{\bar{L}} = \pm \sqrt{\frac{[P_{vv}]}{(n-1)[P]}} \quad (2-24)$$

## 2.6. Đặc điểm tính toán trong Trắc địa

### 2.6.1. Các đơn vị dùng trong Trắc địa

#### 1. Đơn vị đo chiều dài:

Năm 1791 Tổ chức đo lường quốc tế lấy đơn vị đo chiều dài trong hệ SI là mét, người ta quy ước ‘ ‘ Một mét bằng một phần mười triệu chiều dài cung kinh tuyến đi qua Paris ’ ’.

Năm 1960, Hội nghị đo lường quốc tế định nghĩa lại ‘ ‘ Một mét bằng 1.650.763,73 lần chiều dài bước sóng bức xạ trong chân không của nguyên tử Krypton 86, tương đương với quỹ đạo chuyển dời của điện tử giữ hai mức năng lượng  $2P_{10}$  và  $5d_5$  ’ ’ Ngoài ra còn hay dùng các bội số và ước số của mét như: Kilomet (km), Đề xi mét (dm), xăng ti mét (cm), mi li mét (mm)...

Một số nước còn dùng đơn vị đo chiều dài của Anh: 1foot = 0.3048m, 1inch = 25.3mm, và dặm, hải lý.

#### 2. Đơn vị đo góc:

Góc được đo bằng độ <sup>(o)</sup> Grad (gr) hoặc Radian (rad)

Một độ (1°) là giá trị góc ở tâm chắn cung có chiều dài bằng 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 1/400 chu vi của đường tròn. Các ước số của grad:

Xăng ti grad  $1^c = \frac{1^{gr}}{100}$

Mili grad  $1^{cc} = \frac{1^c}{100}$

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:

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

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

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

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  $\rho$

$$\rho^{\circ} = 57,3$$

$$\rho' = 3438$$

$$\rho'' = 206265$$

## 2.6.2. Đặc điểm tính toán trong Trắc địa

### 1. Làm tròn số

Khi làm tròn, các số bỏ đi có giá trị nhỏ hơn 5 thì số trước đó giữ nguyên.

Khi làm tròn, các số bỏ đi có giá trị lớn hơn 5 thì số trước đó cộng thêm 1.

Khi làm tròn, các số bỏ đi có giá trị đúng bằng 5:

+ Số trước đó giữ nguyên nếu là chẵn

+ Số trước đó cộng thêm 1 nếu là lẻ.

VD:  $25.126 = 25.12$

$12.132 = 12.13$

$45.125 = 45.12;$      $36.135 = 36.14.$

### 2. Lấy đủ chữ số cần thiết

Khi tính toán cần lấy thêm một chữ số có nghĩa so với kết quả đo nhằm giảm ảnh hưởng của sai số làm tròn số.

VD: đo khoảng cách chính xác tới cm, kết quả tính lấy tới mm.

đo góc chính xác tới giây, kết quả tính lấy tới 1/10 giây.

Giá trị các hàm lượng giác lấy sau dấu phẩy 6 chữ số.

VD:  $\cos 30^{\circ}12'23'' = 0,864218.$

Riêng đối với các hàm lượng giác của các góc nhỏ, chúng ta có thể tính:

$$\sin \varepsilon = \varepsilon + \varepsilon^3/3! + \varepsilon^5/5! + \square = \varepsilon$$

$$\text{tg} \varepsilon = \varepsilon + \varepsilon^3/3 + \square^5/15 + \square = \varepsilon$$

VD:  $\sin 3'' = 3/206265 = 0.0000145 \text{ rad.}$



## Chương 3

### ĐO GÓC

#### 3.1. Khái niệm

Trong trắc địa góc được chia làm hai loại là góc bằng và góc đứng.

##### 3.1.1 Góc bằng

Góc bằng  $\beta$  của hai hướng OA và OB là góc nhị diện hợp bởi 2 mặt phẳng thẳng đứng, chứa OA và OB (hình vẽ 3.1).

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

##### 3.1.2 Góc đứng

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 vẽ 3.2)

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  $0^0 \div 90^0$

Trong thực tế, một số máy được chế tạo để đo góc thiên đỉnh Z. V và Z là hai góc có giá trị phụ nhau ( $V+Z=90^0$ ).

#### 3.2. Máy kinh vĩ

##### 3.2.1. Phân loại máy kinh vĩ

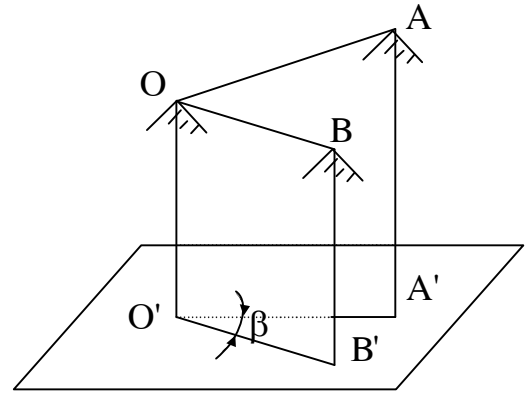
Máy kinh vĩ là dụng cụ để đo góc bằng và góc đứng ngoài ra còn dùng để đo chiều dài, chênh cao.

Theo độ chính xác máy kinh vĩ được chia thành 3 loại:

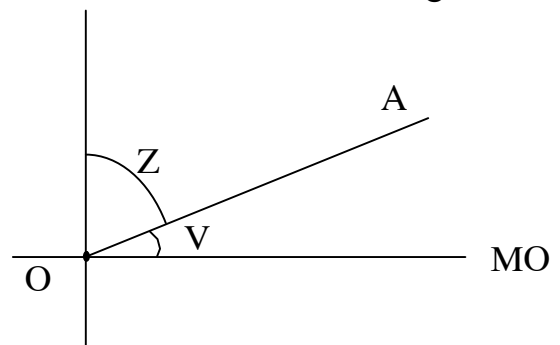
- Máy kinh vĩ độ chính xác cao:  $m_{\beta} = \pm 0''5 \div \pm 2''$
- Máy kinh vĩ độ chính xác:  $m_{\beta} = \pm 3'' \div \pm 10''$
- Máy kinh vĩ kỹ thuật:  $m_{\beta} = \pm 10'' \div \pm 60''$ .

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

- Máy kinh vĩ kim loại: bàn độ làm bằng kim loại và đọc số bằng kính lúp
- Máy kinh vĩ quang học: bàn độ làm bằng thuỷ tinh, đọc số bằng kính hiển vi
- Máy kinh vĩ điện tử: bàn độ bằng đĩa từ, đọc số nhờ màn hình hiển thị.



Hình 3.1 Góc bằng



Hình 3.2 Góc đứng

### 3.2.2. Cấu tạo máy kinh vĩ

Máy kinh vĩ được cấu tạo gồm các bộ phận cơ bản sau:

**1. Chân máy:** Bằng gỗ hoặc kim loại gồm ba chân, dùng để đặt máy kinh vĩ vào điểm đo. Các chân có thể thay đổi độ dài.

**2. Đế máy:** Là bàn đế có 3 ốc cân bằng, chúng để cân bằng máy khi đo.

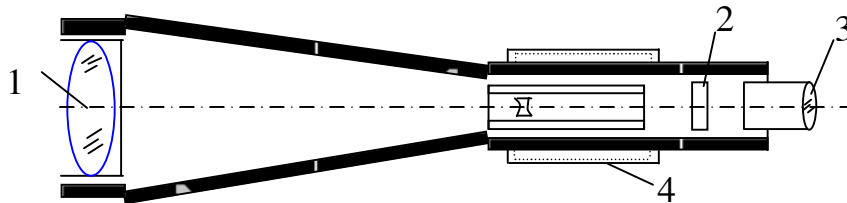
**3. Thân máy:** Gồm rất nhiều các bộ phận:

- Bàn độ ngang và bàn độ đứng
- Ống kính
- Ống thuỷ
- Bộ phận đọc số
- Các loại ốc khoá, ốc vi động...

a) Ống kính

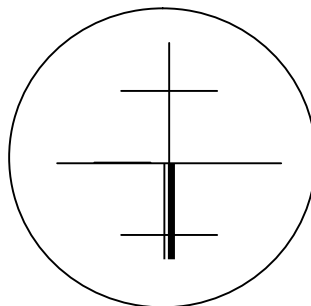
Là bộ phận xác định tia ngắm. ống kính được cấu tạo gồm các bộ phận chính (hình 3.3):

+ Kính vật 1 có tác dụng tạo ảnh thật của vật tại tâm màng chỉ chữ thập 2



Hình 3.3 Cấu tạo ống ngắm

+ Màng dây chữ thập 2: là một tấm kính phẳng trên đó khắc dây đứng và dây ngang vuông góc với nhau (hình 3.4). Ngoài ra trên màng chỉ chữ thập còn có khắc thêm cặp dây đo khoảng cách.



Hình 3.4. Hình ảnh của lưới chỉ 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 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 4.

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  $V^x$

$$V^x = \frac{f_v}{f_m} \quad (3-1)$$

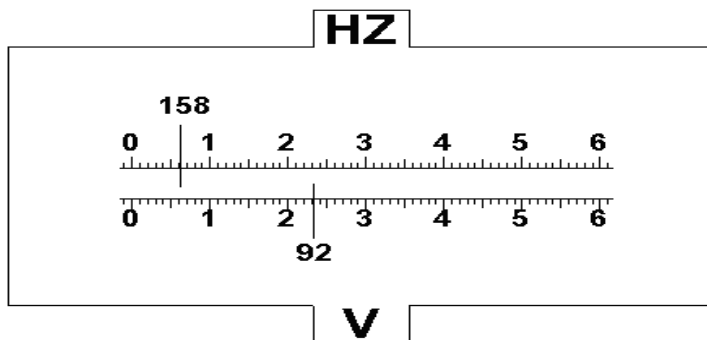
Trong đó:  $f_v$  - tiêu cự kính vật  
 $f_m$  - tiêu cự kính mắt

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

*b) Bàn độ và bộ phận đọc số*

Trên vành độ ngang và vành độ đứng được khắc vạch chia đều thành các khoảng. Mỗi khoảng giá trị vạch khắc có độ dài cung là  $1 \div 3\text{mm}$  tương ứng với góc ở tâm từ  $10' \div 60'$ . Khả năng phân biệt của mắt người chỉ có hạn, khoảng một phần mười của khoảng chia nhỏ nhất trên vành độ. Để tăng độ chính xác đọc số, người ta dùng các bộ phận đọc số như du xích, kính hiển vi một vạch, kính hiển vi thang vạch. Trong các máy kinh vĩ quang học thường sử dụng kính hiển vi thang vạch. Đối với các máy kinh vĩ có độ chính xác cao bộ phận đọc số được gắn thêm bộ đo cực nhỏ.

Trên hình 3.5 là hình ảnh của bàn độ ngang và bàn độ đứng khi nhìn qua kính hiển vi. Khi đọc số, dựa theo vạch khắc nào đó của vành độ nằm lọt trong thang vạch.

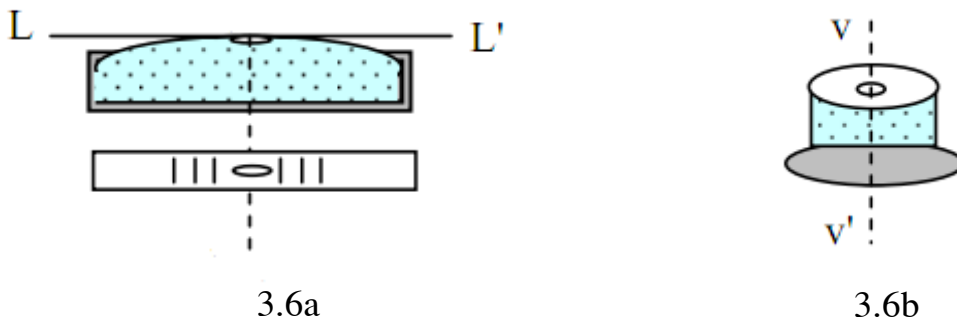


Số đọc trên bàn độ ngang là  $HZ = 158^{\circ}06,2'$ . Số đọc trên bàn độ đứng  $V = 92^{\circ}23'$

Hình 3.5

c) *Ống thủy*: Là bộ phận đưa dùng để cân bằng máy, ống thủy gồm 02 loại là ống thủy tròn và ống thủy dài.

- Ống thủy dài: Được cấu tạo từ một ống thủy tinh hình trụ với mặt trên phía trong có dạng cong tròn, bán kính  $R = 3 \text{ m} \div 200 \text{ m}$ . 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  $\tau$  (Hình 3.6). Giá trị  $\tau$  càng nhỏ thì độ chính xác của ống thủy càng cao (thường  $\tau = 15'' \div 60''$ ). 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 3.6

- Ống thủy tròn: Là ống thủy tinh hình trụ, mặt trong của ống thủy tròn có dạng chòm cầu, đỉnh mặt chòm cầu là "điểm không". Trên mặt chòm cầu khắc hai vòng tròn đồng tâm ( hình 3.6b) và khi bọt nước ở điểm không thì lúc đó trục đứng của ống thủy tròn thẳng đứng. Độ nhạy ống thủy tròn thấp hơn ống thủy dài, ống thủy tròn thường có độ nhạy  $\tau = 3' \div 7'$  nên chỉ dùng để cân bằng sơ bộ.

**d) Các loại ốc của máy kinh vĩ**

- Ốc nối: ốc dùng để liên kết máy với chân máy, nó thường được gắn vào chân máy.

- Ốc cân: Máy kinh vĩ có ba ốc cân nằm ở đế máy, các ốc cân này có thể dài ra hoặc ngắn lại nhằm mục đích cân bằng máy.

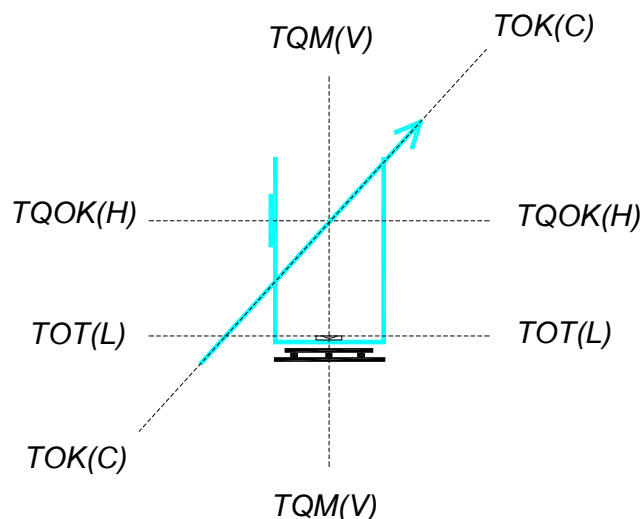
- Ốc hãm: Máy kinh vĩ gồm có ba ốc hãm. Ốc hãm trục quay máy, dùng để khống chế chuyển động của máy xung quanh trục quay máy. Ốc hãm trục quay ống kính khống chế chuyển động của ống kính xung quanh trục quay của

nó. Ốc hãm bàn độ ngang có tác dụng khống chế chuyển động tương đối của nó theo trục quay máy.

- Ốc vi động: Máy kinh vĩ có hai ốc vi động dùng để bắt chính xác mục tiêu. Ốc vi động đứng dùng để điều chỉnh ống kính chuyển động theo phương thẳng đứng trong một phạm vi nhỏ. Ốc vi động ngang có tác dụng điều chỉnh máy chuyển động trong một phạm vi nhỏ theo phương ngang. Lưu ý rằng ốc vi động đứng và vi động ngang chỉ làm việc khi các trục tương ứng là trục quay ống kính và trục quay máy đã được khóa lại.

### 3.3. Kiểm nghiệm các điều kiện cơ bản của máy kinh vĩ

Máy kinh vĩ là dụng cụ đo đạc chính xác, khi chế tạo chúng phải đảm bảo các điều kiện như sau ( hình 3.7)



Hình 3.7. Các trục máy kinh vĩ

Các điều kiện hình học mà các trục phải đảm bảo là:

- Trục ống thủy dài vuông góc với trục quay máy ( $TOT \perp TQM$ )
- Trục ống kính vuông góc với trục quay ống kính ( $TOK \perp TQOK$ )
- Trục quay ống kính vuông góc với trục quay máy ( $TQOK \perp TQM$ ).

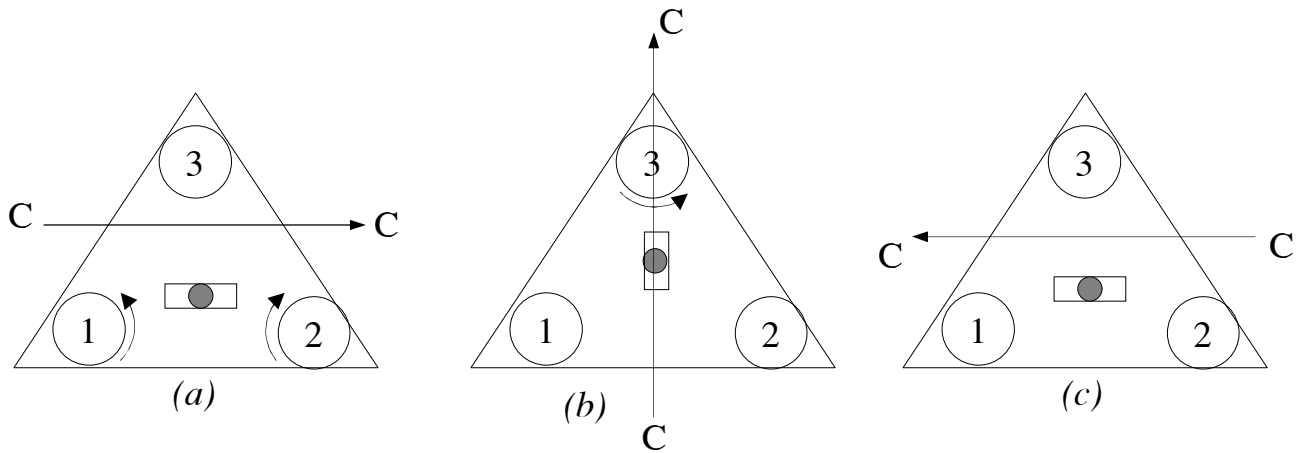
#### 3.3.1. Trục ống thủy dài vuông góc với trục quay máy

Sau khi cân bằng máy, quay máy để cho ống thủy dài song song với đường nối hai trong ba ốc cân, xoay hai ốc cân này đồng thời và ngược chiều nhau cho bọt thủy vào giữa.

Quay máy  $90^\circ$ , dùng ốc cân thứ ba đưa bọt nước vào giữa.

Quay máy đi  $180^\circ$ , nếu bọt nước không lệch hoặc lệch không quá nửa khoảng chia thì điều kiện này thoả mãn.

Nếu bọt nước lệch nhiều hơn cần phải điều chỉnh.



Hình 3.8. Kiểm nghiệm điều kiện  $TOT \perp TQM$

### 3.3.2. Trục ống kính vuông góc với trục quay ống kính ( 2C)

Đặt máy ở điểm A, sau khi cân bằng máy, quay máy về ngắm điểm B (cách máy  $25 \div 40m$ ). 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:

$$P - T - 180^\circ = 2c \quad (3-2)$$

Nếu  $2c \leq 3m_D$  (t: độ chính xác của bộ phận đọc số) thì coi như điều kiện này đã đảm bảo. Nếu  $2c > 3m_D$  cần phải điều chỉnh.

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

$$P' = P + c \quad (3-3)$$

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.

### 3.3.3. Trục quay ống kính vuông góc với trục quay máy ( 2i)

Cũng tương tự như kiểm nghiệm điều kiện 3.3.2, chỉ khác chọn mục tiêu trên cao. Điều kiện này đảm bảo nếu:  $T - P \pm 180^\circ \leq \pm 3.m_D$

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...

### 3.3.4. Kiểm nghiệm dây đúng chỉ chữ thập thẳng đứng

Sau khi cân bằng máy, hướng ống kính tới một dây dọi treo ở nơi kín gió cách máy 20÷25m. Nếu hình ảnh dây dọi trùng với dây chỉ đứng thì điều kiện này đảm bảo. Ngược lại hình ảnh dây dọi và dây chỉ đứng lệch nhau thì điều chỉnh bằng cách nới lỏng các ốc giữ lưới chữ thập và xoay lưới chỉ để dây đứng trùng với hình ảnh dây dọi rồi vặn chặt các ốc giữ lại.

### 3.3.5. Kiểm nghiệm điều kiện MO

MO là số đọc trên bàn độ đứng khi trục ngắm nằm ngang. MO có giá trị 0 hoặc 90° (nếu máy kinh vĩ đo góc thiên đỉnh). Do chế tạo, do quá trình sử dụng giá trị MO có thể sai khác, nếu giá trị sai khác này lớn sẽ ảnh hưởng tới độ chính xác đo góc đứng.

*Cách kiểm nghiệm:*

Sau khi cân bằng máy, để bàn độ đứng bên trái (thuận), ngắm về một điểm rõ nét và đọc số đọc trên bàn độ đứng, được số đọc T.

Quay máy, đảo ống kính, lúc này bàn độ đứng ở bên tay phải (nghịch), vẫn ngắm điểm đó, đọc số đọc trên bàn độ đứng, được số đọc P.

$$\text{Xác định MO theo công thức: } MO = \frac{T + P \pm 180^0}{2} \quad (3-4)$$

Nếu  $MO \leq \pm 3.m_D$  ( $m_D$ : sai số đọc số của máy) thì coi như điều kiện này đảm bảo. Nếu không, cần phải điều chỉnh.

