


高新技术型紧缺人才培养系列教材·模具专业

机械CAD/CAM



孙爽 李国琴 主编
战忠秋 副主编

 北京航空航天大学出版社

高新技能型紧缺人才培养系列教材·模具专业

机械 CAD/CAM

孙 爽 李国琴 主 编
战忠秋 副主编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

全书分两篇共八章:第1篇介绍机械 CAD/CAM 的相关理论,第2篇介绍机械 CAD/CAM 技术的具体应用——Pro/E 3.0 野火版。第1章介绍 CAD/CAM 技术概论,第2章介绍 CAD/CAM 系统的软、硬件组成,第3章介绍 CAD/CAM 系统的技术基础,第4章在 CAD/CAM 技术基础上介绍现代机械设计与制造技术,第5章介绍几种常用的 CAD/CAM 集成软件,第6章介绍 Pro/E 3.0 操作基础,第7章介绍 Pro/E 3.0 CAD 造型设计基础,第8章介绍 Pro/E 3.0 CAM 基础。

基于本课程在高职高专机类专业知识、能力构成中的位置及本门技术的特点,本教材充分体现了理论内容“以必需、够用为度”的特点,突出应用能力和创新素质的培养。

本书可作为普通高等专科学校、高等职业类学校以及民办高校机类及机电类模具(数控)专业的教材,还可作为全国三维数字建模大赛的培训教材,也可供有关的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM/孙爽,李国琴主编. —北京:
北京航空航天大学出版社,2010.2

ISBN 978-7-81124-994-1

I. 机… II. ①孙…②李… III. ①机械设计:
计算机辅助设计②机械制造:计算机辅助制造
IV. ①TH122②TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 004593 号

机械 CAD/CAM

孙爽 李国琴 主 编

战忠秋 副主编

责任编辑 李文轶

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京市 印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:474 千字

2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-994-1 定价:33.00 元

前 言

本套数控(模具)专业系列教材立足培养 21 世纪的高新技能专业人才,针对高等职业教育的特点,体现高等职业教育在实用性、新颖性和通用性方面的特殊要求,贯彻培养学生应用能力和创新素质的方针编写的。在编写时力求贯彻少而精、理论联系实际的原则,内容适度、易懂,突出理论知识的应用和加强针对性。

《机械 CAD/CAM》全面贯彻现行国家有关标准,突出“以必需,够用为度”的原则,坚持“少而精”,通俗易懂、循序渐进,强调应用能力和创新素质的培养,并在附录中结合全国三维数字建模大赛的基本要求给出具体实例。本书可作为普通高等专科学校、高等职业类学校以及民办高校机类及机电类模具(数控)专业的教材,还可作为全国三维数字建模大赛的培训教材,也可供有关的工程技术人员参考。

全书分两篇共八章:第 1 篇介绍机械 CAD/CAM 的相关理论,第 2 篇介绍机械 CAD/CAM 技术的具体应用 Pro/E 3.0 野火版。第 1 章介绍 CAD/CAM 技术概论,第 2 章介绍 CAD/CAM 系统的软、硬件组成,第 3 章介绍 CAD/CAM 系统的技术基础,第 4 章介绍在 CAD/CAM 技术基础上的现代机械设计与制造技术,第 5 章介绍几种常用的 CAD/CAM 集成软件,第 6 章介绍 Pro/E 3.0 操作基础,第 7 章介绍 Pro/E 3.0 CAD 造型设计基础,第 8 章介绍 Pro/E 3.0 CAM 基础。

本书由天津工程师范学院孙爽、李国琴担任主编,天津现代职业技术学院战忠秋担任副主编。第 1 和 2 章由孙爽编写,第 3 章由孙爽、李国琴编写,第 4 和 5 章由李国琴编写,第 6 和 7 章由战忠秋、天津南洋工业学校魏莹、天津现代职业技术学院杨兰福、李琳、张胜卿天津实验华冠学校许鹤颖编写,第 8 章由天津工程师范学院张世龙、天津城市建设管理职业技术学院李丽文编写。

