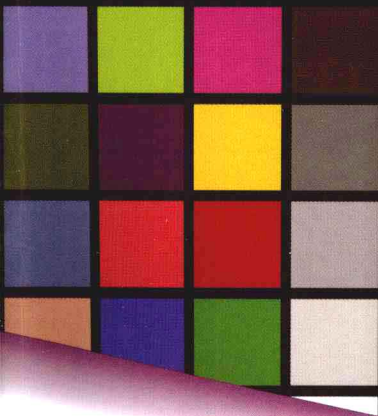




普通高等教育印刷工程专业“十二五”规划教材



印刷色彩管理

Printing

Color Management

张 霞 编著



中国轻工业出版社

普通高等教育印刷工程专业“十二五”规划教材

印刷色彩管理

张 霞 编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

印刷色彩管理/张霞编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2011. 4

普通高等教育印刷工程专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5019-8062-8

I. ①印… II. ①张… III. ①印刷色彩学-高等学校-教材 IV. ①TS801.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 014560 号

责任编辑: 杜宇芳

策划编辑: 林 媛 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 郎静瀛 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京京都六环印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2011 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 10.25

字 数: 225 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-8062-8 定价: 35.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

090197J1X101ZBW

前 言

色彩质量控制是印刷复制必不可少的内容。色彩管理是实现印刷色彩质量控制的方式和方法,它有两方面的内容:一是由传统彩色复制的基本要求所决定的,即按照纸张、油墨及其他印刷条件决定的颜色再现特性进行的基本设定和选择,包括阶调复制、灰平衡及色彩校正等内容,目的是让分色和印刷的条件相适应;二是基于桌面出版系统或图形图像设计系统的自动色彩管理,即以软件的方式来进行设备的校准,对不同的色彩空间进行特性化,针对不同的输入输出设备进行颜色传递以取得最佳的色彩匹配。随着计算机技术在印刷系统中的广泛应用,现代印刷已呈现出开放式、数字化、流程化的发展状态,因此,现代色彩管理借助各种软件,以自动化方式完成色彩的传递和转换。基于国际色彩联盟 ICC 所提出的色彩管理规范,现代色彩管理采用校准、特性化和色彩转换三个步骤来完成不同设备之间的色彩匹配,以保证达到预期的印刷色彩。

本书编著者总结参考了色彩管理的相关资料,并仔细研读了 ICC 色彩管理的相关规范,结合对色彩管理软硬件的使用经验和多年的教学经验,编写了此教材,可以满足印刷工程专业本科生学习色彩管理的需要,也可作为从事色彩管理相关工作的技术人员的参考书。

本教材在讲述 ICC 色彩管理基本原理的基础上,紧密围绕色彩管理实施的三个步骤,讲述了色彩管理的理论和应用实践。教材内容分为三大部分:

色彩管理基础理论(第 1~2 章)——讲述色彩管理的必要性、ICC 色彩管理的基本原理及其组成。

色彩管理实施过程(第 3~6 章)——围绕色彩管理实施的三个步骤,讲述输入设备、显示设备和输出设备的校准和特性化,并叙述了设备相关色空间与特性文件连接色空间之间进行转换的理论,以及设备相关色空间相互之间进行转换的实施方法。

色彩管理的应用(第 7~8 章)——从印前处理的角度出发,讲述色彩管理的工作流程,并对印前图形图像处理软件、组版软件、便携式文档 PDF 处理软件中的色彩管理做了讲述。

教材图文并茂,具有较强的理论性和实践性。希望学习色彩管理的同学能从本书中学到有益的知识,激发对色彩管理的兴趣;也希望从事色彩管理教学的教师能从此书中得到启发,共同进步,更好地做好印刷工程专业的教学工作。但因为时间关系,书中难免存在不足或失误,欢迎使用者提出宝贵的意见和建议,以便及时进行修订、补充和更正。如有需要,请与编著者联系:zxx@whu.edu.cn。

编著者

2011 年 1 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 设备相关色空间和色域	1
1.2 传统的印刷色彩控制和管理模式	3
1.3 现代印刷对色彩管理的需求	4
1.4 本章小结	5
复习思考题	5
第2章 ICC 色彩管理概述	6
2.1 ICC 色彩管理基本原理	6
2.2 ICC 色彩管理组成	7
2.2.1 特性文件连接色空间	8
2.2.2 再现意图	8
2.2.3 特性文件	11
2.2.4 色彩管理模块	17
2.3 ICC 色彩管理基本过程	19
2.3.1 设备校准	19
2.3.2 设备特性化	19
2.3.3 色彩转换	22
2.4 本章小结	22
复习思考题	23
第3章 输入设备的校准及特性化	24
3.1 扫描仪及其特性化	24
3.1.1 扫描仪的基本工作原理	24
3.1.2 扫描仪标准色标	25
3.1.3 扫描仪的校准	28
3.1.4 扫描仪的特性化	29
3.2 数码相机及其特性化	35
3.2.1 数码相机的基本工作原理	35
3.2.2 数码相机标准色标	36
3.2.3 数码相机的校准	38
3.2.4 数码相机的特性化	39
3.3 输入特性文件的应用	42
3.4 本章小结	43
复习思考题	44
第4章 显示设备的校准及特性化	45
4.1 显示器的呈色原理	45

