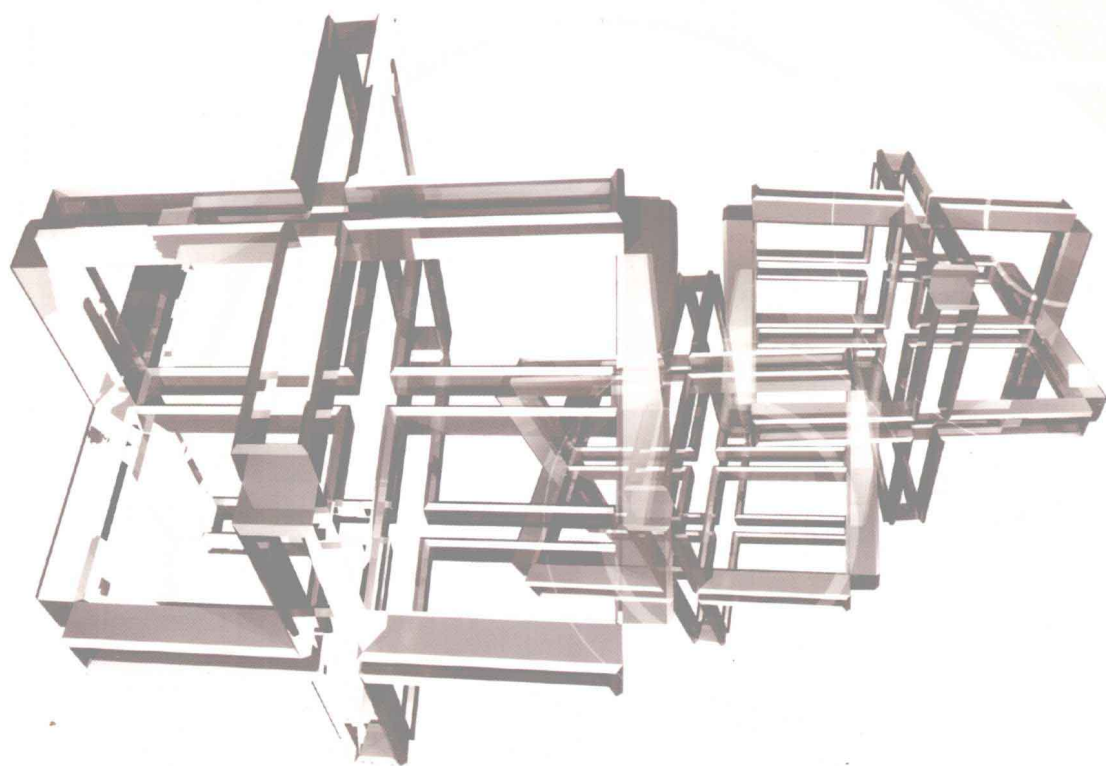




全国高职高专教育“十一五”规划教材



CAD/CAM系列

机械CAD/CAM 基础及应用

宋晓英 主编

全国高职高专教育“十一五”规划教材
CAD/CAM 系列

机械 CAD/CAM 基础及应用

Jixie CAD/CAM Jichu ji Yingyong

宋晓英 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书针对机械 CAD/CAM 技术交叉、知识密集、应用性与综合性强的特点,以目前流行的 CAD/CAM 软件 SolidWorks、CAXA 和 Mastercam 作为操作学习平台,本着注重学科系统性、突出技术应用性、强调操作实践性的编写思路,系统介绍了机械 CAD/CAM 的基本理论、技术知识和操作方法。

本书共 12 个单元,主要内容包括概述、CAD/CAM 系统的组成、SolidWorks 产品建模系统、计算机图形处理技术、三维几何建模技术、产品装配建模及应用、计算机辅助工程、计算机辅助工艺设计、CAM 数控编程技术、Mastercam X2 数控编程系统、现代制造业应用技术、CAD/CAM 集成技术。为便于学生自学使用,每个单元后均附有一定数量的思考题与练习题。

本书可作为高职高专机械类专业相关课程的教学用书,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM 基础及应用/宋晓英主编. —北京:
高等教育出版社,2010.10
ISBN 978-7-04-030131-1

I. ①机… II. ①宋… III. ①机械设计:计算机辅助
设计—高等学校:技术学校—教材②机械制造:计算机
辅助制造—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TH122
②TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 175914 号

策划编辑	徐 进	责任编辑	项 杨	封面设计	于 涛	责任绘图	尹 莉
版式设计	王 莹	责任校对	金 辉	责任印制	韩 刚		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 秦皇岛市昌黎文苑印刷有限公司

