

色彩 和色彩复制原理

SECAIHESECAIFUZHIYUANLI

A. 沙什洛夫著
瑞玲译

印刷工业出版社

色彩和色彩复制原理

Б. А. 沙什洛夫 著

魏瑞玲 译

印刷工业出版社

(京)新登字009号

内 容 提 要

本书为前苏联B.A.沙什洛夫教授所著，是莫斯科印刷学院印刷生产工艺专业的教科书，1986年出版。

全书共分十六章，前十章论述了颜色及其特性和颜色的测量；后六章分别对彩色物体复制的原理，蒙版校正，网点影象的特性及彩色图象的网点叠印等作了系统介绍。内容全面系统，原理阐释清楚。本书可作为印刷院校的参考教材，也可供科技人员和管理人员参考。

色彩和色彩复制原理

〔苏〕B.A.沙什洛夫 著

魏瑞玲 译

印刷工业出版社出版发行

(北京复外翠微路2号)

海丰印刷厂印刷

各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32 印张：8.5 字数：221千字

1993年5月 第一版第一次印刷

印数：1—4000 定价：6.00元

ISBN 7-80000-094-X/TS·71

俄文版前言

1975年,“色彩和色彩复制原理”这一课程列入了《印刷生产工艺》专业的教学计划。

根据教学大纲,本课程的内容分为四部分。前两部分——“颜色及其特性”和“颜色的测量”,论述了颜色视觉理论、颜色心理学、颜色的相加和色度学原理;后两部分——“彩色物体的复制”和“印刷业中彩色原稿的复制”,论述了理想的彩色复制过程、复制原理、彩色校正蒙版、单色和彩色网点影象的特性以及彩色图象的网点叠印。H·Д纽别尔格的理论首先阐述了理想过程,这有助于学生们更深入理解这一理论的实质。

本书被指定为印刷学院印刷工艺系的教科书。

作者对在本书编写过程中给予热情帮助的莫斯科印刷学院的老师们表示衷心地感谢,他们是:化学科学副博士、副教授Б.Т罗士金,讲师Р.М乌阿洛娃以及技术科学副博士、副教授В.В里哈乔夫。

校订者:技术科学博士Л·Ф阿尔丘申,技术科学副博士Л·Х咖尼耶夫(鄂木斯克工艺学院)。

作者

致中国读者

一个人从出生之日起，每天都要接触到各种颜色，并已习惯于这个包围我们的彩色世界。所以，单调的颜色使人心情压抑，相反，五彩缤纷的色彩则使人感到兴奋。因此，人们更欣赏彩色的影象。自然，发行影象的工业部门——电影、电视、照相和印刷等，正由黑白产品转变到彩色产品。但是，这一转变对于印刷工作者来讲尤为困难。电影和电视在全世界已实现彩色化，对于印刷工业来讲，实现彩色化仍然是比较困难的。因为，和电影工业相比，在印刷工业中所使用的彩色复制手段是不够完备的。

摆在印刷工作者面前的任务既复杂又重要，要求我们在印刷学院印刷工艺系的教学计划中列入“色彩和色彩复制原理”课程。在此之前，色彩复制是在“印刷制版工艺”课程中讲述的，由于时间较少，不可能较深入地向学生们讲述色彩的本质和彩色复制原理。本课程的开设取得了良好的效果，无疑更充实了学生们在彩色复制方面的知识，并且对这门课程产生了极大的兴趣。

在这本教科书中，我试图用最简单和通俗的形式讲述关于色彩和色彩复制原理。希望这本书能给人以勤奋和好学著称的中国大学生们带来益处。我对中国大学生的这些印象是有根据的，因为我的中国学生魏瑞玲、杨蔼宜、王昌厚等正在有成效地从事中国的印刷教育、科研和管理工作。

最后，我还要向魏瑞玲副教授表示感谢，因为她花费了很多劳动翻译了我的两本著作，把他们介绍给中国读者。



1988.9.28

目 录

俄文版前言

致中国读者

第一篇 颜色及其特性..... (1)

