

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材

摄影测量基础

Sheying Celiang Jichu

邹晓军 主编



黄河水利出版社

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材

摄影测量基础

邹晓军 主 编

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书系统地讲述了摄影测量的作业过程,主要内容包括影像信息获取及其基本知识、单张航摄像片解析、立体观察和立体测量、双像摄影测量基础、模拟法立体测图、像片纠正与正射影像图、数字摄影测量基础、解析空中三角测量基础、摄影测量外业工作。

本书可作为高职高专学校测绘工程专业摄影测量课程的教材,也可作为专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

摄影测量基础/邹晓军主编. —郑州:黄河水利出版社,
2008.1

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材

ISBN 978-7-80734-315-8

I. 摄… II. 邹… III. 摄影测量法—高等学校:技术学校—教材 IV. P23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 182228 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:14.75

字数:340 千字

印数:1—4 100

版次:2008 年 1 月第 1 版

黄河水利出版社

印次:2008 年 1 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-80734-315-8/P·78

定价:25.00 元

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专
规划教材审定委员会

主 任 宁津生

副主任 陶本藻 王 依

委 员 赵文亮 方源敏 李晓桓

序

我国的高职高专教育经历了十余年的蓬勃发展,获得了长足的进步,如今已成为我国高等教育的重要组成部分,在国家的经济、社会和科技发展中发挥着积极的服务作用,测绘类专业的高职高专教育也是如此。为了加深高职高专教育自身的改革,并使其高质量地向前发展,教育部决定组建高职高专教育的各学科专业指导委员会。国家测绘局受教育部委托,负责组建和管理高职高专教育测绘类专业指导委员会,并将其设置为全国高等学校测绘学科教学指导委员会下的一个分委员会。第一届分委员会成立后的第一件事就是根据教育部的要求,研讨和制定了我国高职高专教育的测绘类专业设置,新设置的专业目录已上报教育部和国家测绘局。随后组织委员和有关专家按照新的专业设置制定了“十五”期间相应的教材规划。在广泛征集有关高职高专院校意见的基础上,确定了规划中各本教材的主编和参编院校及其编写者,并规定了完成日期。为了保证教材的学术水平和编写质量,教学指导分委员会还针对高职高专教材的特点制定了严格的教材编写、审查及出版的流程和规定,并将其纳入高等学校测绘学科教学指导委员会统一管理。

经过各相关院校编写教师们的努力,现在第一批规划教材正式出版发行,其他教材也将会陆续出版。这些规划教材鲜明地突出了高职高专教育中专业设置的职业性和教学内容的应用性,适应高职高专人才的职业需求,必定有别于高等教育的本科教材,希望在高职高专教育的测绘类专业教学中发挥很好的作用。

这里要特别指出,黄河水利出版社在获悉我们将出版一批规划教材后,为了支持和促进测绘类专业高职高专教育的发展,经与教学指导委员会协商,今后高职高专测绘类专业的全部规划教材都将由该社统一出版发行。这里谨向黄河水利出版社表示感谢。

由教学指导委员会按照新的专业目录,组织、规划和编写高职高专测绘类专业教材还是初次尝试,希望有测绘类专业的各高职高专院校能在教学中使用这些规划教材,并从中发现问题,提出建议,以便修改和完善。

高等学校测绘学科教学指导委员会主任
中国工程院院士

宁津生

2005年7月10日于武汉

前 言

按照全国高等学校测绘学科教学指导委员会的统一规划,我们编写了《摄影测量基础》,该书是测绘学科教学指导委员会组织的测绘类系列教材中的一本。

本教材针对高职高专教育的特点,努力贯彻“必需、够用、实用”的原则,力求突出实用性、针对性、操作性。教材注意把握专业生产实际,反映了国内生产部门主流的生产方式、作业模式及仪器设备,另外在内容上突出了专业发展方向的全数字摄影测量系统,同时邀请部分有丰富生产实践经验的同志参加编审。针对高职高专学生毕业后从事专业工作的特点,对摄影测量外业工作也作了详尽的介绍。

