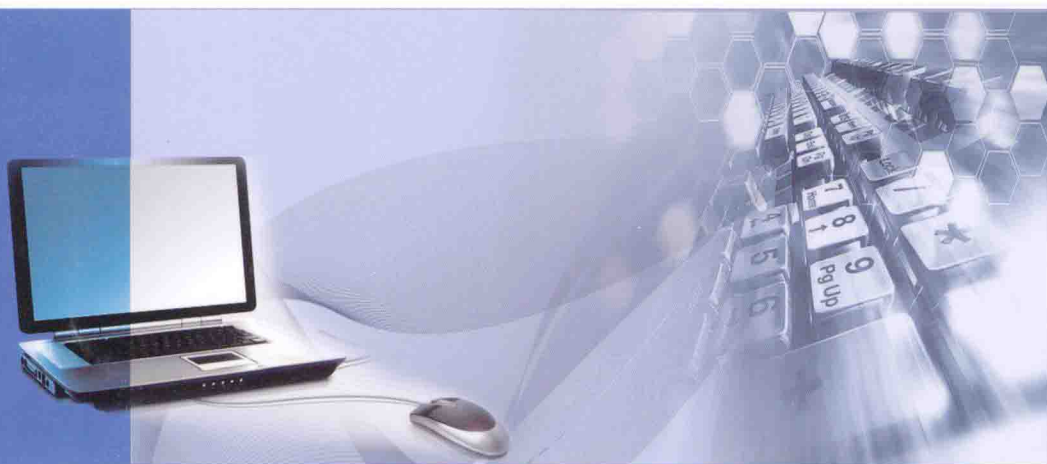


计算机 辅助设计与制造 CAD/CAM

吴培宁 主编



中國農業大學出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

计算机辅助设计与制造

吴培宁 主编

中国农业大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书结合 CAD/CAM 技术的最新进展以及应用中的实际需求,系统介绍了 CAD/CAM 技术的基础理论知识与应用技术。主要内容包括:CAD/CAM 技术的基础知识、CAD/CAM 系统的软硬件、工程数据计算机处理、CAD/CAM 中的数据结构、计算机图形学基础、CAD 建模技术及计算机辅助数控编程等。本书即保持了知识内容的基础性,又体现了工程应用的先进性和实用性。

本书主要作为计算机辅助设计与制造、机械制造及自动化专业的教材,也可供从事 CAD/CAM 技术应用的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计与制造 / 吴培宁主编. —北京:中国农业大学出版社,2013. 12
ISBN 978-7-5655-0861-5

I. ①计… II. ①吴… 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. ①TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 280745 号

书 名 计算机辅助设计与制造

作 者 吴培宁 主编

责任编辑 孙 勇 陆 强

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

规 格 787×1 092 16 开本 17 印张 420 千字

定 价 36.00 元

责任校对 王晓凤 陈 莹

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

E-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

前 言

制造业在国民经济、国防建设等方面具有举足轻重的作用,它是其他产业的支撑和基础。各产业的发展水平受制造业发展水平的制约,因此制造业是一个国家的支柱产业。制造业信息化是指充分利用以现代信息技术为代表的高新技术对传统产业的渗透以及信息技术与其它专业技术的融合,在制造企业行业里的产品全生命周期中,通过信息技术的应用,信息资源的开发、利用、集成和共享,达到企业资源的优化配置和高效运转,从而提高制造业的经济效益和整体竞争力,改造和提升传统的制造行业。

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)是制造业信息化技术的重要组成部分,是计算机技术、现代产品设计与制造技术相结合的一门综合性技术。其应用极大地促进了先进制造技术的发展,改变了人类的生活。CAD/CAM 技术的水平高低是衡量一个国家工业现代化程度的重要标志之一。

CAD/CAM 技术所涉及的知识 and 应用范围非常广泛,掌握和了解 CAD/CAM 技术已成为机械工程技术人员的任务,也是机械制造及自动化相关专业学生的一门必修专业基础课程。本书的内容主要涉及 CAD/CAM 技术的基础理论知识和相关技术问题,以最新 CAD/CAM 系统及 C 语言编译系统为平台,以简单、实用、面向真实具体实例为教材编写的指导思想。本书例题中提供的程序均通过 VC6.0 系统编译或经过数控设备的加工验证,可为读者解决实际问题提供参考和借鉴。

本教材以计算机辅助设计与制造相关专业高职学生为主要应用对象。在学生已掌握工程制图、机械设计基础、程序设计基础等课程知识的基础上,系统学习 CAD/CAM 技术的理论与方法,为学生更好地理解和掌握主流 CAD/CAM 软件系统、从事 CAD 系统定制与开发工作奠定坚实的基础。

本书由中国劳动关系学院吴培宁主编,由于作者的学识有限、时间仓促,书中难免存在不足与疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者
2013 年 9 月

