

高等教育印刷工程本科专业教材

印刷色彩学

PRINTING CHROMATICS

| | | |
|-----|-----|-----|
| 主 编 | 周世生 | |
| 副主编 | 郑元林 | |
| 编 著 | 周世生 | 郑元林 |
| | 曹从军 | 戚永红 |

印刷工业出版社

策 划 刘积英
责任编辑 张宇华
封面设计 陶 巍



印 刷
P R I N T I N G

色 彩 学
C H R O M A T I C S

ISBN 7-80000-471-6



9 787800 004711 >

ISBN 7-80000-471-6

TS801.3 定价：36.00 元

高等教育印刷工程本科专业教材

印刷色彩学

主 编 周世生
副主编 郑元林
编 著 周世生 郑元林
曹从军 戚永红

印刷工业出版社

内 容 提 要

印刷色彩学是印刷复制的基础理论,它涉及生理学、光学、美学、心理学、色度学等多个学科的内容。本书以理解颜色、描述颜色、复制颜色为主线,系统介绍了颜色的形成、颜色视觉及其理论,着重论述了描述颜色的孟塞尔系统、NCS系统、奥斯特瓦尔德等显色系统和CIE 1931 XYZ、CIE 1976 L*a*b*等混色系统与密度学体系,以及最新的CMC(l:c)、CIE94、CIEDE2000色差公式和CIECAM02色貌模型。另外,结合色度学的基本理论,印刷色彩的呈色原理、颜色的分解和合成、灰成分替代、底色去除和色彩管理等内容也在本书中进行了介绍。

本书体系新颖、内容丰富,可供高等院校印刷工程类本科专业作为教材使用,还可供从事印刷科研和生产管理、广告、纺织、印染、油墨制造等方面的技术人员及高等院校其他相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

印刷色彩学/周世生主编.-北京:印刷工业出版社,2005.3

ISBN 7-80000-471-6

I.印... II.周... III.印刷色彩学-高等学校-教材 IV.TS801.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第017026号

印刷色彩学

主 编:周世生

副 主 编:郑元林

编 著:周世生 郑元林 曹从军 戚永红

策 划:刘积英

责任编辑:张宇华

出版发行:印刷工业出版社(北京市翠微路2号 邮编:100036)

经 销:各地新华书店

印 刷:河北高碑店鑫宏源印刷厂

开 本:787mm×1092mm

字 数:400千字

印 张:18.25

印 数:1~3000

印 次:2005年3月第1版 第1次印刷

定 价:36.00元

如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话:010-68165735/68171321

前 言

我们生活的世界是五彩缤纷的色彩世界。我们不仅能看到万紫千红的颜色，而且在知觉上能感受到美的享受。印刷品作为人类重要的文化信息传播媒体，其最终效果是作用于人的感觉器官，尤其是视觉系统。彩色印刷复制是以颜色理论为中心，利用最新的科学技术成果，采用印刷生产方式，对彩色原稿进行复制的系统工程。在彩色印刷复制过程中，从对彩色原稿审查、创意、工艺设计到制版、印刷、印后加工与表面整饰等每道工序，都直接涉及到印刷色彩的视觉系统评价与色彩信息分解、转换、传递、再现过程的定量检测与控制。因此，色彩学问题是印刷工程的最基本和最重要的问题之一。

印刷色彩学是印刷工程专业的一门专业基础课程，主要研究内容包括颜色产生机制与颜色现象、颜色定量描述与测量以及彩色印刷复制基础理论等。为了推进印刷色彩学课程内容更新和加强教材建设工作，西安理工大学教材建设委员会将《印刷色彩学》列为 2003 年度重点教材予以建设。本书的编写工作由周世生、郑元林、曹从军、戚永红共同完成。其中，第一章由周世生编写，第二章、第三章、第四章、第五章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章由郑元林编写，第十四章由曹从军编写，第六章、第七章、第八章由戚永红编写。全书由周世生担任主编，郑元林担任副主编，负责统稿和定稿工作。

本书的编写围绕理解颜色、描述颜色、复制颜色这一主线展开论述，力求做到系统性和完整性。同时，注重将印刷色彩学领域的最新技术进展编入教材。本书可作为高等学校印刷工程专业印刷色彩学课程的教材，也可供印刷工程技术人员参考。

