



21st CENTURY

十一五规划

21世纪全国应用型本科

大机械系列 实用规划教材

上海市教委重点学科建设项目：T0502



计算机辅助设计与制造

主 编 仲梁维 张国全
副主编 王亮申 王宗才
主 审 殷国富

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材

计算机辅助设计与制造

主 编	仲梁维	张国全	
副主编	王亮申	王宗才	
参 编	骆艳洁	王新华	张丽珍
	刘海岷	陈彩凤	
主 审	殷国富		

内 容 简 介

本书是根据高等院校工科相关专业计算机辅助设计与制造课程的教学基本要求编写的。在编写过程中力求体现应用型人才培养的特点,每一个基础理论的讲授之后均有软件系统实际操练,配合原理和实现方法的学习;各章内容互相联系,又自成体系;内容全面,体系完整。全书共分 11 章,系统地介绍了 CAD 系统的硬件特性和软件特点, CAD 系统的结构和分类, CAD 系统的选择与配置,工程数表的程序化和公式化的方法,计算机绘图系统,几何交切,规则曲线,拟合曲线,剖面线与填色,图形变换等的算法,几何造型及特征建模的基本知识, Pro/E 软件的应用,有限元的基本原理及 ANSYS 软件的使用, CAD 系统的二次开发技术,计算机辅助制造的基本概念,计算机辅助工艺设计(CAPP)的基本原理,计算机辅助数控编程的方法, Master CAM 软件的应用, CAD/CAPP/CAM 集成技术及发展等内容。

本书可作为高校工科相关专业的必修或选修课教材,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计与制造/仲梁维, 张国权主编. —北京: 中国林业出版社; 北京大学出版社, 2006.8

(21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材)

ISBN 7-5038-4439-6

I. 计… II. ①仲… ②张… 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. TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 076955 号

书 名: 计算机辅助设计与制造

著作责任者: 仲梁维 张国全 主编

策 划 编 辑: 李昱涛

责 任 编 辑: 郭穗娟 高红岩 牛玉莲

标 准 书 号: ISBN 7-5038-4439-6

出 版 者: 中国林业出版社(地址: 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号 邮政编码: 100009)

<http://www.cfph.com.cn> E-mail: cfphz@public.bta.net.cn

电话: 编辑部 66170109 营销中心 66187711

北京大学出版社(地址: 北京市海淀区成府路 205 号 邮编: 100871)

<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com> E-mail: pup_6@163.com

电话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社 中国林业出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 428 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

《21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材》

专家编审委员会

名 誉 主 任 胡正寰*

主 任 委 员 殷国富

副主任委员 (按拼音排序)

戴冠军 江征风 李郝林 梅 宁 任乃飞

王述洋 杨化仁 张成忠 张新义

顾 问 (按拼音排序)

傅水根 姜继海 孔祥东 陆国栋

陆启建 孙建东 张 金 赵松年

委 员 (按拼音排序)

方 新 郭秀云 韩健海 洪 波

侯书林 胡如风 胡亚民 胡志勇

华 林 姜军生 李自光 刘仲国

柳舟通 毛 磊 孟宪颐 任建平

陶健民 田 勇 王亮申 王守城

魏 建 魏修亭 杨振中 袁根福

曾 忠 张伟强 郑竹林 周晓福

*胡正寰: 北京科技大学教授, 中国工程院机械与运载工程学部院士

丛书总序

殷国富*

机械是人类生产和生活的基本工具要素之一，是人类物质文明最重要的一个组成部分。机械工业担负着向国民经济各部门，包括工业、农业和社会生活各个方面提供各种性能先进、使用安全可靠的技术装备的任务，在国家现代化建设中占有举足轻重的地位。20 世纪 80 年代以来，以微电子、信息、新材料、系统科学等为代表的新一代科学技术的发展及其在机械工程领域中的广泛渗透、应用和衍生，极大地拓展了机械产品设计制造活动的深度和广度，改变了现代制造业的产品设计方法、产品结构、生产方式、生产工艺和设备以及生产组织模式，产生了一大批新的机械设计制造方法和制造系统。这些机械方面的新方法和系统的主要技术特征表现在以下几个方面：

(1) 信息技术在机械行业的广泛渗透和应用，使得现代机电产品已不再是单纯的机械构件，而是由机械、电子、信息、计算机与自动控制等集成的机电一体化产品，其功能不仅限于加强、延伸或取代人的体力劳动，而且扩大到加强、延伸或取代人的某些感官功能与大脑功能。

(2) 随着设计手段的计算机化和数字化，CAD/CAM/CAE/PDM 集成技术和软件系统得到广泛使用，促进了产品创新设计、并行设计、快速设计、虚拟设计、智能设计、反求设计、广义优化设计、绿色产品设计、面向全寿命周期设计等现代设计理论和技术方法的不断发展。机械产品的设计不只是单纯追求某项性能指标的先进和高低，而是注重综合考虑质量、市场、价格、安全、美学、资源、环境等方面的影响。