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.75
字 数 430 000

版 次 2010 年 10 月第 1 版
印 次 2010 年 10 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 30131-00

前 言

制造业数字化、信息化是当今世界制造业发展的大趋势，它使传统制造业正在发生深刻的变化。CAD/CAM 技术是随着计算机和信息技术的发展而形成的一项高新技术，是 20 世纪最杰出的工程成就之一，也是数字化、信息化制造的基础。该项技术的迅速发展和广泛应用，使制造业从产品设计到制造加工的整个生产过程出现了深刻的、根本性的变革，也带来了巨大的经济效益。深入了解和掌握 CAD/CAM 技术已成为摆在工程技术人员面前的重要任务，也成为机械工程类专业学生的一门必修课程。

CAD/CAM 技术涉及的内容十分广泛，学科跨度很大，除了设计、制造领域中的技术外，还不断向管理科学、信息处理技术等学科渗透。编者在多年教学中深感目前有关 CAD/CAM 方面的书籍不少，但大多不是过于偏重 CAD/CAM 方面的理论，就是偏重介绍 CAD/CAM 软件的实际操作，而对理论不予重视。适合高职学生，结合基础理论进行软件使用操作教学的教材还不多，从而给教学带来不便。

基于这种情况，本书在编写中力争体现高职教育的知识应用结构体系，既介绍基本的 CAD/CAM 技术基础理论，也注重对 CAD/CAM 软件使用操作的介绍。本书在编写时力求做到：

1. 注重学科系统性

围绕工程中产品设计、工艺设计、加工制造的过程，注重 CAD/CAM 理论知识的系统性和实用性，力求内容简洁易懂、图文并茂。

2. 突出技术应用性

贴近企业需求，突出对学生工程意识的培养，以三维建模与数控自动编程加工为主线，强调操作的技能性与应用性。

3. 强调操作实践性

强调理论与实践的统一，以课堂理论、实验、实训一体的教学方式，使学生强化以理论指导实践的意识 and 动手操作能力，培养学生的创造力。

本书选择了易学且目前流行的软件 SolidWorks、CAXA 和 Mastercam 作为学习 CAD/CAM 的入门软件，旨在让学生由浅入深、循序渐进、系统全面地了解三维建模、数控自动编程软件操作的基本思路和方法，并由此能举一反三，进而自主学习更多的应用软件。

本书由扬州职业大学宋晓英担任主编，姚海滨、傅伟担任副主编。编写分工如下：第 1、7、8 单元由宋晓英编写，第 2、11 单元由成小英编写，第 3 单元由池寅生编写，第 4 单元由姚海滨编写，第 5 单元由高艳编写，第 6 单元由冯晋编写，第 9 单元由张承阳编写，第 10 单元由胡林岚编写，第 12 单元由南丽霞、傅伟编写。本书建议教学课时为 50~80 课时，并采用理论与实践同步进行的方式进行教学。对 CAD/CAM 系统的组成、计算机辅助工艺设计、CAM 数控编程技术、现代制造业应用技术及 CAD/CAM 集成技术等单元，考虑到学科应用的完整性，也编入本书中，但在教学实施过程中可视课时安排以及其他课程学习情况，将这些内容作

为选讲或学生自学内容。

在本书的编写过程中参考了大量有关 CAD/CAM 技术方面的论著及资料，在此对文献作者表示感谢。同时，也对栾鑫等为本书编写所做的工作表示感谢。

CAD/CAM 技术的发展非常迅速，新技术和新概念不断涌现，其内涵和外延也在不断变化。由于时间仓促，加之编者水平有限，书中的不足之处在所难免，恳请同行与读者批评指正。

