高等学校教学用書

实用天文学教程

下　册

C. H. 勃拉日哥著

高等教育出版社

高等学校教学用書

实用天文学教程

下册

C. H. 勃拉日哥著
夏坚白等譯
胡明城校

(修訂本)

高等教育出版社

本書系根据苏联国立技术理論出版社（Гостехиздат）出版的勃拉日哥（С. Н. Блажко）著“实用天文学教程”（Курс практической астрономии）1951增訂版譯出的，原書經苏联高等教育部审定为国立大学教科書，可供綜合大学、高等工业学校、中等專业学校参考。

本書中文譯本暫分两册出版，本册为下册，其中主要內容为：彼夫佐夫測定緯度法，緯度和时鐘改正的同时測定，中星仪和子午仪的原理和使用，經度差、恒星赤經和赤緯的測定，照相天体測量学基础等。

本書由夏坚白、李春生两位同志合譯。下册曾于1955年出过一版，此次重版前由胡明城同志校訂一遍。

实用天文学教程

下册

С. Н. 勃拉日哥著

夏坚白等譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

（北京市書刊出版業營業許可証出字第054号）

京华印書局印刷 新华書店發行

統一書号13010·153 開本 850×1168 1/32 印張 6 10/15

字數 160,000 印數 0001—2,200 定價（6）¥0.80

1955年12月第1版

1959年4月第2版（修訂本） 1959年4月北京第3次印刷

下 册 目 录

第十二章 彼夫佐夫測定緯度法 ……241
§119. 彼夫佐夫法原理 ……241
§120. 最有利的观測条件 ……241
§121. 仪器和观測法 ……245
§122. 观測結果的处理 ……245
第十三章 緯度和时鐘改正的同时測定 ……250
§123. 根据上述方法同时測定緯度和时鐘改正 ……250
§124. 取决于測站緯度的測定緯度和时鐘改正的精度 ……251
§125. 在适当的方位角內測量两顆或更多恒星的天頂距决定緯度和时鐘改正 ……253
§126. 观測高度未知但屬等高的恒星决定緯度和时鐘改正 ……257
§127. 棱鏡等高仪 ……259
§128. B. B. 卡夫拉伊斯基教授和 A. B. 馬札耶夫教授的方法 ……261
第十四章 緯度、时鐘改正和地面目标方位角的近似測定 ……266
§129. 各种近似測定法的簡述 ……266
§130. 利用鉛垂綫、双鉛垂綫或綫三角形近似測定緯度及时鐘改正的方法 ……268
第十五章 中星仪 ……273
§131. 概論 ……273
§132. 装在子午圈內的中星仪・中星仪的誤差 ……277
§133. 基本公式 ……279
§134. 側絲上的观測 ……284
§135. 中星仪的装置 ……286
§136. 人差 ……287
§137. 恒星經过的記录法 ……288
§138. 恒星亮度引起的誤差 ……289
§139. 自記或接触測微計 ……290
§140. 光电記录法 ……292
§141. 水平軸傾角 i 的測定 ……293
§142. 准直誤差的測定 ……294
§143. 方位差 k 的測定 ……298
§144. 时鐘改正的測定 ……300

§ 145. 用装有自記測微計的中星仪测定时鐘改正 ……302
§ 146. 支樞的不規則性 ……309
§ 147. 格杰奥諾夫法 ……313
§ 148. 巴夫洛夫法 ……314
§ 149. 裝在卯酉圈內的中星仪 • 主要公式 ……316
§ 150. 仪器誤差对于緯度測定的影响 ……317
§ 151. 利用中星仪測定地面目标的方位角 ……319

第十六章 經度差的測定 ……322

§ 152. 基本概念 ……322
§ 153. 时計搬迁法 ……323
§ 154. 測定經度差的旧方法 ……324
§ 155. 电报法測定經度 ……325
§ 156. 无綫电測定經度法 ……326
§ 157. 观測和接收无綫电信号的布置 ……328
§ 158. 授时工作 ……329

