

Chương 1

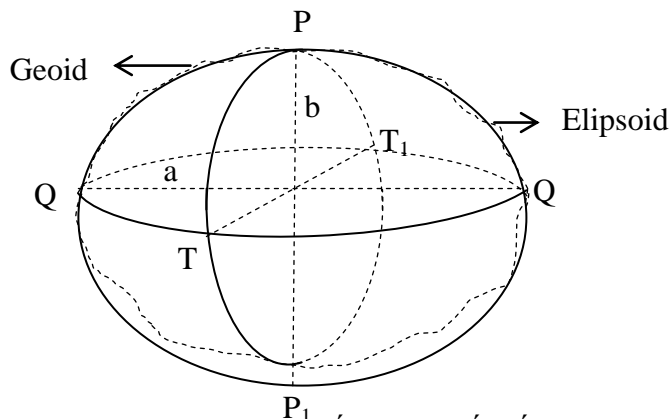
NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN VỀ TRẮC ĐỊA

1.1. KHÁI NIỆM VỀ HÌNH DẠNG VÀ KÍCH THƯỚC CỦA TRÁI ĐẤT

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

Bề mặt vật lý của Trái đất rất phức tạp có diện tích khoảng $510\,575.10^3 \text{ km}^2$, trong đó bề mặt đại dương chiếm tới 71,8%, còn lại 28,2% là lục địa. Nhìn từ ngoài vũ trụ, Trái đất như một quả cầu nước, trong đó đất liền chỉ như những hòn đảo, độ cao trung bình của đất liền so với mặt biển chỉ bằng khoảng 878 m, trong khi đó độ sâu trung bình của đại dương đạt tới 3800 m, chênh lệch giữa nơi cao nhất và nơi thấp nhất của vỏ Trái đất cũng chỉ xấp xỉ 20 km. Nếu đem so sánh với kích thước của Trái đất có đường kính khoảng 12.000 km thì sự lồi lõm trên bề mặt Trái đất là không đáng kể.

Trên cơ sở đó có thể coi hình dạng Trái đất là hình dạng của bề mặt đại dương yên tĩnh. Từ đây nảy sinh khái niệm về "mặt nước gốc - Geoid" (hay mặt thủy chuẩn) của Trái đất. Người ta qui ước lấy bề mặt đại dương yên tĩnh, kéo dài xuyên qua các lục địa và hải đảo tạo thành một mặt cong khép kín làm *mặt nước gốc* Trái đất. Hình dạng Trái đất được tạo bởi mặt nước gốc Trái đất khép kín đó có tên gọi là Geoid.



Hình 1.1. Geoid, Elipsoid trái đất và các yếu tố xác định

Đặc điểm của mặt nước gốc - Geoid: tâm của khối Geoid trùng với tâm của trái đất; tại mọi điểm phương của đường pháp tuyến luôn trùng với phương dây dọi (*phương pháp tuyến là đường vuông góc mặt phẳng tại điểm đo (phương thẳng đứng); phương dây dọi tức là phương trọng lực*). Tuy nhiên, do sự phân bố vật chất không đồng đều của cấu tạo vỏ Trái đất nên ngay cả ở trạng thái yên tĩnh, Geoid cũng có một hình dạng rất phức tạp và phương trọng lực không hội tụ về tâm trái đất, nói cách khác mặt Geoid là mặt gợn sóng. Việc xác định chính xác Geoid là rất khó nên trong thực tế thường chỉ xác định được Geoid gần đúng. Geoid gần đúng được gọi là *Kvazigeoid*. Mặt *kvazigeoid* ở vùng đại dương và trọng lực địa chênh lệch nhau vào khoảng 2 - 3 mét. Mặt *kvazigeoid* là mặt chuẩn của hệ độ cao thường và thường được dùng trong lưới độ cao Nhà nước.

Để có thể giải được các bài toán liên quan đến các công thức toán học, trong trắc địa người ta sử dụng mặt elipsoid tròn xoay thay cho mặt Geoid (và kvazigeoid) và được gọi là

elipsoid trái đất. Mặt elipsoid tròn xoay nhận được bằng cách quay hình elip quanh trục nhỏ PP_1 của Trái đất. (Xem hình 1.1)

Elipsoid trái đất có những tính chất sau:

- Tâm của elipsoid trùng với tâm của Trái đất.
- Thể tích của elipsoid bằng thể tích của geoid.
- Mặt phẳng xích đạo của elipsoid trùng với mặt phẳng xích đạo của Trái đất.
- Tổng bình phương chênh cao giữa mặt elipsoid trái đất và mặt geoid là nhỏ nhất

$[\xi^2]=\min.$

- Tại điểm bất kỳ trên mặt đất phương pháp tuyến đều vuông góc với mặt elipsoid.

Như vậy, mặt geoid và mặt elipsoid trái đất không trùng nhau và tại mỗi điểm trên mặt đất phương trọng lực g (phương vật lý) không trùng với pháp tuyến n (phương toán học) mà tạo thành một góc u - gọi là *độ lệch dây dọi*. Độ lệch dây dọi u được xác định bằng phương pháp trọng lực trắc địa, với nó cho phép chuyển các yếu tố đo được trên mặt đất sang mặt elipsoid trái đất

Kích thước Elipsoid trái đất được xác định bằng các đại lượng bán trục lớn a ($a=QO$), bán trục nhỏ b ($b=PO$) và độ dẹt α .

$$\alpha = \frac{a - b}{a} \quad (1.1)$$

Việc xác định các kích thước của Elipsoid Trái đất đòi hỏi phải tiến hành đo đạc trên toàn bộ bề mặt Trái đất, đó là một nhiệm vụ rất khó khăn và phức tạp, do đó mỗi nước lại sử dụng những Elipsoid tham khảo riêng của nước mình, có kích thước được xác định dựa trên những kết quả đo đạc trên lãnh thổ nước đó hoặc kết hợp đo trên lãnh thổ của các nước lân cận. Như vậy, Elipsoid có kích thước nhất định và được định vị trong Trái đất sao cho nó gần trùng nhất so với bề mặt Geoid trên lãnh thổ nước đó và được gọi là elipsoid thực dụng (Reference Elipsoid - elipsoid tham chiếu)

Bảng 1.1

Tác giả	Nước	Năm	a (m)	b (m)	Độ dẹt α
Dalamber	Pháp	1800	6 375 653	6 356 564	1:334
Bessel	Đức	1841	6 377 397	6 356 079	1:299.2
Clark	Anh	1880	6 378 249	6 356 515	1:293.5
Gdanov	Nga	1893	6 377 717	6 356 433	1:299.6
Hayford	Mỹ	1909	6 378 388	6 356 912	1:297
Krasovski	L xô	1940	6 378 245	6 356 863	1:298.3
WGS-84	Q Tê	1984	6 378137	6 356 752	1:298.3

Ở nước ta từ trước tới nay vẫn sử dụng Elipxoid tham khảo Kraxovski (mang tên nhà bác học Nga Kraxovski); ở miền Nam sử dụng số liệu của Everest. Kích thước của các elipsoid được giới thiệu trong bảng 1.1.

Trong những năm 1960-1962 các nhà khoa học Liên xô và Mỹ đã dùng những số liệu quan trắc vệ tinh để tính các kích thước của Elipxoid Trái đất. Những kết quả tính được cũng rất gần với kích thước mà Kraxovski đã xác định.

Hiện nay, ở nước ta đang sử dụng hệ qui chiếu và hệ tọa độ quốc gia VN - 2000 thay cho hệ HN - 72 (theo quyết định số 83/2000/QĐ - TTg của Thủ tướng Chính phủ ra ngày 12/7/200). Hệ VN - 2000 có các tham số chính sau:

Elipxoid qui chiếu quốc gia được xây dựng trên cơ sở Elipxoid WGS 84 (World Geodetic System 1984) toàn cầu với kích thước:

- Bán trục lớn: $a = 6.378.137,0 \text{ m}$
- Độ dẹt: $\alpha = 1: 298,257223563$
- Tốc độ quay quanh trục: $w = 7292115,0 \times 10^{-11} \text{ rad/s}$
- Hằng số trọng trường Trái đất: $GM = 3986005.10^8 \text{ m}^3.s^{-2}$

Điểm gốc tọa độ quốc gia N_{00} đặt tại Viện nghiên cứu Địa chính, đường Hoàng Quốc Việt, Hà Nội. Điểm gốc tọa độ có giá trị $X = 0,000\text{m}$ và $Y = 0,000\text{m}$. Dùng điểm gốc tọa độ này để xây dựng các điểm khống chế nhà nước các cấp rải đều trên khắp lãnh thổ Việt Nam.

Trong những trường hợp đo đạc với yêu cầu độ chính xác không cao, có thể coi Trái đất có dạng hình cầu với bán kính trung bình là 6371 km hoặc làm tròn là 6370 km và chiều dài ứng với 1° trên các kinh tuyến hoặc xích đạo là $2\pi R/360^\circ \approx 111\text{km}$.

1.2. ĐỘ CAO

Qua tính toán người ta thấy rằng nếu lấy chỗ cao bù chỗ thấp để làm cho bề mặt Trái đất trở thành một "*mặt nhẵn lý tưởng*", thì mặt Trái đất gần trùng với mặt nước biển trung bình của các đại dương. Từ đó có khái niệm về "*mặt thủy chuẩn*" của Trái đất và coi mặt thủy chuẩn là mặt tiêu biểu cho mặt Trái đất. Từ đó ta có khái niệm *mặt thủy chuẩn* như sau:

Mặt nước gốc (thủy chuẩn gốc) của Trái đất là mặt nước biển trung bình nhiều năm, xuyên qua các lục địa và hải đảo làm thành một mặt cong khép kín.

Mặt nước gốc có các đặc điểm:

- Tại mọi điểm trên mặt nước gốc, phương của đường pháp tuyến luôn trùng với phương của đường dây dọi.

- Trong trắc địa mặt nước gốc được dùng làm mặt chiếu khi đo vẽ thành lập bản đồ, đồng thời cũng được dùng làm mặt so sánh độ cao của các điểm trên mặt đất.

Mỗi Quốc gia qui ước một mặt nước gốc có độ cao 0,000 mét của nước đó và được gọi là *mặt nước gốc hay mặt thủy chuẩn gốc (hay mặt thủy chuẩn đại địa)*, nó được dùng làm mặt so sánh độ cao cho toàn bộ lãnh thổ của nước đó. Ví dụ Nga dùng mặt thủy chuẩn Cronstat. Việt nam dùng mặt thủy chuẩn tại Hòn Dấu - Đồ Sơn - Hải Phòng.

Thông thường, mặt đất không bằng phẳng. Độ lồi lõm của mặt đất được đặc trưng bởi độ cao của các điểm. Độ cao của một điểm trên mặt đất là khoảng cách tính theo đường dây dọi từ điểm đó đến mặt nước gốc.

Những điểm nằm phía trên mặt nước gốc có độ cao dương (+), những điểm nằm thấp hơn so với mặt nước gốc sẽ có độ cao âm (-)

Độ cao của một điểm được xác định so với mặt nước gốc được gọi là *độ cao tuyệt đối*.

Khi đo vẽ ở những khu vực hẻo lánh hoặc có diện tích không lớn có thể dùng mặt nước gốc quy ước (mặt thủy chuẩn giả định), tức là dùng hệ thống độ cao giả định, từ đó có khái niệm

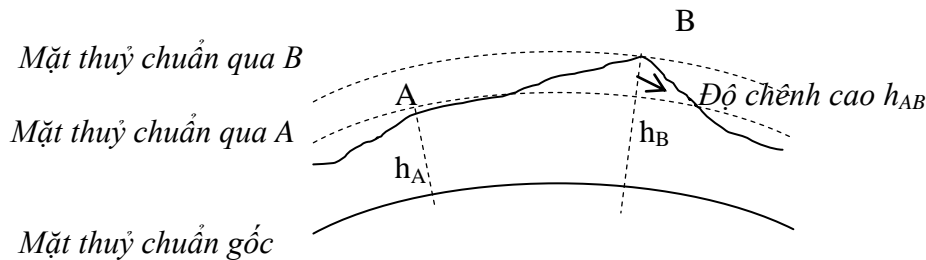
mặt nước gốc quy ước (mặt thủy chuẩn quy ước) là mặt cong song song với mặt thủy chuẩn gốc và có độ cao tùy chọn.

Độ cao của một điểm so với mặt nước gốc quy ước được gọi là *độ cao tương đối* hay *độ cao giả định*.

Tại một điểm trên mặt đất chỉ có duy nhất một độ cao tuyệt đối nhưng có vô số độ cao tương đối (tùy chọn). Chênh lệch độ cao (tuyệt đối hoặc tương đối) của hai điểm trên mặt đất trong cùng một hệ thống độ cao được gọi là *độ chênh cao* và được tính theo công thức:

$$h_{AB} = H_B - H_A \Rightarrow H_B = H_A + h_{AB} \quad (1.2)$$

Như vậy thực chất của việc xác định độ cao của một điểm là ta đi xác định độ chênh cao giữa hai điểm trong cùng một hệ thống độ cao, sau đó dựa vào độ cao của một điểm đã biết để tìm độ cao của các điểm tiếp theo.



Hình 1.2. Mặt thủy chuẩn và độ cao

1.3. CÁC HỆ TỌA ĐỘ VÀ PHÉP CHIỀU DÙNG TRONG TRẮC ĐỊA

Các điểm trên mặt đất được xác định bằng tọa độ, đó là các đại lượng đặc trưng cho vị trí của các điểm so với điểm gốc, đường thẳng gốc hoặc mặt phẳng gốc của một hệ tọa độ đã chọn.

1.3.1. Hệ tọa độ địa lý

Hệ tọa độ địa lý là hệ tọa độ được quy định chung và thống nhất cho toàn bộ quả đất. Giả sử bề mặt lý thuyết của Trái đất là mặt cầu có tâm O với trục quay P_1P_2 . Ta có các định nghĩa sau :

* Kinh tuyến địa lý: là giao tuyến của mặt cầu với mặt phẳng đi qua trục quay P_1P_2 . Kinh tuyến gốc đi qua đài thiên văn Greenwich ở gần London thủ đô nước Anh(kí hiệu G). Có vô số kinh tuyến, đối diện với kinh tuyến gốc là kinh tuyến đối ngày.

* Vĩ tuyến địa lý : là giao tuyến của mặt cầu với mặt phẳng vuông góc với trục quay Trái đất. Có vô số vĩ tuyến và độ dài kinh tuyến là không thay đổi, còn vĩ tuyến thì thay đổi. Vĩ tuyến lớn nhất là vĩ tuyến nằm trên mặt phẳng vuông góc với trục quay và chứa tâm Trái đất hay gọi đó là đường xích đạo, còn mặt phẳng chứa đường xích đạo gọi là mặt phẳng xích đạo.

Qua mỗi điểm trên bề mặt Trái đất ta đều có thể kẻ được một đường kinh tuyến và một đường vĩ tuyến. Do đó vị trí của một điểm bất kì trên mặt đất được xác định bằng vĩ độ địa lý φ và kinh độ địa lý λ .

Giả sử có một điểm M bất kì trên Trái đất thì tọa độ địa lý điểm M được kí hiệu : $M(\varphi_M, \lambda_M)$

* Vĩ độ của điểm M (φ_M) là góc φ tạo bởi đường thẳng OM đi qua điểm đó và mặt phẳng xích đạo. Vĩ độ được tính từ mặt phẳng xích đạo về phía Bắc và Nam tùy thuộc vào vị trí của điểm nằm ở nửa bán cầu nào. Nếu điểm M nằm ở phía bắc bán cầu thì gọi là vĩ độ Bắc còn ở phía nam bán cầu gọi là vĩ độ Nam. Vĩ độ có giá trị từ 0^0 tại các điểm trên đường xích đạo đến 90^0 tại các cực P_1 và P_2 .

* Kinh độ của điểm M (λ_M) là góc λ tạo bởi giữa mặt phẳng đi qua kinh tuyến gốc và mặt phẳng đi chứa kinh tuyến đi qua điểm M. Kinh độ được tính từ kinh tuyến gốc về phía Đông và Tây. Nếu điểm xét nằm ở phía đông kinh tuyến gốc sẽ có kinh độ Đông, còn ở phía Tây kinh tuyến gốc sẽ có kinh độ Tây. Giá trị của kinh độ thay đổi từ 0^0 đến 180^0 .

Việt Nam hoàn toàn nằm ở phía bắc bán cầu và phía đông kinh tuyến gốc Greenwich nên tất cả các điểm nằm trên lãnh thổ nước ta đều có vĩ độ Bắc và kinh độ Đông.

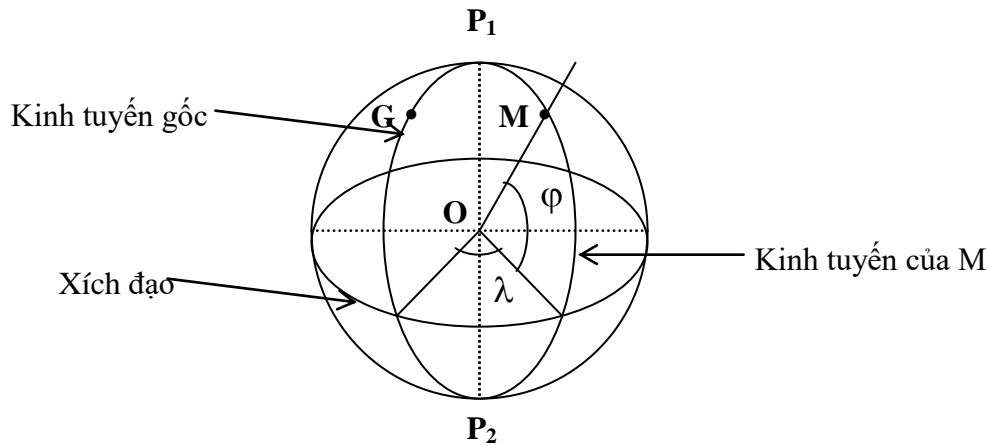
Ví dụ : Thủ đô Hà Nội có tọa độ địa lý gần đúng là:

$$\varphi_M = 21^0 \text{ vĩ độ Bắc}$$

$$\lambda_M = 107^0 \text{ kinh độ Đông}$$

Kinh độ λ và vĩ độ φ được xác định từ các kết quả đo thiên văn. Nếu chúng được tính từ các số liệu trắc địa đo trên mặt đất sẽ được gọi là kinh độ, vĩ độ trắc địa và được kí hiệu tương ứng là L và B.

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



Hình 1.3. Hệ tọa độ địa lý

1.3.2. Phép chiếu Gauss và hệ tọa độ vuông góc phẳng Gauss - Kruger

1.3.2.1. Khái niệm về phép chiếu bản đồ

Như đã xem xét ở trên, bản thân Trái đất vốn là một hình khối cầu, không tuân theo quy tắc toán học nào cả, ngay cả khi xem xét Trái đất là một hình ellipsoid hay mặt cầu thì ta cũng không thể trải mặt cầu này lên mặt phẳng được. Muốn biểu diễn bề mặt Trái đất lên mặt phẳng bản đồ ta phải tuân theo các phương pháp toán học nhất định. Những phương pháp này chính là phép chiếu bản đồ.

Vậy, phép chiếu bản đồ là quá trình biểu diễn bề mặt ellipsoid hay mặt cầu của Trái đất sang mặt phẳng bằng các quy tắc toán học xác định. Các quy tắc này được xác định thông qua phương trình của phép chiếu bản đồ (gọi tắt là các phương trình chiếu).

1.3.2.2. Phép chiếu Gauss

Tất cả các công tác đo đạc đều tiến hành trên bề mặt tự nhiên của Trái đất, thông qua các số liệu đó người ta biểu diễn được hình dạng mặt đất tự nhiên lên tờ giấy phẳng (bình đồ, bản đồ...). Khi triển khai các yếu tố lên mặt phẳng từ bản đồ thì chắc chắn sẽ có những biến dạng và sai lệch nhất định. Để hạn chế các sai lệch đó các nhà khoa học đã đề xuất nhiều phép chiếu khác

nhau : phép chiếu hình nón, phép chiếu hình trụ đứng, phép chiếu hình trụ ngang, phép chiếu UTM. Trong đó, phép chiếu hình trụ ngang là phổ biến nhất hiện nay. Đây là phép chiếu được Carl Friedrich Gauss, nhà toán học người Đức tìm ra và sử dụng để tính toán các kết quả tam giác đạc. Sau khi Gauss qua đời, Louis Kruger, nhà trắc địa người Đức tiếp tục nghiên cứu và đưa ra công thức tính toán thực tế được công bố vào năm 1912 tại Postdam. Sau đó đã được đưa vào sử dụng ở Đức và các nước chư hầu của Đức với ellipsoid Bessel. Có thể miêu tả phép chiếu này như sau :

Gauss chia bề mặt Trái đất theo đường kinh tuyến bắt đầu từ đường kinh tuyến gốc thành 60 múi. Mỗi múi có giá trị là 6^0 kinh, được đánh số từ 1 đến 60 tính từ kinh tuyến gốc phía Đông và trở lại phía Tây.

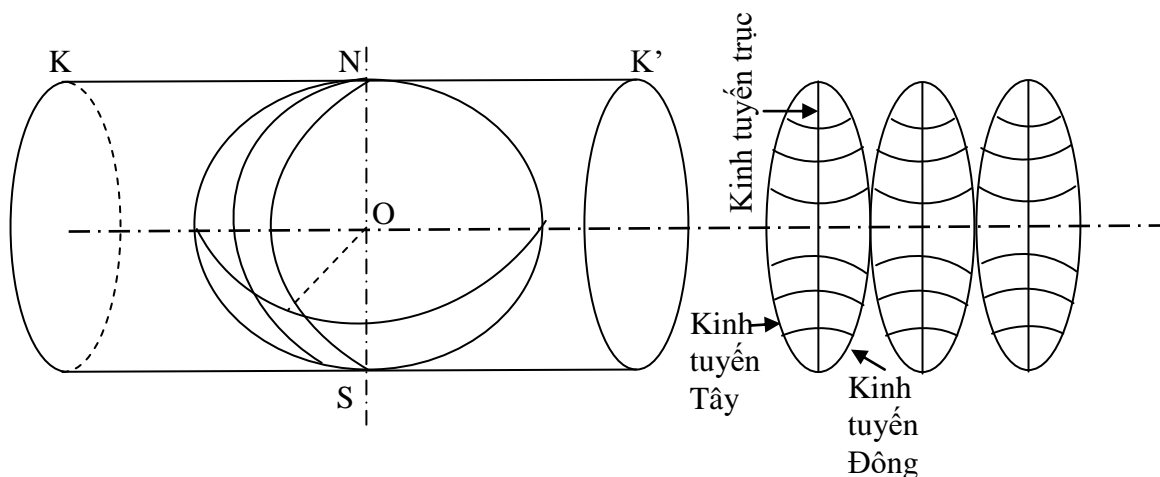
Ví dụ : - Đối với múi 1 : kinh tuyến phía Tây là gốc, kinh tuyến phía Đông là 6^0

- Đối với múi 2 : kinh tuyến phía Tây là 6^0 và phía Đông là 12^0

- Đến múi 60 : kinh tuyến phía Tây là 6^0 và phía Đông là kinh tuyến gốc.

Mỗi múi được chia thành hai phần đều nhau đối xứng qua kinh tuyến trục (còn gọi là kinh tuyến giữa). Phép chiếu Gauss được thực hiện trên từng múi một. Trước tiên, lồng nội tiếp quả cầu vào trong hình trụ nằm ngang có bán kính bằng bán kính quả đất và cho quả cầu tiếp xúc với hình trụ theo kinh tuyến trục, còn trục hình trụ nằm trên mặt phẳng xích đạo. Lấy tâm chiếu là tâm O của quả đất, lần lượt chiếu từng múi lên mặt trụ. Sau đó cắt mặt trụ theo hai đường sinh KK' rồi dần trải lên trên mặt phẳng ta được hình chiếu của 60 múi. Mặt phẳng này gọi là mặt phẳng chiếu hình Gauss.

Như vậy, bằng phương pháp chiếu Gauss đã biểu thị mặt cầu liên tục của trái đất thành mặt phẳng bị biến dạng và đứt gãy về hai phía Bắc và Nam cực. Kinh tuyến trục của mỗi múi tiếp xúc hoàn toàn với mặt trụ nên hình chiếu của nó trên mặt phẳng là đoạn thẳng có chiều dài được giữ nguyên như trên mặt cầu và vuông góc với hình chiếu của xích đạo. Hình chiếu của các kinh tuyến khác đều là những cung cong bị biến dạng chiều dài quay về phía kinh tuyến trục. Hai kinh tuyến biên (ngoài cùng) của múi bị biến dạng chiều dài lớn nhất. Hình chiếu của xích đạo cũng là đoạn thẳng vuông góc với kinh tuyến trục nhưng chiều dài của nó biến dạng. Hình chiếu của các vĩ tuyến là những cung cong bị biến dạng chiều dài, quay về phía hai cực và đối xứng nhau qua xích đạo.



Hình 1.4. Phép chiếu Gauss

Tóm lại, hình chiếu mỗi múi có đặc điểm sau :

- Bảo toàn về góc

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

- Tỷ lệ biến dạng chiều dài của kinh tuyến trục bằng 1, càng xa kinh tuyến trục biến dạng chiều dài càng tăng. Hình chiếu của múi trên mặt phẳng rộng hơn so với bản thân múi trên mặt cầu.

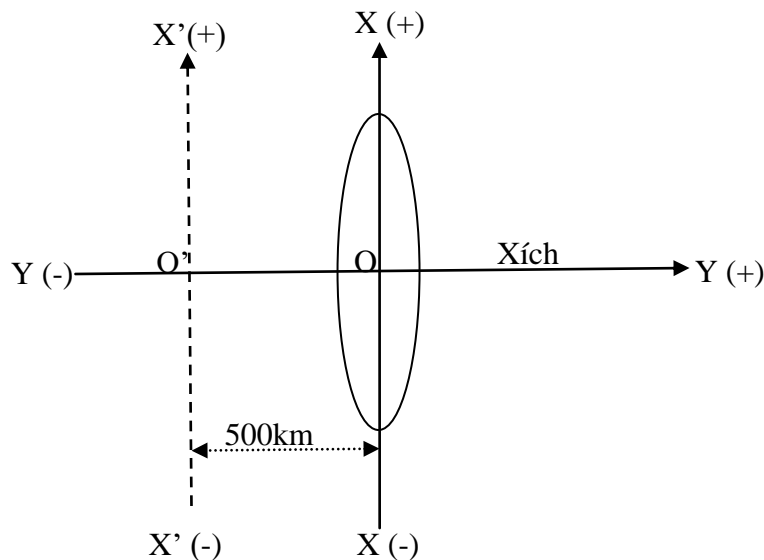
Tuy nhiên, trong giới hạn múi chiếu 6^0 thì những biến dạng đó cũng không vượt quá sai số cho phép thỏa mãn để thành lập bản đồ tỉ lệ 1 : 10000 và nhỏ hơn. Để giảm bớt độ biến dạng và thỏa mãn cho các bản đồ tỉ lệ 1:5.000 và lớn hơn thì chọn múi chiếu 3 độ, người ta có thể áp dụng múi chiếu 3^0 . Mỗi quốc gia có thể nằm trên một hoặc nhiều múi chiếu. Lãnh thổ Việt Nam nằm trên hai múi có kinh tuyến giữa là 105^0 và 111^0 có số thứ tự là 18 và 19

Nước ta đã sử dụng lưới chiếu này làm cơ sở toán học của bản đồ địa hình với ellipsoid Krasovsky và hệ tọa độ Gauss năm 1972 (gọi là hệ tọa độ Hà Nội - 72)

1.3.2.3. Hệ tọa độ vuông góc phẳng Gauss - Kruger (X,Y)

Ở phép chiếu Gauss, kinh tuyến trục vuông góc với đường xích đạo nên có thể dùng tọa độ vuông góc phẳng theo múi để xác định vị trí các điểm trong múi. Trục X là đường biểu diễn kinh tuyến trục, trục Y là đường biểu diễn xích đạo. Giao của hai đường này là gốc tọa độ O. Như vậy, từ xích đạo lên phía Bắc tọa độ X mang dấu (+), xuống phía Nam mang dấu (-). Từ kinh tuyến trục sang phía Đông, tọa độ Y mang dấu (+) và sang phía Tây mang dấu (-).

Lãnh thổ Việt Nam ở phía Bắc bán cầu nên tọa độ X của các điểm luôn luôn dương. Tọa độ Y của từng điểm có thể dương, mà cũng có thể âm. Để thuận tiện cho tính toán và tránh có tọa độ Y mang dấu âm, trong thực tế người ta qui ước điểm gốc O có tọa độ $X_0 = 0, Y_0 = 500\text{km}$, nghĩa là tịnh tiến kinh tuyến trục về phía Tây 500km (vì nơi rộng nhất ở xích đạo của nửa múi 6^0 cũng không quá 385km), nếu ở bán cầu Nam thì dời thêm trục hoành về phía Nam 10.000km. Ngoài ra, để biết được điểm cần xác định nằm ở múi nào trong 60 múi, trước tọa độ Y của mỗi điểm được ghi thêm số thứ tự của múi.



Hình 1.5. Hệ tọa độ vuông góc phẳng Gauss - Kruger

Lãnh thổ Việt Nam ở phía Bắc bán cầu nên tọa độ X của các điểm luôn luôn dương. Tọa độ Y của từng điểm có thể dương, mà cũng có thể âm. Để thuận tiện cho tính toán và tránh có tọa độ Y mang dấu âm, trong thực tế người ta qui ước điểm gốc O có tọa độ $X_0 = 0, Y_0 = 500\text{km}$, nghĩa là tịnh tiến kinh tuyến trục về phía Tây 500km (vì nơi rộng nhất ở xích đạo của nửa múi 6^0

cũng không quá 385km), nếu ở bán cầu Nam thì dời thêm trục hoành về phía Nam 10.000km. Ngoài ra, để biết được điểm cần xác định nằm ở múi nào trong 60 múi, trước tọa độ Y của mỗi điểm được ghi thêm số thứ tự của múi.

Ví dụ : Điểm A có giá trị tọa độ :

$$X_A = 2438,43 \text{ km}$$

$$Y_A = 18\ 298,87 \text{ km}$$

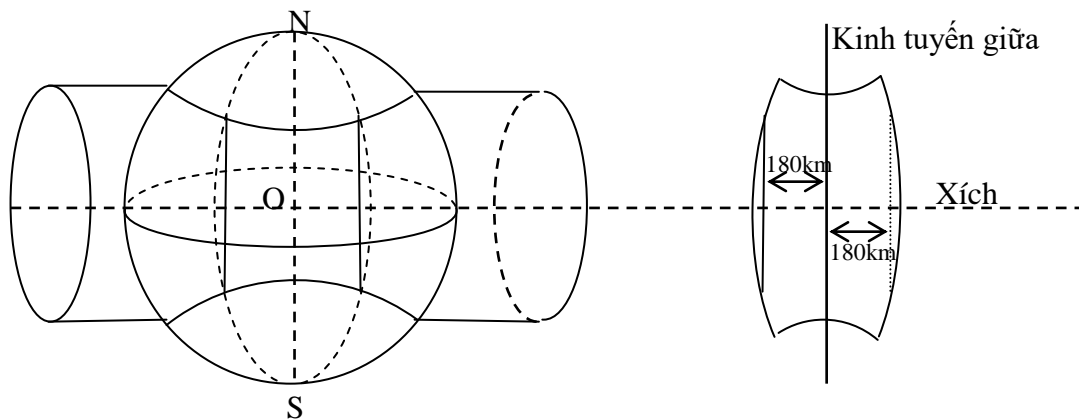
Như vậy, ta biết được điểm A thuộc múi chiếu thứ 18, cách kinh tuyến trục về phía Tây là $500,00\text{km} - 298,87\text{km} = 201,13\text{km}$ và cách xích đạo về phía Bắc là 2438,43km.

Để thuận tiện cho việc sử dụng, trên bản đồ địa hình còn được kẻ thêm một lưới tọa độ gồm một hệ thống các đường vuông góc tạo nên một lưới ô vuông. Cạnh các ô vuông song song với các trục hoành độ và tung độ. Độ lớn các cạnh ô vuông tương ứng với một khoảng cách nhất định trên thực địa tùy thuộc vào tỷ lệ bản đồ. Ví dụ : Bản đồ tỷ lệ 1 : 10.000, 1 : 25.000 và 1 : 50.000 chọn ô vuông ứng với 1km^2 và gọi là lưới km.

1.3.3. Phép chiếu UTM và hệ tọa độ vuông góc phẳng UTM

1.3.3.1. Phép chiếu UTM (Universal Transverse Mercator)

Phép chiếu bản đồ UTM (Universal Transverse Mercator) cũng thực hiện với tâm chiếu là quả đất và với từng múi 6° hoặc 3° , nhưng khác với phép chiếu Gausse để giảm độ biến dạng về chiều dài và diện tích, trong UTM sử dụng hình trụ ngang có bán kính nhỏ hơn bán kính quả đất, nó cắt mặt cầu theo hai đường cắt tuyến cách kinh tuyến trục khoảng 180 km. Đồng thời, cách đánh số thứ tự múi trong phép chiếu UTM cũng có sự khác biệt so với phép chiếu Gausse - Kruger, múi đầu tiên (múi số 1) được tính từ kinh tuyến 180° đến 174° Tây. Như vậy, phần đất liền lãnh thổ Việt Nam nằm trong các múi 48 và 49.



Hình 1.6. Phép chiếu UTM

Đây cũng là phép chiếu hình trụ ngang đồng góc nên trên toàn phạm vi bản đồ, không có biến dạng về góc. Khác với phép chiếu Gausse - Kruger, trong phép chiếu UTM tại kinh tuyến trục tỷ lệ biến dạng chiều dài $k = 0,9996$ đối với múi 6° và $k = 0,9999$ đối với múi 3° . Ở hai cắt tuyến (cách kinh tuyến trục 180km về hai phía) thì không có biến dạng chiều dài ($k=1$), càng về hai kinh tuyến biên thì biến dạng càng tăng ($k > 1$). Như vậy, trong phép chiếu UTM, biến dạng được phân bố đều trên toàn bản đồ, sự chênh lệch do biến dạng giữa khu vực trung tâm bản đồ với khu vực biên là nhỏ hơn so với Gausse - Kruger, nếu ta sử dụng múi chiếu 3° thì biến dạng này sẽ càng nhỏ hơn nữa. Diện tích của múi chiếu trên mặt phẳng nhỏ hơn diện tích thực của nó.

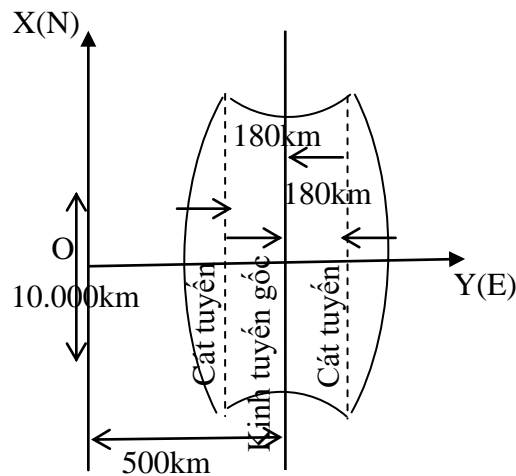
Như vậy so với phép chiếu hình Gausse, phép chiếu UTM có ưu điểm là tọa độ biến dạng được phân bố đều hơn và có trị số nhỏ hơn nhưng khi xử lý số liệu lại rất phức tạp (vì trong một múi chiếu ở các vùng khác nhau hoặc thậm trí khi xét trong một vùng độ biến dạng mang dấu âm

đương khác nhau). Chỉ áp dụng cho khu vực 80^0 vĩ Nam đến 84^0 vĩ Bắc, phép chiếu này sử dụng kích thước Elipsoid WGS - 84.

1.3.3.2. Hệ tọa độ vuông góc UTM (N, E)

Như đã nêu ở trên, trong phép chiếu UTM, hình chiếu của kinh tuyến trục và xích đạo là hai đường thẳng vuông góc với nhau và được chọn làm hệ trục tọa độ. Tọa độ UTM của một điểm được xác định bởi tung độ N (North) và hoành độ E (East). Ở đây cũng giống như quy định trong phép chiếu Gauss, trị số E được dịch chuyển cách kinh tuyến trục 500km về phía Tây, nghĩa là: $E = E' + 500\text{km}$.

Để phù hợp với khu vực toàn cầu cũng như đảm bảo các yêu cầu phát triển kinh tế, phục vụ an ninh quốc phòng từ tháng 7 năm 2000, lưới chiếu mặt trụ ngang đồng góc UTM được sử dụng làm lưới chiếu tọa độ phẳng cơ bản của Việt Nam tức là trong hệ tọa độ VN - 2000 sử dụng phép chiếu UTM thay cho phép chiếu Gauss - Kruger trong hệ HN - 72.



Hình 1.7. Hệ tọa độ vuông góc UTM

1.4. KHÁI NIỆM VỀ BẢN ĐỒ - BÌNH ĐỒ - MẶT CẮT

1.4.1. Bản đồ

Trên bản đồ, người ta thường biểu thị toàn bộ mặt đất hoặc một phần rất lớn của mặt đất như biểu trưng một lục địa, một miền hoặc một vùng.

Khi thành lập bản đồ thì các điểm, các đường ở trên mặt đất được chiếu lên mặt bầu dục (mặt Elipsoid tròn xoay), sau đó theo các qui tắc toán học nhất định người ta biểu thị mặt bầu dục thành mặt phẳng.

Chúng ta biết rằng, một mặt lồi không đàn hồi không thể trải ra thành mặt phẳng mà không có sự rạn nứt hoặc gấp nếp. Vì thế để thành lập bản đồ, người ta sử dụng nhiều phép chiếu khác nhau để tính đến các sai lệch cho các đối tượng được biểu thị.

Như thế, bản đồ là biểu diễn khái quát, thu gọn toàn bộ bề mặt trái đất hoặc một phần rất lớn mặt đất lên trên mặt phẳng có biến dạng do ảnh hưởng của độ cong quả đất theo những qui tắc toán học nhất định (phép chiếu).

Trong việc thành lập bản đồ, trước hết người ta tuân theo qui tắc toán học nhất định để xây dựng hệ thống lưới tọa độ địa lý bao gồm các kinh tuyến và vĩ tuyến. Sau đó theo hệ thống lưới này, người ta chuyển các điểm chi tiết của vùng đất lên.

Bản đồ: khái quát - thu nhỏ - biến dạng - rộng lớn - sử dụng phép chiếu nhất định

1.4.2. Bình đồ

Khác với việc thành lập bản đồ, khi thành lập bình đồ người ta chiếu các điểm và các đường của mặt đất lên mặt phẳng nằm ngang. Như thế, ở trên tờ giấy sẽ có được vị trí nằm ngang của các vùng đất ở hình đồng dạng thu gọn một số lần nhất định. Như vậy, bình đồ là biểu diễn thu gọn bề mặt thực địa trên một phạm vi hẹp lên mặt phẳng theo phép chiếu nằm ngang không tính đến ảnh hưởng của độ cong Quả đất.

Trên bình đồ, mọi biểu diễn thu nhỏ đều đồng dạng với thực địa và thực tế không bị biến dạng. Nếu trên bình đồ chỉ biểu diễn địa vật và các đường ranh giới mà không thể hiện địa hình (độ cao) thì được gọi là bình đồ địa vật hay bình đồ ranh giới. Còn bình đồ, trên đó biểu diễn cả ranh giới, địa vật và địa hình thì được gọi là bình đồ địa hình.

