

影 显 色 彩

契 利 佐 夫 著
邦 加 尔 德

中国电影出版社

影 显 色 彩

〔苏联〕契利佐夫 著
邦迦尔德

陈兆初 谢宜凤 译

中国电影出版社

1962·北京

В. С. ЧЕЛЬЦОВ, С. А. БОНГАРД
ЦВЕТНОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ
ТРЕХСЛОЙНЫХ
СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ИСКУССТВО»

Москва 1958

本书根据莫斯科艺术出版社1958年版本译出

彩色显影

[苏联] 契利佐夫 著
邦菲尔德
陈兆和、谢宜凤 译

*

中国电影出版社出版

(北京西单金线街12号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第089号

北京印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国新华书店经售

*

开本 830×1168 公厘 $\frac{1}{32}$ · 印张 $7\frac{1}{8}$ · 字数 156,000

1962年7月第1版 1962年7月北京第1次印刷

统一书号: 15061·95 印数: 2,700册

定价: 1.20 元

內 容 說 明

本书較完整地并系統地叙述了有关多层彩色照相材料彩色显影的理論和实际問題。主要的有：彩色照相影像形成的原理；彩色显影物质和彩色显影成色剂的結構及其作用机理；彩色显影液配制的原理；彩色显影过程中染料形成的化学反应；彩色影像的耐存性；彩色影像失真的原因及其克服的方法等等。

此外，对于苏联、民主德国以及其他资本主义国家生产的各种彩色照相材料及其加工方法，也作了細致的介绍。

所有这些內容，不但对于从事彩色照相材料加工（加印）的专业人員和照相愛好者有相当重要的参考价值，同样，对于从事彩色显影物质、彩色显影成色剂以及彩色照相材料的制造和研究工作的技术人員，也极为有益。

本书最后一章所叙述的有关采用保护成色剂和聚合成色剂所制成的新型彩色胶片的特性与制造原理，对于我們进一步地研究新型的优质彩色照相材料，将有很大的启发。

作 者 的 話

彩色显影是现代多层感光材料的彩色照相和制作影片的主要过程之一。

彩色显影虽然在50年前就已经发明了，并且在各种彩色照相方法中实际应用了20余年，但是彩色显影过程的化学实质还没有得到充分的研究。不过，到目前为止，由于在这方面进行了许多研究工作，已经积累了相当多的知识。

前几年曾经出版过很多有关彩色照相以及多层彩色胶片和照相纸加工过程的书籍。这些书籍大都是供照相爱好者作为工作指南用的。

在本书中作者试图总结一下在彩色显影化学基础方面所获得的一些知识。

緒論和第一、八、九、十、十一和十二章是B. C. 契利佐夫写的，第二、三、四、五、六和七章是C. A. 邦迦尔德写的。

目 次

作者的話

緒論

- 第1节 运用减色法使彩色影調还原以获得彩色照相影
像的物理基础…………… (1)

第一章 多层照相材料经彩色显影获得彩色影像的 方法的理論基础

- 第2节 彩色照相用多层感光材料的构造原理………… (9)
第3节 彩色显影方法和多层胶片产生的历史概述… (14)
第4节 利用彩色显影在多层照相材料上获得彩色照相
影像的原理…………… (19)

第二章 彩色显影物质

- 第5节 对彩色显影物质的基本要求…………… (25)
第6节 彩色显影物质的显影活性…………… (27)
第7节 显影物质和成色剂的縮合本領…………… (32)
第8节 显影物质的結構对于所形成染料光譜吸收的
影响…………… (33)
第9节 彩色显影物质的毒性及其作用…………… (34)
第10节 应用于胶片加工的彩色显影物质…………… (35)

第三章 彩色显影成色剂

- 第11节 彩色显影成色剂的一般特性…………… (38)
第12节 扩散性彩色显影成色剂…………… (61)

第13节	固定在照相层中的成色剂的一般性能	(52)
第14节	非扩散性彩色显影成色剂	(53)
第15节	非扩散性成色剂对乳剂光学增感的影响	(58)
第16节	彩色显影保护成色剂	(60)
第17节	彩色显影聚合成色剂	(62)

第四章 彩色显影过程中染料形成的化学反应

第18节	彩色显影时生成的染料和合成方法制得的染料的鉴定	(64)
第19节	成色剂分子和显影物质结合的位置	(65)
第20节	彩色显影反应中的化学计算关系	(68)
第21节	彩色显影反应的历程	(70)

