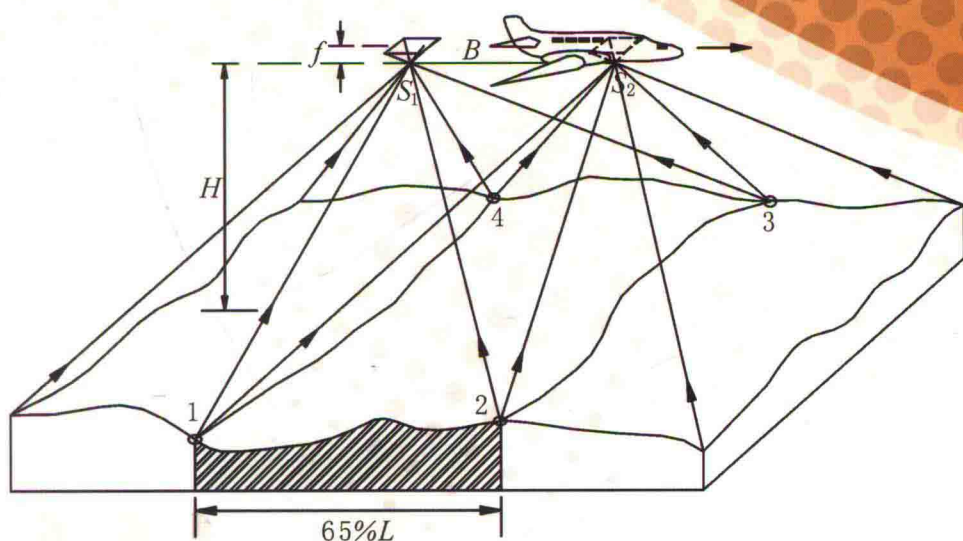


摄影测量学

方子岩 唐健林 董向勇 编著



长江出版社

摄影测量学

方子岩 唐健林 董向勇 编著



长江出版社

图书在版编目(CIP)数据

摄影测量学/方子岩,唐健林,董向勇编著.

—武汉:长江出版社,2012.12

ISBN 978-7-5492-1731-1

I. ①摄… II. ①方…②唐…③董… III. ①摄影测量学
IV. ①P23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 004726 号

摄影测量学

方子岩 唐健林 董向勇 编著

责任编辑:梁琰

装帧设计:刘斯佳

出版发行:长江出版社

地 址:武汉市解放大道 1863 号

邮 编:430010

E-mail:cjpub@vip.sina.com

电 话:(027)82927763(总编室)

(027)82926806(市场营销部)

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉市首壹印务有限公司

规 格:787mm×1092mm 1/16

29.25 印张 580 千字

版 次:2012 年 12 月第 1 版

2013 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5492-1731-1/P · 9

定 价:68.00 元

(版权所有 翻版必究 印装有误 负责调换)

序

传统的摄影测量信息获取是基于航空摄影。随着航空技术的发展,轻小型低空遥感平台,由于具有机动灵活、经济便捷等优势,使得摄影测量信息获取途径更加广泛。基于航空或低空遥感平台,更多的是用数字摄影机直接获取数字影像,继而进行一系列的数字影像解析处理。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。与此同时,摄影测量与遥感技术也有许多新的发展,其中值得关注的是机载 LIDAR 和车载移动测图系统。

摄影测量属于几何遥感的范畴。由于历史的原因,摄影测量学已具备一套系统的理论,可作为学习遥感技术的基础。因此,各大学、专科和中专院校习惯先开设“摄影测量学”,接着再开设“遥感原理与应用”。在我国,“摄影测量与遥感”作为测绘类的二级学科,在国际上,有一个“摄影测量与遥感”专业委员会(ISPRS),并将“摄影测量与遥感”简称为 RS。

