

国家骨干高等职业院校重点建设专业
(印刷图文信息处理专业)系列教材



高等教育高职高专“十二五”规划教材

SECAI
YUANLI
YU
YINGYONG



色彩 原理与 应用

●采取以工作工程(项目)为导向,
用任务进行驱动的教学模式

●理论与实践知识穿插讲解,突出
应用能力的培养

●为用书教师免费提供与本书配套的
PPT教学课件

程杰铭 郑亮 刘艳 ●编著
刘真 ●主审



印刷工业出版社

内容提要

印刷色彩是一种复杂的物理心理现象,不仅涉及物理学和心理学,也涉及印刷工艺、印刷材料、电子传播设备、分色机理和数字图像处理等内容;此外,考虑到数字技术在出版印刷和媒体传播中的应用,本书也编入了色彩管理、视频色彩等内容,这使本书更有系统性,反映了国内外部分色彩理论研究和应用的最新技术进展。本书共有9个实习项目,分别为:光与色觉、颜色视觉、颜色混合规律、CIE标准色度系统、光源颜色特性的评价、色彩空间的转换、视频的色彩效果评价、印刷色彩的准确再现、色彩管理。在理论知识的介绍中穿插实训操作,融“教、学、做”为一体,使学生能够达到岗位就业的要求。

本书理论与实践结合,可作为高等院校印刷技术、印刷图文信息处理、印刷机械、包装印刷等专业相关课程的教程,也可以作为相关工作技术人员和管理人员阅读用书。

图书在版编目(CIP)数据

色彩原理与应用/程杰铭等编著. —北京:印刷工业出版社, 2013.12
国家骨干高等职业院校重点建设专业(印刷图文信息处理专业)系列教材.
高等教育高职高专“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5142-0986-0

I. 色… II. 程… III. 色彩学—高等职业教育—教材 IV. J063

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第279199号

色彩原理与应用

编 著:程杰铭 郑 亮 刘 艳

主 审:刘 真

责任编辑:张宇华 责任校对:郭 平

责任印制:张利君 责任设计:张 羽

出版发行:印刷工业出版社(北京市翠微路2号 邮编:100036)

网 址:www.keyin.cn www.pprint.cn

网 店://pprint.taobao.com

经 销:各地新华书店

印 刷:北京佳艺恒彩印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:264千字

印 张:11.875

彩 插:8

印 数:1~3000

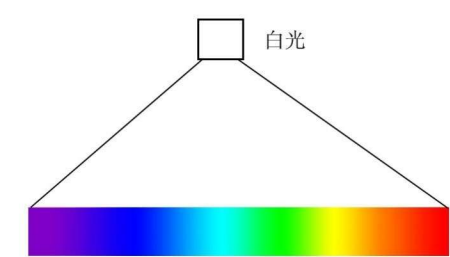
印 次:2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