在本书编写的过程中参考了相关同类教材和书籍,在此向作者一并表示感谢。

由于时间紧张,加上编者水平所限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大同行和读者批评指正。

编 者

2009 年 11 月

目 录

第 1 篇 CAD/CAM 理论

第 1 章 CAD/CAM 技术概论	1
1.1 CAD 技术概述	2
1.1.1 CAD 系统功能模块	2
1.1.2 CAD 的产生和发展	3
1.2 CAM 技术概述	4
第 2 章 CAD/CAM 系统	6
2.1 CAD/CAM 系统硬件系统	6
2.1.1 CAD/CAM 系统硬件组成	6
2.1.2 CAD/CAM 硬件系统分类	7
2.2 CAD/CAM 系统软件组成	7
2.2.1 系统软件	8
2.2.2 支撑软件	8
2.2.3 应用软件	8
2.3 CAD/CAM 系统软、硬件的选择的总体原则	8
第 3 章 CAD/CAM 技术基础	10
3.1 几何建模技术	10
3.1.1 线框建模(Wire frame Modeling)	10
3.1.2 表面建模(Surface Modeling)	10
3.1.3 实体建模(Solid Modeling)	11
3.1.4 特征建模(Feature Modeling)	11
3.2 数控机床和数控编程技术	11
3.2.1 数控编程的内容和步骤	12
3.2.2 计算机辅助数控加工编程的一般原理	12
3.3 CAD/CAM 系统集成技术基础	13
第 4 章 在 CAD/CAM 基础上的现代先进设计与制造技术	15
4.1 CAE 技术	15
4.1.1 有限元分析	15

4.1.2	模态分析技术·····	16
4.2	CAPP 技术·····	17
4.2.1	CAPP 技术概述·····	17
4.2.2	CAPP 系统分类·····	18
4.2.3	CAPP 发展趋势·····	19
4.3	计算机集成制造系统 CIMS·····	20
4.3.1	CIMS 的提出和发展·····	20
4.3.2	CIMS 技术基础·····	22
4.3.3	CIMS 的主要功能模块·····	22
4.4	逆向工程·····	23
4.4.1	逆向工程概述·····	23
4.4.2	逆向工程基本步骤·····	24
4.5	并行工程(Concurrent Engineering,CE)·····	25
4.5.1	CE 的提出·····	25
4.5.2	CE 的特性·····	26
4.5.3	CE 的理论基础与运行机理·····	26
4.5.4	CE 的体系结构·····	27
4.6	虚拟设计和虚拟制造·····	28
4.6.1	虚拟现实技术概述·····	28
4.6.2	虚拟设计优点及系统结构·····	29
4.6.3	VM 的定义及内涵·····	30
4.7	分散网络化制造·····	35
4.7.1	网络化制造的概念·····	36
4.7.2	分散网络制造化的概念·····	36
4.7.3	网络化制造的特点·····	37
4.7.4	网络化制造的结构·····	37
4.7.5	集中分布式模式下的企业新式产品开发技术体系·····	37
第 5 章	常用 CAD/CAM 软件介绍 ·····	39
5.1	人机交互技术类·····	39
5.1.1	Inventor·····	39
5.1.2	SolidWorks·····	41
5.2	集成化技术类——CATIA·····	42
5.3	参数化技术类·····	43
5.3.1	Pro/ENGINEER·····	43
5.3.2	UG·····	44
5.3.3	UGS Solidedge·····	44
5.4	变量化技术类——I-DEAS·····	45
5.5	国产 CAD/CAM 集成技术软件·····	46

5.5.1	CAXA 实体设计	46
5.5.2	CAXA 电子图板	47

第 2 篇 CAD/CAM 集成软件

第 6 章	Pro/ENGINEER 野火版基础	50
6.1	安装配置与启动设置	50
6.2	Pro/ENGINEER 操作环境	53
6.2.1	Pro/ENGINEER 的特点	53
6.2.2	Pro/ENGINEER 的工作界面	53
6.2.3	Pro/ENGINEER 鼠标及键盘的配合使用	53
6.2.4	Pro/ENGINEER 文件的基本操作	54
第 7 章	Pro/ENGINEER CAD 设计基础	59
7.1	草绘基础	59
7.1.1	草绘工具简介	59
7.1.2	图形几何的绘制	60
7.2	建立基准特征	72
7.2.1	基准平面	73
7.2.2	基准轴	76
7.2.3	基准点	78
7.2.4	基准曲线	82
7.2.5	基准坐标系	85
7.2.6	基准的显示与隐藏	87
7.3	三维实体数模的创建	88
7.3.1	视角的定位控制	89
7.3.2	拉伸工具的应用	90
7.3.3	旋转工具的应用	97
7.3.4	扫描工具的应用	101
7.3.5	平行混合工具	107
7.3.6	旋转混合工具	110
7.3.7	一般混合工具	112
7.3.8	扫描混合工具	114
7.3.9	孔特征的创建	115
7.3.10	创建倒角特征	118
7.3.11	创建肋板特征和壳特征	121
7.3.12	创建圆角特征	122
7.3.13	创建修饰特征	125

