

 西安交通大学 “十一五” 规划教材

计算机辅助设计与制造技术

主 编 江平宇
副主编 张映锋



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

西安交通大学 “十一五” 规划教材

计算机辅助设计与制造技术

主 编 江平宇
副主编 张映锋



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书重点讲解了 CAD/CAM 技术的概念、原理、方法与应用。作为适用于机械工程及自动化、工业工程、自动化、系统工程、管理工程、动力机械工程、化工机械、信息管理等工科专业的本科生教材,本书希望从 CAD/CAM 概论、计算机辅助设计与支撑方法、工艺设计与辅助 NC 编程、计算机辅助车间制造执行技术、CAD/CAM 集成技术等五方面系统地介绍 CAD/CAM 技术的概念、原理、方法与应用,使本科生能掌握相关的基础理论知识,并配合西安交通大学 CAD/CAM 研究所所开设的基于 PBL(Project-Based Learning,基于项目的学习)的商用 CAD/CAM 系统工程应用技能拓展方面的主动实践性教学课程。

本书可作为高等学校相关专业的本科生的核心教材,也可作为从事相关专业工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计与制造技术/江平宇主编. —西安:西安交通大学出版社,2010.2

ISBN 978-7-5605-3431-2

I. ①计… II. ①江… III. ①计算机辅助设计②计算机辅助制造
IV. ①TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 020571 号

书 名 计算机辅助设计与制造技术
主 编 江平宇
责任编辑 桂 亮

出版发行 西安交通大学出版社
(西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)

网 址 <http://www.xjtu.press.com>

电 话 (029)82668357 82667873(发行部)
(029)82668315 82669096(总编办)

传 真 (029)82668280

印 刷 西安建科印务有限责任公司

开 本 727mm×960mm 1/16 印张 15.125 字数 278 千字

版次印次 2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5605-3431-2/TP·527

定 价 26.00 元

读者购书、书店供货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdly@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

前 言

随着信息技术和网络技术的迅猛发展,市场全球化进程的大大加快,市场响应的快速化、产品的客户化等要求促使制造业必须采用先进的制造模式来组织生产,而计算机辅助设计与制造(Computer Aided Design and Manufacturing,简称 CAD/CAM)技术作为支持产品设计与制造的关键技术所担负的作用亦愈发重要。CAD/CAM 技术以工程领域为对象,应用计算机技术、信息技术、设计技术、制造技术、数控技术等为支撑的实用化技术,最终使得制造企业能够缩短产品的开发周期、降低开发成本、提高产品质量,进而赢得市场竞争。

CAD/CAM 技术的发展是计算机科学发展到一定阶段和工程技术的必然结合。其动机是采用计算机信息处理与管理方法在缩短生产周期、降低成本、提高质量、减少对环境的影响等方面支持各种产品的开发与制造过程。流程化的建模控制和计算机化的信息处理是 CAD/CAM 技术的本质特征。同时,CAD/CAM 技术也是当前存在以及新出现的各种先进制造技术如现代制造集成技术、敏捷制造、可重组制造、大规模定制制造技术的关键单元技术。

在本书的编写过程中突出了基础理论和应用实践。在基础理论方面,本书力求清晰阐述 CAD/CAM 技术所涉及的基础共性问题,包括计算机辅助设计与支撑方法、工艺设计与辅助 NC 编程、计算机辅助车间制造执行技术、CAD/CAM 集成技术,使读者在 CAD/CAM 的基础理论方面得到提升。在应用实践方面,本书注重理论联系实际,在对每个关键理论与方法进行阐述后,均附以典型的应用案例来对理论与方法进行分析与验证,力图使读者能够进一步加深对理论的理解与掌握。

全书共由 5 章组成。第 1 章介绍了 CAD、CAM、CAD/CAM 集成技术的定义、发展历史、应用模式以及其主要知识点。第 2 章主要针对计算机辅助设计与支撑方法方面的关键技术展开论述。第 3 章主要从面向制造任务的工艺规划与辅助 NC 编程问题进行了阐述。第 4 章针对车间级制造任务的规划调度、库存管理、设备维护、生产质量控制和制造执行过程信息管理等主要技术展开描述。第 5 章介绍了与 CAD/CAM 集成相关的技术。

