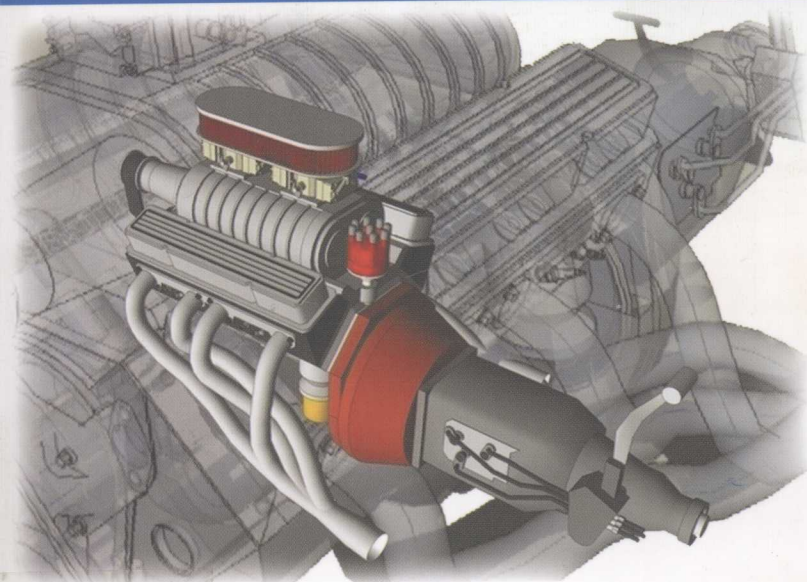




高等学校精品规划教材

计算机辅助设计与制造 (第二版)

主编 袁泽虎 戴锦春 王国顺



1.7

2

8933



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

TP391.7

147=2

KD00888933

21 世纪高等学校精品规划教材

计算机辅助设计与制造 (第二版)

主 编 袁泽虎 戴锦春 王国顺

副主编 华中平 褚亚旭



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是在第一版的基础上修订而成的。全书从理论和应用相结合的角度出发,重视实用性、先进性和可操作性,全面地介绍了CAD/CAM的基本知识、技术及应用。

全书分两篇,共12章,第一篇(第1~8章)为计算机辅助设计(CAD),主要包括:CAD概论、计算机辅助设计系统、工程数据的处理、图形坐标变换与裁剪、工程图的绘制、几何造型、AutoCAD二次开发技术、智能CAD与设计型专家系统;第二篇(第9~12章)为计算机辅助制造(CAM),主要包括:成组技术、计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助数控程序编制及仿真、计算机集成制造系统(CIMS)简介。

本书既可作为高等学校教材,又可供科研和企业单位中从事CAD/CAM应用和开发的技术人员参考。

本书配有电子教案,此教案用PowerPoint制作,可以任意修改。读者可从中国水利水电出版社网站或万水书苑上免费下载,网址:<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或<http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计与制造 / 袁泽虎, 戴锦春, 王国顺
主编. — 2版. — 北京: 中国水利水电出版社, 2011.8
21世纪高等学校精品规划教材
ISBN 978-7-5084-8828-8

I. ①计… II. ①袁… ②戴… ③王… III. ①计算机
辅助设计—高等学校—教材②计算机辅助制造—高等学校
—教材 IV. ①TP391.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第141595号

策划编辑: 雷顺加 责任编辑: 宋俊娥 加工编辑: 毕露云 封面设计: 李 佳

书 名	21 世纪高等学校精品规划教材 计算机辅助设计与制造 (第二版)
作 者	主 编 袁泽虎 戴锦春 王国顺
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 20.5 印张 505 千字
版 次	2004 年 5 月第 1 版 2011 年 8 月第 2 版 2011 年 8 月第 2 次印刷
印 数	5001—9000 册
定 价	35.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

第二版前言

计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM) 是随着计算机及其外围设备和软件发展而产生的一门新型的科学技术, 是介于工程设计与制造科学和计算机科学之间的一门学科。它主要研究和解决“产品设计和制造过程中的自动化”问题, 即将人与计算机的最佳特性结合起来, 进行工业产品的设计和工业产品的制造, 完成产品的方案设计、结构设计、分析评价、工程图的绘制、技术文档的编写、工艺设计、数控程序编制及计算机仿真等工作。

本版是在 2004 年《计算机辅助设计与制造》的基础上修订而成的, 主要做了以下几项工作:

1. 内容更新。用 AutoCAD 2010 代替了 AutoCAD 2002, 用 Visual LISP 语言代替了 AutoLISP 语言。

2. 内容增加。在第 6 章“几何造型”中, 增加了“6.4 三维实体绘制”, 在第 9 章“组技术”中, 增加了“9.2.2 零件分类编码的作用”和“9.3.3 势函数法”, 在第 10 章“计算机辅助工艺设计”中, 增加了“10.1.5 CAPP 开发的理论体系”和“10.5 CAPP 系统中的数据管理”, 在第 11 章“计算机辅助数控程序编制及仿真”中, 增加了 11.2.1 节中“APT 语言系统的优缺点”和“11.5 数控程序的检验与仿真”, 在第 12 章“CIMS 简介”中, 增加了“12.6 开发应用 CIMS 的主要方法”。

