

前 言

我们国家在向四个现代化的进军中，各项事业都在蓬勃地向前发展，我国的摄影事业、特别是彩色摄影事业发展很快，它已被广泛地应用到工农业生产、国防、科学研究以及人民生活等各个方面。目前国内胶片厂已能生产多种彩色胶片，质量在不断提高，这就为我国彩色摄影进一步发展创造了良好条件。

随着彩色摄影的发展，广大摄影工作者及业余爱好者都迫切希望了解和掌握有关彩色胶片的冲洗技术，以便提高彩色胶片的拍摄和冲洗质量。为此，我们将多年来在实践中积累的一些经验、体会，整理成这个小册子，提供摄影工作者和摄影爱好者参考。

本书所述除一些必要的彩色摄影及彩色胶片的基本知识外，主要是介绍各种常用的彩色负片、彩片正片、彩色反转片的冲洗方法以及冲洗好彩色胶片应注意的问题。由于本人业务水平有限，及编写时间仓促，在内容上会存在很多缺点甚至错误，请读者批评指正。

本书在编写过程中，承卢学志等同志的热情帮助，在此表示真诚的感谢。

郑 炳 和

1980年10月

目 录

第一章 彩色摄影和彩色多层胶片	1
一、彩色摄影的基本知识	1
(一)光与色	1
(二)色光与波长	1
(三)光源与色温	3
(四)加色法与减色法	5
(1) 加色法成色原理	5
(2) 减色法成色原理	6
二、彩色多层胶片的结构和特点	7
三、颜色失真的原因及胶片的改进方法	10
四、彩色胶片的保存	12
(一)彩色胶片的保存	12
(二)已经曝过光彩色胶片的保存	13
(三)冲洗后彩色底片的保存	14
第二章 彩色多层胶片的冲洗加工过程	15
一、彩色负片和正片的冲洗加工过程	15
二、彩色反转片的冲洗加工过程	18
第三章 国内外主要彩色胶片的冲洗加工方法	21
一、彩色负片的冲洗加工	22
(一)保定、上海水溶性彩色负片的冲洗	22
(二)保定油性彩色负片的冲洗	24
(三)上海油性彩色负片的冲洗	27

(四) 柯达彩色负片(C-22 工艺)的冲洗以 及富士、樱花彩色负片的冲洗	31
(五) 柯达依斯曼彩色负片的冲洗	36
(六) 柯达彩色 II 型负片和专业用柯达万利 彩色 II 型负片的冲洗	39
(1) 关于冲洗药液代用配方	42
(2) 关于 II 型彩色负片在冲洗加工中可能出现的 问题及其原因	45
(3) 关于 C-41 工艺显影温度和时间的变更	46
(七) 柯达依斯曼彩色 II 型负片的冲洗	47
(八) 日本富士彩色 II 型负片和樱花彩色 II 型负片的冲洗	48
(九) 柯达彩色 400 度等高速度彩色负片的 冲洗	50
(十) 阿克发 CNS 和 CNS II 型彩色负片的 冲洗	51
(十一) 东德奥尔沃(ORWO)彩色负片 NC19 的冲洗	55
(十二) 苏联彩色负片的冲洗	56
二、彩色正片的冲洗加工	57
(一) 保定水溶性彩色正片的冲洗	58
(二) 上海水溶性彩色正片的冲洗	61
(三) 上海油溶性彩色正片的冲洗	63
(四) 柯达彩色正片的冲洗	65
(五) 依斯曼彩色正片的冲洗	67
(六) 阿克发 5 型、7 型彩色正片冲洗工艺 及配方	71