第十七章 应用天文学于航海和航空的原理 ……333

§ 159. 問題的提出 ……333
§ 160. 六分仪的原理和叙述 ……333
§ 161. 六分仪观測 ……336
§ 162. 六分仪的誤差 ……337
§ 163. 海上船舶位置的測定 ……338
§ 164. 天文学在航空上的应用 ……342

第十八章 子午仪 ……347

§ 165. 子午仪概述 ……347
§ 166. 子午仪观測 ……350

第十九章 恒星赤經和赤緯的測定 ……353

§ 167. 恒星位置的相对測定和絕对測定的区别 ……353
§ 168. 恒星位置的相对測定 ……353
§ 169. 天文协会星表 ……361
§ 170. 时鐘改正的測定 ……363
§ 171. 恒星坐标的絕对測定 • 問題的提出 ……364
§ 172. 赤緯的測定 ……364
§ 173. 赤經差的測定 ……365
§ 174. 赤經的測定 ……367
§ 175. 由恒星絕对坐标得出的結果 ……370
§ 176. 絕对測定恒星位置問題的近代提法 ……371
§ 177. 絕对星表 ……376

§178. 緯度工作 ……377
§179. 基本星表 ……381
第二十章 赤道仪 ……388
§180. 平行装置 ……388
§181. 赤道仪・概論 ……390
§182. 利用刻度盘安置赤道仪的極軸 ……392
§183. 赤道仪时角盘的安置 ……396
§184. 不利用刻度盘安置極軸的方法 ……397
第二十一章 动絲測微計和环状測微計・量日仪 ……401
§185. 动絲測微計概述 ……401
§186. 动絲測微計的用途 ……402
§187. 測定赤經差和赤緯差的原理 ……403
§188. 利用現代式測微計的观測 ……404
§189. 位置角和角距的測量 ……406
§190. 双星的測量 ……408
§191. 环状測微計 ……409
§192. 量日仪 ……410
第二十二章 照相天体測量学基础 ……414
§193. 仪器 ……414
§194. 底片上的星空象・理想的坐标 ……418
§195. 球面坐标和理想坐标之間的关系 ……419
§196. 底片的量度 ……422
§197. 量度坐标和理想坐标的关系 ……425
§198. 蒙气差和光行差的二次項的影响 ……429
§199. 定标星的选擇・系数的計算 ……430
§200. 不同光心的底片比較 ……431
§201. 物鏡的畸变 ……437
§202. 照相天体測量学的应用・恒星的自行 ……439
§203. 照相天頂管 ……443

第十二章　彼夫佐夫测定緯度法

§119. 彼夫佐夫法原理

在泰尔各特测定测站緯度的方法中，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，而用某种方法观测等天頂距的南星和北星，也可以得到緯度，当然，这时恒星已不在子午圈上。另一方面，如果将辛格尔法的起始方程式取为一般形式：

$$\cos z=\sin\varphi\sin\delta_1+\cos\varphi\cos\delta_1\cos(T_1+u_1-\alpha_1)=$$
$$=\sin\varphi\sin\delta_2+\cos\varphi\cos\delta_2\cos(T_2+u_2-\alpha_2),$$

其中恒星的坐标(α_1, δ_1), (α_2, δ_2)是由星表中知道的，此外，u_1和u_2是根据以前或以后的测定知道的，而T_1和T_2乃由观测得到，所以方程式中剩下一个未知的緯度φ，于是我們有

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

这就是說，和辛格尔法一样，测定了两星相繼經过不确知的同一天頂距的时計时刻T_1和T_2之后，我們就可以計算出緯度φ。仅仅需要解决的問題，是在那些适于观测的星对中，怎样的星对特别有利，也就是說星对适合什么样的条件，时計改正的誤差对于成果的影响最小，因而那时候一般所得到的緯度具有最高的精度。