3. 对用 PowerPoint 制作的多媒体课件进行了修订和更新。本书是作者结合多年的教学经验和科研实践, 参考了许多相关书籍和教材编写的, 尽可能体现 CAD/CAM 技术的系统性、先进性、实用性和通用性, 特别强调实用性并且突出了当前 CAD/CAM 的新技术。全书分为两大篇, 第一篇 (第 1~8 章) 介绍计算机辅助设计 (CAD), 第二篇 (第 9~12 章) 介绍计算机辅助制造 (CAM), 这样编写有利于读者系统地掌握 CAD 和 CAM 的相关知识, 并符合学习的循序渐进性。

本书力求将机械设计与制造的有关知识和相关专用软件的应用结合起来, 使读者掌握一些实用的 CAD/CAM 通用软件的使用方法。现在许多 CAD 通用软件本身也是一个开发环境, 用户的开发工作可在其提供的二次开发平台上进行, 而不必从底层做起, 从而可大大提高效率, 缩短开发周期, 为此, 本书专门用一章来介绍 AutoCAD 二次开发技术。

本书可作为高等学校教材, 也可作为培训与继续教育用书, 还可供工程技术人员参考。

本书由袁泽虎、戴锦春、王国顺任主编, 华中平和褚亚旭任副主编。各章主要编写人员分工如下: 第 1、2、3、4、5、7 章由袁泽虎编写, 第 9、10、11 章由戴锦春编写, 第 6 章由华中平编写, 第 8 章由褚亚旭编写, 第 12 章由王国顺编写。参加本书编写工作的还有李钝、肖华、谢明、李伟、李梦卿等。由于作者水平有限, 编写时间仓促, 难免有错误或不足之处, 恳请读者批评指正。

作 者

2011 年 6 月

目 录

第二版前言

第1章 CAD 概论	1
1.1 CAD 的内涵、功能和任务	1
1.2 CAD 技术的发展	2
1.3 CAD 技术的应用	4
1.3.1 电子工业	5
1.3.2 机械工业	5
1.3.3 建筑行业	5
习题一	5
第2章 计算机辅助设计系统	6
2.1 CAD 系统的硬件	6
2.2 CAD 系统的软件	10
2.2.1 系统软件	10
2.2.2 支撑软件	10
2.2.3 应用软件	11
2.3 CAD 系统的型式	12
习题二	13
第3章 工程数据的处理	14
3.1 概述	14
3.2 数表的程序化处理	15
3.2.1 一维数表的处理	15
3.2.2 二维数表的处理	16
3.3 数表的文件化处理	18
3.4 一维数表的插值处理	19
3.5 线图的处理	20
3.5.1 线图的表格化处理	20
3.5.2 线图的公式化处理	21
3.6 工程数据的数据库管理	23
3.6.1 数据库系统及管理	23
3.6.2 FoxPro 关系型数据库系统	25
3.6.3 数表的数据库处理	30
3.6.4 FoxPro 与高级语言的接口	32

3.6.5 工程数据库简介	33
习题三	34
第4章 图形坐标变换与裁剪	35
4.1 二维图形的坐标变换	35
4.2 三维图形的坐标变换	40
4.2.1 三维基本变换	40
4.2.2 三维基本变换矩阵的组合	43
4.3 三维图形变换的应用	44
4.3.1 正投影变换	44
4.3.2 正轴测投影变换	46
4.4 开窗与裁剪	47
4.4.1 基本概念和术语	47
4.4.2 窗口—视区变换	47
4.4.3 二维图形的裁剪	48
习题四	51
第5章 工程图的绘制	53
5.1 AutoCAD 2010 简介	53
5.1.1 AutoCAD 2010 的工作空间	53
5.1.2 命令的输入	57
5.1.3 新建、打开与保存图形文件	57
5.1.4 AutoCAD 2010 绘图环境设置	59
5.1.5 图层设置	62
5.1.6 基本绘图命令	66
5.1.7 图形编辑	77
5.1.8 图块	82
5.1.9 尺寸标注	85
5.2 交互式绘制工程图	89
5.3 Visual LISP 语言简介	97
5.3.1 Visual LISP 集成开发环境	98
5.3.2 应用程序的编译	99
5.3.3 应用程序的加载与运行	101

5.3.4	关闭 Visual LISP	101
5.3.5	Visual LISP 的数据类型	101
5.3.6	Visual LISP 的数值函数	102
5.3.7	表处理函数	103
5.3.8	GET 族输入函数	104
5.3.9	输出函数	104
5.3.10	字符串处理函数	105
5.3.11	条件分支函数	105
5.3.12	循环函数	106
5.3.13	定义函数	106
5.3.14	文件操作函数	107
5.3.15	调用 AutoCAD 标准命令的函数	107
5.4	参数化绘图程序设计	108
5.4.1	利用高级语言实现参数化绘图	108
5.4.2	利用 Visual LISP 语言实现参数化绘图	113
5.5	形状特征拼合法绘制工程图	114
习题五		119
第 6 章	几何造型	123
6.1	几何造型概述	123
6.2	几何造型系统的三种模式	124
6.2.1	线框模型	124
6.2.2	表面模型	125
6.2.3	实体模型	126
6.3	几种常见的三维形体表示方法	127
6.3.1	实体几何构建法 (CSG)	127
6.3.2	边界表示法 (B-rep)	128
6.4	三维实体绘制	129
6.4.1	绘制基本三维实体	130
6.4.2	通过拉伸创建实体	133
6.4.3	通过旋转创建实体	133
6.4.4	三维实体的布尔运算	134
习题六		137
第 7 章	AutoCAD 二次开发技术	138
7.1	向 AutoCAD 增加新命令	138
7.2	用户界面的开发设计	139
7.2.1	菜单文件的类型	139
7.2.2	菜单文件的结构及格式	139

