

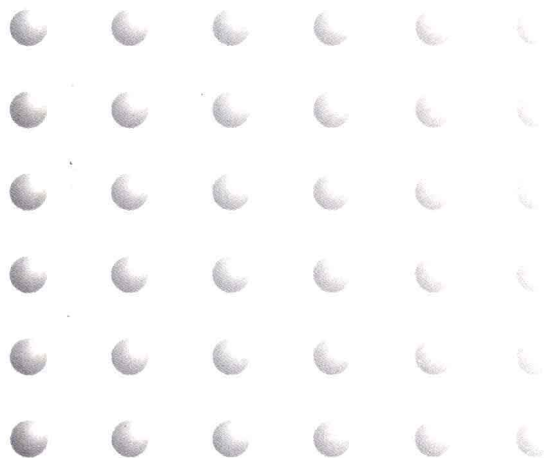
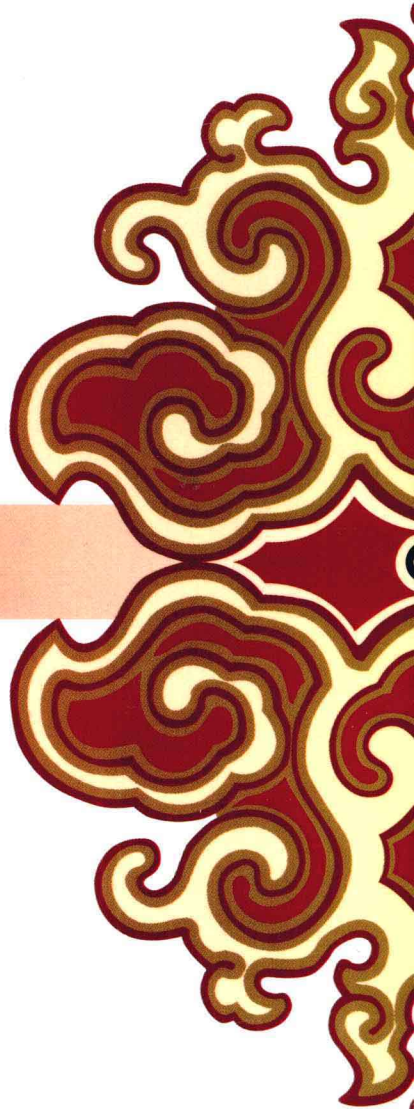


高等学校机电工程类“十二五”规划教材

机械 CAD/CAM

(第二版)

主编 葛友华
主审 朱敏波



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机电工程类“十二五”规划教材

机械 CAD / CAM

(第二版)

主 编 葛友华
副主编 周 海 王 匀
参 编 刘道标 董小飞 张广冬
袁铁军 宋树权
主 审 朱敏波



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书从技术的角度介绍了 CAD/CAM 的基本原理、基本方法、基本技能及其在机械行业中的应用,力求培养机械类专业学生分析和解决工程实际问题的能力。

全书共 10 章,主要内容包括 CAD/CAM 的基本概念与基本知识、CAD/CAM 系统中的图形处理技术、数据处理技术、产品建模技术、计算机辅助工程、计算机仿真分析、计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助数控加工编程、逆向工程技术、CAD/CAM 系统集成及应用等。

本书可作为普通高等学校机电工程类专业的教材,还可作为高职高专院校的教材,也可供从事机械 CAD/CAM 相关工作的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM/葛友华主编. —2 版.

—西安:西安电子科技大学出版社,2012.3

高等学校机电工程类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2757-1

I. ① 机… II. ① 葛… III. ① 机械设计:计算机辅助设计—高等学校—教材

② 机械制造:计算机辅助制造—高等学校—教材 IV. ① TH122 ② TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 021532 号

策 划 毛红兵

责任编辑 毛红平 王 飞

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2012 年 3 月第 2 版 2012 年 3 月第 5 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 13.5

字 数 315 千字

印 数 11 001~14 000 册

定 价 24.00 元

ISBN 978-7-5606-2757-1/TH·0123

XDUP 3049002-5

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

CAD/CAM 技术是随计算机技术和信息技术的发展而形成的一门新技术,它的应用和发展改变了传统的设计制造方式。因此,CAD/CAM 技术是工程技术人员必须掌握的基本技能。在国家大力实施“卓越工程师教育培养计划”的背景下,特别是对于应用型本科院校的机械类专业学生来说,这门技术的掌握显得尤为重要。

CAD/CAM 技术涉及的内容十分广泛,本教材可使学生在学习计算机的基本知识、计算机编程语言、计算机辅助绘图及工艺基本知识的基础上,系统地学习计算机技术在设计与制造中的应用。本教材的主要特点是:① 参加编写的教师均具有该课程的教学经历,对“大众化”教育的状况比较熟悉,编写思路比较适应机械类专业的要求和特点;② 教材中将基本理论与软件的应用结合起来,用软件应用的实例来验证理论,以便加深读者对理论知识的理解;③ 教材中偏重于应用性知识与技能的介绍,采用企业目前常用的 Pro/E 作为软件平台,增加了教材的实用性;④ 教材编写采用模块化技术,各个知识点的介绍具有相对独立性,有利于在教学中根据不同的教学要求进行内容的取舍,也可以在某些知识点上进行扩充,以适应不同层次的教学要求。

此次在原第一版的基础上进行再版,删除了第一版书中某些陈旧的内容,增加了 CAD/CAM 技术发展的新内容,并进一步调整了全书的结构,使全书内容更新颖、实用,编排层次更合理、流畅。全书主要修改的内容如下:① 第 1 章中删除了传统硬件的具体介绍,增加了“CAD/CAM 系统的功能和工作过程”部分;② 第 3 章中按照处理对象对“机械 CAD/CAM 数据处理技术”的内容进行了划分;③ 第 5 章计算机辅助工程第三节“CAE 的工程应用”改为“ANSYS 软件的工程应用”;④ 增加了第 6 章“计算机仿真分析技术”的内容;⑤ 第 9 章“模具 CAD/CAM 领域的技术”的内容划分到了第 10 章“机械 CAD/CAM 系统集成及应用”中。