目 录

第 1 章 CAD/CAM 技术	1
1.1 CAD/CAM 基本概念	1
1.1.1 制造业信息化与 CAD/CAM	1
1.1.2 CAD/CAM 的基本概念	2
1.1.3 CAD/CAM 技术的发展历史	2
1.2 CAD/CAM 的工作过程及功能	5
1.2.1 产品设计过程	5
1.2.2 CAD/CAM 工作过程	6
1.2.3 CAD/CAM 系统的功能	8
1.2.4 CAD/CAM 系统的特点与应用	9
1.3 CAD/CAM 技术的发展趋势	10
思考题	11
第 2 章 CAD/CAM 系统的软硬件	12
2.1 CAD/CAM 系统的体系结构	12
2.2 CAD/CAM 系统的硬件环境	12
2.2.1 CAD/CAM 系统的主机设备	12
2.2.2 CAD/CAM 系统的输入设备	16
2.2.3 CAD/CAM 系统的输出设备	18
2.2.4 CAM 数控加工设备	21
2.3 CAD/CAM 系统的软件体系结构	23
2.3.1 系统软件	24
2.3.2 支撑软件	24
2.3.3 应用软件	24
2.3.4 常用 CAD/CAM 系统简介	25
2.3.5 CAD/CAM 系统选择原则	29
2.3.6 计算机辅助工程分析	30
2.3.7 常用 CAE 系统简介	31
思考题	32
第 3 章 工程数据计算机处理	33
3.1 工程数据处理	33
3.2 数表信息化	33
3.3 数表公式化	36

3.3.1 函数插值	36
3.3.2 函数拟合	43
3.4 工程中常用曲线	44
3.4.1 Bezier 曲线	44
3.4.2 B 样条曲线	45
3.4.2 非均匀有理 B 样条(NURBS)曲线	47
思考题	47
第 4 章 CAD/CAM 中的数据结构	48
4.1 数据结构的基本概念	48
4.1.1 数据结构基本概念	49
4.1.2 算法和算法描述	51
4.1.3 算法效率分析	52
4.2 线性结构	53
4.2.1 线性表	53
4.2.2 栈与队列	90
4.3 树型结构	115
4.3.1 树的定义及基本术语	116
4.3.2 二叉树	118
4.3.3 二叉树的存储结构	119
4.3.4 遍历二叉树及线索二叉树	139
4.3.5 树、森林与二叉树的转换	145
4.4 查找	146
4.4.1 静态查找表	146
4.4.2 动态查找表	153
4.5 排序	165
4.5.1 插入排序	165
4.5.2 交换排序	172
4.5.3 选择排序	175
4.5.4 其他排序方法	179
4.5.5 各种内部排序方法比较	180
思考题	181
第 5 章 计算机图形学基础	182
5.1 图形变换	182
5.1.1 二维图形变换	182
5.1.2 三维图形变换	186
5.2 图形裁剪	191
5.3 图形消隐	192

5.3.1 凸多面体隐藏线消除	193
5.3.2 消隐处理方法	193
思考题	198
第 6 章 CAD 建模技术	199
6.1 CAD 建模基本概念	199
6.2 几何建模技术	200
6.3 线框模型	203
6.3.1 二维线框模型	203
6.3.2 三维线框模型	204
6.3.3 线框模型的特点	206
6.4 表面模型	206
6.4.1 表面建模原理	206
6.4.2 常见曲面造型方法	208
6.4.3 表面模型的特点	209
6.5 实体模型	209
6.5.1 实体建模原理	209
6.5.2 实体建模方法	211
6.5.3 布尔运算	216
6.6 实体模型表示方法	217
6.6.1 边界表示法	217
6.6.2 构造立体几何表示法	218
6.6.3 混合表示法	219
6.6.4 空间单元表示法	220
6.6.5 实体模型的特点	220
6.7 特征建模技术介绍	221
6.7.1 特征的定义	221
6.7.2 特征的分类	222
6.7.3 特征分类方法	222
6.7.4 特征建模	222
思考题	222
第 7 章 计算机辅助数控编程	223
7.1 数控编程的基本概念	223
7.1.1 数控编程的内容和方法	223
7.1.2 加工程序的结构与格式	224
7.1.3 数控机床坐标系与工件坐标系	226
7.1.4 数控加工的工艺处理	228
7.2 手工数控编程	230

7.2.1	手工编程的数学处理	230
7.2.2	常用的 G 指令	230
7.2.3	常用的 M 指令	233
7.2.4	手工编程实例	234
7.3	图形交互式自动编程	238
7.3.1	MasterCAM 系统编程	238
7.3.2	复杂零件自动编程实例	243
	思考题	261
	参考文献	262

第1章 CAD/CAM 技术

【本章摘要】

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)是制造业信息化技术的重要组成部分,是计算机技术、现代产品设计与制造技术相结合的一门综合性技术。其应用极大地促进了先进制造技术的发展,改变了人类的生活。CAD/CAM技术的水平高低是衡量一个国家工业现代化程度的重要标志之一。本章主要论述 CAD/CAM 的基本概念、CAD/CAM 技术的发展概况、CAD/CAM 技术的应用以及未来 CAD/CAM 技术的发展趋势。

