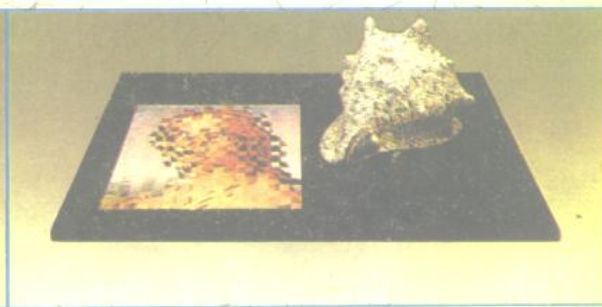
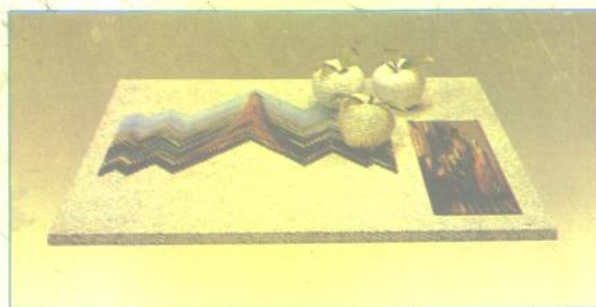
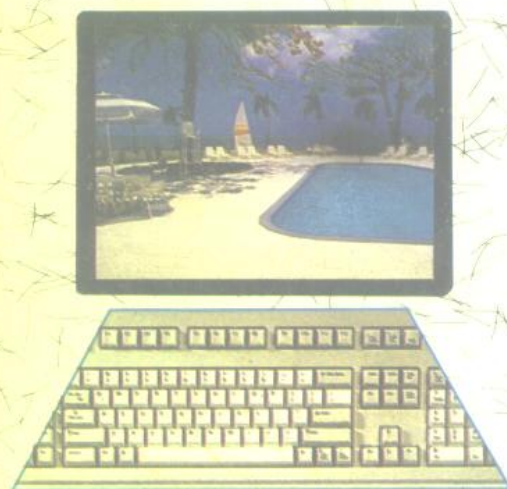


TVGA

图形卡的编程

技术及应用

周升锋 孟宪皆 李 伟 编著



西安交通大学出版社

TP311.52

Z184

TVGA 图形卡的编程技术及应用

周升锋 孟宪皆 李 伟 编著

西安交通大学出版社

内容提要

本书是《Turbo C/Borland C++ 用户界面程序设计》的续篇,主要介绍在 TVGA 卡非标准模式下的编程技术。

全书分为 5 章:第 1 章介绍颜色的基本知识及在软件中使用颜色的一些基本原则;第 2 章介绍 TVGA 非标准模式下常用的一些图形函数;第 3 章介绍 TVGA 非标准模式的数据输入/输出程序设计;第 4 章介绍 TVGA 非标准模式下鼠标的程序设计;第 5 章作为一个应用例子,介绍一个在 TVGA 非标准模式(5DH)下用鼠标支持的交互式配色器 MCP(Match Colour Programme)的设计,帮助读者充分了解和使用的 TVGA 模式下的图形函数和鼠标的功能。

书中所有源程序均在 Borland C++ 3.1 下编译通过,已随书出版。

本书适合从事计算机软件开发的工程技术人员及大中专院校师生阅读参考。

JS199/24

(陕)新登字 007 号

TVGA 图形卡的编程技术及应用

周升锋 孟宪青 等 著

责任编辑 问向荣

组稿编辑 叶 涛

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码 710049)

西安向阳印刷厂印装

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张:14 字数:337 千字

1996 年 3 月 第 1 版 1996 年 3 月 第 1 次印刷

印数:1—5000

ISBN7-5605-0836-7/TP·126 定价: (书) 13.80 元
(配书磁盘) 30.00 元

前 言

本书是《Turbo C/Borland C++用户界面程序设计》的续篇。《Turbo C/Borland C++用户界面程序设计》一书讲述的是在 VGA 标准模式下设计界面程序的一些技术;本书讲述在 TVGA 图形卡非标准模式下的编程技术技巧。TVGA 卡的高分辨率和多色彩显示,会使您的软件水平上一个档次。本书讲述的技术,将为您在开发高质量的软件界面中起到事半功倍的作用。

在 VGA 标准模式下,Borland C++提供了丰富的图形库函数及数据输入/输出函数,用户可以直接使用这些库函数编制出各种图形软件,非常方便;鼠标的编程也比较容易,只要调用 BIOS 提供的实现鼠标驱动的功能即可实现。

TVGA 的非标准图形模式,提供了更高的分辨率和更加丰富的颜色,使得开发高质量的图形软件如逼真图象、真立体汉字等等成为可能,这一直吸引着广大软件开发人员。然而,在 TVGA 模式下,Borland C++没有提供图形库函数,不能很好地利用这些资源。要在该模式下开发图形软件,必须先编制基本的图形函数。

随着“所见即所得”环境越来越普及,使用鼠标的机会也越来越多,然而在 TVGA 模式下,鼠标的功能不像在标准模式下那样方便,诸如如何显示光标、如何隐藏光标等等,必须靠编程序来实现,而不能靠调用函数来完成。

在 TVGA 模式下,数据的输入/输出也是一个问题。Borland C++提供的输入/输出函数使用起来不方便,甚至不能用,必须重新编制。

已有些期刊零星地介绍过这些方面的技术,但系统地、全面地介绍这些技术并将其应用于一个程序系统的出版物还未见到。

本书试图填补这一空白。

本书最后的一个应用例子,介绍一个在 TVGA 非标准模式(5DH)下用鼠标支持的交互式配色器 MCP(Match Colour Programme)的设计,帮助读者充分了解和使用的 TVGA 模式下的图形函数、鼠标的功能以及数据的输入/输出函数。

