

鐵路勘測設計技術資料

航測選綫經驗

鐵道部第一設計院編



人民鐵道出版社

航空測量選綫是勘测選綫中的一門新技术，良好的运用這門新技术，对加速勘测設計、提高選綫質量有着重大的意义。

鐵道部第一設計院自1955年以來，先后在蘭新、蘭青、青藏等綫作了航空勘察，在本書中他們簡要的介紹了航測選綫的方法和体会。

本書可供鐵路及有關部門进行航空測量選綫工作的同志参考。



鐵路勘测設計技術資料
航 測 選 綫 經 驗

鐵道部第一設計院編
人民鐵道出版社出版
(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第010號

新 華 書 店 發 行
人民鐵道出版社印刷廠印

書號 1450 開本 787×1092 1/32 印張 $\frac{16}{32}$ 字數 19 千

1959年7月第1版

1959年7月第1版第1次印刷

印數 0,001—700 冊

統一書號: 15043·1007 定價 (7) 0.07 元

目 录

I、航空測量选綫方法

一、航空測繪的主要步驟.....	1
(1) 航帶設計.....	1
(2) 航攝及制图.....	2
(3) 地面控制及調繪工作.....	4
二、选綫队怎样应用航測照片及航測图.....	13
三、工作中的体会.....	14
(1) 情况介紹.....	14
(2) 利用航測的主要收获.....	15
(3) 工作中的經驗教訓.....	16
(4) 初步結論.....	18

II、航測选綫的几点体会

一、相片选綫.....	20
二、航空目測.....	22
三、对今后航測工作协作配合的意見.....	24

I. 航空測量选綫方法

一、航空測繪的主要步驟

(1) 航帶設計

利用已搜集到的各种比例尺的图或地图对綫路加以研究后，把路綫可能方向的各个方案繪到1:100000的地图上或其他比例尺的現有地图上，并提出航帶的寬度及比例尺，以作飞行时的方向及技术要求的根据。

如果搜集不到任何比例尺的图，則可乘慢速度的飞机对沿綫特別是重点地区作飞行勘察，得出示意平剖面图再設計航綫及航帶的寬度。

一般新綫航測比例尺，草測时1:20000至1:10000；初測1:5000及1:10000；定測时1:1000及1:2000；

旧綫比例尺一般为1:1000及1:2000；

航攝軟片长60公尺，每小張尺寸为18×18公分，若比例尺为1:10000时，則每張可攝1.8×1.8平方公里，若比例尺为1:20000时，每張可攝3.6×3.6平方公里，但橫向两航綫間的重疊須占25%~30%，縱向要求三張重疊，每張重疊須占56%~70%。

一般草測时航帶的寬度約为十公里，初測时約为5公里，定測时約为半公里。我們目前想用它結合地面控制及調繪工作来代替草測或基本上代替初測。在玉哈段的實踐中，最窄的是6公里，寬的有40公里，看需要来定。

根据比例尺及航帶的寬度，則飞行高度和航綫的数目可以决定。

(2) 航攝及制圖

甲、飛行攝影：

飛行時，按路線方向、航帶寬度及比例尺的要求，在符合操作及制片技術要求及適當的氣候和時間中進行航空攝影。比如，飛行的高度、焦距、曝光度、照片重疊的百分數、航線的直線度、相片的縱橫傾角、其他偏差等。