全书共分10章,第一章、第二章、第六章由武汉电力职业技术学院邹晓军编写,第三章由重庆工程职业技术学院李玲编写;第四、第五章由甘肃林业职业技术学院邹娟茹编写;第七、第九章由河北工程技术高等专科学校郝海森编写;第八章由武汉勘测设计研究院高级工程师王辛之编写;第十章由黄河水利职业技术学院刘广社编写。全书由邹晓军统稿。

本书由武汉大学朱惠萍老师担任主审,武汉大学陶本藻教授复审。他们对本书提出许多建设性宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有不足不妥之处,敬请批评指正。

编 者

2007年7月

目 录

序	宁津生
前言	
第一章 绪 论	(1)
第一节 摄影测量的定义、任务及其发展	(1)
第二节 影像信息学的形成与发展	(4)
第二章 影像获取及其基本知识	(6)
第一节 摄影原理与摄影机	(6)
第二节 航空影像的获取及空中摄影的基本要求	(13)
第三章 单张航摄像片解析	(19)
第一节 中心投影的基本概念	(19)
第二节 航摄像片上的点、线、面	(20)
第三节 摄影测量常用坐标系统	(21)
第四节 航摄像片的内外方位元素	(24)
第五节 空间直角坐标系之间的变换	(27)
第六节 中心投影构像方程及单张像片空间后方交会	(31)
第七节 航摄像片的像点位移	(39)
第八节 航摄像片的比例尺	(42)
第四章 立体观察和立体量测	(46)
第一节 人眼立体视觉	(46)
第二节 人造立体视觉	(48)
第三节 像对的立体观察与量测	(49)
第五章 双像摄影测量基础	(56)
第一节 立体像对的点、线、面	(56)
第二节 立体像对的前方交会	(57)
第三节 立体像对的相对定向元素和立体模型的绝对定向元素	(60)
第四节 立体像对的相对定向	(63)
第五节 立体模型的绝对定向	(69)
第六章 模拟法立体测图	(75)
第一节 立体测图概述	(75)
第二节 模拟法立体测图原理	(76)
第三节 模拟法立体测图作业过程及仪器简介	(80)

第七章 像片纠正与正射影像图	(91)
第一节 航摄像片纠正的概念与分类	(91)
第二节 数字正射影像图的制作	(94)
第八章 数字摄影测量基础	(98)
第一节 数字摄影测量概述	(98)
第二节 全数字摄影测量系统 VirtuoZo NT	(107)
第三节 JX-4 数字摄影测量系统	(137)
第九章 解析空中三角摄影测量基础	(160)
第一节 解析空中三角测量概述	(160)
第二节 航带法解析空中三角测量	(160)
第三节 独立模型法解析空中三角测量	(164)
第四节 光线束法解析空中三角测量	(167)
第十章 摄影测量外业工作	(169)
第一节 概述	(169)
第二节 像片判读特征与判读方法	(170)
第三节 像片调绘的基本知识	(175)
第四节 主要地物的调绘	(183)
第五节 水系、地貌、土质和植被的调绘	(196)
第六节 地理名称的调查和注记	(202)
第七节 新增地物的补绘	(204)
第八节 调绘像片的整饰与接边	(206)
第九节 像片控制点的布设	(210)
第十节 像片控制测量技术计划的拟定	(219)
第十一节 野外像片控制测量的实施	(221)
参考文献	(226)

第一章 绪 论

第一节 摄影测量的定义、任务及其发展

1 摄影测量的定义与任务

摄影测量是影像信息获取、处理、析取和成果表达的一门信息科学。

传统的摄影测量学是利用光学摄影机摄取的像片,研究和确定被摄物体的形状、大小、位置、性质和相互关系的一门科学和技术。它包括的内容有:获取被摄物体的影像,研究单张和多张像片影像处理的理论、方法、设备和技术,以及如何将所测得的成果以图解形式或数字形式表示出来。

摄影测量的主要任务是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,摄影测量在理论、方法和仪器设备方面的发展都受到地形测量、地图制图、数字测图、测量数据库和地理信息系统的影响。

摄影测量的主要特点是在像片上进行量测和解译,无需接触被摄物体本身,因而很少受自然和地理条件的限制。像片及其他各种类型影像均是客观物体或目标的瞬间真实反映,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。

