

Biên soạn: Lê Văn Định

GIÁO TRÌNH
TRẮC ĐỊA

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA ĐÀ NẴNG
----- 2006-----

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình " Trắc địa" là tài liệu phục vụ việc dạy và học môn Trắc địa cho các khoa xây dựng ở trường đại học Bách khoa cũng như ở một số trường thuộc khối Kỹ thuật. Khi biên soạn tác giả đã dựa vào khung chương trình mới của Bộ Giáo dục và Đào tạo.

Về nội dung, giáo trình này gồm bốn phần:

- Kiến thức chung về Trắc địa
- Đo các yếu tố cơ bản
- Bản đồ và mặt cắt địa hình
- Trắc địa trong xây dựng công trình

Nội dung ba phần đầu với phụ phần A và E trong phần thứ tư là những kiến thức cơ bản chung cho cả ba ngành xây dựng. Vì mỗi ngành xây dựng đều có những đặc thù riêng, nên trong phần thứ tư có ba phụ phần viết riêng cho từng ngành, cụ thể:

- Phụ phần B: trắc địa công trình cầu đường
- Phụ phần C: trắc địa công trình dân dụng và công nghiệp
- Phụ phần D: trắc địa công trình thủy lợi - thủy điện

Tác giả đã cố gắng biên soạn nội dung vừa mang tính tổng hợp, vừa mang tính ứng dụng nên không tránh khỏi thiếu sót. Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc để giáo trình này hoàn thiện hơn. Ý kiến của các bạn gửi về theo địa chỉ : levandinhg@gmail.com.

PHỤ LỤC

PHẦN 1. KIẾN THỨC CHUNG VỀ TRẮC ĐỊA

Mở đầu

- 1 Khái niệm về trắc địa
- 2 Các chuyên ngành trắc địa
- 3 Vai trò trắc địa trong xây dựng
- 4 Tóm tắt lịch sử phát triển ngành Trắc địa

Trang 1

Chương 1 : NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN

- 1-1. Khái niệm về định vị điểm
- 1-2. Mặt thủy chuẩn và hệ thống độ cao
- 1-3. Hệ tọa độ địa lý
- 1-4. Phép chiếu bản đồ và hệ tọa độ vuông góc phẳng
- 1-5. Hệ định vị toàn cầu GPS
- 1-6. Định hướng đường thẳng

Trang 3
Trang 3
Trang 4
Trang 5
Trang 6
Trang 10

Chương 2 : LÝ THUYẾT SAI SỐ ĐO

- 2-1. Khái niệm và phân loại sai số đo
- 2-2. Các tiêu chuẩn độ chính xác của kết quả đo
- 2-3. Bình sai các trị đo

Trang 11
Trang 12
Trang 14

PHẦN 2. ĐO CÁC YẾU TỐ CƠ BẢN

Chương 3 : ĐO GÓC

- 3-1. Nguyên lý đo góc bằng và góc đứng
- 3-2. Máy kinh vĩ
- 3-3. Phương pháp đo góc bằng
- 3-4. Đo góc đứng

Trang 1
Trang 1
Trang 6
Trang 9

Chương 4 : ĐO DÀI

- 4-1. Nguyên lý đo dài
- 4-2. Đo dài trực tiếp bằng thước thép
- 4-3. Đo dài bằng máy trắc địa và mia
- 4-4. Khái niệm đo dài bằng máy đo điện tử

Trang 10
Trang 10
Trang 12
Trang 14

Chương 5 : ĐO CAO

- 5-1. Nguyên lý đo cao
- 5-2. Máy và mia thủy chuẩn
- 5-3. Đo cao hạng IV và kỹ thuật
- 5-4. Phương pháp đo cao lượng giác

Trang 15
Trang 16
Trang 20
Trang 22

PHẦN 3. BẢN ĐỒ VÀ MẶT CẮT ĐỊA HÌNH

Chương 6 : LƯỚI KHÔNG CHẾ TRẮC ĐỊA

- 6-1. Khái quát về lưới không chế trắc địa
- 6-2. Các bài toán trắc địa cơ bản
- 6-3. Khái niệm về bình sai

Trang 1
Trang 2
Trang 3

6-4.	Đường chuyền kinh vĩ - phương pháp bình sai gần đúng	Trang 3
6-5.	Lưới tam giác nhỏ	Trang 5
6-6.	Phương pháp giao hội	Trang 8
6-7.	Phương pháp bình sai gần đúng lưới độ cao đo vẽ	Trang 10

Chương 7 : ĐO VẼ BẢN ĐỒ VÀ MẶT CẮT ĐỊA HÌNH

7-1.	Khái niệm và phân loại bản đồ địa hình	Trang 10
7-2	Quy trình thành lập bản đồ địa hình	Trang 10
7-3.	Đo vẽ chi tiết bản đồ địa hình bằng phương pháp toàn đạc	Trang 12
7-4	Biểu diễn địa hình địa vật trên bản đồ	Trang 15
7-5.	Chia mảnh và đánh số tờ bản đồ	Trang 17
7-6.	Sử dụng bản đồ địa hình	Trang 17
7-7.	Đo vẽ mặt cắt địa hình	Trang 20

PHẦN 4. TRẮC ĐỊA TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH

Chương 8 : TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH (10 tiết)

PHẦN A. BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH

8-1.	Khái quát công tác bố trí công trình	Trang 1
8-2.	Bố trí các yếu tố cơ bản	Trang 4
8-3.	Bố trí chi tiết công trình	Trang 7

PHẦN B. TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH CẦU ĐƯỜNG

8-4.	Khái niệm tuyến đường và định tuyến đường	Trang 9
8-5.	Các dạng đường cong bố trí	Trang 10
8-6.	Bố trí các mặt cắt ngang thi công	Trang 12
8-7.	Công tác trắc địa trong xây dựng các công trình cầu vượt	Trang 14

PHẦN C. TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

8-4.	Lưới ô vuông xây dựng	Trang 14
8-5.	Đo và Tính khối lượng san nền	Trang 15
8-6.	Công tác trắc địa trong xây dựng nhà nhân dụng và công nghiệp	Trang 15
8-7.	Công tác trắc địa trong xây dựng nhà cao tầng	Trang 16

PHẦN D. TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - THỦY ĐIỆN

8-4	Khái quát các công tác trắc địa trong xây dựng công TLTD	Trang 17
8-4.	Công tác trắc địa vùng hồ chứa nước	Trang 18
8-6.	Công tác trắc địa vùng đập ngăn nước	Trang 19
8-7.	Công tác trắc địa trong việc khảo sát đo đạc các tuyến kênh mương	Trang 20

PHẦN E. ĐO HOÀN CÔNG VÀ QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH

8-4	Đo vẽ hoàn công	Trang 21
8-4.	Quan trắc biến dạng công trình	Trang 21

PHẦN 1. KIẾN THỨC CHUNG VỀ TRẮC ĐỊA

MỞ ĐẦU

1. Khái niệm về trắc địa

Theo tiếng Hy Lạp thì thuật ngữ " Trắc địa" có nghĩa là sự " phân chia đất đai ". Với ý nghĩa đó, chứng tỏ trắc địa đã ra đời từ rất sớm.

Sự phát triển của nền sản xuất xã hội đòi hỏi Trắc địa ngày càng phải đề cập đến nhiều vấn đề, khái niệm " Trắc địa " cũng vì thế có nghĩa rộng hơn. *Có thể hiểu "trắc địa" là môn khoa học về các phương pháp, phương tiện đo đạc và xử lý số liệu nhằm xác định hình dạng kích thước trái đất; thành lập thành lập bản đồ, bình đồ, mặt cắt địa hình phục vụ xây dựng các công trình kỹ thuật, đáp ứng yêu cầu của các ngành kinh tế quốc dân và quốc phòng.*

Để thực hiện nhiệm vụ của mình, Trắc địa phải tiến hành đo đạc mặt đất. Công tác đo đạc thực chất quy về đo một số các yếu tố cơ bản như: góc, cạnh, chiều cao.... Với mục đích đo đạc hiệu quả và chính xác, trắc địa đã nghiên cứu ứng dụng các phương pháp trong đo đạc.

Quá trình đo luôn tồn tại các sai số ảnh hưởng tới độ chính xác kết quả đo. Để nhận được các trị đo xác suất nhất và biểu diễn chúng dưới dạng bản đồ, bình đồ và mặt cắt địa hình thì cần phải xử lý số liệu đo. Kiến thức trắc địa cùng với toán học, xác suất thống kê, tin học là những công cụ quan trọng để thực hiện việc xử lý số liệu.

Phương tiện đo là một trong những điều kiện quan trọng để đo đạc chính xác và hiệu quả. Với sự phát triển mạnh mẽ của các ngành khoa học như quang học, cơ khí chính xác, điện tử, tin học đã chế tạo ra các thiết bị đo hiện đại như toàn đạc điện tử, thủy chuẩn điện tử, máy định vị GPS. Máy móc, thiết bị đo đạc hiện đại cùng với công nghệ tiên tiến thực sự là cuộc cách mạng sâu rộng của ngành Trắc địa, mở ra khả năng không chỉ nghiên cứu đo đạc trên bề mặt trái đất, dưới lòng đại dương mà còn không gian ngoài trái đất.

2. Các chuyên ngành trắc địa

Tùy theo đối tượng, quy mô và phương pháp nghiên cứu khác nhau mà trắc địa được chia thành các chuyên ngành khác nhau.

Trắc địa cao cấp có phạm vi nghiên cứu rộng lớn mang tính toàn cầu hoặc quốc gia. Nhiệm vụ của trắc địa cao cấp là xác định hình dạng, kích thước, trường trọng lực trái đất; xây dựng hệ thống khống chế Nhà nước với độ chính xác cao làm cơ sở trắc địa Quốc gia; nghiên cứu khoa học, nghiên cứu biến dạng vỏ trái đất. Trắc địa cao cấp còn bao gồm cả trắc địa vệ tinh nghiên cứu đo đạc không gian ngoài mặt đất và trắc địa biển.

Trắc địa địa hình có nhiệm vụ nghiên cứu quy trình công nghệ đo vẽ bản đồ địa hình mặt đất dùng trong các ngành điều tra, xây dựng cơ bản và quốc phòng.

Trắc địa ảnh cũng có nhiệm vụ nghiên cứu đo vẽ bản đồ địa hình, nhưng tiến hành bằng cách chụp ảnh mặt đất bằng các máy ảnh đặc biệt từ máy bay, vệ tinh hoặc ngay tại mặt đất; sau đó xử lý các tấm ảnh chụp được để thành lập bản đồ.

Trắc địa công trình là trắc địa ứng dụng trong xây dựng công trình. Lĩnh vực này, Trắc địa nghiên cứu phương pháp, phương tiện phục vụ thiết kế, thi công xây dựng và theo dõi biến dạng công trình.

Trắc địa bản đồ có nhiệm vụ nghiên cứu các phương pháp chiếu bản đồ; các phương pháp vẽ, biểu diễn, biên tập và in ấn bản đồ.

3. Vai trò của trắc địa trong quy hoạch và xây dựng công trình

Trắc địa có vai trò quan trọng trong giai đoạn quy hoạch, thiết kế, thi công và quản lý sử dụng các công trình xây dựng cơ bản như: xây dựng công nghiệp, dân dụng; xây dựng cầu đường; xây dựng thủy lợi, thủy điện.

Trong giai đoạn quy hoạch, tùy theo quy hoạch tổng thể hay chi tiết mà người ta sử dụng bản đồ địa hình tỷ lệ thích hợp để vạch ra các phương án quy hoạch, các kế hoạch tổng quát khai thác và sử dụng công trình.

Trong giai đoạn khảo sát thiết kế, trắc địa tiến hành thành lập lưới khống chế trắc địa, đo vẽ bản đồ, bình đồ và mặt cắt địa hình phục vụ chọn vị trí, lập các phương án xây dựng và thiết kế kỹ thuật công trình.

Trong giai đoạn thi công, trắc địa tiến hành công tác xây dựng lưới trắc địa công trình để bố trí công trình trên mặt đất theo đúng thiết kế; kiểm tra, theo dõi quá trình thi công; đo biến dạng và đo vẽ hoàn công công trình.

Trong giai đoạn quản lý và khai thác sử dụng công trình, trắc địa thực hiện công tác đo các thông số biến dạng công trình như độ lún, độ nghiêng, độ chuyển vị công trình. Từ các thông số biến dạng kiểm chứng công tác khảo sát thiết kế, đánh giá mức độ ổn định và chất lượng thi công công trình.

4. Tóm tắt lịch sử phát triển của ngành trắc địa

Khoảng 3000 năm trước Công nguyên, dọc hai bờ sông Nin Ai Cập, con người đã biết dùng những kiến thức sơ đẳng về hình học và đo đạc để phân chia lại đất đai sau khi lũ rút, đó chính là khởi đầu của môn đo đất. Khoảng thế kỷ thứ 6 trước công nguyên, người Hy Lạp đã cho rằng trái đất là khối cầu. Kiến thức đo đạc trong giai đoạn này đã góp phần xây dựng thành công các công trình kiến trúc độc đáo ở Ai Cập, Hy Lạp.

Thế kỷ thứ 16 nhà toán học Meccator tìm ra được phương pháp chiếu bản đồ. Thế kỷ thứ 17 nhà bác học Vecnie phát minh ra du xích. Thế kỷ thứ 18 Delambre đo được độ dài kinh tuyến qua Pari và đặt đơn vị độ dài $1\text{m} = 1/40.000.000$ độ dài kinh tuyến này. Thế kỷ thứ 19 nhà toán học Gauss đã đề ra phương pháp số bình phương nhỏ nhất và phương pháp chiếu bản đồ mới. Rất nhiều nhà trắc địa trên thế giới đã xác định được kích thước trái đất như: Bessel(1841), Everest(1830), Clarke(1866), Helmert(1906), Kraxovski(1940) và hiện tại nhiều nước đang dùng WGS-84(1984).

Ở Việt Nam, từ thời Âu Lạc đã biết sử dụng kiến thức trắc địa để xây thành Cổ Loa, kinh đô Thăng Long, kênh đào nhà Lê... Năm 1469 vua Lê Thánh Tông đã vẽ bản đồ bản đồ đất nước có tên "Đại Việt Hồng Đức".

Cục đo đạc Bản đồ thành lập năm 1959, Tổng cục Địa chính thành lập năm 1994 đã triển khai ứng dụng khoa học kỹ thuật Trắc địa trong xây dựng lưới tọa độ, độ cao Nhà nước; thành lập các loại bản đồ địa hình, địa chính phục vụ điều tra cơ bản, quản lý, xây dựng và quốc phòng.

CHƯƠNG 1. NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN

1.1. Khái niệm về định vị điểm

Mặt đất tự nhiên là bề mặt vật lý phức tạp, nhìn toàn cảnh trái đất gần giống quả cầu nước khổng lồ với hơn 2/3 diện tích bề mặt là đại dương và phần diện tích còn lại là lục địa, hải đảo. Trên mặt đất có chỗ cao trên 8km (đỉnh Chomoluma dãy Hymanaya); dưới đại dương có nơi sâu dưới -11km (hố Marian ở Thái Bình Dương). Độ cao trung bình của lục địa so với mực nước đại dương khoảng +875m.

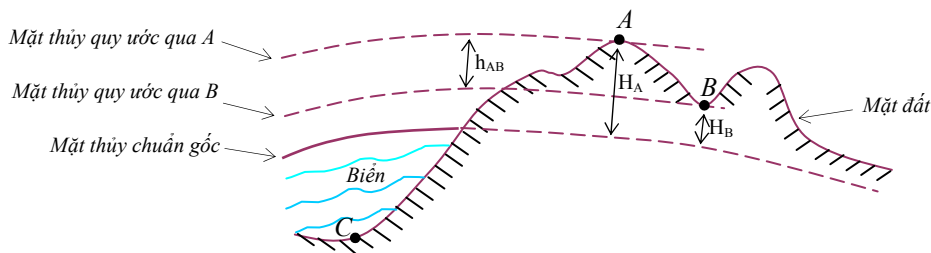
Để nghiên cứu trái đất và biểu diễn nó trên mặt phẳng, trắc địa phải tiến hành đo đạc mặt đất. Công tác trắc địa này thực chất là xác định vị trí các điểm đặc trưng của bề mặt đất trong hệ quy chiếu tọa độ nào đó và có thể hiểu đó là định vị điểm. Vị trí các điểm trên mặt đất được xác định bởi thành phần tọa độ mặt bằng và độ cao.

1.2. Mặt thủy chuẩn và hệ độ cao

Độ cao là thành phần quan trọng để xác định vị trí không gian của các điểm trên mặt đất, để có độ cao các điểm ta phải xác định các mặt chuẩn quy chiếu độ cao.

1.2.1. Mặt thủy chuẩn

Mặt nước biển trung bình ở trạng thái yên tĩnh, tưởng tượng kéo dài xuyên qua các lục địa, hải đảo tạo thành bề mặt khép kín được gọi là mặt thủy chuẩn trái đất. Mỗi quốc gia trên cơ sở số liệu quan trắc mực nước biển nhiều năm từ các trạm nghiệm triều đã xây dựng cho mình một mặt chuẩn độ cao riêng gọi là mặt thủy chuẩn gốc (hình 1.1).



Hình 1.1

Tại mọi điểm trên mặt thủy chuẩn gốc, phương đường dây dọi (phương trọng lực) luôn trùng với phương pháp tuyến. Vì vật chất phân bố không đồng đều trong lòng trái đất nên phương đường dây dọi tại các điểm trên mặt thủy chuẩn gốc không hội tụ về tâm quả đất đã làm cho bề mặt này gồ ghề, gợn sóng và đây cũng chỉ là bề mặt vật lý. Trong trắc địa sử dụng mặt thủy chuẩn làm mặt chuẩn độ cao.

Các mặt thủy chuẩn song song với mặt thủy chuẩn gốc được gọi là mặt thủy chuẩn quy ước, có vô số mặt thủy chuẩn quy ước.

1.2.2. Hệ thống độ cao

Độ cao tuyệt đối của một điểm trên mặt đất là khoảng cách theo phương đường dây dọi từ điểm đó đến mặt thủy chuẩn gốc. Ở hình 1.1, độ cao tuyệt đối của điểm A và B tương ứng là đoạn H_A và H_B có trị số dương, còn hiệu độ cao giữa chúng gọi là độ chênh cao h_{AB} .

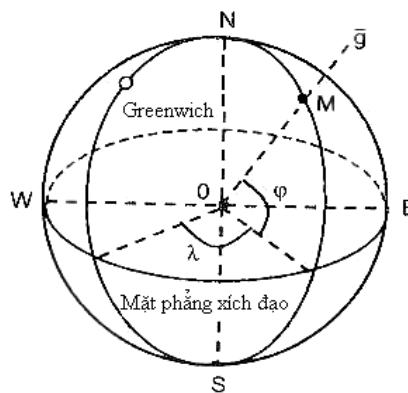
Ở Việt Nam hệ độ cao tuyệt đối (độ cao thường) lấy mặt thủy chuẩn gốc là mặt nước biển trung bình qua nhiều năm quan trắc tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu (Đồ Sơn, Hải Phòng). Độ cao các điểm lưới khống chế nhà nước, độ cao trong các loại bản đồ địa hình, địa chính và các công trình trọng điểm nhà nước đều phải gắn với hệ độ cao tuyệt đối này.

Độ cao tương đối của một điểm (độ cao quy ước hay độ cao giả định) là khoảng cách theo phương đường dây dọi từ điểm đó tới mặt thủy chuẩn quy ước. Ở hình 1.1, nếu chọn mặt thủy chuẩn đi qua điểm B là mặt thủy chuẩn quy ước thì độ cao quy ước của điểm A là đoạn h_{AB} .

Các công trình quy mô nhỏ, xây dựng ở nơi hẻo lánh xa hệ thống độ cao nhà nước thì có thể dùng độ cao quy ước. Trong xây dựng công trình công nghiệp và dân dụng người ta thường chọn mặt thủy chuẩn quy ước là mặt phẳng nền nhà tầng một.

1.3. Hệ tọa độ địa lý

Hệ tọa độ địa lý nhận trái đất là hình cầu với góc tọa độ là tâm trái đất, mặt phẳng kinh tuyến gốc qua đài thiên văn Greenwich ở nước Anh và mặt phẳng vĩ tuyến gốc là mặt phẳng xích đạo (hình 1.2). Một điểm trên mặt đất trong hệ tọa độ địa lý được xác định bởi hai thành phần tọa độ là độ vĩ địa lý φ và độ kinh địa lý λ .



Hình 1.2

Độ vĩ địa lý của điểm M là góc hợp bởi phương đường dây dọi đi qua điểm đó với mặt phẳng xích đạo. Độ vĩ nhận giá trị 0° ở xích đạo và 90° ở hai cực. Các điểm trên mặt đất có độ vĩ bắc hay nam tùy thuộc chúng nằm ở bắc hay nam bán cầu.

Độ kinh địa lý của một điểm là góc nhị diện hợp bởi mặt phẳng kinh tuyến gốc và mặt phẳng kinh tuyến đi qua điểm đó. Độ kinh địa lý nhận giá trị từ 0° đến 180° và tùy thuộc vào điểm đang xét nằm ở đông hay tây bán cầu mà nó có độ kinh tương ứng là độ kinh đông hay độ kinh tây.

Hệ tọa độ địa lý dùng để xác định vị trí các điểm trên mặt đất, nó có ưu điểm là thống nhất cho toàn bộ quả đất nhưng nhược điểm là tính toán phức tạp. Một số ngành sử dụng hệ tọa độ này như: thiên văn, hàng không, hàng hải, khí tượng thủy văn...

Trong trắc địa cao cấp, mặt cầu trái đất được thay bằng mặt Elipxoid tròn xoay tạo bởi Elip có bán trục lớn a , bán trục nhỏ b và độ dẹt α quay quanh trục quay của trái đất. Vị trí các điểm trên bề mặt trái đất trong hệ tọa độ này cũng được xác định bởi độ vĩ trắc địa B , kinh độ trắc địa L và độ cao trắc địa H .

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

1.4.1. Khái niệm về phép chiếu bản đồ

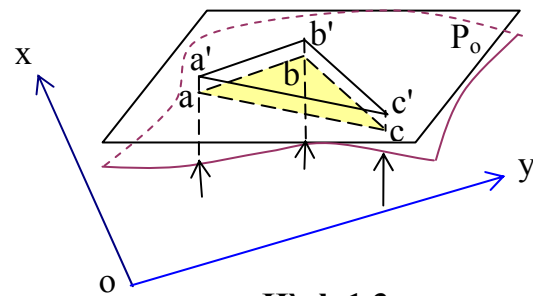
Mặt đất là mặt cong, để biểu diễn trên mặt phẳng sao cho chính xác, ít biến dạng nhất cần phải thực hiện theo một quy luật toán học nào đó gọi là phép chiếu bản đồ.

Để thực hiện phép chiếu bản đồ, trước tiên chiếu mặt đất tự nhiên về mặt chuẩn (mặt cầu hoặc mặt Elipxoid), sau đó chuyển từ mặt chuẩn sang mặt phẳng. Tùy theo vị trí địa lý của từng nước mà có thể áp dụng các phép chiếu bản đồ chu phù hợp, trong giáo trình này chỉ trình bày khái niệm về một số phép chiếu hay được sử dụng.

1.4.2. Phép chiếu mặt phẳng và hệ tọa độ vuông góc quy ước

Khi vực đo vẽ nhỏ có diện tích nhỏ hơn 100 km^2 , sai số biến dạng phép chiếu bản đồ nhỏ nên có thể coi khu vực đó là mặt phẳng và các tia chiếu từ tâm trái đất là song song với nhau.

Nếu khu vực ấy nằm ở những nơi hẻo lánh, xa lưới không chế nhà nước thì có thể giả định một hệ tọa độ vuông góc với trục OX là hướng bắc từ xác định bằng la bàn, trục OY vuông góc với trục OX và hướng về phía đông; gốc tọa độ là giao của hai trục và chọn ở phía tây nam của khu đo (hình 1.3).



Hình 1.3

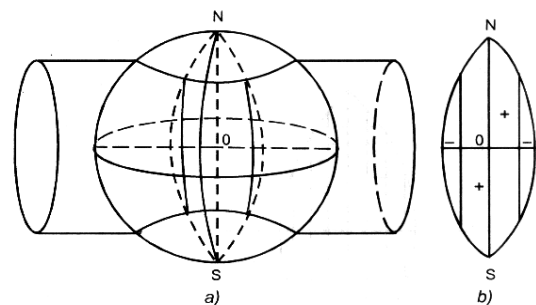
1.4.3. Phép chiếu UTM và hệ tọa độ Quốc gia Việt Nam VN-2000

1.4.3.1. Phép chiếu UTM

Phép chiếu bản đồ UTM (*Universal Transverse Mercator*) là phép chiếu hình trụ ngang đồng góc và được thực hiện như sau:

- Chia trái đất thành 60 múi bởi các đường kinh tuyến cách nhau 6° , đánh số thứ tự các múi từ 1 đến 60 bắt đầu từ kinh tuyến gốc, ngược chiều kim đồng hồ và khép về kinh tuyến gốc.

- Dụng hình trụ ngang cắt mặt cầu trái đất theo hai đường cong đối xứng với nhau qua kinh tuyến giữa múi và có tỷ lệ chiếu $k = 1$ (không bị biến dạng chiều dài). Kinh tuyến trục nằm ngoài mặt trụ có tỷ lệ chiếu $k = 0.9996$.



Hình 1.4

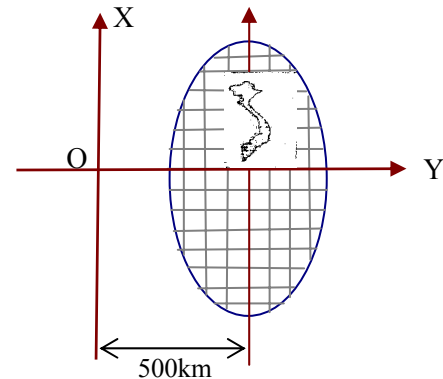
- Dùng tâm trái đất làm tâm chiếu, lần lượt chiếu từng múi lên mặt trụ theo nguyên lý của phép chiếu xuyên tâm. Sau khi chiếu, khai triển mặt trụ thành mặt phẳng (xem hình 1.4).

Phép chiếu UTM có ưu điểm là độ biến dạng được phân bố đều và có trị số nhỏ; mặt khác hiện nay để thuận tiện cho việc sử dụng hệ tọa độ chung trong khu vực và thế giới Việt Nam đã sử dụng lưới chiếu này trong hệ tọa độ Quốc gia VN-2000 thay cho phép chiếu Gauss-Kruger trong hệ tọa độ cũ HN-72.

1.4.3.2. Hệ tọa độ vuông góc phẳng UTM

Trong phép chiếu UTM, các múi chiếu đều có kinh tuyến trục suy biến thành đường thẳng đứng được chọn làm trục OX; xích đạo suy biến thành đường nằm ngang chọn làm trục OY, đường thẳng OX vuông góc với OY tạo thành hệ tọa độ vuông góc phẳng UTM trên các múi chiếu (hình 1.5).

Để trị số hoành độ Y không âm, người ta quy ước rời trục OX qua phía tây 500km và quy định ghi hoành độ Y có kèm số thứ tự múi chiếu ở phía trước ($X = 2524376,437$; $Y = 18.704865,453$). Trên bản đồ địa hình, để tiện cho sử dụng người ta đã kẻ những đường thẳng song song với trục OX và OY tạo thành lưới ô vuông tọa độ. Hệ tọa độ vuông góc phẳng UTM này được sử dụng trong hệ tọa độ VN-2000.



Hình 1.5

1.4.3.3. Hệ tọa độ Quốc gia Việt Nam VN-2000

Hệ tọa độ VN-2000 được Thủ tướng Chính phủ quyết định là hệ là hệ tọa độ Trắc địa-Bản đồ Quốc gia Việt Nam và có hiệu lực từ ngày 12/8/2000. Hệ tọa độ này có các đặc điểm:

- Sử dụng Elipsoid WGS-84 (World Geodesic System 1984) làm Elip thực dụng, Elip này có bán trục lớn $a = 6378137$, độ lệch $\alpha = 1:298,2$.
- Sử dụng phép chiếu và hệ tọa độ vuông góc phẳng UTM.
- Góc tọa độ trong khuôn viên Viện Công nghệ Địa chính, Hoàng Quốc Việt, Hà Nội.

1.5. Hệ định vị toàn cầu GPS

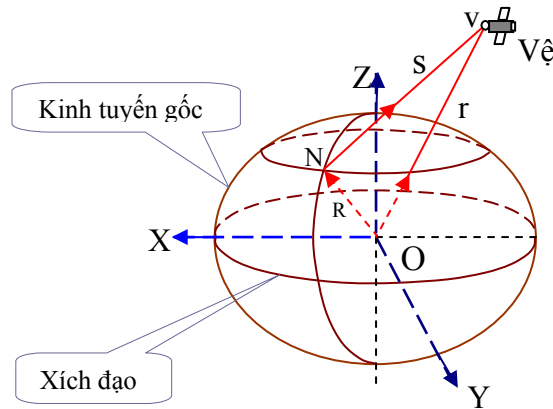
Hệ định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) được Bộ Quốc phòng Mỹ triển khai từ những năm 70 của thế kỷ 20. Ban đầu, hệ thống này được dùng cho mục đích quân sự, sau đó đã được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác. Với ưu điểm nổi bật như độ chính xác, mức độ tự động hóa cao, hiệu quả kinh tế lớn, khả năng ứng dụng ở mọi nơi, mọi lúc, trên đất liền, trên biển, trên không... nên công nghệ GPS đã đem lại cuộc cách mạng kỹ thuật sâu sắc trong lĩnh vực trắc địa.

Ở Việt nam, công nghệ GPS đã được nhập vào từ những năm 1990 và đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Trong trắc địa công nghệ GPS đã được ứng dụng để thành lập lưới tọa độ liên lục địa, lưới tọa độ quốc gia cho đến đo vẽ chi tiết bản đồ.

