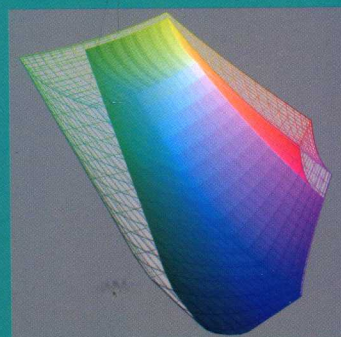
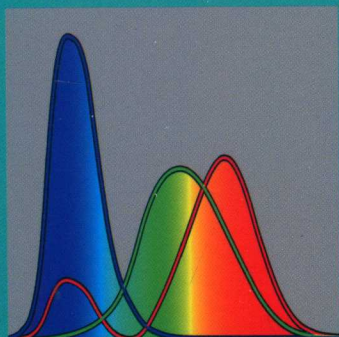


高等院校光电类专业系列规划教材

Color Information Engineering

颜色信息工程 (第二版)

徐海松 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

全国百佳图书出版单位

高等院校光电类专业系列规划教材

颜色信息工程

(第二版)

徐海松 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

颜色信息工程 / 徐海松编著. —2 版. —杭州: 浙江大学出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-308-14799-6

I. ①颜… II. ①徐… III. ①颜色—信息系统
IV. ①TQ620.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 137275 号

颜色信息工程(第二版)

徐海松 编著

责任编辑 陈静毅(chenjingyi66@zju.edu.cn)

责任校对 赵黎丽

封面设计 续设计

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 德清县第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 21.75

彩 插 2

字 数 557 千

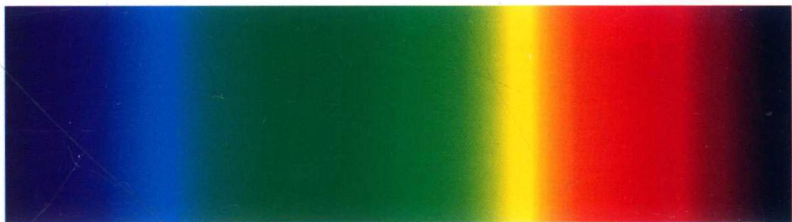
版 印 次 2015 年 7 月第 2 版 2015 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-14799-6

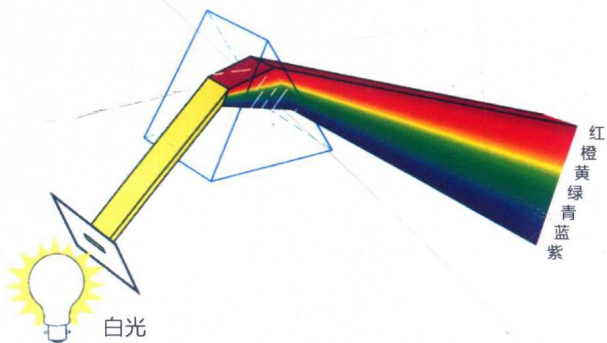
定 价 45.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

