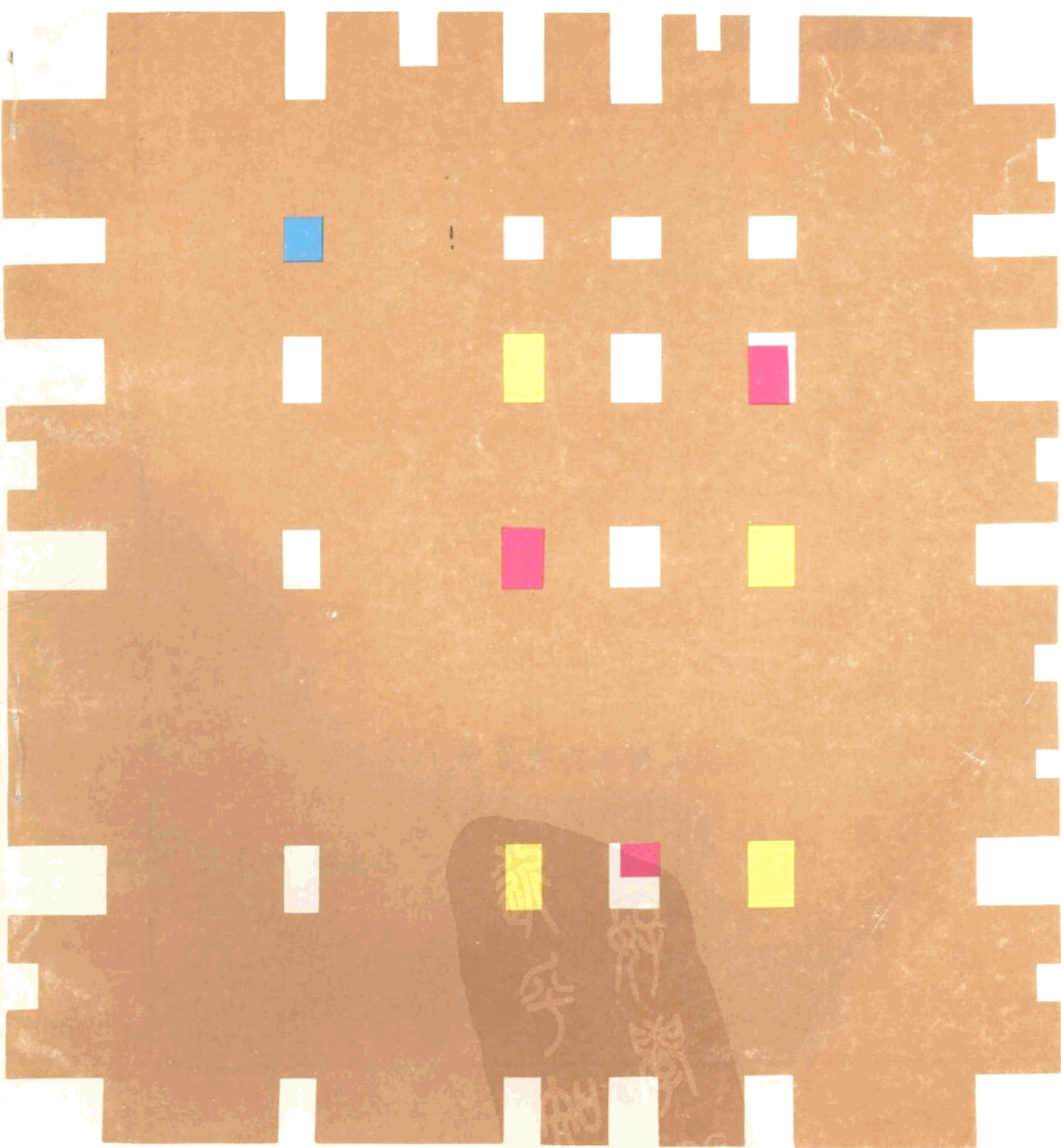


刘 瑞 编著

# 平版制版工艺

北京印刷学院函授部

1





刘 瑞 助教

函授教材编辑委员会：

主任委员：陆振声

委 员：郑德琛 田怀祥 陈士文 朱纯磊

---

## 编 者 的 话

印刷技术是我国古代的伟大发明之一，由于在中世纪我国就发明了雕版印刷术和活字印刷术，有力地推动了文化教育事业的发展，在集中统一的中央政权管理下，我国的封建社会曾经繁荣昌盛，居于当时世界文明前列。鸦片战争以来，我国沦为半封建、半殖民地社会，印刷技术也停滞不前。全国解放后出版事业受到党和国家的重视，印刷技术也随之发展进步，但积重难返，与世界上先进工业国家比较，还存在着不小的差距。

当前，我国印刷工业正面临着新的技术革命的挑战，新出现的高分子化学材料，电子计算机控制的文字排版、图象信息处理技术和各种先进的印刷、制版设备，正在组成高质量、高效率的印刷技术系统，出现了百花齐放的印刷工艺方法，印刷技术正向着数据化、标准化的方向迈进。

我国的印刷专业技术函授教育起步较晚，近来有关方面认识到提高印刷技术工人和管理人员的技术素质，是保证产品质量、提高生产效率和降低产品成本的关键所在，对印刷业在职人员的继续教育问题给予了高度重视，举办各种专业技术培训班和进行系统的专业技术函授教育也得到了广泛支持。函授教育的特点是能在基本不脱产的条件下让不同年龄、经历的在职工人、干部以自学为主来丰富知识和探索技术奥秘；发现了问题可以通过适当的辅导答疑，加以解决，通过严格认真的审查考试，合格者发给证书，供使用单位聘用，晋升时参考，这种学习方法已被各工业先进国家的实践证明，是提高各行各业职工技术水平的有效手段。

北京印刷学院是我国唯一的一所印刷专业学院，除努力办好全日制本、专科各专业和进行印刷科研探索外，有责任为全国各地举办印刷专业技术和企业管理函授班，提供适用的函授教材，使得全国各地尤其是边远省区的印刷职工，获得进修机会。本函授讲义正是在这一指导思想下，组织我院部分专业教师进行编写，力求内容衔接，循序渐进，由浅入深，联系实际并在教学实践中不断补充修改，以期逐步臻于完善。

本教材是为具有高中以上文化水平和具有同等学历的从事印刷、出版工作者编写的函授教材，力求文字简洁，便于自学，每一章后面附有少量思考题，供学员在精读后回顾所学的重点内容进行认真地思考。