比例尺為1：25000時，飛行的高度為2500公尺，焦距為100公厘；

比例尺為1：10000時，飛行的高度為2000～5000公尺，焦距為200～500公厘。

曝光度視光線情形而定，一般用 $1/30 \sim 1/200$ 秒。

乙、晒制影片的种类：

按需要晒制影片的种类如下：

1. 小比例尺鑲嵌复制照片；
2. 相片略圖；
3. 立體象片略圖；
4. 相片平面圖；
5. 單張接觸晒片。

晒片份數按需要而定，勘測隊對單張接觸晒片的需要為3～4份，其餘的為1～2份（因單張接觸晒片，選線人員、地質人員及地面控制工作人員各需一份。）

丙、航測照片的加工制圖方法：

在航攝後作適當的外業後才可制圖，制圖的方法有三種：（1）微分法；（2）全能法（萬能法）；（3）綜合法。

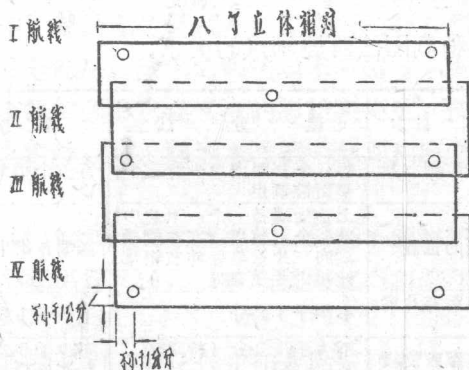
微分法：用於地形較平坦的地區，地形起伏高差在400公尺以內者，要求每航線連續8個相對內要有三個平面控制點，並且每個立體相對內要有四個高程控制點，及兩個高程

檢查点，而且对点位皆有一定的要求。

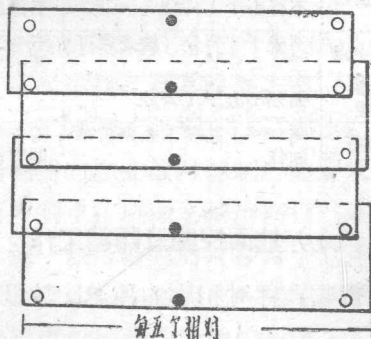
全能法：用于立体显明高差在 400 公尺以上者，系用六个投影器的多倍相制图，每五个立体相对需要平面控制点四个及高程控制点两个。

綜合法：是用地形非常平坦不能用立体鏡来判別高差者，因此只有在外业实测地形，配合糾正比例尺的航摄相片地貌图一起綜合制图，故該办法的主要工作是地形測量及地形調繪。

微分法平面控制点示意图



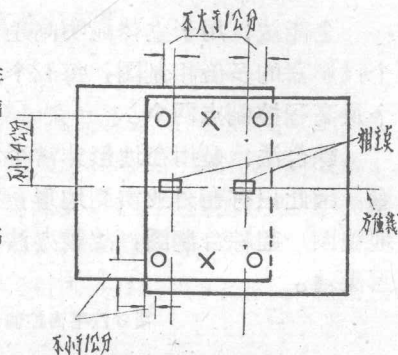
全能法平面控制点“○”和高程控制点“●”



微分法立体控制点示意图

“高程控制点须位于通过相主点，并垂直于方位綫的直綫，左右偏差不得大于1公分。”

每个立体相对內有兩個“×”高程检查点及四个“○”高程控制点。



丁、各种制图法对控制点的要求：

編号	項 目	微 分 法	全 能 法
1	每航帶平面控制点数目	每八个相对內至少有三个平面控制点	每五个相对要有四个点
2	平面控制点的位置	上边兩端各一个，下边中部一个，該点需在本航綫縱向三片重疊处并在相鄰航綫兩片重疊处	兩端各兩個点，余同左
3	平面控制点距每片縱橫边	不少于1公分	不少于1公分
4	平面控制点距方位綫	不少于4公分（特殊者3.5公分）	不少于5公分（特殊者4公分）
5	高程控制点的数目	每个立体相对要四个高程控制点及兩個高程检查点	每五个相对要有兩個高程控制点
6	高程控制点距每張相片邊緣	不得小于1公分	不得小于1公分
7	高程控制点距方位綫	不少于4公分（检查点可至3公分）	不少于5公分（特殊者不少于4公分）
8	高程控制点位于通过相主点垂直方位綫	偏差不得大于1公分	
9	航綫間共用的控制点	需合乎上述要求否則需單独作	需合乎上述之要求否則需單独作

（3）地面控制及調繪工作

甲、相片的接收，并对相片的种类、数量和质量进行检查：

对质量的要求有下列几点：

1. 影像清晰程度（用立体鏡檢查），判閱是否困难，并决定那些相片适合于調繪碎部（即地形复杂处），那些适合于控制刺点。

2. 查明有无漏洞，若不能制图則要进行野外补点，凡縱向重疊小于55%（有的規定为56%，60%）橫向重疊小于25%者，即認為是航摄漏洞（可用目測或分划尺檢查），应用紅色鉛笔标出其边界，对絕對漏洞应用藍色鉛笔标出其边界。