本书由盐城工学院葛友华担任主编,盐城工学院周海、江苏大学王匀担任副主编,西安电子科技大学朱敏波主审。本书第 1 章、第 7 章由葛友华编写,第 2 章、第 4 章由刘道标编写,第 3 章由王匀编写,第 5 章由董小飞编写,第 6 章由张广冬编写,第 8 章由袁铁军编写,第 9 章由周海编写,第 10 章由宋树权编写,葛友华对全书进行了统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在一些不妥之处,殷切希望使用本书的教师和学生提出中肯意见。

编 者
2011 年 10 月

第一版前言

随着 CAD/CAM 技术的出现和发展,产品设计和制造的整个过程都可以由计算机辅助完成。因此,CAD/CAM 技术以及相关软件的掌握已经成为机械行业工程技术人员必备的技能。在高等教育“大众化”背景下,特别是对于应用型本科院校的机械类专业学生来说,这门技术的掌握显得尤为重要。

本教材的主要特点有:

(1) 参加编写的教师均具有该课程的教学经历,对“大众化”教育的状况比较熟悉,编写思路比较适应机械类专业的要求和特点;

(2) 教材中将基本理论与软件的应用协调起来,用软件应用的实例来验证理论,以此来加深学生对理论知识的理解;

(3) 教材中偏重于应用型知识与技能的介绍,以企业目前流行的 Pro/E 软件作为贯穿于教材的主线,增强了教材的实用性和学生进入企业后的适应能力;

(4) 教材编写采用模块化方式,使各个知识点的介绍具有相对独立性,有利于在教学中根据不同的教学要求对内容进行取舍,也可以在某些知识点上进行扩充,以适应不同层次的教学要求。

全书除了第 1 章从总体上介绍 CAD/CAM 的基本概念、基本原理、基本结构及 CAD/CAM 系统的硬件、软件组成外,其他内容分为三大部分。第一部分包括第 2 章、第 3 章和第 4 章,主要围绕 CAD/CAM 技术中的 CAD 技术,介绍计算机图形学的基础知识(包括图形的几何变换、裁剪技术、消隐技术、光照处理技术等)、数据处理技术(系统数据类型、系统数据标准与应用、系统数据管理技术等)以及三维造型的常用方法(包括线框造型、曲面造型、实体造型、特征造型等)。第二部分包括第 5 章、第 6 章和第 7 章,主要围绕 CAM 技术展开,介绍计算机辅助工程方面的基本知识,CAPP 系统的原理和方法,数控加工的过程、数控自动编程方法和仿真技术等,并对目前流行的 CAE 软件的功能和应用进行了说明。第三部分包括第 8 章、第 9 章和第 10 章,主要叙述了机械 CAD/CAM 技术的应用与发展,包括逆向工程(RE)、虚拟制造(VM)、网络化制造(CSCW)、快速响应制造,以及 CAD/CAM 系统集成及基于 PDM 的集成系统。

本书由盐城工学院葛友华担任主编,盐城工学院周海、江苏大学王匀担任副主编,西安电子科技大学朱敏波担任主审。第 1 章、第 6 章由葛友华编写,第 2 章、第 4 章由刘道标编写,第 3 章由王匀编写,第 5 章由董小飞编写,第 7 章、第 9 章由袁铁军编写,第 8 章、第 10 章由周海编写,葛友华对全书进行了统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在一些不妥之处,殷切希望使用本书的教师和学生提出中肯意见。

编者
2007 年 12 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 CAD/CAM 的基本概念	1
1.2 CAD/CAM 系统的功能和工作过程	3
1.3 CAD/CAM 系统的硬件与软件	6
1.4 CAD/CAM 技术的应用与发展	12
本章小结	15
习题与思考题	16
第 2 章 计算机图形学基础	17
2.1 计算机图形学概述	17
2.2 图形的几何变换	20
2.3 图形裁剪技术	29
2.4 图形消隐技术	33
2.5 图形的真实感	36
本章小结	41
习题与思考题	41
第 3 章 机械 CAD/CAM 数据处理技术	43
3.1 数表的计算机处理技术	43
3.1.1 数表程序化	43
3.1.2 数表公式化	45
3.1.3 数表文件化	51
3.2 线图的计算机处理技术	54
3.2.1 简单线图的处理	55
3.2.2 复杂线图的处理	56
3.3 数据库处理技术	58
3.3.1 数据库和数据库管理	58
3.3.2 SQL Server 数据库管理系统简介及设计实例	60
3.3.3 工程数据库在 CAD/CAM 系统开发中的应用	66
本章小结	67
习题与思考题	67
第 4 章 三维建模技术	68
4.1 概述	68
4.2 线框建模	70
4.3 曲面建模	72
4.4 实体建模	79
4.5 特征建模	83
本章小结	89
习题与思考题	90

