

2P/

基本馆藏

258744

象片控制点的坐标 及高程计算

C. Г. 摩洛兹柯夫等著



8)63

0083

测绘出版社

象片控制点的坐标 及高程計算

С.Г. 摩洛茲柯夫 等著

中國人民解放軍總參謀部測繪局譯

測繪出版社

1959·北京

本書是根据苏联1955年莫斯科測繪出版社出的“Пособие по вычислению координат и высот опознаков”一書譯出的。

本書对航測工作外業控制方面有比較全面的闡述，其內容包括象片連測的多種形式、計算的多種方法以及測算過程中的限差規定，可以作为航測外業人員的作業參考。

本書1957年第二版在內容上略有修訂，其中主要是对用后方交会法測定的象片控制點坐標的計算方面作了某些補充（參看測量制圖彙報1958年第3期“用后方交会法联系象片控制點的誤差之確定”一文）。

象片控制點的坐標及高程計算

著者 С. Г. 靡洛茲柯夫等

譯者 中國人民解放軍總參謀部測繪局

出版者 測 繪 出 版 社

北京市西四羊市大街地質部內

北京市書刊出版業營業許可證出字第081号

發行者 新 華 書 店

印刷者 地 質 出 版 社 印 刷 厂

北京安定門外六鋪炕40号

印數(京) 1--1200册 1959年10月北京第1版

開本 $33'' \times 46'' \frac{1}{32}$ 1959年10月第1次印刷

字數70000 印張3插頁

定價(10) 0.50元

前 言

这是一本作业参考書，預計供从事航测成图中扩展测图网工作的控制測量人員和地形測量人員之用。

本書是根据在作业中采用“象片控制点資用坐标計算簡明指南”（B. B. 齐齐金娜著，測繪出版社1951年出版）的經驗以及許多計算工作方面的合理化建議而写成的。在这本書里包括了作者認為最合理的公式和計算格式，以及应用它們的实际指示。

本書所列举的一些例子中，計算精度和各个結果間容許的不符值，是以1:25000和1:10000比例尺測图作业为根据的。在作更大比例尺測图时，必須相应地提高計算精度，并采用該种比例尺測图作业細則中所規定的限差。

目 录

前 言

一、总 则	1
二、用极坐标法, 交会法和三角测量法测定的象片控制点坐标的计算	5
1. 用极坐标法测定象片控制点	6
2. 从三角点作前方交会测定控制点	12
3. 由后方交会测定象片控制点	19
4. 由联合交会测定象片控制点	28
5. 用三角测量法测定象片控制点	29
三、经纬仪导线测定的控制点坐标的计算	35
1. 在两个三角点之间敷设经纬仪导线测定象片控制点	36
2. 依附同一三角点敷设闭合经纬仪导线测定控制点	43
3. 由相交于同一个节点上的各经纬仪导线测定象片控制点	47
4. 由相交于若干个节点的经纬仪导线测定象片控制点	52
四、象片控制点高程的计算 (利用高程导线)	59
1. 高程导线各点间高差的计算	60
2. 在两水准点之间敷设高程导线测定象片控制点的高程	64
3. 由依附在一个起始点上的闭合导线测定控制点的高程	66
4. 由相交于同一个节点上的各导线测定象片控制点的高程	68
5. 由相交于若干个节点上的导线测定象片控制点的高程	72
五、由佈设高程网测定的象片控制点高程的计算	75
1. 三角高程测量的高差计算	76
2. 独立点高程最或然值的计算	76
3. 以逐渐趋近法计算点系高程的最或然值	78
六、附 录	83

一、总 則

大家都知道，航测成图的大地控制工作計有：1) 建立主干控制（一、二、三、四等国家三角測量，在某些情况下代替四等三角測量的大地导綫，以及一、二、三、四等国家水准网）；2) 扩展测图网。

