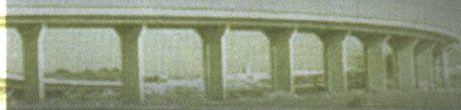
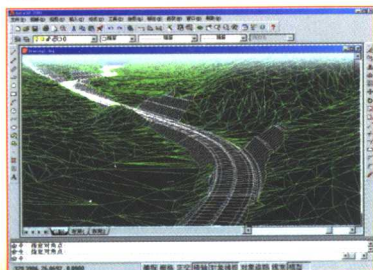
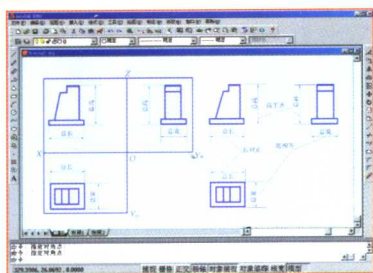




高等学校试用教材

道路与桥梁工程 计算机绘图

许金良 黄安录 主编
邵旭东 主审



人民交通出版社

China Communications Press

高等学校试用教材

Daolu Yu Qiaoliang Gongcheng Jisuanji Huitu

道路与桥梁工程计算机绘图

许金良 黄安景 主编
邵旭东 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为面向 21 世纪交通版高等学校教材。本教材将道路与桥梁工程制图的基本知识和要求与计算机绘图有机结合起来,注重对学生计算机绘图能力的培养。全书共分 10 章,包括绪论、几何变换与裁减、AutoCAD 基本作图工具、道路与桥梁绘图的基本知识和基本技能、道路工程计算机绘图、桥梁工程计算机绘图、三维图形的绘制及渲染、道路与桥梁计算机绘图高级开发技术和道路视景仿真技术。教材的许多内容取自作者多年来从事公路与桥梁 CAD 技术研究的成果和经验,有些章节配有源程序清单。

本书可作为高等学校交通类工科院校、函授院校的本科生教材,有些章节可供从事 CAD 技术方向研究的硕士研究生参考,也可供工程技术人员学习使用。

图书在版编目 (C I P) 数据

道路与桥梁工程计算机绘图 / 许金良, 黄安录主编. —北京: 人民交通出版社, 2004. 8

ISBN 7-114-05183-2

I. 道... II. ①许...②黄... III. ①道路工程-计算机制图-高等学校-教材。②桥梁工程-计算机绘图-高等学校-教材。 IV. ①U412.6②U442.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 081743 号

高等学校试用教材

书 名: 道路与桥梁工程计算机绘图

著 作 者: 许金良 黄安录

责任编辑: 沈鸿雁 韩 敏

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285656, 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京凯通印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 18

字 数: 424 千

版 次: 2004 年 8 月第 1 版

印 次: 2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05183-2

印 数: 0001~5000 册

定 价: 31.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)。

面向 21 世纪交通版

高等学校教材(公路与交通工程)编写委员会

- 主任委员:王秉纲 (长安大学)
- 副主任委员:胡长顺 (长安大学)
- 陈艾荣 (同济大学)
- 王 炜 (东南大学)
- 杜 颖 (人民交通出版社)
- 委 员:周 伟 (交通部交通科学研究院)
- 郑健龙 (长沙理工大学)
- 张建仁 (长沙理工大学)
- 刘小明 (北京工业大学)
- 梁乃兴 (重庆交通学院)
- 向中富 (重庆交通学院)
- 徐 岳 (长安大学)
- 郭忠印 (同济大学)
- 杨晓光 (同济大学)
- 黄晓明 (东南大学)
- 叶见曙 (东南大学)
- 黄 侨 (哈尔滨工业大学)
- 裴玉龙 (哈尔滨工业大学)
- 马松林 (哈尔滨工业大学)
- 赵明华 (湖南大学)
- 邵旭东 (湖南大学)
- 陈宝春 (福州大学)
- 王殿海 (吉林大学)
- 符铎砂 (华南理工大学)
- 秘 书 长:韩 敏 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套面向 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

面向 21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能

力的培养,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术发展与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套面向21世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

面向 21 世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会
人民交通出版社
2001 年 12 月

