



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校计算机辅助设计与绘图课程系列教材

计算机辅助设计(第2版)

主 编 孙江宏

副主编 孙敬华 王 巍 张 勇



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校计算机辅助设计与绘图课程系列教材

计算机辅助设计

Jisuanji Fuzhu Sheji

(第2版)

主 编 孙江宏

副主编 孙敬华 王 巍 张 勇



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,根据教育部有关计算机辅助设计及机械设计课程的教学基本要求,并结合近几年各院校使用本书第一版的反馈建议修订而成。

本书以应用型人才培养为目标,充分结合作者实际开发的机械类工程案例,融入当前相关领域热点内容,强调知识的实用性和模拟环境,采用以计算机辅助绘图与二次开发相结合为主的编写方式,以 AutoCAD 为平台,突出二次开发技术应用。

全书共 12 章,主要内容包括计算机辅助设计概述、AutoCAD 操作文件系统的开发应用、AutoCAD 二次开发与数据库、Visual LISP 操作与维护、AutoLISP 基础、AutoLISP 的绘图功能、函数定义与程序结构、AutoLISP 图形数据库管理、DCL 语言与对话框、DCL 对话框管理、Visual LISP 中的 ActiveX 对象、通用机械 CAD 系统程序开发。

本书可作为普通高等工科类院校,尤其是应用型本科、专科院校计算机辅助设计课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计 / 孙江宏主编. —2 版. —北京: 高等教育出版社, 2010.1

ISBN 978-7-04-028611-3

I. 计… II. 孙… III. 计算机辅助设计—高等学校—教材 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 222329 号

策划编辑 饶卉萍 责任编辑 张海波 封面设计 于文燕
版式设计 王莹 责任校对 王超 责任印制 张泽业

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京丰源印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 20.5
字 数 500 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 [http:// www.hep.edu.cn](http://www.hep.edu.cn)
[http:// www.hep.com.cn](http://www.hep.com.cn)
网上订购 [http:// www.landracom.com](http://www.landracom.com)
[http:// www.landracom.com.cn](http://www.landracom.com.cn)
畅想教育 [http:// www.widedu.com](http://www.widedu.com)

版 次 2003 年 11 月第 1 版
2010 年 1 月第 2 版
印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷
定 价 26.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28611-00

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，根据教育部有关计算机辅助设计及机械设计课程的教学基本要求，结合近几年各院校使用本书第一版的反馈建议修订而成。

在本版的修订过程中，编者力求从满足教学基本要求、讲解深度适中、篇幅少而精炼、突出实践动手能力和总结实践经验等原则出发，以使教材具有简明、实用的特色。

一、本书特点

编写过程中，考虑到应用型本科教学特点以及基础课程已经涉及的内容，本书采用以计算机辅助绘图与二次开发相结合为主的编写方式，以 AutoCAD 为平台，突出二次开发技术应用，让学生能够真正掌握其基本工具与设计流程、方法，做到学习后能直接动手编写需要的图形文件。

本书特点如下。

(1) 定位准确，符合应用型人才的培养目标。本书定位于技术应用型本科学生，将计算机辅助绘图与二次开发结合起来，因此同一般的普通本科教材相比具有鲜明的应用型特征，即重视对学生进行技术应用能力的培养，力求使学生能通过 AutoCAD 软件平台进行二次开发，为培养计算机辅助设计领域高级软件开发人员打下良好基础。

(2) 实用性强，充分结合机械类实际工程应用开发案例。本书最大的特点在于将 AutoCAD 辅助绘图功能和基于它的二次开发功能等有机地融合起来，采用代表性强的机械类应用案例，增强学生建构本专业及相关专业领域中开发与应用知识的能力，从而在较高的视角上提高学生的创新能力，确保学生能够学有所用，学以致用，用有所果。

(3) 注意知识的扩展和提高，融入当前相关领域热点内容。在平面绘图与二次开发知识的基础上，将交互技术与应用接口、图形变换、参数化设计等相关领域中的最新内容有机地融合进来，将传统内容与最新的教学研究经验结合起来，从而使学生能够进一步提高设计能力。在讲解过程中，采用专题讲解和任务实例相结合的方式，通过有目的的分析方式，逐步引入相关理论知识并展开，使本书具有趣味性，便于学生接受。

(4) 强调知识的实用性和模拟环境。全书始终围绕一个综合性开发系统——通用机械 CAD 系统以及一些常用操作实例。该系统来自于工程实践项目，通过模拟环境，从项目论证、设计、工程分析、绘图到最终提供完整的设计方案，使学生能够深入体会理论与实践之间的关系，并用于工程实践。这是对当前课程设计模式的改革，也是其他书籍没有的。

(5) 资源丰富，便于组织教学和学生自主学习。本书配备有多媒体教案，可以从中国高校计算机课程网下载相应的源程序操作素材以及网上学习资料，努力实现全方位、立体化教学，从而满足教学和学生自主学习的需要。

二、内容安排

本书内容以 AutoCAD 为基础平台, 以 Visual LISP 为开发环境, 结合 ActiveX 以及图形数据库技术, 以作者开发的通用机械 CAD 系统为核心, 讲解了二次开发的基础知识。书中所有实例均在 AutoCAD 2000~2010 平台下测试完成。

