

**NHÓM XÂY DỰNG  
QUY CHUẨN CÔNG NGHỆ NHÀ CAO TẦNG**

**NHỮNG KIẾN THỨC CƠ BẢN  
VỀ CÔNG TÁC ĐO ĐẠC TRONG  
XÂY DỰNG**

Trưởng nhóm : PGS Lê Kiều ,  
Thành viên: TS Đỗ Đình Đức  
TS Trịnh Quang Vinh  
TS Ngô Văn Hợi  
Ths Nguyễn Văn Minh

## I. NHIỆM VỤ CỦA CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA TRONG XÂY DỰNG

Trắc địa là một khâu công việc rất quan trọng trong toàn bộ quá trình xây dựng công trình. Trong giai đoạn hiện nay, các nhà máy, xí nghiệp công nghệ cao đều bao gồm các dây chuyền sản xuất rất hiện đại liên hệ với nhau một cách chặt chẽ, chính xác vì vậy đòi hỏi về mặt độ chính xác đối với công tác trắc địa không ngừng tăng cao. Trong xây dựng dân dụng, thủy lợi và giao thông vận tải cũng tương tự như vậy. Việc xây dựng hàng loạt các nhà cao tầng ở các thành phố lớn, việc xây dựng các cầu lớn bằng công nghệ đúc hẫng, các công trình đầu mối thủy lợi, thủy điện đều đặt ra những yêu cầu rất mới về độ chính xác đối với công tác trắc địa .

Nhiệm vụ chủ yếu của công tác trắc địa trong xây dựng là: Đảm bảo cho công trình được xây dựng đúng kích thước hình học và đúng vị trí thiết kế. Chỉ khi hai yêu cầu cơ bản này được đáp ứng thì công trình mới có thể vận hành an toàn.

Để thực hiện được các nhiệm vụ trên đây cần phải tiến hành các công đoạn sau:

- Công tác khảo sát địa hình.
- Thành lập lưới khống chế cơ sở phục vụ bố trí công trình
- Thực hiện công tác bố trí chi tiết công trình .
- Kiểm tra vị trí và các kích thước hình học và độ thẳng đứng (hoặc độ dốc của các hạng mục công trình).
- Quan trắc chuyển dịch công trình

Do yêu cầu về độ chính xác của các công tác trắc địa địa hình ngày càng tăng cao cộng với các điều kiện đo đạc trên mặt bằng xây dựng thường khó khăn hơn so với các điều kiện đo đạc trong trắc địa thông thường vì phải thực hiện việc đo đạc trong một không gian chật hẹp, có nhiều thiết bị và phương tiện vận tải hoạt động gây ra các chấn động và các vùng khí hậu có gradient nhiệt độ đôi khi rất lớn. Trong điều kiện như vậy, nhiều máy móc trắc địa thông thường không đáp ứng được các yêu cầu độ chính xác đặt ra. Vì lý do trên nên trong xây dựng thường phải sử dụng các thiết bị hiện đại có độ chính xác và ổn định cao và đôi khi phải chế tạo các thiết bị chuyên dùng.

Đi đôi với việc nâng cao chất lượng công tác trắc địa công trình trên các mặt bằng xây dựng cần có các cán bộ tư vấn giám sát chuyên sâu về trắc địa. Cũng như các cán bộ tư vấn giám sát thuộc các bộ môn khác, các cán bộ tư vấn giám sát về trắc địa có nhiệm vụ thay mặt bên A giám sát chất lượng thi công công tác trắc địa của các nhà thầu trên công trình và tư vấn cho các cán bộ kỹ thuật trắc địa của các nhà thầu về giải pháp kỹ thuật để hoàn thành tốt các nhiệm vụ đặt ra góp phần đảm bảo cho việc thi công xây dựng công trình đúng tiến độ với chất lượng cao nhất.

## II. CÁC HỆ TOẠ ĐỘ DÙNG TRONG XÂY DỰNG

Trong xây dựng vị trí của các hạng mục công trình, các kết cấu... đều được cho trên các bản vẽ thiết kế bằng các giá trị toạ độ X, Y, H trong đó toạ độ X và Y xác định vị trí của một điểm trên mặt phẳng, H là độ cao của điểm đó so với một mặt chuẩn nào đó. Mặt chuẩn này có thể là mặt nước biển dùng trong hệ độ cao nhà nước (sea level) nó cũng có thể là mặt đất trung bình của mặt bằng thi công xây dựng (ground level) hoặc độ cao theo mặt phẳng được quy định là ( 0 của nhà máy hoặc công trình (plan level).

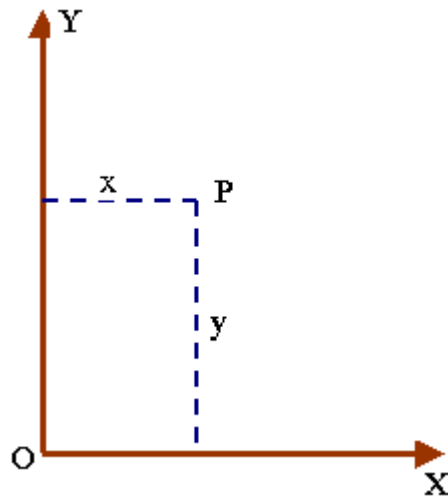
Hiện nay trong thực tế xây dựng có hai hệ thống toạ độ được sử dụng đó là: hệ toạ độ độc lập và hệ toạ độ quốc gia.

### 1 Hệ toạ độ độc lập

#### 1.1 Cách dựng hệ toạ độ độc lập

Hệ toạ độ độc lập hay còn gọi là hệ toạ độ qui ước hay hệ toạ độ giả định được xác lập bởi hai đường thẳng vuông góc với nhau, trục đứng ký hiệu là Y (trục tung), trục ngang ký hiệu là X (trục hoành). Giao điểm của hai trục này (thường ký hiệu là O) gọi là gốc toạ độ (H.II.1.1)

Với hệ trục toạ độ nh- trên, bất kỳ một điểm P nào trên mặt phẳng cũng đ- ợc xác định bởi một cặp số thực (x,y) - chính là khoảng cách từ điểm đang xét tới các trục t- ong ứng, và gọi là toạ độ phẳng vuông góc của của nó. Trong cặp số thực này giá trị hoành độ x đ- ợc viết tr- ớc còn tung độ y đ- ợc viết sau.



H.II.1.1 Hệ toạ độ độc lập

#### 1.2 Tính chất của hệ toạ độ độc lập

Hệ toạ độ độc lập có một số tính chất quan trọng sau đây:

a. Hệ toạ độ độc lập có thể được định hướng tùy ý trong mặt phẳng.

Vì đây là hệ toạ độ độc lập nên ban đầu chúng ta có thể định hướng một trong hai trục (X hoặc Y) một cách tùy ý. Thông thường người ta thường định hướng trục X hoặc Y song song hoặc vuông góc với trục chính của công trình. Với cách định hướng các trục toạ độ như vậy việc tính toán toạ độ của các điểm trên mặt bằng sẽ trở nên đơn giản rất nhiều.

*b. Góc toạ độ của hệ toạ độ độc lập có thể được chọn tùy ý*

Thực chất của vấn đề này là sau khi chúng ta đã chọn định hướng cho các trục toạ độ chúng ta có thể tịnh tiến chúng đi một lượng tùy ý. Thông thường người ta thường tịnh tiến gốc toạ độ xuống điểm thấp nhất ở góc bên trái và phía dưới của công trình và gán cho nó một giá trị toạ độ chẵn. Với gốc toạ độ như vậy thì giá trị toạ độ của tất cả các điểm trên mặt bằng xây dựng đều mang dấu (+) điều này hạn chế được các sai lầm trong việc tính toán và ghi chép toạ độ của các điểm.

**1.3 Phạm vi ứng dụng của hệ toạ độ độc lập**

Hệ toạ độ độc lập rất tiện lợi nhưng nó chỉ có thể được sử dụng trong một phạm vi hẹp khoảng vài km<sup>2</sup> trở lại tức là trong khuôn khổ một khu vực đủ nhỏ mà ở đó mặt cầu của trái đất có thể coi là mặt phẳng. Trong các khu vực có quy mô lớn hơn sẽ không sử dụng hệ toạ độ qui ước được mà phải sử dụng hệ toạ độ quốc gia.

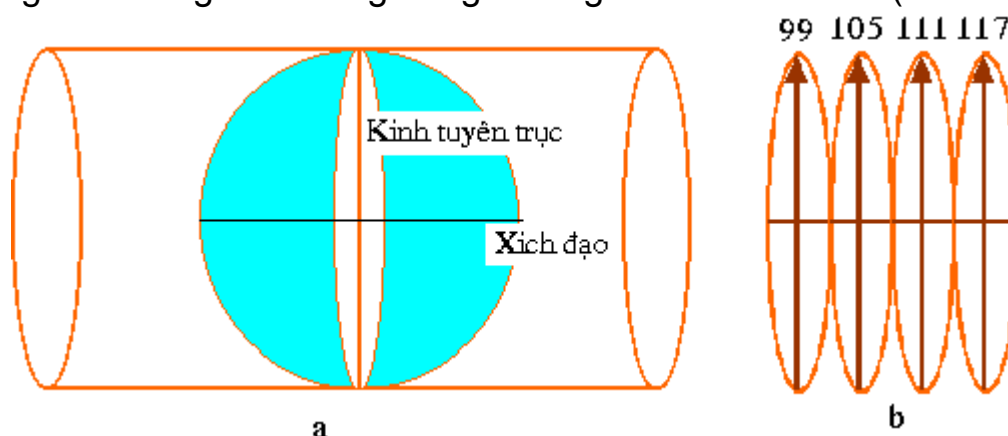
**2 Hệ toạ độ quốc gia**

**2.1 Thiết lập hệ toạ độ quốc gia**

Hệ toạ độ quốc gia là hệ toạ độ thống nhất sử dụng chung trong phạm vi toàn quốc. Trước năm 2000 ở nước ta sử dụng hệ toạ độ HN-72, elipxoit WGS-84, lưới chiếu Gauss Kriugher. Từ năm 2000 trở lại đây chúng ta chuyển sang sử dụng hệ toạ độ VN-2000 lưới chiếu UTM.

Vì trái đất của chúng ta là hình cầu trong khi đó các bản vẽ thiết kế công trình xây dựng, các bản đồ địa hình vv... đều được thể hiện trên một mặt phẳng là mặt tờ giấy vì vậy người ta phải chiếu mặt đất lên một mặt phẳng.

Trong hệ toạ độ HN-72 chúng ta sử dụng phép chiếu Gauss Kriugher. Đây là phép chiếu hình trụ ngang đồng góc, nghĩa là để biểu diễn mặt đất trên mặt phẳng người ta lồng trái đất vào trong một hình trụ ngang có đường kính đúng bằng đường kính của trái đất (Hình II.2.2a)



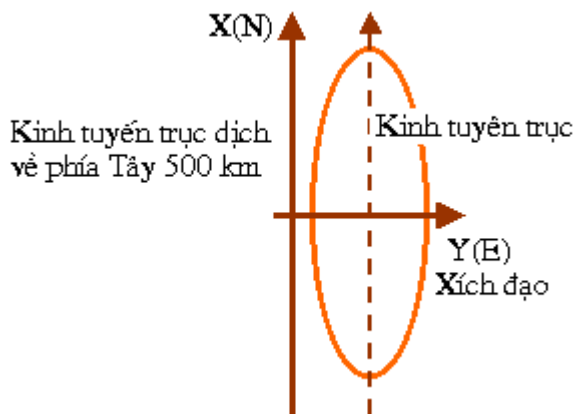
**H.II.2.1 Phép chiếu hình trụ ngang**

Như vậy trái đất sẽ tiếp xúc với hình trụ này và giao của mặt hình trụ sẽ là đường tròn, đường tròn này đi qua hai cực của trái đất và được gọi là kính tuyến trục. Để biểu diễn các điểm của mặt đất lên mặt phẳng

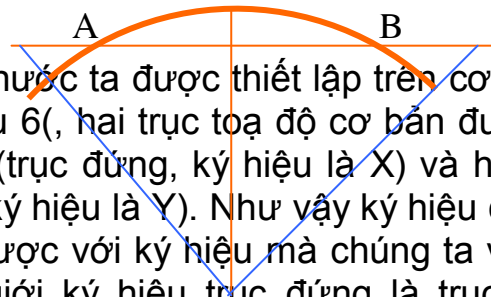
trước tiên người ta chiếu từ tâm trái đất ra mặt hình trụ sau đó mở trải hình trụ ra chúng ta sẽ được mặt phẳng

Dĩ nhiên với cách chiếu như trên thì chỉ có các điểm nằm trên kinh tuyến trục là không bị biến dạng còn lại tất cả các điểm khác đều bị biến dạng. Các điểm càng cách xa kinh tuyến trục càng bị biến dạng nhiều.