§120. 最有利的观测条件

假設我們用公式(37)計算φ，其中α_1, δ_1, α_2和δ_2認为是完全精确的已知量，T_1, T_2, u_1和u_2預料含有誤差。并假設，我們准确地知道时計的速率，因而知道了差数u_2-u_1，便可由u_1导得u_2。

設数量 T_1, T_2, u_1 和 u_2 并不正确，而正确的数量为 $T_1+\Delta T_1$, $T_2+\Delta T_2$, $u_1+\Delta u_1$, $u_2+\Delta u_2$。就是說，用这些数量可以計算出緯度 φ 的精确値，令此値为 $\varphi+\Delta\varphi$。那时

$$\operatorname{tg}(\varphi+\Delta\varphi)=\frac{\cos\delta_1\cos(T_1+\Delta T_1+u_1+\Delta u_1-\alpha_1)}{\sin\delta_2-\sin\delta_1}-$$

$$-\frac{\cos\delta_2\cos(T_2+\Delta T_2+u_2+\Delta u_2-\alpha_2)}{\sin\delta_2-\sin\delta_1}. \tag{38}$$

由(38)式中减去(37)式，或者微分(37)式也是一样，得到

$$\frac{d\varphi}{\cos^2\varphi}=-\frac{\cos\delta_1\sin(T_1+u_1-\alpha_1)(dT_1+du_1)}{\sin\delta_2-\sin\delta_1}+$$

$$+\frac{\cos\delta_2\sin(T_2+u_2-\alpha_2)(dT_2+du_2)}{\sin\delta_2-\sin\delta_1}.$$

他从天極—天頂—恒星三角形中，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 和时角一样，是从南点起經西点直計算到 360°。

因为

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

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 $du_1=du_2$，并以有限的改变量代换微分时：

$$\frac{\Delta\varphi}{\cos\varphi}=\frac{\sin A_2-\sin A_1}{\cos A_1-\cos A_2}\Delta u_1-\frac{\sin A_1}{\cos A_1-\cos A_2}\Delta T_1+$$

$$+\frac{\sin A_2}{\cos A_1-\cos A_2}\Delta T_2=\operatorname{ctg}\frac{1}{2}(A_1+A_2)\,\Delta u_1-$$

$$-\frac{\sin A_1}{\cos A_1-\cos A_2}\Delta T_1+\frac{\sin A_2}{\cos A_1-\cos A_2}\Delta T_2.$$

为了使 $\Delta\varphi$ 尽量少依賴于 Δu，便要 Δu_1 的系数尽可能地小，

最好是等于零。但如 $\mathrm{ctg}\frac{1}{2}(A_1+A_2)=0$, 則 $\frac{1}{2}(A_1+A_2)$等于 $90°$或 $270°$, 就是說 (A_1+A_2) 等于 $180°$ 或 $540°$。

因此，应当使由南点起計算的方位角 A_1 和 A_2的和等于 $180°$，卽两顆恒星应該都处在西半天上，一在南，一在北，或者是两方位角应該相加成 $540°$，就是 $360°+180°$；这就是說，每一方位角都要大过 $180°$，因而数量 $A_1-180°$ 和 $A_2-180°$(或者自北点起計算的方位角)应当相加成 $180°$，也就是两顆恒星都应当处在东半天上，一在北，一在南。在这两种情况下，自南点起計算的南星的方位角，其絕对值应当等于自北点起計算的北星的方位角。

虽然很少有可能挑选到完全适合这个条件的星对，但在任何情况下，仍就应当近似地滿足这个条件。那时，各以下标 s 和 n (或者反过来)代換下标 1 和 2, 由以上的公式得到下面的公式:

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

$$\frac{\Delta\varphi}{\cos\varphi}=\mathrm{ctg}\,\frac{1}{2}(A_s+A_n)\,\Delta u-$$

$$-\frac{\sin A_s}{\cos A_s-\cos A_n}\Delta T_s+\frac{\sin A_n}{\cos A_s-\cos A_n}\Delta T_n.$$

