

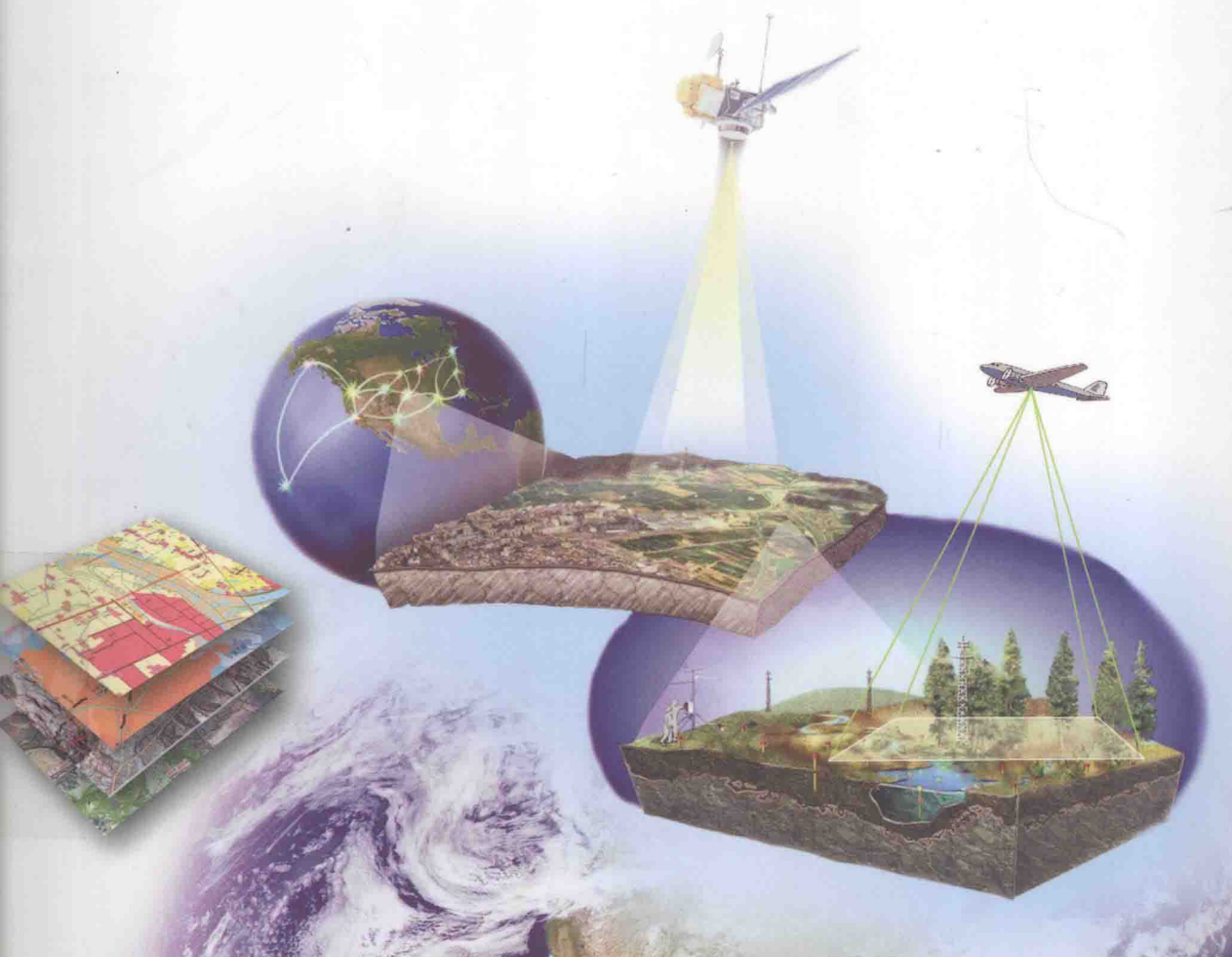
高等教育“十二五”规划教材

摄影测量学基础

Introduction to Photogrammetry

林 卉 王仁礼 主编

中国矿业大学出版社



高等教育“十二五”规划教材

摄影测量学基础

林 卉 王仁礼 主编

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书是根据现代测绘教育人才培养目标和课程教学改革需要而编写的。全书共分 10 章,深入浅出地讲述了摄影测量的基础理论、数据处理和作业流程,力求从内外业一体化的视角进行系统阐述。主要内容包括摄影与空中摄影,影像解析基础,立体摄影测量,空中三角测量,数字摄影测量,摄影测量外业,近景摄影测量。

本书是一本受众面很广的教材,教师可根据课时数、教学大纲、前期课程、学生现状等具体情况从中选择合适的内容使用,可作为测绘工程、地理信息系统、遥感科学与技术、土地资源管理等专业教材使用,适合于本科、高职高专、函授和成人教育(继续教育)各层次教学,也可供从事测绘工作的生产、工程技术和管理人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

