

鐵路航空勘察技術匯編

(3)

鐵路航空攝影資料的驗收 大比例尺航帶設計

鐵路專業設計院航空勘察處編

人民鐵道出版社

目 录

铁路航空摄影资料的验收

§ 1. 資料验收的意义和目的·····	1
§ 2. 验收检查的步骤和应检查的项目·····	1
§ 3. 介绍几种常用的检查工具·····	2
§ 4. 航摄底片的检查·····	3
§ 5. 检查底片压平的几种方法·····	5
§ 6. 象片縱向及橫向重疊的检查·····	9
§ 7. 象片傾斜角的检查·····	10
§ 8. 航偏角的量測·····	14
§ 9. 航摄比例尺的检查·····	15
§10. 无线电測高仪胶卷的判讀·····	16
§11. 高差仪胶卷的判讀·····	17
§12. 測段摄影面积的計算·····	19
§13. 繪制綫路測段拼接示意图·····	21
§14. 綫路航摄資料验收报告書及其他工作·····	21

大比例尺航帶設計

§ 1. 大比例尺航帶設計目的·····	23
§ 2. 航摄比例尺的确定·····	23
§ 3. 航帶寬度計算公式及繪航帶工具·····	26
§ 4. 航帶設計中要注意的問題·····	27
§ 5. 航摄时随机視察·····	31
§ 6. 航摄范圍檢查·····	32

鐵路航空攝影資料的驗收

§1. 資料驗收的意義和目的

鐵路航空攝影（簡稱航攝）工作是整個鐵路航空勘測過程中重要的一環。所有各種航測基本文件，如象片平面圖、地形平面圖等，都是從處理航攝資料後得到的。地形的碎部是否能全部顯示出來，要看影象的清晰度如何。由此可見，象片平面圖和地形平面圖及其他各種文件的精確度，完全取決於航空攝影的質量。

為了能保證編制出質量良好的文件，航攝資料必須按照航攝規範或技術要求，並結合鐵路選綫和測圖的要求進行驗收。

§2. 驗收檢查的步驟和應檢查的項目

驗收工作，應以每條綫路為單位來進行。

首先應檢查航攝底片，重點是檢查底片的壓平，航攝傾斜角，攝影質量及其他缺點，並將檢查結果記錄下來。然後再檢查正片質量。開始時，先取全綫各測段復照圖一份，參照地形圖將其順次拼接，繪出測段拼接草圖，以便對全綫情況有一個概略的了解。航攝範圍由綫路工程師進行檢查。在拼接草圖的同時，檢查測段之間的接頭是否保證有1~2根基綫的重疊。

接着，分測段檢查象片縱向重疊、橫向重疊、傾斜角、航偏角、航攝比例尺等，並作記錄。

有時為了更進一步查明底片是否壓平，除在負片上檢查外，尚可用直綫法在接觸晒印象片上進行檢查。

在檢查象片縱向重疊時，即應注意象片的色調是否正

常。

航摄时如使用无线电测高仪及高差仪，则尚须检查无线电测高仪记录是否清晰，每条航线内航高差数值是否超过规定数。

§3. 介绍几种常用的检查工具

1. 检查底片压平用的视差尺：

视差尺是由一根金属导向尺及二块玻璃正弦尺组成。金属导向尺长为 250 毫米，上刻以 1 毫米为单位长的金属直尺，两端有螺絲釘或尖針，为固定之用（图 1）。

玻璃正弦尺底边长 250 毫米，对边长 65 毫米，底边及斜边延长线之夹角为 $5^{\circ}44'30''$ ，斜边中有 5 毫米长的指标线，距底边 20 毫米有一平行于底边的粗为 0.1 毫米的瞄准线（图 2）。