近似地(在理想情况下是精确地) $\sin A_n=\sin A_s$, $\cos A_n=-\cos A_s$ 和 $\mathrm{tg}\,A_n=-\mathrm{tg}\,A_s$ (对于东天的星对和西天的星对都是一样)，因此

$$\frac{\Delta\varphi}{\cos\varphi}=\mathrm{ctg}\,\frac{1}{2}(A_s+A_n)\Delta u-\frac{1}{2}\mathrm{tg}\,A_s\Delta T_s+\frac{1}{2}\mathrm{tg}\,A_s\Delta T_n=$$

$$=\mathrm{ctg}\,\frac{1}{2}(A_s+A_n)\Delta u-\frac{1}{2}(\Delta T_s-\Delta T_n)\,\mathrm{tg}\,A_s=$$

$$=\mathrm{ctg}\,\frac{1}{2}(A_s+A_n)\Delta u-\frac{1}{2}(\Delta T_n-\Delta T_s)\,\mathrm{tg}\,A_n.$$

由此得出結論，为了使 $\Delta\varphi$ 尽量少依賴于 T_s 和 T_n 的誤差，必須使

tg A_s 以及 tg A_n 的絕对值尽可能地小，也就是使所观测的恒星尽量地靠近子午圈的南、北部分。

可是从实用的观点来說，这是不便利的：第一，要挑选到适合于这样条件的恒星机会是極少的，因为当它們的天頂距相同时，这便意味着要使两星的赤緯应該十分近似地滿足 $\delta_n-\varphi=\varphi-\delta_s$，也就是 $\frac{1}{2}(\delta_s+\delta_n)=\varphi$ 的条件；第二，在用此法进行观测时，如果不是使用目鏡測微計，便要采用辛格尔法中的观測方法，就是要观測每顆恒星經过仪器的数条横絲，但如恒星临近子午圈，那么它們沿高度的移动便極为緩慢，因而观測恒星經过数条横絲便很費时間，这是很不經济的。因此，实际上必須謀取协調的方法，而选定恒星的方位角是銳角(由南点起和从北点起)，使它們不小于 6—15°，也不超过 30—40°。时刻 T_s 和 T_n 的誤差 ΔT_s 和 ΔT_n 对于 φ 內所生的影响，仅仅与 tg A(在 6° 时是 0.1，在 20° 时是 0.3) 成比例，并且具有不同的符号，因此，如果这两誤差相同，那么它們的影响便互相消除。所以，例如观測时刻 T_s 和 T_n 的观測員的人差，若在两次观測时相同，則对于緯度的測定便沒有影响。

俄国的天文学家和測地学家們在十九世紀八十年代里就用这种方法測定过緯度，但是此法的广泛应用，却是在測地学家 M.B. 彼夫佐夫研討了此法的詳細情节，指出了观測的最有利条件，并在 1887 年發表以后，从那时起此法便命为彼夫佐夫法。許多作者都提出了关于此法选擇恒星的便利方法，而在 1912 年，測地学家 И. 謝利維尔斯托夫(И. Саливерстов)出版了丰富的表，不需費很多的精力和时間，便可以选擇由緯度 40° 到 60° 間的恒星对。苏联測繪出版社在 1948 年出版了“用恒星等高測定緯度的星历表(彼夫佐夫法)以代替此表”，此表适用于由 39° 45′ 到 64° 45′ 的緯度，并具有在 K. A. 茨維特考夫教授領导下所編算的 1960.0 年的恒星坐标。这些表中每隔半度緯度列出适用于彼夫佐夫法的星对、观測

的恒星时、恒星的天頂距和方位角，以及緯度改变 1 角分时它們的改变量。参考 Φ. 維特尔所著的关于由等高度测定緯度时星对的寻找，参謀本部軍事地形測量署 1898 年第 V 部記录和星历表的緒言。

