

## Chương 14: CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA VIỆC XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ TÀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP THIÊN VẤN

### ♦ 61. CƠ SỞ NGUYÊN LÝ CỦA VIỆC XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ TÀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP THIÊN VẤN

Trong Thiên văn hàng hải xác định vị trí tàu hay các tọa độ địa lý  $\varphi$ ,  $\lambda$  của nó chính là việc xác định vị trí thiên đỉnh của tàu trên Thiên cầu. Rồi từ những tọa độ của thiên đỉnh đó ta chuyển sang tọa độ địa lý để thao tác lên hải đồ. Chúng ta sẽ làm rõ điều đó bằng các phần sau đây :

#### 1. Quan hệ giữa vị trí người quan sát và vị trí thiên đỉnh :

- Xây dựng thiên cầu có tâm trùng tâm trái đất
- Giả sử người quan sát ở vị trí M ( $\varphi_M$ ,  $\lambda_M$ ), chiếu M lên Thiên cầu ta được thiên đỉnh  $Z_M$ .

- Chiếu kinh tuyến Greenwich lên Thiên cầu ta sẽ có thiên kinh tuyến và điểm  $Z_G$  tương ứng.
- Một thiên thể C bất kỳ có thiên kinh tuyến cắt mặt phẳng thiên xích đạo tại E.

Từ hình vẽ ta nhận thấy :

$$E_0E_1 = \lambda_M$$

$$\text{Mà: } E_0E_1 = EE_1 - EE_0$$

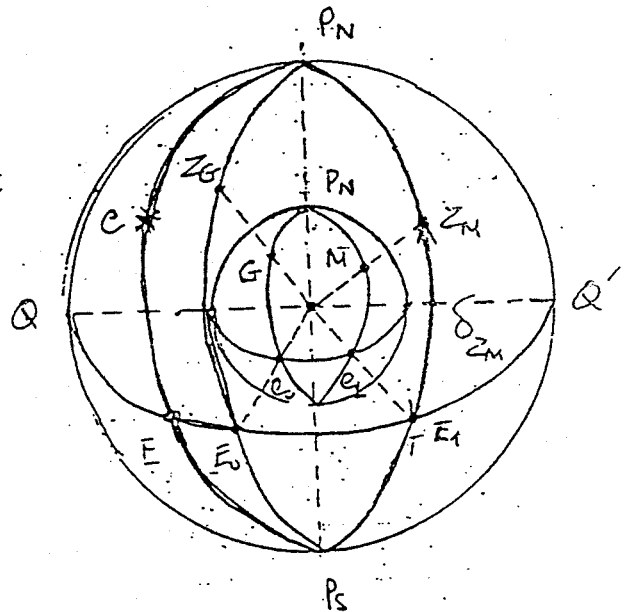
$$= t_L^* - t_G^*$$

$$\lambda_M = t_L^* - t_G^*$$

$$\text{Mặt khác: } Z_M E_1 = \delta_{ZM} - Me_1$$

$$Me_1 = \varphi_M$$

$$\varphi_M = \delta_{ZM}$$



Do chuyển động quay của Thiên cầu, trong 1 ngày, đêm thiên đỉnh sẽ di chuyển liên tục và vạch trên Thiên cầu đường xích vĩ  $Z_M$  và  $\alpha Z_M$ . Mà ta cần xác định vị trí tức thời của thiên đỉnh vào thời điểm đã cho, do đó khi xác định vị trí tàu ta phải ghi lại giờ thế giới.

## 2. Nguyên lý chung về xác định vị trí của thiên đỉnh trên Thiên cầu hay vị trí của người quan sát trên Trái đất :

Gồm có 3 phương pháp : giải tích - đồ thị - dụng cụ

a. Phương pháp giải tích : Bài toán xác định tọa độ thiên đỉnh hay cũng chính là xác định tọa độ vị trí  $\varphi, \lambda$ , về mặt toán học thì chính là giải hai phương trình sau :

$$u_1 = f_1(\varphi, \lambda)$$

$$u_2 = f_2(\varphi, \lambda)$$

Trong đó :  $u_1, u_2$  là hàm số của đại lượng quan trắc, có thể là phương vị hay độ cao. Thông thường người ta sử dụng độ cao (do độ chính xác cao hơn). Khi đó hàm số  $u_1, u_2$  sẽ có dạng :

$$\sin h_1 = \sin \delta_1 \sin \varphi + \cos \delta_1 \cos \varphi \cos(t_{G1} \pm \lambda^B_W)$$

$$\sin h_2 = \sin \delta_2 \sin \varphi + \cos \delta_2 \cos \varphi \cos(t_{G2} \pm \lambda^B_W)$$

