

第3章 图形与图像处理

图形与图像处理是多媒体技术的重要组成部分，也是人们非常容易接收的信息媒体。常言道，“百闻不如一见”，这说明图形与图像是信息量极其丰富的媒体。一幅图画可以形象、生动和直观地表现大量的信息，具有文本和声音所不可比拟的优点。因此在多媒体应用软件中，灵活地使用图形与图像，可以提供色彩丰富的画面和良好的人机交互界面。

本章首先介绍图形与图像的基本知识和静止图像压缩标准，然后简述显示设备与扫描仪的工作原理和性能指标，最后着重介绍图像处理软件 Photoshop 的使用。

3.1 图形与图像概述

图形和图像都是视觉媒体元素。谈到视觉，自然离不开光和颜色。

3.1.1 光和颜色

1. 光的本质

从本质上讲，光是一种电磁波。通常意义上的光是指可见光，即能引起人的视觉的电磁波，它的频率为 $3.84 \times 10^{14} \sim 7.89 \times 10^{14} \text{Hz}$ ，相应的在真空中的波长为 $780 \sim 380 \text{nm}$ 。由物理学可知，光具有波粒二相性，作为电磁波，光具有干涉和衍射等特性；作为粒子，光又具有直线传播、反射和折射等特性。光的这些特性给世界带来了变换无穷、千奇百怪的彩色景象。

通过对光的物理特性研究，进一步证实了光和无线电波一样都是电磁波。也就是说，从无线电波、微波、红外线、可见光、紫外线、X射线到 γ 射线本质上都是相同的电磁波，它们的特性服从共同的规律，但是不同波长的电磁波表现出不同的特性。光是某一个特定波长范围内的电磁波，如图 3-1 所示。

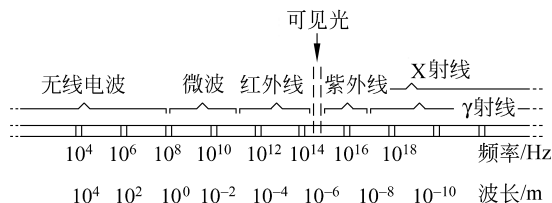


图 3-1 电磁波谱

2. 颜色内涵

人的视觉系统既可以感觉到光的强度（即亮度），也可以感觉出光的颜色（即色彩）。人对亮度和色彩的感觉过程是一个物理、生理和心理的复杂过程。在自然世界中，人们看到的大多数光不是单一波长的光，而是由多种不同波长的光组合而成的。生理学研究表明，人的视网膜有两类视觉细胞：一类是对微弱光敏感的杆状体细胞；另一类是对红色、绿色

和蓝色敏感的 3 种锥体细胞。因此,从这个意义上说,颜色只存在于人的眼睛和大脑中。对于客观的光而言,颜色就是不同波长的电磁波。光的波长与人的颜色感觉之间的关系,如表 3-1 所示。

表 3-1 光的波长与颜色关系

颜色	红色	橙色	黄色	绿色	青色	蓝色	紫色
波长/nm	700	620	580	546	480	436	380

通常人眼对颜色的感知采用色调、饱和度和亮度来度量,它们共同决定了视觉的总体效果。

(1) 色调。色调表示光的颜色,它决定于光的波长。某一物体的色调是指该物体在日光照射下所反射的光谱成分作用到人眼的综合效果,如红色、蓝色等。自然界中的七色光就分别对应着不同的色调,而每种色调又分别对应着不同的波长。

(2) 饱和度。也称为纯度或彩度,它是指彩色的深浅或鲜艳程度,通常指彩色中白光含量多少。对于同一色调的彩色光,饱和度越深颜色越纯。比如当红色加进白光后,由于饱和度降低,红色被冲淡成粉红色。饱和度的增减还会影响到颜色的亮度,比如在红色中加入白光后增加了光能,因而变得更亮了。所以在某色调的彩色光中掺入别的彩色光,会引起色调的变化,而掺入白光时仅引起饱和度的变化。

色调与饱和度合起来统称为色度,它表示颜色的类别与深浅程度。

(3) 亮度。人眼之所以能看到物体的明暗,是因为物体反射光的强度有差异的缘故。亮度就是用来表示某种颜色在人眼视觉上引起的明暗程度,它直接与光的强度有关。光的强度越大,物体就越亮;光的强度越小,物体就会变暗。