第 5 章 计算机辅助工程	91
5.1 计算机辅助工程概述	91
5.2 有限元法概述	94
5.3 ANSYS 软件的工程应用	97
本章小结	104
习题与思考题	104
第 6 章 计算机仿真分析技术	106
6.1 计算机仿真技术概述	106
6.2 虚拟样机技术	108
6.3 Pro/E 软件的机械运动仿真	110
本章小结	114
习题与思考题	115
第 7 章 计算机辅助工艺过程设计	116
7.1 概述	116
7.2 CAPP 系统中零件信息的描述与输入	119
7.3 派生式 CAPP 系统	125
7.4 创成式 CAPP 系统	130
本章小结	135
习题与思考题	136
第 8 章 计算机辅助数控加工编程	137
8.1 数控编程基础	137
8.2 数控机床的坐标系与数控编程的方法	141
8.3 典型 CAM 软件功能简介	149
8.4 Pro/E 软件加工实例	154
本章小结	160
习题与思考题	161
第 9 章 逆向工程技术	162
9.1 逆向工程概述	162
9.2 逆向工程系统组成及工作原理	166
9.3 逆向工程应用实例	180
本章小结	184
习题与思考题	184
第 10 章 机械 CAD/CAM 系统集成及应用	186
10.1 机械 CAD/CAM 集成技术	186
10.2 快速原型制造技术	196
10.3 虚拟制造技术	199
10.4 网络化制造技术	201
本章小结	203
习题与思考题	204
参考文献	206

第1章 概 述

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM, Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing)是一门由多学科和多项技术综合形成的实用技术,是当今世界发展最快的技术之一。该项技术改变了机械行业传统的设计制造方式,推动了机械制造业的迅猛发展,使传统的机械行业有了新的发展空间。本章主要介绍机械制造业中 CAD/CAM 技术的概念、CAD/CAM 系统的组成、CAD/CAM 技术的应用与发展等。

1.1 CAD/CAM 的基本概念

1. CAD/CAM 技术原理

CAD/CAM 技术是以计算机、外围设备及其系统软件为基础,综合计算机科学与工程、计算机几何学、机械设计与制造、人机工程学、控制理论、电子技术、信息技术等学科知识,并以工程应用为对象,在机械制造业实现包括二维绘图设计、三维几何造型设计、工程计算分析与优化设计、数控加工编程、仿真模拟、信息存储与管理等相关功能的实用技术。

CAD/CAM 技术经过近半个世纪的发展,在理论、技术、系统和应用等方面都有了很大的进展,已经趋于成熟。一般认为,广义的 CAD/CAM 技术是指利用计算机辅助技术进行产品设计与制造的整个过程以及与之直接和间接相关的活动,包括产品设计(几何造型、分析计算、优化设计、工程绘图等)、工艺准备(计算机辅助工艺设计,计算机辅助工装设计与制造、NC 自动编程、工时定额和材料定额编制等)、物料作业计划 and 生产作业计划的运行与控制(加工、装配、检测、输送、存储等)、生产质量控制、工程数据管理等。狭义的 CAD/CAM 技术是指利用 CAD/CAM 系统进行产品的造型、计算分析和数控程序的编制(刀具路径的规划、刀位文件的生成、刀具轨迹的仿真及 NC 代码的生成等)。本书着重介绍狭义的 CAD/CAM 技术。

2. CAD/CAM 与制造模式

CAD/CAM 技术在制造业中的应用改变了传统的设计与制造方式,在流程、信息、控制等模式上发生了质的变化,成为先进制造技术的核心。传统的设计与制造方式是以技术人员为中心展开的,产品及其零件在加工过程中所处的状态,设计、工艺、制造、设备等环节的延续与保持等,都是由人工进行检测并反馈的,所有的信息均交汇到技术和管理人员处,由技术人员进行对象的相关处理。由于人自身的局限性,一方面造成这种过程信息的传递呈发散状,设计、制造、装配等环节围绕着设计人员进行,任何环节上出现问题,都需要依靠技术人员积累的知识进行主观判断并加以解决;另一方面,传统的设计制造过程是

一个严格的顺序过程,技术人员按照不同的分工,接受前道工作的结果,完成本道工作的内容并延续下去,导致整个加工与制造的过程只能按照时间的顺序去处理,很难实现空间与时间上的转换。

传统设计制造方法的一般流程如图 1-1 所示。在 market 需求的驱动下,企业的技术人员经过概念设计,构思出具有一定形状和结构,并具备一定功能的产品。这种产品需要经过分析计算才能投入到实际的加工与装配之中,构成面向市场、满足客户要求的产品。

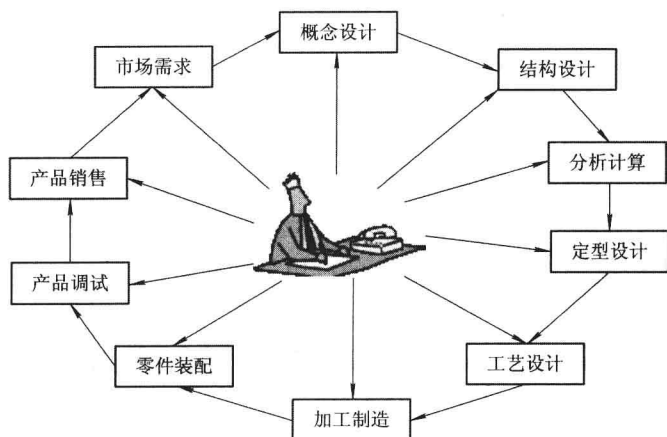


图 1-1 传统设计制造的一般流程

与传统的设计制造方式不同,以 CAD/CAM 技术为核心的先进制造技术,将以人员为中心的运作模式改变为以计算机为中心的运作模式,利用计算机存储量大、运行速度快、可无限期利用已有信息等优势,将各个设计制造阶段及过程的信息汇集在一起,使整个设计制造过程在时间上缩短、在空间上拓展,与各个环节的联系与控制均由计算机直接处理,技术人员通过计算机这一媒介实现整个过程的有序化和并行化。

以 CAD/CAM 为核心的设计制造过程如图 1-2 所示。技术人员作为系统的操作与控制者,通过计算机网络平台,几乎可同时介入到产品设计制造的各个环节,即后续的技术人员可以参与产品的设计,产品的整个设计制造过程链已经大大缩短。