Trong đó :  $h_1, h_2$  là độ cao của hai thiên thể tại một thời điểm hay của một thiên thể tại hai thời điểm.

$\delta_1, \delta_2$  là xích vĩ của hai thiên thể tại một thời điểm hay của một thiên thể tại hai thời điểm.

$t_{G1}, t_{G2}$  là những góc giờ thế giới.

Việc giải trực tiếp bài toán trên rất phức tạp vì vậy trong Thiên văn thực hành nó ít được ứng dụng. Thông thường người ta chỉ dùng phương pháp giải tích trong trường hợp xác định riêng rẽ  $\varphi$  hay  $\lambda$ . Khi đó đại lượng còn lại coi như đã biết, nghĩa là : muốn tìm  $\varphi$  thì ta coi  $\lambda = \lambda_C$  (kinh độ dự đoán) và ngược lại, muốn tìm  $\lambda$  thì ta coi  $\varphi = \varphi_C$  (vĩ độ dự đoán) rồi giải phương trình :

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos(t_G \pm \lambda^E_W)$$

\* **Xác định riêng vĩ độ:** Thường áp dụng khi thiên thể đi qua thiên kinh tuyến người quan sát. Lúc đó  $h = H$ ;  $t_L = 0$ . Phương trình sẽ có dạng:

$$\begin{aligned} \sin H &= \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t_L \\ &= \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \\ &= \cos(\varphi - \delta) \end{aligned}$$

Hay:  $\cos(90^\circ - H) = \cos(\varphi - \delta)$

$$90^\circ - H = \varphi - \delta$$

$$\varphi = 90^\circ - H + \delta = Z + \delta$$

Trong đó:  $\delta$  lấy từ lịch Thiên văn theo thời điểm quan trắc.

$H$  đo bằng sextant vào thời điểm thiên thể qua kinh tuyến người quan sát.

\* **Xác định riêng kinh độ:**

Từ phương trình:  $\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t_L$

Suy ra  $\cos t_L = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$

và:  $\lambda = t_L - t_G$

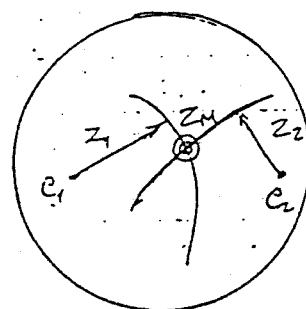
Trong đó:  $h$  đo bằng sextant sau khi đã hiệu chỉnh.

$t_L$  lấy từ lịch Thiên văn theo thời điểm quan trắc.

$\varphi = \varphi_C$  vĩ độ vị trí dự đoán.

**b. Phương pháp đồ thị:**

Tại thời điểm nào đó, ta đo được độ cao của 2 thiên thể  $C_1, C_2$  là  $h_1$  và  $h_2$ . Từ đó ta xác định được các đỉnh cực tương ứng là  $z_1 = 90^\circ - h_1$  và  $z_2 = 90^\circ - h_2$ . Chiếu toàn bộ lên bề mặt Trái đất, vị trí của  $C_1, C_2$  sẽ tương ứng là  $a_1$  và  $a_2$ . Từ  $a_1$  và  $a_2$  ta vẽ hai cung tròn có bán kính là  $z_1$  và  $z_2$  tính bằng hải lý. Chúng sẽ cắt nhau tại hai điểm. Điểm ở gần vị trí dự đoán chính là vị trí người quan sát. Phương pháp này hoàn toàn giống như phương pháp xác định vị trí tàu bằng khoảng cách trong địa văn.



