

Visual C++

数字图像处理

◆ 何斌 马天予 王运坚 朱红莲 编著



附光盘
CD-ROM

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

Visual C++

数字图像处理

◆ 何斌 马天予 王运坚 朱红莲 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

Visual C++ 数字图像处理/何斌编著. —北京:人民邮电出版社, 2001.4

ISBN 7-115-09263-X

I.V... II.何... III.C语言—数字图像处理 IV.TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 19062 号

Visual C++ 数字图像处理

◆ 编 著 何 斌 马天予 王运坚 朱红莲
责任编辑 张立科

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>

读者热线:010-67129212 010-67129211(传真)

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16

印张:43

字数:688 千字

2001 年 4 月第 1 版

印数:1—5 000 册

2001 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09263-X/TP·2189

定价:72.00 元(含光盘)

内 容 提 要

本书主要讲述如何使用 Visual C++ 进行数字图像处理。全书共 11 章，分别介绍了图像的点运算、几何变换、正交变换、增强、腐蚀算法、膨胀算法、细化算法、边缘检测与提取、轮廓跟踪、图像分析、图像复原和图像的压缩编码技术，对每种常用的数字图像处理方法，本书都提供了完整的源代码。

本书内容丰富，叙述详细，实用性强，适合于数字图像处理工作者阅读参考。

内容和特点

数字图像处理技术起源于 20 世纪 20 年代, 经过半个多世纪的发展, 目前已经广泛地应用于工业、医疗保健、航空航天、军事等各个领域, 在国民经济中发挥着越来越大的作用。目前, 随着信息高速公路、数字化地球概念的提出以及因特网的飞速发展, 数字图像以其信息量大、传输速度快、作用距离远等一系列优点必将成为人类获取信息的重要来源。因此, 数字图像处理科学与技术逐步向其他学科领域渗透, 并为其他学科所利用是科学发展的必然。

Microsoft 公司开发的 Visual C++ 一直是一种具有高度综合性能的软件开发工具, 用它开发出的程序有着运行速度快、可移植能力强等优点。因此, 在对数字图像进行处理时通常是采用 Visual C++ 进行编程。本书中所有的示例程序都是采用该开发工具来完成的。

本书共分 11 章, 分别介绍了数字图像处理中最常用的一些处理方法, 如数字图像的点运算、几何变换、正交变换、增强、腐蚀算法、膨胀算法、细化算法、边缘检测与提取、轮廓跟踪、图像分析、图像复原和图像的压缩编码等等。几乎每种常用的数字图像处理方法本书都提供了完整的源代码, 并在需要读者认真阅读的地方加注阴影, 读者在学习过程中可以通过程序来加深理解本书的内容, 也可以将这些程序直接做图像处理之用。

读者对象

本书是为那些已经有 Visual C++ 编程基础, 想进一步利用 Visual C++ 来进行数字图像处理的读者而编写的。同时, 本书也可以作为各大专院校的《数字图像处理》课程的参考资料。

配套光盘内容简介

1. 运行环境

硬件环境: 奔腾 200MHz 以上多媒体计算机。

软件环境: Windows 95/98/NT/2000, Microsoft Visual C++ 6.0。

2. 内容简介

为了方便读者学习, 我们将书中所有的源代码、书中用到的图像以及一些常用的数字图像处理的小程序都收录在本书配套光盘中。相信会对大家的学习和创作带来帮助。

下面是本书配套光盘内容的详细说明。

1) 程序源代码

书中所有的程序代码都保存在“\源程序\”目录下。读者只需要利用 Visual C++ 打开名为 chl_1.dsw 的工程即可。

2) 图像

为了方便读者对照学习，我们将书中全部的图像都保存在光盘中。

3) 常用图像处理软件

为了方便读者，在本书的附带光盘中提供了一些实用的图像处理软件。它们大多是一些共享软件，也有部分试用软件。这些软件的详细说明可以参见“\常用软件\”目录下的“说明.txt”。

4) 开发工具

在本书的附带光盘中的“\开发工具\”目录下有一个非常有用的图像处理工具——LEADTOOLS 12.0 的测试版本。该工具由美国的 LEAD Technologies 公司开发制作，是一个非常专业的图像处理工具。如果使用该工具，读者可以用很短的时间开发出具有专业水平的数字图像处理软件。如果读者想进一步了解 LEADTOOLS，可以访问 ww 网址：<http://www.leadtools.com/>。