第一章 色的基本概念..... (2)

第一节 颜色及颜色理论研究的对象..... (2)

第二节 色觉的本质..... (3)

第二章 视觉器官和颜色视觉..... (7)

第一节 视觉器官概述..... (7)

第二节 眼睛——复制系统..... (12)

一、眼睛的光敏性和光谱敏感性..... (12)

二、眼睛的适应性..... (16)

三、视觉暂留..... (18)

第三节 颜色视觉的理论基础..... (19)

一、概述..... (19)

二、颜色的主观特性..... (22)

三、复色光对视网膜感受器的作用..... (23)

第三章 颜色心理学..... (26)

第一节 色觉的规律性..... (26)

一、感觉阈..... (26)

二、亮度感觉..... (28)

三、色觉..... (32)

第二节 环境条件对色觉的影响..... (36)

一、不同亮度条件下的色觉..... (36)

二、视觉对比效应..... (39)

三、非直接刺激的影响.....	(42)
第三节 色觉紊乱.....	(42)
第四章 颜色的合成	(44)
第一节 颜色相加.....	(44)
第二节 颜色的加色合成.....	(45)
第三节 理想的减色合成.....	(50)
第二篇 颜色的测量	(57)
第五章 颜色计量的基本原理	(58)
第一节 颜色测量的原理.....	(58)
第二节 色度学系统.....	(59)
一、RGB系统.....	(60)
二、XYZ系统.....	(64)
三、颜色坐标由一个系统到另一系统的转换.....	(65)
第三节 三刺激值曲线(合成曲线).....	(36)
第四节 颜色坐标的计算.....	(67)
一、颜色坐标和合成曲线的关系.....	(67)
二、标准照明体.....	(68)
三、计算举例.....	(70)
第六章 RGB颜色空间	(72)
第一节 颜色的矢量概念.....	(72)
一、颜色空间.....	(72)
二、RGB颜色空间的特殊平面和线.....	(74)
第二节 色度的表示.....	(76)
一、颜色三角形的特性.....	(76)
二、rg曲线图.....	(84)
第三节 颜色空间的仿射特性.....	(88)
第七章 XYZ颜色空间	(92)
第一节 对原色XYZ的要求.....	(92)
第二节 非实际颜色.....	(92)

第三节	颜色三角形XYZ	(94)
第四节	颜色空间XYZ中的特殊平面和色度图xy	(98)
第八章	均匀色度系统	(100)
第一节	在xy色度图中的临界椭圆	(100)
第二节	均匀颜色空间CIE-60	(102)
第三节	均匀颜色空间CIE-64	(105)
第九章	颜色测量的仪器	(107)
第一节	测量仪器概述	(107)
第二节	照明和观察条件标准化	(108)
第三节	分光光度测定仪	(110)
一、	光谱的测量	(110)
二、	光谱仪的结构	(111)
三、	分光光度计C ϕ -18	(115)
第四节	色度计	(117)
一、	光电色度计的作用原理	(117)
二、	KHO-3型光电色度计	(118)
第十章	颜色的分类系统	(121)
第一节	色环和颜色立体	(121)
第二节	奥斯特瓦尔德系统	(124)
第三节	孟赛尔系统	(126)
第四节	拉布克系统	(131)
第五节	“彩虹”油墨混合系统	(133)
第三篇	彩色物体的复制	(135)
第十一章	理想的彩色复制过程	(136)
第一节	彩色物体复制的原理	(136)
第二节	彩色复制过程的几个阶段	(139)
第三节	理想过程举例	(143)
第四节	分色照相的结果——分出基本色	(148)
第五节	对分色滤色片的要求	(149)