编 者

2010 年 7 月

目 录

第 1 单元 概述	1
1.1 CAD/CAM 的基本概念	2
1.2 CAD/CAM 技术的发展及应用	4
1.3 CAD/CAM 的工作过程及任务	7
思考题与练习题	11
第 2 单元 CAD/CAM 系统的组成	12
2.1 CAD/CAM 系统的基本组成	13
2.2 CAD/CAM 系统的硬件构成	13
2.3 CAD/CAM 系统的软件构成	28
2.4 CAD/CAM 系统的选择原则	32
思考题与练习题	35
第 3 单元 SolidWorks 产品建模系统 ..	36
3.1 SolidWorks 软件及工作界面	37
3.2 草图绘制	43
3.3 实体特征建模	52
3.4 曲面特征建模	68
3.5 SolidWorks 产品建模实例	72
思考题与练习题	81
第 4 单元 计算机图形处理技术	83
4.1 图形几何变换的基础知识	84
4.2 图形几何变换	86
4.3 自由曲线与曲面	95
4.4 三维真实感图形	101
思考题与练习题	109
第 5 单元 三维几何建模技术	111
5.1 三维几何建模技术	112
5.2 特征建模技术	120
5.3 参数化设计技术	124
思考题与练习题	131
第 6 单元 产品装配建模及应用	132
6.1 装配建模基本概念	133
6.2 装配模型建立方法	135
6.3 SolidWorks 装配建模实例	137
6.4 装配结果应用	144
思考题与练习题	148
第 7 单元 计算机辅助工程	150
7.1 仿真技术	151
7.2 有限元分析	154
7.3 优化设计	159
7.4 SolidWorks 工程分析应用	165
思考题与练习题	168
第 8 单元 计算机辅助工艺设计	169
8.1 计算机辅助工艺设计概述	170
8.2 CAPP 系统的类型及基本原理	175
8.3 CAPP 软件及应用	178
思考题与练习题	185
第 9 单元 CAM 数控编程技术	186
9.1 数控编程的概念及方法	187
9.2 数控加工工艺基础	188
9.3 数控加工程序编制	190
9.4 数控加工程序实例	202
9.5 数控自动编程技术	206
思考题与练习题	207
第 10 单元 Mastercam X2 数控编程系统	208
10.1 Mastercam X2 软件介绍	209
10.2 Mastercam X2 软件的 CAM 功能	211
10.3 Mastercam X2 应用实例	216
思考题与练习题	229
第 11 单元 现代制造业应用技术	231
11.1 逆向工程技术	232
11.2 快速原型制造技术	238
11.3 虚拟制造技术	243
11.4 其他先进制造模式	246
思考题与练习题	252
第 12 单元 CAD/CAM 集成技术	253

12.1 CAD/CAM 系统产品数据管理技术 ···	254	12.5 CIMS 应用 ·····	275
12.2 产品数据交换·····	259	思考题与练习题 ·····	275
12.3 制造通信及网络化技术 ·····	262	参考文献 ·····	276
12.4 CAD/CAM 集成技术 ·····	269		

第1单元 概述



- 数字化、信息化技术使传统的机械工业迎来了新的春天。
- 什么是 CAD、CAM?
- 计算机技术的发展使机械设计与制造过程产生了怎样的变化?

随着计算机和网络技术的迅猛发展,传统的机械设计和制造方法被逐渐赋予了数字化、信息化的内涵。计算机辅助设计与制造(computer aided design and computer aided manufacturing),正是随着信息技术与机械制造技术的相互结合与渗透产生并发展起来的一门综合性应用学科,简称 CAD/CAM。

1.1 CAD/CAM 的基本概念

1.1.1 CAD

计算机辅助设计(computer aided design)泛指设计者以计算机为辅助工具,通过人机交互方式进行产品构思、设计、分析、计算、绘图以及编写技术文档等设计工作,是一项综合性技术。

早期有人把 CAD 理解为“计算机绘图”(computer graphics,CG),因当时工程上主要以完成图形的设计与绘制为主。

20 世纪 70 年代初,国际信息处理联合会(IFIP)召开了“关于 CAD 原理”的工作会议,会上对 CAD 的定义提出了指导性的原则:CAD 是一种技术,其中人与机器结合为一个问题求解组,紧密配合,各有所长,从而使其工作优于每一方,并为应用多学科方法的综合性协作提供了可能。这一原则突出了 CAD“人机配合、取长补短”的基本性质,为与会者普遍接受。由此理解:CAD 是一种由人和计算机合作,在对设计过程认真分析后,按人与计算机各自的特点,发挥人与计算机的长处,完成各种设计工作的技术。计算机具有计算速度快、错误率低、精度高等优点,还具有强大的数据存储能力,能够在数据存储、管理、检索中发挥重要作用;人的直觉、经验和判断是产品设计开发中不可缺少的,人可以控制计算机及程序的运行。虽然人和计算机的能力形成互补,但在产品的计算机辅助设计与制造过程中,人始终具有最终的控制权和决策权,计算机只是人们从事产品开发的重要辅助工具。只有最大限度地发挥人与计算机各自的优势,才能获得最大的经济效益。

一般认为,CAD 的功能可归纳为四类:几何建模、工程分析、模拟仿真、自动绘图。

1.1.2 CAE

计算机辅助工程(computer aided engineering)一般主要指利用计算机生成新产品模型,并预测产品的性能与功能的可用性和可靠性。

工程分析泛指有限元分析、可靠性分析、动态分析、优化设计及产品的常规分析计算等内容。

CAE 技术的应用使实物模型的实验次数减少,规模下降,加快了研究速度,大幅度降低了成本,同时也极大地提高了产品的可靠性。CAE 技术的发展与普及,使机械设计逐渐实现了由静态、线性分析向动态、非线性分析的过渡,由经验类比向最优设计的过渡,由人工计算向自动计算的过渡,由近似计算向精确计算的过渡,使设计工作出现了革命性的变化。