摄影测量学基础/林卉,王仁礼主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2013. 11

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2015 - 8

I. ①摄… II. ①林… ②王… III. ①摄影测量学
IV. ①P23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 199627 号

书 名 摄影测量学基础
主 编 林 卉 王仁礼
责任编辑 潘俊成
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 18.75 字数 480 千字
版次印次 2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

本书编委会

主 编	林 卉	王仁礼	
副 主 编	孙久运	李天子	薛永安
	刘丹丹	任东风	孙美萍
	陈胜华		
参 编	杨化超	王志勇	孙华生
	孙小荣	路海洋	朱 玉
	梅 艳	成晓倩	韩瑞梅
	赵晓琳	李荣杰	赵 展

前 言

摄影测量学是一门研究利用影像重建物体空间的几何和物理模型的科学和技术。随着传感器技术、计算机技术和自动化技术的迅猛发展,给摄影测量技术带来了巨大变化。现已进入数字摄影测量阶段,这对整个摄影测量的教学、科研和生产都产生了极其深远的影响。原有的教材部分内容已显陈旧,新设备、新技术和新方法无法涵盖,已无法满足教学和自学的需要,急需在原有教材的基础上重新编写能够适应学科发展、反映当代摄影测量技术发展的教材,给教师教学、学生与相关技术人员学习提供较完备的内容,为此,10所高校多位长期从事摄影测量教学和科研工作的教师集体编写了这本《摄影测量学基础》,旨在推陈出新,承前启后,为后续的学习和发展奠定坚实的理论基础。

由于各院校和各专业人才培养目标不同,摄影测量课程教学大纲也各异,教学经验和实践技能也不同。为此,本书编委会成员经多次讨论和反复论证制定了编写大纲,编写过程中,采取分工协作、博采众长、优势互补、联合攻关的方式,坚持体系完整、结构严谨、表述规范、图表结合的原则,强调原理与方法、理论与实际、经典与现代相结合,做到深入浅出、通俗易懂、重点突出、循序渐进,既有基础理论的详细讲述,又有新的理论与方法介绍,体现出继承、发展、创新的时代精神。

全书共分十章,第一章介绍了摄影测量学的定义、发展历史及当前状况;第二章与第三章介绍了摄影与空中摄影的基础知识;第四章到第六章详细讲述了摄影测量解析理论;第七章与第八章为数字摄影测量基础介绍;第九章讲述了摄影测量外业过程及具体工作;第十章对近景摄影测量的原理及应用进行了介绍。同时,在每章后面都设置了思考题,供学生们学习使用,教师可根据不同专业、教学大纲和学时数选择讲授内容。

本书由江苏师范大学林卉、山东科技大学王仁礼任主编,参编本书的还有:江苏师范大学朱玉、梅艳,山东科技大学王志勇、赵展,中国矿业大学孙久运、杨化超,河南理工大学李天子、成晓倩、韩瑞梅,太原理工大学薛永安、陈胜华,辽

宁工程技术大学任东风、孙华生,黑龙江工程学院刘丹丹,淮海工学院孙美萍,宿迁学院孙小荣,辽宁地质工程职业学院路海洋、赵晓琳,河南有色金属地质矿产局李荣杰。

本书编写过程中,得到了江苏师范大学测绘学院和山东科技大学测绘科学与工程学院的大力支持与帮助,武汉大学遥感信息工程学院张永军教授和中国测绘科学研究院燕琴研究员审阅了全书并提出了宝贵的修改意见,在此一并致以衷心的感谢;并对参与本书整理、校对、排版工作的雒晓卓博士、李巍硕士、杨苏新硕士表示感谢。同时,对中国矿业大学出版社为本教材顺利出版给予的大力支持表示感谢。

书中部分图表来自所列参考文献,未做一一标注,在此谨向原作者表示感谢。

由于编者的水平所限,书中难免存在不足与不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

2013年6月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 摄影测量学概述	1
第二节 摄影测量学的发展历史	3
第三节 当代摄影测量发展的特点	6
习题与思考题	11
第二章 摄影的基本知识	12
第一节 摄影基本原理与摄影机	12
第二节 航空摄影的基本要求	34
第三节 航摄像片的误差及处理	37
习题与思考题	40
第三章 空中摄影	41
第一节 航空摄影基本概念	41
第二节 航空摄影技术计划	47
第三节 航摄仪检校	53
第四节 无人机航空摄影	56
第五节 航天摄影	60
习题与思考题	66
第四章 影像解析基础	67
第一节 中心投影与透视变换	67
第二节 常用的坐标系	72
第三节 影像(摄影机)的内外方位元素	75
第四节 像点坐标变换	77
第五节 中心投影的构像方程	82
第六节 影像的比例尺与像点移位	93
第七节 像对的立体观察与量测	98
第八节 单像摄影测量	106
习题与思考题	114