三、彩色反转片的冲洗加工	73
(一)保定油性彩色反转片的冲洗	76
(二)柯达爱克泰彩色反转片 E-4 工艺的 冲洗	82
(三)日本富士彩色反转片 R100、CR55 的 冲洗	86
(四)柯达爱克泰彩色反转片 E-6 工艺的 冲洗	90
(五)阿克发彩色反转片的冲洗	101
(六)奥尔沃(ORWO)彩色反转片的冲洗	103
(七)弗拉尼亚彩色反转片冲洗工艺及配方	106
(八)安司克克罗姆彩色反转片冲洗工艺及 配方	108
(九)柯达克罗姆彩色反转片的冲洗	110
(1)关于柯达克罗姆彩色反转片的概况	111
(2)柯达克罗姆彩色胶片的构造	111
(3)外式法彩色显影的工艺过程	112
(4)外式法彩色显影的成色剂	112
(5)柯达克罗姆胶片冲洗工艺和试验配方	113
第四章 彩色多层胶片冲洗加工中常用药品及其性能	119
第五章 感光测定和冲洗过程的控制	134
一、彩色胶片的感光测定	134
(一)彩色感光仪	135
(二)彩色光楔的冲洗	135
(三)彩色光楔的密度测量	136
(四)特性曲线的绘制	137

(五)实际拍摄色板的试验	141
二、彩色胶片冲洗过程的控制	142
(一)温 度	142
(二)搅 动	142
(三)冲洗时间	143
(四)药液的补充	143
(五)药液的污染	143
(六)药液的配制和化学分析	144
三、关于提高彩色胶片的感光度	145

附 录

(一)摄氏温度和华氏温度的比较及换算	147
(二)摄氏、华氏温度对照表	148
(三)彩色胶片的识别及冲洗工艺	149

第 一 章

彩色摄影和彩色多层胶片

一、彩色摄影的基本知识

(一)光与色

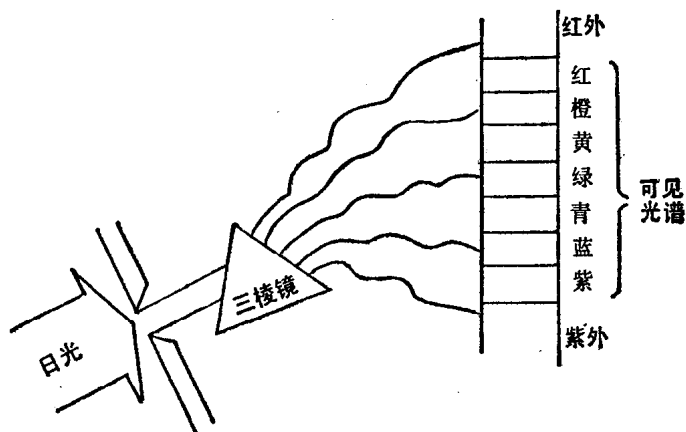
在我们日常生活中，所以能看到各种物体并能区分它们的形状、颜色，都离不开光的照射。如果在完全没有光线的夜晚或暗室里，我们既看不清物体的形状，更无法辨别出它的颜色了。那么，光和色到底是什么关系呢？

大家知道，平时我们人眼所能看到的白光，比如日光，并不是一种单色光，而是由各种不同颜色的色光所组成的混合光。我们可以做这样的试验：使太阳光透过一块三棱镜照射到白色的墙壁上，这时就会在墙壁上显示出各种颜色。如果仔细观察就会发现，它是一条有规律的彩色光带。(见图)

从图中可以看出，太阳光在通过三棱镜时产生了折射现象，由于各种波长色光的折射率的不同，于是就产生了色散，被有规律地分解为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等各种不同的色光。从这一试验证明，日光实际上是由许多种单色光组成的混合光。

(二)色光与波长

我们人眼所能看到的这些色光称为可见光。它的波长



是在 400 毫微米到 700 毫微米这一段的范围内，除此之外波长比 400 毫微米更短或比 700 毫微米更长的色光也是有的，但那是人眼所看不见的，如红外线和紫外线等。

光 波 与 颜 色

光 波 波 长 (μ)	光 的 颜 色
400~450	紫
450~490	蓝
490~505	青
505~570	绿
570~590	黄
590~620	橙
620~700	红