现代航天技术和电子计算机技术的飞速发展,使得摄影测量的学科领域更加扩大,可以说,只要物体能够被摄成影像,都可以使用摄影测量技术,解决某一方面的问题。这些被摄物体可以是固体的、液体的,也可以是气体的;可以是静态的,也可以是动态的;可以是微小的(细胞),也可以是巨大的(宇宙星体)。这些灵活性使得摄影测量成为可以在多方面应用的一种测量手段和数据采集与分析的方法。

由于具有非接触传感的特点,自 20 世纪 70 年代以来,从侧重于解译和应用的角度,又提出了“遥感”这一概念。在遥感技术中,影像的获取除了传统的框幅式胶片摄影机外,还使用全景摄影机、光机扫描仪(红外、多光谱)、CCD(电荷耦合器件)固体扫描仪及合成孔径侧视雷达(SAR)等,它们提供了比黑白像片丰富得多的影像信息。各种空间飞行器作为传感平台,围绕地球长期运转,为我们提供大量的多时相、多光谱、多分辨率的丰富影像信息。于是人们认为,传统的摄影测量已发展成为摄影测量与遥感。为此,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作出定义:“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。”

摄影测量的分类有多种。按摄影机与被摄物体距离的远近分类,可分为航天摄影测量、航空摄影测量、地面摄影测量、近景摄影测量和显微摄影测量。按用途分类,可分为地形摄影测量、非地形摄影测量,其中地形摄影测量主要用于测绘国家基本地形图,工程勘

察设计和城镇、农业、林业、铁路、交通等各部门的规划与资源调查用图及建立相应的数据库,而非地形摄影测量是将摄影测量方法用于解决资源调查、变形观测、环境监测、军事侦察、弹道轨道、爆破以及工业、建筑、考古、地质工程、生物和医学等各方面的科学技术问题。按技术处理手段分类,可分为模拟摄影测量、解析摄影测量和数字摄影测量,其中模拟摄影测量的成果为各种图件(地形图、专题图等),解析和数字摄影测量除可提供各种图件外,还可以直接为各种数据库和地理信息系统提供基础地理信息。

2 摄影测量的发展

摄影测量经历了模拟摄影测量、解析摄影测量和数字摄影测量 3 个发展阶段。

2.1 模拟摄影测量

若从 1839 年尼普斯和达意尔发明摄影术算起,摄影测量学(Photogrammetry)已有一百多年的历史,而 1851~1859 年法国陆军上校劳赛达特提出和进行的交会摄影测量,则被称为摄影测量学的真正起点。由于当时飞机尚未发明,摄影测量的几何交会原理仅限于处理地面的正直摄影,主要用来作建筑物摄影测量。

最早从空中拍摄地面的照片,是 1858 年纳达在气球上进行的。飞机发明以后,才使航空摄影测量成为可能。第一次世界大战中第一台航空摄影机问世。由于航空摄影比地面摄影有明显的优越性(如视场开阔、无前景挡后景、可快速获得大面积地区的像片等),使得航空摄影测量成为 20 世纪以来大面积测制地形图的最有效的快速方法。从 20 世纪 30 年代到 70 年代,各国主要测量仪器厂所研制和生产的各种类型模拟测图仪器,都是针对航空地形摄影测量的。这个时期是模拟航空摄影测量的黄金时代。

所谓模拟摄影测量,是用光学或机械方法模拟摄影过程,使两个投影器恢复摄影时的位置、姿态和相互关系,形成一个比实地缩小了的几何模型,即所谓摄影过程的几何反转,在此模型上的量测即相当于对原物体的量测。所得到的结果通过机械或齿轮传动方式直接在绘图桌上绘出各种图件来,如地形图或各种专题图。

2.2 解析摄影测量

随着电子计算机的问世和计算技术的发展,开了解析摄影测量发展的新阶段。1957 年,海拉瓦博士提出了利用电子计算机进行解析测图的思想,我国在 20 世纪 60 年代初期也开始了此项工作。