由于编写者缺乏函授教学经验，时间仓促，教材中谬误之处在所难免，内容上也不可能符合学员的不同要求，希望在使用中得到同志们的纠正和热心指导，以便进一步修改。

北京印刷学院函授部

一九八七年五月

# 目 录

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第一章 照相制版基本原理.....     | (1)  |
| 第一节 照相制版概论.....       | (1)  |
| 第二节 线条稿制版照相.....      | (2)  |
| 一、制版照相的图象方向.....      | (2)  |
| 二、原稿的照明.....          | (3)  |
| 三、对光.....             | (6)  |
| 四、感光材料及滤色片的选择.....    | (10) |
| 五、曝光.....             | (10) |
| 六、显影.....             | (12) |
| 第三节 连续调照相.....        | (12) |
| 一、印刷品的阶调再现.....       | (13) |
| 二、连续调照相的阶调控制.....     | (16) |
| 三、连续调照相的过程.....       | (18) |
| 第四节 网点与加网照相.....      | (19) |
| 一、网点图象印刷的必要性和可能性..... | (19) |
| 二、网点.....             | (20) |
| 三、网屏与加网照相.....        | (24) |
| 1 网屏的种类.....          | (24) |
| 2 网屏线数.....           | (24) |
| 3 网目角度.....           | (27) |
| 4 玻璃网屏.....           | (30) |
| 5 接触网屏.....           | (35) |
| 第五节 分色原理与分色照相.....    | (47) |
| 一、彩色印刷的色彩再现.....      | (48) |
| 二、彩色原稿的分色原理.....      | (48) |
| 三、分色效果分析.....         | (49) |
| 四、分色工艺演变.....         | (50) |
| 五、分色照相.....           | (52) |
| 六、特殊彩色稿的色分离.....      | (55) |
| 复习思考题.....            | (56) |

# 第一章 照相制版基本原理

## 第一节 照相制版概论

现代印刷术是将原稿做成印版，施以油墨，再把版面上的油墨转移到承印物上的技术。在原稿与印刷品之间，印版是一个关键环节。一套印版是否能准确记录原稿的图文，直接决定着成千上万张印刷品的质量，制版的失误，后工序是无法弥补的。

按照印版的形式将印刷分为四类：凸版印刷、平版印刷、凹版印刷和滤过版印刷。其中平版印刷所占的比例较大。

平版印刷的印版特点是：印刷时着墨的图文部分和印刷时不着墨的空白部分，几乎处于同一平面上。印刷时不依赖于版面的高低差别来区分图文部分和空白部分，而是利用油和水相斥原理。在印刷时，向整个版面施以油墨，版面上的图文部分抗水亲油而着墨，空白部分抗油亲水而排墨。通过压印机构，将图文部分的油墨转印到橡皮布上，橡皮布上的图文再转印到承印物上（例如：印到纸张上）。因印版上的图文经过橡皮布，间接地转印到承印物上，故也称这种平版印刷为胶印。

本教材讲述平版制版的基础知识。

一般的平版印刷工艺流程是：原稿——→原版——→印版——→印刷品。

其中：原版是用来晒制印版的照相底版。因印版成像方式不同，它可以是阳图，也可以是阴图。阳图上图象的明暗变化与原稿一致，即原稿上明亮的部位，在阳图上也是明亮部位；阴图的明暗变化与原稿相反，即原稿上明亮的部位，在阴图上是黑暗部位，原稿上黑暗的部位，在阴图上是明亮部位。

制版过程包括原版制作和印版制作两部分。其中原版制作相对印版制作而言，更加重要。因为晒制印版过程中的调节和修饰是十分有限的，尤其是规范化、数据化生产，是不允许在晒版中随意调节图象的。因此，原版的质量是整个印刷过程的关键。

现代原版制作，主要有两种途径：一是用照相机对原稿照相的方法制作阴图，再经修版和拷贝制成合乎晒版要求的原版；二是用电分机扫描原稿的方法，经计算机处理，制作阴图或阳图，拷贝制成原版，或不经拷贝，直接作为原版。

电子分色机是一种先进的制版设备。电分机采用了光电转换技术，对电信号的处理取代了对光信号的处理。因而它控制灵活，分色质量好，图象修正功能强且生产效率高，使整个彩色复制的生产周期大大缩短，复制质量明显提高。在我国部分大城市已有电分机取代照相机制版的趋势。

尽管如此，照相机制版工艺，就全国范围来看，仍是不可缺少的一种工艺。更重要的是照相机制版工艺所依据的原理，是制版业的基础理论。这些是制版界人员必备的基础知识。

照相制版常用设备及器材有：制版照相机，软片显影机、拷贝机、晒版机、印版显影机、镜头、滤色片、光源、网屏、感光软片、感光版材等等。有关详细知识，请参见《平版制版设备》和《感光材料》的有关章节。

构成印刷的有五大要素：原稿、印版、油墨、承印材料、印刷机械。

照相制版的处理对象是五大要素之首——原稿，其成品是第二要素——印版。印版的质量要求，对各类原稿都是一样的。但原稿种类的不同，决定了照相制版难易程度不同。原稿的分类，可有多种分法。本教材根据制版照相方法不同，将原稿分为两大类：线条原稿和连续调原稿。

线条原稿：原稿上只有两种截然分开的黑度——白和黑。例如：手写文字稿，照相排字文字稿，各种表格、图纸、钢笔画、木刻及版画等等。它们可以通过反射光观察的反射型，也可以通过透射光观察的透射型。线条原稿进行照相制版时，无需使用网屏。

连续调原稿：原稿上由白到黑之间有过渡黑度或有各种颜色。可以是反射型或透射型，也可以是黑白或彩色的。例如：各类绘画稿，不透明的黑白或彩色相纸照片，透明的黑白或彩色负片，或天然色正片等等。连续调原稿进行照相制版时必须使用网屏，将不同密度表现的原稿转换成不同网点表现的印刷品。

在这许多原稿中，彩色连续调原稿的制版最复杂，既要加网又要进行色彩分解。

衡量制版质量主要有三个方面：形、调、色。

所谓形，是指图象的清晰度，尺寸大小，表现整洁等等。

所谓调，是指图象的密度分布是否忠实再现了原稿的调子特性，或将调子不佳的原稿复制成阶调更能满足观察者的视觉习惯的印刷品。

所谓色：是指图象的颜色是否准确再现了原稿的颜色。

图象的形、调、色是制版中要着重控制的三个方面。以下各节就依据上述原稿分类，围绕着形、调、色三个方面，由浅入深地讲解照相制版的基本原理。

## 第二节 线条稿制版照相

线条稿制版照相，是对各种线条原稿，用制版照相机拍摄在特硬性感光软片上，再经修饰和拷贝，制成用来晒制印版的原版。线条稿的制版照相是最简单的一种，下述各种问题，也是其它原稿制版照相的共同问题。

