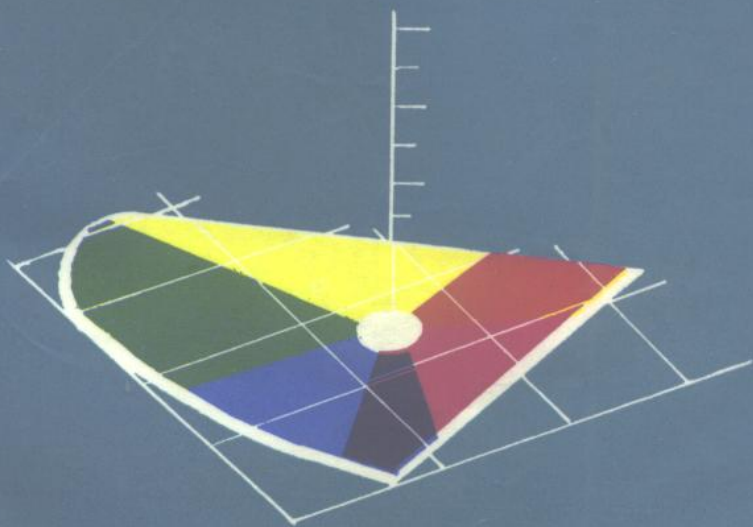


印刷色彩与色度学

胡成发 著



印刷工业出版社

1125804

TS801.5
93-6

印刷色彩与色度学

胡成发 著



印刷工业出版社

(京)新登字009号

DN7.1/19
内 容 简 介

本书以色度学的理论方法阐述彩色印刷的基本原理。全书共十章。第一至二章讲述颜色视觉及颜色三属性；第三至六章主要内容是颜色度量及色度坐标的变换；第七章讲解减色法原理与彩色密度测量法；第八章应用聂格伯尔方程分析了照相(电子)分色及半色调颜色合成的基本原理，并提供了计算机程序清单；第九章则是灰色成分替代与非彩色结构工艺原理；第十章给出了三个印刷色彩实验的方法；书后附有“印刷色彩常用词汇英汉对照表”。本书可供印刷专业院校师生及研究生阅读，也可供有关工程技术及科研人员参考。

印刷色彩与色度学

胡成发 著

*

印刷工业出版社出版发行

(北京复外翠微路2号)

一二〇一工厂印刷

各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32 印张：12.875 字数：330千字

1993年2月第1版第1次印刷

印数：1—5000册 定价：平装10.50元 精装16.00元

ISBN 7-80000-102-4/TS·78

前 言

彩色图象印刷是以颜色理论为中心,利用最新科学技术成果、采用大工业生产方式,对原稿进行复制的系统工程。在印刷过程中,从对原稿的审查、工艺设计到制版、印刷等每道工序,都要直接涉及到对印刷色彩及色彩信息传递的心理评价与定量检测。因此,“印刷色彩与色度学”是现代印刷技术的基础理论之一,也是印刷技术教育中的一门重要课程。

色彩学是研究自然界颜色变化的基本规律、色彩之美学规律以及色彩在人们生理上和心理上所产生的视觉效果的科学。色度学是研究人的颜色视觉规律、颜色定量测量理论与技术的科学,这是在最近50年才发展起来的以物理光学、视觉生理、心理物理等学科领域为基础的、综合性的一门新兴科学。

本书是在教学与科研实践的基础上,参考了近30年来国内、外印刷技术和颜色科学成就的有关资料文献而完成的。本书试图系统地将心理色彩学、色度学与印刷技术三者有机地结合起来,如网点印刷色彩的心理属性、色度计算及其颜色公差范围等内容。此外,书中有许多内容是通过教学与科研实践新提出的;还有一些赋予了新的概念、术语;如“密度平衡方程式”、“色度平衡方程式”、“光谱分析法”等。其目的是为了有利于逻辑思维,开拓应用领域,加强印刷科学的基础理论建设。

本书共有十章。第一章与第二章集中叙述了心理色彩学与网点印刷成色的心理属性,初步介绍了后续各章的内容或准备知识。第三、四、五章论述了印刷色彩的色度学计算方法及CIE色差理论在印刷色彩中应用,讲述了我国颜色测量国家标准GB3977-83和GB3979-83。第六章扼要地介绍了照明光源的色度特征及其定