(3) 传统机械制造技术在不断吸收电子、信息、材料、能源和现代管理等方面成果的基础上形成了先进制造技术，并将其综合应用于机械产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务的机械产品制造全过程，以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产，提高对动态多变的市场的适应能力和竞争能力。

(4) 机械产品加工制造的精密化、快速化，制造过程的网络化、全球化得到很大的发展，涌现出 CIMS、并行工程、敏捷制造、绿色制造、网络制造、虚拟制造、智能制造、大规模定制等先进生产模式，制造装备和制造系统的柔性可重组已成为 21 世纪制造技术的显著特征。

(5) 机械工程的理论基础不再局限于力学，制造过程的基础也不只是设计与制造经验及技艺的总结。今天的机械工程学科比以往任何时候都更紧密地依赖诸如现代数学、材料科学、微电子技术、计算机信息科学、生命科学、系统论与控制论等多门学科及其最新成就。

上述机械科学与工程技术特征和发展趋势表明，现代机械工程学科越来越多地体现着知识经济的特征。因此，加快培养适应我国国民经济建设所需要的高综合素质的机械工程学科人才的意义十分重大、任务十分繁重。我们必须通过各种层次和形式的教育，培养出适应世界机械工业发展潮流与我国机械制造业实际需要的技术人才与管理人才，不断推动我国机械科学与工程技术进步。

为使机械工程学科毕业生的知识结构由较专、较深、适应性差向较通用、较广泛、适

*殷国富教授：现为教育部机械学科教学指导委员会委员，现任四川大学制造科学与工程学院院长

应性强方向转化,在教育部的领导与组织下,1998 年对本科专业目录进行了第 3 次大的修订。调整后的机械类专业变成 4 类 8 个专业,它们是:机械类 4 个专业(机械设计制造及其自动化、材料成型及控制工程、过程装备与控制、工业设计);仪器仪表类 1 个专业(测控技术与仪器);能源动力类 2 个专业(热能与动力工程、核工程与核技术);工程力学类 1 个专业(工程力学)。此外还提出了面向更宽的引导性专业,即机械工程及自动化。因此,建立现代“大机械、全过程、多学科”的观点,探讨机械科学与工程学科专业创新人才的培养模式,是高校从事制造学科教学的教育工作者的责任;建立培养富有创新能力人才的教学体系和教材资源环境,是我们努力的目标。

要达到这一目标,进行适应现代机械学科发展要求的教材建设是十分重要的基础工作之一。因此,组织编写出版面向大机械学科的一系列教材就显得很有意义和十分必要。北京大学出版社和中国林业出版社的领导和编辑们通过对国内大学机械工程学科教材实际情况的调研,在与众多专家学者讨论的基础上,决定面向机械工程学科类专业的学生出版一套系列教材,这是促进高校教学改革发展的重大决策。按照教材编审委员会的规划,本系列教材将逐步出版。

本系列教材是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,合理定位,由长期在教学第一线从事教学工作的教师立足于 21 世纪机械工程学科发展的需要,以科学性、先进性、系统性和实用性为目标进行编写,以适应不同类型、不同层次的学校结合学校实际情况的需要。本系列教材编写的特色体现在以下几个方面:

(1) 关注全球机械科学与工程学科发展的大背景,建立现代大机械工程学科的新理念,拓宽理论基础和专业基础知识,特别是突出创造能力和创新意识。

(2) 重视强基础与宽专业知识面的要求。在保持较宽学科专业知识的前提下,在强化产品设计、制造、管理、市场、环境等基础理论方面,突出重点,进一步密切学科内各专业知识面之间的综合内在联系,尽快建立起系统性的知识体系结构。

(3) 学科交叉与综合的观念。现代力学、信息科学、生命科学、材料科学、系统科学等新兴学科与机械学科结合的内容在系列教材编写中得到一定的体现。

(4) 注重能力的培养,力求做到不断强化自我的自学能力、思维能力、创造性地解决问题的能力以及不断自我更新知识的能力,促进学生向着富有鲜明个性的方向发展。

总之,本系列教材注意了调整课程结构,加强学科基础,反映系列教材各门课程之间的联系和衔接,内容合理分配,既相互联系又避免不必要的重复,努力拓宽知识面,在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索。当然,本系列教材还需要在内容的精选、音像电子课件、网络多媒体教学等方面进一步加强,使之能满足普通高等院校本科教学的需要,在众多的机械类教材中形成自己的特色。

最后,我要感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动,也要感谢北京大学出版社和中国林业出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因,本系列教材还存在一些不足和错漏。我相信,在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下,不断改进和完善这套教材,使之在我国机械工程类学科专业的教学改革和课程体系建设中起到应有的促进作用。

