

初等测绘用书

簡易天文測量法

广东省水利电力勘测设计院勘测总队 編

測繪出版社



2

本册主要介紹在野外作业中，用經緯仪定时、定緯度、方位角的簡易方法，特別着重介紹了天文方位角的測定。

本册可供有关野外作业人員参考。

初等測繪用書
簡易天文測量法

編 者	广东省水利电力勘测設計院 勘 測 总 队
出版者	測 繪 出 版 社 北京市西四羊市大街 北京市書刊出版業營業許可証出字第091号
发 行 者	新华書店科技发行所
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—1500册	1959年10月北京第1版
开本 787×1092 ¹ / ₃₂	1959年10月第1次印刷
字数 10000	印张 $\frac{1}{2}$ 插頁 3
定价 (9.0.15元)	統一書号: 15039·346

2

目 录

一、概說.....	1
二、时刻的測定.....	3
三、緯度的測定.....	7
四、天文方位角的測定.....	10
五、定时、定緯度、定方位角的注意事項.....	12

一、概 說

我們在野外作业中，为着适合測量队仪器装备和天文測量专业人員少，以及地区分散的特点，三、四等以下的三角网，多数采用經緯仪定时、定緯度的測量方法，以求得較精密的天文方位角，作为地形測图的定位（加收斂角改正）。根据我們在实践中的体会，采用經緯仪作天文測量时，仪器設備簡單，只要有 T_2 型經緯仪一架、本年度天文年历一本，星座图一份、有秒針手錶一只（較准确的），不必增加作业小組的設備即可进行作业，且技术容易掌握。一般有測角經驗的同志很快即可掌握，計算手續也不繁瑣。在野外如果准备充分，觀測細心，在一晴夜，作业3—4小时便可完成。

在我們过去的作业中，用經緯仪法測出的結果，精度也很滿意。一般的中誤差：定时的 $M_T = \pm 2''.0$ ，緯度的 $M_\varphi = \pm 3''.0$ ，方位角的 $M_A = \pm 6''.0$ 以內。經多次与高等网閉合，其方位角条件的自由項均能符合要求。

我們認為，在踏勘工作中，如果仅需測出粗略的經緯度，配收报机一架来收时号，用經緯仪法亦可簡便地解決問題。

現在着重地介紹天文方位角的測定，并叙及用經緯仪定时、定緯度的方法，并附实例和說明。

測定天文方位角的目的，是測出測站的真子午綫与測站至照准点連綫的夹角（由北向东量），即天文方位角。而真子午綫的測出需要測算某一星体的方位角，同时把測站对星体与照准点連綫的夹角測出，从而推求測站对照准点的方位角，这一星体的选择，一般是选择太阳或环极星，本文所述，是以

“北极星任意时角法”为例。

如图 1 所示, M 为测站, B 为照准点, S 为星体, PMP' 为测站 M 的真子午线, R 为照准点与星体之夹角, α_0 为星体的方位角, 则测站 M 至照准点 B 的方位角 A 由图可得

$$A = R \pm \alpha_0 \quad (1)$$

式 (1) 中的 α_0 的符号, 是依时角 t 而变: 当 t 由 $0^\circ - 180^\circ$ 时, α_0 为负号, 由 $180^\circ - 360^\circ$ 时, α_0 为正号。

由天文学中的“定位三角形”得计算北极星的方位角公式:

$$(-\operatorname{tg} \alpha_0) = \frac{\operatorname{ctg} \delta \operatorname{seg} \varphi \sin t}{1 - \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi \cos t} \quad (2)$$

若以 $n = \operatorname{ctg} \delta \operatorname{tg} \varphi \cos t$, 则上式可写成

$$(-\operatorname{tg} \alpha_0) = \frac{\operatorname{ctg} \delta \operatorname{seg} \varphi \sin t}{1 - n} \quad (2')$$

式 (2) 中的 δ 为北极星之赤纬, φ 为测站纬度, t 为北极星观测时的时角。

由方程式 (2) 只要知道 δ 、 φ 、 t 三个原素, 即可解出北极星的方位角 α_0 。其中除 δ 可由天文年历查出外, φ 及 t 需要在测定方位角的前后时间测定时刻和纬度, 根据时刻的测定推算观测时北极星的时角。

