

高等学校教学用书

实用天文学教程

下 册

C. H. 勃拉日哥著

高等教育出版社

高等学校教学用书



实用天文学教程

下 册

C. H. 勃拉日哥著

夏堅白 李春生譯



高等教育出版社



本書係根據蘇聯國立技術理論書籍出版社(Государственное издательство технико-теоретической литературы)出版的、榮獲列寧勳章的國立莫斯科蒙諾索夫大學教授勃拉日哥(С. Н. Блажко)著“實用天文學教程”(Курс практической астрономии)1951年增訂版譯出的，原書經蘇聯高等教育部審定為國立大學教本，可供大學、高等工業學院、專科學校設有“實用天文學”課的專業作為參考書。此外，測量、製圖、地理和地質勘探工作者們也可以參考。

本書分兩冊出版，下冊主要內容為：彼夫佐夫測定緯度法，緯度和時鐘改正的同時測定，經度差、恆星赤經和赤緯等的測定，中星儀、子午儀等的原理和應用，照相天體測量學基礎等。

本書由同濟大學夏堅白、南京大學李春生兩同志合譯。

實用天文學教程

С. Н. 勃拉日哥著 夏堅白 李春生譯

華南教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

書號199(漢133) 開本850×1168 1/32 印張6 5/16 字數157,000

一九五五年十二月北京第一版

一九五五年十二月北京第一次印刷

印數1—2,500 定價(8) ¥0.27

下 册 目 錄

第十二章 彼夫佐夫測定緯度法	229
§ 119. 彼夫佐夫法原理	229
§ 120. 最有利的觀測條件	229
§ 121. 儀器和觀測法	233
§ 122. 觀測的處理	233
第十三章 緯度和時鐘改正的同時測定	237
§ 123. 根據上述方法同時測定緯度和時鐘改正	237
§ 124. 與測站緯度有關的測定緯度和時鐘改正的精度	238
§ 125. 在適當的方位角內測量兩顆以上恆星的天頂距決定緯度和時鐘改正	240
§ 126. 觀測高度未知但屬等高的恆星決定緯度和時鐘改正	244
§ 127. 稜鏡等高儀	245
§ 128. B. B. 卡夫拉伊斯克教授和 A. B. 馬札耶夫教授的方法	247
第十四章 緯度, 時鐘改正和地面目標方位角的近似測定	252
§ 129. 各種近似測定法的簡述	252
§ 130. 利用鉛垂線, 雙鉛垂線或線三角形近似測定緯度及時鐘改正的方法	254
第十五章 中星儀	259
§ 131. 概論	259
§ 132. 裝在子午圈內的中星儀 • 中星儀的誤差	263
§ 133. 基本公式	264
§ 134. 側絲上的觀測	269
§ 135. 中星儀的裝置	271
§ 136. 人差	272

§ 137. 恆星經過的記錄法	273
§ 138. 恆星的亮度差	274
§ 139. 自記或接觸測微計	275
§ 140. 光电記錄法	276
§ 141. 水平軸傾角 α 的測定	277
§ 142. 準直誤差的測定	278
§ 143. 平經 λ 值的測定	282
§ 144. 時鐘改正的測定	283
§ 145. 用裝有自記測微計的中星儀測定時鐘改正	286
§ 146. 支樞的不規則性	292
§ 147. 格傑奧諾夫法	296
§ 148. 巴夫洛夫法	297
§ 149. 裝在卯酉圈內的中星儀・主要公式	298
§ 150. 儀器誤差對於緯度測定的影響	300
§ 151. 利用中星儀測定地面目標的方位角	301
第十六章 經度差的測定	304
§ 152. 基本概念	304
§ 153. 時計搬遷法	305
§ 154. 測定經度差的舊方法	306
§ 155. 電報法測定經度	306
§ 156. 無線電測定經度法	308
§ 157. 觀測和接收無線電信號的佈置	309
§ 158. 授時工作	310
第十七章 应用天文学於航海和航空的原理	314
§ 159. 問題的提出	314
§ 160. 六分儀的原理和敘述	314
§ 161. 六分儀觀測	317
§ 162. 六分儀的誤差	318
§ 163. 海上船舶位置的測定	319
§ 164. 天文学在航空上的应用	323

