

凸版照相制版 工艺原理

王 泰 编



上海印刷学校

前 言

本教材是在我校 1962 年版《凸版照相制版工艺学》、《凸版制版化学原理》两书的基础上，根据近二十年来的工艺发展状况重新编写的。全书按照相、制版两大工序分编成八章，各章重点阐述工艺的基本原理与工艺规律；为适应实习教学的需要，对其工艺技能、工艺要点、药品配方和故障分析等均作了扼要讲解。

液体、固体感光树脂版和电子刻版机的基本原理两方面内容，因本校另有专门教材，故均从略。

本教材在编写中曾参考了《彩色照相制版》——北京印刷公司选编之四；《铜锌版照相制版操作技术》——中国印刷科学技术研究所；《直接加网分色》——山西印刷技术研究所；《聚乙烯醇的性质和应用》——北京有机化工厂研究所；《表面活性剂》——天津轻工业化学研究所；以及本校 1964 年出版的《制版照相化学》、《制版照相光学》、《印刷色彩学》和国内有关印刷技术资料、我校翻译的有关译稿等。

在编写过程中曾得到京、津、济、沪印刷技术研究所和工厂各位同行的大力支持。张石柱、汪兆良两同志对本教材进行了校阅，在此一并谨致谢忱。

限于编者水平，书中不少内容又未加验证，谬误和不妥之处定所难免，恳盼批评指正。

王 泰

1981 年 2 月

目 录

第一章 制版照相主要设备	1
第一节 制版照相机.....	1
第二节 制版镜头.....	11
第三节 光源、网屏与密度计.....	15
第二章 单色线条和单色网线拍摄原理	28
第一节 原稿检查与复制工艺设计.....	28
第二节 线条拍摄的基本原理.....	33
第三节 网线拍摄的基本原理.....	41
第三章 碘棉胶湿片工艺	70
第一节 碘棉胶.....	70
第二节 卤化银与潜影.....	78
第三节 显影.....	82
第四节 定影.....	86
第五节 湿片加厚、减薄与黑化.....	88
第六节 湿片常见故障.....	92
第四章 彩色原稿分色工艺	98
第一节 分色的基本原理.....	98
第二节 感光片的性能.....	102
第三节 分色工艺.....	121
第四节 蒙版.....	161
第五节 直接加网分色工艺.....	195
第五章 晒版	213

第一节	剥膜·····	213
第二节	制版版材及表面处理·····	217
第三节	晒版感光胶液·····	225
第四节	铬胶感光硬化性质·····	256
第五节	晒版工艺的几个问题·····	263
第六章	锌铜版修版制版·····	269
第一节	线画版修版·····	269
第二节	网线铜版的修版腐蚀·····	275
第七章	彩色版制版·····	301
第一节	网点叠色概念·····	301
第二节	分色阴片修正·····	305
第三节	彩色版修版·····	309
第四节	彩色版打样·····	314
第五节	原稿的分析与复制·····	321
第八章	锌铜版无粉腐蚀·····	327
第一节	硝酸的腐蚀作用·····	327
第二节	表面活性物质·····	331
第三节	锌版无粉腐蚀添加剂·····	339
第四节	锌版无粉腐蚀线画侧面保护原理·····	345
第五节	腐蚀工艺中的几个因素与故障分析·····	350
第六节	铜版无粉腐蚀·····	361

第一章 制版照相主要设备

制版照相机、镜头、网线板、光源、滤色片、密度计和烘版机*、晒版机、腐蚀机、钻版机以及打样机等都是凸版照相制版的基本设备。本章仅对凸版照相制版用照相机和镜头等主要设备的性能及作用加以阐述。

第一节 制版照相机

制版用照相机又称复照仪，是为复制平面的被照体（原稿）而设计的一种能拍摄原尺寸图象，又能拍摄一定倍率的放大和缩小图象的照相机。它的焦距长，原稿架面、镜箱面和暗箱聚焦面三者间做任意相对移动时，始终能保持相互平行并与光轴垂直，这样才能保证复制图象不变形。

制版照相机按结构设计的不同有卧式、立式和吊式三种类型。按照相机可拍摄图象的最大尺寸，又分八开、四开及对开三种规格。近年来各类型照相机又出现了半自动和全自动等形式。