7.3.14	创建拔模特征	129
7.4	高级特征的创建及编辑	131
7.4.1	曲面特征的创建	131
7.4.2	管道造型	137
7.4.3	编辑功能模块	138
7.5	装配模型的建立	148
7.5.1	新建装配文件	148
7.5.2	元件的放置	150
7.5.3	装配的约束类型	150
7.5.4	生成爆炸图	152
7.5.5	零件的高级装配	154
7.6	工程图的建立	157
7.6.1	建立工程图	157
7.6.2	创建一般视图	159
7.6.3	创建投影视图	161
7.6.4	创建辅助视图	162
7.6.5	创建详细视图	165
7.6.6	创建旋转视图	166
7.6.7	创建剖视图	168
7.6.8	创建半剖视图	170
7.6.9	创建破断视图	171
7.6.10	视图的控制	172
7.6.11	创建工程图的尺寸及公差	175
7.6.12	创建几何公差	182
7.6.13	创建表面粗糙度	185
7.3.14	创建注释	186
7.6.15	创建表格	187
7.6.16	创建绘图格式	188
7.6.17	创建图层	192
7.6.18	保存和检索表	194
7.7	竞赛类试题解读	195

第8章 Pro/ENGINEER CAM 加工基础 234

8.1	Pro/ENGINEER CAM 加工基础	234
8.2	Pro/ENGINEER 平面加工	240
8.2.1	表面铣削概述	240
8.2.2	表面铣削工作区域的设定	241
8.2.3	加工实例	241
8.3	Pro/ENGINEER 数控轮廓铣削加工	244

8.4	Pro/ENGINEER 轮廓加工	248
8.5	Pro/ENGINEER 腔槽加工	252
8.6	Pro/ENGINEER 局部加工	257
8.6.1	局部铣削概述	257
8.6.2	表面铣削工作区域的设定	257
8.6.3	加工实例	258
8.7	Pro/ENGINEER 曲面加工	262
8.7.1	曲面铣削概述	262
8.7.2	表面铣削工作区域的设定	262
8.7.3	加工实例	263
8.8	Pro/ENGINEER 数控加工的后置处理	266
8.8.1	后置处理及相关概念	266
8.8.2	选配文件的创建	267
8.8.3	选配文件的参数设置	271
8.9	Pro/ENGINEER 数控车削加工	276
8.9.1	车削加工方法设置	276
8.9.2	加工实例	279
参考文献		285

第 1 篇 CAD/CAM 理论

计算机是现代科学技术发展的重大成就之一，CAD/CAM(Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing)技术指的是以计算机为主要技术手段，处理各种数字信息与图形信息，辅助完成产品设计和制造中的各项活动。

最初，CAD 和 CAM 是独立的分支，随着它们的推广应用，二者的关系越来越密切。CAD 只有配合数控加工，才能充分显示其巨大的优越性，而数控技术只有依靠 CAD 才能提高效率。集成的 CAD/CAM 系统可以大大缩短产品的制造周期，显著提高产品质量，产生巨大的经济效益。CAM 系统直接利用 CAD 系统产生的 3D 模型，形成数控加工机床所需要的各种信息。CAD/CAM 技术在诸多领域成功应用的案例很多，这里只讨论其在制造业中的应用。

第 1 章 CAD/CAM 技术概论

从传统的制造过程来看，产品从市场需求分析，经过产品设计、工艺设计、加工设计、产品生产等环节，最后形成用户所需要的产品，见图 1-1。在产品设计阶段，主要完成任务规划、概念设计、结构设计、详细设计、结构优化设计、工程设计等，若借助计算机来完成任务，就叫做 CAD；在工艺设计阶段，要完成毛坯设计、工艺规程设计、工装设计等任务，若借助计算机来完成这些任务，就叫做 CAPP；在生产加工阶段，要完成数控编程、加工仿真、数控加工、质量检验、产品装配、调试等，若使用计算机来完成这些工作，就叫做 CAM。

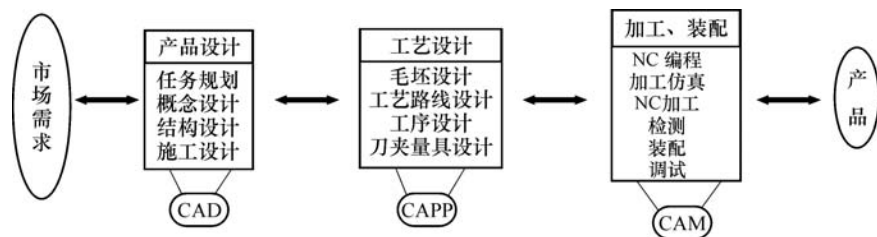


图 1-1 传统制造过程

以前使用计算机完成这些工作都是孤立的，彼此之间是分开的，成为一个个信息孤岛。常常是 CAD 完成后的信息，不能被 CAM 直接使用，这样在计算机辅助设计与制造上造成了信息资源的浪费。若使用计算机集成技术，为 CAD、CAM 提供一个集成的工作环境，将 CAD、CAM、CAPP 等有机的联系起来，称之为 CAD/CAM 一体化技术。