Để hạn chế biến dạng khi biểu diễn mặt đất lên mặt phẳng người ta chỉ chiếu riêng từng phần mặt đất lên mặt phẳng. Thông thường người ta chia mặt đất bằng các đường kinh tuyến thành các múi có bề rộng 60 (hoặc 30) và lần lượt chiếu các múi này lên mặt phẳng ta sẽ



được hình dạng bề mặt trái đất biểu diễn trên mặt phẳng h.II.2b



Hệ tọa độ vuông góc cơ bản của nước ta được thiết lập trên cơ sở phép chiếu hình trụ ngang với múi chiếu 6(, hai trục tọa độ cơ bản được chọn là hình chiếu của kinh tuyến trục (trục đứng, ký hiệu là X) và hình chiếu của đường xích đạo (trục ngang, ký hiệu là Y). Như vậy ký hiệu các trục tọa độ trong hệ tọa độ quốc gia ngược với ký hiệu mà chúng ta vẫn thường dùng. Một số nước trên thế giới ký hiệu trục đứng là trục N (hướng bắc) và trục ngang là E (hướng Đông) để tránh nhầm lẫn.

Nếu gán giá trị  $X_0=0, Y_0=0$  cho giao điểm của kinh tuyến trục và đường xích đạo thì toàn bộ các điểm nằm phía tây của kinh tuyến trục sẽ có giá trị Y(E) mang dấu (-). Để tránh điều này người ta gán cho điểm O giá trị  $Y_0 = 500.000m$ . Như vậy tất cả các điểm sẽ có giá trị tọa độ (+) điều này tránh được phiền phức và nhầm lẫn trong ghi chép và tính toán.

Hệ tọa độ vuông góc chúng ta xét trên đây chính là hệ tọa độ HN-72. Toàn bộ lãnh thổ nước ta (kể cả phần thêm lục địa) gồm 3 múi 6( với kinh tuyến trục 105, 111 và 117. Để giảm độ biến dạng người ta còn sử dụng các múi 3( với kinh tuyến trục 105(, 108(, 111(, 114( và 117(. Các số liệu tọa độ của các điểm khống chế nhà nước và các bản đồ địa hình đều do tổng cục địa chính quản lý thống nhất. Khi cấp tọa độ ngoài

các giá trị tọa độ x và y của các điểm bao giờ người ta cũng cấp thêm các thông tin như kinh tuyến trực và lưới chiếu của hệ tọa độ đang dùng.

Hệ tọa độ VN-2000 mà chúng ta sử dụng hiện nay thực chất cũng là phép chiếu hình trụ ngang. Phép chiếu này chỉ khác phép chiếu Gauss ở chỗ là hệ số chiều dài ở kinh tuyến trực  $m_0$  không phải bằng 1,000 như phép chiếu Gauss mà bằng 0,9996 nghĩa là ở kinh tuyến trực chiều dài đo trên bản vẽ sẽ nhỏ hơn chiều dài thực trên mặt đất. Trong phép chiếu này có hai vị trí A và B không bị biến dạng, các điểm nằm giữa A và B có biến dạng âm (kích thước của các đối tượng trên bản vẽ nhỏ hơn kích thước của chúng trên mặt đất) ngược lại các điểm nằm ngoài A và B có biến dạng dương nghĩa là kích thước đo trên bản vẽ sẽ lớn hơn kích thước trên mặt đất trong khi đó đối với phép chiếu Gauss trừ các điểm nằm trên kinh tuyến trực ở tất cả các vị trí khác kích thước của các yếu tố trên bản vẽ đều lớn hơn kích thước thực tế trên mặt đất. Độ biến dạng do phép chiếu được xác định theo công thức:

Trong đó  $y_m$  là giá trị tọa độ y trung bình của đoạn thẳng đang xét.

R- Bán kính của trái đất ( $R = 6371\text{km}$ )

Có thể coi phép chiếu UTM dùng trong hệ tọa độ VN-2000 hiện nay là phép chiếu hình trụ ngang tổng quát với hệ số chiều dài  $m = G$ , trong đó  $m_0$  là hệ số chiều dài tại kinh tuyến trực ( $m_0=1$  trong phép chiếu Gauss Kriugher dùng trong hệ tọa độ HN-72).

Từ đây chúng ta có thể rút ra một tính chất đặc biệt của hệ tọa độ Nhà nước đó là hệ số chiều dài tại các điểm khác nhau trên mặt đất là không giống nhau. Tính chất này của hệ tọa độ nhà nước gây ra rất nhiều phiền toái cho người sử dụng đặc biệt là những người không hiểu thật sự sâu sắc về hệ tọa độ này.

## **2.2 Những vấn đề trực trặc thường gặp phải khi sử dụng hệ tọa độ nhà nước trên các công trình xây dựng**

Thông thường khi lập dự án xây dựng một công trình nào đó chủ yếu đầu tư thường yêu cầu một cơ quan đo đạc thực hiện công tác đo đạc khảo sát trắc địa - địa hình để lấy số liệu lập báo cáo khả thi và phục vụ thiết kế công trình. Đối với công trình có qui mô nhỏ người ta sử dụng hệ tọa độ độc lập, đối với các công trình có qui mô lớn bắt buộc phải sử dụng hệ tọa độ quốc gia.

Khi sử dụng hệ tọa độ quốc gia do chủ đầu tư và cơ quan thiết kế không am hiểu sâu sắc về hệ tọa độ này nên không lưu ý đến biến dạng của nó dẫn đến không có sự tương thích giữa khoảng cách thực trên mặt đất và khoảng cách thiết kế trên bản vẽ. Nếu biến dạng do lưới chiếu quá lớn thì sẽ gây rất nhiều phiền phức trong quá trình thi công xây lắp công trình. Vấn đề rắc rối này thực tế chúng tôi đã phải đối mặt rất nhiều lần trên một số mặt bằng xây dựng các nhà máy và các cầu lớn ở nước ta.

Quy phạm công tác trắc địa trong xây dựng có nêu rõ: Hệ tọa độ dùng trong xây dựng phải đảm bảo sao cho biến dạng chiều dài do lưới chiếu không vượt quá 1/200.000. Để đảm bảo được điều này cần phải chọn kinh tuyến trục cho hợp lý. Đối với hệ tọa độ VN-2000 hoặc HN-72 nên chọn hệ số chiều dài tại kinh tuyến trục  $m_0 = 1$  và chọn lưới chiếu sao cho khu vực xây dựng nằm cách kinh tuyến trục không quá 20km việc tính chuyển có thể được thực hiện bằng một chương trình do chúng tôi đã lập sẵn.

Như vậy để đảm bảo biến dạng chiều dài do lưới chiếu không vượt quá 1/200.000 trước hết cần xem xét giá trị tọa độ Y (E) của các điểm trên mặt bằng xây dựng. Nếu  $(Y-500.000) < 20.000$  nghĩa là khu vực xây dựng cách kinh tuyến trục không quá 20km và sai lệch chiều dài giữa 2 điểm đo trên mặt đất và chiều dài của nó trên bản vẽ không vượt quá giá trị 1/200000. Ngược lại nếu  $(Y-500.000) > 20.000$  thì cần phải tính chuyển tọa độ sao cho kinh tuyến trục đi vào giữa hoặc sát mặt bằng xây dựng.

Trong xây dựng các tuyến đường giao thông đôi khi vấn đề lại xảy ra ở một khía cạnh khác đó là cùng một điểm trên thực tế (thường là chỗ tiếp giáp của hai nhà thầu khác nhau) nhưng tọa độ do hai nhà thầu xác định lại sai khác nhau rất lớn. Điều này xảy ra khi hai nhà thầu sử dụng hai kinh tuyến trục khác nhau. Để giải quyết vấn đề này chỉ cần tính chuyển tọa độ của hai nhà thầu về cùng một kinh tuyến trục.

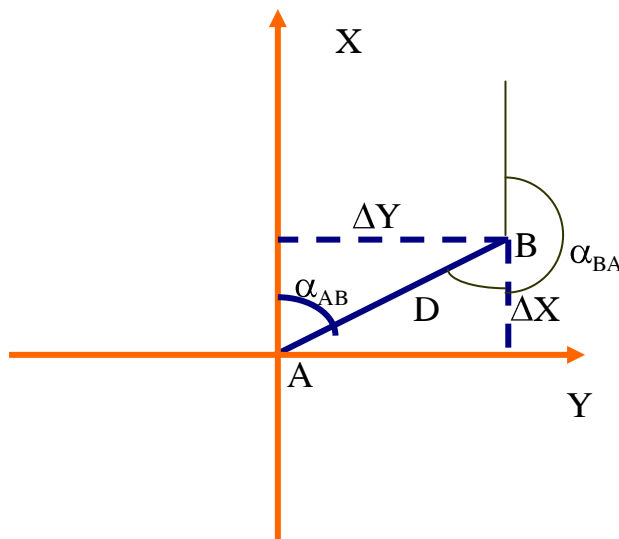
Nhìn chung nếu mặt bằng xây dựng không lớn lắm thì tốt nhất nên sử dụng hệ tọa độ qui ước (độc lập). Còn trong trường hợp sử dụng tọa độ quốc gia cho các công trình xây dựng thì cần lưu ý đến độ biến dạng do lưới chiếu của hệ tọa độ này.

### III. CÁC BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN TỌA ĐỘ CỦA CÁC ĐIỂM

Trong thực tế xây dựng các công trình, trong quá trình làm công tác tư vấn giám sát các kỹ sư xây dựng, kỹ sư tư vấn giám sát thường xuyên phải sử dụng đến tọa độ của các điểm. Dưới đây chúng tôi xin giới thiệu một số bài toán cơ bản liên quan đến tọa độ của các điểm.

#### 1. Bài toán xác định tọa độ của các điểm theo chiều dài và góc phương vị (bài toán thuận)

Để xác định tọa độ của các điểm chúng ta cần đưa thêm vào một khái niệm mới đó là góc phương vị.



### Hình III.1.1 Xác định tọa độ của một điểm

Góc phương vị của một đoạn thẳng là góc theo chiều kim đồng hồ hợp bởi hướng bắc của hệ trục tọa độ (hoặc đường thẳng song song với nó) và đoạn thẳng đang xét.

Với đoạn thẳng AB như hình III.1, muốn xác định phương vị của đoạn AB (ký hiệu là  $(AB)$ ) thì từ điểm A ta kẻ một đoạn thẳng song song với trục N và ta có được góc phương vị  $(AB)$  như hình vẽ.

Giả sử ta đứng tại điểm B nhìn về phía điểm A, Theo quy tắc nói trên ta sẽ xác định được  $(BA)$  bằng cách kẻ từ B một đoạn thẳng song song với trục N như cách làm khi xác định phương vị  $(AB)$  ta sẽ có được góc  $(BA)$ . Góc  $(BA)$  gọi là phương vị ngược của  $(AB)$ .

Từ hình vẽ ta thấy  $(BA) = (AB) + 180^\circ$  nghĩa là góc phương vị ngược của một cạnh nào đó bằng góc phương vị xuôi của nó cộng thêm  $180^\circ$ .

Giả sử điểm A đã biết trước tọa độ  $(N_A, E_A)$ , ngoài ra chúng ta cũng biết góc  $(AB)$  và chiều dài  $S_{AB}$ . Theo hình vẽ ta sẽ có:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_{AB} &= S_{AB} \cos \alpha_{AB} \\ \Delta Y_{AB} &= S_{AB} \sin \alpha_{AB} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(N và E là số gia tọa độ của điểm B so với điểm A.

Tọa độ của điểm B sẽ được xác định theo công thức:

$$\left. \begin{aligned} X_B &= X_A + \Delta X_{AB} \\ Y_B &= Y_A + \Delta Y_{AB} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Như vậy chúng ta đã xác định được tọa độ của điểm B. Điều kiện cần thiết để xác định được tọa độ là phải biết khoảng cách S và góc phương vị  $(\alpha)$ . Khoảng cách S chúng ta có thể dùng các phương tiện đo chiều dài để đo còn việc tính góc phương vị chúng tôi sẽ đề cập ở phần sau.

## 2. Bài toán xác định góc phương vị và chiều dài theo tọa độ của các điểm (bài toán nghịch).

Bài toán ngược rất hay được sử dụng để bố trí các điểm từ bản vẽ ra thực tế. Ngoài ra nó còn được sử dụng trong kiểm tra, nghiệm thu công trình.

