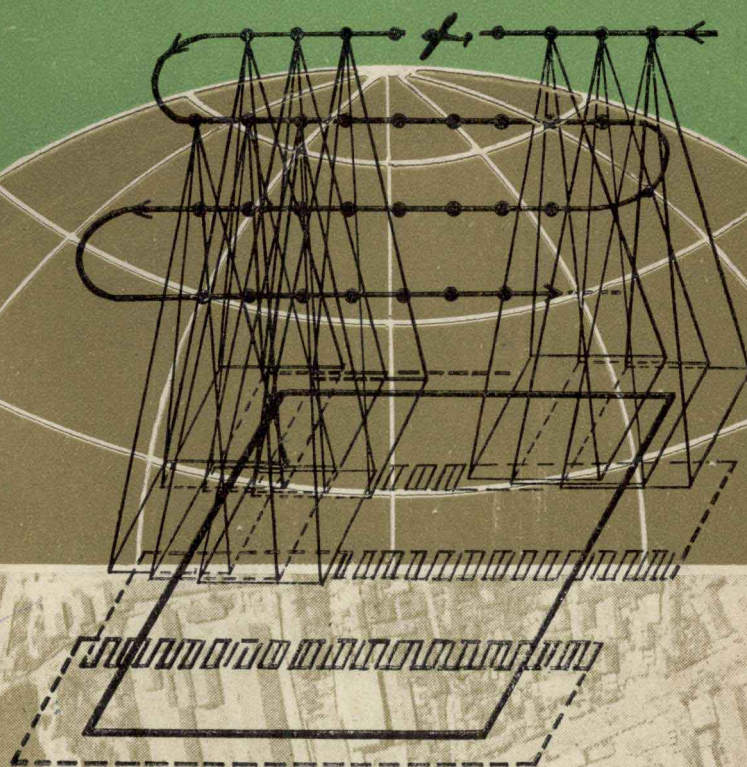


中等专业学校教材

航空摄影测量

张敏智 主编



地质出版社

中等专业学校教材

航空摄影测量

张敏智 主编

地质出版社

内 容 简 介

本书根据1987年“地矿部中等专业学校工程测量专业四年制教育计划和教学大纲”进行编写。在编写过程中考虑了当前生产建设部门对大比例尺地形图的需求和非地形摄影测量的应用,并结合几年来的教学与实践经验,对原教材作了较大的修订和增删。全书共八章,较为系统地介绍了航空摄影测量和地面摄影测量外业工作的基本理论和作业方法。通过内业测图原理和作业的介绍,阐明了摄影测量的内业工作与外业工作的关系和对外业资料的要求。本教材(修订稿)经地矿部中专校测绘类课程教学指导委员会审定,可作为中等专业学校工程测量专业、地形测量专业、航测外业专业的教材使用,亦可供地形和非地形摄影测量的专业培训人员和有关外业技术人员参考。

中等专业学校教材

航 空 摄 影 测 量

张敏智 主编

*

责任编辑:李源明

地质出版社出版

(北京和平里)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所发行

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: 19.25 字数: 460000
1991年5月北京第一版·1991年5月北京第一次印刷

印数: 1—3605册 定价: 4.60元

ISBN 7-116-00776-8/P·660

前 言

本教材是根据1987年“地质矿产部中等专业学校工程测量专业四年制教育计划和教学大纲”，在原教材《航空摄影测量》（1983年6月由地质出版社出版）一书的基础上修编而成。本书适用于工程测量专业、地形测量专业、航测外业专业做为航空摄影测量和非地形摄影测量课程的教学用。亦可供地形测量和非地形测量专业培训人员和有关外业技术人员的参考。

编写过程中，我们考虑了当前生产建设部门的现状和对大比例尺地形图的需求，结合近年来的教学与实践经验，对原教材作了较大的修订和补充。全书共八章，较系统地介绍了航空摄影测量和地面摄影测量外业工作的基本理论和作业方法。通过内业测图原理和作业的介绍，阐述了内业与外业的关系，以及对外业资料的要求。本教材重点介绍大比例尺航测成图的基本原理和外业工作，适当介绍中、小比例尺的成图方法，此外，还增加了近几年来生产中所采用的新的作业方法。为保持理论联系实际、强调基本技能训练等特点，修编中改进了插图和像片的选用，增强了直观性。书中每章后附复习思考题、练习题和课间实习提纲，以增强思考性和教材的完整性。

本教材由张敏智主编。编写分工如下：其中第一章的第一节、第二、三、四、五、六章和第七章的第一、二节由张敏智编写；第一章的第二、三节由刘学编写；第七章的第三、四节由张宗文编写；第八章由陈永明编写。书内插图清绘第一至七章由张敏智绘制，第八章由颜平绘制。

本教材承熊天球主审，并经地质矿产部中专校测绘类课程教学指导委员会审定，推荐出版。在编写过程中，编者参考并引用了测绘院校的教材和有关部门的文献和资料，在此谨表谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请使用本教材的同志批评指正。