前 言

CAD 技术在工程设计领域的应用,使工程设计的技术手段发生了根本性的变化。众所周知,计算机绘图技术是 CAD 技术的重要基础,掌握计算机绘图技术是对现代大学生、研究生、科技和工程技术人员的基本要求之一,因此计算机绘图课程受到各方面的关注和重视。目前,国内外有关计算机绘图方面的书籍众多,但将道路、桥梁工程与计算机绘图结合在一起介绍的甚少,这种状况已不适应正常的教学、科研和生产的需求。基于此,我们按照面向 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会的要求,编写了本教材,以满足本科生道路、桥梁工程计算机绘图教学及科研和工程技术人员需要。

本教材在编写过程中,力求将道路与桥梁工程制图的基本内容与计算机绘图有机地结合在一起,考虑到学生在接触本教材前已经对道路与桥梁工程绘图的传统方法有所学习、了解,因此,在选材安排上,除了对传统绘图内容的基本要求作简单介绍外,主要介绍计算机绘图的基本原理和方法。为了便于学生的理解和应用以及软件二次开发的需要,本书以工程领域广泛使用的计算机绘图软件 AutoCAD2000i 为蓝本,介绍计算机绘图的方法、技巧和 AutoCAD 高级开发技术,并在一些章节中配有相当数量的实例和源程序。

本书第一、五、六章由许金良编写,第二、七章由黄安录编写,第三、八章由潘兵宏编写,第四、九、十章由杨宏志编写。全书由长安大学许金良、黄安录主编,由湖南大学教授邵旭东主审。

由于计算机绘图技术的发展日新月异,作者们水平有限,教材体系安排与内容不当之处在所难免,恳请读者及同仁提出批评和建议。

编 者

2003 年 12 月 12 日

目 录

第一章 绪论	1
第一节 计算机绘图简介	1
第二节 计算机绘图的硬件与软件	6
第三节 计算机绘图的应用与发展方向	9
第二章 图形变换	12
第一节 二维图形变换	12
第二节 窗口与裁剪	20
第三节 三维图形变换	23
第三章 AutoCAD 的基础知识	31
第一节 AutoCAD 的功能及运行环境	31
第二节 AutoCAD 的绘图环境	34
第三节 AutoCAD 的命令及参数输入	51
第四节 AutoCAD 的文件管理	56
第四章 AutoCAD 基本作图工具	61
第一节 常用绘图工具	61
第二节 常用编辑工具	67
第三节 填充	76
第四节 图块	79
第五节 文字标注	84
第六节 尺寸标注	91
第五章 道路与桥梁绘图的基本知识和技能	103
第一节 道路与桥梁计算机绘图的一般规则	103
第二节 计算机绘图图形符号的表示原则	116
第三节 几何作图技巧	124
第六章 道路工程计算机绘图	134
第一节 地形图的绘制	134
第二节 道路平面图的绘制	144
第三节 道路纵断面图的绘制	149
第四节 道路横断面图的绘制	154
第五节 道路支挡工程布置图的绘制	157
第七章 桥梁工程计算机绘图	159
第一节 桥梁工程计算机绘图基础	159
第二节 桥涵绘图的一般规定	161

第三节	桥形设计软件简介	169
第八章	三维建模及渲染	172
第一节	三维建模	172
第二节	三维图形渲染	188
第九章	道路与桥梁工程计算机绘图高级开发技术	199
第一节	参数化设计	199
第二节	SCR、DXF 文件的应用	204
第三节	AutoLISP 及 Visual LISP 开发及应用	208
第四节	ActiveX 技术的应用	221
第五节	Object ARX 技术的应用	240
第十章	道路视景仿真技术	249
第一节	视景仿真技术简介	249
第二节	三维图形应用程序接口 OpenGL	255
第三节	视景仿真软件简介	259
参考文献		265

第一章 绪 论

第一节 计算机绘图简介

计算机绘图是应用计算机及其图形输入、输出设备,实现图形显示、辅助绘图及设计的一门新兴边缘学科。它是计算机技术和图学及应用数学相结合的产物。在人类的生产活动及日常生活中,经常要绘制各种图样、图表、美术图案、广告及动画等。手工绘图是一项细致而繁重的劳动,不仅效率低、劳动强度大,而且绘图精度不易保证,特别是随着现代科学技术的发展,对绘图精度的要求越来越高,图样也越来越复杂,如超大规模集成电路掩膜图、印刷电路板的布线图、航天飞机及宇宙空间飞行器复杂的曲面外壳等,手工绘图已无法胜任。再者,现代化社会的重要特征是节奏快,竞争激烈,各类产品的更新换代十分迅速,要求新产品的设计绘图必须高效率地完成,因此利用计算机的快速运算及数据处理能力,实现计算机辅助设计与绘图是现代科学技术发展的必然趋势。