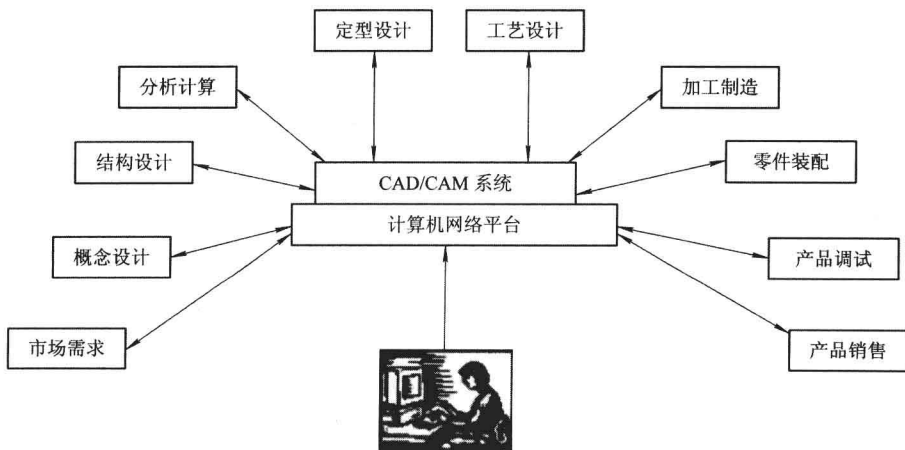


图 1-2 以 CAD/CAM 为核心的设计制造过程

3. CAD/CAM 的生存环境

CAD/CAM 技术在企业的应用主要是靠引进 CAD/CAM 系统实现的。CAD/CAM 系统的运行需要一定的工作环境和支撑平台,主要包括:

(1) 操作系统。Windows 操作系统是微机平台上常用的操作系统,是管理计算机软硬件资源的程序集合。它具有五大管理功能,即处理机管理、存储管理、设备管理、文件管理和作业管理。操作系统依赖于计算机系统的硬件,用户通过操作系统使用计算机,任何程序需要操作系统分配必要的资源后才能执行。CAD/CAM 软件的运行需要操作系统的支撑。

(2) 计算机网络。Internet & Intranet(国际互联网和企业内部互联网)是将无数台计算机连接起来的一种网络系统,通常由服务器、工作站、电缆、网卡、集线器和其它网络配件等组成。它既具有良好的交互性和快速响应的能力,又能使多用户共享硬件资源和数据资源。基于网络的 CAD/CAM 技术可以更好地实现设计人员之间的交流、异地设计与制造、并行工程等,拓宽了 CAD/CAM 技术的视野和空间。

(3) 数据管理平台。PDM(Product Data Management, 产品数据管理)是一种管理所有与产品相关的数据和相关过程的技术。它能有效地将产品数据从概念设计、计算分析、详细设计、工艺流程设计、加工制造、销售维护至产品消亡的整个生命周期内及其各阶段的相关数据,按照一定的数学模式加以定义、组织和管理,使产品数据在其整个生命周期内保持一致、最新、共享及安全。PDM 以其对产品生命周期中信息的全面管理能力,不仅成为 CAD/CAM 集成系统的重要组成部分,同时也为以 PDM 系统为平台的 CAD/CAM 集成提供了可能。

(4) 集成制造环境。CIMS(Computer Integrated Manufacturing System, 计算机集成制造系统)在制造业中将市场分析、经营决策、产品设计、制造过程各环节,以及销售和售后服务,原材料、生产和库存管理,财务资源管理等全部活动,在一个全局集成规划下逐步实现计算机化,实现更短的设计生产周期,改善企业经营管理以适应市场的迅速变化,最终获得更大的经济效益。它是以公共数据库和网络通信为核心,逐步实现企业全过程计算机化的多视图(功能、信息、资源和组织)、多层次的综合系统。CAD/CAM 在 CIMS 的工程设计分系统和制造自动化分系统中起着核心的作用,同时为制造业提供基础数据。

1.2 CAD/CAM 系统的功能和工作过程

1. CAD/CAM 系统的主要功能

作为一种计算机辅助工具和手段,CAD/CAM 系统应能对产品整个设计和制造全过程的信息进行处理,包括产品的概念设计、详细设计、数值计算与分析、工艺设计、模拟仿真、工程数据管理等各个方面。但就目前技术的成熟程度而言,CAD/CAM 系统主要具有如下功能。

1) 几何建模

几何建模是 CAD/CAM 系统的核心功能,它为产品的设计和制造提供基本的几何数据。产品几何建模又称几何实体造型,是在产品设计构思阶段通过对产品基本几何实体及

其相互间关系的描述,按照一定的数据结构在计算机中构造出产品的三维几何模型的过程。

几何建模是 CAD/CAM 作业的基础,通过所构造的产品及其部件的三维几何结构模型,可对产品各组成零件间可能存在的装配干涉进行分析,评价产品的可装配性;可对产品传动机械的运动关系进行分析,检验机构内部零部件之间以及与周围环境是否存在碰撞;可动态显示产品的三维图形,进行图形的消隐、色彩浓淡处理,以提高所设计产品的真实感。

利用 CAD/CAM 提供的几何建模功能,用户可构造各种产品的几何模型,对其性能进行分析评价,及时修改所发现的缺陷和不足。目前市场上提供的 CAD/CAM 系统,一般均具备完善的实体造型、曲面造型和参数化特征造型功能,可满足不同产品开发和复杂曲面造型的建模要求。

