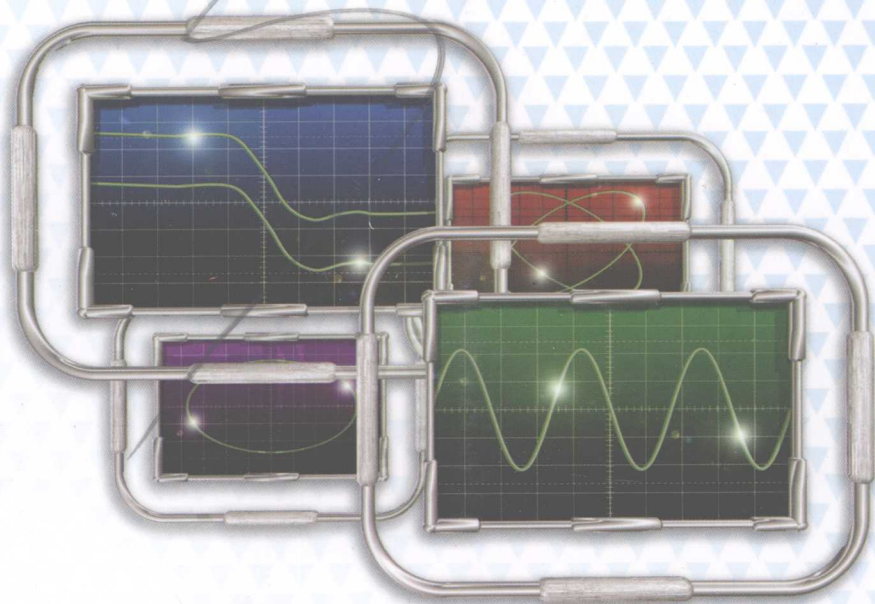


普通高等教育规划教材

机械CAD软件开发 实用技术教程

乔爱科 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TH122/844

2008

机械 CAD 软件开发实用 技术教程

主 编 乔爱科
副主编 李 杨 刘志峰
参 编 张乃龙 刘保华
付文字 李伟青
主 审 赵汝嘉

中国标准出版社 CIP 数据 (2008) 第 001333 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号) 邮政编码 100037

责任编辑: 刘小慧 封面设计: 常春丽

版式设计: 雷永明 责任校对: 陈延海

封面设计: 张 颖 责任印制: 李 强

北京机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号) 邮政编码 100037

2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm, 1/32 开本, 382 千字

第 1 版
第 1 次
第 1 次
第 1 次

机械工业出版社

本书着重于机械 CAD 软件开发实用技术的训练。通过本书的学习,读者不仅可以掌握一定的 CAD 软件开发技能,而且为将来成为软件技术开发人员和软件工程师打下基础。全书共分 8 章,主要包括:机械 CAD 的基础知识;软件工程基础知识;软件开发的界面设计;设计数据的处理;计算机图形基础及开发;AutoCAD 的二次开发;产品数据管理技术及软件开发实例。

本书可作为高等工科院校机械专业及其相关专业的教材,也可作为从事 CAD 软件开发工作的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械 CAD 软件开发实用技术教程/乔爱科主编. —北京:机械工业出版社, 2008.6

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-24060-0

I. 机… II. 乔… III. 机械设计: 计算机辅助设计—应用软件—软件开发—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 061333 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 刘小慧 责任编辑: 常建丽

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈延翔

封面设计: 张 静 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市明辉装订厂装订)

2008 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15.75 印张·385 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-24060-0

定价: 26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379712

封面无防伪标均为盗版

前言

鉴于现代机械制造业和计算机技术的飞速发展,机械制造业信息化已成为新形势下的必然趋势。利用 CAD 等现代设计方法来完成机械设计任务,已经是市场形势和学科发展的迫切要求。因此,高等学校需要培养在机械 CAD 方面有一定基础的人才,特别是具有 CAD 应用软件开发能力的高层次人才。本书定位在机械 CAD 软件开发实用技术的训练上,适用于大学高年级本科生和硕士研究生,目的是通过本书的学习,让读者掌握一定的 CAD 软件开发技能,为其成为软件技术开发人员和软件工程师打下基础。本书所涉及的软件都是目前流行的应用系统,也是目前大多数软件开发公司广泛采用的实用工具,如绘图软件采用 AutoCAD、编程工具采用 VC++、数据库系统采用 SQL Server、图形设计软件采用 OpenGL、安装软件开发工具采用 InstallShield 等。

本书紧密结合现代机械 CAD 科学技术和文化的最新成就,在内容和体系上都与其他教材有明显的不同。第一章介绍了机械 CAD 的类型和组建,以及最新 CAD 技术的概念;重点介绍了 CAD 系统的构建,目的是让读者能站在全局的高度看待软件开发的问题,能针对企业的 CAD 项目提出整体解决方案。第二章介绍了软件工程的基本概念和方法,并且针对如何提高软件质量介绍了许多技巧性的知识,提供了一系列宝贵的开发经验。第三章专门针对软件开发的界面设计进行了详细说明。第四章对机械设计数据的处理方法进行了介绍,包括数据结构的概念;数据结构的常见类型和创建;数据库的概念、应用、操作和开发实例(SQL 数据库程序实例),机械设计数据的处理方法及开发实例(VC++ 程序实例)。第五章在介绍图形学基础知识后,给出了机械 CAD 图形设计的要点、常见图形交换接口、利用 OpenGL 进行三维图形设计的开发步骤和 OpenGL 在机械 CAD 图形设计中的应用开发实例。第六章除了介绍传统的 AutoCAD 定制和开发方法之外,还介绍了 AutoCAD 二次开发的最新工具——ObjectARX 编程过程和实例。学完本章后读者可以编程实现二维和三维图形自动化的设计。第七章介绍产品数据管理(PDM)技术,给出了数据库技术的实际应用——PDM 软件开发基本方法和实用技术的应用实例。第八章给出了若干典型机械零部件 CAD 实例的开发指导,并教授开发人员设计自己的 InstallShield 安装程序,目的是让学生能够完整地开发一个软件。由此可见,贯穿本书的中心思想是 CAD 应用软件开发,目的是培养软件开发人员和软件工程师。本书不仅介绍必要的基础知识,而且给读者讲授实实在在的、有一定深度的开发技术方面的知识。读者在循序渐进的引导下,能够很容易地完成一些 CAD 应用软件的开发工作。集成性、实用性和可操作性强是本书的突出特点。