本书由江平宇教授主编,张映锋副教授副主编。本书章节的详细结构规划、终稿终审工作由江平宇教授完成,初稿的统稿工作由张映锋副教授完成。参加编写的有江平宇教授、赵丽萍教授、张映锋副教授和周光辉副教授。

本教材也使用了西安交通大学机械学院 CAD/CAM 研究所部分已毕业研究生的相关科研工作成果。他们是张映锋博士、孙惠斌博士、李智光硕士、周琳硕士等,编者在此表示感谢。

本教材亦受西安交通大学 985 二期本科生教材项目资助,在此编者表示感谢。

由于本书的内容涉及面较广,尽管书中的内容为作者多年来从事 CAD/CAM 教学与科研工作的总结与体会,但由于水平有限,难免有错误与不足之处,敬请读者批评指正!

作 者

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 CAD/CAM 概念	(1)
1.1.1 CAD 的定义	(1)
1.1.2 CAM 的定义	(1)
1.1.3 CAD/CAM 的定义	(2)
1.2 CAD/CAM 发展历史	(2)
1.2.1 CAD/CAM 形成初期	(2)
1.2.2 CAD/CAM 发展期	(3)
1.2.3 CAD/CAM 集成期	(3)
1.2.4 CAD/CAM 成熟期	(4)
1.2.5 CAD/CAM 发展趋势	(5)
1.3 CAD/CAM 系统构成与应用	(8)
1.3.1 CAD/CAM 系统的构成	(8)
1.3.2 支撑 CAD/CAM 的基础理论与计算技术	(9)
1.3.3 CAD/CAM 软件系统	(9)
1.4 CAD/CAM 技术的主要知识点	(11)
1.4.1 计算机辅助设计与支撑方法方面的知识点	(11)
1.4.2 工艺设计与辅助 NC 编程方面的知识点	(14)
1.4.3 计算机辅助车间制造执行技术方面的知识点	(16)
1.4.4 CAD/CAM 集成技术方面的知识点	(19)
思考题	(21)
第 2 章 计算机辅助设计与支撑方法	(22)
2.1 产品的数字化表达与计算机辅助造型	(22)
2.1.1 产品数字化表达方法概述	(22)
2.1.2 产品数字化几何建模方法	(23)
2.1.3 产品数字化特征建模方法	(27)
2.1.4 计算机辅助造型	(30)

2.1.5	产品数字化建模与计算机辅助造型软件	(33)
2.2	产品设计方法学与 CAD 过程	(35)
2.2.1	产品设计方法学概念	(35)
2.2.2	产品创造性设计思维与方法	(37)
2.2.3	参数化产品设计方法	(38)
2.2.4	模块化产品设计方法	(41)
2.2.5	产品设计方法案例分析	(44)
2.2.6	计算机辅助设计过程	(50)
2.3	产品性能的有限元分析	(53)
2.3.1	有限元分析基本概念	(53)
2.3.2	有限元分析方法	(54)
2.3.3	有限元分析基本过程	(55)
2.3.4	产品性能有限元分析方法与过程	(57)
2.3.5	有限元分析软件与应用案例分析	(60)
2.4	支持 CAD 的知识工程方法	(65)
2.4.1	支持 CAD 的知识工程方法概述	(65)
2.4.2	产品设计知识建模	(67)
2.4.3	知识的表达与推理	(69)
2.4.4	设计知识库构建	(72)
2.4.5	知识工程与 CAD 的集成	(75)
2.5	支持 CAD 的协同决策	(76)
2.5.1	计算机支持的协同工作概念	(76)
2.5.2	面向 CAD 过程的产品协同设计	(80)
2.5.3	支持 CAD 过程的产品协同设计环境的构建	(82)
2.5.4	设计中的协同决策信息源	(84)
2.5.5	协同决策方法	(84)
	思考题	(85)
第 3 章	工艺设计与辅助 NC 编程	(86)
3.1	工艺规划的信息输入模型	(86)
3.1.1	工艺规划与计算机辅助工艺规划的概念	(86)
3.1.2	面向工艺规划的零件输入信息的类型与特征	(90)
3.1.3	典型的零件信息描述与输入方法	(90)
3.1.4	工艺数据库技术	(92)
3.2	工艺决策	(100)
• 2 •		

