

全国高等院校非计算机专业通用教材



- 概述图形图像的基本概念和研究内容
- 介绍 C++ Builder 语言的操作环境和界面设计
- 实战 C++ Builder 图形程序设计
- 攻克 OpenGL 三维图形程序设计
- 演练含所有实例源代码的多媒体光盘

黄地龙 洪志全 编著

计算机

图形图像应用教程

JISUANJI TUXING TUXIANG YINGYONG JIAOCHENG



浦东电子出版社
Pudong ePress

前 言

随着计算机图形技术应用领域的不断扩大,计算机图形学与图形技术不仅成为计算机专业的一门重要课程,也成为非计算机专业的一门重要选修课程。但是,近年来计算机硬、软件技术的迅速发展,尤其是 Windows 操作系统的凸现,大量的应用软件都基于 Windows 环境下、应用可视化语言(C++ Builder 或 VB、VC++)开发。图形软件应用系统也不例外。于是,大多数的关于计算机图形学与图形技术方面的教材已难以满足教学需求,尤其是对于非计算机专业更加不适用。其原因有:

1. 教材内容落后于技术的发展。如现在的图形界面设计技术,支持三维图形开发软件的技术平台(OpenGL)都已经有很大的发展。而现有的大多数教材尚未包括。

2. 教材内容对于培养非计算机专业本科学生、计算机专业的专科学生和成人本科学生的适应性较差。主要表现要么要求图形学理论过强,要么仅是图形应用软件的操作培养。对于既能懂得一些图形学基本理论,又能够结合自己专业应用,编写一些图形软件程序的教材较少。

3. 教材内容某些部分陈旧。这一点随着计算机技术、语言及其程序的开发环境的迅速发展是不可避免的。

为此,我们在多年教学工作上总结了非计算机专业本科学生对图形图像应用技术知识的渴望和新的知识发展(包括软件程序开发环境及其使用方法技术)。为进一步拓展这方面的知识打下基础,我们编写了这本教程,作为高校非计算机专业、计算机专科或成人本科“计算机图形图像应用教程”课程的教材。

在本教程的编写过程中,我们力求体现下列原则:

1. 以非计算机专业要求为依据,侧重介绍计算机图形学的一般基础理论。
2. 着重反映当前计算机图形技术的最新发展。它包括最新的、功能完善的、易掌握的可视化语言(C++ Builder)和先进的三维图形开发技术(OpenGL 图形

开发技术)。

3. 以通俗易懂、图形程序设计结构严密、思维开阔的图形实例来解释图形软件系统设计的基本思想,培养学生的发散思维方式。

4. 力求不仅能使同学们能够掌握计算机图形学的相关基本理论,而且也能掌握基本的图形设计的实用技术。本教程中提供了大量的实例程序,其中有许多是实际应用的实用程序。

依据上述原则,本教程共分7章。第1章图形图像技术的基本概念,介绍了图形图像技术的基本概念、研究内容及其研究过程。计算机图形系统的组成与生成图形图像的物理设备的简单工作原理及其软件组成、结构层次。第2章介绍了C++Builder可视化语言、应用操作环境、图形界面设计及其C++ Builder基本图形图像相关类的使用与应用实例阐述。第3章通过几个实际应用实例介绍应用C++ Builder图形程序的设计方法技术。第4章介绍图形学的二维、三维图形的几何变换的基本理论和应用实例程序设计。第5章介绍三维图形的平面几何投影变换的基本理论和应用实例程序设计。第6章介绍OpenGL的基本概念和二维、三维图形程序设计方法技术及其三维图形的几何变换的光照处理、纹理处理等技术的应用及其实例程序设计等方法技术。第7章着重介绍图像处理技术的一般概念及其实用图像处理技术与程序设计。

光盘提供了所有实例程序的源代码供读者参考,并赠送了多个OpenGL图形程序的源代码,以加强读者对OpenGL图形程序设计的练习,最后制作了6个Photoshop实例,包括婚纱照片、彩虹光晕、网页制作、材质制作、金属字和动画制作等。

本教程作为成都理工大学的计算机统编教材,第1~6章由黄地龙同志编写,第7章由洪志全同志编写,全教程由洪志全教授统一编排。欢迎读者在阅读过程中,对本教程存在的缺点和问题提出批评和意见。

作 者

目 录

第1章 图形图像概述.....	1
1.1 计算机图形与图像处理技术.....	1
1.1.1 计算机图形技术.....	1
1.1.2 计算机图像处理技术.....	2
1.1.3 计算机图形学与图像处理技术的关系.....	2
1.2 计算机图形技术的应用与发展动向.....	3
1.3 计算机图形系统.....	4
1.3.1 计算机图形系统的组成.....	4
1.3.2 计算机图形系统的基本功能.....	5
1.3.3 计算机绘图系统输入与输出设备.....	6
1.3.4 计算机绘图软件系统.....	10
1.4 图形软件设计与程序语言的关系.....	12
思考与练习.....	14
第2章 C++Builder 语言与图形设计.....	15
2.1 基本概念与操作界面.....	15
2.1.1 基本概念.....	15
2.1.2 C++Builder 操作界面.....	16
2.2 创建 C++Builder 应用程序.....	21
2.2.1 创建 C++Builder 应用程序.....	22
2.2.2 用 Application Wizard 自动创建应用程序.....	22
2.3 用户界面设计.....	23
2.3.1 菜单设计.....	24
2.3.2 工具栏设计.....	25
2.3.3 状态栏设计与应用.....	26
2.3.4 窗体布局的设计.....	27
2.3.5 对话框的设计.....	28
2.4 C++Builder 基本图形与图像类.....	32
2.4.1 Tpen 类.....	32
2.4.2 TBrush 类.....	34
2.4.3 TCanvas 类.....	35
思考与练习.....	39
第3章 C++Builder 图形程序设计.....	41
3.1 平面曲线图绘制程序设计.....	41
3.1.1 抛物线的绘制.....	41
3.1.2 星形线图案绘制.....	44
3.1.3 四叶环瑰线图案的绘制.....	46
3.2 统计图绘制程序设计.....	48
3.2.1 饼状图.....	48
3.2.2 直方图的绘制.....	49
思考与练习.....	53
第4章 图形变换.....	55
4.1 二维图形变换.....	55
4.1.1 二维图形矩阵表示法和变换矩阵.....	55
4.1.2 基本变换矩阵.....	56
4.1.3 齐次坐标与平移变换.....	60

