



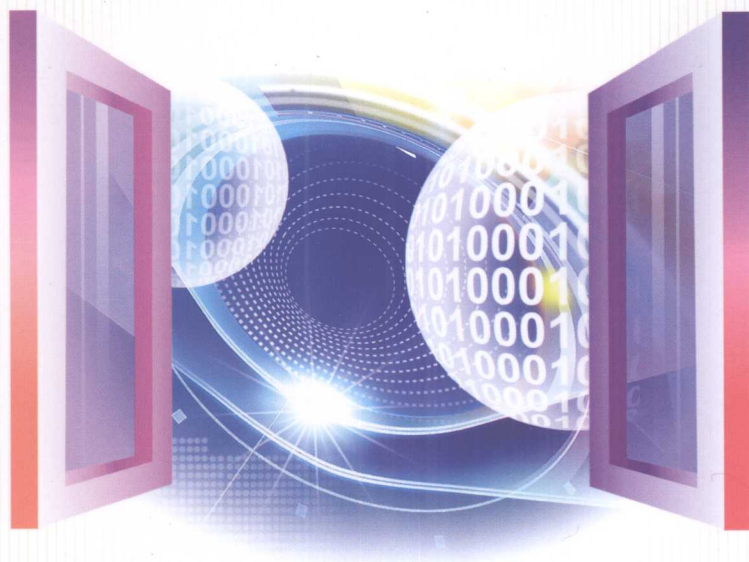
北京理工大学 **211工程**
研究生规划教材

数字图文图像颜色管理系统概论

An Introduction to Digital Color Management System

◎ 廖宁放 石俊生 吴文敏 编著

光
学
工
程



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



北京理工大学 211 工程
研 究 生 规 划 教 材

数字图文图像颜色管理系统概论

An Introduction to Digital Color Management System

◎ 廖宁放 石俊生 吴文敏 编著

光
学
工
程



北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数字图文图像颜色管理系统概论/廖宁放, 石俊生, 吴文敏编著.
北京: 北京理工大学出版社, 2009.5

北京理工大学“211 工程”研究生规划教材. 光学工程
ISBN 978-7-5640-2199-3

I. 数… II. ①廖…②石…③吴… III. 色度学-研究生-教材
IV. O432.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 072422 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 26

彩 插 / 2

字 数 / 535 千字

版 次 / 2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 3000 册

定 价 / 43.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

前言

数字图文图像颜色管理系统是针对数字化彩色图文信息的获取、处理、传递、显示、复制等过程的标准化技术，是现代信息技术与颜色科学技术相结合的必然产物。数字图文图像颜色管理系统以传统色度学的理论体系为基础，融合了现代色度学、数字计算机以及其他众多学科领域的最新发展成果，是当今颜色科学与技术领域的发展热点之一。

本书集合了国内外数字图文图像颜色管理系统的基础理论和应用技术的各阶段成果，尤其对现代颜色管理技术涉及的基础理论进行了大篇幅的介绍，力求为从事数字图像颜色技术的科技工作者提供尽可能全面和系统的知识，为促进数字图文图像颜色管理技术在我国的发展做出有益贡献。

本书的内容按照基础篇和应用篇进行划分。在基础篇中主要介绍了传统和现代的颜色科学基础理论以及颜色科学技术领域的各阶段成果。其中对传统色度学只做了简单介绍。在对现代色度学中色貌模型发展过程以及各种色貌模型特点进行简单介绍的基础上，重点介绍 CIE 发布的色貌模型 CIECAM97s 和 CIECAM02。对色貌研究涉及的观察条件、色貌属性、色貌现象、色貌模型的核心色适应及色适应变换等进行了较详细的描述。从色貌模型角度分析了最简单的色貌模型 CIELAB，从而有利于理解和使用新型色貌模型。本书还对图貌模型涉及的人眼 CSF、色差模型 S-CIELAB 和 IPT 色空间等进行了介绍；重点描述了 Fairchild 和 Johnson 提出的图貌模型；特别对图貌模型在图像色貌预测、图像色差预测、图像质量预测、色貌现象预测、高动态范围图像再现等应用做了详细介绍。在应用篇中对颜色管理系统的理论与技术基础、ICC 颜色管理系统、WCS 颜色管理系统以及数字图像颜色管理系统的相关技术等进行了详细介绍。

