

照相制版工艺原理

(试用稿)

北京印刷学院

一九八二年

目 录

第一章 照相过程的基本原理	1
第一节 照相过程概述	1
第二节 制版照相感光材料	2
一、感光材料的构造	4
二、片基的类别及主要性能	6
三、感光乳剂层的组成	7
第三节 曝光及潜影的形成	10
一、卤化银的晶体结构	10
二、潜影的形成	12
第四节 显影	13
一、显影的意义及方法	13
二、显影液	16
三、影响显影效果的因素	26
四、显影过程中的一些现象	29
第五节 定影	32
一、定影的意义	32
二、定影液的组成和功用	33
第六节 水洗、加厚和减薄	36
一、水洗	36
二、底片的减薄和加厚	36
第七节 曝光量和密度	39
一、曝光量	39

二、密度	40
第二章 复制照相的任务与特点	49
第一节 复制照相的原稿及分类	49
第二节 复制照相机概况	50
一、制版照相机的主要组成部分	50
二、制版照相机的种类	52
第三节 制版镜头	57
一、镜头的组成	57
二、镜头的一般性	59
三、制版镜头的特征及保养	68
四、棱镜与反射镜	71
第四节 照相光源	72
一、光源的分类	73
二、光源的特性	73
三、常用照相光源的特性及应用	83
第三章 线条原稿照明	94
第一节 照相的基本原则	94
第二节 照相的准备工作	97
一、照相机的校正	97
二、原稿照明的调整	99
三、反射光斑的产生及注意事项	102
四、对光	103
第三节 湿片线条原稿照相	108
一、湿片的制备	108
二、曝光、冲洗与加工	114

第四章	感光材料的性能及其测定	136
第一节	感光测定的程序及感光特性曲线	137
一、	曝光	137
二、	冲洗	140
三、	测量密度	140
四、	绘制特性曲线	144
第二节	感光材料感光时的几个特殊问题	147
一、	倒易律失效	147
二、	反转问题	148
第三节	感光材料的主要性能	149
一、	反差和反差系数	149
二、	宽容度	153
三、	感光度及其测定	155
四、	感色性	160
五、	解象力和清晰度	163
六、	颗粒性及颗粒度	164
第四节	感光材料的分类及用途	165
一、	按支持体分类	165
二、	按感光性能分类	165
三、	按反差系数分类	166
四、	其他制版用的感光材料	168
第五章	连续调原稿照相	172
第一节	照相基础	172
一、	原稿反差及感光材料的选择	172
二、	曝光	175

三、显影与Y值	179
四、Y值与影像反差	184
第二节 阶调再现	187
一、阶调再现的意义	187
二、阶调再现的实现	188
✓ 第六章 网目屏与网目照相的基本原理	192
第一节 印刷上连续阶调再现法——网点效果的利用	192
第二节 网屏的分类	193
第三节 玻璃网屏	194
一、网屏结构	194
二、网屏的线数	195
三、网点的形成	196
第四节 网点大小的视别	200
第五节 网点拍摄的常用术语	205
第六节 影响网点大小的因素	206
第七节 影响网目摄影效果因素的确定	209
一、网距的计算与测量	209
二、光孔大小、曝光时间和网点的关系	213
第八节 接触网屏的使用及种类	214
一、接触网屏的使用	214
二、接触网屏的种类	216
第九节 接触网屏的点形结构及网点形成	218
一、点形结构	218
二、网点的形成	219
第十节 接触网屏的密度曲线	221