CAD/CAM 技术是一门综合性的应用技术，它是计算机技术与机械设计制造技术的结合

与渗透,是当前科技和工业领域的前沿课题。

1.1 CAD 技术概述

CAD即“计算机辅助设计”,广义的CAD包括设计和分析两个方面。设计是指构造零件的几何形状、选择零件的材料,以及为保证整个设计的统一性而对零件提出的功能要求和技术要求等;分析是指利用数学建模技术,如有限元、优化设计技术等,从理论上对产品的性能进行模拟、分析和测试,以保证产品设计的可靠性。一般地,CAD系统应包括资料检索、方案构思、零件造型、工程分析、图样绘制等,见图1-1-1。

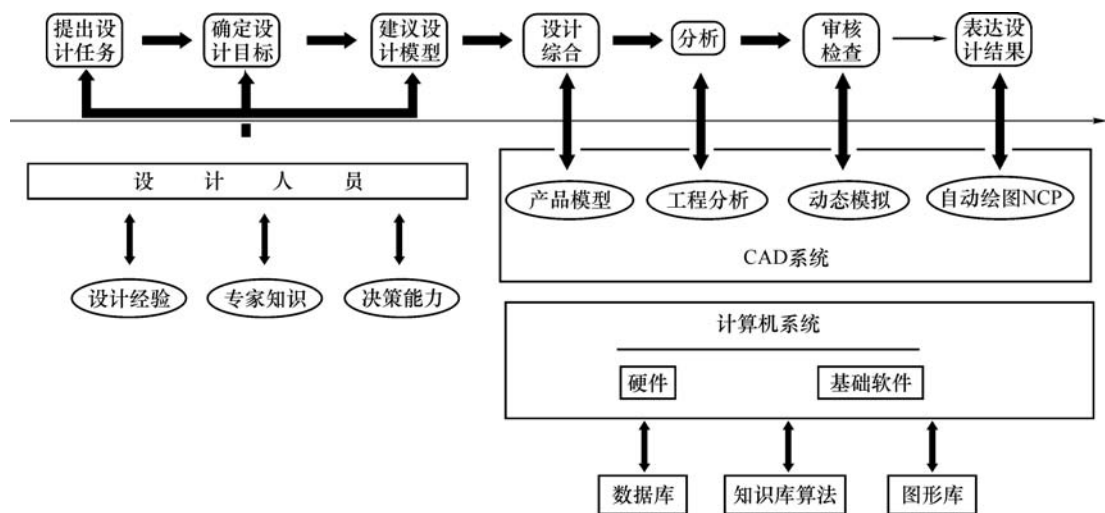


图 1-1-1 CAD 过程模型

CAD技术是通过计算机和CAD软件对设计“产品”进行分析、计算和仿真。产品结构和性能的调整与优化和绘图,把设计人员所具有的最佳设计特性(创造性思维、形象思维和经验知识、综合判断和分析的能力)同计算机的强大的记忆和信息检索能力、大量信息的高速精确计算和处理能力、易于修改设计、工作状态稳定而且不疲劳的特性综合起来,从而大大提高了设计的速度和效率,提高了设计质量并降低了设计的成本。这里“产品”,是指各个行业中一切需要设计的对象,如航空/航天飞行器,汽车等地上行走的交通工具,机械和电子产品,水利水电工程,土木工程、建筑与城市规划工程,家具产品,服装产品,甚至化学产品的分子结构等。

1.1.1 CAD 系统功能模块

在最初阶段,CAD技术的研究与应用主要是围绕着几何造型展开的。几何造型技术满足了设计对象的计算机内部表达问题,但从产品设计的角度看,这还远远不够,因为一个完整的产品不仅是对几何形状有所要求,更有诸如力学特性、运动学特性等方面的要求。因此CAD逐渐涉及有限元分析、动力学分析与仿真、运动学分析与仿真等考察产品综合特性的内容。