可见光中各种光都有它特定的波长，在每一特定的波长位置上表现出不同的颜色。波长的单位通常以毫微米（百万分之一毫米）来表示。

可见光的波长与色光颜色的关系如下表：

人们为了实际应用上的方便，通常都将波长400至700毫微米的可见光概括为红、绿、蓝三个波段，也就是波长400至500毫微米属于蓝光范围，波长500至600毫微米属于绿光范围，波长600至700毫微米属于红光范围。我们把红、绿、蓝三种色光通常叫三原色光，而白光也就是由这三种原色光混合组成的。

如果物体的表面是被白光所照射，它吸收了白光中的某些波长的光线，而将另一些波长光线反射到我们的眼睛里，这些反射光线的波长就决定着物体所显示的颜色。如：红色物体吸收蓝光和绿光，反射红光；绿色物体吸收红光和蓝光，反射绿光；蓝色物体吸收红光和绿光，反射蓝光。黑色物体全部吸收红、绿、蓝各种色光。而白色物体则全部反射红、绿、蓝各种色光。由于各种物体表面对各种色光的反射和吸收作用，使人们看到了自然界一切景物的颜色。这个原理，对于我们理解彩色摄影中色彩的形成是很重要的。

（三）光源与色温

上面我们所说的白色光，通常是指自然界的日光。日光被三棱镜所分解的，包括红、橙、黄、绿、青、蓝、紫各种颜色的光带，叫作光谱。除日光外的其它一些人造光源所发射的光线的光谱成分与日光就不尽相同，如普通的钨丝灯光，烛光等所包含的黄色光和红色光的成分就多些。即使是日光，由于太阳所照射的时间、位置以及空气中的

尘埃、雾气等作用程度的不同也会改变其光谱成分。如：中午的太阳光中含蓝的成分就多，而日出和日落时的太阳光中含红的成分就多。光源的这种不同的光谱成分，一般在摄影上用“色温”来表示。色温越低，光线中的红色成分就越多；色温越高光线中的蓝色成分就越多。色温的单位以K表示。下表中列出几种不同光源的色温数值：

各种光源的色温

光源名称	色温 (K)	
人造光源	标准蜡烛光	1900
	不同功率的钨丝灯	2500~3200
	反光式摄影照明灯(强光灯)	3400
	碳精灯	4000~5500
	万次闪光灯	5000~6000
日光	日出时的阳光	1900
	日出后半小时	2400
	日出后一小时	3500
	日出后二小时	4400
	上午九点至下午三点的日光	5400~5900
天空光	全阴天空光	6500~7000
	晴天天空光	12000~18000

从表中可以看出，光源不同，色温也不一样。光源的色温不同时，对我们辨别物体的颜色有很大的影响，如在

灯光下观看物体的颜色和在日光下观看同一物体的颜色就有很大的区别，这就是由于两种光源的光谱成分不同所造成的。俗话说：“灯下不观色”就是这个道理。所以我们无论在彩色摄影或彩色制作加工过程中，都要特别注意光源色温的变化情况。由于光源光谱成分不同，对胶片中卤化银的作用程度也不相同，所以，通常拍摄彩色片都规定了它在标准灯光色温下为多少感光度，标准日光色温下为多少感光度。一般规定是，灯光的标准色温为 3200K，日光的标准色温为 5500K。光谱的色温不同，不仅会影响到胶片的感光能力，更重要的是会影响彩色片的色彩还原，所以，我们在使用彩色胶片和彩色制作过程中都要特别注意这一点。

(四) 加色法与减色法

根据三原色的原理，自然界各种颜色都是以不同比例的红、绿、蓝三种颜色成分组成的，在三原色原理的应用上把色彩合成起来的方法有两种：一种是加色法；另一种是减色法。

加色法是将不同数量的红、绿、蓝三原色光重叠在白幕上而形成各种颜色的。

减色法则是由三原色的补色，青、品红、黄三色染料的重叠而形成各种颜色的。

目前在世界上彩色摄影方面比较普遍采用的是减色法。现分别将两种成色原理介绍如下：

(1) 加色法成色原理

我们做这样的试验：用三台幻灯机将等量的红、绿、蓝单色光同时投射在银幕上，使三种单色光按图的方式部分重叠在一起。这时，我们就会看到中间红、绿、蓝三种色光重叠的地方就呈现为白色，这和我们前面介绍的白光