第五章 彩色显影液

第22节	彩色显影液的一般特性	(83)
第23节	碱在彩色显影中的作用	(83)
第24节	显影液中的保护物质——亚硫酸钠和羟胺	(86)
第25节	亚硫酸盐在彩色显影中的作用	(97)

第六章 彩色显影时染料的有效产率

第26节	彩色显影时析出的银和形成的染料之间光学密度的相互关系	(102)
第27节	染料的相对照相产率的测定	(107)

第七章 彩色显影染料所形成的彩色照相影像的耐存性

第28节	彩色照相影像中中亚胺类和苯胺氮茚类染料的稳定性	(110)
第29节	氮苯彩色显影染料	(115)

第八章 用扩散性成色剂逐次进行彩色显影的多层彩色反转片

- 第30节 柯达克罗姆彩色胶片..... (133)
- 第31节 依尔福彩色彩色胶片..... (133)

第九章 含有非扩散性成色剂并用一次彩色显影的彩色反转片

- 第32节 彩色反转片的一般特性..... (136)
- 第33节 阿克发彩色彩色反转片..... (139)
- 第34节 安斯可彩色彩色反转片..... (141)
- 第35节 吉佛彩色彩色反转片..... (143)
- 第36节 法兰尼亚彩色彩色反转片..... (146)

第十章 用于负片——正片过程的含有非扩散性成色剂的彩色照相材料

- 第37节 用于负片—正片过程的彩色胶片的一般特性..... (149)
- 第38节 用于负片—正片过程的阿克发彩色彩色胶片... (152)
- 第39节 用于负片—正片过程的苏联彩色胶片..... (155)
- 第40节 用于负片—正片过程的安斯可彩色彩色胶片... (157)
- 第41节 用于负片—正片过程的吉佛彩色彩色胶片..... (158)
- 第42节 用于负片—正片过程的法兰尼亚彩色彩色胶片..... (160)
- 第43节 用于负片—正片过程的戴尔柯色、巴克色和其他类型的彩色胶片..... (160)
- 第44节 用于负片—正片过程的彩色照相材料的加工..... (162)

第十一章 彩色传递失真的一些原因和采用 内部马斯克进行修正的原理

- 第45节 多层胶片在照相和显影过程中彩色传递失真的基本
原因..... (180)
- 第46节 采用马斯克修正彩色传递的原理..... (183)

第十二章 含保护成色剂和聚合成色剂 的多层彩色胶片

- 第47节 柯达色、埃克太色和埃克太克罗姆彩色胶
片..... (193)
- 第48节 依斯曼色彩色电影胶片组合..... (196)
- 第49节 依斯曼色彩色电影胶片的加工..... (203)
- 第50节 含聚合成色剂的杜邦色彩色正片..... (209)

参考文献

緒 論

第1节 运用减色法使彩色影調还原以 获得彩色照相影像的物理基础

自然界所有被摄物体都或多或少具有不同級数的表面亮度。这种亮度的差别是在被摄物体受到全面均匀的照明下，由于物体各个部分上光线吸收体的数量与质量不同所造成的。

为了得到物体的照相影像，通过光学系統——镜头——将这个物体的光学影像投影到照相机中的毛玻璃上。調节好焦点以后，在毛玻璃的位置上放好感光材料以便曝光。

不論物体光学影像的光线直接作用于感光层，或是经过化学加工后在感光层中生成能吸收光线的物质，照相影像的形成都是以感光层的性能为基础的。

照相过程的目的，在于使照相材料的感光层中形成的某种物质——光线吸收体的分布和被摄物体相同。

大多数的照相方法在原則上都是負像的照相过程，因为受光线作用的结果发生变黑。所以，为了得到物体的正像，就必须按反轉过程来加工照片，或者再一次（重复）进行照相过程（負片—正片过程）。

在照相过程中分散的金属銀起着决定性的作用，它是构成影像的光线吸收物质，这种金属銀是在照相乳剂的卤化銀微晶体上形成的。除了銀以外，用以构成单色照相影像的还有偶氮染料（重氮晒法）、铁的染色化合物（蓝晒法）和其他物质。

我們所看到的物体，在它各个細部的成分中，不仅有能够均

勻吸收各种不同波长光綫的物质（消色差的即灰色的亮度級），而且也有选择性吸收某些光譜光綫的物质。这种物体不但一般亮度的級数不同，而且顏色的級数也不同。

我們的视觉器官对物体表面的彩色感受，是在該物体经选择性吸收一部分光綫之后反射出来的光綫的作用下产生的（图1）。物体的顏色在一定程度上还决定于照射光綫的光譜成分。

物体的顏色在光綫很明亮的条件下可以看得非常清楚。但是如果用光譜成分不同的光綫照射这个物体时，它的顏色也就不同。例如，紅顏色在电灯光下显得很鮮艳，而在水銀灯光下却好像黑顏色，这是因为在水銀灯光中缺乏紅光。