CAD系统一般由许多功能模块构成,各个功能模块相互独立的工作,又相互传递信息,形成一个相互协同的有序系统。CAD系统一般包含以下几个模块。

① 图形处理模块:进行零件图和装配图的二维绘图和编辑。www.ngbook.com

② 三维几何造型模块:为用户提供完整的、准确的三维几何形状的描述和显示的方法和工具,如消隐、着色、灰度处理,实体参数计算、质量特性计算等。

③ 装配模块:完成从零件到部件或产品的三维装配,建立产品结构信息模型和产品明细表,以及进行静态干涉检查等。

④ 计算机辅助分析模块:如有限元分析模块、优化方法模块等。

⑤ 机构动态仿真模块:求解各个部件的重心、质量、惯性矩等物理特性,设定各个构件的运动规律和参数,并且进行运动仿真和运动干涉检查。

⑥ 数据库模块:完成对 CAD 系统的数据库维护和管理。

⑦ 用户编程模块:包括用户编程语言和图形库,便于用户对 CAD 系统进行二次开发,提高 CAD 系统用户化程度,以充分发挥系统的性能和提高使用效率。

1.1.2 CAD 的产生和发展

20 世纪 60 年代,美国麻省理工学院采用人机交互技术,开发出第一个正式意义上的 CAD。在 CAD 软件发展初期,CAD 的含义仅仅是图板的替代品,即:意指 Computer Aided Drawing(or Drafting)而非现在我们经常讨论的 CAD(Computer Aided Design)所包含的全部内容。

CAD 技术以二维绘图为主要目标的算法一直持续到 70 年代末期,应用较为广泛的是 CADAM 软件和 AutoCAD 软件。随着计算机硬件的高速发展和三维 CAD 设计的诸多优势,三维 CAD 逐步取代二维 CAD。见图 1-1-2,三维 CAD 技术的发展先后经历了以下的四次革命。

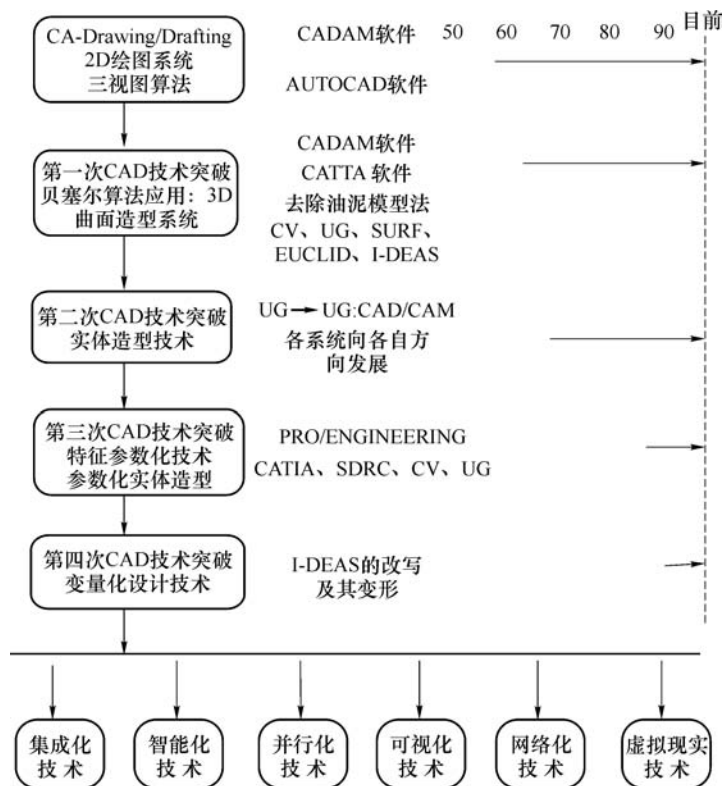


图 1-1-2 三维 CAD 技术的发展

① 第一次 CAD 技术革命——曲面造型系统

初期的三维 CAD 系统只是极为简单的线框式系统,这种线框造型系统只能表达基本的几何信息,不能有效表达几何数据间的拓扑关系。由于缺乏形体的表面信息,CAE 及 CAM 均无法实现。进入 70 年代,飞机和汽车工业中遇到了大量的自由曲面问题,法国达索飞机制造公司的三维曲面造型系统 CATIA 为人类带来了第一次 CAD 技术革命,改变了以往只能借助油泥模型来近似表达曲面的落后的工作方式。

② 第二次 CAD 技术革命——实体造型技术

有了表面模型,CAM 的问题可以基本解决。但由于表面模型技术只能表达形体的表面信息,难以准确表达零件的其他特性,如质量、重心、惯性矩等,对 CAE 十分不利,最大的问题在于分析的前处理特别困难。美国 SDRC 公司于 1979 年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型 CAD/CAE 软件——I-DEAS。由于实体造型技术能够精确表达零件的全部属性,在理论上有助于统一 CAD、CAE、CAM 的模型表达,给设计带来了惊人的方便性。它的普及应用标志着 CAD 发展史上的第二次技术革命。