解析空中三角测量是用摄影测量方法快速、大面积地测定点位的精确方法,是电子计算机用于摄影测量的第一项成果。它经历了航带法、独立模型法和光束法平差 3 种方法的发展。在解析空中三角测量的长期研究中,人们解决了像片系统误差的补偿和观测值粗差的自动检测,从而保证了成果的高精度和高可靠性。摄影测量与各种非摄影测量观测值进行严密的整体平差和数据处理已成为一种高精度定位方法,用于大地控制加密、坐标地籍测量、航空和航天摄影测量及非地形摄影测量。特别是由于全球定位系统(GPS)的应用,使摄影测量和遥感中的几何定位变得愈来愈少地依赖于地面控制,便携式 GPS 接收机也可直接用于实地进行点位坐标测定。

解析测图仪是电子计算机用于摄影测量的另一项成果。限于计算机的发展水平,解析测图仪经历了近 20 年的研制和试用阶段。直到 20 世纪 70 年代中期,由于电子计算机

技术的发展,解析测图仪才进入了商用阶段。解析测图仪是世界上首先实现测量成果数字化的仪器。在机助测图软件控制下,将在立体模型上测得的结果首先存在计算机中,然后再传送到数控绘图机上绘出图件。这种以数字形式存储在计算机中的地图,构成了测绘数据库和建立各种地理信息系统的基础。

解析摄影测量的发展,使其不再受模拟测图仪的限制,而具备了新的活力。它能够通过对所测目标进行各种方式摄影来研究和监测其外形和几何位置,包括不规则物体的外形测量、动态目标的轨迹测量、燃烧爆炸与晶体生长、病灶变化与细胞成长等不可接触物体的测量,应用领域十分广泛。

2.3 数字摄影测量

解析摄影测量的进一步发展是数字摄影测量。从广义上讲,数字摄影测量指的是从摄影测量和遥感所获取的数据中,采集数字化图形或数字影像(数字化影像),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和可视化产品。这里的数字产品包括数字地图、数字高程模型(DEM)、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。这里的可视化产品包括地形图、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。

获得数字化图形的方法,是在计算机辅助和计算机控制的摄影测量工作站上借助机助制图软件完成的,也可以直接在更高级的数据库系统下进行数据采集。对采集的数据一般要经过图形编辑工作站上的编辑加工和质量检查。

获得数字影像(数字化影像)的方法,一是直接用数字摄影机(如 CCD 阵列扫描仪或摄影机)和各种数字式扫描仪获得,称为数字影像;另一种方法则是用各种数字扫描仪对已得到的像片影像进行扫描,称为数字化影像。对数字(数字化)影像在计算机中进行全自动化数字处理的方法又称为“全数字化摄影测量”,它包括自动影像匹配与定位、自动影像判读两大部分。前者是对数字影像进行分析、处理、特征提取和影像匹配,然后进行空间几何定位,建立高程模型和获得数字正射影像,所获得的可视化产品则为等高线图和正射影像图。由于这种方法能代替人眼观测立体的过程,故而是一种计算机视觉方法。后者是对数字影像的定性描述,又称为数字图像分类,低级的分类方法基于灰度、特征和纹理等,多用统计分类方法;高级的图像理解则基于知识,构成分类专家系统。由于这种方法的目的在于代替人眼识别和区分目标,是一种比定位难度更高的计算机视觉方法,因此全数字化摄影测量是一项高科技研究领域。

20 世纪 90 年代数字摄影测量系统进入实用化阶段,并逐步替代传统的摄影测量仪器和作业方法。我国自行研制的全数字摄影测量系统 VirtuoZo(原武汉测绘科技大学)与 JX-4A(中国测绘科学研究院)已在我国大规模用于摄影测量生产作业,并在国际上得到应用。

表 1-1 列出了摄影测量 3 个发展阶段的特点。

表 1-1 摄影测量 3 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	像片 数字影像 数字化影像	数字投影	计算机	自动化操作 + 作业员的 干预	数字产品 模拟产品

第二节 影像信息学的形成与发展

20 世纪 70 年代,美国陆地资源卫星(Landsat)升空后,遥感技术获得了极为广泛的应用。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,为多种学科所采用。

遥感技术突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。此外,解析摄影测量,尤其是数字摄影测量对遥感技术发展也起了重大的推动作用。摄影测量中的高精度几何定位和几何纠正、影像匹配理论、自动定位理论、DEM、地形测量数据库和专题图数据库、像片判读和图像分类等,均为遥感技术提供了重要的技术支撑。一个现代的数字摄影测量系统与一个现代遥感图像处理系统已看不出什么本质差别了。可以说,包括像片判读在内的摄影测量学历史,就是遥感发展的历史;而遥感技术则是传统摄影测量学发展的必然趋势。