编 者

1989年11月

目 录

第一章 概 论	1
第一节 摄影测量.....	1
第二节 普通摄影.....	5
第三节 航空摄影的一般知识.....	18
第二章 航空摄影测量的基础理论知识	26
第一节 航摄像片是地面的中心投影.....	26
第二节 中心投影的基本点、线、面和中心投影作图.....	31
第三节 航摄像片的内、外方位元素.....	35
第四节 航摄像片的像点坐标关系式.....	37
第五节 航摄像片的像点位移.....	46
第六节 航摄像片与地形图的区别.....	52
第七节 像对的立体观察和立体量测.....	56
第二章 插页图版.....	67
第三章 航摄像片的判读和调绘	68
第一节 概述.....	68
第二节 航摄像片的判读和着铅.....	69
第三节 像片调绘.....	87
第三章 插页图版.....	110
第四章 综合法测图	126
第一节 概述.....	126
第二节 综合法测图原理.....	127
第三节 像片纠正.....	135
第四节 编制像片平面图.....	141
第五节 像片平面图测图.....	147
第六节 单张像片测图.....	153
第五章 全能法测图	160
第一节 概述.....	160
第二节 全能法测图的基本原理.....	161
第三节 立体测图仪的基本结构.....	164
第四节 像对的相对定向和绝对定向.....	173
第五节 立体测图仪测图的作业过程.....	181
第六章 分工法测图	185
第一节 概述.....	185
第二节 立体量测仪测图的基本公式.....	186

第三节	立体量测仪·····	191
第四节	立体量测仪测图·····	203
第五节	立体量测仪测图的原图编制·····	213
第七章	像片控制测量及单模型加密测图·····	227
第一节	概述·····	227
第二节	像片连测·····	228
第三节	解析空中三角测量·····	240
第四节	单模型加密测图·····	250
第八章	地面摄影测量·····	255
第一节	概述·····	255
第二节	地面摄影机·····	256
第三节	地面摄影测量的摄影方式和公式·····	260
第四节	直接线性变换解法·····	267
第五节	地面摄影测量的外业工作·····	271
第六节	近景摄影测量的控制系统·····	276
第七节	地面立体测图仪·····	279
第八节	地面立体测图仪的作业方法·····	282
第九节	地面摄影测量的有关问题·····	285
第十节	近景摄影测量的应用·····	293
主要参考文献·····		302

第一章 概 论

内容提要 经过摄影、负片和正片三个过程，可为摄影测量作业提供合格的像片资料。航空摄影测量是摄影测量中以测绘地形图为目的的一门学科。航空摄影测量使用近似垂直摄影像片，并根据测区地形情况、成图比例尺大小和设备条件的不同，可选用综合法、全能法、分工法或桩点法成图；而像片控制测量和像片调绘是各成图方法的重要工序之一。

第一节 摄影测量

一、摄影测量

摄影测量是自19世纪50年代开始在地形测量领域内发展起来的一门新的学科。其主要内容是对研究对象进行摄影，根据所摄像片上的影像信息进行分析、研究，并测定该对象的性质、形状、大小及其空间位置，提供所需资料和图件。这实际上是早期的遥感。当时，这种方法主要用于测绘地形图。

随着科学技术的发展，特别是电子计算机、航空、航天遥感技术和数据处理技术的推广应用，使摄影测量的研究和应用范围不断扩大。它突破了地形测量的范围而被广泛地应用于各个生产技术领域。

按照所研究对象的不同，摄影测量学在内容上可分为地形摄影测量和非地形摄影测量两大类。地形摄影测量研究的对象是地表的形态，以物体与构像之间的几何关系为基础，根据摄影像片测绘出各种比例尺地形图；非地形摄影测量，则是以研究空间物体的形状、大小、运动轨迹等为目的，它也是按照物体与构像之间的几何关系，根据摄影像片测定特征点的三维坐标，或测绘出被摄体的立面图、平面图，最后显示为立体形状的等值线图。

摄影测量学也可按摄影站的位置，分为：地面摄影测量；航空摄影测量；航天摄影测量和水中摄影测量几类。

（一）地面摄影测量

地面摄影测量包括地面立体摄影测量和非地形摄影测量。

1. 地面立体摄影测量

地面立体摄影测量是将摄影经纬仪安置在地面两相邻的摄影站上，按一定的要求，拍摄测区的像片，然后用摄影测量的方法测绘地形图。虽然地面摄影存在前景遮蔽后景以及每张像片的使用面积小等缺点，不适用于大面积测图。但由于在摄影站上可以准确地获得像片的方位元素，成图的精度较高，并可以测制大比例尺地形图。它适用于小范围的山区和丘陵地区测图，特别在悬崖峭壁和难以到达的地段，更显示出它独特的优点。因此，地面立体摄影测量对局部地区的地理、地质和冶金勘察，以及采矿、水利、铁道等方面规划设计中所需的工程测量，较为适用。