3.2.1	工艺决策的知识描述与表达	(100)
3.2.2	工艺决策流程分析	(103)
3.2.3	工序决策技术	(110)
3.2.4	工艺尺寸与加工余量决策	(115)
3.2.5	工艺参数决策	(116)
3.2.6	基于成组技术的变异型计算机辅助工艺规划方法	(117)
3.2.7	支持创成型计算机辅助工艺规划的工艺决策技术	(126)
3.3	加工路径规划与 NC 辅助编程	(131)
3.3.1	计算机数控系统与开放式 CNC 体系结构	(131)
3.3.2	计算机辅助数控编程	(134)
3.3.3	刀具偏置与补偿技术	(141)
3.3.4	加工过程的动态仿真	(142)
	思考题	(144)
第 4 章	计算机辅助车间制造执行技术	(145)
4.1	车间制造执行的规划与调度	(145)
4.1.1	车间制造执行的规划与调度的问题描述	(145)
4.1.2	车间制造执行的规划与调度的体系结构	(146)
4.1.3	车间层制造任务规划与调度建模	(147)
4.1.4	基于智能算法的制造任务规划与调度求解方法	(148)
4.1.5	车间制造任务调度实例分析	(153)
4.2	车间制造执行的库存管理	(156)
4.2.1	在制品与在制品库存的定义	(156)
4.2.2	在制品管理的关键技术	(158)
4.2.3	在制品库存的控制策略与控制模型	(159)
4.2.4	JIT(Just - In - Time)生产与库存管理	(161)
4.2.5	基于条形码技术的在制品库存管理	(165)
4.2.6	基于 RFID 技术的在制品库存管理	(168)
4.3	车间制造执行的质量控制技术	(174)
4.3.1	统计过程质量控制技术概念	(174)
4.3.2	数字化测量数据采集及其测量网络	(175)
4.3.3	面向大批量生产的工序质量控制图与应用	(176)
4.3.4	面向小批量生产的工件质量控制图与应用	(180)
4.3.5	工序能力及工序能力指数	(182)
4.4	车间制造执行的维护	(185)

4.4.1	制造设备维护需求分析	(185)
4.4.2	制造设备维护成本与决策分析	(185)
4.4.3	生产现场智能制造设备实时维护系统	(188)
4.4.4	制造设备 e-维护模式理论及其在线化工作机理	(189)
4.4.5	基于状态的设备预防性维护与车间计划管理的同步与协调 ..	(190)
4.5	车间制造执行过程的信息管理	(192)
4.5.1	车间制造执行过程的信息来源	(192)
4.5.2	车间制造执行过程信息管理架构	(192)
4.5.3	加工设备信息服务模型	(193)
4.5.4	车间加工设备信息服务模型的互联	(201)
4.5.5	制造信息跟踪与决策	(203)
	思考题	(208)
第 5 章	CAD/CAM 集成	(209)
5.1	CAD/CAM 数据交换标准	(209)
5.1.1	CAD/CAM 数据交换的意义与发展过程	(209)
5.1.2	常用数据交换格式	(210)
5.2	CAD/CAM 集成方法	(213)
5.2.1	CAD/CAM 集成的意义	(213)
5.2.2	CAD/CAM 集成相关的关键技术	(214)
5.2.3	CAD/CAM 的主要集成形式	(216)
5.2.4	集成技术应用介绍	(222)
	思考题	(229)
	参考文献	(230)

第 1 章 绪 论

计算机辅助设计与制造 (Computer Aided Design and Manufacture, 简称 CAD/CAM) 技术是一门依靠计算机信息处理与管理技术来支持产品开发和制造过程的实用化应用技术, 设计方法学、计算机图形学、数控技术、制造工艺学等是 CAD/CAM 技术的工程基础。CAD/CAM 技术是企业信息化最为重要的基础单元技术, 如实施企业级的企业资源规划 (Enterprise Resource Planning, ERP)、产品数据全生命周期管理 (Product Lifecycle Management, PLM) 均需要依赖 CAD/CAM 技术。