1.1.3 CAPP

计算机辅助工艺设计(computer aided process planning)是利用计算机根据产品设计所给出的信息进行产品加工方法和制造过程的设计。

一般认为, CAPP 系统的功能包括毛坯设计、加工方法选择、工序设计、工艺路线制订和工时定额计算等。其中的工序设计又包含加工设备和工装的选用、加工余量的分配、切削用量的选择以及机床、刀具的选择和必要的工序图生成等。

工艺设计是制造企业技术部门的主要工作之一, 其质量的优劣以及效率的高低对生产组织、产品质量、生产率、产品成本、生产周期等有着极大的影响。应用 CAPP 可以极大地提高工艺人员的工作效率, 加快新产品投放市场的速度, 并有助于设计人员对宝贵经验进行总结, 将更多的精力和时间投入到更具有创造性的工作中。同时, 应用 CAPP 技术可以获得符合企业实际的优化工艺方案, 给出合理、标准的工时定额和材料消耗, 为企业的科学管理提供可靠数据。

1.1.4 CAM

计算机辅助制造(computer aided manufacturing)一般是计算机在产品制造领域中有关应用的统称。CAM 技术的定义有狭义和广义之分。

狭义 CAM 通常指数控(NC)程序的编制, 包括刀具路径规划、刀位文件生成、刀具轨迹仿真以及后置处理和 NC 代码生成等。

广义 CAM 一般是指利用计算机辅助完成从毛坯到产品全部制造过程中的各种直接和间接活动, 包括生产作业计划、工艺设计、NC 自动编程、物流过程的运行控制(物料的加工、装配、检测、输送、存储等)、生产控制、质量控制等。

1.1.5 CAD/CAM 集成技术

自 20 世纪 60 年代开始, CAD、CAPP、CAM 技术就各自独立地发展, 国内外已研究开发出了一批性能优良、相互独立的商品化 CAD、CAPP、CAM 系统。这些独立的系统, 分别在产品设计自动化、工艺过程设计自动化和数控编程自动化方面起到了重要的作用。然而, 这些各自独立的系统不能实现系统之间信息的自动传递和交换, 各独立系统所产生的信息需经人工转换, 这不仅影响了设计效率的提高, 而且人为的数据转换难免不发生错误。为此, 自 20 世纪 70 年代起, 人们提出了 CAD/CAPP/CAM 集成的概念。目前, 这一技术在国内外均已取得了很大进展, 达到了实用水平。

CAD/CAM 集成实质上是指 CAD、CAE、CAPP、CAM 各模块之间形成相关数据和信息的自动传递及转换。集成的 CAD/CAPP/CAM 系统借助于公共的工程数据库、网络通信技术以及标准格式的中性文件接口, 把分散于机型各异的计算机中不同类型的 CAD、CAPP、CAM 模块有效地集成起来, 实现软、硬件资源共享, 保证系统内信息流动的畅通无阻。

随着信息技术的不断发展, 为使计算机辅助技术给企业带来更大的效益, 人们提出了将企业内所有分散的信息系统进行集成, 不仅包括生产信息, 也包括生产管理过程所需要的全部信息, 从而构成计算机集成制造系统(computer integrated manufacturing system, CIMS), 而 CAD/

CAPP/CAM 集成系统是 CIMS 的一个子系统, 是 CIMS 的核心。

1.2 CAD/CAM 技术的发展及应用

1.2.1 CAD/CAM 技术的发展历史

CAD/CAM 技术是伴随着信息技术和制造技术的发展而发展的。

1946 年, 世界上第一台电子计算机 ENIAC (electronic numerical integrator and computer, 电子数字积分计算机) 在美国宾夕法尼亚大学的摩尔学院诞生。1950 年美国麻省理工学院 (MIT) 研制出类似于示波器的图形显示设备“旋风 1 号” (Whirlwind I), 用它可以显示简单的图形。1952 年, MIT 研制成功世界上第一台数控铣床, 通过不同的数控程序就可以实现对不同零件的加工, 随后 MIT 又研制开发了自动编程语言 APT 程序系统 (automatically programmed tools), 通过对刀具轨迹的描述来实现计算机辅助数控编程。在此基础上, 人们提出一种设想: 能否不描述走刀轨迹, 而直接描述被加工零件本身? 由此产生了 CAD 和 CAM 集成的最初概念。1958 年, 美国 Calcomp 公司研制出滚筒式绘图仪, Gerber 公司研制出平板绘图仪。20 世纪 50 年代, 人们大多采用电子管计算机, 用机器语言编程, 为之配置的图形显示设备仅具有输出功能。此时计算机主要应用于工程和产品设计的分析计算, CAD 技术处于被动式的图形处理阶段。