2. 非地形摄影测量

非地形摄影测量是地面立体摄影测量发展的。它是在近距离对研究目标进行摄影,取得像片后,根据像片测定目标的外形、状态和几何位置,可以测出目标的微小变化。其内容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等不可接触物体的测量等。非地形摄影测量正广泛应用于建筑工程、古迹修复、考古、医学、生物、机械制造、采矿、冶金、船舶制造、结构物变形、海洋、地质和粒子运动等各个方面。根据需要它可提供目标的等值线图 and 动态目标的形态与轨迹——目标特征点的三维坐标值或平面图等。例如:用于古建筑物的摄影测量记录,供修复该建筑物时使用;为工业上提供大型机械加工和装配的质量检查技术;在医学上对人体内异物或病灶的X光立体定位;测定金属表面结构图等。

(二) 航空摄影测量

航空摄影测量是在地面摄影测量的基础上发展起来的,适用于各类地区。其基本作业过程是:按照一定的要求,从飞机上对地面进行连续摄影,根据所获像片测绘出所需比例尺的地形图或各种专题地图。

航空摄影测量所得的航摄像片,能客观详尽地记录地球表面地物、地貌的现状,它具有形态逼真、相关位置正确、影纹显示细致,便于判读的特点。同平板仪地形测量相比较,用这样的像片所测绘的地形图,各部分的精度均匀,而且可以把大量的作业移到室内进行,从而减少野外工作量,不受或少受地形和天气条件的限制。自70年代开始,高精度的航空摄影机和测图仪器相继投入生产中使用,特别是电子技术的引入,软件的开发,使航空摄影测量由测绘中、小比例尺(1:10 000~1:50 000)地形图,逐渐发展到广泛地应用于测绘经济建设各部门所需的大比例尺地形图(最大至1:500)。

大比例尺地形图的测绘是工程测量的重要组成部分,它是经济建设的一项基础资料,其服务面越来越广泛的深入到各个领域的规划设计和基本建设中。

航空摄影测量生产成果的品种,除线划地图外,还有影像地形图、正射影像地图和地面数字模型等。航测仪器设备的机械化、电子化、数字化和自动化,可以不断提高工作效率,缩短成图周期,减少劳动强度和费用,使航空摄影测量具有成图快、精度好、成本低的优点,因此在国民经济建设各部门中被广泛应用。

(三) 航天摄影测量

航天摄影测量是在航空摄影测量的基础上发展起来的。它是在人造地球卫星、宇宙飞船等航天飞行器上,利用各种高精度的传感器,对地球或太阳系其他天体进行遥感测量,从一个新的高度——宇宙空间,大范围、快速、定期地反映地球上的各种现象及其变化。在地球上,它可以接收从可见光波段直到红外以至微波波段的图像和有关信息,从而使人类对地球的观察、研究,进入到一个新的阶段。利用上述资料编制多波段的小比例尺(1:50 000或1:100 000)影像地图,经过对比分析、判释和测定,可以提供地球资源(例如地热资源、水文资源、地质填图和找矿,特别是具有强辐射的矿床:煤田、硫化矿床和放射性矿资源,等等),地球环境保护和监测,气象资料和军事情报等方面的信息。此外,还可以制作月球图和其他天体图。

(四) 水中摄影测量

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测绘水下地形图,或对水下物体进行摄影、测制其外形、状态和几何位置等。

二、航空摄影测量研究的内容

航空摄影测量的目的,是根据航摄像片进行测量,获得所需比例尺的各类地图——例如地形图、地籍图或房产图等。航空摄影测量学科研究的主要内容有:航空摄影质量;航摄像片解析;航空摄影测量的原理和理论;航空摄影测量成图的方法和作业技能;航空摄影测量作业使用的各种仪器等。

三、航空摄影测量过程简述

航空摄影测量简称航测。使用航测方法测绘地形图,可分为下列三个过程:

(一) 航空摄影

航空摄影的目的是为了获得符合要求的航摄资料——测区的航摄底片(负片)、航摄像片(正片)、像片索引图和有关数据,供后续工序使用。

(二) 像片控制测量和像片调绘

1. 像片控制测量

像片控制测量的目的,是为了使航测的成果与地面坐标系联系起来,即根据测区的已知大地点,连测出像片上规定位置的明显地物点的平面坐标和高程,直接用于测图或作为室内加密的起始数据;加密出所需的测图控制点的平面坐标和高程,供内业测图时使用。像片控制测量包括以下两个方面:

野外像片控制测量,简称像片连测。携带控制测量仪器和航摄像片,在预先圈定的像片控制点的布点范围内,对照实地,将选定的明显地物点准确地刺到像片上,同时连测出该点的平面坐标和高程,同刺点像片一起,供室内控制加密和测图使用。

室内控制加密,就是根据少量的像片控制点,采用解析空中三角测量的方法,测定所需加密点的平面坐标和高程,供内业测图时使用。

2. 像片调绘

像片调绘是依据航摄像片(放大像片或像片平面图),进行判读、调查和绘注等工作的总称。像片调绘要按成图方法的要求,进行判读着铅,然后对照实地,进行定性调查登记或定性定量调查绘注,同时把像片上没有影像而需要表示的地物、地貌、境界线和地理名称等,按要求补测到像片上,最后进行接边和检查。

