

高等学校教学用书

摄影测量

焦作矿业学院 中国矿业学院 阜新矿业学院 编

煤炭工业出版社

高等学校教学用书

摄影测量

焦作矿业学院 中国矿业学院 阜新矿业学院 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787\times 1092^{1/16}$ 印张 8

字数 189 千字 印数 1—2.820

1980年12月第1版 1980年12月第1次印刷

书号15035·2338 定价1.05元

科技新书目: 174—240

前 言

近些年来用摄影测量革新原有的落后测绘手段，为煤田地质勘探、煤矿基本建设和煤矿生产测制大比例尺地形图，是一种卓有成效和大有前途的方法，对加速我国煤炭工业建设，产生了重要的作用。为适应煤炭生产和科学研究发展的需要，矿山测量专业开设《摄影测量》课程。

为此，焦作矿业学院、中国矿业学院和阜新矿业学院组织有关教师学习兄弟院校和生产单位的实践经验，结合煤炭系统航测大比例尺地形图的作业特点和要求，编了这本教材。执笔编写的有：中国矿院岳树信（第一、四、五、八章）、焦作矿院孟庆亮（第六章）和阜新矿院李秀堃（第二、三、七章）。

本教材供煤炭系统高等院校矿山测量专业试用，也可供从事航空摄影测量外业的技术人员参考。

在编写过程中，得到有关单位和院校的支持和帮助，在此表示衷心感谢。书中存在的缺点和错误，诚恳地欢迎读者给以批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 摄影测量的任务、分类及其特点	1
第二节 摄影测量的应用和发展	1
第二章 摄影的一般知识	3
第一节 普通摄影机	3
第二节 镜头的主要特性	4
第三节 感光材料的种类和特性	6
第四节 普通摄影方法	8
第五节 摄影处理	9
第三章 航空摄影及航摄像片的一般特性	12
第一节 航空摄影	12
第二节 航摄像片上的主要点和主要线	16
第三节 航摄像片的内方位元素和外方位元素	17
第四节 航摄像片上的象点移位	19
第五节 航摄像片与地形图的差别	21
第六节 象对的立体观察与量测	22
第七节 用航测方法测制地形图的过程	25
第四章 航测内业成图方法简介	27
第一节 航测综合法	27
第二节 航测微分法	34
第三节 航测全能法	42
第五章 野外象片控制点的布设和室内控制加密	55
第一节 象控点的布点原则和要求	55
第二节 全野外布点	56
第三节 解析法空中三角测量(电算法)	58
第四节 区域解析空中三角测量简介	64
第五节 特殊情况布点	65
第六节 野外象控点的选定和整饰	68
第六章 象片判读与调绘	73
第一节 象片判读	73
第二节 野外调绘的一般方法	76
第三节 大比例尺成图象片调绘中的几个问题	80
第四节 地形图各要素的调绘要点	86
第五节 象片调绘的着色、整饰与接边	94
第七章 航测外业工作的设计与实施	97
第一节 航测外业工作的技术设计	97
第二节 航测外业的准备工作	98

第三节	航测外业作业计划的拟定	99
第四节	航测外业工作的实施	100
第五节	航测外业的检查与验收	102
第八章	地面立体摄影测量	104
第一节	概述	104
第二节	摄影经纬仪	104
第三节	地面立体摄影测量的基本原理	108
第四节	地面立体摄影测量的外业工作	112
第五节	地面立体摄影测量的内业工作	118

第一章 绪 论

第一节 摄影测量的任务、分类及其特点

摄影测量以摄影获得的象片为量测依据，确定所摄物体的形状、大小及其空间位置。由于象片能够真实而详细记录摄影瞬间的客观物体的形象，所以在地形测量、天文、建筑及其它有关学科中，得到广泛引用。地形摄影测量的研究对象是用摄影测量方法测绘地形图。

地形摄影测量分航空摄影测量和地面立体摄影测量。航空摄影测量（简称航测）在飞机上用航空摄影仪摄影，地面立体摄影测量（简称陆摄）利用摄影经纬仪在地面上摄影。根据测图时描绘地物、地貌的方法不同，航空摄影测量可分为航空综合摄影测量（简称航测综合法）和航空立体摄影测量；航空立体摄影测量又分航测全能法和航测微分法（又称分工法）。