一、主要结构

凸版照相制版通常选用四开卧式或立式照相机进行复制照相。下以典型的卧式照相机为例（见图 1-1 所示），简述其主要结构：

* 注：烘版机、腐蚀机、晒版机、钻版机和打样机的性能本书均从略。

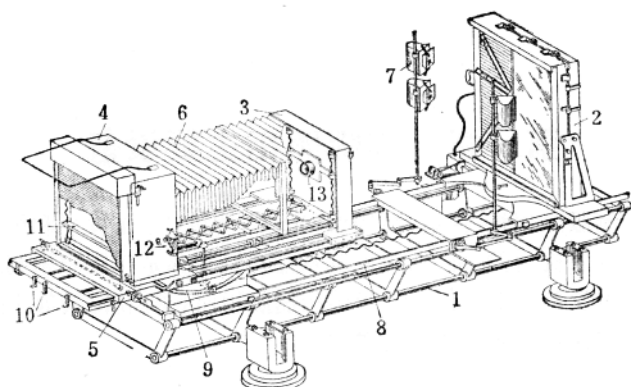


图 1-1 卧式照相机主要结构示意图

1. 底座架, 2. 原稿架, 3. 镜箱, 4. 暗箱, 5. 镜箱托架,
6. 皮老虎, 7. 光源, 8. 导轨, 9. 旋转暗箱盘, 10. 手柄,
11. 感光片支撑横档, 12. 网距调节器, 13. 镜头。

1. 底座(机身): 支承原稿架、镜箱和暗箱等部件的基础。上面有两条互为平行的导轨, 可使上述三部件在导轨上滑动, 螺丝杆、链条式或带条式传动系统装在底座上, 有的卧式照相机为便于拍摄阴片正象, 将转向圆盘装于底座上, 整个机身座落在带有弹簧的支座上以避免外界的震动。

2. 原稿架: 夹放原稿部分。垂直于底座和镜头光轴, 通常可前后移动以调节物距。半自动或全自动照相机的原稿架是一个组合框体。反射原稿夹放时, 夹稿玻璃易于按下及复位, 有的备有吸气装置, 以使原稿压放平伏; 夹放透射原稿, 夹稿框横档可上下移动至需要尺寸, 背后嵌有匀光玻璃, 以使光线通过匀光玻璃后再透过原稿进入镜头。整个原稿框架通过电动机驱动可做歪斜 $\pm 3^\circ$ 调整。原稿框架四角装有正负平行调节装置。有些半自动或全自动照相机稿框正面还装有光量接受计, 以积算光量。

原稿架夹放原稿的有效尺寸，一般应是感光片可摄最大影象面积的4倍。

凸版照相还应备有夹稿盒，盒内装有压簧片，供翻拍书籍用。

3. 镜箱：装置镜头部分。垂直于底座并在导轨上滑动。镜箱板面装有镜面拖板，通过横竖丝杆转动，使镜头能做纵横向位移。半自动全自动照相机镜箱部分的镜面拖板、镜头快门、光圈、各色滤色片的开启和转动皆通过驱动电机和定位开关等一系列的传动系统自动开启、关闭或移动。全自动立式照相机装有2—3只不同焦距的镜头，并装置棱镜、平面镜及屋脊双反射镜等光学系统，通过电动操纵，利用机身有限长度来拍摄不同倍率的正反影象。

4. 暗箱：聚焦成象部分。它通过蛇腹（皮老虎）与镜箱连接。垂直固定于底座或在底座导轨上滑动。暗箱内安装感光片横档框架及网线板框架，右侧或下侧安装网距调节装置；暗箱下部装有手摇转柄或操纵台，上部装有对光磨砂玻璃等等。半自动或全自动照相机暗箱装有软片吸气板，吸气板背面有一滑动气阀，用以变换吸气环气路范围；另外还有倍率缩放比例指示表和补白光等装置。

连拍照相机的暗箱固定在底座横向平条齿轨上。整个暗箱通过手摇丝杆可做左右(x向)和上下(y向)移动。连拍时按刻度标尺上的厘米读数相加来控制；丝杆顶端装有千分表头及微调手柄，微动一格正负误差0.01毫米(见图1-2示意)。