Tuy nhiên trong thực tế, phương pháp này không thể áp dụng trên tàu bởi vì để bảo đảm 1<sup>mm</sup> trên Thiên cầu tương ứng với 1' (1 hải lý) trên Trái đất thì quả cầu phải có đường kính gần 7<sup>m</sup>.

**c. Phương pháp dụng cụ:** Tham khảo thêm.

## ◇ 62. ĐƯỜNG ĐẲNG TRỊ VÀ ĐƯỜNG VỊ TRÍ TRONG THIÊN VĂN - VÒNG TRÒN ĐẲNG CAO VÀ ỨNG DỤNG.

### 1. Đường đẳng trị :

Những đường thẳng hay đường cong là quỹ tích của những điểm có cùng một giá trị của cùng một đại lượng được đo nào đó tại một thời điểm nào đó thì được gọi là những đường đẳng trị.

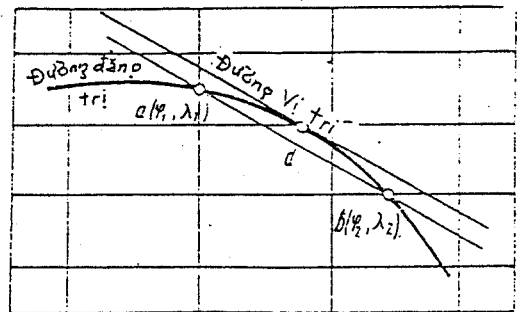
Ta thường gọi tất cả những đại lượng được đo đạc để xác định vị trí tàu là các thông số hàng hải, còn những đường đẳng trị nhận được từ những phép đo này được gọi là các đường đẳng trị hàng hải.

### 2. Đường vị trí :

Trong nhiều trường hợp ta không nhất thiết phải vạch lên hải đồ toàn bộ độ dài của đường đẳng trị, hơn nữa đường đẳng trị có dạng rất phức tạp, không thuận tiện cho việc thao tác trên hải đồ Mercator.

Do vậy, trong những trường hợp đó, ta thay thế một phần nhỏ của đường đẳng trị bằng một đoạn thẳng, vì vậy ta có định nghĩa đường vị trí như sau : Những đoạn thẳng tiếp xúc với đường đẳng trị hay những đoạn cắt tuyến đi qua hai điểm của đường đẳng trị ở gần vị trí dự đoán của tàu được gọi là những đường vị trí.

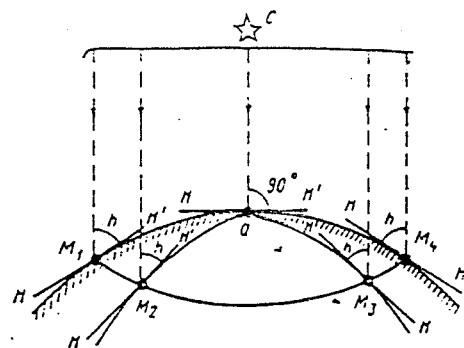
Việc thay thế đường đẳng trị bằng những đường vị trí sẽ làm giảm độ chính xác của vị trí tàu một chút, nhưng điều này không quan trọng lắm, có thể chấp nhận trong hàng hải.



### 3. Vòng đẳng cao :

Đối với Thiên văn hàng hải, đại lượng quan sát để xác định vị trí tàu thường là độ cao nên đường đẳng trị trong Thiên văn là những vòng tròn có tên là vòng đẳng cao. Như vậy : vòng đẳng cao là một vòng tròn trên bề mặt Trái đất, mà tại bất kỳ điểm nào của nó tại cùng một thời điểm sẽ đo được cùng một giá trị độ cao của một thiên thể nhất định.

Thiên thể C có cùng một độ cao  $h$  ở các điểm  $M_1, M_4$  của vòng tròn, và các điểm  $M_2, M_3 \dots$  trên vòng tròn độ cao của thiên thể C cũng có độ cao bằng  $h$ ; nghĩa là  $M_1, M_2, M_3, M_4 \dots M_1$  là vòng đẳng cao của thiên thể C.