前 言

计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)技术是综合应用多学科技术的工程技术,是提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品生产成本的强有力手段,是高校工程类专业的重要课程,是高等学校学生及工程技术人员必须掌握的基本工具。

本书根据高校工科各专业计算机辅助设计与制造课程教学的基本要求及在分析了多所大学教学大纲的基础上编写而成,可作为高校工科相关专业的教学用书,建议授课学时为30~80学时,各校可以根据自己的培养计划确定相应的教学内容,需有上机实践相配合。本书也可作为工程技术人员的参考用书。

本书以大机械类专业的学生为教学对象,学生可以在掌握了计算机基础知识、机械基本知识的基础上,系统学习CAD/CAM技术。本书力图使高校工科学生及一般工程技术人员在尽可能短的时间内,掌握CAD/CAM系统的基本知识、基本方法。本书的特点:第一,各章内容既相互联系,又自成体系,从认识规律和教学规律出发,为满足不同层次读者的需要,安排了部分基础知识和新概念、新方法,较好地处理了内容的深度和广度的关系;第二,强调理论与实践的结合,突出实用型人才培养的特点,每一个基础理论的讲授之后均有软件系统实际操练,配合原理和实现方法的学习;第三,内容全面,体系完整,满足不同学时的教学需要。

本书第1章由上海理工大学仲梁维编写,第2章由上海理工大学骆艳洁编写,第3、4章由河南工业大学王宗才编写,第3章的3.8节及第5章由武汉工业学院张国全编写,第6、11章由上海理工大学王新华编写,第7章由上海水产大学张丽珍编写,第8章由武汉工业学院刘海岷编写,第9章由上海理工大学陈彩凤编写,第10章由鲁东大学王亮申编写。全书由仲梁维统稿,由四川大学殷国富教授担任主审。

在本书的编写过程中,河北建筑工程学院张兰娣、内蒙古工业大学王建国、安徽建筑工业学院雷声等老师对本书的大纲提出了许多建设性意见,上海理工大学马庆强整理了书中的插图并作了大量的文字工作,在此一并表示衷心的感谢。

本书是编者在教学和科研成果的基础上编写而成的。由于时间、水平有限,书中难免存在欠妥之处,恳请读者指正。

编者 E-mail: usstcad@126.com。

编 者
2006年6月

目 录

第 1 章 计算机辅助设计(CAD)概论	1
1.1 CAD 的含义及特点	1
1.1.1 CAD 的特点	1
1.1.2 CAD 系统的结构	3
1.2 CAD 系统的硬件	4
1.2.1 工作站系统	4
1.2.2 CAD 系统的常用外围设备	4
1.3 CAD 系统的软件	7
1.3.1 CAD 系统软件	7
1.3.2 CAD 支撑软件	7
1.3.3 CAD 应用软件	9
1.3.4 CAD 系统间的接口	9
1.4 计算机辅助设计系统的发展趋势	10
小结	12
习题	12
第 2 章 工程数据的计算机处理	13
2.1 数表程序化	13
2.1.1 用数组的形式程序化数表	14
2.1.2 插值	14
2.1.3 数表拟合公式化	18
2.2 线图程序化	18
2.3 数据文件	19
小结	21
习题	22
第 3 章 计算机图形学基础	23
3.1 计算机绘图概述	23
3.2 计算机绘图系统	24
3.2.1 图形输入设备	24
3.2.2 图形输出设备	25
3.3 计算机绘图软件	26
3.3.1 计算机绘图软件	
的主要功能	26
3.3.2 绘图软件的类型	27
3.3.3 图形软件标准	28
3.4 几何交切子程序设计	29
3.4.1 几何交切常用函数	29
3.4.2 两圆相交函数的设计	30
3.5 曲线	32
3.5.1 规则曲线	32
3.5.2 自由曲线	33
3.6 剖面线与填色	40
3.7 图形变换	42
3.7.1 概述	42
3.7.2 二维图形变换	44
3.7.3 三维图形变换	48
3.8 AutoCAD 二维绘图	54
3.8.1 系统操作环境设置	54
3.8.2 常用绘图命令	57
3.8.3 常用编辑命令	61
3.8.4 绘图步骤	68
3.8.5 二维图形绘图技巧	69
3.8.6 常见问题解答	71
3.9 AutoCAD 常用命令	72
小结	73
习题	73
第 4 章 CAD/CAM 建模技术	75
4.1 概述	75
4.2 几何造型中的常用模型	75
4.2.1 三维形体的线框模型	75
4.2.2 三维形体的表面模型	77
4.2.3 三维形体的实体模型	78
4.3 三维产品建模技术	78
4.3.1 实体造型的理论基础	78
4.3.2 实体造型的基本方法	81