4.1.1	CRT 显示器	45
4.1.2	LCD 显示器	46
4.1.3	显卡	47
4.1.4	影响显示器呈色的因素	49
4.2	显示器的校准	51
4.2.1	校准软件和仪器	51
4.2.2	校准前准备	53
4.2.3	校准目标值	54
4.2.4	校准过程	55
4.3	显示器的特性化	61
4.3.1	显示标准色块	61
4.3.2	创建显示特性文件	62
4.3.3	应用显示特性文件	63
4.4	本章小结	64
	复习思考题	65
第 5 章	输出设备的校准及特性化	66
5.1	输出设备的呈色特点	66
5.1.1	打印机的呈色特点	66
5.1.2	印刷机的呈色特点	68
5.2	测量仪器	70
5.2.1	反射分光光度计种类	70
5.2.2	反射分光光度计测量条件	72
5.3	输出设备的校准	74
5.3.1	打印机的校准	74
5.3.2	印刷机的校准	81
5.4	输出设备的特性化	81
5.4.1	标准色标	82
5.4.2	特性化参数	86
5.4.3	打印机的特性化	86
5.4.4	印刷机的特性化	89
5.5	本章小结	90
	复习思考题	90
第 6 章	色彩转换	91
6.1	设备色与 PCS 间的色彩转换	91
6.1.1	测量值修正	91
6.1.2	设备色彩值与 PCS 值的转换	97
6.2	设备间的色彩转换	101
6.2.1	设备间色彩转换流程	102
6.2.2	设备间色彩转换示例	103
6.3	本章小结	104
	复习思考题	105

第 7 章 色彩管理流程	106
7.1 色彩管理流程的类型	106
7.1.1 按颜色转换时间划分	106
7.1.2 按颜色传递方式划分	108
7.2 应用软件中的工作流程	111
7.2.1 文档的特性文件	111
7.2.2 软打样	112
7.2.3 打印	114
7.3 本章小结	115
复习思考题	116
第 8 章 应用软件中的色彩管理	117
8.1 Adobe 色彩管理框架	117
8.1.1 颜色设置	117
8.1.2 指定和转换	128
8.1.3 置入对象的色彩管理	129
8.1.4 模拟和软打样	131
8.1.5 打印	134
8.2 PDF 色彩管理	137
8.2.1 PDF 与 PDF/X	137
8.2.2 PDF 的色彩管理	140
8.3 本章小结	148
复习思考题	148
参考文献	150

第 1 章 绪 论

从彩色印刷技术出现以来,印刷色彩一直都是印刷质量控制的核心。随着数字化技术和网络技术的发展,印刷技术逐渐完成了从模拟式的图文复制过程到数字式的图文信息一体化复制的演变。现代印刷技术以数字作为图文信息的载体,在网络互联的各种设备间实现图文信息的传递、处理和再现。在这样的技术背景下,印刷色彩的质量控制方式也发生了巨大的改变。现代开放式的色彩管理系统正逐渐取代传统封闭式的色彩质量控制技术,印刷色彩管理正在朝着“所见即所得”的方向发展。

1.1 设备相关色空间和色域

从颜色视觉形成的过程可知,颜色与光源、颜色物体的光谱反射率(包括颜色物体的吸收特性)、人眼的光谱视觉特性等因素有关。在印刷工艺中需要采用印前、印刷等各种设备,不同的设备所采用呈色介质材料的光谱特性不同,有的是色料介质,有的是光介质。采用光介质的材料,呈色遵循加色法原理,相应的设备有扫描仪、显示器、投影仪等,其颜色空间多是 RGB 色彩空间;采用色料介质的材料,呈色主要遵循减色法原理,相应的设备有打印机、印刷机等,其采用的色彩模式多是 CMYK 模式。

当由不同呈色模式的设备来表现同一颜色时,对应的颜色数值是不同的。如同样一个红色,在显示器上表现时对应特定的 RGB 数值,而用印刷机在纸张上印刷时对应特定的 CMYK 值;对于呈色模式相同的不同设备来说,要表现出同一个颜色,所用的颜色数值也不一定相同,如在不同品牌的显示器上表现同样一个红色时,其所对应的 RGB 值是不同的。另外,材料特性也会影响颜色表达,如采用同一台印刷机,当分别采用不同的油墨或纸张去印刷同一种颜色时,所采用的 CMYK 数值也不相同。

反之,当用不同设备和材料来表达同一颜色数值代表的颜色时,所表现的颜色视觉效果也相差较多。将同样的 RGB 数值用不同的显示器来表现,显示的颜色效果可能也有较大差别,如将 RGB (255, 0, 0) 的红色分别用不同的显示器显示,可能会得到不同的红色颜色感觉。又如,用同一台印刷机,当分别采用不同的油墨或纸张去印 CMYK (90, 10, 10, 10) 的颜色时,所印出的颜色也不相同。出现这种现象的原因是用 RGB 或 CMYK 等色空间来表示的颜色,颜色的视觉效果是基于设备和材料的。当设备和材料改变时,对应的颜色效果就会发生变化。因此,将 RGB 和 CMYK 颜色称为设备相关的颜色 (Device-dependent Color), RGB 和 CMYK 颜色空间则称为设备相关的颜色空间 (Device-dependent Color Space)。

