

中等专业学校教材



摄影测量学

黄河水利学校 张克敏 主编



欲平如
如学

PDG

中等专业学校教材

摄影测量学

黄河水利学校 张克敏 主编

61010

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 简 介

本书主要介绍航空摄影测量和地面立体摄影测量的基本理论和作业方法,对非地形摄影测量和遥感技术的基本知识、正射投影技术、解析测图仪等方面的新技术亦作了简要介绍。

本书密切结合生产,理论联系实际,简明扼要、通俗易懂,可作为中等专业学校工程测量专业的摄影测量学教材,亦可作为摄影测量生产技术人员参考用书。

中等专业学校教材

摄影测量学

黄河水利学校 张克敏 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京外文印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 19.5印张 439千字

1992年11月第一版 1992年11月北京第一次印刷

印数0001—1890册

ISBN 7-120-01592-3/TB·12

定价4.85元

前 言

本书是根据1987年11月水电类全日制中等专业学校工程测量专业《摄影测量学》的教学大纲编写的。

鉴于摄影测量在水利电力勘测中应用日趋广泛和摄影测量的不断发展,为满足教学需要,在总结教学经验的基础上,对原有讲义做了大幅度的修改和补充而编写出了这本教材。在编写过程中既注意体现教学大纲所要求的基础理论和基础知识,又注意理论联系实际,加强基本作业技能的培养;既略去了一些陈旧作业方法,又增入了近几年来生产中采用的新方法和新理论。此外,对遥感技术、正射投影技术、解析测图仪等新技术亦作了简单的介绍。水利勘测和电力勘测在某些方面具有不同的特点,在教学中可按照实际情况选用。

本书由黄河水利学校张克敏主编,武汉电力学校李则裕主审。全书共计十四章,第一、三、五、六及八~十四章由张克敏编写,第二、四、七章由张克敏、朱永枯合编。在编写过程中,彭无忌工程师和赵学英、李云霄两位高级工程师,对书稿中的一些章节提出了不少宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在有缺点和错误,热忱希望读者批评指正。

编 者

1990年12月

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
第二章 航空摄影及摄影处理	4
第一节 航空摄影的基本知识	4
第二节 航空摄影的实施	12
第三节 对航摄像片的质量要求	16
第四节 感光材料的分类和性能	17
第五节 显影与显影液	22
第六节 定影与定影液	24
第七节 负片的冲洗和正片晒印技术	26
第三章 航摄像片解析	31
第一节 中心投影的基本概念	31
第二节 航空摄影的基本点、线、面	33
第三节 中心投影作图法	35
第四节 航摄像片的内外方位元素	37
第五节 空间直角坐标系之间的坐标变换	40
第六节 航摄像片比例尺	46
第七节 像片倾斜引起的像点位移	49
第八节 地形起伏引起的像点位移	50
第四章 航摄像片调绘	56
第一节 立体视觉与立体观察	56
第二节 像片的判读标志	59
第三节 像片调绘的基本知识	61
第四节 像片调绘的基本方法	63
第五节 主要地形目标的调绘	65
第六节 调绘像片上的各种注记	69
第七节 新增地物的补测	70
第八节 调绘像片的整饰与接边	72
第五章 野外像片控制测量	75
第一节 野外像片控制点的布点方案	75
第二节 野外像片控制点的选刺	79
第三节 野外像控点的编号、整饰和注记	80
第四节 野外像片控制点的施测	82
第六章 航摄像片的纠正和像片平面图的编制	87
第一节 像片纠正概述	87
第二节 光学机械纠正原理	88

第三节	SEG-1型纠正仪	93
第四节	在SEG-1型纠正仪上进行对点纠正	96
第五节	HJ 24型纠正仪	97
第六节	在HJ 24型纠正仪上进行对点纠正	101
第七节	平坦地区像片平面图的制作	103
第七章	航测综合法测图	107
第一节	像片平面图测图	107
第二节	单张像片测图	109
第八章	航摄立体像对的解析	117
第一节	立体像对的基本点、线、面	117
第二节	立体像对的相对定向元素和立体模型的绝对定向元素	117
第三节	立体像对的前方交会公式	119
第四节	立体像对的上下视差和左右视差	123
第九章	航测全能法测图	127
第一节	全能法测图的基本原理	127
第二节	多倍仪测图	131
第三节	A10精密立体测图仪	149
第四节	模拟法空中三角测量	156
第五节	相对定向不定性及特殊情况下的相对定向	160
第十章	航测分工法测图	166
第一节	概述	166
第二节	立体量测仪	166
第三节	立体量测仪上测绘等高线	170
第四节	分带投影转绘	177
第十一章	解析空中三角测量	184
第一节	像点坐标系统误差改正	184
第二节	航带法单航带解析空中三角测量	188
第三节	独立模型法区域网解析空中三角测量	202
第四节	立体坐标量测仪	206
第五节	解析空中三角测量的作业过程	211
第十二章	正射投影技术、解析测图仪	220
第一节	正射投影技术	220
第二节	解析测图仪	227
第十三章	地面立体摄影测量	237
第一节	地摄像片的外方位元素和地面立体摄影的摄影方式	237
第二节	地面摄影测量的基本公式	239
第三节	地面摄影经纬仪	242
第四节	地面摄影测量的外业工作	250
第五节	地面摄影测量的立体测图仪器及内业成图方法	261
第六节	非地形摄影测量	273
第十四章	遥感技术介绍	287
第一节	遥感的基本原理	287