第十二章 实际的减色混合	(152)
第一节 与实际油墨沿光谱的吸收分布有关的	
复杂问题	(153)
一、实际的三原色油墨	(153)
二、实际油墨的光谱区吸收	(155)
三、用实际油墨分色复制的结果	(156)
四、颜色合成与颜色校正举例	(159)
五、颜色校正的方法	(163)
第二节 油墨层中的光散射	(164)
第十三章 复制理论的基本原理	(168)
第一节 概述	(168)
第二节 与光谱组成无关联性的条件	(170)
第三节 单色叠印的复制	(172)
一、标准原稿的彩色分解及复制品的合成	(172)
二、彩色分解误差的评价原理及其校正	(176)
第四节 色表	(180)
一、色表的构成	(180)
二、色表的分色阴图	(182)
第五节 彩色分解带	(183)
第六节 油墨量的标准	(186)
第七节 彩色复制和彩色分解方程	(190)
第十四章 颜色校正蒙版	(198)
第一节 蒙版方法的分类及对蒙版的要求	(198)
第二节 阴图接触蒙版	(200)
一、十字交叉蒙版	(200)
二、补偿(二级)蒙版	(205)
第三节 原稿的投影蒙版法	(207)
第四节 彩色阴图内部蒙版法	(209)
一、彩色影象的获得	(209)

二、彩色阴图的内部蒙版法	(211)
第五节 天然色片的接触蒙版	(214)
一、一张彩色蒙版法	(214)
二、一张黑白蒙版法	(217)
第六节 蒙版量的计算	(219)
第四篇 印刷业中彩色原稿的复制	(228)
第十五章 单色网点影象	(229)
第一节 网点复制的基本概念	(229)
第二节 网点影象的光学测定	(231)
一、网点影象光学测定概述	(231)
二、网点值	(231)
三、积分(目测)值	(233)
第三节 积分值和网点值之间的关系	(234)
一、舍别尔斯托夫——默里——戴维斯公式	(234)
二、尤拉——尼尔森效应	(236)
第十六章 多色网点影象	(239)
第一节 印刷复制过程中色彩的合成	(239)
一、龟纹	(239)
二、色彩的印刷合成	(247)
第二节 印刷复制的层次传递过程	(250)
后记	(261)

第一篇

颜色及其特性

第一章 色的基本概念

第一节 颜色及颜色理论研究的对象

波长在400—700nm范围内的光辐射对视觉器官的作用引起人眼的视觉。这种感觉有着质和量的差别。它们的数量特性称为明度，质量特性称为色度。它们的性质和光辐射的物理性质（强度和波长）密切相关。明度随光辐射的强度的变化而变化，而色度则随波长的变化而变化。

明度和色度最基本的概念可以用下面的例子说明。把任一染色的表面的一部分放置在阳光下，另一部分放在背光处。这时染色表面的两个部分有同样的色度，但明度不同。

这些特性的总称可以用“颜色”这一术语来表示。只有在了解色觉的性质之后，我们才能给这个术语一个严格的定义（参看第六章，第三节）。在课程开始的时候我们先给以适当的定义。这一定义是1920年由著名物理学家什列金格尔（Шредингер）提出的。他说，颜色是肉眼所不能分辨的可见光辐射的光谱组成的特性。

在日常生活中，由于色觉的作用以及人们的活动产生了颜色科学——颜色理论或色彩学，这一学科研究和光学、视觉生理、色觉心理以及颜色理论基础、测量技术和色彩复制等有关的一系列问题。