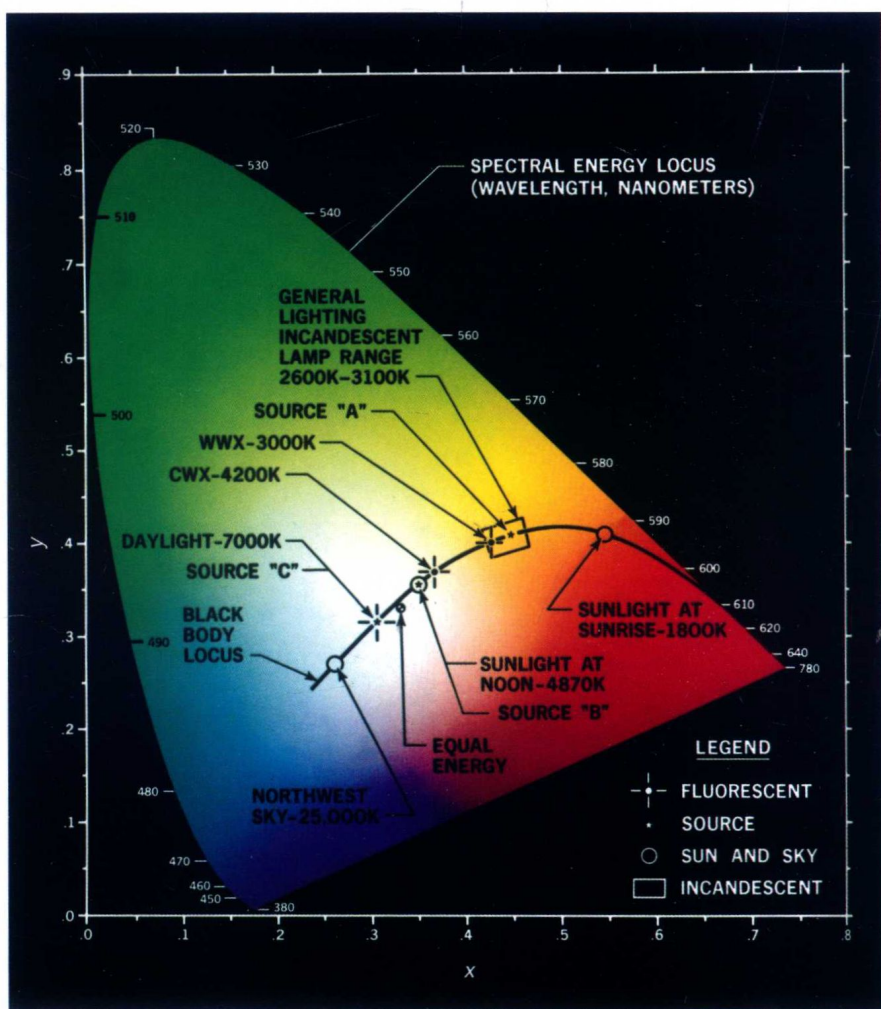
浙江大学出版社发行部联系方式 (0571) 88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>