量评价方法。第七章较系统地、全面地讨论了印刷行业中专用的密度测量原理与理论计算方法；重点阐述了ISO密度标准与我国颁布的密度标准GB11501-89,并结合实例进行了计算。第八章与第九章是从颜色科学的观点,对网点印刷的成色原理及非彩色结构工艺的理论进行了讨论与分析。第十章介绍了三个关于油墨及印刷色彩测量与计算方法的实验,以提高实验分析能力。此外,书中还提供了三个用BASIC语言编制的程序清单,这些程序的编制,紧密结合书中内容,以易读、易懂为主。书后附有“印刷色彩常用词汇英汉对照表”。

在本书写作过程中,得到了陕西机械学院董明达教授的关心,印刷工业出版社庞多益同志对本书提供了方向性的意见与指导,对此深表谢意。

欢迎读者对书中处理不当、错误和不妥之处,给予批评指正!

胡成发

1989.9

目 录

第一章 导论	(1)
第一节 颜色感觉的形成	(2)
第二节 光源	(4)
一、光的本质与组成	(4)
二、相对光谱能量分布	(6)
三、白光的定义	(8)
四、光源的色温	(9)
五、光源的显色性	(10)
六、色光加色法	(11)
第三节 彩色物体	(13)
一、透射	(13)
二、吸收	(14)
三、反射	(17)
四、色料减色法	(19)
五、油墨印刷呈色及光谱反射曲线	(21)
第四节 眼睛	(23)
一、眼睛的光学系统	(24)
二、视角、视力、视场及网屏线数的计算	(25)
三、明视觉与暗视觉	(29)
四、光谱光视效率	(31)
五、颜色视觉理论概述	(34)
第五节 大脑	(37)
第六节 颜色视觉的复杂性及某些生理学和心理学原则	(38)

一、适应性	(40)
二、对比性	(41)
三、恒常性	(43)
四、颜色错觉	(44)
第二章 颜色的显色系统表示法	(50)
第一节 颜色的心理属性与术语	(51)
一、色相	(51)
二、明度	(52)
三、饱和度	(53)
四、彩度	(56)
第二节 颜色感觉空间的几何模型	(57)
第三节 孟塞尔系统	(59)
一、孟塞尔色相	(59)
二、孟塞尔明度	(61)
三、孟塞尔彩度	(62)
第四节 自然颜色系统	(65)
第三章 颜色的混色系统——CIE色度学系统表色法	(71)
第一节 颜色混合基本定律	(71)
一、色光混合实验与系统色域	(71)
二、格拉斯曼定律	(73)
三、补色律与中间色律	(74)
四、光谱色相环	(75)
第二节 三维颜色空间与颜色矢量	(76)
一、颜色空间与颜色矢量定义	(76)
二、矢量相加与颜色混合	(78)
三、色度坐标与色度图	(79)
四、负刺激值概念	(81)
第三节 三维颜色空间(三原色)坐标系统的变换	(83)
第四节 CIE1931RGB真实三原色表色系统	(89)

一、等能光谱三刺激值 $\bar{r}$ 、 $\bar{g}$ 、 $\bar{b}$ 及真实三原色 单位量大小的规定·····	(89)
二、光谱色色度坐标与 r 、 g 色度图·····	(91)
第五节 1931CIE—XYZ国际坐标制·····	(92)
一、X、Y、Z在 r 、 g 色度图中的色度坐标·····	(92)
二、XYZ色度三角形的几何特征·····	(96)
三、XYZ坐标系统单位量大小的计算·····	(97)
四、色度坐标 x 、 y 、 z 与 r 、 g 、 b 的变换式·····	(98)
五、CIE1931标准色度观察者光谱三刺激值 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ 、 $\bar{z}$ 的计算·····	(104)
第六节 CIE 1964 10°视场表色系统·····	(106)
第七节 物体(印品)色三刺激值X、Y、Z的 计算(GB3977—83)·····	(108)
一、物体色三刺激值的计算·····	(108)
二、颜色的表示方法(GB3977—83)与 (GB3979—83)·····	(115)
第八节 CIE1931色度图与Y _{xy} 数字表色方法·····	(120)
一、Y _{xy} 表色方法·····	(120)
二、油墨色标的光谱反射曲线·····	(122)
第九节 物体色三刺激值计算的BASIC语言 程序设计·····	(125)
第四章 混色系统表色法(Y _{xy})与显色系统表色法 (HVC)的转换·····	(129)
第一节 颜色的客观三属性——主波长、纯度和 亮度因数·····	(129)
一、主波长·····	(130)
二、纯度·····	(146)
三、亮度因数及网点印刷的 λ_d 、 P_e 、Y求法 示例·····	(147)

