

高等院校现代机械设计系列教材

计算机辅助机械设计

万小利 高志 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TH122
225

高等院校现代机械设计系列教材

计算机辅助机械设计

组编 北京市高等教育学会机械设计研究分会

主编 万小利 高 志
参编 米 洁 孙江宏 李伟青 韩 玥
 乔爱科 殷耀华 路敦勇
主审 宁汝新



机械工业出版社

本教材重点讲解计算机辅助机械设计技术中的软件开发和软件使用方面的基础知识,包括软件文档规范、用户界面设计、设计资料处理和管理、图形生成、计算和分析等内容。本教材与计算机辅助绘图和计算机辅助制造相关教材相互衔接,构成机械 CAD 系列课程的系列教材。

本教材适合于工科机械类和近机械类本专科学生,可以在机械设计课程或机械设计基础课程之后安排 20~40 学时的课堂教学和 20 学时左右的上机实践。本教材也适合于一般工程技术人员的培训和自学。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助机械设计/万小利,高志主编。—北京:机械工业出版社,2003.2

(高等院校现代机械设计系列教材)

ISBN 7-111-11546-5

I. 计... II. ①万...②高... III. 机械设计:计算机辅助设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 002596 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 商红云 版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:张静 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·6.5 印张·249 千字

定价:16.50 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

高等院校现代机械设计系列教材

编 委 会

主任委员	清华大学	吴宗泽
副主任委员	北京工业大学	王大康
	北京科技大学	罗圣国

委 员 (按姓氏笔画为序)

北京理工大学	万小利
北京航空航天大学	王之栋
华北科技学院	田忠友
清华大学	刘 莹
机械工业出版社	刘小慧
北京化工大学	张有忱
中国农业大学	张淑敏
北京科技大学	李 威
北京机械工业学院	姚文席
装甲兵工程学院	韩 玥

序 言

为了满足 21 世纪我国社会主义现代化建设和科学发展的需要,培养高素质的专门人才,高等机械工程教育按照“教育要面向现代化、面向世界、面向未来”的方针,在教育思想、教学内容和教学方法等方面进行了全方位的改革。

机械设计系列课程在机械工程学科中占有重要地位,它是面向工科相关专业的课程改革的重要组成部分,而教材建设又是教学改革的核心。为此,北京市高等教育学会机械设计研究分会组织北京市和外省市部分院校有丰富教学经验的教师,采取老、中、青相结合的方式编写了这套现代机械设计系列教材。该系列教材按照教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的精神组织实施,充分反映了有关学校机械工程学科发展和机械设计系列课程改革的成果,其主要特点为:

1. 总结了各院校近年来机械设计系列课程的教学改革经验和方法,教材内容编排贯彻系统合理、精选内容、理论联系实际、便于教师教学和学生学习的原则。

2. 本系列各教材在体系上作了科学的分工,既体现了传统的教学内容,又立足于创新,反映了本学科发展的部分新内容。

3. 本系列教材是一套较为完整的系统教学用书,通过学习可以达到整体优化学生的知识、能力和素质,加强综合设计能力和创新设计能力培养之目的,可供不同专业、不同办学方式的学校选用。

4. 为配合各校开展 CAI 教学,便于指导学生学学习,在多数教材中配备了光盘,有利于读者使用。

由于编写本套教材工作量较大,时间短,又缺乏经验,加上编者水平所限,教材中难免有不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

北京市高等教育学会机械设计研究分会
高等院校现代机械设计系列教材编委会

2003 年 1 月

前 言

伴随着计算机技术的发展,计算机辅助设计(CAD)技术发展迅速,尤其在机械设计领域。这种技术的发展,使传统的机械设计手段和方法发生了根本性的变化。目前,国内外大中型企业已经广泛使用CAD技术,急需该方面技术人才。与此相关的工科机械类和近机械类的大学本科学生,毕业后将形成两种分流方向。其中一部分学生将从事机械CAD专门领域应用软件的开发;另一部分学生将使用成熟的机械CAD软件从事本专业领域的工程设计和科学研究。无论如何,21世纪的工程技术人员必须掌握一定的机械CAD的基础知识,以提高自身的工作能力和素质。

