



基于AutoCAD 2004平台

工程CAD 技术与应用

第二版

于奕峰 杨松林 主编 高慧琴 张锡爱 副主编



化学工业出版社

基于 AutoCAD 2004 平台

工程 CAD 技术与应用

第二版

于奕峰 杨松林 主 编
高慧琴 张锡爱 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

工程 CAD 技术与应用/于奕峰, 杨松林主编. —2 版.
北京: 化学工业出版社, 2006. 2
ISBN 7-5025-8255-X

I. 工… II. ①于…②杨… III. 机械设计: 计算机
辅助设计 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 007750 号

工程 CAD 技术与应用

第二版

于奕峰 杨松林 主 编

高慧琴 张锡爱 副主编

责任编辑: 王秀鸾 徐 蔓 徐 娟

责任校对: 李 林

封面设计: 胡艳玮

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 413 千字

2006 年 3 月第 2 版 2006 年 3 月北京第 3 次印刷

ISBN 7-5025-8255-X

定 价: 34.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

第二版前言

CAD 技术推动着几乎一切设计领域的革命。工程 CAD 是指在工业设计领域工程技术人员利用计算机的软件、硬件系统为工具,将设计人员思维和计算机的最佳特性结合起来,进行工业产品及工程设计的绘图、分析、编写技术文件等活动的总称。经过 40 多年的发展,CAD 技术正以它独有的魅力越来越深入人心。由于 CAD 技术日新月异的发展,加之工程 CAD 课程和科研方面的日积月累,感觉到第一版的《工程 CAD 技术与应用》有些内容已经略显过时,因此进行了仔细的分析,决定保持其原有的实用性、通用性,同时更新部分陈旧内容,适当增加新内容,从而变为现在新版的《工程 CAD 技术与应用》。

在第二版中,书中各章内容的变动如下:第 1 章文字做了适当改动,增加了 CAD 技术的内涵和工程 CAD 制图有关国家标准简介;第 2、3 章是在原书第 3、4 章基础上全部重新编写;第 4 章是在原书第 2 章基础上全部重新编写;新增第 5、6 章内容,去掉了原书的第 5、6 章内容,同时增加的第 7 章 CAD 软件工程技术;第 8 章内容是在原第 7 章内容基础上稍加变动而成,去掉了原书第 8 章;第 9 章是在原书第 9 章基础上全而改写而成;增加了全新的第 10 章内容。

本书是作者结合多年的教学、科研经验及取得的一些 CAD 科研成果编写的,尽可能体现 CAD 技术的先进性、实用性、通用性,尽量做到理论联系实际。它既可以作为本专科学生的教材或教学参考书,也可以为相关领域内的工程技术人员服务。书中提供的源程序均已通过上机调试。

本书写作人员分工如下:杨松林,第 1 章;高慧琴、杨松林,第 2 章;杨松林、杨雪,第 3 章;陈曹维,第 4 章;杨松林,第 5 章;杨松林、杨雪,第 6 章;方忆湘,第 7 章;于奕峰,第 8 章;张锡爱,第 9 章;高慧琴,第 10 章。全书由于奕峰、杨松林统稿。

在本书的编写过程中,得到了贺星国、王淑琼、黄峰等同志的大力支持,在此表示衷心的感谢!

由于编者学识及水平有限,书中难免存在缺点和不足,恳请各位专家及读者给予批评指正。

编 者

2006 年 1 月于石家庄

第一版前言

工程计算机辅助设计（简称工程 CAD）是工程技术人员利用计算机的软件、硬件系统为工具，将设计人员思维和计算机的最佳特性结合起来，进行工业产品及工程设计的绘图、分析、编写技术文件等活动的总称。它是随着计算机及其外围设备和软件发展而产生的新型科学技术，是介于工程设计科学与计算机科学间的交叉学科。工程 CAD 技术在近 30 年得到了飞速发展，是高科技领域一门不断发展的新技术。CAD 技术目前已经广泛应用于机械、电子、建筑、轻工、纺织、化工、环保等行业的产品及工程设计。它已经成为提高产品与工程设计水平，降低消耗，缩短产品开发周期，提高劳动生产率、产品质量的重要手段，是企业信息化的重要组成部分。

本书是作者结合多年的教学、科研经验及取得的一些 CAD 科研成果编写的，尽可能体现 CAD 技术的先进性、实用性、通用性，尽量做到理论联系实际。它既可以作为本专科学生的教材或教学参考书，也可以为相关领域内的工程技术人员服务。书中提供的源程序均已通过上机调试。

全书共分为 9 章，主要包括：

第 1 章 工程 CAD 绪论

第 2 章 CAD 工程数据的计算机处理

第 3 章 二维图形设计

第 4 章 三维图形设计基础

第 5 章 AutoCAD 软件二次开发技术

第 6 章 现代 CAD 技术及未来发展

第 7 章 CAD 技术在化工设计中的应用

第 8 章 CAD 技术在环境工程及给水排水设计中的应用

第 9 章 CAD 技术在纺织服装工程中的应用

本书作者：第 1 章 杨松林；第 2 章 杨松林，陈曹维；第 3 章 高慧琴，于奕峰；第 4 章 杨松林，韩同义；第 5 章 马晓红；第 6 章 刘超颖，韩同义；第 7 章 于奕峰，刘宝树；第 8 章 罗晓，韩同义；第 9 章 张锡爱。