是由红、绿、蓝三种色光混合组成的道理是一样的。我们同时还可以看到，当两种色光重合在一起的时候，就会产生另一种色光。如红色光加绿色光就会出现黄色光；红色光加蓝色光就会出现品红色光；绿色光加蓝色光就会出现青色光。这就是色光的加色混合。（见图一）

根据这个原理，如果我们要获得与物体颜色相同的彩色影像，可用加装红、绿、蓝三种滤色镜的照相机分别拍摄同一景物的三张底片，这三张底片就分别纪录了景物的三原色成分，然后用这三张底片印成透明正片，再用三个幻灯机同时放映，使三个影像在银幕上重合起来，然后将红、绿、蓝三种滤色镜分别加在放映景物的红、绿、蓝三色成分的正片的幻灯机上，于是银幕上合成的影像就呈现出其原来的色彩。

这种使景物色彩还原的方法，就是加色法。它的优点是所形成的色彩纯度高，但最大缺点是过程十分繁杂，同时只能用三台幻灯机放映，因此，这种方法在实际应用中没有得到推广。

（2）减色法成色原理

减色法是应用色光相减的原理，把三原色的补色即黄、品红、青三种颜色的染料互相重叠起来实现色彩再现的方法。黄、品红、青三种颜色，是由红、绿、蓝三原色派生出来的，是从白色光中分别减去一种原色光而生成的结果。如白色减去蓝色，就成为黄色；白色减去绿色，就成为品红色；白色减去红色，就成为青色。因此，可以把蓝与黄、绿与品红、红与青称作互为补色。

由于黄、品红、青三种染料能够分别吸收白色光中的一种原色光，所以如果将两种染料相重叠，则就会吸收白

色光中的两种原色光，而呈现出一种原色的颜色。如黄染料与品红染料相重叠，白色光中的蓝光与绿光将被吸收，而呈现出红色；黄染料与青染料相重叠，白色光中的蓝光与红光将被吸收，而呈现出绿色；品红染料与青染料相重叠，白色光中的绿光与红光将被吸收，而呈现出蓝色。如果我们将三种染料相重叠，黄染料吸收蓝光，品红染料吸收绿光，青染料吸收红光，其结果白色光中的三原色光全被吸收，而呈现出黑色。

我们可以用黄、品红、青三块滤色片来做减色法的成色试验，将三块滤色片对着白色光源，部分重叠在一起，这时，两块滤色片重叠的部分，将分别出现红、绿、蓝三原色，而三块滤色片重叠的部分将成为黑色。（见图二）

现在的彩色摄影，就是在减色法成色原理的基础上发展起来的。

二、彩色多层胶片的结构和特点

在现代彩色摄影中，应用最普遍的是减色法成色原理，目前使用的彩色胶片就是根据这一原理制造的。彩色胶片属于多层乳剂的感光材料，它可以用一张彩色胶片代替加色法摄影所使用的三张胶片，并可以通过印片或放大制成彩色照片或彩色透明正片。

彩色摄影的结果是要得到一张彩色影像的负片或正片，但彩色胶片中有感光能力的卤化银不能产生颜色。因此必须在卤化银乳剂中加入能产生颜色的成色剂物质，作为多层彩色感光材料，必须具备两个基本要求：