定 价:33.00元

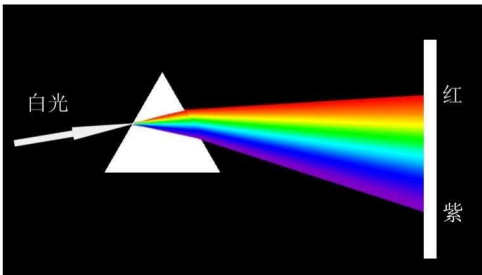
ISBN: 978-7-5142-0986-0

如发现印装质量问题请与本社发行部联系 发行部电话:010-88275602

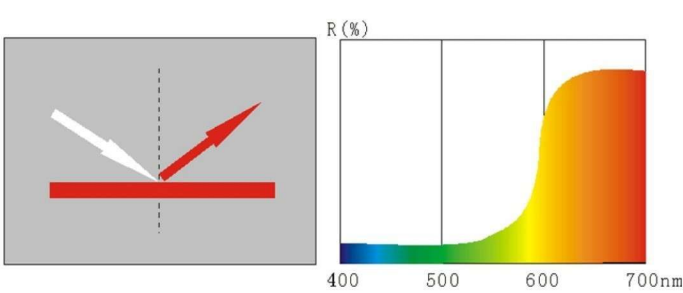
彩图插页



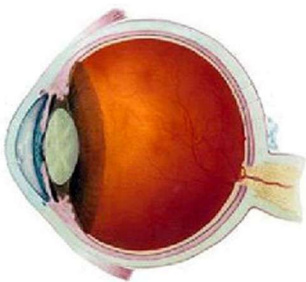
彩图 1-1 电磁波中的可见光谱



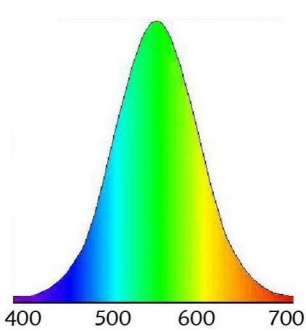
彩图 1-2 光的色散示意图



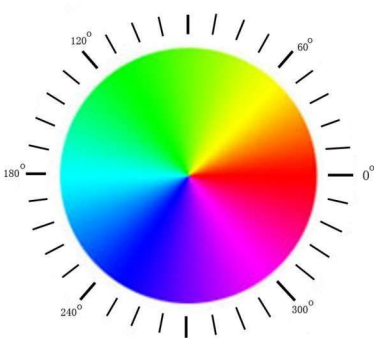
彩图 1-6 彩色物体的光谱反射曲线



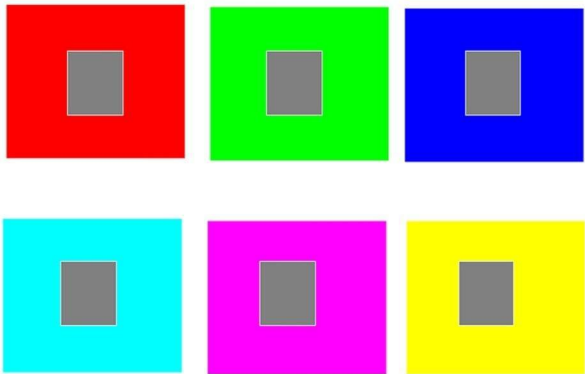
彩图 1-8 眼球的结构



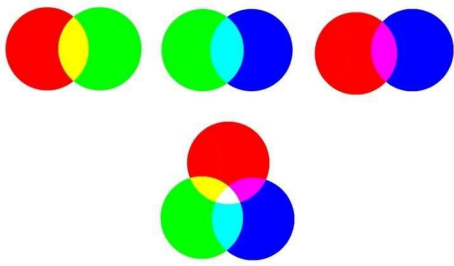
彩图 1-12 明视觉光谱光效率



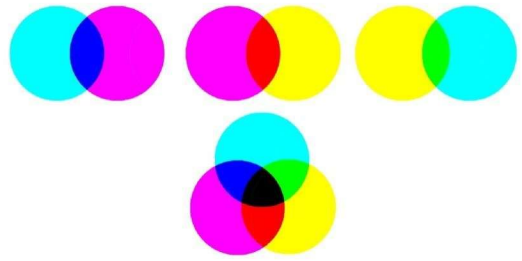
彩图 2-1 六色色相环



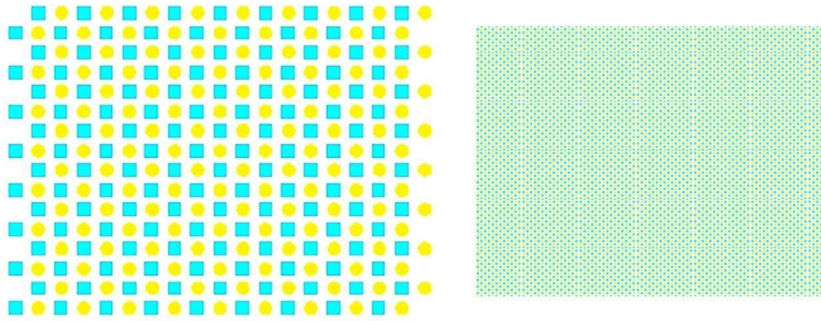
彩图 2-8 灰色与不同颜色间的颜色对比现象



彩图 3-1 三原色光混合示意图



彩图 3-5 色料三原色混合示意图



彩图 3-2 彩色印刷品并列网点呈色示意图

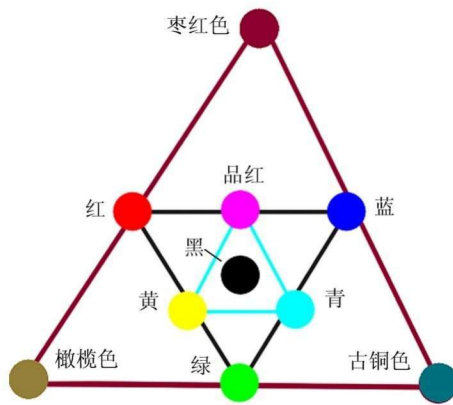
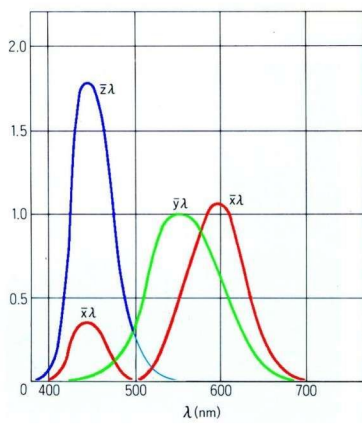
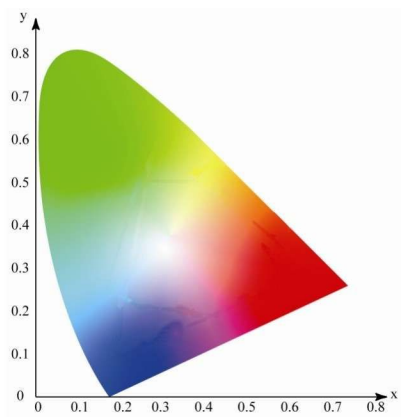


