



像片导綫測量

Н.П.柯热夫尼柯夫著

中国人民解放军測繪学院譯印



像片导綫測量

Н. П. 柯热夫尼柯夫著

蔡俊良 譯

蔡旺森

陈賢鏗 校

中国人民解放军測繪学院譯印

一九五六年十一月

目 录

引 言	5
一、利用雷达测高仪的记录确定基线	5
二、构网的方法	9
1. 准备工作	9
2. 量测基线和基线的夹角	9
3. 计算经过像片倾斜改正并化为已知比例尺的基线值	14
4. 计算基线方位角	15
5. 计算底点的坐标	15
6. 构网	19
7. 检查构成的网	19
8. 网的定向和连接	20
三、像片导线测量的精度	22
1. 确定基线的精度	22
2. 量测基线夹角之精度	26
3. 构网的精度	28
四、以主点或中心点间所量测的各边（基线）构成 像片导线测量网	35
五、个别航高数值的计算	38
六、在航线中某些像片之航高未知时像片导线 测量之精度	39
1. 航线中50%的隔号像片之航高值为已知时	39
2. 航线中许多邻接的像片之航高值未知时网的精度	46

像片導綫測量

技術科學碩士 $H. \Pi.$ 柯熱夫尼柯夫

引 言

利用每張像片獨立確定出來的航高數值作像片導綫測量，是一種加密平面控制的攝影測量的方法，這種方法是作者在中央測繪科學研究所于 $M. D.$ 康新教授的領導下研究出來的。

這種方法是在像片上量測出導綫的各邊（基綫）及其夾角，隨後計算出導綫點的坐標，這裡是采用近似底點（或中心點）作為導綫點。

加密點根據導綫點用圖解法來確定。

有了航高就能顯著地提高攝影測量加密的精度，因為像片導綫測量網中航向誤差累積法則的特徵，是用系數 $n^{\frac{1}{2}}$ 代替了圖解輻射三角測量中經常起作用的系數 $n^{\frac{3}{2}}$ ，這就可以減少野外平面控制。

在研究導綫測量的方法時曾利用了 $\mathcal{M}. A.$ 彼爾基斯的攝影測量加密的圖解解析法和 $H. \Phi.$ 耶利查羅夫所提出的立體測量法。

利用雷達測高儀的記錄確定基綫

每張像片由雷達測高儀記錄獨立確定的像片航高數值 H ，是確定基綫所必須的數值。

攝影基綫值 $n_{\mathcal{M}} n_{\Pi} = b_{\mathcal{M}}$ （圖 1）是用立體坐標量測儀或精密立體量測儀在立體像對左像片上量得的。由於有像片傾斜的影響，此值與平面圖上的相應距離比較將有誤差，但若預先確定了像片

要确定基线的水平距离 B_0 ，可用

$$B_0 = B \cos \nu.$$

或者要确定规定比例尺 $1:t$ 的基线值，可用

$$b_t = \frac{b_{0\pi} \cdot H_{\pi}}{t \cdot f_K} \cos^2 \nu. \quad (2)$$

展开小角 ν 的余弦为级数，取到二次微小项得

$$b_t = \frac{b_{0\pi} \cdot H_{\pi}}{t \cdot f_K} \left(1 - \frac{\nu^2}{2\rho^2}\right)^2 \approx \frac{b_{0\pi} \cdot H_{\pi}}{t \cdot f_K} \left(1 - \frac{\nu^2}{\rho^2}\right)$$

这样，以像片比例尺 $\left(t = \frac{H}{f_K}\right)$ 计算出基线倾斜的改正

数，可用下式来确定：

$$\Delta b_{\nu} = \frac{b_{0\pi} \cdot H_{\pi}}{t \cdot f_K} \cdot \frac{\nu^2}{\rho^2} = b_{0\pi} \frac{\nu^2}{\rho^2}.$$

表 1 载有各种比例尺摄影中所遇到的 ν 值为最大时和 $b=70$ 公厘时所算出的这些改正数值：

基线倾斜所影响之基线误差

表 1

摄影比例尺	摄影基线 B (公尺)	基线的右端点 对左端点的高 差 BZ (公尺)	基线的倾斜角 ν	按像比例尺化算 的基线误差 Δb_{ν} (公厘)
1:60 000	4 000	20	20'	0.002
1:30 000	2 000	20	40'	0.01
1:15 000	1 000	15	1°	0.02
1:10 000	700	15	1°20'	0.04