本书不是讲述 C 语言基础知识的入门教材,我们没有从 C 语言最基本的概念讲起。对于刚刚接触 C 语言的读者,最好能找一本 C 语言的教材作为参考,对照着阅读本书,这对迅速掌握 C 语言是很有好处的;如果你已是一个熟练的 C 语言程序员,本书也会对您有许多启发。本书的许多设计思想和子函数模块,在用 C 语言开发其它软件时也是很有用处的。

对于本书存在的错误,敬请读者提出批评。

作者

目 录

第1章 颜色的基本知识

1.1 颜色的基本概念	(2)
1.2 颜色对比	(4)
1.2.1 同时性颜色对比	(4)
1.2.2 继时性颜色对比	(4)
1.3 色度图	(4)
1.4 常用颜色模型	(4)
1.5 颜色的生理心理功能	(10)
1.5.1 颜色的情感	(10)
1.5.2 颜色的象征与联想	(11)
1.6 颜色设计与应用	(12)
1.6.1 颜色配置原理	(12)
1.6.2 图形色与背景色配色	(12)
1.6.3 其它因素	(13)
1.7 颜色模型转换	(13)

第2章 TVGA 卡及非标准下的图形函数

2.1 概述	(26)
2.1.1 TVGA 的图形显示方式	(26)
2.1.2 TVGA 在图形方式下的内存组织	(26)
2.1.3 TVGA 视频 BIOS 功能调用	(28)
2.1.4 显示模式设置	(37)
2.2 VGA 卡标准模式 13H	(38)
2.2.1 单个象点的读与函数 V13_Point()	(38)
2.2.2 矩形域图形的清除函数 V13_Cls()	(39)
2.2.3 矩形域图形的复制函数 V13_CoPy()	(39)
2.2.4 矩形域图形的保存函数 V13_Save()	(41)
2.2.5 矩形域图形的装载函数 V13_Load()	(42)
2.2.6 矩形域的填充函数 VB_Box()	(43)
2.3 TVGA 卡非标准模式 5BH	(44)
2.3.1 单个象点的读写函数 V5B_Point()	(44)
2.3.2 矩形域图形的清除函数 V13_Cls()	(46)
2.3.3 矩形域图形的复制函数 V13_CoPy()	(47)
2.3.4 矩形域图形的保存函数 V13_Save()	(49)
2.3.5 矩形域图形的装载函数 V13_Load()	(51)
2.3.6 矩形域的填充函数 VB_Box()	(52)
2.4 TVGA 卡非标准模式 5CH	(54)
2.4.1 单个象点的读写函数 V5B_Point()	(54)

2.4.2	矩形域图形的清除函数 V13_Cls()	(55)
2.4.3	矩形域图形的复制函数 V13_CoPy()	(56)
2.4.4	矩形域图形的保存函数 V13_Save()	(58)
2.4.5	矩形域图形的装载函数 V13_Load()	(60)
2.4.6	矩形域的填充函数 VB_Box()	(61)
2.5	TVGA 卡非标准模式 5DH	(62)
2.5.1	单个象点的读写函数 V5B_Point()	(62)
2.5.2	矩形域图形的清除函数 V13_Cls()	(63)
2.5.3	矩形域图形的复制函数 V13_CoPy()	(64)
2.5.4	矩形域图形的保存函数 V13_Save()	(67)
2.5.5	矩形域图形的装载函数 V13_Load()	(68)
2.5.6	矩形域的填充函数 VB_Box()	(70)
2.6	TVGA 卡非标准模式 5EH	(71)
2.6.1	单个象点的读写函数 VSE-Pcint()	(71)
2.6.2	矩形域图形的清除函数 VSE-Cls()	(72)
2.6.3	矩形域图形的复制函数 VSE-Copy()	(73)
2.6.4	矩形域图形的保存函数 VSE-Save()	(76)
2.6.5	矩形域图形的装载函数 VSE-Loos()	(77)
2.6.6	矩形填充函数 VSE-Box()	(78)
2.7	TVGA 卡非标准模式 5FH	(79)
2.7.1	单个象点的读写函数 VSE-Pcint()	(80)
2.7.2	矩形域图形的清除函数 VSE-Cls()	(81)
2.7.3	矩形域图形的复制函数 VSE-Copy()	(82)
2.7.4	矩形域图形的保存函数 VSE-Save()	(85)
2.7.5	矩形域图形的装载函数 VSE-Loos()	(86)
2.7.6	矩形填充函数 VSE-Box()	(88)
第3章	TVGA 非标准图形模式的数据输入/输出	
3.1	利用常规字符发生器输出西文字	(91)
3.2	BIOS 字符集的再生利用	(94)
3.3	利用 16 点阵汉字库构造字符输出	(96)
3.4	读取矢量字体文件 CHR 信息进行字符输出	(97)
3.4.1	矢量字库 *.CHR 的结构分析	(97)
3.4.2	放大、旋转与倾斜显示	(98)
3.5	数据输入	(104)
3.6	点阵汉字显示	(112)
3.6.1	16 点阵汉字显示	(112)
3.6.2	24 点阵汉字显示	(116)
3.6.3	点阵汉字放大旋转与倾斜显示	(120)
3.7	矢量汉字显示	(123)
3.7.1	华光矢量汉字库存储结构	(123)