航测成图时，平面和高程测图网中的各点应该尽可能和地面上极为显著的地物点相重合。因此，这些点能够在航摄影片上辨認出来，通常称为“象片控制点”。

为了求得象片控制点的坐标，要将象片控制点連測到国家三角点（或大地导綫点）上；为此，在开阔地区要采用各种交会法和三角測量（小三角測量）；在隐蔽地区則采用經緯仪导綫。为了測定象片控制点的高程，可在国家水准点之間敷設經緯仪高程导綫和平板仪高程导綫。

有关測定象片控制点坐标和高程的方法，在相应比例尺的地形測量规范和細則中都有詳細的指示。其中同样也規定了測量作业最后結果的必需精度，各个測量結果的不符值和閉合差的限差，以及整飾外业手簿和其他外业資料的規則。

外业作业員应该仔細地整理上繳的資料。应该从角度或方向观测的各个測回結果中推算出算术中数；如果在仪器偏心和視准裝置偏心的情况下观测角度，則必須列出归心元素。用捲尺量出的綫长必須加入傾斜改正。將計算平面控制点坐标所必需的一切資料加以計算和检查后，記入专用的格式內。在高程导綫手簿內，必須算出傾斜角和高差。

最后計算象片控制点的坐标和高程以前，必須确信所有的手簿和格式都已經过仔細的检查，并經检查者签署証明。

由相应成果表中摘录計算所需的起始資料：三角点和大地导綫点的坐标、边长和坐标方位角、水准点和其他主干大地控制点

的高程。利用几本成果表时，必須預先检查其中所載的坐标和高程是否屬於同一系統 是否具有必需的精度。

平面控制点的坐标根据六度带高斯正形投影平面計算。任一投影带的縱坐标 x 都由赤道起算；橫坐标 y 都由各带的中央子午綫起算。同时，为了避免产生負值起見，將橫坐标添加 $500km$ ，并在它的前面註写投影带的編号。

連測控制点时所觀測的水平角不必归算到平面上，因为边长不大，且因为归算到平面上的改正数远远小于觀測角度时所不可避免的誤差。

对經緯仪导綫的各边來說，当橫坐标大于 $90km$ 时，其归算到高斯投影平面上的改正数应当予以考虑。

象片控制点的高程根据波罗的海高程系統計算。

考虑到象片控制点的坐标精度必須与成图比例尺的图解精度相适应，所以坐标可以用簡捷方法应用三角函数五位自然值表（或对数表）及坐标增量表來計算。

不要使用超过所需位数的用表，这样会过多地耗費計算時間。

大地計算所需用的最重要的用表名称和說明，列在E.Г.拉尔欽柯所著的“計算技术”一書中（測繪出版社·莫斯科·1952年）。

象片控制点的坐标增量和坐标值計算到 $0.1m$ ，高程导綫的高差算到 $0.01m$ ，高程网的高差則算到 $0.1m$ 。

用各种交会法和三角測量法測定的象片控制点，在計算其坐标时，觀測角的精度取到 $1''$ ，然而，只要边长不大，在由用表中选取必須的三角函数值时，可以利用凑整至最接近的十秒数的角度值。

計算經緯仪导綫时，觀測角和坐标方位角的值都要凑整至十分之一分。

經緯仪导綫和高程导綫的閉合差，以及用各种方法求得的

象片控制点坐标值的不符值，都不應該超出細則中对最后結果所容許的誤差值的兩倍。

計算最好按下列規則進行：

計算必須根據各測量作業機構所採用的統一格式進行。

在計算每個象片控制點或每條導綫的開始，要加上一個標題，並註明象片控制點的編號；如果這些象片控制點是采用交會法和三角測量法測定的，則須繪出略圖。略圖上要按照下列樣式註出起始點和待定點的名稱，角度觀測值和邊長，坐標方位角以及其他資料。