由此可见，基线倾斜角 ν 所引起的基线最大改正数，没有超过立体量测基线的精度，因而可以省略这些改正数，认为

$$b_t = b_{0\pi} \frac{H_\pi}{f_K \cdot t} = (b_\pi + \frac{b^2}{f_K \cdot \rho} \tau_\pi) \frac{H_\pi}{f_K \cdot t} \quad (3)$$

同时还必須考虑像片系統变形的影响。

如果像片具有系統变形，則底片上沿基綫兩框标之間的距离 l 与在航攝机兩框标間实际距离 L 相差一固定的数值。距离 L 載于航攝机鑒定表內，或者可以根据干版上攝取的像片精确測得。

比值 $\frac{l}{L} = k_d$ 表示航攝底片系統变形的系数。

在确定此系数时，为了消除偶然誤差， l 值必須在若干 (n) 張像片上 (重点的) 量測，取 n 次量測的算术中数作为最后值。

因此， k_d 值由下式确定

$$k_d = \frac{l}{L} = \frac{\sum_1^n l}{n \cdot L} \quad (4)$$

从 (4) 式可以看出，真值 L 等于

$$L = \frac{l}{k_d}.$$

因此，为了消去系統变形的影响，基綫的觀測值 (3) 应除以变形系数 k_d ，故基綫公式变为

$$b_t = b_{0\pi} \frac{H_\pi}{f_K \cdot t \cdot k_d} = (b_\pi + \frac{b^2}{f_K \cdot \rho} \tau_\pi) \frac{H_\pi}{f_K \cdot t \cdot k_d} \quad (5)$$

不考虑系統变形的話，則根据一次航攝的像片所構成的全部導綫網，就会产生比例尺一致的变更。

这样，就有可能用很高的精度确定基綫，而这些基綫是根据像片进行立体量測的，同时測出基綫的夾角，因而就可以算出像底点 (或中心点) 的坐标，并可按規定比例尺將底点 (或中心点) 展繪于圖板上。然后，制成輻射綫的紙模片，同时將紙模

片按起始方向綫定向，并使刺在紙模片上的底点与圖板上相应点的位置重合。

相应方向綫相交，就可求得导綫的所求点。而全部导綫網已經按規定比例尺求得，所以沒有必要再进行导綫網的放縮。

構 網 的 方 法

構成像片导綫測量網的方法包括下列过程：

- (1) 准备工作；
- (2) 量測基綫和基綫的夾角；
- (3) 計算經過像片傾斜改正并化为規定比例尺的基綫值；
- (4) 計算基綫方位角；
- (5) 計算底点（像片导綫点）的坐标；
- (6) 構網；
- (7) 檢查構成的網；
- (8) 網的定向和連接。

1. 准 备 工 作

为了構成像片导綫測量網，應該預先确定像片相对方位元素，以及像片对底点之航高数值，此項工作应根据相应的規範所述的規則进行。

如果按底点構成像片导綫測量網，則要預先算出像片的近似傾斜角和近似底点的坐标，这些点应刺在像片上。 α 傾斜角应根据高差仪記錄計算。

在每張像片上只刺出本片的底点，而不轉刺在相鄰像片上。

在像片的立体攝影測量作業中，不論像片导綫測量是否进行，都要完成上述的准备工作。

2. 量測基綫和基綫的夾角

基綫及其夾角可以在量測左右視差过程中进行量測，但量測

基綫夾角与量測左右視差無关。此項量測工作由兩個人利用校正机械关闭的精密立体量測仪或立体坐标量測仪完成之。

在立体观察时，將測标对准左边和右边的底点，由 x 分划尺之讀数差求得基綫值，即

$$b_{\Pi} = x_{n_{\Pi}} - x_{r_{\Pi}} \quad (6)$$

兩次量測的不符值不应超过0.05—0.06公厘。

第二个人的检查量測應該在立体像对相反放置时进行。如果第一次量測立体像对1—2时，像片1安置在左像盤上，而像片2安置在右像盤上，那么在檢查量測时，像片1就放在右像盤上，而像片2放在左像盤上。

