

55.1
全國測繪科學技術經驗交流會議

資料選編
天文測量

測繪出版社

全国測繪科学技术經驗交流會議資料选編

天文測量

編者 全国測繪科学技术經驗交流會議
資料选編編輯委员会

出版者 測繪出版社

北京宣武門外永光寺西街3号

北京市书刊出版業營業許可証出字第081号

发行者 新华書店科技發行所

經售者 各地新华書店

印刷者 地質出版社印刷厂

北京安定門外六鋪炕40号

印数(京)1—1,800册

开本 $33'' \times 46''^{1/32}$

字数42,000

定价(8)0.20元

1959年 月北京第1版

1959年 月第1次印刷

印张 $1^{9/16}$

統一書号: 15039·335

55.1

QGCH

出版說明

一九五九年二月在武汉召开的全国測繪科学技术經驗交流會議广泛地交流了各方面的先进經驗和技术革新成就。为供全国測繪工作者学习先进經驗的参考，今由大会秘書处組成編輯委员会，按专业編选汇集，予以分册出版。

本册介紹了天文測量工作在大跃进中的各項先进經驗，各項資料都是天文測量工作者解放思想，破除迷信，鼓足干劲后的成就。全册共分四节。首先介紹了大跃进中天文測量工作的概况和目前存在的問題。繼而介紹了七項天文測量方法的改进，二項儀器革新和六項計算方法的改进。这些經驗都有推广的价值，对于从事天文測量作业的同志是一本很有益处的参考書。

为加快出版時間，本資料选編由測繪、建筑工程、水利电力、煤炭工业等四个出版社协作出版。

目 录

第一节 总論

- 大跃进中天文测量的概况及目前所存在的问题……………
……………天文小组在大地专业组会议中的报告 (3)

第二节 天文测量方法的改进

- 一、白天测方位角……………总参谋部测绘局第一大地测量队 (11)
二、同时测定磁差(經度)、緯度和方位角的新方法 ……
……………中国人民解放军测绘学院 (12)
三、同时测定方位角与緯度的新方法 ……
……………建筑工程部綜合勘察院 (22)
四、金格尔星对选星板……………国家测绘总局第一大地测量队 (26)
五、金格尔测时法观测星表的检查方法 ……
……………长江流域规划办公室 (27)
六、利用准直管和水平度盘测定絲距的方法 ……
……………国家测绘总局第八大地测量队 (29)
七、利用三脚架代替水泥观测墩的介紹 ……
……………中国科学院武汉测量制图研究所天文組 (31)

第三节 仪器的革新

- 一、三差消除器……………中国科学院武汉测量制图研究所天文組 (35)
二、接触测微器……………总参谋部测绘局軍事测绘科学研究所 (37)

第四节 計算方法的改进

- 一、天文計算中几项改正数的簡化計算……………
……………总参谋部测绘局第一大地测量队 (38)
二、天文方位角光行差改正数計算的改进 ……
……………国家测绘总局西安分局大地計算室 (39)
三、北极星方位角的簡捷計算法 ……长江流域规划办公室 (40)
四、北极星視位置內插因子的簡便計算 ……
……………长江流域规划办公室 (44)
五、子午仪測时平差部分的簡化計算 ……
……………总参谋部测绘局軍事测绘科学研究所 (46)
六、天文測量計算經驗介紹 ……国家测绘总局第九大地測量队 (47)

天文測量

第 一 节

总 論

大跃进中天文測量的概况及目前所存在的問題

天文小組在大地专业組會議中的报告

(一) 大跃进中天文測量工作的成就

随着整风运动的胜利結束，全国每个角落的測量工作者在思想上都插上了紅旗，破除了迷信，解放了思想，在这短短不到半年的时间內，天文測量工作者与其他測量工作同志一样，每个人所考虑的是如何以自己的行动来多、快、好、省地建設我們的社会主义社会。因此，在党的领导下，我国的野外天文測量工作在作业率方面放出了高产卫星。国家測繪总局和总參謀部測繪局的天文測量同志創造了三一四天測定一个拉普拉斯点的成績。中国科学院武汉測量制图研究所的同志大胆地試驗了不用洋灰墩而用三脚架来进行一等天文点的測量工作，取得了滿意的成績，并以二个人为一个工作組，节省了人力，提高了速度。

