

*QUAN TRẮC ĐỘ NGHIÊN
BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC
ĐỊA*

TIÊU CHUẨN XÂY DỰNG VIỆT NAM:
TCXDVN 357: 2005
NHÀ VÀ CÔNG TRÌNH DẠNG THÁP - QUY TRÌNH
QUAN TRẮC ĐỘ NGHIÊNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC ĐỊA
High-rise building and structures – Tilt monitoring procedure
by surveying method

Biên soạn lần 1

Nhà và công trình dạng tháp - Quy trình quan trắc độ nghiêng công trình bằng phương pháp trắc địa.

High-rise building and structures - Tilt Monitoring by surveying method

1. Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này áp dụng để quan sát độ nghiêng của các nhà cao tầng, các hạng mục và các kết cấu trên các công trình công nghiệp như các silô chứa vật liệu rời, các bồn chứa nhiên liệu, ống khói nhà máy, tháp truyền hình, ăng ten vô tuyến viễn thông và các công trình khác trong giai đoạn thi công xây dựng cũng như trong giai đoạn khai thác sử dụng.

2. Tiêu chuẩn viện dẫn

- TCXDVN 271: 2002. Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học.
- TCXDVN 309: 2004. Công tác Trắc địa trong xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp - Yêu cầu chung.

3. Ký hiệu dùng trong tiêu chuẩn

α	Góc phương vị, hướng nghiêng
β	Góc đo
C	Sai số trục ngắm của máy kinh vĩ
D	Khoảng cách giữa hai điểm, Định thức
e	Véc tơ độ lệch (độ nghiêng) tổng hợp của một điểm so với chân công trình
ε	Góc nghiêng của công trình
e_y	Véc tơ độ lệch (độ nghiêng) của một điểm so với chân công trình theo hướng trục Y (trục tung)
e_x	Véc tơ độ lệch (độ nghiêng) của một điểm so với chân công trình theo hướng trục X (trục hoành)
$\Delta x, \Delta y$	Gia số toạ độ
Δh	Chênh lệch độ cao giữa hai điểm
H, h	Độ cao của một điểm, chiều cao của công trình
m	Sai số trung phương của một đại lượng đo
m_β	Sai số trung phương đo góc
m_D	Sai số trung phương đo chiều dài
m_p	Sai số trung phương vị trí điểm
MO	Sai số vạch chỉ tiêu bàn độ đứng của máy kinh vĩ
Z	Góc thiên đỉnh của điểm quan trắc

4. Qui định chung

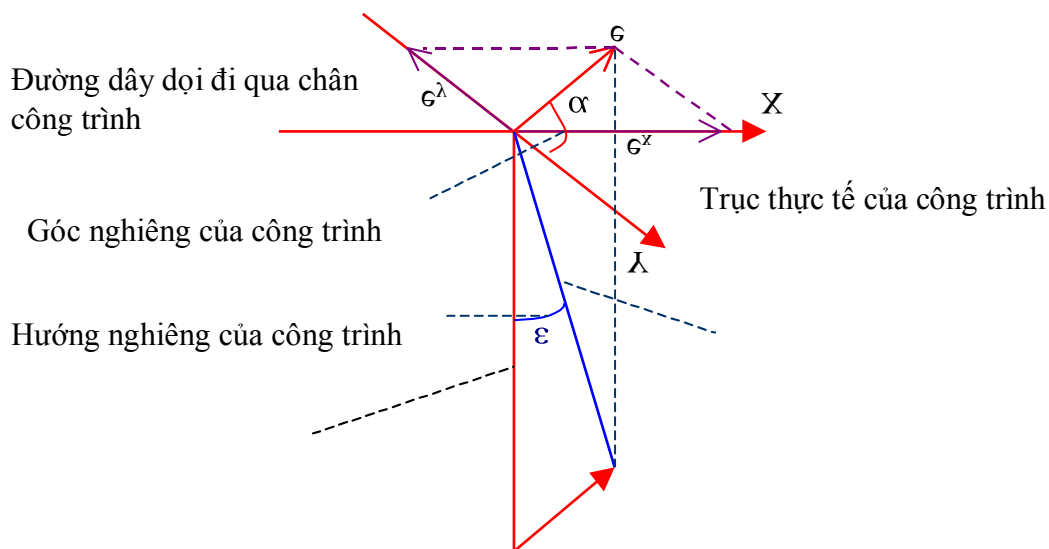
- 4.1. Việc đo độ nghiêng được thực hiện đối với tất cả các công trình như đã nêu trong phần phạm vi áp dụng theo quyết định của cơ quan thiết kế hoặc Ban quản lý công trình.
- 4.2. Phương pháp đo độ nghiêng sẽ được lựa chọn tùy theo độ chính xác yêu cầu, điều kiện đo ngắm và trang thiết bị của đơn vị tiến hành đo đạc.
- 4.3. Để biểu diễn độ nghiêng và hướng nghiêng đối với mỗi công trình cần xác lập một hệ toạ độ thống nhất. Hệ toạ độ này có thể là chung cho toàn bộ công trình hoặc cũng có thể là cục bộ đối với từng hạng mục riêng biệt. Việc chọn hệ toạ độ do cán bộ kỹ thuật chủ trì quan trắc quyết định.
- 4.4. Đối với các công trình có trục đứng duy nhất và rõ ràng như ống khói nhà máy, tháp truyền hình, ăng ten VTVT, silô, bồn chứa nhiên liệu vv.. thì độ nghiêng của công trình được hiểu là sự sai lệch của trục đứng thực tế của nó tại điểm đang xét so với đường thẳng đứng được xác định bằng đường dây dọi. Độ nghiêng của công trình được đặc

trung bởi véc tơ độ lệch tổng hợp e (hình 1). Thông thường người ta thường phân tích véc tơ này thành hai thành phần vuông góc với nhau. Thành phần theo trục X (ký hiệu là e_x) và thành phần theo trục Y (ký hiệu là e_y). Đối với các công trình không có trục đứng duy nhất và rõ ràng như các toà nhà cao tầng thì độ nghiêng của nó được đánh giá qua độ nghiêng của các bức tường và của các cột chịu lực chính.

4.5. Độ nghiêng của công trình còn được thể hiện bằng góc nghiêng ε và hướng nghiêng α .

Góc nghiêng là góc hợp bởi trục đứng lý tưởng (đường dây dọi) và trục đứng thực tế của công trình. Góc nghiêng ε (hình 1) được xác định theo công thức

$$\varepsilon = \frac{e}{h} \quad (1)$$



Hình 1. Những yếu tố về độ nghiêng của công trình

Hướng nghiêng α là góc định hướng của véc tơ e , là góc hợp bởi nửa trên của trục Y và hình chiếu của véc tơ e trên mặt phẳng (H.1). Hướng nghiêng sẽ được xác định theo công thức

$$\alpha = \text{Arctg} \left(\frac{e_y}{e_x} \right) \quad (2)$$

4.6. Việc quan trắc độ nghiêng phải được thực hiện bằng các máy móc, thiết bị phù hợp với từng phương pháp và độ chính xác yêu cầu. Trước khi đưa vào sử dụng các máy móc thiết bị phải được kiểm nghiệm và hiệu chỉnh theo đúng các qui định của tiêu chuẩn hoặc qui phạm chuyên ngành.

4.7. Trong giai đoạn thi công xây dựng độ nghiêng của công trình xuất hiện do lỗi của người thi công, vì vậy nó cần phải được phát hiện kịp thời để bên thi công có biện pháp chỉnh sửa.

4.8. Độ nghiêng của công trình trong giai đoạn khai thác sử dụng xuất hiện do nhiều nguyên nhân: Do tác động của tải trọng, tác động của gió, do ảnh hưởng của độ lún không đều v.v... Vì vậy việc xác định độ nghiêng của công trình trong giai đoạn này cần phải được thực hiện lặp đi lặp lại theo các chu kỳ để theo dõi và đánh giá sự phát triển của nó theo thời gian. Chu kỳ đo được chọn dài hay ngắn tùy thuộc vào tốc độ phát triển của độ nghiêng và do cơ quan thiết kế hoặc Ban quản lý công trình quyết định.

4.9. Sự phát triển của độ nghiêng của công trình trong giai đoạn khai thác sử dụng có liên quan trực tiếp với sự lún lệch của nó, vì vậy song song với sự theo dõi độ nghiêng cần tiến hành theo dõi cả độ lún của công trình bằng phương pháp thủy chuẩn hình học chính xác theo TCXDVN 271:2002.

4.10. Khi quan trắc độ nghiêng của các công trình trong điều kiện không có không gian thao tác đủ rộng thì máy kinh vĩ hoặc máy toàn đạc điện tử cần phải được trang bị thêm kính ngắm vuông góc và phải sử dụng loại máy có con lắc điện tử để bù xiên cho hai trục và con lắc này phải được kích hoạt ở chế độ hoạt động.

4.11. Sai số giới hạn khi quan trắc độ nghiêng của một số công trình được cho trong bảng 1.

Bảng 1- Sai số giới hạn khi quan sát độ nghiêng công trình

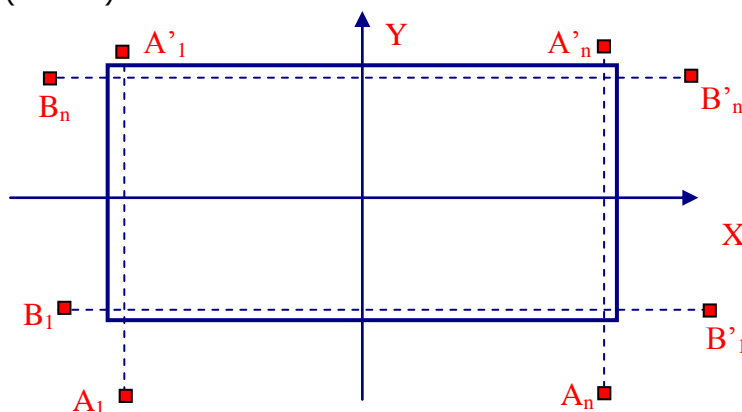
Loại công trình	Sai số giới hạn
Nhà ở cao tầng	0,0001H
Ổng khói nhà máy	0,0005H
Các silô chứa vật liệu rời, bồn chứa dầu, khí hoá lỏng	0,001H
Tháp truyền hình, ăng ten VTVT	0,0001H

5. Quan trắc độ nghiêng của các nhà cao tầng

5.1. Hệ tọa độ qui ước dùng để quan trắc độ nghiêng các toà nhà cao tầng tốt nhất nên chọn sao cho các trục của nó song song hoặc vuông góc với các cạnh của toà nhà (hình 2).

5.2. Các điểm quan trắc độ nghiêng nên chọn tại các khu vực có thể đặc trưng tốt nhất cho sự dịch chuyển của toà nhà như: các góc nhà, khu vực khe lún, khu vực có xuất hiện các vết nứt và các khu vực do cơ quan thiết kế hoặc ban quản lý công trình yêu cầu.

5.3. Để xác định độ nghiêng của nhà cao tầng cần bố trí các điểm đo cố định A_1, A_2, A_n và B_1, B_2, B_n . Khi đặt máy tại các điểm A_i sẽ ngắm tới công trình theo hướng song song với trục Y còn khi đặt máy tại các điểm B_i thì ngắm máy tới công trình theo hướng song song với trục X (Hình 2).