4.3.3 典型实体造型系统介绍.....	85	第 6 章 计算机辅助工程分析	130
4.4 特征建模技术	87	6.1 有限元概述	130
4.4.1 特征建模概述.....	87	6.2 有限元分析的原理及步骤	131
4.4.2 特征定义与分类.....	88	6.3 有限元分析的前后置处理	137
4.4.3 形状特征的分类.....	89	6.3.1 有限元分析的前置处理	138
4.4.4 基于特征的零件信息模型.....	90	6.3.2 有限元分析的后置处理	139
4.4.5 特征建模的方法及其实现.....	91	6.3.3 CAD 三维建模与前后置 处理的关系	140
4.5 参数化与变量化设计技术	93	6.4 ANSYS 软件工程应用	141
4.5.1 参数化设计与变量化设计 的基本概念.....	93	6.4.1 ANSYS 的基本操作	142
4.5.2 变量化设计中的整体 求解法.....	97	6.4.2 静态计算	145
4.5.3 参数化设计中的参数 驱动法.....	99	6.4.3 动态计算	150
小结	102	6.5 基于有限元的优化设计	153
习题	102	6.5.1 有限元的优化设计步骤	154
第 5 章 Pro/E 软件.....	103	6.5.2 有限元的优化设计实例	155
5.1 Pro/E 的概述	103	6.6 基于有限元的仿真技术	156
5.1.1 Pro/E 的界面	103	6.6.1 概述	156
5.1.2 Pro/E 系统运行 环境与配置.....	105	6.6.2 CAE 仿真分析技术在产品 生命周期中的作用	157
5.2 创建二维草图	110	小结	158
5.2.1 进入草绘环境.....	110	习题	158
5.2.2 绘制几何元素.....	110	第 7 章 CAD 系统的二次开发技术.....	160
5.3 常用实体特征的建立	115	7.1 二次开发概述	160
5.3.1 拉伸特征.....	115	7.1.1 二次开发的定义、意义 及特点	160
5.3.2 旋转特征.....	117	7.1.2 机械 CAD 软件 的二次开发	161
5.3.3 混合特征.....	118	7.2 AutoCAD 软件开发技术概述	162
5.3.4 扫描.....	119	7.3 Visual LISP 编程语言	163
5.3.5 孔特征.....	121	7.3.1 AutoLISP 与 Visual LISP 简介	163
5.3.6 抽壳特征.....	122	7.3.2 Visual LISP 的启动	164
5.3.7 圆角特征.....	122	7.3.3 Visual LISP 显示界面	164
5.3.8 倒角特征.....	123	7.3.4 AutoLISP 语言的常用函数	165
5.3.9 镜像特征.....	124	7.3.5 AutoLISP 的编程举例	167
5.3.10 局部组与 UDF	124	7.4 VBA 编程语言	169
5.3.11 阵列特征.....	124	7.4.1 VBA 的概念与作用	169
小结	127		
习题	127		

7.4.2 VBA 在 AutoCAD 中 的实现方式.....	170	9.1.4 CAPP 发展趋势	207
7.4.3 AutoCAD 与 ActiveX Automation	170	9.2 计算机辅助工艺设计的分类	208
7.4.4 ActiveX Automation 对象.....	171	9.2.1 派生式(Variant) CAPP 系统	208
7.4.5 VBA 的集成开发 环境(IDE)	174	9.2.2 创成式 CAPP 系统	215
7.4.6 使用 VBA 管理器 组织工程.....	176	9.2.3 混合式 CAPP 系统	222
7.4.7 处理宏.....	177	小结	226
7.4.8 使用 VBA 创建和编辑 AutoCAD 实体	178	习题	226
7.4.9 一个绘制螺栓的 VBA 实例.....	180	第 10 章 计算机辅助制造	228
小结	187	10.1 数控技术概述	228
习题	188	10.1.1 数字控制	228
第 8 章 计算机辅助制造(CAM)概论	189	10.1.2 数控加工方法	229
8.1 CAM 的含义及特点	189	10.1.3 数控机床的主要类型	230
8.2 CAM 技术的产生和发展	190	10.1.4 数控系统的组成	232
8.3 计算机辅助制造系统的硬件	192	10.1.5 点位控制、直线控制 和轮廓控制	235
8.4 计算机辅助制造系统的软件	193	10.1.6 数控技术的发展	235
8.4.1 软件系统的层次结构.....	193	10.2 数控语言及数控加工程序的 编制.....	238
8.4.2 软件系统功能实现步骤.....	195	10.2.1 数控程序的结构	238
8.4.3 CAM 应用软件 的选用原则.....	196	10.2.2 准备功能指令	240
8.4.4 常用 CAM 软件介绍	197	10.2.3 数控编程方法	242
小结	200	10.3 CAD 系统与 NC 编程的连接	244
习题	201	10.3.1 CAD 系统与 NC 编程 的连接方法	244
第 9 章 计算机辅助工艺 设计(CAPP)	202	10.3.2 CAD/CAPP/NC 系统 之间的数据交换	244
9.1 计算机辅助工艺设计概述	202	10.4 MasterCAM 软件	253
9.1.1 计算机辅助工艺设计 的功能.....	202	10.4.1 MasterCAM 软件的基本 操作	253
9.1.2 现代 CAPP 软件应具备 的技术.....	203	10.4.2 CAD 软件与 MasterCAM 软件的数据通信	259
9.1.3 计算机辅助工艺设计 系统结构.....	206	10.4.3 MasterCAM 软件数控 代码的自动生成	259
		10.4.4 MasterCAM 软件的加工 过程的模拟	260
		10.4.5 MasterCAM 软件的后 处理	264

