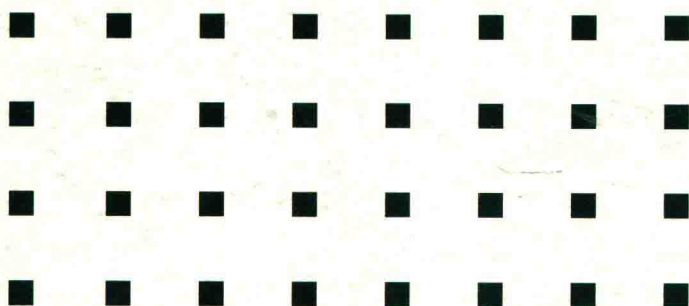


高等学校“十三五”规划教材
西安电子科技大学立项教材



计算机图形学基础 与CAD开发



主编 杜淑幸



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校“十三五”规划教材

西安电子科技大学立项教材

计算机图形学基础 与 CAD 开发

主编 杜淑幸



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书结合计算机图形学及计算机辅助设计(CAD)的发展,简明扼要地介绍了与 CAD 相关的计算机图形学基础知识和算法理论,并以目前工程上广泛使用的二维 CAD 软件(AutoCAD)、三维 CAD/CAM 软件(Pro/Engineer)为平台,通过案例介绍了常用的二维、三维 CAD 软件二次开发技术。全书共分 8 章,主要内容包括:绪论、图形输入与输出设备、二维图形生成与图形处理、AutoCAD 的参数化绘图技术、AutoCAD 图形库管理系统设计与开发、自由曲线与曲面、三维形体建模及图形处理、三维 CAD 软件的二次开发技术。各章均附有习题。

本书的教学目标是使学生掌握计算机图形学的基本理论和算法,具备常用二维、三维 CAD 软件的应用和二次开发能力。本书适合高等工科院校以及高职或远程教育的机械类和近机械类专业学生使用,也可供广大科技工作者和工程设计人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机图形学基础与 CAD 开发/杜淑幸主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2018.9
ISBN 978-7-5606-4965-8

I. ①计… II. ①杜… III. ①计算机图形学—AutoCAD 软件 IV. ①TP391.411
②TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 144556 号

策划编辑 李惠萍

责任编辑 王 静

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)82242885 82201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16

字 数 377 千字

印 数 1~3000 册

定 价 37.00 元

ISBN 978-7-5606-4965-8/TP

XDUP 5267001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言



计算机图形学(Computer Graphics, CG)是建立在传统的图学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门综合性学科,它是研究应用数学算法将二维或三维图形转化为用计算机显示或绘制的一门学科,是计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design, CAD)以及智能化、数字化、并行化、敏捷化设计与制造的重要理论基础。目前计算机图形学的研究范畴已从几何作图、消隐、渲染深入到真实感图形、科学计算可视化、虚拟现实、图像识别、多媒体技术、动画等各个领域。

计算机图形学作为一个相对成熟的重要学科,一直受到国内外各高等院校的高度重视。尤其在当前信息化大发展时期,掌握计算机图形学基本理论以及 CAD/CAM 基本知识与技能是高等工科院校学生应有的基本素质。在实际应用中,计算机图形处理技术也受到了广大科技工作者和工程设计人员的极大关注。因此我们结合长期的一线教学和应用实践经验,编写了本书。本书适合高等工科院校以及高职或远程教育的机械类和近机械类专业学生使用,也可供广大科技工作者和工程设计人员参考。

本书的主要特点如下:

(1) 实用性和参考性强。书中言简意赅地介绍了与计算机辅助设计(CAD)相关的计算机图形学基本理论和算法,以及常用的二维、三维 CAD 软件二次开发技术,为读者进一步开展计算机图形学研究以及 CAD 的应用开发奠定了必要的基础。

(2) 具有良好的工程实用价值。书中涵盖了 CAD 应用与开发中所必备的计算机图形学基础知识,并以当前普及性和实用性较强的二维软件 AutoCAD 和三维参数化软件 Pro/Engineer 为平台,结合案例介绍了 CAD 应用和 CAD 系统的二次开发技术,理论和实践相结合,有利于学生快速掌握和提高 CAD 软件的应用与软件开发技术,满足当前设计制造数字化时代的人才培养需求。

(3) 教材内容丰富,通俗易懂。书中将计算机图形学和 CAD 的开发相结合,内容丰富。相对其他的计算机图形学教材,本书编写简明扼要、通俗易懂。

本书的教学目标是使学生掌握计算机图形学的基本理论和算法,具备常用二维、三维 CAD 软件的应用和二次开发能力,为未来从事专业 CAD/CAM 的软件开发奠定必要的基础,同时也为相关领域工程技术人员针对企事业系列化产品的设计开发提供一个简洁有效的学习工具。

本书参考学时数为 48~60 学时,先修课程有“高等数学”“线性代数”“工程制图”“计算机文化基础”,读者应具有一定的 AutoCAD、Pro/Engineer 的应用基础知识。本书介绍的二维、三维软件的二次开发技术,实践性强,为保证教学效果,建议教学中安排适当的上机时间配合章节后的习题开展上机实践。

本书由杜淑幸主编。全书共 8 章。其中,第 1 章、第 8 章由杜淑幸编写,第 2 章由杜淑幸、刘小院编写,第 3 章由杜淑幸、程培涛编写,第 4、5 章及附录由亿珍珍编写,第 6、7 章由严惠娥编写。研究生武鹏、吴国英协助统稿并参与了大量的文稿编辑和制图。本书参考并引用了部分文献中的内容,在此对文献作者谨致由衷的谢意。

本书受到西安电子科技大学教材建设项目立项资助。在编写过程中,编者得到了西安电子科技大学教务处、机电工程学院、教材科和出版社领导与有关同志的关心和大力支持,李惠萍编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心的感谢!