因为色觉产生的原因是由于光线的作用，所以颜色理论中的一部分——颜色物理学，是专门研究光的性质，主要是研究发射和

反射光谱的分布以及获得这些光谱的方法、仪器和辐射接收装置。

光辐射对眼睛的作用是产生光觉的原因，视觉器官以及视觉器官的工作是色觉生理学部分的研究内容。

光辐射的物理特性和由于光辐射的作用所产生的感觉之间的关系是颜色心理学的研究内容。

颜色的测量是颜色理论的一个部分，是研究颜色的测量方法。测量学规定了颜色的数字表达方法，色彩的分类原则，色差的确定方法。

在物理学、生理学和心理学以及颜色计量学中所发现的规律，已在彩色复制理论中得到了应用。这些规律已在印刷业、电影和电视行业中成为获得彩色图象的技术基础。

显然，在颜色理论中应用相邻领域的成果，但是，在研究这一理论的过程中，应用了专用的、特殊的、新颖的研究方法，因此说颜色理论是一门独立的学科。

第二节 色觉的本质

色觉的性质和作用于眼睛的光线的光谱组成以及人的视觉器官的性质有密切的关系。

从下面的数字可以看出光谱组成对色觉的影响，辐射光的颜色和它占有的光谱范围是一致的。

紫色 400—450nm

蓝色 450—480nm

青色 480—510nm

绿色 510—565nm

黄色 565—580nm

橙红 580—620nm

红色 620—700nm

以上面的数据为基础，用普通的方法测量辐射能量沿光谱的

分布，是不能解决颜色评价问题的。在某一辐射光的波长范围内，可能表示出完全相同的颜色：如果一个物体发射或反射波长范围为565—580nm的辐射，则它的颜色总是黄的。但是，按照已知的辐射的颜色，不可能准确地指出其光谱组成或波长。例如，光辐射是黄色的，这并不说明它具有上述黄色的波长。外观看来是黄色的，实际是黄色波长范围以外的单色光的混合体，即：一定比例的绿色光 ($\lambda_1=546\text{nm}$) 和红色光 ($\lambda_2=700\text{nm}$) 的混合体。一般情况下，看上去相同的光束，并不能保证他们具有相同的光谱成分。颜色很难区分的光束，可能具有相同的光谱成分，也可能具有不同的光谱成分。在第一种情况下，这些颜色称为同色异谱色，在第二种情况下，称为条件等色。

彩色物体的复制要求复制品的颜色应当和原物基本相近。由此就产生了与引起这一色觉的辐射光的光谱成分无关的色彩的复制和计量的问题。由样品反射的光线的光谱成分是无关紧要的。重要的是使复制品真实，例如，黄色应当和样品具有同样的黄色，而不是黄绿色或橙黄色。

色觉理论解释了为什么在400—700*nm范围的光谱段里显示出光线的作用，为什么我们看到400—450nm辐射为紫色，450—480nm的辐射为蓝色等等。色觉理论的实质是位于视网膜中称为光感受器**的感光神经末梢只对光谱可见光部分起反应。眼睛里

• 实际上作用于眼睛光辐射的波长范围为380—760nm，但是眼睛对380—400nm和700—760nm的敏感性很小，所以常常忽略不计。

• • 感受神经纤维的所有末梢系统称为感受器（来自拉丁文receptor—接受者）。他们把刺激因素的能量变为任何一个感觉到的刺激。刺激因素可以分为光感受器（光感），热感受器（热感），化学感受器（味觉）等。以下的内容只与光感受器有关，为了简化，我们只称做感受器。

含有三组感受器，其中一组对波长为400—500nm的光敏感，另一组对波长为500—600nm的光敏感，第三组对波长为600—700nm的光敏感。根据光感受器对光谱的敏感性，对光辐射的作用产生一定的反应，综合三个感受器同时作用的结果，便产生了各种不同的色觉。

图1.1是反射表面的色觉示意图。假设以太阳作为光源I，发射光的光谱分布曲线如曲线1所示，被观察物体的表面II反射与其反射系数的分布相适应的光线（曲线2）。那么，射向观察者眼睛III的辐射光谱成分用纵坐标 $\phi_{0\lambda}$ 和 ρ_{λ} 相乘求出（曲线3）。

