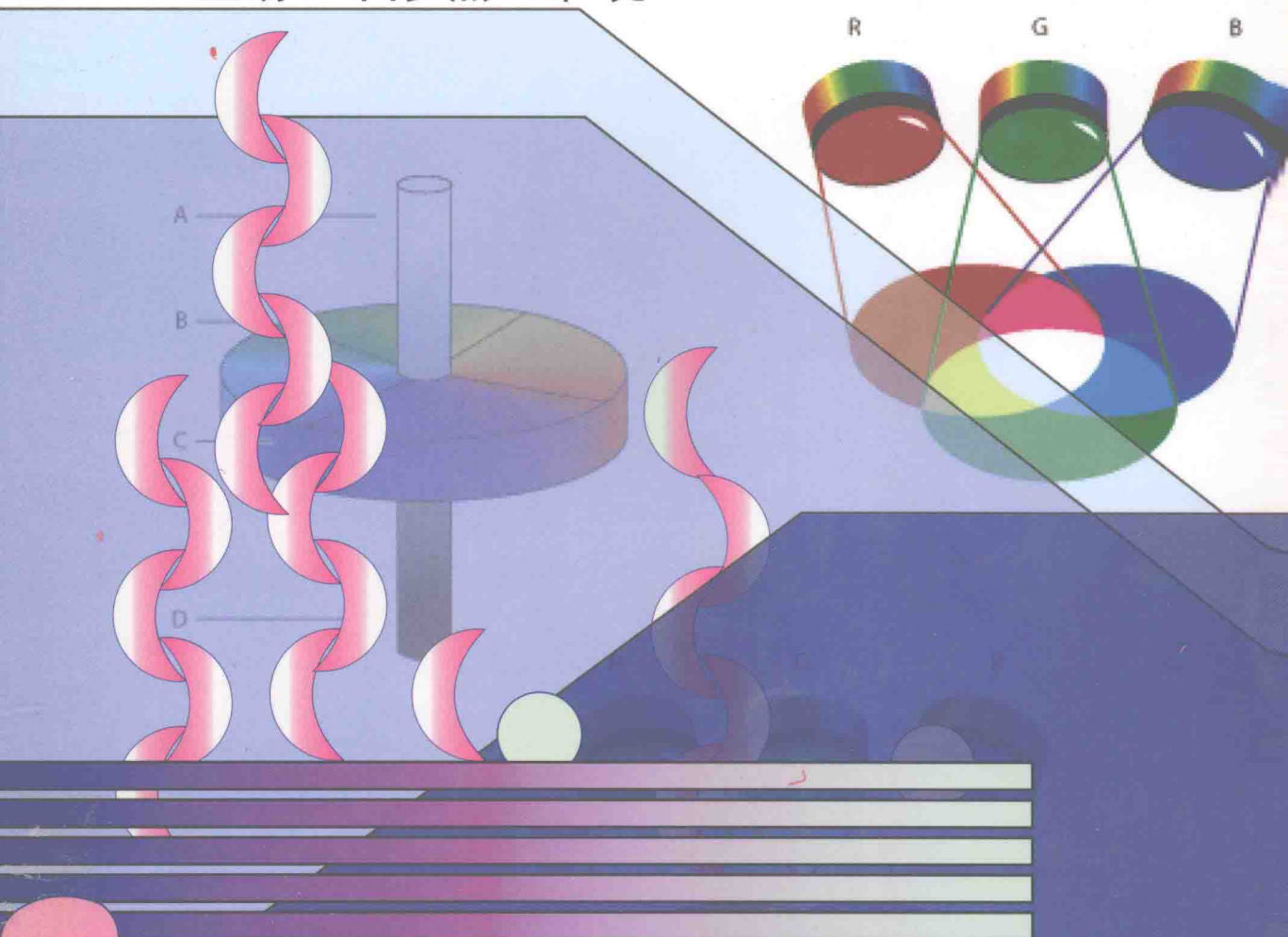


● 信息技术应用丛书

数字色彩

主编 田少煦 谭亮

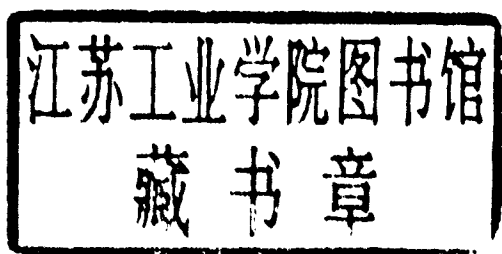


中央广播电视大学出版社

信息技术应用丛书

数字色彩

主编 田少煦 谭 亮



中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字色彩 / 田少煦, 谭亮主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2006. 8