* Sự khác nhau giữa bản đồ và bình đồ:

- Bình đồ là sự biểu thị một khu vực nhỏ của Trái đất trong đó bỏ qua ảnh hưởng độ cong của Trái đất. Tỷ lệ bình đồ không vượt quá 1:10000 và được duy trì theo mọi hướng.

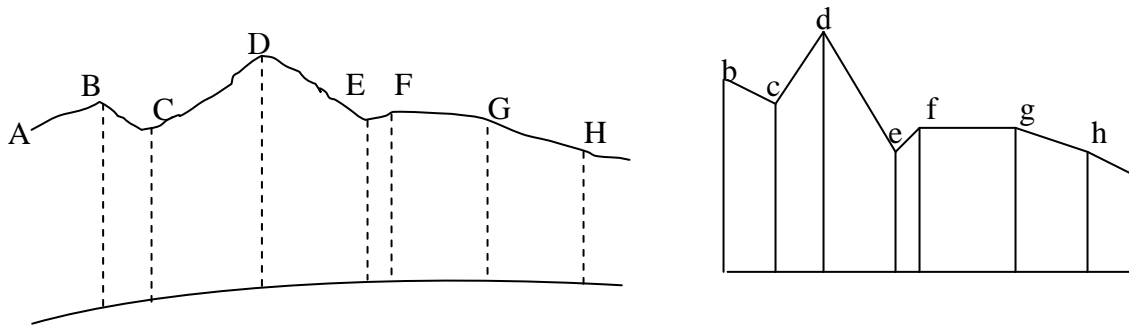
- Bản đồ có tỷ lệ thay đổi ở những phần khác nhau của nó. Thường thì dọc theo một kinh tuyến hay một vĩ tuyến nào đó sẽ được chọn làm cơ sở để thành lập bản đồ thì tỷ lệ không đổi; tỷ lệ của các hướng đó gọi là tỷ lệ chính. Tỷ lệ các phần còn lại của bản đồ sẽ khác với tỷ lệ chính và được gọi là tỷ lệ riêng.

Tuy vậy, giữa bình đồ và bản đồ đều có một điểm chung giống nhau: chúng đều là hình vẽ thu nhỏ trên giấy các hình chiếu bằng (nằm ngang) của mặt đất. Vì thế trong những phạm vi cho phép, để đơn giản ta sẽ không phân biệt tên gọi bình đồ với bản đồ nữa và sẽ gọi chúng là bản đồ.

1.4.3. Mặt cắt

Để giải quyết nhiều nhiệm vụ kỹ thuật người ta còn biểu diễn thu nhỏ hình chiếu địa hình theo một hướng nhất định nào đó lên mặt phẳng thẳng đứng, những bản vẽ này được gọi là mặt cắt.

Trong thực tế, thường sử dụng phổ biến hai loại mặt cắt: mặt cắt dọc và mặt cắt ngang.



a. Mặt cắt ngoài thực địa

b. Mặt cắt vẽ trên giấy

Hình 1.8. Mặt cắt

1.5. Tỷ lệ bản đồ - Thước tỷ lệ - Độ chính xác của tỷ lệ

1.5.1. Tỷ lệ bản đồ

Khi đo vẽ ở ngoài thực địa thường là có diện tích lớn trong khi tờ giấy vẽ thì có giới hạn nhất định, do vậy bắt buộc chúng ta phải thu gọn thực địa có thể là một vài lần, một vài trăm lần, một vài nghìn lần, hoặc cả triệu lần. Mức độ thu gọn phụ thuộc vào kích thước của vùng đất, phụ thuộc vào yêu cầu chi tiết khi biểu thị các kết quả đo cũng như mục đích thành lập bản đồ, bình đồ, mặt cắt. Mức độ thu gọn nói lên tỷ lệ của bản vẽ.

Tỷ lệ của bản đồ hay bình đồ là tỷ số giữa chiều dài một đoạn thẳng trên bản đồ (bình đồ) với chiều dài nằm ngang của đoạn thẳng đó ngoài mặt đất S. Tỷ lệ bản đồ cho biết các độ lớn, kích thước của các đối tượng trên bản đồ thu nhỏ hơn so với ngoài thực địa bao nhiêu lần.

Kí hiệu:

$$\frac{1}{M} = \frac{s}{S}$$

Tỷ lệ được biểu diễn dưới dạng phân số, có tử số bằng 1, còn mẫu số M chỉ rõ số lần thu gọn chiều dài nằm ngang của đoạn thẳng ở mặt đất đối với bản đồ được thành lập gọi là mẫu số tỷ lệ. Còn s, S lần lượt là chiều của đoạn thẳng trên bản đồ và trên thực địa.

Ví dụ: $\frac{1}{M} = \frac{1}{500}$ có nghĩa là 1cm ở trên bản đồ tương ứng với 500cm hay 5m ở thực địa, 500 thể hiện mức độ thu gọn là 500 lần.

Tỷ lệ bản đồ càng lớn tức là số lần thu nhỏ M càng nhỏ thì mức độ biểu diễn địa hình, địa vật càng đầy đủ, chi tiết và chính xác.

- 1: 1000 000 đến 1: 200 000 = Bản đồ tỷ lệ nhỏ
- 1: 100 000 đến 1: 25000 = Bản đồ tỷ lệ trung bình
- 1:10 000 = Bản đồ tỷ lệ lớn
- 1: 5000 đến 1: 500 = Bình đồ

Tỷ lệ bản đồ biểu thị mối quan hệ thu nhỏ giữa đối tượng trên bản đồ và ngoài thực địa. Vì vậy, nó là công cụ hữu ích giúp ta tính toán quy đổi các giá trị khoảng cách nằm ngang ngoài thực địa về khoảng cách trên bản đồ và ngược lại.

Ví dụ: - Đo một đoạn thẳng trên bản đồ ta được khoảng cách 2,7cm. Biết tỷ lệ bản đồ là 1:500.000 khi đó đoạn thẳng tương ứng ở thực địa dài là:

$$2,7\text{cm} \times 500.000 = 1350.000\text{cm} = 13,5\text{km}.$$

- Đo một đoạn thẳng ngoài thực địa 10km, biết tỷ lệ bản đồ 1:200.000, chiều dài đoạn thẳng tương ứng ở trên bản đồ là:

$$10\text{km} : 200.000 = 0,00005\text{km} = 5\text{cm}$$

Cần chú ý là tỷ lệ của bản đồ và bình đồ có sự khác nhau. Bình đồ có tỷ lệ duy nhất, không đổi ở mọi nơi. Đối với bản đồ thì tỷ lệ sẽ thay đổi khi chuyển từ phần này sang phần khác và chỉ giữ nguyên tỷ lệ ở cùng một hướng.

Tóm lại tỷ lệ bản đồ phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

- Diện tích
- Mức độ chi tiết trong thành lập bản đồ. Khi yêu cầu mức độ chi tiết càng cao thì tỷ lệ bản đồ càng lớn.
- Giá thành

1.6. ĐỊNH HƯỚNG ĐƯỜNG THẲNG

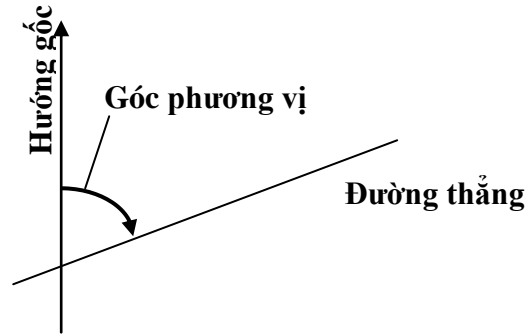
1.6.1. Khái niệm về định hướng đường thẳng

Muốn biểu thị một đoạn thẳng lên bản đồ không những chỉ biết chiều dài mà còn phải biết phương hướng của nó. *Việc xác định phương hướng của một đường thẳng so với một đường thẳng khác được chọn làm hướng gốc nào đó gọi là định hướng đường thẳng.*

Góc nằm ngang hợp bởi hướng gốc và hướng của đường thẳng gọi là góc phương vị hay góc định hướng, được tính từ hướng Bắc của kinh tuyến đến hướng của đường thẳng theo chiều kim đồng hồ và có giá trị từ 0^0 - 360^0 , kí hiệu A.

Góc phương vị cùng với các đại lượng đo khác sẽ giúp ta xác định được vị trí của các điểm trên mặt đất để từ đó biểu thị chúng lên bản đồ. (Hình 1.11)

Trong Trắc địa, hướng gốc được chọn có thể là kinh tuyến thực (kinh tuyến địa lý), kinh tuyến từ (kinh tuyến nam châm), kinh tuyến trục của múi chiếu. Tương ứng có các khái niệm góc phương vị thực, góc phương vị từ, góc định hướng.



Hình 1.11

1.6.2. Các góc phương vị

Quan hệ giữa hướng Bắc của kinh tuyến thực hoặc hướng Bắc của kinh tuyến từ với đường thẳng được thể hiện bằng góc. Góc đó gọi là góc phương vị và được dùng để định hướng đường thẳng.

16.2.1. Góc phương vị thực

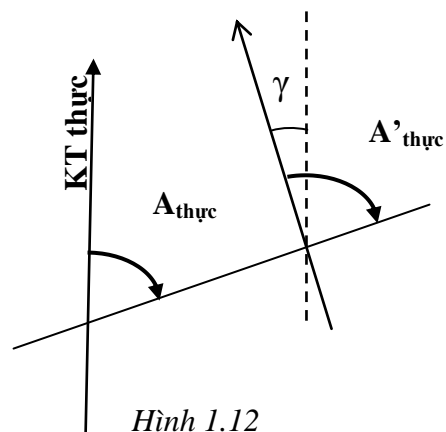
Kinh tuyến thực là giao tuyến của mặt phẳng đi qua trục quay quả đất với mặt đất. Phương hướng của kinh tuyến thực ở thực địa được xác định theo phương pháp quan sát thiên văn. Khi chọn hướng gốc là kinh tuyến thực ta có khái niệm góc phương vị thực.

Góc phương vị thực của một đường thẳng tại một điểm là góc hợp bởi hướng Bắc của kinh tuyến thực với hướng của đường thẳng theo chiều kim đồng hồ, kí hiệu : $A_{thực}$ (hình 1.12)

Các kinh tuyến khác nhau gặp nhau tại cực nên tại các điểm khác nhau trên đường thẳng thì góc phương vị thực khác nhau. Nếu đường thẳng cùng nằm trên một vĩ tuyến dù có điểm khác nhau thì góc phương vị thực giống nhau.

Độ gàn kinh tuyến : Các kinh tuyến không song song với nhau mà gặp nhau tại cực. Góc giữa hai kinh tuyến được gọi là độ gàn kinh tuyến hay còn gọi là độ hội tụ kinh tuyến, kí hiệu là γ . Góc phương vị tại các điểm khác nhau sẽ khác nhau một lượng bằng độ gàn kinh tuyến. Nghĩa là:

$$A'_{thực} = A_{thực} + \gamma$$



Hình 1.12

1.6.2.2. Góc phương vị từ

Để xác định phương vị thực có thể làm được nhưng phức tạp. Muốn quan sát được thì phải dùng thiên văn hoặc dùng công nghệ GPS. Ta biết xung quanh trái đất có từ trường. Kinh tuyến từ là đường thẳng giao tuyến của mặt phẳng đi qua hai đầu kim nam châm với mặt phẳng nằm ngang và không trùng với kinh tuyến thực.

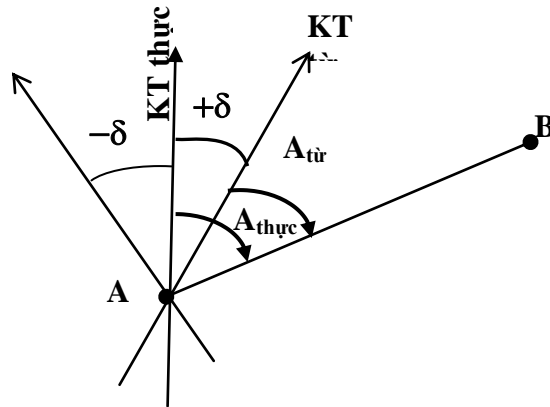
Góc phương vị từ là góc nằm ngang được tính từ hướng Bắc của kinh tuyến từ theo chiều kim đồng hồ đến hướng của đường thẳng cần xác định. (hình 1.13)

Tại cùng một điểm trên mặt đất, kinh tuyến thực và kinh tuyến từ không trùng nhau. Góc lệch giữa hai kinh tuyến này gọi là độ lệch từ (độ lệch kim nam châm) kí hiệu là δ . Lấy kinh tuyến thực làm chuẩn, nếu kinh tuyến từ lệch về phía Đông thì sẽ có độ lệch từ Đông và được xác định bằng dấu (+). Nếu kinh tuyến từ lệch về phía Tây, sẽ có độ lệch từ Tây và được xác định bằng dấu (-). Tùy theo hướng lệch giữa kinh tuyến từ và kinh tuyến thực mà ta có:

$$\delta = A_{\text{thực}} - A_{\text{từ}}$$

Trị số của độ lệch từ luôn luôn biến động. Không những ở các điểm có từ tính khác nhau mà ngay cả tại một điểm nó cũng thay đổi theo thời gian vì khi quả đất quay cực từ cũng luôn thay đổi. Trong vòng một ngày đêm giá trị độ lệch kim nam châm có thể thay đổi tới 15' hoặc lớn hơn và có thể đạt tới hàng chục độ sau mấy trăm năm. Vì thế, trong trường hợp đo với mục đích bình thường, không đòi hỏi tính chính xác cao có thể sử dụng góc phương vị từ.

Nhược điểm của $A_{\text{thực}}$ và $A_{\text{từ}}$ là tại các điểm trên cùng một đường thẳng thì góc phương vị không bằng nhau vì kinh tuyến thực, kinh tuyến từ đều hướng về cực Bắc và Nam nên gặp nhau tại cực, chúng không song song với nhau nên sử dụng chúng để định hướng rất không thuận tiện.



Hình 1.13

1.6.3. Góc định hướng và quan hệ giữa các yếu tố định hướng đường thẳng

Các kinh tuyến thực của quả đất không song song với nhau mà gặp nhau ở hai cực. Do vậy góc phương vị và góc hai phương thay đổi tại các điểm khác nhau trên mặt đất. Do nguyên nhân này mà góc phương vị thuận và góc phương vị nghịch của cùng một đường sẽ khác nhau không phải là 180^0 . Để thuận lợi trong tính toán người ta dùng góc định hướng.

1.6.3.1. Góc định hướng

Nếu chọn hướng gốc là kinh tuyến trục của múi chiếu, tức là trục X, ta có khái niệm góc định hướng.

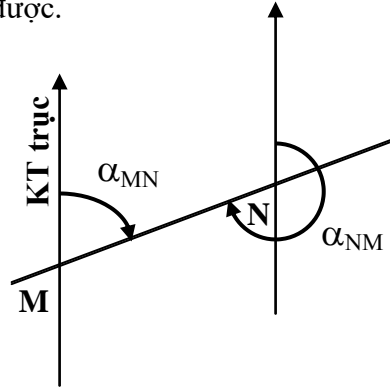
Góc định hướng α của một đường thẳng là góc nằm ngang tính từ hướng Bắc của kinh tuyến trục (hoặc từ hướng dương của trục OX) theo chiều kim đồng hồ đến hướng đường thẳng đã cho. Góc định hướng có giá trị từ 0^0 đến 360^0 (hình 1.14).

Để xác định góc định hướng có thể dùng hướng Bắc của đường thẳng song song với kinh tuyến trục đi qua một điểm trên đường thẳng cần định hướng. Khác với các góc phương vị từ, góc phương vị thực thì tại các điểm trên cùng một đường thẳng giá trị góc định hướng không đổi: $\alpha_1 = \alpha_2$. Điều này cho phép ứng dụng góc định hướng α ngoài thực tế rất thuận lợi.

Góc định hướng thuận α_{MN} là góc định hướng của đường thẳng chứa đoạn thẳng MN tại điểm M nhìn tới điểm N. Góc định hướng nghịch α_{NM} là góc định hướng của đường thẳng chứa đoạn thẳng MN tại điểm N nhìn tới điểm M và hai góc này lệch nhau đúng bằng 180^0 .

$$\alpha_{NM} = \alpha_{MN} \pm 180^0$$

Góc định hướng thuận và nghịch có thể thay đổi vai trò cho nhau, ta chọn cái nào là thuận hay cái nào là nghịch cũng được.



Hình 1.14

1.6.3.2. Quan hệ giữa các yếu tố định hướng đường thẳng

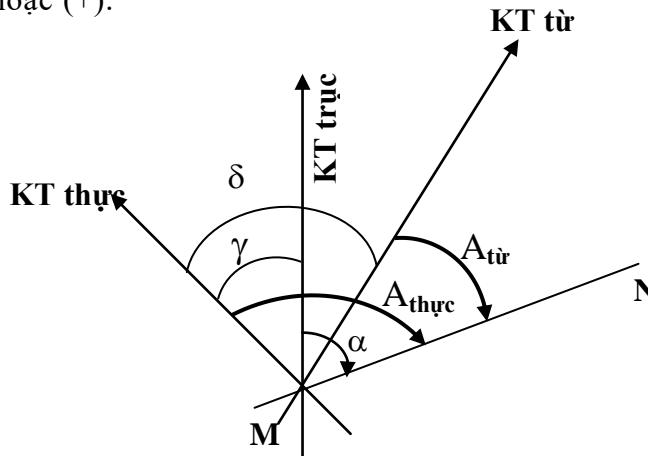
Nếu tại điểm M có hình chiếu của các kinh tuyến thực, kinh tuyến từ và đường song song với kinh tuyến giữa (trục OX) thì từ các định nghĩa trên ta sẽ xác định mối quan hệ giữa các yếu tố định hướng.

Kinh tuyến trực chính là một kinh tuyến thực ở giữa múi chiếu, do vậy tại một điểm trên đường thẳng nói chung góc định hướng và góc phương vị khác nhau một lượng bằng độ gần kinh tuyến giữa kinh tuyến thực đi qua điểm đó và kinh tuyến trực tùy theo vị trí tương quan giữa hai kinh tuyến mà ta có: $\alpha = A_{thực} - \gamma$ (1)

Như ở trên ta đã biết: $\delta = A_{thực} - A_{từ}$, suy ra: $A_{thực} = \delta + A_{từ}$ (2)

Thay (2) vào (1) ta có: $\alpha = A_{từ} + \delta - \gamma$

Dựa vào mối quan hệ giữa các góc mà ta có thể tính được một trong năm yếu tố định hướng khi biết bốn yếu tố định hướng khác. Độ lệch từ và độ gần kinh tuyến có thể mang dấu (-) hoặc (+).

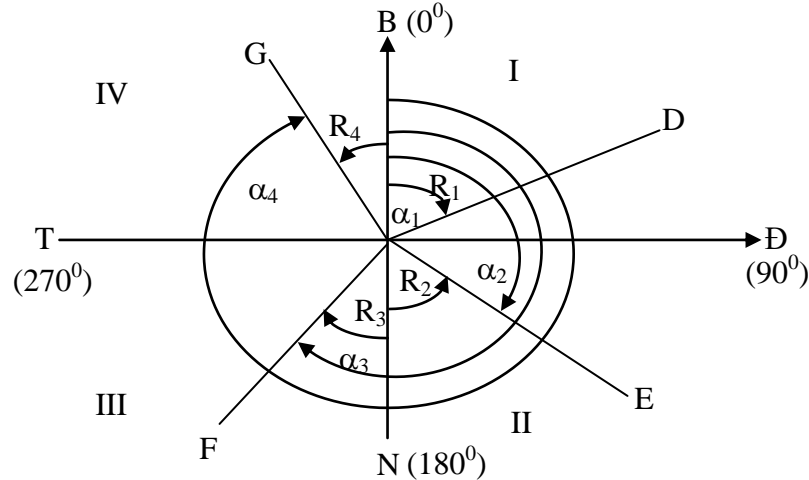


Hình 1.15

1.6.3.3. Quan hệ giữa góc định hướng và góc hai phương

Góc hai phương của một đường thẳng là góc nằm ngang, được tính từ hướng Bắc hoặc hướng Nam của kinh tuyến đến hướng của đường thẳng có giá trị từ $0^0 - 90^0$, kí hiệu R.

Kinh tuyến Bắc – Nam và hướng Tây – Đông chia mặt phẳng thành 4 góc phần tư. Góc phần tư I mang tên Bắc – Đông, góc phần tư II mang tên Nam – Đông, góc phần tư III mang tên Nam – Tây, góc phần tư IV mang tên Bắc – Tây.



Hình 1.16

Để thuận tiện việc tính toán khi sử dụng bảng tra lượng giác, người ta chuyển góc định hướng sang góc hai phương. Góc hai phương được tính theo góc định hướng cũng được kí hiệu là R và có tên gọi góc hai phương Bắc – Đông (R_{BD}), Nam – Đông (R_{ND}), Nam – Tây (R_{NT}), Bắc – Tây (R_{BT}).

Quan hệ giữa góc định hướng và góc hai phương được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 1.2

Phần tư	Giá trị góc định hướng α	Quan hệ giữa α và R
R_{BD}	$0^0 - 90^0$	$R = \alpha$
R_{ND}	$90^0 - 180^0$	$R = 180^0 - \alpha$
R_{NT}	$180^0 - 270^0$	$R = \alpha - 180^0$
R_{BT}	$270^0 - 360^0$	$R = 360^0 - \alpha$

1.6.3.4. Quan hệ giữa các góc định hướng α với góc bằng β

Giả sử trên mặt phẳng tọa độ XOY ta có các góc bằng β_1, β_2, \dots hợp bởi các cạnh tương ứng S_0, S_1, S_2, \dots . Tại các điểm A, B, C, ... ta kẻ các đường song song với trục OX ta sẽ có các góc định hướng $\alpha_1, \alpha_2, \dots$. Các góc này sẽ được tính trong trường hợp đã biết góc khởi đầu α_d thông qua các góc bằng β_1, β_2, \dots như sau:

Từ hình 1.16 ta có: $\alpha_1 = \alpha_d + 180^0 - \beta_1$

$\alpha_2 = \alpha_1 + 180^0 - \beta_2 = \alpha_d + 2.180^0 - (\beta_1 + \beta_2)$

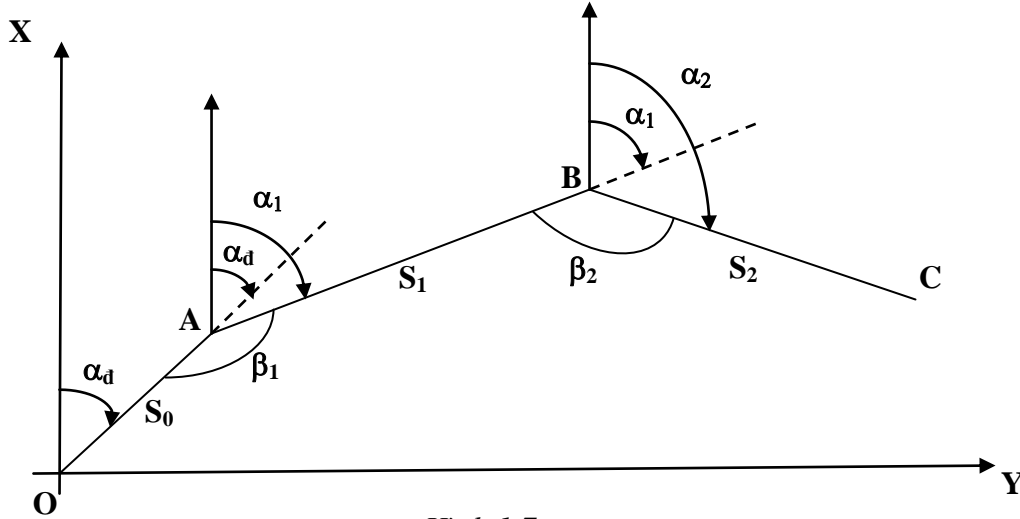
Từ đây ta suy ra: khi có một loạt góc bằng β_i nằm phía bên phải tuyến hợp bởi những cạnh S_i nếu biết góc định hướng của cạnh khởi đầu $\alpha_d = \alpha_{S_0}$, thì có thể tính được các góc định hướng cho cạnh thứ n bất kỳ theo công thức:

$$\alpha_n = \alpha_d - \sum_i^n \beta_i + n.180^0$$

Tương tự ta có thể suy ra cho các góc bằng β_i nằm bên trái tuyến là:

$$\alpha_n = \alpha_d + \sum_i^n \beta_i - n \cdot 180^\circ$$

Việc vận dụng các công thức này giúp ta tính được các tọa độ phẳng X, Y trong mạng lưới khống chế trắc địa mặt bằng mà ta sẽ tiếp tục nghiên cứu ở các chương tiếp theo.



Hình 1.7

1.7. BÀI TOÁN TRẮC ĐỊA

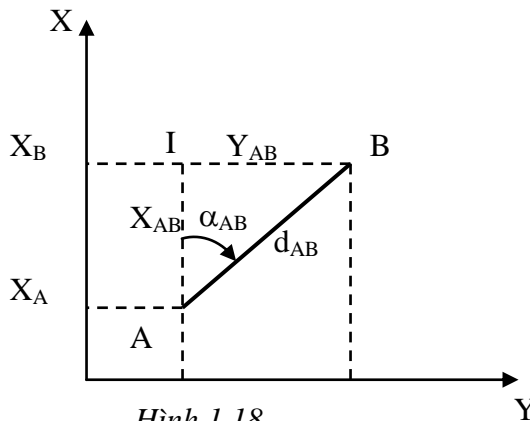
Khi xử lý tính toán các kết quả đo đạc ở thực địa để thành lập bản đồ cũng như khi thiết kế các công trình, trước khi chuyển các đồ án thiết kế ra thực địa, cần thiết phải giải quyết các bài toán trắc địa thuận và bài toán trắc địa nghịch

1.7.1. Bài toán trắc địa thuận

Mục đích: Nhằm xác định tọa độ vuông góc của một điểm khi biết chiều dài nằm ngang và góc định hướng của cạnh.

Giả thiết:

Biết tọa độ điểm A là $(X_A; Y_A)$, chiều dài cạnh giữa hai điểm A, B là d_{AB} và góc định hướng của nó là α_{AB} . Tính tọa độ điểm B?



Hình 1.18

Theo hình vẽ, ta có:

$$\begin{aligned} \Delta X_{AB} &= X_B - X_A \\ \Delta Y_{AB} &= Y_B - Y_A \end{aligned}$$

Các đại lượng ΔX_{AB} , ΔY_{AB} gọi là số gia tọa độ của điểm B đối với điểm A. Như vậy, có thể viết:

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB}$$

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

Nghĩa là, tọa độ của điểm sau bằng tọa độ của điểm trước cộng với số gia tọa độ giữa chúng. Số gia tọa độ được tính:

$$\Delta X_{AB} = d_{AB} \cdot \cos \alpha_{AB}$$

$$\Delta Y_{AB} = d_{AB} \cdot \sin \alpha_{AB}$$

Dấu của số gia tọa độ phụ thuộc vào trị số của góc định hướng hoặc tên gọi của góc hai phương như trong bảng sau:

Bảng 1.4

Trị số của góc định hướng	Tên gọi góc hai phương	Số gia tọa độ	
		ΔX	ΔY
$0 - 90^0$	$R_{BĐ}$	+	+
$90^0 - 180^0$	$R_{NĐ}$	-	+
$180^0 - 270^0$	R_{NT}	-	-
$270^0 - 360^0$	R_{BT}	+	-

Do đó, thay vào ta có tọa độ điểm B($X_B; Y_B$) được xác định như sau:

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

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

Ví dụ: Cho $X_A = 2540,806$ m; $Y_A = 4132,530$ m;

$d_{AB} = 403,74$ m và $\alpha_{AB} = 109^0 53' 42''$

Ta tính được:

$$X_B = 2540,806 + 403,74 \cos 109^0 53' 42'' = 2403,414 \text{ m}$$

$$Y_B = 4132,530 + 403,74 \sin 109^0 53' 42'' = 4512,173 \text{ m}$$

1.7.2. Bài toán trắc địa nghịch

Mục đích: Nhằm xác định chiều dài và góc định hướng của cạnh khi biết tọa độ vuông góc của hai điểm đầu và cuối của cạnh đó.

Giả thiết:

Cho biết tọa độ hai điểm A và B lần lượt là ($X_A; Y_A$) và ($X_B; Y_B$).

Tính chiều dài cạnh d_{AB} và góc định hướng α_{AB} của nó.

- Tính số gia tọa độ:

$$\Delta X_{AB} = X_B - X_A$$

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

- Tính độ dài cạnh d_{AB} :

Trong tam giác AIB có: $AB^2 = AI^2 + IB^2$

mà $AB = d_{AB}$; $AI = \Delta X$; $IB = \Delta Y$ nên $d_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

- Tính góc định hướng:

$$\text{vì } \operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \Rightarrow \alpha_{AB} = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}}$$

Ngoài ra, ta có thể tính độ dài cạnh bằng:

$$d_{AB} = \frac{\Delta X_{AB}}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{\Delta Y_{AB}}{\sin \alpha_{AB}}$$

Sau đó tính góc định hướng:

$$\alpha_{AB} = \arccos \frac{\Delta X_{AB}}{d_{AB}} = \arcsin \frac{\Delta Y_{AB}}{d_{AB}}$$

Có thể tính góc định hướng α thông qua việc tính góc hai phương R:

$$\operatorname{tg} R = \left| \frac{\Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}} \right|$$

Sau đó xét dấu của ΔX_{AB} , ΔY_{AB} xác định tên gọi góc hai phương và từ góc hai phương R tính ra góc định hướng α .

Vậy khoảng cách giữa hai điểm A, B và góc định hướng của cạnh AB đã được xác định.

Ví dụ: Theo tọa độ hai điểm là:

A ($x_A = + 6362,82\text{m}$; $y_A = - 7130,89\text{m}$), B ($x_B = + 5202,91\text{m}$; $y_B = - 8290,80\text{m}$) ta sẽ tính được :

$$\Delta X_{AB} = X_B - X_A = 5202,91 - 6362,82 = - 1159,91$$

$$\Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A = - 8290,80 + 7130,89 = - 1159,91$$

$$d_{AB} = \sqrt{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} = 1640,360 \text{ m}$$

$$\alpha_{AB} = \operatorname{arctg} 1 = 45^0$$

Nội dung của hai bài toán trên được vận dụng trong khi xử lý các số liệu trắc địa. Việc giải các phương trình của bài toán thuận và bài toán nghịch có thể dùng các công cụ tính toán khác nhau như tra bảng lượng giác, tra bảng logarit, máy tính cầm tay.

Chương 2 **LÝ THUYẾT VỀ SAI SỐ TRONG ĐO ĐẠC**

2.1. KHÁI NIỆM VỀ PHÉP ĐO VÀ CÁC DẠNG ĐO.

Muốn biết giá trị một đại lượng nào đó như chiều dài một đoạn thẳng, độ lớn của một góc thì phải tiến hành đo.

Phép đo là so sánh đại lượng đo với một đại lượng cùng loại được chọn làm đơn vị. Ví dụ: khi đo chiều dài của một đoạn thẳng ta lấy thước mét làm đơn vị.

Có thể phân loại các phép đo như sau:

2.1.2. Đo trực tiếp và đo gián tiếp

- Đo trực tiếp một đại lượng là so sánh nó với đại lượng đơn vị bằng cách đặt trực tiếp đại lượng đơn vị vào đại lượng đó. Nói cách khác là phép đo chọn ngay giá trị bằng số của đại lượng cần đo. Đo trực tiếp là dạng đo đơn giản nhất.

Ví dụ: Đo chiều dài một đoạn thẳng bằng thước thép chia vạch, đo nhiệt độ bằng nhiệt kế, đo góc bằng máy kinh vĩ, đo chênh cao bằng máy thủy chuẩn,... Tuy nhiên, trong thực tế không phải lúc nào cũng có thể đo trực tiếp một đại lượng được, khi đó người ta đo trực tiếp những đại lượng liên quan rồi tính toán ra đại lượng cần tìm.

- Đo gián tiếp là xác định giá trị của đại lượng cần đo thông qua việc đo trực tiếp các đại lượng khác.

Ví dụ: Muốn biết diện tích (S) của một hình chữ nhật ta cần phải đo trực tiếp chiều dài a và chiều rộng b rồi tính công thức $S = a \times b$. Hoặc khi xác định chênh cao giữa hai điểm ta dựa vào chiều dài và góc nghiêng giữa hai điểm ấy.

Như vậy, đại lượng đo gián tiếp như là hàm số của đại lượng đo trực tiếp.

2.1.3. Đo cùng độ chính xác và không cùng độ chính xác

Các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả đo là người đo, dụng cụ đo, đối tượng đo, môi trường đo. Các yếu tố này gộp lại ta gọi chung là điều kiện đo.

- Đo cùng độ chính xác được hiểu là kết quả đo được đo trong cùng một điều kiện như nhau như: bằng cùng một loại máy, cùng một phương pháp đo, cùng một số lần đo hoặc máy có cùng độ chính xác, cùng một điều kiện đo.

- Đo không cùng độ chính xác là khi việc đo được tiến hành trong điều kiện không giống nhau như máy đo khác nhau, số lần đo khác nhau, phương pháp đo khác nhau, trình độ người đo khác nhau.

Ví dụ: kết quả đo góc $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ trong một tam giác, được một người đo dùng một máy, đo theo một phương pháp với số lần đo như nhau và trong điều kiện thời tiết ổn định thì kết quả đo của ba góc đó nhận được cùng độ chính xác, ngược lại một trong các điều kiện trên khác đi chẳng hạn dùng loại máy khác, người đo khác hoặc áp dụng cách đo khác.... thì kết quả của ba góc sẽ không cùng độ chính xác

2.1.4. Đại lượng đo cần thiết, đại lượng đo thừa, đại lượng đo độc lập

Trong Trắc địa để giải quyết một bài toán thông thường cần phải đo nhiều đại lượng. Người ta gọi số đại lượng cần thiết tối thiểu để giải quyết bài toán gọi là đại lượng cần thiết hay trị đo cần thiết. Ví dụ: để xác định 06 yếu tố của một tam giác phẳng (3 góc và 3 cạnh), cần thiết phải đo tối thiểu ba yếu tố trong đó ít nhất là một cạnh.

Để nâng cao độ chính xác kết quả đo, kiểm tra kết quả đo ngắm, loại trừ được sai số thô thì bên cạnh đại lượng đo cần thiết người ta tiến hành đo thêm một số đại lượng khác và gọi đó là đại lượng đo thừa hay trị đo thừa.

Ví dụ: trong một tam giác chỉ cần đo hai góc β_1, β_2 (trị đo cần thiết = 2) còn góc thứ ba β_3 có thể suy ra bằng quan hệ $\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$, nhưng nếu đo thừa β_3 (trị đo thừa = 1) thì giúp ta kiểm tra, phát hiện sai lầm trong khi đo. Số đại lượng đo thừa bằng hiệu số giữa số đại lượng đo và số đại lượng đo cần thiết.

Các đại lượng đo không liên hệ với nhau bằng hàm số nào cả gọi là đại lượng đo độc lập.

2.2. KHÁI NIỆM SAI SỐ TRONG ĐO ĐẠC, NGUYÊN NHÂN SINH RA SAI SỐ

2.2.1. Khái niệm về sai số trong đo đạc

Đo một đại lượng nào đó (chiều dài, độ góc, chênh cao, diện tích...) dù đo nhiều lần và hết sức cẩn thận, máy móc dụng cụ rất chính xác và hoàn chỉnh nhưng người ta vẫn nhận thấy rằng kết quả giữa các lần đo thường khác nhau. Điều này chứng tỏ trong các kết quả đo có chứa sai số đồng thời phản ánh các kết quả đo chỉ là các giá trị gần đúng của đại lượng đo.

Sai số đo theo định nghĩa là sai lệch giữa giá trị đo và giá trị thực của một đại lượng tức là hiệu số giữa trị số đo và trị số thực. Kí hiệu trị số đo của lần đo thứ i là L_i , trị số thực của đại lượng cần đo là X , sai số thực tương ứng với lần đo thứ i là Δ_i thì:

$$\Delta_i = L_i - X \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Nói chung, trong nhiều trường hợp không biết được giá trị thực của đại lượng đo, do đó cũng không biết các sai số thực. Tuy nhiên, cũng có một số trường hợp, thông qua một vài hàm số của đại lượng đo mà biết được trị số thực. Ví dụ: tam giác có tổng 3 góc là 180° , tứ giác có tổng 4 góc là 360° , tổng các góc của đa giác có n đỉnh bằng $180^\circ(n-2)$. Trong thực tế công tác Trắc địa, đôi khi người ta coi trị số đo nào đó có độ chính xác cao là trị số thực.

2.2.2. Nguyên nhân sinh ra sai số

Có rất nhiều nguyên nhân gây ra sai số đo nhưng theo nguồn gốc xuất hiện có thể quy gộp thành ba nguyên nhân chủ yếu sau: sai số do dụng cụ đo, sai số do ngoại cảnh (ảnh hưởng của môi trường bên ngoài) và sai số chủ quan (do người đo)

- Sai số do dụng cụ đo: dù các máy móc, dụng cụ được chế tạo hiện đại đến mức nào thì cũng không thể tránh khỏi những sai số nhất định, hơn nữa thực trạng của mỗi dụng cụ không thể đúng như điều kiện lý tưởng theo sơ đồ cấu tạo.

Ví dụ: Sự khắc vạch không đều lên trên bản độ của máy kinh vĩ hoặc một thước thép có chiều dài danh nghĩa là $l_0 = 10\text{m}$ nhưng chiều dài thực tế của nó là $l_0 = 10.002\text{m}$. Nếu không kiểm nghiệm và cải chính vào kết quả đo thì khi đo một cạnh dài, cứ một lần đặt thước ta sẽ phạm một sai số $\delta = +2\text{mm}$.

- Sai số ngoại cảnh là ảnh hưởng của các yếu tố môi trường như: điều kiện địa hình, nhiệt độ, tốc độ gió, độ ẩm không khí, áp suất khí quyển, độ chiếu sáng, chấn động... đến kết quả đo. Ví dụ: cùng đo chiều dài một đoạn thẳng bằng thước thép nhưng khi đo nhiệt độ môi trường thay đổi làm chiều dài thước bị co dãn hoặc địa hình gập ghềnh thước bị cong. vênh... thì kết quả đo sẽ kém chính xác. Để giảm ảnh hưởng của những sai số này có thể dùng số hiệu chỉnh, lựa chọn thời gian đo hoặc phương pháp đo hợp lý.

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

Ví dụ: khi ngắm mục tiêu do góc quan của con người có hạn nên khi đọc số trên mia, mỗi người sẽ có một giá trị ước lượng khác nhau.

Tất cả các nguồn sai số trên ảnh hưởng tới kết quả đo một cách độc lập nhau và tạo nên sai số tổng hợp.

2.3. PHÂN LOẠI SAI SỐ ĐO

Khi xử lý số liệu đo người ta phân loại các sai số đo theo tính chất và quy luật xuất hiện của chúng. Có ba loại sai số sau đây:

2.3.1. Sai số thô (sai lầm)

Sai số thô (sai lầm) là những nhầm lẫn trong quá trình đo đạc, đọc số, ghi chép và tính toán số liệu hoặc do dụng cụ đo không được kiểm nghiệm, điều chỉnh. Ví dụ: Quên số lần đặt thước khi đo dài, đọc nhầm số trên mia...