4.1.4 组合变换	64
4.2 三维图形变换	66
4.2.1 基本变换	67
4.2.2 三维图形组合变换	74
4.3 二维图形变换实例程序设计	76
4.3.1 通用二维图形基本变换程序设计	76
4.3.2 图形组合变换实例程序设计	80
思考与练习	83
第5章 平面几何投影变换	85
5.1 投影与投影变换及其分类	85
5.1.1 投影与投影变换的定义	85
5.1.2 平面几何投影的分类	85
5.2 透视投影	86
5.2.1 透视投影变换矩阵与特性	86
5.2.2 一点、二点、三点透视投影	87
5.3 平行投影	88
5.3.1 正投影	89
5.3.2 斜投影	92
5.4 三维图形的绘制	93
5.4.1 三维立体的数据结构描述	93
5.4.2 凸面体的消隐方法	94
5.4.3 三维绘图程序设计	96
思考与练习	109
第6章 OpenGL 三维图形设计	110
6.1 OpenGL 基本知识	110
6.1.1 OpenGL 概述	110
6.1.2 创建 OpenGL 应用程序	111
6.1.3 OpenGL 变量和函数的约定	115
6.2 OpenGL 基本绘图对象与图形程序设计	116
6.2.1 基本绘图控制命令	116
6.2.2 OpenGL 二维绘图程序设计	120
6.3 OpenGL 的坐标变换	126
6.3.1 视点—模型变换	126
6.3.2 投影变换	130
6.3.3 视口变换	131
6.3.4 图形裁剪面	133
6.3.5 矩阵堆栈的操作命令	133
6.3.6 综合图形坐标变换实例	134
6.4 OpenGL 中的光照处理	143
6.4.1 OpenGL 的光照模拟	144
6.4.2 光照处理步骤与处理函数	144
6.4.3 光照处理综合实例	150
6.5 OpenGL 中的纹理映射	155
6.5.1 纹理定义	155
6.5.2 纹理滤波	156
6.5.3 纹理映射方式	157
6.5.4 纹理缠绕方式	157
思考与练习	161
第7章 数字图像处理	163

7.1 数字图像处理基础.....	163
7.1.1 图像处理技术分类.....	163
7.1.2 数字图像处理的特点.....	163
7.1.3 数字图像处理方法.....	164
7.1.4 数字图像处理内容.....	164
7.2 数字图像基础.....	165
7.2.1 数字图像构成.....	166
7.2.2 图像分辨率.....	167
7.2.3 图像模式与颜色范围.....	168
7.2.4 数字图像格式.....	169
7.3 图像控件及应用.....	170
7.3.1 图像控件.....	171
7.3.2 Windows API 函数.....	171
7.4 数字图像处理技术.....	172
7.4.1 图像加载.....	172
7.4.2 图像演示.....	173
7.4.3 图像几何处理.....	176
7.4.4 图像增强与统计.....	181
7.4.5 像点变换处理.....	185
7.4.6 图像存储.....	195
7.4.7 图像打印.....	195
7.5 图像其它处理.....	196
7.5.1 图像到图形转换.....	196
7.5.2 光栅图像矢量化方法.....	197
7.5.3 图像复原.....	198
7.5.4 数字成像原理.....	200
7.5.5 图像保护技术.....	200
思考与练习.....	201

第 1 章 图形图像概述

图是描述现实世界的真实物体与虚构物体的一种信息表现形式，它广泛用于信息管理、信息获取、信息交流和信息控制及其信息科学研究。一般而言，图分为两种形式，一种是由有序线段构造、描述物体图形轮廓的矢量图。另一种是由一系列点阵，且根据人的“视觉”，用不同明暗度（灰度）及其彩色构成、描述物体图像的点阵图。曾经，关于这两项的研究是彼此相对独立，前者往往用于科技应用与管理应用，而后者则往往用于图像处理与图像识别。随着计算机技术的发展，计算机图像识别的应用，尤其是多媒体技术的广泛应用，这两者的结合日益紧密，并且相互渗透。综合图形与图像的生成技术与处理技术称为图形图像技术。

1.1 计算机图形与图像处理技术

在过去，计算机图形学与图像处理技术被认为是两个学科领域。计算机图形学主要研究实体与虚拟实体在图形设备上的图形生成技术与实现方法。图像处理主要研究图像分析、图像识别与图像分割技术等。随着计算机技术的发展与应用领域的扩大，这两个领域的学科逐渐产生了紧密的联系，许多应用都是这两种技术的综合应用，如多媒体技术、地理信息系统（GIS）等。