7.2.3	用户界面开发的一般方法	141
7.3	图形系统与外部程序交换信息	145
7.3.1	图形交换文件	145
7.3.2	用 C 语言生成 DXF 文件	147
7.3.3	用 C 语言读取 DXF 文件	149
7.4	AutoCAD 对话框设计	150
7.4.1	对话框的组成	150
7.4.2	设计对话框的步骤	151
7.4.3	DCL 文件的编写方法	151
7.4.4	对话框的设计实例	153
习题七		154
第 8 章	智能 CAD 与设计型专家系统	155
8.1	智能 CAD 的概念及其发展	155
8.1.1	传统 CAD 技术的局限性	155
8.1.2	智能 CAD 的概念	156
8.1.3	智能 CAD 的发展	156
8.2	智能 CAD 的方法	157
8.2.1	面向方案形成过程的智能 CAD 方法	157
8.2.2	基于设计对象表达的智能 CAD 方法	158
8.3	知识的表示	159
8.3.1	谓词逻辑	160
8.3.2	框架结构	161
8.3.3	产生式表示法	161
8.4	知识推理	162
8.5	设计型专家系统	163
8.5.1	专家系统的基本结构	163
8.5.2	设计型专家系统的特点	164
8.5.3	设计型专家系统的建立	165
习题八		169
第 9 章	成组技术	170
9.1	成组技术的基本原理	170
9.1.1	成组技术基本原理	170
9.1.2	成组技术的发展	172
9.2	零件的分类编码系统	173
9.2.1	零件的代码	173
9.2.2	零件分类编码的作用	173

9.2.3	零件分类编码原理和概念	175	10.4.5	CAPP 系统中的工序设计	234
9.2.4	常用的零件分类编码系统	180	10.4.6	工艺知识库的建立	239
9.3	零件的分组方法	185	10.4.7	推理机设计	241
9.3.1	生产流程法 (Production Flow Analysis, PFA)	185	10.5	CAPP 系统中的数据管理	241
9.3.2	编码分类法	192	10.5.1	CAPP 系统中数据管理的地位和 要求	241
9.3.3	势函数法	195	10.5.2	困难和问题所在	242
9.4	成组技术的应用	196	10.5.3	当今 CAPP 系统中的数据管理 方式	243
9.4.1	成组技术在设计中的应用	196	习题十		243
9.4.2	成组技术在工艺过程中的应用	197	第 11 章	计算机辅助数控程序编制及仿真	244
9.4.3	成组技术在企业生产管理中的 应用	200	11.1	数控编程的基本概念	244
习题九		201	11.1.1	数控加工的特点	244
第 10 章	计算机辅助工艺设计 (CAPP)	202	11.1.2	数控编程的内容和步骤	245
10.1	概述	202	11.1.3	数控程序编制的方法	247
10.1.1	CAPP 的提出	202	11.2	自动编程语言	253
10.1.2	CAPP 的基本功能和作用	203	11.2.1	自动编程语言的发展概况	253
10.1.3	CAPP 的发展概况	204	11.2.2	APT 语言的基本组成	254
10.1.4	CAPP 系统的基本结构和方案	206	11.2.3	APT 语言基本语句	257
10.1.5	CAPP 开发的理论体系	207	11.2.4	后置处理命令	270
10.1.6	企业应用 CAPP 过程中的问题和 改进	208	11.2.5	APT 语言编程实例	274
10.2	CAPP 系统零件信息的描述和输入	210	11.3	数控程序系统	276
10.2.1	图纸信息的描述与人机交互式 输入	211	11.4	数控自动编程系统的发展	279
10.2.2	从 CAD 系统直接输入零件信息	212	11.5	数控程序的检验与仿真	280
10.2.3	图形扫描及识别技术的输入方式	213	11.5.1	数控程序的检验与仿真目的与 意义	280
10.3	派生式 CAPP 系统	213	11.5.2	刀具轨迹仿真法	281
10.3.1	基于 GT 的派生式 CAPP 系统	213	11.5.3	三维动态切削仿真法	283
10.3.2	基于特征的派生式 CAPP 系统	219	11.5.4	虚拟加工仿真法	283
10.4	创成式 CAPP 系统	224	习题十一		284
10.4.1	概述	224	第 12 章	计算机集成制造系统 (CIMS) 简介	285
10.4.2	创成式 CAPP 系统的一般设计 过程	225	12.1	CIMS 的提出	285
10.4.3	一般创成式 CAPP 系统的工艺 决策	226	12.2	CIM 和 CIMS 的基本概念	286
10.4.4	基于专家系统的 CAPP 系统的工 艺决策	230	12.2.1	CIM 的由来	286
			12.2.2	CIM 与 CIMS 的意义	287
			12.2.3	CIMS 基本特点	288
			12.3	CIMS 中的集成及集成关系	288
			12.3.1	CIMS 中的集成	288

12.3.2	CIMS 技术的集成关系	289
12.4	CIMS 的体系结构	291
12.4.1	CIMS 体系功能构成	291
12.4.2	CIMS 体系分系统	293
12.4.3	面向功能和控制的体系结构	299
12.5	CIMS 的控制体系	300
12.6	开发应用 CIMS 的主要方法	302