第五章 立体摄影测量	115
第一节 双像解析摄影测量(立体摄影测量)的方法.....	115
第二节 物点(模型点)坐标的计算——空间前方交会.....	119
第三节 空间后方交会与前方交会求解地面点坐标的计算方法.....	122
第四节 立体像对相对定向.....	123
第五节 立体模型绝对定向.....	135
第六节 双像后方交会——光束法.....	141
习题与思考题.....	143
第六章 解析空中三角测量	145
第一节 概述.....	145
第二节 航带法单航带解析空中三角测量.....	146
第三节 航带法区域网空中三角测量.....	158
第四节 独立模型法区域网空中三角测量.....	165
第五节 光束法区域网空中三角测量.....	167
第六节 区域网平差的精度与控制点布设.....	171
第七节 区域网平差的系统误差及其补偿.....	174
第八节 摄影测量与非摄影测量观测值的联合平差.....	177
第九节 可靠性理论与粗差检测.....	179
习题与思考题.....	181
第七章 数字摄影测量基础	182
第一节 数字摄影测量概述.....	182
第二节 数字影像解析.....	184
第三节 影像匹配基础知识.....	195
习题与思考题.....	202
第八章 数字摄影测量系统	203
第一节 概述.....	203
第二节 数字摄影测量系统组成与功能.....	203
第三节 数字摄影测量系统作业方式与流程.....	205
第四节 数字摄影测量系统简介.....	206
习题与思考题.....	212
第九章 摄影测量作业过程及其外业工作	213
第一节 摄影测量作业过程.....	213
第二节 像片控制测量.....	215

第三节 初级图外业调绘·····	227
习题与思考题·····	244
第十章 近景摄影测量·····	245
第一节 近景摄影测量的基本知识·····	246
第二节 近景摄影测量的基本原理·····	250
第三节 近景摄影测量的解析计算·····	254
第四节 近景摄影测量的应用·····	266
习题与思考题·····	267
附录 摄影测量学常用双语词汇·····	268
参考文献·····	288

第一章 绪 论

第一节 摄影测量学概述

一、摄影测量学的定义和任务

摄影测量学是对研究的物体进行摄影,量测和解译所获得的影像,获取被摄物体的几何信息和物理信息的一门科学和技术。摄影测量学的内容包括:获取被摄物体的影像,研究影像的处理理论、技术和设备,以及将所处理和量测得到的结果以图解或数字的形式输出的技术和设备。

摄影测量学是测绘学的分支学科,它的主要任务是用于测绘各种比例尺的地形图,建立数字地面模型,为各种地理信息系统和土地信息系统提供基础数据。摄影测量学要解决的两大问题是几何定位和影像解译。几何定位就是确定被摄物体的大小、形状和空间位置。几何定位的基本原理源于测量学的前方交会方法,它是根据两个已知的摄影站点和两条已知的摄影方向线,交会出构成这两条摄影光线的待定地面点的三维坐标。影像解译就是确定影像对应地物的性质。常规的影像解译方法是根据地物在像片上的构像规律,采用人工目视判读方法识别地物的属性。当前,利用计算机技术自动识别和提取物理信息是摄影测量学的主要研究方向之一。

摄影测量的特点之一是在像片上进行量测和解译,无需接触被测目标物体本身,因而很少受自然和环境条件的限制,而且像片及其各种类型影像均是客观目标物体的真实反映,影像信息丰富、逼真,人们可以从中获得被研究目标物体的大量几何信息和物理信息。

现代电子技术、通信技术和航天技术等的高速发展,使摄影测量学科领域的研究对象和应用范围不断扩大。由于具有非接触传感的特点,20世纪60年代初,从侧重于影像解译和应用角度,又提出了“遥感”一词。

随着摄影测量的发展,摄影测量与遥感之间的界限越来越模糊,换句话说,摄影测量学与遥感的结合越来越紧密,用王之卓先生的话说就是“摄影测量学的发展历史就是遥感的发展历史,它们的目的相同,只是各自所处的科技发展历史时期不同,可以说摄影测量学发展到数字摄影测量阶段就是遥感。”正因为如此,国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)于1988年在日本京都召开的第十六届大会上给出定义:“摄影测量与遥感乃是对非接触传感器系统获得的影像及其数字表达进行记录、量测和解译,从而获得自然物体和环境的可靠信息的一门工艺、科学和技术。”(Photogrammetry and Remote Sensing is the art, science, and technology of obtaining reliable information and other physical objects from non-contact imaging and other sensor systems about the earth and its environment, and processes through recording, measuring, analyzing and representation)。其中,摄影测量侧重于提取几何信息,