Đặc điểm loại sai số này là các kết quả đo chênh nhau rất nhiều và không theo qui luật. Tức là sai số có giá trị tuyệt đối lớn gấp nhiều lần giá trị dự tính. Sai lầm chủ yếu nguyên nhân là do con người thiếu cẩn thận trong quá trình đo đạc.

Biện pháp khắc phục:

- Nâng cao tinh thần trách nhiệm, rèn luyện tác phong cẩn thận, tỉ mỉ.
- Có biện pháp kỹ thuật để kiểm tra lại kết quả đo, tiến hành đo lại nhiều lần.
- Thường xuyên kiểm tra công tác đo đạc và tính toán các số liệu.

2.3.2. Sai số hệ thống

Sai số hệ thống là sai số có tính chất hệ thống do sự thiếu chính xác của máy móc, dụng cụ đo đạc, như phân vạch thước thép, vạch trên mia, bàn chia độ thiếu chính xác, hoặc do điều kiện bên ngoài như sai số chiết quang gây nên.

Đặc điểm loại sai số này là xuất hiện theo quy luật nhất định, thường có trị số và dấu không đổi được lặp đi lặp lại trong mỗi lần đo, chúng tích lũy một cách hệ thống. Sai số hệ thống chủ yếu là do nguyên nhân dụng cụ và môi trường gây ra.

Ví dụ: khi dùng thước thép có chiều dài ngắn hơn thước tiêu chuẩn 1cm để đo một đoạn thẳng thì cứ mỗi lần đặt thước sẽ phạm một sai số là -1cm . Như vậy, nếu phải đặt thước 5 lần mới hết chiều dài đoạn đo thì kết quả nhận được của phép đo này có sai số là:

$$5 \times (-1\text{cm}) = -5\text{cm}.$$

Sai số hệ thống cũng có thể sinh ra do nhiệt độ thay đổi như khi kiểm nghiệm thước ở nhiệt độ 20°C nhưng khi đo thực tế nhiệt độ là 28°C như vậy ở nhiệt độ 28°C thì bản thân thước đã dài thêm một đoạn.

Biện pháp khắc phục:

- Kiểm nghiệm dụng cụ trước khi đo, tìm qui luật xuất hiện, trên cơ sở đó áp dụng phương pháp đo thích hợp (ví dụ đảo ống kính giữa hai lần đo khi đo góc giúp giảm sai số do vạch khắc bản độ chia không đều).
- Tính toán hiệu chỉnh vào kết quả đo.
- Đo nhiều lần tương ứng với những điều kiện đo khác nhau...

2.3.3. Sai số ngẫu nhiên

Trong dãy trị số đo xét thấy sai số có trị số đo và dấu luôn biến động không theo quy luật rõ ràng, lúc lớn lúc bé, lúc âm lúc dương thì trong dãy trị đo này tồn tại sai số ngẫu nhiên. Ví dụ: khi đo đoạn thẳng bằng thước thép ngoài sai số khắc vạch và sai số giãn nở nhiệt là mang tính chất hệ thống còn các sai số do lực kéo đầu thước không đều, thước được kéo trên đất bằng phẳng hay gồ ghề, do gió thổi mạnh hay yếu làm thước cong, người đọc số đo ở đầu thước có kịp thời và chính xác hay không.... tất cả các sai số này đều đồng thời tác động trong khoảnh khắc lên trị số đọc ở hai đầu thước theo độ lớn (trị số) và chiều (dấu) khác nhau nên chúng là sai số ngẫu nhiên.

Đặc điểm của sai số này là sai số có giá trị và tác động đến kết quả đo khác nhau, dấu và độ lớn của chúng không thể xác định trước được. Vì thế sai số ngẫu nhiên xuất hiện không có qui luật nhất định. Sai số này ta không biết được nguyên nhân cụ thể nào gây nên, có thể do khả năng giới hạn các giác quan của người đo (sai số ngắm, sai số đọc số...), do dụng cụ đo tuy đã qua kiểm nghiệm nhưng không loại trừ hết sai số, điều kiện ngoại cảnh thất thường. Tất cả những nguyên nhân đó tác động đồng thời trong khoảnh khắc lên đọc số theo những chiều hướng và độ lớn khác nhau. Chính vì thế mà ta không thể biết sai số ngẫu nhiên sẽ xuất hiện như thế nào nên

không có biện pháp loại trừ nó như hai loại sai số trên. Nó đóng vai trò quyết định mức độ chính xác của kết quả đo.

• **Các tính chất cơ bản của sai số ngẫu nhiên:**

Nếu nhìn vào dãy số ngẫu nhiên khi đo một đại lượng nhiều lần chúng ta cảm giác là chúng xuất hiện không có quy luật nhưng khi nghiên cứu chúng trong cùng một điều kiện đo với số lần đo đủ lớn ta có thể thấy sai số ngẫu nhiên luôn xuất hiện theo một quy luật nhất định và theo lý thuyết chúng có 4 quy luật sau đây:

a) Giá trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên không vượt quá giới hạn nhất định. Tính chất này đặc trưng cho điều kiện đo. Điều kiện đo càng tốt (máy, dụng cụ đo có độ chính xác cao, người đo có nhiều kinh nghiệm, điều kiện bên ngoài thuận lợi) thì giá trị giới hạn càng nhỏ.

b) Số lượng các sai số ngẫu nhiên có cùng độ lớn và ngược dấu nhau xuất hiện đồng đều trong một chuỗi giá trị đo. Đây là tính chất đối xứng của sai số ngẫu nhiên.

c) Trong một chuỗi giá trị đo, những sai số ngẫu nhiên có giá trị tuyệt đối nhỏ thường xuất hiện nhiều hơn các sai số ngẫu nhiên có giá trị tuyệt đối lớn. Đây chính là tính chất tập trung của sai số ngẫu nhiên.

d) Số trung bình cộng của sai số ngẫu nhiên trong chuỗi trị đo cùng độ chính xác sẽ tiến tới "0" khi số trị đo tăng vô hạn. Đây là tính chất bù trừ của sai số ngẫu nhiên và được biểu diễn bằng biểu thức toán học:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0$$

Trong đó : $[\Delta] = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n$

n : số trị đo

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

Ta có thể biểu thị qui luật phân bố của sai số ngẫu nhiên bằng đồ thị. Trên đồ thị, trục hoành X biểu thị giá trị của sai số, trục tung Y biểu thị số lần xuất hiện của sai số. Đường cong biểu thị phân bố sai số đối xứng qua trục tung và điếm cận với trục hoành.

2.4. TIÊU CHUẨN ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC ĐẠI LƯỢNG ĐO TRỰC TIẾP

Một đại lượng đo chính xác tương ứng với sai số nhỏ nhất. Để đánh giá độ chính xác đo đặc cần phải đo một đại lượng nào đó nhiều lần trong cùng một điều kiện, số lần đo càng nhiều, việc đánh giá càng chính xác. Các kết quả đo cùng một đại lượng càng khác nhau nhiều (mức độ biến động lớn) thì độ chính xác đo đặc càng thấp. Mức độ biến động của kết quả đo có thể được xác định bằng nhiều phương pháp, thường là sử dụng các giá trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên hoặc bình phương của chúng.

Tiêu chuẩn đánh giá tốt nhất là tiêu chuẩn không phụ thuộc vào dấu của từng sai số ngẫu nhiên và nhạy cảm đối với những sai số lớn trong chuỗi trị đo. Muốn biết mức độ chính xác của phép đo và độ tin cậy của giá trị cuối cùng lựa chọn cho đại lượng đo đó, ta có thể dựa vào các tiêu chuẩn đánh giá độ chính xác sau đây:

2.4.1. Sai số trung bình (θ)

Đo một vật n lần. Giả sử các sai số thực của n lần đo đó là $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$. Vì tổng đại số của các sai số đó theo tính chất của sai số ngẫu nhiên sẽ triệt tiêu nhau nên ta không dùng nó để đánh giá độ chính xác của kết quả đo được. Ta có thể dùng số trung bình của tổng giá trị tuyệt đối các sai số để đánh giá độ chính xác của kết quả đo đó. Được ký hiệu bằng θ và tính theo công thức:

$$\theta = \frac{|\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n|}{n}$$

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

Như vậy, sai số trung bình là số trung bình của tổng giá trị tuyệt đối của các sai số thực của các lần đo.

Nhưng sai số trung bình cũng chưa đánh giá được độ biến động của sai số thực của các lần đo, chưa đánh giá chính xác kết quả đo đạc.

Ví dụ: Giả sử có hai người cùng đo ba góc của một tam giác bằng cùng một máy, cùng cách đo, cùng điều kiện đo với 10 lần đo và sai số của mỗi lần đo (đơn vị giây) là:

Người thứ nhất: +4, -3, -5, +3, +2, -1, +5, -4, -3, +4

Người thứ hai: -1, +2, -8, -3, +2, -2, +9, +1, -4, -2

Theo công thức trên thì ta có sai số trung bình lần lượt của hai người là:

$$\theta_I = \frac{4+3+5+3+2+1+5+4+3+4}{10} = 3''4$$

$$\text{và } \theta_{II} = \frac{1+2+8+3+2+2+9+1+4+2}{10} = 3''4$$

Qua đó ta tưởng hai kết quả đo của hai người là có độ chính xác như nhau. Nhưng thực ra độ biến động sai số của người thứ 2 lớn hơn (từ -1 đến +9). Còn biến động của người thứ 1 nhỏ hơn (từ -1 đến +5).

Như vậy, sai số trung bình mới chỉ loại trừ được ảnh hưởng về dấu của các sai số ngẫu nhiên mà chưa nêu bật được mức độ biến động của kết quả đo. Sai số trung bình chỉ dùng trong tính toán, đánh giá sơ bộ hoặc đối với những đại lượng được đo với độ chính xác thấp.

2.4.2. Sai số trung phương (m)

Để tránh sai số âm dương triệt tiêu nhau trong tính toán, đồng thời để khuếch đại phạm vi biến động của sai số giúp ta thấy rõ hơn sự biến động của nó, Gausse đã đề nghị đánh giá độ chính xác của trị đo theo trị số bình phương của sai số hay gọi là sai số trung phương được ký hiệu bằng m và tính theo công thức:

$$m^2 = \frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n} = \frac{[\Delta_i^2]}{n}$$

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} \quad (2.4.2.1)$$

Như vậy, sai số trung phương là căn bậc hai của số trung bình của tổng bình phương các sai số đo thực. Sai số này chỉ đại diện cho toàn thể sai số, chứ nó không đại diện cho một sai số cá biệt nào. Sai số trung phương của trị đo càng nhỏ thì kết quả đo càng chính xác. Tiêu chuẩn đánh giá này hoàn toàn tin cậy khi số lần đo $n \geq 10$.

Ví dụ: Với số liệu đã cho ở ví dụ trên thay vào công thức $m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}$ ta có giá trị sai số trung phương lần lượt của người thứ 1 và người thứ 2 như sau:

$$m_I = \sqrt{\frac{16+9+25+9+4+1+25+16+9+16}{10}} = \pm 3''6$$

$$m_{II} = \sqrt{\frac{1+4+64+9+4+4+81+1+16+4}{10}} = \pm 4''3$$

Như vậy, kết quả đo của người thứ 1 có độ chính xác cao hơn người thứ 2 ($m_I < m_{II}$). Qua đó, ta thấy rõ ràng nên dùng sai số trung phương làm tiêu chuẩn để đánh giá độ chính xác của kết

quả đo đặc hơn là dùng sai số trung bình. Vì sai số trung phương làm nổi bật những sai số có trị số lớn nghĩa là làm nổi bật được tính biến động của kết quả đo hơn.

Sai số trung phương cũng như sai số trung bình đều là sai số đại diện cho mỗi lần đo. Thực tế, trong một dãy đo thì kết quả đo lần thứ nhất có sai số Δ_1 , kết quả đo lần thứ hai là Δ_2 ... nhưng nhìn chung thì mỗi kết quả đo đều có sai số m hay là θ . Vì thế, khi so sánh kết quả đo của đại lượng này với kết quả đo của đại lượng khác hay so sánh kết quả của nhóm này với kết quả đo cũng đại lượng đó nhưng nhóm khác, chúng ta không thể so sánh kết quả của từng lần đo cụ thể với nhau mà chỉ có thể so sánh các đại lượng đại diện với nhau mà thôi.

2.4.3. Sai số giới hạn (Δ_{gh})

Từ tính chất của sai số ngẫu nhiên là trong một điều kiện đo đặc xác định sai số ngẫu nhiên không vượt quá một giới hạn nhất định. Từ đó ta suy ra rằng, trong một dãy trị đo nếu trị đo nào có sai số vượt quá giới hạn cho trước thì trị đo đó không đảm bảo độ chính xác và không dùng để xử lý kết quả đo. Giới hạn cho trước được coi là sai số giới hạn hoặc sai số cho phép mà độ lớn của nó phụ thuộc vào điều kiện đo.

Như vậy, sai số giới hạn là trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên mà không một sai số ngẫu nhiên nào trong dãy trị đo có thể vượt qua và khi biết sai số trung phương ta có thể lập được sai số giới hạn.

Trong lý thuyết xác suất, người ta biết rằng nếu sai số đo đặc luôn theo qui luật phân bố chuẩn của Gauss thì thường chỉ có 3 trong số 1000 sai số có thể vượt qua sai số giới hạn Δ_{gh} khi: $\Delta_{gh} = 3m$

Trong các quy trình kỹ thuật yêu cầu độ chính xác cao, thường lấy sai số giới hạn là: $\Delta_{gh} = 2m$

Sai số giới hạn rất quan trọng trong việc quy định các sai số cho phép để kết quả đo đạt độ chính xác cần thiết, mà không bị tổn kém sức người sức của. Nếu ta quy định sai số giới hạn là 3m nhưng khi đo lại xuất hiện quá 3 sai số trong 1000 sai số, tức là trong quá trình đo đã mắc sai sót lớn, hoặc điều kiện đo đặc không tốt. Khi ấy ta cần kiểm tra cẩn thận những sai lầm đã mắc phải, hoặc phải tạo điều kiện đo đặc tốt hơn.

2.4.4. Sai số tương đối (1/T)

Những sai số nêu trên đều được gọi là sai số tuyệt đối vì nó thể hiện tính tuyệt đối của đại lượng sai. Tuy nhiên, nhiều khi sai số tuyệt đối chưa thể hiện hết được mức độ chính xác của trị đo (ví dụ khi đo dài), khi đó phải dùng đến sai số tương đối.

Sai số tương đối là tỷ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị của đại lượng đo và được biểu diễn dưới dạng một phân số đơn giản có tử số bằng 1 đơn vị còn mẫu số thì làm tròn đến chẵn chục, chẵn trăm, chẵn nghìn...

$$\text{Ta kí hiệu: } \frac{1}{T} = \frac{m_x}{x}$$

Trong đó: m_x – sai số tuyệt đối đo đại lượng x
 x – giá trị của đại lượng x

Ví dụ: Khi đo một đoạn thẳng dài 1000m có sai số trung phương là $m = 20\text{cm}$; đo một khoảng cách khác là 600m có sai số $m = 15\text{cm}$. Mới nhìn qua có thể tưởng tưởng hợp một đo sai hơn trường hợp hai. Nhưng nếu dùng sai số tương đối biểu thị thì trường hợp thứ nhất có sai số tương đối là:

$$\frac{1}{T} = \frac{20^{\text{cm}}}{100000^{\text{cm}}} = \frac{1}{5000}$$

trường hợp thứ hai:
$$\frac{1}{T} = \frac{15^{\text{cm}}}{60000^{\text{cm}}} = \frac{1}{4000}$$

Như vậy, chất lượng đo trong trường hợp một cao hơn nhiều so với trường hợp hai. Do đó khi tính ra sai số tuyệt đối của trị số đo chiều dài ta thường chuyển về dạng sai số tương đối.

2.6. GIÁ TRỊ TRUNG BÌNH CỘNG CỦA ĐẠI LƯỢNG ĐO VÀ SAI SỐ TRUNG PHƯƠNG CỦA TRỊ TRUNG BÌNH CỘNG (M_X)

2.6.1. Nguyên tắc số trung bình cộng

Giả sử ta có một dãy trị số đo của cùng một đại lượng $X : L_1, L_2, \dots, L_n$. Những trị số này được đo cùng một điều kiện và có các sai số thực là $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$. Từ định nghĩa về sai số thực ta có thể viết được phương trình sau :

$$\begin{array}{l} L_1 - X = \Delta_1 \\ L_2 - X = \Delta_2 \\ \dots\dots\dots \\ L_n - X = \Delta_n \\ \hline [L] - nX = [\Delta] \end{array}$$

Từ đó rút ra :

$$X = \frac{[L]}{n} - \frac{[\Delta]}{n} \quad (2.6.1.1)$$

Theo tính chất của sai số ngẫu nhiên.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0$$

Nên khi đặt :
$$\frac{[L]}{n} = \bar{L} \quad (2.6.1.2)$$

Ta có thể viết đẳng thức (2.6.1.1) dưới dạng :

$$[\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{L} = X]$$

Nghĩa là khi số lần đo tăng lên vô hạn, số trung bình cộng \bar{L} sẽ bằng số thực X . Vì vậy, số trung bình cộng là số đáng tin cậy nhất của đại lượng ấy và ta lấy nó làm kết quả đo đạc.

Đó chính là nguyên tắc số trung bình cộng. Nguyên tắc này là cơ sở cho bình sai trực tiếp và cũng từ đó ta có nguyên tắc số bình phương nhỏ nhất sẽ nói đến ở phần sau.

2.6.2. Giá trị trung bình cộng (x)

Nếu có một dãy đo cùng độ chính xác của cùng một đại lượng thì cần xử lý các kết quả đo này để tìm được trị số tin cậy nhất của đại lượng.

Gồm các việc sau :

1. Tính trị số tin cậy nhất hay còn gọi là trị số xác suất nhất của đại lượng đo
2. Tìm sai số trung phương của một lần đo
3. Xác định sai số trung phương của trị số xác suất nhất

Trị số xác suất nhất của đại lượng đo là trị số trung bình cộng của các kết quả đo cùng độ chính xác. Kí hiệu \bar{L} là trị số xác suất nhất ; L_1, L_2, \dots, L_n là trị số của các kết quả đo thì :

$$\bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_n}{n} = \frac{[L]}{n} \quad (2.6.2.1)$$

Tính trị số trung bình cộng theo công thức (2.6.2.1) nhiều khi phức tạp và lâu, vì các trị số L và n lớn. Để thuận tiện cho tính toán, người ta chọn một trị số gần đúng L_0 (trị số L_0 nên gần bằng mỗi trị đo, hoặc bằng một trong các trị số đo) để tính ra số dư ε theo công thức :

$$\varepsilon_i = L_i - L_0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.6.2.2)$$

Trị số gần đúng được chọn sao cho để các số dư có trị số nhỏ
 Từ (2.6.2.2) rút ra :

$$L_i = L_0 + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.6.2.3)$$

Thay thế L_i ở (2.6.2.3) và (2.6.2.1) sẽ có :

$$\bar{L} = L_0 + \frac{[\varepsilon]}{n} \quad (2.6.2.4)$$

Ví dụ: Đo một đoạn thẳng 4 lần, được các kết quả là $120,35^m$; $120,30^m$; $120,45^m$ và $120,38^m$. Tính số trung bình cộng của đoạn thẳng ấy.

Giải :

Phương pháp một : theo công thức (2.6.2.1) ta có :

$$\bar{L} = \frac{[L]}{n} = \frac{120,35 + 120,30 + 120,45 + 120,38}{4} = \frac{481,48}{4} = 120,37^m$$

Phương pháp hai : theo công thức (2.6.2.4), ta đặt $L_0 = 120,30^m$. Khi ấy sẽ có :

$$\bar{L} = 120,30 + \frac{0,05 + 0 + 0,15 + 0,08}{4} = 120,30 + 0,07 = 120,37^m$$

2.6.3. Sai số trung phương của trị trung bình cộng (M)

Công thức tính sai số trung phương nêu trên chỉ áp dụng được khi biết được sai số thực Δ , tức là phải biết được trị thực X của đại lượng cần đo. Trong thực tế, những trường hợp đó rất không phổ biến. Thông thường, từ các trị đo ta chỉ có thể nhận được kết quả gần với trị thực, đó là trị trung bình cộng của chúng

Ta chuyển công thức tính số trung bình cộng :

$$\bar{L} = \frac{[L]}{n}$$

$$\text{Thành dạng : } \bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + \dots + L_n}{n} = \frac{1}{n}L_1 + \frac{1}{n}L_2 + \dots + \frac{1}{n}L_n \quad (2.6.3.1)$$

Đây là một hàm số tuyến tính, áp dụng công thức (2.7) ta có :

$$M^2 = \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_{L_1}^2 + \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_{L_2}^2 + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^2 m_{L_n}^2 \quad (2.6.3.2)$$

Trong đó M là sai số trung phương của số trung bình cộng. Vì \bar{L} là số trung bình cộng của các trị số đo có cùng độ chính xác :

$$m_{L_1}^2 = m_{L_2}^2 = \dots = m_{L_n}^2 = m$$

Nên phương trình (2.6.3.2) có thể viết thành :

$$M^2 = \left(\frac{1}{n}\right)^2 m$$

$$\text{Hay: } M = \frac{m}{\sqrt{n}} \quad (2.6.3.3)$$

Nghĩa là sai số trung phương M của trị số trung bình cộng từ các kết quả đo cùng độ chính xác của một đại lượng bằng sai số trung phương của một lần đo chia cho căn bậc hai của số lần đo. Theo công thức (2.6.3.3) thì sai số trung phương của trị số trung bình cộng nhỏ hơn sai số trung phương của mỗi lần đo riêng lẻ. Do vậy, trị số trung bình cộng là trị số tin cậy nhất so với các trị số đo của đại lượng đo.

Qua đó, ta thấy muốn tăng độ chính xác của kết quả đo, có thể tăng số lần đo. Tuy thế số lần tăng không nên nhiều quá vì số lần đo càng nhiều độ chính xác tuy được nâng cao nhưng mức độ nâng cao càng ít, tức là sai số trung phương tuy giảm, nhưng giảm càng ít. Ví dụ muốn M giảm đi 2 lần, thì số lần đo phải tăng lên 4 lần. Muốn M giảm đi 4 lần thì số lần đo phải tăng lên 16 lần.

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

$$m = \sqrt{\frac{[d]^2}{2n}}$$

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

$$m = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d]^2}{n}}$$

Trong đó: d - là hiệu giữa các kết quả của hai lần đo (chênh lệch của kết quả đo kép); n: là số lượng các hiệu số đó.

Ngoài ra, trong thực tế thường không đo kép hơn 6 lần. Muốn có kết quả đo chính xác hơn, cần dùng máy móc, dụng cụ có độ chính xác cao hơn, dùng phương pháp đo đặc hoàn chỉnh hơn và tạo điều kiện đo tốt hơn.

2.6.4. Sai số trung phương của mỗi lần đo (m) khi chưa biết giá trị thực (X)

Giả sử đo n lần cùng độ chính xác một đại lượng, giá trị thực của đại lượng là X chưa biết, có thể đánh giá độ chính xác kết quả đo theo số hiệu chỉnh xác suất nhất.

Chúng ta viết các đẳng thức sau đây :

$$\left. \begin{aligned} \Delta_i &= L_i - X \\ V_i &= \bar{L} - L_i \end{aligned} \right\} \quad (2.6.4.1)$$

Cộng từng vế hai phương trình của hệ (2.6.4.1) sẽ được :

$$\Delta_i + V_i = \bar{L} - X \quad (2.6.4.2)$$

Hiệu số $\bar{L} - X = \delta$ là sai số của trị số trung bình cộng, nên (2.6.4.2) có thể viết :

$$\Delta_i = \delta - V_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.6.4.3)$$

Bình phương hai vế của (2.6.4.3), sau đó lấy tổng số theo chỉ số i biến thiên từ 1 đến n, được :

$$[\Delta^2] = n\delta^2 + [V^2] - 2\delta[V]$$

Do $[V] = 0$ nên :

$$[\Delta^2] = n\delta^2 + [V^2] \quad (2.6.4.4)$$

Chia hai vế của (2.6.4.4) cho n, được :

$$\frac{[\Delta^2]}{n} = \delta^2 + \frac{[V^2]}{n} \quad (a)$$

Từ (2.6.4.3) suy ra :

$$\delta = \frac{[\Delta]}{n} \quad (b)$$

Do đó :

$$\delta^2 = \frac{[\Delta^2]}{n^2} \quad (c)$$

Từ (a) và (c) có:

$$\frac{[\Delta^2]}{n} = \frac{[\Delta^2]}{n^2} + \frac{[V^2]}{n}$$

Hay:
$$\frac{[\Delta^2]}{n} - \frac{[\Delta^2]}{n^2} = \frac{[V^2]}{n}$$

Có:
$$\frac{[\Delta^2]}{n} \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{[V^2]}{n}$$

Suy ra:
$$\frac{[\Delta^2]}{n} \cdot \frac{(n-1)}{n} = \frac{[V^2]}{n}$$

Do:
$$m^2 = \frac{[\Delta^2]}{n} \text{ nên có: } m^2 (n-1) = [V^2]$$

Nên:
$$m^2 = \frac{[V^2]}{n-1}$$

Và có :
$$m = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}} \quad (2.6.4.4)$$

Sai số trung phương của trị số trung bình cộng sẽ là :

$$M = \sqrt{\frac{[V^2]}{n(n-1)}} \quad (2.6.4.5)$$

Vì số lượng các số hiệu chỉnh xác suất có hạn, nên chính giá trị m tính theo công thức (2.6.4.5) cũng vẫn có sai số. Trong lý thuyết xác suất đã chứng minh được trong trường hợp số hiệu chỉnh xác suất nhất V_i có hạn thì sai số của sai số trung phương m được tính theo công thức (2.6.4.5) sẽ là :

$$m_m = \frac{m}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (2.6.4.6)$$

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

Lần đo	L_i (m)	$V = \bar{L} - L_i$ (m)	V^2
1	178,75	+0,03	0,0009
2	178,82	- 0,04	0,0016
3	178,76	+0,02	0,0004
4	178,79	- 0,01	0,0001
	$\bar{L} = \frac{[L]}{n} = 178,78$		$[V^2] = 0,0030$

Sai số trung phương của mỗi lần đo :

$$m = \sqrt{\frac{[V^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0030}{3}} = 0,03 \text{ (m)}$$

Sai số trung phương của L :

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

Do đó kết quả đo chiều dài AB sẽ là : $L = 178,78 \pm 0,02$ (m)

Chương 3 ĐO GÓC

3.1. NGUYÊN LÝ ĐO GÓC

3.1.1. Nguyên lý đo góc nằm ngang (H_z - Horizontal)

Nói chung, các cạnh tạo nên các góc trên mặt đất không cùng nằm trong mặt phẳng nằm ngang, nhưng trong đo đạc, ta cần đo hình chiếu của các góc đó trong không gian lên mặt phẳng nằm ngang.

Giả sử có 3 điểm A, O, B trên mặt đất, với những độ cao khác nhau: Góc kẹp giữa hai hướng OA và OB là một góc nghiêng trong không gian, dùng phép chiếu vuông góc để chiếu góc AOB xuống mặt thủy chuẩn (P) ta được góc A_1OB_1 .

(Q_1) là mặt phẳng thẳng đứng qua OA.

(Q_2) là mặt phẳng thẳng đứng qua OB, O_1O là cạnh nhị diện. Hai mặt phẳng thẳng đứng Q_1 và Q_2 tạo thành góc nhị diện AOB.

Vậy góc nằm ngang là góc nhị diện của hai mặt phẳng đứng đi qua hai hướng ngắm OA và OB. Kí hiệu: β

Như vậy, muốn đo góc nằm ngang của các đường thẳng trên mặt đất, ta phải dùng loại máy đo góc có các bộ phận cơ bản sau:

+ Một mặt phẳng nằm ngang bất động (P) và trong máy kinh vĩ chính là bàn chia độ nằm ngang.

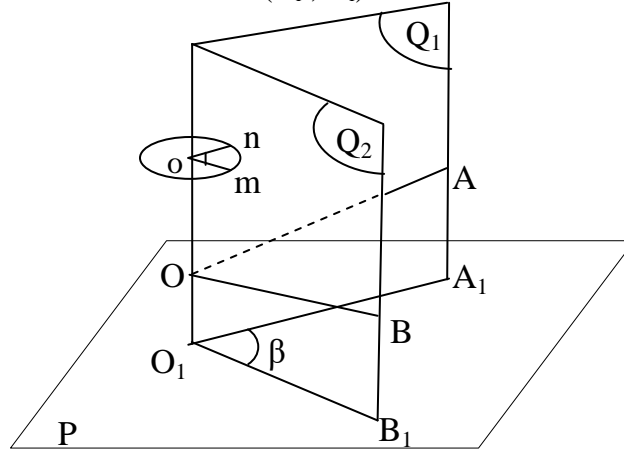
+ Một mặt phẳng thẳng đứng có thể chuyển động, ví dụ từ Q_1 đến Q_2 quanh một trục quay thẳng đứng O_1O . Trục quay này đi qua tâm (o) bàn chia độ nằm ngang và đỉnh góc cần tìm. (hình 3.1)

Trong máy kinh vĩ, mặt phẳng thẳng đứng này tức là mặt phẳng ngắm của máy, và trục quay thẳng đứng tức là trục đứng của máy kinh vĩ.

Khi mặt phẳng ngắm của máy di chuyển từ Q_1 đến Q_2 , nó mang theo chỉ tiêu từ n đến m và chỉ trị số góc ngang AOB trên bàn chia độ nằm ngang. Hiệu trị số đó là góc $\beta = m - n$.

Vậy đo góc bằng không phải là đo góc kẹp giữa hai hướng ngắm mà là đo hình chiếu bằng của góc đó.

Trong lưới khống chế trắc địa việc xác định các góc nằm ngang (β_i) dùng để tính đường chiều dài các cạnh (d) và góc định hướng của chúng (α). Từ đó để tính số gia tọa độ và suy ra đường chuyền tọa độ cho tất cả các điểm (X_i, Y_i)

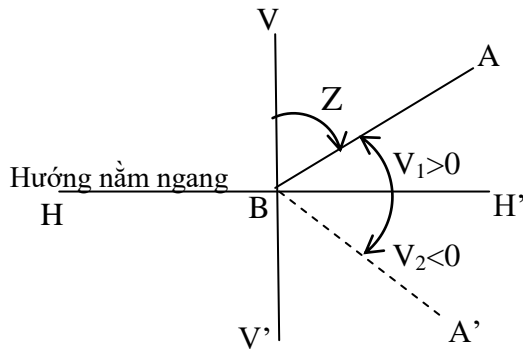


Hình 3.1. Nguyên lý đo góc bằng

3.1.2 Nguyên lý đo góc đứng (V - Vertical)

Góc đứng được xác định ở trên mặt phẳng đứng. Góc đứng của một đường thẳng trên mặt đất là góc tạo bởi đường thẳng đó với hình chiếu của nó xuống mặt phẳng nằm ngang. Tùy từng trường hợp, nó có thể là góc hợp bởi tia ngắm với mặt phẳng nằm ngang hoặc có thể hợp bởi tia ngắm với mặt phẳng thẳng đứng mà có tên gọi khác nhau.

- Nếu chọn mặt phẳng nằm ngang (HH') làm chuẩn:
- + Góc hợp bởi tia ngắm BA với hướng nằm ngang HH' gọi là góc đứng, kí hiệu: V
- + Tia ngắm BA nằm trên mặt phẳng nằm ngang thì V mang giá trị (+), ngược lại nằm dưới mp nằm ngang thì V mang giá trị (-). (hình 3.2)



V: góc đứng
 $V = 0^\circ \div \pm 90^\circ$
 Z: góc thiên đỉnh
 $Z = 0^\circ \div 180^\circ$
 $Z + V = 90^\circ$

Hình 3.2. Nguyên lý đo góc đứng

- Nếu chọn đường thẳng đứng hướng lên trên làm chuẩn:
- + Góc hợp đường thẳng đứng VV' và tia ngắm BA gọi là góc thiên đỉnh (đỉnh trời) và kí hiệu là : Z
- + Khi tia ngắm BA trùng với VV' thì $Z = 0$, còn lại : $Z = 0 \div 180^\circ$

Đối với một hướng ngắm nhất định thì tổng số góc thiên đỉnh Z và góc đứng V bằng 90^0 (tức Z và V là hai góc phụ nhau)

$$Z + V = 90^0 \quad (\text{hình 3.2})$$

Như vậy, muốn đo được góc đứng, qua nguyên lý trên, để nhận được các trị số góc đứng, phải có một máy đảm bảo các điều kiện sau:

- Có một mặt phẳng nằm ngang.
- Có một mặt phẳng chiếu thẳng đứng.
- Có thiết bị đảm bảo thu được phương hướng đến các cạnh của góc cần đo.

Để đo góc đứng cần có một dụng cụ có vòng chia độ đứng kèm theo các bộ phận đọc số trên những vòng chia độ ấy. Dụng cụ này cần có bộ phận để đặt vòng độ thẳng đứng với độ chính xác cần thiết. Ngoài ra, dụng cụ cần có bộ phận có thể làm trùng tâm vòng độ đứng với mặt phẳng đứng đi qua cạnh cần phải đo góc đứng. Tương tự như đo góc nằm ngang thì để đo góc đứng thỏa mãn yêu cầu trên người ta cũng sử dụng máy kinh vĩ.

Góc đứng V hoặc góc thiên đỉnh Z dùng để tính chênh cao lượng giác (h) giữa các điểm nghĩa là cho phép tính chênh độ cao H_i giữa các điểm trong lưới.

3.2.MÁY KINH VĨ (THEODOLITE)

3.2.1. Giới thiệu chung về máy kinh vĩ

Kinh vĩ là một loại máy đo đạc tương đối chính xác và toàn diện. Dùng nó, ta đo được góc nằm ngang, góc đứng của các đường thẳng trên mặt đất. Do có bộ phận thị cự trong ống kính nên nó cũng đo được cả chiều dài gián tiếp. Vì vậy, máy kinh vĩ là một loại máy toàn đạc được dùng nhiều trong các ngành.

Máy kinh vĩ có rất nhiều kiểu khác nhau do nhiều nước trên thế giới sản xuất như Liên-xô, Đức, Trung Quốc, Tiệp, Anh, Mỹ...

Nguyên lý cấu tạo của máy kinh vĩ ngoài việc thỏa mãn các yêu cầu để đo được các góc trên thực địa, còn cần phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

- Tiện lợi và gọn nhẹ, dễ vận chuyển và bảo quản.
- Các phần chính của máy được bảo vệ chắc chắn, tránh bị đốt nóng, bụi bẩn, ẩm ướt và hỏng hóc cơ học.
- Các bộ phận thao tác trên máy bố trí hợp lý sao cho người sử dụng không phải thay đổi vị trí khi thao tác.
- Máy có độ chắc chắn ổn định cao, ít phải điều chỉnh thêm ngay cả khi sử dụng một thời gian dài trong điều kiện khó khăn.
- Hệ thống quang học có chất lượng lý tưởng, cho ảnh rõ nét (độ tương phản cao) ngay cả khi điều kiện chiếu sáng kém.

- Hình dạng đơn giản, đạt chất lượng kiểu dáng công nghiệp cao.

Máy kinh vĩ là loại máy cơ khí quang học (hoặc quang cơ điện tử) có độ chính xác cao, đắt tiền nên cần phải được bảo quản và sử dụng rất cẩn thận, đúng qui trình kỹ thuật.

3.2.2. Phân loại máy kinh vĩ

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

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

- Máy kinh vĩ kim loại là máy có bàn độ ngang và bàn độ đứng được làm bằng kim loại, có thể đọc trực tiếp bằng mắt các giá trị hướng đo trên bàn độ ở 2 vị trí đối diện qua tâm, cho phép loại trừ ảnh hưởng lệch tâm của các số đọc. Ví dụ: Máy kinh vĩ TT-50; TT-5; TH của Liên xô cũ; Meopta của Tiệp Khắc cũ... Những loại máy này do công nghệ chế tạo lạc hậu đã ngừng sản xuất.

- Máy kinh vĩ quang học có bản đồ làm bằng thủy tinh chất lượng cao, các vạch chia độ được khắc hoặc in chụp trên đĩa thủy tinh và được bảo vệ bởi một vỏ bọc kim loại. Các giá trị hướng ngắm trên bản đồ được đọc thông qua 1 hệ thống quang học và gương chiếu sáng. Các loại máy kinh vĩ quang học được sử dụng rộng rãi ở nước ta như: T2; T5; T30; 3T5KP (Liên xô cũ); Theo 010; Theo 010A; Theo 020; Theo 020A; Theo 030; Dahlta (CHDC Đức); Transit (Mỹ); Wild (Thụy sĩ) ...

Hiện nay, nhiều nước trên thế giới đã đưa ra thị trường nhiều loại máy kinh vĩ thế hệ mới trong đó nhiều tiến bộ khoa học đã được ứng dụng đó là các loại máy kinh vĩ quang học điện tử số và máy toàn đạc điện tử đa chức năng. Nhờ số hoá các tín hiệu và tự động hoá tối đa chương trình đo và tính nên khi đo ngắm chỉ cần bấm vào những nút chức năng là có thể nhận được những số liệu cần thiết (góc ngang, góc đứng, khoảng cách, góc nghiêng, độ cao...) những số liệu ấy được hiện bằng số trên màn hình nhỏ. Các loại máy kinh vĩ điện tử này có độ chính xác cao, đo nhanh nhưng rất đắt tiền. Hiện nay, ở Việt Nam đang dần thay thế các loại máy kinh vĩ quang học bằng máy toàn đạc điện tử.

* Theo độ chính xác, máy kinh vĩ được chia làm 3 nhóm:

- Nhóm 1 là máy kinh vĩ có độ chính xác cao cho phép đo góc ngang với sai số trung phương m_{β} từ 0",5 đến 2",0 như T05; T1; T2; Theo 010; Wild - T3...

- Nhóm 2 là những máy kinh vĩ có độ chính xác trung bình cho phép đo góc ngang với sai số trung phương m_{β} từ 5" đến 10" như: T5; TE01; Theo 020...

- Nhóm 3 là những máy kinh vĩ có độ chính xác thấp (máy kinh vĩ kỹ thuật) cho phép đo góc ngang với sai số trung phương m_{β} từ 15" đến 30" như: T30; Theo 030; Wild T16 ... Các loại máy này hiện nay không còn dùng nữa.