一、计算机绘图的发展简史

1. 计算机绘图硬件系统的发展

20 世纪 40 年代中期第一台电子计算机的问世及发展,不断推动着许多学科的发展和新学科的建立。计算机绘图技术就是在这个环境下逐渐兴起和发展起来的。在 20 世纪 50 年代中期,计算机主要用于处理科学计算。尽管当时已在计算机中配置了显示器,但由于计算机图形显示技术的理论还没有形成,因此只能显示字符,还不具备人-机交互的功能。1952 年美国麻省理工学院研制成功世界上第一台三坐标数控铣床,并开始着手研制数控自动编程系统。当时在美国学习的奥地利人 H. Josph Gerber 根据数控加工的原理和方法为波音飞机制造公司研制出世界上第一台平板绘图机。1959 年,美国的 Calcomp 公司根据打印机的原理研制出世界上第一台滚筒式绘图机,从此开始了由计算机辅助绘图仪代替人工绘图的历史。这不仅仅使古老的绘图技术有了突破性的发展,而且更重要的是解决了一些用手工绘图不能完成的任务。

20 世纪 50 年代末期,美国麻省理工学院林肯实验室研制出的空中防御系统,能将雷达的信号转换为显示器上的图形,操作者可以用光笔(一种外形似笔的输入装置,它的前端装有透镜,以收集显示屏上发出的光,经光电转换变成电信号后,再反馈给计算机)指向显示器屏幕上的目标图形,从而拾取所需要的信息。这种功能的出现标志着交互式图形技术的诞生。绘图机和交互式图形技术的诞生是继计算机问世后的又一科研成果,它们都为现代图形技术的兴起做出了贡献。

1963 年,美国麻省理工学院林肯实验室的 I. E. 萨瑟兰德在他发表的博士论文“SKETCH-PAD: 一个人机通讯的图形系统”中首次提出了计算机图形学、交互技术、分层存储符号的数据结构等新思想。在该系统中采用的计算机为 TX2。在这个系统中,可以用光笔在图形显示器

上实现选择和定位等交互功能,而且计算机可以根据光笔指定的点在屏幕上画出直线,或者当用光笔在屏幕上指定圆心和半径后可画出圆。另外,该系统对符号和图形的存储采用了分层的数据结构,即一幅完整的较复杂的图形可以通过分层调用各有关子图来产生。尽管该系统还比较原始,但这些基本理论和技术作为现代图形技术的基础,至今仍在沿用。

如果说 20 世纪 60 年代是计算机图形学确立并得到蓬勃发展的时期,那么 70 年代则是这方面技术进入实用化的阶段。在这 10 年中,交互式的图形系统在许多国家得到应用,许多新的更加完备的图形系统又不断地被研制出来。除了传统的军事上和工业上的应用之外,计算机图形学还进入教育、科研和事务管理等领域。70 年代末,美国安装图形系统达 12000 多台(套),使用人数超过数万人。但和别的学科相比,计算机图形学还是一个很小的学科领域,主要原因是由于图形设备昂贵、功能简单、基于图形的应用软件缺乏。后来出现了带有光栅图形显示器的个人计算机和 workstation,如美国苹果公司的 Macintosh、IBM 公司的 PC 及其兼容机、Apollo、Sun 工作站等,才使得在人-机交互中位图图形的使用日益广泛。位图图形学付诸应用不久,就出现了大量简单易用、价格便宜的基于图形的应用程序,如用户界面、绘图、字处理、游戏等,由此推动了计算机图形学的发展和应用。在 80 年代,计算机图形系统(含具有光栅图形显示器的个人计算机和 workstation)已超过数百万台(套),不仅在工业、管理、艺术领域发挥巨大作用,而且进入了家庭。进入 90 年代以后,计算机图形学的功能除了随着计算机图形设备的发展而提高外,其自身也朝着标准化、集成化和智能化方向发展。在此期间,国际标准化组织(ISO)公布的有关计算机图形学方面的标准越来越多,且更加成熟。多媒体技术、人工智能及专家系统技术和计算机图形学相结合使其应用效果越来越好。科学计算的可视化、虚拟现实的应用又对计算机图形学提出了许多更新更高的要求,使得三维乃至计算机图形学在真实性和实时性方面都有了飞速的发展。

