

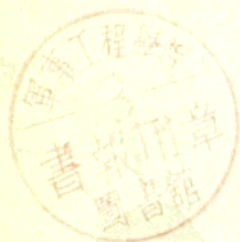
36198

627.912

434.7

觀測太陽測定船位法

B. Ф. 狄雅科諾夫著



中國人民解放軍第一海軍學校翻印

一九五七年八月

U 675.6

40413

36158

觀測太陽測定船位法 及準確性分析

B. Ф. 狄雅科諾夫著



中國人民解放軍第一海軍學校翻印

一九五七年八月

目 錄

緒 論	7
第一章 兩個高度問題及其主要解法	12
第一節 問題的提出	12
第二節 解兩個高度問題的直接解析法	14
第三節 解兩個高度問題的間接解析法	23
第四節 位置綫等值方程式組	30
第二章 根据太陽高度測定船位準確性的分析	37
第一節 觀測太陽視地平高度的準確性	37
第二節 計算推算高度的誤差	53
第三節 用均方誤差判定船位準確性	62
第四節 用均方誤差橢圓判定船位準確性	68
第五節 觀測高度固定誤差對所測船位準確性的 影響	82
第六節 偶然誤差和系統誤差對所測船位的合同影響	84
第三章 根据太陽高度測定船位的特殊情況	90
第一節 根据太陽高度測定船位的主要困難	90
第二節 在小方位差條件下觀測太陽測船位法	94
第三節 根据天體高度及其變化速度測船位法	107
第四節 根据天體高度及其變化速度測船位緯度法	112
第五節 根据天體高度及其變化速度一同測船位經 緯度法	121
第四章 在太陽方位差的值小之情況下測位準確性的實	

实际研究.....	146
第一节 研究短時間觀測准确性的一般方法.....	146
第二节 觀測处理的方法.....	149
第三节 太陽短時間觀測处理結果一體表和准确性 分析.....	152
結 論.....	176
附 录.....	181
文 献.....	201

U675.6

40413

36158

觀測太陽測定船位法 及準確性分析

B. Ф. 狄雅科諾夫著



中國人民解放軍第一海軍學校翻印

一九五七年八月

DW 57/40

譯校者說明

本書系根据狄雅科諾夫(В.Ф.Дьяконов)著，苏联国家水路運輸出版社列宁格勒分社(Государственное издательство водного транспорта ленинградское отделение) 1954年出版的「觀測太陽測定船位法」(Определение места судна по солнцу)譯出的。