Công nghệ GPS cũng đã được ứng dụng trong trắc địa công trình để thành lập lưới khống chế trong đo vẽ bản đồ, thi công và quan trắc chuyên dịch biến dạng công trình. So với các phương pháp truyền thống thì ứng dụng GPS để thành lập lưới khống chế có ưu điểm nổi bật như: chọn điểm linh hoạt hơn, không cần thông hướng giữa các điểm, cạnh đo nhanh hơn và có thể đo cả ngày lẫn đêm, độ chính xác cao và từ đó hiệu quả cao hơn.

1.5.1. Nguyên lý định vị GPS

Các điểm mặt đất được định vị GPS trong hệ tọa độ địa tâm xây dựng trên Elipsoid WGS-84. Hệ tọa độ có gốc tọa độ O là tâm trái đất, trục OX là đường thẳng nối tâm trái đất với giao điểm kinh tuyến gốc cắt đường xích đạo; trục OY vuông góc với OX, trục OZ trùng với trục quay trái đất và vuông góc với mặt phẳng xoy (hình 1.6).



Hình 1.6

Từ hình 1.6 ta có mối quan hệ:

$$S = \|\vec{r} - \vec{R}\| \quad (1.1)$$

Trong đó:

vector R - là vector vị trí (X_N, Y_N, Z_N) các điểm cần định vị trên mặt đất tại thời điểm "t" nào đó, đây chính là bốn ẩn số cần xác định đối với vị trí một điểm.

vector r - là vector vị trí (X_v, Y_v, Z_v) các vệ tinh trên quỹ đạo tại thời điểm "t" đã biết từ thông tin đạo hàng mà máy định vị thu được từ vệ tinh.

S - là khoảng cách giữa từ điểm định vị đến vệ tinh mà máy định vị GPS đo được.

Như vậy để định vị một điểm ta cần lập và giải hệ phương trình tối thiểu phải có bốn phương trình dạng (1.1). Số phương trình lớn hơn bốn sẽ được giải theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, vì vậy càng thu được tín hiệu của nhiều vệ tinh thì độ chính xác định vị càng cao.

1.5.2. Cấu trúc của hệ thống định vị toàn cầu GPS

Hệ thống định vị toàn cầu GPS gồm ba bộ phận: đoạn không gian, đoạn điều khiển và đoạn sử dụng.

1.5.2.1. Đoạn không gian(space segment)

Đoạn không gian gồm 24 vệ tinh phân bố trên 6 quỹ đạo gần tròn, trên mỗi quỹ đạo có 4 vệ tinh, mặt phẳng quỹ đạo nghiêng với mặt phẳng xích đạo 55° . Các vệ tinh bay trên các quỹ đạo cách mặt đất cỡ 20200km. Chu kỳ chuyển động của vệ tinh trên quỹ đạo là 718 phút (12giờ). Số lượng vệ tinh có thể quan sát được tùy thuộc vào thời gian và vị trí quan sát trên mặt đất, nhưng có thể nói rằng ở bất kỳ thời điểm và vị trí nào trên trái đất cũng có thể quan sát được tối thiểu 4 vệ tinh và tối đa 11 vệ tinh.

Mỗi vệ tinh đều có đồng hồ nguyên tử có độ ổn định tần số 10^{-12} , tạo ra tín hiệu với tần số cơ sở $f_0 = 10,23\text{MHz}$, từ đó tạo ra sóng tải $L_1 = 154 \cdot f_0 = 1575,42\text{MHz}$ ($\lambda = 19\text{cm}$) và $L_2 = 120 \cdot f_0 = 1227,60\text{MHz}$ ($\lambda = 24\text{cm}$). Các sóng tải được điều biến bởi hai loại code khác nhau:

- C/A-code (Coarse/Accquisition code), dùng cho mục đích dân sự với độ chính xác không cao và chỉ điều biến sóng tải L_1 . Chu kỳ lặp lại của C/A-code là 1 miligiây và mỗi vệ tinh được gán một C/A code riêng biệt.

- P-code (precision code), được dùng cho quân đội Mỹ với độ chính xác cao, điều biến cả sóng tải L_1 và L_2 . Mỗi vệ tinh chỉ được gán một đoạn code loại này, do đó P-code rất khó bị giải mã để sử dụng nếu không được phép.

Ngoài ra cả hai sóng tải L_1 và L_2 còn được điều biến bởi các thông tin đạo hàng về: vị trí vệ tinh, thời gian của hệ thống, số hiệu chỉnh đồng hồ vệ tinh, quang cảnh phân bố vệ tinh trên bầu trời và tình trạng của hệ thống.

1.5.2.2. Đoạn điều khiển (control segment)

Gồm một trạm điều khiển trung tâm đặt tại căn cứ không quân Mỹ gần Colorado Spring và bốn trạm quan sát đặt tại: Hawaii (Thái Bình Dương), Assention Island (Đại Tây Dương), Diego Garcia (Ấn Độ Dương) và Kwajalein (Tây Thái Bình Dương).

Các trạm quan sát đều có máy thu GPS để theo dõi liên tục các vệ tinh, đo các số liệu khí tượng và gửi số liệu này về trạm trung tâm. Số liệu các trạm quan sát được trạm trung tâm xử lý cùng với số liệu đo được của bản thân nó cho thông tin chính xác về vệ tinh, số hiệu chỉnh đồng hồ. Các số liệu này được phát trở lại các vệ tinh, công việc chính xác hóa thông tin được thực hiện 3 lần trong một ngày.

1.5.2.3. Đoạn sử dụng (User segment)

Đoạn này gồm các máy móc thiết bị thu nhận thông tin từ vệ tinh để khai thác sử dụng. Đó có thể là máy thu riêng biệt, hoạt động độc lập (định vị tuyệt đối) hay một nhóm từ hai máy trở lên hoạt động đồng thời (định vị tương đối) hoặc hoạt động theo chế độ một máy thu đóng vai trò máy chủ phát tín hiệu hiệu chỉnh cho các máy thu khác (định vị vi phân).

1.5.2.4. Các phương pháp định vị GPS

- Định vị tuyệt đối

Định vị tuyệt đối là dựa vào trị đo khoảng cách từ vệ tinh đến máy thu GPS để xác định trực tiếp vị trí tuyệt đối của Anten máy thu trong hệ tọa độ WGS-84. Độ chính xác của định vị tuyệt đối khoảng 10m đến 40m.

Định vị tuyệt đối chia thành định vị tuyệt đối tĩnh và định vị tuyệt đối động, "tĩnh" hay "động" là nói trạng thái của Anten máy thu trong quá trình định vị.

- Định vị tương đối

Định vị tương đối là trường hợp dùng hai máy thu GPS đặt ở hai điểm khác nhau, quan trắc đồng bộ các vệ tinh để xác định vị trí tương đối giữa chúng ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$) trong hệ WGS-84, nếu biết tọa độ một điểm thì sẽ tính được tọa độ điểm kia. Độ chính xác định vị tương đối cao hơn rất nhiều so với định vị tuyệt đối.

- Định vị vi phân

Trong định vị vi phân, một máy đặt tại một điểm đã biết tọa độ (trạm gốc), các máy thu khác đặt tại các điểm cần xác định tọa độ (trạm đo). Dựa vào độ chính xác đã biết của trạm gốc, tính số hiệu chỉnh khoảng cách từ trạm gốc đến vệ tinh và hiệu chỉnh này được máy GPS

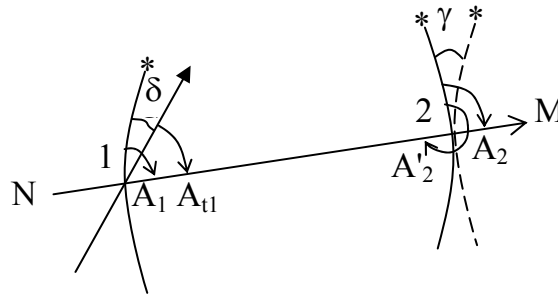
ở trạm gốc phát đi. Máy trạm đo trong khi đo đồng thời vừa thu được tín hiệu vệ tinh và số hiệu chỉnh của trạm gốc và tiến hành hiệu chỉnh kết quả định vị, chính vì thế nâng cao được độ chính xác định vị.

1.6. Định hướng đường thẳng

Muốn biểu thị một đoạn thẳng lên bản đồ ngoài độ dài còn phải biết phương hướng của nó. Việc xác định hướng của một đường thẳng so với một hướng gốc nào đó gọi là định hướng đường thẳng. Trong trắc địa tùy theo điều kiện cụ thể ta có thể chọn hướng gốc là hướng bắc kinh tuyến thực, kinh tuyến từ hoặc hình chiếu các kinh tuyến trục làm hướng gốc. Tương ứng với các hướng gốc đó ta có các góc định hướng là góc phương vị thực (A), phương vị từ (A_t), góc định hướng (α).

1.6.1. Góc phương vị

Góc phương vị của một đường thẳng là góc bằng tính từ hướng bắc kinh tuyến, thuận chiều kim đồng hồ đến hướng đường thẳng (hình 1.7).



Hình 1.7

Có hai loại góc phương vị, nếu hướng gốc là hướng bắc kinh tuyến thực ta sẽ có góc phương vị thực A còn nếu hướng gốc là hướng bắc kinh tuyến từ sẽ có góc phương vị từ A_t . Quan hệ giữa hai loại góc phương vị này là:

$$A = A_t \pm \delta \quad (1.2)$$

Trong đó δ là độ chênh lệch từ, lấy dấu + khi kinh tuyến từ từ lệch về đông kinh tuyến thực và lấy dấu - khi kinh tuyến từ lệch về tây kinh tuyến thực.

Trên cùng một đường thẳng, tại các điểm khác nhau góc phương vị có trị số lệch nhau một lượng bằng độ hội tụ kinh tuyến γ .

$$A_2 = A_1 \pm \gamma \quad \text{với} \quad \gamma = \Delta\lambda \sin\varphi \quad (1.3)$$

Góc phương vị nhận giá trị từ $(0 \sim 360)^\circ$. Nếu nhìn theo hướng cho trước của đường thẳng ta có góc định hướng là góc phương vị thuận, còn nếu nhìn ngược hướng với hướng đường thẳng cho trước sẽ có góc phương vị ngược, trị số góc định hướng thuận và ngược lệch nhau đúng bằng 180° .

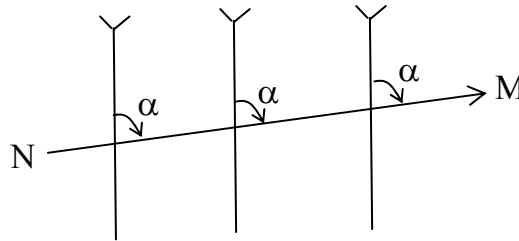
$$A' = A \pm 180^\circ \quad (1.4)$$

Góc phương vị dùng để định hướng đường thẳng trên mặt đất. Hướng của đường băng, hướng di chuyển của tâm bão hoặc hướng đi của tàu trên biển dùng là góc phương vị.

1.6.2. Góc định hướng

1.6.2.1. Khái niệm

Góc định hướng của một đường thẳng là góc bằng tính từ hướng bắc của hình chiếu kinh tuyến trục hoặc các đường thẳng song song với nó theo chiều thuận kim đồng hồ tới hướng đường thẳng, nhận giá trị từ $0-360^\circ$.



Hình 1.8

Góc định hướng của đường thẳng NM ký hiệu là α_{NM} . Vì hướng bắc của hình chiếu kinh tuyến trục nhận là trục OX nên góc định hướng cũng được tính từ hướng bắc trục OX hoặc hướng bắc của các đường thẳng song song với OX.

Góc định hướng của một đường thẳng đều có trị số như nhau tại mọi điểm của nó. Ta cũng có góc định hướng thuận và ngược, trị số của chúng lệch nhau 180° . Quan hệ giữa các yếu tố định hướng đường thẳng:

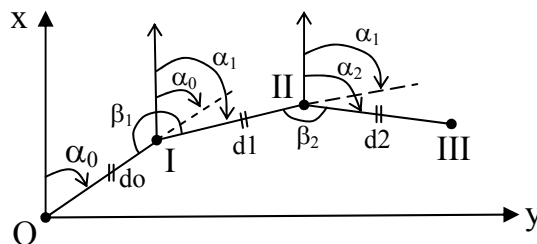
$$A = A_t + \delta ; A = \alpha + \gamma \Rightarrow \alpha = A_t + \delta - \gamma \quad (1.5)$$

Để hỗ trợ cho việc tính góc định hướng trong bài toán trắc địa ngược, người ta còn sử dụng góc hai phương (r). Góc hợp bởi hướng bắc hoặc nam so với đường thẳng sao cho trị số của nó luôn nhỏ hơn hoặc bằng 90° . Ta có quan hệ giữa góc định hướng và hai phương:

$$\begin{aligned} \alpha &= r \text{ (cung phần tư I)} & \alpha &= 180^\circ + r \text{ (cung phần tư III)} \\ \alpha &= 180^\circ - r \text{ (cung phần tư II)} & \alpha &= 360^\circ - r \text{ (cung phần tư IV)} \end{aligned} \quad (1.6)$$

1.6.2.2. Bài toán tính chuyển góc định hướng

Giả sử trên mặt phẳng tọa độ XOY có các góc kẹp giữa các đoạn thẳng d_0, d_1, d_2, \dots tương ứng là $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ (hình 1.8).



Hình 1.9

Từ hình 1.8 ta có:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha_0 + \beta_1 - 180^\circ, \alpha_2 = \alpha_1 - \beta_2 + 180^\circ, \dots \\ \alpha_i &= \alpha_{i-1} \pm \beta_i \mp 180^\circ \end{aligned} \quad (1.7)$$

CHƯƠNG 2. LÝ THUYẾT SAI SỐ ĐO

2.1. Khái niệm - phân loại sai số đo

2.1.1. Phép đo và sai số đo

Đo một đại lượng nào đó thực chất là so sánh nó với đơn vị đo cùng loại. Cũng có thể hiểu phép đo là một phép thử và kết cục của một phép thử là một trị đo.

Đo trực tiếp là so sánh trực tiếp đại lượng cần đo với đơn vị đo tương ứng. Trong thực tế không phải lúc nào cũng tiến hành đo trực tiếp, nếu đại lượng cần đo phải xác định thông qua các đại lượng đo trực tiếp khác thì gọi là đo gián tiếp. Khi đo trong điều kiện đo như nhau thì kết quả có cùng độ chính xác; ngược lại, kết quả đo sẽ không cùng độ chính xác nếu điều kiện đo khác nhau.

Có thể hiểu sai số đo là hiệu số giữa trị đo với trị thực gọi là sai số thực (Δ_i), hoặc hiệu số giữa trị đo với trị gần đúng nhất (trị xác suất nhất) gọi là sai số gần đúng (v_i).

$$\Delta_i = L_i - X \qquad v_i = L_i - x \qquad (2.1)$$

Trong đó: L_i - trị đo; X - trị thực ; x - trị xác suất nhất (trị gần đúng nhất)

2.1.2. Phân loại sai số đo

2.1.2.1. Sai số sai lầm

Sai số sai lầm sinh ra do sự nhầm lẫn của con người trong quá trình đo. Sai số sai lầm khi xuất hiện thường có trị số lớn, nhưng dễ dàng bị loại bỏ khi được phát hiện. Để giảm sai số sai lầm cần tăng cường ý thức trách nhiệm của người đo, đề ra các biện pháp kiểm tra trong quá trình đo và xử lý số liệu.

2.1.2.2. Sai số hệ thống

Sai số hệ thống xuất hiện thường có quy luật cả về dấu và trị số. Các nguyên nhân sinh ra sai số hệ thống là do dụng cụ máy móc không hoàn chỉnh, do thói quen người đo và do điều kiện ngoại cảnh. Để giảm sai số hệ thống phải kiểm nghiệm hiệu chỉnh thiết bị đo, chọn phương pháp và thời điểm đo thích hợp.

2.1.2.3. Sai số ngẫu nhiên

Sai số ngẫu nhiên sinh ra do ảnh hưởng tổng hợp của nhiều nguồn sai số, chúng luôn luôn tồn tại trong kết quả đo, xuất hiện biến thiên phức tạp cả về dấu và trị số.

Khi quan sát một vài sai số ngẫu nhiên đơn lẻ thì khó có thể phát hiện được quy luật xuất hiện của chúng; nhưng khi nghiên cứu một tập hợp nhiều sai số ngẫu nhiên trong cùng điều kiện độ chính xác thì theo lý thuyết xác suất chúng xuất hiện theo bốn quy luật sau:

- Quy Luật giới hạn: Trong cùng điều kiện đo, trị số các sai số ngẫu nhiên không vượt qua một giới hạn nhất định, giới hạn này chỉ thay đổi khi điều kiện đo thay đổi.

- Quy luật tập trung: Những sai số ngẫu nhiên có trị tuyệt đối nhỏ thường xuất hiện nhiều hơn những sai số ngẫu nhiên có trị tuyệt đối lớn.

- Quy luật đối xứng: các sai số ngẫu nhiên âm và dương có trị tuyệt đối bằng nhau đều có khả năng xuất hiện như nhau.

- Quy luật triệt tiêu: Giới hạn của trị trung bình cộng các sai số ngẫu nhiên sẽ dần tới không khi số lần đo tăng lên vô hạn.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0 \qquad (2.2)$$

2.2. Các tiêu chuẩn độ chính xác của kết quả đo

Sai số ngẫu nhiên luôn thay đổi cả về dấu và trị số, do đó không thể lấy một sai số ngẫu nhiên đơn lẻ nào để đặc trưng cho độ chính xác dãy trị đo trực tiếp. Để đánh giá độ chính xác của kết quả đo người ta dùng các tiêu chuẩn sau:

2.2.1. Sai số trung bình cộng

Là trị trung bình cộng các trị tuyệt đối các sai số thực thành phần, được xác định bởi công thức:

$$\theta = \pm \frac{[|\Delta|]}{n} \pm \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n|}{n} \quad (2.3)$$

Trong đó các Δ_i là các sai số thực thành phần; n là số lần đo.

2.2.2. Sai số trung phương

Là căn bậc hai của trị trung bình cộng của bình phương các sai số thực thành phần:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} \quad (2.4)$$

2.2.3. Sai số giới hạn

Ta biết giới hạn sai số đo phụ thuộc vào điều kiện đo. Trị đo nào đó có sai số vượt qua giới hạn đó sẽ được coi là không đảm bảo độ chính xác. Qua khảo sát 1000 sai số ngẫu nhiên trong cùng điều kiện đo, chỉ có ba sai số ngẫu nhiên có trị số bằng ba lần sai số trung phương; điều đó có nghĩa là những sai số có trị số lớn như vậy xuất hiện rất hữu hạn. Vì thế quy định sai số giới hạn là $\Delta_{\text{lim}} = 3m$; trong trắc địa công trình $\Delta_{\text{lim}} = 2m$.

2.2.4. Sai số tương đối

Sai số trung bình, trung phương, giới hạn là những sai số tuyệt đối. Trong đo chiều dài nếu dùng sai số tương đối thì sẽ phản ánh rõ hơn mức độ chính xác của kết quả đo.

Sai số tương đối là tỷ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị của đại lượng đo, trong đó tử luôn nhận là 1 còn mẫu số được làm tròn đến bội số của 10. Mẫu số của sai số tương đối biểu thị cho chất lượng đo đạc, mẫu số càng lớn thì độ chính xác đo càng cao và ngược lại.

2.2.5. Công thức Bessel

Sai số trung phương ở (1.11) được tính qua sai số thực Δ_i . Trị thực của đại lượng đo thường không biết trước được, do vậy tiêu chuẩn đó cũng không xác định. Khi đo nhiều lần một đại lượng nào đó ta sẽ xác định được trị gần đúng nhất của nó, vì thế sai số gần đúng nhất v_i cũng được xác định. Nhà bác học Bessel đã xây dựng công thức tính sai số trung phương qua sai số gần đúng này.

Sai số thực : $\Delta_i = L_i - X$

Sai số gần đúng : $v_i = L_i - x$

Trong đó X - trị thực; x - trị gần đúng nhất; L_i - trị đo ở lần đo thứ i

$$\begin{aligned} \Delta_i - v_i &= x - X = \delta \\ \rightarrow \Delta_i &= v_i + \delta \end{aligned} \quad (2.5)$$

Trong đó δ là sai số thực của trị gần đúng. Biểu thức (2.5) cho $i = 1 \sim n$, bình phương hai vế, lấy tổng rồi chia cả hai vế cho n ta được:

$$\frac{[\Delta \Delta]}{n} = \frac{[vv]}{n} + \frac{2\delta[v]}{n} + \delta^2 \rightarrow m^2 = \frac{[vv]}{n} + \delta^2 \quad (2.6)$$

Lấy tổng hai vế biểu thức (2.5), chia 2 vế cho n được $\frac{[\Delta]}{n} = \delta$, bình phương biểu thức này được:

$$\frac{[\Delta \Delta]}{n^2} + \frac{2[\Delta_i \Delta_j]}{n^2} = \delta^2 = \frac{m^2}{n}$$

Thay biểu thức này vào biểu thức (2.6) có :

$$m^2 = \frac{[vv]}{n} + \frac{m^2}{n} \rightarrow m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (2.7)$$

2.2.6. Sai số trung phương hàm số dạng tổng quát

Trong trắc địa có nhiều trường hợp đại lượng cần xác định được xác định gián tiếp qua các đại lượng đo trực tiếp, hoặc các đại lượng cho trước; khi các đại lượng này mắc sai số thì các đại lượng cần xác định cũng sẽ có sai số. Ta sẽ nghiên cứu vấn đề này: Giả sử có hàm:

$$Z = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Trong đó x_i là các đại lượng đo độc lập có các sai số trung phương tương ứng là:

$$m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$$

Nếu x_i có gia số tương ứng là Δ_i thì hàm Z cũng có gia số là Δ_z :

$$Z + \Delta_z = f(x_1 + \Delta_1, x_2 + \Delta_2, x_3 + \Delta_3, \dots, x_n + \Delta_n).$$

Vì các Δ_i nhỏ, khai triển hàm Z theo chuỗi Taylor và chỉ giữ lại số hạng bậc 1; thay các vi phân dx bằng các sai số thực Δ_i ta có :

$$Z + \Delta_z = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) + \sum_1^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \rightarrow \Delta_z = \sum_1^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i$$

Đặt $k_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$, với x_i cho trước thì các k_i là hằng số ta có :

$$(\Delta_z)_j = (k_1 \Delta_1 + k_2 \Delta_2 + k_3 \Delta_3 + \dots + k_n \Delta_n)_j$$

Cho $j = 1 \sim n$, bình phương hai vế, lấy tổng hai vế, chia cho n ta có:

$$\frac{[\Delta_z^2]}{n} = k_1^2 \frac{[\Delta_{x1}^2]}{n} + k_2^2 \frac{[\Delta_{x2}^2]}{n} + k_3^2 \frac{[\Delta_{x3}^2]}{n} + \dots + k_n^2 \frac{[\Delta_{xn}^2]}{n} + 2k_1 k_2 \frac{[\Delta_{x1} \Delta_{x2}]}{n} + 2k_1 k_3 \frac{[\Delta_{x1} \Delta_{x3}]}{n} + \dots + 2k_1 k_n \frac{[\Delta_{x1} \Delta_{xn}]}{n} + \dots$$

Cuối cùng ta có:

$$m_z^2 = k_1^2 m_1^2 + k_2^2 m_2^2 + k_3^2 m_3^2 + \dots + k_n^2 m_n^2 \quad (2.8)$$

2.3. Bình sai trực tiếp các trị đo

2.3.1. Khái niệm bình sai trực tiếp

Bản chất của phương pháp bình sai trực tiếp là tiến hành đo nhiều lần một đại lượng và nhận được nhiều trị đo có thể cùng độ chính xác hoặc không cùng độ chính xác. Nhiệm vụ đặt ra là tiến hành bình sai như thế nào để tìm được trị xác suất nhất của trị đo, đánh giá độ chính xác của các trị đo và độ chính xác của trị sau bình sai.

Nguyên lý số bình phương nhỏ nhất chỉ ra rằng trong trường hợp đo cùng độ chính xác thì trị có độ tin cậy cao nhất là trị có các sai số gần đúng v_i thoả mãn điều kiện:

$$[vv] = \min \quad (2.9)$$

Còn trường hợp đo không cùng độ chính xác thì $[pvv] = \min$. Ta lần lượt nguyên cứu vấn đề bình sai trực tiếp này.

2.3.2. Bình sai trực tiếp các trị đo cùng độ chính xác

Giả sử trị xác suất nhất của một đại lượng đo nào đó là x , đo đại lượng này n lần trong điều kiện cùng độ chính xác và thu được n trị đo lần lượt là:

$$L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$$

Ta có các sai số gần đúng:

$$v_i = L_i - x$$

Đặt: $y = [vv] = [(x - L_i)^2] = \min$

Giải bài toán cực tiểu theo biến x :

$$y' = [2(L_i - x)] = 0 \rightarrow x = \frac{[L]}{n} \quad (2.10)$$

$$y'' = 2n > 0$$

Do đó trị x là trị thoả mãn điều kiện số bình phương nhỏ nhất nên nó là trị xác suất nhất của dãy trị đo trong cùng điều kiện độ chính xác; trị này chính là trị trị trung bình cộng đơn giản.

- Sai số trung phương của trị trung bình cộng đơn giản

$$M_x = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (2.11)$$

- Sai số của dãy trị đo đánh giá theo công thức Bessel

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (2.12)$$

PHẦN 2. ĐO CÁC YẾU TỐ CƠ BẢN

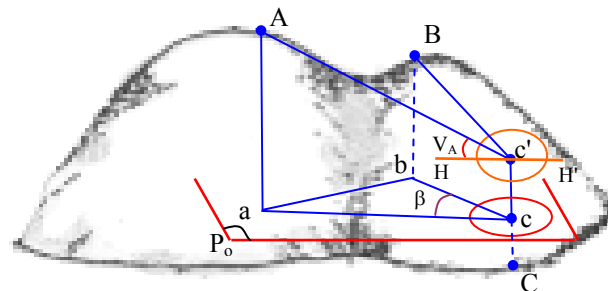
CHƯƠNG 3. ĐO GÓC

Trong trắc địa, góc bằng dùng để tính chuyển góc định hướng và chiều dài cho các cạnh rồi từ đó tính các gia số tọa độ (Δx , Δy) và tọa độ X , Y cho các điểm. Góc đứng dùng để tính chênh cao h giữa các điểm theo phương pháp đo cao lượng giác, từ đó tính độ cao H cho các điểm. Máy chuyên dụng để đo góc bằng và góc đứng là máy kinh vĩ tử (Theodolite).

3.1. Nguyên lý đo góc bằng và góc đứng

Giả sử có ba điểm A , C , B nằm ở những độ cao khác nhau trên mặt đất (hình 3.1). Chiếu ba điểm này lên mặt phẳng ngang P_0 theo phương đường dây dọi, ta được ba điểm tương ứng là a , c , b . Góc nhị hợp bởi mặt phẳng ngắm $[Aac'c]$ và $[BbC'c]$ là góc bằng β cần đo.

Để đo góc bằng, người ta dùng một bàn độ ngang đặt sao cho tâm của nó nằm trên đường dây dọi Cc' , hai mặt phẳng ngắm $[Aac'c]$ và $[BbC'c]$ sẽ cắt bàn độ ở hai giao tuyến có trị số tương ứng là a và c , trị số góc bằng cần đo là $\beta = b - a$.



Hình 3.1

Góc hợp bởi hướng ngắm $c'A$ với đường ngang HH' gọi là góc đứng của hướng CA . Góc đứng nhận giá trị từ 0° đến 90° và có thể dương hoặc âm. Nếu điểm ngắm phía trên đường ngang thì góc đứng sẽ có dấu dương và nằm phía dưới sẽ có dấu âm.

Để đo góc đứng, người ta sử dụng một bàn độ đứng có đường kính nằm ngang mang trị số hai đầu $0^\circ - 0^\circ$ hoặc $0^\circ - 180^\circ$ hoặc $90^\circ - 270^\circ$ và vạch chuẩn hoặc vạch "0" trên thang đọc số bàn độ đứng. Số đọc trên bàn độ đứng khi ống kính nằm ngang và vạch chuẩn hoặc vạch 0 trên thang đọc số cân bằng được gọi là số đọc ban đầu MO . Trị số góc đứng V là hiệu số giữa số đọc MO với trị số của hướng ngắm tới mục tiêu đọc trên bàn độ đứng (hình 3.1).

3.2. Máy kinh vĩ

3.2.1. Tác dụng và phân loại máy kinh vĩ

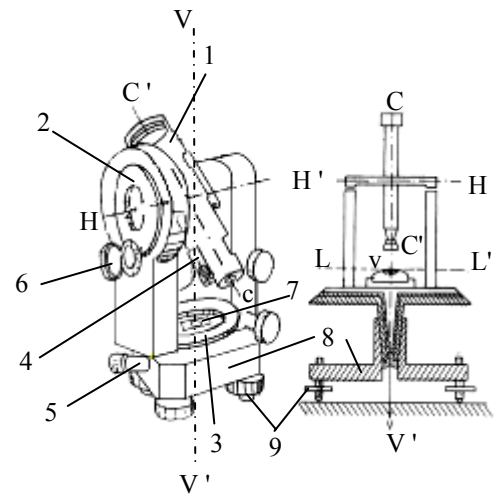
Máy kinh vĩ dùng để đo góc bằng, góc đứng, ngoài ra còn đo được chiều dài và độ chênh cao theo phương pháp đo cao lượng giác.

Nếu phân loại máy kinh vĩ theo đặc điểm cấu tạo bàn độ thì sẽ có máy kinh vĩ kim loại, quang học và điện tử; còn phân loại theo độ chính xác thì sẽ có máy kinh vĩ chính xác, máy có độ chính xác trung bình, và xác thấp.