#### 4. Cực chiếu sáng :

Ta dễ dàng nhận thấy rằng với các giá trị khác nhau của  $h$ , thiên thể C sẽ có nhiều vòng đẳng cao khác nhau. Nhưng tất cả các vòng này có một điểm chung là a - hình chiếu của thiên thể C trên bề mặt trái đất - và được gọi là cực chiếu sáng của vòng đẳng cao.

- › Nếu độ cao của thiên thể bằng  $90^\circ$  thì người quan sát sẽ ở đúng ngay cực chiếu sáng a và sẽ nhìn thấy thiên thể ở ngay trên đỉnh đầu.
- › Nếu độ cao bằng  $0^\circ$  thì người quan sát sẽ thấy thiên thể nằm ngay trên mặt phẳng chân trời và vòng đẳng cao trở thành vòng tròn lớn chia Trái đất thành hai bán cầu phần sáng và phần tối.

Tọa độ địa lý của cực chiếu sáng a trên Trái đất được xác định như sau :

Từ hình vẽ ta nhận thấy :

$$e_0 e_1 = \lambda_a$$

$$E_0 E_1 = t_G$$

$$\lambda_a = t_G$$

$$e_1 a = \varphi_a$$

$$E_1 C = \delta_C$$

$$\varphi_a = \delta_C$$

#### 5. Ứng dụng của vòng đẳng cao :

a. Trên thiên cầu: Dùng để vẽ đồ giải cầu, đồ thi Thiên văn.

b. Trên địa cầu : Phương pháp vẽ trực tiếp vòng đẳng cao trên địa cầu ( sẽ học ở phần sau ).

#### 6. Hình chiếu của vòng đẳng cao lên hải đồ Mercator :

Trên hải đồ Mercator, hình chiếu của vòng đẳng cao có dạng những đường cong phức tạp, tùy thuộc vào vị trí của vòng đẳng cao đối với cực của Trái đất mà trên hải đồ Mercator chúng sẽ là Elip, parapol, hay gần như hình sin ...

Do vậy, trong thực tế, ta chỉ thao tác trực tiếp vòng đẳng cao lên hải đồ bằng phương pháp trên khi tàu hành trình ở vùng vĩ độ nhỏ, khi mà độ cao Mặt trời lúc qua kinh tuyến thượng có thể đạt đến những độ cao rất lớn ( hơn  $88^\circ$  ).

♦ 63. PHƯƠNG TRÌNH SAI SỐ CỦA ĐƯỜNG CAO VỊ TRÍ - ĐIỀU KIỆN THUẬN LỢI NHẤT ĐỂ XÁC ĐỊNH RIÊNG RẼ VỊ ĐỘ VÀ KINH ĐỘ NGƯỜI QUAN SÁT.

1. Phương trình sai số :

Trong khi giải tam giác thì sai của thiên thể, ta đã thiết lập được công thức :

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos(t_G \pm \lambda^E_w)$$

trong đó  $h$ ,  $\delta$ ,  $t_L$  là những đại lượng đã cho, còn  $\varphi$ ,  $\lambda$  là những đại lượng phải tìm.

$\delta$  và  $t_L$  được tìm từ lịch Thiên văn, thực tế sẽ không có sai số. Do đó những sai số xuất hiện trong  $\varphi$ ,  $\lambda$  chỉ phụ thuộc vào những sai số ở trong độ cao  $h$ . Thừa nhận  $h$  có sai số  $\Delta h$ , ta sẽ tìm sai số  $\Delta \varphi$ ,  $\Delta \lambda$  của những tọa độ xác định.

Lấy đạo hàm công thức trên theo  $\varphi$  và  $\lambda$ , sau khi biến đổi ta được phương trình sai số như sau :

$$\Delta h = \Delta \varphi \cos A + \Delta \lambda \cos \varphi \sin A \quad (*)$$

$$\Delta h = \Delta \varphi \cos A + \Delta a \sin A$$

Trong đó :  $\Delta a = \Delta \lambda \cos \varphi$  là sai số trong cự ly Đông - Tây.

2. Điều kiện thuận lợi nhất để xác định riêng rẽ vĩ độ và kinh độ người quan sát :

a. Xác định riêng vĩ độ : Từ (\*) suy ra :  $\Delta \varphi = \frac{\Delta h}{\cos A} - \Delta \lambda \cos \varphi \operatorname{tg} A$

Vậy sai số trong vĩ độ phụ thuộc vào  $\Delta \lambda$  và  $\Delta h$ .