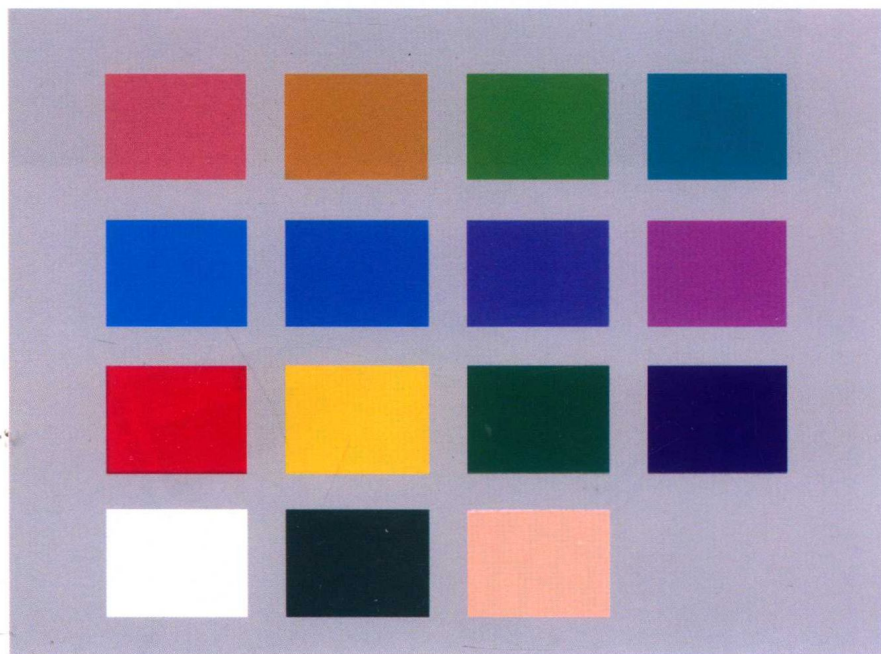
彩图1 可见光谱



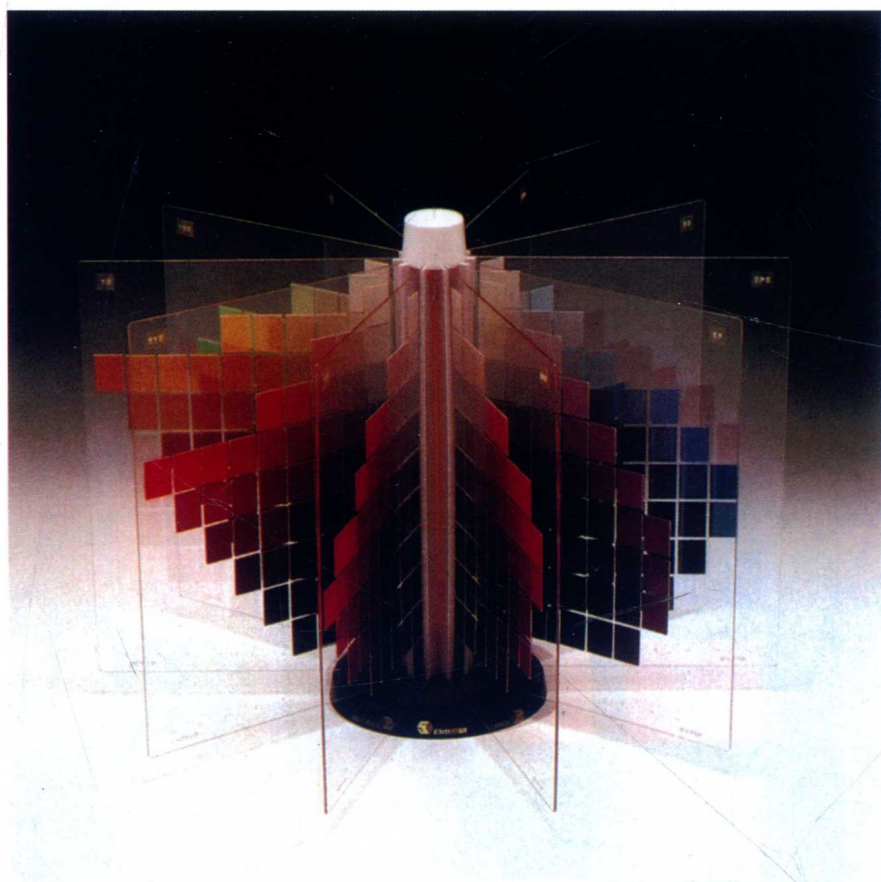
彩图2 棱镜的色散



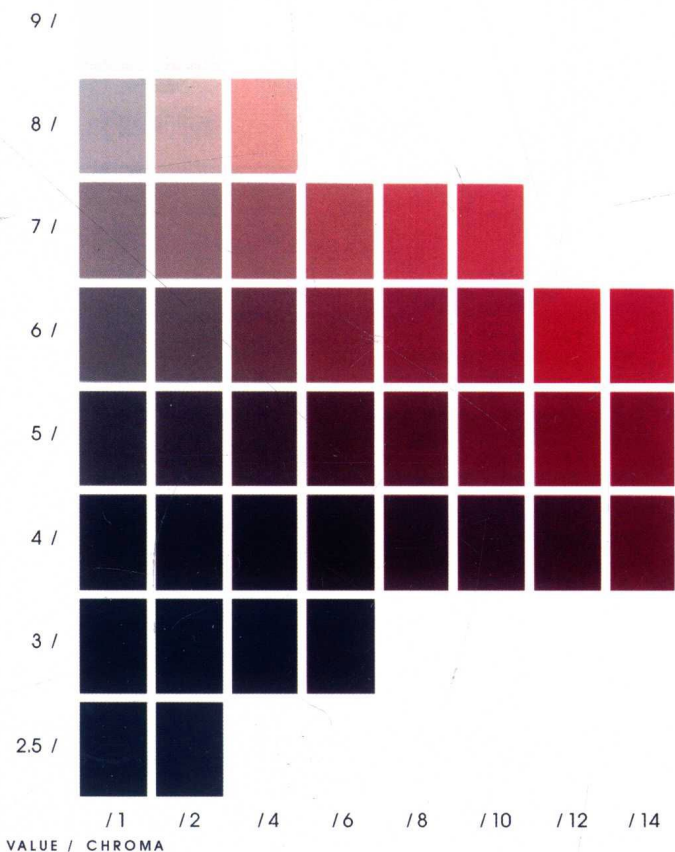
彩图3 CIE1931 XYZ标准色度系统色品图



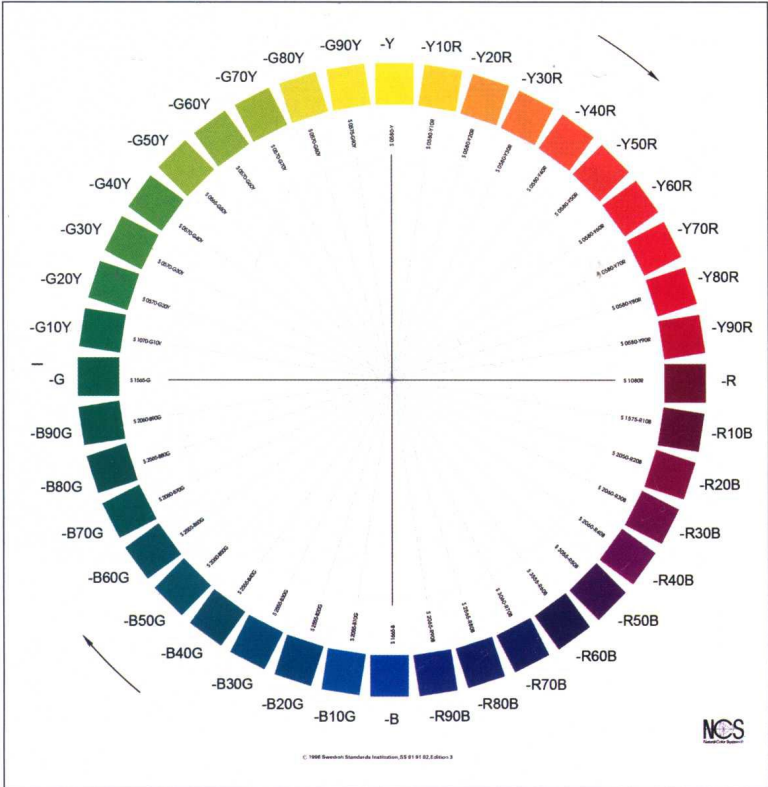
彩图4 CIE光源显色性评价用试验色



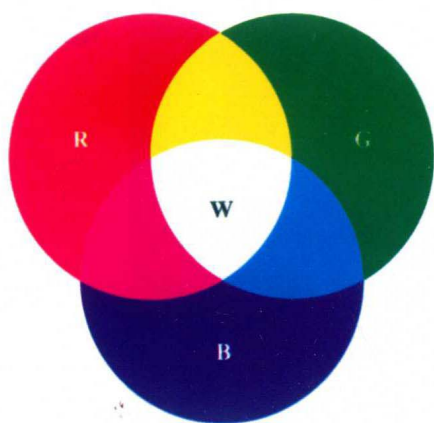
彩图5 孟塞尔颜色立体



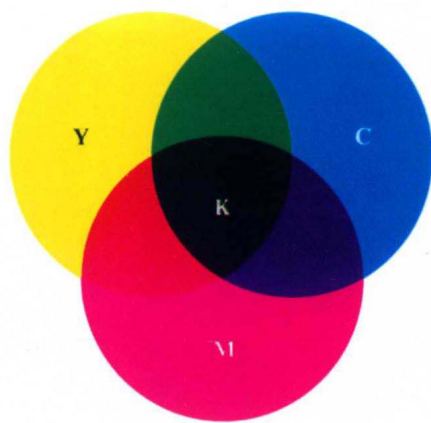
彩图6 孟塞尔色调页



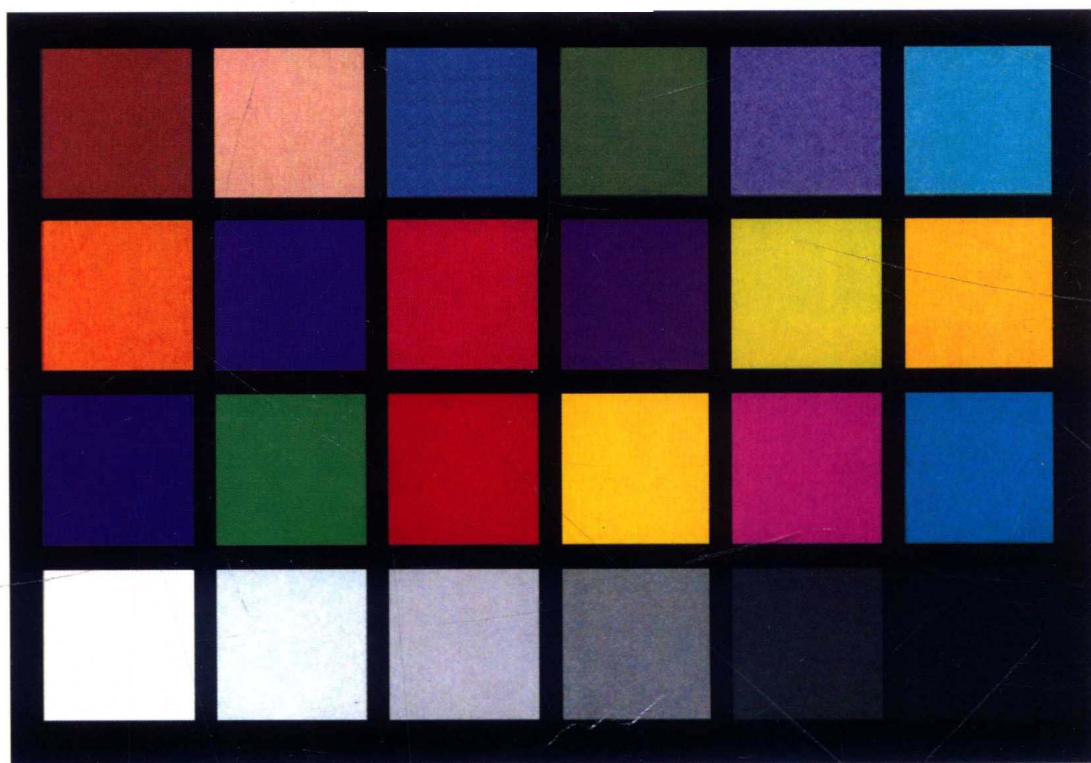
彩图7 NCS色调环



彩图8 加法混色



彩图9 减法混色



彩图10 Macbeth色卡

高等院校光电类专业规划教材编委会

顾问

庄松林 上海理工大学教授,中国工程院院士,国际光学工程学会和美国光学学会资深会员,中国仪器仪表学会理事长,中国光学学会理事,上海理工大学光学与电子信息工程学院院长

主任

刘旭 浙江大学教授,国家高等学校教学名师,长江特聘教授,中国光学学会副理事长,浙江省特级专家,浙江大学信息学部主任,国家现代光学仪器重点实验室主任

副主任委员

郁道银 天津大学教授,教育部电子信息与电气学科教学指导委员会副主任,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会主任,国家级教学名师

