

地形測量經驗小叢書

第一集

經緯儀圖解法



測繪出版社

地形測量經驗小叢書

第一集

經緯儀圖解法

著者 總參測繪局第一地形隊

出版者 測繪出版社

北京宣武門外永光寺西街3號
北京市書刊出版業營業許可証出字第081號

發行者 新華書店

印刷者 天津市第一印刷廠

天津市和平區和平路377號

印數(京)1—6,000冊 1958年10月北京第1版

開本 31"×43" 1/32 1958年10月第1次印刷

字數 18,000字 印張 7/8

定價 (8)0.11元 統一書號: T15039·217

PDG

編 者 的 話

經緯儀圖解法是最近在總參測繪局各地形測量隊廣泛採用的新的先進作業方法。用這種方法在野外施測平面控制點，不僅比平板儀交会法快，而且容易達到測圖要求的精度。

航測外業的控制作業中，一般採用兩種方法：解析法（經緯儀）或圖解法（平台儀）。然而這兩種方法各有其利弊，經緯儀圖解法是這兩種方法的結合，它吸取了上述二法的優點。此法系在野外觀測，室內交会，從而可以最大限度地利用好天氣，而雨天則在室內交会。

文中提到訓練測工進行經緯儀野外觀測，減少技術員的控制作業量，發揮測工更大的作用，從而提高全組的工作效率，這種做法是值得提倡的。

經緯儀圖解法

總參測繪局第一地形隊

航測外業的控制作業中，一般採用解析法（經緯儀）與圖解法（平台儀）兩種，然二者各有其利弊，為了滿足上述二種方法之不足，我們決定試用“經緯儀圖解法”。

（一）應用範圍

1. 航測外業全能法，採用全野外布點時，因控制點系隔號象片布置4點，每幅圖所需野外測定的點甚多，這些點若採用解析法則計算耗時甚巨，故適合採用“經緯儀圖解法”。

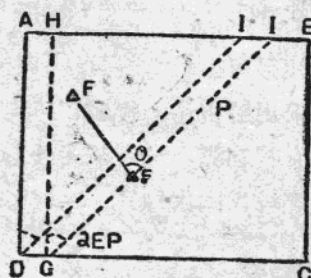
2. 航測外業微分法全野外布點時，每個立體象對布置5點，所需在野外測定的點也甚多，過去採用平板儀交会，不僅耗時耗力甚巨，且不易達到精度，故適合採用此法。

3. 平板儀測圖時，亦可應用此法補充大量的圖根網點。必要時，可以用前方交会求出部分測站點，僅交出平面位置，而高程由設站施測碎部時補充之，因而，可減少碎部測圖時，由於用伯塞爾法交会測站而耗費的時間，若在當時不能交出測站點平面位置，則只要有一根方向綫，以後就可以作為側方交会標定測板之用了。

（二）原理及公式來源

解析法系根據方位角及邊長而決定點的平面位置，而圖解法是依靠測板上已知點向未知點畫出方向綫，以交会法決

定点的平面位置的。現我們用經緯儀由外業施測各未知方向的方向值，經過化算，即可得出各方向之方位角，然後，在



(圖 1)

室內用截距關係，將各方向綫在圖板上畫出，而將點的平面位置，用圖解方法決定。

如圖 1，設 A、B、C、D 是圖板上最外層的四個整數坐標網點，且是正方形的。E、F 為二個三角點，現在我們欲從 E 向 P 畫出方向綫 EP 可由下法決定。

用經緯儀在野外觀測 θ 角，而方位角 α_{EP} 是已知的。因此此，方位角 α_{EP} 可求得，即

$$\alpha_{EP} = \alpha_{EF} + \theta \text{ 在 } \triangle HGI \text{ 中，有 } HI = HG \tan \alpha_{EP}$$