随着社会的进步和学科发展,促使摄影测量工作者从不同的视角和领域编写摄影测量学教材,已出版多个版本,方子岩副教授从事摄影测量学的教学 30 多年,积累了丰富的专业知识和教学经验。在参考大量的国内外摄影测量专家学者的研究成果基础上,结合自己的教学实践,编写了这本《摄影测量学》教材,系统而全面地阐述摄影测量的基本原理,论述影像解析处理的各种数学模型、算法。由摄影测量的基本原理自然过渡到数字摄影测量,全面论述数字摄影测量涉及到的基础知识、数学模型、算法及其实际应用。全书图文并茂,插图由编者基于 AutoCAD 绘制,贴近该学科教与学的实际情况,学生书在手、兴趣有,能激发学习摄影测量的热情,从而打下坚实的 RS 基础,服务于社会。



2013 年 2 月

(龚健雅 中国科学院院士,测绘与地理信息学家,武汉大学教授)

前言

编写本书的目的,是引导学生学习和掌握摄影测量基本理论知识,理解当今摄影测量的新技术、新理论和新方法,探讨某些在技术和算法上还不完善的现实问题。全书主要参考了李德仁等编著的《摄影测量与遥感概论》(测绘出版社),陈鹰编著的《遥感影像的数字摄影测量》(同济大学出版社),张剑清等编著的《摄影测量学》(武汉大学出版社)等文献中反映摄影测量最新发展方面的内容。同时,辅以更多的图解,对公式做了较多的推导,图文并茂、容易理解是本书的最大特色。

本书系统而全面地阐述摄影测量的基本原理,依托先进的计算机处理技术,论述影像解析处理的各种数学模型、算法。由摄影测量的基本原理自然过渡到数字摄影测量,全面论述数字摄影测量涉及到的基础知识、数学模型、算法及其实际应用。主要内容包括:摄影与航空摄影,摄影测量的理论基础,双像解析摄影测量,解析空中三角测量,数字摄影测量基础,影像特征提取与定位算子,影像匹配基础理论与算法,数字高程模型(DEM)及其应用,数字微分纠正,数字摄影测量工作站(DPW)、系统(DPS)和网格(DPGrid),遥感图像的成像原理及构像方程。使用本书作为教学资料时,教师可依据学时和需要自由控制某些章节中的节数,例如,一些章的内容是在主题思想后按节为单元给出流行的理论方法,可以有选择地讲解。

全书理论系统完整,联系实际应用,内容丰富,充分反映当代摄影测量的水平。本书可作为测绘工程专业本科生的基础教材,也可供本专业的研究生、研究人员以及相关的其他专业工作者参考使用。

全书共分十三章,第一、第十章由董向勇编写,第四、第十二章由吴惠丰编写,第六、第七章由唐健林编写,其他各章由方子岩编写并统稿。全书插图由方子岩基于AutoCAD设计绘制。

本书在编写过程中,得到喻国荣副教授的帮助,沙月进副教授对全书的编排和内容组织提出了很好的建议,项仲贞高工协助做了许多资料的收集工作,胡伍生教授给予了热情的支持和鼓励。在此,一并表示衷心的感谢。

由于编写过程涉及资料繁多,在内容的组织、对公式和算法的理解、插图的构想和绘制等方面难免有疏漏和错误,敬请读者批评指正。

作者

2013年1月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 摄影测量与遥感的定义、特点和任务	2
1.2 航空摄影测量的发展	5
1.3 摄影测量的分类	7
1.4 摄影测量学科进展与展望	8
1.5 全书各章简要关系	10
第2章 摄影与航空摄影	11
2.1 最常用的传感器——摄影机	11
2.2 普通摄影机和量测摄影机	16
2.3 航空摄影的一般知识	18
2.4 航空摄影的摄影处理	29
2.5 数码航空摄影	31
2.6 光学摄影类型和光电成像类型传感器的面、线和点中心投影及数学描述	32
第3章 单张航摄像片解析	38
3.1 中心投影的基本点、线、面	38
3.2 摄影测量常用的坐标系	44
3.3 航摄像片的内、外方位元素	47
3.4 空间直角坐标变换	51
3.5 中心投影的构像方程与投影变换	60
3.6 水平像片与倾斜像片相应像点之间的坐标关系	64
3.7 航摄像片的像点位移与比例尺	68