张雨东 中国科学院研究员,中国科学院成都分院院长,中国科学院光电技术研究所所长,中国科学院“百人计划”入选者

宋菲君 中国科学院研究员,总工程师,大恒新纪元科技股份有限公司副总裁,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会委员,中国光学学会常务理事

委员 (按姓氏笔画排序)

王健 研究员,浙江大学兼职教授,聚光科技股份有限公司总工程师,董事长

王晓萍 浙江大学教授,光电信息工程学系副主任,全国大学生光学设计竞赛副秘书长

毛磊 高级工程师,香港永新光电实业有限公司副总经理,宁波永新光学股份有限公司总经理

付跃刚 长春理工大学教授,光电工程学院院长,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会委员

白廷柱 北京理工大学教授,光电学院光电工程系光电成像与信息工程研究所副所长,光电信息工程专业本科生责任教授

刘卫国 西安工业大学教授,副校长,电气工程及其自动化专业教学指导分委员会委员

- 刘向东 浙江大学教授,教务处处长,教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会委员,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会副主任,全国大学生光电设计竞赛秘书长
- 杨坤涛 华中科技大学教授,教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会委员,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会副主任
- 何平安 武汉大学教授,电子信息学院光电信息工程系主任,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会委员
- 陈延如 南京理工大学教授,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会委员
- 陈家璧 上海理工大学教授,国际光学学会(SPIE)会员,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会委员
- 曹益平 四川大学电子信息学院光电科学技术系主任,研究员,光电信息科学与工程专业教学指导分委员会委员
- 谢发利 教授级高级工程师,福建福晶科技有限公司总经理
- 蔡怀宇 天津大学教授,中国光学学会光电技术专业委员会委员,中国光学学会光学教育专业委员会委员
- 谭峭峰 清华大学精密仪器系光电工程研究所副研究员,中国光学学会光学教育专业委员会常务委员

序

现代科技、经济进步的重要推动力之一是信息科学与技术学科的发展。光学工程学科是依托光与电磁波基本理论和光电技术,面向信息科学基本问题与工程应用的一门学科,是信息科学与技术一个重要的分支学科。自1952年浙江大学建立国内高校第一个光学仪器专业以来,我国光学工程学科的本科人才培养已经历了半个多世纪的发展,本科专业体系逐渐完善。为顺应光学工程学科和光电信息产业的不断发展,国内许多高校设立了光学工程本科相关专业,并在教育部教学指导委员会的重视和指导下,专业人才培养质量稳步提高。