3.7.2	矢量汉字的显示及无级缩放	(124)
3.7.3	点阵信息的保存与装入	(138)
3.7.4	矢量汉字的旋转与倾斜显示	(129)
3.8	逼真立体汉字显示	(131)
第4章 TVGA 非标准图形模式下鼠标的编程		
4.1	鼠标的功能简介	(136)
4.2	鼠标器的基本函数设计	(138)
4.2.1	复位鼠标, 并返回其状态	(138)
4.2.2	显示鼠标的光标	(138)
4.2.3	隐藏鼠标的光标	(142)
4.2.4	读取鼠标的按键信息及按键时光标的屏幕坐标	(143)
4.2.5	设置鼠标在屏幕上的最大移动范围	(147)
4.2.6	判断鼠标光标是否在一矩形区域内函数	(148)
4.3	鼠标的应用编程	(148)
第5章 交互式配色器设计		
5.1	TVGA 寄存器颜色修改	(161)
5.2	MCP 文件构成及函数介绍	(170)
5.3	配色画面设计及使用	(170)
5.4	选择功能设计	(175)
5.5	配色结果保存	(177)
5.6	源程序清单	(178)
参考文献		(216)

颜色的基本知识

- 1.1 颜色的基本概念
- 1.2 颜色对比
 - 1.2.1 同时性颜色对比
 - 1.2.2 继时性颜色对比
- 1.3 色度图
- 1.4 常用颜色模型
- 1.5 颜色的生理心理功能
 - 1.5.1 颜色的情感
 - 1.5.2 颜色的象征与联想
- 1.6 颜色设计与应用
 - 1.6.1 颜色配置原理
 - 1.6.2 图形色与背景色配色
 - 1.6.3 其它因素
- 1.7 颜色模型转换

当今的计算机软件几乎都使用了非常丰富的颜色,颜色在软件设计中是一个非常重要的内容。然而,颜色学是一门非常复杂的学科,它涉及到物理学、心理学、美学等领域。在本书中,我们仅讨论与软件设计有关的部分内容。

1.1 颜色的基本概念

物体的颜色不仅取决于物体本身,它与光源、周围环境的颜色以及观察者的视觉系统有关。例如,有些物体(如桌子、椅子等)只反射光线,而有些物质(如玻璃、清水等)不仅会反射光,而且会透光。

从视觉的角度来看,颜色包含三个要素:色彩(hue),饱和度(saturation)和亮度(lightness)。所谓色彩,就是我们通常所说的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等,是使一种颜色区别于另一种颜色的要素。饱和度就是颜色的浓度。在某种颜色中添加白色相当于减少该色的饱和度。例如,鲜红色的饱和度高,而粉红色的饱和度低。亮度即光的强度。

为了更直观地、定量地说明颜色的概念,我们再引进光学的几个术语:主波长(dominant-wavelength),纯度(purity),辉度(lunminance)。主波长是我们观察光线所见颜色光的波长,对应于颜色的饱和度;辉度就是颜色的亮度。一种颜色光的纯度是定义该颜色光的(主波长的)纯色光与白色光的比例。每一种纯色光都是百分之百饱和的,因而不包含任何白色光。

从根本上讲,光是波长为 400~700nm 的电磁波。这些电磁波被我们的视觉系统感知为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等颜色。表 1-1 是颜色与波长及频率的关系。

表 1-1 颜色与波长及频率的关系

颜色	波长(nm)	频率(Hz×10 ¹⁴)
紫	400~500	6.7~7.5
蓝	480	6.2
蓝绿	500	6.0
绿	540	5.6
青	570	5.3
黄	600	5.0
橙	630	4.8
红	750	4.0



图 1-1 某种颜色的光谱能量分布

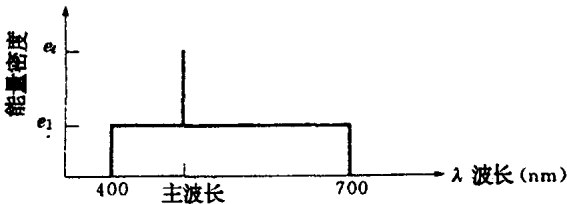


图 1-2 有主波长的特殊光谱能量分布

图 1-1 是某个光源的能量分布图,图中纵坐标表示各个波长的光在光源中所含的能量值。用这样的光谱能量分布图来定义颜色是很麻烦的。事实上,我们可以用主波长、纯度和辉度三元组来简明地描述任何光谱分布的视觉效果。许多具有不同光谱分布的光产生的视觉效果(即颜色)是一样的。换句话说,光谱与颜色的对应是多对一的,光谱分布不同而看上去相同的两种颜色称为条件等色。

图 1-2 所示为产生某种颜色的无数个条件等色中的一个,在主波长处有一个能量为 E_1 的尖峰,产生色彩。同时,对其它各波长,有能量级为 E_2 的能量均匀分布,其结果是产生白光。纯度取决于 E_1 和 E_2 的比例;当 $E_1=E_2$ 时,纯度为 0;当 $E_1=0$ 时,纯度为 100%。一般来说,光谱分布要比图 1-2 所示分布复杂得多,并且不可能仅仅依靠观察光谱分布就能够确定主波长。特别需要指出的是,光谱分布中能量最大的波长未必就是主波长。

