

87.11083

87.11083

TZS

TSH

~~40105~~

122062

鐵路航空勘察技術匯編

(1)

航空勘察選綫

鐵路專業設計院航空勘察處編



1962.11.2

人民鐵道出版社

目 录

序

我国铁路航空勘察的建立和发展.....	3
铁路航空勘察的作业程序.....	5

I. 铁路航空目测选线

一、航空目测的运用.....	13
二、航空目测的设备及工作方法.....	13
三、各种工作方法的作业程序及内容.....	14

II. 象片选线

一、搜集资料.....	33
二、地貌调绘.....	36
三、确定航摄比例尺.....	41
四、线路方案研究.....	42
五、确定高程.....	44
六、象片定线.....	60
七、编制线路概略纵断面图、技术 指标表和线路研究意见书.....	64

序

铁路航空勘察是一种先进的铁路勘察方法。它应用了光学、摄影学、航空摄影学、铁路测量学、立体摄影测量学、航空地质学、无线电工学等科学技术的最新成就，结合为一门新的技术。铁路航空勘察的主要特点是它具备较其他勘察方法优越的、合理的技术作业过程，因此它在勘测工作中可以提高劳动生产率，缩短勘测时间，~~更主要的是~~可以提高勘测质量，提供优质地形图，保证~~选线~~铁路线路方案的正确性，从而就可节省工程费用和运营费用；另一特点是可以大大减少野外勘测工作量，把勘测工作的重点移到室内来进行，因此改善了劳动条件，尤其在人口稀少、高山峻岭、交通不便、生活和工作环境恶劣的地区，利用航空勘察方法，则意义更为重大。铁路航空勘察的应用范围是极为宽广的，它既可在新线勘察中发挥作用，也可广泛运用在复线勘测、旧线改建、枢纽扩建、桥渡和水文测量中。就是在铁路运营管理和维修工作中，也可运用航空勘察的成果来提供极有价值的资料。

在旧中国时代，新技术不可能得到重视和发展。那时在铁路修建中虽也曾搞过一些航空勘察，但它没有而且也不可能有什么成绩。全国解放后，新技术得到广阔的发展前途。铁道航空勘察于1955年首次在新线勘测中采用。1956年铁道部为了适应我国日益增长的铁路建设需要，决定建立和发展航空勘察，在党的正确领导下，经过苏联专家的热情帮助和我国工程技术人员的学习努力，短时间内建立了机构，培养了干部，初步掌握了铁路航空勘察技术。几年来铁路航空勘

察已得到很大发展，特别是在大跃进的1958年，铁路勘测部门根据我国的特点广泛采用了航空技术，工作量成倍地增长。由于采用了航空勘察，很多铁路线路选出了正确的线路方案，有力地配合了铁路基本建设的顺利进展。

这一套铁路航空勘察技术汇编是根据铁道部铁路专业设计院航空勘察处数年来苏联专家提供的技术资料和实际工作中的经验教训，贯彻理论与实际相结合的精神编写而成的。

我们认为，这本书的出版只是介绍铁路航空勘察先进技术和工作方法的一个开端。由于采用铁路航空勘察的时间还短，干部的技术水平和工作经验都还不够，内容尚欠完善，也难免有些缺点和错误，希望进行勘察和研究的同志，继续总结经验，互相交流，以充实本书之内容。

铁道部铁路专业设计院航空勘察处

一九六〇年五月

我国铁路航空勘察的建立和发展

我国铁路勘察采用航空勘察新技术，近年来正在逐步发展。1955年，首次在兰新线的某段采用航空勘察，该段地形复杂，工程地质条件恶劣，不利于地面勘察，当时仅以很少人力，短时期内即正确地选定了线路方案；1956~1957年，在苏联专家的帮助下，完成了5200公里的新线和两个铁路枢纽及一个大桥桥渡的航空勘察。在某些地区，利用无线电测高的新技术进行了航空目测选线，经过航空摄影和无线电测高，在地面只测数十条基线，编制了比例尺1:100000的地形图，完成了地面勘察难以完成的任务。在此期间，除完成任务外，又培养了一批技术干部，充实了仪器设备。1958年以来，在全国各地区，广泛进行了新线航空勘察。事实证明，采用和掌握了此项新技术，在选线方面有可能不遗漏方案；在制图方面可获得质量良好供铁路选线用的地形图。如在滇黔线某段，地形复杂，又缺乏精确的地形图，采用地面勘察，难以全面地勘察所有可能方案，采用航空勘察，在短时期内，就摸清了山脉水系，选出了所有可能的线路方案，从中决定最好的线路。

