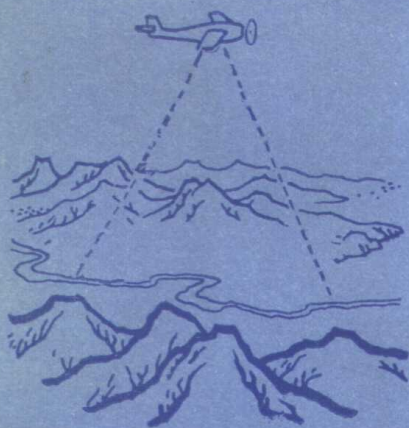


铁路勘测设计基础丛书

# 铁路航空摄影测量

铁道部西南交通大学航测专业编



人民铁道出版社

# 铁路航空摄影测量

铁道部西南交通大学航测专业编

人 民 铁 道 出 版 社

1978年·北京

## 内 容 简 介

本书为铁路航空摄影测量基础知识读物，对铁路航测生产作业的全过程作了扼要的介绍。全书共分八章，重点介绍铁路航测外业控制测量，象片调绘以及多倍仪测图、立体量测仪测图的原理、方法和步骤。在附录中，对我国铁路系统常用的精密立体测图仪及X-2型立体测图仪作了简单介绍。

本书可作为航测生产作业人员训练班教学用，亦可供铁路勘测技术人员及高等学校测量专业学员参考。

### 铁路航空摄影测量

铁道部西南交通大学航测专业编

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张：13.125 字数：291 千

1978年6月第1版 1978年6月第1次印刷

统一书号：15043·6113 定价：0.95元

# 前 言

铁路勘测过去都是采用地面勘测方法进行的，它与航测比较，劳动强度大、生产效率低，方法落后。我国铁路航测，是在解放后开始采用的，通过二十多年的实践，积累了经验，并已逐渐形成具有我国特点的铁路航测方法，取得了可喜的成绩，深受我国广大铁路勘测队员的欢迎。我们相信在伟大领袖毛主席的革命路线指引下，在英明领袖华主席“抓纲治国”战略决策指导下，铁路航测必将得到更广泛的发展，为我国实现四个现代化，作出应有的贡献。

为了培养铁路航测生产作业人员，我校与铁道部第二设计院曾于 1975 年举办了“铁路航测生产作业人员训练班”。本书是根据该训练班教材改编的，编写提纲及内容都经过铁道部第二设计院航测处有关同志审阅，并提出了宝贵意见，经修改后定稿。在编写中还得到有关业务部门及兄弟院校的大力协助和支援，在此表示衷心的感谢。

由于我们水平不高，时间仓促，不论在政治思想上或内容上，一定存在着不少的缺点和错误，诚恳地希望读者批评指正。

西南交通大学航测专业

一九七七年九月

# 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 绪 论                    | 1   |
| 第一章 航空摄影               | 4   |
| § 1 航空摄影基本知识           | 4   |
| § 2 航带设计和摄影前的准备工作      | 15  |
| § 3 空中摄影及摄影处理          | 17  |
| § 4 航空摄影质量的评定          | 28  |
| § 5 航摄象片与地形图的区别        | 29  |
| 第二章 控制测量               | 34  |
| § 1 概述                 | 34  |
| § 2 外控点的布点原则及方法        | 34  |
| § 3 外控点的选刺             | 42  |
| § 4 外控点平面位置的测定         | 44  |
| § 5 外控点高程的测定           | 101 |
| § 6 资料整理及成果上交          | 110 |
| 第三章 象片判读与调绘            | 111 |
| § 1 概述                 | 111 |
| § 2 象对的立体观察            | 112 |
| § 3 象片判读               | 116 |
| § 4 象片调绘               | 121 |
| § 5 象片调绘的作业过程          | 129 |
| 第四章 航摄象片的基本性质和象片平面图的编制 | 133 |
| § 1 航摄象片上的主要点和主要线      | 133 |
| § 2 航摄象片的内方位元素和外方位元素   | 135 |
| § 3 象片倾斜引起的象点移位——倾斜误差  | 138 |

