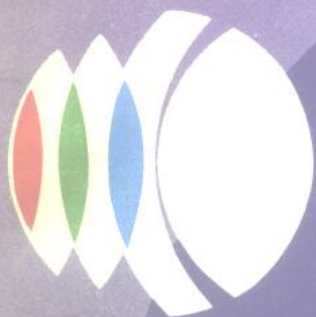


彩色摄影讲义

徐国兴



长城出版社

彩色摄影讲义

徐 国 兴

长 城 出 版 社

一九八四年 北 京

彩色摄影讲义

徐国兴

长城出版社出版

一二〇一工厂印刷 新华书店发行

787×1092毫米 32开 5.5印张 130,000字

1984年8月第一版 1984年8月北京第一次印刷

印数1—100,000

统一书号: 8269·40 定价0.80元

序

近年来，我在全国性的和部分省市举办的摄影讲习班上讲过一些专题，同时在校内也给学生开设了《彩色摄影》课，因此逐步形成这本讲义。承蒙长城出版社的热情支持，使它能有机会同广大读者见面。

目前，摄影教育事业正方兴未艾。从中央到地方，从机关学校到工矿企业，不仅城市，而且农村，都在举办各种形式的训练班，要求参加学习的人越来越多。因为全国除了五六十万专业摄影人员外，业余摄影爱好者更可观，要比这个数字翻数番。这样，大多数人还是没有条件受专业训练的，他们只能求助于书本，走自学成才的道路。写这本讲义的目的，就是为了给专业培训和坚持自学的同志提供一点方便。

讲义内容共分八章，主要讲述彩色摄影的基本理论和后期加工制作的常识，以及色彩学原理的应用。由于时间紧迫，有关拍摄实践中的许多问题未能作详尽介绍，书中还少量地引用了现成的中外资料。

在讲课和成书过程中，曾得到黄次石、于祝明等同志的诚挚帮助，谨此致谢。但因水平所限，谬误难免，敬希读者批评指正。

徐 国 兴

甲子新春写于中国人民大学

引 言

1839年，达盖尔发明了摄影术。虽然黑白摄影具有独特的艺术性，但毕竟它只能以白、灰、黑等不同等级的影调构成景物的影象，却不能把景物的天然色彩反映出来，即使用着色的方法，也难以满足人们希望忠实地再现客观景物的要求。

大自然是一个五彩缤纷的彩色世界。一切景物不仅有其轮廓形状，而且各具不同的颜色。再现景物的颜色，应该与再现景物的轮廓形状有相同的地位。所以在摄影术问世后，人们为了把这种科学技术推向更加理想的境界，就继续进行研究，探索有关彩色摄影的奥秘。

1861年，物理学家克拉克·马克斯韦尔(Clerk Maxwell)在伦敦皇家学院(Royal Institution)公布了他的彩色幻影理论。他认为红、绿、蓝为色彩的三原色，由这三原色可构成白色和各种不同的颜色。他实验证明，如分别把装有红色、绿色和蓝色液体的玻璃容器放在镜头前，拍摄三幅画面相同的正片，然后又相应地用红色、绿色和蓝色的灯光来映射，使三幅投影合并，结果产生一个与景物相似的彩色影象。这一发现，尽管还很不完善，却为研究彩色摄影揭开了序幕，并显示了三原色法的可能。

在全力争取使彩色片问世的机构中，以德国的矮克发和美国的柯达公司最有力量。不过，最早期的彩色片却是由法国的留米埃尔公司(Lumiere Co.)于1907年开始供

应的。留米埃尔公司由留米埃尔兄弟开设，他们制造的这种彩色片被称作奥托克罗姆 (Autochrome, 意为自动出现彩色)，是一种微粒彩屏干版。其原理是由红、绿、蓝三色的微小透明颗粒分布在玻璃感光片上，曝光时各色的影象分别透过三色微粒使银盐感光，然后采用反转冲洗法，使之成为正象，如同今天的幻灯片。它的质量虽低，但在当时还是很受欢迎的。后来竟演变成彩色电视的基础，可算是意外的收获。