第十八章 子午儀	327
§ 165. 子午儀概述	327
§ 166. 子午儀觀測	330
第十九章 恆星赤經和赤緯的測定	333
§ 167. 恆星位置的相對測定和絕對測定的區別	333
§ 168. 恆星位置的相對測定	333
§ 169. 天文協會星表	342
§ 170. 時鐘改正的測定	343
§ 171. 恆星坐標的絕對測定・問題的提出	343
§ 172. 赤緯的測定	343
§ 173. 赤經差的測定	344
§ 174. 赤經的測定	347
§ 175. 恆星絕對坐標的結論	349
§ 176. 絕對測定恆星位置問題的近代提法	350
§ 177. 絕對星表	355
§ 178. 測緯工作	356
§ 179. 基本星表	360
第二十章 赤道儀	366
§ 180. 平行裝置	366
§ 181. 赤道儀・概論	368
§ 182. 利用刻度盤裝置赤道儀的極軸	369
§ 183. 赤道儀時角盤的裝置	373
§ 184. 不利用刻度盤裝置極軸的方法	375
第二十一章 動絲測微計和環狀測微計・量日儀	378
§ 185. 動絲測微計概述	378
§ 186. 動絲測微計的用途	379
§ 187. 測定赤經差和赤緯差的原理	380
§ 188. 利用現代式測微計的觀測	381
§ 189. 位置角和角距的測量	383

§ 190. 双星的测量	385
§ 191. 环状测微计	385
§ 192. 量日仪	387
第二十二章 照相天体测量学基础	390
§ 193. 儀器	390
§ 194. 底片上的星空象・理想的坐标	393
§ 195. 球面坐标和理想坐标的關係	395
§ 196. 底片的量度	398
§ 197. 量度坐标和理想坐标的關係	401
§ 198. 蒙气差和光行差的二次項的影响	404
§ 199. 定标星的选择・係数的計算	405
§ 200. 不同光心的底片比較	406
§ 201. 物鏡的畸变	411
§ 202. 照相天体测量学的应用・恆星的自行	413
§ 203. 照相天頂管	417

第十二章 彼夫佐夫測定緯度法

§ 119. 彼夫佐夫法原理

在泰尔各特測定測站緯度的方法中需要用到目鏡測微計，因而，很自然地便想起可否不用目鏡測微計，而用某種方法觀測等天頂距的南方和北方恆星，也可以得到緯度，當然，這只要恆星不在子午圈上。另一方面，如果將辛格爾法的開始方程式採取為一般形式：

$$\begin{aligned}\cos z &= \sin \varphi \sin \delta_1 + \cos \varphi \cos \delta_1 \cos(T_1 + u_1 - \alpha_1) = \\ &= \sin \varphi \sin \delta_2 + \cos \varphi \cos \delta_2 \cos(T_2 + u_2 - \alpha_2),\end{aligned}$$

其中恆星的坐標 $(\alpha_1, \delta_1), (\alpha_2, \delta_2)$ 是由星表中知道的，此外， u_1 和 u_2 是根據以前或以後的測定知道的，而 T_1 和 T_2 乃由觀測得到，所以方程式中剩下一個未知的緯度 φ ，於是我們有

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\cos \delta_1 \cos(T_1 + u_1 - \alpha_1) - \cos \delta_2 \cos(T_2 + u_2 - \alpha_2)}{\sin \delta_2 - \sin \delta_1}. \quad (37)$$

這就是說，如此測定後，和辛格爾法一樣，時計上的 T_1 和 T_2 是兩星相繼地經過相同而沒有準確地知道的天頂距的時刻，我們就可以計算出緯度 φ 。僅僅需要解決的是什麼樣的星對才適合於觀測，尤其是有利於觀測的問題，也就是說在什麼樣的星對條件下，時計改正的誤差對於成果的影響最小，因而那時候一般所得到的緯度具有極大的精度。

§ 120. 最有利的觀測條件

假設我們用公式(37)根據作為完全精確的已知量 $\alpha_1, \delta_1, \alpha_2$ 和 δ_2 ，以及可以預料含有誤差的 T_1, T_2, u_1 和 u_2 ，來計算 φ 。並假設，我們準確地知道時計的速率，因而知道 $u_2 - u_1$ 的差數，由此便可由 u_1 導得 u_2 。