3. 色彩模式

色彩模式是指在计算机上显示或打印图像时表示颜色的数字方法。在不同的领域,人们采用的色彩模式往往不同。比如计算机显示器采用 RGB 模式,打印机输出彩色图像时用 CMYK 模式,从事艺术绘画的采用 HSB 模式,彩色电视系统采用 YUV/YIQ 模式,另外还有其他一些色彩模式的表示方法。

(1) RGB 模式。计算机显示器使用的阴极射线管(Cathode Ray Tube, CRT)是一个有源物体, CRT 使用 3 个电子枪分别产生红色(Red)、绿色(Green)、蓝色(Blue)3 种波长的光,并以各种不同的相对强度综合起来产生颜色。组合这 3 种光波以产生特定颜色称为相加混色,因此这种模式又称 RGB 相加模式。

从理论上讲,任何一种颜色都可以用这 3 种基本颜色按不同的比例混合得到。3 种基本颜色的光强越强,到达人眼的光就越多,它们的比例不同,人们看到的颜色也就不同,

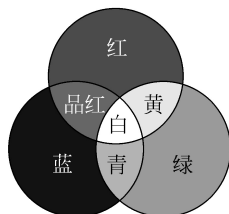


图 3-2 相加混色

没有光到达人眼,就是一片漆黑。当 3 种基本颜色按不同强度相加时,总的光强增强,并可得到任何一种颜色。比如,当 3 种基本颜色等量相加时,得到白色或灰色;等量的红绿相加而蓝为 0 值时得到黄色;等量的红蓝相加而绿为 0 时得到品红色;等量的绿蓝相加而红为 0 时得到青色。这 3 种基本颜色相加的结果如图 3-2 所示。

现在使用的彩色电视机和计算机显示器都是利用这 3 种基本颜色混合来显示彩色图像,而把彩色图像输入到计算机的扫描仪则是利

用它的逆过程。扫描是把一幅彩色图像分解成 R、G、B 3 种基本颜色，每一种基本颜色的数据代表特定颜色的强度，当这 3 种基本颜色的数据在计算机中重新混合时又显示出它原来的颜色。

(2) CMYK 模式。计算机屏幕显示彩色图像时采用的是 RGB 模式，而在打印时一般需要转换为 CMY 模式。CMY 模式是使用青色 (Cyan)、品红 (Magenta)、黄色 (Yellow) 3 种基本颜色按一定比例合成色彩的方法。CMY 模式与 RGB 模式不同，因为色彩的产生不是直接来自于光线的颜色，而是由照射在颜料上反射回来的光线所产生的。颜料会吸收一部分光线，而未吸收的光线会反射出来，成为视觉判定颜色的依据。利用这种方法产生的颜色称为相减混色。

在相减混色中，当 3 种基本颜色等量相减时得到黑色或灰色；等量黄色和品红相减而青色为 0 时得到红色；等量青色和品红相减而黄色为 0 时得到蓝色；等量黄色和青色相减而品红为 0 时得到绿色。3 种基本颜色相减结果如图 3-3 所示。

虽然理论上利用 CMY 为 3 种基本颜色混合可以制作出所需要的各种色彩，但实际上同量的 CMY 混合后并不能产生完备的黑色或灰色。因此，在印刷时常加一种真正的黑色 (Black)，这样 CMY 模式又称为 CMYK 模式。

彩色打印机和彩色印刷都是采用 CMYK 模式实现彩色输出的。RGB 与 CMY 模式是互补模式，可以相互转换。但实际上因为发射光与反射光的性质完全不同，显示器上看到的颜色不可能精确地在彩色打印机上复制出来，因此实际的转换过程会有一定程度的失真，应尽量减少转换的次数。

(3) HSB 模式。RGB 模式和 CMYK 模式都是因产生颜色硬件的限制和要求形成的，而 HSB 模式则是模拟了人眼感知颜色的方式，比较容易为从事艺术绘画的画家们所理解。HSB 模式是使用色调 (Hue)、饱和度 (Saturation) 和亮度 (Brightness) 3 个参数来生成颜色。利用 HSB 模式描述颜色比较自然，但实际使用却不方便，例如显示时要转换成 RGB 模式，打印时要转换为 CMYK 模式等。

