

# 铁路航空勘测

铁道部专业设计院航测处 编

中国铁道出版社

1985年·北京

# 前 言

《铁路航空勘测》一书，是根据二十多年来在我国铁路建设中应用航测技术的实践经验，为适应进一步发展和推广航测技术的需要而编写的。全书理论结合实际，以应用技术为主。根据铁路航测各个不同工种和工序，本书共分十二章，比较系统地介绍了各项作业方法，并列举了实例。

编写本书的分工是：第一章俞壮耀、郑魁信，第二章梅祥基、徐荣增，第三章朱旭，第四章张明燮、罗英、俞壮耀、匡世荣，第五章慕凤来，第六章杨爱群、陈绍光，第七章闻森湄，第八章黄宗伟，第九章程炳志，第十章陈绍光，第十一章丁伯皋、刘世芳、陈绍光、陈茂容，第十二章程炳志。全书由郑魁信、杨成志负责总编和审阅。

在编写过程中，得到铁道部各勘测设计院和西南交通大学的大力协助，在此表示衷心感谢。

希望读者对本书多给予批评指正。

铁道部专业设计院航测处

1984年8月

## 内 容 简 介

本书为铁道部专业设计院航测处根据二十多年铁路航测技术的实践经验写成。全书理论联系实际，以应用技术为主，比较系统地介绍了铁路航测的工作方法，并列举了实例。

根据铁路航测各个不同工种和工序，本书共分十二章，包括铁路航测的线路工作，航空工程地质和水文勘测，航测内外业的配合，航测资料的制备，电算加密，立体量测仪和多倍仪测图等。

本书内容丰富，并兼有工具书的特点，可供从事铁路、公路、航道、输电线路、输油管道等线状工程勘测人员参考和使用，也可作为大专院校有关专业的参考教材。

## 铁 路 航 空 勘 测

铁道部专业设计院航测处 编

中国铁道出版社出版

责任编辑 陈保兴 封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：850×1168 $\frac{1}{32}$  印张：25.5 字数：616 千

1985年4月第1版 第1次印刷

印数：0001—2,000册 定价：7.30元

## 目 录

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 绪 论                  | 1   |
| 第一章 铁路航测的线路工作        | 5   |
| 第一节 概述               | 5   |
| 第二节 方案研究中的航测方法       | 6   |
| 第三节 航带设计             | 14  |
| 第四节 航空摄影资料的检查与验收     | 27  |
| 第五节 初测阶段的线路工作        | 41  |
| 第六节 利用航测图进行定测放线      | 51  |
| 第七节 立体模型选线及制图        | 64  |
| 第二章 航空工程地质测绘         | 73  |
| 第一节 概述               | 73  |
| 第二节 航摄象片的地质判释        | 77  |
| 第三节 航空地质工作方法 with 内容 | 97  |
| 第三章 航测在水文勘测中的应用      | 172 |
| 第一节 概述               | 172 |
| 第二节 大中桥水文勘测          | 172 |
| 第三节 小桥涵水文勘测          | 204 |
| 第四章 控制测量与调绘          | 225 |
| 第一节 概述               | 225 |
| 第二节 外控点的布设与选刺        | 241 |
| 第三节 导线测量             | 257 |
| 第四节 交会法测量            | 299 |
| 第五节 高程测量             | 316 |
| 第六节 导线网、高程网平差        | 331 |
| 第七节 航摄象片的野外调绘        | 344 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第五章 摄影资料复制 .....            | 354 |
| 第一节 航摄像片晒印 .....            | 354 |
| 第二节 多倍仪透明正片的缩制 .....        | 368 |
| 第三节 缩小仪改装 .....             | 377 |
| 第四节 摄影处理药液的配制 .....         | 383 |
| 第六章 解析空中三角测量（电算加密） .....    | 387 |
| 第一节 概述 .....                | 387 |
| 第二节 基础知识 .....              | 389 |
| 第三节 实用作业公式 .....            | 401 |
| 第四节 作业过程 .....              | 444 |
| 第五节 自由网归算 .....             | 475 |
| 第六节 用全能仪进行独立模型法解析空中三角测量 ..  | 482 |
| 第七节 区域网电算加密 .....           | 495 |
| 第七章 底图制备 .....              | 512 |
| 第一节 底图简介 .....              | 512 |
| 第二节 底图的制备 .....             | 514 |
| 第三节 精密坐标仪的构造及使用 .....       | 517 |
| 第四节 精密坐标仪的检校和养护 .....       | 520 |
| 第八章 立体量测仪测图之一：地物地貌描绘 .....  | 523 |
| 第一节 概述 .....                | 523 |
| 第二节 测图原理 .....              | 523 |
| 第三节 LCY-1型立体量测仪的构造和性能 ..... | 528 |
| 第四节 立体量测仪的检校和养护 .....       | 541 |
| 第五节 立体量测仪象片定向理论 .....       | 556 |
| 第六节 在立体量测仪上描绘地物和地貌 .....    | 576 |
| 第七节 问题处理 .....              | 584 |
| 第八节 有关限差和精度的分析 .....        | 588 |
| 第九章 立体量测仪测图之二：分带投影转绘 .....  | 598 |
| 第一节 概述 .....                | 598 |
| 第二节 基本原理 .....              | 598 |