彩色图形显示器(CRT)上每个像素是由红、绿、蓝三种荧光点组成的。这是以人类视觉颜色感知的三刺激理论为基础设计的。三刺激理论是基于这样一个假设的:人类眼睛的视网膜中有三种锥状视觉细胞,分别对红、绿、蓝三种光最敏感。图 1-3 所示为人眼光谱灵敏度实验曲线。实验表明,对蓝色敏感的细胞对波长为 440nm 左右的光最敏感;对绿色敏感的细胞对波长为 545nm 左右的光最敏感;对红色敏感的细胞对波长为 580nm 左右的光最敏感。曲线还显示,人类眼睛对蓝光的灵敏度远远低于对红光和绿光的灵敏度。

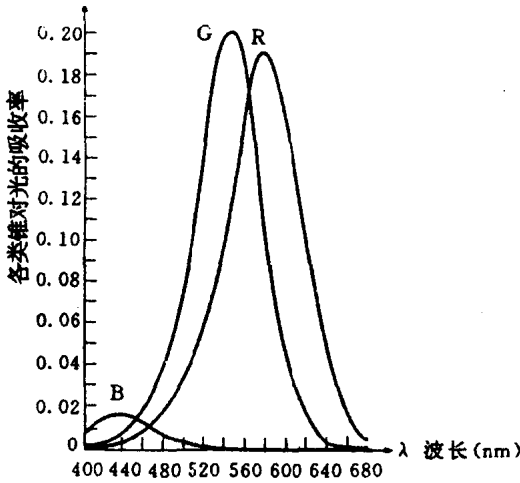


图 1-3 人类视网膜上三种锥状视觉细胞的光谱灵敏度曲线

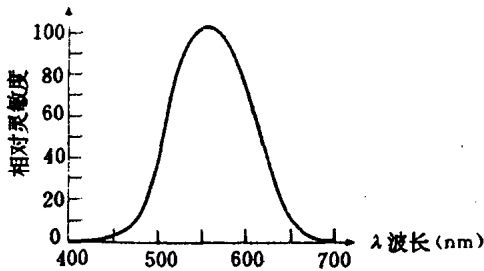


图 1-4 人眼睛的光照效率灵敏度曲线

图 1-4 所示为光照效率函数曲线,即眼睛对于强度为常量的不同主波长的光的灵敏度。曲线表明,人眼睛对波长为 550nm 左右的黄绿色最为敏感。实验结果显示,这条曲线是图 1-3 中三条曲线的和曲线。

大量实验表明,在可见光谱的两端附近,人眼睛可以区别出波长相差 10nm 左右的两种不同色彩,而在光谱的蓝色至黄色区间,却可以分辨出波长仅相差 1nm 左右的两种不同色彩。人眼睛分辨饱和度的能力比分辨色彩的能力差。对红色、紫色只能分辨出 23 种不同的饱和度,而对黄色,仅能分辨 16 种不同的饱和度。

1.2 颜色对比

颜色对比是指在视野中对一块颜色的感觉由于受到邻近其它颜色的影响而产生变化的现象，这是一种不同颜色区域的相互影响。颜色对比主要表现为：

1.2.1 同时性颜色对比

这种对比使每种颜色在其邻近区诱导出它的补色，或者使颜色向另一种颜色的补色方向变化。例如，在一块红色的背景上放一小块灰纸，注视灰纸块几分钟后，这块灰纸就会表现出略带绿色（红色的补色）；如果背景色变为黄色，灰纸即呈现蓝色。除上述色调变化外，这种对比还会对明度产生影响，例如，一张灰纸片放在白背景上看起来比较灰暗，但放在黑背景上其明度感觉将有所提高。

1.2.2 继时性颜色对比

某颜色纸片放在一背景色上，注视一段时间后，拿走颜色纸片，会在背景上看到原纸片颜色的补色，这种现象就称为继时性颜色对比，而这种颜色后效现象则称作负后象。例如，在灰背景上注视一块颜色，拿走颜色纸片后将呈现其补色，如果是白色纸片，会呈现较暗的负后象，如果是黑色纸片，则会呈现较亮的后负象。另外，当对某一颜色适应以后，再观察另一颜色时，后者会发生变化，而带有适应光的补色成分。例如，在暗背景上投射一束黄光，观察者理应视为黄色，但当人眼注视一段时间大块面积的强烈红光之后，再看黄光，它会呈现出绿色；过一段时间后，眼睛又会从红光的适应中恢复过来，绿色逐渐变淡，终于又成为原来的黄色。

1.3 色度图

在彩色图形显示器上，通常采用红、绿、蓝三种基色。红、绿、蓝三种基色有这样的性质：用适当比例的这三种颜色混合，可以获得白色，而且这三种颜色中的任意两种的不同组合都不能生成第三种颜色。具有这种性质的三种颜色称为原色。我们的目的是希望用三种原色的混合去匹配，从而定义可见光谱中的每一种颜色。