3. 相片縱橫向的傾斜角，用微分法时，傾角允許在3度以內。用全能法，最大的傾角也不应超过7度。檢查时根据象片左上角的圓形水准气泡的影相来測定，按气泡两端邊緣的讀数之中数，乘上圓形水准器一分划相应之值（一般每一分划为 1° ）。

4. 其他如軟片貼紧承片相，偏差不应超过0.15公厘，非直綫度不应超过5%，飞行高度变化不超过5%等（在航摄鑑定表中可查得）。

乙、控制点的設計及外业作业計劃（专为相片加工制地形图用的）：

1. 控制点的設計：

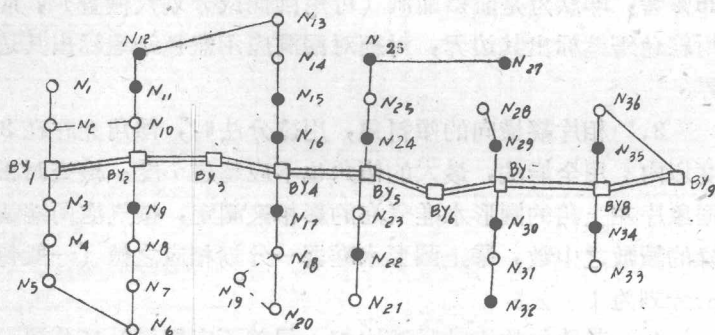
先在立体相片略图上，后在单張相片上用紅色鉛笔尽可能准确的繪上草測導綫，及其改善方案。确定主导綫的位置，且将进行加工制图的範圍用紅笔划出。

根据不同制图的作业法对控制点的要求先在单張照片上以紅笔繪平面控制点，以綠笔繪出高程控制点及高程檢查点的概略位置，每一航帶繪完后并移繪于立体相片略图上。

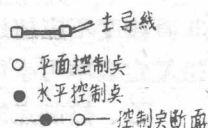
用透明紙將立体相片略图上的制图範圍、主要導綫、控制点布置的位置以及显著的地物如村鎮、道路、山咀、大河

等描下，繪制成控制点布置示意图。并根据地形条件及起始点的布置，决定控制点断面連測的路綫，也将該綫繪在示意图上，并将控制点断面導綫进行的方向控制点的號碼，編在示意图上，以作技术作业計劃之根据。

下图是主导綫和控制点断面導綫，每两个断面至少要和主导綫閉塞一次。



同时将控制点编号及有点的相片号码填在控制点成果表的1、2、3欄內。其4、5欄于現地識別时再填写。6、7、8三欄，于計算出經緯距和高程并調整誤差后再填。



控制点成果表

控制点 编号	測綫 段号	有点的相片 編 号	識別時間 及 內 容	識別精度	座 标		
					X	Y	Z
1	2	3	4	5	6	7	8
N ₁	42	8981					
N ₂	42	8982					
N ₃	42	8972					

2. 編制技术作业計劃，应考虑下列因素：

(1) 工作順序：外业工作首先須在实地野刺和釘桩，再对刺点复核后才能进行导綫測量或水平測量，否則易产生窩工及混乱情况，至地形調繪及地質調繪可以单独进行，这里應該考虑到单頁相片的錯开使用。

(2) 劳动組織：劳动力和仪器的配备，直接决定工作程序和日期的安排。

(3) 同时应顧及地区的困难情况，如地形崎嶇、蘆葦、灌木、沼澤、以及当地气候、住在地的远近、交通条件、生活供应情况等。

(4) 考虑以上条件訂出可行的計劃，而每天的实际进度也要載入进度示意图上，以便与原計劃作比較，并及时采取措施以保証順利完成計劃。

丙、控制点外业工作及要求：

1. 在室內初步划出圈子或框子的控制点位置与范围，但点的最后选定須在实地进行，結合显明地物按着要求选择其合适位置（可先用立体鏡在图上观察，以作外业找点之根据）。以下是对地物点位置之要求：