1912年，柯达公司设立了实验室，专门研究这种方法，由于效果不理想，最后只得放弃。矮克发公司则用此原理制成了第一种矮克发彩色片。他们都在继续努力，以求使彩色摄影更为理想。在美国方面，有两位音乐家曼纳斯 (Mannes) 和小哥多斯基 (Godowsky Jr.)，因不满意当时的奥托克罗姆，毅然放下乐器，而投身于彩色摄影的研究工作。他们的目标虽然明确，但由于技术上无人帮助，进展速度不快。1930年，他们加入了柯达公司，与柯达公司的技术人员合作，终于在1935年成功地制成柯达克罗姆 (Kodachrome)，奠定了彩色摄影的良好基础，并开始供应 135 彩色胶片。与此同时，矮克发公司亦成功地制造出新的彩色胶片。它们的不同之处在于，柯达克罗姆的化学染料是在冲洗时介入，而矮克发彩色片是根据费施尔 (Fischer) 于1912年的建议，在感光膜中含有化学染料。后来，柯达公司也采用了费施尔的方法，在1940年推出爱克泰克罗姆 (Ektachrome)，1942年又推出柯达彩色负片 (Kodacolor)。因此，费施尔的成色剂偶合成染料的方法，成为柯达和矮克发的共同基础。

今天，柯达克罗姆仍然是彩色片的最佳类型，而使用者却未必知道它的创始人竟是两位音乐家吧！

目 录

引 言

第一章 光和色的常识	(1)
色光和波长	(1)
物体对光的反射和吸收	(4)
色彩三属性	(6)
原色和补色	(8)
第二章 成色方法	(10)
加色法	(10)
减色法	(11)
第三章 彩色多层胶片	(14)
彩色胶片的结构	(14)
成色原理	(16)
改善色彩平衡的方法	(17)
保存条件	(19)
第四章 色 温	(20)
色温的含义	(20)
日光型片和灯光型片	(24)
校色温滤色镜的应用	(26)
第五章 拍摄要求	(31)
选择优质镜头	(31)
严格的曝光控制	(31)
正确把握色彩还原原理	(35)
第六章 色彩学的原理与应用	(37)
色彩的形成与变化	(37)

色彩的变化规律·····	(39)
色彩与感情·····	(41)
色彩的特性·····	(46)
色彩的配置·····	(49)
第七章 彩色胶片冲洗技术·····	(54)
药品的性能与作用·····	(54)
彩色负片的冲洗·····	(62)
彩色反转片的冲洗·····	(80)
第八章 制作彩色照片·····	(92)
暗室条件与设备·····	(92)
校色的缘由·····	(95)
工艺程序·····	(99)
识辨偏色的方法·····	(114)
校色规则·····	(118)
彩色反转片的印放·····	(121)
附录一：摄氏与华氏温度的换算公式及对照表·····	(127)
附录二：部分彩色感光材料一览表·····	(129)
附录三：英汉对照摄影常用名词汇编·····	(143)

第一章 光和色的常识

在通常的情况下,我们所以能看到物体的形状和颜色,是因为有光线照亮了它们。如果在伸手不见五指的夜晚,或在一片漆黑的屋子里,即使你有超人的视力,也难以看到物体的轮廓形状,更谈不上分辨它们的颜色了。

当然,物体有两种,一种是自身能发光的,叫做发光体;另一种是自身不能发光的,叫做不发光体。我们这里所讨论的物体,主要是指后一种而言。只有当它们反射外来光线时,才能对人们的视觉器官起作用。也就是说,只有当物体使人眼有光感时,才能使人眼有色觉。有光才有色,无光即无色。

一、色光和波长

我们平时所见到的光线,一般为白色,例如阳光。当白光通过三棱镜时,就被折射和分解成一系列彩色光线,如图1。这种现象,被称之为色散现象。把这些彩色光线投射到

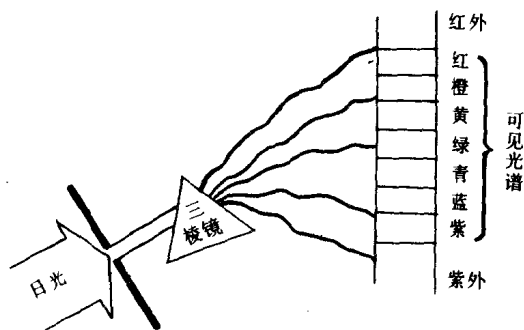


图1 日光的色散现象

一块白色的屏幕上，就是一条如长虹般的由各种颜色的色光所组成的彩色光带，叫做可见光谱。可见光谱上的色光，主要是七种：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，它们按次序排列着。由此可知，白光并非单色光，而是混合光。所以，在彩色光线散射的路程中，如果放一枚双凸集光透镜，则就可以重新得到白光。

