

PHẦN 3. BẢN ĐỒ VÀ MẶT CẮT ĐỊA HÌNH

CHƯƠNG 6. LƯỚI KHÔNG CHẾ TRẮC ĐỊA

6.1. Khái quát về lưới khống chế trắc địa

6.1.1. Khái niệm

Để xác định vị trí tương hỗ của các điểm trên bề mặt đất trong hệ thống tọa độ thống nhất, người ta xây dựng trên mặt đất hệ thống các điểm liên hệ với nhau bằng các hình có dạng học nhất định. Việc lựa chọn vị trí đỉnh của các hình này sao cho thuận tiện đo trực tiếp các yếu tố của chúng với độ chính xác cần thiết. Từ số liệu đo, từ các phương pháp toán học và mối liên hệ giữa các đại lượng đo với các yếu tố cần xác định, sẽ tính được tọa độ mặt bằng (x, y) và độ cao (H) của các điểm. Tập hợp các điểm này gọi là lưới khống chế trắc địa.

Vậy lưới khống chế trắc địa là: *hệ thống các điểm được đánh dấu chắc chắn trên mặt đất, giữa chúng liên kết với nhau bởi các hình hình học và các điều kiện toán học chặt chẽ, được xác định trong cùng một hệ thống tọa độ thống nhất với độ chính xác cần thiết, làm cơ sở phân bố chính xác các yếu tố nội dung bản đồ và hạn chế sai số tích lũy.*

6.1.2. Phân loại

Lưới trắc địa Việt Nam theo Quyết định số 83/2000/QĐ -TT ngày 12/7/2000 của Thủ tướng Chính phủ thì từ tháng 8 năm 2000 nước ta sẽ sử dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ VN-2000. Lưới trắc địa có thể chia được chia làm ba loại: lưới khống chế trắc địa nhà nước; lưới khống chế trắc địa khu vực và lưới khống chế đo vẽ.

Lưới khống chế nhà nước Việt Nam cả mặt bằng và độ cao đều được xây dựng theo bốn hạng, từ hạng I đến hạng IV. Lưới hạng I phủ trùm toàn quốc, lưới hạng II chêm dày từ lưới hạng I sau đó chêm dày thêm để có lưới hạng III và IV.

Lưới khống chế mặt bằng khu vực được phát triển ở các vùng riêng biệt khi không đủ số lượng các điểm khống chế nhà nước; gồm lưới giải tích cấp 1, cấp 2 hoặc đường chuyền cấp 1 và cấp 2. Lưới khống chế khu vực được chêm dày từ lưới khống chế nhà nước có mật độ dày hơn nhưng độ chính xác thấp hơn.

Lưới khống chế mặt bằng đo vẽ là lưới được chêm dày từ lưới khống chế nhà nước và khu vực. Lưới này là cấp lưới cấp lưới khống chế cuối cùng về tọa độ và độ cao phục vụ trực tiếp cho việc đo vẽ bản đồ địa hình.

Lưới khống chế đo vẽ gồm đường chuyền kinh vĩ, lưới tam giác nhỏ, đường chuyền toàn đạc và các điểm chêm dày bằng phương pháp giao hội. Lưới khống chế độ cao đo vẽ được thành lập theo phương pháp hình học hoặc đo cao lượng giác có kết hợp đo đồng thời với lưới khống chế mặt bằng.

Trong phạm vi môn học này chỉ nghiên cứu lưới khống chế đo vẽ.

6.1.3. Một số chỉ tiêu cơ bản của lưới khống chế mặt bằng

Bảng 6.1

Đường chuyền		Các yếu tố đặc trưng	Tam giác hạng IV	Giải tích	
Cấp 1	Cấp 2			Cấp 1	Cấp 2
0,8 0,12	0,35 0,08	Chiều dài cạnh (km)	2 5	1 5	1 3
$\pm 5''$	$\pm 10''$	S^2 TF đo góc (km)	$\pm 2''0$	$\pm 5''0$	$\pm 10''0$
1: 10.000	1: 5000	S^2 TF tương đối cạnh góc	1: 120.000	1: 50.000	1: 20.000
		S^2 TF tương đối cạnh yếu	1: 70.000	1: 20.000	1: 10.000

6.1.4. Nguyên tắc xây dựng và phát triển lưới khống chế trắc địa

Xây dựng lưới theo nguyên tắc từ tổng thể đến cục bộ, từ độ chính xác cao đến độ chính xác thấp. Phương pháp xây dựng lưới gồm: phương pháp tam giác đặc, phương pháp đa giác đặc, xây dựng lưới bằng công nghệ GPS.

6.2. Các bài toán trắc địa cơ bản

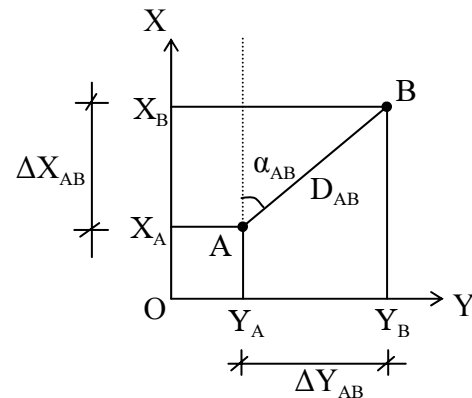
6.2.1. Bài toán trắc địa thuận

Giả sử biết tọa độ điểm A (X_A, Y_A), biết góc định hướng và chiều dài cạnh AB tương ứng là α_{AB} và D_{AB} . Cần phải tính tọa độ điểm B.

Từ số liệu cho trước và hình 6.1 ta dễ dàng tính được tọa độ điểm B (X_B, Y_B):

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB} = X_A + D_{AB} \cos \alpha_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB} = Y_A + D_{AB} \sin \alpha_{AB}$$



Hình 6.1

6.2.2. Bài toán trắc địa ngược

Giả sử biết tọa độ điểm A (X_A, Y_A) và điểm B (X_B, Y_B). Cần phải tính chiều dài D_{AB} và góc định hướng α_{AB} của cạnh AB. Xác định góc định hướng cạnh AB theo công thức (6.2) có lưu ý tới công thức (1.6).

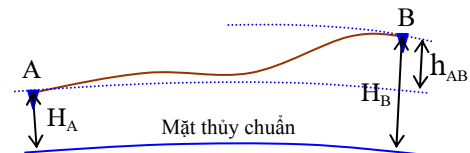
$$\operatorname{tg} r = \left| \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} \right| = \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \Rightarrow r = \operatorname{arctg} \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \Rightarrow \alpha \quad (6.2)$$

$$\text{Xác định chiều dài cạnh AB: } D_{AB} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin \alpha_{AB}} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} \quad (6.3)$$

6.2.3. Bài toán độ cao

Biết độ cao điểm A là H_A , chênh cao giữa A và B là h_{AB} . Cần phải tính độ cao điểm B (hình 6.2). Từ hình 6.2 ta có độ cao điểm B:

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (6.4)$$



Hình 6.2

6.3. Khái niệm về tính toán bình sai

Số đại lượng đo cần thiết, tối thiểu để có thể tính được giá trị của các đại lượng cần xác định, trong phạm vi của một vấn đề đặt ra gọi là số lượng **đại lượng đo cần thiết**.

Ví dụ: khi xác định 1 đại lượng ta thường đo nhiều lần và nhận được nhiều trị đo. Trong các trị đo này 1 trị được gọi là trị đo cần thiết, số còn lại là trị đo thừa; tính cạnh trong tam giác chỉ cần đo 1 cạnh 2 góc hoặc 2 góc 1 cạnh, nếu đo thêm đại lượng nào đó trong tam giác thì đại lượng đó là đại lượng đo thừa... Để có điều kiện kiểm tra và nâng cao độ chính xác của kết quả cần tìm, ngoài các đại lượng đo cần thiết cần đo thêm nhiều đại lượng khác, số đại lượng đo thêm ấy gọi là **đại lượng đo thừa**.

Trong lưới khống chế trắc địa vị trí (tọa độ) của điểm đầu dùng để tính chuyển tọa độ cho các điểm khác gọi là những **số liệu gốc tối thiểu**, bao gồm tọa độ hai điểm gốc hoặc tương đương với tọa độ một điểm gốc, chiều dài và góc định hướng một cạnh gốc.

Để tăng độ chính xác của công tác trắc địa, ngoài các số lượng gốc cần thiết còn có các **số liệu gốc thừa** gồm cạnh gốc, góc định hướng gốc và tọa độ gốc.

Các số liệu gốc và các yếu tố hình học của lưới có mối liên hệ chặt chẽ với nhau. Các biểu thức toán học biểu diễn các mối liên hệ này được gọi là các phương trình điều kiện của lưới.

Các công tác trắc địa không tránh khỏi sai số, nghĩa là các đại lượng đo có chứa các sai số do vậy nên các phương trình điều kiện không được thỏa mãn. Hiệu số của các giá trị của phương trình điều kiện tính theo giá trị đại lượng đo và giá trị lý thuyết (giá trị đúng) hoặc cho trước gọi là **sai số khép của phương trình điều kiện**.

Để thỏa mãn các phương trình điều kiện trong lưới nghĩa là phải khử bỏ các sai số khép của phương trình điều kiện, phải loại trừ các sai số trong các đại lượng đo và tìm ra giá trị tin cậy của chúng. Công việc này gọi là tính toán bình sai lưới trắc địa và giá trị tin cậy đó gọi là giá trị bình sai của chúng.