2. 检查航摄象片縱横向重疊及航偏角用的百分尺：

百分尺用化学玻璃制成，长为 300 毫米，寬 65 毫米，尺面上刻有分划线，分划线的间隔是 1.8 毫米（适用于象幅为 $18 \times$



图 1



图 2

18厘米的象片)，在另一側为毫米分划。在分划面上每十分划綫，即航攝象片重疊每10%加以注記。尺的一端划有幅射



图 3

直綫束，并注有度数，用来量測航偏角。尺子中間尚有一照准絲直綫，与尺子边成 $5^{\circ}44'30''$ 的角度，可量底片压平与否。尺子形状如图 3 所示。

3. 檢查象片傾斜角及刺象主点用的透明胶片（可自制）：

胶片长寬各为 19 厘米（图

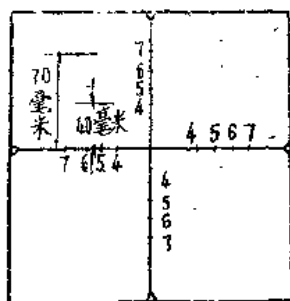


图 4

4)

§4. 航攝底片的檢查

航攝底片为航空摄影測量中最重要的原始資料，其质量的好坏，直接影响到晒印地形图质量的优劣，因此檢查质量須特别注意。

檢查航攝底片时，先将全部底片放在底片檢查台上逐段滚动。如沒有“密度計”，可与已有的标准底片作比較，檢查其密度及反差。如无标准样片，为了保証內业复制成品的质量，可采用下法估計底片是否符合要求。

1. 摄影质量的一般檢查。将底片复在白紙上，放在日光下，用眼观察其反射光綫，即可看出底片黑白間的影紋。

一般质量情况如表1：

表1

底片情况	鑑 别	其 他 情 况
曝光，显影与正常	底片上密度薄的部份，影纹层次清晰可辨；密度厚的部份，虽然密度浓，但层次也分明。	表现在无论密度厚薄影象均清晰可见。
感光正常，显影不足	底片上密度薄的部份，影纹淡薄，而密度厚的部份，影纹层次很清晰。整个底片密度小，影象淡薄无力。	表现在密度薄的部份，影纹轮廓不够清晰。
感光过度，显影不足	底片上密度薄的部份及密度厚的部份有影纹，但层次不够鲜明。整个底片密度不大，但很平均（即一色灰）。	整个底片影象有似清晰非清晰感觉及底片上似有一层雾的感觉。
感光过度，显影过度	底片无论密度厚薄部份层次都看不清，而且底片一片黑。	

2. 反差及密度的目估。用下述方法可大概推出底片的反差及密度情况：将底片复在纯白印有黑字的印刷品上，使密切结合，放在日光下，从反射光来观察。如密度大的部份勉强能看出字迹，则密度约为1.3~1.5左右（一般底片上的强光部份应保持这种密度）；在密度薄部份应比影象部份（二张18×18底片间未感光部份）稍发灰，且影纹清晰为适当（密度为0.4~0.6）。

在检查底片时，可能发现以下缺点：

1. 光带：胶卷两端往往有黑色条状黑痕，这是因为显影时底片两端与卷片轴接触造成。如光带在胶卷中部，则系由于冲片时卷片速度快慢不均造成，这情况往往发生在手搖冲洗的情况下。此外显影液太强也常常产生光带。

2. 在底片上有白色斑点，主要由于显影时底片上附有气泡及杂质造成。

3. 二色曝露：透过光线时底片上曝有一层淡红色，利

用反射光觀看為紅綠色，原因由於顯影液陳舊及顯影液內混入大蘇打與有硫物質。

4. 黃色朦朧：底片上呈有黃色，除第3項原因外，顯影與定影之間水洗不夠，定影液陳舊也能產生黃色朦朧。

5. 棕色斑點：由於顯影液落在底片上，顯影液氧化及水洗時水中含有不潔之物和鐵銹等所造成。

6. 藥膜面有結晶物，如玻璃窗上之霜狀，以手摸之有沙粒感覺，為水洗不足。

7. 擦傷、白色及灰白色綫條和斑點，其原因在裝片及顯影時，藥膜互擦所致。

8. 灰色朦朧：膠卷全部及部份有灰色朦朧，原因由於暗色燈光不安全及全色片顯影時無“減感劑”，而在燈光下觀看所造成。

9. 云及云影：云彩在底片上為黑色，云影為白色。

上述缺點，一般如不在象主點附近，且損傷範圍很小者，則資料可以驗收。黑條、云及云影，必須以不妨害立體觀測為原則。凡底片上有人為的重大折傷、折紋等，一律不予驗收。總之，底片質量應保證攝影測量工作及判讀工作的順利進行。