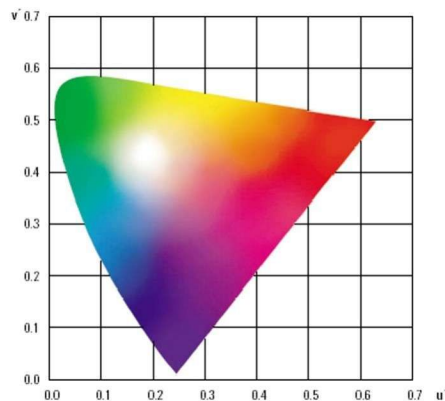
图 3-9 色料基本十色关系图



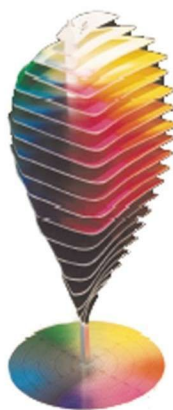
彩图 4-6 CIE1931 标准色度观察者光谱三刺激值



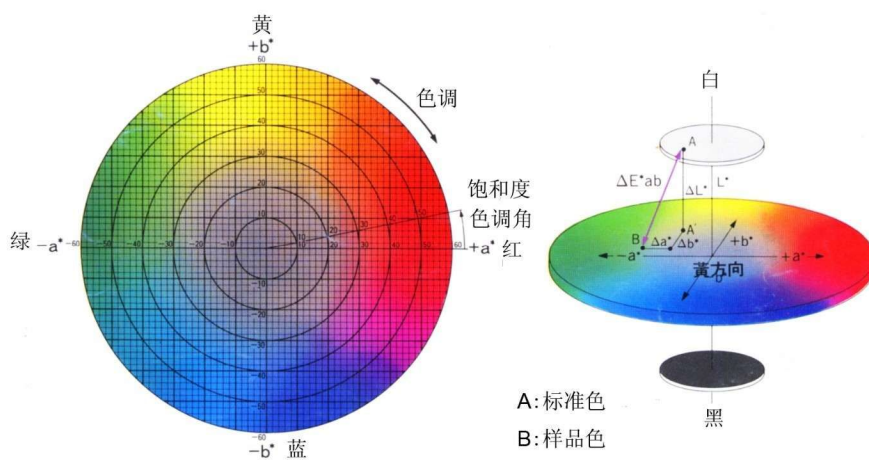
彩图 4-7 CIE1931 色度图



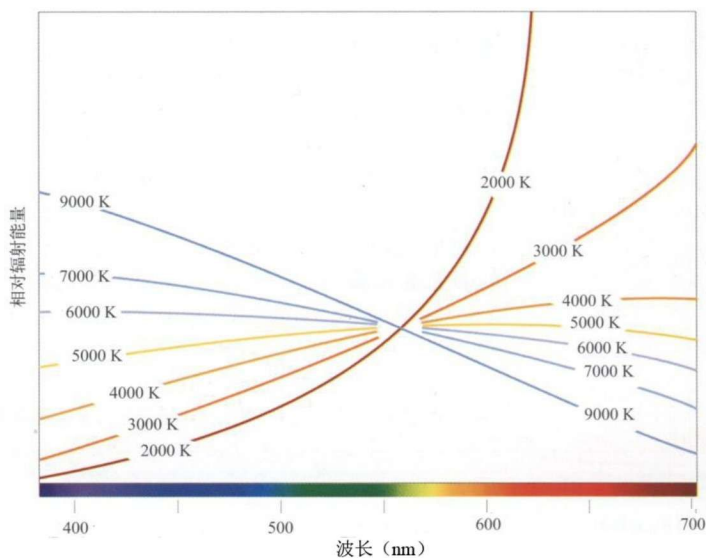
彩图 4-13 CIE 1960 UCS 图



彩图 4-14 LAB 立体图



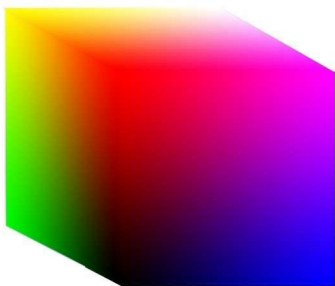
彩图 4-15 CIE 1976 LAB 均匀颜色空间的三维坐标空间



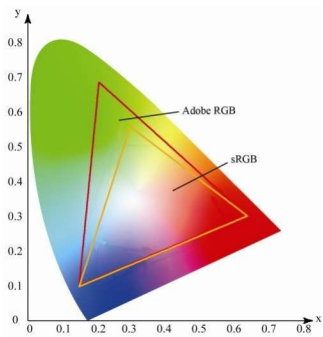
彩图 5-10 不同温度下黑体辐射的相对功率分布曲线



彩图 5-15 Eye-one Share 操作界面



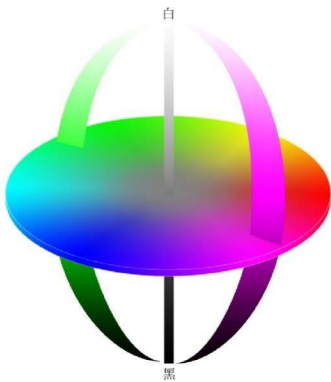
彩图 6-1 RGB 色彩空间模型



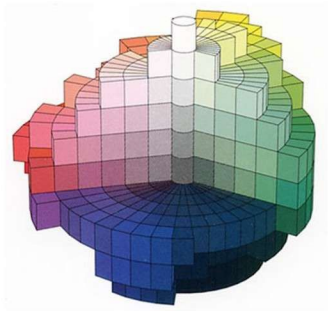