由于写作时间仓促,加之作者水平有限,书中难免有不当之处,恳请读者不吝指正。

编 者

2018 年 4 月

目 录

第 1 章 绪论	1	3.4.2 逐点比较法	42
1.1 计算机图形学与 CAD 的发展	1	3.5 二维图形几何变换	44
1.2 计算机图形学与 CAD 系统的组成	4	3.5.1 基本变换	44
1.2.1 计算机图形学与 CAD 系统的功能	4	3.5.2 组合变换	49
1.2.2 计算机图形学与 CAD 的硬件系统	5	3.6 窗口到视区的变换	52
1.2.3 计算机图形学与 CAD 的软件系统	7	3.7 二维图形的裁剪算法	53
1.3 计算机图形学与 CAD 的研究内容	9	3.7.1 直线段裁剪算法	53
1.4 与计算机图形学、CAD 应用相关的其他技术	10	3.7.2 多边形区域裁剪算法	55
习题	18	3.8 区域填充算法	56
第 2 章 图形输入与输出设备	19	习题	59
2.1 图形输入设备	19	第 4 章 AutoCAD 的参数化绘图技术	60
2.2 图形显示器	22	4.1 概述	60
2.2.1 图形显示器概述	22	4.1.1 参数化绘图	60
2.2.2 光栅扫描显示器	22	4.1.2 LISP、AutoLISP 与 VisualLISP	61
2.2.3 液晶显示器	26	4.1.3 AutoLISP 的调试环境	62
2.3 图形输出设备	28	4.2 AutoLISP 语言基础	66
2.3.1 打印机	28	4.2.1 数据类型	66
2.3.2 绘图机	31	4.2.2 变量	67
习题	33	4.2.3 表达式	67
第 3 章 二维图形生成与图形处理	34	4.2.4 AutoLISP 的程序结构	67
3.1 图形坐标系	34	4.3 AutoLISP 的常用函数	68
3.2 字符的生成	35	4.3.1 基本函数	68
3.2.1 点阵字符	35	4.3.2 程序控制函数	71
3.2.2 矢量字符	36	4.3.3 交互输入函数	74
3.3 直线的生成算法	36	4.3.4 其他函数	75
3.3.1 数值微分分析法(DDA)	37	4.4 AutoLISP 参数化绘图程序设计	75
3.3.2 逐点比较法	39	4.4.1 自定义函数	75
3.4 圆弧的生成	42	4.4.2 自定义命令	78
3.4.1 角度 DDA 算法	42	4.5 AutoLISP 参数化绘图应用	80
		4.5.1 机械图样的绘制方法	80
		4.5.2 基于参数化绘图的子图形组合法	80
		4.5.3 标准件的图形程序库设计	86

4.5.4 参数化曲线的程序设计	89	7.1.2 描述三维形体的数据结构	164
习题	92	7.1.3 实体造型与布尔运算	166
第5章 AutoCAD 图形库管理系统设计		7.2 三维形体的几何建模技术	170
与开发	96	7.2.1 线框建模	170
5.1 概述	96	7.2.2 表面建模	170
5.1.1 图形库管理系统的组成	96	7.2.3 实体建模	170
5.1.2 AutoCAD 的图形库管理系统	98	7.2.4 特征建模	172
5.2 AutoCAD 的交互工作界面设计	99	7.3 三维图形的几何变换	174
5.2.1 AutoCAD 菜单文件设计	99	7.3.1 几何变换矩阵	174
5.2.2 AutoCAD 自定义用户界面设计	104	7.3.2 基本变换	174
5.3 AutoCAD 的对话框设计	108	7.3.3 组合变换	178
5.3.1 对话框特点与组成	108	7.4 平行投影变换	179
5.3.2 对话框定义文件	110	7.4.1 正投影变换	179
5.3.3 对话框控件及属性	112	7.4.2 正轴测投影变换	181
5.3.4 对话框驱动程序设计	120	7.4.3 斜轴测投影变换	181
5.4 AutoCAD 的图形数据库开发	127	7.5 透视投影变换	182
5.4.1 AutoCAD 内部图形数据库的访问	127	7.5.1 透视投影与主灭点	182
5.4.2 AutoCAD 对外部数据库的访问	131	7.5.2 点的透视变换	183
习题	137	7.5.3 立体的透视图	184
第6章 自由曲线与曲面	140	7.6 图形消隐技术	187
6.1 概述	140	7.6.1 概述	187
6.2 三次参数样条曲线	142	7.6.2 消隐算法中的测试方法	188
6.3 Bézier 曲线与曲面	145	7.6.3 常用的消隐算法	190
6.3.1 Bézier 曲线的定义	145	7.7 真实感图形生成	193
6.3.2 常用的 Bézier 曲线	145	7.7.1 概述	193
6.3.3 Bézier 曲面	148	7.7.2 基本光照明模型	193
6.4 B 样条曲线与曲面	149	7.7.3 阴影	197
6.4.1 B 样条曲线的定义	150	习题	197
6.4.2 常用的 B 样条曲线	150	第8章 三维 CAD 软件的二次开发技术	199
6.4.3 B 样条曲面	156	8.1 概述	199
6.5 NURBS 曲线与曲面	157	8.2 Pro/Engineer 软件简介	200
6.5.1 NURBS 曲线	157	8.3 Pro/TOOLKIT 开发技术	203
6.5.2 NURBS 曲面	158	8.3.1 Pro/TOOLKIT 的工作模式	203
6.6 曲线与曲面在 AutoCAD 中的应用	159	8.3.2 Pro/TOOLKIT 的安装与测试	204
习题	161	8.3.3 Pro/TOOLKIT 的开发环境配置	205
第7章 三维形体建模及图形处理	162	8.3.4 Pro/TOOLKIT 二次开发的主要步骤	209
7.1 三维形体建模基础	162	8.4 Pro/Engineer 的交互界面设计	211
7.1.1 三维形体的描述	162	8.4.1 菜单设计	211