除了计算机系统本身的处理能力之外,图形显示设备的发展是推动计算机图形技术不断前进的另一个重要因素。20 世纪 60 年代中期出现的图形显示器所能绘制的图形只能是线条,所以称为矢量显示器。60 年代末期,人们研制出了存储管式显示器,它具有内在的存储部件,一般用一个很密集的金属网装在荧光屏内距发光涂层很近的地方,当它第一次被电子束轰击之后,在其上形成电子图像。存储管式显示器不具备动态修改图形的能力。70 年代初出现的刷新式光栅显示器大大推动了交互式图形技术的发展,光栅显示器以点阵形式表示图形,这个点阵存放在专用的缓冲区中,由视频控制器负责扫描,并将图形显示在荧光屏上。光栅显示器具有价格低、颜色丰富等诸多优点,直到今天,它仍然是标准的图形显示设备。

伴随着交互式图形技术的发展,出现了许多图形输入设备。其中二维图形输入设备有鼠标、图形输入板、跟踪球、光笔、触摸屏、操纵杆等,它们主要被用来完成拾取、定位或二维坐标输入等功能,是二维图形用户界面不可缺少的设备。在三维图形界面如虚拟现实系统中,用户置身于虚拟的三维场景之中,必须有三维的坐标和旋转方向在内的六个自由度的输入。此外,键盘也是交互式图形生成系统不可缺少的设备。

2. 计算机绘图软件系统的发展

绘图软件在计算机绘图系统中至关重要,其发展可分为三个阶段。

(1) 二维图形

二维绘图软件是早期的绘图软件,也是计算机绘图的基础。其功能是绘制如直线、圆弧、二次曲线、样条曲线、几何交切、二维变换及裁剪等各种平面图形。

(2) 三维线框图

三维线框图是描述三维物体的基本方法,它主要采用顶点、边界及面的概念来表达三维物体,再加上隐藏线和隐藏面消除算法生成和绘制三维物体。其优点是数据存储量少,算法简单,缺点是不具备描述三维立体所需的拓扑信息,因此不能处理复杂的三维物体的构型问题。

(3) 三维立体构型及曲面构型

三维物体的立体构型和曲面构型是计算机绘图软件中难度最大、最复杂的课题之一。它从体的概念出发,以充分的几何信息和拓扑信息描述物体,采用 CSG(Constructive Solid Geometry, 结构立体几何)或 B-Rep(Boundary Representation, 边界表示法)数据结构来描述三维物体,或者同时采用 CSG 和 B-Rep 两种数据结构,以便能更灵活地进行最合理的描述。对于由自由曲面围成的三维物体可采用 Coons、Bezier 及 B-Spline 等进行描述和生成自由曲面,实现曲面构型。三维立体构型和曲面构型能生成实体数学模型,并提供体与体的并、交、差布尔运算算子,因此可以生成复杂的三维物体;再运用光线跟踪技术就能生成具有灰度和阴影的真实感图像。这种软件算法复杂,需要的数据量大。

(4) 自动绘图及 CAD 系统

研究和发​​展计算机绘图软件的目的,在于应用该先进技术解决科研、生产及社会活动各方面的问题。其中以 CAD 的应用最为普遍,而绘图软件是 CAD 支撑软件的重要组成部分。不仅如此,为了满足 CAD 的需要,还必须解决图形输入输出和产品的结构及工艺分析、强度计算、有限元分析与优化等。CAD 应用软件能否得到很好的应用,与绘图软件密切相关。

二、计算机绘图研究的主要内容

计算机绘图研究的对象是图形。从广义上说,能够在人的视觉系统中形成视觉印象的客观对象都称为图形。它包括人眼所观察到的自然界的景物,用照相机等装置所获得的图片,用绘图工具绘制的工程图,各种人工美术绘画和用数学方法描述的图形等。用数学方法描述的图形包括几何图形、代数方程或分析表达式所确定的图形,是几何学等数学学科的研究对象,也是计算机图形学的主要研究对象。但计算机绘图所研究的图形早已超出了用数学方法描述的图形,它不仅具有形状等几何信息,也具有颜色、材质等非几何信息,所以它更具体,更接近它所表示的客观对象。

构成图形的要素有两个,一是刻画形状的点、线、面、体等几何要素,二是反映物体表面属性或材质的灰度、颜色等要素,统称为非几何要素。计算机中表示一个图形有如下两种方法:

①点阵法。点阵法通过枚举图形中所有的点来表示图形,它强调图形由哪些点构成,这些点具有什么样的颜色。

②参数法。参数法用图形形状参数和属性参数来表示图形。形状参数指的是描述图形的方程或分析表达式的系数、线段或多边形的端点坐标等。

通常,参数法描述的图形叫做参数图(或简称为图形),点阵法描述的图形称为像素图(或图像)。

在明确了计算机绘图的研究对象——图形的基本含义之后,计算机绘图研究的主要内容简要描述如下:

①图形的输入。如何开发利用图形输入设备及软件将图形输入到计算机,以便进行各种处理。

②图形的处理。包括对图形进行变换(如几何变换、投影变换)和运算(如图形的并、交、差运算)处理。

③图形的生成和输出。如何将图形特定的表示形式转换成图形输出系统便于接受的表示形式,并将图形在显示屏或打印机等输出设备上显示输出。

与计算机绘图密切相关的几门学科是图像处理、计算几何、计算机视觉和模式识别。它们之间的关系如图 1-1 所示。图像处理研究的主要对象是数字图像,它研究如何对一幅连续图像采样、量化产生数字图像,如何对数字图像做各种变换以方便处理,如何滤去图像中物体的边缘,如何增强图像中的无用噪声,如何压缩图像数据以便于存储和传输,如何提取图像中物体的边缘,如何增强图像中的某些特征等。计算几何着重讨论几何形体在计算机内的表示、分析和综合,研究怎样方便灵活地建立几何形体的数学模型,提高算法的效率,在计算机内如何更好地存储和管理这些模型等。它的研究内容包括曲线曲面的表示、生成、拼接和造型,三维立体造型,散乱数据插值,计算复杂性等等。计算机视觉与模式识别研究的是计算机绘图的逆过程,它主要讨论如何分析和识别输入的数字图像并从中提取二维或三维的数据模型(特征),这门技术越来越多地应用于现代生活的各个领域。随着科学技术的发展和应用的深入,计算机图形学、计算几何、图像处理和模式识别的学科界限变得模糊起来,各学科相互渗透、融合。例如,计算机图形学离不开曲线、曲面及立体造型技术,几何造型系统又必须用到图形生成技术和图像处理技术,模式识别的许多概念和方法来自图像处理等学科。一个较完善的应用系统通常综合利用了各个学科的技术。

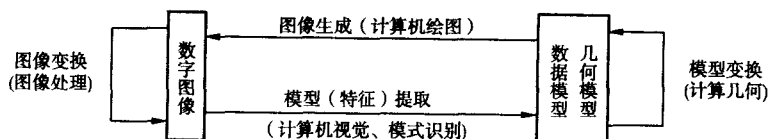


图 1-1 计算机绘图与其他相关学科的关系

三、计算机绘图的基本方法

计算机绘图并不是计算机自己绘图,而是通过人类控制的计算机辅助绘图。比如说,人与计算机之间以交互式问答的方式绘图,人编程序来控制计算机绘图,或人为设置参数通过某通用程序来绘图,等等。

从绘图的介质媒体来区分,我们可以把计算机绘图分成:

(1) 计算机驱动绘图机在纸上绘图

这种绘图方式是矢量式绘图,由 x 增量和 y 增量确定的矢量控制笔的移动。 x 和 y 由绘图机在纵横两个方向的最小坐标寻址(步长)组成。以往的绘图机,纸是固定在平板上的,笔是靠大、小车的移动而运动定位。近年来,普遍采用的是滚筒式绘图机,纸在滚筒上滚动,笔是靠小车在另一个方向移动而运动的。由于绘图机在两个方向的精度都比较高,故一般可在 x 、 y 两个方向反复移动纸或笔绘图,而不会影响图素的位置和尺寸。

近年来,笔式绘图机已逐渐被喷墨式绘图机替代。喷墨式绘图机没有笔,由喷头喷出墨点组成图形,它不仅消除了纸和笔的机械摩擦而导致划纸的可能性,而且图形线条的质量非常好,绘图速度快。喷墨绘图实际上是将计算机输出的信息先在绘图机的内存(虚拟屏幕)上绘图,所形成的点阵映像最后被逐行扫描输出到纸上。因此,喷墨绘图机的纸是一个方向前进,而不倒退的。