Toàn bộ lưới trắc địa là một thể thống nhất, để tính toán chính xác các kết quả phải dùng phương pháp tính toán bình sai chặt chẽ, tức là phải xét toàn bộ các mối quan hệ hình học của các yếu tố trong lưới đồng thời. Trong phạm vi giáo trình này chỉ xét đến phương pháp bình sai gần đúng. **Phương pháp gần đúng** khi bình sai chỉ áp dụng phương pháp tính toán đơn giản và riêng biệt, nghĩa là bình sai từng điều kiện riêng biệt sao cho khi bình sai điều kiện sau không vi phạm điều kiện trước đã bình sai.

6.4. Đường chuyền kinh vĩ - phương pháp bình sai gần đúng

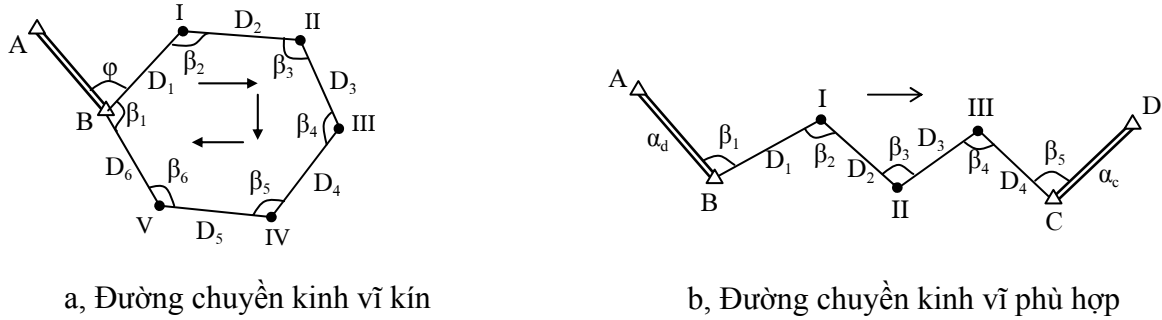
6.4.1. Đường chuyền kinh vĩ

6.4.1.1. Khái quát về đường chuyền kinh vĩ

Tập hợp các điểm được liên kết với nhau bởi các đoạn thẳng kẹp giữa là các góc phẳng tạo thành đường gãy khúc hoặc duỗi thẳng. Các góc phẳng đo bằng máy kinh vĩ với sai số trung phương đo góc $m_\beta = \pm 30''$, các cạnh đo bằng thước thép hoặc các máy đo xa quang điện với sai số trung phương tương đối $1/T = 1/2000$, tập hợp các điểm này gọi là đường chuyền kinh vĩ.

Phạm vi ứng dụng: đường chuyền kinh vĩ là một dạng của lưới khống chế đo vẽ, được áp dụng phổ biến ở những nơi rậm rạp, tầm nhìn khó khăn, được đặt theo hướng của các công trình dạng thẳng phục vụ trực tiếp cho đo vẽ bản đồ.

6.4.1.2. Đồ hình cơ bản của đường chuyền kinh vĩ



Hình 6.3

6.4.1.3. Một số tiêu chuẩn kỹ thuật đường chuyền kinh vĩ

Bảng 6.2

Tỷ lệ đo vẽ	Chiều dài đường chuyền (km)		f_β	$f_s(m)$		$1/T$
1:M	Khu vực đã xây dựng	Khu vực chưa xây dựng		Khu vực đã xây dựng	Khu vực chưa xây dựng	
1/500	0.8	1.2	$1' \cdot (n)^{1/2}$	0.3	0.4	1/2000
1/1000	1.2	1.8	$1' \cdot (n)^{1/2}$	0.4	0.6	1/2000
1/2000	2.0	3.0	$1' \cdot (n)^{1/2}$	0.6	0.9	1/2000
1/5000	4.0	6.0	$1' \cdot (n)^{1/2}$	1.2	1.8	1/2000

6.4.1.4. Xây dựng đường chuyền kinh vĩ

Việc thiết kế tiến hành trên bản đồ tỷ lệ lớn nhất hiện có. Sau khi thiết kế xong tiến hành khảo sát trên thực địa với mục đích làm sáng tỏ bản thiết kế và quyết định cuối cùng vị trí các đỉnh đường chuyền. Trường hợp không có bản đồ thì việc thiết kế và khảo sát được tiến hành đồng thời trên thực địa. Yêu cầu vị trí các điểm:

- Đặt ở nơi chắc chắn, ổn định, bảo vệ dễ dàng và lâu dài, thuận tiện cho việc đặt máy đo góc, đo dài, đo cao và đo vẽ chi tiết.

- Các điểm phải phân bố đều và không che toàn bộ khu vực đo vẽ.

Khi làm cơ sở để khảo sát, xây dựng các công trình dạng thẳng thì các điểm đường chuyền đặt theo hướng trục công trình. Các điểm đường chuyền kinh vĩ được đóng bằng cọc gỗ, ống thép, mốc gắn tường.

6.4.2. Bình sai gần đúng đường chuyền kinh vĩ

6.4.2.1. Bình sai góc

- Phương trình điều kiện khép góc trong đường chuyền kín

$$\sum_{i=1}^n \beta_i^o - 180^\circ (n - 2) = 0 \quad (6.5)$$

Trong đó β_i° - trị số góc lý thuyết; n - số góc trong đường chuyền. Khi thay các góc lý thuyết bằng các góc đo β thì phương trình điều kiện sẽ khác “0”, trị số này gọi đó là sai số khép góc:

$$f_\beta = \sum_1^n \beta - 180^\circ(n-2) \quad (6.6)$$

- Phương trình điều kiện khép góc định hướng

Ở hình 6.3b, trị số góc định hướng của cạnh CD được tính từ tọa độ điểm gốc C và D là α_c ; ta còn có thể tính góc định hướng của nó từ góc định hướng cạnh AB (α_d) và các góc đo β_i :

$$\alpha_c' = \alpha_d + \sum_{i=1}^n (\pm \beta_i) + (p-t)180^\circ$$

Trong đó p - số lượng các góc đo bên phải đường tính chuyền; t - số lượng các góc đo bên trái đường tính chuyền. Ta có phương trình và sai số khép góc định hướng:

$$\begin{aligned} \alpha_d + \sum_{i=1}^n (\pm \beta_i^\circ) + (p-t)180^\circ - \alpha_c &= 0 \\ \alpha_d + \sum_{i=1}^n (\pm \beta_i) + (p-t)180^\circ - \alpha_c &= f_\alpha \end{aligned} \quad (6.7)$$

- Số hiệu chỉnh cho các góc đo và trị sau bình sai của chúng

Nếu các sai số khép f_α , f_β có trị số không vượt quá $1' \cdot \sqrt{n}$ thì ta phân phối đều sai số khép cho các góc đo với dấu ngược lại:

$$\text{Đường chuyền kín:} \quad V_{\beta_i} = -\frac{f_\beta}{n}; \quad \text{kiểm tra: } \sum_1^n V_{\beta_i} = -f_\beta \quad (6.8)$$

$$\text{Đường chuyền phù hợp:} \quad V_{\beta_i} = \pm(-\frac{f_\alpha}{n}); \quad \text{kiểm tra: } \sum_1^n V_{\beta_i} = -f_\alpha \quad (6.9)$$

Trong công thức trên lấy dấu (+) khi các góc đo bên trái đường tính chuyền tọa độ và lấy dấu (-) cho các góc nằm bên phải. Trị số các góc sau bình sai tính theo công thức:

$$\beta' = \beta + V_{\beta_i} \quad (6.10)$$

6.4.2.2. Bình sai tọa độ

- Phương trình điều kiện tọa độ trong đường chuyền kín

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \Delta_{X_i}^\circ &= \sum_{i=1}^n D_i^\circ \cos \alpha_i = 0 \\ \sum_{i=1}^n \Delta_{Y_i}^\circ &= \sum_{i=1}^n D_i^\circ \sin \alpha_i = 0 \end{aligned} \quad \text{với } \alpha_i = \alpha_{i-1} \pm \beta_i' \mp 180^\circ \quad (6.11)$$

khi thay trị thực của các cạnh đường chuyền bằng các trị đo vào phương trình điều kiện (6.11), ta có sai số khép phương trình điều kiện tọa độ :

$$\begin{aligned} f_X &= \sum D_i \cdot \cos \alpha_i \\ f_Y &= \sum D_i \cdot \sin \alpha_i \end{aligned} \quad (6.12)$$

- Phương trình điều kiện tọa độ trong đường chuyền phù hợp

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n \Delta_{Xi}^o - (X_C - X_D) &= \sum_{i=1}^n D_i^o \cdot \cos \alpha_i - (X_C - X_D) = 0 \\ \sum_{i=1}^n \Delta_{Yi}^o - (Y_C - Y_D) &= \sum_{i=1}^n D_i^o \cdot \sin \alpha_i - (Y_C - Y_D) = 0\end{aligned}\quad (6.13)$$

Trong đó $\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm \beta_i' \mp 180^\circ$; ta có sai số khép phương trình điều kiện tọa độ:

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^n D_i \cdot \cos \alpha_i - (X_C - X_D) &= f_x \\ \sum_{i=1}^n D_i \cdot \sin \alpha_i - (Y_C - Y_D) &= f_y\end{aligned}\quad (6.14)$$

- Tính số hiệu chỉnh cho các số gia tọa độ :

Khi sai số khép tương đối chiều dài đường chuyền thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{f_s}{\sum_{i=1}^n D_i} = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{\sum_{i=1}^n D_i} \leq \frac{1}{2000}$$

Thì số hiệu chỉnh cho các số gia tọa độ và gia số tọa độ sau bình sai là:

$$\begin{aligned}V_{\Delta_{Xi}} &= \frac{-f_x}{\sum_{i=1}^n D_i} \cdot D_i \approx \frac{f_x}{n} \Rightarrow \Delta'_{Xi} = \Delta_{Xi} + V_{\Delta_{Xi}} \\ V_{\Delta_{Yi}} &= \frac{-f_y}{\sum_{i=1}^n D_i} \cdot D_i \approx \frac{f_y}{n} \Rightarrow \Delta'_{Yi} = \Delta_{Yi} + V_{\Delta_{Yi}}\end{aligned}\quad (6.15)$$