全书由于奕峰、杨松林同志统稿。由于作者的学识及水平有限，书中难免存在各种缺点和错误，恳请各位专家及读者给予批评指正。

编 者

2001 年 7 月于石家庄

目 录

第 1 章 工程 CAD 绪论	1
1.1 工程计算机辅助设计 (CAD) 概论	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 CAD 的基本概念	1
1.1.3 CAD 技术发展历程	2
1.1.4 CAD 技术的现状	3
1.1.5 CAD 技术的发展概述	4
1.1.6 CAD 技术的内涵	5
1.1.7 CAD 的工作过程及特点	5
1.1.8 CAD 系统组成	7
1.2 CAD 工程制图有关国家标准简介	16
1.2.1 概述	16
1.2.2 CAD 工程制图术语及图样的种类	17
1.2.3 CAD 工程制图的基本要求	18
1.2.4 CAD 工程图的基本画法	23
1.2.5 CAD 工程图的尺寸标注	23
1.2.6 CAD 工程图管理	23
1.2.7 设置符合工程制图国家标准的绘图模板	24
1.2.8 图形符号的绘制	26
1.2.9 投影法	27
第 2 章 工程二维图形设计方法	29
2.1 AutoCAD 2004 及其特点	29
2.2 AutoCAD 2004 工作界面	29
2.3 CAD 文件基本操作	30
2.3.1 图形文件操作	30
2.3.2 绘图环境设置	30
2.4 常用绘图命令	32
2.4.1 AutoCAD 2004 的坐标及其输入	32
2.4.2 常用绘图命令	32
2.4.3 栅格显示与栅格捕捉	33
2.4.4 正交模式	34
2.4.5 点的目标捕捉	34
2.5 常用编辑命令	35
2.5.1 实体选择	35
2.5.2 常用编辑命令	36
2.6 画面控制功能	37
2.7 尺寸标注	38

2.7.1 尺寸标注样式的设置	38
2.7.2 尺寸标注	38
2.8 图形输出	40
第3章 AutoCAD 2004 三维图形绘制基础	41
3.1 概述	41
3.2 三维造型的基本方法	41
3.2.1 三维几何造型的分类	41
3.2.2 三维几何造型的基本方法	42
3.3 三维坐标系	42
3.4 三维观察命令	43
3.5 常用三维绘图命令	44
3.6 常用三维编辑命令	46
3.7 剖视图的生成方法	47
3.8 装配图及爆炸图生成方法	48
3.9 各种投影视图生成方法	49
3.9.1 三维图形转换二维图形的方法	49
3.9.2 其他重要命令	54
3.10 小结	54
第4章 工程数据的计算机处理方法	55
4.1 概述	55
4.2 工程数据计算机处理的编程环境	55
4.2.1 概述	55
4.2.2 VBA 集成开发环境	56
4.2.3 加载、运行 VBA 应用程序	56
4.2.4 VBA 编程及应用举例	57
4.3 设计表格的计算机程序化	59
4.3.1 数表查询	59
4.3.2 一元函数插值	62
4.3.3 二元函数插值	63
4.4 线图的程序化	67
4.4.1 最小二乘法拟合的基本思想	68
4.4.2 最小二乘法多项式拟合	68
4.4.3 最小二乘法多项式拟合的 VBA 编程	69
4.4.4 最小二乘法其他函数拟合	71
4.5 MATLAB 软件在数据处理中的应用	71
4.5.1 MATLAB 软件简介	71
4.5.2 MATLAB 软件在数据处理中的应用	73
4.5.3 利用 MATLAB 实现线图程序化的实例	74
4.6 工程数据文件处理	75
4.6.1 文本文件处理	75
4.6.2 图形交换文件 (DXF) 处理	76
4.6.3 数据库文件处理	77

第5章 工程常用图形符号库建立方法	83
5.1 图形符号库的建立步骤	83
5.2 图形符号库菜单制作	84
5.2.1 AutoCAD 菜单介绍	84
5.2.2 图标菜单	85
5.3 图形符号库创建实例	87
5.3.1 给排水图形符号图例	87
5.3.2 给排水图形符号库实例制作	91
5.3.3 符号库的安装	97
第6章 二维、三维图形参数化编程方法与实例	100
6.1 概述	100
6.2 二维图形参数化步骤及方法	100
6.3 二维图形参数化编程举例	101
6.3.1 承插直管图形	101
6.3.2 深沟球轴承二维图形	110
6.4 三维图形参数化编程步骤及方法	116
6.5 三维图形参数化编程举例	116
6.5.1 V型皮带轮三维编程实例	116
6.5.2 化工设备支座三维编程实例	123
第7章 CAD 软件工程技术	135
7.1 软件工程的基本概念	135
7.1.1 软件与软件工程	135
7.1.2 软件工程过程模型	136
7.2 CAD 应用软件的开发	139
7.2.1 CAD 软件工程的特点	139
7.2.2 CAD 软件工程的开发流程	139
7.2.3 CAD 应用软件开发实例介绍	140
7.3 CAD 软件的文档编制规范	141
7.3.1 可行性研究报告	141
7.3.2 项目开发计划	142
7.3.3 软件需求说明书	142
7.3.4 数据要求说明书	142
7.3.5 概要设计说明书	143
7.3.6 详细设计说明书	143
7.3.7 测试计划	144
7.3.8 测试分析报告	144
7.3.9 项目开发总结报告	144
第8章 CAD 技术在化工设计中的应用	145
8.1 概述	145
8.2 工艺流程图计算机辅助设计	145
8.2.1 概述	145
8.2.2 物料流程图的生成	150