在 Windows XP 中的画图软件中，其“编辑颜色”对话框里显示了采用 HSB 和 RGB 模式与颜色的对应关系，使得颜色的编辑十分直观和方便，如图 3-4 所示。

在“编辑颜色”对话框中，右侧上方正方形中有一个颜色拾取框，水平方向移动它，将改变色调，垂直方向移动它，将改变饱和度。而右侧与正方形等高的长条表示亮度，可

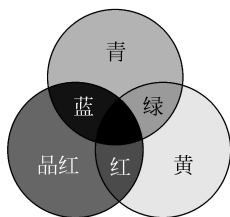


图 3-3 相减混色

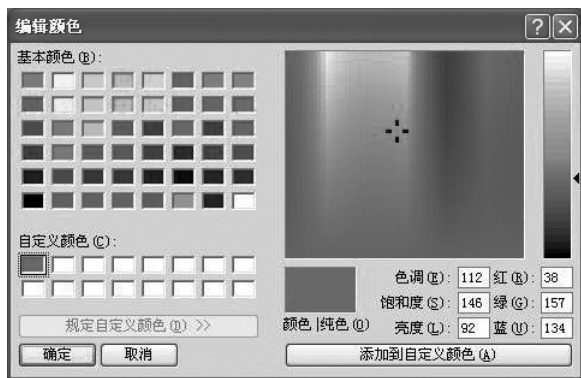


图 3-4 “编辑颜色”对话框

以使用鼠标上下拖曳三角形图标，改变其亮度。当前拾取的颜色信息显示在“颜色”|“纯色”预览框中。

(4) YUV/YIQ 模式。在彩色电视系统中，使用 YUV 模式或 YIQ 模式来表示彩色图像。在 PAL 制式中使用 YUV 模式，其中 Y 表示亮度，U、V 用来表示色度，是构成彩色的两个分量。在 NTSC 制式中使用 YIQ 模式，其中 Y 表示亮度，I、Q 是两个彩色分量。

YUV 模式的优点是亮度信号和色度信号是相互独立的，即 Y 分量构成的亮度图与 U 或 V 分量构成的带着彩色信息的两幅单色图是相互独立的，所以可以对这些单色图分别进行编码。如果只用亮度信号而不采用色度信号，则表示的图像就是没有颜色的灰度图像，人们使用的黑白电视机能够接收彩色电视信号就是这个道理。

由于现在所有的显示器都采用 RGB 值来驱动，所以不管是用 YUV 模式还是 YIQ 模式来表示彩色图像，都要求在显示每个像素之前，把彩色分量值转换成 RGB 值。在考虑人的视觉系统和阴极射线管（CRT）的非线性特性后，RGB 和 YUV 的对应关系可以近似地用下面的方程式表示：

$$Y=0.299R+0.587G+0.114B$$

$$U=0.147R-0.289G+0.436B$$

$$V=0.615R-0.515G-0.100B$$

RGB 和 YIQ 的对应关系可以近似地用下面的方程式表示：

$$Y=0.299R+0.587G+0.114B$$

$$I=0.596R-0.275G-0.321B$$

$$Q=0.212R-0.523G+0.311B$$

(5) 灰度模式与黑白模式。灰度模式采用 8 位来表示一个像素，即将纯黑和纯白之间的层次等分为 256 级，就形成了 256 级灰度模式，它可以用来模拟黑白照片的图像效果。

黑白模式只采用 1 位来表示一个像素，于是只能显示黑色和白色。黑白模式无法表示层次复杂的图像，但可以制作黑白的线条图。

3.1.2 图形与图像

计算机绘制的图片有两种形式，即图形和图像，它们也是构成动画或视频的基础。

1. 图形

图形又称矢量图形、几何图形或矢量图，它是用一组指令来描述的，这些指令给出构成该画面的所有直线、曲线、矩形、椭圆等的形状、位置、颜色等各种属性和参数。这种方法实际上是用数学方法来表示图形，然后变成许许多多的数学表达式，再编制程序，用语言来表达。计算机在显示图形时从文件中读取指令并转化为屏幕上显示的图形效果，如图 3-5 所示。