此时，根据（6）式由檢查的量測中求得右像片的基綫为：

$$b_{\Pi} = x_{\Pi} - x_{\Pi} \quad (6a)$$

基綫檢查量測的条件为

$$b_{\Pi} = b_{\Pi} + \Delta p_0 \quad (7)$$

式中 Δp_0 表示左像片底点对右像片底点觀測的左右視差較。

基綫的夾角用下面的方法量測：首先，將立体像对（1—2）的每一張像片沿輔助綫 aa 以單眼定向，为此根据 x 轉动像片，直到測标端点沿 x 軸移动时与 aa 綫之端点重合为止。然后讀出每張像片之 x' 值，这样便获得了立体像对1—2的左像片1和右像片2的 $x'_{\Pi 1-2}$ 和 $x'_{\Pi 1-2}$ 的值。

輔助綫 aa 在每張像片上可以任意選擇，不过其位置以接近 x 軸或 y 軸（就精密立体量測仪 $CM-3$ 而言）較为适宜。在框标輪廓清晰时框标的尖端，或像片邊緣上任意細小的刺孔，都可以选作輔助綫的端点。

然后像片按方位綫用立体觀察法定向，并按 x 分划尺讀出每張像片 $x_{\Pi 1-2}$ 和 $x_{\Pi 1-2}$ 的讀数。

x 和 x' 讀数之差，即为輔助綫和方位綫之夾角 γ （圖2, a ）。

于是，由立体像对1—2即得

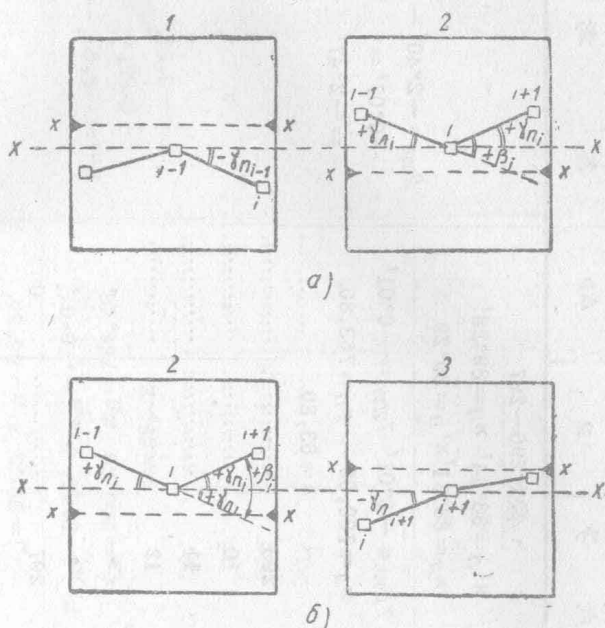


圖 2 角的量測

第一像片右折角 γ_{π_1}

$$\gamma_{\pi_1} = \kappa'_{\pi_{1-2}} - \kappa_{\pi_{1-2}}$$

第二像片左折角 $\gamma_{\pi_{12}}$

$$\gamma_{\pi_{12}} = \kappa_{\pi_{1-2}} - \kappa'_{\pi_{1-2}}$$

(8)

同樣在立體像對2—3進行量測，得到（圖2，δ）像片2的右折角 γ_{π_2} ($\gamma_{\pi_2} = \kappa'_{\pi_{2-3}} - \kappa_{\pi_{2-3}}$) 和像片3的左折角 γ_{π_3} ($\gamma_{\pi_3} = \kappa_{\pi_{2-3}} - \kappa'_{\pi_{2-3}}$)。同時，每張航攝像片對後一立體像對的 κ' 角的讀數應按同一條輔助綫 aa 定向。