第 4 章 摄影测量的外业工作	76
4.1 概述	76
4.2 像片控制测量	76
4.3 航摄像片的判读	82
4.4 像片调绘	89
4.5 大比例尺成图的像片调绘工作	91
4.6 像片调绘工作的新进展	103
第 5 章 双像解析摄影测量	105
5.1 立体视觉原理	105
5.2 立体像对	110
5.3 立体像对的立体观察与量测	117
5.4 双像解析摄影测量概述	120
5.5 单像空间后方交会与双像前方交会解法	120
5.6 像对相对定向→立体像对前方交会→模型绝对定向解法	138
5.7 立体像对的光束法严密解法(一步定向法)	163
5.8 双像解析摄影测量三种解法的比较	167
第 6 章 解析空中三角测量	169
6.1 概述	169
6.2 影像连接点的类型与设置	172
6.3 像点坐标量测与系统误差预改正	175
6.4 单航带法及航带法区域网空中三角测量	179
6.5 独立模型法区域网空中三角测量	186
6.6 光束法区域网空中三角测量	189
6.7 三种区域网平差方法的比较及解析空中三角测量的精度分析	192
6.8 系统误差补偿与自检校光束法区域网平差	196
6.9 摄影测量与非摄影测量观测值的联合平差	201

6.10	自动空中三角测量	208
第 7 章	数字摄影测量基础	212
7.1	数字摄影测量概述	212
7.2	影像的傅立叶变换	215
7.3	影像的卷积	223
7.4	影像的采样与重采样	226
7.5	数字影像内定向	242
7.6	核线影像与核线方程	246
第 8 章	影像特征提取与定位算子(单像自动量测)	255
8.1	影像的特性及信息量	255
8.2	用于提取点特征的有利算子	257
8.3	线特征提取算子(边缘检测算子)	262
8.4	定位算子	270
第 9 章	影像匹配基础理论与算法(双像自动量测)	277
9.1	影像相关原理	278
9.2	航空影像功率谱分析	278
9.3	航空影像的多层金字塔影像结构及分频道相关策略	285
9.4	影像相关模式	288
9.5	数字影像匹配基本算法	290
9.6	最小二乘影像匹配 LSM(Least Squares Image Matching)	302
9.7	特征匹配	321
9.8	尺度不变特征变换(SIFT)匹配方法	329
第 10 章	数字高程模型(DEM)及其应用	333
10.1	概述	333
10.2	获取 DEM 数据点	335
10.3	DEM 数据预处理	338

10.4	DEM 数据插值加密	340
10.5	DEM 的精度及存储管理	359
10.6	三角网数字高程模型	364
10.7	数字高程模型的应用	368
第 11 章	数字微分纠正	386
11.1	数字微分纠正的概念	386
11.2	中心投影影像的数字微分纠正	387
11.3	二维和三维数字微分纠正	389
11.4	立体正射影像对的制作	396
11.5	景观图的制作原理	403
11.6	数字表面模型 DSM 和真 DOM 的制作	406
第 12 章	数字摄影测量工作站(DPW)、系统(DPS)和网格(DPGrid)	408
12.1	概述	408
12.2	数字摄影测量工作站(DPW)	409
12.3	数字摄影测量系统及 4D 产品	423
12.4	数字摄影测量由 DPW 发展为 DPGrid	424
第 13 章	遥感图像的成像原理与处理	426
13.1	概述	427
13.2	遥感图像的成像原理及构像方程	433
13.3	CCD 线阵列传感器影像和 SAR 影像的解析处理	446
13.4	机载 LIDAR、地面激光雷达和车载移动测图系统	455
参考文献		458

第1章 绪论

随着航空、航天和宇航技术的不断完善,光学工业、感光材料制造工业和电子工业的持续发展,空中摄影技术在诸如地形测绘、国土整治、航空地质、农业、林业、水利、环境保护、能源交通和城市规划等方面取得可喜的成果,显示出巨大的生命力。从当前发展的趋势来看,摄影遥感不但正向多光谱和航天摄影方向发展,而且也在向低航高(航高低于 500m),小像幅和数字化方向发展,可以快捷、经济地获取现势性强的资料,从而使摄影遥感技术得到更广泛的应用。如图 1-1 摄影测量与遥感系统的组成。