图 1-5 所示是用于匹配可见光谱中任意主波长的颜色所需的红、绿、蓝三色比例曲线。光的匹

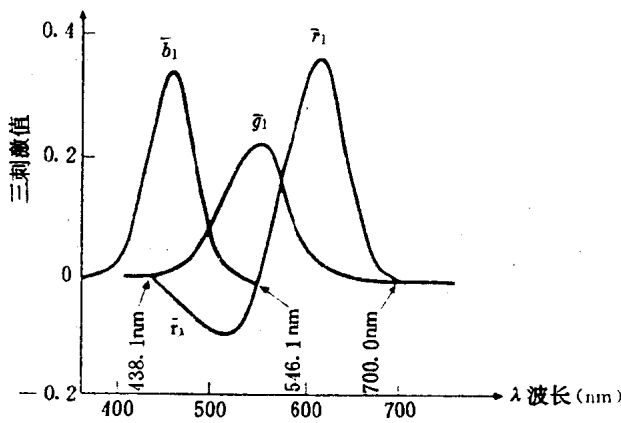


图 1-5 匹配任意可见光所需要的三原色光比例曲线

配可用式子表示为：

$$c=rR+gG+bB$$

其中“=”表示两边所代表的光看起来完全相同；“+”表示光的叠加(当对应项的权值 r, g, b 为正时)； c 为光谱中某色光； R, G, B 为红、绿、蓝三种原色光；权 r, g, b 为匹配等式两边所需要的 R, G, B 三色光的相对量。曲线中的负值表示我们不可能靠叠加红、绿、蓝三原色来匹配给定光，而只能在给定光上叠加负值对应的原色，去匹配另两种原色的混合。在上式中，这种情况用某权值为负的方法来表示。由于实际上不存在负的光强，而且匹配光谱颜色的三原色出现负值也不易理解。因此，1931年国际照明委员会(CIE)根据实验结果，经过调整消除了负值，使用了三个设想的颜色 X, Y, Z ，将产生光谱各种颜色的三原色比例标准化，定名为“CIE 1931 标准色度观察者光谱三刺激值”，它既为匹配等能光谱色所需的三原色数据，亦代表人眼的平均颜色视觉特性，成为色度学计算和标定颜色的最通用方法。

CIE 1931 标准观察者光谱三刺激值 x, y, z 分别代表匹配各波长等能光谱刺激所需要的红、绿、蓝三原色的量。在理论上，要想得到某一波长的光谱颜色，可以从表中或图上查出相应的 x, y, z 三刺激值，即该数量的红绿蓝三原色相加，便能得到该光谱色。

表 1-2 CIE 1931 标准色度观察者光谱三刺激值

波长(nm)	x	y	z	波长(nm)	x	y	z
380	0.001 4	0.000 0	0.006 5	585	0.978 6	0.870 0	0.001 4
385	0.002 2	0.000 1	0.010 5	590	1.026 3	0.757 0	0.001 1
390	0.004 2	0.000 1	0.020 1	595	1.056 7	0.694 9	0.001 0
395	0.007 6	0.000 2	0.036 2	600	1.062 2	0.631 0	0.000 8
400	0.014 3	0.000 4	0.067 9	605	1.045 6	0.566 8	0.000 6
405	0.023 2	0.000 6	0.110 2	610	1.002 6	0.503 0	0.000 3
410	0.043 5	0.001 2	0.207 4	615	0.938 4	0.441 2	0.000 2
415	0.077 6	0.002 2	0.371 3	620	0.854 4	0.381 0	0.000 2
420	0.134 4	0.004 0	0.645 6	625	0.751 4	0.321 0	0.000 1
425	0.214 8	0.007 3	1.039 1	630	0.642 4	0.265 0	0.000 0
430	0.283 9	0.011 6	1.385 6	635	0.541 9	0.217 0	0.000 0
435	0.328 5	0.016 8	1.623 0	640	0.447 9	0.175 0	0.000 0