(三) 像片测图

应用上述航测资料,按测区地形、成图比例尺及仪器设备情况,选择下述四种成图方法中的一种,进行像片测图。

1. 综合法测图

综合法只适用于平坦地区测图,它的主要特点是:根据纠正后的航摄像片上的影像,确定地物点的平面位置;而地物点的高程,则要用地形测量的方法在外业中测定。这是航测和地形测量相结合的一种测图方法。

综合法测图又分像片平面图测图和单张像片测图两种。前者是先纠正,后测图,需先后两次进行外业工作,是目前大比例尺测图普遍采用的方法。后者是外业工作一次完成,即先测图,后纠正编图,有时也在中、小比例尺测图时采用。

2. 全能法测图

全能法是指在一架全能型的立体测图仪上完成地形图的测绘工作。其主要特点是:利用航空摄影的几何反转原理,在立体测图仪上建立与地面相似的几何模型,在此模型上量

测地面点的平面位置、高程和测绘等高线，直接获得地形原图。

使用常规的立体测图仪时，只适于测绘山区和高山区的中、小比例尺地形图。

使用现代各种精密立体测图仪时，全能法广泛地适用于各类地形和各种比例尺的测图工作。

3. 分工法测图

分工法测图（又称微分法测图），适用于丘陵地区测绘中、小比例尺地形图。它的主要特点是：用摄影测量方法分别求解地面点的高程和平面位置。地面点的高程和等高线由立体量测仪测绘，其平面位置须经像片纠正和分带投影转绘，最后获得所需比例尺的地形原图。

利用立体量测仪来量测屋顶高程，可供城市大比例尺测图改正房屋投影差用；使用投影转绘仪分带投影，可以把调绘在像片上的地籍界线转绘到地图上而形成地籍图，并可在图上量算面积。

4. 单模型加密测图

单模型加密测图又称桩点法测图，适用于城市大比例尺测图。它的主要特点是：在立体观测下量测已知定向点和所有地物点的像片坐标，然后根据定向点的已知坐标，解算出各所求点的坐标值，最后用展点仪展绘出城市地图。

四、航测成图特点小结

航测成图过程中，所有的外业作业，统称为航测外业；所有的内业作业，统称为航测内业。航测外业包括像片连测和平坦地区碎部点高程测量，像片或像片图测绘；航测内业包括全部采用航空摄影测量手段完成的各项作业，如解析空中三角测量（即室内控制加密）、纠正编图和立体测图等。

航测成图的简化框图为：



航空摄影和航测外业的成果，是内业成图的条件和基础，其质量的优劣直接影响到内业工作和原图质量。

四种航测成图方法的特点，如表1—1所示：

航 测 成 图 的 特 点 表 1—1

方 法	适 用 地 区	比 例 尺	高 程（等高线）	面 位 置
综 合 法	平坦地区	大、中、小	外业实测	像片纠正
全 能 法	山区、高山区	中、小	在几何模型上立体测绘	
	各类地区	大、中、小		
分 工 法	丘陵地区	中、小	立体量测	投影编图
桩 点 法	城市建筑区	大	外业实测	解算坐标值

第二节 普通摄影

将按光学镜头的成像原理，在像面上构成的被摄景物的光学影像记录在感光材料上，经过摄影处理后获得与该景物对应的影像的全过程叫做摄影。从理论和实践上分析、探讨摄影的全过程及操作技术称为摄影学。摄影学是建立在物理、化学、机械制造和电子技术等学科基础上发展起来的一门学科。近年来，摄影机正处在高速发展之中，摄影机的自动控制功能和光学影像质量达到了很高的程度。市场上出现了配有电脑、可以自动对焦、自动确定曝光时间和光圈、自动卷片等全自动高级摄影机。

由于摄影能准确、真实地记录被摄景物的几何信息和物理信息等图像，所以摄影已经成为人们日常生活、社会工作、经济建设、文化教育、体育卫生、科学研究和军事侦察等方面不可缺少的一种重要工具。

一、摄影机

（一）摄影机的基本构造和作用

摄影机是使感光材料的乳剂层上获取被摄景物的光学影像的工具。尽管类型很多，结构繁简差别较大，形式也各不相同，但它们的基本结构是大致相同的。

图1—1是普通摄影机的基本结构。镜箱1犹如一个不透光的匣子，前壁上装有摄影镜头3，它的作用是聚集从被摄景物投射来的光线，在像面上构成光学影像。在镜头中间安装有一个孔径可变的光圈2，其作用是控制镜头使用面积的大小，以调整进入镜头的光通量，即光圈大，进入镜头的光通量多。安装在镜头前的快门4，其作用是控制摄影时曝光时间。后壁上装的是一块用于观察被摄景物影像的毛玻璃5，前壁与后壁之间由不透光的皮腔相联结。前壁可相对于后壁作平行移动，后壁也可以相对于前壁平行移动，目的是调节镜头和毛玻璃之间的距离，以满足获取清晰影像的光学条件。