遥感侧重于提取物理信息。

摄影测量学的基本任务是严格建立像片获取瞬间所存在的像点与对应物点之间的几何关系。一旦这种对应的几何关系得到正确恢复,人们就可以从影像上严密地导出关于被摄目标物体的信息。像点与对应物点之间几何关系的恢复可以通过模拟的、解析的或数字的方法实现。摄影测量学的具体任务包括两个方面:定量的(quantitative)和定性的(qualitative),前者属于几何处理(metriphotogrammetry)的范畴,主要解决是多少的问题;后者属于解译处理(photointerpretation)的范畴,主要解决是什么的问题。摄影测量学发展到今天,受益于计算机科学与技术的发展,对定量问题的解决相对较好,自动化程度也较高。例如,自动空中三角测量、数字高程模型(DEM)的自动化生产、数字正射影像(DOM)的自动化生产等;而对定性问题的解决其自动化程度相对差些,还需付出很大的努力。因为对定性问题的解决涉及多学科交叉、认知科学以及对人类自身的了解和研究。

伴随着数字影像获取能力的提高以及计算机处理能力的增强,摄影测量的数据处理越来越多地融合了其他学科的处理技术。最有代表性的就是数字图像处理技术,即用计算机来完成一系列关于数字图像的处理任务,如图像压缩、图像增强、图像复原、图像编码、图像分割、边缘检测等。第二个与之密切相关的学科是模式识别,具体说就是基于图像的目标识别,它是模式识别的一个分支,它的输入是图像,输出是图像的分类和结构描述。第三个与之密切相关的学科是图像理解,它是人工智能的一个分支,它的输入是图像,输出是对图像的描述和解译。进一步地说,当代数字摄影测量的发展与计算机视觉的研究联系紧密,计算机视觉的研究目标是使计算机具有通过二维图像认知三维环境中物体的几何信息的能力,包括它的形状、位置、姿态、运动等,并对它们进行描述、存储、识别与理解。或者简单地说,计算机视觉是要用计算机模拟人的眼睛,对空间物体进行识别与理解。从这点讲,计算机视觉与数字摄影测量有极大的相似之处。

二、摄影测量学的分类

按照所研究对象的不同,摄影测量学的内容可分为地形摄影测量(topographic photogrammetry)和非地形摄影测量(non-topographic photogrammetry)两大类。地形摄影测量研究的对象是地球表面的形态,以目标物体与对应构像之间的几何关系为基础,最终根据影像片测绘出摄影区域的地形图。非地形摄影测量一般指近景摄影测量(close-range photogrammetry),顾名思义,即研究的对象在体积和面积上较小,摄影机到摄影目标的距离较近,一般小于300 m,测量的精度相应地要求较高。近景摄影测量大多应用在专题科学研究方面,诸如工业、建筑学、生物学、考古、医学以及高速运动物体等方面,任务和要求也各异。测量成果是表示研究对象的一系列特征点的三维坐标值,即研究对象的目标模型;根据要求也可绘制所摄物体的立面图、平面图和显示立体形态的等值线图。

摄影测量学也可按摄影站的位置或传感器平台分为航天/卫星摄影测量(space/satellite photogrammetry)、航空摄影测量(aerophotogrammetry/aerial photogrammetry)、地面摄影测量(terrestrial photogrammetry)、显微摄影测量(micro-range photogrammetry)和水下/双介质摄影测量(underwater/two-medium photogrammetry)几类。航天摄影测量是利用航天器或人造地球卫星作为传感器的平台对地面进行摄影。特别是近几年来高分辨率卫星影像的成功应用,使之成为国家基本测图的重要组成部分。航空摄影测量指的是地形摄

影测量,从航摄飞机上对地面进行摄影,它是摄影测量学的一个重要分支。航空摄影测量的主要任务是测制各种比例尺的地形图,建立地形数据库,并为各种地理信息系统和土地信息系统提供基础数据。航空摄影测量测绘的地形图比例尺一般为 $1:5$ 万、 $1:1$ 万、 $1:5000$ 、 $1:2000$ 、 $1:1000$ 、 $1:500$ 等。地面摄影测量是将摄影机安置在地面上进行摄影和测量,包括地形测绘目的的地面立体摄影测量和非地形测绘目的的近景摄影测量。前者在测绘特殊地区的地形图时常采用,后者在对科学技术某专题内容进行研究时采用。水下摄影测量是将摄影机置于水中,对水中的目标物体进行研究,或对水下地表面进行摄影以绘制水下地形图,这属于双介质摄影测量。显微摄影测量仍然属于近景摄影测量的范畴,主要用于对微小目标物体(如细胞、花粉等)的研究,需要在对目标物体放大几千倍甚至上万倍的情况下摄影成像。