但是目前在本科专业建设方面,还存在着专业特色不突出、学生光学工程能力培养欠缺、优秀教材系列化程度不足等问题。为此浙江大学光电系和浙江大学出版社发起并联合多所高校、企业编著了一套“高等院校光电类专业系列规划教材”,既包括了光学工程教育体系的主要内容,又整合了光电技术领域的专业技能,突出实践环节,充分体现光学工程学科的数理特征、行业特征以及国内外光学工程研究与产业发展的最新成果和动态,增强了学科发展与社会需求的协同性。

“高等院校光电类专业系列规划教材”不仅得到了教育部高等院校光电信息科学与工程专业教学指导分委员会、中国光学学会、浙江大学、长春理工大学、西安工业大学等单位的大力支持,邀请了专业知名学者、优秀工程技术专家参与,教指委专家审定,同时还吸取了多届校友和在校学生的宝贵意见和建议,是结合国际教学前沿、国内精品教学成果、企业实践应用的高水平教材,不仅有助于系统学习与掌握光学工程的理论知识,也与时俱进地顺应了光电信息产业对光学工程学科的人才培养要求,必将对培养适应产业技术进步的高素质人才起到积极的推动作用,为我国高校光学工程教育的发展和学科建设注入新的活力。

中国工程院院士

前 言

颜色信息是现代信息领域中的一个大大类,颜色科学作为一门与心理物理学相关的综合性学科,随着人类对自身视觉机理与心理科学的探索以及信息技术的持续进步而仍在不断发展和完善之中。颜色科学与信息技术的结合与互动日益紧密,因而颜色技术在科学研究和工业领域中的应用更为重要和广泛。

本书是作者根据长期的科研实践和教学经验并参考了国内外大量的相关技术标准和科技文献,经过系统的整理和总结而编著的,旨在为颜色科学、影像技术、照明工程、色彩文化、色彩艺术及相关领域的高校师生、科技人员和色彩工作者提供全面准确和系统完整的专业知识及技术规范,更快更好地推动我国的颜色信息技术研究与应用不断推陈出新。

全书内容共分7章。第1章简要阐述光与颜色的基本原理,包括光源、光度学基本概念、物体的光谱特性、颜色的感知、颜色视觉等。第2章系统介绍各种CIE标准色度系统、色温、标准照明体和标准光源、CIE色度计算方法、主波长和色纯度等。第3章主要介绍CIE均匀颜色空间及色差评价方法,详细讨论了颜色差异评估的数学模型、同色异谱颜色及其评价方法、光源显色性的评价和计算方法等。第4章介绍国内外现有的主要色序系统,着重讨论了孟塞尔颜色系统和自然色系统及其比较。第5章论述了颜色的混合、色适应、颜色视觉模型、加色法和减色法等颜色再现的目标、方法及其评价等颜色预测与再现的基本原理。第6章详细讲述颜色测量的基本原理以及光电积分式和分光光度测色仪器的设计与校正方法,并简要涉及扫描仪和数码相机等现代测色手段,同时分析了荧光材料的颜色测量和色温的测量技术。第7章主要介绍颜色信息技术的应用,包括彩色电视、彩色摄影与彩色印刷、颜色灯光信号、计算机自动配色、颜色信息管理等工业和学术领域。

本次修订再版除了对上一版中的个别表述和有关图表数据的局部更正和完善之外,主要补充了CIE推荐的中间视觉系统光谱灵敏度函数和室内日光照明体及其光谱功率分布,更新了色度学中最根本的基础规范即CIE标准照明与测量几何条件及其表征方法,同时包含了相关测色技术的最新进展。

由于作者水平有限,书中难免存在不妥或疏漏之处,恳望专家和读者不吝批评指正。

徐海松

2015年5月于求是园

目 录

第 1 章 光与颜色

1.1	光与光源	1
1.1.1	可见光	1
1.1.2	光源及其光谱分布	3
1.1.3	黑体辐射及其光谱分布	3
1.2	光度学的基本概念	5
1.2.1	光度量的定义及其单位	5
1.2.2	光度基准及其发展	9
1.2.3	光度学基本定律	11
1.3	物体的光谱特性	15
1.3.1	光的透射和吸收	15
1.3.2	光的反射	17
1.3.3	光的散射	21
1.3.4	荧光	22
1.4	颜色的感知	22
1.4.1	眼睛的构造	23
1.4.2	人眼的适应性和光谱光视效率	25
1.4.3	光度量与辐射量之间的转换关系	30
1.5	颜色视觉	30
1.5.1	颜色视觉机理	30
1.5.2	颜色的表示与感知特性	33
1.5.3	颜色的对比	36
1.5.4	色适应与颜色恒常性	38
1.5.5	记忆色与喜好色	39
1.5.6	色觉异常	39

