

绪 论

当前 随着计算机技术、电子信息技术和光电技术等高新技术的发展 以及学科之间的相互交叉和渗入、相互影响和促进 公路勘察设计的测设手段得到了迅速发展。这对改造公路测设的传统技术构成 提高公路测设能力 提高设计质量 促进公路测设新技术的发展起了重要作用。从公路设计过程划分,公路测设分为勘测 外业 和设计 内业 两大部分。勘测部分的发展主要是地形数据采集的自动化和高精度,这取决于各种新技术、先进设备的支持 内业设计部分则主要取决于计算机硬、软件水平的提高。各种测量高新技术和计算机技术的高度集成,形成的公路测设一体化集成系统,代表了现代公路测设的发展方向。

一、现代公路勘测技术的最新发展

外业勘测中最关键的问题是如何高速、准确、有效地获取设计所需的大面积的各类地形原始数据。公路设计原始地形数据的来源一般有三种方法 采用航测方法从航摄像片上获得数据 已有大比例尺地形图的数字化;野外实测采集地形数据。对每一种数据来源,根据其数据采集的设备、手段不同又有多种数据采集方式:如航测数据采集视其采集设备不同有模拟法测图、解析法测图、全数字测图以及遥感判释等几种方式;地形图数字化有人工手扶跟踪数字化仪输入法和图形扫描仪(又称全自动数字化仪)输入法两种;野外实测数据有采用全站式电子经纬仪(又称电子速测仪)

从野外实测获得地形数据，还有采用全球卫星定位系统（GPS）从野外采集地形数据等多种。从技术发展的角度看，目前最能直接为公路测设提供技术支持的首推航空摄影测量、遥感和全球卫星定位系统（GPS）以及地理信息系统（GIS）。

1. 航空摄影测量

航空摄影和摄影图像处理为大规模采集地形数据提供了快捷的手段。利用航测方法采集数据能直观地观察地表形态，工作环境好，可以随意和方便地控制地形点的分布和密度，所获得的地形信息可靠、精度高。特别是由于航测仪器的发展，目前较大范围的各种地形图大都是由航测手段成图，而利用解析法测图的解析测图仪在测图的同时，可以附带记录测图信息，不需专门为建立数字地面模型重新采集，这给数据采集带来极大方便，所以航测采样是目前在公路测设中最理想、最成熟，也是最常用的地形数据采集手段。

全数字化测图（也称数字摄影测量）是在解析法测图的基础上发展起来的更为先进的一种摄影测量方法。它与解析法测图的最主要区别是利用相关技术和扫描技术将像片影像数字化，无需人眼进行观测，便可得到被测区域的地表三维数据。数字摄影测量从概念上、手段上、设备上及最终成果等方面，与传统方法都有较大差别。数字摄影测量的主要设备是扫描仪和具有图形图像处理功能的计算机，用来对像片影像数字化。全数字化测图系统的测图过程是首先将像片影像的灰度数字化，然后在计算机上进行数据处理。具体做法是通过扫描方式将像片上影像的灰度值转换成电信号或数字信号，形成“数字影像”，然后用相关技术代替人眼自动地立体照准，寻找同名像点。目前自动化的相关技术还不能完全代替人眼的立体观察，在隐蔽地区、陡峭地形、影像质量极差或云层遮盖地区，以及对地物的识别和植被的处理等，仍需人工协助。解决这些问题，也是目前摄影测量界研究的主攻方向。由于自动化测图系统速度快，无需人工量测，测量的数据点密集，有利于各种比例尺的测图，特别是制作正射影像图。这种全数字化、自动化测

图方法代表了航空摄影测量学科的发展方向。世界各国竞相投入资金和人力对其深入探讨和研究，也推出了一些成熟的实用产品，在实际生产中得到大范围的推广应用。随着研究工作的深入，数字摄影测量系统在理论上、技术上的日益成熟和应用上的日益普及，全数字测图将成为公路设计中地形数据采集的最理想方法。