欢迎读者对书中处理不当、错误和不妥之处给予批评指正。

周世生

2005 年 1 月于西安

目 次

第一篇 理解颜色

| | |
|------------------------------|----|
| 第一章 绪论 | 3 |
| 1.1 问题的提出 | 3 |
| 1.2 国内外研究现状 | 4 |
| 1.2.1 视觉系统的研究现状 | 4 |
| 1.2.2 颜色描述体系的研究现状 | 4 |
| 1.2.3 彩色印刷复制理论的研究现状 | 5 |
| 1.3 本书的主要内容和学习方法 | 6 |
| 第二章 眼睛和视觉 | 7 |
| 2.1 眼球的构造及各部分的主要功能 | 7 |
| 2.2 视觉功能 | 9 |
| 2.2.1 视角、视力与视场 | 9 |
| 2.2.2 光谱光视效率 | 11 |
| 2.2.3 色觉异常 | 15 |
| 第三章 色光加法法和色料减色法 | 17 |
| 3.1 色光加法法 | 17 |
| 3.1.1 色光三原色的确定 | 17 |
| 3.1.2 色光加法法 | 18 |
| 3.1.3 加法混合种类 | 19 |
| 3.1.4 颜色混合的基本规律 | 21 |
| 3.1.5 颜色环 | 22 |
| 3.2 色料减色法 | 23 |
| 3.2.1 色料三原色 | 23 |
| 3.2.2 色料减色法 | 24 |
| 3.2.3 加法法与减色法的关系 | 25 |
| 3.2.4 物体的选择性吸收和非选择性吸收 | 26 |
| 第四章 颜色视觉和颜色视觉理论 | 29 |
| 4.1 颜色视觉 | 29 |
| 4.1.1 颜色的适应性 | 29 |
| 4.1.2 颜色对比 | 30 |
| 4.2 色彩心理学 | 32 |

| | |
|-----------------------|----|
| 4.2.1 色彩的心理表现类型 | 32 |
| 4.2.2 色彩的感觉 | 35 |
| 4.3 颜色视觉理论 | 38 |
| 4.3.1 三色学说 | 38 |
| 4.3.2 四色学说 | 40 |
| 4.3.3 阶段学说 | 42 |
| 4.3.4 视网膜皮层理论 | 43 |

第二篇 描述颜色

| | |
|---|----|
| 第五章 颜色的显色系统表示法 | 47 |
| 5.1 色彩的心理三属性 | 47 |
| 5.1.1 色相 | 47 |
| 5.1.2 明度 | 48 |
| 5.1.3 饱和度 | 49 |
| 5.1.4 颜色三属性的相互关系 | 50 |
| 5.2 颜色感觉空间的几何模型 | 51 |
| 5.3 孟塞尔颜色系统 | 53 |
| 5.4 其他显色系统表色方法 | 56 |
| 5.4.1 自然色系统 | 56 |
| 5.4.2 奥斯特瓦尔德表色系统 (Ostwald color system) | 58 |
| 5.4.3 中国颜色体系 | 60 |
| 5.4.4 色谱表色法 | 63 |
| 第六章 CIE 1931 RGB 真实三原色表色系统 | 67 |
| 6.1 颜色匹配实验 | 67 |
| 6.1.1 转盘实验法 | 67 |
| 6.1.2 色光匹配法 | 67 |
| 6.1.3 颜色方程 | 68 |
| 6.1.4 负刺激值 | 68 |
| 6.2 CIE 1931 RGB 真实三原色表色系统 | 69 |
| 第七章 CIE 1931 XYZ 标准色度学系统 | 75 |
| 7.1 CIE 1931 RGB 真实三原色表色系统向 CIE 1931 XYZ 标准色度学系统的转换 | 75 |
| 7.2 CIE 1931 $\bar{X}YZ$ 色度图与 Y_{xy} 数字表色方法 | 80 |
| 7.2.1 CIE 1931 XYZ 色度图 | 80 |
| 7.2.2 CIE 1931 Y_{xy} 数字表色方法 | 81 |
| 7.3 CIE 1964 XYZ 补充色度学系统表色系统 | 83 |
| 7.4 物体(印品)色三刺激值 XYZ 的计算 | 84 |
| 7.4.1 光源的光谱相对能量分布 | 84 |