每种设备硬件所采用的技术限制了它可处理的色彩范围,这个色彩范围是设备能实现的最亮白色、最黑黑色和最饱和颜色构成的范围,称为设备的色域 (Gamut)。色域可以用不同的方式绘制表达,如图 1-1 中,分别在 xy 二维色度平面、 ab 二维色度平面和 LAB 三维空间中绘制了某显示器和某单张纸印刷机的色域。因为 CIE XYZ 色度空间的不均匀

性，在二维 xy 色度平面表示的色域会夸大一些颜色而压缩另一些颜色。CIE LAB 空间是均匀颜色空间，在二维 ab 色度平面上绘制的色域是均匀的，但只能表示单一的明度水平。真正的色域图应当是复杂的三维形态，如图 1-1 中左下方的是某单张纸胶印机的色域，右下方是某显示器的色域。

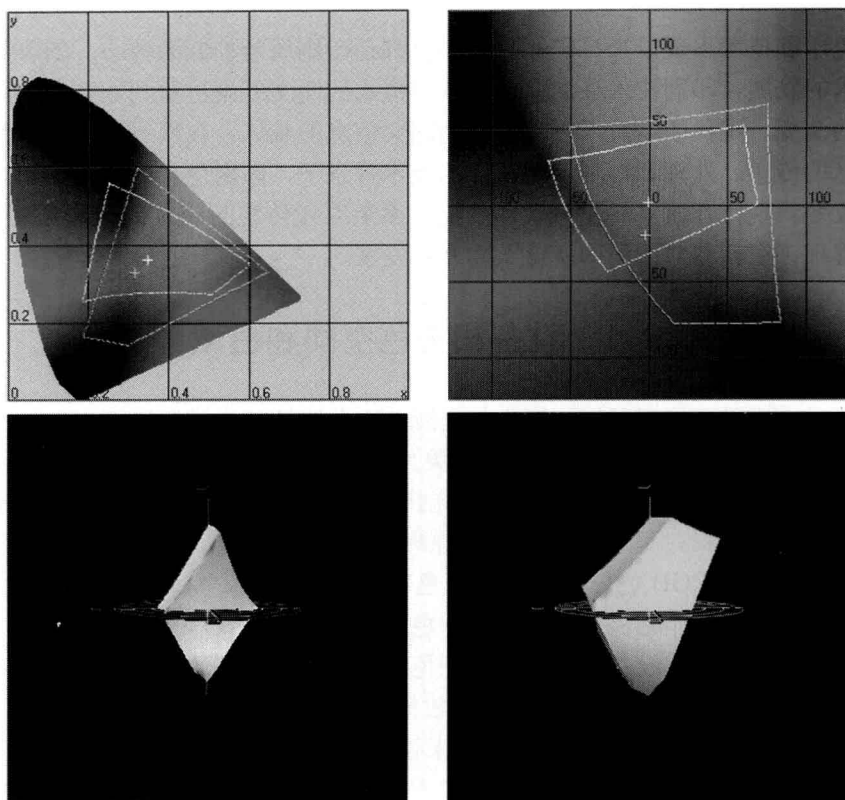


图 1-1 色域

所有显示设备和输出设备都有确定的色域，有可复制的固定颜色范围与阶调范围。显示设备和输出设备的色域受限于设备所使用的最饱和的颜色，也就是它们所使用的原色。所以，在显示器上不可能获得比其所使用的红色荧光粉更饱和的红色，也不可能从一台打印机上得到比纯青和纯黄墨水混合出的绿色更饱和的绿色。输出设备具有有限的密度动态范围，即它们能够复制出的最大亮度范围。显示器可显示的最暗的黑色是发送 RGB 为 (0, 0, 0) 给显示器时得到的结果，显示器可显示的最亮的白色是让红、绿、蓝三种荧光粉全部以最大强度发光时所获得的颜色。打印机或印刷机所能呈现的最明亮的白色就是纸的白色，最暗的黑色就是用最大限度墨量叠印，而又不会产生洇湿时所产生的四色墨。

扫描仪和数字相机等输入设备没有明显的色域，因为在它们能“看见”和“看不见”的颜色之间没有明显的界限，它们具有颜色混合功能，即用特定的红、绿、蓝原色值就可以混合出唯一的一种颜色。尽管如此，还是可以为扫描仪确定一个“有效色域”，即用扫描仪扫描的照片或透射阳图片原稿的色域。输入设备的有效色域通常比复制其采集的图像时所用的输出设备的色域宽广很多。虽然输入设备没有固定的色域，但它们确实具有固定

的密度动态范围,即扫描仪或数字相机工作的亮度范围,在这个范围内它们才可以区分出采集图像的亮度差别。低于某一特定的黑度水平或密度水平时,就不能区分亮度的差别,对捕获的所有颜色都返回0值。同样,对于高于一定明亮水平的颜色,设备也不能分辨出亮度的差别。输入设备普遍比输出设备所能复制的密度动态范围更加宽广。