設數量 T_1, T_2, u_1 和 u_2 並不正確，而正確的數量為 $T_1 + \Delta T_1, T_2 + \Delta T_2, u_1 + \Delta u_1, u_2 + \Delta u_2$ 。就是說，用這些數量可以計算出緯度 φ 的精確值，令此值為 $\varphi + \Delta\varphi$ 。那時

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\varphi + \Delta\varphi) = & \frac{\cos \delta_1 \cos(T_1 + \Delta T_1 + u_1 + \Delta u_1 - \alpha_1)}{\sin \delta_2 - \sin \delta_1} - \\ & - \frac{\cos \delta_2 \cos(T_2 + \Delta T_2 + u_2 + \Delta u_2 - \alpha_2)}{\sin \delta_2 - \sin \delta_1}. \end{aligned} \quad (38)$$

由(38)式中減去(37)式，或者微分其中的第一式也是一樣，得到

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi}{\cos^2 \varphi} = & - \frac{\cos \delta_1 \sin(T_1 + u_1 - \alpha_1)(dT_1 + du_1)}{\sin \delta_2 - \sin \delta_1} + \\ & + \frac{\cos \delta_2 \sin(T_2 + u_2 - \alpha_2)(dT_2 + du_2)}{\sin \delta_2 - \sin \delta_1}. \end{aligned}$$

但從天極—天頂—恆星三角形中，有

$$\cos \delta \sin t = \sin z \sin A,$$

$$\sin \delta = \cos z \sin \varphi + \sin z \cos \varphi \cos(180^\circ - A).$$

其中方位角 A 和時角一樣，是從南點起經西點直到 360° 計算。

因為 $T_1 + u_1 - \alpha_1 = t_1, T_2 + u_2 - \alpha_2 = t_2$ 和 $\sin z_1 = \sin z_2 = \sin z$,

所以

$$\frac{d\varphi}{\cos^2 \varphi} = \frac{-\sin z \sin A_1 (dT_1 + du_1) + \sin z \sin A_2 (dT_2 + du_2)}{\sin z \cos \varphi (-\cos A_2 + \cos A_1)}.$$

由此可見，假定 $du_1 = du_2$ ，並以最後的改變量代換微分時：

$$\begin{aligned} \frac{\Delta\varphi}{\cos \varphi} = & \\ = & \frac{\sin A_2 - \sin A_1}{\cos A_1 - \cos A_2} \Delta u_1 - \frac{\sin A_1}{\cos A_1 - \cos A_2} \Delta T_1 + \frac{\sin A_2}{\cos A_1 - \cos A_2} \Delta T_2 = \\ = & \operatorname{ctg} \frac{1}{2} (A_1 + A_2) \Delta u_1 - \frac{\sin A_1}{\cos A_1 - \cos A_2} \Delta T_1 + \frac{\sin A_2}{\cos A_1 - \cos A_2} \Delta T_2. \end{aligned}$$

為了使 $\Delta\varphi$ 儘量少依賴於 Δu ，便要 Δu_1 的係數儘可能地小，最好是

等於零。但如 $\operatorname{ctg} \frac{1}{2}(A_1 + A_2) = 0$, 則 $\frac{1}{2}(A_1 + A_2)$ 等於 90° 或 270° , 就是說 $(A_1 + A_2)$ 等於 180° 或 540° 。

因此, 由南點起計算的方位角 A_1 和 A_2 要就是应当互補成 180° , 是即兩顆恆星應該都處在西半天上, 一在南, 一在北, 要就是方位角應該相加成 540° , 就是 $360^\circ + 180^\circ$; 這就是說, 每一方位角都要大過 180° 。因而數量 $A_1 - 180^\circ$ 和 $A_2 - 180^\circ$, 或者自北點起計算的方位角, 當然是相加成 180° , 也就是兩顆恆星都應當處在東半天上, 一在北, 一在南。在這兩種情況內, 自南點起計算的南天恆星的方位角, 其絕對值應當等於自北點起計算的北天恆星的方位角。