8.2.3	带控制点工艺流程图生成	152
8.2.4	带控制点化工工艺流程图 CAD 系统简介	157
8.3	设备布置图计算机辅助设计	159
8.3.1	概述	159
8.3.2	设备布置图的生成	162
8.3.3	设备安装详图和管口方位图	165
8.3.4	设备布置图的绘制方法、步骤	166
8.4	管道布置图计算机辅助设计	168
8.4.1	概述	168
8.4.2	管道布置图的生成	169
8.4.3	管段图的生成	174
8.4.4	管道布置图的计算机辅助设计方法	177
第 9 章	CAD 技术在纺织服装工程中的应用与开发	178
9.1	概述	178
9.2	纺织工程 CAD 应用技巧与开发	178
9.2.1	纺织工程 CAD 概况	178
9.2.2	织物组织图的 CAD 应用和开发实例	178
9.2.3	纺织施工图的绘制方法与技巧	181
9.2.4	纺织工艺及设备图的 CAD 应用技巧	188
9.2.5	纺织工程设计图表自动查询的编程实例	189
9.3	印染 CAD 应用技巧及开发	191
9.3.1	概述	191
9.3.2	印花图案设计 CAD 应用实例	191
9.3.3	车间机器平面排列图的 CAD 绘制方法与技巧	192
9.3.4	数据表格的查询与编程实例	197
9.3.5	印染厂设计 CAD 系统及用户界面的开发	201
9.4	服装 CAD 应用技巧及开发	205
9.4.1	概述	205
9.4.2	工序流程图智能化模块的开发实例	206
9.4.3	时装结构图设计模块开发实例	223
9.4.4	编制服装技术文件模块开发实例	225
第 10 章	CAD 技术在机械设计的应用	229
10.1	概述	229
10.2	CAD 技术在机构设计及分析中的应用	229
10.2.1	CAD 技术在凸轮机构设计中的应用	230
10.2.2	CAD 技术在平面连杆机构设计中的应用	233
10.2.3	CAD 技术在机构运动分析中的应用	235
10.3	CAD 技术在机械传动及零件设计中的应用	237
10.3.1	CAD 技术在齿轮传动设计中的应用	237
10.3.2	CAD 技术在轴类零件设计中的应用	242

第1章 工程 CAD 绪论

1.1 工程计算机辅助设计 (CAD) 概论

1.1.1 概述

工程计算机辅助设计 (Engineering Computer Aided Design, 简称工程 CAD) 是用计算机硬件、软件系统辅助工程技术人员进行产品或工程设计、修改、显示、输出的一门多学科的综合应用新技术。它是随着计算机、外围设备及其软件的发展而逐步形成的高技术领域。经过最近 40 多年的发展, CAD 技术在国内外已被广泛应用于机械、电子、航空、建筑、纺织、化工、环保及工程建设等各个领域。

从 20 世纪 80 年代开始, CAD 技术应用工作在我国逐步得到开展, 经过“七五”的努力, 取得了明显的经济效益。采用 CAD 技术后, 工程设计行业提高工效 3~10 倍, 航空、航天部门二科研试制周期缩短了 1~3 倍, 机械行业的科研和产品设计周期缩短了 1/3~1/2, 提高工效 5 倍以上; 特别是近些年, 我国在 CAD 应用和开发方面, 取得了相当大的进展, 二维 CAD 技术已经趋于成熟, 三维 CAD 技术正处于蓬勃发展时期。当然, 从总体水平上讲, 我国 CAD 技术水平与国外工业发达国家相比还有很大的差距; 各地、各行业在 CAD 技术的应用、发展上不尽一致, 特别是在 CAD 技术应用的广度和深度上, 以及对 CAD 普及发展作用的认识方面, 仍然存在着需要解决的问题。

众所周知, 人才培养是开展 CAD 应用工程的重要环节之一, 只有广大的工程技术人员掌握了 CAD 技术, 才有可能使之转化为生产力, 促进 CAD 技术向纵深方向发展。20 世纪 90 年代初期国家科委、国家教委等八部委就开始联合推广“CAD 应用工程”, 先后建立了八大 CAD 培训基地、几百个培训网点, 开展 CAD 技术的普及推广工作。

推广 CAD 技术的重要意义在于: 它是加快经济发展和现代化的一项关键性技术, 是提高产品和工程设计的技术水平, 降低消耗, 缩短科研和新产品开发以及工程建设周期, 大幅度提高劳动生产率的重要手段; 是科研单位提高自主研究开发能力, 企业提高应变能力和管理水平, 参与国际合作和竞争的重要条件; 也是进一步向计算机辅助制造 (CAM)、计算机集成制造系统 (CIMS) 发展的重要基础。CAD 技术及其应用水平已成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。了解 CAD 的发展历史, 有助于我们更好地、更有效地应用这门新兴技术。

1.1.2 CAD 的基本概念

1973 年, 当 CAD 处于发展初期的时候, 国际信息联合会就给 CAD 一个广义的定义: “CAD 是将人和计算机混编在解题专业组中的一种技术, 从而将人和计算机的最佳特性结合起来。”人具有图形识别的能力, 具有学习、联想、思维、决策和创造能力, 而计算机具有巨大的信息存储和记忆能力, 有丰富灵活的图形和文字处理功能和高速精确的运算能力, 上述人和计算机最佳特性的结合是 CAD 的目的。

CAD 有广义和狭义之分, 广义 CAD 即指国际信息联合会给 CAD 定义的一切设计活动; 而狭义 CAD 是指工程 CAD, 是在产品及工程设计领域应用计算机系统, 协助工程技术人员完成产品及工程设计的整个过程。