参加本书编写的人员都是多年来从事 CAD 应用和开发的高等学校一线教学和科研人员。第一章由北京工业大学乔爱科编写。第二章由北京工业大学刘志峰、李杨和乔爱科编写。第三章由北京工业大学乔爱科和中国地质大学(北京)李伟青编写。第四章由北京工业大学

乔爱科和付文字编写。第五章由北京工业大学李杨和乔爱科编写。第六章由北京工业大学乔爱科、张乃龙和河北建筑工程学院刘保华编写。第七章由北京工业大学刘志峰编写。第八章由北京工业大学乔爱科和张乃龙编写。

在本书的编写过程中,得到了北京工业大学硕士研究生高斯、马章军、赵亮和陈为彩等人的热情帮助。在此表示感谢。

感谢清华大学童秉枢教授为本书提供了宝贵的意见和建议。

特别感谢西安交通大学赵汝嘉教授审阅书稿,并提供了细致的修改意见和建议。

因编者水平有限,书中难免有错误及不当之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

本书由清华大学童秉枢教授担任主编,北京工业大学李杨、乔爱科、张乃龙、河北建筑工程学院刘保华、北京工业大学刘志峰、北京工业大学乔爱科、张乃龙担任副主编。本书编写过程中,得到了北京工业大学硕士研究生高斯、马章军、赵亮和陈为彩等人的热情帮助。在此表示感谢。感谢清华大学童秉枢教授为本书提供了宝贵的意见和建议。特别感谢西安交通大学赵汝嘉教授审阅书稿,并提供了细致的修改意见和建议。因编者水平有限,书中难免有错误及不当之处,敬请广大读者批评指正。

本书共分八章。第一章介绍了机械CAD的发展概况、特点、应用及发展趋势。第二章介绍了机械CAD的组成、功能、应用及发展趋势。第三章介绍了机械CAD的建模方法、应用及发展趋势。第四章介绍了机械CAD的装配设计、应用及发展趋势。第五章介绍了机械CAD的数控编程、应用及发展趋势。第六章介绍了机械CAD的模具设计、应用及发展趋势。第七章介绍了机械CAD的钣金设计、应用及发展趋势。第八章介绍了机械CAD的焊接设计、应用及发展趋势。本书可作为机械专业及相关专业的教材,也可供从事机械CAD工作的工程技术人员参考。

本书由清华大学童秉枢教授担任主编,北京工业大学李杨、乔爱科、张乃龙、河北建筑工程学院刘保华、北京工业大学刘志峰、北京工业大学乔爱科、张乃龙担任副主编。本书编写过程中,得到了北京工业大学硕士研究生高斯、马章军、赵亮和陈为彩等人的热情帮助。在此表示感谢。感谢清华大学童秉枢教授为本书提供了宝贵的意见和建议。特别感谢西安交通大学赵汝嘉教授审阅书稿,并提供了细致的修改意见和建议。因编者水平有限,书中难免有错误及不当之处,敬请广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 机械 CAD 的基础知识 1