| | |
|-------------------------------------|------------|
| 7.4.2 物体(印品)色三刺激值 XYZ 的计算 | 87 |
| 7.5 颜色的客观三属性 | 89 |
| 7.5.1 主波长 | 89 |
| 7.5.2 纯度 | 91 |
| 7.5.3 亮度因数 | 91 |
| 7.6 HV/C 和 Y_{xy} 的转化 | 92 |
| 第八章 国际匀色坐标制与色差计算 | 103 |
| 8.1 颜色的宽容量和 CIE 1931 XYZ 颜色空间的不均匀性 | 103 |
| 8.2 均匀颜色空间 | 105 |
| 8.2.1 均匀颜色空间的发展 | 106 |
| 8.2.2 CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 均匀颜色空间 | 106 |
| 8.2.3 CIE 1976 $L^* u^* v^*$ 均匀颜色空间 | 110 |
| 8.2.4 均匀颜色空间的最新研究进展 | 114 |
| 8.3 色差公式的发展 | 114 |
| 8.3.1 CMC (1:c) 色差公式 | 114 |
| 8.3.2 CIE94 色差公式 | 115 |
| 8.3.3 CIEDE2000 色差公式 | 116 |
| 8.4 色貌与 CIECAM02 色貌模型 | 117 |
| 第九章 光源的色度学 | 125 |
| 9.1 概述 | 125 |
| 9.1.1 光的本质 | 125 |
| 9.1.2 光源 | 126 |
| 9.1.3 光源的三刺激值的计算 | 127 |
| 9.2 光源的色温 | 128 |
| 9.2.1 黑体 | 128 |
| 9.2.2 光源的色温 | 129 |
| 9.3 光源的显色性及其定量评价 | 136 |
| 9.3.1 评价方法 | 136 |
| 9.3.2 显色指数 | 139 |
| 9.3.3 光源显色性的应用 | 139 |
| 第十章 颜色的密度学体系 | 141 |
| 10.1 密度 | 141 |
| 10.1.1 密度的定义 | 141 |
| 10.1.2 三彩色密度的测量原理及其测量条件 | 150 |
| 10.1.3 孟塞尔明度值与视觉密度的关系 | 154 |
| 10.1.4 密度的比例性和相加性 | 157 |
| 10.2 印刷油墨颜色质量的 GATF 密度评价方法 | 158 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 10.2.1 影响油墨颜色质量的最主要因素 | 158 |
| 10.2.2 评价油墨颜色质量的参数 | 159 |
| 10.2.3 GATF 色轮图 | 161 |
| 10.3 物体色的测量方法 | 162 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第十一章 数字图像的色彩模式 | 167 |
| 11.1 概述 | 167 |
| 11.2 色彩模式 | 168 |
| 11.2.1 RGB 模式 | 168 |
| 11.2.2 CMYK 模式 | 168 |
| 11.2.3 Lab 模式 | 169 |
| 11.2.4 其他色彩模式 | 169 |
| 11.3 色彩模式应用的选择 | 171 |