§ 121. 仪器和观测法

仪器和观测法和辛格尔法一样（参看 § 108）。对于彼夫佐夫法来說，具备有彼此靠近的若干条横絲是很便利的，这样，当恒星在微小的方位角內沿高度緩慢移动时，恒星經过两条邻絲的間距便不致耗費許多的时間。在恒星經过每条絲的前后，需要讀出水准器的讀数。

§ 122. 观测結果的处理

和辛格尔法一样，由于仪器竖直軸在平准时有不可避免的誤差以及視綫和竖直綫間交角的不定性，如果不是特意地把和望远鏡联在一起的水准器放置得使水准器气泡的中央恰和水准管的中央分格（或某一其他的分格，但在星对中的两星总是相同）相重合，則北星和南星就不是在同一的天頂距上观测的。

可是，象这样放置望远鏡，对于观测星对的每一顆星来說都是很困难的，因此，一般都宁願不改正望远鏡的安置，而借助气泡两端的讀数 a 和 b 来决定气泡的位置。令 i 表示象辛格尔法中（参看 § 109）相同的数量。那时，重申 § 109 中所列举的相同理由，我們得到这样的結論，时刻 T_s 应予改正的数量为 $\frac{-i''_s}{15\cos\varphi\sin A_s}$（在西南方的恒星，符号为負，因为这时恒星逐漸下降，而 $\sin A_s>0$；但在东南方的恒星，符号为負，因为恒星逐漸上升，但 $\sin A_s<0$），而时刻 T_n 应予改正的数量是 $\frac{-i''_n}{15\cos\varphi\sin A_n}$，其原因象在南星的

情况下一样，而且不論恒星是高于或低于天極，符号都为負。观測的时刻 T_s 和 T_n 应該加入这些改正，然后把业經改正的时刻代入計算緯度 φ 的公式中。但是实际上更方便的作法，是用未改正的观測时刻計算 φ，再根据以上所得的表达式（表明改正量 $\Delta\varphi$ 与改正量 ΔT_s 和 ΔT_n 的关系），把已經算得的緯度 φ 值加以改正。于是得到

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

因而，用水准讀数的改正代替 ΔT_s 和 ΔT_n 时，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 $\cos\varphi$，并考虑到 $\sin A_s=\sin A_n$，乃得

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

其中 i'' 以角秒表示。我們注意到，对于西南方和东南方的恒星来說，$\cos A_s$ 都是正的。

关于用水准气泡两端的讀数 a 和 b 表示 i'' 的表达式，仍然保持辛格尔法（参考 § 109）中所叙述的規則：如果物鏡是在水准器零点的一方，則

$$i''=\left[\frac{1}{2}(a+b)-m\right]\alpha'';$$

如果物鏡在离开水准器零点的一方，則

$$i''=\left[m-\frac{1}{2}(a+b)\right]\alpha''.$$

南星和北星經过每条横絲的观測結果，得到 φ 值的一个独立測定。为了計算起見，首先利用内插法从天文年历中求出 α_n, δ_n, α_s, δ_s 等数量，而由观測結果得到經过每条絲的时角 $t=T+u-\alpha$。之后，計算每一星对的常数值：