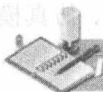
12.6.1	组织管理方面	302
12.6.2	规划设计方面	304
12.6.3	技术实施方面	304
12.6.4	人员培训方面	304
习题十二		305
附录		306
参考文献		320

第1章 CAD 概论



本章导读

本章首先介绍 CAD 的定义、功能和发展,讲述 CAD 未来的发展趋势,然后介绍 CAD 技术在电子工业、机械工业和建筑工业中的应用。



本章要点

- CAD 的内涵、功能和任务
- CAD 技术的发展
- CAD 技术的应用

1.1 CAD 的内涵、功能和任务

CAD 是 Computer Aided Design (计算机辅助设计) 的简称。计算机辅助设计是将人和计算机的最佳特性结合起来,辅助进行产品的设计与分析的一种技术,是综合了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。人具有图形识别、学习、思维、推理、决策和创造的能力,而计算机具有强有力的计算功能和高效率的图形处理能力,因此,CAD 技术的应用对于提高产品的设计效率 and 设计质量,增强产品的市场竞争力具有重要的作用。

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起相应的作用,如图 1.1 所示。

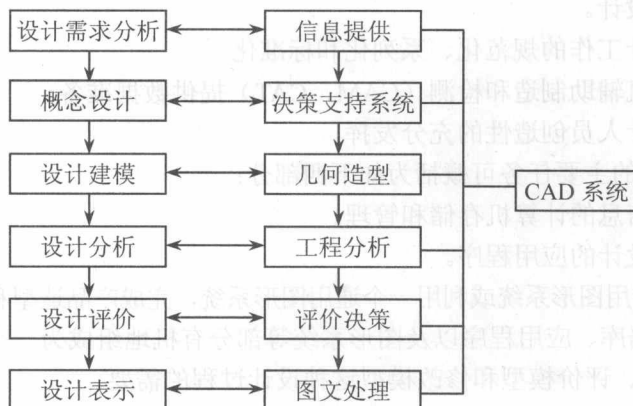


图 1.1 CAD 系统的功能

(1) 信息提供。CAD 系统一般都有图形库和数据库,并且可以通过网络与其他大型信息

库相连, 因此, 在设计需求分析阶段, 设计师可以借助 CAD 系统查询所需的市场需求信息和各种与该产品设计制造有关的技术信息, 从而对产品的功能、经济性和制造要求等方面的可行性作出科学的估计。

(2) 决策支持系统。在概念设计过程中, 需要用到专家的知识、经验及创造性思维, 应用人工智能中的专家系统技术而建立的决策支持系统, 可以很好地解决结构方案选择等概念设计问题。

(3) 几何造型。几何造型是用计算机及其图形系统描述物体形状, 模拟物体动态处理过程的一种技术。这种技术的采用, 可以使设计师的感觉、空间想象能力和表现能力都得到延伸。通过几何造型, 人与计算机之间可以实现图形信息的双向交流, 设计师可面对屏幕上逼真的三维图形, 探索各种解决设计问题的方案。利用这种技术, 可以把图形显示与结构分析、仿真模拟、评价等组合成一个有机的系统, 设计师可对模型进行反复而又快速的分析、评价和修改, 直至得到满意的结果。

(4) 工程分析。工程分析技术是 CAD 的基础技术, 它包括有限元分析、优化设计方法、可靠性设计方法、物理特性计算 (如体积、惯性矩等)、机械系统运动学和动力学分析、计算机模拟仿真等。

(5) 评价决策。对设计的结果进行分析评价, 判断其设计是否满足设计的要求, 若不满足设计要求, 则须进行相应的修改或进行再设计, 直到满足设计要求为止。

人类对设计结果的评价一方面依赖于分析计算, 如利用有限元分析得到的应力应变图可以用来评价结构设计是否合理; 另一方面还依赖于知识推理, 如利用专家系统技术对设计结果进行评判。

(6) 图形和文字处理。利用图形支撑软件绘制工程图, 将图形文件通过绘图机输出。利用文字编辑排版软件进行设计文档制作, 如工艺指导文件、设计说明书和产品说明书等。

从 CAD 系统的功能对设计进程的作用可知, 应用 CAD 技术有以下优越性:

(1) 可以提高设计效率, 缩短设计周期, 减少设计费用。

(2) 为产品最优设计提供了有效途径和可靠保证。

(3) 便于修改设计。

(4) 有利于设计工作的规范化、系列化和标准化。

(5) 可为计算机辅助制造和检测 (CAM, CAT) 提供数据准备。

(6) 有利于设计人员创造性的充分发挥。

计算机辅助设计的主要任务可概括为如下四部分:

(1) 完成设计信息的计算机存储和管理。

(2) 开发工程设计的应用程序。

(3) 建立一个专用图形系统或利用一个通用图形系统, 完成产品造型和工程图绘制等任务。

(4) 将工程数据库、应用程序以及图形系统等部分有机地组成为一个完整的 CAD 系统, 以满足反复建立模型、评价模型和修改模型这种设计过程的需要。

1.2 CAD 技术的发展

CAD 的发展可追溯到 1950 年, 当时美国麻省理工学院 (MIT) 在它研制的名为旋风 I 号



的计算机上采用了阴极射线管 (CRT) 做成的图形显示器, 这可以显示一些简单的图形。

20 世纪 60 年代是 CAD 发展的起步时期。1962 年美国学者 Ivan Sutherland 研制出了名为 Sketchpad 的系统, 这是一个交互式图形系统, 能在屏幕上进行图形设计与修改。从此掀起了大规模研究计算机图形学的热潮, 并开始出现 CAD 这一术语。其后, 在 1964 年美国通用汽车公司开发出了用于汽车前窗玻璃形线设计的 DAC-1 系统。1965 年, 美国洛克希德飞机制造公司与 IBM 公司联合开发了基于大型机的 CADAM 系统, 该系统具有三维线框建模、数控编程和三维结构分析等功能, 使 CAD 在飞机工业领域进入了实用阶段。1968~1969 年, 美国 CALMA 公司和 Applicon 公司等一批厂商先后推出了“成套系统”, 将硬、软件放在一起成套售给用户, 即所谓 Turnkey System (译为交钥匙系统), 并很快形成 CAD/CAM 产业。