|      |                                          |     |
|------|------------------------------------------|-----|
| 第三节  | HCD-1型单投影转绘仪                             | 603 |
| 第四节  | 投影转绘的作业过程                                | 610 |
| 第五节  | 分带转绘有关问题的分析                              | 621 |
| 第六节  | 现场成图                                     | 638 |
| 第十章  | 多倍投影测图仪测图                                | 642 |
| 第一节  | 概述                                       | 642 |
| 第二节  | 多倍投影测图仪的构造、检校和养护                         | 643 |
| 第三节  | 多倍投影测图仪立体模型的构成                           | 658 |
| 第四节  | 测绘地物和地貌                                  | 689 |
| 第五节  | 多倍仪投影测图仪测绘铁路地形图时的作业程序及基本要求               | 689 |
| 第六节  | 多倍投影测图仪单模型测图的预期精度                        | 692 |
| 第七节  | 常用多倍投影测图仪的改装及其光源的改进                      | 703 |
| 第十一章 | 精密立体测图仪测图                                | 708 |
| 第一节  | 精密立体测图仪简介                                | 708 |
| 第二节  | Stereoplanigraph C-5型精密立体测图仪             | 711 |
| 第三节  | Topocart B型地形测图仪                         | 738 |
| 第四节  | 仪器的养护                                    | 766 |
| 第五节  | 精密立体测图仪的测图方法                             | 767 |
| 第六节  | Autograph A10型与Stereometrograph F型测图仪的简介 | 782 |
| 第十二章 | 清绘整饰                                     | 789 |
| 第一节  | 原图的清绘整饰                                  | 789 |
| 第二节  | 成图的检查审核                                  | 798 |
| 第三节  | 绘图小笔尖、曲线笔的修磨和使用                          | 799 |

## 绪 论

铁路勘测设计是铁路基本建设的重要环节，采用先进的现代化技术进行勘测设计，提出高质量的设计方案，不仅直接影响铁路工程的修建质量和速度，而且将长远地影响铁路运输的经济效果。积极发展航空勘测技术，充分采用航测方法进行测图和收集部分勘测资料是实现铁路勘测设计现代化的重要途径之一。