(2) 计算机驱动打印机在纸上打印图形

打印机通常用于打印字符文档,但也可以被用于打印图形。只要在打印机换码序列中输入点阵位映像模式指令,打印机即进入图形位映像工作状态。过去的打印机主要有 9 针和 24 针两种,9 针打印机一行打印 9 个点的高度,24 针打印机一行打印 24 个点的高度。

打印机打印图形与喷墨式绘图机类似,纸是只前进、不后退。因此必须先在一个虚拟屏幕上绘图,实际上是记录点阵位映像,最后将虚拟屏幕上的点阵位映像逐行输出打印出来。不同的只是通常打印机的内存较小,往往需要利用计算机的内存作为虚拟屏幕。

近年来喷墨打印机、激光打印机已逐渐代替机械式打印机,在打印机上绘图的质量已经很好,一些小的图纸往往可以在喷墨打印机或激光打印机上直接输出。

(3) 在显示器屏幕上绘图或显示图形

在计算机屏幕上绘图实际上也是点阵式绘图,图形线条由一个一个的点阵像素组成,只不过由于软件的控制,使得用户在绘图的时候,形式上是用矢量的方式输入。

在屏幕上绘图,从土木工程的角度看,通常是生成工程图纸的一个前过程或准备过程。在屏幕上绘图是通过鼠标器交互式作图或用程序控制显示已形成的图形,待确认可以后,再向绘图机或打印机输出。

由于目前的显示器分辨率不太高,所以在屏幕上显示的图形线条往往不及绘图机输出的清晰光滑。加上屏幕尺寸比图纸尺寸小得多,因此往往还要将图形局部放大显示,才能看清其内容。

从绘图的方式来区分,可将计算机绘图分成如下几类:

(1) 非交互式绘图

对于某些量大面广,具有一定的规律性的图形,可编制专用程序,在少量参数的控制下自动生成图形,实际上是生成一个图形文件,并同时在屏幕上显示图形。

这种绘图方式主要依靠程序绘图,效率高,但适用面专而窄。

(2) 半交互式绘图

半交互式绘图是处于交互式与非交互式绘图之间的一种计算机绘图方式,需要用户输入较多的控制参数,然后由计算机程序生成图形。这种方式绘出的图形一般能较好地符合工程师的要求,因为工程师的具体意图已体现在输入的大量参数中,而且由于是用程序生成图形,故效率仍比交互式绘图高。

(3) 交互式绘图

交互式绘图系统是计算机绘图系统中比较先进和完善的一种系统形式,是计算机通讯最自然的方式之一。它是以计算机为核心设备,以图形显示器和交互式图形学为基础,具有图形生成、图形编辑和图形显示的能力,可以实现人机交互作业的计算机系统。通过各种输入设备,使设计人员在图形终端上能够完成类似于在图纸上完成的设计工作。图 1-2 所示是一个说明交互式绘图系统的概念化框图。

一个典型的交互式绘图系统的硬件组成包括五个主要部分:计算机、显示处理器(DPU)、显示器(CRT)、交互式输入设备(如键盘、鼠标器、光笔、图形输入板等)和输出设备(如打印机、绘图机)。

在某个交互式绘图软件的环境中,采用人机交互问答的方式绘图,一般是用鼠标器作为图形输入设备,将一个图形元素(点,线,圆,弧)绘制在屏幕上作图。实际上是计算机程序记录输入图元的信息,并同时实时地显示在屏幕上。所不同的是计算机绘图可以利用许多计算

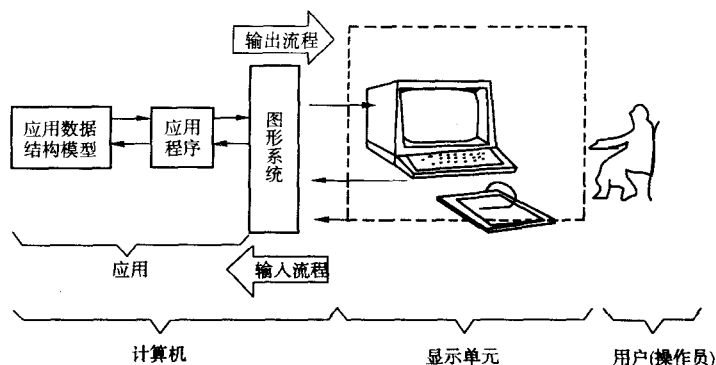


图 1-2 交互式绘图系统的组成

机的特有功能辅助绘图,如擦除、延伸、截断、镜像、复制、阵列、分层、尺寸自动标注等等。这些实际上是交互式绘图的辅助子程序。这种绘图方式灵活方便,通用性好,但效率相对较低,要靠人来将图素逐个输入而组成图形。组成的图形最后可通过绘图机或打印机输出到图纸上。