第二节 卫星图像的特征	290
第三节 卫星图像的判读	295
第四节 卫星图像在地图测绘中的应用	298
主要参考文献	303

第一章 绪 论

摄影测量学是应用摄影仪或传感器在不直接接触被研究对象的情况下,利用可见光、红外光、微波等辐射能来记录下被研究对象的一种或多种图像,对所获图像进行处理、分析、研究、量测、判读,从而确定出被研究对象的形状、大小、位置、范围、性质的一门学科。摄影测量学按照研究的内容不同可分为地形摄影测量和非地形摄影测量两大类。地形摄影测量主要用于测制地形图、影像图、专题图;非地形摄影测量大多应用于专题研究和考察。摄影测量学若按照摄影站的位置不同可分为航空摄影测量、地面摄影测量、水中摄影测量和航天摄影测量。航空摄影测量是利用飞机对地面摄影;地面摄影测量包括地面立体摄影测量和近景摄影测量,其摄影站位于地面;水中摄影测量用于绘制水下地形,其摄影站位于水中;航天摄影测量是利用人造地球卫星、宇宙飞船、航天飞机来获取地面图像资料的。本教材的重点为航空摄影测量,同时对地面立体摄影测量和卫星遥感技术亦作了适当的介绍。在航空摄影测量方面讲述了航空摄影与摄影处理、航空摄影测量的基本理论、航空摄影测量的主要仪器、航空摄影测量测绘地形图的成图方法以及航空摄影测量的内外业作业技术等,对航空摄影测量的新技术如正射投影技术、解析测图仪、机助制图亦作了简要的介绍;在地面立体摄影测量方面介绍了基本公式、摄影方式、外业摄影仪器、内业测图仪器和测绘地形图的内外业作业方法;在卫星遥感技术方面介绍了电磁波谱、大气窗口、卫星图像的类型和特征、卫星图像的目视判读和卫星遥感技术在制图中的应用。

航空摄影测量是摄影测量的一个主要分支,它是以空中摄影获取的像片为基础的。其应用于地质解释、资源调查,具有信息丰富、形态逼真、相关位置准确、表达细致的特点;其应用于输电线路勘测和公路、铁路线路勘测,具有得到资料快、内容新、表达客观、可立体观察的特点;其应用于军事,可为军、兵种提供作战数据;其应用于地图的测绘,更是具有相当的优越性,不仅把大量的野外工作转移到室内,改善了作业条件,而且出图快、品种多、精度高、费用低。航空摄影测量是目前大面积地形图测绘的最主要、最有效的方法。在我国进行的大面积地形图测绘,均采用航空摄影测量的方法,我国国家基本地形图的施测和修测,除个别地段外,全部是用航测方法完成的。50年代以来,电子计算机在航测中应用日益广泛,形成了所谓“解析摄影测量”,使航测科技得到了更完善的发展。

航空摄影测量工作,第一道工序是通过航空摄影获取像片,其后的成图包括外业和内业两大部分。航测外业主要为像片控制测量和像片调绘,航测内业主要为空中三角测量和测图。

像片控制测量是利用已知的野外控制点资料,于实地测求出未知的像片控制点的地面坐标和高程,这些像片控制点在像片上的位置和数量都要符合内业空中三角测量或内业测图工作的需要。像片调绘则是利用地物影像的几何特征和物理特征与实地对照,确定出所测地物的性质,经综合取舍,将其按规定的图式符号和文字注记描绘在像片上。

