

CAXA

制造工程师 XP 范例教程

3D 造型与数控编程

CAXA 大学教研中心 组编

鲁君尚 李 秀 谢小星 胡松林 等 编著



本书含光盘



清华大学出版社

CAXA 实用范例教程系列

CAXA制造工程师XP范例教程
3D造型与数控编程

CAXA 大学教研中心 组编

鲁君尚 李 秀 等 编著
谢小星 胡松林

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是“CAXA 大学”CAD/CAM/NC 标准培训教程,它以生动、经典的应用案例为背景,讲述 CAXA 制造解决方案的核心构件——“CAXA 制造工程师 XP”的 3D 模具、复杂零件造型与数控铣削加工(NC)编程。

全书分为基础篇、应用篇和提高篇三部分。基础篇讲解“CAXA 制造工程师 XP”的 3D 建模及 NC 编程的基本概念、基本操作与基本功能;应用篇通过 9 个来自企业用户的经典实用案例,具体讲述了应用“CAXA 制造工程师 XP”进行零件 3D 设计与数控铣削编程的思路、操作步骤、使用技巧和注意事项等;提高篇简要介绍了多轴加工、反向工程、机床通信和网络 DNC 等部分数字化制造技术的高级应用功能。

本书适用于“数控工艺员”CAD/CAM 数控技术课程的认证培训,及各类需要掌握 3D 造型、NC 编程、数控加工的三维 CAD 设计人员、数控编程人员、数控机床操作人员、制造企业信息化技术人员,也可作为各类工程技术院校(大学、大专、高职、中专、技校等)学生、教师的参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

3D 造型与数控编程/CAXA 大学教研中心组编,鲁君尚等编著. —北京:清华大学出版社,2004.10
(CAXA 制造工程师 XP 范例教程)

ISBN 7-302-09634-1

I. 3… II. ①C… ②鲁… III. ①工业设计:造型设计:计算机辅助设计-应用软件-教材 ②数控机床-程序设计-教材 IV. ①TB47-39 ②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 098242 号

出 版 者:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社总机:010-62770175

客户服务:010-62776969

责任编辑:冯志强

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:20.5 字数:506 千字

版 次:2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-09634-1/TP·6679

印 数:1~4000

定 价:32.00 元(附光盘)

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010) 62770175-3103 或 (010) 62795704

CAXA 教材编写委员会

顾问 (按姓氏笔画排序):

朱心雄	北京航空航天大学教授
刘占山	教育部职业教育与成人教育司副司长
孙林夫	四川省制造业信息化专家组组长
陈李翔	劳动与社会保障部中国就业培训技术指导中心副主任
陈贤杰	科技部上海培训中心特别专务
武哲	北京航空航天大学副校长
杨海成	国家制造业信息化工程重大专项专家组组长
周保东	《机械工人》杂志社副社长
唐荣锡	北京航空航天大学教授
黄永友	《CAD/CAM 与制造业信息化》杂志总编
韩新民	机械科学院系统分析研究所所长
焦金生	清华大学出版社副社长
雷毅	CAXA 总裁
廖文和	江苏省数字化设计制造工程中心主任

主任委员

鲁君尚 徐培忠 冯志强 杨伟群

编委 (按姓氏笔画排序):

马金盛	刘炜	刘长伟	刘锡峰	刘雅静	刘静华	邹小慧	任柏林
李秀	李超	李文革	陈红康	吴百中	杜慰纯	陆晓春	宋国梁
宋卫科	宋放之	杨国平	罗广思	尚风武	金友泉	赵宝录	张导成
张自强	张建中	贺伟	胡松林	鲁默武	谢小星	熊本俊	潘毅

本书作者

鲁君尚 李秀 谢小星 胡松林 等

总 序

进入新的世纪以来,信息化、网络化、智能化、全球化,以及产品创新更快、品质更优、成本更低、服务更好已经成为当代全球制造业发展的基本特征。随着我国综合国力的进一步增强和加入世界贸易组织(WTO),我国经济全面与国际接轨,并逐渐成为全球最重要的制造业基地;中国制造业迎来了历史上最好的、蓬勃发展的崭新时期。中国制造业的大发展,必然要求快速形成与之适应的中国CAD/CAX产业;立足自主开发与引进国际先进技术相结合,通过联盟与整合,努力打造面向制造业信息化服务的CAD/CAX“中国军团”,已经成为我国制造业大发展的迫切要求。

CAXA作为我国自主知识产权软件的优秀代表和知名品牌,10多年来从“制造工程师”起步,以“电子图板”驰名,先后推出了“实体设计”、“三维图板”、“网络DNC”和“协同管理”等近20个系列软件产品,覆盖了制造业信息化设计、工艺、制造和管理四大领域,形成了易学、实用等鲜明的国产软件特色,赢得了广大工程技术人员的信任和好评;已成功销售正版软件100000套(其中3D软件15000套,CAM软件12000套),在航空、航天、核工业、船舶、石油、化工、汽车、铁路、电力、电子、家电、通信等众多制造业被广泛应用,在国内CAD/CAX市场占有率稳居第一;荣获国家“八五”、“九五”多项科技攻关项目和奖项,并成功于2001年和2002年两度牵头组织国内有实力的CAD/CAM研究机构和软件厂商,负责承担“十五”国家制造业信息化工程重中之重的“制造过程管理系统”和“三维CAD系统”重大课题,是我国CAD/CAX技术与市场的领导者和先锋。