小结	267	11.2.5 CIMS 成功应用的案例	274
习题	267	11.3 并行工程	274
第 11 章 CAD/CAM 集成技术		11.3.1 概述	274
的发展方向	268	11.3.2 并行工程的定义和特点	275
11.1 CAD/CAPP/CAM/CAE/PDM		11.3.3 并行工程在技术支撑上	
(4C/P)一体化	268	的要求	276
11.1.1 CAD/CAM 技术的定义	268	11.3.4 并行工程的效益	277
11.1.2 CAD/CAM 的组成	269	11.3.5 并行工程实施实例	277
11.1.3 计算机辅助工艺过程		11.4 虚拟制造系统	278
设计(CAPP)	270	11.4.1 虚拟制造技术	278
11.1.4 CAD/CAM 集成技术		11.4.2 虚拟制造技术支持	280
的发展	270	11.4.3 虚拟制造系统体系结构	281
11.2 计算机集成制造系统(CIMS)	271	11.4.4 虚拟制造技术在制造业	
11.2.1 概述	271	中的应用	282
11.2.2 CIMS 的组成	272	小结	283
11.2.3 CIMS 的实施	273	习题	284
11.2.4 CIMS 的经济效益	273	参考文献	285

第 1 章 计算机辅助设计(CAD)概论

教学提示: 计算机辅助设计(CAD)是当代计算机技术与设计理论及方法相结合的产物,是机械设计的重要手段。计算机辅助设计系统主要由软件系统和硬件系统组成。

教学要求: 本章让学生学习计算机辅助设计的基本概念,理解 CAD 不是自动设计,而是设计人员在计算机辅助设计系统的帮助下进行设计的过程。了解 CAD 系统的软、硬件功能及选择的方法。

1.1 CAD 的含义及特点

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是 20 世纪 60 年代发展起来的一门新兴的综合性计算机应用技术。计算机辅助设计技术是计算机科学与工程科学之间的跨学科的综合科学。计算机辅助设计是以设计者为主体,由设计者利用计算机辅助设计系统的资源,对产品设计进行规划、分析、综合、模拟、评价、修改、决策并形成工程文档的创造性活动。设计者的创新能力、想象力、经验与直觉和计算机的高速运算能力、图形图像显示处理能力、信息检索处理能力相互结合,综合运用多学科的相关技术完成问题求解、产品的设计及产品的描述,极大地提高了设计工作的效率,为无图纸化生产提供了前提和基础。

计算机辅助设计系统为设计者提供了成功且有效地完成设计工作所需的各种资源,包括建立设计对象的模型、实体设计与图形设计及图像显示、工程计算及优化、功能模拟及运动模拟、产品设计所需的标准、规范及原材料的性能、工艺参数等工程数据,数据交换标准、方法及工具,设计者与系统交互作业的用户接口。

计算机辅助设计的工作过程大致是:①进行功能设计,选择合适的科学原理或构造原理;②进行产品结构的初步设计,产品的造型和外观的初步设计;③从总图派生出零件,对零件的造型、尺寸、色彩等进行详细设计,对零件进行有限元分析,使结构及尺寸与应力相适应;④对零件进行加工模拟,如注塑(对塑料制品)、压铸(对金属件)、锻压或机械加工等过程进行模拟,从模拟过程中发现制造中的问题,进而提出对零件设计的修改方案;⑤对产品实施运动模拟或功能模拟,对其性能做出评价、分析和优化,最终完成零件的结构设计。机械 CAD 的设计过程如图 1.1 所示。