Hình 2 - Hệ trục tọa độ và các điểm quan trắc độ nghiêng nhà cao tầng

5.4. Đo độ nghiêng của các nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng.

5.4.1. Trong giai đoạn thi công xây dựng nhà cao tầng độ thẳng đứng tổng thể của nó được đảm bảo bằng các dụng cụ chiếu đứng để chuyển tọa độ từ mặt bằng cơ sở (mặt bằng tầng 1) lên các tầng. Vì vậy trong giai đoạn này chỉ đo độ nghiêng cục bộ của các yếu tố trên từng tầng. Các yếu tố cần xác định độ nghiêng là cốp-pha để đổ bê tông các cột, tường chịu lực, buồng thang máy và các yếu tố khác.

5.4.2. Phương pháp đơn giản nhất để xác định độ nghiêng của các yếu tố của nhà cao tầng trong giai đoạn thi công là treo dây dọi và dùng thước để đo khoảng cách từ dây dọi đến yếu tố cần kiểm tra ở phía trên và phía dưới. Độ nghiêng của yếu tố cần quan trắc được đánh giá thông qua chênh lệch khoảng cách đo được ở phía trên và phía dưới (Hình A.1, phụ lục A).

5.5. Đo độ nghiêng của các toà nhà cao tầng trong giai đoạn khai thác sử dụng

5.5.1. Độ nghiêng của các toà nhà cao tầng trong giai đoạn khai thác sử dụng có thể được đo bằng các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp không cần gương, các máy toàn đạc điện tử thông thường hoặc các máy kinh vĩ.

5.5.2. Việc đo độ nghiêng của các toà nhà cao tầng trong giai đoạn khai thác sử dụng bắt đầu bằng việc đánh dấu các điểm đặt máy cố định như hình 2 và các điểm đo tại các vị trí được xem xét cẩn thận theo yêu cầu của Ban quản lý công trình và cơ quan thiết kế. Các điểm đặt máy được cố định bằng các mốc bê tông kiên cố trên mặt đất cách công trình một khoảng cách phù hợp để đo ngắm một cách thuận lợi và đảm bảo độ chính xác (nếu điều kiện cho phép thì nên chọn khoảng cách từ điểm đặt máy tới chân công trình bằng chiều cao của nó). Các điểm quan trắc có thể làm bằng kim loại gắn cố định vào công trình, cũng có thể đánh dấu các điểm quan trắc bằng sơn hoặc dán vào đó gương giấy đặc biệt.

5.5.3. Đo độ nghiêng của nhà cao tầng bằng máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp bằng LASER không cần gương được thực hiện theo trình tự sau:

a. Đặt máy tại điểm A_i ($i=1, 2, \dots, n$ - các điểm cố định đánh dấu trên mặt đất) sao cho mặt phẳng chuẩn trực của máy vuông góc với hướng X. Từ A_i lần lượt ngắm máy tới các điểm A^j ($j=1, 2, \dots, k$ - các điểm quan trắc được đánh dấu trên thân công trình) và đo các khoảng cách ngang tương ứng là $D_{A_i}^{(1)}, D_{A_i}^{(2)} \dots D_{A_i}^{(k)}$ (hình A3, phụ lục A);

b. Chuyển máy ra điểm B_i làm tương tự như ở điểm A_i và đo được các khoảng cách $D_{B_i}^{(1)}, D_{B_i}^{(2)} \dots D_{B_i}^{(k)}$;

c. Tính thành phần độ nghiêng của công trình dọc theo hướng X bằng công thức

$$e_x = D_{A_i}^{(j)} - D_{B_i}^{(j)} \quad (3)$$

d. Tính thành phần độ nghiêng của công trình dọc theo hướng Y bằng công thức

$$e_y^{(j)} = D_{B_i}^{(j)} - D_{A_i}^{(j)} \quad (4)$$

e. Tính độ lớn của véc tơ tổng hợp e

$$e = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad (5)$$

f. Tính góc nghiêng theo công thức (1) và hướng nghiêng của công trình theo công thức (2).

5.5.4. Nếu không có máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp bằng LASER thì có thể sử dụng máy toàn đạc điện tử thông thường nhưng trong trường hợp này tại các điểm A_i^j và B_i^j cần phải dán các gương giấy chuyên dùng. Trình tự đo và tính các yếu tố đặc trưng cho độ nghiêng của công trình tương tự như trong mục 5.5.3.

5.5.5. Nếu không có máy toàn đạc điện tử và điều kiện đo ngắm cho phép thì có thể sử dụng máy kinh vĩ thông thường, tốt nhất nên dùng máy kinh vĩ điện tử có hệ thống con lắc điện tử để hiệu chỉnh độ nghiêng của hai trục (dual axis correction). Trình tự đo ngắm và xác định yếu tố đặc trưng cho độ nghiêng như sau:

a) Đặt máy kinh vĩ tại điểm A_i cân máy cẩn thận bằng bọt thủy điện tử, đặt Dual - axis correction ở chế độ mở;

b) Lần lượt ngắm máy lên các điểm A_i^j đã đánh dấu ở chu kỳ 1 và đọc được các góc $\alpha_i^1, \alpha_i^2 \dots \alpha_i^k$;

c) Chuyển máy sang điểm B_i và làm tương tự sẽ đọc được các góc $\beta_i^1, \beta_i^2 \dots \beta_i^k$

Tính độ lệch theo hướng X bằng công thức:

$$e_x^j = (\alpha_i^j - \alpha_i^1) D_{A_i} \quad (6)$$

d) Tính độ lệch theo hướng Y bằng công thức:

$$e_y^j = (\beta_i^j - \beta_i^1) D_{B_i} \quad (7)$$

Véc tơ độ lệch tổng hợp được tính theo công thức (5), hướng nghiêng được tính theo công thức (2) tương tự như trong mục 5.5.3. Các khoảng cách từ các điểm A_i và B_i tới công trình được đo với sai số không vượt quá 1cm.

5.5.6. Có thể sử dụng máy kinh vĩ và một thước nhựa hoặc thước kim loại thông thường để đo độ nghiêng theo trình tự sau:

a) Đặt máy tại điểm A_i tương tự như trong mục 5.5.3;

b) Lần lượt ngắm máy lên các điểm A_i^j và hạ dẫn ống kính xuống để có thể đọc số trên thước đặt tại điểm A_i^1 theo chỉ đúng của máy kinh vĩ. Khoảng cách từ điểm A_i^1 trên thước tới vị trí chiếu của điểm A_i^j chính là thành phần độ lệch theo hướng X (e_x) của điểm A_i^j như hình A.2 trong phụ lục A;

c) Chuyển máy sang điểm B_i và làm tương tự sẽ xác định được thành phần độ lệch theo hướng Y (e_y); Các yếu tố khác được xác định theo các công thức (5) và (6).

6. Quan trắc độ nghiêng của các công trình có dạng hình trụ tròn

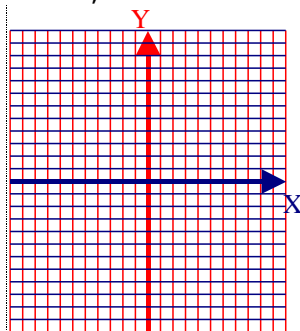
6.1. Hiện nay việc thi công các công trình dạng hình trụ tròn bằng bê tông cốt thép như si lô chứa vật liệu rời, ống khói nhà máy v.v..., chủ yếu được thực hiện bằng phương pháp cô-phá trượt, vì vậy việc đo độ nghiêng của nó trong giai đoạn thi công xây dựng tốt nhất nên thực hiện bằng các máy chiếu chuyên dùng. Các máy chiếu thích hợp cho loại công việc này được giới thiệu trong Phụ lục F.

6.2. Tùy theo kết cấu của mâm sàng (sàn công tác) và tùy điều kiện đo ngắm cụ thể mà có thể sử dụng phương pháp chiếu từ tâm lên hoặc chiếu từ bên ngoài.

6.3. Quy trình xác định độ nghiêng theo phương pháp chiếu từ tâm lên được thực hiện theo trình tự sau:

a) Trước khi thi công xây dựng công trình bằng phương pháp cô-phá trượt cần bố trí chính xác vị trí tâm của công trình (si lô hoặc ống khói) ngoài hiện trường, cố định nó

- bằng một mốc kiên cố trên đó có lắp đặt bộ phận định tâm bắt buộc để đặt máy chiếu như trình bày trong phần Phụ lục G;
- b) Dựng một hệ tọa độ giả định có gốc tọa độ là điểm vừa được đánh dấu như đã nêu ở phần trên, hai trục X và Y của nó được đánh dấu trên thực địa bằng các mốc bê tông kiên cố;
- c) Dựng hệ trục tọa độ vuông góc thứ hai trên mặt một tấm mica kích thước khoảng 60 x 60 cm (hình.3) trên đó các trục X và Y được chia thành các vạch 1cm bằng hai loại mực khác nhau để dễ nhận biết tránh nhầm lẫn. Trong hệ tọa độ này để tiện cho việc tính toán vị trí thực tế của mâm sàng nên ghi các vạch khắc có dấu (-) theo hướng từ gốc tọa độ lên phía trên và sang bên phải và ngược lại giá trị vạch khắc có dấu dương bên trái và phía dưới gốc tọa độ tăng dần từ trên xuống dưới và từ phải qua trái.
- d) Đặt tấm mica có hệ tọa độ này vào tâm mâm sàng sao cho điểm O' của hệ tọa độ trên tấm mica trùng với gốc tọa độ O trên mặt đất và các trục X' và Y' trùng với các trục X và Y đã đánh dấu như nói ở phần trên;



Hình 3- Tấm Mica có khắc hệ tọa độ gắn trên mâm sàng

- e) Trong quá trình thi công xây dựng công trình bằng phương pháp cô-pha trượt, sau mỗi lần trượt cần đặt máy chiếu tại điểm đã đánh dấu ở tâm công trình và ngắm vào tấm mica đặt ở mặt dưới mâm sàng đọc các số đọc Δx và Δy trên hệ trục tọa độ, đây chính là thành phần độ lệch tâm của công trình tại điểm đang quan sát (e_x và e_y) so với vị trí tâm chính xác của nó dưới mặt đất;
- f) Véc tơ tổng hợp độ nghiêng tổng hợp và hướng nghiêng được tính theo các công thức (5) và (2);
- g) Độ lệch thành phần, véc tơ độ lệch tổng hợp và hướng lệch phải được thông báo kịp thời cho đơn vị thi công để chỉnh mâm sàng về vị trí thẳng đứng.
- 6.4. Nếu kết cấu của công trình không cho phép chiếu trực tiếp từ tâm lên thì có thể thực hiện việc xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu từ bên ngoài theo quy trình sau đây:
- a) Bố trí điểm tâm của công trình và dựng hệ tọa độ giả định XOY giống như mục 6.3 nhưng không cần đánh dấu điểm O bằng mốc kiên cố và cũng không cần xây dựng mốc dọi tâm bắt buộc. Mốc O ở tâm của công trình chỉ sử dụng tạm thời;
- b) Từ tâm của công trình bố trí bốn điểm O_1, O_2, O_3, O_4 sao cho điểm này nằm nằm trên các trục tọa độ và cách mép ngoài của công trình từ 0,8m - 1m (hình A8, phụ lục A). Các điểm được đánh dấu bằng các mốc bê tông kiên cố có hệ thống dọi tâm bắt buộc để đặt máy chiếu loại ZL;
- c) Dựng trên 4 tấm mica 4 hệ tọa độ $X'O_1Y', X'O_2Y', X'O_3Y'$ và $X'O_4Y'$ giống như làm trong mục 6.3;
- d) Đặt máy chiếu ZL tại điểm O_1 và gắn tấm mica có chia vạch như hình 3 lên mâm sàng ở vòng đầu tiên sao cho điểm O_1 trùng với điểm O'_1 và các trục O_1X', O_1Y' song song với các trục O_1X và O_1Y . Cũng làm tương tự như vậy đối với các điểm O_2, O_3 và O_4 ;
- e) Trong quá trình thi công silo bằng phương pháp cô pha trượt, sau mỗi lần trượt cần bộ kỹ thuật lần lượt đặt máy chiếu ZL tại các điểm $O_1, O_2, O_3,$ và O_4 , đọc các giá trị Δx và Δy trên các thang số tương ứng. Dựa vào các số đọc này tính được tọa độ thực tế của các điểm O_1', O_2', O_3' và O_4' trên cơ sở đó tính ra tọa độ thực tế của tâm công trình;
- f) Tính được độ nghiêng của thực tế của nó để đơn vị thi công kịp thời điều chỉnh. Trình tự xử lý số liệu xác định độ nghiêng bằng phương pháp này được trình bày trong phụ lục E;
- 6.5. Trong giai đoạn khai thác sử dụng đối với các công trình có dạng hình côn hoặc hình trụ tròn có bán kính lớn thì tốt nhất nên xác định độ nghiêng của chúng bằng phương