20 世纪 70 年代, CAD 技术进入广泛使用时期。计算机硬件从集成电路发展到大规模集成电路, 出现了廉价的固体电路随机存储器, 图形交互设备也有了发展, 出现了能产生逼真图形的光栅扫描显示器、光笔和图形输入板等, 同时, 以中小型机为核心的 CAD 系统飞速发展, 出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统。到 20 世纪 70 年代后期, CAD 技术在许多工业领域都得到了实际应用。

20 世纪 80 年代, CAD 技术进入突飞猛进时期。由于小型机、特别是微型机的性价比的提高, 极大地促进了 CAD 的发展, 同时, 计算机外围设备如彩色高分辨率图形显示器、大型数字化仪、自动绘图机等图形输入输出设备已逐步形成质量可靠的系列产品, 为推动 CAD 技术向更高水平发展提供了必要条件。在此期间, 大量的、商品化的、适用于小型机及微型机的 CAD 软件不断涌现, 又促进了 CAD 技术的应用和发展。

20 世纪 90 年代, CAD 技术的发展更趋于成熟, 将开放性、标准化、集成化和智能化作为其发展特色。现在开发应用软件, 一般是在某个支撑平台上进行二次开发, 因此, CAD 系统必须具有良好的开放性, 以满足各行各业对 CAD 应用的需要。为了实现并行工程和协同工作, 将 CAD、CAM、CAPP、NCP 集成为一体, 为 CAD 技术的发展和应用提供了更广阔的空间。随着人工智能和专家系统技术的不断发展及在 CAD 中的应用, 智能 CAD 系统也得到了重视和发展, 智能 CAD 大大提高了设计水平和设计效率。

在过去的几十年里, 人们已在计算机辅助设计领域中取得了巨大的成就, 随着计算机硬件及软件的发展, 以及人工智能技术、网络技术和计算机模拟技术等不断发展, 未来 CAD 技术的发展将趋向集成化、智能化、标准化和网络化。

1. 集成化

为适应设计与制造自动化的要求, 特别是适应 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System, 计算机集成制造系统) 的要求, 进一步提高 CAD 的集成化水平是 CAD 技术发展的一个重要方向。集成化的形式之一是 CAD/CAM 集成系统, 该系统可进行运动学和动力学分析、零部件的结构设计和强度设计、自动生成工程图纸文件、自动生成数控加工所需数据或编码, 用以控制数控机床进行加工制造, 即可实现所谓的“无图纸生产”。CAD/CAM 进一步集成是将 CAD、CAM、CAPP (计算机辅助工艺编程)、NCP (数控编程)、CAT (计算机辅助实验)、PDM (产品数据管理) 集成为 CAE (Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程), 使设计、制造、工艺、数控编程、数据管理和测试工作一体化。

2. 智能化

传统的 CAD 技术在工程设计中主要用于计算分析和图形处理等方面, 对于概念设计、评

价、决策及参数选择等问题的处理却颇为困难,因为这些问题的解决需要专家的经验 and 创造性思维。因此将人工智能的原理和方法,特别是专家系统的技术,与传统 CAD 技术结合起来,形成智能化 CAD 系统是工程 CAD 发展的必然趋势。智能 CAD (Intelligent CAD, ICAD) 的研究与应用要解决以下三个基本问题:

(1) 设计知识模型的表示与建模方法。解决如何从需求出发,建立知识模型,进行逻辑设计,并在计算机上实现等问题。

(2) 知识利用。在知识利用方面,要研究各种推理机制,即要研究各种搜索方法、约束满足方法、基于规则的推理方法、框架推理方法、基于实例的推理方法等。

(3) ICAD 的体系结构。研究 ICAD 的体系结构,使之更好地体现 ICAD 的基本思想与特点,如集成的思想、多智能体协同工作的思想等。

3. 标准化

随着 CAD 技术的发展,工业标准化问题越来越显示出其重要性。迄今已制定了许多标准,例如:计算机图形接口 CGI (Computer Graphics)、计算机图形文件标准 CGM (Computer Graphics Metafile)、计算机图形核心系统 GKS (Graphics Kernel System)、面向程序员的层次交互式图形规范 PHIGS (programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard)、基于图形转换规范 IGES (Initial Graphics Exchange Specification) 和产品数据转换规范 STEP (Standard for the Exchange of Product model data) 等。随着技术的进步,新标准还会不断地推出。

4. 网络化

随着科学技术和经济水平的快速发展,近十几年来不断出现超大型项目和跨国界项目,这些项目的一个突出特点是参与工作的人员众多,且地理分布较广泛。而项目本身就要求各类型的工作人员紧密合作,如汽车新车型的设计,就需要功能设计师、制造工艺师、安全设计师等多学科专家共同工作。为了解决这个矛盾,便出现了 CSCW (Computer Supported Cooperative Work) 这一新型研究领域。