Khi đo góc đứng ở hai vị trí bàn độ trái và phải, góc nghiêng ở hai vị trí thuận và đảo được tính:

$$\begin{aligned} V_T &= MO - Z_T \\ V_P &= Z_P - (180^0 + MO) \end{aligned} \quad (3-5)$$

Góc nghiêng trung bình giữa hai lần đo:

$$V = \frac{V_T + V_P}{2} = \frac{Z_P - (180^0 + MO) + MO - Z_T}{2} = \frac{Z_P - Z_T - 180^0}{2} \quad (3-6)$$

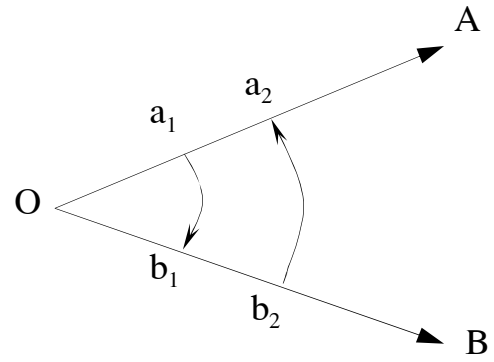
Như vậy, khi đo góc đứng ở hai vị trí ống kính thì kết quả trung bình sẽ không bị ảnh hưởng của sai số MO.

## 3.4. Đo góc bằng

### 3.4.1. Phương pháp đo góc đơn (đơn giản)

Phương pháp này áp dụng trong trường hợp tại trạm đo chỉ có hai hướng ngắm. Để tiến hành đo góc bằng  $\beta$  hợp bởi hai hướng OA và OB ( hình 3.9) ta làm như sau:

Đặt máy kinh vĩ lên chân máy tại điểm O tiến hành định tâm cân bằng máy, dựng hai sào tiêu tại điểm A và B. Mỗi vòng đo được tạo bởi hai nửa vòng đo độc lập nhau ở hai vị trí ống kính. Vòng đo thuận, bàn độ đứng bên tay trái người đo, vòng đo đảo bàn độ đứng bên tay phải người đo.



Hình 3.9

a) Nửa vòng đo thuận

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

- Mở ốc hãm, quay máy thuận kim đồng hồ ngắm chính xác B đọc được số  $b_1$ .

Giá trị góc là:  $\beta_1 = b_1 - a_1$  (3-7)

b) Nửa vòng đo đảo:

- Đảo ống kính qua thiên đỉnh quay máy ngược chiều kim đồng hồ ngắm B, đọc được  $b_2$ .

- Quay máy ngược kim đồng hồ ngắm về điểm A, đọc được trị số  $a_2$ . Giá trị góc khi đo đảo kính là:  $\beta_2 = b_2 - a_2$  (3-8)

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:

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \quad (3-9)$$

Nếu tại một trạm đo n vòng thì giá trị hướng ban đầu sẽ khác nhau  $\frac{180^\circ}{n}$  ở mỗi vòng đo.

### SỔ ĐO GÓC BẰNG THEO PHƯƠNG PHÁP ĐO ĐƠN GIẢN

Máy: T100 Số: 893

Người đo: Trần Văn An

Ngày đo: 20/09/2006

Người ghi: Nguyễn Văn Hùng

Thời tiết: trời nắng, gió nhẹ

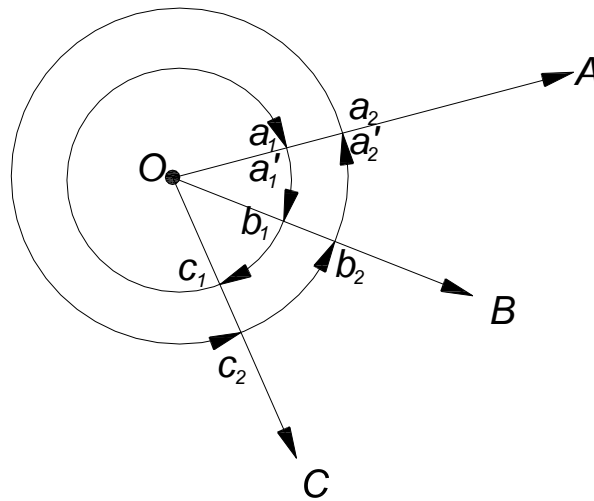
Người tính: Nguyễn Văn Hùng

Trạm đo Lần đo	Hướng đo	Số đọc bàn độ ngang		Góc nửa lần đo	Góc một lần đo	Góc trung bình
		Trái - T	Phải - P			
1	2	3	4	5	6	7
$\frac{O}{1}$	A	0°00'00''(1)	179°59'50''(4)	105°35'20''[1]	105°35'35''[3]	105°35'28''[4]
	B	105°35'20''(2)	285°35'40''(3)	105°35'50''[2]		
$\frac{O}{2}$	A	60°00'00''	240°00'20''	105°35'40''	105°35'35''	
	B	165°35'40''	345°35'50''	105°35'30''		



### 3.4.2. Phương pháp đo toàn vòng

Phương pháp này áp dụng cho trạm đo có ba hướng đo trở lên.



Hình 3.10

Giả sử đo góc tại trạm máy O gồm 3 hướng đo OA, OB và OC (hình 3.10). Máy kinh đã được định tâm và cân bằng chính xác tại O, tiêu ngắm đặt tại A, B, và C.

- Để bàn độ đứng bên trái (vị trí thuận ống kính), ngắm chính xác điểm A, quay máy thuận chiều kim đồng hồ lần lượt ngắm chính xác các điểm B, C và A, đọc số trên bàn độ ngang, lần lượt được các giá trị  $a_1, b_1, c_1, a'_1$ .

- Quay máy và đảo ống kính để bàn độ đứng bên phải (vị trí đảo ống kính), ngắm chính xác điểm A, quay máy ngược chiều kim đồng hồ lần lượt ngắm chính xác các điểm C, B và A, đọc số trên bàn độ ngang, lần lượt được các giá trị  $a_2, c_2, b_2, a'_2$ .

Cách ghi sổ đo góc bằng theo phương pháp đo toàn vòng được trình bày theo bảng 3.2.

### SỔ ĐO GÓC BẰNG THEO PHƯƠNG PHÁP ĐO TOÀN VÒNG

Máy: T100 Số: 724693

Ngày đo: 20/09/2006

Thời tiết: trời nắng, gió nhẹ

Người đo: Trần Văn An

Người ghi: Nguyễn Văn Hùng

Người tính: Nguyễn Văn Hùng

Bảng 3.2

Trạm đo Lần đo	Hướng đo	Số đọc bàn độ ngang		2c	Trung bình hướng	Quy 0	Góc trung bình
		Trái - T	Phải - P				
1	2	3	4	5	6	7	
Q 1	A	0 <sup>00</sup> '00''(1)	180 <sup>00</sup> '20''(8)	-20''	0 <sup>00</sup> '10''/12''[1]	0 <sup>00</sup> '00''[5]	
	B	42 <sup>00</sup> '36''(2)	222 <sup>00</sup> '36''(7)	-10''	42 <sup>00</sup> '36''15''[2]	42 <sup>00</sup> '36''03''[6]	42 <sup>00</sup> '36''00''[8]
	C	89 <sup>00</sup> '20''30''(3)	269 <sup>00</sup> '20''20''(6)	+10''	89 <sup>00</sup> '20''25''[3]	89 <sup>00</sup> '20''13''[7]	89 <sup>00</sup> '20''17''[9]
	A	0 <sup>00</sup> '00''10''(4)	180 <sup>00</sup> '00''20''(5)	-10''	0 <sup>00</sup> '00''15''[4]		
Q 2	A	60 <sup>00</sup> '00''10''	240 <sup>00</sup> '00''20''	-20''	60 <sup>00</sup> '00''15''/15	00 <sup>00</sup> '00''00''	
	B	102 <sup>00</sup> '36''20''	282 <sup>00</sup> '36''10''	+10''	102 <sup>00</sup> '36''15''	42 <sup>00</sup> '36''00''	
	C	149 <sup>00</sup> '20''40''	329 <sup>00</sup> '20''30''	+10''	149 <sup>00</sup> '20''35''	89 <sup>00</sup> '20''20''	
	A	60 <sup>00</sup> '00''10''	240 <sup>00</sup> '00''20''	-10''	60 <sup>00</sup> '00''15''		
Q 3	A	120 <sup>00</sup> '00''00''	299 <sup>00</sup> '59''50''	+10''	119 <sup>00</sup> '59''55''/-2	00 <sup>00</sup> '00''00''	
	B	162 <sup>00</sup> '35''50''	342 <sup>00</sup> '36''00''	-10''	162 <sup>00</sup> '35''55''	42 <sup>00</sup> '35''57''	
	C	209 <sup>00</sup> '20''10''	29 <sup>00</sup> '20''20''	-10''	209 <sup>00</sup> '20''15''	89 <sup>00</sup> '20''17''	
	A	119 <sup>00</sup> '59''50''	300 <sup>00</sup> '00''10''	-20''	120 <sup>00</sup> '00''00''		

### 3.5. Sai số 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 do môi trường:

Khi tia ngắm truyền trong môi trường đo có hệ số chiết suất khác nhau, nó bị khúc xạ sai số này là sai số chiết quang. Sai số này rất khó xác định vì nó luôn biến đổi theo yếu tố khí tượng. Để khắc phục không nên bố trí các hướng ngắm chạy dọc sông, bờ biển, qua khu công nghiệp....

Ảnh hưởng của bụi, ánh nắng.. làm cho hình ảnh của mục tiêu không được rõ nét, ánh sáng mặt trời chiếu trực tiếp vào máy làm cho các bộ phận của máy giãn nở không đều. Để hạn chế nên đo góc ở thời điểm thích hợp, có biện pháp bảo vệ máy như dùng ô che máy để cho các tham số kỹ thuật của máy được ổn định.

#### 2. Sai số do 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  $180^\circ/n$  sẽ làm giảm sai số các vạch khắc không đều nhau của vành độ.

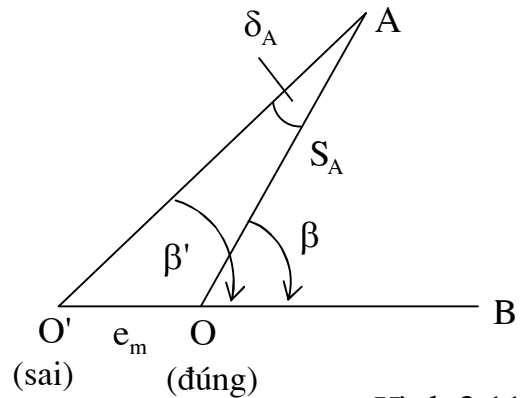
### 3. Sai số do người đo:

#### a) Sai số do định tâm máy:

Theo hình vẽ (3.11) máy đặt lệch tâm đoạn  $e_m$

$$\delta_A = \beta - \beta' = \frac{e_m}{S_A} \cdot \rho \quad (3-10)$$

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.



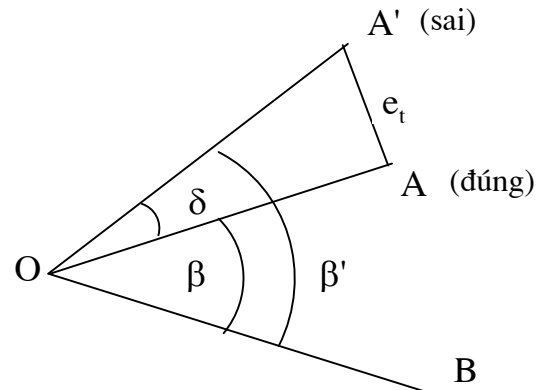
Hình 3.11

#### b) Sai số do định tâm tiêu

Tiêu bị lệch tâm do đặt tiêu ra ngoài mốc hoặc do dựng tiêu nghiêng ( hình 3.12). Sai số  $\delta$  do định tâm tiêu tại A là:

$$\delta = \frac{e_t}{S_A} \cdot \rho \quad (3-11)$$

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.



Hình 3.12

#### c) Sai số ngắm $m_n$ :

$$m_n = \pm \frac{60''}{V^x} \quad (3-12)$$

$60''$ : Góc nhìn tới hạn của mắt người đo.

$V^x$ : Độ phóng đại của ống kính.

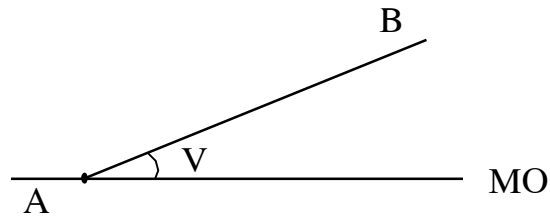
#### d) Sai số do đọc $m_d$

$$m_d = \frac{t}{2} \quad (3-13)$$

$t$ : 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.

### 3.6. Đo góc đứng



Hình 3.13 Đo góc đứng

Giả sử cần đo góc đứng hướng AB hình (3.13). Sau khi cân bằng, đặt máy tại điểm A.

Ở vị trí thuận kính, dùng chỉ giữa bất chính xác mục tiêu điểm B, đọc được số đọc T trên bàn độ đứng. Đảo kính, bắt lại mục tiêu điểm B, đọc được trên bàn độ đứng số đọc P.

Tùy vào cách khắc vạch mà ta xác định được giá trị MO, với máy Theo 020, T110, T100 MO được tính theo công thức:

$$MO = \frac{P + T \pm 180^0}{2} \quad (3-14)$$

Giá trị góc đứng (góc nghiêng) được xác định theo công thức:

$$\left. \begin{aligned} V^T &= MO^T - T \\ V^P &= P - MO^P \\ V &= (V^T + V^P)/2 \end{aligned} \right\} \quad (3-15)$$

Để tăng độ chính xác, ở mỗi vị trí ống kính người ta đo góc đứng ba lần ứng với ba vị trí bất mục tiêu bằng chỉ trên, chỉ dưới và chỉ giữa.

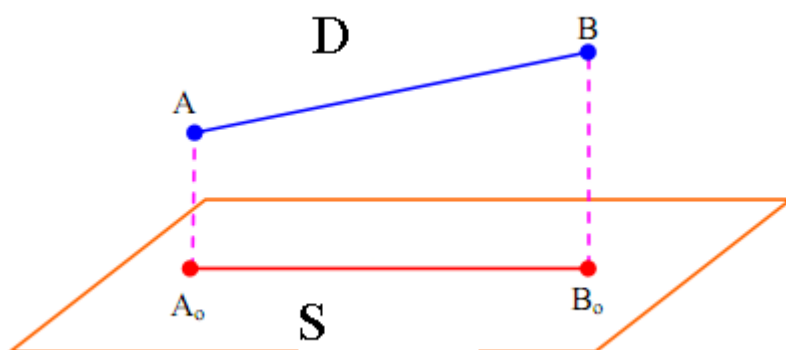
## Chương 4

### ĐO KHOẢNG CÁCH

#### 4.1. Khái niệm

Xác định khoảng cách giữa hai điểm là một trong các công tác đo cơ bản của trắc địa.

Giả sử có hai điểm A và B trên mặt đất tự nhiên ( hình 4.1) khoảng cách AB là khoảng cách nghiêng kí hiệu là D. Chiều hai điểm A và B nên mặt phẳng nằm ngang theo phương dây dọi được hình chiếu tương ứng là  $A_0$ ,  $B_0$ ; khoảng cách  $A_0B_0$  là khoảng cách ngang kí hiệu là S.



Hình. 4.1

Để xác định độ 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 thông qua một đại lượng khác được đo trực tiếp).

Phân loại đo khoảng cách theo dụng cụ đo có các phương pháp đo:

- Đo dài bằng thước: thước gỗ, thước vải, thước thép, thước inva.
- Đo dài quang học.

+ Dựa theo nguyên lý xác định một trong hai đại lượng của tam giác thị sai ( hình 5.2) và dùng công thức tương ứng để tính kết quả:

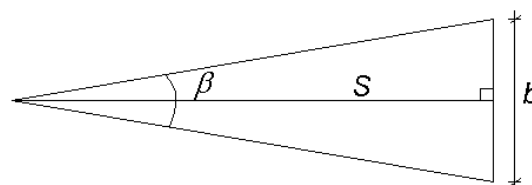
$$S = \frac{1}{2} b \cot g \frac{\beta}{2} \quad (4.1)$$

Trong đó:

b - Cạnh đáy;

$\beta$  - Góc thị sai.

- Đo dài bằng sóng điện từ: Đặt máy tại điểm A, thiết bị phản xạ sóng tại B chiều dài AB tính theo công thức:



Hình 4.2

$$S = \frac{v.t}{2} \quad (4.2)$$

v - vận tốc truyền sóng trong khí quyển;

t- thời gian sóng đi và về trên quãng đường AB.

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

- Đo dài bằng công nghệ GPS.

Phân loại đo dài theo độ chính xác ta có:

- Đo dài độ chính xác cao:  $\frac{1}{T} = \frac{1}{10^5} \div \frac{1}{10^6}$

- Đo dài độ chính xác trung bình:  $\frac{1}{T} = \frac{1}{5000} \div \frac{1}{10000}$

- Đo dài độ chính xác thấp:  $\frac{1}{T} = \frac{1}{200} \div \frac{1}{5000}$

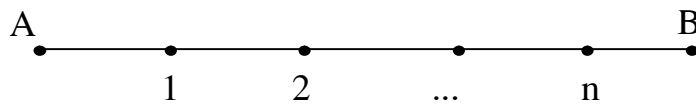
## 4.2. Đo khoảng cách bằng thước thép

### 4.2.1. Dụng cụ đo

Thước thép phổ biến dùng trong trắc địa thường có chiều dài là 20, 30, 50m, chiều rộng của thước 10-15mm, độ dày 0.2- 0.3mm. Để tăng độ chính xác khi đo thước được khắc đến mm ở dm đầu tiên. 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.

### 4.2.2. Định đường thẳng

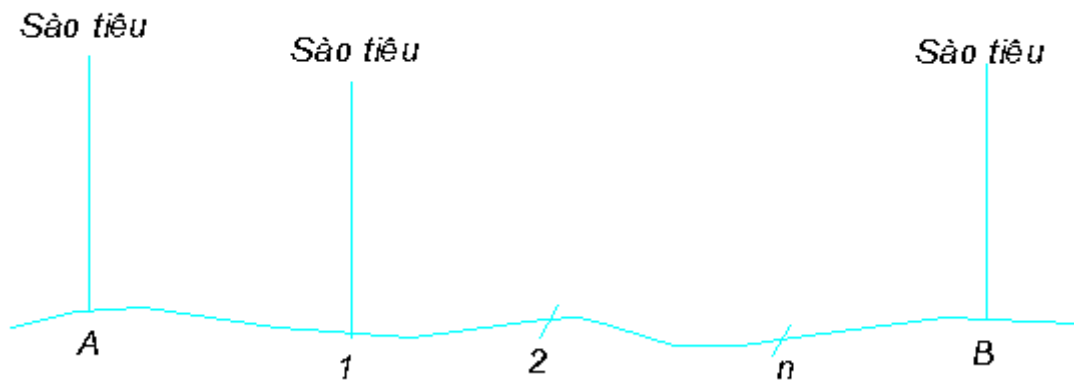
Thông thường chiều dài đoạn thẳng thường lớn hơn chiều dài của thước lên ta phải chia đoạn thẳng cần đo ra làm nhiều đoạn trên hướng đường thẳng đó sao cho chiều dài các đoạn này ngắn hơn chiều dài của thước (hình 4.3). Thao tác đó gọi là định đường thẳng. Việc định đường thẳng có thể bằng mắt thường hoặc bằng máy.



Hình 4.3

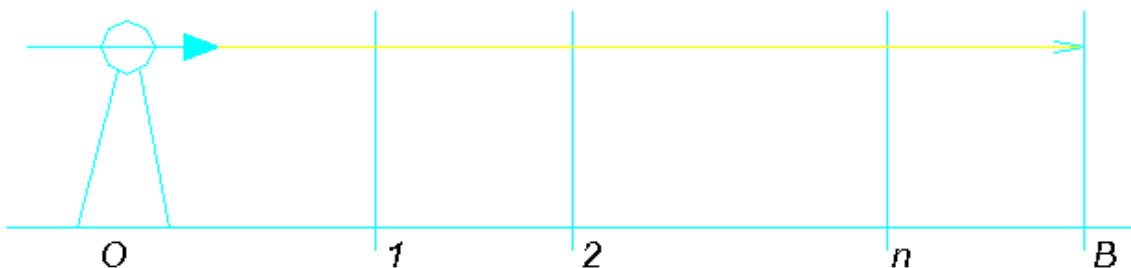
Định đường thẳng bằng mắt (hình 4.3) dựng sào tiêu tại hai điểm A và B, một người đứng phía sau điểm A ngắm 2 sào tiêu này trùng nhau. Điều chỉnh

người thứ hai dựng sào tiêu tại các điểm trung gian sao cho sào tiêu trùng với hướng ban đầu.



Hình 4.4

Định hướng bằng máy (hình 4.5) đặt máy kinh vĩ tại A cân bằng máy ngắm về sào tiêu tại B. Khóa 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.



Hình 4.5

#### 4.2.3. Đo và tính khoảng cách

Dùng thước thép xác định trực tiếp chiều dài giữa 2 điểm trung gian kề nhau. Phải tiến hành hai lần đo là đo đi và 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.