pháp đo tọa độ bên ngoài công trình sử dụng các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo trực tiếp bằng LASER không cần gương phản xạ. Trình tự thực hiện việc đo độ nghiêng trong trường hợp này như sau:

- Lập một đường chuyền khép kín xung quanh đối tượng cần xác định độ nghiêng (hình A6, phụ lục A). Số điểm đường chuyền tối thiểu là 3, khuyến cáo từ 5 ÷ 9 điểm. Tọa độ và độ cao của các điểm được xác định trong một hệ giả định;
- Lần lượt đặt các máy toàn đạc điện tử tại các điểm của đường chuyền, nhập tọa độ và độ cao của điểm đặt máy, định hướng máy theo tọa độ của một điểm đường chuyền khác;
- Khởi động chế độ xác định tọa độ không gian ba chiều và ngắm máy vào đối tượng cần xác định độ nghiêng ở vòng sát mặt đất (chân của công trình) theo hướng vuông góc với bề mặt của đối tượng, xác định tọa độ $x^{(1)}_{A_r}$, $y^{(1)}_{A_r}$, $H^{(1)}_{A_r}$;
- Đưa ống kính lên cao dần và đo tọa độ cho đến khi $H^{(2)}_{A_r} = H^{(1)}_{A_r} + \Delta h$ trong đó $\Delta h = 2m, 5m$ hoặc $10m$ tùy theo yêu cầu của cơ quan thiết kế hoặc ban quản lý công trình, đo các giá trị $x^{(2)}_{A_r}$, $y^{(2)}_{A_r}$ và $H^{(2)}_{A_r}$ và lần lượt làm như vậy cho đến hết chiều cao của công trình;
- Chuyển máy sang điểm đường chuyền tiếp theo và lặp lại các thao tác như bước b, c và d như tại điểm A;
- Dựa vào tọa độ của các điểm được đo trên từng vòng xác định ra tọa độ $x^{(i)}_c$, $y^{(i)}_c$ và bán kính R_i của vòng đó;
- So sánh tọa độ $x^{(i)}_c$, $y^{(i)}_c$ của từng vòng với vòng gốc ở sát mặt đất sẽ xác định được độ nghiêng của công trình. Trình tự tính toán số liệu xác định độ nghiêng của công trình được trình bày trong phụ lục B;

6.6. Nếu không có máy toàn đạc điện tử với chế độ đo trực tiếp bằng LASER thì có thể sử dụng máy kinh vĩ thông thường để xác định tọa độ tâm công trình bằng phương pháp giao hội thuận. Bài toán giao hội thuận có thể thực hiện từ 2, 3 hoặc 4 điểm ở đây chỉ trình bày qui trình giao hội từ 2 điểm. Việc mở rộng ra giao hội từ 3 hoặc 4 điểm được thực hiện tương tự như đối với trường hợp 2 điểm. Trình tự thực hiện như sau:

- Triển khai một đường chuyền khép kín 3 - 4 điểm xung quanh đối tượng cần kiểm tra độ nghiêng như mục 6.5. Vị trí các điểm phải chọn cách công trình một khoảng tối thiểu bằng chiều cao của nó. Tọa độ và độ cao của các điểm được tính trong một hệ giả định;
- Đặt máy tại điểm A đo chiều cao máy và hướng máy lên đối tượng tại điểm nằm sát mặt đất đo các giá trị α^T_1 , α^P_1 , α^B_1 và Z_1 .

Trong đó:

α^T_1 - Số đọc trên bàn độ ngang khi tia ngắm tiếp xúc với đối tượng ở mép bên trái của vòng 1

α^P_1 - Số đọc trên bàn độ ngang khi tia ngắm tiếp xúc với đối tượng ở mép phải

Z_1 - Góc thiên đỉnh khi ngắm vòng 1;

c) Dựa vào khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình tính các giá trị Z_i ứng với các vòng trên đối tượng cần quan trắc theo công thức

$$Z_i = \text{Arctg} \left(\frac{D}{H_{st} + D \text{ctg} Z_1 + dH} \right) \quad (8)$$

Trong đó:

D - khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình ;

dH - Chênh cao giữa các vòng (2m, 5m hoặc 10m tùy theo yêu cầu của cơ quan thiết kế hoặc Ban quản lý công trình);

H_{st} - Chiều cao máy tại điểm A.

d) Lần lượt đặt giá trị của bàn độ đúng bằng góc Z_i vừa tính được và ngắm máy vào mép trái hoặc mép phải của đối tượng và đọc các số đọc α^T_i , α^P_i và α^B_i như đối với vòng 1;

e) Chuyển máy sang điểm B và lại các thao tác như ở điểm A. Các số đọc trên bàn độ ngang kí hiệu là β^T_i , β^P_i và β^A_i ,

Trong đó:

β^T_1 - Số đọc trên bàn độ ngang khi tia ngắm tiếp xúc với đối tượng ở mép bên trái của vòng 1

β^P_1 - Số đọc trên bàn độ ngang khi tia ngắm tiếp xúc với đối tượng ở mép phải góc thiên đỉnh khi ngắm vòng 1;

β^A_1 - Số đọc trên bàn độ ngang khi ngắm tới tiêu ngắm đặt tại điểm A.

f) Tính các góc α_i , β_i theo công thức:

$$\alpha_i = \alpha_i^B - \frac{1}{2}(\alpha_i^T + \alpha_i^P) \quad (9)$$

$$\beta_i = \frac{1}{2}(\beta_i^T + \beta_i^P) - \beta_i^A \quad (10)$$

g) Tính tọa độ $(x_c)_i$ và $(y_c)_i$ (tọa độ tâm của vòng thứ i) theo công thức:

$$(x_c)_i = \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta + x_B \operatorname{ctg} \alpha - y_A + y_B}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} \quad (11)$$

$$(y_c)_i = \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta + y_B \operatorname{ctg} \alpha + x_A - x_B}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta} \quad (12)$$

h) Tính các thành phần độ lệch theo các trục X và Y theo các công thức

$$(e_x)_i = (x_c)_i - (x_c)_1 \quad (13)$$

$$(e_y)_i = (y_c)_i - (y_c)_1 \quad (14)$$

Véc tơ độ nghiêng tổng hợp và góc nghiêng được tính theo các công thức (5) và (1)

6.7. Nếu có thể chọn được hai điểm đặt máy sao cho chúng tạo thành hai hướng vuông góc với nhau như hình A.5 (phụ lục A) thì có thể xác định độ nghiêng của đối tượng bằng phương pháp đo hướng như theo trình tự sau:

a) Đặt máy tại điểm A cân bằng máy chính xác, đo khoảng cách từ máy tới đối tượng D_A và chiều cao máy i_A sau đó ngắm theo hướng tiếp tuyến với 2 mép của đối tượng ở vòng sát mặt đất (chân công trình) đọc các số đọc α_1^T , α_1^P và Z_1 (hình A5, phụ lục A).

b) Tính giá trị các góc thiên đỉnh Z_i của các vòng cách nhau 2,5 hoặc 10m tùy theo yêu cầu của ban quản lý công trình theo công thức (8);

c) Đặt bàn độ đứng của máy lần lượt vào các giá trị góc Z_i tính được của các vòng, tại mỗi vòng đọc các giá trị α_i^T và α_i^P ;

d) Chuyển máy sang điểm B và lặp lại các thao tác như tại điểm A;

e) Độ nghiêng của công trình theo hướng X tại vòng thứ i được tính theo công thức sau :

$$(e_x)_i = (\alpha_i - \alpha_1) \cdot D_A \quad (15)$$

Trong đó:

$$\alpha_i = (\alpha_i^T + \alpha_i^P)/2 \quad (16)$$

Thành phần độ nghiêng của công trình theo hướng Y được xác định theo công thức

$$(e_y)_i = (\beta_i - \beta_1) \cdot D_B \quad (17)$$

Trong đó:

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

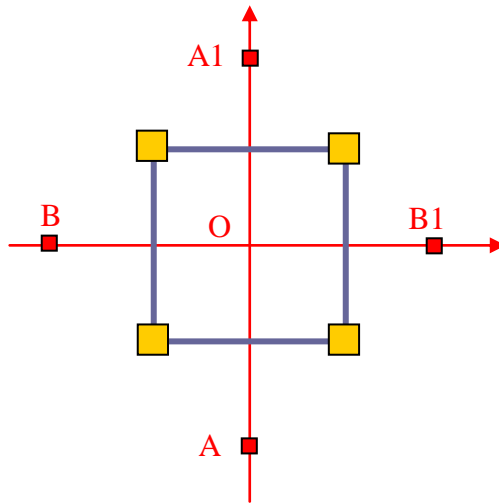
Véc tơ độ nghiêng tổng hợp và góc nghiêng được tính theo các công thức (5) và (1). Hướng nghiêng được tính theo công thức (2).