20 世纪 60 年代初, 麻省理工学院的博士研究生萨瑟兰德 (Ivan Sutherland) 发表了《人机对话图形通信系统》一文, 这是一篇世界公认的计算机图形设计系统论文的处女作, 为 CAD/CAM 技术的发展提供了理论基础。随后世界上第一套具有实时交互功能的二维 SKETCHPAD 系统又研制成功, 开创了人机交互 CAD 的历史, 为发展 CAD/CAM 技术作出了巨大贡献。

20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期, CAD/CAM 技术进入了早期实用阶段。随着计算机硬件的发展, 由图形输入设备、显示装置、绘图机等硬件及其相应的应用软件配套而成, 以小型机、超小型机为主机的 CAD 系统进入市场。与此同时, 为了适应设计和加工的要求, 三维几何处理软件也发展起来, 相继出现了许多商品化的 CAD/CAM 设备及系统。美国的 IBM 公司开发的 CAD/CAM 系统, 具有绘图、数控编程和强度分析等功能; 美国洛克希德 (Lockheed) 飞机公司推出了 CADAM 系统; 通用汽车公司研制成功 DAC-1 自动设计系统。这时 CAD/CAM 技术的应用进入机械、船舶、电子、建筑、化工以及轻纺等众多行业, 但大多集中在大型企业。在制造领域, 1962 年在机床数控技术的基础上研制成功了第一台工业机器人, 实现物料搬运的自动化; 1966 年出现了采用通用计算机直接控制多台数控机床的 DNC 系统。20 世纪 70 年代初, 美国的辛辛那提公司研制了第一个柔性制造系统 (FMS, flexible manufacturing system)。

20 世纪 80 年代, CAD/CAM 技术进入迅速发展时期。超大规模集成电路的出现使计算机硬件成本大幅下降, 计算机外围设备产品逐渐形成系列化, 相应的软件技术如图形处理技术、数据库技术、有限元分析、优化设计等技术也迅速发展, 这些商品化软件的出现促进了 CAD/CAM 技术的推广及应用, 使其从大型企业向小型企业发展, 从发达国家向发展中国家发展。在此期间, 还相应发展了一些与制造过程相关的计算机辅助技术, 例如计算机辅助工艺设计 (CAPP)、计算机辅助夹具设计 (CAFD)、计算机辅助质量控制 (CAQ) 等。伴随着计算机软硬件技术的发展, CAD 逐渐由二维绘图发展为三维实体建模, 进而发展为三维参数化模型, 同

时人们开始把注意力集中到 CAD/CAM 一体化及计算机集成制造系统(CIMS)的研究上来,为推进 CAD/CAM 技术向高水平发展创造了条件。

20 世纪 90 年代, CAD/CAM 技术已不停留在过去单一模式、单一功能、单一领域的水平,而向着开放式、标准化、集成化、智能化的方向发展。由于计算机操作系统在以太网环境下构成了 CAD/CAM 系统的主流工作平台,因此现在的 CAD/CAM 技术和系统都具有良好的开放性。由国际标准化组织(ISO)制订的标准,对 CAD/CAM 技术和系统的推广、移植和信息资源共享起到了重要的作用,也为不同系统之间的集成提供了基础。与此同时,面向对象技术、并行工程思想、分布式环境技术及人工智能技术的研究,都使得 CAD/CAM 技术向更高水平发展。

经历了形成、发展、提高、集成等阶段, CAD/CAM 技术的应用已不再局限于大中型企业、研究院所和大学,而是迅速走向了各行各业的相关企业和部门。随着计算机技术、信息技术与网络技术的发展,数字化思维方式已成为当今人们分析问题、解决问题的主要手段。

1.2.2 CAD/CAM 技术的应用概况

CAD/CAM 技术的普及和应用不仅对传统制造业提出了新的挑战,而且对新兴产业的发展、劳动生产率的提高、材料消耗的降低、国际竞争能力的增强具有重要作用,它已成为衡量一个国家科学技术现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

我国于 20 世纪 60 年代开始引进 CAD/CAM 技术,最早起步于航空工业,而 CAD/CAM 技术的应用开发始于 20 世纪 70 年代,当时应用较多的是利用计算机进行产品设计中的分析计算。