铁路选线采用航察勘察的科学研究方向：

1. 利用航空勘察进行铁路选线，虽然能够对地区地貌和地质特征得到完整的概念，但不能精确求得地面高差，在决定线路方向和坡度时比较困难，因此就必须利用无线电测高仪在航空摄影的同时，自动记录飞机距离地面的高度。目前对无线电测高仪的研究，有两种方向：一种认为电波发射

角大，虽然不能直接求出地面高差，但可以通过立体观察找出电波与地区模型相切的最近地面点，用来改正飞机距地面的垂直高度；另一种认为要使电波发射角减至最小，来改进测高的精度。目前正在研究这两种方法。

2. 飞机在空中飞行，不能保持十分平稳，由于倾斜的影响，在航空摄影象片上不能正确地测量高差，并使内业制图过程复杂化。目前急需试验采用旋转稳定器（或陀螺仪）使摄影仪器保持水平状态，这样铁路选线和内业制图，都能大量地节省人力、时间和提高质量。

3. 在我国南方地区，由于气候影响，航空摄影受到很大限制。因此必须研究采用红外线或电子摄影，使在阴雨或多雾情况下，也能进行摄影，进一步发挥航空勘察的优越性。

4. 利用航摄影片，详尽地进行工程地质的调绘，可提高选线质量，特别是采用彩色象片对鉴别岩层性质，意义更为重大，都需要进行科学研究。

5. 利用航空勘察的方法，能够了解河流或水库的变迁情况，同时也能解决水文测量的流速问题。进一步研究利用航空勘察测量水深，从而求得流量，对设计桥渡提供有利的条件。此外，对如何利用航空勘察的方法解决水文地质问题也急需解决。

6. 利用直升飞机进行航空目测选线，能更进一步了解地区的地貌和工程地质特征，从而提高勘察质量。如果再改进航摄影的快门，缩短露光时间，就有可能进行更大比例尺的航空摄影，从而有可能编制更大比例尺的地形图，这对设计复杂的铁路枢纽更为有利。

7. 在航空摄影时，采用小比例尺然后加以放大，编制大比例尺地形图，这在争取时间、减少费用方面将起重大的

作用。

8. 外业控制測量方面必須采用新技术，如光电測距或在經緯仪上改用視距裝置以及精密气压測高計，都能大量节省地面控制測量的工作，从而在更大程度上提高勘察質量，加快速度。

9. 在平面图上表示地区地貌以及鉄路上已有的大小建筑物的图式符号也是一門科学技术，目的要使地形图清晰，明了，准确，易懂，需要进一步研究并不断地改善。

10. 內业制图方面采用新仪器設備以及改进作业方法，对提高成图質量，以及減少外业控制測量和內业制图的工作量，都有决定性的意义，应不断地进行試驗研究，逐步推广。

11. 在摄影方面应注意摄影材料的制造，要求自力更生，才能在更大程度上向前发展。此外如干洗象片等新技术，也需及时进行研究，減少象片的伸縮影响和加快晒印速度。

葉 林

鉄路航空勘察的作业程序

鉄路航空勘察的目的是为了不遺漏任何一个可能的綫路方案进行选綫，以及迅速編制質量良好、供鉄路設計用的地形图。鉄路航空勘察的作业程序需根据任务性質、現有資料情况、地形条件、仪器設備以及人員組織等而有很多不同的方案。

航空勘察一般的作业程序如下：

(1) 在航空勘察选綫方面，首先搜集下列資料：現有地形图，經濟資料（包括綫路的起迄点、必經点、貨流的主要

方向、貨運量），綫路在規劃網中擬定的限制坡度、機車交路和編組站及鐵路樞紐的分布，沿綫水庫計劃（包括水壩位置及高度、淹沒範圍），地質、水文地質及地震資料，過去已進行的勘測資料、氣象資料以及沿綫大地測量的三角點、天文點、水準點等。