(信息技术应用丛书)

ISBN 7-304-03657-5

I. 数... II. ①田... ②谭... III. 计算机辅助设计—色彩学
IV. J063-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 094989 号

未经作者书面许可, 任何单位和个人不得以任何形式使用(包括但不限于纸媒体、网络、光盘等介质转载、摘编、出版、传播)本书之部分或全部文字内容、课程构架和原创图形图像。

版权所有, 侵权必究。

信息技术应用丛书

数 字 色 彩

主编 田少煦 谭 亮

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010-58840200

总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 丁秀娟 钟 和

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

印数: 0001~2000

版本: 2006 年 8 月第 1 版

2006 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 12.5 字数: 285 千字

书号: ISBN 7-304-03657-5/TP·302

定价: 39.00 元(含 DVD-ROM 光盘 1 张)

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

信息技术应用丛书编委会

编委会主任：严 冰

编委会副主任：曾仲倍 胡新生

编委会委员：

中央广播电视大学校长助理 李林曙 教授

深圳广播电视大学现代教育技术中心主任 胡新生 博士 教授

江西科技师范学院现代教育技术中心主任 李广振 教授

江西师范大学软件学院院长 黄明和 教授

南昌大学计算机中心副主任 陈 炼 教授

中山大学信息科学与技术学院副院长

软件学院副院长 常会友 博士 教授

前 言

说到艺术色彩,人们联想到的必然是100年前的蒙塞尔、奥斯特瓦德,是地球仪一般的色立体和建立在它基础之上的色彩序列,以及由它们演化而来的“色彩构成”教学。这种现象贯穿于整个20世纪并持续至今,在我国艺术设计和设计教育界变成了一种约定俗成。但事实上,当今90%以上的色彩设计都是借助于计算机来实现的。如何探索与信息社会新的设计样式相吻合的设计基础教学,如何让面向未来的设计教学跟上历史前进的步伐,是我们这一代人不可避免的现实。

“色彩构成”是一种基于颜料的减色系统的色彩体系,它与计算机这种基于光色的加色系统的色彩体系存在较大的差距。如果我们继续把100年前的色彩理论强加在计算机色彩上,势必造成色彩理论与色彩应用的背离。

为了弥补历史原因造成的遗憾,我们撰写了这本《数字色彩》教材。它以田少煦教授主持的教育部科研项目“数字色彩:基于数字媒体领域的色彩应用研究”和广东省高校现代教育技术151工程项目“数字色彩”为理论支撑,是这两个科研成果之一。它与市面上发行的围绕电脑软件编写的相关教材的根本区别在于,它不依赖电脑软件而存在,而把艺术色彩的原理融合在数字化设计之中,它是一个开放的体系,显示出较强的包容性和可持续性。它还是一本原创性的教材,具有独立的知识产权。

“数字色彩”是数字媒体设计与制作专业的一门必修课,也是其他艺术类、传播类专业的一门重要的专业基础课程,它涵盖了传统“色彩构成”的主要内容,融合了传统色彩学和计算机图形学的色彩理论,并在此基础上进行了理论和操作层面上的提升。“数字色彩”课程的主要任务包括:学习传统的混色系统(CIE色彩)与显色系统(蒙塞尔色彩、奥斯特瓦德色彩、日本PCCS色彩);学习计算机色彩的基本知识,讲述色彩的生理与心理要素;学习数字色彩体系和数字色彩的基本原理;

教会学生使用新型的数字色彩的配色工具——“数字色系五级配色表”；以数字色彩模型为基础，学习三个大类的色彩配置——以色相为主的配色，以明度、饱和度为主配色，复杂的综和配色。