Từ công thức (2) ta có

$$\begin{aligned} \Delta X^2 &= D^2 \cos^2 \alpha \\ \Delta Y^2 &= D^2 \sin^2 \alpha \end{aligned}$$

$$D = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta E^2} \quad (4)$$

$$\alpha_{AB} = \text{Arctg} \frac{\Delta E}{\Delta N} \quad (5)$$



Khi giải bài toán này cần chú ý xét dấu của (N và E để tránh các sai lầm. Từ hệ trục tọa độ vuông góc và định nghĩa góc phương vị ta có bảng xét dấu như sau:

$\alpha$	$\Delta N$	$\Delta E$
$0 < \alpha < 90^0$	+	+
$90^0 < \alpha < 180^0$	-	+
$180^0 < \alpha < 270^0$	-	-
$270^0 < \alpha < 360^0$	+	-

Các bài toán xuôi và ngược đã được lập trình sẵn cài vào trong các máy tính cầm tay loại kỹ thuật (Scientific calculator). Các kỹ sư tư vấn giám sát, các cán bộ kỹ thuật trên công trường nên mang theo nó ra ngoài hiện trường và cần biết sử dụng thành thạo các chương trình này.

#### IV. LƯỚI KHÔNG CHẾ TỌA ĐỘ TRÊN CÁC MẶT BẰNG XÂY DỰNG

##### 1. Vai trò của lưới khống chế

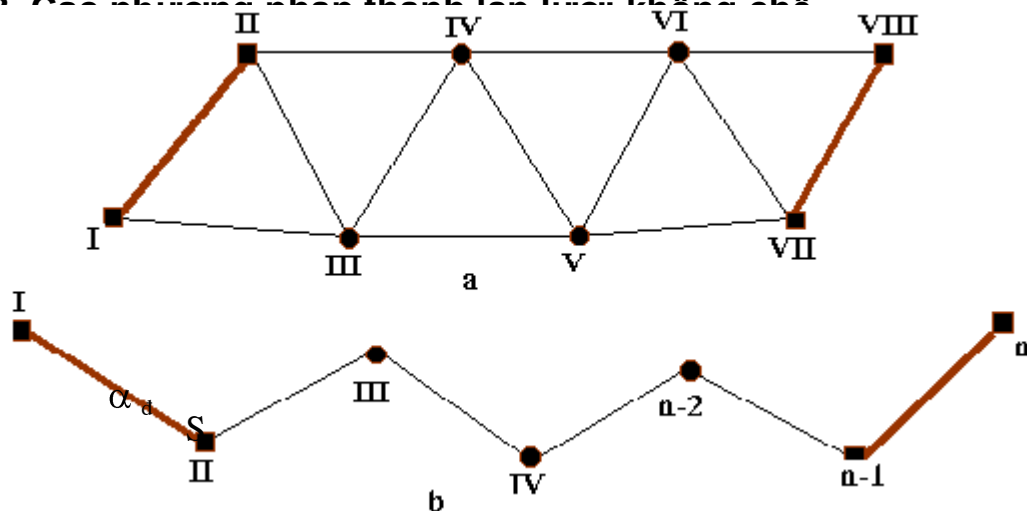
Để đảm bảo cho công trình được xây dựng đúng vị trí và đúng kích thước hình học đã thiết kế thì trên mặt bằng xây dựng phải có một hệ thống các điểm có tọa độ, được đánh dấu chính xác và kiên cố bằng các mốc bê tông. Các điểm này tạo nên một lưới gọi là lưới khống chế tọa độ trên mặt bằng xây dựng. Ngoài tọa độ X(N) và Y(E) người ta còn dẫn cả độ cao vào các điểm này.

Như vậy, dựa vào các điểm của lưới khống chế mặt bằng và độ cao chúng ta có thể thực hiện các công tác bố trí, đo đạc kiểm tra, nghiệm thu và đo vẽ hoàn công công trình.

##### 2. Mật độ của các điểm khống chế

Mật độ của các điểm trong lưới khống chế tùy thuộc vào yêu cầu độ chính xác bố trí và mật độ của các hạng mục trên mặt bằng. Theo TCVN, nếu không có những yêu cầu đặc biệt thì đối với các công trình xây dựng công nghiệp, cứ 2-3 ha có một điểm khống chế nhưng tối thiểu trên mặt bằng phải có 4 điểm. Nhìn chung các điểm được phân bố rải đều trên mặt bằng. Những khu vực có hạng mục với các dây chuyền chính xác mật độ các điểm khống chế phải dày hơn, ngược lại ở các khu vực khác mật độ, điểm khống chế có thể thưa hơn.

2. Các phương pháp thành lập lưới khống chế



ng người  
đo tất cả  
n góc đo

### **Hình IV.1 Sơ đồ lưới khống chế mặt bằng**

Muốn xác định được tọa độ của các điểm trên mặt bằng thì ít nhất chúng ta phải biết được tọa độ của một điểm (ví dụ điểm I) chiều dài của một cạnh (ví dụ  $I-II = D$ ) và phương vị của một cạnh (ví dụ  $(\bar{d})$  khi đó giải các tam giác ta sẽ xác định được chiều dài của tất cả các cạnh còn lại và dựa vào các góc đo và góc  $(\bar{d})$  ta có thể xác định được phương vị của chúng lúc đó chúng ta dễ dàng xác định được tọa độ của tất cả các điểm còn lại trên mặt bằng bằng cách giải bài toán xuôi như đã trình bày ở trên.

Thông thường lưới khống chế dựa vào một cạnh khởi đầu gồm 2 điểm đã biết tọa độ (ví dụ điểm I và II) dựa vào tọa độ của cặp điểm này chúng ta có thể xác định được chiều dài  $D$  và góc phương vị  $(\bar{d})$  của cạnh khởi đầu bằng bài toán ngược và từ đó xác định được tọa độ của các điểm khác.

Với một cặp điểm gốc như vậy chúng ta chỉ có thể đủ dữ liệu để tính toán tọa độ cho mạng lưới. Nếu vì một lý do nào đó tọa độ của một trong 2 điểm (I hoặc II) bị sai thì chúng ta không có cách nào phát hiện ra vì vậy để kiểm tra kết quả thành lập lưới khống chế tọa độ ít nhất phải có hai cặp điểm đã biết trước, một cặp ở đầu này còn một cặp ở đầu kia của lưới.

Cũng với mục đích kiểm tra kết quả đo đạc, tuy mỗi tam giác chỉ cần đo hai góc là đủ nhưng trong quy định bắt buộc phải đo cả 3 góc. Việc đo thêm góc thứ 3 gọi là đại lượng đo thừa nhưng tạo điều kiện cho việc kiểm tra kết quả đo thực địa mà còn tạo điều kiện cho việc áp dụng các thuật toán xử lý số liệu nâng cao độ tin cậy của các kết quả đo.

#### **3.1.2. Lưới tam giác đo cạnh**

Lưới tam giác đo cạnh có kết cấu giống lưới tam giác đo góc. Tuy nhiên trong lưới thay vì đo tất cả các góc người ta đo tất cả các cạnh. Dựa vào các cạnh đo người ta tính ra được tất cả các góc trong tam giác. Tiếp theo việc xác định tọa độ của các điểm sẽ giống như lưới tam giác đo góc.

Nhược điểm của lưới tam giác đo cạnh là không có đại lượng đo thừa vì vậy không có thể kiểm tra và phát hiện được sai sót trong quá trình đo đạc. Muốn kiểm tra được cần phải tạo ra các đồ hình phức tạp hơn như lưới tứ giác đo 2 đường chéo hoặc hệ thống trung tâm.

Đối với các mạng lưới khống chế yêu cầu độ chính xác cao người ta sử dụng lưới tam giác đo góc cạnh kết hợp nghĩa là trong các tam giác người ta đo tất cả các góc và các cạnh.

#### **3.2. Phương pháp đường chuyền**

Đường chuyền là một dạng cơ bản của lưới khống chế mặt bằng nhất là trong giai đoạn hiện nay các máy đo xa điện tử và toàn đạc điện tử đang ngày càng trở nên phổ biến rộng rãi.

Theo định nghĩa đường chuyền là một đường gãy khúc bao gồm các cạnh và các góc đo nối tiếp với nhau như H. IV.1b

Cũng như lưới tam giác, muốn xác định được tọa độ của các điểm trong lưới thì đường chuyền phải xuất phát từ một cạnh gốc có tọa độ đã biết (cạnh I-II) gọi là cạnh gốc. Để kiểm tra, đường chuyền phải kết thúc tại một cạnh gốc gồm 2 điểm đã biết trước tọa độ giống hệt như lưới tam giác.

Đối với một mặt bằng xây dựng có thể thành lập lưới khống chế mặt bằng dưới dạng một đường chuyền khép kín

Đối với đường chuyền như H.IV.1b ta có:

$$\alpha_{II-III} = \alpha_{I-II} + \beta_1 - 180^0$$

$$\alpha_{III-IV} = \alpha_{II-III} + \beta_2 - 180^0$$

.....

$$\alpha_{XIV-XV} = \alpha_{XIII-XIV} + \beta_n - 180^0$$

Như vậy chúng ta tính được góc phương vị của tất cả các cạnh trong đường chuyền, cộng thêm các cạnh đo trực tiếp D1, D2,.....DN có thể tính được số gia tọa độ (X và Y cho tất cả các cạnh và từ đó tính được tọa độ của tất cả các điểm trong lưới.

Ưu điểm của phương pháp đường chuyền là rất linh hoạt, từ một điểm chỉ cần nhìn thông đến 2 điểm lân cận vì vậy rất tiện lợi cho việc sử dụng trên các mặt bằng xây dựng .

### **3.3 Phương pháp sử dụng công nghệ GPS**

Hệ thống định vị toàn cầu (Global Positioning System - GPS) là kết quả ứng dụng thành tựu mới nhất của khoa học công nghệ trong lĩnh vực đo đạc. Hiện nay hệ thống này đã được ứng dụng rất rộng rãi trong việc thành lập lưới khống chế tọa độ quốc gia và trong các lĩnh vực trắc địa công trình .

Ưu điểm của công nghệ GPS là có thể xác định tọa độ của các điểm mà không cần tầm nhìn thông đến các điểm lân cận như phương pháp tam giác hoặc phương pháp đường chuyền. Trong những phương pháp này cũng có nhược điểm là phải có tầm thông thoáng tới các vệ tinh ở trên trời, điều kiện này đôi khi khó đảm bảo đối với các mặt bằng đang xây dựng. Mặt khác, giá thành của công nghệ này hiện đang còn cao nên việc sử dụng nó còn hạn chế.

## **4. Đặc điểm của lưới khống chế tọa độ trên mặt bằng xây dựng công trình**

Lưới khống chế tọa độ trên mặt bằng xây dựng có một số đặc điểm riêng so với lưới khống chế tọa độ quốc gia. Các đặc điểm đó là:

- So với lưới khống chế toạ độ quốc gia cùng cấp hạng, lưới khống chế toạ độ trên mặt bằng xây dựng công trình (gọi tắt là lưới trắc địa công trình ) thường có cạnh ngắn hơn. Việc đo đạc các yếu tố trong lưới được thực hiện trong điều kiện khó khăn hơn và yêu cầu về sai số vị trí điểm trong lưới lại chặt chẽ hơn.

- Về hình dạng của lưới tùy thuộc vào phương pháp bố trí công trình và trang thiết bị của đơn vị thi công. Nếu đơn vị thi công không có các thiết bị hiện đại như máy móc TĐĐT thì lưới TĐCT được lập dưới dạng các hình vuông hoặc hình chữ nhật có các cạnh song song với trục chính của công trình để các đơn vị thi công có thể bố trí công trình theo phương pháp toạ độ vuông góc. Nếu các đơn vị thi công có thiết bị hiện đại thì có thể thành lập lưới khống chế có hình dạng tùy ý miễn là đảm bảo độ chính xác và đủ mật độ để bố trí công trình.

### **5. Quy trình thành lập lưới khống chế trắc địa công trình**

Việc thành lập lưới khống chế TĐCT được thực hiện sau khi đã sơ bộ san lấp và vệ sinh mặt bằng. Trình tự thành lập lưới như sau:

- \*. Lập phương án kỹ thuật gồm các nội dung chính sau:
  - Mục đích, yêu cầu của việc thành lập lưới TĐCT .
  - Thiết kế kỹ thuật lưới TĐCT .
  - Đánh giá phương án thiết kế
  - Thiết kế các mốc của lưới TĐCT
- \*. Khảo sát thực địa để chính xác hoá lại phương án thiết kế
- \*. Chọn điểm và chôn mốc ngoài thực địa
- \*. Đo góc và đo cạnh và đo độ cao trong lưới.
- \*. Xử lý toán học các kết quả đo đạc trong lưới, xuất bản toạ độ và độ cao của các mốc.
- \*. Bàn giao lưới và các tài liệu liên quan cho các đơn vị thi công.

TCXDVN quy định việc thành lập lưới khống chế toạ độ trên mặt bằng xây dựng là trách nhiệm của chủ đầu tư. Chủ đầu tư phải bàn giao lưới khống chế toạ độ cho các nhà thầu chậm nhất là 2 tuần trước khi tiến hành thi công công trình.