目前,国内外各个大学的机械工程专业基本上都开设了机械CAD方面的课程。但是,由于CAD技术涉及面广,技术更新较快,加上还没有形成全国性的教学大纲,各个学校都根据自己的情况进行这门课程的内容安排和讲授,深度和难度变化很大。机械工程专业CAD课程的主要内容大致可以分为三大块内容:计算机辅助绘图、计算机辅助设计、计算机辅助工艺设计及制造。根据教学实践经验,这三块内容分别安排在本科教学的各个不同阶段并相互衔接是比较适宜的。

本教材编写的目的就是作为大学本科生的技术基础课程和一般机械工程技术人员自学教材,重点讲解计算机辅助机械设计技术中的软件开发和软件使用方面的基础知识。使学生掌握机械CAD软件使用和软件开发中应用专业基础知识的基本概念和技能,加深对机械CAD基本概念的理解和实践能力。学生在学习本课程后,可以掌握计算机辅助设计的基础知识,包括用户界面、设计资料的处理、图形生成、现代设计方法的应用等基础内容。通过典型零部件计算机辅助设计软件编程和上机实践,使学生具有一定的软件开发动手能力。本教材与计算机辅助绘图和计算机辅助工艺设计及制造相关教材相互衔接,构成机械CAD系列课程的系列教材。

本教材的先修课程包括“工程图学与机械制图”、“机械原理”、“机械设计”、“高级语言程序设计”。本教材可以安排20~40学时的课堂教学和20~40学时的上机实践。

本教材由万小利和高志主编,参加编写的有米洁、孙江宏、李伟青、韩玥、乔爱科、殷耀华、路敦勇。全书由宁汝新教授主审。

编 者

2002年10月

2002/10/25

目 录

序言	
前言	
第一章 概论	1
第一节 CAD 技术在机械设计中的应用	1
一、初步设计	1
二、性能分析和模拟仿真	2
三、交互式和自动绘图	3
第二节 计算机辅助机械设计系统的组成	3
一、常用硬件	3
二、软件系统	5
三、常用支撑软件简介	6
第三节 计算机辅助机械设计系统的软件工程及标准规范	8
一、软件工程的基本概念	8
二、工程化软件的特征及要求	9
三、CAD 技术和标准规范	10
四、软件工程中的文件规范	12
习题	16
第二章 用户界面设计	17
第一节 Windows 图形用户界面简介	17
第二节 Windows 应用程序模型	19
一、事件与消息	19
二、Windows 应用程序框架	20
三、MFC 消息映射	21
四、VC++ 常用向导和编辑工具	21
第三节 Windows 常用控件介绍	22
一、静态文本控件	22
二、按钮控件	22
三、编辑框控件	23
四、列表框控件	23
五、组合框控件	23
六、滚动条控件	23
第四节 菜单的设计	24
一、Windows 应用程序菜单介绍	24
二、菜单编辑器的使用	24
三、菜单的设计	27
第五节 对话框的设计	33
一、对话框的组成及设计原则	34
二、对话框设计	35
三、对话框的类型	36
四、对话框的设计步骤	37
第六节 通用对话框简介	40
习题	41
第三章 设计资料处理和管	42
理	42
第一节 设计资料处理	42
一、设计资料类型及处理方法	42
二、数据的输入输出	43
三、数据的查找	47
四、数据的插值	49
五、曲线拟合	55
六、线图离散化	58
七、方程求解	60