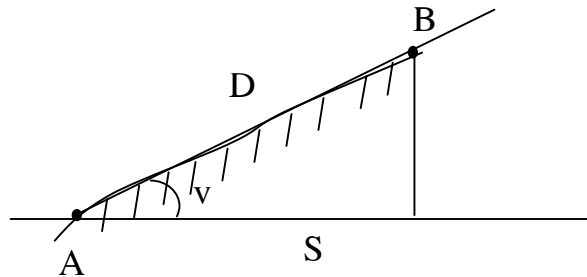
Nếu sai số tương đối  $\frac{\Delta S}{S} = \frac{S_{đi} - S_{về}}{S_{tb}}$  thoả mãn yêu cầu đặt ra của công trình thì tính giá trị trung bình đo đi và đo về làm kết quả cuối cùng.

$$S_{tb} = \frac{1}{2}(S_{đi} + S_{về}) \quad (4-3)$$

Khi khoảng cách giữa hai điểm đo được là khoảng cách nghiêng D, cần tính chuyển về chiều dài bằng S.

Nếu địa hình giữa A và B là dốc đều, xác định góc nghiêng V (hình 4.6) ta tính được

$$S = D \cos V \quad (4-4)$$

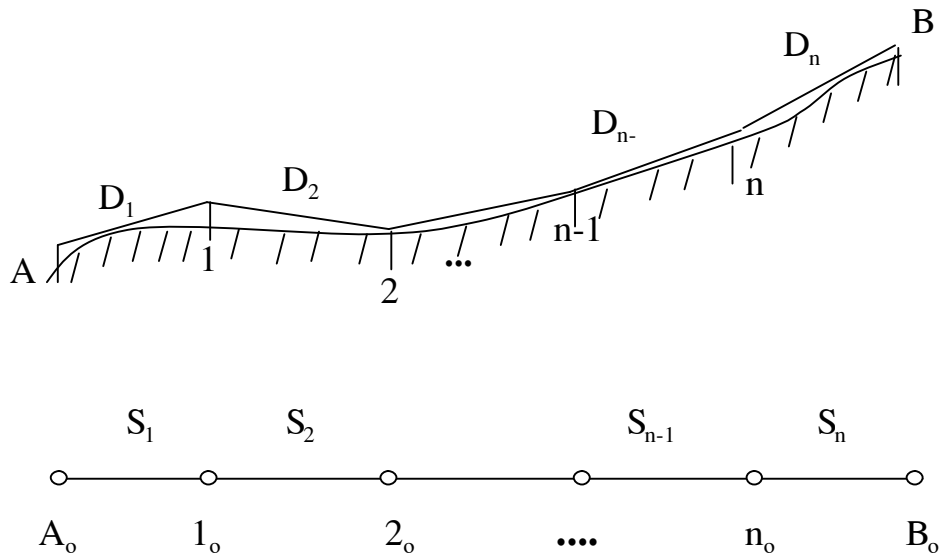


Hình 4.6

Nếu địa hình giữa A và B có độ dốc thay đổi (hình 4.7) 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:

$$S_i = D_i + \Delta D_i \quad (4-5)$$

$$\Delta D_i = - \frac{h_i^2}{2D_i} \quad (4-6)$$



Hình 4.7

Và chiều dài d của đoạn AB sẽ là:

$$S = \sum_{i=1}^n D_i - \sum_{i=1}^n \frac{h_i^2}{2D_i} \quad (4-7)$$

Trong đó:  $D_i$ : Chiều dài đo trực tiếp ở đoạn i

$h_i$ : Độ chênh cao giữa hai cọc phân đoạn i



#### 4.2.4. Sai số trong đo khoảng cách bằng thước thép

a) Sai số do kiểm nghiệm thước:

$$\Delta l_1 = l_t \cdot l_0 \quad (4-8)$$

$l_t$ : chiều dài thực tế

$l_0$ : chiều dài danh nghĩa

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

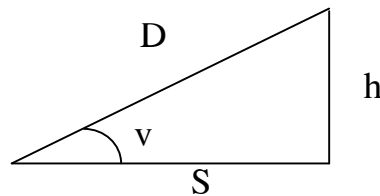
$$\Delta l_2 = \alpha l_0 \cdot \Delta t \quad (4-9)$$

$\alpha$ : 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 4.8)

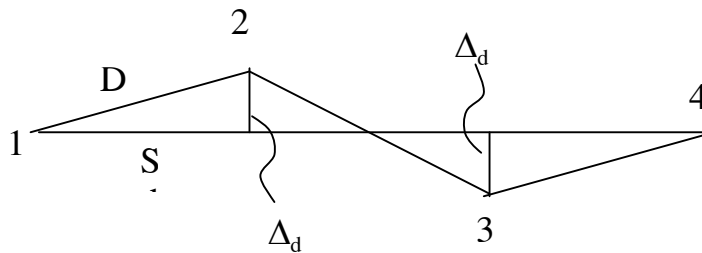
$$\Delta l_3 = \frac{h^2}{2D} \quad (4-10)$$



Hình 4.8

d) Sai số do định đường thẳng: (hình 4.9)

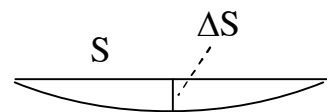
$$\Delta l_4 = \frac{\Delta_d^2}{2D} \quad (4-11)$$



Hình 4.9

e) Sai số do thước bị võng:

$$\Delta l_5 = \frac{8\Delta_s^2}{3!} \quad (4-12)$$



Hình 4.10

f) Sai số do lực kéo thước không đều:

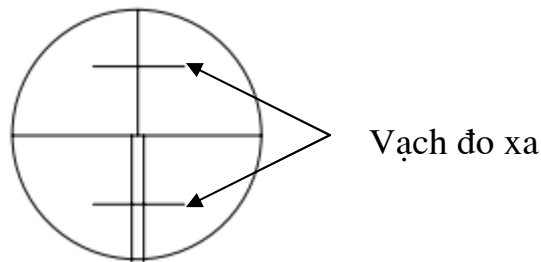
$$\Delta l_6 = \frac{d \cdot \Delta P}{q \cdot E} \quad (4-13)$$

Với:  $\Delta P$ : 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...

### 4.3. Đo khoảng cách bằng máy có cặp dây đo khoảng cách và mia đứng

Phương pháp đo khoảng cách trực tiếp chỉ thực hiện được khi địa hình thuận lợi. Trong trường hợp phải vượt sông ngòi, ao hồ... thì phương pháp đo khoảng cách gián tiếp là hợp lý. Một trong những phương pháp đo gián tiếp là đo bằng hệ thống lưới chỉ của máy kinh vĩ hoặc máy thủy bình ( hình 4.11) kết hợp với mia đứng. Mia là thước làm bằng gỗ hoặc kim loại chiều dài từ 3 ÷ 4m, khắc vạch đến cm.



Hình 4.11

Để đo khoảng cách giữa hai điểm A và B, máy đặt tại A, mia đặt tại B.

#### 4.3.1. Trường hợp tia ngắm nằm ngang

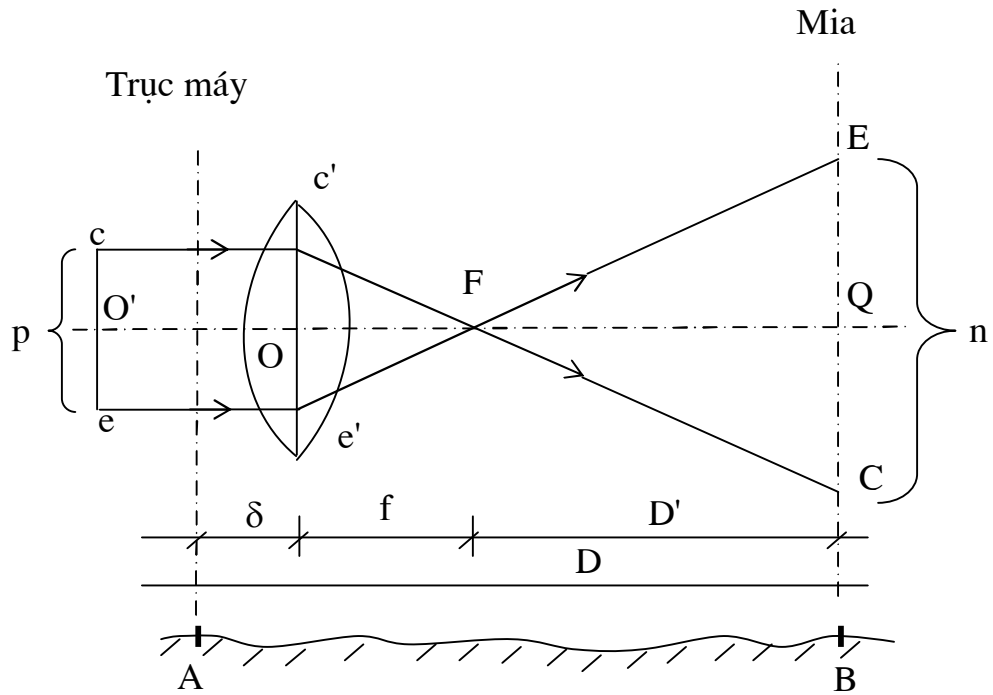
Theo hình 4.12 ta tính được:

$$\frac{D'}{f} = \frac{n}{p} \Rightarrow D' = \frac{f}{p} \cdot n \quad (4-14)$$

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

$$D = D' + f + \delta \quad (4-15)$$

Trong đó: f: tiêu cự của kính vật  
 p: khoảng cách giữa 2 dây đo khoảng cách  
 $\delta$ : khoảng cách từ trục quay của máy đến tâm của kính vật  
 n: khoảng cách trên mia giữa hai điểm E và C



Hình 4.12

Với mỗi máy cụ thể  $f + \delta = C$  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:

$$D = Kn + C \quad (4-16)$$

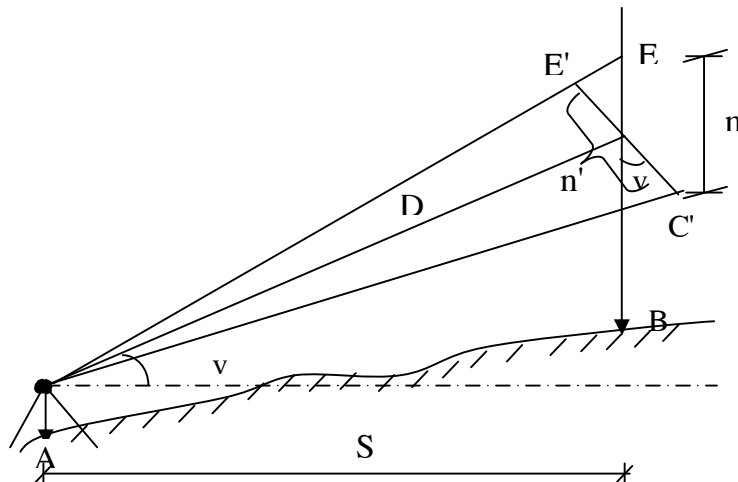
Hệ số  $C$  thường rất nhỏ so với khoảng cách cần đo nên có thể bỏ qua, khi đó:

$$D = Kn \quad (4-17)$$

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

### 4.3.2. Trường hợp tia ngắm nghiêng

Trong thực tế tia ngắm thường bị nghiêng so với mặt phẳng nằm ngang một góc  $V$  (hình 4.13).



Hình 4.13

$$\text{Khoảng cách nghiêng: } D = Kn' \quad (4-18)$$

$$n' = n \cdot \cos V \quad (4-19)$$

Khoảng cách nghiêng D:

$$D = Kn' = K \cdot n \cos V \quad (4-20)$$

Khoảng cách nằm ngang S:

$$S = D \cdot \cos V = K n \cos^2 V \quad (4-21)$$

Công thức (4-21) có thể viết dưới dạng:

$$S = Kn(1 - \sin^2 V) = Kn - Kn \sin^2 V \quad (4-22)$$

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  $V \leq 2^\circ$  có thể coi chiều dài nghiêng xấp xỉ chiều dài bằng.

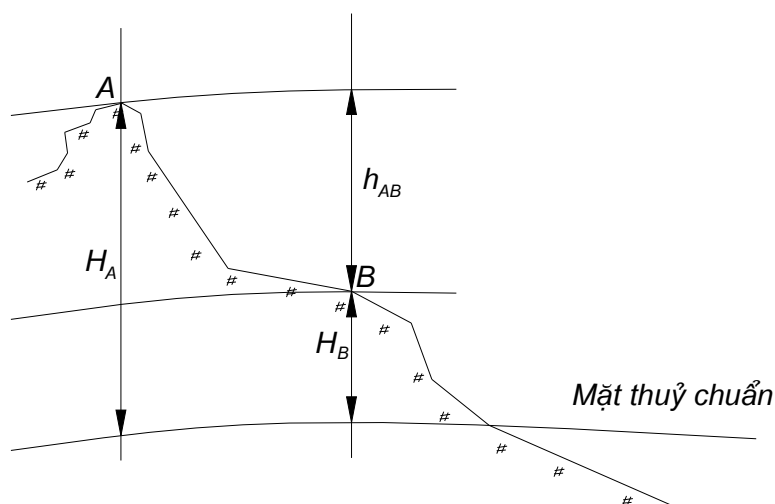
Đo chiều dài theo phương pháp này nhanh chóng, phù hợp với địa hình phức tạp song độ chính xác thấp (1:300).

## Chương 5

### ĐO CAO

#### 5.1. Khái niệm

Độ cao tuyệt đối của một điểm (H) là khoảng cách theo phương dây dọi từ điểm đó tới mặt thuỷ chuẩn gốc ( hình 5.1).



Hình 5.1

Độ cao tương đối hay chênh cao giữa hai điểm là khoảng cách tính theo phương dây dọi giữa hai mặt thuỷ chuẩn quy ước đi qua hai điểm đó:

$$h_{AB} = H_B - H_A \quad (5-1)$$

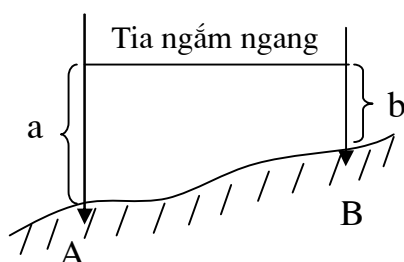
Đo cao là xác định chênh cao giữa hai điểm và từ độ cao của một điểm xác định độ cao của điểm còn lại:  $H_B = H_A + h_{AB}$  (5-2)

#### 5.2. Đo cao hình học

##### 5.2.1. Nguyên lý đo cao hình học

Dựa trên cơ sở tia ngắm ngang (hình 5.2) để xác định hiệu độ cao  $h_{AB}$  (chênh cao giữa hai điểm A và B).

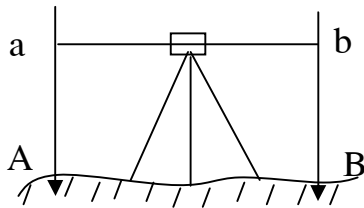
Đo cao hình học đạt được độ chính xác cao  $m_h = (0,5 \div 50)$  mm/km phương pháp này thường được áp dụng trong đo lưới khống chế độ cao, xây dựng công trình...



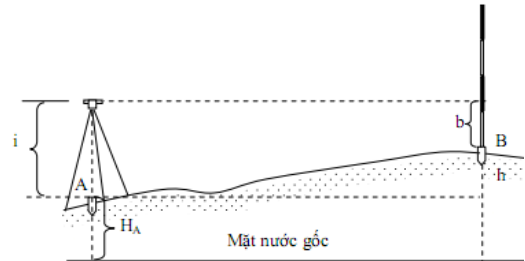
Hình 5.2

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

Nếu máy thủy bình đặt trong khoảng AB (hình 5.3a) 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 một phía ( hình 5.3b).



Hình 5.3a



Hình 5.3b

Phương pháp đo cao hình học từ giữa cho độ chính xác cao lên hay được áp dụng.

Giả sử cần xác định chênh cao giữa hai điểm A và B đặt máy thủy bình ở khoảng giữa A điểm đã biết độ cao  $H_A$  (mia sau) và B điểm cần xác định độ cao (mia trước), đọc các giá trị a, b trên mia dựng ở A và B (hình 5.3a) ta có:

$$h_{AB} = a - b \quad (5-3)$$

và: 
$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (5-4)$$

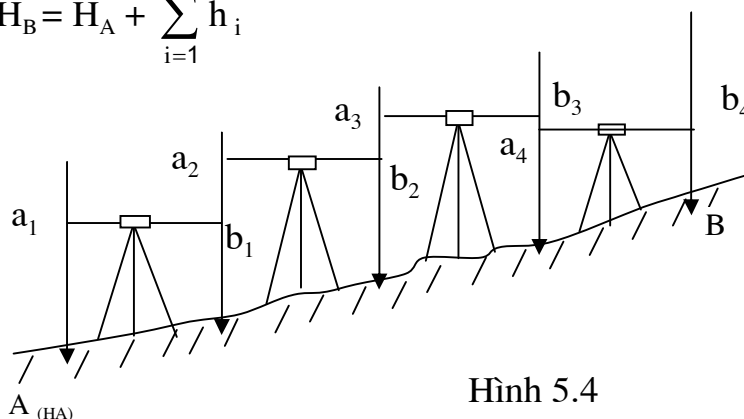
Nếu hai điểm A, B xa nhau (hình 5.4), cần phải thực hiện liên tiếp nhiều trạm đo. Khi đó:

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

$$h_{AB} = \sum_{i=1}^n h_i \quad (5-5)$$

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

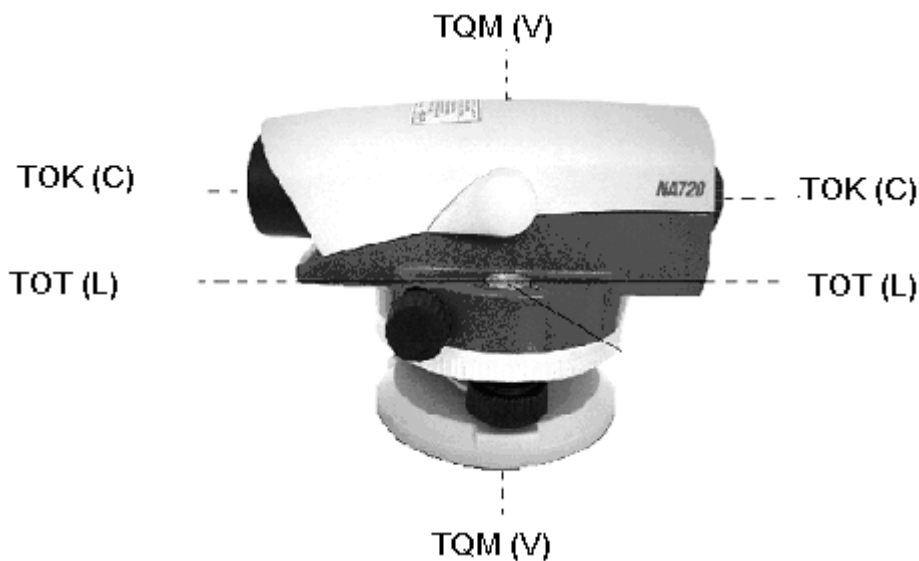
$$H_B = H_A + \sum_{i=1}^n h_i \quad (5-6)$$



Hình 5.4

## 5.2.2. Máy thủy bình và mia

1. *Máy thủy bình*: Là dụng cụ trắc địa chức năng chính dùng để đo cao ngoài ra còn dùng để đo góc và đo khoảng cách.



Hình 5.5a. Máy thủy bình



Hình 5.5b. Mia đo cao

Theo độ chính xác máy thủy bình được chia thành:

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

+ Máy thủy bình chính xác trung bình:  $m_h = (3 \div 8)$  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:  $m_h = (10 \div 30)$  mm/km. Sử dụng trong đo thủy chuẩn kỹ thuật và phục vụ xây dựng các công trình.

Theo cấu tạo máy thủy bình được chia thành hai nhóm:

+ Máy thủy bình có ốc kích nâng để điều chỉnh tia ngắm nằm ngang.

+ Máy thủy bình tự động điều chỉnh tia ngắm nằm ngang.

### 2. *Mia đo cao (hình 5.5b)*

Mia đo cao được làm bằng gỗ hoặc kim loại dài 3 mét, có hai mặt đều kẻ thang số chia vạch với khoảng chia nhỏ nhất đến cm. 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. Để mia mặt đen có giá trị 0,000 còn để mia mặt đỏ có giá trị khác không (4473, 4573...) gọi là hàng số mia. Giá trị để mia mặt đỏ của một cặp mia thường chênh nhau 100 mm. Mia có gắn ống thủy tròn để dựng mia được thẳng đứng.