Kiểm tra: $\sum_{i=1}^n V_{\Delta_{Xi}} = -f_x$; $\sum_{i=1}^n V_{\Delta_{Yi}} = -f_y$

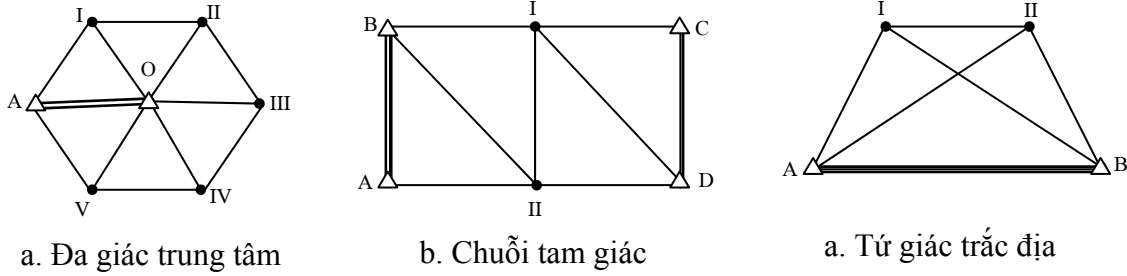
Từ đây ta tính tọa độ cho các điểm của lưới khống chế trên cơ sở tọa độ các điểm gốc và các số gia tọa độ đã được bình sai này.

6.5. Lưới tam giác nhỏ**6.5.1. Khái quát chung về lưới tam giác nhỏ**

Tập hợp các điểm được cố định chắc chắn ngoài thực, giữa chúng liên kết với nhau bởi các hình tam giác và các điều kiện toán học chặt chẽ. Được xác định chung trong hệ thống tọa độ thống nhất, làm cơ sở phân bố chính xác các yếu tố nội dung bản đồ và hạn chế sai số tích lũy. Lưới tam giác là một dạng lưới khống chế đo vẽ mặt bằng, được áp dụng ở những khu vực quang đãng, có tầm nhìn tốt, địa hình đồi núi.

Các góc trong tam giác cần thiết kể và đo với: $20^\circ \leq \beta \leq 140^\circ$; $m\beta \leq 30''$; $f\beta \leq 90''$ (so sánh khép). Chiều dài cạnh lưới tam giác nhỏ phải nằm trong khoảng $150\text{m} \leq D_i \leq 800\text{m}$; trong lưới độc lập cần đo cạnh đáy với sai số trung phương tương đối $1/T = 1/5000$. Số lượng tam giác giữa hai cạnh đáy qui định theo tỷ lệ bản đồ: $1/5000 - 20\Delta$; $1/2000 - 17\Delta$; $1/1000 - 15\Delta$ và $1/500$ là 10Δ .

6.5.2. Các dạng đồ hình của lưới tam giác nhỏ



Hình 6.4

6.5.3. Bình sai gần đúng lưới tam giác nhỏ

6.5.3.1. Số phương trình điều kiện

$$r = N - n$$

Trong đó: N - Σ đại lượng đo

n - số lượng đại lượng đo cần thiết = 2 x số điểm cần xác định tọa độ

6.5.3.2. Các dạng phương trình điều kiện

$$(1) \text{ điều kiện tam giác: } A_i^0 + B_i^0 + C_i^0 - 180^0 = 0 \rightarrow f_i = A_i + B_i + C_i - 180^0 \quad (6.16)$$

$$(2) \text{ Điều kiện góc ở tâm: } \sum_{i=1}^n c_i^0 - 360^0 = 0 \rightarrow f_v = \sum_{i=1}^n c_i - 360^0 \quad (6.17)$$

$$(3) \text{ Điều kiện tứ giác: } \sum_{i=1}^4 A_i^0 + \sum_{i=1}^4 B_i^0 - 360^0 = 0 \rightarrow f_t = \sum_{i=1}^4 A_i + \sum_{i=1}^4 B_i - 360^0 \quad (6.18)$$

(4) Phương trình điều kiện góc đối đỉnh:

$$\begin{aligned} A_1^0 + B_1^0 - (A_3^0 + B_3^0) &= 0 \\ A_1 + B_1 - (A_3 + B_3) &= f_{D1} \\ A_2^0 + B_2^0 - (A_4^0 + B_4^0) &= 0 \\ A_2 + B_2 - (A_4 + B_4) &= f_{D2} \end{aligned} \quad (6.19)$$

(5) Phương trình điều kiện góc định hướng:

$$\begin{aligned} \alpha d + \sum_{i=1}^n (\pm c_i^0) + (P - T).180^0 - \alpha c &= 0 \\ \alpha c + \sum_{i=1}^n (\pm c_i) + (P - T).180^0 - \alpha c &= f_\alpha \end{aligned} \quad (6.20)$$

Năm phương trình trên là phương trình điều kiện hình ở dạng tuyến tính, đây là các phương trình điều kiện thuộc nhóm một.

$$(6) \text{ Phương trình điều kiện cạnh: } \frac{Sd}{Sc} \prod_{i=1}^n \frac{\sin A_i^0}{B_i^0} - 1 = 0 \quad (6.21)$$

$$f_s = \frac{Sd}{Sc} \prod_{i=1}^n \frac{\sin A_i'}{\sin B_i^0} - 1$$

(7) Phương trình điều kiện cực :

$$\prod_{i=1}^n \frac{\sin A_i^0}{\sin B_i^0} - 1 = 0 \Rightarrow f_c = \prod_{i=1}^n \frac{\sin A_i}{\sin B_i} - 1 \quad (6.22)$$

(6) và (7) là phương trình điều kiện nhóm 2 ở dạng phi tuyến tính phương trình tuyến tính.

6.5.3.3. Nguyên tắc bình sai gần đúng lưới tam giác nhỏ

Trong lưới tam giác nhỏ, để đơn giản khi bình sai, các phương trình điều kiện được chia làm 2 nhóm: nhóm 1 gồm các phương trình điều kiện hình (1 | 5) là các phương trình ở dạng tuyến tính. nhóm 2 gồm các phương trình điều kiện cạnh, cực... phương trình phi tuyến tính.

Số hiệu chỉnh lần một V'_{β_i} cho các góc đo được tính dựa vào phương trình điều kiện nhóm một. Để tính số hiệu chỉnh lần một tiến hành bình sai riêng biệt từng điều kiện hình, nhưng khi bình sai điều kiện sau không được vi phạm điều kiện đã được bình sai trước đó. Dựa vào số hiệu chỉnh lần một ta có các góc đo bình sai lần một:

$$\beta_i' = \beta_i + V'_{\beta_i}$$

Số hiệu chỉnh lần hai V''_{β_i} tính dựa vào phương trình điều kiện nhóm hai và các góc đã hiệu chỉnh lần một. Chú ý rằng số hiệu chỉnh lần hai cho các góc tham gia vào điều kiện nhóm hai có giá trị tuyệt đối bằng nhau nhưng ngược dấu. Còn các góc trung gian C_i có số hiệu chỉnh lần hai bằng 0. Các góc sau bình sai:

$$A''_i = A'_i + V''_{A_i}; B''_i = B'_i + V''_{B_i}; C''_i = C'_i \quad (6.23)$$

Các góc sau bình sai phải thỏa mãn đồng thời các phương trình điều kiện trong lưới.

6.6. Phương pháp giao hội góc

6.6.1. Phương pháp giao hội thuận

Giả sử biết toạ độ 2 điểm $A(X_A, Y_A)$ và $B(X_B, Y_B)$. Để xác định thêm toạ độ điểm P, tại điểm A và B đặt máy kinh vĩ đo góc β_1 và β_2 . Từ các số liệu trên ta có thể tính toạ độ điểm P như sau:

- Từ điểm A, B áp dụng bài toán trắc địa ngược tính góc định hướng và chiều dài cạnh AB:

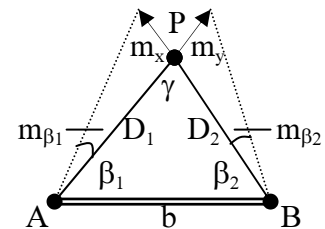
$$\text{tg} r_{AB} = \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \rightarrow r_{AB} = \arctg \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \rightarrow \alpha$$

$$b = \sqrt{\Delta^2 X_{AB} + \Delta^2 Y_{AB}}$$

- Tính góc định hướng và chiều dài của hai cạnh AP, BP :

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} - \beta_1; D_{AP} = \sin \beta_2 \cdot \frac{b}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

$$\alpha_{BP} = \alpha_{BA} + \beta_2; D_{BP} = \sin \beta_1 \cdot \frac{b}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$



Hình 6.5

Từ toạ độ điểm A, góc định hướng và chiều dài cạnh AP áp dụng bài toán trắc địa thuận ta tính được toạ độ điểm P : $X_{A_P}; Y_{A_P}$

$$X_{A_P} = X_A + D_{AP} \cos \alpha_{AP}$$

$$Y_{A_P} = Y_A + D_{AP} \sin \alpha_{AP}$$

Từ toạ độ điểm B, góc định hướng và chiều dài cạnh BP áp dụng bài toán trắc địa thuận ta tính được toạ độ điểm P.

$$\begin{aligned} X_{B_P} &= X_B + D_{BP} \cos \alpha_{BP} \\ Y_{B_P} &= Y_B + D_{BP} \sin \alpha_{BP} \end{aligned}$$

Nếu toạ độ điểm P tính từ điểm A bằng toạ độ điểm P tính từ điểm B thì toạ độ điểm P là trung bình của hai kết quả tính trên. Nếu hai kết quả tính sai khác nhiều thì cần kiểm tra lại quá trình tính toán.

$$X_p = \frac{X_{A_p} + X_{B_p}}{2}; Y_p = \frac{Y_{A_p} + Y_{B_p}}{2} \quad (6.40)$$

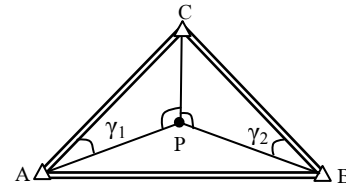
- Độ chính xác của phương pháp :

$$mp = \frac{m\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{D_1^2 + D_2^2}; mp = \frac{m\beta \cdot b}{\rho \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2} \quad (6.24)$$

6.6.2. Phương pháp giao hội nghịch

Biết toạ độ A, B, C và vị trí của chúng ngoài thực địa. Đặt máy kinh vĩ tại điểm cần xác định p, tiến hành đo hai góc p_1 và góc p_2 . Từ các số liệu trên ta có thể tính được toạ độ điểm p.