中华人民共和国成立后，为适应大规模铁路建设的需要，逐步改变铁路勘测的落后面貌，铁道部于1955年在兰新线玉门至乌鲁木齐段第一次采用航测方法进行勘测选线。1956年正式成立了铁路航空勘测的专业机构，引进了仪器设备，培训了技术人员，在青藏、成昆等多条铁路的部分或全线进行了航测。此后，航测技术的应用越来越普遍，发挥了积极作用，取得了实际效果，如对黔滇线和京原线困难地段的方案比选提供了大面积的地形资料等。但是，1963年以前，我国铁路航空勘测基本上处于解决方案研究阶段，其内容主要是利用象片判释和编制比例尺1:10000航测地形图。1964年以后，重点逐渐转到初测和定测中的勘测，工作项目大多是编制1:5000至1:2000比例尺线路地形图，利用航测图和象片资料进行选线和收集地质、水文等勘测资料，用以编制初步设计和据以定测放线。此外，在旧线改建、枢纽扩建、工点的特大比例尺地形测绘等方面也进行了一定的工作，取得了较好的效果。二十多年来铁路航测工作，从无到有，从小到大，目前各勘测设计院都有一支航测专业队伍，能独立承担航测任务。在技术业务方面，也有很多发展，例如：采用电子计算机加密，并根据铁路的特点编制了新的电算程序；控制测量已发展为短程光电测距仪测量；具有铁路勘测设计特点的现场成图、立体模型选线以及航摄象片在线路、地质、桥梁、隧道、路基及施预等专业

中的应用等。

二十多年的实践证明，航空勘测技术在铁路建设中的作用综合起来有以下几点：

第一，采用航测有利于多方案比选，能为提高选线质量创造有利条件。

搞好选线，除考虑政治、经济、国防等因素外，还必须掌握大面积地形、地质、水文等资料，进行反复研究，做到逐步趋近，不遗漏方案。特别在地形地质复杂地区尤为重要。一般的地面勘测窄带地形图有一定的局限性，视野只限于窄带范围以内。航空勘测则具备测区范围比较大的航空摄影象片，可用以绘制准确的地形图或者建立逼真的地面立体模型，因而有条件在大面积内选择线路的方向和位置，判释所经地区的地质、水文条件和经济活动情况，提高选线质量。

第二，采用航测可以减少勘测外业工作量，改善劳动条件，提高劳动生产率。

铁路勘测中地形测量的工作量很大，一般地面测量方法外业劳动强度大，效率低。采用航测，则只要测量少数控制点，即可在室内利用仪器测制地形图，大量工作在室内进行，不受自然、交通、生活等条件限制，从而减轻了野外劳动强度，改善了劳动条件。尤其在地形地物复杂和自然条件恶劣的地区，航测的优越性更为显著。在工程地质和桥涵水文勘测中，利用航摄影片在室内预先判释，然后选择代表性地段进行野外核对，可以减少野外工作。利用象片，还可以在线路导线未贯通、地形图未绘制前即进行地质、水文的调查工作，加快勘测进度。

第三，采用航测可以提高勘测资料的质量。

航摄影片客观地全面地反映了地物地貌的影象，并通过光学立体模型绘制成图，因此航测图细部逼真，河流、地貌及各种建筑物位置准确，质量比实测地形图要高。在工程地质勘测中，应用象片可以较正确地勾绘出断层、滑坡、崩坍、冲积扇等不良地质界线，从而可以配合选定经济合理的线路。象片还可以在河流

形态调查、汇水面积调查、桥渡选择、隧道洞口选择、砂石材料分布以及占用农田和拆迁房屋数量调查等方面起到有益的作用。在营业线和枢纽改建设计中，采用航测可以不遗漏各类站场设备和股道，图纸质量好，对运营管理也十分有利。

但是，航测方法目前也受一些条件的限制，例如：航空摄影受气候等条件影响，隐蔽地区的判释和测图有一定困难。因此，采用航测必须扬长避短，发挥其优势，采取措施解决问题，使铁路航测发挥更大的作用。目前，技术先进的国家，在铁路和公路勘测中，都已普遍使用航测技术，并发展到测绘特大比例尺地形图、影象地图、数控绘图、结合电子计算机进行方案比选以及采用遥感技术等。因此，必须结合我国铁路的具体情况，加强航测技术的研究，为实现铁路勘测设计现代化作出贡献。