第十一节	接触网屏的性能.....	2 2 3
一、	接触网屏的成象效果.....	2 2 3
二、	网屏宽容度.....	2 2 5
三、	网屏的平均密度.....	2 2 7
第十二节	使用接触网屏的曝光.....	2 2 7
一、	使用接触网屏的挂网方法.....	2 2 7
二、	使用接触网屏的曝光方法.....	2 2 8
第十三节	网点与色调的再现.....	2 3 1
一、	网点的性质.....	2 3 1
二、	网点的大小与色调密度的关系.....	2 3 5
三、	网点密度与色调的关系.....	2 3 8
第十四节	品红接触网屏.....	2 4 2
一、	滤色片调节反差.....	2 4 3
二、	调节反差的应用.....	2 4 5
第十五节	“格拉达”网屏.....	2 4 7
第七章	滤色片.....	2 4 9
第一节	滤色片的种类、使用和保养.....	2 4 9
第二节	滤色片的性能——吸收和通过.....	2 5 1
第三节	分色滤色片、中灰密度滤色片.....	2 5 4
第四节	滤色片的倍数.....	2 5 7
第五节	安全灯滤色片.....	2 5 9
第八章	分色照相的基本原理.....	2 6 3
第一节	概述.....	2 6 3
第二节	分色照相原理.....	2 6 4
一、	色彩再现法.....	2 6 4

二、彩色原稿复制工艺过程及方法.....	266
三、分色的原理.....	267
四、油墨的反射率与滤色片的透过率曲线...	268
第三节 色标和梯尺的作用.....	271
第四节 网屏角度的运用.....	273

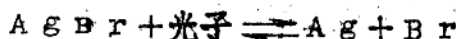
第 一 章

照 相 过 程 的 基 本 原 理

第一节 照相过程概述

照相就是在光线的作用下，获得被摄体的影象的一种方法，照相过程是借助于照相机来实现的，由一系列透镜组所组成的镜头是照相机的主要部件。

在被摄体、镜头和成象面所组成的光路中，由被摄物体的表面反射或透射的光线，经过镜头后，在成象面上得到被摄体的倒立实象。感光层在经过光线的照射之后，卤化银吸收光子而发生化学变化，溴离子被氧化，而银离子被还原成为银原子。



在感光层内由这些银原子组成了看不见的潜影。

为把潜影变为可见的影象，必须对感光层在一定的显影液中显影。显影液的主要成分是还原剂。在显影过程中，由于还原剂的作用，卤化银被还原成为金属银。

在强光照射下所形成的潜影部分，黑色金属银的还原速度也最快。被摄体最亮的部分，反射的光线最多，称为高光部位，显影时还原的银也最多，显影后，这个部位最黑。被摄体的中间调部位显影之后的明暗程度，决定于由被摄体反射光线的多少及被还原银量的多少。被摄体最暗的部位反射光线最少，称为暗调部位，在感光层上这个部位几乎全部是透明的，因为卤化银来不及还原成为金属银原子。因此被显出的影象和被摄体相比亮度分布完全是相反的。被摄体的高光部位，在影象上变得黑暗，我们称这个亮度分布相反的影象为阴象，把含有这个影象的底片叫阴图底片，对阴图底片来说，我们称它的暗的部分

为“高光部位”，称它的透明部分为“暗调部位”。

在阴图底片上未被还原的卤化银应当除去，不然，在光线的继续作用下它将被还原，阴图底片变黑，影象消失，为了使已得到的影象固定下来，阴图底片必须进行定影。

定影液的主要成分是硫代硫酸钠，当它与未见光的卤化银作用时，则生成可溶性的银盐，这一过程称为定影。

显影和定影是在全黑或装有安全灯的暗室里进行的，定影完毕之后，阴图片还必须经过水洗及干燥，到此，制作过程即告结束。

阴图和阳图对于被摄体来说，其区别在于阴图上画面亮度的分布和被摄体不同，阴图和阳图的制作过程在原则上没有什么区别。

阳图底片的获得可以用接触拷贝和投影照相两种方法：

使用接触拷贝法，阴图底片放在照相感光材料之上，使用专门的拷贝框架或拷贝机，抽真空使它们密合，经过曝光即可得到。

使用照相法时，经过镜头把被摄体的象投影到感光材料面上，它的优点是，根据需要可以改变影象的大小，在两种情况下，光线通过阴图的透明部分——暗调，部分光线通过半透明部分，在高光部位，光线几乎是不能通过的。显影之后，在暗调和中间调部位，根据被还原金属银的多少，形成相应的黑度。未感光的卤化银和其它反应生成物通过定影，水洗除去。