8.4.2	UI 对话框	213	A.2.1	判断函数	233
8.4.3	MFC 类对话框设计	214	A.2.2	条件函数和顺序处理函数	234
8.5	基于 Pro/Engineer 平台的产品参数化设计开发	217	A.2.3	循环函数	235
8.5.1	零部件参数化设计开发的 一般流程	217	A.3	交互输入函数	235
8.5.2	零部件参数化设计的数据库 设计	220	A.4	文件管理函数	236
8.5.3	零部件的参数化设计举例	222	A.5	输入、输出函数	237
习题		226	A.6	系统变量函数	238
附录 A AutoLISP 函数		227	A.7	实体操作及数据函数	239
A.1	基本函数	227	A.8	选择集操作函数	239
A.1.1	算术运算函数	227	附录 B 对话框控件及属性		242
A.1.2	标准函数	228	附录 C Visual LISP 对话框驱动 函数		245
A.1.3	赋值与求值函数	230	C.1	对话框主调用功能	245
A.1.4	表处理函数	230	C.2	编辑框控件回调函数	246
A.1.5	command 函数	232	C.3	图像按钮控件处理函数	246
A.2	程序控制函数	233	参考文献		248

第1章

绪 论

计算机图形学(Computer Graphics, CG)是建立在传统的图学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门综合性学科,它是研究将二维或三维图形应用数学算法转化为用计算机显示或绘制的一门科学,换句话说,就是研究如何在计算机中进行图形的表示、计算、处理和显示的相关原理与算法。计算机图形学技术是计算机科学技术应用的一个重要分支。近几十年来,随着计算机硬件、软件性能的飞速发展以及计算机的广泛应用,计算机图形学技术发展十分迅速,目前已渗透到各行各业,从计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacture, CAM),到真实感图形、科学计算可视化、虚拟现实、图像识别、多媒体技术、动画等各个领域,计算机图形学技术都发挥着愈加重要的作用。

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是指以计算机为工具对产品或工程进行设计、绘图、分析和编写技术文档等设计活动的总称。1972年10月,国际信息处理联合会(IFIP)在荷兰召开的“关于CAD原理的工作会议”对CAD给出如下定义:CAD是一种技术,其中人与计算机结合为一个问题求解组,它们紧密配合,发挥各自所长,从而使其工作优于每一方,并为应用多学科方法的综合性协作提供了可能。随着计算机图形学理论研究的不断深入,以及计算机技术和网络技术的快速发展,以CAD为基础的CAM(Computer Aided Manufacture)/CAE(Computer Aided Engineering)以及并行工程、敏捷制造、数字化制造、智能制造等先进技术发展异常迅猛,这些都为“工业4.0”、“中国制造2025”的实现奠定了重要的技术基础。

1.1 计算机图形学与CAD的发展

计算机图形学的发展历史也是CAD的发展历史,主要有六个典型阶段。

1. 初始阶段

1946年,第一台电子计算机的问世推动了许多学科的发展和新学科的建立,其中就有现代图形学技术,包括计算机辅助绘图和设计技术。1950年,美国麻省理工学院(MIT)成功研制出第一台图形显示器——旋风1号(whirlwind I),这也是世界首台计算机外围设备(虽然只能显示一些简单的图形)。1952年,MIT又成功研制出第一台基于APT语言(自动编程语言)的数控铣床。随后在美国学习的奥地利人H. Joseph Gerber根据数控铣床工

作原理,为波音公司设计并生产了世界第一台平台式绘图机。1959 年 Calcomp 公司研制出第一台滚筒式绘图机,使计算机辅助绘图仪开始代替人工绘图(见图 1.1)。同年 12 月,MIT 在召开的一次计划会议上明确提出了 CAD 的概念。

2. 研制实验阶段

1962 年,MIT 林肯实验室的 Ivan E. Sutherland(见图 1.2)在其博士论文《SKETCHPAD: 一个人机通信的图形系统》中首次提出计算机图形学、交互技术、分层存储符号的数据结构等新思想。这些基本理论和技术至今仍是现代图形学技术的基础,它被认为是 CAD 真正出现的标志。1964 年美国通用汽车公司和美国 IBM 公司成功开发了用于汽车前玻璃线性设计的 CAD 系统。