【教学目标】

1. 知识目标:了解 CAD/CAM 的发展历史;了解 CAD/CAM 的工作过程和实质;熟悉 CAD/CAM 技术的发展趋势。
2. 能力目标:掌握 CAD/CAM 系统的基本功能。

1.1 CAD/CAM 基本概念

1.1.1 制造业信息化与 CAD/CAM

制造业在国民经济、国防建设等方面具有举足轻重的作用,它是其它产业的支撑和基础。各产业的发展水平受制造业发展水平的制约,制造业是一个国家的支柱产业。

制造业信息化是指充分利用以现代信息技术为代表的高新技术对传统产业的渗透以及信息技术与其它专业技术的融合,在制造企业行业里的产品全生命周期中,通过信息技术的应用、信息资源的开发、利用、集成和共享,达到企业资源的优化配置和高效运转,从而提高制造业的经济效益和整体竞争力,改造和提升传统的制造行业。推进制造业信息化建设是实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》、《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》的重要内容。大力推动信息化与工业化的深度融合,走中国特色新型工业化道路,对促进我国制造业转型升级、打造制造强国具有重大意义。

制造业信息化的主要内容可以概括为以下几个层面:

- (1)在制造业中融入信息技术和其它高新技术,提高产品自身的质量、功能层次、技术含量和高附加值。
- (2)在制造业行业企业产品设计与制造过程中,广泛采用电子信息技术、自动化技术,实现快速、高效、可靠、精密、低耗、低成本生产。
- (3)深入开发和广泛利用信息资源,实现企业资源的优化组合与综合利用,实现管理信息化。
- (4)建设企业信息网络系统,发展网络制造、虚拟制造、网络营销,形成企业之间的动态联盟,提高企业和行业的整体效益和竞争能力。
- (5)供应链信息化是制造业信息化的重点,打造一个基于信息技术、能够快速响应的供应

链平台,将会是重中之重。

计算机辅助设计与制造(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing,CAD/CAM)是现代最重要的技术成就之一。CAD/CAM 技术是制造业信息化的核心技术,它在从产品设计、产品工程分析、工艺规划、制造加工以及装配等各制造环节中都拥有举足轻重的作用。CAD/CAM 技术的快速发展和广泛深入的应用,使传统的产品设计制造方法与生产运作模式发生了翻天覆地的变化,给传统的工程设计与制造学科注入了新的活力与生机,为企业提高设计效率、缩短生产周期、提高产品质量、降低生产成本与增强市场应变能力提供了强有力的技术保障。CAD/CAM 技术在各行业的广泛应用已产生了巨大的社会和经济效益。

1.1.2 CAD/CAM 的基本概念

随着计算机技术的迅猛发展及其在制造业领域内的广泛应用,制造科学与工程这一古老学科正在发生着极其深刻的变化,涌现出很多的新理论、新技术,使制造业向数字化、信息化模式转变,在产品的设计和制造工程领域逐步发展形成了一系列的计算机应用系统,它们共同构成了 CAD/CAM 技术。

计算机辅助设计与制造(Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing,CAD/CAM)是指以信息技术为主要技术手段来进行产品设计与制造,主要包括 CAD 技术、CAE 技术、CAPP 技术、CAM 技术。

CAD 是指利用计算机完成产品的设计、建模并产生数字模型的一种综合性技术。它是设计技术、计算机图形学、有限元与有限差分计算、优化设计、数据库技术、人机交互技术等多学科技术的综合。CAD 过程中生成的产品数字模型是后续计算机辅助工程分析(CAE)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)等工作的基础和源泉。

CAM 是指利用计算机完成产品制造加工的技术。CAM 技术有广义与狭义之分。所谓广义的 CAM 是指利用计算机辅助完成从毛坯至产品的整个生产过程,包括产品制造的工艺设计、CNC 程序自动编制、工装夹具设计、生产过程控制与检测、装配设计等。而狭义 CAM 是指在产品制造过程中的某个环节应用计算机辅助,如计算机辅助编程和辅助加工等。计算机辅助编程是指在 CAM 系统中完成机床的选择、加工路径设计、刀路轨迹仿真以及 NC 代码生成等。计算机辅助加工是指在数控机床上利用生成的 NC 代码完成零件的加工。

1.1.3 CAD/CAM 技术的发展历史

1.1.3.1 CAD 技术的发展历史

CAD 技术是伴随计算机软硬件技术同步发展起来的,特别是与计算机图形学技术及数据库技术的发展密不可分。伴随着相关技术的发展与成熟,CAD 技术也经历了自身的萌芽、诞生、发展与成熟过程。目前,CAD 技术已经不仅局限于制造业领域,在建筑、能源、电子信息等等各领域都已成为一种不可或缺的技术手段,是现代社会各行业从事设计工作的得力助手。

CAD 技术的发展大致经历了以下几个主要阶段:

1) 萌芽时期

20 世纪 50 年代,类似于示波器的早期图形显示器问世,它可以显示简单的图形。同时,早期的图形输入装置、早期的电子管计算机也相继问世。这些设备的出现,为 CAD 技术的发展奠定了基础,使得 CAD 技术从硬件上成为可行。

2) 诞生时期

20 世纪 60 年代,美国麻省理工学院(MIT)的研究生 I. E Sutherland 提出了 CAD 的概念。他发表了《SKETCHPAD:一种人机对话系统》,介绍了一个能在 10~15 min 内完成了用手工作通常需数周时间才能完成的设计工作的系统。设计者使用光笔和键盘,在阴极射线管(CRT)上画图,并对图形进行变换和编辑操作,从而实现从概念设计到生产设计的过程。

MIT 提出的这个新概念——CAD 技术在美国工程界引起巨大反响,一些大公司也相继投入了 CAD 实用系统的开发研究。美国通用汽车公司 GM 和国际商用机器公司 IBM 为解决汽车外形和结构设计问题,开发了 DAC-1 系统(Design Augmented by Computer-1),用以分析和综合车身的三维曲线设计并产生图纸。美国洛克希德航空公司 Lockheed Aircraft 也与 IBM 公司合作开发了飞机设计的 CGADAM 系统(Computer Graphics Augmented Design and Manufacturing)具有结构设计强度分析、绘图和数控编程等功能。贝尔实验室开发了 Graohics-1 显示系统,该系统采用经过改进的 DEC340 显示器及 PDP5 处理机,并与 IBM 的 IBM7094 计算机相连,用于电路方案设计、印制板的电路元件布局以及布线设计等。这是首个将 CAD 技术应用于电子电路设计的系统。

与此同时,作为计算机科学的一个重要分支、CAD 技术的核心理论,计算机图形学 Computer Graphics(CG)也开始诞生发展。I. E. Sutherland 在他的论文中首次使用了计算机图形学“Computer Graphics”这个术语,证明了交互计算机图形学是一个可行的、有用的研究领域,从而确定了计算机图形学作为一个崭新的科学分支的独立地位。

3) 发展时期

20 世纪 70 年代,计算机软硬件技术有了长足的发展,存储器、光笔、CRT 显示器、图形输入板等硬件设备已进入商业化应用阶段,计算机软件技术也逐步发展起来。计算机图形学进入快速发展时期,区域填充、裁剪、消隐等图形学概念及相关算法不断涌现,相关的技术标准已着手制定。1974 年,美国国家标准化局(ANSI)在 ACM SIGGRAPH 的工作会议上,提出了制定有关标准的基本规则。ACM 专门成立了一个图形标准化委员会,开始制定有关标准。该委员会于 1977 年、1979 年先后制定和修改了“核心图形系统”(Core Graphics System)。ISO 随后又发布了计算机图形接口 CGI(Computer Graphics Interface)、计算机图形元文件标准 CGM(Computer Graphics Metafile)、计算机图形核心系统 GKS(Graphics Kernel system)、面向程序员的层次交互图形标准 PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics Standard)等。这些标准的制定,对计算机图形学的发展起到了重要作用。与此同时,计算机图形学中的真实感图形技术与实体造型技术相继产生。Bouknight 提出了第一个光反射模型,Gourand 提出“漫反射模型+插值”的思想,被称为 Gourand 明暗处理。Phong 提出了著名的简单光照模型-Phong 模型。

在图形学技术发展的推动下,早期的 CAD 绘图系统开始出现。从 1973 年开始,相继出现了英国剑桥大学 CAD 小组的 Build 系统、美国罗彻斯特大学的 PADL-1 系统等早期 CAD 绘图系统。此时的 CAD 技术其内涵为计算机辅助绘图(Computer Aided Drawing)。

20 世纪 80 年代,计算机软硬件技术进一步发展,出现了个人计算机以及工作站,打破了 70 年代大型机、中型机和小型机一统天下的局面。个人计算机及工作站体积小巧、价格较低、功能较完善,它们的出现极大地拓展了 CAD 技术的应用场合与应用领域,使得 CAD 技术的应用对象从大企业向中小企业甚至个人用户拓展,从高端军用领域向普通民用领域拓展。这

一转变促进了 CAD 技术的迅猛发展。

在计算机图形学领域,1980 年 Whitted 提出了一个光透视模型-Whitted 模型,并给出光线跟踪算法的范例,实现 Whitted 模型。1984 年,美国 Cornell 大学和日本广岛大学的学者分别将热辐射工程中的辐射度方法引入到计算机图形学中,用辐射度方法成功地模拟了理想漫反射表面间的多重漫反射效果。光线跟踪算法及辐射度算法也被提出,这标志着真实感图形的相关理论与算法已渐趋成熟。从 80 年代中期开始,超大规模集成电路的发展,为图形学的飞速发展奠定了坚实的硬件基础。运用大规模集成电路的计算机,其运算能力得到大幅提高,使得图形处理的速度得到很多提高,使得计算机图形学的各个研究方向得以充分发展。计算机图形学除应用于 CAD/CAM 技术领域外,也开始应用于计算机动画、科学计算可视化以及影视娱乐等各个领域。