20 世纪 80 年代,我国在机械 CAD/CAM 技术应用开发方面进行重点投资,在 CAD 技术的各个方面开展了许多研究,一些高校和科研院所自行开发和研制了 CAD/CAM 软件系统,并在一些大型企业得到应用。开发和推广应用工作所取得的成果,为我国 CAD/CAM 技术的发展奠定了基础。

20 世纪 90 年代以来,我国 CAD/CAM 技术开发进入了较为系统的推广与应用阶段,各类 CAD/CAM 系统的研制开发出现了商品化、产业化的势头。机械行业自 1995 年以来相继开展了“CAD 应用 1215 工程”和“CAD 应用 1550 工程”,以树立“甩图板”的典型企业,培养 CAD/CAM 应用示范企业,计划扶持 100 家,并带动 5 000 家企业进行 CAD/CAM 的应用与研制。

从 2000 年开始,我国另一个重要项目“制造业信息化工程”开始启动,实施以信息化带动工业化的战略,将数字化设计作为该项目的战略目标之一,提倡应用三维 CAD 技术进行产品创新设计,以提高企业的竞争能力,同时将三维 CAD、产品数据管理等列为重点开发的关键系统。该工程通过建立一批示范区域和示范企业,实行推广和辐射。此外,还注意发展软件产业、咨询服务业并培养高素质的技术队伍。这些措施极大地推动了我国 CAD 技术的应用与发展。

目前,我国制造业应用 CAD/CAM 技术的情况大致可分为以下四种应用层次:

1) 计算机绘图的应用层次 这个层次基本属于“甩图板”层次,其特点是提高了绘图效率,在一定程度上加快了产品的设计过程。

2) 三维设计的应用层次 从三维着手进行产品设计,采用特征参数化 CAD 系统建立零部件的三维几何模型,实现装配仿真和装配干涉检查,由三维模型生成零件二维工程图。由此可

实现无纸设计和有纸制造,即由三维模型—二维零件工程图—加工制造,或者实现无纸设计和无纸制造,即由三维模型—数控加工。

3) 数字化设计的应用层次 数字化设计是指用计算机完成产品设计、工程分析、模拟装配和制造等过程。数字化设计的目标是建立产品的数字化样机,即产品外形的数字化定义,产品零部件100%的数字化定义,产品中机、电、液等主要系统100%的数字化定义,产品100%的数字化预装配。目前,在我国的产品设计中能够达到这种水平的还极少。

4) 企业信息化的应用层次 这个层次的应用体现在CAD/CAE/CAPP等的集成,应用PLM软件实现企业内部的文档管理、产品结构管理、配置管理以及工作流程管理,实现CAX/PDM/ERP的集成等。这一层次是CAD技术的深化应用,是现阶段开展制造业信息化工程的主要内容,其目的是达到企业内部,乃至企业间的信息交换和共享。目前在实施制造业信息化的企业中,根据各自的具体情况,已经在不同程度上实现了这一应用层次。

尽管我国在CAD技术的研究、开发和推广应用等方面取得了很大的成绩,但与工业发达国家相比还存在很大差距。主要表现在:CAD/CAM应用集成化程度较低,大多数企业只停留在绘图、NC编程等单一技术应用上;CAD/CAM系统部分软、硬件过分依赖进口,我国自主知识产权产品的商品化程度低,利用率不够高;缺少人才和技术力量,致使企业所引进的CAD/CAM系统功能得不到充分发挥;CAD/CAM软件的引进和应用在行业之间、地区之间的发展也很不平衡。因此,进一步开展CAD/CAM技术的研究、开发和推广、应用,仍是一项繁重而又十分紧迫的任务。

面对21世纪全球市场的快速多变和激烈竞争,我国制造业企业的战略目标是用较短的开发周期,开发出个性化、多品种、高质量、低成本、绿色环保、具有良好服务的新产品。实现此目标从技术层面上说,就是应用CAD/CAM技术来实施成组技术、标准化技术、模块化技术以及其他先进的设计和制造技术。为此,制造业企业必须把CAD/CAM技术的应用与先进的设计、制造理论和方法相结合,必须进行企业CAD/CAM应用的二次开发。

1.2.3 CAD/CAM技术的发展趋势

CAD/CAM技术的发展趋势主要体现在集成化、智能化、网络化、虚拟化等方面。

1. 集成化

由于历史的原因,CAD、CAPP、CAM和CAE大都作为独立的系统进行开发,相互间缺乏统一的设计思想,由于各系统中产品的表示方法有很大差异,导致传递信息中断和劳动重复,严重影响整体工作效率。