全书共 12 章, 可划分为 4 部分。

(1) 计算机辅助设计基本概念 (第 1 章)。

(2) 利用 AutoCAD 文件系统丰富其应用内涵 (第 2 章)。例如, 编写新的填充图案文件、线型文件、字体文件等, 即完全利用 AutoCAD 已有的文件系统工具在其内部编写新的内容, 这是其他以 AutoCAD 为平台的开发书籍中较少体现的。

(3) 基于 Visual LISP 的二次开发 (第 3 章~第 11 章)。从 Visual LISP 基础知识、程序结构、图形数据库、DCL 对话框以及 ActiveX 对象等方面, 深入讲解二次开发技术的实现, 是本书的重点内容。

(4) 工程实践范例 (第 12 章)。这部分提供了来自工程实践的通用机械 CAD 系统及其进行的分析, 便于学生更加完整地对本书知识进行回顾和总结, 并尝试将学习的内容应用到实践中。

本书由孙江宏任主编, 孙敬华、王巍、张勇担任副主编。主要编写人员分工如下: 孙江宏编写了第 1、5、11、12 章, 孙敬华编写了第 2、3、4 章, 张勇编写了第 6、7 章, 王巍编写了第 8、9、10 章, 参加本书编写工作的还有李忠刚、李翔龙、黄小龙、罗琿、段大高、王雪艳、马向辰、宁宇、赵腾任、毕首全、张万民、于美云、叶楠和刘忠和。力求编者为一工作在一线的教学与科研人员, 保证本书内容的先进性与实践性。

本书承清华大学潘尚峰副教授细心审阅, 并提出了许多宝贵意见, 同时本书也得到北京市属市管高校人才强教计划资助项目的支持, 在此一并表示感谢。

编者殷切希望广大读者对本书的不足之处批评指正。编者的 E-mail: 278796059@qq.com。

编者

2009 年 9 月

目 录

第 1 章 计算机辅助设计概述 1	2.5 字体与形文件..... 41
1.1 计算机辅助设计的发展..... 1	2.6 脚本文件..... 46
1.1.1 计算机辅助设计技术的 发展历程..... 1	2.6.1 概述..... 46
1.1.2 计算机辅助设计技术的 发展方向..... 3	2.6.2 脚本文件命令及范例..... 49
1.1.3 计算机辅助设计技术的 应用..... 4	2.7 幻灯片..... 50
1.2 CAD 系统组成与选型 5	第 3 章 AutoCAD 二次开发与 数据库 53
1.2.1 CAD 系统的硬件组成..... 5	3.1 AutoCAD 图形标准格式与 接口..... 53
1.2.2 CAD 系统的软件组成..... 8	3.1.1 DXF 文件格式..... 53
1.2.3 CAD 系统的构建..... 9	3.1.2 图形接口..... 54
1.2.4 国内外常用 CAD 系统 及其特点..... 9	3.2 AutoCAD 开发工具..... 56
1.2.5 二维与三维 CAD 软件 的关系..... 12	3.2.1 LISP 与 AutoLISP..... 56
1.3 CAD 系统的选型 13	3.2.2 VBA 程序环境..... 57
1.4 AutoCAD 基本特性及与工程 制图的关系 15	3.2.3 ObjectARX 开发系统..... 59
1.4.1 AutoCAD 的基本功能 及应用领域..... 17	3.3 Visual LISP 开发工具..... 61
1.4.2 AutoCAD 的优缺点..... 18	3.3.1 概述..... 61
1.4.3 AutoCAD 2010 与工程 制图..... 19	3.3.2 Visual LISP 的功能与 特点..... 62
1.5 本书设计构想 22	3.3.3 进入 Visual LISP 工作 环境..... 64
1.5.1 总体设计思路..... 22	3.4 AutoCAD 与外部数据库..... 65
1.5.2 开发平台与设计思路..... 25	3.4.1 概述..... 65
第 2 章 AutoCAD 操作文件系统的 开发应用 26	3.4.2 数据库配置..... 66
2.1 参数化设计与非参数化设计..... 26	3.4.3 数据库数据查看..... 69
2.2 程序参数文件..... 28	3.4.4 数据与图形对象的链接..... 70
2.3 线型文件..... 31	3.4.5 建立标签..... 74
2.4 图案填充文件..... 37	3.4.6 数据库基本查询..... 77
	3.4.7 合并查询..... 81
	第 4 章 Visual LISP 操作与维护 83
	4.1 Visual LISP 工作环境..... 83
	4.1.1 操作界面..... 84
	4.1.2 编辑文件的过程..... 85