“数字色彩”是一门课程，更为重要的是，它是一种新的色彩理论和新的色彩设计方法。即使不用计算机来配色，也可以利用教材中开发的配色工具——“数字色系五级配色表”，通过传统的绘画颜料来进行色彩配色训练。让感性、无序、模糊不清的色彩搭配，通过一个比较理性、规范、层次分明的数字配色表来实现，极大提高了配色的效率，突破了传统色彩教学的极限。

由于这是一门创新课程，没有成功的先例可以借鉴，我们在撰写的过程中难免有不妥或错误之处，恳请读者批评指正。

本书作者
2006年5月

目 录

第一章 数字色彩概述	(1)
第一节 计算机生成的数字色彩	(1)
一、计算机生成的数字色彩	(1)
二、计算机显示器与色彩	(2)
第二节 数字色彩与数字图形的关系	(2)
一、点阵图的色彩	(2)
二、色彩的位深度	(3)
三、矢量图的色彩	(5)
第三节 各种颜色的色彩域	(6)
一、CIE 的色彩域	(6)
二、RGB 的色彩域	(6)
三、CMYK (印刷) 色彩及 CMYK (打印) 色彩的色彩域	(7)
四、手绘颜料的色彩域	(8)
第二章 传统色彩系统与数字色彩系统	(10)
第一节 色彩的形成	(10)
一、色彩的来源	(10)
二、加色法混合与减色法混合	(12)
第二节 传统色彩系统	(16)
一、色立体	(16)
二、蒙塞尔色彩系统	(17)
三、奥斯特瓦德色彩系统	(19)
四、日本 PCCS 色彩系统	(20)
五、CIE 色彩系统	(21)
第三节 数字色彩系统	(22)
一、Lab 色彩	(22)
二、RGB 色彩	(23)
三、CMY (CMYK) 色彩	(24)
四、HSV (HSB) 色彩	(24)

第三章 在视觉设计中认识颜色	(27)
第一节 视觉设计中的颜色	(27)
一、认识色相	(27)
二、认识明度	(28)
三、认识饱和度和颜色的其他成分	(28)
四、原色、间色和复色	(31)
第二节 绘图软件中数字色彩使用方法	(33)
一、色彩的数字化表达方法	(33)
二、数字色彩的绘制方法	(36)
三、数字色彩应用的注意事项	(42)
第四章 色彩的生理与心理要素	(45)
第一节 色彩生理实验	(45)
一、色彩的三基色	(45)
二、色彩的错视	(46)
第二节 色彩的三属性	(51)
一、色彩的主观三属性	(51)
二、色彩的客观三属性	(51)
三、人眼对颜色的识别能力	(52)
第三节 色彩的心理感应	(52)
一、色彩的象征	(52)
二、色彩感觉	(54)
三、色彩的联想	(69)
第五章 数字色彩的配色工具	(71)
第一节 HSV色彩六棱锥	(71)
一、HSV色彩六棱锥的外观	(71)
二、HSV色彩六棱锥的结构	(74)
第二节 以HSV建立的色彩六棱锥立体模型	(75)
一、HSV六棱锥立体模型	(75)
二、HSV六棱锥立体模型横截面分解	(76)
三、HSV六棱锥立体模型纵截面分解	(76)
第三节 数字色系五级配色表	(77)
一、单色五级配色表的色调分布	(77)
二、数字色系五级配色表的色彩表达	(78)

第六章 以色彩六棱锥横截面为主的数字配色.....(80)

第一节 色相的主色调.....(80)

一、红色调.....(81)

二、橙色调.....(84)

三、黄色调.....(86)

四、绿色调.....(88)

五、青色调.....(92)

六、蓝色调.....(94)

七、紫色调.....(97)

第二节 不同色相的色彩对比.....(100)

一、邻近色相的对比.....(100)

二、类似色相的对比.....(103)

三、对比色相的对比.....(106)

四、互补色相的对比.....(110)

第七章 以色彩六棱锥纵截面为主的数字配色.....(115)

第一节 纯色系的色彩搭配.....(116)

一、纯色调的色彩搭配.....(117)

二、中纯调的色彩搭配.....(119)

三、低纯调的色彩搭配.....(122)

四、浅色调的色彩搭配.....(125)

第二节 灰色系的色彩搭配.....(129)

一、明灰调的色彩搭配.....(130)

二、中灰调的色彩搭配.....(132)

三、暗灰调的色彩搭配.....(136)