7. Quan trắc độ nghiêng của các tháp truyền hình và tháp ăng ten vô tuyến viễn thông.

7.1. Các tháp truyền hình và tháp ăng ten vô tuyến viễn thông hiện nay đều có tiết diện ngang là hình vuông và được lắp ráp bằng các loại thép ống và thép hình. Chiều cao tối đa của các tháp hiện nay ở nước ta <200m vì vậy phương pháp chính hợp nhất để quan trắc độ nghiêng của tháp là phương pháp đo góc nhỏ bằng máy kinh vĩ theo trình tự sau đây:

a) Khôi phục vị trí tâm của tháp truyền hình hoặc ăng ten VTTT, đánh dấu nó bằng một điểm cố định trên mặt đất và đặt tại đây một tiêu ngắm;

b) Dựng hệ trục tọa độ giả định có gốc tọa độ là tâm của tháp vừa được xác định trong mục a và hai trục X và Y vuông góc với các cạnh của tháp như hình 4;



Hình 4. Sơ đồ xác định độ nghiêng của tháp truyền hình và ăng ten VTVT

- c) Trên hai hướng X và Y chọn mỗi hướng 2 điểm A, A1 và B, B1. nếu điều kiện cho phép thì chọn các điểm này sao cho khoảng cách từ chúng tới tâm tháp xấp xỉ bằng chiều cao của tháp. Dùng máy TĐĐT hoặc thước thép xác định các khoảng cách này;
d) Đặt máy kinh vĩ hoặc máy TĐĐT tại A và đo góc tạo bởi điểm giữa của từng tầng và tâm tháp để xác định các góc α_i^A ;
e) Chuyển máy sang các điểm A1, B, B1 và thực hiện quá trình đo đạc tương tự như tại điểm A đo được các góc α_i^{A1} , β_i^B và β_i^{B1} tạo bởi điểm giữa của từng tầng tháp với tâm tháp;
f) Độ nghiêng của tầng tháp thứ i theo hướng các trục X và Y được tính theo công thức:

$$(e_x)_i = \frac{1}{2} \left(\curvearrowright_{x \rightarrow y}^A \right) + \left(\curvearrowright_{x \rightarrow y}^{A1} \right)$$

$$(e_y)_i = \frac{1}{2} \left(\curvearrowright_{y \rightarrow x}^B \right) + \left(\curvearrowright_{y \rightarrow x}^{B1} \right)$$

$$\left(\curvearrowright_{x \rightarrow y}^A \right) = \frac{\left(\alpha_i^A - \alpha_1^A \right) D_A}{\rho}$$

$$\left(\curvearrowright_{x \rightarrow y}^{A1} \right) = \frac{\left(\alpha_i^{A1} - \alpha_1^{A1} \right) D_{A1}}{\rho}$$

$$\left(\curvearrowright_{y \rightarrow x}^B \right) = \frac{\left(\beta_i^B - \beta_1^B \right) D_B}{\rho}$$

$$\left(\curvearrowright_{y \rightarrow x}^{B1} \right) = \frac{\left(\beta_i^{B1} - \beta_1^{B1} \right) D_{B1}}{\rho}$$

Trong đó:

α_i^A - Số đọc trên bàn độ ngang khi ngắm máy lên điểm giữa của đốt thứ i khi đặt máy tại điểm A;

α_i^{A1} - Số đọc trên bàn độ ngang khi ngắm máy lên điểm giữa của đốt thứ i khi đặt máy tại điểm A1

β_i^B - Số đọc trên bàn độ ngang khi ngắm máy lên điểm giữa của đốt thứ i khi đặt máy tại điểm B

β_i^{B1} - Số đọc trên bàn độ ngang khi ngắm máy lên điểm giữa của đốt thứ i khi đặt máy tại điểm B1

Theo các công thức trên đây, ngoài độ nghiêng còn có thể đánh giá được độ vặn xoắn của tháp. Nếu các cặp giá trị $(e_x^A)_i$ và $(e_x^{A1})_i$, $(e_y^B)_i$ và $(e_y^{B1})_i$ có dấu ngược nhau hoặc có giá trị không bằng nhau nghĩa là tháp bị vặn xoắn. Véc tơ độ lệch tổng hợp và góc nghiêng được xác định theo công thức (5) và (6).

Phụ lục A

(Tham khảo)

Các phương pháp xác định độ nghiêng, độ chính xác và khả năng áp dụng của chúng

Có rất nhiều phương pháp xác định độ nghiêng của các công trình, hiện nay có một số phương pháp chủ yếu thường được áp dụng như sau:

A.1. Phương pháp cơ học

A.1.1. Nội dung

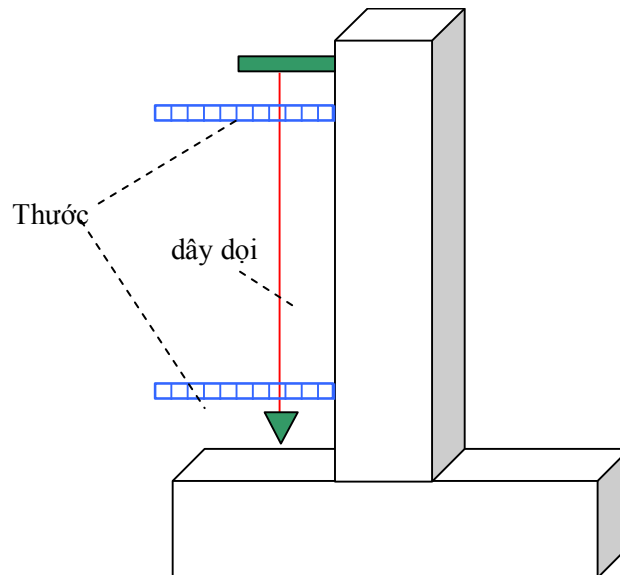
Đây là phương pháp đơn giản nhất để xác định độ nghiêng của công trình. Để xác định độ nghiêng người ta treo một dây dọi và đo khoảng cách từ dây dọi đến bề mặt của công trình ở phía trên (đỉnh) và phía dưới (gốc) như hình A.1. Độ nghiêng thành phần (e_x) của công trình theo hướng thước đo sẽ được xác định dựa vào chênh lệch của hai khoảng cách nói trên. Muốn xác định độ nghiêng thành phần e_y cần treo dọi và thực hiện đo ở hướng vuông góc với mặt vừa đo e_x .

A.1.2. Độ chính xác của phương pháp

Phương pháp cơ học dùng dây dọi có độ chính xác không cao. Do dây dọi bị dao động nên khó đo được khoảng cách chính xác từ dây dọi đến bề mặt của công trình. Đặc biệt là công trình càng cao thì độ chính xác càng giảm. Với các công trình có độ cao từ 3 - 5 m thì sai số đo khoảng cách nằm trong khoảng từ 2 - 3mm trong điều kiện không có gió.

A.1.3. Phạm vi áp dụng:

Phương pháp chỉ có thể sử dụng để kiểm tra độ nghiêng của các cột trong phạm vi từng tầng nhà hoặc kiểm tra độ nghiêng của các bức tường.



Hình A.1 Xác định độ nghiêng của các cột bằng dây dọi

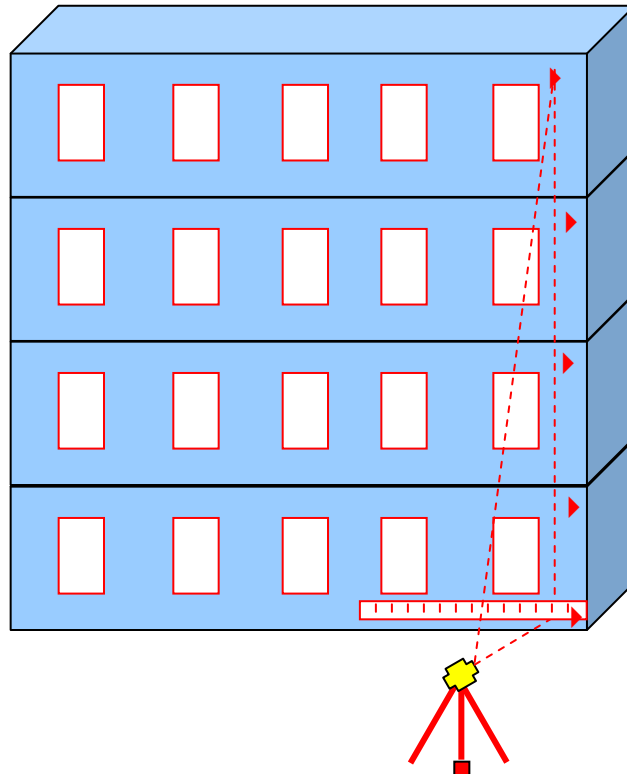
A.2. Phương pháp chiếu bằng chỉ dứng của máy kinh vĩ

A.2.1. Nội dung của phương pháp: Để thực hiện phương pháp này có thể sử dụng bất kỳ loại máy kinh vĩ nào. Tuy nhiên để tăng độ chính xác của phương pháp, khi sử dụng máy quang cơ thông thường cần có bọt thủy vắt ngang (đặt trên trục quay của ống kính). Nếu sử dụng máy kinh vĩ điện tử hoặc toàn đạc điện tử thì chế độ bù xiên của hai trục cần phải đặt ở trạng thái hoạt động. Việc xác định độ nghiêng thành phần bằng phương pháp này được thực hiện như sau:

Máy kinh vĩ đặt tại điểm cố định (ví dụ điểm A_1 , hình A2) cách công trình một khoảng bằng chiều cao của nó, cân máy bằng bọt thủy dài (đối với máy kinh vĩ quang cơ) hoặc

bằng bọt thủy điện tử (đối với máy kinh vĩ điện tử). Đánh dấu các điểm $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, $A^{(k)}$ trên công trình (dán hoặc vẽ các tiêu ngắm). Tại điểm $A^{(1)}$ ở sát mặt đất, đặt một thước có khắc vạch milimet nằm ngang. Chiếu các điểm $A^{(j)}$ ($j=1, 2, k$) bằng chỉ đứng của máy kinh vĩ xuống thước đặt ở phía dưới ta sẽ đọc được khoảng cách d_j tính từ điểm $A^{(j)}$ tới hình chiếu của điểm $A^{(1)}$. Chênh lệch khoảng cách d_j trong các chu kỳ đo so với khoảng cách $(d_j)_1$ đo được trong chu kỳ đầu cho phép đánh giá được độ nghiêng của công trình theo hướng vuông góc với tia ngắm. Độ nghiêng của công trình theo hướng thứ hai cũng được xác định tương tự.

Nếu không có điều kiện đặt thước đo trực tiếp, thì độ lệch có thể được xác định một cách gián tiếp thông qua việc đo các hướng tới các điểm $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, ... $A^{(j)}$. Trong trường hợp này để tính được độ lệch thành phần cần phải biết cả khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình. Công thức để xác định độ lệch thành phần được nêu trong mục 5.5.5.



Hình A2. Đo độ nghiêng bằng máy kinh vĩ và thước

A.2.2. Độ chính xác của phương pháp

Nguồn sai số chủ yếu trong phương pháp này là sai số ngắm chuẩn điểm A. Sai số này nằm trong khoảng từ 5-10". Với khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình khoảng 100m thì sai số xác định độ nghiêng thành phần do sai số ngắm chuẩn gây ra nằm trong khoảng từ 3 ÷ 5 mm. Ngoài ra cũng phải kể đến sai số làm trùng vạch chuẩn của thước với vạch chuẩn tại điểm B và sai số đọc số trên thước. Tổng hợp hai nguồn sai số này xấp xỉ 1 mm. Như vậy sai số xác định độ nghiêng theo một hướng sẽ xấp xỉ 5 mm; Sai số xác định véc tơ tổng hợp là $5\sqrt{2} \approx 7$ mm.

A.2.3. Phạm vi ứng dụng: Phương pháp này nên ứng dụng để xác định độ nghiêng của các tòa nhà cao tầng.