1.1 CAD/CAM 概念

1.1.1 CAD 的定义

知识点: 了解计算机辅助设计 CAD 的定义。

CAD 技术定义为采用计算机及其交互设备辅助人类实现产品设计全过程, 并产生最终产品设计方案、图纸及相关文档的技术。CAD 技术有三个层面的含义, 即数据层面、过程层面和方法层面。

CAD 技术的数据层面含义是指相关到产品数据的生成、表达、传递、存储、变换等的产品建模; CAD 技术的过程层面含义是指过程链建模, 以及基于过程事件与状态数据处理的规划与调度等; 而 CAD 技术的方法层面含义是指采用什么样的设计方法学支持过程链运行, 以产生产品数据。CAD 技术的实现依赖于产品造型系统及相关的设计支持工具集, 它们构成了 CAD 系统。典型的产品造型系统如 SolidWorks、Pro/E、CATIA 等, 设计支持工具如 LCA 生命周期分析工具、设计链规划工具、DFX 评价工具, 等等。

1.1.2 CAM 的定义

知识点: 了解计算机辅助制造 CAM 的定义。

CAM 是指采用计算机及其交互设备辅助人类实现数控编程, 并控制、监测、处理、变换、管理加工过程的一种技术。CAM 技术伴随着 20 世纪 50 年代中期数

控技术的出现而产生。随后,APT/EXAPT 自动编程语言开始出现,并用于提高数控加工的效率。20 世纪 70 年代用于单件小批量生产的柔性制造系统以及随后在 80 年代开始风行的 CIMS 技术的出现为 CAM 技术的发展提供了新的契机,CAM 技术也从狭义的辅助数控加工延伸到包括面向车间级的制造监控、管理、质量保证等在内的多个方面,且是柔性制造系统(Flexible Manufacture Systems, FMS)和计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS)的一项重要基础使能技术。

1.1.3 CAD/CAM 的定义

知识点:了解计算机辅助设计与制造集成技术 CAD/CAM 的定义。

CAD/CAM 集成技术是指在不同的 CAD、CAM 系统间(通过 CAPP 系统)无缝地传递各种数据,并从过程链的角度作为一个整体共同完成从产品设计、工艺规划、NC 编程到辅助制造等相关方面的工作。CAD/CAM 系统的集成可通过接口或系统的整体开发两种模式实现。其中,前者用于已有系统间实现集成,后者用于单一系统模式的实现。

1.2 CAD/CAM 发展历史

1.2.1 CAD/CAM 形成初期

知识点:了解 CAD/CAM 技术的来源。

CAD 技术起源于上世纪 60 年代初计算机绘图技术的出现与发展。1962 年,美国麻省理工学院的 Sutherland 首次提出了交互式计算机图形学的概念,并据此开发了阴极显像装置及光笔等硬件设备,奠定了 CAD 技术的产品图形造型基础。而 CAD 概念的正式定义则出现于由 Coons 在美国计算机联合大会上发表的论文中,自此,CAD 技术进入了其形成的初期。在此阶段,CAD 系统以生成二维工程图为主,并使用二维产品数字模型,如 CADAM 系统。这种定位与当时在工程领域中希望用计算机替代图板的思路相吻合。1969 年 UNIX 操作系统和 1970 年 C 语言的出现,为大型 CAD 系统的开发奠定了底层资源^[1]。

CAM 技术的出现则要早于 CAD 技术,它伴随着 20 世纪 50 年代中叶数控技术的出现而产生。1952 年,美国的 Parson 公司与 MIT 合作研制了世界第一台数控机床,为 CAM 的实施奠定了硬件基础。数控加工采用读取数控代码(也称 G 代码),并依据数控代码规定的点位数据,在相应的数字控制插补算法的链接下实现预定的刀具运动路径,执行切削操作。早期的数控机床采用穿孔纸带将数控代码