在计算机图形学技术和网络技术的推动下,至 80 年代后期,高性能工作站已成为 CAD 的典型硬件环境,其性能价格比年复一年地迅速提高。CRT 显示器的技术渐趋成熟, CAD 技术已从计算机辅助绘图向计算机辅助建模转变。

在商用 CAD 系统方面,1982 年美国 AutoDesk 公司推出了著名的 CAD 软件系统 AutoCAD 1.0,至 80 年代末发展至 AutoCAD 10.0。该 CAD 系统具有较强的绘图功能与图形编辑功能、剖面线功能、标注功能等。在机械、建筑、电子等各领域都获得了广泛应用,成为二维 CAD 领域的佼佼者。1985 年,美国参数化技术公司 PTC 公司成立,并于 1988 年推出了 Pro/E 系统。Pro/E 系统采用了参数化造型技术,具有基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动等优点。使得设计过程具有完全相关性,提高了设计效率,该系统成为三维 CAD 领域的佼佼者。

4) 成熟时期

进入 20 世纪 90 年代以来,随着计算机软硬件技术及网络技术的发展,CAD 技术进入了成熟期。在计算机图形学领域,OpenGL 技术、DirectX 技术等获得突飞猛进的发展。真实感图形、虚拟现实技术、计算机动画等成为计算机图形学研究的热点。在这些技术的助推下,此时的 CAD 技术走向成熟和大规模应用,向着微机化、标准化、网络化、集成化及智能化方向发展。CAD 技术的应用领域进一步拓展至经济生活的方方面面,出现了针对各专门领域的商品化 CAD 系统。在标准化方面,先后出现了计算机图形接口技术(CGI)、计算机图元文件标准(CGM)、计算机图形核心系统(GKS)、产品数据交换标准(STEP)等标准。这些标准的采用推动了 CAD 技术的推广与普及。在网络化方面,随着计算机网络的普及以及 CAD 技术与数据库技术的融合,出现了基于网络服务的分布式 CAD 系统,使得基于同一 CAD 系统平台的异地远程协同设计成为可能(图 1.1)。

在集成化方面,出现了将 CAD 技术与计算机辅助工程分析(CAE)技术、计算机辅助制造(CAM)技术、产品数据管理(PDM)技术等集成为一体的 CAD 系统。在集成化 CAD 系统中,以产品的造型文件为源头、以产品数据库为载体,将计算机辅助技术贯穿于产品设计、制造与装配的全生命周期。

在智能化方面,随着人工智能、专家系统及神经网络技术的发展,出现了适用于复杂零件设计的智能专家型 CAD 系统。使得 CAD 系统更灵活、易用、高效,并且具有创造性。

随着 CAD 技术的成熟与普及,CAD 已成为计算机应用中最重要领域之一。

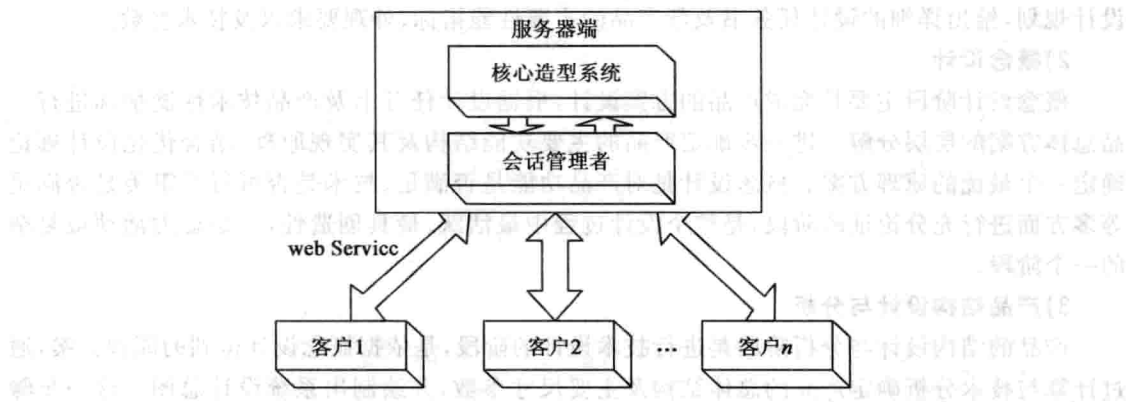


图 1.1 基于 Web Service 的分布式协调 CAD 系统

1.1.3.2 CAM 技术的发展历史

CAM 技术是伴随着数控机床的发展而发展起来的,1952 年美国麻省理工学院研制了世界上第一台数控铣床,这标志着 CAM 硬件技术的诞生。1955 年麻省理工学院又推出了第一代自动编程语言 APT,CAM 软件技术也由此起步。