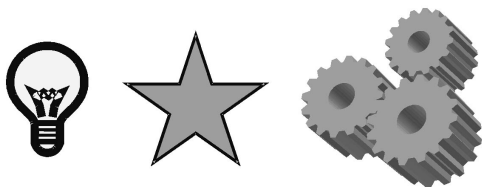


图 3-5 矢量图形

通常图形绘制和显示的软件称为绘图软件，比如 CorelDRAW、Freehand 和 Illustrator 等。它们可以由人工操作交互式绘图，或是根据一组或几组数据画出各种几何图形，并可方便地对图形的各个组成部分进行缩放、旋转、扭曲和上色等编辑和处理工作。

矢量图形的优点在于不需要对图上每一点进行量化保存，只需要让计算机知道所描绘对象的几何特征即可。比如一个圆只需要知道其圆半径和圆心坐标，计算机就可调用相应的函数画出这个圆，因此矢量图形所占用的存储空间相对较少。矢量图形主要用于计算机辅助设计、工程制图、广告设计、美术字和地图等领域。

2. 图像

图像又称点阵图像或位图图像，它是指在空间和亮度上已经离散化的图像。可以把一幅位图图像理解为一个矩形，矩形中的任一元素都对应图像上的一个点，在计算机中对应于该点的值为它的灰度或颜色等级。这种矩形的元素就称为像素，像素的颜色等级越多则图像越逼真。因此，图像是由许许多多像素组合而成的，如图 3-6 所示。

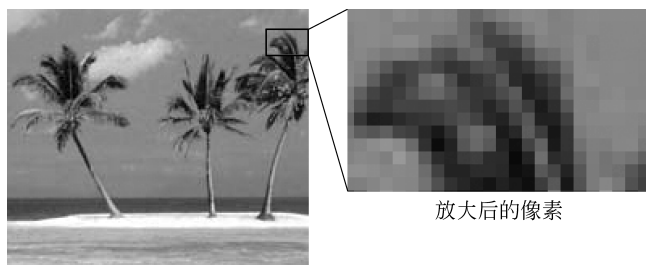


图 3-6 位图图像

计算机上生成图像和对图像进行编辑处理的软件通常称为绘画软件，如 Photoshop、PhotoImpact 和 PhotoDraw 等。它们的处理对象都是图像文件，它是由描述各个像素点的图像数据再加上一些附加说明信息构成的。位图图像主要用于表现自然景物、人物、动植物和一切引起人类视觉感受的景物，特别适应于逼真的彩色照片等。通常图像文件总是以压缩的方式进行存储的，以节省内存和磁盘空间。

3. 图形与图像的比较

图形与图像除了在构成原理上的区别以外，还有以下几个不同点。

(1) 图形的颜色作为绘制图元的参数在指令中给出，所以图形的颜色数目与文件的大小无关；而图像中每个像素所占据的二进制位数与图像的颜色数目有关，颜色数目越多，占据的二进制位数也就越多，图像的文件数据量也会随之迅速增大。

(2) 图形在进行缩放、旋转等操作后不会产生失真；而图像有可能出现失真现象，特别是放大若干倍后可能会出现严重的颗粒状，缩小后会吃掉部分像素点。

(3) 图形适应于表现变化的曲线、简单的图案和运算的结果等；而图像的表现力较强，层次和色彩较丰富，适应于表现自然的、细节的景物。

图形侧重于绘制、创造和艺术性，而图像则偏重于获取、复制和技巧性。在多媒体应用软件中，目前用得较多的是图像，它与图形之间可以用软件来相互转换。利用真实感图形绘制技术可以将图形数据变成图像，利用模式识别技术可以从图像数据中提取几何数据，把图像转换成图形。

3.1.3 图像数字化

图像只有经过数字化后才能成为计算机处理的位图。自然景物成像后的图像无论何种记录介质保存都是连续的。从空间上看，一幅图像在二维空间上都是连续分布的，从空

间的某一点位置的亮度来看,亮度值也是连续分布的。图像数字化就是把连续的空间位置和亮度离散,它包括两方面的内容:空间位置的离散和数字化,亮度值的离散和数字化。

把一幅连续的图像在二维方向上分成 $m \times n$ 个网格,如图 3-7 所示。每个网格用一个亮度值表示,这样一幅图像就要用 $m \times n$ 个亮度值表示,这个过程称为采样。正确选择 m 、 n ,才能使数字化的图像质量损失最小,显示时才能得到完美的图像质量。