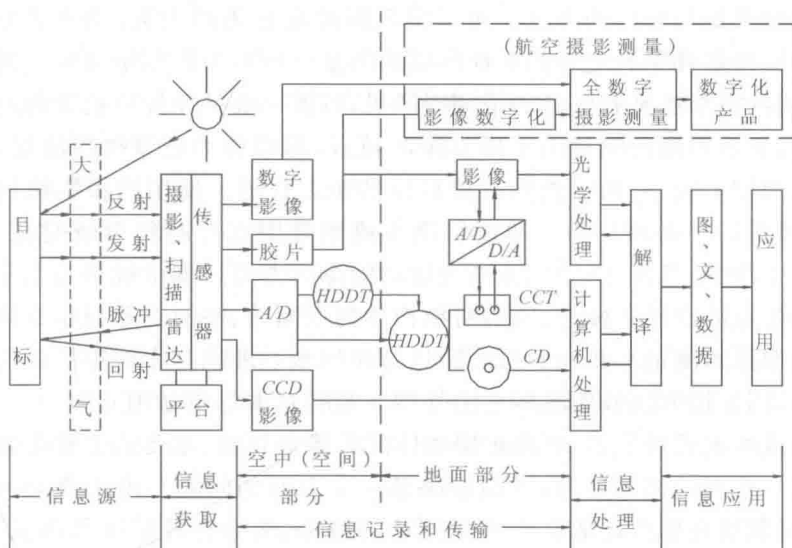


图 1-1 摄影测量与遥感系统的组成

通常,离地面 10km 高度范围内的空中摄影称为航空摄影,在高度超越稠密大气层(40km),但仍处于地球引力范围以内的摄影称为航天摄影。空中摄影是以摄影学为原理的一种主要遥感技术。航空或航天遥感,是不接触星体本身,通过电磁波来探测地球或其他星体性质与特点的一门综合性的探测技术。具体表现为,在高空和外层空间的各平台上,运用各种传感器获取反映地表特征的各种图像数据,通过传输、变换和处理,提取感兴趣的信息(主要是地学方面信息),实现研究物体空间形状、位置、性质、变化及其与环境间相互关系的一门现代应用技术科学。这里提到的图像

数据,是指对物体反射或辐射能量的记录。用色调的浓淡(密度)表示能量强度并记录在胶片上形成的图像就是摄影图像或称为模拟图像(简称影像);用数字的大小表示能量强度,并以二进制为单位记录在磁带(或其他形式的存储器)上,需通过计算机显示的图像称为数字图像或离散图像。

1.1 摄影测量与遥感的定义、特点和任务

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。”

1.1.1 摄影测量

摄影测量不接触目标物体,只要物体(可以是处于静态或动态的、表现为微观或宏观的固体、液体、气体)能够被摄影成像,都可以使用摄影测量技术,以解决某一方面的问题。摄影测量学是根据所获得的目标的构像信息进行分析、研究,确定目标物的属性及目标物之间的相互关系,从而对所摄对象的本质提供各种资料的一门学科。

摄影测量的学科领域非常之大,使得摄影测量学成为可以多方面应用的一种测量手段和数据采集与分析的方法。可以把摄影测量分为两大类:用于研究地形为目的的地形摄影测量和除此之外的非地形摄影测量。地形摄影测量研究的对象是地表的形态,使用的摄影机是有框标的量测摄影机,目前一般是经计算机处理而提供各种数字化资料;非地形摄影测量由于摄影距离较近,习惯称为近景摄影测量,研究的对象在体积和面积上较小,摄影机到被摄目标的距离较近。使用的摄影机可以是测量专用的,也可以是普通照相机。非地形摄影测量多用在专题科学研究和考察,如工业、建筑学、生物学、考古、医学以及高速运动物体等方面。测量成果有表示研究对象的一系列特征点的三维坐标值、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。地形摄影测量和非地形摄影测量遵循的基本理论都是根据物体与构像之间的几何关系,用模拟方法或用解析方法处理问题的基本思想是相通的。

