

CHƯƠNG 12: SAI SỐ TRONG VIỆC QUAN TRẮC ĐỘ CAO ĐỘ Ở TRÊN BIỂN - CÁC BIỆN PHÁP KHẮC PHỤC

♦ 53. SAI SỐ NGẪU NHIÊN VÀ SAI SỐ HỆ THỐNG - CÁC PHƯƠNG PHÁP LÀM GIẢM CHỨNG

Trong bất kỳ một phép quan trắc hay đo đạc nào cũng không thể tránh khỏi các sai số trong kết quả đo. Sai số làm xuất hiện hiệu số giữa các giá trị đo được a_1 và giá trị thực của đại lượng cần đo a , tức là $\Delta = a_1 - a$.

Trong Thiên văn hàng hải dạng quan sát chủ yếu là phép đo độ cao của các thiên thể, phép đo này được tiến hành bằng Sextant. Trong các phép đo độ cao này cũng tồn tại các sai số với một giá trị nào đó. Độ chính xác của vị trí tàu xác định được sẽ phụ thuộc vào chính độ chính xác của phép đo độ cao. Do vậy, người sĩ quan hàng hải phải biết đánh giá mức độ của sai số trong những quan sát của mình.

Những nguyên nhân chủ yếu làm xuất hiện sai số trong những phép đo là do sự không hoàn thiện của các giác quan con người, sự không hoàn thiện của các dụng cụ mà ta sử dụng và của các phương pháp quan trắc, cũng như sự ảnh hưởng của các điều kiện khách quan lúc tiến hành quan trắc.

Tất cả các sai số, không phụ thuộc vào các nguyên nhân hình thành, được chia thành 2 nhóm tùy theo đặc tính là : sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên .

1. SAI SỐ HỆ THỐNG :

Sai số hệ thống là những sai số mà ta có thể biết được nguyên nhân gây ra chúng và các đặc tính của chúng. Ta có thể loại trừ ảnh hưởng của chúng lên kết quả đo đạc bằng cách áp dụng những số hiệu chỉnh hay bằng các phương pháp đặc biệt khác.

Nếu như độ lớn và dấu của sai số hệ thống giữ nguyên không thay đổi ở mọi phép đo kế tiếp thì người ta gọi chúng là những " Sai số lặp lại ". Trong Thiên văn hàng hải ta thường gặp các sai số lặp lại vì vào lúc đo độ cao phần lớn các nguyên nhân gây nên sai số hệ thống đều không biến đổi.

Sự xuất hiện các sai số hệ thống là do cả những yếu tố khách quan lẫn những sai số trong dụng cụ. Các nguyên nhân chủ yếu gây nên sai số hệ thống trong độ cao quan trắc chính là những sai số trong giá trị độ nghiêng chân trời mà ta tra được từ các bảng lập sẵn với đối số là độ cao mắt người quan sát được thừa nhận nào đó và một nguyên nhân nữa là giá trị của sai số dụng cụ của Sextant là s . Trong thực tế, giá trị của độ nghiêng chân trời biểu kiến hầu như

luôn khác với những giá trị mà ta lấy ra từ các bảng lập sẵn (ví dụ như bảng Λ_2 trong lịch Thiên văn Anh), còn các sai số dụng cụ của Sextant thì lại biến đổi theo thời gian. Ngoài 2 nguyên nhân chính này các sai số trong khúc xạ Thiên văn, số hiệu chỉnh vạch chuẩn ... cũng là những nguyên nhân gây ra sai số hệ thống không đáng kể trong độ cao quan trắc.

Thông thường người ta thừa nhận độ lớn của sai số hệ thống trong độ cao đo đã được hiệu chỉnh nằm trong khoảng từ $1' - 3'$, đôi khi ở vùng cực có thể đạt đến $7' - 8'$. Nếu ta sử dụng máy đo độ nghiêng chân trời khi tiến hành quan trắc, còn Sextant thuộc loại chế tạo tinh vi và bảo dưỡng tốt thì có thể lấy giá trị trung bình của sai số hệ thống là $0'5$.