- Rõ ràng để tính được toạ độ điểm p ta cần phải biết chiều dài và góc định hướng của các cạnh AP, BP, CP. Để tính được các số liệu đó thì hai tam giác APC và BPC phải giải được, tuy nhiên ta thấy mỗi tam giác mới chỉ biết một góc và một cạnh, cần tìm thêm hai góc ở hai tam giác đó γ_1 và γ_2 .



Hình 6.6

Để tìm được hai góc này ta phải thành lập một hệ phương trình có hai phương trình chứa hai ẩn là hai góc trên, đây chính là mấu chốt của bài toán giao hội nghịch.

- Các bước tính toán:

+ Từ toạ độ ba điểm cho trước A, B, C, áp dụng bài toán trắc địa ngược tính chiều dài và góc định hướng các cạnh AB, BC, CA. Từ góc định hướng các cạnh này ta tính được các góc tam giác ACB.

+ Thành lập phương trình (1). Xét tứ giác APBC ta có:

$$\gamma_1 + \gamma_2 + (c + p_1 + p_2) = 360^\circ \Rightarrow \frac{1}{2}(\gamma_1 + \gamma_2) = 180^\circ - \frac{1}{2}(c + p_1 + p_2) \quad (6.25)$$

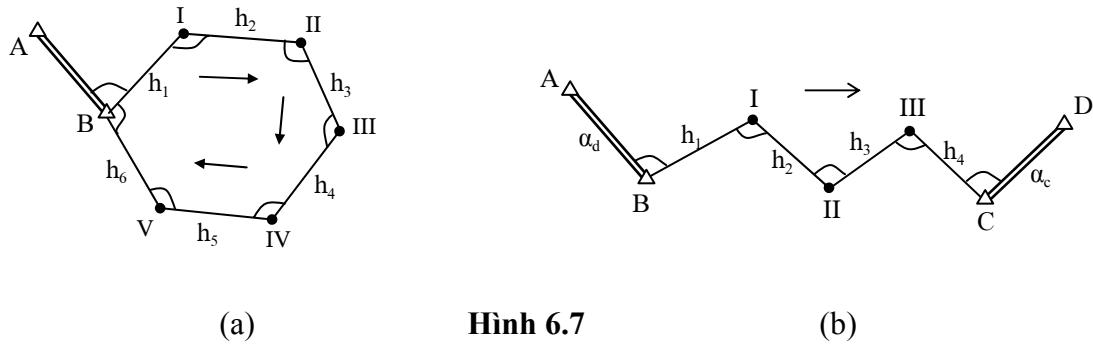
+ Thành lập phương trình (2). Xét hai tam giác APC và BPC cạnh PC được tính từ hai tam giác này:

$$PC = \sin \gamma_1 \frac{Ac}{\sin p_1} = \sin \gamma_2 \frac{Bc}{\sin p_2} \Rightarrow \frac{\sin \gamma_2}{\sin \gamma_1} = \frac{\sin p_2}{\sin p_1} \cdot \frac{Ac}{Bc} = \operatorname{tg} \mu \quad \text{từ đây ta tính được góc } \mu$$

$$\begin{aligned}
\frac{\sin \mu}{\cos \mu} &= \frac{\sin \gamma_2}{\sin \gamma_1} \Leftrightarrow \frac{\sin \mu + \cos \mu}{\cos \mu - \sin \mu} = \frac{\sin \gamma_1 + \sin \gamma_2}{\sin \gamma_1 - \sin \gamma_2} \\
\Rightarrow \operatorname{tg}(\mu + 45^\circ) &= \operatorname{tg} \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} \\
\rightarrow \operatorname{tg} \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} &= \operatorname{tg} \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \cot g(\mu + 45^\circ) \\
\Rightarrow \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{2} &= \operatorname{arctg} \left[\operatorname{tg} \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \operatorname{ctg}(\mu + 45^\circ) \right] \quad (6.26)
\end{aligned}$$

+ Từ (6.25) & (6.26) $\Rightarrow \gamma_1$ và γ_2 . Từ các góc $\gamma_1, \gamma_2, p_1, p_2$ và toạ độ 3 điểm A, B, C ta dễ dàng tính được toạ độ điểm p như cách tính của bài toán giao hội góc thuận.

6.7. Phương pháp bình sai gần đúng lưới độ cao đo vẽ



6.7.1. Bình sai đường chuyển độ cao khép kín (hình 6.7a)

$$\sum_{i=1}^n h_i^o = 0 ; \text{ thay trị đo vào } \sum_{i=1}^n h_i = 0 \leq gh \quad (6.27)$$

$$\sum_{i=1}^n (h_i + V_{h_i}) = 0 \rightarrow V_{h_i} = -\frac{f_h}{n} \Rightarrow h_i' = h_i + V_{h_i} \quad (6.28)$$

Từ các chênh cao bình sai ta tính độ cao cho tất cả các điểm trong lưới.

6.7.2. Bình sai đường độ cao phù hợp (hình 6.7b)

$$f_h = H_A + \sum_{i=1}^n h_i - H_B < gh \quad (6.29)$$

$$V_{h_i} = -\frac{f_h}{n} \Rightarrow h_i' = h_i + V_{h_i} \quad (6.30)$$

Từ các chênh cao bình sai ta tính độ cao cho tất cả các điểm trong lưới.

CHƯƠNG 7. ĐO VẼ BẢN ĐỒ VÀ MẶT CẮT ĐỊA HÌNH

7.1. Khái niệm và phân loại bản đồ địa hình

Bản đồ địa hình là hình ảnh thu nhỏ bề mặt đất lên tờ giấy theo quy luật toán học, dùng qui tắc tổng hợp và hệ thống ký hiệu thống nhất. Bản đồ thường thể hiện những phần mặt đất rộng lớn và có kẻ đến độ cong trái đất. Tỷ lệ bản đồ có thể thay đổi ở những phần khác nhau của nó.

Bình đồ cũng là bản đồ. Tuy nhiên phạm vi thể hiện nhỏ hơn, không xét ảnh hưởng độ cong trái đất và có tỷ lệ không đổi.

Tỷ lệ bản đồ là tỷ số giữa trị số chiều dài một đoạn thẳng trên bản đồ và chiều dài tương ứng của nó trên mặt đất. Tỷ lệ bản đồ thường ký hiệu $1/M$ luôn lấy tử số bằng 1 còn mẫu số M thể hiện mức độ thu nhỏ chiều dài một đoạn thẳng ngoài mặt đất lên bản đồ.

Người ta có thể phân loại bản đồ theo mục đích sử dụng và độ chính xác. Phân loại theo mục đích sử dụng có bản đồ hành chính, bản đồ địa chính, bản đồ lâm nghiệp, bản đồ quy hoạch, xây dựng, quốc phòng....Phân loại theo tỷ lệ (độ chính xác) có:

- Bản đồ tỷ lệ lớn: $1/500$, $1/1000$, $1/2000$, $1/5000$;
- Bản đồ tỷ lệ trung bình: $1/10.000$, $1/25.000$, $1/50.000$;
- Bản đồ tỷ lệ nhỏ: $1/100.000$, $1/200.000$, $1/500.000$, $1/10^6$.

Bản đồ có thể được đo vẽ bằng phương pháp toàn đạc, bản đạc và phương pháp ảnh.

7.2. Quy trình đo vẽ bản đồ địa hình

7.2.1. Công tác chuẩn bị

- Nhận nhiệm vụ, nghiên cứu mục đích yêu cầu.
- Thu thập tài liệu, số liệu trắc địa hiện có trong vùng: bản đồ cũ, số liệu trắc địa gốc, các mốc lưới khống chế trắc địa đã có. Tìm hiểu điều kiện tự nhiên, giao thông, dân cư khu vực đo vẽ.
- Khảo sát ranh giới đo vẽ, đặc điểm địa hình và địa vật khu đo.

7.2.2. Thiết kế lưới khống chế

Trên bản đồ tỷ lệ lớn nhất hiện có, thiết kế các phương án lưới khống chế. So sánh các phương án kết hợp khảo sát trực tiếp ngoài thực địa, từ đó chọn phương án tối ưu. Cố định và chôn mốc các đỉnh lưới khống chế phương án đã chọn. Ước tính độ chính xác công tác đo đạc lưới, thiết kế tiêu ngắm, giá ngắm, mốc khống chế.

7.2.3. Đo đạc, tính toán bình sai và xác định vị trí các điểm khống chế trên giấy vẽ

- Tiến hành đo đạc các yếu tố lưới bao gồm: trị số các góc, các cạnh, các chênh cao. Quá trình đo phải tuân thủ đúng quy trình, quy phạm và các hạn sai cho phép đã tính toán.
- Các số liệu đo được tính toán, bình sai theo phương pháp thích hợp để xác định trị tin cậy của các đại lượng đo. Từ các trị đo sau bình sai và các số liệu trắc địa gốc, tiến hành tính tọa độ và độ cao các điểm khống chế.