致谢

参加本书编写的人员除了封面署名作者外，还有郑直、王柱、马力、钟赵鹏等，在此对他们付出的辛勤劳动表示感谢。

由于时间仓促，加之作者水平有限，书中错误之处在所难免，请广大读者批评指正。

编者

2001 年 4 月

目 录

第一章 图像及数字处理	1
1.1 引言	1
1.2 数字图像处理概述	1
第二章 Visual C++ 数字图像编程基础	4
2.1 图像和调色板	4
2.1.1 图像	4
2.1.2 调色板	5
2.1.3 色彩系统	6
2.1.4 灰度图	7
2.2 GDI 位图	8
2.2.1 从资源中装入 GDI 位图	8
2.2.2 伸缩位图	11
2.3 设备无关位图 (DIB)	12
2.3.1 BMP 文件中 DIB 的结构	12
2.3.2 DIB 访问函数	15
2.3.3 构造自己的 DIB 函数库	20
2.3.4 使用 DIB 读写 BMP 文件示例	36
第三章 图像的点运算	78
3.1 灰度直方图	78
3.1.1 灰度直方图的定义	78
3.1.2 编程绘制灰度直方图	80
3.2 灰度的线性变换	92
3.2.1 理论基础	92
3.2.2 Visual C++ 编程实现	93
3.3 灰度的阈值变换	110
3.3.1 理论基础	110
3.3.2 Visual C++ 编程实现	110
3.4 灰度的窗口变换	120
3.4.1 理论基础	120
3.4.2 Visual C++ 编程实现	122
3.5 灰度拉伸	134
3.5.1 理论基础	134
3.5.2 Visual C++ 编程实现	135
3.6 灰度均衡	150

3.6.1 理论基础	150
3.6.2 Visual C++ 编程实现	151
第四章 图像的几何变换	156
4.1 图像的平移	156
4.1.1 理论基础	156
4.1.2 Visual C++ 编程实现	158
4.2 图像的镜像变换	169
4.2.1 理论基础	169
4.2.2 Visual C++ 编程实现	169
4.3 图像的转置	176
4.3.1 理论基础	177
4.3.2 Visual C++ 编程实现	177
4.4 图像的缩放	181
4.4.1 理论基础	182
4.4.2 Visual C++ 编程实现	183
4.5 图像的旋转	188
4.5.1 理论基础	189
4.5.2 Visual C++ 编程实现	191
4.6 插值算法简介	199
4.6.1 最邻近插值	199
4.6.2 双线性插值	199
4.6.3 高阶插值	206
第五章 图像的正交变换	207
5.1 傅立叶变换	207
5.1.1 傅立叶变换的基本概念	207
5.1.2 傅立叶变换的性质	208
5.1.3 离散傅立叶变换	211
5.1.4 离散傅立叶变换的性质	212
5.1.5 快速傅立叶变换	217
5.1.6 Visual C++ 编程实现图像傅立叶变换	225
5.2 离散余弦变换	233
5.2.1 离散余弦变换的基本概念	233
5.2.2 Visual C++ 编程实现图像离散余弦变换	235
5.3 沃尔什变换	244
5.3.1 沃尔什函数	244
5.3.2 沃尔什变换	246
5.3.3 离散沃尔什—哈达玛变换	247
5.3.4 快速沃尔什—哈达玛变换	247

5.3.5 Visual C++编程实现图像沃尔什-哈达玛变换	252
第六章 图像的增强	262
6.1 图像的灰度修正	263
6.2 图像的平滑	263
6.2.1 模板操作	263
6.2.2 图像平滑理论基础	268
6.2.3 Visual C++编程实现	268
6.3 中值滤波	281
6.3.1 理论基础	281
6.3.2 Visual C++编程实现	282
6.4 图像的锐化	293
6.4.1 梯度锐化	293
6.4.2 拉普拉斯锐化	299
6.4.3 高通滤波器	302
6.5 伪彩色编码	305
第七章 数字图像腐蚀、膨胀和细化算法	335
7.1 数学形态学	335
7.1.1 什么是数学形态学	335
7.1.2 数学形态学中的基本符号和术语	335
7.2 图像腐蚀 (Erosion)	338
7.2.1 基本概念	338
7.2.2 Visual C++编程实现	344
7.3 图像膨胀 (Dilation)	354
7.3.1 基本概念	354
7.3.2 腐蚀和膨胀的代数性质	357
7.3.3 Visual C++编程实现	358
7.4 开运算 (Open) 和闭运算 (Close)	365
7.4.1 基本概念	365
7.4.2 开、闭运算的代数性质	371
7.4.3 Visual C++编程实现	371
7.5 数学形态学的其他运算	383
7.5.1 击中/击不中 (Hit/Miss) 变换	383
7.5.2 细化 (Thining)	386
7.5.3 Visual C++编程实现	387
第八章 图像边缘检测与提取及轮廓跟踪	394
8.1 边缘检测	394
8.1.1 基本概念	394