### 5.2.3. Kiểm nghiệm các điều kiện của máy thủy bình

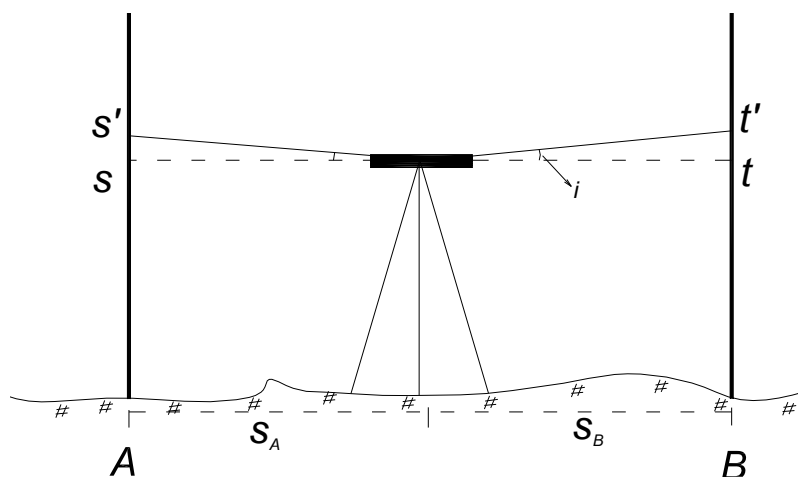
Cũng tương tự như máy kinh vĩ, máy thủy bình phải thỏa mãn các điều kiện hình học cơ bản:

1. Trục ống thủy dài vuông góc với trục quay máy
2. Dây ngang của dây chữ thập nằm ngang.
3. Trục ống kính song song với trục ống thủy dài (sai số góc  $i$ ).

Hai điều kiện 1 và 2 được kiểm nghiệm tương tự như đối với máy kinh vĩ.

**Kiểm nghiệm trục ống kính song song với trục ống thủy dài (hay còn gọi điều kiện trục ống kính nằm ngang hoặc sai số góc  $i$ )**

*Sai số góc  $i$* : Là góc hợp bởi trục ngắm ống kính và mặt phẳng ngang (hình 5.6).



Hình 5.6

Nếu máy thủy bình không có sai số góc  $i$ , các số đọc tương ứng trên mia A và B là  $s$  và  $t$ , chênh cao không chứa sai số  $h$  được xác định:

$$h = s - t \quad (5.7)$$

Nếu máy tồn tại sai số góc  $i$ , các số đọc tương ứng  $s'$  và  $t'$ , chênh cao bị ảnh hưởng của sai số góc  $i$  là:

$$h' = s' - t' \quad (5.8)$$

$$\text{Theo hình 5.6: } h' = (s + \overline{s's}) - (t + \overline{t't}) = (s + S_A \text{tgi}) - (t + S_B \text{tgi}) \quad (5.9)$$

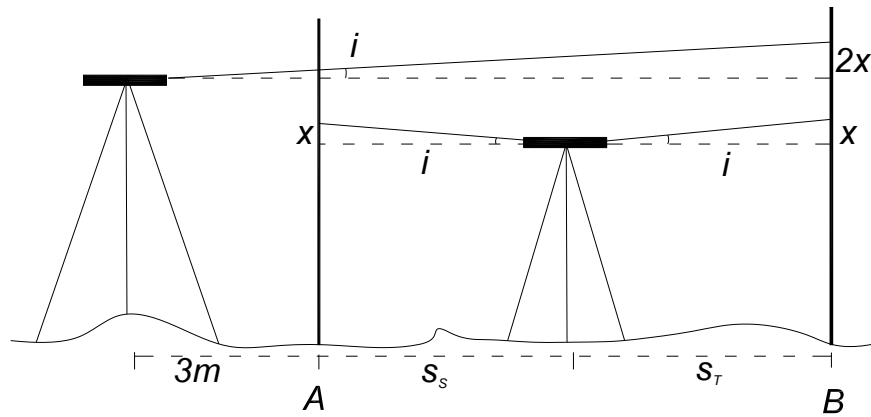
$$\text{Hay: } h' = h + (S_A - S_B) \text{tgi} \quad (5.10)$$

Nếu  $S_A = S_B$  thì  $h' = h$ , tức là máy đặt giữa hai mia thì sai số góc  $i$  bị triệt tiêu

*Kiểm nghiệm:*

Chọn hai điểm A và B trên khoảng đất tương đối bằng phẳng, cách nhau khoảng 50m ( hình 5.7).





Hình 5.7

Đặt máy cách đều hai điểm, cân bằng chính xác. Quay máy đọc số đọc mìa tại A, được giá trị  $s$ . Quay máy đọc số đọc mìa tại B, được giá trị  $t$ .

Chênh cao không chứa sai số góc  $i$ :  $h = s - t$

Chuyển máy cách mìa sau 2 - 3m. Đo chênh cao giữa hai điểm A và B lần thứ hai tương tự như trên.

Chênh cao chứa sai số góc  $i$ :  $h' = s' - t'$

Sai lệch giữa hai giá trị chênh cao  $h'$  và  $h$  là do ảnh hưởng của sai số góc  $i$ , sai lệch này phải nhỏ hơn một giá trị nhất định. Ví dụ khi đo cao hạng IV, hiệu  $(h - h') \leq \square 3\text{mm}$ .

#### 5.2.4. Đo cao hình học hạng 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 thuỷ bình có độ phóng đại ống kính  $V^x \geq 25^x$ ,  $\tau \leq 25''/2 \text{ mm}$ , mìa hai mặt đen đỏ có gắn ống thuỷ tròn.

Trình tự công việc tại mỗi trạm đo:

- Đặt máy ở giữa hai điểm cần đo, cân bằng sơ bộ máy bằng ống thuỷ tròn.
- Dựng mìa ở hai điểm sao cho mìa thẳng đứng (dựa vào ống thuỷ tròn gắn trên mìa).
- Quay máy ngấm mặt đen mìa sau, đọc số chỉ trên (t), chỉ giữa (g), chỉ dưới (d).
- Quay máy ngấm mặt đen mìa trước đọc số chỉ trên (t), chỉ giữa (g), chỉ dưới (d). Đọc số đọc trên mặt đỏ mìa trước theo vạch giữa
- Quay máy trở lại ngấm mặt đỏ mìa sau, đọc số theo vạch giữa.

Trước khi đọc các số đọc trên mìa phải dùng ốc kính nâng để đưa bọt thuỷ của ống thuỷ 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 lũy 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.

### SỔ ĐO ĐỘ CAO THỦY CHUẨN HẠNG IV

Máy: NA820 No 56971

Người đo: Trần Văn An

Ngày đo: 22- 1- 2006

Người ghi: Nguyễn Phúc Thắng

Thời tiết: Nắng, gió nhẹ

Người tính: Nguyễn Phúc Thắng

Hằng số mia:  $c_1 = 4475$ ,  $c_2 = 4575$ .

Trạm đo/ tuyến đo	$S_s$ (m) $S_T$ (m) $\Delta S/\Sigma S$	Kí hiệu mia Hằng số	Số đọc mia		Chênh cao trung bình $h_{TB}$ (mm)
			Sau (S)	Trước (T)	
1	2	3	4	5	6
1/A-B	74.2[1]	đen trên	1636(1)	2363(4)	
	77.0[2]	đen giữa	1265(2)	1978(5)	-713[7]
	151.2/-2.8	đen dưới	0894(3)	1593(6)	
	[3]/[4]	đỏ giữa	5741(8)	6553(7)	-812[8]
		c	4476[5]	4575[6]	+99[9]
1/B-C	88.8	đen trên	2600	2413	
	86.0	đen giữa	2156	1983	+173
		đen dưới	1712	1553	
	174.8/+2.8	đỏ giữa	6730	6454	+276
		c	4574	4471	-103

#### Trình tự tính toán và kiểm tra:

Khoảng ngắm: [1] = (1) — (3)

[2] = (4) — (6)

Tổng khoảng ngắm: [3] = [1] + [2]

Chênh lệch khoảng ngắm: [4] = [1] — [2]

Hằng số mia: [5] = (8) — (3)

[6] = (7) — (6)

Chênh cao mặt đen: [7] = (2) — (5)

Chênh cao mặt đỏ: [8] = (8) — (7)

Kiểm tra: [8] — [7] ≤ □ 5mm

Hằng số của cặp mia [9] = [6] — [5] = [7] — [8]

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

### 5.2.5. Độ chính xác trong 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.

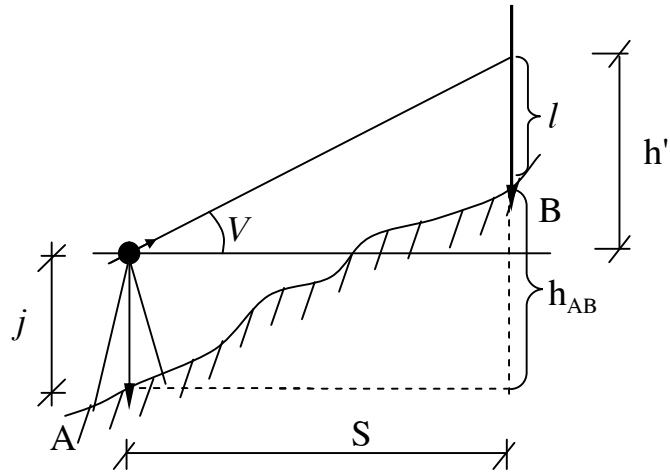
Khi đo cao phía trước hoặc sau, cần tính hiệu chỉnh sai số này vào kết quả đo khi chiều dài tia ngắm lớn hơn 50m.

### 5.3. Đo cao lượng giác

Đo cao hình học cho độ chính xác cao nhưng trong điều kiện địa hình phức tạp, độ dốc địa hình lớn thì phương pháp đo cao lượng giác có nhiều ưu điểm hơn.

Trong đo cao lượng giác chênh cao  $h$  được xác định qua góc nghiêng của tia ngắm và chiều dài bằng giữa hai điểm.

Để xác định chênh cao giữa hai điểm A và B (hình 5.8) tại A đặt máy kinh vĩ tiến hành đo chiều cao máy  $j$ . Ngắm mia tại điểm B đọc được số  $l$  trên mia. Đo góc đứng  $V$ .



Hình 5.8. Đo cao lượng giác

Theo hình vẽ ta có:

$$h' + j = h_{AB} + l$$

$$h_{AB} = h' + j - l \quad (5-11)$$

Nếu khoảng cách  $AB = S$  được xác định bằng thước thép thì:

$$h' = S \cdot \text{tag}V \quad (5-12)$$

$$\Rightarrow h_{AB} = S \text{tg}V + j - l \quad (5-13)$$

Nếu khoảng cách  $AB$  được đo bằng dây đo khoảng cách theo 4.21 ta có:

$$S = Kn \cos^2V$$

$$\text{khi đó: } h' = Kn \cos^2V \cdot \text{tag}V = \frac{1}{2} Kn \sin 2V \quad (5-14)$$

Thay (5-13) vào (5-11) được:

$$h_{AB} = \frac{1}{2} Kn \sin 2V + j - l \quad (5-15)$$

Với:  $K$ -hệ số đo xa của máy

$n$ -Khoảng cách trên mìa chắn giữa 2 vạch đo xa

$V$ -Góc nghiêng của tia ngắm

$j$ -Chiều cao máy đặt ở  $A$

$l$ -Số đọc trên mìa theo dây chỉ giữa

Từ (5-13) ta nhận thấy, để xác định độ chênh cao giữa hai điểm trên cần phải đo các yếu tố:  $j$ ,  $l$ ,  $v$ ,  $S$ . Nếu gọi các sai số tương ứng là  $m_j$ ,  $m_l$ ,  $m_v$ ,  $m_S$  thì sai số xác định độ chênh cao theo (5-13) sẽ là:

$$m_h^2 = \left(\frac{\partial h}{\partial d}\right)^2 m_s^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial v}\right)^2 \frac{m_v^2}{f_2^2} + \left(\frac{\partial h}{\partial l}\right)^2 m_l^2 + \left(\frac{\partial h}{\partial j}\right)^2 m_j^2$$

$$m_h^2 = \operatorname{tg}^2 V \cdot m_s^2 + S^2 \operatorname{Sec}^2 v \frac{m_v^2}{f_2^2} + m_l^2 + m_j^2 \quad (5-16)$$

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.

## Chương 6

# LƯỚI KHỐNG CHẾ MẶT BẰNG

### 6.1. Khái niệm

Lưới khống chế mặt bằng là tập hợp các điểm được cố định ngoài thực địa có tọa độ mặt bằng được xác định chính xác trong một hệ thống nhất.

Lưới khống chế mặt bằng được xây dựng theo nguyên tắc từ tổng thể đến cục bộ, từ độ chính xác cao đến độ chính xác thấp.

Theo quy mô và độ chính xác lưới khống chế mặt bằng được chia thành 03 dạng:

- Lưới khống chế nhà nước
- Lưới khống chế khu vực
- Lưới khống chế đo vẽ

Lưới khống chế mặt bằng nhà nước được xây dựng gồm 04 cấp. Lưới hạng I bao phủ toàn quốc, lưới hạng II chêm dày vào lưới hạng I, tiếp đó chêm dày thêm bằng lưới hạng III và hạng IV. Các chỉ tiêu kỹ thuật của lưới bảng 6.1

Bảng 6.1 Các chỉ tiêu kỹ thuật của lưới tam giác Nhà nước

Chỉ tiêu kỹ thuật	Hạng I	Hạng II	Hạng III	Hạng 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°	30°	30°	25°

Lưới khống chế khu vực được xây dựng dựa vào các điểm lưới khống chế nhà nước. Các dạng của lưới khống chế khu vực có thể là lưới giải tích cấp 1, cấp 2, đường chuyên cấp 1, cấp 2.

Bảng 6.2 Các chỉ tiêu kỹ thuật của lưới đường chuyên cấp 1, cấp 2

Yêu cầu kỹ thuật	Cấp I	Cấp II
Chiều dài đường chuyên (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 (m)	120 - 800	80 - 350
Góc nhỏ nhất	≥ 25°	≥ 25°
Số cạnh nhiều nhất trong đường chuyên	15	15
Sai số trung phương đo góc	± 5"	± 10"
Sai số khép góc của đường chuyên	≤ ±10" $\sqrt{n}$	≤ ±20" $\sqrt{n}$

Lưới khống chế đo vẽ là cấp cuối cùng của mạng lưới khống chế phục vụ trực tiếp cho việc đo vẽ bản đồ địa hình. Lưới khống chế đo vẽ được xây dựng dưới dạng đường chuyên kinh vĩ, lưới tam giác nhỏ, giao hội điểm... Độ chính xác của lưới khống chế đo vẽ phụ thuộc vào tỷ lệ bản đồ cần thành lập.

Theo phương pháp xây dựng lưới khống chế mặt bằng được chia thành:

- Phương pháp tam giác
- Phương pháp đường chuyên
- Phương pháp định vị vệ tinh

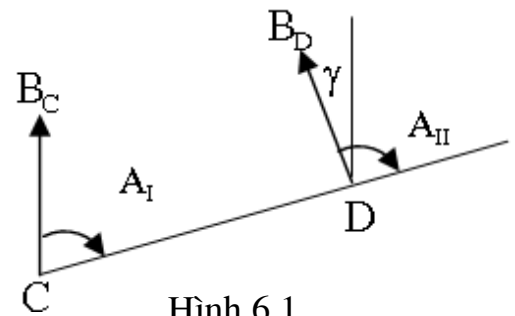
## 6.2. Định hướng đường thẳng

Định hướng đường thẳng là xác định góc giữa đường thẳng với một hướng được chọn làm hướng gốc. 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.

1. Góc phương vị thực: Là góc hợp bởi hướng bắc của kinh tuyến thực đến hướng của đường thẳng theo chiều kim đồng hồ ( hình 6.1).

Góc phương vị thực có giá trị từ  $0 \div 360^0$

Do các kinh tuyến thực không song song với nhau lên trên cùng một đường thẳng tại các điểm khác nhau góc phương vị thực sẽ khác nhau:  $A_{II} = A_I + \gamma$ . Trong đó  $\gamma$  là độ gần kinh tuyến  $\gamma = \Delta_\lambda \sin \varphi$ .



Hình 6.1

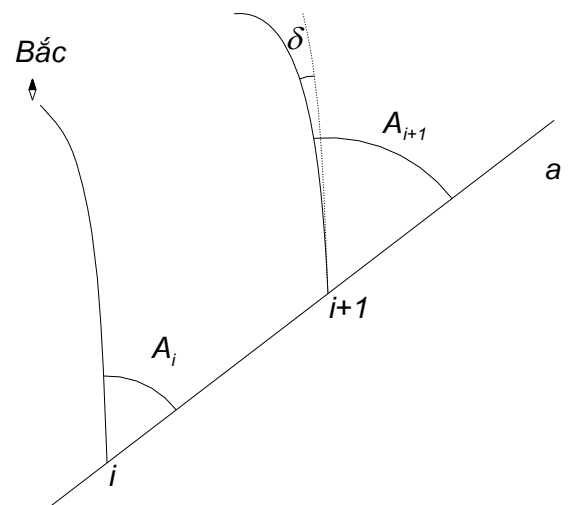
2. Góc phương vị từ:

Góc phương vị từ ( $A^t$ ) là góc tính từ hướng bắc của kinh tuyến từ (hướng kim nam châm) tới hướng của đường thẳng theo chiều thuận kim đồng hồ. Góc phương vị từ có giá trị từ  $0^0$  đến  $360^0$ .

Kinh tuyến từ các điểm khác nhau sẽ không song song với nhau. Do đó phương vị từ tại các điểm khác nhau trên cùng đường thẳng cũng khác nhau:

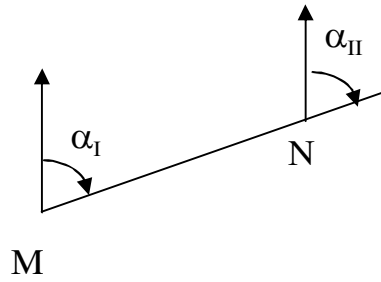
$$A_{i+1}^t = A_i^t \mp \delta$$

Trong đó:  $\delta$  - độ lệch từ.



Hình 6.2

3. *Góc định hướng*: Là góc hợp bởi hướng bắc của kinh tuyến trục (trục 0X) đến hướng của đường thẳng theo chiều kim đồng hồ. Giá trị góc định hướng từ  $0 \div 360^0$ .



Hình 6.3. Góc định hướng

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

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

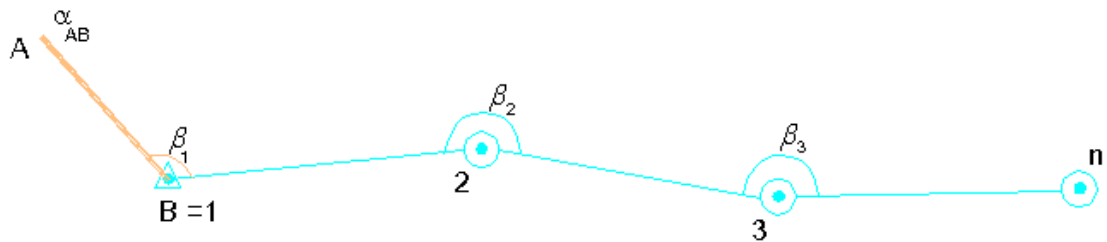
Theo hình (6.3), góc định hướng thuận  $\alpha_{MN}$  và góc định hướng nghịch  $\alpha_{NM}$  lệch nhau  $180^0$ .

$$\alpha_{NM} = \alpha_{MN} + 180^0 \quad (6-1)$$

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 bằng

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



Hình 6.4. Quan hệ giữa góc định hướng và góc bằng

Theo hình 6.4, góc  $\beta_1$  ở phía trái đường tính (hướng đi từ A đến N), ta có:

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{AB} - (180^0 - \beta_1)$$

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{AB} - \beta_1 + 180^0$$

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 ( $\alpha_d = \alpha_{AB}$ )

$$\alpha_n = \alpha_d + \sum_1^n \beta_i - n.180^0 \quad (6-2)$$

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

$$\alpha_n = \alpha_d - \sum_1^n \beta_i + n.180^0 \quad (6-3)$$

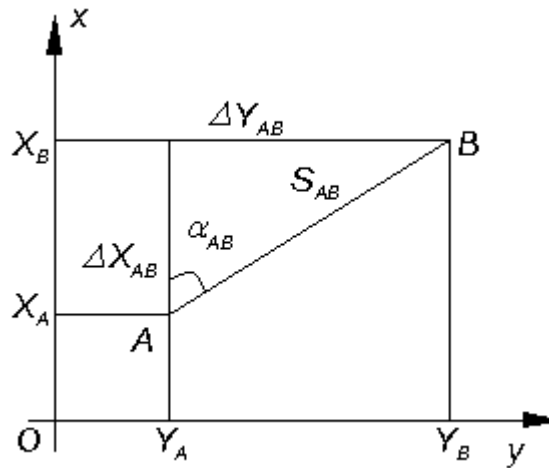
Từ (6-2) và (6-3) ta có thể viết

$$\alpha_n = \alpha_d \pm \sum_1^n \beta_i \mp n.180^0 \quad (6-4)$$

### 6.3. Hai bài toán trắc địa

#### 6.3.1. Bài toán thuận

Biết tọa độ điểm A ( $X_A, Y_A$ ), góc định hướng  $\alpha_{AB}$  và đo khoảng cách bằng  $S_{AB}$ . Tính tọa độ của điểm B ( $X_B, Y_B$ ).



Hình 6.5

Theo hình vẽ:

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB} \quad (6.5)$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB} \quad (6.6)$$

Trong đó:

$$\Delta X_{AB} = D_{AB} \cos \alpha_{AB} \quad (6.7)$$

$$\Delta Y_{AB} = D_{AB} \sin \alpha_{AB} \quad (6.8)$$

Thay (6.7), (6.8) vào (6.5), (6.6):

$$X_B = X_A + D_{AB} \cos \alpha_{AB} \quad (6.9)$$

$$Y_B = Y_A + D_{AB} \sin \alpha_{AB} \quad (6.10)$$

### 6.3.2. Bài toán đảo

Biết hai điểm A ( $X_A, Y_A$ ) và ( $X_B, Y_B$ ), tính khoảng cách bằng  $S_{AB}$  và góc định hướng  $\alpha_{AB}$ .