|      |                                  |     |
|------|----------------------------------|-----|
| § 4  | 地面起伏引起的象点移位——投影误差 .....          | 145 |
| § 5  | 象片纠正的概念 .....                    | 148 |
| § 6  | 大型纠正仪 .....                      | 151 |
| § 7  | 航摄像片的纠正作业 .....                  | 155 |
| § 8  | 光学机械纠正原理 .....                   | 162 |
| § 9  | 大型纠正仪上的直角控制器和直尺控制器 ...           | 172 |
| § 10 | H-30 大型自动纠正仪和 H-24 型纠正仪.....     | 176 |
| § 11 | 象片平面图的编制.....                    | 180 |
| § 12 | 光学镶嵌.....                        | 181 |
| 第五章  | 多倍仪测图.....                       | 183 |
| § 1  | 多倍仪测图的基本原理 .....                 | 183 |
| § 2  | 多倍仪的构造 .....                     | 188 |
| § 3  | 多倍仪测图的作业方法 .....                 | 194 |
| § 4  | 相对方位元素和相对定向方程式 .....             | 208 |
| § 5  | 光学机械法相对定向原理 .....                | 222 |
| § 6  | 大地定向的原理 .....                    | 228 |
| § 7  | 模型连接 .....                       | 229 |
| § 8  | 多倍仪上立体观测的原理 .....                | 231 |
| § 9  | 杠杆缩放仪和缩小仪 .....                  | 233 |
| § 10 | 多倍仪测图小结.....                     | 239 |
| 第六章  | 立体量测仪测图.....                     | 243 |
| § 1  | 立体量测仪测图概述 .....                  | 243 |
| § 2  | LCY-1 型立体量测仪的结构和立体<br>量测原理 ..... | 247 |
| § 3  | 立体模型的扭曲 .....                    | 253 |
| § 4  | 立体量测仪上校正机械的构造和作<br>用原理 .....     | 264 |
| § 5  | 象片定向 .....                       | 287 |

|       |                         |     |
|-------|-------------------------|-----|
| § 6   | 在立体量测仪上描绘地貌 .....       | 293 |
| § 7   | 分带投影转绘 .....            | 302 |
| 第七章   | 解析空中三角测量(电算加密).....     | 314 |
| § 1   | 概述 .....                | 314 |
| § 2   | 解析空中三角测量航线网法的基本理论 ..... | 315 |
| § 3   | 解析空中三角测量航线网法的作业过程 ..... | 347 |
| 第八章   | 地面立体摄影测量.....           | 357 |
| § 1   | 概述 .....                | 357 |
| § 2   | 地面摄影方式及其作业公式 .....      | 358 |
| § 3   | 地面立体摄影测量外业的仪器设备 .....   | 362 |
| § 4   | 地面立体摄影测量的外业工作 .....     | 368 |
| § 5   | 地面立体摄影测量的内业测图工作 .....   | 373 |
| 附录 I  | 精密立体测图仪简介.....          | 380 |
| 附录 II | X-2 型立体测图仪简介 .....      | 406 |



## 绪 论

铁路航测是用航空摄影测量的方法进行铁路勘测，目前在我国已比较广泛地应用。

铁路航测主要为铁路设计提供大比例尺地形图(1/2000, 1/5000)，也可以得到有关地质及水文等方面的资料。过去，我国铁路勘测都是用地面勘测方法进行的，工作方法落后，劳动强度大，不能适应社会主义建设的要求。解放后，采用了航测技术，逐步改变了我国铁路勘测的落后面貌，这是我国铁路勘测方法的一次重大改革。目前，我国各铁路设计单位，都已建立了航测机构，为在我国铁路推广航测技术，提供了有利条件。

实践证明，用航测方法进行铁路勘测是符合多快好省建设铁路的要求的。它与地面勘测比较，有以下几方面的优点：

1. 利用航测方法成图，可将大量的外业测图工作，移到室内进行，减少了繁重的体力劳动，改善了劳动条件。尤其在山区或交通不便人烟稀少的地区，其效果更加显著。

2. 与地面测图比较，航测成图精度均匀。地面测图是逐级控制的，因此在图纸上的点位，其精度是不均匀的。而航测方法成图，可以在象片上同等地得到碎部点的相关位置，因此它各部分的精度是比较均匀的。

3. 航摄象片真实地、客观地、全面地反映了地面情况，在铁路勘测工作中，可以进行多方面的综合利用。如地质方面，在象片上可以判释地质构造及不良地质现象（断层、滑坡、岩堆、崩塌、砂丘、沼泽等），作为工程地质测绘的有

效辅助手段。水文方面象片能够详尽地反映河流流域情况、河床冲刷淤积情况等，在桥渡位置选择方面有很大价值。立体象对可以在室内建立立体模型，为线路方案研究提供了方便条件。