八、设计数据处理注意事项	次开发	119
项	二、图形交换文件 DXF	121
第二节 数据结构及应用	习题	125
一、数据结构的基本概念	第五章 计算与分析	126
二、常见的数据结构	第一节 现代设计方法简介	127
三、数据结构的应用	一、现代设计的特点	127
第三节 数据库技术及应用	二、现代设计方法的范畴	128
一、工程数据及其管理	第二节 机械优化设计	132
二、数据库系统	一、机械优化设计的基本概	
三、工程数据库	念	132
四、数据库技术的应用	二、常用优化设计方法	139
习题	三、优化设计的一般过程	144
第四章 图形生成	四、优化设计的实例	145
第一节 图形生成基础	第三节 机械结构有限元分析	150
一、基本图素与坐标系	一、有限元分析基本原理	151
二、图形变换	二、弹性力学基本知识	152
第二节 二维绘图软件系统的基	三、有限元分析的步骤	154
本功能	四、平面问题有限元分析	157
一、基本图形元素的生成和	五、有限元分析软件	166
绘制	第四节 机械可靠性设计	171
二、基本图形元素组合及图	一、机械可靠性设计的基本	
形的编辑和修改	内容	171
三、辅助作图功能	二、机械零件的可靠度	172
四、半自动尺寸标注、查询	三、机械强度可靠性设计	175
和属性定义功能	四、机械系统可靠性设计	178
第三节 三维曲线和曲面造型基	习题	183
础	综合题	183
一、曲面定义方法	第六章 计算机辅助机械设计技	
二、曲线和曲面的计算机表	术的发展	184
示	第一节 集成技术	184
第四节 三维建模技术	第二节 多媒体技术	186
一、三维实体建模技术	第三节 虚拟现实技术	188
二、三维特征建模技术	第四节 人工智能技术	190
第五节 图形生成应用软件开	第五节 网络技术	191
发	参考文献	196
一、支撑软件系统的用户化二		

第一章

概 论

伴随着计算机技术的发展,计算机辅助机械设计技术发展迅速,使传统的机械设计手段和方法发生了根本性的变化。本书的主要内容是概括目前 CAD 技术在机械设计领域中的应用,详细说明计算机辅助机械设计应用软件开发的基础知识,并介绍计算机辅助机械设计软件技术的发展趋势。

第一节 CAD 技术在机械设计中的应用

计算机辅助机械设计(Computer Aided Machine Design)是指计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)技术在机械设计过程中的应用,属于计算机辅助设计技术的主要应用领域之一。工程人员以计算机为辅助工具,完成产品的设计、分析、绘图等工作,并达到提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品成本的目的。

计算机辅助机械设计目前从功能上一般可以归纳为辅助设计人员进行初步设计和方案决策、性能分析和模拟仿真、交互式或自动绘图等,它贯穿于机械设计的各个阶段。充分利用计算机数值运算速度快、存储信息量大、图形图像显示逼真等特点,可以大大减轻机械设计人员的设计工作量,加快设计进度。下面根据机械设计的一些主要阶段简要介绍目前计算机辅助机械设计常用的部分功能。

一、初步设计

1. 设计计算

机械设计过程中经常需要进行大量的初步设计计算和校核计算,如主要几何参数计算、受力分析、强度和寿命计算、刚度计算等,都涉及大量的数值计算。对于这些常规的重复性的设计计算工作,由计算机辅助来完成这些计算量,可以使设计人员从繁重的计算工作中解脱出来。由于初步设计和校核计算涉及范围广,涉及行业较多,目前设计计算方面的应用程序大多针对性较强,还没有形成比较通用和完整的软件包。

2. 优化设计

机械设计过程中,经常需要设计人员根据给定的设计条件和功能要求对机械零件的许多主要参数进行数值选择。不同的数值组合,对机械零件的功能乃至整

个机械系统的性能影响极大,设计人员非常希望在众多选择中确定一组趋近合理的最好的主要参数。优化设计技术就是利用计算机的极高的运算速度完成“选择—评价—再选择”的过程,直至得到趋于最好的结果。目前的优化设计技术已经形成比较完整的原理和算法,设计者的主要任务是将具体的机械设计问题模型化,即建立优化设计数学模型,便可以选择算法甚至程序很快得出结果。