铁路航测的作业程序随勘测阶段和资料情况而有所不同，大体上包括以下各项。

1. 准备工作：收集线路范围附近 1:50000 或更大比例尺地形图和国家及其他部门的航空摄影资料，以及经济、地质、水文、气象等资料。在大面积地形图和航摄像片上研究线路走向和对地质、水文条件的评价。确定需要摄影的范围，进行航带设计等。

2. 航空摄影：委托中国民用航空总局或其他飞行部门进行航空摄影，并按规定范围、比例尺及技术要求检查验收航空摄影资料。

摄影资料复制：将线路、地质、水文等工种调查判释及控制测量和调绘用的航摄像片晒印、放大和制作象片略图，并制作供内业制图用的玻璃干版、涤纶片、透明正片和缩小片等。

3. 控制测量和调绘：控制测量是将象片上选定的若干平面和高程控制点，在野外与已知大地点联测，以求得控制点的大地坐标和高程，作为内业测图的依据。象片调绘是将实地调查的地物、地貌等资料注绘在象片上供内业测图使用。如果控制点采用预设标志，应于航空摄影前在现场敷设标志。必要时可以考虑控

制测量期间配合进行线路、地质、水文等调查工作。

4. 解析空中三角测量：在室内加密测图所需要的控制点，并求得这些加密点的平面坐标及高程。

5. 内业测图：由于采用不同的测图仪器，航测内业测图分为立体量测仪测图、多倍投影仪测图和精密立体测图仪测图。测图方法应根据精度要求和任务安排选定。立体量测仪测图是应用立体量测仪在立体象对上测绘出等高线和地物，然后应用投影转绘仪将等高线和地物分带纠正投影到底图上成为地形原图。此法也可称为分工法（微分法）测图。多倍投影仪以及各型精密立体测图仪测图都统称为全能法测图，即在测图仪器上直接获得地形原图。

6. 航摄资料的应用：除测图以外，充分利用航摄资料的丰富信息，搜集方案研究、初测、定测各个阶段的勘测资料是铁路航测的主要内容之一，将分别在线路、地质、水文勘测的各章节中介绍。

# 第一章 铁路航测的线路工作

## 第一节 概 述

线路工作是铁路航测中的重要环节，不论是摄影方案的取舍，航摄范围的划定，控制面积和制图面积的确定，以及对航测成果资料的要求等等，都和线路工作有着密切的关系，因此线路工作贯穿于整个铁路航测的全过程。实际工作中经常有这样的例子：由于忽视了线路工作，影响控测、制图、地质、水文等一系列工作的顺利进行，或者造成遗漏经济合理的线路方案。

根据以往实践的经验，铁路航空勘测中的线路工作主要有以下几个方面：

1. 充分利用航测资料进行方案研究工作，研究线路原则方向，明确政治经济控制点，初步提出主要技术条件的意见。
2. 根据方案研究提出应该进行航空摄影的线路主要方案和初测中可能提出的各种比较方案，合理布置航摄范围，确定航空摄影的各项要素，例如：摄影比例尺，航摄仪类型和焦距，飞机飞行高度，测段的布置，航线数目的确定等等。
3. 根据方案研究的情况，合理确定控制测量和内业制图的面积，要求做到既满足勘测设计的需要，又要经济合理。
4. 控制测量期间根据方案研究的线路位置，结合现场实际情况，沿线路附近合理确定控测主导线位置（即现地插大旗）。如主导线点为明显地物点，应在象片上刺点。
5. 航测制图完成后进行纸上定线和方案比选，检查制图范围是否满足要求，有无过宽或过窄的情况，并提出补图或其他补救措施。
6. 定测时利用航测图进行现地放线。
7. 各个勘测设计阶段，特别在没有准确的地形图的地区，