3.2.2. Nguyên lý cấu tạo máy kinh vĩ

Các bộ phận cơ bản của máy kinh vĩ trình bày ở hình 3.2 gồm:

- (1)-Ống kính ngắm
- (2)-Bàn độ đứng
- (3)-Bàn độ ngang
- (4)-Ống kính hiển vi đọc số
- (5)-Ốc hãm và vi động bàn độ ngang
- (6)- Gương lấy sáng
- (7)-Ống thủy dài bàn độ ngang
- (8)-Đế máy
- (9)-Ốc cân đế máy
- CC'- Trục ngắm của ống kính
- HH'-Trục quay của ống kính
- VV'- Trục quay của máy kinh vĩ
- LL'- Trục của ống thủy dài

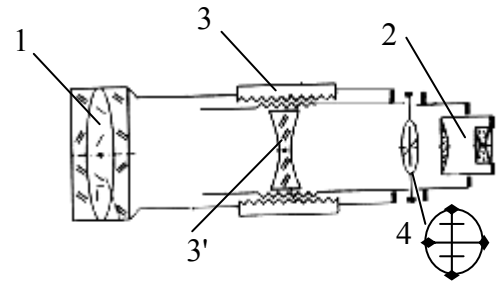


Hình 3.2

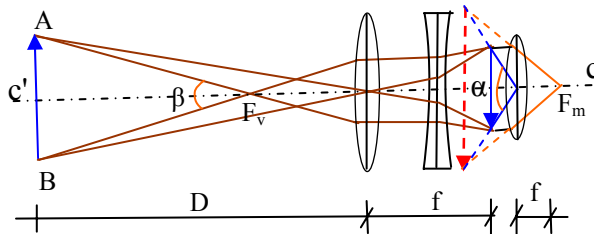
3.2.2.1. Ống kính ngắm

Ống kính ngắm máy kinh vĩ cấu tạo bởi các bộ phận như hình 3.3:

- Kính vật (1) và kính mắt (2) là những thấu kính hội tụ kết hợp với nhau tạo thành hệ kính hiển vi.
- Hệ điều quang gồm ốc điều quang (3) và kính điều quang 3'. Khi vặn ốc điều quang, kính điều quang sẽ di chuyển trong ống kính, nhờ đó làm thay đổi vị trí ảnh thật ab so với kính vật. Khi ảnh ab trùng với mặt phẳng màng dây chữ thập (4) sẽ cho ảnh ảo a'b' ngược chiều với vật nhưng được phóng đại lên nhiều lần. Hình 3.4 là nguyên lý tạo ảnh trong ống kính của máy kinh vĩ.



Hình 3.3



Hình 3.4

- Màng dây chữ thập (4) là một tấm kính mỏng trên có khắc lưới chỉ mảnh dùng làm chuẩn khi đo ngắm. Lưới chỉ chữ thập gồm hai chỉ cơ bản là chỉ đứng và chỉ ngang cắt nhau dạng chữ thập; ngoài ra còn có chỉ trên và dưới dùng để đo khoảng cách.

Ống kính máy kinh vĩ đặc trưng bởi một số chỉ tiêu kỹ thuật sau:

- Độ phóng đại của ống kính :

$$V = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{f_v}{f_m} \tag{3.1}$$

Trong đó: α - góc nhìn vật qua ống kính; β - góc nhìn vật bằng mắt thường; f_v - tiêu cự kính vật; f_m - tiêu cự kính mắt.

- Trường ngắm ống kính đặc trưng bởi góc kẹp ϵ giữa hai đường thẳng xuất phát từ quang tâm kính vật tới hai đầu đường kính màng dây chữ thập.

$$\varepsilon = \frac{d \cdot \rho''}{f \nu} \quad (3.2)$$

Trong đó: d - đường kính màng dây chữ thập, f - tiêu cự kính vật.

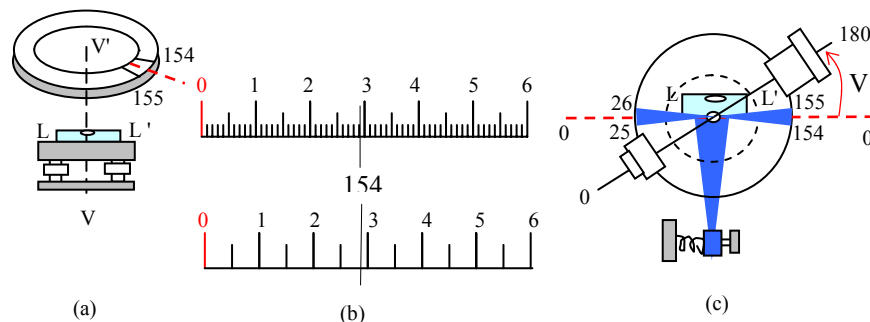
- Độ chính xác ống kính :

$$m_V = \pm \frac{60''}{V} \quad (3.3)$$

3.2.2.2. Bàn độ và bộ phận đọc số

Bàn độ ngang máy kinh vĩ có cấu tạo là một đĩa tròn làm bằng thủy tinh trong suốt có đường kính từ 6cm đến 25cm. Tùy theo là máy quang học hay điện tử và cách chia vạch và đọc số bàn độ có khác nhau.

Đối với máy kinh vĩ quang học, trên mặt bàn độ thường được chia thành 360 khoảng, mỗi khoảng ứng với 1° . Dùng kính hiển vi phóng to khoảng chia 1° rồi đưa và đó một tấm kính mỏng trên khắc vạch chuẩn hoặc thang số đọc. Tùy theo độ chính xác của máy mà thang vạch chuẩn được chia vạch khác nhau (hình 3.5).



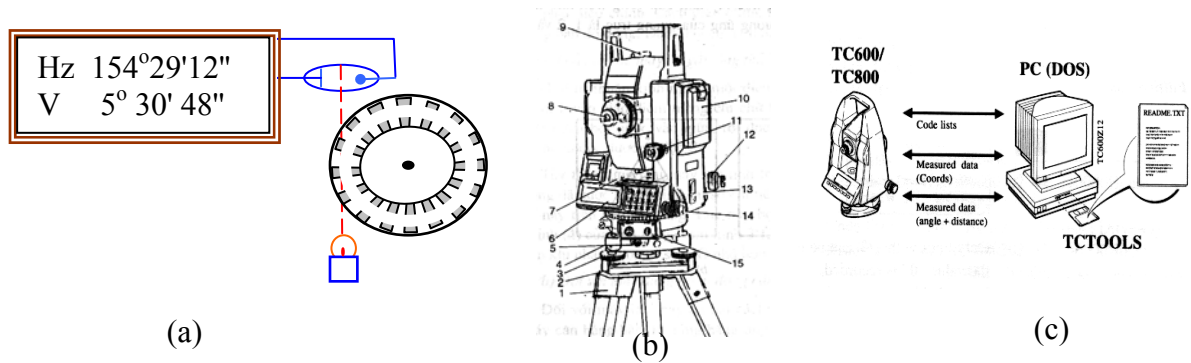
Hình 3.5

Vì chức năng của bàn độ ngang là đo góc bằng, nên nó được liên kết với ống thủy thủy dài có trục LL' vuông góc với trục quay VV' của máy kinh vĩ (hình 3.5.a). Trong một vòng đo vị trí bàn độ ngang phải thực sự cố định.

Khác với bàn độ ngang, bàn độ đứng gắn liền và cùng quay theo ống kính ngắm. Để cân bằng vạch chuẩn đọc số hoặc vạch "0" trên thang đọc số, một số loại máy kinh vĩ dùng ống thủy dài và vít nghiêng (hình 3.5.c), còn các loại máy kinh vĩ hiện đại dùng bộ cân bằng tự động bằng hệ con lắc quang học hoặc bộ cân bằng điện tử.

Hai đầu đường kính nằm ngang của bàn độ đứng máy kinh vĩ được khắc vạch tương ứng với trị số $0^\circ - 0^\circ$ hoặc $0^\circ - 180^\circ$ hoặc $90^\circ - 270^\circ$; bởi vậy khi trục ngắm ống kính nằm ngang và thang đọc số được cân bằng thì đường kính trên phải trùng với vạch "0" của thang đọc số. Trị số của hai đầu đường kính trong trường hợp này gọi là số đọc ban đầu MO lý thuyết; nếu điều kiện trên không đảm bảo sẽ dẫn đến sai số số đọc ban đầu và số đọc có sai số đó gọi là MO thực tế.

Các loại máy kinh vĩ điện tử (Digital Theodolite) có bàn độ được mã hóa kết hợp với bộ xử lý CPU cho trị số của hướng đo được hiển thị trên màn hình tinh thể, hoặc lưu trữ trong bộ nhớ của máy hoặc thẻ nhớ (hình 3.6a,b). Ngày nay với sự phát triển của ngành điện tử - tin học, máy kinh vĩ điện tử được ghép nối với máy đo dài điện tử (EDM) có bộ vi xử lý tích hợp nhiều phần mềm tiện ích tạo thành máy toàn đạc điện tử (Total Station). Máy này không những cho phép đo góc mà còn đo dài với độ chính xác cao, tiện lợi và hiệu quả (hình 3.6c).



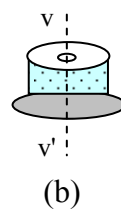
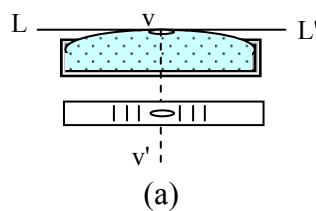
Hình 3.6

3.2.2.3. Bộ phận cân bằng và chiếu điểm

Bộ phận cân bằng gồm ống thủy, các ốc cân để máy, chân máy, vít nghiêng. Bộ phận chiếu điểm gồm dây và quả dọi hoặc bộ phận định tâm quang học.

- Ống thủy dùng để đưa đường thẳng, mặt phẳng về nằm ngang hoặc thẳng đứng. có hai loại ống thủy là: ống thủy dài và ống thủy tròn (hình 3.7).

Ống thủy dài cấu tạo bởi một ống thủy tinh hình trụ nằm ngang, mặt trên là mặt cong có bán kính tương đối lớn. Trong ống thủy tinh đã hút chân không người ta đổ đầy chất lỏng có độ nhớt thấp (ete) và để chừa lại một khoảng không khí nhỏ gọi là bọt thủy. Đối xứng qua điểm cao nhất trên mặt cong, có những vạch khắc cách đều nhau gọi là khoảng chia ống thủy. Độ chính xác ống thủy đặc trưng bởi góc ở tâm τ .



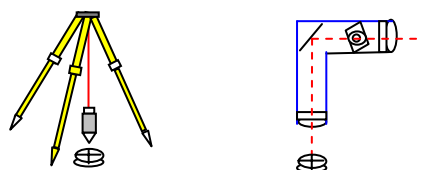
$$\tau = \frac{d}{R} \rho''$$

R - bán kính mặt cong
d - khoảng chia ống thủy

Hình 3.7

Ống thủy tròn cấu tạo bởi ống thủy tinh hình trụ đứng có mặt trên là mặt cầu, sau khi hút chân không người ta cũng đổ đầy ête và chỉ để lại một bọt khí nhỏ gọi là bọt nước ống thủy. Điểm cao nhất trên mặt cầu được đánh dấu bởi hai vòng tròn đồng tâm, đường thẳng đứng qua điểm cao nhất là trục ống thủy. Khi bọt nước ống thủy ở điểm cao nhất thì trục của ống thủy sẽ thẳng đứng. Ống thủy tròn có độ chính xác không cao, dùng để cân bằng sơ bộ máy.

- Bộ phận chiếu điểm: có thể chiếu điểm bằng dọi hoặc bộ phận định tâm quang học như hình 3.8.

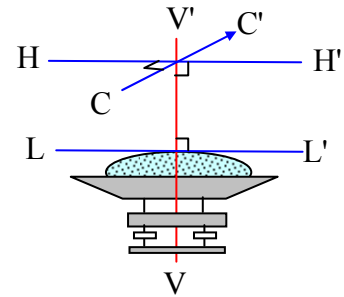


Hình 3.8

3.2.3. Kiểm nghiệm máy kinh vĩ

Để giảm sai số hệ thống do máy kinh vĩ ảnh hưởng tới kết quả đo, trước khi sử dụng máy phải tiến hành công tác kiểm nghiệm. Việc kiểm nghiệm và điều chỉnh máy kinh vĩ nhằm mục đích đảm bảo các điều kiện hình học của các hệ trục (hình 3.9).

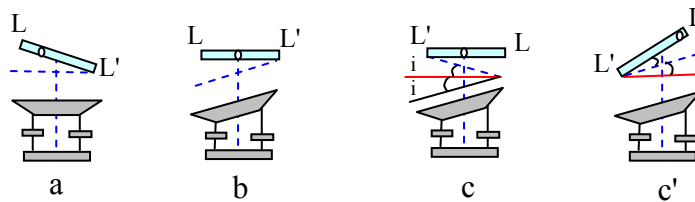
- Trục của ống thủy dài trên bàn độ ngang LL' phải vuông góc trục quay của máy kinh vĩ VV'.
- Chỉ đứng của màng dây chữ thập phải thẳng đứng.
- Trục ngắm CC' của ống kính ngắm máy kinh vĩ phải vuông góc với trục quay HH' của của nó (2C).
- Trục quay HH' của ống kính ngắm phải vuông góc với trục quay VV' của máy kinh vĩ.
- Kiểm nghiệm số đọc ban đầu MO.



Hình 3.9

3.2.3.1. Điều kiện trục của ống thủy dài trên bàn độ ngang

Để kiểm nghiệm điều kiện này, đầu tiên ta quay bộ phận ngắm sao cho trục ống thủy dài bàn độ ngang song song với đường nối hai ốc cân bất kỳ của đế máy, điều chỉnh hai ốc cân này đưa bọt thủy vào giữa ống (hình 3.10b). Tiếp đó quay bộ phận ngắm 180°, nếu bọt thủy vẫn ở giữa, hoặc độ lệch nhỏ hơn một khoảng chia ống thủy thì có thể coi điều kiện này đảm bảo, còn lệch quá một khoảng chia thì phải điều chỉnh lại ống thủy dài (hình 3.10c, c').



Hình 3.10

3.2.3.2. Kiểm nghiệm màng dây chữ thập

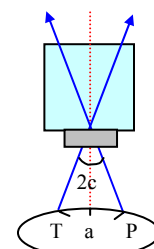
Một trong những cách đơn giản là treo một dây dọi mảnh ở nơi kín gió. Máy kinh vĩ cần kiểm nghiệm đặt cách dây dọi chừng 20m. Sau khi cân bằng máy tiến hành ngắm chuẩn dây dọi, nếu chỉ đứng của màng dây chữ thập trùng với dây dọi thì điều kiện này đạt yêu cầu, nếu không trùng thì phải chỉnh lại màng dây chữ thập.

3.2.3.3. Kiểm nghiệm trục ngắm của ống kính ngắm (2c)

Trục ngắm của ống kính máy kinh vĩ là đường thẳng nối quang tâm kính vật, tâm màng dây chữ thập và quang tâm kính mắt. Nếu trục ngắm có sai số thì khi ngắm cùng một mục tiêu ở hai vị trí bàn độ chúng sẽ lệch nhau một góc ký hiệu là 2c (hình 3.11).

$$a = T - c = P \pm 180 + c \Rightarrow 2c = T - (P \pm 180) \quad (3.4)$$

Để kiểm nghiệm điều kiện trục ngắm ta chọn một mục tiêu A rõ nét, cách xa máy và có góc đứng không quá 5°. Đầu tiên ở vị trí bàn độ trái, sau khi cân bằng máy ta tiến hành ngắm chuẩn mục tiêu A, đọc số bàn độ ngang được số đọc ký hiệu là T. Sau đó thực hiện tương tự đối với vị trí bàn độ phải được số đọc ký hiệu P. Thay giá trị T và P vào công thức (3.4) để tính 2C. Nếu giá trị này nhỏ hơn hai lần độ chính xác của bộ phận đọc số thì coi như điều kiện trục ngắm đảm bảo, nếu không thì phải chỉnh lại màng dây chữ thập.

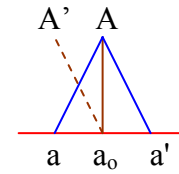


Hình 3.11

3.2.3.4. Kiểm nghiệm trục quay của ống kính ngắm

Nếu hai ổ trục quay của ống kính ngắm không cùng nằm trên một mặt phẳng ngang sẽ làm cho trục quay ống kính không vuông góc với trục quay của máy kinh vĩ.

Để kiểm nghiệm điều kiện này, trên một bức tường cần đánh dấu một điểm A cao hơn mặt phẳng ngang ống kính chừng $30^\circ \sim 50^\circ$. Máy kinh vĩ đặt cách tường 20m. Sau khi cân bằng máy, tiến hành chiếu điểm A xuống mặt phẳng ngang ở vị trí bàn độ trái và phải, đánh dấu được hai điểm tương ứng là a và a'. Nếu thấy đoạn aa' lớn hơn chiều rộng cặp chỉ đứng song song của màn dây chữ thập thì phải điều chỉnh lại trục quay ống kính.

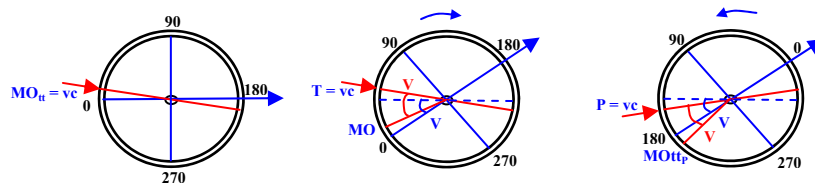


Hình 3.12

3.2.3.5. Kiểm nghiệm số đọc ban đầu MO

Nếu trục ngắm ống kính ngắm nằm ngang và thang đọc số cân bằng mà đường kính nằm ngang của bàn độ đứng không trùng với vạch "0" của thang đọc số thì sẽ gây ra sai số số đọc ban đầu MO (hình 3.13). Từ hình 3.13 ta có công thức tính MO:

$$MO = \frac{T_v + P_v \pm k}{2} \quad (3.5)$$



Hình 3.13

Trong đó k là hệ số tùy thuộc vào cách khắc vạch bàn độ đứng. Ví dụ máy Theo020, Dalhta, Redta, TC800, T100, T30 có $k = 180$; máy 2T30, 2T5, 2T5K có $k = 0$.

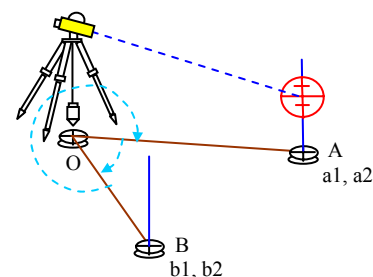
Để kiểm nghiệm MO, chọn một mục tiêu A rõ nét cách xa máy. Ở vị trí bàn độ thuận và ngược, ngắm chuẩn mục tiêu A bằng chỉ giữa nằm ngang của màn dây chữ thập và đọc số trên bàn độ đứng, được hai số đọc tương ứng là T_v và P_v . Thay hai giá trị này vào công thức (3.5) để tính MO. Cần chú ý rằng, trước khi đọc số trên bàn độ đứng thì đều phải cân bằng vạch chỉ tiêu hoặc vạch 0 của thang đọc số bàn độ đứng.

3.3. Phương pháp đo góc bằng

Tùy theo số hướng tại một trạm đo mà ta có thể áp dụng các phương pháp đo góc khác nhau như đo đơn, đo lặp, đo toàn vòng, đo tổ hợp. Giáo trình này chỉ trình bày hai phương pháp đo góc cơ bản là đo đơn và đo toàn vòng.

3.3.1. Đo góc bằng theo phương pháp đo đơn

Phương pháp đo đơn áp dụng cho các trạm đo chỉ có hai hướng và được áp dụng nhiều khi đo góc bằng trong các đường chuyền đa giác. Một vòng đo theo phương pháp đo đơn gồm nửa vòng đo thuận và nửa vòng nghịch. Giả sử đo góc bằng tại đỉnh O hợp bởi hướng ngắm OA và OB (hình 3.14), trình tự đo được thực hiện như sau:



Hình 3.14

3.3.1.1. Đặt máy và dựng tiêu

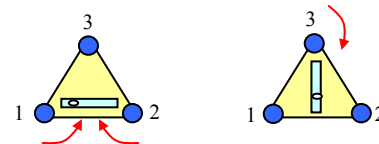
Dựng tiêu ngắm tại điểm A và B; đặt máy kinh vĩ tại đỉnh O và tiến hành định tâm, cân bằng, định hướng.

- Định tâm là thao tác để chiếu đỉnh góc cần đo trên mặt đất theo phương đường dây dọi sao cho trùng với tâm bàn độ ngang của máy kinh vĩ. Việc định tâm được thực hiện bằng dây dọi hoặc bộ phận định tâm quang học. Để định tâm bằng dây dọi, ta phải mắc dọi vào đầu trục quay VV' của máy kinh vĩ. Điều chỉnh ba chân máy sao cho đầu quả dọi đi qua đỉnh góc cần đo.

Khi định tâm quang học, trước tiên ta điều chỉnh chân máy hoặc ốc cân để máy sao cho tâm vòng tròn bộ định tâm quang học trùng với đỉnh góc đo. Sau đó cân bằng máy bằng ba ốc cân chân máy, các thao tác này được lặp lại cho đến khi đỉnh góc đo ở trong vòng tròn. Tiếp theo ta cân bằng máy bằng ba ốc cân để máy, nếu sau khi cân bằng mà đỉnh góc lệch khỏi vòng tròn thì mở ốc nổi, xô dịch để máy cho trùng lại và tiến hành cân bằng lại máy là được.

- Cân bằng máy là thao tác để điều chỉnh cho mặt phẳng bàn độ về ngang nằm ngang. Thực hiện cân bằng nhờ ống thủy tròn (sơ bộ), ống thủy dài (chính xác), các ốc cân để máy và chân máy.

Khi cân bằng, đầu tiên quay bộ phận ngắm sao cho trục ống thủy dài bàn độ ngang song song với đường nối hai ốc cân bất kỳ, điều chỉnh hai ốc cân này đưa bọt thủy vào giữa ống. Sau đó quay bộ phận ngắm đi 90° , điều chỉnh ốc cân thứ ba để bọt thủy vào giữa ống. Các thao tác này được lặp lại cho đến khi bọt thủy không lệch khỏi vị trí giữa ống quá một phân khoảng ống thủy là được (hình 3.15).



Hình 3.15

- Định hướng: để nâng cao độ chính xác đo góc và giảm sai số do khắc vạch bàn độ không đều, khi đo góc ta phải đo nhiều vòng và giữa các vòng hướng khởi đầu cần đặt lệch nhau một lượng bằng $180^\circ/n$ (n là số vòng đo). Việc làm này được gọi là định hướng máy kinh vĩ. Việc định hướng thực hiện nhờ ốc điều chỉnh bàn độ ngang.

3.3.1.2. Đo góc

Một vòng đo góc bằng theo phương pháp đo đơn gồm nửa vòng đo thuận và nửa vòng đo ngược.

- Nửa vòng đo thuận kính: Bàn độ đứng đặt bên trái hướng ngắm, ngắm chuẩn tiêu ngắm A, đọc số trên vành độ ngang được số đọc ký hiệu a_1 . Quay bộ phận ngắm thuận chiều kim đồng hồ, ngắm chuẩn tiêu ngắm B, đọc số trên bàn độ ngang được số đọc ký hiệu là b_1 . Như vậy ta đã hoàn thành nửa vòng đo thuận, trị số góc nửa vòng thuận $\beta_t = b_1 - a_1$.

- Nửa vòng đo ngược: kết thúc nửa vòng đo thuận ống kính đang trên hướng OB, thực hiện đảo ống kính và quay máy ngắm lại tiêu ngắm B; đọc số trên bàn độ ngang được số đọc b_2 . Máy quay thuận chiều kim đồng hồ ngắm tiêu ngắm A, đọc số trên bàn độ ngang được số đọc a_2 . Đến đây ta đã hoàn thành nửa vòng đo ngược và cũng hoàn thành một vòng đo theo phương pháp đo đơn. Góc nửa vòng đo nghịch $\beta_p = b_2 - a_2$; nếu độ lệch trị số góc giữ hai nửa vòng đo nằm trong giới hạn cho phép thì trị số góc tại vòng đo này là: $\beta_{1v} = (\beta_t + \beta_p)/2$. Kết quả đo góc bằng theo phương pháp đo đơn được ghi vào sổ đo ở bảng 3.1.

Bảng 3.1.Sổ đo góc theo phương pháp đo đơn

Vòng đo	Trạm đo	Điểm ngắm	Vị trí bàn độ	Số đọc bàn độ ngang	Góc kẹp		
					Nửa vòng đo	Một vòng đo	Trung bình
1	o	A	T	00°00'00''	35°16'24''		
		B	T	35°16'24''		35°16'18''	
		B	P	215°16'30''	35°16'12''		
		A	P	180°00'18''			

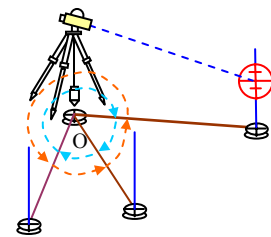
Một số lưu ý khi đo góc bằng theo phương pháp đo đơn:

- Trong một vòng đo không được thay đổi vị trí bàn độ ngang.
- Trong suốt quá trình đo máy luôn quay thuận chiều kim đồng hồ để hạn chế sai số do bàn độ ngang bị kéo theo bộ phận ngắm.

3.3.2. Đo góc bằng theo phương pháp toàn vòng

Phương pháp đo góc toàn vòng áp dụng cho các trạm đo góc bằng có từ 3 hướng trở lên, phương pháp này được ứng dụng nhiều khi đo góc trong lưới giải tích.

Một vòng đo theo phương pháp này cũng gồm nửa vòng đo thuận và nửa vòng đo ngược. Giả sử cần đo góc bằng tại trạm O có ba hướng là OA, OB, OC (hình 3.16). Để đo, trước tiên cần đặt máy kinh vĩ vào trạm O và thực hiện định tâm, cân bằng, định hướng tương tự như phương pháp đo đơn; sau đó tiến hành đo góc theo trình tự:



Hình 3.16

- Nửa vòng đo thuận: bàn độ đứng đặt bên trái hướng ngắm. Trước tiên ngắm chuẩn tiêu ngắm A, rồi lần lượt các tiêu ngắm ở các điểm B, C và A theo chiều kim đồng hồ; mỗi hướng đo đều tiến hành đọc số bàn độ ngang và ghi giá trị vào sổ đo góc.

- Nửa vòng đo ngược: kết thúc nửa vòng đo thuận thì ống kính đang ngắm về hướng OA. Tiến hành đảo ống kính và quay máy ngắm và đọc số lại hướng này; sau đó quay bộ phận ngắm ngược chiều kim đồng hồ lần lượt ngắm các tiêu trên hướng OC, OB và OA. Ở mỗi hướng đều đọc số bàn độ ngang và ghi trị số các hướng đo vào sổ đo góc bằng (bảng 3.1).

Bảng 3.1.Sổ đo góc theo phương pháp toàn vòng**SỔ ĐO GÓC BẰNG THEO PHƯƠNG PHÁP TOÀN VÒNG**

Vòng đo	Trạm đo	Điểm ngắm	VT BĐ	Số đọc bàn độ ngang	2C	Trị số hướng TB	Vi	Trị số hướng Hiệu chỉnh	Góc kẹp	TB
1	O	A	T	00°00'06"		00°00'03"	0	00°00'03"		
			P	180°00'00"	+6"				51°12'19"	
		B	T	51°12'30'		51°12'27"	-5"	51°12'22"		
			P	231°12'24"	+6"				31°14'37"	
		C	T	82°27'12'		82°27'09'	-10"	82°26'59'		
			P	262°27'06"	+6"				277°33'04"	
		A	T	00°00'24"		00°00'18"	-15"	00°00'03"		
			P	180°00'12"	+12"					
					+15"	-5"				

Để tăng độ chính xác đo góc cần phải đo nhiều vòng đo, trị hướng khởi đầu mỗi vòng đo đặt lệch một lượng $180^\circ/n$ (n là số vòng đo). Biên động $2c \leq 2t$; sai số khép vòng $f_v \leq 2t$ với " t " là độ chính của bộ phận đọc số.

3.3.3. Các nguồn sai số chủ yếu trong đo góc bằng

Khi đo góc, mỗi lần ngắm chuẩn mục tiêu ở một hướng sẽ mắc phải sai số ngắm m_v và sai số đọc số m_o hai sai số này được xác định bởi:

$$m_v = \pm \frac{60''}{V}; m_o = 0,15t \quad (3.6)$$

Trong đó: v - độ phóng đại ống kính; t - độ chính xác của bộ phận đọc số máy kinh vĩ. Như vậy sai số trung phương đo trên một hướng với một lần đo sẽ là :

$$m_d = \sqrt{m_v^2 + m_o^2} \quad (3.7)$$

Tổng hợp các nguồn sai số trên một hướng đo gồm: sai số do máy - m_1 , sai số do lệch tâm máy m_2 , sai số do lệch tâm tiêu m_3 , sai số do m_d và sai số do ảnh hưởng của môi trường m_5 . Với sai số do định tâm máy và tiêu ngắm được xác định bởi công thức (3.7).

$$\Delta_\delta = e_m \cdot \rho'' \left(\frac{1}{s_A} + \frac{1}{s_B} \right); \delta = e_t \cdot \rho'' \frac{1}{s} \quad (3.8)$$

Trong đó: e_m và e_t tương ứng là khoảng lệch tâm theo chiều dài của máy và tiêu ngắm; S là khoảng cách từ máy tới mĩa.

3.4. Đo góc đứng

Ta đã biết góc đứng là góc hợp bởi hướng ngắm so với hướng nằm ngang, để tạo hướng ngang trong quá trình đo góc đứng nhất thiết phải cân bằng bàn độ đứng và đo cả hai vị trí bàn độ để hạn chế sai số số đọc ban đầu MO.