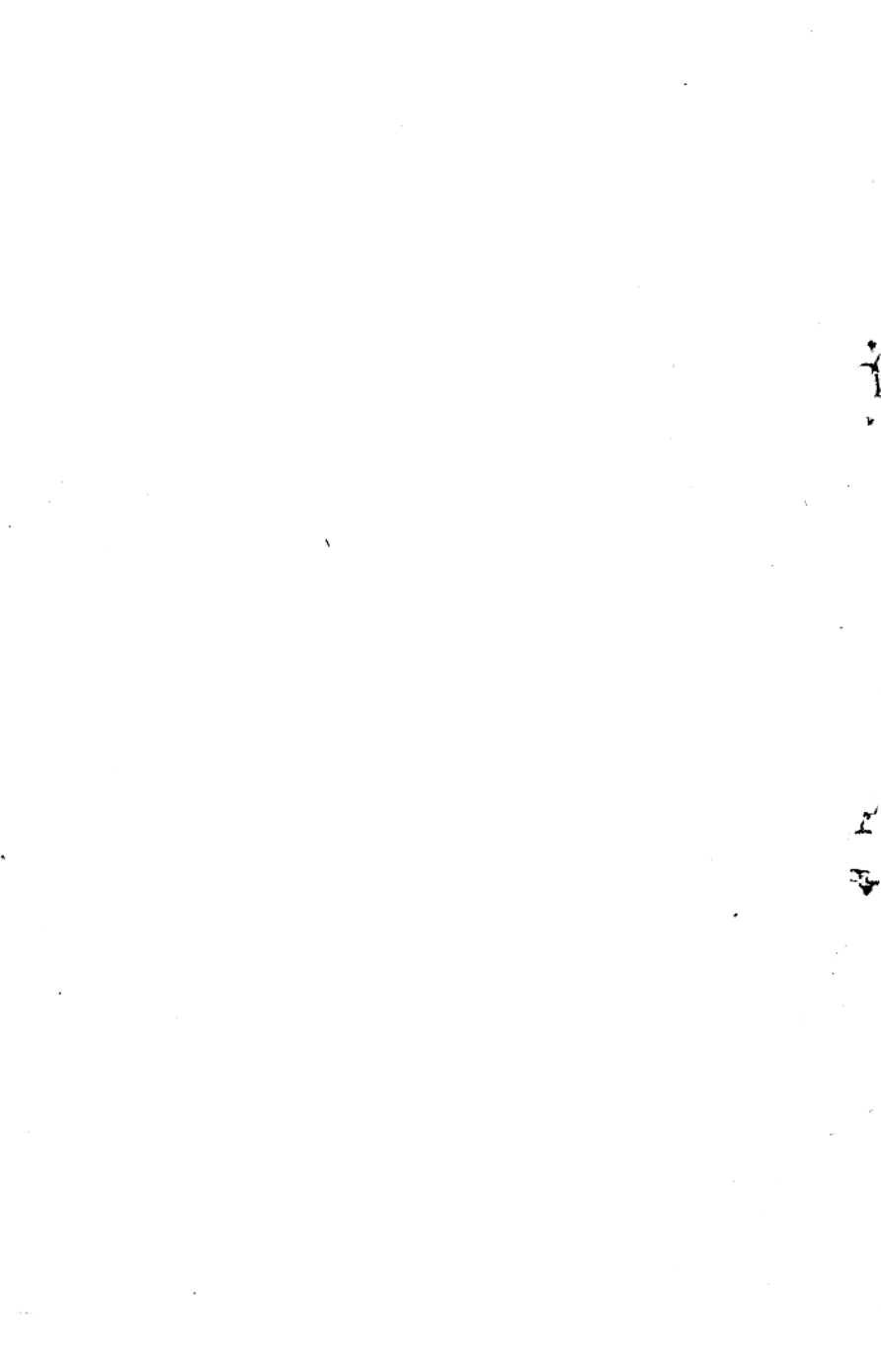
原書是作者的一部學術論文。

書中論述了与觀測太陽測定船位相符合的兩個高度問題的主要解法，从理論上和实际上研究了短時間觀測太陽測定之船位的準確性，同时，还提到了在現有天文航海學中未加闡明，但对航海人員具有重要意义的許多其他問題。

翻譯此書，主要是供本教研室同志們的教學參考和本校學員科學研究小組研究之用。为此，虽我們深知本身翻譯与業務水平極低，譯文一定有很多錯誤，但也就大膽地將它付印了。

最后，我們誠懇地希望閱讀此譯文的同志們指正！

譯 者	華 敬 圻
校 者	周 寬



目 錄

緒 論.....	7
第一章 兩個高度問題及其主要解法.....	12
第一節 問題的提出.....	12
第二節 解兩個高度問題的直接解析法.....	14
第三節 解兩個高度問題的間接解析法.....	23
第四節 位置綫等值方程式組.....	30
第二章 根據太陽高度測定船位準確性的分析.....	37
第一節 觀測太陽視地平高度的準確性.....	37
第二節 計算推算高度的誤差.....	53
第三節 用均方誤差判定船位準確性.....	62
第四節 用均方誤差橢圓判定船位準確性.....	68
第五節 觀測高度固定誤差對所測船位準確性的 影響.....	82
第六節 偶然誤差和系統誤差對所測船位的合同影響	84
第三章 根據太陽高度測定船位的特殊情況.....	90
第一節 根據太陽高度測定船位的主要困難.....	90
第二節 在小方位差條件下觀測太陽測船位法.....	94
第三節 根據天體高度及其變化速度測船位法.....	107
第四節 根據天體高度及其變化速度測船位緯度法.....	112
第五節 根據天體高度及其變化速度一同測船位經 緯度法.....	121
第四章 在太陽方位差的值小之情況下測位準確性的實	

实际研究.....	146
第一节 研究短时间观测准确性的一般方法.....	146
第二节 观测处理的方法.....	149
第三节 太阳短时间观测处理结果一览表和准确性 分析.....	152
结 论.....	176
附 录.....	181
文 献.....	201

緒 論

根据觀測任意方位的兩個天体高度，測定位置地理坐标的方法，具有广泛的用途。若和其他天文方法相比較，它能根据任何方位的一个、兩個或更多的天体，測定地面上各点的地理坐标。如果觀測兩個天体，則測位（ φ 和 λ ）的准确性，与方位本身的大小无关，而仅依方位差轉移。这种方法不仅在海上測定船位方面，而且在陆上低精度的天文工作方面，都得到了广泛地应用。特别是，在各种地理勘察中，当因为天空有云，不能使用其他方法，或仅限于白天觀測太陽时，更常採用这种方法測定位置坐标。