式 (2') 中的 $\frac{1}{1-n}$ 可以调制成表, 以便于计算, 根据引

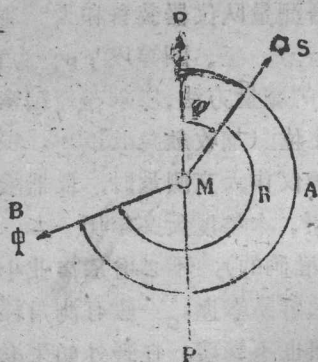


图 1

数 $\lg n = \lg \operatorname{ctg} \delta + \lg \operatorname{tg} \varphi + \lg \cos t$ 直接查出 $\lg \frac{1}{1-n}$ 的值，减少許多計算手續。这表載在夏坚白等編的“实用天文学”附表VI中，总參謀部測繪局翻譯“天文測量計算用表”亦載有此表。

二、时刻的測定

在天文測量作业中，無論測定經度、緯度及方位角，都要先測定时刻，亦即測定本地时。時間这一个概念，是很抽象的，時間的表記和尺度，完全靠記时的仪表，如現代的鐘表等。故时刻的測定，就是測定觀測时一瞬間鐘表表面时与从測算得的本地时的較差，亦即表差 ΔT 。

时刻的測定方法很多，因方法和精度要求不同，因而采用的仪器也各异。現在仅敘述用經緯仪的“恒星单高法測定时角”的作业和計算方法。測时的目的，如上述求出表差，而表差的求出是要借助于測出某一星体对測站的时角 t ，依公式 $\theta = \alpha + t$ 計算出觀測时的恒星时 θ ，再推算測站的地方时 T' ，最后得出表差。

(一) 計算公式

依定位三角形得計算时角 t 的公式

$$\sin \frac{t}{2} = \pm \sqrt{\frac{\sin \frac{1}{2} [Z + (\varphi - \delta)] \sin \frac{1}{2} [Z - (\varphi - \delta)]}{\cos \varphi \cos \delta}} \quad (3)$$

(t 的符号，星在东为負，星在西为正)

式 (3) 中： Z 为星体的真天頂距， φ 为測站緯度（在未測定緯度前可先在地图上量出概略值）， δ 为星体的赤緯。

由式中易知，观测时测定星体的天頂距及同时讀出表面时，便可算出时角而推出表差。

(二) 星 之 选 择

(1) 用恒星单高测时法，星体的方位最好在卯酉圈附近。从高度誤差(dh)，时角誤差(dt)及测站緯度誤差($d\varphi$)間的关系式：

$$(dt) = \frac{1}{\cos \varphi \sin A} (dh) - \frac{1}{\cos \varphi \operatorname{tg} A} (d\varphi).$$

很易知道，当星体的方位角 $A=90^\circ$ 或 270° 时，則(dt)值最小。由此可知，星体在卯酉圈时，所测出时角的精度最高。故星体宜选择在卯酉圈附近，以减少因緯度和高度不准确而产生的影响。

(2) 星体的高度宜在 $25^\circ-30^\circ$ 以上，因高度小其蒙气差的变化大，影响真天頂距的結果。

(3) 为了易找易認和在普通星座图上能够找得出的恒星，一般星等最好在三等以上。

(三) 观 測 方 法

(1) 未进行观测前，先把仪器置平，（一般要打脚樁以承脚架，使仪器不因走动而影响水平）。注意垂直盘气泡的較正，左右上下微动螺絲轉到适当位置，先用望遠鏡把选定的星体找到，辨認它与附近較小的星体相关位置，并讀出水平度盘和垂直度盘的度分数，便于以后倒鏡时找到，最好反复正倒鏡对星几次，使熟于找到这一选定的星体。观测星体时，望遠鏡应向无限远对光（最好对月亮或較明亮的星体），同时把十字絲影象調整得最清晰，这些都要在开始前