8.1.2 Visual C++ 编程实现	400
8.2 Hough 变换	426
8.2.1 基本概念	426
8.2.2 Visual C++ 编程实现	428
8.3 轮廓提取与轮廓跟踪	435
8.3.1 基本概念	435
8.3.2 Visual C++ 编程实现	437
8.4 种子填充	444
8.4.1 基本概念	444
8.4.2 Visual C++ 编程实现	448
第九章 图像分析	459
9.1 图像分割	459
9.1.1 基于幅度的图像分割	459
9.1.2 图像的区域分割	463
9.1.3 Visual C++ 编程实现	465
9.2 投影法与差影法	472
9.2.1 投影法	472
9.2.2 图像的代数运算与差影法	473
9.2.3 Visual C++ 编程实现	477
9.3 图像的匹配	491
9.3.1 模板匹配法	491
9.3.2 其他快速算法	495
9.3.3 Visual C++ 编程实现	500
第十章 图像复原	509
10.1 引言	509
10.2 逆滤波器方法——非约束复原	513
10.2.1 逆滤波器方法	513
10.2.2 Visual C++ 编程实现	515
10.3 最小二乘类约束复原	526
10.3.1 维纳滤波方法	527
10.3.2 约束最小平方滤波	529
10.3.3 Visual C++ 编程实现	530
10.4 非线性复原方法	540
10.4.1 最大后验复原	540
10.4.2 最大熵复原	541
10.4.3 投影复原方法	542
10.4.4 Monte Carlo 复原方法	544
10.5 几种其他图像复原技术	545

10.5.1 几何畸变校正	545
10.5.2 盲目图像复原	548
10.6 点扩展函数的确定	549
10.6.1 几种典型的点扩展函数	549
10.6.2 系统辨识	550
10.7 图像系统中的噪声模型	556
10.7.1 噪声模型	556
10.7.2 Visual C++ 编程实现	561
第十一章 图像的压缩编码	567
11.1 哈夫曼编码	568
11.1.1 理论基础	568
11.1.2 Visual C++ 实现哈夫曼编码	570
11.2 香农 - 弗诺编码	581
11.2.1 理论基础	581
11.2.2 Visual C++ 编程实现	583
11.3 行程编码	595
11.3.1 理论基础	595
11.3.2 PCX 文件格式及其编码方法	595
11.3.3 编程实现 PCX 文件的读写	597
11.4 LZW 编码	613
11.4.1 理论基础	613
11.4.2 GIF 文件格式	618
11.4.3 编程实现 GIF 文件的读写	624
11.5 JPEG 编码	664
11.5.1 理论基础	665
11.5.2 JPEG 的文件格式	668
11.5.3 编程实现 JPEG 文件的读写	674

第一章 图像及数字处理

1.1 引言

视觉是人类从大自然中获取信息的最主要的手段。据统计,在人类获取的信息中,视觉信息约占 60%,听觉信息约占 20%,其他的如味觉信息、触觉信息等加起来约占 20%。由此可见视觉信息对人类的重要性,而图像正是人类获取视觉信息的主要途径。所谓“图”,就是物体透射或者反射光的分布;“像”是人的视觉系统接收图的信息而在大脑中形成的印象或认识。前者是客观存在的,而后者是人的感觉,图像应该是两者的结合。因此,在图像处理中不能仅仅把图像看成是二维平面上或者三维立体空间中具有明暗或色彩变化的光分布。