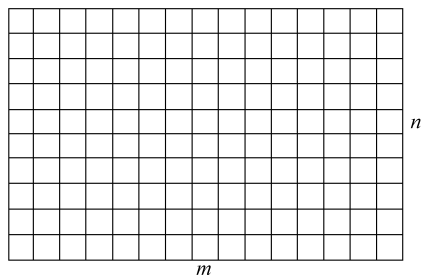


图 3-7 图像网格

采样的图像亮度值,在采样的连续空间上仍然是连续值。把亮度分成 k 个区间,某个区间对应相同的亮度值,共有 k 个不同的亮度值,这个过程称为量化。通常将实现量化的过程称为模数变换,相反地把数字信号恢复到模拟信号的过程称为数模变换,它们分别由 A/D 和 D/A 变换器实现。经过模数变换得到的数字数据可以进一步压缩编码,以减少数据量。

影响图像数字化质量的主要参数有分辨率、颜色深度等,在采集和处理图像时,必须正确理解和运用这些参数。

(1) 分辨率。分辨率是影响图像质量的重要参数,它可以分为显示分辨率、图像分辨率和像素分辨率等。

① 显示分辨率。显示分辨率是指在显示器上能够显示出的像素数目,它由水平方向的像素总数和垂直方向的像素总数构成,例如某显示器的水平方向为 800 个像素,垂直方向为 600 个像素,则该显示器的显示分辨率为 800×600 。

显示分辨率与显示器的硬件条件有关,同时也与显示卡的缓冲存储器容量有关,其容量越大,显示分辨率越高。通常显示分辨率采用的系列标准模式是 320×200 、 640×480 、 800×600 、 1024×768 、 1280×1024 、 1600×1200 等,当然有些显卡也提供介于上述标准模式之间的显示分辨率。在同样大小的显示器屏幕上,显示分辨率越高,像素的密度越大,显示图像越精细,但是屏幕上的文字越小。

② 图像分辨率。图像分辨率是指数字图像的实际尺寸,反映了图像的水平 and 垂直方向的大小。例如,某图像的分辨率为 400×300 ,计算机的显示分辨率为 800×600 ,则该图像在屏幕上显示时只占据了屏幕的四分之一。当图像分辨率与显示分辨率相同时,所显示的图像正好布满整个屏幕区域。当图像分辨率大于显示分辨率时,屏幕上只能显示出图像的一部分,这时要求显示软件具有卷屏功能,使人能看到图像的其他部分。

图像分辨率越高,像素就越多,图像所需要的存储空间也就越大。

③ 像素分辨率。像素分辨率是指显像管荧光屏上一个像素点的宽和长之比,在像素分辨率不同的计算机间传输图像时会产生图像变形。例如,在捕捉图像时,如果显像管的像素分辨率为 $2:1$,而显示图像的显像管的像素分辨率为 $1:1$,这时该图像会发生变形。

(2) 颜色深度。颜色深度是指记录每个像素所使用的二进制位数。对于彩色图像来说,颜色深度决定了该图像可以使用的最多颜色数目;对于灰度图像来说,颜色深度决定了该图像可以使用的亮度级别数目。颜色深度值越大,显示的图像色彩越丰富,画面越自然、逼真,但数据量也随之激增。

在实际应用中,彩色图像或灰度图像的颜色分别用 4 位、8 位、16 位、24 位和 32 位

等二进制数表示，其各种颜色深度所能表示的最大颜色数如表 3-2 所示。

表 3-2 图像的颜色数量

颜色深度/位	数值	颜色数量	颜色评价
1	2^1	2	二值图像
4	2^4	16	简单色图像
8	2^8	256	基本色图像
16	2^{16}	65536	增强色图像
24	2^{24}	16777216	真彩色图像
32	2^{32}	4294967296	真彩色图像