读入到数控机床的控制器中,由于直接编写数控代码存在极大的困难,在上世纪50年代末和60年代初,APT自动编程语言出现,几乎同期,德国也开发出了EX-APT。因此,围绕APT形成了CAM系统的雏形计算机辅助数控自动编程系统,以便自动生成待加工工件的APT程序并编译产生数控代码。

1.2.2 CAD/CAM 发展期

知识点:了解CAD/CAM技术在发展期所聚焦的关键问题。

CAD/CAM系统发展过程中所遇到的一个最大瓶颈问题是产品模型的数字表达和计算机化。因此,对几何造型技术的研究成了这一时期的重点。

早期的CAD系统主要使用二维模型表达产品,随着应用需求的增加,工业界迫切需要采用三维模型来表达产品,尤其是三维产品模型的直观性以及由此派生出来的无纸化设计与制造理念更促进了工业界建立相应的三维产品数字模型。为此,在产品模型从二维向三维的演变方面,产品建模技术经历了从线框模型、表面模型到实体模型的发展历程。伴随着上世纪70年代初非均匀有理B样条NURBS的提出、1972年学者对实体造型的边界表达模型(B-Rep)、三维实体几何CSG以及布尔操作的研究,产品建模技术从二维到三维的演变已水到渠成。

对于CAM方面,数控技术的发展也日趋成熟,计算机数控(Computer Numerical Control,CNC)的出现大大丰富了数控加工设备的功能,数控编程技术也正在脱离穿孔纸带阶段。数控机床集中控制的出现,尤其是分布式数控系统(Distributed Numerical Control,DNC)的出现,使得采用以数控设备为基础构造自动化加工系统成为可能。此外,以车间层为管理目标的生产控制与管理系统的初步应用,也为CAM概念的拓展奠定了基础。

1.2.3 CAD/CAM 集成期

知识点:了解CAD/CAM技术的集成历史。

伴随着CAD、CAM技术的各自发展,将独立的CAD系统、CAM系统集成起来,构成一体化的完整系统成为当务之急。为实现CAD/CAM集成,学术界和工业界仍是主要从产品模型的表达方面着手进行相关的整合。为此,特征造型的概念在CAD/CAM集成期大行其道。

在从几何造型到特征造型的发展方面,1978年以来对特征的研究以及变量化设计等,也为产品从几何造型向特征造型的演化积累了技术基础。特征造型的出发点在于:不仅对数字化产品模型的几何信息进行表述,而且也要对数字化产品模型的制造工艺与管理等信息进行描述。其中,对几何信息的表述并不是从传统的线、面以及体素的角度出发,而是用含有功能以及加工工艺等语义的型腔、凸台、键

槽、轴颈、定位孔等来构造产生数字化产品模型的基本构造单元,从而使得产品模型能体现设计意图和相应的制造方法,这就为 CAD 与 CAM 的集成奠定了信息传递的基础。然而,为更好地描述特征,使得特征能更方便地支持造型过程,上世纪 70 年代中期学者同步提出了变量化技术。在考虑尺寸参数的形状约束和尺寸约束的基础上,变量化技术被用来实现特征的参数化、特征间的关联化以及尺寸驱动的修改,并进一步将产品模型的工程关系作为约束条件直接与相应的几何模型关联。

值得一提的是,在上述发展过程中,航空制造业在推动 CAD 技术的应用中功不可没。其中,美国洛克希德飞机公司的 CADAM 系统、法国达索公司的 CATIA 系统、麦道公司的 Unigraphics 系统等均起到了重要作用。

在对特征造型进行深入研究的过程中,我们发现几何造型内核的不统一会在 CAD 系统和 CAM 系统间传递数据造成巨大的困难,为此,发展几何造型内核的思路在此阶段得到了空前的强化。在从专用系统到造型内核的发展方面,英国剑桥大学 CAD 实验室的 Ian Braid、Charles Lang 等创办了 Shape Data 公司,并于 1978 年开发出 Romulus 实体造型软件包,该软件包则构成了后来著名的 CAD 系统的造型内核 Parasolid 的雏形。上世纪 80 年代初,美国的 E&S 公司收购了英国的 Shape Data 公司,并开发了新一代的 Parasolid 造型内核。1988 年 UG 又买下了 Parasolid,并将其融入到 UG 的产品线中。此外,1986 年成立的美国 Spatial Technology 公司开发了另外一个著名的 CAD 系统造型内核 ACIS;法国 Matra Dadvision 公司开发了 CAS. CADE 造型内核^[2,3]。今天的主流商所用 CAD 系统基本上都基于上述三种几何造型内核来开发。