所谓图像处理,就是对图像信息进行加工以满足人的视觉心理或应用需求的行为。图像处理的手段有光学方法和电子学(数字)方法。前者已经有很长的发展历史,从简单的光学滤波到现在的激光全息技术,光学处理理论已经日趋完善,而且处理速度快,信息容量大,分辨率高,又很经济。但是光学处理图像精度不够高,稳定性差,操作不便。从 20 世纪 60 年代起,随着电子技术和计算机技术的不断提高和普及,数字图像处理进入高速发展时期。所谓数字图像处理就是利用数字计算机或者其他数字硬件,对从图像信息转换而得的电信号进行某些数学运算,以提高图像的实用性。例如从卫星图片中提取目标物的特征参数,三维立体断层图像的重建等等。数字图像处理技术处理精度比较高,而且还可以通过改进处理软件来优化处理效果。但是,由于数字图像处理的数据量非常庞大,因此处理速度相对较慢,这就限制了数字图像处理的发展。随着计算机技术的飞速发展,计算机的运算速度大大提高,目前 1GHz 以上的 CPU 已经开始推广应用,这将大大促进数字图像处理技术的发展。

1.2 数字图像处理概述

数字图像处理的英文名称是“Digital Image Processing”。通常所说的数字图像处理是指用计算机进行的处理,因此也称为计算机图像处理(Computer Image Processing)。总的来说,数字图像处理包括以下几项内容:

(1) 点运算

点运算主要是针对图像的像素进行加、减、乘、除等运算。图像的点运算可以有效地改变图像的直方图分布,这对提高图像的分辨率以及图像均衡都是非常有益的。

(2) 几何处理

几何处理主要包括图像的坐标转换,图像的移动、缩小、放大、旋转,多个图像的配准以及图像扭曲校正等。几何处理是最常见的图像处理手段,几乎任何图像处理软件都提供了

最基本的图像缩放功能。图像的扭曲校正功能可以将变形的图像进行几何校正，从而得出准确的图像。

(3) 图像增强

图像增强的作用主要是突出图像中重要的信息，同时减弱或者去除不需要的信息。常用方法有直方图增强和伪彩色增强等。

(4) 图像复原

图像复原的主要目的是去除干扰和模糊，从而恢复图像的本来面目。例如去噪声复原处理。

(5) 图像形态学处理

图像形态学是数学形态学的延伸，是一门独立的研究学科。利用图像形态学处理技术，可以实现图像的腐蚀、细化和分割等效果。

(6) 图像编码

图像编码研究属于信息论中信源编码的范畴，其主要宗旨是利用图像信号的统计特性及人类视觉特性对图像进行高效编码，从而达到压缩图像的目的。图像编码是数字图像处理中一个经典的研究范畴，有 60 多年的研究历史，目前已经制定了多种编码标准，如 H.261、JPEG 和 MPEG 等等。

(7) 图像重建

图像的重建起源于 CT 技术的发展，是一门新兴的数字图像处理技术，主要是利用采集的数据来重建出图像。图像重建的主要算法有代数法、迭代法、傅立叶反投影法和使用最广泛的卷积反投影法等。

(8) 模式识别

模式识别也是数字图像处理的一个新兴的研究方向，当今的模式识别方法通常有 3 种：统计识别法、句法结构模式识别法和模糊识别法。目前应用广泛的文字识别（OCR）技术就是应用模式识别技术开发出来的。

目前数字图像处理的应用越来越广泛，已经渗透到工业、医疗保健、航空航天、军事等各个领域，在国民经济中发挥越来越大的作用。

其中最典型的应用有：

(1) 遥感技术中的应用

遥感图像处理的用处已越来越大，并且其效率和分辨率也越来越高。它被广泛地应用于土地测绘、资源调查、气象监测、环境污染监督、农作物估产和军事侦察等领域。目前遥感技术已经比较成熟，但是还必须解决其数据量庞大、处理速度慢的缺点。

(2) 医学应用

图像处理在医学上有着广泛的应用。其中最突出的临床应用就是超声、核磁共振、 γ 相机和 CT 等技术。在医学领域利用图像处理技术可以实现对疾病的直观诊断和无痛、安全方便的诊断和治疗，受到了广大患者的欢迎。

(3) 安全领域

利用图像处理的模式识别等技术，可以应用在监控、指纹档案管理等安全领域中。目前由清华大学工程物理系开发研制的大型集装箱检测系统，就是利用图像处理技术来实现全自动集装箱检测，从而加快了海关的工作效率，为打击走私立下汗马功劳。

(4) 工业生产

产品的无损检测也是图像处理技术的一项广泛的应用。

总之，图像处理技术的应用是相当广泛的，它在国家安全、经济发展、日常生活中充当着越来越重要的角色（有关图像处理的应用领域如表 1-1 所示），对国计民生有着不可忽略的作用。