3. 设计资料查询

机械设计过程中需要引用和查询大量的标准、规范、性能等基础数据。“数据库管理”技术就是利用计算机的存储信息量大、查询速度快的特点,将这些基础数据按照一定规则组织存储在计算机中,可以结合知识库和推理机提供快速的推理、判断、检验和查询等手段,使设计者能够方便快速地得到这些数据。目前已经形成了比较成熟的通用数据库管理和工程数据库管理软件系统,随着机械设计数据库的逐渐丰富和完善,设计资料查询将变得方便快捷。

4. 结构设计

机械设计过程中需要进行大量的结构设计和图形绘制,这是设计人员常规繁重的设计工作。利用计算机的几何造型功能,设计人员通过人机交互可以直观和快速地进行机械结构的三维设计,并能够很方便地修改。目前已经出现了许多比较成熟的几何造型软件,它们都提供三维几何建模工具,可以快捷方便地生成各种机械结构。对于成熟的机械零部件结构,可以建立参数化图形库,设计者只需输入少量的特征数据,由计算机完成结构类型选择、结构尺寸计算、图形生成、干涉检验等工作。甚至借助快速成型机,可以得到零部件的实物模型,使设计者在设计阶段便可以观察到产品的最终结构形状。

二、性能分析和模拟仿真

1. 运动仿真

机械设计过程中要对机械的运动方案进行设计,需要了解机械在各个瞬时的运动特性,这些工作涉及大量的运动分析数值计算。利用计算机运算速度快和直观的图形显示功能,可以使设计者清楚地了解各个机械运动的瞬时特性,包括姿态、轨迹、速度、加速度、受力变化情况等。

2. 有限元分析

有限元分析通过将整个机械结构划分成有限元网格,通过数值计算,可以比较精确地分析机械结构中任意点处的应力和位移等数值,已经被广泛应用于位移分析、应力分析、温度场分析振动分析与仿真等。目前已经有许多成熟的有限元分析软件,设计者的主要工作是载荷分析和机械结构的离散化,以及计算结果的分析修正等。

3. 可靠性分析

可靠性分析就是将设计参数视为随机变量,利用概率统计的理论和方法对机

械零部件的可靠度进行分析。这种分析过程通常需要利用计算机辅助分析的方法来完成。

4. 动态分析与仿真

动态分析主要是采用离散有限元方法,分析机械系统本身的各阶固有频率、阻尼特性、对应于各阶固有频率的振型和机械系统在动载荷下的响应等,为机械系统振动特性分析和动强度分析提供依据。

5. 外观设计与仿真

利用真实感三维造型技术进行机械产品的外观造型设计和仿真,可以直观获得最终产品的视觉效果;利用计算机仿真技术可以进行机械产品外观的气体动力学、液体动力学分析和三维温度场分析等。

三、交互式和自动绘图

1. 交互式绘图

一般的交互式绘图软件都提供基本的工程图样绘制工具,使设计者可以完成二维工程图样的绘制工作,并提供增添、修改和尺寸标注等功能。

2. 参数化零件图库

对于一些成熟的零部件,其结构原理相同,只是各部分尺寸大小不同,可以建立参数化零件图库。设计者利用参数化零件图库只需输入少量数据,便可由计算机自动生成相应的设计图样,有些软件还具有自动拼接分析功能,使各个局部图样相互拼接成较大图样。

3. 图样自动生成

通常指根据设计结果自动生成工程图样,包括由机械结构的三维造型自动生成二维工程图样。

第二节 计算机辅助机械设计系统的组成

计算机辅助机械设计系统由硬件和软件两大部分构成,如图1-1所示。一般来说,硬件是计算机和外部设备的统称,软件是指在硬件上运行的程序及与程序有关的所有文件。软件和硬件共同构成一个完整的系统。根据计算机系统规模大小,可以将计算机辅助机械设计系统分为单机系统、局域网络系统和万维网络系统。下面将简要介绍目前常用的硬件和软件系统。