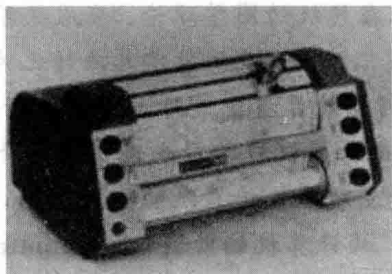


图 1.1 第一台滚筒式绘图机

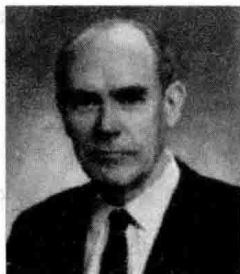


图 1.2 Ivan E. Sutherland

3. 技术商品化阶段

20 世纪 70 年代,计算机图形学与 CAD 技术进入工程和产品设计领域。一方面,硬件设备不断更新和发展,出现了基于电视技术的光栅扫描显示器以及高精度的数字化仪及绘图机等,小型计算机费用下降。另一方面,计算机图形学与 CAD 的理论及软件系统得到进一步发展,比如曲线、曲面的研究更加深入全面,出现了具有较高实用价值的自由曲线、曲面,如 Coons 曲面、Bézier 曲线与曲面、B 样条曲线与曲面;围绕光栅扫描图形显示器提出了许多图形生成算法,如直线与圆弧的生成、隐藏面消除、真实感图形的生成等;对曲面造型及实体造型理论展开了较为系统的研究,出现了像 PADL-1、PADL-2、TIPS 等许多试验型的几何造型系统;针对软件对硬件的适用性差等问题,美国计算机学会(ACM)和德国(前西德)标准协会(DIN)开展了对绘图软件标准化的研究。

4. 高速发展阶段

20 世纪 80 年代是计算机图形学与 CAD 技术成熟和推广应用的大发展阶段。计算机的运算速度、集成化程度大大提高,硬件成本大幅度降低,微型 PC 得到普及应用,使得围绕 PC 开发的 CAD 软件层出不穷,其中著名软件有 AutoCAD、PD(Personal Designer)、MicroStation、SolidEdge 等。其中开发 AutoCAD 的 Autodesk 公司当时是一个仅有数名员工的小公司,其开发的 CAD 系统虽然功能有限,但因其可免费使用以及良好的二维绘图功能,得以广泛应用。同时,由于该系统的开放性,CAD 软件升级迅速。与此同时,由于小型机和工作站的价格降低,出现了很多运行于小型机和工作站上的、以图形处理为核心的 CAD/CAM 一体化软件,如 I-DEAS、CADAM、PRIME 等。与此同时,软件用户界面水平也不断提高,出现了多窗口、多菜单、对话框等高级用户交互界面。为了充分发挥计算机的硬件资源和软件资源,许多软件公司都开始注重软件的联网能力。

5. 全面普及阶段

20 世纪 90 年代以来, 计算机图形学与 CAD 全面进入了设计领域, 成为工程界重要的设计工具。其研究和发展呈现以下几个主要特点:

(1) 图形、图像结合日益密切。许多商品化的软件系统同时具有图形、图像处理功能, 系统的适应性、实用性更强。

(2) 随着特征造型理论和技术的发展, CAD/CAM/CAE 系统的集成化程度提高, 出现了大量的一体化三维软件, 如 Pro/E、CATIA、UG、I-DEAS、ACIS、MASTERCAM 等, 这些软件在工程设计与制造领域发挥着越来越重要的作用。

(3) 可视化与虚拟现实技术(Virtual Reality)的研究与应用更加广泛。比如: 温度场、应力应变等科学计算的可视化(见图 1.3); 借助航天航空、遥感、加速器、CT(计算机断层扫描)、MRI(核磁共振)等手段所获取的海量数据可视化(见图 1.4); 虚拟现实技术集成了计算机图形学、计算机仿真、人工智能、传感技术、网络并行处理等多种技术, 生成了计算机的高技术模拟系统, 它在虚拟设计、虚拟装配与检测、虚拟城市规划、虚拟手术、军事的虚拟训练(见图 1.5)等方面得到了愈加广泛的应用。