（2）研究上級頒發或由各設計院所提出的任務書以及上述各種資料。

（3）進行選綫，在工作方法上分為下列幾種類型：

1. 利用已有大面積的航空攝影資料進行選綫。首先需要在航攝資料上調繪山脈、山口、水系、公路等，了解地區的地貌特征，才能明確綫路所有的可能方案。根據任務書的規定，結合地形條件、經濟資料等研究綫路，編制綫路各方案的概略縱斷面圖及技術指標，提出選綫意見報告。必須注意，在利用航攝資料選綫時，特別在地形複雜地段，必須將現有用各種方法獲得高程的點，在象片上注明；並需分段確定航攝比例尺，通過立體觀測，進行選綫。

如果沒有可靠的高程點，就必需在地面進行少量的勘測，使選定綫路獲得充分的根據。同時由地質人員利用航攝資料進行工程地質的調繪，注意地質構造，鹽鹼、沼澤、新月形砂丘和滑坡、岩堆、坍方、沖積扇、喀斯特等不良物理地質現象，並根據工程地質的觀點，提出對各方案的評價，對地質不良現象提出應採取的措施。

2. 如果現有地形圖不准，就必須在選綫地區進行航空目測。首先應編制航空目測計劃，然後沿所有綫路可能方案進行航空目測調查。在目測的同時，最好利用航攝儀配合無線電測高儀進行航空攝影，並對沿綫地貌如分水嶺、水系、居民點，根據飛行時間及估計距離和方向，進行記錄，並由地質人員記錄沿綫地質情況，最後整理目測資料，提出選綫

报告。

在航空目测进行过程中，由于地形图不准必須随时修正航行方向，集中注意力观测所有綫路可能通过的方案。

3. 如果已有正确的地形图，但比例尺太小，同时又不能全面反映沿綫的地貌和工程地質特征，或在綫路方案的評价上，不能得出最后結論，而任务又十分紧急，也須进行航空目测，在短时期內加以闡明。

4. 如果任务不是十分紧迫，而选綫地区的地貌特征又特别复杂，为了不遗漏任何一个可能方案，有时需要进行大面积小比例尺航空摄影，供选綫之用。

5. 在綫路方向較为明确时，也可以直接在地形图上进行选綫，确定航空摄影范围，直接进行大比例尺航空摄影，必要时可一併进行目测，然后利用这些航摄資料进行选綫。

总之，利用航空勘察进行选綫，需根据具体情况确定各种不同的工作方法，必須充分掌握有利和不利条件，才能在最大程度上發揮其优越性。

(4) 航空摄影。航空摄影必須在晴朗的气候条件下进行，因此須选择适当的季节进行。选綫完成以后，即可确定下一步勘察工作，一般在地形特别复杂地区进行大比例尺航空摄影，編制地形图，供初步設計之用。首先在較正确的地形图上，或在大面积小比例的航摄資料上或利用航空目测資料，根据选定的綫路方案及拟定的比例尺設計摄影范围。必須注意，拟定的航摄比例尺对选綫地区是否合适，飞行时是否最經濟、最安全，定綫时是否最方便，外业工作量是否最少以及是否适合內业制图条件。航空摄影設計完成后，即將資料連同任务書交航空摄影队进行摄影。航空摄影时最好有无綫电测高仪（測定飞行高度）以及高差仪（測定飞机上下波动）同时工作。

航空摄影完成以后，必須按照規定的航空摄影范围及航空摄影规范进行验收。验收时必须对质量进行严格的評定并注意漏洞。如果摄影质量有不合規定或有漏洞必須及时返工，以免內业制图发生困难。

(5) 如果需要进行专门性航空测高工作，代替地面工作，就需要与沿綫气象站联系取得气象資料（校正气压計因气压变更所引起的誤差），設立校正場地（校正无綫电测高仪的构造誤差），設計控制点的位置，在控制点上空，利用特别的无綫电测高仪进行测高，配合高差仪及自动記錄航行时气压高程的記錄仪，同时工作。最后根据这些資料，讀出测高的高度，改正温度变迁、气压面傾斜、仪器构造、飞行高度变更以及由于电波发射角所产生的誤差。最后根据已知三角点或水准点或气象站的气压高程进行閉合，分配誤差，編制成果表。