无论是哪种绘图方式,从图形学的方法来看,无非是用控制点在空间(三维空间或二维空间)的位置来确定图形的大小、角度、位置和形状等。计算机图形学的基本方法是通过齐次坐标变换对组成图形的点进行比例变换、平移变换、旋转变换、错切变换、对称映射和投射变换等等。通过变换矩阵实现图形的平移、大小、位置、旋转以及生成各种视图(包括轴侧图和透视图)。

高级的绘图方法还涉及裁剪消隐、曲线拟合、阴影、渲染和材质表现、光照效果等等。这些绘图方法,不仅需要用到许多数学方法,还需要很大的计算内存和高速计算机显示硬件的支持。

第二节 计算机绘图的硬件与软件

计算机绘图系统包括硬件系统和软件系统两部分。硬件系统由计算机及其外围设备组成,它是计算机绘图的物质基础。软件系统是计算机绘图的核心,它决定计算机绘图系统的功能。研究和开发计算机绘图技术必须具备一定的硬件和软件方面的知识。

一、计算机绘图系统的硬件

1. 主机

主机主要由计算机的中央处理机 CPU(Central Processing Unit)、内存贮器(简称内存)等组成。它是控制和指挥整个系统运行并执行实际运算、逻辑分析的装置,是系统的核心。

2. 输入设备

输入设备的主要任务是把程序、数据、图表及其符号等信息送入计算机内,常用的输入设备有键盘、鼠标器、点定位设备和扫描仪等。

3. 输出设备

输出设备是用来显示或记录程序、计算结果、图形及符号等信息的设备,常用的有显示器、绘图仪和打印机等。

4. 外存贮设备

外存贮设备是弥补内存贮器不足的一种辅助存贮器装置,用来存放大量的暂时不用的程序和数据。目前常用的外存贮设备有磁盘、闪存和光盘等。

二、计算机绘图系统的软件

所谓软件(Software),IEEE 组织给它下的定义为:软件是与计算机程序、方法、规则相关的文档以及在计算机上运行时所必需的数据。整个计算机系统的工作过程都是由软件来控制 and 实现的,软件的水平是决定系统性能优劣、功能强弱、使用方便与否的关键因素。在不同的计算机绘图系统中,对软件的要求也不同,这些软件的开发设计一般需要由计算机的软件人员和专业领域的设计人员密切合作,才能取得满意的效果。

计算机绘图系统软件按功能分为三个层次:系统软件、支撑软件和面向用户的应用软件。下面分别对它们进行介绍。

1. 系统软件

系统软件作为用户与计算机之间的一个接口,为用户使用计算机提供了方便,同时它对计算机的各种资源进行有效的管理与控制,从而能最大限度地发挥计算机的效率。系统软件主要包括操作系统及面向计算机维护的程序。

(1) 操作系统

操作系统是对计算机进行自动管理和控制的中心,通过对计算机软、硬件资源的合理使用,使之协调一致并且高效地完成各种任务。它的功能主要包括存贮管理、CPU 管理、设备管理和文件管理。目前计算机绘图系统中流行的操作系统有 DOS、WINDOWS、UNIX 等多种类型,它们得到不同用户的广泛欢迎。

(2) 面向计算机维护的程序

面向计算机维护的程序主要包括错误诊断和故障检查程序、自动纠错程序、测试程序、计算机联调和分调程序、软件调试工具等,能对计算机讲行调试、纠错,以保证其正常工作。

2. 支撑软件

支撑软件是计算机绘图系统的核心部分,起承上启下的作用。一方面它以系统软件为基础,开发出满足计算机绘图系统所需的各种通用软件,另一方面它又是面向用户的应用软件的开发基础。计算机绘图系统的支撑软件主要包括交互式图形支撑系统、工程数据库和语言处理系统三大部分。