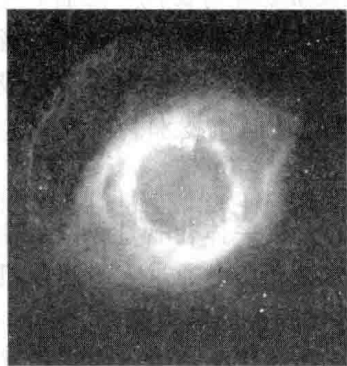


图 1.3 螺旋星云可见光可视化

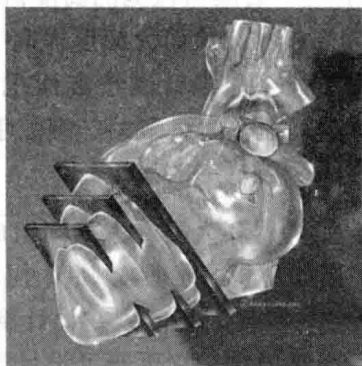


图 1.4 核医学成像

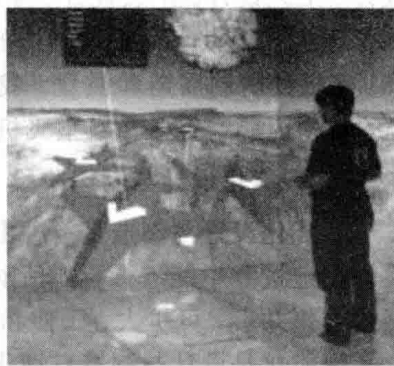


图 1.5 虚拟训练

(4) 计算机模拟和动画技术的研究更加深入。利用计算机图形学技术模拟云、雾、花草、树木等自然环境(见图 1.6), 模拟物体随着时间而变化的动态过程, 如物体结构在负载下的变形过程、飘动的云彩(见图 1.7)、流动的喷泉(见图 1.8)。计算机模拟和动画技术在包装设计、电视电影的制作等方面得到广泛应用。



图 1.6 野外场景模拟
(清华大学)



图 1.7 飘动的云彩
(日本 Yoshinori Dobashi)

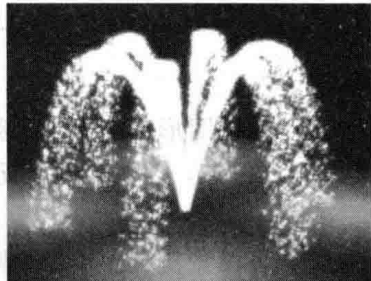


图 1.8 流动的喷泉
(西安电子科技大学)

6. 数字化设计制造阶段

数字化就是将许多复杂多变的信息转变为可以度量的数字,再以这些数字建立数字化模型,借助一系列二进制代码在计算机中进行统一处理的过程。随着计算机图形学理论和计算机技术的发展,人类可以利用极为简洁的“0”和“1”编码技术,实现对一切声音、文字、图像和数据的编码、解码,使得各类信息的采集、处理、存储和传输实现了标准化和高速处理。数字化设计制造就是在交叉融合计算机图形学理论、计算机技术、网络技术与管理科学的基础上,实现制造企业、制造系统的全面数字化,其内涵包括三个层面:以设计为中心的数字化制造技术、以控制为中心的数字化制造技术、以管理为中心的数字化制造技术。

数字化设计制造是未来产品设计制造的必然趋势。复杂度越高的产品,使用数字化设计制造的意义愈加重大,但是实现设计制造全数字化、建立数字化企业是一个相当复杂的系统工程。美国波音公司在波音 787 新型客机的研制中,全面采用了基于模型的定义(Model Based Definition, MBD)技术。该技术将产品的所有相关设计定义、工艺描述、属性和管理等信息都附着在产品的三维模型中,直接使用三维模型作为制造依据,实现产品设计、工艺设计、工装设计、零件加工、装配与检测的高度信息集成、并行协同和融合,开创了飞机三维数字化设计制造的崭新模式,从而大幅度提高了产品研制能力,确保了波音 787 客机的研制周期和质量。我国在数字化设计制造方面也取得了不同程度的进展和成就,如国内航空企业在新型飞机研制过程中大量采用三维数字化设计制造技术。

7. 智能化设计与制造阶段

智能化设计与制造是一种由智能机器和人类专家共同组成的人机一体化智能系统,在设计制造过程中能进行智能活动,诸如分析、推理、判断、构思和决策等。通过人与智能机器的合作共事,可扩大、延伸和部分地取代人类专家在设计制造过程中的脑力劳动。

智能化是设计与制造自动化的发展方向,它更新了设计制造自动化的概念,将其扩展到柔性化、智能化和高度集成化。设计与制造过程的各个环节几乎都可应用人工智能技术。比如专家系统技术可以用于工程设计、工艺过程设计、生产调度、故障诊断等。也可以将神经网络和模糊控制技术等先进的计算机智能方法应用于产品配方、生产调度等,实现制造过程智能化。人工智能技术尤其适合于解决特别复杂和不确定的问题。但是要实现设计与制造全过程的智能化,是一件非常复杂艰难的工程,还需要走很长的路去探索。

1.2 计算机图形学与 CAD 系统的组成

计算机图形学与 CAD 系统,包括硬件系统和软件系统两大部分。实现计算机图形学与 CAD 任务,必须合理地配置硬件系统与软件系统。

1.2.1 计算机图形学与 CAD 系统的功能

一个计算机图形学与 CAD 系统至少应具有计算、存储、输入、输出和交互功能。

1. 计算功能

计算机图形学与 CAD 系统应有较强的计算能力,以满足数值计算和图形处理的需求,

比如图形交点计算、曲线与曲面的快速生成、几何变换、特征求交等。

2. 存储功能

计算机图形学与 CAD 系统应有较强的存储功能,用于实时或永久地存放图形信息,如源程序、计算结果、设计图形等,以方便信息的实时检索以及图形的变更、增加、删除等处理。

3. 输入功能

计算机图形学与 CAD 系统应具有通过键盘、鼠标、图形输入板等输入设备将图形的形状、尺寸以及必要的参数等送入计算机的输入功能。

4. 输出功能

计算机图形学与 CAD 系统应具有通过显示器、打印机、绘图机等输出设备将结果输出的功能,以便能实时观看设计结果(图形)或者永久性保存设计结果。另外,设计结果也可以通过 U 盘、光盘等以文件形式输出。