Hình 3.3. Hình ảnh một số máy kinh vĩ quang cơ và điện tử

3.2.3. Cấu tạo máy kinh vĩ

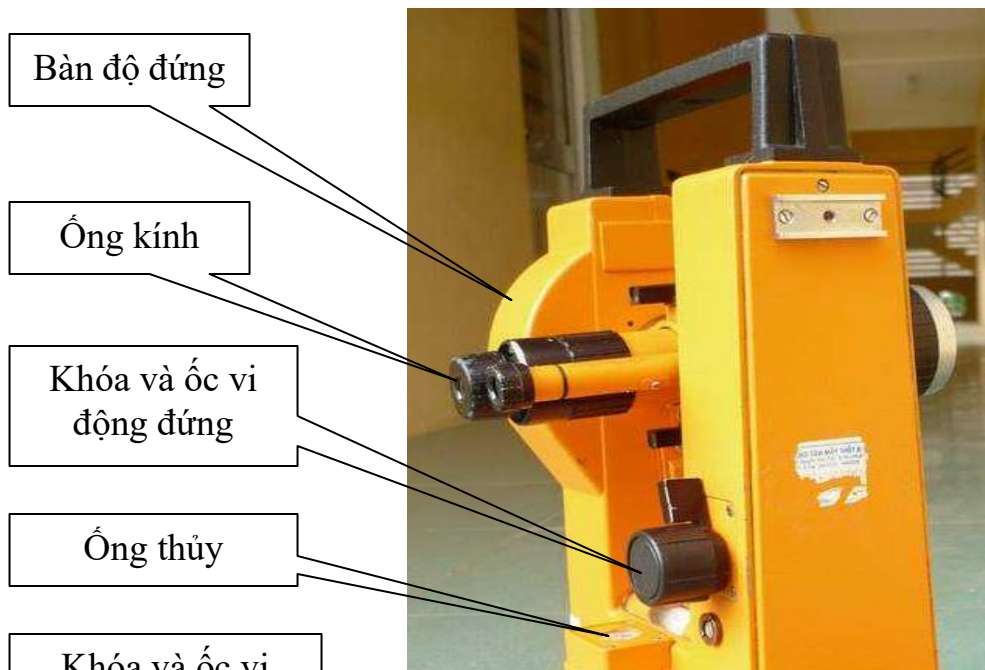
Tuy có nhiều loại máy kinh vĩ khác nhau nhưng xét về cấu tạo, các loại máy kinh vĩ đều có các bộ phận chính sau đây:

- Giá máy (chân máy): được làm bằng gỗ hay kim loại, tạo thành bởi 3 chân. Các chân có thể thay đổi chiều dài bằng các chốt và nối với máy nhờ chốt thông qua lỗ.

- Đế máy: Đế máy làm bằng kim loại nhẹ, ở giữa có lỗ tròn để cắm trụ máy, bên thành đế có chốt giữ trụ máy, còn phía dưới là ba ốc cân bằng máy.

- Thân máy: Thân máy được cấu tạo bởi 4 bộ phận chính sau:

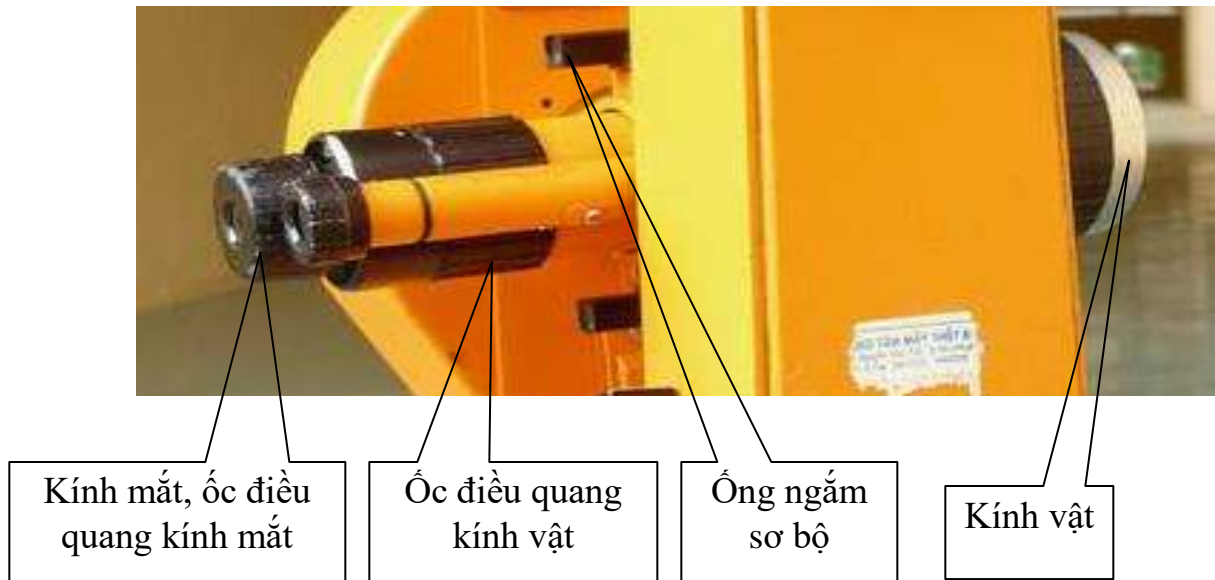
- + Ống kính
- + Bàn độ ngang, bàn độ đứng, bộ phận đọc số
- + Ống thủy
- + Các loại ốc khoá, ốc vi động, ốc cân máy



Hình 3.4. Cấu tạo máy kinh vĩ

a. Ống kính

Ống kính của máy kinh vĩ là một hệ thống quang học gồm có kính vật, bộ phận thay đổi tiêu cự (bộ phận điều quang), kính mắt và lưới chỉ. Bộ phận điều quang gồm một hoặc một số thấu kính có thể di chuyển trong ống kim loại giữa kính mắt và kính vật, nhờ đó mà có thể điều chỉnh hình ảnh rõ nét ở những khoảng cách khác nhau. Hiện nay, ống kính trong máy kinh vĩ thường có độ phóng đại từ 15 đến 50 lần, vùng ngắm từ 30' đến 2⁰, tầm ngắm từ hai máy kinh vĩ trở ra.



Hình 3.5. Cấu tạo bộ phận ngắm

b. Bàn độ ngang, bàn độ đứng, bộ phận đọc số

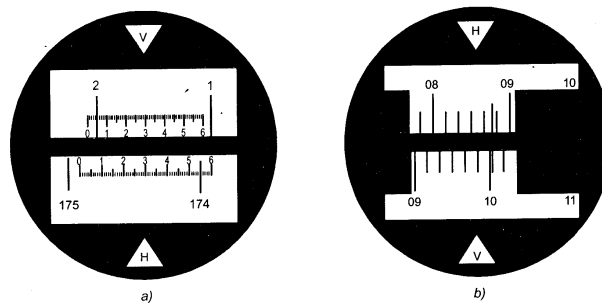
* Bàn độ ngang của máy kinh vĩ có dạng hình vành khăn, ở những máy kinh vĩ hiện đại chúng được làm bằng thủy tinh đặc biệt trong suốt, trên đó có vạch chia đều đặn và được đánh số tăng theo chiều kim đồng hồ (từ 0^0 đến 360^0 hay từ 0 gr đến 400 gr). Mỗi khoảng chia độ (1^0) lại được chia ra những vạch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

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

* Bộ phận đọc số

- Cấu tạo:

Trong các máy kinh vĩ, bộ phận đọc số gồm kính hiển vi và một tấm kính mỏng gắn cố định, trên đó khắc vạch chuẩn đọc số hoặc thang đọc số. Tấm kính này hoặc được gắn vuông góc với trục quay HH' của ống kính hoặc song song với trục quay VV của máy và nằm trên hướng các tia sáng truyền ảnh vạch khắc bàn độ ngang và bàn độ đứng vào ống kính hiển vi. Nhờ có các hệ thống lăng thấu kính mà hình ảnh của bàn độ ngang và bàn độ đứng cũng như ảnh của vạch chuẩn hoặc thang đọc số đồng thời truyền vào ống kính hiển vi và ta đọc được trị số hướng ngang và góc đứng V.



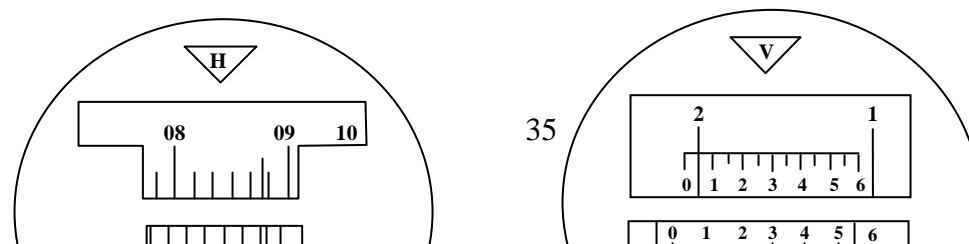
Hình 3.6. Màn hình đọc số trên vành độ máy kinh vĩ quang cơ

- Cách đọc số:

Các số đọc trên vành độ ngang được kí hiệu Hz, còn các số đọc trên vành độ đứng được kí hiệu bằng V. Nhằm mục đích đọc được các phần lẻ càng nhỏ càng tốt có rất nhiều cách cấu tạo bộ phận đọc số. Càng đòi hỏi đọc số chính xác thì cấu tạo càng phức tạp.

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

+ Đối với máy kinh vĩ trên bàn độ ngang có chia các khoảng phút thì dựa vào vạch chuẩn để đọc trị số phút. Ví dụ, trên hình (a) 3.7 trong 1^0 có 6 khoảng phút, giá trị mỗi khoảng phút là $t = 10'$ dựa vào vạch chuẩn ta đọc được trị số hướng ngang là $\text{Hz} = 8^046'$, trên vành độ đứng $V = 9^058'$.



a)

b)

Hình 3.7

+ Khi dùng máy kinh vĩ có bộ phận đọc số dạng 1 thang vạch chuẩn, trong thị trường của kính hiển vi đọc số cũng nhìn thấy đồng thời vạch khắc của cả 2 bản độ kèm theo thang vạch chuẩn và có vạch chia nhỏ đến phút, phần lẻ của phút được ước lượng bằng mắt. Thang đọc số được chia thành 60 khoảng và đánh số từ 0 đến 6 hoặc từ 0 đến 60. Độ dài thang đọc số tính từ vạch 0 đến vạch 6 đúng bằng độ dài cung tương ứng 1^0 trên bản độ ngang, do đó giá trị nhỏ mỗi khoảng chia trên thang đọc số $t = 1'$. Như vậy, dựa vào thang đọc số có thể đọc chính xác đến $0,1'$.

Ví dụ: Trên hình (b) 3.7 ta đọc được trên vành độ $H_z = 174^055'00''$, trên vành độ đứng $V = 2^005'02''$.

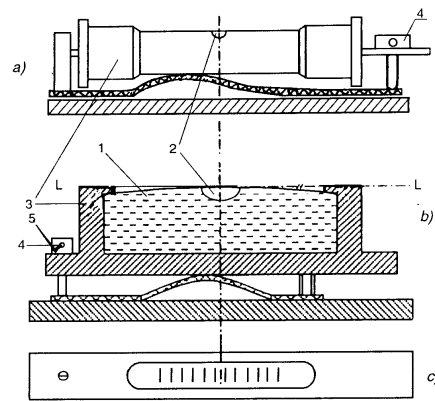
Với các máy kinh vĩ điện tử, vành độ là các đĩa từ còn vành du xích là các tế bào quang điện. Việc chia vạch và đọc số được thực hiện hoàn toàn tự động, người sử dụng chỉ cần ấn nút, các số đọc sẽ hiện ra.

c. Ống thủy

Dựa vào đặc tính của chất lỏng là bọt khí của nó luôn chiếm ở vị trí cao nhất, người ta chế tạo ống thủy để cân bằng máy nhằm đưa bản độ ngang về vị trí nằm ngang, trục đứng V - V vuông góc với trục cân bằng L - L và 2 mặt phẳng chứa L - L và H' - H' song song với nhau). Có 2 loại: ống thủy dài và ống thủy tròn.

*/ Ống thủy dài

Vỏ ống thủy dài là một ống thủy tinh. Mặt trên phía trong của ống thủy tinh được mài nhẵn theo một cung tròn có bán kính từ 2 đến 200m. Ống thủy tinh được đổ đầy ête đốt nóng đến 60^0C rồi hàn kín. Khi nguội, chất lỏng co lại tạo một khoảng trống gọi là "bọt nước". Trên mặt ống thủy, khắc các vạch chia cách đều nhau và có giá trị $l = 2mm$, xuất phát từ "điểm 0" được gọi là trục của ống thủy dài. Bọt nước luôn chiếm vị trí cao nhất. Khi 2 đầu của bọt nước đối xứng qua "điểm 0" thì lúc này trục của ống thủy dài (L - L) đang ở vị trí nằm ngang.

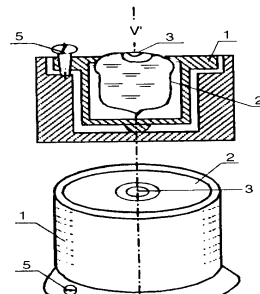


Hình 3.8. Sơ đồ cấu tạo ống thủy dài

Hai đầu ống thủy dài có thể điều chỉnh lên xuống, qua phải qua trái nhờ 4 ốc điều chỉnh. Khi cần hiệu chỉnh ống thủy người ta dùng que sắt để xoay các ốc điều chỉnh này.

*/ Ống thủy tròn

Phần làm việc bên trong ống thủy tròn có dạng một chỏm cầu với bán kính khoảng 0,5 m.



Đỉnh của mặt chỏm cầu (ở giữa chỏm cầu) được gọi là "điểm 0". "Điểm 0" được xác định bằng 2 vòng tròn đồng tâm. Khi bọt nước nằm chính giữa các vòng tròn này thì trục ống thủy tròn đang ở vị trí thẳng đứng. Ống thủy tròn kém chính xác hơn ống thủy dài do vậy nó chỉ được dùng để cân bằng sơ bộ.

Khi đo dưới trời nắng phải có dù che cho máy để đảm bảo cho ống thủy làm việc được chính xác.

Hình 3.9. Ống ống thủy tròn

d. Các loại ốc

- Ốc liên kết (ốc nối): dùng để gắn liền máy với chân máy. Khi sử dụng, cần thường xuyên kiểm tra sự chắc chắn của ốc liên kết. Nói chung mỗi loại máy có 1 ốc liên kết riêng.

- Ốc cân máy: gồm 3 ốc ở phần đế máy, chúng được sử dụng cùng với ống thủy dài để cân máy nghĩa là đưa trục chính của máy về vị trí thẳng đứng.

- Các ốc khoá: gồm có ốc khoá vành độ ngang dùng để không chế chuyển động quay quanh trục chính của máy và ốc khoá vành độ đứng dùng để không chế chuyển động quay của ống kính quanh trục quay của nó.

- Các ốc vi động: Khi các ốc khoá đã ở vị trí cố định (vị trí hãm) nếu chúng ta muốn vi động (chuyển động một khoảng rất bé) thì sử dụng các ốc vi động. Như vậy, tương ứng chúng ta có ốc vi động vành độ ngang và ốc vi động vành độ đứng. Ốc vi động được sử dụng để điều chỉnh máy vào vị trí chính xác khi ngắm.

3.3. KIỂM TRA, KIỂM NGHIỆM VÀ ĐIỀU CHỈNH MÁY KINH VĨ

Máy kinh vĩ trước khi sử dụng cần phải được kiểm tra, kiểm nghiệm sự hoạt động bình thường của máy. Việc kiểm tra, kiểm nghiệm nhằm phát hiện những vấn đề làm cho máy không đảm bảo yêu cầu độ chính xác của quá trình đo. Từ đó, có những điều chỉnh, sửa chữa hoặc có phương pháp, quy trình đo và xử lý số liệu đo một cách thích hợp để loại bỏ các sai số, đảm bảo độ chính xác theo yêu cầu đo.

3.3.1. Kiểm tra

a. Các vít vi động ngang và vít vi động đứng của máy cần hoạt động bình thường

Cách kiểm tra như sau:

Đặt máy lên chân máy, dùng các ốc cân máy và ống thẳng bằng dài trên vòng ngắm chuẩn vành độ ngang đưa trục quay của máy vào vị trí thẳng đứng. Hướng ống kính ngắm đến một điểm ở xa thấy rõ, làm sao cho ảnh của điểm ngắm trùng với giao điểm của các dây chữ thập. Vặn vít vi động ngang và vít vi động đứng theo dõi ảnh của điểm ngắm có chuyển động đều đặn hay không. Nếu ảnh của điểm đó di động đều đặn thì chứng tỏ các vít vi động hoạt động bình thường. Trường hợp ảnh của điểm ngắm có hiện tượng nhảy cách thì cần phải kiểm tra lại các vít vi động.

b. Các ốc cân máy cần ổn định trên chân máy:

Đặt máy lên chân máy, hướng ống kính ngắm đến một điểm bất kỳ sao cho dây chữ thập trùng với ảnh của điểm cần ngắm. Dùng tay ấn nhẹ lên máy hoặc ấn nhẹ lên đế máy để theo dõi ảnh điểm ngắm có rời ra khỏi giao điểm dây chữ thập hay không. Có 2 trường hợp:

- Trường hợp 1: ảnh của điểm ngắm không rời ra khỏi vị trí giao điểm dây chữ thập.

- Trường hợp 2: ảnh của điểm ngắm rời khỏi vị trí giao điểm dây chữ thập nhưng khi bỏ tay ra ảnh của điểm ngắm trở về giao điểm của dây chữ thập. Trong cả 2 trường hợp trên nếu xảy ra đúng thì chứng tỏ các ốc cân máy đã ổn định.

c. Bọt nước cần chuyển động đều đặn trong ống thẳng bằng

Đặt máy lên chân máy, sau đó dùng ốc cân máy hoặc vít vi động làm nghiêng ống thẳng bằng. Nếu bọt nước chuyển động đều đặn không có hiện tượng nhảy cách thì chúng tỏ mặt trong của ống thẳng bằng đã được mài nhẵn và ống thẳng bằng hoạt động bình thường.

3.3.2. Kiểm nghiệm máy kinh vĩ

Kiểm nghiệm máy kinh vĩ là việc dựa trên những quy luật quang học và toán học tiến hành một số thao tác nhằm xác định các điều kiện hình học và những thông số cơ bản của máy. Khi phát hiện được điều kiện nào đó bị sai lệch, cần phải điều chỉnh để nó thoả mãn điều kiện đặt ra. Quá trình đó gọi là điều chỉnh máy kinh vĩ.

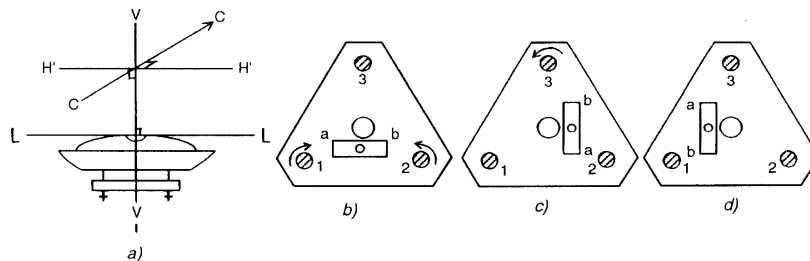
Những máy mới xuất xưởng, trước khi đưa vào sử dụng hoặc sau một quá trình vận chuyển, va đập nhất thiết phải kiểm nghiệm. Dưới đây là nội dung chi tiết của việc kiểm nghiệm máy kinh vĩ.

1/ *Trục của ống thuỷ dài trên vành độ ngang phải vuông góc với trục quay của máy.*

- Đặt máy lên chân máy, quay máy để đưa ống thuỷ dài trên vành độ ngang đến vị trí song song với hướng đường thẳng nối 2 ốc cân máy.

- Xoay 2 ốc cân máy này theo chiều ngược nhau để đưa bọt nước vào giữa.

- Quay máy đi 180^0 , nếu thấy bọt nước vẫn giữa nguyên vị trí giữa thì điều kiện này đã thoả mãn. Nếu bọt nước bị lệch khỏi vị trí giữa n vạch thì dùng 1 ốc cân chỉnh cho nó trở lại n/2 vạch, sau đó dùng vít điều chỉnh trên ống thuỷ chỉnh cho nó trở lại n/2 vạch còn lại. Sau khi ống thuỷ dài đã được điều chỉnh, để đưa bàn độ ngang về vị trí nằm ngang, cần quay máy đi 90^0 cho vị trí ống thuỷ vuông góc với vị trí ban đầu, dùng ốc cân thứ 3 đưa bọt thuỷ về giữa. Sau đó, nếu ở vị trí bất kỳ mà bọt thuỷ vẫn ở giữa thì khi ấy bàn độ ngang đã nằm ngang. Việc kiểm tra và điều chỉnh này cần được làm đi làm lại nhiều lần. Nếu n nhỏ hơn nửa vạch thì không cần phải điều chỉnh.

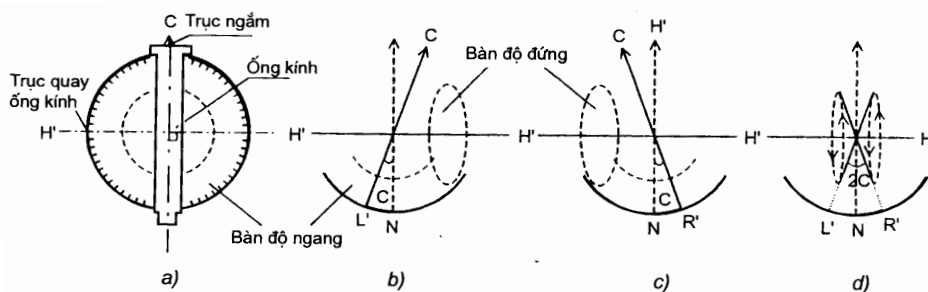


Hình 3.10. Kiểm nghiệm và hiệu chỉnh ống thẳng bằng dài

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

Điều kiện này đảm bảo để trục ngắm tạo nên một mặt phẳng thẳng đứng (mặt chuẩn trục) khi quay ống kính quanh trục quay của nó và được kiểm nghiệm như sau: tiến hành cân máy như nội dung kiểm nghiệm và điều chỉnh ở mục 1. Ngắm ống kính đến 1 điểm rõ nét ở xa, bắt mục tiêu điểm đó (làm trùng chữ thập của lưới chỉ với ảnh của điểm ngắm trong ống kính) và đọc số a_1 trên bàn độ ngang. Mở các ống hãm ống kính và bàn độ, quay đảo ống kính đi 180^0 hướng ống kính và bắt mục tiêu lên điểm ngắm đã chọn, lần này sẽ đọc được số đọc a_2 . Theo lý thuyết, các số đọc a_1 và a_2 sẽ khác nhau đúng 180^0 . Tuy nhiên, do không thể thoả mãn điều kiện này một cách tuyệt đối, nên giữa 2 số đọc đó có 1 độ chênh lệch nhất định và được ký hiệu là $2C$:

$$2C = a_1 - a_2 \pm 180^0 \quad (\text{xem hình 3.11})$$



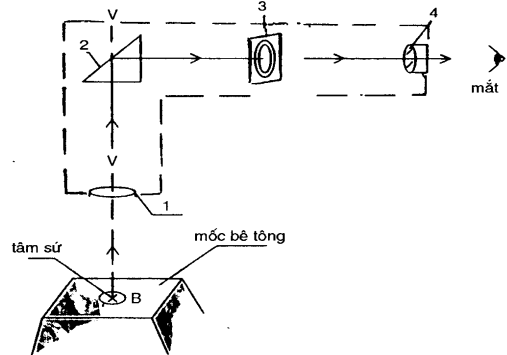
Tuy nhiên, sai số này sẽ được loại trừ nếu ta đo góc bởi 2 vị trí vành độ đứng (trái và phải) và chọn chiều cao các điểm ngắm gần như nhau.

4/ Chỉ đứng trung tâm trên vòng dây chữ thập của ống kính cần vuông góc với trục quay của ống kính.

Điều kiện này được kiểm nghiệm như sau: Sai khi cân bằng máy, ngắm ống kính tới 1 dây dọi treo ở nơi khuất gói cách máy khoảng 15 - 20 m. Nếu hình ảnh dây dọi trùng với chỉ đứng thì điều kiện được thỏa mãn. Ngược lại, nếu chỉ đứng và hình ảnh dây dọi lệch nhau, cần phải điều chỉnh chỉ đứng về đúng vị trí bằng cách nói lỏng ốc hãm lưới chỉ, xoay lưới chỉ hoặc toàn bộ phần kính mắt cùng với lưới chỉ, sao đó vặn chặt ốc hãm lại. Sau khi kiểm nghiệm và điều chỉnh nội dung này cần kiểm tra lại điều kiện thứ 2.

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

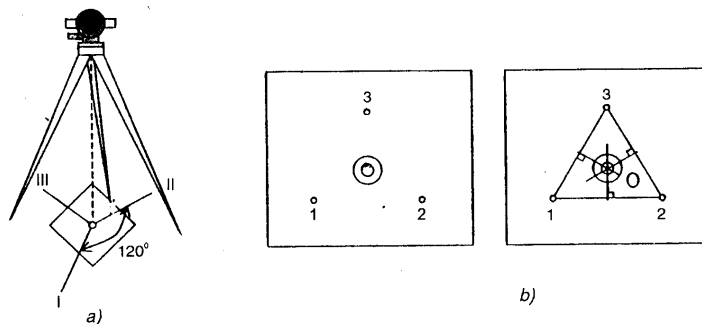
Theo nguyên lý đo góc bằng ABC tại B thì trục V - V của máy phải đi qua tâm vành độ ngang và điểm B (ví dụ là mốc trắc địa nào đó) (hình 3.13). Muốn vậy cần thiết phải dùng dây dọi. Để tăng độ chính xác, các máy kinh vĩ quang học và điện tử được cấu tạo dọi quang học. Cấu tạo của dọi quang học gồm kính vật (1), lăng kính khúc xạ (2), màng khắc 2 vòng tròn đồng tâm (3) và kính mắt (4).



Hình 3.13. Cấu tạo dọi quang học

Điều kiện cơ bản của ống dọi quang học là trục quang của nó phải trùng với trục V - V của máy. Vì lẽ đó trong quá trình sử dụng phải kiểm nghiệm và hiệu chỉnh điều kiện này

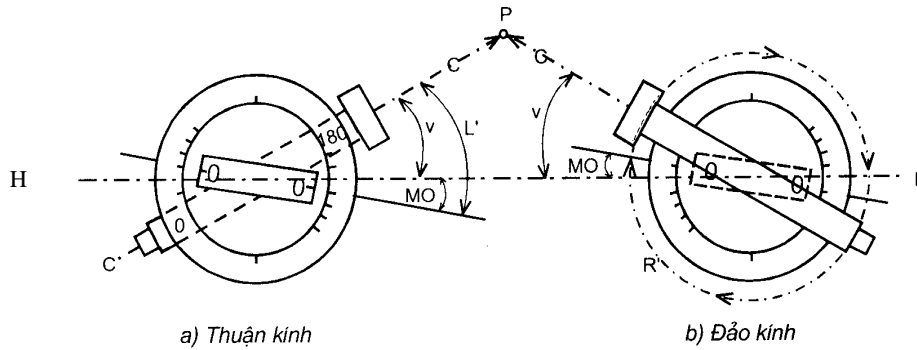
Nội dung kiểm nghiệm này cũng tiến hành sau khi đã cân máy. Qua kính mắt của bộ dọi tâm quang học, đánh dấu tâm chiếu lên một tấm phẳng; quay máy đi 120° , chiếu và đánh dấu được điểm thứ 2; tiếp tục quay máy đi 120° , chiếu và đánh dấu được điểm thứ 3. Ba điểm chiếu này không được lệch nhau quá 1mm. Nếu 3 điểm chiếu lệch nhau nhiều cần điều chỉnh bằng cách xác định trọng tâm O của tam giác 1 2 3 (như hình vẽ) và dùng các ốc đỡ màng khắc chuẩn để điều chỉnh cho vòng tròn nhỏ trên màng khắc trùng vào tâm O là được. Cần thiết phải kiểm nghiệm và điều chỉnh vài lần cho đến khi ổn định. Trong trường hợp sai lệch giữa các điểm chiếu quá lớn (hơn 3mm) cần phải đưa máy vào xưởng sửa chữa.



Hình 3.14. Kiểm nghiệm dọi quang học

6/ Sai số chỉ tiêu vị trí ban đầu của vành độ đứng (MO) phải gần bằng 0 và ổn định

Sai số chỉ tiêu vị trí ban đầu của vành độ đứng (MO) là số đọc trên bản độ đứng khi trục ngắm nằm ngang và bọt thủy gắn trên vòng đọc số của vành độ đứng nằm ở giữa.



Hình 3.15. Sơ đồ xác định MO của vành độ đứng

Để xác định MO cần đặt máy, cân máy và ngắm máy về 1 điểm rõ nét, đưa bọt thủy trên vành độ đứng về giữa đọc được số đọc trái (Tr) trên bàn độ đứng. Đảo ống kính qua thiên đỉnh, quay máy đi 180^0 và lại ngắm về điểm đã chọn, bắt mục tiêu đưa bọt thủy về giữa đọc được số đọc phải (Ph). Tùy cách đánh số trên vành độ đứng, sai số chỉ tiêu vị trí ban đầu của vành độ đứng (MO) có thể được tính theo các công thức:

Đối với máy loại T30 (độ chính xác thấp):
$$MO = \frac{T+P+180^0}{2}$$

Đối với máy loại T5 (độ chính xác trung bình):
$$MO = \frac{T+P}{2}$$

Đối với máy loại T2, TT5 (độ chính xác cao):
$$MO = \frac{T+P \pm 180^0}{2}$$

Để điều chỉnh cho giá trị MO về gần 0 hoặc tốt nhất bằng 0, ở vị trí thuận (vành độ đứng ở bên trái) đặt lại số đọc bằng đúng giá trị góc nghiêng $V = \text{Trái} - MO$, khi đó hình ảnh của điểm ngắm sẽ lệch khỏi dây đo ngang trung tâm, dùng vít điều chỉnh lưới chỉ cho dây đo ngang trung tâm về trùng với điểm ngắm. Khi thực hiện những thao tác trên máy cần theo dõi để bọt nước của ống thẳng bằng dài trên vành đọc số vành độ đứng luôn ở trung tâm.

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

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

Để chuẩn bị đặt máy đo ngắm, ta giả thiết rằng các nội dung kiểm nghiệm và điều chỉnh cơ bản nêu trên đã được thực hiện, máy kinh vĩ đã thỏa mãn những yêu cầu đặt ra. Chuẩn bị máy cho đo ngắm bao gồm các thao tác cơ bản sau:

3.4.1. Định tâm máy và cân bằng

Định tâm và cân bằng máy là thao tác nhằm đạt được 2 mục đích vừa cân bằng máy - làm cho vành độ ngang thực sự nằm ngang và làm cho trục đứng của máy trùng với đường thẳng thẳng đứng đi qua tâm mốc đo.

Khi sử dụng dây dọi, máy kinh vĩ được vịn chặt vào giá 3 chân bằng ốc nối, đặt sơ bộ giá 3 chân lên điểm đo sao cho mặt trên của nó tương đối nằm ngang và đầu nhọn của quả dọi rơi gần vào vị trí tâm mốc. Xê dịch vị trí hoặc dận đều 3 chân máy cho chúng cắm chắc vào đất sao cho đầu nhọn của quả dọi rơi gần đúng tâm mốc. Nới lỏng ốc nối và xê dịch máy nhẹ nhàng trên

mặt giá 3 chân để cho đầu nhọn quả dọi rơi chính xác vào tâm mốc, sau đó vặn chặt ốc nối lại. Vị trí đầu nhọn quả dọi cũng có thể được xô dịch nhẹ nhàng trên tâm mốc bằng cách điều chỉnh từng chân của giá 3 chân lên cao xuống thấp nhờ các ốc hãm chân máy (ở những nơi đặt máy có sàn cứng).

Nếu máy có bộ phận định tâm quang học, việc định tâm và cân máy phải làm đồng thời. Bao gồm các 4 bước sau đây:

Bước 1: Định tâm sơ bộ

Trước hết phải đặt máy lên chân máy nhớ vặn ốc liên kết, đặt tương đối thăng bằng sao cho 3 chân tạo thành tam giác đều. Nhìn vào bộ phận định tâm quang học trên máy, điều chỉnh 3 chân cho đến khi nào nhìn thấy tâm máy trùng với tâm mốc trên mặt đất thì cố định 3 chân lại. Xô dịch chân thì tâm chạy, còn nếu nâng hạ chân thì tâm không chạy. Do đó ta ấn nhẹ vào 3 đế của chân xuống đất để cố định máy sau khi định tâm.

Bước 2: Cân bằng sơ bộ

Dùng 3 chân máy để cân bằng bằng cách nâng hạ chân. Mắt thì nhìn vào bọt nước trong ống thủy tròn. Điều chỉnh 3 chân cho đến khi nào bọt nước vào giữa là được.

Bước 3: Cân bằng chính xác

Cân máy được tiến hành nhờ ống thủy dài gắn trên bàn độ ngang và 3 ốc cân.

Trước tiên quay máy sao cho vị trí ống thủy dài song song với hướng của 2 ốc cân, dùng 2 ốc cân này đưa bọt thủy vào giữa, sau đó quay máy đi 90^0 , dùng ốc cân thứ 3 tiếp tục đưa bọt thủy vào giữa. Vì điều kiện hình học thứ nhất của máy đã thỏa mãn nên sau hai thao tác trên có thể xem như máy đã được cân bằng, về lý thuyết, ở mọi vị trí của máy bọt thủy phải đều nằm ở giữa ống thủy. Tuy nhiên, các thao tác cũng phải lặp lại vài lần, nếu ở mọi vị trí của máy, bọt thủy không lệch khỏi điểm giữa quá một vạch chia thì coi như máy đã được cân bằng.

Bước 4: Định tâm chính xác

Sau khi điều chỉnh ốc cân thì lệch tâm do đó cần định tâm chính xác. Nhìn vào bộ phận định tâm quang học nếu thấy tâm máy lệch khỏi tâm mốc. Lúc này, nới lỏng ốc liên kết giữa chân và thân máy rồi di chuyển rất nhẹ máy cho đến khi nào tâm và mốc trùng nhau. Khi đó ta vặn ốc liên kết lại.

3.4.2. Điều chỉnh ống kính và lấy hướng

Điều chỉnh ống kính để đo ngắm bao gồm thao tác điều chỉnh ống kính theo mắt người quan sát, hướng ống kính tới điểm ngắm bắt mục tiêu và khử hiện tượng thị sai.

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

Trong đo góc, thường chọn một hướng ban đầu và đặt giá trị số đọc của hướng đó gần bằng 0^0 để thuận tiện cho việc triển điểm chi tiết lên bản vẽ. Muốn đặt trước một giá trị bất kỳ trên bàn độ, ví dụ $0^000'00''$ cho một hướng nào đó, trước hết quay máy và hãm vành độ ở gần 0^0 . Dùng vít vi động vành độ ngang điều chỉnh để có số đọc chính xác là $0^000'00''$. Khóa chốt hãm vòng đọc số, lúc này vành độ ngang và vòng đọc số bị hãm chặt cho nên số đọc luôn được giữ nguyên, không đổi. Mở ốc hãm bàn độ ngang, quay máy ngắm bắt mục tiêu ở hướng ban đầu đã chọn, như vậy hướng này đã có giá trị là $0^000'00''$. Để đo ngắm các hướng tiếp theo cần mở chốt

hãm vòng đọc số và tiến hành đo bình thường. Điều cần chú ý khi đặt giá trị hướng là phải giữ đúng trình tự đóng, mở chốt hãm vòng đọc số và thao tác đóng, mở chốt hãm này phải thực hiện nhẹ nhàng để giá trị số đọc đã chọn không bị thay đổi.

Đối với máy có bộ đo cực nhỏ quang học, muốn đặt được số đọc đúng bằng $0^{\circ}00'00''$ cần đặt đúng $0^{\circ}00'$ trên bộ đo cực nhỏ trước khi di động bàn độ ngang về giá trị $0^{\circ}00'$.

3.5. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO GÓC NẪM NGANG

Căn cứ vào yêu cầu độ chính xác, tính năng kỹ thuật của máy kinh vĩ mà ta có thể áp dụng các phương pháp đo góc khác nhau. Trong bài này chỉ trình bày hai phương pháp đo góc bằng là phương pháp đo đơn giản và đo toàn vòng.

3.5.1. Phương pháp đo đơn giản (phương pháp một vòng đo)

Trước khi đo góc, cần nhìn vào ống kính, xoay kính mắt của ống kính để thấy rõ lưới chỉ ngắm. Đo góc nằm ngang theo phương pháp đo đơn giản được áp dụng khi tại đỉnh góc đo chỉ có hai hướng đo. Góc được đo theo cả hai vị trí bàn độ phải và trái của máy để loại trừ ảnh hưởng do trục ngắm của ống kính không thẳng góc với trục quay của ống kính (sai số ngắm chuẩn) và loại trừ ảnh hưởng trục quay ống kính không thẳng góc với trục quay của máy hoặc hạn chế sai số do trượt bàn độ, lệch tâm bàn độ.

Góc được đo theo một vị trí bàn độ trái hoặc phải gọi là góc đo ở nửa vòng đo. Sau khi đo góc theo cả hai vị trí bàn độ trái và phải của máy sẽ được một vòng đo.

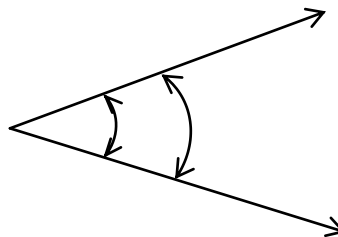
Giả sử cần đo góc nằm ngang $AOB = \beta$ theo phương pháp đo đơn giản, trước hết đặt máy tại điểm O, đối đúng điểm O và cân máy, sau đó thao theo thứ tự:

- Nửa lần đo thứ nhất (thuận kính - TR): Giữ ống kính ở vị trí thuận kính tức là bàn độ đứng ở vị trí bên trái ống kính. Mở ốc hãm của bộ phận ngắm, hướng ống kính ngắm chính xác điểm A, khóa bàn độ ngang và vòng ngắm chuẩn, dùng ốc vi động vòng ngắm chuẩn và ốc vi động ống kính đưa ảnh điểm A nằm đúng vào giao điểm lưới chỉ ngắm của ống kính. Đọc số trên bàn độ ngang, được số đọc a_1 . Khóa chặt bàn độ ngang, mở khóa vòng ngắm chuẩn, quay máy theo chiều kim đồng hồ hướng ống kính ngắm điểm B. Dùng ốc vi động ống kính và ốc vi động vòng ngắm chuẩn đưa ảnh điểm B nằm đúng vào giao điểm lưới chỉ ngắm. Đọc số trên bàn độ ngang, được số đọc b_1 .

Vạch khắc trên bàn độ ngang được ghi số tăng theo chiều kim đồng hồ, nên góc $AOB = \beta$ được tính: $\beta_1 = b_1 - a_1$

Trường hợp số đọc sau b_1 nhỏ hơn số đọc trước a_1 thì cộng thêm 360° vào số đọc b_1 rồi trừ đi số đọc a_1 , để tránh đi giá trị âm.