要提高工作效率和提高观测精度，就必须大搞技术革新和工具改革，在这方面也創造了不少成績。在技术革新方面，例如在白天測定方位角获得成功（总參謀部測繪局，长江流域规划办公室），可以加快天文方位角測定的速度，并提高測定的精度，利用准直管測定全能仪目鏡中的絲距，操作既方便，精度也能提高。

中国人民解放军測繪学院提出三等以下的天文点同时測定表差、緯度和方位角的方法，中国科学院武汉測量制图研究所試驗了直接利用无綫电的連續时号測定經差，都是值得进一步研究試驗的。在工具革新方面，国家測繪总局改良了金格尔法測时的选星板，总參謀部測繪局在全能經緯仪上改装接触測微器。中国科学院武汉測量制图研究所制成了消除天文測时中接触条寬和笔头差的“三差消除器”，試用效果良好，不但提高了精度，也减少了計算工作。該所还制成了电动記时仪和閃光記时鏡。中国人民解放军測繪学院改良并試制了 60° 稜鏡等高仪。

解放了思想的天文測量工作者，也更勇敢地承担起了“猛攻尖端”的任务，以期祖国的实用天文早日赶上国际的先进水平。中国科学院武汉測量制图研究所在短短的三个月中，試制成功了对鐘計数器，使我們的收时精度达到 $0^{\circ}.001$ ，接近了世界水平。光电全能仪的試制工作在光电极方面也已有比較成功的試驗結果。中国人民解放军測繪学院也在很短的时間內，在材料非常缺乏的情况下，試制了一台小型石英鐘。这些都說明我們已經初步掌握了电子学在天文方面的应用。

在大跃进中，我們不仅在上述的技术革新提高工效方面取得了很大的成績，在天文測量的理論分析方面，也得到了丰收。在測定西安与徐家汇两个經度系統的差异的工作中，初步求出兩系統之間的差异为 $47.8^{\prime\prime}$ 。从这一工作还証明了使用現有的全能仪按金格尔法測时，完全能胜任天文基本点的測定工作。对我国各天文基本点的精度分析的结果，也証实了这点，即在中等和低緯度地区，用金格尔法測时比中天法有利。从精度分析的结果，还可看出：双方測定經差法比单方測定經差的精度高，应当推广；仪器誤差对測定結果的影响往往比人差大；气象等外界条件对天文測时的結果影响很大。例如在西安天文基本点上，冬初和春末两次測定人差的结果，就有接近 $+0^{\circ}.01$ 的系統誤差；在广州天文基本点上，夏季子夜前后經度測定結果竟有接近 $0^{\circ}.03$ 的系統誤差。

根据以上分析結果，中国科学院武汉测量制图研究所天文組提出了采用多架仪器和多个观测員双方测定的国际經度联测技术方案。在这一方案中还提出了將經差測定結果按水准网平差原理进行平差的方法。小組認為这一方案很有参考价值。

(二) 天文測量工作目前存在的問題

天文測量对于大地測量的作用有二：

1. 作为三角測量的方位角控制；

2. 与大地和重力測量配合，研究大地水准面的形状，特别是大地水准面与参考椭圆体之間的关系——垂綫偏差和大地水准面高程，以便利用这些数据把水平角和基綫測量的結果投影到参考椭圆体面上。

現在我們討論这两个任务对于天文測定精度的要求。

控制三角測量的方位角誤差是由拉普拉斯方位角来完成的，其公式为

$$A = a - (\lambda - L) \sin \varphi \quad (1)$$

式中 φ 、 λ 、 a 为天文測定的緯度、經度和方位角， L 是由大地測量推算的經度， A 为拉普拉斯方位角。

由于通过三角測量一个鎖段推算經度的中誤差不过 $\pm 0.025 \sec \varphi$ ，比天文測定的中誤差为小，所以可以認為拉普拉斯方位角的精度主要决定于天文測定的精度。也正是由于这个原故，拉普拉斯方位角才能独立地对大地測量的方位角起控制作用。从大地測量学中也可知道，由于拉普拉斯方位角控制，可使一等三角鎖段的横向位差降低一半。

