（苏）Э. Л. 塔米茨基
B. A. 戈尔巴托夫 著
张 汉 奎 译

彩色摄影技巧

知识出版社

彩色摄影技巧

〔苏〕Э.Д.塔米斯基
B.A.郭尔巴托夫 著
张 汉 玺 译

知识出版社

内 容 提 要

本书译自苏联轻工业出版社1979年出版的《Цветная фотография》一书。

全书共分八章。系统地讲述了彩色成像和拍摄原理、方法、技巧；彩色感光材料、洗印操作技术及其发展的新趋势。可供从事摄影的广大专业人员及摄影爱好者使用。

彩色摄影技巧

〔苏〕Э.Д.塔米斯基
B.A.郭尔巴托夫 著
张 汉 玺 译

知识出版社出版
（北京安定门外外馆东街甲1号）
新华书店北京发行所发行 吉林市印刷厂印刷
开本787×1092 1/32 印张9.5 插页4 字数209千字
1983年10月第1版 1983年10月第1次印刷
印数：1—62,200
书号：8214·12 定价：1.10元

前　言

摄影在其百余年发展历史中，已成为人们认识周围世界最普及的工具之一。问题不仅在于摄影手段是以现阶段新式的设备和材料装备的。获得摄影影象的方法是如此的灵活与多种多样，使得摄影已成为科学研究、技术、艺术中不可分离的一部分。

彩色摄影在其发展过程中，在印刷工业、医学、罪行调查学、天文学、生物学、机械制造与冶金(研究固体、晶体的变形与应力)、煤气工业与液体动力学(摄录涡流现象)、物理学与化学(在利用干涉研究方法与衍射研究方法的多种情况下做为摄录法)方面，广泛用做在有色环境中进行拍摄。

如果说彩色摄影法形成的初期，在技术上是非常复杂的与费力气的，那么现在彩色摄影法已经是如此的完善，使得在各个方面利用这种方法如同黑白摄影那样简单而人人可以使用。现在，不仅大型生产企业实验室成功地运用彩色摄影获得了高效能的、研究比较的、用图例说明的及记录性的资料，而且受过训练的业余摄影家甚至初学摄影仅仅熟习黑白摄影原理的人在实践中也能轻而易举地掌握彩色摄影方法的技术，同时认为彩色影象比黑白影象好。

在不同于黑白摄影的彩色摄影方面，正片影象已经得到普及。人们还记得，业余摄影家拍摄了彩色正片——玻璃正片，并广泛利用了彩色反转片。

彩色摄影实际应用的发展趋势——首先是改进与简化冲洗工序及提高影象质量——有充分理由认为，不久在业余摄影家和业余电影家的实践中，彩色摄影材料将居于(在某些应用中已经居于)优先地位。

引起读者注意的这本书的宗旨是满足同彩色摄影有关的各界人士的需要。除阐述基本原理及实际经验之外，书中指出了改善彩色摄影材料和工序的现代化方向，概括地提供了利用彩色摄影的新技术领域与所采纳的方法。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　录

前　言

第一章　颜色及其再生……1

§1　光与色……1

§2　光线的光谱特性……10

§3　光通量与被照射物体的相互关系……16

§4　用于彩色摄影的滤色镜……28

§5　颜色的摄影再现的方法……33

第二章　多层感光材料的彩色摄影原理……42

§1　彩色显影原理……44

§2　多层彩色感光材料的结构……48

§3　获得彩色影象的方式……51

§4　彩色失真的原因·插片法……59

§5　彩色扩散方法……70

第三章　彩色感光材料……76

§1　感光材料性能的感光测定法……77

§2　彩色感光材料……104

第四章　彩色摄影的拍摄过程……125

§1　利用人工照明时的拍摄……125

§2　人像摄影用照明器……127

§3　彩色摄影的人工光源……129

§4　室内拍摄……136

§ 5 利用自然光的拍摄 ……143
第五章 冲洗过程 ……151
§ 1 彩色显影 ……153
§ 2 彩色感光材料的第二次冲洗过程 ……166
§ 3 彩色感光材料感光化学冲洗的标准方式 ……176
§ 4 彩色感光材料冲洗法的发展方向 ……188
§ 5 改进彩色底片影象质量的可能性 ……201
第六章 彩色摄影的正片过程 ……210
§ 1 彩色底片的质量 ……210
§ 2 彩色失真 印相时控制颜色的可能性 ……214
§ 3 彩色影象的印相技术 ……222
§ 4 正片感光材料冲洗的特殊性 ……237
第七章 应用反转片的彩色摄影法 ……246
§ 1 彩色反转片的结构特征与性能 ……247
§ 2 彩色反转片的冲洗 ……250
§ 3 彩色反转影象的印相方法 ……254
§ 4 彩色正片影象的显示装置 ……260
§ 5 颜色的修正 ……261
第八章 大量印制彩色影象的技术 ……263
§ 1 大量洗印时加快颜色调节的方法 ……263
§ 2 印相装置 ……265
§ 3 工艺作业线与冲洗机械 ……276
结束语 ……290