- Nửa lần đo thứ hai (đảo kính - PH): Góc β đã được đo một nửa vòng đo. Để tiếp tục đo góc ở nửa vòng đo tiếp, trước hết cần đảo ống kính qua thiên đỉnh và quay máy đi 180° để đưa bàn độ đứng về phía phải. Mở khóa vòng ngắm chuẩn vòng độ ngang, quay máy ngắm trở lại điểm B, sau khi ngắm chính xác thì đọc số trên bàn độ ngang được số đọc b_2 . Tiếp theo mở khóa vòng ngắm chuẩn, quay máy theo chiều kim đồng hồ, hướng ống kính ngắm chính xác điểm A, đọc số được số đọc a_2 . Góc nằm ngang được tính: $\beta_2 = b_2 - a_2$



Hình 3.16. Đo đơn giản

- Nửa lần đo thứ hai (đảo kính -PH): Góc β đã được đo một nửa vòng đo. Để tiếp tục đo góc ở nửa vòng đo tiếp, trước hết cần đảo ống kính qua thiên đỉnh và quay máy đi 180^0 để đưa bàn độ đứng về phía phải. Mở khóa vòng ngắm chuẩn vòng độ ngang, quay máy ngắm trở lại điểm B, sau khi ngắm chính xác thì đọc số trên bàn độ ngang được số đọc b_2 . Tiếp theo mở khóa vòng ngắm chuẩn, quay máy theo chiều kim đồng hồ, hướng ống kính ngắm chính xác điểm A, đọc số được số đọc a_2 . Góc nằm ngang được tính:

$$\beta_2 = b_2 - a_2$$

Nếu sai lệch giữa các giá trị β_1, β_2 của hai nửa vòng đo không vượt quá 2 lần độ chính xác đọc số thì tiến hành tính giá trị góc của một vòng đo đầy đủ bằng cách lấy trung bình của hai nửa vòng đo.

$$\beta_1 = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} = \frac{(b_1 - a_1) + (b_2 - a_2)}{2}$$

Để khắc phục sai số do vạch khắc trên bàn độ chia không đều cũng như sai số thô (do đọc số nhầm) phải đo nhiều lần, mỗi lần đo phải thay đổi vị trí vòng đọc số trên vành độ ngang một góc bằng $180^0/n$, trong đó n là số lần đo. Ví dụ đo 3 lần, giữa các lần đo phải thay đổi vị trí vòng đọc số trên vành độ ngang một góc là $180^0/3 = 60^0$. Tức là lần đo đầu tiên đặt số đọc trên bàn độ là 0^0 ; lần đo thứ hai là 60^0 , còn lần thứ 3 là 120^0 .

Kết quả đo và tính được ghi trong bảng sau:

SỐ ĐO GÓC ĐỨNG

(phương pháp đo đơn giản)

Số hiệu máy: Theo 20^A, N^o1365

Ngày đo: 17-11-2008

Thời tiết : râm mát, gió nhẹ

Người đo:

Người ghi:

Người tính:

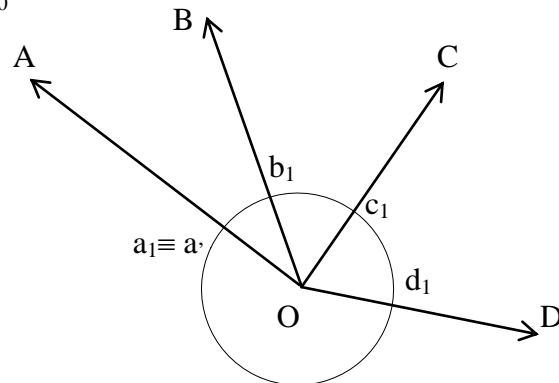
TT số lần đo	Trạm đo	Điểm ngắm	Vị trí vành độ đứng	Số đọc trên vành độ ngang			Giá trị nửa lần đo	Giá trị góc một lần đo	Giá trị góc trung bình
				(^o)	(['])	(["])			
1	O	A	Tr	21	16	20	47° 21' 10"		
		B	Tr	68	37	30			
		B	Ph	248	37	40			
2		A	Ph	201	16	10	47° 21' 30"	47° 21' 20"	

Trong một lần đo không thay đổi vị trí vòng đọc số trên vành độ ngang.

Để khắc phục sai số do vạch khắc trên bàn độ chia không đều cũng như sai số thô (do đọc số nhầm) phải đo nhiều lần, mỗi lần đo phải thay đổi vị trí vòng đọc số trên vành độ ngang một góc bằng $180^0/n$, trong đó n là số lần đo. Ví dụ đo 3 lần, giữa các lần đo phải thay đổi vị trí vòng đọc số trên vành độ ngang một góc là $180^0/3 = 60^0$. Tức là lần đo đầu tiên đặt số đọc trên bàn độ là 0^0 ; lần đo thứ hai là 60^0 , còn lần thứ 3 là 120^0

3.5.2. Phương pháp đo toàn vòng

Phương pháp này thường được áp dụng tại một trạm đo có nhiều hướng đo (nhưng phải nhỏ hơn 7 hướng, nếu lớn hơn 7 hướng phải có cách đo khác). Giả sử tại điểm O, sau khi đã đặt máy định tâm và cân bằng tại điểm O cần đo các góc đến 4 hướng A, B, C, D (hình 3.17). Đặt máy tại điểm O,



đội điểm, cân bằng xong tiến hành thao tác theo thứ tự sau:

- Nửa lần đo thứ nhất (thuận kính):

Cố định bàn độ ngang ở vị trí thuận kính, nới lỏng bộ phận ngắm, quay ống kính theo chiều kim đồng hồ, lần lượt ngắm và đọc giá trị hướng trên vành độ ngang tại các điểm A, B, C, D rồi quay ống kính ngắm lại A và đọc giá trị trên vành độ ngang. Như vậy, hướng A được đọc số hai lần. Nếu hai số đọc tại A chênh nhau không quá độ chính xác cho phép trong quy phạm (2t) thì kết quả đo đạt yêu cầu. Nếu lệch quá độ chính xác theo yêu cầu thì phải đo lại. Trong đó t là sai số của máy tức là giá trị đọc được nhỏ nhất theo máy nào đó. Ví dụ như dùng máy kinh vĩ Theo-020, độ lệch cho phép phải nhỏ hơn hoặc bằng $0'2$.

- Nửa lần đo thứ hai (đảo kính):

Sau khi đảo kính, quay ống kính ngược chiều kim đồng hồ, lần lượt ngắm các điểm A, D, C, B, A và đọc số; hai trị số khi ngắm A không được chênh lệch nhau vượt quá phạm vi cho phép (2t). Các số đọc thứ nhất và thứ hai khi ngắm về cùng một hướng chỉ cho phép chênh nhau là 2t. Như vậy, đã đo xong một lần toàn vòng.

Muốn nâng cao độ chính xác, thường phải tiến hành n lần đo tại một trạm đo, mỗi lần đo phải thay đổi vị trí bàn độ nằm $180^0/n$.

SỔ ĐO GÓC BẰNG THEO PHƯƠNG PHÁP TOÀN VÒNG

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

3.5.3. Phương pháp đo lặp

Phương pháp đo góc lặp được ứng dụng khi đo góc riêng biệt với yêu cầu độ chính xác cao vì nó hạn chế được sai số đọc số. Bản chất của phương pháp này là đo một góc nhiều lần nhưng chỉ đọc trị số đầu và trị số cuối của nửa lần đo, nghĩa là chỉ đọc tổng trị số các lần đo lặp của góc đo. Hiện nay trong thực tế phương pháp đo lặp ít được ứng dụng vì các máy kinh vĩ, đặc biệt là kinh vĩ điện tử đã hạn chế được tối đa sai số đọc số.

3.6. PHƯƠNG PHÁP ĐO GÓC ĐỨNG

Góc đứng (góc nghiêng) của một hướng là góc tạo bởi hướng đó và mặt phẳng nằm ngang. Muốn đo được góc đứng ta sử dụng bàn độ đứng của máy kinh vĩ. Vạch chuẩn đọc số cho các góc đứng là đường kính nằm ngang 0 - 0 đi qua tâm của bàn độ đứng, vạch chuẩn này được

điều chỉnh nằm ngang nhờ bộ tự cân bằng hay nhờ ống thủy gắn trên vòng đọc số của bàn độ đứng.

Nếu đường kính 0 - 0 của vòng đọc số không nằm ngang thì khi ống kính nằm ngang, số đọc trên bàn độ đứng được gọi là vị trí điểm 0 (MO) của bàn độ đứng.

Theo định nghĩa của góc đứng và nguyên lý cấu tạo của bàn độ đứng thì đo góc đứng của hướng từ điểm đặt máy tới điểm đo chính là số đọc trên bàn độ đứng ở vị trí trái (tr) và phải (ph) của nó khi ngắm về điểm đo. Để tính được góc đứng V, trước hết theo các số đọc (tr) và (ph) trên bàn độ cần xác định giá trị MO theo các công thức:

$$\text{Đối với máy loại T30 (độ chính xác thấp)} \quad MO = \frac{T + P + 180^0}{2} \quad (3.6.1)$$

$$\text{Đối với máy loại T5 (độ chính xác trung bình)} \quad MO = \frac{T + P}{2} \quad (3.6.2)$$

$$\text{Đối với loại máy T2, TT5 (độ chính xác cao)} \quad MO = \frac{T + P \pm 180^0}{2} \quad (3.6.3)$$

***Giả sử với loại máy T30 ta có:**

$$MO = \frac{Tr + Ph + 180^0}{2}$$

Khi đó các góc nghiêng được tính theo công thức:

$$V = \text{Trái} - MO \quad (3.6.4)$$

$$V = MO - \text{Phải} - 180^0 \quad (3.6.5)$$

$$V = \frac{Tr - Ph - 180^0}{2} \quad (3.6.6)$$

Cần lưu ý trước khi tính theo các công thức trên, nếu các số đọc trên bàn độ đứng và MO nhỏ hơn 90^0 thì phải cộng thêm 360^0 .

***Đối với loại máy T5:**

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

***Đối với loại máy TT5 và T2:**

$$MO = \frac{Tr + Ph \mid 360^0}{2} \rightarrow V = Ph - MO = MO - Tr = \frac{Ph - Tr}{2}$$

Ví dụ:

Kết quả đo như sau: $Tr = 8^033'$; $Ph = 171^031'$, ta được:

$$MO = \frac{(8^033' + 360^0) + 171^031' + 180^0}{2} = 0^002'$$

Theo (3.6.4)- (3.6.6) ta được:

$$V_1 = 8^031', V_2 = 8^031', V_3 = 8^031'$$

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

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

$$Z = 90^0 - V$$

Tùy theo yêu cầu của độ chính xác, góc đứng cũng có thể đo 1 vòng hoặc đo nhiều vòng. Độ chính xác đo góc đứng được đo một lần với 2 vị trí vành độ đứng của máy kinh vĩ quang học kỹ thuật là ± 20 giây, với máy quang học chính xác là ± 5 giây và với máy điện tử là ± 10 giây.

Cấu tạo của vành độ đứng ở mỗi loại máy kinh vĩ khác nhau có sự khác nhau. Do vậy, khi dùng các loại máy để đo góc đứng trước tiên phải nghiên cứu cấu tạo của vành độ đứng, cách chia độ ở vòng khắc độ.

***Thao tác đo góc đứng tại một trạm đo:**

Căn cứ vào nguyên lý đo góc đứng và những điều kiện của vành độ đứng, thứ tự thao tác đo góc đứng được xác định như sau:

Sau khi đặt máy, định tâm và cân bằng và đưa máy vào vị trí làm việc, để vành độ đứng ở bên trái ống kính (thuận kính), đưa ống kính ngắm chính xác (căn cứ vào dây ngang của lưới chữ thập). Dùng ốc vi động đưa bọt nước ống thủy vành độ đứng vào giữa. Đọc số độ, phút, giây trên vành độ đứng theo du xích gần kính vật, lấy trị số trung bình được số đọc là Tr.

Đảo ống kính, mở ốc cố định vành độ ngang và quay máy ngắm lại điểm ngắm. Làm thao tác như trên, đọc số được số đọc trên vành độ đứng là Ph.

Thay các trị số này vào công thức tính góc đứng V:

$$V = \frac{Tr + Ph}{2}$$

Nếu đã xác định được MO thì chỉ cần đọc trị số Ph hoặc Tr, sau đó tính được V.

$$V = Ph - MO$$

hoặc

$$V = MO - Tr$$

Cần chú ý là khi tính V và MO theo các công thức trên và dưới đây, nếu với các số đọc nhỏ trong giới hạn từ 0^0 đến 60^0 thì cần phải cộng thêm 360^0 , còn đối với các số đọc lớn trong giới hạn từ 300^0 đến 360^0 trước khi tính vào công thức cần trừ đi 360^0 .

Ví dụ có số đọc $Ph = 354^012'5$; $Tr = 5^037'$

$$V = \frac{354^012'5 - 365^037'}{2} = -5^042'2$$

$$MO = \frac{354^012'5 + 365^037'}{2} = 359^054'8 \text{ (hoặc } -0,05'2)$$

(Cách xác định MO đã được trình bày ở trên)

Khi đo nếu đưa được trị số MO về không ($MO = 0^0$) thì công thức tính góc đứng được đơn giản hơn $V = Ph$ hoặc $V = -Tr$.

Để đưa trị số MO về 0, người ta làm như sau: Sau khi đặt máy vào vị trí làm việc, chọn 2 điểm nhìn rõ, quan sát 2 điểm ở cả hai vị trí bàn độ đứng, theo các trị số đọc trái (Tr) và phải (Ph) để tính trị số MO như trên. Nếu hai trị số MO tính được tính trùng nhau hoặc có sự khác nhau giữa hai trị số đó không lớn hơn 1,5t thì chúng tỏ lúc ngắm điểm và đọc số là đúng. Sau khi đặt ống kính đến số đọc bằng MO, lúc này trục ngắm của ống kính đến vị trí nằm ngang. Tiếp theo, dùng vít vi động vòng ngắm chuẩn làm trùng hợp vạch số 0 của du xích với vạch số 0 của bàn độ đứng. Khi đó bọt ống thủy dài trên du xích sẽ bị lệch khỏi vị trí giữa ống. Dùng vít hiệu chỉnh ống thủy dài để đưa bọt ống thủy vào giữa ống.

3.7. NHỮNG NGUỒN SAI SỐ CHỦ YẾU TRONG ĐO GÓC VÀ BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC

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

1. Các sai số hệ thống

Mặc dầu máy kinh vĩ đã được kiểm nghiệm và điều chỉnh nhưng không thể bảo đảm chính xác tuyệt đối mà vẫn tồn tại các sai số như:

- Sai số do trục ngắm không vuông góc với trục quay ống kính. Sai số này có thể được hạn chế bằng cách đo góc với hai vị trí vành độ đứng (đảo ống kính giữa hai nửa vòng đo).

- Sai số do trục quay ống kính không vuông góc với trục đứng của máy. Sai số này sẽ ít ảnh hưởng nếu ta đo góc với tia ngắm nằm ngang hoặc nghiêng ít.

- Sai số do trục chính của máy không thẳng đứng. Để hạn chế sai số này cần phải căn máy cẩn thận.

Ngoài ra còn có các sai số khác như do màng dây chữ thập không vuông góc, vành độ bị lệch tâm, vành độ khắc vạch không đều. Với các máy hiện đại ngày nay các sai số này đều có thể bỏ qua.

2. Các sai số ngẫu nhiên

- Sai số do ngắm điểm. Sai số này phụ thuộc vào hình dạng, kích thước, mức độ chiếu sáng của điểm ngắm, độ phóng đại của ống kính. Để hạn chế sai số này cần chọn cách căn chỉnh khi ngắm các vật cho thích hợp và tăng số lần đo.

- Sai số do định tâm máy. Sai số này tỷ lệ nghịch với chiều dài tia ngắm (cạnh của góc). Do vậy, khi cạnh góc càng ngắn càng cần phải định tâm cẩn thận.

- Sai số do đọc số trên vành độ. Sai số này phụ thuộc vào loại máy và bộ phận đọc số. Để hạn chế nó thì cần phải tăng số lần đọc.

3. Sai số do điều kiện ngoại cảnh

Sai số do điều kiện môi trường là do ảnh hưởng của các điều kiện môi trường như ảnh hưởng của mặt trời đốt nóng máy, tiêu ngắm, làm ảnh hưởng đến độ chiếu sáng không tốt, do điều kiện khúc xạ của tia ngắm trong không khí gây ra sai số do chiết quang ngang khi đo góc ngang và chiết quang đứng, do gió thổi...

Để khắc phục những ảnh hưởng này cần chọn điều kiện thích hợp, quy trình đo hợp lý.

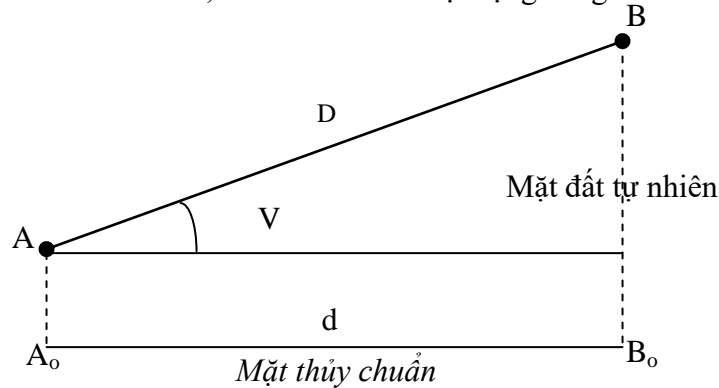
Nhận xét: Khi sử dụng máy kinh vĩ kỹ thuật thì sai số chủ yếu ảnh hưởng đến độ chính xác đo góc là sai số do đọc số, sau đó là sai số do định tâm máy và định tâm tiêu ngắm. Người ta đã xác định được sai số trung phương một lần đọc số là $\pm t/2$, còn sai số giới hạn đo góc là $\pm 1,5t$ (t là độ chính xác của bộ phận đọc số).

Chương 4 ĐO CHIỀU DÀI

4.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO CHIỀU DÀI (d - DISTANCE) - DỤNG CỤ ĐO

4.1.1. Khái niệm về đo chiều dài (d)

Đo chiều dài (khoảng cách) là một trong những yếu tố cơ bản để xác định vị trí không gian của các điểm trên mặt đất tự nhiên, là một trong những yếu tố cần thiết để thể hiện được các điểm, các địa vật lên bản đồ. Do đó, đo chiều dài là một dạng công tác đo cơ bản của trắc địa.



Hình 4.1

Trên hình vẽ, giả sử có 2 điểm A và B ở trên mặt đất tự nhiên, điểm A và điểm B không cùng độ cao. Qua A và B dựng các đường dây dọi (đường vuông góc) đến mặt thủy chuẩn ở hai điểm A₀ và B₀. Hai điểm A₀ và B₀ là hình chiếu của 2 điểm A và B trên mặt thủy chuẩn. Từ đó ta có khái niệm sau: *Khoảng cách nằm ngang giữa hai điểm A và B trên mặt đất là độ dài hình chiếu của hai điểm đó trên mặt thủy chuẩn.*

Ký hiệu: Khoảng cách nghiêng giữa hai điểm A và B là D

Khoảng cách nằm ngang giữa hai điểm A và B là d

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

4.1.2 Dụng cụ và phân loại đo chiều dài

* Phân loại đo chiều dài theo độ chính xác

- Đo dài chính xác cao khi sai số tương đối đo khoảng cách đạt $1/T = 1/10^5 - 1/10^6$
- Đo dài chính xác trung bình khi sai số tương đối đo khoảng cách đạt $1/T = 1/5000 - 1/10000$
- Đo dài chính xác thấp khi sai số tương đối đạt $1/T = 1/2000 - 1/5000$

* Phân loại đo chiều dài theo dụng cụ đo

- Thước là các loại thước gỗ, thước vải (đo dài với độ chính xác thấp)
- Thước thép (đo dài với độ chính xác trung bình)
- Thước Inva là loại thước có gắn bọt nước ống thủy chuẩn (đo dài với độ chính xác cao)
- Máy đo xa quang học
- Máy đo xa sóng điện từ: giả sử đặt máy tại điểm A, thiết bị phản xạ sóng ở B từ đó đo được chiều dài AB. Tương ứng với các loại sóng ta có máy đo dài ánh sáng và máy đo dài vô tuyến điện.

Ngoài ra, còn có nhiều phương pháp và dụng cụ đo khác như đo dài bằng hệ trắc địa Radio, hệ Dopler vệ tinh, hệ GPS... Tuy nhiên, trong giáo trình này không đề cập đến các phương pháp và dụng cụ đo này.

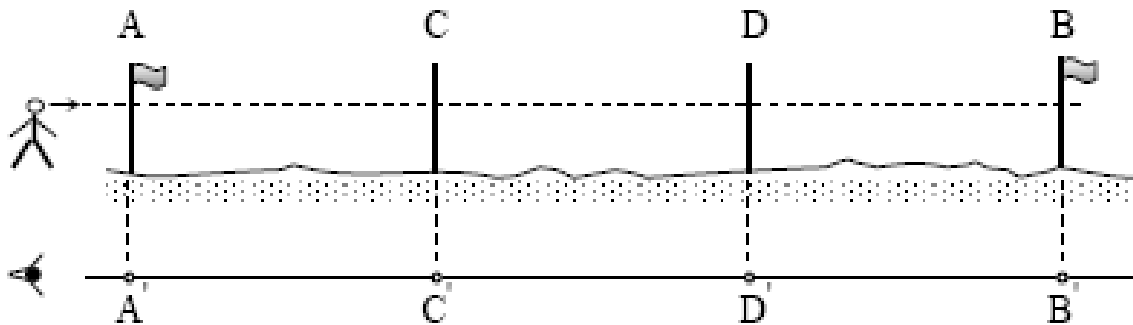
4.2. ĐO CHIỀU DÀI BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐO TRỰC TIẾP

Trong đo chiều dài, thông thường chiều dài của đoạn thẳng cần đo dài hơn chiều dài của thước đem dùng, do đó cần phải xác định một số điểm phụ nằm trên hướng đường thẳng từ điểm đầu đến điểm cuối của đường thẳng đó và gọi là xác định đường thẳng hay phóng đường thẳng. Khi xác định đường thẳng thường gặp các trường hợp sau đây:

4.2.1. Trường hợp định đường thẳng qua vùng đất bằng phẳng

a. Xác định bằng mắt

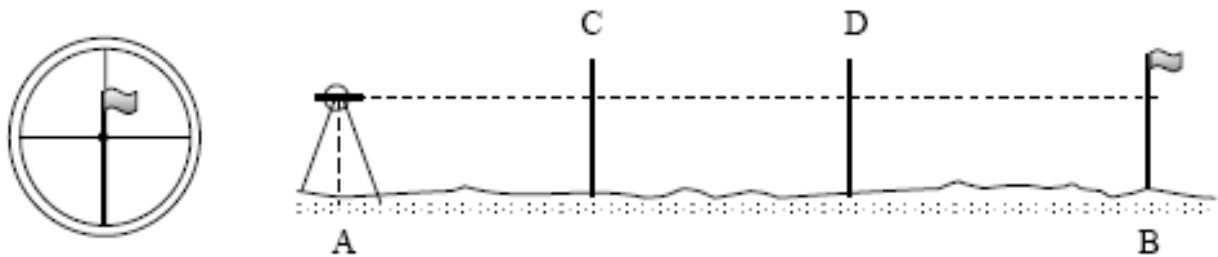
Giả sử cần xác định đường thẳng qua 2 điểm A và B ngắm thông nhau, trước hết dựng 2 sào tiêu thẳng đứng trên 2 điểm đó. Một người đứng cách sào tiêu A khoảng 2m - 3m, ngắm về phía sào tiêu B đồng thời điều khiển sào tiêu C di động cho tới khi sào tiêu A che lấp sào tiêu C, lúc đó A,C,B thẳng hàng. Làm tương tự cho các sào tiêu D,E...ta sẽ có được đường thẳng cần xác định. Trường hợp cần kéo dài AB, người ta cũng làm tương tự như trên.



Hình 4.2

b. Xác định đường thẳng bằng máy:

Muốn việc xác định đường thẳng có độ chính xác cao, cần phải xác định bằng máy kinh vĩ. Tại cọc A, ngắm sào tiêu B bằng dây giữa của vòng dây chữ thập trong ống kính của máy. Sau đó điều khiển người cầm sào tiêu ở C, D...di động sao cho các sào tiêu này nằm chính xác trên hướng ngắm đó của máy.



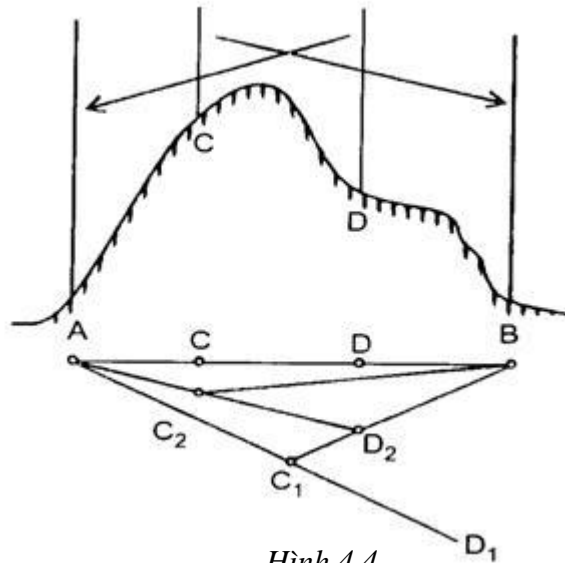
Hình 4.3

4.2.2. Trường hợp định đường thẳng qua vùng đất gò đồi.

Giữa 2 điểm A và B là một quả đồi, từ A không ngắm thông đến B. Cần xác định vị trí các điểm trung gian C và D thẳng hàng với A, B. Trình tự tiến hành như sau:

Dựng 2 sào tiêu thẳng đứng tại A và B. Một người cầm sào tiêu C_1 đứng ở sườn đồi ngắm thông với B và điều khiển sào tiêu D_1 thẳng hàng với C_1 B đồng thời D_1 ngắm thông được với A. Người cầm sào tiêu D_1 điều khiển sào tiêu C_1 di động tới vị trí C_2 thẳng hàng với BC_1 và đồng thời D_2 ngắm thông được với điểm A. Người cầm sào tiêu D_2 điều khiển sào tiêu C_1 di động tới

vị trí C_2 thẳng hàng với D_2A , đồng thời D_2 ngắm thông được với B. Cứ làm dần như vậy cho tới khi 3 sào A,C,D và C,D,B đồng thời thẳng hàng thì lúc đó 4 sào tiêu A,B,C,D cùng nằm trên một đường thẳng.

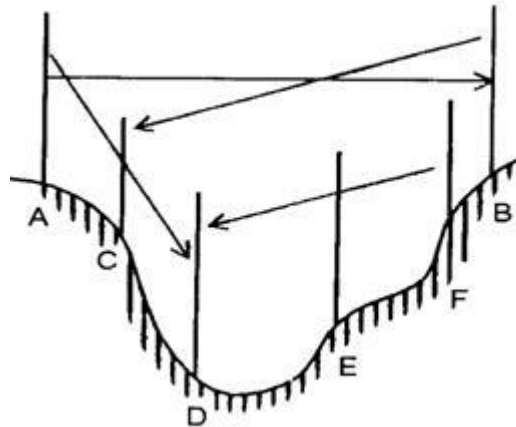


Hình 4.4

4.2.3. Trường hợp định đường thẳng qua khe sâu.

Khi cần xác định đường thẳng qua khe sâu, thung lũng ta cũng tiến hành tương tự: trước hết cắm 2 sào tiêu A,B và dùng mắt điều khiển cắm sào 1 thẳng hàng với A và B (hình 4.6).

Ngắm hướng A - D để cắm sào tiêu C thẳng hàng với A - D, tiếp tục ngắm theo chiều mũi tên ta sẽ xác định được các điểm E, F. Cuối cùng kiểm tra lại từ hướng A sang hướng B vị trí sào tiêu E và F.



Hình 4.6

4.2.4. Trường hợp định đường thẳng khi gặp chướng ngại vật.

Nếu giữa A và B là những chướng ngại vật như nhà cửa, công trình cao...ta có thể áp dụng phương pháp sau để xác định đường thẳng:

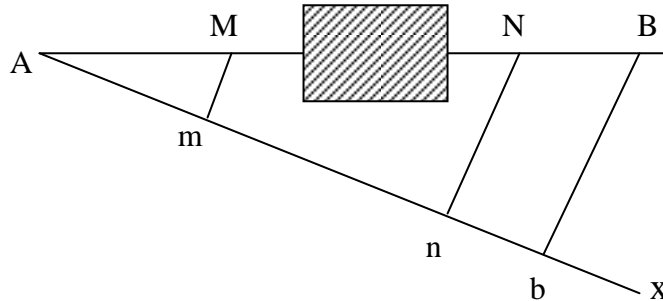
Giả sử M và N là 2 điểm nằm trên đường A, B

Để xác định 2 điểm M và N, người ta định một đường phụ Ax, gọi b là chân đường vuông góc hạ từ B xuống Ax và m, n là chân đường vuông góc hạ từ M và N xuống Ax. Theo định lý về các đường song song, ta có các kết quả sau:

$$M_n = \frac{Bb}{Ab} A_m \quad (1)$$

$$N_n = \frac{Bb}{Ab} A_n \quad (2)$$

Từ đó suy ra cách xác định M và N như sau: trước hết dùng máy kinh vĩ hoặc êke gương phẳng xác định b, chân đường vuông góc hạ từ B xuống Ax. Trên Ax, chọn 2 điểm m và n bất kỳ và đo lấy các đại lượng Bb, Am, An rồi dùng các công thức (1), (2) để tính ra Mn và Nn. Tại m và n, đóng các đường vuông góc với Ax đo lấy các đoạn mM và nN để đóng các cọc M, N. Lúc này M và N nằm trên đường thẳng AB.



Hình 4.7

4.3. ĐO CHIỀU DÀI TRỰC TIẾP BẰNG THƯỚC

4.3.1. Dụng cụ đo

- Thước vải: là loại thước có bề rộng của thước là 1-1,5cm, chiều dài dao động từ 10m - 50m và chia nhỏ đến cm hoặc mm. Thước có thể để trong hộp kín hoặc quấn trần. Một nhược điểm của thước vải là độ co giãn lớn nên độ chính xác không cao.

- Thước thép: Dụng cụ dùng để đo chiều dài với độ chính xác cao thường dùng là thước thép được làm bằng bản thép mỏng, có độ dày 0,3 - 0,4mm, rộng từ 15 - 20mm. Chiều dài có nhiều loại khác nhau: 10m, 20m, 30m, 40m, 50m...thước thép được chia vạch tới centimetre hoặc milimetre.

Hai đầu thước thép có vòng đồng để kéo thước căng khi đo. Cần lưu ý có khi vạch 0m được khắc ngay trên đầu vòng đồng, kiểu này dùng thuận tiện để đo chiều dài ở các công trình nếu phải đặt đầu thước vào bức tường. Trong khi đo không được để thước bị xoắn, khi di chuyển thước không để mặt thước chạm mặt đất hoặc để thước có hình số 8. Khi đo xong phải lau chùi 2 mặt của thước sạch sẽ, bôi mỡ lên 2 mặt rồi cuộn thước vào trong khung thép.

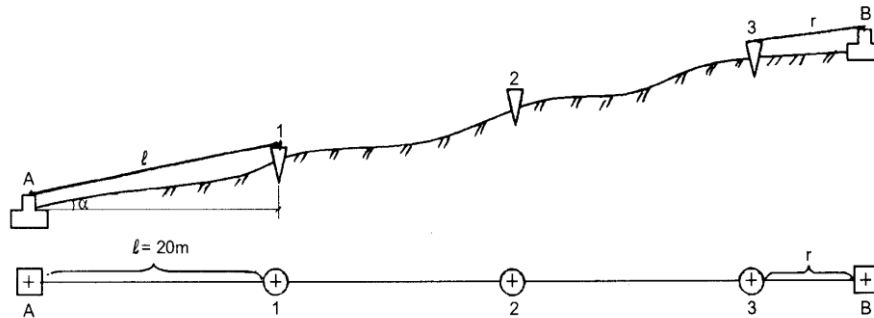
- Que sắt: là dùng để định vị và ổn định thước khi đo. Que sắt thường dài cỡ 50 - 60cm, đường kính từ 0,4 - 0,5cm. Bộ que sắt thường gồm 6 que hoặc 11 que, bên cạnh đó còn có sổ ghi, bút chì, máy tính cầm tay...

4.3.2. Thao tác đo

Đo khoảng cách bằng thước thép, thước vải thường cần 2 hoặc 3 người và các dụng cụ : bộ que sắt, tiêu ngắm, sổ ghi. Sau đây là một ví dụ về thao tác đo một đoạn thẳng AB.

Người đi sau cầm đầu thước có vạch số "0", dùng que sắt giữ chặt đầu thước cho vạch số "0" trùng với điểm A và điều khiển người đi trước đặt thước đúng hướng AB. Người đi trước cầm đầu thước có vạch 20m và 10 que sắt, kéo thước nằm ngang cho đúng hướng AB theo sự điều khiển của người đi sau. Người đi sau ra lệnh chuẩn bị và người đi trước chuẩn bị tư thế căng thước. Người đi sau ra hiệu tiếp căng thước và người đi trước căng thước. Sau đó cắm ngay 1 que sắt tại vạch 20m và trả lời xong, tiếp đó người đi sau nhổ que sắt tại A và cả hai cùng tiến về hướng B rồi tiếp tục đo như trên. Số que sắt có trong tay người đi sau chính là số lần đặt thước.

Khi người đi trước cầm hết 10 que sắt mới ghi số một lần trao que. Để đo tiếp người đi sau phải trao toàn bộ 10 que sắt cho người đi trước. Nếu đoạn cuối cùng ngắn hơn độ dài thước thì cần căn cứ vào điểm B để đọc số trên thước.



Hình 4.8

Khoảng cách d của đoạn thẳng AB được tính theo công thức:

$$D = 20 \cdot 10 \cdot N + 20 \cdot n + r \quad (\text{nếu dùng thước } 20\text{m và } 11 \text{ que sắt})$$

$$D = 50 \cdot 10 \cdot N + 50 \cdot n + r \quad (\text{nếu dùng thước } 50\text{m và } 11 \text{ que sắt})$$

Trong đó N : số lần ghi số trao bộ que sắt
 n : số que sắt trong tay người đi sau
 r : Khoảng cách của đoạn lẻ cuối cùng

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

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D_{\text{đi}} - D_{\text{về}}}{D_{\text{tb}}}$$

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

Vì dùng thước đo trực tiếp khoảng cách trên mặt đất tự nhiên nên khoảng cách D đo được là khoảng cách nằm nghiêng. Để thể hiện lên bản đồ cần xác định hình chiếu nằm ngang của nó theo công thức:

$$S = D \cdot \cos a$$

Trong đó: a - là góc nghiêng thực địa

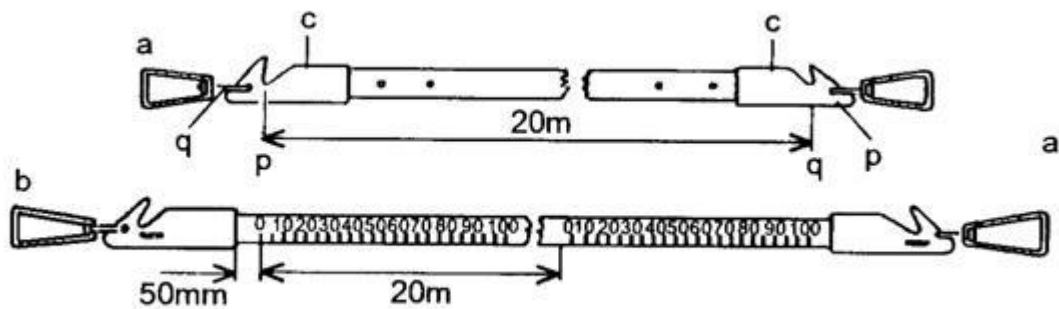
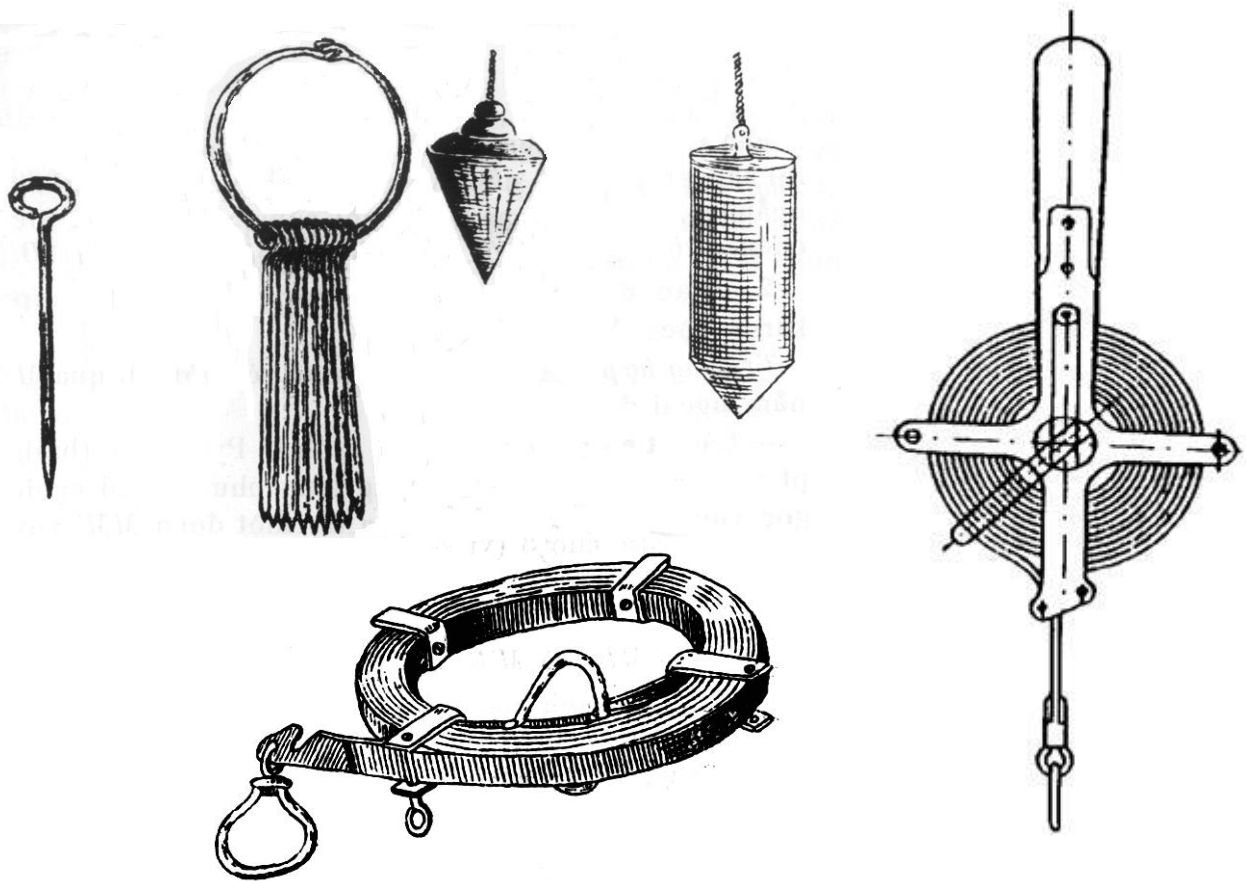
Hình chiếu nằm ngang của cạnh còn được xác định thông qua số hiệu chỉnh cho ΔD khoảng cách d bởi công thức:

$$\Delta D = D - S = D (1 - \cos a) = 2D \sin^2 \frac{V}{2}$$

và người ta lập sẵn bảng tra ΔD cho khoảng cách D và góc nghiêng V .

Khi đo bằng thước thép, các cạnh có độ dốc không quá 2° có thể coi như nằm ngang và số hiệu chỉnh $\Delta D = 0$.