摄影测量的主要特点是:获得被摄物体的影像资料后,主要的工作是在室内对影像信息进行一系列的相关处理,进而解决某一个方面的问题。由于摄影可以不接触目标,因而可以研究那些环境恶劣不易到达的目标(例如有放射性及高温的地方、以及医学放射室),几乎不受气候、地理条件的限制,用摄影测量方法可以解决常规测量方法难于实现的动态目标的测量。所获的影像信息丰富、逼真、直观,提取几何信息和物理信息方便、可靠。摄影测量也是GIS最有效的信息源。

航空摄影测量是摄影测量的主要内容之一,将摄影机安装在飞机上,从空中对地面摄影,研究地面形态,属于地形摄影测量。动用国家许可的有航摄资质的专用飞机和驾驶员进行航拍,飞行成本仍然较高,对天气的要求高,因而灵活性欠佳。目前无人机摄影测量已逐步进入实用阶段,现已有部分大比例尺测图任务由无人机航摄完成。无人机可在超低空飞行作业,对天气条件的要求较宽松,且不需要专用机场,在突发灾害的应急响应中,有巨大的潜力。由于天气因素的影响,高分辨率遥感卫星和

常规航空摄影飞机难以及时获取无云的影像数据,利用低空遥感平台能够在云下飞行作业,从而快速获取高清晰的地面影像,特别是可为灾害评估和灾后重建提供可靠的数据保障,以获取良好的社会效益和经济效益。由于航空摄影测量在国民经济建设中处于非常重要的地位,一个国家大面积、大批量的地图测绘工作都离不开航空摄影测量。其多、快、好、省的特点是测绘行业普遍应用的一种测绘方法。在理论上得到系统深入的研究,在实际应用中得到广泛开展。可以说,航空摄影测量的理论是摄影测量的主体。因此,测绘行业对摄影测量的研究主要是对航空摄影测量的研究。同时,也涉及其他的摄影测量,如地面摄影测量、近景摄影测量、工业摄影测量等。在已出版的许多测绘专业的系列教科书中,内容是研究航空摄影测量而把书名定为“摄影测量”或“摄影测量学”。

由于摄影获取的影像信息能真实和详尽地记录摄影瞬间被摄目标的形态、具有良好的量测精度和判读性能,因此摄影测量学被广泛地应用于各个方面。

1.1.2 遥感

遥感(Remote Sensing)的本意是“遥远的感知”。遥感的科学含义是:不接触目标物,依据传感器感测目标物的“信息”,通过对信息的分析研究,确定目标物的属性及目标物之间的相互关系,揭示物体的特征性质及变化。

遥感技术,是以相应的仪器、设备为技术手段,对目标物进行遥远感知的整个过程。遥感技术是一个接收、传送、处理和分析遥感信息,并最终识别目标的复杂过程。基于电磁波的遥感技术,可以把信息转换成图像。因而,学习遥感技术的同时,要学习电磁波和电磁波谱。

遥感信息,是指目标物反射、散射或者本身发射出来的电磁辐射。这种信息是以辐射能量的强弱来表征的,并能够被转换成可见的图像形式。

1858年世界上第一张航空像片获得后,出现的航摄像片判读技术是现代遥感技术的雏形,后续的发展由于技术上的限制,在整整一个世纪中,发展缓慢。这一时期,仅仅在航摄像片几何处理上有很大的突破,使得航空摄影测量的理论和光学机械模拟测图仪器发展到比较完善的地步。显然,摄影测量是在可见光这个波段范围的遥感技术。

同样,遥感的主要特点是:无需接触物体本身,获取目标物体的图像信息,很少受自然和地理条件的限制,而且可摄得瞬间的动态物体影像。像片及其他各种类型影像均是客观物体或目标的真实反映,信息丰富、逼真。利用像片的模拟影像或者传感器直接获取的数字影像进行量测和解译,人们可以从中获得所研究物体的大量几何信息和物理信息。