5. 自动曝光控制器和自动连拍机

随着科学技术的飞跃发展，制版照相机还可配置(附加)自动曝光控制器(俗称电脑)。控制器有卡片输入式和旋钮塞输入式多种(以供基本数据事先输入)。控制器面板上有原稿

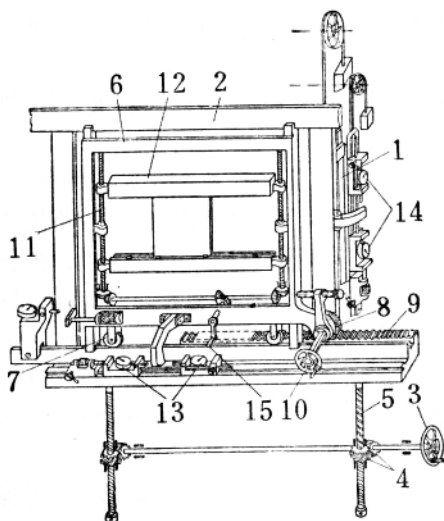


图 1-2 连拍照相机暗箱部分结构

1. y 向导轨 2. 版架 3. 手柄 4. 蜗轮 5. 螺丝杆 6. 版框
7. 滑滚 8. 滚动齿轮 9. 齿条 10. 手柄 11. 螺丝杆
12. 装片横档 13. 百分表 14. 百分表 15. 手柄

最大密度、最小密度、中间调密度和原稿复制缩放倍率的按键，有表示符号、数码、补偿和回忆等转换按键。操作时只需将工作参数予置给控制器，则欲得底片密度域和阶调与拍摄倍率、使用光圈大小和曝光时间等诸因素的变换关系，完全由控制器处理，并可自动对光和曝光，操作极为方便。

自动连拍照相机，适合于凸版多联套版分步重复照相的需要。国产 YP-75-1A 型 8 K 自动连续照相机*属台式型，它主要由精密机械、光学系统和控制计算机组成。原稿(阴图或

*注：北京邮票厂和清华大学共同研制，已投产使用。

阳图)沿双曲线丝杆滑动,并带动镜头做等距上下移动,对光时图象聚焦一直清晰。感光板平台下端有x、y向拖板,拖板在x、y向导轨上移动,导轨旁装有标尺光栅及指示光栅。工作时光栅定位系统不断测量工作台运动的实际位置,并将光信号转变为电信号置入计算机计数,当达到预定位置时,计算机令马达停转,工作台停止位移,同时开启曝光灯和镜头快门自动曝光。曝光后控制计算机又令马达驱动。这样循环工作直至予置版式和只数拍完为止。

二、自动对焦原理

半自动和全自动制版照相机,对光检象皆采取自动对焦形式。自动对焦通常有双曲线式和电桥平衡式两种,其基本原理如下:

1. 双曲线螺杆自动对焦

透镜成象中若物距和象距都从焦点计量,则成象公式为牛顿公式:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad (1)$$

由图 1-3 得知:

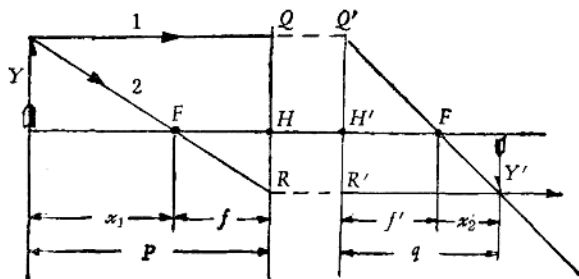


图 1-3 透镜成象示意

$$x_1 = p - f \quad (2)$$

$$x_2 = q - f \quad (3)$$

式中 x_1 为原稿到镜头前焦点的距离。

x_2 为成象面到镜头后焦点的距离。

将(2)、(3)式代入(1)式

则 $x_1 \cdot x_2 = f^2$ 。 牛顿公式

$$\text{或} \quad x_2 = \frac{f^2}{x_1} \quad (4)$$

由式(4)得知:

(1) 原稿到镜头前焦点 x_1 与成象面到镜头后焦点 x_2 的乘积等于镜头焦距 f 的平方; x_1 与 x_2 互成反比, 相互关系为一条双曲线函数。

(2) 如果原稿到镜头前焦点 x_1 的距离等于 0, 则成象面到镜头后焦点距离 x_2 等于无限大, 感光板上没有影象。

(3) 如果原稿到镜头前焦点 x_1 的距离小于 0, 则成象面到镜头后焦点 x_2 的距离为负值, 得到的象是虚象, 不能使感光片感光。

双曲线自动对焦丝杆就是基于上述原理, 取其第一象限内一段正值进行设计的。原稿架取一定导程的长丝杆进行等距离移动, 即 x_1 做自变量, 镜箱的移动 x_2 做因变量, 以 x'_1 为等距的导程常数, n 为主蜗轮箱出轴转数, 代入双曲线公式得 $x_2 = \frac{f^2}{x'_1 n}$, 双曲线丝杆即按此式加工而成。

图 1-4 为双曲线丝杆机构图。等距丝杆与双曲线丝杆之间由齿轮传动。当原稿架以等速对镜头做相对运动时, 通过齿轮镜箱则按双曲线函数 $x_2 = \frac{f^2}{x'_1 n}$ 对暗箱作相对运动, 自动

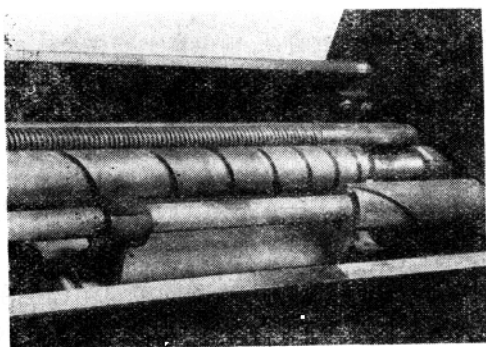


图 1-4 双曲线丝杆结构

地无级地调节象距与物距，使成象面上的图象不论放大或缩小都能始终保持清晰。

从双曲线式自动对焦公式可看出，改用不同焦距的镜头，双曲线丝杆便失去自动调节物距和象距的作用。新式照相机装置几只不同焦距的镜头，也配有几根双曲线丝杆与之适应。

2. 电桥平衡式自动对焦

电桥式自动对焦是根据惠斯登电桥原理来实现的。如图 1-5 所示：当 $I_{cd}=0$ 时，电桥对边电阻的乘积相等，电阻 $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ ，电桥处于平衡状态。

而 $R_1 = K_1 \cdot L_1$, $R_2 = K_2 \cdot L_2$, $R_3 = K_3 \cdot L_3$, $R_4 = K_4 \cdot L_4$;
(R = 电阻, K = 电阻率常数,

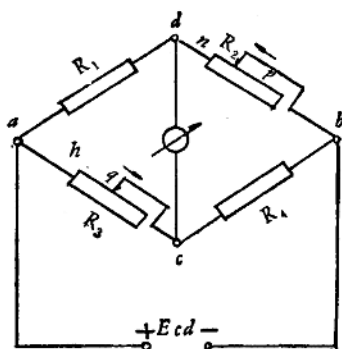


图 1-5 电桥电路示意

L = 电阻丝长度)。

每边取 K 值相同的电阻丝, 则电桥平衡式为:

$$L_1 \cdot L_4 = L_2 \cdot L_3$$

取 $L_1 = L_4 = f$

$$L_2 = x_1 \quad (n-p \text{ 之间的距离})$$

$$L_3 = x_2 \quad (h-q \text{ 之间的距离})$$

则符合牛顿公式 $x_1 x_2 = f^2$, 用以自动对焦。

如图 1-6 所示: 将 R_2 和 R_3 两个可变电阻固定在照相机原稿架、镜箱 (或暗箱) 下。原稿架联结点 p 沿着 R_2 移动, 暗箱 q 沿着 R_3 移动, 当最初位置确定在线放大率 $m=1$ 时, $np=hq=f$ 。电桥 $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$ 。当对焦时 np 或 hq 稍有移

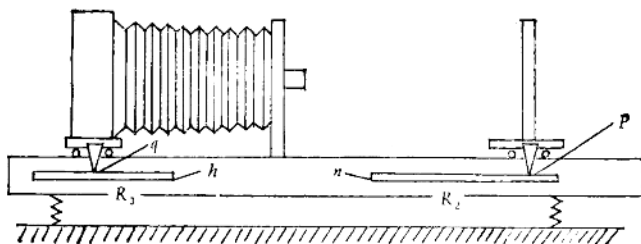


图 1-6 电桥式自动对焦示意图

动, 电桥失去平衡, 对角线 I_{cd} 出现不平衡电流, 则令电动机驱动, 直至物距与象距两端电阻乘积与 $R_1 R_4$ 达到再平衡时, 传动机电流方被切断, 图象也随之清晰。