調整好，进行观测时不要触动目鏡，避免变动十字絲的清晰度。

(2) 測前測后要認真校对所选定的星体在星座图上的正确性，并将星座名記于星名欄內（注意星在东或西），对观测手簿頁首各項，观测前要詳細記載。

(3) 观测星体，除用特制的天文鐘外，普通有秒針的鐘表亦可使用。对鐘表的选择要审慎，不要用时停时走，或速度太不均匀的鐘表，要記得上弦，否則測到半途，因弦尽而停，則全功尽棄。要校到秒針对正零秒时，其分針正对整分数，避免讀錯分数，数“秒数”时，应切合鐘表行走，“滴”的声音，或秒針移动的节拍，这样讀定時間容易准确。

(4) 司光者把手电筒的焦点較好，随时要与司鏡者配合，經常注意水平度盘气泡是否居中，当将要讀定垂直度盘时，协助把垂直度盘气泡校正。

(5) 观测时，当星体进入視場，把星置在水平絲之上或下（东星在上，西星在下），繼而用豎絲对正它，并用左右微动螺絲微动跟着它，加距水平絲太远，則用上下微动移动，使它接近，測前最好估計它的角速，以便置星于水平絲上或下的适当距离（如北极星因其角速很小，尤其在上下中天时，这样就要置星距水平絲較近些）。当星快到十字絲中心时（約一、二十秒時間）即叫計时者“預备”。当星体落在十字絲中心，則叫声“好”，要口眼一致，声音宜短促有力，叫好后，隨之讀定垂直度盘讀数，此时注意它的垂直度盘气泡是否居中，記簿者把時間和度盘讀数分別記載后，馬上讀出星体在倒鏡后的水平度盘或垂直度盘的位置（即度、分数），以便司鏡者在倒鏡后迅速地找到星体。倒鏡后，操作如前。由正倒鏡讀定兩数，組成一組結果，計算时取正倒

鏡讀數的中數，一般測定四組至八組結果即可。

(四) 計算程序

(1) 視天頂距 Z' ，這是一組的觀測結果(即正反鏡天頂距中數)。

(2) 折光差(蒙氣差) R ，以 Z' 為引數在天文年曆附表12 (見1957年天文年曆350頁，以下同。)查得。

(3) 真天頂距 $Z = Z' + R$ 。

(4) 測站緯度 φ ，可先在百萬分之一地圖量出概值。

(5) 所測星赤緯及 (6) 所測星的赤經，查年曆的“恒星視位置”部分，所載各星是以赤經為序的，星名是用略號，故在未查前应在星座圖查出星的概略赤經，并在星座表 (見389頁) 查得星座略號，依這些在恒星視位置表上查取。赤緯是以度為單位，赤經是用時為單位。

(6)——(17) 參照公式 (3) 來演算，注意 t 的符號，(E) 為負，(W) 為正。

(19) 依 $\theta = \alpha + t$ 來推得“視測時的恒星時 θ ”。

(20)——(22) 測站平子正之恒星時 S' ，先在年曆“太陽”部分“恒星時”欄查得格林尼治0時(即平子正)的恒星時，再加以測站與格林尼治的經度差改正數，即得本地平子正的恒星時。

例如：求1957年5月28日沿海龍山 $\triangle = 31$ 測站 (假定經度 $\lambda = 7^{\text{h}}24^{\text{m}}30^{\text{s}}.0E$) 的平子正恒星時。

[這假定經度 λ 是在地圖上 (比例尺一般是 1:1000 000) 量取的概略值，設量此經度的誤差 $\Delta\lambda$ 為 ± 15 ，恒星時僅差 $0^{\text{s}}.16$ ，對我們低精度的測時是沒有影響的。]

(20) 查年曆的“太陽” (14頁) 得1957年5月28日格

林尼治平子正恒星时

$$S'_0 = 16^{\text{h}}21^{\text{m}}4^{\text{s}}.6_0$$

$$(21) \text{ 經差改正 } \left(\frac{7^{\text{h}}24^{\text{m}}30^{\text{s}}}{24} \times \right.$$