空中三角测量是利用已施测的野外像片控制点，通过内业仪器增测室内控制点（称为加密点），这些点在像片上的位置和数量必须满足内业测图的要求；目前的空中三角测量广泛采用解析法用电子计算机进行解算，故又称为“电算加密”。内业测图是在相应的航测仪器上进行的，包括测制线划地形图、像片图、影像地图及数字地图。目前我国测制的主要为线划地形图和像片图。近几年来，影像地图已有所发展，而数字地图则还有待开展。

根据测区条件不同，用航测方法测制地形图的方法可分为三种，即综合法、分工法和全能法。

综合法：适用于平坦地区，它以单张像片为基础，内业用像片纠正的方法确定地物的平面位置，外业用经纬仪或平板仪测定高程和勾绘等高线并进行地物调绘，获得地形图。综合法又分为像片图测图和单张像片测图两种。

分工法：其亦称微分法，适用于丘陵地区，它以外业调绘地物，内业量测立体像对上的左右视差，机械解算高程并测绘地貌，再经投影转绘，将中心投影的地物地貌转换为正射投影的地物地貌，获得地形图。

全能法：适用于山地和高山地，它利用摄影过程的几何反转原理，建立与地面相似的几何模型，经模型量测，获得地面点的平面位置和高度，测绘出正射投影的地物地貌，获得地形图。

航空摄影测量成图作业过程框图如图1-1。

地面立体摄影测量是在地面所布设的摄影基线的两个端点上安置摄影经纬仪，按设计的摄影方式对测区或研究目标进行摄影获得立体像对，在内业仪器上对立体像对进行定向和量测，测定出地物或研究目标的位置、形状、大小和范围。由于地面摄影像片的内外方位元素均是已知的，故相对航测而言其有关的仪器结构、计算公式、作业技术等均较简单；地面立体摄影测量，对悬崖峭壁等起伏较大地区的大比例尺地形测绘和断面测绘，对航测中阴影、云影和漏洞的补测，对建筑物的变形观测，对大坝表面不平整度的测量，对古建筑、古塑像等文物的测绘等，都有一定应用；地面立体摄影测量应用在山区，优越于人工测量，其具有效率高、精度好、劳动条件得到改善、不受气候影响等优点。地面立体摄影测量是一种应用面较广的测量方法，在本教材中，主要讨论其有关地形测量方面的问题。

遥感技术是本世纪70年代产生、80年代发展起来的高新技术，它利用某种传感器，在不直接接触被研究目标的情况下，获取其特征信息，经处理加工，提取出有用的内容，达到对被研究目标识别的目的。通过遥感技术能获取丰富的信息、资料摄取范围广大，成图迅速。通过遥感技术获得的各类成果具有宏观性、综合性、动态性、现势性等优点。遥感技术已在资源调查、国土调查、环境监测、水情预报、水文、海洋、地形测绘、地图修编、专题制图等方面得到广泛的应用。可以预计，遥感技术今后必将得到迅猛的发展和广泛的应用。

自1949年建国以来，新中国发生了翻天覆地的变化，摄影测量事业也获得了很大的发展，目前已有不少的高等学校和中等专业学校设置了航空摄影测量与遥感专业，在铁道、地质、水利、电力、煤炭、农林、水保等经济部门及各省、各直辖市的测绘机构中都开展着航测业务和遥感技术工作，为社会主义建设做出了重大贡献。随着科技的发展，祖国的