2. 遥感地质判释

作为广义摄影测量的重要部分——遥感技术，在公路勘测中的作用越来越得到重视。航摄像片及遥感图像均具有视野广阔、影像逼真、信息丰富的特点，在图像中通过遥感判释技术可直接或间接地获得大量有关工程地质及水文方面的资料，犹如把勘测现场搬到室内进行研究一样，使得勘测设计工作“有的放矢”地进行，避免了盲目性，大大地减少了外业劳动强度，从而提高了勘测设计的质量和速度。遥感技术随着运载工具和传感器的革新而迅速发展，获取信息的手段越来越多，应用的领域也越来越广泛。遥感手段由原来单一的航空可见光摄影遥感逐步发展到热红外、多波段扫描、雷达探测等多种空间遥感技术手段；随着遥感平台的升高，已由航空遥感发展到航天遥感。由于航天遥感覆盖面积大、信息丰富，公路带状大区域的宏观地质现象判释更能突出这项技术的独特优势。国外目前广泛地采用航天遥感资料进行计算机图像处理和信息提取，大量的遥感信息已进入自动识别和自动处理成图阶段，为公路工程地质解译提供了准确可靠的信息来源。

3. 全球卫星定位系统

全球定位系统 Global Positioning System 简称 GPS 是美国国防部主要为满足军事部门对海上、陆地和空中设施进行高精度导航和定位的要求而建立的。该系统从 20 世纪 70 年代开始设计、研制 历时 23 年 投资近 300 亿美元，现已全部建成。GPS 是以人造卫星为基础的无线电导航定位系统，它是利用天空中均匀分布的 24 颗 GPS 卫星轨道参数及其载波相位信号，通过地面接收设备接收其发射信息，实时地测定地面接收载体的三维位置。作为新一代卫星导航与定位系统，GPS 不仅具有全球性、全天候、连续的精

密三维导航与定位能力，而且有良好的抗干扰性和保密性。相对于经典测量学来说，GPS定位技术具有观测点之间无需通视；定位精度高 观测时间短 提供三维坐标 操作简便 全天候作业等主要特点。由于 GPS 定位技术的高度自动化及其所达到的定位精度和具有的巨大潜力，目前已广泛渗透到经济建设和科学技术的许多领域 在地球科学研究、大地测量、摄影测量的野外控制、航摄机载 GPS 定位、普通及精密工程测量以及公路控制测量等各个测绘应用领域得到广泛应用。

4. 地理信息系统

地理信息系统 (GIS) 代表了采用各种现代化的方法采集、分析、存储、管理、显示、传递和应用与地理和空间分布有关数据的一门综合和集成的信息科学，是随着各种测量高新技术、计算机技术、信息科学的发展而逐步形成的。由于 GIS 具有强大的空间分析和数据处理能力以及数据易于维护、更新和可扩充性 可作为公路 CAD 系统的基础信息源 在公路的规划、设计、管理、养护等工作中有着十分广阔的应用前景。

航测(数字摄影测量)遥感地质判释、GPS 等新技术、新设备、新理论在公路设计中的应用，给传统的公路测量手段带来了巨大变革 随着这些测量高新技术的不断发展 有望实现公路设计所必需的原始地形数据采集工作的自动化，公路设计也将逐步由计算机辅助设计向公路的自动化设计过渡。

二、公路航测遥感技术的应用研究现状与发展趋势

航测遥感技术在公路测设中的应用，主要体现在以下方面：

(1) 利用航摄像片并配合少量地面控制测量工作，为公路勘测设计提供各种像片平面图和地面信息，供选线和纸上定线用。

(2) 利用航片上丰富的地面信息，通过立体观察、判释和少量实地调查工作，可以在航测像对构成的立体光学模型上选线，并通过航测判释和遥感为工程设计提供地质、水文等有关资料。

(3) 借助于解析摄影测量以及正处于研究发展阶段的数字摄

影测量，直接产生被摄区域的大比例等高线地形图和地形三维坐标数据，为公路测设提供原始地形数据。

应用航测技术进行公路勘测设计这种先进的测设方法，在国内外已被广泛地应用于生产。与传统的公路勘测设计手段相比，航测方法具有明显的优点：把繁重的外业工作大部分变为室内作业，节省了大量人力、物力，不但可以大幅度降低劳动强度、提高工效，而且可以保证地形图成图精度，特别是对人烟稀少、气候恶劣和地形困难地区，效果尤为明显；由于利用航摄像片可以获得大面积与实地相似的立体模型和地形图，有利于在大区域内进行路线多方案比选，不遗漏优秀方案；可充分利用航片所反映的地面信息和各种地表现象，根据影像特征进行判释，并配合立体观察，能获得测区地貌、地质、水文等各种资料，为路线的多方案比选提供重要依据。