③ 第三次 CAD 技术革命——参数化技术

进入 80 年代中期,CV 公司提出了一种比无约束自由造型更新颖、更好的算法——参数化实体造型方法,该算法主要具有以下特点:基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改。由于参数化技术核心算法与以往的系统有本质差别,若采用参数化技术,必须将全部软件重新改写,投资及开发工作量必然很大。当时 CAD 技术主要应用在航空和汽车工业,这些工业中自由曲面的需求量非常大,参数化技术还不能提供解决自由曲面的有效工具,更何况当时 CV 的软件在市场上几乎呈供不应求之势,于是 CV 公司内部否决了参数化技术方案。策划参数技术的这些人在新思想无法实现时集体离开了 CV 公司,另成立了一个参数技术公司(Parametric Technology Corp. PTC),开始研制命名为 Por/ENGINEERR 的参数化软件。可以认为,参数化技术的应用主导了 CAD 发展史上的第三次技术革命。

④ 第四次 CAD 技术革命——变量化技术

90 年代,SDRC 公司投资一亿多美元,采用变量化技术将软件全部重新改写,于 1993 年推出全新体系结构的 I-DEAS Master Series 软件。变量化技术既保持了参数化技术的原有优点,同时又克服了它的不足之处。它的成功应用为 CAD 技术的发展提供了更大的空间和机遇,实现了 CAD 技术的第四次设计革命。

1.2 CAM 技术概述

CAM 即“计算机辅助制造”,是指以计算机为主要技术手段处理与制造有关信息,从而控制制造的全部过程。有广义和狭义两种定义,狭义 CAM 通常是指数控自动编程技术,及与数控机床数控系统的软件接口。依据 CAD 系统产生的产品模型,选择加工工艺路线和工艺参数,生成、编辑刀具的运动轨迹,以实现产品的虚拟加工和产生实际数控机床的零件加工数控程序单,见图 1-2-1。

广义 CAM 则除了自动编程外,还包括 CAPP(工艺过程设计)、MPS(制造过程仿真)、FA(自动化装配)、SFC(车间生产计划控制)和制造过程检测及故障诊断等从生产准备到产品制

造的整个过程。本教材中的 CAM 是指狭义的定义方法。

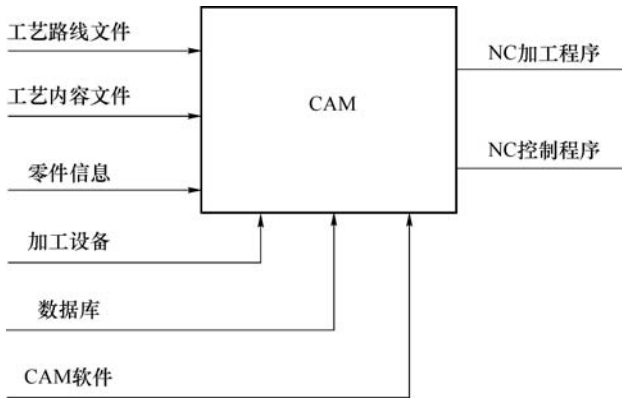


图 1-2-1 狭义 CAM 功能图

CAM 的产生和发展经过了以下几个阶段。

1952 年,数控(Numerical control,NC)机床首次研究成功,通过改变数控程序即可完成不同零件的加工,奠定了 CAM 的硬件基础。

1955 年,美国麻省理工学院研制成功自动编程工具(Automatically Programmed Tools,APT)语言,实现了 NC 编程自动化。

1958 年,美国研制成功自动换刀镗铣加工中心(Machining Center,MC),在一次装夹中完成多工序的集中加工,提高了 NC 机床的加工效率和加工质量。

1962 年,第一台工业机器人诞生,实现了物流搬运柔性自动化;第一台通用计算机集中控制多台数控机床的实现,降低了数控装置的制造成本,提高了工作可靠性。

1967 年,英国莫林公司建造成第一条计算机集中控制的自动化制造系统,包括 6 台加工中心和一条自动运输线,用计算机编制程序、作业计划和报表;美国辛辛那提公司研制出类似系统,于 70 年代初定名为柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,FMS)。

20 世纪 70 年代后期,几何造型技术、图形显示技术和数控编程后置处理技术的发展和运用,出现了交互式图形编程系统,为 CAD/CAM 集成奠定了基础。目前 CAM 的发展趋势体现在以下几方面。

① 在微机平台上发展模块化多功能编程系统:输入方式可以是词汇输入、图形式输入和图形交互式输入方法;处理能力既可以处理几何图形,又可以处理工艺信息;功能模块包括点位、车削、铣削、线切割、复杂型腔加工等。