(1) 交互式图形支撑系统

交互式图形处理是计算机绘图最主要的特色和基本的功能,它包括几何建模软件包和图形软件包两部分。几何建模软件包的主要任务是建立计算机绘图系统中的几何模型,建立相应的数学模型及数据结构,把几何形体以数据文件的形式存放在数据库中。目前使用的几何建模软件包建立的模型主要有三种:线框模型、表面模型及实体模型,而实体模型最复杂。图形软件包的主要任务是提供绘图功能,用户无需使用高级语言编程,只要输入参数就可绘制各种基本图形元素,如线、圆、弧、文本等,并且具有强大的图形编辑功能,能对图形进行各种处理,如几何变换、尺寸标注、画剖面线等,还可通过输出命令绘制出符合工程要求的图纸。

适用于微机的交互式绘图软件有 AutoCAD、CADKEY、CADPLAN、PD、3D-Product、Micro-CADAM 等。最近几年我国许多单位相继推出了各种二维交互型绘图系统,如 PCAD、CCAD、

PICAD 等。在众多的微机图形软件中,美国 AutoDesk 公司开发的 AutoCAD 绘图软件是目前最流行、应用范围最广的软件之一。它使用 C 语言编写,采用基于向量浮点运算的坐标系统,精度可达 1015×1015 ;它根据用户的指令迅速准确地绘出所需的图形,通过局部编辑和修改,最后绘出清晰而精确的图纸;它配有 Auto LISP 语言,并支持 VB、VC 等高级程序开发语言,供用户开发自己的绘图命令和菜单;该软件还提供多种手段,供用户开发图形库;还能同高级语言和数据库进行信息交换,并配有多种外部设备驱动程序、使用非常方便。本书将在后面章节中详细讲述。

(2)工程数据库系统

工程数据库及其管理系统是支撑软件的另一个重要内容,也是计算机绘图系统的基础。数据库管理是关于如何有效地存贮、传送、检索、管理、使用信息的一门技术。它的主要特点是由数据库管理系统集中管理数据,减少冗余数据;保持数据与程序、数据与存贮设备的独立性;支持多用户交叉访问和共享数据资源。在计算机绘图系统运行过程中会生成、存贮和处理大量的数据和图形信息,允许不同的用户方便地检索、存取、修改这些信息,并保持它们的一致性和完整性,为各种应用程序提供数据接口、传递和转换。这些工作必须建立在工程数据库管理系统的基础上。

(3)语言处理系统

支撑软件中的语言处理系统主要是指各种计算机语言及其编译程序、解释程序或汇编程序等。计算机语言可分为机器语言、汇编语言和高级语言。机器语言直接用机器指令编程,难懂难看,编程困难,一般不采用。汇编语言采用一些符号来代替机器指令,可读性良好,执行速度快,但需控制计算机的各步操作,不宜编写大型程序。高级语言采用与自然语言接近的形式来编写程序,编程方便,程序容量较大,但执行速度稍慢。目前普遍采用高级语言编程。高级语言种类很多,解释型语言有 BASIC、LISP 等,它们是每执行一句就把它翻译成机器码,使用方便,但运行速度较慢,不宜编写大程序。编译型语言有 FORTRAN、PASCAL、C 语言等,它们采取预先用编译器把程序全部翻译成机器码,然后再运行,运行速度快,效率高。开发大型系统一般均采用编译型语言。

3. 应用软件

计算机绘图系统的功能最终反映在解决具体设计问题的应用软件上。即根据绘图的具体任务,安排一系列的绘图命令,用户不必像编制高级语言程序一样去编制程序,而是利用图形软件包中提供的菜单命令集,从中去选择一系列命令,用命令和命令中的选择项,去完成作图和修改的任务。用户只需了解每条命令的含义和用法,而不必深入了解图形软件包的内部结构就完成绘图设计任务。这类软件具备以下特点:

- ①能够现实可行地解决具体工程问题,给出直接用于设计的最终结果。
- ②符合规范、标准和工程设计中的习惯。
- ③充分利用计算机绘图系统的软件资源,具有较高的效率。
- ④具有较好的硬件无关性和数据存贮无关性,便于移植以及与不同软件的连接。
- ⑤使用方便,维护简单,运行可靠。
- ⑥具有良好的人机交互界面,较高的人机友好程度。

面向用户应用软件的开发,也称为“二次开发”。这种开发项目由于专业性强,涉及领域广泛,往往由软件工作者与用户联合开发,所以,二次开发应用软件是用户的一项重要任务。尤其是对从国外引进的软件系统,二次开发是必不可少的。