



教育部高职高专规划教材

技能型 **紧缺** 人才培养培训系列教材

CAXA 2004 制造工程师应用

▶ 孔 杰 主编

▶ 胡光耀 覃 岭 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

技能型紧缺人才培养培训系列教材

CAXA 2004 制造工程师应用

孔 杰	主 编
杨通凯 吴家福	副主编
胡光耀 覃 岭	主 审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

本书是以高等职业院校对数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养目标为核心,以数控加工 DNC 技术为主体,针对国家数控工艺员考证中的软件应用项目,以具有我国自主知识产权 CAXA 制造工程师 2004 版软件为工具,综合介绍国内最先进的 CAD/CAM 技术在机械加工中的应用,目的是培养具有现代先进制造技能的职业技术人才。

本书分为三部分:第一部分是数控加工技术的基本知识介绍;第二部分为 CAXA 制造工程师的 CAD 部分,帮助读者学习三维建模的知识;第三部分为 CAXA 制造工程师的 CAM 部分,介绍自动编程的加工管理和后置处理。

本书适合中高等职业技术学院、高等院校的数控技术应用专业领域技能型人才培养,也可作为劳动部“数控工艺员”职业资格认证培训资料,同时也可作为相关从业人员岗前培训材料和有志于从事数控 CAD/CAM 工作人群的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

CAXA 2004 制造工程师应用/孔杰主编. —北京:化学工业出版社, 2006.6

教育部高职高专规划教材

(技能型紧缺人才培养培训系列教材)

ISBN 7-5025-8806-X

I. C… II. 孔… III. 数控机床—计算机辅助设计—软件包, CAXA 2004—高等学校:技术学院—教材
IV. TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 064749 号

教育部高职高专规划教材
技能型紧缺人才培养培训系列教材
CAXA 2004 制造工程师应用

孔 杰 主 编

杨通凯 吴家福 副主编

胡光耀 覃 岭 主 审

责任编辑:高 钰

文字编辑:宋 薇

责任校对:王素芹

封面设计:于 兵

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010) 64982530

(010) 64918013

购书传真:(010) 64982630

http: // www.cip.com.cn

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 293 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8806-X

定 价: 21.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

数控技术专业系列教材编委会

主 任

覃 岭

副主任

冯建雨 唐义锋 苑章义

编 委

(按姓氏汉语拼音排序)

常红梅	陈粟宋	程时甘	洪 凯
黄劲枝	孔 杰	龙光涛	麻 艳
毛卫秀	孙贵杰	吴新腾	徐建高
杨永平	尹玉珍	赵俊生	钟江鸿

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

“CAXA 制造工程师 2004”版软件目前已广泛应用于国内塑模、锻模、汽车覆盖件拉伸模、压铸模等复杂模具的生产以及汽车、电子、兵器、航空航天等行业精密零件的加工。“CAXA 制造工程师 2004”具有 Windows 原创风格，是易学实用的全中文、三维、曲面实体完美结合，集三维造型设计、加工代码生成、校验一体化的 CAD/CAM 方案。灵活、强大的实体曲面混合造型功能和丰富的数据接口，可以实现零件复杂的三维造型设计；通过加工工艺参数和机床后置的设定，自动生成适用于任何数控系统的加工代码；通过直观的加工仿真和代码反读，可以检验加工工艺和代码质量。

本书是根据“CAXA 制造工程师 2004”的培训教案整理改编而成的。书中详细讲解了“CAXA 制造工程师 2004”版软件的各项功能、作图和操作方法、注意及技巧、实例等，同时贯穿了一些数控加工的实用知识和实际应用经验，力求使学员在学完本书后，不仅能够掌握较强的三维造型能力和数控自动编程技巧，而且能够学会使用“CAXA 制造工程师”进行计算机辅助制造。

本教材的特点是：坚持以就业为导向、以能力为本位的原则，重点突出与数控加工技能相关的 CAD/CAM 知识，其中例题来源于教学一线的经典范例、企业以及各种技能等级考核的实际课题，条理化的解说步骤，各个环节紧紧相扣，繁琐的陈述较少，难点和重点方面详写，简单的知识点方面略写。本书较注重介绍实际软件操作时的简便方法、错误分析及编辑修改，比较符合实际建模过程。