夜間，觀測天体測定船位是比較容易的，因为当天空无云时，往往能够選擇和几乎同时觀測兩個、三个或更多的亮星。从所得到的觀測中，不难算出位置經緯度。觀測三个以上的天体时，能够消除所有高度共有的系統誤差对所測船位的影响。最后，夜間天文測位的准确性，与船的航程差和航向差无关，即与航海推算誤差无关。

晝間，同样的可能性是很有限的，因为在視地平以上只能看到一个天体——太陽，很少能看到兩個天体——月亮和太陽。加之，能同时觀測日月測定船位的时机很少，且其准确性，也是不可靠的。因此，可以不考虑这种情况。

晝間根据太陽測定船位，存在着特殊的困难，因为，要准确地获得船位坐标，必須等待太陽方位至少变化到 30° 。历史証明，早在100—150年之前，就曾不止一次地試圖：用相隔很短時間先后觀測的兩個太陽高度，來測定船位的地理坐标。但这种方法測定船位，

(φ_0 和 λ_0) 的准确性非常低，以致航海者常常不用这类观测，或者，只在测定位置纬度的特殊情况下才使用它。

从那时起，航海上发生了巨大的变化。由于现代船舶的速度、机动性和续航力，都提高了许多倍，因此，也就提高了对测定船位准确性的要求。

为了要保持所测船位通常的——相当于方位差 $30^\circ-150^\circ$ 的准确性，必须适当地提高观测太阳视地平高度的准确性。但是，这个问题是很复杂的，而且实际上迄今尚未得到解决。譬如说，在近百年中，观测太阳视地平高度的准确性，提高得就很少。可是，在短时间观测太阳的情况下，可容许的最小方位差、及对根据这种观测所测船位底信赖程度问题，却与这个问题有密切关系。也很明显，如果观测的准确性，不能大大地提高，任何新的处理方法本身，都不可能提高天文测位的准确性。然而，有些情况（气象情况，航海情况等）常常可能要求，在较短的时间内测出船位，那怕比相隔2—4小时观测两个太阳高度，所能获得的准确性低一些。因此，在很早以前，就出现了探求将在根据太阳测定船位时连续两次观测的间隔时间，缩短到不多几分钟（5—20^m）之方法的想法。

大家知道，在十九世纪中叶以前，航海者们，主要是使用分别测定船位经纬度的方法。通常在正午时刻观测太阳子午高求纬度，而在东、西附近观测天体高度测经度。为了扩大观测天体，特别是，测位置纬度的范围起见，先后曾提出了许多方法，其中应该指出的有下列几种：

1) 杜维斯法 (1740)。此法是根据太阳的两个近午高及其间隔时间测纬度；

2) 拉依昂斯法 (1777)。此法是根据在日出或日没时，太阳视面通过视地平线所需间隔时间测纬度；

3) 著名的数学家和天文学家瓦·傑拉姆博尔，在1814年改良过的天体近午高测纬度法；

4) 委科姆法 (1820)。此法是根据天体高度及其变化速度测纬

度；

5) 普列斯捷尔法(1853)。此法是根据太陽在东西圓上的高度及其变化速度測緯度。

上述測位置緯度法，皆易变换为一同測定位置經緯度法。实际上，測出緯度后，从同一觀測中，非常容易算出位置經度。但是，由于俄国学者和航海者們，批判地对待了报刊上所登載的短時間觀測太陽測緯度法，結果查明了：除第三法外，其余皆为非常近似的方法。

就其中，关于普列斯捷尔法，海軍中校捷列內第二在其「評此法」中写道：

「在使用普列斯捷尔法时，緯度誤差可能达到 1° 以上……显然，不应將这一測緯度法，当作为測定自己的海上位置的可靠手段，推荐给航海者們。但出版它，也並不是一件坏事，因为这样，一方面可以告訴我們的海員們，注意其他国家中可能對我們有用的一切东西，另一方面，指出它的所有缺点，也可以提醒想要使用它的那些海員」①。