4.2 文本编辑器与格式化	86	第 6 章 AutoLISP 的绘图功能	131
4.2.1 文本编辑器概述	86	6.1 command 函数	131
4.2.2 文本格式化	88	6.1.1 参数及规则	131
4.3 Visual LISP 控制台	90	6.1.2 求值	133
4.4 调试程序	92	6.1.3 应用 command 函数的 注意事项	134
4.4.1 调试工具	92	6.1.4 应用举例	134
4.4.2 调试过程	93	6.2 图形处理函数	136
4.4.3 跟踪变量	98	6.2.1 目标捕捉函数 osnap	137
4.5 应用程序的维护与编译	99	6.2.2 应用举例	138
4.5.1 工程文件	99	6.3 屏幕操作函数	140
4.5.2 编译 Visual LISP 应用 程序	101	6.4 访问输入设备函数 gread	140
4.6 制作应用程序包	101	6.5 存取 AutoCAD 系统变量函数	143
4.6.1 简单模式	101	6.5.1 获取系统变量函数 getver	143
4.6.2 专家模式	102	6.5.2 设置系统变量函数 setver	143
第 5 章 AutoLISP 基础	104	6.6 AutoCAD 图形中的事件 反应器	144
5.1 AutoLISP 的数据类型	104	6.6.1 事件反应器的类型及 事件	144
5.1.1 原子	105	6.6.2 回调函数	146
5.1.2 表和点对	107	6.6.3 创建事件反应器	146
5.1.3 文件描述符	108	6.6.4 利用对象事件反应器	147
5.1.4 内部函数	108	6.6.5 关闭事件反应器	149
5.1.5 选择集	109	6.6.6 暂时和永久事件反应器	150
5.1.6 图元名	109	第 7 章 函数定义与程序结构	151
5.2 AutoLISP 语言的程序结构	109	7.1 defun 函数	152
5.3 AutoLISP 的求值过程	111	7.1.1 函数的定义	152
5.4 AutoLISP 程序的装入及运行	112	7.1.2 函数的调用	153
5.4.1 AutoLISP 程序的装入	113	7.1.3 函数的副作用	153
5.4.2 AutoLISP 程序的运行	113	7.1.4 应用 defun 函数的 注意事项	155
5.4.3 AutoLISP 程序的自动 装入	114	7.2 增加和修改 AutoCAD 的命令	155
5.5 AutoLISP 语言基本函数	114	7.2.1 增加 AutoCAD 的命令	156
5.5.1 数值函数	114	7.2.2 修改 AutoCAD 的命令	156
5.5.2 赋值函数、求值与禁止 求值函数	116	7.2.3 恢复 AutoCAD 的命令	157
5.5.3 表处理函数	116	7.3 逻辑测试函数	157
5.5.4 字符串处理函数	120		
5.5.5 交互式输入函数	125		
5.5.6 屏幕输出函数	129		

7.3.1 数的比较函数	158	8.3.2 注册应用名称	192
7.3.2 逻辑判断函数	159	8.3.3 添加扩展图元数据	193
7.3.3 数的性质测试函数	159	8.3.4 访问扩展图元数据	193
7.3.4 数据类型测试函数	159	8.3.5 扩展图元数据内存管理	195
7.3.5 等值测试函数	161	8.3.6 扩展图元数据中的句柄	196
7.3.6 从属关系测试函数 member	161	8.4 符号表和词典	196
7.4 条件分支函数	162	8.4.1 符号表	197
7.4.1 if 函数	162	8.4.2 词典	200
7.4.2 cond 函数	162	第 9 章 DCL 语言与对话框	202
7.5 循环结构	163	9.1 概述	202
7.5.1 while 函数	163	9.2 对话框部件	208
7.5.2 repeat 函数	165	9.3 DCL 文件结构	208
7.5.3 foreach 函数	166	9.3.1 base.dcl 和 acad.dcl 文件	209
7.5.4 mapcar 函数	166	9.3.2 引用 DCL 文件	209
7.6 调用函数的函数 apply	167	9.3.3 DCL 语法	209
7.7 顺序控制函数 progn	168	9.4 DCL 技巧	214
7.8 函数的递归定义	169	9.4.1 建立控件组	214
7.9 文件操作函数	170	9.4.2 控件间的间距	215
7.9.1 打开文件函数 open	171	9.4.3 右端和底端空间	215
7.9.2 关闭文件函数 close	171	9.4.4 加框行和列周围的空间	216
7.9.3 输入输出函数	172	9.4.5 自定义退出按钮文本	216
7.9.4 文件查找函数 findfile	173	9.4.6 对话框设计原则	218
7.9.5 文件操作函数综合 举例	174	9.4.7 预定义控件和控件组 的原则	222
第 8 章 AutoLISP 图形数据库 管理	176	9.5 对话框控制语言	225
8.1 选择集的处理	176	9.5.1 属性	225
8.1.1 创建选择集	177	9.5.2 DCL 控件的功能	233
8.1.2 操作选择集	181	9.5.3 DCL 控件的分类	234
8.1.3 选择集操作函数实例	183	第 10 章 DCL 对话框管理	244
8.2 处理图元对象	184	10.1 打开和关闭对话框	244
8.2.1 获取图元名称	185	10.2 控件处理和属性处理	245
8.2.2 修改图元数据	187	10.2.1 动作表达式与回调	246
8.2.3 增加图元和删除图元	189	10.2.2 动作表达式	246
8.3 扩展图元数据的处理	191	10.2.3 回调原因	247
8.3.1 扩展图元数据的组织 及 DXF 组码	191	10.2.4 默认值与 DCL 动作	248
		10.2.5 处理控件	248
		10.3 DCL 对话框范例	256
		10.3.1 “尺寸标注”对话框	257