在平坦地区地物为綫状者，如耕地、道路交叉、矮篱笆圍牆角等，則选点要在直角或鈍角的交角处，小于 30° 銳角的交点不能选用，也不能选在綫弧的地物上，如湖沼及河岸皆不可用。

在山地地物点可选用尖山頂的当中，但山头的直径或对角綫不能超过 $\frac{M}{1000}$ 公尺， M = 相片比例尺，如相片比例尺是

1:20000 时則山头直径不能超过 20 公尺 ($\frac{20000}{1000} = 20$ 公尺)。

不許将点位选在无明显地物的山坡或深谷內，若山頂高程点測量有困难时还可在平地加选补充点。

2. 实地識別点和刺点:

識別点的精确程度是制图精度的关键問題，其步骤是由远而近，由大物到小物，根据相片及現地地物一步步詳細核对确定无疑后才进行刺点，以上工作需直接在現地进行，不容許站在远距离識別、刺点。若在戈壁或蘆葦中可用交会法来帮助找点。

野外刺点要用12号小针对准相片的影象进行，在相片底下要垫胶板或鉛板，刺的精度要达到0.1公厘，在平地用3~4倍放大鏡，在山地刺山頂点时要在立体鏡观测之下刺，此时只刺相片最清楚的一張，并将此張相片号碼在控制点成果表中用长方框子圈出，以与其余的有所区别。

点刺好后，在相片的正面用黑軟鉛笔繞所刺的点輕輕画一圓圈并注出点号，在相片的背面也画一圓圈及注出点号。且在背面点位附近用鉛笔繪出 2×2 公分的点位略图，其比例尺比相片放大一倍，并以黑鉛笔注明控制点刺在何处，下面注明作业員某某，何年何月何日野刺。

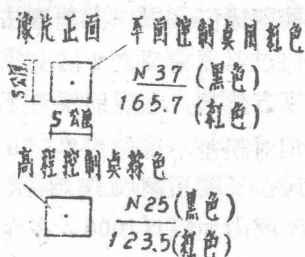
然后在現地刺点位置埋下木桩，在桩上編写与相片上控制点相同的号数，这样刺点工作才算結束，将相片带回以便內业整飾。木桩用 $10 \times 10 \times 100$ 公分，打入地下75公分桩頂釘着小釘子，并在桩子的外圈挖一个圓的小水沟，在离桩子2公尺附近插一面大旗，以便导綫抄平工作易于寻找。

(3) 点位的整飾工作:

相片(指主片)的正面，以刺孔为中心，繪 5×5 公厘的正方形，平面控制点以紅色正方形表示，高程点以綠色正方形表示，并在点的旁边写一个分数，其分子用黑墨水写点的編号，其分母用紅墨水写高程(調整后的数字)。

在相片的背面，也以所刺的孔为中心繪正方形，顏色、大小同正面的規定。

同一个控制点的相重叠的相片，均不另刺孔，但在正面用紅綠鉛筆圈出平面或高程控制点的大概位置。以黑色鉛筆在相片背面点位旁边用分数注出点号及高程并注明此点刺在那一号的相片上。

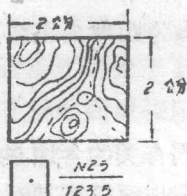


作业員 × × × 年 月 日

(4) 控制点測量：將已設計好的控制点，用仪器进行实测，确定其平面位置和高程，以憑制图。点的平面測量有交会法及导綫法两种，前者适用于較大面积的航測，铁路綫路带状測量則宜于用导綫法，交会法可作为补充，以下只講导綫法。

1. 主导綫測量：照例，先測主要导綫，再測断面导綫以閉塞在主导綫上。沿主导綫，每15公里应作真北观测一

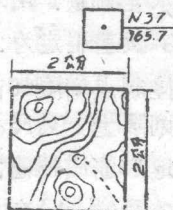
像片反面整飾



高程控制点刺在铁路交叉上

作业員

1955 10 1 野刺



平面控制点刺在公路同

小路交叉口

作业員 × × ×

1955 10 1 野刺

次，在确定一地真方位角时，測量二次，真方位的差数，其精度不得低于2分，而工地所得真方位角，其間的导綫角度閉合差应不超过 $\pm 3t/\sqrt{n}$ 分。（式中 n 为經緯仪置鏡点数目，其中包括长直綫內的轉点， t 为游标的精度以分計。）