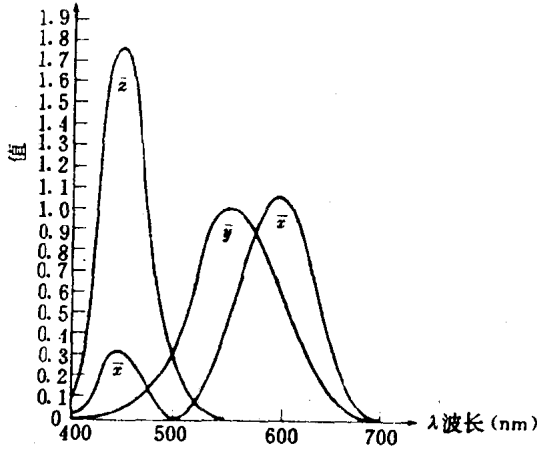


图 1-6 三刺激值与波长的关系

续表

波长(nm)	x	y	z	波长(nm)	x	y	z
440	0.348 3	0.023 0	1.747 1	645	0.360 8	0.138 2	0.000 0
445	0.348 1	0.029 8	1.782 6	650	0.283 5	0.107 0	0.000 0
450	0.336 2	0.038 0	1.772 1	655	0.218 7	0.081 6	0.000 0
455	0.318 7	0.048 0	1.774 1	660	0.164 9	0.061 0	0.000 0
460	0.290 8	0.060 0	1.669 2	665	0.121 2	0.044 6	0.000 0
465	0.251 1	0.073 9	1.528 1	670	0.087 4	0.032 0	0.000 0
470	0.195 4	0.091 0	1.287 6	675	0.063 6	0.023 2	0.000 0
475	0.142 1	0.112 6	1.041 9	680	0.046 8	0.017 0	0.000 0
480	0.095 6	0.139 0	0.813 0	685	0.032 9	0.011 9	0.000 0
485	0.058 0	0.169 3	0.616 2	690	0.022 7	0.008 2	0.000 0
490	0.032 0	0.208 0	0.465 2	695	0.015 8	0.005 7	0.000 0
495	0.014 7	0.258 6	0.353 3	700	0.011 4	0.004 1	0.000 0
500	0.004 9	0.323 0	0.272 0	705	0.008 1	0.002 9	0.000 0
505	0.002 4	0.407 3	0.212 3	710	0.005 8	0.002 1	0.000 0
510	0.009 3	0.503 0	0.158 2	715	0.004 1	0.001 5	0.000 0
515	0.029 1	0.608 2	0.111 7	720	0.002 9	0.001 0	0.000 0
520	0.063 3	0.710 0	0.078 2	725	0.002 0	0.000 7	0.000 0
525	0.109 6	0.793 2	0.057 3	730	0.001 4	0.000 5	0.000 0
530	0.165 5	0.862 0	0.042 2	735	0.001 0	0.000 4	0.000 0
535	0.225 7	0.914 9	0.029 8	740	0.000 7	0.000 2	0.000 0
540	0.290 4	0.954 0	0.020 3	745	0.000 5	0.000 2	0.000 0
545	0.359 7	0.980 3	0.013 4	750	0.000 3	0.000 1	0.000 0
550	0.433 4	0.995 0	0.008 7	755	0.000 2	0.000 1	0.000 0
555	0.512 1	1.000 0	0.005 7	760	0.000 2	0.000 1	0.000 0
560	0.594 5	0.995 0	0.003 9	765	0.000 1	0.000 0	0.000 0
565	0.678 4	0.978 6	0.002 7	770	0.000 1	0.000 0	0.000 0
570	0.762 1	0.952 0	0.002 1	775	0.000 1	0.000 0	0.000 0
575	0.842 5	0.915 4	0.001 8	780	0.000 0	0.000 0	0.000 0
580	0.916 3	0.870 0	0.001 7	总和	21.371 4	21.371 1	21.371 5

图 1-7 为 CIE 1931 色度图,图中 X 色度坐标相当于红原色的比例,y 色度坐标相当于绿原色的比例。图中没有 z 色度坐标,因为 $x+y+z=1$,所以, $z=1-(x+y)$ 。图中弧形曲线是光谱轨迹,连接光谱轨迹两端所形成的马蹄形内为一切物理上能实现的颜色。凡是落在光谱轨迹和由红到紫

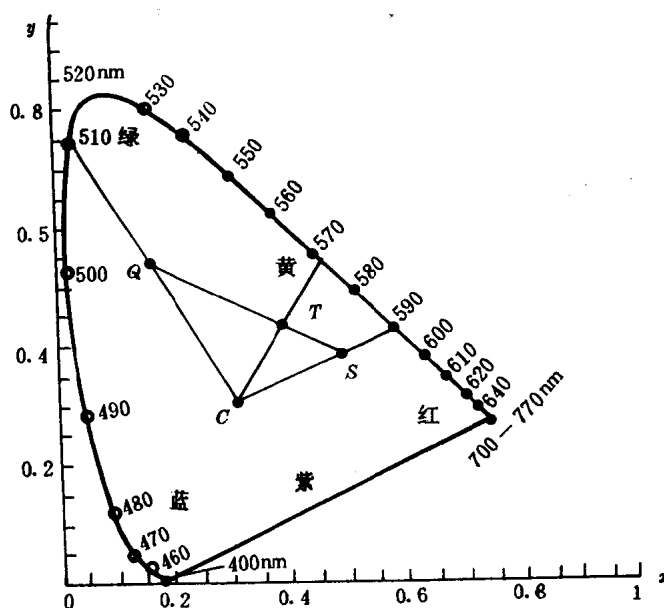


图 1-7 CIE 1931 色度图

端直线范围以外的颜色都是不能由真实光线产生的颜色。

任何颜色在色度图中都占一确定位置。色度图中心 C 是白色,某一颜色离开 C 接近光谱轨迹的程度表明它的纯度,相当于饱和度。颜色愈靠近 C 愈不纯,愈靠近光谱轨迹愈纯。

从色度图还可以推算出由两种颜色相混合所得出的各种中间色。如 Q 和 S 相加,得出 Q 到 S 直线的各种过渡颜色。以这一直线上的 T 点为例,由 C 通过 T 抵达 572nm 的光谱色,即可由色度图看出 T 颜色的主波长,并可由 T 在 C 与 572nm 光谱之间所占的位置看出它的纯度。

CIE 1931 色度图准确地表示了颜色视觉的基本规律以及颜色混合的一般规律,此图也可以称为混色图。

CIE 色度图的另一个用途是定义颜色域(color gamuts)或颜色区域(color ranges),以便显示叠加颜色的效果。如图 1-8 所示,I 和 J 是两个任意的颜色,当它们用不同的比例叠加时,可以产生它们之间连线上的任意一种颜色。如果加入第三种颜色 K,则用三种颜色的不同比例可以产生三角形 IJK 中的所有颜色。对于任意一个三角形,如果它的三个顶点全部落在马蹄形可见光区域中,则它们的混合所产生的颜色不可能覆盖整个马蹄形区域,这就是红、绿、蓝三色不能靠叠加来匹配所有可见颜色的原因。

色度图还经常用于各种图形设备的颜色域。虽然色度图和三刺激值给出描述颜色的标准精确的方法,但是在计算机软件设计中,通常使用一些通俗易懂的颜色系统。在下一节中,我们将介绍几个常用的颜色模型,并讨论它们之间的转换与应用。

1.4 常用颜色模型

所谓颜色模型指的是某个三维颜色空间中的一个可见光子集,它包含某个颜色域的所有颜色。

例如,RGB 颜色模型是三维直角坐标颜色系统中的一个单位正立方体。颜色模型的用途是在某个颜色域内方便地指定颜色。由于任何一个颜色域都只是可见光的子集,所以,任何一个颜色模型都无法包含所有的可见光。