摄影测量与其它地形测量方法相比，具有许多特点。

摄影所得象片能真实、客观、详尽地记录摄影瞬间地面的所有物体，同时取得各种工程所需要的多方面的资料。

摄影测量是依据摄影象片上的地面影像测定的，地物、地貌的形象逼真，内容全面，因而便于读图。图面上地物、地貌的相关位置较为正确，所以整个图面的数学精度比较均匀。

摄影测量能使大量的外业工作转变为室内工作，因而大大减少外业的繁重劳动。这对多山地区和交通不便的地区，更有意义。

由于大部分工作在室内进行，避免了天气和季节条件的限制，为常年均衡生产创造了有利条件。

测图过程广泛实行机械化和自动化，便于分工，缩短成图周期，显著提高了成图效率。

第二节 摄影测量的应用和发展

摄影测量代替了大量手工操作的野外劳动，提高了成图速度和质量，从而获得广泛应用。

航测成图的比例尺可以由1:100000至1:500。在国防上普遍测制1:50000国家基本图，在经济建设上普遍测制1:10000国家基本图，各专业单位则经常测制各种更大比例尺的地形图。

煤炭系统所属各单位，目前已普遍测制1:10000和1:5000比例尺的地质勘探详查、精查用图，以及1:5000和1:2000比例尺的矿区基本建设和生产用的地形图。在地质勘探中，还利用航摄像片进行地质填图，并已取得较为满意的成果。

地面立体摄影测量较航测灵活机动。近年来发展较快，尤其用于陡峻山区和特殊地形

的测图、航测漏洞的补测和小面积测图，它更具有较大的优越性。除地形测图之外，在其它科学技术研究方面的应用也非常广泛。

近十年来，人们对近距离的、但不能接近或不能直接量测的目标，用地面摄影机或普通摄影机摄影，然后进行象片量测和研究，称为近景摄影测量，已成为摄影测量的一个新的分支。

就地形测量而言，航空摄影测量和地面立体摄影测量的使用条件不相同，有各自的局限性。一般说，测制各种地形条件和各种比例尺的大面积的地形图，以航测成图为主；地面立体摄影测量一般用于测制小面积、大比例尺的山区地形图。

总之，利用摄影测量可以解决多方面的技术问题，具有远大的前途。尤其是近年来，航测技术广泛引进电子、激光等新技术，使成图速度与精度得到很大提高。

采矿工程设计和生产，需要一定精度的大比例尺地形图，这就需要增大摄影比例尺，减低飞机的航速，降低航高。因而，一方面可采用长焦距摄影机，使在同样摄影比例尺的要求下，尽可能增加航高；另一方面可采用直升飞机，目前我国有些单位正在试验航模摄影。

近年来，发展了彩色摄影、红外线摄影和光谱摄影。红外线摄影能摆脱天气的影响，为全天候摄影创造了条件。彩色摄影和光谱摄影能在象片上表现出丰富多采的色调，便于判释，有利于航摄像片的综合利用。

航测内业仪器在自动化方面近期有很大突破，并已取得成效。地面数字模型法自动化测图，在断面扫描时，磁带上以适当间隔记录模型点坐标，输入电子计算机后，得出地面数字模型，然后由数控绘图机自动绘图。

随着正射投影技术的出现，带地物影像的地形图与带彩色地物影像的地形图，已进入使用阶段。这种正射影像地图，既具有象片的优点，又具有地形图的性质。目前已有不少国家生产这种能进行正射投影的仪器。

在我国工农业及国防建设迅速发展的道路上，摄影测量在提高成图精度和实现自动化方面，已取得可喜的成就。

第二章 摄影的一般知识

摄影就是利用摄影机拍摄景物，使感光材料曝光，再经过一系列摄影处理过程，最后得到象片。

第一节 普通摄影机

摄影机能够使景物在感光材料上建立光学影像。只用于拍摄风景和人物的摄影机称为普通摄影机（照相机）。普通摄影机的基本结构包括镜头、光圈、快门、镜箱、检影器及卷片装置等。目前，摄影机上还有自动测光和曝光系统。图 2-1 是普通摄影机的结构示意图。

一、镜头

镜头是摄影机的主要部分，它使被摄景物的光线聚焦在承影面（底片）上，构成清晰的影像。影像质量取决于组成镜头的透镜组的光学性能，为消除透镜的各种象差，必须用若干个不同曲率半径和化学成份的透镜组合成对称式物镜。这种构象误差很小的镜头称为正光镜头。