(6) 在航空摄影以后，需要进行为数极少的外业控制测量和地貌、地物的調繪工作。首先也需要进行控制点設計。在铁路勘察中，一般采用每隔 8~12 象对，布置独立横导綫，然后在內业用四边形平差方法进行連接，一般精度可以达到 1/1000 以上。这样做的結果，大大地减少了外业工作量。每隔 4~6 象对，布置横向高程导綫，目的是为了檢查立体模型的扭曲。外业控制测量，除了控制点必須选择在明显地物上，并在象片上刺出，以及根据規定的方法及图式符号調繪地物地貌及調查地名等以外，导綫及水平测量工作与一般地面测量相同，但工作量大为减少要求的精度较为严格。至于控制点的布置，也可以采用縱向与横向导綫相結合，或采用多边形导綫，需根据具体条件和要求而作不同的布置。外业控制测量及調繪完成以后，必須按照规范的規定进行验收。

(7) 外业資料驗收以后，即編制內业制圖技術任務書。任務書內說明航空攝影資料及外业控制測量的特点，編制地形圖的方法，特殊問題的处理办法以及各項工作量。

(8) 編制地形圖的方法很多，必需根据任务緩急、地形条件、仪器设备及現有工作熟練的人員而定。制圖方法一般分为三种：一、全能法制圖，即地物、地貌用同一种仪器測繪成圖，适用于山地及大比例尺測圖；二、微分法制圖，即將制圖工序分开用不同仪器成圖，适用于丘陵地区；三、綜合法制圖，即航空攝影以后增加一部份地面勘察工作，用最簡單設備在現場成圖。

全能法制圖的作业程序：首先編制作業計劃圖，象片刺点，底片刺点，圖幅布置，底圖展繪（即在底圖上展繪方格網及控制点）。如果在多倍儀上成圖，就須制縮小底片然后将縮小底片放在儀器的投影器上，根据 6 个标准点进行相对定向，即恢复航空攝影时航攝象片的相对位置，使相应地物点的光綫相交，得出立体模型，然后根据地面控制点将立体模型安置成水平。根据地面控制点計算模型比例尺，可以与成圖比例尺相同，或較成圖比例尺稍大，再用复照方法归化为成圖比例尺。

微分法成圖的一般作业程序：首先編制作業計劃圖，制玻璃象片（即將象片粘在玻璃上，以防止象片变形），选标准点，象片刺点，底片刺点，編制圖幅布置圖及底圖上展繪方格網及控制点，制縮小底片，在多倍儀上进行空中三角測量，构成自由比例尺的三角網（这是因为外业所測的点很少，空中三角測量的目的，为了加密平面和高程点）。将三角網进行复照，制成底片，根据控制点的位置，在糾正儀或縮放儀上进行縮放，将加密的平面点与高程点，展刺在底圖上。将空中三角測量所加密的高程点，按航綫进行高程拼

接，将求得的标高轉写在玻璃象片上。在立体量测仪或反光立体鏡下进行地貌描繪及地物轉繪。然后将已描繪地貌、地物的玻璃象片，再一次制成縮小底片，最后放在投影器上分帶轉繪到底图上。分帶的目的是为了糾正中心投影成为垂直投影。

在加密过程中应用微分法，根据外业控制点的布置，而有各种不同的方法。如果是独立橫导綫，在进行空中三角測量以后，还需要将兩橫导綫間分成两个四边形，用精密的尺量測四边形的四边及对角綫，計算16个角，用大地四边形平差方法分配角度誤差計算統一座标。每一測段在3条航綫以下只做一条航綫的四边形平差，3条航綫以上才做两条航綫四边形平差，以便进行縮放。