第一节 机械 CAD 的概述 1

第二节 机械 CAD 系统的构建 2

一、机械 CAD 系统的硬件和软件 2

二、机械 CAD 系统的分类 7

三、机械 CAD 系统的选用和组建 11

第三节 机械 CAD 的发展概况及趋势 18

一、机械 CAD 的发展概况 18

二、机械 CAD 的发展趋势 19

第四节 机械 CAD 软件开发的基本方法 22

一、我国机械 CAD 软件开发的现状 23

二、机械 CAD 软件开发的基本方法 23

三、本教材的学习目的和体系结构 23

习题 24

第二章 软件工程基础知识 26

第一节 软件工程概述 26

一、软件工程学科 26

二、软件工程规范国家标准 26

三、软件开发的基本策略 27

第二节 软件开发过程 29

一、可行性分析 29

二、需求分析 31

三、系统设计 36

四、编码、测试、改错与维护 40

五、软件工程中的文档 48

第三节 软件质量保证 51

一、软件质量简介 51

二、软件质量的保证 52

习题 60

第三章 软件开发的界面设计 62

第一节 界面设计的一般原则 62

一、用户特点分析 62

二、界面设计的基本原则 63

三、人机交互方式 72

四、数据输入界面 75

第二节 Visual C++ 界面设计实例 77

一、Visual C++ 系统中的控件 77

二、控件类型简单介绍 78

三、控件应用示例 81

习题 82

第四章 设计数据的处理 83

第一节 数据结构及其在机械 CAD 中的应用 83

一、数据结构的基本概念 83

二、常见的数据结构 84

三、数据结构的应用 90

第二节 数据库及其在机械 CAD 中的应用 91

一、工程数据及其管理 91

二、数据库管理系统基础 91

三、工程数据库 93

四、数据库技术应用 95

五、数据库应用的简单示例 101

第三节 机械设计数据的处理 101

一、设计数据的类型及处理方法 101

二、数据的输入输出 102

三、数据的排序 106

四、数据的查找 106

五、数据的插值 107

六、曲线拟合 111

七、线图离散化 114

八、设计数据处理的注意事项 115

九、设计数据处理的示例 117

习题 117

第五章 计算机图形基础及开发 119

第一节 计算机图形学基础知识 119

一、计算机图形显示设备 119

二、计算机图形输出设备 121

三、图形元素生成的基本原理 122

四、图形的几何变换 125

五、图形真实感处理简介 127

第二节 机械 CAD 图形设计的要点 129

一、图形设计方法 130

二、绘图基本环境设置 130

三、特征造型方法	131	习题	191
四、参数化/变量化设计	133	第七章 产品数据管理技术	193
五、特殊功能模块和图形库	134	第一节 产品数据管理的概述	193
六、图形编辑和逻辑运算	138	一、PDM 的概念	193
七、尺寸标注	138	二、PDM 的发展与现状	194
八、图档管理系统	139	三、PDM 技术的应用	195
第三节 机械 CAD 图形交换接口	139	第二节 PDM 系统的体系结构及功能	197
一、机械 CAD 图形交换接口简介	139	一、PDM 系统的体系结构	197
二、常用图形接口标准	141	二、PDM 的应用功能	200
第四节 OpenGL 在机械 CAD 中的应用	149	第三节 PDM 在现代企业中的作用	200
开发	149	一、PDM 是 CAD/CAPP/CAM 的集成	200
一、OpenGL 简介	149	平台	201
二、OpenGL 软件开发步骤	150	二、PDM 是企业信息传递的桥梁	201
三、OpenGL 示例	153	三、PDM 是企业 CIMS 的集成框架	201
习题	157	第四节 PDM 的实施	202
第六章 AutoCAD 的二次开发	159	一、PDM 循序渐进的实施策略	202
第一节 AutoCAD 开发工具	159	二、实施 PDM 系统的注意事项	203
一、AutoCAD 定制的主要内容	159	第五节 产品数据管理实例	204
二、AutoCAD 二次开发的主要工具	160	一、实例说明	204
第二节 定制 AutoCAD	161	二、开发软件及数据库	204
一、AutoCAD 样板文件的定制	161	三、程序清单	206
二、AutoCAD 中各种命令的定制	162	四、程序说明	211
三、脚本文件和幻灯片的定制	163	五、实例总结	214
四、线型和字形的定制	164	习题	214
五、菜单文件的定制	166	第八章 软件开发实例	215
六、AutoLISP 语言编程基础	171	第一节 普通 V 带传动 CAD 软件	215
七、AutoCAD 对话框的设计	175	一、实例说明	215
八、AutoCAD 数据交换	179	二、主要界面及功能要求	216
第三节 用 VBA 进行 AutoCAD 的二次	179	第二节 轴的全参数化 CAD 和强度校核	220
开发	179	一、实例说明	220
第四节 用 Visual C++ 进行 AutoCAD 的二次	180	二、主要界面及功能要求	221
开发	180	第三节 用 InstallShield 做一个安装程序	225
一、ADS 与 ARX 简介	180	一、实例说明	225
二、Visual C++ 编译环境的设置	181	二、安装程序制作过程	226
三、程序开发步骤	187	习题	239
四、在 VC 程序中调用 AutoCAD	189	参考文献	240
五、在 AutoCAD 中加载和卸载 ARX 应用	190	 书影面界信总发科理 章三第	 图理组一信书影面界 章一第
..... 变更图儿信组图 四	 信组图儿信组图 四	 图理组一信书影面界 章一第	 图理组一信书影面界 章一第
..... 介信组图儿信组图 四	 介信组图儿信组图 四	 图理组一信书影面界 章一第	 图理组一信书影面界 章一第
..... 点要信书影组图 CAD 理组 节二第	 点要信书影组图 CAD 理组 节二第	 图理组一信书影面界 章一第	 图理组一信书影面界 章一第
..... 式样信书影组图 一	 式样信书影组图 一	 图理组一信书影面界 章一第	 图理组一信书影面界 章一第
..... 置安信书影组图 二	 置安信书影组图 二	 图理组一信书影面界 章一第	 图理组一信书影面界 章一第

第一章 机械 CAD 的基础知识

第一节 机械 CAD 的概述

机械设计是产品设计、制造、装配、销售和使用的整个生命周期中的第一个环节，也是最重要的环节。所谓机械设计，是指根据使用要求确定产品应该具备的功能，构想出产品的工作原理、运行方式、力和能量的传递、所用材料、结构形状以及技术要求等事项，并转化为图样和设计文件等具体的描述，以便作为制造的依据。机械设计是一个“设计—评价—再设计”的反复循环、不断优化的过程。在传统的人工设计条件下，设计的工作量大、周期长。在市场经济条件下，产品更新换代的速度越来越快，缩短产品的开发周期、提高质量、降低成本，已是各企业增强市场竞争力和促进自身发展的重要条件之一。因此，实现某种程度上的设计自动化、缩短设计周期、提高质量、降低成本就成为机械设计发展的迫切要求。正是在这样的背景下，产生了计算机辅助机械设计。

机械 CAD (Computer Aided Design) 是指将计算机技术运用到机械设计的全过程之中，利用计算机硬、软件系统辅助人们对产品和工程进行分析计算、几何建模、仿真与试验、优化设计、绘制图形、工程数据库的管理、生成设计文件等的方法和技术。它是专业技术人员和计算机的有机结合，可以充分发挥各自的优点，是一种新的设计方法，也是一门多学科综合应用的新技术。机械 CAD 系统给传统的机械设计方法和思路带来了极大的冲击，可以说是机械设计的一次革命。如上所述，机械设计包括方案决策、概念设计、总体设计、结构设计、性能分析、装配过程仿真、工作过程仿真、产品的信息数据管理等诸多方面的内容。机械 CAD 可能体现在某种程度上的设计自动化，而实现产品整个生命周期的 CAD，目前还不是一个容易达到的目标。

计算机具有快速高效的计算处理功能、大的信息存储量和图形显示仿真能力，在产品设计过程中既可以减轻设计人员的脑力、体力劳动，又为设计人员改进优化设计方法、设计参数及设计手段提供了一种便捷有效的技术手段。机械 CAD 技术现已广泛地应用到机械设计和制造的各个环节中。该技术和优势在企业生产过程中日益凸现，为缩短产品的开发生产周期、发展制造业信息化和提高企业的竞争力奠定了基础。

机械 CAD 系统除完成传统的设计步骤外，也能轻松完成一些过去不能实现的工作，如参数的优化设计、结构的有限元计算、机件和机构的形状和运动的模拟仿真、机械图样的绘制等。机械 CAD 系统还在不断地改进和扩大功能，现有的一些机械 CAD 系统的功能不仅仅局限于机械产品的设计，同时还包括系统与其他技术的结合，如与数据库技术结合，可以将每一项产品的全部信息都进行存储管理；提供二次开发的平台，为用户扩大系统的功能提供基础条件等。

第二节 机械 CAD 系统的构建

一、机械 CAD 系统的硬件和软件

机械 CAD 系统主要由两大部分组成,即硬件部分和软件部分。硬件部分包括计算机的主机和外部设备;软件部分则包括操作系统、支撑系统和应用系统等。

1. CAD 系统的硬件

CAD 系统的硬件主要包括:中央处理器、主存储器、外存储器和输入/输出设备。

(1) 中央处理器
中央处理器即 CPU,是微型计算机的核心部件,用于指挥、控制整个计算机系统完成运算、分析等工作。主机的类型及性能对 CAD 系统的使用功能起到了决定性作用。CPU 可以获取主存储器内的指令,分析指令的操作类型,实现计算机各种动作,控制数据在各部分之间的传送,输出计算的结果及逻辑操作的结果。