### **V. ĐO ĐẠC KIỂM TRA TRÊN CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG**

Đo đạc kiểm tra đóng một vai trò rất quan trọng trong quá trình thi công xây lắp công trình. Dựa vào đo đạc kiểm tra chúng ta có khả năng kịp thời phát hiện các sai lệch vượt quá dung sai cho phép để tiến hành chỉnh sửa và rút kinh nghiệm cho công tác xây lắp trong các giai đoạn tiếp theo.

Nội dung công tác đo đạc kiểm tra gồm:

- Đo đạc kiểm tra độ ổn định của các mốc khống chế mặt bằng và độ cao.
- Đo đạc kiểm tra vị trí mặt bằng của các hạng mục đã bố trí.
- Đo đạc kiểm tra kích thước hình học của các hạng mục.

- Đo đạc kiểm tra độ thẳng đứng của các hạng mục và các kết cấu.
- Đo đạc kiểm tra độ phẳng của các bề mặt.

## **1. Đo đạc kiểm tra độ ổn định của các mốc khống chế mặt bằng và độ cao.**

Theo quy định của quy phạm, phải tiến hành đo đạc kiểm tra độ ổn định của các mốc khống chế mặt bằng một cách định kỳ. Thông thường trước khi khởi công xây dựng công trình cần đo đạc kiểm tra các mốc chuẩn sau đó cứ sáu tháng một lần cần tiến hành đo kiểm tra các mốc này, thời điểm đo nên chọn vào đầu mùa mưa và đầu mùa khô. Ngoài ra cần phải đo kiểm tra đột xuất, bất thường nếu có dấu hiệu hoặc xuất hiện nguy cơ có thể làm mốc bị dịch chuyển như: mốc bị các phương tiện vận tải đè lên, mốc nằm ở khu vực thi công móng, gần khu vực đóng cọc vv... Việc đo kiểm tra có thể thực hiện cho toàn bộ mạng lưới hoặc chỉ cần kiểm tra sát xuất một số khu vực cần thiết.

Để thực hiện việc đo kiểm tra độ ổn định của các mốc khống chế mặt bằng và độ cao được thực hiện bằng các thiết bị và các phương pháp đo có độ chính xác tương đương với khi thành lập lưới khống chế. Tất cả các máy sử dụng để đo đạc kiểm tra đều phải được kiểm nghiệm và hiệu chỉnh theo đúng yêu cầu của qui phạm chuyên ngành.

Các điểm được coi là ổn định nếu sai lệch về tọa độ hoặc độ cao của nó không vượt quá 2 lần sai số trung phương vị trí điểm (hoặc cao độ) được đánh giá dựa vào kết quả bình sai chập chễ mạng lưới.

## **2. Đo đạc kiểm tra vị trí mặt bằng của các hạng mục.**

Trong một nhà máy hiện đại, các hạng mục liên quan với nhau trong một dây chuyền công nghệ chập chễ, chính xác. Bất kỳ một sự sai lệch nào vượt quá dung sai cho phép cũng dẫn đến những trục trặc khó khăn trong khâu lắp máy, thậm chí làm cho toàn bộ dây chuyền không chế hoạt động bình thường được. Vì vậy, việc đo đạc kiểm tra vị trí mặt bằng của các hạng mục đóng một vai trò hết sức quan trọng.

Vị trí mặt bằng của các hạng mục công trình được đo bằng tọa độ của các điểm đặc trưng cụ thể như sau:

- Vị trí của các hạng mục là hình vuông hoặc hình chữ nhật được cho bằng tọa độ của 4 góc.

- Vị trí của các hạng mục hình tuyến (đường giao thông, hệ thống ống dẫn nổi hoặc ngầm) được cho bằng tọa độ của các điểm đặc trưng như các đỉnh góc ngoặt, các chỗ giao cắt nhau, các điểm cơ bản của đường cong tròn và đường cong chuyển tiếp (nếu có).

- Vị trí của các hạng mục có dạng hình tròn (ống khói, silô chứa vật liệu rời) được cho bởi tọa độ tâm của hạng mục vv...

Vị trí mặt bằng của các hạng mục tốt nhất nên kiểm tra bằng máy toàn đạc điện tử. Trong trường hợp không có máy toàn đạc điện tử thì có thể sử dụng phương pháp tọa độ cực hoặc phương pháp tọa độ

vuông góc bằng cách sử dụng máy kinh vĩ và thước thép đã kiểm nghiệm. Hạn sai cho phép khi kiểm tra vị trí mặt bằng của các hạng mục được cho trong các tài liệu thiết kế hoặc các tiêu chuẩn, quy phạm chuyên ngành.

Cần lưu ý rằng độ chính xác xác định toạ độ bằng các máy TĐĐT hoặc phương pháp toạ độ cực bằng máy kinh vĩ và thước thép phụ thuộc rất nhiều vào khoảng cách từ điểm đặt máy tới vị trí điểm kiểm tra. Nếu muốn kiểm tra toạ độ của các điểm với sai số không vượt quá (10 mm thì không nên đặt máy cách xa điểm kiểm tra quá 100m điều này có nghĩa là lưới khống chế mặt bằng phải có mật độ hợp lý như đã nêu ở phần trên.

Đối với các hạng mục ở các tầng lắp ráp trên cao trước khi kiểm tra vị trí mặt bằng cần phải chuyển toạ độ từ mặt bằng cần phải chuyển toạ độ từ mặt bằng cơ sở lên mặt bằng lắp ráp đang làm việc. Phương pháp chuyển toạ độ sẽ được đề cập đến trong phần sau.

### **3. Kiểm tra kích thước hình học của các hạng mục, các cấu kiện**

Kích thước hình học của các hạng mục, các cấu kiện cần kiểm tra gồm:

- Chiều dài, chiều rộng của các hạng mục hoặc các cấu kiện đổ tại chỗ (nhà xưởng, cột, tường, dầm)...
- Khoảng cách giữa các trục
- Bán kính của các hạng mục hoặc cấu kiện hình tròn (silô, ống khói, đường ống dẫn nước vv...).

Chiều dài, chiều rộng, khoảng cách giữa các trục, bề dày của các cấu kiện tốt nhất nên kiểm tra bằng thước thép chuẩn đã được kiểm nghiệm nếu điều kiện cho phép. Trường hợp không thể kiểm tra được bằng thước thép các yếu tố trên do bị vướng các gờ, vướng máy móc thiết bị hay bề mặt đo gồ ghề, không bằng phẳng, bùn đất bẩn vv... thì nên sử dụng máy toàn đạc điện tử. Khi dùng máy toàn đạc điện tử có thể sử dụng chương trình đo trực tiếp hoặc chương trình đo gián tiếp (RDM -Remote Distance Measurement hay MLM-Missing Line Measurement). Cũng có thể kiểm tra kích thước hình học thông qua việc xác định toạ độ của điểm đầu và điểm cuối của cạnh cần kiểm tra.

Dung sai cho phép khi kiểm tra kích thước hình học của các cấu kiện được cho trong hồ sơ thiết kế hoặc qui phạm, tiêu chuẩn chuyên ngành

### **4. Kiểm tra độ thẳng đứng của các hạng mục và các cấu kiện**

Là dạng công việc thường gặp nhất trên công trường xây dựng. Các hạng mục hoặc các kết cấu phải kiểm tra độ thẳng đứng là:

- Cột chịu lực, tường chắn
- Các toà nhà cao tầng
- Các silô chứa vật liệu rời
- ống khói...

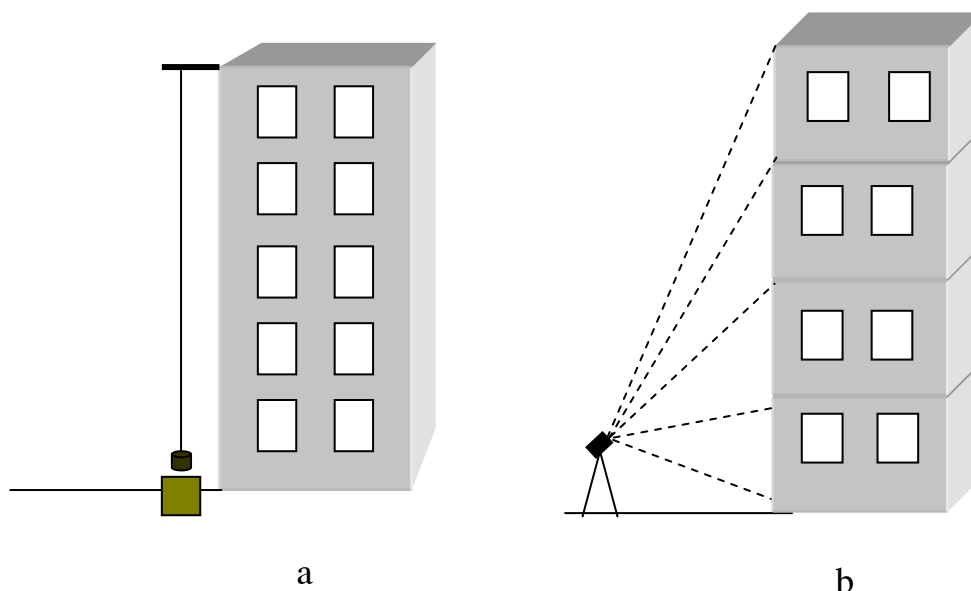
- Ăng ten vô tuyến viễn thông, tháp truyền hình vv....

Yêu cầu độ chính xác đo kiểm tra độ nghiêng được quy định cụ thể trong hồ sơ thiết kế hoặc trong các tiêu chuẩn, quy phạm chuyên ngành.

#### 4.1 Phương pháp kiểm tra

##### a. Kiểm tra bằng dây dọi

Phương pháp này được sử dụng để kiểm tra độ thẳng đứng của các cột hoặc các bức tường với độ cao không lớn lắm (25m) có thể sử dụng các quả dọi thông thường. Đối với các kết cấu có độ cao lớn phải sử dụng các quả dọi có trọng lượng nặng hơn (trọng lượng quả dọi có thể tới 10 kg hoặc nặng hơn). Để hạn chế ảnh hưởng do dao động của quả dọi có thể thả quả dọi vào một thùng dầu ở phía dưới. Trong trường hợp sử dụng dây dọi, độ thẳng đứng của cấu kiện công trình được đánh giá thông qua chênh lệch khoảng cách từ dây dọi tới các điểm đo trên bề mặt của cấu kiện H 5.1a



H.5.1 Kiểm tra độ thẳng đứng của các ngôi nhà

##### b. Kiểm tra bằng máy toàn đạc điện tử

Hiện nay trên thị trường xuất hiện các loại máy có chế độ đo không cần gương. Với các loại máy này việc kiểm tra độ thẳng đứng của các cột, các bức tường, các toà nhà cao tầng và các silô, ống khói trở nên cực kỳ đơn giản.

Đối với các cột vuông, các toà nhà cao tầng chỉ cần đặt máy và đo khoảng cách ngang đến các điểm ở các tầng khác nhau (H 5.1b) chúng ta sẽ xác định ngay được độ nghiêng thông qua chênh lệch khoảng cách ngang của các tầng so với khoảng cách đo ở tầng 1.

Để hiểu nguyên lý xác định độ nghiêng của các silô và ống khói bằng các máy toàn đạc điện tử chúng ta hãy tưởng tượng là silô hoặc ống khói được cắt bằng các mặt phẳng nằm ngang cách đều nhau 2m,

5m hoặc 10m (H.5.2a). Nếu chiếu các giao tuyến này xuống một mặt phẳng ngang bất kỳ thì chúng ta sẽ được các đường tròn giống như các đường đồng mức trên bản đồ địa hình. Nếu silô thẳng đứng thì các đường tròn sẽ trùng khít lên nhau, ngược lại nếu silô không thẳng thì các vòng tròn sẽ không trùng khít nhau tức là tâm của chúng sẽ lệch nhau. Đối với ống khói có hình côn thì hình chiếu của giao tuyến lên mặt phẳng sẽ là các đường tròn đồng tâm nếu như ống khói thẳng đứng và lệch tâm nếu như nó bị nghiêng. Theo độ lệch tâm của các đường tròn trên các độ cao khác nhau so với vòng tròn dưới mặt đất chúng ta sẽ đánh giá được độ lệch của silô hoặc ống khói.

