

彩色摄影与洗印

基安洛夫 著
安东诺夫



中国电影出版社

彩色摄影与洗印

(苏联) Н·И·基里洛夫 合著
С·М·安东诺夫

李 忠 品 合 译
曾 广 晶 译

中国电影出版社

1959·北京

彩色摄影与洗印

(苏联) H·И·基里洛夫 合著
C·M·安东诺夫

李思品 合译
曾广昌

*

中国电影出版社出版

(北京西单会馆寺12号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第089号

北京外文印刷厂印刷 新华书店发行

*

开本 850×1168 公厘 $\frac{1}{32}$ · 印张 $3\frac{1}{2}$ · 字数 109,000

1959年4月第1版

1959年4月北京第1次印刷

印数 1—6,400册 定价: 0.55元

统一书号: 15061·59

Н. И. КИРИЛЛОВ, С. М. АНТОНОВ
ПРОЦЕССЫ ЦВЕТНОЙ ФОТОГРАФИИ

ГОСКИНОИЗДАТ

Москва · 1951

内 容 说 明

本書系統而全面地介紹了目前最常用的**印片法**彩色攝影過程的一般原理和實際操作經驗。作者在概述了彩色多層感光材料（包括底片、正片和照象紙）的結構、特徵、彩色攝影和顯影的特點以及各種照象特性的鑑定方法之後，便按相應的篇幅詳細敘述各型彩色多層材料的印片技術和化學—照象加工過程，並專闢一章，介紹各種加工溶液（彩色顯影液、定影液、抑制液、漂白液、減薄液和堅膜液）的配方和使用方法。關於影響彩色畫面的彩色平衡、感光度、反差和灰霧密度的各種因素，以及控制這些因素的加工條件，都闡述得非常詳盡。最後，作者又提供了有關彩色多層材料加工過程所應用的基本化學品的特性和質量的實際資料。

本書不僅是一切從事於彩色攝影和洗印工作的電影技術專業人員必不可少的讀物，而且也非常適合業餘攝影愛好者參考之需。

目 录

作者的話	(1)
------------	-------

第一章 多层材料彩色摄影过程概論	(2)
------------------------	-------

第 1 节 关于光和色彩学說的基本概念	(2)
---------------------------	-------

第 2 节 彩色多层材料的結構	(8)
-----------------------	-------

第 3 节 多层材料在化学一照象加工时的彩色显影及 以后各項工序的本質	(11)
--	------

第二章 彩色多层材料的特征和彩色摄影过程的特点	(19)
-------------------------------	------

第 1 节 彩色多层材料的若干特点及其特征	(19)
-----------------------------	------

第 2 节 彩色多层材料照象特性的鑑定法	(21)
----------------------------	------

第 3 节 彩色多层材料在感光度、反差和灰霧方面的 平衡	(24)
---------------------------------------	------

第 4 节 彩色多层材料的摄影特点	(28)
-------------------------	------

第 5 节 彩色摄影的某些实际資料	(31)
-------------------------	------

第三章 多层材料上彩色画面的定光和印制	(34)
---------------------------	------

第 1 节 彩色調整	(34)
------------------	------

第 2 节 运用灰板的定光法	(39)
----------------------	------

第 3 节 在照象紙上印制彩色画面时的彩色調整法	(43)
--------------------------------	------

第 4 节 在照象紙上印制彩色画面的技术	(45)
----------------------------	------

第四章 彩色多层材料化学一照象加工溶液的配方	(53)
------------------------------	------

第1节	概論	(53)
第2节	彩色材料的显影液	(54)
第3节	抑制液和定影液	(58)
第4节	漂白(减薄)液和坚膜液	(62)
第五章 彩色多层材料化学—照象加工过程		(67)
第1节	概論	(67)
第2节	彩色底片的化学—照象加工	(67)
第3节	彩色正片的化学—照象加工	(70)
第4节	彩色照象紙的化学—照象加工	(73)
第5节	彩色多层材料的加工技术	(77)
第6节	在多层材料上获得的画面顏色的校正	(80)
第六章 彩色多层材料加工过程中彩色灰霧的形成		(84)
第1节	概論	(84)
第2节	显影液成分、彩色材料加工条件以及其他因素对灰霧密度的影响	(86)
第3节	实际經驗的介紹	(92)
第七章 彩色多层材料加工过程中应用的基本化学品		(97)
第1节	概論	(97)
第2节	各种化学品的性能和質量	(98)