由于编者水平有限，疏漏和不足敬请使用本书的师生和读者指正！

编 者

2006 年 4 月

目 录

第 1 章 数控加工技术概述	1
1.1 数控机床	1
1.2 数控加工	2
1.3 数控加工的特点	2
1.4 数控编程系统	3
1.5 CAD/CAM 软件概述	3
1.6 利用 CAXA 制造工程师 CAD/CAM 系统进行自动编程的基本步骤	4
1.6.1 加工工艺的确定	5
1.6.2 加工模型建立	5
1.6.3 刀具轨迹生成	5
1.6.4 后置代码生成	5
1.6.5 加工代码输出	6
第 2 章 数控加工造型 (CAD 部分)	7
2.1 界面介绍	7
2.1.1 初识 CAXA	7
2.1.2 CAXA 鼠标和功能键的使用	7
2.2 曲线生成	8
2.2.1 空间点的输入	8
2.2.2 直线	9
2.2.3 圆弧	12
2.2.4 圆	14
2.2.5 矩形	14
2.2.6 椭圆	15
2.2.7 样条	16
2.2.8 点	16
2.2.9 公式曲线	17
2.2.10 多边形	19
2.2.11 二次曲线	20
2.2.12 等距线	20
2.2.13 曲线投影	21
2.2.14 相关线	22
2.3 曲线编辑	23
2.3.1 删除	23
2.3.2 曲线裁剪	23
2.3.3 曲线过渡	24

2.3.4	曲线打断	26
2.3.5	曲线组合	26
2.3.6	曲线拉伸	26
2.4	几何变换	27
2.4.1	移动	27
2.4.2	平面旋转	28
2.4.3	旋转	28
2.4.4	平面镜像	29
2.4.5	镜像	29
2.4.6	阵列	29
2.4.7	缩放	30
2.5	线架造型实例	30
2.6	曲面生成	35
2.6.1	直纹面	36
2.6.2	旋转面	37
2.6.3	扫描面	37
2.6.4	导动面	38
2.6.5	等距面	39
2.6.6	平面	40
2.6.7	边界面	41
2.6.8	放样面	41
2.6.9	网格面	42
2.6.10	实体表面	43
2.7	曲面编辑	44
2.7.1	曲面裁剪	44
2.7.2	曲面过渡	47
2.7.3	曲面拼接	53
2.7.4	曲面缝合	55
2.7.5	曲面延伸	56
2.8	曲面造型实例	57
2.9	特征生成	62
2.9.1	特征生成的一般步骤	63
2.9.2	拉伸增料	63
2.9.3	拉伸除料	67
2.9.4	旋转增料	71
2.9.5	旋转除料	74
2.9.6	放样增料	77
2.9.7	放样除料	80
2.9.8	导动增料	84
2.9.9	导动除料	86

2.9.10	曲面加厚增料	88
2.9.11	曲面加厚除料	90
2.9.12	曲面裁剪	92
2.9.13	处理特征	97
2.9.14	过渡	97
2.9.15	倒角	103
2.9.16	打孔	105
2.9.17	拔模	107
2.9.18	抽壳	108
2.9.19	筋板	111
2.9.20	线性阵列	112
2.9.21	环形阵列	114
2.9.22	基准面	115
2.9.23	缩放	120
2.9.24	型腔	121
2.9.25	分模	122
2.9.26	实体布尔运算	123
2.10	实体建模实例	125
第3章	自动加工方法 (CAM 部分)	147
3.1	加工管理概述	147
3.1.1	毛坯	147
3.1.2	起始点	147
3.1.3	机床设置	148
3.1.4	刀具轨迹树的操作	148
3.2	粗加工方法	149
3.2.1	常见几个设置项的概念	149
3.2.2	区域式粗加工	152
3.2.3	等高线粗加工	157
3.2.4	扫描线粗加工	161
3.2.5	摆线式粗加工	163
3.2.6	插铣式粗加工	165
3.2.7	等壁厚粗加工	166
3.2.8	导动线粗加工	168
3.3	精加工方法	170
3.3.1	参数线精加工	170
3.3.2	等高线精加工	171
3.3.3	扫描线精加工	171
3.3.4	浅平面精加工	172
3.3.5	限制线精加工	172
3.3.6	导动线精加工	174