更重要的是，利用航测技术与数字地面模型技术相结合，将自动高速地为路线设计提供设计所需的地形、地貌、地物等各种原始数据，能最大限度地取代人工外业测量工作，便于进行路线多方案比选和路线优化设计，能大大提高设计质量，缩短设计周期，降低设计成本，具有明显的社会效益和经济效益。在路线 CAD 系统不断完善和日趋普及的今天，航测数模技术作为地形原始数据采集的最有效的手段，在路线设计自动化系统中起着愈来愈重要的作用。航测数模技术与路线 CAD 系统相结合，将形成数据采集与处理、路线设计与计算，各种设计图表输出等一整套路线自动设计系统，这是路线设计的发展方向。

航测在道路勘测设计中的应用，最先始于美国。美国从 20 世纪 40 年代开始，先后在许多州公路局设立航测机构，利用航测技术进行一般公路和高速公路的勘测工作。而后于 20 世纪 50 年代后期，逐步发展了数字地面模型技术，开展了公路选线自动化的研究，并深入研究了航摄像片判释、遥感技术在公路设计中的应用。早在 50 年代初，美国大部分州公路机构已开始使用航测成果进行公路设计；60 年代，在全美各州都已有适用于公路踏勘的比例尺

在 1:15 000 至 1:25 000 范围内的航空像片，在公路初测与最终定测阶段，再沿路线走向摄取较大比例尺的航片。

继美国之后，瑞典、墨西哥、日本、英国、法国、加拿大和罗马尼亚等国都先后采用航测方法进行道路选线设计。与此同时，国际摄影测量学会也于 1960 年成立了有关公路、铁路航测研究的专门委员会，从事科技交流和应用推广工作，极大地推动了该技术在道路勘测设计中的应用。目前，航测方法在世界上大多数国家道路设计中获得了广泛的应用。

我国铁路部门早在 20 世纪 50 年代就将航测遥感技术应用于铁路勘测设计，几十年来，用航测方法完成了大量的新线勘测和老线改建任务。航测在铁路勘测中的主要作用是完成航测成图、初测选线以及地质和水文判释等工作，在新线方案研究和初测阶段采用航测遥感技术已形成一套成熟的作业程序。在近十几年来，随着科技的发展，仪器设备的更新，我国铁路航测遥感技术有了新的发展，突出表现在测图精度方面有大幅度提高；作业方案更符合铁道工程勘测特点，能及时向新线各勘测设计阶段提供不同比例尺的地形图；遥感判释技术得到进一步深化，并逐步开展计算机图像处理技术；数字地面模型、数字测图、计算机辅助设计与绘图已开始应用于生产，这对提高我国铁路勘测设计水平起到了显著作用。

我国公路设计部门航测技术的应用研究虽起步较晚，但发展迅速。国内公路设计部门于 1976 年开始，逐步开展了航测在公路设计中应用的研究。广西、四川、湖南、河南等省级交通设计院以及湖南大学、交通部公路二院等交通设计、研究部门在研究利用已有国家航测资料成图，室内借助于简单的航测设备如多倍仪、立体镜、视差杆等在立体模型上研究路线走向以及地质判释等方面做了不少工作。

我国交通部十分重视先进技术的研究和成果应用，“六五”期间就立项开展了航测电算在公路测设中应用的研究，“七五”期间又将该技术进行深化和拓展，并将《航测遥感在公路测设中的实用

技术》课题纳入了交通部“八五”科技进步的“通达计划”，“九五”期间更是把《GPS、航测遥感及公路CAD集成技术》列为国家重点项目进行科技攻关。交通部于1985年底通过鉴定的《航测电算技术在公路测设中的应用》和1991年初鉴定的《航测遥感在公路测设中的实用技术》等研究课题，系统地研究了公路航测的方法及在公路设计中应用的可行性，研究了数字地面模型的建立等技术问题。特别是在航测数据采集的精度方面，作了大量细致的野外实测和室内分析对比工作，为航测技术在我国公路勘测设计中的推广应用作出了贡献。