摄影测量属于应用遥感技术的范畴。由于历史的原因,摄影测量学已具备一套系统的理论,可作为学习遥感技术的基础。因此,各大学、专科和中专院校习惯先开设“摄影测量学”,接着再开设“遥感原理与方法”。在我国,“摄影测量与遥感”作为测绘类的二级学科,在国际上,有一个“摄影测量与遥感”专业委员会(ISPRS),并将“摄影测量与遥感”简称为RS。这些都说明摄影测量与遥感是融合在一起的。

1.1.3 摄影测量与遥感

把摄影测量从广泛意义上的遥感中突出表现之后,可以比较它们的不同点:

摄影测量在摄影距离上一般指航空摄影和比航空摄影距离更近的摄影测量,使用的摄影机多数是带有框标的框幅式胶片摄影机获取像片,得到模拟影像;或用有框标的框幅式数码像机直接获取数字影像。摄影测量拍摄的影像比例尺较大,能获得很高的几何处理精度。摄影时的光谱段是与人视觉一致的可见光,对影像的解译判读与人眼观察物体习惯一致,容易通过影像准确判断物体的属性。特别是彩色摄影获得的影像资料,与人们观察到的自然景物一致,更利于像片或数字影像的判读。特别是航空摄影测量,有规律地用立体像对覆盖测区,因而可以通过双像解析摄影测量或立体测图,获得地物点厘米甚至毫米级高精度的三维信息。

遥感使用的传感器与目标的距离大于航空摄影距离。遥感传感器形式多样,遥感平台对构像质量的影响较大,构像方程较复杂,遥感获得目标信息的影像比例尺较小,影像的几何处理不容易达到理想的精度,目前最好的第三代遥感卫星上遥感传感器空间分辨率为 1m(Ikonos 卫星)至 0.6m(快鸟 Quick bird 卫星)。传感器可以在可见光和可见光以外的光谱段获取信息,当在可见光以外的光谱段获取信息时,其影像与人眼观察物体习惯往往不一致,遥感影像的解译判读比航摄像片判读更困难。多数遥感不象航空摄影那样实时获取立体影像,而是不同时期影像重叠,立体影像质量差,不易获得理想的高程信息(高程精度远比平面精度差)。

随着遥感技术的飞速发展,对摄影测量产生了巨大的冲击作用。首先在于它打破了摄影测量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。

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。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、多种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;像片判读和影像分类的自动化和智能化则是摄影测量与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。与此同时,摄影测量与遥感技术也有许多新的发展,其中值得关注的是机载 LIDAR 和车载移动测图系统。

1.1.4 摄影测量与遥感的任务

航空摄影测量与遥感的主要任务是用于测制各种比例尺地形图,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,因此航空摄影测量与遥感在理论,方法和仪器设备方面的发展都受到地形测量,地图制图,测量数据库和地理信息系统的影响。

1.2 航空摄影测量的发展

最初的地形摄影测量,是将摄影机置于地面上对起伏地形进行摄影,利用所摄像片测制地形图。这种地面摄影测量受到前景遮挡后景的影响,成像范围很有限,成图效率低。随着感光材料和飞行器技术的发展,将摄影机安装在飞机上进行动态的航空摄影,由于是从空中向地面摄影,通视条件好;以及感光材料和摄影机镜头质量的提高,能获得清晰的地面构像,大大提高成图效率。此后的相当长一段时间,人们致力于航空摄影测量成图仪器的研制上,模拟型测图仪持续了较长的时间,后来发展到解析型测图仪。上述仪器均有复杂的光学和机械结构,使得摄影测量工作者要花很多精力来学习和掌握具有复杂光学、机械结构的仪器。随着计算机和计算技术的发展,目前已研制出功能越来越多的全数字摄影测量系统,彻底淘汰了延续多年的光、机结构航测仪器,走上了全新的数字化测图的道路。中国著名的摄影测量学者王之卓教授在80年代就提出了全数字摄影测量的概念,从理论和方法上指导科研队伍开展深入的研究,使中国的数字摄影测量理论和技术受到世界各国的广泛重视。