正因为如此,早在 1980 年汉堡大会上,国际摄影测量学会正式更名为国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)。

摄影测量与遥感技术有机地结合起来,成为地理信息系统(GIS)技术中的数据采集与更新的重要手段;反过来,GIS 是摄影测量与遥感技术数据存储、管理、表达和应用的重要平台。三者之间有机地结合,促使信息科学分支——影像信息学的形成。

按照王之卓教授的定义,影像信息学是一门记录、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。

可以用图 1-1 形象地概括影像信息学的组成与相互关系。由图 1-1 可以看到,影像信息获取、处理、加工和结果表达的整个过程是互相有机地联系起来的,它既包含了模拟法、解析法和数字摄影测量,又包含了遥感与信息系统。图中还简要表述了各过程需要掌握的知识和相关课程。

应当说,影像信息学是由摄影测量学、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、航天科学和传感器技术等相结合的一个边缘学科。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。

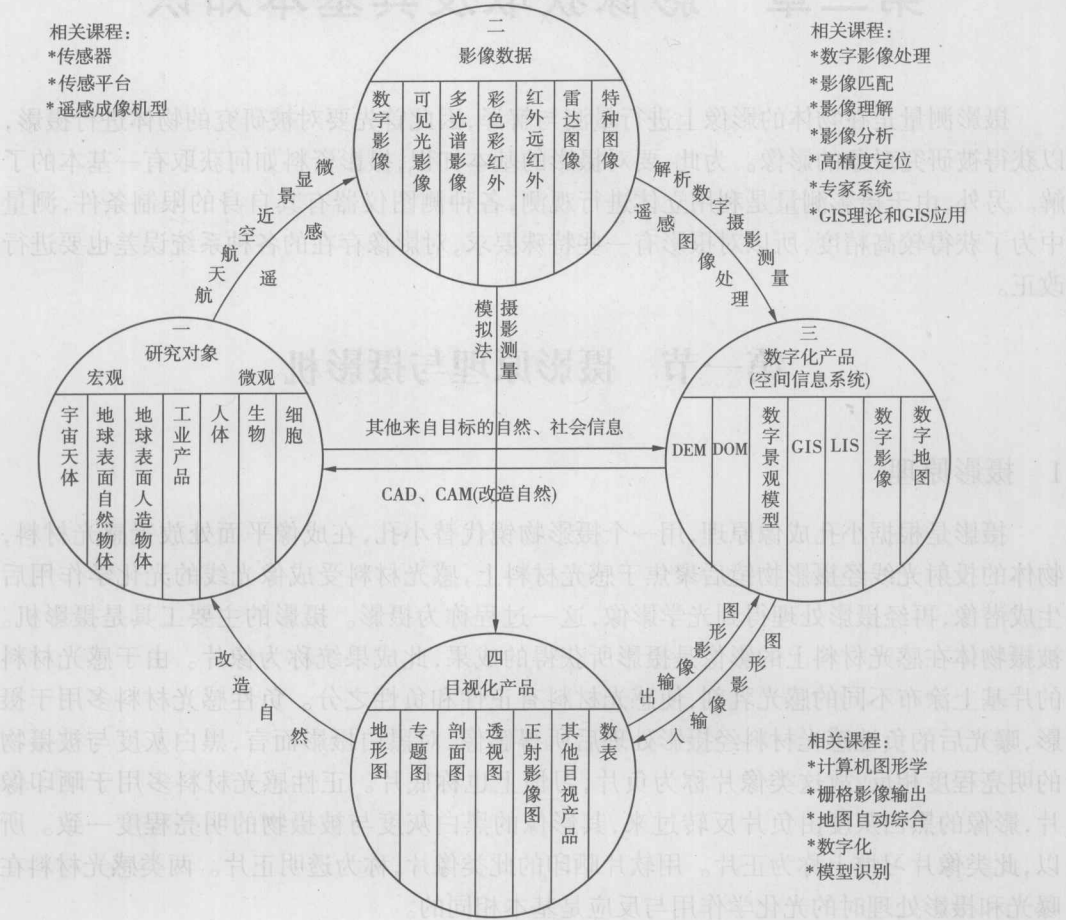


图 1-1 影像信息学的组成与相互关系

第二章 影像获取及其基本知识

摄影测量是在物体的影像上进行量测与解译,因此首先要对被研究的物体进行摄影,以获得被研究对象的影像。为此,要对摄影的基本知识,摄影资料如何获取有一基本的了解。另外,由于摄影测量是利用立体进行观测,各种测图仪器有其自身的限制条件,测量中为了获得较高精度,所以对摄影有一些特殊要求,对影像存在的各种系统误差也要进行改正。

第一节 摄影原理与摄影机

1 摄影原理