1990年底经过国家级鉴定验收通过的国家“七五”重点科技攻关项目《高等级公路路线综合优化与计算机辅助设计系统的开发研究(简称路线CAD)》提出了功能强大的、较完善的用于公路路线设计的“数字地面模型系统”，为航测数模技术在公路设计中的实际应用创造了条件。1994年初通过鉴定的《航测数模技术在公路路线设计中的应用研究》课题在国家“七五”攻关项目《路线CAD》的研究基础上作了进一步的完善和扩充，从公路工程设计实际应用的目标出发，将航测数模技术与路线CAD相结合，全面、系统、深入地研究了从航测数据采集、原始数据处理、路线设计计算至输出文件的覆盖路线设计全过程的公路测设一体化集成技术，在国内首次提出了采用航测数模技术用于公路路线施工图设计的新方法，设计了一整套采用此方法进行路线内、外业勘测设计的工作程序，完成了相应的全套计算机软件系统。该系统目前已在多条高等级公路的初步设计与施工图设计中成功地得到应用。

2000年完成的国家“九五”攻关项目《GPS、航测遥感及公路CAD集成技术》，从公路测设原始地形数据采集的需要出发，通过与国内的测绘科研院所合作，对GPS、航测、遥感等测量高新技术在公路测设中的应用进行了有针对性的研究和探讨。在GPS定位测量方面：探讨了GPS测量与公路导线测量的匹配关系；提出了适用于不同精度要求和不同工程(路线、大桥、隧道)测量作业模式以及控制网数据处理方法；提出考虑了测线大地水准面倾斜改

正的 GPS 高程测量方法采用 RTK 技术实现了公路三维数据采集与放样测量，以及航测外控点的快速测量；首次将动态 GPS 与航测集成技术应用于公路带状区域。在航测方面着重对数字摄影测量的研究探讨了数字影像处理、自动化 DTM 数据生产、三维数字化地形图、数字影像产品、虚拟的现实等技术。在遥感地质解译方面，着重对遥感的数据采集、图像处理，资料解译及成果应用的一体化研究，争取实现空间信息处理工程化。

随着我国经济发展的需要，我国公路建设正处于前所未有的高速发展时期，取得了良好的经济效益和社会效益。取得了显著的效果。

在我国测绘领域，随着对 GPS、航测遥感进行深入的学科研究在 GPS 辅助空中三角测量方面已经取得了突破性进展。测绘部门与公路设计部门合作，对 GPS 技术用于公路设计进行了成功的尝试，取得了较好的效果。我国 GIS 的研究，经过十余年的努力，已在国土资源、城市规划与管理、环境工程以及土木工程规划设计领域得到日益广泛的应用，并推出了国产化的 GIS 商品软件。

随着 GPS、数字摄影测量的发展和逐步应用，航测数据的采集和处理将进入自动化时代，展示了测量高新技术在我国公路勘测设计中应用的广阔前景。而原始地形数据采集与处理的自动化和公路 CAD 系统的集成，所形成的覆盖公路设计全过程的一体化技术，构成了公路测设自动化系统的主要框架，这必将引起公路测设的重大变革，对促进我国公路设计自动化系统的发展和完善必将产生深远的影响。

第一篇 公路航空摄影测量



第一章 航空摄影测量概述

航空摄影测量是目前大面积地形测量最主要、最有效的方法，在公路、铁路、水利、城建、森林、地质等部门的工程勘察设计工作中有着广泛的应用。对于大规模的公路勘测设计来说，航测数据采集是最理想、最有前途的数据采集方法。本章结合公路设计的特点和要求，介绍公路航空摄影测量的基本知识。

第一节 航空摄影测量的特点 及其发展阶段

一、航空摄影测量的特点及应用

航空摄影测量是以空中摄影获取的像片为基础，根据所获航片上的构像信息从几何方面和物理方面加以分析研究从而对所摄对象的本质提供各种资料的一门学科。由于摄影取得的影像信息量大，反映物体细致、客观，能真实和详尽地记录摄影瞬间地面客观景物的形态，具有良好的量测精度和判读性能。对航片进行量测和判释，能方便地获得被摄地区的地形图，或地面点的大地坐标，以及丰富的地形、地物、地貌、地质、水文等资料。航空摄影测量在国民经济的各个领域得到广泛的应用，特别是在编制国家基本地图、资源调查、地质普查和探矿、森林调查和防护、土地规划整理及各种工程勘测等方面，使用效果尤为显著。