作者的話

攝影是我們日常生活中不可缺少的一部分，它廣泛地應用於國民經濟、科學、技術、藝術和軍事的一切部門中。

現在我們是攝影科學發展中巨大事件的見證人。各種專業的許多科學家和工程師們，經過長期頑強的勞動，制定了多層材料的彩色攝影過程，由於這個過程的原理和普通黑白攝影有類似之處，所以得到了廣泛的應用。自然，彩色攝影應當促使人們在科學和技術的各個領域中有新的發現，對生物界和無生物界的奧秘有進一步的認識，促進攝影藝術的發展並使它在新聞採訪攝影和攝影愛好者實踐中廣泛應用。

本書所敘述的是最常用的彩色底片-正片法的一般過程。在闡述這些多層材料的彩色過程各個步驟的本質和發展的同時，還介紹了有關它的實際應用和普通攝影上的應用技術。本書所涉及的問題並非詳盡無遺，但是它可以給掌握和研究彩色攝影過程的人們以一定的幫助。

本書不但適合攝影愛好者參考之用，而且還可供電影界那些從事於彩色多層材料加工過程的專業技術人員之用。

作者對B·И·烏斯彼斯基所提出的寶貴忠告和意見，和物理-數學科學博士H·П·紐貝爾格在彩色畫面還原問題上所提出的意見表示感謝。

讀者如對本書提出任何意見和希望，作者一概歡迎和接受。

第一章 多层材料彩色摄影过程概論

第 1 节 关于光和色彩学說的基本概念

为了了解多层材料彩色摄影过程的本質，必須叙述一下色彩和色彩还原的某些概念。

在某些条件下，各种物体（光源——发光体）所发出的一部分辐射能，就叫做光，这一部分辐射能对我们眼睛網膜所起的作用，使我们产生了光的感覺。光同其他各种辐射能（无线电波、X光、宇宙綫）一样；是一种在真空中以每秒钟 300,000 公里的速度傳播着的电磁振蕩。在某种情况下所发生的电磁振蕩或与此振蕩相应的頻率的波长，即該种辐射能的基本特征。光辐射能的波长范围只占各种辐射能中很小的一部分。

大家知道，普通的光綫或者白光，不管是从什么光源发出的，都可以用各种方法（例如用玻璃棱鏡或繞射光柵的方法）分解成一系列彩色光綫，把这些彩色光綫投射到銀幕上，組成一幅彩色“图画”，这幅“图画”就叫可見光譜。一般認為可見光譜介于400到700毫微米光辐射能的波长范围内。

必須注意，人眼所能辨别的光綫波长約从 380 毫微米（光譜的紫色部分）到760毫微米（光譜的紅色部分）。但是，在观察过程中，波长小于400毫微米和大于 700 毫微米的光綫，因为人眼对它們的感受力較小，并没有实际意义。

表 1 中所列举的是光譜各部分光綫大致的波长特征。

光 譜 各 部 分 的 特 征

表 1

顏 色	波 长 (毫 微 米)	顏 色	波 长 (毫 微 米)
深紫	380—450	黄	565—580
藍	450—485	橙	580—600
藍綠	485—495	紅	600—640
綠	495—565	深紅	640—760

可以用各种各样的方法（如用照象胶板）发现光谱中不可见的光线，这种光线即所谓紫外线（比可见光线的波长更短的光线）和红外线（比可见光线的波长更长的光线）。

必须注意，在光能强度相等的情况下，人眼对各种颜色具有不同的相对感受能力（明视度），而形成图1的特性曲线。可以看出，对我们的眼睛来说，相对明视度最大的，是黄色的光。

用玻璃棱镜可以把组成白光的各种彩色光谱光线分解开来。如果在彩色光谱光线散射的路程中放一枚双凸集光透镜（图2），那么，就可以重新得到白光。

由于燃烧体的一部分热能变为辐射能而引起的温度辐射，是产生光能的最寻常的一种情况。例如，一块铁加热到一定的温度时，便开始发深红色的光，如再继续加热，铁块就发橙黄色的光，随后，由发黄色的光以至于发白色的光。太阳的辐射能就是以它本质的高温为条件的。