Người sĩ quan hàng hải phải áp dụng mọi biện pháp cần thiết để loại trừ sai số hệ thống khỏi kết quả quan trắc. Trong thực tế các biện pháp này là :

- Sử dụng đúng cách và bảo dưỡng thường xuyên Sextant.
- Kiểm tra các gương trước mỗi lần quan trắc.
- Xác định kỹ lưỡng số hiệu chỉnh vạch chuẩn trước khi quan trắc.
- Hiệu chỉnh đầy đủ các số hiệu chỉnh khi hiệu chỉnh độ cao.
- Nếu có thể được thì đo độ nghiêng chân trời bằng máy.
- Xác định một cách có hệ thống số hiệu chỉnh thời kế và qui số hiệu chỉnh này về thời điểm quan trắc (vì sai số trong thời điểm quan trắc cũng giống như sai số trong độ cao đo sẽ dẫn đến sai số trong vị trí tàu)
- Bảo dưỡng định kỳ Sextant để có được sai số dụng cụ s đáng tin cậy.

2. SAI SỐ NGẪU NHIÊN :

Sai số ngẫu nhiên là sai số gây nên bởi dự tác động tổng hợp của những nguyên nhân đa dạng và nhiều khi trái ngược nhau, ảnh hưởng đến kết quả đo đạc. Độ lớn và dấu của sai số này, khác với sai số hệ thống, có thể thay đổi ở mỗi lần quan trắc. Vì nếu như ở những điều kiện trên bờ dùng Sextant đo một số lần cùng một số góc thì chúng ta cũng sẽ nhận được những kết quả khác nhau. Điều này chứng tỏ sự tồn tại của các sai số ngẫu nhiên trong mỗi số đo, mà ta không hề biết cả về độ lớn lẫn dấu của nó. Sự biến thiên như vậy của sai số ngẫu nhiên có thể được giải thích rằng chúng xuất hiện là do một loạt những nguyên nhân không có liên hệ gì với nhau và cũng khác với chính mình trong mỗi lần đo.

Từ lý thuyết xác suất ta đã biết rằng, nếu tiến hành một số lượng lớn các phép đo đồng thời (lúc là được đo trong những điều kiện như nhau : cùng một người quan sát, cùng một dụng cụ, cùng một phương pháp đo, cùng một môi

trường ngoại cảnh) một đại lượng không đổi nào đó thì những sai số ngẫu nhiên nảy sinh ra sẽ tác động theo một qui luật xác định.

Những tính chất chủ yếu của sai số ngẫu nhiên như sau :

- Trong một loạt phép đo đã cho, các giá trị của sai số ngẫu nhiên không thể vượt quá một giới hạn nào đó.
- Trong một số lần lớn các phép đo thì các sai số ngẫu nhiên có giá trị nhỏ thường nhiều hơn các sai số có giá trị lớn.
- Trong một số lần lớn các phép đo, số lượng các sai số ngẫu nhiên có giá trị tuyệt đối bằng nhau nhưng có dấu ngược nhau thì xấp xỉ bằng nhau.

Trên cơ sở của tính chất thứ ba có thể kết luận rằng, khi tiến hành một số lượng lớn các phép đo một đại lượng nào đó thì giá trị trung bình cộng của tất cả các phép đo sẽ tiến gần đến giá trị thật.

Giả sử rằng chúng ta tiến hành n lần phép đo đồng thời một góc nào đó. Độ lớn thật của góc này, mà chúng ta không biết được, ký hiệu là a , kết quả của mỗi lần đo sẽ là $a_1 ; a_2 \dots a_n$. Trung bình cộng của loạt đo là a_0 . Khi đó, trên cơ sở của tính chất thứ 3 nói trên, ta có :

$$a = a_0 = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n} = \frac{\sum a_i}{n}$$

Trong thực tế số lần quan trắc n là ít nên $a \neq a_0$. Tuy nhiên, trong trường hợp số lần quan trắc hạn chế thì a_0 vẫn cứ gần với giá trị thật của đại lượng cần đo a hơn là bất cứ kết quả của một lần đo riêng rẽ nào. Do đó a_0 còn được gọi là " Giá trị xác xuất " của đại lượng được đo. Bởi vậy, để thu được kết quả quan trắc có độ chính xác cao nên tiến hành một loạt các phép đo của cùng một đại lượng, sau đó lấy trung bình cộng của các số đo thu được.

Việc tăng số lượng phép đo không những cho phép ta giảm được ảnh hưởng của sai số ngẫu nhiên lên kết quả cuối cùng mà còn đánh giá được độ chính xác của phép đo.