很少有可能挑選到這樣的星對, 使得完全適合這個條件, 但在一切情況中應當接近地滿足這個條件。那時, 相應地以下標 s 和 n (或者反過來) 代換下標 1 和 2, 由以上的公式得到下面的公式:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\cos \delta_s \cos (T_s + u - \alpha_s) - \cos \delta_n \cos (T_n + u - \alpha_n)}{\sin \delta_n - \sin \delta_s}, \quad (39)$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta \varphi}{\cos \varphi} &= \\ &= \operatorname{ctg} \frac{1}{2}(A_s + A_n) \Delta u - \frac{\sin A_s}{\cos A_s - \cos A_n} \Delta T_s + \frac{\sin A_n}{\cos A_s - \cos A_n} \Delta T_n. \end{aligned}$$

近似地(在理想情況為恰好) $\sin A_n = \sin A_s$, $\cos A_n = -\cos A_s$ 和 $\operatorname{tg} A_n = -\operatorname{tg} A_s$ (對於東天的星對和西天的一樣) 因此

$$\begin{aligned} \frac{\Delta \varphi}{\cos \varphi} &= \operatorname{ctg} \frac{1}{2}(A_s + A_n) \Delta u - \frac{1}{2} \operatorname{tg} A_s \Delta T_s + \frac{1}{2} \operatorname{tg} A_s \Delta T_n = \\ &= \operatorname{ctg} \frac{1}{2}(A_s + A_n) \Delta u - \frac{1}{2} (\Delta T_s - \Delta T_n) \operatorname{tg} A_s = \\ &= \operatorname{ctg} \frac{1}{2}(A_s + A_n) \Delta u - \frac{1}{2} (\Delta T_n - \Delta T_s) \operatorname{tg} A_n. \end{aligned}$$

由此得出結論, 為了使 $\Delta \varphi$ 跟 T_s 和 T_n 中間的誤差的關係儘量少, 必須使 $\operatorname{tg} A_s$ 以及 $\operatorname{tg} A_n$ 的絕對值儘可能地小, 也就是使所觀測的恆星儘量

地靠近子午圈的南部和北部。

可是从实用的觀點來說，这是不便利的：第一，要挑选到適合於这样条件的恆星机会是極少的，因为当它們的天頂距相同時，这便是表示：恆星的赤緯應該十分相近地滿足 $\delta_n - \varphi = \varphi - \delta_s$ ，也就是 $\frac{1}{2}(\delta_s + \delta_n) = \varphi$ 的条件；第二，为了用此法完成观测，如果不是使用目鏡測微計，便要採用辛格尔法中的相同方法，就是要观测每顆恆星經過儀器的數条橫絲，但如恆星臨近子午圈，那麼它們沿高度的移動便極為緩慢，因而观测數次的經過便很費時間，这是很不經濟的。因此实际上必須謀取協調的方法而选定恆星的銳角方位角(由南點起和从北點起)使它不小於 $6-15^\circ$ 也不超过 $30-40^\circ$ 。在 T_s 和 T_n 瞬間內誤差 ΔT_s 和 ΔT_n 對於 φ 內所生的影响僅僅与 $\operatorname{tg} A$ 成比例(在 6° 時是 0.1，在 20° 時是 0.3)，並且具有不同的符号，因此如果它們是相同的，那麼它們的影响便互相消除。所以，例如在測 T_s 和 T_n 瞬間內观测者的人差，若在兩個情况中为相同，對於緯度的測定便沒有影响。

用類似的方法俄國的天文学家和測地学家們在十九世紀八十年代裏就測定过緯度，但是此法的成为特別地通行却是在測地学家 M. B. 彼夫佐夫研討了此法的詳細情節，指出了观测的最有利条件並在 1887 年發表以後，从那時起此法使命为彼夫佐夫法。許多作者都提出了關於此法挑选恆星的便利方法，而在 1912 年測地学家 И. 謝利維爾斯托夫(И. Саливерстов)出版了丰富的表，不需費很多的精力和時間便可以挑选到由 40° 到 60° 間各緯度的恆星对。代替此表，苏联測繪出版局在 1948 年出版了“用恆星的相应高度測定緯度的星曆表(彼夫佐夫法)”，此表適用於由 $39^\circ 45'$ 到 $64^\circ 45'$ 的緯度，並具有在 K. A. 資維特科夫教授領導下所作出的 1960.0 年的恆星坐标。这些表中每隔半度緯度列出適用於彼夫佐夫法的星对，观测的恆星時，恆星的天頂距和方位角，以及緯度改变 1 角分時它們的改变量。参考 Ф. 維持尔，關於由相应高度尋找測定緯度的恆星对，參謀本部軍事地形測量署 1898 年第 V 部紀錄