表 1-1

图像处理的应用领域

学科	应用
物理、化学	结晶分析、谱分析等
生物、医学	细胞分析、染色体分类、X 射线成像、CT 等
环境保护	水质及大气污染调查等
地质	资源勘测、地图绘制、GIS 等
农业、林业	农产物估产、植被分布调查等
渔业	鱼群分布调查等
气象	卫星云图分析等
通信	传真、电视、多媒体通信等
工业	工业探伤、机器人、产品质量监测等
军事	导弹导航、军事侦察等
法律	指纹识别等

第二章 Visual C++ 数字图像编程基础

本章将介绍 Windows 下 Visual C++ 数字图像编程的基础知识,它是后面章节编程学习的基础。主要介绍的内容有 Windows 位图的结构和调色板的概念;GDI 位图与设备无关位图的概念;如何构造自己的 DIB 函数库,以及如何用 Visual C++ 编程来实现 Windows 位图的读写。

2.1 图像和调色板

目前,Windows 系列操作系统(Windows 3.x、Windows 95/NT/2000)已经成为主流操作系统,它成功的一个重要原因是因为 Windows 有漂亮的人机交互界面和简便的操作。如果离开图形和图像,那么所有的 Windows 应用程序就会变得单调乏味。下面首先介绍一下图像究竟是怎样被显示出来的。

2.1.1 图像

普通的显示器屏幕是由许多的点构成的,这些点称为像素。显示时采用扫描的方式:电子枪每次从左到右扫描一行,为每个像素着色,然后再像这样从上到下扫描整个屏幕,利用人眼的视觉暂留效应就可以显示出一屏完整的图像。为了防止闪烁,每秒要重复上述扫描过程几十次。我们常说的屏幕分辨率为 1024×768 ,刷新频率为 85Hz,意思是每行扫描 1024 个像素,一共要扫描 768 行,每秒重复扫描屏幕 85 次。一般刷新频率大于 80Hz 时,人眼感受不到屏幕刷新而产生的闪烁,这种显示器被称为位映像设备。所谓位映像,就是指一个二维的像素矩阵,而位图就是采用位映像方法显示和存储的图像。图 2-1 是一幅普通的黑白位图,图 2-2 是被放大后的图,图中每个方格代表了一个像素,我们可以看到:整个图像就是由这样一些黑点和白点组成的。



图 2-1 人脸

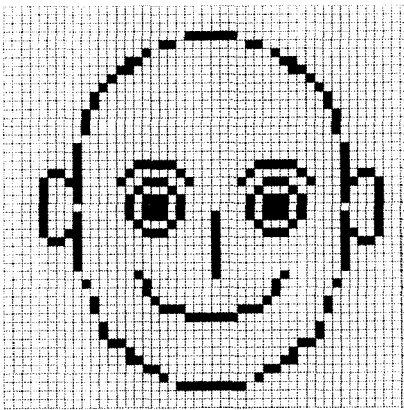


图 2-2 放大后的人脸位图

对于彩色图像，它的显示必须从三原色 RGB 概念说起。众所周知，自然界中的所有颜色都可以由红绿蓝（R、G、B）3 原色组合而成。有的颜色含有红色成分多一些，其他成分少一些。针对含有红色成分的多少，可以人为地分成 0 到 255 共 256 个等级，0 级表示不含红色成分，255 级表示含有 100% 的红色成分。同样，绿色和蓝色也可以被分成 256 级。这样，根据红、绿、蓝各种不同的组合我们就能表示出 $256 \times 256 \times 256$ （约 1 600 万）种颜色。

表 2-1 是常见的一些颜色的 RGB 组合值。

表 2-1 常见颜色的 RGB 组合

颜色	红色成分	绿色成分	蓝色成分
黑色	0	0	0
白色	255	255	255
红色	255	0	0
绿色	0	255	0
蓝色	0	0	255
青色	0	255	255
紫色	255	0	255
黄色	255	255	0
灰色	128	128	128
橄榄色	128	128	0
深青色	0	128	128
银色	192	192	192

当一幅图中每个像素被赋予不同的 RGB 值时，就能呈现出五彩缤纷的颜色了，这就形成了彩色图像。

2.1.2 调色板

如果一幅图像的每个像素都用其 RGB 分量来表示，那么所有的图像文件都将变得非常庞大，实际上的做法不完全是这样的，可以先来看看一个简单的计算。

对一幅 200×200 的 16 色图像，它共有 40 000 个像素，如果每一个像素都用 R、G、B 三个分量表示，则一个像素需要 3 个字节（因为每个分量有 256 个级别，要用 8 位，即 1 个字节来表示，所以 3 个分量需要用 3 个字节）。这样保存整个图像要用 $200 \times 200 \times 3$ ，即 120 000 字节！但是如果采用下面的方法，就能省很多字节。