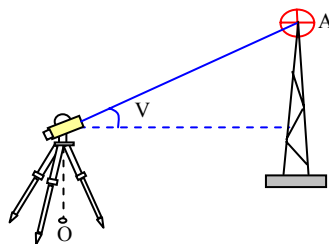
Giả sử cần đo góc đứng V của hướng ngắm OA (hình 3.17). Để đo, trước tiên đặt và cân bằng máy kinh vĩ đặt tại điểm O. Sau đó ngắm chuẩn điểm A ở cả vị trí bàn độ thuận và ngược; đọc số trên bàn độ đứng được hai số đọc tương ứng là: $T_v = 76^\circ 27' 12''$; $P_v = 283^\circ 32' 18''$. Từ hai số đọc này ta tính được góc đứng:

$$MO = \frac{76^\circ 27' 12'' + 283^\circ 32' 18'' - 180^\circ}{2} = 89^\circ 59' 45''$$

$$V = 89^\circ 59' 45'' - 76^\circ 27' 12'' = 13^\circ 32' 33''$$

Hoặc: $V = 283^\circ 32' 18'' - 269^\circ 59' 45'' = 13^\circ 32' 33''$

Ngoài các nguồn sai số do máy kinh vĩ như đã trình bày trong phần đo góc bằng, khi đo góc đứng cần lưu ý thêm sai số MO, sai số bộ phận cân bằng bàn độ đứng, sai số chiết quang đứng...



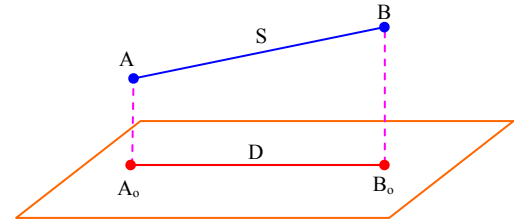
Hình 3.17

CHƯƠNG IV. ĐO DÀI

4.1. Nguyên lý đo dài

Độ dài là một trong ba đại lượng để xác định vị trí không gian của các điểm trên mặt đất, nó là một yếu tố cơ bản trong trắc địa.

Giả sử A và B nằm ở những độ cao khác nhau trên mặt đất. Do mặt đất nghiêng nên khoảng cách AB là khoảng cách nghiêng và ký hiệu là S. Khi chiếu hai điểm này xuống mặt phẳng nằm ngang P_0 theo phương đường dây dọi sẽ được hình chiếu tương ứng của chúng là A_0 và B_0 ; khoảng cách A_0B_0 là khoảng cách ngang và ký hiệu là D (hình 4.1).



Hình 4.1

Độ dài một đoạn thẳng có thể được đo trực tiếp hoặc gián tiếp. Đo dài trực tiếp là phép đo trong đó dụng cụ đo được đặt trực tiếp liên tiếp trên đoạn thẳng cần đo, từ số liệu và dụng cụ đo sẽ xác định được độ dài đoạn thẳng. Trong thực tế thường áp dụng phương pháp đo dài trực tiếp bằng thước thép.

Đo dài gián tiếp là phép đo để xác định một số đại lượng dùng tính độ dài của đoạn thẳng cần xác định. Có nhiều phương pháp đo dài gián tiếp như: đo dài bằng máy quang học, đo dài bằng các loại máy đo dài điện tử, đo bằng công nghệ GPS...

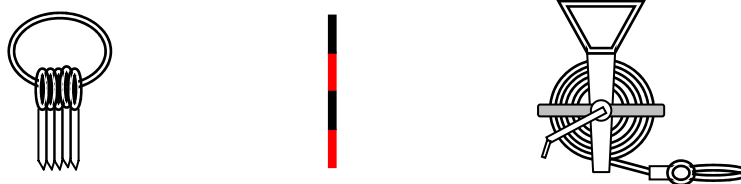
4.2. Đo dài trực tiếp bằng thước thép

4.2.1. Đo dài với độ chính xác thấp hơn 1/2000

4.2.1.1. Dụng cụ đo

- Thước thép thường. Thước thép thường là loại thước có độ dài 20m, 30m hoặc 50m; trên toàn bộ chiều dài thước chỉ khắc vạch đến đơn vị "cm". Thước được bảo vệ trong hộp sắt có tay quay dùng để thu hồi thước sau khi đo. Thước thép thường chỉ cho phép đo độ dài với độ chính xác thấp (khoảng 1/2000) nên không có phương trình riêng.

- Bộ que sắt để đánh dấu đoạn đo, sào tiêu để dóng hướng và thước đo góc nghiêng đơn giản để xác định độ nghiêng mặt đất (hình 4.2).



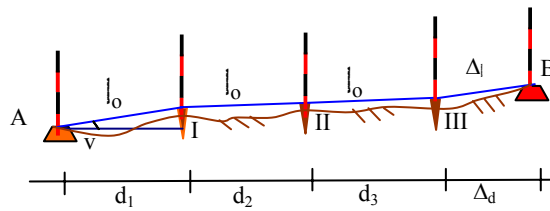
Hình 4.2

4.2.1.2. Trình tự đo

Dóng hướng đường đo: khi đo chiều dài một đoạn thẳng thông thường phải đặt thước nhiều lần trên đường đo, để hai đầu thước luôn nằm trên hướng đo thì phải thực hiện dóng hướng. *Dóng hướng đường đo là việc xác định một số điểm nằm trên hướng đường thẳng nối điểm đầu và điểm cuối của đoạn thẳng cần đo.*

Việc dóng hướng khi đo dài với độ chính xác thấp hơn 1/2000 được thực hiện bằng mắt. Trước tiên cần đặt sào tiêu tại điểm đầu A và điểm cuối B của đoạn thẳng cần đo; một

người đứng cách A vài mét trên hướng BA kéo dài, dùng mắt điều chỉnh cho sào tiêu của người thứ 2 trùng với tim AB tại các vị trí trung gian trên đường tuyến đo (hình 4.3).



Hình 4.3

Để đo chiều dài cạnh AB, một người dùng que sắt giữa chặt đầu “0” của thước trùng với tâm điểm A, người thứ hai kéo căng thước trên tim đường đo theo sự điều chỉnh của người đóng hướng và dùng que sắt cắm vào vạch cuối cùng của thước ta được điểm I. Sau đó nhổ que sắt tại A, hai người cùng tiến về phía B. Khi người cầm đầu “0” của thước tới điểm I thì công việc đo được lặp lại trên như và cứ tiếp tục như vậy cho đến đoạn cuối cùng. Số que sắt người đi sau thu được chính là số lần đặt thước, chiều dài cạnh đo được tính theo công thức:

$$D = \sum_1^n d_i + \Delta_d \quad (4.1)$$

Trong đó: $d_i = l_0 \cos V_i + \Delta_{l_k}$

Trong đó l_0 - chiều dài thước đo, d_i - chiều dài nằm ngang của thước đo, V - góc nghiêng mặt đất tại các đoạn đo; Δ_{l_k} - số hiệu chỉnh do sai số của thước đo ; Δ_d - đoạn lẻ cuối của cạnh đo.

Tùy theo độ xác mà ta có thể đo một lần nữa từ B về A, trị số cạnh đo là trị trung bình của lần đo đi và về nếu độ chênh của chúng nhỏ hơn sai số cho phép.

4.2.2. Đo dài với độ chính xác thấp hơn 1/20.000

4.2.2.1. Dụng cụ đo

Để đo chiều dài đạt độ chính xác dưới 1/20.000 phải có thước thép chính xác. Thước thép chính xác là loại thước được làm bằng hợp kim có hệ số giãn nở vì nhiệt thấp; chiều dài thước có thể là 20m, 30m, 50m hoặc 100m. Trên toàn bộ chiều dài thước được khắc vạch chính xác đến đơn vị "mm", thước được bảo vệ trong hộp sắt hoặc khung bảo vệ có tay quay. Thước cho phép đọc số chính xác đến 0.1mm, có phương trình riêng, nêu được kiểm nghiệm tổ chức đo tốt thì có thể cho phép đo dài với độ chính xác khoảng 1/20000.

Do sai số chế tạo và sự giãn nở vì nhiệt đã làm cho chiều dài thực tế l_t của thước khác với chiều dài danh nghĩa l_0 ghi trên thước, do vậy đối với các loại thước chính xác cần phải nghiệm trước khi đo. Khi kiểm nghiệm, người ta so sánh thước thép với một thước chuẩn Inva ở nhiệt độ lúc kiểm nghiệm t_0 để tìm ra chiều dài thực tế l_{t_0} và số hiệu chỉnh Δ_{l_k} vào chiều dài danh nghĩa l_0 . Từ đó lập được công thức chiều dài thực tế của thước lúc đo (4.2).

$$l_t = l_0 + \Delta_{l_k} + \Delta_{l_t} \quad (4.2)$$

Trong đó: $\Delta_{l_t} = \alpha \cdot l_{t_0} \cdot (t - t_0)$; α - hệ số giãn nở vì nhiệt của thước, t - nhiệt độ môi trường lúc đo.

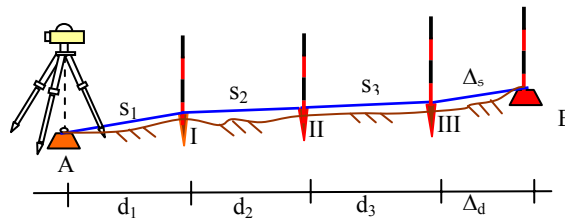
Ngoài thước thép chính xác còn phải có: máy kinh vĩ để dóng hướng; máy thủy chuẩn để đo chênh cao các đầu cọc, lực kế để kéo căng thước; nhiệt kế để đo nhiệt độ.

4.2.2.2. Phương pháp đo

Giả sử phải đo cạnh AB, đầu tiên ta dùng thước vải chia AB thành các đoạn A-I, I-II, II-III, nhỏ hơn chiều dài thước vài “cm” và đoạn lẻ III-B. Dùng các cọc đầu có dấu chữ thập trên đầu để đánh dấu các đoạn. Các đầu cọc cố định các đoạn đo phải được dóng hướng bằng máy kinh vĩ.

Để dóng hướng, máy kinh vĩ sẽ được định tâm và cân bằng tại A, tiến hành ngắm chuẩn tiêu ngắm đặt tại B và hãm ngang; dùng mặt phẳng ngắm chuẩn này để điều chỉnh các đầu cọc I, II, III trùng tìm tuyến AB (hình 4.4).

Biên chế tổ đo cạnh gồm 5 người; trong đó 2 người kéo thước, 2 người đọc số trên thước, một người ghi số và điều khiển đo.



Hình 4.4

Khi đo lần lượt đo từng đoạn, mỗi đoạn đo theo hiệu lệnh chung của người ghi số, hai người giữ hai đầu thước đồng thời cùng kéo căng thước bằng lực kế với lực kéo lúc kiểm nghiệm thước. Hai người đọc số căn cứ vào vạch chuẩn đầu cọc, đọc số đồng trên thước để người ghi số ghi kết quả vào sổ đo. Mỗi đoạn đọc số 3 lần, mỗi lần đo phải xê dịch thước và kéo căng lại lực kế. Lúc đo, mỗi đoạn đo phải tiến hành đo nhiệt độ để tính số hiệu chỉnh do nhiệt độ lúc đo khác lúc kiểm nghiệm; phải đo chênh cao các đầu cọc để đưa các đoạn nghiêng S_i về nằm ngang d_i .

$$D = \sum_{i=1}^n d_i + \Delta_d \text{ với } d_i = S_i + \Delta l_k + \Delta l_t + \Delta l_v, \quad (4.3)$$

Để tăng độ chính xác và có điều kiện kiểm tra, cần đo theo hai chiều đi và về, kết quả cuối cùng là kết quả trung bình của hai lần đo. Đồng thời với công tác đo dài phải đo nhiệt độ, áp suất, chênh cao đầu cọc để tính số hiệu chỉnh cho thước.

4.2.3. Các nguồn sai số chủ yếu khi đo dài trực tiếp bằng thước.

- Sai số do chiều dài danh nghĩa ghi trên thước không đúng với chiều dài thực tế lúc kiểm nghiệm.
- Sai số do định tuyến sai.
- Sai số do đo chênh cao các đầu cọc sai.
- Sai số do đo nhiệt độ sai.
- Ngoài ra còn có sai số thước võng và lực kéo thước không đúng với lực kéo lúc kiểm nghiệm.

4.3. Đo dài bằng máy trắc địa và mia

4.3.1. Đo dài bằng máy trắc địa và mia đứng

Phương pháp được xây dựng trên cơ sở mối quan hệ toán học giữa góc thị sai φ không đổi và cạnh đáy l thay đổi tỷ lệ thuận với độ dài cần đo. Để có thể đo dài bằng phương pháp này thì màng dây chữ thập của máy kinh vĩ (hay máy thủy bình) còn cấu tạo thêm hai chỉ ngang đối xứng qua chỉ ngang cơ bản để tạo góc thị sai (hình 4.5).

4.3.1.1. Trường hợp ống kính nằm ngang

Từ hình vẽ 4.5 ta có :

$$D = \delta + f_v + D'$$

Trong đó: δ - khoảng cách từ trục quay của máy kinh vĩ tới quang tâm kính vật; f_v - tiêu cự kính vật. Hai thông số này trong chế tạo đã biết và đặt $c = \delta + f_v$ gọi là hằng số cộng của máy. Còn đại lượng D' tính bởi công thức:

$$D' = \frac{1}{2} \cdot l \cdot \text{ctg} \frac{\varphi}{2}$$

Với: $l = t - d$ là hiệu số đọc chỉ trên và dưới; φ - góc thị sai. Đặt $k = \frac{1}{2} \text{ctg} \frac{\varphi}{2}$ ta có công thức xác định khoảng cách:

$$D = c + k \cdot l \quad (4.4)$$

Khi thay đổi đường kính màng dây chữ thập sao cho $\varphi = 34'22''$ thì $k = 100$. Công thức thực dụng khi đo chiều dài là:

$$D = 100 \times l \quad (4.5)$$

4.3.1.2. Trường hợp ống kính nằm nghiêng

Giả sử trục ngắm ống kính nghiêng so với mặt phẳng ngang một góc V , trong trường hợp này phải có thêm một bước chuyển từ chiều dài nghiêng về nằm ngang. Để chứng minh công thức ta tưởng tượng một mia ảo l_0 vuông góc với trục ngắm ống kính 'Og' tại g (hình 4.6). Như trường hợp đầu đối với mia ảo ta có :

Og = C + k.l₀ ; với: $l_0 = l \cdot \cos v$; ta có:

$$\text{Og} = C + k \cdot l \cdot \cos v \quad (4.6)$$

Xét tam giác vuông tOB' có:

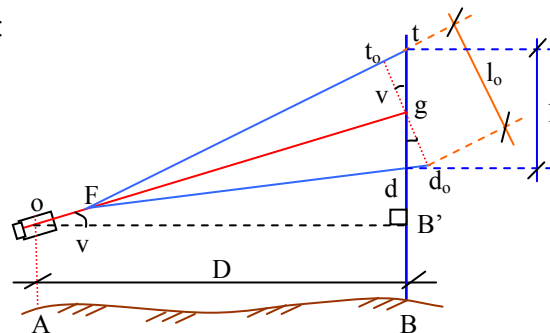
$$\text{OB}' = D = \text{Og} \cdot \cos V$$

thay Og ở công thức (4.6) vào ta có:

$$D = (C + k \cdot l \cdot \cos v) \cdot \cos V$$

Có thể coi:

$$D = (C + k \cdot l) \cdot \cos^2 V \quad (4.7)$$



Hình 4.6

Điều này có nghĩa là đối với trường hợp ống kính nghiêng so với mặt phẳng ngang một góc V , khi đo chiều tiến hành đo như ống kính nằm ngang. Tuy nhiên phải đo thêm góc V và nhân vào chiều dài đo được với $\cos^2 V$. Phương pháp này cho phép đo cạnh với sai số tương đối 1/300.

4.3.2. Đo dài bằng mia Bala

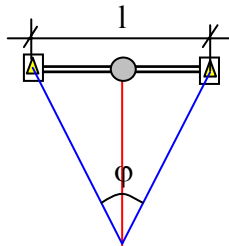
Phương pháp này về nguyên lý giống như đo bằng máy kinh vĩ và mia đứng, tuy nhiên có mấy điểm khác nhau cơ bản sau :

- Phương pháp đo bằng mia Bala thì có đường đáy l cố định, góc thị sai φ thay đổi theo khoảng cách đo (hình 4.7).

- Mia Bala có đường đáy l (dài 1-2m) và hai bảng ngắm hai đầu, độ giữa hai bảng ngắm được chế tạo với độ chính xác rất cao ($1/T = 1/40.000$). Trên mia có ống thủy để cân bằng mia nằm ngang và bộ phận lấy hướng.

$$D = \frac{1}{2} \cdot l \cdot ctg \frac{\varphi}{2} \quad (4.8)$$

Góc thị sai φ được đo nhiều lần và lấy trung bình. Độ chính xác đo dài theo phương pháp này có thể đạt sai số tương đối $1/20.000$.

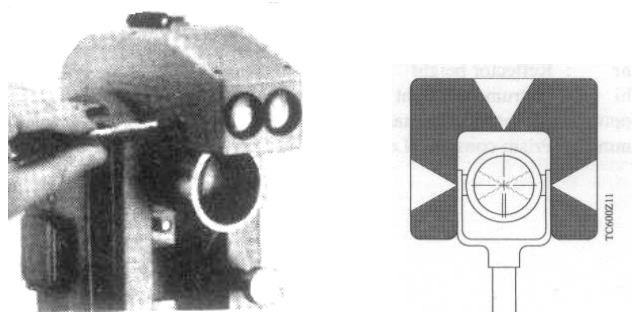


Hình 4.7

4.4.. Khái niệm đo dài bằng máy đo điện tử

Đo dài điện tử phải có máy phát sóng vô tuyến điện hoặc sóng ánh sáng và gương phản xạ. Khi máy phát sóng thì tốc độ lan truyền sóng 'v' hoặc độ dài bước sóng 'λ' đã xác định. Sóng phát đi sẽ đập vào gương và phản xạ lại máy; máy đo dài có bộ đếm thời gian (Δ_t) hoặc số bước sóng (N) chính xác trên quãng đường đi và về của đoạn thẳng cần đo; từ đó tính được độ dài của nó (4.11). Phương pháp này hiện đại, đo nhanh, cạnh đo có thể rất dài và cho độ chính xác cao (hình 4.8).

$$D = \frac{vt}{2} \quad \text{hoặc} \quad D = \frac{n \cdot \lambda}{2} \quad (4.9)$$



Hình 4.8

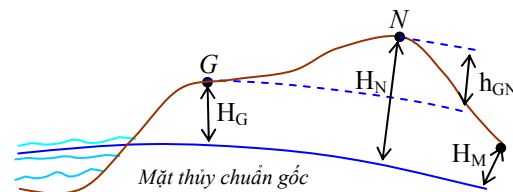
CHƯƠNG 5. ĐO ĐỘ CAO

5.1. Nguyên lý đo cao

Đặt trạm nghiệm triều và tiến hành quan trắc mực nước biển nhiều năm ta sẽ xác định được mặt thủy chuẩn gốc. Từ mặt thủy chuẩn gốc xác định được độ cao trung bình của điểm G là H_G . Tiến hành đo chênh cao h_{GN} của điểm “G” so với các điểm “N” cần xác định độ cao, ta sẽ xác định được độ cao của điểm này (hình 5.1):

$$H_N = H_G + h_{GN} \quad (5.1)$$

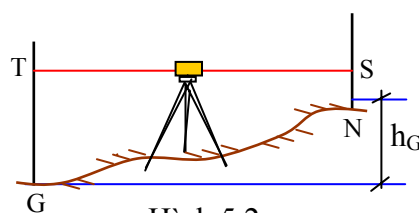
Vậy thực chất đo độ cao là đo chênh cao giữa điểm đã biết độ cao với điểm cần xác định độ cao. Có thể có bốn phương pháp đo cao là: đo cao hình học, đo cao lượng giác, đo cao thủy tĩnh và đo cao áp kế. Trong phạm vi môn học chỉ nghiên cứu đo cao hình học và đo cao lượng giác.



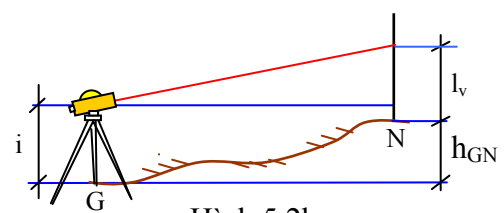
Hình 5.1

- Nguyên lý đo cao hình học: điều kiện để đo cao hình học là phải có máy và mia thủy chuẩn. Giả sử cần đo chênh cao hình học giữa hai điểm “G” và “N”, mia thủy chuẩn đặt tại “G” và “N”, máy thủy chuẩn đặt ở giữa G - N. Bộ phận ngắm máy thủy chuẩn tạo mặt phẳng ngắm nằm ngang cắt mia “G” tại số đọc “S” và mia “N” tại số đọc “T”, từ hai số đọc này ta tính được chênh cao h_{GN} (hình 5.2a):

$$G_i = S - T \quad (5.2)$$



Hình 5.2a



Hình 5.2b

Đo cao hình học có hai phương pháp: khi đo máy đặt giữa đoạn đo gọi là phương pháp đo cao hình học ở giữa, còn khi đo máy đặt máy thủy chuẩn tại một trong hai đầu thì gọi là phương pháp đo cao hình học phía trước, trường hợp này phải đo chiều cao trực ngắm và đọc số trên một mia kia.

- Nguyên lý đo cao lượng giác: đo cao lượng giác thường được thực hiện bằng máy kinh vĩ và mia đứng. Trong quá trình đo người đo phải xác định các đại lượng: góc đứng V , khoảng cách từ máy tới điểm đo D , chiều cao trực ngắm i và chiều cao điểm ngắm l_v . Từ hình vẽ (5.2b) ta có công thức đo cao lượng giác:

$$h_{AB} = D \cdot \text{tg}V + i - l_v \quad (5.3)$$

5.2. Máy và mia thủy chuẩn

5.2.1. Máy thủy chuẩn

5.2.1.1. Tác dụng- phân loại máy thủy chuẩn

Máy thủy chuẩn dùng để đo cao hình học, ngoài ra máy có thể đo được khoảng cách và một số máy còn có thể đo được góc bằng với độ chính xác thấp nếu như có gắn bàn độ ngang.

Máy thủy chuẩn có thể được phân loại theo nguyên lý hoạt động của bộ phận cân bằng ở trong máy; nếu dùng tay cân bằng để đưa trục ngắm về nằm ngang ta có máy thủy chuẩn cơ, nếu máy có bộ phận tự động cân bằng trục ngắm nằm ngang ta có máy thủy chuẩn tự động. Các máy thủy chuẩn hiện đại có bộ cân bằng điện tử hoặc máy thủy chuẩn kỹ thuật số.

Máy thủy chuẩn cũng có thể phân loại theo độ chính xác đo cao mà nó có thể đạt được, phân loại theo cách này ta có: máy thủy chuẩn có độ chính xác cao là những loại máy cho phép đo cấp hạng I và hạng II với sai số trung phương $m_h = \pm 0,5\text{mm}/1\text{km}$; loại máy có độ chính xác trung bình dùng để đo độ cao hạng III, hạng IV với $m_h = \pm 3\text{mm}/1\text{km}$ và máy thủy chuẩn kỹ thuật $m_h = \pm 10\text{mm}/1\text{km}$ dùng để tăng dày độ cao lưới khống chế cấp thấp.

5.2.1.2. Nguyên lý cấu tạo

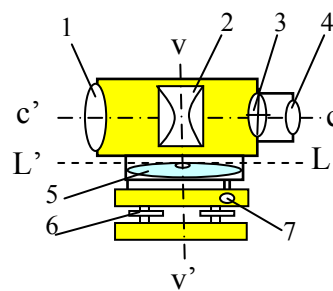
Máy thủy chuẩn cấu tạo bởi ba bộ phận chính: bộ phận ngắm, bộ phận cân bằng và bộ phận cố định.

a. Bộ phận ngắm

Bộ phận ngắm máy thủy chuẩn được cấu tạo bởi nhiều bộ phận, nhưng quan trọng nhất là ống kính (hình 5.3). Nhìn chung ống kính máy thủy chuẩn có cấu tạo tương tự như ống kính máy kinh vĩ, tuy nhiên có ba điểm khác sau:

- + Độ phóng đại ống kính máy thủy chuẩn thường lớn hơn máy kinh vĩ.
- + Ống kính máy thủy chuẩn không có bàn độ đứng.
- + Trục ngắm ống kính máy thủy chuẩn luôn được đưa về phương nằm ngang.

- 1- Kính vật
 - 2- Hệ điều quang
 - 3- Màn dây chữ thập
 - 4- Kính mắt
 - 5- Ống thủy
 - 6- Ốc cân để máy
 - 7- Vít nghiêng
- CC'- trục ngắm ống kính
LL'- trục ống thủy dài
VV'- trục quay của máy thủy chuẩn



Hình 5.3

b- Bộ phận cân bằng

Tùy theo loại máy mà bộ phận cân bằng có thể là cân bằng thủ công nhờ vít nghiêng và ống thủy dài hoặc cân bằng tự động.

- **Bộ phận cân bằng của máy thủy chuẩn cơ:** các máy thủy chuẩn cơ được cân bằng nhờ vít nghiêng và ống thủy dài. Cấu tạo máy thủy chuẩn cân bằng bằng vít nghiêng và ống thủy dài được mô tả ở hình 5.3. Có hai đặc điểm của loại máy này là:

+ Trục ngắm của ống kính CC' không gắn cố định với trục đứng VV', chính vì thế khi điều chỉnh vít nghiêng thì trục ngắm CC' của ống kính có thể quay được những góc nhỏ trong mặt phẳng thẳng đứng chứa trục CC'.

+ Ống thủy dài có trục LL' được gắn cố định và song song với trục ngắm CC' của ống kính.

Khi cân bằng máy thủy chuẩn loại này, trước tiên người ta cân bằng sơ bộ bằng ống thủy tròn, sau đó cân bằng chính xác máy bằng cách điều chỉnh vít nghiêng để đưa bọt nước ống thủy dài vào giữa thì trục ngắm sẽ nằm ngang.

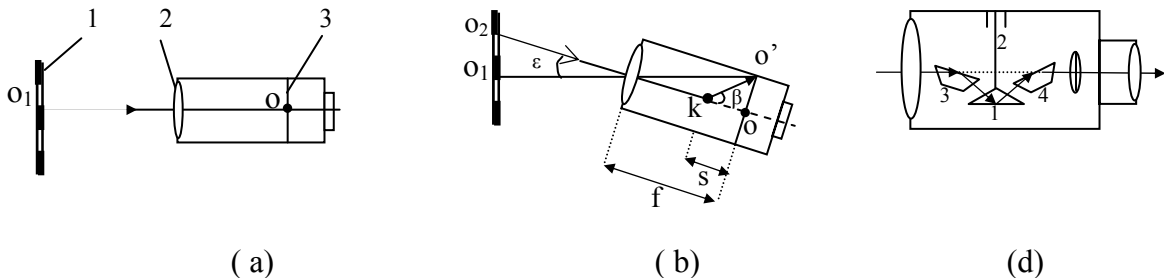
- **Bộ phận cân bằng của máy thủy chuẩn tự động:** nguyên lý chung của hệ cân bằng tự động là tính tự cân bằng của con lắc khi treo khi nó ở trạng thái tự do.

Hình 5.4a là trường hợp ống kính nằm ngang, số đọc o_1 ở trên mìa (1) sẽ qua quang tâm kính vật (2) cho ảnh trùng với tâm màng dây chữ thập O. Ở hình 5.4b là trường hợp ống kính bị nghiêng một góc nhỏ ε , khi đó số đọc o_1 được tạo ảnh tại o' còn tâm O màng dây chữ thập sẽ trùng với số đọc o_2 trên mìa. Điều đó có nghĩa tâm màng dây chữ thập đã dịch chuyển khỏi trục nằm ngang một đoạn oo' . Nhiệm vụ của bộ cân bằng tự động là làm cho O trùng với o' . Từ hình 5.4.b ta có:

$$oo' = f.tg\varepsilon = s.tg\beta \text{ vì } \varepsilon \text{ và } \beta \text{ nhỏ nên } f.\varepsilon = s.\beta \quad (5.4)$$

Như vậy, để o trùng với o' thì tâm màng dây chữ thập phải dịch chuyển một lượng $f.\varepsilon$ và mối quan hệ giữa các đại lượng nên f, ε, s, β phải được xác định bởi hệ số cân bằng k:

$$\frac{\beta}{\varepsilon} = \frac{f}{s} = k \text{ các máy thủy chuẩn tự động có k từ 0,4 đến 6} \quad (5.5)$$



Hình 5.4

Hình 5.4d mô tả bộ cân bằng tự động nhờ con lắc lăng kính tiêu biểu. Hệ này gồm một lăng kính tam giác (1) treo bằng sợi dây kim loại mảnh (2) đóng vai trò con lắc; còn hai lăng kính tứ giác (3), (4) được gắn cố định. Vị trí các lăng kính thỏa mãn mối tương quan (5.5) và có $k = 6$. Các loại máy dùng bộ cân bằng này là: Koni007, Koni004, Ni025, Ni B5...

5.2.1.3. Kiểm nghiệm máy thủy chuẩn

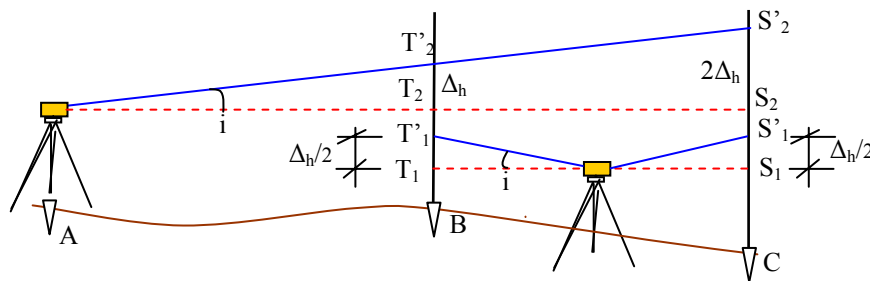
Các điều kiện hình học của máy thủy chuẩn bao gồm:

- (1) Trục ống thủy dài LL' phải vuông góc với trục quay VV' của máy thủy chuẩn;
- (2) chỉ ngang dây chữ thập phải nằm ngang;
- (3) trục ngắm ống kính CC' phải song song với trục ống thủy dài LL';
- (4) trục ngắm ống kính và trục ống thủy dài phải nằm trên hai mặt phẳng thẳng đứng song song với nhau (điều kiện giao chéo);
- (5) độ ổn định của bộ phận cân bằng tự động.

a. Trục ống thủy dài LL' phải vuông góc với trục quay VV' của máy thủy chuẩn.