和星曆表的緒言。

§ 121. 儀器和觀測法

儀器和觀測法是和辛格爾法一樣（參看 § 108）的。對於彼夫佐夫法具備一條隣接着一條的橫絲是很便利的，這樣當恆星沿高度緩慢移動時，在微小的方位角內，恆星經過兩條隣絲的間距上便不致耗費許多的時間。在恆星經過每條絲的前後需要讀出水準器的讀數。

§ 122. 觀測的處理

和辛格爾法一樣，如果不是有意識的把望遠鏡和它聯在一起的水準器放置得使水準器氣泡的中央恰和水準管的中央（或和某一其他的分格，但在兩組恆星對時總是相同的）分格相重合，那麼由於儀器的豎直軸在平準時的誤差以及視線和豎直線間交角的不定性。北方和南方的恆星就不是觀測在同一的天頂距上。

可是，這種望遠鏡的裝置在觀測星對的每顆恆星時，是很困難的，因此寧願不改正裝置，而藉助氣泡兩端的讀數 a 和 b 來決定氣泡的位置。令 i 表示像辛格爾法中（參看 § 109）相同的數量。那時，重申 § 109 中所導得的相同理由，我們得到這樣的結論，時刻 T_s 應予改正的數量為 $\frac{-i''}{15 \cos \varphi \sin A_s}$ （在西南方的恆星，符號為負，因為這時恆星逐漸下降，而 $\sin A_s > 0$ ；但在東南方的恆星，符號為負，因為恆星逐漸上升，但 $\sin A_s < 0$ ），而時刻 T_n 應予改正的數量由於同样的原因便是 $\frac{-i''}{15 \cos \varphi \sin A_n}$ ，像在南方恆星的情況中一樣，在這兩種情況中也要看恆星是否高於或低於天極而定。利用這些改正應該把觀測的時刻 T_s 和 T_n 加以改正，然後把業經改正的時刻代入計算緯度 φ 的公式中。但是實際上更方便的，是改正的觀測時刻計算 φ ，再根據以上所得的表達式（表明着改正量 $\Delta \varphi$ 與改正量 ΔT_s 和 ΔT_n 的關係），把已經算得的緯度

φ 值加以改正。於是得到

$$\frac{\Delta\varphi}{\cos\varphi} = -\frac{1}{2}(\Delta T_s - \Delta T_n) \operatorname{tg} A_s.$$

因而,用水準讀數的改正代替 ΔT_s 和 ΔT_n 時,得到

$$\frac{\Delta\varphi}{\cos\varphi} = -\frac{1}{2}\left(\frac{-i''_s}{\cos\varphi \sin A_s} + \frac{i''_n}{\cos\varphi \sin A_n}\right) \operatorname{tg} A_s.$$

据此,乘以 $\cos\varphi$ 並考慮到 $\sin A_s = \sin A_n$, 乃得

$$\Delta\varphi = +\frac{i''_s - i''_n}{2\cos A_s},$$

其中 i'' 以角秒表示之。我們注意到,對於西南方和东南方的恆星來說, $\cos A_s$ 都是正的。

關於用水準氣泡兩端的讀數 a 和 b 表示 i'' 的表達式仍然遵從辛格爾法(參考 § 109)中所敘述的規則:如果物鏡是在水準零點的一面,則

$$i'' = [1/2(a+b) - m]\alpha'';$$

如果物鏡遠離開水準零點,則

$$i'' = [m - 1/2(a+b)]\alpha''.$$

觀測南方和北方恆星經過每條橫絲得到互不相關的測定值 φ 。為了計算,首先利用內插法從天文年曆中求出 $\alpha_n, \delta_n, \alpha_s, \delta_s$ 等數量,而由觀測得到經過每條絲的時角 $t = T + u - \alpha$ 。之後,計算每一恆星對的常數值:

$$S = \frac{\cos \delta_s}{\sin \delta_n - \sin \delta_s} \quad \text{和} \quad N = \frac{\cos \delta_n}{\sin \delta_n - \sin \delta_s}.$$