§5. 檢查底片壓平的幾種方法

1. 目測法：不需要專門的量測，只對接觸晒印象片用反光立體鏡進行立體觀測。每個象對既需看整立體，也要看零立體。看整立體時，地區的自然模型應該合理，如水向低流，山比河高等；在看零立體時，印象應完全平坦，沒有起伏（山地除外）。

無論看整立體或零立體，如發現模型有不合理現象，即說明底片有可能未壓平，影象有彎曲，應該用別的方法進一

步檢查。

2. 直綫法^①：在三片重疊處位於直綫上各點進行左右視差的量測，即可發現影像有無彎曲。

檢查的方法是在三片重疊處，於兩相鄰的立體象對上，量測一系列位於一直綫上的點（不少於五點）的左右視差。兩立體象對上的視差應各量測兩次，並以二次量測的平均值作為視差的最後值。如從二個立體象對上所測定出來的各同名點的視差較不超過表2規定的數值，則可認為合格。

表2

高 差	100 米	200 米	300 米	400 米
各同名點的視差數	±0.15毫米	±0.20毫米	±0.35毫米	±0.45毫米

直綫法的量測步驟如下：

1) 將同一航綫上順序相接的三張象片排列在桌上，用立體鏡定向後，再用圖釘釘牢，將一視差尺放在中間象片上，使其照准絲照准在三片重疊處並已選定的1, 2, 3, 4, 5各點。上述各點相互距離應盡可能大，並選在突出的地物上，第3點应在象主點附近，並在左片及右片上將這些點刺讀轉刺。

2) 將第二視差尺置于左片上，使其照准綫照准1和5點。將金屬導向尺靠緊左視差尺上，然後輕輕移動左尺，這時照准絲的立體影像即上下升降，分別切准1, 2, 3, 4, 5各點，並進行讀數，精度達0.1毫米。