5. 交互功能

计算机图形学与 CAD 系统应提供友好的人机对话方式,方便用户通过各种图形输入设备进行各种操作。

除了以上基本功能之外,在数字化设计制造时代,计算机图形学与 CAD 系统还应具备网络化通信功能,以实现实时信息共享、协同设计与制造。

1.2.2 计算机图形学与 CAD 的硬件系统

图 1.9 是计算机图形学与 CAD 系统硬件组成简图。其中主机、图形输入设备、图形输出设备、外存储器为硬件的基本配置。为了系统的资源能实时共享,网络通信设备是目前不可或缺的硬件之一。

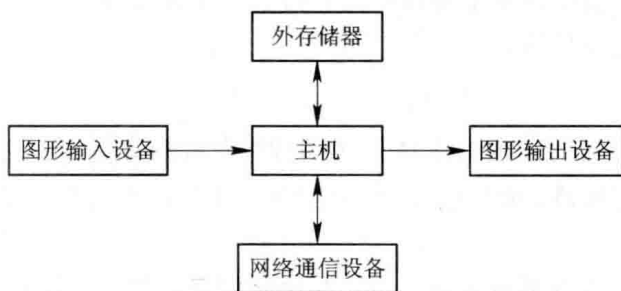


图 1.9 计算机图形学与 CAD 系统硬件组成简图

1. 主机

主机主要包括 CPU(Central Processing Unit)、主存储器。

CPU 由控制器和运算器组成,是计算机的运算核心和控制核心,主要负责解释计算机指令以及处理数据运算。其中,控制器负责对指令译码,并且发出为完成每条指令所要执行的各个操作的控制信号。运算器负责执行定点或浮点算术运算操作、移位操作以及逻辑操作,也可执行地址运算和转换。

主存储器包括随机存储器(RAM, 简称“内存”)和只读存储器(ROM)。随机存储器存放各种输入、输出数据及中间结果, 用于保存交换信息, 并能由中央处理器(CPU)直接随机存取。只读存储器出厂时由厂家用掩膜技术写好内容, 信息固化在存储器中, 只可读出, 无法改写, 一般用于存放系统程序 BIOS 和用于微程序控制。现代计算机为了提高性能, 又能兼顾合理造价, 采用多级存储体系, 包括存储容量小、存取速度高的高速缓冲存储器以及存储容量和存取速度适中的主存储器。主存储器是按地址存放信息的, 存取速度一般与地址无关。32 位(比特)的地址最大能表达 4 GB 的存储器地址。对于某些特大运算量的应用和特大型数据库, 多采用 64 位结构的地址形式。

速度是表示主机性能的重要指标, 它通过时钟频率(主频 MHz)、存取周期(μs)、MIPS(百万条指令/s)来表示。主存储器根据需要进行配置。

主机分为大中型机、小型机、工程工作站以及微型机。其中, 大中型机功能强, 支持多用户同时工作, 能进行大信息量作业, 如大型的分析计算、模拟以及大型数据库的集中管理等。但是大中型机存在当终端用户过多时, 会使系统过载, 响应速度慢, 一旦主机发生故障, 整个系统就不能工作的缺点, 而且大中型机价格昂贵; 小型机是 20 世纪 80 年代 CAD 市场的主要用机, 通常能满足一般工程和产品设计需要, 系统具有专用性, 价格适中。但其缺点是系统比较封闭, 开放性较差, 80 年代后逐渐被工程工作站取代; 工程工作站是指具有较强科学计算、图形处理、网络通信功能的交互式计算机系统, 它具有强大的分布式计算能力, 支持多任务进程和复杂的 CAD 作业, 属于 32 位机, 具有 UNIX 操作系统, 并采用以太网; 随着硬件性能的发展, 微型机目前在运行速度、计算精度、存储容量等方面都能满足计算机图形学与 CAD 的需求, 价格便宜, 利用现代的网络技术和公共外设连接在一起, 实现网内资源共享。目前微型机有 32 位机和 64 位机两种。

2. 图形输入、输出设备

计算机图形学与 CAD 系统中, 图形输入设备主要包括键盘、鼠标、扫描仪、数字化仪和图形输入板等。图形输出设备主要包括显示器、打印机、绘图机等。图形输入、输出设备的工作原理、性能等请参见第 2 章。

3. 外存储器

外存储器用来存储暂时不用或等待调用的程序、数据等信息, 它包括硬盘存储器、软盘存储器、光盘存储器、磁带存储器、U 盘等。外存储器通常容量大, 但相比主存储器(内存), 其存取速度慢。

外存储器通常是磁性介质或光盘, 能长期保存信息, 并且不依赖于电来保存信息, 很多外存储器需要由机械部件带动, 速度与 CPU 相比慢很多。其中, 硬盘存储器是由涂有磁性材料的铝合金圆盘组成, 每个硬盘都由若干个磁性圆盘组成, 硬盘通常容量很大; 软盘存储器是使用柔软的聚酯材料制成圆形基片, 在两个表面涂有磁性材料。常用软盘直径为 3.5 英寸, 存储容量为 1.44 MB, 需要通过软盘驱动器来读取数据, 由于其容量小, 目前使用很少; 光盘存储器是应用光存储技术, 即使用激光在某种介质上写入和读出信息。光盘存储器分为 CD-ROM、CD-R、CD-RW 和 DVD-ROM 等; 磁带存储器也称为顺序存取存储器 SAM, 它存储容量很大, 但查找速度很慢, 一般仅用作数据后备存储。计算机系统使用的磁带机有三种类型, 即盘式磁带机、数据流磁带机及螺旋扫描磁带机。