制取阴图和阳图的过程是互相关连的，阳图过程是阴图过程的继续，所以两个过程同样影响着影象的质量。

第二节 制版照相感光材料

感光材料分为卤化银系统和非卤化银系统两大类，目前国内外最为成熟和广泛应用的都属卤化银系统。我们主要学习的也属卤化银系统感光材料。

感光材料系指曝光后发生光化学变化,经过适当的显影、定影处理,能够形成影象的材料。它是用一种具有感光特性的乳剂层涂布于支持体上而制成的,感光材料的种类繁多,使用极广,在制版照相过程中主要使用干片(以玻璃为片基的称为干版,以软片为片基的称为干片、软片或胶片)和湿片两类感光材料。

湿片的摄影过程是将碘化棉胶(珂罗甸)倒在玻璃版上,使之流布均匀,待其凝固,趁湿用硝酸银液浸透,摄影时将未干的湿片装入相机曝光,(湿片也因此而得名),然后趁湿用硫酸亚铁的酸性溶液显影,经定影、加厚等处理,就得到明暗与原稿图象相反的底片。因为(1)湿片的感光速度比较低,在强炭弧灯的照明下,还需要较长的曝光时间;(2)湿片必须趁湿曝光和冲洗。否则,感光度会大幅度降低,并且产生显影不均匀或难以显影的缺点;(3)照相制版者在拍摄前必须准备摄影底片,这将大大延长了摄影过程。再加上制备过程中经常出现问题,因此要求照相技工有一定的经验和水平,所以湿片已渐渐被淘汰。但它具有经济、清晰度高、加厚之后能得到很大黑度形成高反差的底片、解象力高,可以剥膜反转等优点,因此棉胶湿片至今在制版界仍有应用。特别是在铜锌版制造中使用者较多。

干片(相对于湿片而言)的使用已有多年的历史。目前生产的感光材料(干片)从色彩上分为黑白感光材料和彩色感光材料两大类。它们在性能和结构上有很大的区别。黑白感光材料属于单层结构类型,最后生成的影象只有黑白亮度的差别,彩色感光材料则属于多层结构类型,最后生成的影象除亮度差别外,还有颜色的差别。

照相制版常用的感光材料为黑白感光材料。所使用的“天然色”原稿则是由彩色胶片制成。以下着重就黑白感光材料的构造、潜影的形成、冲洗加工作一简略介绍。

一、感光材料的构造

感光材料是由多层物质组成的，一般有保护层、乳剂层、结合层、片基、背面层等组成。但从总体上说是由乳剂层和片基组成其剖面结构如图 1~1 所示。

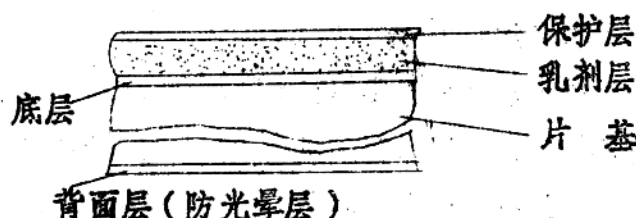


图 1~1 黑白感光材料结构剖面

保护层：胶片的最上层是由明胶组成的保护层。它的作用是防止在装片或显影时外界物体接触，由于摩擦而产生的伤痕。

乳剂层：它是感光材料的主要组成部分，乳剂层的主要成分是照相明胶和卤化银。卤化银是以极微细的颗粒状态分布在明胶中，明胶起着卤化银保护体的作用，它是乳剂层的成膜物质，是记录客观物体形象的介质。因此，乳剂层又叫“感光层”。除此之外，还要加入微量的辅助化学药品，这些药品对胶片的照相性能发生一定的影响。