本书由北京理工大学的廖宁放教授、云南师范大学的石俊生教授以及北京理工大学的吴文敏讲师共同编著完成；他们在颜色科学领域的科研和教学岗位上工作多年，特别在数字图文图像颜色技术的科研和教学中积累了丰富的成果和经验。本书的绪论由廖宁放教授和石俊生教授共同撰写；第一～第七章由石俊生教授编写；第八章、第九章、第十章、第十二章、第十三章以及附录由廖宁放教授编写；第十一章由吴文敏讲师编写；全书由廖宁放教授统稿。

北京印刷学院的刘浩学教授和北京理工大学的胡威捷副教授对本书进行了审阅，提出了大量宝贵意见。北京理工大学颜色科学与工程国家专业实验室的研究生王佳佳同学以及实习生陈远博同学参加了本书的图表制作和文字校对。

本书可作为研究生教材或供其他相关人员参考。本书介绍的部分内容属于最新研究成果，

某些理论尚不成熟,其中部分内容的描述加入了作者本人的观点,欢迎广大颜色科技工作者以及感兴趣的读者提出宝贵意见,以促进我国颜色科学与技术水平的提高。另外,书中大部分内容参考了英文资料,一些术语仍保留英语原文,以供读者参考。

作 者

目 录

绪论	1
第一篇 基础篇	
第一章 颜色与视觉	11
1.1 颜色与光源	11
1.2 物体特性描述	14
1.3 视觉生理学基础	16
1.4 颜色视觉理论	22
1.5 视觉现象	26
1.6 结束语	30
思考题	30
第二章 CIE 标准色度系统	31
2.1 颜色匹配与 CIE 1931 RGB	31
2.2 CIE1931 XYZ	35
2.3 CIE1964 补充标准色度系统	39
2.4 光源和照明体	39
2.5 色差公式与均匀色空间	42
2.6 色空间的均匀性及色差公式表现	50
2.7 结束语	54
思考题	55
第三章 色貌属性与色貌现象	56
3.1 色貌属性	56
3.2 色貌现象	60
3.3 视觉适应	73
3.4 结束语	75
思考题	75

第四章 色适应变换	76
4.1 色适应相关概念	76
4.2 色适应变换	79
4.3 色适应变换评价	90
4.4 结束语	96
思考题	97
第五章 色貌模型	98
5.1 色貌模型基础	98
5.2 色貌模型简介	103
5.3 CIECAM97s 色貌模型	108
5.4 CIECAM02 色貌模型	119
5.5 色貌模型的测试与评价	132
5.6 ICC 中应用 CIECAM02 指南	137
5.7 结束语	139
思考题	139
第六章 图像色貌模型	140
6.1 图像色貌模型相关技术	140
6.2 图像色貌模型	147
6.3 iCAM 应用	153
6.4 结束语	160
思考题	161
第七章 图像复制效果评价	162
7.1 心理物理学简介	162
7.2 色貌及图像复制视觉实验方法	168
7.3 结束语	180
思考题	180
第二篇 应用篇	
第八章 数字颜色管理系统概要	183
8.1 颜色管理系统框架	183
8.2 颜色管理系统基本概念	188
8.3 颜色特性文件的构建	204

思考题.....	206
第九章 颜色管理系统变换空间.....	207
9.1 通用颜色变换空间.....	207
9.2 设备关联的颜色空间.....	227
思考题.....	230
第十章 ICC 颜色特性文件规范.....	231
10.1 ICC Profile 组成要件.....	231
10.2 ICC Profile 文件类型.....	238
10.3 ICC Profile 标签汇总.....	249
10.4 ICC Profile 标签模型.....	252
10.5 ICC 特性文件底层编码解析.....	276
思考题.....	294
第十一章 ICC 颜色管理算法与编程.....	295
11.1 ICC Profile 读写编程的规定和特点.....	295
11.2 ICC Profile 读程序示例.....	298
11.3 ICC Profile 写程序示例.....	310
11.4 Matrix/TRC 类型 Profile 颜色转换举例.....	325
11.5 N-component LUT 型 Profile 颜色转换举例.....	328
11.6 常用颜色转换编程.....	329
11.7 Soft Proofing 软打样编程.....	335
思考题.....	340
第十二章 WCS 颜色管理系统.....	341
12.1 WCS 概述.....	341
12.2 WCS 工作流程.....	342
12.3 WCS 颜色特性文件.....	344
12.4 WCS 基本设备模型组.....	346
12.5 WCS 基本色域映射模型组.....	346
12.6 最优转换结构.....	348
12.7 WCS 的 API 函数.....	352
12.8 WCS 的 API 函数调用.....	356