第三节 暗色系的色彩搭配.....(138)

一、微暗调的色彩搭配.....(138)

二、中暗调的色彩搭配.....(141)

三、深暗调的色彩搭配.....(144)

第八章 复杂综合的数字配色.....(147)

第一节 纯色系与纯色系之间的色彩搭配.....(147)

第二节 纯色系与灰色系之间的色彩搭配.....(155)

第三节 纯色系与暗色系之间的色彩搭配.....(167)

第四节 灰色系与暗色系之间的色彩搭配.....(179)

主要参考文献.....(190)

第一章 数字色彩概述

本章学习目标

了解计算机显示器与色彩的基本原理；学会色彩的位深度；掌握色彩域的比较。

通过本章学习，应当做到：

1. 弄清点阵图的色彩、矢量图的色彩；
2. 理解和识别数字色彩的位深度；
3. 了解数字色彩 Lab、RGB、CMYK 的色彩域；
4. 结合 Photoshop, Corel DRAW 图形图像软件，观察认识数字色彩色彩域的应用及其警告色的表示。

艺术色彩学的创建，给工业时代的绘画艺术、工艺美术和艺术设计带来了完整的色彩理论体系。当人类进入信息社会之后，艺术色彩学由于承载介质的改变和拓展，从造型手段、传播方式，直至设计方法、设计思维等多方面给传统的色彩艺术注入了新的内涵，色彩学不可避免地被卷入数字化的潮流。

数字色彩是色彩学的一种新的体系和形式，它依赖数字化设备而存在，同时又跟传统的光学色彩、艺术色彩有着内在的、必然的联系。

第一节 计算机生成的数字色彩

一、计算机生成的数字色彩

数字色彩在计算机里的生成是一个复杂的问题，艺术设计者没有必要了解其深奥的原理与过程。

早期的数字色彩生成，主要是通过计算机键盘输入应用程序来实现的。那时的数字图形和数字色彩的生成，还没有开发出现在这种“可见即可得”的人机对话方式。今天我们使用的 Auto CAD 的早期版本，就残留有一些用输入命令的方式建立图形、模块的做法。

二、计算机显示器与色彩

CRT 监视器利用能发射不同颜色光的荧光层的组合来显示彩色图形，它产生、显示色彩的基本技术称“荫罩法”。显示颜色的核心部件是能够发射红、绿、蓝三种颜色的三支电子枪，改变三支电子枪发出的电子束的强度等级，可改变荫罩CRT的彩色显示。如果关掉红枪和绿枪，蓝色点被激发，我们就只能见到蓝色；如果我们看到黄色，是因为绿枪和红枪同等量开放，激发了黄色点；而当蓝点和绿点被同等激励时，则显现青色。白色（或灰色）区域是红、绿、蓝三支电子枪以同等的强度激励所有三点的结果，它遵循的是加色混合的原理。

第二节 数字色彩与数字图形的关系

一、点阵图的色彩

在前面的其他相关计算机的课程中，我们已经学习了点阵图（也称“位图”）的处理，对点阵图有了一定的了解。点阵图的色彩是与构成点阵图的像素密切相关的。

一个点阵图文件被计算机完成时，就具备了该图形的全部性质，包括像素和色彩。在图形“生成”阶段，点阵图的像素和色彩是不可见的，它只是一串记录图形、色彩性质的数字信号，没有视觉上的长、宽、颜色等量度的大小。只有当它进入“呈现”阶段，这一串数字信号才以特定的长宽比和分辨率展示在计算机的显示器上，点阵图文件才有了可视的形象、色彩及长宽量度等。