另外,从摄影测量学的用途或应用范围来考虑,摄影测量学还可进一步分为工业摄影测量(industrial photogrammetry)、建筑摄影测量(architectural photogrammetry)、生物医学摄影测量(biomedical photogrammetry)、城市摄影测量(urban photogrammetry)、铁路摄影测量(railway photogrammetry)、地质摄影测量(geological photogrammetry)、森林摄影测量(forest photogrammetry),等等。

就摄影测量处理技术手段而言,又可分为模拟摄影测量、解析摄影测量和数字摄影测量。概括起来说,摄影测量技术基本原理都是一致的,都要依据物体及其构像之间的对应几何关系,变化的只是应用对象及各领域的特殊要求。

第二节 摄影测量学的发展历史

摄影测量学发展至今已有200多年的历史了,从19世纪中叶开始至今,随着计算机技术以及数字图像处理、模式识别、计算机视觉和人工智能等相关技术的不断发展,摄影测量与计算机学科相互渗透交叉,摄影测量在经历模拟摄影测量、解析摄影测量两个发展阶段后,现已进入数字摄影测量阶段,这对整个摄影测量的教学、科研、生产都产生了极其深远的影响。

一、模拟摄影测量

早在18世纪,数学家兰勃特(J. H. Lambert)在他的著作*Frege Perspective* (Zurich, 1759)中就论述了摄影测量的基础——透视几何理论。1839年法国发明家达盖尔(Daguerre)发明了摄影技术以后,摄影测量学开始了它的发展历程。19世纪中叶,劳塞达(Laussedat,被认为是“摄影测量之父”)利用所谓“明箱”装置,测制了万森城堡图,当时采用图解法进行逐点测绘。直到20世纪初,才由维也纳军事地理研究所按奥雷尔(Orel)的思想制成了“自动立体测图仪”。后来由德国卡尔蔡司厂进一步发展,成功地制造了实用的“立体自动测图仪”(Stereautograph)。经过了半个多世纪的发展,到20世纪60~70年代,这种类型的仪器发展到了顶峰。由于这些仪器均采用光学投影器或机械投影器或光学—机械投影器“模拟”摄影过程,用它们交会被摄物体的空间位置(摄影光束的几何反转),所以称其为“模拟摄影测量仪器”。著名摄影测量学者U. V. Helava于1957年在他的论文中谈到:“能够用来解决摄影测量主要问题的现有的全部的摄影测量测图仪,实际上都是以同样的原理

为基础的,这个原理可以称为模拟的原理。”这一发展时期也被称为“模拟摄影测量时代”。

在模拟摄影测量的漫长发展阶段,摄影测量科技的发展可以说基本上是围绕着十分昂贵的模拟立体测图仪进行的。立体测图的基本原理是摄影过程的几何反转,模拟立体测图仪是利用光学机械模拟投影的光线,由“双像”上的“同名像点”进行“空间前方交会”,获得目标点的空间位置,建立立体模型,进行立体测图。用以模拟投影光线的光机部件,称为“光机导杆”。根据投影方式的不同,模拟立体测图仪可分为光学投影、光学—机械投影与机械投影三种类型。图 1-1 为立体测图仪 B8S。