照相术誕生的初期，关于形成照相氧化物的工作是获得彩色照相影像方面的最早活动。例如，还在1810年德国教授席耶培克在法国发明家H. 涅泊斯和Л. 达吉尔（1813—1824）之前就确认：氯化銀层在太阳光譜作用下能够使所有的顏色得到再現。Дж. 吉尔舍利（1840）、Э. 培給列尔（1847—1855）和С. В. 涅泊斯（1851—1866）都曾发现过生成照相氯化物的事实。

彩色照相原理和视觉三原色学說有着緊密的联系，这种三原色学說的理論基础是M. B. 罗蒙諾索夫在1765年最初提出的。后来在1802年馮世也提出了这种理論的中心思想。同时，庸格认为，眼睛里对每个波长的光綫都有它特殊的感受器官是不太可能的，他还提出，感受器的数量仅限于三个，分別感受三种基本顏色。

视觉三色学說后来为 Дж. К. 馬克斯威尔和吉尔姆高尔茨所发展。按照这种理論，指出在眼睛的网膜里有三种不同的神经細胞，当它們分別受到刺激时就会引起藍色、綠色和紅色的感觉。通常，光綫随着光譜成分的不同能作用于所有三种或者其中二种神经細胞，在这种情况下对色的感觉取决于三种顏色视觉中心所受到激发的程度。

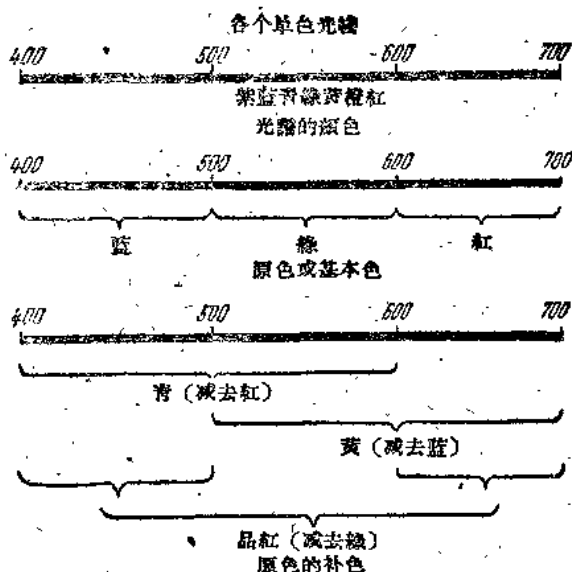


图1 光谱的特性和颜色的区分

三色视觉的实质也决定着彩色被摄物体照相再现的特点。两道具有同样光谱成分的光线必然会使同一个观察者引起相同的色觉，这种情况对于彩色照相是很重要的。然而这种情况不是可逆的，也就是说，两道颜色相同的光线可以具有不同的光谱成分。这种颜色叫做位变异构色。

实验证明，任何一种光线所引起的色觉，都可以用三种基本颜色的光线按一定比例混合而得到再现，但是混合的比例必须能够使这些光线具有相同的色调和彩色的相对饱和度。

通过蓝色、绿色和红色滤色镜可以摄制出三个分色负像，用这些分色负像印制的三个单色正像，能够得到物体彩色的照相再现，这个原理是1861年英国物理学家 J.K. 马克斯威尔 所提出的。

根据视觉的三色学说，彩色照相影像可以按三色原理来得到：我们的视觉器官所感受到的蓝色、绿色和红色光线的数量，在彩

色影像中可以由这三种光线的选择性吸收物质（减色剂）的数量来调节。这些减色剂的颜色是黄色、品红色和青色，也就是被它们所减去的根本色的补色。

1867—1869年，法国发明家杜克·杜·奥龙根据罗蒙诺索夫—馬克斯威尔的三色原理提出了用减色法制取彩色照片的方案，并按照法国发明家普阿脱文的颜料印制法从三个分色负像制得了彩色照片。和杜克·杜·奥龙同时，法国发明家哈尔·克劳摄制成功了彩色照片。视觉的三色理论和位变异构色的学说是照相减色法彩色再现的基础。这种彩色和通过三种染料——减色剂组成的物质影像所得到的光线彩色一样。