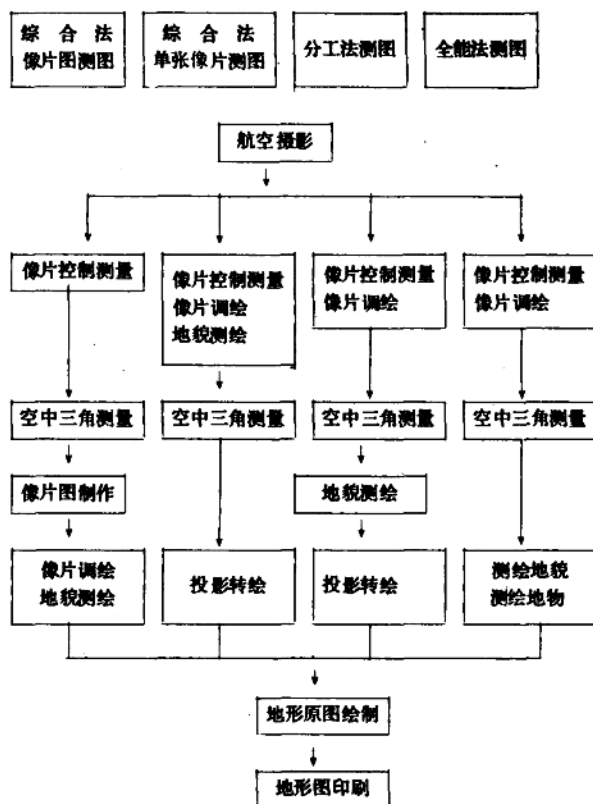


图 1-1 航空摄影测量成图作业过程框图

前进，必将需要越来越多的摄影测量工作者献身于祖国的测绘事业。

思考题和习题

1. 什么是摄影测量学？摄影测量学是如何分类的？
2. 摄影测量具有哪些优越性？
3. 航空摄影测量有哪三种成图方法？各适用于什么地形条件？

第二章 航空摄影及摄影处理

航空摄影是将专用的航空摄影机（简称航摄机）安装在飞机上对地面进行摄影取得像片资料，这种像片称为航摄像片。航摄像片可用于地面目标的判读，地球资源的勘察以及地形图的测绘等。如果航空摄影时，摄影物镜的主光轴是铅垂的，则称为垂直摄影，所摄得的像片称为水平像片；如果航空摄影时摄影物镜的主光轴是倾斜的，则称为倾斜摄影，所摄得的像片称为倾斜像片；主光轴与铅垂线的夹角，称为像片倾斜角，航空摄影时尽量使像片倾斜角要小，目前的航摄技术水平可以使像片倾斜角一般不超过 2° ，摄取真正水平的航摄像片目前技术上还达不到。用于地形图测绘的航空摄影是连续的面积摄影，同航线所摄的前后两张像片之间有一定的地物影像重叠，相邻航线的两张像片之间也有一定的地物影像重叠，这样，整个摄区均被像片所覆盖。

经航空摄影使感光材料曝光后，得到不可见的“潜像”，还需要经过摄影处理即显影、定影、水洗等过程，才能使“潜像”变为稳定的可见影像，成为航摄像片。摄影处理对像片的影像具有重要的影响。

用于地形图测绘的航摄像片，是相当重要的原始资料，其质量优劣对成图精度，工作效率，经济指标都关系极大。因此对航空摄影及摄影处理的各个环节都应严格要求认真做好，以便获得质量优良的技术指标合格的航摄像片。

第一节 航空摄影的基本知识

一、摄影物镜的成像原理和性能介绍

摄影物镜简称物镜，是摄影机的最主要的部件，对像片质量起着决定性的影响，对航空摄影机尤为如此。学习摄影物镜的成像原理和摄影物镜的性能，有助于对本节中航空摄影机的理解，是航空摄影基本知识的重要内容之一。

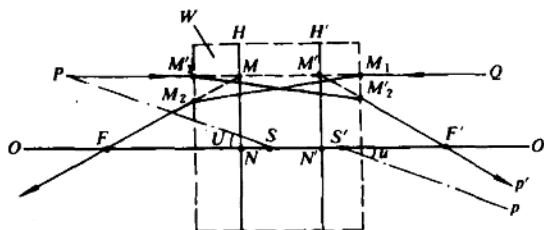


图 2-1 物镜的基点基面

(一) 物镜的基点、基面

摄影物镜一般不采用单个透镜，而采用复合物镜，所谓复合物镜就是由多个化学成分不同、曲率半径不同的凸透镜和凹透镜组合而成的透镜组，目的是为了消除像差，提高成像质量。如图 2-1 所示， W 为由多个透镜组成的复合物镜， $O-O$ 为主光轴，设左侧为物方空间，右侧

为像方空间。物方平行于主光轴的入射光线 PM_1' 经多次折射后出射光线为 $M_2'P'$ ，并与主光轴相交于 F' ，入射光线 PM_1' 的延长线与出射光线 $M_2'P'$ 的延长线相交于 M' ，不难看出，

入射光线 PM' 经复合物镜的多次折射与该入射光线在 M' 处的一次折射是等效的。过 M' 点作垂直于主光轴的平面 H' ，交主光轴于 N' ， H' 称为像方主平面， N' 称为像方主点， F' 称为像方焦点。同样从像方射出平行于主光轴的光线 QM ，经复合物镜的多次折射与在 M 处的一次折射是等效的，类同地有着物方主平面 H ，物方主点 N 和物方焦点 F ，焦点到主点的距离称为焦距， $F'N'$ 为像方焦距，以 f' 表示， FN 为物方焦距，以 f 表示，在同一介质中， $f = f'$ 。

