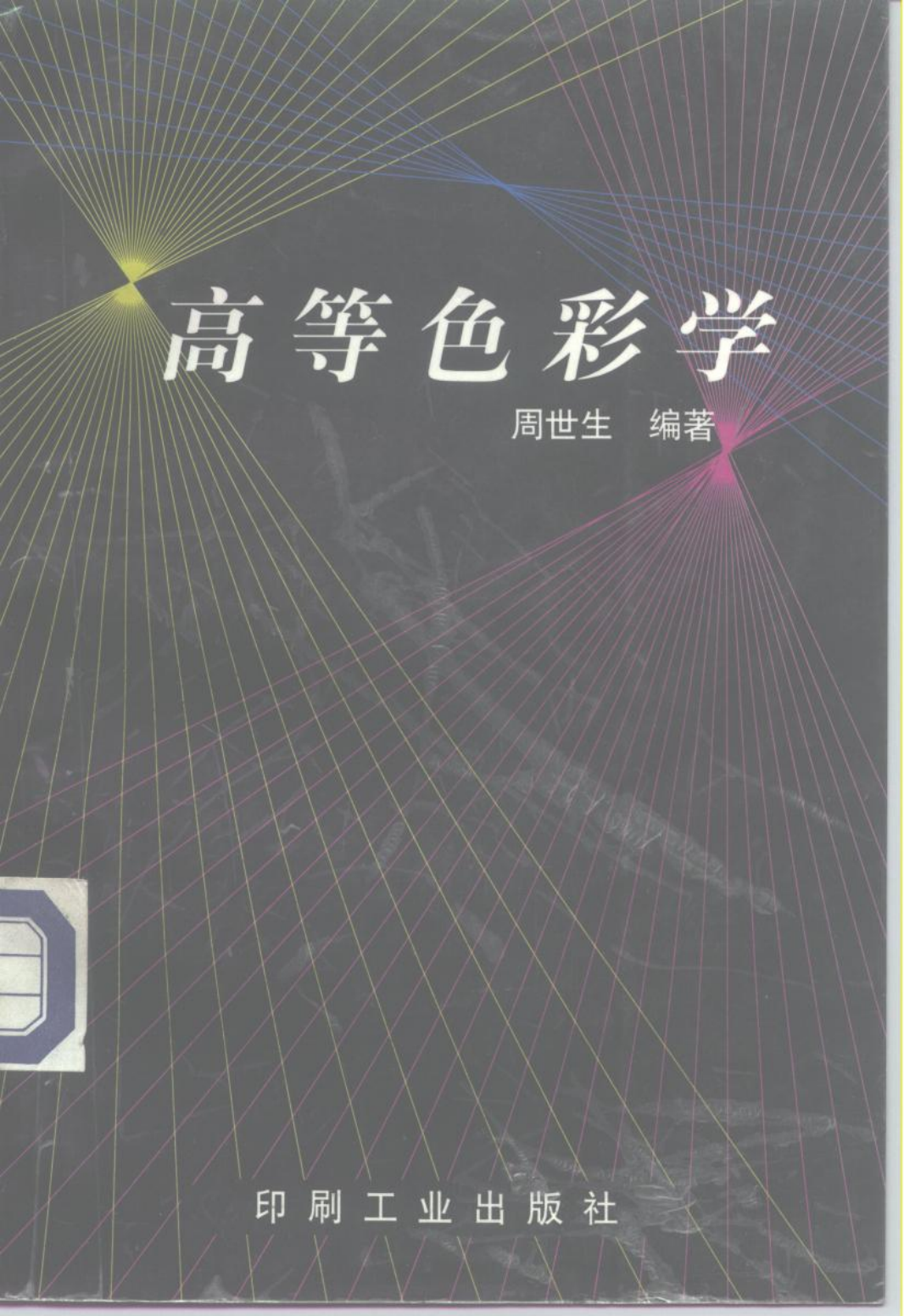




高等色彩学

周世生 编著



印刷工业出版社

0139012

TS 8
95-1

高等色彩学

周世生 编著

印刷工业出版社

内 容 提 要

本书利用模糊数学、统计数学以及神经网络等理论方法研究并阐述颜色视觉过程与彩色印刷复制过程的转换特性及其定量关系。全书共八章。第一章介绍本书的研究内容和国内外研究现状;第二章阐述颜色视觉机制理论及其发展;第三章论述颜色感觉的客观测量方法与实验结果;第四章与第五章分别探讨颜色视觉过程的模糊模型和神经网络模型及其应用;第六章与第七章研究彩色印刷呈色数学模型及其应用,并对电子加网工艺、彩色管理系统等色彩复制工程问题进行论述;第八章给出总结结论,并提出进一步研究的方向。该书理论性较强,并注重联系实际,可供印刷传播工程专业类研究生阅读,也可供印刷院校师生以及有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高等色彩学/周世生编著. —北京:印刷工业出版社,1997.8

ISBN 7-80000-232-2

I. 高… II. 周… III. 印刷色彩学 IV. TS8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 03344 号

高 等 色 彩 学

周世生 编著

*

印刷工业出版社出版发行

北京复外翠微路 2 号 邮政编码:100036

顺义振华印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

850×1168mm 1/32 印张:7.625 字数:201 千字

1997 年 8 月第 1 版 1997 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:12.00 元

摘 要

本书在现代颜色视觉神经电生理学的基础上,利用模糊数学、统计数学以及神经网络方法,研究了彩色视觉诱发电位的测量与特征提取方法,建立了颜色视觉信息处理的数学模型与彩色印刷复制数学模型,探讨了这些模型的应用前景。