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

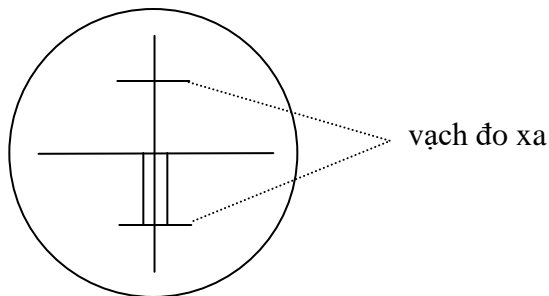


Hình 4.9. Que sắt, quả dọi và thước thép

4.4. ĐO CHIỀU DÀI BẰNG MÁY CÓ VẠCH ĐO XA VÀ MIA ĐỨNG

4.4.1. Vạch đo xa và mìa đứng

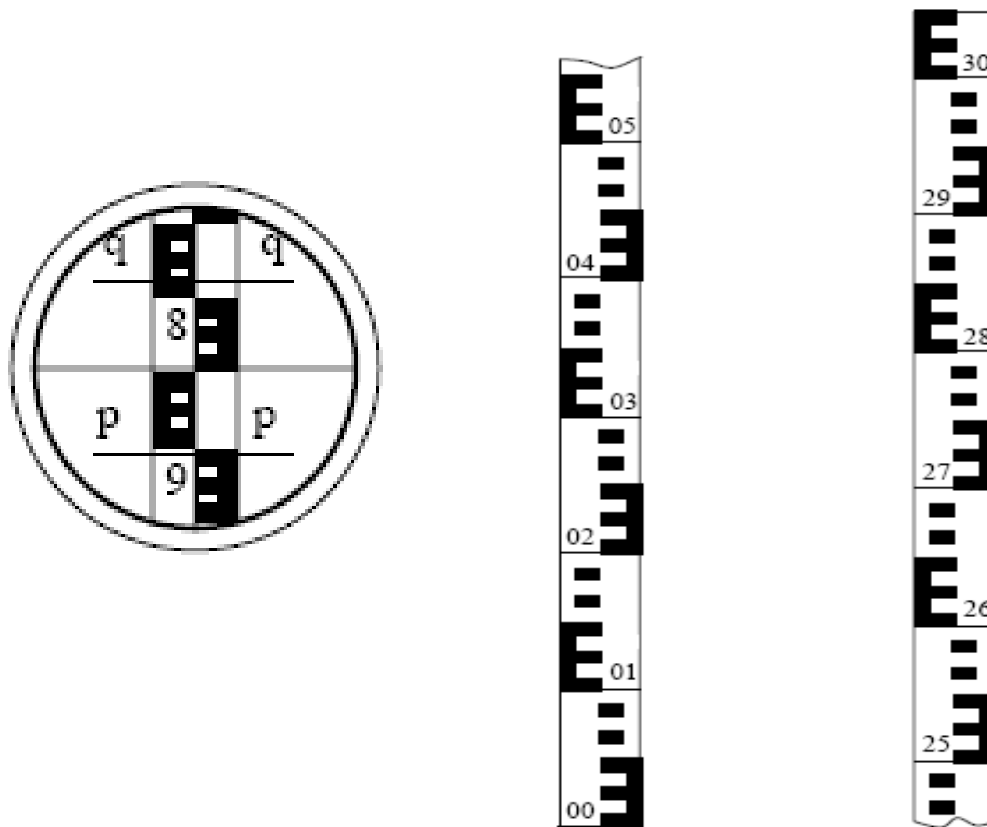
* **Vạch đo xa:** Trong ống kính của máy trắc địa có vòng dây chữ thập. Trên vòng dây chữ thập có kẻ thêm 2 vạch đo xa trên và dưới, hai vạch này nằm đối xứng và song song nhau qua vạch ngang trung tâm của màn dây chữ thập. Dùng các dây này kết hợp với mìa đứng để đo khoảng cách. Máy có vạch ngắm xa (lưới chỉ ngắm) là máy kinh vĩ và thủy chuẩn.



Hình 4.10

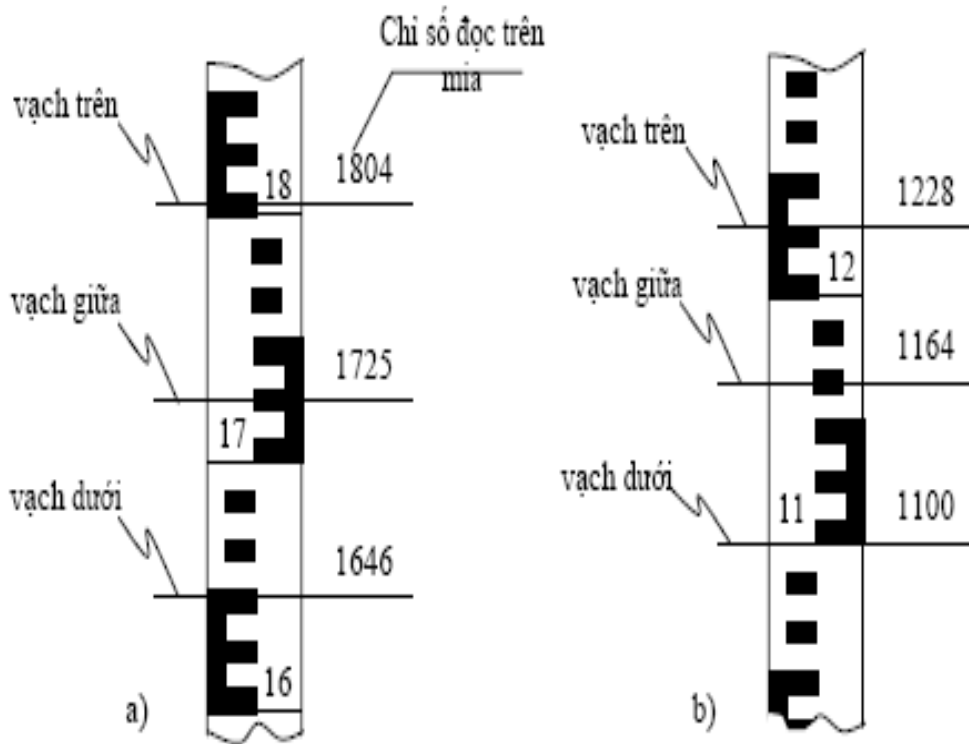
* **Mia đứng:** làm bằng gỗ hoặc nhôm và có thể gấp, xếp hoặc để nguyên. Mia thường dài từ 2-4m tùy từng loại. Yêu cầu mia phải thẳng, chất lượng tốt, nhẹ, đối với mia gỗ thì ít giãn nở, chống ẩm tốt...

Trên mia, người ta chia vạch theo chữ E ngược và chia vạch từ 0 đến giá trị cuối cùng, ghi số đến dm và chia vạch nhỏ nhất đến cm (không ghi số mà chỉ đếm theo các vạch trắng – đen nhỏ trên mia). Mia được sơn màu đen - trắng hoặc đỏ - trắng.



Hình 4.11. Vạch đo xa và mia đứng

* **Cách đọc số:** Căn cứ vào vạch đo xa trên mia, ta nhìn vào số đọc trên mia và đọc số theo chiều tiến dần của thước (của con số). Khi đọc số trên mia phải đọc đủ 4 số: đầu tiên là m và dm có sẵn trên mia, cm thì ta đếm vạch chia, còn mm thì ước lượng trong phạm vi cm dựa vào vạch chỉ trên và chỉ dưới.



Hình 4.12

Phương pháp này có ưu điểm là đo được độ dài ở những khu vực địa hình phức tạp mà phương pháp đo trực tiếp không thực hiện được hoặc thực hiện khó khăn. Ngoài ra nó cho phép tiết kiệm thời gian và công sức khi tiến hành đo. Tuy nhiên, đây là phương pháp có độ chính xác không cao; không áp dụng được cho các đường đo có khoảng cách quá lớn.

4.4.2. Nguyên lý đo chiều dài bằng máy có vạch đo xa và mia đứng

Trong trường hợp này, việc đo dài dựa trên cơ sở giải tam giác có góc chắn β không đổi còn cạnh đáy b thay đổi (phải đo). Để đo khoảng cách AB , tại A đặt máy, tại B đặt mia. Ta xét hai trường hợp cụ thể sau:

a/ Trường hợp tia ngắm nằm ngang, mia đứng

Trường hợp này áp dụng khi đo khoảng cách ở vùng đất tương đối bằng phẳng ($V < 5^\circ$)

Giả sử cần đo đoạn thẳng từ A đến B khi trực ngắm nằm ngang (tức ống kính nằm ngang). Các tia sáng song song với trục ngắm sẽ đi qua vạch đo xa (p và q) và sau khi đi qua lăng kính của kính vật sẽ bị khúc xạ và giao nhau tại điểm F rồi tiếp tục gặp mia tại hai điểm P và Q . Các tam giác đồng dạng PFQ và pFq , ta có:

$$\frac{D}{n} = \frac{f}{e} \Rightarrow D = \frac{f}{e} \cdot n$$

Khoảng cách d_{AB} từ trực máy đến mia là:

$$d_{AB} = D + f + \delta$$

$$d_{AB} = \frac{f}{e} \cdot n + (f + \delta) \quad (4.4.2.1)$$

Trong đó: f - là tiêu cự của kính vật
 e - khoảng cách giữa hai vạch ngắm đo xa

n - khoảng cách trên mìa chắn giữa hai tia sáng đi qua hai vạch đo xa.

δ - khoảng cách từ trục quay của máy đến kính vật.

Với mỗi máy cụ thể có f , e , δ cố định nên ta kí hiệu:

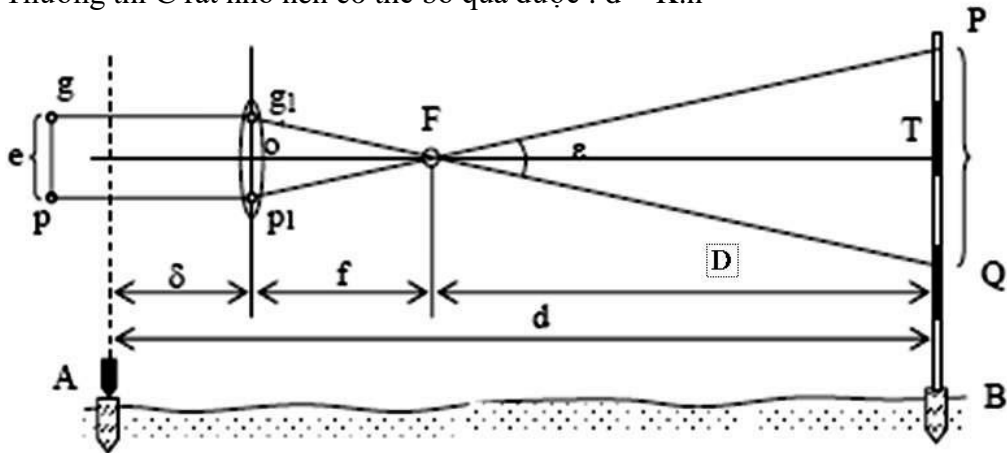
$$K = \frac{f}{e} \text{ gọi là hệ số máy đo xa (thường } K = 100).$$

$$C = f + \delta \text{ gọi là hằng số máy đo xa.}$$

Khi đó ta viết lại công thức (4.4.2.1) thành :

$$d = Kn + C$$

Thường thì C rất nhỏ nên có thể bỏ qua được : $d = K.n$

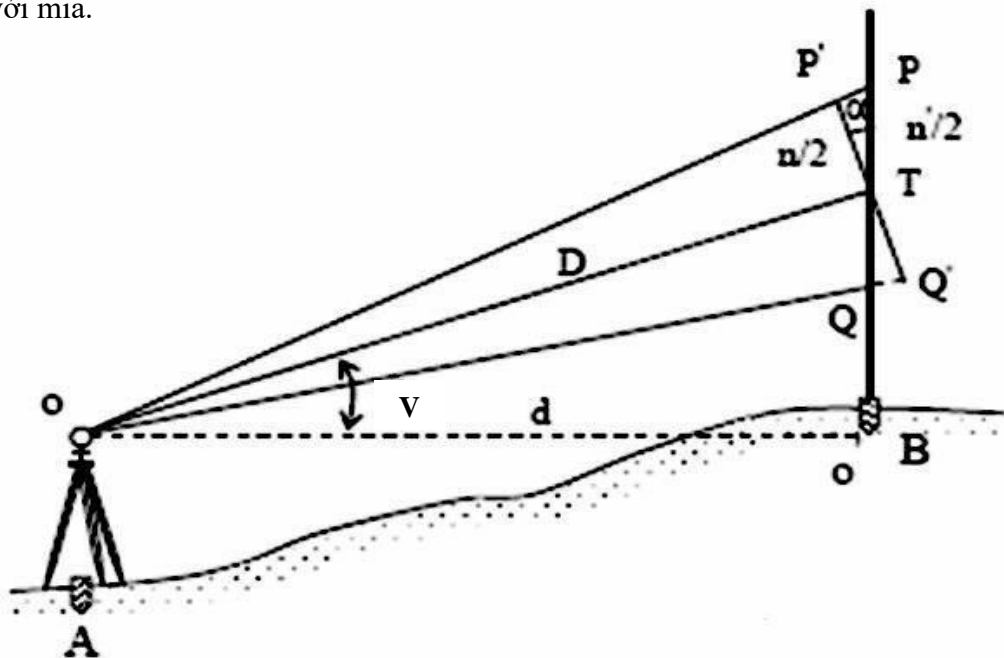


Hình 4.13

Như vậy, thực chất của việc đo khoảng cách trong trường hợp tia ngắm nằm ngang chỉ cần đọc hai số đọc trên vạch đo xa trừ nhau và nhân với 100 là thu được kết quả đo khoảng cách.

b/ Trường hợp tia ngắm nằm nghiêng, mìa đứng

Khi ở vùng đất dốc mà $V > 5^0$ thì ống kính sẽ nằm nghiêng có nghĩa là trục OT không vuông góc với mìa.



Hình 4.14

Tưởng tượng ta dựng một mìa P'Q' vuông góc với tia ngắm OT thì khoảng cách nghiêng $D = OT$ theo trường hợp trên là:

$$D = K \cdot n' \quad (4.4.2.2)$$

Nhưng thực tế không thể dựng mìa nghiêng được mà chỉ có thể đặt thẳng đứng tại B và mìa này không vuông góc với tia ngắm OT.

Vì góc β tạo bởi các tia OP, OT, OQ rất nhỏ so với khoảng cách d cần đo. Do vậy, trong thực tế người ta có thể xem 3 tia OP, OT, OQ là song song với nhau. Do vậy:

$$Q'TQ = TOB = V \text{ (góc nhọn có cạnh tương ứng vuông góc)}$$

$$\text{Từ tam giác } Q'TQ \text{ ta có:} \quad TQ' = TQ \cdot \cos V$$

$$\text{Hay:} \quad \frac{n'}{2} = \frac{n}{2} \cdot \cos V \Rightarrow n' = n \cdot \cos V$$

$$\text{Từ (4.4.2.2) ta có:} \quad \mathbf{D = K \cdot n' = K \cdot n \cdot \cos V}$$

Từ tam giác TOB ta có:

$$d = D \cdot \cos V \Rightarrow d = K \cdot n \cdot \cos^2 V$$

* **Chú ý:** Khi do trong thực tế, nếu $V > 3^0$ ta mới tính $\cos^2 V$ còn nếu $V < 3^0$ lúc đó mặt đất coi như bằng phẳng ta không cần tính $\cos^2 V$ mà chấp nhận $\cos^2 V = 1$.

Đo dài bằng máy có vạch ngắm xa và mìa đạt được độ chính xác tương đối là 1/300, nhanh gọn, đơn giản, thường được áp dụng trong đo vẽ chi tiết bản đồ.

Chương 5 ĐO ĐỘ CAO

5.1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO ĐỘ CAO

Địa hình có ý nghĩa vô cùng quan trọng đối với công tác qui hoạch sử dụng đất cũng như đối với sản xuất nông nghiệp, an ninh quốc phòng và nhiều lĩnh vực khác của nền kinh tế quốc dân. Chỉ sau khi nghiên cứu kỹ địa hình và các điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội của vùng mới có thể làm công tác qui hoạch sử dụng đất, bố trí cây trồng, xây dựng điểm dân cư, đường sá, thủy lợi và các công trình khác.

Việc xác định độ cao của một điểm trên mặt đất thực chất là đo độ chênh cao giữa điểm đó với điểm gốc O hoặc so với một điểm khác đã biết độ cao (đã nói ở chương I). Để xác định độ cao tuyệt đối của các điểm xa điểm gốc O người ta thường dùng phương pháp đo cao chính xác đó là xác lập được độ cao của hệ thống các điểm rải đều trên lãnh thổ cả nước gọi là độ cao Nhà nước. Sau đó, chỉ cần đo chênh cao giữa điểm cần tìm độ cao với điểm của lưới độ cao Nhà nước là sẽ tính được độ cao của nó.

Đo cao là một công tác đo đạc cơ bản của Trắc địa. Tùy theo dụng cụ đo và nguyên lý đo được áp dụng, người ta chia ra các phương pháp đo cao sau đây:

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

- **Đo cao lượng giác:** dùng máy kinh vĩ để đo góc nghiêng của tia ngắm và khoảng cách nằm ngang giữa hai điểm. Sau đó dùng công thức lượng giác sẽ tính ra được độ chênh cao. Phương pháp này có độ chính xác thấp hơn đo cao hình học (độ chính xác đạt khoảng 4cm trên 100m chiều dài) song nó rất tiện lợi khi đo cao ở những vùng có địa hình phức tạp.

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

- **Đo cao thủy tĩnh:** dựa trên đặc điểm bề mặt chất lỏng trong các bình thông nhau luôn nằm trên cùng một mức cao. Xác định được độ cao các cột nước trong các bình thông nhau đặt ở 2 điểm, ta có thể xác định chênh cao giữa 2 điểm đó theo công thức:

$$h = (l_1 - l_2) - (c_1 - c_2)$$

Trong đó: - l_1, l_2 là chiều cao bình;

- c_1, c_2 là khoảng cách từ đỉnh bình tới bề mặt chất lỏng trong mỗi bình.

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

- **Đo cao vô tuyến:** được thực hiện dựa trên đặc tính phản xạ của sóng điện từ hoặc sóng âm, người ta chế tạo ra các máy đo khoảng cách giữa bộ phận phát sóng và bộ phận phản xạ. Máy này sẽ cho kết quả là độ chênh cao giữa 2 điểm. Máy thu phát thường được đặt trên máy bay nếu để đo độ cao các điểm trên mặt đất hoặc đặt trên tàu thuyền nếu để đo độ sâu của sông, hồ, biển.

- **Đo cao cơ học:** dựa trên cơ sở sử dụng nguyên lý con lắc luôn có xu hướng giữ vị trí thẳng đứng khi tham gia chuyển động cơ học theo phương nằm ngang. Thông qua các thiết bị ghi trên băng giấy hoặc trên phim ảnh sẽ xác định được chênh lệch độ cao theo tuyến trên mặt đất mà thiết bị cơ học này di chuyển. Phương pháp này cũng đạt độ chính xác khoảng mấy cm trên 1km chiều dài tuyến đo.

- **Đo cao lập thể:** dựa trên việc đo chênh cao theo mô hình lập thể mặt đất được tạo nên nhờ các dụng cụ lập thể chuyên dùng theo một cặp phim ảnh cùng phủ trùm một khu vực. Sai số xác định độ cao các điểm khi đo chụp lập thể mặt đất vào khoảng 0,1m - 0,3m; còn khi đo chụp ảnh máy bay sẽ bằng 1/1500 độ cao bay chụp.

- **Đo cao GPS:** Độ cao của các điểm được xác định thông qua các số liệu thu từ vệ tinh trong hệ thống định vị toàn cầu.

Trong chương này chỉ giới thiệu hai phương pháp đo chính là đo cao hình học và đo cao lượng giác, thường được áp dụng cho công tác đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ lớn (có độ chính xác từ hạng III trở xuống)

5.2. NGUYÊN LÝ ĐO CAO HÌNH HỌC

Nguyên lý chung để xác định chênh lệch độ cao giữa các điểm là tạo ra tia ngắm nằm ngang, xác định khoảng cách từ các điểm đến tia ngắm nằm ngang đó. Hiệu số giữa chúng là chênh lệch độ cao cần xác định.

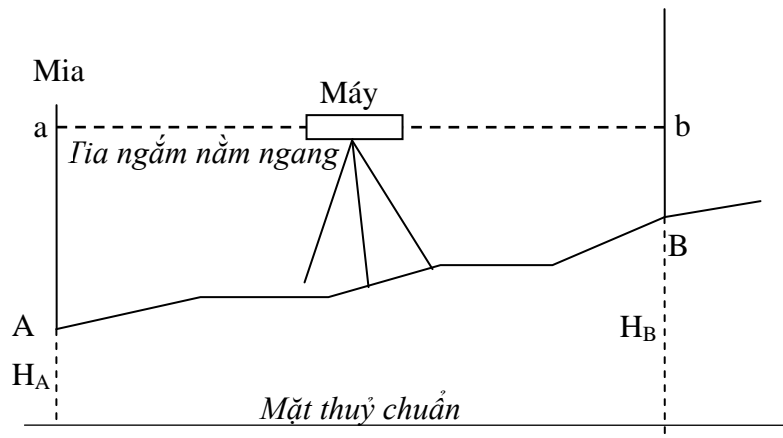
Dụng cụ để tạo ra tia ngắm nằm ngang là máy thủy chuẩn; dụng cụ để xác định khoảng cách từ các điểm đến tia ngắm nằm ngang là mia.

Giả sử cần xác định chênh cao giữa 2 điểm A và B trên mặt đất, ta dựng 2 thước thẳng đứng tại A và B. Có dụng cụ tạo ra tia ngắm nằm ngang (hình 5.1).

Tia ngắm nằm ngang cắt thước A tại số đọc là a, cắt thước B tại số đọc là b (a và b là chiều dài của thước kể từ mặt đất tới tia ngắm nằm ngang). Theo hình vẽ chênh lệch độ cao giữa 2 điểm A và B sẽ là:

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

- Nếu $a > b$ thì $h_{AB} > 0$ tức là điểm B cao hơn điểm A
- Nếu $a = b$ thì $h_{AB} = 0$, hai điểm có độ cao bằng nhau
- Nếu $a < b$ thì $h_{AB} < 0$, điểm B thấp hơn điểm A



Hình 5.1. Sơ đồ nguyên lý đo cao hình học

Nếu biết độ cao của điểm A là H_A thì độ cao của điểm B là:

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

Máy trắc địa có thể tạo ra được tia ngắm nằm ngang gọi là máy thủy chuẩn, cặp thước dựng thẳng đứng tại A và B được gọi là mia.

Trong thực tế, thường có nhiều thuật ngữ khác nhau để chỉ phương pháp đo cao hình học như: đo thủy chuẩn, đo thăng bằng, dẫn cốt... và máy thủy chuẩn cũng có tên gọi là máy thủy bình, máy Nivô...

5.3. MÁY THỦY CHUẨN

5.3.1. Giới thiệu máy thủy chuẩn

Máy thủy chuẩn là một dụng cụ trắc địa dùng để xác định hiệu độ cao của 2 điểm nhờ tạo được tia ngắm nằm ngang kết hợp sử dụng các mia thủy chuẩn dựng thẳng đứng tại những điểm đó.

Hiện nay, máy thủy chuẩn thường có 2 loại: loại điều chỉnh tia ngắm nằm ngang nhờ ống thủy dài gắn trên ống kính và loại tự động điều chỉnh tia ngắm nằm ngang nhờ bộ phận tự cân bằng.

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

- Máy chính xác cao như: H - 05, Ni - 002, Ni - 004... dùng để đo thủy chuẩn hạng I và II, để quan trắc độ lún, biến dạng nhà và công trình. Sai số đo cao trên 1km chiều dài tuyến đo kép không vượt quá 0,5mm.

- Máy chính xác trung bình như: H - 3, KONI - 007... cho phép đạt độ chính xác không quá 3mm trên 1km chiều dài tuyến đo kép, chúng được sử dụng để đo thủy chuẩn hạng III.

- Máy thủy chuẩn kỹ thuật như: H - 10, HB - 1, Ni - 025, Ni - 030... được sử dụng để tiến hành đo thủy chuẩn kỹ thuật và các công tác trắc địa trong xây dựng. Chúng có sai số không quá 10mm trên 1km chiều dài tuyến đo kép.

Ngoài những máy thủy chuẩn nêu trên, trong công tác đo đạc hiện nay còn phổ biến loại máy thủy chuẩn laze trong đó tia ngắm được tạo bởi một chùm tia laze có phạm vi hoạt động tới 500m, mặt nằm ngang được xác định nhờ một hệ thống quét liên tục.



Hình 5.2. Thủy bình điện tử NL

5.3.2. Cấu tạo máy thủy chuẩn

Máy gồm các bộ phận chính như: ốc cân máy, ống thủy tròn, ống thủy dài, ốc điều quang, vít vi động ngang, vít vi động nghiêng.

a. *Ống kính*: là một loại kính viễn vọng giúp người đo nhìn rõ mục tiêu ở xa và đọc số trên mia được chính xác. Ống kính có các chi tiết như: kính vật, kính mắt, lưới chữ thập. Trên lưới chữ thập có khắc chỉ ngang giữa và chữ đứng giữa. Giao điểm của 2 dây chỉ này là điểm

chuẩn để ngắm mục tiêu. Ở đây chỉ đứng còn có 2 dây chỉ ngắn song song với chỉ ngang gọi là dây chỉ đo khoảng cách hay là dây thị cự.

b. *Ống thủy*: ống thủy là bộ phận mà dựa vào nó người ta cân bằng máy thủy chuẩn làm cho trục quay của máy thẳng đứng và trục ngắm của máy nằm ngang trước khi đo. Có 2 loại ống thủy: ống thủy dài và ống thủy tròn (giống như đã trình bày với máy kinh vĩ).

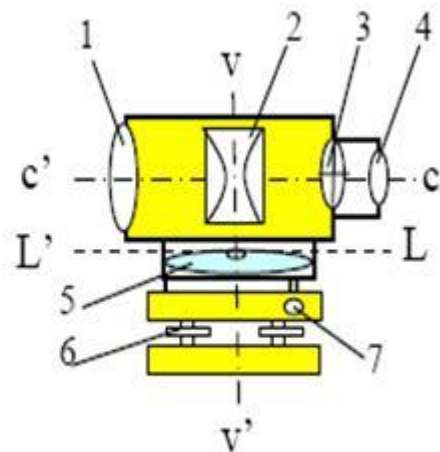
c. *Bệ máy và giá đỡ*: bệ máy là bộ phận đỡ ống kính và các ống thủy, nó được làm bằng kim loại. Dưới bệ máy có 3 ốc cân máy, có lỗ vận ốc nối với giá đỡ. Giá đỡ máy là giá 3 chân làm bằng gỗ hoặc nhôm, có thể thay đổi chiều dài chân máy bởi các ốc vít.

Ngoài ra, để tiện lợi cho quá trình làm việc, máy thủy chuẩn còn có thêm ốc hãm, ốc vi động...



Hình 5.3. Cấu tạo của máy thủy chuẩn Nivo

- 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 5.4. Các bộ phận của máy thủy chuẩn

5.3.3. Mía thủy chuẩn và đế mĩa

a. Mĩa thủy chuẩn

* Mĩa một mặt :

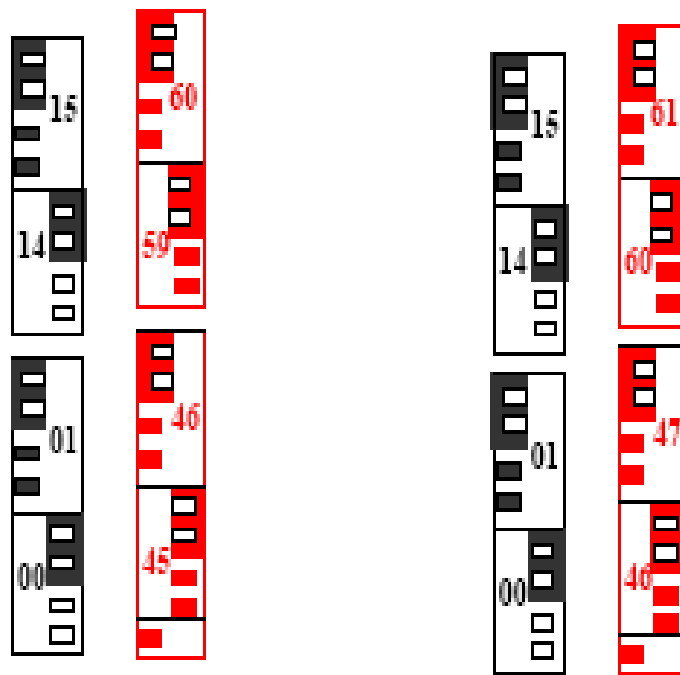
Mĩa thủy chuẩn một mặt thường làm bằng gỗ (hoặc nhôm) dài 3m có thể gập lại (hoặc rút ngắn) để dễ vận chuyển. Mĩa có thiết diện ngang hình chữ I để chống cong vênh và biến dạng. Hai đầu của mĩa được bọc sắt để chống mòn, thân mĩa có gắn ống thủy hoặc có móc treo quả dọi để điều chỉnh cho mĩa thẳng đứng. Mặt mĩa được sơn trắng, có các khoảng chia 1cm hoặc 0,5 cm, phối hợp các vạch chia tạo thành chữ E, \exists ngược nhau. Số ghi trên mĩa tới dm (decimetre), đáy mĩa ứng với vạch 0m. Chữ số ghi giá trị decimetre trên mĩa có thể được khắc ngược để dùng cho các máy có ống kính ảnh ngược, khi nhìn qua ống kính sẽ thấy chữ số thuận, tạo điều kiện dễ dàng cho người đọc mĩa.

* Mĩa hai mặt (cặp mĩa hằng số)

Để tăng độ tin cậy khi đọc số, mĩa được khắc và ghi số ở cả 2 mặt mĩa. **Mặt đen** ứng với các vạch centimetre màu đen, chữ số decimetre màu đỏ. **Mặt đỏ** có vạch centimetre màu đỏ, chữ số decimetre màu đen. Đáy mĩa ở mặt đen ứng với số 0m còn đáy mĩa ở mặt đỏ ứng với số ghi ở một hằng số khiếu nại nào đó tùy chọn (ví dụ: 4786). Tại một vị trí bất kỳ của thân mĩa, số đọc mặt đỏ và mặt đen luôn chênh nhau một hằng số k. Nhờ có hằng số này mà người ta dễ dàng kiểm tra số đọc.

Khi đo thủy chuẩn, thường dùng một cặp mĩa A và B có hằng số mĩa khác nhau. Ví dụ: Mĩa A có hằng số mĩa là 4473mm, mĩa B có hằng số 4573mm, chênh cao giữa hai hằng số mĩa là ± 100 mm.

b. Đế mĩa: Đế mĩa làm bằng gang hoặc bằng thép, nặng 1 - 2kg. Sau khi chọn điểm đặt mĩa, phải đặt đế mĩa lên đó, dùng chân ấn cho đế mĩa bám chắc xuống đất rồi dựng mĩa lên. Nếu đo thủy chuẩn ở vùng đất yếu, đế mĩa bị lún nhiều thì có thể đóng cọc gỗ hoặc cọc sắt thay cho đế mĩa.



Hình 5.5. Cấu tạo mĩa thủy chuẩn

5.4. KIỂM TRA. KIỂM NGHIỆM MÁY THỦY CHUẨN

5.4.1. Kiểm tra máy thủy chuẩn

Trước khi dùng máy thủy chuẩn để đo cao cần kiểm tra sự hoạt động bình thường một số bộ phận của máy.

a. Vít vi động nghiêng và vít vi động ngang cần hoạt động bình thường:

Đặt máy lên chân máy, dùng các ốc cân máy và ống thủy dài đưa trục quay của máy vào vị trí thẳng đứng. Hướng ống kính ngắm đến bức tường, đánh dấu một điểm trên tường trùng với giao điểm của lưới chỉ ngắm. Vặn vít vi động ngang và vít vi động nghiêng, theo dõi ảnh hưởng của điểm đó trong trường ngắm của ống kính xem có chuyển động đều đặn không. Nếu ảnh của điểm chuyển động đều đặn, không có hiện tượng nhảy cách thì các vít này hoạt động bình thường.

b. Các ốc cân máy cần ổn định trên chân máy.

Đặt máy lên chân máy, đánh dấu một điểm trên tường trùng với giao điểm lưới chỉ ngắm. Ấn nhẹ tay lên máy hoặc đế máy, nếu ảnh của điểm không lệch khỏi giao điểm lưới chỉ ngắm hoặc ảnh của điểm bị lệch đi, sau khi bỏ tay rãnh của điểm trở lại giao điểm của lưới chỉ ngắm thì các ốc cân máy ổn định.

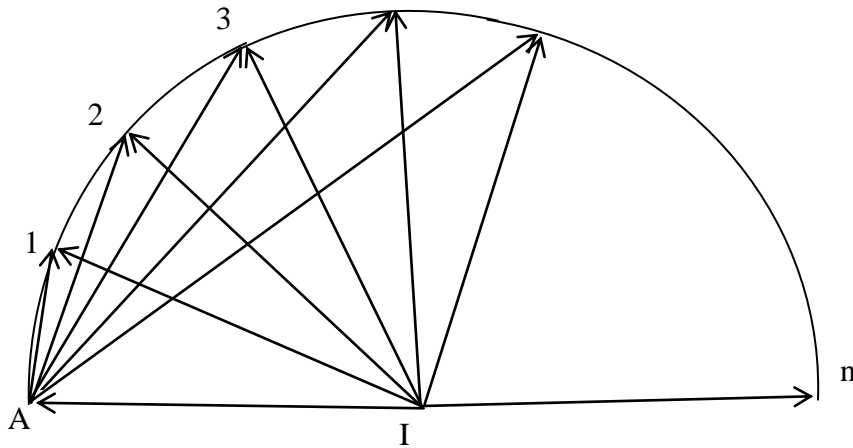
c. Bọt ống thủy dài cần chuyển động đều đặn trong ống thủy.

Để kiểm tra, dùng các ốc cân máy hoặc vít vi động nghiêng làm nghiêng ống thủy. Nếu bọt ống thủy chuyển động đều đặn không có hiện tượng nhảy cách thì mặt trong ống thủy đã được mài nhẵn và ống thủy hoạt động bình thường.

d. Sự ổn định của trục ngắm ống kính khi thay đổi tiêu cự:

Trên mặt đất đóng các cọc 1, 2, 3...n tạo thành nửa vòng tròn có bán kính 50m.

Đặt máy ở trạm máy I, dùng các ốc cân máy và ống thủy dài đưa trục quay của máy thủy chuẩn vào vị trí thẳng đứng giống như cách làm đối với máy kinh vĩ. Đặt mìa lần lượt trên các cọc, bắt đầu từ cọc 1, đọc số trên mìa có các số đọc là $b_1, b_2, b_3 \dots b_n$. Trong quá trình ngắm đến các mìa không thay đổi tiêu cự của máy.



Hình 5.6. Kiểm nghiệm sự ổn định của trục ngắm khi thay đổi tiêu cự

Theo các số đọc, tính hiệu số độ cao của các cọc đối với cọc số 1, ta có:

$$h_1 = b_1 - b_2$$

$$h_2 = b_1 - b_3$$

$$h_1 = b_1 - b_2$$

.....

$$h_{n-1} = b_1 - b_n$$

Sau đó, chuyển máy thủy chuẩn đến đặt ở điểm A. Đưa trục quay của máy vào vị trí thẳng đứng, lần lượt đọc số trên các mia bắt đầu từ cọc 1 được các số đọc b_1, b_2, \dots, b_n . Mỗi lần đọc số xong trên mia, khi ngắm đến mia khác phải thay đổi tiêu cự của máy do khoảng cách tới các cọc không giống nhau. Tính hiệu số độ cao của các cọc đối với cọc số 1, ta có:

$$h_1 = b_1 - b_2$$

$$h_2 = b_1 - b_3$$

.....

$$h_n = b_1 - b_n$$

Tính các hiệu số tương ứng của h_1 và h_1 :

$$\Delta_1 = h_1 - h_1$$

$$\Delta_2 = h_2 - h_2$$

.....

$$\Delta_n = h_{n-1} - h_{n-1}$$

Nếu các hiệu số Δ_i ($i = 1, 2, 3 \dots n$) này không lớn hơn 4mm thì điều kiện trục ngắm ổn định khi thay đổi tiêu cự coi như đạt được. Trường hợp ngược lại, phải đưa máy về xưởng sửa chữa.

* **Lưu ý:** Kiểm tra mục d này thường áp dụng khi đo cao đòi hỏi độ chính xác cao.

5.4.2. Kiểm nghiệm máy thủy chuẩn

Máy thủy chuẩn cân thỏa mãn các điều kiện hình học sau đây:

a. *Trục ống thủy dài cân thẳng góc với trục quay của máy.*

Chọn nơi đất rắn chắc, đặt giá 3 chân xuống đất, điều chỉnh cho mặt giá nằm ngang. Đặt máy lên giá và vặn ốc nổi đủ chặt. Dùng 3 ốc cân điều chỉnh bọt ống thủy tròn vào giữa và dùng vít nâng, hạ đưa bọt ống thủy dài vào giữa, lúc này máy đã được cân bằng sơ bộ. Dựa ống thủy dài để cân bằng chính xác theo các bước sau:

- Bước 1: quay máy để cho ống thủy dài nằm song song với đường thẳng nối 2 ốc cân 1 và 2 và vặn 2 ốc cân này ngược chiều nhau đưa bọt nước vào giữa.

- Bước 2: quay máy đi 90° , vặn ốc cân thứ 3 để đưa bọt ống thủy vào giữa. Sau đó, quay máy đo 180° , nếu bọt ống thủy dài vẫn ở giữa ống thì điều kiện trên được thỏa mãn. Nếu bọt ống thủy bị lệch đi, thì dùng 2 ốc cân máy đưa bọt ống thủy về một nửa khoảng lệch, còn một nửa khoảng lệch kia dùng vít hiệu chỉnh của ống thủy để đưa về nốt.

b. *Kiểm nghiệm và hiệu chỉnh lưới chữ thập để dây chỉ ngang của lưới phải nằm ngang.*

Dây chỉ nằm ngang của lưới chữ thập dùng làm chuẩn đọc số trên mia. Yêu cầu hình học cơ bản của lưới chữ thập là: sau khi cân xong máy, dây chỉ nằm ngang phải nằm ngang và dây chỉ đứng phải thẳng đứng. Cách hiệu chỉnh và kiểm nghiệm lưới chữ thập được tiến hành như sau:

- Cân bằng máy chính xác, dùng sợi dây chỉ mảnh treo một quả dọi cách máy 20m - 30m. Quay máy ngắm dây dọi, quan sát nếu thấy chỉ đứng hoàn toàn trùng với dây dọi thì điều kiện hình học trên được đảm bảo. Trường hợp có sai lệch, tức dây chỉ đứng không trùng với dây dọi thì phải điều chỉnh bằng cách nới lỏng 4 ốc của lưới chữ thập, xoay tâm kính gắn lưới chữ thập để cho chỉ đứng trùng với dây dọi rồi vặn chặt 4 ốc này lại.