利用象片进行选线和方案研究，并提出下一步的工作方法。

以上各项工作的具体内容将在后面各节内分别叙述。

## 第二节 方案研究中的航测方法

### 一、铁路航测方案研究的特点

方案研究是铁路勘测设计中的一项重要工作，对能否经济合理地进行铁路建设具有特别重要的意义。铁路航测对充分地进行线路的方案研究有特殊的作用，因为航测工作除利用一般的地形地质资料外，还进行航空摄影，因而更有条件把方案研究工作做够做深。同时，线路的方案研究也为有计划有目的进行航测提供了有利条件。铁路航测与一般地面勘测方法相比，具有以下的特点：

（一）铁路航测方案研究工作与一般地面勘测中的方案研究工作的不同在于除了利用现有的国家小比例尺地形图（比例尺1:10万，1:5万）外，尚可搜集较大面积的国家既有航摄资料，通过象片判释，系统地了解勘测地区内的地形、地质、水文情况；必要时还可以利用既有资料放大编制1:2.5万~1:1万比例尺的地形图；或者直接利用象片进行选线或立体模型选线，由面到线，逐步接近，为大面积研究各种方案，选出合理的线路方案提供重要的基础资料。

（二）由于航摄资料是铁路航测中各项工作的基础资料，正确地确定航摄方案和摄影范围对航测工作的技术经济合理性有很大的影响；加上航空摄影的申请、审批和组织工作都有一套严格的手续和程序，要求有明确的计划才能有条不紊地进行，因此在航空摄影以前，方案研究工作必需做得比较充分细致，把所有在初测阶段有比较价值的可能方案尽可能地考虑到，列入摄影范围。

（三）采用航测以后，铁路勘测设计的作业程序也会有某些相应的变化。在方案研究期间，由于增加了利用航摄资料的内容，有些工作可以在野外工作之前就开始进行（例如立体模型选

线，象片选线和地质、水文的象片判释等）。此外，对方案研究和初测阶段工作内容的划分也会有某些必要的增减或改变。

## 二、航摄像片在方案研究中的利用

方案研究一般先在大面积的图纸上进行。航摄像片可以解决图纸所不能解决的问题，弥补图纸的不足。例如，把纸上定线转绘到航摄像片上后，可以结合象片的工程地质判读发现的重大不良地质现象，以及在象片上选择大桥桥址等，进行综合研究，使室内方案研究能结合地质、水文条件，提高方案研究的质量。

方案研究期间航摄像片（或航测资料）的利用可分为直接利用和间接利用二种。

（一）航测象片的直接利用，主要是指航空象片的判释和立体模型选线二部分。后者将在本章第七节中专门叙述；航摄像片的地质、水文判释还将在第二、三章内详细介绍。这里仅对航摄像片判释工作作一般的说明。

在现阶段，我们对象片判释的认识还是很不够的，尚需广大勘测设计人员在实践中摸索经验，提高象片判释的技术效果，解决更多的问题。根据以往的实践经验，通过象片判释研究可以帮助解决以下一些问题：

1. 能给勘测设计人员提供勘测地区完整的地貌、地形等方面的信息，这种信息的特点是客观、真实，没有取舍。而任何线划图上所表示的内容则均已经过了人们的加工和取舍，因此许多与方案研究有关的信息无法表示出来，例如：线路是走在沙滩上，或是走在台地上；黄土沟割切剥蚀的实际状态；表面覆盖；地形、地貌的陡缓凹凸的表示等，象片与地形图往往有着较大的不同。又如河谷两岸定线时，线划地形图上往往由于取舍的原因使等高线表示都非常平顺，但一对象片就可以很直观地看到有许多不同，对线路通过是否合适将会给勘测设计人员以明确的概念。

2. 航摄像片判释能提供一些不良物理地质现象，如崩坍，滑坡，冲积扇，岩溶，沼泽，盐碱，新月形沙丘，沙垅等等。在象片上还能对第四纪地质及基岩判释取得较好的效果，如2133线

