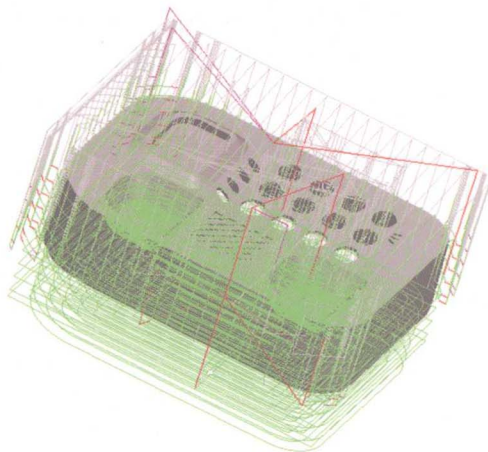


CAXA 制造工程师

基础理论及经典案例教程

北航CAXA教育培训中心 组 编
国家制造业信息化三维CAD认证 审 定
培训管理办公室
鲁君尚 汪金妹 张安鹏 等编著



北京航空航天大学出版社



国家制造业信息化
三维 CAD 认证规划教材

CAXA 制造工程师

基础理论及经典案例教程

北航 **CAXA** 教育培训中心 组 编
国家制造业信息化三维 CAD 认证
培训管理办公室 审 定
鲁君尚 汪金妹 张安鹏 等编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是科技部国家制造业信息化三维 CAD 认证培训规划教材之一。本书从数控加工基础、线面造型、实体造型、粗精加工、轨迹生成、轨迹仿真到后置处理生成 G 代码和工艺清单的全部过程进行了深入浅出的讲解。CAXA 制造工程师是重点针对 2~5 轴数控铣床与加工中心设计造型自动编制 G 代码的软件,本书详细介绍了它的操作方法、应用领域、使用效果。

本书附有 1 张光盘,包含了本书所有经典实例的视频教程,可方便读者学习。本书可作为大专院校和全国“数控工艺员培训”课程的辅助教材,同时也可作为机械类制造企业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

CAXA 制造工程师基础理论及经典案例教程/鲁君尚等
编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2008. 8

ISBN 978-7-81124-180-8

I. C… II. 鲁… III. 数控机床—计算机辅助设计—应
用软件,CAXA—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 064252 号

CAXA制造工程师基础理论及经典案例教程

北航 **CAXA** 教育培训中心 组 编

国家制造业信息化三维 CAD 认证
培训管理办公室 审 定

鲁君尚 汪金妹 张安鹏 等编著

责任编辑 胡 敏

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpresse@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:30 字数:672 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-180-8 定价:49.00 元(含 1 张 DVD)

“三维数字化设计师”系列培训教材

编写委员会

顾问 (按姓氏笔画顺序)

王君英 清华大学教授、CAD 中心主任
乔少杰 北京航空航天大学出版社社长
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工程专家组组长
朱心雄 北京航空航天大学教授
祁国宁 浙江大学教授、科技部 863/CIMS 主题专家
杨海成 国家制造业信息化工程重大专项专家组组长
陈 宇 中国就业培训技术指导中心主任
陈李翔 劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心副主任
林宗楷 中国计算机学会 CAD 专业委员会主任、中国科学院计算所研究员
唐荣锡 中国工程图学学会名誉理事长、北京航空航天大学教授
唐晓青 北京航空航天大学副校长、科技部 863/CIMS 主题专家
席 平 北京工程图学学会理事长、北京航空航天大学教授、CAD 中心主任
黄永友 《CAD/CAM 与制造业信息化》杂志总编
游 钧 劳动和社会保障部劳动科学研究所所长
韩新民 机械科学院系统分析研究所所长
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 赵延永 杨伟群

编委 (按姓氏笔画顺序)

王芬娥 王周锋 史新民 叶 刚 任 霞 邢 蕾
佟亚男 吴隆江 张安鹏 李绍鹏 李培远 陈 杰
周运金 梁凤云 黄向荣 虞耀君 蔡微波

本书作者

鲁君尚 汪金妹 张安鹏 等

前 言

我国是制造业大国,随着社会发展的需求,数控领域在中国市场上占据了重要的地位。制造业是国民经济的基础工业,而制造业的相对落后制约着我国整体经济水平的提高和发展。随着中国快速成为全球制造中心,近两年我国制造业发展迅猛,数控加工已经成为市场竞争和企业发展的新亮点,先进的数控设备正在以前所未有的速度进入到中国的各类制造业当中。俗话说,“好马配好鞍”,企业为数控机床和技术员工配备的 CAM 编程软件,直接关系到昂贵的数控设备投入所产生的能力和效率。