- Kiểm tra dây chỉ ngang như sau: đánh dấu một điểm M trên tường sao cho M trùng với tâm C của lưới chữ thập. Dùng ốc vi động ngang đưa máy quay từ từ theo 2 phía, nếu dây chỉ

luôn luôn cắt qua M thì dây chỉ ngang nằm đúng vị trí. Nếu thấy chỉ ngang lệch khỏi M thì chứng tỏ lưới chữ thập có 2 dây chỉ không vuông góc với nhau, cần phải đem về xưởng thay lưới khác.

c. *Trục ngắm của ống kính cần song song với trục ống thủy dài.*

Đây là điều kiện hình học cơ bản của máy thủy chuẩn. Có 2 phương pháp kiểm nghiệm điều kiện này:

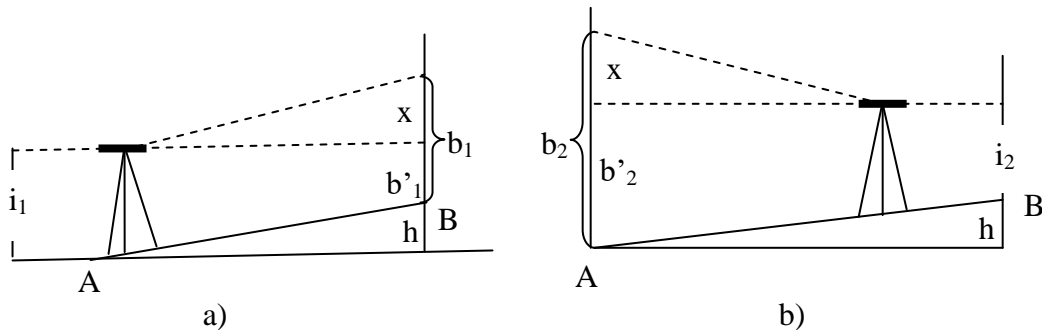
- *Phương pháp thứ nhất:* đo 2 lần theo phương pháp đo cao phía trước.

Trên mặt đất đóng cố định 2 cọc A và B cách nhau 50m - 60m. Đặt máy thủy chuẩn ở gần điểm A, đo chiều cao máy i_1 , đưa trục ngắm của ống kính vào vị trí nằm ngang, đọc số trên mìa dựng thẳng đứng tại B, được số đọc b_1 . Sau đó, đặt máy ở gần điểm B, đo chiều cao máy i_2 , đưa trục ngắm của ống kính vào vị trí nằm ngang, đọc số trên mìa dựng thẳng đứng tại điểm A, được số đọc b_2 .

Nếu trục ngắm của ống kính không song song với trục ống thủy dài thì trong các số đọc b_1 và b_2 sẽ chứa sai số x . Số đọc đúng trong 2 số đọc sẽ là:

$$b'_1 = b_1 - x$$

$$b'_2 = b_2 - x$$



Hình 5.7. Kiểm nghiệm điều kiện trục ngắm song song với trục ống thẳng bằng dài

Hiệu số độ cao được tính ở 2 trạm máy sẽ là:

$$h = i_1 - b_1 + x \quad (a)$$

$$h = b_2 - x - i_2 \quad (b)$$

Từ 2 đẳng thức (a) và (b) ta có:

$$i_1 - b_1 + x = b_2 - x - i_2$$

hay:
$$2x = b_2 + b_1 - i_2 - i_1$$

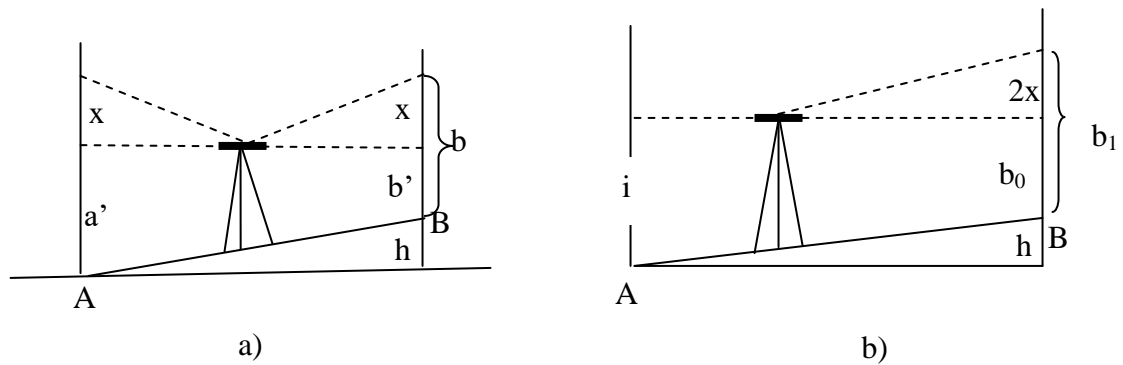
hay:
$$x = \frac{b_2 - b_1}{2} - \frac{i_2 - i_1}{2}$$

Nếu $x \leq 4\text{mm}$ thì điều kiện trên coi như được thỏa mãn. Trường hợp $x > 4\text{mm}$ thì số đọc đúng trên mìa đặt ở điểm A là: $b'_2 = b_2 - x$

Máy đang ở vị trí hình vẽ (b), dùng vít hiệu chỉnh ở lưới dây chỉ ngắm đưa dây chỉ ngang về số đọc đúng trên mìa. Sau đó, vặn chặt các vít hiệu chỉnh của lưới chỉ ngắm lại.

- *Phương pháp thứ hai:* dùng phương pháp đo cao từ giữa và phương pháp đo cao phía trước để kiểm nghiệm.

Trên mặt đất đóng 2 cọc A và B cách nhau 60 m - 70m. Lần đầu đặt máy thủy chuẩn ở giữa, mìa dựng thẳng đứng tại A và B. Đưa trục ngắm của ống kính vào vị trí nằm ngang.



Hình 5.8

Giả sử trục ngắm của ống kính không song với trục ống thủy dài, đọc số trên mia tại A được số đọc a , còn số đọc trên mia tại B là b (hình 5.8.a). Trong các số đọc ở mia tại A và B có chứa sai số x . Số đọc đúng trên mia tại A là:

$$a' = a - x$$

Số đọc đúng trên mia tại B là:

$$b' = b - x$$

Hiệu số độ cao đúng của điểm A và B là:

$$h = a' - b' = (a - x) - (b - x) = a - x - b + x = a - b$$

Lần sau, đặt máy thủy chuẩn tại điểm A, đo chiều cao máy i , mia dựng thẳng đứng tại B, đưa trục ngắm của ống kính vào vị trí nằm ngang, đọc số trên mia được số đọc b_1 (hình 5.8.b).

Theo chiều cao máy i và hiệu số độ cao h đã biết, tìm được số đọc đúng là:

$$b_0 = i - h$$

Nếu $b_1 - b_0 \leq 4\text{mm}$ thì coi như điều kiện trên đã thỏa mãn, còn nếu $b_1 - b_0 > 4\text{mm}$ thì hiệu chỉnh như đã làm ở phương pháp thứ nhất.

5.5. CÁC THAO TÁC CƠ BẢN TRÊN MÁY THỦY CHUẨN TẠI MỘT TRẠM ĐO

5.5.1. Định tâm máy (giống phương pháp định tâm ở máy kinh vĩ)

5.5.2. Cân bằng máy

Về cơ bản giống với phương pháp cân bằng ở máy kinh vĩ tức là trước hết cân bằng theo ống thủy tròn và ống thủy dài để đưa bọt nước của hai ống thủy vào giữa. Sau đó, trước mỗi lần đọc số trên mia phải vặn ốc nâng hạ để điều chỉnh cho 2 dây parapol chập vào nhau. Lúc đó mới được xem là cân bằng chính xác và mới được đọc số.

5.6. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO CAO HÌNH HỌC

5.6.1. Đo cao hình học từ giữa (mia một mặt và mia hai mặt)

Để xác định hiệu số độ cao h của 2 điểm A và B ở trên mặt đất, người ta đặt máy thủy chuẩn vào khoảng giữa 2 điểm này, còn tại 2 điểm dựng 2 mia thẳng đứng.

Máy thủy chuẩn được đặt vào khoảng giữa A, B (không có nghĩa là nhất thiết máy phải đặt trên đường nối A, B. Máy được đặt về một phía, sao cho khoảng cách từ máy đến 2 điểm gần bằng nhau). Dùng 3 ốc cân máy đưa bọt ống thủy dài trên thành ống kính vào giữa ống, khi đó trục ngắm của ống kính ở vị trí nằm ngang. Quay máy đến ngắm mia dựng thẳng đứng tại A bắt mục tiêu chính xác, điều chỉnh cho 2 dây Parapol chập nhau, đọc được số đọc T . Sau đó, tương tự quay máy đến ngắm mia dựng thẳng đứng tại B, điều chỉnh cho 2 dây Parapol chập nhau, đọc được số đọc S .

Giả sử điểm A đã biết độ cao là H_A , số đọc T được gọi là số đọc trước, điểm B là điểm cần xác định độ cao, số đọc S được gọi là số đọc sau. Hiệu số độ cao giữa 2 điểm A và B là h được tính:

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

nghĩa là hiệu số độ cao giữa 2 điểm bằng hiệu số của số đọc sau và số đọc trước.

Ví dụ: $a = 1313$, $b = 2561$ thì $h_{AB} = -1248$ m. Dấu (-) có nghĩa là điểm B thấp hơn điểm A.

Phương pháp đo trên đây được áp dụng đối với trường hợp dùng mia một mặt. Nếu trường hợp dùng mia hai mặt. Thao tác đo như sau:

Cũng đặt máy vào khoảng giữa hai điểm cần đo. Quay máy ngắm mặt đen mia sau, bắt mục tiêu chính các, điều chỉnh chỉ hai dây Parapol chập nhau đọc được số đọc là $S_{đen}$. Quay máy ngắm mặt đen mia trước, tương tự đọc được số đọc là $S_{đỏ}$. Vẫn giữ nguyên máy, người dựng mia tại B quay mặt đỏ về phía máy, người ngắm tiếp tục đọc số ở mặt đỏ mia sau được số đọc là $S_{đỏ}$. Cuối cùng quay máy ngắm về mặt đỏ mia trước đọc được số đọc là $T_{đỏ}$ (cần đo thêm chiều dài thì dùng vạch đo xa của lưới chữ thập)

Tính toán độ chênh cao:

$$h_{đen} = S_{đen} - T_{đen}$$

$$h_{đỏ} = S_{đỏ} - T_{đỏ}$$

Nếu sai lệch độ chênh cao tại một trạm đo không vượt quá ± 5 mm thì tính độ chênh cao trung bình:

$$h_{TB} = 1/2 (h_{đen} + h_{đỏ} \pm 100)$$

Lấy dấu (+) hoặc dấu (-) theo dấu của K_{TT} (gọi là hằng số mia)

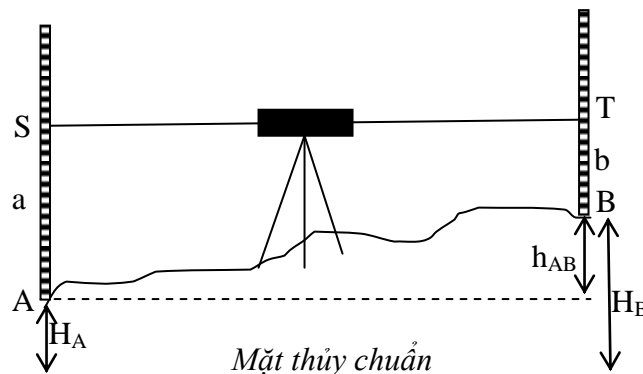
Kiểm tra K_{TT} như sau:

Tính $K_{TT} = h_{đen} - h_{đỏ}$

Sau đó tính $a = S_{đỏ} - S_{đen}$

$$b = T_{đỏ} - T_{đen}$$

Kiểm tra hiệu $b - a$ phải bằng K_{TT} đã tính ở trên (*Cách tính toán tham khảo sách thực hành trắc địa*)



Hình 5.9. Đo cao hình học từ giữa

5.6.2. Đo cao hình học phía trước

Để xác định hiệu số độ cao giữa 2 điểm A và B ở trên mặt đất, nếu dùng phương pháp đo cao phía trước thì tiến hành như sau:

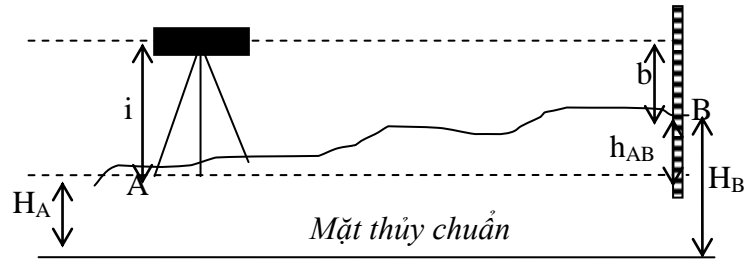
Đặt máy thủy chuẩn ở điểm A (hoặc điểm B), dựng mia thẳng đứng ở điểm B (điểm A).

Sau khi tiến hành định tâm và cân bằng máy chính xác thì đo chiều cao i của máy, đo từ mặt cọc A đến tâm của máy (điểm giữa của kính mắt hay một vạch đỏ ở giữa máy đối với loại máy mới) có thể dùng thước hoặc dùng ngay mia để đo. Quay máy đến ngắm mia dựng tại B, đọc số theo dây giữa được số đọc là b . Hiệu số độ cao giữa 2 điểm A và B được tính:

$$h_{AB} = i - b$$

$$H_B = H_A + h_{AB} = (H_A + i) - b$$

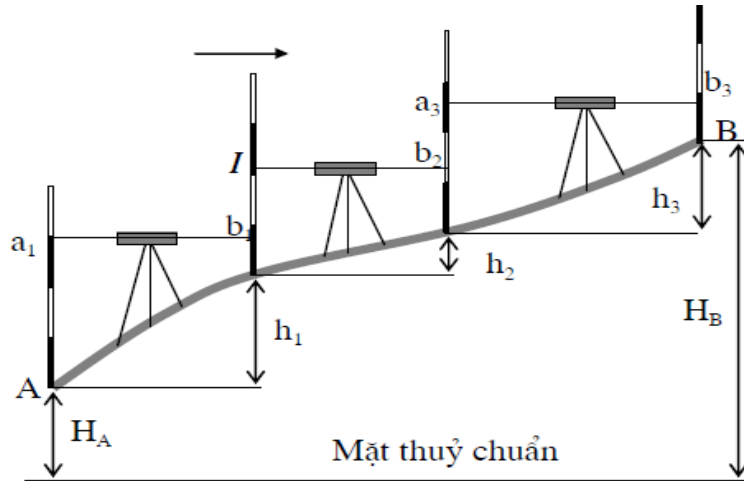
Nghĩa là hiệu số độ cao bằng độ cao của máy trừ đi số đọc trên mia.



Hình 5.10. Đo cao hình học phía trước

Tóm lại, phương pháp đo cao hình học tiến hành đo nhanh hơn phương pháp đo cao từ giữa nhưng lại có độ chính xác thấp hơn nên chủ yếu áp dụng cho đo vẽ chi tiết.

***Lưu ý:** Khi hai điểm A, B cách xa nhau hoặc h_{AB} quá lớn (độ dốc lớn) mà áp dụng phương pháp đo cao hình học để đo thì cần phải chia đoạn cần đo ra làm nhiều đoạn nhỏ rồi tiến hành đo từng đoạn cho đến khi đến điểm B thì thôi. Sở dĩ phải làm như vậy là do nhược điểm của ống kính thủy chuẩn là chỉ nằm ngang mà không thể dịch chuyển lên xuống được nên đo ở khoảng cách xa, độ dốc lớn thì tầm ngắm của ống kính bị hạn chế tức là không ngắm được đến mìa.



Hình 5.11

Nhìn hình vẽ ta có: $h_1 = a_1 - b_1$
 $h_2 = a_2 - b_2$
 $h_3 = a_3 - b_3$

 $h_i = a_i - b_i$

Lúc này h_{AB} là tổng các chênh cao h_i của n trạm đo:

$$h_{AB} = \sum h_i = \sum a_i - \sum b_i \quad (i = \overline{1, n})$$

5.7. PHƯƠNG PHÁP ĐO CAO LƯỢNG GIÁC (DÙNG MÁY KINH VĨ)

Phương pháp đo cao hình học trình bày ở trên có ưu điểm là đạt độ chính xác cao, nhưng đối với khu vực địa hình có độ dốc lớn (núi cao) hoặc có chướng ngại vật (song ngòi, vực sâu...), thì tốc độ sẽ chậm, khó khăn và không kinh tế. Mặt khác, trường hợp xác định các điểm khống chế trong khi độ chính xác yêu cầu không cao thì nên sử dụng phương pháp đo cao lượng giác.

(để đo vẽ bản đồ có tỷ lệ 1:25000 – 1:10000).

Nguyên lý của phương pháp đo cao lượng giác là dựa vào mối tương quan hàm lượng giác trong tam giác tạo bởi tia ngắm nghiêng, khoảng cách giữa hai điểm và phương dây dọi đi qua điểm cần xác định độ cao. Dụng cụ đo là máy có bàn độ đứng (máy kinh vĩ, máy toàn đạc...).

Thực chất của phương pháp đo này là đo góc đứng và khoảng cách giữa các điểm cần xác định độ cao. Sau đó áp dụng công thức lượng giác để xác định độ chênh cao.

Để xác định độ chênh cao h_{AB} giữa hai điểm A và B, ta đặt máy kinh vĩ hoặc máy toàn đạc tại điểm A (hoặc điểm B), đặt mìa ở điểm B (hoặc điểm A). Tiến hành định tâm và cân bằng máy chính xác. Sau đó đo chiều cao i của máy (cách đo i giống với đo cao phía trước). Quay máy ngắm mìa dựng tại điểm B đọc số đọc dây trên, dây dưới để tính n và đọc dây giữa được giá trị l . Tiến hành đo và tính góc đứng V theo công thức:

$$V = MO - T = Ph - MO$$

Từ hình vẽ ta có:

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

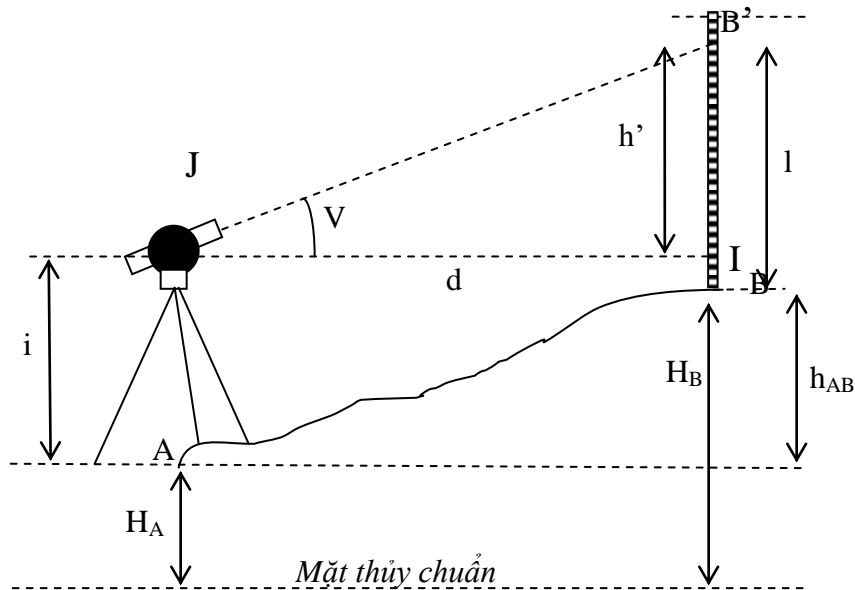
hoặc
$$h_{AB} = h' + i - l$$

Trong tam giác vuông $JB'I$ có:

$$h' = d \cdot \text{tg}V$$

Giá trị của độ chênh cao cần xác định sẽ là:

$$h_{AB} = d \cdot \text{tg}V + i - l \quad (5.9.1)$$



Hình 5.12. Đo cao lượng giác

Công thức này ta không tính đến ảnh hưởng độ cong quả đất và khúc xạ ánh sáng.

Khoảng cách d có thể được đo trực tiếp bằng thước thép hoặc xác định qua vạch đo khoảng cách của ống kính ...

Nếu đo khoảng cách d bằng vạch đo khoảng cách, theo công thức $d = kncos^2V$ thì công thức (5.9.1) có dạng:

$$h_{AB} = kncos^2V \cdot \text{tg}V + i - l$$

n : là hiệu số đọc trên mìa giữa dây chỉ dưới và dây chỉ trên

Từ đó rút ra:
$$h_{AB} = 1/2 (kn\sin 2V) + i - l \quad (5.9.2)$$

Khi đặt điểm ngắm, sao cho khoảng cách $l = i$ thì công thức (5.9.1) được rút gọn thành:

$$h_{AB} = d.tgV$$

Còn từ công thức (5.9.2) được viết lại là:

$$h_{AB} = 1/2 (knsin2V)$$

Dựa vào công thức này, theo các trị số đọc được trên mia và góc đứng, ta tính được các chênh cao khác nhau và lập bảng tính chênh cao.

Khi khoảng cách d khá lớn, tia ngắm bị ảnh hưởng của hiện tượng khúc xạ, đồng thời bị ảnh hưởng của độ cong quả đất. Do ảnh hưởng của 2 loại sai số này ta phải cộng thêm một giá trị đã được tính là:

$$f = 0,43 (d^2/R) \quad (\text{thường dùng ở Việt Nam})$$

Trong đó: f : ảnh hưởng tổng hợp của độ cong quả đất và chiết quang

d : khoảng cách đo được từ máy đến mia

R : bán kính trái đất ($R = 6370\text{km}$)

Từ đó, công thức (5.9.1) sẽ trở thành:

$$h = d.tgV + i - l + 0,43 (d^2/R)$$

Với $d = 400\text{m}$ thì $f = 1\text{cm}$. Vì vậy, trong đo cao lượng giác khi khoảng cách giữa 2 điểm nhỏ hơn 400m thì bỏ qua số hiệu chỉnh f .

Độ chính xác của đo cao lượng giác phụ thuộc vào độ chính xác đo khoảng cách giữa 2 điểm và độ chính xác đo góc nghiêng V , trong đó ảnh hưởng do đo góc nghiêng là chủ yếu. Nói chung, độ chính xác của đo cao lượng giác kém hơn độ chính xác của đo cao hình học nhưng nó có năng suất lao động cao và có thể đo được những chênh cao lớn ở cách xa nhau hoặc trên những địa hình đi lại khó khăn.

5.8. CÁC NGUỒN SAI SỐ CHỦ YẾU KHI ĐO CAO

Mặc dầu máy và mia thủy chuẩn đã được kiểm nghiệm và điều chỉnh nhưng vẫn không thể loại trừ được hoàn toàn các sai số. Các sai số này do nhiều nguyên nhân gây ra như sự không hoàn thiện của máy móc thiết bị (máy, mia, mốc...), do khả năng đo ngắm của người, do chọn phương pháp đo và tính toán chưa hợp lý, do ảnh hưởng của môi trường đo... Bao gồm các sai số cơ bản sau:

- Sai số do dụng cụ đo: do vạch khắc trên mia không đều, mia bị cong vênh, đế mia bị mòn

- Sai số do người đo : do cân ống thủy dài không thật chính xác. Cần dậm chân máy chắc chắn trước khi đo và tránh đo lúc gió to. Do dựng mia nghiêng, khắc phục bằng cách dùng mia có gắn ống thủy tròn. Sai số do ngắm và đọc số, sai số này phụ thuộc và khoảng cách đo ngắm, độ phóng đại ống kính...

- Sai số do môi trường: Khúc xạ ánh sáng là yếu tố rất quan trọng, để hạn chế sai số này cần rút ngắn tầm ngắm, tia ngắm phải cách chướng ngại vật lớn hơn 0,2m và đo vào lúc thời tiết tốt. Sai số do máy bị chiếu nắng trực tiếp sẽ giảm nhờ cục bộ đo đó khi đo phải dùng ô che máy.

- Sai số do ảnh hưởng của độ cong trái đất: Sai số này sẽ không đáng kể khi đo cao từ giữa với chiều dài tia ngắm trước bằng hoặc xấp xỉ chiều dài tia ngắm sau. Khi đo cao phía trước, cần tính hiệu chỉnh sai số này vào kết quả đo khi chiều dài tia ngắm lớn hơn 50m.

Chương 7 LƯỚI KHỔNG CHẾ MẶT BẰNG

7.1. KHÁI NIỆM VỀ LƯỚI KHỔNG CHẾ MẶT BẰNG

Trong đo đạc để thành lập bình đồ hay bản đồ các loại nói chung đều dựa trên nguyên tắc sau “Đo từ tổng thể đến chi tiết, từ toàn bộ đến cục bộ, từ độ chính xác cao đến độ chính xác thấp”

Dựa trên nguyên tắc đó, trong đo đạc để tránh tích lũy sai số và để nâng cao độ chính xác thì trước hết cần xây dựng lưới khống chế gồm các điểm có độ chính xác cao, sau đó hạ dần xuống các lưới khống chế gồm các điểm có độ chính xác thấp hơn làm cơ sở cho việc trực tiếp đo vẽ các điểm chi tiết.

Lưới khống chế được phân ra làm hai loại đó là Lưới khống chế mặt bằng và Lưới khống chế độ cao.

Khái niệm: Lưới khống chế mặt bằng là lưới xác định vị trí mặt bằng của các điểm khống chế (tức là xác định toạ độ X và Y của các điểm khống chế), lấy đó làm chỗ dựa để xác định vị trí mặt bằng của các điểm trong khu vực đo đạc.

Lưới khống chế độ cao là lưới xác định vị trí độ cao (H) của các điểm khống chế, lấy đó làm chỗ dựa để xác định độ cao của các điểm trong khu vực đo đạc.

Hiện nay ở nước ta cũng như nhiều nước khác, tùy theo yêu cầu độ chính xác và tác dụng khống chế của nó mà phân dạng cấp lưới khống chế mặt bằng như sau:

a. Lưới khống chế mặt bằng Nhà Nước:

Gồm các điểm tam giác hoặc đường chuyền gồm 4 hạng: Hạng I, hạng II, Hạng III, Hạng IV.

Lưới tam giác đo góc hạng I được thành lập ở dạng khâu dọc theo kinh tuyến và vĩ tuyến, tạo thành dạng tam giác đo góc có chu vi khoảng 800-1000 km.

Lưới tam giác đo góc hạng II được phát triển từ lưới tam giác hạng I, phía trong của lưới ở gần giữa, người ta đo ít nhất một cạnh đáy.

Trên cơ sở lưới hạng I và hạng II, tiếp tục phát triển xuống lưới hạng III và hạng IV. Trong trường hợp đặc biệt thì có thể thay lưới tam giác đo góc bằng đường đo đa giác ở cùng cấp.

b. Lưới khống chế mặt bằng khu vực (chêm dày)

Mật độ điểm khống chế của lưới nhà nước không đủ để đo vẽ, do đó phải tăng dày lưới khống chế thêm. Người ta tiến hành tăng dày bằng cách xây dựng lưới khống chế khu vực ở dạng giải tích cấp 1 và cấp 2 (hay đường chuyền cấp 1 và cấp 2). Lưới giải tích cấp 1 và cấp 2 được xây dựng theo dạng đồ hình mẫu như tứ giác trắc địa, đa giác trung tâm, chuỗi tam giác nằm giữa hai cạnh cố định, chêm điểm vào góc cố định... Lưới khống chế giải tích khu vực được dựa trên các điểm lưới khống chế nhà nước. Yêu cầu kỹ thuật đối với lưới giải tích cấp 1 và cấp 2 được quy định trong quy trình quy phạm hiện hành của tổng cục địa chính Việt Nam.

c. Lưới khống chế mặt bằng đo vẽ

Lưới khống chế mặt bằng đo vẽ gồm các điểm tam giác nhỏ và các đường chuyền kinh vĩ cấp 1 và cấp 2 (phổ biến)

Lưới khống chế mặt bằng đo vẽ làm cơ sở để đo vẽ trực tiếp các điểm chi tiết (điểm chi tiết địa hình và điểm chi tiết địa vật) và cũng là cơ sở để chuyển các điểm thiết kế ra ngoài thực địa.

Lưới này thường được xây dựng ở dạng đường chuyền kinh vĩ hở, đường chuyền kinh vĩ khép kín, hoặc đường chuyền điểm nút...

7.11. LƯỚI ĐƯỜNG CHUYỀN KINH VĨ

7.11.1. Thiết kế lưới đường chuyền và đo nối với điểm khống chế của lưới cấp cao hơn

hơn

Đường chuyền kinh vĩ là lưới khống chế dùng để đo vẽ các điểm chi tiết. Khi đo vẽ đất nông nghiệp, đường chuyền kinh vĩ được đặt theo ranh giới sử dụng đất. Các đỉnh của đường chuyền kinh vĩ được dùng để đặt trạm máy đo các điểm chi tiết, vì thế khi đặt đường chuyền kinh vĩ cần có các yêu cầu sau đây:

- Tại các đỉnh đường chuyền kinh vĩ, trạm máy phải đo nhiều điểm chi tiết nhất.
- Các đỉnh của đường chuyền kinh vĩ phải nhìn thông nhau và phải được đặt ở nơi thuận tiện cho việc đo chiều dài.

- Chiều dài cạnh đường chuyền không lớn hơn 350m và không nhỏ hơn 20m. Cạnh đường chuyền được đo bằng thước thép hoặc bằng các máy, dụng cụ đo chiều dài có độ chính xác tương đương. Sai số tương đối đo chiều dài phải trong phạm vi cho phép:

1: 2000 khi đo vẽ vùng quang đàng.

1: 1000 khi đo vẽ vùng rừng núi.

- Việc chôn mốc có hai cách: có thể chôn mốc cố định, lâu dài hoặc chôn mốc tạm thời làm bằng gỗ.

- Việc bình sai đường chuyền kinh vĩ nhằm mục đích cuối cùng là đi xác định tọa độ của các điểm khống chế đã thiết kế.

- Trong quá trình đo lưới đường chuyền kinh vĩ thì tiến hành đo các góc và các cạnh của lưới. Trước khi đi xác định tọa độ của lưới thì cần phải đi sửa saicho các góc và cạnh đã đo. Có hai cách đo như sau:

- + Đo bên phải đường đo ta được các góc β_i

- + Đo bên trái đường đo ta được các góc λ_i

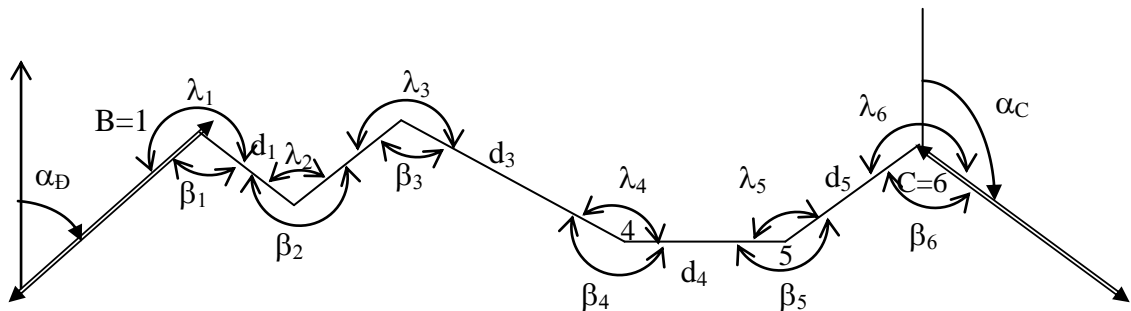
- Đo cạnh của lưới có thể dùng thước thép hoặc dùng máy

- Độ chính xác của đo góc, đo cạnh là tùy thuộc vào từng dạng lưới (dựa vào quy trình, quy phạm)

- Khi đo cần vẽ sơ đồ lưới và ghi chép số liệu đo vào sổ đo. Kết thúc quá trình đo thì phải kiểm tra toàn bộ số liệu trước khi đóng máy.

- Trước khi bình sai, bàn giao số liệu cần phải kiểm tra lại tất cả kết quả một lần cuối cùng. Góc của đường chuyền kinh vĩ được đo theo phương pháp một vòng đo, Sai số giữa hai nửa vòng đo phải nhỏ hơn hoặc bằng hai độ chính xác của máy (2t).

Trong khu vực đo có các điểm A, B, C, D là các điểm khống chế cấp cao hơn, đường chuyền kinh vĩ được bố trí nối với các điểm đó như trên.



Hình 7.11

Điểm 1 và điểm 6 của đường chuyền được bố trí trùng với điểm B và điểm C. Đo các góc $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ tại các đỉnh 1, 2, 3, 4, 5, 6 của đường chuyền. Các góc β_1 và β_6 tại các điểm B và C là các góc nối, được dùng để chuyền các góc định hướng đã biết α_d của cạnh AB đến các cạnh của đường chuyền, đồng thời để kiểm tra kết quả đo góc của đường chuyền.

7.11.2. Bình sai đường chuyền kinh vĩ

Mục đích của việc bình sai đường chuyền kinh vĩ là để đo được tọa độ các đỉnh của đường chuyền. Ở chương này, chúng ta chỉ xem xét bình sai của đường chuyền kinh vĩ khép kín và đường chuyền kinh vĩ kéo dài.

Trước khi bình sai cần kiểm tra lại số đo góc và số đo chiều dài thực địa. Sau đó dựa vào kết quả đo góc và đo chiều dài, số liệu góc về các điểm không chế trắc địa cấp cao hơn có liên quan tới đường chuyền kinh vĩ, vẽ sơ đồ để trong quá trình bình sai kịp thời phát hiện những sai sót.

7.11.2.1. Bình sai đường chuyền kinh vĩ khép kín

Giả sử có đường chuyền kinh vĩ khép kín 123456, ta đã biết giá trị các góc $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$; chiều dài các cạnh $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$; tọa độ điểm 1 là x_1, y_1 ; góc định hướng cạnh 1-2 là $\alpha_{1-2} = \alpha_1$. Trình tự bình sai đối với đường chuyền kinh vĩ này như sau:

1. Bình sai góc

Đối với đa giác, tổng trị số các góc phía trong của đa giác theo lý thuyết là:

$$\sum_1^n \beta_u = 180^0(n-2)$$

Ở đây n là góc phía trong của đa giác

Gọi tổng trị số của các góc phía trong của đa giác đã cho được là $\sum \beta_{do}$. Nếu tổng trị số góc đo không bằng tổng trị số góc lý thuyết thì xuất hiện sai số khép f_β và được tính:

$$f_\beta = \sum_1^n \beta_{do} - \sum_1^n \beta_u$$

Yêu cầu: $f_\beta \leq f_\beta$ cho phép

$$f_\beta \text{ cho phép} = \pm 1,5 \sqrt{n}$$

Trong đó: t - độ chính xác của máy kinh vĩ

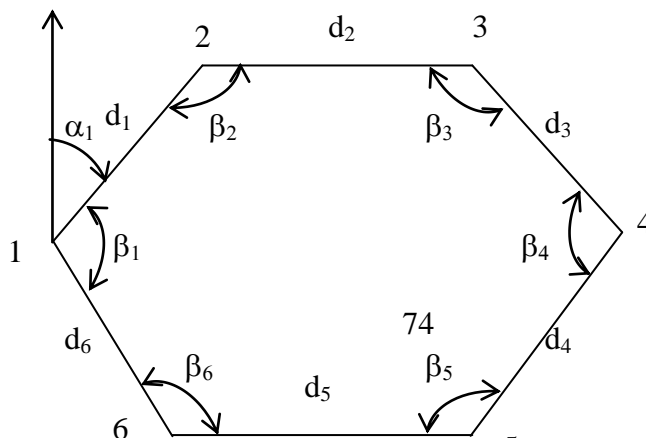
n - số góc phía trong của đa giác

Đổi dấu sai số khép góc rồi đem phân phối bằng cách chia đều cho số góc đo, sẽ được số hiệu chỉnh cho các góc đo là V_β :

$$V_\beta = - \frac{f_\beta}{n}$$

Lấy giá trị góc đo cộng với số hiệu chỉnh V_β sẽ được các góc đo đã bình sai. Để kiểm tra việc tính số hiệu chỉnh, ta sử dụng công thức:

$$\sum_1^n V_\beta = - f_\beta$$



Hình 7.12

2. Tính góc định hướng cho các cạnh đường chuyền

Để có được tọa độ các đỉnh của đường chuyền, cần biết góc định hướng hoặc hai phương và chiều dài nằm ngang của các cạnh. Khi biết góc định hướng của một cạnh sẽ tìm được góc định hướng của các cạnh khác còn lại. Trường hợp các góc đo nằm bên phải đường, có:

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

Trường hợp góc đo nằm bên trái đường đo, có:

$$\alpha_\lambda = \alpha_{\lambda-1} + \lambda_n - 180^0$$

Đã biết góc định hướng α_1 của cạnh 1-2, lần lượt tính góc định hướng của các cạnh còn lại. Để kiểm tra việc tính góc định hướng, cần tính trở lại góc định hướng α_1 .

3. Bình sai số gia tọa độ

Đã biết góc định hướng và chiều dài nằm ngang của các đường chuyền, tính số gia tọa độ theo công thức:

$$\Delta x_{i,j+1} = S_{i,j+1} \cdot \cos \alpha_{i,j+1} \quad (i = \overline{1, n})$$

$$\Delta y_{i,j+1} = S_{i,j+1} \cdot \sin \alpha_{i,j+1}$$

Đối với đa giác, tổng số gia tọa độ theo lý thuyết bằng 0, nghĩa là:

$$\sum_1^n \Delta x_{it} = 0$$

$$\sum_1^n \Delta y_{it} = 0$$

Thực tế, do mắc phải những sai số trong quá trình đo góc và đo chiều dài nên tổng số số gia tọa độ tính được sẽ khác 0:

$$\sum_1^n \Delta x_{đo} \neq 0$$

$$\sum_1^n \Delta y_{đo} \neq 0$$

Lúc đó, sai số khép số gia tọa độ theo các trục tọa độ được tính:

$$f_x = \sum_1^n \Delta x_{đo} - \sum_1^n \Delta x_{it}$$

$$f_y = \sum_1^n \Delta y_{đo} - \sum_1^n \Delta y_{it}$$

Sai số khép số gia tọa độ theo chu vi đa giác là f_s được tính:

$$f_s = s \sqrt{f_x'^2 + f_y'^2}$$

T = 3000 trong trường hợp đo ở đồng bằng

T = 1000; 2000 tùy theo địa hình.

Khi sai số khép tương đối thỏa mãn điều kiện trên, tính số hiệu chỉnh số gia tọa độ theo các trục tọa độ như sau:

- Xác định hệ số điều chỉnh cho từng đoạn:

$$k_i = \frac{S_{i,j+1}}{\sum_1^n S_{i,j+1}}$$

- Số hiệu chỉnh số gia tọa độ cho từng đoạn:

$$V_{xi} = -k_i \cdot f_x$$

$$V_{yi} = -k_i \cdot f_y$$

Đưa các số hiệu chỉnh số gia tọa độ vào các số gia tọa độ tương ứng sẽ có các số gia tọa độ đã được hiệu chỉnh.

4. Tính tọa độ các đỉnh của đường chuyền

Đã biết tọa độ của đỉnh 1 là x_i, y_i (có thể giả định) và số gia tọa độ đã được hiệu chỉnh, tính tọa độ các đỉnh còn lại theo công thức:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{i,j+1}$$

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

Ví dụ: bình sai đường chuyền kinh vĩ, $t = 30''$; $\frac{1}{T} = \frac{1}{2000}$

7.11.2.2. Bình sai đường chuyền kinh vĩ kéo dài (đường chuyền hở)

Đường chuyền kinh vĩ kéo dài là đường từ một điểm gốc B và kết thúc tại một điểm gốc khác C mà không quay về điểm ban đầu.

Vẫn giống như trường hợp đường chuyền khép kín. Tuy nhiên, đo có hai điểm tọa độ gốc X_d, Y_d, X_c, Y_c và 2 phương vị góc $\alpha_d (\alpha_{AB})$ và $\alpha_c (\alpha_{CD})$ nên các giá trị tổng lý thuyết của các góc và tổng các số gia tọa độ sẽ được tính theo các công thức khác. Đã biết giá trị các góc β và chiều dài cạnh S.