第一章
颜色及其再生

§1 光与色

我们从世间得到的大部分知识是依赖于视觉的。为了正确地理解视觉的特点，最好把视觉的特点与光的性质及景物的光学性质恰当地联系起来。人眼只对在其视网膜上射入的电磁波光谱可见部分的不太大波长范围内(360～750毫微米)的辐射能才感觉到光。

电磁波光谱研究结果如图1所示，其中包括以本身特点相区分的各种辐射。可见光谱仅占其中不大的部分，但是足以使人们感觉到自然界里景物各种各样的颜色。对于人眼的敏感性来说，正是在这不大的光谱范围内隐藏着深刻的进化规律性。提高视觉器官对光谱短波部分的敏感性是作不到的，因为紫外线的绝大部分被大气阻挡了。另一方面，由人眼视网膜本身发出的红外线及热辐射是不能分辨出自然界中景物的；景物是因视网膜辐射才开始发光的。

我们感受到物体是由于它在亮度及色度方面存在着差别。在固定照明的情况下，物体的光亮差别主要取决于它与光源的距离、反射性质及其表面形状。

“白”光是由各种波长的辐射混合一起的复合光。我们周围的物体对各种光线的反射是不尽相同的，因此表现出各个物体在颜色上的区别。

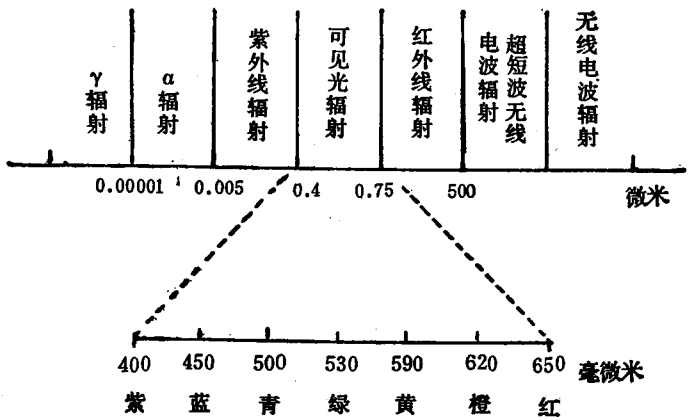

图 1　电磁波光谱图

可以运用测量每种波长上通过的能量的方法鉴别颜色这一物理现象。此种鉴别方法是客观的，而且被应用来鉴别辐射源的光谱特性及物体的光学性质。下面还要更详细地叙述此种鉴别方法。另一方面，也采取视觉鉴别颜色的方法，这一方法对于处理大量实用问题是极为重要的。

多次试验证明，为了仿制自然界里存在的任何一种颜色，完全可以按比例把三种基本颜色：红、绿、蓝混合一起而成。这种经过试验规定下来的事实成为了颜色视觉三色原理的理论基础①，依据此种理论基础，在视觉系统中产生三种神经激

① 应该确认，M．B．罗蒙诺索夫是颜色视觉三色原理理论的创始人，他早在1756年首先提出了这一理论的见解。

发。其中某一激发可能大些或小些，这是不依其余两种激发为转移的。视觉上色感的多样性是由于这三种激发关系的多样性而形成的。

由于颜色的视觉是三组分的，则作为物理量的一切颜色完全可以（从质量上及数量上）用不少于三种的参量予以表示。为此，常常采用以色调、饱和度与光亮度表示颜色的系统。

色调是颜色的性质，据此，色调属于（鉴别近似的程度）某种光谱的颜色。当观察位于电磁波波长光谱内的复合白光时，具有正常颜色视觉的人眼发现白光中有被人的视觉清晰区分开的由概念表示的几个区域：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等区域。按照人眼的最初感觉，发现有上述七个区域。它们之间质上的区别就是色调的区别。当人眼更加仔细地观察时，可以察觉到比这些区别多得多的区别。按照色调，人眼能区分开大约200种颜色。一切颜色的色调是用与这一颜色很接近的该光谱辐射的波长λ表示的。在光谱中没有品红色。它是一种复合色，是由蓝与红光线混合而成的。