1.1.1 计算机图形技术

在传统的制图中，主要是利用一些制图工具（如丁字尺、三角板、曲线板和圆规等）作图。显然，这种技术已是相当落后且效率低，并且对于复杂的图形甚至难以实现，随着计算机技术的迅速发展，计算机图形学已成为一门新兴学科。计算机图形学的基本含义就是利用计算机、通过算法和程序在显示设备上（显示器、绘图机等）构造表示出物体的图形来。也就是说，图形是由构造组成现实世界真实物体或虚构物体的一种数据描述，且通过计算机算法程序处理，最终在图形设备上输出的一种表现形式。由此，算法程序设计、图形处理技术、图形显示处理技术是组成计算机处理真实物体与虚构物体的图形综合技术。图 1.1 表示计算机图形处理概要模型。

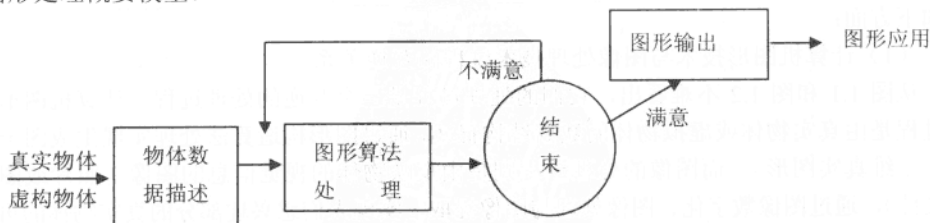


图 1.1 计算机图形处理概要模型

在我们的日常生活所见到的大量图形（如等值线图、统计图和有关科学计算可视化等



物件)的生成,都是通过上述计算机图形处理技术来实现。随着 CAD/CAM 技术不断发展,科学计算可视化和办公自动化等应用的不断增长,图形技术的应用将越来越广泛。同时也随着图形软件的日益完善,开发的各类计算机图形系统都具有良好的应用环境和良好的用户操作环境。尤其是面向对象的程序设计的日益完善,使计算机图形系统更具广泛的实用性。

1.1.2 计算机图像处理技术

所谓图像是“图”与“像”二者的合一,“图”是物体透射或反射光的分布,“像”是人的视觉系统对图的接收,在大脑中形成的印象和认识。前者客观存在,后者是人的感觉。

图像是通过观测系统得到的观察的场景。例如,由摄像系统拍摄的场景照片,卫星多光谱扫描成像系统观察的地球表面的照片(卫星照片)等。显然,无论是摄像系统还是卫星多光谱扫描成像系统获取都是静止的,反映物体信息的一幅黑白的或彩色的状态场景(例如卫星照片反映地球表面凹凸不平的山脉和河流、湖泊及其较大的建筑群)。我们往往称此摄取的场景为二维图像或图像序列。

图像处理就是对图像信息进行加工处理,以满足人的视觉心理和实际应用的要求。用于处理图像的技术称为图像处理技术。关于图像处理技术的方法很多,如图像增强技术、图像变换技术、图像复原技术、图像分割技术等。其图像处理的基本过程如图 1.2 所示。

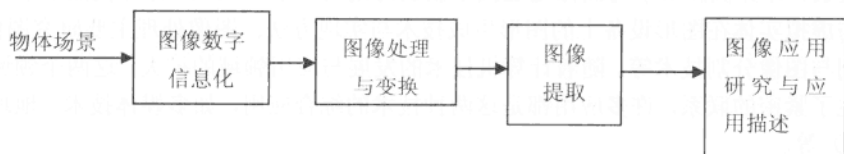


图 1.2 图像处理的基本过程

图像数字信息化:是指通过数字化设备(图像扫描仪、摄像机)将图像或照片转换成数字图像信息。

图像处理与变换:是图像处理系统的核心,包含各类图像处理技术的方法软件(图像识别、图像变换、图像分析等)。它的最终目的是帮助人们更好地进行图像识别与图像的理解。

图像提取:是指通过图像处理与变换后,从图像中提取二维或三维物体的模型。

1.1.3 计算机图形学与图像处理技术的关系

从上述的讨论,我们不难看出图形技术与图像处理技术具有十分紧密的关系,主要表现在如下方面:

(1) 计算机图形技术与图像处理技术过程的互逆关系

从图 1.1 和图 1.2 不难看出,它们的处理过程是一个互逆的处理过程。计算机图形的处理过程是由真实物体或虚拟物体的数据结构描述,通过图形构造算法处理实现生成图形或图像(三维真实图形)。而图像的处理过程则是由反映物体的视觉信息的图像(照片或图像信息文件),通过图像数字化、图像处理与图像提取,实现人们感兴趣部分的真实物体的再现描述。

(2) 计算机图形技术与图像处理技术的研究

图像处理是对图像本身作加工处理。因此,图像处理的主要方法是研究增强对目标图像



的认识处理。主要方法有：图像增强与复原、图像分割和特征提取、图像分类等。计算机图形技术是研究真实物体与虚拟物体的图形图像形成与构造方法，主要方法有：图形数据结构的描述、图形生成算法(图形变换、图形消隐、图形显示处理等)。

(3) 计算机图形技术与图像处理技术的输入输出

图像处理技术的输入是图像，而输出的是图像或经计算机图形技术再处理后输出图形。计算机图形技术的输入是描述真实物体与虚拟物体的数据结构，输出的是图形或图像。

显然，图形与图像都是描述信息的表现方式，这种表现方式是一种揭示现实世界物体的信息载体和技术交流的重要表达形式。它们都是通过计算机技术加以实现。人们利用这种信息载体可以分析现实世界中物体的特征与变化规律。因而，计算机图形技术和图像处理技术具有十分紧密的关系。