- Dựng lưới ô vuông tọa độ trên tờ giấy vẽ bản đồ, căn cứ vào tọa độ các điểm khống chế và hệ thống lưới ô vuông tọa độ, tiến hành xác định vị trí các điểm của khống chế trên tờ giấy vẽ bản đồ.

7.2.4. Đo đạc - tính toán - vẽ bản đồ gốc

- Đo đạc các số liệu để xác định vị trí mặt bằng và độ cao các điểm đặc trưng của địa hình, địa vật.

- Tính số đo chi tiết gồm khoảng cách ngang từ máy tới các điểm chi tiết và độ cao các điểm chi tiết.

- vẽ bản đồ gốc: trên cơ sở số liệu khống chế và số liệu đo chi tiết; dùng thước đo độ, thước tỷ lệ, thước mm, bút chì hoặc các phần mềm chuyên dụng để xác định vị trí các điểm chi tiết trên tờ giấy vẽ bản đồ. Thể hiện các yếu tố địa vật bằng các ký hiệu qui ước, thể hiện địa hình bằng đường đồng mức.

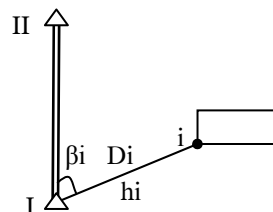
7.2.5. Kiểm tra, nghiệm thu, biên tập, in ấn

7.3. Đo vẽ chi tiết bản đồ địa hình bằng phương pháp toàn đạc

7.3.1. Nội dung phương pháp

Đo vẽ chi tiết bản đồ thường áp dụng phương pháp tọa độ cực. Dựa trên cơ sở hệ tọa độ cực, ngoài thực địa lấy các điểm khống chế là tâm cực, đường nối giữa điểm tâm cực với các điểm khống chế khác là trục cực. Một điểm chi tiết i nào đó được xác định bởi ba thông số: góc cực β_i , khoảng cách cực D_i và chênh cao h_i của điểm chi tiết so với điểm tâm cực (hình 7.1).

Sau khi đo chi tiết ở ngoài thực địa, ở trong phòng tiến hành tính số đo chi tiết đồng thời dùng dụng cụ hoặc các phần vẽ bản đồ để xác định vị trí các điểm chi tiết trên bản đồ và dùng hệ thống ký hiệu và đường đồng mức để biểu diễn bản đồ.



Hình 7.1

7.3.2. Đo đạc thực địa

Đặt máy kinh vĩ vào điểm trạm đo (điểm khống chế), thực hiện ba thao tác cơ bản: định tâm, cân bằng, định hướng "0" theo hướng trục cực. Khi đo chi tiết, việc đo góc bằng chỉ thực hiện ở vị trí bàn độ trái. Khoảng cách từ máy tới mĩa đo một lần theo phương pháp thị cự mĩa đứng. Độ chênh cao các điểm chi tiết xác định theo phương pháp đo cao lượng giác.

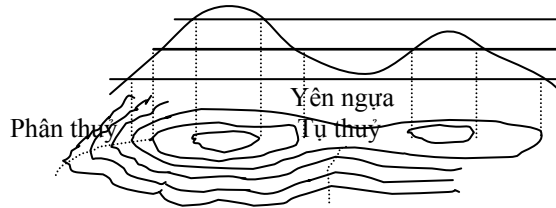
Một điểm chi tiết người đứng máy phải đo bốn số liệu gồm khoảng cách từ máy tới mĩa D , chiều cao điểm ngắm l_v , góc bằng β và số đọc bàn độ đứng V_T . Mỗi trạm máy còn phải đo chiều cao máy i để tính chênh cao các điểm.

Đặt mĩa lần lượt đặt mĩa tại các điểm đặc trưng của địa hình và địa vật gồm:

- Các điểm đặc trưng cho địa vật: những điểm nằm trên biên của địa vật tại những vị trí đặc trưng cho hình thể của địa vật đó. Thường là các điểm khống chế trắc địa, các công trình xây dựng dân dụng, công nghiệp, kiến trúc, phần lộ ra của các công trình ngầm... Các công trình điện lực, bưu chính viễn thông như trạm, trụ điện, đường dây... Các công trình giao thông đường bộ, đường sắt, đường thủy, đường băng, nhà ga, sân đỗ, cầu cống ... Hệ thống thủy văn sông như suối, hồ ao, bể nước. Diện tích ngập nước, bờ biển, kênh mương. Hệ thống phân phối nước, cung cấp nước như

giếng, tháp nước, bể lọc, bể chứa... Mật độ điểm mịa và khoảng cách từ máy tới mịa quy định ở bảng 7.1.

- Các điểm mịa đặc trưng cho địa hình gồm các điểm nằm trên ranh giới của các miền địa hình có độ dốc khác nhau, điểm cao nhất, điểm thấp nhất, lòng chảo. Các điểm nằm trên đường phân thủy, tụ thủy, yên ngựa. Độ cao mực nước trong hồ, ao, sông ngòi (hình 7.2).



Hình 7.2

Bảng 7.1

Tỷ lệ bản đồ	Khoảng Cao đều(m)	Khoảng cách lớn nhất Giữa các điểm mịa(m)	Khoảng cách lớn nhất từ máy tới mịa	
			Dáng đất(m)	Địa vật(m)
1:500	0.5	15	100	60
	1.0	15	150	60
1:1000	0.5	20	150	80
	1~2	30	200	80
1:2000	0.5	40	200	100
	1.0	40	250	100
	2.0	50	250	100
1:5000	0.5	60	250	150
	1.0	80	300	150
	2.0	100	350	150
	5.0	120	350	150

Người ghi sổ ngoài việc ghi các số liệu do người đứng máy đọc vào sổ đo chi tiết, còn phải vẽ sơ họa khu đo. Bản sơ họa lấy trạm đo và hướng chuẩn làm gốc, trên đó thể hiện sơ họa địa hình và địa vật khu đo, ghi số điểm mịa theo số thứ tự đã đánh trong sổ đo. Có như vậy công tác nội nghiệp mới đảm bảo tính chính xác khi nối địa vật và thể hiện địa hình.

SỔ ĐO CHI TIẾT

Trạm: I

 $H_I = 9.76\text{m}$

Hướng chuẩn: II

Máy đo: Theo020

 $i = 1.5\text{m}$ $MO = 89^\circ 30'$

N ^o	S (m)	l (m)	Số đọc bàn độ		V = MO-V _T	D = S.cos ² v	h = D.tgV + i-l	H = H _I +h	Ghi chú
			β	V _T					
1	27.6	1.0	37°17'1	95°36'	-6°06'	27.3	-2.42	7.34	Địa hình
2	62.3	1.0	206°42'3	87°14'	+2°16'	62.2	+2.95	12.71	Góc nhà

7.3.3. Công tác nội nghiệp

- Tính sổ đo chi tiết gồm: chuyển chiều dài nghiêng S về nằm ngang D; tính góc đứng V; tính chênh cao và độ H của các điểm chi tiết.

- Vẽ khung lưới ô vuông, kiểm tra các cạnh ô vuông không chênh nhau quá 0.2mm, các đường chéo ô vuông không chênh nhau quá 0.3mm. Xác định các điểm khống chế lên bản vẽ theo phương pháp tọa độ vuông góc. Vẽ ký hiệu điểm khống chế và bên cạnh ghi một phân số với tử số là tên điểm, mẫu là độ cao.

- Xác định các điểm chi tiết lên bản vẽ theo phương pháp tọa độ cực bằng các dụng cụ văn phòng như: thước đo độ, thước tỷ lệ, thước mm. Các điểm chi tiết được đánh dấu bằng bút chì và ghi trị số độ cao các điểm mịa. Các dấu chấm chì đánh dấu điểm chi tiết nằm cách góc dưới phía tây của số ghi độ cao 1,5mm.

- Dùng các ký hiệu quy ước để thể hiện địa vật và vẽ đường đồng mức thể hiện dáng đất.

7.3.4. Kiểm tra, đánh giá độ chính xác bản đồ địa hình**- Kiểm tra khống chế:**

sai số giới hạn vị trí điểm lưới khống chế sau bình sai so với điểm gốc không vượt quá 0.3mm đối với miền đồi núi và 0.2mm đối với vùng quang đẵng theo tỷ lệ bản đồ. Sai số giới hạn về độ cao các điểm khống chế so với điểm độ cao gốc không vượt quá 1/5 khoảng cao đều đường đồng mức đối với vùng đồng bằng và 1/3 đối với miền núi.

- Kiểm tra các điểm chi tiết:

sai số trung bình vị trí các địa vật cố định trên bản đồ so với điểm khống chế gần nhất không được vượt quá 0.5mm (vùng núi 0.7mm). Trong thành phố và khu công nghiệp sai số vị trí tương hỗ giữa các điểm địa vật quan trọng, cố định không vượt quá 0.4mm trên bản đồ. Sai số trung bình các điểm địa hình so với độ cao điểm khống chế gần nhất tính theo khoảng cao đều không vượt quá quy định ở bảng 7.2.

Giá trị độ lệch cho phép bằng hai lần sai số trung bình ở trên. Số lượng điểm có độ chênh lệch bằng hoặc vượt độ chênh lệch cho phép không được quá 10% tổng số điểm kiểm tra.