Trong bất kỳ một quan trắc nào, sự xuất hiện của sai số ngẫu nhiên là không thể tránh khỏi. Trong các phép đo độ cao thiên thể, độ lớn của các sai số này được xác định chủ yếu bằng trạng thái của chân trời biểu kiến cũng như là kỹ năng của người quan sát. Nếu đường chân trời không rõ ràng thì việc làm trùng ảnh của thiên thể với đường chân trời sẽ kém chính xác hơn là khi đường chân trời sáng sủa.

Để giảm các sai số ngẫu nhiên trong các độ cao đo, ta cần nghiên chỉnh tuân thủ một loạt những kiến nghị sau :

- Cố gắng tạo những điều kiện tốt nhất cho quan trắc (chọn những thiên thể có độ sáng vừa đủ, những thiên thể này nằm trên những phần sáng sủa của đường chân trời).
- Tập luyện một cách có hệ thống các phương pháp đo độ cao.
- Cố gắng làm trùng chính xác thiên thể hay mép của nó với đường chân trời biểu kiến trong khi chao đều và lắc nhẹ Sextant.
- Khi làm tiếp xúc thiên thể với đường chân trời cố gắng giữ cho chúng nằm ở khu vực giữa ống kính.
- Với mỗi thiên thể nên đo một loạt từ 3 - 5 độ cao.

◆ 54. SAI SỐ BÌNH PHƯƠNG TRUNG BÌNH

1. KHÁI NIỆM :

Vì ta không thể tính được giá trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên trong mỗi phép đo, nên để đánh giá độ chính xác của mỗi phép đo riêng biệt trong một loạt quan trắc, người ta sử dụng một đại lượng qui ước được gọi là " Sai số bình phương trung bình ", ký hiệu là ε .

Để có được ε cần phải tiến hành một loạt các quan trắc giống nhau của một đại lượng chưa biết nào đó. Khi đó sai số bình phương trung bình được tính theo công thức :

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$$

Trong đó :

v_i - Là hiệu số giữa giá trị đo riêng biệt a_i và giá trị trung bình cộng a_0 của loạt đo $v_i = a_i - a_0$

n - Số lượng phép đo.

Công thức trên rất thuận tiện cho việc đánh giá độ chính xác của các quan trắc. Việc lấy bình phương hiệu số v_i là để làm mất dấu của sai số vì chúng không đóng một vai trò nào trong việc đánh giá độ chính xác của phép

do, cũng như cho phép ta xác định được sự tồn tại của những sai số ngẫu nhiên lớn.

Giá trị của sai số trong những quan trắc riêng biệt có thể lớn hơn hay nhỏ hơn giá trị của ε . Tuy nhiên, lý thuyết xác suất đã chứng minh được rằng khi số lần quan trắc đủ lớn thì giá trị tuyệt đối của sai số ngẫu nhiên trong 68,3 % lần đo không vượt quá giá trị của sai số bình phương trung bình ε , trong 95,4 % lần đo không vượt quá 2ε , trong 99,7 % lần đo không vượt quá 3ε . Sai số ngẫu nhiên có độ lớn bằng 3ε được gọi là sai số giới hạn, ký hiệu là ε_{gh} . Những sai số nào có giá trị lớn hơn ε_{gh} thì được coi là những "nhầm lẫn".

Ở phần trước ta đã biết rằng giá trị trung bình cộng của tất cả các phép đo giống nhau của một đại lượng nào đó thì được gọi là "Giá trị xác xuất" của đại lượng đó. Nhưng với một số lượng hạn chế các quan trắc, giá trị trung bình cộng này không bằng giá trị thật của đại lượng cần đo và do đó nó sẽ chứa đựng một sai số nào đó. Sai số này được gọi là "Sai số bình phương trung bình của giá trị trung bình cộng", ký hiệu là E.

Lý thuyết đã chứng minh rằng: sai số của giá trị trung bình cộng E sẽ bằng sai số bình phương trung bình của các kết quả đo riêng biệt ε chia cho căn bậc 2 của số lần quan trắc.

$$E = \pm \frac{\varepsilon}{\sqrt{n}}$$

Bởi vậy, khi ta tăng số lượng quan trắc thì sai số của giá trị trung bình sẽ giảm đi.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH SAI SỐ BÌNH PHƯƠNG TRUNG BÌNH :

Để tính sai số bình phương trung bình của phép đo một đại lượng nào đó, trong Thiên văn hàng hải thường sử dụng một trong 2 phương pháp sau :

- Tính ε theo độ sai biệt so với giá trị trung bình (gọi là phương pháp nội sai).
- Tính ε theo biên độ.