自2000年初CAXA与北京航空航天大学共同启动“CAXA教育培训计划”以来,CAXA就在CAD/CAX应用人才的培训/培养方面迈出了可喜的一步,得到了社会各界的广泛欢迎和积极参与。到目前为止,使用CAXA软件开展教学和培训的院校与培训机构已超过800家,先后培训师资3000多人次,编写出版教材/图书200多套,连续3年直接培训学生/学员超过10万人次;同时CAXA软件先后成为劳动部“现代制造技术应用软件课程培训/国家高技能人才职业资格”培训考试软件、劳动部“制图员职业资格”考试软件、教育部NIT(全国计算机应用技术证书考试)“计算机绘图”考试软件,教育部“优秀职业教育软件”等。

这套CAXA系列培训教材的编写出版,既是应市场对学习掌握CAXA的强烈要求,也是CAXA与清华大学、北京航空航天大学等800多家CAXA院校及培训机构在应用人才培养方面广泛合作的结晶。相信这套CAXA系列软件教材的编写出版,必将会为我国CAD/CAM应用人才的培养及制造业信息化的发展做出新的贡献。

中国将是未来全球制造业的中心;中国的CAD/CAX产业已开始走向成熟,CAD/CAX“中国军团”已开始形成,并正在成为服务于信息化“中国制造”的主力军。CAXA愿与各界朋友一起共同为此而努力。

CAXA 总裁: 雷毅 博士

前言

迈向“数字化制造”

2002 年我国机床市场销售额达 59 亿美元,跃居全球第一。数控机床进入成熟期,多轴高精度机床成为追逐焦点,机床行业在汽车业持续增长率为 38% 的强劲拉动下形成产销两旺的大好局面。自 1999 年以来,国内数控机床生产持续增长 30% 以上,2002 年达到 23803 台。数控机床进出口增长强劲,国内市场自给率达 48%。机床工具的数控化率进一步提高,经济型、普及型数控机床成为工具装备发展主流。

2002 年我国模具行业增长 15% 左右,达到 360 亿元,居世界第三位,其中广东省和浙江省约占全国 60% 以上。模具行业发展增快的主要原因包括:一是汽车、电子行业的快速发展和机械行业自身发展对模具需求的强烈拉动;二是外资对模具投入增大,一些工业发达国家将模具业向我国转移的趋势进一步明显。2003 年市场规模将增长 13%,总产量达 500 亿元,模具总产值达到 400 亿元。

加入 WTO 后,我国经济和社会在全面与国际接轨的同时,也在承接着全球产业格局的第 4 次大转移:中国正在迅速成为全球制造业的中心。随着信息化带动工业化,数字化制造无疑将成为新的选择。但是作为制造业信息化技术基础和源头的 CAD/CAM 技术的应用,虽然在二维绘图阶段已经取得了“甩掉图板”的显著成效,而就整体的应用水平与 WTO 的形势要求而言却并不乐观:

一是大部分企业(包括科研院所与大专院校)CAD/CAM 培训没保证,应用不到位,人员学习掌握困难,人员流失严重等,造成投资装备的 CAD/CAM 软件工具及其设备只有极少数人员能够做极为初级的应用,如使用 PRO-E 进行简单的产品三维样本图片制作,或使用价值数百万元的数控机床进行简单二轴半手工加工等,一方面造成巨大的资源浪费,另一方面又造成企业技术创新能力的严重不足。

二是大部分工程职业技术学院的培养目标还没有从学历教育真正转到职业技能教育,同时,课程结构体系与教学内容方式也明显滞后于技术的最新发展与企业的实际应用,如机械专业的学生只知计算机绘图但不懂 CAD,制造专业的学生不会 CAM、不会 NC 编程,造成学生毕业就失业、上岗再培训的被动局面。

三是随着就业压力年复一年的增大和现代社会对“知识改变命运”形成的共识,越来越多的青年人利用业余时间涌进了各种培训课堂,希望掌握一两门新知识、新技能,但是往往由于盲目性,花了不少时间和金钱,学了许多时髦的商品化计算机课程,获得了一大堆各式各样的证书,却只停留在蜻蜓点水、浅尝辄止的状态,如热衷于会设计网页;学习了 3DS Max 却不能进行独立项目的三维设计或甚至不知用来做什么等。

四是一方面是市场上既懂制造专业又会信息技术的应用人才紧缺,如在制造业发达的江、浙、粤地区,产品三维设计师、数控编程师等岗位薪水不菲、虚位以待,并且这一状况必将随着中国成为全球制造业中心而进一步加剧,但另一方面却是千军万马奔向 IT、人