彩图 6-2 sRGB 与 Adobe RGB 色域的比较



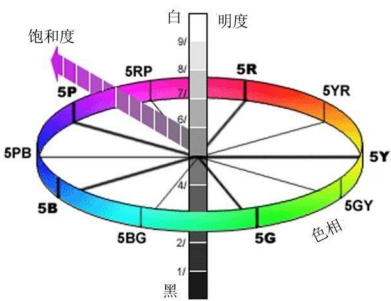
彩图 6-3 CMYK 色彩空间模型



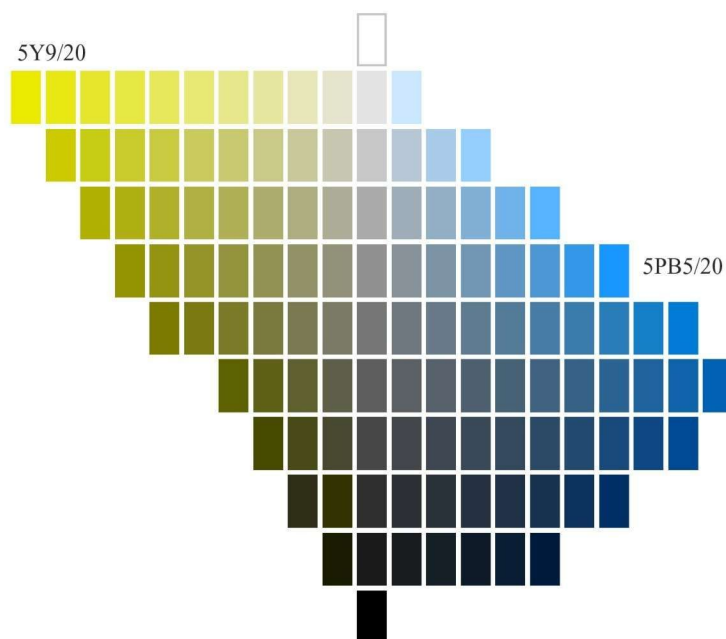
彩图 6-5 HSB 色彩空间



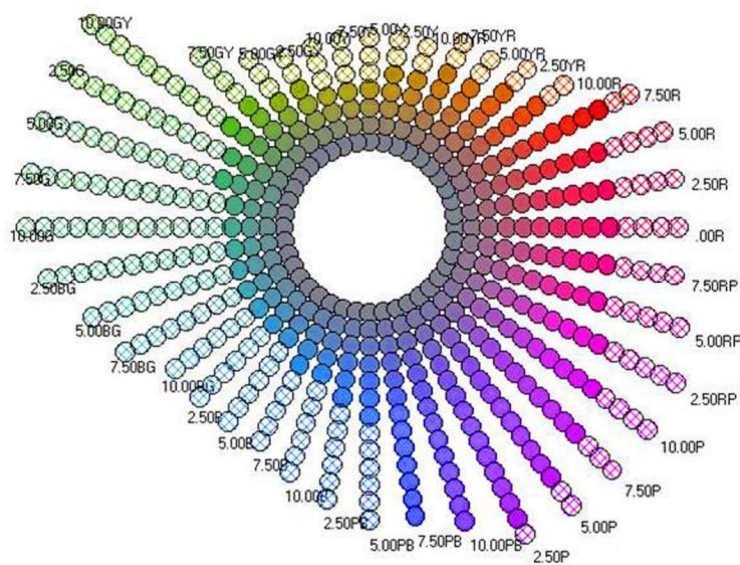
彩图 6-7 孟塞尔颜色立体示意图



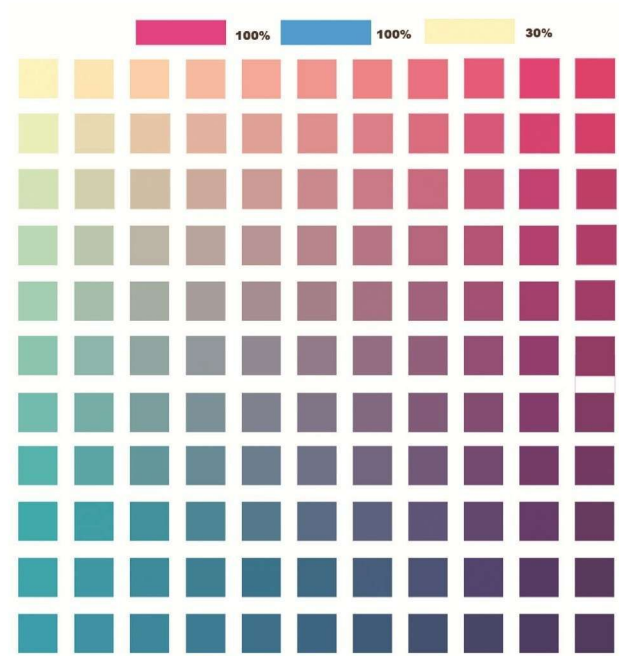
彩图 6-8 孟塞尔色相环



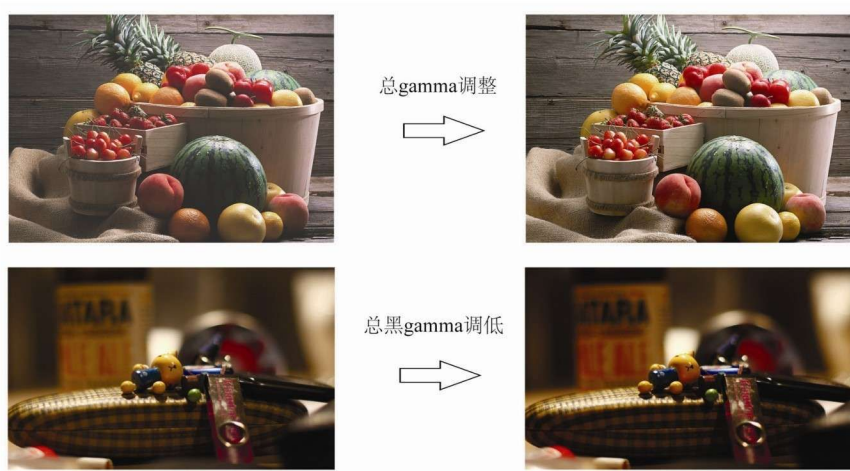
彩图 6-9 孟塞尔颜色系统的饱和度分布



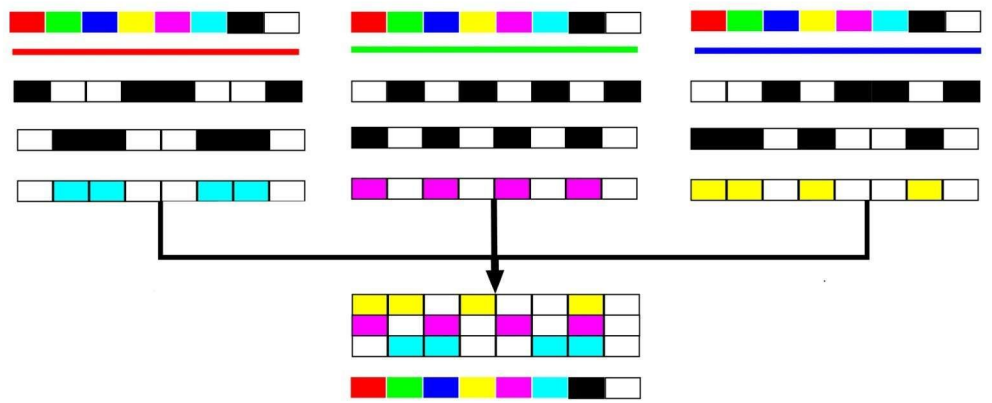
彩图 6-10 孟塞尔颜色立体的明度值 5 水平剖面



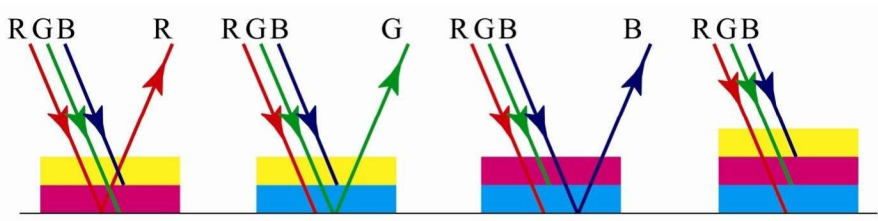
彩图 6－11 四色印刷色谱



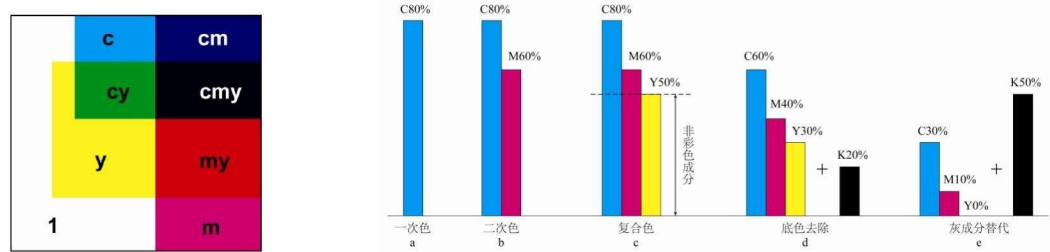
彩图 7－14 gamma 校正结果对比示意图