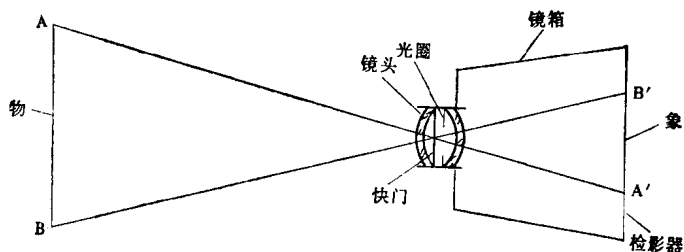


图 2-1 普通摄影机结构示意图

组成镜头的各个透镜的光学中心位于同一直线上，这条直线称主光轴。所有平行于主光轴的光线通过镜头后，都与主光轴交于一点（图2-2），称为主焦点。主焦点有两个，一个称为前方主焦点（物方） F_1 ，一个称为后方（象方）主焦点 F_2 。过焦点垂直于主光轴的平面称为焦面。在镜头的主光轴上有两个节点 s_1 、 s_2 ，从节点至主焦点的距离称为镜头的焦距，用 f 表示：

$$f = s_1 F_1 = s_2 F_2$$

因两节点间距离很小，通常把两节点看作一点，称镜头中心。

二、光圈

又称光栏，大多装在镜头透镜系中间。调节光圈的大小，可控制镜头的进光量和景

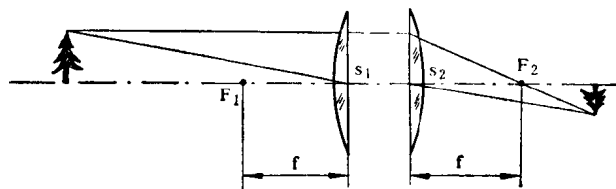


图 2-2 镜头成像

深。通常用的是彩虹式光圈，如图2-3。它由许多弧形金属薄片叠合而成，并装在圆环上。转动圆环（又称调节光圈），可调节由金属薄片构成的透光孔的大小。

三、快门

是控制曝光时间的装置。它和光圈配合起来，控制通过镜头的光线的多少。最简单的快门是镜头罩，曝光量用打开罩的时间来控制。目前在普通摄影机上，都用机械快门和电子快门。

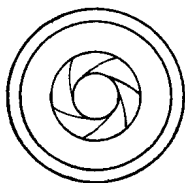


图 2-3 光圈

四、镜箱

镜箱也称机身是由不透光的黑幔(蛇复)或硬匣构成。它连接镜头和检影器，防止不经过镜头的光线射入摄影机内。

五、检影器

检影器也就是取景器。最简单的是一片毛玻璃，还有的是带象框的目镜。

第二节 镜头的主要特性

摄影镜头是摄影机的核心部件，它的性能是决定象片质量的一个重要因素。

一、镜头的焦距

镜头的焦距用 f 表示，一般标注在镜头的镶框上，如 $f = 45$ 毫米，或 $f = 70$ 毫米。

镜头的焦距直接影响影象的大小。焦距不同的摄影机以相同的物距摄取同一物体时，所得的象距 b 和影象大小是不同的。如图2-4。在摄影测量中，对同一距离的目标，用长焦距的摄影镜头所摄得的影象比例尺要比用短焦距镜头的大。摄影比例尺增大，有助于提高成图精度；但所摄面积较小，在摄影测量中就要增加摄影和测图的工作量。所以，应根据不同的需要，选取焦距适宜的镜头。