摄影时，先将快门关闭，把装有感光材料的暗匣装在毛玻璃的位置上；拉出暗匣抽盖，并开启快门曝光，则感光材料的乳剂层便记录下由镜头投射来的被摄景物的潜像。潜像经处理后便可以获得可见的影像。

摄影机的结构，除上面所提到的几个主要部分以外，还有许多其他部件。目前，大多数摄影机的镜头和暗匣是固定的，利用镜头的伸缩调整以实现影像清晰的光学条件。有的摄影机不用毛玻璃而用其他装置来检查影像的清晰等。

（二）普通摄影机

所有的摄影机都包括上述的基本部分，但是这些基本部分可以设计成各种式样的摄影机。下面就常用的摄影机作简要介绍：

1. 120摄影机

120是胶卷代号，是专业摄影或业余摄影使用较多的一种胶卷，120胶卷宽6.15cm，

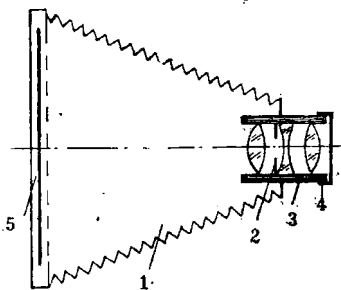
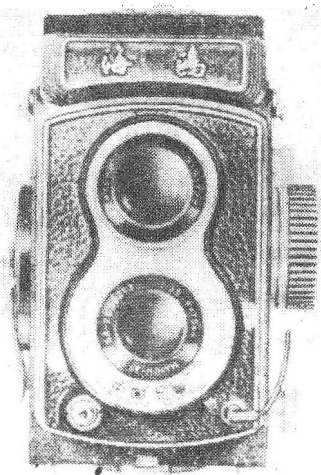


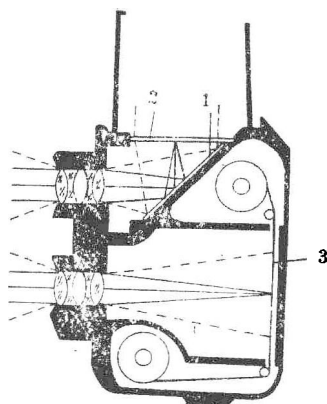
图 1—1 普通摄影机

1—镜箱；2—光圈；3—镜头；4—快门；
5—检影器玻璃

长82cm，一卷可拍6×4.5cm负片16张或6×6cm12张、6×7cm10张、6×9cm8张。人们习惯地称使用120胶卷的摄影机为“120摄影机”。120型摄影机有单镜头和双镜头之分，海鸥4型系列120摄影机是双镜头反光镜摄影机。如图1—2(1)，镜箱前壁上有两个焦距相同的镜头：下面一个供摄影用；上面一个供取景检影用。摄影时被摄物体的投射光线通过图1—2(2)检影镜头，经反光镜1反射，成像在毛玻璃2平面上。(毛玻璃尺寸与像幅尺寸相等)。由于上、下两个镜头的焦距相等，而且可同步地前后移动，故检影毛玻璃上的影像清晰时，由摄影镜头成像在像面3上的影像也必然是清晰的。如果发现影像不清晰，则可转动镜箱侧壁上的对光螺旋，使安装着两个镜头的前壁相对于焦面前后移动，直到影像清晰为止。



(1)



(2)

图 1—2 海鸥4型120摄影机

海鸥4型系列120摄影机的镜头均为三片一组结构，最大相对孔径为1:3.5, $f=75\text{mm}$ ，像角为 56° ，加膜镜头。中心式快门，速度在 $1\sim 1/300\text{s}$ （秒）范围内分为9档变换，还有B门、自拍及“X”闪光连动机构。

单镜头反光式120摄影机的摄影镜头兼作检影镜头，是利用反光镜的弹上弹下来实现检影和拍摄的。

2. 135摄影机

135摄影机使用宽35mm的两边带齿孔的电影胶片，为了适应习惯上的叫法，在35前加1定名为135。一般像幅尺寸为 $24\times 35\text{mm}$ ，按胶卷长度可拍12、24或36张。使用135胶卷的摄影机被称为135摄影机，如图1—3所示。

135摄影机几乎都是单镜头的，它的调焦多数是利用自动测距装置的连动测距器。在调焦时，从取景器内观察被摄景物的投影清晰情况，就可以知道像距是否调好。取景器的投影有截影式与重影式两种，如图1—4。截影式(1)是将被摄体投影影像截分成上、下两段且左右分开；调焦时在取景器内会看到中央小长方形内出现两个影像，转动调焦环使两个影像合拢在一起，像距就调好了；重影式(2)是将浓淡两个交迭的影像通过调焦，使两个影像重合如图1—4(3)像距也就调好了。