可见,计算机辅助设计系统包括了图形功能(几何造型和图形处理),科学计算功能,信息交换、传输与共享功能,工程分析与仿真功能,产品的表示及管理功能。

1.1.1 CAD 的特点

计算机辅助设计有如下主要特点。

(1) 提高设计效率。减小工作人员的工作量和劳动强度,结构设计和工程制图的速度大大提高。尤其对复杂零件的设计可以无级缩放、分级设计、缩短设计周期、加速产品的

更新换代、增强产品的市场竞争力。

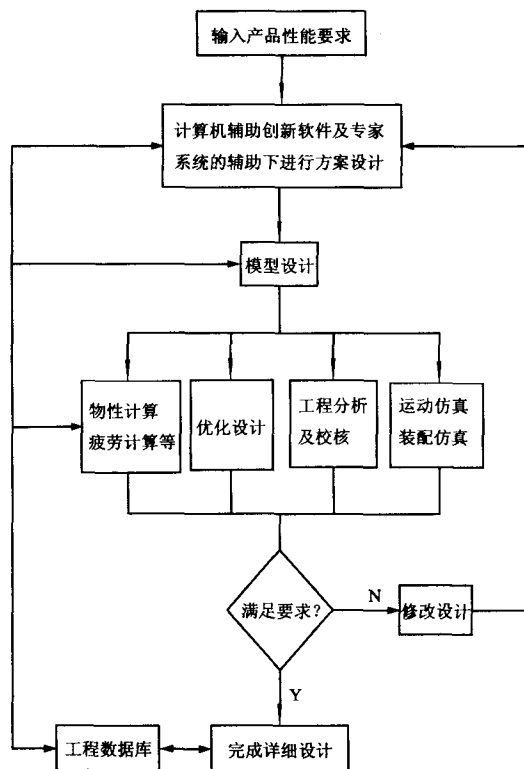


图 1.1 机械 CAD 设计过程

(2) 提高设计质量。利用 CAD 软件提供的优化技术和设计计算功能，有限元分析及装配运动仿真技术，可以减少人为的设计误差，提高设计质量和产品的可靠性。

(3) 利于成组设计。可以广泛采用通用件、标准件及标准设计流程。

(4) 修改设计方便。在二维 CAD 系统中，只需对已存储的图纸做局部修改就可成为新图，在某些先进的辅助设计系统中，修改了装配图则零件图随之自动修改，反之亦然。在三维 CAD 系统中，零件与装配件数据相关，修改了零件实体，零件的工程图，以及所在的装配体随之可以更新，反之亦然。

(5) 设计与分析统一。系统有一个描述产品模型的数据库，通过分析，设计者可以预知产品的性能。

(6) 易于实现产品数据的标准化。企业的产品数据包括设计、图文、技术文档等，标准化易于企业积累产品资源，易于继承历史的知识财富，方便产品数据的存储、传递、转换和理解。

(7) 易于实现网络的协同设计。设计人员可以借助 Internet 在不同地点、不同部门协同设计同一个产品。

(8) 无图纸化生产的前提。提供 CAM 或 CIMS 基础数据。

(9) 为实现 PLM 系统提供基础。CAD 技术是产品生命周期管理(Product Life-cycle Management, PLM)的基础，PLM 功能之一即是管理 CAD 的数据。

1.1.2 CAD 系统的结构

CAD 系统主要有以下典型结构。

(1) 集中式主机系统。以高性能通用大型机做主计算机，可以分时方式连接几十个或几百个终端，软、硬件选择余地小，投资巨大，适合大型企业使用。该系统在 20 世纪 70 年代较为流行，目前已经不再采用。其结构如图 1.2 所示。

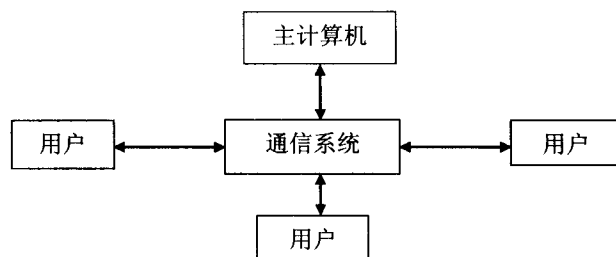


图 1.2 集中式主机系统

(2) 小型机成套系统。专门定制的用户 CAD 系统。用户购买后，可以立即使用；性能价格比适中，但系统扩展能力差；适当选配异种机联网技术和标准数据交换接口，可向分布式网络工作站发展。这种系统适合中等企业选用。

(3) 微型计算机 CAD 系统。由于 32 位微机的发展提高了微机数值处理和图形处理能力，可以实现不复杂零件的 CAD，许多工作站上的 CAD 软件不断出现微机版本，微机环境的 CAD 软件相继问世，为扩大微机 CAD 系统的应用提供了基础，微机 CAD 在中小型企业有广泛的应用前景。其系统结构如图 1.3 所示。