在方案设计及技术设计阶段, CAD 应用尤为广泛。CAD 系统则是指进行 CAD 作业时,

所需的硬件及软件两大部分集合。一个完整 CAD 系统的硬件部分应包括主机、图形输入设备、图形显示器及自动绘图机。它区别于一般事务处理计算机系统之处, 主要在于 CAD 系统具有较强的图形处理能力。在 CAD 工作中, 计算机的任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换。也就是在设计人员初步构思、判断、决策的基础上, 由计算机对数据库中的大量设计资料进行检索, 根据设计要求进行计算、分析及优化, 将初步设计结果显示在图形显示器上, 以人机交互方式反复加以修改, 经设计人员确认后, 在自动绘图机及打印机上输出设计结果。

1.1.3 CAD 技术发展历程

在科学研究工作中运用计算机进行大量计算, 以及在管理工作中应用计算机进行数据处理, 在 20 世纪 50 年代已早见成效。相比之下, 在工程技术中, 特别是在具体设计工作中运用计算机则显得较晚。这主要是由于在设计工作中, 传统的信息传递方式是工程图纸, 在计算机上需用大量数据才能描述各种几何图形, 并要求能将图形输入计算机中, 以及输出到图纸上。如果没有相应的硬件及软件, 这是难于实现的。

关于 CAD 的历史要追溯到 20 世纪 50 年代。值得一提的是, 美国麻省理工学院 (MIT) 在这方面做了开拓性的研究工作。1950 年第一台图形显示器作为 MIT 旋风工号 (Whirlwind I) 计算机的附件诞生了。该显示器用一个类似于示波器的阴极射线管 (CRT) 来显示一些简单的图形。1958 年美国 Calcomp 公司把联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪, GerBer 公司把数控机床发展成为平板式绘图仪。1963 年, MIT 在美国计算机联合会的年会上, 集中发表了五篇有关 CAD 的论文。当时他们这样来描述 CAD: 设计师坐在荧光屏的控制台前, 用光笔操作, 从概念设计到生产设计, 都可以实现人机交互, 设计师可随心所欲地对计算机所显示的图形进行增、删、改, 利用这种计算机系统, 人们可以在十几分钟内完成通常需要几个星期才能完成的设计工作。这在当时看来, 多少带有一些神奇色彩, 然而却极大地震动了讲求实效的工程技术界。不久, 美国通用汽车公司和 IBM 公司率先设计了 DAC (Design Augmented by Computer)-1 系统, 利用计算机来设计汽车外形与结构, 这可以说是 CAD 技术用于工程设计的最早例子。这一阶段 CAD 技术处于被动式的图形处理阶段, 称其为准备和酝酿时期。

20 世纪 60 年代, 计算机硬件从晶体管计算机发展到集成电路计算机, 计算机运行速度及内存容量有了很大提高, 为在更广阔的范围应用计算机创造了条件。以大型计算机为基础的 CAD 技术, 开始在少数大型企业, 特别是在汽车与飞机制造业中得到发展。美国洛克希德 (Lockheed) 飞机制造公司与 IBM 通用机器制造公司联合开发了基于大型计算机的 CAD/CAM (计算机辅助设计与制造系统, CADAM), 即“计算机图形增强设计与制造软件包”, 它用于设计及绘图, 并具有三维结构分析能力。此时有关 CAD 的理论研究也有了较大进展, 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, 从而为后来的 CAD 技术发展奠定了理论基础。60 年代中期出现了许多商品化的 CAD 设备, 60 年代末期, 美国安装的 CAD 工作站达到 200 多台, 可供几百人使用, 此时 CAD 技术处于蓬勃发展和应用时期。

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, 使小型计算机性能价格比有了大幅度提高。开始出现了基于小型机的 CAD 成套系统 (Tumkey System), 即交钥匙系统, 1970 年美国 Applicon 公司第一个推出完整的 CAD 系统。出现了面向中小企业的 CAD/CAM 商品化系统, 它包括图形输入及输出设备和相应的应用软件, 软硬件配套使用。70 年代末, 美国 CAD 工作站安装数量超过 12000 台, 使用人数超过 2.5 万人, 此时中小企业也开始关注并采用 CAD 技术。

20 世纪 80 年代 CAD 技术进入突飞猛进发展时期,特别是小型机及微型机的性能不断提高,价格不断下调。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、自动绘图机等品种齐全的图形处理装置已逐步形成质量可靠的系列产品,并已成为 CAD 系统的一般配置,为推动 CAD 技术向更高水平发展提供了必要条件。在这个时期,图形系统和 CAD/CAM 工作站的销售数量与日俱增,美国实际安装的 CAD 系统达到 63000 套,CAD/CAM 技术从大中企业向中小企业扩展,从产品设计发展到用于工程设计和工艺设计。

在此期间,适用于小型机及微型机的软件技术也迅速提高,发展了数据库技术,开发了大量图形软件,以及与现代设计方法相适应的各种应用软件(如有限元结构分析软件、优化设计软件等)。大量成熟的商品化软件不断涌现,又促进了 CAD 技术的应用与发展。由于国际上商品市场竞争日益加剧,要求加快产品更新换代,产品由原来单一品种、大批量生产模式转向多品种、高质量、小批量生产模式。因而,传统的人工设计方法已不能适应这种市场变化的要求,广大中小企业纷纷求助于 CAD 技术。广泛的社会需求及应用,又促使 CAD 技术得到进一步的发展与提高。