10.3.2	“粗糙度标注”对话框	258
10.3.3	“深沟球轴承”对话框	263
10.3.4	“圆锥销”对话框	266
10.3.5	“图框”对话框	268
10.3.6	“系统设置”对话框	269
10.3.7	“生成明细表”对话框	271

第 11 章 Visual LISP 中的 ActiveX

	对象	274
11.1	Visual LISP 面向对象的特性	274
11.2	AutoCAD 对象模型	275
11.2.1	对象的属性	275
11.2.2	对象的方法	277
11.2.3	对象的集合	277
11.3	处理 AutoCAD 对象	277
11.3.1	利用变量监视工具 查看对象的属性	278
11.3.2	应用程序对象的层次	279
11.3.3	小结	279
11.4	在 Visual LISP 函数中 利用 ActiveX 方法	280
11.4.1	调用 Visual LISP 提供 的 ActiveX 函数	280
11.4.2	将 Visual Basic 变量转 换成 Visual LISP 变量	282
11.4.3	查看及更改对象的 属性	283

11.4.4	判断对象是否可以 访问	284
11.4.5	使用变量保存 ActiveX 函数的返回值	284
11.4.6	利用对象的属性及 方法	285
11.4.7	判断对象的方法或属 性是否可用	286
11.4.8	处理对象集合	287
11.4.9	查找对象集合中的 对象	289
11.5	变量的转换	289
11.6	释放对象及内存	290
11.7	对象数据转换	290

第 12 章 通用机械 CAD 系统程序

	开发	292
12.1	系统设计目的与方案选择	292
12.2	程序总体结构设计	294
12.2.1	程序内容	294
12.2.2	方案的执行	295
12.3	程序结构设计	295
12.3.1	菜单管理	295
12.3.2	算法程序设计	300
12.3.3	DXF 格式设计	307
12.3.4	其他程序	309

参考文献	319
------	-----

第 1 章

计算机辅助设计概述

学习目的

- 了解计算机辅助设计 (CAD) 的技术发展历史、方向及其基本应用。
- 掌握 CAD 系统的硬件、软件组成。
- 掌握 CAD 系统的构建原则与基本要素。
- 了解常用 CAD 系统及其特点, 并正确选型。
- 了解 AutoCAD 的基本特点及其与工程制图的关系。
- 了解本书编写的基本思路。

计算机辅助设计 (Computer-Aided Design, CAD) 这个概念是一个不断发展变化的概念。在计算机应用刚开始的阶段, 人们将其理解为计算机辅助设计, 即利用计算机来完成大量烦琐的计算, 使设计人员能够将更多的精力投入到算法和解决方案上。然而, 随着计算机绘图软件的不断涌现, 尤其是 AutoCAD 软件的普及, 普通用户曾经一度认为 CAD 就是计算机辅助绘图 (Computer-Aided Drawing, CAD), 这在很大程度上也限制了计算机辅助设计技术的普及和发展。进入 21 世纪之后, 人们对计算机辅助设计的认识逐渐走上正确的轨道, 并对其进行了重新定义, 即计算机辅助设计是一种将人和计算机的最佳特性结合起来以辅助进行产品设计与分析的技术, 是综合计算机与工程设计方法的最新发展而形成的一门新兴学科。

采用计算机辅助设计技术, 可以快速、高效地完成项目规划和工程设计, 缩短产品开发周期, 提高产品质量, 降低生产成本, 大大提高生产效率。目前, 计算机辅助设计技术已经广泛地应用于机械、电子、建筑、汽车、航空、服装甚至文艺、体育等领域。

1.1 计算机辅助设计的发展

1.1.1 计算机辅助设计技术的发展历程

以大型机械为特征的工业革命起源于欧洲, 它促进了大量机器被发明和制造出来, 同时也

创造了一套与此相适应的机械设计理论和方法。在经历了3个世纪后,机械设计和制造正悄然发生一次全新的变革,这就是计算机辅助技术的应用。计算机辅助技术是一种利用计算机软、硬件系统辅助人们对产品或工程进行设计的方法和技术,是机械与计算机技术相融合的产物。

自20世纪50年代交互式图形处理技术出现后,CAD技术经历了由单纯的二维、三维绘图到覆盖几何造型、工程分析、模拟仿真、设计文档生成等大量产品设计活动的逐步发展的过程。它的发展历程包括以下几个主要阶段:20世纪60年代,CAD发展的起步时期;20世纪70年代,CAD技术进入广泛应用时期;20世纪80年代,CAD技术进入突飞猛进时期;20世纪90年代,CAD技术的发展更趋成熟。

1943年底,英国人为了破译德国的密码系统,建造了一台称为Colossus的电子计算机。与此同时,在美国康恩(Corn)有几所大学和研究所为了进行高速度的数值计算也在研制计算机。到1946年,具有真正意义的第一代电子数字计算机ENIAC诞生于美国宾夕法尼亚大学。

20世纪50年代,麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)的伺服机构实验室完成了数控铣床的研究,首先将计算机用于机械制造。随后,H. J. Gerber根据数控加工的原理为波音公司生产了世界上第一台绘图仪。并且,作为美国麻省理工学院研制的旋风I号计算机的附件,第一台图形显示器诞生了。随后出现了具有指挥和控制功能的CRT显示器,利用该显示器,使用者可以用光笔进行简单的图形交互操作,这预示着交互式计算机图形处理技术的诞生和CAD技术雏形的出现。