上式中，因 HI 是在 y—軸上的截距，可以 Δy 代之。HG 是測板上的最大縱坐標差，當用坐標儀決定方里網時，每個圖板都可取得同一數值，因此，可認為是常數，以 D 表之，而 α_{EP} 系由 α_{EF} 及 θ 之大小而決定之，普通形式以 α 表之，因此可寫成 $\Delta y = D \tan \alpha, \dots (1)$ 式中，只要當 α 已知時， Δy 之數值可經計算確定。過 D 作 $DI' \parallel GI$ ，由於 $AD = HG = D$ ，故 $\triangle ADI' \cong \triangle HGI$ ， $\therefore AI' = HI$ 。今 $HI = \Delta y$ 之長度可以決定，即 I' 點在 AB 上之位置可找出，聯結 DI' ，然後，過 E 點作一平行綫平行於 DI' ，即為 EP 之方向綫了。

為了進一步說明此種情況的普遍適用，我們再以 $\alpha > 45^\circ$ 時的情況分析一下。如圖 2。當 I、G 交於 x—軸上時，則有

$$HI = GH \cot \alpha_{EP}$$

与上同理，即 $\Delta x = D \cot \alpha \dots\dots\dots (2)$ 。②中，当 α 为一定时，则可求出 Δx 之数值，因 $CI' = HI = \Delta x$ ，故 I' 在 x -轴上之位置可决定，联结 DI' ，再过 E 作一直线 $GI \parallel DI'$ ，则 EP 之方向亦可在图板上确定了。

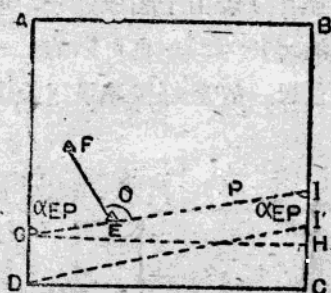


图 2

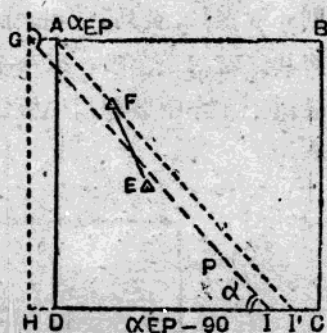


图 3

当 $\alpha > 90^\circ$ 即方向线 EP 在第 II 象限时，则 (1)、(2) 二式仅将 $\Delta x, \Delta y$ 之位置互相对换即可。在图 3 中 $\angle HIG = \alpha_{EP} - 90^\circ = \alpha$

$$\text{故 } HI = GH \cot(\alpha_{EP} - 90^\circ)$$

$$\text{即 } \Delta y = D \cot \alpha \dots\dots\dots (3)$$

用 (2) 与 (3) 比较一下，可看出等式右面的符号均相同，仅左面之 Δx 与 Δy 相异，故在 II 象限内之各方向，只要用真方位角减去 90° 后之余值，按 (2) 式计算出 Δx 而将 Δx 改为 Δy 应用即可了。

其余 III 象限与 I 象限相同，IV 象限与 II 象限相同，仅仅截距方向相反而已，而截距量取方法可由下图决定之。

$\Delta y, \Delta x$ 值之决定，可不单独计算，根据图板的大小，

給以固定数值，而以 α 为变数，可制出一表（見附表）。制表时亦无須各个計算，可用六位函数表之 $\tan \alpha$ 栏，乘以常数 D 即得。根据 D 之长度，以及图解比例尺的大小，誤差的限度，而确定 α 之最小值。（如 $D=30\text{cm}$ 时，点的允許誤差 1mm 則 α 取至 $1'$ ，表列 $2'$ ，用表时內插至 $1'$ ）若由于图板过大，可将其分成四个象限，以一个象限的边长为 D ，也可以的。一般由于实作中要利用平板仪的平行尺，故最好按象限边长造表。