第二节	HVC与Yxy两种表色方法的数值转换	(149)
一、	亮度因数Y与孟塞尔明度值V(亦可用 V_Y 表示)的转换原理	(150)
二、	色度坐标x、y与色相H、彩度C的转换	(153)
三、	品红油墨网点印刷色样的实例计算	(157)
四、	Yxy与HVC两种表色方法的概念讨论	(159)
第五章	国际匀色坐标制与色差计算	(163)
第一节	颜色宽容量与Yxy颜色空间的不均匀性	(164)
一、	颜色宽容量	(164)
二、	Yxy颜色空间的不均匀性	(164)
第二节	CIE1960UCS均匀颜色空间——第五代电子分色机的理论基础	(167)
一、	CIE1960UCS图	(167)
二、	CIE1960UCS匀色空间的特点	(170)
三、	计算举例与油墨色标的u、v色度图	(172)
第三节	近代三维国际匀色坐标制	(173)
一、	三维均匀颜色空间的建立	(173)
二、	CIE1976L*a*b*均匀颜色空间及色差公式(GB7921—87)	(174)
三、	CIE1976L*u*v*均匀颜色空间及色差公式(GB7921—87)	(178)
第四节	CIE1976L*a*b*与L*u*v*匀色空间比较	(182)
一、	色差单位的提出与意义	(182)
二、	CIE 1976 L*a*b*与L*u*v*匀色空间的选择及使用	(183)
第五节	色差管理图与印刷油墨的色差	(184)
一、	色差管理图的表示方法	(184)
二、	平印油墨的色差值分析	(185)

第六节 彩色印刷品的色差制定方法	(187)
一、色差的可知觉性与可接受性	(187)
二、色差与色彩波动性	(187)
三、确定印刷品色差的方法	(188)
四、颜色误差的正态分布规律与 3σ 值控制线	(188)
第七节 XYZ国际坐标制与 $L^*a^*b^*$ 国际匀色坐标制	(190)
第八节 均匀颜色空间与色差计算的BASIC语言程序设计	(192)
第六章 光源色的色度特征及其对物体色貌的影响	(198)
第一节 光源色X、Y、Z三刺激值与色度坐标	(198)
第二节 光源色的色温与色度坐标x、y之间的关系	(202)
第三节 光源显色性的定量评价方法 (GB5702—85)	(206)
第四节 同色异谱色及定量评价方法	(214)
一、彩色印刷中的同色异谱现象	(214)
二、同色异谱程度的定量评价	(216)
第七章 减色法原理与彩色密度测量法	(223)
第一节 减色法原理与密度定义	(224)
一、密度的定义与数学表达式	(224)
二、多层叠合成色与密度计算	(226)
第二节 减色法三原色及彩色密度测量原理	(229)
一、减色法三原色的选择	(229)
二、印刷油墨彩色密度的测量	(231)
第三节 ISO 密度标准与我国国家密度标准 GB11501—89的光谱乘积	(234)
一、任意三滤色片密度	(235)
二、ISO 标准视觉密度	(236)

三、ISO 标准 A 状态密度	(238)
四、ISO 标准 M 状态密度	(240)
五、ISO 标准 T 状态密度	(242)
六、窄波带密度	(246)
第四节 孟塞尔明度值与视觉密度的关系	(247)
第五节 印刷油墨密度与厚度的关系	(251)
一、影响油墨密度的因素	(251)
二、油墨厚度的计算	(253)
第六节 印刷油墨颜色质量的 GATF 密度评价方法	(255)
一、为什么要对油墨颜色质量进行评价	(255)
二、影响油墨颜色质量的最主要因素	(255)
三、评价油墨颜色质量的参数	(257)
四、GATF 色轮图	(259)
第七节 网点密度与网点面积率	(262)
第八节 灰平衡方程式与等效中性密度	(265)
一、单色油墨的三色成分比例特性	(265)
二、灰平衡方程式	(267)
三、等效中性密度 END	(269)
四、END 密度与三原色网点面积率	(271)
第九节 彩色印刷密度平衡方程式与专色网点面积率的计算	(275)
第十节 密度比例性与相加性问题讨论	(278)
第十一节 用密度平衡方程计算专色网点面积率的 BASIC 语言程序设计	(280)
第八章 “分色”原理与“印刷网点”呈色	(287)
第一节 分色的减色法原理概述	(287)
一、照相分色原理	(288)
二、电子分色机扫描分色原理	(292)