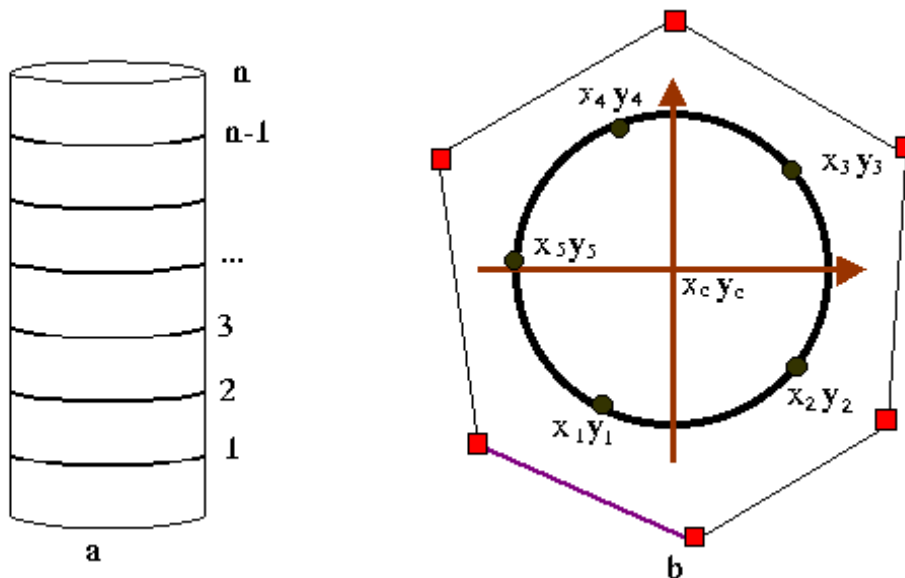
Như vậy, để đánh giá được độ nghiêng của các công trình có dạng hình trụ hoặc hình côn chỉ cần xác định tọa độ tâm của các vòng tròn ở các độ cao khác nhau.

H.5.2b minh họa phương pháp sử dụng máy toàn đạc điện tử loại có chế độ đo không cần gương để xác định độ lệch của công trình dạng hình trụ hoặc hình côn (silô, ống khói). Việc xác định độ nghiêng được thực hiện qua các bước sau:

- Thiết lập một hệ thống các điểm có tọa độ (tọa độ giả định) bằng một đường chuyền khép kín xung quanh silô và xác định tọa độ và độ cao của chúng.

- Lần lượt đặt máy tại các điểm của đường chuyền, chia silô hoặc ống khói thành các thớt cách đều nhau (2, 5 hoặc 10m tùy theo yêu cầu độ chính xác) và xác định tọa độ của các điểm nằm trên thớt.

Trên mỗi thớt, số điểm đo tối thiểu để xác định tọa độ tâm và bán kính là 3 điểm. Nếu chỉ có 3 điểm ta sẽ xác định được tọa độ tâm và bán kính theo phương pháp hình học thuần túy dựa vào phương trình của đường tròn trong hình học vi phân hoặc phương pháp đồ thị vì tâm của đường tròn ngoại tiếp một tam giác là giao điểm của ba đường trung tuyến của 3 cạnh của tam giác. Từ tọa độ của tâm và tọa độ của một trong 3 đỉnh tam giác có thể dễ dàng tính được bán kính của đường tròn.



H.5.2 Sử dụng máy toàn đạc điện tử để kiểm tra độ nghiêng



Nếu số điểm đo trên mỗi thớt lớn hơn 3 thì có thể sử dụng phương pháp số bình phương nhỏ nhất để xác định tọa độ tâm và bán kính của đường tròn.

Nếu số điểm đo trên mỗi thớt lớn hơn 3 thì có thể sử dụng phương pháp số bình phương nhỏ nhất để xác định tọa độ tâm và bán kính dựa vào phương trình của đường tròn như sau:

$$R = \sqrt{(X_c - X_i)^2 + (Y_c - Y_i)^2} \quad (6)$$

Do các kết quả đo có sai số đo và sai số trong thi công xây dựng silô hoặc ống khói nên không thể có một đường tròn ngoại tiếp hoàn hảo chứa tất cả các điểm đo mà chỉ có thể xác định được một đường tròn gần ngoại tiếp có bán kính R thỏa mãn điều kiện  $[v] = \min$  trong đó:

$$v = R_i - R$$

$$R_i = \sqrt{(X_c - x_i)^2 + (Y_c - y_i)^2} \quad (7)$$

Trong các công thức 1, 2 và 3

R: Giá trị chính xác của bán kính vòng tròn ngoại tiếp

R<sub>i</sub>: Giá trị bán kính của đường tròn gần ngoại tiếp

X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub>: Tọa độ chính xác của điểm đo (có thể xác định được)

x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub>: Giá trị tọa độ của các điểm đo thực tế

Thay (3) và (1) vào (2) ta có:

$$V_i = \sqrt{(X_c - x_i)^2 + (Y_c - y_i)^2} - R \quad (8)$$

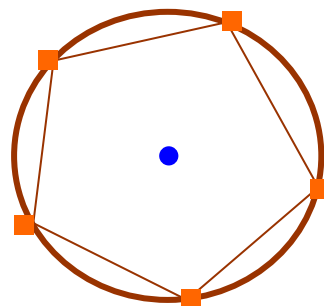
Nếu ký hiệu tọa độ gần đúng của tâm vòng tròn là X<sub>0c</sub> và Y<sub>0c</sub> với số hiệu

chính tương ứng là dx và dy ta có quan hệ sau:

$$\left. \begin{aligned} X_c &= X_{0c} + dx \\ Y_c &= Y_{0c} + dy \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Thay (5) vào (4) và đưa phương trình về dạng tuyến tính bằng cách khai triển chuỗi Taylor giới hạn ở thành phần bậc nhất ta có:

Giả sử n điểm đo trên một thớt tạo thành một đa giác nội tiếp trong một đ-ờng tròn có tâm là X<sub>c</sub>, Y<sub>c</sub> và bán kính R. Với giả thiết nh- trên tọa độ của các điểm đo sẽ thỏa mãn ph-ong trình sau



H.5.3 Kiểm tra độ nghiêng của các hạng mục hình trụ tròn

$$V_i = -R + \cos\alpha_i dx + \sin\alpha_i dy + \sqrt{(X^o_c - x_i)^2 + (Y^o_c - Y_i)^2} \quad (10)$$

Ký hiệu số hạng tự do của phương trình về dạng tuyến tính bằng cách khai triển chuỗi Taylor giới hạn ở thành phần bậc nhất ta có:

$$R' = \sqrt{(X^o_c - x_i)^2 + (Y^o_c - y_i)^2} \quad (11)$$

ta có thể viết được phương trình số hiệu chỉnh dưới dạng:

$$V = AX + L \quad (12)$$

trong đó

$$A = \begin{bmatrix} -1 & \cos\alpha_1 & \sin\alpha_1 \\ -1 & \cos\alpha_2 & \sin\alpha_2 \\ \dots & \dots & \dots \\ -1 & \cos\alpha_n & \sin\alpha_n \end{bmatrix} \quad (13)$$

$$X = \begin{bmatrix} R \\ dx \\ dy \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\text{và } L = \dot{G} \quad (15)$$

ở đây A gọi là ma trận hệ số phương trình số hiệu chỉnh có kích thước n x 3 (n hàng và 3 cột)

$$\alpha_i = \text{Arctg} \frac{y_i - Y_c^n}{x_i - X_c^n} \quad (11)$$

X – Véc tơ ẩn số (có 3 phần tử)

L – Véc tơ số hạng tự do (có n phần tử)

Hệ phương trình (8) gồm n phương trình với 3 ẩn số vì vậy sẽ có vô số nghiệm. Theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, nghiệm tốt nhất của hệ phương trình này là nghiệm thoả mãn điều kiện  $[vv] = \min$ . Để xác định nghiệm này thì từ hệ phương trình số hiệu chỉnh cần lập hệ phương trình chuẩn như sau:

$$A^T \cdot A \cdot X + A^T L = 0 \quad (12)$$

Giải hệ phương trình này ta xác định được cả 3 ẩn số R, dx và dy.

Toạ độ tâm của thốt được xác định như sau:

$$X_c = X_c^o + dx \quad \} \quad (13)$$

$$Y_c = Y_c^0 + dy$$

Nếu toạ độ tâm của các thốt đều giống nhau có nghĩa là silô hoặc ống khói không bị nghiêng. Nếu toạ độ tâm của các thốt khác nhau nghĩa là đối tượng quan trắc đã bị nghiêng.

Độ lớn của vectơ nghiêng của thốt thứ  $i$  được tính theo công thức:

$$e_i = \sqrt{(X_c^i - X_c^1)^2 + (Y_c^i - Y_c^1)^2} \quad (14)$$

trong đó:

$X_c^i, Y_c^i$  toạ độ tâm của thốt thứ  $i$

$X_c^1, Y_c^1$  toạ độ tâm của thốt thứ 1

Hướng của vectơ  $e$  được tính như sau:

$$\text{artang} \varphi_i = \frac{Y_c^i - Y_c^1}{X_c^i - X_c^1} \quad (15)$$

Góc nghiêng của thốt thứ  $i$  được tính theo công thức

$$\varepsilon_i = \frac{e_i}{h_i} \quad (16)$$

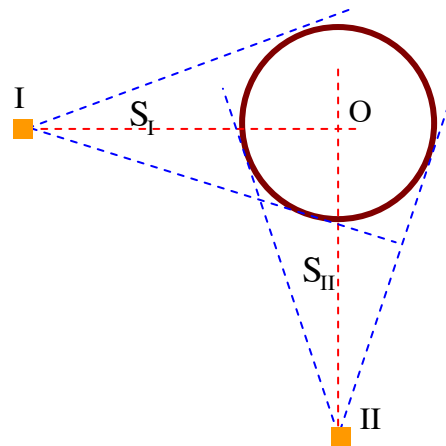
Trong đó  $h_i$  là độ cao của thốt thứ  $i$ .

Nếu xung quanh hạng mục cần kiểm tra có một không gian đủ rộng để thao tác, một khoảng trống đủ để đặt máy cách xa hạng mục cần kiểm tra một khoảng bằng chiều cao (hoặc tốt nhất bằng 1.5 lần chiều cao) thì có thể sử dụng các máy kinh vĩ thông thường có độ chính xác cấp giây để xác định độ nghiêng.

Hình 5.4 là sơ đồ đo độ nghiêng bằng các máy kinh vĩ thông thường. Phương pháp thực hiện như sau:

Chọn hai điểm đặt máy I và II sao cho góc IOII xấp xỉ là góc vuông.

Đặt máy tại I, đo sơ bộ khoảng cách từ I tới chân hạng mục cần kiểm tra bằng thước thép. Chia đối tượng cần kiểm tra thành các thốt cách đều nhau và tính giá trị góc nghiêng tương ứng với các thốt đã chia.



H.5.4 Đo độ nghiêng bằng máy kinh vĩ thông thường

Đặt máy tại I, cân bằng máy cẩn thận và lần lượt đặt các số đọc trên bàn độ đứng bằng các giá trị đã tính được cho các thốt, ngắm cạnh phía trái và phía phải của công trình cần kiểm tra ta được 2 trị số ( $T_i$  và  $P_i$ . Trị trung bình ( $i$  được tính theo công thức;

$$\beta_i = \frac{1}{2} (\sigma_i^T + \beta_i^P) \quad (17)$$

Tương tự như vậy, đặt máy tại điểm II ngắm các cạnh ta được các trị đo ( $T_i$  và  $P_i$ , trị trung bình sẽ được tính theo công thức

$$\gamma_i = \frac{1}{2} (\sigma_i^T + \gamma_i^P) \quad (18)$$

$$e_i^j = (\beta_i - \beta_0) (\sigma_i + R)$$

Độ lệch tâm của thốt thứ  $i$  theo hướng II-O được xác định theo công thức:

$$e_i^i = (\gamma_i - \gamma_0) (S_{II} + R) \quad (19)$$

Véc tơ độ lệch được xác định theo công thức:

$$e_i = \sqrt{(e_i^I)^2 + (e_i^{II})^2} \quad (20)$$

Hướng của véc tơ được xác định theo công thức:

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{e_i^I}{e_i^{II}} \quad (21)$$

## 5. Kiểm tra độ dốc của các cấu kiện các hạng mục .

Một số hạng mục công trình phải tuân theo một độ dốc nhất định ví dụ lò nung clinker trong các nhà máy xi măng lò quay, các đường ống tự chảy... Yêu cầu độ chính xác kiểm tra độ dốc của các hạng mục thường được cho trong các tài liệu thiết kế.

Để kiểm tra độ dốc cần thiết phải đo khoảng cách và chênh cao giữa 2 điểm cần kiểm tra độ dốc  $i$  (tính bằng %) được xác định theo công thức:

$$i = \frac{h}{D} \cdot 100\% \quad (22)$$

Trong đó:  $h$  là chênh cao giữa hai điểm kiểm tra

$D$  khoảng cách nối 2 điểm kiểm tra

Với các giá trị  $D$  và  $h$  đo được có thể xác định được độ dốc thiết kế. Nếu sai lệch không vượt quá dung sai cho phép thì đạt yêu cầu.