在从某点发出的许多的光线中，客观上必定存在着一对入射光线 (PS) 和出射光线 ($S'p$) 与主光轴夹角相等 ($U = u$) 的光线，它们与主光轴的交点 S 和 S' 分别称为物镜的前节点和后节点。即入射光线从怎样的角度，通过前节点，则其共轭光线必定以同样的角度平行地 (平行于入射光线) 通过后节点。当物方和像方两边的介质相同时，节点和主点对应重合，通常不加说明节点即为主点。为了几何作图方便，通常将后节点 S' (连同底片) 沿主光轴平行移至与前节点 S 重合，此重合位置即物镜的光学中心，也就是物镜的摄影中心。

上面所论述的主点 (N, N')、节点 (S, S')，焦点 (F, F') 统称为物镜的基点。上面所论述的主平面 (H, H') 称为物镜的基面，主平面 H, H' 是一对横向放大率为 1 的共轭平面，即光线以怎样的高度射入物镜的物方主平面，则其共轭光线也以同样的高度射出物镜的像方主平面。

(二) 物镜的成像公式

如图 2-2 所示，物体 PQ 经物镜后构像为 pq ，则由图可知

$$\triangle PQS \sim \triangle pqS'$$

得
$$\frac{y}{Y} = \frac{d}{D}$$

又
$$\triangle F'M'S' \sim \triangle F'pq$$

得
$$\frac{y}{Y} = \frac{d-f}{f}$$

由于
$$\frac{d}{D} = \frac{d-f}{f}$$

即
$$df = Dd - Df$$

移项
$$df + Df = Dd$$

两端同除以 dDf ，得
$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f} \quad (2-1)$$

又由图知
$$D = X + f$$

$$d = x + f$$

代入式 (2-1)
$$\frac{1}{X+f} + \frac{1}{x+f} = \frac{1}{f}$$

整理化简得
$$Xx = f^2 \quad (2-2)$$

式 (2-1)、(2-2) 为物镜的光距公式，即物镜的成像清晰公式。

(三) 物镜的像场角

光线通过物镜光学中心的圆锥形光束，在物镜的焦平面上，呈现出一个影像清晰的圆形面积，这个圆形面积称为像场。由物镜中心（后节点） S' 与像场圆周直径端点的连线所形成的角度称为像场角，通常用 2β 表示如图2-3。

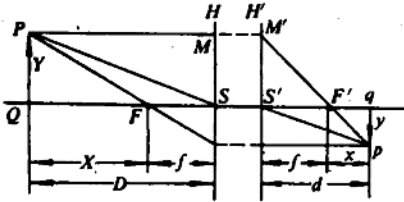


图 2-2 物镜的成像

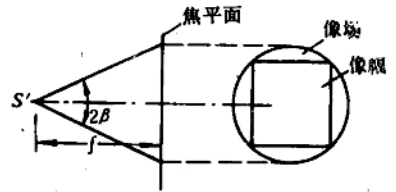


图 2-3 物镜的像场和像幅

由图2-3可以得知，航摄机的像场角（ 2β ）、焦距（ f ）和像幅（ l ）是密切相关的，其可用如下的关系式表述

$$2\beta = 2\text{tg}^{-1} \frac{l}{\sqrt{2}f}$$

当像幅一定时，像场角愈大，则焦距愈短；反之，像场角愈小，焦距愈长。

按物镜的像场角大小，航摄机可以分为4类

窄角	2β 为 50° 以下
常角	2β 为 $50^\circ \sim 75^\circ$
宽角	2β 为 $75^\circ \sim 100^\circ$
特宽角	2β 为 $100^\circ \sim 120^\circ$

(四) 物镜的分解力

物镜的分解力是指镜头能够表达所摄物体各细微部分的能力。分解力有着十分重要的价值，因为要想使像片的判读和量测得到良好的效果，就必须使像片具有表达物体细微部分的能力，航摄机物镜的分解力直接影响着航摄像片的质量和精度，是一个十分重要的指标。

分解力(R)是以1mm宽度内能清晰识别出来的线对数来表示的,单位是线对数/mm。

(五) 物镜的畸变差

在摄影机物镜的构像误差中，对构像影响最大是光学畸变差，因为畸变差将使直线的影像变成曲线，使整个物体影像发生变形，从而破坏了物与像之间的中心投影关系，降低摄影测量成果的数学精度。如有一正方形格网，经有畸变差镜头摄影后得到的影像就会发生桶形畸变，如图2-4(a)，或枕形畸变，如图2-4(b)，因此在摄影测量中，摄影物镜的畸变差必须减小到最低限度。