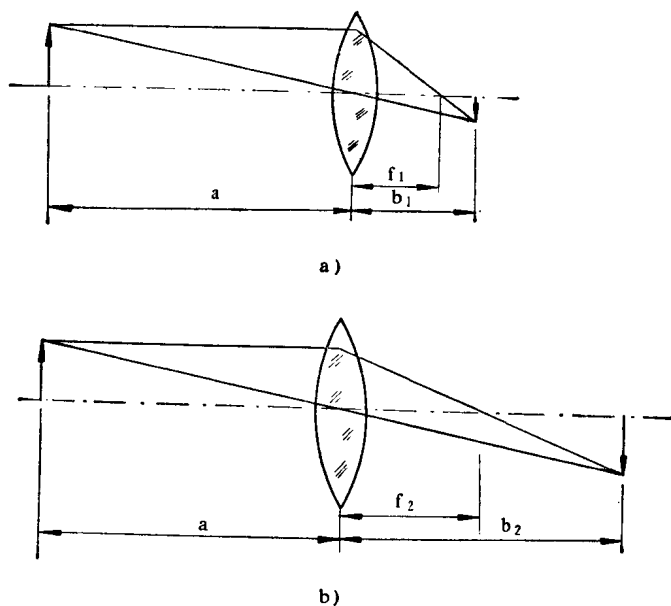


图 2-4 焦距与成像的关系

a) — 短焦距; b) — 长焦距

二、镜头的相对孔径和景深

镜头的一个极其重要的特性，是在焦面上能产生足够的照度。照度决定光学影象的亮度，它与镜头的入射光孔有关。在摄影机上，镜头的入射光孔称为有效孔径，常以 D 表示。有效孔径的大小，用光圈来调整。

镜头的有效孔径与焦距之比 $\frac{D}{f}$ 称为相对孔径，它也决定在焦面上的照度即光学影象的亮度。为使用方便，常取相对孔径的倒数 $\frac{f}{D}$ 作为衡量曝光时间的一个因素， $\frac{f}{D}$ 称为光圈系数，以符号 $f/$ 或 $F/$ 表示，常见的有下列两组级别：

$F/$	2	2.8	3.5	4	5.6	8	11	16	22
$F/$	2.2	3.2	4.5	6.3	9	12.5	18	25	36

一个镜头的焦距 f 是固定值，因而光圈系数与有效孔径成反比，光圈系数越小，光圈越大。相邻两个值中，后面值的平方接近于前面值的平方的一倍，如 $2 \times (4)^2 \approx (5.6)^2$ 。这样，要得到同样曝光量时，应使相邻两个光圈系数的曝光时间相差一倍。如果把 $F/4$ 的曝光时间定为 1，则可算出要获得同样曝光量时其后各光圈系数的相对曝光时间，如表 2-1 所列。

表 2-1

光 圈 系 数	4	5.6	8	11	16	22	32	45
相 对 曝 光 时 间	1	2	4	8	16	32	64	128

摄取有限物距的景物时，在底片上能够得到清晰影象的物距范围称为景深。决定景深的主要因素有三个：焦距、相对孔径和被摄物距。焦距长的镜头的景深小，焦距短的镜头的景深大。相对孔径大的景深小，露光时间就可缩短；物距越大，景深也越大。

三、镜头的视角与象角

通过镜头的光线照射到焦面上的照度是不均匀的，由中心到边缘逐渐降低。因此，光线通过镜头后，焦面上光照不均匀的圆圈，称为镜头的视场。摄影时，影象相当清晰的一部分视场称为象场。由镜头后主点向视场边缘所射出的光线所张的角称为视场角，以 2α 表示。由镜头后主点向象场边缘射出的光线所张的角称为象角，以 2β 表示，如图 2-5 所示。象场内截取的四边形称为象幅。为了充分利用象幅，航摄中，常用象场外切正方形做象幅。虽然象幅四角落在象场以外，但四角仅摄仪表的标志，并不影响底片影象质量。从图 2-5 可以看出，相同条件下，象角越大，摄影范围也越大。象角还与镜头的焦距有关，一般来说，焦距越长，象角越小。

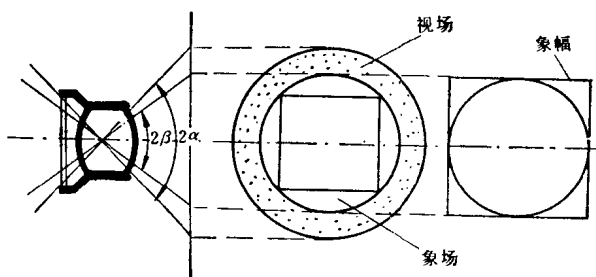


图 2-5 镜头的视角与象角

四、镜头的分解力

镜头的分解力表示镜头对被摄物体微小细节的分辨能力，其大小是用焦面上一毫米宽度内能清晰识别互相平行的线条数目来表示，即 $R = \text{条数/毫米}$ 。

镜头的质量，除消除各种象差的能力之外，主要是指镜头的分解力。目前，较好的正光镜头的 R 值可达200条/毫米以上。摄影中常说的分解力，实际上是指镜头和感光材料的分解力的总合。