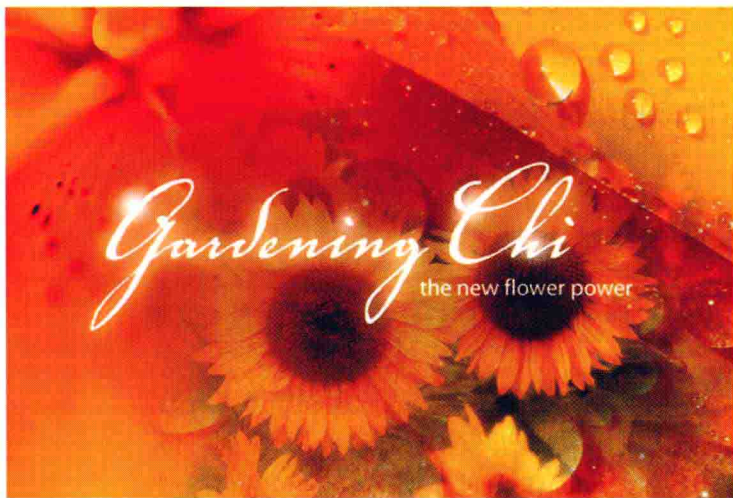


图 1-1 鲜花，Photoshop CS 样本，点阵图 a



图 1-2 鲜花, Photoshop CS 样本 (局部), 点阵图 b

二、色彩的位深度

“位”(bit)是计算机存储器里的最小单元,它用来记录每一个像素颜色的值。一幅点阵图由许多像素(可以看成是显示屏上的小点)组成,而这些像素(小点)对应存储器中的“位”,而就是这些“位”的数值的大小决定了图形的属性,如每个像素的颜色、灰度、明暗对比度等。当一个像素所占的位数越大时,它所能表现的颜色就越多,从整幅图形上看,色彩就更丰富、艳丽。

黑白二色的图形是数字图形中最简单的一种,它只有黑、白两种颜色,也就是说它的每个像素只有1位颜色,位深度是1,用2的一次幂来表示;同理,若是一个4位颜色的图,它的位深度是4,用2的4次幂表示,它有 2^4 种颜色,即16种颜色或16种灰度等级。当数字图形的颜色增多时,计算机就要用更多的信息“位”来记录所需的颜色或灰度等级的数目。它是用以2为底的幂来进行计算的。一幅8位颜色的图,位深度就是8,用2的8次幂(即 2^8)表示,它含有256种颜色或256种灰度等级(图1-3)。

色彩的“位深度”是一个较抽象的概念。这里所谈的“位深度”是指每个像素的位深度。位深度是8的点阵图,指的是每个像素可以具有256种彩色或灰色。24位,32位以此类推。

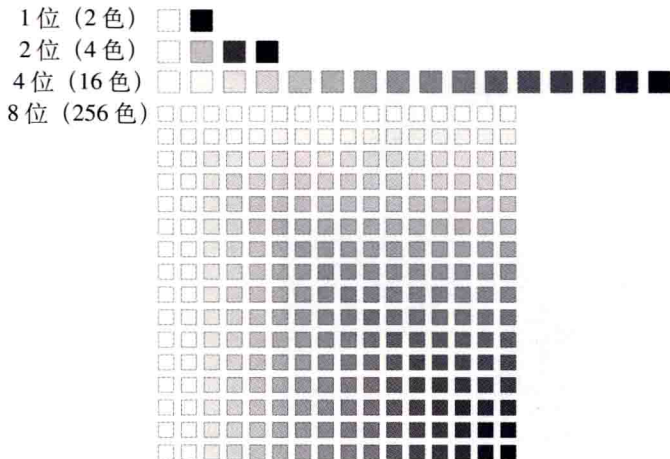


图 1-3 位深度 1-8 位示意图

24 位颜色称为真彩色，位深度是 24，它能组合成 2 的 24 次幂（即 2^{24} ）种颜色，即：16 777 216 种颜色（或称千万种颜色），超过了人眼能够分辨的颜色数量。当我们用 24 位来记录每个像素的颜色时，实际上是以 $2^8 \times 3$ ，即红、绿、蓝（RGB）三基色各以 2 的 8 次幂即 256 种颜色而存在，三色组合就形成 1 600 万种颜色。32 位颜色的位深度是 32，实际上是 $2^8 \times 4$ ，即青、洋红、黄、黑（CMYK）四种颜色各以 2 的 8 次幂即 256 种颜色而存在，四色组合就形成 4 294 967 296 种颜色，或称为超千万种颜色。

表 1-1 色彩位深度对照表

二进制	位深度	颜色数量
2^8	8	256 色
2^{16}	16	65 536 色
2^{24}	24	16 777 216 色
2^{32}	32	4 294 967 296 色
2^{64}	64	18 446 744 073 709 551 616 色