Trong cả hai trường hợp cần phải tiến hành đo giống nhau và trực tiếp không ít hơn 5 lần (tốt nhất là 9 lần hay 11 lần). Trong cả 2 phương pháp, khi số lượng quan sát nhỏ hơn 10 lần thì kết quả thu được là như nhau. Tuy nhiên phương pháp hai có khối lượng tính toán ít hơn và do đó có thể được coi như là phương pháp cơ bản.

✧ 55. QUI ĐỘ CAO QUAN TRẮC VỀ CÙNG MỘT THỜI ĐIỂM VÀ CÙNG MỘT THIÊN ĐỈNH - TÍNH SAI SỐ BÌNH PHƯƠNG TRUNG BÌNH CỦA PHÉP ĐO ĐỘ CAO THIÊN THỂ

Để tiến hành phân tích độ chính xác của vị trí quan trắc mà ta nhận được cần phải đánh giá sơ bộ các sai số ngẫu nhiên trong độ cao của thiên thể mà ta đo được bằng Sextant.

Nhằm mục đích đó, mỗi một lần xác định vị trí tàu chúng ta phải tính sai số bình phương trung bình của các quan trắc đã làm. Nhưng việc tính toán trực tiếp ϵ_h (ký hiệu của sai số bình phương trung bình trong độ cao đo) đòi hỏi ta phải sử dụng thêm rất nhiều thời gian. Bởi vậy, trong thực tế việc đánh giá độ chính xác của phép đo độ cao mỗi khi xác định vị trí tàu thường được làm trên cơ sở những tính toán đặc biệt từ trước để có được ϵ_h . Những tính toán đó được tiến hành đối với những thiên thể khác nhau, trong những điều kiện khác nhau của hành trình. Việc đánh giá độ chính xác trong phép đo độ cao như vậy đòi hỏi mỗi sĩ quan hàng hải phải xác định được những sai số quan trắc của riêng mình.

Để tính ϵ_h cần phải tiến hành một số lần (thường là 9) phép đo giống nhau của độ cao của một thiên thể nào đó. Tuy nhiên, như ta đã biết, độ cao của thiên thể biến đổi liên tục, tức là việc quan trắc chúng không phải là những phép đo giống nhau. Sự biến thiên này của độ cao là do chuyển động quay ngày đêm của Thiên cầu cũng như do sự chuyển động của tàu trên bề mặt Trái đất. Kết quả là tất cả các số đọc Sextant nhận được sẽ khác nhau. Sự khác nhau này không những do bản thân sai số ngẫu nhiên trong mỗi số đọc Sextant mà còn do 2 nguyên nhân vừa nêu trên. Nói một cách khác là các độ cao đo được sẽ không thể so sánh với nhau. Để làm cho tất cả các độ cao có thể so sánh được với nhau ta cần phải qui các giá trị của chúng về cùng một thời điểm và cùng một thiên đỉnh.

1. QUI ĐỘ CAO CỦA THIÊN THỂ VỀ CÙNG MỘT THỜI ĐIỂM :

Do chuyển động quay ngày đêm của Thiên cầu mà các độ cao của thiên thể biến đổi không ngừng. Ở phía Đông độ cao sẽ tăng lên, còn phía Tây độ cao sẽ giảm đi. Đặc điểm biến thiên độ cao của thiên thể do chuyển động ngày đêm của Thiên cầu đã được trình bày ở ✧ 10. Ta đã có công thức biểu diễn sự biến thiên của độ cao theo thời gian là :

$$\Delta h = - \cos \varphi \sin A \Delta t$$

Với Δt là độ biến thiên của góc giờ hay một cách gần đúng là độ biến thiên của thời gian.

Ta có thể biến đổi công thức này thành công thức biểu diễn sự biến thiên của độ cao theo những phút cung tương ứng với khoảng thời gian bằng 10 s như sau :

$$\Delta h_T' = 2'5 \cos \varphi \sin A$$

Trong thực tế, nếu trên tàu có bảng toán MT - 75 thì ta có thể sử dụng bảng 17 MT - 75 để tính sự biến thiên của độ cao trong những khoảng thời gian không lớn lắm.