1. 系统阐述了颜色视觉机制理论以及视觉过程中颜色对立特性的神经电生理学机制,采用电生理学实验方法检测到感觉对立颜色刺激所产生的头皮枕部诱发电位的不同特征。在现代颜色视觉机制学说中,颜色感觉的对立特性表现在视神经冲动传导过程中的兴奋和抑制两个方面。传导过程的兴奋和抑制是通过神经节细胞感受野的给反应和撤反应来实现的。感觉对立颜色刺激所产生的给反应和撤反应使视觉诱发电位具有不同的分布特征。

2. 建立了基于 CADWELL SPECTRUM 电生理记录仪的彩色视觉诱发电位测量系统,探讨了彩色视觉诱发电位特征的提取方法。本测量系统由彩色滤色镜、黑/白模式刺激器,电极导联盒、放大器、主机箱、显示器和打印机等组成。通过对彩色视觉诱发电位曲线进行归一化差值积分处理,不仅可以提取感觉对立颜色刺激所产生视觉诱发电位的不同特征,而且能够诊断颜色视觉功能是否异常。对 6 个色觉正常受试者的实验测试和具体的数据处理结果表明,每个受试者的视觉诱发电位归一化差值积分处理曲线在红、蓝刺激下要高于黑/白刺激,绿、黄刺激下要低于黑/白刺激。其中 3 个受试者的平均积分处理差值为 $\bar{X}_{IR} - \bar{X}_{IBk/W} = 13.5949$, $\bar{X}_{IG} - \bar{X}_{IBk/W} = -39.4568$, $\bar{X}_{IB} - \bar{X}_{IBk/W} = 14.8088$, $\bar{X}_{IY} - \bar{X}_{IBk/W} = -9.3145$ 。色弱受试者的实验测试和数据处理结果表明,其积分处理曲线分布特征与正常受试者明显不同。

3. 提出了模糊颜色视觉理论,建立了基于自然语言描述的模糊颜色配合方程。模糊颜色视觉理论认为,颜色视觉过程具有模糊性,三原色刺激是模糊量并且可以用凸模糊数来表示,颜色感觉的产生是模糊三原色刺激的模糊线性运算和识别判断过程。根据这一理论所建立的自然语言模糊颜色配合方程较好地反映了色光加色法配色的数量关系。

4. 建立了颜色视觉信息处理的视网膜神经网络模型,探讨了BP网络用于改善颜色空间不均匀性的可能性及实现算法。研究表明,该视网膜神经网络模型是一种具有空间总和特性和阈值特性的三层BP网络。该模型不仅考虑了视锥细胞的光感受特性,而且还考虑了视觉系统的感受野原理。根据该模型所建立的均匀自然颜色空间将具有比CIEL*a*b*和CIE L*u*v*更优良的均匀特性。