路綫水平角，应以1分或30秒經緯仪，以一次全量法測量。两次半量之間的差数，不应超过仪器精度之2倍。每一轉向角均須測出磁針方位角及計算方位角，在現地核对无誤后方得前进。导綫角度閉塞，其相对誤差不得超过 $3t/\sqrt{n}$ 。

置鏡点长度不得大于500公尺，长度用鋼尺作2次丈量，差数在平地限 $1/2000$ ，在丘陵或山地限 $1/1000$ 。在允許誤差範圍內时，用第一次丈量数字，使写桩与記錄工作能順利进行。

2. 断面导綫：长度以鋼尺量一次，用視距核对大数，其允許誤差限 $1/200$ ，在地形特別复杂的情况下，允許用視距求得距离及高度。但測立角时，应取正反鏡各一次的平均值，并須以往返方向測量取其平均值，平面角測量同上。

3. 水准測量：用水平仪和双面塔尺一次丈量，也可用双置鏡法。誤差規定为：主要导綫、高程控制点、高程檢查点或平面控制点均限 $5.0/\sqrt{L}$ 公厘（ L 为距离公里数）。断面导綫誤差則限 ± 1 公尺。

丁、地形地質調繪：

調繪的目的，是在相片上对我們有关的各地物加以識別，查明其輪廓内容和确定其特征，以便研究其对鉄路路綫及建筑的影响。

地形調繪应能保証航摄相片上区分地物的各个輪廓，如居民区、建筑物、交通網、分水岭、水系（汇水区、河流、灌溉渠、湖泊、沼澤、池塘、泉水的岸沿与流槽）、农場、积砂区、盐碱地区、以及其他的当地地物的范围及其特征，

以便研究其对綫路位置及工程量的影响。

工程地质調繪的目的，在于获得必要的資料以編制地质平面图，从而研究土壤岩石对路基桥涵等建筑物的影响。为了了解大型建筑物基底情况，还要进行少量的地质勘探工作，如鑽眼和試坑。此外应初步調查采石場、采石場的产量与质量。所以測繪人員先要研究在相片上識別地物的各种方法，要能認出显示物象是否有变态，要研究地物的間接标志識別的各种方法，要利用已調繪的样本来对照，同时要借助于具有放大鏡的立体反光鏡对航摄相片首先在室内加以研究。在外业有必要时可用飞机用目測观察補助之，在野外实地調繪时，須用三至五倍的放大鏡观察相片，此时要注意太阳的方向以免燒焦相片。以下为作业員工作时应注意的几点：

1. 調繪面积：当縱向重叠大于5.5%时，可以隔号調繪。在平坦地区，調繪面积的界限，两张相片都是用直綫。在高差大的地区（山岳地带），当相片測繪面积界綫附近的投影差大于0.4公厘时，則其中一張相片的界綫用直綫描繪，而相邻相片的界限为顧及投影差起見，則以曲綫表示，曲綫是按地物描繪或用立体鏡描繪。在任何情况下調繪面积的界限距相片边沿不得少于1公分，并要求調繪面积尽量在相片的中央。在調繪面积綫以外注出与本相片相接的相片号，作业員×××及年月日，但与邻段接边的一張要出边界后再調繪8公厘。而对方的一張則至边界为止，以免有漏洞。

2. 接边上墨：不管自己接边或与別人接边，都要在实地进行，并要仔細檢查，不許接錯或有矛盾，双方作业員接边，互相檢查后用兰墨水在边上注出“与某某片接好”負責人签名。边接好后进行上墨。