A.3. Phương pháp sử dụng máy toàn đạc điện tử

A.3.1. Nội dung của phương pháp:

Chuẩn bị các điểm đặt máy và các điểm đo giống như trong trường hợp đo độ nghiêng bằng máy kinh vĩ thông thường. Nếu máy có chế độ đo trực tiếp không cần gương thì các điểm đo nên đánh dấu bằng các vòng tròn. Nếu dùng máy toàn đạc điện tử thông thường thì các điểm đo cần phải được gia cố sao cho có thể lắp được các gương chuyên dùng hoặc dán các gương giấy. Việc xác định độ nghiêng thành phần trong trường hợp này rất đơn giản bằng các đo khoảng các ngang từ điểm đặt máy tới các điểm quan trắc. Chênh lệch khoảng cách ngang từ điểm đặt máy tới các điểm đo so với khoảng cách từ điểm đặt

máy tới điểm đo đầu tiên trên mặt bằng tầng 1 chính là độ nghiêng thành phần của điểm đo này theo hướng tia ngắm.

A.3.2. Độ chính xác của phương pháp:

Độ chính xác đo độ nghiêng bằng máy TĐĐT chủ yếu phụ thuộc vào độ chính xác của loại máy được sử dụng. Đối với máy TĐĐT độ chính xác đo khoảng cách được xác định theo công thức

$$m_D = \pm(a + b.D) \quad (19)$$

trong đó:

a) Thành phần sai số không phụ thuộc khoảng cách, gồm ảnh hưởng của sai số đo hiệu pha và sai số xác định hằng số K của máy (đối với đa số các máy toàn đạc điện tử thành phần $a = \pm 2\text{mm}$)

b) Thành phần sai số phụ thuộc khoảng cách, gồm ảnh hưởng của sai số xác định tốc độ truyền sóng điện từ và sai số xác định tần số điều biến của máy của máy (đối với đa số các máy toàn đạc điện tử thành phần $b = 2 \cdot 10^{-6}$).

Khi đo độ nghiêng khoảng cách từ máy tới các điểm đo thường ngắn (khoảng vài chục mét) vì vậy sai số đo khoảng cách chủ yếu là thành phần a, hơn nữa ảnh hưởng của sai số xác định hằng số K của máy và của gương cũng sẽ bị loại trừ vì vậy sai số xác định khoảng cách chỉ nằm trong khoảng từ 1mm - 2mm.

Sai số xác định độ nghiêng 1 lần đo sẽ là:

$$m_{ex} = m_{ey} = 2\text{mm} \sqrt{2} = 3\text{mm}$$

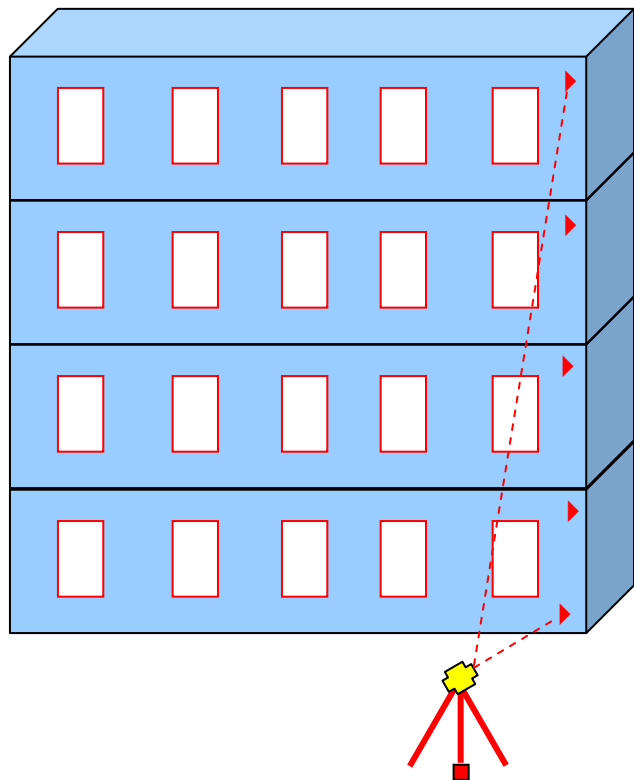
Sai số xác định véc tơ tổng hợp một lần đo là:

$$m_e = 3\text{mm} \sqrt{2} = 4.5\text{mm}$$

Thông thường tại mỗi điểm đo người ta xác định các yếu tố bằng cách đo ít nhất là 3 lần vì vậy sai số xác định giá trị xác xuất nhất của véc tơ tổng hợp sẽ là:

$$m_e = \frac{4.5\text{mm}}{\sqrt{3}} = 3\text{mm}$$

► Dấu sơn



H.A.3 Đo độ nghiêng bằng máy toàn đạc điện tử

A.3.3. Phạm vi áp dụng:

Phương pháp này rất thuận tiện cho việc quan trắc độ nghiêng của các nhà cao tầng. Hiệu quả kinh tế đặc biệt cao nếu các máy toàn đạc điện tử được tích hợp chế độ đo trực tiếp không cần gương.

A.4. Phương pháp giao hội góc thuận

A.4.1. Nội dung của phương pháp

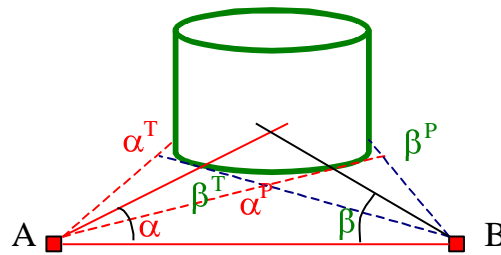
Khi tiến hành các thao tác đo cần thực hiện các điểm sau:

a) Vì không trực tiếp ngắm tới tâm của công trình tại đỉnh và đáy vì vậy thay cho việc ngắm vào tâm của công trình có thể ngắm vào mép của công trình theo đường tiếp tuyến bên phải và bên trái. Giá trị của hướng đo từ điểm đặt máy tới tâm công trình được lấy là giá trị trung bình khi ngắm theo đường tiếp tuyến mép bên trái và mép bên phải;

b) Việc xác định góc α và β trong sơ đồ giao hội được thực hiện ít nhất là 3 vòng đo đầy đủ, mỗi vòng đo thực hiện các thao tác sau:

- Đặt máy tại điểm A;
- Ngắm đường tiếp tuyến bên trái công trình ở vị trí bàn độ trái, đọc số trên bàn độ ngang;
- Ngắm đường tiếp tuyến bên phải công trình ở vị trí bàn độ trái đọc số trên bàn độ ngang;
- Ngắm vào tiêu đặt tại điểm B ở vị trí bàn độ trái, đọc số trên bàn độ ngang;
- Đảo kính sang bàn độ phải và thực hiện trình tự ngắm và đọc số ngược lại bắt đầu từ điểm B và kết thúc là đường tiếp tuyến phía bên trái của công trình;

c) Để tăng độ chính xác xác định tọa độ tâm của công trình cần chọn thêm một điểm cố định C với điều kiện tương tự như các điểm A và B. Việc chọn thêm điểm C và chương trình đo cho phép xác định từng tọa độ tâm công trình 2 lần độc lập với nhau. Giá trị tọa độ chính thức được lấy là trung bình của hai giá trị tọa độ thu được và độ chính xác xác định tọa độ tăng xấp xỉ 1.5 lần;



Hình A.4 Đo độ nghiêng của công trình bằng phương pháp giao hội thuận

A.4.2. Độ chính xác của phương pháp:

Độ chính xác xác định tọa độ tâm của công trình ở phía trên và ở phía dưới được xác định theo công thức của giao hội thuận như sau:

$$M_p = \frac{m_p}{\delta \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2} \quad (20)$$

Trong đó:

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta);$$

S_1, S_2 : khoảng cách từ hai điểm đặt máy tới tâm công trình;

Với $S_1 = S_2 = 100\text{m}$, $m_p = \pm 10''$, $\gamma = 90^\circ$ ta có $m_p = \pm 7\text{mm}$.

Nếu chọn 3 điểm cố định có tọa độ A, B và C thì tọa độ tâm công trình sẽ được xác định 2 lần độc lập nhau nghĩa là độ chính xác tăng lên $\sqrt{2}$ lần, trong trường hợp này:

$$m_p = \pm 7\text{mm} / \sqrt{2} = \pm 5\text{mm}$$

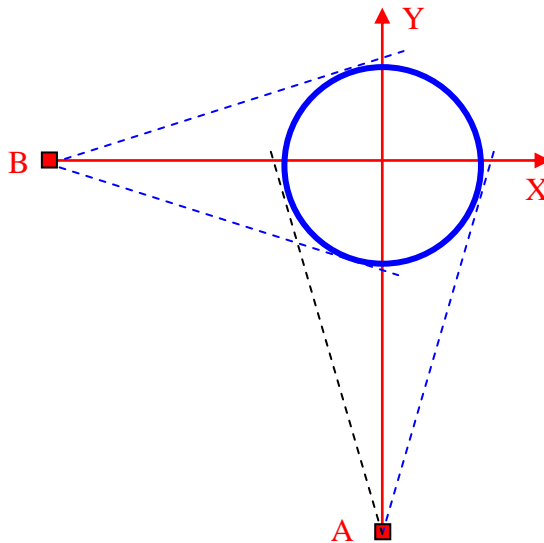
A.5. Phương pháp đo hướng

A.5.1. Nội dung của phương pháp

Nội dung của phương pháp đo hướng để xác định độ nghiêng cũng gần giống phương pháp giao hội góc thuận. Phương pháp này chỉ có một số điểm khác biệt sau đây:

a) Nếu trong phương pháp giao hội thuận góc ở tâm tạo bởi hai tia ngắm tới hai điểm cố định không nhất thiết phải là góc vuông thì trong trường hợp xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo hướng góc này bắt buộc phải là góc vuông;

- b) Nếu trong phương pháp giao hội thuận tọa độ của các điểm cố định phải được biết trước thì trong phương pháp này hướng tọa độ của các điểm này là không cần thiết mà chỉ cần xác định khoảng cách từ các điểm cố định trên tâm công trình.
- c) Nếu trong phương pháp giao hội góc thuận phải đo góc hợp bởi hướng tại điểm đặt máy tới điểm cố định khác và hướng tới tâm công trình thì trong phương pháp đo hướng tại mỗi điểm đứng máy chỉ cần đo duy nhất hướng tới tâm công trình ở trên và ở dưới.



Hình A.5 Đo độ nghiêng của công trình hình trụ hoặc hình côn theo phương pháp đo hướng

A.5.2. Độ chính xác của phương pháp:

Sai số xác định độ lệch thành phần được tính theo công thức:

$$m_{ex} = \frac{m_{\beta} \cdot D}{\rho} \quad (21)$$

Với khoảng cách từ điểm đặt máy tới công trình $D=100m$, sai số đo góc $m_{\beta}=10''$ thì sai số xác định độ nghiêng thành phần m_{ex} và m_{ey} tính theo công thức (5.1) là $5mm$. Sai số xác định véc tơ độ nghiêng tổng hợp $m_e = 5mm \cdot \sqrt{2} = 7mm$.

A.5.3. Phạm vi áp dụng: Phương pháp này có thể được ứng dụng tốt cho các công trình có tiết diện hình trụ tròn hoặc hình côn có bán kính nhỏ.