Ta có:

$$D_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} \quad (6.11)$$

Trong đó:  $\Delta X_{AB} = X_B - X_A$

$$\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A$$

Góc định hướng:  $tg \alpha_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}$  (6.12)

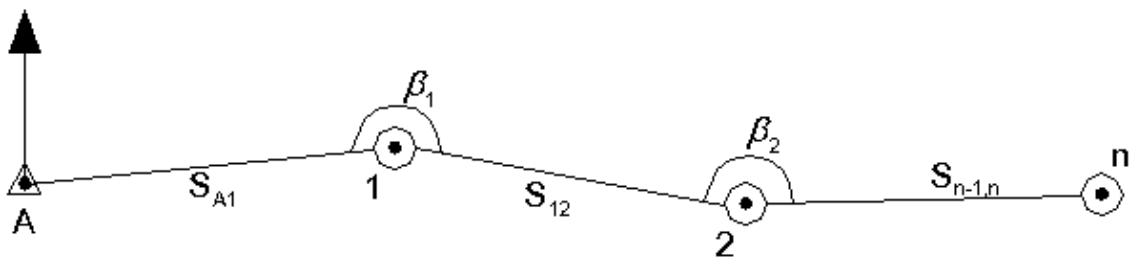
Tiến hành xét dấu  $\Delta X_{AB}$  và  $\Delta Y_{AB}$  để xác định góc định hướng  $\alpha_{AB}$

### 6.4. Đường chuyền kinh vĩ

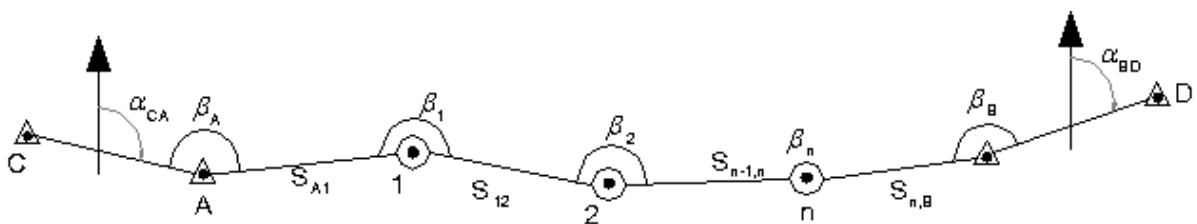
#### 6.4.1. Khái niệm

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

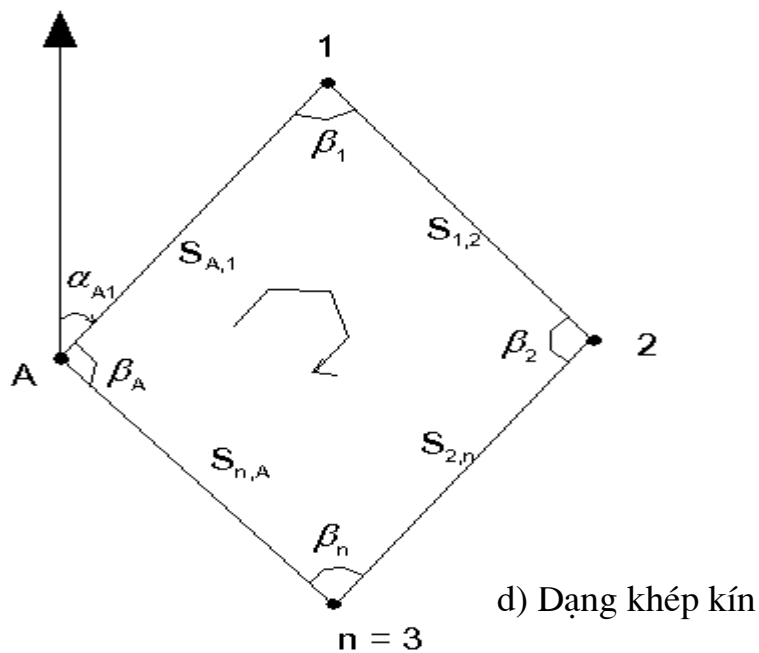
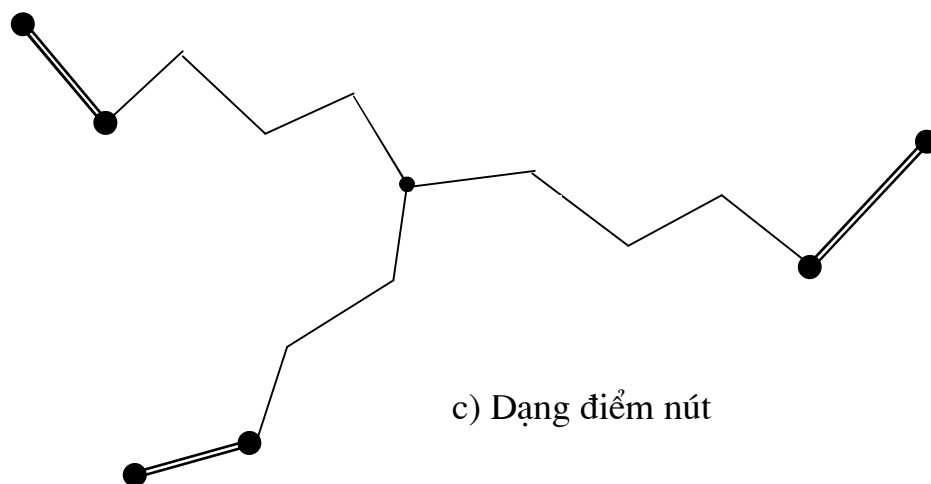
Các dạng của lưới đường chuyền:



a) Đường chuyền treo



b) Đường chuyền phù hợp



Hình 6.6. Các dạng lưới đường chuyên

### 6.4.2. Xây dựng lưới đường chuyên

Xây dựng đường chuyên kinh vĩ qua các bước thiết kế, khảo sát, chọn điểm, đo đạc và tính toán.

#### 1. Thiết kế đường chuyên:

Căn cứ vào nhiệm vụ đo vẽ và những điểm khống chế cấp cao hơn trong khu vực để bố trí các điểm đường chuyên sao cho chúng phân bố đều trên khu vực đo. Tùy điều kiện địa hình cụ thể mà chọn một trong các dạng đồ hình trên.

Chiều dài cạnh đường chuyên không vượt quá 350m, chiều dài toàn đường chuyên đơn quy định trong bảng 6.3

**Bảng 6.3**

Tỷ lệ đo vẽ	Khu vực quang đấng	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

**2. 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.

**3. Đo đường chuyên:**

+ *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 chuyên là:

$$f_{\beta_{cf}} \leq \pm 60'' \sqrt{n}$$

n: số góc của đường chuyên

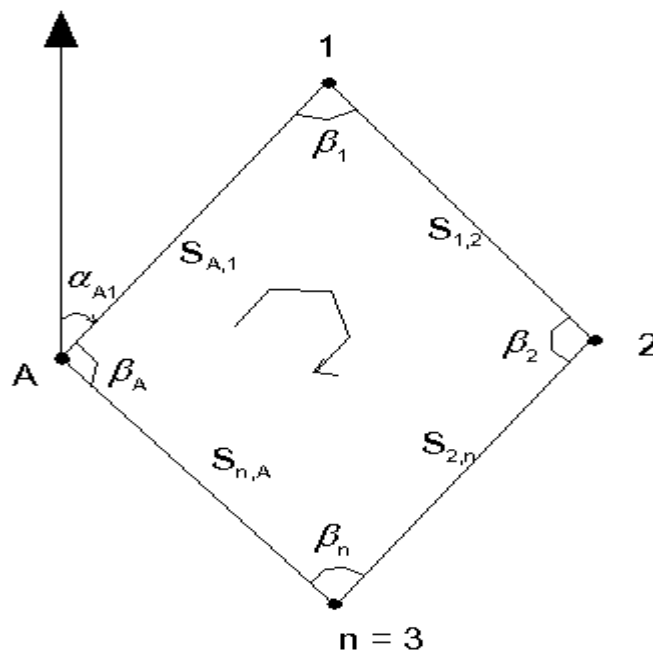
**2. Đo chiều dài cạnh**

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 đấng và 1:1000 đối với khu vực đồi núi. Nơi có góc dốc lớn hơn 1°5 cần phải tính chuyển từ chiều dài nghiêng về chiều dài nằm ngang.

**6.4.3. Tính toán bình sai lưới đường chuyên**

Do các kết quả đo tồn tại sai số lên để có tọa độ chính xác của các điểm trong lưới đường chuyên ta cần phải loại trừ các sai số, tính toán hiệu chỉnh kết quả đo để các đại lượng đo thỏa mãn điều kiện toán học. Công việc đó gọi là bình sai đường chuyên. Với các mạng lưới yêu cầu độ chính xác cao cần sử dụng phương pháp bình sai chặt chẽ. Đường chuyên kinh vĩ là lưới khống chế đo vẽ có độ chính xác thấp nên chỉ dùng phương pháp bình sai gần đúng.

1. Tính toán bình sai đường chuyên kinh vĩ khép kín (hình 6.7)



Hình 6.7

a) Tính sai số khép góc  $f_\beta$ :

$$f_\beta = [\beta] - (n-2)180^\circ \quad (6-13)$$

$[\beta]$ : Tổng các góc trong của đường chuyên

$n$ : Số đỉnh của đường chuyên

Tính sai số khép kín cho phép  $f_{\beta_{cf}} = \pm 60'' \sqrt{n}$  (6-14)

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:  $V_{\beta_i} = -\frac{f_\beta}{n}$  (6-15)

Khi đó góc sau hiệu chỉnh là:

$$\beta'_i = \beta_i + V_{\beta_i} \quad (6-16)$$

b) Tính góc định hướng các cạnh:

Góc định hướng của cạnh thứ  $i$  (góc  $\beta'_i$  nằm phía phải hướng tính)

$$\alpha_{i,i+1} = \alpha_{i-1,i} - \beta'_i + 180^\circ \quad (6-17)$$

Khi góc  $\beta'_i$  nằm phía trái hướng tính

$$\alpha_{i,i+1} = \alpha_{i-1,i} + \beta'_i - 180^\circ \quad (6-18)$$

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  $f_x, f_y$ .*

$$f_x = [\Delta x] \quad (6-19)$$

$$f_y = [\Delta y]$$

Trong đó:  $\Delta x_{i,i+1} = S_{i,i+1} \cdot \cos \alpha_{i,i+1}$   
 $\Delta y_{i,i+1} = S_{i,i+1} \cdot \sin \alpha_{i,i+1}$  (6-20)

Trên cơ sở sai số khép tọa độ  $f_x, f_y$  ta tính được sai số khép kín toàn phần  $f_s$  :

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (6-21)$$

Nếu:  $\frac{f_s}{[d]} \leq \frac{1}{2000}$  với vùng quang đẵng  
 $\leq \frac{1}{1000}$  với vùng đồi núi

Tiến hành tính số hiệu chỉnh gia số tọa độ cho các cạnh theo công thức:

$$V_{\Delta x_{i,i+1}} = -\frac{f_x}{[S]} \cdot S_{i,i+1} \quad (6-22)$$

$$V_{\Delta y_{i,i+1}} = -\frac{f_y}{[S]} \cdot S_{i,i+1}$$

và gia số tọa độ sau hiệu chỉnh là:

$$\Delta' x_{i,i+1} = \Delta x_{i,i+1} + V_{\Delta x_{i,i+1}} \quad (6-23)$$

$$\Delta' y_{i,i+1} = \Delta y_{i,i+1} + V_{\Delta y_{i,i+1}}$$

d) *Tính tọa độ các điểm:*

$$x_{i+1} = x_i + \Delta' x_{i,i+1} \quad (6-24)$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta' y_{i,i+1}$$

## 2. *Tính toán bình sai đường chuyền kinh vĩ phù hợp*

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 như sau:

- *Sai số khép góc:*

$$f_\beta = [\beta] - (\alpha_{CD} - \alpha_{AB}) - (n+1) 180^\circ \quad (6-25)$$

- *Tính sai số khép tọa độ:*

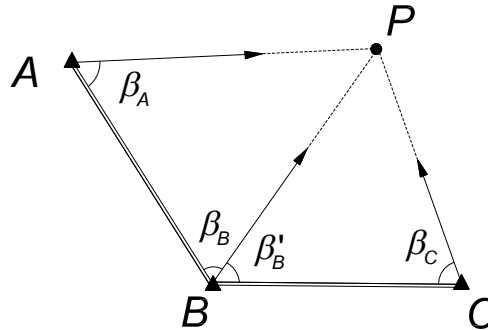
$$f_x = [\Delta x] - (x_C - x_B) \quad (6-26)$$

$$f_y = [\Delta y] - (y_C - y_B) \quad (6-27)$$

## 6.5. Xây dựng lưới mặt bằng bằng phương pháp giao hội

### 6.5.1 Giao hội góc thuận

Từ hai điểm khống chế đã biết toạ độ A, B tiến hành đo góc giao hội  $\beta_A, \beta_B$  tới điểm cần xác định toạ độ P (hình 6.8).



Hình 6.8

Toạ độ điểm P được tính theo công thức (Công thức Iung):

$$X_P = \frac{Y_B - Y_A + X_A \cot g\beta_B + X_B \cot g\beta_A}{\cot g\beta_B + \cot g\beta_A} \quad (6.28)$$

$$Y_P = \frac{X_A - X_B + Y_A \cot g\beta_B + Y_B \cot g\beta_A}{\cot g\beta_B + \cot g\beta_A}$$

Hoặc theo công thức Gauss:

$$X_P = \frac{X_A \operatorname{tg}\alpha_{AP} - X_B \operatorname{tg}\alpha_{BP} + (Y_B - Y_A)}{\operatorname{tg}\alpha_{AP} - \operatorname{tg}\alpha_{BP}} \quad (6.29)$$

$$Y_P = Y_A + (X_B - X_A) \operatorname{tg}\alpha_{AP}$$

Để tăng độ chính xác, toạ độ điểm P thường được xác định từ ba điểm đã biết toạ độ, tạo thành hai tam giác giao hội góc, toạ độ điểm P được tính từ hai tam giác và lấy trung bình.

### 6.5.2 Giao hội góc nghịch

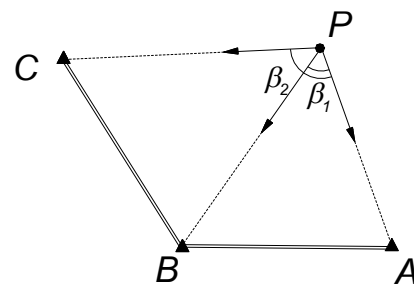
Cần xác định toạ độ điểm P, tại P đo các góc  $\beta_1, \beta_2$  tới ba điểm A, B, C đã biết toạ độ (Hình 6.9).

Ta có quan hệ:

$$y_A - y_P = (x_A - x_P) \operatorname{tg}\alpha_{PA}$$

$$y_B - y_P = (x_B - x_P) \operatorname{tg}(\alpha_{PA} + \beta_1)$$

$$y_C - y_P = (x_C - x_P) \operatorname{tg}(\alpha_{PA} + \beta_2)$$



Hình 6.9

Biến đổi, ta được:

$$\operatorname{tg} \alpha_{PA} = \frac{(y_B - y_A) \operatorname{ctg} \beta_1 - (y_C - y_A) \operatorname{ctg} \beta_2 + (x_C - x_B)}{(x_B - x_A) \operatorname{ctg} \beta_1 - (x_C - x_A) \operatorname{ctg} \beta_2 - (y_C - y_B)} \quad (6.30)$$

Từ đó xác định các góc định hướng:

$$\alpha_{BP} = \alpha_{PA} + \beta_1 \pm 180^\circ$$

$$\alpha_{CP} = \alpha_{PA} + \beta_2 \pm 180^\circ$$

Tọa độ điểm P tính theo công thức Gauss (6.29).

Trường hợp điểm P nằm trên vòng tròn ngoại tiếp tam giác ABC thì sẽ có vô số điểm P thoả mãn các công thức trên, điểm P sẽ là bất định và vòng tròn ngoại tiếp tam giác ABC được gọi là vòng tròn nguy hiểm.



## Chương 7

# LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐỘ CAO

### 7.1. Khái niệm

Lưới khống chế độ cao là tập hợp các điểm được đánh dấu ngoài thực địa và được xác định độ cao chính xác, liên kết với nhau bởi đường chuyên độ cao. Mạng 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 Dấu (Đồ Sơn-Hải Phòng) là điểm khởi tính cho lưới độ cao.

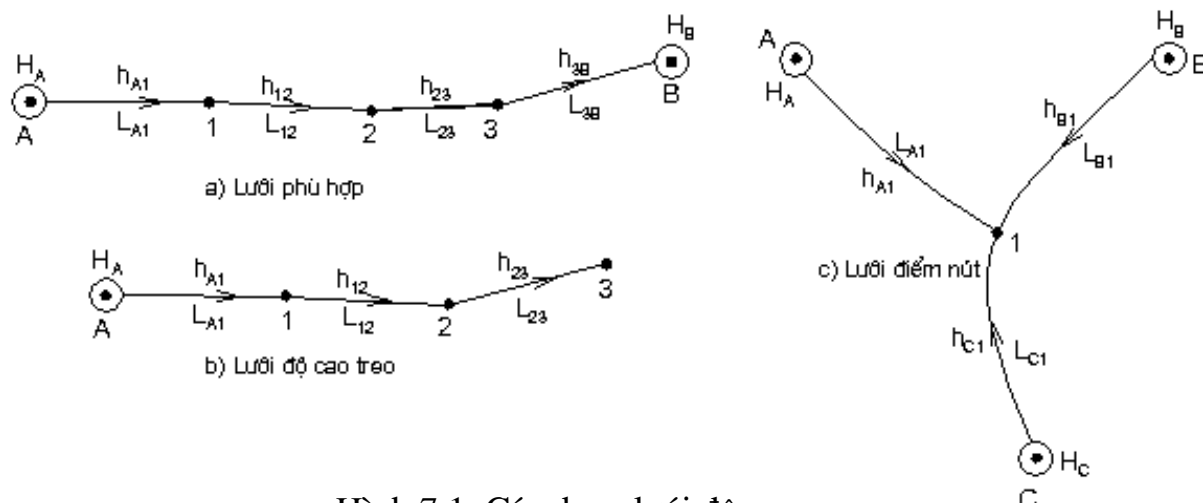
Nguyên tắc xây dựng lưới khống chế độ cao từ tổng thể đến cục bộ, từ độ chính xác cao đến độ chính xác thấp.

Mạng lưới khống chế độ cao nhà nước được chia thành 4 cấp. Lưới cấp I và cấp II được xây dựng trên phạm vi toàn quốc làm cơ sở để xây dựng mạng lưới cấp thấp và nghiên cứu khoa học. Lưới khống chế hạng III và IV được xây dựng trên cơ sở lưới hạng I và II. Nó làm cơ sở cho công tác đo vẽ bản đồ địa hình và xây dựng cơ bản.

Bảng 7.1 Các chỉ tiêu kỹ thuật của các cấp hạng lưới độ cao

Các chỉ tiêu kỹ thuật	Cấp hạng				Kỹ thuật
	I	II	III	IV	
Khoảng ngắm lớn nhất (m)	50	65	75	100	150
Chênh lệch khoảng ngắm (m)	0.5	1.0	2.0	5.0	-
Sai số khép độ cao (mm)	$3\sqrt{L}$	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$50\sqrt{L}$
Sai số trung phương của 1 trạm đo (mm)	0.15	0.30	0.65	3.0	8.0

Các dạng của lưới khống chế độ cao:



Hình 7.1. Các dạng lưới độ cao

## 7.2. Lưới khống chế độ cao kỹ thuật

### 7.2.1. Xây dựng lưới

Lưới khống chế độ cao kỹ thuật được xây dựng dựa vào các điểm của lưới khống chế độ cao nhà nước và làm cơ sở để xây dựng lưới độ cao đo vẽ.

Tùy theo điều kiện địa hình mà lưới khống chế độ cao kỹ thuật được bố trí dạng đường đơn, khép kín hoặc điểm nút. Các chỉ tiêu của lưới độ cao kỹ thuật được thể hiện trong bảng 7.2

Bảng 7.2

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

### 7.2.2. Đo lưới

Máy thủy bình dùng để đo có các chỉ tiêu kỹ thuật phải thỏa mãn:  $V^x > 20^x$ ,  $\tau \leq 45''/2\text{mm}$ . Mía có thể dùng loại 2 mặt hoặc 1 mặt.

Nếu dùng mía 2 mặt đọc số theo thứ tự: đọc số đen, đỏ ở mía sau rồi đọc số đen đỏ ở mía trước.

Nếu dùng mía 1 mặt: đọc số mía sau  $\rightarrow$  đọc số mía trước. Thay đổi chiều cao máy ( $>10\text{cm}$ ), đọc số mía trước  $\rightarrow$  mía sau.

Chênh lệch độ chênh cao ở mỗi trạm tính theo hai mặt mía hay theo 2 số đọc khi thay đổi chiều cao máy không vượt quá 5mm. Tầm ngắm từ máy đến mía 120m, trong điều kiện thuận lợi có thể lên tới 200m.