由式(1)又可看出天文緯度 φ 測定的誤差对拉普拉斯方位角 A 的影响也很小，所以討論拉普拉斯方位角的精度，可以利用下式：

$$m_A^2 = m_a^2 + m_\lambda^2 \sin^2 \varphi \quad (2)$$

即拉普拉斯方位角的精度主要决定于天文方位角 a 和天文經度 λ 的測定精度。

在大地測量学中，一般認為拉普拉斯方位角的精度約为

$\pm 0.6-0.7$ 。但根据苏联中央測繪科学研究所对苏联87条三角鎖上拉普拉斯方位角的精度分析結果，它的中誤差达到 ± 1.8 。我国尚未对此进行分析研究，但苏联的結果值得我們注意，否則拉普拉斯方位角的精度不能保証大地測量的要求。

由式(2)可以看出，天文經度的誤差对拉普拉斯方位角的精度影响是不显著的。引起拉普拉斯方位角較大誤差的主要原因是天文方位角測定中的系統誤差——旁折光和仪器誤差所引起的系統誤差。旁折光的誤差通过白天和夜間观测以及在扩大边的相对方向測定拉普拉斯方位角，可以得到一定程度的消除。仪器中的系統誤差主要是軸頸和水准器的誤差，它們不能通过盘左盘右观测得到消除，而它們对方位角的影响是所測星体（北极星）的高度角正切的函数，因此緯度愈高，它們的影响愈大。在苏联就有因仪器的誤差而給拉普拉斯方位角带来 $\pm 2.9-\pm 3.7$ 系統誤差的例子。

其次再看天文經度測定的誤差对拉普拉斯方位角精度的影响。天文經度的中誤差可用下式表示：

$$m_{\lambda} = \sqrt{m_{\lambda'}^2 + m_{\delta\lambda}^2 + m_{\delta\delta\lambda}^2 + m_s^2} \quad (3)$$

式中 $m_{\lambda'}$ 为由經度測定結果的較差所計算的經度中誤差， $m_{\delta\lambda}$ 为人差測定的中誤差， $m_{\delta\delta\lambda}$ 为人差变动的中誤差， m_s 为測站地方因素所产生的測时誤差。

根据我国天文經度測定資料的分析用接触測微器法观测时，得出 $m_{\lambda'} = \pm 0.011$ ， $m_{\delta\lambda} = \pm 0.007$ ， $m_{\delta\delta\lambda} = \pm 0.016$ ， $m_s = \pm 0.012$ 。代入(3)式可得

$$m_{\lambda} = \pm 0.024$$

这就是說，用接触測微器法观测时，天文經度的中誤差接近于 ± 0.03 。如果用耳目法观测，中誤差将为 $\pm 0.04-\pm 0.05$ 。

在(2)式中，假定 $m_u = \pm 0.5$ ，命 $m_{\lambda} = \pm 0.024$ ， ± 0.03 ， ± 0.04 等不同值，在不同緯度上拉普拉斯方位角的中誤差有如下表。

φ	m_λ	$m_\lambda = \pm 0.024$	$m_\lambda = \pm 0.03$	$m_\lambda = \pm 0.04$
		"	"	"
20°		± 0.52	± 0.52	± 0.56
30°		54	55	58
50°		58	62	68

由表中所給的 m_λ 数值可以看出，天文經度測定誤差对拉普拉斯方位角的影响是比較小的。 m_λ 由 ± 0.024 变化到 ± 0.04 ，拉普拉斯方位角的中誤差增加不大。 m_α 愈大， m_λ 的影响就相对地愈小。

如果命(2)式右方的两项影响相等，則 $m_\alpha = m_\lambda \sin \varphi$ ，当 $\varphi = 30^\circ$ 时， $m_\alpha = \frac{1}{2} m_\lambda$ 。这說明，对于天文經度測定的精度要求可以仅为天文方位角的一半。如在測定方位角方面增加一分勞力，在經度方面就可省去二分的勞力。把 m_λ 提高到 ± 0.02 ，这对經度測定是相当困难的事，而对提高拉普拉斯方位角的精度，实际意义已經不大。因此我們認為将天文經度的精度放在 ± 0.03 的数量上是比較合宜的。当用接触測微器观测时，两个晚上观测四个独立的經度結果，就可能滿足精度的要求了。