第二节	分色原理的光谱分析法·····	(293)
第三节	聂格伯尔方程式——彩色网点印刷 呈色原理·····	(298)
第四节	修正聂格伯尔方程式·····	(305)
第五节	聂格伯尔方程求解方法·····	(307)
一、	求解聂格伯尔方程程序设计方法·····	(308)
二、	求解聂格伯尔方程程序设计步骤·····	(310)
三、	求解聂格伯尔方程的BASIC语言程序 清单与计算实例·····	(316)
第六节	纸张印刷光泽度对印刷颜色的影响·····	(324)
一、	印刷表面光泽度对印品色度影响的机理·····	(324)
二、	影响纸张印刷光泽度的因素·····	(328)
第九章	灰色成分替代与非彩色结构工艺·····	(334)
第一节	颜色的三维空间属性确立无疑·····	(335)
第二节	彩色中的非彩色成分·····	(336)
第三节	灰色成分替代原理·····	(337)
第四节	非彩色成分的计算·····	(339)
一、	色度平衡法——用聂格伯尔方程计算 黑墨量·····	(339)
二、	密度平衡法——用密度平衡方程计算 黑墨量·····	(342)
三、	等效中性密度法——用END值计算 黑墨量·····	(343)
四、	三种计算方法的分析比较·····	(344)
第五节	非彩色结构工艺·····	(345)
一、	非彩色结构工艺的特点·····	(346)
二、	色彩变化率与选择性变化·····	(347)
第十章	印刷色彩实验·····	(352)
实验 I	彩色油墨颜色质量测量实验·····	(352)

实验 II 彩色印刷基本参数测量实验.....	(357)
实验 III 彩色印刷品色差分析实验.....	(360)
主要参考文献.....	(372)
附录: 印刷色彩常用词汇英汉对照表.....	(374)

第一章 导 论

颜色是怎样形成的，自古以来就受到人们的注意。从20世纪30年代开始，以颜色为研究对象的颜色科学作为一门新兴的交叉学科而崛起，受到有关学科和工业界——特别是颜色工业与彩色复制工业的重视。

在我们生活的周围环境中，每件物体都呈现出一定的颜色。广告和装潢的设计者采用新奇的颜色吸引顾客，达到宣传商品、推销商品的目的；艺术家利用色彩塑造人物、美化环境，供人民大众欣赏，达到美化人民生活的目的；科学家、军事家则利用色彩传输信息，发布信号，……。

那么什么是色彩呢？颜色是怎样产生又受哪些客观条件和主观因素的影响呢？色彩为什么对人的心理作用能有这样大的效果呢？我们应怎样利用颜色形成的规律，来促进彩色印刷复制技术的发展呢？这都是我们须要研究的问题。

感觉是认识的开端。客观世界的光和声作用于感觉器官，通过感觉器官、神经系统和大脑的活动，我们就有了感觉，就对外界事物与现象有了认识。

本章首先从宏观论述色彩形成的四大要素；从物理学的角度说明了光的本质、组成与特征参数；物体成色的原因及其影响因素；并从视觉生理学和心理学角度重点讲述了一些生理学和心理学法则。主要是从色彩形成的客观与主观、刺激与感觉两个方面出发建立起色彩的整体概念，作为对色彩深入研究与定量描述的基础。

第一节 颜色感觉的形成

颜色是与人的感觉(外界的刺激)和人的知觉(记忆、联想、对比…)联系在一起的。绿色是树叶的颜色,也是指示交通车辆前进的信号;红色是花的颜色,同时又是引起注意、指令交通车辆停止前进的信号。因此,颜色感觉(Colour Sensation)总是存在于颜色知觉(Colour perception)之中,很少有孤立的颜色感觉存在。所以习惯上常把颜色感觉称为颜色视觉(colour vision)。