4. 测图工作移在室内进行，可不受自然条件及天气等因素的影响，有利于全年均衡生产。

但航测方法还存在着缺点：航测外业劳动强度仍然较大；测图仪器复杂，生产仪器还有一定限制；航空摄影受天气等因素的限制，往往成为控制因素；用航测方法进行大比例尺测图的质量还有待于提高，以及根据线路要求减少测图面积、在铁路勘测中充分利用航摄资料等，需要在实践中逐步解决和加以提高。

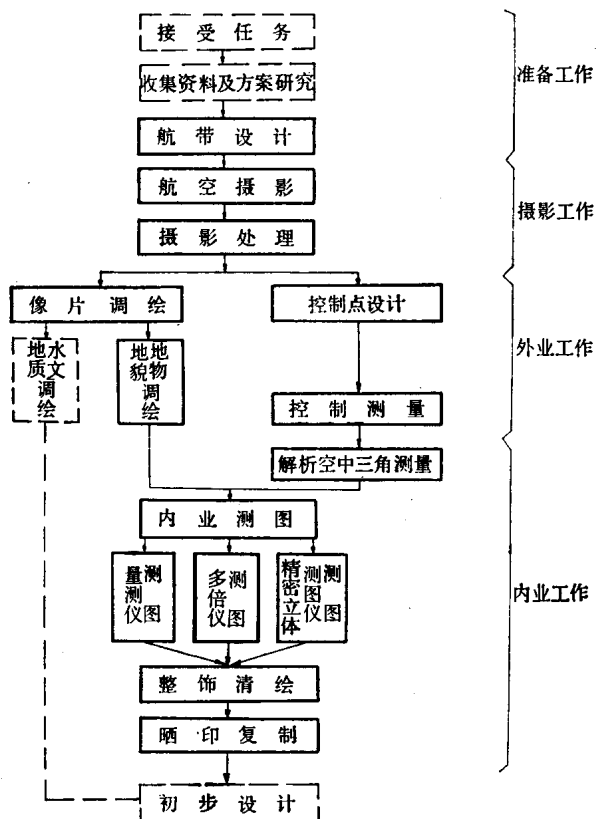
铁路航测的作业过程包括(参见第3页)：

准备工作：包括收集勘测地区的有关资料；进行方案研究；确定测图及摄影范围；进行航带设计等。

摄影工作：编制摄影计划；进行航空摄影、摄影处理，取得航摄像片。

外业工作：包括象片调绘及控制测量。象片调绘是将地面上地物、地貌及地质水文等资料，通过野外调绘，描绘在调绘片上，供内业测图及铁路设计使用；控制测量是将象片上选定的若干平面及高程控制点，与已知控制点联测，以求得外控点的大地坐标和高程，作为内业加密及测图的依据。

内业工作：在测图前要根据外控点进行加密，求得内业测图必需的加密点的平面坐标及高程，内业加密的主要方法是解折空中三角测量——即电算加密。内业测图是在测图仪器上进行的，常用的方法有立体量测仪测图，多倍仪测图及精密立体测图仪测图等。底图经清绘、整饰得到地形原图，经复制后，即可供设计使用。



# 第一章 航空摄影

把航空摄影机(简称航摄仪)安装在飞机上,按预定计划对地面进行摄影,经摄影处理后获得地面影象的航摄象片的全部作业过程称为航空摄影。

由于航摄象片能够真实、详尽而又清晰地反映地面的情况,所以它不仅是航测成图的依据,也是铁路选线、水文、地质等工作的重要资料。航空摄影的质量好坏,对成图精度和航摄象片的综合利用都有很大的影响,因此航空摄影是铁路航测的重要工序之一,必须严肃认真的做好这项工作。

## §1 航空摄影基本知识

### 一、航 摄 仪

航摄仪是航空摄影的主要仪器,此外还附有电动机、座架和指示器等设备,其全貌如图 1-1 所示。

航摄仪由镜箱、镜头和暗盒三部分组成(如图 1-2)。镜箱用坚硬的金属材料制成。由于航空摄影时物距很大,与象距相比较,我们可把物距看成无穷大,所以航摄仪的象距就等于镜头的焦距,因此在镜箱上端位于焦平面处装有一个边线严格在同一平面上的框架,作为成象面。镜箱的上端与暗盒紧密联结,软片从压平板和框架之间穿过并卷在两个卷片轴上。一般航摄仪可装 60 米长的航空软片,新型航摄仪可装片 120 米。摄影时用抽气装置将空气从软片和压平板之间抽出,使软片紧贴在压平板上,或利用飞机的高速飞行将空气输入暗箱迫使软片与压平板密贴,同时用机械方法将压平板