3.3.7 轮廓线精加工.....	175
3.3.8 三维偏置加工.....	177
3.3.9 深腔侧壁加工.....	179
3.4 补加工方法.....	180
3.4.1 等高线补加工.....	180
3.4.2 笔式清根加工.....	182
3.4.3 区域式补加工.....	183
3.5 孔加工方法.....	184
3.6 后置处理.....	186
3.6.1 后置设置	186
3.6.2 生成 G 代码.....	188
3.6.3 校核 G 代码.....	188
参考文献	189

第 1 章 数控加工技术概述

1.1 数控机床

20 世纪 40 年代末,美国开始研究数控机床,1952 年,美国麻省理工学院(MIT)伺服机构实验室成功研制出第一台数控机床,并于 1957 年投入使用。这是制造技术发展过程中的一个重大突破,标志着制造领域中数控加工时代的开始。数控加工是现代制造技术的基础,这一发明对于制造行业而言,具有划时代的意义和深远的影响。世界上主要工业发达国家都十分重视数控加工技术的研究和发展。我国于 1958 年开始研制数控机床,成功试制出配有电子数控系统的数控机床,1965 年开始批量生产配有晶体管数控系统的三维坐标数控铣床。经过几十年的发展,目前的数控机床已经在工业界得到广泛应用,在模具制造行业的应用尤为普及。

数控机床种类繁多,一般将数控机床分为 14 大类:

- (1) 数控车床(含有铣削功能的车削中心)
- (2) 数控铣床(含铣削中心)
- (3) 以铣削、镗削为主的加工中心
- (4) 数控磨床(含磨削中心)
- (5) 数控钻床(含钻削中心)
- (6) 数控拉床
- (7) 数控刨床
- (8) 数控切断机床
- (9) 数控齿轮加工机床
- (10) 数控激光加工机床
- (11) 数控电火花切割机床(含电加工中心)
- (12) 数控板材成型加工机床
- (13) 数控管料成型加工机床
- (14) 其他数控机床

模具制造常用数控加工机床有:数控铣床、数控电火花成型机床、数控电火花线切割机床、数控磨床和数控车床。数控机床通常由控制系统、伺服系统、检测系统、机械传动系统组成。控制系统用于数控机床的运算、管理和控制,通过输入介质得到数据,对这些数据进行解释和运算并对机床产生作用;伺服系统根据控制系统的指令驱动机床,使刀具和零件执行数控代码规定的运动;检测系统则是用来检测机床执行件(工作台、转台、滑板等)的位移和速度变化量,并将检测结果反馈到输入端,与输入指令进行比较,根据其差别调整机床运动;机床传动系统是由进给伺服驱动元件至机床执行件之间的机械进给传动装置。

在数控加工中，数控铣削加工最为复杂，需解决的问题也最多。除数控铣削加工之外的数控线切割、数控电火花成型、数控车削、数控磨削等的数控编程各有特点，本书将重点介绍数控铣削加工的 CAD/CAM 数控技术。

1.2 数控加工

数控加工是将待加工零件进行数字化表达，数控机床按数字量控制刀具和零件的运动，从而实现零件加工的过程。

被加工零件采用线架、曲面、实体等几何体来表示，CAM 系统在零件几何体基础上生成刀具轨迹，经过后置处理生成加工代码，将加工代码通过传输介质传给数控机床，数控机床按数字量控制刀具运动，完成零件加工。其过程可表述为『零件信息』→『CAD 系统造型』→『CAM 系统生成加工代码』→『数控机床』→『零件』。