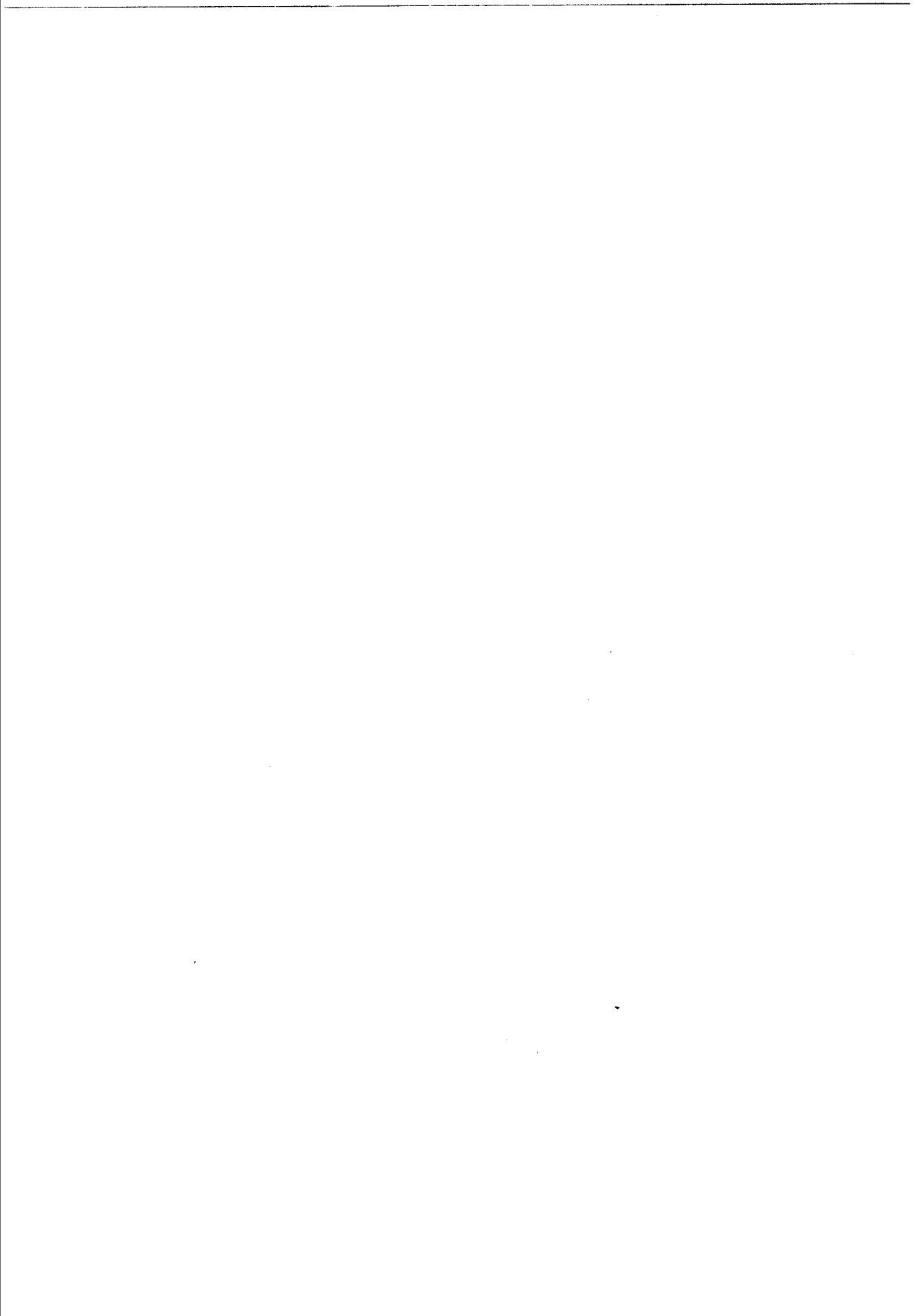
第三篇 复制颜色

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第十二章 同色异谱色 | 177 |
| 12.1 同色异谱的概念 | 177 |
| 12.1.1 基本概念 | 177 |
| 12.1.2 其他可能的解释 | 178 |
| 12.2 同色异谱条件 | 179 |
| 12.2.1 改变观察者 | 179 |
| 12.2.2 改变照明体 | 181 |
| 12.2.3 同色异谱的辨别 | 183 |
| 12.2.4 专门用于检测同色异谱颜色的灯 | 184 |
| 12.3 颜色同色异谱程度的评价 | 184 |
| 12.3.1 目视评价法 | 184 |
| 12.3.2 同色异谱程度的模糊评价方法 | 186 |
| 12.4 颜色的同色异谱差异 | 187 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 第十三章 彩色印刷复制 | 191 |
| 13.1 印刷网点 | 191 |
| 13.1.1 网点及其作用 | 191 |
| 13.1.2 网点的性质 | 191 |
| 13.1.3 网点面积率与网点扩大 | 200 |
| 13.1.4 印刷网点呈色 | 200 |
| 13.2 网目调(网点)复制 | 203 |
| 13.3 连续调色彩复制 | 205 |
| 13.3.1 影响油墨密度的因素 | 205 |
| 13.3.2 印刷油墨密度和墨层厚度 | 207 |