连同软片一起向下压，使软片平面与框架平面(镜头的焦面)重合，以获得准确而清晰的影象。框架上还附有四个框标，摄影时它们也被摄取在底片上，对应框标连线的交点即为象片

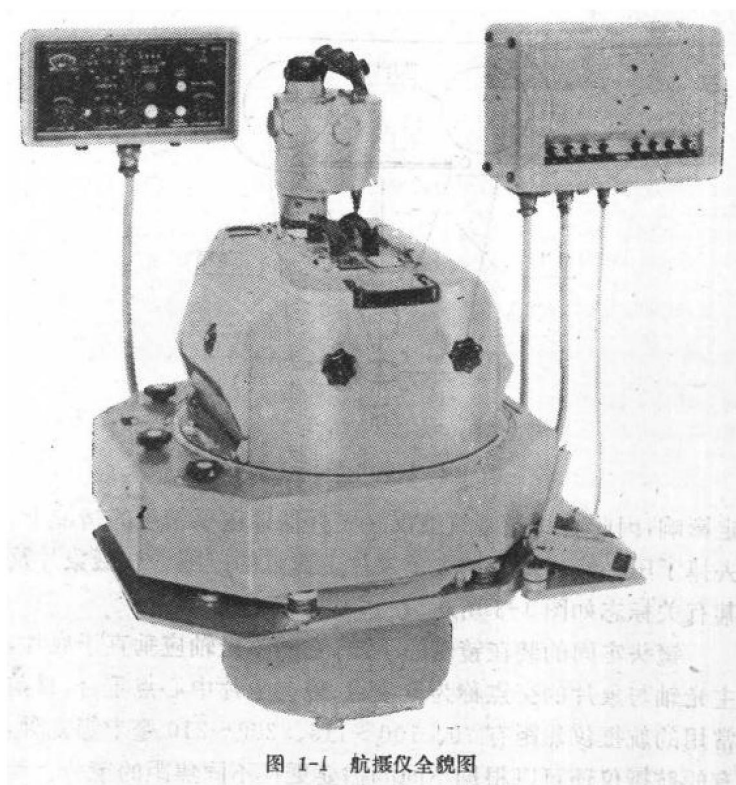


图 1-1 航摄仪全貌图

中心点，对应框标之间距离即为象幅，有 18 厘米×18 厘米、23 厘米×23 厘米、30 厘米×30 厘米等几种，目前我国常用的象幅为 18 厘米×18 厘米。

在镜箱里还装有时表、圆水准器、片号记录器等仪表，摄影时这些仪表的影象也被摄取在象片的角隅上，借以记录摄影时间、象片倾斜角的大小和象片号码。距象片边缘 2 厘

米处的四条细金属线称为压平线，摄影时压平线也被摄在象片上，量测压平线影象的直线性，可以概略检查摄影时底片的压平程度。由于压平线在象幅范围之内，对象片选点有一

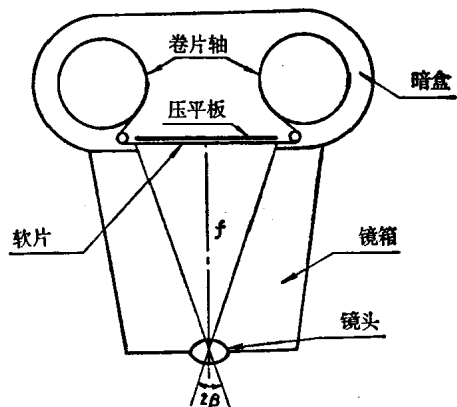


图 1-2 航摄仪结构示意图

定影响，因此有些新型航摄仪在充分保证压平精度的情况下，去掉了压平线，从而扩大了象片上选点的范围。航摄像片及其有关标志如图 1-3 所示。

镜头牢固的装在镜箱的下端，它的主光轴应垂直于底片，主光轴与象片的交点称为象主点，应与象片中心点重合。目前常用的航摄仪焦距有 70、100~115、200~210 毫米等几种，有的航摄仪还可以根据不同的需要更换不同焦距的镜头。镜头内装有快门，其曝光时间范围约为  $\frac{1}{25}$  秒至  $\frac{1}{500}$  秒。