第 2 章 CIE 标准色度系统

2.1	颜色匹配	41
2.1.1	颜色匹配实验	41
2.1.2	颜色的矢量表示与匹配方程	42
2.1.3	格拉斯曼颜色混合定律	43

2.2	CIE1931 RGB 色度系统	44
2.3	CIE1931 XYZ 标准色度系统	46
2.3.1	色度系统的转换	47
2.3.2	CIE1931 RGB 系统向 CIE1931 XYZ 系统的转换	50
2.3.3	CIE1931 XYZ 色品图	53
2.4	CIE1964 $X_{10} Y_{10} Z_{10}$ 标准色度系统	54
2.5	色温与相关色温	57
2.5.1	分布温度	58
2.5.2	色 温	58
2.5.3	相关色温	58
2.6	标准照明体和标准光源	60
2.6.1	标准照明体	60
2.6.2	标准光源	64
2.7	CIE 色度计算方法	66
2.7.1	CIE 三刺激值和色品坐标的计算	66
2.7.2	物体色计算实例	68
2.7.3	光源色计算实例	71
2.7.4	颜色相加的计算	72
2.8	主波长和色纯度	75
2.8.1	主波长	75
2.8.2	兴奋纯度和色度纯度	76

第3章 均匀颜色空间及颜色差异的评价

3.1	均匀色品图	78
3.2	均匀明度标尺	83
3.3	均匀颜色空间	85
3.3.1	CIE1964 均匀颜色空间	85
3.3.2	CIE1976 均匀颜色空间	86
3.4	色差的评价	89
3.4.1	色差的视觉判断	89
3.4.2	色差研究的指导原则	89
3.4.3	色差公式	91
3.5	一维颜色标尺	101
3.5.1	黄度标尺	101
3.5.2	白度标尺	101
3.6	同色异谱颜色及其评价	104
3.6.1	同色异谱颜色的概念	104

3.6.2	同色异谱颜色的分析	105
3.6.3	照明体同色异谱程度的评价	108
3.6.4	观察者同色异谱程度的评价	112
3.7	光源显色性的评价	115
3.7.1	光源的显色性	116
3.7.2	CIE 光源显色性指数的计算方法	116
3.7.3	光源显色性指数计算流程	120

第 4 章 色序系统

4.1	颜色立体	122
4.2	孟塞尔颜色系统	123
4.2.1	孟塞尔颜色立体	124
4.2.2	孟塞尔新标系统	126
4.2.3	孟塞尔颜色图册的应用	133
4.3	自然色系统	135
4.3.1	自然色系统颜色立体	135
4.3.2	自然色系统的应用	138
4.3.3	孟塞尔颜色系统与自然色系统的评述及其比较	139
4.4	美国光学学会均匀颜色标尺系统	142
4.5	其他颜色系统	143
4.5.1	奥斯瓦尔德颜色系统	143
4.5.2	德国 DIN 系统	146
4.5.3	颜色体系统	147
4.5.4	亨特系统	148
4.5.5	颜色曲线系统	149
4.5.6	日本实用颜色坐标系统	149
4.5.7	中国颜色体系	150
4.5.8	“555”色调分类系统	151

第 5 章 颜色的预测与再现

5.1	颜色的混合	152
5.1.1	混色的种类	152
5.1.2	加法混色及其计算方法	153
5.1.3	减法混色及其计算方法	156
5.2	色适应	160
5.2.1	色适应过程	160
5.2.2	沃恩·克里斯色适应预测公式	162