$3^{\text{m}}56^{\text{s}}.555$) 或以經度为引数查附表 3 (337頁)

$$\text{得 } \Delta S'_0 = -1 \quad 12.7$$

(22) 从 $S_0 - \Delta S'_0$ 得 1957 年

5 月 28 日測站的平子正恒星时。

$$S'_0 = 16^{\text{h}}19^{\text{m}}51^{\text{s}}.9$$

(23) 观测时至平子正的恒星时段 S , 由 $S = \theta - S'_0$ 而得。

(24) —— (25) 化为平太阳时 T' , 系由恒星时段 S 化为平时段而得, 据公式: 平太阳时 = 恒星时 - 改正值。

例如: 化恒星时段 $20^{\text{h}}55^{\text{m}}58^{\text{s}}.1$ 为平太阳时段。

(23) 恒星时段

$$S = 20^{\text{h}}55^{\text{m}}58^{\text{s}}.1$$

(24) [以 S 为引数查年历附表 2

(334頁)]改正值

$$\Delta S = -3 \quad 25.8$$

(25) 平太阳时

$$T' = 20^{\text{h}}52^{\text{m}}32^{\text{s}}.3$$

(26) 观测时之表面时 T , 抄自該組的表面时中数。

(27) 錶差 $\Delta T'$, 由 $T' - T = \Delta T$ 而得。

(28) ΔT 的中数, 甄取各組比較接近的結果而平均之 (各組最大較差暫定为 $\pm 8''$)。

三、緯 度 的 測 定

茲以測北极星为例。

(一) 計 算 公 式:

由定位三角形得方程:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t.$$

上列方程式若 h 、 δ 、 t 为已知，則解方程便可得 φ 之值。

为了解方程式，設輔助值 d 为一正值， D 为一角度，并

令

$$d \sin D = \sin \delta, \quad (A)$$

$$d \cos D = \cos \delta \cos t. \quad (B)$$

以 (A)、(B) 代入方程式得

$$\begin{aligned} \sin h &= d \sin \varphi \sin D + d \cos \varphi \cos D \\ &= d \cos(\varphi - D). \end{aligned}$$

又令 $\pm V = (\varphi - D), \quad (C)$

則 $\cos V = \cos(\varphi - D) = \frac{\sin h}{d}. \quad (D)$

以 (B) 除 (A) 得

$$\operatorname{tg} D = \frac{\sin \delta}{\cos \delta \cos t} = \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos t}.$$

以 (A) 的 d 值代入 (D)

$$\cos V = \frac{\sin h \sin D}{\sin \delta}.$$

整列之：

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} D &= \frac{\operatorname{tg} \delta}{\cos t}, \\ \cos V &= \frac{\sin h \sin D}{\sin \delta}, \\ \varphi &= D \pm V. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

上式即为計算緯度的公式，解出輔助值 D 、 V 便可求得 φ 。

(二) 觀測方法：

由計算式知 h 、 δ 、 t 、三原素为已知，則可求 φ ，而 δ 可

查年历， t 若在测时之后，亦可求得。现在仅 h 为未知，故观测时仅讀定高度盘和讀表面时便可，其操作方法与“恒星单高定时”完全一致。

測緯度的精度（假設測时精度已够的話）取决于測定垂直角 h ，而 h 又受蒙气差影响最大，同时蒙气差也因溫度和气压的变化而变化，尤以溫度影响較甚（年历的蒙气差 R 。改正值系以摄氏表零度为准的），故測定緯度宜备溫度計和气压計，以訂正蒙气差改正值。

蒙气差 $R = R_0(1 + A + B)$ （查年历表12，見351頁，其实例見年历404頁）。

由正倒鏡的讀数即构成一組結果。

(三) 計算程序:

- (1) —— (3) 与測时計算同。
- (4) 眞高度 h ，由 $90^\circ - Z = h$ 而得。
- (5) 表面时 T ，抄自該組表面时的中数。
- (6) 表差 ΔT ，抄自定时計算結果中数。
- (7) 平太阳时 T' ，由 $T' = T + \Delta T$ 而得。
- (8) —— (9) 以 T' 为引数，查年历表3（見年历337—339頁）依公式：