饱和度是颜色色调的可见程度。饱和度还可以用混合光对同它相比有相同的白（灰）色亮度的这一光谱区域的颜色之比表示。光谱颜色是最饱和颜色。如果往纯光谱颜色中补充加入同样亮度的白（灰）色，使得在混合色中逐渐增加掺进的白（灰）色的成分并使混合光总亮度保持不变，那么将降低光谱颜色的饱和度。混合色将逐渐成为乳白色的，而对光谱颜色（按色调）存在的感觉愈加不明显。据此观点，可以把白（灰）色看做是失去色调特征的任何一种光谱颜色，即变异的光谱颜色。

大多数自然景物不存在由自然染料形成的颜色高饱和度

的特点。例外的是某些植物群及热带植物群的标本。与此相反，人工合成染料则总是具有颜色的高饱和度。

色调与颜色饱和度合成的性能被称为色度。

发光度是指视觉在数量上的特征；发光度决定于作用眼睛上的光线的亮度。譬如，如果有色表面的一部分被直射光直接照射，而另一部分被同一光源的散射光照射，那么这两部分照射光的色调与饱和度虽然相同，而对这两部照射颜色的感觉却是不一样的。这两部分颜色的区别仅仅是由于发光度不同而造成的。

一切颜色通常分为色散的及消色差的①。由色度及发光度表示的颜色属于色散颜色。此种颜色在视觉上的差别是由三个参数：色调、饱和度(同时给定色度)及发光度予以鉴别的。色度是从质的方面确定颜色。颜色在数方面的变化是由它的发光度的差别而确定的。

没有色度的颜色是消色差颜色。此种颜色包括黑色、白色及介于这两个边界值之间的灰色调中间色。对于消色差颜色只能根据一种参量——发光度从数的方面进行比较。

发光度的概念对于消色差颜色及色散颜色是共用的，而且可以由发光度对两种颜色进行比较。如果把某种色散颜色与不同发光度的灰色色调标度相比较，则通常可以观察到两种灰色区域，其中之一明显地比该颜色亮，另一区域则比该颜色暗。当更为详细地比较这两个灰色区域时，可以发现一种中间区域，按其反射光的亮度，中间区域是与这一颜色区域相吻合的，同它相比具有相同的发光度。此种对比仅仅对

① 色散颜色(希腊语)——具有颜色特点的有色颜色。消色差颜色——无色的颜色。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

于不是光源的物体才是可能的。在能够把色散颜色同某种消色差颜色的标度相比的情形下，发光度从数量上表现出色散颜色的特征。通常用相应的灰色区域的反射系数从数量上确定发光度。

偶而，色散颜色按发光度在数量方面的差别从视觉上可看成质量方面的差别。譬如，棕色及褐色是低发光度的橙色及黄色。但是，很难依色调把二者在视觉上混为一谈。

颜色视觉三组分理论与任何一种众所周知的应用科学不相矛盾，但是，也不能认为这种理论是严谨的，因为截至目前还没有完全弄明白颜色的视觉结构。大家知道，彩色光学影象是由视网膜外表的水晶体形成的，视网膜覆盖有两种细胞：圆锥细胞与圆柱细胞。这两种细胞都含有感光物质——视紫。

当人眼视网膜上感受较低照度时，圆柱细胞起作用。圆柱细胞是黄昏视觉器官而不能分辨景物的颜色。在高照度时，圆柱细胞停止发挥作用，这时，圆锥细胞成为视觉信息源。通过试验确定，恰恰是圆锥细胞感受着颜色的差别。在光的作用下，视紫质的分解引起神经纤维的最终激发，神经纤维向人脑传递造成色度感的脉冲。

再现彩色影象的不同方法的实际情况表明，在景物阴影上十分自然地颜色传递不是用三色而是用四色洗印达到的。这便提示，在视觉感受过程中，不仅有三组分圆锥细胞器官，同时还有黄昏视觉圆柱细胞器官，而这器官得到景物低照度阴影部分颜色的信息。