自然界除了极少数的例外（虹，天的颜色），彩色的形成都带有减色性质，而对带色光线的感受却是加色性的，即合成的。例如，白光落在带色的花瓣上，花瓣汁液中含有的色素将吸收一定数量的蓝、绿和红光。透过的或者反射（散射）出来的光线作为三个区域光线的混合体，递加地使我们的眼睛引起彩色的感觉，这种彩色感觉取决于各区域光线激发的比例。

在这种植物的彩色照相过程中，必须使照相层含有各区域光线吸收物质，这些物质之间又必须有一定的数量比例。按照反射出来的光线对人眼总的作用来说，这些光线吸收物质和花瓣汁液中作为光线吸收物质的色素，应当是相同的。

为了用照相方法得到物体的正确传色的影像，必须使再现变黑级差的物质，和被摄物体中的光线吸收剂有相同的光谱吸收性能。在彩色照相过程中，照相层中的光谱吸收物质（减色剂）的分布情况要和被摄物体中这种吸收剂的分布情况相似。因此必须牢记，在彩色照相的时候，一定要得到由选择性光线吸收物质所形成的物质影像。这种物质影像和被摄物体受到同样光线的照射时，应当尽可能真实地再现出物体的颜色。

自然界的物体在受光线照射后所呈现的颜色，取决于是否具有各区域光线吸收物质和这些物质的数量比例。进行彩色照相时，

应当使照相层中形成必需数量的区域光线吸收剂，以达到彩色的再现。

由此可见，为了获得彩色照相影像，首先必须使照相层中含有（这种情况较少）或者说能够获得三种物质的混合体——三种基本色的光线吸收剂的混合体。

如果照相层中含有这种混合体，那么要得到彩色影像只有局部地破坏相应的区域光线吸收剂。当三分之一光谱的吸收剂要在加工过程中形成时，在照相过程中必须采取措施以保证影像中一定的地方没有形成一定区域光线吸收剂的可能。

例如，要得到黄光线（即黄色），就必须从白光的成分中减去光谱蓝色区域（三分之一）的光线（图2）。根据减色法制取彩色照相影像的原理，必须在三种区域光线吸收剂（这三种吸收剂都含在照相层内，并且当它们合在一起时能产生黑色色调）的混合体中破坏吸收绿光和红光物质，而保留吸收蓝光物质，而也可以在不含三色减色剂的照相层中使它生成吸收蓝光物质，而

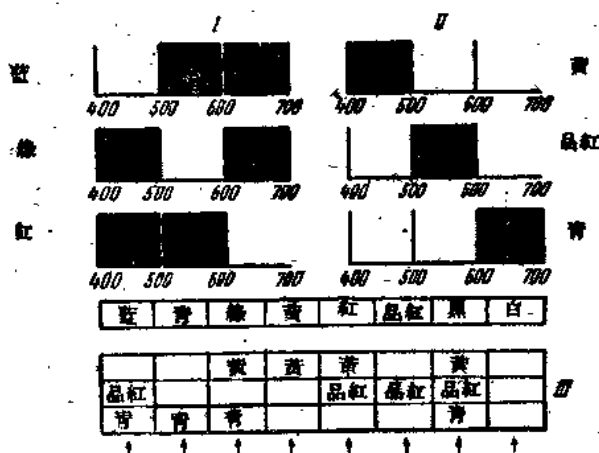


图2 基本色(I)和基本色互成补色(II)的吸收介质的光谱特性，以及减色法成色的图解(III)

排除綠光和紅光吸收剂形成的可能性。

为了得到影像的蓝色部分，必須在照相材料的三种区域光线吸收剂中将吸收藍光的物质破坏掉。在不含减色剂的照相层中，要保证形成吸收綠光和紅光的两种物质（两者都可以让藍光通过），而不让吸收藍光的物质形成。

局部破坏相应区域光线吸收剂的第一个方法，可用采取褪色法得到彩色照相影像的直接方法作为典型的例子，这种褪色法是使三种具有区域光谱吸收性能的染料混合体部分地失去顏色。这个方法是以前照相化学定律为基础的，根据这个定律，在光线作用之下，吸收这些光线的染料会受到破坏（褪色）。

例如，在藍光的作用下，可以从黃色、品紅色和青色染料的颜色差混合体中使吸收藍光的黃色染料褪色。于是影像的这一部分将呈現藍色，因为其他两种未被分解的染料能吸收另外二个区域的光线——綠光和紅光，而放过藍色区域的光线。在綠光和紅光作用之下，影像的綠色和紅色部分的形成过程也是如此。