CIMS是在新的生产组织原理指导下形成的一种新型生产模式,是当前CAD/CAPP/CAM/CAE集成化技术发展的主要目标,这种集成并不是将孤立的各个系统进行简单连接,而是建立一种新的设计、生产、分析及技术管理一体化系统,从产品概念设计开始就考虑到集成,更强调“多集成”的概念,即信息集成,智能集成,串并行工作机制集成,技术、人、资源和管理的集成。CIMS是提高产品设计和制造自动化程度的重要手段。

2. 智能化

所谓智能化,是指将人工智能(artificial intelligence, AI)、专家系统(expert system, ES)应用于CAD/CAM系统中。

机械设计是一个非常复杂的过程，需要具备多学科的专业知识和丰富的实践经验才能得到理想的设计结果，整个设计过程不仅是数值计算，还包含了大量决策性和创造性的活动，需要进行思考、推理和决策。将 AI、ES 技术应用于机械设计领域，使 CAD/CAM 系统具有人类专家的经验 and 知识，具有学习、推理、联想和判断功能及智能化的视觉、听觉、语言能力，能提出并选择设计方法和策略，支持设计过程的各个阶段，尽量减少人工干预，使计算机可以在更高层次的创造性思维活动基础上，给予技术人员有效的辅助。这是 CAD/CAM 技术的重要发展方向之一。

3. 网络化

自 20 世纪 90 年代以来，计算机网络发展迅速，使得各自独立的计算机之间能够很轻易地实现通信和资源共享。在此基础上，CAD/CAM 网络技术日趋成熟，对于大型 CAD/CAM 项目，可由多个人、多个企业在多台计算机上通过网络协同完成。

同时，借助 Internet，可将分散在不同地区，甚至跨越国界的现有智力资源和生产设备资源迅速组合，建立包括骨干核心单位和可能参加者的动态联盟制造体系，以适应市场快速发展的需要，增强产品的市场竞争力，这已成为全球化制造系统发展的趋势。

4. 虚拟化

虚拟设计是一种新兴的多学科交叉技术。以虚拟现实(virtual reality, VR)技术为基础，以机械产品为对象，使设计人员能与多维的信息环境进行交互，在虚拟世界中创造虚拟产品，进行零件虚拟加工和装配，进行操作模拟与实验。利用这项技术可以大幅减少实物模型和样机制造，对缩短产品开发周期、节省制造成本有着重要的意义。虚拟现实技术的出现为 CAD/CAM 技术的发展增加了更强有力的手段。

1.3 CAD/CAM 的工作过程及任务

1.3.1 产品生产过程与 CAD/CAM 工作过程

产品是市场竞争的核心。产品的生产过程是从市场需求分析开始，经过设计和制造，把抽象概念变成具体的可供用户使用的成品的过程。这一过程具体包括产品设计、工艺设计、生产实施等阶段，如图 1-1 所示。

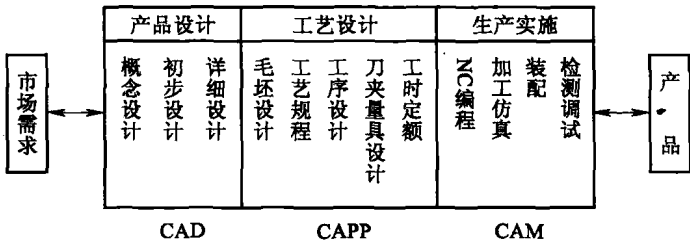


图 1-1 产品生产过程

产品设计是根据市场需求归纳出产品的使用要求，确定产品应具备的功能，构思产品的工作原理、总体布局、运动方式、力和能量的传递、结构形式、产品形状以及色彩、材质、工艺

1.3.2 CAD/CAM 系统的主要任务

一个完备的 CAD/CAM 系统应由科学计算系统、图形系统和工程数据库等组成。系统的主要任务是对产品设计、制造全过程的信息进行处理,包括设计、制造中的数值计算,设计分析,几何建模,工程绘图,计算机辅助工程,计算机辅助工艺设计,数控编程,模拟仿真和工程数据的管理。

1. 几何建模

几何建模是 CAD/CAM 系统的核心。它为产品的设计、制造提供基本数据,同时为其他模块提供原始信息。长期以来,人们通过二维图形来间接表达三维产品,缺乏直观性。利用计算机构造产品的三维几何模型和记录产品的三维模型数据,并在显示器上通过消隐、渲染等技术真实地显示三维效果,能够随时观察、修改模型,是计算机辅助设计的基本任务。

产品的几何建模包括两方面内容:一是零件建模,即构造零件的三维几何结构模型;二是装配建模,即构造产品或部件的三维几何结构模型。产品的几何建模技术是不同软件之间竞争的主要方面之一。