一、常用硬件

1. 主机

主机通常指中央处理器、内存储器及其外部设备接口等构成的硬件系统,它是整个计算机硬件系统的核心,它的性能对计算机辅助机械设计系统的性能影响很大。目前计算机辅助机械设计系统的主机常用大型机、中型机、小型机和高档

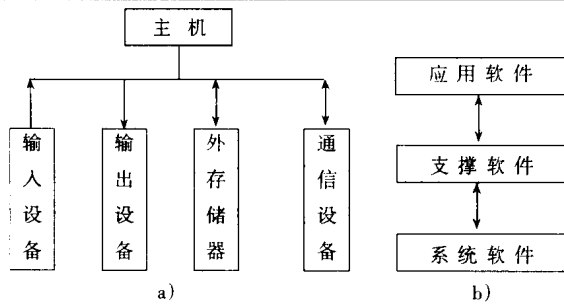


图 1-1 计算机辅助机械设计系统

微机，选用主机的主要性能指标有运算速度、字长和内存大小等。

2. 输入设备

输入设备是人机交互的重要工具，设计人员通过输入设备向计算机输入数据、程序、图形等信息。

键盘是必不可少的输入设备之一，设计人员通过键盘可以向计算机输入字符、命令、程序、数据等。

鼠标是常用的定位信息输入设备，通过鼠标在桌面上的移动可以在屏幕上定位光标或拾取图形点的坐标。但定位精度比较低，一般用于点取菜单或捕捉特殊的点坐标。作为精确图形点坐标的输入，仍应配合键盘数字输入。

光笔作用和特点同鼠标，但它可以直接在屏幕上移动。

数字化仪和图形输入板是图形输入的一种设备，通过探头在图形输入板上移动定位，将位置坐标输入计算机。

扫描仪可以将扫描图纸所得到的灰度或彩色点阵数据输入计算机，配合专门的图纸识别程序构成图纸自动识别系统，将点阵数据转换成 CAD 系统的图形数据。

数码相机是真实图像输入设备，它可以将光学图像转换为数字图像，直接输入计算机进行显示和处理。

触摸屏是以手指代替光笔的一种输入设备。当手指触摸屏幕的不同位置时，可以将相应的触摸信号输入计算机。

数据手套和外衣是虚拟产品设计中的主要输入设备；它集成了被称为跟踪系统的位置传感器和力传感器，传感器的数目一般都较多，可以将人体的运动和触觉等信息传送到计算机。

3. 输出设备

输出设备的主要作用是将计算机辅助机械设计系统的分析结果输出，采用文字、数据、图表、工程图样或实物模型的方式表示出来。

显示适配卡和显示器可以显示二维和三维实体的平面图形图像，便于交互和修改。

打印机和绘图仪，可以输出二维平面图形图像和工程图样。

快速成型机主要用于输出三维结构实物模型。

头盔显示器是虚拟产品设计中常用的输出设备，它可以根据计算机的输出图形数据在观察者的眼前建立一个立体图像，同时通过立体声耳机建立接近实际的声音效果。一般在头盔上都集成有头部运动传感器。

4. 外存储器

外存储器是保存计算机辅助机械设计系统数据信息的重要设备，分为可移动外存储器（如软盘或光盘）和固定外存储器（如固定硬盘或磁带机）。主要指标是存储数据信息量的大小和存取速度以及体积。

5. 通信设备

通信设备用于将单台计算机相互连接构成局域网或万维网，使它们之间可以互相传送数据信息。如调制解调器、网卡、集线器、中继器、路由器等。

二、软件系统

通常将计算机辅助机械设计系统的软件分为三个层次：系统软件、支撑软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件主要负责管理硬件资源和各种软件资源，是属于软件系统的底层管理软件，一般包括操作系统、窗口管理系统、网络管理系统、外部设备管理系统等。

目前比较常用的系统软件有 MS - DOS、UNIX、MS - WINDOWS、X - WINDOWS 等系统。

(1) MS - DOS 系统。它是基于 Intel 系列微机普遍采用的一种单用户、单任务操作系统，具有输入/输出 (I/O) 管理功能和命令处理功能。该系统操作简单，易于掌握，对于硬件性能要求不高。但是这种操作系统内存管理存在局限性。