3) 同法在第二立體象對上進行觀測，得出讀數。每一象對上各點讀數須讀二次，其差數不超過0.1毫米。

4) 將各點視差按距離比例進行改正，得各點改正後的

① 在實際驗收工作中，直綫法最適用於平原地區，但在高差過大地區，用此法就不太合適。

視差值。

5) 两象对上各同名点的視差較不超过表2所規定, 即为合格。

直綫法图形如图5, 其量測計算实例如表3。

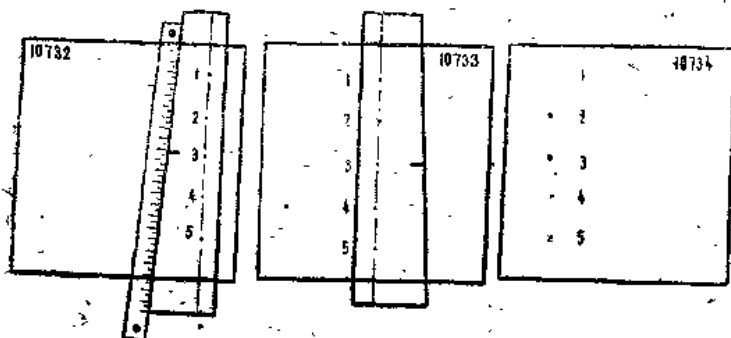


图 5

直綫法量測計算实例表

表 3

象片号	次序	点号	P	$\Delta P'$	l	$Q\%$	$\delta P'$	$\Delta P''$	ΔP
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10732	I	1	9.78	0	0	0	0	0	
		2	11.11	+1.33	21.0	20	-0.14	+1.19	+1.17
		3	12.05	+2.27	49.5	47.2	-0.34	+1.03	+1.95
		4	11.60	+1.82	85.5	81.5	-0.58	+1.24	+1.26
		5	10.49	+0.71	105.2	100	-0.71	0	
10732	II	1	11.51	0	0	0	0	0	
		2	12.63	+1.12	21.0	20	+0.03	+1.15	
		3	13.40	+1.89	49.5	47.2	+0.08	+1.97	
		4	12.65	+1.14	85.5	81.5	+0.13	+1.27	
		5	11.35	-0.16	105.2	100	+0.16	0	

表3第1栏填写进行量測的象片号码。

第2栏填写此象对进行两次量測的次序。

第3栏填写直綫上点的順序编号。

第4栏填写每次移动視差尺后，左視差尺指标在导向尺上所指划之讀数。

第5栏为该点与第1点的左右視差較。某点讀数減去第1点讀数（起始点讀数）即得，如

$$11.11 - 9.78 = +1.33, \quad 12.05 - 9.78 = +2.27 \text{等。}$$

第6栏为各点与起始点間距离，可在象片上量出。

第7栏以始点与第5点間之距离为单位，求算各点与此距离之比，并用百分比表示。

第8栏为象片安置誤差的改正，由于照准綫照准直綫法中开始两点不严密重合而产生的誤差；如举例中1和5点是起始点，則在第5栏在5点的 $\Delta P'$ 如果測算綫严密重合应为零，而現在出現有 $+0.71$ 的誤差。因此其他各点应按距离比例配賦此項誤差。由第5栏第5点之值（即 $+0.71$ ）乘第7栏之百分数，并改变其符号，即得改正值，如

$$0.71 \times 0.20 = 0.14 = -0.14。$$

第9栏为左右視差最后改正值，即第5栏与第8栏之和，如

$$+1.33 + (-0.14) = +1.19, \text{亦即第2点改正后的左右視差。}$$

如此填写計算二次量測結果之平均数，填入第10栏。

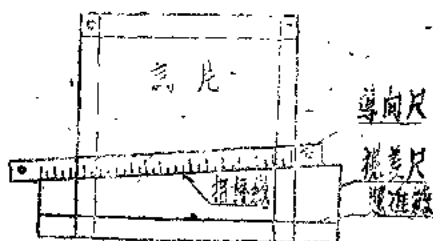
一般二次 $\Delta P''$ 之数差不超过0.10，則取其平均值，否則需要重新量測。

同法对第二象对进行量測，将其量測結果繼續填入表內，两象对所得之值，其差数不超过表2所規定，則可認為合格。

3. 檢查底片上四根压平綫：將視差尺放在底片上，使照准絲与压平綫的影象重合，照准絲应細于压平綫影象，并

使之与压平綫中間重合。然后再将一帶有毫米分划的导向尺附貼在正弦尺旁，将指标綫指在导向尺上的讀数記下，然后沿导向尺移动視差尺，使其照准絲与前述压平綫影象一边中弯曲度最大处相合，再記下讀数，将上述二讀数差縮小十倍，如所得讀数值不超过 0.1 毫米，即认为合格。图形如下。

用上法檢查底片时，在一条航綫上，除两端兩張必須量測外，其他每隔五張檢查一次。



以上三种檢查底

图 6

片压平的方法，在实际驗收工作中，以第 3 种方法最为常用。如发现底片微有弯曲，則用第 2 种方法予以抽查。一般每条綫必須抽一組象片进行直綫法量測。第 1 种方法可配合 2, 3 两种方法同时进行。

如用上述方法还不能肯定底片是否压平，則可用立体摄影測量方法，在全能仪器上进行象对定向，如果上下視差不能消除，可能由于底片不压平所造成，或在立体座标仪上用无扭曲模型法檢查 σ 图，如果改正綫不平行，則可确定底片沒有压平。