具有不同表色方式、不同色域的设备使得颜色的传递和复制受到很大影响。首先,颜色在采用不同表色模式的设备之间传递时,必须要进行色彩转换。如RGB数值表示的色彩可以在显示器上显示,当用印刷机印刷时,就必须转换为CMYK数值,其转换是比较复杂的。另外,因为设备色域和密度动态范围的差别,在进行色彩复制时也需要进行色彩转换,而且在颜色转换时可能会造成某些色彩的不正确复制。例如,一个处在某显示器色域范围内的颜色,也落在某六色印刷机的色域之内,实施色彩转换印刷输出后,可以得到较为准确的颜色效果。但是同样一个显示器色域内的颜色,落在某四色印刷机的色域之外,所以在屏幕上看起来显示准确的颜色经过色彩转换,在印刷输出后会产生非常大的偏差。另外,如果所使用的原稿图像密度动态范围或色域比输出设备的大,则一定不能在输出设备上正确地复制出原稿的颜色。

由此可见,设备和材料的不同色彩特性为色彩复制带来了影响,而且设备的色域和密度动态范围差别所带来的问题,是没有绝对正确的解决方案的。但是,印刷客户仍期望能够得到预期的颜色并能永远保持一致。即使不同设备再现颜色的方式不同,他们仍然期望自己的彩色页面总是能够正确一致地被复制。因此就需要专门的色彩控制技术和色彩管理技术才能实现色彩复制一致性的控制。

1.2 传统的印刷色彩控制和管理模式

彩色印刷技术的发展经历了电子分色+激光照排、桌面出版系统(DTP)、计算机直接出胶片(CTF)和计算机直接制版/计算机直接印刷(CTP)四个阶段,目前正朝着数字化工作流程的方向发展。自彩色桌面出版系统(数字印前系统/CEPS)出现以来就开始了基于计算机对传统制版工艺的简化历程,使图文编辑、创意设计、排版和色彩控制能够采用软件(数字)方式完成。但受到软硬件环境的限制,当时的色彩管理技术还没有得到很好的应用,尤其在国内,很多企业仍然采用传统的色彩控制技术。

传统的色彩控制技术建立在以“密度控制”为核心的色彩属性的定义与描述的理论基础上,通过一个封闭的体系来进行色彩的识别与校正,只适合于封闭的印刷系统,即只适合特定的印刷环境。传统的色彩控制技术的方法是通过简单的仪器与工具(密度仪、放大镜),借助色彩控制条来获得印刷色彩的灰平衡、彩色校正、最佳印刷密度、网点扩大等色彩控制数据。由操作人员分析数据,结合生产经验去反复调整设备的相关参数,直到达到质量控制要求。这种色彩控制方法与操作人员的技术经验息息相关。为达到理想的质量控制效果,操作人员需要接受长期的技术培训和经过长期的生产时间来积累经验(5~10年),而且只能在一个封闭的作业环境中,通过一个配合完备的团队来实现,有很高的技术要求。这种色彩质量控制方式存在很多问题,包括印刷生产前后分离、技术参数随意、质量控制事后补救、生产稳定性差、质量波动大和材料浪费多等。其中最大的问题是其所建立的质量控制体系只适合固定的生产环境,一旦设备发生更换或生产环境发生改变,就

需要重新建立，难以实现色彩信息在不同的印前或印刷工艺过程中传递，因此就难以实现不同印刷企业间的合作生产，极大地限制了印刷向网络化作业的方向发展。

为改变传统的色彩控制方式，在彩色桌面出版系统出现之后，计算机技术在印刷领域，尤其是印前得到普及应用。基于计算机技术的色彩管理概念也在那时被提出并被人们所接受。但由于当时的印前系统仍然是一个封闭系统，由不同供应商生产的设备与软件之间不能互相兼容，相互之间不能直接进行色彩的传递。同一个文件在不同的印前系统输出，可能会产生不同的结果。为实现同一组色彩数值在不同设备上都能表现同样的颜色视觉效果，需要采用专门的色彩转换程序完成不同设备间的色彩转换。如图 1-2 所示。

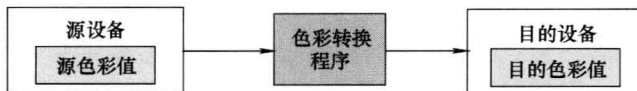


图 1-2 色彩转换

传统的色彩管理模式基于上述的色彩转换基本原理。当有多个源设备和多个目的设备存在时，由于设备的软硬件互不相兼容，必须为每一对设备建立专门的色彩转换关系，所建立的转换关系不适合其他设备之间的色彩转换。如图 1-3 所示，每个源设备都需要和每个目的设备建立特定的色彩转换关系，当增加新的目的设备的时候，必须重新建立源设备和这台新的目的设备之间的色彩转换关系。同样的道理，在目的设备不变时，如果源设备发生了变换，其间的色彩转换关系也需要重新建立。当有 m 台源设备、 n 台目的设备时，这种色彩管理方式需要建立 $m \times n$ 种色彩转换连接关系，其过程比较繁复。当新的设备出现或设备发生更换时，需要重新建立色彩转换连接关系，所以和基于密度和经验的传统色彩控制方法一样，这种模式也只适合封闭的印刷系统。为了实现色彩复制的一致性和稳定性，用户需要创造一个特定的环境并不断地改变作业状态。因为没有通用的色彩管理结构可以使用，每个应用者都必须配合硬件供应商，在输入设备和输出设备之间不断调整。