CSCW 是 1984 年由 Iren Grief 和 Paul Cashman 首次提出的,目前并无统一的定义,一般认为是指分布在异地的某群体中的人们,在计算机的帮助下,得到一个虚拟的共享环境,交互磋商,快速高效地完成一个共同的任务。现代设计强调协同设计,从 CSCW 应用的角度出发,协同设计是指在计算机的支持下,各成员围绕一个设计项目,各自承担相应部分的设计任务,并行交互地进行设计工作,最终得到满足要求的设计结果的设计方法。显然,协同设计可以大大提高设计质量和进度,增强产品的市场竞争能力。

协同设计需要多学科专家的协同工作,而实现这一协作的基础就是计算机网络和多媒体技术。通过计算机网络,可以实现设计成员在设计过程中方便地进行信息交流,而信息交换的方式可以是电子邮件和视频会议系统等。

1.3 CAD 技术的应用

随着 CAD 技术的不断发展,CAD 在各行各业中得到了广泛的应用。据统计,我国工程设计行业和机械行业的骨干企业 CAD 普及率达到 90% 以上,所有企业和设计院都甩掉了图板,实现了计算机绘图。下面介绍 CAD 技术在电子工业、机械工业和建筑工业中的应用。



1.3.1 电子工业

CAD 技术在电子工业的早期应用主要是印刷板和集成电路的制版工作,虽然在这一阶段仍有大量的设计工作要由人来完成,但制板的质量和效率已得到很大的提高。现在 CAD 技术在电子工业中的应用已经发展到高度集成化的程度,即集设计、制造和分析于一体的 CAD/CAM/CAE 集成系统,能完成设计图纸输入、设计验证分析、数控加工程序的自动生成和自动测试等一系列工作,大大缩短了设计周期,提高了经济效益和设计质量。

1.3.2 机械工业

机械工业使用 CAD 技术虽然起步比电子工业要晚一些,但发展速度很快,目前已处于领先地位。CAD 技术在机械工业中的应用,从早期的二维设计,发展到能进行三维设计和彩色效果图设计,同时,集成化的 CAD/CAPP/NCP 系统既能解决工程设计问题,又能完成计算机辅助工艺编程,并可自动生成数控程序。

CAD 技术在机械工业中的主要应用有以下几个方面:

(1) 二维绘图。绘制机械制图,用来代替传统的手工绘图,优点是图纸修改方便,减少设计者的重复劳动。

(2) 图形及符号库。将机械设计中的标准件、系列件和常用符号存入图形及符号库中,需要时可调出,插入到机械制图中去,从而提高绘图速度。

(3) 参数化设计。对标准化和系列化的产品,其不同规格的零部件具有相似的结构,但尺寸大小不同,因而可采用参数化设计的方法编制绘图程序,用户只须输入零部件的相关参数就能生成相应的图形,从而实现自动绘图。

(4) 三维造型。采用实体造型技术设计零部件结构,经消隐和着色等处理后显示零部件的真实形状,同时还可作装配及运动仿真,从而可以观察是否发生干涉等。

(5) 工程分析。机械设计中使用的工程分析包括有限元分析、优化设计、可靠性设计、机械系统运动学和动力学分析、计算机模拟仿真等。

(6) 生成设计文档及报表。利用文档制作软件完成机械设计文档及报表的制作,如工艺指导文件、设计说明书、产品说明书及外购零部件报表等。

1.3.3 建筑行业

CAD 技术在建筑领域也得到了充分的应用,目前的建筑 CAD 系统可以在图形显示屏幕上构画建筑物的三维模型,进行建筑外形、周围环境、场地规划、日照效应等的设计,同时可以完成建筑物内部的结构设计和平面布置设计以及建筑的管道设计、电气线路设计等,有些建筑 CAD 系统还包括工程概预算和工程投标子系统,为设计者、决策者及工程投标提供支持。

习题一

1. 试阐述 CAD 的定义。
2. 试简述 CAD 的功能和任务。
3. 试阐述未来 CAD 技术的发展趋向。
4. 试简述 CAD 技术在电子工业、机械工业和建筑行业中的应用,并举例说明。

第2章 计算机辅助设计系统

本章导读

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。由计算机及其外围设备组成 CAD 硬件系统, 由程序及相关文档组成 CAD 软件系统。CAD 系统的特点是它能快速响应和图形的交互设计与显示输出的能力强。CAD 系统可以采用多种多样的配置, 不同的配置具有不同的特点, 从而满足不同层次 CAD 作业的需要。本章首先从主机、外存储器、输入设备、输出设备和图形显示设备五个方面介绍 CAD 的硬件系统, 然后介绍 CAD 软件系统的三个层次: 系统软件、支撑软件和应用软件, 最后介绍组成 CAD 系统的四种型式: 大(中)型机系统、工作站系统、微机系统和网络型系统。