航摄仪借助于座架安装在飞机上。座架还有减少飞机的震动、改正航偏角和置平航摄仪等用途。

航摄仪在摄影过程中是自动操纵的，压平、曝光、卷片以及每隔一定时间拍摄一次都是自动完成的。航摄仪的工作

情况可通过指示器了解和控制。

航摄仪依其镜头象角( $2\beta$ )的大小可分为四类:

1. 窄角航摄仪:  $2\beta < 45^\circ$ , 此类航摄仪焦距较大, 适于拍摄较大比例尺的航摄像片;

2. 常角航摄仪:  $45^\circ < 2\beta < 75^\circ$ , 焦距为 200~210 毫米, 适于拍摄较大比例尺的航摄像片;

3. 宽角航摄仪:  $75^\circ < 2\beta < 110^\circ$ , 焦距为 100~115 毫米, 适于拍摄较小比例尺的航摄像片;

4. 特宽角航摄仪:  $2\beta > 110^\circ$ , 焦距为 55~70 毫米, 适用于拍摄小比例尺的航摄像片。

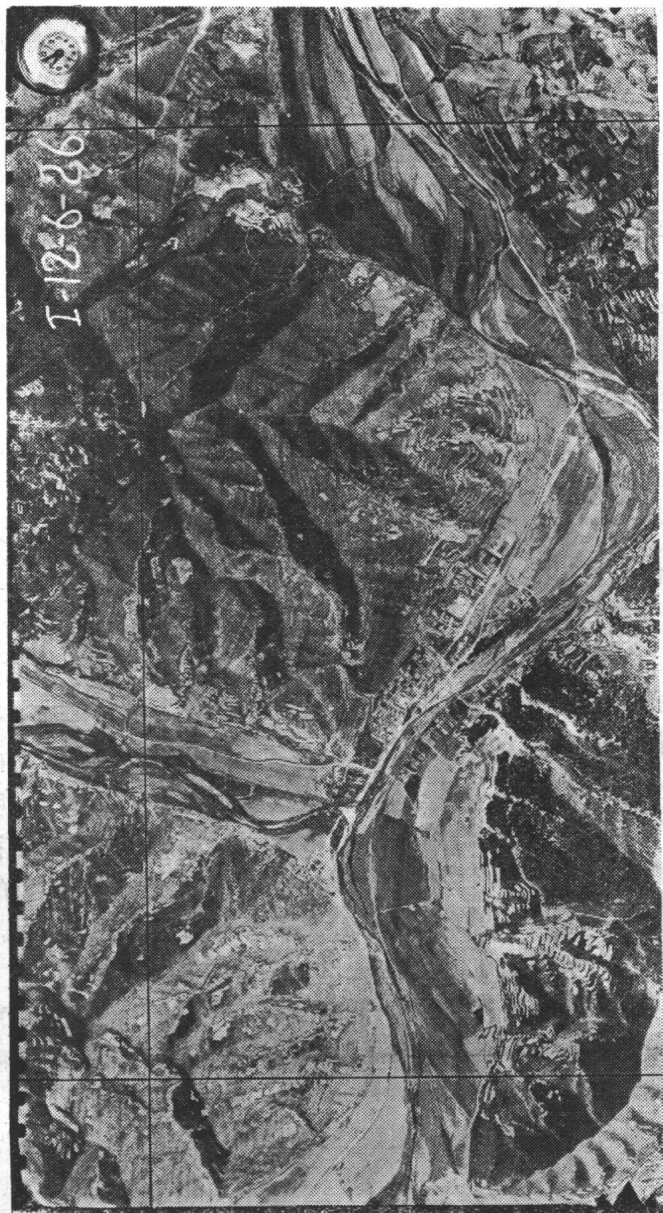
## 二、感光材料

感光材料是航空摄影的主要材料, 它包括摄影底片和象纸两种。

感光材料是在片基上涂布感光乳剂层(俗称药膜)制成的。赛璐珞做片基的感光材料称为软片, 用于航空摄影或其他摄影; 玻璃做片基的感光材料称为硬片, 用于地面摄影或制做航测内业测图的透明正片, 以及复照等; 纸做片基的感光材料称为象纸, 用于晒印象片。感光乳剂是由悬浮在明胶中的卤素银盐组成的, 明胶作为涂布的介质, 不起感光 and 成象作用, 而卤素银盐则是经光化作用(曝光)后形成影象的部分, 它是感光乳剂的主要成分。卤素银盐主要是溴化银、碘化银和氯化银三种。