彩图 8-2 彩色印刷分色示意图

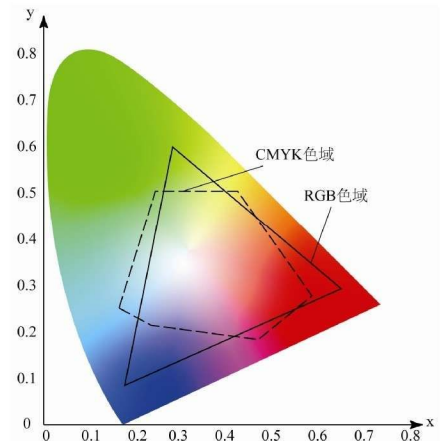


彩图 8-10 网点叠合情况

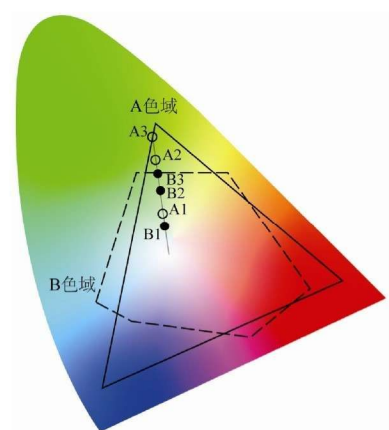


彩图 8-13 三原色叠合颜色示意图

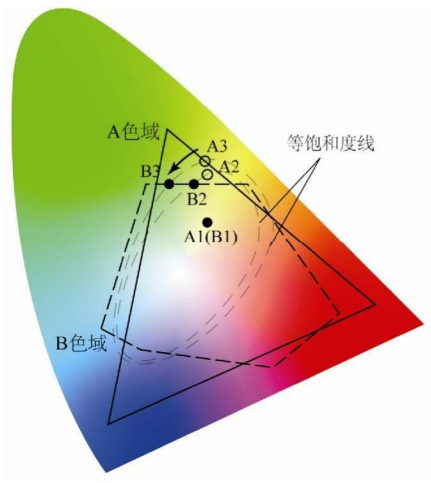
彩图 8-17 彩色与非彩色成分



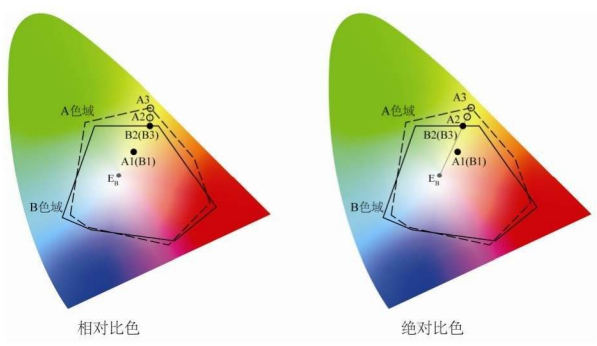
彩图 9-5 不同的色域范围



彩图 9-6 可感知的色彩转换意图示意图



彩图 9-7 饱和度优先色彩转换意图示意图



彩图 9-8 相对比色与绝对比色色彩转换意图示意图



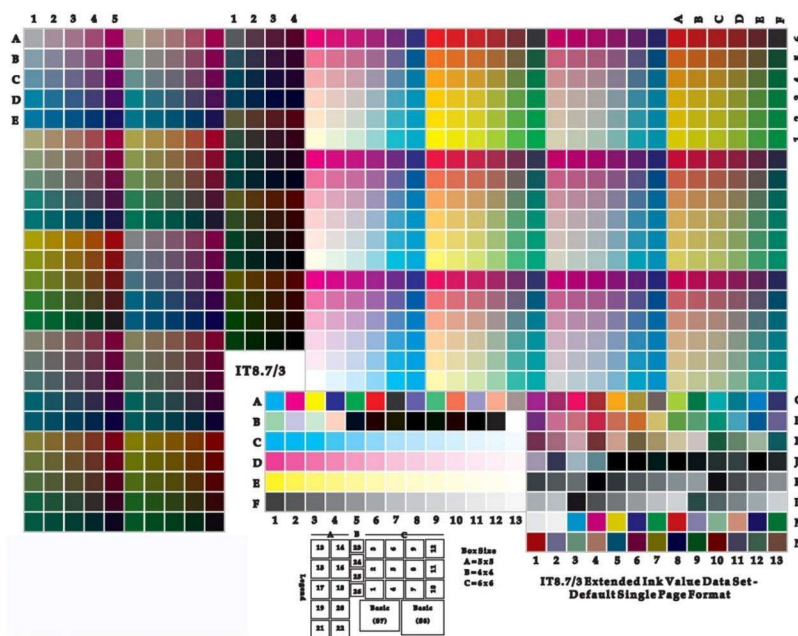
ColorChecker DC



ColorChecker
SG
Mini
ColorChecker



彩图 9-10 ColorChecker 标准色板



彩图 9-13 IT8.7/3 标准色标



随机版式

视觉版式

彩图 9-14 ECI 2002 标准色标

序 言