Ta phân tích công thức trên như sau :

• Giả sử  $\Delta \lambda = 0$  ta có :  $\Delta \varphi = \frac{\Delta h}{\cos A}$

Khi  $A = 90^\circ$  ( $270^\circ$ ) sai số  $\Delta \varphi$  sẽ tăng đến vô cùng.

Khi  $A = 0^\circ$  ( $180^\circ$ ) thì  $\Delta \varphi = \pm \Delta h$

Vậy ta nên xác định riêng vĩ độ với thiên thể ở gần thiên kinh tuyến người quan sát.

- Giả sử  $\Delta h = 0$  ta có  $\Delta \varphi = -\Delta \lambda \cos \varphi \operatorname{tg} A$

Khi  $A = 90^\circ$  ( $270^\circ$ ) sai số  $\Delta \varphi$  sẽ tăng đến vô cùng.

Khi  $A = 0^\circ$  ( $180^\circ$ ) thì  $\Delta \varphi = 0$

Ngoài ra, xác định riêng vĩ độ ở những vĩ độ cao sẽ có độ chính xác cao hơn.

⇒ **Kết luận:** Để xác định vĩ độ bằng thiên thể, tốt nhất là nên chọn những thiên thể ở gần thiên kinh tuyến người quan sát và ở vĩ độ cao ( vì vậy sao Polaris thường được sử dụng ).

### b. Xác định riêng kinh độ :

Từ (\*) suy ra : 
$$\Delta \lambda = \frac{1}{\cos \varphi} \left( \frac{\Delta h}{\sin A} - \Delta \varphi \cot g A \right)$$

- Giả sử  $\Delta h = 0$  thì : 
$$\Delta \lambda = - \frac{\Delta \varphi \cot g A}{\cos \varphi}$$

Khi  $A = 0^\circ$  ( $180^\circ$ ) thì  $\Delta \lambda$  tăng đến vô cùng.

Khi  $A = 90^\circ$  ( $270^\circ$ ) thì  $\Delta \lambda = 0$

- Giả sử  $\Delta \varphi = 0$  thì : 
$$\Delta \lambda = \frac{\Delta h}{\cos \varphi \sin A}$$

Khi  $A = 0$  ( $180^\circ$ ) thì  $\Delta \lambda$  tăng đến vô cùng.

Khi  $A = 90^\circ$  ( $270^\circ$ ) thì 
$$\Delta \lambda = \pm \frac{\Delta h}{\cos \varphi}$$

\*. **Kết luận :** Để xác định kinh độ bằng thiên thể, tốt nhất là nên chọn những thiên thể ở gần vòng thẳng đứng gốc và ở những vĩ độ thấp.

## ◆ 64. ĐƯỜNG CAO VỊ TRÍ - PHƯƠNG TRÌNH VÀ CÁCH VẼ.

### 1. Đường cao vị trí :

Về nguyên tắc ta có thể dựng được vòng đẳng cao trên hải đồ Mercator bằng cách dựng một số điểm rồi nối chúng lại với nhau ; nhưng việc này rất phức tạp và tốn thời gian. Vì vậy ta thay một phần nhỏ của vòng đẳng cao bằng một đoạn thẳng tiếp tuyến hay cát tuyến với nó ở gần vị trí dự đoán. Đoạn thẳng này gọi là đường cao vị trí.

### 2. Phương trình đường cao vị trí :

Việc xây dựng phương trình đường cao vị trí khá phức tạp và đòi hỏi nhiều kiến thức toán học, ở đây ta thừa nhận phương trình đường cao vị trí sau khi tính toán có dạng như sau :

$$\Delta h = \Delta \varphi \cos A + \Delta \lambda \cos \varphi \sin A$$

Đây là phương trình đường thẳng và khi có sai số nó sẽ dịch chuyển song song với chính nó một lượng chính bằng sai số.

### 3. Cách vẽ đường cao vị trí trên hải đồ :

#### a. Phương pháp kinh độ ( phương pháp Sommer ) :

Ở phương pháp này người ta tính kinh độ các điểm của vòng đẳng cao dựa theo vĩ độ cho trước.