灤河附近太古代片麻岩、花岗岩和石英岩等岩层分界线可在象片上明显判释。又如青藏线青藏高原4000m海拔以上的永冻土地区的冰丘、热融湖塘等等均可在象片上容易地识别。

此外,结合搜集利用的地质资料,经过象片判释,并可布置一些观测点,通过重点踏勘予以验证;还可以编制比例尺1:5万左右的工程地质略图,从而达到以点控制面的效果,为线路主要方向的选择提供依据。

3. 航摄象片判释可以提供河道河岸冲刷,古河道,河道变迁的趋势以及沙滩、沙洲等有关情况。利用象片选择大桥桥址也能取得良好的效果。还可以看出部分水害和泛滥的迹象。根据河两岸的河堤情况,河两岸的村庄位于高地上,河道之间的串流,色调比较深等特征,可以大致判断有水害或泛滥的可能性,取得一定的线索,再经过现地调查访问,进一步落实。

4. 在航摄象片上,对摄影时已有的水库、渠道、公路等人工建筑物,湖泊、池塘、沼泽等自然障碍都一目了然,对选线时研究如何通过水库地区,如何跨越渠道,绕避障碍等问题非常有利。

5. 农田、森林、经济作物等情况在航空象片上的影象很清楚,比地形图上的符号表示更为精确,丰富,完整。因此用象片来统计占用农田的数量和了解经越地区的森林、经济作物情况是非常方便的。

6. 利用航空摄影象片还可以概略了解施工建筑材料沙石的产布情况,现场交通道路,施工条件等情况,提供方案比选时考虑。

以上各点,说明直接利用航摄象片获得勘测地区更多的资料信息,对研究线路方案是有很大帮助的。

(二) 航摄象片的间接利用,主要是利用航摄资料放大方案研究用图。根据铁路勘测设计的特点,方案研究工作最好在1:1万~1:2万比例尺的地形图上进行,地形较困难的山区尤其如此。已有航空摄影资料,摄影比例尺一般为1:4万~1:6万左右,从铁

路勘测设计要求出发，完全可以利用它编制成1:1万~1:2.5万比例尺的地形图，对于线路方案研究，地质填图，查明区域性地质情况都极为有利。它不但对于方案研究阶段能提供比较正确的资料，而且对指导下一步勘测设计工作也可起到非常有利的作用。

利用国家既有航摄资料放大编制地形图，工作能否顺利进行与既有航摄资料的质量好坏有密切的关系。如航摄资料陈旧，摄影材料变质，有时会影响测图质量，应该事先加以考虑。此外，如能在测图地区收集到较大比例尺的地形图资料（如以往的铁路初测地形图，公路地形图等），也要加以利用，以提高测图精度。

在室内方案研究的基础上，需到现场踏勘，实地核对、补充和修正方案研究资料。然后综合室内和野外研究了解的情况，判断线路通过的可能性，鉴别各个原则方案的经济技术特征。利用航空象片，踏勘工作的方法与一般踏勘相比，也有所不同。重要的是应该充分发挥航空摄影资料判释的作用，使既能提高工作效率，又可节省野外工作量。根据多年来铁路航空勘测实践中的经验，要做好方案研究期间的踏勘工作应该正确处理好以下几个关系：

### 1. 象片、图纸、踏勘三结合

踏勘工作不一定沿每个方案都走一遍，而是有重点有目的地进行，充分发挥象片、图纸、和实地观察各自的作用。要尽量做到凡能在象片上解决的问题最好在象片上解决，使象片、图纸和现场很好地结合起来。

### 2. 点面结合，以点控制面

在充分利用象片判释的条件下，有可能采取以点控制面的工作方法，即布置少量的观测点来研究了解较大范围的工程地质条件。当有类似的不良地质现象时，可以采取重点踏勘核对几处，举一反三。这种方法对于多方案地段更为必要。在具有航空象片的条件下，需要踏勘的是一些重点问题；至于一般地段则利用象片判释和访问搜集地质资料即可解决。因此用少数点来控制几个方