Việc đo chênh cao giữa hai điểm nên thực hiện bằng máy thủy bình. Khoảng cách giữa hai điểm nên đo bằng máy toàn đạc điện tử.

## 6. Kiểm tra độ song song của các cấu kiện

### 6.1. Các hạng mục cần kiểm tra:

Các hạng mục cần kiểm tra có thể là:

- Các dây bu lông của các cấu kiện thép đối với các nhà công nghiệp.

- Đường ray của cầu trục trong các phân xưởng và các hạng mục khác.

### 6.2. Phương pháp kiểm tra

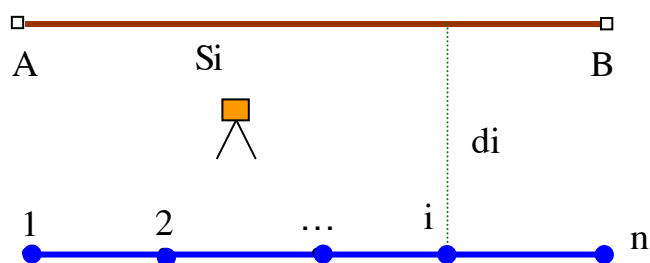
a. Kiểm tra bằng các thiết bị thông thường

Với các thiết bị thông thường như máy kinh vĩ và thước thép thì độ song song của các cấu kiện có thể được kiểm tra bằng cách đo khoảng cách giữa hai cấu kiện song song với nhau. Nếu khoảng cách tại các điểm kiểm tra bằng nhau nghĩa là 2 cấu kiện song song với nhau.

Phương pháp này đơn giản nhưng chỉ áp dụng được trong điều kiện 2 cấu kiện cần kiểm tra nằm trên mặt đất có thể đặt máy kinh vĩ và đi lại thao tác đo một cách dễ dàng.

**b. Kiểm tra bằng máy toàn đạc điện tử.**

Nếu có máy toàn đạc điện tử thì có thể kiểm tra độ song song của hai cấu kiện bằng nhiều cách như kiểm tra bằng tọa độ, kiểm tra bằng đo khoảng cách nhưng hầu hết các máy đều có cài đặt sẵn một chương trình chuyên dùng cho việc này, chương trình có tên là Reference Line. Thực hiện chương trình như sau:



*H.5.5 Kiểm tra độ song song của các chi tiết*

Đặt máy toàn đạc điện tử tại một điểm bất kỳ, khởi động chương trình Reference Line và ngắm lần lượt lên 2 điểm A và B (A và B chính là đường quy chiếu) tiếp theo lần lượt ngắm máy tới các điểm kiểm tra 1, 2,...i,n máy toàn đạc điện tử thông báo trên màn hình 2 đại lượng: Si và di trong đó Si là khoảng cách từ điểm A tới chân đường vuông góc hạ từ điểm i xuống hướng quy chiếu, di là khoảng cách từ điểm i tới hướng quy chiếu.

**VI. ĐO VẼ HOÀN CÔNG, VÀ THIẾT LẬP BẢN VẼ HOÀN CÔNG**

**1. Các khái niệm cơ bản**

**1.1 Đo vẽ hoàn công**

Là việc xác định vị trí kích thước các đối tượng xây dựng đã hoàn thành trên cơ sở hệ tọa độ độ cao đã dùng cho thi công.

Đo hoàn công gồm các loại sau

- Đo vẽ hoàn công các bộ máy và các chi tiết máy đã lắp đặt xong
- Đo vẽ hoàn công san nền, nạo vét, hoàn công phần móng
- Đo vẽ hoàn công từng hạng mục hoặc từng bộ phận công trình

**1.2 Thiết lập bản vẽ hoàn công**

Là xử lý tổng hợp các thông tin nhận được trong quá trình đo vẽ hoàn công ở mục 1.1 để thiết lập một bản vẽ chính thức đúng tiêu chuẩn, trên đó thể hiện đầy đủ vị trí và kích thước của các đối tượng đã xây dựng trong hệ toạ độ và độ cao thi công và các sai lệch của chúng so với thiết kế

Tuỳ theo quy mô công trình, tuỳ theo tính phức tạp của công trình người ta có thể chia ra các bản vẽ hoàn công sau:

- Bản vẽ hoàn công từng hạng mục công trình.
- Bản vẽ hoàn công lắp đặt máy thiết bị.
- Bản đồ hoàn công tổng thể công trình.

Về nguyên tắc đo vẽ hoàn công phải thực hiện ngay sau khi kết thúc từng loại công việc (móng, tầng ngầm, từng tầng nhà, từng loại công trình kỹ thuật hạ tầng).

Kết quả công tác đo vẽ hoàn công kịp thời từng loại công việc, từng phần công trình kết hợp với kết quả quan trắc theo dõi lún giúp cho nhà thiết kế chỉnh lý kịp thời các khiếm khuyết hay sai sót thiết kế, giúp cho người xây lắp rút kinh nghiệm và sửa chữa kịp thời các khiếm khuyết xây lắp tránh được thiệt hại về kinh tế do do thi công không đúng gây nên.

Bản đồ hoàn công tổng thể là cơ sở để nghiệm thu đưa công trình vào sử dụng. Ngoài ra nó còn là tài liệu rất quan trọng phục vụ cho việc thiết kế cải tạo mở rộng và nâng cấp công trình và cuối cùng là để thiết kế phương án bảo vệ công trình.

## **2. Phương pháp đo hoàn công**

Đo vẽ mặt bằng có thể áp dụng các phương pháp sau: toạ độ vuông góc, toạ độ cực, giao hội góc hoặc phương pháp toàn đạc. Ngày nay với sự xuất hiện của các máy toàn đạc điện tử thì việc đo vẽ hoàn công bằng phương pháp toàn đạc là thuận tiện hơn cả

## **3. Nội dung đo vẽ hoàn công và các điểm cần lưu ý.**

### **3.1 Hệ thống công trình kỹ thuật hạ tầng dưới mặt đất gồm:**

- Vị trí các điểm ngoặt.
- Tâm các giếng
- Điểm giao nhau của các công trình kỹ thuật hạ tầng ngầm.
- Đường kính ống dẫn.
- Khoảng cách và chênh cao giữa các giếng
- Nơi dẫn của từng loại hệ thống công trình kỹ thuật hạ tầng vào công trình.
- Độ cao của đáy, nắp hố móng, máng rãnh, nắp giếng, đỉnh ống dẫn.

### **3.2 Hệ thống công trình kỹ thuật hạ tầng trên không gồm:**

- Vị trí các cột
- Khoảng cách giữa tâm các cột
- Độ cao của các dầm xà ngang

- Khoảng cách dây dẫn đến các công trình ở gần đó
- Độ võng của dây

### 3.3 Đo vẽ hoàn công san nền gồm:

- Các mốc toạ độ và độ cao dùng để đo đạc điều khiển san nền
- Đo vẽ mặt đất san nền tỷ lệ 1:200; 1:500; 1:1000 tùy theo diện tích (kèm theo bản đồ gốc để đối chứng).

### 3.4 Đo vẽ hoàn công nạo vét gồm:

- Các mốc toạ độ và độ cao (hệ toạ độ độ cao nào) dùng để đo đạc điều khiển nạo vét.

- Đo vẽ mặt đáy đã nạo vét theo tỷ lệ 1/500

### 3.5 Đo vẽ móng gồm:

- Xác định vị trí của từng phần đã đặt, các kích thước của các khối, các lỗ cửa, các giếng đứng.

- Cao độ mặt móng.

- Riêng đối với nhà cần đo nội các góc móng nhà đến các điểm khống chế trắc địa để xác định toạ độ chung, đo vẽ kích thước chu vi tầng ngầm, đo vẽ các chỗ nhô ra thụt vào.

### 3.6 Đo vẽ công trình dạng tròn

- Xác định tâm đáy.
- Xác định độ lệch tâm đỉnh và đáy
- Xác định bán kính đáy, đỉnh và các chỗ đặc trưng

### 3.7. Đo vẽ đường giao thông

- Đo vẽ các đỉnh góc ngoặt
- Đo vẽ đường cong
- Đo vẽ các điểm giao nhau
- Đo vẽ vùng tiếp cận
- Đo vẽ tâm ghi đường sắt
- Đo vẽ độ cao mặt đường hoàn thành với lưới ô vuông độ cao

10m

- Đo vẽ độ cao vỉa hè chỗ giao nhau, chỗ thay đổi độ dốc của mặt đường.

- Đo vẽ chỗ nhô ra, lõm vào trên vỉa hè.

- Đo vẽ lòng đường, đáy rãnh, kênh thoát

- Đo vẽ giếng và cửa thoát nước mưa

- Đo vẽ cầu cống trên đoạn đường vừa hoàn thành

## VII. QUAN TRẮC LÚN VÀ CHUYỂN DỊCH NGANG CÔNG TRÌNH

### 1. Khái niệm cơ bản về chuyển dịch công trình và các nguyên nhân gây ra chuyển dịch công trình

#### 1.1 Phân loại chuyển dịch công trình

Sự chuyển dịch của công trình được hiểu là sự thay đổi vị trí nguyên thủy của nó trong không gian dưới sự tác động của các yếu tố tự

nhiên, của tải trọng, của các hoạt động khác. Có thể phân loại chuyển dịch công trình thành hai loại chính sau đây:

- Chuyển dịch theo phương thẳng đứng (sự trồi hoặc lún của công trình )
- Chuyển dịch theo phương nằm ngang

Tổng hợp của hai loại chuyển dịch này của công trình nhất là khi nó xảy ra không đồng đều tạo nên các biến dạng nguy hiểm củ công trình như cong, nghiêng, vặn xoắn, vết nứt vv. Nếu đại lượng biến dạng lớn sẽ dẫn đến các sự cố công trình.

### 1.2 Các nguyên nhân gây ra chuyển dịch và biến dạng công trình

Có hai loại nguyên nhân chủ yếu dẫn đến chuyển dịch biến dạng công trình

- Do các yếu tố tự nhiên
- Do các yếu tố nhân tạo

Nguyên nhân do các yếu tố tự nhiên bao gồm

- Sự co dãn của các lớp đất đá dưới nền móng công trình
- Sự thay đổi của nhiệt độ, độ ẩm, mực nước ngầm vv
- ảnh hưởng của các hiện tượng địa chất công trình, địa chất thủy văn, của các hoạt động kiến tạo của vỏ trái đất

Nguyên nhân do các yếu tố nhân tạo bao gồm

- ảnh hưởng của trọng lượng bản thân công trình
- Các sai sót trong quá trình khảo sát địa chất công trình
- Sự thay đổi các tính chất cơ lý của đất đá do qui hoạch cấp thoát nước, do thi công hệ thống công trình ngầm
- Sự rung động của nền móng do hoạt động của các thiết bị trong thời gian thi công xây dựng cũng như trong giai đoạn khai thác vận hành công trình
- Sự thay đổi áp lực lên nền móng cũng như điều kiện địa chất thủy văn do việc thi công xây dựng các công trình lân cận.

## 2. Các tham số đặc trưng cho chuyển dịch công trình

### 2.1 Các tham số đặc trưng cho chuyển dịch thẳng đứng (độ lún)

- Độ lún tuyệt đối là khoảng cách theo phương thẳng đứng từ mặt phẳng nguyên thủy của nền móng đến mặt phẳng của nó ở thời điểm quan trắc
- Độ lún tương đối giữa hai thời điểm  $t_1$  và  $t_2$  là khoảng cách theo phương thẳng đứng từ mặt phẳng của nền móng tại các thời điểm nói trên
- Độ lún trung bình là giá trị trung bình của độ lún trên toàn bộ mặt bằng của nền móng. Độ lún trung bình của công trình thường được xác định một cách gần đúng sau bằng tổng độ lún của các mốc chia cho số mốc được quan trắc

$$s_{tb} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i \quad (23)$$



Trong đó si- Độ lún của mốc thứ i (i=1, 2,... n)  
n – Số mốc quan trắc

- Tốc độ lún của công trình là tỷ số giữa độ lún và thời khoảng thời gian quan trắc (tính bằng táng hoặc năm)
- Độ lún lệch giữa hai điểm là chênh lệch độ lún của hai điểm đang xét tại cùng một thời điểm

## 2.2 Các tham số đặc trưng cho chuyển dịch ngang

Đối với chuyển dịch ngang chúng ta cũng có thể đưa ra các tham số chuyển dịch theo hướng dọc (t) và ngang (u) của công trình. Giá trị tương đối, tuyệt đối và tốc độ chuyển dịch được xác định tương tự như chuyển dịch thẳng đứng.

## 3. Yêu cầu độ chính xác và chu kỳ quan trắc

### 3.1 Đối với quan trắc độ lún

Độ chính xác đo lún công trình được qui định cụ thể đối với từng loại công trình trong TCXDVN 271:2002.