第三节 感光材料的种类和特性

不同类型的感光材料，有不同的性质和用途。感光材料在摄影测量中占有重要地位。

一、感光材料的结构与分类

(一) 感光材料的一般结构

感光材料主要由感光乳剂层和片基组成。感光乳剂一般有溴化银、氯化银、碘化银三

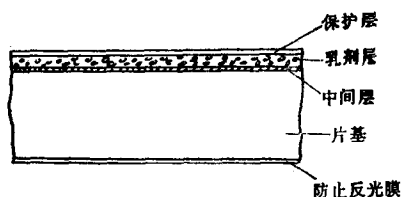


图 2-6 感光材料结构层次

种，统称为卤化银（或银盐）乳剂。为了使乳剂层能牢固地贴附在片基上，在乳剂和片基之间涂上一层中间层。为了保护乳剂表面，常涂一层透明胶质保护层。为了防止感光材料的反射，在片基背面涂上一层有颜色的防止反光的膜（亦叫防晕层）。感光材料的结构层次如图 2-6 所示。

(二) 感光材料的分类

1. 按片基分类

1) 干板：将感光乳剂涂布在玻璃板上，制成干板。优点是变形小，缺点是重量大、易碎。主要用于地面立体摄影和作多倍仪缩小片。

2) 胶片：将感光乳剂涂布在硝酸纤维或醋酸纤维上，制成胶片，亦称软片。优点是体积小、重量轻、且不易破碎。胶片有成卷装的，如航空胶片、普通照相胶卷，也有散页包装的。

3) 感光纸：将感光乳剂涂布在纸基上，通称相纸。按用途分印相纸、放大纸和印放两用纸等；按纸面光泽分大光纸、半光纸、无光纸和毛面纸等；按反差性能分1号、2号、3号、4号纸，分别表示反差为软性、中性、硬性、特硬性。

2. 从感光性分类

乳剂中加入不同的光学增感剂后制成的感光材料，对各种颜色的光有不同的感光能力。

1) 色盲片：只对蓝紫色等短波光有感光能力，是卤化银乳剂的天然感光性。可用作线划图的复照片、幻灯片和航测多倍仪缩小片等。

2) 正色片：它能感受红色光以外的一切可见光，但对绿色光感受甚微。用于无红色景物摄影和彩色图复照。

3) 全色片：它能感受人眼可见的一切光，但对绿色光感受较差。适用于一般摄影和航空摄影。

4) 分色片：它介于正色片和全色片之间，除暗红色外，对其它各种颜色有很好的感光性。在地面立体摄影测量中广为采用。

5) 红外片：在色盲片中加入红外增感剂，能感受人眼看不见的红外光。是航空摄影有前途的感光片。

每种感光片除感色性能外，其它性能也不同。所以要根据用途选择合理的感光片，才能获得满意的影象。

二、感光材料的特性

各种感光材料都有它自己的特性，如感光度、反差、宽容度等。只有了解感光材料的特性，才能更好选择和使用感光材料，以取得较好的摄影成果。

(一) 感光度

感光材料对光的敏感程度，或者说感光后能起光化学作用的程度，称为感光度。每种感光片都有固定的感光度。由于各国测定方法不同，标准也不同，目前我国以“GB”多少度为标准，如GB21°或GB24°，它和德国标准DIN相同。常见的还有几种标准，如美国的ASA、苏联的ГОСТ等。它们的换算关系见表2-2。

表 2-2

GB 中国标准 DIN 德国标准	ASA 美国标准 WESTON 韦斯顿新制	ГОСТ 苏联标准
12°	12	11
15°	25	22
18°	50	45
21°	100	90
24°	200	180
27°	400	360
30°	800	720

感光度是摄影时决定曝光时间的一个重要因素。感光度越高，所需曝光时间越短，中国标准每增加3°，感光度提高一倍，则所需要的曝光时间可减少一半。

(二) 反差和反差系数

反差即明暗、黑白的对比差。它有两个含义：一是被摄景物亮与暗的亮度差别，称为景物亮度反差；二是感光材料（胶片、相纸）感光后成象黑白的深浅不同，称为影象密度反差。这两种反差是用比值来表示的。