另外，计算机图形技术和图像处理技术所涉及的都是用计算机来处理图形和图像，尽管它们彼此有着不同的研究算法和解决问题的过程。但是随着计算机图形技术和图像处理技术的应用深入研究，如多媒体技术的应用、计算机动画、三维真实感图形的生成与纹理映射的应用等及其计算机图像识别的迅速发展，两者关系将变得越来越紧密，并彼此相互渗透。例如，地理信息系统的应用就是一个显著的实例。它的研究是通过卫星成像系统获取地球表面资源的相关信息，经图像处理、图像识别及其图形学处理，而后构成描述信息系统的图形或图像，进一步建立地理信息资料管理库提交人们分析与利用。

依据上述图形学研究与图像处理技术的关系讨论，图形学与图像处理既具有它们独特的特点，又具有十分紧密联系的边缘科学与综合技术的研究。

1.2 计算机图形技术的应用与发展动向

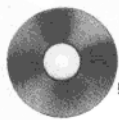
随着计算机硬件、软件技术的日益提高，极大地促进了计算机图形技术的广泛应用。目前，图形技术的应用已渗透到各个领域(工业、科技、教育、管理、商业、影视文化、医疗、军事等)。主要应用表现在如下方面：

(1) 在计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)中的应用

计算机图形技术的产生与发展和计算机辅助设计与制造息息相关。在20世纪60年代，美国通用汽车公司用于在大型计算机上的辅助汽车设计，使得计算机图形技术进入了一个新的重要应用新时代。随着计算机硬件技术的发展，20世纪80年代初，由美国AutoDesk公司在微软个人机上实现CAD技术，直至今日AutoCAD技术的应用已十分成熟。该技术已成熟地应用于航空航天、造船、建筑、机械电子、化工等领域，为工程设计人员提供了极大的方便性，他们无须做过多复杂而繁重的劳动，只须把精力集中在应用设计上，从而有效地提高了设计人员的工作效率。目前的CAD/CAM系统发展以大型数据库、图形组件库融为一体，功能更加强大，操作更具实用性。

(2) 日常事务管理中的应用

随着办公自动化、电子商务的崛起，计算机图形图像技术已成为该领域极为重要的部分。例如，办公自动化中的公司产品日产、月产、年产等的电子数据统计图，电子商务中的产品实物图像的展示，大型工程管理中的工程进度和生产进程图等。



(3) 科学计算可视化的应用

随着科学技术的进步,科学的研究越来越复杂化,如天体物理、航空航天、海洋、气象与地球资源探测及其生物基因等,这些研究不仅只是宏观世界,而且更广泛地进入微观世界。来自这些诸多方面的研究需要对越来越多的海量信息进行处理,显然,这些信息的表达方式只有通过图形或图像的可视化方法建立、描述这些信息。科学计算可视化就是应用计算机图形技术、图像处理技术将科学研究的中间结果或最终结果以图形或图像信息方式表现在计算机图形屏幕上或其它图形设备上并进行各类图形图像的交互操作。

(4) 医学图像处理的应用

医学成像技术是目前医学领域攻克人类重大疾病难题的一个重要研究方向,它的应用是通过 X 光机、核磁共振仪进行人体组织成像,从而进行图像处理、分析得出人体组织的异常病变,如 CT 脑部成像仪就是一个很好的应用实例。

(5) 过程控制

在过程控制中,常常将计算机与现实世界中的其它设备连成系统,由计算机图形系统显示全部系统的运转与控制过程。例如,冶炼的炼钢炉的温度控制,电力系统的电力调配状态控制,交通系统的交通红绿灯的控制及交通监视体系等,计算机图形系统都是起着十分关键性的作用。

(6) 自然资源调查与监控

地理信息系统(GIS)已广泛地用于地质矿产资源调查、环境监测及其灾害治理等许多方面。事实上,地理信息系统可以认为是一个以具有很强的地理信息数据库为核心、计算机图形技术为重要表现形式与综合处理能力相结合的功能完善的信息处理系统。

(7) 影视文艺

近年计算机图形在影视文艺方面有着非常重大的应用。虚拟电影、虚拟电视及其动画广告的制作都表现了计算机图形学的重要性。

根据资料表明,计算机图形技术随着计算机硬件、软件技术的进一步发展仍将进一步扩大和纵深发展。未来的计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)将完全融合于一体,组成从设计、制造到功能参数测试的自动化交互完整体系。科学计算可视化的应用将进一步向三维的纵深发展,如三维数据拾取、编辑等各类三维交互技术的进一步发展。总之,计算机图形学在各个领域都有着极为广阔的应用前景。

1.3 计算机图形系统

1.3.1 计算机图形系统的组成

简单地讲,计算机图形系统由(计算机主机、图形输入/输出设备)硬件系统和(图形处理、算法程序系统及其支持软件系统)软件系统组成。

硬件系统是图形系统的核心部分之一。对于图形系统,在运算速度和存储容量上均有较高的要求。这一点是决定着能否在该计算机上运行或开发图形系统的关键因素。因此,在个人机(PC机)DOS操作没有突破内存容量640K之前,就难以实现像今天这样的个人机上



的各类功能强大的图形系统的应用。故此,在20世纪80年代以前,大多数图形系统是在Unix系统的图形工作站开发应用。图形输入/输出硬件设备是现代计算机图形系统与一般计算机应用系统最主要的差别。对于图形系统,除了具有较高的算法处理、计算能力之外,图形在显示设备上的输出及其图形数字化输入设备是计算机图形系统所必须具备的重要部件。