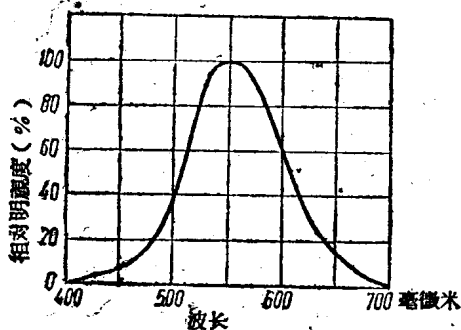


图1. 正常人眼的相对明视度与光辐射波长的关系

各种光源所发出的辐射能的相对分布，彼此之间是有区别的，由于这个特征，各种光源也就同样可以用它们的色温来表示。绝对黑体在一定的温度下所放出的辐射能的相对分布等于某光源能量的相对分配时，绝对黑体的这种温度就可以叫做该光源的色温。

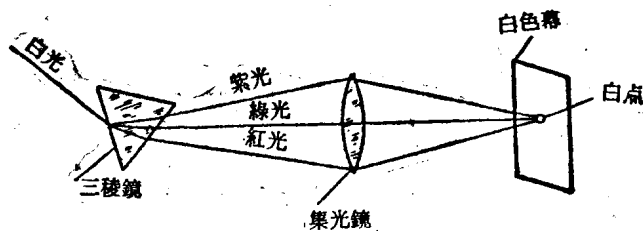


图2. 白光分解为光谱光线的图解

各种光源的色温可能上下于极大的范围（表2）

各种光源的色温

表2

光 源	色 温 (用绝对温度度数°K表示)*
蜡烛.....	1920
煤油灯.....	1920—2050
碳丝白炽电灯.....	2070
钨丝白炽电灯.....	2400—3000
低强度弧光灯.....	3400—4000
高强度弧光灯.....	4800—5500
北方的蓝色天空.....	19000—25000
带有白色薄云的蓝色天空.....	13000
云雾弥漫的天空.....	7500—8400
被云彩遮盖得很均匀的天空.....	6400—6900
夏天正午的直射阳光.....	5300—5600
平均日光.....	5000
月光.....	4125
日出 1.5 小时后的太阳光.....	4000
日出 1 小时后的太阳光.....	3500
日出 0.5 小时后的太阳光.....	2380
日出时的太阳光.....	1850

所用光源的色温,对于彩色摄影的拍摄和印片过程,具有很重大的意义。工作时,光源色温的变化,会使所得彩色画面的彩色传达产生相应的变化。如果在彩色摄影或彩色印片时,不把光源的色温估计在内,也不使用校正滤光镜,那么,在彩色照象方面,摄影和印片所得到的结果可能是各式各样的。

图3所示是各种光源能量的光谱分布曲线。从图中可以看出,增加光源的色温,最大辐射即移向光线短波的一边,也就是说,在这种情况下,光源就含有愈来愈多的短波光线。这种情况对于摄影过程,尤其是彩色摄影过程,具有重要的意义。

如果把光谱的可见部分分为三个约略相等的部分,那么,每三分之一光谱所形成的颜色,通常即称为基本色或原色。

由可见光谱中其余的三分之二所形成的颜色称为补色(对原色来说)。

* 按照刻度大小来说,绝对温度(°K)的刻度等于摄氏温度的刻度,但是,绝对温度的零度是刻在摄氏温度的零度以下273°处。

光譜中基本色的那种分布，正符合于三原色原理和人眼对各种光綫的光譜感受性。

图4中概括地指出基本色（原色）和补色的光譜特性。三种基本色（原色）的混合形成普通的白色；各种补色的混合产生中性灰色或黑色。

黑色、灰色或白色称为消色。将一系列消色的灰色按照增加或者减少密度的次序排列起来，就成为“灰色級譜”。一切消色都具有同等程度的吸收或反射各种波长光綫的特性，換句話說，对色光沒有选择吸收或选择反射的性能。