(六) 相对孔径和光圈号数

相对孔径是物镜的一个重要性能，它的数值决定焦面上的照度，即决定着所摄影像的光学亮度。

相对孔径的定义：有效孔径 d 与物镜焦距 f 的比值，即 d/f ，一般以其倒数的形式表示

为 $1:(d/f)$ 。照相机镜头的外框上通常刻有相对孔径数值，其表示方法有 $1:4.5$ 或 $F:4.5$ ，它们的意义完全相同。

光学影像的亮度与有效孔径的平方成正比，与焦距的平方成反比，也就是与相对孔径的平方 $(d/f)^2$ 成正比。常定义相对孔径的倒数为光圈号数，以 K 表示。由于摄影时曝光时间的长短与光学影像的亮度成反比，故曝光时间与光圈号数的平方成正比，即

$$t \propto \left(\frac{f}{d}\right)^2 = K^2$$

在摄影物镜的外框上，都标注着光圈号数值：2.4、5.6、8、11、12、32 等。这一系列光圈号数的特点是：在相同的光学影像亮度条件下，后一光圈号数所需的曝光时间，是前一光圈号数所需曝光时间的两倍。

(七) 景深

就是摄影时在底片上能够构成清晰影像的被摄景物的前后纵深长度。

如图 (2-5) 中，物点 A 在底片上可以获得最清晰像点 a ，而在 A 点前后的点 B 和 C 在底片上就不能得到最清晰的像点，而是一个模糊圈。由于人眼的分辨力是有限的，当模糊圈的直径小于 0.1mm 时，人眼的感觉便分辨不出模糊圈来，仍看作是一个清晰的像点，这就是景深所以存在的原因。

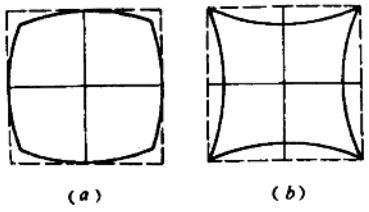


图 2-4 物镜的畸变差
(a) 桶形畸变；(b) 枕形畸变

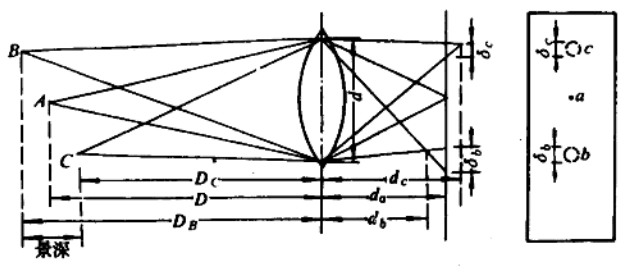


图 2-5 物镜的景深

$$\text{景深} = D_B - D_C \tag{2-3}$$

关于景深的公式推导如下：
由光距公式 (2-2) 可知

$$\frac{1}{D_C} + \frac{1}{d_c} = \frac{1}{f}$$

$$D_C = \frac{d_c \cdot f}{d_c - f} \tag{1}$$

即

又由图 2-5 可得

$$\frac{d}{\delta_c} = \frac{d_c}{d_c - d_a} \tag{2}$$

式中 d ——有效孔径。

整理式 (2) 得

$$d_c = \frac{d \cdot d_a}{d - \delta_c} \quad (3)$$

将式 (3) 代入式 (1) 得

$$D_c = \frac{d \cdot d_a \cdot f}{d \cdot d_a - f \cdot d + \delta_c \cdot f} \quad (4)$$

因为

$$d_a = \frac{Df}{D - f} \quad (5)$$

将式 (5) 代入式 (4) 得

$$D_c = \frac{d \cdot D \cdot f}{f \cdot d + \delta (D - f)}$$

因光圈号数 $K = \frac{f}{d}$, 以 $d = \frac{f}{K}$ 代入上式得

$$D_c = \frac{f^2 \cdot D}{f^2 - \delta \cdot K (D - f)} \approx \frac{f^2 \cdot D}{f^2 + \delta \cdot K \cdot D} \quad (2-4)$$

同理可推导出

$$D_B = \frac{f^2 \cdot D}{f^2 - \delta \cdot K \cdot D} \quad (2-5)$$

将式 (2-4)、(2-5) 代入式 (2-3) 得

$$\text{景深} = \frac{2\delta \cdot K f^2 \cdot P^2}{f^4 - \delta^2 \cdot K^2 \cdot D^2} \quad (2-6)$$

对景深公式 (2-6) 进行分析, 可得出如下几点结论。

- (1) 模糊圈的直径 δ 的容许值愈大, 则景深愈大。
- (2) 光圈号数 K 越大, 景深愈大。故在摄影中常用改变光圈号数来调整景深。
- (3) 物镜的焦距 f 愈短, 则景深愈大。
- (4) 物距 D 愈大, 则景深愈大。也就是说, 距摄影目标愈远, 景深愈大。