思考题	357
第十三章 颜色管理系统相关技术	358
13.1 CRT 显示器色度预测模型	358
13.2 输入设备色度预测模型	365
13.3 嵌入式 ICC 特性文件格式	370
13.4 颜色管理常用图像文件格式	373
思考题	376
附 1 颜色管理系统常用符号及术语	377
附 2 ICC 头文件规范常用编码数字类型	381
附 3 色适应变换 CAT 程序	384
附 4 用于生成 ProfileID 的 MD5 程序	386
参考文献	395

绪 论

伴随着信息化时代的发展,颜色科学技术也越来越进入了数字化、图像化的时代。现阶段各种数字化彩色媒体的出现,使得颜色信息的应用愈发渗透到科技社会的各个领域。在众多的颜色技术应用场合,人们对颜色信息处理及交流的标准化提出了更高的要求。以计算机为核心的图文图像颜色处理技术无疑为颜色管理系统的标准化奠定了坚实基础。

所谓数字图文图像颜色管理系统可简称为数字颜色管理系统,是指目前在国际颜色技术领域得到大力发展的 CMS (Color Management System) 技术。数字颜色管理本质上是基于计算机应用环境下的颜色复制、颜色显示、颜色传递等过程的标准化技术。数字颜色管理是现代颜色科学技术发展的必然产物;它以传统色度学的理论体系为基础,并且融合了现代色度学、数字计算机等领域的最新发展成果,是当今颜色科学与技术领域的发展热点之一。

一、颜色管理的理论基础

现代颜色管理技术的发展离不开传统色度学以及现代色度学的理论体系的支撑。

色度学是研究人类颜色视觉规律、颜色测量的理论和技术的科学,是 20 世纪发展起来的一门以物理光学、视觉生理、视觉心理、光电子学、电子计算技术为基础的综合性学科;它在照明、摄影、电影、电视、印刷、染料、涂料、纺织、造纸、交通、化工、伪装、环境、工农业生产、科学技术和文化事业等行业及部门有广泛的应用。

国际照明委员会(简称 CIE)以 1931 年颜色匹配实验建立起来的三刺激值颜色度量理论,成为颜色测量与色差评价的理论与应用基础,是国际上一直采用的标准。该标准定义了颜色知觉的三个基本元素:光源、物体和观察者。CIE 标准色度系统的颜色匹配实验是在一种特定的简化观察条件 (Viewing Condition) 下进行的,即 CIE 标准色度系统用于度量孤立、特定观察条件下的简单颜色刺激,以及预测两个简单刺激的颜色匹配。通常把这种建立在标准光源、标准观察条件以及标准观察者条件下的颜色体系称作 CIE 标准色度系统,也称之为三刺激色度学 (CIE tristimulus colorimetry)、基本色度学 (basic colorimetry) 或传统色度学。

虽然以 1931 年颜色匹配实验建立起来的 CIE1931 XYZ 色度系统奠定了颜色测量的基础,但由于其色空间的不均匀性,不能用于色差评价;同时该系统也没有建立与视觉感知色貌属性之间的关联。CIE 在此基础上于 1976 年发布了 CIELUV 以及类似的 CIELAB 均匀色空间及相应的色差公式。CIELAB 色空间不仅仅定义了色差公式,同时也是第一个用物理量预测视觉感知量即色貌属性明度、色相和彩度的模型,即第一个色貌模型 (Color Appearance

Model)。此外,以 CIELAB 均匀色空间及色差公式为基础,CIE 又先后发展了多个色差公式,这些公式包括 1984 年发布的 CMC ($l:c$),1987 年发布的 BFD ($l:c$),1994 年发布的 CIE94,以及 2001 年发布的 CIEDE2000。CIEDE2000 是目前最新的且被认为是最好的色差公式。

进入 20 世纪 90 年代,随着图像技术以及各种彩色媒体设备的广泛使用,为满足不同媒体间颜色传递和数字视频等工业应用的需求,工业企业家迫切要求颜色科学家解决不同媒体在不同观察条件和环境下的颜色匹配即颜色再现问题。但是传统的 CIE 标准色度系统没有考虑观察条件发生变化时两种刺激是否匹配,因此无法描述不同媒体在不同观察条件下的刺激,也无法解释观察条件变化或复杂刺激引起的各种色貌现象。尽快找到一个解决不同观察条件下色貌计算与预测的模型就成为当时迫切需要解决的重大课题。