图1-1所示是人的颜色感觉信息传输的途径,也就是人们对颜色感觉形成的四大要素,即光源、颜色物体、眼睛、大脑。这四个要素不仅使人产生颜色感觉,而且也是人能正确判断色彩的条件。在这四个要素中,如果有一个不确实或者在观察中有变化,就不能正确地判断颜色及颜色的产生的效果。

光源的辐射能和物体的反射是属于物理学范畴的,而大脑和眼睛却是生理学和心理学研究的内容。但是颜色永远是以物理学为基础的,而颜色感觉总包含着色彩的心理作用和生理作用的反映,使人产生一系列的对比与联想(图1-1)。

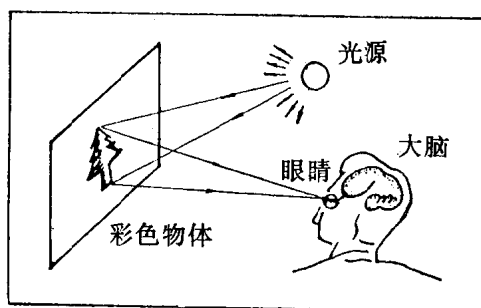


图 1-1

美国光学学会(Optical Society of America)的色度学委员会

曾经把颜色定义为：颜色是“除了空间的和时间的不均匀性以外的光的一种特性，即光的辐射能刺激视网膜而引起观察者通过视觉而获得的景象”。在我国国家标准GB5698—85中，颜色定义为：“色-光作用于人眼引起除形象以外的视觉特性。”根据这一定义，颜色是一种物理刺激作用于人眼的视觉特性。而人的视觉特性是受大脑支配的，也是一种心理反应。所以，颜色感觉不仅与物体本来的颜色特性有关，而且还受时间、空间、外表状态以及该物体周围环境的影响，同时还受各人的经历、记忆力、看法和视觉灵敏度等各种因素的影响。简言之，我们所看到的颜色，是光线的一部分经有色物体反射刺激我们的眼睛，在头脑中所产生的一种反映。

值得特别提出的是人类认识外部世界信息的80%是通过视觉提供的，而色彩作为给人第一视觉印象的艺术魅力更为深刻。“远观颜色，近看花。”人们观察物体时，视觉神经对色彩反映最快，其次是形状，最后才是表面质感和细节（如印刷的阶调层次、网点质量等）。据研究，视觉对物体的“色彩”和“形状”的感知率对比如表1-1所示。

由此可知，颜色在人类生活中，对于传输信息、美化环境、生产销售都起到重要的作用。

表1-1

感 知 时 间	类 别	颜 色	形 状
最 初 瞬 间		80%	20%
1 ~ 2 分 钟		60%	40%
2 分 钟 后		50%	50%

第二节 光 源

一、光的本质与组成

国家标准 GB5698—85 中定义：“光-能够在人眼的视觉系统上引起明亮的颜色感觉的电磁辐射。”所以，光是刺激人眼睛的电磁辐射。这种电磁辐射与紫外线、红外线及其它形式的电磁辐射有着不同的物理特性。

光按其传播方式和具有反射、干涉、衍射和偏振等性质来看，包含着波的特征；但是，光按其向色彩表面和照相胶片传输能量如放射、吸收等现象来看，它又是由带有能量的光子组成的。因此，直到现在，人们对光的认识仍然是波动性和量子性二者兼容的。

光的物理性质由它的波长和能量来决定。波长决定了光的颜色，能量决定了光的强度。光映射到我们眼睛时，波长不同决定了光的色相不同。波长相同，能量不同，则决定了色相明暗的不同。

在电磁波辐射范围内，只有波长 380nm 到 780nm ($1\text{nm} = 10^{-6}\text{mm}$) 的辐射能引起人们的视觉感，这段光波叫做可见光。如图 1-2 所示。在这段可见光谱内，不同波长的辐射引起人们的不同

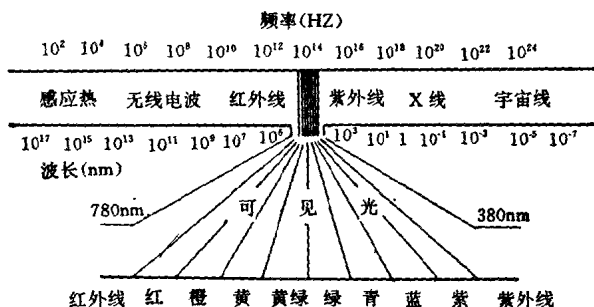


图 1-2