开放式、标准化、集成化和智能化成为 20 世纪 90 年代 CAD 技术发展的鲜明特色。由于微机、工作站及其操作系统在 Internet 环境下构成了 CAD 系统的主流工作平台,因此现在的 CAD 技术及其系统都具有良好的开放性、图形接口,图形功能日趋标准化。在 CAD 系统中综合应用正文、图形、图像、语音等多媒体技术和人工智能、专家系统等技术大大提高了自动化设计程度,出现了智能 CAD 技术。智能 CAD 技术把工程数据库及其管理系统、知识库及其专家系统、拟人化的用户管理系统集于一身,为 CAD 技术发展提供了更广阔的空间。

1.1.4 CAD 技术的现状

CAD 技术经历了二维绘图、三维线框造型、曲面造型、实体建模、变量化设计、参数化造型、特征建模、复合建模、装配及参数化、智能化设计等阶段。随着计算机硬件的不断发展,目前 CAD 软件技术的发展具有如下几个方面特点。

(1) 易用性

① 硬件平台 微机性能大大提高,价格大幅下降,使得原来只能在 UNIX 操作系统上运行的高档 CAD 软件纷纷转移到微机平台上,从而大大降低了 CAD 系统的总投资。

② 软件环境 大量的计算机用户非常熟悉微机的操作系统,它几乎成为无需培训便可使用的软件环境。由于大量的 CAD 软件采用微机操作系统作为平台,因此提高了 CAD 系统的易用性。

③ 网培环境 并行工程和协同工作已经成为 CAD 行业无可争议的发展方向,因此 CAD 软件还需要解决不同人员、不同地点之间的数据共享问题。Web 技术是解决这个问题的理想手段,是 CAD 软件广泛采用的重要技术。

(2) 成熟性 经过 30 多年的发展,CAD 的核心技术——几何拓扑学已经趋于成熟,并且逐步形成公认的图形标准。目前使用最为广泛的有 Parasolid 和 ACIS 等图形核心软件。CAD 软件供应商把主要精力集中在如何给用户提供更加方便、有效、快速的设计与分析的使用工具。软件的成熟性还表现在通用 CAD 系统的功能几乎大同小异,用户无需在软件功能的比较和选型方面下很大的功夫,而应该把更多的精力放在该软件的发展策略和技术服务能力的考察上面。

(3) 智能性 随着 CAD 技术不断发展,设计知识从一个零件的关键尺寸参数化逐渐发展到零件特征的参数化和装配件关键尺寸的参数化等几何知识。近几年设计知识进一步扩充

到整体几何设计知识,如零件的体积、表面积、转动惯量等参数控制,甚至于控制非几何的设计知识,如规定装配件中零件的联接方式、运动部分的活动范围,从而大大提高了设计水平和设计效率。

(4) 集成性 为了实现并行工程和协同工作,作为设计的龙头 CAD 软件必须尽早与下游的各项工作进行快速有效地通信,因此 CAD 和 CAE、CAPP、CAM 的集成一直是 CAD 供应商追求的目标。随着产品数据管理要求的日益高涨,CAD 集成到 PDM 系统(产品数据管理系统)也成为当前的重要课题之一。人们普遍认识到各个软件孤岛将会给整个企业的管理带来没完没了的麻烦。

在实际 CAD 应用系统中用户通常采用混合应用模式,即一般高档的 CAD 软件负责复杂的零件设计、分析与加工编程;中档软件负责对一般零件的设计;低档软件负责绘制工程图纸;最后在高档或中档 CAD 软件中实现装配、虚拟样机和干涉检查。这种混合型的应用是比较经济的,但是必须解决好这三档 CAD 软件之间的数据交换,最好选用同一个供应商推出的无缝联接的 CAD 系列软件。

1.1.5 CAD 技术的发展概述

根据当今计算机硬件及软件发展状况,预计 CAD 技术今后将在以下几个方面进行重点研究,并将取得进展。

(1) CAD 系统的智能化 用于设计的 CAD 系统近十年有了迅速的发展,很多著名的 CAD 系统软件,在产品的设计、分析、计算与绘图等方面发挥了重要的作用。但设计工作并不仅限于此,在设计过程中,尤其是方案设计阶段,还必须根据专家丰富的经验与知识,做出合理的判断与决策,才能获得优良的设计成果。

将领域专家的知识与经验,运用人工智能技术,归纳成一些规则,形成知识库。再利用推理机制,进行推理及判断,最终应用计算机处理后,获得具有专家水平的设计结果。这种将人工智能技术与 CAD 技术相结合,使 CAD 系统智能化的计算机程序,又称为专家系统。20 世纪 90 年代初,应用于工程设计的专家系统已取得令人瞩目的成绩,预计在未来发展过程中它将充分展示其应用潜力和广泛的应用前景。

(2) 实体造型与仿真 三维几何造型是近年来为适应 CAD 发展而不断完善的一种绘制三维形体的软件系统。表达一个三维形体的建模方法基本上有三种:线框建模、表面建模、实体造型。前两种建模方法的缺点是不能唯一地表达空间三维物体,而且无法对物体进行剖切,以表达物体的内部结构。因而近年来又发展了实体造型(Solid Modeling)。实体造型是用基本体素的组合,并通过集合运算和变形操作来建立三维形体的建模方法。它不仅可静态造型,还可进行动态造型;不仅能准确地表达三维物体的形状,还可以通过色彩、光照、浓淡处理来增强显示物体的真实感;不仅能对所建立的模型提供几何信息,还能提供物体的体积、质量、加工要求等非几何信息。日前市场上已推出有多种实体造型功能的商品化软件。整个 20 世纪 90 年代,实体建模发展近乎成熟,并达到高水平实用化程度。