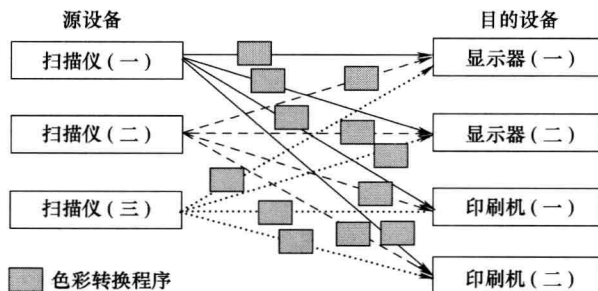


图 1-3 传统色彩管理模式

1.3 现代印刷对色彩管理的需求

现代印前系统是开放的，可以连接各种输入设备和各种输出设备。一个印前系统并不是专门为某一输出设备而工作，或是只为某一种印刷方式做印前处理。在一个印前系统中可以采用电子分色机、扫描仪、数码相机等设备作为输入设备，同时可以为丝网印刷、凹

版印刷、柔性版印刷等多种印刷方式作印前处理。总之，现代印前系统是由多种输入设备、多种用途的输出设备组成的系统，形成如图 1-4 所示的体系。

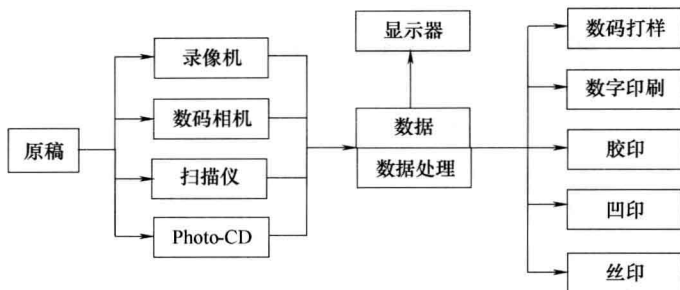


图 1-4 开放式的印前体系

除了开放式的印前系统，整个印刷工艺流程也呈开放趋势。在网络的支持下，一个印刷作业可以在分布在世界各地的多个印刷企业中同时完成，而且所有完成的印刷产品要保证色彩的一致性。在这种开放式的体系中，印前、印刷的设备和环境都是不同的，即异构的。采用传统的色彩管理模式显然难以消除或屏蔽设备和环境的异构，实现色彩的一致输出。因此，虽然采用传统的色彩管理模式能够实现特定设备之间的色彩转换，但为特定设备所建立的色彩转换关系不具有普遍性，当设备发生变化或更换时，需要重新建立，这样就无法满足开放式的生产要求。如果要想实现异构印刷系统之间的色彩交流和交换、异构的印前色彩在异构的印刷环境中一致地输出，需要一种基于标准的、完全开放的现代色彩管理模式。这种标准可以让行业中的企业共同遵守，以此舍弃繁复的色彩转换，实现畅通的色彩沟通和交流。

1.4 本章小结

色彩质量的控制是彩色印刷质量控制的核心，以密度控制为核心的传统色彩控制技术对操作者经验和技术要求很高，以计算机色彩转换程序为核心的传统色彩管理技术虽然简化了操作者的工作，但无法适应印刷向开放系统的发展。为满足异构设备和异构印刷环境中的色彩交流和色彩传递，实现所见即所得的色彩控制，需要一种标准的、数字化的色彩管理，这是现代印刷对色彩管理的需求。

复习思考题

1. 什么是设备相关色空间？说明设备相关色空间为颜色复制带来的影响。
2. 什么是设备的色域？说明设备色域为颜色复制带来的影响。
3. 简述密度控制为核心的传统色彩控制方法。
4. 简述基于计算机色彩转换程序的传统色彩管理模式。
5. 简述开放的印前系统和封闭的印前系统的差异。
6. 简述现代印刷对色彩管理的需求，思考现代色彩管理应采用什么模式。

第 2 章 ICC 色彩管理概述

为实现开放式的色彩管理，1993 年由 Adobe、Agfa、Apple、Kodak、SUN Microsystems、Barco、Cero 和 Fuji Xerox 等八大电脑和电子影像发展供应商组成了国际色彩联盟（International Color Consortium，简称 ICC），其目的是解决色彩管理的兼容性问题，建立一个开放的、独立于供应商的、跨平台的色彩管理系统构架和组件。ICC 为此而制定了一些规范，这些规范已经得到广泛应用，并且成为色彩管理的国际标准。