U 盘是当前使用最为广泛的移动存储设备之一,英文名称为“USB flash disk”,此名称最早来源于朗科科技生产的一种新型存储设备,名曰“优盘”。U 盘是使用 USB 接口的无需物理驱动器的微型高容量移动存储产品,通过 USB 接口与电脑连接,实现即插即用,也被称为“闪盘”。通常在 USB 2.0 情况下,正常的 U 盘写入速度在 5~10 MB/s 之间,读取速度在 15~30 MB/s 左右,部分高级 U 盘能达到写入 20 MB/s、读取 30 MB/s 的速度。由于 U 盘的体积小、存储量大及携带方便等诸多优点,目前 U 盘已经取代了软盘。

4. 网络通信设备

除了上述必备的硬件外,目前计算机图形学与 CAD 系统经常还需要配有网络适配器、网络收发器、网络媒体转换设备、中断器、路由器、网关等网络通信设备,以便通过现代网络技术将许多工作站、微型机和公共外设连接在一起,实现网内资源共享。

其中,网络适配器又称网络接口卡(网卡),它插在计算机的总线上,将计算机连到其他网络设备上,网络适配器中一般只实现网络物理层和数据链路层的功能;网络收发器是网络适配器和传输媒体的接口设备,提供信号电平转换和信号的隔离功能;网络媒体转换设备是网络中不同传输媒体间的转换设备,如双绞线和光纤等;中断器也称为转发器,延伸传输媒体的距离,如利用中断器可以连接不同的以太网网段以构成一个以太网;路由器是工作在网络层的多个网络间的互连设备,它可在网络间提供路径选择的功能;网关是多个网络间互连设备的统称,一般指在运输层以上实现多个网络互连的设备。

1.2.3 计算机图形学与 CAD 的软件系统

计算机图形学与 CAD 系统的软件系统按其用途分为三个层次:系统软件、支撑软件、各类应用软件(见图 1.10)。

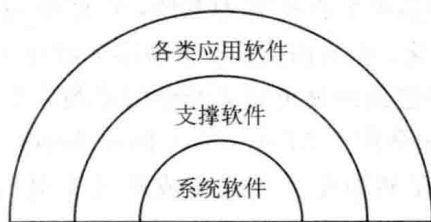


图 1.10 软件系统的组成

1. 系统软件

系统软件也称为一级软件,包括各种操作系统、窗口系统(第二操作系统)、各种高级语言系统、数据库管理系统,网络通信与管理软件系统。

(1) 操作系统。操作系统是计算机软件的核心,它控制和管理计算机的软件资源和硬件资源。操作系统实现内存分配管理、文件管理、外部设备管理、作业管理、中断管理的功能,用户通过操作系统才能使用计算机,任何程序需经操作系统分配必要的资源后才能执行。操作系统按其提供的功能和工作方式不同,分为单用户操作系统、批处理操作系统、实时操作系统、分时操作系统、网络操作系统和分布式操作系统。

DOS 是 1979 年由微软公司为 IBM 个人电脑开发的单用户、单任务的操作系统(MS-DOS),在 1985 年到 1995 年及其后的一段时间内占据操作系统的统治地位,包括后

来以 DOS 为基础的 Microsoft Windows 版本, 如 Windows 95、Windows 98 和 Windows Me 等。目前常见的是多用户、多任务操作系统, 如 UNIX、Windows XP、Windows NT 等系列, 从工作站到微机均有使用, 已经成了事实上的工业标准。自微软图形界面操作系统 Windows NT 问世以来, DOS 以一个后台程序的形式出现, 用户可通过“运行”窗口输入 cmd 就可进入 DOS 的运行环境。

(2) 窗口系统。窗口系统也称第二操作系统, 是由窗口、菜单、按钮、图标等图形对象组成的图形用户界面(GUI), 用户仅操作这些图形对象就可以执行相应任务。X 窗口、X Window 分别是用于 UNIX、Windows 系统的标准图形化用户界面, 是一种计算机软件系统和网络协议, 它们提供了基础的图形用户界面, 具有下拉菜单、按钮、滚动条和为运行不同应用的重叠窗口界面。图形对象采用位图形成, 用户可根据个人喜好定制图形界面。软件编写使用广义的命令集, 它创建了一个硬件抽象层, 允许设备独立性和重用方案在任何计算机上实现。

(3) 高级语言系统。高级语言系统很多, 可主要分为: ① Basic 类, 它易学、易懂、易记、易用, 是其他高级语言的基础, 如 Basic、Turbo Basic、Visual Basic、Visual Basic . Net 等; ② Pascal 类, 它既可用于科学计算, 又能用来编写系统软件, 如 Pascal、Turbo Pascal、Object Pascal 等; ③ 科学与统计计算类, 如 FORTRAN、MATLAB、Mathematica 等; ④ C 类, 通用的编程语言, 如 C 语言、C++、Microsoft Visual C++、C# 等; ⑤ Web 开发的脚本语言, 如 JavaScript、JScript、TypeScript 等, 开发 Android 应用的 Java 语言, 开发 iOS 应用的 Objective-C 等。除此之外, 还有汇编语言、数据库编程语言、人工智能语言等。