第一，它至少要有三种感色性不同的乳剂层，其中每

一乳剂层应分别只感红、绿、蓝三种色光中的一种，经过显影处理后要在一张底片的三层乳剂中分别获得三个分色影像；

第二、根据减色法成色原理，在三层乳剂层中所得到的影像应分别是由青、品红、黄三种染料组成的单色影像。

以上第一条比较容易做到，只要在乳剂层中加入相应的光学增感染料，就可以使本来只感蓝光的卤化银也能感红光或绿光，这一点在黑白胶片中就已经做到了，所不同的是，在黑白胶片中将几种增感染料同时加到一层乳剂中，使乳剂层能同时感白光中的红、绿、蓝三种色光，从而也就是具有“全色”的感色性能。而在彩色多层胶片中，则应分别根据每层乳剂的情况来选择应用光学增感染料。比如：只感蓝光的乳剂一般不加增感染料，感绿光的乳剂就应只加入能使卤化银对绿光敏感的增感染料，感红光的乳剂则加入能使卤化银对红光敏感的增感染料。这样就可以使彩色胶片的三个乳剂层具有分别只感红、绿、蓝三个单色光的性能。拍摄时，根据被摄体颜色的不同，分别在彩色胶片的三层乳剂上感光，形成三个单色影像。

比较复杂的是如何使胶片上所生成的三个由银粒组成的黑白影像，分别转变为相应的黄、品红、青色的染料影像，这是彩色胶片和黑白胶片的根本区别。为了达到这一要求，目前最普遍采用的方法是在乳剂层中加入成色剂，这种化学物质能在胶片曝光后的显影过程中与彩色显影剂的氧化物发生反应而在银盐还原的同时，相应地形成染料，从而获得彩色影像。

彩色成色剂是一种能生成染料的化学药品。它本身并不是染料，而是一种中间体，它必须与彩色显影剂的氧化

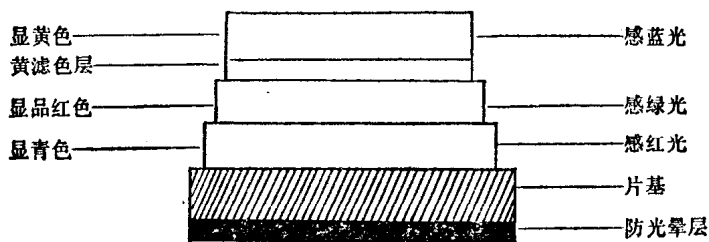
物反应才能生成染料。由于成色剂在乳剂中是均匀地分布在卤化银颗粒的周围，当已曝光的卤化银颗粒被彩色显影剂还原成金属银时，彩色显影剂被氧化，这种被氧化了的彩色显影剂的生成物就同时与卤化银颗粒周围的成色剂反应生成染料。染料形成的多少是与金属银成正比的，这一彩色显影的化学反应过程可以简单的表示为：

感光后的卤化银 + 彩色显影剂 → 金属银 + 彩色显影剂氧化物。

彩色显影剂氧化物 + 成色剂 → 染料(彩色影像)。见图六。

在彩色胶片的显影过程中，生成黑白金属银影像的同时，也就形成了彩色染料的影像。所以，只要通过一定的化学处理，将黑白的金属银去掉，就可以得到纯粹的彩色染料影像了。

彩色多层胶片的典型结构如下图：



不论是彩色负片、彩色正片或彩色反转片，它们的结构是基本相同的。即先在透明片基上涂布感红光的青色层

感光乳剂，接着是感绿光的品红色层感光乳剂，最上面是感蓝光的黄色层感光乳剂。在片基的背面涂布着蓝绿色或炭黑色的防光晕层，其作用是消除由片基反射所引起的光晕现象。为了消除蓝光对中、下两层乳剂的影响，还在上层和中层乳剂之间涂布一黄滤色层。虽然，在彩色胶片的片基上重叠地涂布多层乳剂，但它的总厚度也只稍大于一般的黑白胶片。

彩色胶片一般可分为两种：一是彩色负片，它经过摄影、冲洗加工后，获得与原景物明暗相反的负像，它的颜色是原物的补色。如：红花在彩底上呈现青色，绿叶在彩底上呈现品红色等等。二是彩色反转片，它经过摄影、冲洗加工后，即可获得与原景物明暗相同、颜色相同的彩色正像。它能直接表达出景物原有的色彩。