Sai số khép cho phép:

$$f_h = \pm 50\sqrt{L} \text{ (mm)} \quad (7-1)$$

L: Chiều dài tuyến đo tính bằng km

Khi số trạm đo n lớn hơn 25 trạm trên 1km dài

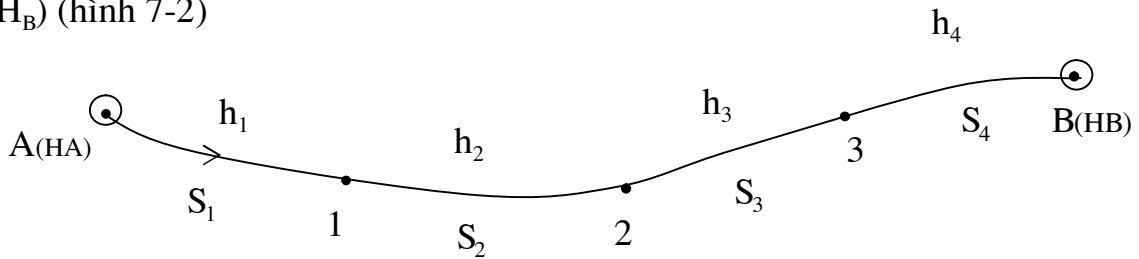
$$f_h = \pm 10\sqrt{n} \text{ (mm)} \quad (7-2)$$

### 7.2.3. Tính toán bình sai lưới độ cao kỹ thuật

Sau khi kiểm tra số đo và kết quả đo không còn sai sót lập bảng tổng hợp kết quả đo, vẽ sơ đồ mạng lưới. Trên sơ đồ ghi đầy đủ các mốc đã biết, các điểm cần xác định, mũi tên chỉ hướng đo. Với lưới độ cao kỹ thuật giới thiệu phương pháp bình sai gần đúng.

### 1. Bình sai lưới độ cao nối 2 điểm gốc

Giả sử có tuyến đo cao kỹ thuật phát triển giữa 2 điểm cấp cao A(H<sub>A</sub>), B(H<sub>B</sub>) (hình 7-2)



Hình 7.2

- Tính sai số khép chênh cao  $f_h$ .

$$f_h = \sum_1^n h_i - (H_B - H_A) \quad (7-3)$$

- So sánh  $f_h$  với  $f_{hcf}$  Nếu  $f_h \leq \pm 50\sqrt{L}$  (mm) (7-4)

- Tính số hiệu chỉnh vào các trạm đo

$$V_{hi} = -\frac{f_h}{\sum_1^n S_i} \cdot S_i \quad (7-5)$$

- Độ chênh cao sau bình sai:

$$h_i' = h_i + V_{hi} \quad (7-6)$$

- Độ cao tuyệt đối của điểm:

$$H_i = H_{i-1} + h_i' \quad (7-7)$$

Kiểm tra \*  $[V_h] = -f_h$

Độ cao điểm B tính được 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 (7-4), (7-5) sẽ là:

$$f_h \leq \pm 10\sqrt{n} \text{ (mm)} \quad (7-8)$$

$$V_{hi} = -\frac{f_h}{n} \cdot n_i \quad (7-9)$$

Trong đó:  $n$ -Tổng số trạm đo trên toàn tuyến

$n_i$ -Số trạm đo giữa hai điểm trung gian (i, i+1)

Để tránh nhầm lẫn, việc tính toán được thực hiện trên bảng biểu.

Ví dụ : Tính bình sai đường đo cao kỹ thuật (7.2) với số liệu cho trong bảng (7.3) và  $H_A = 10.000\text{m}$ ,  $H_B = 10.410\text{ m}$

Bảng 7.3

Tên điểm	Khoảng cách $S_i$ (m)	Hiệu độ cao $h_i$ (mm)	Số hiệu chỉnh $V_i$ (mm)	Hiệu độ cao đã hiệu chỉnh $h'_i$ (m)	Độ cao điểm
1	2	3	4	5	6
A					10.000
1	200.5	-1023	-2	-1025	8.975
2	300.5	1360	-3	1357	10.332
3	400.5	850	-4	846	11.178
B	350.5	-764	-4	-768	10.410
$\Sigma$	1.252	423	-13		

$$f_h = 13(\text{mm})$$

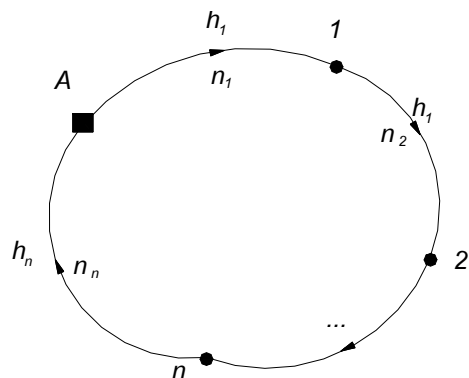
$$h_{hcf} = \pm 50\sqrt{L} = \pm 55(\text{mm})$$

$$f_h < f_{hcf} \rightarrow \text{tính } V_i \quad V_i = -\frac{13}{1252} \cdot S_i$$

## 2. Bình sai lưới độ cao khép kín

Với dạng đường chuyền độ cao khép kín như trên, việc tính toán bình sai hoàn toàn tương tự như đối với lưới đường chuyền độ cao nối hai điểm gốc. Chỉ khác sai số khép độ cao:

$$f_h = [h] \quad (7.10)$$



Hình 7.3

## Chương 8

# ĐO VẼ BẢN ĐỒ ĐỊA HÌNH VÀ MẶT CẮT

### 8.1. 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.

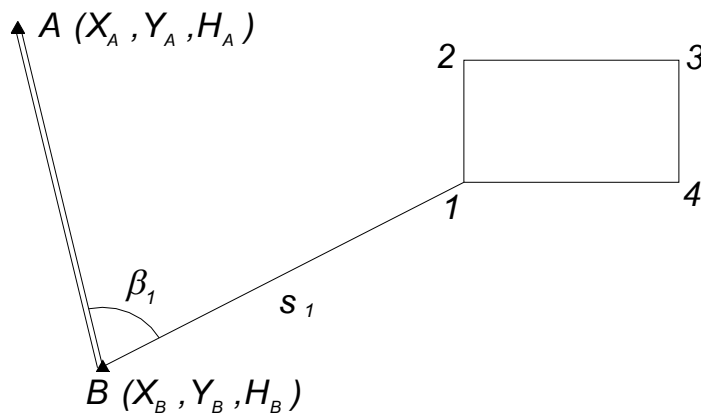
Như vậy, khi đo vẽ bản đồ địa hình cần phải dựa vào các điểm khống chế mặt bằng và khống chế độ cao Nhà nước.

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.

### 8.2. 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.



Hình 8.1

Nội dung của phương pháp là từ hai điểm  $A(X_A, Y_A, H_A)$  và điểm  $B(X_B, Y_B, H_B)$  đã biết tọa độ. Để xác định vị trí điểm 1 ( $X_1, Y_1, H_1$ ) đặt máy tại điểm B đo góc bằng  $\beta_1$  khoảng cách ngang  $S_1$  ta xác định được tọa độ điểm 1, độ cao H được xác định thông qua phương pháp đo cao lượng giác

Đo vẽ bản đồ theo phương pháp toàn đạc cho độ chính xác cao, thích hợp khi thành lập các loại bản đồ tỷ lệ lớn

Trình tự đo vẽ bản đồ theo phương pháp toàn đạc:

### 8.2.1. Xây dựng lưới khống chế mặt bằng và độ cao

Các điểm của lưới khống chế phải đảm bảo đủ mật độ điểm. Quy trình thành lập lưới khống chế giới thiệu ở chương 6 và chương 7.

### 8.2.2. Đo vẽ chi tiết bằng máy kinh vĩ quang học

\* Công tác chuẩn bị tại một trạm đo chi tiết:

- Đặt máy vào điểm trạm đo (là điểm khống chế). 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  $00^{\circ}$  về điểm khống chế lân cận.

\* 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 giây chỉ giữa (l)

- Đọc góc bằng  $\beta$  trên bàn độ ngang

- Cân bọt thủy trên bàn độ đứng và đọc góc đứng V

Các số liệu đo được ghi vào sổ đo theo mẫu quy định (bảng 8.1).

### MẪU SỔ ĐO CHI TIẾT

Trạm đo: A,  $H_A = 170.50\text{m}$

Định hướng: B

Chiều cao máy:  $i = 1.45\text{m}$

Người đo: Nguyễn Văn Đoàn

Người ghi: Nguyễn Tuấn Khanh

Người vẽ sơ họa: Phạm Hồng Văn

Bảng 8.1

Điểm	kn (m)	Số đọc chỉ giữa l	Số đọc bàn độ ngang $\beta$	Số đọc bàn độ đứng V	Khoảng cách ngang (m) $S = kncos^2V$	Chênh cao (m) $h = StgV +$ $+ i - l$	Độ cao (m) $H = H_r + h$	Ghi chú
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	110.2	1600	$20^{\circ}18'10''$	$92^{\circ}31'00''$	109.99	-4.98	165.52	Cây độc lập
2	70.2	1700	$55^{\circ}29'00''$	$82^{\circ}22'00''$	68.96	8.99	179.49	Tụ thủy
...								

Để đảm bảo độ chính xác vị trí điểm địa hình địa vật khoảng cách từ máy đến các điểm mia không vượt quá bảng 8.2

Bảng 8.2

Tỷ lệ đo vẽ	Khoảng cao đều (m)	Khoảng cách lớn nhất giữa các điểm mìa (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.

### 8.2.3. Vẽ bản đồ

*Vẽ lưới ô vuông:* Lưới ô vuông là hệ thống các đường thẳng cách đều nhau song song với hệ trục tọa độ 0X và 0Y. Lưới ô vuông có thể dựng bằng máy hoặc bằng phương pháp thủ công. Sau khi vẽ xong 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 0,2mm.

*Chấm các điểm chi tiết theo phương pháp tọa độ cực:* Các điểm chi tiết được triển lên bản vẽ theo phương pháp thủ công hoặc các phần mềm chuyên

dụng. Điểm chi tiết được đánh dấu bằng bút chì và nó là dấu phân cách phân 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:*

Công tác kiểm tra nghiệm thu bản đồ được tiến hành hai bước là kiểm tra nội nghiệp và kiểm tra ngoại nghiệp.

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.

### **8.3. Đo vẽ mặt cắt địa hình**

Để phục vụ khảo sát, thiết kế và thi công các công trình dạng tuyến như đường giao thông, kênh mương tưới tiêu, đường ống dẫn nước... phải tiến hành đo vẽ mặt cắt địa hình.

Đo vẽ mặt cắt địa hình gồm các giai đoạn chính sau:

#### **1. Khảo sát chọn tuyến:**

Dựa vào các tài liệu bản đồ để tiến hành chọn tuyến công trình. Tuyến được chọn đánh dấu trên bản đồ.

#### **2. Định tuyến ngoài thực địa:**

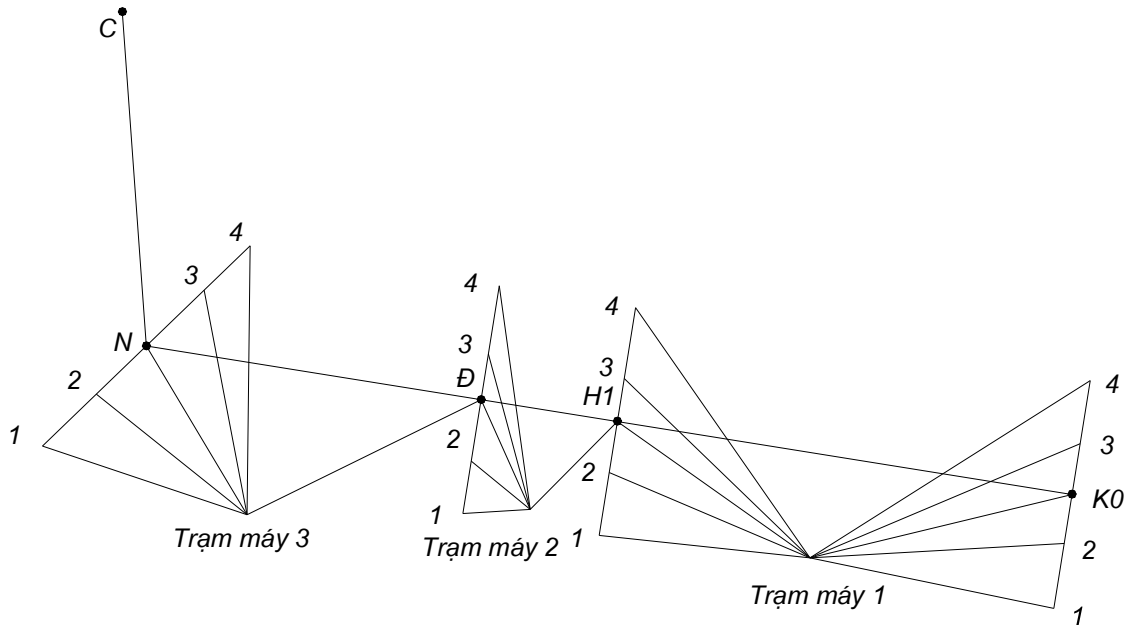
Từ các điểm đã chọn tuyến trên bản đồ, tiến hành bố trí cố định tuyến trên thực địa tại các cọc tại các điểm km ký hiệu  $K_i$  và cọc 100m ký hiệu  $H_i$  với độ chính xác từ 1:1000 đến 1:2000. Tại vị trí đỉnh góc ngoặt định vị bằng cọc bê tông, đo đỉnh góc ngoặt bằng máy kinh vĩ với độ chính xác  $m_\beta < \pm 0.5'$

Nếu tuyến giao cắt với các công trình khác và hướng tuyến thay đổi độ dốc phải đánh dấu điểm giao cắt bằng các cọc và kí hiệu bằng lý trình, ví dụ: H1+23, H4+35, □



Đồng thời với định tuyến trắc dọc, tiến hành định tuyến trắc ngang. Mặt cắt ngang vuông góc với tuyến và dài từ 20 ÷ 70m sang mỗi bên. Mặt cắt ngang thường được bố trí tại các cọc H, cọc K. Đôi khi do yêu cầu, khoảng cách giữa các mặt cắt ngang dày hơn, khoảng 25m một mặt cắt.

### 3. Đo cao dọc tuyến:



Hình 8.2 Sơ đồ đo mặt cắt

Xác định độ cao của các điểm trên tuyến bằng đo cao hình học kỹ thuật.

Các điểm cọc chính (cọc H, cọc K, đỉnh ngoặt, □) được đo như các điểm lưới khống chế độ cao và đo hai mặt đen, đỏ.

### 4. Tính toán và vẽ mặt cắt:

- Tính toán bình sai độ cao các điểm chính như đường chuyền nối hai điểm gốc,  $f_h \leq \pm 50 \sqrt{L}$  (mm).

- Tính độ cao các điểm chi tiết trên mặt cắt dọc và các mặt cắt ngang.

- Vẽ mặt cắt. Thông thường, mặt cắt dọc có tỷ lệ đứng 1:1 000, tỷ lệ ngang 1:100. Mặt cắt ngang tỷ lệ đứng bằng tỷ lệ ngang và bằng 1:200.

## 8.4. Sử dụng bản đồ địa hình

Muốn nghiên cứu và thu nhận được số liệu cần thiết cho việc khảo sát, thiết kế công trình người cán bộ kỹ thuật cần sử dụng thành thạo bản đồ, hiểu được tính chất nội dung ý nghĩa của chữ, số, ký hiệu....trình bày trên bản đồ.

Các số liệu thu được càng chính xác nếu tỷ lệ bản đồ lớn khoảng cao đều nhỏ, thời gian đo vẽ gắn với hiện tại nhất.

### 8.4.1. Xác định tọa độ điểm trên bản đồ

#### 1. Xác định tọa độ địa lý:

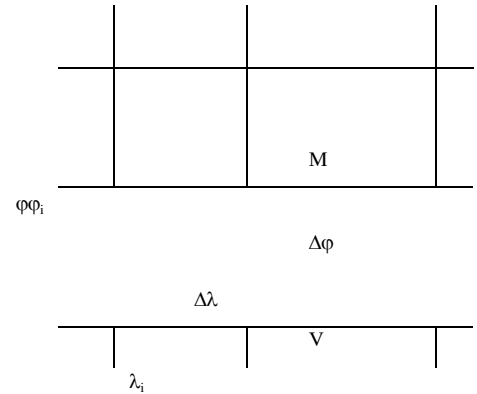
Trên mỗi tờ bản đồ, bốn góc khung ghi giá trị độ kinh, độ vĩ. ở mỗi cạnh khung bản đồ người ta chia thành những khoảng trắng đen biểu thị giá trị độ kinh và độ vĩ chẵn đến phút gọi là thang chia độ. Nối các điểm có cùng giá trị ở các cạnh khung đối diện sẽ được lưới tọa độ địa lý.

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:

$$\varphi_M = \varphi_i + \Delta\varphi \quad (8-1)$$

$$\lambda_M = \lambda_i + \Delta\lambda \quad (8-2)$$



Hình 8.3

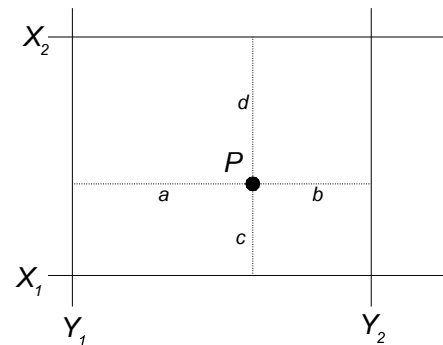
#### 2. Xác định tọa độ vuông góc một điểm

Để xác định tọa độ vuông góc của điểm P, từ P kẻ các đường thẳng song song với các cạnh lưới, và đo các đoạn thẳng a, b, c, d như hình vẽ:

Tọa độ vuông góc của điểm P được tính:

$$X_p = X_1 + \frac{c}{c+d}(X_2 - X_1) \quad (8.3)$$

$$Y_p = Y_1 + \frac{a}{a+b}(Y_2 - Y_1)$$

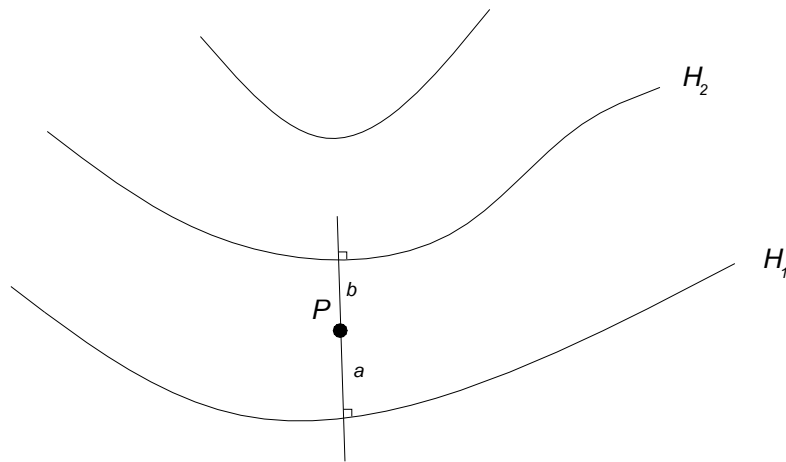


Hình 8.4

### 8.4.2. Xác định độ cao của một điểm

Để xác định độ cao điểm P, từ P kẻ đường vuông góc với hai đường đồng mức kề nhau ( $H_1, H_2$ ) và đo các đoạn thẳng a, b như hình vẽ:

$$\text{Độ cao của điểm A được tính: } H_p = H_1 + \frac{a}{a+b}(H_2 - H_1) \quad (8.4)$$



Hình 8.5

### 8.4.3. Xác định khoảng cách

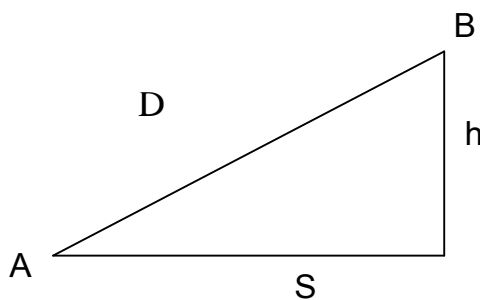
*Độ dài của một đoạn thẳng được xác định bằng cách:*

- Dùng thước milimet đo và tính ra khoảng cách thực tế dựa vào tỷ lệ bản đồ.
- Dùng compa đo khoảng cách và kết hợp với thước tỷ lệ (in sẵn bên dưới tờ bản đồ) tính ra khoảng cách thực tế.
- Xác định tọa độ vuông góc của điểm đầu, điểm cuối và tính ra khoảng cách theo bài toán ngược.

*Độ dài của một đoạn cong:*

- Chia đường cong thành các đoạn thẳng nhỏ, xác định chiều dài từng đoạn nhỏ và kết quả là tổng của chúng.
- Dùng máy đo độ dài chuyên dụng (nguyên lý tương tự như đo khoảng cách ở xe máy, ô tô).