② 发展 CAD/CAM/CAPP 一体化集成系统:从 CAD 开始,建立统一的工程数据库,由此自动产生刀具轨迹数据、工艺数据、自动产生 NC 代码文件。

③ 发展 CNC 控制和编程一体化系统:在线编程,即后台加工、前台编程。编程不产生中间结果,直接控制机床加工。

④ 发展数字化编程技术:对无尺寸的图形或实物模型,用扫描仪或坐标测量机获得几何数据,经过数据处理,自动形成三维 CAD 模型,由此产生数控加工指令。

目前,机械 CAD、CAM 技术的应用范围不断扩大,系统的性能价格不断提高,硬件成本下降、软件成本提高,图形和数据接口等逐渐标准化。总的趋势是向集成化、网络化、智能化、标准化的方向发展,并与虚拟现实技术、并行工程等各种先进制造技术共同发展。

第 2 章 CAD/CAM 系统

一个 CAD/CAM 系统是由计算机、外围设备及生产设备等硬件系统和控制这些硬件运行的系统、支撑、应用等软件系统组成的,见图 2-2-1。

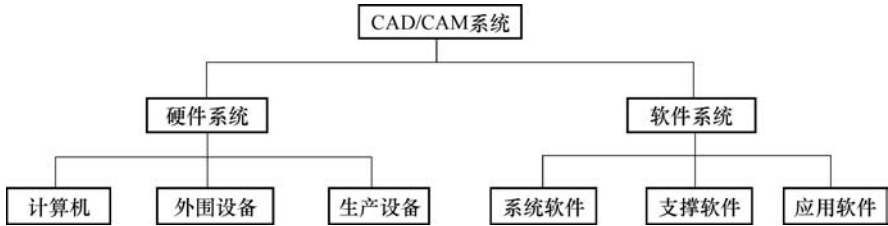


图 2-2-1 CAD/CAM 系统组成

2.1 CAD/CAM 系统硬件系统

2.1.1 CAD/CAM 系统硬件组成

CAD/CAM 系统硬件组成主要是指计算机及各种配件、生产设备等。对硬件的主要要求是:强大的人机交互功能、足够的外存储容量、良好的联网通信功能。根据 CAD/CAM 系统总体配置、组织方式和所用的计算机的不同,有不同的分类方法。通常应包括以下硬件。

(1) 主机

CAD/CAM 系统中的主机包括大型机、小型机、图形工作站和微型计算机。目前,微型计算机在 CAD/CAM 系统中得到了广泛的应用。

主机由 CPU 和存储器两部分组成,用于指挥、控制整个系统完成运算和分析工作。主机是计算机硬件的核心。主机的类型及性能在很大程度上决定着 CAD/CAM 系统的使用性能。

存储器可以分为内存储器和外存储器两种。一般常见的 CAD/CAM 系统要求计算机有较大的内存容量,目前应达到 256MB 以上。外存储器是补充内存、减轻主机负荷的一种辅助存储器,用来存放大量暂时不用正在等待调用的程序和数据,它通过内存参与计算机的工作,容量比内存大,速度慢。常见的外存储器有硬盘、光盘、U 盘和移动硬盘等。

(2) 输入设备

CAD/CAM 系统要求输入输出设备精度高,且速度快。常用的输入设备有键盘、光笔、鼠标和操纵杆、数字化仪和图形输入板、图形扫描输入仪、触摸屏、语音输入设备等。

(3) 输出设备

CAD/CAM 系统的输出设备主要包括显示器、打印机、绘图仪等。

(4) 网络互联设备

主要包括服务器、电缆、网卡、集线器等。

(5) 生产设备

主要包括加工设备(如 NC 机床、加工中心等)、物流搬运设备(如有轨小车、无轨小车、机器人等)、仓储设备(如立体仓库、刀库等)、辅助设备(如对刀仪等)。

2.1.2 CAD/CAM 硬件系统分类

根据 CAD/CAM 硬件系统总体配置及组织方式的不同,可将其归纳为单机独立系统、主机系统和分布式网络系统。

(1) 单机系统

单机独立系统一般采用一台工作站或个人微机。

工作站是具有高速的科学计算、丰富的图形处理及灵活的窗口与网络管理功能的交互式计算机系统,它一般具有 32 位或 64 位字长的中央处理器(CPU),广泛采用精简指令(RISC),超标量、超流水线及超长指令技术,具有 Unix 操作系统和 X 窗口管理系统。专用图形工作站采用多处理器结构即采用多个 CPU 并行工作,系统日趋开放,使它将成为高档 CAD/CAM 系统的主流,市场占有率不断上升。它也是我国许多企业的主要选择方案。国外工作站的主要生产厂商有 SUN 公司、HP 公司、DEC 公司、SGI 公司及 IBM 公司。国产工程工作站主要有华胜公司(4075 系列)和华奇公司(INDIGO)两大系列工程工作站。