人都要做盖茨, 缺乏客观、清醒的就业认识, 陷入虚幻的信息化泡沫中。

五是一些企业(包括行业或政府部门)对信息化特别是制造业信息化的认识和对本企业应用实际的估计存在误区, 以为买一堆电脑/服务器、建个局域网、搞几个网页、发发 E-mail、建个数据库等就信息化了; 或者是今天买个 PDM 或 ERP 管理系统, 明天买一套 CAD、CAM、CAPP 软件工具, 后天又添几台数控加工设备等就信息化了, 以致陷入信息化的陷阱, 造成产品基础信息产生不足, 信息管理(电子文档及数据格式)一塌糊涂, 信息化单元及系统应用效率极低, 企业竞争力得不到应有提升。

所以, 以信息化带动工业化任重而道远, 可能还会走许多弯路。关键是规划和管理者的认识, 是大量应用人员的培训, 是对方案咨询、技术服务和人员培训的迫切需求。

“CAXA 制造工程师 XP”

当前全球 CAM 市场每年的销售额大约在 10~12 亿美元(其中模具应用约占 50%以上)。但是自 1999 年以来已经连续几年出现较大负增长。与此形成鲜明对照, 随着制造业重心向中国的转移, 中国成为该领域增长最快的地区, CAM 发展空间广阔、市场喜人。

在 20 世纪 90 年代初的国内 CAD/CAM 市场上, 商品化软件基本被国外产品所垄断。1992 年, 作为“863/CIMS”目标产品, “CAXA 制造工程师”的推出, 使国产 CAD/CAM 软件在国内市场占据了宝贵的一席之地。

10 年来, “CAXA 制造工程师”经历了从工作站到 PC、从 DOS 到 Windows、从 2000 到 V2 直至 XP 的长期积累与多次升级, 已经发展成具有强大的线架、曲面、实体混合 3D 造型功能, 并针对多种格式的 3D 模型提供了丰富灵活的加工策略、加工套路(知识库加工)、轨迹优化、加工仿真、工艺表单、多轴加工、反向工程, 以及强大的后置处理与机床通信等功能的现代数字化设计/制造(CAD/CAM)系统。

CAXA 起步于“制造工程师”, 成名于“电子图板”, 形成了易学、实用等鲜明的国产软件特色, CAXA 目前拥有“实体设计”、“三维电子图板”、“工艺图表”、“注塑模设计”、“冷冲模设计”、“数控铣”、“线切割”、“数控车”、“雕刻”以及 BOM、PDM、ERP、TEAMVAULT 等系列软件产品, 已经成为庞大的软件家族和知名的民族软件品牌, 并正以 6 万正版用户、国内市场第一、连续 5 年荣获“国产十佳软件”称号的本土化实力和国际化战略, 成为中国制造业信息化技术、产品、方案与服务的主要供应商之一。

10 年磨一剑。此次作为 CAXA 制造解决方案的核心构件而推出的全新“CAXA 制造工程师 XP”, 秉承了 CAXA 一贯的易学、实用的风格, 提出“一天学会数控编程”的概念, 并以卓越的工艺性及“知识库加工”等, 被称为数字化设计/制造中“灵活快捷的 3D 造型能手”、“忠实可靠的 NC 编程高手”、“数控加工工艺不可多得良师挚友”, 并必将成为中国制造业信息化革命的杀手锏!

目前“CAXA 制造工程师”销售势头良好, 去年以来的销售额同期增长达 200%以上, 市场影响大、用户评价好。据《机械工人》杂志 2003 年发布的市场调查显示, CAXA 数控系列是市场“最熟悉的 CAM 软件”和“使用最为广泛的 CAM 软件(30%)”。市面上有关“CAXA 制造工程师”的图书有 10 多种, 成为市场上的一大热点。特别是去年劳动部开展数控工艺员培训以来, “CAXA 制造工程师”在 CAM 行业中的影响越来越大。

数字化设计/制造技术的经典教程

本书是 CAXA 大学 CAD/CAM/NC 标准培训教程,它以生动的应用案例为背景,讲述 CAXA 制造解决方案的核心构件——“CAXA 制造工程师 XP”的 3D 造型与数控加工编程。

全书分为基础篇、应用篇和提高篇三部分。基础篇讲解“CAXA 制造工程师 XP”的 3D 建模及数控编程的基本概念、基本操作与基本功能;应用篇通过 9 个来自企业用户的经典实用案例,具体讲述如何应用“CAXA 制造工程师 XP”进行零件的 3D 设计与数控铣削 NC 编程的思路、操作步骤、使用技巧与注意事项等;提高篇简要介绍了多轴加工、反向工程、机床通信与网络 DNC 等部分数字化制造技术的高级应用功能。

本书是在 CAXA 大学几年来中高级用户案例培训教程的基础上,结合 CAXA 制造解决方案精神及“CAXA 制造工程师 XP”测试报告要点整理、改编而成。书中案例不仅全部来自企业用户的实际应用,而且全部精选自 5 期以上的中高级培训班教学使用案例,编排上注重循序渐进,内容上突出应用性、功能性、知识性及技巧性,堪称经典。