(2) UNIX 系统。它是一种多用户多任务分时操作系统，是大型机和许多高档微机广泛采用的操作系统。但是不同版本的 UNIX 系统并不完全兼容。

(3) MS - WINDOWS 系统。它是 Microsoft 公司推出的一个基于图形界面的多任务窗口环境，可以完成硬件管理、网络管理和外部设备管理等功能，能够运行 Windows 所编写的应用程序，也能运行为 MS - DOS 环境所编写的程序。

(4) X - WINDOWS 系统。它是一种可移植的网络透明的窗口系统，可以在不同体系结构或操作系统的机器上运行。它采用客户/服务器的工作方式，含有数百个子程序的 XLIB 库。目前已经成为一种协议性标准，其典型产品已有许多种，如 OSF 的 Motif 和 Sun 的 Open Look 等。

2. 支撑软件

支撑软件是指能够支持辅助用户直接完成某些设计工作的具有通用性功能的软件，它们除了能够完成某些特定功能外，一般还具有较好的数据交换性能、软件集成性能和二次开发性能。根据支撑软件的功能可以有二维绘图软件、三维造型软件、数据库管理软件、数值计算和分析软件以及集成软件等。

(1) 绘图软件。完成计算机辅助工程绘图功能，通常指二维交互绘图软件。它是计算机辅助机械设计系统中最基本的支撑软件。这些软件一般是以工程图样生成和绘制为主要应用目标，具有图形功能强、操作方便、开放性等特点。

(2) 三维造型软件。它们通常包含三维几何建模、特征建模、物性计算（如质量、重心计算等）、真实感图形图像显示、干涉检查、二维工程图生成等功能。

(3) 数据库管理软件。将设计过程中各种复杂数据进行统一管理，便于各个软件和软件系统进行数据的查询、交换和处理。

(4) 数值计算和分析软件。这类软件通常用于机械设计过程中的数值计算、分析及仿真。如运动和动力分析、有限元分析、优化设计等。

(5) 集成软件。目前已经出现了许多将上述多种功能集成于一体的大型支撑软件。

3. 应用软件

应用软件通常以软件包的形式实现一些特定的功能。由于机械设计涉及行业众多、内容广泛，用户的要求和生产条件多种多样，仅仅靠支撑软件远远不能发挥计算机辅助设计系统的效能，通常要针对某些行业某类产品进行大量的应用软件开发。应用软件的水平和可靠性是整个计算机辅助机械设计系统能否产生应有的效益的关键。

应用软件开发可以基于支撑软件平台进行二次开发，也可以采用常用的程序开发工具进行开发。应用软件开发时，除了应符合软件开发标准规范和能够完成特定的功能外，还应考虑软件的数据交换和集成等性能。

三、常用支撑软件简介

1. AutoCAD 和 MDT 系统

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司开发的一个交互式绘图软件。该软件系统以交互式二维工程图样绘制为主要功能，并具有部分三维造型功能。它面向微机系统，支持多种操作系统，具有良好的人机交互图形输入、辅助绘图和图形编辑功能，图形数据接口和设备驱动程序比较完善。尤其是它提供 LISP、C 等高级语言二次开发平台，提供应用软件和数据库管理软件的接口，使其具有很好的用户开放性和二次开发功能。用户可以在该软件系统提供的二次开发平台上，开发适合用户要求的计算机辅助机械设计系统，构成比较完整和实用的集成系统。目前已经成为微机平台上建立集成软件系统的一种开发平台。

MDT 是 Autodesk 公司在 AutoCAD 二次开发平台上研制出的一个面向机械行

业的基于参数化实体造型和曲面造型的计算机辅助设计软件包，它具有参数化实体造型和曲面造型的装配造型关联性绘图等功能，并可以集成由数十家 Autodesk 战略合作软件开发商提供的各种应用软件包，如优化设计、有限元分析、动态模拟仿真、数控加工、公差分析等，使其功能不断增强。目前已经成为微机平台上的一种性能比较完善的计算机辅助机械设计集成支撑系统。