从 20 世纪 90 年代初期开始,颜色科学家和色彩工程师掀起了解决不同媒体在不同观察条件下的颜色度量问题即色貌模型的研究高潮。关于色貌模型,CIE 技术委员会 TC1-34 是这样定义的:色貌模型是任何一个至少包括对色貌属性的明度、彩度、色相的预测;对于一个能够合理预测这些属性的模型,至少包括一个色适应变换形式;如果需要预测绝对色貌属性视明度和视彩度、Hunt 和 Stevens 依赖于亮度的色貌现象、同时对比和勾边等空间结构色貌现象等,则色貌模型将更复杂。^[11]总之,色貌模型就是要解决不同观察条件下颜色刺激的度量问题,即预测包括照明、背景、环境等复杂观察条件下的人类视觉系统对颜色刺激的颜色知觉。

色貌模型(Color Appearance Models, CAMs)不仅可以解决不同观察环境下颜色再现问题,解释各种色貌现象,如 Stevens 效应、Hunt 效应、Helson-Judd 效应、Helmholtz-Kohlrausch 效应、Bartleson-Breneman 方程,折扣光源等,还可以应用于光源的显色与再现特性等问题。一个理想的模型应该在颜色匹配、色差和色貌三个方面解决所有的问题。色貌模型不仅可以直接应用于跨媒体上图像颜色再现、解释各种颜色视觉现象、光源显色特性、设备色域映射等,而且在图像质量评价、图像色差评价等方向也有潜在的应用。

与传统色度学相对应,将基于色貌模型的颜色理论体系称作现代色度学(advanced colorimetry)。^[11]色度学的最终目标是解决复杂环境下物体颜色外貌的量度问题,而现代色度学的诞生则开始了将色度学走向最终目标的挑战。

从 20 世纪 90 年代开始,先后提出了多种新型色貌模型。在 1997 年之前主要包括 Hunt (1991/1994/1996)、Nayatani (1993)、ATD (1995)、RLAB (1996)、LLAB (1996) 等。这些模型对最简单的色貌模型 CIELAB 存在的诸多问题做了改进。1996 年 CIE 将测试各种色貌模型的任务交给 CIE 技术委员会 TC1-34 (Testing Colour Appearance Models),并且在 1997 年 5 月发布了色貌模型 CIECAM97s。1998 年 CIE 技术委员会八分部“图像技术(Image Technology)”成立了 CIETC8-01 工作组“色彩管理应用中的色貌模型(color appearance model for color management applications)”,提出进一步针对 CIECAM97s 加以修正。2002 年第 10 届 IS&T/SID 会议上推出色貌模型 CIECAM02,是建立在 CIECAM97s 结构和形式上的简化和改进,于 2004 年正式发布。2005 年 11 月 12 日在美国 Arizona 举行的,CIE 技术委员会八分

部第五次会议宣布, CIE 将结束 TC8-01 的研究工作, 并对主席 N.Moroney 和全体成员卓越的工作和任务的完成表示感谢。这意味着 CIECAM02 像最简单的 CIELAB 一样, 将在国际上普遍使用。色貌模型不仅可以直接应用于跨媒体图像颜色再现、解释各种颜色视觉现象、光源显色特性、设备色域映射等, 而且在图像质量、色差评价等有潜在的应用。需要说明一点, 考虑到一般颜色测量是以 CIEXYZ 为基础, 所以, 这些色貌模型的输入数据仍然采用 CIEXYZ; 也就是说, 目前的先进色度学仍然建立在传统色度学基础上。

色貌模型 CIECAM02 的发布, 并不意味着色貌模型研究的结束, 而是色貌模型研究的进一步开端。因为包括 CIECAM02 在内的色貌模型还没有解决图像中像素作为刺激这样复杂刺激的颜色度量问题, 即图像色貌模型 (Image Color Appearance Model, iCAM) (简称图貌模型) 将要解决的问题。此外在有关图像颜色方面的研究中, 还包括图像差 (Image Differences) 即图像色差、图像质量度量 (Image Quality Metrics)、色域映射 (Tone Mapping)、高动态范围图像再现 (Image Rendering) 等质量问题。