在我们这个信息社会中，人们通过视、听、嗅、味、触觉来获得信息。科学研究表明，人所接受的信息百分之九十来自视觉器官，而色彩作为给人第一视觉印象的魅力是最为深刻的。

人们从认识色彩到有目的地使用色彩在漫长的社会发展起来的，并逐渐将色彩应用于纺织印染、陶瓷、建筑、绘画等。在研究色彩客观规律的科学理论中，首先发展起来的是艺术色彩理论。它起源于19世纪早期欧洲画家的经验和直觉，从美学欣赏角度研究、关心色彩实体与色彩效果之间的关系。接着，物理学家、化学家、生理学家和心理学家开始从不同的角度研究色彩。物理学家研究光与色彩的关系，化学家研究染料、颜料的分子结构，生理学家研究光、色对人的视觉器官的作用，心理学家则考虑着色彩对人精神思维的影响。

20世纪20年代出现了综合性研究色彩的科学理论——色度学。这门学科以物理光学、视觉生理、视觉心理等学科为基础，研究人的颜色视觉规律、颜色测量的理论与技术。现在，以色度学为基础结合各个应用工程领域开展视觉色彩的研究，出现了各种色彩学科。本课程就是论述各种色彩理论应用于印刷出版、电子出版领域的色彩学。因为色彩是衡量印刷品和多媒体作品质量的三大要素之一，而且印刷品和多媒体作品色彩的质量是极其关键和重要的，要得到高质量的印刷品和多媒体作品首先必须控制它们的色彩。