自然界中各种物体的顏色，是由于它們能够不同程度地（或者说选择性地）吸收或者反射白光中各种波长的組成光綫之故。在这种情况下，物体所得的顏色叫作帶色。为了說明帶色的特征，往往采用色調、色的飽和度和色的明亮度等术语。

色調說明彩色景物与灰色（消色的）景物的差別。光譜中的紅色、綠色、藍色和其他各种顏色都是具有不同色調的顏色，这些不同色調的顏色常常可以用彩色感觉相同的光譜色的相应波长来表明。可能有这种情形：光束具有同一种色調，例如紅、藍、綠、黃，但是又可以由各种不同的顏色光綫組成。

色的飽和度說明某种帶色的顏色和消色的白色和灰色的差別程度，也就是表示色調在帶色中的表現程度。在光的作用下，顏料的褪色便是顏色的飽和度起变化的一个例子；随着光的作用時間的增加，顏料的顏色飽和度逐漸减小，而顏料也就变成愈來愈淡的灰白色（淡灰色）了。

彩色的明亮度决定它的相对亮度，并且可以作为各种色調顏色的比較之用，其中包括灰色在內。反射面的光譜吸收系数或者透明面的光譜透射系数，可以用来表明彩色的明亮度。

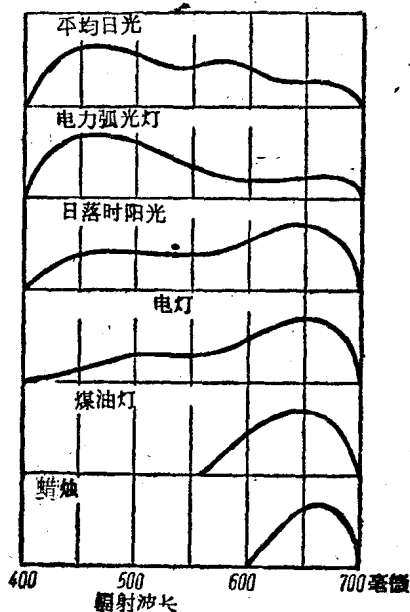


图3. 各种光源的能量光譜分布曲綫图

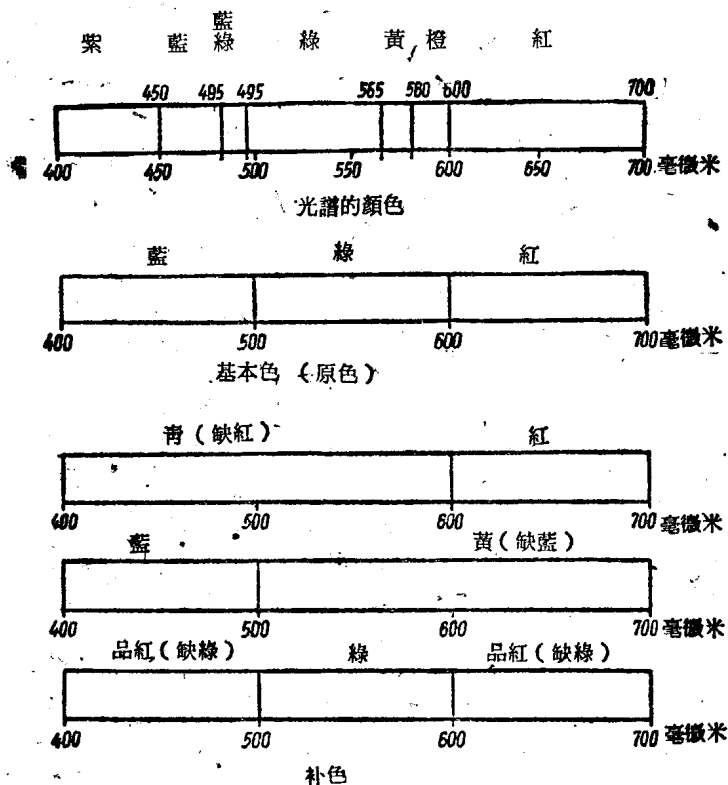


图4. 基本(原)色和补色的光谱特性

所有上述術語(色調、色的飽和度和明亮度)只能提供顏色的大概質量鑑定,至於準確的顏色質量特性的鑑定,是用某種系統(例如區域性系統)中的特定彩色測量方法進行的。

各種顏色或色調,可以用選擇好的各種顏色以一定的方式按某種比例來混合,用三種基本色(藍、綠、紅)或三種補色(黃、品紅、青)混合,是完全可以做到的。用基本色混合的方法是我們所謂的加色法(添色法)的顏色組成(合成)法;而用補色混合,則是減色法(去色法)的顏色組成(合成)法。這兩種顏色組成法都是基於視覺的三原色原理,這是符合於我們眼睛的視網膜具有三種基本刺激的事實的,而這三種刺激能感受和紀錄它所受到的三種原色光綫——藍色光、綠色光和紅色光——的強度。如果把某一種

光流换成另一种光谱组成成分不同但颜色相同的光流，我们眼睛所受到的三种基本刺激并不改变，因此，所看到的颜色也不改变。

颜色组成的加色法 如果在三个幻灯机的镜头前面装上三个滤光镜（蓝的、绿的、红的），那么，以各种比例的色光在银幕上混合时，可以得到各种各样的颜色和色调。在这种情况下，从各个幻灯机放射出来的各种带色光束，从银幕上互不相干地反射回来，接着在我们的眼睛里混合（加起来），就产生这种或那种颜色的感觉。