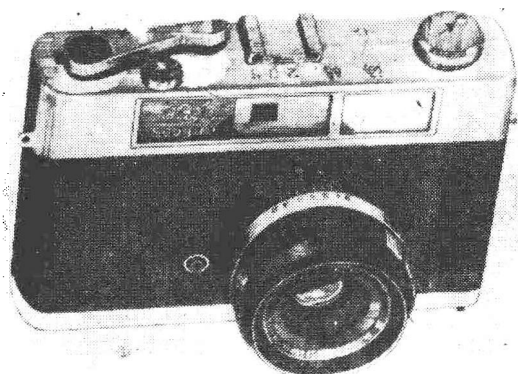


图 1—3 海鸥135摄影机

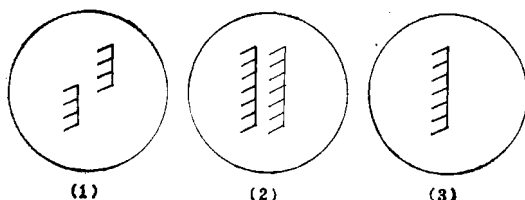


图 1—4 取景器

135摄影机也有单镜头反光镜式的。

(三) 摄影镜头的特性

由上可知摄影机都必须有镜头，其所摄影像的大小和质量，主要取决于镜头的特性。摄影镜头有下列几个主要特性：焦距、相对孔径、像场和像角，分解力及摄影快门。

1. 焦距 f

焦距数值取决于曲率半径的大小，透镜玻璃的折射率，透镜的厚度和透镜间的距离。每个镜头的焦距，都标刻在镜头的外框上，如 $f=75\text{mm}$ ， $f=58\text{mm}$ 等。

焦距直接影响着构像的大小，在其他条件相等的情况下，焦距愈长，所得影像的比例尺愈大。镜头的焦距不仅确定着影像比例尺，而且也决定乳剂层表面的照度。

2. 相对孔径

镜头的入射光瞳在摄影上称为有效光孔，它的直径称为有效孔径。直径越大，纳入光线的能力越强，构像亮度也越大。有效孔径的大小是用装在镜头内的光圈来调节的，现代多半应用虹形光圈。如图1—5所示，这种光圈是由许多镰刀形黑色金属薄片所组成，一片叠压着一片，每片的基部被固定在镜头框上。而另一端则固定在可转动的联动杠杆上。使用时，转动镜头框上的专用圈，所有的薄片就会按同一个圆心发散或收敛，使光圈的孔径被放大或缩小。因此，光圈的作用是：一方面调节镜头的使用面积的大小；另一方面调节进入镜头的光通量。

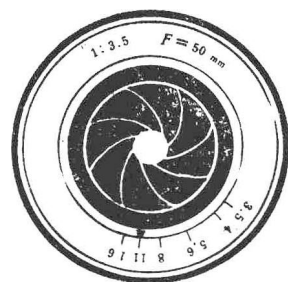


图 1—5 虹形光圈

从上可知，进入镜头的光通量是由镜头有效孔径的大小来控制的，但对一个镜头来说，像面上的亮度不仅取决于有效孔径的大小，而且还取决于焦距的长短，因此，我们把有效孔径 A 与焦距 f 之比（称为相对孔径），作为控制构像亮度的一个因素，即：

$$\text{相对孔径} = \frac{A}{f}$$

相对孔径越大，像面上的亮度越大。通常将镜头的最大相对孔径标刻在镜头的外框上，如1:2.8或 $F:2.8$ 等。

有效孔径随光圈孔径的变化而定，亦即相对孔径随光圈的大小而改变。由于相对孔径大都小于1，因此，常用相对孔径的倒数来说明进入镜头的光通量的一个因素。相对孔径

的倒数 $\frac{f}{A}$ ，称为光圈号数。镜头筒光圈环上所标志的光圈号数，其排列顺序是以 $\sqrt{2}$ 为公比的等比级数，如：

2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22

这样排列的结果，随光圈号数增大，相应的曝光时间也需增加。光圈号数每变更一档，相应的曝光时间增加或减少一倍，就能保持相同的曝光量，从而取得同等的构像亮度。

3. 镜头的像场和像角

光线通过镜头后投射到焦面上的光照是不均匀的。照度由中央向四周边缘递减，影像的清晰度也从中央向边缘递减。如图1—6所示，一个直径为 AB 的明亮圆的范围称为视场。镜头中心与视场直径 AB 所张的角 2α ，称为视角。在视场面积内，能获得清晰影像的区域称为像场（如图中以 CD 为直径的圆面积）。同样，镜头中心至像场直径 CD 所张的角 2β ，称为像角。

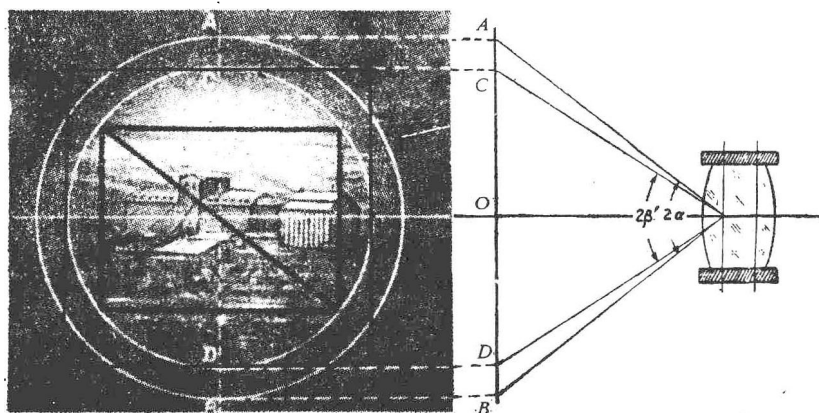


图 1—6 镜头的像场和像角

目前，测图用航摄仪，为了保证成图精度，一般都采用像场的内接正方形作为像幅。航摄仪镜头根据像角的大小分为三种：

常角镜头	$2\beta < 75^\circ$
宽角镜头	$75^\circ < 2\beta < 100^\circ$
特宽角镜头	$2\beta > 100^\circ$