§6. 象片縱向及橫向重疊的檢查

为測定航摄影象片的縱向及橫向重疊，应根据距离象片基綫上下不遠于 2 厘米的地物輪廓进行鑲嵌。如为山区应根据具有最小重疊的地物进行鑲嵌(其余地物在鑲嵌时可不重合)。

縱向及橫向重疊数用摄影測量尺进行量測。

如果象片邊緣有时因剪黑边时被剪去，故量測时，应量

压平綫至压平綫間的百分数較为准确。

航綫內每張象片应进行縱向重疊的量測。橫向重疊可每隔4~5張量一次，但如遇到橫向重疊較小的地方，則須加密量測。

AΦA-37的航攝仪象幅为 17×18 厘米（橫向17厘米），可自制分划面为1.7毫米的百分尺，进行量測。

量測方法如图7。

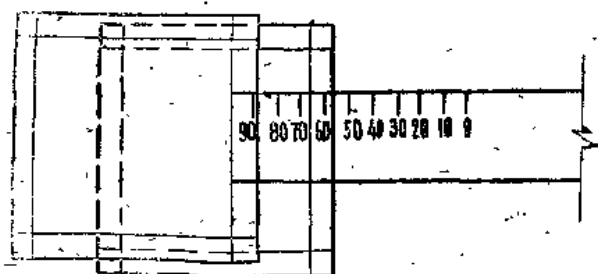


图 7

§7. 象片傾斜角的檢查

檢查象片傾斜角可用以下两种方法：

1. 根据底片上水准器影象位置确定。如图8每圈表示1度，超过第三圈即表示傾斜角大于 3° 。但用此法量測不够准确。

2. 用量測相邻二張象片直綫长（即上下視差）的方法，檢查傾斜角。

如图9为相邻二張象片，用專門的透明胶片刺出象主点 O_1 及 O_2 ，將 O_1 轉刺在象片II上得 O'_1 ，將 O_2 轉刺在象片I上得

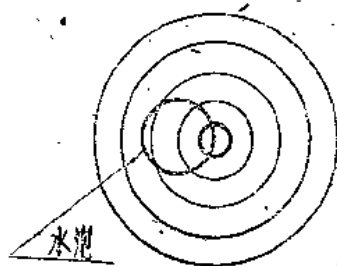


图 8

0₂，联 0₁—0₂ 及 0₁—0₃ 得象片基线，经 0₁ 点作基线 0₁—0₂ 的垂直线，经 0₂ 点作基线 0₁—0₃ 的垂直线，经 0₁ 沿垂直线方向上下刺出 1 和 2 点，使 0₁—1 及 0₁—2 的距离相等，一般采用 50 或 60 毫米，1—2 的长度为 l_1 。同法在第二张象片 0₃ 上下选二明显点如 3' 和 4'，3'—4' 的长度为 l'_1 ，然后在第一张象片上刺出与第二张象片上 3' 和 4' 相应的点 3 和 4，其长为 l_2 ，再在第二张象片上刺出与 1 和 2 相应的点 1' 和 2'，量其长度为 l'_1 。又定 0₁—0₂ 及 0₁—0₃ 的距离为 x_1 及 x_2 ，求得

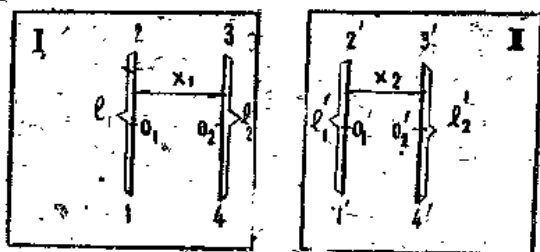


图 9

$$l'_1 - l_2 = \Delta l_2, \quad l'_1 - l_1 = \Delta l_1$$

根据相对定向公式得象片纵向倾斜角

$$a_{x1} = \frac{\Delta l_2}{l'_1 \cdot x_1} \cdot f_k \cdot P^{\circ}$$

$$a_{x2} = \frac{\Delta l_1}{l_1 \cdot x_2} \cdot f_k \cdot P^{\circ}$$

式中 f_k = 航摄影焦距 (毫米)；

$$P = \frac{180^{\circ}}{\pi} \approx 57^{\circ}18' = 3438'$$

因 f_k 及 P 均为常数， l'_1 及 l_1 一般为 100 或 120 毫米，故 a_{x1} 及 a_{x2} 可用查表方法求得。

表 4

傾斜角表 ($f_x=100, l=120$)