Phương pháp tiến hành như sau :

- Đo độ cao  $h_1$  của thiên thể.
  - Từ thời điểm quan trắc tra Lịch thiên văn được  $\delta$  và  $t_G$  của thiên thể đó.
  - Từ phương trình :  $\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos (t_G \pm \lambda^E_w)$   
cho  $\varphi_c$  một giá trị  $\varphi_1$  nào đó ta sẽ tính được  $\lambda_1$  và sẽ xác định được điểm  $K_1 ( \varphi_1, \lambda_1 )$  là giao điểm của vòng đẳng cao với vĩ tuyến  $\varphi_1$ .  
Tương tự, nếu thay  $\varphi_1$  bằng  $\varphi_2$  ta sẽ tìm được  $\lambda_2$  và điểm  $K_2 ( \varphi_2, \lambda_2 )$  là điểm thứ hai của vòng đẳng cao.
  - Nối  $K_1 K_2$  trên hải đồ ta sẽ có đường vị trí thứ nhất I I.
  - Tương tự như trên ta vạch được đường vị trí II II.
  - Giao điểm của I I và II II sẽ cho ta vị trí tàu  $M_0$ .
- \*. Lưu ý : Vĩ độ nên thay đổi trong khoảng 10 - 20' ( hải lý ).

Phương pháp này chỉ áp dụng cho những thiên thể có phương vị nằm trong khoảng

$$045 < A < 135$$

$$225 < A < 315$$

#### b. Phương pháp vĩ độ ( phương pháp Paludan ) :

Dùng cho những thiên thể có phương vị nằm trong khoảng :

$$315 < A < 045$$

$$135 < A < 225$$

Trình tự tiến hành giống như phương pháp kinh độ, chỉ khác là ta tính vĩ độ theo những kinh độ cho trước.



**c. Phương pháp phương vị ( phương pháp Akimop ) :**

Thay cho việc tính toán hai điểm của vòng đẳng cao, ở phương pháp này chỉ tính 1 điểm ( bằng phương pháp kinh độ ) và phương vị của thiên thể.

Trình tự tiến hành như sau :

- Xác định điểm  $K_1$  theo phương pháp kinh độ như trên.
- Từ vị trí dự đoán  $M_C$  (  $\varphi_C, \lambda_C$  ),  $t_G, \delta$  tra bảng toán tính được  $h_C$  và  $A_C$ .
- Từ  $M_C$  vẽ đường phương vị  $A_C$ .
- Từ  $K_1$  kẻ đường vuông góc với  $A_C$  ta được đường cao vị trí I I.
- Tương tự ta tìm được đường cao vị trí II II.
- Giao điểm của I I và II II sẽ cho ta vị trí tàu.

**d. Phương pháp Marc Saint Hilaire :**

Trong phương pháp này, ta vẽ đường cao vị trí từ vị trí dự đoán  $M_C$ . Đây là phương pháp phổ biến nhất trong hàng hải. Ta sẽ học kỹ về nguyên lý của phương pháp ở chương sau. Ở đây chỉ trình bày cách dựng đường cao vị trí trên hải đồ từ vị trí dự đoán. Trình tự tiến hành như sau :

- Tại  $M_C$  đo độ cao thiên thể bằng sextant, sau khi hiệu chỉnh các sai số ta được  $h_{o1}$  - độ cao quan trắc.
- Từ thời điểm quan trắc, tọa độ của  $M_C$ , Lịch Thiên văn, bảng toán tính được  $A_{C1}$  và  $h_{C1}$  là độ cao tính toán.
- Tính đoạn dịch chuyển  $n_1 = h_{o1} - h_{C1}$ .
- Từ  $M_C$  dựng đường phương vị  $A_{C1}$ , trên đường này lấy một đoạn  $n_1$  tính từ  $M_C$  được điểm  $K_1$ .
- Từ  $K_1$  dựng đường vuông góc với  $A_{C1}$  ta được đường cao vị trí I I.
- Tương tự ta dựng được đường cao vị trí II II.
- Giao điểm của I I và II II cho ta vị trí tàu  $M_o$ .