1.3 数控加工的特点

数控加工，也称为 NC (Numerical Control) 加工，即用数值与符号构成的信息控制机床实现自动运转。数控加工经历了半个世纪的发展已成为应用于当代各个制造领域的先进制造技术。数控加工的最大特征有两点：一是可以极大地提高精度，包括加工质量精度及加工时间误差精度；二是加工质量的重复性，可以稳定加工质量，保持加工零件质量的一致。也就是说加工零件的质量及加工时间是由数控程序决定的而不是由机床操作人员决定的。数控加工具有如下优点：

- (1) 提高生产效率；
- (2) 不需熟练的机床操作人员；
- (3) 提高加工精度并且保持加工质量；
- (4) 可以减少工装卡具；
- (5) 可以减少各工序间的周转，原来需要用多道工序完成的工件，用数控加工可以一次装卡完成，缩短加工周期，提高生产效率；
- (6) 容易进行加工过程管理；
- (7) 可以减少检查工作量；
- (8) 可以降低废、次品率；
- (9) 便于设计变更，加工设定柔性；
- (10) 容易实现操作过程的自动化，一个人可以操作多台机床；
- (11) 操作容易，极大减轻了劳动强度。

随着制造设备的数控化率不断提高，数控加工技术在我国得到日益广泛的使用，在模具行业，掌握数控技术与否及加工过程中的数控化率的高低已成为企业是否具有竞争力的象征。数控加工技术应用的关键在于计算机辅助设计和制造 (CAD/CAM) 系统的质量。

如何进行数控加工程序的编制是影响数控加工效率及质量的关键，传统的手工编程方法复杂、繁琐，易于出错，难于检查，难以充分发挥数控机床的功能。在模具加工中，经常遇到形状复杂的零件，其形状用自由曲面来描述，采用手工编程方法基本上无法编制数控加工程序。近年来，由于计算机技术的迅速发展，计算机的图形处理功能有了很大增强，

基于 CAD/CAM 技术进行图形交互的自动编程方法日趋成熟,这种方法速度快、精度高、直观、使用简便、便于检查。CAD/CAM 技术在工业发达国家已得到广泛使用。近年来在国内的应用也越来越普及,成为实现制造业技术进步的一种必然趋势。

1.4 数控编程系统

数控加工机床与编程技术两者的发展是紧密相关的。数控加工机床性能的提升推动了编程技术的发展,而编程手段的提高也促进了数控加工机床的发展,二者相互依赖。现代数控技术正在向高精度、高效率、高柔性和智能化方向发展,而编程方式也越来越丰富。

数控编程可分为机内编程和机外编程。机内编程指利用数控机床本身提供的交互功能进行编程,机外编程则是脱离数控机床本身在其他设备上编程。机内编程的方式随机床的不同而异,可以“手工”方式逐行输入控制代码(手工编程)、交互方式输入控制代码(会话编程)、图形方式输入控制代码(图形编程),甚至可以语音方式输入控制代码(语音编程)或通过高级语言方式输入控制代码(高级语言编程)。但机内编程一般来说只适用于简单形体,而且效率较低。机外编程也可以分成手工编程、计算机辅助 APT 编程和 CAD/CAM 编程等方式。机外编程由于其可以脱离数控机床进行数控编程,相对机内编程来说效率较高,是普遍采用的方式。随着编程技术的发展,机外编程处理能力不断增强,已可以进行复杂形体的自动控制加工编程。

在 20 世纪 50 年代中期,MIT 伺服机构实验室实现了自动编程,并公布了其研究成果,即 APT 系统。20 世纪 60 年代初,APT 系统得到发展,可以解决三维物体的连续加工编程,以后经过不断的发展,具有了雕塑曲面的编程功能。APT 系统所用的基本概念和基本思想,对于自动编程技术的发展具有深远的意义,目前,大多数自动编程系统也在沿用其中的一些模式。如编程中的三个控制面:零件面(PS)、导动面(DS)、检查面(CS)的概念;刀具与检查面的 ON、TO、PAST 关系等。