在多倍仪上进行作业时, 当缩小正片投影到承影面上, 最清晰的距离如果是 270mm。为了测绘地物和地貌, 绘图器的小承影板必须升高或降低。严格地讲, 这时影像就成了一个模糊圈, 如图 2-6 所示。如果模糊圈的直径 δ 小于一定的数值时, ΔZ 就是景深。

由图 2-6 可列出下式

$$\Delta Z = \frac{2\delta}{d} Z$$

宽角多倍仪的有效孔径 $d = 2\text{mm}$, $Z = 270\text{mm}$, 根据研究和经验 $\delta < 0.5\text{mm}$ 时, 不影响立体观测的精度, 可算出景深范围为

$$\Delta Z = 135\text{mm}$$

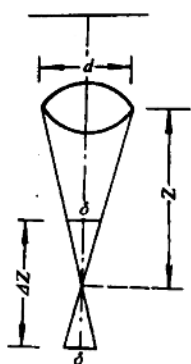


图 2-6 多倍仪景深

二、航空摄影机

(一) 航空摄影机的基本结构

航摄机是航空摄影的主要仪器。航摄机的种类很多，但它们的基本结构相似，都是由物镜、镜箱、暗盒三个部分组成，图2-7为航空摄影机的基本结构图。

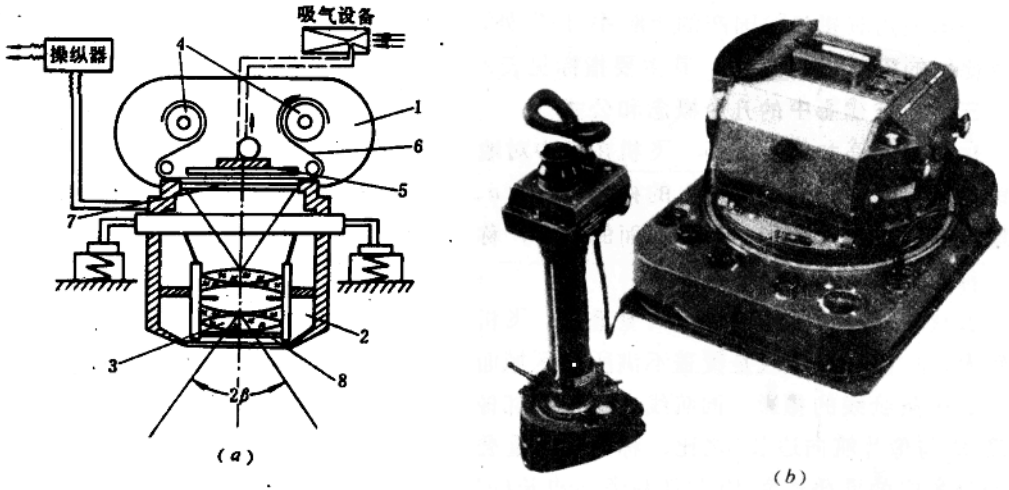


图 2-7 航空摄影机

(a) 航空摄影机示意图；(b) RC-10航空摄影机

1—暗盒；2—镜箱；3—物镜；4—卷片轴；5—压片板；6—软片；7—框标平面；8—滤光片

1. 暗盒 为一金属盒，其下部与镜箱相连；暗盒左右两侧各有一卷片轴，卷片轴所能容纳的软片长度因航摄机类型不同，一般为60~120m；软片经左右两固定滚轴置于镜箱的承片框上，在软片上方有一正方形压片板，在压片板和抽气设备的作用下，使软片平整地紧贴在承片框上。

2. 镜箱 为一正锥形金属箱，上有承片框与暗盒相连，下面正中安置摄影物镜，物镜之下装有滤光片，物镜至承片框的距离称为航摄机主距。一般承片框的尺寸有18cm×18cm、23cm×23cm两种，也就是像幅的尺寸。承片框的四边的中点设有齿状标志，称框标；近年来的航摄机，其承片框的框标在4个角偶上呈“×”状，如图2-8(a)和图2-8(b)。承片框两相对框标连线正交，其交点是承片框的中心，即像片的中心。镜箱的设计和安装要求，其交点应与航摄机物镜光心在承片框平面上的垂足相重合。