摄影是根据小孔成像原理,用一个摄影物镜代替小孔,在成像平面处放置感光材料,物体的投射光线经摄影物镜后聚焦于感光材料上,感光材料受成像光线的光化学作用后生成潜像,再经摄影处理得到光学影像,这一过程称为摄影。摄影的主要工具是摄影机。被摄物体在感光材料上的影像是摄影所获得的成果,此成果统称为像片。由于感光材料的片基上涂布不同的感光乳剂,使感光材料有正性和负性之分。负性感光材料多用于摄影,曝光后的负性感光材料经摄影处理后所得影像,对黑白摄影而言,黑白灰度与被摄物的明亮程度相反,故这类像片称为负片,习惯上也称底片。正性感光材料多用于晒印像片,影像的黑白灰度由负片反转过来,其影像的黑白灰度与被摄物的明亮程度一致。所以,此类像片习惯上称为正片。用软片晒印的此类像片,称为透明正片。两类感光材料在曝光和摄影处理时的光化学作用与反应是基本相同的。

2 摄影机

摄影机的结构形式种类繁多,其基本结构大致相同,有镜箱和暗箱两个基本部分,一般由物镜(镜头)、光圈、快门、暗箱、检影器及附加装置组成。其结构如图 2-1 所示。

将摄影机的物镜、光圈、快门等光学部分与暗箱连接起来的部件称镜箱,镜箱体是可以调节摄影物镜与像框平面之间距离的封闭筒。暗箱是存放感光材料用的,安装在镜箱体的后面,摄影时借助机械或其他装置的作用,使感光材料展开并紧贴在像框平面上。像框平面就是光线通过摄影物镜后的成像平面。镜箱体和暗箱都必须密闭不得漏光。普通摄影机的镜箱和暗箱是连成一体的。而测量用的摄影机镜箱和暗箱是可以分开的,它一般备有多个暗箱,临摄影前装在镜箱体的后面,在摄影间歇过程中可以调换备用暗箱。

2.1 摄影机物镜

摄影机物镜是一个复杂的光学系统,它由多个透镜组合而成,在摄影时起成像和聚光作用,能聚集被摄物体较多的投射光线,使得像框平面上的影像有较高的亮度。被摄物体

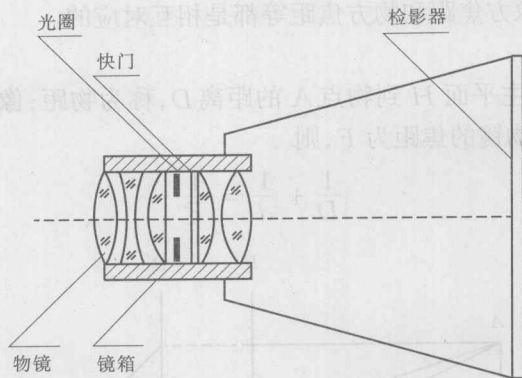


图 2-1 摄影机基本结构

影像的质量主要取决于摄影物镜的品质。单透镜物镜有各种像差,为克服像差的影响,一般摄影机物镜都是由几个透镜组合而成的。透镜两球面曲率中心的连线是透镜的光轴,物镜光学系统中诸透镜的光轴应重合为一,即为物镜的主光轴。

根据几何光学,若物方空间有一组平行于主光轴的光线,经物镜诸透镜界面折射后必相交于主光轴 F' 点, F' 点在像方空间,故称为像方焦点或后焦点;而一组与主光轴斜交的投射光线,经物镜折射后若为平行于主光轴的平行线组,那么该组投射光线则必然相交于主光轴的 F 点上,此点称为物方焦点或前焦点,如图 2-2 所示。