进入 20 世纪六七十年代,数控加工设备的发展为 CAM 技术奠定了坚实的硬件基础。开始出现了柔性加工系统(FMS),该系统可在无人值守的情况实现自动运行。

20 世纪 80 年代后 CAM 技术步入成熟期,集成 CAD/CAM 与管理信息系统(MIS)的计算机集成制造系统(CIMS)开始出现,并迅速成为先进制造技术的核心技术。它是在信息技术、自动化技术与机械制造技术的基础上,通过计算机技术把分散在产品的设计制造全过程中的各孤立自动化子系统有机地集成起来。形成适用于多品种、小批量生产,实现整体效益的集成化和智能化制造系统。CIMS 系统通过制造企业管理信息系统(如 MRP-II 等),将产品生命周期中所有的有关功能,包括设计、制造、管理、市场等的信息处理全部集成为一体。

目前,基于 CAM 技术的 CIMS 系统已成为各生产领域、各类制造业企业中的主流生产方式。

1.2 CAD/CAM 的工作过程及功能

1.2.1 产品设计过程

产品设计是指从确定产品设计任务书起到确定产品结构为止的一系列技术工作的准备和管理,是产品开发的重要环节,是产品生产过程的开始。

产品设计过程包括以下几个步骤:①任务规划;②概念设计;③产品结构设计与分析;④详细设计。

1) 任务规划

新产品开发任务规划是企业的一项战略性决策活动,是在充分的市场调研与分析的基础上对新产品的开发进行反复论证的过程,是对市场走向、本企业技术力量与生产水平等要素进行充分论证的基础上,确定新产品开发目标的过程。任务规划完成后将向设计部门提出总体

设计规划,给出详细的设计任务书及新产品的主要性能指标、外观要求以及技术参数。

2) 概念设计

概念设计阶段主要是完成产品的方案设计,根据设计任务书及产品技术性能指标进行产品总体方案的层层分解。进一步确定产品的主要功能结构及其实现原理,结合优化设计理论确定一个最优的原理方案。概念设计是对产品功能是否满足、技术是否可行及审美是否满足等多方面进行充分论证的阶段,是整个设计过程中最活跃、最具创造性,也是智力活动最复杂的一个阶段。

3) 产品结构设计与分析

产品的结构设计与分析阶段是进行技术设计的阶段,是依据概念设计得到的原理方案,通过计算与技术分析确定产品的总体结构及主要尺寸参数,并绘制出系统设计总图。这一步骤首先将设计者头脑中虚拟的设计对象表达出来。即可以使用画示意图的方法,也可以使用制作产品模型的方法。然后要根据产品功能、技术、经济、审美等各个方面的详细要求与数据,对模型作进一步的验证计算,不足之处予以改善,细节予以补充,最后完成产品总体布置图、总装图的绘制以及相应技术文件的拟定。

4) 详细设计

此阶段是对产品结构设计的细化过程,以产品总体布置图、总装图为依据,进行全部零件的详细设计,得到所有零部件的零件图、装配图以及全部技术文档。

在详细设计阶段,要确定全部零件的材料、毛坯、结构尺寸、形状尺寸及表面质量要求。还要对承受冲击载荷的关键零件进行工程分析,依据分析结果进行零件的详细设计。本阶段将产生全部系统总装图、部件装配图、零件图、产品技术手册、用户使用手册等设计文件。

从上述产品设计过程的4个步骤可以看出,新产品的的设计过程是一个从抽象到具体、从定性到定量、从全局到局部的过程,是设计——分析——再设计——再分析——直至最优的求解过程(图1.2)。

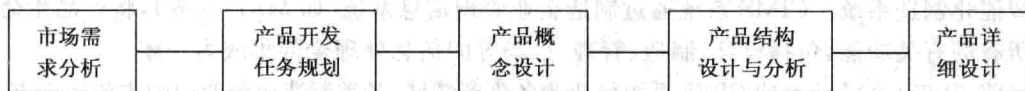


图 1.2 产品的设计过程

1.2.2 CAD/CAM 工作过程

CAD/CAM 系统是应用计算机辅助技术,以产品设计技术为基础、以计算机图形图像处理技术为手段、以产品数据库(PDM)技术为核心,完成产品的概念设计、结构设计与工程分析、详细设计、工艺规划、加工代码生成与加工等工作的综合信息处理系统。CAD/CAM 系统充分利用计算机高效准确的计算能力、海量的存储能力,克服了传统手工设计的缺陷与不足。如图1.3所示,CAD/CAM 系统的工作过程如下:

(1) 基于市场需求分析及本企业生产条件与技术水平,确定新产品的性能指标、外观要求以及技术参数,将相关设计要求输入 CAD 系统并存储于设计知识库中。利用 CAD 系统的几何建模功能完成产品的几何建模,将产品的造型文件存储于图档管理系统中。