快速轮流放映三个单色（基本色的）画面，或快速旋转圆形色盘（盘上分有大小不同的扇形，扇形上面涂着各种基本色），都可以作为颜色加色法的例子。

一张画着一条条细的黑线和白线的图画，眼睛看起来是灰色的——眼睛的解象力有限——这又是加色法的一种根据。彩色照象的网版方法就是以在这种情况下所获得的颜色的空间混合为基础的。在这种方法中，画面的每一个最小部分都是由红色、蓝色和绿色部分组成。由于通过网版单独组成部分的光强的适当变化和色光的空间混合，就形成了彩色画面。

表3所列的是关于用颜色组成的加色法获得颜色的某些参考材料，其中基本辐射（蓝色、绿色、红色）的强度是用相对单位表示的。

用颜色组成的加色法所获得的颜色

表3

混 合 成 分			获 得 的 颜 色
蓝色辐射	绿色辐射	红色辐射	
100	100	100	白
50	100	0	带蓝色调的绿
0	100	100	黄
0	50	100	橙
50	50	100	粉红
100	0	100	品红
0	0	0	黑
20	20	20	灰

颜色组成的减色法 这种方法是从白光中减去每种原色（基本色）的某一部分。光依次通过各种密度的减色滤光镜（黄的、品红的、青的）时，所发生的必然结果，可以作为颜色减色合成法的一个例子。如果白光的光源是白色的表面，那么，给它涂上各种厚度的颜料（即改变颜料组成的密度），

就可以产生任何一种預定的顏色。在这种情况下，每一种顏料組成也就是濾光鏡，但光是两次通过这些濾光鏡的（射入和从表面上反射出去）。

表 4 所示为顏色組成的減色法的例子。

用顏色組成的減色法所获得的顏色

表 4

組 成 濾 光 鏡 的 顏 色			获 得 的 顏 色
青	品紅	—	藍
青	黃	—	綠
品紅	黃	—	紅
青	品紅	黃	黑
青	品紅	淡黃	比較不飽和的藍
青	淡品紅	黃	比較不飽和的綠
淡青	品紅	黃	比較不飽和的紅
淡青	淡品紅	黃	黃褐
淡青	品紅	淡黃	暗品紅
青	淡品紅	淡黃	暗青
淡青	淡品紅	—	不大飽和的藍
淡青	淡黃	—	不大飽和的綠
淡品紅	淡黃	—	不大飽和的紅
淡青	淡品紅	淡黃	灰

顏色組成的減色法給現在所采用的多层材料的彩色摄影奠定了基礎。

第 2 节 彩色多层材料的結構

为了获得彩色多层材料，采用具有一定照象特性和物理-化学特性的卤化銀感光乳剂。乳剂在涂布之前先經過增感，并在乳剂中加入所謂无扩散性的彩色偶合剂（这是一些复杂的有机化合物。在显影过程中，彩色显影剂的氧化产物和它們一起形成黃色、品紅色和青色无扩散性的顏料）以及各种特殊附加剂。