随着微电子技术和 CAD 技术的发展,自动编程系统也逐渐过渡到以图形交互为基础的与 CAD 集成的 CAD/CAM 系统为主的编程方法。与以前的语言型自动编程系统相比,CAD/CAM 集成系统可以提供单一准确的产品几何模型,几何模型的产生和处理手段灵活、多样、方便,可以实现设计、制造一体化。

虽然数控编程的方式多种多样,但目前占主导地位的还是采用 CAD/CAM 数控编程系统进行编程的方式。

1.5 CAD/CAM 软件概述

20 世纪 90 年代以前,国内市场上销售的 CAD/CAM 软件基本上为国外的软件系统。20 世纪 90 年代以后,国内在 CAD/CAM 技术研究和软件开发方面进行了卓有成效的工作,尤其是在以 PC 机动性平台的软件系统方面。其功能已能与国外同类软件相当,并在操作性、本地化服务方面具有优势。

数控编程软件系统不仅仅是绘图、做轨迹、生成加工代码,更是先进加工工艺的综合,先进加工经验的记录、继承和发展。北航海尔软件公司经过多年的不懈努力,推出了 CAXA 制造工程师数控编程系统。这套系统集成 CAD、CAM 于一体,功能强大、易学易用、

工艺性好、代码质量高，现在已经得到全国上千家企业的使用，并受到好评。CAXA 制造工程师数控编程系统，正在一个更高的起点上腾飞。

1.6 利用 CAXA 制造工程师 CAD/CAM 系统进行自动编程的基本步骤

关于利用 CAD/CAM 技术进行数控加工的任务目标如图 1-1 所示。其中 CAD/CAM 系统的编程基本步骤如下：

(1) 理解二维图纸或其他的模型数据；

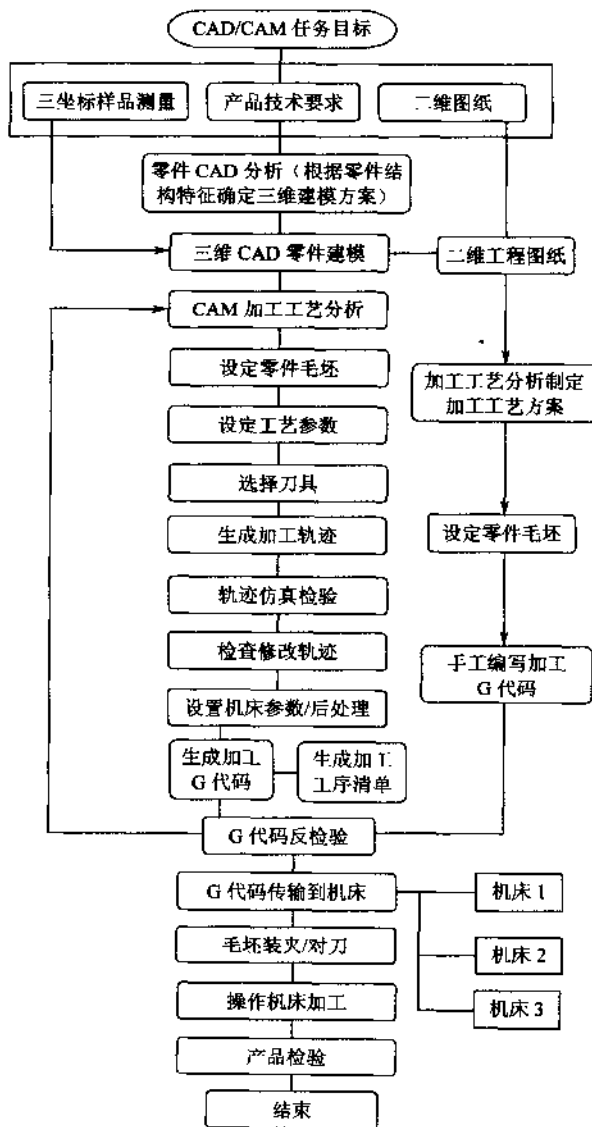


图 1-1 CAD/CAM 系统的编程基本步骤

- (2) 建立加工模型或通过数据接口读入;
- (3) 确定加工工艺(装卡、刀具等);
- (4) 生成刀具轨迹;
- (5) 加工仿真;
- (6) 产生后置代码;
- (7) 输出加工代码。