根據本書所列的格式計算時，必須嚴格遵守其中所規定的演算次序，並且遵循所採用的起始點和待定點的記號或號次。

註記必須精確而整潔；並且只准用墨水註記（同一顏色，同一色調）。

書寫大的數值時，整數與小數要用逗點分開，並且自右向左每隔三個數字留出間隔，例如：14 714 608, 6; 5 927 182, 6; 0, 82 670。整數與小數用逗點分開，而不用圓點。對數的定位部和定值部用圓點分開（如3.40421）。

成列地書寫數值時，各列中同位的數字要嚴格地位於同一垂直綫上。

計算時，數值的湊整按一般規則處理。例如將數值4,2725749和0,8742957湊整至五位小數時，應寫為4,27257和0,87430。

湊整時如果祇須捨去一個數字：5（或5的後面帶有0），就祇須湊整到最接近的一位偶數（零也認作是偶數）。例如將數值8,726835和2,6146450湊整至五位小數時，應寫為：8,72684和2,61464。

代數式的符號最好盡可能在計算開始以前予以確定，並寫出來。

使用計算機作計算時，應該事先加以檢查。檢查計算機的方法之一是：將最左邊的一撥數杆撥成0，第二根撥數杆撥到3，

第三根—7，第四根—0，第五根—3，第六根—7余类推（037037037），將計算机手柄順时針方向搖三轉，所得的答数應該是：111111111（九個1），然后又同方向搖三轉，應得222222222（九個2），再搖三轉得333333333（九個3）。之后，反方向搖計算机：第一次反搖三轉后應該得出九個2；第二次反搖三轉后得九個1，再反搖三轉應該全部是零。

將計算机滑动部份向右移动三位，重新检查。

使用計算机时，必須設法使拨动拨数杆和消去数字的次数盡量减少；搖轉手柄的次数也最少。

例如，在几个不同位数的数值相乘时，必須將位数最多的因子当作被乘数，將它放在拨数杆上；乘上6，7，8，9时，必須相应地換为乘上：（10—4），（10—5），（10—2），（10—1）。

如果須將若干个数值乘上同一个数值，那就須將这一数值放在計算机的拨数杆上，使之与所有已知的乘数相乘。尤其是在計算坐标增量时，即將水平距离 S 乘上坐标方位角的正弦值和余弦值时，最宜采用这条規則。

此外，同时还可以采用所謂「速乘法」。將拨数杆上所放的数值 S 乘上 $\sin \alpha$ （或乘 $\cos \alpha$ ）后，應該再把 S 乘上另一个乘数（ $\cos \alpha$ 或 $\sin \alpha$ ），此时不要消去原先的乘数和第一次乘算的結果，而是順搖和反搖計算机的手柄，使得在周数尺上得出第二个乘数。