A.6. Phương pháp đo tọa độ bên ngoài công trình

A.6.1. Nội dung của phương pháp

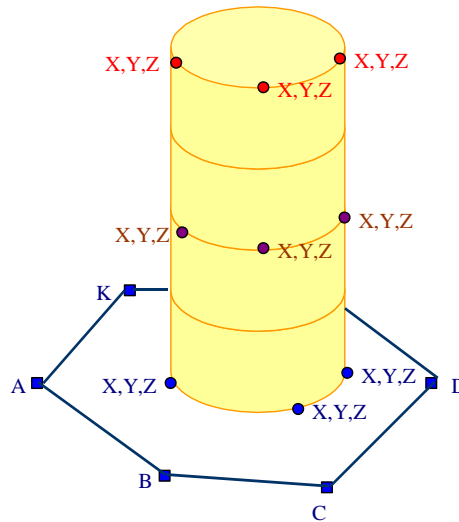
Nội dung của phương pháp này là xác định tọa độ tâm của công trình trên các độ cao khác nhau dựa vào tọa độ đo thực tế của các điểm trên thân ở phía trong hoặc phía ngoài công trình (hình A6)

A.6.2. Độ chính xác của phương pháp

Độ chính xác xác định độ nghiêng của công trình bằng phương pháp này phụ thuộc vào độ chính xác xác định tọa độ tâm của nó trên các độ cao khác nhau. Độ chính xác xác định tâm của công trình không những phụ thuộc vào số điểm đo tọa độ trên từng vòng mà còn phụ thuộc vào phân bố các điểm này theo vòng tròn. Trường hợp số điểm đo tọa độ >6 và các điểm phân bố tương đối đều thì độ chính xác xác định tọa độ tâm vòng tròn bằng phương pháp số bình phương nhỏ nhất tương đương với độ chính xác xác định tọa độ của các điểm bằng máy toàn đạc điện tử;

A.6.3. Phạm vi áp dụng

Phương pháp này nên áp dụng cho các công trình có tiết diện là hình tròn có đường kính lớn như silô chứa vật liệu rời, bồn chứa xăng dầu hoặc khí hoá lỏng LPG, ống khói nhà máy vv.



Hình A.6 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo tọa độ bên ngoài

A.7. Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu đứng từ tâm công trình

A.7.1. Nội dung của phương pháp

Sử dụng máy chiếu đứng loại ZL chiếu trực tiếp từ tâm công trình lên các vòng ở trên cao để xác định tọa độ tâm thực tế của nó tại vòng đang xét. Độ nghiêng của công trình được xác định thông qua giá trị chênh lệch tọa độ tâm thực tế của vòng đang xét và tâm của công trình ở chân của nó

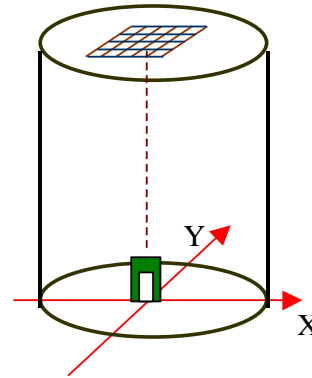
A.7.2. Độ chính xác của phương pháp

Đây là phương pháp xác định độ nghiêng có độ chính xác cao. Nếu sử dụng các máy chiếu loại PZL (Đức) hoặc NZL (Thụy sĩ) để xác định độ nghiêng của công trình có chiều cao không quá 100m thì sai số nằm trong khoảng vài milimét.

A.7.3. Phạm vi áp dụng

Phương pháp này nên sử dụng cho các công trình có dạng hình tròn hoặc hình côn trong giai đoạn thi công xây dựng có khả năng chiếu trực tiếp từ tâm lên.

Hình A7. Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu đứng từ tâm công trình



A.8. Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu từ bên ngoài công trình

A.8.1. Nội dung của phương pháp

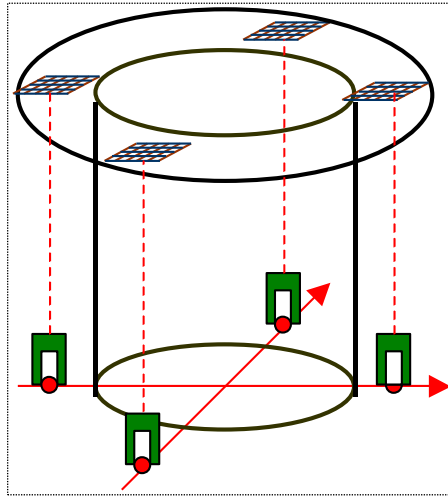
Nội dung của phương pháp này là sử dụng máy chiếu đứng để xác định tọa độ thực tế của các điểm O_1' , O_2' , O_3' và O_4' nằm trên các trục tọa độ, thông qua chúng xác định được tọa độ thực tế của tâm công trình tại vòng đang xét và xác định được độ nghiêng của nó.

A.8.2. Độ chính xác của phương pháp

Phương pháp này có độ chính xác gần tương đương với phương pháp chiếu từ tâm lên nghĩa là cung cho phép xác định được độ nghiêng với sai số khoảng vài milimét.

A.8.3. Phạm vi ứng dụng

Phương pháp này ứng dụng để xác định độ nghiêng của các si lô hoặc ống khói trong giai đoạn thi công bằng phương pháp cô-pha trượt nhưng không có khả năng chiếu trực tiếp từ tâm công trình lên.



Hình A.8 Xác định độ nghiêng bằng phương pháp chiếu đứng từ bên ngoài công trình

Phụ lục B

(Tham khảo)

Xử lý số liệu đo đạc xác định độ nghiêng công trình có thiết diện hình tròn bằng phương pháp đo tọa độ bên ngoài

Sơ đồ bố trí các điểm đo được thể hiện tên H.A6

Các bước thực hiện:

Bước 1. Tính tọa độ gần đúng của tâm công trình theo công thức:

$$x_c^0 = \frac{1}{n} \sum_1^n x_i \quad (b.1)$$

$$y_c^0 = \frac{1}{n} \sum_1^n y_i \quad (b.2)$$

Trong đó:

$(x^0)_i, (y^0)_i$ - Tọa độ gần đúng của tâm công trình ở vòng thứ i ;

$x^{(j)}_i, y^{(j)}_i$ - Tọa độ của các điểm đo thực tế trên công trình ở vòng thứ i

$j = 1, 2, \dots, k$ - Số điểm đo trên vòng đang xét.

Bước 2: Lập hệ phương trình số hiệu chỉnh theo công thức:

$$V = AX + L \quad (b.3)$$

Trong đó:

V - Véc tơ số hiệu chỉnh;

$$V^T = V_1, V_2, \dots, V_n \quad (b.4)$$

A - Ma trận hệ số phương trình số hiệu chỉnh;

$$A = \begin{bmatrix} -1 & \frac{x_c^0 - x_1}{R'_1} & \frac{y_c^0 - y_1}{R'_1} \\ -1 & \frac{x_c^0 - x_2}{R'_2} & \frac{y_c^0 - y_2}{R'_2} \\ \dots & \dots & \dots \\ -1 & \frac{x_c^0 - x_n}{R'_n} & \frac{y_c^0 - y_n}{R'_n} \end{bmatrix} \quad (b.5)$$

X - Véc tơ ẩn số

$$X^T = R, dx, dy \quad (b.6)$$

L - Véc tơ số hạng tự do

$$L^T = R'_1, R'_2, \dots, R'_n \quad (b.7)$$

Bước 3: Lập hệ phương trình chuẩn theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất $[vv] = \min$

$$A^TAX + A^TL = 0 \quad (b.8)$$

Bước 4: Giải hệ phương trình tuyến tính (b.8) sẽ nhận được 3 ẩn số dx, dy và R .

Bước 5: Tính tọa độ tâm

$$x_c = x_c^0 + dx \quad (b.9)$$

$$y_c = y_c^0 + dy \quad (b.10)$$

Lặp lại các bước từ (2) đến (5) cho đến khi sai lệch x_c, y_c và R sau hai lần lặp liên tiếp không sai lệch quá 1mm thì dừng lại sẽ được tọa độ x_c, y_c chính xác cho vòng đang xét.

Quy trình trên đây được thực hiện cho từng vòng của công trình.

Có tọa độ tâm của các vòng có thể dễ dàng xác định được độ nghiêng theo các công thức (1) và (2).

Ví dụ minh họa:

Dưới đây là quá trình xử lý số liệu quan trắc độ nghiêng của silô bột liệu nhà máy xi măng X thực hiện bằng máy toàn đạc điện tử TCR - 303 để đo theo phương pháp đo tọa độ từ bên ngoài

Bảng B1: Tọa độ các điểm trên vòng 1, H=4.73

Điểm	Tọa độ của các điểm đo trực tiếp	
	X	Y
1	946.609	964.045
2	948.512	952.047

3	950.453	951.185
4	945.083	956.431
5	944.974	956.755
6	947.324	964.788
7	947.640	965.065
8	951.891	966.832
9	946.348	963.694

Toạ độ gần đúng tâm của vòng 1 xác định theo công thức (b.1) và (b.2) là:

$$(x^{(1)}_c)_0 = 947.648 \text{ m}; \quad (y^{(1)}_c)_0 = 90.094 \text{ m};$$

Với các giá trị này ta có ma trận hệ phương trình số hiệu chỉnh theo công thức (b.5) như sau

$$A = \begin{pmatrix} 1.0000+0.2543-0.9671 \\ -1.0000-0.1067+0.9943 \\ -1.0000-0.3003+0.9538 \\ -1.0000+0.5737+0.8191 \\ -1.0000+0.6252+0.7805 \\ -1.0000+0.0689-0.9976 \\ -1.0000+0.0017-1.0000 \\ -1.0000-0.5328-0.8462 \\ 1.0000+0.3397-0.9405 \end{pmatrix} \quad L = \begin{pmatrix} +4.0858 \\ +8.0928 \\ +9.3397 \\ +4.4715 \\ +4.2775 \\ +4.7056 \\ +4.9715 \\ +7.9629 \\ +3.8280 \end{pmatrix}$$

Hệ phương trình chuẩn theo công thức b.8 có dạng:

$$\begin{array}{rcll} 9.0000R & - 0.9236dx & + 1.2038dy & - 51.7353 & = 0.0000 \\ - 0.9236R & + 1.2902dx & + 0.3803dy & + 0.0000 & = 0.0000 \\ 1.2038R & + 0.3803dx & + 7.7098dy & - 0.0000 & = 0.0000 \end{array}$$

Giải hệ phương trình này ta được:

$$R = +6.4250$$

$$dx = +4.9670$$

$$dy = -1.2482$$

Như vậy các ẩn số cần xác định của vòng tròn sau lần lặp thứ nhất là:

$$R = 6.4250$$

$$(x^{(1)}_c)_1 = 952.6150$$

$$(y^{(1)}_c)_1 = 958.8458$$

Sử dụng $(x^1_c)_1$ và $(y^1_c)_1$ để tính lặp cho lần thứ hai ta có ma trận hệ số phương trình số hiệu chỉnh như sau

$$A = \begin{pmatrix} -1.0000+0.7560-0.6545 \\ -1.0000+0.5167+0.8561 \\ -1.0000+0.2716+0.9624 \\ -1.0000+0.9523+0.3052 \\ -1.0000+0.9646-0.2639 \\ -1.0000+0.6650-0.7469 \\ -1.0000+0.6247-0.7809 \\ -1.0000+0.0903-0.9959 \\ -1.0000+0.7909-0.6119 \end{pmatrix} \quad L = \begin{pmatrix} +7.9442 \\ +7.9406 \\ +7.9596 \\ +7.9097 \\ +7.9220 \\ +7.9569 \\ +7.9647 \\ +8.0194 \\ +7.9239 \end{pmatrix}$$