恒时 = 平时 + 改正值，求得观测时至平子正的恒星时段 S 。

- (10) —— (12) 測站观测时的恒星时，是由公式

$$\theta = S + S_0 - \Delta S_0$$

而得[参考定时計算的 (20) —— (23)]。

- (13) 及 (14) 查“拱极星視位置”部分(α, U, Min)（見年历286—287頁）。

(15) 应用公式 $t = \theta - \alpha$ 即可算得 t 。

(16) 把 t 由以时为单位，换为用度为单位。

(17) —— (26) 依公式 (4) 计算。

(27) φ 之中数，系甄取各組所算出比較接近的結果的平均数（各組結果的較差暫定为 $\pm 8''$ ）。

四、天文方位角的測定

本册所述以測北极星为例，其計算公式已見于概說，式中的 δ 、 φ 、 t 三原素，其中 φ 、 δ 已由定緯度及查年历得出，故測定方位角时，仅將測站对北极星与照准点的夹角測出，并記表面时，根据定时的 ΔT 以計算时角 t ，便可依公式 2 計算。

(一) 觀測方法：

觀測的步驟：再行检查經緯仪水平度盘气泡是否水平，进行中亦要經常注意水平度盘气泡的居中。先用正鏡对准灯标，讀水平度盘，倒鏡再对灯标，讀水平度盘，此时对北极星，应置星于豎絲的左或右，水平絲紧紧正对跟随，星体快到十字絲中心，叫讀时者“預备”，当星正落十字中心即叫声“好”。記时者把表面时讀出，司鏡者馬上讀水平度盘，倒鏡位置如是操作連續三次；再縱轉望远镜对星（記簿者此时应讀出水平度盘后的度分数，以便找星），如前操作連續三次，然后对灯标讀水平度盘，再倒鏡对灯标讀水平度盘，这样构成一組觀測結果，其操作程序如下：

(1) 对灯标 正，反 讀水平度盘。

(2) 对北极星 反，反，反 讀水平度盘并讀記时

間。

(3) 对北极星 正, 正, 正 讀水平度盘并讀記時間。

(4) 对灯标 正, 反 讀水平度盘。

第二組可从反鏡起。

(二) 計算程序

先在观测手簿計算每組的表面时中数和灯标与星的夹角(計算方法如附例), 然后依下列的次序进行計算。

(1) 依抄自观测手簿中的各組表面时中数。

(2) 抄自測时的表差 ΔT 中数。

(3) 沒有用收报机收时来校对表, 表速 Δ 无从求出, 此項作为零。

(4) 从公式 $T' = T + \Delta T$ 算得 T' 。

(5) 平时化恒时改正数, 以 T' 为引数, 查年历表3(見337頁—339頁)。

(6) 依公式: 恒星时段 $S = \text{平太阳时}(T') + \text{改正值}$ 算得。

(7) 查年历“太阳”部分的“恒星时”栏(見年历14頁)抄取观测日期的数值便可。

(8) 經差改正数 ΔS , 以經度为引数查表3。

(9) 相应的恒星 θ , 此即观测时至平子正的恒星时, 依公式: $\theta = S + S_0 - \Delta S$ 。

(10) 及 (11) 查年历拱极星視位置[見測緯度計算的(13)、(14)]。

(12) 依式 $t = \theta - \alpha$ 而得。

(13) 把 t 化为以度为单位。

(14) —— (25) 系依公式 (2) 計算，計算过程中要注意正弦和余弦值的符号，最后要注意 α 的符号。

(26) 光行差改正数 $\Delta\alpha$ ，可不必計算，只在方位角(指角)結果加 0^m3 便可(本例已加入 α° 內)。

(27) 从观测手簿抄取灯星的夹角。

(28) α_0 抄 (25) 加光行差 $\Delta\alpha$ 。

(29) 觇标的指角，即测站对照准点的方位角，依公式 (1) $A = R \pm \alpha_0$ 便得。

(30) 方位角的最后結果，它是从各組結果取其較接近者的平均数(其間較差暫定 $\pm 15''$)；本例的中数系取 9 組中的 6 組結果的平均数，本例仅列出其中 4 組的計算結果。