Điều kiện này chỉ có ở những máy không có bộ phận cân bằng tự động. Phương pháp kiểm nghiệm tương tự như máy kinh vĩ, tuy nhiên cần lưu ý:

- Vít nghiêng đặt ở vị trí trung bình trước khi kiểm nghiệm.
- Khi điều chỉnh trục ống thủy thì nửa khoảng lệch còn lại sẽ được khử nốt bằng điều chỉnh vít nghiêng thay vì phải điều chỉnh bằng hai ốc giá ống thủy.
- Khi điều chỉnh xong trục ống thủy, cần đánh dấu vị trí vít nghiêng và chỉnh bọt thủy tròn cho phù hợp với ống thủy dài.

b. Kiểm nghiệm điều kiện chỉ của màng dây chữ : kiểm nghiệm như máy kinh vĩ.**c. Kiểm nghiệm điều kiện trục ngắm máy thủy chuẩn**

Hình 5.5

Để kiểm nghiệm điều kiện này, trên một khu đất đóng ba cọc A, B, C cách đều nhau 20m (hình 5.5). Đầu tiên đặt máy thủy chuẩn chính giữa đoạn BC, mia đặt tại B và C. Sau khi cân bằng máy tiến hành đọc số trên mia B và C; giả sử trục ngắm nằm ngang ($i = 0$) thì số đọc trên hai mia tương ứng là S_1 và T_1 , nếu trục ngắm sai ($i \neq 0$) thì số đọc trên mia B và C tương ứng là T'_1 và S'_1 . Sau đó chuyển máy về A, thực hiện tương tự như trên ta sẽ có cặp số đọc tương ứng là T_2 , S_2 và T'_2 , S'_2 . Từ đó ta lần lượt tính:

- Trị số chênh cao h_{BC} khi $i = 0$ là:

$$h_{BC} = S_1 - T_1 = S_2 - T_2 \quad (5.6)$$

- Trị số chênh cao h_{BC} khi $i \neq 0$ và máy đặt chính giữa BC là:

$$h_{BC} = (S'_1 - \Delta_h/2) - (T'_1 - \Delta_h/2) = S'_1 - T'_1 \quad (5.7)$$

(5.7) cho thấy, mặc dù máy có sai số trục ngắm ($i \neq 0$) nhưng nếu máy đặt thật chính giữa hai mia thì kết quả chênh cao sẽ loại trừ được sai số góc i .

- Trị số chênh cao h_{BC} khi $i \neq 0$ và máy đặt tại A là:

$$h_{BC} = (S'_2 - \Delta_h) - (T'_2 - 2\Delta_h) = S'_2 - T'_2 + \Delta_h$$

Sai số Δ_h do ảnh hưởng của trục ngắm sai là:

$$\Delta_h = (S'_1 - T'_1) - (S'_2 - T'_2)$$

Sai số trục ngắm là:

$$i = \frac{\Delta_h}{s} \rho'' \quad (5.8)$$

Trong đó $s = AB$

Đối với độ cao từ hạng III trở xuống quy phạm quy định $i > 10''$ thì phải hiệu chỉnh lại góc i .

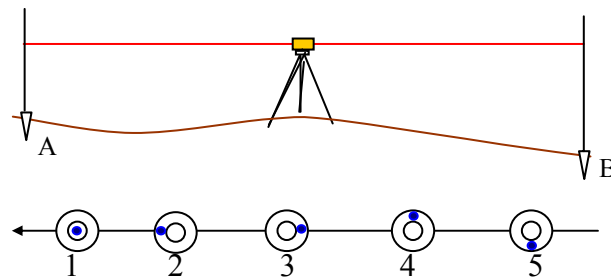
c. Kiểm nghiệm điều kiện giao chéo

Đặt máy thủy chuẩn đặt sao cho đường nối hai ốc cân để máy hướng về mìa. Cân máy để trực ống thủy dài nằm ngang, đọc số trên mìa và ghi nhớ số đọc này.

Vặn ốc cân còn lại để nghiêng ống kính qua trái và qua phải, quá trình nghiêng ống kính cần điều chỉnh sao cho số đọc trên mìa không đổi, đồng thời luôn quan sát bọt nước ống thủy. Nếu vị trí bọt nước không đổi, hoặc chỉ di chuyển về phía một đầu ống thì điều kiện này đạt yêu cầu. Ngược lại, ta phải đem máy vào xưởng để chỉnh lại.

d. Kiểm nghiệm sai số của bộ phận cân bằng tự động

Cố định hai cọc A và B trên mặt đất, đặt máy thủy chuẩn tự động chính giữa AB. Tiến hành xác định chênh cao h_{AB} ở năm vị trí bọt nước của ống thủy tròn trên máy như hình 5.6.



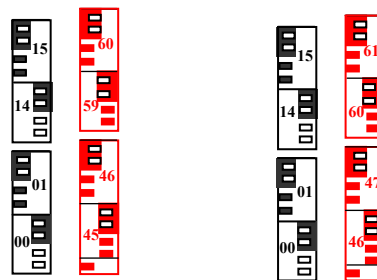
Hình 5.6

Ở vị trí 1 điều chỉnh cho bọt nước vào giữa ống; những vị trí còn bọt nước lệch khỏi điểm giữa ống thủy khoảng 2mm qua trái, qua phải, lên trên, xuống dưới. Kết quả đo chênh cao h_{AB} ở bốn vị trí sau so sánh với vị trí 1. Nếu chênh lệch không vượt quá 1mm thì điều kiện này đảm bảo.

5.2.2. Mìa thủy chuẩn

5.2.2.1. Cấu tạo mìa thủy chuẩn

Mìa thủy chuẩn thực chất là một thước dài làm bằng gỗ hoặc kim loại. Trên mìa chia vạch cả hai mặt; mặt mìa ghi số bằng sơn đen gọi là mặt đen và mặt đỏ số ghi bằng sơn đỏ. Thông thường vạch chia nhỏ nhất trên mìa là 1cm và ghi số ở những vạch dm. Trong những khoảng chia dm có một chữ E liên kết 5cm để thuận tiện cho đọc số (hình 5.7).



Hình 5.7

Trong đo cao hình học quy định phải sử dụng cặp mìa để đo. Mặt đen của một cặp mìa thủy chuẩn đều có trị số để mìa bằng “0” và được chia vạch giống hệt nhau. Mặt đỏ và mặt đen của mỗi mìa có trị số để mìa lệch nhau một lượng, gọi lượng đó là hằng số mìa; hiệu hằng số hai mìa gọi là hằng số cặp mìa, trị số hằng số cặp mìa bằng 100mm.

5.2.2.2. Kiểm nghiệm mìa thủy chuẩn

Nội dung kiểm nghiệm của mìa thủy chuẩn bao gồm: kiểm nghiệm giá trị các vạch khắc trên mìa, kiểm nghiệm hằng số mìa và hằng số cặp mìa.

Kiểm nghiệm vạch khắc trên mìa ta dùng thước thép đo trực tiếp các khoảng dm, m và toàn bộ chiều dài mìa.

Kiểm nghiệm hằng số mìa: trên mặt đất đóng một cọc chắc chắn, dựng mìa cần kiểm nghiệm trên đầu cọc. Máy thủy chuẩn đã kiểm nghiệm đặt cách cọc này chừng 20m, sau khi cân bằng máy ta tiến hành đọc số chỉ giữa trên mìa ở cả mặt đen và mặt đỏ. Hiệu số đọc mặt đen và mặt đỏ chính là hằng số mìa. Hằng số mìa được xác định vài lần rồi lấy trung bình. Lấy hiệu hằng số hai mìa ta được hằng số cặp mìa.

5.3. Đo cao hạng IV và kỹ thuật

5.3.1. Một số tiêu chuẩn kỹ thuật trong đo cao hạng IV và kỹ

Bảng 5.1

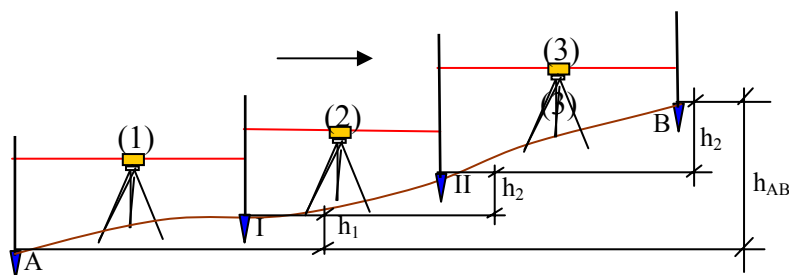
Các tiêu chuẩn kỹ thuật	Hạng IV	Kỹ thuật
1. Chiều cao tia ngắm	0.3m	0.2m
2. Độ lệch khoảng cách từ máy tới hai mìa		
- Ở một trạm	3m	5m
- Trên một tuyến	10m	20m
3. Độ lệch giữa chênh cao mặt đen và đỏ	3mm	5mm
4. Sai số hằng số K	3mm	5mm
5. Sai số khép cho phép	$20.(L_{km})^{1/2}$ mm	$50.(L_{km})^{1/2}$ mm
6. khoảng cách từ máy tới mìa	không quá 100m	không quá 120m

5.3.2. Trình tự đo và tính toán

5.3.2.1. Đo cao hạng IV

Nếu đường đo cao dài không quá 200m thì chỉ cần đo ở một trạm máy còn nếu đường đo dài hoặc chênh cao địa hình lớn thì phải chia làm nhiều trạm, đo chênh cao từng trạm (hình 5.8).

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 \quad (5.9)$$



Hình 5.8

-Trình tự đo ở một trạm:

+ Giả sử đo cao tại trạm 1, đặt máy thủy chuẩn ở giữa đoạn A-I sao cho độ lệch khoảng cách từ máy tới A(mia sau) và I(mia trước) không quá $\pm 3m$. Sau khi cân bằng máy cẩn thận ngắm mặt đen mia sau, đọc số trên mia cả ba chỉ trên, giữa, dưới.

+ Quay máy ngắm mặt đen mia trước, đọc số trên mia cả ba chỉ: trên, giữa và dưới.

+ Người giữ mia trước quay qua mặt đỏ để người đọc máy đọc chỉ giữa mặt đỏ mia trước, rồi quay về mia sau đọc số chỉ giữa mặt đỏ mia sau. Tất cả các số đọc trên đây đều phải ghi vào sổ đo cao (bảng 5.2).

- Tính toán :

+ Tính khoảng cách từ máy tới hai mia: hiệu số đọc chỉ trên và dưới mặt đen mia sau nhân với 100 cho khoảng cách từ máy tới mia sau. Khoảng cách từ máy tới mia trước cũng được tính tương tự. Độ lệch khoảng cách mia sau và mia trước không được vượt quá $\pm 3m$.

+ Tính chênh cao mặt đen và mặt đỏ: hiệu chỉ giữa mặt đen mia sau với mia trước cho chênh cao mặt đen $h_{\text{đen}}$; Hiệu chỉ giữa mặt đỏ mia sau với mia trước cho chênh cao mặt đỏ $h_{\text{đỏ}}$. Nếu sai khác giữa $h_{\text{đen}}$ và $h_{\text{đỏ}}$ đã loại trừ hằng số cặp mia không vượt qua $\pm 3mm$ thì chênh cao của trạm đo là trị trung bình hai chênh cao đó.

+ Tính sai số hằng số mia: hằng số mia là hiệu chỉ giữa mặt đỏ và mặt đen, còn hằng số cặp mia là hiệu hằng số hai mia.

Bảng 5.2

TT	Trạm đo	K/c từ máy tới mia			Mặt mia	Số đọc chỉ giữa		Chênh cao	Chênh cao TB
		sau	trước	S-T		mia sau	mia trước		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		1527	1971	-1.6	đen	1327	1763	-436	
2	1	1127	1555		đỏ	5800	6138	-338	-437
3		40.0m	41.6m	-1.6	k	4473	4375	-98	
4		2185	1312	2	đen	1935	1072	863	
5	2	1685	832		đỏ	6310	5549	761	862
6		50.0m	48.0m	0.4	k	4375	4477	102	
						$K_1=4475$	$K_2=4375$	$K_3=100$	

5.3.2.2. Đo cao kỹ thuật

-Trình tự đo ở một trạm: đầu tiên ngắm mặt đen mia sau đọc số ba chỉ: Trên, Giữa, dưới sau đó đọc ngay chỉ giữa mặt đỏ mia sau. Quay máy về mia trước, đọc số mặt đen mia trước ứng với ba chỉ: trên, giữa, dưới và sau đó đọc luôn chỉ giữa mia trước mặt đỏ.

-Tính toán: tính tương tự như đo cao hạng IV. Trong đo cao kỹ thuật sai số đo cho phép lớn hơn so với đo cao hạng IV.

5.3.2.3. Các nguồn sai số trong đo cao hình học

- Sai số do máy và mia thủy chuẩn. Để giảm ảnh hưởng nguồn sai số này thì trước khi đo máy và mia cần phải được kiểm nghiệm và hiệu chỉnh.

- Sai số do cân bằng ống thủy: $m_{cb} = \pm 0.2 d$ (d là giá trị phân khoảng ống thủy).

- Sai số đọc số trên mia: $m_o = 0.04t + \frac{0.156}{V^x} D$ (5.10)

Trong đó: t - giá trị vạch chia nhỏ nhất trên mia, D - khoảng cách từ máy tới mia.

- Sai số do mia nghiêng :

$$\Delta = l' - l = l' - l' \cos v = l'(1 - \cos v) = 2l' \sin^2 \frac{v}{2} \approx l' \frac{v^2}{2}$$
 (5.11)

Trong đó: V - góc nghiêng của mia; l - số đọc trên mia nghiêng .

- Sai số do máy và mia lún: khi đo cao trên đường đo có nền đất không vững cộng với trọng lượng của người và thiết bị đo có thể làm cho máy và mia bị lún. Để hạn chế sai số do máy và mia bị lún, quá trình đo cần thao tác nhanh, đọc số trên cả hai mia; đo đi và về trên cùng đường đo; đo theo quy trình đã học.

- Sai số do độ cong trái đất và chiết quang khí quyển

$$f = (1 - k) \frac{D^2}{2R} = 0.43 \frac{D^2}{R}$$
 (5.12)

Trong đó $k = \frac{R}{R_1} = 0.14$ là hệ số chiết quang;

5.4. Đo cao lượng giác

Khi khoảng cách $AB = D \leq 400m$ thì chênh cao giữa hai điểm A, B tính theo công thức:

$$h_{AB} = D \cdot \text{tg}V + i - l_v$$
 (5.13)

Trong đó: D - khoảng cách ngang từ máy tới mia; V - góc nghiêng của trục ngắm ứng với độ cao điểm ngắm l_v , i - chiều cao máy.

Khi khoảng cách $AB = D > 400m$ thì chênh cao giữa hai điểm A, B tính theo công thức hiệu chỉnh độ cong trái đất và chiết quang:

$$h_{AB} = D \cdot \text{tg}V + i - l_v + 0.43 \frac{D^2}{R}$$
 (5.14)

Độ chính xác đo cao lượng giác xác định bởi (5.12), nếu không có biện pháp nâng cao độ chính xác đo đạc thì phương pháp này có sai số $\pm 1cm/100m$.

$$m_h = \pm D \sqrt{\text{tg}^2 V \left(\frac{m_D}{D}\right)^2 + \frac{1}{\cos^4 V} \left(\frac{m_V}{\rho}\right)^2}$$
 (5.15)

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
± 5"	± 10"	S ² TF đo góc (km)	± 2" 0	± 5" 0	± 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.

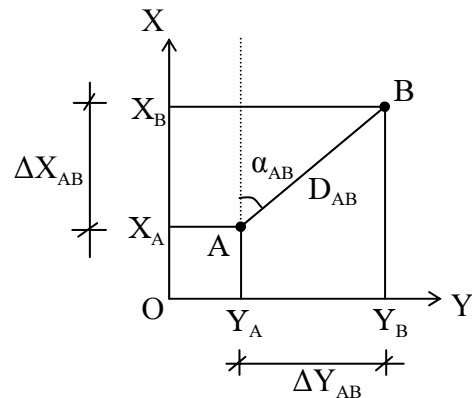
6.2. Các bài toán trắc địa cơ bản

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):

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X_{AB} = X_A + D_{AB} \cos \alpha_{AB} \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y_{AB} = Y_A + D_{AB} \sin \alpha_{AB} \end{aligned}$$



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).

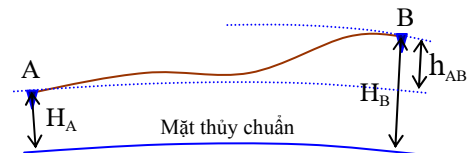
$$tgr = \left| \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A} \right| = \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \Rightarrow r = arctg \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \Rightarrow \alpha \tag{6.2}$$

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

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:

$$H_B = H_A + h_{AB} \tag{6.4}$$



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 thoả 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 thoả 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

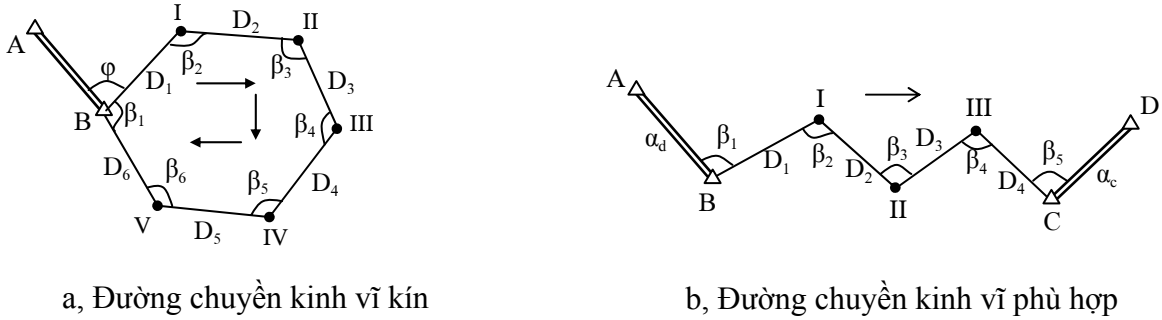
6.4.1. Đường chuyền kinh vĩ

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
	Khu vực đã xây dựng	Khu vực chưa xây dựng		Khu vực đã xây dựng	Khu vực chưa xây dựng	
1:M						
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 chế 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

$$\sum_1^n \beta_i^\circ - 180^\circ(n - 2) = 0 \tag{6.5}$$

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 góc 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:

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

$$\alpha_d + \sum_{i=1}^n (\pm \beta_i) + (p-t)180^{\circ} - \alpha_c = f_{\alpha}$$

- 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

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

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 :

$$f_X = \sum D_i \cdot \cos \alpha_i \quad (6.12)$$

$$f_Y = \sum D_i \cdot \sin \alpha_i$$

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

$$\sum_{i=1}^n \Delta_{Xi}^o - (X_C - X_D) = \sum_{i=1}^n D_i \cdot \cos \alpha_i - (X_C - X_D) = 0 \quad (6.13)$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta_{Yi}^o - (Y_C - Y_D) = \sum_{i=1}^n D_i \cdot \sin \alpha_i - (Y_C - Y_D) = 0$$

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

$$\sum_{i=1}^n D_i \cdot \cos \alpha_i - (X_C - X_D) = f_X \quad (6.14)$$

$$\sum_{i=1}^n D_i \cdot \sin \alpha_i - (Y_C - Y_D) = f_Y$$

- 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:

$$V_{\Delta_{Xi}} = \frac{-f_X}{\sum_{i=1}^n D_i} \cdot D_i \approx \frac{f_X}{n} \Rightarrow \Delta'_{Xi} = \Delta_{Xi} + V_{\Delta_{Xi}} \quad (6.15)$$

$$V_{\Delta_{Yi}} = \frac{-f_Y}{\sum_{i=1}^n D_i} \cdot D_i \approx \frac{f_Y}{n} \Rightarrow \Delta'_{Yi} = \Delta_{Yi} + V_{\Delta_{Yi}}$$

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.

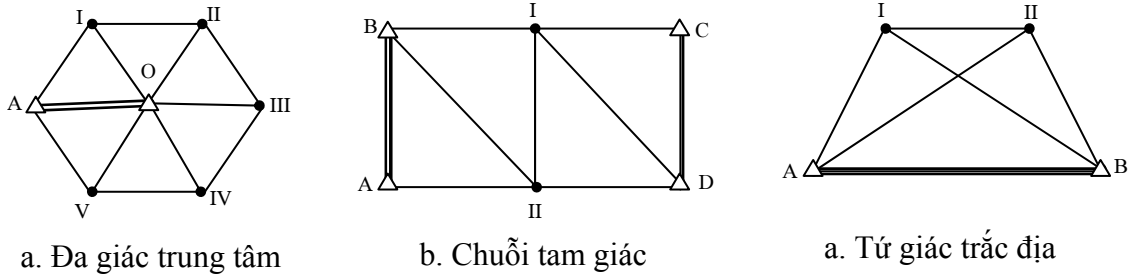
6.5. Lưới tam giác nhỏ

6.5.1. Khái quát chung về lưới tam giác nhỏ

Tập hợp các điểm được cố định chắc chắn ngoài thực, giữa chúng lên 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 đẵng, 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 $150m \leq D_i \leq 800m$; trong lưới độ 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:

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

$$\alpha c + \sum_{i=1}^n (\pm c_i) + (P - T).180^0 - \alpha c = f_\alpha$$

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

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

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

(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 tọa độ 2 điểm $A(X_A, Y_A)$ và $B(X_B, Y_B)$. Để xác định thêm tọa 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 tọa 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:

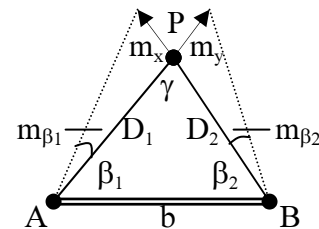
$$tgr_{AB} = \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \rightarrow r_{AB} = arctg \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right| \rightarrow \alpha$$

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

- 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 tọa độ điểm A, góc định hướng và chiều dài cạnh AP áp dụng bài toán trắc địa thuận ta tính được tọa 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 tọa độ điểm B, góc định hướng và chiều dài cạnh BP áp dụng bài toán trắc địa thuận ta tính được tọa 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 tọa độ điểm P tính từ điểm A bằng tọa độ điểm P tính từ điểm B thì tọa 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.

$$X_p = \frac{X_{A_p} + X_{B_p}}{2}; Y_p = \frac{Y_{A_p} + Y_{B_p}}{2}$$

(6.40)

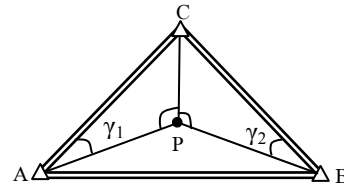
- Độ chính xác của phương pháp :

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

6.6.2. Phương pháp giao hội nghịch

Biết tọa 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 tọa độ điểm p.

- Rõ ràng để tính được tọa 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 tọa 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:

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

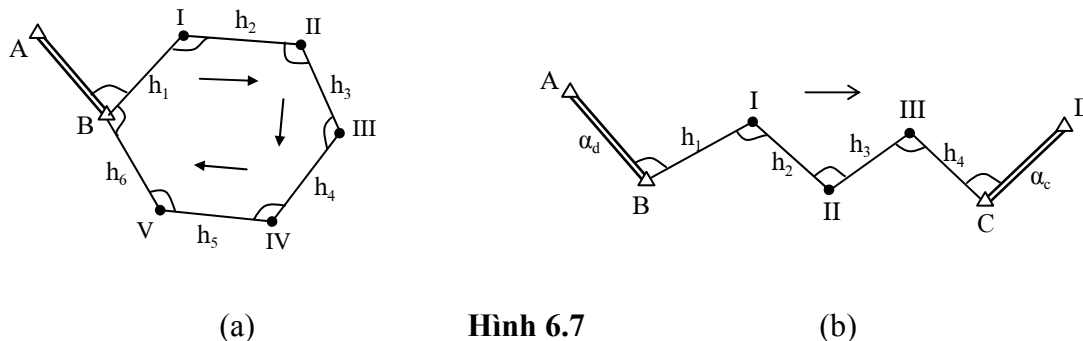
+ Thành lập phương trình (2). Xét hai tam giác APC và BPC cạnh PC được tính từ hai tam giác này:

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

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

+ 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 chuyền 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 kể 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, bàn 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.

- Dụng 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.

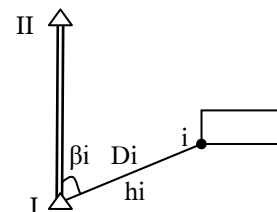
7.2.5. Kiểm tra, nghiệm thu, biên tập, in ấn

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 mia đo một lần theo phương pháp thị cự mia đứng. Độ chênh cao các điểm chi tiết xác định theo phương pháp đo cao lượng giác.

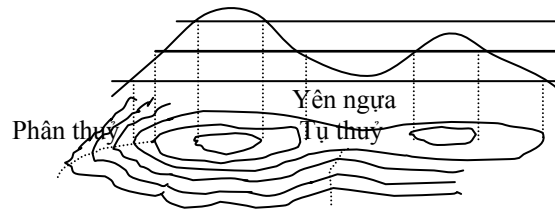
Một điểm chi tiết người đứng máy phải đo bốn số liệu gồm khoảng cách từ máy tới mia D , chiều cao điểm ngắm l_v , góc bằng β và số đọc bàn độ đứng V_T . Mỗi trạm máy còn phải đo chiều cao máy i để tính chênh cao các điểm.

Đặt mia lần lượt đặt mia 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 mìa. 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 đặng 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.

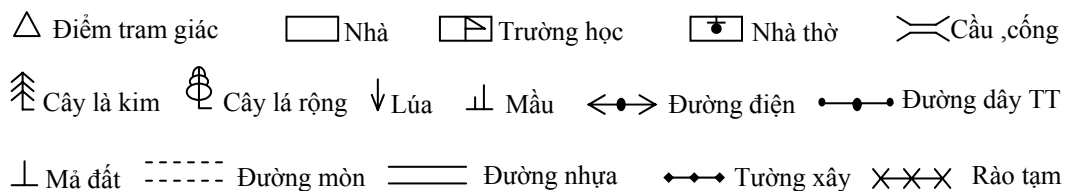
Bảng 7.2

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 Đạc 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 màu.



- 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.

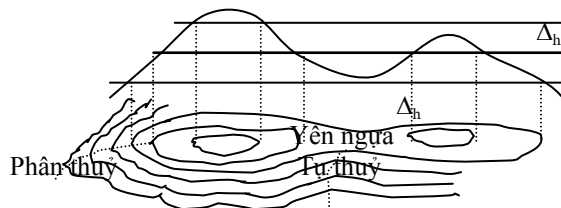
- Ký hiệu nửa tỷ lệ kết hợp giữa hai loại ký hiệu trên, dùng cho các loại địa vật hình tuyến. theo ký hiệu loại này thì chiều dài tuyến được thể hiện bằng loại ký hiệu theo tỷ lệ còn chiều rộng thể hiện bằng ký hiệu phi tỷ lệ.

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:

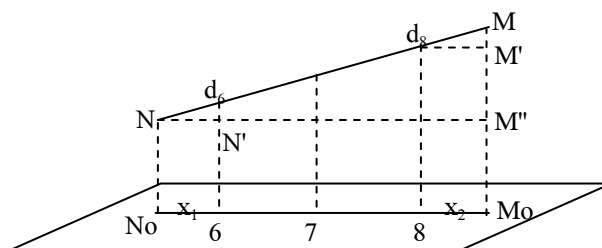
- Các điểm trên cùng một đường đồng mức đều có độ cao bằng nhau.
- Đường đồng mức là những đường cong, trơn, liên tục, khép kín và hầu như không cắt nhau.
- Chỗ nào đường đồng mức thưa thì địa hình ở đó thoải, chỗ nào đường đồng mức mau thì địa hình ở đó dốc. Chỗ nào các đường đồng mức trùng nhau địa 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. Nói 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 điều 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 8,5m, nhỏ nhất là 5,4m 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 7m 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 1/10⁶

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° x 4° là mảnh bản đồ cơ sở 1/10⁶. 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 1/10⁶ (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],.....).

- 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 đo 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:

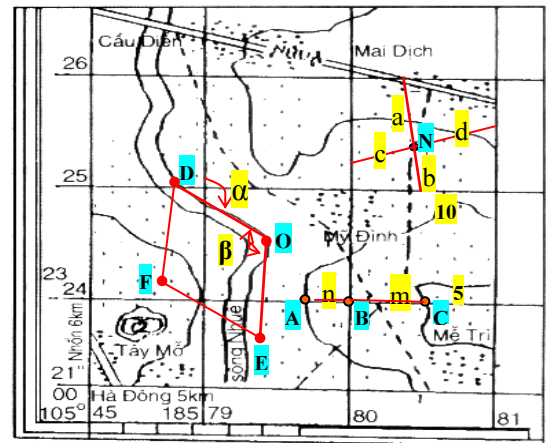
$$X_N = 25 + \frac{b}{b+a} \cdot (26 - 25) \cdot M \quad (7.2)$$

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

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

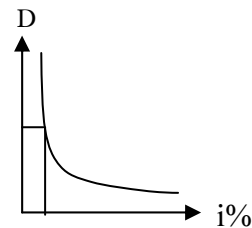
Để nội suy độ cao điểm B ta dùng thước đo đoạn n và m và áp dụng công thức nội suy:

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

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

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 đó rồi lấy tổng lại ta sẽ có diện tích khu đo. Ví dụ tứ giác OEFĐ 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:

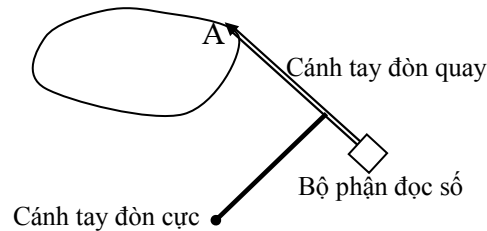
$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n Y_i(X_{i-1} - X_{i+1}) \quad (7.4)$$

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.