在独立橫导綫間，也可采用象片导綫測量的方法进行，其原理与一般地面測量相同，只是必須知道每張航攝象片的中心点飞行高度，在立体座标仪上量測基綫长度及轉折角，并計算相对方位元素，改正由于傾斜角所引起的基綫长度誤差。在橫导綫附近，进行空中三角測量，用图解方法，求得控制点与象片中心点的座标关系，然后計算統一座标。測段在3条航綫以下也在一条航綫上进行。在每条航綫上，还要进行平面和高程加密。这一方法最适宜于橫导綫相隔較远的情况，外业控制点可以减少。在一般情况下，除要求必須知道飞行高度以后，在同样的情况下，精度稍低于四边形平差。

用独立橫导綫在每一航綫段上只有三个点，相隔很远，也可以用解析法。

此外在平面加密方面，还有輻射三角測量，但只适用于平地。在高程加密方面，还可以应用无扭曲模型法，也可以在立体座标仪上进行，量測每一象对四个点的上下視差与左

右視差，求出加密點（改正了相對傾斜誤差）的高程，最後根據每一象對上四個已知高程的點，進行高程改正（即將立體模型置成水平位置）。此法要求外業測出較多的高程點。此外還有許多高程加密的方法，但一般都不常採用。

在制圖方面，除上述所謂圖解制圖外，在平坦地區，還可以在平面加密以後，糾正象片傾斜角，然後將象片按控制點及相同地物鑲嵌粘貼成為象片平面圖。在丘陵地區用分帶糾正法亦能編制象片平面圖。由於全部地物在象片平面圖都能反映，為此法的突出優點。

至於用航測綜合法編制地形圖，即利用航攝象片，在外業測出縱向平面和高程導線以及地貌特征點，然後在內業用輻射三角測量方法加密平面點，在反光立體鏡用內插法描繪地貌，用單投影器進行分帶轉繪。或不測地貌特征點，只測標準點高程，在立體量測儀上描繪地貌，可以減少外業工作量。綜合法系在外業成圖，隨時供設計之用，減少內業加密及資料的周轉，所用儀器簡單，但須增加外業工作量為其唯一缺點。

在一般航測部門，只在平地採用綜合法，由於鐵路勘察是狹帶狀，在山地也擬採用此法。各設計院在目前情況下都有條件，因此值得進行試驗。綜合法不宜用在森林地區，因增加外業工作量，且有困難。

航空勘察方法應用於舊線的樞紐上，首先需根據大比例尺的地形圖，設計航空攝影範圍，將航帶中心放在正線的 centre。如果沒有地形圖，就需要先進行比例尺為 $1:25000$ 的航空攝影，再在象片略圖上設計航空攝影範圍。如果編制地形圖的比例尺為 $1:1000$ ，則航空攝影比例尺為 $1:2000 \sim 1:4000$ 。外業控制測量必須按規程進行，要求精度較高，首先沿正線訂出導線，每隔 100 米用經緯儀及水平儀用鋼尺

丈量距离，测量横断面；然后根据铁路的图式符号，按象片上影象将地貌、地物及大小建筑物进行详尽的调绘，量测道岔中心点与导线连接的座标。内业制图最好在精密立体制图仪或多倍仪上进行，在平坦地区也可以用微分法编制象片平面图。

在大跃进的形势下，铁路新线建设和旧线改建的任务，日渐繁重，铁路采用航空勘察，势将逐步发展。由于目前航空勘察还存在一定的缺点，必须不断地进行科学研究熟练地掌握新技术，才能改变地面勘察的技术作业过程，为多快好省地建设社会主义事业起到应有的作用。

叶 森

I、铁路航空目测选线

一、航空目测的运用

铁路航空目测或称航空调查，是利用飞机从空中向地面观察，查明线路通过地区的地形及工程地质特征，作为铁路选线的资料。

利用航空目测选线的方法，可以在很短时间内对选线地区的地形及工程地质获得完整的概念，并得到录绘或航空摄影和航空抄平资料。目前我国铁路新线修建逐步向内陆伸入，将遇到各式各样的复杂地形地质情况，如无可靠的地图，地面勘测选线工作条件将越来越困难，因此采用航空目测选线的办法就成为勘测选线的一个重要措施，也是铁路选线的一个革命方法。

航空目测选线主要是在没有可作选择线路方案的地形图资料而又无小比例尺航摄资料时进行。

二、航空目测的设备及工作方法

进行航空目测工作，必须选择能了望良好，除机组人员以外能供三个线路人员和一名地质人员在机上工作的飞机。目前是采用 ИЛ-2 型及 ИЛ-12 型两种飞机。此外，在飞机上应装备有航摄仪，以及为量测飞机距地面高度的无线电测高仪，高差仪及其他附属仪器。