案的面积是行之有效的。

### 3. 搜集既有资料与象片判释现场踏勘相结合

建国以来，地质，水利，工矿等各个部门在各个地区做了大量的工作，积累了不少的技术资料。我们必须充分搜集和利用这些资料，如线路附近的地形图，地质图，水利规划图，河道图等等。利用既有资料，可以节省工作量，提高工作效率。

### 4. 外业踏勘要和内业研究相结合

外业踏勘和内业研究是相辅相成的，在踏勘期间必须安排一部分内业研究的时间，随时修改，完善原来的线路方案，做到：

(1) 线路遇上大型的水库，渠道，重大的不良地质现象，水害地区；压煤问题等等，就会引起线路方向的局部变更。在外业踏勘时如搜集有这类资料，即需及时修改研究线路方案。

(2) 根据踏勘的结果，如提出新的方案，则应利用象片、对新方案的工程地质及水文情况进行象片判释，编制工程地质略图。

(3) 在现场搜集到的地形图及工程地质，水文、水利资料及时抄录整理和研究消化。

## 三、大比例尺航空摄影方案的确定

经过小比例尺地形图上的方案研究和现场踏勘之后，需要确定计划进行大比例尺航空摄影的线路方案，这是铁路航测的关键问题之一。这个问题解决的好坏直接影响到以后一系列的工作，因此必须周密研究，慎重对待。

根据以往铁路勘测选线及铁路航测的实践，确定航摄线路方案时必须全面考虑各种方案的可能性，着重研究下列情况的摄影方案。

### (一) 越岭地段摄影方案的确定

在一般情况下，越岭地段的方案选择是比较复杂的，它要考虑越岭垭口、越岭高程、越岭隧道和越岭引线等方案；比较各种越岭展线方式的方案；同时还必须配合全线研究不同的限制坡度。所以，往往在越岭地段方案繁多，有时必须进行大面积定

线。确定航摄方案时应考虑到这种要求。

在连续越岭地段（即锯齿形越岭线路），还要充分考虑两越岭垭口间高低线的方案比较。

在利用小比例尺地形图定线时，越岭紧迫导线地段由于等高线的高程误差往往会影响隧道的位置、展线的方式、展线地点和长度。在确定摄影方案时必须顾及地形误差可能引起的方案变动，适当留有变化的余地。例如2138线上平山隧道进口处因1:5万地形图的误差，致使隧道进口改动300m左右。又如八里塘短隧道方案越岭隧道出口因实测高程高了15米，以致该方案难以成立。

### （二）河谷线摄影方案的确定

河谷线要充分考虑河谷两岸的方案比选和来回跨河的可能性。应根据线路所经河谷地区的自然特征和村镇分布情况，充分利用有利的一岸，在适当的地点跨河，避绕因地形、地质和水文条件造成的巨大复杂工程。由于跨河涉及到桥位的选择，因此河谷线方案的确定应与桥位选择一起考虑。在一般情况下，如果没有足够的理由来否定河谷某一岸通过的可能时，应该对河谷两岸同时摄影，提供作比选的资料。

### （三）桥渡摄影方案的确定

控制线路方向的大桥，应先选几个可能的桥渡方案，结合两端引线，综合比选。有时由于不同的桥位方案，可能影响到线路走向几十公里甚至上百公里，例如焦枝线黄河大桥连地桥位与白鹤桥位的比选，直接影响线路走向100多公里，象这样的情况两个方案都应该进行摄影。

此外，山前区宽河桥渡的线路方向，连续越岭地段两垭口间过河的地点，河谷线两岸的跨越地点等，往往受桥位的控制（选择在上游或下游河段），因此应该作大面积的综合研究，否则容易造成漏摄或宽度不足等情况。

### （四）接轨点摄影方案的确定

配合线路走向，做好接轨点的选择是铁路航测摄影方案确定