(2) 主存储器
主存储器也称为内存,用来存放指令、数据及运算结果。它分为随机存储器 (RAM) 和只读存储器 (ROM)。RAM 用于存放当前参与运行的程序和数据,其特点是:信息可读可写,存取方便,但信息不能长期保留,断电会丢失。因此,关机前要将 RAM 中的程序和数据转存到外存储器上。ROM 用于存放各种固定的程序和数据,由生产厂家将开机检测、系统初始化、引导程序、监控程序等固化在其中。它的特点是:信息固定不变,只能读出不能重写,关机后原存储的信息不会丢失。

(3) 外存储器
微型计算机使用的大量磁盘存储器称为外存储器。外存储器是保存计算机辅助机械设计中产生的大量数据、信息的重要外部设备。虽然内存直接与 CPU 相连,能够快速存取,但其价格较高,故计算机 CAD 系统都配置了外存储器,用来存放暂时不用或者等待调用的程序、数据等信息。常用的外存储器有磁盘、磁带、光盘等。

(4) 输入/输出设备
输入设备是人机交互中的重要条件。设计人员通过输入设备向计算机输入不同的数据、信息,输入设备将各种外部数据、信息转换成计算机能识别的电子脉冲信号,传递给计算机,实现要求的动作、运算。实现该功能的装置称为输入设备。对于机械 CAD 系统而言,除需具备一般计算机系统的输入设备以外,还需提供一些具有特殊功能的设备,如要求实现定位、画笔、输入数值、选择、拾取等功能的设备。输入设备主要包括键盘、鼠标、光笔、图形输入板、扫描仪等。输出设备主要有显示器、打印机、绘图仪、多媒体声像设备等。

2. CAD 系统的软件
对于机械 CAD 系统而言,仅有计算机硬件设备并不能满足系统的要求,机械 CAD 系统还需要配备各种相关的功能软件。软件的作用就是高效地管理和使用硬件,实现设计人员所要求的各种功能。软件系统水平的高低直接影响到机械 CAD 系统的功能、效率及使用的方便程度。软件部分在机械 CAD 中占据着越来越重要的地位。通常按照软件的不同功能将其分为系统软件、支撑软件及应用软件。

(1) 系统软件

系统软件是处于软件系统底层的管理软件部分。该软件部分不属于用户的应用程序，而是使用、管理和控制计算机运行的程序的集合，是用户与计算机硬件的纽带。它为应用软件提供了一个使用的平台，其目的就是要构成一个良好的软件工作环境，便于应用程序的开发和使用。即系统软件是应用软件的必要基础，应用软件要借助于系统软件的编制来实现其功能。一般的应用软件都是以系统软件为基础来运行的，而操作系统是系统软件中最基础、最核心的部分。由此可见，操作系统在整个服务器系统中有着至关重要的作用。当今计算机操作系统多种多样，诸如 DOS、UNIX、Linux、Netware、Windows、Windows NT 等系统。

1) DOS 系统。DOS 系统是一种单用户、单任务的操作系统。该系统操作简单，对硬件的性能要求不高，其交互功能为问答式，大量的命令需要记忆和手工键盘输入，致使计算机使用人员操作不方便，并且其内存管理存在局限性。所以，DOS 操作系统基本上已经退出了历史舞台。

2) UNIX 系统。UNIX 系统是一种多用户、多任务分时操作系统。该系统在大型机和高端微机中使用比较广泛，但其对维护、操作人员的专业水平有一定的要求。UNIX 的主要特点是技术成熟、可靠性高。许多 UNIX 主机和服务器都是每天 24h，每年 365 天不间断运行，其结构简练，便于移植。UNIX 系统是世界上唯一能在笔记本电脑、PC、工作站以及巨型机上运行的操作系统，而且能在所有体系结构上运行。开放性是 UNIX 最重要的本质特征。UNIX 系统从一开始就为软件开发人员提供了丰富的开发工具，成为工程工作站的首选和主要的操作系统及开发环境。UNIX 具有强大的支持数据库的能力和良好的开发环境。所有主要数据库厂商，包括 Oracle、Informix、Sybase、Progress 等，都把 UNIX 作为主要的数据库开发和运行平台。网络功能强大是 UNIX 的另一特点。作为 Internet 技术基础和异种机连接重要手段的 TCP/IP 协议就是在 UNIX 上开发和发展起来的。TCP/IP 是所有 UNIX 系统不可分割的组成部分。此外，UNIX 还支持所有的网络通信协议，包括 NFS、DCE、IPX/SPX、SLIP、PPP 等，使得 UNIX 系统能方便地与已有的主机系统以及各种广域网和局域网相连接，这也是 UNIX 具有出色的互操作性的根本原因。

3) Windows 操作系统。Windows 系统是一个基于图形界面实现多任务窗口环境的操作系统。该操作系统具有硬件管理、网络管理和外部设备管理等功能，并且能够运行在 Windows 和 DOS 环境中编写的程序。该操作系统的界面简单、方便，便于使用，是目前用户最多、最流行的操作系统。由于微软公司在桌面操作系统上的长期垄断地位，很多应用程序开发商专门开发各种基于 Windows 系列操作系统上的应用程序。因此，使用 Windows 操作系统能够更容易地得到各种软件服务，这是 Windows 得以流行的一个重要原因。从 1985 年第 1 版 Windows 开始，20 多年来 Windows 操作系统经历了 Windows 1.0、Windows 2.0、Windows 3.0、Windows 3.1、Windows NT 3.1、Windows 3.2、Windows 95、Windows NT 4.0、Windows 98、Windows ME、Windows 2000、Windows XP、Windows Server 2003、Windows Vista 等多种版本。Windows Vista 是美国微软公司开发代号为 Longhorn 的新一代 Microsoft Windows 操作系统的正式名称。它是继 Windows XP 和 Windows Server 2003 之后，微软有史以来最具革命性的升级操作系统。该系统带有许多新的特性和技术。它实现了技术与应用的创新，在安全可靠、简单清晰、互联互通以及多媒体等方面体现出了全新的构想。简单地说，Windows Vista 是一个具备更好的安全性，具备耳目一新和良好易用的用户界面、