不论彩色负片或彩色反转片都分为“日光型片”和“灯光型片”两种，以适应两类光源不同的光谱成分。日光型的彩色片适合于在日光条件下或电子闪光灯的光源下拍摄，色温标准为 5500 K；灯光型彩色片适于在钨丝灯的光源下拍摄，色温标准为 3200 K。

三、颜色失真的原因及胶片的改进方法

根据减色法的成色原理，自然界中的各种颜色都能通过分解其三原色成分而记录在多层彩色胶片的三层乳剂上，然后再以相应比例的三补色染料的重叠而再现。要想得到这种准确的再现，所使用的染料必须是理想染料，也就是每种染料(黄、品红、青)只吸收可见光谱中 $\frac{1}{3}$ 的光线，

而让其余的 $\frac{2}{3}$ 通过。但实际情况却并不是这样，虽然经过多年的努力，而现在所使用的染料距理想情况还相差很远。除黄色染料的情况勉强符合要求外，品红色染料与青色染料就很不理想。所以，用这种染料所形成的彩色正像就不可能与实际情况完全一样，而只能是接近而已。

那么，如何改善彩色底片、正片的颜色质量呢？目前有三种办法：一是继续提高成色剂的质量；二是通过加色罩的方法，来改善染料光谱吸收特性的缺点；三是采用新型的显影抑制成色剂，利用层间效应来平衡染料的光谱吸收特性。

目前后两种方法已在胶片生产中广泛应用，对提高彩色质量有一定的效果。

三种染料的光谱吸收的具体情况是：黄染料最好，它基本上能吸收全部蓝光，而让红光和绿光全部通过。青染料差些，它可全部吸收红光，而让90%的蓝、绿光通过，其余的10%左右的蓝、绿光被它吸收，这就是青染料不纯造成的，我们称它为有害吸收。品红染料最不理想，它本来应该通过100%的蓝光和红光，而实际上它却有害地吸收掉40%的蓝光和10%的红光，这是彩色胶片中最不纯的一种染料，它带有将近一半的“黄”。

那么，怎样才能消除这层黄色呢？一种办法是在负片的品红层中加一个黄色的正像色罩。这是解决染料有害吸收的有效方法之一，就可以消除品红层中的负像对蓝光的有害吸收。由于青染料也存在有害吸收，所以在青层中，也要加一个与青影像相反的橙红色正像色罩。由于品红层的黄色罩和青层的橙红色罩的存在，所以彩色底片看上去

是橙黄色的。彩色底片上的色罩是带色成色剂在冲洗过程中形成的，它使得胶片在冲洗后蒙罩着一层橙红色，这不同于灰雾，它是二层色罩的综合颜色，对彩色底片的颜色能起到一定的校正作用，对色彩平衡是有利的。

另一种办法是在彩色胶片的乳剂中，改用新型的显影抑制成色剂，这种成色剂在显影的过程中释放出一种显影抑制剂，可以抑制邻层的显影，其对邻层密度的影响，大体上相当于本层染料的有害吸收，同样起到改进彩色底片的色彩平衡的作用。

四、彩色胶片的保存

一般感光材料在贮藏过程中由于受各种条件的影响及时间的推移，感光乳剂都会逐渐改变它的感光特性。除了胶片的灰雾在不断增加以外，其它方面如感光度和反差等也都随着保存时间的延长而逐渐降低。彩色多层胶片的的变化就更为明显，它不仅有上述情况，对它的色彩平衡也有不良的影响。因此，保存条件的好坏对照片效果影响很大，需要特别注意。

（一）彩色胶片的保存

彩色多层胶片之所以特别容易受到不良贮存条件的影响，是因为彩色胶片三层乳剂的变化程度不一样，高感光度的乳剂层的变化通常要快于低感光度的乳剂层，这样就必然会影响它的色彩平衡。一般地说胶片的感光度越高，它的照相性能变化越快，因此，对贮存条件的要求也越严格。在贮存彩色胶片时，必须注意潮湿、温度和 X 射线的