Hệ phương trình chuẩn của lần lặp thứ 2 có dạng

$$\begin{array}{rcll} +9.0000R & -5.6321dx & +1.4025dy & -71.5411 & = 0.0000 \\ -5.6321R & +4.2157dx & -0.8042dy & +44.7028 & = 0.0000 \\ +1.4025R & -0.8042dx & +4.7843dy & -11.2340 & = 0.0000 \end{array}$$

Giải hệ phương trình này ta được:

$$R = +8.0059$$

$$dx = +0.0952$$

$$dy = +0.0173$$

Các tham số cần xác định của vòng tròn sau lần lặp thứ hai là:

$$R = +8.0059$$

$$(x_c^{(1)})_2 = 952.7102,$$

$$(y_c^{(1)})_2 = 958.8631$$

Sử dụng x_c^2 và y_c^2 để tính lập cho lần thứ ba ta có ma trận hệ số phương trình số hiệu chỉnh như sau

$$A = \begin{pmatrix} -1.0000+0.7622-0.6474 \\ -1.0000+0.5245+0.8514 \\ -1.0000+0.2821+0.9594 \\ -1.0000+0.9528+0.3037 \\ -1.0000+0.9648-0.2628 \\ -1.0000+0.6725-0.7400 \\ -1.0000+0.6329-0.7742 \\ -1.0000+0.1023-0.9948 \\ -1.0000+0.7964-0.6048 \end{pmatrix} \quad L = \begin{pmatrix} +8.0052 \\ +8.0049 \\ +8.0026 \\ +8.0056 \\ +8.0183 \\ +8.0077 \\ +8.0111 \\ +8.0114 \\ +7.9889 \end{pmatrix}$$

Hệ phương trình chuẩn của lần lặp thứ 3 là:

$$\begin{array}{cccccc} +9.0000R & -5.6906dx & +1.3837dy & -72.0558 & =0.0000 \\ -5.6906R & +4.2720dx & -0.8044dy & +45.5593 & =0.0000 \\ +1.3837R & -0.8044dx & +4.7280dy & -11.0785 & =0.0000 \end{array}$$

Giải hệ phương trình này được:

$$R = +8.0066$$

$$dx = +0.0006$$

$$dy = +0.0001$$

Các tham số cần xác định của vòng tròn sau lần lặp thứ hai là:

$$R^{(1)} = +8.007m$$

$$(x_c^{(1)})_3 = 952.711m$$

$$(y_c^{(1)})_3 = 958.863m$$

Sau lần lặp thứ 3 các ẩn số không thay đổi so với lần lặp thứ 2 quá 1mm vì vậy quá trình lặp sẽ dừng lại và các tham số trên sẽ được lấy là các tham số chính thức của vòng 1.

Đối với các vòng tiếp theo cũng làm tương tự nên trong các bảng dưới đây chỉ thống kê các số liệu đo và kết quả cuối cùng

Bảng B.2 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 2, H=15.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.731	964.102
2	952.902	966.797
3	960.644	958.132
4	956.622	951.859
5	946.616	964.020
6	948.433	951.919
7	946.353	963.690

Các tham số của vòng thứ 2 sẽ là:

$$R^{(2)} = +8.017m$$

$$x_c^{(2)} = 952.669m$$

$$y_c^{(2)} = 958.785m$$

Bảng B.3 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 3, H=20.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.725	964.096
2	952.865	966.772
3	960.628	958.133
4	956.684	951.865
5	946.623	963.997
6	948.442	951.865
7	946.370	963.677

Các tham số của vòng thứ 3 sẽ là:

$$R^{(3)} = +8.019m$$

$$x_c^{(3)} = 952.663\text{m}$$

$$y_c^{(3)} = 958.753\text{m}$$

Bảng B.4 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 4, H=25.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.748	964.117
2	952.953	966.833
3	960.643	958.132
4	956.527	951.850
5	946.610	964.039
6	948.450	951.885
7	946.337	963.702

Các tham số của vòng thứ 4 sẽ là:

$$R^{(4)} = +8.025\text{m}$$

$$x_c^{(4)} = 952.659\text{m}$$

$$y_c^{(4)} = 958.807\text{m}$$

Bảng B.5 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 5, H=30.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.762	964.129
2	952.968	966.844
3	960.642	958.132
4	956.596	951.856
5	946.604	964.061
6	948.470	951.935
7	946.329	963.707

Các tham số của vòng thứ 5 sẽ là:

$$R^{(5)} = +8.027\text{m}$$

$$x_c^{(5)} = 952.672\text{m}$$

$$y_c^{(5)} = 958.825\text{m}$$

Bảng B.6 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 6, H=35.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.786	964.150
2	952.981	966.854
3	960.662	958.130
4	956.622	951.859
5	946.606	964.054
6	948.335	951.703

Các tham số của vòng thứ 6 sẽ là:

$$R^{(6)} = +8.011\text{m}$$

$$x_c^{(6)} = 952.717\text{m}$$

$$y_c^{(6)} = 958.866\text{m}$$

Bảng B.7 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 7, H=40.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.750	964.118
2	953.000	966.868
3	960.601	958.135
4	956.665	951.863
5	946.595	964.091
6	948.463	951.917
7	946.312	963.720

Các tham số của vòng thứ 7 sẽ là:

$$R^{(7)} = +8.037\text{m}$$

$$x_c^{(7)} = 952.645\text{m}$$

$$y_c^{(7)} = 958.820\text{m}$$

Bảng B.8 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 8, H=45.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.747	964.116
2	952.923	966.813
3	960.631	958.133
4	956.608	951.858
5	946.609	964.043
6	948.442	951.865
7	946.344	963.696

Các tham số của vòng thứ 8 sẽ là:

$$R^{(8)} = +8.031\text{m}$$

$$x_c^{(8)} = 952.654\text{m}$$

$$y_c^{(8)} = 958.785\text{m}$$

Bảng B.9 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 9, H=50.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.714	964.088
2	952.628	958.133
3	956.664	951.863
4	946.598	964.082
5	948.434	951.844
6	946.326	963.710

Các tham số của vòng thứ 9 sẽ là:

$$R^{(9)} = +8.041\text{m}$$

$$x_c^{(9)} = 952.626\text{m}$$

$$y_c^{(9)} = 958.767\text{m}$$

Bảng B.10 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 10, H=55.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.699	964.076
2	952.749	966.62
3	960.541	958.140
4	956.710	951.868
5	946.593	964.099
6	948.410	951.781
7	946.313	963.720

Các tham số của vòng thứ 10 sẽ là:

$$R^{(10)} = +8.037\text{m}$$

$$x_c^{(10)} = 952.571\text{m}$$

$$y_c^{(10)} = 958.713\text{m}$$

Bảng B.11 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 11, H=60.0m

Điểm đo	X	Y
1	958.724	964.098
2	960.574	958.138
3	956.592	951.856
4	946.562	964.200
5	948.423	951.813
6	946.258	963.762

Các tham số của vòng thứ 11 sẽ là:

$$R^{(11)} = +8.068\text{m}$$

$$x_c^{(11)} = 952.563\text{m}$$

$$y_c^{(11)} = 958.801\text{m}$$

Bảng B.12 Toạ độ các điểm đo trên vòng thứ 12, H=70.0m

Điểm đo	X	Y
1	960.604	958.135
2	946.558	964.213
3	948.433	951.840
4	945.716	962.980

Các tham số của vòng thứ 12 sẽ là:

$$R^{(12)} = +8.069\text{m}$$

$$x_c^{(12)} = 952.564\text{m}$$

$$y_c^{(12)} = 958.777\text{m}$$

Bảng B13. Bảng tính độ nghiêng và hướng nghiêng của silô

Thứ tự	Độ cao so với chân silô(m)	Véc tơ độ lệch tổng hợp (m)	Góc nghiêng	Hướng nghiêng
1	0.00	0.000	0°00'00"	0°00'00"
2	10.27	0.088(1/120)	0°29'00"	241°16'
3	15.27	0.119(1/130)	0°26'10"	246°29'
4	20.27	0.076(1/270)	0°12'00"	227°20'
5	25.27	0.054(1/470)	0°07'00"	224°21'
6	30.27	0.006(1/5000)	0°00'40"	200°00'
7	35.27	0.079(1/450)	0°07'00"	212°56'
8	40.27	0.096(1/420)	0°08'00"	233°45'
9	45.27	0.128(1/350)	0°09'00"	228°30'
10	50.27	0.205(1/250)	0°14'00"	226°48'
11	60.27	0.160(1/380)	0°09'00"	202°27'
12	70.27	0.171(1/400)	0°08'00"	210°17'

Phụ lục C

(Tham khảo)

Xử lý kết quả xác định độ nghiêng bằng phương pháp đo hướng

Sơ đồ bố trí các điểm đo được thể hiện trên H.A.5

Số liệu quan trắc độ nghiêng của một công trình hình trụ cao 62m theo phương pháp đo hướng được ghi trong các bảng C1 và bảng C2 (từ cột 1 đến cột 4)

Bảng C1: Số liệu đo tại điểm A, D = 51.132m

Điểm ngắm	Độ cao	Số đọc trên máy		Trung bình	Độ lệch	
		M. trái (L)	M. phải (R)		Góc	Dài (mm)
1	2	3	4	5	6	7
1	0.0	0°00'03"	1°21'20"	0°40'42"	0'0"	0.000
2	25.0	0°00'10"	1°21'08"	0°40'29"	-0'12"	-3.0
3	48.0	0°08'10"	1°24'26"	0°48'48"	+8'06"	+120.5
4	62.0	0°41'17"	1°02'20"	0°51'48"	+11.07"	+165.3

Bảng C2: Số liệu đo tại điểm B, D = 54.820m

Điểm ngắm	Độ cao	Số đọc trên máy		Trung bình	Độ lệch	
		M. trái (L)	M. phải (R)		Góc	Dài (mm)
1	2	3	4	5	6	7
1	0.0	359°59'57"	1°16'20"	38'08"	0'0"	0.00
2	25.0	359°58'45"	1°15'13"	36'59"	-1'09"	-18.3
3	48.0	359°51'50"	1°08'02"	29'56"	+8'12"	-130.8
4	62.0	0°12'04"	0°31'10"	21'40"	+16'.28"	-262.6

Các số liệu ghi trong các cột còn lại từ cột 4 đến cột 6 được tính theo trình tự sau:

Bước 1: Tính giá trị của hướng đi từ điểm A qua tâm của công trình (cột 5) bằng giá trị trung bình của cột (3) và cột (4).

$$(\alpha_i)_c = (L_i + R_i)/2 \quad (\text{Số liệu tính trong bảng 1})$$

$$(\beta_i)_c = (L_i + R_i)/2 \quad (\text{Số liệu tính trong bảng 2})$$

Bước 2: Tính độ lệch ở đơn vị góc của các vòng so với chân cột (cột 6) theo công thức:

$$d\alpha_i = (\alpha_i)_c - (\alpha_1)_c$$

$$d\beta_i = (\beta_i)_c - (\beta_1)_c$$

Trong đó $d\alpha_i$ và $d\beta_i$: độ lệch của vòng thứ i ở đơn vị góc theo hướng vuông góc với tia ngắm của máy kinh vĩ.