我国航空摄影测量工作始于 1930 年。截至 1949 年，全国用

航空摄影测量方法完成了 100 万 km^2 的测图工作。1949 年以后，我国先后成立了解放军测绘学院、武汉测绘学院、以及哈尔滨测量高等专科学校等专门的测绘院校。在这些测绘院校及一些工科院校里都设有航测系或航测专业，培养了大批航测专业技术人才。目前，全国的大部分省级测绘局都有规模不等的航测专门队伍。我国在 1983 年以前，就完成了覆盖全部国土的 1:100 000、1:50 000 比例尺的航测成图并完成了 142 万 km^2 的 1:10 000 比例尺国家基本地图的航测成图。目前，在我国大部分经济发达地区和城市附近均可找到 1:10 000 比例尺的既有的航测地形图；在很多城市范围内可以找到 1:5 000 甚至 1:2 000 的航测地形图而在国内的任何偏远地区，也至少可找到 1:100 000、1:50 000 比例尺的既有的航测地形图。这些航测基础地图，对促进我国经济建设的发展起到了重要作用。在公路方面，目前航测技术在各部、省级设计院的高等级公路勘察中得到普遍应用，大比例尺地形图的测绘工作基本上都是采用航测手段完成。直接利用航测获得的地形图数据建立数字地面模型，用于公路路线初步设计及施工图设计的方法及相应的 CAD 系统已在高等级公路设计中得到推广应用，取得了显著的效果。

二、航空摄影测量的发展

摄影测量从产生到现在已有 100 多年历史。在 19 世纪 50 年代，摄影技术问世不久便用于测量，当时只限于地面摄影测量。第一次世界大战期间(1914~1918 年)航空技术有了迅速发展人们尝试利用飞机进行航空摄影，从而诞生了航空摄影测量。

从摄影测量的产生至今，可划分为三个发展阶段，它从模拟摄影测量开始，经过了解析摄影测量阶段，现在正向数字摄影测量阶段发展。对航空摄影测量而言，从 20 世纪 20 年代到 60 年代航空摄影测量发展的主要方面是逐步完善了模拟法测图的理论、仪器和技术。在这个时期航测方法逐渐取代了平板仪普通地形测量方法测绘中、小比例尺地形图。

模拟法测图是建立在用光学、机械或光学机械等模拟方法来重建或恢复与摄影时相似的几何关系的基础上，亦即用模拟方法实现摄影光束的几何反转。在这个阶段摄影测量科技的发展基本上是围绕着十分昂贵的立体测图仪的发展和完善的。模拟法测图主要分为综合法测图和全能法测图两种方法。综合法测图是单张像片的摄影测量与平板仪的地形测量相结合的一种测图方法，其主要特点是地形要素的平面位置用摄影测量方法（如纠正仪作业）解决，而高程（含等高线）则用普通测量方法在野外实测。综合法测图只适用于平坦地区。全能法测图是指在一台立体测图仪上同时测出地形要素的平面位置和高程的测图方法，其特点是利用两张像片（立体像对）建立与实地相似且方位一致的立体模型（光学模型），对此模型进行量测获得地形图。此方法基本上可以适合于各类地形，各种比例尺地形图的测图。全能法测图方法也是目前我国测绘部门在地形图测绘方面主要采用的方法。

从 20 世纪 60 年代开始，随着模数转换技术、电子计算机及其自动控制技术的飞速发展，解析测图仪逐步取代了模拟测图仪，摄影测量已由传统的模拟法测图过渡到解析法测图，解析空中三角测量取代了多倍仪空中三角测量。解析法测图中，各种光学或机械的模拟解算方法已被利用电子计算机进行严密公式解算的解析方法所代替，它可以根据量测的基本原始信息，用严密的数学方法实现摄影光束的重建、解算和加工处理，所以它不受像片数、像片内外方位元素、地形类别、模型比例尺等各种因素的影响。由于解析测图仪实际上是计算机辅助的人工操作，属于一种半自动化的机助作业，操作时免除了定向的繁琐过程及测图过程中的许多手工作业方式，所以解析法测图的精度与效率均高于模拟法测图。特别是解析测图仪中解析处理后的数据和结果首先是以数字形式进行存贮，它为航测数据采集以及数字摄影测量的形成和发展创造了必要的条件。