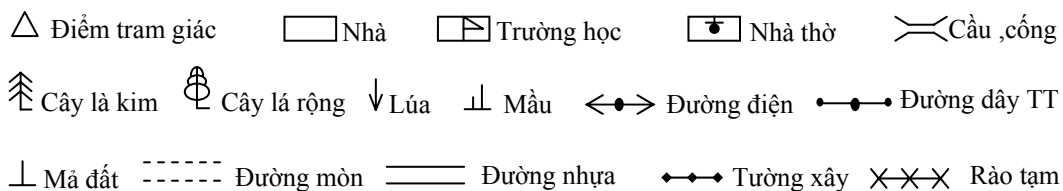
Bảng 7.2

Độ dốc địa hình	Tỷ lệ đo vẽ			
	1/500	1/1000	1/2000	1/5000
0°~2°	1/4	1/4	1/4	1/4
KCĐ 0.5m	0	0	1/3	1/3
2°~6°	1/3	1/3	1/3	1/3
6°~15°	1/3	1/3	1/2	1/2
>15°	0	1/2	1/2	1/2

7.4. Biểu diễn địa vật, địa hình trên bản đồ

7.4.1. phương pháp biểu diễn địa vật trên bản đồ

Dùng hệ thống ký hiệu qui ước thống nhất do Cục đo Đặc địa Bản đồ Nhà nước biên soạn. Tùy theo tỷ lệ bản đồ và địa vật sẽ có những ký hiệu tương ứng. Có các loại ký hiệu như: ký hiệu theo tỷ lệ, phi tỷ lệ, nửa tỷ lệ, chú thích và tô mầu.



- Ký hiệu theo tỷ lệ giữ nguyên kích thước của đối tượng biểu diễn theo đúng tỷ lệ bản đồ. Ký hiệu loại này dùng cho những địa vật có kích thước lớn, theo nó có thể biết được vị trí và kích thước thực tế của đối tượng thể hiện.

- Ký hiệu phi tỷ lệ dùng cho các địa vật có kích thước nhỏ nhưng có tầm quan trọng nhưng không thể biểu diễn được theo tỷ lệ bản đồ. Ví dụ: điểm khống chế Δ, Giếng, cột cây số, bia mộ, cây độc lậpKý hiệu loại này chỉ cho biết vị trí của đối tượng thể hiện.

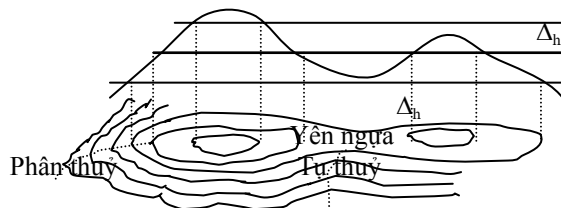
- Ký hiệu nửa tỷ lệ kết hợp giữa hai loại ký hiệu trên, dùng cho các loại địa vật hình tuyến. theo ký hiệu loại này thì chiều dài tuyến được thể hiện bằng loại ký hiệu theo tỷ lệ còn chiều rộng thể hiện bằng ký hiệu phi tỷ lệ.

7.4.2. Biểu diễn địa hình bằng đường đồng mức

7.4.2.1. Khái niệm

Địa hình mặt đất bao gồm hình dáng bên ngoài của mặt đất như cao, thấp, lồi, lõm, dốc, bằng phẳng. Người ta dùng đường đồng mức để biểu diễn những yếu tố ấy của địa hình.

Đường đồng mức là giao tuyến giữa mặt đất tự nhiên với các mặt song song với mặt thủy chuẩn gốc trái đất ở những độ cao khác nhau. Hiệu độ cao giữa hai đường đồng mức kề nhau gọi là khoảng cao đều (hình 7.3).



Hình 7.3

Tính chất đồng mức:

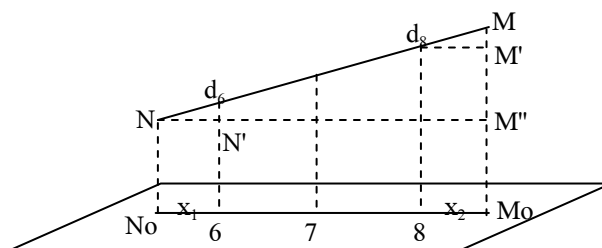
- Các điểm trên cùng một đường đồng mức đều có độ cao bằng nhau.
- Đường đồng mức là những đường cong, trơn, liên tục, khép kín và hầu như không cắt nhau.
- Chỗ nào đường đồng mức thưa thì địa hình ở đó thoải, chỗ nào đường đồng mức mau thì địa hình ở đó dốc. Chỗ nào các đường đồng mức trùng nhau địa hình ở đó là vách đứng.

Để sử dụng bản đồ được thuận tiện, cứ cách 4 hoặc 5 đường đồng mức người ta lại tô đậm một đường và ghi độ cao của nó hướng về phía đỉnh. Đường đồng mức này gọi là đường đồng mức cái.

7.4.2.2. Vẽ đường đồng mức bằng phương pháp giải tích

Dựa vào độ cao của các điểm địa hình và khoảng cách giữa chúng, bằng phương pháp tính toán người ta có thể xác định chính xác vị trí các đường đồng mức cắt qua giữa các điểm địa hình đặc trưng. Nếu các điểm có cùng độ cao với nhau ta sẽ có đường đồng mức.

Để dễ hình dung, ta lấy một ví dụ cụ thể minh họa phương pháp: giả sử có hai điểm địa hình đặc trưng là N và M, độ cao tương ứng là $H_N = 5,4\text{m}$ và $H_M = 8,5\text{m}$. Hai điểm này có vị trí N_0 và M_0 tương ứng trên bản đồ (hình 7.4).



Hình 7.4

Khoảng N_0M_0 trên bản đồ đo được $a = 20\text{mm}$, khoảng cao đều đường đồng mức cho trước là $\Delta H = 1\text{m}$. Hãy tìm vị trí các đường đồng mức cắt qua đoạn N_0M_0 .

Vì đoạn nghiêng NM có độ cao lớn nhất là $8,5\text{m}$, nhỏ nhất là $5,4\text{m}$ và khoảng cao đều cho bằng 1m nên sẽ có ba đường đồng mức cắt qua NM, đó là đường: 6m , 7m , 8m . Để tìm được vị trí đường 6m phải tính được đoạn x_1 , đường 7m phải tính được đoạn x_2 , còn đường 8m sẽ nằm giữa đường 6m và đường 8m .

Xét hai cặp tam giác đồng dạng $\Delta NN'd_6 \sim \Delta NMM''$ và $\Delta MM'_8 \sim \Delta NMM''$ ta có:

$$\frac{x_1}{a} = \frac{N'd_6}{MM''} \rightarrow x_1 = a \cdot \frac{N'd_6}{MM''}; \quad \frac{x_2}{a} = \frac{MM'_8}{MM''} \rightarrow x_2 = a \cdot \frac{MM'_8}{MM''} \quad (7.1)$$

Trong đó: $MM'' = 8,5 - 5,4 = 3,1$ (m); $N'd_6 = 6 - 5,4 = 0,6$ (m); $MM'_8 = 8,5 - 8 = 0,5$ (m), $a = 20$ mm.
Thay các giá trị này vào (7.1) ta có: $x_1 = 4$ mm, $x_2 = 3$ mm

Để xác định vị trí đường đồng mức 6m ta đặt đoạn x_1 trên đoạn N_0M_0 , vị trí đường 8m đặt đoạn x_2 trên đoạn M_0N_0 còn đường 7m là điểm giữa đường 6m và đường 8m. Bằng cách nội suy như vậy ta sẽ tìm được vị trí của tất cả các đường đồng mức, nối những điểm có cùng độ cao với nhau sẽ được đường đồng mức ấy.

7.5. Chia mảnh và đánh số tờ bản đồ

Để thuận tiện cho sử dụng và bảo quản bản đồ, người ta quy định cách phân mảnh và đánh số các tờ bản đồ. Hệ thống phân mảnh được thực hiện như sau:

7.5.1. Xây dựng tấm bản đồ cơ sở tỷ lệ $1/10^6$

Từ kinh tuyến 180° về phía đông, theo kinh tuyến cứ cách 6° là 1 cột, đánh số thứ tự cột từ 1-60. Từ xích đạo về hai cực, theo vĩ tuyến cứ cách 4° là 1 hàng, đánh số các hàng bởi: A, B, C Mỗi ô hình thang cong kích thước $6^\circ \times 4^\circ$ là mảnh bản đồ cơ sở $1/10^6$. Tên của tờ bản đồ cơ sở là tên hàng theo sau đó là tên cột. Việt Nam thuộc các tờ F-48 (C,D,E,F).

7.5.2. Chia mảnh các tờ bản đồ có tỷ lệ khác

- Tờ cơ sở tỷ lệ $1/10^6$ (F-48) được chia thành 4 tờ bản đồ $1/500.000$ (F-48-D) với tên riêng (A,B,C,D); 36 tờ bản đồ $1/200.000$ (F-48- XI) tên riêng (I,II,III,...XXXVI); 144 tờ bản đồ $1/100.000$ (F-48-144) tên riêng (1,2,3,...,144).

- Tờ $1/100.000$ chia làm 4 tờ $1/50.000$ với tên riêng (A,B,C,D); tờ $1/50.000$ chia làm 4 tờ $1/25.000$ với tên riêng (a,b,c,d); tờ $1/25.000$ chia làm 4 tờ $1/10.000$ với tên riêng (1,2,3,4).

- Tờ $1/100.000$ chia làm 256 tờ $1/5.000$ tên riêng ([1], [2], [3],..., [256]); tờ $1/5.000$ chia làm 9 tờ $1/2.000$ với tên riêng ([a], [b], [c],..., [d]).

- Những tờ có tỷ lệ lớn hơn dùng lưới km để chia, dùng bảng tọa độ góc khung của Gauss.