计算机仿真就是在计算机上建立一个工程设计的实际系统(如机构、机器、机械手、机器人等)的计算机模型,并通过运行仿真软件代替实际系统的运行,以便对设计结果进行试验和考核。仿真的内容十分广泛,设计阶段的仿真有应力分析、振动分析、机构、动态分析等;制造阶段的仿真有数控仿真、机器人仿真、搬运仿真、测试仿真、加工刀具轨迹仿真等。仿真与三维实体造型关系十分密切,它的发展将依赖于实体造型与计算机图形学的发展。

(3) CAD 系统的集成化 CAD 系统的集成化是当前 CAD 技术发展的另一个重要方面。集成化形式之一是将 CAD 与 CAM 集成为一个 CAD/CAM 系统。在这样的系统中,设计师

可利用计算机,经过运动分析、动力分析、应力分析,确定零部件的合理结构形状,自动生成工程图纸文件,存放在数据库中。再由 CAD/CAM 系统,对数据库中的图纸数据文件,转换后记录在磁带上,直接用它控制计算机数控机床(CNC)去加工制造,形成所谓的“无图纸生产”。CAD/CAM 的优点是技术先进、降低成本、提高产品竞争力,目前在印刷电路板和集成电路设计制造中已取得明显的经济效益。

CAD/CAM 进一步集成是将 CAD/CAM、CAPP(计算机辅助工艺规程)、CAT(计算机辅助试验)、PDM(产品数据管理)集成为 CAE(Computer Aided Engineering,计算机辅助工程系统),使设计、制造、工艺、数据管理、测试工作一体化。

设计与制造更高层次的集成,即当今所谓的计算机集成生产系统(Computer Integrated Manufacturing System,简称 CIMS)。CIMS 是把产品规划、设计、制造、检验、包装、运输、销售等各个生产环节均包含在内的计算机优化和控制系统,以期实现产品生产的高度自动化。为提高产品在国际市场的竞争力,目前不少大型跨国公司都在致力于 CIMS 系统的开发与研究,我国在这方面的研究也取得了可喜的成就。

随着 CAD 技术的发展和日趋完善,以及 CAD 系统的普及应用,可以预料, CAD 系统必将成为设计工作中不可缺少的手段, CAD 技术也将成为从事设计工作的工程技术人员必须掌握的基本技能之一。因此,对一位跨世纪的工程技术人员来说,尽早掌握 CAD 技术是十分必要的。

1.1.6 CAD 技术的内涵

CAD 是一种用计算机硬件、软件系统辅助工程技术人员对产品或工程进行设计的方法与技术,包括设计、绘图、工程分析与文档制作等设计活动,它是一种新的设计方法,也是一门多学科综合应用的新技术。

基础的 CAD 工作涉及以下一些技术:

- ① 图形处理技术,如自动绘图、几何建模、图形仿真及其图形输入、输出技术;
- ② 工程分析技术,如有限元分析、优化设计及面向各种专业的工程分析等;
- ③ 数据管理与数据交换技术,如数据库管理、产品数据管理、产品数据交换规范及接口技术等;
- ④ 文档处理技术,如文档制作、编辑及文字处理等;
- ⑤ 软件设计技术,如窗口界面设计、软件工具、软件工程规范等。

近十多年来,由于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 CAD 技术有了很大的扩展,我们将这些扩展的 CAD 技术总称为“现代 CAD 技术”。

任何设计都表现为一种过程,每个过程都由一系列设计活动组成。这些活动既有串行的设计活动,也有并行的设计活动。目前,设计中的大多数活动都可以用 CAD 技术来实现,但也有一些活动尚难用 CAD 技术来实现,如设计的需求分析、设计的可行性研究等。将设计过程中能用 CAD 技术实现的活动集合在一起就构成了 CAD 过程,随着现代 CAD 技术的发展,设计过程中越来越多的活动都能用 CAD 工具加以实现,因此 CAD 技术的覆盖面将越来越宽,以至整个设计过程就是 CAD 过程。

1.1.7 CAD 的工作过程及特点

(1) 传统产品的设计过程 讨论 CAD 的工作过程前应对传统产品设计过程有所了解。传统产品设计过程可概括为以下几个阶段。

① 提出设计任务 通常人们是根据市场或社会需求提出任务的。产品设计的目的是将提供的资料(如原材料、能源等)设法转化为具有某种功能的技术装置,以满足社会需求。因而,产品设计任务的提出应以社会需求为前提和目标。

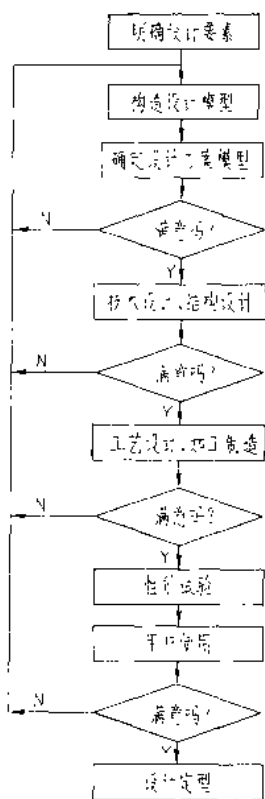


图 1-1 产品设计流程

② 明确设计要求 根据设计任务, 通过对现有同类产品资料的检索及调查研究, 对所设计产品的功能、生产率、可靠性、使用寿命、生产成本等方面, 提出明确而详细的量化指标, 形成具体的设计任务书。