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

于是从每条絲上的观測求得

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

应用和差对数表或計算机便得到 φ。

为了进行 φ 的水准讀数改正，如果物鏡是在水准器零点的一方，我們作成差数

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

或者，如果物鏡在离开水准器零点的一方，作成差数

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

如上所述，再計算 $\Delta\varphi=\dfrac{(i''_s-i''_n)}{2\cos A_s}$。

虽然曾提出把基本公式变形，使之具有便于簡單对数計算的形式，不过宁可直接根据这个公式来計算。从利用这样的方法对每条絲所得的緯度值中导出平均值，作为最后結果。

通常計算取用到 6 位数值。近代在計算机以及与此相适应的三角函数表的出版愈益广泛的时候，利用优良的計算机根据基本公式計算 φ 当然要比任何对数表都来得便利。

因为这些計算需要很多的时間，所以早已引起了这样的念头，就是不从每条絲的观測結果根据緯度基本公式进行計算，而是要創制更敏捷地算出最后成果的方法。这样的方法是 A.Я.奥尔洛夫①、B.B.卡夫拉依斯基②、H.A.烏尔馬也夫等教授所提出的。这些方法的确是大大地精簡了計算的手續，可是，因为其中不能得出每条絲的緯度值，所以不可能發現出观測时刻內的某些誤差，并且不能根据由各絲上的观測所計算的緯度值的內部符合程度来估計成果的精度。M.C.莫洛金斯基③的方法就免除了这种缺陷，因

① 俄国天文协会会刊，14, 301—303, 1909。

② 俄国天文协会会刊，26, 13—16, 1926。

③ 天文杂志，8, №3—4, 1931。

为在这个方法中，除了以六位或七位对数計算緯度以外，还利用簡單的三位补充計算来求出按每条絲上的观測結果的緯度值。

彼夫佐夫法測定緯度的实例

观測地点：　国立莫斯科大学天文台。

观測日期：　1931年5月19日。

观測者：　M.C.資維列夫。

仪　器：　全能經緯仪 Керна № 10116，带有泰尔各特水准器；

水准器分格值 $=3''.21$。物鏡在水准器零点的一方。

时計 Нарден 311。改正 -2^s。

观測星对：　南星：北冕座 ξ 星。北星：天龙座 v 星。

根据謝利維尔斯托夫的輔助表，它們的 $z=27°46'$；$A_s=325°.2$。

为了計算起見，从1931年"天文年历"内插求取下列坐标[埃齐尔伯格(Eichelberger)系統]。

北冕座 ξ 星：$\alpha_s=16^h19^m26^s.74$；$\delta_s=+31°02'48''.97$。

天龙座 v 星：$\alpha_n=18^h55^m17^s.20$；$\delta_n=+71°11'57''.50$。

在 T_s, i_s, T_n 和 i_n 縱行内列出观測結果，并且根据时計的观測时刻已經加上了时計改正；因此，T_s 和 T_n 就是观測瞬間的恒星时，i_s 和 i_n 就是水准气泡的中央位置，即是 $1/2(a+b)$。从表中取得 $\cos A_s=0.82$，所以緯度的水准改正的系数便是 $3''.21/2\cos A=3''.21/1.64=1''.96$。

在下面的演算中，A 是用($\lg\sin\delta_n-\lg\sin\delta_s$)作引数，从差数的对数表中取得的，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	$15^h05^m43^s.2$	$21^\partial.8$	$15^h10^m58^s.0$	$18^\partial.8$	$-1^h13^m43^s.5$	$-3^h44^m19^s.2$
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	$18°25'52''.5$	$56°04'48''.0$	$+3^\partial.0$	$+5''.9$
2	17 57 .0	55 56 46 .5	3 .1	6 .1
3	09 43 .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 .3
7	37 48 .0	16 51 .0	4 .0	7 .8

$\lg \sin \delta_n = 9.976187$ $\quad\quad$ $\lg \cos \delta_n = 0.508230$

$\lg \sin \delta_s = 9.712431$ $\quad\quad$ $\lg \cos \delta_s = 9.932851$

$A = 9.921950$ $\quad\quad$ $\lg N = 9.873849$

$\lg(\sin \delta_n - \sin \delta_s) = 9.634381$ $\quad\quad$ $\lg S = 0.298470$

	1	2	3	4	5	6	7
$\lg \cos t_s$	9.977130	9.977468	9.977802	9.978121	9.978465	9.978780	9.979107
$\lg S \cos t_s$	0.275600	0.275938	0.276272	0.276591	9.276935	0.277250	0.277577
$\lg \cos t_n$	9.746661	9.748165	9.749685	9.751113	9.752654	9.754064	9.755535
$\lg N$ ocs 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°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°45′18″.7	18″.9	19″.8	20″.1	20″.5	21″.1	20″.2