一般相片可先用鉛笔在野外进行調繪或在白腊紙上调

繪，但回家後要用墨水分別繪在相片上。

黑色墨汁——地形及綫路

藍色顏料——水系及排水溝渠

綠色顏料——地下設備（下水井，自來水，建築物等）

紅色顏料——車站內的設備，大型房屋等。

3. 調繪時的地形地質符號必須統一。

戊、控制點測量及調繪後應交的資料：

1. 控制測量應上交的資料：

①控制點主要象片袋一份，分別用牛皮紙袋裝好，並注明航綫條數、相片數、作業員姓名等。

②外業資料及計算資料與成果表，要求清潔整齊，裝成數本並附有計算綫路略圖。

③全測區控制點布置圖（即示意圖），注上點的編號、高程及連測的綫路。

④說明起點之根據，及各種誤差情況，附導綫計算略圖。

⑤其他有關資料。

2. 調繪方面應交資料：

①調繪相片一分（包括余片），以航綫為單位分別裝袋，注出航綫條數及分數，作業員姓名。

②規定的地形地質符號。

③特殊規定的說明。

總的資料：

①技術總結。

②制圖範圍示意圖，划出四周相片界限和四周相片號，並用紅墨水划出制圖面積的邊界綫。

4. 資料清冊。

制圖單位即可根據以上資料進行制圖。

己、控制点及調繪工作的組織与工率（以兰新铁路烏魯木齐～国境段資料为主）。

組 別	技術人員	技工	普通工	小計	工率（每組天）	附 注
識別刺点組	1	1	2	4	3个～8个/每組	天复核在外
主导綫組	1	5	1	7	4.5～4.78公里	
水 平 組	1	3	1	5	5～9.3公里	
横导綫組	1	3	1	5	4.4～5.4公里	
內 业 組	2			2		
地形調繪組	1	1		2	0.5～1.06片	每片寬18×18分
地質調繪組	1	1		2	2.5～3.0片	

二、选綫队怎样应用航測照片及航測图

甲、平坦地段航測后按規定不制地形图，即利用单張相片及立体相片略图进行选綫勘測，其步驟如下：

①首先用立体放大鏡在立体相片略图上定出可能通过的路綫方案，并从中选出可能性最大的方案，再繪在单張相片上。这时应注意相片上比例尺变化，并学习从相片上看高差看地質的能力。

②选綫人員帶着繪了綫的单張相片到現場用視距法照图打出导綫，并进行綫路、地質、給水、桥渡及比較綫調查，即是作地形地質調繪工作。

③根据調查后的情况修正相片上及地面上的路綫位置。

④如照片比例尺够初測标准时（可加看兰新情况），应提出比較肯定的路綫方向、限制坡度、分界点及給水站布置、机車交路及工程数量等，若上級审查无問題时，可即按上面的路綫位置进行全面定測，地形則尽量利用已有資料，

但須作必要的补充。

若路綫問題未被同意，仍应利用航測照片按照指示繼續研究，若照片不能解決問題或路綫比較已出照片範圍時，則应对此个别地段进行初測，必須俟路綫取得上級同意后，方可繼續作定測。

如照片比例尺只够草測标准，根据照片及調繪資料只可提出設計意見書。

乙、地形困难地段，必須于航帶設計時即行提出，并征得航測制图单位的同意請其及时提出航測地形圖。此段照片要求提前制发，勘測队取得照片后应立即进行地面控制及調繪工作，將資料整理齐全交付制图单位憑以制图。选綫队从制成等高綫的地形圖上可以比照片能更好的研究路綫。

三、工作中的体会

(1) 情况介紹

从桥灣至国境全长約1400公里，于1955年6月中到8月中用三架飞机在計劃的地区內共飞38次，航空摄影所得的照片面积如下：

比例尺 1 : 20000 的約35000平方公里

比例尺 1 : 5000 ~ 1 : 7000 的約 13000 平方公里（在木垒河及星星峡附近）

比例尺 1 : 10000 的約10000平方公里（在达板城附近）

从8月31日到11月11日，陸續收到了航攝照片，斟酌時間，選擇地形地質最困难的四个地区，进行地面控制測量及野外調繪工作，經過約1个月的时间（在每一个地区皆有几个組同时工作），才供給相片加工制图的資料，約1800平方公里（1793）这四个地区是：