X	Δl	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
40		7	14	21	28	36	43	50	57	1004	1112	2223	3335	4447	5558
45		6	13	19	25	32	38	45	51	57	1004	2007	3011	4014	5018
50		6	11	17	23	29	34	40	46	52	57	1153	2152	3149	4146
55		5	10	16	21	26	31	36	42	47	52	1144	2136	3128	4120
60		5	10	14	19	24	29	33	38	43	48	1136	2123	3111	4109
65		4	9	13	18	22	26	31	35	40	44	1128	2112	3056	4040
70		4	8	12	16	20	25	29	33	37	41	1122	2103	3044	4024
75		4	8	11	15	19	23	27	31	34	38	1116	2055	3033	4011
80		4	7	11	14	18	22	25	29	32	36	1112	2047	3023	4000

表 5

傾斜角表 ($f_x=100, l=100$)

X	Δl	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
40		9	17	26	34	43	52	60	69	1017	1026	2152	3118	4044	5010
45		8	15	23	31	38	46	53	60	1009	1016	2133	3040	4006	5022
50		7	14	21	28	34	41	48	55	1002	1008	2118	3026	4035	5044
55		6	13	19	25	31	38	44	50	993	998	2098	3008	4010	5012
60		6	11	17	23	29	34	40	46	985	989	2055	2952	3949	4946
65		5	11	16	21	26	32	37	42	978	981	2046	2939	3932	4924
70		5	10	15	20	25	29	34	39	971	974	2038	2928	3917	4906
75		5	9	14	18	23	28	32	37	964	966	2032	2918	3903	4899
80		4	9	13	17	22	26	30	34	957	959	2026	2909	3852	4833

表6

傾斜角表 ($f_k=70$, $l=120$)

X	Δl	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
40		5'	10'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	1°10'	2°31'	3°20'	4°10'
45		5'	9'	14'	18'	22'	27'	31'	36'	40'	45'	1°30'	2°14'	2°38'	3°43'
50		4'	8'	12'	16'	20'	24'	28'	32'	36'	40'	1°20'	2°01'	2°31'	3°21'
55		4'	7'	11'	15'	18'	22'	26'	29'	33'	36'	1°13'	1°49'	2°26'	3°02'
60		3'	7'	10'	13'	17'	20'	23'	27'	30'	33'	1°07'	1°40'	2°14'	2°47'
65		3'	6'	9'	12'	15'	19'	22'	25'	28'	31'	1°02'	1°33'	2°04'	2°34'
70		3'	6'	9'	11'	14'	17'	20'	23'	26'	29'	57'	1°26'	1°55'	2°23'
75		3'	5'	8'	11'	13'	16'	19'	21'	24'	27'	53'	1°20'	1°47'	2°14'
80		3'	5'	8'	10'	13'	15'	18'	20'	23'	25'	50'	1°15'	1°40'	2°05'

表7

傾斜角表 ($f_k=70$, $l=100$)

X	Δl	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
40		6'	12'	18'	24'	30'	36'	42'	48'	54'	1°00'	2°00'	3°01'	4°01'	5°01'
45		5'	11'	16'	21'	27'	32'	37'	43'	48'	53'	1°47'	2°41'	3°34'	4°28'
50		5'	10'	14'	19'	24'	29'	34'	39'	43'	48'	1°36'	2°25'	3°13'	4°01'
55		4'	9'	13'	18'	22'	26'	31'	35'	39'	44'	1°28'	2°11'	2°55'	3°39'
60		4'	8'	12'	16'	20'	24'	28'	32'	36'	40'	1°20'	2°00'	2°41'	3°21'
65		4'	7'	11'	15'	19'	22'	26'	30'	33'	37'	1°14'	1°51'	2°28'	3°05'
70		3'	7'	10'	14'	17'	21'	25'	28'	31'	34'	1°08'	1°43'	2°18'	2°52'
75		3'	6'	10'	13'	16'	19'	22'	26'	29'	32'	1°04'	1°36'	2°08'	2°40'
80		3'	6'	9'	12'	15'	18'	21'	24'	27'	30'	1°00'	1°30'	2°00'	2°30'