有关图貌模型的研究目前才刚刚开始。现有色貌模型在很大程度上忽略了空间视觉, 而以空间视觉模型为主的图像方面的研究则在很大程度上忽略了颜色问题。^[74, 153] 下一代色貌模型需要将单独研究视觉空间特性与单独研究视觉的颜色特性相结合。为了达到图貌模型最终的目标, 需要对色貌模型进行一次根本革命。改进色貌模型的许多思想已经清楚, 它需要一个对图像进行简单处理的模型, 这个模型要包括空间局部适应、高动态范围图像再现以及其他空间现象等几个环节; 而且还需包括精确预测色貌属性、空间滤波、图像质量评价的色差标准等内容。

MD.Fairchild 和 G.M.Johnson 在 CIECAM02 的基础上, 提出了一个针对静态图像的色貌模型基本框架, 称作图像色貌模型。^[74, 180~182] 模型涉及描述人眼空间视觉特性的对比度敏感函数, 考虑了空间特性的色差模型 S-CIELAB, 以及考虑到色域映射应用的具有恒常色相特点的 IPT 色空间。这个 iCAM 描述了一种架构, 为色貌模型的最终目标, 即实现跨媒体图像再现、图像处理、图像色差和质量评价和高动态范围图像再现处理等提供一个基础架构和基本处理方法。

综上所述, 传统的色度学理论以及现代的颜色视觉理论、均匀颜色空间及均匀色差理论、色貌模型理论、图貌模型理论等共同构成了现代颜色管理技术的基础。

二、颜色管理的内涵

数字图文图像颜色管理技术实际上是指计算机颜色管理系统 CMS, 又称作数字颜色管理系统 (Digital Color Management System), 是近年来颜色科学与技术领域的一个研究和应用热点。

CMS 是伴随着数字化颜色技术发展起来的, 而数字化颜色技术的主要载体或环境就是数字计算机及其相关外围设备, 因此人们通常又把颜色管理系统称作计算机颜色管理系统或数字颜色管理系统。

关于颜色管理系统的技术内涵,有必要强调如下几个方面的事实:

(1) 颜色管理系统不仅仅是为彩色印刷系统或彩色桌面出版系统服务的。事实上,在各种数字化颜色交流系统如彩色投影仪、彩色数码相机、彩屏手机、彩色扫描仪、互联网颜色交流等,都可以使用颜色管理系统。

(2) 颜色管理系统不仅仅是一种软件系统。事实上,一个颜色管理系统包含了计算机系统及其外围处理设备、颜色测量仪器、计算操作系统、各种颜色处理专业软件等。

(3) 颜色管理系统并不仅仅是专属于某些专业厂商或机构的技术。事实上,颜色管理系统与目前广泛普及的个人计算机系统类似,是一种面向公众用户的通用技术。

(4) 颜色管理系统不仅仅局限于高精度的颜色复制或重现。事实上,由于任务及媒体的多样性,颜色管理的目的不仅仅局限于色度的准确传递,还有必要根据用户的意愿进行颜色再现。

综上所述,可以对颜色管理系统的定义或内涵作以下归纳。

根据颜色管理系统的目标和任务可定义:颜色管理系统是关于彩色图文设备(Device)或媒介(Media)之间颜色特性转换关系的一种管理系统;其目标是形成一个工作环境,使支持这一环境的各种设备在颜色信息的传递方面相互匹配,实现正确的颜色传递及颜色再现,即实现一致性(Consistence)和保真性(Fidelity或Faithfully)。

根据颜色管理系统的工作流程可定义:颜色管理系统是指能够实现设备的颜色校准(Calibration)、建立设备的颜色特性描述文件(Profiles)、在全部工艺流程(Workflow)中实现各种设备间色彩转换(Conversion)的相关软硬件系统。

根据颜色管理系统的组成方式可定义:颜色管理系统是一种计算机应用软件及其外部图像设备的组合。基于颜色管理系统,用户能够对计算机系统的输入/输出颜色的特性进行控制,并根据用户的要求来控制不同设备之间的颜色传递或再现结果。

目前颜色管理系统的硬件主要包括输入设备(扫描仪、数码相机、图文存储设备等)、显示设备(CRT、LCD、LED等)以及输出设备(打印机、彩印机等),如图0-1所示。