Trong bảng 17 MT - 75 cho các đại lượng $\Delta h_T'$ trong từng 10 giây đối với các vĩ độ từ $0^\circ - 90^\circ$ và các phương vị trong cách tính bán vòng cách nhau 5° và 10° . Bảng này ta có thể qui tất cả các độ cao đo được về một thời điểm bất kỳ nào. Để làm điều này ta cần hiệu chỉnh mỗi độ cao đo được một lượng $\Delta h_T'$ ứng với khoảng thời gian từ lúc đo nó đến thời điểm mà ta muốn qui nó về. Sau đó tất cả các độ cao có thể được coi như đo tại cùng một thời điểm.

Độ cao có thể được qui về bất cứ thời điểm nào. Dấu của lượng hiệu chỉnh $\Delta h_T'$ được xác định bằng cách suy luận rằng từ lúc mọc (của Mặt trời) đến lúc qua kinh tuyến thì độ cao tăng lên, còn từ lúc qua kinh tuyến đến lúc lặn thì độ cao giảm đi. Nếu giả sử là tàu đang neo thì sau khi qui tất cả các độ cao về cùng thời điểm như vậy, ta sẽ nhận được các số đọc Sextant mà chúng khác nhau chỉ do sai số ngẫu nhiên của phép đo.

2. QUI ĐỘ CAO CỦA THIÊN THỂ VỀ CÙNG MỘT THIÊN ĐỈNH :

Nếu như loạt độ cao của thiên thể được đo trên tàu đang chuyển động thì giữa các thời điểm của mỗi quan trắc, tàu đã chuyển động một quãng đường nào đó trên bề mặt Trái đất. Thiên đỉnh của người quan sát sẽ chuyển động cùng với tàu và do đó sẽ ảnh hưởng đến thiên đỉnh của mặt phẳng chân trời. Khi đó, phần chân trời nằm ở phía mà tàu chuyển động tới sẽ chìm xuống và phía ngược lại sẽ dâng lên. Vì lý do này mà các độ cao của thiên thể nằm ở phía những góc mạn mũi của một con tàu đang chuyển động sẽ tăng liên tục, còn độ cao của các thiên thể nằm sau chính ngang sẽ giảm đi. Bởi vậy các độ cao được đo từ các điểm khác nhau trên Trái đất sẽ khác nhau.

Để qui các độ cao đo được về cùng một vị trí hay như quen gọi trong Thiên văn hàng hải là về cùng một thiên đỉnh, ta cần phải áp dụng vào kết quả mỗi quan trắc một số hiệu chỉnh đặc trưng cho độ biến thiên độ cao do tàu chuyển động. Sau đó thì tất cả các độ cao có thể được coi như cùng một quan trắc từ một thiên đỉnh.

Số hiệu chỉnh Δh_z sẽ đạt được giá trị lớn nhất khi thiên thể nằm đúng hướng mũi hay lái tàu. Khi đó $\Delta h_z = S$ là quãng đường mà tàu chạy được trong khoảng thời gian giữa hai lần quan trắc. Khi thiên thể nằm ở chính ngang thì $\Delta h_z = 0$.

Nếu trong công thức (1) ta thay S bằng vận tốc V tính bằng nơ nhân với $(T_2 - T_1)$ tính bằng phút thì công thức có dạng :

$$\Delta h_z = \frac{V}{60} \cos (A - HT) (T_2 - T_1) \quad (2)$$

Hoặc nếu lấy $T_2 - T_1 = 1$ phút thì ta có :

$$\Delta h_v = \frac{V}{60} \cos (A - HT) \quad (3)$$

Δh_v biểu diễn sự biến thiên của độ cao thiên thể trong một phút hành trình của tàu.

Dựa vào công thức (3) người ta lập bảng 16 MT - 75 " Qui độ cao về cùng thiên đỉnh ". Đối số vào bảng là vận tốc V của tàu và góc mạn G của thiên thể. Dấu của Δh_v được chỉ dẫn trong bảng ngay bên cạnh G đối với trường hợp qui về thiên đỉnh sau. Nếu qui về thiên đỉnh trước thì số hiệu chỉnh Δh_v sẽ mang dấu ngược với dấu trong bảng. Sau khi lấy được Δh_v ta nhân với $(T_2 - T_1)$ sẽ được $\Delta h_z = \Delta h_v (T_2 - T_1)$.