对于 16 色图像，图中最多只有 16 种颜色，如果采用一个颜色表：表中的每一行记录一种颜色的 R、G、B 值，这样当表示一个像素的颜色时，只需要指出该颜色是在第几行，即该颜色在表中的索引值便可以。例如，如果表的第 0 行为 255, 0, 0（红色），那么当某个像素为红色时，只需要标明 0 即可。通过颜色索引表来表示图像，来计算一下：16 种状态可以用 4 位（bit）表示，所以一个像素要用半个字节。整个图像要用 $200 \times 200 \times 0.5$ ，即 20 000 字节，再加上颜色表占用 $3 \times 16 = 48$ 字节，也不过 20 048 字节。这样一幅图像整个占用的字节数只是前面的 1/6！

其实这张 RGB 表，就是通常所说的调色板（Palette），它还有另外一种更确切的名称：

颜色查找表 LUT (Look Up Table)。在 Windows 位图中使用到了调色板技术，其实不仅仅是 Windows 位图，其他许多图像文件格式例如 “.pcx”、“.tif”、“.gif” 等都用到调色板。所以很好地掌握调色板的概念是十分重要的。

还有一种情况，即真彩色图像（又叫做 24 位图像）的颜色种类高达 $256 \times 256 \times 256 = 2^{24} = 16\,777\,216$ 种，也就是包含上述提到的 R 、 G 、 B 颜色表示方法中所有的颜色。真彩色图像是说它具有显示所有颜色的能力，即最多可以包含所有的颜色。通常，在表示真彩色图时，每个像素直接用 R 、 G 、 B 这 3 个分量字节表示，而不采用调色板技术。原因很简单：如果使用调色板，表示一个像素颜色在调色板中的索引要用 24 位（因为共有 2^{24} 种颜色，即调色板有 2^{24} 行），这和直接用 R 、 G 、 B 这 3 个分量表示用的字节数一样，不但没有节省任何空间，还要加上一个 $256 \times 256 \times 256 \times 3$ 个字节的大调色板。所以真彩色图直接用 R 、 G 、 B 这 3 个分量表示。

2.1.3 色彩系统

前面介绍的 RGB 色彩系统是最常用的颜色系统，但在其他方面我们也会用到其他的色彩系统，常见的有：

1. RGB 和 CMY 色彩系统

CMY (Cyan、Magenta、Yellow) 色彩系统也是一种常用的表示颜色的方式。计算机屏幕的显示通常用 RGB 色彩系统，它是通过颜色的相加来产生其他颜色，这种做法通常称为加色合成法 (Additive Color Synthesis)。而在印刷工业上则通常用 CMY 色彩系统（一般所称的四色印刷 CMYK 则是加上黑色），它是通过颜色相减来产生其他颜色的，所以我们称这种方式为减色合成法 (Subtractive Color Synthesis)。图 2-3 为 RGB 与 CMY 两个色彩系统的关系图：

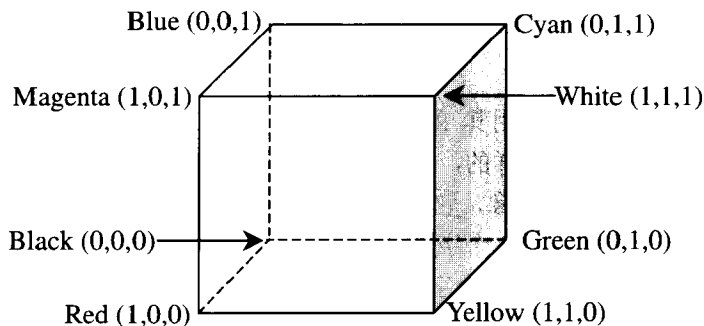


图 2-3 RGB 与 CMY 色彩系统关系图

2. YIQ 色彩系统

YIQ 色彩系统通常被北美的电视系统所采用（属于 NTSC 系统），这里 Y 不是指黄色，而是指颜色的明视度 (Luminance)，即亮度 (Brightness)。其实 Y 就是图像的灰度值 (Gray value)，而 I 和 Q 则是指色调 (Chrominance)，即描述图像色彩及饱和度的属性。RGB 与 YIQ 之间的对应关系如下：