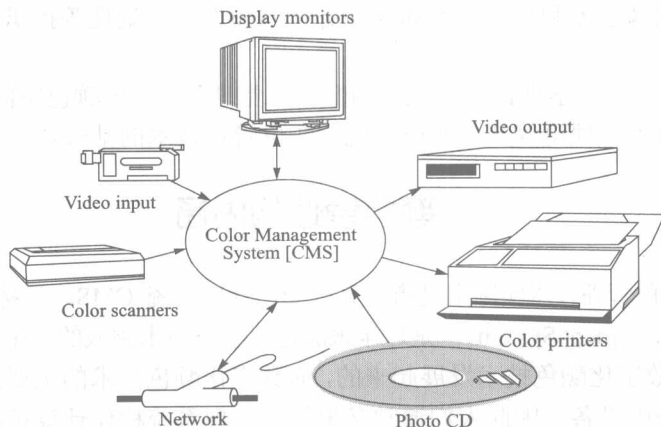


图 0-1 颜色管理系统应用领域示意

颜色管理系统的软件通常包括计算机操作系统、设备颜色特性描述文件即颜色头文件 (Device Color Profile) 系统、颜色转换管理模块 (Color Management Module, CMM) 或颜色转换引擎 (Color Conversion Engine) 等。其中, 设备颜色特性描述文件是整个颜色管理技术的关键环节。

三、颜色管理应用的必然性

颜色管理技术的发展历史可以追溯到 20 世纪 70 年代末和 80 年代初。当时的彩色电子印前系统 (Colour Electronic Prepress Systems, CEPS) 已经具有图文编辑、排版和色彩控制等功能。但是不同厂家或型号的印前系统对颜色信息的描述或转换方法互不兼容, 因此对于同一个图文信息数据采用不同的印前系统进行处理, 则很可能会产生不同的颜色效果。

颜色管理系统的主要目标就是消除不同颜色设备之间的颜色传递特性差异, 从而实现保真的或者符合用户意图 (Intent) 的颜色传递和颜色再现。换言之, 在数字化颜色图文应用系统中, 倘若不进行颜色管理, 则必将出现不同设备之间的颜色信息传递或颜色复制的不一致性或失真问题。

产生上述问题的主要因素有:

(1) 不同厂商或不同型号的同类型设备之间存在颜色特性差异, 这主要是指白场、照明体、原色、Gamma 特性、亮度、亮度对比度、色域等方面的差异, 并由此导致的颜色传递和颜色表现的差异。

(2) 即使是相同厂商及相同型号的同类型颜色设备, 其设备个体之间的颜色特性由于时间推移、地点变化等多方面的原因也会存在上述颜色特性差异。

(3) 不同类型的设备或平台特别是自发光设备如显示器与反射发光设备如打印机之间存在的颜色空间、色貌、色域范围 (如图 0-2 所示)、发光特性等方面的差异, 因此将导致更严重的颜色传递或表现的不一致性问题。

可以认为, 颜色管理系统的应用是计算机彩色图文处理技术或数字化颜色应用技术的水平不断提高的必然结果。

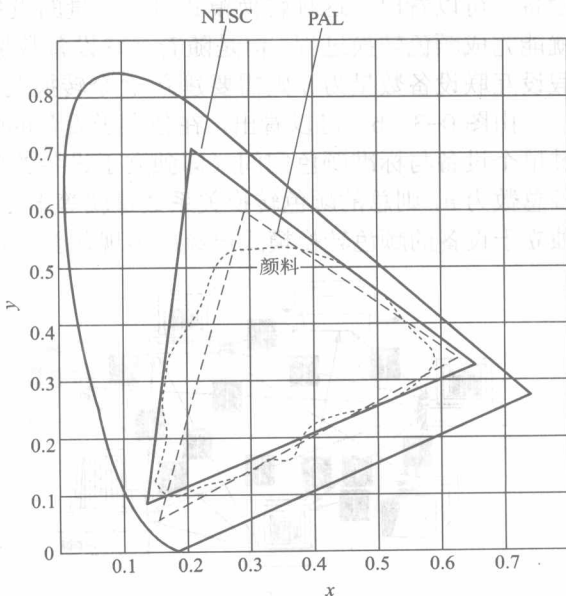


图 0-2 不同设备或媒体的色域差异

四、现代颜色管理系统的特点

根据前面的论述可以归纳出现代颜色管理系统的基本技术途径如下。首先选择一个与设备无关的色空间,例如 CIEXYZ 或 CIELAB;然后对整个系统的各个设备进行颜色特性描述(Characterizing),即在各个设备的颜色空间与标准的、设备无关的颜色空间之间建立确定的转换关系,也即建立颜色特性文件(Color Profiles);最后基于颜色特性文件和颜色管理模块(CMM),就可以实现颜色管理的各种目标。由以上对颜色管理系统技术途径的叙述可以发现颜色管理系统的最大特点就是它的标准化、开放、跨媒体等特性。