20世纪60年代是交互式计算机图形学和以其为基础的CAD技术发展的重要时期。1962年,D. T. Ross和S. A. Coons合作,开始在机械设计方面探索计算机辅助工作的可能性。与此同时,MIT林肯实验室的I. E. Sutherland在其博士论文中首次提出了“计算机图形学”这个术语,并提出了“交互技术”、“分层存储符号的数据结构”等一些至今还在使用的基本概念与技术。他提出了用光笔在显示器上选取、定位图形要素的Sketch-pad系统,实现了人机对话式的主作业;还提出了用不同的层来表示某一工程图的轮廓、剖面线和尺寸。他开发的Sketch-pad图形软件包可以实现在计算机屏幕上进行图形显示与修改的交互操作。在此基础上,美国的一些大公司和实验室开展了计算机图形学的大规模研究,并开始出现CAD这一技术术语。

汽车工业对计算机辅助设计技术的发明首先做出了响应。20世纪60年代中后期,开始出现了具有实用功能的CAD系统,如美国通用汽车公司和IBM公司率先开发了DAC-1系统,用来设计汽车外形与结构;洛克希德飞机制造公司集设计、分析、制造于一体的CADAM系统,用于设计与绘图,并具有三维结构分析能力。随后计算机辅助绘图、设计、制造、分析技术在英国、日本、意大利等国家的汽车公司也都获得了广泛的应用,并逐渐扩展到其他领域。

由于早期的计算机及显示设备比较昂贵,CAD技术难以推广。20世纪60年代后期,随着廉价的存储管式显示器进入市场以及计算机其他硬件设备价格的下降,CAD系统逐渐被许多企业所接受,并形成了CAD技术产业。

20世纪70年代,交互式计算机图形处理技术日趋成熟,计算机绘图技术也得到了广泛的应用。这个时期计算机在机械行业得到了广泛的应用,中小企业开始采用计算机辅助绘图、设计、制造、分析技术。

20世纪80年代初,随着工程工作站和微型计算机的出现,计算机图形学进入了一个新的发展时期,并推动了CAD技术的普及。随着计算机制造技术的发展,所有配套的软硬件都可

以集成到一台工作站上,工作站系统可以作为一个独立的单用户系统,到20世纪80年代中后期就成为计算机辅助设计的主流系统。

实际上,当时工业界已经意识到了CAD技术对生产的巨大促进作用,对CAD技术提出了各种要求,并出现了大量新理论、新算法。其中,最重要的是实体造型理论及系统的发展与应用。在此期间还相继推出了有关的图形标准,如计算机图形接口、图形核心系统、程序员层次交互式图形系统、初始图形交换规范以及产品模型数据转换标准等。

20世纪90年代以来,个人计算机飞速发展,因特网(Internet)逐渐盛行,CAD的造型技术不断完善,广泛采用了特征造型和基于约束的参数化和变量化造型方法。CAD技术也由过去的单机或局部分布式连网工作方式发展成基于网络的设计,利用成熟的Internet技术建立企业内部网络,从而将计算机辅助绘图、设计、分析、制造和管理系统密切地联系在一起相互协作,已经在各种企业中得到迅速推广和普及。

1.1.2 计算机辅助设计技术的发展方向

CAD技术涉及面广,技术变化快,新的理论、技术和方法不断出现。近年来,先进制造技术的快速发展带动了先进设计技术的同步发展,使传统的CAD技术有了很大的拓展,未来的CAD技术将为新产品设计提供一个综合性的环境支持系统。

从总体上讲,CAD技术的发展集中体现在集成化、智能化、标准化和网络化几个方面。

1. 集成化

集成化是指借助计算机把企业中与制造有关的各种技术系统地集成起来,进而提高企业适应市场竞争的能力。为提高系统的集成水平,CAD技术需要在数字化建模、产品数据管理、过程协调与管理、产品数据交换等方面加以提高。

在一个由各种应用软件组成的复杂系统中,集成涉及功能集成、信息集成、过程集成与企业集成。CAD集成化主要包括以下几个方面。

(1) 功能集成。就是以制造企业的产品数据为核心,不但要进行绘图,还要能够提取数据,并对其进行综合管理,并成为PDM和PLM的基石。

(2) 信息集成。主要是指在企业内部实现正确、高速的信息共享和交换,是改善企业技术和管理水平必须首先解决的问题。

(3) 过程集成。是指把产品设计中的各个串行过程尽可能多地转变为并行过程,在设计时考虑到下面工序中的可制造性、可装配性,则可以减少反复,缩短开发时间。

(4) 企业集成。是指为提高自身的市场竞争力,企业必须面对全球制造的新形势,充分利用全球的制造资源,以便更好、更快、更节省地响应市场。

2. 智能化

人工智能是计算机科学技术的研究分支之一,将人工智能技术,特别是专家系统技术引入CAD系统中,CAD系统就具有了专家的经验 and 知识,具有了学习、推理、判断的能力,能够实现方案构思与拟定、设计方案评价与选择、结构设计、参数确定等设计活动的智能化,从而达到设计自动化的目的。