1.2.1 摄影测量3个发展阶段

摄影测量经历了模拟法、解析法和数字化3个发展阶段,而数字摄影测量的涵义已远远超过传统摄影测量的范畴。

模拟法使用的典型的模拟测图仪如图1-2模拟法立体测图仪。解析法使用的典型的解析测图仪如图1-3解析摄影测量系统(仪器、计算机和软件)。



图 1-2 模拟法立体测图仪



图 1-3 解析摄影测量系统(仪器、计算机和软件)

数字摄影测量系统(主要是计算机和软件)如图1-4数字摄影测量系统。桌子前沿两个手轮(被作业员遮挡)等价于鼠标的X、Y运动。同时,还设置了一个脚盘,在立体测图时,用于使立体测标相对于立体模型升降,量测高程Z,三键鼠标的第三键亦有此功能,按下鼠标中键左右拖动可以调整高程。设置手轮和脚盘的目的是为作业员立体测图时提供方便(详见第12章)。



图 1-4 数字摄影测量系统

表 1-1 列出了摄影测量 3 个发展阶段的特点。

摄影测量 3 个发展阶段					
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	作业员手工操作	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	数字影像或像片 转换为数字影像	数字投影	计算机和软件	自动化操作和 作业员的干预	模拟产品 数字产品

从生产效率和产品质量的提高依据 3 个阶段来分析：①在模拟摄影测量阶段，主要依赖模拟型立体测图仪器的不断改进。②在解析摄影测量阶段，主要依靠计算方法的改进和程序设计即软件的优化升级，以及计算机运算速度的提高。③进入数字摄影测量阶段，则沿用解析摄影测量的各种软件，并不断地进行扩充、优化。同时，摄影测量界致力于像点坐标的自动量测，实现像点坐标的自动或半自动量测，是数字摄影测量与解析摄影测量的根本区别。能否全自动地由计算机自动量测像点坐标，是影响生产效率的主要因素。随着计算方法的不断改进和计算机运算速度的快速提高，数字摄影测量显示出巨大的优越性。

1.2.2 数字摄影测量

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摄像片数字化后的影像，更主要的是航空、航天遥感数字影像；它最终是以计算机视觉代替人眼的立体观测，因而它所使用的仪器最终只是通用的计算机及其相应外部设备，其产品是数字形式。

数字摄影测量的定义:数字摄影测量是基于数字影像与摄影测量的基本原理,应用计算机技术、数字影像处理、影像匹配、模式识别等多学科的理论与方法,用数字方式表达从摄影对象提取的几何与物理信息。

航空摄影测量的主要目的是研究地表形态。发展到数字摄影测量阶段,是利用数字影像在计算机中进行各种数值、图形和影像处理,研究目标的几何和物理特性,从而获得各种形式的数字产品(数字地图、数字高程模型、数字表面模型、数字正射影像、测量数据库、地理信息系统 GIS 和土地信息系统 LIS 等)和可视化产品(地形图、专题图、纵横剖面图、透视图、正射影像图,电子地图、动画地图等)。

数字摄影测量最显著的特点是借助于影像匹配来代替人眼的立体观测,借助于特征提取与定位来代替人工的实时量测,实现自动化摄影测量。数字摄影测量系统的任务是基于数字影像完成摄影测量工作。原则上,数字摄影测量系统是对影像进行自动量测与识别的系统。但数字摄影测量技术目前仍处于发展时期,对影像物理信息的自动提取即自动识别方面的研究还非常肤浅,即使是对影像几何信息的自动提取即自动量测,也还存在很多有待于研究与解决的问题。因此,在现阶段,只能是人工干预和计算机自动化并存。目前的数字摄影测量系统,已能自动生成数字高程模型(DEM—Digital Elevation Model)。但要实现房屋、道路、各类地物等目标的自动识别,还要做艰苦的努力。现行的做法是人工干预,依据作业员的专业知识,图像判识经验,通过人的视觉系统,大脑思维的过程来完成地理、地物特征和属性信息提取。由于覆盖地表的航摄像片表达的地理信息(自然地貌、人工地物、植被类型……)十分丰富,要用大量的测绘产品来体现,其中数字地图的需求量最大,故在数字摄影测量系统中人工干预(用系统提供的立体镜,双眼立体观测)的工作量相对很大。