五. 定时、定緯度、定方位角的注意事項

(一) 測前准备的東西

經緯儀、手電筒、電池、電泡、馬燈、手表(或天文鐘)、星座圖、記錄手簿。小測板(放燈標用)、大木桩(經緯儀脚桩)、溫度計(有可能時帶气压計)、本年的天文年曆。

(二) 測前准备事項

(1) 黃昏前要把觇標投影在測板上，並划對測站方向綫，以便安裝燈標，並准备些与電筒玻璃同口径的圓圈紙，如图 2，以备因距离近、燈標光度太强，故用紙圈貼在電筒玻璃上，以减弱光度。

(2) 黃昏時就要把經緯儀置中于測站上，以爭取提早

进行观测。

(3) 最好在测前一两晚上，把定时的星选好、認好，校对其在星座图上的位置，以免临时忙乱。

(4) 置平仪器后，先对月亮或大颗星来調焦距对光，并把十字絲影象調整得最清晰。

(5) 事前要与灯标打光的同志約好符号（一般用电筒照射的长短号，或用燃烧柴火为号），以便收测时打符号讓他收工。

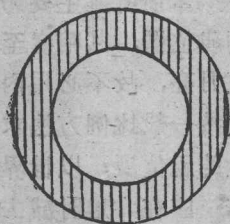


图2

(三) 观测和計算注意事項

(1) 測量时正倒鏡讀表面时的時間不要相距太长，一般規定在三分鐘內，如有超出，則取消該組，另行再測。

(2) 司鏡者观测要沉着穩步，切戒急躁。

(3) “定时”和“定緯度”一般測8組數，“定时”最好东西星各測8組，以作检查，“方位角”以測8—10組为原則，計算时甄取其結果的比較接近者。測方位角时如系測9組，度盘要变换，如 0° 、 20° 、 40° 、 60° 、 80° 、 100° 、 120° 、 140° 、 160° ，測微器的分秒数亦要作适当的变换。

(4) 先用假定緯度計算“測时”（一般是在百万分之一图上量出概略經緯度），然后用測时結果計算緯度。若算出之緯度与假定之緯度相差太远，則須从新再算時間和緯度，使所算的緯度，逐次趋近于計算測时所用的緯度为止（暫定其間的差異为3分）。本文所引的例。是已經过概算一次的，概算例从略。

(5) 查取恒星赤經、赤緯概略法, (測定精密經緯度不适用)。

本册所述主要为了測定方位角, 在年历中查取恒星測时的視位置, 其精度至 $0''.1$ 或 $0^s.1$ 已足, 且觀測对象, 不是太阳或月亮, 故不必用內插法, 即不計及二次較差以下的变化, 仅按一般比例方法求得。所要注意者, 年历所載为該星中天时的視位置, 以世界时为准, 并以日为单位, 在我們东經地带, 应在本地时减去經度, 化为世界时, 并以日为单位, 用比例方法查得。

例如: 求測站 ($\lambda = 7^h 24^m$) (1957年5月28日觀測时为 $20^h 54^m$ 恒星 $\alpha \cdot HYD$ 的赤經、赤緯。

觀測时 (即本地时 T') = $20^h 54^m$ (概略值)

測站經度 $\lambda = -7.24$

觀測时的世界时 13 30

化时分为日的小数 $13^h 30^m = 0^d.562$ [查年历时表 6, (342—343頁)]

查年历 (180頁)

5月20.7日 $\alpha_0 = 9^h 25^m 30^s.095$ $\delta_0 = -8^\circ 28' 37''.60$

-0121 -0.69

5月30.7日 $\alpha_1 = 29.974$ $\delta_1 = 36.91$

按比例方法得:

$$\begin{aligned}\Delta\alpha &= \frac{d-d_0}{d_1-d_0}(\alpha_1-\alpha_0) = \frac{28^d.562-20^d.7}{30^d.7-20^d.7} \times (-0.121) = \\ &= 0.7862 \times (-0.121) = -0^s.095\end{aligned}$$

$$\Delta\delta = \frac{d-d_0}{d_1-d_0}(\delta_1-\delta_0) = \frac{28^d.562-20^d.7}{30^d.7-20^d.7} \times (-0.69) =$$