3. 标准化

随着CAD技术的发展以及各行业CAD应用的不断深入,工业标准化问题日益显示出它的

重要性。这里的标准化可以理解为信息在整个存储、传递、应用过程中的标准化。

目前有关部门已制定了一系列相关标准,如面向图形设备的标准计算机图形接口(Computer Graphic Interface, CGI)和计算机图形元文件(Computer Graphic Metafile, CGM)、面向图形应用软件的标准 GKS 和 PHIGS、面向图形应用系统中工程和产品数据模型及其文件格式的美国标准 IGES 和国际标准 STEP 等,其他一些较为重要的标准还有 ESPRIT(欧洲信息技术研究与开发战略规划)资助下的 CAD-I 标准(仅限于有限元和外形数据信息)、德国的 VDA-FS 标准(主要用于汽车工业)、法国的 SET 标准(主要应用于航空航天工业)等。另外还有最新颁布的《CAD 文件管理》、《CAD 电子文件应用光盘存储与档案管理要求》等标准。这些标准规范了 CAD 技术的应用和发展。随着技术的进步,还会陆续推出相关的标准。

作为高新技术标准化的一部分, CAD 标准化工作在 CAD 技术工作中占有很重要的位置,我国国家科委工业司和国家技术监督局标准化司于“八五”期间共同发布了《CAD 通用技术规范》,规定了我国 CAD 技术各方面的标准,而其中 CAD 数据交换问题是 CAD 被广泛应用后各行业所面临的重要问题,如何能使企业的 CAD 技术信息实现最大限度的共享并进行有效的管理是标准化所面临的非常重要的课题。

4. 网络化

网络技术的飞速发展改变了产品设计的模式。基于网络的 CAD 技术,要求能够提供基于网络的、完善的协同设计环境,提供网上多种 CAD 应用服务。

1.1.3 计算机辅助设计技术的应用

在介绍 CAD 技术的具体应用之前,先说明一下工程设计的过程。工程设计的过程包括设计需求分析、概念设计、设计建模、设计分析、设计评价和设计表示, CAD 的功能就是在工程设计的过程中发挥相应的作用,如图 1-1 所示。

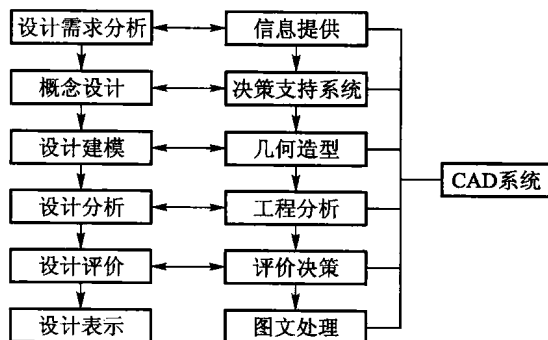


图 1-1 CAD 系统的功能

目前, CAD 技术已经广泛应用于电子工业、建筑工业和机械工业等多个领域,其在机械工业中的应用比较典型。

CAD 技术在产品或工程设计中主要应用于以下几个方面。

- 绘制平面、立体工程图。主要用来取代传统的手工绘图工作,这是最普遍和最广泛的一种应用,也是中小企业采用得最多的一种 CAD 应用方式。

- 建立图形及符号库。主要用于建立常用图形和符号库，以便于设计时调用，提高设计效率。
- 参数化设计。对于那些具有相似结构的标准化或系列化零部件，通过对其结构尺寸和几何约束关系进行参数化定义，建立专用的图形程序库，调出时通过对设计参数进行赋值，即可生成所需的几何图形。
- 造型分析。根据设计需求，对产品的零部件进行三维造型设计，进行装配和运动仿真、模拟仿真等。还可以借助工程分析工具，进行有限元分析、优化设计、运动学以及动力学分析，帮助设计人员进行合理的结构、强度、运动等设计工作。
- 生成设计文档及报表。可以将设计属性制成说明文档或输出报表，其中有些设计参数可以用各种形式的图表表示出来，如直方图、扇形图、曲线图等，以使设计实施过程更清晰、形象、直观。

1.2 CAD 系统组成与选型

由一定的硬件和软件组成的供辅助设计使用的系统称为 CAD 系统。它是基于计算机的系统，由软件和硬件设备组成。其中，软件是 CAD 系统的核心，而相应的系统硬件设备则用于为软件的正常运行提供基础保障和运行环境。

CAD 系统功能非常强大，但如果没有人能够正确地操作和使用，CAD 系统根本不可能产生效益，所以使用 CAD 系统的技术人员也属于系统组成的一部分。

1.2.1 CAD 系统的硬件组成

CAD 系统的硬件是可以触摸到的物理设备，由主机及其所属外围设备组成。

通常，将用户可进行 CAD 作业的独立硬件环境称为 CAD 硬件系统。CAD 系统的硬件主要由主机、输入设备（键盘、鼠标、扫描仪等）、外存储器（软盘、硬盘、光盘、磁带、各种移动存储设备等）、输出设备（显示器、绘图仪、打印机等）及网络设备、多媒体设备等组成。CAD 系统的基本硬件组成如图 1-2 所示。