5.2.3 CIE 色适应预测公式	164
5.3 颜色视觉模型	167
5.4 颜色再现的目标	170
5.5 基于加色法的颜色再现	172
5.6 基于减色法的颜色再现	174
5.7 颜色再现性的评价	176

第 6 章 颜色测量及测色仪器

6.1 颜色测量的基本原理	180
6.2 目视测色	181
6.3 仪器测色的色度基准及其量值传递	183
6.3.1 双球法原理	183
6.3.2 色度基准	184
6.4 仪器测色的几何条件	185
6.4.1 CIE 标准照明与测量几何条件	185
6.4.2 多角几何条件	191
6.5 分光光度测色仪器	192
6.5.1 机械扫描式分光光度测色仪	193
6.5.2 电子扫描式分光光度测色仪	195
6.5.3 分光光度测色仪器波长标尺的校正	201
6.6 光电积分式测色仪器	202
6.6.1 光电积分式色度计	202
6.6.2 彩色亮度计	207
6.6.3 色差计	208
6.6.4 光电积分式测色仪器的校正	211
6.7 其他测色仪器	215
6.7.1 扫描仪	215
6.7.2 数码相机	218
6.8 测量的精确性与准确度	220
6.8.1 校正与检验	221
6.8.2 精确度的评估	221
6.8.3 准确度的评估	222
6.9 荧光材料的颜色测量	224
6.10 色温的测量	229
6.10.1 光谱功率分布法	229
6.10.2 双色法	232

第 7 章 颜色信息技术的应用

7.1 彩色电视	234
7.1.1 彩色电视系统的基本原理	234
7.1.2 彩色电视的白场选择与调试	238
7.1.3 彩色电视三原色的选择及其转换	239
7.1.4 彩色电视系统理想光谱特性的实现	242
7.1.5 彩色电视颜色复现质量的评价	245
7.2 彩色摄影与彩色印刷	246
7.2.1 彩色摄影	246
7.2.2 彩色印刷	247
7.3 颜色灯光信号	248
7.4 计算机自动配色	251
7.4.1 综 述	251
7.4.2 计算机颜色匹配的理论基础	252
7.4.3 色料的配方预测	255
7.4.4 颜色匹配的技术条件	260
7.4.5 计算机配色在纺织印染工业中的应用	261
7.4.6 计算机配色在其他行业中的应用	265
7.5 颜色信息管理	267
7.5.1 图像的颜色匹配	267
7.5.2 设备无关色与设备相关色	268
7.5.3 颜色管理系统	269
附 表	275
参考文献	321

1.1 光与光源

1.1.1 可见光

光是一种电磁波。如图 1-1 所示,电磁波的波长范围从 1nm 以下一直延伸到 10^3 km 以

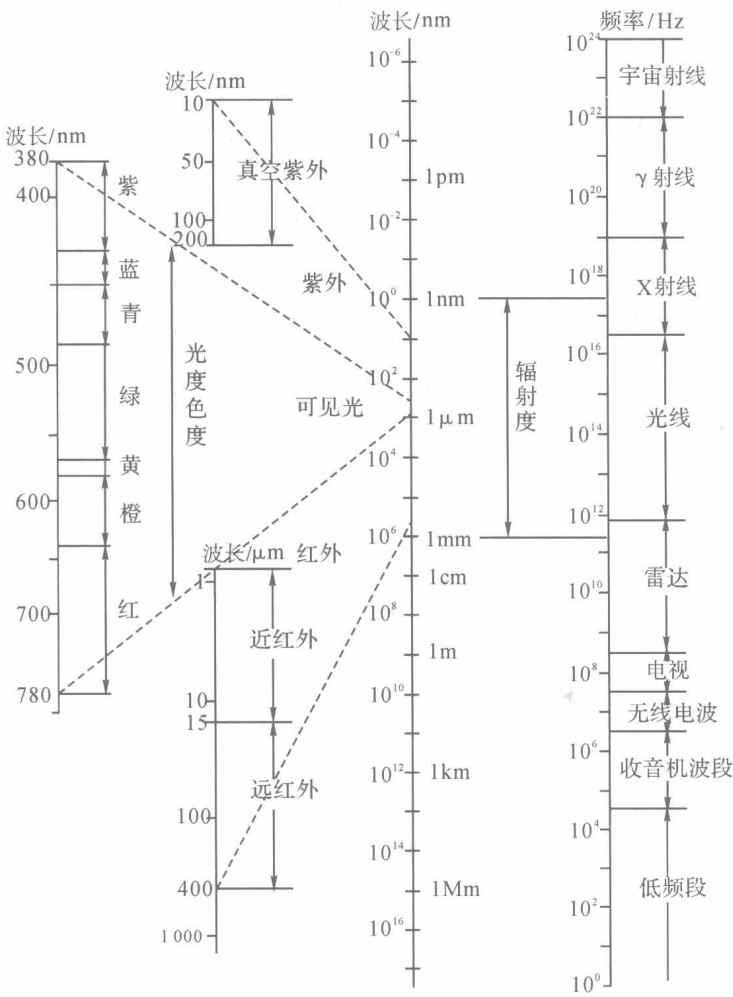


图 1-1 电磁辐射波谱及可见光谱