那時從每條絲上的觀測求得

$$\operatorname{tg} \varphi = S \cos t_s - N \cos t_n$$

應用和差對數表或計算機便得到 φ 。

為了用水準讀數改正 φ , 我們作成差數

$$(i_s - i_n)'' = [(a+b)_s - (a+b)_n]\beta'',$$

如果物鏡是在水準的一面,或者作成差數

$$(i_s - i_n)'' = [(a+b)_n - (a-b)_s]\beta'',$$

如果物鏡是遠離開水準零點，如上所述，再計算 $\Delta\varphi = \frac{(i_s'' - i_n'')}{2 \cos A_s}$ 。

雖然可以提出把基本公式變形使之具有便於簡單對數計算的形式，不過寧可直接根據這個公式來計算。利用這樣的方法，從業經得到的每條絲的緯度值中導出平均值作為最後的結果。

通常把計算取用到 6 位數值。近代在計算機器和這些有關於自然三角函數表的出版愈益廣泛流行的時候，根據基本的公式計算 φ ，當然利用優良的計算機比較任何好的對數表都要來得便利。

因為這些計算需要很多的時間，所以早已引起了不用從逐條絲的觀測中根據緯度的基本公式創製更要敏捷地算出最後成果的方法的念頭。這樣的方法是 A. И. 奧爾洛夫^①，B. B. 克拉索夫斯基^②，И. A. 烏爾馬也夫等教授所提出的。這些方法的確是大大地精簡了計算的手續，可是因為在其中得不到逐條絲的緯度值，所以不可能發現出觀測時刻內的某些誤差，並且不能根據由各絲上的觀測所計算的緯度值的內部一致性來估計成果的精度。M. C. 莫洛傑斯基^③的方法就免除了這種缺陷，因為在這個方法中，除了以六位或七位對數計算緯度以外，更利用簡單的三位補充的計算，根據逐條絲上的觀測得到緯度值。

彼夫佐夫法測定緯度的實例

觀測地點：國立莫斯科大學天文台。

觀測日期：1931 年 5 月 19 日。

觀測者：M. C. 資維列夫。

儀器：全能經緯儀 Керна № 19116，帶有泰爾各特水準；
水準分格值 = $3''.21$ 。物鏡在水準零點方面。
時計 Нардон 311。改正 -2^s 。

觀測恆星對：南方：北冕座 ξ 星。北方：天龍座 ν 星。

根據謝利維爾斯托夫的輔助表，它們的 $z = 27^\circ 46'$ ； $A_s = 3^\circ 5'.2$ 。

為了計算起見，從 1931 年“天文年曆”內插取下列坐標 [歐赫里別格耳 (Эйхельберг) 系統]。

北冕座 ξ 星： $\alpha_s = 16^h 19^m 26^s.74$ ； $\delta_s = +31^\circ 02' 48''.97$ 。

① 俄國天文協會會刊，14，301—303，1909。

② 俄國天文協會會刊，26，13—16，1926。

③ 天文雜誌，8，№3—4，1931。

天龍座 ν 星: $\alpha_n = 18^h 55^m 17^s.20$; $\delta_n = +71^\circ 11' 57''.50$ 。

观测的 T_s, i_s, T_n 和 i_n 列出在縱行內, 並且根据時計的观测時刻已經加上了它的改正; T_s 和 T_n 就是观测瞬間的恆星時, i_s 和 i_n 就是水準气泡的中央位置, 即是 $\frac{1}{2}(a+b)$ 。从表中取得 $\cos A_s = 0.82$, 所以對於由水準而來的緯度改正的係數便是 $3''.21/2 \cos A = 3''.21/1.64 = 1''.96$ 。

在下面的演算中, A 是用 $(\lg \sin \delta_n - \lg \sin \delta_s)$ 作引数, 从差的对数表中取得的, 而 C 是用 $(\lg S \cos t_s - \lg N \cos t_n)$ 作引数从同一表中取得的。