2.1 ICC 色彩管理基本原理

印刷系统中的各种设备采用 RGB 和 CMYK 等与设备相关的色空间，同一组 RGB 或 CMYK 数据在不同设备上表达时会产生不同的颜色视觉效果。与设备相关色空间不同，CIE XYZ 和 CIE LAB 等色空间直接用一组数值来模拟人类的颜色视觉，而不是使用一组所需要的数值去驱动一个特定的设备来生成颜色。它们的色彩数值和设备没有关系，不同设备在表达同一组 XYZ 或 LAB 数据代表的颜色时，都必须调节自身的行为，表达出此组数据所代表的颜色视觉效果。因此，把 XYZ 和 LAB 等数据代表的颜色称为设备无关色（Device-independent Color），CIE XYZ 和 CIE LAB 色空间则称为设备无关色空间（Device-independent Color）。

为屏蔽各种设备的异构性，真实记录设备的颜色特性，ICC 提出了一种描述设备色彩特性的跨平台文件格式规范。依据该规范可以为印刷工艺中的各种设备建立特性描述文件（Profile）。设备特性描述文件记录设备如何表达颜色以及可以再现的颜色范围等。另外，ICC 提出用与设备无关色空间作为设备间色彩转换的中间颜色空间，即不直接将用一个设备的色空间表达的颜色转换为另一个设备的，而是先转换为设备无关色空间表达的颜色，再将设备无关色空间表达的颜色转换为用另一个设备的色空间表达的颜色。这个中间的颜色空间起连接设备色彩转换的作用，称为特性文件连接色空间（Profile Connection Space，简称 PCS）。因此，在特性文件中记录设备表达的颜色时就记录了设备色彩数值和设备无关色彩值之间的对应关系或相互转换关系。图 2-1 显示了通过特性文件和特性文件连接空间而实施的设备间的色彩转换。

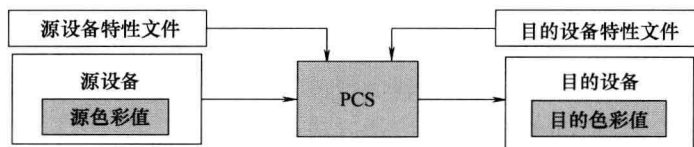


图 2-1 色彩转换

图 2-1 中，色彩转换的色彩输入数值来自源设备，转换后的色彩数值输出给目的设备。源设备和目的设备的色彩复制特性都记录在特性文件中，在源设备特性文件中可以得

到源设备色彩值到 PCS 色彩值的转换关系，在目的设备特性文件中可以得到 PCS 色彩值到目的设备色彩值的转换关系。因此，通过 PCS 就可以将源设备色彩值转换到目的设备色彩值，而无需复杂的算法实现源设备色彩值和目的设备色彩值的直接转换。而且，通过 PCS 各种源设备的色彩都可以转换为同一种目的设备色彩值；同种源设备的色彩也可以转换为不同目的设备色彩值。因此，借助设备的色彩特性文件和特性文件连接空间，传统的 $m \times n$ 的色彩转换模式可以变为如图 2-2 所示的 $m+n$ 的色彩转换模式。在现代色彩管理模式中，每对源设备和目的设备没有建立直接的色彩转换关系。由源设备表达的颜色先经过色彩转换程序转换到设备无关色空间对应的颜色，由设备无关色空间表达的颜色可以通过色彩转换程序转换到多个目的设备表达的颜色。中间的设备无关色空间屏蔽了源设备和目的设备的异构，这样可以满足开放式印刷生产的需求；另外，原来复杂的 $m \times n$ 个的色彩转换被简化为 $m+n$ 个色彩转换，也极大地简化的色彩管理的复杂度。

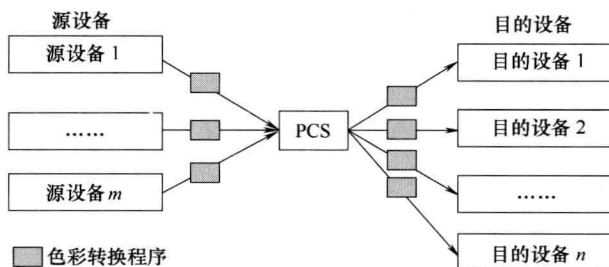


图 2-2 现代色彩管理模式

执行色彩转换时，色彩转换程序分别读取源设备和目的设备的特性文件，即读取设备的色彩特性，然后通过特性文件连接空间实现色彩转换。基于 ICC 规范的设备特性文件格式是跨操作系统平台的，所以可以将特性文件或嵌有特性文件的图像在不同操作系统上使用，这给用户和软硬件供应商都提供了极大的灵活性。用户可以不用担心图像在不同系统或应用程序中色彩会发生变化，印刷机的制造商则可以为多个操作系统只制作一个特性文件。

在 ICC 色彩管理模式中，设备特性文件描述由设备所产生的 RGB 和 CMYK 数值所代表的颜色感觉，色彩转换程序保证这些 RGB 和 CMYK 数值在设备间传递时保持颜色感觉一致，使得色彩无论在显示器、打印机或印刷机上都有相同的颜色感觉，即“所见即所得”。因此，ICC 色彩管理模式需要完成两个任务：定义颜色的含义、设法保持颜色的含义。这种模式克服了传统模式的缺点，符合了开放式的需求，而且基于计算机软件控制，实现了全数字化的作业，不再依赖操作者的经验，简化了色彩控制的难度，提高了色彩再现的精度。