在C·捷列內的論文「評前文及其所刊之法」②中，曾給麥科姆法以类似的批判分析。因此，上述方法均未获得实际应用，而自从發現位置綫法时起，就全被遺忘了。

近几年来，对于根据短時間觀測的兩個太陽高度測定船位的問題，又重新感到了兴趣。在航海期刊上，有时刊載有論述根据太陽的短時間觀測測定船位的新方法的文章。譬如，1927年，在一个小冊子上發表了В·維里斯的新方法。实际上，在这个方法中，並沒有什麼新的和獨創的东西。維里斯是根据麥科姆法測位置緯度，並根据从同一觀測中求出的緯度，來計算位置經度的。但他却斷言，在觀測兩個太陽高度的間隔時間，為3—5分鐘条件下，他的方法保證所測船位能準確到1—2哩。虽然，卡托尔和阿坤諾試圖少

①「航海文集」，第XV I卷，第五期，1855年，俄文版，124—126頁。

②「航海文集」，第I卷，第七期，1849年，俄文版，446—462頁。

許改良和証實維里斯法，但由於該法準確性很低，故在航海上，也並未獲得實際應用和推廣。

後來，在我們的報刊上，再三地出現了短時間觀測太陽測定船位的問題。當然，如果考慮到，在高緯度和極晝區有極不良的氣象和航海情況的話，則在這種條件下航行時，這種方法就具有極重要的意義。在這種條件下，有2—3厘的誤差的結果，是完全可以滿足的。但對這一問題的研究說明，上述短時間觀測太陽測定船位法，並不能屬於有充分價值的方法之列。

由於近來提出了許多不同的，其目的是為了要獲得和在正常方位差（ 30° — 70° ）條件下之準確性相同的，處理太陽的短時間觀測的建議和新方法，因而在海員中間，流行了一種不完全正確的看法，即認為用某一種處理觀測的方法，就可以提高所測船位的準確性。在許多著作和論文中，甚至斷言：觀測的間隔時間愈短，測定的船位愈準確；在處理觀測時，從相隔很短的間隔時間觀測的兩個太陽高度中，可以消除系統誤差對所測位置坐標的影響。而在其他著作中，則又論證說，可以根據兩個觀測高度和間隔時間，測定高度變化的真速度或瞬時速度，然後，就根據這些高度及其變化速度，求出位置的「準確坐標」。

類似武斷的錯誤，在某種程度上，可以說是因為對於更早期的方法不夠熟悉，而且沒有批判地對待近幾年來在國外刊物上刊載的短時間方法。

至今，對於觀測太陽視地平高度的實際準確性，尚存在着極矛盾的概念。在著作中，對這個問題無力的和在某種程度上相矛盾的闡述，是在分析測定船位的理論準確性時，把單個觀測太陽高度的均方誤差，少取了 $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ 的原因。此外，在判定準確性時，沒有考慮會在相當大的程度上使最終結果惡化的、其他一些並非不重要的誤差來源（系統誤差、計算誤差、本法所固有的和繪劃的作圖誤差、推算誤差等）。在分析準確性時，也多半是使用圓誤差，而不用誤差橢圓。最後，上述方法的研究，大抵是在脫離生活、經驗和

實踐的情況下進行的，這正是出現極複雜的、難解的和很不準確的處理短時間觀測法的原因。因此，在許久以前就有了這樣的要求：在各種條件下，從理論上和實際上來研究短時間觀測的方法，同時，順便求出單個觀測太陽高度的均方誤差值，及影響測定船位準確性的其他誤差來源。

本書的目的是：全面地研究，和以統一的觀點分析現有的根據太陽的短時間觀測測定船位的方法，特別是要：

1) 詳細說明在各種天氣條件和地平狀況下，觀測太陽視地平高度的誤差問題；

2) 研究計算推算高度的誤差，以便查明最準確和最簡便的求推算高度的方法；

3) 代替一般通用的均方誤差，而採用誤差橢圓來闡明高度的偶然誤差和系統誤差，在小的和有限的方位差情況下，對所測船位分別的和合同的影响；

4) 根據實驗的材料確定：在按照航海和氣象條件，需要降低所測船位的準確性的條件下，實際縮短觀測的間隔時間（方位差）的可能性，以便在實際航海工作中，使用短時間觀測。

在編著本書時，作者按着歷史發展，以敘述方式詳細地研究了這些問題。在這裡，應當強調指出，俄國學者和航海者們的著作，是他們在各種航海天文問題的發展和研究中，特別是在根據太陽的短時間觀測測定位置地理坐標的方法的發展和實際判定中，所起的進步作用之光輝明證。