软件系统是实现图形系统的重要核心部分。它是图形处理、图形生成算法及其管理程序系统实现图形在显示设备上输出或输入的控制核心。它主要包括的软件有:操作系统、程序设计语言(包括编辑系统、编译系统)、图形软件与数据库。

严格地说,用户也是这个系统的组成部分,在整个系统运行时,用户是使用系统的,它占有主导地位。也就是说,一个交互计算机图形系统,它是决定系统运行过程,图形处理步骤及其图形生成的质量控制。由此,计算机图形系统的基本结构如图1.3所示。

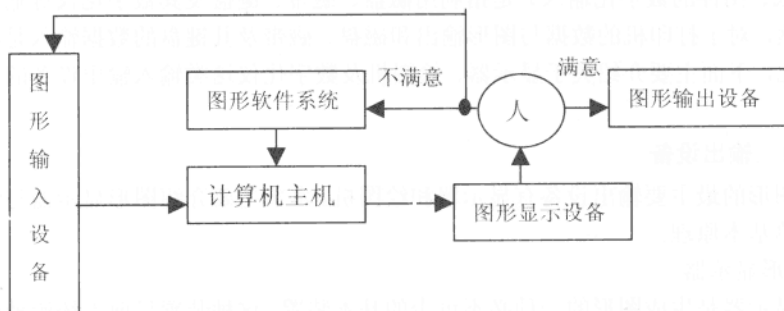


图 1.3 计算机图形系统的基本结构

1.3.2 计算机图形系统的基本功能

一个基本计算机图形系统应具有五个方面的功能。

(1) 计算功能

在图形的处理中,关于图形的生成算法、图形的平面几何投影、图形的裁剪、三维图形消隐及其造型计算等都要求图形系统具有较强的计算功能和快速的计算速度。

(2) 数据存储与管理功能

图形形体(真实物体或虚构物体)在计算机中是用一种数据结构来描述(几何数据和形体间关系数据)。因此,图形数据的存储与管理是图形系统所必须具备的功能之一(在目前的大型图形系统中,往往采用数据库管理)。管理是指图形数据能在图形生成过程中,一方面提供图形数据的实时检索与保存;另一方面提供图形数据的编辑与交互。

(3) 输入功能

图形数据的输入包括两种方式的输入:一种是图形形体的几何参数(例如大小、位置等)和形体间的相关数据与系统通讯的命令、对话等输入。这种方式的输入称为字符文本方式输入;另一种是图形数字化输入,即利用数字化仪将图形数字化输入计算机,通常称为图形数字化输入方式。

(4) 输出功能

图形输出功能是指图形在屏幕上显示出来或者通过绘图机、打印机等设备拷贝输出。在屏幕上显示的图形一般是提供用户选择决定图形是否应作进一步的处理与编辑修改的初始

图形。然后通过用户的编辑修改,甚至重新处理直至满意,最后才以绘图机输出或保存图形文件,以便长期保存与信息交流。

(5) 交互对话功能

交互对话功能是利用定位、拾取、对话等手段来完成人的指令。如接收人的命令来实现图形的删除、增加、修改等用户交互处理功能。

1.3.3 计算机绘图系统输入与输出设备

与一般计算机系统一样,计算机图形系统除了计算机主机以外,图形输入/输出设备也是系统的极为重要的组成部分。计算机主机只能完成图形系统的计算功能,而图形的输出则是通过图形屏幕(显示器)、绘图机、打印机与其它拷贝机进行输出。对于图形数据的输入(包括图纸、图件的数字化输入)是指利用磁盘、磁带、键盘及其数字化仪等输入设备进行输入。显然,对于打印机的数据与图形输出和磁盘、磁带及其键盘的数据输入是我们十分熟悉的。因此,下面主要介绍关于显示器、绘图机及数字化仪这类输入输出设备的简单基本工作原理。

1.3.3.1 输出设备

生成图形的最主要输出设备有显示器和绘图机。本节主要介绍图形显示器与绘图机生成图形的简单基本原理。

1. 图形显示器

图形显示器是生成图形的一种必不可少的基本装置,这种装置目前占统治地位的仍是阴极射线管(CRT)显示器,它的核心部件是 CRT。因此,了解 CRT 基本结构与产生图形的基本原理,对于认识图形的生成有着密切相关的关系。CRT 是由电子枪、偏转系统、荧光屏等三大重要部分组成,如图 1.4 所示是 CRT 剖面示意图。

(1) 电子枪

电子枪是由灯丝、阴极、控制栅与聚焦系统组成,它是 CRT 产生发射电子束的组成部分。它是由电流通过灯丝产生热量,对阴极加热而发射出电子束。电子束进入控制栅,通过聚焦系统,聚焦极上加有一定的正电压,使分散在各个方向上的电子束聚焦为极细的电子束。再由加速极(通常不止一个)加上正电压对电子束加速,使它具有足够的能量射向荧光屏,从而在荧光屏上形成一个细小的光点。并且电子束能量强弱可以由靠近阴极的控制栅加上负电压后控制。

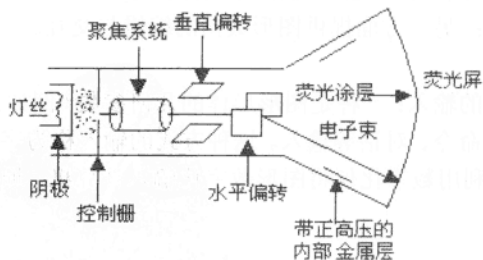


图 1.4 CRT 剖面示意图

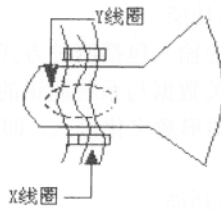
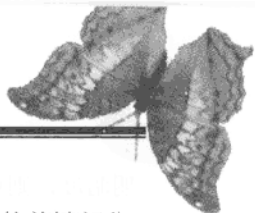