虽然大多数彩色图形显示器使用红、绿、蓝三原色,但是,红、绿、蓝颜色模型使用起来不太方便。这是因为它与直观的颜色概念如色彩、饱和度和亮度没有直接的联系。因此,除了讨论 RGB 颜色模型以外,我们还讨论 HSV,HLS,CMY 颜色模型。

红、绿、蓝(RGB)颜色模型通常用于彩色阴极射线管和彩色光栅图形显示器。它采用直角坐标系。红、绿、蓝原色是加性原色。也就是说,各个原色的光能叠加在一起产生复合色。

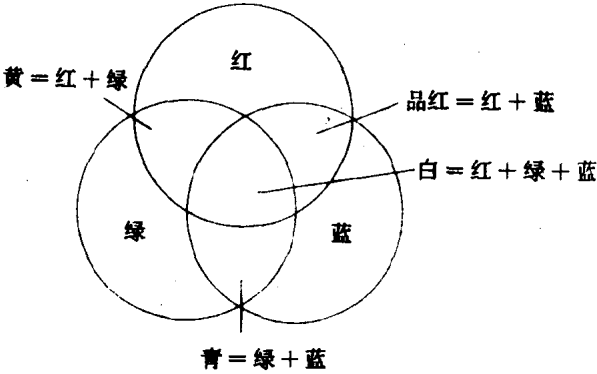


图 1-8 RGB 三原色叠加效果示意图

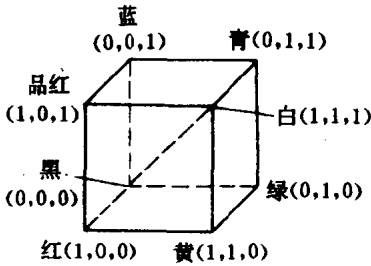


图 1-9 RGB 立方体

如图 1-8 所示的 RGB 颜色模型通常如图 1-9 所示的立方体来表示。在立方体的主对角线上,各原色的量相等,产生由暗到亮的白色,即灰度。(0,0,0)为黑色,(1,1,1)为白色。正方体的其它六个角点分别为红、黄、绿、青、蓝和品红。

RGB 模型所覆盖的颜色域取决于显示器荧光点的颜色特性。颜色域随显示器上荧光点的不同而不同。欲把在某个显示器上的颜色域里指定的颜色转换到另一个显示器的颜色域中,必须使用从各个显示器颜色空间到 CIE 颜色空间的变换。这种变换的形式为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_r & x_g & x_b \\ y_r & y_g & y_b \\ z_r & z_g & z_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

其中,第一行里, x_r, x_g, x_b 是使 RGB 颜色与 X 匹配的权。其它行中的数的意义类似。我们把上述 3×3 变换矩阵记为 M,并假定从两个显示器的颜色域到 CIE 的变换矩阵分别记为 M_1 和 M_2 。那么,从第一个显示器的 RGB 空间到另一个显示器的 RGB 空间的变换矩阵为 $M_2^{-1}M_1$ 。

以红、绿、蓝的补色青(Cyan)、品红(Magenta)、黄(Yellow)为原色构成的 CMY 颜色模型系统,常用于从白光中滤去某种颜色,故称为减性原色系统。CMY 颜色模型对应的直角坐标系的子空间与 RGB 模型所对应的子空间几乎完全相同,差别仅在于前者的原点为白,而后者的原点为黑。前者是通过指定从白色中减去什么颜色来定义一种颜色,而后者是通过从黑色中加入颜色来定义一种颜色。

当我们需要使用静电或喷墨绘图仪等硬拷贝设备将颜色画在纸上时,了解 CMY 颜色系统的

知识是必要的。当我们在纸面上涂上青色颜料时,该纸面就不反射红光:青色颜料从白光中滤去红光。也就是说,青色是白色减去红色,品红颜色吸收绿色,黄色颜料吸收蓝色。现在假如我们在纸面上涂了黄色和品红色,那么纸面将呈现什么颜色呢?由于该纸面同时吸收蓝光和绿光,只能反射红光,如果我们在纸面上混合涂了黄色品红和青色,则所有的红绿蓝都被吸收,故表面呈黑色。有关结果如图 1-10 所示。

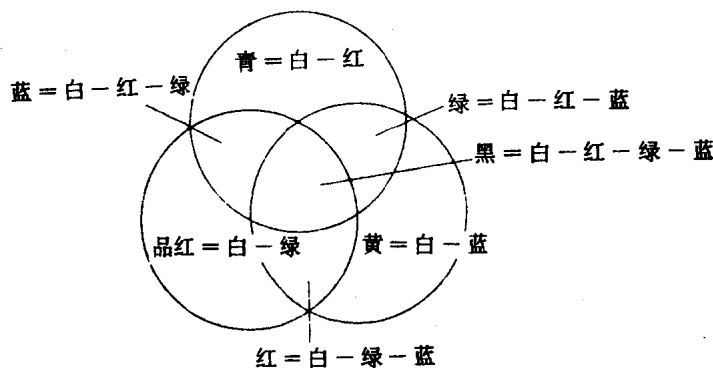


图 1-10 CMY 在原色的减色效果示意图

RGB 和 CMY 颜色模型是面向硬件的。比较而言,HSV(hue,saturation,value)模型是面向用户的。该模型对应于圆柱坐标系中的一个圆锥形子集,如图 1-11 所示。