数字摄影测量的发展起源于摄影测量自动化的实践，即利用相关技术，实现真正的自动化测图。随着计算机技术以及数字图

像处理、模式识别、人工智能、专家系统以及计算机视觉等学科的不断发 展，数字摄影测量的内涵已远远超过了传统摄影测量的范围，现已被公认为摄影测量的第三个发展阶段。数字摄影测量与模拟、解析摄影测量的最大区别是利用相关技术和扫描技术将影像数字化，无需人眼进行观测。它处理的原始信息不仅可以是像片，更主要的是数字影像，如 SPOT 影像或数字化影像，它最终是以计算机视觉代替人眼的立体观测，因而它所用的仪器最终将只是通过计算机及其相应外部设备，特别是当代工作站的发展为数字摄影测量的发展提供了广阔的前景；其产品是完全数字形式的，传统的产品只是该数字产品的模拟输出。

目前，世界各国对数字摄影测量高度重视，积极投入资金和人力竞相研究。比较著名的系统有美国的 DAMS、瑞士的 DSP1、Leica 公司的 Helava 以及美国 Intergraph 公司、I²S 公司的数字摄影测量工作站等。这些系统对地形有很强的处理能力，但目前对于地物及各种隐蔽区域的处理均还未达到实用水平，这也是该领域研究人员正在努力解决的课题之一。这种全数字化、全自动化的测图方式是摄影测量学科的发展方向。

第二节 航摄资料的获取

一、公路航测的作业过程

公路航测的主要任务是为公路设计提供大比例尺地形图，根据航片立体观察和判释提供有关地质、地貌、水文等资料，以及为公路设计提供原始地形数据。公路航测的作业过程包括：准备工作、摄影工作、外业工作、内业工作等四个阶段，如图 1-1 所示。

1. 准备工作

准备工作包括接受任务、收集资料、进行路线方案研究，并会同航摄部门进行航带设计、完成航摄技术计算、编制领航图等。

(1) 航摄范围的确定

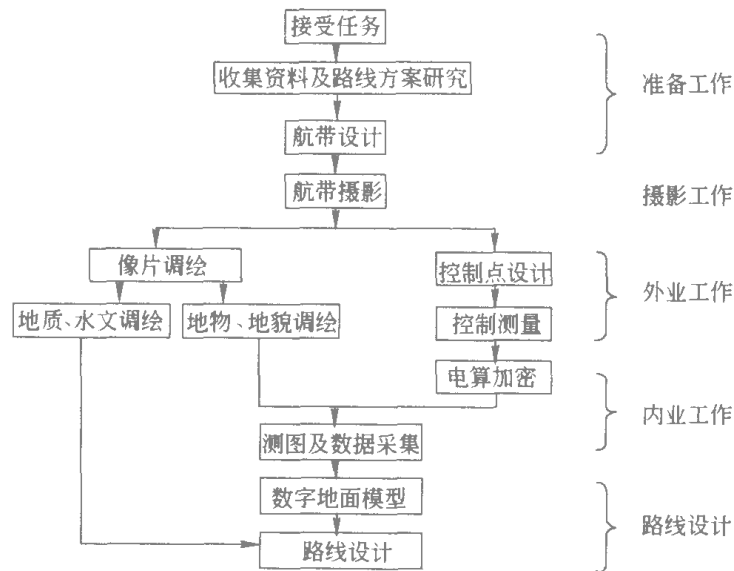


图 1-1 公路航测作业流程示意

对公路航测来说 首先是根据计划任务书的要求 收集路线所经地区的有关地理、水文、地质、气象及该区域经济发展、规划等资料 结合 1:50 000 或 1:100 000 的小比例尺地形图进行认真的方案比选 确定路线方案 从而确定路线方案走廊。方案研究工作主要是查明路线起、讫点和主要控制点间一切可能的大方案，综合经济、技术及地形、地质、水文等多种因素进行方案比选、论证。在方案研究中 应特别注意不要漏掉有价值的比较方案 以免产生航摄漏洞，使路线偏出航摄范围，使得在设计中只能用人工实测来补救，这将对设计周期，设计质量和效益产生非常不利的影响。同样 在方案研究中对有明显缺陷的方案也应立即放弃 以免摄影范围任意扩大 造成不必要的浪费。对有特殊要求的大型构造物、大型互通式立交等区域，应根据实际情况留出充足的测图范围。

路线方案确定之后 根据路线方案走廊 在地形图上确定出测图范围和摄影范围。公路路线的航摄范围以路线方案线（含各比较方案线 控制 两侧各超出方案线的距离应大于 500m 当给出路