在同一地点摄影时，像角大的镜头摄取空间范围要比像角小的为大。如果像幅相同，则前者的比例尺比后者小。

4. 分解力

镜头分解力，是指镜头对被摄景物微小细部的构像能力，常以 1mm 宽度内所能清晰分辨的线条数目来表示。由于镜头残余像差等原因，镜头中心部分的分解力，比边缘部分为高。

5. 摄影快门

快门是控制曝光时间的机件。快门打开到关闭所经历的时间，称为曝光时间（或称快门速度）。常用快门有两种形式：中心式快门和焦面式快门。

如图1—7所示，中心式快门由3~5个极薄的钢片制成，装置在镜头中心。使用时，按动控制钮，快门就能由中心向外自动打开，到了预定的曝光时间后，它又会自动的关闭而终止曝光。

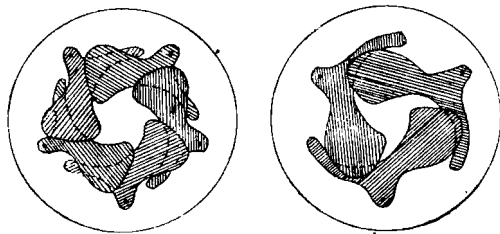


图 1—7 中心式快门

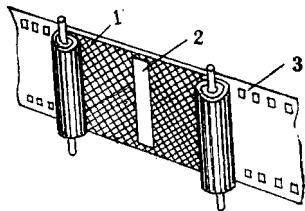


图 1—8 焦面式快门

1—布帘；2—缝隙；3—胶卷

图1—8所示为焦面式快门，由不透光的黑橡皮布卷帘制成，装置在感光材料的前面，其上有缝隙，曝光时卷帘在感光材料前面滑动，缝隙所过之处即行曝光。调节缝隙的宽度或控制缝隙的运动速度就能改变曝光时间。

要控制快门的时间，可根据刻在速度调节盘上的数字进行调节。速度盘所标志的曝光时间数字，常按下列顺序排列：

B, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 125, 300……

这些数字表示以秒为单位的时间倒数，例如1表示1s，2表示1/2s，余此类推。符号B是表示1s以上长时间的曝光的标志，若速度盘指示B，则按下快门按钮时，快门打开，一松手，快门立刻关闭。

二、感光材料

摄影使用的感光材料有黑白和彩色两种。在黑白与彩色片中，又分为直接用于摄影的各种负性胶片，和晒印用的复制正片、相纸及其他正性感光材料。

感光材料主要是由感光乳剂层和片基组成。感光材料的结构一般如图1—9所示：(1)为负性胶片，(2)为黑白印像纸。为了使乳剂能牢固地粘在片基上，需要在乳剂与片基之间，涂上一层底层。此外，根据不同的性能要求，还涂以保护层，抗静电及抗卷曲层、防光晕层等各种辅助层。



图 1—9 黑白感光材料的结构

1—保护层；2—乳剂层；3—中间层；4—片基或纸基；5—防光晕层（兼作抗静电、抗卷曲层）

感光乳剂是卤化银微晶均匀悬浮的明胶溶液。乳剂涂布在片基上形成乳剂层，靠它来记录影像。卤化银有：溴化银、氯化银和碘化银，其中以溴化银对光最敏感，氯化银次之，碘化银更次之。溴化银多用于负性感光材料中，氯化银、碘化银或溴碘化银，多用

于正性感光材料中。

下面介绍黑白感光材料的特性：

（一）感色性

乳剂对于各种不同波长光线的敏感能力，称为感色性，或称光谱感光度。

人们通过视觉获得对于颜色的辨认。而感光乳剂对于颜色光线的辨别记录，则在于乳剂的感光作用。了解这一点，便于在摄影中选择感光材料的感色性。

感光材料按感色性分为：

1. 盲色片 只感受波长500nm以下的蓝紫光，仅用于幻灯片、印像纸等正性材料。
2. 正色片 感受到波长580nm，从蓝紫光扩大到黄光感受，仅用于印刷业。
3. 全色片 对700nm以下的可见光都感受，它是普通摄影常用的片种。
4. 红外片 能对光谱中的近红外部分感光，是一种为特殊目的使用的感光材料，它能将人眼看不见的一部分红外信息，在红外片上显示出来。故可用于军事侦察上的揭露目标伪装，地球资源的勘察等。