### 8.4.4. Xác định độ dốc đoạn thẳng



Hình 8.6

Độ dốc ( $i$ ) của đoạn thẳng AB chính là tỷ số giữa chênh cao với khoảng cách ngang của chúng:

$$\operatorname{tg} i = \frac{H_B - H_A}{S} \quad (8.5)$$

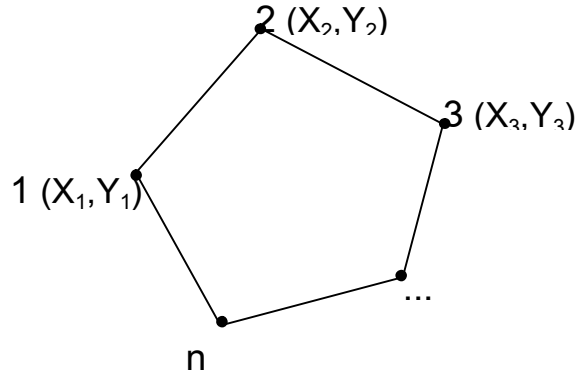
hay: 
$$i\% = \frac{H_B - H_A}{S}$$

### 8.4.5. Xác định diện tích trên bản đồ

Tùy theo hình dạng của khu vực cần xác định diện tích mà ta có các phương pháp sau:

1) *Phương pháp giải tích*: Áp dụng khi khu vực xác định diện tích có hình đa giác

Các đỉnh của đa giác biết tọa độ ta sắp xếp các đỉnh theo thứ tự theo chiều kim đồng hồ:



Hình 8.7

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n X_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \quad (8.6)$$

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Y_i (X_{i+1} - X_{i-1}) \quad (8.7)$$

Trường hợp các đỉnh của đa giác không biết tọa độ ta chia đa giác thành các tam giác, xác định diện tích các tam giác bằng cách đo chiều dài  $a_i, b_i, c_i$  các cạnh của các tam giác và tính diện tích theo công thức Hê-rông:

$$S_i = \sqrt{p_i(p_i - a_i)(p_i - b_i)(p_i - c_i)} \quad (8.8)$$

$$\text{Trong đó: } p_i = \frac{a_i + b_i + c_i}{2}$$

Diện tích của đa giác là tổng diện tích các tam giác.

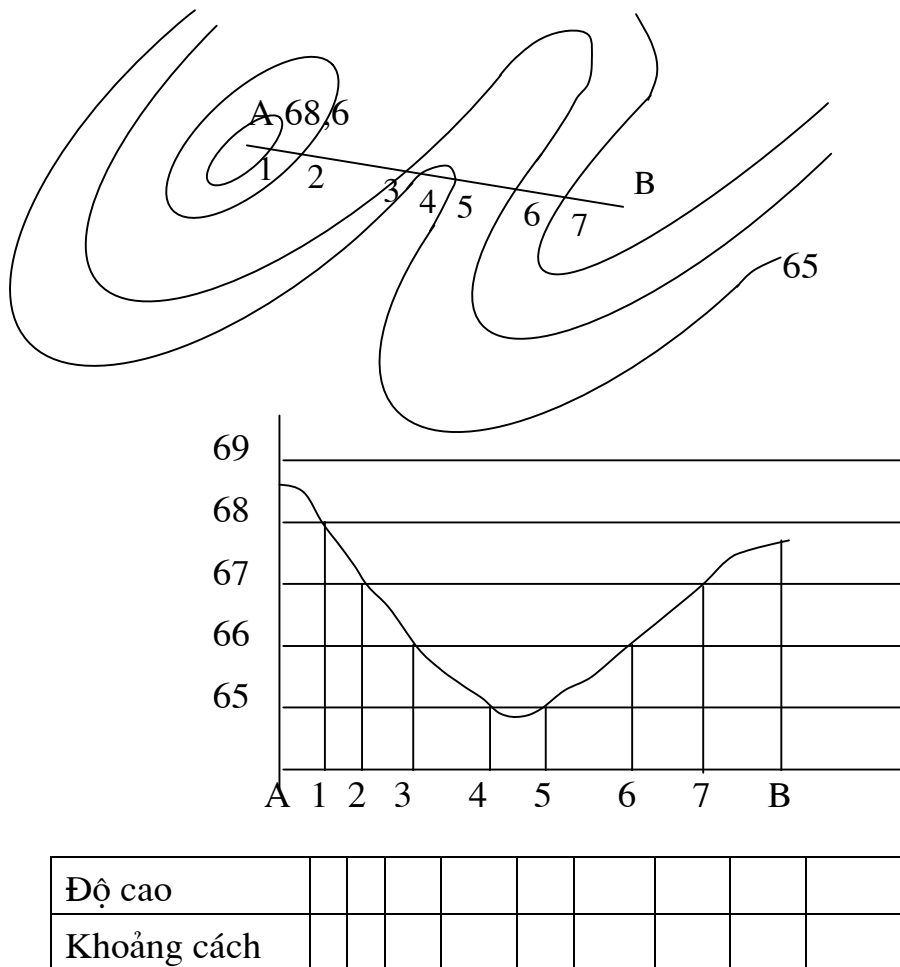
2) *Phương pháp đồ giải*: Áp dụng khi diện tích cần xác định giới hạn bởi đường bao bất kỳ:

Vạch kẻ lưới ô vuông kích thước 2x2mm hoặc 4x4mm trên tờ giấy trong suốt. Phủ lưới ô vuông lên hình cần đo, đếm số ô vuông nguyên và ước lượng các ô vuông bị khuyết ở mép. Diện tích khu đo bằng số ô vuông nhân với diện tích một ô vuông tính theo tỷ lệ bản đồ.

3) *Sử dụng máy đo diện tích*: nguyên lý cũng tương tự như máy đo khoảng cách, máy đo được chiều dài của đường biên, diện tích được tính bằng tích của chiều dài đó với một hằng số của máy.

### 8.4.6. Lập mặt cắt dọc nhờ bản đồ

Giả sử cần lập mặt cắt dọc địa hình theo hướng AB trên bản đồ như (hình 8.8). 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.



Hình 8.8

## Chương 9

# BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH

### 9.1. Khái niệm

Việc xác định vị trí từng phần hay toàn bộ công trình ở ngoài thực địa theo đúng thiết kế gọi là công tác bố trí công trình.

Khi đo vẽ bản đồ phải đo đạc ngoài thực địa, tính toán rồi vẽ lên bản đồ. Khi bố trí ta phải dựa vào bản vẽ thiết kế tiến hành tính toán số liệu cần thiết rồi tiến hành đo đạc bố trí ngoài hiện trường. Vậy công tác bố trí ngược với đo vẽ bản đồ địa hình.

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, từ độ chính xác thấp đến độ chính xác cao 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.

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:

$$m_d = \pm \frac{k}{2,5} \sqrt{L} \quad (\text{mm}) \quad (9-1)$$

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:

$$m''_{\beta} = \pm \frac{0,03k}{\sqrt{L}} \rho'' \quad (9-2)$$

- Độ chính xác bố trí độ cao:

$$m_H = \pm 2 \text{ mm đối với công trình đổ toàn khối} \quad (9-3)$$

$$m_H = \pm 0,8 \text{ mm đối với công trình lắp ghép} \quad (9-4)$$

Độ chính xác khi chuyển trục lên tầng cao

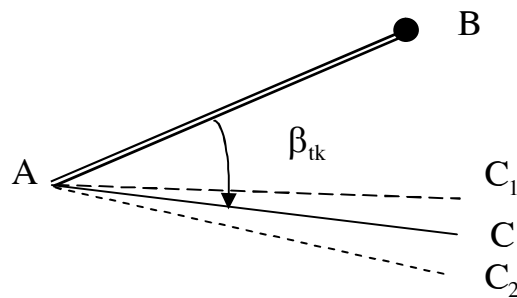
$$m_h = \pm 0,8 \sqrt{L} \quad (9-5)$$

L - Chiều cao truyền trục tính bằng mét

## 9.2. Bố trí các yếu tố cơ bản

### 9.2.1. Bố trí góc bằng

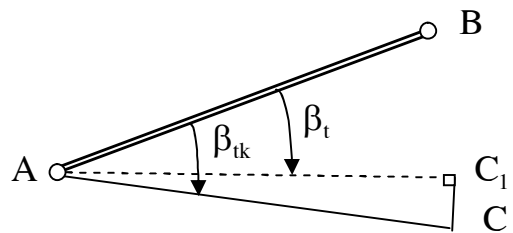
Trên bản vẽ thiết kế đã biết góc bằng  $BAC = \beta_{tk}$ , ngoài thực địa biết các điểm  $\widehat{A}$  và  $B$ . Có thể xác định hướng  $AC$  tạo với hướng  $AB$  bằng  $\beta_{tk}$  như sau:



Hình 9.1

Đặt máy kinh vĩ ở A (hình 9.1), 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 9.2). Đo góc bằng  $BAC_1$  nhiều lần theo phương pháp đo cung nhận được kết quả  $\beta_t$ .



Hình 9.2

Tính đoạn cần dịch chuyển  $\Delta d$  là:

$$\Delta d = CC_1 = \frac{d\Delta\beta''}{\rho''} \quad (9-6)$$

với  $d$  là chiều dài từ A đến  $C_1$

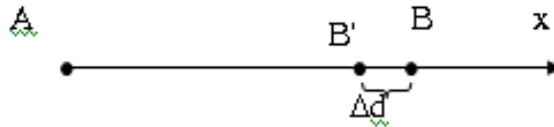
$$\Delta\beta'' = \beta_t - \beta_{tk} \quad (9-7)$$

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.

### 9.2.2. 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 9.3)



Hình 9.3

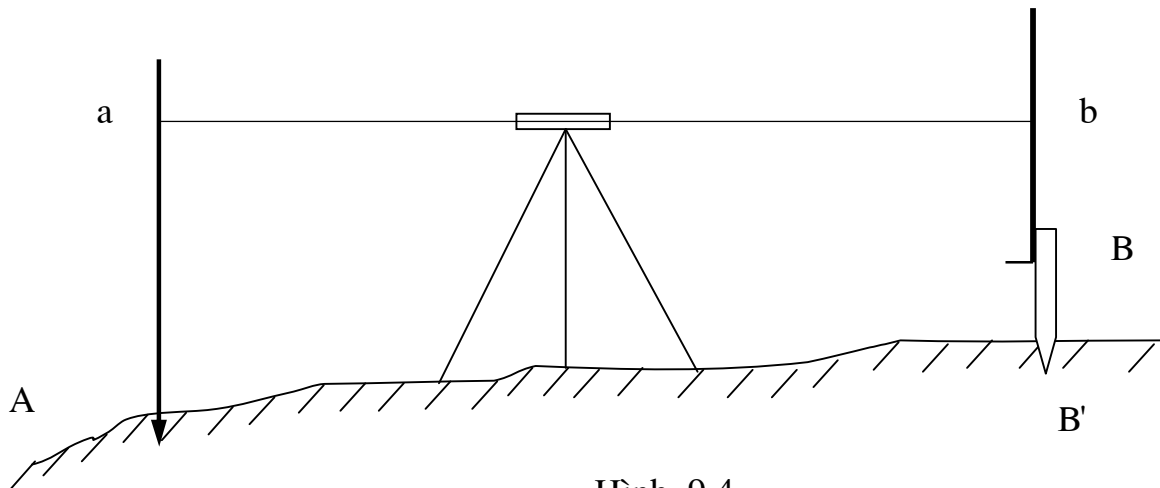
Dùng thước thép đo đoạn thẳng AB', sau khi tính toán nhận được giá trị  $d' = AB'$  chính xác. Tính đoạn cần dịch chuyển.

$$\Delta d = d' - d_0 \quad (9-8)$$

Từ B' đặt đoạn  $\Delta d$  về phía tương ứng được điểm B cần tìm.

### 9.2.3. 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.



Hình. 9.4

Đặt máy thủy bình giữa A và B' (hình 9.4)

Đọc số đọc trên mia dựng ở A được a. Khi đó chiều cao máy là:

$$H_m = H_A + a \quad (9-9)$$

Từ độ cao của máy và điểm B, ta dễ dàng tính ra được số đọc b trên mia dựng ở B' là:

$$b = H_m - H_B \quad (9-10)$$

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.

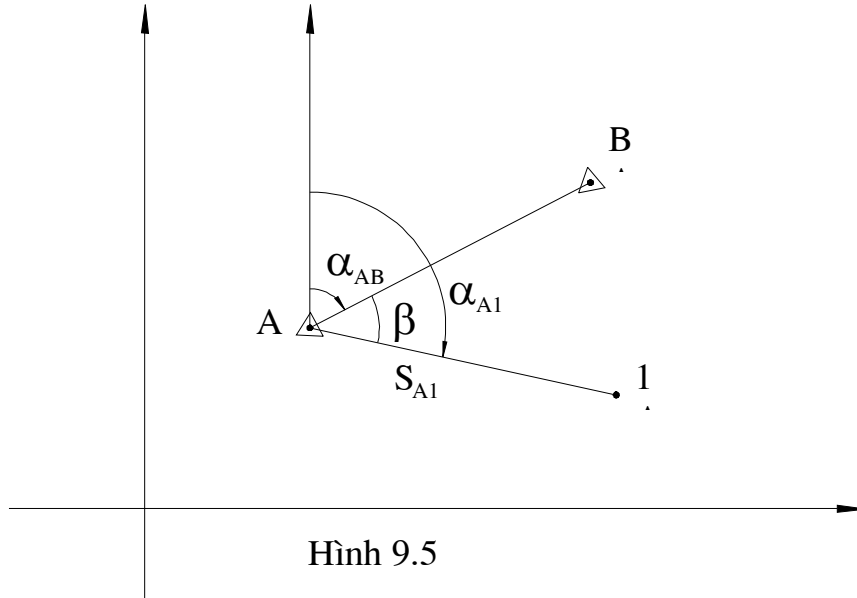


### 9.3 Bố trí điểm mặt bằng

Trên bản vẽ thiết kế có các điểm mặt bằng  $A(X_A, Y_A)$ ,  $B(X_B, Y_B)$  và  $C(X_C, Y_C)$ . Ngoài thực địa đã có hai mốc A và B, cần phải bố trí điểm C.

#### 9.3.1. Phương pháp tọa độ cực

##### 1. Sơ đồ bố trí



Hình 9.5

##### 2. Các yếu tố bố trí

Theo hình 9.5 chọn điểm A làm gốc cực, cạnh AB làm cạnh gốc. Các yếu tố cần bố trí là góc cực  $\beta$  và cạnh cực S của điểm C cần bố trí:

$$\beta = \alpha_{A1} - \alpha_{AB}$$

$$S_{A1} = \sqrt{(X_A - X_1)^2 + (Y_A - Y_1)^2}$$

##### 3. Bố trí:

Đặt máy kinh vĩ tại A, bố trí góc bằng  $\beta$ , cố định chuyển động ngang của máy, lúc này điểm C nằm trên hướng ống kính. Theo hướng ống kính, dùng thước thép để bố trí khoảng cách ngang S, được điểm C cần bố trí.

##### 4. Độ chính xác của phương pháp:

$$m_p = \pm \sqrt{m_s^2 + S^2 \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2} \quad (9.10)$$

( $m_p$ : sai số bố trí góc;  $m_s$ : sai số bố trí khoảng cách)

Phương pháp tọa độ cực được sử dụng nhiều nhất trong số các phương pháp.

### 9.3.2. 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 9.6)

a, Tính số liệu bố trí

$$\Delta x = x_C - x_A$$

$$\Delta y = y_C - y_A \quad (9-11).$$

b, Bố trí:

Phải chọn giá số tọa độ có giá trị lớn để bố trí dọc theo cạnh trục tọa độ của lưới ô vuông, còn giá số tọa độ nhỏ hơn đặt theo hướng vuông góc với nó.

Theo hình 9.6, ta thấy đối với điểm C 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 C.

c) Độ chính xác bố trí điểm C (khi bố trí theo trục y trước)

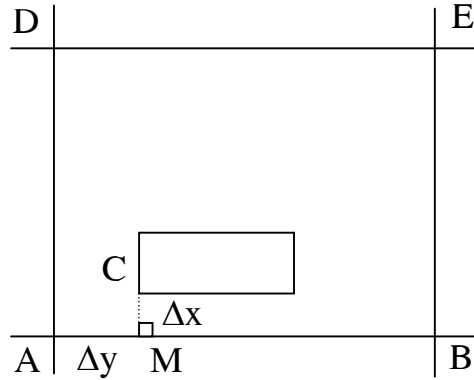
$$m_C^2 = m_{\Delta y}^2 + m_{\Delta x}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \Delta^2 x \quad (9-12)$$

Nếu bố trí theo trục x trước ta có:

$$m_C^2 = m_{\Delta y}^2 + m_{\Delta x}^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \Delta^2 y \quad (9-13)$$

Trong đó:  $m_{\Delta x}$ ,  $m_{\Delta y}$  là sai số bố trí đoạn  $\Delta x$ ,  $\Delta y$

$m_\beta$  là sai số trung phương bố trí góc vuông.



Hình 9.6

### 9.3.3. Phương pháp giao hội góc

a, Tính số liệu bố trí:

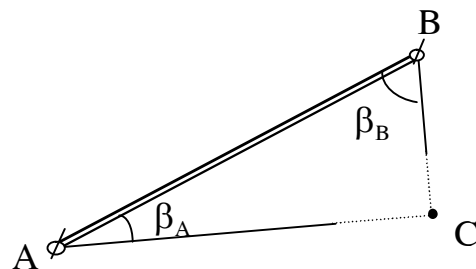
Theo hình vẽ ta có:

$$\beta_A = \alpha_{AC} - \alpha_{AB} \quad (9-14)$$

$$\beta_B = \alpha_{BA} - \alpha_{BC} \quad (9-15)$$

$\alpha_{AC}$ ,  $\alpha_{AB}$ ,  $\alpha_{BC}$  được xác định qua bài toán nghịch.

b, Bố trí:



Hình 9.7

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 C cần bố trí.

c) Độ chính xác bố trí điểm C

$$m_C = \pm \frac{m_\beta}{\rho \sin(\beta_A + \beta_B)} \sqrt{D_{AC}^2 + D_{BC}^2} \quad (9-16)$$

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.

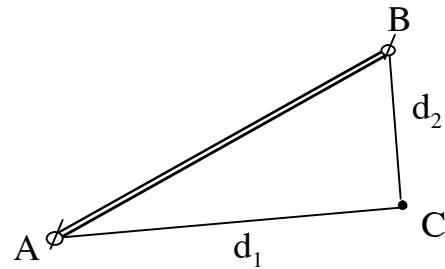
### 9.3.4. Phương pháp giao hội cạnh

a) Tính số liệu bố trí

Tính các bán kính giao hội  $d_1$  và  $d_2$ :

$$d_1 = \sqrt{(x_C - x_A)^2 + (y_C - y_A)^2} \quad (9-17)$$

$$d_2 = \sqrt{(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2} \quad (9-18)$$



Hình 9.8

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 C cần xác định.

c) Độ chính xác của điểm C

$$m_C = \pm \frac{m_d}{\sin C} \cdot \sqrt{2} \quad (9-19)$$

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.

## 9.4. Bố trí đường cong tròn

### 9.4.1. 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  $T_d$ , điểm giữa G và điểm cuối  $T_c$ . Ba điểm này gọi là ba điểm chính của đường cong tròn.

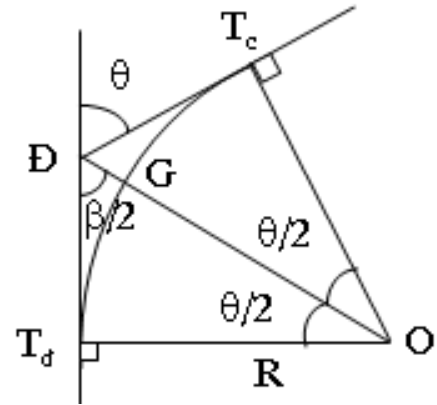
Để đảm bảo thi công đường cong tròn được chính xác, người ta bố trí một số điểm nằm trên đường cong đó. Các điểm này gọi là điểm phụ. Khoảng cách giữa các điểm phụ tùy thuộc vào tính chất của công trình ( $5 \div 20$  m)

### 9.4.2. Bố trí các điểm chính của đường cong

Các điểm chính của đường cong là điểm tiếp đầu  $T_D$ , điểm tiếp cuối  $T_C$  và điểm giữa  $G$ .

Các tham số của đường cong là:

- Góc ngoặt  $\theta$  đo ngoài thực địa
- Bán kính  $R$  theo thiết kế
- Độ dài của đoạn tiếp tuyến  $T$ .
- Độ dài đoạn phân giác  $P$ .
- Độ dài đường cong tròn  $K$ .



Hình 9.9

1. Các số liệu để bố trí các điểm chính của đường cong tròn là:

$$\text{Độ dài tiếp tuyến } T = \overline{T_d D} = \overline{T_c D} = R \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \quad (9.20)$$

$$\text{Phân cự } P: P = R \left( \frac{1}{\cos \frac{\theta}{2}} - 1 \right) \quad (9.21)$$

$$\text{Chiều dài đường cong } K: K = \frac{\pi R \theta}{180^\circ} \quad (9.22)$$

2. Bố trí các điểm chính:

Đặt máy kinh vĩ ở  $D$ , định hướng về cạnh chứa điểm  $T_d$ , theo hướng ống kính bố trí đoạn thẳng  $T$ , đóng cọc mốc được điểm  $T_d$ .

Mở góc bằng  $\frac{\beta}{2}$ , ( $\beta = 180^\circ - \theta$ ) 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  $T_c$ .