③ 方案设计 在满足设计要求的条件下, 由设计人员构思多种可行的方案, 并用方案图和原理图表达出来。经过对各种方案的比较和筛选, 从几个可行方案中优选出一个功能满足要求、工作原理可靠、结构设计可行、成本低廉的方案。

④ 技术设计 在既定设计方案的基础上, 完成产品的总体设计、部件设计、零件设计。将设计结果以工程图纸及计算说明形式确定下来。

⑤ 加工制造及试验 经过加工制造、样机试验或生产现场, 将加工、试验过程中发现的问题反馈给设计人员作为进一步修改的依据。

设计流程可以图 1-1 表示。由图中产品设计工作流程可见, 产品设计是多次“设计——评价——再设计(修改)”的反复过程, 它是以满足社会客观需要及提高社会生产力为目标的一种创造性劳动。设计工作是新产品研制的第一道工序, 设计工作的质量和水平, 直接关系到产品质量、性能、研制周期和技术经济效益。因此, 在商品竞争激烈的市场经济条件下, 使设计方法及手段科学化、系统化、现代化是十分必要的。应用计算机辅助设计就是实现设计现代化的重要途径之一。

(2) CAD 工作过程 CAD 工作过程可以图 1-2 表示。CAD 工作内容主要有以下三个方面。

① 建立产品设计数据库 产品设计数据库是用来存储设计某类产品时所需的各种信息, 如有关标准、线图、表格、计算公式等。数据库可供 CAD 作业时检索或调用, 也数据的管理及数据共享。将有关行业设计手册中的数据录入光盘供各有关行业设计工作者使用, 是推广 CAD 技术的一个主要内容。

② 建立多功能交互式图形程序库 利用图形程序库可以进行二维及三维图形的信息处理, 能在此基础上绘制工程设计图样, 建立标准零部件图形库等处理工作。

③ 建立应用程序库 就是汇集解决某一类工作设计问题的通用及专用设计程序, 如通用数学方法计算程序、常规设计程序、优化设计程序、有限元方法计算程序等。在建立了产品设计数据库、图形程序库、应用程序库的基础上, 就能开展以下 CAD 工作。

a. 向 CAD 系统输入设计要求, 以及根据设计要求建立产品模型, 包括几何模型和诸如材料处理、制造精度等非几何模型, 并存于数据库中。

b. 利用应用程序库中已编制的各种应用程序, 进行设计计算及优化设计, 确定设计方案及产品零部件的主要参数。

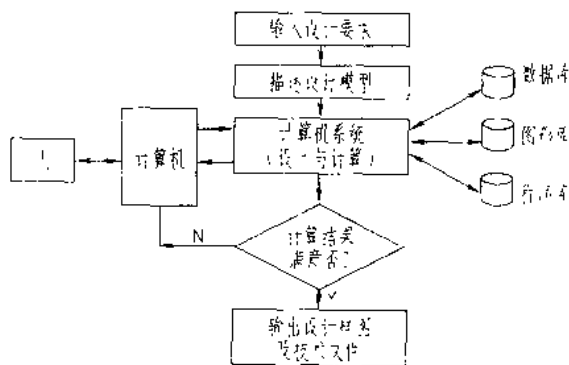


图 1-2 CAD 工作过程

c. 运用交互式图形程序库,以人机交互作业方式对初步设计的图形进行实时修改。最后由设计人员确认设计结果。

d. 利用图形处理和动画技术,对产品模型进行图形仿真,为评估设计方案提供逼真和直接的依据。

e. 输出设计结果,其中包括设计计算数据、图样及文档等,甚至还能提供下游各项工作所需的信息,从广义讲,CAD系统可以为设计、生产、制造、管理提供一切必需的信息。

(3) CAD技术的优点 通过以上对CAD技术的描述,不难理解应用CAD技术具有如下优点。

① 提高设计工作效率,缩短设计周期,设计工作效率可提高3~10倍。

② 提高设计质量,在数据库、程序库、图形库支持下,应用人机交互方法可以在短时间内得到优化的设计结果,同时,在产品结构、能耗、材料等方面取得最佳效果,使产品设计的一次成功率可达80%以上。

③ 使设计人员从烦琐重复的设计工作中解放出来,将聪明才智及精力投入到新技术开发研究和现代设计理论与方法研究之中,进行计算机所不能替代的创造性设计工作。

④ 有利于产品标准化、系列化、通用化。应用CAD技术,只需改变输入参数,就能方便地实现产品系列设计,有力地促进产品的标准化、系列化。

⑤ 有利于计算机辅助制造(CAM)的发展。通过CAD/CAM集成化,实现产品设计与制造一体化。

1.1.8 CAD系统组成

(1) CAD硬件系统

① CAD硬件系统组成 CAD技术集中体现在CAD系统上,CAD系统是用户用来实现设计思想、加速产品和工程设计的信息化工具。通常将用户可进行CAD作业的独立硬件环境称为CAD系统。它除了有主机外,还配备图形显示器、数字化仪(可无)、自动绘图机、打印机等交互式输入输出设备。其基本组成如图1-3所示。

CAD系统的构成可以分为三个层次,即基础层、支撑层、应用层。基础层由计算机、外围设备、系统软件组成,系统软件通常指的是微机或工作站上的软件操作系统。支撑层包含了图1-3所示内容,随着网络的广泛使用,异地协同虚拟CAD系统将是CAD支撑层的重要发展趋势;应用层针对不同应用领域的需求有各自的CAD专用软件来支持相应的CAD工作。