| | |
|---|------------|
| 13.3.3 油墨的叠印率与印刷色彩 | 208 |
| 13.4 颜色的分解和合成 | 210 |
| 13.4.1 彩色原稿 | 210 |
| 13.4.2 色彩的分解 | 211 |
| 13.4.3 分色误差 | 212 |
| 13.5 彩色印刷呈色数学模型 | 215 |
| 13.5.1 蒙版方程 | 215 |
| 13.5.2 纽介堡方程 | 216 |
| 13.6 灰色成分替代和底色去除 | 219 |
| 13.6.1 彩色中的非彩色成分 | 219 |
| 13.6.2 灰色成分替代 | 220 |
| 13.6.3 非彩色结构工艺 | 225 |
| 13.7 配色理论及其应用 | 229 |
| 第十四章 色彩管理 | 233 |
| 14.1 色彩管理概述 | 233 |
| 14.1.1 色彩管理的内容 | 233 |
| 14.1.2 色彩管理系统的主要构成 | 233 |
| 14.1.3 色彩管理系统的工作原理 | 234 |
| 14.1.4 色彩管理的步骤 | 234 |
| 14.1.5 色彩管理的作用 | 235 |
| 14.2 ICC Profile | 236 |
| 14.2.1 ICC Profile 的基本概念 | 236 |
| 14.2.2 ICC Profile 的内部结构和作用 | 236 |
| 14.2.3 ICC 标准中规定的四种色彩匹配方式 | 238 |
| 14.3 常用的色彩管理软件 | 238 |
| 14.3.1 Colorsync 色彩管理软件 | 238 |
| 14.3.2 ICM 色彩管理软件 | 240 |
| 14.3.3 Postscript 色彩管理 | 241 |
| 14.4 色彩管理的现状及发展 | 241 |
| 参考文献 | 243 |
| 附表 | |
| 附表 1 CIE 1931 色度图标准光源 A、B、C、E(等能光源)恒定主波长的斜率 | 245 |
| 附表 2 孟塞尔新标数据集 | 254 |
| 附表 3 计算组合昼光光谱分布用系数值 | 271 |
| 附表 4 CIE 一般显色指数计算用 1~8 号色样的光谱亮度系数 | 272 |
| 附表 5 CIE 特殊显色指数计算用 9~15 号色样的光谱亮度系数 | 274 |
| 彩图 | 277 |

第一篇 理解颜色



第一章 绪 论

颜色现象自古以来就受到人们的广泛关注。冰河时期的先民们用天然的红褐色、黄色及黑色矿物颜料在洞窟的石壁上涂绘出野牛、鹿和马的形象，用多色的兽皮制衣服，用漂亮的羽毛作装饰品；石器时代人类已用草木的胶汁在日用陶瓷上描绘多彩的图案；黄帝时能够出五彩的衣服。运用自然物的色彩特质为人类服务是古人的文明与智慧的体现。1666年英国科学家牛顿进行了著名的色散实验，科学地揭示了色彩的客观本质。色彩不再是蓝天、白云、红花、绿叶、肌肤等的标记，而是光波的一种表现形式。

1.1 问题的提出

物质世界的光波作用于视觉系统后所形成的感觉可以分为两类：一类是形象感觉；一类是颜色感觉。根据国家标准 GB/T 5698 - 2001，颜色定义为“光作用于人眼引起除形象以外的视觉特性”。因此，颜色是光波作用于人的视觉系统后所产生一系列复杂生理和心理反应的综合效果。要产生颜色感觉，需要四个要素，即光源、物体、眼睛和大脑，四者缺一不可。颜色科学涉及的范围非常广泛，既包括数学、物理学、化学、生理学、心理学、艺术学等基础学科，又包括光学、色度学、电子学、机械学、化工、印刷、纺织、通信等工程学科。印刷色彩学作为颜色科学的重要分支领域，其主要研究内容包括颜色产生机制与颜色现象、颜色定量描述与测量以及颜色印刷复制基础理论等。

在视觉系统的研究中，颜色视觉机制及其信息处理模型的研究是颜色光学、色度学、生理学、心理学、生物控制论、生物医学工程等领域的科技工作者几个世纪以来开展研究比较活跃的课题之一。T. Young (1809年)的三原色学说、E. Hering (1876年)的四色学说、P. L. Walraven (1962年)的阶段学说、H. K. Hartline (1949年)的鲎 (*Limulus*) 复眼侧抑制网络以及 S. W. Kuffler (1953年)感受野模型等一大批突破性成果的取得虽然在解释颜色现象和描述视觉信息处理过程方面获得巨大成功，但由于颜色视觉过程的复杂性，颜色视觉信息处理过程的转换特性和函数关系仍没有完全被人们所揭示。

在颜色描述系统的研究中，自1931年国际照明委员会 (CIE) 建立 CIE 1931 XYZ 系统后，颜色度量体系与测量技术发展迅速。CIE 推荐使用的 CIE 1976L* a* b* 颜色空间在颜色体系均匀性方面取得巨大成功并得到世界各国颜色复制工业的广泛应用，但该颜色空间在等视觉特性方面仍有不足。近年来，虽然 CIE 1976L* a* b* 颜色空间的均匀色差公式的研究成果良多，但关于新的均匀颜色空间的建立却裹足不前。