### 一、制版照相的图象方向

所谓图象的方向是以原景物为基准，从软片的乳剂面、印版、橡皮布及纸张的正面观察图象，若其左右方向与原景物的左右方向相同，则为正向，反之为反向。

在制版过程中，图象的方向可能发生多次反转，因晒版工艺不同，还要对原版方向提出不同的要求。以间接印刷的平版印刷过程为例，就有下面多种工艺：

表1 平版制版原版图象方向要求

| 原稿  | 原 版  | 印 版     |      | 橡 皮 布 | 印 刷 品 |
|-----|------|---------|------|-------|-------|
| 图 片 | 反向阴图 | 蛋 白 版   | 正向阳图 | 反向阳图  | 正向阳图  |
|     | 反向阳图 | 平 凹 版   |      |       |       |
|     | 反向阴图 | 多层金属平凸版 |      |       |       |
|     | 反向阳图 | 多层金属平凹版 |      |       |       |
|     | 反向阴图 | 阴图型PS版  |      |       |       |
|     | 反向阳图 | 阳图型PS版  |      |       |       |

从上表可以看到, 原版图象的方向根据晒版工艺不同而不同, 而相对某一工艺, 原版图象的方向又是不容改变的。这就给制版照相提出一个要求: 必须根据原版方向, 确定由原稿到原版各中间图象的方向, 并选择相应的工艺。

在原版制作过程中, 有以下方法可用来调节图象的左右方向。

①用没装有反向装置的制版照相机照相时, 通过一次镜头拍摄, 可在非反转型软片上得到与原稿方向相反的图象, 同时发生图象的阴、阳反转。

②用没装有反向装置的制版照相机照相时, 通过一次反转镜头拍摄, 可在非反转型软片上得到与原稿同向的图象, 同时发生图象的阴、阳反转。

③用非反转型软片进行乳剂面相对的拷贝, 使拷贝前后图象左右方向相反, 同时发生图象的阴、阳反转。

④用非反转型软片进行乳剂面方向一致的拷贝, 使拷贝前后图象左右方向相同, 同时发生图象的阴、阳反转。

⑤使用反转型软片, 湿版剥膜和干片剥膜, 将图象膜反转贴到另一个片基上, 可使拍摄或拷贝前后的图象左右方向相同。

原则上讲, 在照相或拷贝时, 要将原稿或其他图象软片的乳剂面与未感光软片的乳剂面相对。在这一原则下, 可用上述方法灵活调节原稿至原版之间各种图象的方向。在特殊情况下, 也可利用乳剂面方向一致的拷贝法, 保持图象方向不变。最终使原版图象方向符合晒版要求。

例如: 原稿是一张画在白纸上的机械图纸, 准备用阳图型PS版晒制印版。显然, 这是由阳图正向原稿, 得到反向阳图原版。可选择这样一种工艺: 用反转镜头对原稿照相, 得到正向阴图, 经拷贝得到反向阳图。即:

原稿——→阴图——→原版——→印版——→橡皮布——→印品  
正向阳图 正向阴图 反向阳图 正向阳图 反向阳图 正向阳图

又如: 原稿是用彩色反转片拍摄的幻灯片, 仍用阳图型PS版晒制印版。显然, 这是由阳图反向原稿, 得到反向阳图原版。可采用这样一种工艺: 用没装有反转装置的照相机照相, 在非反转型软片上得到正向阴图, 再拷贝成阳图作为原版。即:

原稿——→阴图——→原版——→印版——→橡皮布——→印品  
反向阳图 正向阴图 反向阳图 正向阳图 反向阳图 正向阳图

## 二、原稿的照明

在制版照相时, 必须有足够的光从原稿上反射或透射出来, 到达感光软片上, 才能使感光软片记录原稿的图象。这种记录正确与否, 与原稿的照明有很大关系。原稿的照明好坏, 取决于光源本身的质量和光源的布置。关于光源本身的问题, 在前面课程中已讲过, 因此这里只讲述光源的布置。

原稿照明要遵循的一般原则是: 在保证均匀性的前提下, 尽可能地充分利用光源的光能, 使原稿上得到最大照度的照明。其次要避免原稿面上的镜面反射, 避免非原稿发出的正常光到达感光软片。

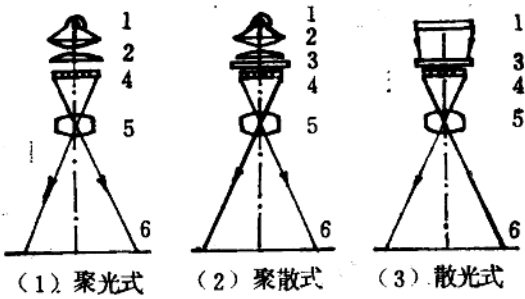
### 1、照明的均匀性

对原稿照明的均匀性, 是指整幅原稿面上的各部位的照度相等。(注: 照度为单位面积上受到的光通量)。

透射稿一般由照明光组从背面照射。由于透射稿面积通常较小，照明的均匀性较易满足，许多照相机上照明光组到原稿的距离是固定的，无需调节。但也有些照相机可以对阴图进行加网照相，阴图幅面较大时，为保证照明的均匀性，要调节照明光组到原稿的距离。

照明光组由光源、聚光镜、散光板、隔热玻璃、反光罩等组成。

透射稿的照明光组分为三种类型 (1) 聚光式 (2) 聚散式 (3) 散光式。见图 1—1：



1.光源2.聚光镜3.散光板4.原稿5.镜头6.感光板

图 1—1 三种形式的照明光组

聚光式照明光组：借助于聚光镜汇聚光线的功能，将光源发出的光集中后再照射在原稿上。利用聚光式光组照明可提高对原稿的照度，拍摄的底片清晰度较高，层次丰富。但是，也会把原稿上的脏点、伤痕也反映到底片上，影象显得粗糙。另外这种照明光组产生的热量对原稿有一定伤害。对大尺寸原稿难以保证均匀照明。

散光式照明光组：选用发光强度大，具有一定发光面积的光源。光源发出的光线经过散光板变得均匀而柔和，不会将原稿上的擦痕等缺陷拍摄出来。常用的散光板有乳白玻璃和磨砂玻璃。

聚散式照明光组：其结构吸取了上述两种光组结构的长处，既有聚光镜，又有散光板，得到光线既均匀，强度也较大。其拍摄的影象清晰度和反差都比较好。

反射稿的照明，通常在其斜前方两旁对称布置两组光源，每组一至三个光源。光源通常是有一定长度的管状光源，因而受照面的照度分布是较复杂的。为满足原稿受照的均匀性，可调节光源到原稿之间距离和角度。