由于位深度的概念很抽象，不大可能用一个直观的图表来解释。只有当每个像素都具备表达 2^{24} 种颜色的可能，即 1 600 万种色彩时，我们才能把不同的真彩色图片用这台计算机显示出来。

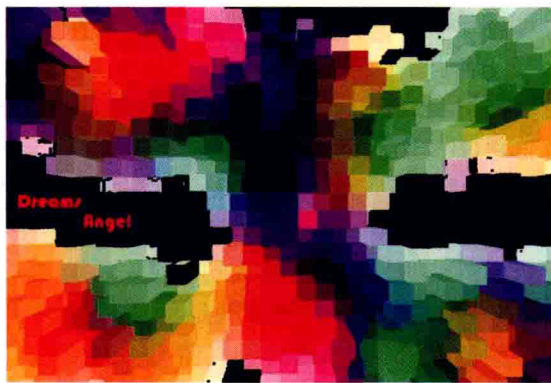


图 1-4 吴晓莉，数字图形

当每个像素都具备表达 24 位色彩（ 2^{24} ）时，这幅点阵图才是真彩色。



图 1-5 佚名，点阵图左上角的像素值比较

三、矢量图的色彩

在纯粹的矢量图形的文件中（不含有点阵物体的矢量图），不管文件的矢量格式采用什么样的色彩模式，该文件的大小都不会因色彩模式的变化而受到影响，而在点阵图中，色彩模式的变化会直接影响到图形文件的大小。

计算机对矢量图形的外形与色彩的叙述是一体的。一个赋有颜色的矢量物件，如线段、矩形、圆形、多边形等，一旦产生，它的外形和颜色都构成这个物件矢量叙述的一部分。这些矩形、圆形或多边形，无论形状和面积的大小如何，每个物件将只具有一个颜色值。

矢量图的色彩不是加载在每个像素之上的，而是赋予一个对象。



图 1-6 吴晓莉，PARTY

在一个矢量文件中包含有点阵图，是艺术设计中司空见惯的事。一幅用 Corel DRAW 或 Illustrator 制作的精致的插图或封面设计，字体是矢量的，图片则是点阵的，尽管这个图形文件是以 CDR 或 AI 格式存储的矢量图文件（图 1-6、图 1-7）。一个用 3DS Max 建立的三维环境设计模型，建筑、广场是矢量的，墙面的大理石则是贴上去的点阵图。

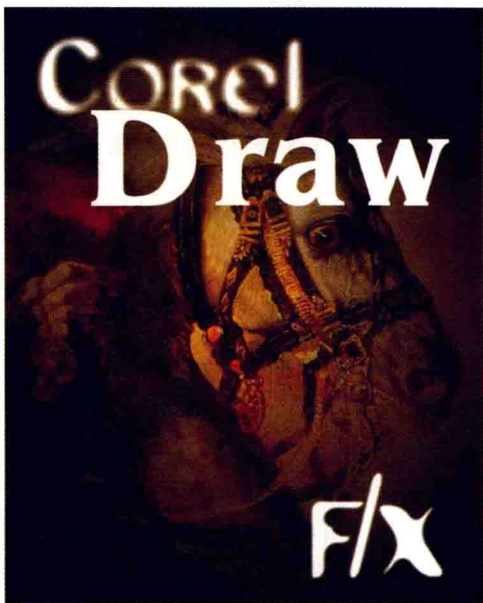


图 1-7 Blurry, 精通 Corel DRAW 8 创意设计

第三节 各种颜色的色彩域

一、CIE 的色彩域

从理论上讲，可见光分布的色域就是 CIE 所表示的色域。实际上 CIE 色度图（图 1-8）是一个平面的色彩空间，只有主波长和纯度两个色彩要素，没有亮度因素；而 Lab 是一个立体的色彩空间，是由亮度 L，以及 a，b 两个色彩范围构成。图 1-8 是 CIE 的 Yxy 表色方法。