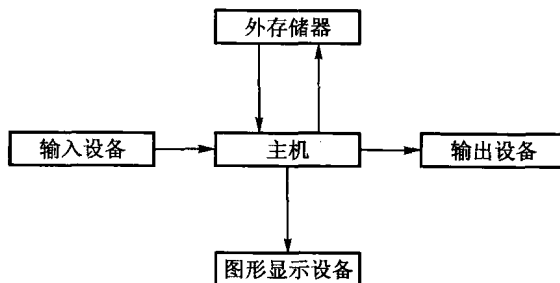


图 1-2 CAD 系统的基本硬件组成

1. 计算机主机

主机由中央处理器（CPU）、内存储器（简称为内存）及其连接主板组成，是计算机系统硬

件的核心。衡量主机性能的指标主要有两项：CPU 性能和内存容量。

1) CPU 性能

CPU 的性能决定着计算机的数据处理能力、运算精度和速度。中央处理器的功能是处理数据，它是由进行算术运算、逻辑运算的寄存器和控制整个系统工作的控制器两部分组成的，CPU 按照程序指令指示控制器工作。

时钟频率是微处理数据的速度指标之一。在一般情况下，用芯片的时钟频率（或称主频）来表示运算速度更为普遍，时钟频率越高，运算速度越快。同型号的处理器的时钟频率不同，其运算速度也不同。当然，速度越快越好。

根据中央处理器中数据传输的宽度（按位数计算）不同，有 16 位、32 位和 64 位处理器。它也是衡量 CPU 性能的一个重要指标，宽度位数越多，表示 CPU 一次处理的数据量越大，工作性能越好。

2) 内存容量

内存储器用于存储工作程序的指令和数据，信息断电后即消失。根据存储信息的功能，内存储器分为随机存储器（RAM）、只读存储器（ROM）和高速缓冲存储器。内存是存放运算程序、原始数据、计算结果等内容的记忆装置。如果内存容量过小，将直接影响 CAD 软件系统的运行。内存容量越大，主机能容纳和处理的信息量也就越大。

2. 外存储器

虽然内存储器可以直接和运算器、控制器交换信息，存取速度很快，但是由于内存储器中的信息断电后即消失，所以想将计算机处理的有关信息永久地保存起来，就要采用辅助的外存储器。外存作为内存的后援，CAD 系统的大量程序、数据库、图形库都存放在外存储器中，需要时再调入内存进行处理。

常用的外存储器包括硬盘、软盘、磁带和光盘等。随着存储技术的发展，尤其是移动存储技术的发展，移动硬盘、U 盘等移动存储设备已成为外存储设备的重要组成部分。

3. 输入设备

输入设备可将用户的图形结果及各种命令等转换成电信号，并传递给计算机。包括键盘、鼠标、数字化仪、扫描仪、数码相机和其他输入设备。

在 CAD 系统中，用于图形的输入设备占有重要的地位。图形输入设备主要包括定位设备、数字化仪和图像输入设备。

1) 定位设备

定位设备主要用于控制屏幕上的光标并确定它的位置。在窗口及菜单环境下，定位设备除了定位功能外，还兼具拾取目标、选择对象、跟踪录入图形以及输入相关的数据和命令等功能。此类设备主要包括鼠标、键盘、图形输入板及其触笔、触摸屏等。

最常用、最基本的定位设备是键盘和鼠标。通过键盘，用户可以将字符类型数据输入到计算机中，从而向计算机发出命令或输入精确数据等。使用鼠标可以非常方便地在显示器上进行定位、选取命令或激活屏幕菜单等操作，非常适合于窗口环境下的工作。

2) 数字化仪

数字化仪是由一块尺寸为 A4~A0 的图板和一个类似于鼠标器的定位器或触笔组成的。数字化仪主要用于采取放置在其上的图形中的大量点，经数字化处理后存储起来，完成图形输入。

数字化仪的主要技术指标是分辨率和精度。

3) 图像输入设备

图像输入设备还包括扫描仪、数码摄像机、数码相机等。扫描仪通过光电阅读装置,可以快速地将整张图样信息转换为数字信息输入到计算机中。数码相机为计算机真实图像的输入提供了更为有效的手段。

CAD 系统中常用的扫描仪,其输出的是矢量化图形,即扫描仪扫描图纸时,得到一个光栅文件,接着进行矢量化处理,输出一种格式紧凑的二进制矢量文件。对于不同的 CAD 系统,还需对上述的二进制矢量文件进行格式转换,将其转换成特定的 CAD 系统可接受的图形文件格式。

由这些设备输入的图像经数字化及图像处理输出图形,这些输入方式已经成为 CAD 系统非常重要的输入方式。此外,在虚拟现实系统中,数据手套和各种位置传感器等正在成为新的输入手段。