	T_s	i_s	T_n	i_n	t_s	t_n
1	$15^h 05^m 43^s.2$	$21^\circ .8$	$15^h 10^m 58^s.0$	$18^\circ .8$	$-1^h 13^m 43^s.5$	$-3^h 44^m 19^s.2$
2	$06\ 14\ .9$	$.8$	$11\ 30\ .1$	$.7$	$11\ .8$	$43\ 47\ .1$
3	$47\ .5$	$.8$	$12\ 02\ .7$	$.5$	$12\ 59\ .2$	$14\ .5$
4	$07\ 18\ .4$	$.8$	$33\ .5$	$.4$	$08\ .3$	$42\ 43\ .7$
5	$52\ .0$	$22\ .0$	$13\ 06\ .9$	$.4$	$11\ 34\ .7$	$10\ .3$
6	$08\ 23\ .0$	$.4$	$37\ .6$	$.4$	$03\ .7$	$41\ 39\ .6$
7	$55\ .5$	$.4$	$14\ 09\ .8$	$.4$	$10\ 31\ .2$	$07\ .4$

	t_s	t_n	$i_s - i_n$	$\Delta\varphi$
1	$18^\circ 25' 52''.5$	$56^\circ 04' 48''.0$	$+3^\circ .0$	$+5''.9$
2	$17\ 57\ .0$	$55\ 56\ 46\ .5$	$3\ .1$	$6\ .1$
3	$09\ 48\ .0$	$48\ 37\ .5$	$3\ .3$	$6\ .5$
4	$02\ 04\ .5$	$40\ 55\ .5$	$3\ .4$	$6\ .6$
5	$17\ 53\ 40\ .5$	$32\ 34\ .5$	$3\ .6$	$7\ .0$
6	$45\ 55\ .5$	$24\ 54\ .0$	$4\ .0$	$7\ .8$
7	$37\ 48\ .0$	$16\ 51\ .0$	$4\ .0$	$7\ .8$

$$\lg \sin \delta_n = 9.976187$$

$$\lg \cos \delta_n = 0.508230$$

$$\lg \sin \delta_s = 9.712431$$

$$\lg \cos \delta_s = 9.932851$$

$$A = 9.921950$$

$$\lg N = 9.873849$$

$$\lg (\sin \delta_n - \sin \delta_s) = 9.634381$$

$$\lg S = 0.298470$$

	1	2	3	4	5	6	7
$\lg \cos t_s$	9.977130	9.977463	9.977802	9.978121	9.978465	9.978780	9.979107
$\lg S \cos t_s$	0.275600	0.275933	0.276272	0.276591	0.276935	0.277250	0.277577
$\lg \cos t_n$	9.746361	9.748165	9.749685	9.751113	9.752654	9.754061	9.755535
$\lg N \cos t_n$	9.620510	9.622014	9.623534	9.624962	9.626503	9.627943	9.629384
C	9.891390	9.891057	9.890720	9.890402	9.890058	9.889742	9.889411
$\lg \operatorname{tg} \varphi$	0.166990	0.166990	0.166992	0.166993	0.166993	0.166992	0.166988
φ	$55^\circ 45' 12''.8$	$12''.8$	$13''.3$	$13''.5$	$13''.5$	$13''.3$	$12''.4$
$\Delta\varphi$	$5''.9$	$6''.1$	$6''.5$	$6''.6$	$7''.0$	$7''.8$	$7''.8$
φ	$55^\circ 45' 18''.7$	$18''.9$	$19''.8$	$20''.1$	$20''.5$	$21''.1$	$20''.2$

平均 $\varphi = 55^\circ 45' 19''.9$ 。根据 § 8 中所述的規則, 求得

$$v_m = \sqrt{\frac{43}{6}} = \pm 0''.85, \quad v_p = \pm 0''.57, \quad v_n = \pm 0''.32, \quad v_\rho = \pm 0''.22.$$