线方案走廊范围时，两侧各超出走廊带范围线的距离应大于 300m，以保证成图质量并防止造成漏测现象，并为方案比选时需扩充成图范围而留有余地。在路线起、终点处，航摄范围应沿纵向各向外延伸 2~3 条摄影基线。

(2) 航摄仪、摄影比例尺与航高的确定

摄影范围确定之后，首先应该选择适当的航摄仪和摄影比例尺。航摄仪类型的选择与测区的地形情况、成图比例尺和成图设备及方法等因素有关。

公路航摄应尽可能选择性能先进的航摄仪，以保证航摄资料的质量。目前我国主要使用 18cm×18cm 和 23cm×23cm 二种像幅的航摄仪，其中 23cm×23cm 像幅的航摄仪性能较 18cm×18cm 像幅的航摄仪先进，它的镜头分解力高，像场大，像片的利用率高，相同比例尺摄影要比 18cm×18cm 多出 5cm（像片上）覆盖实地的宽度，对公路这种线形工程特别适用。采用大像幅航摄仪，也使航带布设时回旋余地大，经济效益好，技术操作简单。所以，一般公路航摄应首选 23cm×23cm 大像幅的航摄仪。

在选择航摄仪镜头焦距时，应根据摄区的地形情况和成图精度要求综合考虑。公路航摄在保证飞机最低安全高度和避免摄影死角的前提下，应尽量选用宽角或特宽角镜头进行航空摄影。在地形起伏较大的山区，航高受到限制时，亦可采用中角或常角镜头进行航摄，但应注意选用较大的摄影比例尺。

航摄比例尺的选择应以公路各测设阶段所需地形图的比例及相应精度要求为依据，结合摄区的地形条件、成图方法及所用仪器的性能诸因素综合考虑。航摄比例尺的大小亦主要取决于成图精度和经济性两个方面的要求。国家标准《1:500, 1:1 000, 1:2 000 大比例尺地形图航空摄影规范》以及交通部颁《公路摄影测量规范》(JTJ 065—97) 均有规定，航摄比例尺分母与成图比例尺分母之比以 4 至 6 倍为宜。对公路测设来说，虽然目前大都是成 1:2 000 地形图，但考虑到航测数据采集的精度要求，以及航摄资料在公路设计各个阶段，特别是在施工图阶段均能得到应用，在满足航摄飞

机的安全飞行高度、航摄范围覆盖公路路线方案走廊的前提下，应尽可能选用较大的摄影比例尺。

当航摄比例尺和航摄机选定之后，便可按式 (1-1) 确定设计的摄影航高。

$$H = m \cdot f \quad (1-1)$$

式中： H ——摄影航高；

m ——航摄比例尺分母；

f ——航摄机主距（即镜头中心至像片平面的垂直距离 S_0 ）。

摄影时曝光瞬间航摄机物镜中心所处的空间位置称为摄影站。摄影站至某地面的铅垂距离为该地平面的航高或称相对航高 H_i 。当相对航高是指摄影站至摄区平均高程平面间的铅垂距离时常称摄影航高 H 。而绝对航高 H_0 则是指摄影站至海拔高程为零（作为起算面）间的铅垂距离。航高示意图如图 1-2 所示。

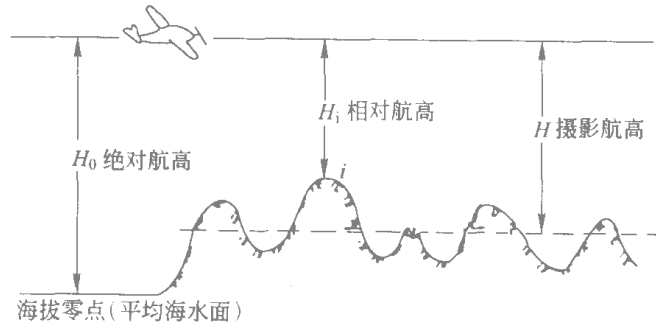


图 1-2 航高示意图

(3) 航带设计

在摄影范围和摄影比例尺确定后，即可进行航带布置和航带设计工作。公路航摄是沿路线方向进行的，而路线往往是弯曲转折的，为了保证摄影航线的直线性，必须把路线分成若干测段，每一测段再分成若干条航带，如图 1-3 所示。测段的长度要适宜，太长会使航线弯曲度和航偏角难以达到规定的要求，太短又会使飞