Yxy 表色方法反映的色彩，是 CIE 色度图在 0—100 亮度范围内，所有色彩的集合。

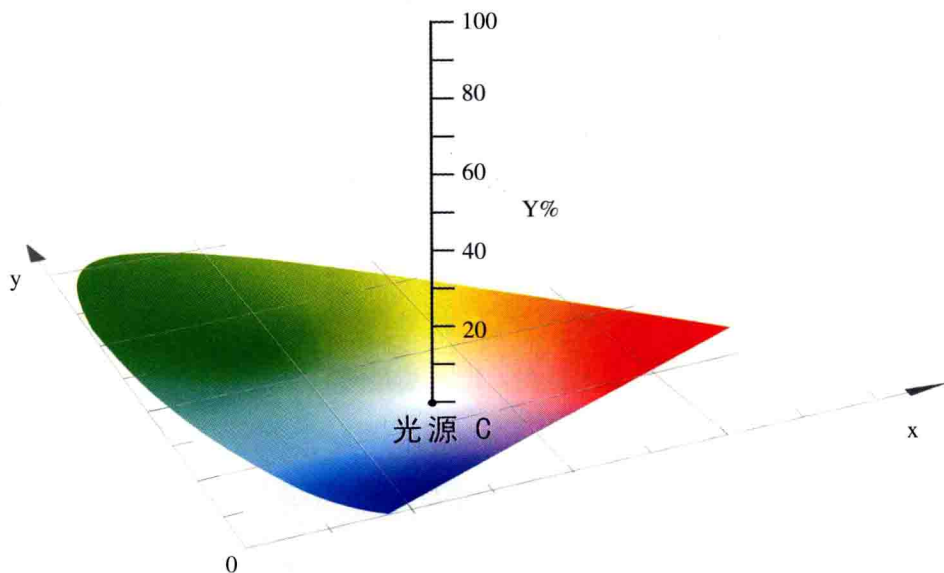


图 1-8 Yxy 表色方法示意图

二、RGB 的色彩域

RGB 是计算机荧光屏及其他常见数字设备显示颜色的色彩方式，它们的所有颜色都是由 R，G，B 三种发光质通过加光混合产生的。由于 R，G，B 三种颜色各能产生 2 的 8 次幂即 256 级不同等级亮度的颜色，它们叠加在一起就可形成 2 的 24 次幂 ($2^3 \times 8$)，即 16 777 216 种颜色。RGB 色域涵盖了 CMYK 硬拷贝色域和所有颜料、涂料的色域。

从 CIE 色度图我们得知，任何三基色能混合产生的颜色，都不能包含人的视觉能感知的全部色域。RGB 色彩空间的色域如图所示（图 1-9）。

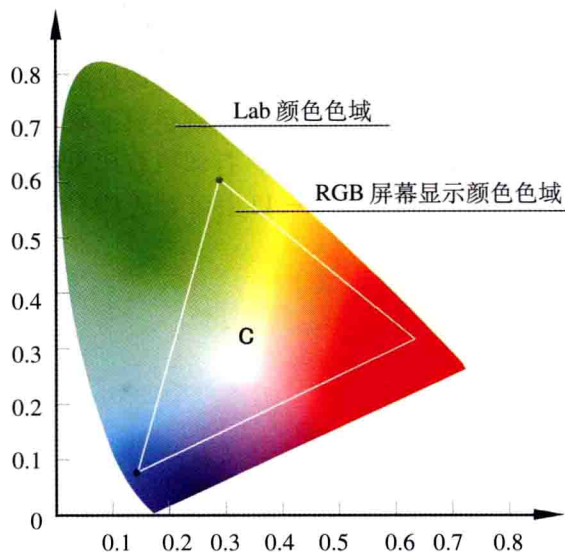


图 1-9 CIE 色度图及其 RGB 色域的比较

三、CMYK（印刷）色彩及 CMYK（打印）色彩的色彩域

当今的印刷术以 CMYK 四色印刷为代表，它采用 C（青）、M（品红）、Y（黄）、K（黑）四色高饱和度的油墨以不同角度的网屏叠印形成复杂的彩色图片。

CMYK 印刷颜色，是印刷油墨所能表现的色域，它与计算机上 CMYK 色彩模型能表达的色彩不是一回事。因此，我们在应用计算机进行色彩设计时，系统可能会提示你超出印刷、打印的“警告色”。可见 CMYK 印刷颜色的色域小于 RGB 屏幕颜色的色域。图 1-10 可观察到 CMYK 印刷油墨的色域。