数字摄影测量的发展还导致了实时摄影测量的问世,所谓实时摄影测量是用 CCD 等数字摄影机直接对目标进行数字影像获取,并直接输入计算机系统中。在实时软件作用下,立刻获得和提取需要的信息,并用来控制对目标的操作。这种实时摄影测量系统主要用于医学诊断、工业过程控制和机器人视觉方面。在陆地车载或空中机载、星载系统中,利用 GPS 定位技术和 CCD 影像技术可以实时地直接为 GIS 采集所需要的数据和信息。

1.3 摄影测量的分类

如前所述,按测量目的分,摄影测量学分为两大类:用于研究地形为目的的地形摄影测量和除此之外的非地形摄影测量。

摄影测量也可按摄影站的位置分为航天摄影测量、航空摄影测量、地面摄影测量和水中摄影测量几类。航天摄影测量是利用航天器如人造地球卫星、高空飞机进行摄影。航空摄影测量指的是地形摄影测量,从航飞机上对地面进行摄影,目的在于研究地表形态。地面摄影测量包括地面立体摄影测量和近影摄影测量,前者在测绘

特殊地区的地形图时常采用,后者是对科学技术专题科目进行研究时采用。水中摄影测量是将摄影机置于水中,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。

1.4 摄影测量学科进展与展望

1.4.1 摄影测量数据获取新技术

轻小型低空遥感平台,由于具有机动灵活、经济便捷等优势,近年来受到摄影测量与遥感等领域的广泛关注,并得到飞速发展。当前可采用的轻小型低空遥感平台可分为无人驾驶固定翼型飞机、有人驾驶小型飞机、直升机和无人飞艇等。目前无人机摄影测量已逐步进入实用阶段,现已有部分大比例尺测图任务由无人机航测完成。无人机可在超低空飞行作业,对天气条件的要求较宽松,且不需要专用机场,在突发灾害的应急响应中,有巨大的潜力。如在汶川地震、玉树地震的救灾重建工作中,由于天气因素的影响,高分辨率遥感卫星和常规航空摄影飞机难以及时获取无云的影像数据,利用低空遥感平台能够在云下飞行作业,从而快速获取高清晰的地面影像,为灾害评估和灾后重建提供可靠的数据保障,取得了良好的社会效益和经济效益。

1.4.2 激光雷达(LIDAR)三维数据采集系统

这是一种主动式的直接测量系统,可全天候甚至夜间或恶劣天气进行航空遥感作业。

激光雷达(LIDAR)技术使用激光脉冲定向照向地面(或目标)并测量脉冲返回的时间,通过处理每个脉冲返回传感器的时间,计算传感器到地面(或目标)不同表面之间的各种距离。LIDAR系统作为一种三维数据采集装置,由于激光脉冲不易受阴影和太阳高度角的影响,从而大大提高了数据采集的质量。

LIDAR系统运用多光束返回采集高程,可快速获取高精度的数字高程信息。数据密度可达到常规摄影测量的3倍,可提供理想的数字高程模型DEM,乃至数字表面模型DSM,相应的可获取高精度常规DOM和真DOM。LIDAR数据的地理信息经软件处理,可以直接与其他类型要素或影响数据合并,生产内容更加丰富的各类专题地图。

1.4.2.1 机载激光雷达技术及运用

机载激光雷达是一种以飞机为观测平台的激光探测和测距系统,其组成主要包括激光测距单元、光学机械扫描单元、控制记录单元、差分GPS和惯性测量装置(IMU)和成像装置等。其中激光测距单元包括激光发射器和接收机,用于测定激光雷达信号发射参考点到地面激光脚点间的距离;动态差分GPS接收机用于确定激光雷达信号发射参考点的空间位置,IMU用于测定扫描装置的主光轴姿态参数,亦称姿态测量单元系统。整个机载激光雷达测量系统要求GPS接收机、IMU和激光扫描测距系统三者协调工作,彼此间保持精确的时间同步。机载激光雷达测量系统除了