圆锥的顶面对应于 $V=1$,它包含 RGB 模型中的 $R=1,G=1,B=1$ 三个面,故所代表的颜色较亮。色彩 H 由绕 V 轴的旋转角给定。红色对应角度 0° ,绿色对应于角度 120° ,蓝色对应于角度 240° 。在 HSV 颜色模型中,每一种颜色和它的补色相差 180° 。饱和度 S 取值从 0 到 1。由于 HSV 颜色模型所代表的颜色域只是 CIE 色度图的一个子集,所以这个模型中饱和度为百分之百的颜色,其纯度一般小于百分之百。

在圆锥的顶点处, $V=0$,H 和 S 无定义,代表黑色。圆锥的顶面中心处 $S=0,V=1$,H 无定义,代表白色。从该点到原点代表亮度渐暗的白色,即具有不同灰度的白色。对于这些点, $S=0$,H 的值无定义。任何 $V=1,S=1$ 的颜色是“纯”色。在这种纯色中,添加白色相当于减少 S(但不改 V)。

HSV 模型对应于画家的配色方法。画家用改变色浓和色深的方法从某种纯色获得不同色调的颜色。画家的做法是,在一种纯色中加入白色以改变色浓,加入黑色以改变色深,同时加入不同比例的白色,黑色即可获得各种不同的色调。如图 1-12 所示,为具有某个固定色彩的颜色的三角形表示。

纯色颜料对应于 $V=1,S=1$ 。添加白色改变色浓,相当于减小 S。添加黑色改变色深,相当于减小 V 值。同时改变 S、V 值即可获得不同的色调。

从 RGB 立方体的白色顶点,顺主对角线向原点方向投影,可得一个正方形,如图 1-13 所示。此六边形是 HSV 圆锥顶面的一个真子集。

RGB 立方体中所有顶点在原点,侧面平行于坐标平面的子立方体往上述方向投影,必须定为 HSV 圆锥中某个与 V 轴垂直的截面的真子集。因此,可以认为 RGB 空间的主对角线,对应于 HSV

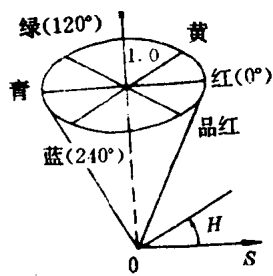


图 1-11 HSV 颜色模型示意图

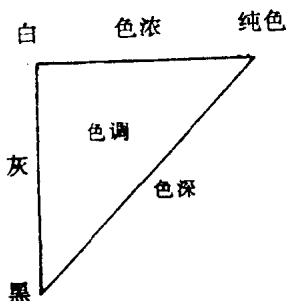


图 1-12 色浓、色深、色调之间的关系

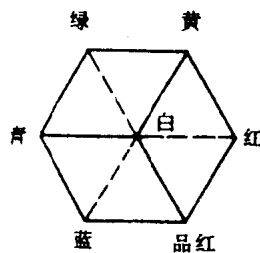


图 1-13 RGB 立方体在其主对角线方向上的投影

空间的 V 轴。

HLS (Hue, Lightness, Saturation) 色彩、亮度、饱和度颜色模型定义在圆柱型坐标的双圆锥子集上,如图 1-14 所示,色彩为绕圆锥中心轴的角度。与 HSV 模型一样,在 HLS 模型中,一种色彩与它的补色也是相差 180° 。浓度是点与中心轴的距离。在轴上各点,浓度为 0,在锥面上各点,浓度为 1,亮度从下锥顶点为 0 逐渐变到上锥顶点的 1。对于所有灰度的白光, $S=0$ 。最饱和的色彩发生在 $S=1, L=0.5$ 。另外,与 HSV 模型类似地有, $L=0.5$ 平面上颜色看起来并不一样亮。而看起来一样亮的两种不同颜色,其 L 值未必相等。

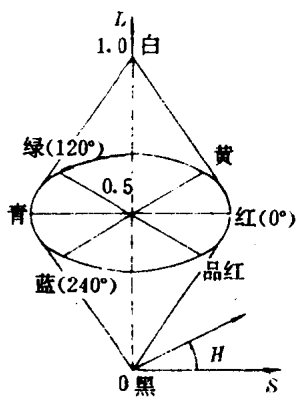


图 1-14 HLS 颜色模型示意图

1.5 色彩的生理心理功能

1.5.1 色彩的情感

由于人们长期生活在一个色彩缤纷的世界里,获得了大量有关于色彩的感受和联想,并赋予不同的情感和象征,因此,颜色能使观察者产生各种情感。随着观察者自身的主观条件(年龄、爱好、文化修养等)的不同,所感知的色彩感情也不同,其中固然含有不少个人因素,但共同的社会条件和生活环境也必然会使其具有一般的共性。在软件设计中运用色彩时,应根据一般人对色彩感知的感情效果去选择和运用色彩。

色彩感情主要表现在以下几个方面:

1. 色彩的冷暖感 色彩本身没有冷暖的性质,但由于人们从自然现象中得到的启发和联想,便对色彩产生了“冷”与“暖”的感觉。如红、橙、黄系列的颜色感觉上是温暖的,称为暖色;蓝、绿、紫系列的颜色称为冷色。应当指出的是,色彩的冷暖既有绝对性也有相对性。一方面,愈靠近橙色,色感愈热,愈靠近蓝色,色感愈冷;另一方面,部分介于中间的色彩,放在大面积冷色调中将会显暖,而放在大面积暖色调中却显冷,如紫色相对于红色显得冷,而相对于蓝色它又显得暖。

2. 色彩的重量感 主要取觉于颜色的明度。明度高的色(浅色)显得轻,明度低的色(深色)显