5. 在论述蒙版方程和组介堡方程的基础上,提出了修色百分比的计算方法,建立了NQR方程组,探讨了NQR方程组在诸如计算机配色、黑版计算、印刷图像色彩检测等领域中的应用。

6. 本书还对电子加网工艺、彩色整页拼版工艺以及彩色管理系统等先进的彩色复制工艺作了较详细的论述。

Abstract

On the basis of modern neurophysiologies and physiological psychology of vision, this book studies a method of measurement and feature extraction of Color Visual Evoked Potential (CVEP), establishes black—box and homomorphic models of visual color information processing and mathematical models of color printing reproduction according to fuzzy mathematics, statistical mathematics, artificial neural networks, and discusses their applications.

1. This book discusses visual color mechanism theory and neurophysiological mechanism of color opponency in the visual process, and explores possibilities of describing color opponency with the method of electrical physiology. According to modern theory of visual color mechanism, color opponency is a reflection of excitability and inhibition in the conduction of visual information. The excitability and inhibition of color information conduction are performed by on—discharge and off—discharge of the receptive field of ganglion cells. On—discharge and off—discharge resulted from color stimuli with different wave lengths produce different distributive characteristics of color visual evoked potential.

2. On the basis of CADWELL SPECTRUM electrical physiological recorder, a system is established to detect color visual evoked potential and a method of feature extraction for color visual evoked potential is presented. This system consists of color filters, a black/white pattern stimulus device, and electrode box, amplifiers, a main machine box, a monitor, and two printers etc. After the

curve of differential color visual evoked potential is normalized and averaged integrated, we can extract different characteristics of visual evoked potential resulted from opponent color stimuli and conclude that color vision is normal or abnormal. Six university students with normal color vision are tested and the integrated process results for three of them are: $\bar{X}_{IR} - \bar{X}_{IBk/W} = 13.5949$, $\bar{X}_{IG} - \bar{X}_{IBk/W} = -39.4568$, $\bar{X}_{IB} - \bar{X}_{IBk/W} = 14.8088$, $\bar{X}_{IY} - \bar{X}_{IBk/W} = -9.3145$. Two university students with abnormal color vision are also tested and the integrated process results are obviously different from that of normal color vision students.

3. A theory of fuzzy color vision is presented and a fuzzy equation of color matching based on natural language is established. According to the theory of fuzzy color vision, the process of color vision has fuzziness, three primary color stimuli (red, green, and blue) are fuzzy variables which may be described by convex fuzzy variables, and color perception is a process of linear fuzzy transformation and recognition of fuzzy primary color stimuli. The fuzzy color matching equation established on the basis of this theory is a good reflection of quantitative relationship of light color matching.

4. This book establishes a model of the retina neural network for visual color information processing and explores possibilities and the algorithm of improving uniformity of color space. Research results show that the model of the retina neural network consists of a three layer Bp neural network with the characteristics of space sum and threshold. This model reflects not only light sensitivity of cone cells, but also receptive fields of the visual system. A uniformity natural color space established on the basis of this model will be superior in uniformity to CIE $L^*a^*b^*$ and CIE $L^*u^*v^*$.

5. On basis of the discussion of Masking Equations and Neage-

bauer Equations, a Method of percentage caculation of colór correc-tion is pointed out, and NQR Equations are established. As exam-ples, this book explores applications of NQR Equations in the fields of computer color match, black printer caculation, and color detec-tion of printing image, ect.

6. This book also discusses advanced color reproduction tech-nology, such as eletronis screening, electronically page make-up system, and color management system, etc.