溴化银乳剂是由溴化钾和硝酸银在明胶中化合而成的, 它的感光性能很强, 主要用于制做感光较快的摄影底片和放大象纸。

氯化银乳剂则是感光较慢的感光材料, 主要用于制做象纸。



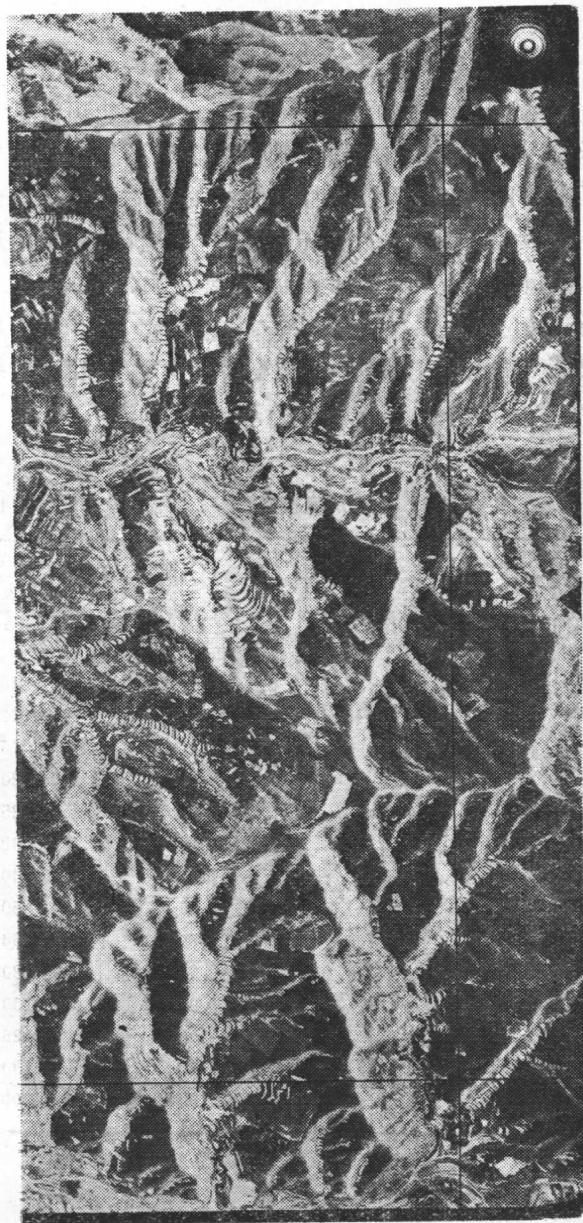


图 1-3 航摄象片

碘化银乳剂则用于制做复照用的湿板。

感光材料的感光速度称为感光度，它不仅和卤素银盐的种类有关，而且和银盐的颗粒大小有关，银盐颗粒越大感光速度越快，但颗粒大地面微小景物的影象不易准确地反映出来，也不适于放大。而银盐颗粒微小的底片可以获得细腻的影子，虽经过放大也不会破坏影象。一般胶卷感光度通常以GB(中国标准)、DIN(德国标准)、SCH(欧洲标准)、FOCT(苏联标准)……等几种标准表示。在每一种标准中度数愈大，其感光速度愈快，如GB制每增加 $3^\circ$ ，感光速度约快一倍。它们之间的换算关系如表1-1。

感光度换算表

表 1-1

| GB<br>(中国标准)<br>DIN<br>(德国标准) | SCH<br>(欧洲标准) | FOCT<br>(苏联标准) | A.S.A<br>(美国标准)<br>韦斯顿<br>(Weston)新制 |
|-------------------------------|---------------|----------------|--------------------------------------|
| 11                            |               | 8              | 10                                   |
| 12                            |               | 11             | 12                                   |
| 13                            |               | 16             | 16                                   |
| 14                            |               | 20             | 20                                   |
| 15                            | 28            | 22             | 25                                   |
| 16                            | 29            | 25             | 32                                   |
| 17                            | 30            | 32             | 40                                   |
| 18                            | 31            | 45             | 50                                   |
| 19                            | 32            | 50             | 64                                   |
| 20                            | 33            | 65             | 80                                   |
| 21                            | 34            | 90             | 100                                  |
| 22                            | 35            | 100            | 125                                  |
| 23                            | 36            | 130            | 160                                  |
| 24                            | 37            | 180            | 200                                  |