在实际验收中，一般将每张象片水泡看一下，然后再用上法抽查。如时间许可，每条航线起始象对，都应该用上法检查。

§8. 航偏角的量测

1. 用百分尺直接量测：

先在象主点附近找二相等高度的地物，进行量测，然后用百分尺进行量测，使尺上辐射线起始线与象片上部边缘或下部边缘相合，并使线束顶与象片角相合，这时即可在邻片相应角相合处的直线上读出航偏角度数。如图10。

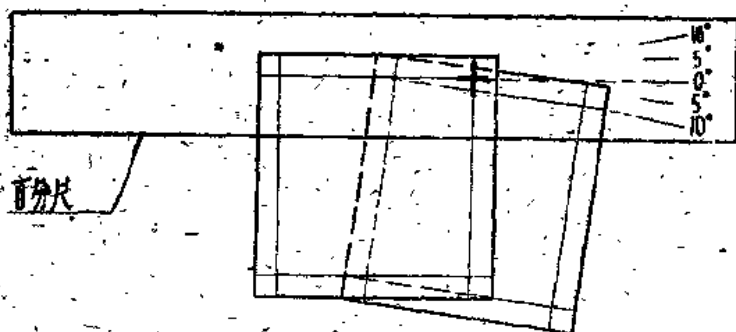


图 10

2. 用透明胶片互刺象主点后进行量测。

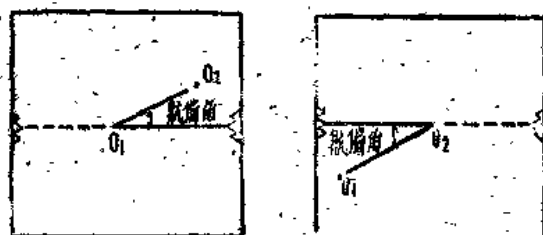


图 11

§9. 航攝比例尺的檢查

由于航攝象片是中心投影，而地面有起伏，以及航攝時的傾斜，因此不可能得出正確的航攝比例尺；一般採用下法確定航攝比例尺概數。

1. 如航攝時使用測高儀，則從膠卷上可得到航高讀數，在每一航綫內各取幾個最大與最小讀數平均之，即為該航綫的平均航高。

根據公式 $M = \frac{f}{H}$ ，即求得比例尺分母數。測段內每條航綫都求出航高後，再求出平均數，計算航攝比例尺，即為測段的航攝比例尺，實例如表 8。

表 8

綫	測段號	航綫起迄碼	測高儀讀數 (米)			測段平均航高	航攝儀 焦距	航攝比例尺
			最大	最小	平均			
× × × × 綫	53	357—330	2390	2480	2735	2773	100	1:27730
		331—402	2930	2600	2710			

在山区應用此法，由於每次的無線電脈衝都由較高的地面點反射回來，因此比例尺偏大。

2. 如無測高儀時，在平坦地區，可用量測復照圖上二點距離及地形圖上二同名點距離相比較的方法求得。

例：已知地形圖比例尺分母為 M_k ，地形圖上二點距離為 l_k （毫米），復照圖上二同名點的距離為 l_p （毫米），則復照圖比例尺分母 $M_p = \frac{M_k \cdot l_k}{l_p}$ 。

求得復照圖比例尺後，再除以復照圖縮小倍數，即為航攝比例尺。

如已知地形圖比例尺為 1:50000，地形圖上二點距離為 428 毫米，復照圖上為 214 毫米，則