在彩色印刷复制工程领域，一方面由于其目标是复制忠于原稿和优于原稿的印刷品，无论是原稿还是彩色印刷品的最终效果都是作用于人的感官，许多信息没有确定的边界，是模糊信息；另一方面由于在彩色原稿信息的分解、转换、传递、再现过程中，影响复制质量的可变因素众多，很难用一个简单的数学模型准确地描述彩色印刷复制过程。

本书将重点论述上述三个颜色科学领域的基本概念、基本原理以及最新技术进展。

在我们的日常生活中，人们对颜色的理解存在着差异。为了消除这些差异，就不能够只

是用“红”、“绿”、“黄”等这些形象的定性的语言来描述颜色,而要对颜色进行定量的描述。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 视觉系统的研究现状

为了定量地揭示视觉系统信息处理的过程,建立视觉系统信息处理的数学模型是至关重要的。视觉系统的数学模型是建立在视觉系统功能的基础上。视觉系统具有形状、色彩以及运动视觉等多种功能,因此,有多种数学模型。应当说,真正符合生物实际的表示一种功能的数学模型只有一种,但是有两种情况是可以允许的:一是黑箱模型,只与外部条件有关,以某种数学方法表示,有多种形式,但彼此等价;二是同胚模型,符合生物系统内部构成与相互作用机理,同时符合外部条件。这两种模型原则上是等价的,可以相互转换。为了完整地描述视觉系统的颜色视觉信息处理过程,同时考虑到颜色视觉过程的模糊性和非线性,有必要利用模糊数学和神经网络的方法分别建立颜色视觉系统的黑箱模型和神经网络模型。有关这方面的研究进展,请详见本书主编周世生编著的《高等色彩学》一书。本书主要阐述视觉功能与颜色视觉机制理论。

1.2.2 颜色描述体系的研究现状

对颜色进行定量描述的方法可以分为两类:显色系统表示法和混色系统表示法。

颜色的显色系统(Color appearance system)是在汇集各种实际色彩的基础上,根据色彩的外貌,按直观颜色视觉的心理感受,将色彩进行有系统、有规律的归纳和排列,并给各色样以相应的文字、数字标记、以及固定的空间位置,做到“对号入座”的方法。它是建立在真实样品基础上的色序系统。例如:孟塞尔(Munsell)表色系统、德国DIN表色系统、美国光学委员会表色系统(OSA Uniform color scale system)、瑞典自然色系统(Nature Color System)、奥斯特瓦尔德(Ostwald)表色系统、日本的彩度顺序表色系统(Chroma cosmos 5000)、中国颜色体系等均属于此类。目前在世界各国的印刷工业中采用最多的是印刷色谱、油墨色样卡。这种表示颜色的方法是根据印刷工业的特点和要求而进行汇集的大量的实际色样,并分类排列,一般是按照网点面积率的比例排列,在印刷工业中更有实用性和针对性。

颜色的混色系统表示法(Color Mixing System)不需要汇集设计色彩的样品,而是基于三原色光(红、绿、蓝)能够混合匹配出各种不同的色彩所归纳的系统,例如CIE系统、密度计测色法,印刷工业中常用的是密度计测色法。

CIE是International Commission on Illumination的简称,中文名称是“国际照明委员会”(CIE源于法语Commission Internationale de l'Éclairage),它是一个非盈利性国际组织,主要致力于关于光源的科学技术与艺术的国际间的信息交流与合作。它的任务是:为各成员国提供关于光源和照明的国际论坛;在光源和照明领域开发基本的标准和度量程序;为开发关于光源的国际、国家标准及其应用提供帮助;发布标准、报告和其他出版物;和其他相关的国家组织保持联系和技术交流。

CIE分为八个分部,各种技术活动是在各个分部中展开的。这八个分部为视觉和颜色、光线和辐射的测量、内部环境和照明设计、交通信号照明、外部照明及其他应用、光生物和

光化学、光源的外貌（1999年撤销）、图像技术。在各分部内，根据具体的技术问题，还成立了技术委员会，比如在第一分部（视觉和颜色）成立了 TC1-55 委员会，主要研究“用于工业色差评价的均匀颜色空间（Uniform Colour Space for Industrial Colour Difference Evaluation）”。

现在在工业中作为标准应用的颜色空间如 CIE 1931 XYZ、CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 等都是由 CIE 发布的。