1. Bình sai góc

Trường hợp đo góc trái β :
$$\sum_1^n \beta_{lt} = \alpha_d - \alpha_c \pm n.180^0$$

Trường hợp đo góc trái λ :
$$\sum_1^n \lambda_{lt} = \alpha_d - \alpha_c \pm n.180^0$$

Trong đó: n- số góc đo.

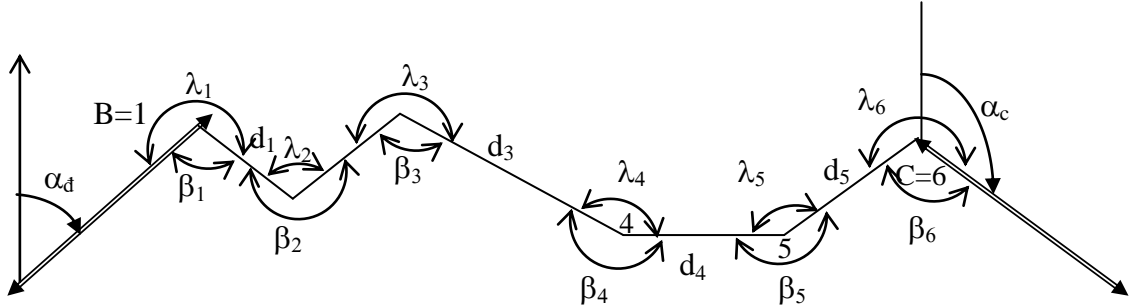
Khi đó, sai số khép được tính theo công thức:

$$f_\beta = \sum_1^n \beta_{do} - \sum_1^n \beta_{lt}$$

Góc điều chỉnh tính theo công thức:

$$\beta_{inc} = \beta_{ido} + V_\beta$$

Trong đó:
$$V_\beta = -\frac{f_\beta}{n}$$



Hình 7.13

Quá trình tính toán kiểm tra tương tự đường chuyền khép kín.

Chú ý: Yêu cầu sai số khép góc (hoặc f_{λ}) phải nhỏ hơn hoặc bằng sai số khép góc cho phép ($f_{\beta cf}$). Nếu các góc định hướng α_d , α_c của cạnh góc AB và CD là lưới khống chế trắc địa cấp cao hơn $f_{\beta cf}$ được tính:

$$f_{\beta cf} = \pm 1,5' \sqrt{n} \text{ Đối với máy kinh vĩ có } t = 1'$$

$$f_{\beta cf} = \pm 1' \sqrt{n} \text{ Đối với máy kinh vĩ có } t = 30'$$

Còn nếu α_d , α_c là của đường chuyền kinh vĩ cùng cấp thì sai số khép góc cho phép được tính:

$$f_{\beta cf} = \pm 2' \sqrt{n}$$

2. Tính góc định hướng

Tính góc định hướng như đã trình bày đối với đường chuyền kinh vĩ khép kín. Để kiểm tra việc tính các góc định hướng, cần tính đến góc định hướng của cạnh cuối cùng α_c .

Trường hợp các góc đo nằm bên phải đường, có:

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

Trường hợp góc đo nằm bên trái đường đo, có:

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

3. Bình sai số gia toạ độ:

Trong các đường chuyền hở, tổng lý thuyết của các số gia toạ độ được tính theo các công thức sau:

$$\sum_1^{n-1} \Delta X_{lt} = X_c - X_d \quad ; \quad \sum_1^{n-1} \Delta Y_{lt} = Y_c - Y_d$$

Trong đó: $n - 1$ là số cạnh đường chuyền.

Khi đó, sai số khép toạ độ được tính theo công thức:

$$f_x = \sum_1^{n-1} \Delta X_{do} - \sum_1^{n-1} \Delta X_{lt}$$

$$f_y = \sum_1^{n-1} \Delta Y_{do} - \sum_1^{n-1} \Delta Y_{lt}$$

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Nếu đường chuyền kinh vĩ kéo dài được đo nối cả 2 đầu với các điểm khống chế trắc địa cấp cao hơn thì sai số khép góc tương đối số gia toạ độ được quy định giống như đường chuyền kinh vĩ khép kín. Còn nếu đo nối với các điểm của lưới cùng cấp thì:

$$\frac{f_s}{\sum_1^{n-1} S} \leq \frac{1}{1000}$$

Tính số hiệu chỉnh số gia toạ và bình sai số gia toạ độ cũng giống như đối với đường chuyên kinh vĩ khép kín.

4. Tính toạ độ các điểm của đường chuyên

Tính giống như đã trình bày đối với đường chuyên kinh vĩ khép kín.

Chương 8 LƯỚI KHỔNG CHẾ ĐỘ CAO

8.1. KHÁI NIỆM VỀ LƯỚI KHỔNG CHẾ ĐỘ CAO

Để thống nhất độ cao cho toàn bộ lãnh thổ một quốc gia, người ta xây dựng trên thực địa một mạng lưới các điểm được gia cố chắc chắn ở những nơi ổn định, được bảo quản lâu dài, độ cao của chúng được xác định chính xác xuất phát từ một điểm gốc. Mạng lưới điểm đó được gọi là lưới khống chế độ cao. Lưới khống chế độ cao cũng được xây dựng trên nguyên tắc: “ Từ toàn diện đến cục bộ, từ độ chính xác cao đến độ chính xác thấp”. Ở nước ta, lưới khống chế độ cao bao gồm lưới độ cao Nhà Nước, lưới độ cao kỹ thuật và lưới độ cao đo vẽ. Mặt nước gốc đi qua điểm “O” của trạm nghiệm triều Hòn Dấu (Đồ Sơn - Hải Phòng) được chọn làm mặt khởi tính độ cao cho cả nước.

Khái niệm: “ *Lưới khống chế độ cao là lưới xác định vị trí độ cao (H) của các điểm khống chế, lấy đó làm chỗ dựa để xác định độ cao của các điểm trong khu vực đo vẽ.*”

Hiện nay ở nước ta cũng như nhiều nước khác, tùy theo yêu cầu độ chính xác và tác dụng khống chế của nó mà phân dạng cấp lưới khống chế độ cao như sau

a. Lưới khống chế độ cao Nhà nước

Lưới khống chế độ cao Nhà nước được xây dựng bằng phương pháp đo cao hình học còn được chia làm 4 hạng lưới: hạng I, II, III và theo một số đặc trưng kỹ thuật (bảng A). Trong đó có lưới độ cao hạng I và II là cơ sở độ cao cơ bản của cả nước, được dùng làm cơ sở để nghiên cứu mặt nước gốc quả đất, sự trôi lún của vỏ trái đất, đồng thời làm cơ sở để xây dựng lưới hạng III và IV.

Lưới khống chế độ cao còn được phát triển phục vụ công tác khảo sát, thiết kế, xây dựng. Và sử dụng công trình, đồng thời là cơ sở để đo vẽ địa hình theo tỷ lệ lớn, để định tuyến các công

trình kéo dài, phục vụ cho các công tác bố trí, lắp đặt điều chỉnh các kết cấu xây dựng và thiết bị kỹ thuật cũng như để quan trắc biến dạng công trình.

Độ chính xác định độ cao và mật độ điểm trên khu vực thành phố và khu công nghiệp phụ thuộc vào độ chính xác yêu cầu bố trí và đo vẽ, còn sơ đồ lưới, kích thước hình dạng của lưới phụ thuộc vào kích thước và hình dạng khu xây dựng.

Bảng A: Tiêu chuẩn kỹ thuật của lưới độ cao

Các chỉ tiêu kỹ thuật	Các hạng lưới độ cao				
	I	II	III	IV	V
Chiều dài chuẩn D của tia ngắm	50m	65m	75m	100m	125m
Số tuyến đo	2	2	2	1	1
Sai số khép cho phép $w_{[h]} \leq [h]_{di} + [h]_{về}$ mm	$3\sqrt{L}$	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$	$50\sqrt{L}$
Sai số trung phương tổng chênh cao trên 1 km chiều dài tuyến (mm)	0,50	0,84	1,68	6,68	16,68
Sai số trung phương chênh cao trên 1 trạm máy, mm	0,15	0,30	0,65	3,0	8,3

Lưới độ cao Nhà Nước từ hạng II đến hạng IV xây dựng tùy theo diện tích khu vực và được quy định như sau:

Từ 50 đến 500 km² cần xây dựng lưới độ cao hạng II, III và IV;

Từ 10 đến 50 km² cần xây dựng lưới độ cao hạng III và IV;

Từ 1 đến 10 km² cần xây dựng lưới độ cao hạng IV.

Lưới độ cao hạng 4 nhà nước được thành lập dựa trên các điểm độ cao cấp cao hơn tạo thành những vòng khép kín hoặc đường chuyên phù hợp, đồng thời có thể tạo thành các điểm nút. Chu vi các vòng khép kín hoặc chiều dài tuyến giữa các mốc độ cao không được vượt quá 2km. Các mốc độ cao phải được bố trí ở những nơi ổn định, bảo quản lâu dài. Tuyến độ cao hạng IV đo theo một cặp mia hằng số theo chiều đo đi và đo về hoặc dùng máy toàn đạc điện tử.

b. Lưới khống chế độ cao kỹ thuật

Lưới khống chế độ cao kỹ thuật được xây dựng dưới dạng những tuyến đơn hoặc hệ thống lưới của các điểm nút. Mỗi tuyến đều được đo nối với mốc độ cao của cấp hạng lưới cao hơn. Trong những trường hợp đặc biệt có thể cho phép phát triển tuyến treo nhưng phải đo theo hai chiều đo đi và đo về. Chiều dài tuyến độ cao được quy định tùy theo khoảng cao đều cần đo vẽ (trong quy trình quy phạm của tổng cục địa chính.)

c. Lưới khống chế độ cao đo vẽ

Lưới khống chế độ cao đo vẽ là cấp lưới khống chế cuối cùng, phục vụ trực tiếp cho đo vẽ các điểm chi tiết (điểm mia). Các tuyến độ cao đo vẽ đều đi qua các điểm khống chế đo vẽ mặt bằng như điểm của lưới tam giác nhỏ, đường chuyên kinh vĩ, đường chuyên toàn đạc...

Lưới khống chế độ cao đo vẽ thông thường người ta áp dụng phương pháp đo cao lượng giác hoặc phương đo bằng máy toàn đạc điện tử phổ biến hiện nay.

8.2. THÀNH LẬP LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐỘ CAO HẠNG IV NHÀ NƯỚC

Lưới độ cao hạng IV được thành lập dựa trên các điểm độ cao cấp trên tạo thành những vòng khép kín hoặc đường chuyên phù hợp, đồng thời có thể tạo nên các điểm nút trong lưới hạng IV. Chu vi các vòng khép kín hoặc chiều dài tuyến giữa các mốc độ cao không được vượt

quá 4km, còn giữa các điểm nút không quá 2km. Đường chuyên độ cao hạng IV đi qua các đầu mốc độ cao gắn tường, mốc độ cao chôn sâu và qua các điểm của lưới khống chế mặt bằng.

Các mốc độ cao phải bố trí ở những nơi ổn định, bảo quản lâu dài, kết cấu mốc và phương pháp bố trí gia cố mốc được lựa chọn tùy thuộc vào mục đích sử dụng, điều kiện địa chất khu vực, chúng được chia ra mốc chôn sâu, mốc đất nền và mốc gắn tường. Nhiều trường hợp chúng được gắn kết hợp trên các mốc khống chế mặt bằng. Trong các khu vực xây dựng công nghiệp, dân dụng có thể gắn vào các công trình đã xây dựng ổn định. Khoảng cách giữa các mốc độ cao trong khu xây dựng không quá 0,5km và ngoài khu xây dựng không quá 2km.

Trên khu vực những thành phố hiện đại thường tiến hành các công tác trắc địa công trình rất đa dạng, yêu cầu cao nhất về độ chính xác bố trí độ cao được đặt ra đối với các công trình ngầm và hệ thống ống tự chảy lớn.

Tuyến độ cao hạng IV đo theo một cặp điểm mia, theo chiều đo đi. Trình tự đọc số trên một trạm máy theo cặp mia như sau: Sau đen, Trước đen, Trước đỏ, Sau đỏ (STTS). Dụng cụ sử dụng đo cao hạng IV là máy thủy bình và mia thoả mãn các điều kiện sau: Độ phóng đại của ống kính

$V^x \geq 25^x$; khoảng chia của ống thủy dài không lớn hơn 25'' trên mỗi vạch 2mm (hoặc máy thủy bình tự động có độ nhạy tương đương); sai số cho phép khoảng chia 1m chiều dài trên mia không được vượt quá 1mm.

Độ cao hạng IV được tiến hành bằng đo cao hình học từ giữa, đọc số theo chỉ giữa trên mặt đen và mặt đỏ của cặp mia với độ chính xác đặc trưng bởi sai số trung phương chênh cao trên một km chiều dài tuyến đo không quá 6,68mm và trên mỗi trạm không quá 3mm. Chiều dài tiêu chuẩn của tia ngắm từ máy đến mia là 100m, chênh lệch chiều dài tia ngắm trên mỗi trạm không quá 5m và tổng chênh lệch trên từng đoạn đo hay trên cả tuyến đo không được vượt quá 10m.

Hiệu chênh cao tính theo mặt đen và mặt đỏ không được sai nhau quá 5mm. Sai số khép tổng chênh cao trên tuyến đo hoặc theo vòng khép kín không được vượt quá $20\sqrt{L}$ mm hay $5\sqrt{n}$ mm.

Trong đó: L - chiều dài tuyến tính theo km;

n - số trạm máy trong tuyến

8.3. THÀNH LẬP LƯỚI KHỐNG CHẾ ĐỘ CAO KỸ THUẬT

Lưới độ cao kỹ thuật được xây dựng dưới dạng những tuyến đơn hoặc hệ thống lưới với các điểm nút. Mỗi tuyến đều được đo nối với mốc độ cao của các cấp hạng cao hơn hoặc nối vào điểm nút của lưới. Trong những trường hợp đặc biệt có thể cho phép phát triển tuyến treo nhưng phải đo theo hai chiều đi và về. Chiều dài tuyến độ cao kỹ thuật được quy định tùy theo khoảng cao đều cần đo vẽ và được nêu trong bảng Bình sai.

Bảng B

Loại tuyến độ cao	Khoảng cao đều cần đo vẽ		
	h = 0,25	h = 0,5	h = 1; 2; 5
Tuyến đơn	2km	8km	16km
Tuyến giữa điểm cấp trên và điểm nút	1,5	6	12
Tuyến giữa 2 điểm nút	1	4	8

Tùy thuộc vào mục đích và yêu cầu độ chính xác xác định độ cao, đo cao kỹ thuật có thể được thực hiện bằng đo cao hình học hoặc đo cao lượng giác. Khi tiến hành đo cao hình học từ giữa, có thể đọc số theo hai mặt mia ở một độ cao của máy.

Máy và mia dùng trong đo kỹ thuật cũng phải thỏa mãn các tiêu chuẩn như đối với đo cao hạng IV, ngoài ra còn có thể sử dụng máy kinh vĩ có ống thủy gắn trên ống kính. Các loại máy thủy bình cần có các chỉ tiêu kỹ thuật tối thiểu như: $V^x \geq 20^x$; $\tau'' \leq 45''/2\text{mm}$. Khi tiến hành đo theo phương pháp đo cao lượng giác cần sử dụng máy kinh vĩ có giao động điểm "0" (MO hoặc MZ) trên mỗi trạm không vượt quá 1'.

Khi dùng mia hai mặt có thể cho phép đọc số trên mia theo trình tự: $S_{\text{đen}}, S_{\text{đỏ}}, T_{\text{đen}}, T_{\text{đỏ}}$ (SSTT). Chiều dài tia ngắm tiêu chuẩn là 125m, trong điều kiện thuận lợi cho phép kéo dài tới 150m, chênh lệch chiều dài tia ngắm từ máy đến mia có thể bằng 10m.

Đo cao kỹ thuật được thực hiện với độ chính xác đặc trưng bởi sai số trung phương chênh cao trên một km chiều dài tuyến không quá 16,68mm, còn chênh cao trên mỗi trạm máy không quá 8mm. Chênh lệch trên cao trên mỗi trạm tính theo mặt đen, mặt đỏ hoặc ở hai độ cao của máy không vượt quá 10mm. Sai số khép tuyến độ cao kỹ thuật không vượt quá $50\sqrt{L}$ mm hoặc $10\sqrt{n}$ mm khi số trạm máy n nhiều hơn 25 trạm trên một km tuyến đo.

Các tuyến độ cao kỹ thuật được tính toán bình sai gần đúng, sai số khép độ cao được phân phối tỷ lệ thuận với chiều dài đoạn đo hay số lượng trạm máy trong đoạn đo. Việc tính toán thực hiện theo mẫu bảng biểu lập sẵn. Bảng C là kết quả tính toán bình sai một tuyến đơn đi từ điểm A đến điểm B đều đã biết độ cao, tuyến đi qua các điểm 1, 2, 3 là những điểm cần xác định độ cao. Trước hết cần tính tổng chênh cao trên mỗi đoạn đo dựa vào số đo ngoại nghiệp: Σh_i ; sau đó tính chênh cao đo được giữa hai điểm A và B: $\Sigma \Sigma h_i$; chênh cao này phải bằng đúng giá trị lý thuyết của nó, nghĩa là bằng hiệu $H_B - H_A$, sai lệch giữa hai tổng chênh cao này gọi là sai số khép $f_h = \Sigma \Sigma h_i - (H_B - H_A)$, các số hiệu chỉnh v_i , chênh cao của từng đoạn đo đã hiệu chỉnh và độ cao các điểm được tính theo công thức:

$$v_{hi} = -\frac{f_h}{\sum n} n_i \quad (8.3.1)$$

$$\sum h_{ih} = \sum h_i + v_{hi} \quad (8.3.2)$$

$$H_i = H_{i-1} + \sum h_{ihs} \quad (8.3.3)$$

Bảng C

Tên điểm	$\Sigma h_{do}, \text{mm}$	n	v_{hi}, mm	$\Sigma h_{ihs}, \text{mm}$	H_i, m
H_A					<u>108,054</u>
1	-1885	4	-3	-1882	106,172
2	-1880	4	+3	-1877	104,295
3	+1254	6	+5	+1259	105,554
	+4002	8	+6	+4008	

H_B					<u>109,562</u>
-------	--	--	--	--	----------------

8.4. LƯỚI KHÔNG CHẾ ĐỘ CAO ĐO VẼ

Lưới không chế độ cao đo vẽ là cấp không chế cuối cùng, phục vụ trực tiếp cho đo vẽ các điểm chi tiết (điểm mìa). Các tuyến độ cao đo vẽ đều đi qua các điểm không chế đo vẽ mặt bằng như các điểm của lưới tam giác nhỏ, đường chuyền kinh vĩ, đường chuyền toàn đạc... Lưới không chế độ cao đo vẽ cũng được xây dựng bằng các đường đo cao kỹ thuật hoặc đo cao lượng giác dựa vào các điểm độ cao cấp trên tạo thành các tuyến phù hợp, tuyến khép kín hoặc một hệ thống các tuyến với các điểm nút.

Khi đo vẽ bình đồ tỷ lệ 1:500 với khoảng cao đều là 0,5m có thể dùng tia ngắm nằm ngang của máy kinh vĩ hoặc bàn đạc để xác định chênh cao giữa hai điểm. Khi đo vẽ địa hình với khoảng cao đều từ 2m đến 5m (thậm chí đôi khi $h = 1m$) thường xác định độ cao các điểm bằng đo cao lượng giác theo hai chiều đo đi và đo về trên cùng một cạnh. Góc đứng được đo một vòng đo, bắt mục tiêu, đọc số trên cả 3 chỉ hoặc đo hai vòng theo một chỉ giữa của lưới chỉ. Chênh lệch giá trị góc đứng đo trên trạm máy và thay đổi giá trị điểm “O (MO) của bàn độ đứng không vượt quá 45”. Chiều cao của máy và điểm ngắm được đo hai lần với sai số không quá 1cm. Chênh cao đo được theo hai chiều không được sai khác quá 4cm trên mỗi khoảng cách 100m, còn sai số khép cho phép trong cả lưới được tính theo công thức:

$$f_{hch,ph} = \left(\frac{0.04 \sum S_m}{\sqrt{n}} \right) cm \quad (8.4.1)$$

Khi đo ở vùng đồi núi có góc nghiêng lớn hơn 6^0 , có thể cho phép được tính theo:

$$f_{hch,ph} = \left(\frac{0.06 \sum S_m}{\sqrt{n}} \right) cm \quad (8.4.2)$$

N - số cạnh trong lưới;

$\sum S$ - là chiều dài các cạnh;

Lưới độ cao đo vẽ cũng được tính toán gần đúng như độ cao kỹ thuật.

8.5. NỘI DUNG TÍNH TOÁN BÌNH SAI LƯỚI KHÔNG CHẾ ĐỘ CAO KỸ THUẬT VÀ ĐO VẼ

8.5.1. Bình sai lưới không chế độ cao theo dạng kéo dài (hở) được đo nối với hai điểm của lưới cấp cao hơn

Số liệu gốc: Biết độ cao điểm A là H_A và độ cao điểm B là H_B .

Khi tiến hành xác định độ chênh cao từ điểm A đến điểm B ta được như sau: $h_{A,1}$; $h_{1,2}$; $h_{2,3}$... $h_{n-1,n}$; $h_{n,B}$.

Mục tiêu cuối cùng là tìm được độ cao $H_1, H_2, H_3, \dots, H_N$.

Về lý thuyết:

$$H_1 = H_A + h_{A,1} = H_d + h_{A,1}$$

$$H_2 = H_1 + h_{1,2} = H_d + h_{A,1} + h_{1,2}$$

$$H_3 = H_2 + h_{2,3} = H_d + h_{A,1} + h_{1,2} + h_{2,3}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$H_B = H_A + \dots [h]$$

Suy ra: $[h] = H_B - H_A$

Trong đó: $[h]_{LT} = H_B - H_A = H_c - H_d$

$$[h]_{Đo} = h_{A,1} + h_{1,2} + h_{2,3} + \dots + h_{n-1,n} + h_{n,B}$$

Giả sử nếu đo hoàn toàn đúng thì: $[h]_{LT} = [h]_{Đo}$
 Tuy nhiên trong quá trình đo có sai số nên: $[h]_{LT} \neq [h]_{Đo}$ từ đó sinh ra sai số khép về hiệu số độ cao là:

$$f_h = [h]_{Đo} - [h]_{LT}$$

Điều kiện: $|f_h| \leq f_{hcp} = k \sqrt{L(\text{km})}$ (mm)

Hệ số k tùy chọn phụ thuộc vào yêu cầu độ chính xác.

L: là tổng chiều dài cả lưới đo

Nếu $|f_h| \leq f_{hcp}$ thì đem phân phối sai số khép vào các hiệu số độ cao, ta tiến hành hiệu chỉnh vào các đoạn đo theo công thức sau đây:

$$v_{hi} = -f_h \times \frac{d_i}{\sum d}$$

Hoặc:
$$v_{hi} = -f_h \times \frac{n_i}{\sum n}$$

Trong đó: d_i - là độ dài đoạn đo thứ i trong lưới

$\sum d$ - Tổng chiều dài cả lưới

n_i - Số trạm máy của đoạn đo thứ i

$\sum n$ - Tổng số trạm máy trên toàn tuyến đo

Sau đó đem số hiệu chỉnh v_{hi} hiệu chỉnh vào số hiệu số độ cao vừa đo thì ta được hiệu số độ cao đã hiệu chỉnh:

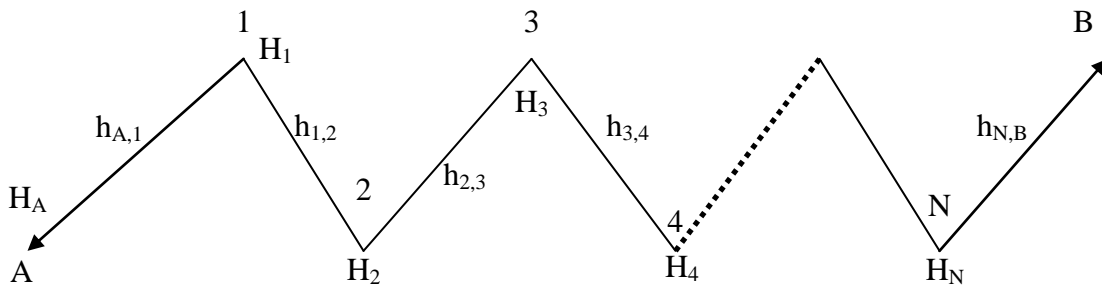
$$\overline{h}_i = h_{i,do} + v_{hi}$$

Dựa vào độ cao điểm đầu đã biết và hiệu số độ cao đã bình sai ta sẽ tính được độ cao của các đỉnh trong đường chuyền:

$$H_{i+1} = H_i + \overline{h}_{i,i+1}$$

Điều kiện: $H_B = H_N + \overline{h}_{N,B}$

Tức là độ cao điểm B (H_c) này phải bằng độ cao điểm B đã cho.



Hình 8.1

8.5.2. Bình sai lưới không chế độ cao dạng khép kín (phù hợp)

Giả sử cho lưới độ cao khép kín từ 1...N.

Biết độ cao điểm 1 là H_1 (độ cao của lưới cấp cao)

Đo được độ chênh cao: $h_{1,2}; h_{2,3}; \dots; h_{n-1,n}; h_{n,1}$.

Ta có:

$$H_2 = H_1 + h_{1,2}$$

$$H_3 = H_2 + h_{2,3} = H_1 + h_{1,2} + h_{2,3}$$

$$H_N = H_1 + h_{1,2} + h_{2,3} + \dots + h_{n-1,n}$$

$$H_1 = H_1 + h_{1,2} + h_{2,3} + \dots + h_{n-1,n} + h_{n,1}$$

Tức là: $H_1 = H_1 + [h]$

Nếu đo hoàn toàn đúng: $[h] = 0$

Tuy nhiên, vì quá trình đo có sai số nên: $[h]_{đo} \neq 0$

Từ đó ta có sai số khép hiệu số độ cao:

$$f_h = [h]_{đo}$$

Điều kiện: $|f_h| \leq f_{hcp} = k \sqrt{L(\text{km})}$ (mm)

Tính số hiệu chỉnh về hiệu số độ cao theo công thức:

$$v_{hi} = -f_h \times \frac{d_i}{\sum d}$$

Hoặc:
$$v_{hi} = -f_h \times \frac{n_i}{\sum n}$$

Trong đó: d_i - là độ dài đoạn đo thứ i trong lưới

$\sum d$ - Tổng độ dài cả đường đo

n_i - Số trạm máy tại đoạn đo thứ i

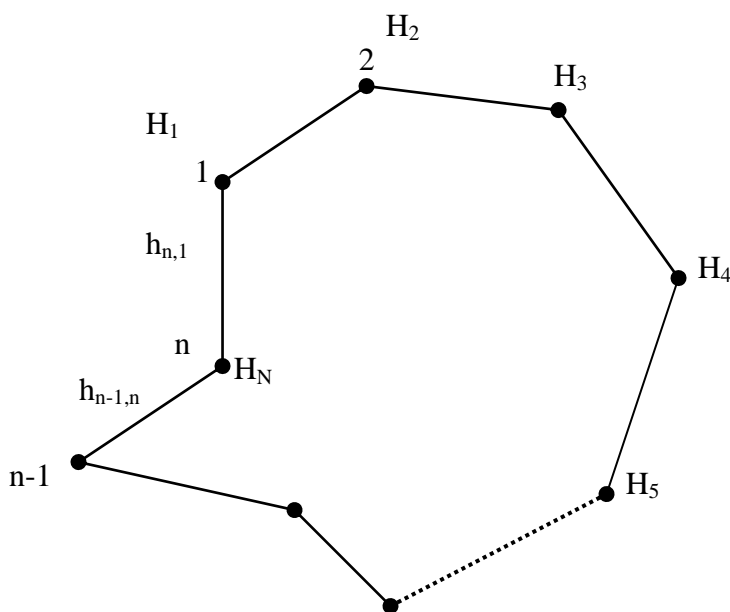
$\sum n$ - Tổng số trạm máy trên toàn tuyến đo

Sau khi tìm được các số hiệu chỉnh cần hiệu chỉnh vào hiệu số độ cao đã đo ta được các hiệu số độ cao đã bình sai và tính được độ cao các điểm không chế:

$$\overline{h}_i = h_{i,đo} + v_{hi}$$

h_i là độ chênh cao của đoạn đo thứ i

$$H_{i+1} = H_i + \overline{h}_{i,i+1}$$



Hình 8.2

biết

8.5.3. Bình sai lưới độ cao dạng kéo dài khi đường đo chỉ nối với một điểm độ cao đã

Đối với trường hợp này cần tiến hành đo theo hai hướng là đo đi và đo về:

Đo đi trước ta được các hiệu số đo cao như sau:

$$h_{A,1}; h_{1,2}; h_{2,3}; \dots; h_{n,B} \quad (\text{Bắt đầu từ A đến B})$$

Sau đó ta tiến hành đo về ta được:

$$h_{B,n} + \dots + h_{2,1} + h_{1,A} \quad (\text{Bắt đầu từ B đến A})$$

Ta có: A đến B: $H_B = H_A + [h]_{\text{đo đi}} \quad (1)$

B đến A: $H_A = H_B + [h]_{\text{đo về}} \quad (2)$

Cộng (1) và (2) ta được:

$$H_A + H_B = H_A + H_B + [h]_{\text{đo đi}} + [h]_{\text{đo về}}$$

Nếu đo hoàn toàn đúng thì: $[h]_{\text{đo đi}} + [h]_{\text{đo về}} = 0$

Nhưng trên thực tế do quá trình đo đi và đo về đều mắc sai số nên $[h]_{\text{đo đi}} + [h]_{\text{đo về}} \neq 0$ lúc này sinh ra sai số khép là: $f_h = [h]_{\text{đo đi}} + [h]_{\text{đo về}}$

Điều kiện f_h cũng phải nằm trong phạm vi cho phép tức là: $|f_h| \leq f_{hcp}$

Từ đó ta tính được các số hiệu chỉnh như sau:

$$v_{hi} = -f_h \times \frac{d_i}{\sum d}$$

Hoặc:
$$v_{hi} = -f_h \times \frac{n_i}{\sum n}$$

Trong đó:

$$d_i = \frac{1}{2} (d_i \text{ đo đi} + d_i \text{ đo về})$$

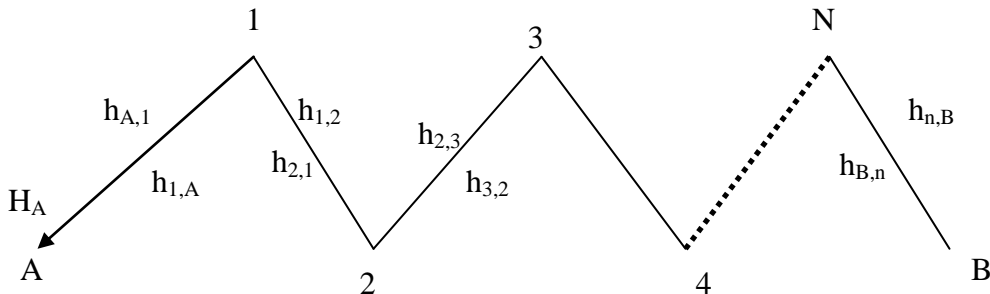
$$h_i = \frac{1}{2} (h_i \text{ đo đi} + h_i \text{ đo về})$$

$\sum d$ - Tổng độ dài cả đường đo

n_i - Số trạm máy của đoạn đo thứ i

$\sum n$ - Tổng số trạm máy trên toàn tuyến đo

Cuối cùng hiệu chỉnh vào các hiệu số độ cao rồi đi xác định độ cao lần lượt các điểm trong lưới, làm tương tự đối với các trường hợp trên.



Hình 8.3

8.5.4. Bình sai lưới không chế độ cao dạng một điểm nút Q

Có hệ thống đường đo cao một điểm nút, điểm Q dựa trên các mốc độ cao cấp cao hơn A, B, C, D đã biết độ cao là H_A, H_B, H_C, H_D là các độ cao gốc, biết tổng số hiệu số độ cao theo các

đường đo $[h]_i$ ($i = 1, 2, 3, 4$), biết chiều dài các đường đo cao L_i hoặc số trạm máy theo mỗi đường đo n_i . Các bước bình sai được tiến hành như sau:

a. Tính độ cao điểm nút Q theo các đường đo

$$H_i = H_{i \text{ gốc}} + [h]_i \quad (8.5.4.1)$$

$$H_{i \text{ gốc}} = H_A, H_B, H_C, H_D$$

b. Kiểm tra chất lượng đo cao theo các đường đo

Từ các đường đo, chọn hai đường đo có chiều dài ngắn nhất hoặc hai đường đo có số trạm máy ít nhất để tính sai số khép hiệu số độ cao theo hai đường đo đã chọn:

$$f_{h,1+k} = H_k - H_i \quad (8.5.4.2)$$

($i, k = 1, 2, 3, 4; i \neq k$)

Ví dụ: Chọn đường đo (1) và (2) với điều kiện đã nói trên, tính:

$$f_{h,1+2} = H_2 - H_1$$

Ở đây H_1 là độ cao điểm nút Q tính theo đường (1) dẫn từ A đến Q, H_2 là độ cao điểm nút Q dẫn từ B đến Q

Lần lượt tính đối với các đường khác theo công thức 8.5.4.2. Yêu cầu:

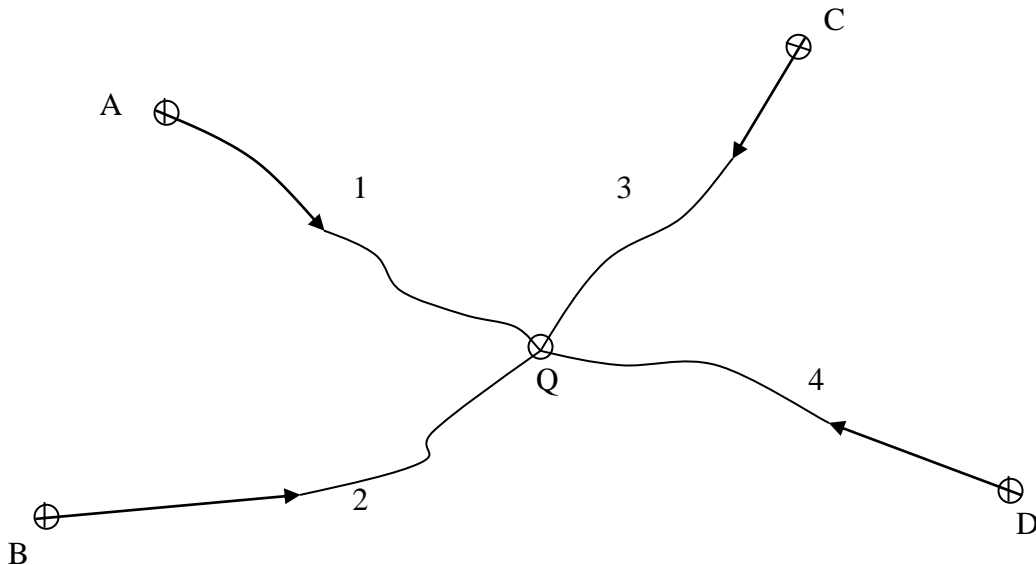
$$f_{h,1+k} < f_{\text{cho phép}} \\ f_{\text{cho phép}} = 50 \sqrt{(L_i + L_k)} \text{ km mm} \quad (8.5.4.3)$$

Tính theo chiều dài đường đo

Hoặc

$$f_{\text{cho phép}} = 10 \sqrt{(n_i + n_k)} \text{ mm}$$

Tính theo số trạm đo ($i, k = 1, 2, 3, 4; i \neq k$)



Hình 8.4

Nếu các sai số khép hiệu số độ cao tính được nằm trong phạm vi cho phép thì tính trọng số cho các giá trị độ cao của điểm nút Q đã được tính theo các đường đo. Công thức tính trọng số:

$$p_i = \frac{k}{L_i} \quad (8.5.4.5)$$

L_i - chiều dài đường đo.

Hoặc
$$p_i = \frac{c}{n_i} \quad (8.5.4.6)$$

n_i - số trạm máy trên đường đo.

c. *Tính độ cao điểm nút Q (tri số đã bình sai) theo số trung bình cộng tổng quát có trọng số P_i .*

$$H_Q = \frac{p_1 H_1 + p_2 H_2 + p_3 H_3 + p_4 H_4}{p_1 + p_2 + p_3 + p_4} = \frac{[pH]}{p} \quad (8.5.4.7)$$

Hoặc:

$$H_Q = H_0 + \frac{[p\varepsilon]}{p} \quad (8.5.4.8)$$

H_0 - giá trị gần đúng của điểm nút Q

$\varepsilon_i = H_i - H_0$ là số dư ($i = 1, 2, 3, 4$)

d. *Tính sai số khép hiệu số độ cao theo các đường đo*

$$f_{hi} = [h]_i - (H_Q - H_{i \text{ gốc}})$$

Hay:

$$f_{hi} = H_{i \text{ gốc}} + [h]_i - H_Q$$

Nhưng:

$$H_{i \text{ gốc}} + [h]_i = H_i$$

Do đó:

$$f_{hi} = H_i - H_Q \quad (8.5.4.9)$$

e. *Phân phối sai số khép cho các đường đo*

Sau khi tính được sai số khép độ cao f_{hi} theo công thức 8.5.4.9, đổi dấu sai số khép f_{hi} , nghĩa là bằng $(-f_{hi})$. Đem $(-f_{hi})$ phân phối cho các hiệu số độ cao của các đường đo tương ứng theo quy tắc bình sai đường đo đơn, nghĩa là các số hiệu chỉnh được tính theo công thức:

$$S_{hi} = -\frac{f_{hi}}{L} S_i \quad (8.5.4.10)$$

Sau đó tính độ cao các điểm nằm trên các đường đo. Gọi số hiệu chỉnh đã hiệu chỉnh cho toàn bộ đường đo thứ i là V_i , nghĩa là:

$$V_i = \sum S_{hi}, \text{ thì } -f_{hi} = V_i$$

Theo công thức đã biết trước đây: $[pV] = 0$

Vì thế ở đây có công thức kiểm tra: $[pf] = 0$

Do việc tính làm tròn tri số H_i , nên đẳng thức $[pf]$ chỉ là gần đúng, nghĩa là xấp xỉ bằng 0

f. *Đánh giá độ chính xác*

Theo công thức 3.7.4: $\mu = \sqrt{\frac{[Pv^2]}{n-1}}$, sai số trung phương trọng số được tính:

$$\mu = \sqrt{\frac{[Pf^2]}{N-1}} \quad (8.5.4.11)$$

Ở đây: N - số đường đo

Nếu trọng số được tính theo công thức (8.5.4.5) thì sai số trung phương trọng số đơn vị μ là sai số trung phương trọng số đơn vị tính cho đường đo cao có chiều dài k kilômét.

Nếu đường đo có chiều dài một kilômét, thì sai số trung phương được tính sẽ là:

$$m_{km} = \frac{\mu}{\sqrt{k}} \quad (8.5.4.12)$$

Trường hợp riêng, khi $k=1$, có:

$$m_{km} = \mu$$

Nếu khi tính μ trọng số được xác định theo công thức (8.5.4.6) thì:

$$m_{km} = \mu \sqrt{\frac{[n]}{C[L]}} \quad (8.5.4.13)$$

Sai số trung phương của trị số độ cao điểm nút Q (trị số độ cao đã được bình sai) được tính theo công thức:

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}} \quad (8.5.4.14)$$