2.2 ICC 色彩管理组成

基于 ICC 的色彩管理系统一般包含四个基本组成部分：特性文件连接色空间（PCS）、再现意图、特性文件和色彩管理模块（Color Management Model，简称 CMM）。

2.2.1 特性文件连接色空间

特性文件连接色空间 (PCS) 由设备无关色空间担任, 用来标定和定义颜色的视觉含义, 完成色彩管理的第一个任务。ICC 色彩管理规范中只规定了 CIE XYZ 和 CIE LAB 两个设备无关的色空间作为不同类型特性文件的 PCS。从色空间的定义上讲, CIE XYZ 和 CIE LAB 包含了人眼可见的颜色范围, 它们表示视觉感知的颜色, 当颜色被定义为 XYZ 或 LAB 值之后, 就可以知道正常颜色视觉的人对它的感觉。用设备相关色空间表示的一组颜色数值和一种颜色感觉对应, 即对应着特定的 XYZ 或 LAB 数值。所以, 可以用 CIE XYZ 和 CIE LAB 作为“枢纽中心”, 通过它们就可以在各种设备之间传递所有的颜色, 保证色彩一致的颜色视觉。

特定设备再现的色彩样本的 PCS XYZ 值可通过测量色彩样本反射或透射的光谱总量, 结合观察样本的光源的相对光谱能量分布以及 CIE 标准色度观察者计算得到。但是, 因为 CIE 定义了 2° 和 10° 视场的两种标准观察者、不同的照明/观察条件以及一系列的光源, 所以对 PCS 要做明确的限定和说明。基于国际标准《ISO 13655: 1996, 图像技术—图像的光谱测量和色度计算》, ICC 定义了 PCS 是采用 CIE 1931 标准色度 2° 观察者、D50 标准光源、对于反射介质采用 $0^\circ/45^\circ$ 或 $45^\circ/0^\circ$ 的照明/观察条件而得到的 CIE XYZ (或 CIE LAB) 值。如果测量和计算设备色 XYZ 值的条件与之不符, 要对得到的色度值进行修正或转换。

另外, 环境光刺激作用在色彩样本介质上时, 会产生不同效果, 造成颜色外貌的不同, 而且不同的照度也会影响颜色的实际感觉, 这些都是简单的 CIE 系统不能解决的。所以, 单凭 PCS 值不能确定颜色的外貌。为了克服这个问题, 要以两种不同的方式来应用 PCS, 第一种是简单地应用 PCS 的色度数值作为颜色外貌。第二种是指定确定色彩样本色貌的参考介质和参考观察环境, 当色彩样本介质与参考介质不同, 或观察样本的环境与参考观察环境不同时, 要做色度修正或转换。这两种方式与 2.2.2 中的再现意图对应, 前者对应色度再现意图, 后者对应感知意图再现意图。在建立设备特性文件时, 确定并记录采用不同意图的设备色和 PCS 之间的转换方式。

2.2.2 再现意图

基于特性文件连接色空间, 原稿中的颜色可以通过色彩转换在输入设备、显示设备和输出设备中进行传递和复制, 但各种设备的色域和动态范围一般都不匹配, 需要进行色彩转换。执行转换时, 色彩来源的设备称为源设备, 输出色彩的设备称为目的设备。在印刷复制中, 输入设备常常作为源设备, 显示设备和输出设备通常是目的设备, 但也可以作为源设备, 例如, 在用一台显示器模拟另一台显示器的色彩显示效果时, 被模拟的显示器就是源设备; 当用打印机模拟印刷机的输出效果时, 印刷机就是源设备。不过, 印刷机通常是印刷色彩复制的最终目的设备。在各种设备中, 输入设备的色域和动态范围通常是大于输出设备的, 所以在色彩复制中, 源设备可以表现的色彩不可能全部被目的设备复制再现, 这些不能复制的源设备色彩就称为色域外颜色。色域外的颜色在目的设备上不可能得到精确的再现, 所以, 执行色彩转换时, 如何处理由于设备色域和动态范围造成的这些问题决定了色彩再现的效果。另外, 不同的应用有不同的色彩复制要求, 也需要在色彩转换

时做相应的处理。

ICC 特性文件规范定义了四种异色域色彩转换的色彩再现方式，称为再现意图。对于设备间的色彩转换，再现意图处理源设备到目的设备的白点映射、阶调映射和色域压缩；对于设备色度与 PCS 色度的转换，再现意图处理设备的介质白点、动态范围、色度坐标修正等问题。ICC 设备特性文件中保存了特定再现意图的设备值和 PCS 值之间的转换关系（参见 2.2.3）。四种再现意图分别是感知意图（Perceptual Intent）、饱和度意图（Saturation Intent）、相对色度意图（Media-relative Colorimetric Intent）和绝对色度意图（Absolute Colorimetric Intent）。其中，感知意图重视颜色的色貌，考虑色彩相互关系对颜色外貌的影响，为保持色彩整体感觉一致，会在色彩转换时改变所有色彩的色度值；相对色度意图和绝对色度意图都是基于颜色的色度值，色彩转换时尽量保证色度的准确复制。两种色度意图之间存在简单的计算关系，因此，ICC 只对相对色度意图作为详细的规定，绝对色度意图的转换结果可由相对色度意图计算得出。