序一

万千色彩装扮了自然界，使之艳丽多姿。为了更完美地还原、再现丰富多彩的自然景色于印刷品以及各种信息传媒系统，色彩学的研究对于科学领域和行业部门都是至关重要的。高等色彩学是建立在现代科学技术基础上的一门交叉科学，也是印刷和传媒工程的一门技术课程。它的主要研究内容分为两个方面：一是研究人类颜色视觉的生理机制，人类视觉和中枢神经系统如何感受色彩；二是要研究如何用人工的办法真实再现各种自然色彩。前者涉及色彩的本质、颜色光学理论、视觉生理等基础理论。后者涉及印刷传播技术、电视技术、光电子学等众多科学技术领域。随着理论研究的深入和工艺水平的提高，自然色彩将越来越完美地再现于诸如彩色印刷品、彩色电视、计算机信息网等各种传媒上。

本书是作者经多年的教学与科研实践，博览了近30年来国内外有关文献，精心整理编著的。由于色彩学涉及广泛学科基础，因而在理论论证和实验验证方面均有较大难度。本书在这方面是有创见的。书中所论述的模糊颜色视觉理论、模糊颜色配合方程、视网膜神经网络模型、印刷呈色数学模型等均融汇了作者的研究成果和心得。因而本书内容新颖，理论与实践均有特色。相信本书的出版将对印刷传播工程学科研究生的培养发挥重要作用。

本书理论性较强，涉及不少现代科学理论。这对大学毕业年代较早的有关专业人员可能会带来困难，然而通过本书的学习，也必然会在知识的更新和提高上有所帮助。

郑崇勋

1997. 3 于西安

序二

“印刷术”一词在英文中原为“Printing”，后演变成“Graphic Arts”。进入 90 年代，随着印刷工程技术的迅速发展，特别是计算机技术和通讯技术在印刷工业中的大量应用，现已发展成为“Graphic Communications”（印刷传播学）。印刷传播工业的日新月异，迫切需要培养大量的高级专门人才，并进行相应的基础理论建设。《高等色彩学》就是在这样的技术发展背景下应运而生的。

由于颜色视觉过程的复杂性，人们对颜色视觉信息处理过程的转换特性和函数关系的研究较长时间以来无重大突破。本书作者在认真阅读有关文献的基础上，经过综合分析，明确研究工作的思路和着眼点，特别是认识到从三色锥体感受细胞的兴奋刺激到颜色感觉的转换过程具有高度的非线性和模糊性之后，确定将彩色视觉诱发电位的测量和特征提取以及模糊数学和神经网络等作为实验研究颜色视觉特性和定量描述颜色视觉过程的手段与途径。这是本书研究工作所以能取得创造性成果的重要原因。

彩色印刷品的质量直接取决于复制过程数据化、规范化的程度。本书作者在大量实验研究工作的基础上，提出了彩色印刷复制系统的生成色和色元色之间仅仅存在一种相关关系；这种相关关系可以用统计数学的方法来描述。这是本书研究工作所以能取得创造性成果的另一重要原因。

本书作者十余年来辛勤耕耘于颜色科学领域，写就《高等色彩学》一书。本书的出版，不仅有助于印刷传播工程学研究生的培养，而且对广大读者也会有所裨益。

董明达

1997. 3 于西安

前 言

印刷传播工程(Graphic Communications Engineering)是一门综合性的应用型学科。它运用自然科学和工程技术的原理与方法解决印刷影像复制与传播过程中诸如印刷适性、油墨转移机理、印刷图文信息处理与传输、印刷过程检测与控制、电子稿件传播与异地复制、电子出版发行、颜色信息处理与复制等问题。它所涉及的范围很广,既包括数学、物理学、化学等基础学科,也包括光学、色度学、电子学、机械学、化工、通信等工程学科。为了提高印刷传播工程学科研究生的培养质量,促进我国印刷工业的发展,西安理工大学印刷包装工程学院组织编写了系列研究生教材。《高等色彩学》(Advanced Chromatics)是其中的一部。

高等色彩学是印刷传播工程学科的一门技术基础课程。其主要任务是利用模糊数学、统计数学以及神经网络等理论方法研究并阐述颜色视觉过程与彩色印刷复制过程的转换特性及其定量关系。本书是作者在教学和科研实践的基础上,参考了近30年来国内外颜色信息处理与彩色印刷复制的有关文献资料而完成的。作者试图利用模糊数学、统计数学、神经网络等不同理论方法从不同侧面系统全面地研究并定量地描述颜色视觉信息处理过程和彩色印刷复制过程。书中具有创造性的成果有:模糊颜色视觉理论、基于自然语言描述的模糊颜色配合方程、视网膜神经网络模型、均匀颜色空间的神经网络模型、蒙版方程及其修色百分比的计算、组介堡方程及其修正、黑版计算方法、印刷图像色彩直接检测等等。其目的是有利于逻辑思维,开拓新应用领域,加强印刷传播工程学科的基础理论建设。