順便指出，我們認為細則中規定的 ± 0.03 系指 m_λ 而言，实际上在今天利用接触測微器观测的情况下，不会出現这样大的中誤差。

由以上分析的結果，可以看出，必須研究如何提高天文方位角測定的精度，特別要設法消除水准器和軸頸的系統誤差影响，才能提高拉普拉斯方位角的精度。至于天文經度，規定为 ± 0.03 已經足够了。

下面再討論一下天文点的第二个作用：

天文測定用于地球形状的研究，是与重力測量互相配合，求出参考橢圓体与大地水准面的高差，以便把基綫測量的結果归算到参考橢圓体面。通常基綫測量的长度誤差不超过 1×10^{-6} ，而归算的誤差应当比基綫測量的长度誤差小若干倍，亦即应达 $\frac{1}{2} \times$

10^{-6} 或 $\pm \times 10^{-6}$ 。这样就要求大地面对参考椭圆体面的高度测定誤差不大于 ± 2 公尺左右。

为了便于討論对于天文测定的精度要求，我們引用天文水准的概念，給出推算高差的公式：

$$h = \frac{\zeta_1'' + \zeta_2''}{2\rho''} s_1 + \frac{\zeta_2'' + \zeta_3''}{2\rho''} s_2 + \dots + \frac{\zeta_{k-1}'' + \zeta_k''}{2\rho''} s_{k-1} \quad (4)$$

式中 $s_1, s_2, \dots$ 等为天文点間的距离， $\zeta_1'', \zeta_2'', \dots$ 是各天文点上的垂綫偏差。按我們三角測量細則的規定，每个鎖段中間还要測一个天文点，因之 s 可令为100公里， k 为由大地基准点到最远一个天文点的个数。如果大地基准点在北京，則最远距离約为5000公里， $k=50$ ；为大地基准点在普尔科伐，則最远距离要达10000公里以上， $k>100$ 。

在式(4)中， s 是由大地測量結果推算的，精度很高，影响 h 的精度的，主要是垂綫偏差测定的誤差。如果式(4)中 s 都相等时，則可得 h 的中誤差公式

$$m_h = m_{\zeta}'' \frac{s}{\rho'' \sqrt{k-1}} \quad (5)$$

或

$$m_{\zeta}'' = \frac{\rho'' m_h}{s \sqrt{k-1}}$$

若規定 $m_h \leq 2$ 公尺，將 $s=100$ 公里代入，則

$$\text{当 } k=50, \quad m_{\zeta}'' \leq \pm 0.6$$

$$k=100, \quad m_{\zeta}'' \leq \pm 0.4.$$

后一数值与由依佐托夫所指出的，在苏联范围内天文測量所要求的精度相同。

垂綫偏差是由子午、卯酉二个分量 ξ, η 构成的。如果要求二个分量精度相等，則

$$\text{当 } k=50, \quad m_{\xi}'' = m_{\eta}'' \leq \pm 0.6 / \sqrt{2} = \pm 0.4$$

$$k=100, \quad m_{\xi}'' = m_{\eta}'' \leq \pm 0.4 / \sqrt{2} = \pm 0.3$$

$$\text{由于 } \xi = B - \varphi, \quad \eta = (L - \lambda) \cos \varphi$$

所以，如果以 $k=100$ 而論，要求

$$m_{\varphi} \leq \pm 0''.3, \quad m_{\lambda} \leq \pm 0''.3 \sec \varphi$$

这就是研究地球形状时对于天文测定精度的要求。我国緯度較低,在低緯度时, $\sec \varphi$ 接近于 1, 因此要求 $m_{\lambda} \leq \pm 0''.3 = \pm 0''.02$ 。

由此可見, 从研究地球形状的角度来看, 对天文經度的精度要求还要更高些。

由以上分析的結果, 我們認為:

1. 在所有地理緯度上的緯度測定要具有同等的精度 $M_{\varphi} \leq 0''.3$ 。現在細則所規定 $\pm 0''.3$ 是合理的。

2. 关于天文經度測定的精度問題, 就控制三角测量的方位角誤差來說, 細則中所規定的 $\pm 0''.03$ 已經足夠。但在我国低緯度地区的三角点上, 如果要能同时滿足研究地球形状的要求, 这个精度就嫌不够了。特別是照現在細則所規定經度的精度純系在一个天文点上的观测中誤差, 而沒有計入人差測定誤差, 特別是人差的变动誤差和外在誤差影响等。若計入这些誤差, 就远远不能滿足科学研究的要求。我們認為这也就是为什么苏联在 1954 年的新細則中对天文經度的測定, 只改变了观测方法, 而沒有对精度作出新規定的道理。因为在苏联, 以前的問題主要是天文經度的精度沒有能滿足 $\pm 0''.03$, 当由耳目法換成接触測微器的观测法就得到了保証, 它对三角测量和科学研究都相应地得到了平衡的滿足。可是在我們国家里, 所处緯度比較低, 經度誤差对方位角的影响虽然較小, 而对測定大地水准面高程的影响, 則比較大。如果也規定为 $\pm 0''.03$, 將难以保証基綫測量长度归算的准确性。

二等三角网上的天文測定, 主要是在三角网的平差上起方位角控制的作用。在地球形状的研究方面, 因为受着周围高精度天文——重力水准的控制, 它的相对垂綫偏差要求能够达到 $\pm 1''.3$ 已够。如果是在低緯度地区, 对三角测量的作用也小了。因此建議二等天文点的精度可降低到 $m_{\varphi} \leq \pm 0''.5$, $m_{\lambda} \leq \pm 0''.04$; m_{λ} 仍为 $\pm 0''.5$ 。这样在天文点測定工作方面, 可以恢复以前的二等精度, 以求減少内外业的工作时间。

在提高天文經度測定精度的同时, 应当考虑到如何提高和統

一全国的天文經度基本点的精度也是一件重要的事。

因此在天文經度的測定精度方面，我們認為現在細則上規定的精度还可商榷。

当然，天文經度的精度应当尽可能的提高，但顧及目前我們要求的速度和經濟代价，除非通过仪器和观测方法的改进来逐渐提高天文經度的測定精度外，不应以增加观测組数来增加精度。

3.关于天文方位角測定的精度問題，如果目前的 m_a 真能达到 $\pm 0.''5$ ，那么与天文經度的 $m_\lambda = \pm 0''.024$ 配合，对控制三角測量而言，已可滿足大地測量的要求。但是我們認為如考虑到各种外在誤差，如仪器誤差、气象和地理条件等，在单向观测中若要达到 $\pm 0.''5$ 的数值，也是很困难的。这些外在誤差中由于采用了对向观测，旁折光的誤差就可大大地減弱。因此唯一要特別注意的是仪器誤差和所采用的工作方法。在我国以前用威特 T_3 所測定的天文方位角中，假定所用 T_3 仪器的軸頸半径有 0.001 公厘的誤差，在中緯度地区所引起的方位角測定的系統誤差就可达 $1.''5$ 。如采用威特 T_4 或 AY 等仪器，在等量級的軸頸誤差中，对天文方位角的系統誤差影响約有 $0.''7$ 。

因此如何提高天文方位角的測定精度，以便更好地滿足天文——大地网的要求，这是今天放在我們天文工作者面前的一个重要任务。我們所有的天文測量作业单位，應該及时地来共同商討提高方位角測定精度的問題。

第 二 节

天文測量方法的改进

一、白天測方位角

总參謀部測繪局第一大地測量队

白天日光很强，不容易看到此极星，所以过去方位角的观测仅在夜间进行。1958年初，第一大地队天文組經過多次試驗，終于可以成功地在白天观测方位角了。

白天观测方位角須事先根据本地的概略經緯度和地面目标的方位角（精度达1' 即可），編制北极星观测星表，表中每隔恒星时10分列出地面目标与北极星夹角 A 和北极星的天頂距 z ，观测时只要把仪器的水平度盘和垂直度盘按表中数值整置好，就可看到北极星在望远鏡視野的中部。观测星表的格式如下：（ $\varphi = 42^\circ 36'$ ）。