Việc đo lún được tiến hành lặp đi lặp lại nhiều lần gọi là chu kỳ đo. Có thể phân chia quá trình đo lún thành 3 giai đoạn trong đó các chu kỳ đo được lựa chọn như sau:

#### a. Giai đoạn thi công

Chu kỳ quan trắc đầu tiên được tiến hành đo sau khi đã xây dựng xong phần móng công trình

Các chu kỳ tiếp theo được thực hiện tùy theo tiến độ xây dựng. Thông thường chúng được thực hiện sau khi công trình đã đạt được 25%, 50% và 100% tải trọng. Đối với các công trình quan trọng xây dựng trên khu vực có điều kiện địa chất phức tạp có thể tăng chu kỳ đo trong quá trình thi công xây dựng.

#### b. Giai đoạn đầu khi đưa công trình vào khai thác sử dụng

Trong giai đoạn này các chu kỳ quan trắc được ấn định tùy thuộc vào tốc độ lún của công trình. Tốc độ lún càng lớn thì số chu kỳ đo phải ấn định càng dày, ngược lại tốc độ lún càng nhỏ thì số chu kỳ đo ấn định càng thưa. Trong thường trong giai đoạn này chu kỳ đo dao động trong khoảng 1-6 tháng.

#### c. Giai đoạn công trình đi vào ổn định

Chu kỳ đo trong giai đoạn này có thể ấn định từ 6 tháng đến 1 năm

Việc quan trắc sẽ kết thúc khi tốc độ lún của công trình nhỏ hơn 2mm/năm

### 3.2 Đối với quan trắc dịch chuyển ngang

Yêu cầu độ chính xác quan trắc dịch chuyển ngang cũng tùy thuộc vào tính chất của công trình và nền móng của chúng. Sai số giới hạn khi quan trắc dịch chuyển ngang được qui định như trong bảng sau

## **Bảng VIII.1 Sai số giới hạn quan trắc chuyển dịch ngang công trình**

Thứ tự	Loại nền móng công trình	Sai số giới hạn
1	Công trình xây dựng trên nền đá gốc	1 mm
2	Công trình xây dựng trên nền đất sét, đất cát	3 mm
3	Công trình xây dựng trên nền đất đá chịu áp lực cao	5 mm
4	Công trình xây dựng trên nền đất đắp, đất sinh lầy	10 mm

Các chu kỳ quan trắc

*a. Trong giai đoạn thi công xây dựng công trình*

Chu kỳ quan trắc đầu tiên được thực hiện ngay sau khi xây dựng xong phần móng trước khi có áp lực ngang tác động vào công trình.

Các chu kỳ tiếp theo được ấn định tùy theo mức độ tăng hoặc giảm áp lực ngang lên công trình

*b. Trong giai đoạn đầu vận hành công trình*

Thực hiện hai chu kỳ quan trắc trong những điều kiện khác biệt nhất  
 Khi tốc độ chuyển dịch < 2mm/năm có thể ngừng quan trắc

**4. Phương pháp quan trắc**

*4.1 Quan trắc độ lún*

Có nhiều phương pháp quan trắc độ lún nhưng hiện nay có hai phương pháp chủ yếu được áp dụng đó là phương pháp thủy chuẩn hình học và phương pháp thủy chuẩn thủy tĩnh. Phương pháp thủy chuẩn hình học được áp dụng rộng rãi nhất do nó có nhiều ưu điểm như cho phép đo nhanh, độ tin cậy cao. Phương pháp thủy chuẩn thủy tĩnh chỉ áp dụng trong các trường hợp đặc biệt như không gian thao tác chật hẹp không thể đặt máy và mia được.

*4.2 Quan trắc dịch chuyển ngang*

Hiện nay người ta sử dụng các phương pháp sau đây để quan trắc dịch chuyển ngang

- Phương pháp hướng chuẩn
- Phương pháp toạ độ

Phương pháp hướng chuẩn để quan trắc dịch chuyển ngang khá tiện lợi nhưng nó chỉ áp dụng được cho các công trình có dạng thẳng. Ngày nay, với sự trợ giúp của công nghệ GPS và các máy toàn đạc điện tử phương pháp toạ độ đang ngày càng được sử dụng rộng rãi.

**5. Quy trình quan trắc chuyển dịch và biến dạng**

Việc quan trắc chuyển dịch (lún hoặc chuyển dịch ngang) của công trình được thực hiện theo quy trình sau đây

*a. Lập phương án kỹ thuật*

Trong phương án kỹ thuật cần nêu rõ các đặc điểm nền móng và kiến trúc của công trình, các điều kiện địa chất công trình và địa chất thủy văn trong khu vực xây dựng trên cơ sở phân tích các đặc điểm trên để có

phương án bố trí các mốc chuẩn và các mốc quan trắc (mốc đo lún hoặc các mốc quan trắc dịch chuyển ngang), ấn định phương pháp và độ chính xác đo, chọn chu kỳ đo cũng như các máy móc, thiết bị đo đạc.

*b. Bố trí mốc chuẩn*

Các mốc chuẩn có vai trò quan trọng quyết định đến độ chính xác của kết quả qua trắc chuyển dịch của công trình. Các mốc chuẩn phải được thiết kế phù hợp và phải được đặt tại các vị trí ổn định lâu dài.

*c. Bố trí các mốc quan trắc*

Các mốc quan trắc (mốc đo lún hoặc mốc quan trắc dịch chuyển ngang) được bố trí tại các vị trí nhạy cảm của công trình với số lượng thích hợp để có thể đánh giá được một cách đầy đủ, đặc trưng nhất cho độ dịch chuyển của nó.

*d. Tổ chức thực hiện đo đạc đại lượng chuyển dịch theo phương pháp đã chọn*

Việc tổ chức đo đạc được tiến hành theo đúng đề cương đã được phê duyệt trong phương án kỹ thuật

*e. Xử lý số liệu, đóng gói và giao nộp hồ sơ*

Sau khi tiến hành đo đạc cần khẩn trương xử lý số liệu và giao nộp cho chủ đầu tư công trình

## **VIII một số máy móc trắc địa chuyên dùng trong xây dựng**

### **1 Các máy đo góc**

Các máy đo góc được gọi là các máy kinh vĩ (Theo dolite) được dùng để đo góc ngang và góc đứng trong lưới khống chế và trong quá trình thi công xây dựng công trình nói chung và NCT nói riêng đây là một trong những loại thiết bị quan trọng không thể thiếu và độ chính xác của nó ảnh hưởng rất lớn đến độ chính xác xây dựng công trình.

#### **1.1 Phân loại các máy kinh vĩ**

1.1.1 Phân loại các máy kinh vĩ theo cấu tạo và cách đọc số theo đặc tính này có thể chia máy kinh vĩ thành 3 loại:

a. Máy kinh vĩ cơ học: Cấu tạo bàn độ bằng kim loại vạch khắc được chia trực tiếp trên bàn độ và đọc số bằng kính lúp. Đây là loại máy cũ hiện nay không được sản xuất vì quá lạc hậu.

b. Máy kinh vĩ quang học: Bàn độ của máy được chế tạo bằng thủy tinh, có thiết bị đọc số trực tiếp gắn trong máy. Đây là các loại máy kinh vĩ hiện đại hiện nay đang được sử dụng rộng rãi. Nhược điểm của loại máy này là người sử dụng máy phải trực tiếp đọc số nên không có điều kiện truyền số liệu trực tiếp từ máy kinh vĩ ra các thiết bị khác và không có khả năng tự động hoá quá trình đo.

c. Máy kinh vĩ số (Digital Theodolite). Đây là loại máy kinh vĩ hiện đại nhất mới xuất hiện trong những năm gần đây. Ưu điểm của loại máy này là xuất kết quả ra màn hình tinh thể lỏng nên việc đọc số rất dễ

dàng. N goài ra, máy còn có thể kết nối với các thiết bị khác. Phần lớn thao tác đo được thực hiện tự động.

#### 1.1.2 Phân loại máy kinh vĩ theo đơn vị đo góc

Theo đơn vị đo góc có thể phân máy kinh vĩ thành 3 loại sau:

##### a. Loại sử dụng đơn vị Độ - Phút - giây

Đây là loại máy được sử dụng phổ biến ở nước ta đối với loại máy này, một vòng tròn (bàn độ ngang hoặc bàn độ đứng) được chia thành 3600. Mỗi độ chia thành 60' và mỗi phút chia thành 60".

##### b. Loại máy kinh vĩ sử dụng đơn vị grad (gon)

Đối với máy loại này một vòng tròn (bàn độ ngang) theo mỗi grad chia thành 10 đề xi grad, 1 đề xi grad được chia thành 10 xăng ti grad vv....Hệ grad rất tiện dụng trong việc lập trình trên máy tính nhưng ở nước ta, do thói quen nên các máy hệ grad không được ưa dùng nhưng rất phổ biến ở châu Âu.

##### c. Loại máy kinh vĩ sử dụng đơn vị li giác (mil)

Một vòng tròn trong máy này được chia thành 6400 li giác. Loại máy này hay được dùng ở Mỹ, ở nước ta loại máy này rất hiếm.

#### 1.1.3 Phân loại máy kinh vĩ theo độ chính xác

Độ chính xác của máy kinh vĩ là tham số quan trọng nhất của máy. Độ chính xác của máy kinh vĩ được hiểu là sai số trung phương đo góc (góc ngang hay góc đứng) khi thực hiện một vòng đo hoàn chỉnh. Theo độ chính xác của máy có thể phân các máy kinh vĩ thành 3 loại:

a. Máy kinh vĩ độ chính xác cao là máy có độ chính xác đo góc nhỏ hơn 2"

b. Máy kinh vĩ chính xác: Là máy kinh vĩ có độ chính xác đo góc từ 3-5"

c. Máy kinh vĩ chính xác trung bình: Sai số trung phương đo góc > 5"

Hình 8.1 .là một số máy kinh vĩ của các hãng nổi tiếng trên thế giới.



*H.8.1 Máy kinh vĩ cơ học và máy kinh vĩ điện tử của hãng NIKON, Nhật Bản*

## **2. Thiết bị đo chiều dài**

### **2.1 Thước thép**

Thước thép là loại thiết bị đo chiều dài khá tiện lợi, rẻ tiền và cho độ chính xác rất tốt trong thi công xây dựng nhà cao tầng. Đặc điểm của đo chiều dài trong xây dựng nhà cao tầng là chỉ cần đo các khoảng cách tương đối ngắn (khoảng cách giữa các trục của NCT nằm trong khoảng từ 5(20m), với điều kiện đo đạc trên các sàn bê tông khá bằng phẳng. Đây là điều kiện lý tưởng để thực hiện việc đo khoảng cách bằng thước thép.

Hiện nay trên thị trường có bán nhiều loại thước với giá từ 250.000VNĐ đến 1.500.000đ tùy theo chất lượng và chiều dài của thước. Đã xuất hiện các loại thước bằng sợi thủy tinh - carbon có độ bền cao và hệ số giãn nở nhiệt thấp.

Khi sử dụng thước thép cần kéo thước với lực căng ổn định và phải định kỳ kiểm tra thước để phát hiện các sai số hệ thống của nó và loại trừ sai số này ra khỏi các kết quả đo.

### **2.2 Các máy đo xa ánh sáng**

Ngay từ thập kỷ 60 đã xuất hiện các máy đo khoảng cách bằng sóng ánh sáng nhưng các máy này thường cồng kềnh nên ít được sử dụng trong thi công xây dựng công trình. Từ những năm 90 đã xuất hiện các máy đo xa cỡ nhỏ có thể lắp gọn trên các máy kinh vĩ điện tử đo góc nên chúng dần dần được ứng dụng



*H.8.2 Các máy đo xa ánh sáng cỡ nhỏ lắp trên máy kinh vĩ điện tử số*

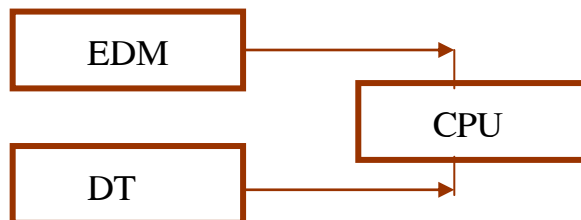
trong thi công xây dựng công trình. H.8.2 là một số máy đo xa được lắp trên máy kinh vĩ điện tử của Nhật Bản.

Xu hướng hiện nay là người ta không sản xuất các máy đo xa riêng mà lắp chung máy đo xa vào trong máy kinh vĩ tạo thành một loại máy đa chức năng rất mạnh gọi là máy Toàn đạc điện tử mà chúng ta sẽ nói tới ở phần sau

Trong những năm gần đây xuất hiện loại máy đo khoảng cách cỡ nhỏ bằng LASER cho phép đo khoảng cách này dùng để kiểm tra nghiệm thu công trình rất nhanh chóng và thuận tiện.