实际上，白光被分解后，可见光仅是其中的极少部分，其余均是肉眼所感受不到的，统称为不可见光，如红外线，紫外线等。为什么会有可见光和不可见光的区分呢？这是由光线的波长来决定的。光线的传动，就如水的波纹一样，和无线电波相类似，是波浪式行进的。但是，光波的波长极其微小，是以毫微米为单位来计算的。每一毫微米等于一毫米的百万分之一($\text{mm}/1,000,000$)。对于光线的波长，人眼所能辨别的范围，大约可从380毫微米（光谱的紫色区）到760毫微米（光谱的红色区）。但是，当波长小于400毫微米和大于700毫微米时，由于人眼对这两端光线的感受能力接近于零，已没有实际意义，所以通常都把可见光谱定在400到700毫微米的波长范围内。在可见光谱中，红色光的波长最长，紫色光的波长最短，从红到紫的七色排列次序，就是以波长由长至短为依据的。如下表：

各种单色光的波长比较表

光的波长(毫微米)	光的颜色
620~700	红
590~620	橙
565~590	黄
500~565	绿
470~500	青
430~470	蓝
400~430	紫

既然各种颜色的色光都有着不同的波长，因此光线波长的变化必将引起人们色觉上的变化。在人眼的视网膜里，有感红、感绿、感蓝三种感色单元。从白光中分解出来的红、绿、蓝三种色光，所以能在人们的视觉器官上产生色觉，就是由这三种色光的不同波长的光波对感色单元作用的结果。

感蓝单元的感色范围为400~500毫微米，感绿单元的感色范围为500~600毫微米，感红单元的感色范围为600~700毫微米。如果三种感色单元同时受到同等程度的刺激，便会产生消色的感觉。刺激强烈，是白色的感觉；刺激中等，是灰色的感觉；刺激微弱，是黑色的感觉。如果任意两种感色单元同时受到同等程度的刺激，则将产生新的颜色感觉。例如，红、绿两单元同时受到同等程度的刺激，是黄色的感觉；红、蓝两单元同时受到同等程度的刺激，是非光谱色品红色的感觉；绿、蓝两单元同时受到同等程度的刺激，是青色的感觉。又如果任意两种感色单元同时受到不同程度的刺激，就会引起更多的色感上的变化，得到千颜万色的感觉。对于这些色觉原理，我们可用简易的实验来加以验证。实验的具体方法是：做一个卡纸圆盘，将其中心固定在可以转动的轴上，在圆盘表面作三等分，分别涂上红、绿、蓝三色，然后快速旋转，这时圆盘上的颜色似乎都消失了，给人以白色的感觉。如果圆盘表面作对半均分，一半涂上绿色，另一半涂上蓝色，当快速旋转时就能给人以青色的感觉，余此类推。可见，人眼有了红、绿、蓝三种感色单元，就足以对众多的颜色作出反映。

在可见光的波长范围内，波长的细微变化，就能导致

光线颜色的变化。但是肉眼的分辨能力毕竟是有限的，根据科学测定，至多能分辨1000种左右。

二、物体对光的反射和吸收

在自然界中，一切自身不发光的物体都具有对光线反射和吸收的特性。

凡是对白光（即混合光）基本上不吸收，近乎全反射的物体，其表面必呈白色；凡是对白光基本上无反射能力，近乎全吸收的物体，其表面必呈黑色；凡是对白光具有按比例吸收和反射的物体，其表面必呈灰色（反射率大于吸收率，为浅灰色；反射率小于吸收率，为深灰色）。这些物体从最黑到最白对不同波长的光波具有同等程度的吸收和反射的特性，也就是说，对色光的吸收和反射是非选择性的。所以它们被统称为消色物体。