目前,构建三维模型的软件很多,如 CAXA、UG、Pro/Engineer、CATIA、MasterCAM 和 CIMATRON 等。软件的选择需要与企业自身的基本情况相符合。CAXA 制造工程师 2004 是一款面向 2~5 轴数控铣床与加工中心机床,且具有卓越工艺性能的铣削/钻削数控加工编程软件,是 CAXA 制造解决方案的重要构件之一,具有精、稳、易、快四大显著特点。精:精品风范,顶尖利器;稳:稳定可靠,百炼成金;易:工艺卓越,易学易用;快:事半功倍,高效快捷。而且许多方面很有特色,其功能与工艺性等方面完全可以与国际一流的 CAM 软件相媲美,是适合我国国情发展需求的。

本书主要针对 CAXA 制造工程师 2004 版本软件编写,共有三篇。第一篇是基础篇,包括第 1、2 章,主要介绍了数控的基础知识和软件入门实例;第二篇是造型篇,包括第 3、4 章的造型基础知识和第 5 章的造型实例的分析操作过程;第三篇是加工篇,包括 6~8 章的加工讲解,及附录的快速查找典型实例命令。全书重点围绕 CAXA 制造工程师软件的功能应用和实例分析,以便给大家一个清晰的思路,即如何造型、如何选用加工方法生成零件的刀具轨迹和仿真加工的全部过程,是本书重点解说的内容。另外,本书还附加解说视频光盘。希望此书有助于读者快速掌握 CAXA 制造工程师软件的操作方法和技巧,为中国制造业的发展多作贡献。

在本书的编写过程中还得到了很多同志的帮助,在此一起表示感谢!对于书中存在的疏漏之处,恳请读者和专家批评指定。

欢迎通过以下方式咨询交流:

E-mail: 3ddl@3ddl.org

网 址: www.3ddl.net

北航 CAXA 教育培训中心

国家制造业信息化三维 CAD 认证培训管理办公室

2008 年 7 月

目 录

第一篇 基础篇

第 1 章 数控基础	1
1.1 数控机床工作原理	1
1.2 数控加工过程、对象和特点	2
1.3 数控加工专有名词解释	3
第 2 章 CAXA 软件的概述	5
2.1 操作窗口简介	5
2.1.1 绘图区	6
2.1.2 菜单栏	6
2.1.3 工具栏	7
2.1.4 特征树	7
2.1.5 立即菜单	8
2.1.6 操作提示栏	9
2.1.7 快捷菜单及常用键	9
2.1.8 对话框	12
2.2 软件系统设置	13
2.2.1 线、面及实体颜色	13
2.2.2 系统设置	17
2.2.3 自定义	18
2.3 入门实例	19

第二篇 造型篇

第 3 章 曲线曲面	54
3.1 曲线生成	54
3.1.1 空间点的输入	55
3.1.2 基础几何图元	56
3.1.3 复杂几何图元	72
3.1.4 辅助线及文字	74
3.2 曲线编辑	81

3.2.1 曲线裁剪	82
3.2.2 曲线修改优化	86
3.2.3 样条编辑	90
3.3 曲面生成	91
3.3.1 直纹面	92
3.3.2 旋转面	94
3.3.3 扫描面	95
3.3.4 导动面	96
3.3.5 等距面	103
3.3.6 平面	104
3.3.7 边界面	108
3.3.8 放样面	110
3.3.9 网格面	112
3.3.10 实体表面	114
3.4 曲面编辑	115
3.4.1 曲面裁剪	115
3.4.2 曲面过渡	119
3.4.3 曲面拼接	129
3.4.4 曲面缝合	134
3.4.5 曲面优化与曲面重拟合	136
3.5 几何变换	137
第4章 实体特征造型	144
4.1 草图绘制	144
4.1.1 确定草图基准面	144
4.1.2 进入草图状态	149
4.1.3 草图绘制	150
4.1.4 草图参数化修改	150
4.1.5 草图环的检查	152
4.1.6 投影进入草图	152
4.2 坐标系	153
4.2.1 工作坐标系	153
4.2.2 编辑工作坐标系	153
4.3 造型特征	157
4.3.1 拉伸	157

4.3.2 旋 转	161
4.3.3 放 样	163
4.3.4 导 动	165
4.3.5 曲面加厚	167
4.3.6 曲面裁剪除料	170
4.4 特征处理	170
4.4.1 过 渡	170
4.4.2 倒 角	172
4.4.3 筋 板	173
4.4.4 抽 壳	174
4.4.5 拔 模	175
4.4.6 孔	177
4.5 阵列特征	178
4.5.1 线性阵列	178
4.5.2 环形阵列	182
4.6 模具生成	184
4.6.1 缩 放	184
4.6.2 型 腔	185
4.6.3 分 模	186
4.6.4 布尔运算	188
4.7 辅助工具	189
4.7.1 三维标注	189
4.7.2 查 询	190
4.7.3 显 示	192
4.7.4 显示效果	195
4.7.5 视向定位	196
第 5 章 造型实例与分析	199
5.1 吊钩模型的造型	199
5.2 管道的造型	214
5.3 插架类零件造型	222
5.4 腔体类零件造型	230