亮度反差是指亮是暗的几倍，即用光比来表示。室外和室内亮度值相差很大，但只要亮暗之比相等，就是光比一样，即反差一样。

摄影过程把被摄景物亮度反差，通过曝光和显影，变为负片上影象反差。景物反差和影象反差之间的关系，是感光材料的一个重要特性，称为反差系数，以 γ 表示，

$$\text{反差系数 } \gamma = \frac{\text{影象反差}}{\text{景物反差}}$$

负片反差系数 γ 值一般在0.8左右。为了还原景物反差，选用印相纸的反差系数 γ 一定要大于1。这样，不同 γ 值的正负片相配合，就能正确地再现被摄景物的反差。

如果景物反差一定，反差系数大时，获得的影象反差大；反差系数小时，则影象反差小。

反差系数 γ 也与显影过程有关，调整显影液成分，也可获得不同的反差。

（三）宽容度

感光材料所能容纳被摄景物反差的范围，也就是按比例记录被摄景物反差的能力，称为宽容度。宽容度大，容纳被摄景物亮度差的范围也大，影象的层次也丰富。目前较好的黑白负片可容纳的亮度差为1:128，有时亮度差会大大超过宽容度允许的范围。例如，一个背光穿黑衣的人，眺望窗外明亮的白雪，黑衣和白雪亮度差相差数千倍。这时，两者就不能兼顾。

宽容度和反差系数大小成反比。反差系数大，则宽容度小；反差系数小，则宽容度大。所以，显影过程应尽量把反差系数调小一些，不仅能使影象反差柔和，同时也能获得较大宽容度，使层次丰富细腻。

（四）灰雾度

感光片未经曝光而显影出来的密度称为灰雾度。灰雾度越小，感光材料质量越好。如果超过限度（大于0.3），就会使影象的反差降低，象面灰暗而不透明，这样的感光片将不能使用。产生灰雾的原因：一是制造时乳剂不纯；二是感光片过期或保管不善；三是显形不当或安全灯不合格。

第四节 普通摄影方法

普通摄影一般是指利用普通摄影机对某一景物进行摄影，例如人物摄影，风景摄影。要获得理想的摄影成果，必须要掌握摄影技术、懂得感光材料性能、学会冲洗技术；此外，还应掌握取景艺术。掌握普通摄影方法，是掌握航（陆）摄技术的基础。

一、摄影前的准备工作

摄影前，首先要熟悉摄影机的性能。如了解检影器（取景器）和调焦的结构类型、调节快门和光圈的方法等；其次，应根据被摄对象选择适当的感光材料（胶卷）。如拍摄图纸、仪器，须选用反差大、感光速度慢（GB17°）的胶片；拍摄动景时，需选用感光速度快、反差小的快速感光片，一般以GB24°为宜。

摄影之前，还要考虑光源位置。光线和拍摄方向所成的角度不同，效果也不同。如拍摄方向与光线成90°，则被摄对象就会黑白分明；如果拍摄方向和光线成180°，即逆光摄影，所得照片影象发虚；室外利用自然光拍摄风景、人物时，通常选择光线照射方向与拍摄方向成45°为好。

二、取景与对光

取景就是把镜头前面各种不同的对象，有选择地、合理地安排在一张有限的画面上，以充分表现出摄影的目的性，力求主题鲜明、精练。

对光又称调焦。正确调焦，才能保证影象清晰。

三、选择光圈系数

光圈系数的大小决定进光量的多少，同时又影响景深。因此，光圈系数要根据允许的曝光时间、景物的亮度和要求的景深来选择。光圈系数越小，象面照度越大，曝光时间就可短些。在充足的光线下，景物亮度大，为了使被摄景物前后都成象清晰，应选择较大的光圈系数。

四、选择曝光时间

影响曝光时间的因素很多，在实际应用中，可按下式考虑

$$t = \frac{4 \cdot \left(\frac{f}{D}\right)^2}{s \cdot E_{\text{物}} \cdot r} \quad (2-1)$$

式中 t ——曝光时间;

$\frac{f}{D}$ ——光圈系数;

s ——感光度;