Nếu không có bảng toán thích hợp ta cũng có thể tính trực tiếp Δh_z bằng máy tính.

3. TÍNH SAI SỐ BÌNH PHƯƠNG TRUNG BÌNH TRONG PHÉP ĐO ĐỘ CAO THIÊN THỂ (ϵ_h):

Để tính ϵ_h ta cũng có thể áp dụng 1 trong 2 phương pháp ở phần $\diamond 54$: phương pháp nội sai và phương pháp biên độ. Thường người ta tiến hành đo một loạt 9 hoặc 11 độ cao của một thiên thể nào đó, mỗi một độ cao được ghi kèm với thời điểm quan trắc thật chính xác. Đồng thời ghi lại vĩ độ của tàu, hướng đi HT, vận tốc V , phương vị PT của thiên thể ứng với lần quan sát trung bình cộng là lần quan sát giữa. Sau đó tiến hành qui các độ cao đo được về cùng một thời điểm và cùng một thiên đỉnh bằng các công thức đã trình bày ở trên, hoặc nếu trên tàu có bảng toán MT - 75 thì có thể sử dụng bảng.

Cuối cùng tiến hành tính toán ϵ_h theo công thức tương ứng.

Số hiệu chỉnh Δh_z sẽ đạt được giá trị lớn nhất khi thiên thể nằm đúng hướng mũi hay lái tàu. Khi đó $\Delta h_z = S$ là quãng đường mà tàu chạy được trong khoảng thời gian giữa hai lần quan trắc. Khi thiên thể nằm ở chính ngang thì $\Delta h_z = 0$.

Nếu trong công thức (1) ta thay S bằng vận tốc V tính bằng nơ nhân với $(T_2 - T_1)$ tính bằng phút thì công thức có dạng :

$$\Delta h_z = \frac{V}{60} \cos (A - HT) (T_2 - T_1) \quad (2)$$

Hoặc nếu lấy $T_2 - T_1 = 1$ phút thì ta có :

$$\Delta h_v = \frac{V}{60} \cos (A - HT) \quad (3)$$

Δh_v biểu diễn sự biến thiên của độ cao thiên thể trong một phút hành trình của tàu.

Dựa vào công thức (3) người ta lập bảng 16 MT - 75 " Qui độ cao về cùng thiên đỉnh ". Đối số vào bảng là vận tốc V của tàu và góc mạn G của thiên thể. Dấu của Δh_v được chỉ dẫn trong bảng ngay bên cạnh G đối với trường hợp qui về thiên đỉnh sau. Nếu qui về thiên đỉnh trước thì số hiệu chỉnh Δh_v sẽ mang dấu ngược với dấu trong bảng. Sau khi lấy được Δh_v ta nhân với $(T_2 - T_1)$ sẽ được $\Delta h_z = \Delta h_v (T_2 - T_1)$.

Nếu không có bảng toán thích hợp ta cũng có thể tính trực tiếp Δh_z bằng máy tính.

3. TÍNH SAI SỐ BÌNH PHƯƠNG TRUNG BÌNH TRONG PHÉP ĐO ĐỘ CAO THIÊN THỂ (ϵ_h) :

Để tính ϵ_h ta cũng có thể áp dụng 1 trong 2 phương pháp ở phần $\diamond 54$: phương pháp nội sai và phương pháp biên độ. Thường người ta tiến hành đo một loạt 9 hoặc 11 độ cao của một thiên thể, nào đó, mỗi một độ cao được ghi kèm với thời điểm quan trắc thật chính xác. Đồng thời ghi lại vĩ độ của tàu, hướng đi HT, vận tốc V , phương vị PT của thiên thể ứng với lần quan sát trung bình cộng là lần quan sát giữa. Sau đó tiến hành qui các độ cao đo được về cùng một thời điểm và cùng một thiên đỉnh bằng các công thức đã trình bày ở trên, hoặc nếu trên tàu có bảng toán MT - 75 thì có thể sử dụng bảng.

Cuối cùng tiến hành tính toán ϵ_h theo công thức tương ứng.