2. 工程绘图

产品设计的结果往往以机械图样的形式出现,CAD/CAM 中的某些中间结果也是通过图形表达的,计算机辅助设计技术正是从取代手工绘图开始的。

CAD/CAM 系统一方面应具备从几何造型中的三维图形直接向二维图形转换的功能,另一方面还需具有处理二维图形的能力,包括基本图元的生成、标注尺寸、图形的编辑以及显示控制、附加技术条件等,保证生成符合生产要求并符合国家标准的机械图样。

3. 工程分析

在设计过程中,往往要利用计算机进行各种分析计算,以进一步完善设计。要求 CAD/CAM 系统对各类计算分析的算法要正确、全面,而且数据计算量大、计算精度要求高。目前,CAD/CAM 系统常采用的计算分析包括:

1) 图形处理功能 图形处理中变换矩阵的运算,体素之间的交、并、差运算,图形绘制、编辑、消隐、着色、渲染、输出等运算。

2) 物体质量特征计算 根据构造的产品几何模型,计算出相应物体的体积、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。

3) 有限元分析(finite element analysis,FEA) 解决形状、结构比较复杂零件的工程分析计算问题。为设计人员研究产品的强度、变形、磁场、温度场、应力分布、振动等状态提供分析方法。进行分析计算之后,将计算结果以图形、文件的形式输出,使用户方便、直观地看到分析结果。

4) 优化功能 对设计方案进行优选,即在一定条件的约束限制下,使产品或工程设计中的预定指标达到最优。优化设计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组成部分。

4. 计算机辅助工艺设计

计算机辅助工艺设计为产品的加工制造提供指导性文件,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,通过系统检索和决策,生成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。其设计结果一方面能被生产实际所用,生成工艺卡片文件;另一方面能直接输出一些信息,为 CAM 中的 NC 自动编程系统接收、识别,并直接转换为刀位文件。

5. 数控编程

数控机床是由计算机控制的,数控加工程序是控制数控机床运动与工作过程的依据,使用数控机床加工时应采用专门的数控编程方法编制零件的加工程序。

数控编程的主要内容有分析零件图样,确定工艺过程;进行数值计算,确定刀具运动轨迹;编写程序清单,进行程序检查;制作控制介质,进行工件试切。

6. 模拟仿真

在 CAD/CAM 系统内部建立一个产品的虚拟系统模型,通过运行仿真软件,模拟真实系统的运行。它可用于预测产品的性能、产品的制造过程和产品的可制造性,通常有虚拟样机,加工轨迹仿真,机构运动学模拟,机器人仿真,工件、刀具、机床的碰撞和干涉检验等。

在编制数控程序的过程中经常容易发生错误,可能导致刀具、机床的损坏,采用数控加工仿真系统,从软件上实现零件试切的加工模拟,就可避免现场调试带来的人力、物力的投入并降低加工设备损坏的风险,减少了制造费用,缩短了产品设计周期。

7. 工程数据管理

CAD/CAM 系统中数据量大且种类繁多,既有几何数据,又有属性语义数据;既有产品定义数据,又有生产控制数据;既有静态标准数据,又有动态过程数据。数据结构一般都相当复杂,因此 CAD/CAM 系统应能对各类数据提供有效的管理手段以支持工程设计与制造全过程的信息流动与交换。通常, CAD/CAM 系统采用工程数据库系统作为统一的数据管理环境,实现各种工程数据的管理。

1.3.3 CAD/CAM 技术产生的效益

CAD/CAM 技术之所以得到如此迅速的发展和广泛的应用,是因为它能够带来显著的经济效益与社会效益。例如,沈阳鼓风机厂将 CAD/CAM 技术用于透平压缩机生产,技术准备周期从原来的 12 个月缩短到 6 个月,设计周期从原来的 6 个月缩短到 3 个月,供货周期由原来的 18 个月缩短到 10~12 个月,整机运行效率提高约 5%。CAD/CAM 技术集成实现了设计、制造一体化,具有明显的优越性,主要体现在以下几方面。

1. 缩短生产周期,提高生产效率

产品设计可在计算机上边设计、边模拟、边实验、边修改,实现一次设计成功。减少了设计、计算、制图、制表、制作样机等所需的时间,缩短了设计周期,减少了零件在车间的流通时间和在机床上装卸、调整、测量和等待切削的时间,提高了生产效率。

2. 提高应变能力,满足竞争需求

CAD/CAM 技术有利于实现产品的标准化、通用化和系列化,先进的生产设备既有较高的生产过程自动化水平,又能在较大范围内适应加工对象的变化,有利于企业提高应变能力,使企业在市场竞争中处于更有利的位置。