图像文件的大小是指在磁盘上存储整幅图像所需的字节数，它的计算公式如下：

$$\text{图像文件的字节数} = \text{图像分辨率} \times \text{颜色深度} / 8$$

例如：一幅 640×480 的真彩色图像（24 位），它未压缩的原始数据量如下：

$$640 \times 480 \times 24 / 8 \text{ b} = 921600 \text{ B} = 900 \text{ KB}$$

显然，图像文件所需要的存储空间较大。在制作多媒体应用软件中，一定要考虑图像的大小，适当地掌握图像的宽、高和颜色深度。如果对图像文件进行压缩处理，可以大大减少图像文件所占用的存储空间。

3.1.4 图像的文件格式

常用的图像文件格式有 BMP、GIF、JPEG、TIFF、PNG 和 PSD 等，由于历史的原因以及应用领域的不同，数字图像文件的格式还有很多。大多数图像软件都可以支持多种格式的图像文件，以适应不同的应用环境。

BMP (Bitmap) 是 Microsoft 公司为其 Windows 系列操作系统设置的标准图像文件格式。在 Windows 系统中包括了一系列支持 BMP 图像处理的应用编程接口 (API 函数)。由于 Windows 操作系统在 PC 上占有绝对的优势，所以在 PC 上运行的绝大多数图像软件都支持 BMP 格式的图像文件。BMP 文件格式的特点有：每个文件存放一幅图像；可以多种颜色深度保存图像（16/256 色、16/24/32 位）；根据用户需要可以选择图像数据是否采用压缩形式存放（通常 BMP 格式的图像是非压缩格式），使用 RLE 压缩方式可得到 16 色的图像，采用 RLE8 压缩方式则得到 256 色的图像；以图像的左下角为起始点存储数据；存储真彩色图像数据时以蓝、绿、红的顺序排列。

GIF (Graphics Interchange Format) 是由 CompuServe 公司于 1987 年开发的图像文件格式。它主要是用来交换图片的，为网络传输和 BBS 用户使用图像文件提供方便。目前，大多数图像软件都支持 GIF 文件格式，它特别适合于动画制作、网页制作以及演示文稿制作等领域。GIF 文件格式的特点有：对于灰度图像表现最佳；采用改进的 LZW 压缩算法处理图像数据；图像文件短小，下载速度快；具有 GIF97a（一个文件存储一个图像）和 GIF89a（允许一个文件存储多个图像）两个版本；不能存储超过 256 色的图像；采用两种排列顺序存储图像，即顺序排列和交叉排列。

JPEG (Joint Photographic Experts Group) 是一种比较复杂的文件结构和编码方式的文件格式。它是用有损压缩方式去除冗余的图像和彩色数据，在获得极高压缩率的同时能展

现十分丰富和生动的图像，换句话说，就是可以用最少的磁盘空间得到较好的图像质量。因此，JPEG 文件格式适用于互联网上用作图像传输，常在广告设计中作为图像素材，在存储容量有限的条件下进行携带和传输。JPEG 文件格式的特点有：适用性广，大多数图像类型都可以进行 JPEG 编码；对于数字化照片和表达自然景物的图片，JPEG 编码方式具有非常好的处理效果；对于使用计算机绘制的具有明显边界的图形，JPEG 编码方式的处理效果不佳。

TIFF (Tag Image File Format) 是一种通用的位映射图像文件格式。TIFF 格式的图像文件由 Aldus 公司开发，早在 1986 年就已推出，后来与 Microsoft 公司合作，进一步发展了 TIFF 格式，至今已经历了多种不同版本。TIFF 文件格式的特点如下：支持从单色到 32 位真彩色的所有图像；适用于多种操作平台和多种机型，如 Windows 和 Macintosh 系统；具有多种数据压缩存储方式等。

PNG (Portable Network Graphic) 是 20 世纪 90 年代中期开发的图像文件格式，其目的是企图替代 GIF 和 TIFF 文件格式，同时增加一些 GIF 文件格式所不具备的特性。PNG 用来存储彩色图像时其颜色深度可达 48 位，存储灰度图像时可达 16 位，并且还可存储多达 16 位的 α 通道数据。PNG 文件格式的特点有：流式读写性能；加快图像显示的逐次逼近显示方式；使用从 LZ77 派生的无损压缩算法以及独立于计算机软硬件环境等等。