恒 星 时	地面目标与北 极星間的夹角	度 盘 位 置	北极星天頂距
$\begin{matrix} h & m \\ 9 & 45 \end{matrix}$	$109^\circ 11'$	左 右	$47^\circ 50'$ 312 10
$\begin{matrix} m \\ 55 \end{matrix}$	$12'$	左 右	$47 \ 52$ 312 8
$\begin{matrix} h & m \\ 10 & 5 \end{matrix}$	$14'$	左 右	$47 \ 55$ 312 5

地面目标与北极星間的夹角 $A = 360^\circ - (a - a)$ ， a 为地面目标的方位角， a 为北极星的方位角。

北极星天頂距 $z = 90^\circ - \varphi + f$ ， f 可由天文年曆上查取。

白天观测方位角的优点如下：

1. 白天能见度极佳时，北极星在望远镜内为一白色无光芒的光点，可以精确的照准。

2. 方位角在白天和夜间测定，可以在一定程度上消除某些外界系统误差影响，特别是旁折光的影响，因此可以提高方位角测定的精度。

3. 白天能测方位角，增加了观测机会，因而可缩短一点上的观测时间，加快作业速度。

编者注： 长江流域规划办公室也曾在1958年12月作过一次白天观测北极星测定方位角的试验，并曾介绍其经验。其中主要经验与上述相同，所以不再选载。长江流域规划办公室认为观测时在望远镜上加上太阳罩，并且最好在观测幕内观测，可使北极星的亮度好些。

二、同时测定经差(经度)、纬度和方位角的新方法

中国人民解放军测绘学院

(一) 北极星垂直圈法

1. 基本原理及计算公式

我们将北极星定方位角、测南星方位角定表差、测南北星天顶距定纬度这三种方法综合起来，每次观测都要用十字丝交点照准，就成了现在所要讨论的方法。下面是决定方位角、经度、纬度的基本公式。

(1) 方位角计算公式

按下式计算北极星方位角：

$$\lg \tan A_N = \lg m \sin t_n + \lg \nu$$

式中 $\lg \nu = \lg \frac{1}{1-n}$ ， $m = \cot \delta \sec \varphi$ ， $n = \cot \delta \tan \varphi \cos t$

按下式计算地面目标方位角

$$M_L = L' - A_{NL}, \quad M_R = R' - A_{NR}$$

$$a_L = L - M_L, \quad a_R = R - M_R$$

$$a = \frac{1}{2}(a_L + a_R)$$

其中: L', R' 为照准北极星时盘左盘右水平度盘讀数。

L, R 为照准地面目标时盘左盘右水平度盘讀数。

(2) 表差計算簡化公式

按 B. Я. 斯特魯維方法計算表差时采用的公式为

$$\lg ts = \lg \frac{Aa''}{15} + K\sigma_a + \dots \dots \text{(高次項舍去)}$$

$$\text{其中: } K = A^2 + 3B \cos \varphi - 1 \quad \sigma_a = \frac{10^6 \mu a''^2}{6\rho''^2}$$

$$A = \sin z_0 \sec \delta_s$$

$$B = \cos z_0 \sec \delta_s$$

$$z_0 = \varphi - \delta_s$$

K 和 σ_a 可預先編成輔助表, 供計算时查取, 但因 $K\sigma_a$ 很小, 在決定三等天文点时是否可以舍去呢? 由 K 和 σ_a 之計算公式可以看出, 当 z_s 一定时, $K\sigma_a$ 随 φ 之增大, 而对时角 t 之影响也增大, 因之为一單調函数。茲取 $\varphi = 50^\circ$ 时討論 $K\sigma_a$ 对时角 t 之影响, 以確定 $K\sigma_a$ 之取舍。

設 $\varphi = 50^\circ$, 則 $a \leq 1^\circ 30'$, $\sigma_a \leq 50$

Z	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
$K\sigma_a$	62.5	59.5	58.5	57.0	57.0	57.0	57.0	57.5	59.5	60.5	62.5
对 t 之影响	$\overset{s}{0.01}$	$\overset{s}{0.02}$	$\overset{s}{0.02}$	$\overset{s}{0.02}$	$\overset{s}{0.02}$	$\overset{s}{0.02}$	$\overset{s}{0.02}$	$\overset{s}{0.02}$	$\overset{s}{0.03}$	$\overset{s}{0.03}$	$\overset{s}{0.03}$