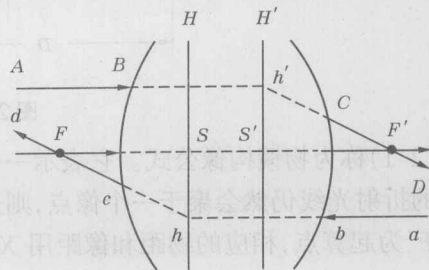


图 2-2 物镜主光轴、焦点和主点

假定物方空间有一平行于主光轴的光线 AB ,经物镜诸透镜界面折射后得折射光线 CD ,并相交于主光轴上的像方焦点 F' 点,延长 AB 和 CD 相交于点 h' ,过 h' 点作垂直于主光轴的平面 H' ,将会发现平行于主光轴的各投射光线的折射光线,都在平面 H' 上发生折射现象。同样,当投射光线从物镜的另一方射入时,按上述方法延长入射和折射光线相交于 h 点,并过 h 点作垂直于主光轴的平面 H ,那么平面 H 相当于物镜的另一个折射面。综上所述,不论物镜由多少个透镜组成,经过多次的折射,其结果都相当于在平面 H 和平面 H' 上发生折射。由此,可以用平面 H 和平面 H' 作为研究光学物镜系统特性的等价物镜。特别提出的是,在两主平面 H 和 H' 之间的光线途径总是平行的。平面 H 和平面 H' 将空间分为两部分,物体所处的空间称为物方空间,影像所处的空间称为像方空间。因此,平面 H 和平面 H' 相应地称为物方主平面和像方主平面。主平面 H 和主平面 H' 与物镜主光轴的交点 S 和 S' 也相应称为物方主点和像方主点。

自像方主点 S' 到像方焦点 F' 之间的距离称为物镜的像方焦距,也用 F' 表示;相应地自物方主点 S 到物方焦点 F 之间的距离称为物方焦距,仍用 F 表示。过像方焦点作垂直主光轴的平面称为焦平面。

上述的像方空间和物方空间、像方主点和物方主点、像方主平面和物方主平面、像方

焦点和物方焦点以及像方焦距和物方焦距等都是相互对应的。

2.2 物镜的成像公式

在图 2-3 中,物方主平面 H 到物点 A 的距离 D ,称为物距;像方主平面 H' 到像点 a 的距离 d ,称为像距。物镜的焦距为 F ,则

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \quad (2-1)$$

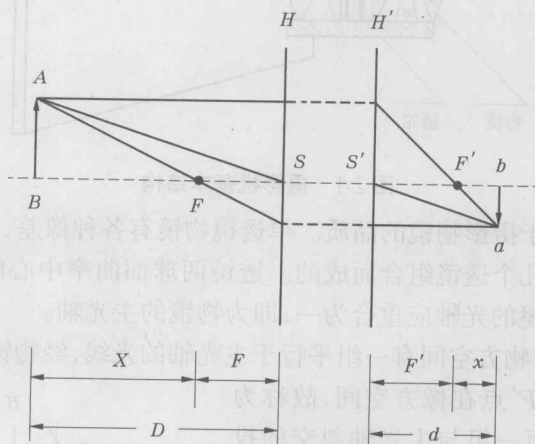


图 2-3 物镜的成像

式(2-1)称为物镜构像公式。它表示一个物点发出的所有投射光线,经理想物镜后所有对应的折射光线仍然会聚于一个像点,则这个像点是清晰的。若物距和像距分别取焦点 F 和 F' 为起算点,相应的物距和像距用 X 和 x 表示,则得构像公式的另一种形式

$$X \cdot x = F^2 \quad (2-2)$$

2.3 物镜的像场和像场角

光线通过物镜后在像平面上的光照是不均匀的,照度由中央向边缘递减。将物镜对光于无穷远,在焦面上会看到一个照度不均匀的明亮圆。这样一个直径为 ab 的明亮圆的范围称为视场,见图 2-4。物镜的像方主点与视场直径 ab 所张的角 2α ,称为视场角。在视场面积内能获得清晰影像的区域称为像场,如图 2-4 中以 cd 为直径的圆,而物镜像方主点与像场直径 cd 所张的角 2β ,称为像场角。为能获得全面清晰的构像,应取像场的内接正方形或矩形为最大像幅。像幅决定着物面或物方空间有多大的范围可被物镜成像于像平面。