本书由 CAXA 大学多位资深专家主持编写,其中基础篇由鲁君尚、胡松林主编,应用篇由李秀、邹小慧主编,提高篇由谢小星主编,全书由鲁君尚统稿;沈亮、杨伟群、刘亚静、万茂山、宋杨、何萍等参与了本书的编写工作。

本书编写过程中,得到了北航工程训练中心张兴华教授、清华大学基础工业训练中心洪亮副教授、北航机械学院席平教授、宋放之高工、北京华诚新技术开发应用公司张彦亮高工、长春一汽培训中心李文革主任、苏州高级工业学校潘毅校长等的大力帮助和支持,在此表示衷心的感谢!

本书同时还得到了科技部制造业信息化工程办公室和 OSTA 劳动及社会保障部劳动技能鉴定中心有关领导和专家的支持和指导,在此也表示衷心的感谢!

本书适用于 CAXA 大学各 CAXA 教育培训中心的 CAXA-CAD/CAM/NC 课程认证培训,同时也适用于劳动部数控工艺员数控技术课程的认证培训,及各类需要掌握 3D 造型、NC 编程、数控加工的三维 CAD 设计人员、数控编程人员、数控机床操作人员、制造企业信息化技术人员,可供各类工程技术院校(大学、大专、高职、中专、技校等)学生、教师等的教学与自学使用,也可供其他相关人员参考。

由于时间仓促、水平有限,书中难免存在错误和遗漏,恳请读者指正。

我们的联系方式如下,电话:010-82321350, E-mail: edu@caxa.com, 或咨询浏览下列网站: <http://www.icax.com.cn>、<http://www.cmmmt.com>、<http://www.caxa.com>。

作者

目 录

基础篇

第 1 章 CAD/CAM 与数字化制造	2	2.1.13 当前层与层设置	30
1.1 CAD/CAM 与现代制造技术的 应用和发展	2	2.1.14 图素的可见性与隐藏	30
1.2 数控加工的应用特点	5	2.1.15 查询	30
1.3 数控编程技术	7	2.1.16 拾取过滤设置	31
1.3.1 数控系统	8	2.1.17 文件格式	31
1.3.2 数控加工代码	9	2.2 曲线的绘制与编辑	32
1.3.3 现代数控编程技术	11	2.2.1 直线	32
1.4 数控加工工艺基础	12	2.2.2 圆弧	34
1.5 CAD/CAM 基本应用流程	16	2.2.3 整圆	35
1.6 “CAXA 制造工程师 XP” 简介	19	2.2.4 矩形	36
		2.2.5 椭圆	36
		2.2.6 样条线	36
		2.2.7 点	37
		2.2.8 公式曲线	38
		2.2.9 正多边形	38
		2.2.10 二次曲线	39
		2.2.11 等距线	39
		2.2.12 曲线投影	39
		2.2.13 相关线	40
		2.2.14 曲线裁剪	41
		2.2.15 曲线过渡	42
		2.2.16 曲线打断	43
		2.2.17 曲线组合	44
		2.2.18 曲线拉伸	44
		2.2.19 样条编辑	44
		2.2.20 平移	45
		2.2.21 平面旋转	45
		2.2.22 旋转	45
		2.2.23 平面镜像	46
		2.2.24 镜像	46
		2.2.25 阵列	46
		2.2.26 缩放	47
第 2 章 CAD: 面向制造的三维造型 ——CAXA 制造 工程师 XP (上)	24		
2.1 基本概念与基本操作	24		
2.1.1 “CAXA 制造工程师 XP” 的界面	24		
2.1.2 坐标系	25		
2.1.3 视图平面、作图平面与 当前面	25		
2.1.4 草图、基准平面与 空间线架	26		
2.1.5 鼠标键	26		
2.1.6 回车键和数值键	27		
2.1.7 空格键	27		
2.1.8 特征树、立即菜单、弹出菜 单、对话框及操作提示栏	27		
2.1.9 功能热键	28		
2.1.10 工具点	28		
2.1.11 点的输入	29		
2.1.12 当前颜色与颜色设置	30		