根据照度第一定律，用点光源照明时，与光线垂直的物体表面上的照度与光源的发光强度成正比，与被照物面到光源的距离的平方成反比。

$$E = \frac{I}{r^2}$$

其中E为照度，单位：勒克斯 (LX)，I为点光源的发光强度，单位：坎德拉 (cd)，r为光源至受照面的垂直距离，单位：米 (m)。

根据照度第二定律，用平行光线照射物体时，物面的照度与光线的入射角的余弦成正比。即  $E = E_0 \cdot \cos \alpha$ 。见图 1—2。

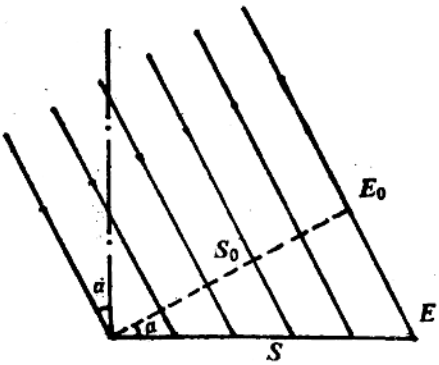


图 1—2 照度与光线入射角的关系

在反射原稿的照明中，将光源近似看作点光源，照射在原稿上任一小块面积上的光线近似看作平行光线，把上述两个公式结合起来，计算任一小块面积上的照度值为：

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$$

每一光源相对原稿各点的距离及光线的入射角度都不同，多个光源给予照度的加和，可使原稿上各点照度趋于相同。在垂直于原稿平面的直线上，把光源拉得越远，原稿得到的照度越低，但光线入射角越小，原稿边缘与中央的照度差越小，有利于提高照度的均匀性。见图 1—3，从单个光源来看，A光源的入射角 $\alpha$ 大于B光源的入射角 $\beta$ 。A光源给予原稿中央及光源垂线上的a点照度

$$\text{比为 } \frac{E_a \cos \alpha}{E_a} = \cos \alpha$$

$$\text{B光源给予原稿中央及光源垂线上的b点照度比为 } \frac{E_b \cos \beta}{E_b} = \cos \beta$$

$$\because \beta < \alpha,$$

$$\therefore \cos \beta > \cos \alpha, \text{ 更接近于 } 1。$$

因此，从单光源照明情况看，B光源比A光源照明更均匀。但是，反射光源多为对称布光，还需同时考虑所有光源共同作用。例如，两光源照明布光如图 1—4。

中央O点照度为

$$E_o = 2 \frac{I}{SO^2} \cos \alpha$$

边缘A点和B点照度为

$$E_A = E_B = \frac{I}{S'A^2} + \frac{I}{S'B^2} \cos \beta$$

光源布光，应使原稿中央照度略小于边缘照度，原稿上反射的光线通过镜头，由于边缘光损较大，感光片上的照度重新分配，趋于均匀。

若原稿幅面较大，两光源不能使原稿照度均匀，要增设光源，采用四光源，甚至六光源对称布光。

## 2、杂散光的产生及避免

在制版照相中，感光片应当只记录原稿发出的光线。但是，在实际照相中，如不注意，会使许多杂散光到达感光片，形成光斑，甚至是全面微弱的曝光量。这种微量曝光量对原稿上亮调部位的曝光影响不大，对暗调曝光却较大，结果相当于提高了暗调的亮度，缩小了原稿的密度域，即原稿反差降低。

由于产生杂散光的原因很多，这种影响往往是不定量的，很难用固定方法补救，因而必须尽量避免杂散光到达感光材料。这要注意以下问题：

①照相室内，除去原稿照明外，关掉其他所有照明灯，并遮挡自然光。室内墙壁最好采

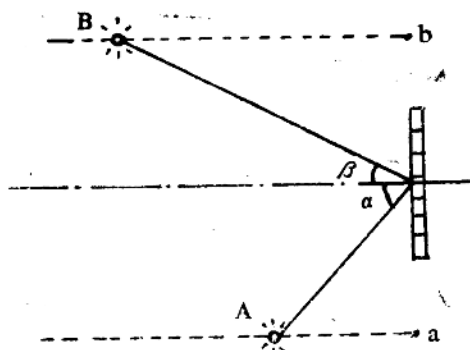


图 1—3 光源距离与光线入射角的关系

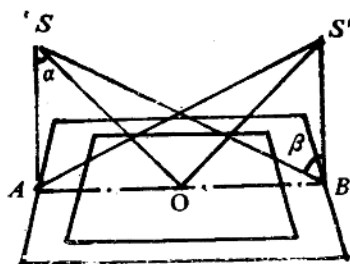


图 1—4 二光源布点

用反光弱的颜色。

②照相机体涂黑色,尤其原稿架上的原稿底衬须用消光泽黑纸或黑色绒布,或将画面以外的部分用黑色挡板遮住。

③调节光源角度,避免原稿上的镜面反射光进入镜头。尤其对于表面很光滑的原稿要特别注意。

④保证暗箱无漏光之处。

⑤所有光学器件要干净无污,无机械磨损和化学腐蚀,如光学镜头和滤色片。

### 三、对 光

#### 1、基本原理和方法

按照一定的放大倍率,调节原稿架、感光屏和镜头三个平面的相对位置,在感光屏上得到尽可能清晰的图象的操作过程,叫作制版照相机的对光(也称对焦或聚焦)。

得到清晰象的条件,是照相机的物距和象距满足下列关系式:

$$\begin{cases} U = f \left( 1 + \frac{1}{m} \right) \\ V = f \left( 1 + m \right) \end{cases}$$

式中U为物距, V为象距, m为缩放倍率。其中  $m = \frac{\text{象距}}{\text{物距}} = \frac{\text{象长}}{\text{物长}} = \frac{\text{成品尺寸}}{\text{原稿尺寸}}$

参见图1—5 对于一定焦距的镜头,一种放大倍率所要求的U和V是唯一的。它们的大致关系是:

原大照相  $m = 1$   $U = V = 2f$

放大照相  $m > 1$   $U < 2f$ ;  $V > 2f$

缩小照相  $m < 1$   $U > 2f$ ;  $V < 2f$

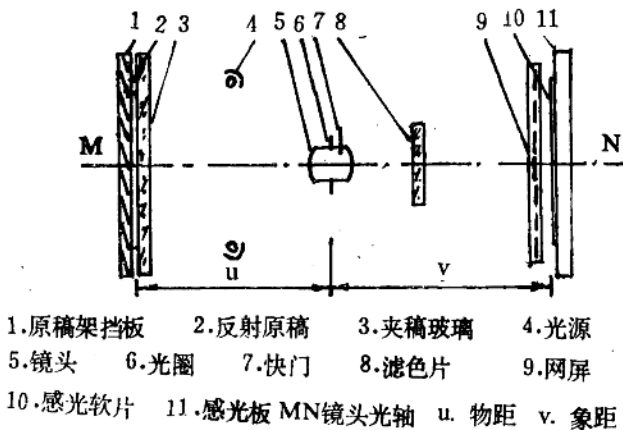


图1—5 物距与象距

详细变化规律见图1—6和表2。

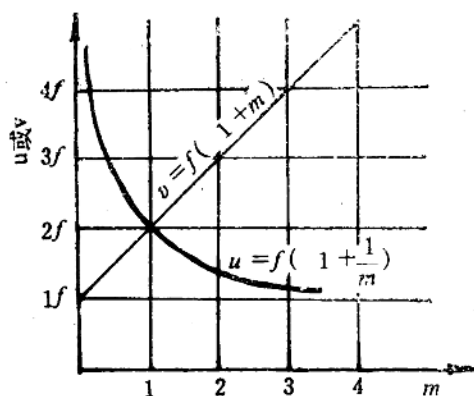


图 1—6  $u$ 、 $v$ 、 $m$  关系图

表 2  $u$ 、 $v$ 、 $m$  关系表

| 缩小  | 像 距   | 物 距 | 缩小  | 像 距   | 物 距 | 缩小  | 像 距   | 物 距 | 缩小  | 像 距   | 物 距 | 缩小  | 像 距   | 物 距  |
|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-------|------|
| 1.0 | 2.00  | 2.0 | 2.8 | 1.357 | 3.8 | 4.5 | 1.222 | 5.5 | 6.3 | 1.159 | 7.3 | 8.0 | 1.125 | 9.0  |
| 1.1 | 1.909 | 2.1 | 2.9 | 1.345 | 3.9 | 4.6 | 1.217 | 5.6 | 6.4 | 1.156 | 7.4 | 8.1 | 1.123 | 9.1  |
| 1.2 | 1.833 | 2.2 | 3.0 | 1.333 | 4.0 | 4.7 | 1.213 | 5.7 | 6.5 | 1.154 | 7.5 | 8.2 | 1.122 | 9.2  |
| 1.3 | 1.769 | 2.3 | 3.1 | 1.323 | 4.1 | 4.8 | 1.208 | 5.8 | 6.6 | 1.152 | 7.6 | 8.3 | 1.120 | 9.3  |
| 1.4 | 1.714 | 2.4 | 3.2 | 1.313 | 4.2 | 4.9 | 1.204 | 5.9 | 6.7 | 1.149 | 7.7 | 8.4 | 1.119 | 9.4  |
| 1.5 | 1.666 | 2.5 | 3.3 | 1.303 | 4.3 | 5.0 | 1.200 | 6.0 | 6.8 | 1.147 | 7.8 | 8.5 | 1.118 | 9.5  |
| 1.6 | 1.625 | 2.6 | 3.4 | 1.294 | 4.4 | 5.1 | 1.196 | 6.1 | 6.9 | 1.145 | 7.9 | 8.6 | 1.116 | 9.6  |
| 1.7 | 1.588 | 2.7 | 3.5 | 1.286 | 4.5 | 5.2 | 1.192 | 6.2 | 7.0 | 1.143 | 8.0 | 8.7 | 1.115 | 9.7  |
| 1.8 | 1.556 | 2.8 | 3.6 | 1.278 | 4.6 | 5.3 | 1.189 | 6.3 | 7.0 | 1.143 | 8.0 | 8.8 | 1.114 | 9.8  |
| 1.9 | 1.528 | 2.9 | 3.7 | 1.270 | 4.7 | 5.4 | 1.185 | 6.4 | 7.1 | 1.141 | 8.1 | 8.9 | 1.112 | 9.9  |
| 2.0 | 1.500 | 3.0 | 3.8 | 1.263 | 4.8 | 5.5 | 1.182 | 6.5 | 7.2 | 1.139 | 8.2 | 9.0 | 1.111 | 10   |
| 2.1 | 1.476 | 3.1 | 3.9 | 1.256 | 4.9 | 5.6 | 1.179 | 6.6 | 7.3 | 1.137 | 8.3 | 9.1 | 1.110 | 10.1 |
| 2.2 | 1.455 | 3.2 | 4.0 | 1.250 | 5.0 | 5.7 | 1.175 | 6.7 | 7.4 | 1.135 | 8.4 | 9.2 | 1.109 | 10.2 |
| 2.3 | 1.435 | 3.3 | 4.0 | 1.250 | 5.0 | 5.8 | 1.172 | 6.8 | 7.5 | 1.133 | 8.5 | 9.3 | 1.108 | 10.3 |
| 2.4 | 1.417 | 3.4 | 4.1 | 1.244 | 5.1 | 5.9 | 1.169 | 6.9 | 7.6 | 1.132 | 8.6 | 9.4 | 1.106 | 10.4 |
| 2.5 | 1.400 | 3.5 | 4.2 | 1.238 | 5.2 | 6.0 | 1.167 | 7.0 | 7.7 | 1.130 | 8.7 | 9.5 | 1.105 | 10.5 |
| 2.6 | 1.385 | 3.6 | 4.3 | 1.233 | 5.3 | 6.1 | 1.164 | 7.1 | 7.8 | 1.128 | 8.8 | 9.6 | 1.104 | 10.6 |
| 2.7 | 1.370 | 3.7 | 4.4 | 1.227 | 5.4 | 6.2 | 1.161 | 7.2 | 7.9 | 1.127 | 8.9 | 9.7 | 1.103 | 10.7 |
| 放大  | 物 距   | 像 距 | 放大  | 物 距   | 像 距 | 放大  | 物 距   | 像 距 | 放大  | 物 距   | 像 距 | 放大  | 物 距   | 像 距  |

制版照相机的对光，不仅要得到清晰图象，图象的大小还要严格符合客户的要求。

目前照相机已经发展到自动对焦的水平，把所用镜头的焦距及所需缩放倍率输入自动聚焦装置，照相机即可自动完成对光工作。

对于不能自动对光的照相机，可预先按上述公式计算出物距和象距，或查类似表 2 的表格，找出所需物距和象距。然后借助照相机上的标尺，将照相机的物距和象距调至要求值。更直接的方法，是一边手动调节机器，一边观察感光屏上（对光时是毛玻璃上）的影象清晰度及尺寸大小，直至二者都满足要求为止。