本章要点

- CAD 系统的硬件
- CAD 系统的软件
- CAD 系统的型式

2.1 CAD 系统的硬件

CAD 系统的硬件由主机和外围设备组成, 如图 2.1 所示。

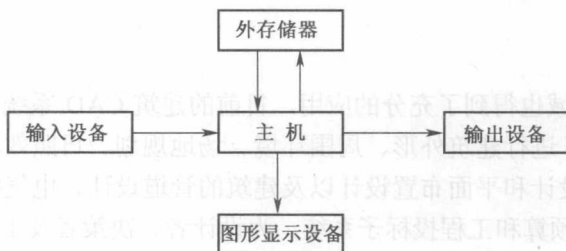


图 2.1 CAD 系统硬件的组成

1. 主机

主机是控制及指挥整个 CAD 系统并执行实际计算和逻辑推理的装置, 是 CAD 系统的核心部分。主机由中央处理器 (CPU) 和内存存储器组成。



中央处理器包括控制器和运算器两部分。衡量主机的指标主要有以下三项:

(1) 字长。CPU 在一个指令周期内能从内存提取并进行处理的数据位数称为字长。

(2) 运行速度。运算速度以 CPU 每秒可执行指令数目或每秒可进行多少次浮点运算来表示。常用以下指标来度量主机的运行速度: MIPS (百万条指令/秒)、Mflops (百万次浮点运算/秒) 或时钟频率。时钟频率越高, 主机的运行速度越快, 现在微型机的时钟频率范围一般在 1.5MHz 至 3MHz。

(3) 内存容量。内存容量是描述主机存储能力和性能的主要指标, 它通常以 MB 或 GB 为单位。现在微型机的内存容量从 1GB、2GB、3GB 到 4GB。

2. 外存储器

(1) 磁带。磁带有 1/2 英寸带宽和 1/4 英寸带宽两种, 其存储容量大 (容量一般在 20~200MB), 工作可靠, 成本低。磁带是典型的顺序存储设备, 在磁带上以物理记录为单位写入或读出。磁带常用于存储批量大, 不需随机存取的数据。

(2) 磁盘。磁盘是最常用的外部存储设备, 包括软盘和硬盘两种。以前常用的软盘规格是 3.5 英寸盘, 其容量为 1.44MB。随着计算机多媒体技术的广泛应用, 对软盘容量的要求越来越高, 为此, 人们研制了几种新型磁盘驱动器, 例如 LS-120 (软盘容量为 20MB)、ZIP (软盘容量为 100MB) 等, 其盘片可以像软盘一样自由取出和插入, 但这些盘片的价格较昂贵。硬盘采用磁盘和磁头一体化的密封结构, 它的可靠性高, 存储容量大, 目前在微机上配备的硬盘容量通常为 160~500GB。硬盘存取方式为直接存取, 存取速度比软盘和磁带都要快, 因而成为 CAD 系统中不可缺少的设备。

(3) 光盘。光盘存储器发明于 20 世纪 70 年代, 是 20 世纪 80 年代世界电子科技十大开发项目之一。目前在计算机系统中常使用的光盘有只读型光盘和可擦写型光盘。

3. 输入设备

输入设备是向计算机输入数据、信息的设备的总称。在 CAD 作业过程中, 用户不仅要求能快速输入图形, 而且还能根据需要对输入的图形进行编辑和修改, 因而图形输入设备在 CAD 硬件系统中占有重要的地位。CAD 系统的常用输入设备有以下几种:

(1) 键盘。键盘是最通用的数据和字符输入装置, 在 CAD 系统中也可作为图形的输入装置。当作为图形输入装置时, 它可以用来输入文字、输入坐标值、输入一个命令、选择菜单等。目前微机使用的主要是 101/102 键标准键盘。

(2) 鼠标器。鼠标器是一种定位输入设备, 可以很方便地完成定位、拾取和选择等功能。在 CAD 作业中, 可以用它来选择绘图位置, 拾取图形上的目标, 选择菜单中的选项等, 如用它能十分方便地操纵图标菜单、弹出式菜单和下拉式菜单。鼠标器结构简单, 价格便宜, 是 CAD 作业中经常使用的设备。

目前微机最常见的是串行口鼠标器, 它通过微机上的串行接口与主机相连。

(3) 数字化仪。数字化仪因制作原理不同而有多种型式, 目前常用电磁感应式数字化仪, 它是一种电子图数转换设备, 该数字化仪通常由一块矩形台板和一个电子感应笔或游标指示器组成, 如图 2.2 所示。台面规格按图幅尺寸从 280×280 (mm) 到 1200×1800 (mm), 一般把小型的称作图形输入板, 大型的称作数字化仪。数字化仪的精度较高, 图形输入板的精度较低。

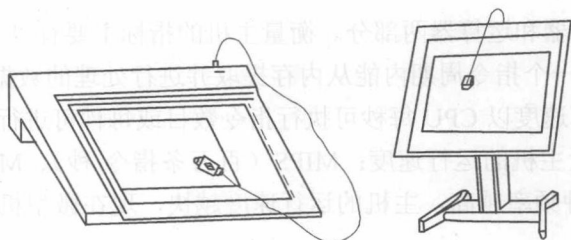


图 2.2 图形输入板和数字化仪

在 CAD 系统中，数字化仪可用来输入复杂的图形，如用来摘取放在它上面的工程图上的大量点，经数字化后存储起来，以此作为图形输入的一种方式。还可利用数字化仪制作台板菜单，完成绘图程序的调用、基本图形元素的调用、特定功能的调用以及命令的调用等，以提高交互式绘图的方便性和工作效率。