2) 计算分析

一方面,CAD/CAM 系统在构造了产品的形状模型之后,能够根据产品的几何形状,计算出产品的体积、表面积、质量、重心位置、转动惯量等几何特性和物理特性,为系统进行工程分析和数值计算提供必要的基本参数;另一方面,CAD/CAM 中的结构分析需进行应力、温度、位移等的计算和图形处理中变换矩阵的运算及体素之间的交、并、差计算等,同时,在工艺规程设计中还有工艺参数的计算,因此要求 CAD/CAM 系统中各类计算分析的算法要正确、全面,有较高的计算精度。

3) 工程绘图

产品设计的结果往往是以机械图的形式表现出来的,CAD/CAM 中的某些中间结果也是通过图形表达的。CAD/CAM 系统一方面应具备将几何建模的三维图形直接向二维图形转换的功能,另一方面还需有处理二维图形的能力,包括基本图元的生成、标注尺寸、图形的编辑(如比例变换、平移、图形拷贝、图形删除等)、显示控制及附加技术条件等功能,保证生成满足生产实际要求并符合国家标准机械图。

4) 结构分析

CAD/CAM 系统中结构分析常用的方法是有限元法,这是一种数值近似解法,用来解决具有复杂结构形状零件的静态、动态特性,以及强度、振动、热变形、磁场、温度场强度和应力分布状态等的计算分析问题。在进行静态、动态特性分析计算之前,系统根据产品结构特点,划分网格,标出单元号、节点号,并将划分的结果显示在屏幕上。进行分析计算之后,系统又将计算结果以图形、文件的形式输出,例如应力分布图、温度场分布图、位移变形曲线等,使用户方便、直观地看到结果。

5) 优化设计

CAD/CAM 系统具有优化求解的功能,也就是说,在某些条件的限制下,使产品或工程设计中的预定指标达到最优。优化包括总体方案的优化、产品零件结构的优化、工艺参数的优化等。优化设计是现代设计方法学中的一个重要的组成部分。

6) 工艺规程设计

设计的目的是为了加工制造,而工艺设计的作用是为产品的加工制造提供指导性的文件,因此,CAPP 是 CAD 与 CAM 的中间环节。CAPP 系统应当根据建模后生成的产品信息及制造要求,自动决策出加工该产品所采用的加工方法、加工步骤、加工设备及加工参

数。CAPP 的设计结果一方面应能被生产实际所用,生成工艺卡片文件;另一方面应能直接输出,被 CAM 中的 NC 自动编程系统接收、识别,直接转换为刀位文件。

7) 数控功能

根据 CAD 所建立的几何模型以及 CAPP 所制定的加工工艺规程,选择所需要的刀具和工艺参数,确定走刀方式,自动生成刀具轨迹,经后置处理,生成特定机床的 NC 加工指令。

8) 模拟仿真

可在 CAD/CAM 系统内部建立一个工程设计的实际系统模型,如机械、机械手、机械人等,通过运行仿真软件,代替、模拟真实系统的运行,用以预测产品的性能、产品的制造过程和产品的可制造性。利用数控加工仿真系统从软件上实现零件试切的加工模拟,可避免现场调试带来的人力、物力的投入及加工设备损坏等,从而减少制造费用,缩短产品设计周期。模拟仿真包括加工轨迹仿真,机械运动学模拟,机器人仿真,工件、刀具、机床的碰撞、干涉校核等。

9) 工程数据库功能

CAD/CAM 系统所涉及的数据量大,数据种类多,既有几何图形数据又有属性语义数据,既有产品模型数据又有加工工艺数据,既有静态数据也有动态数据,且数据结构复杂。因此,CAD/CAM 系统应能提供有效的工程数据管理手段,支持产品设计与制造全过程的数据信息的流动和处理。通常,CAD/CAM 以工程数据库管理系统为工具,实现对 CAD/CAM 作业过程的数据管理。

2. CAD/CAM 系统工作过程

CAD/CAM 系统是设计、制造过程中的信息处理系统,它主要研究对象描述、系统分析、方案优化、计算分析、工艺设计、仿真模拟、NC 编程以及图形处理等理论和工程方法,输入的是产品设计要求,输出的是零件的制造加工信息。图 1-3 所示为 CAD/CAM 系统的工作流程。

CAD/CAM 系统的工作流程如下:

(1) 设计人员根据市场需求调查以及用户对产品性能的要求,向 CAD 系统输入设计要求,利用几何建模功能,构造出产品的几何模型,计算机将此模型转换为内部的数据信息,存储在系统的数据库中。

(2) 调用系统程序库中的各种应用程序,对产品模型进行详细设计计算及结构方案优化分析,以确定产品总体设计方案及零部件的结构、主要参数,同时,调用系统中的图形库,将设计的初步结果以图形的方式输出到显示器上。

(3) 根据屏幕显示的内容,对设计的初步结果作出判断,如果不满意,可以通过人机交互的方式进行修改,直至满意为止,修改后的数据仍存储在系统的数据库中。

(4) 系统从数据库中提取产品的设计制造信息,在分析其几何形状特点及有关技术要求的基础上,对产品进行工艺过程设计,设计的结果存入系统的数据库,同时在屏幕上显示。

(5) 用户可以对工艺过程设计的结果进行分析、判断,并允许以人机交互的方式进行修改。最终的结果可以是生产中需要的工艺卡片,或将其以数据接口文件的形式存入数据库,供后续模块读取。

(6) 利用外部设备输出工艺卡片, 作为车间生产加工的指导性文件; 或计算机辅助制造系统从数据库中读取工艺规程文件, 生成 NC 加工指令, 在相应的数控设备上加工制造。

(7) 有些 CAD/CAM 系统在生成了产品加工的工艺规程之后, 还要对其进行仿真、模拟, 验证其是否合理、可行。同时, 还可以进行刀具、夹具、工件之间的干涉、碰撞检验。