## 2、保证清晰度

对光工作，应尽可能使感光屏上的结象清晰。

①尽可能保证原稿平整，在同一物平面上，并与象平面平行。

②保持聚焦板——毛玻璃和感光屏不变形，不移位。

③对光时，将光圈开至最大，使通光量达到最大，提供足够的照度以便观察清晰度。同时使焦深（焦平面上形成清晰象的深度）达到最小，便于灵敏地反映出聚焦不准。

④借助放大镜仔细观察图象的清晰度。

### 3、镜头的选择

由成象公式可知，对同一放大倍率，不同焦距的镜头要求不同的物距和象距，这涉及到照相机的最大物距和最大象距是否能满足要求，因此不能任意使用镜头。除此之外还要考虑其他因素。

对光之前，先要根据原稿、制版要求和照相机的具体条件选择适用的镜头。选择时，主要考虑以下几个方面。

#### ①能否消除象差

镜头存在着两类象差：单色象差和色差。

消色散镜头：已矫正球面象差、畸变、象散、慧差等单色象差，但不能消除色差。这类镜头不能用于分色照相，只能用于拍摄黑白原稿。

消色差镜头：消除了589nm和434nm两种色光的色差的镜头。由于消除色差的色光波长范围小，只适用于黑白照相，不能用于分色照相。

复消色差镜头：消除了656.3nm（红）、589.3nm（绿）和434.1nm（蓝）三种色光的色差，并充分消除了其他象差。这类镜头上都标有APO（Apochromatic“复消色差”的缩写）字样，适用于分色照相。

#### ②镜头的缩放能力

制版照相机要拍摄的原稿规格和放大、缩小的倍率范围很大。根据不同的要求，制版镜头被设计为放大制版镜头，原大制版镜头和缩小制版镜头。它们的适用范围各不相同，只有在满足镜头设计要求的条件下使用，镜头的各种象差才能达到设计所预定的最小值。

放大制版镜头：放大镜头的焦距短，视角大，有效孔径大于F5.6，放大倍率可达20倍。这种镜头是专门为小原稿进行高倍率放大照相设计的，镜头上标有EL（Enlarge Lens“放大镜头”的缩写）字样。选用时，要注意镜头生产厂注明的有效放大范围，只有在其限制内使用，镜头才能在分辨力、细微部分再现和反差方面达到最好的效果。

原大制版镜头：是按原大照相时能结成清晰影像设计的，有效口径多为F9或F10。只适用于小范围的放大或缩小，当缩放倍率稍大时象差现象显著，拍摄效果不佳。

缩小制版镜头：是专门为进行图象缩小照相设计的。这种镜头焦距较长，有效孔径较小，通常为F11或F12。其特点是在缩小拍摄时解象力极强。一般配备在大型的吊式制版照相机上。适用于印刷电路板等精细产品的照相制版。

#### ③镜头的视场与拍摄底片的大小关系

镜头的视场是成象清晰范围。视场直径

$\phi$ 与镜头焦距 $f$ 及视角 $2\theta$ 的关系是：

$$\phi = 2f(1+m)\tan\theta$$

制版镜头根据视角大小可分三类，如表

3所列：

当视角确定后，焦距的大小就决定了成象的大小，即拍摄底片的规格。使用的镜头焦距

表3 镜头视角及视场直径与焦距的关系

| 类 别   | 视 角     | $\phi$ 与 $f$ 关系  |
|-------|---------|------------------|
| 常用镜头  | 45°—70° | $\phi \approx f$ |
| 广角镜头  | 80°以上   | $\phi \gg f$     |
| 小视角镜头 | 40°以下   | $\phi < f$       |

越长，拍摄底片尺寸越大。如果视角在45°~70°范围内，可由拍摄底片的对角线推算出具有相同长度的焦距的镜头。实际使用中可参考下列数据：

④照相机规格的限制

照相机由原稿板到聚焦板的距离（即照相机的总长），暗箱拉开至最长时的长度（即最大象距），暗箱压缩至最短时的长度（即最小象距），都是有限的。在选择镜头时，除了要考虑镜头的象差校正是否满足缩放要求外，还要考虑照相机与镜头匹配所限制的缩放倍率。

表4 焦距与底片尺寸规格

| 焦距（厘米） | 底片最大尺寸规格 |
|--------|----------|
| 180    | 双全张      |
| 90—120 | 全张       |
| 75—90  | 对开       |
| 45—60  | 四开       |
| 30—45  | 八开       |
| 7.5—24 | 用于放大     |

由公式  $U = f \left( 1 + \frac{1}{m} \right)$

$V = f \left( 1 + m \right)$

可推导出照相机与某焦距的镜头匹配，所能满足的缩放极限为：

$$m_{\text{最大}} = \frac{V_{\text{最大}}}{f} - 1$$

$$m_{\text{最小}} = \frac{1}{\frac{U_{\text{最大}}}{f} - 1}$$

或  $m_{\text{最小}} = \frac{V_{\text{最小}}}{f} - 1$

由公式可知，照相机暗箱的最大长度限制了最大放大率。选用焦距较短的镜头，可满足更大的放大倍率要求。

例如：已知某照相机的暗箱最长为1050mm，用焦距为150mm的镜头照相。求（1）最大放大倍率为多少？（2）若放大倍率为300%，需选用多长焦距的镜头？

解：（1） $m_{\text{最大}} = \frac{V_{\text{最大}}}{f} - 1$   
 $= \frac{1050}{150} - 1$   
 $= 6$

即最大放大倍率为600%。

（2） $f = \frac{V_{\text{最大}}}{m_{\text{最大}} + 1} = \frac{1050}{8 + 1} = 117 \text{ (mm)}$

即需用焦距小于117mm的镜头，如焦距 = 105mm的镜头。

$$m_{\text{最大}} = \frac{1050}{105} - 1 = 9$$

即焦距为105mm的镜头最大放大倍率为900%，可满足放大8倍的要求。

由公式还可知：最小放大倍率（缩小率的极限）受三个因素的影响：镜头焦距f、暗箱最短长度V<sub>最小</sub>和原稿架到镜头的最大距离U<sub>最大</sub>。