彩色底片和彩色正片，如果不把用胶体銀制成的黃色濾光层和在胶片片基背面涂布的綠色防光暈层計算在內，那么，就是分三层来涂布的，綠色防光暈层在彩色显影过程中（在鹼性显影液中）被溶解而褪色。显影时，三层主要的乳剂层，根据顏色組成的減色法原理，适当地形成彩色画面的三种顏料（黃色、品紅色和青色）。

彩色多层照象紙沒有防光暈層，而是繼每层乳剂层和黃色濾光层之后涂上一层薄薄精膠保护层。所以，彩色多层底片和正片的片基上只涂布四层（防光暈層不計算在內），而彩色多层照象紙却有八层之多。

图5是彩色多层胶片的横断面图，附有各独立层的感色性和胶片在彩色显影时所形成的顏料的說明。

上层乳剂层（为簡略起見，通常称为黃色层）未經增感，它只感光譜的藍色部分，显影后形成黃色顏料。中层（品紅色层）对光譜的綠色部分感光（正色性增感），显影后形成品紅色顏料。最后，下层（青色层）对光譜的紅色部分感光（全色性增感），显影后形成青色顏料。

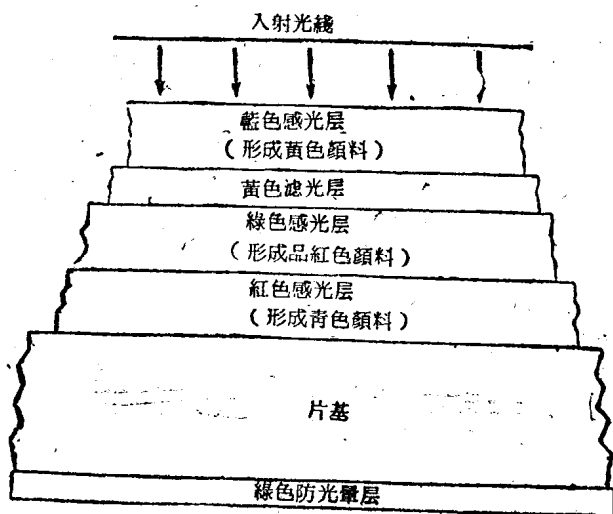


图5. 彩色多层胶片的結構图

上述各乳剂层，在摄影过程中根据它們的感色性和光綫的进程的分布次序，是由各照象乳剂的光学增感的实际可能性，和用中間黃色濾光层消除自然的光譜感光性这一情况决定的。用分散度适宜的胶体銀做成的黃色濾光层，阻挡了那些沒有完全被上层藍色感光乳剂层吸收的藍色光綫。假如藍色光綫还没有完全被黃色濾光层吸收掉，那么，它就可能作用到材料的中层或下层，从而破坏了在多层材料的摄影或印片过程中所必需的顏色分配。但是，多层材料在摄影或洗印时所必需的顏色分配，并不是单靠利用中間黃色濾光层来获得，为了获得中間乳剂层和下层乳剂层所需要的增感区域，还要应用适当的增感剂。

图6所示，为多层材料各乳剂层分别取得的感色性，和采用中间黄色滤光层时，各层所实际获得的有效感色性。

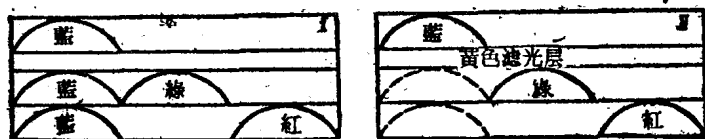


图6. 多层材料各乳剂层分别获得的感色性 (I) 和采用中间黄色滤光层时，各层所实际获得的有效感色性 (II)

实际上，颜色组成减色法所应用的颜料的光谱特性，不同于理想的颜色组成 (图7)，它只选择吸收可见光谱的三分之一，而完全通过其余的三分之二。在这种情况下，实际采用的颜料所具有的某种“寄生通过”的特点，是所得画面的彩色传达失真的一个原因。消除这种颜色传达失真的方法有各种各样。