$E_{\text{物}}$ ——景物照度;

r ——物体反射系数。

从式 (2-1) 可以看出: (1) 景物照度与曝光时间成反比; (2) 光圈系数的平方与曝光时间成正比; (3) 感光度与曝光时间成反比。

五、滤光片的应用

滤光片是一种有色玻璃片或有色胶片。普通摄影使用滤光片的目的是, 是限制或阻止对分色、全色感光片特别敏感的蓝、紫色光, 而使黄绿色光通过, 使底片上的浓淡色调对比与人的视觉相近似。如拍摄蓝天白云, 由于蓝天极亮, 在底片上会与白云没有区别, 加了黄色滤光片后, 就可阻挡蓝天反射的大量蓝、紫色光作用于感光片, 从而使白云能很清楚地显示出来。

不论使用何种颜色的滤光片, 都会吸收一部分光, 故曝光时间应加长。需要增加的时间倍数, 在滤光片制成后预先测定。这个时间倍数在摄影上称为滤光倍数。

第五节 摄影处理

摄影后在感光片上所获得的是看不见的潜象, 还必须进行一系列化学处理, 才能获得可见的影象——底片; 由于底片的影象色调恰与实际景物色调相反, 故底片又称为负片。将负片与相纸经过接触晒印后, 在相纸上又获得潜象, 再经过化学处理, 就获得可见的影象——象片; 由于象片的色调与实际景物的色调一致, 象片又称为正片。由潜象获得可见影象的过程称为摄影处理。获得底片的称为负片过程, 获得象片的称为正片过程, 这两种摄影处理过程的实质是一致的, 都包括显影、定影、水洗和晾干 (或烘干) 等过程。

一、显影

(一) 显影的基本原理

显影就是将感光材料上已感光的银盐 (潜象), 在显影液的作用下进行氧化还原反应。显影时, 盐成为化合物离去, 银被还原, 成为黑色银粒, 堆积成黑色影象。由于景物亮度不同, 银盐的密度在化学反应中, 便产生了薄厚不均的明暗色调。

(二) 显影液的成分

显影液含有显影剂、促进剂、保持剂和抑制剂四种成分。

1. 显影剂: 是显影液的主要成分, 它的作用是将已曝光的银盐还原为黑色的金属银粒, 故也称还原剂。常用的显影剂有米吐尔和儿奴尼。

米吐尔的还原作用强, 能充分显出感光微弱部分的影纹, 但反差较小, 所以它是一种显影速度快的软性显影剂。儿奴尼的显影速度较慢, 能获得较大反差, 为硬性显影剂。两者配合使用, 可制成软性、中性和硬性的不同显影液。

2. 促进剂：又称加速剂。为了加速显影作用，常在显影液中加入碱性物作为促进剂。如氢氧化钠（强碱）、碳酸钠（中性碱）、硼砂（弱碱）等。强碱对显影液促进作用强，使显影速度快，反差大；弱碱的作用则相反。

3. 保持剂：为了防止显影液氧化失效，在显影液中常加入酸性物质作保持剂，以延长显影液的使用时间。最常用的是无水亚硫酸钠。它不仅可以吸收显影液中的氧，还有轻微的溶解银盐的作用。所以在微粒显影液中，无水亚硫酸钠的用量很大，以使银盐溶解成微小的颗粒，使影象细腻。

4. 抑制剂：为防止未感光银盐还原，不使影象产生灰雾，常在显影液中加入溴化钾作抑制剂，同时它还可以增加反差。

（三）负片显影

显影可在盆中或显影罐中进行，先按显影要求选择配方和配制显影液，并须保持规定的显影温度。在显影中，正确掌握显影时间是负片处理质量好坏的关键。显影应在完全无光的暗室中进行。在显影两分钟后才能打开绿色安全灯，以便在安全灯下直接观察显影程度，断定显影时间是否合适；开安全灯的时间应尽量短。

也可与标准样片作比较，确定合适的显影时间。负片头上剪下一块，放入显影液2~3分钟后，打开安全灯，目视检查显影程度，当影象的黑度和反差与标准样片一致时，记下显影时间，整卷负片即可按此时间进行显影。

二、定影

（一）定影的基本原理

显影后，感光片上还存留一些未感光的银盐和感光少而没有还原的银盐，这些银盐如果仍旧留在感光片上，不但影响透明度，而且见光后又要起光化学反应，破坏影象。所以必须把这些多余银盐用定影液溶掉，使影象永久固定。