本书所用理论方法涉及模糊数学、统计数学、神经网络以及

神经电生理学等，因此，理论性较强。但由于每种方法之后都有一定数量的以印刷传播工程学科为背景的应用实例，做到了理论联系实际，所以，具有很好的可读性和较高的参考价值。本书可供印刷传播工程专业类的研究生阅读，也可供印刷院校师生及有关技术人员参考。

本书参考并直接引用了作者在郑崇勋教授指导下于1996年完成的西安交通大学博士学位论文《颜色视觉过程中诱发电位特征提取与信息处理模型的研究》以及在董明达教授指导下于1988年完成的陕西机械学院硕士学位论文《模糊颜色视觉与彩色印刷复制》中的有关章节。在编写过程中，得到了西安理工大学校领导以及董明达教授、姚穆教授（兼职）、徐昌权副教授等的关心与指导，在此深表谢意。

欢迎读者对书中处理不当、错误与不妥之处给予批评指正。

周世生

1997年1月于西安

目 录

摘要

Abstract

序一

序二

前言

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 问题的提出	(1)
§ 1.2 国内外研究现状	(3)
§ 1.2.1 视觉诱发电位测量与处理技术	(3)
§ 1.2.2 模糊颜色信息处理	(8)
§ 1.2.3 视觉信息处理的神经网络模型.....	(11)
§ 1.2.4 彩色印刷呈色数学模型.....	(15)
§ 1.3 本书的目的和内容.....	(17)
 第二章 颜色视觉机制理论及其发展	(20)
§ 2.1 三原色学说.....	(21)
§ 2.1.1 前言.....	(21)
§ 2.1.2 支持三原色学说的若干实验.....	(22)
§ 2.1.3 存在问题.....	(24)
§ 2.2 四色学说.....	(25)
§ 2.2.1 前言.....	(25)
§ 2.2.2 成功之处.....	(26)
§ 2.2.3 存在问题.....	(26)
§ 2.3 阶段学说.....	(27)

§ 2.3.1	前言	(27)
§ 2.3.2	三色感受	(27)
§ 2.3.3	四色传导	(28)
§ 2.3.4	中枢处理	(28)
§ 2.4	关于颜色视觉机制学说的新发展	(28)
§ 2.4.1	神经电生理学的进展	(28)
§ 2.4.2	分子生物学和分子遗传学的进展	(31)
§ 2.5	小结与讨论	(32)
第三章	颜色视觉诱发电位的测量与分析	(34)
§ 3.1	前言	(34)
§ 3.2	测量系统与实验方法设计	(35)
§ 3.2.1	电生理记录仪简介	(36)
§ 3.2.2	彩色滤色镜	(36)
§ 3.2.3	测试条件的确定	(37)
§ 3.3	归一化差值积分处理方法	(37)
§ 3.3.1	归一化处理	(38)
§ 3.3.2	积分处理	(38)
§ 3.4	测试数据分析与实验结果讨论	(39)
§ 3.5	小结与讨论	(42)
第四章	模糊颜色视觉理论及其应用	(59)
§ 4.1	凸模糊集与模糊数	(59)
§ 4.1.1	凸模糊集	(59)
§ 4.1.2	模糊数	(60)
§ 4.2	模糊颜色视觉理论	(63)
§ 4.2.1	颜色视觉过程的模糊性	(63)
§ 4.2.2	模糊三原色刺激的确定	(64)
§ 4.2.3	模糊中枢处理	(65)