2.2.27 文字	47	2.4.18 线性阵列	73
2.2.28 草图尺寸标注	47	2.4.19 环形阵列	73
2.2.29 草图尺寸编辑	48	2.4.20 构造基准平面	74
2.2.30 草图尺寸驱动	48	2.4.21 缩放	76
2.2.31 草图环封闭检查	48	2.4.22 型腔(分模预处理)	76
2.3 曲面的绘制与编辑	49	2.4.23 分模	77
2.3.1 直纹面	49	2.4.24 实体布尔运算	77
2.3.2 旋转面	50	2.5 CAM 造型与 CAD 造型的差异	78
2.3.3 扫描面	50	2.6 模型输出	79
2.3.4 导动面	51		
2.3.5 等距面	53	第 3 章 CAM: 面向 NC 机床的数控	
2.3.6 平面	54	编程——CAXA 制造	
2.3.7 边界面	54	工程师 XP (下)	82
2.3.8 放样面	56	3.1 基本概念与基本操作	82
2.3.9 网格面	56	3.1.1 编程坐标与机床工作坐标	82
2.3.10 实体表面	57	3.1.2 两轴加工、两轴半加工与	
2.3.11 曲面裁剪	57	三轴曲面加工	82
2.3.12 曲面过渡	58	3.1.3 轮廓、区域和岛	82
2.3.13 曲面缝合	62	3.1.4 粗加工、半精加工与	
2.3.14 曲面拼接	63	精加工	83
2.3.15 曲面延伸	65	3.1.5 整体加工与局部加工	83
2.4 实体特征的生成与编辑	65	3.1.6 平坦加工与陡峭加工	84
2.4.1 拉伸增料	66	3.1.7 刀具和刀具库	84
2.4.2 旋转增料	67	3.1.8 刀具轨迹和刀位点	85
2.4.3 放样增料	67	3.1.9 步长、加工误差与	
2.4.4 导动增料	67	加工精度	86
2.4.5 曲面加厚增料	68	3.1.10 刀次、行、行距与层	86
2.4.6 拉伸除料	68	3.1.11 单向走刀、往复走刀、	
2.4.7 旋转除料	68	抬刀、直线连接与	
2.4.8 放样除料	69	环绕连接	87
2.4.9 导动除料	69	3.1.12 平行加工与环切加工	87
2.4.10 曲面加厚除料	70	3.1.13 尖角过渡与圆弧过渡	87
2.4.11 曲面裁剪除料	70	3.1.14 ON、TO、PAST 与	
2.4.12 过渡	70	刀具补偿	88
2.4.13 倒角	71	3.1.15 加工余量、残留高度与	
2.4.14 筋板	71	基于留量的加工	88
2.4.15 抽壳	72	3.1.16 层优先与深度优先	89
2.4.16 拔模	72	3.1.17 切削用量	89
2.4.17 打孔	73	3.1.18 进退刀	90

3.1.19	下刀	91	3.3.12	等高精加工的补加工	109
3.1.20	清根	93	3.3.13	自动区域加工	110
3.1.21	干涉面、限制面、限制线、 干涉检查与过切/扎刀	93	3.3.14	钻孔	111
3.1.22	参数表、屏幕拾取、操作 提示与加工套路向导	93	3.3.15	轨迹生成批处理	111
3.2	知识加工(套路模板加工)	94	3.4	刀具轨迹编辑	111
3.2.1	模板向导加工	94	3.4.1	刀位剪裁	112
3.2.2	自定义设置知识库 加工模板	97	3.4.2	刀位反向	112
3.3	基本加工方法	100	3.4.3	插入刀位	113
3.3.1	平面轮廓加工	100	3.4.4	删除刀位	113
3.3.2	平面区域加工	101	3.4.5	两点间抬刀	114
3.3.3	导动加工	102	3.4.6	清除抬刀	114
3.3.4	参数线加工	103	3.4.7	轨迹打断	115
3.3.5	限制线加工	104	3.4.8	轨迹连接	115
3.3.6	曲面轮廓加工	105	3.5	生成 G 代码及工艺单	116
3.3.7	曲面区域加工	105	3.5.1	机床与刀具库	116
3.3.8	投影加工	106	3.5.2	机床设置	116
3.3.9	曲线加工	106	3.5.3	后置处理设置	118
3.3.10	等高粗加工	107	3.5.4	生成 G 代码	121
3.3.11	等高精加工	108	3.5.5	生成工艺单	122
			3.6	仿真加工与代码校验	122
			3.6.1	轨迹仿真	123
			3.6.2	G 代码校验	124

应用篇

第 4 章 五角星的造型与加工 128

4.1	五角星的造型	128
4.1.1	绘制五角星的线架	128
4.1.2	五角星曲面生成	130
4.1.3	生成加工实体	131
4.2	五角星的加工	133
4.2.1	加工前的准备工作	133
4.2.2	等高粗加工	135
4.2.3	曲面区域精加工	136
4.2.4	加工仿真、刀路检验 与修改	137
4.2.5	生成 G 代码	138
4.2.6	生成加工工艺单	138

第 5 章 鼠标的造型与加工 141

5.1	鼠标的曲面造型	141
5.1.1	生成侧壁扫描面	142
5.1.2	曲面裁剪生成上表曲面	143
5.1.3	生成直纹底面	144
5.1.4	曲面圆滑过渡	144
5.1.5	拉伸增料生成鼠标的 电极托板	144
5.2	鼠标加工	145
5.2.1	加工前的准备工作	145
5.2.2	等高粗加工	147
5.2.3	等高精加工	148
5.2.4	加工仿真、检验与修改	149
5.2.5	生成 G 代码	149
5.2.6	生成加工工艺单	150