若由于暗箱已压缩至最短而限制了m<sub>最小</sub>，而物距还足够长时，可选用较长焦距的镜头。例如：大型卧式照相机多采用260mm或610mm的长焦镜头。

若由于照相机的物距太短，限制了 $m$ 最小，可选用较短焦距的镜头。例如：大日本网版公司的小型照相机C—650—CR，机身总长一人高，物距较短，它配备三个镜头。焦距越小，最小放大倍率更小，最大放大倍率更大。

$$f = 300\text{mm} \quad m = 1/1.5 \sim 1.5$$

$$f = 210\text{mm} \quad m = 1/3.5 \sim 3.5$$

$$f = 150\text{mm} \quad m = 1/6 \sim 6$$

#### 四、感光材料及滤色片的选择

制版照相选择感光片，主要考虑感光度、感色性、反差系数、宽容度。在满足工艺要求的前提下，尽量降低生产成本。

拍摄线条稿的感光材料的最大特征是反差系数 $\gamma$ 值高，应在4以上，甚至高达10。这类感光片有色盲、正色和全色三种。国产华光牌GL—1型软片属于特硬色盲片；南方牌SO I，SO II，华光牌YZ600—I，YZ600—II型软片都属于特硬正色片；南方牌SP，华光牌YQ—550都属于特硬全色片。国外普遍采用里斯型软片，也分色盲、正色、全色三种。除了这些普通特硬软片外，还有专为反转左右方向之用的剥膜软片和反转型软片。

使用软片照相之前，使用湿版照相，现已基本淘汰。

对于黑白线条稿照相，选用色盲片或正色片即可。对于彩色线条稿，需与滤色片配合选用正色片或全色片。软片与滤色片配合原则是：使原稿上的线条与底色完全区分开，使其中之一获得最大曝光量，使软片充分致黑，形成最大密度；另一方获得最小曝光量，不形成密度。

如果原稿为白底彩色字，欲复制成黑字线条或保持线条颜色的印刷品，需选择原稿线条色的补色滤色片照相。欲复制成白色线条或文字，选用原稿线条色的同色滤色片照相。例如表5。

表5 彩色线条稿照相的软片与滤色片的配合

| 原稿线条<br>或文字色 | 拍成黑文字（黑线条） |    | 拍成白文字（白线条） |      |
|--------------|------------|----|------------|------|
|              | 使用的感光软片    |    | 使用的感光软片    |      |
|              | 正色         | 全色 | 正色         | 全色   |
|              | 使用的滤色      |    |            |      |
| 红            | 绿（或不用）     | 绿  | —          | 红    |
| 绿            | 红          | 红  | 绿、黄        | 绿    |
| 紫蓝           | 黄          | 黄  | 紫蓝         | 紫蓝   |
| 黄            | 蓝          | 蓝  | 黄、绿        | 黄    |
| 品红           | 黄、绿        | 绿  | 品红、蓝       | 红、品红 |
| 青            | 红          | 红  | 绿          | 绿    |

#### 五、曝光

曝光是使一定的光量照射在感光材料上，形成潜影的过程。曝光过程中一要保证图象清晰度，二要使感光片获得正确的曝光量。

聚焦清晰是拍摄图象清晰度高的前提，此外，曝光时要保证感光片与聚焦面位于同一平面，同时选择好镜头的光圈。

光圈孔径的大小对清晰度的影响有互相矛盾的两个方面。缩小光圈孔径，可以遮挡远轴光线，有助于消除镜头的残余象差。但是随着光孔的缩小，光的衍射现象越来越显著，象点变成越来越大的模糊圆圈，影象的清晰度降低。如图1—7所示，两条实线表示象差因素和衍射因素对清晰度的影响，虚线表示这两个因素的综合效果。该曲线的峰值所对应的光圈称作“最佳成象光圈”。可以通过试验寻找出“最佳成象光圈”。用各级光圈进行相等曝光量

的曝光,分析拍摄效果,哪一级光圈的曝光得到的影象最清晰,该光圈就是最佳成象光圈。

照相得到的影象黑度取决于感光片上得到的曝光量和感光片的感光能力、后处理过程。感光材料一经确定,再固定后处理过程,常常是调节曝光量以获得合适的照相效果。曝光量等于感光片上获得的照度与曝光时间的乘积,即  $H = E \cdot t$

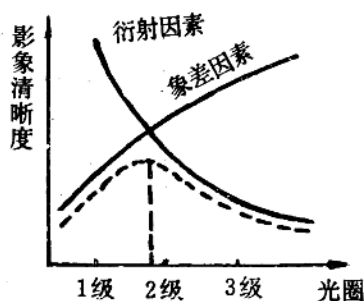


图1-7 影象清晰度与光圈大小的关系

在倒易律成立的前提下,只要保持照度  $E$  与曝光时间  $t$  的乘积值不变,就能获得相同的照相密度。影响照度的因素很多,实际生产中经常调节时间,以补偿照度的变化,以获得相同的照相效果。在寻找合适的曝光量中,也主要是调节曝光时间。设获得正确曝光量的照度为  $E_0$ ,时间为  $t_0$ ,照度变化为  $E$  后的曝光时间应为  $t$ ,则  $t = t_0 \cdot \frac{E_0}{E}$ ,综合了缩放倍率,光圈、光距、光角、原稿密度对照度的影响,有下列公式:

$$t = t_0 \cdot \left( \frac{1+m}{1+m_0} \right)^2 \cdot \left( \frac{F}{F_0} \right)^2 \cdot \left( \frac{S}{S_0} \right)^2 \cdot \left( \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha} \right) \cdot \left( \frac{10^{-D_0}}{10^{-D}} \right)$$

例如:缩放倍率由100%变为200%,光圈值由F32变为F16,光源距离由1米变为2米,原稿高调密度由0.6变为0.3,则:

$$\begin{aligned} t &= t_0 \cdot \left( \frac{1+2}{1+1} \right)^2 \cdot \left( \frac{16}{32} \right)^2 \cdot \left( \frac{2}{1} \right)^2 \cdot \left( \frac{10^{-0.6}}{10^{-0.3}} \right) \\ &= t_0 \times \frac{9}{4} \times \frac{1}{4} \times 4 \times 10^{-0.3} \\ &= t_0 \cdot \frac{9}{8} \end{aligned}$$

即拍摄条件变化后,将曝光时间调节到原时间的  $\frac{9}{8}$  倍,仍可保持照相密度不变。

目前,许多先进的照相机已实现曝光时间的自动调节。一方面在原稿板附近设置光量感受器,根据其接受到的光量强弱,调节曝光量,可补偿光源强度、光源距离、光源角度的影响。另一方面可根据放大倍率  $m$ ,光圈值  $F$ ,原稿密度的变化调节曝光量。

对于自动曝光装置,必须预先输入基准数据,平日工作才能在此基准数据的基础上,调节所需的曝光时间。

固定好照相条件,例如:放大倍率为100%,光圈值为F22,用不同的曝光时间曝光。显影后,分析拍摄效果,以获得合格的照相底片的曝光时间作为基准曝光时间,输入自动曝光装置。