Bước 3: Tính độ lệch của tâm vòng thứ i so với chân cột (theo hướng vuông góc với tia ngắm của máy kinh vĩ) theo công thức 5:

$$e_x = \frac{d\alpha_i \times D_A}{\rho} \quad e_y = \frac{d\beta_i \times D_B}{\rho}$$

Phụ lục D

(Tham khảo)

Xử lý số liệu xác định độ nghiêng bằng phương pháp giao hội

Sơ đồ đo theo phương pháp giao hội từ 2 điểm A và B được trình bày trên HA.4

Các số liệu đo thực địa của vòng đầu tiên (chân công trình) được ghi trong các bảng 1 và 2 từ cột 1 đến cột 4

Bảng D1: Số liệu đo trên trạm máy A

Vòng đo	Điểm ngắm	CL	CR	2C	Hướng trung bình	Trị hướng qui 0	Trị hướng tới tâm	Góc α
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	L _A	0°00'00"	180°00'00"	-6"	0°00'03"	0°00'00"	16°36'30"	59°02'10"
	R _A	33°13'01"	213°13'05"	-4"	33°13'03"	33°13'00"		
	B	75°38'41"	255°38'45"	-4"	75°38'43"	75°38'40"		
2	L _A	60°00'00"	240°00'08"	-8"	60°00'04"	0°00'00"	16°36'32"	59°02'06"
	R _A	93°13'04"	273°13'10"	-6"	93°13'07"	33°13'03"		
	B	135°38'38"	315°38'48"	-10"	135°38'43"	75°39'38"		
3	L _A	120°00'00"	300°00'10"	-10"	120°00'05"	0°00'00"	16°36'34"	59°02'04"
	R _A	153°13'12"	333°13'16"	-4"	153°13'14"	33°13'09"		
	B	195°38'40"	15°38'46"	-6"	195°38'43"	75°38'38"		

$\alpha_{tb} = 59^{\circ} 02' 07''$

Bảng D2: Số liệu đo trên trạm máy B

Vòng đo	Điểm ngắm	BL	CR	2C	Trị hướng trung bình	Trị hướng qui 0	Trị hướng tới tâm	Góc β
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	A	0°00'00"	180°00'10"	-10"	0°00'05"	0°00'00"	56°18'40"	56°18'40"
	L _B	40°12'28"	220°12'36"	-8"	40°12'32"	40°12'37"		
	R _B	72°24'43"	252°24'50"	-7"	72°24'47"	72°24'42"		
2	A	60°00'00"	240°00'12"	-12"	60°00'06"	0°00'00"	56°18'36"	56°18'36"
	L _B	100°12'30"	280°12'12"	-10"	100°12'35"	40°12'29"		
	R _B	132°24'45"	312°24'56"	-11"	132°24'50"	72°24'44"		
3	A	120°00'00"	300°00'10"	-10"	120°00'05"	0°00'00"	56°18'36"	56°18'36"
	L _B	160°12'26"	340°12'56"	-10"	160°12'31"	40°12'26"		
	R _B	192°24'45"	12°24'58"	-12"	192°24'51"	72°24'46"		

$\beta_{tb} = 56^{\circ} 18' 37''$

Toạ độ của các điểm cố định A và B được cho trong bảng D3

Bảng D3: Toạ độ của các điểm cố định

Điểm	Y(m)	X(m)
A	982.000	970.000
B	1020.000	970.000

Tính giá trị hướng từ điểm đặt máy tới tâm của công trình

1. Các số liệu đo ngoại nghiệp được ghi từ cột 1 đến cột 4

2. Tích sai số 2C của máy kinh vĩ (cột 5) theo công thức

$$2C = CL + 180 - CR$$

biến động sai số 2C trong một vòng đo không được vượt quá 12"

3. Trị số hướng trung bình (cột 6) được tính theo công thức

$$A_{TB} = CL - C = CR - 180 + C$$

4. Trị số hướng trung bình qui 0 (cột 7) được tính theo công thức

$$A_i^0 = \alpha_{tb} - \alpha_{tb,0}$$

Trong đó:

i = 0,1, 2 - số lượng hướng đo trên một trạm máy

5. Trị số hướng tới tâm công trình (cột 8) được tính theo công thức

$$A_c = \frac{1}{2}(A_I + A_{II})$$

6. Góc mở tại điểm đặt máy được tính theo công thức (cột 4)

$$\alpha = A_B - A_{tâm}$$

$$\beta = B_A - B_{tâm}$$

7. Tính tọa độ tâm công trình (điểm giao hội) theo công thức

$$x_c = \frac{x_A \operatorname{ctg} \beta + x_B \operatorname{ctg} \alpha - y_A + y_B}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}$$

$$y_c = \frac{y_A \operatorname{ctg} \beta + y_B \operatorname{ctg} \alpha + x_A - x_B}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}$$

Với các số liệu đã tính được như trong bảng D1 và D2 trên tọa độ tâm của công trình ở vòng 1 tính theo công thức trên sẽ có giá trị như sau

$$x_1 = 1000.000 \text{ m}$$

$$y_1 = 1000.000 \text{ m}$$

Đối với các vòng còn lại cũng thực hiện tính toán theo trình tự các bước như trình bày ở trên. Sau khi tính được tọa độ tâm của các vòng chúng ta có thể tính được độ nghiêng của đối tượng quan trắc theo các công thức đã ghi ở phần trên.

Phụ lục E

(Tham khảo)

Xử lý số liệu quan trắc độ nghiêng của công trình trong giai đoạn thi công xây dựng bằng phương pháp chiếu từ ngoài.

Sơ đồ bố trí các điểm đo xem trong phụ lục A, H.A8

Bảng E1 - Tọa độ của các điểm cố định

Thứ tự	Tên điểm	Tọa độ		Ghi chú
		X	Y	
1	O ₁	1000.000	988.800	Điểm đo mép bên trái
2	O ₂	1011.200	1000.000	Điểm đo mép bên trên
3	O ₃	1000.000	1011.200	Điểm đo mép bên phải
4	O ₄	988.800	1000.000	Điểm đo mép bên dưới
5	O	1000.000	1000.000	Tâm công trình trên mặt đất

Bảng E2- Kết quả tính toán

Thứ tự	Điểm đặt máy	Số đo		Tọa độ	
		Δx (mm)	ΔY (mm)	X' (m)	Y' (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	O ₁	-123	+166	999.877	988.966
2	O ₂	+82	+140	1011.282	1000.140
3	O ₃	-84	+95	999.916	1011.295
4	O ₄	+141	+122	988.941	1000.122

1. Các số liệu quan trắc thực tế của vòng thứ i được ghi trong bảng E2 từ cột 1 đến cột 4
2. Số liệu trong các cột (5) và (6) được tính theo các công thức

$$x_{s'} = x_s + \Delta x$$

$$y_{s'} = y_s + \Delta y$$

3. Tính hệ số A, B, C của phương trình đường thẳng $Ax + By + C = 0$ đi qua hai điểm Đ (đầu) có tọa độ x_d, y_d và C (cuối) có tọa độ x_c, y_c theo các công thức sau

$$A = -(y_c - y_d)$$

$$B = -(x_c - x_d)$$

$$C = x_c y_d - x_d y_c$$

Hệ số của phương trình đường thẳng nối 2 điểm O₁ và O₃ là

$$A_1 = -22.329; \quad B_1 = +0.039; \quad C_1 = -22287.684$$

Hệ số của phương trình đường thẳng nối 2 điểm O₂ và O₄ là

$$A_2 = +0.018; \quad B_2 = -22.341; \quad C_2 = -22325.925$$

4. Tính các định thức

$$D = A_1 B_2 - A_2 B_1 = 498.851$$

$$D_x = C_1 B_2 - C_2 B_1 = 498799.859$$

$$D_y = A_1 C_2 - A_2 C_1 = 498916.758$$

Tính tọa độ tâm thực tế của công trình tại vòng thứ i (chính là giao điểm của hai đường thẳng nối O₁ với O₃ và O₂ với O₄)

$$(x_c)_8 = D_x / D = 999.897m$$

$$(y_c)_8 = D_y / D = 1000.132m$$

5. Tính độ lệch của tâm vòng thứ i theo hướng trục X

$$e_x = (x_c)_8 - (x_c)_1 = 999.897m - 1000.000m = -0.103m$$

Tính độ lệch của tâm vòng thứ i theo hướng trục Y

$$e_y = (y_c)_8 - (y_c)_1 = 1000.132m - 1000.000m = +0.132m$$

6. Tính véc tơ độ lệch tổng hợp của tâm vòng thứ i so với vòng thứ nhất (trên mặt đất)

$$e = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} = 0.167m$$

7. Tính hướng nghiêng của tâm công trình tại vòng thứ i

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{e_y}{e_x} = 322^\circ 02' 06''$$

8. Tính góc nghiêng của công trình tại vòng thứ i

$$\varepsilon = \frac{e_i}{h_i} = \frac{0.167}{56} 57.3 = 0^{\circ}10'$$

Phụ lục F
(Tham khảo)
**Tính năng kỹ thuật của một số máy sử dụng để
đo độ nghiêng công trình**

Thứ tự	Tên máy	Hãng và nước chế tạo	Độ chính xác đo góc		Độ chính xác đo cạnh (mm)	Tầm hoạt động xa nhất (km)	Trọng lượng, kích thước (kg,mm)
			ngang	đứng			
Các máy toàn đạc điện tử thông thường đo bằng gương phản xạ							
1	DTM-750	Nikol Nhật Bản	2"	2"	$\pm(2+2.10^{-6}D)$	4.4	6.9kg 175x182x367
2	SET-2B	SOKKIA Nhật Bản	2"	2"	$\pm(3+2.10^{-6}D)$	3.5	7.5kg 181x177x371
3	TC-600	LEICA Thụy Sĩ	5"	5"	$\pm(3+3.10^{-6}D)$	2.4	4.2
4	TC-705	LEICA Thụy Sĩ	10"	10"	$\pm(5+5.10^{-6}D)$	1.3	4.2
Các máy toàn đạc điện tử có chế độ đo không cần gương phản xạ							
1	TCR-303	LEICA Thụy Sĩ	3"	3"	$\pm(2+2.10^{-6}D)$	2.0 0.080(5)	7.2
2	TCR-703	LEICA Thụy Sĩ	3"	3"	$\pm(2+2.10^{-6}D)$	2.0 0.080(5)	7.2
3	NPL-350	NIKON Nhật Bản	5"	5"	$\pm(3+3.10^{-6}D)$	2.0 0.080(5)	7.2
4	TRIMBLE 5602 - DR 300+	TRIMBLE Mỹ	2"	2"	$\pm(2+2.10^{-6}D)$	2.0 0.300	10.2
Các máy kinh vĩ điện tử							
1	NE-10H	NIKON Nhật Bản	5"	5"			3.6
2	ETL1	TOPCON Nhật Bản	2"	2"			3.6
3	DT-2E	SOKKIA Nhật Bản	2"	2"			4.8
Các máy chiếu đứng							
1	PZL	Đức			1mm/100m		3.2
2	NZL	LEICA Thụy Sĩ			0.5mm/100m		3.5

Phụ lục G
(Tham khảo)
Cấu tạo mố c cố định dọi tâm bắt buộc