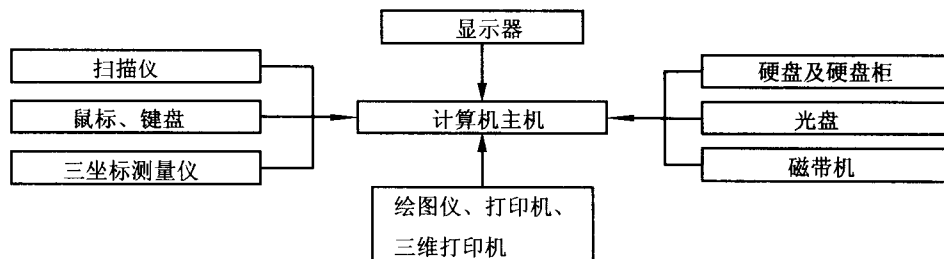


图 1.3 微机系统

(4) 分布式网络工程工作站系统。由 32 位或 64 位工作站组成，一般均可配三维图形加速器，有很强的图形功能和联网能力。支持多种操作系统和开发平台，有很高的性价比。基于网络的微机工作站系统，应用计算机技术和网络通信技术，将分布于各处的多台各类计算机以网络形式连接起来。采用局域网可以将一座大楼、一个工厂范围内的计算机联网，通过 Internet 则可将多个局域网连接起来，并可访问分布在世界各地的设计小组与设计人员，以沟通设计信息。典型的工作站分布式网络为星形拓扑结构。

1.2 CAD 系统的硬件

CAD 系统的硬件主要由主机、输入设备(键盘、鼠标、三维坐标输入器、数字化仪、扫描仪,三坐标测量仪等)、输出设备(显示器、绘图仪、打印机、快速成形机、三维打印机等)、信息存储设备(主要指外存,如硬盘阵列、光盘、磁带机等)、网络设备、多媒体设备等组成。

1.2.1 工作站系统

CAD 常用硬件系统主要是工作站。工作站是一种比较特殊的计算机机种,它主要面向专业应用领域,具有强大的数据运算、图形图像处理、网络通信能力。常用的工作站有以下两种类型。

1. UNIX 工作站

CPU 采用精简指令系统 RISC 处理器,操作系统主要采用 UNIX 系统。该类型工作站可以配置多个 CPU,具有 64 位或 128 位的计算能力,物理内存可达 16GB,并能提供很大的虚拟内存空间,能满足高性能计算的要求,但价格昂贵。SGI、HP、IBM 等公司均有此类产品。

2. PC 工作站

PC 工作站是随着个人计算机性能的不断增强而逐渐发展起来的。这类工作站的 CPU 常采用 Intel 公司和 AMD 公司的 32 位或 64 位处理器,也可以采用双 CPU 或双核系统,操作系统采用 Windows 2000 或 Windows XP,或 64 位的 Windows XP Professional x64 Edition。一般采用专业显示卡。该类工作站随着硬件技术的发展,性能越来越好,逐步接近 UNIX 工作站,而且价格便宜,是目前应用最广泛的类型。

1.2.2 CAD 系统的常用外围设备

CAD 系统的硬件除了主机以外,还需要输入设备、输出设备、存储设备等外围设备。

1. 输入设备

1) 鼠标和键盘

鼠标有 2D、3D、4D 之分,2D 鼠标为平面鼠标,而 3D 鼠标则是带有一个滚轮的鼠标,4D 鼠标与众不同的是它提供了两个滚轮和三个按键(包括一个侧面的拇指键),其中一个按键支持自编程定义。鼠标常用的有 PS/2 和 USB 接口,USB 接口支持热插拔。鼠标分辨率越高,质量也就越高,CAD 系统使用 800dpi(每移动一英寸能检测出的点数)高分辨率的鼠标比较合适。常规鼠标只能输入二维点坐标,不能输入三维点坐标。

键盘主要用来输入文字和数字,也用来移动光标。新产品虚拟键盘使用红外线和激光技术,在任何介质平面上即可投射出一个标准键盘,就像使用普通台式机的键盘一样打字。而这个键盘可以随时装在您的口袋中带走,如图 1.4 所示。

2) 三维坐标输入器

可以输入 x 、 y 、 z 坐标,结合 CAD 软件可以实现三维雕刻,如图 1.5 所示。



图 1.4 虚拟键盘

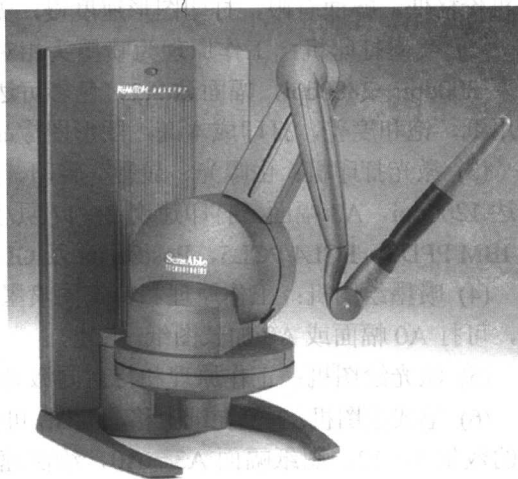


图 1.5 三维坐标输入器

3) 三坐标测量设备

三坐标测量设备主要包括三坐标测量仪、三维扫描仪。三坐标测量仪主要测量空间的点位坐标, 结合 CAD 软件进行建模, 如图 1.6 所示。三维扫描仪是将三维模型的表面进行扫描得到点位数据, 通过 CAD 软件形成曲面进而形成实体, 如图 1.7 所示。