图 1.5 磁偏转系统剖面图



(2) 偏转系统

偏转系统是 CRT 中最关键的部分。它是用于控制电子束射向荧光屏的位置的关键部分。它由垂直偏转系统和水平偏转系统组成。由此而产生对电子束射向荧光屏的位置控制。偏转系统可以用静电场,也可以用磁场来控制电子束的偏转。用静电场产生偏转时,垂直和水平两套平板放在阴极射线管的管颈内部(如图 1.4 所示)。磁偏转系统则是外部偏转系统,它有两个线圈在管颈上(如图 1.5 所示),当电子束通过线圈时,一个线圈的磁场使电子束产生水平偏转,另一个则使之产生垂直偏转。

显然,偏转系统最重要的特性是灵敏度,它反映了偏转信号所能产生的偏转角度的大小,如图 1.6 所示。偏转角度的大小与管子的长度 L 、加速电压 V_a 、偏转电压 V_d 及板间距离 D 有着十分重要的关系。其灵敏度关系表达式是:

$$\tan \alpha = LV_d / (2DV_a)$$

(3) 荧光屏

荧光屏是 CRT 产生图形亮点的组成部分。荧光屏上涂有一层荧光粉,当荧光屏被电子束轰击,荧光粉发光而形成光点。有序的光点则产生图形。通常,由电子束轰击荧光层某点所产生的荧光,当电子束离开该点后,其亮度值随时间按照指数规律衰减。因此,为了得到一幅稳定的、不闪烁的画面,一种方法就是使电子束不断重复地描绘出原来的图形。如果重复频率足够快,某点的亮度值对观察者来说就好像是一个常数。

CRT 屏幕图形显示器以其工作方式可分为存储式和刷新式两大类,后一种又分为随机扫描型和光栅扫描型两种。目前广泛应用的是光栅扫描型显示器。因此,下面主要介绍光栅扫描显示器的基本工作过程与原理。

2. 光栅扫描显示器

(1) 光栅扫描显示器的基本结构与彩色图形的生成

光栅扫描显示器的基本结构如图 1.7 所示。

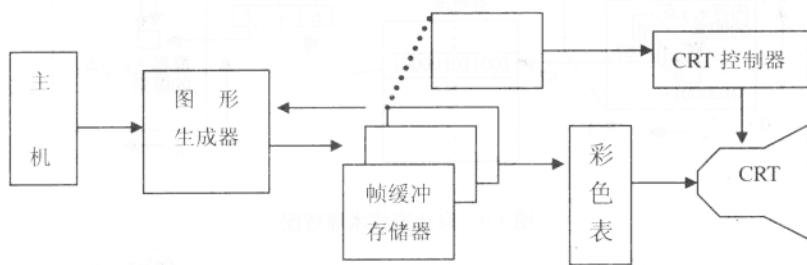


图 1.7 光栅扫描显示器的基本结构

光栅扫描显示器的主要关键部件。它是由帧缓冲存储器与 CRT 组成,CRT 整个屏面是一个 $M \times N$ 像点 (Pixel) 组成 (通常称为 Bitmap)。某个像点对应着帧缓冲存储器中若干位,对于黑色显示器来说,则对应的是一位,即该位为 0 表示该像点为暗,为 1 时,则表示该像点为亮。由此产生的图像,称为二值图像。显然,若每个像素点对应着若干位来控制像点的



明暗度,则可生成一种灰度级的图像,其灰度级为 2^n 种亮度级。对于彩色显示器分别控制三个原色(RGB 红绿蓝)的不同灰度进行比例合成,则可构成 $2^n \times 2^n \times 2^n$ 种不同彩色。显然,若取 $n=8$ 位,光栅扫描显示器则基本可模拟自然光色生成真实感的图像。光栅扫描显示器彩色图像生成原理如图 1.8 所示。

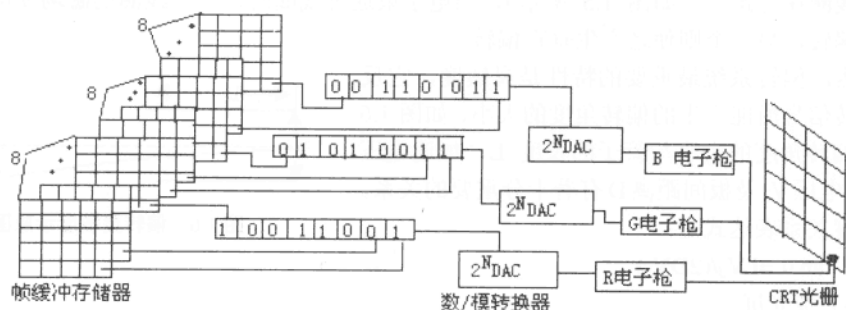


图 1.8 光栅扫描显示器彩色图像生成原理

(2) 彩色表技术

对于彩色显示器要分别控制三个原色,并且每个原色有 256 种灰度级,即每个原色就要占帧缓存单元 8 位,三个原色则占 24 位,若屏幕分辨率为 800×600 像素点,则需要占 24 位的单元。因此,要求帧缓存空间就很大,显然,其价格就会有较大增加。为此,人们采用了彩色表技术。即使帧缓存每个单元的位数不增加,也能具有在很大范围内挑选颜色的能力(如图 1.9 所示)。