国际颜色联盟 ICC(The International Color Consortium)在其推出的颜色管理系统特性文件规范中对颜色管理系统的技术特点进行了说明,其内容大体概括为:采用独立于设备的颜色转换(Device-independent Color Transformation)模式,建立具有开放(open)、厂商中立(vendor neutral)以及跨平台(cross-platform)特性的颜色管理系统。

独立于设备的颜色转换模式即开放模式与依赖于设备的颜色转换模式即封闭模式在转换原理上有本质的区别;前者是构建现代颜色管理系统的正确途径。

由图 0-3(a)可以看出,在依赖于设备的颜色转换模式中,每一种颜色转换过程(T)都是通过两种设备之间的颜色特性关系来完成的,该颜色转换关系的建立依赖于系统两端的设备。可以看出,这种转换模式对于少量的设备互联场合是可取的,因为它仅需要一次变换就能完成颜色转换过程。但是随着互联设备数量的增加,所需转换关系数量的增加是惊人的。假设互联设备数量为 n 则需要建立 n^2 个转换关系。

由图 0-3(b)可以看出,在独立于设备的颜色转换模式中,每一种颜色转换关系都是通过单个设备与标准颜色空间(即独立于设备的颜色空间)来建立的。因此,如果同样假设设备总数为 n ,则总的颜色转换关系数量就等于 n ,大大少于依赖于设备的颜色转换模式。因此,独立于设备的颜色转换模式已经成为现代颜色管理系统的主要技术途径。

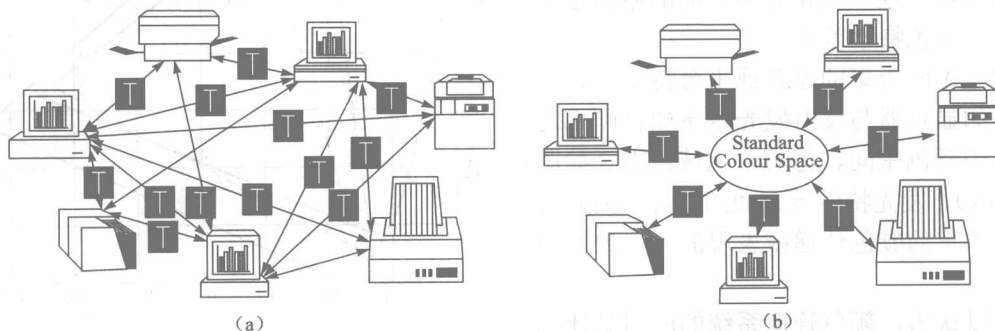


图0-3 两种基本颜色转换模式的结构对比

(a) 依赖于设备的颜色转换模式中; (b) 独立于设备的颜色转换模式中

实现独立于设备的颜色转换模式的关键又在于制定和建立一套设备的颜色特性描述文件系统,简称颜色特性文件系统。颜色特性文件记录了依赖于设备的颜色空间与独立于设备的颜色空间的转换关系。这里所谓独立于设备的颜色空间应当是一种标准颜色空间,例如 CIEXYZ 或 CIELAB。它们可以把所有设备的颜色特性文件链接起来,从而实现跨平台的颜色转换,因此又被称作头文件链接空间,即 PCS。

所谓颜色管理系统的开放性是指颜色管理系统的资源对于所有厂商或用户都是开放的或公开的。即任何厂商都能够将自己的设备颜色特性链接到系统中,并且可以为其他厂商的颜色应用程序或颜色管理模块提供服务。反过来,任何厂商都能够根据颜色管理系统的标准、规范以及资源,开发出自己的颜色管理模块。

所谓跨媒体或跨平台是指颜色管理系统应该能够跨越颜色采集(如扫描仪、数码相机)、颜色显示(如 CRT 显示器)、颜色复制(如彩色印刷或彩色打印)、颜色传递(如互联网)等各种媒体或平台,实现颜色传递或表现的保真性或一致性。

五、ICC 颜色管理头文件规范

ICC 是伴随着颜色管理技术的发展而建立起来的一个著名的国际厂商联盟或组织,成立于 1993 年;其宗旨是在全球范围内推进和建立一套“开放、互利、跨平台”的颜色管理系统。基于此宗旨,ICC 自成立以来一直致力于建立一个通用的颜色管理文件标准或规范即 ICC 颜色特性文件标准: The ICC Profile Specification。迄今为止,ICC 颜色特性文件标准已经过多次修改,最近的版本为 2004 年发布的 ICC.V4.X。