(4) 扫描仪。扫描仪是一种能将图纸及文件快速输入到计算机的高速输入设备。台式扫描仪能扫描 4 号幅面的图纸及文件，大扫描仪能扫描 0 号幅面的图纸。

扫描仪的工作原理如图 2.3 所示。扫描仪内部的基本组成部件是光源、光学透镜、感光元件，还有一个或多个模数转换电路。在扫描一幅图像的时候，光源照射到图像反射回来，穿过透镜到达感光元件（成行排列的电荷耦合器），每一个电荷耦合器把这个光信号转换成模拟信号（即电压），同时量化出像素的灰暗程度，接着模—数转换电路再把模拟信号转换成数字信号进行保存。

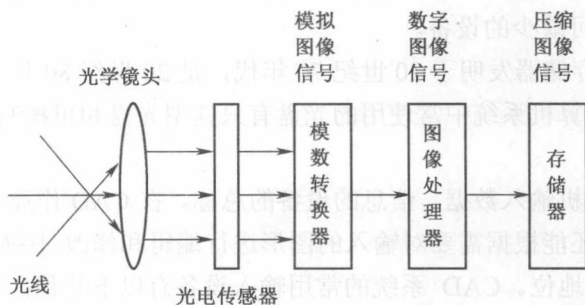


图 2.3 扫描仪工作原理图

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，才能变成特定的 CAD 系统可接受的图形文件格式，如图 2.4 所示。

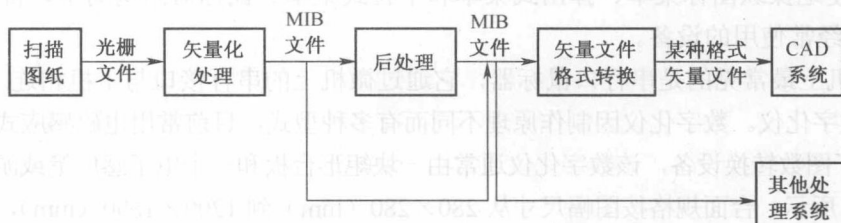


图 2.4 采用扫描仪的图形输入系统



(5) 数码相机。数码相机的成像原理与传统相机相似,但数码相机使用的感光材料和影像信息载体与传统相机完全不同。传统相机用的是胶片感光,而数码相机使用一种光电转换器件(主要有 CCD 和 CMOS 两种)来感光、滤光并将光信号转化为电信号。CCD 是由成千上万的微光电管组成的,这些光敏元件可以根据光线的差异转移不同数量的电荷,同时根据电荷数量上的差异生成一系列的二进制数据。

数码相机可以将拍摄的图像存储在软盘、Flash 卡、PCMAIC 卡等存储装置中,用户可通过电缆线将存储卡中的图像输入计算机,并利用软件对相片进行二次处理。

4. 输出设备

CAD 系统设计的结果通常为图形和技术文档,绘图机用于输出大图幅的图形,打印机用于输出技术文档或小图幅的图形。

(1) 打印机。打印机按印字原理可分为撞击式与非撞击式两种。撞击式打印机是通过色带、针头将字符或图形印在纸上,这类打印机用得较多的是 24 针点阵打印机。非撞击式打印机常用的有激光打印机和喷墨打印机,该类打印机打印速度快,噪音低,是理想的汉字、图形、图纸输出设备。

(2) 绘图机。绘图机是一种高速、高精度的图形输出设备,它可将已输入到 CAD 系统中的工程图样或在图形显示屏上已完成的结构设计图形绘制到图纸上,即可进行硬拷贝。

绘图机按工作原理可分为笔式绘图机和非笔式绘图机两种。笔式绘图机是驱动画笔沿 x 和 y 方向移动来画出图形的,按其结构又可分平板式绘图机和滚筒式绘图机。平板式绘图机由绘图平台、导轨、驱动机构、笔架等几部分组成,其 x 向和 y 向的移动分别对应于横梁沿 x 向导轨的移动和笔架沿 y 向导轨的移动。滚筒式绘图机由滚筒、钢丝绳导轨、驱动机构、笔架等几部分组成,滚筒式绘图机是由滚筒带动绘图纸运动来实现 x 方向的移动,笔架由钢丝绳导轨的运动实现 y 方向的移动。目前常用的是非笔式绘图机,如静电绘图机、喷墨绘图机、激光绘图机等,它们的绘图速度更快、图面质量更好、使用更方便。随着喷墨和激光打印技术的发展,性价比不断提高,近年来喷墨和激光绘图机已渐渐取代笔式绘图机而占据主流市场。

5. 图形显示设备

图形显示设备是 CAD 系统中的重要组成部分,它不仅能实时显示所设计的图形,而且能让设计者根据自己的意图对几何造型和工程图形进行增、删、改、移动等编辑操作。

显示器按显示画面的颜色,可分为单色显示器和彩色显示器。目前 CAD 系统大都使用的是彩色显示器。显示器件有阴极射线管(CRT)、液晶显示(LCD)、激光显示、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。阴极射线管一般是利用电磁场产生高速的、经过聚焦的电子束,通过磁场和电场的调整,偏转到屏幕的不同位置,轰击屏幕表面的荧光材料而产生可见图形的。液晶显示器通常是利用液晶的电光效应实现显示的。所谓电光效应是指在电的作用下,液晶分子的排列状态发生变化,从而使液晶盒的光学性质发生变化,也就是说电通过液晶对光进行了调制。

显示器按显示屏尺寸的大小,可分为 12 英寸、14 英寸、15 英寸、17 英寸和 21 英寸等。当前的主流是 17 英寸显示器,而专业图形设计领域一般采用 21 英寸显示器。

显示器所显示的数字、字符和图像是由一个个像素组成的,像素是显示屏上的最小信息,