三、照相机的校正

为使原稿图象复制得不失真, 把原稿架平面、感光板平面

与镜头主光轴固定为垂直地位的过程叫照相机的校正。照相机的校正通常采用如下方法:

1. 观察和量度磨沙玻璃影象

(1) 取一张画有对角线、斜线、方格子、圆点和阴阳十字规线的标准校正用线画原稿(见图 1-7 所示)夹于原稿架上, 做原寸和放大适当倍率的对光, 并观察磨沙玻璃上的影象。若每次对光影象从中心到边缘四周聚焦均清晰, 影象直线、斜线和圆点不变形, 两条对角线量度都相等, 则原稿架平面与镜头主光轴垂直, 与感光片框架平面也平行。若影象中心聚焦清晰, 某边角模糊或对角线量度有长短, 则应校正原稿架。

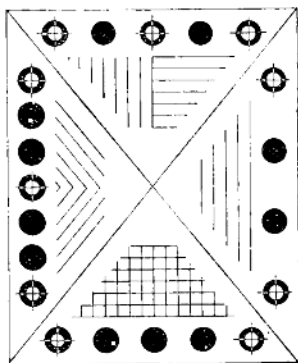


图 1-7 校正用原稿示意

(2) 取校正用原稿拍摄一张阴片(近似照相机可摄最大尺寸), 然后拷贝两张透明阳片, 取一张阳片做原稿并原寸对光, 另一张阳片用以复合磨沙玻璃上的影象。若影象完全重合, 该照相机校正精度较高, 镜头复照性能也佳。若图象中心大部分区域重合, 某角边缘误差超过原稿边长的 0.1%, 则应调节原稿架。

(3) 仍取上例透明阳片校正图为原稿, 先拍摄一张阴片(原大或适量缩小), 然后将原稿膜面背向镜头, 再拍摄一张阴片; 两张阴片膜面与膜面相对, 若图象与规线完全重合, 照相机校正精度较高。凸版拍摄“两面晒版腐蚀”重合用的正反象阴片, 要求把照相机校正到此精度。若两张阴片复合时一个角有线上、线下误差, 应调节后一张阴片(拍后再复原)。

2. 垂直测量器和水平仪校正

取水平仪先校正照相机机身水平(气泡指示为0),然后将垂直测量器的工作面(见图1-9所示)贴附于原稿架平面和毛玻璃平面上下、左右各角,当垂直测量器的锥尖一一指向刻度指示尺的0位时,表示原稿架和磨沙玻璃面与镜头主光轴垂直。锥尖偏于0位时应予以反向调整。

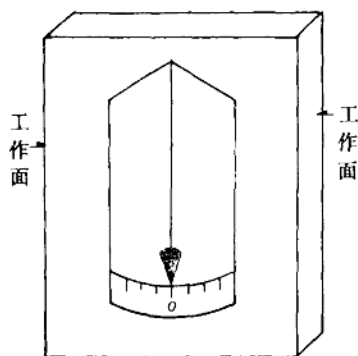


图 1-8 垂直测量器

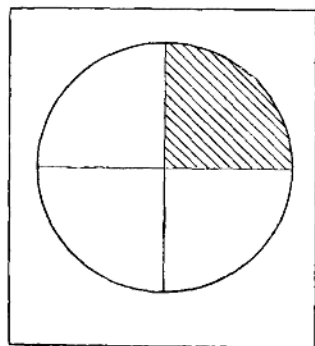


图 1-9 校正用原稿示意

3. 光轴移动状况的检查

取图1-9样式的原稿,先制取两张相同的透明阳片。一张阳片仍做原稿装于原稿架上,一张阳片固定在感光片框架处;用原寸对光,使影象与阳片上的图影直角顶点完全重合,以此定光轴。然后移动镜箱和原稿架相对位置,逐一观察不同倍率影象的直角尖点是否与阳片图影直角尖点重合。一般影象直角尖点分布在直径为几mm的圆内,以移动最小为佳。如果光轴变动范围较大,图象边缘清晰度会受到影响,这就说明照相机的原稿架和镜箱通过导轨及螺杆位移运动中扭动