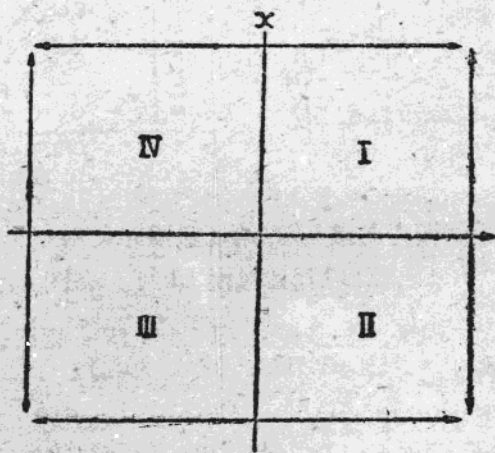


图 4

（三）实际操作方法

应用此法在实际操作上，并不复杂，野外工作与解析法的操作方法完全相同。由于系图解精度，故仅施测一测回即可，在施测过程中尽量每点均有一已知方向相联结，以便推

算方位角，室内操作步骤可按下列程序进行。

1. 检查野外观测手簿，并将所观测之方向值，经过已知边的联接关系，改算成方位角数值，而方位角数值，不必另外列表，即记载在观测方向的后面。格式如下表：

测站 尖山

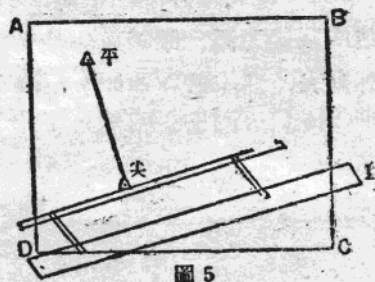
	各测回平均方向	附 注
1	8	9
第 测 回		(方位角)
1. 平頂山	$0^{\circ} 00' 00''$	$356^{\circ} 10' 15''$
2. № 15	$70^{\circ} 52' 40''$	$67^{\circ} 02' 55''$
3. № 18	$98^{\circ} 43' 10''$	$94^{\circ} 53' 25''$
4. № 30	$131^{\circ} 40' 10''$	$127^{\circ} 50' 25''$
1. 平頂山		

上表例設已知尖山——平頂山方位角为 $356^{\circ} 10' 15''$ 。将其余方向值加上此值后，即得各方向之方位角值。

2. 以 α 引数由表中查出 Δx (或 Δy)之值，按图板比例尺，在相应的 x —軸或 y —軸上量取截距，决定輔助点。如上

例之A:15方向, 查得 $\Delta x=11.43\text{cm}$, 并决定I点, 如图5。

3. 将平板仪定規边沿 (最好将垂直軸以上观测部分卸下) 紧靠 D, I 两点, 仔細的移动平行尺, 使其边沿紧靠 “起始点之刺孔” (以鉛笔比試一下) 然后向未知点画出方向綫。



4. 收回平行尺, 使二尺互相紧靠着 D, I 两点是否仍通过边沿, 以检查之。按上例程序画出各站所观测的方向綫相交的点, 則为所求之点了。

(四) 几个特殊問題的說明

按一般情况采用此法最好用前方交会法或側方交会法, 因两者方位角可以很快的推出, 側方交会系未知点設站, 方向角值是未知点向已知点的。但画方向綫时, 又必須是已知点向未知点画来, 故推方位角时, 可以不考虑 180° 的加减。

下面再将几种特殊情况說明如下:

1. (1) 后方交会: 采用此法比較困难, 但尚有两种方法可以解决。

A. 伯塞尔法: 根据伯塞尔后方交会原理, 在图板上求出标定測板的第一根方向綫, 并将此方向綫延长, 与其在方里綫上相交, 然后, 量取其两端截距, 以两端截距差值为引数在表中查取方位角, 然后, 依此方位角推取其他方向的方位角, 按一般方法重新进行所求点的交会。

如图6, 設P点观测三个已知点, ABC之二夾角为 $\angle I$ 及 $\angle II$, 以C点为起始点, 用方位角 $\alpha_{CA}' = \alpha_{CB} - \angle II + 180^\circ$ 可以画出方向綫 CA' , 同理以B点为起始点, 以方位角 $\alpha_{BA}' = \alpha_{BC} + \angle I + 180^\circ$ 可以作出方向綫 BA' , 此二直綫相交于 A' , 按伯塞尔原理, 則 AA' 即是标定測板之綫, 亦即P点在 AA' 中, 也就是AP方向綫了, 將 AA' 綫延長, 令其在坐标軸上相交, 若交于y軸上, 如H、I点, 則可由y軸上量出截距值 Δy 之差 $\Delta y'$, 以 $\Delta y'$ 为引数, 在表中仅查出方向角, 即为AP之方位角了, AP之方位角既得, 則在P点观测其他各方向之方位角可以推出, 按一般方法进行P点之交会。