国际照明委员会（CIE）成立于 1913 年，现已发展成有 40 个成员的国际学术团体，CIE 的大多数的成员国来自欧洲，CIE 的一个目标是有更多的来自全世界的成员国，包括发展中国家，使 CIE 真正地全球化。CIE 的工作重心从开始的制定光与照明的基本标准发展到致力于应用指南的出版，目前，CIE 主要关心的问题又转向与国际标准化组织（ISO）和欧共体标准委员会（CEC）合作对标准的研究，同时也侧重于对新科技领域的探讨。为了 CIE 组织的进一步成长和发展，它正在探索新的会员形式以及从组织和公司获得资助的途径。

CIE 的主要任务是在光照的基本原理和应用等方面的探索，近几年的工作重点转向了应用指南的出版。今天，各类出版物数量已超过 140 种。

CIE 学术领域活跃的另一个方面是对眩光的探讨，特别是不舒适眩光。很多国家都有自己的描述眩光干扰的危害的方法，但却很难找到一种所有人都能认可的标准方法。

CIE 很早就介入标准问题，CIE 的第一个正式标准是关于颜色的标准，多云天气的亮度分布及晴天的亮度分布，先后被列为应用于全世界的室内天然采光的计算标准。1989 年 CIE 和 ISO（国际标准化组织）、IEC（国际电工委员会）就所有有关照明的标准化工作均由 CIE 独立进行达成了协议，CIE 的标准能被作为 ISO 的标准接受或更准确地说是通过 ISO 内部简易程序建立起来的 CIE/ISO 联合标准来接受，这不但有利于 CIE 的权威性，而且更具有实际意义。

CIE 1931 RGB 真实三原色表色系统是 CIE 根据莱特和吉尔德两人的研究成果公布的一个颜色空间，为颜色的定量描述做出了重要贡献。为了克服该颜色空间的负刺激值问题和考虑到颜色工业的应用实际，CIE 提出了 CIE 1931 XYZ 颜色空间、CIE 1964 10° XYZ 颜色空间以及 CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 、CIE 1976 $L^* u^* v^*$ 等颜色空间。其中，CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 颜色空间作为具有良好等视觉特性的均匀颜色空间得到世界各国颜色工业的广泛使用。自 CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 颜色空间建立之后，新的色差公式发展较快。代表性的成果有 CMC (1:c) 色差公式、CIE94 色差公式、CIEDE2000 色差公式等。CIEDE2000 色差公式作为基于 CMC (1:c) 色差公式数据集、CIE94 色差公式数据集、BFD 色差公式数据集以及 LCD 色差公式数据集建立的色差，是目前最完善的色差公式。但是，CIEDE2000 色差公式没有给出相应的颜色空间。值得一提的是，作为德国国家标准的 DIN99 颜色空间不仅具有良好的均匀性，而且其色差公式也具有好的准确性。

1.2.3 彩色印刷复制理论的研究现状

影响彩色印刷品质量的因素很多，其中复制过程的数据化和规范化程度是重要因素之一。要实现复制过程的数据化和规范化，就必须了解复制过程的转换特性，建立复制系统的数学模型。彩色印刷复制的基础是同色异谱，主要的呈色载体是纸张和油墨，复制的方式有连续调复制和网目调（网点）复制两类。在连续调印刷复制中，油墨密度和墨层厚度方程以及蒙版方程的建立对于定量描述以改变墨层为主的凹版印刷复制过程具有重要意义。在彩色网点印刷复制中，Murray - Davis 公式以及纽介堡方程的建立对于定量描述以改变网点大小为

主的印刷复制过程具有重要意义。由于彩色印刷复制过程是一个多因素的动态过程,使得很难用一个简单的数学模型准确描述印刷复制系统的转换特性。因此对上述两类数学模型的修正近年来研究得比较活跃。随着数字化印前与印刷技术的发展,利用颜色空间转换理论(模型)进行颜色管理从而实现印刷质量监测控制的技术越来越显得重要了。