(2) 在 CAD 系统中调用各功能模块,计算及确定产品的总体结构及主要尺寸参数,完成

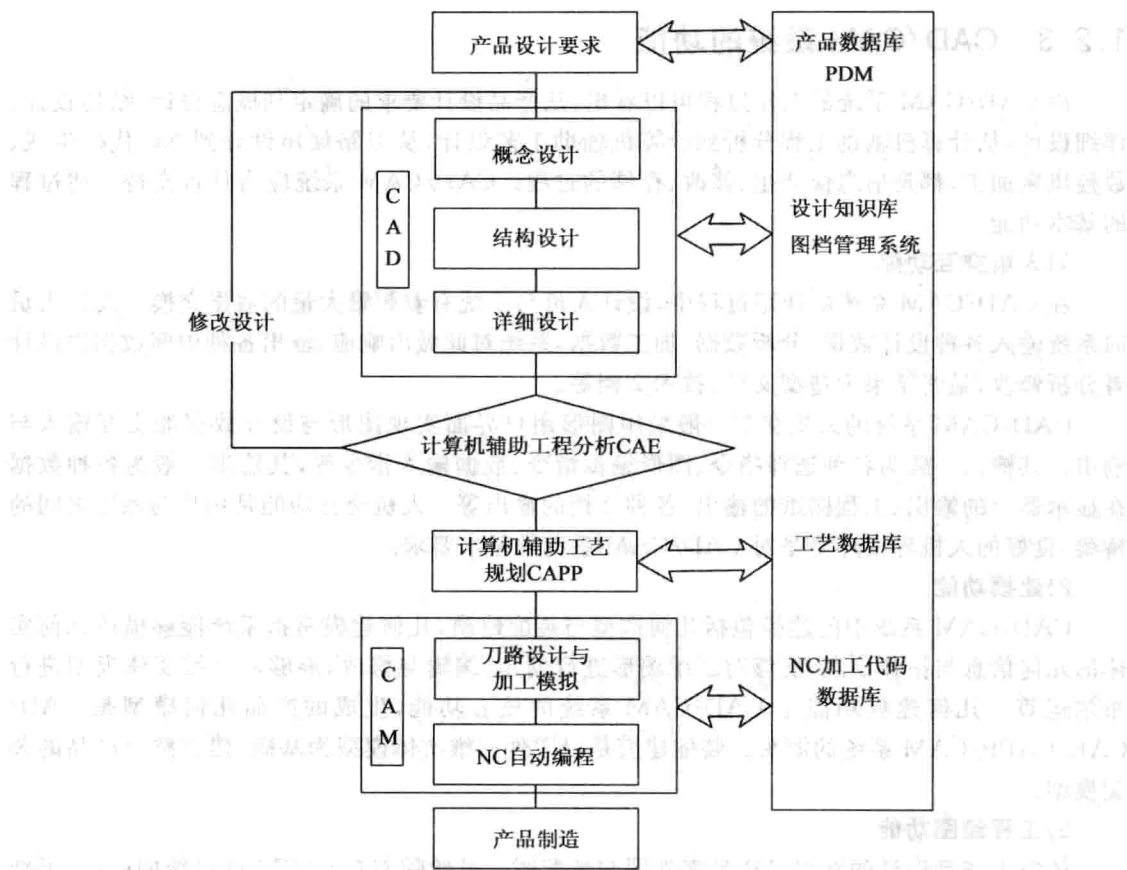


图 1.3 CAD/CAM 系统工作过程

产品的总体结构图。

(3)完成产品的详细设计,在 CAD 系统上完成全部零件的几何造型并存入图档管理系统中。

(4)利用 CAE 系统对产品模型进行工程分析,对产品性能及使用环境进行仿真,在此基础上对设计结果进行检验与评价。如若设计结果不能满足设计要求,则重新进行设计直至得到满意的结果,将最终得到的结果存入图档管理系统。

(5)进入 CAPP 系统,从数据库中提取产品的设计制造信息,在分析其几何形状及相关技术要求后,调用与其类似零件的工艺数据,对产品进行工艺规程设计,将工艺规程设计结果存入工艺数据库。

(6)进入 CAM 系统,打开产品零件的几何模型进行刀路轨迹设计,按照设计的刀路轨迹及加工参数进行加工过程仿真。对仿真结果进行分析与评估,修改刀路设计直至得到满意结果。

(7)在 CAM 系统上完成 CNC 数控加工代码的生成,将代码存入 NC 加工代码数据库。

(8)将 NC 加工代码数据库中存储的加工代码通过网络或存储介质传入数控加工设备,最终完成产品的加工制造。

1.2.3 CAD/CAM 系统的功能

由 CAD/CAM 系统的工作过程可以看出,从产品设计要求的确定到概念设计、结构设计、详细设计,从计算机辅助工程分析到计算机辅助工艺设计,从刀路规划设计到 NC 代码生成、数控机床加工,都是信息流产生、修改、存储的过程。CAD/CAM 系统应当具备支持上述过程的基本功能。

1) 人机交互功能

在 CAD/CAM 系统的使用过程中,设计人员与系统有着频繁大量的数据交换。设计人员向系统输入各种设计数据、分析数据、加工数据,系统对此做出响应,输出各种中间数据供设计者分析修改,最终结果为造型文件、技术文档等。