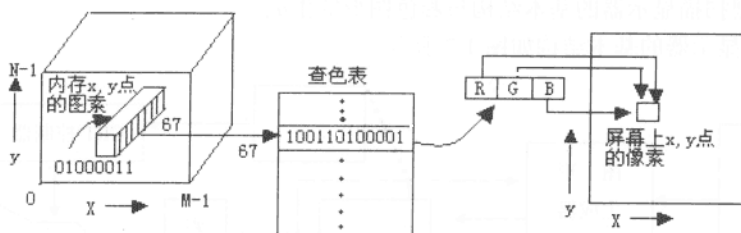
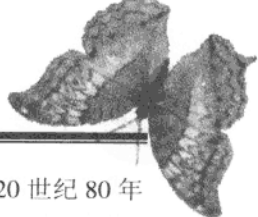


图 1.9 彩色表技术原理图

它的基本原理是帧缓存存放的不是相应像素的彩色值,而是彩色表中的一个入口地址编号,这样,屏幕像点按此编号在彩色表中取出的值就是该像素的彩色值。虽然彩色表中颜色的种类受帧缓存单元位数的限制,但它的内容可以灵活自由地设置不同的彩色值,这就使得我们能够实现显示器各种显示颜色都可被彩色表选用。因此,实际应用中往往根据需要,灵活地建立各种适合自己的彩色表,通常把这一过程称为调色。

光栅扫描显示器最突出的优点是:它不仅可以显示物体的轮廓线、特征线等所谓的线框图形,而且由于其每一像素点的灰度或色彩可以控制,因而可以显示被多种灰度和色调的像



素填充的真实感图形。另外，它可以和电视兼容，价格远低于随机扫描器。自 20 世纪 80 年代以来，它是普遍广泛应用的一种市场主流显示器。

3. 绘图机

绘图机是计算机输出图纸的一种重要图形输出设备。目前主要有笔式绘图机、静电绘图机和喷墨绘图机等。下面分别介绍这几种绘图机的基本工作原理。

(1) 笔式绘图机

笔式绘图机是一种矢量型绘图设备，图形的生成是依靠绘图笔相对图纸作图形的轨迹运动。在笔式绘图机上，主要装置是两个步进电机或伺服电机，由这两个步进电机分别作为 X、Y 方向的驱动元件，其工作原理是：计算机根据绘图程序发出的命令使绘图机沿 X、Y 方向产生绘图的电脉冲，由电脉冲驱动步进电机，通过传动装置使画笔产生距离移动，如图 1.10 所示。这种移动的距离称为步距或脉冲当量。显然，步距越小，绘图机的精度越高。笔式绘图机根据装置的不同分为滚筒式和平板式两种。

(2) 静电绘图机

笔式绘图机是一种矢量型的绘图机，而静电绘图机则是一种基于光栅式的绘图机。其基本作用原理是应用电荷同极相斥、异极相吸的原理。在绘图过程中，绘图数据首先送到电极上，电极内装有许多电极针，由输入的绘图数据控制其中的某些电极针放出高电压，其余则不放电，从而在经过带负电荷的图纸上产生图形潜像。即在墨水槽中贮存着带正电荷碳微粒的墨水，这样当绘图纸经墨水槽时，墨水就被带负电荷图形潜像部分所吸附，从而形成图形，如图 1.11 所示。

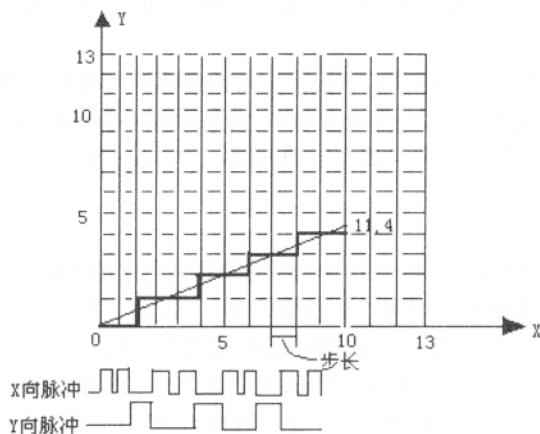


图 1.10 直线的近似与脉冲当量的关系

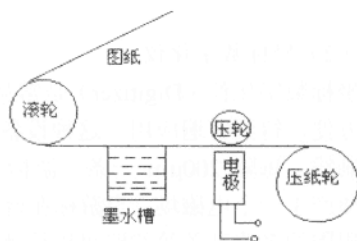


图 1.11 静电绘图机的基本原理

(3) 喷墨绘图机

喷墨绘图机的基本原理是，利用喷头把经雾化处理的墨水按需要喷射到图纸上，从而形成图形或字符。墨雾喷射分为连续和随机两种方式。连续喷射方式的工作原理与光栅扫描类似，喷头不间断地把墨雾喷射出去，当无图形或字符点阵信号时，墨水将被充电，充电后的微细墨滴被偏转电极改变方向不射到图纸上，而是通过墨水回收装置回收。反之，若有图形



或字符点阵信号时,则墨水不被充电,此时墨滴将直接喷射到图纸的相应位置上形成图形或字符。随机方式的工作原理与随机扫描类似,喷头只在需要时才把墨水喷射出去。

1.3.3.2 输入设备

图形输入设备是图形数据(数字、图形、符号等)输入计算机图形系统的必备输入装置,这些装置中最好的装置有:键盘、鼠标、坐标数字化仪、图形扫描仪等,这里重点介绍鼠标与坐标数字化仪的基本功能和工作原理。