印刷色彩是一种复杂的物理心理现象，不仅涉及到物理学和心理学，也涉及印刷工艺、印刷材料、电子传播设备、分色机理和数字图像处理等内容；此外，考虑到数字技术在出版印刷和媒体传播中的应用，本书也编入了色彩管理、视频色彩等内容，这使本书更有系统性，反映了国内外部分色彩理论研究和应用的最新技术进展。

高职高专以培养技术应用型人才为主要目标，但学习基础理论仍然应该成为学生在学习期间的重要任务之一，因为若缺乏基础知识，则技术应用也无从谈起。基于这一考虑，本书对有关色彩构成、光的视觉现象、物体的呈色机理、光度学、色度学、颜色的传递与表示、颜色管理、颜色分解、网点对颜色表示的作用和意义、分色原理和黑色生成、颜色与承印材料的关系等作了系统论述，撰写内容对从事平面传播和电子传播的技术人员同样是重要的基础知识。

本书的项目一至项目三由刘艳编写，项目四至项目六由程杰铭编写，项目七至项目九由郑亮编写。在写作过程中得到了顾萍高级工程师、余成发副教授、陈夏洁副教授和刘智工程师热忱地帮助，在此表示深深地谢意。

色彩原理与应用涉及的学科和范围毕竟很广，编写内容难免挂一漏万和有不妥之处，恳请专家和读者批评指正。

程杰铭

2013年9月

目 录

序 言 1

项目一 光与色觉 1

 任务一 光的颜色特性 1

 一、可见光 1

 二、光谱功率分布 3

 三、实训操作 1——测量光源的光谱能量分布 4

 任务二 物体的颜色特性 5

 一、发光体的颜色形成 5

 二、非发光体的颜色形成 5

 三、实训操作 2——测量物体的的光谱特性，观察物体呈色的变化 7

 任务三 视觉的生理基础 8

 一、眼睛的构造 8

 二、视觉的形成 9

 三、明视觉和暗视觉 10

 任务四 颜色视觉理论 12

 一、三色学说 12

 二、对立学说 13

 三、阶段学说 14

 项目训练题一 14

项目二 颜色视觉 16

 任务一 颜色分类与视觉属性 16

 一、颜色的分类 16

 二、颜色的视觉属性 16

 三、实训操作 3——认识颜色三属性，练习颜色辨别能力 20

 任务二 颜色视觉现象 21

 一、颜色恒常性 21

 二、颜色适应 21

 三、颜色对比 23

 四、色觉缺陷 24

 五、实训操作 4——理解颜色视觉规律，体会观察条件对颜色的影响 24

 项目训练题二 25

项目三 颜色混合规律 26

 任务一 色光混合 26

 一、色光三原色 26

 二、色光混合规律 26

三、色光混合类型	28
任务二 色料混合	29
一、色料三原色	29
二、色料减色混合规律	30
三、色料减色法的类型	31
任务三 颜色混合定律	33
项目训练题三	34
项目四 CIE 标准色度系统	36
任务一 颜色混合的计算	36
一、颜色匹配	36
二、颜色方程	38
三、色品坐标	38
四、色度图	39
五、颜色相加原理	39
任务二 CIE-XYZ 色度系统	40
一、1931 CIE - RGB 色度系统	40
二、1931 CIE - XYZ 色度系统	41
三、CIE1964 补充标准色度学系统	44
任务三 颜色的标定	47
一、主波长与色纯度	47
二、颜色相加的计算	48
三、实训操作 5——印刷色块的颜色标定	50
任务四 CIE-LAB 色度系统	50
一、颜色宽容度	50
二、CIE 1960 均匀色度标尺图	52
三、CIE 1976 均匀颜色空间	52
四、CIE 1976 LAB 色差公式	53
五、CMC 和 CIE 2000 色差公式	55
六、实训操作 6——色度测量	58
任务五 色度测量与评价	58
一、颜色测量原理	58
二、颜色测量的参照标准	59
三、测色仪器	61
四、色品坐标和三刺激值的测量	64
五、实训操作 7——颜色复制质量的色差评价	65
任务六 同色异谱	66
一、同色异谱色	66
二、满足同色异谱色的条件	66
项目训练题四	67
项目五 光源颜色特性的评价	69

任务一 光源的物理参数测量	69
一、光源的物理参数	69
二、光源照度测量	72
三、光源亮度的测量	74
四、实训操作 8——印刷看样台照度均匀性评价	75
任务二 光源的色度特性	76
一、光源的光谱功率分布曲线	76
二、光源的颜色温度	76
三、标准光源	78
四、光源的显色性	80
五、印刷行业的标准照明条件	82
六、实训操作 9——光源显色指数的测定	84
项目训练题五	85
项目六 色彩空间的转换	87
任务一 色彩空间	87
一、RGB 色彩空间	87
二、CMYK 色彩空间	89
三、HSB 色彩空间	90
四、Lab 色彩空间	91
五、颜色空间的转换	91
任务二 孟塞尔颜色系统	92
一、孟塞尔颜色立体	92
任务三 印刷色谱	95
一、印刷色谱	95
二、日本 CC5000 色彩图	97
三、美国 OSA 匀色标	97
四、实训操作 10——制作一页色谱	97
项目训练题六	97
项目七 视频的色彩效果评价	99
任务一 视频色彩与传递	99
一、视频三基色	99
二、视频色彩的相加原理	100
三、彩色电视制式与色彩混合	100
四、视频色彩的分解和传递	102
任务二 摄像系统的颜色再现	105
一、彩色摄像机中决定颜色再现的主要因素	105
二、摄像机黑白平衡设定	108
三、摄像机信号处理	109
任务三 显示器颜色显示评价	112