第十三章 緯度和時鐘改正的同時測定

§ 123. 根据上述方法同時測定緯度和時鐘改正

在曾經說過的測定緯度和時鐘改正的方法內是假定了：1) 在測定緯度時，時鐘改正先是已知的，或 2) 在測定時鐘改正時，緯度先是已知的。要是兩者都不知道，自然會發生問題的。應該注意到，實際上這種情況幾乎不會發生，因為不論觀測者是在何處，他至少約略知道到達那一個地方所走的路徑，就是說，他根据自己的行程至少可以約略地揣度出自己所在地的緯度和經度，假如他的幾隻時鐘都是約略地指出一定子午圈的時刻，例如格林尼治的時刻，那麼知道自己的經度時，他便可以計算出近似的時鐘改正，也就是各時鐘讀數對於地方時的訂正。

但是我們假定在萬不得已的情況下：旅行者迷失了道路或者飛行員被迫降落在荒無人煙的地區，他的時計停止了並且剛剛才開動。怎樣辦呢？在晴明的夜間觀測者可向天空尋覓北極星（ α 大熊座）；假如說觀測者找得到北極星，就是說，他是站在北半球上。觀測者憑眼力選定地平上的北方點後，再選定距北方點 180° 的南方點，並會意地在天空上引出子午圈。在子午圈附近所找到的任何亮星，它的赤經都可給觀測者指出恆星時，它的誤差假定為半小時。觀測者對準自己的時計，使得時計讀數等於這一恆星赤經的恆星時，開始時並把時鐘改正當作為零。根據北極星天頂距的測量，觀測者求得測站的緯度數值，假定說等於 φ_1 。由於把時鐘誤差當作為零，而實際上為半小時，這種情況下觀測者可能會犯的誤差不致超過 $8'$ ，這是讀者可以理解得到的。在這以後，觀測者就在卯酉圈附近測量恆星的天頂距並根據他所找得的緯度數值 φ_1 來求等於 φ_1 的時鐘改正。

利用这个改正和先前測得的北極星天頂距，觀測者重新計算緯度並得到新而更精確的緯度數值 φ_2 以及新而更精確的時鐘改正 u_2 。假如觀測者再一次用这个時鐘改正值計算緯度 φ_3 ，並找出 φ_3 不同於 φ_2 的地方僅僅大約是天頂距測量內意料所及和不可避免的誤差，那麼，這就是說無需再進行更進一步的“用循序漸進的近似法”而可以把 φ_2 和 u_2 作為兩者的最後數值；假如 φ_3 和 φ_2 相差很大，那麼應該根據 φ_3 求 u_3 和以後的 φ_4 。必須繼續這項工作，直到兩個最後所得的緯度或時鐘改正的數值彼此相差僅在不可避免的觀測誤差範圍內為止。

§ 124. 與測站緯度有關的測定緯度和時鐘改正的精度

在 § 79 內為了根據恆星天頂距的測量，最精確的決定地方緯度和時鐘改正，曾經導出了下面的條件：

對於地方緯度來說

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta z}{\cos A} - (\Delta T + \Delta u) \cos \varphi \operatorname{tg} A,$$

對於時鐘改正來說

$$\Delta u = -\Delta T + \frac{\Delta z}{\cos \varphi \sin A} - \frac{\Delta \varphi}{\cos \varphi \operatorname{tg} A},$$

這裏把恆星的坐標作為沒有誤差。

假如注意到在不同 φ 的情況內，誤差 $\Delta\varphi$ 和 Δu 是怎樣依賴於誤差 Δz ，那麼我們可以見到，在測定 φ 時， z 內的誤差在一切緯度情況內是相同的， $\Delta\varphi = \Delta z / \cos A$ 。相反的，在測定 Δu 的情況內， z 內相同的誤差依各緯度而引起不同的影響，因為 $\Delta u = \frac{\Delta z}{\cos \varphi \sin A}$ ，也就是 φ 愈大，就是說， $\cos \varphi$ 愈小，誤差 Δz 影響於 u 的測定便愈大，相同的誤差 Δz 便引起較大的誤差 Δu 。

假如在這裏從多方面來看這個問題，這種情況會更易明白。觀測地點的緯度等於天頂的赤緯，某一瞬間的恆星時等於天頂的赤經。設圖 65 表示靠近天頂 Z 而從外面看到的天球部分。測定緯度和時鐘改正