§ 4.2.4 实验验证与讨论·····	(68)
§ 4.3 基于自然语言描述的模糊颜色配合方程·····	(70)
§ 4.3.1 颜色隶属度函数的确定·····	(70)
§ 4.3.2 模糊颜色配合方程的建立·····	(72)
§ 4.3.3 分析与讨论·····	(73)
§ 4.4 小结与讨论·····	(73)
第五章 颜色视觉神经网络模型及其应用 ·····	(75)
§ 5.1 神经元与神经网络模型·····	(75)
§ 5.1.1 模型的基本概念·····	(75)
§ 5.1.2 神经元的基本特征·····	(76)
§ 5.1.3 M—P 模型·····	(80)
§ 5.1.4 类 M—P 模型·····	(83)
§ 5.1.5 M—P 模型构成的神经网络·····	(84)
§ 5.1.6 感知机·····	(89)
§ 5.2 颜色视觉信息处理的视网膜神经网络模型·····	(92)
§ 5.2.1 前言·····	(92)
§ 5.2.2 视网膜神经网络模型·····	(93)
§ 5.2.3 分析与讨论·····	(97)
§ 5.3 均匀颜色空间的神经网络模型探讨·····	(98)
§ 5.3.1 前言·····	(98)
§ 5.3.2 均匀颜色空间模型·····	(99)
§ 5.3.3 学习算法·····	(100)
§ 5.4 小结与讨论·····	(104)
第六章 彩色印刷呈色数学模型及其应用 ·····	(106)
§ 6.1 前言·····	(106)
§ 6.2 蒙版方程与修色百分比的计算·····	(111)
§ 6.2.1 蒙版方程·····	(111)

§ 6.2.2 修色百分比的计算	(113)
§ 6.3 纽介堡方程及其修正	(117)
§ 6.3.1 纽介堡方程及其影响因素	(117)
§ 6.3.2 纽介堡方程的回归法修正	(120)
§ 6.3.3 回归法修正纽介堡方程的实验研究	(122)
§ 6.4 纽介堡方程的应用研究	(125)
§ 6.4.1 NQR 方程组的实用性	(126)
§ 6.4.2 NQR 方程组的迭代法求解	(127)
§ 6.4.3 NQR 方程组的应用	(128)
§ 6.5 黑版计算方法探讨	(130)
§ 6.5.1 前言	(130)
§ 6.5.2 灰元计算	(132)
§ 6.5.3 骨架黑版计算	(134)
§ 6.5.4 分析与讨论	(134)
§ 6.6 油墨色域与彩度压缩色彩复制工艺	(135)
§ 6.6.1 前言	(135)
§ 6.6.2 油墨色域的解析法确定	(136)
§ 6.6.3 同色相彩度压缩色彩复制工艺	(139)
§ 6.7 印刷图像色彩检测	(141)
§ 6.7.1 前言	(141)
§ 6.7.2 印刷图像色度式直接检测的原理	(142)
§ 6.7.3 墨量检测原理的实验研究	(146)
§ 6.8 小结与讨论	(151)
第七章 电子加网工艺与彩色管理系统	(152)
§ 7.1 电子加网工艺	(152)
§ 7.1.1 前言	(152)
§ 7.1.2 图像信息的二值化表示	(154)

§ 7.1.3	网点阶调的形成	(156)
§ 7.1.4	记录与龟纹	(165)
§ 7.1.5	分析与讨论	(170)
§ 7.2	彩色整页拼版工艺	(170)
§ 7.2.1	系统组成	(171)
§ 7.2.2	编辑功能	(176)
§ 7.2.3	操作过程	(181)
§ 7.2.4	分析讨论	(183)
§ 7.3	彩色印刷图像的频谱分析	(184)
§ 7.3.1	前言	(184)
§ 7.3.2	彩色印刷图像的自相关系数	(185)
§ 7.3.3	印刷图像功率谱	(186)
§ 7.3.4	分析讨论	(187)
§ 7.4	DTP 系统的彩色管理技术	(188)
§ 7.4.1	前言	(188)
§ 7.4.2	彩色管理需要解决什么问题	(189)
§ 7.4.3	实施彩色管理的方法	(190)
§ 7.5	小结与讨论	(193)
第八章	结论与讨论	(194)
§ 8.1	结论	(194)
§ 8.2	讨论	(195)
参考文献		(198)
附录	CIE 1931 标准色度学系统	(209)