### **3. Các máy toàn đạc điện tử**

Máy toàn đạc điện tử là tổ hợp của 3 modul chính đó là: Máy kinh vĩ điện tử số DT (Digital Theodolite), máy đo xa điện tử EDM (Electronic Distance Meter) và CPU như hình 8.3



*H.8.3 Sơ đồ khối tổng quát của máy toàn đạc điện tử*



Các máy toàn đạc điện tử thực sự là một công cụ mạnh trên công trình xây dựng, ngoài việc đo cạnh đo góc thông thường máy còn cho phép thực hiện các chức năng khác một cách nhanh chóng chính xác như xác định tọa độ không gian 3 chiều của các điểm, bố trí điểm thiết kế ra thực địa, xác định diện tích của các thửa kín và rất nhiều chương trình tiện ích khác. Đặc biệt là gần đây đã xuất hiện các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp bằng LASER không cần gương. Các máy này đã biệt tiện lợi trong việc xây dựng các công trình cao. Hình 8.4 là một số máy toàn đạc điện tử thông dụng hiện nay



*H.8.4 Máy toàn đạc điện tử NIKON DTM-750 của Nhật Bản và LEICA TCR-303 của Thụy Sĩ*

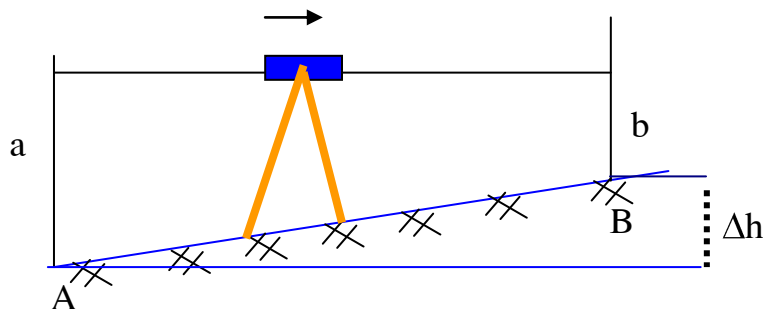
#### 4. Các máy đo độ cao

##### 4.1. Nguyên tắc đo độ cao

Có hai nguyên tắc đo độ cao chính hiện nay đang được sử dụng đó là: Đo cao hình học và đo cao lượng giác.

##### 4.1.1 Đo cao hình học

Nguyên lý cơ bản của đo cao hình học là xác định chênh cao giữa hai điểm bằng một tia ngắm nằm ngang như hình:



*H.II.3 Nguyên lý đo cao hình học*

Giả sử có hai điểm A và B trong đó biết độ cao của điểm A là  $H_A$  cần xác định độ cao điểm B ( $H_B$ ).

Giả sử từ các điểm A và B ta dựng hai mặt phẳng hoàn toàn nằm ngang (ví dụ như mặt nước) gọi là mặt thủy chuẩn đi qua các điểm nói trên, khoảng cách giữa hai mặt phẳng đó gọi là chênh cao của điểm B so với điểm A.

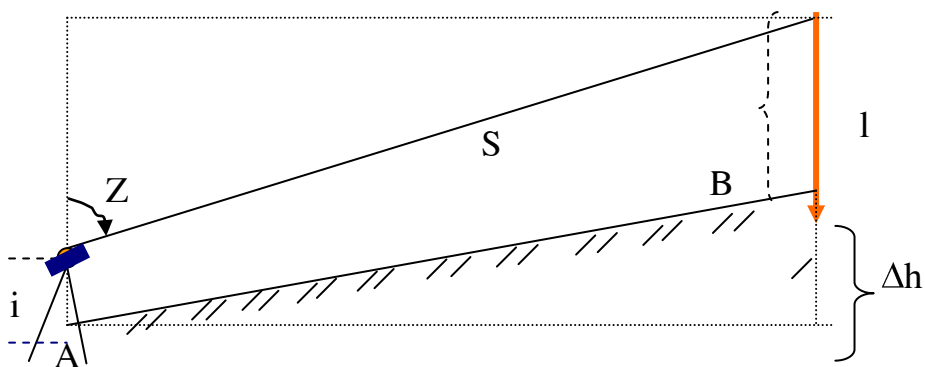
Tại một điểm bất kỳ nằm giữa A và B chúng ta dựng một mặt thủy chuẩn thứ 3 và tại các điểm A và B đặt 2 mia vuông góc với mặt nằm ngang. Giả sử mặt thủy chuẩn thứ 3 cắt mia tại A ở vị trí a và mia ở vị trí B tại b (a và b chính là số đọc trên các mia tại A và B).

Từ hình vẽ ta sẽ có biểu thức sau:

$$\left. \begin{aligned} a &= b + \Delta h \\ \text{hay } \Delta h &= a - b \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Như vậy chênh cao của điểm B so với điểm A chính là hiệu số đọc tại mia A và mia B.

Trong thực tế, các mặt phẳng ngang đi qua A và B (mặt thủy chuẩn qua A và B) chỉ là 2 mặt tưởng tượng và chúng ta không cần phải dựng nó. Để xác định được chênh cao giữa hai điểm A và B chỉ cần dựng một mặt phẳng đi qua điểm trung gian giữa A và B. Mặt phẳng này dễ dàng dựng được nhờ một máy thủy bình mà bộ phận quan trọng nhất của nó là một ống thủy nằm ngang và mấu chốt của việc đo thủy chuẩn (đo độ cao) là đưa tia ngắm vào vị trí nằm ngang.



*H.8.5 Nguyên lý đo cao lượng giác*

#### 4.1.2 Đo cao lượng giác

Đo cao lượng giác là việc xác định chênh cao giữa hai điểm bằng cách đo góc nghiêng (góc đứng) và các công thức lượng giác quen thuộc.

H.II.4 giải thích nguyên lý của đo cao lượng giác.



Giả sử máy được đặt tại điểm A và tại B người ta đặt một tiêu ngắm có chiều cao là  $l$ . Giả sử góc hợp bởi giữa đường thẳng đứng và tia ngắm từ máy tới tiêu ngắm là  $Z$  (góc thiên đỉnh).

Từ hình II.4 ta có thể viết đẳng thức

$$\Delta h + l = S \cos Z + i$$

(24)

Trong đó  $i$  là chiều cao đặt máy

$$\text{hay } \Delta h = S \cdot \cos Z + i - l$$

(25)

Như vậy để xác định được chênh cao theo nguyên lý đo cao lượng giác, ngoài góc thiên đỉnh  $Z$  còn cần phải đo cả khoảng cách nghiêng giữa hai điểm A và B điều đó giải thích tại sao phương pháp này chỉ có thể được sử dụng đối với các máy toàn đạc điện tử vì các máy này cho phép đo góc  $Z$  và đo cả khoảng cách giữa hai điểm.

Phương pháp thủy chuẩn hình học có độ chính xác rất cao và rất dễ thực hiện nhưng nó có nhược điểm là mỗi một trạm đo nó chỉ xác định được một giá trị chênh cao hạn chế (về lý thuyết chênh cao tối đa nó có thể xác định được bằng chiều dài của tia ngắm) thực tế người ta cũng chỉ xác định chênh cao ở một trạm khoảng 2-2.5m. Vì vậy sử dụng phương pháp này trong xây dựng nhà cao tầng cũng có những khó khăn nhất định nhưng không vì thế mà không sử dụng phương pháp này mà phải tìm các biện pháp để khắc phục những khó khăn trên.

Phương pháp thủy chuẩn lượng giác nhìn bề ngoài thì có thể rất thích hợp cho việc sử dụng để chuyển độ cao lên nhà cao tầng. Tuy nhiên khi sử dụng phương pháp này phải hết sức thận trọng vì độ chính xác của phương pháp này không được cao lắm.

## 4.2 Các loại máy đo độ cao thông dụng hiện nay

### 4.2.1 Máy thủy chuẩn thông thường

Các máy thủy chuẩn không tự động cân bằng là các máy mà khi sử dụng người vận hành máy phải điều chỉnh tia ngắm về vị trí nằm ngang bằng cách vặn ốc chỉnh để đưa bọt nước về vị trí cân bằng.

- Ưu điểm của loại máy này là cho kết quả ổn định có độ tin cậy cao.

- Nhược điểm là thời gian thao tác lâu, đôi khi xảy ra trường hợp quên (đối với các cán bộ còn ít kinh nghiệm).

### 4.2.2 Máy thủy bình tự động

Đây là loại máy thủy bình mà tia ngắm của nó được tự động điều chỉnh vào vị trí nằm ngang nhờ một con lắc (cơ học hoặc con lắc từ tính).

- Ưu điểm của loại máy này là thời gian thao tác nhanh.

- Nhược điểm: Cơ cấu con lắc có thể bị hỏng mà không có dấu hiệu gì để cảnh báo cho người sử dụng để đề phòng vì vậy khi sử dụng loại máy này phải hết sức thận trọng.

### 4.2.3 Máy đo thủy chuẩn lượng giác

Không có loại máy riêng, bất kỳ máy kinh vĩ cơ học, kinh vĩ điện tử hoặc toàn đạc điện tử nào có thể đo được góc đứng đều có thể sử dụng được để xác định độ cao theo nguyên lý đo cao lượng giác.

- Ưu điểm: Rất linh hoạt, nhanh chóng, có thể cho phép đo các chênh cao lớn.

- Nhược điểm: Độ chính xác không cao lắm, để đạt được độ chính xác tương đương hạng IV hoặc tiêu chuẩn kỹ thuật cần phải có kinh nghiệm và chương trình đo đặc biệt.

Hil.4 là một số máy thủy chuẩn tự động cân bằng NA-724 của Thụy Sĩ thường được dùng trên các công trình xây dựng nhà cao tầng.



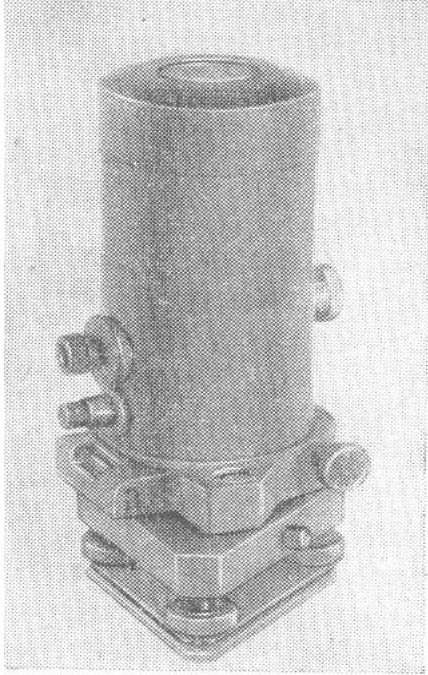
*H.8.6a Máy thủy chuẩn tự động cân bằng NA-724 và NAK-2, Thụy Sĩ*

## **4 một số máy móc khác dùng trong xây dựng**

### **4.1 Máy chiếu đứng ZL**

Máy chiếu đứng ZL là loại máy chuyên dùng để tạo ra tia ngắm thẳng đứng (giống như một dây dọi) để chiếu từ dưới lên trên. Các máy này được sử dụng để chuyển tọa độ từ tầng lắp ráp cơ sở lên các tầng trên. Hiện nay trên thị trường có một số loại máy như PZL (Đức) ZL và NZL của LEICA (Thụy Sĩ) trong đó NZL có thể chiếu được hai chiều: chiều từ dưới lên trên hoặc chiếu từ trên xuống dưới.

H.8.6 là máy chiếu đứng PZL của Đức cho phép chiếu các điểm lên cao 100 m với sai số 1mm.



*H.8.6 Máy chiếu đứng PZL-100*

#### **4.2 Hệ thống định vị GPS**

Hệ thống định vị GPS (Global Positioning System) là hệ thống định vị toàn cầu bằng cách thu tín hiệu từ các vệ tinh bay trên các quỹ đạo ổn định và có tọa độ chính xác. Hiện nay ở nước ta đang sử dụng hệ thống GPS của Mỹ. Ngoài Mỹ ra ở Nga cũng có hệ thống định vị riêng gọi là GLONAS. Từ 2006 trở đi, Liên minh Châu Âu cũng dự kiến đưa vào khai thác sử dụng hệ thống định vị toàn cầu GALILEO bằng các vệ tinh của mình.

Trong xây dựng NCT, các hệ thống định vị có thể được sử dụng để chuyển tọa độ từ dưới mặt đất lên các tầng cao mà không cần đục lỗ như trong phương pháp máy chiếu đứng.

H 8.7 là hệ thống định vị GR của hãng LEICA (Thụy Sĩ).



*H.8.7 Hệ thống định vị GP-R1 của hãng LEICA, Thụy Sĩ*