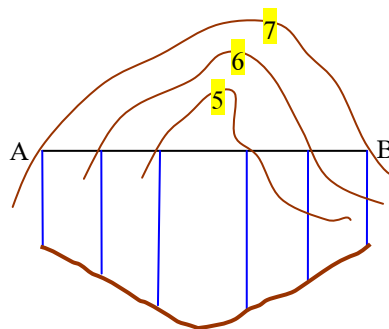
- Cách đo: đặt kim quay tại điểm A trên chu vi hình cần đo, đọc số đọc ban đầu u_1 . Di chuyển kim quay trên chu vi cho đến khi trở lại điểm A, đọc được số đọc u_2 . Diện tích hình cần đo xác định theo công thức: $S = c(u_2 - u_1)$, trong đó c là giá trị mỗi khoảng chia của máy đo diện tích được xác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

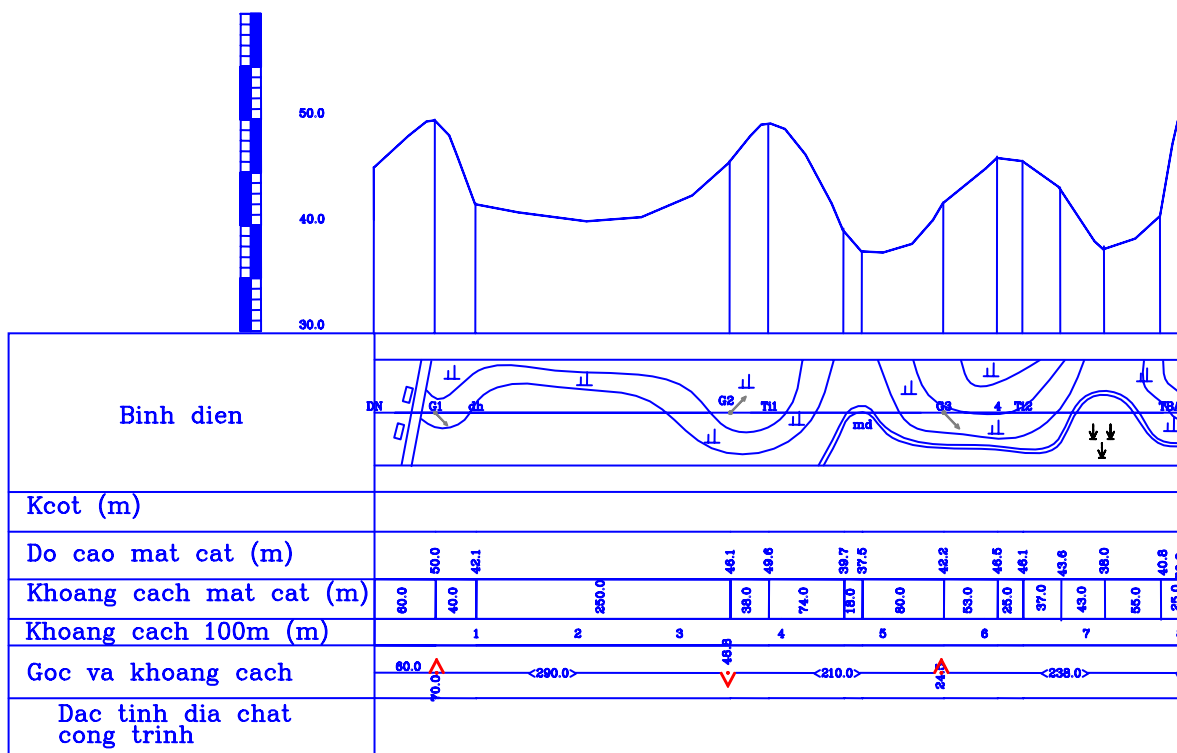
Tính toán và bình sai kết quả đo cao dọc tuyến đối với các điểm liên hệ. Sai số khép độ cao : $f_h = 50\sqrt{L_{km}} (mm)$. Tính độ cao các điểm trên mặt cắt mặt cắt, khoảng cách lẻ, góc chuyển hướng, các thông số đường cong, cọc lộ trình, cọc 100m, cọc km. Nếu vẽ mặt cắt theo phần mềm trên máy tính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

PHẦN 4. TRẮC ĐỊA TRONG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH

CHƯƠNG 8. TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH

PHẦN A. BỐ TRÍ CÔNG TRÌNH

8.1. Khái quát công tác bố trí công trình

8.1.1. Khái niệm

Bố trí công trình là công tác trắc địa thực hiện trên mặt đất nhằm xác định vị trí mặt bằng và độ cao của các điểm, các đường thẳng, các mặt phẳng đặc trưng của công trình xây dựng theo thiết kế.

Nội dung công tác bố trí công trình ngược lại so với công tác đo vẽ bản đồ. Khi đo vẽ bản đồ, ngoài thực địa người ta đo đạc mặt đất, sau đó tiến hành xử lý số liệu đo đạc để vẽ lên bản đồ. Còn khi bố trí công trình, ở trong phòng căn cứ vào bản thiết kế tính toán các số liệu bố trí cần thiết, sau đó dùng máy móc và các dụng cụ trắc địa định vị công trình trên mặt đất theo đúng thiết kế.

Độ chính xác đo vẽ bình đồ phụ thuộc vào tỷ lệ bản đồ, còn độ chính xác bố trí công trình thuộc vào tài liệu thiết kế. Độ chính xác công tác bố trí công trình thường yêu cầu cao hơn độ chính xác đo góc, đo dài giữa các điểm đánh dấu ngoài thực địa. Trong công tác bố trí công trình thường cho trước một hướng hoặc một điểm, hướng và điểm khác tìm bằng cách đặt góc và khoảng cách thiết kế. Vì vậy trong bố trí công trình thường khó áp dụng phương pháp đo nhiều lần.

8.1.2. Cơ sở để thực hiện công tác bố trí công trình

Cơ sở hình học để thực hiện việc bố trí công trình là các trục dọc, ngang của công trình bao gồm:

- Trục chính (4-4) là đối xứng của công trình. Ví dụ: Trục chính của nhà là trục đối xứng của nó, còn trục chính của các công trình dạng tuyến là trục dọc của công trình đó.

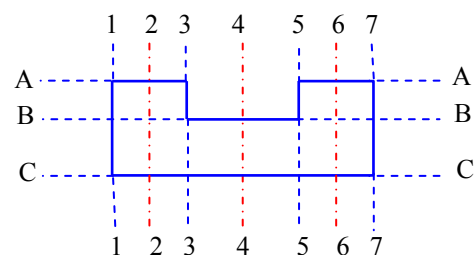
- Trục phụ (2-2, 6-6) là trục đối xứng của các phần, các bộ phận riêng biệt của công trình. Chỉ có các công trình lớn, hình dáng phức tạp mới có trục phụ.

- Trục cơ bản là trục bao quanh hình dạng tổng quát của công trình.

- Trục dọc là trục nằm theo chiều dọc của công trình, thường ký hiệu bằng những chữ cái Latinh in hoa (A-A, B-B...).

- Trục ngang là trục nằm theo chiều ngang của công trình, thường được ký hiệu bằng chữ số Ả Rập (1-1, 2-2...).

- Điểm đóng là các điểm nằm trên các trục nhưng thường là các điểm nằm ngoài phạm vi công trình, chính dùng để cố định các trục ở trên mặt đất. Cột 0 là độ cao mặt bằng gốc thường được chọn là mặt nền tầng một.



Hình 8.1

8.1.3. Trình tự công tác bố trí công trình

8.1.3.1. Bố trí cơ bản

Căn cứ vào điểm khống chế trắc địa, theo các số liệu đo nối giải tích, người ta bố trí trên thực địa vị trí các trục chính. Khi bố trí các trục chính, chỉ xác định vị trí tổng quát của công trình trên khu vực và định hướng nó với các vật kiến trúc và địa vật xung quanh.

8.1.3.2. Bố trí chi tiết

Căn cứ vào trục chính, tùy theo các giai đoạn thi công mà bố trí các trục dọc, trục ngang của các khối, các chi tiết, các bộ phận chôn lấp. Xác định vị trí mặt bằng và độ cao của tất cả các điểm đặc trưng, các mặt cắt ngang, các cấu kiện. Bố trí trong giai đoạn này nhằm xác định vị trí tương hỗ giữa các yếu tố của công trình và tiến hành chính xác hơn công tác bố trí trục chính.

8.1.3.3. Bố trí trục công nghệ

Khi kết thúc thi công máy và lắp ráp các cấu kiện, ta tiến hành bố trí và chọn mốc các trục lắp ráp và đặt các thiết bị công nghệ vào vị trí thiết kế. Giai đoạn này công tác trắc địa đòi hỏi độ chính xác cao nhất.

8.1.4. Cơ sở độ chính xác công tác bố trí công trình

Độ chính xác bố trí công trình phụ thuộc vào tính chất phức tạp của công trình, quy mô công trình, vật liệu xây dựng công trình và phương pháp thi công....

Để thực hiện công tác bố trí trước hết phải thành lập độ chính xác, trong đó phân thành hai loại :

8.1.4.1. Độ chính xác của công tác bố trí các trục chính trên thực địa

Công tác bố trí trục chính thường yêu cầu không cao. Nếu công trình nằm giữa các vật kiến trúc địa phương thì độ chính xác yêu cầu so với sai số $\pm(0,5m \div 1m)$. Nếu công trình nằm giữa các công trình hiện có thì nâng cao lên 0,1m và cao hơn nữa.

8.1.4.2. Độ chính xác bố trí chi tiết

Độ chính xác công tác bố trí chi tiết thường yêu cầu cao hơn độ chính xác công tác bố trí trục chính và phụ thuộc vào các yếu tố:

+ Độ chính xác xác định các yếu tố riêng biệt của công trình trong quá trình thiết kế ; thiết kế bằng phương pháp giải tích độ chính xác cao hơn phương pháp đồ giải.

+ Môi liên hệ giữa các bộ phận sản xuất: các công trình có các dây chuyền sản xuất tự động, các máy liên hợp đòi hỏi độ chính xác đến 0,1mm. Còn các công trình có các biện pháp sản xuất độc lập đòi hỏi độ chính xác thấp hơn.

+ Quy mô công trình: công trình có qui mô, kích thước, chiều cao càng lớn thì độ chính xác công tác bố trí đòi hỏi càng cao.

+ Thời gian sử dụng: công trình xây dựng vĩnh cửu độ chính xác công tác bố trí cao hơn công trình xây dựng tạm thời.

+ Thi công đồng loạt yêu cầu độ chính xác bố trí cao hơn thi công tuần tự.

Độ chính xác bố trí công trình thường cho trong các tiêu chuẩn xây dựng. Tuy nhiên không ít trường hợp phải tự tính toán để phù hợp với đặc thù của công trình. Cũng như công tác đo vẽ bản đồ, công tác bố trí công trình được xây dựng từ toàn thể đến từng phần,

nhưng độ chính xác trong các giai đoạn bố trí lại tăng dần để đảm bảo tính chặt chẽ của kích thước công trình.

8.1.5. Đặc điểm khống chế lưới trắc địa công trình

8.1.5.1. Lưới khống chế mặt bằng trắc địa công trình

Lưới khống chế mặt bằng trắc địa công trình là cơ sở trắc địa quan trọng cho cả ba giai đoạn xây dựng công trình: giai đoạn khảo sát-thiết kế, giai đoạn thi công và giai đoạn sử dụng công trình.

Trong giai đoạn khảo sát - thiết kế, lưới trắc địa là cơ sở phục vụ cho công tác đo vẽ bản đồ, bình đồ và mặt cắt địa hình. Đó là tài liệu trắc địa không thể thiếu được trong việc chọn vị trí xây dựng công trình, viết phương án tiền khả thi, phương án khả thi và thiết kế kỹ thuật công trình.

Trong giai đoạn thi công, lưới trắc địa công trình là cơ sở trắc địa phục vụ cho thi công xây dựng công trình như bố trí công trình ngoài thực địa theo đúng thiết kế, kiểm tra - theo dõi quá trình thi công, đo biến dạng và đo vẽ hoàn công công trình.

Trong giai đoạn quản lý và khai thác sử dụng công trình, lưới khống chế trắc địa công trình là cơ sở trắc địa quan trọng nhằm xác định biến dạng công trình như độ trôi lún, độ nghiêng và độ chuyển dịch ngang công trình. Từ các thông số biến dạng này người kiểm chứng công tác khảo sát - thiết kế, đánh giá mức độ ổn định và chất lượng thi công công trình.

Lưới trắc địa công trình có thể được thành lập ở những khu vực đầu mối của các công trình điện-thủy lợi; đường giao thông, hầm đèo, cầu vượt; khu vực thành phố, khu công nghiệp; sân bay, bến cảng...Tùy thuộc vào yêu cầu nhiệm vụ đặt ra trong từng giai đoạn xây dựng công trình mà yêu cầu độ chính xác của lưới khống chế có khác nhau, giai đoạn sau cao hơn giai đoạn trước.

Đối với việc đo vẽ bản đồ, cơ sở để ước tính độ chính xác cần thiết của lưới khống chế mặt bằng là yêu cầu về độ chính xác của lưới đo vẽ. Yêu cầu đó là sai số giới hạn vị trí điểm của lưới đo vẽ so với điểm của lưới nhà nước và lưới tầng dày không được vượt quá 0.2mm trên bản đồ ở khu vực chưa xây dựng. Đối với khu vực đã xây dựng rồi thì sai số này không được vượt quá giới hạn tùy theo tỷ lệ bản đồ.

Lưới khống chế mặt bằng trắc địa công trình còn phải đảm bảo độ chính xác để bố trí công trình và quan trắc biến dạng công trình. Tùy theo yêu cầu độ chính xác của lưới bố trí công trình mà lưới trắc địa công trình cần phát triển cho phù hợp. Khi yêu cầu về độ chính xác của lưới bố trí công trình tương đương độ chính xác của lưới đo vẽ thì lưới trắc địa công trình có thể dựa vào các điểm của lưới nhà nước đã có trên khu vực xây dựng công trình để phát triển, nguyên tắc phát triển lưới cũng giống như lưới nhà nước.

Khi yêu cầu về độ chính xác của lưới bố trí công trình cao hơn hẳn độ chính xác của lưới đo vẽ, thì lưới trắc địa công trình cần phải thành lập chuyên dùng riêng cho công trình. Trong trường hợp này yêu cầu độ chính xác lưới tăng dần theo từng giai đoạn xây dựng công trình và phụ thuộc vào đặc điểm công trình xây dựng. Các điểm của lưới khống chế nhà nước ở đây chỉ có ý nghĩa là số liệu gốc tối thiểu để thống nhất lưới trắc địa công trình trong hệ thống tọa độ nhà nước.

8.1.5.2. Lưới khống chế độ cao trong trắc địa công trình

Lưới khống chế độ cao trắc địa công trình là cơ sở trắc địa quan trọng phục vụ cho khảo sát - thiết kế công trình, bố trí độ cao các hạng mục và quan trắc độ lún công trình. Lưới độ cao trắc địa công trình được thành lập ở những khu vực đầu mối của các công trình điện - thủy lợi; đường giao thông, hầm đèo, cầu vượt; khu vực thành phố, khu công nghiệp; sân bay, bến cảng...

Độ chính xác và mật độ điểm của lưới độ cao phụ thuộc vào yêu cầu độ chính xác của công tác đo vẽ, công tác bố trí công trình và độ lớn của diện tích khu xây dựng.

Lưới độ cao hạng III được tăng dày từ các điểm hạng II, được thành lập lưới dạng tuyến, vòng khép kín hoặc lưới có điểm nút. Còn lưới độ cao hạng IV được tăng dày từ lưới độ cao hạng III và đồ hình lưới cũng được phát triển như lưới hạng III.

Yêu cầu cao nhất về độ chính xác đo cao là công tác bố trí các hệ thống tự chảy và bố trí cơ bản đường xe điện ngầm. Để đào thông hầm đối hướng thì cần phải lập lưới độ cao hạng II, hạng III. Trong xây dựng các công trình đầu mối thủy lợi - thủy điện, các tuyến kênh, hệ thống tưới tiêu cần phải lập lưới độ cao hạng II, III, IV.

Hệ thống đường ống tự chảy có kích thước lớn thường có độ dốc thiết kế là 0,00005. Yêu cầu độ chính xác đặt ống phụ thuộc độ dốc thiết kế, khoảng cách giữa các giếng ga và kích thước của hệ thống ống ngầm. Từ những yếu tố đó thường phải lập lưới độ cao hạng II, hoặc hạng III. Trong xây dựng các công trình đầu mối thủy lợi - thủy điện, các tuyến kênh, hệ thống tưới tiêu ... cần lập lưới độ cao hạng II, III, IV.

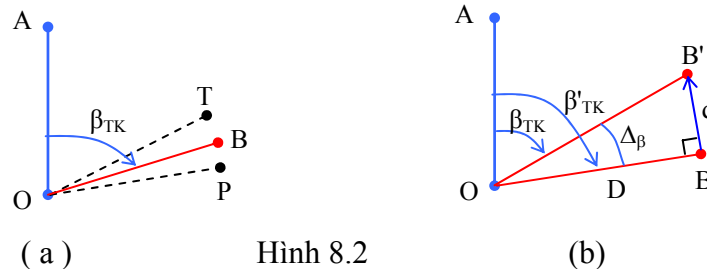
Đặc điểm của lưới độ cao trong trắc địa công trình là khoảng cách giữa các mốc và chiều dài tuyến được rút ngắn, còn phương pháp đo vẫn như lưới độ cao nhà nước.

Phương pháp xây dựng và phát triển lưới khống chế trắc địa công trình về cơ bản giống như lưới khống chế trắc địa như đã trình bày ở chương 6.

8.2. Bố trí các yếu tố cơ bản

8.2.1. Bố trí góc bằng theo thiết kế.

Việc xác định trên mặt đất một góc có trị số cho trước xuất phát từ hướng đã biết gọi là bố trí góc. Giả sử cần bố trí góc AOB có giá trị β_{TK} ngoài thực địa từ hướng AO cho trước. Thông thường người dùng máy kinh vĩ mở góc β_{TK} ở hai vị trí bàn độ được hai hướng OT và OP. Hướng OB là hướng trung bình giữa hướng OT và OP. Góc AOB chính là góc cần bố trí (hình 8.2a).



Để kiểm tra và nâng cao độ chính xác ta đo lại góc vừa bố trí nhiều vòng đo được β'_{tk} , so sánh với β_{TK} tìm độ lệch $\Delta\beta = \beta'_{tk} - \beta_{TK}$ từ đây tính được đại lượng d (8.2b):

$$d = \frac{\Delta\beta}{\rho} \cdot D \quad (8.1)$$

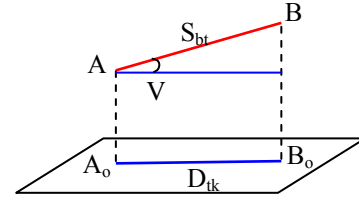
Để tìm hướng thiết kế ta đặt trên đường vòng góc với OB về hướng cần thiết đoạn d vừa tính, ta sẽ được góc bố trí với độ chính xác rất cao hơn.

Trị số của góc cần bố trí không ảnh hưởng của sai số định tâm máy và tiêu ngắm. Các nguồn sai số chủ yếu là: sai số do máy (m_1) sai số do điều kiện ngoại cảnh (m_2), sai số do đạc (m_3).

8.2.2. Bố trí đoạn thẳng theo thiết kế

Tùy theo yêu cầu độ chính xác bố trí mà ta có thể dùng thước thép hoặc máy đo dài có độ chính xác tương đương để thực hiện công tác bố trí. Trên bản thiết kế, lấy độ dài D_{tk} của đoạn thẳng cần bố trí (hình 8.3), nếu dùng thước thép để bố trí thì cần đưa vào chiều dài thiết kế các số hiệu chỉnh:

- Số hiệu chỉnh sai số chiều dài thước dùng để bố trí Δl_0
- Số hiệu chỉnh độ nghiêng mặt đất tại nơi bố trí Δl_v
- Số hiệu chỉnh do nhiệt độ khi bố trí khác với nhiệt độ lúc kiểm nghiệm Δl_t .



Hình 8.3

Từ chiều dài thiết kế của đoạn thẳng và các số hiệu chỉnh ta có chiều dài bố trí của nó trên mặt đất:

$$S_{bt} = D_{tk} + \Delta l_0 + \Delta l_v + \Delta l_t \quad (8.2)$$

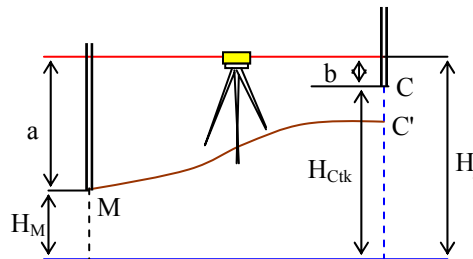
Để bố trí đoạn thẳng ta dùng máy kinh vĩ định hướng theo hướng đã biết, dùng thước thép đặt từ điểm đầu trên hướng này đoạn S_{bt} như đã tính ở trên được điểm thứ hai hợp với điểm đầu đoạn thẳng cần bố trí D_{tk} .

Sai số bố trí đoạn thẳng theo thiết kế ảnh hưởng bởi các nguồn sai số: sai số kiểm nghiệm thước, sai số do đo nhiệt độ, sai số do lực kéo lúc đo khác lúc kiểm nghiệm, sai số do đo độ dốc mặt đất, sai số do thước võng, sai số do đọc số trên thước. Trong các sai số đó có sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên (m_λ , m_μ)

$$M = \sqrt{m_\lambda^2 + m_\mu^2} \quad (8.3)$$

8.2.3. bố trí điểm vào độ cao thiết kế

Giả sử M là mốc độ cao khống chế (hoặc điểm gửi độ cao) có độ cao H_M nằm gần công trình; điểm công trình C cần bố trí vào đúng độ cao H_{Ctk} của nó (hình 8.4).



Hình 8.4

Để bố trí, máy thủy chuẩn đặt giữa MC, mia đặt tại M. Sau khi cân máy cân thận ngắm mia tại mốc M đọc số chỉ giữa được trị số ký hiệu là a. Từ số đọc này và độ cao mốc M ta tìm được độ cao trực ngắm H_j .

$$H_j = H_M + a \quad (8.4)$$

Từ độ cao trực ngắm và độ cao thiết kế H_{Ctk} của điểm C ta tìm được số đọc cần thiết trên mia tại điểm C.

$$b = H_j - H_{Ctk} \quad (8.5)$$

Khi bố trí, tại C người giữ mia nâng hạ mia theo sự điều khiển của người đứng máy, khi số đọc chỉ giữa trên mia đúng bằng b thì để mia có độ cao đúng bằng độ cao thiết kế của điểm C.

Các nguồn sai số trong bố trí độ cao về cơ bản giống như các nguồn sai số trong đo cao hình học, ngoài ra còn có sai số cố định điểm.

8.2.4. Bố trí đường thẳng thiết kế

Giả sử cần bố trí trên mặt đất đoạn AB có chiều dài ngang là D và có độ dốc là i. Ta có thực hiện bố trí theo tình tự như sau:

- Chia D thành n đoạn bằng nhau và đóng cọc cố định đầu mút các đoạn (hình 8.5). Dùng máy thủy chuẩn đo độ cao các đầu cọc, ta được độ cao đen của chúng ký hiệu là $H_{i_đen}$

- Tính độ cao thiết kế của các điểm ($H_{i_đỏ}$):

$$H_{1_đỏ} = H_A + i \cdot d_1$$

$$H_{2_đỏ} = H_A + i \cdot d_2$$

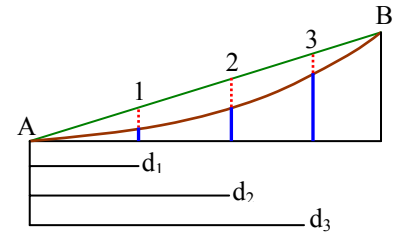
.....

$$H_{n_đỏ} = H_A + i \cdot d_n$$

- Tính chiều cao công tác h_i tại các cọc:

$$h_i = H_{i_đỏ} - H_{i_đen}$$

Nếu $h_i > 0$ thì từ đầu cọc i phải đo lên cao một đoạn bằng h_i sẽ cho điểm i trên đường AB; ngược lại nếu $h_i < 0$ cần phải đo xuống thấp một đoạn bằng h_i sẽ được điểm thiết kế trên đường AB.



Hình 8.5

8.2.5. Bố trí mặt phẳng thiết kế

Giả sử cần bố trí trên mặt đất mặt phẳng P có độ dốc theo phương X là i_x và theo phương Y là i_y . Ta thực hiện bố trí theo trình tự sau:

- Chia mặt phẳng P thành n ô vuông cạnh d, đóng cọc cố định các đỉnh ô vuông (hình 8.6). Dùng máy thủy chuẩn đo độ cao các đầu cọc, ta được độ cao đen của chúng ký hiệu là $H_{đen}$

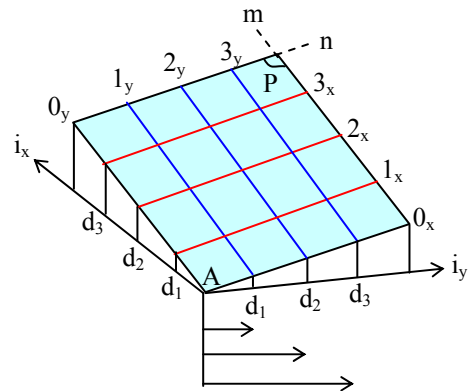
- Tính độ cao thiết kế của các điểm ($H_{đỏ}$):

$$H_{nm_đỏ} = H_A + d_n \cdot i_x + d_m \cdot i_y$$

- Tính chiều cao công tác h_i tại các cọc:

$$h = H_{đỏ} - H_{đen}$$

Nếu $h > 0$ thì từ đầu cọc phải đo lên cao một đoạn bằng h_i sẽ cho điểm i trên mặt phẳng P; ngược lại nếu $h_i < 0$ cần phải đo xuống thấp một đoạn bằng h sẽ được điểm thiết kế trên mặt phẳng P.



Hình 8.6

8.3. Bố trí chi tiết công trình

Để bố trí các điểm đặc trưng của công trình, tùy theo điều kiện cụ thể có thể sử dụng một trong các phương pháp sau: phương pháp tọa độ cực, phương pháp tọa độ vuông góc, phương pháp giao hội.

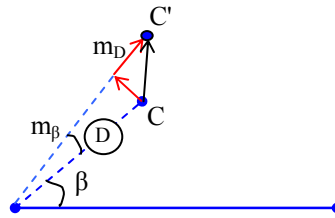
8.3.1. Phương pháp tọa độ cực

Phương pháp được ứng dụng tương đối phổ biến, thích hợp khi khu vực xây dựng quang đãng, bằng phẳng và khoảng cách bố trí nhỏ hơn chiều dài thước. Điểm công trình C được định vị trên mặt đất thông qua hai thành phần cực là góc cực β và khoảng cách cực D (hình 8.7), gọi là số liệu bố trí theo phương pháp tọa độ cực.

Để tính số liệu bố trí có thể dùng phương pháp đồ giải hoặc giải tích:

- Phương pháp giải tích là phương pháp tính toán, dựa vào tọa độ hai điểm khống chế I, II và tọa độ thiết kế của điểm công trình C, áp dụng bài toán trắc địa ngược có: α_{I-II} , $D_{I-C} \Rightarrow \beta = \alpha_{I-II} - \alpha_{I-C}$. Phương pháp này cho độ chính xác cao.

- Phương pháp đồ giải là đo trực tiếp số liệu bố trí trên bình đồ thiết kế công trình. Độ chính xác phương pháp này không cao nếu bình đồ trên giấy và tỷ lệ nhỏ.



Hình 8.7

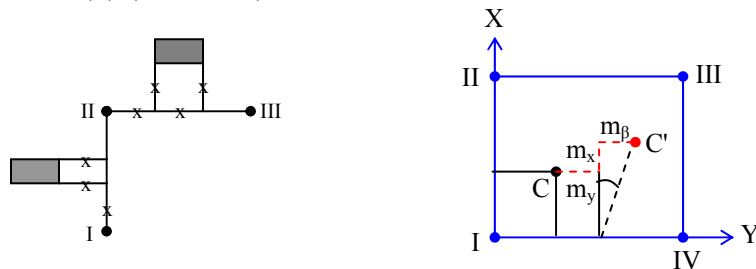
Độ chính xác phương pháp được xác định bởi công thức (8.6).

$$m_C^2 = m_g^2 + \left(\frac{m_\beta}{\rho} D\right)^2 + m_D^2 + m_{cr}^2 + m_f^2 \quad (8.6)$$

Trong đó: m_g - sai số liệu gốc; m_β - sai số bố trí góc β ; m_D - sai số bố trí cạnh D; $m_{c,r}$ - sai số quy tâm trạm đo và điểm ngắm; m_f - sai số cố định điểm.

8.3.2. Phương pháp tọa độ vuông góc

Nếu bố trí những công trình công trình dân dụng và công nghiệp quy mô nhỏ, đơn giản ta có thể dựa vào cạnh của lưới đường chuyên hoặc lưới tam giác để bố trí. Số liệu bố trí là các đoạn đánh dấu (x) (hình 8.7a).



(a)

Hình 8.8

(b)

Những công trình quy mô lớn, phức tạp phải dùng lưới ô vuông xây dựng để bố trí. Khi xây dựng lưới vuông thì một trục của lưới phải song song hoặc trùng với trục chính công trình. Vị trí các điểm công trình và đỉnh ô vuông phải được xác định trong hệ này. Từ tọa độ các điểm đỉnh ô vuông và tọa độ các điểm đặc trưng của công trình ta tính được các số liệu bố trí gồm các giá số tọa độ Δ_{xi} , Δ_{yi} của chúng. Vị trí các điểm công trình được xác định ngoài thực địa qua việc bố trí góc vuông và các đoạn Δ_{xi} , Δ_{yi} bằng máy kinh vĩ và thước thép (hình 8.7b). Độ chính xác của phương pháp xác định bởi công thức (8.7), (8.8):

$$\text{Nếu bố trí } \Delta_y \text{ trước: } m_C^2 = m_g^2 + m_{\Delta_x}^2 + m_{\Delta_y}^2 + \left(\frac{m\beta}{\rho}\Delta_x\right)^2 + m_{cr}^2 + m_f^2 \quad (8.7)$$

$$\text{Nếu bố trí } \Delta_x \text{ trước: } m_C^2 = m_g^2 + m_{\Delta_x}^2 + m_{\Delta_y}^2 + \left(\frac{m\beta}{\rho}\Delta_y\right)^2 + m_{cr}^2 + m_f^2 \quad (8.8)$$

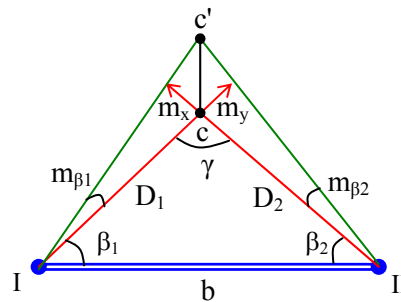
Trong đó : m_g - sai số liệu gốc ; m_β - sai số bố trí góc vuông ; m_{Δ_x} , m_{Δ_y} - sai số bố trí thành phần giá số tọa độ Δ_x và Δ_y ; $m_{c.r}$ - Sai số quy tâm trạm đo và điểm ngắm; m_f - sai số cố định điểm.