底层：它是由明胶和少量的片基溶剂所组成，它的作用是将乳剂层牢固地粘附在片基上。

片基：乳剂层虽然具备了特定的感光性能，但它本身缺乏必要的强度，所以必须有一个依附的支持体，片基就是起着乳剂层支持体的作用，支持体分为纸基、塑料片基和玻璃版三种，塑料片基本身是一种具有透明、柔软和一定机械强度的薄膜，目前印刷工业中应用的多是涤纶片基，玻璃版具有不卷曲、几何尺寸稳定等特点，在各地印刷厂推广使用的明胶干版以及湿片用玻璃为片基。但它易碎、质重、操

作不便，正逐渐被干片所代替。

片基的下面涂布背面层。它的作用有三：

1. 防卷曲：胶片在冲洗过程中，由于明胶和片基的胀缩率不同，会产生卷曲现象。必须在片基的背面涂一防卷曲层。使胶片两面的胀缩率平衡，消除卷曲。

2. 防静电：片基是优良的绝缘材料，因此，在使用过程中极易因摩擦而产生静电感应，有些情况下可产生静电火花，这种静电火花会使乳剂层感光而造成废品。另外，由于静电的吸引，使片基易吸附尘埃杂质。涂布防静电的假漆层后，就可以提高片基表面的导电性能，减少静电的产生。

3. 防光晕：

胶片在曝光时，有些强烈的光线（如画面中的闪耀物体、夜景的灯光）穿过乳剂层到达片基，一部分光线又被片基反射回到乳剂层，这部分反射光线使乳剂层中本来不应感光的卤化银又感了光，在象的周围形成一圈环状的象月晕一样的象影，这就叫光晕现象，它大大降低了胶片的清晰度。

为了防止光晕的产生，片基的背面常涂有绿色或其它颜色较深的染料，以吸收能产生光晕的光线。此涂层必须具备一定的光学密度，

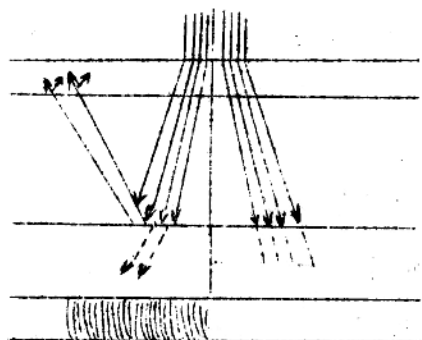


图1-2 生成光晕的原理

能吸收一定颜色的光线，或吸收全部可见光，应不对乳剂层起作用，而且在显影加工过程中涂层易被洗去或退去颜色。

二、片基的类别及主要性能

1. 对片基基本性能的要求

片基是照相乳剂层的支持体，是胶片的基础材料。为了适应生产、使用和加工的需要，片基必须符合下列要求：

(1) 片基应为无色并具有良好的透明度，以保证胶片上所生成的影像在光线照射下，能真实地透射反映出来，如果片基的透明度差，就会使影像的亮度和清晰度受到影响。

(2) 片基在照相、洗印加工、使用和保存过程中要求具有一定的机械强度和耐水性，不胀不缩，保持原来的几何尺寸。否则，会引起影像比例的失真，使套印不准，给彩色印刷带来很大困难。

(3) 片基和一般塑料薄膜一样都为绝缘体，导电性很差，极易因摩擦而产生静电，因此，在片基生产过程中，对片基进行专门的防静电处理。

(4) 片基应具有一定的化学稳定性，一方面要求它本身应耐光、热以及弱碱、弱酸等化学药品的作用，另一方面片基应不与卤化银乳剂发生化学作用，并有一定的粘牢度，使乳剂牢固地粘附在上面，不降低乳剂的感光度，不增加灰雾度，在贮存过程中不会变质分解。