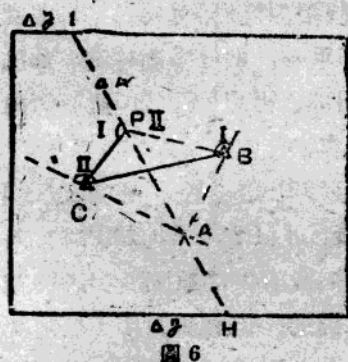


圖 6

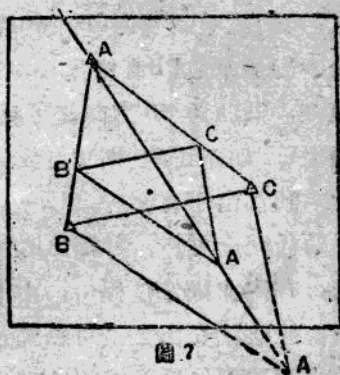


圖 7

当BC两点边过长, BA' , CA' 二方向綫在图板上不能相交, 則 A' 不能在图板上交出, 可将BC两点按同一比例, 向A点縮小, 即将AB、AC联結, 用平行尺靠紧BC向A延伸平行尺, 画一直綫, 使之与AB、AC相交于 $B'C'$ 两点, 通过 $B'C'$ 点作出交会綫, 可求出 A' 点, 因 $A'A'A$ 在一直綫上, 故联結 AA' 直綫亦可求出截距了。

B、計算法：按解析后方交会計算公式，先計算出 γ, δ 兩值，然後根據 γ, δ 兩值，即可得出各方向之方位角，按這些方位角可以進行 P 點之交会。

注：伯塞爾點雖然三方向交於一點，但不一定可靠，必須用第四方向檢查之。

(2) 單三角形按解析法觀測三個水平角，令其等於 180° (誤差界限按解析法要求，以兩個起算點交出未知點，再從未知點本身進行檢查，無誤差時，則認為 P 點可靠。) 如图 9, AB 是兩個已知點，先按 $\alpha_{AB} + \angle 1, \alpha_{BA} - \angle 2$ 二方位角。可以畫出方向綫 AP 及 BP 兩方向綫，並交出 P 點，然後再從 P 以 $\alpha_{PA} + \angle 3$ 為引數重新查出 PB 方向綫之截距，並畫出方向綫 PB，視其是否與原來之 PB 直綫重合，如不重合，則應重新檢查，如已重合，則認為 PB 方向綫可靠。同理，再以 $\alpha_{PB} - \angle 3$ 檢查方向綫 PA，如亦正確，則 P 點應為可靠。

該法由於有 $\angle 1 + \angle 2 + \angle 3 = 180^\circ$ 之檢查，證明 $\angle 1, \angle 2$ 之角值完全可靠，並經 $\angle 3$ 之檢查，可以消除 AP 及 BP 二方向綫，在內業操作過程中，由於器械或查表等原因所引起的錯誤，故該法交出之點可認為是可靠的。但必須說明 P 點之交角必須達到盡量可能的良好，不得小於 60° 大於 120° ，而 $\angle 1, \angle 2$ 亦不宜過小。

(3) 利用鋅板外三角點進行交会的方法：

如图 10, 設三角點 Q 在鋅板之外，此點在圖板上展不上。現 QQ_1, Q_2 系過 Q 之縱坐標軸，AB, DC 是橫坐標軸在 $\triangle QP_1Q_1$ 中。有 $Q_1P_1 = QQ_1 \tan \theta$
 QQ_1 是 Q 點至 AB 橫坐標軸之縱坐標差，應是已知，且由於野