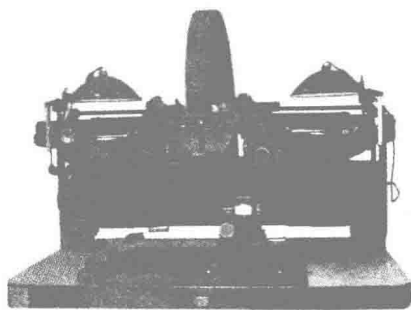


图 1-1 立体测图仪 B8S

二、解析摄影测量

随着模数转换技术、电子计算机与自动控制技术的发展,U. V. Helava 于 1957 年提出了摄影测量的一个新概念——“用数字投影代替物理投影”。所谓“物理投影”就是上述“光学的、机械的或光学—机械的”模拟投影;“数字投影”就是利用电子计算机实时地进行投影光线(共线方程)的解算,从而交会被摄物体的空间位置。当时,由于电子计算机十分昂贵,且常常受到电子故障的影响,加上实际的摄影测量工作者通常没有受过有关使用计算机的训练,因而这没有引起摄影测量界很大的兴趣。但是,意大利的 OMI 公司确信 U. V. Helava 的新概念是摄影测量仪器发展的方向,他们与美国的 Bendix 公司合作,于 1961 年制造出第一台解析测图仪 AP/1。后来又不断改进,生产了一批不同型号的解析测图仪 AP/2、AP/C 与 AS11 系列等。这个时期的解析测图仪多数为军用,AP/C 虽是民用,但也没有获得广泛应用。直到 1976 年在赫尔辛基召开的国际摄影测量协会的大会上,由 7 家厂商展出了 8 种型号的解析测图仪,解析测图仪才逐步成为摄影测量的主要测图仪。到了 20 世纪 80 年代,由于大规模集成芯片的发展,接口技术日趋成熟,加之微机的发展,解析测图仪的发展更为迅速。后来,解析测图仪不再是一种专门由国际上一些大的摄影测量仪器公司生产的仪器,有的图像处理公司(如 T²S, Intergraph 公司等)也生产解析测图仪。摄影测量的这一发展时期有代表性的仪器设备就是“解析立体测图仪”。图 1-2 为 BC-2 解析测图仪,图 1-3 为正射投影仪 OR1。

在这个时期受益最多、效果特别显著的还是以电子计算机为基础的解析空中三角测量,我们称摄影测量的这一发展时期为“解析摄影测量时代”。解析测图仪与模拟测图仪的主要区别在于:前者使用的是数字投影方式;后者使用的是模拟的物理投影方式。由此导致仪器设计和结构上的不同:前者是由计算机控制的坐标量测系统;后者使用纯光学、机械型的模拟测图装置。还有操作方式的不同:前者是计算机辅助的人工操作;后者是完全的手工操作。由于在解析测图仪中应用了电子计算机,因此,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。但它们都是使用摄影的正片(或负片)或相片,并都需要人用手去操纵(或指挥)仪器,同时用眼进行观测。其产品则主要是描绘在纸上的线画地图或印在相纸上的影像图,即模拟的产品。当然,在模拟测图仪上附加数字记录装置或在解析测图仪上以数字形式记录多种信息,也可形成数字的产品。



图 1-2 BC-2 解析测图仪

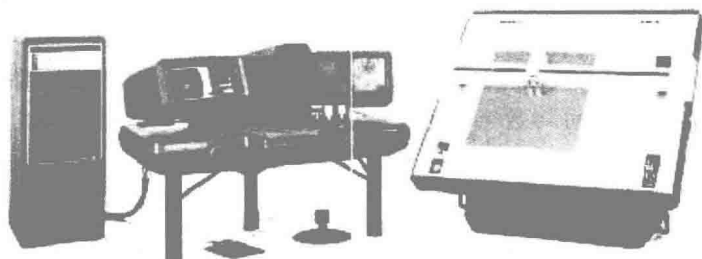


图 1-3 正射投影仪 OR1

三、数字摄影测量

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。摄影测量自动化是摄影测量工作者多年来所追求的理想。最早涉及摄影测量自动化的专利可追溯到 1930 年,但并未付诸实施。直到 1950 年,才由美国工程兵研究发展实验室与 Bausch and Lomb 光学仪器公司合作研制了第一台自动化摄影测量测图仪。当时是将相片上灰度的变化转换成电信号,利用电子技术实现自动化。这种努力经过了许多年的发展历程,先后在光学投影型、机械型或解析型仪器上实施,例如 B8-steromat、Topomat 等。也有一些专门采用 CRT 扫描的自动摄影测量系统,如 UNAMACE、GPM 系统。与此同时,摄影测量工作者也试图将由影像灰度转换成的电信号再转变成数字信号,然后由电子计算机来实现摄影测量的自动化过程。美国于 20 世纪 60 年代初研制成功的 DAMC 系统就是属于这种全数字的自动化测图系统。它采用 Wild 厂生产的 STK-1 精密立体坐标仪进行影像数字化,然后用 1 台 IBM7094 型电子计算机实现摄影测量自动化。原武汉测绘科技大学王之卓教授于 1978 年提出了发展全数字自动化测图系统的设想与方案,并于 1985 年完成了全数字自动化测图系统 WUDAMS(后发展为全数字自动化测图系统 VirtuoZo),也采用数字方式实现摄影测量自动化。因此,数字摄影

测量是摄影测量自动化的必然产物。

随着计算机技术及其应用的发展和数字图像处理、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,现已公认摄影测量的第三个发展阶段。表 1-1 列出了摄影测量三个发展阶段的特点。

表 1-1 摄影测量三个发展阶段的特点

发展阶段	原始资料	投影方式	仪器	操作方式	产品
模拟摄影测量	像片	物理投影	模拟测图仪	作业员手工	模拟产品
解析摄影测量	像片	数字投影	解析测图仪	机助作业员操作	模拟产品 数字产品
数字摄影测量	数字化影像 数字影像	数字投影	计算机 外围设备	自动化操作+作业员的干预	数字产品 模拟产品