（二）定影液的成分

定影液含定影剂、停显剂、坚膜剂和保持剂四种成分。

1. 定影剂：它的作用是将未感光或感光少的、在显影时未还原的银盐溶解掉。是定影液的主要成分，常用硫代硫酸钠，又称大苏打。

2. 停显剂：由酸性物质组成，能中和乳剂深处的显影液，达到停止显影作用。常用醋酸、硼酸、硫酸等。

3. 坚膜剂：为防止乳剂层在水洗过程中过分吸水膨胀，致使药膜脱落或损伤，所以在定影液中加入坚膜剂。常用钾矾（硫酸铝钾）、铬矾（硫酸铬钾）。

4. 保持剂：硫代硫酸钠溶液中加入亚硫酸钠作保持剂，能防止分解，延长定影液使用寿命。

（三）负片定影

负片显影结束后，马上在清水中漂洗，然后再放入定影液中定影。漂洗的目的是防止将显影液带入定影液中，破坏定影液。定影可在安全红灯下进行。负片反面乳白色的溴化银退去，在负片完全透明后，再延长同样时间，使定影充分。

三、水洗

负片经显影、定影后，必须经过充分水洗。水洗可用静水，但必须经常换水，随时搅动，一般需30分钟；也可用流动水，这种方法较好，水洗15分钟即可。

四、晾干

负片经水洗后要晾干。不能在阳光下曝晒或高温烘烤，以防药膜起皱。

为了得到正片，须用相纸印象。印象前，要根据负片的反差情况选择适当的相纸和显影液。如负片反差大，应选择软性相纸或软性显影液；负片反差小，应选择硬性相纸或硬性显影液，以便获得反差适中的象片。

印象一般采用接触晒印，即将负片药膜朝上，放在印相机的承片玻璃上，再将相纸药面朝下，放在负片上，压紧后曝光，即获得潜象正片。

相纸曝光后，经过显影、定影、水洗和烘干等过程，即可获得象片。

正片过程可在红色安全灯下进行。

第三章 航空摄影及航摄像片的一般特性

航空摄影测量用航摄像片测制地形图，包括航空摄影，航测外业和航测内业等工序。航摄像片是航测成图的基础资料，本章介绍航空摄影过程及航摄像片的一般特性，以便了解航摄像片与地形图的差别，以及象片测图的过程。

第一节 航空摄影

一、航摄影

航摄影是专供空中摄影用的摄影机。由于航摄影一般从几千米高空对地面摄影，物距 a （即航高 H ）相对于象距 b ，可认为 ∞ 。因此从物象公式：

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

可得

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (3-1)$$

式中 a —— 物距，表示航摄影镜头至景物的距离；
 b —— 象距，表示航摄影镜头至成象面的距离；
 f —— 航摄影焦距。

由上式可看出， $b = f$ ，也就是象距等于航摄影焦距，这是航摄影的一个特点。此外，根据成图要求，航摄影在摄影曝光的瞬间，主光轴要保持与地面垂直，相邻两张象片要保持一定的重叠，即在飞行摄影过程中，曝光保持一定的间隙。航摄影由镜箱、暗盒、座架、以及附属设备等构成，如图 3-1。

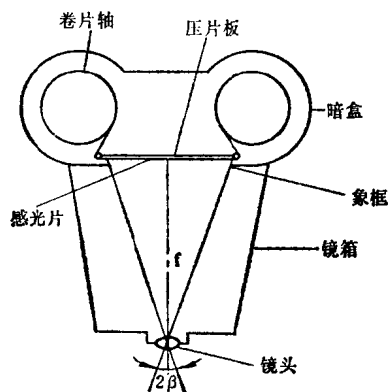


图 3-1 航摄影结构图

（一）镜箱

镜箱是航摄影的主体，包括镜头、快门、自动调节曝光装置、象框和框标等主要部分。

镜头安装在镜箱前部，焦距一般有 70 毫米、100~150 毫米、200~210 毫米几种。象框位于镜箱后部，固定象幅尺寸，一般为 18 厘米×18 厘米、23 厘米×23 厘米。象框有四个框标，框标间连线的

交点为象片中心点，摄影时镜头主光轴应垂直底片，并通过象片中心点，以获得垂直摄影的象片。摄影时在象框角上可将时表、水准器、片号记数器等一起摄到底片上。

航摄影一般为中心式快门，速度最高可达 1/500 秒以上。自动曝光装置可根据光照条件自动调节光圈大小，使曝光量正常。

（二）暗盒

航摄影暗盒装在镜箱的上部，有两个卷片轴，安装航摄影胶卷。为保证曝光时软片紧贴