1907年斯米脫創造了一种叫作伍道色的照相紙〔1〕。用留米耶尔的光栅干版阿夫道克·罗姆制得的彩色幻灯片在这种照相紙上印相时，按照光线吸收染料褪色的原理得到了彩色相片。

破坏区域减色剂方法的第二个例子，是用銀使染料褪色而得到彩色照相影像的方法。这个过程的化学实质是Г.И. 阿尔布曹夫研究出来的〔2〕。

照相的彩色再現过程是要在感光层中得到由区域光线吸收剂所造成的各种变黑級差。因此，所有彩色照相的双級（負片—正片）方法，都是和負片摄影时的三区分色阶段，以及得到能重复、被摄物体中区域光线吸收剂分布情况的三个正像来實現彩色再現的阶段相联系的。

照相中的三区分色在于将被摄物体的光学影像用藍、綠和紅等分色滤色鏡分成三个分区光学影像，以及在摄影和显影过程之后得到三个分色的負像。每一种分色滤色鏡都应该能够滿足这样

的要求，对于可見光譜三分之一的光线應該尽可能地完全透过，而对于另外三分之二的光线能全部吸收。用照相机同时拍摄彩色照片时，干板的分区有效感光度和相应滤色镜的分区透明度，在一定的照明条件下，應該保证被摄物体的灰色細部能够得到同样密度的分色負像。

用分色滤色鏡在各分区光譜感光层中照相的結果，在显影之后可以得到被摄物体灰色細部具有尽可能同样密度的、从而也是同样反差度的黑白分色負像。这种普通的銀质黑白分色負像 是被摄物体中蓝光、綠光和紅光分区吸收剂密度值的逆再現象。

不难理解，为了要得到物体的彩色影像，必須先用下述方法取得其单色正像。通过蓝色滤色鏡摄制的負像，也就是拍摄有物体中蓝光吸收剂层次度的負像，可以印出单色正像；构成这种正像的物质也是蓝光吸收剂，即黃色物质（染料）。

同样，通过綠色滤色鏡摄制的負像可以印出由品紅色物质构成的单色正像；通过紅色滤色鏡摄制的負像可以印出由青色即吸收紅光的物质构成的单色正像。

由此可知，就减色法彩色再現的規律来看，根据彩色照相三区原理从每个分色負像印片时，應該印出这样的单色正像，它的組成物质正好是分色負像借以形成的光线的分区减色剂。

单色正像的顏色应当是負片材料分区感光范围内光线顏色的补色。

在彩色照相中，原則上必須符合下列情况：分色負像（按照分色光学影像的光线顏色）为蓝色、綠色和紅色；单色正像（按照吸收蓝光、綠光和紅光物质的顏色）为黃色、品紅色和青色。

对于照相再現來說，理想的分区吸收剂应当具有图 3 所示的光譜吸收曲线，也就是說，应当能完全吸收光譜三分之一的光线，并全部放过另外三分之二的光线。这些光譜区域的分界线的波长，在蓝色区和綠色区之間为 490 毫微米，在綠色区和紅色区之間为 590 毫微米。

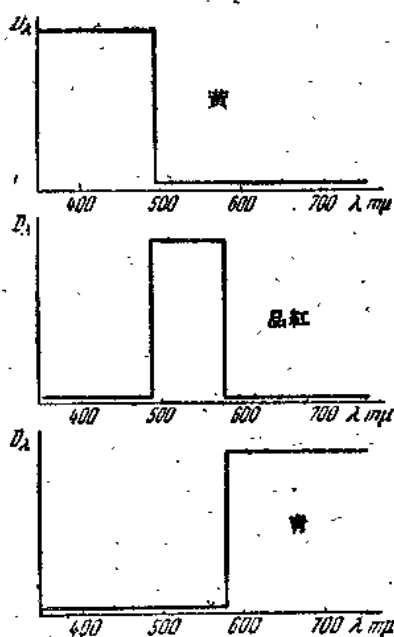


图3 减色法成色用的理想分区吸收剂的光谱吸收曲线

在各种不同的照相彩色再现方法中，通常用各种带色的化合物作为分区减色剂。用作这种分区减色剂的，在染印法中是各种偶氮染料；在彩色碳黑过程中是不溶性染料—颜料；在彩色照相的调色法中（调色，铬调）是带色的无机物质：硫化镉（黄色）、丁二酮肟镍（品红）、普鲁士蓝（青色）。然而，所有这些实际应用的彩色照相染料都不能全部满足对三区彩色照相减色剂应有的光学要求。