得较大——机械加工精度差或平时保养不当所造成。

第二节 制版镜头

一、制版镜头的特点

复制照相是近距离对平面静物(原稿)进行拍摄的工程,倍率多为25—300%之间。所摄图象必须忠实于原稿。因此制版照相镜头一般应具有如下特点:

1. 普通镜头具有的球面象差、彗差、畸变、象散等缺陷全部纠正到某一最小限度。被摄体(原稿)通过镜头成象的所有各点都聚焦于一个平面上。当光圈相对口径变化时,影象不发生位移。使用最大光圈(有效口径)拍摄时影象清晰。

2. 色象差得到纠正。当用录(5893 Å)红(6563 Å)蓝紫(4341 Å)滤色片拍摄时,各色版图影均聚焦于一个焦点面,影象清晰,尺寸大小一致。拍摄过程中变换滤色片后影象不能发生位移。

3. 焦距长,通常为10cm—120cm。依原稿和拍摄尺寸大小可做适当的选择。

4. 透光力很少在1.9以上。(近年放大镜头透光力大至1:5.6)

5. 原寸拍摄时画角为 40° — 50° ;分辨率(解象力)比一般镜头高(约35—100线/mm)。

具备上述特点的镜头称为复消色差镜头。镜头金属口上标有“APO”英文缩写字样。加膜镜头还有红色的“U”或“T”、“C”、“ π ”等字样。

二、制版镜头的性能

1. 镜头的焦距与画角

镜头焦点到镜头光学中心(主点)的距离为焦距。焦距的长短与透镜球面曲率半径等因素有关。曲率半径大者镜头焦距长,曲率半径小者镜头焦距短。

镜头焦距的长短,在相同倍率和同一相对口径的条件下,感光片所获照度的大小不同。镜头焦距长,感光片所获照度相对小,镜头焦距短,感光片所获照度相对大。

镜头焦距决定成像时的物距和象距。

象平面上有着十分清晰的影象部分是内接于象场的正方形。由镜头第二主点向象平面射出光线所张的角度 2α 称为画角或视角(见图 1-10 所示)。

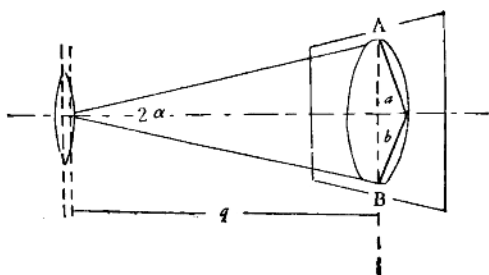


图 1-10 镜头画角示意

从图 1-10 可知:

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \alpha &= \frac{\frac{1}{2}d}{q} \\ d &= 2q \operatorname{tg} \alpha\end{aligned}$$

$$d = 2f(1+m)\operatorname{tg}\alpha$$

式中

d = 象场直径

q = 象距

从式中看出: 镜头可拍摄感光片的最大尺寸, 取决于该镜头焦距的长短、画角的大小和拍摄倍率。

在实际工作中, 镜头的拍摄范围以倍率等于 1 由上式来计算。计算求得的数值是最大值, 拍摄时应小于其值方可得到清晰的图象。表 1-1 是镜头焦距与可摄原寸感光片尺寸表。

表 1-1

焦距 (cm)	原寸拍摄尺寸 (cm)	开数
45—60	60 × 60	4
30—45	45 × 45	8
7.5—24	放大	

2. 镜头的透光力与光圈

镜头上的 F 数 (如 1:9) 是镜头最大口径 (有效口径) 与焦距的比值。通常称它为镜头的最大透光力。镜头透光力与瞳孔直径平方成正比, 与焦距的平方成反比。

同一焦距但口径比不同的镜头, 则透光力也不相同。如 $F=1:5.6$ 镜头的透光力强于 $F=1:9$ 的镜头的透光力近两倍。不同焦距而口径比相同的镜头, 透光力也不相同, 长焦距镜头透光力低于短焦距镜头的透光力。

制版镜头透光力一般不超过 1:9 (国产福州飞跃牌和天津晨光牌 450mm 镜头为 1:10)。因为它的被摄体是静物, 可在照明条件相当好的条件下进行长时间曝光, 故除直接加网放大拍摄外, 没有必要采用透光力较强的镜头。