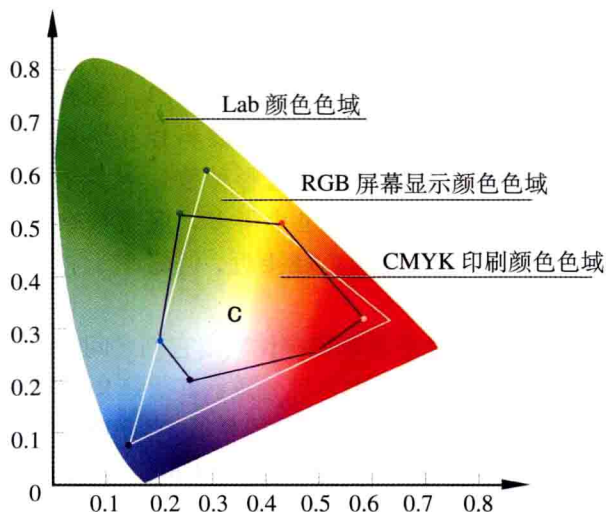


图 1-10 CMYK 印刷色域与 CIE, RGB 色域的比较

CMYK 印刷色彩域与 CMYK 打印色彩域的差别较小。它们随着印刷油墨和打印彩墨的饱和度不同而有所变化。

从图上能明显看到 CMYK 印刷色域与 RGB 色域的差别，它的色域比 RGB 色域小得多。

CMYK 打印颜色，是打印机彩墨所能表现的色域。由于打印机的彩墨其色彩饱和度低于印刷油墨，喷墨打印墨点之间还会出现色料的减色混合，因此它的色域也小于 CMYK 印刷颜色的色域，打印机打印出来的彩色图片，色彩表现力也次于印刷色彩。从图 1-11 上可看到 CMYK 打印颜色的色域。

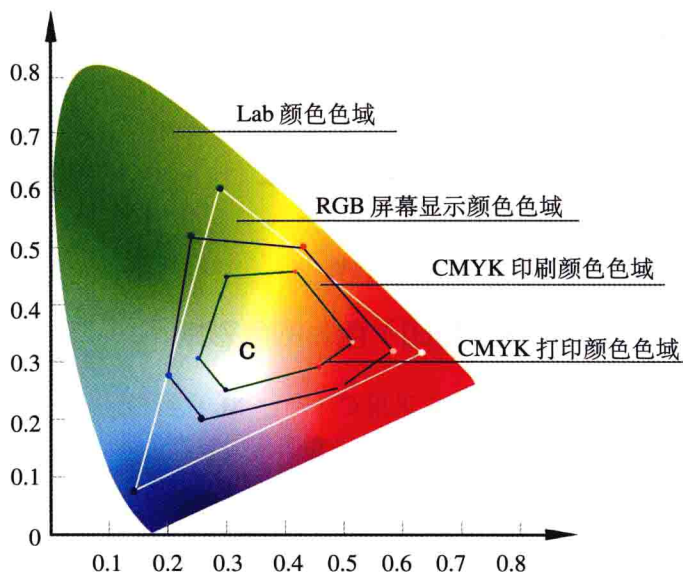


图 1-11 CMYK 打印色域与 CIE, RGB, CMYK 印刷色域的比较

四、手绘颜料的色彩域

传统绘画的色彩调配通常只用几十种、最多一百多种颜料。颜料在配制的过程中需要加入很多充填剂，经过绘画过程的颜料相互调和后，色彩的饱和度（彩度）继续降低，它能产生的色彩种数远远少于数字化的 RGB 色彩和 CMYK 色彩，其色域范围也小得多，完全被数字色彩的色域所涵盖。它跟 CMYK 打印颜色的色域接近，但略小于打印颜色的色域（图 1-12）。

综上所述，我们可以从这几种不同颜色的色彩域中比较出它们之间的区别：CIE 所表示的色域最宽，它跟可见光分布的色域一致；其次是 RGB 屏幕颜色的色域，它的色域较宽；再次是 CMYK 印刷颜色的色域，它比 RGB 的色域要窄得多；再往后是 CMYK 打印颜色的色域，它小于 CMYK 印刷颜色的色域；最后是经典颜料色彩的色域，它的色域最窄。

手绘颜料的色彩域是一个推论的色彩域，不是测量的结果。