7.6. Sử dụng bản đồ địa hình

7.6.1. Định hướng bản đồ ngoài thực địa

- Định hướng bằng địa vật dạng tuyến: có thể dùng tuyến đường bộ, đường sắt, tuyến kênh mương để định hướng bản đồ. Thực chất của phương pháp này là mang bản đồ ra thực địa tại vị trí rõ nét của địa vật dạng tuyến, xoay bản đồ sao cho hướng địa vật dạng tuyến trên bản đồ trùng với hướng tương ứng của nó trên thực địa, ta sẽ được bản đồ quay đúng hướng của nó.

- Định hướng bằng địa bàn: Để định hướng, ta đặt trên bản đồ một địa bàn sao cho đường nối bắc - nam của nó song song với hướng bắc - nam của lưới ô vuông tọa độ trên bản đồ. Xoay bản đồ để kim địa bàn trùng với đường nối bắc - Nam của địa bàn thì bản đồ sẽ quay đúng hướng.

7.6.2. Xác định chiều dài trên bản đồ

Để xác định chiều dài một đoạn thẳng trên bản đồ ta đo chiều dài đoạn thẳng đó trên bản đồ rồi nhân với tỷ lệ bản đồ ta sẽ được chiều dài tương ứng của nó ngoài thực địa.

Để xác định chiều dài một đoạn cong trên bản đồ ta vi phân đoạn cong sao cho các đoạn này có thể xem như đoạn thẳng rồi đo các đoạn thẳng vi phân, lấy tổng nhân với tỷ lệ bản đồ, ta sẽ được chiều dài đoạn cong.

Có thể xác định chiều dài đoạn cong bằng máy đo chiều dài: $S = K (U_n - U_o)$. Trong đó U_o số đọc ban đầu trên máy ứng với điểm đầu đoạn cong; U_n : số đọc trên máy sau khi cho bánh xe của máy chạy từ điểm đầu về tới điểm cuối đường cong; K : giá trị một khoảng chia của máy.

7.6.3. Xác định độ góc trên bản đồ

- Giả sử cần phải xác định góc bằng (β) kẹp giữ hai đoạn thẳng OE Và OD trên bản đồ (hình 7.5), vì phép chiếu bản đồ là phép chiếu đồng góc nên ta có thể dùng thước đo độ đo trực tiếp góc (β) trên bản đồ.

- Xác định góc định hướng của đường thẳng trên bản đồ: góc định hướng của đường thẳng trên bản đồ là góc bằng tính từ hướng bắc trục OX hoặc đường thẳng song song với trục OX đến hướng đường thẳng, vì vậy cũng đo trực tiếp như đối với đo góc bằng (hình 7.5).

- Góc bằng và góc định hướng có thể xác định thông qua việc đồ giải tọa độ trên bản đồ.

7.6.4. Xác định tọa độ một điểm trên bản đồ

- Xác định tọa độ địa lý của một điểm: trên bản đồ có lưới kinh vĩ độ, giá trị các đường kinh độ và vĩ độ biểu thị bởi các vạch đen, trắng trên bốn cạnh khung bản đồ. Giả sử cần xác định tọa độ địa lý điểm M. Qua M ta kẻ một đường song song với cạnh ô kinh tuyến và một đường kia song song với cạnh ô vĩ tuyến; từ tỷ lệ các đoạn thẳng đo được ta sẽ xác định được tọa độ địa lý điểm A.

- Xác định tọa độ vuông góc của một điểm: tọa độ vuông góc xác định trên bản đồ định dựa vào lưới ô vuông tọa độ của bản đồ. Giả sử cần xác định tọa độ vuông góc của điểm N (hình 7.5), qua điểm N ta kẻ hai đường thẳng cắt các cạnh ô vuông chứa điểm N, dùng thước đo chiều dài các đoạn a, b, c, d, từ số liệu đo này ta xác định được tọa độ vuông góc của điểm N:

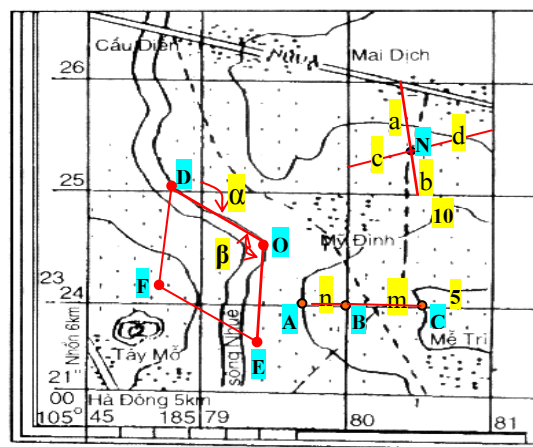
$$X_N = 25 + \frac{b}{b+a} \cdot (26 - 25) \cdot M \quad (7.2)$$

$$Y_N = 80 + \frac{c}{c+d} \cdot (81 - 80) \cdot M$$

Trong đó M là mẫu số tỷ lệ bản đồ.

7.6.5. Xác định độ cao một điểm trên bản đồ

Trên bản đồ, độ cao các điểm được xác dựa vào đường đồng mức. Giả sử cần phải xác định độ cao ba điểm A, B, C trên bản đồ (hình 7.5); vì điểm A nằm trên đường đồng mức 10m, điểm C nằm trên đường đồng mức 5m nên chúng có độ cao bằng chính độ cao đường đồng mức đó, tức là : $H_A = 10m$, $H_C = 5m$; còn độ cao điểm B thì phải nội suy.



Hình 7.5

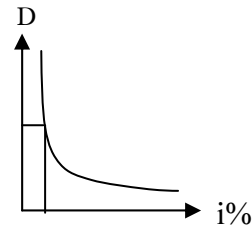
Để nội suy độ cao điểm B ta dùng thước đo đoạn n và m và áp dụng công thức nội suy:

$$H_B = 5m + h_{CB} = 10m - h_{BA}$$

$$\text{Với: } h_{BC} = \frac{m}{m+n}(10-5); h_{CA} = \frac{n}{m+n}(10-5) \quad (7.3)$$

7.6.6. Xác định độ dốc mặt đất

Dùng compa đo đoạn thẳng nối giữa hai điểm nằm trên hai đường đồng mức liền nhau. Đặt khẩu độ compa đo trên trục đứng thước đo độ dốc rồi dóng ra đường cong tương ứng, chiếu điểm dóng xuống trục ngang ta sẽ được độ dốc địa hình (hình 7.6).



Hình 7.6

7.6.7. Xác định diện tích trên bản đồ

Giả sử cần phải xác định diện tích khu vực nào đó trên bản đồ, ta có thực hiện theo phương pháp sau:

7.6.7.1. Phương pháp hình học

- Khi diện tích cần xác định là một đa giác, ta chia đa giác thành những hình có dạng hình học cơ bản như: hình tam giác, hình thang, hình vuông, hình chữ nhật. Đo các đại lượng cần thiết để tính diện tích các hình cơ bản rồi lấy tổng lại ta sẽ có diện tích khu đo. Ví dụ tứ giác OEFD trên hình 7.5 được chia làm hai tam giác FDO và FOE, đo các cạnh hoặc chiều cao, cạnh đáy hoặc hai cạnh và góc kẹp...trực tiếp trên bản đồ như đã trình bày ở trên để tính diện tích hai tam giác này. Từ đó tính được diện tích tứ giác.

- Khi chu vi hình cần xác định diện tích có dạng cong bất kỳ, có thể dùng các tấm đồ giải để xác định. Các tấm đồ giải làm bằng giấy bóng mờ, mica hoặc platic. Trên mặt các tấm này, người ta kẻ lưới ô vuông có diện tích các ô xác định. Đặt tấm đồ giải lên hình, đếm số ô vuông nguyên ở giữa và ước lượng để ghép các phần ô vuông lẻ ở biên thành các ô vuông. Từ tổng các ô vuông ta sẽ biết được diện tích hình cần đo.

Xác định diện tích bằng phương pháp hình học nhanh, đơn giản tuy nhiên độ chính xác thường thấp (sai số 5%).

7.6.7.2. Phương pháp giải tích

Khi khu vực cần xác định diện tích là một đa giác có tọa độ các đỉnh xác định, ta có thể dùng công thức sau để tính diện tích:

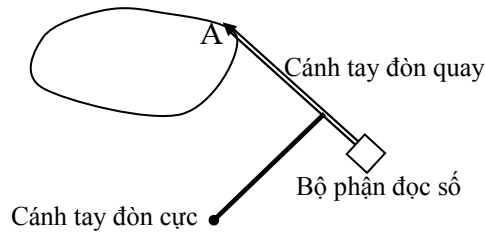
$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Y_i(X_{i-1} - X_{i+1}) \quad (7.4)$$

Trong đó X_i và Y_i là tọa độ các đỉnh của đa giác. Phương pháp giải tích cho độ chính xác cao (sai số 0.1%).

7.6.7.3. Máy đo diện tích

- Máy đo diện tích có bốn bộ phận chính: Cánh tay đòn cực, cánh tay đòn quay, bánh xe quay và bộ phận đọc số.

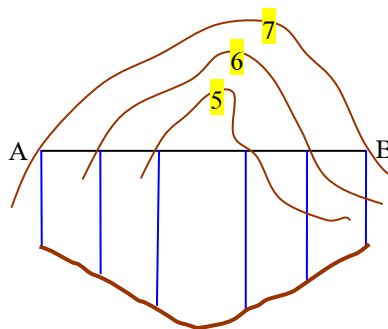
- Cách đo: đặt kim quay tại điểm A trên chu vi hình cần đo, đọc số đọc ban đầu u_1 . Di chuyển kim quay trên chu vi cho đến khi trở lại điểm A, đọc được số đọc u_2 . Diện tích hình cần đo xác định theo công thức: $S = c (u_2 - u_1)$, trong đó c là giá trị mỗi khoảng chia của máy đo diện tích được xác định bằng thực nghiệm (hình 7.7). Xác định diện tích bằng máy đo có sai số 0.5%.