2. I-DEAS 系统

I-DEAS 是美国 EDS 公司开发的一个综合性的设计分析和制造一体化的 CAD/CAM/CAE 集成系统。主要功能有实体造型、曲面造型、装配和干涉检验、二维工程图绘制和由三维实体直接生成二维工程图、NC 刀具轨迹生成和仿真、有限元分析和仿真、测试数据分析和仿真、数据库管理、几何数据交换等功能。它的优势主要表现在工程分析、测试数据分析、参数化设计和草图功能等方面。

3. UG (UniGraphics) 系统

它是美国 EDS 公司开发的一个综合性的设计分析和制造一体化的 CAD/CAM/CAE 集成系统。具有三维曲面和实体造型、质量管理、测试数据分析、工艺设计和数控 (NC) 编程等功能。它的主要优势是三维曲面、实体造型和数控 (NC) 编程功能，具有较强的数据库管理和有限元分析前后处理功能，还提供有一个界面友好的二次开发工具和高级语言接口。此外，EDS 中国公司推出发布了 Solid-Edge 软件作为微机三维 CAD 软件，它可运行在 Windows 平台上，具有基于参数化特征三维造型和渲染，以及生成工程图样功能。

4. Pro/Engineer 系统

它是 PTC 公司的著名软件产品，具有较强的三维实体和参数化曲面设计及绘图、组装管理、刀具轨迹生成等功能，具有统一管理的数据库，并具有用户自定义几何形状特征造型和较完整的数据交换转换器。

5. EUCLID-IS 系统

它是 Matra Datavision 公司推出的 CAD/CAM/CAE 集成系统，将实体造型和曲面造型融合，并配合整体性数据库，经过不断完善和升级得到广泛应用。

6. MSC 系统

MSC 系统是 MSC 公司开发的基于有限元的一系列 CAE 工程化软件包，涵盖多个行业，具有静力分析、动力分析、振动分析、结构非线性分析、热分析、空气动力弹性和颤振分析、流体分析、设计优化分析、疲劳分析等功能。其中 Nas-tran 是功能较全、应用较广泛的大型通用结构有限元分析软件。

7. ADAMS 系统

ADAMS (Automatic Dynamic Analysis Mechanical System) 软件系统是目前使用范围较广的机械系统仿真软件包。具有零件动力特性分析、零件的变形分析、系统振动分析、零件的运动干涉分析、零件载荷谱分析、逼近和优化设计等功能。

以上是大中型计算机辅助机械设计系统常用的国外几种大型支撑软件系统。随着个人微机性能的提高,以上几种支撑软件系统都经过移植推出了微机版本。此外,适用于微机的国产支撑软件系统也在不断推出和发展。作为机械设计技术人员应该关注支撑软件技术的发展,根据实际需要,掌握一种或多种支撑软件的使用方法。

第三节 计算机辅助机械设计系统的软件工程及标准规范

无论是操作系统、支撑软件还是应用软件,它们的开发过程都属于软件工程项目范畴,往往需要大量的人力物力投入和不断地完善、更新、发展。因此,软件开发人员应该了解软件工程的一些基本概念,对软件开发工程标准规范有所了解。在从事计算机辅助机械设计应用软件开发时,要符合软件工程规范。这样才能保证应用软件具有良好的维护性和发展前景。此外,还应注意考虑软件的数据交换和集成性等方面的内容。

一、软件工程的基本概念

1. 软件工程

采用工程学科的一些成熟技术,将欲开发的软件视为产品,按工程方法组织软件产品的生产,对该产品的规划、设计、测试、销售等各个环节进行科学管理,由此形成了软件工程的观念,相应地产生了软件工程学。