平均 φ 55°45′19″.9。根据 § 8 中所述的规则，求得

$$v_m = \sqrt{\frac{438}{6}} = \pm 0''.85,\quad v_p = \pm 0''.57,\quad \varepsilon_m = \pm 0''.32,\quad \varepsilon_p = \pm 0''.22.$$

第十三章　緯度和时鐘改正的同时測定

§123. 根据上述方法同时測定緯度和时鐘改正

在前面所述的測定緯度和时鐘改正的方法內，是假定了：1)在測定緯度时，时鐘改正是已知的，或者 2) 在測定时鐘改正时，緯度是已知的。要是两者都不知道，自然会發生問題。应該注意到，实际上这种情况几乎不会發生，因为不論观測者是在何处，他至少約略知道到达那一个地方所走的路徑，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，假如他的时鐘約略地指出一定子午圈(例如格林尼治子午圈)的时刻，那么知道自己的經度时，他便可以計算出近似的时鐘改正，也就是时鐘讀数对于地方时的訂正。

但是，假定在万不得已的情况下；旅行者迷失了道路，或者飞行員被迫降落在荒无人烟的地区，他的时計停了只是剛剛才开动。怎样办呢？在晴朗的夜間，观測者可向天空寻覓北極星(α 小熊座)；假如說观測者找到了北極星，就是說，他是站在北半球上。观測者憑眼力估計，选定出地平上的北方点后，再选定距北方点 180° 的南方点，并会意地在天空上作出子午圈。位于子午圈附近的任何亮星，它的赤經都可給观測者指出恒星时，它的誤差假定为半小时。观測者对准自己的时計，使其所指的恒星时等于这一恒星的赤經，开始时并把时鐘改正当作为零。根据北極星天頂距的測量，观測者求得測站的緯度值，假定說等于 φ_1。由于把时鐘誤差当作为零，而实际上为半小时，在这种情况下，观測者可能导致的誤差不致超过 $8'$，这是讀者可以理解得到的。在这以后，观測者

就測量卯酉圈附近的恒星的天頂距，并根据他所找得的緯度值 φ_1 来求时鐘改正，設等于 u_1。

利用这个时鐘改正和先前測得的北極星天頂距，观測者重新計算緯度，得到更精确的新緯度值 φ_2，而由 φ_2 得到更精确的新时鐘改正 u_2。假如观測者再一次用这个时鐘改正值計算緯度 φ_3，并且看出，φ_3 与 φ_2 的差异，仅仅大約是意料所及的和不可避免的天頂距測量誤差，那么，这就是說，无需再进行"逐漸趋近法"，而可以把 φ_2 和 u_2 作为两者的最后值；假如 φ_3 和 φ_2 相差很大，那么应該根据 φ_3 求 u_3，并再求 φ_4。必須繼續这項工作，直到最后所得的两个緯度值或时鐘改正值彼此相差仅在不可避免的观測誤差范圍內为止。

§124. 取决于測站緯度的測定緯度和时鐘改正的精度

在 §79 內为了根据恒星天頂距的測量結果，最精确地決定地方緯度和时鐘改正，曾經导出了下面的条件：

对于地方緯度来說

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

对于时鐘改正来說

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

这里把恒星的坐标作为沒有誤差。

假如注意到，在不同的 φ 之下誤差 $\Delta\varphi$ 和 Δu 是怎样依賴于誤差 Δz，那么我們可以見到，在測定 φ 时，z 的誤差在一切緯度之下都是相同的，$\Delta\varphi=\frac{\Delta z}{\cos A}$。相反的，在測定 Δu 的情况下，相同的 z 的誤差依緯度不同而引起不同的影响，因为 $\Delta u=\frac{\Delta z}{\cos\varphi\sin A}$，也就是 φ 愈大，就是說，$\cos\varphi$ 愈小，誤差 Δz 影响于 u 的測定便愈