(8) 在数控机床或加工中心上制造出产品的零件。

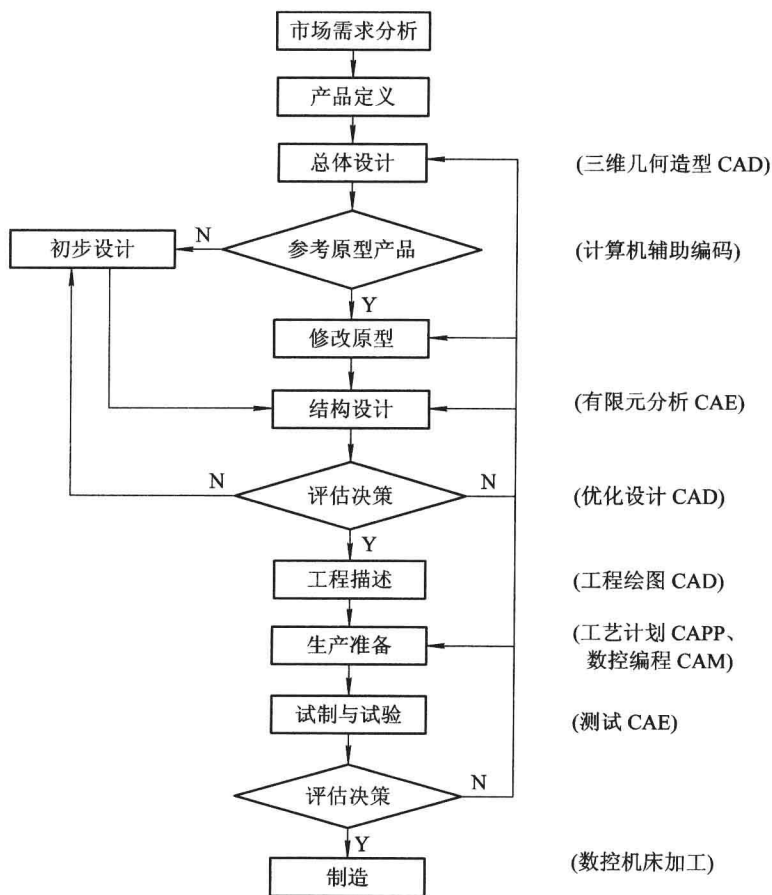


图 1-3 CAD/CAM 系统的工作流程

1.3 CAD/CAM 系统的硬件与软件

1. CAD/CAM 系统组成

CAD/CAM 系统是由硬件、软件和设计者组成的人机一体化系统, 见图 1-4。其中的硬件是 CAD/CAM 系统运行的基础, 主要包括计算机主机、计算机外围设备以及生产设备等具有有形物质的设备。CAD/CAM 系统的核心包括操作系统、各种支撑软件和应用软件等。CAD/CAM 软件在系统中占据着越来越重要的地位, 软件配置的档次和水平决定了 CAD/CAM 系统性能的优劣, 软件的成本已远远超过了硬件设备。软件的发展追求更新更快的计算机系统, 而计算机硬件的更新为开发更好的 CAD/CAM 软件系统创造了物质

条件。

设计者在 CAD/CAM 系统中起着关键的作用。仅从使用方法角度看,目前各类 CAD/CAM 系统基本都采用人机交互的工作方式,通过人机对话完成 CAD/CAM 的各种作业过程。CAD/CAM 系统这种工作方式要求设计者与计算机密切合作,各自发挥自身的特长。计算机在信息存储与检索、分析与计算、图形与文字处理等方面有着特有的功能;而在设计策略、信息组织及经验、创造性和灵感思维方面,设计者占有主导地位,尤其在目前阶段,设计者还起着不可替代的作用。

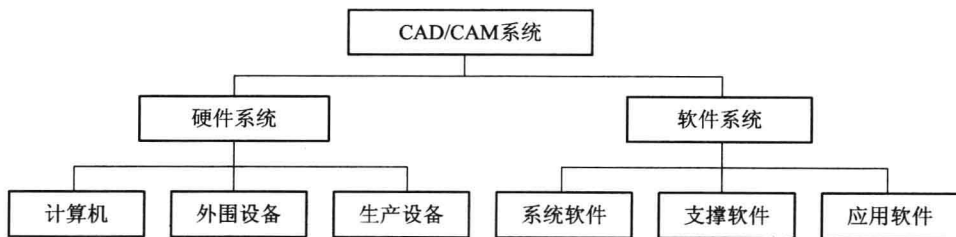


图 1-4 CAD/CAM 系统的组成

2. CAD/CAM 的硬件系统

硬件是指一切可以触摸到的物理设备。根据机械设计与制造的要求,针对系统的应用范围和相应的软件规模,可以选用不同规模、不同结构、不同功能的计算机、外部设备及其生产加工设备。CAD/CAM 硬件组成如图 1-5 所示。

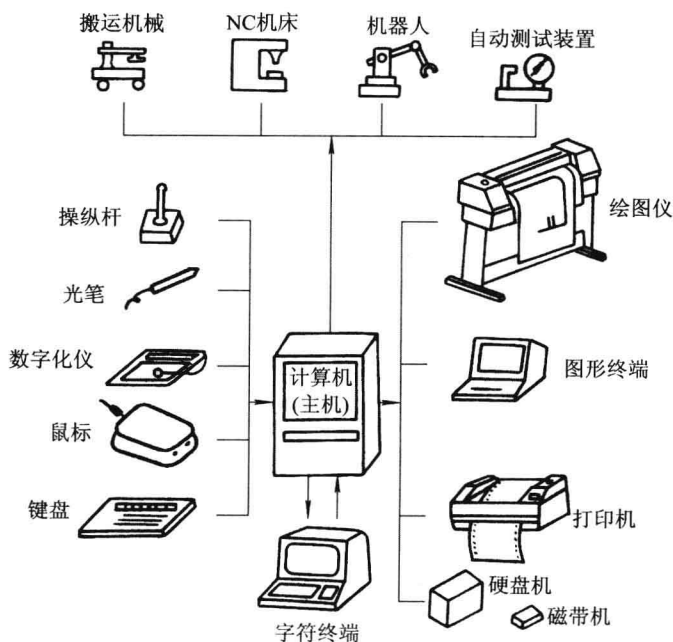


图 1-5 CAD/CAM 系统的硬件组成

在 CAD/CAM 系统中,硬件应具有以下几项基本功能:

(1) 计算功能。CAD/CAM 系统除了要进行各种数值计算外,还要有较强的图形处理

能力。图形处理过程中计算量大,计算精度要求高。这些数值计算及图形处理的计算功能是由计算机来实现的,所以 CAD/CAM 系统中的计算机应具有数值计算及图形处理的能力。

(2) 存储功能。实现 CAD/CAM 的前提条件是把设计对象的几何信息和拓扑信息存入计算机内,并对这些信息进行实时处理。在计算机辅助机械设计中,进行复杂的三维形体有限元分析时,计算精度要求较高,需要对有限元网格进行细化,这对存储空间的要求较高,所以 CAD/CAM 系统必须具有较大的存储量。

(3) 输入/输出功能。在 CAD/CAM 工作过程中,要把有关的设计信息(如几何、拓扑信息等)和各种命令输入到计算机中,经过计算机的各种处理,获得满意的设计结果后,就要根据设计要求输出设计结果,如绘出图样等。另外,在系统处理过程中,设计者可能随时需要了解中间结果,此时也需要输出计算数据等。总之,为方便用户的使用,CAD/CAM 系统应有较好的输入/输出功能。

(4) 交互功能。在 CAD/CAM 工作过程中,一般总要通过人机对话(即交互作用)进行各种操作,以实现修改、定值及拾取等活动,从而达到理想的设计要求。可以说,人机交互功能是 CAD/CAM 系统的一个主要特点。

3. CAD/CAM 的软件系统

CAD/CAM 系统是按照程序和数据进行工作的,这些程序、数据及相关的文档就是软件。软件主要研究如何有效地管理和使用硬件,如何实现人们所希望的各种功能和要求,因此,软件水平的高低直接影响到 CAD/CAM 系统的功能、工作效率及使用的方便程度。软件包含了管理和应用计算机的全部技术。

根据 CAD/CAM 系统中执行的任务及服务对象的不同,可将软件系统分为三个层次,即系统软件、支撑软件和应用软件,如图 1-6 所示。

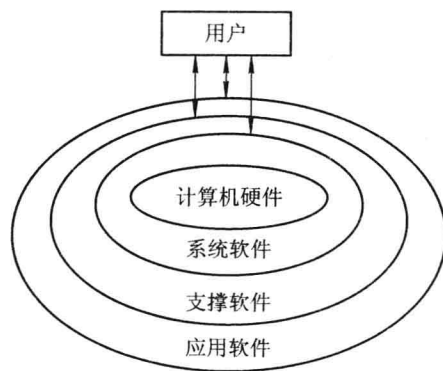


图 1-6 CAD/CAM 系统的软件层次结构

1) 系统软件

系统软件主要用于计算机的管理、维护、控制和运行,以及对计算机程序的翻译和执行。系统软件具有两个特点:一个是通用性,不同领域的用户都需要使用它们,即多机通用和多用户通用;另一个是基础性,即系统软件是支撑软件和应用软件的基础,应用软件要借助于系统软件来编制与实现。系统软件首先是为用户使用计算机提供一个清晰、简洁、易于使用的友好界面;其次是尽可能使计算机系统中的各种资源得到充分而合理的应用。系统软件主要包括各类操作系统和语言编译系统。操作系统有 Windows、Linux、UNIX 等。语言编译系统用于将高级语言编写的程序翻译成计算机能够直接执行的机器指令。目前 CAD 系统应用最多的语言编译系统包括 Visual BASIC、Visual C/C++ 等。

2) 支撑软件

支撑软件是 CAD/CAM 软件系统的重要组成部分,也是各类应用软件的基础。它一般是由专门的软件公司开发的,不针对具体的应用对象,而是为某一应用领域的用户提供工具或开发环境。不同的支撑软件依赖于不同的操作系统。从功能上可将支撑软件划分为自动绘图、几何建模、工程分析与计算、仿真与模拟、工艺过程设计、专用设备控制程序生

成、集成与管理等几种类型。

(1) 绘图软件。它主要解决零件图的详细设计问题,输出符合工程要求的零件图或装配图,包括图形变换、编辑、存储、显示控制以及人机交互、输入/输出设备驱动等功能。商品化的绘图软件种类很多,在微机上广泛使用的 AutoCAD 就属于这类软件。在一些大规模的 CAD/CAM 系统中,自动绘图往往是其中的一个模块。

(2) 几何建模软件。它为用户提供一个完整、准确的描述和显示三维几何形状的方法和工具,具有消隐、着色、浓淡处理、实体参数计算、质量特性计算等功能。CAD/CAM 几何建模软件有 I-DEAS、UG II、Pro/E 等。

(3) 工程分析与计算软件。这类软件的功能包括基本物理量的计算、基本力学参数计算、产品装配、有限元分析、公差分析、优化算法、机构运动学分析、动力学分析等。有限元分析是其核心工具,目前比较著名的商品化有限元分析程序有 SAP、NASTRAN、ANSYS 等。

(4) 仿真与模拟。仿真与模拟技术是一种建立真实系统的计算机模型的技术,它利用模型分析系统的行为而不建立实际系统,在产品设计时,实时、并行地模拟产品生产或各部分运行的全过程,以预测产品的性能、产品的制造过程和产品的可制造性。这类软件(如 ADAMS——机械系统动力学分析系统)在 CAD/CAE/CAM 技术领域得到了广泛的应用。