图形化系统以及复制保护等崭新属性的操作系统。

4) Linux 操作系统。Linux 操作系统是所有类 UNIX 操作系统中最出色的一个。在计算机操作系统市场中, Linux 是增长率最快的操作系统, 而且也是唯一市场份额尚在增加的非 Windows 操作系统。Linux 操作系统是一种自由的、没有版权限制的软件。它在受到全球众多个人用户认同的同时, 也赢得了一些跨国大企业客户的喜爱, 如波音公司和奔驰汽车公司在一些项目中就使用了 Linux。Informix、Netscape、Oracle 等公司宣布了对 Linux 的支持, 并已推出基于 Linux 的软件产品。对于应用软件开发商而言, Linux 可能会是一个新的平台, 一个潜在的产品市场。特别是 Linux 属免费平台, 开发商不需系统平台的注册, 用户也不必花钱买操作系统。

5) Netware 操作系统。Novell Netware 是 Internet 进入我国之前最为流行的一种网络操作系统。它一开始是为 DOS 网络设计的比较专用的文件服务器操作系统, 能很好地处理从客户工作站发出的远程 I/O 请求。但是, 由于 20 世纪 90 年代计算机系统逐渐小型化, 而且多数都转移到了客户服务器计算机结构上, 所以网络服务器的作用也随之发生了相应的变化。越来越多的公司都把网络服务器看作是一个平台, 希望它能支持内部事务处理系统。(这些系统原来是在小型机和大型机上运行的)。在一个客户服务器环境中, 网络服务器必须能像大型机那样管理多个使用大量资源的服务器进程, 而且保证同样的完整性、安全性和可靠性。为了适应新的发展, Novell 公司推出了新一代的智能网络平台 Netware 5。Netware 5 继续发挥 Novell 公司在网络计算方面的优势, 为客户建立能够交付“全值网络”的网络解决方案。Netware 5 完全支持 IPX, 同时它又具备了运行纯粹 IP 网络的能力。它配备了先进的 Internet 服务器, 支持多种脚本语言, 使用起来非常方便。

(2) 支撑软件 支撑软件是协助用户开发软件与维护软件的工具性软件, 又称为软件开发环境, 可以在市场上直接购买。机械 CAD 系统所需的支撑软件主要包括: 程序设计语言、各种接口软件和工具包、数据库系统软件等。

1) 程序设计语言。程序设计语言是一组用来定义计算机程序的语法规则。它是一种被标准化的交流技巧, 用来向计算机发出指令。程序设计语言经历了从低级语言到高级语言的发展过程。高级语言的出现使得计算机程序设计语言不再过度地依赖某种特定的机器或环境。这是因为高级语言在不同的平台上会被编译成不同的机器语言, 而不是直接被机器执行。高级语言的特点是易学、易用、易维护。常见的程序设计语言有汇编语言、Basic、Fortran、C、C++、Visual C++、C#、COBOL、ADA、Pascal、Delphi、Java、JavaScript、LISP、Perl、PHP、Prolog、Smalltalk、SQL、TCL/Tk、Visual Basic、Visual FoxPro、XML 等。

2) 工具软件包。有些常用的建模、绘图、优化、数值分析、可视化、网格划分、图像处理、信号处理、开发资源库、素材库等软件模块, 或者专门为某些专业领域提供的程序模块, 可以直接为软件开发提供工具包。优化方法软件将优化技术用于工程设计, 综合多种优化计算方法, 为选择最优方案、取得最优解、求解数学模型提供了强有力的数学工具软件。系统运动学/动力学模拟仿真软件可以在产品设计时实时、并行地模拟产品生产或各部分进行的全过程, 以预测产品的性能、产品的制造过程和产品的可制造性, 如 ADAMS 机械系统动力学自动分析软件。常见工具软件包有 OpenGL、VTK、ITK、MATLAB 等。其中, OpenGL 提供强有力的图形函数, 具有建模、变换、色彩处理、光线处理、纹理影射、图像处理、

动画及物体运动模糊等功能，成为图形应用程序的首选开发工具；MATLAB 除具备卓越的科学计算、数据处理能力外，还提供了专业水平的符号计算、文字处理、可视化建模仿真和实时控制、出色的图形处理功能、应用广泛的模块集合工具箱、实用的程序接口和发布平台，因此，被广泛应用于许多专业领域的软件开发。

3) 数据库系统软件。数据库是以一定的组织方式存储在计算机中的相互关联的数据的集合。支持人们建立、使用和修改数据库中数据的软件称为数据库管理系统 (DBMS)。数据库系统则由数据库和数据库管理系统组成。数据库系统软件能够支持各子系统中的数据传递与共享。数据库系统的应用范围很广，各行各业都需要它来进行数据的储存、查询和分析。与生活密切相关的商场 POS 系统、图书馆管理系统、航班公告系统、汽修系统、企业的信息系统、票务系统、即时通信软件等都涉及到数据库系统。数据库系统正在越来越多的行业中发挥作用，使用数据库系统是大势所趋。数据库在 CAD 系统中具有重要地位，它能有效地存储、管理和使用数据。目前，市场上有大量商品化的数据库系统，如 DBASE、Fox-BASE，FoxPro、Oracle、Sybase、SQL Server、Informix 和 DB2 等，它们都属于商业用数据库系统，其中 SQL Server、DB2、Oracle 被称为三大数据库系统，它们的性能比较见表 1-1。

表 1-1 常用的三大数据库系统比较表

数据库系统	SQL Server	Oracle	DB2
性能			
开放性	只能在 Windows 上运行，没有丝毫的开放性，操作系统的稳定对数据库是十分重要的。Windows 9X 系列产品是偏重于桌面应用，NT Server 只适合中小型企业。而且 Windows 平台的可靠性、安全性和伸缩性是非常有限的。它不像 UNIX 那样久经考验，尤其是在处理大数据量的关键业务时	能在所有主流平台上运行（包括 Windows）。完全支持所有的工业标准。采用完全开放策略。可以使客户选择最适合的解决方案。对开发商全力支持	能在所有主流平台上运行（包括 Windows）。最适于海量数据。DB2 在企业级的应用最为广泛，在全球的 500 家最大的企业中，几乎 85% 以上用 DB2 数据库服务器
可伸缩性，并行性	并行实施和共存模型并不成熟，很难处理日益增多的用户数和数据卷，伸缩性有限	平行服务器通过使一组结点共享同一簇中的工作来扩展 Windows NT 的能力，提供高可用性和高伸缩性的簇的解决方案。如果 Windows NT 不能满足需要，用户可以把数据库移到 UNIX 中	具有很好的并行性。DB2 把数据库管理扩充到了并行的、多节点的环境。数据库分区是数据库的一部分，包含自己的数据、索引、配置文件和事务日志
安全性	没有获得任何安全证书	获得最高认证级别的 ISO 标准认证	获得最高认证级别的 ISO 标准认证
运行性能	性能最高，保持 Windows NT 下的 TPC—D 和 TPC—C 的世界纪录	性能最高，保持 Windows NT 下的 TPC—D 和 TPC—C 的世界纪录	适用于数据库和在线事务处理，性能较高