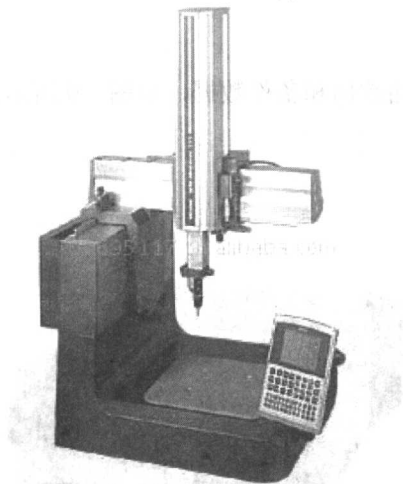


图 1.6 三坐标测量仪



图 1.7 三维扫描仪

2. 输出设备

1) 打印机与绘图机

打印机与绘图机是将图形输出到工程图纸上, 或绘出表格等文档的图形输出设备。常见的打印机和绘图机有以下几种。

(1) 点阵打印机: 工作原理为打印针撞击色带在纸上留下文字和图形, 有单色、彩色, 点距 120dpi~300dpi, 纸宽为 80 列~132 列宽, 打印速度慢, 可用专用打印纸和普通纸, 打

印机价格低,幅面有限,打印图形速度慢,无专用程序驱动时效果差,适合于打印报表。

(2) 喷墨打印机:工作原理为喷墨头相对图纸高速运动,将水溶性墨水喷在纸上,分辨率 300dpi~2880dpi,幅面达 A2,色彩可达 1.6M 种,打印速度 8 页/分,价格低廉,需专用纸,饱和度差,打印成本高,图形图像品质尚可,文字打印质量好。

(3) 激光打印机:由曝光、显影、转印、定影等过程将(彩色或黑色)粉印于纸上,分辨率达 1200dpi, A3 幅面,打印速度 2~17 页/分;价格高,效果极佳,文字打印质量佳,支持 IBM PPDS, PCL4/PCL5, PostScript 及 GL 描述语言(IBM)。

(4) 喷墨绘图机:工作原理和特点同喷墨打印机,分辨率 300dpi~1200dpi,单色或彩色,可打 A0 幅面或 A0 加长图纸。

(5) 激光绘图机:工作原理和特点同激光打印机,幅面达到 A0 并可加长。

(6) 笔式绘图机:画笔在纸上移动绘图,可分为平板式和滚筒式,步距 0.1mm~0.001mm,笔的数量 1~12,图纸幅面 A3~A0,绘图速度较快,接口形式多种,绘图质量高,步距 0.005mm 时就目测不出图或直线插补阶梯,某些笔式绘图机可不需专用纸张,目前已经淘汰。

2) 三维打印机

采用材料累加成型原理,由 CAD 数据直接控制 x 、 y 、 z 三个方向的运动,用激光束或其他方法将材料堆积而形成实体零件,可快速精确地制造出任意几何形状的产品原型,无需考虑其复杂程度,真正实现无模制造,如图 1.8 所示。

3. 存储设备

1) 磁带机

磁带机容量较大,可达到 1200GB,常用来存储数据和备份数据,如图 1.9 所示。

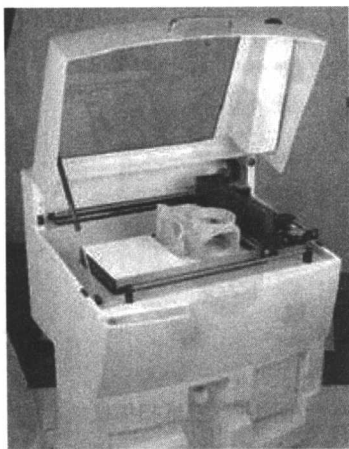


图 1.8 三维打印机



图 1.9 磁带机

2) 硬盘阵列柜

硬盘阵列柜是一种把若干硬盘驱动器按照一定要求组成一个整体,整个硬盘阵列由阵列控制器管理的系统。硬盘阵列柜常采用 1394 接口卡实现与主机的通信,硬盘阵列充分利用 1394 的点对点、高速传输、热插拔和即插即用、可串联(最大可达 1023 个硬盘)等特