CAD/CAM 系统的人机交互一般采用图形用户界面实现图形与设计数据的交互输入与输出。其输入一般为各种选择指令、图形编辑指令、数据输入指令等,其输出一般为各种数据在显示器上的输出、工程图纸的输出、各种文档的输出等。人机交互功能为用户与系统之间的桥梁,良好的人机界面环境是对 CAD/CAM 系统的基本要求。

2) 建模功能

CAD/CAM 系统中的建模包括几何造型与装配建模,几何建模是指系统能够描述几何实体的几何信息与拓扑信息,能够对二维图形进行创建、编辑与修改,能够对三维实体模型进行布尔运算。几何建模功能是 CAD/CAM 系统的核心功能,生成的产品几何模型是 CAD/CAE/CAPP/CAM 系统的源头。装配建模是以零件三维实体模型为基础,建立整个产品的装配模型。

3) 工程绘图功能

传统上产品设计的结果是产品零件图与装配图。虽然随着 CAD/CAM 系统的应用,无纸化加工已成为主流,但在某些场合仍需要生成符合标准的工程图纸。CAD/CAM 系统的工程绘图功能是指:①具有生成二维图形,尺寸自动标注,平移、旋转、比例变换等图形几何变换以及图形编辑功能;②具有三维实体模型生成各种投影图、剖面图功能。

4) 工程分析功能

工程分析功能是指对工程和产品进行性能与安全可靠性分析,对其未来的工作状态和运行行为进行模拟,及早发现设计缺陷,并证实未来工程、产品功能和性能的可用性和可靠性。实现上述功能的主要手段是采用有限元分析方法,有限元方法的基本思想是将结构离散化,用有限个容易分析的单元来表示复杂的对象,单元之间通过有限个节点相互连接,然后根据变形协调条件综合求解。由于单元的数目是有限的,节点的数目也是有限的,所以称为有限元法。这种方法灵活性很大,只要改变单元的数目,就可以使解的精确度改变,得到与真实情况无限接近的解。

5) 优化设计功能

CAD/CAM 系统应具有优化求解的功能,从多种方案中选择最佳的设计方案。它以数学中的最优化理论为基础,以计算机为手段,根据设计所追求的性能目标,建立目标函数,在满足给定的各种约束条件下,寻求最优的设计方案。

6) 工艺设计功能

CAD/CAM 系统的工艺设计功能是指利用计算机来进行零件加工工艺过程的制订。通

过向 CAD/CAM 系统输入被加工零件的几何信息(形状、尺寸等)及工艺信息(材料、热处理、批量等),由 CAD/CAM 系统自动输出零件的工艺路线和工序内容等工艺文件。

7) 数控编程功能

数控编程是指根据 CAD 系统得到的产品实体模型,在 CAM 系统上进行刀路轨迹设计、加工过程仿真,并最终得到数控加工所需的 NC 代码的过程。

8) 仿真功能

CAD/CAM 系统的仿真功能是指通过仿真技术来分析产品性能、产品制造过程及可加工性、装配过程及可装配性。仿真功能可提高设计效率与质量、减少中间试验环节、节省产品开发的费用。

9) 工程数据库功能

在产品的设计制造全过程中,CAD/CAM 系统中产生大量的数据,因此 CAD/CAM 系统需要有一个数据库系统来储存管理这些数据。工程数据库功能是指采用数据库系统来管理各种工程数据,包括:设计知识库、图档管理系统、工艺数据库、NC 加工代码数据库等。

10) 二次开发功能

目前的商用 CAD/CAM 系统仅提供了一个通用的 CAD/CAM 平台,无法提供针对不同行业企业、不同类型产品的个性化服务。因此,CAD/CAM 系统需要提供二次开发环境与工具供用户进行有针对性的二次开发与定制,实现对原有系统的功能扩展与优化。二次开发功能的优劣已成为评价 CAD/CAM 系统的重要指标。

1.2.4 CAD/CAM 系统的特点与应用

在产品设计与制造的全周期内采用 CAD/CAM 技术使得产品的设计与制造与传统相比有了新的特点:

1) 虚拟性

与传统相比,CAD/CAM 属于“虚拟”设计与制造,可以让设计人员对计算机内的产品模型进行外观评价与性能分析,分析其可能的加工过程。与传统的手工制图与实际产品试制相比,这种虚拟性大大提高了效率、降低了成本。

2) 相关性

CAD/CAM 系统中,通过对产品模型的设计、修改、工程分析、工艺设计及编程加工,使得从产品设计到制造的全过程相关联。

3) 并行性

应用 CAD/CAM 系统生成产品模型后,整个系统中与之配套的各个子系统皆可以在总体设计下并行工作,便于实施并行工程以提高产品开发的速度。

由于 CAD/CAM 系统具有上述特点,因此在产品设计与制造的全生命周期内采用 CAD/CAM 系统具有以下优势:

- ① 提高产品设计的效率;
- ② 提高产品设计的质量;
- ③ 增强企业的市场应变能力、提高竞争力;
- ④ 易于实现产品数据的标准化,有利于行业标准化的实施;