20 世纪 80 年代中期至 90 年代初期,国际上一些著名的公司或企业如 Adobe、Agfa、Apple、Kodak、Hewlett-Packard、Pantone、Xerox 等都先后发展了各自的颜色管理系统;这些颜色管理系统都普遍采用了颜色特性文件即 color profiles 的方案来解决跨平台的颜色传递或重现问题;但是各个企业的 color profiles 标准基本上是自成体系的,因此在它们的基础上建立的颜色管理系统也是互不兼容的。颜色管理技术的先驱 Apple 计算机公司率先意识到解决 color profiles 不兼容的问题应该从计算机的操作系统层面上入手,为此于 1993 年推出了最新版本的颜色管理模块 ColorSync 2.5,该模块建立在 Apple 计算机操作系统 Macintosh 之内。在以上工作的基础上,Apple 计算机公司于 1993 年发起了 ColorSync 联盟,该联盟最初采用 ColorSync 的 color profiles 标准,并致力于该标准在国际范围的推广。因此可以认为 ColorSync 的 color profiles 标准就是目前国际上最流行的 ICC color profiles 标准的前身。

1993 年,由德国印刷及复制研究所 FOGRA 牵头,加上 Apple、Adobe、Agfa、Kodak、Microsoft、SGI、Sun 共 8 家计算机和彩色出版领域的企业发起成立了国际颜色联盟,即 ICC,并在此基础上建立了设备颜色特征的描述方式、颜色转换方法以及交换数据格式等一系列标准。ICC 的成立及相关标准的制定,代表了颜色管理技术发展的一个重要里程碑。截止到 2006

年年底, ICC 已经发展成为具有近 70 个成员的国际企业联盟, 其中 Adobe、Agfa、Apple、Kodak、Sun 五家厂商作为创始成员; FOGRA 被授予荣誉成员。

ICC 成立以后, 各个加盟厂商为了使自己的颜色管理技术能与其他厂商兼容, 都尽量使自己的颜色管理系统符合 ICC 的设计标准, 同时也都推出了一些开放式的颜色管理模块(CMM)以及支持 ICC 标准的应用软件等。已经推出的 CMM 产品主要有 Adobe CMM、Agfa CMM、Apple CMM、Heidelberg CMM、Imation CMM、Kodak CMM、X-Rite CMM 等。其中, Adobe CMM 是 Adobe 产品 Photoshop、Illustrator、Acrobat 等软件的颜色管理模块。

ICC 倡导尽量使用操作系统级的颜色管理系统, 即倡导在计算机操作系统层次上完成颜色管理的任务, 而各类应用程序所包含的颜色数据是建立在与设备无关的色空间内的。在颜色管理系统的基本工作流程中, 由操作系统将输入设备的颜色数据转换到与设备无关的色空间中即 PCS, 再由操作系统将此数据转换到输出或显示设备的颜色空间中。目前, 基于 ICC Profiles 标准的操作系统级的颜色管理已风靡全球的相关领域。诸如 Apple 公司的 Colorsync 3.0、Agfa 公司的 ColorTunePro4.0、Heidelberg 的 LinoColor 以及 Microsoft 公司 Windows 的颜色管理系统, 其中包括 Windows 95 的 ICM1.0、Windows 98/Windows ME/Windows 2000/Windows XP 的 ICM2.0 等, 都是操作系统级的颜色管理系统。

值得注意, 尽管目前基于 ICC Profile 标准建立起来的颜色管理技术已广泛应用于众多领域的数字化颜色产品或应用系统中, 但是有关数字颜色管理的新理论和新技术的研究仍然是当今颜色科学与工程领域所关注的问题。诸如基于光谱的颜色管理、基于色貌或图貌的颜色管理、针对各种新型颜色媒体或设备的颜色管理等都是相关领域的科技工作者正在研究的热点问题。其中, 用于最新的微软计算机操作系统 Microsoft Windows Vista™ 的颜色管理系统被命名为 WCS (Windows Color System), 该系统在现有的 ICC 设备颜色特性文件规范的基础上, 又推出了色貌模型空间、色域映射描述文件等技术规范或途径, 这无疑是对 ICC 大旗下的颜色管理技术的又一次重要的引领和促进。