外 P 点观测了 Q 点 (或 Q 点观测了 P 点), 则 $\angle Q = \alpha_{QP} - 180^\circ$ 亦应是已知的, 故 Q_1P_1 可以求出, 同理, 在 $\triangle QQ_2P_2$ 中 Q_2P_2 亦可求出。

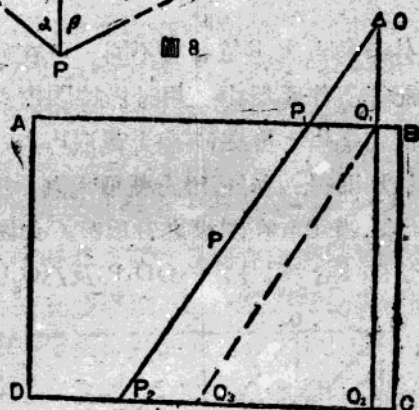
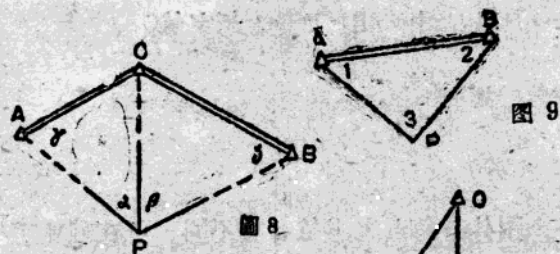


图 10

为了方便起见, 我们在实作中可不求 Q_2P_2 之值, 今作 $Q_1Q_3 \parallel P_1P_2$, 则有 $Q_1P_1 = Q_3P_2$ 而 $Q_2Q_3 = Q_1Q_2 \tan \angle Q_2Q_1Q_3$ 即 $Q_2Q_3 = Q_1Q_2 \tan \theta$ 。今 $Q_1Q_2 = AD = BC$, 故 Q_2Q_3 可由表中查出, 而 $Q_2P_2 = Q_2Q_3 + Q_3P_2$, Q_1P_1 亦可不用按公式计算, 改正数采用 Q_2Q_3 即可, 由图可知 $\triangle QQ_1P_1 \sim \triangle Q_1Q_2Q_3$

的关系，与图10理由相同，欲决定 P_2 必須有 $\frac{QQ_2}{Q_2D_1} = K_x$ 值，用 K_x 可求出 D_1P_2 ，但实用时，必須从中减去 QQ_1 (Q 点横坐标差)，方能得出截距 DP_2 ，而决定 P_2 点。同理，利用图10理論，由 $\triangle QB_1C_1$ 、 $\triangle Q_1B_1C_2$ 及 $\triangle QQ_1P_1$ 的关系，必須用 $\frac{QQ_1}{Q_1B_1} = K_y$ 来求出 Q_1P_1 之值，并从中减去 QQ_2 值，得出截距 AP_1 ，而决定 P_1 点。

(4) 引点的方法仍与平板仪作引点相同，利用观测值，作出本点至引点的方向綫，然后，以視距尺按比例将点縮于图上即可，視距法的要求按规范执行。

(五) 精度估計和精度要求

平板仪规范規定标定測板的方向綫以30cm为佳，今此法制表以27cm为直角边底边，故一般方向綫决定的二点間距离大于27cm，若决定截距点的誤差在0.1mm以內时，則未知点方向綫的偏差亦将不超过0.1mm，由于經緯仪角值观测达到秒数，而实用有分足夠，故角值的观测精度对截距值的有用部分毫无影响。方向綫系在室内描繪，可以做到人力的最大限度的节省，比平板仪野外画方向綫，在操作和条件方面要便利得多，因而准确程度可以大大提高。

現根据实作經驗，包括截距点的量取誤差，平行尺的移动誤差，鉛笔描繪时的偏斜誤差等等，每根方向可認為有0.1mm的誤差，現每一点至少有三根方向綫相交，如有示誤三角形产生則方向綫須重画。故每一点的誤差可以認為是