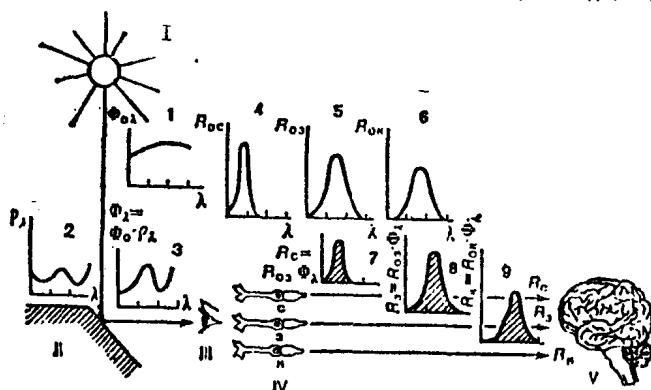


图 1.1 色觉形成示意图

当光线射到视网膜时，使感受器IV起反应。因而产生相应的红、绿、蓝的感觉，用相应的字母K，3和C表示，而它们的光谱敏感特性如曲线4，5和6所示。感受器的总反应不仅与其光谱敏感性有关，而且还取决于相应光谱区*得到的能量。上述因素的相互关系是线性的，所以感受器对这一辐射的反应（曲线7、8和9）和曲线3对曲线4、5和6的乘积有关。感受器的总反应与画斜线的面积成正比，也就是与函数7、8和9的积分值成正比。在我们的例子中，光辐射使绿色感受器产生了较大的反应，使蓝色感受器

• 适应性现象暂时忽略不计。

产生的反应较小。每一个反应的信号值传达到大脑V后，即产生相应的红、绿、蓝色觉。这些原色的感觉叫做基本色觉。在颜色混合中，混合色取决于基本色觉的比例。例如，产生绿色信号的视觉器官反应占优势时，则产生绿色的感觉。如果绿色和红色信号同时占优势时，则产生黄色感觉。基本色觉信号强度的相互关系，由辐射光的光谱组成及曲线4，5，6的形状所决定。如果曲线很窄并且彼此不重叠，那么为了描述颜色，知道辐射的光谱成分也就足够了。由于不同光谱成分的辐射曲线的相互重叠，可能得到相同的信号强度，因而产生相同的色觉。

由于心理因素的作用，色觉产生的过程变得复杂了。心理因素将在第三章中研讨。

第二章 视觉器官和颜色视觉

第一节 视觉器官概述

视觉器官由外部组织（眼睛本身）、传导部分（视神经）和中枢部分（在后脑勺，大脑皮层的视觉范围）三部分组成。

外界物体发出的光线，通过眼睛的晶状体在视网膜上成象，这一影象被视网膜上的神经末梢系统转变为信号。这些信号沿视神经被传送到后脑部分。根据暂时还不清楚的机理，产生物体的视觉影象。

图2.1为眼睛的剖面示意图。

眼睛是由多层物质组成的球状体。最外层为不透明体，称为蛋白质膜或巩膜，由肌腱组成，起保护眼睛的作用。巩膜的正面变成透明的较凸出的角膜2。在巩膜的下面是脉络膜3，在脉络膜里面有滋养眼睛的血管。细胞的色素层与脉络膜的内壁相连接（图中色素层与脉络膜剖面的内壁相重合），吸收散射的光线。色素层的作用，是防止由眼睛的晶状体——水晶体6所形成的光学影象，因光散射而过分的畸变。在前面的脉络膜变成纤毛体（睫状肌）

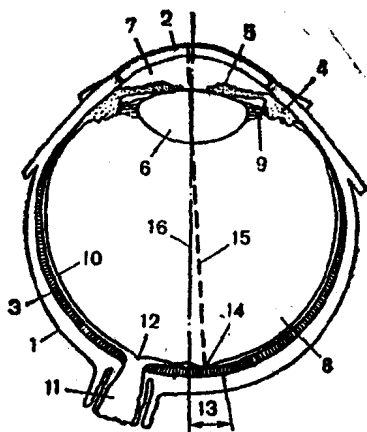


图 2.1 眼睛构造示意图

1—巩膜；2—角膜；3—脉络膜；
4—睫状肌；5—虹膜；6—晶状体。
水晶体；7—前房；8—玻璃体；
9—睫状突；10—视网膜；11—视
神经；12—盲点；13—黄斑；
14—中央穴；15—视轴；16—光轴