此种现象的理论基础是 Л. Ф. 阿尔丘欣提出的。他成功地指出，在“日间”视觉时，“黄昏”视觉仍感受颜色，而不是

象从前认识那样，完全停止作用。第四组分感受到的彩色影象明显地改进了物体颜色的再现，而第四组分的光谱感光性与眼睛圆柱细胞器官的光谱感光性是相似的。

用三种基本颜色混合得到任何一种颜色的事实是在利用彩色视觉三组分时证明了的主要论据①。这一试验得到证实是用下述方式进行的：三个投影器的光束射到白色三棱镜的一个棱面上。图2所示是这种装置的俯视图。往投影器上相应地装上三个滤色镜：红的、绿的及蓝的。把被测定的颜色Ц的光束射到三棱镜的第二个棱面上。观察者的眼睛Г将看到两种颜色区域：有颜色Ц的右侧棱面及左侧棱面，左侧棱面的颜色决定于红、绿及蓝光束的强度之比。如果在投影器上装上可以改变光束强度的装置，如光阑，则可以控制棱镜左侧棱面上的颜色。为了在棱镜左侧棱面上获得与颜色Ц相同的颜色，就要改变红、绿及蓝光束的比例，一直到两个棱面显示有相同的颜色。改变右侧光束Ц的强度可以使两个棱面上的亮度完全一样。

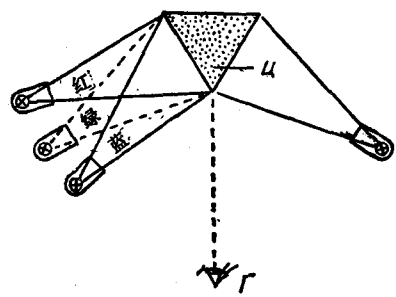

图2　由三种基本颜色混合得到的颜色

当把自然界中存在的任一颜色投射到棱镜的右侧棱面上

① 此三种基本颜色还应看做是完全可以(从质量上及数量上)表示一切颜色的因素。由此给出的颜色的色调、饱和度及发光度。——原注

而在左侧棱面上①混合有三种基本颜色：红、绿、蓝时，在两个棱面上总是可以得到相同的颜色。用两个投影器不能得到这样的结果，因为必须（及足够地）一定有三种基本颜色。正是经过这些试验的事实才可以假定，颜色的视觉是三组分的。

许许多多颜色再现的实际方法及用摄影法形成的彩色影象是彩色视觉三组分的理论基础。

由三种基本颜色混合得到任一颜色的可能性是可以从数量上用客观的方法，即用测量方法予以表示。为此必须要知道在混合形成被测颜色时红、绿及蓝光通量的数量。通常仅仅须要知道色度，而不是总强度。为了表示色度，必须指出在总光通量中红、绿及蓝的成分各占多少（用百分数或小数表示）。这时，棱镜左、右棱面的平衡条件便于写成方程式的形

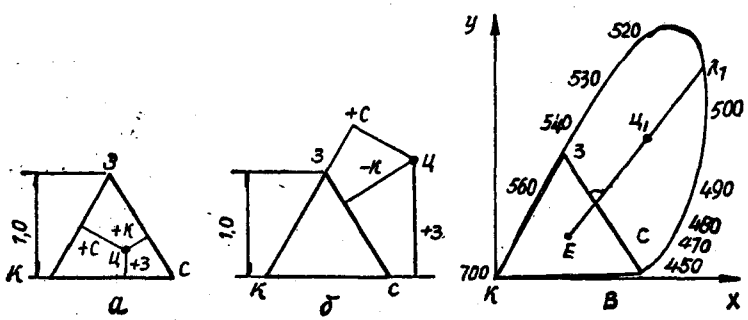

图 3　颜色三角形

а—三种基本颜色相加得到的颜色；б—由两种基本颜色相加并减去一种基本颜色得到的颜色；в—在颜色三角形内，光谱颜色的位置

① 在某些情况下，向右侧棱面的被测颜色中必须混合加进一种基本颜色。——原注

式。譬如，写成：0.2К + 0.3З + 0.5С = Ц表明如果在棱镜的右侧棱面上投射颜色Ц，那么为了得到与颜色Ц相同的颜色在左侧棱面上须混合投射20%(0.2)的红色、30%(0.3)的绿色及50%(0.5)的蓝色。此种方程式称为比色方程式。字母К、З、С前边的数值称为相对颜色系数，其和总是等于1或100%。

但是，如前所述，在棱镜的左侧棱面上，不可能由数种基本颜色的混合得到一切颜色。必须在棱镜的两个棱面上得到等色度时，就要把一种基本颜色光束加在右边棱面上，并假定减去这一颜色，方程式为：