(5) 片基要均匀、平整、无气泡和杂质。

2. 片基的种类和特性

目前采用的片基主要有以下两种。

纤维素片基：硝酸纤维素酯片基和三醋酸纤维素酯片基，聚酯片基又称涤纶片基。

硝酸纤维素酯片基是将硝酸纤维素酯（俗称硝化棉）溶于乙醚和

乙醇的混合溶液中，经流延而制成。它历史悠久，工艺成熟，坚固耐用、机械性能较好，但极易着火，所以在本世纪四十年代被安全的醋酸片基所代替，一直沿用至今，是目前应用较广泛的片基材料。

醋酸片基又名安全片基，是用三醋酸纤维素酯制成。它燃点高，不易着火，因此优于硝酸片基。但它不如硝酸片基牢固，柔软性差，收缩性大等缺点，以致不能满足印刷用片和其它胶片的使用要求。因而在五十年代又出现了新型的聚酯片基，又叫涤纶片基，化学名称为聚对苯二甲酸乙二醇酯。

聚酯片基在理化性能上优于醋酸片基，它具有强度大，柔软性好，吸水膨胀率小、尺寸稳定性好，热膨胀系数小等一系列优点，因此比较适合高空摄影、染印法拷贝，印刷用胶片等胶片的片基。

下表列出了三醋酸片基和聚酯片基一般性能的比较，表中所列数据均系国外测试资料，因此只可做参考比较。

片基	比重	可见光透射率 25°C %	吸水膨胀系数	热膨胀系数	在水中 的吸水 量 %	耐光性	化学稳定性			增塑剂
							弱酸	强酸	溶剂	
三醋酸	1.38	91	2.5×10^{-5}	$8-16 \times 10^{-5}$	2	好	无影响	无影响	氯甲烷	要
聚酯	1.39	87	2.7×10^{-5}	2.7×10^{-5}	0.5	好	"	"	苯酚	不要

三、感光乳剂层的组成

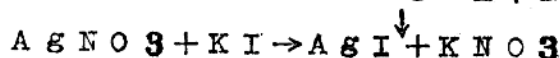
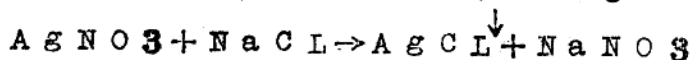
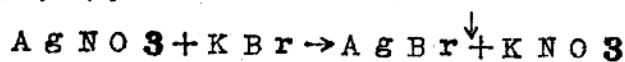
在感光材料中，乳剂层的作用是感受光线形成影像。

感光材料的照相性能主要取决于乳剂的性能。因此，乳剂的制造在

生产中具有十分重要的意义，乳剂层的主要成分有感光剂，支持剂和其它辅助剂（添加剂）等。

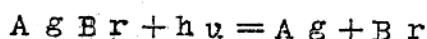
（一）感光剂——卤化银

卤化银是将硝酸银溶液缓缓加入在卤化物的碱金属溶液中而制成，其反应如下：



感光材料是将卤化银晶体颗粒分散在明胶溶液中，先制成感光乳剂，而后将感光乳剂涂布在支持体上而制成的，在照相乳剂中所采用的感光剂为氯化银（白色）、溴化银（淡黄）、碘化银（深黄色）三种。其中以溴化银对光的作用最为敏感，氯化银次之，碘化银的感光度最低。溴化银是目前感光材料中应用最广的感光剂，碘化银不单独使用，实际乳剂制造中通常是使用复合性的溴碘乳剂。氯化银一般适合于制造印相纸等用的低感光度乳剂。