2. 软件的定义

软件是计算机程序、方法、规则、相关的文档以及程序运行时所需要的数据。它具有以下三个方面的含义:

- (1) 个体含义是指程序以及有关的一切文档。
- (2) 整体含义是指计算机系统中除硬件以外的所有组成。
- (3) 科学含义是指开发、使用、维护软件的理论、方法和技术的研究。

3. 软件产品开发的一般过程

(1) 产品研究阶段。产品研究的目的是不断扩充和完善有关产品的知识,这些知识是有效进行产品开发的前提条件。与产品相关的研究包括技术现状总结、有关专业技术研究分析、涉及产品开发的技术研究、产品工艺方面的研究、针对竞争的市场分析等。技术研究通常分为基础性研究和应用性研究。基础性研究的目的是分析和解释自然现象,以便应用于实践中所提出的技术问题。应用性研究是检验基础性研究成果在技术产品上的可应用性。在此阶段一般要形成技术发展现状分析、技术分析报告和应用前景分析。

(2) 产品规划阶段。任何产品都是为了满足和适应市场需求,因此在产品规划阶段必须进行市场需求分析、市场预测、功能分析、技术和经济可行性分析等

工作, 确定该软件的各项功能、性能需求和设计约束, 明确设计目的和任务, 最后形成详细的产品开发可行性报告, 给出详细的项目开发计划书, 并确定对文件编制和标准化的要求。也要形成软件需求说明书和数据要求说明书。

(3) 产品设计阶段。根据产品设计任务书和现有技术水平, 进行方案和技术设计。系统设计人员和程序设计人员应该在反复理解软件需求的基础上, 提出多个设计方案, 分析每个设计方案能履行的功能并进行相互比较, 最后确定较好的一个设计方案。通常可分为初步设计和详细技术设计。初步设计要建立系统的总体结构, 设计全局数据库或数据结构, 面向目标将功能进行分解, 并制定组装测试计划。详细技术设计对功能模块进一步分解, 设计程序模块的内部细节, 包括数据结构和函数以及函数内部的数据结构和算法, 为编写程序代码提供必要的说明和依据。最后要编制概要设计说明书、详细设计说明书、数据库设计说明书和测试计划。

(4) 产品制造阶段。将详细设计说明转化为程序设计语言编写的程序, 完成源程序的编码、编译(或汇编)和排错调试得到无语法错误的程序清单, 对程序单元进行测试, 验证程序模块接口的一致性, 并按照组装计划完成软件系统的组装。最后完成模块开发卷宗、开发进度月报编写, 并且要完成用户手册、操作手册等面向用户的文件编写工作。

(5) 产品测试阶段。产品组装完成后, 必须按照项目开发计划书和测试计划进行全面的 product 测试, 检查审阅已编制的文件, 包括各种功能和技术指标的鉴定, 提供详细的测试报告。除了按照测试计划进行测试外, 还可采用专家测试鉴定、用户测试鉴定等方法。作为开发工作的结束, 所生产的程序、文件以及开发工作本身将逐项被评价, 最后完成项目开发总结报告。

(6) 销售、使用和维护阶段。软件系统投入市场后, 应建立完善的信息反馈体制, 及时发现和纠正隐含的产品缺陷, 并根据市场的变化情况, 根据新提出的需求进行必要且可能的扩充和删改, 制定产品更新和重新开发规划。

二、工程化软件的特征及要求

软件工程涉及范围广, 其求解过程往往比较复杂, 但一般情况下都应该满足以下基本要求:

(1) 工程化软件应该能全面正确地实现预定功能, 运行过程和结果要求正确无误, 并具有一定的优化和智能化程度。

(2) 工程软件应该运行稳定可靠, 出错率小于预定的概率; 具有比较完善的错误处理体系和合理的出口; 具有较强的人为或自动纠错能力。

(3) 工程化软件的操作应该简单明了, 具有良好的用户界面, 尽可能简化计算机操作规则和术语, 丰富灵活的提示方法和内容, 简单快速的人机交互方式和快速反应能力。