(1) 鼠标

鼠标是用来在屏幕上移动光标并具有定位、拾取、选择等功能的计算机输入设备。用鼠标输入具有操作简便、灵活的优点。随着计算机图形界面的普及,几乎所有的命令均可用鼠标执行,甚至可以利用鼠标输入部分数据。因此,鼠标已成为除键盘之外最主要的计算机输入设备。

目前,常用的鼠标根据其确定位移的原理和部件,分为机械式、光机式、光电式三种。

1) 机械式:当用户移动机械式鼠标时,装在鼠标底部的小球随着滚动,并带动三根滚轴一起转动。其中两根滚轴分别装有 X 和 Y 方向译码轮,译码轮是安装在一堆电刷中间的,所以当译码轮转动时,装在译码轮上的一圈金属片就不断与电刷接通或断开,产生表示位移的脉冲信号。第三根滚轴是用于固定小球的。

2) 光电式:光电式鼠标的底部装有两组发光二极管和光敏晶体管。光电式鼠标必须在专用的刻有网络的鼠标板上使用。当用户在鼠标板上移动鼠标时,由发光二极管发出的光通过鼠标底部的小孔射到鼠标板上,并经鼠标板反射到光敏晶体管上。由于鼠标板刻有网络,因此,光敏晶体管接收到的反射光就有强有弱,根据反射光的强弱,鼠标中的电路将自动产生位移的脉冲信号。

3) 光机式:光机式鼠标既装有滚动球,又装有发光二极管与光敏晶体管。刻有一圈小孔的译码轮装在发光二极管与光敏晶体管之间。当用户移动鼠标时,滚轴将带动译码轮旋转。此时,由发光二极管发出的并照射在光敏二极管上的光就会时通时断,产生表示惟一的脉冲信号。

(2) 坐标数字化仪

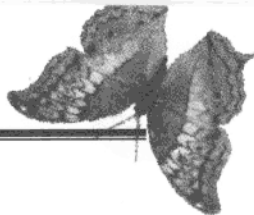
坐标数字化仪(Digitizer)是常见的定位设备,其中全电子式坐标数字化仪由于精度高,使用方便,得到普遍应用。这种设备利用电磁感应原理,在台板的 x, y 方向上有许多平行的印刷线,每隔 200 μ m 一条。游标中装有一个线圈,当线圈中通有交流信号时,十字丝的中心便产生一个电磁场,当游标在台板上运动时,台板下的印刷线上就会产生感应电流。印刷板周围的多路开关等线路可以检测出最大信号的位置,即十字叉线中心所在的位置,从而得到该点的坐标值,依此一张图纸便可实现数字化信息输入计算机。

1.3.4 计算机绘图软件系统

图形软件与其它软件系统一样具有良好的层次结构和模块结构。其系统由若干层次,每个层次又分为若干模块集合而成,如图 1.12 所示。图形软件结构层次表述图形软件系统总体构架。

• 操作系统

操作系统是建立任何应用软件的基本平台。目前,主流操作系统有 DOS 或 Windows 操



作系统、Unix 或 Linux 操作系统。

- 图形设备驱动软件

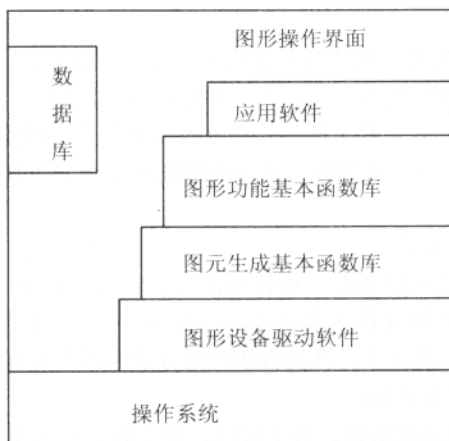


图 1.12 图形软件系统层次构架

它是基于操作系统上、图形软件最底层的软件。它主要解决图形设备与主机的通讯、接口等问题。这类程序由于涉及设备驱动的基本输入、输出程序，故一般采用汇编语言，甚至机器语言或接近机器语言的高级语言（如 C 语言）编写。图形设备驱动软件是面向系统，而不是面向用户。目前，在 Windows 环境下提供了许多支持设备驱动这类软件。

- 图元生成基本函数库

该层次是生成基本图形元素、设备管理（抬笔、落笔、画笔移动等管理）的各程序函数库。它可以用汇编语言编写，也可以用高级语言编写。它是即面向系统又面向用户的层次。面向系统是请求系统设备支持驱动。面向用户是服务于用户命令生成图元（图元是指图形的基本元素）。

- 功能函数库

功能函数库是建立在图元生成基本函数库基础上编写的。其主要任务是完成基本功能的图形；图形界面工具；以及建立各图形之间的联系。该层是面向用户的软件层次（在 Windows 环境即为 API 函数库或某些高级语言提供的图形函数库）。

- 应用软件

应用软件是基于上述层次上，是为解决某类应用问题的图形软件层次。通常该层次是由用户编写，这也是今后主要研究的图形软件设计层次。

由上面的图形软件组成可以看出，一般来说，除应用软件层外，其它层次都是系统的基本图形软件（或称支撑软件）。目前大多数高级语言都支持这样的基本图形软件库，尤其是 Windows 环境下的 API 函数使得这些基本图形软件更加丰富多彩。在后面的图形程序设计中，我们将会应用这些丰富的功能函数。