航空目测根据不同的任务及现有设备可分为三种方法：（1）地形记录法；（2）地形录绘法；（3）小比例

尺航攝法。

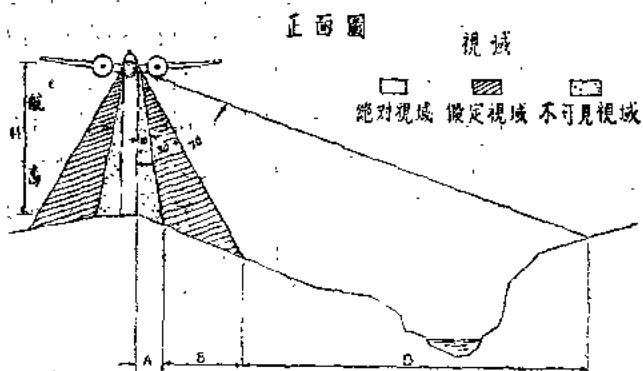
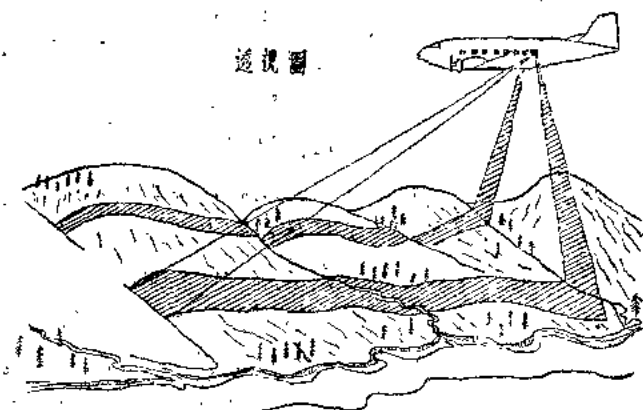
三、各种工作方法的作业程序及內容

每一种工作方法在作业上可概括为三个阶段，即：目测前的准备工作，目测飞行时的工作及飞行后的資料整理工作。航空目测的工作內容及特点又与所采用的方法互有异同。茲根据我們在两年来实际工作中摸索出来的作业程序和方法綜述如次：

1. 地形記錄法

地形記錄法是在空中观察，用記錄方式，概略地調查綫路方案的綫路长度，地形等級，大型建筑物和小桥涵数量，以及地质不良地段长度等。如选綫地区已有准确的1/50,000或1/100,000地形图，經過图上选綫，綫路位置比較明显，如綫路位置在河岸上或在不高的山坡上，或者在选綫地区沒有准确地形图但已知綫路位置，例如綫路沿着一定的河谷，綫路坡度又不受高程限制时，都可采用地形記錄法。采用此法的目的是为了在最短時間內，在实地观测，根据地形图所选出的各种可能方案中选择最好的綫路方案，或証实原先所选綫路的正确性。采用地形記錄法进行航空目测选綫，一般是在勘测設計施工都十分紧迫的条件下进行。

进行此法首先是在繪有詳細定綫的图上，在綫路的一側划定一条大致平行于綫路的折綫式的航綫，作为飞行的指导方向。航綫的位置与航高，要使目测时綫路位置在假定視域之內；又能在最低限度的航高上，以便能清晰观察地物。航高的决定必須符合航空安全要求（在航綫附近25公里範圍內，航高要高出地面最高点600米）。在ЛН—2型飞机上进行航空目测的視域範圍見圖1。



能見度與航高之比較表

航 高 H											
200			400			600			1000		
A	D	B	A	D	B	A	D	B	A	D	B
40	100	440	70	200	870	100	330	1300	180	400	2100

圖 1 在ПН-2型飛機上進行航空目測的視域

在航線轉折角較大之處，飛機要轉頭，才能進入新航線，以便較準確地觀測。領航員及目測人員均應準備一份繪有線路及航線的地形圖。地形圖不足用時，可以用腊紙描繪一份略圖，以供目測之用。