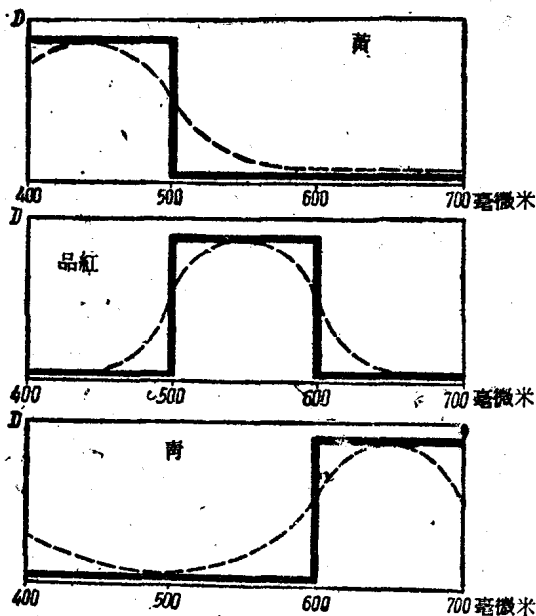


图7. 用颜色组成减色法的理想的颜料 (粗线) 和几种实际采用的颜料 (虚线) 的光谱特性

我们再來談談多层材料的底片-正片法是怎样获得彩色照象画面的 (图8)。

对被摄体1曝光后，在彩色底片的乳剂层中形成照象潜影画面2，这个画面符合于胶片各单独乳剂层的有效感色性。所获得的照象潜影画面，在彩色显影过程中，形成金属银和相应颜料的彩色画面，同时，胶片的绿色防光晕层也会溶解和褪色。在底

片化学—照象加工以后的操作中,乳剂层卤化银的未还原部分和还原部分都随着黄色滤光层的胶体银而溶解⁴。因此,所获得的彩色底片在透射光下观察时,原物(被摄体)近乎被还原成补色⁵。

在下一步过程中,从彩色底片⁶印到彩色正片的乳剂层中,形成照象潜影画面⁷。和彩色底片曝光时一样,根据胶片的有效感色性,照象潜影画面是分布在各个相应的胶片乳剂层中的。由于彩色显影的结果,形成了金属银和相应的彩色正片画面的颜料,同时,绿色防光晕层也在碱性溶液中褪色和溶解⁸。和彩色底片的加工情形一样,在随后的操作中,感光层卤化银的还原部分和未还原部分随着黄色滤光层的胶体银而溶解⁹。

经过上述过程的各单独阶段,在透射光下观察已制成的正片,就能看到所制成的是一幅天然色被摄体的彩色照象画面¹⁰。

从图⁸可以看出,在多层材料的减色法彩色底片和正片中,各个基本色是怎样传达和还原的。例如,在绿色光线的作用下,彩色底片的中层形成品红色颜料;在黄色光线的作用下,胶片的中层和下层形成品红色和青色颜料。在印片过程中,通过染成品红色的底片中层而使正片的上层和底层产生黄色和青色颜料;而光线通过底片染成品红色的中层和染成青色的下层(因此得到蓝色),即在正片的上层形成黄色颜料。

在应用颜色组成的减色法的情况下,在多层材料上采用底片—正片法时,其他各种颜色也进行着类似的还原。必须注意,在颜色还原时,由于各种原因,被摄体的彩色传达常发生某些失真现象。

第3节 多层材料在化学—照象加工时的彩色 显影及以后各项工序的本质

彩色多层材料的加工过程,在物理—化学方面是非常复杂的,特别是彩色显影过程。对许多有关彩色多层材料的化学—照象加工的问题研究得还不够,不过,过去所研究出来的结果,已经有可能使我们明了加工过程的化学作用及其本质。

彩色多层材料的化学—照象加工过程,比黑白材料要复杂得多,它分为:1.彩色显影;2.定影;3.彩色显影时所还原的银随着黄色滤光层胶体银的全部溶解而全部或部分地溶解。彩色多层材料的加工和黑白材料加工所不同的是:在彩色加工过程中,胶片中间水洗的工序具有非常重要的意义,例如,对于过高的彩色灰雾的形成以及对所得画面的彩色平衡的变更,都有重要的意义。

胶片乳剂层中含有无扩散性彩色偶合剂的近代多层材料,其彩色显影过