1.3 本书的主要内容和学习方法

印刷色彩学作为印刷工程专业的一门专业基础课程,其主要研究内容包括颜色产生机制与颜色现象、颜色定量描述与测量以及彩色印刷复制基础理论等。本书的编写将围绕理解颜色、描述颜色、复制颜色这一主线展开论述。全书共分三篇十四章。第一篇理解颜色,包括第一章至第四章,在简要介绍眼睛构造的基础上,重点论述颜色配合规律和颜色视觉理论。第二篇描述颜色,包括第五章至第十一章,在简要介绍颜色配色实验的基础上,重点论述颜色混色系统表示法和颜色显色系统表示法,并对颜色表示的密度学体系、数字图像的色彩模式、光源色度学进行了讲述。第三篇复制颜色,包括第十二章至第十四章,在简要介绍同色异谱的基础上,重点论述彩色印刷复制中的颜色呈现形式、颜色的分解与合成、四色印刷理论等,并对颜色管理进行了讲述。

关于印刷色彩学的学习方法,本书作者根据多年的教学经验,建议读者坚持两个统一:一是感觉和刺激的统一;二是主观和客观的统一。颜色是客观世界的光波在大脑的主观反应,没有光波刺激,就没有颜色感觉。因此,在学习印刷色彩学时既要注重颜色理论的学习,同时也要注重颜色实践的锻炼。

第二章 眼睛和视觉

眼睛是人最重要的感觉器官，它所提供的视觉信息量大约是所有感觉器官获得信息总量的80%以上。眼睛每天承担着繁重的捕捉外部视觉信息的任务，人们从每天早上睁开眼睛那一刻始，直到休息时闭上眼睛为止，眼睛一直在从事着观察、收集光信号的工作，并且把这些信号通过视神经迅速传递给大脑。如果没有眼睛的辛勤工作，人们就与五颜六色的世界无缘了。

作为从事颜色复制的工作者，了解眼睛的结构和概念以及其功能是十分必要的。

2.1 眼球的构造及各部分的主要功能

人的眼睛近似球状体，前后直径约为23~24mm，横向直径约为20mm，通常称为眼球。眼球是由屈光系统和感光系统两部分构成的，如彩图1所示。

1. 眼球壁。眼球壁由三层质地不同的膜组成。

(1) 角膜和巩膜。眼球壁的最外层是角膜和巩膜。角膜在眼球的正前方，约占整个眼球壁面积的1/6，是一层厚约1mm的透明薄膜，折射率为1.336。角膜的作用是将进入眼内的光线进行聚焦，即使光线折射并集中进入眼球。巩膜是最外层中、后部色白而坚韧的膜层，约占整个眼球壁面积的5/6，厚度约为0.4~1.1mm，也就是我们的“眼白”，它的作用是保护眼球。

(2) 虹膜和脉络膜。虹膜、脉络膜和睫状体组成了眼球壁的中层。虹膜是位于角膜之后的环状膜层，它将角膜和晶状体之间的空隙分成两部分，即眼前房和眼后房。虹膜的内缘称为瞳孔，它的作用如同照相机镜头上的光圈，可以自动控制入射光量。虹膜可以收缩和伸展，使瞳孔在光弱时放大，光强时缩小，直径可在2~8mm范围内变化。

睫状体在巩膜和角膜交界处的后方，由脉络膜增厚形成，它内含平滑肌，功能就是支持晶状体的位置，调节晶状体的凸度（曲率）。脉络膜的范围最广，紧贴巩膜的内面，厚约0.4mm，含有丰富黑色素细胞。它如同照相机的暗箱，可以吸收眼球内的杂散光线，保证光线只从瞳孔内射入眼睛，以形成清晰的影像。

(3) 视网膜。这是眼球壁最里面的一层透明薄膜，贴在脉络膜的内表面，厚度约为0.1~0.5mm。视网膜上面有大量的视觉感光细胞、锥体细胞和杆体细胞，是眼睛的感光部分，其作用如同照相机中的感光材料。在眼球后面的中央部分，视网膜上有一特别密集的细胞区域，其颜色为黄色，称之为黄斑区，直径约2~3mm，黄斑区中央有一小窝，叫作中央窝，该处是视觉最敏锐的地方。黄斑距鼻侧约4mm，有一圆盘状为视神经乳头，由于它没有感光细胞，也就没有感光能力，所以称为盲点。外界物体的光信号在视网膜上形成影像，并由此处的视神经内段向大脑传递信息。

2. 眼球内容物。眼球的屈光系统除了角膜外还包括眼球内容物（晶体、房水和玻璃体），它们的一个共同特点是透明，可以使光线畅通无阻。

(1) 晶体。又名水晶体或晶状体，是有弹性的透明体，位于视网膜和玻璃体之间，通过