第 6 章 连杆的造型与加工	151	8.1.4 拉伸除料得到 Z-56 深坑	201
6.1 连杆的实体造型	151	8.1.5 布尔运算生成 6mm 深槽凹形	204
6.1.1 绘制基本拉伸体的草图	152	8.1.6 倒各圆角完成造型	209
6.1.2 拉伸增料生成基体	153	8.2 锻模的加工	211
6.1.3 旋转除料生成小凸台凹坑	154	8.2.1 加工前的准备	211
6.1.4 旋转除料生成大凸台凹坑	155	8.2.2 锻模的知识加工	213
6.1.5 拉伸除料生成基体上 表面的凹坑	155	8.2.3 锻模的通用方法加工	218
6.1.6 过渡零件上表面的棱边	156		
6.1.7 基体底部延伸	157	第 9 章 抿角器的造型与加工	223
6.1.8 生成连杆电极托板	157	9.1 抿角器的造型	223
6.2 连杆件加工	157	9.1.1 抿角器底部的实体造型	224
6.2.1 加工前准备	158	9.1.2 生成直纹面	225
6.2.2 等高粗加工	159	9.1.3 生成扫描面	227
6.2.3 等高精加工	161	9.1.4 曲面编辑——延伸 和裁剪	228
6.2.4 轨迹仿真、检验与修改	162	9.2 抿角器的加工	230
6.2.5 生成 G 代码	163	9.2.1 加工前的准备工作	230
6.2.6 生成加工工艺单	164	9.2.2 等高粗加工	232
		9.2.3 参数线精加工	234
第 7 章 可乐瓶底凹模的造型与加工	165	9.2.4 轨迹仿真、检验与修改	235
7.1 可乐瓶底凹模型腔的造型	165	9.2.5 生成加工 G 代码	236
7.1.1 绘制 U、V 截面线	166	9.2.6 生成加工工艺单	237
7.1.2 生成网格面	170		
7.1.3 直纹面生成中心底	171	第 10 章 吊耳的造型与加工	238
7.1.4 曲面实体混合造型 生成凹模	172	10.1 吊耳的实体造型	238
7.2 可乐瓶底凹模型腔的加工	174	10.1.1 中心截面的生成	239
7.2.1 加工前的准备工作	174	10.1.2 生成多个放样截面	241
7.2.2 可乐瓶底凹模型腔的 知识加工	175	10.1.3 多个截面生成放样实体	247
7.2.3 可乐瓶底凹模型腔的 通用加工	179	10.1.4 零件中其他实体的生成	248
		10.2 吊耳的加工	253
第 8 章 磨擦楔块锻模的造型与加工	184	10.2.1 加工前的准备工作	253
8.1 锻模造型	184	10.2.2 等高粗加工	255
8.1.1 做出四个截面	186	10.2.3 等高精加工	256
8.1.2 拉伸增料得到整个 造型的实体	196	10.2.4 轨迹仿真、检验与修改	257
8.1.3 拉伸除料做出型腔	198	10.2.5 生成 G 代码	258
		10.2.6 生成加工工艺单	259
		第 11 章 曲面的造型与导动加工	260

11.1 曲面造型.....	260	第 12 章 凸轮的造型与加工.....	276
11.1.1 绘制截面线.....	260	12.1 凸轮的实体造型.....	276
11.1.2 生成直纹面和旋转面.....	262	12.1.1 绘制草图.....	276
11.1.3 裁剪曲面.....	264	12.1.2 实体造型.....	278
11.1.4 生成旋转面.....	265	12.2 凸轮的加工.....	279
11.1.5 完成曲面造型.....	266	12.2.1 加工前的准备工作.....	279
11.2 曲面的导动加工.....	268	12.2.2 平面轮廓粗加工.....	280
11.2.1 加工前的准备工作.....	268	12.2.3 平面轮廓精加工.....	282
11.2.2 等高粗加工.....	269	12.2.4 轨迹仿真.....	282
11.2.3 导动精加工.....	271	12.2.5 生成 G 代码.....	282
11.2.4 轨迹仿真.....	273	12.2.6 生成加工工艺单.....	283
11.2.5 生成加工 G 代码.....	273		
11.2.6 生成加工工艺单.....	274		
提 高 篇			
第 13 章 高级造型的应用技巧.....	286	工程模块.....	299
13.1 复杂实体造型中的常见问题.....	286	15.3 CAXA 反向工程模块处理过程.....	300
13.2 实用原则.....	286	15.4 CAXA 反向工程的应用.....	303
13.3 实用技巧.....	287		
第 14 章 4 轴/5 轴加工.....	291	第 16 章 机床通信与网络 DNC.....	305
14.1 多轴机床的回转轴.....	291	16.1 DNC 与 CNC.....	305
14.2 4 轴加工.....	291	16.2 RS-232C 串行通信.....	305
14.3 5 轴加工.....	293	16.3 CAXA-HZ-DNC.....	307
		16.4 机床通信应用.....	309
第 15 章 反向工程.....	299	16.5 CAXA-DNC 方案.....	310
15.1 反向工程.....	299	参考文献.....	314
15.2 “CAXA 制造工程师 XP” 反向			