8.3.3. Phương pháp giao hội

8.3.3.1. Phương pháp giao hội góc

Số liệu bố trí là góc giao hội β_1 , β_2 , số liệu này được tính từ tọa độ các điểm khống chế I, II và điểm công trình C theo bài toán trắc địa ngược. Vị trí điểm công trình C là giao của hai hướng IC và IIC khi bố trí góc giao hội β_1 , β_2 từ cạnh đáy giao hội I-II.

Để có điều kiện kiểm tra và tăng độ chính xác công tác bố trí người ta còn thực hiện giao hội thêm hướng trục chính của công trình. Kết quả giao hội là tam giác sai số hợp bởi ba hướng giao hội, vị trí điểm giao hội là trọng tâm của tam giác sai số (hình 8.8). Phương pháp này ứng dụng phổ biến trong việc bố trí công trình cầu, đập thủy điện - thủy lợi.



Hình 8.9

Độ chính xác :

$$m_c = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \sqrt{D_1^2 + D_2^2} \quad \text{hoặc} \quad m_c = \frac{b \cdot m_\beta}{\rho \cdot \sin^2 \gamma} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2} \quad (8.9)$$

8.3.3.2. Phương pháp giao hội cạnh

Khi khoảng cách từ điểm công trình đến điểm khống chế nhỏ hơn chiều dài thước, thì ta có thể dùng phương pháp giao hội cạnh. Vị trí điểm công trình C là giao đầu mút của hai cạnh s_1 và s_2 từ hai đầu cạnh đáy giao hội I-II.

PHẦN B. TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH CẦU ĐƯỜNG

8.4. Khái niệm về tuyến đường và định tuyến đường

8.4.1. Các yếu tố của tuyến

Tuyến đường là trục thiết kế của công trình đường được đánh dấu ngoài thực địa, trên bản đồ bình đồ, cho trước bởi toạ độ các điểm cơ bản trên mô hình số của bề mặt thực địa.

Tuyến đường nhìn chung là một đường cong không gian phức tạp. Trong mặt phẳng, tuyến gồm các đoạn thẳng có hướng khác nhau và chêm giữa chúng là các đường cong có bán kính cố định hoặc thay đổi. Trong mặt cắt dọc tuyến bao gồm các đoạn thẳng có độ dốc khác nhau và nối giữa chúng là những đường cong đứng có bán kính không đổi.

Các tài liệu trắc địa cơ bản của tuyến gồm bình đồ tuyến, mặt cắt dọc và mặt cắt ngang tuyến (xem phần 7.7).

8.4.2. Các thông số của việc định tuyến

Tập hợp tất cả các công tác khảo sát, xây dựng theo tuyến được chọn, đáp ứng những yêu cầu của các điều kiện kỹ thuật về độ dốc, bán kính cong và đòi hỏi chi phí cho việc xây dựng tuyến thấp nhất gọi là công tác định tuyến đường. Trong việc định tuyến bao gồm các thông số sau đây:

- Thông số mặt phẳng: Góc ngoặt, bán kính cong phẳng, chiều dài các đường cong, các đoạn thẳng chêm.

- Thông số độ cao: các độ dốc dọc, chiều dài các đoạn trong mặt cắt và bán kính cong đứng.

8.4.3. Định tuyến đường ở miền núi và đồng bằng

Ở đồng bằng vì độ dốc trung bình của mặt đất vùng đồng bằng thường nhỏ hơn độ dốc thiết kế cho phép cho nên công tác định tuyến chủ yếu dựa vào địa vật.

Ở miền núi do độ dốc lớn hơn đáng kể so với độ dốc thiết kế của tuyến đường, cho nên việc định tuyến được chọn chủ yếu dựa vào địa hình trên cơ sở độ dốc giới hạn của từng đoạn tuyến. Để đảm bảo độ dốc đó người ta buộc phải kéo dài tuyến bằng cách làm lệch tuyến đường đi những góc khá lớn so với đường thẳng.

8.4.4. Khái quát các công tác trắc địa trong khảo sát thiết kế tuyến đường

8.4.4.1. Khảo Sát Sơ Bộ

Trên bản đồ tỷ lệ nhỏ và trung bình, đánh dấu những điểm khống chế tuyến bao gồm điểm đầu, điểm cuối, những điểm trung gian theo ý đồ thiết kế. Các đường thẳng nối những điểm khống chế tuyến cho ta đường gần nhất.

Dựa vào đường gần nhất, trên cơ sở phân tích địa hình địa vật, địa chất công trình, địa chất thuỷ văn, kết hợp thăm quan ngoài thực địa đề xuất các phương án tuyến, không bỏ qua một phương án nào. Đối với mỗi phương án phải đánh dấu những điểm cố định tuyến.

Trong từng phương án tuyến, trên bản đồ địa hình thành lập trắc dọc, xác định chiều dài tuyến, đếm số lượng các điểm cố định tuyến.... Từ đó ước tính khối lượng công tác, hoạch toán kinh tế sơ bộ, đề ra các biện pháp đặc tuyến, các biện pháp kỹ thuật cho từng phương án. Từ các số liệu đó, so sánh giữa các phương án, chọn ra phương án tối ưu.

Giai đoạn này, khối lượng công việc tương đối lớn. Số liệu yêu cầu độ chính xác không cao nhưng đòi hỏi phải đầy đủ và nhanh chóng.

8.4.4.2. Khảo Sát chi tiết

Giai đoạn này về cơ bản là công tác khảo sát ngoài thực địa theo phương án đã chọn, các nhiệm vụ chủ yếu:

- Định vị tuyến tối ưu đã được phê duyệt trên mặt đất.

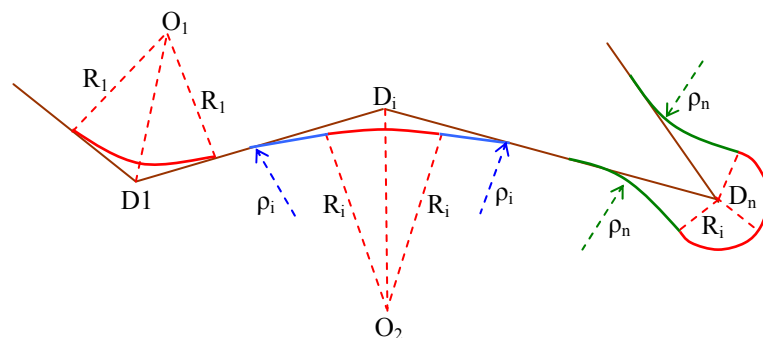
- Trên hướng tuyến đã định vị tiến hành đo đạc và thu thập các số liệu phục vụ cho công tác thiết kế kỹ thuật theo tuyến gồm: đo trắc dọc theo tim tuyến và trắc ngang tuyến đường (xem mục 7.7); đo bình đồ tuyến (xem mục 7.3); điều tra và đo nối những vùng có liên quan vào tuyến. Trong giai đoạn này yêu cầu số liệu phải chính xác và đầy đủ.

8.5. Các dạng đường cong bố trí

8.5.1. Khái niệm

Các tuyến đường do địa hình địa vật cản trở nên tuyến phải đổi hướng ở nhiều đoạn. Để đảm bảo an toàn cho các phương tiện giao thông di chuyển trên các đoạn đó, tại vị trí tuyến đổi hướng (các đỉnh) người ta phải bố trí các đường cong nối giữa các đoạn thẳng khác hướng.

Trong các loại đường cong, đơn giản nhất là đường cong tròn có bán kính R không đổi. Để tránh điểm gãy giữa đường cong tròn và đường thẳng người ta bố trí các đường cong chuyển tiếp có bán kính thay đổi từ vô cùng tới R . Ở những khu vực có địa hình chênh cao lớn tại đỉnh hai đoạn thẳng nối với nhau tạo thành góc nhọn người ta dùng đường cong quay đầu (hình 8.10). Trong mặt phẳng thẳng đứng dùng đường cong đứng. Trong phạm vi giáo trình này chỉ nghiên cứu việc bố trí đường cong tròn.

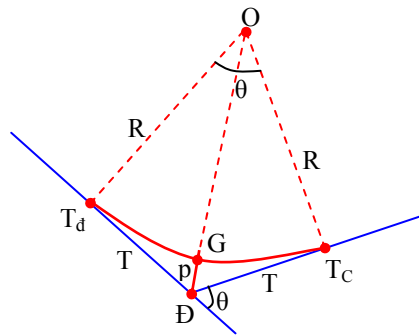


Hình 8.10

8.5.2. Bố trí đường cong tròn trong mặt phẳng ngang

8.5.2.1. Bố trí những điểm chính trên đường cong tròn

Các điểm chính của đường cong tròn gồm điểm đầu (T_d), điểm phân cự (G) và điểm cuối (T_c). Khi bố trí các điểm chính trên đường cong ta mới chỉ xác định được vị trí tổng quát của đường cong đó trên mặt đất (hình 8.11). Các số liệu bố trí đường cong bao gồm: đoạn tiếp tuyến T , đoạn phân cự p , chiều dài đường cong S và độ chênh hai lần tiếp tuyến với chiều dài đường cong Δ_d .



Hình 8.11

$$T = R \cdot \text{tg} \frac{\theta}{2}$$

$$p = R \cdot (\sec \frac{\theta}{2} - 1) \tag{8.10}$$

$$S = \theta \cdot \frac{\pi R}{180}$$

$$\Delta_d = 2T - S$$

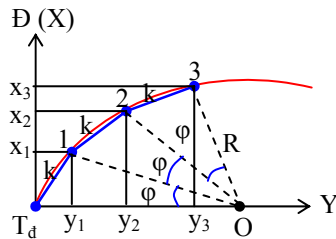
Trong đó: θ - góc chuyển hướng; R - bán kính đường cong tròn.

Để bố trí các điểm chính đường cong trên mặt đất, tại đỉnh Đ ta đặt mắt kinh vĩ. Định hướng về đỉnh phía sau, dùng thước thép bố trí đoạn T ta được điểm T_d ; định hướng về đỉnh phía trước bố trí đoạn T ta được điểm T_c ; xác định hướng đường phân giác của góc $T_d \hat{Đ} T_c$, trên đường này từ đỉnh Đ bố trí đoạn p ta có điểm G .

8.5.2.2. bố trí các điểm chi tiết trên đường cong tròn

Để cụ thể đường cong tròn trên mặt đất thì cứ cách một đoạn k nào đó (5m hoặc 10m hoặc 15m...) người ta phải bố trí một cọc trên đường cong tròn, các cọc này gọi là cọc chi tiết. Để bố trí các điểm chi tiết có thể dùng một trong các phương pháp sau:

a. Phương pháp tọa độ vuông góc



Hình 8.12

Hệ tọa độ vuông góc lấy T_d hoặc T_c làm góc tọa độ. Tiếp tuyến với đường cong tròn nối góc tọa độ với đỉnh làm trục X và bán kính đường cong tròn nối góc tọa độ làm trục y (hình 8.12).

Tọa độ x_i và y_i của các điểm chi tiết được tính như sau:

$$\varphi = k \cdot \frac{180}{\pi R}; X_i = R \cdot \sin(i \cdot \varphi); Y_i = R - R \cdot \cos(i \cdot \varphi) \tag{8.11}$$

Công tác bố trí các điểm chi tiết trên mặt đất được thực hiện tương tự như phần (8.3.2).

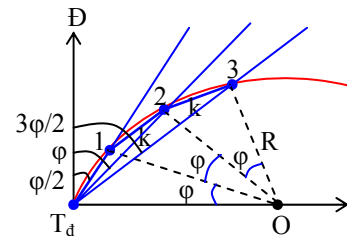
b. Phương pháp tọa độ cực mở rộng

Hệ tọa độ cực lấy tâm cực là điểm T_d hoặc T_c , trục cực là đường tiếp tuyến nối tâm cực với đỉnh (hình 8.13).

Số liệu bố trí theo phương pháp tọa độ cực mở rộng là các đoạn k giao với hướng của các góc cực của các điểm chi tiết và được tính như sau:

$$\varphi = k \cdot \frac{180}{\pi R}$$

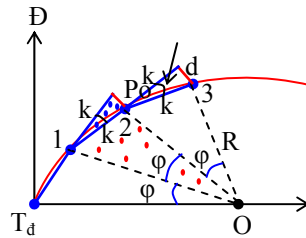
Góc cực của các điểm chi tiết 1, 2, 3...n tương ứng là $\varphi/2, 2\varphi/2, 3\varphi/2 \dots n\varphi/2$.



Hình 8.13

c. Phương pháp dây cung kéo dài

Khi bố trí bằng phương pháp này thì điểm 1 được bố trí theo một trong hai phương pháp như đã trình bày ở trên. Từ điểm thứ hai trở đi, ta kéo dài dây cung k của điểm sau về phía trước một đoạn bằng k , lấy đầu mút của đoạn kéo dài này là tâm quay một cung có bán kính bằng d , lấy điểm phía sau quay một cung có bán kính bằng k , hai cung cắt nhau cho vị trí của điểm chi tiết trên đường cong tròn (hình 8.14). Từ hai tam giác đồng dạng trên hình 8.14 ta tính được đoạn d :



Hình 8.14

$$\frac{d}{k} = \frac{k}{R} \rightarrow d = \frac{k^2}{R} \quad (8.12)$$

8.5.3. Bố trí đường cong đứng

Trên mặt cắt dọc, để tránh những điểm gãy khúc ở đỉnh dốc hay chân dốc người ta phải bố trí đường cong đứng. đường cong đứng thường là đường cong tròn do đó tính toán đường cong đứng cũng tương tự như đường cong tròn. Tuy nhiên do góc chuyển hướng của đường cong tròn nhỏ nên có thể tính đơn giản hơn bằng công thức gần đúng.

- Tính số liệu bố trí các điểm chính trên đường cong đứng

$$T = R \frac{i_1 - i_2}{2}; \quad P = \frac{T_2}{2R}; \quad S = 2T \quad (8.13)$$

- Tính số liệu bố trí các điểm chi tiết trên đường cong đứng

Để bố trí chi tiết đường cong đứng người ta áp dụng phương pháp tọa độ vuông góc. Hệ tọa độ vuông góc lấy điểm gốc là điểm đầu T_d hoặc điểm cuối T_c làm gốc. Trục x là đoạn tiếp tuyến nối gốc với đỉnh đường cong, trục y vuông góc với trục x .

Thành phần tọa độ x_i của các điểm chi tiết tính tương tự như đường cong tròn theo công thức (8.11), còn y_i được tính gần đúng bởi công thức 8.13.

$$y = \frac{x^2}{2.R} \quad (8.14)$$

Độ cao thi công của các điểm chi tiết trên đường cong đứng:

$$\begin{aligned} h_i &= H_{ido} - y \quad (\text{đường cong lồi}) \\ h_i &= H_{itk} + y \quad (\text{đường cong lõm}) \end{aligned} \quad (8.15)$$

Trong đó H_{id} là độ cao đo thiết kế của điểm i trên đường dốc tương ứng.

Dụng cụ dùng để bố trí chi tiết đường cong đứng là máy thủy chuẩn và thước thép.

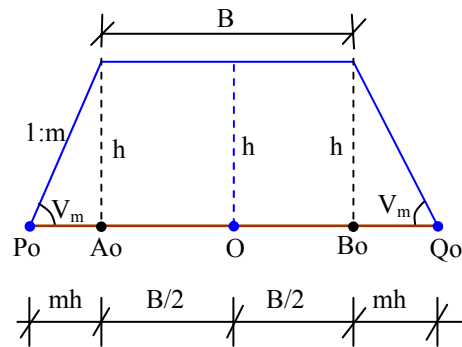
8.6. Bố trí các mặt cắt ngang thi công

Để tiến hành công tác đào đắp cần phải bố trí mặt cắt ngang thi công mà nội dung là đánh dấu trên thực địa vị trí mặt bằng và độ cao các điểm đặc trưng của mặt cắt như : tìm đường, mép đường, rãnh thoát nước, chân nề đắp. Trên các đoạn thẳng khoảng cách giữa các mặt cắt ngang từ 20 ~ 40m, các đoạn cong từ 10-20m theo hướng bán kính của đường cong.

8.6.1. Bố trí mặt cắt ngang ở chỗ đắp nền đất đắp

- Khi góc nghiêng địa hình $V \leq 4^\circ$:

Nếu góc dốc mặt đất $V \leq 4^\circ$ có thể coi mặt đất là mặt phẳng, khi đó từ tim đường ta đặt về hai bên một đoạn bằng nửa độ rộng mặt đường (B/2) ta sẽ được hai mép đường A_o và B_o; đặt kế tiếp với hai mép đường một đoạn (m.h) là hai chân mái dốc P_o và Q_o (hình 8.15).



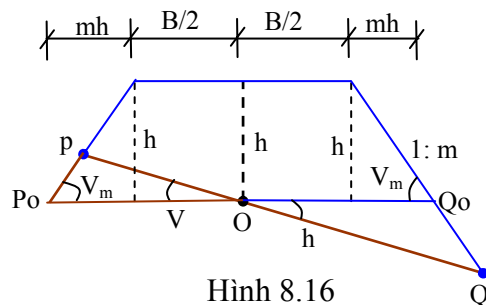
Hình 8.15

Trong hình 8.14: h - chiều cao đất đắp; $i_m = 1 : m$ độ dốc mái dốc; V_m góc nghiêng mái dốc.

- Khi góc nghiêng địa hình $V > 4^\circ$

$$op = \left(mh + \frac{B}{2} \right) \frac{\sin V_m}{\sin(V_m + V)} \quad (8.16)$$

$$oQ = \left(mh + \frac{B}{2} \right) \frac{\sin V_m}{\sin(V_m - V)}$$



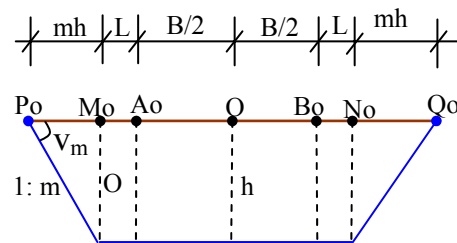
Hình 8.16

8.6.2. Bố trí mặt cắt ngang ở chỗ đắp nền đất đào

- Khi góc nghiêng địa hình $\beta \leq 4^\circ$

Trong hình 8.16: B - độ rộng mặt đường; h - chiều cao đất đào; 1 : m độ dốc mái dốc; V_m - góc nghiêng mái dốc; L - chiều rộng rãnh thoát nước.

$$Op_o = OQ_o = mh + L + B/2$$

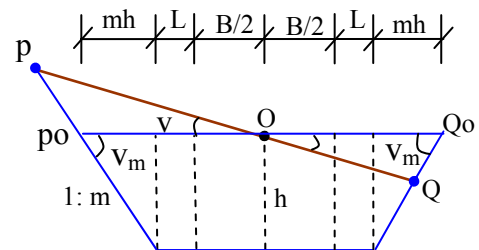


Hình 8.17

- Khi góc nghiêng địa hình $\beta > 4^\circ$

$$op = \left(mh + \frac{B}{2} + L \right) \frac{\sin V_m}{\sin(V_m - V)} \quad (8.17)$$

$$oQ = \left(mh + \frac{B}{2} + L \right) \frac{\sin V_m}{\sin(V_m + V)}$$



Hình 8.18

8.7. Công tác trắc địa trong xây dựng các công trình cầu vượt

Lưới khống chế trắc địa trong xây dựng các công trình cầu vượt phải đảm bảo độ chính xác và mật độ phục vụ cho việc khảo sát thiết kế, thi công và quan trắc biến dạng công trình cầu. Lưới thường thiết kế dạng tứ giác trắc địa đơn hoặc kép gọi là lưới tam giác cầu. Khi thiết kế một cạnh của lưới trùng với tim cầu để xác định chính xác khoảng vượt. Công tác đo đạc, tính toán bình sai lưới đã trình bày ở phần 2 và phần 3.

Nội dung công tác trắc địa khi xây dựng công trình cầu vượt gồm có:

- Xác định khoảng vượt, đo vẽ bình đồ địa hình nơi xây dựng cầu, đo vẽ trắc dọc - trắc ngang địa hình theo hướng tim cầu (xem phần 2 và phần 3).
- Bố trí trục dọc cầu (tim)
- Bố trí các mố ở trên bờ và trụ cầu.
- Bố trí các nhịp cầu (dầm, dàn).
- Kiểm tra vị trí, kích thước, khoảng cách, độ cao của các bộ phận cầu và đo vẽ hoàn công.

PHẦN C. TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH DÂN DỤNG VÀ CÔNG NGHIỆP

8.4. Lưới ô vuông xây dựng

8.4.1. Đặc điểm

Các công trình công nghiệp và dân dụng thường có dạng dày đặc và phức tạp, để đơn giản trong việc bố trí và đảm bảo độ chính xác đồng đều trên toàn bộ công trình người ta xây dựng lưới ô vuông.

Lưới ô vuông xây dựng là hệ thống các điểm phủ trùm trên mặt bằng xây dựng, giữa các điểm liên kết với nhau bởi các hình vuông, một cạnh lưới trùng hoặc song song với trục chính công trình. Chiều dài cạnh ô vuông phụ thuộc vào tính chất, độ chính xác công trình và diện tích khu xây dựng.

Ưu điểm lưới ô vuông xây dựng là đo đạc, tính toán bình sai đơn giản. Có điều kiện kiểm tra và phát hiện sai sót trong quá trình đo. Ít sử dụng máy móc khi thi công. Có thể bố trí công trình đồng thời từ mọi hướng.

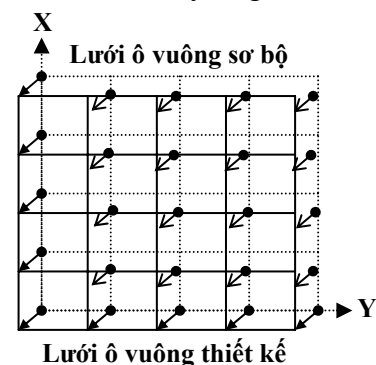
8.4.2. Trình tự xây dựng lưới ô vuông

- Thiết kế lưới ô vuông trên bình đồ, tính tọa độ thiết kế các đỉnh lưới ô vuông.
- Dựa vào mốc trắc địa đã có hoặc các điểm địa vật rõ nét, chuyển gốc tọa độ và một trục tọa độ ra thực địa.

- Từ trục tọa độ, dùng dụng cụ và máy trắc địa có độ chính xác thấp, bố trí sơ bộ các đỉnh lưới ô vuông. Đóng cọc cố định các đỉnh của lưới ô vuông sơ bộ này.

- Dùng phương pháp trắc địa chính xác, đo đạc lưới ô vuông sơ bộ. Tính toán bình sai xác định tọa độ các đỉnh ô vuông; tính số liệu hoàn nguyên dựa vào tọa độ đỉnh lưới ô vuông thiết kế và sơ bộ (hình 8.10).

- Hoàn nguyên và cố định lưới chính thức.



Hình 8.10

8.5. Đo và tính khối lượng san nền

Mặt đất tự nhiên gồ ghề và có độ dốc khác với độ dốc thiết kế, để xây dựng phải tiến hành công tác san nền. Nội dung của công tác san nền:

Bố trí mạng lưới ô vuông cạnh (a) phủ trùm lên khu vực xây dựng, đóng cọc sát mặt đất tại các đỉnh ô vuông. Dùng máy thủy chuẩn đo độ cao các đầu cọc của các đỉnh ô vuông (hoặc có thể xác định trên bản đồ địa hình), độ cao này là độ cao mặt đất tự nhiên và được ký hiệu là H_{den} . Cao độ thiết kế của các đỉnh ô vuông theo quy hoạch gọi là độ cao đồ, ký hiệu là $H_{đo}$. Từ các số liệu trên ta có:

- Chiều cao công tác ở từng đỉnh ô vuông:

$$h_i = H_i^{den} - H_i^{do} \quad (8.10)$$

Khi $h_i > 0$ công tác đào, $h_i < 0$ công tác đắp.

- Chiều cao công tác trung bình ở một khối ô vuông:

$$h_{i-tb} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \quad (8.11)$$

- Thể tích gần đúng của mỗi khối ô vuông:

$$V_i = a^2 h_{i-tb} \quad (8.12)$$

- Thể tích công tác đất trong toàn khu vực:

$$V = \sum_1^n V_i = a^2 \cdot \sum_1^n h_{i-tb} = a^2 \frac{(\sum h^I + \sum h^{II} + \sum h^{III} + \sum h^{IV})}{4} \quad (8.13)$$

Trong đó: $h^I, h^{II}, h^{III}, h^{IV}$ tương ứng là chiều cao công tác ở đỉnh chỉ thuộc về một ô vuông, hai ô vuông, ba ô vuông và bốn ô vuông. Từ thể tích V, căn cứ vào hệ số đầm chặt ... sẽ tính được khối lượng đất đào, đắp trên khu vực xây dựng.

Độ chính xác công tác san nền phụ thuộc chủ yếu vào cạnh ô vuông (a) và độ chính xác xác định chiều cao công tác h. Cụ thể:

- Cạnh lưới ô vuông (a) càng nhỏ thì mặt cong giới hạn bởi 4 đỉnh ô vuông càng gần mặt phẳng. Thể tích các khối ô vuông càng gần với thể tích khối lăng trụ mà ta đã tính ở trên. Thông thường (a) thường lấy bằng 2cm trên bản đồ.

- Độ chính xác của việc xác định chiều cao công tác "h". Trước hết phụ thuộc vào việc xác định độ cao H_{den} ; Khi dùng phương pháp đo cao hình học hạng IV để xác định thì độ chính xác đo cao là $\pm 5\sqrt{n}(mm)$, còn khi đo cao bằng thủy chuẩn kỹ thuật thì độ chính xác là $\pm 10\sqrt{n}(mm)$. Độ chính xác xác định "h" còn phụ thuộc vào việc đặt mia đo cao, vị trí đặt mia ảnh hưởng tương đối lớn đến độ chính xác xác định khối lượng công tác san nền.

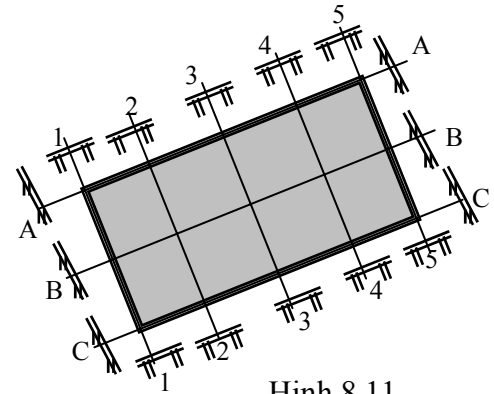
8.6. Công tác trắc địa trong xây dựng nhà dân dụng và công nghiệp

8.6.1. Định vị công trình

Công tác định vị móng nhà thực chất là bố trí trên thực địa các hệ trục của nhà; trong đó trục chính, trục phụ, trục cơ bản, trục ngang và trục dọc là cơ sở để tiến hành bố trí chi tiết công trình. Đầu tiên dựa vào điểm khống chế trắc địa hoặc các địa vật rõ nét tiến hành bố trí trục chính, trục phụ và trục cơ bản của nhà; sau đó từ các trục này bố trí các trục dọc, trục ngang để định vị các điểm chi tiết công trình. Phương pháp bố trí chi tiết đơn

giản nhất là đặt khoảng cách thiết kế theo hướng chuẩn của trục cơ bản. Các trục đều phải được đánh dấu ra ngoài khu vực đào móng bằng các điểm đóng.

Để đánh dấu trục và sử dụng thuận lợi trong quá trình thi công, cần chuyển các điểm đóng trục lên khung định vị làm bằng gỗ gắn nằm ngang trên các cọc gỗ bao quanh công trình. Các cọc đóng cách mặt đất khoảng 40 đến 60cm. Đánh dấu các điểm đóng trục bằng các đinh nhỏ có ghi ký hiệu bằng sơn trên khung định vị (hình 8.11).

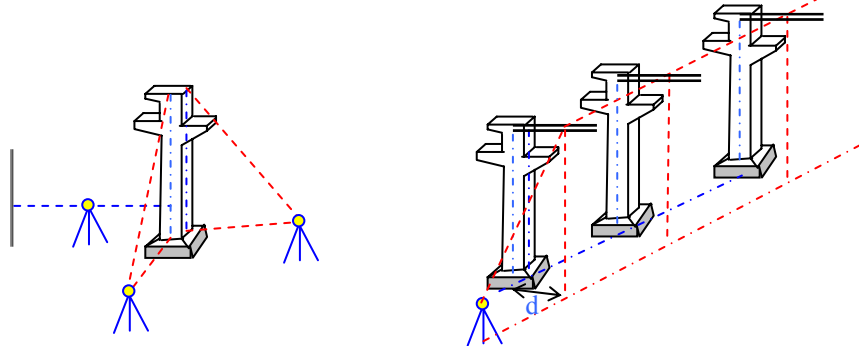


Hình 8.11

8.6.2. Công tác trắc địa khi dựng cột

Kiểm tra móng cột: dùng máy kinh vĩ kiểm tra các dấu trục ở mép trong móng, có thể dùng thước đo khoảng cách giữa các trục móng hoặc dùng dây chằng giữa các điểm đóng hai đầu trục tương ứng trên khung định vị. Dùng máy thủy chuẩn kiểm tra độ cao đáy móng.