(5) 工艺过程设计。工艺过程设计软件(CAPP)将 CAD 数据转换为各种加工、管理信息,包括完整的工艺路线、工序卡等工艺文件以及供数控加工用的数控程序及其工艺信息。这类软件包括 XTCAPP、THCAPP、KMCAPP 等,已经在一些企业得到应用。

(6) 专用设备控制程序生成。如前所述,CAD/CAM 系统中大量的数据处理结果要用来驱动和控制某些生产和专用设备,如切削加工机床、电火花机床、机器人、运输小车等,不同类型、不同厂家的设备所用的控制方式、要求和数据各不相同,因此需要相关的软件来生成相应的设备控制程序,如数控加工程序、运输小车控制程序、机器人控制程序等。

(7) 集成与管理。CAD/CAM 系统集成将不同功能的软件模块有机地连接到一起,形成一个完整的 CAD/CAM 系统,并协调各子系统有效地运行,以达到信息数据无缝传输、数据共享、提高工作效率的目的。工程数据库是 CAD/CAM 系统和 CIMS 中的重要组成部分,目前比较流行的数据库管理系统有 Oracle、Sybase、SQL Server、INGRES、FoxPro 等。

3) 应用软件

根据用户的要求和配备支撑软件系统的不同,应用软件可分为检索与查询软件、专用图形生成软件、专用数据库、专用计算与算法软件、专用设备接口与控制程序(含专用设备驱动程序)、专用工具软件等。

应用软件是在系统软件和支撑软件基础上,针对某一专门应用领域的需要而研制的软件。这类软件通常由用户结合当前设计工作的需要自行开发,如模具设计软件、组合机床设计软件、电器设计软件、机械零件设计软件、汽车车身设计软件等均属应用软件。开发应用软件时,应充分利用已有 CAD/CAM 支撑软件的技术和二次开发功能,而不要一切从头开始,这样才能保证应用技术的先进性和开发的高效性。需要说明的是,应用软件和支撑软件之间并没有本质的区别,当某一行业的应用软件逐步商品化而成为通用软件产品时,也可以称其为一种支撑软件。

4. 机械 CAD/CAM 系统分类

(1) 机械 CAD/CAM 系统根据使用的支撑软件规模大小的不同,可分为三种类型:

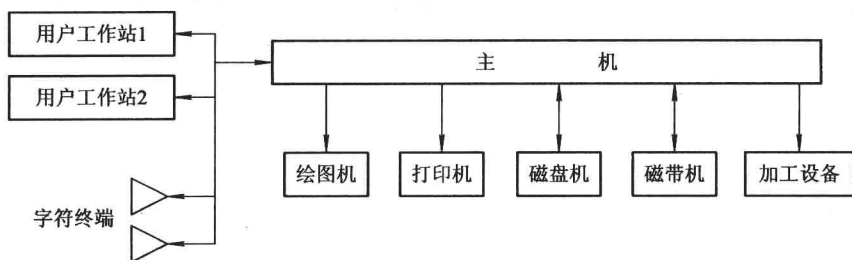
① CAD 系统。这类系统具有较强的几何造型、工程绘图、仿真与模拟、工程分析与计算、文档管理等功能。在硬件方面,它们往往不具备生产系统设备及相关接口;在软件方面,它们不具备数控编程、加工仿真、生产系统控制与管理等功能。该类系统是为完成设计任务而建立的,规模相对较小,建设成本也很低。我国初始阶段的“甩图板工程”均采用的是此类系统。

② CAM 系统。这类系统具有数控加工编程、加工过程仿真、生产系统及设备的控制与管理、生产信息管理等功能。在硬件方面,图形输入/输出设备相对较少,而大多数是与生产相关的设备;在软件方面,几何造型、自动绘图、工程分析与计算、运动学和力学分析与仿真等功能很弱或没有。该类系统是专门面向生产过程的,可以直接与数控机床配套,规模相对较小。

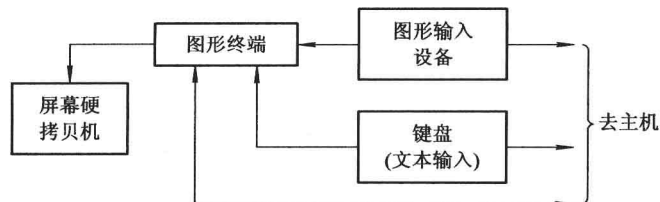
③ CAD/CAM 集成系统。这类系统规模较大、功能齐全、集成度较高,同时具备 CAD、CAM 系统的功能,以及系统间共享信息和资源的能力,硬件配置较全,软件规模和功能强大。该类系统是面向 CAD/CAM 一体化而建立的,是目前 CAD/CAM 发展的主流。

(2) 根据 CAD/CAM 系统使用的计算机硬件及其信息处理方式的不同,也可分为三种类型:

① 主机系统。这类系统以一个主机为中心,如图 1-7(a)所示。系统集中配备某些公用的外部设备(如绘图机、打印机、磁带机等)与主机相连,同时可以支持多个用户工作站及字符终端。一般至少有一个图形终端,并配有图形输入设备,如键盘、鼠标或图形输入板,如图 1-7(b)所示,用来输入字符或命令等。这类系统采用多用户分时工作方式,其优点是主机功能强,能进行大信息量的作业,如大型分析计算、复杂模拟和管理等。缺点是开放性较差,即系统比较封闭,具有专用性,当终端用户过多时,会使系统过载,响应速度变慢,而且一旦主机发生故障,整个系统就不能工作,所以目前一般不采用。



(a) 系统连接方式



(b) 输入/输出方式

图 1-7 主机系统的基本结构