(4) 数据库管理系统。数据库管理系统的种类很多, 目前针对不同用户的不同需求, 常用的数据库管理系统有 MySQL、ORACLE、ACCESS、MS SQL Server 等。其中, MySQL 数据库是一款小型关系型数据库管理系统, 广泛应用在 Internet 上的中小型网站中, 它具有源码开放、非过程化、语言简洁, 易学易用等特点; Oracle 数据库是甲骨文公司的一款关系数据库管理系统, 它处理速度快, 安全级别高, 支持快闪及快速恢复, 具有强大的数据仓库功能; ACCESS 全称为 Microsoft Office Access, 是微软代表性的一款数据库管理软件, 它界面友好, 存储简便, 可在集成环境下处理多种数据信息, 支持传统的 ODBC; MS SQL Server 数据库是美国微软公司发布的一款 RMDBS 数据库, 它与 Windows NT 集成, 是真正的客户-服务器体系结构, 可方便用户发布数据于 Web。它具有丰富的编程接口工具和良好的伸缩性, 其图形化的用户界面使得数据库操作更加直观简便。

(5) 网络通信与管理软件系统。目前大型的 CAD/CAM/CAE 系统都是联网系统, 为能实现正常通信, 一般需分层次地规定双方通信协议, 如著名的 Novell Net Ware、Windows NT Server 等网络系统。

2. 支撑软件

支撑软件也称为二级软件, 它是软件公司、高级软件技术人员利用一级软件开发出来的, 如基本图形资源软件(CGI、GKS、PHIGS 图形标准和规范)、绘图软件(AutoCAD、PD、CADKEY 以及高华 CAD、CAXA 系列等国产软件)、工程分析与计算软件(有限元分析、热分析、机构分析、注塑模具分析、优化方法、模拟仿真)、数控编程软件

(MasterCAM、SurfCAM等)、功能集成的商品化 CAD/CAM/CAE 软件(I-DEAS、Pro/E、UG、CATIA、SolidWorks等)。支撑软件提供最基本和普遍意义的功能,不针对某一个行业、某一类产品。

3. 应用软件

应用软件也称为三级软件,它是专业技术人员或软件公司利用一级、二级软件开发出来的各类应用软件,如汽车 CAD 软件、模具 CAD 软件、建筑 CAD 软件、服装 CAD 软件及课程 CAI 软件等。大多软件(如 AutoCAD、UG、Pro/E、CATIA 等)都提供了二次开发手段供用户开发 CAD 应用软件。

应用软件最能产生经济效益并形成生产力。CAD 应用软件按照系统运行时设计人员介入程度和系统的工作方式,可分为以下几种类型:

(1) 交互型 CAD 系统。交互型 CAD 系统是利用人机对话的方式进行工作。因为产品设计是一个“设计、分析、计算、显示、修改”不断反复创新的过程,计算机不可能代替人的全部思维活动,因此交互式 CAD 系统是将人的创造性和计算机辅助设计充分结合的设计系统,适合于新产品的研发工作,是现代 CAD 应用系统的主要类型。

(2) 自动型 CAD 系统。自动型 CAD 系统是将待解决的问题预先建立数学模型,设计目标函数,并将其求解过程编制成程序输入计算机,形成解决问题的程序库和数据库。系统运行时,根据输入的参数系统自动进行数学模型求解,无需人的介入即可输出结果。该类型只适合于事先能够用数学模型描述的设计问题。

(3) 实例型 CAD 系统。实例型 CAD 系统是预先将已经定型的产品资料(设计实例、技术图样、技术文件等)存入计算机,并设计有友好的管理程序。系统工作时,根据用户输入条件,检索并调出相应的产品资料,根据需求进行产品的再利用或者再设计。这种类型适合定型之后的标准化、系列化产品的设计,可以大大提高设计效率。但是相对交互型 CAD 系统,其通用性差,不适合创新性的设计。

(4) 智能型 CAD 系统。智能型 CAD 系统是将人工智能技术引入 CAD/CAM 系统中形成的。这种系统的开发首先需要获取领域内专家的知识 and 经验建立专家知识库,其次设置推理机制,即在求解问题时,模仿人类专家进行思维与决策,然后设计友好的智能型 CAD 系统管理程序。系统运行时,根据输入的设计目标和原始参数,系统自动检索知识库,搜索与待解决问题相匹配的规则,通过推理机的推理、判断,模拟人的思维给出解决问题的方法和推荐解决方案。该类型在一定程度上避免了企业过分受限于现有设计者的专业水平,而能运用人类专家的知识 and 推理能力,解决一般人难以解决的问题。智能型 CAD 系统应该是一个理想的具有巨大潜能的设计系统,但是由于设计行为的复杂性,目前在知识获取、知识表达以及推理判断等方面存在着诸多未能很好解决的问题,因此智能型 CAD 系统开发难度仍比较大,尤其实现完全的智能化还有很长的路要走。

1.3 计算机图形学与 CAD 的研究内容

计算机图形学与 CAD 的研究内容很多,主要包括以下几个方面:

(1) 硬件配置,包括各类硬件的结构、工作原理及性能。