使用計算机时，手柄要搖到底；如果不遵守这一規則可能得出錯誤的結果。

計算各种改正数（傾斜改正，归心改正等），配賦閉合差，以及計算高差（見第四章）等，最好使用計算尺。

发现計算中有錯誤时，必須小心刮去錯誤的記錄，而在刮淨的地方写上正确的記錄。如果所发生的錯誤引起了大量的修改，則最好是重新計算。

起始数据和最后結果（象片控制点的坐标和高程）必須特別显示出来，可以用紅墨水或紅鉛筆在它們的下面划橫綫。

二、用极坐标法、交会法和三角测量法 测定的象片控制点坐标的计算

續上

起始点 1 待定点 P	普老屋 控制点 312	檢 査		起始点 1 待定点 P	普老屋 控制点 312	檢 査	
		待定点 P 起始点 2	控制点 312 馬瑙河			待定点 P 起始点 2	控制点 312 馬瑙河
x_P	9 151 049.7	$\text{tg}\alpha_{2-P}$	- 0.10 024	x_P	6 151 049.7	$\lg(y_P \theta_2)$	2.90 196 n
x_1	6 150 938.8	α_{2-P}	354 16 33	x_1	6 150 938.8	$\lg(x_P x_2)$	3.90 092
Δx	+ 110.9	$\angle 3$	54° 13' 04"	Δx	+ 110.9	$\lg \alpha_{2-P}$	9.00 103 n
$\cos \alpha_{1-P}$	+ 0.50 113	$\angle 3$ 算	54 12 05	$\lg \Delta x$	2.04 493	α_{2-P}	354 16 34
S	221.3	ω	+ 59"	$\lg \cos \alpha_{1-P}$	9 69 995	$\angle 3$	54° 13' 04"
$\sin \alpha_{1-P}$	- 0.86 537			$\lg S$	2.34 498	$\angle 3$ 算	54 12 06
Δy	- 191.5			$\lg \sin \alpha_{1-P}$	9.93 720n	ω	+ 58"
y_1	14 714 503.2			$\lg \Delta y$	2.28 218n		
y_P	14 714 311.7			Δy	- 191.5		
				y_1	14 714 503.2		
				y_P	14 714 311.7		

1. 公式的运用和演算的程序无须特别说明。

2. 坐标方位角 α_{1-p} 两个数值间的不符值应该符合于象片连测时角度观测的精度 (中误差 $m\alpha \approx \pm 20''$)。

3. 由于起始点与待定点之间的距离不长, 在求 $\sin \alpha$ 和 $\cos \alpha$ (或 $\lg \sin \alpha$ 和 $\lg \cos \alpha$) 的数值时, 正如上述那样, 坐标方位角的平均值 α_{1-p} 中数可以凑整至最接近的十秒数。

将各个象限的三角函数化为锐角函数的公式列于附录 1。

4. 必须考虑到, 根据观测的 P 角和作为方位角之差 ($\alpha_{p-2} - \alpha_{p-1}$ 或 $\alpha_{p-1} - \alpha_{p-2}$) 算出的 P 角的符合程度来检查结果时, 如果这一角度愈近于 90° , 则检查愈可靠; 如果这一角度很锐, 或者接近于 180° , 则这种检查可能失效。

5. 在有利的交会角的条件下, 为了判定所求的角度不符值的限差时, 可以利用公式:

$$\frac{D_{km} w''}{206} = \Delta_m$$

式中: D_{km} — 从象片控制点到用作检查的第二个起始点的距离 (以公里表示);

w'' — 角度不符值 (以秒数表示);

Δ_m — 与角度不符值相应的象片控制点的横位移 (以公尺表示)。

为了使得象片控制点的横位移不超过 1:10000 比例尺测图时测定该点容许的误差值 ($\Delta_m = 2m$), 应使

$$D_{km} w'' \leq 400,$$

由此

$$w'' \leq \frac{400}{D_{km}}。$$

这样, 当我们如此规定时, 角度观测值和计算值之间的不符值 w'' 就不应该超过下表规定的数值:

当 D_{km} 2,2 - 2,7 3,3 4,0 5,0 6,7 10,0

w 3'00" 2'30" 2' 1'40" 1'20" 1' 40"

距离 D_{km} 可以用图解法 (根据略图) 或用反解大地问题的方法求得。在本例中, 这一问题的一部份已经解得: 根据线段两端点 (象片控制点 820 和 謝表渡点) 的坐标算出其坐标方位角。全盘反解大地问题的示例和必要的说明见附录 2。

(2) 根据已经测得两角和两边的三角形测定象片控制点

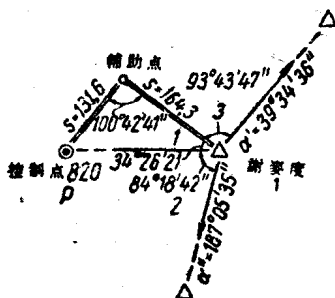


图 2

用计算机计算 三角形的解法

三角形顶点名称	角	角的正弦	边
控制点 820	(44°50'58")	0,70 525	164,3
辅助点	100.42 41	0,98 258	228,9
謝表渡	34 26 21	0,56 553	131,8