随着微机硬件性能的不断提高,以及一些大型 CAD/CAM 软件向微机系统的移植,使得微机平台上的 CAD/CAM,将得到广泛的普及和应用。

(2) 主机系统

主机系统以一个主机为中心,连接多个终端显示器,系统共享一个 CPU。这种系统采用小型机或超级小型机为主机,利用分时处理原理,即计算机通过操作系统的控制,把相继的时间分成若干时间片,使各用户轮流占用 CPU 去执行自己的程序。一台主机带几个至几十个图形终端的 CAD/CAM 系统。它的特点是资源共享,缺点是投资大,主机坏了则整个系统就处于瘫痪状态等。一般适用于大、中型设计部门。这类系统在 20 世纪 70 年末和 80 年初发展较快,现在市场占有率不断减少。生产这类产品的主要公司有:DEC、HP、CV 及 IBM 等公司。

(3) 分布式网络系统

计算机局域网技术使得组织新型的计算机网络系统成为可能,它既具有良好的交互性和快速响应的性能,又能使多用户共享硬件资源和数据资源。这就是 20 世纪 80 年代出现的把多个独立工作的工作站组织在高速局部网中的分布式计算机网络。这种局域网系统通过网关(Gateway)还可以和其他局域网和大型主机相联,构成远程计算机网络。

分布式系统,是利用计算机技术及通信技术将分布于不同地点的计算机以网络的形式连接起来。网络上各个结点上的计算机可以是个人微机,也可以是工作站。通常采用基于客户(Client)/服务器(Server)的体系结构。分布式系统的特点是系统的软硬件资源分布在各个结点上,每个结点都有自己的 CPU 和外围设备,使用速度不受网络上其他结点的影响。通过网络软件提供的通信功能,每个结点上的用户可以享用其他结点上的资源,如大型绘图仪、激光打印机等硬件设备,也能共享网络应用软件及公共数据库中的数据。

2.2 CAD/CAM 系统软件组成

硬件是组成 CAD/CAM 系统的基本物理环境,软件则是驱动硬件工作的系统核心。随着

计算机硬件技术的日渐成熟,CAD/CAM 系统功能愈来愈复杂,软件成本在整个 CAD/CAM 系统成本中所占比重愈来愈大。CAD/CAM 系统的软件组成一般分为系统软件、支撑软件和应用软件三类。

2.2.1 系统软件

系统软件是使用、管理、控制计算机运行的程序的集合,是用户与计算机硬件的连接纽带。

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。系统软件具有两个特点:一个是通用性,不同领域的用户都可以使用它;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编制与实现。

系统软件包括操作系统、语言编译系统、图形接口和接口标准,其中操作系统是系统软件的核心。目前在机械 CAD/CAM 系统中广泛采用的操作系统有 UNIX 和 Windows 两种。

2.2.2 支撑软件

支撑软件是 CAD/CAM 系统的核心,它不针对具体的设计对象,而是为用户提供工具或开发环境,不同的支撑软件依赖一定的操作系统,又是各类应用软件的基础。通常,支撑软件可以从软件市场上购买,目前市场上出售的 CAD/CAM 软件基本属于支撑软件。支撑软件一般包括以下几种类型:

- 二维绘图软件,如 AutoCAD、Microstation、Twin CAD、IntelliCAD、Quick CAD 等。
- 三维几何建模软件,如 Pro/ENGINEER、Unigraphics、SolidWorks、Solid Edge、CATIA、I-DEAS、CADKEY、Inventor、MDT、Mechanical 等。
- 有限元分析软件,如 SAP、ANSYS 等。
- 优化方法软件,如 OPB 等。
- 数据库系统软件,如 ORACLE、SQL Server 数据库系统软件等。
- 系统运动学/动力学仿真软件,如 ADAMS 机械动力学自动分析软件等。

2.2.3 应用软件

应用软件是在系统软件、支撑软件基础上,用高级语言进行编程,针对某一个专门应用领域而研制的软件。因此这类软件类型多,内容丰富,也是企业在 CAD/CAM 系统建设中研究开发应用投入最多的方面,由于它的针对性特别强,因此商品化的软件不多,而且价格特别昂贵。此项工作通常称为软件的“二次开发”。

2.3 CAD/CAM 系统软、硬件选择的总体原则

在 CAD/CAM 系统选型中应把握趋势、区分差异、合理配置、兼顾发展。掌握如下基本原则。

(1) 实用化原则

CAD/CAM 系统是一项实用性、针对性很强的技术,具有高投入、高产出、高风险的特征。实施 CAD/CAM 技术必须以实用性为前提,否则很难带来经济效益和社会效益。设计系统时