第一章

兩個高度問題及其主要解法

第一節 問題的提出

假如，經過一定的間隔時間，先後觀測兩個太陽高度 (h_1 和 h_2)，並記下相應的天文鐘時或表時 (T_1 和 T_2)，以及已知天文鐘差或表差，那麼便可寫出下列兩個方程式 (圖 1)：

$$\left. \begin{aligned} \sin h_1 &= \sin \varphi \sin \delta_1 + \cos \varphi \cos \delta_1 \cos t_1 \\ \sin h_2 &= \sin \varphi \sin \delta_2 + \cos \varphi \cos \delta_2 \cos t_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

因 $t_1 = t_{GP1} + \lambda$ 和 $t_2 = t_{GP2} + \lambda$ ，故

$$\left. \begin{aligned} \sin h_1 &= \sin \varphi \sin \delta_1 + \cos \varphi \cos \delta_1 \cos (t_{GP1} + \lambda) \\ \sin h_2 &= \sin \varphi \sin \delta_2 + \cos \varphi \cos \delta_2 \cos (t_{GP2} + \lambda) \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

式中，赤緯 (δ_1 和 δ_2) 與格林時角 (t_{GP1} 和 t_{GP2})，按引數

$$T_{GP1} = T_1 + u_1 \text{ 和 } T_{GP2} = T_2 + u_2$$

直接由航海天文曆中查得。

原則上，解含兩個未知數的方程式組 (2)，即可得出測者位置緯度 (φ) 和經度 (λ)。

航海者們早就已經知道，觀測兩個天體，可測出自己的位置。雖然，現在誰也沒弄清楚：測定地面上的測者位置地理坐標的兩個高度法，是在什麼時候和以什麼樣的形式第一次使用的。但是我們知道，早在 1472 年，著名的德意志天文學家和數學家列查蒙丹 (1436—1476)，就提出了根據未知恆星離兩個已知恆星的角距，測定該星在天穹上位置的方法。其後，這一方法的原理被運用來根據兩

个恆星的觀測頂距（高度），測定測者天頂點在天球上的位置。再后，兩個高度問題，又被推广来根据觀測同一恆星或太陽在天穹上兩個不同位置上的兩個高度，測定測者天頂點在天球上的位置。

从几何学上說，兩個高度問題是这样：假如已知兩個天体 S_1 和 S_2 某一时刻在輔助天球上的位置，則按兩個觀測頂距（高度） $z_1 = 90^\circ - h_1$ 和 $z_2 = 90^\circ - h_2$ ，要求得測者天頂 Z 的位置。這一問題可用圖解法解，亦可用解析法解。在前种情況下，天頂在天球上的位置，在以 S_1 点和 S_2 点为中心，以頂距 z_1 和 z_2 为半徑作出的小圆之兩段弧 aa' 和 bb' 的交点。在用圖解法解題时，需將兩個觀測予先修正到同一時間。

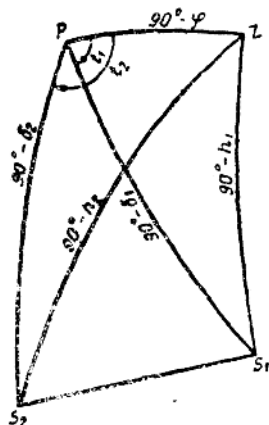


圖 1

在用解析法解兩個高度問題时，如果能直接从方程式組(2)中求出已知数为 h_1 、 h_2 、 δ_1 、 δ_2 、 t_{FP1} 和 t_{FP2} 的显函数的未知数 φ 和 λ ，那么，这种解法就是最正确和最严密的。但是这种解法却是非常复杂和难作的，因为方程式組(2)是超越函数，而这样的方程式是无法用普通的代数方法解的。但这一問題仍然是可以用解析法解的，其要点如下：

根据已知边 PS_1 和 PS_2 （圖1），和根据觀測頂距（高度） ZS_1 和 ZS_2 以及觀測的間隔時間 $\Delta T = t_2 - t_1$ ，要求得边 $PZ = 90^\circ - \varphi$ （位置緯度）和一个时角——通常是第二个时角，以便求得地理經度。首先，由三角形 PS_1S_2 中，根据已知边 PS_1 和 PS_2 和角 $S_1PS_2 = \Delta T$ ，求出第三边 S_1S_2 和角 PS_2S_1 。其次，根据三角形 ZS_1S_2 的三已知边，求出角 ZS_2S_1 ，从而求出角 PS_2Z 。再次，由三角形 PS_2Z 中，根据所求出的角 PS_2Z 、边 PS_2 和 ZS_2 ，求出边 PZ ，即位置緯度。最后，由前一