坐 标 的 計 算

起始点 1 待定点	謝麦度 控制点 820
α'	$39^{\circ}34'36''$
$\pm \angle 1+3$	128 10 08
α_{1-p}	271 24 28
α''	187 05 35
$\pm \angle 2$	84 18 42
α_{1-p}''	271 24 17
α_{1-p} 中数	271 24 22
x_p	6 165 733.7
x	6 165 728.1
Δx	+ 5.6
$\cos \alpha_{1-p}$	+ 0.02 453
S	228.9
$\sin \alpha_{1-p}$	- 0.99 970
Δy	- 228.8
y_1	15 427 087.1
y_p	15 426 858.3

用 对 数 表 計 算

三角形的解法

三角形顶点名称	角	角的正弦对数	边长对数
控制点 820	$(44^{\circ}50'58'')$	2. 36 730	
輔助点	100 42 41	9. 84 834	2. 21 564
謝麦度	34 26 21	9. 99 237	2. 35 967
		9. 75 245	2. 11 975
			$s = 131.7$

坐标的计算

起始点 1 待定点	测度 控制点 820
α'	39°34'36"
$\pm \angle 1$	128 10 08
α_{1-p}	271 24 28
α''	187 05 35
$\pm \angle 2$	84 18 42
α_{1-p}	271 24 17
α_{1-p} 中数	271 24 22
x_p	6 165 733.7
x_1	6 165 728.1
Δx	+ 5.6
$\lg \Delta x$	0.74 934
$\lg \cos \alpha_{1-p}$	8.38 967
$\lg S$	2.35 967
$\lg \sin \alpha_{1-p}$	9.99 987 n
$\lg \Delta y$	2.35 954 n
Δy	- 228.8
y_1	15 425 087.1
y_p	15 426 858.3

1. 象片控制点连测时所未观测的三角形的第五个角，可以从180°减去两个观测角之和计算而得。

2. 解算三角形时，先要计算 $\frac{a}{\sin A}$ 的值。例子中的这一数值是记在“角的正弦”这一栏最上面；为了计算方便起见，可以把它记在单独的纸条上。然后将这一数值顺次与角的正弦相乘，即求得三角形其他两条边的边长。

3. 将第二条已知边的计算值与其测得值进行比较。通常，

一条边的计算值和测得值的差数不能超过 $0.3m$ 。最大的差数不得大于 $2m$ 。

4. 利用对数表解算三角形无须特别说明，因为也是按相同的公式进行的。

5. 坐标的计算与前述相同。

6. 计算由一名计算员完成，但所抄录的起始数据一坐标、起始边和坐标方位角，须由另一人检查。

7. 如果测定象片控制点时，构成了两个三角形，且每一三角形都各测出了两角和一边（图3），则计算仍照前述程序进行，所不同之点，在于不是解一个三角形，而是解两个，必要边的边长作为两计算值的中数求得。这些值的最大不符值不得超过 $2m$ 。

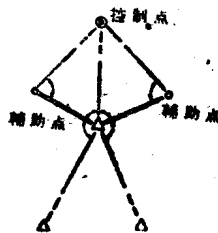


图3

2. 从三角点作前方交会测定控制点

(1) 方向组合的选择

就前方交会而言，通常只是对待定点上的角度规定有限差（这些角度规定不得小于 30° 和大于 150° ）。然而，在一定的测角精度之下，用前方交会测定的点的平面位置的精度，不仅取决于交会角的大小，而且还取决于起始点之间的距离（即基线的长度）和整个交会的图形。

在选择方向组合以作前方交会的计算时，以及在分析计算成果时，所有这一切都必须加以考虑。

为了便于计算起见，这里列出了“前方交会测定的点位的中误差值表”。表中的误差值是根据下列已知公式算出的：

$$m_p = b \frac{m}{\rho} \sqrt{\frac{\sin^2 1 + \sin^2 2}{\sin^2 P}}$$