(续)

数据库系统	SQL Server	Oracle	DB2
性能			
客户端模式	C/S 结构, 只支持 Windows 客户, 可以用 ADO, DAO, OLEDB, ODBC 连接	多层次网络计算, 支持多种工业标准, 可以用 ODBC, JDBC, OCI 等网络客户连接	跨平台, 多层结构, 支持 ODBC, JDBC 等客户
操作简便性	操作简单, 但只有图形界面	较复杂, 同时提供 GUI 和命令行, 在 Windows NT 和 UNIX 下操作相同	操作简单, 同时提供 GUI 和命令行, 在 Windows NT 和 UNIX 下操作相同
使用风险	完全重写的代码, 经历了长期的测试, 不断延迟, 许多功能需要时间来证明, 并不十分兼容早期产品, 需要冒一定风险	长时间的开发经验, 完全向下兼容, 得到广泛的应用, 完全没有风险	在大型企业得到广泛的应用, 向下兼容性好, 风险小

数据库技术最初主要应用于事务管理, 只处理简单的数据对象。为适应制造业信息化的需求, 在工业领域应用数据库技术可以把市场分析、生产规划、产品设计、制造及维护等环节集成为一体, 以应对市场需求的多变性。因此, 工程数据库作为现代机械 CAD 系统中的重要组成部分, 越来越广泛地受到人们的重视。机械 CAD 系统由于自身的一些特点需要相应的工程数据库的支持。由于工程数据不再是单一的、静态的文字型数据, 而是涉及到管理型数据、设计型数据、图形数据等动态、多样、复杂的数据对象, 所以工程数据库系统具有概念模式动态性、数据模型多样性、数据类型复杂性等特点, 这就造成目前工程数据库系统的发展还不十分成熟。国外公司和研究所开发了一些工程数据库管理系统, 如美国波音公司的 IPIP、日本 Nippon 公司的 MLDB、挪威工业中心研究所的 TORNADO 等。大多数的工程数据库系统还是借用商业用数据库, 如 INGRES、PB、Oracle、Sybase、FoxPro、SQL Server 等关系型数据库管理系统。目前, 适用于各种工程应用领域的新一代工程数据库——面向对象的工程数据库管理系统 (OOEDBMS) 的研究方兴未艾, 被认为是最具前途的下一代工程数据库。

(3) 应用软件

应用软件的范围很广。它是在特定领域内开发, 按照用户的特定要求, 为特定目的服务的一类软件, 往往需要由用户自行开发完成。它可以是一个特定的程序, 比如一个图像浏览器、一个视听播放器等; 也可以是一组功能联系紧密、可以互相协作的程序的集合, 比如微软的 Office 软件; 还可以是一个由众多独立程序组成的庞大的软件系统, 比如数据库管理系统。应用软件处于软件系统的最外层, 是用户为解决实际问题而自行开发或委托开发的程序系统。有些支撑软件本身也可以作为应用软件直接为用户服务, 所以有时很难严格区分它所属的层次, 可根据软件所扮演的具体角色而定。应用软件是在系统软件的平台之上, 在某种支撑软件基础上, 用高级语言编程, 针对特定的问题而研制开发的。该工作又称为“二次开发”, 如模具设计软件、机械零件设计软件、机床设计软件等。它们是既可为一个用户使用, 也可为多个用户使用的一类软件。机械 CAD 系统所需的应用软件从功能上可以划分为: 绘图和几何建模软件、有限元分析和计算机辅助工程软件等。

1) 绘图和几何建模软件。图形设计软件可以支持不同专业的应用图形软件的开发。图形设计软件具有基本图形元素绘制、图形变换、图形编辑、存储、显示等功能。如,在现有的微机上广泛应用的是 AutoCAD 系统支撑软件。而几何建模软件则提供一个完整、准确地描述和显示三维几何造型的方法和工具。它包含消隐、着色、浓淡处理、实体参数计算、质量特性计算等功能。在机械设计中,常用的几何建模软件系统有 I—DEAS、UG、Solid Edge、SolidWorks、Pro/Engineer、CATIA 等。

AutoCAD 系统是美国 Autodesk 公司开发的基于微机的计算机辅助绘图软件系统。该软件系统通过交互式手段绘制二维和三维图样,提供了方便、快速的制图手段,支持多种操作系统,具有良好的人机交互绘图界面和图形编辑、图形数据接口功能。

UG 是 Unigraphics Solutions 公司开发的具有强大功能的 CAD/CAM 软件。首次突破传统 CAD/CAM 模式,为用户提供了一个从产品的概念设计到产品建模、分析和制造全过程的灵活的复合建模平台。UG 具有独特的知识驱动自动化 (KDA) 的功能,使产品和过程的知识能够集成在一个系统里。

Solid Edge 是 EDS 公司推出的 CAD 软件包。Solid Edge 采用的是基于特征的参数化、变量化设计技术,操作方便,简单易学。为从 CAD 绘图升至三维实体造型的设计提供了简单、快速的方法。

SolidWorks 软件以 Parasolid 作为几何平台和 DCM 作为约束管理模块,采用自顶向下基于特征的实体建模设计方法,可动态模拟装配过程,自动生成装配明细表、装配爆炸图、动态装配仿真、干涉检查、装配形态控制,同时具有中英文两种界面可供选择,其先进的特征树结构使操作更加简便和直观。

Pro/Engineer 系统是美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, PTC) 的产品。利用 PTC 提出的单一数据库、参数化、基于特征、全相关的概念开发出来的第三代机械 CAD/CAE/CAM (3C) 产品——Pro/Engineer 软件能将设计至生产全过程集成到一起,让所有的用户能够同时进行同一产品的设计制造工作,即实现所谓的并行工程。