线条稿照相得到的阴图是否合格,可以这样判断。原大照相时:

阴图的线条变细,模糊不清——曝光过度;

阴图的线条宽度未变,非常清晰——曝光合适;

阴图的线条变粗,有密度处黑度不够——曝光不足。

参见图1—8。

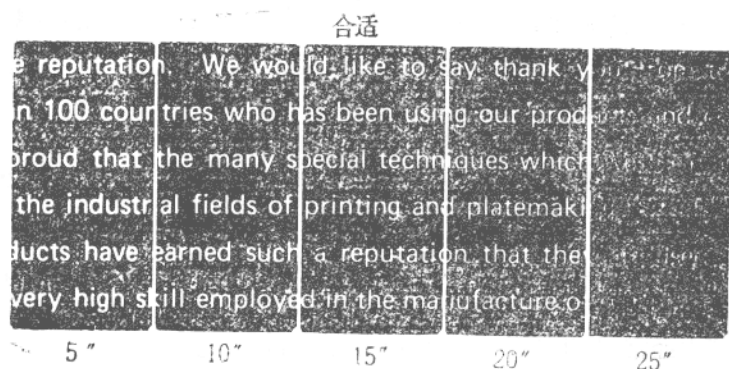


图1—8 摄影结果的判定

## 六、显影

目前显影有手工和机器显影两种方式。手工显影不易控制，质量不稳定，将逐步被机器显影取代。

有关显影的详细知识，请参见《感光材料》和《制版设备》有关章节。

至此，已详细叙述了线条稿照相中的各种问题。现将线条稿照相的工艺过程概述如下：

- 1、确定照相图形的左右方向，决定是否采用反向装置。
- 2、安放原稿。
- 3、布置光源照明。
- 4、确定缩放倍率，选择合适的镜头。
- 5、对光。
- 6、选择感光片（和滤色片）。
- 7、曝光。
- 8、显影及后处理。
- 9、判断拍照效果是否合格。

## 第三节 连续调照相

连续调图象是指在黑与白两级密度之间有连续密度过渡的图象。大部分原稿是连续调图象。阶调和色彩是考察印刷品质量的二大重要指标。在本节和下节中，暂且不涉及色彩问题，只讨论阶调的复制。即只讨论黑白连续调原稿的照相。本节重点在连续阶调的控制，下节重点在连续阶调到网点构成的半连续阶调的转换。

目前，复制连续调原稿，主要有两种工艺：

- 1、原稿——→连续调阴图——→加网阳图——→印版。
- 2、原稿——→加网阴图——→加网阳图——→印版。

工艺1叫间接制版法，工艺2叫直接制版法。在工艺1中就需要连续调照相。另外，在后面要讲到的蒙版工艺中，也需要连续调照相。

连续调照相就是利用照相手段把连续调原稿制作成连续调阴图的过程。

## 一、印刷品的阶调再现

连续调原稿上的密度从白到黑逐渐增加，在亮调、中间调、暗调各层次间密度增加的速度，体现了这张原稿的阶调特征。印刷品的阶调再现就是描述印刷品上密度变化状态对原稿阶调特征的表现情况。

例如，一张各层次密度变化十分均匀的连续调原稿，印成印刷品后，亮调层次全部消失，变得同等白；暗调层次也全部消失，变成同等黑。只保留了中间调层次。这张印刷品的阶调再现就是失败的，除非客户特意这样要求。

印刷品的阶调再现可以用曲线描述出来。在印刷过程中，在原稿旁边放上一条连续调灰色梯尺，密度连续或有级变化。在印刷各工序中或最终印刷品上测量灰梯尺上的密度或网点，与原稿上灰梯尺密度对应起来，就可以描述出阶调再现情况。

如上例的阶调再现情况可描述成图1—9中的B线。而图中A线则说明阶调再现保持了原稿的密度变化特性。

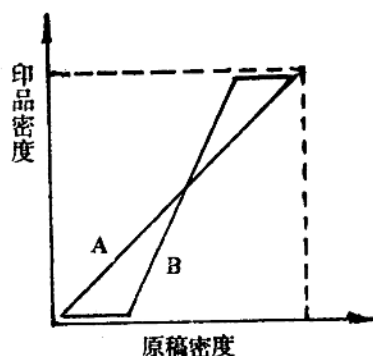


图1—9 阶调再现的描述

层次是指复制品、阳图或阴图上从亮调到暗调间所区分的阶梯。层次压缩和拉开就是将这种密度阶梯压短或拉长，它们是阶调调节的二个重要方面。甲图象针对乙图象的密度画出的阶调再现曲线，若曲线斜率大于1，表现出层次拉开，如图1—10中A线；若曲线斜率小于1，表现出层次压缩，如图1—10中B线。

对于一幅阶调理想或客户无改变阶调要求的原稿，印刷品应当保持其阶调，即作忠实的阶调再现。忠实的阶调再现的含义是：印刷品的密度应当与原稿密度处处相等。从再现曲线看，应当是从原点倾斜45°向上的一条直线。如图1—10中C线。

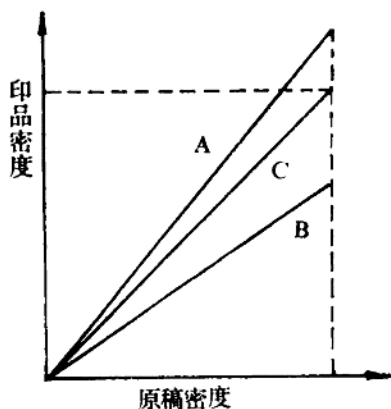


图1—10 阶调的拉开、压缩  
与忠实再现

但是由于印刷品最大密度的限制，这种忠实的阶调再现对大部分原稿是达不到的。平印印刷品的最大密度不过1.7左右，而原稿反差却是多种多样的，大多数透射原稿的反差大于1.7。如彩色反转片拍出的透射原稿的最大密度在2.4左右，甚至高达3。因此，压缩原稿层次是不可避免的。更有实用价值的是研究印刷条件限制下的理想的阶调再现。

理想的阶调再现的含义是：印刷品的视感明度变化保持了原稿视感明度变化特征。孟塞尔明度值V的确定是通过人眼的感觉实验完成的，因而人眼的视觉对明度的感应与孟塞尔明度值V相对应。理想的阶调再现曲线，以孟塞尔明度值为坐标时是一条斜率小于1的直线。虽然印刷品上的每一点的明度与原稿明度不完全相等，但明度递变幅度仍是均匀的，只是幅度变小了。在人眼看来，原稿的明度变化得到平均压缩。如图1—11中的C线。