由圖2可見，每張像片的左折角和右折角 γ 相加即得到該像片兩基綫之夾角 β 。

$$\beta_i = \gamma_{\pi_i} + \gamma_{\pi_{i+1}} \quad (9)$$

角度的量測必須由二個人進行。

左右視差量測手簿 表 2

圖幅...航綫 № 2 (294—313) 日期 1951年10月18日 觀察者 謝尔盖也娃

点 号	p	Δp	备	考	点 号	p	Δp	备	考
像对 294—295									
$\kappa' J_{294}$		$\kappa J_{295} = 90^{\circ} 34'$			$\kappa' J_{294}$	.....	$\kappa J_{295} = 89^{\circ} 23'$		
$\gamma J_{294} = \dots \gamma J_{295} = +1^{\circ} 11'$					$\gamma J_{296} = -0^{\circ} 07'$		$\gamma J_{297} = -0^{\circ} 01'$		
$x J_{294} = 700, 00$		$x J_{295} = 766, 03$			$x J_{296} = 700, 00$		$x J_{297} = 763, 80$		
$b = 66, 03$					$b = 63, 80$				
294					296	.....	.....		
1					10	.....	.....		
2					11	.....	.....		
3					12	.....	.....		
4					•	•	•		
•	•	•			•	•	•		
•	•	•			297	.....	0		
•	•	•							
295		0							

$$\begin{aligned} \beta_{296} &= -2^{\circ} 40' - \\ &= -0^{\circ} 07' = \\ &= -2^{\circ} 47' \end{aligned}$$

像对295—296

$$\begin{aligned} \kappa'_{\Pi 295} &= 89^{\circ}21' & \kappa_{\Pi 296} &= 86^{\circ}06' \\ \kappa'_{\Pi 295} &= 88^{\circ}23' & \kappa'_{\Pi 296} &= 88^{\circ}46' \end{aligned}$$

$$\gamma_{\Pi 295} = +0^{\circ}58' \quad \gamma_{\Pi 296} = -2^{\circ}40'$$

$$x_{\Pi} = 700, 00 \quad x_{\Pi} = 771, 58'$$

$$b = 71, 58$$

295	.....	.....
7	.....	.....
8	.....	.....
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
296	.....	0

$$\beta_{295} = \gamma_{\Pi 295} + \gamma_{\Pi 296}$$

$$= +1^{\circ}11' + 0^{\circ}58'$$

$$= +2^{\circ}09'$$

像对297—298

$$\begin{aligned} \kappa'_{\Pi} &= 89^{\circ}27' & \kappa_{\Pi} &= 86^{\circ}33' \\ \kappa'_{\Pi} &= 90^{\circ}22' & \kappa'_{\Pi} &= 86^{\circ}34' \end{aligned}$$

$$\gamma_{\Pi 297} = 0^{\circ}55' \quad \gamma_{\Pi 298} = -0^{\circ}01'$$

$$x_{\Pi} = 700, 00 \quad x_{\Pi} = 768, 48$$

$$b = 68, 48$$

297	.....	.....
15	.....	.....
16	.....	.....
17	.....	.....
.	.	.
.	.	.
.	.	.
298	.....	0

$$\beta_{297} = -0^{\circ}01' -$$

$$-0^{\circ}55' =$$

$$= -0^{\circ}56'$$

兩次量測之差對於 γ 角不應超過 $4 \sim 5'$ ，對於 β 角不應超過 $6 \sim 7'$ 。

為了檢查量測的角度，第二人應該選擇新的輔助綫 $a' a'$ ，而自 $a' a'$ 綫量測 γ 角。

從不同的輔助綫測得之 γ 值是不同的，但 β 角之值應該相同。

取基本量測和檢查量測之平均值作為 β 角的最后值。

量測的成果記入左右視差量測手簿內（表 2）。

3. 計算經過像片傾斜改正并化為規定比例尺的基綫值

量測之后，按（5）式計算基綫，并計算基綫方位角和像片導綫點（底點）的坐標。

為了檢查起見，計算應分別進行，例如根據立體像對左像片上量測的基綫計算

$$b'_t = \frac{b_{0\pi} \cdot H_{\pi}}{f_K \cdot t \cdot k_d} ; \quad (5)$$

式中

$$b_{0\pi} = b'_\pi + \frac{b^2}{f_K \cdot \rho} \tau_\pi = b'_\pi + \delta b \tau_\pi . \quad (1)$$