CATIA 是法国达索飞机公司开发的高档 CAD/CAM 软件。CATIA 采用先进的混合建模技术,在整个产品生命周期内具有方便的修改能力,所有的模块具有全相关性和并行工程的设计环境,支持从概念设计直到产品实现的全过程。

部分国产 CAD 软件主要有:高华 CAD、gs-cad98 CAD、CAXA、金银花 (Lonicera)、开目 CAD、InteCAD、InteSolid、大恒 CAD、XTMCAD、PICAD 等。

2) 有限元分析和计算机辅助工程软件。有限元分析软件可以进行静态、动态、热特性分析,通常包括前置处理、计算分析及后置处理三部分。计算机辅助工程 (CAE) 软件是集几何建模、三维绘图、有限元分析、产品装配、公差分析、机构运动学、NC 自动编程等功能分析系统为一体的集成软件系统。由数据库进行统一的数据管理,使各分系统全关联,支持并行工程并提供产品数据管理功能,信息描述完整,协助用户完成大部分工作。计算机辅助机械设计中存在大量的机构分析、计算、优化及运动学和动力学仿真等软件,如 ANSYS、MARC、ABQUS、ADINA、SAP、ASKA、NASTRAN 等。

二、机械 CAD 系统的分类

CAD 系统的分类方法很多,这里只介绍其中常见的几种分类法。

图 1. 根据 CAD 系统配置类型划分

按照 CAD 系统所用计算机类型和外部设备的配置, CAD 系统可以分为独立系统和网络系统两大类。独立系统自成体系可以单独完成 CAD 任务。网络系统则将多个独立系统连接起来, 实现资源和信息共享, 共同完成 CAD 任务。

(1) 独立系统
根据所用处理器类型的不同, 又分为三类: 主机型 CAD 系统、工程工作站 CAD 系统、PC 机 CAD 系统。

1) 主机型 CAD 系统。它有一个 CPU, 还有多个与之连接的图形终端。大多数早期的 CAD 系统属于此类。其优点是: 多用户共享一个数据库资源; 大量用户不需要另设主机, 成本低。其缺点是: 若 CPU 失效, 则会影响所有用户; 数据库易破坏; 随着计算负荷的增加, 系统响应将延缓。

2) 工程工作站 CAD 系统。它是一个单用户系统, 具有人机交互功能, 响应时间短, 联网后可以共享资源, 便于逐步投资、逐步发展, 如美国的 SUN、HP、SGI 等。工作站之所以成为一个独立产品, 是因为其强大的三维图形处理功能深受用户的欢迎。

3) PC 机 CAD 系统。它也是单用户系统。与工作站不同的是: 该系统成本低, 工作能力相对较低, 软件功能也稍逊一筹。但是, 由于现在 PC 软硬件的飞速发展, 性能提高, 价格降低, 所以该类系统发展迅速。以 PC 为平台的 CAD 系统正在成为一般用户机械 CAD 软件的主流。

(2) 网络系统

随着互联网的飞速发展, 基于 Web 的网络结构已经深入到社会生活的方方面面。基于 Web 的应用程序设计也从最初的信息领域应用到产品设计和制造过程, 出现了基于 Web 的产品设计、基于 Web 的产品数据管理 (PDM) 和基于 Web 的生产管理等技术。上述三种 CAD 系统可以联网成为一个多处理机网络系统。其内部可以互相通信, 实现资源共享, 大大提高了系统的性能和 CAD 的效率。网络系统具有以下一些优点: ①每个终端有自己的独立系统, 在独立工作时其性能不受其他终端负荷的影响。②容易扩展, 系统配置和开发可以分步进行, 由小到大, 可以逐步将网络扩展到整个工厂。③在网络上增加新的硬件后, 网络上各个终端都可以共享。④引进的商品化软件也可以共享; 网络上各个终端之间可以传递数据与文件信息, 使用公共数据库、图形库。⑤用少量投资后, 可以使用户获得具有相当于大中型计算机才有的数据处理能力, 投资风险小、效益大。⑥克服了“信息孤岛”的问题, 便于实现现代机械制造业对信息化的要求。

网络 CAD 系统一般又可分为两大类: 客户机/服务器 (Client/Server, C/S) 交互式网络系统和浏览器/服务器 (Browser/Server, B/S) 网络系统。

1) C/S 模式。C/S 模式的基本原则是将应用任务分解成多个子任务, 由多台计算机分别完成, 也就是“功能分布”原则。客户端完成数据处理、数据表示、用户接口等功能; 服务器端完成 DBMS 的核心功能。这种模式即客户机请求服务, 服务器根据请求提供相应的服务。其主要技术特征有: ①共享资源, 节约经费: 服务器可以同时为多个客户机提供服务, 并且具有并发控制、封锁等能力以协调多用户对于共享资源的访问。②不对称协议: 在客户机与服务器之间存在着一种多对一的主从关系, 客户机是主动的, 服务器是被动的。③基于消息的交换: 客户机与服务器是一对耦合的系统, 它们通过消息传递机制互相协作, 消

息是服务请求与服务响应的媒介。当然, C/S 模式还有其他方面的技术特征。同时这种模式随着网络、通信及计算机等相关技术的发展, 数据库系统与体系结构越来越复杂, C/S 结构模式的缺点也逐渐暴露了出来, 如: 客户端软件过于庞大, 增加了维护的难度; 当软件版本升级时, 所有客户端软件均需更新; 客户端应用系统很大程度上依赖于应用平台, 服务器变动会对客户端产生一定的影响。C/S 结构虽然已经在实践中被运用, 但由于相关技术的发展与进步仍然无法回避自身的缺点, 因此在这样的背景下, B/S 结构应运而生。