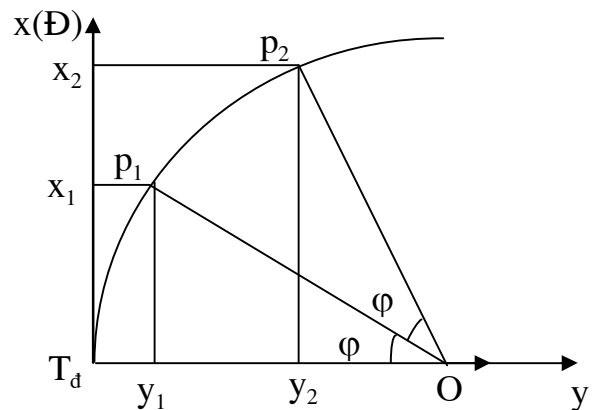
### 9.4.3. Bố trí các điểm chi tiết của đường cong

1. Phương pháp tọa độ vuông góc

Giả sử các điểm phụ của đường cong cách đều nhau một cung  $k$ , tương ứng với góc ở tâm là:

$$\frac{\varphi}{k} = \frac{360^\circ}{2\pi R} \quad (9.23)$$

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi R} k$$



Hình 9.10

Theo hình vẽ (9.10) ta có tọa độ các điểm phụ:

$$x_1 = R \sin \varphi \quad (9-24)$$

$$y_1 = R - R \cos \varphi = R(1 - \cos \varphi)$$

$$y_1 = 2R \sin^2 \frac{\varphi}{2} \quad (9-25)$$

Chứng minh tương tự, ta có tọa độ điểm phụ thứ  $i$  là:

$$x_i = R \sin i \varphi$$

$$y_i = 2R \sin^2 \frac{i\varphi}{2} \quad (9-26)$$

Bố trí các điểm phụ:

- Đặt máy kinh vĩ tại  $T_d$ , định hướng về điểm  $D$ . Theo hướng ống kính đặt các đoạn  $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots$

- Chuyển máy lần lượt đến  $x_i$  mở góc vuông so với hướng  $T_d D$ , tương ứng đặt các đoạn  $y_i$ , đóng cọc mốc xác định được  $P_i$ .

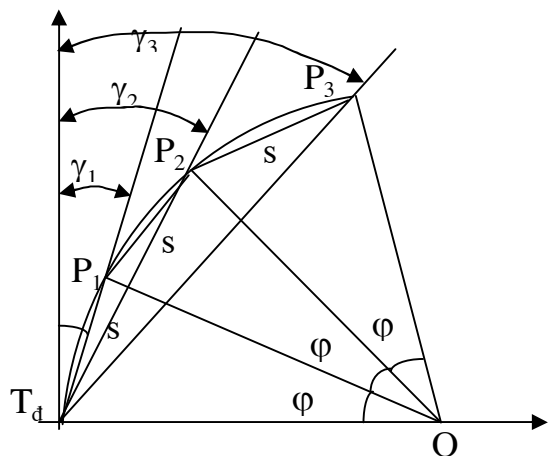
## 2. Phương pháp tọa độ cực mở rộng

Giả sử các điểm phụ  $P_1, P_2, \dots, P_i$  cách đều nhau và các góc ở tâm tương ứng là  $\varphi$  (hình 9.11)

Để xác định  $P_1, P_2, \dots, P_i$  cần tính các tham số  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i, \dots$  và bán kính cực đi động là dây cung  $S = T_d P_1 = P_1 P_2 = \dots$

Như hình vẽ ta có:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{\varphi}{2} \\ \gamma_2 &= \varphi \\ \gamma_3 &= \frac{3\varphi}{2} \\ \gamma_i &= \frac{i\varphi}{2} \end{aligned} \quad (9-27)$$



Hình 9.11

Bố trí:

Đặt máy kinh vĩ ở  $T_d$ , định hướng máy về điểm  $D$ , lần lượt bố trí các góc  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_i, \dots$ . Theo hướng cạnh  $\gamma_1$ , bố trí chiều dài  $S$  được  $P_1$ . Từ  $P_1$  quay cung có bán kính  $s$  cắt cạnh góc  $\gamma_2$  ở  $P_2, \dots$ . Làm tương tự ta được các điểm  $P_i$ .

## 9.5. Công tác trắc địa phục vụ xây dựng công trình

### 9.5.1. 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. Tùy theo yêu cầu độ chính xác tính khối lượng mà lựa chọn kích thước ô vuông, các giá trị kích thước của lưới thường là 5, 10, 20, 40, 50m□

Sau khi thiết kế tại các đỉnh của lưới ô vuông có hai giá trị cao độ là: cao độ tự nhiên ( $H_{den}$ ) và cao độ thiết kế ( $H_{đo}$ ). Độ cao công tác tại đỉnh ô vuông được xác định theo công thức:

$$h = H_{đo} - H_{den} \quad (9.28)$$

Khi  $h > 0$ , tương ứng với phần đắp,  $h < 0$ , tương ứng với phần đào.

Như vậy thể tích của mỗi "khối ô vuông" được tính gần đúng:

$$v = a^2 \cdot h_{tb} \quad (9-29)$$

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

$$h_{tb} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \quad (9-30)$$

Với  $h_1, h_2, h_3, h_4$  là "chiều cao công tác" ở bốn đỉnh ô vuông

Thể tích công tác đất trong toàn khu vực tính theo:

$$V = a^2 \cdot \frac{\sum h^I + 2\sum h^{II} + 3\sum h^{III} + 4\sum h^{IV}}{4} \quad (9-31)$$

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.

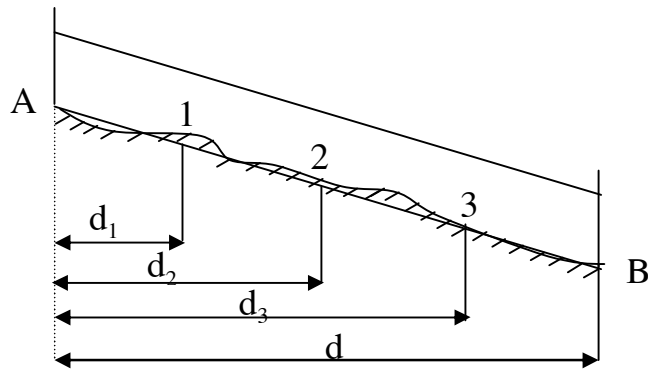
$h^{III}$  - Chiều cao công tác ở đỉnh thuộc về ba ô vuông.

$h^{IV}$  - 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...

### 9.5.2. 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 9.12).



Hình 9.12

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  $H^{đo}$  là

$$\left. \begin{aligned} H_1^{đo} &= H_A + d_1 \cdot i \\ H_2^{đo} &= H_A + d_2 \cdot i \\ H_n^{đo} &= H_A + d_n \cdot i \\ H_B^{đo} &= H_A + d \cdot i \end{aligned} \right\} \quad (9-32)$$

Dùng máy thủy bình xác định độ cao các đỉnh cọc được  $H_i^d$ . Chiều cao công tác ở các cọc  $h$ :

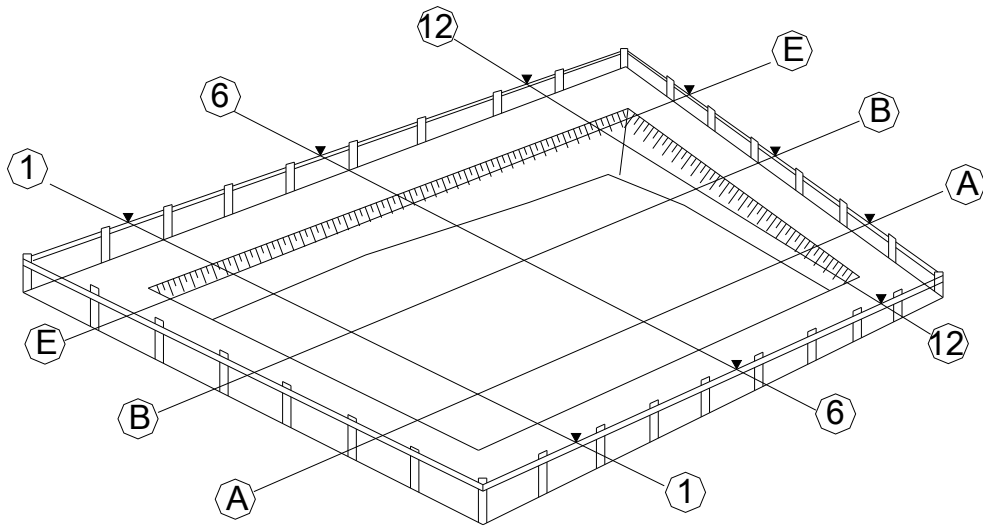
$$h = H^{đo} - H^d \quad (9-33)$$

Quy ước:

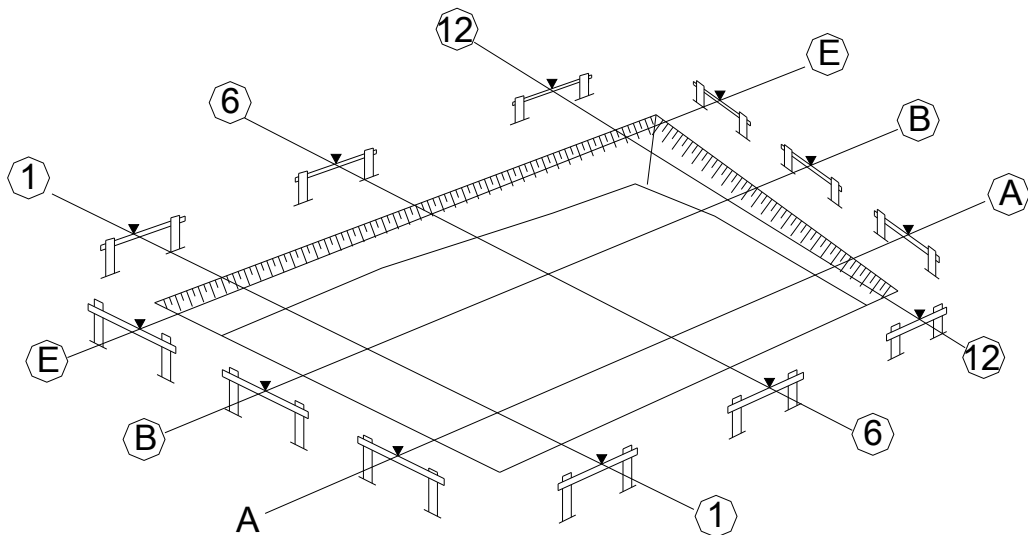
- + Nếu  $h > 0$  từ đỉnh cọc đo lên cao một đoạn  $h$  được điểm thiết kế.
- + Nếu  $h < 0$  từ đỉnh cọc đo xuống thấp một đoạn  $h$  được điểm thiết kế.

### 9.5.3. Định vị công trình

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 (hình 9.13) hoặc không liên tục (hình 9.14), 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 9.13. Khung định vị liên tục



Hình 9.14. Khung định vị không liên tục

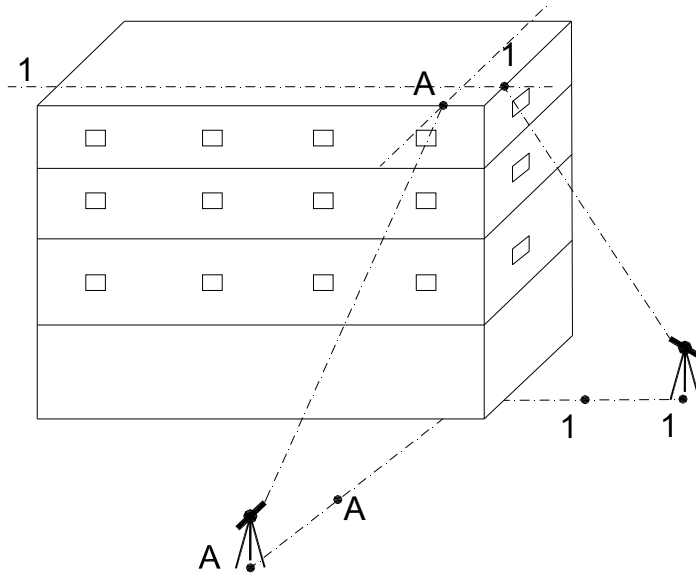
Các điểm đóng của các trục được cố định lên giá định vị bằng đinh và vạch sơn màu. Dùng máy thuỷ bình để xác định độ cao các điểm này. Dựa vào các trục được cố định này tiến hành bố trí các trục chi tiết.

#### 9.5.4 Chuyển trục công trình lên tầng cao

Sau khi kết thúc quá trình thi công một sàn cần chuyển trục công trình lên sàn đó, việc chuyển trục lên tầng có thể dùng dây dọi, chiếu đứng hay máy kinh vĩ tùy thuộc vào độ cao của sàn. Có thể dùng dây dọi để chuyển trục lên tầng với công trình thấp dưới 4 tầng.

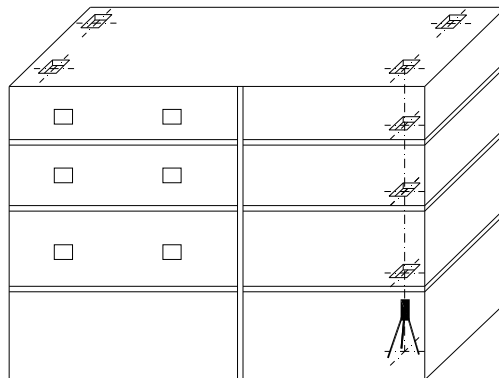


Dùng máy kinh vĩ để chuyển trục lên tầng với công trình thấp dưới 10 tầng ( hình 9.15).



Hình 9.15

Đối với nhà cao trên 10 tầng dùng máy chiếu đứng, khi đó phải để các lỗ trống 20x20cm trên các sàn (hình 9.16), trục sẽ được máy truyền qua các lỗ này lên sàn cần thiết.



Hình 9.16

### 9.5.5 Chuyển độ cao lên tầng

Để chuyển độ cao lên tầng người ta sử dụng thước thép, máy thủy bình và mìa như sơ đồ 9.17.

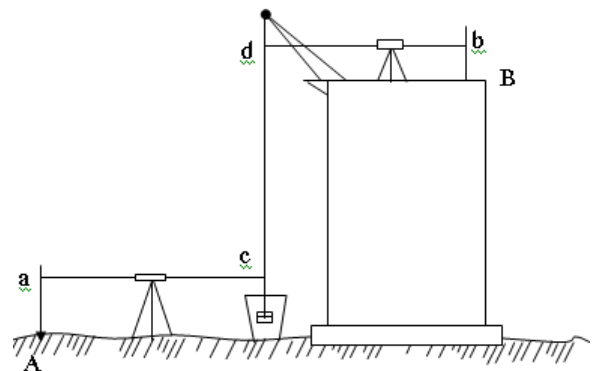
Khi đó:

$$H_B = H_A + a + (d - c) - b \quad (9-34)$$

Trong đó:

a, b số đọc trên mìa dựng ở A và B

d, c số đọc trên thước thép



Hình 9.17

## Chương 10

# QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH

### 10.1. Khái niệm

Trong quá trình thi công và sử dụng công trình ngoài tải trọng bản thân công trình còn chịu tác động của các điều kiện ngoại cảnh khác như biến động của vỏ Trái đất, động đất, ảnh hưởng của các công trình bên cạnh, □ cũng ảnh hưởng tới công trình. Các ảnh hưởng này làm công trình bị chuyển dịch trong không gian, nếu chuyển dịch không đều sẽ dẫn tới biến dạng và phá huỷ công trình.

Chuyển dịch được chia làm hai dạng là chuyển dịch theo phương thẳng đứng (trồi, lún) và chuyển dịch theo phương ngang.

Mục đích của quan trắc chuyển dịch 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.

Thực tế sự chuyển dịch của công trình thường nhỏ nên quan trắc chuyển dịch là một tập hợp các công tác đo đạc với độ chính xác cao và thời gian dài.

### 10.2. Quan trắc lún công trình

Độ lún là sự chuyển dịch công trình theo phương thẳng đứng. Nguyên nhân chủ yếu do tải trọng bản thân công trình và các điều kiện nền móng của công trình.

Thực chất của việc quan trắc độ lún là ta so sánh độ cao của công trình tại các thời điểm khác nhau:

$$S^j = H^j - H^{j-1} \quad (10.1)$$

$$S^j = H^j - H^0 \quad (10.2)$$

Trong đó:  $H^j$ ,  $H^{j-1}$ ,  $H^0$ : độ cao công trình ở thời điểm  $j$ ,  $j-1$ ,  $0$ .

Nếu  $S > 0$  công trình bị trồi,  $S < 0$  công trình bị lún.

Việc quan trắc độ lún cần phải tiến hành với các nội dung như sau:

#### 10.2.1. Xây dựng hệ thống mốc quan trắc

1. *Mốc chuẩn*: Là hệ thống mốc có độ cao ổn định trong suốt thời gian quan trắc, được bố trí ngoài phạm vi ảnh hưởng lún của công trình. Số lượng mốc chuẩn tối thiểu là 03 mốc. Mốc chuẩn được thiết kế dưới dạng chôn sâu hoặc gắn vào các địa vật lâu năm đã ổn định độ lún.

2. **Hệ thống móc đo lún:** Là hệ thống các móc được gắn trực tiếp vào công trình, 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... Móc 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 móc lún.

### 10.2.2. Chu kỳ quan trắc

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 hoặc tốc độ lún  $\leq 1 \div 2 \text{mm/năm}$  thì dừng quan trắc.

Khi công trình bị nứt, chu kỳ quan trắc lún là 10 đến 20 ngày.

### 10.2.3. Phương pháp đo

Phương pháp được áp dụng phổ biến nhất trong đo lún là đo cao hình học tia ngắm ngắn ( $S < 25\text{m}$ ). Dụng cụ đo là máy thủy bình có bộ đo cực nhỏ và mia Inva.

### 10.2.4. Tính toán độ lún và vẽ biểu đồ

Việc tính toán bình sai lưới quan trắc theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất.

Tính toán các tham số lún:

Độ lún tuyệt đối của các móc:

- Giữa hai chu kỳ  $j$  và  $j-1$ :  $S_i^{j,j-1} = H_i^j - H_i^{j-1}$  (10.3)

- So với chu kỳ 0:  $S_i^{j,0} = H_i^j - H_i^0$  (10.4)

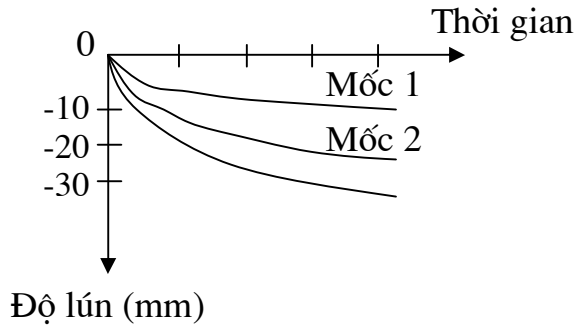
Độ lún trung bình của công trình ở chu kỳ  $j$ :

$$S_{tb}^j = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (10.5)$$

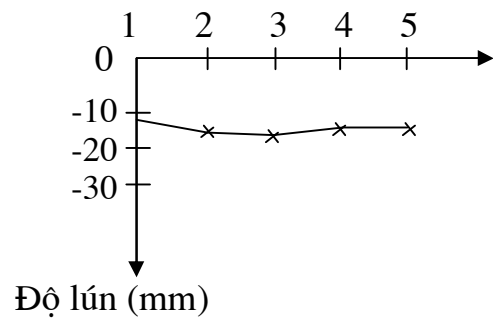
Tốc độ lún:  $v = \frac{S_{tb}^j}{t}$  (10.6)

Lún lệch: 
$$S_{\text{lệch}} = S_{\text{max}} - S_{\text{min}} \quad (10.7)$$

Dựa vào các tham số lún trên người ta còn lập biểu đồ lún của các mốc đặc trưng theo thời gian, biểu đồ lún của các trục, bình độ lún, □



a) Độ lún theo thời gian



b) Mặt cắt lún

### 10.3. Quan trắc chuyển dịch ngang

Chuyển dịch ngang công trình là sự thay đổi vị trí công trình trong mặt phẳng nằm ngang. Nguyên nhân chủ yếu do các lực phương ngang tác động lên như áp lực nước tác dụng lên đập thủy lợi, thủy điện, □

Thực chất của quan trắc chuyển dịch ngang là xác định tọa độ mặt bằng của các điểm đặc trưng trên công trình tại các thời điểm khác nhau:

$$q = \sqrt{\Delta^2 x + \Delta^2 y} \quad (10.8)$$

Trong đó: 
$$\begin{aligned} \Delta x &= X_i^j - X_i^{j-1} \\ \Delta y &= Y_i^j - Y_i^{j-1} \end{aligned} \quad (10.9)$$

Do đó tương tự như quan trắc lún, để quan trắc chuyển dịch ngang, cần lập lưới mặt bằng có các mốc gắn vào vị trí đặc trưng của công trình và có hệ thống điểm gốc nằm ngoài khu vực dịch chuyển.

Việc đo đạc cũng theo từng chu kỳ, thời gian giữa các chu kỳ tùy thuộc vào áp lực tác động lên công trình.

Có nhiều phương pháp để quan trắc chuyển dịch ngang tùy thuộc vào hình dáng công trình như phương pháp hướng chuẩn, bằng lưới đo góc cạnh, bằng GPS, □