2.2.2.1 感知意图

感知意图强调保留颜色之间的现存关系。因为人眼在观察色彩时的感觉具有与背景或周围景物相比较或相参照的特点，所以人眼对于当前颜色与周围颜色之间关系的敏感性远大于颜色实际光谱分布的敏感性。在进行颜色转换时，感知意图把源设备色空间中的所有颜色压缩到目的设备色空间中，且保持所有颜色相互关系不变。ICC 没有规定感知意图的色彩转换方法，色彩管理开发者可以采用内部定义的转换方法来实现感知意图的色彩再现。

采用感知意图时，源色空间的白点一般会映射到目的色空间的白点，但有时为了得到某种特殊的色彩再现效果，源色空间的白点也会映射到目的色空间其他颜色点。相对于白点的目标值，源色空间所有的颜色都会被分配一个新的数值，以保证各颜色之间的差别关系。在对超出色域的颜色进行处理时，目的色空间内部可以复制的那部分也会被修改，以便让超出色域的颜色也挤到目的色域范围内，如图 2-3 所示。源色空间的最大亮度映射到目的色空间的最大亮度，其他亮度动态调节，进行均匀压缩。感知意图改变源设备色空间中所有的颜色，使所有颜色在整体感觉上保持不变。感知意图重视色彩的相对位置关系，

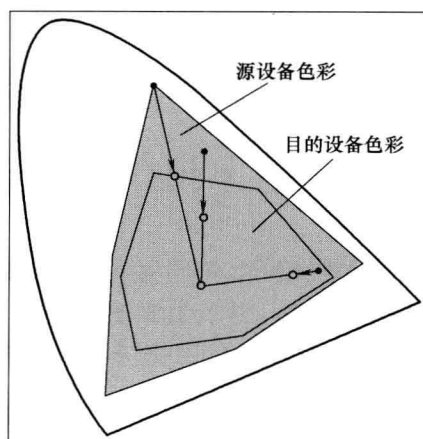


图 2-3 感知意图

保持图像色彩整体的自然印象,适合于以视觉观察为主的影像与照片类的连续图像。但是,即使是能够再现的色彩,也会从整体平衡的角度用其他色彩进行替代,所以不适合重视测色一致性的颜色复制。

2.2.2.2 饱和度意图

饱和度意图的核心是基于饱和度轴,它保留颜色的饱和度而不考虑颜色之间的相应关系,把源设备色空间中高饱和度的颜色转换成目的设备色空间中高饱和度的颜色。这种转换算法的色彩转换效果与原稿差别比较大。同感知意图一样,ICC 没有规定饱和度意图的色彩转换方法,色彩管理开发者可以定义自己的转换方法。饱和度意图适用于各种图表和其他商业图形的复制,或彩色标记高度或深度的地图制作,但不适合颜色精度要求很高的印刷品的色彩再现。

2.2.2.3 相对色度意图

ICC 定义了相对色度意图的色彩转换方法。考虑到人眼总是要去适应正在被观察的介质的白色,所以相对色度意图将源色空间中的白点直接映射到目的色空间的白点上,然后再根据变化后的白点对所有的颜色进行计算,以保持这些颜色相对于白点的关系。采用这种意图进行颜色转换时,保持位于色域共同区域内的颜色不变,目的色域外的颜色由离其最近的颜色代替,也就是将色域外的颜色裁剪掉,如图 2-4 所示。两色空间的最大亮度相互重叠,其他亮度动态调节,进行均匀压缩。所以对于图像复制而言,相对色度的再现意图比感知意图保留了更多原来的颜色,但目的色域外的颜色用色域边界的颜色来复制,这些颜色的再现会有较大差别,并会造成颜色在高光或暗调处阶调丢失。

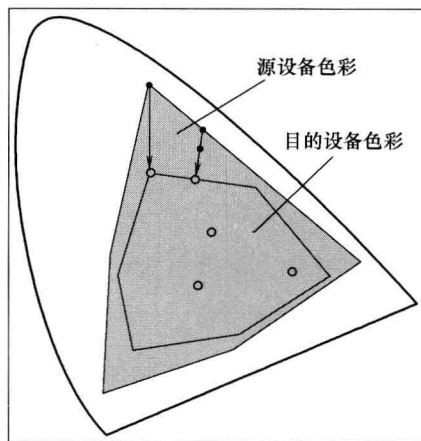


图 2-4 相对色度意图

2.2.2.4 绝对色度意图

绝对色度意图与相对色度意图很相似,不同的是它不把源设备色空间的白点映射为目的设备色空间的白点,而是在目的设备上对源设备色空间白色的模拟。将不能在目的色空间被匹配的颜色修剪掉,并以目的色空间中与它最接近的边缘颜色替代。同时,对亮度也进行裁剪,即目的设备色域内的亮度精确再现,色域外的亮度升高或降低,直至正好在色域上。绝对色度意图在源色空间色域大于目标色空间色域的情况下存在颜色切除情况,但是在目标色域内的颜色都可以准确地匹配。