2) B/S 模式。B/S 结构从功能上克服了 C/S 结构的缺点, 它将 Web 技术与数据库技术有机地相互结合, 扩展了 C/S 结构的分布计算的性能。B/S 模式的核心是应用 (Web) 服务器担负主要的功能, 在整个结构模式中具有很大的作用。其主要的技术特点是: ①采用 B/S 模式不再需要在客户端安装用户界面程序, 而是只要安装一个通用浏览器 (Browser) 则可。同时, 由于 B/S 的功能都在 Web 服务器上实现, 所以大大减少了维护工作, 管理、升级较为方便。②用户操作变得相对容易, 客户端只是一个简单易用的浏览器软件, 特别适合非计算机人员使用。③Web 浏览器与 Web 服务器支持多媒体技术, 是多媒体数据库应用、实践的前提。④从理论上来说, 基于此模式的信息系统的用户数量可以无条件地扩展, 不受其原有平台的限制, 具有较好的兼容性。该模式是当前信息系统开发中使用的主流模式。这种模式也有不足之处, 如: 由于 B/S 结构中客户端和服务端功能的分离增加了系统的通信量, 使其在处理大量数据的能力上不如 C/S 模式, 同时可交互性也不如 C/S 结构模式强等。

这两种模式具有各自的特点。C/S 模式具有较成熟的设计开发方法, 交互性强。这在完成相同任务的情况下, C/S 模式要比 B/S 模式快, 有利于大量数据的处理。而相对于 C/S, B/S 在客户端只需安装一个通用浏览器软件即可, 这不仅简化了系统的开发与维护, 使用户在客户端的操作变得更加简单, 而且适合于网上信息的发布。两种模式各有所长, 根据自身的特点和要求, 可以有选择地使用其中一种模式与交叉使用或集成使用两种模式。

2. 根据系统的作业方式划分

根据运行时设计人员的介入程度和解决实际问题的方式大致可以划分为信息检索型、交互型、智能型以及基于成组技术的 CAD 应用系统等几种类别。在这些类别之间并无鲜明的界线, 划分的目的在于突出系统的某些特性, 便于用户确定自己的辅助设计方法。

(1) 信息检索型 CAD 系统

该系统主要用于设计已定型的、标准化和系列化程度很高的产品, 例如电动机、汽轮机、变压器、泵、鼓风机和减速器等。其工作原理是将已定型的产品的标准化图样, 变成图形信息存入计算机。设计时根据订货要求输入必要信息或参数, 在计算机进行必要的计算之后, 自动检索出最佳的标准图形。由于其工作是以信息检索为中心进行的, 因此而得名。由于结果取决于输入信息或参数, 该系统又被称为参数化 CAD 系统。

信息检索型 CAD 系统具有结构简单、构造容易、运行效率高、可靠性和稳定性好的特点, 有利于企业产品的标准化、模块化和系列化设计。

然而, 由于参数化 CAD 软件系统是针对具体企业具体产品开发的, 专用性较强, 因此应用的范围比较窄, 较适用于定型产品、系列化产品的设计。

(2) 交互式 CAD 系统

所谓交互式 CAD 系统, 就是通过各种交互设备, 以人机交互的方式辅助技术人员进行机械产品设计的 CAD 软件。由设计者描述出设计模型, 再由计算机对有关产品的大量资料

进行检索,并对有关数据和公式进行高速运算;通过草图和标准图的显示,设计者运用长期工作中积累的经验对其进行分析,用光笔或键盘等输入设备,人机对话式地直接对图形中不满意之处进行实时修改;计算机根据修改指令作出响应,重新组织显示,反复循环,使之完善。

交互式 CAD 系统将人的主观能动性、创造性与计算机快速处理信息的能力有机地结合在一起,可以通过人机对话随时对设计进行修改。为了直观地显示设计结果,一般要求系统在科学计算可视化方面具有良好的功能。交互式 CAD 系统是在人的直接参与下完成的,它是以人为中心的。该 CAD 系统应用广泛、适应性强,能应用于较大范围的机械产品的设计,特别适用于设计目标难以用目标函数来定量描述的设计问题。由于软件的各个功能模块相互独立,因此,系统的开发、扩充比较容易;但要求系统操作人员对系统各种功能比较熟悉,并具有较强的机械产品设计能力。

交互式 CAD 系统比较适用于标准化、通用化和模块化程度低,产品结构变化比较大的单件、小批量生产的企业。

(3) 智能型 CAD 系统

为了提高 CAD 系统的设计效率,人们希望 CAD 系统能自动完成设计任务。这种系统称为自动型 CAD 系统。它的交互过程较少、人的干预较少。它将设计对象的全部问题归结为一定的数学模型,然后建立优化设计的目标函数,在一定的约束条件下自动完成求解,输出最优结果。因此,它是以计算机为中心的,适用于设计目标能够用明确的目标函数来定量描述的问题。然而,在很多设计中遇到的问题,如设计方案的拟定、工艺过程及参数的设计、材料类型及热处理规范的选择、零部件结构设计等均难以用数学方法来描述,属非数值计算性的内容,必须运用设计者所具备的知识和经验,通过思考推理和判断来解决。因而,面向上述环节的 CAD 系统的实际工作效益很大程度上取决于系统使用者的技术素质,显然这不利于自动型 CAD 系统的普及和提高。为了解决上述问题,近年来出现了一种新型的 CAD 系统——智能型 CAD 系统,即把专家系统和原有 CAD 系统有机结合起来。专家系统是一种使计算机能够在专家级水平上工作的计算机程序,这种系统能运用人类专家的专门知识和推理能力来解决一般人难以妥善解决的问题。在智能型 CAD 系统中,专家系统承担需要依靠知识和经验做出推理和判断的工作,主要有设计过程决策(解决设计路线问题的决策)、设计技术决策(解决设计中遇到的具体技术问题的决策)和各种结果评价等。而一些可以用数学模型来描述的工作则由通常的 CAD 系统来承担。

智能型 CAD 系统与一般计算机软件的根本区别在于:一是储存了大量专家的知识和经验,形成系统的知识库;二是设置推理机构,能模仿专家决策的思维过程来分析和解决问题。由于上述两大特点,故专家系统能根据用户提供的事实和数据,运用系统中的专家知识,作出解决问题的合理决策。

具有专家系统的智能型 CAD 已在实际设计中发挥了较好的作用。如美国 DEC(数字设备公司)的 RI 系统,出色地解决了 VAX 计算机的外形与结构设计任务,成功率达 99% 以上,大大超过制造专家所能达到的水平,为 DEC 公司创造了极为可观的经济效益。

需要指出的是,CAD 智能化目前仍面临许多亟待解决的问题,如决策空间大、知识类型复杂、多目标和多重约束、模糊性或不确定性等。只有当这些问题得到妥善地解决,它才能真正进入实用阶段。