Hình 7.7

7.6.8. Lập mặt cắt địa hình theo một hướng cho trước trên bản đồ

Giả sử cần thành lập mặt cắt địa hình theo hướng đường thẳng AB cho trước trên bản đồ. Đặt tờ giấy can lên đường thẳng AB. Dùng bút đánh dấu và ghi chú độ cao các giao điểm giữa AB với các đường đồng mức. Từ các giao điểm đã đánh dấu dựng đường vuông góc, trên đó đặt độ cao các giao điểm theo tỷ lệ đứng của mặt cắt. nối đầu mút các đoạn thẳng vuông góc lại ta sẽ được mặt cắt địa hình theo đường ab cho trước.



Hình 7.8

7.7. Đo vẽ mặt cắt địa hình

7.7.1. Khái niệm

Để phục vụ cho thiết kế kỹ thuật các công trình xây dựng như: cầu đường, thủy lợi, đường sắt, đường dây tải điện ... phải biết cụ thể và chính xác địa hình mặt đất theo hướng công trình đi qua. Công tác đo vẽ và biểu diễn địa hình mặt đất theo một hướng nào đó được gọi là đo vẽ mặt cắt. Có 2 loại mặt cắt địa hình là mặt cắt dọc và mặt cắt ngang.

- Mặt cắt dọc là giao tuyến giữa mặt đất với mặt thẳng đứng theo trục công trình.
- Mặt cắt ngang là mặt cắt thẳng đứng vuông góc với trục công trình.

Đo vẽ mặt cắt bao gồm các công việc định tuyến ngoài thực địa, đo khoảng cách và độ cao các điểm trên tuyến, tính toán và vẽ mặt cắt.

7.7.2. Đo mặt cắt ngoài thực địa

- **Định tuyến ngoài thực địa:** xác định các điểm khống chế tuyến ngoài thực địa bao gồm điểm đầu, các điểm tại đó tuyến chuyển hướng (đỉnh), các điểm trung gian theo ý đồ thiết kế, điểm cuối. Các điểm khống chế tuyến có thể khảo sát chọn ngay ở ngoài thực địa (quy mô công trình nhỏ) hoặc chuyển từ bản đồ phương án thiết kế tuyến đã được phê duyệt.

- **Cố định các cọc chính:** từ điểm đầu, dùng thước dây hoặc các máy đo dài có độ chính xác cần thiết để bố trí các cọc cách nhau 100m. Gọi các cọc này là các cọc chính và được ký hiệu từ C_0 cho đến C_n . Cứ 10 cọc chính là một cọc km đánh số từ "km_1" đến "km_n".

- **Cố định các cọc phụ:** các cọc phụ được đóng ở những vị trí đặc trưng cho địa hình, địa vật mặt đất. Dùng thước dây hoặc máy đo dài để đo chiều dài giữa các cọc phụ, giữa cọc phụ với cọc chính và cọc đỉnh gần nhất (khoảng cách lẻ).

- **Bố trí và cố định mặt cắt ngang:** những nơi trên hướng vuông góc với tuyến nếu địa hình mặt đất thay đổi nhiều thì phải đo vẽ mặt cắt ngang. Vị trí mặt cắt ngang trên tim tuyến được đo và ký hiệu giống những cọc phụ. Các điểm trên mặt cắt ngang cũng là các điểm đặc trưng cho địa hình, địa vật. Khoảng cách lẻ trên mặt cắt ngang đo từ tim về hai phía của tuyến bằng thước hoặc máy đo dài.

- **Tại các đỉnh còn phải đo góc chuyển hướng (góc lái) và bố trí các đường cong nếu là công trình tuyến giao thông hoặc thủy lợi.**

- **Đo vẽ bình đồ dọc tuyến:** Đồng thời với việc cố định tuyến còn phải đo vẽ bình đồ dọc tuyến với dải rộng từ tim về hai bên theo quy định. Trong phạm vi quy định bình đồ tuyến được đo chính xác như phần 7.3 đã học. Ngoài phạm vi quy định thì ước lượng bằng mắt.

- **Bình đồ duỗi thẳng:** bình đồ duỗi thẳng thể hiện trên mặt cắt dọc tuyến. Trên bình đồ này thể hiện điểm đầu, các cọc chính, cọc km, cọc phụ, cọc đỉnh, cọc mặt cắt ngang,...,điểm cuối. Vẽ mũi tên chỉ hướng ngoặt của tuyến. Phác họa địa vật, địa hình dọc tuyến.

- Đo cao mặt cắt:

Những công trình quan trọng, quy mô lớn ta phải đo nối tuyến với lưới khống chế nhà nước nhằm thống nhất toạ độ và độ cao. khi dẫn độ cao dọc tuyến thường dùng cấp độ cao kỹ thuật và ứng dụng phương pháp đo cao hình học từ giữa; các cọc mặt cắt trùng với cọc liên hệ giữa các trạm máy thì phải đo hai lần trên hai mặt mĩa. Để kiểm tra công tác dẫn độ cao, cứ khoảng 1km phải đo nối tuyến với các điểm khống chế cấp cao hơn của lưới khống chế độ cao chạy dọc tuyến. Trong trường hợp khác thì phải đo cao đi và về để kiểm tra.

Các cọc mặt cắt không phải là cọc liên hệ thì chỉ đo một lần bằng phương pháp đo cao hình học phía trước hoặc đo cao lượng giác.

7.7.3. Tính và vẽ mặt cắt

7.7.3.1. Tính toán kết quả đo mặt:

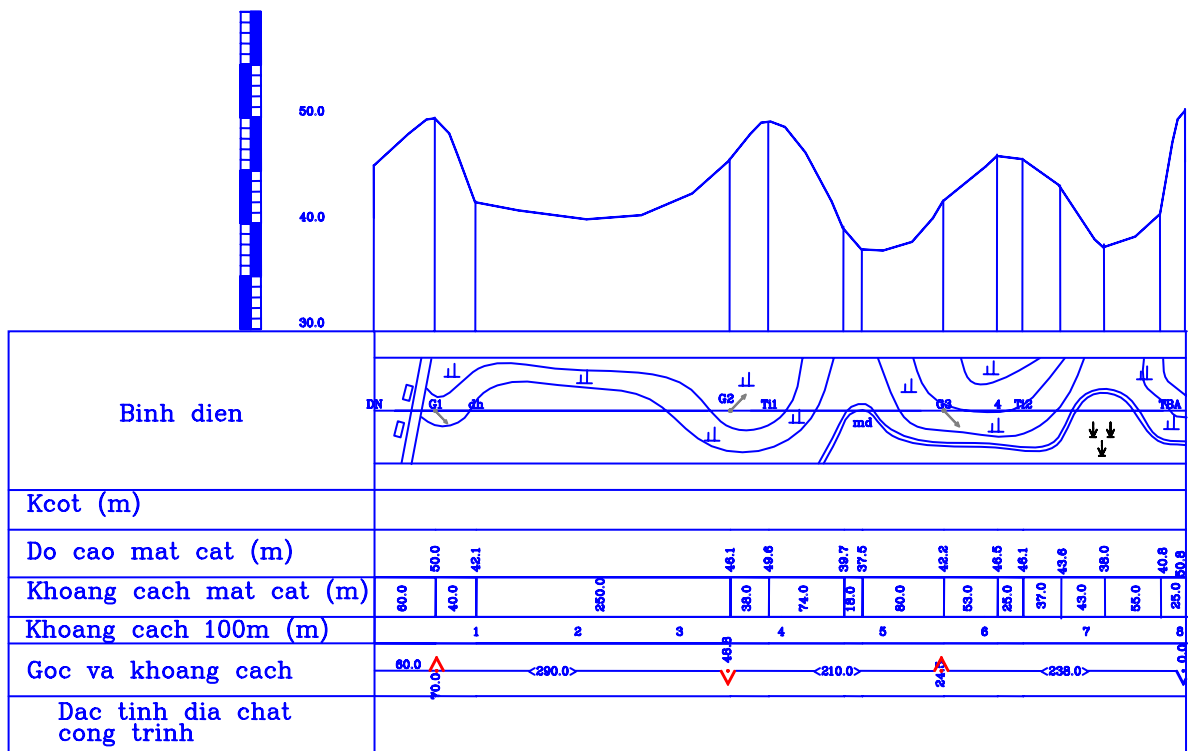
Tính toán và bình sai kết quả đo cao dọc tuyến đối với các điểm liên hệ. Sai số khép độ cao: $f_h = 50\sqrt{L_{km}} (mm)$. Tính độ cao các điểm trên mặt cắt mặt cắt, khoảng cách lẻ, góc chuyển hướng, các thông số đường cong, cọc lộ trình, cọc 100m, cọc km. Nếu vẽ mặt cắt theo phần mềm trên máy tính thì tổ chức file số liệu để chạy chương trình.

7.7.3.1. Vẽ mặt cắt

Có thể coi mặt cắt như một đồ thị, một trục là trục độ cao (thẳng đứng) còn trục kia là trục khoảng cách lẻ (nằm ngang).

Dựa vào kết quả đo đạc tiến hành vẽ mặt cắt trên giấy kẻ ly. Khi vẽ mặt cắt dọc, để thấy rõ độ dốc mặt đất thường lấy tỷ lệ cao gấp 10 lần tỷ lệ ngang. Đối với mặt cắt ngang thì tỷ lệ đứng và ngang lấy bằng nhau.

Để thuận tiện cho việc trình bày trên mặt cắt trên giấy người ta chọn mức so sánh sao cho điểm thấp nhất trên mặt cắt cách đường so sánh từ 8cm đến 10cm. Hình 7.9 là mặt cắt dọc tuyến.



Hình 7.9