Dựng cột thẳng đứng và đúng cao độ thiết kế: muốn đảm bảo cho cột thẳng đứng phải dùng hai máy kinh vĩ đặt ở hai hướng vuông góc với nhau để kiểm tra ở hai mặt cột. Khi kiểm tra độ thẳng đứng của dây cột ở một phía nào đó, người ta đặt máy kinh vĩ cách dây cột một đoạn bằng d , đọc số trên mia ngang gắn vào cột ta sẽ phát hiện ra cột bị nghiêng (hình 8.12). Dùng máy thủy bình để kiểm tra độ cao cột theo phương pháp bố trí độ cao.



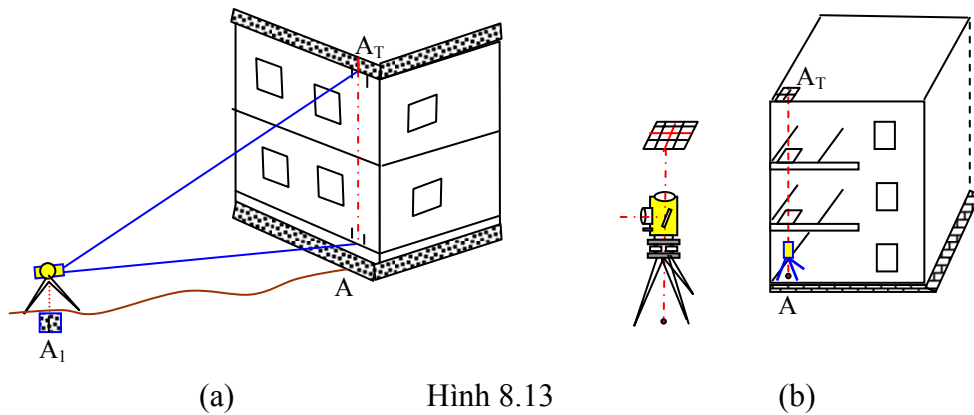
Hình 8.12

8.7. Công tác trắc địa trong xây dựng nhà cao tầng

8.7.1. Chuyển trục

Để tránh sai số tích lũy, trục dưới các đáy hố móng hoặc trên các tầng được chuyển từ dấu trục ở tầng 1. Tùy theo điều kiện thiết bị, cấu trúc công trình, số tầng mà chọn phương pháp cho thích hợp.

Giả sử phải chuyển điểm dấu trục A từ móng lên sàn tầng thứ T nào đó. Trên hướng trục đi qua A tại điểm đóng hướng A_1 đặt máy kinh vĩ; sau khi định tâm và cân máy tiến hành ngắm chuẩn điểm A, cố định vành độ ngang, ngóc ống kính ngắm sàn tầng T đánh dấu điểm A' ; đảo kính thực hiện tương tự được điểm A'' . Điểm giữa của A' và A'' là dấu trục A đã được chuyển lên tầng T (hình 8.13).



(a)

Hình 8.13

(b)

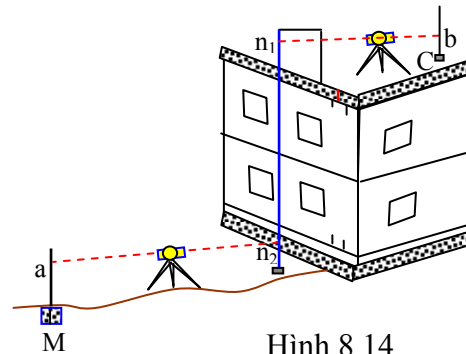
Dùng máy chiếu thẳng đứng đặt tại điểm trực A trên móng nhà tầng một. Trực ngắm thẳng đứng của máy sẽ chiếu tâm mốc A lên trên sàn nhà tầng T. Độ chính xác $\Delta_h = 0.001875 \times h + \sqrt{n}$. Trong đó: h - chiều cao một tầng, n - số tầng. Để thực hiện phương pháp này cần để những lỗ thông qua các sàn, lỗ này lên bố trí ở các góc nhà.

8.7.2. Chuyển độ cao lên tầng

Dùng hai máy thủy chuẩn, mìa và thước thép để truyền độ cao lên tầng. Sơ đồ bố trí như hình (hình 8.14).

$$H_C = M_A + a + (n_2 - n_1) - b \quad (8.14)$$

Trong đó: M_A - độ cao mốc cơ sở; a- số đọc trên mìa tại mốc M; n_1, n_2 - số đọc trên thước thép ứng với chiều cao tia ngắm của máy thủy chuẩn đặt tại móng và sàn tầng; b - số đọc trên mìa tại sàn tầng T. độ chính xác của phương pháp $m_h = 1.5 + 0.25 n$ (mm).



Hình 8.14

PHẦN D. TRẮC ĐỊA CÔNG TRÌNH THỦY LỢI - THỦY ĐIỆN

8.4. Khái quát các công tác trắc địa trong xây dựng các công trình thủy lợi - thủy điện

Trong xây dựng các công trình thủy lợi thủy điện, công tác trắc địa cần thiết cho cả ba giai đoạn: khảo sát thiết kế, thi công, quản lý và khai thác sử dụng công trình.

- Trong giai đoạn khảo sát thiết kế, trắc địa cung cấp cho bộ phận chuyên môn bản đồ và mặt cắt địa hình tỷ lệ các loại theo từng giai đoạn.

+ Giai đoạn khảo sát chọn phương án, cung cấp các loại bản đồ tỷ lệ nhỏ từ 1/100.000 đến 1/10.000 ở vùng thung lũng, sông càng nhỏ yêu cầu bản đồ tỷ lệ phải càng lớn.

+ Giai đoạn thiết kế, cung cấp các loại bản đồ tỷ lệ 1/2000, 1/1000 ở khu vực xây dựng các công trình đầu mối và bản đồ tỷ lệ 1/25.000 ~ 1/5.000 ở toàn vùng xây dựng để xác định biên giới vùng ngập nước, các công trình giao thông thủy, các công trình phòng vệ, nuôi trồng thủy sản. Để phục vụ công tác lập bản vẽ thi công ở các công trình đầu mối như: đập ngăn nước, nhà máy thủy điện, cống dẫn nước, âu thuyền ... trắc địa cung cấp

các loại bản đồ địa hình 1/1.000, 1/500 và mặt cắt địa hình. Tiến hành thu thập các tài liệu liên quan như: nguồn nguyên vật liệu, nhu cầu trang thiết bị vật tư, nhân lực...

- Trong giai đoạn thi công, tương ứng với tiến độ xây dựng công trình, công tác trắc địa thực hiện việc tính toán số liệu và bố trí công trình trên mặt đất theo đúng thiết kế đã được phê duyệt (xem phần 8.2, 8.3). Kiểm tra, theo dõi quá trình thi công công trình về vị trí mặt bằng, độ cao, độ dốc. Đo vẽ bản đồ hoàn công 1/1.000 ~ 1/500 để kiểm tra, đánh giá chất lượng thi công và làm tài liệu gốc công trình. Trong giai đoạn này trắc địa còn phải tiến hành công tác đo biến dạng công trình để theo dõi độ trôi lún, độ nghiêng và độ dịch vị công trình.

- Trong giai đoạn quản lý và khai thác sử dụng, công tác trắc địa tiếp tục quan trắc biến dạng công trình cho đến khi công trình thực sự ổn định.

8.5. Công tác trắc địa vùng hồ chứa nước

Khi đắp đập ngăn dòng nước ở vị trí thích hợp sẽ tạo về phía thượng lưu một vùng ngập nước gọi là hồ chứa nước.

8.5.1. Đặc điểm lưới khống chế trắc ở vùng hồ chứa nước

Lưới trắc địa xây dựng trên phạm vi khu vực hồ chứa nước cần đảm bảo mật độ, độ chính xác cần thiết cho việc đo vẽ bản đồ hồ phục vụ tính dung tích hồ, xác định biên giới ngập nước, thiết kế công trình đầu mối thủy lợi - thủy điện. Tùy theo diện tích, quy mô và tính chất hồ chứa mà lưới khống chế có thể xây dựng theo các dạng đã học trong chương 6. Cơ sở độ cao được lập dưới dạng đường chuyền độ cao hạng III, hạng IV với mật độ các từ 1 ~ 3km, tăng dày bởi các đường chuyền độ cao kỹ thuật. Khi thiết kế mạng lưới mặt bằng và độ cao cần chú ý rằng chúng không chỉ là cơ sở để đo vẽ mà còn là cơ sở để chuyển ra thực địa biên giới ngập nước của hồ chứa tương lai. Bởi vậy cần chú ý sao cho các điểm lưới cơ sở bố trí ngoài vùng ngập nước và càng gần biên giới hồ chứa càng tốt.

8.5.2. Một số công tác trắc địa ở vùng hồ chứa nước

- Đo vẽ bản đồ, bình đồ và mặt cắt địa hình tỷ lệ các loại phục vụ thiết kế hồ chứa. Công tác đo đạc trên cạn đã nghiên cứu ở phần 3 và phần 4. Đo vẽ bản đồ và mặt cắt dưới nước về cơ bản giống như đo trên cạn, tuy nhiên khi đo phần đất ngập nước được tiến hành với việc đo cao mặt nước và độ sâu từ mặt nước tới đáy; đo cao mặt nước thực hiện từng trạm đo vào những khoảng thời gian nhất định; đo độ sâu từ mặt nước tới đáy có thể thực hiện bằng bằng sào đo sâu, thả dọi hoặc đo bằng máy đo sâu hồi âm.

- Xác định biên giới ngập nước của hồ chứa. Từ các điểm của lưới khống chế độ cao khu vực hồ và cao độ thiết kế mặt nước hồ, áp dụng phương pháp bố trí độ cao để xác định biên giới ngập nước (xem phần 8.2.3 chương 8). Mật độ các điểm trên biên giới ngập nước là 20m ở những nơi địa hình phức tạp, vùng dân cư và 50m nơi quang. Chỉ rõ các điểm dân cư, các đường dây liên lạc, các tuyến dẫn điện và các công trình khác nằm trong vùng ngập. Tính toán tổn thất ngập. Đề xuất các điểm dân cư, các tuyến dẫn điện mới.

- Thiết kế các tuyến giao thông thủy trên hồ, nơi nuôi trồng thủy sản; chọn địa điểm xây dựng các cảng, bến tàu, nơi trú ẩn cho tàu bè.

- Xác định dung tích hồ chứa. Dung tích chung hồ chứa xác định bằng cách lấy tổng các dung tích con của hồ chứa giữa hai đường đồng mức kế tiếp, kể từ độ cao nhỏ nhất của hồ đến độ cao của bề mặt ngập lụt theo công thức:

$$V = \sum_{H_{\min}}^{H_{\max}} v_i \quad \text{với:} \quad v_i = \frac{s_i + s_{i+1}}{2} \Delta_H \quad (8.10)$$

Trong đó: s_i, s_{i+1} - diện tích giới hạn bởi hai đường đồng mức kế tiếp trên bản đồ;
 Δ_H - khoảng cao đều đường đồng mức.

8.6. Công tác trắc địa vùng đập ngăn nước

8.6.1. Đặc điểm lưới khống chế trắc địa vùng đập ngăn nước

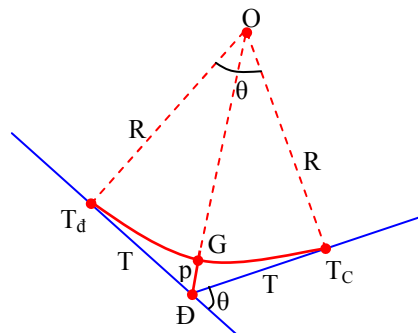
Lưới khống chế khu vực đập ngăn nước không những phục vụ đo vẽ bản đồ, bình đồ tỷ lệ lớn phục vụ thiết kế thi công đập mà còn đảm bảo để quan trắc biến dạng đập. Do vậy, lưới khống chế phải được đo đạc, tính toán bình sai chặt chẽ, mốc có cấu tạo đặc biệt và bố trí ở những nơi ổn định, bảo quản được lâu dài. Lưới được thành lập dưới dạng lưới tam giác đo góc và các cạnh đáy hoặc lưới đo góc - cạnh kết hợp gọi là lưới thủy công. Lưới được xây dựng như một mạng lưới độc lập và được tính toán bình sai trong hệ thống tọa độ của khu vực, thông thường lấy trục đập làm trục hoành.

Các điểm của lưới khống chế độ cao cần phải phân bố đều trên khu vực xây dựng, khoảng cách giữa chúng từ 100 - 300m để sao cho từ 2-3 trạm máy là có thể chuyển độ cao thiết kế tới công trình.

8.6.2. Một số công tác trắc địa vùng đập ngăn nước

Các trục chính, trục phụ và đường biên giới hạn các đoạn thân đập tạo thành một hệ thống phức tạp. Việc bố trí trục chính của đập trên thực địa được tiến hành bằng các phương pháp đã nghiên cứu ở phần 4 mục 8.3, trong đó phương pháp giao hội góc thường được dùng nhiều hơn cả. Nếu bố trí trục cong thì phải xác định các điểm chính và các điểm chi tiết trên đường cong.

Các điểm chính của đường cong tròn gồm điểm đầu (T_d), điểm phân cự (G) và điểm cuối (T_c). Khi bố trí các điểm chính trên đường cong ta mới chỉ xác định được vị trí tổng quát của đường cong đó trên mặt đất (hình 8.10). Các số liệu bố trí đường cong bao gồm: đoạn tiếp tuyến T , đoạn phân cự p , chiều dài đường cong S và độ chênh hai lần tiếp tuyến với chiều dài đường cong Δ_d .



Hình 8.10

$$\begin{aligned} T &= R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \\ p &= R \cdot (\sec \frac{\theta}{2} - 1) \\ S &= \theta \cdot \frac{\pi R}{180} \\ \Delta_d &= 2 \cdot T - S \end{aligned} \quad (8.11)$$

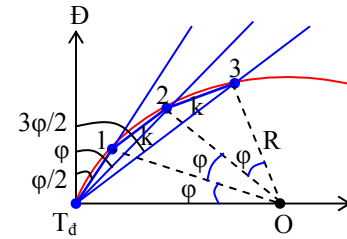
Trong đó: θ - góc chuyển hướng; R - bán kính đường cong tròn.

Để cụ thể đường cong tròn trên mặt đất thì cứ cách một đoạn k nào đó (5m hoặc 10m hoặc 15m...) người ta phải bố trí một cọc trên đường cong tròn, các cọc này gọi là cọc chi tiết. Để bố trí các điểm chi tiết có thể dùng phương pháp tọa độ cực mở rộng. Hệ tọa độ cực lấy tâm cực là điểm T_d hoặc T_c , trục cực là đường tiếp tuyến nối tâm cực với đỉnh (hình 8.11).

Số liệu bố trí theo phương pháp tọa độ cực mở rộng là các đoạn k giao với hướng của các góc cực của các điểm chi tiết và được tính như sau:

$$\varphi = k \cdot \frac{180}{\pi R} \quad (8.12)$$

Góc cực của các điểm chi tiết 1, 2, 3...n tương ứng là $\varphi/2, 2\varphi/2, 3\varphi/2 \dots n\varphi/2$.



Hình 8.11

Bố trí thân đập: từ trục chính, bố trí các trục phụ và căn cứ vào đường giới hạn thân đập để bố trí các điểm, các mặt cắt đặc trưng của đập thân đập.

Bố trí móng đập: Căn cứ vào trục chính của đập và bản vẽ thi công để bố trí mặt bằng móng đập, còn về độ cao xác định từ tầng đá gốc đến độ cao đập theo thiết kế.

8.7. Công tác trắc địa trong khảo sát đo đạc các tuyến kênh mương

8.7.1. Đặc điểm lưới khống chế trắc cho các tuyến kênh mương

Lưới khống chế cho các tuyến kênh mương thành lập để thực hiện các công tác đo vẽ và bố trí kênh mương. Vì các tuyến kênh mương phát triển theo một dải hẹp và tương đối dài, cho nên lưới khống chế mặt bằng tốt nhất là các đường chuyền đa giác điện quang. Phụ thuộc vào mật độ điểm của các lưới tam giác nhà nước trong khu vực xây dựng kênh mương mà các đường chuyền đa giác nói trên có thể là các đường đa giác hạng IV có chiều dài tới 30km hoặc các đường đa giác cấp 1 có chiều dài đến 15km. Từ các điểm của mạng lưới đa giác người ta chuyển ra thực địa các điểm góc ngoặt thiết kế của tuyến kênh mương bằng cách đặt các đa giác thiết kế có độ chính xác cấp đường chuyền kinh vĩ.

Lưới khống chế độ cao phải có đủ độ chính xác và mật độ điểm để tiến hành các công tác đo vẽ, chuyển bản thiết kế kênh mương bao gồm độ dốc đáy kênh, các mặt cắt ngang và thi công tuyến kênh mương. Việc lựa chọn cấp hạng của lưới độ cao phụ thuộc vào khoảng cách giữa các điểm thủy chuẩn gốc và độ dốc thiết kế đáy kênh; độ dốc của đáy kênh càng lớn thì độ chính xác của lưới khống chế độ cao càng thấp và ngược lại. Đối với những kênh lớn có thể đặt dọc theo tuyến kênh tuyến thủy chuẩn cơ sở hạng III được tăng dày từ các điểm hạng I, II nhà nước. Chêm dày bằng lưới thủy chuẩn hạng IV hoặc kỹ thuật.

8.7.2. Các tài liệu cần thiết phục vụ khảo sát thiết kế các tuyến kênh mương

Để lập báo cáo kinh tế kỹ thuật cần phải có bản đồ địa hình tỷ lệ 1/100.000 trên toàn bộ khu vực khảo sát và bản đồ tỷ lệ 1/25.000 trên một dải rộng từ 2-3km để cụ thể hóa tuyến đã đánh dấu sơ bộ.

Để thiết kế kỹ thuật các tuyến kênh mương cần phải có:

- Các bình đồ địa hình tỷ lệ 1/10.000 đến 1/5.000 với khoảng cao đều đường đồng mức 1-2m.

- Các bình đồ tỷ lệ 1/10.000 với khoảng cao đều 1m khu vực hồ chứa nước; đường biên hồ chứa ở độ cao trên mực nước chuẩn 2-3m.

- Các bình đồ tỷ lệ 1/2.000 với khoảng cao đều 0,5-1,0m khu vực xây dựng công trình thoát nước.
- Bình đồ tỷ lệ 1/5.000 hay 1/2.000 với khoảng cao đều 1m khu vực khai thác vật liệu xây dựng.
- Các mặt cắt dọc và ngang các trục kênh và công trình thiết kế.

Trong thời kỳ khảo sát thiết kế thi công, công tác trắc địa bao gồm các nội dung sau:

- Xây dựng lưới khống chế mặt bằng, độ cao cho các tuyến kênh mương.
- Định tuyến trên mặt đất tuyến kênh mương đã chọn. Đo vẽ mặt cắt dọc, ngang và đánh dấu các điểm cơ bản, các công trình trên kênh.
- Đo vẽ bình đồ địa hình tỷ lệ 1/1.000 - 1/2.000 với khoảng cao đều 0,5-1,0m ở những vùng tuyến có địa hình phức tạp, vùng sẽ xây dựng trạm cấp nước, đập và âu thuyền trên kênh, chỗ giao nhau, khu vực xây dựng điểm dân cư và cơ sở sản xuất.

PHẦN E. ĐO HOÀN CÔNG VÀ QUAN TRẮC BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH

8.8. Đo vẽ hoàn công

Mục đích của đo vẽ hoàn công là xác định độ chính xác chuyển thiết kế công trình ra thực địa và những độ lệch cho phép trong quá trình xây dựng. Muốn vậy, cần xác định tọa độ những điểm đặc trưng của công trình đã xây dựng, các kích thước hình học của chúng và các số liệu cần thiết khác.

Đo vẽ hoàn công được tiến hành trong từng giai đoạn xây dựng và kết thúc khi hoàn tất công trình. Đo vẽ hoàn công từng phần, từng hạng mục công trình từ hố móng đến sàn nhà, từng hạng mục trong công trình để cung cấp các số liệu cần thiết, kịp thời điều chỉnh quá trình xây lắp nhằm đảm bảo chất lượng thi công công trình. Ở đây, cần đặc biệt chú ý tới các chi tiết sẽ nằm ngầm trong móng hoặc sẽ bị lấp đất, vị trí lồi ra vào của công trình ngầm.

Khi đo vẽ hoàn công xây móng, cần chú ý đến vị trí mặt bằng, độ cao của các chi tiết móng. Khi lên tầng, cần chú ý vị trí và độ thẳng đứng của cột, kích thước bên trong và độ thẳng đứng của khoang thang máy. Đối với nhà công nghiệp cần chú ý tới các vị trí bu lông chờ, hệ thống cột và đường cần trục. Trong công trình cầu vượt, đo kích thước các nhịp; vị trí mặt bằng, độ cao các đế gối, bệ tựa; chiều dài các nhịp và chiều dài toàn bộ cầu; đo trắc dọc và ngang đặc trưng của cầu, độ võng của dầm, giàn...

Đo vẽ hoàn công khi kết thúc hoàn tất xây dựng thực hiện trên toàn phạm vi công trình; kết quả đo vẽ được sử dụng trong thời gian vận hành cũng như sửa chữa và mở rộng công trình. Đo vẽ kết thúc có thể sử dụng kết quả của đo vẽ từng phần trước đó.

Cơ sở để đo vẽ hoàn công là các điểm khống chế mặt bằng và độ cao sẵn có trên khu vực, vị trí các điểm trục, độ cao trên móng. Khi không đủ mật độ điểm khống chế cần phát triển bổ sung. Các phương pháp đo vẽ hoàn công giống như phương pháp đo vẽ thông thường. Kết quả đo vẽ được thể hiện trên bản vẽ hoàn công, trên đó chỉ rõ kích thước thực tế của các chi tiết, kết cấu xây dựng và giá trị độ lệch nếu có.

8.9. Quan trắc biến dạng công trình

8.9.1. Khái niệm

Trong quá trình thi công và sử dụng công trình, dưới tác động của tải trọng công trình và các ngoại lực khác công trình sẽ bị biến dạng so với trạng thái ban đầu. Biến dạng công trình gồm: trôi lún, nghiêng, dịch vị, võng, nứt rạn. Đo biến dạng công trình nhằm đánh giá chất lượng xây dựng công trình, theo dõi mức độ an toàn công trình, phát hiện những sự cố từ đó có biện pháp xử lý kịp thời.

Đặc điểm đo biến dạng: do các thông số biến dạng thường có trị số nhỏ nên để xác định được các trị số biến dạng thì máy móc, dụng cụ đo đòi hỏi phải có độ chính xác cao; mốc cơ sở quan trắc phải có cấu tạo đặc biệt, móng lớn, ổn định. Phương pháp đo và xử lý số liệu phải chặt chẽ, chính xác và đồng đều trong quá trình đo.

8.9.2. Đo độ trôi lún công trình

Dưới tác động của các tải trọng, sức nặng công trình; do hoạt động kiến tạo địa chất công trình, địa chất thủy văn đáy móng và do nhiều nguyên nhân khác về hóa học, thủy văn, tác động làm cho các công trình xây dựng có thể bị lún. Mục đích đo lún là để xác định độ lún của các lớp đất dưới đáy móng và tình hình cấu kết các vật liệu công trình, từ đó kiểm nghiệm và đánh giá độ bền vững công trình.

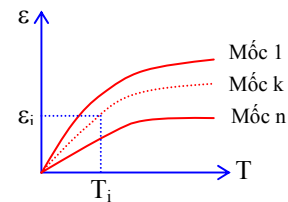
Thực chất đo lún công trình là xác định độ cao của các điểm kiểm tra qua các chu kỳ so với chu kỳ đầu. Nếu ký hiệu độ lún của mốc kiểm tra k nào đó ở chu kỳ thứ i là ϵ_i^k thì :

$$\epsilon_i^k = H_i^k - H_0^k \quad (8.18)$$

tốc độ lún trung bình của mốc k:

$$V_i^k = \frac{\epsilon_i^k}{T_i - T_0} \quad (8.19)$$

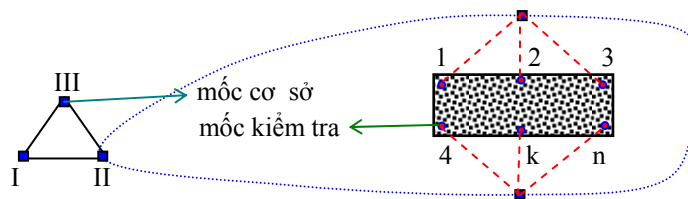
Trong đó: H_0^k , H_i^k là độ cao của mốc kiểm tra ở chu kỳ 0 và chu kỳ i.



Hình 8.19

Từ độ lún và thời gian quan trắc người ta vẽ được biểu đồ lún (hình 8.19) và bình đồ đường đẳng lún.

Để quan trắc lún, trước tiên người ta phải xây dựng các nhóm mốc cơ sở cực kỳ ổn định, nằm ngoài vùng biến dạng. Sau đó ở từng chu kỳ, tiến hành dẫn độ cao tới các mốc kiểm tra gắn vào thân công trình để xác định độ cao của chúng. Chu kỳ 0 tiến hành ngay sau khi thi công xong móng; các chu kỳ tiếp theo tùy thuộc vào đặc điểm của công trình, nói chung thời kỳ đầu các chu kỳ gần nhau, càng về sau các chu kỳ càng thưa. Ngoài các chu kỳ quan trắc định kỳ theo phương án, nếu có vấn đề nghi vấn cần tiến hành quan trắc đột xuất (hình 8.20).



Hình 8.20

Phương pháp quan trắc lún phổ biến hiện nay là phương pháp đo cao hình học tia ngắm ngắn. Máy thủy chuẩn phục vụ công tác đo lún có bộ phận trắc vi với chỉ hình nôm kẹp vạch trên mia. Mia Inva đo lún có hệ số nở vì nhiệt 1.5×10^{-6} , phía sau mia có gắn ống thủy tròn để dựng mia thẳng đứng. Độ chính xác đo lún phụ thuộc vào quy mô, tính chất công trình, tải trọng công trình, mức độ ổn định nền móng công trình...

8.9.3. Đo độ nghiêng công trình

Giả sử công trình bị nghiêng một góc v , độ nghiêng xác định bởi công thức :

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{q}{h} \tag{8.20}$$

Trong đó: h - chiều cao công trình; q - Khoảng cách ngang giữa đáy và đỉnh

Nếu công trình không cao, có thể dùng thước thép đo trực tiếp. Muốn tăng độ chính xác thì áp dụng phương pháp chuyển độ cao lên tầng. Trường hợp tổng quát thường áp dụng nguyên lý đo cao lượng giác để xác định (hình 8.21).

$$h = h_1 + h_2 \tag{8.21}$$

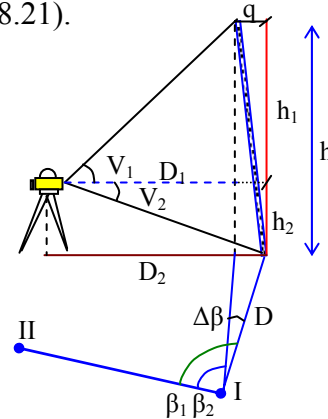
Trong đó:

$$h_1 = D_1 \operatorname{tg} v_1$$

$$h_2 = D_2 \operatorname{tg} |v_2|$$

V_1, V_2 - góc đứng của trục ngắm tới đỉnh và đáy công trình đo bằng máy kinh vĩ.

D_1, D_2 - khoảng cách ngang từ máy tới đường dóng thẳng đứng của đỉnh và chân công trình, đo trực tiếp bằng thước thép.



Hình 8.21

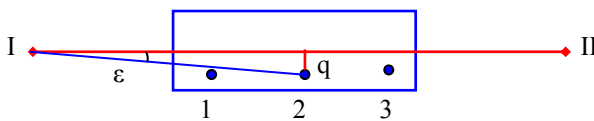
Để xác định đại lượng q có thể dùng phương pháp đo góc như hình 8.21. Khi thực hiện phương pháp này, ta phải cố định hướng chuẩn I-II. Tại I đo góc bằng β_1, β_2 và khoảng cách ngang D rồi tính q theo công thức :

$$q = \frac{\Delta_\beta}{\rho} D \tag{8.22}$$

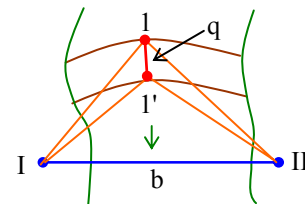
Trong đó : $\Delta_\beta = \beta_1 - \beta_2$; D - khoảng cách từ I tới chân công trình

8.9.4. Đo độ dịch vị công trình

Ta có thể dùng phương pháp hướng chuẩn. Khi thực hiện phương pháp này cần cố định hướng chuẩn trùng với trục dọc công trình. Ở các chu kỳ quan trắc xác định độ dịch vị ngang của các điểm kiểm tra gắn trên công trình so với hướng chuẩn này. Phương pháp hướng chuẩn được áp dụng phổ biến khi quan trắc độ chuyển vị cho những công trình dạng duỗi thẳng (đập, cầu đường). Trị số chuyển vị ngang q xác định theo hướng vuông góc với trục dọc công trình (hình 8.22a). Đại lượng q được đo bằng băng ngắm di động hoặc đo góc nhỏ ϵ .



Hình 8.22a



Hình 8.22b

Đối với các đập có trục là đường cong thì dùng phương pháp giao hội để xác định độ dịch vị. Để thực hiện phương pháp này phải cố định đường đáy giao hội b phía hạ lưu ở nơi ổn định, chắc chắn và ngoài vùng biến dạng. Từ cạnh đáy giao hội b, áp dụng phương pháp giao hội góc để xác định tọa độ các điểm kiểm tra gắn trên công trình ở chu kỳ (0) và các chu kỳ tiếp theo (hình 8.22b). Từ tọa độ này ta sẽ tính được độ chuyển vị tổng hợp .

$$q_x = X_i^1 - X_0^1; \quad q_y = Y_i^1 - Y_0^1; \quad q = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (8.23)$$