基 础 篇

- CAD/CAM 与数字化制造
- CAD: 面向制造的三维造型——CAXA 制造工程师 XP (上)
- CAM: 面向 NC 机床的数控编程——CAXA 制造工程师 XP (下)

第 1 章 CAD/CAM 与数字化制造

1.1 CAD/CAM 与现代制造技术的应用和发展

制造业是国民经济的柱石，其物质生产是国家、民族赖以繁荣昌盛的根本和基础。20 世纪 70 年代初，制造业在美国曾一度被贬低为“夕阳产业”，随后日本在制造业的竞争中占据了优势。直至 90 年代中期，通用、福特公司取代三菱、三井公司而居汽车制造业的第一、第二位，与此同时还崛起了 300 家芯片公司和 3 万家软件企业——制造业已经信息化、现代化。2001 年《财富》杂志评选的 500 强中制造业企业为 204 家，生产总值占到 40%；美国全国制造业协会 2000 年发表的制造业报告显示，制造业是推动 20 世纪 90 年代美国经济增长的第一大动力。

加入 WTO 后，我国经济将全面融入全球经济一体化的大循环。一方面世界范围的产业格局正快速调整，全球制造业的中心正按照垂直整合的方式迅速向亚太地区转移；另一方面我国传统的制造业正面临一场全新的参与全球竞争的挑战，以信息化、数字化加快制造业发展是我国制造业能够参与国际竞争的必然选择。制造业及现代制造技术的发展，关系到能否保证我国经济体系持续、健康、稳定、快速发展，关系到我国在新的经济全球一体化格局中能否占据有利的地位，更关系到能否保证这么多人口像样、体面地生活（图 1-1 所示为现代数字化制造的广泛应用）。

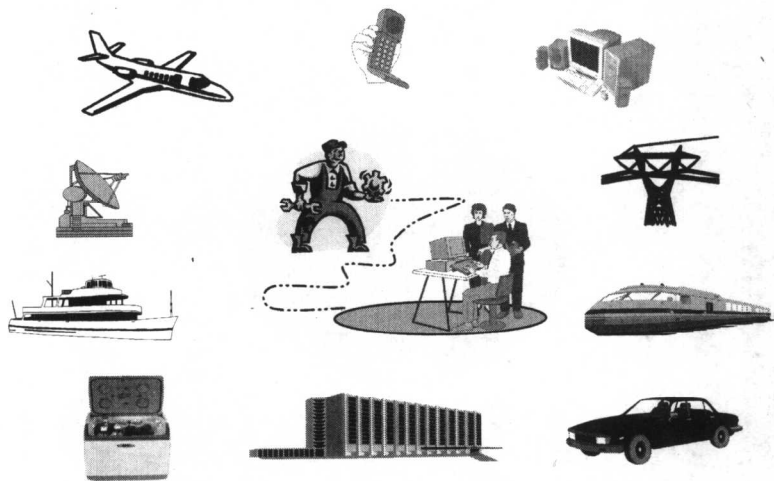


图 1-1 现代数字化制造技术的广泛应用

20 世纪 90 年代以来，计算机迅速普及，互联网络快速延伸，信息化、数字化技术高速发展并广泛应用，正迅猛、深刻地改变着人类社会的生产、生活方式和水平。21 世纪因此被称为是信息化的新世纪。在当代信息化技术的推动和催化下，传统的制造业和制造技

术也正在通过计算机、网络、数控机床、加工中心和柔性制造单元以及集成制造系统等信息技术的广泛应用,向着高效率、高品质、高智能化方向发展,全数字化无纸生产、无金属样机的数字化虚拟制造(VPD、VM)、互联网上的异地协同设计与异地制造等也已经崭露头角(图1-2所示为一个日资企业使用CAXA-CAD/CAM软件实现的远程虚拟制造)。