一、彩色显示器	112
二、显示器色彩的再现	114
三、显示器的校正调整	115
四、实训操作 11——显示器校正	118
项目训练题七	118
项目八 印刷色彩的准确再现	120
任务一 颜色的分解与合成	120
一、彩色印刷的颜色分解与合成原理	121
二、分色误差	122
三、黑版在彩色印刷中的作用	126
四、网点呈色机理	127
※任务二 彩色印刷呈色数学模型	129
一、蒙版方程	129
二、Neugebauer（纽介堡）方程	130
任务三 印前工艺对色彩再现的影响	133
一、中性灰平衡	133
二、底色去除（UCR）与灰成分替代（GCR）	136
三、加网技术对色彩再现的影响	143
四、实训操作 12——图像处理软件模拟分色	147
任务四 纸张油墨色彩参数的测定	148
一、纸张与色彩	148
二、油墨与色彩	149
三、实训操作 13——彩色油墨颜色性能测量	151
任务五 印刷工艺对色彩再现的影响	152
一、印刷色序	152
二、墨层厚度对色彩的影响	154
三、叠印率与色彩	156
四、水墨平衡	156
五、印刷压力对色彩的影响	157
六、实训操作 14——印刷色序及油墨叠印	157
项目训练题八	158
项目九 色彩管理	160
任务一 色彩管理原理	161
一、色彩管理的提出	161
二、色彩管理的基本原理	161
三、色彩转换意图	163
任务二 色彩管理系统	166
一、色彩管理系统的基本构成	166
二、常见的色彩管理软件	167

任务三 色彩管理的实施169

 一、设备校正169

 二、设备特征化169

 三、色彩转换172

 四、实训操作 15——扫描仪的校正和特征化（反射稿类）173

项目训练题九174

项目训练题答案175

参考文献177

项目一 光与色觉

教学目标:

色彩是印刷复制的重点,要正确复制颜色,首先要明白颜色是如何产生的。本部分主要通过颜色产生的三个要素即光、物体、视觉系统以及颜色视觉理论的介绍,使读者认识颜色的本质,理解色彩的形成原理。

能力目标:

- (1) 具有分辨光色与波长对应关系的能力。
- (2) 具有根据光源光谱功率分布曲线分析颜色感觉的能力。
- (3) 具有根据光谱反射率分析物体颜色特性的能力。

知识目标:

- (1) 掌握光的本质,波长与光色关系。
- (2) 理解光谱功率分布曲线与颜色特性的关系
- (3) 掌握彩色物体和消色物体的光谱特性
- (4) 理解明视觉与暗视觉概念,以及对应的光谱光视效率函数的意义。
- (5) 了解颜色视觉理论。

任务一 光的颜色特性

在我国国家标准中颜色定义为:“色是光作用于人眼引起除形象以外的视觉特性。”由此可见,在颜色形成的过程中,光是首要因素。一切颜色来源于光,无光就无色。

一、可见光

光是一种能在人眼的视觉系统上引起明亮感觉的电磁辐射。电磁辐射的波长范围很大。从最短的宇宙线($10^{-14} \sim 10^{-15} \text{ m}$)到最长的交流电(数千千米)中,只有 $380 \sim 780 \text{ nm}$ 波长范围内的那部分电磁辐射能引起视觉响应,这段波长叫做可见光谱,或称可见光,如图 1-1 所示。其他波长的电磁辐射,不管是与可见光谱短波段相邻的紫外线(具有强烈的光化学作用)、与可见光长波段相邻的红外线(具有很强的发热性能),还是宇宙线、交流电,人眼都是看不见的。

光波的波长极其微小,其单位一般用 nm (纳米), $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ 。

在可见光谱范围内,不同波长的辐射能引起人的不同颜色感觉,这在 1666 年英国科学家牛顿的三棱镜实验中已得到证实。牛顿发现,当太阳光线射进暗室通过一个三棱镜后再投射到一块白色的屏幕上时,白色的太阳光变成了犹如雨后彩虹一样的光带。光带颜色的变化是逐渐过渡的,但有些部分的变化显著,颜色差别较大,由上而下呈红、橙、黄、绿、青、蓝和紫七色排列(图 1-2)。这是因为日光中含有不同波长的辐射能,当它们混合在一起并同时刺激人眼时,日光为白光。而当日光通过三棱镜时,因日光中不同波长光的折射系数不同,折射后投射在白屏幕上的位置也不同,从而形成色光带。这种白光被分解成各种色光的现象称为色散。从图 1-2 可见,色散光谱的位置离开了白光投射方向而偏向棱镜的底部。其中,紫色光折射系数最大,偏离最大;红色光折射系数最小,偏离也最