数字摄影测量系统是由计算机视觉(其核心是影像匹配与识别)代替人的立体量测与识别,完成影像几何与物理信息的自动提取。为了让计算机能够完成这一任务,必须使用数字影像。若处理的原始资料是光学影像(即相片),则需要利用影像数字化器对其数字化。按对影像进行数字化的方式,可将数字摄影测量系统分为混合数字摄影测量系统与全数字摄影测量系统。混合数字摄影测量系统是早期数字摄影测量研究的产物,现在的数字摄影测量系统均是全数字的形式。摄影测量系统中以自动化(半自动化)的处理方式代替人的立体量测与识别,包含了大量繁琐的计算。若这些计算能够在一刹那间完成,这样的数字摄影测量系统可称为实时摄影测量系统。

数字摄影测量与模拟、解析摄影测量的最大区别在于:它处理的原始信息不仅可以是航空像片经扫描得到的数字化影像或由数字传感器直接得到的数字影像,其产品是数字形式的,更主要的是它最终以计算机视觉代替人眼的立体观测,因而它所使用的仪器最终只是通用的计算机及其相应的外部设备,故而是一种计算机视觉的方法。需要说明的是,当代新型传感器技术、全球定位技术、通信技术以及计算机技术等的发展为数字摄影测量的发展提供了广阔的机遇和前景,当代数字摄影测量的内涵已远远超出了传统摄影测量学的范围。

第三节 当代摄影测量发展的特点

一、摄影测量与遥感的结合

遥感源于摄影测量,摄影测量学的历史就是遥感的发展历史。从 20 世纪 60 年代初开始,航天技术迅速发展起来,美国地理学者首先提出了“遥感”(Remote Sensing)这个名词,用来取代传统的“航片判读”(Photo Interpretation)这一术语,随后便得到了广泛使用。特别是 70 年代美国陆地资源卫星(Landsat)上天后,由于遥感技术在资源勘察和环境监测方面效率很高,很快在全世界得到重视,因而遥感技术获得了极为广泛的应用。

遥感技术的飞速发展,也对摄影测量学产生了巨大的冲击作用,首先在于它打破了摄影测量学长期以来过分局限于测绘物体形状与大小等数据的几何处理,尤其是航空摄影测量

长期以来只偏重于测制地形图的局面。在遥感技术中除了使用可见光的框幅式黑白摄影机外,还使用彩色、彩红外摄影、全景摄影、红外扫描仪、多光谱扫描仪、成像光谱仪、CCD 线阵列扫描和面阵摄影机以及合成孔径侧视雷达等手段,它们以空间飞行器作为平台,围绕地球长期运行,能为土地利用、资源和环境监测及相关研究提供大量多时相、多光谱、多分辨率的影像信息。进入 80 年代以后,遥感技术的新的跃进再次显示了它对摄影测量的巨大作用。首先是航天飞机作为遥感平台或发射手段,可重复使用和返回地面,大大提高了遥感的性能与价格比,更重要的是许多新型传感器的地面分辨率(空间分辨率)、温度分辨率、光谱分辨率(光谱带数)和时间分辨率(重复周期)都有了很大提高,同时还具备了立体覆盖的功能,如 1986 年和 1990 年法国发射的 SPOT-1、2 卫星,利用两个 CCD 线阵列构成数字式扫描仪,像素地面大小对全色为 10 m,通过侧向镜面倾斜可获得基线/航高比为 1.0~1.2 的良好立体影像,从而可采集 DEM 和制作正射影像,并可进行 1:5 万立体测图或地图修测。而到了 90 年代,由于高分辨率长线阵、大面阵 CCD 传感器的问世,使得卫星遥感图的地面分辨率大大提高。例如,印度卫星 IRS-1C,其地面分辨率为 5.8 m;法国研制的 SPOT-5 采用新的三台高分辨率几何成像仪器(HRG),能提供 5 m/2.5 m 的地面分辨率,并能沿轨或异轨立体成像;美国于 1999 年 9 月成功发射的 IKONOS-2 以及随后发射的“Early Bird”、“Quick Bird”,能提供 0.82 m 空间分辨率的全色影像和 4~15 m 空间分辨率的多光谱影像。所有这些都为遥感影像的定量化研究提供了保证,利用空间影像测图已是一种重要途径。由此可见,遥感与摄影测量的区别已不仅仅在于遥感技术的多样性和应用范围的广泛性,而且还在于技术的相容性。目前,几乎所有的航天遥感传感器都可用于航空摄影测量与遥感的场合。