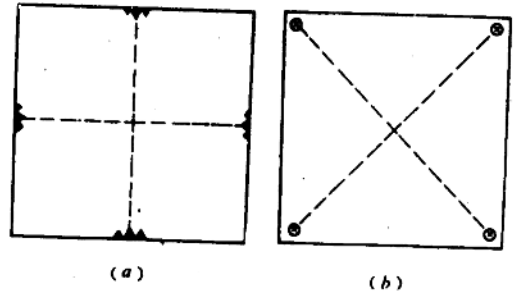


图 2-8 航摄机的框标

(a) 四边框标；(b) 四角框标

在镜箱内还装有水准器及时钟等仪表，在摄影瞬间，这些仪表的工作状态连同框标和地面景物一并被摄在底片上。

3. 物镜 要求具有较高的分解力和最小的畸变差、足够的透光率和一定的视场角，而且成像平面上的亮度分布应较均匀。自物镜后节点至承片面的距离，称为摄影箱主距 f_k 。由于航空摄影物距很大，故镜箱主距 f_k 与物镜焦距 f 很接近 (f_k 比 f 大一微小值)，但二者是有区别的。 f_k 是摄影测量的内方位元素之一，而 f 则属物镜的一个光学特性。

(二) 几种航摄机的技术指标

我国使用航摄机除国产的“航甲-17”外，还有瑞士的RC系列，苏联的AΦA-TЭ系列，以及德国的RMK和MRB，其主要指标见表2-1。

三、航空摄影中的几个概念和公式

1. 相对航高和绝对航高 飞机在空中对地面进行摄影，地面上的A、B两物点，通过物镜S（摄影中心）在底片上的构像分别为a、b（如图2-9所示）。图中 f_k 为航摄机主距； h 为地面高程； H 为摄影中心至地面的高度，称相对航高； H_0 为摄影中心至大地水准面的距离，称绝对航高， $H_0 = H + h$ 。

2. 像片的航向重叠度和旁向重叠度 飞机在空中对地面连续拍摄许多像片，由于航摄区较大，一般一条航线是覆盖不满所摄区域面积的，在第一条航线摄影后，接着要进行第二、第三、…条航线的摄影。同航线的两张相邻像片摄影情况如图2-10所示，其沿航向的重叠长度 Δl_x 与像片航向边长 l_x 之比，称为航向重叠度，以 P_x 表示。同理相邻航线的两张相邻像片之间沿旁向的重叠长度 Δl_y 与像片旁向边长 l_y 之比，称为旁向重叠度，以 P_y 表示。重叠度通常以百分数表示。

$$\left. \begin{aligned} P_x &= \frac{\Delta L_x}{L_x} = \frac{\Delta l_x}{l_x} = \frac{\Delta l_x \cdot 100}{l_x} \% \\ P_y &= \frac{\Delta L_y}{L_y} = \frac{\Delta l_y}{l_y} = \frac{\Delta l_y \cdot 100}{l_y} \% \end{aligned} \right\} (2-7)$$

3. 摄影比例尺 像片上一段距离与地面上相应距离之比，定义为摄影比例尺，以符号 $1/m$ 表示。由图2-9知摄影比例尺为

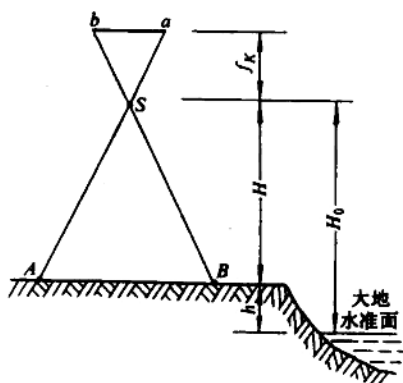


图 2-9 相对航高和绝对航高

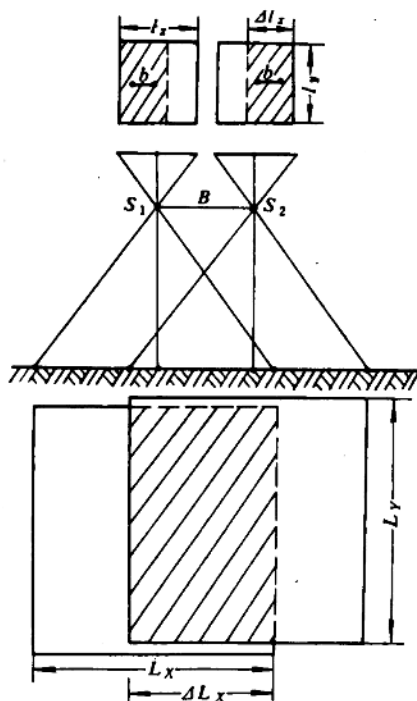


图 2-10 航向重叠度