0.1mm，而其最大誤差將不超過 0.15mm。

根據實驗結果，亦得出如上結論，我們以三個大地點的坐標及方位角成果，交出另外六個大地點，然後，再以 6 個大地點的原來坐標，按展點來檢查新交點之差值，得下表。

坐 標 差 \ 點 號	1	2	3	4	5	6
Δx	mm 0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
Δy	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0

由上表可知，交會點與解析點展點，較差最大不超過 0.2 mm，一般在 0.0 及 0.1，故此種點在測成圖的實用與解析點無異，而比平板儀野外交會點要精確得多。據此情況，此種交會不得發生示誤三角形，如有示誤三角形，必須設法消除之。

(六) 工天使用情況

利用此法無論進行全能法、微分法之野外控制作業，均要節省工天，蓋此法攜帶器械輕便（與平板儀比），外業操作時間縮短，內業省去計算（比解析法），故在工天上要節省。除埋石點，其他進行交會的點，若由測工進行觀測，而技術員僅在內業交會，時間更要大大縮短（據經驗證明，二年工齡以上的測工，文化程度在高小以上者，可以訓練其進行經緯儀野外觀測），全能法每幅可節省 15 工天左右，微分法可節省 25 工天左右（此系預測，無實作例証）。若測工不能

一时訓練其进行水平角觀測，但至少可訓練其进行垂直角觀測，以便进行补測多角高程之漏測方面，这样亦可节省技术員由于选点不及时而不能进行直反規，同时觀測所造成的补測時間，亦可大大提高工作效率，以此据估計，平均每幅图全能法控制节省7工天左右，微分法节省12工天。

利用測工进行觀測，不致影响精度，因此法水平角精度要求并不高，而室內交会完全可以肯定，觀測成果有无錯誤。如有錯誤，尚可及时进行补測，而不会影响技术工天。

(七) 此法的优缺点

由于此法系在室內进行交会，野外工作紧凑，故可大大利用天气。晴天抓紧野外工作，雨天进行室內交会，而不因天雨窩工。由于不用每点計算，减去了較為复杂的腦力劳动，且不論何法，航測照片均能满足隔片四个野外点以上，且都在图板上决定了位置，故均可用波洛托夫法检查刺点和交会精度，因而保証点的正确性，以便內业成图。同时由于在室內进行交会，可保持图紙清洁，并节约一块鋅板（外业鋅板弄髒，內业得重新作一块）和护图紙。

平板仪交会法常常因标測板不准而产生示誤三角形，須实地返工改正，此法只要目标不測錯，室內交会一般不容易产生問題。計算有錯，亦可在室內进行重新交会，就不会引起很多的外业返工現象。同时平板仪交会所不能解决的問題，此法能合理解决。例如，图外三角点的应用，高标进行图解交会等。

此外，不管什么成图方法（全能法或微分法）技术員以

往由于控制負担过重，故常产生“重控制輕調繪”的思想，因而降低了調繪質量。利用此法只要計劃周密，控制負担大大減輕，这样提高了技術員对調繪的重視，因而提高了調繪的精度。

缺点方面，在于后方交会方法不夠严密，并且較麻煩。

(八) 結 束 語

此法仅就控制点的平面位置的決定方法而言，至于高程仍采用多角高程导綫及独立点的方法決定之，边长由图上量取。若以經緯仪中絲两測回对数計算，边长可达8公里。

此法尚在試行阶段，无系統的操作規程，其中某些具体的操作方法和特殊情况，有待进一步的研究和补充。

經緯仪圖解法截距表

用表說明

- 1 此表系根据截距公式 $D \tan \alpha = \Delta y$, $D \cot \alpha = \Delta x$ 計算而成；
- 2 截距固定边 $D=27$ 公分，表中所列数值均以公分为单位；
- 3 应用时，角度数值可达 $1'$ 而分数为奇数的截距值由上下二偶数分数之截距值內插之；
- 4 此表 Δy 或 Δx 之決定系以 I 象限为准，III 象限与 I 象限相同；II、IV 与 I、III 象限恰反，即在 II、IV 象限中角度减去 90° 或 270° 后按余值查表，但表中之 Δy 应改为 Δx ；而