并根據立體像對右像片上量測的基綫計算

$$b''_t = \frac{b_0 \cdot H_{\pi}}{f_K \cdot t \cdot k_d} , \quad (10)$$

式中

$$b_{0\pi} = b'_\pi - \frac{b^2}{f_K \cdot \rho} \tau_\pi = b'_\pi + \delta b \tau_\pi ; - \frac{b^2}{f_K \cdot \rho} \tau_\pi = \delta b \tau_\pi . \quad (11)$$

取其平均值作為基綫的最后值。

$$b_t = \frac{1}{2} (b'_t + b''_t) . \quad (12)$$

4. 計算基綫方位角

由圖 3 可以看出，基綫方位角用下法計算

$$A_2 = A_1 + \beta_2$$

$$A_3 = A_2 + \beta_3 = A_1 + \beta_2 + \beta_3$$

.....

.....

$$A_n = A_{n-1} + \beta_n = A_1 + \sum_2^n \beta_i.$$

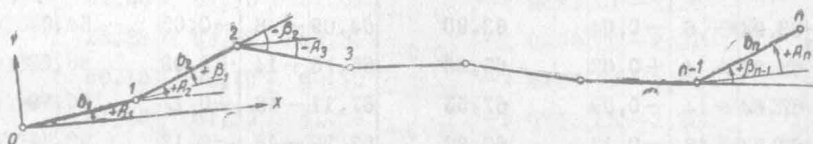


圖 3 基綫方位角的計算

或用一般的形式

$$A_i = A_1 + \sum_2^i \beta_i = A_1 + \sum_2^i (\gamma_n + \gamma_n)_j. \quad (13)$$

通常將一條基綫的方位角令其等於零，即 $A_1 = 0$ 。

5. 計算底點（即像片導綫點）的坐標

此項計算以一般的次序按下面的公式進行：

底点坐标

圖幅 航綫№ 2 (294—313)

$$f_K = 201.4 \text{ мм}$$

像片 号数	$b_{\text{Л}}$	$\tau_{\text{Л}}$	$\delta b_{\tau \text{Л}}$	$b_{0\text{Л}} = b_{\text{Л}} + \delta b_{\tau \text{Л}}$	$b_{\text{П}}$	$-\tau_{\text{П}}$	$\delta b_{\tau \text{П}}$	$b_{0\text{П}} = b_{\text{П}} + \delta b_{\tau \text{П}}$	H
1	2	5	8	10=2+8	3	6	9	11=3+9	7
294	66,01	+33'	-0,21	65,80	66,30	+6'	+0,04	66,34	1827
295	71,59	+6	+0,04	71,63	72,46	-20	-0,15	72,31	1841
296	63,78	+2	+0,01	63,79	64,72	+3	+0,02	64,74	1857
297	68,46	-8	-0,05	68,41	67,33	-20	-0,13	67,20	1882
298	69,79	-13	-0,09	69,70	69,23	-2	-0,01	69,22	1849
299	67,12	-20	-0,13	66,99	67,16	-33	-0,21	66,95	1838
300	63,94	-6	-0,04	63,90	64,09	-8	-0,05	64,04	1834
301	65,37	+4	+0,02	65,39	65,73	+14	+0,09	65,82	1839
302	67,64	-14	-0,09	67,55	67,11	-18	-0,12	66,99	1852
303	67,94	-18	-0,12	67,82	68,29	-18	-0,12	68,17	1836
304	68,80	-34	-0,23	68,57	68,01	-28	-0,19	67,82	1845
305	66,64	+38	+0,25	66,89	66,93	-27	-0,17	66,76	1822
306	66,56	-22	-0,14	66,42	66,49	+14	+0,09	66,58	1818
307	70,77	-9	-0,07	70,70	70,77	-37	-0,26	70,51	1822
308	70,92	-8	-0,06	70,86	70,34	+12	+0,09	70,43	1816
309	74,86	-2	-0,02	74,84	74,91	-8	-0,06	74,85	1806
310	73,19	-28	-0,22	72,97	73,95	-30	-0,24	73,71	1806
311	71,76	-16	-0,12	71,64	71,34	+8	+0,06	71,40	1823
312	71,16	+26	+0,19	71,35	71,51	-20	-0,15	71,42	1816
313									1817