当像幅一定时,像场角与物镜焦距有关,即焦距越大,则像场角越小。而当物距一定时,像场角越大,摄取的物方范围就越大,但构像的比例尺则越小。

2.4 物镜的分解力

物镜的分解力是摄影机物镜的又一重要特性,它是指摄影物镜对被摄物体微小细部的表达能力。分解力一般以 1mm 宽度内能清晰分辨的线条数来表示。

2.5 物镜的光圈和光圈号数

光圈的作用主要是控制和调节进入物镜的光量,并且限制物镜成像质量较差的边缘

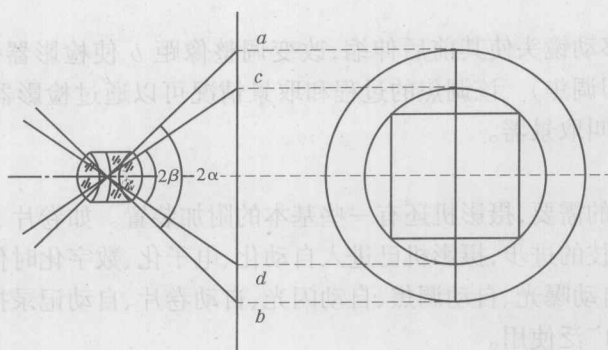


图 2-4 物镜的像场和像场角、像幅

部分的入射光。摄影机大都采用虹形光圈,它由多个镰形黑色金属薄片组成,中央形成一个圆孔,孔径的大小可用光圈环调节,即是一个可以改变的光栏。当光圈完全张开时,进入物镜的光通量最大,反之最小。为使用方便,人们用光圈号数来表示光圈大小的状况,它是光圈有效孔径 d 与物镜焦距 F 之比的倒数 $K = F/d$,光圈号数越小,光圈光孔开启得越大,焦面上影像的亮度也越大;光圈号数越大,光圈光孔开启得越小,影像亮度也就越小。光圈号数是一组以 $\sqrt{2}$ 为公比规律排列的等比级数,如:

1.4 2 2.8 4 5.6 8 11 16 22

2.6 摄影机快门

摄影机快门是控制曝光时间的机件装置,它是摄影机的重要部件之一。快门从打开到关闭所经历的时间称为曝光时间,或称快门速度。常用的快门有中心快门和帘式快门。中心快门由 2~5 个金属叶片组成,它位于物镜的透镜组之间,紧靠着光圈,起遮盖投射光线经物镜进入镜箱体内的作用。曝光时利用弹簧机件使快门叶片由中心向外打开,让投射光线经物镜进入镜箱体中,使感光材料曝光,到了预定的时间间隔,快门又自动关闭,终止曝光。中心快门的优点是打开快门之后,感光材料就能满幅同时感光。航空摄影机和一般普通摄影机大多采用中心快门。在摄影机物镜筒上有一个控制曝光时间的套环,上面刻有曝光时间的数据序列,如:

B 1 2 4 8 15 30 60 125 300

这些数值是以 s 为单位的曝光时间倒数。例如,60 表示 $\frac{1}{60}$ s。符号 B 是 1s 以上的短曝光标志,俗称 B 门。指标对准 B 门时,手按下快门按钮,快门就打开,手一松开按钮,快门立即关闭。

摄影时只要选择适当的光圈号数和曝光时间的组合,就能得到恰当的曝光量,获得理想的影像。

根据光圈号数、曝光时间、曝光量 3 者之间的关系可知,如果保持原光圈号数不变,而曝光时间改变一档,或者保持原曝光时间不变,而光圈号数改变一档,则曝光量将改变一倍。例如,原采用光圈号数为 5.6,曝光时间为 $1/125$ s,可得到正确的曝光量;若将光圈号数调至 8,仍要保持原正确的曝光量,就应将曝光时间增加至 $1/60$ s。