摄影测量与遥感的结合,还体现在解析摄影测量(尤其是数字摄影测量)对遥感技术发展的推动作用。众所周知,遥感图像的高精度几何定位和几何纠正就是解析摄影测量现代理论的重要应用;数字摄影测量中的影像匹配理论可用来实现多时相、多传感器、多分辨率遥感图像的复合和几何配准;自动定位理论可用来快速、及时地提供具有“地学编码”的遥感影像;摄影测量的主要成果,如 DEM、地形测量数据库和专题图数据库,乃是支持和改善遥感图像分类效果的有效信息;至于像片判读和影像分类的自动化和智能化则是摄影测量和遥感技术共同研究的课题。一个现代的数字摄影测量系统与一个现代的遥感图像处理系统已看不出什么本质差别了,两者的有机结合已成为地理信息系统(GIS)技术中的数据采集和更新的重要手段。

二、摄影测量与遥感和 GIS、GPS 的结合

在摄影测量与遥感的发展历史上,早就确定了 GIS 的地位。1968 年,美国摄影测量学会就首先使用了 GIS 这个术语。德国的 Konceny 教授则认为,GIS 的产生和发展源于四个不同领域的研究活动和贡献,即制图学、计算机图形学、数据库和遥感(包括摄影测量),这些不同领域或学科的相互交叉奠定了 GIS 的基础。与 GIS 相关的各学科间的相互关系可用图 1-4 来表示。

数字测图、全数字化摄影测量和遥感图像处理技术的发展,需要有一个数据库或空间信息系统来存储、管理这些空间数据,并与其他非图形的专题信息相结合,进行分析、决策,以回答用户所提出的有关问题。而地理信息系统(GIS)和土地信息系统(LIS)都与物体的空

间位置和分布有关,都属于空间信息系统的某种特定形式,这就是摄影测量与遥感技术必然和地理信息系统相结合的原因。这种结合使得摄影测量与遥感影像必将成为 GIS 基础数据获取和快速更新的重要数据源,而 GIS 则作为摄影测量与遥感数据存储、管理、表达和应用的重要平台。

摄影测量、遥感和 GIS 的有机结合,还导致了一门新的信息科学分支——影像信息科学的形成与发展。什么是影像信息科学呢?按照王之卓先生的定义,影像信息科学是记录、存储、传输、量测、处理、解译、分析和显示由非接触传感器影像获得的目标及其环境信息的科学、技术和经济实体。影像信息获取、处理、加工和结果表达的整个过程是一个有机的结合体,它既包含了摄影测量与遥感的主要内容,又包含了地理信息系统。

进一步说,影像信息科学是由摄影测量、遥感、地理信息系统、计算机图形学、数字图像处理、计算机视觉、专家系统、航天科学、计算机技术、通信技术和传感器技术等相结合的一个边缘学科。影像信息科学是信息科学中的一门高新技术,它提供了基于影像认识世界和改造世界的一条途径,因而具有无限的生命力。

空间定位系统(目前主要指 GPS)、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)是目前对地观测系统中空间信息获取、存储管理、更新、分析和应用的三大支撑技术(以下简称“3S”),是现代社持续会持续发展、资源合理规划利用、城乡规划和管理、自然灾害动态监测与防治等的重要技术手段,也是地学研究走向量化的科学方法之一。这三大技术有着各自独立、平行的发展成就。

随着“3S”技术研究和应用的不断深入,人们逐渐认识到单独运用其中的一种技术往往不能满足一些应用工程的需要。事实上,许多应用工程或研究项目需要综合利用这三大技术的特长,方可形成和提供所需的对地观测、信息处理、分析决策的能力。这导致了对“3S”技术的研究和应用向集成化(或综合化)的方向发展。在这种集成应用中,GPS(包括 IMU)主要被用于实时、快速地提供目标(包括各类传感器)和运载平台(如车、船、飞机、卫星等)的空间位置与姿态;RS(包括摄影测量)主要用于实时地或准实时地提供目标及其环境的语义和非语义信息,以发现地球表面的各种变化,及时地对 GIS 进行数据更新;GIS 则是对多种来源的时空数据进行综合处理、集成管理、动态存取,并作为新的集成系统的平台,为智能化数据采集提供地学知识。

值得一提的是,数字摄影测量特别是数字近景摄影测量的发展,还使得摄影测量学与计算机视觉的研究和应用在很多方面走到了一起或向集成化方向发展。其表现为,摄影测量学的研究和应用逐渐从以研究地球表面为主向微观世界和目标的研究方向发展;反过来,计算机视觉界的研究则越来越多地借鉴摄影测量学的基本理论和影像数据,以解决更大范围的实际工程应用问题。

关于“3S”或更多“S”的集成可用图 1-5 来表示。图中,“DP”,代表数字摄影测量(Digital Photogrammetry),“ES”,代表专家系统(Expert System),“CV”代表计算机视觉(Com-



图 1-4 GIS 与其他学科间的相互关系
(Gottfried Konceny, 2003)