除了消色物体外，还有另一类物体，就是彩色物体。彩色物体的色彩千差万别。它们的一个共同点，就是对照射到它们表面的白光具有分解吸收、反射和穿透的性能。也就是说，它们对不同波长的光波的吸收、反射和穿透是有选择性的。比如绿色的草，它将吸收太阳光谱中的红、橙、蓝、紫色光，对黄、青色光也有不同程度的吸收作用，而主要反射绿色光，从而构成它的表面色彩，给人以绿色的感觉。又比如黄色的花，它将吸收太阳光谱中的青、蓝紫色光，其它色光被反射并混合起来，构成花的色彩，使人感到它是黄色的。如果物体是一种透明体，它对光的反射和吸收可相应地表现为穿透和不穿透。总之，人们之所以能分辨物体的色彩，完全是由物体表面对光谱中不同波长的光波或吸收或反射，并由被反射出来的色光刺激人眼

感色单元的结果。

物体表面的色彩与光源的光谱成份也有极大的关系。用于照明的光源往往是极复杂的，可能是混合光，也可能是单色光。就混合光而言，其光谱成份也可以不尽相同。所以，在不同光源照射下，物体表面的色彩就会发生变化，下面举一些实例来加以说明：

例一，同样是一株绿草，在阳光照射下，使人感到它是绿色的，而在黑屋子里，用红色光或蓝色光照射时，因光线被吸收，草的颜色就发黑。与此相反，如果在黑屋子里仅用绿色光照射，因光线被反射，草的颜色就发白。正是由于这一原理，所以用红色液柱的温度计，在暗房红色安全灯下使用，是无法看清所测量的温度值的。

例二，一张白纸在白光下看，无疑是白色的。如果在黑屋子里用红色光或绿色光照明，它就会分别变成红色或绿色的。如果同时用红色光和绿色光照明，则由于这两种色光同时以同等程度刺激你眼睛的感红和感绿单元，你就会对白纸产生黄色的感觉。这些现象说明，白色物体对任何色光均具有反射能力。

例三，在普通钨丝灯光下观察物体，其色彩往往不如日光下鲜明，并且还略带橙黄颜色，其原因就在于灯光的光度较弱，在光源的混合成份比例上，又是波长长的色光大于波长短的色光。

例四，在月光下观察物体时，为什么物体表面的颜色不仅晦暗，而且还带有青绿色呢？这是因为月亮本身并不发光，它只能反射太阳光，照明度仅有阳光的一百万分之一，光源的混合成份又是波长短的色光在比例上多于波长长的色光。

以上所列举的一些实例告诉我们，物体对不同波长的光波，其反射和吸收的光学特性是更改不了的，而物体的表面色彩却会随着光源的变化而变化。因此，在拍摄彩色片时，决不可忽略光源性质对物体表面色彩的影响。

此外，根据物体对光的反射和吸收的光学特性，在拍摄彩色片时，还必须注意各色物体对光线相互反射的作用，即所谓环境色光对被摄体的影响。被摄体所处的周围环境一般都是五颜六色的，它们反射出来的各种色光必然会影响到被摄体的色彩。环境色光的面积越大，对被摄体的影响就越大，环境色光的面积越小，对被摄体的影响就越小。如被摄体紧挨着红色宫墙，就会因周围环境反射的红色光较多而使被摄体的色彩偏红。又如一个人坐在绿色草坪上，由于环境色光的面积大，草坪反射的绿色光较多，在人身上就会蒙上一层绿色。如果此人穿着一身白色服装，则其白色服装偏绿尤为明显。这种偏色现象虽属普遍，但是单凭眼睛往往难以看清，所以要求摄影者必须具备这方面的常识，并通过仔细的观察、研究和分析，逐步培养和提高辨别色彩的能力，以便能对偏色现象作出正确的判断，采取有效措施。如果判断不准，或稍有疏忽，一旦呈现出彩色照片上，则这种偏色的弊病就极为显眼，决不可等闲视之。

三、色彩三属性

自然界中各种物体的色彩，是由于白光照射到物体上，经过选择性的（即不同程度的）吸收和反射，并由反射出来的不同波长的色光混合起来构成的。因此，物体的色彩具有三个基本特征，即色别、明亮度和饱和度。这就是色