（二）感光度

感光度是指感光材料对光的敏感程度，俗称感光速度。摄影时，需要知道感光材料的感光度，方可在不同光照条件下，正确选择曝光时间。因此在光照不变的情况下，感光度高的感光材料就给予较小的曝光量；感光度低的就给予较大的曝光量。

按照我国国标感光度规定，度数每相差3°，感光的能力相差一倍，数值大的感光度高。

（三）反差系数

密度：乳剂层在曝光和显影以后的变黑程度，称为密度（也称黑度、灰度）。

景物中最亮部分的亮度与最暗部分的亮度之比，或其对数之差，称为景物反差 U ，即：

$$U = \lg B_{\text{最大}} - \lg B_{\text{最小}}, \text{ 或 } U = \frac{B_{\text{最大}}}{B_{\text{最小}}}$$

景物被摄影之后，景物亮度大的部分，在乳剂层上产生的密度就大；景物亮度小的部分在乳剂层上产生的密度就小。在负片或正片上，其影像的最大密度 $D_{\text{最大}}$ 与最小密度 $D_{\text{最小}}$ 之差，称为影像反差 ΔD ，即：

$$\Delta D = D_{\text{最大}} - D_{\text{最小}}$$

反差系数 γ ，就是影像反差与景物反差之比，即：

$$\gamma = \frac{\Delta D}{U}$$

γ 能说明该感光材料表现影像反差与景物反差的比列塑性。

从上式可知：当 $\gamma=1$ 时，则 $\Delta D=U$ ，说明影像色调正确表现景物之间亮度差；当 $\gamma>1$ 时，则 $\Delta D>U$ ，说明影像的色调比例地夸大所摄景物之间的亮度差；当 $\gamma<1$ 时，则 $\Delta D<U$ ，说明影像的色调相对于景物之间的亮度比例地被压缩了。

（四）宽容度

宽容度是标志感光材料记录被摄景物亮度范围的能力。对于一定的景物来讲，宽容度大的感光材料，其曝光时间的变化范围大；否则就小。

一般黑白胶片的宽容度在1.8~2.1之间，能够容纳被摄景物较高的反差，即使曝光时

间长些或短些，都能摄取层次丰富的负片。彩色胶片的宽容度仅在1.5~1.8之间，这就要求对彩色胶片的曝光时间比黑白胶片更严格地掌握。

三、地面普通摄影的一般方法

摄影过程主要包括：摄影机的检查使用；装胶卷；取景；选择光圈和确定曝光时间等。

（一）检查摄影机

根据摄影机的说明书，检查其各部件是否灵活好用。

（二）装胶卷

如使用120摄影机，把后盖打开，将胶卷保护纸一头插入轴芯长槽中，慢慢地转动卷片轴，拉紧后随即合上后盖锁住，再看后盖上红窗，卷片至“1”字出现时，装片就完毕。

（三）取景

所有的摄影机都装置有取景器，它的作用是用来选择所摄景物的范围、布局，确定主体影像是否清晰。如果主体影像不清晰，要调整像距。

（四）选择光圈号数

选择光圈号数，要根据允许的曝光时间和所要求的景深来确定。景深就是景物主体的前后景物的构像清晰范围。随光圈号数增大，景深也就加大。为了取得较大的景深，宜用大光圈号数。景深可在摄影机的景深标尺上读出。物距也影响景深的大小，物距大景深也大，反之则小。

增大光圈号数，曝光时间也要增长，时间太长了，拍摄某些动体时，影像就会模糊。因此，光圈号数要根据摄影的对象和目的要求，以及光线的强弱来确定。

（五）确定曝光时间

有了恰当的曝光时间，才能拍摄出质量好的负片。所谓恰当是指在这样的曝光时间里，能把景物所有亮的和暗的不同层次影像，很好地表现在负片上。

影响曝光时间的主要因素有：天气情况、景物的亮度、光圈号数和胶片的感光度等。

取景和检影以后，安准选定的光圈号数和曝光时间，上好快门发条，按动快门按钮后就进行曝光。曝光后要及时卷片，待拍第二张。全部胶片拍完以后，取下胶卷准备进行摄影处理。

四、黑白片的摄影处理

感光材料曝光以后，在乳剂层中便形成了被摄景物的潜像，需要及时进行显影、水洗、定影、水洗和晾干等摄影处理，以使潜像显现出来，成为稳定的可见影像。这个过程称为负片过程。通过负片过程所获得的影像，称为负像。这负片就是通称的底片。

（一）显影

将感光材料上的潜像经显影液的氧化还原作用后，变成可见影像的过程称为显影。

1. 显影液的成分

显影液大多是由显影剂、保护剂、促进剂以及抑制剂等四种成分组成。

（1）显影剂 显影剂是显影液中的主要成分，其作用是使已曝光的卤化银还原为金属银，即使潜像变成可见的影像。

常用的显影剂有米吐尔、对苯二酚和菲尼酮等。米吐尔还原能力很强、影像显出快，对阴暗部分的影像细节有很好的表现力，显出的影像层次丰富，但反差较小。所以米吐尔