应指出的是,20 世纪 70 年代用于单件小批量生产的柔性制造系统和单元(Flexible Manufacturing System/Cell)以及随后在 80 年代开始风行的 CIMS 技术的出现为 CAM 技术的发展提供了新的契机。一方面,柔性制造系统和单元的使用为 CAM 技术从狭义的辅助数控加工延伸到包括制造监控、管理、质量保证等在内的多个方面提供了新的契机,且成为 FMS 和 CIMS 的一项重要基础使能技术;而产品模型表达方面的进展使得 CAM 直接共享相同的产品几何模型成为现实。

1.2.4 CAD/CAM 成熟期

知识点:了解 CAD/CAM 技术的成熟期。

CAD/CAM 技术从兴起到现在已经发展成为一门新兴产业,在一些先进国家已形成从研究开发、生产制造、推广应用 to 销售服务的完整高科技产业。据统计,美国的 CAD/CAM 市场总额在最近十几年的年平均增长率在 15% 以上,明显高于其他产业的增长率。1989 年,美国国家工程科学院对人类 25 年间(1965 年~

1989年)10项最杰出工程技术成就进行评比结果显示,CAD/CAM技术的开发和应用排在第四位。在我国,发展CAD/CAM已成为政府、企业、研究机构的普遍共识。国家制定了有关CAD/CAM发展的远景纲要。

CAD/CAM集成技术与系统应用成熟的表面标志之一就是CAD/CAM系统的归一化,市场逐渐为少数几家公司所把持。当前,市场上有代表性的CAD/CAM系统包括CATIA、UG、Pro/E等,国内有代表性的CAD/CAM系统则包括CXCA等,这也是市场竞争的结果。深层的成熟标志在于几何造型内核的统一、CAD系统和CAM系统共享相同的产品模型表达、CAD/CAM的标准化工作等功能。而且CAD/CAM系统被进一步拓展,成为PDM/ERP/SCM等的重要数据来源。

1.2.5 CAD/CAM发展趋势

知识点:了解CAD/CAM技术在网络化、虚拟现实支持、STEP-NC等方面的发展趋势。

本节从网络化CAD/CAM、虚拟现实支持的CAD/CAM、基于STEP-NC的CAD/CAM三方面来考察CAD/CAM技术的发展趋势。

1. 网络化CAD/CAM技术

网络化CAD/CAM技术是伴随着网络技术的普及而需要面临的新技术,它基于传统的CAD/CAM技术,但由于网络的应用,会给传统的CAD/CAM技术带来一些新的问题,例如:产品数据的传递与处理方法、CAD/CAM系统的使用方式、过程链形态的变化,等等。到目前为止,网络化CAD/CAM技术仍是一个发展中的技术。一般将网络化CAD/CAM技术定义为:在网络环境下分布在不同地理位置上的不同CAD、CAM系统间(通过CAPP系统)无缝地传递各种数据,并以过程链为纽带,从整体协同的角度完成从产品设计、工艺规划、NC编程到辅助制造等方面工作的一种集成技术^[4]。

网络化CAD/CAM系统的模式分基本模式和扩展模式两种类型。基本模式包括基于直接网络集成接口的模式、网络数据库模式、C/S(Client/Server)结构模式、B/S(Browser/Server)结构模式四种;扩展模式根据所采用的网络基础信息架构的不同分为基于Agent的模式、基于移动Agent的模式、基于CORBA的模式、基于Web Services的模式、基于SOA的模式,等等。应指出的是,基本模式可单独存在,扩展模式是在基础模式的基础上使用。

基于直接网络集成接口模式的网络化CAD/CAM系统是将分立的CAX子系统通过附加数据交换接口组合在一起,其中,不同CAX子系统分布在不同的地点,并通过网络互联。各子系统完成自身的工作,当需要数据交换时,通过接口直