彩三属性。

1. 色 别

色别用以说明彩色与消色的区别，因为黑、白、灰仅有亮度的不同，而无色的变化。只有彩色才有各种颜色的质的区别，才有相貌的不同，所以色别又称色相。不同的色别，如红色、绿色、蓝色和黄色等，均可以用光谱色的相应波长作标志。

2. 明亮度

明亮度又叫明度，就是同一色别的相对亮度。同一色别因受光强弱不同，所以有深浅、明暗的差别。如同样是红色，可以有浅红和深红；同样是绿色，可以有明绿和暗绿。假如照片上的彩色影象能显示出物体表面色彩明亮度的变化，则就有了立体感。

明亮度还可以作为不同色别的比较之用。在可见光谱中，黄色的明亮度最高，蓝、紫色的明亮度最低，红、绿色的明亮度为中等。

色彩的明亮度应与画面内容的主题思想相统一。如喜悦轻松、生气盎然、清新明朗等主题，色彩的明亮度宜大；严肃紧张、神秘忧恐、阴郁沉重的主题，色彩的明亮度宜小。

3. 饱和度

饱和度是指颜色纯净和鲜明的程度，也就是某种色别的颜色和相同明亮度的消色（白色和灰色）的差别程度。如果颜色中所含彩色成份多，色觉强，色彩就饱和；所含消色成份多，色觉弱，色彩就不饱和。一般来说，光谱颜色的纯度极高，饱和度极大，色彩也就显得特别艳丽。影响色彩饱和度的因素有以下几点：

① 由于光的作用，会产生褪色现象，它意味着色彩饱和度的变化。如果光的作用时间增加，饱和度就会逐渐变小，色彩将越来越淡而变成灰白色。

② 色彩饱和度的大小与空气介质密度的大小成反比。空气介质密度大，色彩饱和度就小，所以远处景物的颜色比较清淡；空气介质密度小，色彩饱和度就大，所以近处景物的颜色比较鲜艳。摄影者正是利用这种关系来表现景物的距离差别，给人以空间感。

③ 色彩饱和度的大小还和物体的表面结构有关。凡物体表面比较光滑的，色彩饱和度就大，所以丝织品的颜色要比棉织品来得鲜艳。在雨后拍摄花草树木，其色彩饱和度也比较大，因为它们身上的尘土被雨水淋洗一净，表面光洁了。但是，如果光线强弱不同，则同一物体的色彩饱和度也会有大小之别。

色彩饱和度和明亮度并不完全一致。明亮度高的，色彩饱和度不一定大；而明亮度低的，色彩饱和度不一定小。

四、原色和补色

白光可以分解为单色光，而各种单色光相互混合又能产生新的色光，使颜色复杂化。为了掌握其基本规律，弄清什么是原色和补色是十分重要的。

1. 原色

如前面所述，不同的色觉都是由不同波长的光波刺激人眼红、绿、蓝三种感色单元的结果，由此可见，自然界千变万化的色彩，实际上都超越不了物体对红、绿、蓝三种色光作不同程度的吸收和反射的范围。因此红、绿、蓝

是三种基本颜色，所以我们把它们称之为三原色。这与绘画中称红、黄、蓝为三原色是两回事，不能混为一谈。前者指的是色光，后者指的是颜料。如把三原色的色光相混合，可得到白光(见彩图1)，而把三原色的颜料相混合，却产生黑色。

2. 补 色

所谓补色，通常是指黄、品红、青三色而言。因为它们都是由白光减去某一原色而来的。反过来说，它们中的某一色，与三原色中的某一色相加（即两种色光混合）能得白光的，就可以彼此称为补色。这种互为补色的规律是：红与青互补，绿与品红互补，蓝与黄互补。如果把这六种色在一个色环上按红、黄、绿、青、蓝、品红的顺序排列起来，则其相对者，即为互补色，如图2。

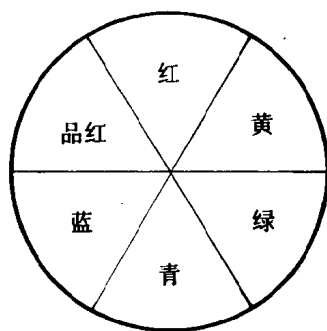


图2 互补色色环