PSD (Photoshop Document) 是 Adobe 公司的图像处理软件 Photoshop 的专用格式。PSD 其实是 Photoshop 进行平面设计的一张“草稿图”，它里面包含有各种图层、通道、蒙版等多种设计的样稿，以便于下次打开文件时可以修改上一次的设计。在 Photoshop 所支持的各种图像格式中，PSD 的存取速度比其他格式都快，功能也很强大。由于 Photoshop 越来越被广泛地应用，所以有理由相信，这种格式也会逐步流行起来。

表 3-3 中列出了常见的图片文件格式及其说明。

表 3-3 常见的图片文件格式

图 片 类 型	说 明
BMP	鲜艳、细腻，但尺寸大
GIF	尺寸小，有小动画效果
JPEG、JPG	质量高，尺寸小，略失真
PCX	压缩比适中，能快速打开
PNG	适合在网络上传输及打开
PSD	Photoshop 专用，图像细腻
TIFF、TIF	用于扫描仪、OCR 系统
WMF	Office 组件专用剪贴画

3.2 静止图像压缩标准

3.2.1 图像压缩方法概述

1. 图像压缩编码的发展

第一代图像编码技术是 Shannon (香农) 于 1948 年在他的经典论文《通信的数学原理》

中首次提出并建立了信息率失真函数概念。1959年他又进一步确立了码率失真理论，从而奠定了信息编码的理论基础。此后，图像压缩编码理论和方法都有很大发展，主要的编码方法有预测编码、变换编码和统计编码，也称为三大经典编码方法。

第二代图像编码技术是 Kunt 等人于 1985 年提出的，他们认为图像编码不局限于信息论的框架，要求充分利用人的视觉、生理、心理和图像信源的各种特征，才能获得较高的压缩比。这类编码技术的代表性方法有子带图像编码。

第三代图像编码技术是指标准化的压缩编码技术。图像编码的研究内容是图像数据压缩，其主要应用领域是图像通信和图像信息存储。当需要对所传输或存储的图像信息进行高比率压缩时，必须采取复杂的图像编码技术。但是如果没有一个共同的标准，不同系统之间不能兼容，各系统之间的联结将十分困难。因此，近年来国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）以及国际电信联盟电信标准部（ITU-T）已经制定一系列静止图像和运动图像编码的国际标准，如 JPEG 标准、MPEG 标准和 H.261 标准。由于这些国际标准的出现，图像编码尤其是视频图像压缩技术得到了飞速发展。

图像压缩编码技术总的来说就是利用图像数据固有的冗余性和相干性，将一个大的图像数据文件转换成较小的同性质的文件。两个文件的大小之比（压缩比）确定了压缩的程度。以压缩后的文件能否准确恢复原文件为界，将图像压缩编码技术分为无失真编码技术和有失真编码技术。

2. 无失真编码方法

无失真编码方法又称可逆编码方法或无损压缩。这类编码在压缩时不丢失数据，解压缩后的还原图像与原始图像完全一致，但它不能提供较高的压缩比。如霍夫曼编码、行程编码、算术编码等。

（1）霍夫曼编码。在无失真编码方法中，霍夫曼编码是一种比较有效的编码方法。霍夫曼编码是一种长度不均匀的、平均码率可以接近信息熵值的一种编码。它的编码思想是，对于出现概率大的信息采用字短的码，对于出现概率低的信息采用字长的码，以达到缩短平均码长，从而实现数据的压缩。霍夫曼编码的最高压缩比可达到 8 : 1。

（2）行程编码。行程编码是相对简单的一种无失真编码方法。它的编码思想是，将相同的连续符号串用一个符号和串长的值来代替。比如有一个符号串"7777799999955555"，则其行程编码为 (7, 5) (9, 7) (5, 6)。压缩前的符号串串长是 18，压缩后只需用 6 个字符或数值来表示，显然数据得到了压缩。行程编码对传输误差很敏感，一个符号出错会影响整个编码效果，克服的办法是采用行同步或列同步，使其误差被控制在一行或一列之内。

（3）算术编码。算术编码是统计编码的一种，它的编码思想是：将被编码的信息表示成实数轴上 0 和 1 之间的间隔，信息越长，间隔越小，表示这一间隔所需的二进制位数就越多。由于行程编码的某些方面优于霍夫曼编码，因此在 JPEG 标准的扩展系统中，算术编码已经取代了霍夫曼编码。