0.6К + 0.7З = Ц + 0.3С或0.6К + 0.7З − 0.3С = Ц

在此种情况下，相对颜色系数的代数和仍然等于1(0.6 + 0.7 − 0.3 = 1.0)。相对颜色系数和的性质是不变的，它可以由图中等边三角形每边到点的距离方便地表示出色度。当然，从等边三角形内部或外面的任意一点向其各边作得的各条垂线长的代数和等于它的高。

这样表现颜色的形式称为颜色三角形(图3)。各个基本颜色：红、绿及蓝位于颜色三角形的每个顶点；而三角形中每一点表现给定比例时基本颜色的混合色。

从颜色点到三角形各边所画的垂线长度从数量上等于形成混合颜色Ц的红、绿及蓝色基本颜色的量。

正颜色系数之和表示的颜色位于三角形内(图3，а)，然而，带有负的相对颜色系数的颜色位于三角形外(图3，б)。

颜色三角形的中心E(图3，в)相当于白色。此时，到三角形各边的各条垂线是相等的，而且，用相等数量($Ц_E$ = 0.33К + 0.33З + 0.33С)的各基本颜色得到灰色。

如果将各种实际颜色的色度置于彩色图形内并将它置于直角坐标系 xy 里，则所有各种颜色用曲线形成的区域(图3，в)表示。这个区域内的每一点表示一种颜色。

位于从E点起延伸于扇形的各条直线上的颜色在色调上是相互有区别的。

位于距E点越远的颜色，它的饱和度越高，虽然这时色调保持不变。位于分界区域周边的各个极点表示具有最高饱和度的光谱颜色。

在颜色图形上没直接表示出颜色的发光度。

为了准确地表现一种颜色的特征，指出它的色调、饱和度及发光度就足够了。但是，为了进行计算，宜于给出表示图形上颜色点的坐标 x 及 y (图3，в)。

根据颜色视觉平衡研究其形成规律及规定其测定原理的科学称为比色法，而测定颜色的仪器称为比色计。

颜色三角形作为用图示方法表示颜色的国际制式，也以计算刻度的形式用在比色计上。在必须研究或预测颜色的变化时，以平面上的点表示颜色的方法是非常方便的。

利用颜色图形控制颜色的过程显著地简化了各种结构的彩色图表。

带有中性灰标度的此种彩色图表是一种试板。彩色图表和被拍摄的主要景物一并拍摄在画面里，并且，其影象可用做鉴别拍摄、洗印条件及拍摄质量。

从实际必须的精确性来讲，利用此种试板可以鉴别彩色摄影过程各个阶段的彩色传递的质量。

利用灰色标度确定不同亮度的灰色对象的再生条件，而彩色图表的摄影影象反映着颜色的变化并容许选择改善颜色

传递的最佳方法。

§2 光线的光谱特性

自然界里物体可区分为两类：自发光的及非自发光的。在摄影中，常常把自发光体做为照明光源，而非自发光体一般是被拍摄对象。各种光源的相互区别在于辐射功率的差别及辐射光束的光谱成分所确定的颜色的差别。光的此种特性对于摄影是重要的。

图 4 所示是由电灯 1 的白炽灯丝发出的并照射在三棱镜 2 上的细小光束。如所知，三棱镜将把"白"光分解为组成其光谱颜色的从紫色到红色的诸颜色，一定的波长 λ 对应于其中的每一种颜色。让我们把光电元件 3 放入光谱中并沿着光谱均衡地移动它。此时，在光电元件的光敏表面将依次射入从紫色到红色光谱的各种波长的射线。射入光电元件的光能量使微安自动记录器 4 的笔尖发生移动，并在移动着的纸带 5 上画出曲线。按此种方式作用的仪器称为光谱摄影仪或分光计。

使用此种仪器可以研究自发光体及非自发光体，透明物体及非透明物体的光谱性质。

让灯泡亮到半明不暗的，呈淡红色。这就是说；在光谱的长波橙红部分中辐射有比短波紫蓝部分大得多的光能。因此，当光电元件沿光谱移动时，在光谱摄影仪的纸带上将画出在图形长波部分有凸起的曲线 a(参看图 4)。此种曲线称为光源光谱辐射曲线，是光源颜色的客观特性。

当灯泡用额定电压供电时，短波的蓝光线的数量增大。因

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com