接与相关的子系统进行基于数据上、下载的通讯。应指出的是,该模式在接口方面既可设计成一对一的专用型接口,也可利用数据交换标准如 STEP 开发统一接口。当 CAX 子系统属于一体化的 CAD/CAM 系统的不同模块时,模块间的数据交换则变得简单。实际上,现有商用 CAD/CAM 系统在网络化支持方面的工作是沿此方向进行的。

基于网络数据库模式网络化 CAD/CAM 系统为另一种传统的网络化 CAD/CAM 系统实现模式。与第一种模式类似,分立的 CAX 子系统也是通过附加数据交换接口组合在一起的,但数据交换时采用数据库作为中间件,而不是系统对系统的直接交换。此外,支持 CAD/CAM 全过程的产品与过程数据可进行统一建模,并通过数据库进行管理。显然,此模式的数据统一性优于第一种模式。

基于 C/S 结构模式网络化 CAD/CAM 系统是指将分立的 CAX 子系统,或一体化的 CAD/CAM 系统的不同 CAX 模块的程序,分为服务器端和客户端程序两部分,且系统的运行通过客户端程序完成。通常这种客户端程序具备使能系统的交互界面功能。C/S 结构模式的优点在于运用真正的网络化编程技术实现系统功能,并解决了前两种模式的“伪”网络化且不能很好地支持网络化协同工作的缺陷。

B/S 结构模式是在 C/S 模式的基础上发展而来的,它基于 Web 技术。与 C/S 模式不同,分立的 CAX 子系统或一体化的 CAD/CAM 系统的不同 CAX 模块的程序均为服务器端程序,系统的运行在客户端进行,且依赖于诸如 Netscape、Internet Explorer 那样的 Web 浏览器。同样,B/S 模式也是真正的网络化编程实现模式。

应指出的是,上述四种应用模式或多或少地会出现在当前的工业应用中。

2. CAD/CAM 与虚拟现实

虚拟现实 VR(Virtual Reality)技术可支持 CAD/CAM 系统运行的全过程,包括三维产品模型的展示与评价、基于虚拟制造系统的虚拟制造过程仿真等。对于第一方面的应用,可用来检验所设计产品的可装配性,包括装配路径的检验以及装配中零部件的干涉检验等;对于第二方面的应用,虚拟现实制造系统(VR Manufacturing System)是完成对虚拟产品进行制造与评价的核心技术。虚拟现实技术被用于直接在人造的三维空间内模拟三维制造过程,依靠 VR 的输入输出设备并通过人与计算机的交互及计算机的自动处理,使人全程或局部地“沉浸”在虚拟场景中,并把虚拟产品制造出来,进而通过该虚拟模型来完成相关的评价工作^[5]。

虚拟现实制造技术以 Scene 图为媒介来构造虚拟环境,并在该环境下完成对虚拟产品的制造与评价,而产品几何模型通常由 CAD 系统产生。因此,不同模型的数据格式转化将是应用虚拟现实技术的第一步。此外,为了模拟具有真实感的

虚拟产品模型的生成过程,相关的操作环境如车间布局、加工机床模型、装配工具等也须用 Scene 图生成。为了评价该虚拟模型,远程协同工作、Tele-Presence 甚至 Tele-Immersion 等功能也必须具备。

有关 VR 技术的研究可追溯到苏瑟兰博士于 20 世纪 60 年代在 MIT 所做的有关计算机图形学的开创性研究。80 年代前后,VR 的概念得以确立。而 1992 年 CAVE 系统的成功则向人们展示了应用 VR 的广阔前景。目前,VR 技术的研究主要涉及到沉浸型与 Desktop 型两种模式。但不管何种模式,下列基本要素需被包括:

- ① 高速图形计算计算机;
- ② 三维虚拟场景图或 Scene 图显示装置,如头盔显示器 HMD(Head Mounted Display)、基于投影多墙虚拟空间等;
- ③ 三维位置跟踪与定位输入装置(从操作者坐标系映射到计算机内部坐标系);
- ④ 力、触觉感受装置;
- ⑤ 立体声场景伴音系统。