4. 图形输出设备

图形输出设备包括图形显示器、绘图仪、打印机等。

1) 显示器

图形显示是指将计算机 CPU 当前所做工作的数字信息,通过显示处理单元(DPU),转换成显示装置(显示器)所需的电压值,将图形或文字立即显示在显示器的屏幕上。

图形显示器主要用于图形图像的显示和人机交互操作,是一种交互式的图形显示设备。显示器件有阴极射线管(CRT)、液晶显示(LCD)、等离子体显示等。当前最常用的是阴极射线管显示器和液晶显示器。衡量显示器性能的主要指标是分辨率和显示速度。分辨率越高,显示的图形也越精细。显示速度同显示器在输出图形时采用的分辨率以及计算机本身处理图形的速度有关。

随着人们对显示器轻型化、薄型化、大尺寸及环保的要求,目前液晶显示器和等离子显示器的应用越来越多。

2) 打印机

打印机是最廉价的产生图形的硬拷贝设备。打印机的种类很多,主要有针式、喷墨、激光打印机等。

针式打印机的优点是价格相对低廉,操作维护方便,对纸张的适应性好,消耗低,适用于大量复制,但其清晰度不高,噪声大。喷墨打印机具有清晰度高、工作可靠、噪声小、价格低等优点,但分辨率低于激光打印机,打印速度慢,打印成本也不低。激光打印机的输出质量高,速度快,噪声小,但价格较其他两种都高,一般在要求配置较高的情况下使用。

3) 绘图仪

绘图仪是绘图系统的主要输出设备,它在计算机控制下自动完成绘图工作。目前常用的绘图仪包括笔式绘图仪和喷墨绘图仪,主要采用滚筒式结构,这种结构的绘图仪具有结构简单紧凑、图纸长度不受限制、价格便宜、占用工作面积小等优点。

笔式绘图仪一般分为平板式绘图仪和滚筒式绘图仪。平板式绘图仪一般用于绘制图幅较小的图纸,绘图笔在平面位置的纸上做运动进行绘图,纸不移动。这种绘图仪具有绘图精度高、绘图过程中观察方便、纸张的选择比较自由等优点。但是,这种绘图仪占地面积较大,价格较

高。滚筒式绘图仪的绘图笔做一个方向的移动,卷在滚筒上的纸做回转运动,从而实现了笔相对于纸的两个坐标的运动。这种绘图仪具有体积小、结构紧凑、占用空间少、绘图速度较快、价格便宜等优点,但绘图精度稍差。

静电绘图仪的原理是事先使白纸或墨纸上带有负电荷,而吸有调色剂的针尖带有正电荷,当由程序控制的电压按阵列式输出并选中某针尖时,就将调色剂附着到纸上,产生极小的静电点。静电绘图仪能输出具有明暗度的平面图形,分辨率较高,打印速度是高性能打印机的两倍,高于笔式绘图仪,运行可靠,噪声小,但是线条呈锯齿状,且用纸特殊,价格昂贵。

喷墨绘图仪的喷墨装置安装在类似打印机的机头上,纸绕在滚筒上并使之快速旋转,喷墨头则在滚筒上缓慢运动,并且把颜色墨喷到纸上。所有颜色同时附在纸上,这与激光打印机及静电绘图仪不同。有些喷墨绘图仪可以接受视频及数字信号,因此可用于显示屏幕的硬拷贝。

1.2.2 CAD 系统的软件组成

计算机软件是指控制计算机运行并使计算机发挥最大功效的各种程序、数据及文档的集合。在 CAD 系统中,软件配置水平决定着整个 CAD 系统的性能优劣,软件占据着越来越重要的地位。

CAD 系统的软件可分为 3 个层次,即系统软件、支撑软件和应用软件。

支撑软件是在系统软件的基础上研制的,它包括进行 CAD 作业时所需的各种通用软件。应用软件则是在系统软件及支撑软件支持下,为实现某个应用领域内的特定任务而开发的软件。下面分别对这 3 类软件进行具体介绍。

1. 系统软件

系统软件是与计算机硬件直接关联的软件,它起着扩充计算机的功能以及合理调度与运用计算机的作用,它为 CAD 系统提供了运行平台。系统软件的功能对 CAD 系统的运行效率有直接影响。

系统软件包括操作系统和编译系统。操作系统负责指挥和控制计算机内所有软、硬件资源,它承担对计算机的管理工作,其主要功能包括文件管理、外部设备管理、内存分配管理、作业管理和中断管理。

操作系统的种类很多,常用的有 UNIX、Windows、Linux 等。

编译系统的作用是将用高级语言编写的程序翻译成计算机能够直接执行的机器指令。有了编译系统,用户就可以用接近于人类自然语言和数学语言的方式编写程序,而翻译成机器指令的工作则由编译系统完成。目前,国内外广泛应用的高级语言 FORTRAN、C/C++、Visual Basic、Visual LISP 等均有相应的编译系统。

2. 支撑软件

支撑软件是 CAD 软件系统的核心,是为满足从事 CAD 工作的一些用户的共同需要而开发的通用软件。CAD 支撑软件主要包括图形处理软件、工程分析与计算软件、模拟仿真软件、数据库管理系统、计算机网络工程软件、文档制作软件等。

商业化的典型 CAD 软件有 CATIA、UG、Pro/Engineer、SolidWorks 等。其中美国 Autodesk 公司开发的 AutoCAD 是一种通用的 CAD 软件,它以普通微型计算机(简称微型机、微机)为运行平台,价格便宜,简单易用,常被中小企业所采用。