3. 有失真编码方法

有失真编码方法又称不可逆编码方法或有损编码。这类编码在压缩时舍弃部分数据，解压缩后的还原图像与原始图像存在一定的误差，但视觉效果一般可以接受，即主观图像是令人满意的，能满足具体应用的要求，且可以提供较高的压缩比。如预测编码、变换编

码、矢量量化编码、子带图像编码、小波变换编码和分形图像编码等。

(1) 预测编码。如果已知图像一个像素离散值, 利用其相邻像素的相关性, 预测它的下一个像素(水平方向或垂直方向)的可能值, 求其两者差, 再量化编码。预测编码方法计算简单, 若采用霍夫曼编码技术, 压缩比从 2:1 到 4:1 仍有满意的效果。

(2) 变换编码。图像经过正交变换后能够实现图像数据压缩的本质在于: 经过多维坐标系中的适当坐标旋转和变换, 能够把散布在各坐标轴上的原始图像数据, 在新的适当的坐标系中集中到少数坐标轴上, 因而有可能用较少的编码字节数来表示一幅图像, 实现图像的压缩编码。从数学上来看, 可用于图像压缩编码的正交变换有很多种, 如 Fourier 变换、Walsh-Hadamard 变换、Sine 变换、Cosine 变换(DCT)、Slant 变换、Haar 变换和 K-L 变换等。

(3) 矢量量化编码。前面介绍的预测编码、变换编码都属于标量量化, 即先将图像经某种映射变换成一个数的序列, 然后一个数一个数地进行量化编码。矢量量化(VQ)在近几年发展较快, 它与标量量化方法不同, 它把图像数据分成很多组, 每组看成为一个矢量, 然后逐个矢量进行量化编码。在矢量量化算法中, 图像中的各种相关信息(如各像素点之间、各块之间以及相邻编码地址间等)可通过有效的码书设计得以充分地去除, 矢量量化是限失真压缩编码方法, 压缩比可达到 40:1。

(4) 子带图像编码。子带图像编码是一种高质量、高压缩比的图像编码方法。它的编码思想是利用一滤波器组, 通过重复卷积的方法, 经取样将输入信号分解为高频分量和低频分量, 然后分别对高频分量和低频分量进行量化和编码。解码时, 高频分量和低频分量经过插值和共轭滤波器而合成原信号。进行子带图像编码的一个关键问题是如何设计共轭滤波器组, 除去混叠频谱分量。子带图像编码技术已经在语音信号压缩编码中获得了广泛的应用。

(5) 小波变换编码。近年来, 小波变换在静止图像压缩方面得到了较好的应用。小波变换是一种有效的时频域分析工具, 它能够将一个信号分解成对空间和时间、频率的独立贡献, 同时又不失原信号所包含的信息。图像的小波变换可以理解为用户信号经过一系列带通滤波器的结果, 这组滤波器在对数意义下具有相同的带宽, 从小波变换后不同分层定位中提取出图像的特征, 低频部分平滑表示背景, 高频部分不平稳表示细节。利用不同层次对恢复图像的贡献大小和对人的视觉系统影响大小, 采用不同的编码方法, 可以达到图像压缩的目的。采用小波变换对图像数据进行压缩, 压缩比可为 10:1~100:1。

(6) 分形图像编码。20 世纪 80 年代后期, Barnsley 等人研究利用分形几何学的思想进行图像压缩的方法, 并提出了一种适合图像压缩的分形模型—迭代函数系统(IFS)。分形图像编码的基本思想是把一幅数字图像, 通过图像处理技术将原始图像分成一些子图像, 然后在分形集中查找这样的子图像。分形集实际上并不是存储所有可能的子图像, 而是存储许多迭代函数, 通过迭代函数的反复迭代, 可以恢复出原来的子图像。也就是说, 子图像所对应的只是迭代函数, 而表示这样的迭代函数一般只需要几个数据即可。因此分形图像编码可以实现很高的压缩比(最高可达 10000:1)。

各种压缩编码方法适用的场合不同, 达到的效果也不同。为了充分利用各自的优点, 克服缺点, 相应产生了多种复合方法, 如基于小波变换的分形图像压缩、基于 DCT 的分形图像压缩、基于小波变换和矢量量化的图像压缩, 等等。