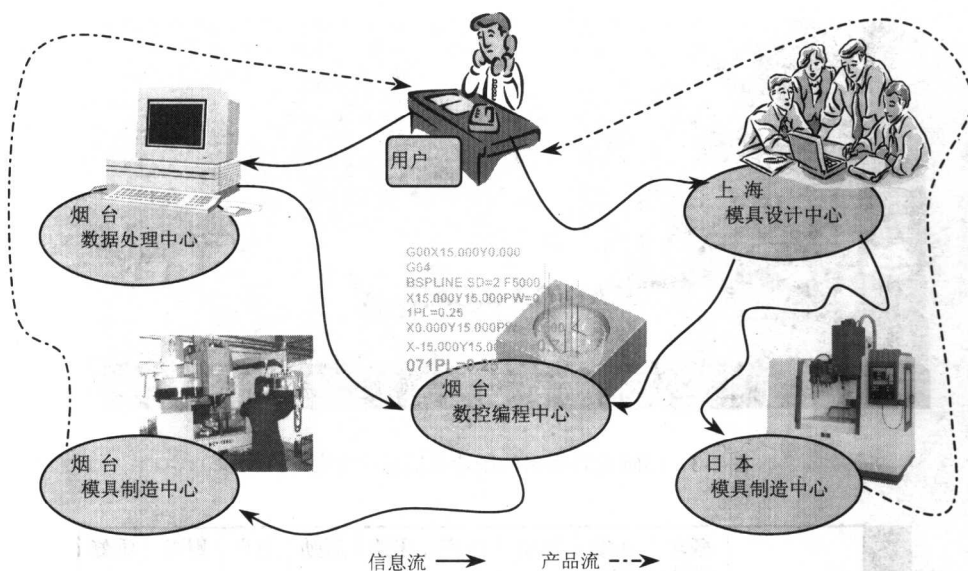


图1-2 一个日资企业使用CAXA-CAD/CAM软件实现的远程虚拟制造

信息化高速发展的同时,全球经济一体化的进程也在加速,市场的国际化竞争和生产的全球化组织成为新的特点,制造业的概念和模式也因此发生了深刻变革。现代“大制造”的时间尺度已经涵盖了从产品市场需求调研到最终报废处理的产品全寿命周期;空间尺度跨越了从市场—产品结构计划—产品设计开发—制造装配—市场的全方位空间。这些都要求制造业朝着知识—技术—产品的更新周期更短、产品批量更小、顾客对产品功能、性能、规格、质量的要求更高、更多样化、更个性化的方向发展(图1-3所示为“蓝色巨人”IBM公司提出的制造业信息化方案:产品全寿命周期管理PLM)。

当前,以CAD/CAM为基础的现代数字化制造技术的广泛应用,极大地增强了企业的技术创新能力,能够完全在计算机上建立起产品数字化模型,在虚拟状态下构思、设计、制造、测试和分析产品,以有效地解决那些时间、成本、质量等诸多存在的制造、生产和管理问题;同时产品的数字化3D仿真模型,使伴随互联网发展起来的新兴数字化商务(电子商务)得以真正实现,未造先得、先看后买、个性化定制等也极大地促进了企业的市场创新能力(图1-4所示为CAD/CAM数据源在制造业信息化中的全面应用)。

CAD/CAM(Computer Aided Design & Manufacture, 计算机辅助设计与制造)技术是计算机信息技术与制造技术的结晶。CAD通过交互式几何建模及对模型进行模拟和优化,生成产品的3D数字模型及二维数字工程图样;CAM自动读入零件的3D数字模型,通过设定加工工艺参数,自动生成数控加工刀路轨迹,编辑修改轨迹并预览仿真加工无误后,可根据机床参数直接生成NC代码及其工艺表单,并以数字信号传输到数控机床,进行零



图 1-3 IBM 公司提出的制造业信息化方案：PLM

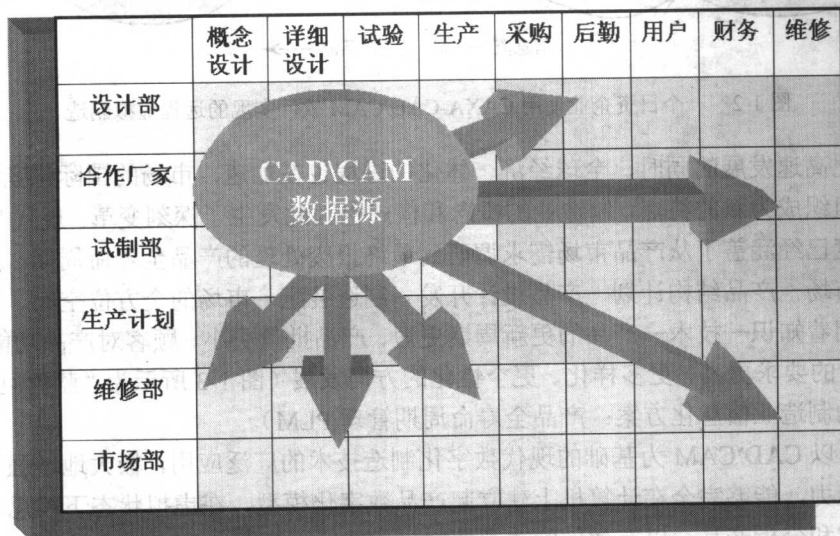


图 1-4 CAD/CAM 数据源在企业信息化中的全面应用

件的数控加工。CAD/CAM 为 CAPP（计算机辅助工艺安排）、CAE（计算机辅助工程）、PDM（产品数据管理）、CIMS（计算机集成制造系统）、VPD（虚拟产品开发）、VM（虚拟制造）、MRPII（制造资源管理系统）、ERP（企业资源管理系统）、MIS（管理信息系统）等现代企业信息化系统建立了基础的数字化平台。CAD/CAM 技术是现代数字化制造和数字化企业的基础和关键，其应用程度已成为衡量一个国家科技现代化和产业现代化水平的重要标志（图 1-5 所示为 CAXA-CAD/CAM 软件实现的数字化制造和数字化商务）。