卤化银有见光分解的特性，它的光化学反应可用下式表示：



溴化银 + 光子 = 银 + 溴

在光的作用下，卤化银能还原出金属银，卤化银受光线作用而发生分解的程度是与光线的强弱和照射时间的长短成正比关系。

卤化银是以个别的晶体为单位进行感光的，每个晶体接受一定的曝光量以后，就可以显影，所以一般说来，卤化银晶体的面积愈大，感光愈快。

（二）支持剂——明胶

明胶又称凝胶或精胶，是从动物的皮或骨骼中提炼出来的上等胶。

明胶在乳剂制备中用量最大、性能最复杂的一种原料，明胶在冷水中吸水膨胀但不溶解，在热水中溶解，不溶于盐类溶液及稀的酸碱中，也不溶于普通的有机溶剂，明胶在乳剂中有如下的作用。

1. 明胶是一种保护胶体。它被吸附在溴化银晶体的表面上，把一个个溴化银晶体隔离开来，使它们能够悬浮在乳剂层中不致沉淀与结块；明胶使溴化银晶体保持不相接触的状态。使曝过光的晶体，在显影过程中不致于影响未曝光的晶体，因而能保证产生清晰细腻的形象。

2. 用明胶制成的乳剂比用其它支持剂制成的乳剂具有较高的感光度。这是由于明胶能扩大感光中心而且有去卤作用。

明胶对卤化银有一定的还原能力，使卤化银晶体上形成细微的银的质点，这些银的质点集中感光过程中还原的银原子以成为足够大的显影中心，感光效率随之提高；另一方面，因为明胶是吸卤剂，能够吸收溴化银在曝光中产生的溴、氯等原子，使光分解的产物卤素被迅速吸收而移去，这一作用可以防止溴原子与银原子重新化合，从而提高感光效率。

3. 明胶有热熔冷凝的性质，这一性质对感光材料的制造很有好处。不同的工序有不同的要求，因此可以利用加温与冷冻的方法，使明胶达到要求的状态——液态（乳化及涂布时）和固态（水洗时）。

4. 明胶具有良好的吸水膨胀性，在乳剂制造时，利用这种性质洗去合成乳剂时的副产物——硝酸钾及其需要洗去其需要洗去的物质。在显影和定影时，可以让新鲜的显影剂和定影剂分子渗入乳剂层中使与溴化银作用，并可让显影及定影作用后生成的无用物质从乳剂层中洗去。

5. 明胶的粘性很强，所以还是制备底层、保护层和防光晕层不

可缺少的原料。

明胶在乳剂制造中虽有很大的用途，但有一个很大的缺点，就是明胶的成分很不固定，随动物的品种和生长条件而异。因此，来源不同的明胶，虽有同样的乳剂配方，在同样的条件下制成乳剂，它们的性能会有不同。这一缺点给感光材料制造和使用带来了很多麻烦。

(三) 各种辅助剂（添加剂）

为了改善胶片的各项照相性能和物化性能，在卤化银乳剂中需要补充加入各种不同的辅助剂，根据它们在乳剂中所起的作用不同，基本上分为两大类：第一类专用于改善乳剂的照相性能，为了提高感光材料的感光度及扩大它的感色范围，需要加入化学增感剂和光学增感剂，第二类是专用于改善乳剂的物化性能，需加入稳定剂、防腐剂、增塑剂等等。

第三节 曝光及潜影的形成

一、卤化银的晶体结构

从分析胶片的结构中知道，乳剂层中卤化银颗粒的存在是使胶片对光线具有敏感作用的最基本的因素，而照相影象的形成，正是由于卤化银颗粒一系列变化的结果。

为了了解卤化银变化的原因，有必要先了解一下卤化银颗粒的结构特点，以溴化银为例。溴化银的晶体结构和食盐一样，都是正方形结构。其中带正电的银离子（ Ag^+ ）和带负电的溴离子（ Br^- ）按一定规律排列着。图1-3表示了溴化银晶体点阵示意图。这是溴化银的理想晶体结构，对光是不敏感的，因为在晶体结构中的银离子