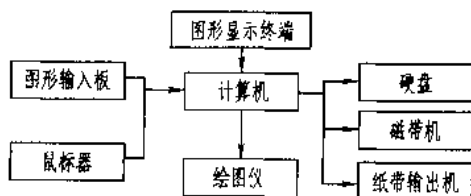


图 1-3 CAD 系统的硬件基本组成

② CAD硬件系统分类 计算机技术及通讯技术的发展,为构成多种形式的CAD系统创造了条件。目前国内外为了适应各个层次和不同规模CAD作业的要求,组成了形式众多、各具特色的CAD系统。CAD系统按其采用的计算机形式、外围设备以及它们之间的联系方式,其硬件系统大致可以分为以下几种类型。

a. 集中式大(中)型机CAD系统 这类系统是以一台大中型机为中心,用分时操作系统集中支持十几个,甚至几十个CAD终端运行。集中式CAD系统主要优点是:具有高速、大容量的内存和外存,可配置高精度、高速度、大幅面的图形输入和输出设备;它是一个多用户的系统,共用一个集中的大型数据库,全部由一个数据库系统统一管理;可运行规模较大的应用软件,有功能强的图形支撑软件,可以将设计、分析、计算、图形处理等工作结合起来,进行复杂的CAD工作。它的主要缺点是:一旦主机出现故障,将影响所有用户;

随着同时使用终端的增加,或计算工作量加大时,系统响应将变得很慢,这种情况在曲面模型处理、消除隐藏线、大型有限元分析时尤为显著;原始投资较大。因而,这类 CAD 系统适用于大型厂矿企业。

b. 独立型成套 CAD 系统 这类系统是从事 CAD/CAM 技术开发的公司专门为用户配置的计算机软硬件配套系统。系统配有专用应用软件及硬件(如高性能图形处理机),两者紧密结合配套使用。这类 CAD 系统工作的针对性很强,它所采用的主机一般为小型机,CAD 作业的水平主要取决于所配置的软件功能,适于中等规模工厂企业的应用要求。这类系统的缺点是针对性很强,用户在此基础上难于进一步开发,应用范围受到限制。

c. CAD 工作站系统 随着 CAD 技术在工业、军事、建筑等领域的应用,原有大型计算机和小型计算机由于系统庞大而不能适应 CAD 技术的要求,于是人们专门为 CAD 技术研制了专用计算机,这就是早期的工作站,目前工作站通常为单用户。相对于微机,工作站有着更鲜明的特点,主要表现在:(a)先进的操作系统,如 UNIX 操作系统,它具有可移植、可伸缩、可链接、兼容性好等特点,有优越的多用户、多任务功能;(b)极高的运算速度,主频通常在 1GHz 以上,有时其运算峰值可达更高的水平;(c)巨大的内存,内存有时可达 1G 以上,为三维图形显示及其有限元分析计算提供了物质基础;(d)强有力的联网能力,通过联网很方便地提供分布处理环境,充分利用其他工作站资源;(e)强大的图形功能。

工作站可以明显地提高产品设计的质量,缩短设计周期,节省原材料和加工时间,并可以给出详细的工艺要求,从而可以及时地设计出适销对路的产品。特别对于那些小批量、多品种的产品,工作站更能大显身手,在激烈的竞争中取胜。工作站对于许多企业来说,是技术改造的一个重要手段,对产品设计、质量、成本、时间、管理、市场有着十分重要的意义。

当前工作站在科学计算、图形图像处理、网络工程、软件工程、CAD/CAM、事物处理、信息管理等各个领域大显身手,形成了与微机平分秋色的局面。目前我国市场上的国外工作站产品有 HP、SGI、SUN、IBM、DEC、三星等型号,国内常见的品牌有华胜、大同、海信等工作站。

d. 微机 CAD 系统 以 32 位超级微机作为主机(近年来已经发展成为 64 位),配置有高分辨率图形显示系统、大幅面自动绘图机、40~200GB 硬磁盘等 CAD 必备的硬件,保证 CAD 作业的顺利进行。在微机 CAD 系统上有丰富的商品化支撑软件及应用软件,不少过去只能在大中型机上运行的著名支撑软件如 SAPV、CADAM、CADKEY、Pro/E、I-deas、Catia、UG 等,目前均有移植到超级微机上的版本,支持微机 CAD 工作,使微机系统不仅具有较强的分析计算能力,还可以满足处理三维图形的要求。

微机 CAD 系统类型很多。目前,微机 CAD 系统的发展已经呈现出非常迅速的趋势,大有与工作站相媲美之势,二者的差异正在日益缩小,甚至已经没有什么区别了。这些微机及工作站其中大多已引进国内并投入运行。国内较著名的有联想、方正、长城、TCL、实达、海信系列微机。以微机为主机,配置各种图形输入输出设备,配上国内自行研制的 OpenCAD、CAXA、PICAD、InteCAD、开目 CAD 等交互式图形支撑软件,具有较好的二维图形处理功能,如果速度、内存、硬盘能够满足要求,还可以运行三维图形设计软件。微机 CAD 系统的优点是:原始投资少,见效快;支撑软件及应用软件丰富;具有良好的可扩充性。

这类系统受到中小企业普遍欢迎,它已经成为 20 世纪 90 年代以后国内中小企业开展 CAD 工作的主要形式。