现在分别予以说明。

1.6.1 加工工艺的确定

加工工艺的确定目前主要依靠人工进行,其主要内容有:

- (1) 核准加工零件的尺寸、公差和精度要求;
- (2) 确定装夹位置;
- (3) 选择刀具;
- (4) 确定加工路线;
- (5) 选定工艺参数。

1.6.2 加工模型建立

利用CAD系统提供的图形生成和编辑功能将零件的被加工部位绘制在计算机屏幕上,作为计算机自动生成刀具轨迹的依据。

加工模型的建立是通过人机交互方式进行的。被加工零件一般用工程图的形式表达在图纸上,用户可根据图纸建立三维加工模型。针对这种需求,CAD系统应提供强大几何建模功能,不仅应能生成常用的直线和圆弧,还应提供复杂的样条曲线、组合曲线、各种规则的和不规则的曲面等造型方法,并提供各种过渡、裁剪、几何变换等编辑手段。

被加工零件数据也可能由其他CAD/CAM系统传入,因此CAD系统针对此类需求应提供标准的数据接口,如DXF、IGES、STEP等。由于分工越来越细,企业之间的协作越来越频繁,这种形式也将越来越普遍。

被加工零件的外形不可能由测量机测量得到,针对此类需求,CAD系统应提供读入测量数据的功能,按一定格式给出数据,使系统自动生成零件的外形曲面。

1.6.3 刀具轨迹生成

建立了加工模型后,即可利用CAM系统提供的多种形式的刀具轨迹生成功能进行数控编程。CAXA制造工程师中提供了十余种加工轨迹生成的方法。用户可以根据所要加工工件的形状特点、工艺要求和精度要求,灵活选用系统中提供的加工方式和加工参数,方便快速地生成所需要的刀具轨迹(即刀具的切削路径)。

为满足特殊的工艺需要,CAXA制造工程师能够对已生成的刀具轨迹进行编辑,然后通过模拟仿真检验生成的刀具轨迹的正确性和是否有过切;还能通过代码校核,用图形方法检验加工代码的正确性。

1.6.4 后置代码生成

在屏幕上用图形形式显示的刀具轨迹要变成可以控制机床的代码,需进行所谓后置处理。后置处理的目的是形成数控指令文件,也就是平时经常说的G代码程序或NC程序。CAXA制造工程师提供的后置处理功能是非常灵活的,它可以通过用户自己修改某些设置而适用各自的机床要求。用户按机床规定的格式进行定制,即可方便地生成和特定机床相匹配的加工代码。

1.6.5 加工代码输出

生成数控指令之后，可通过计算机的标准接口与机床直接联通。CAXA 制造工程师可以提供自己开发的通信软件，完成利用计算机的串口或并口与机床连接，将数控加工代码传输到数控机床，控制机床各坐标的伺服系统，驱动机床。

随着国家加工制造业的迅猛发展，数控加工技术得到了广泛的应用，CAXA 的 CAD/CAM 软件得到了日益广泛的应用和普及。

第2章 数控加工造型（CAD 部分）

2.1 界面介绍

2.1.1 初识 CAXA

制造工程师的用户界面是全中文界面，和其他 Windows 风格的软件一样，如图 2-1 所示。各种应用功能通过菜单和工具条驱动；状态栏指导用户进行操作并提示当前状态和所处位置；特征树记录了历史操作和相互关系；绘图区显示各种功能操作的结果；同时，绘图区和特征树为用户提供了数据的交互功能。制造工程师工具条中每一个图标都对应一个菜单命令，单击图标和单击菜单命令是完全一样的。



图 2-1 CAXA 制造工程师用户界面

2.1.2 CAXA 鼠标和功能键的使用

(1) CAXA 系统中功能键的作用：

F2：切换空间与草绘模式；

F3：将已绘的所有元素按适合屏幕比例全部显示；

F4：“重画”功能，主要用于清除屏幕垃圾；