根据上表計算, 在我国領土上 $K\sigma_a$ 之最大影响 ≤ 0.03 , 对三等点之精度而言是很小的, 可在最后結果中按中数計算加以改正。

(3) 緯度計算公式

我們知道: $\varphi = \delta + z_m$, $\varphi = \delta - z_m$, $\varphi = 180^\circ - (\delta + z_m)$ ——

而 $z_m = z - \gamma$ 上中天

$z_m = z + \gamma$ 下中天

主要問題在于計算 r 。若采用对数形式, r 之計算如下

$$\lg r = \lg k + \lg \sin^2 \frac{t}{2}$$

$$K = \frac{2p'' \cos \varphi_0 \cos \delta}{\sin \frac{1}{2}(z + z_m)}$$

$\lg \sin^2 \frac{t}{2}$ 可自天文測量計算表中查取。

为了決定測站的近似緯度, 可按北极星天頂距查天文年曆計算緯度。

下面討論一下計算归算值时, φ_0 所需之精确度。在保証 Δr 之絕對值小于 $0''.1$ 的条件下, 研究緯度允許之誤差, 可由下列等式

$$\Delta \varphi = \frac{0.05 \sin^2 z_m}{\cos^2 \delta \sin^2 t/2}$$

列表而定。

就南星而言:

設 $\varphi = 40^\circ$ 时

設 $\varphi = 50^\circ$ 时

Z	10°	20°	30°	40°	50°	10°	20°	30°	40°	50°
δ	30°00'	20°00'	10°00'	0°00'	-10°00'	40°00'	30°00'	20°00'	10°00'	0°00'
$\Delta \varphi$ ($t=6^m$)	12"	32"	1.3	2.0	3.1	15"	45"	1.4	2.2	2.9
$\Delta \varphi$ ($X=3^m$)	50"	2.8	5.7	8.3	12.5	1.2	3.3	5.9	8.8	12.2

当測定北极星天頂距定緯度时, 設 $\varphi = 40^\circ$

$$t = 1^h \ 2^h \ 3^h \ 4^h \ 5^h$$

$$\Delta \varphi = 1^\circ 34' \ 24' \ 11' \ 6' \ 4'$$

由表中可以看出

①按北极星垂直圈法定緯度， φ_0 之允許誤差是較大的。

②時角愈小，天頂距愈大，或緯度愈高， φ_0 之允許誤差也愈大。

③按北极星推算第一近似值特別有利。

因此分別用上述三種方法同時決定方位角，緯度和錶差，都是很有利的。

2. 誤差討論：

用光學經緯儀測定一點之經度、緯度、方位角所產生的誤差，隨着所用儀器的性能，觀測者的經驗，以及外界條件而異。我們可以根据它們的性質分為偶然誤差和系統誤差，其中第一種誤差可增加觀測次數來減小它的影響，而第二種誤差，則應採取適當的觀測方法來消除。下面作扼要的討論。

(1) 垂直軸不和測站鉛垂綫一致的影響。垂直軸傾斜對水平角的影響(v)由下式決定：

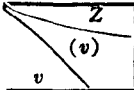
$$(v) = \frac{v \cos(S_1 - L)}{\tan Z}$$

由公式分析，垂直軸傾斜的影響主要由於垂直軸傾斜所引起的水平軸傾斜而來，并可得到如下結論：

(a) 垂直軸傾斜的影響不能在正倒鏡的中數里消去。

(b) 垂直軸傾斜的影響隨視準部的旋轉而變，當水平軸垂直於垂直軸傾斜角所在大圓面時，影響為零，一致時影響最大，因此在半測回中即使各個目標的天頂距完全相同，仍然產生誤差。

垂直軸傾斜對經緯度和方位角的影響：首先討論對方位角的影響可見下表，取 $\cos(S_1 - L) = 1$ 。 v 表示傾斜角， Z 表示北极星

	10°	20°	30°	40°	50°	60°
$v = 10''$	57''	26''	17''	12''	9''	6''
$v = 20''$	1'54''	52''	34''	24''	18''	12''