3. CAD/CAM 与 STEP-NC

数控编程的终极目标是产生数控代码。当前,产品信息模型驱动的不同编程模式主要用于产生按 ISO6983(DIN66025)标准定义的数控代码。即便采用不同的编程模式,CAM 系统中用于产生数控代码的模块,无外乎包括产品信息模型输入、特征识别、刀位与刀具偏置计算、后处理等。当数控代码生成后,加工特征信息、工序信息再次失去。这对后续的加工控制、调度与管理带来了一定的难题。

为解决这方面的问题,一种新型的、含有高层语义信息的数控后置处理文件格式 STEP-NC 正由 STEP 标准的应用协议 AP238 所定义。它是 CAM 与 CNC 间的接口,其文件中的代码在量级上大致相当于传统数控文件中的 G、M 代码。AP238 文件可由 CAD/CAM 系统自动产生,当 AP238 文件输入到 CNC 机床后,由 STEP-NC 控制器根据该文件直接驱动机床进行加工操作。其中,STEP-NC 控制器包括 STEP-NC 解析器和底层 NC 内核。

STEP-NC 出现的一种直接结果是 CNC 数控编程模块在实现逻辑上需做相应的调整,并对 CAM 系统的数控编程功能产生革命性的影响。

1.3 CAD/CAM 系统构成与应用

1.3.1 CAD/CAM 系统的构成

知识点:了解 CAD/CAM 系统的基本构成要素。

CAD/CAM 系统是由不同的软件与硬件系统组合配置而成的。如图 1.1 所示,一个典型的 CAD/CAM 系统可从以下三个层次进行系统配置,在全局上所操

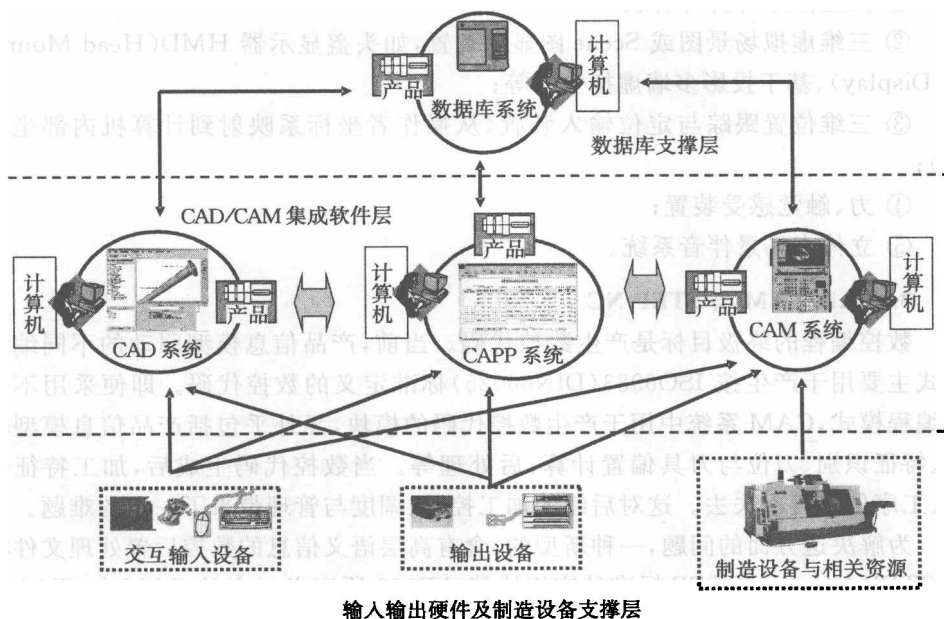


图 1.1 CAD/CAM 系统的软硬件组成

作与传递的对象是产品模型：

- ① 数据库支撑层；
- ② CAD/CAM 集成软件层；
- ③ 输入输出硬件及其制造设备支撑层。

在数据库支撑层,主要用于配置存储产品模型的数据库,为下一个层次的 CAD/CAM 集成软件系统提供数据读写操作。这里,需要选择一种适当的数据库管理系统 DBMS(Database Management System)和配置相应的计算机硬件。

在 CAD/CAM 集成软件层,主要根据应用需求配置相应的 CAD、CAPP、