第三篇 加工篇

第 6 章 数控加工	241
------------------	-----

6.1 数控加工基础知识	241
6.1.1 基本概念	241
6.1.2 数控铣削加工切削基础及工艺	243
6.2 CAXA 软件中加工功能名词介绍	246
6.2.1 基本概念	246
6.2.2 刀具库设置	259
6.2.3 加工管理	261
6.3 粗加工	268
6.3.1 区域式粗加工	268
6.3.2 等高线粗加工	278
6.3.3 扫描线粗加工	285
6.3.4 摆线式粗加工	289
6.3.5 插铣式粗加工	294
6.3.6 等壁厚粗加工	296
6.3.7 导动线粗加工	298
6.4 精加工	301
6.4.1 参数线精加工	301
6.4.2 等高线精加工	305
6.4.3 扫描线精加工	309
6.4.4 浅平面精加工	313
6.4.5 限制线精加工	315
6.4.6 导动线精加工	318
6.4.7 轮廓线精加工	322
6.4.8 三维偏置精加工	326
6.4.9 深腔侧壁精加工	329
6.5 补加工	331
6.5.1 等高线补加工	331
6.5.2 笔式清根加工	332
6.5.3 区域式补加工	335
6.6 槽加工	338
6.6.1 扫描式铣槽	338
6.6.2 曲线式铣槽	342
6.7 孔加工	345
6.7.1 孔加工操作	345

6.8 刀具轨迹编辑	346
6.9 知识加工	352
第 7 章 轨迹仿真	354
7.1 轨迹仿真启动	354
7.2 轨迹编辑	359
7.2.1 裁 剪	359
7.2.2 打 断	360
7.2.3 连 接	362
7.2.4 移 动	364
7.2.5 反 转	365
7.2.6 旋 转	365
7.2.7 镜 像	366
7.2.8 缩 放	368
7.2.9 行间连接编辑	368
7.2.10 延伸截面	369
7.3 轨迹仿真	370
7.3.1 显 示	371
7.3.2 轨迹显示状态	371
7.3.3 单步仿真	371
7.3.4 根据等高线截面每个高度显示	372
7.3.5 真实仿真	373
7.4 后置处理	375
7.4.1 机床后置	376
7.4.2 机床信息	376
7.4.3 后置设置	382
7.5 生成 G 代码及工艺清单	385
第 8 章 加工实例与分析	390
8.1 洗洁精瓶的加工	390
8.2 电话机壳的加工	403
8.3 叶轮的加工	422
8.4 夹轴座环加工	440
附录 A 快速查找常用命令列表	460
附录 B 光盘说明	464
参考文献	466

第一篇 基础篇

第 1 章 数控基础

数控(Numerical Control),简称 NC,是数字化信号对机床运动及加工过程进行控制的一种方法。数控机床类型很多,根据加工零件特征不同,分为数控车、数控铣、数控加工中心、数控线切割及数控冲等机床。不管数控类型多少,但是它们工作原理相同,可以理解为是一个机器人,由五大部分组成,包括数控系统(大脑)、检测装置(五官)、驱动装置(内脏)、伺服电动机(手脚)和机床传动(骨骼)。

1.1 数控机床工作原理

以北京第一机床厂生成的 Xka5032A 三坐标立式升降台数控铣床为例,介绍数控机床的外观部分组成,如图 1-1 所示。

数控机床的基本工作原理是:将加工程序输入到数控系统后,数控系统对数控进行运算和处理,向主轴箱内的驱动电动机和控制各进给轴的伺服装置发出指令。伺服装置接受指令后向控制三个方向的进给伺服(步进)电动机发生电脉冲信号。主轴驱动电动机带动刀具旋转,进给伺服(步进)电动机带动滚珠丝杠使机床的工作台沿 X 轴和 Y 轴移动,主轴箱沿 Z 轴移动,铣刀对工件进行切削。

加工程序又称信息载体(控制介质),是人与计算机间联系的中间媒介物质,反映了数控加工中的全部信息。

数控系统是机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的核心所在。它主要由输入装置、监视器、主控系统、可编程控制器(PLC)和输入输出接口等组成。

伺服装置(伺服系统)是数控系统与机床本体之间的电传动联系环节,主要由伺服电动机、驱动控制系统及位置检测反馈装置等组成。它用于实现数控机床的进给伺服控制和主轴伺服

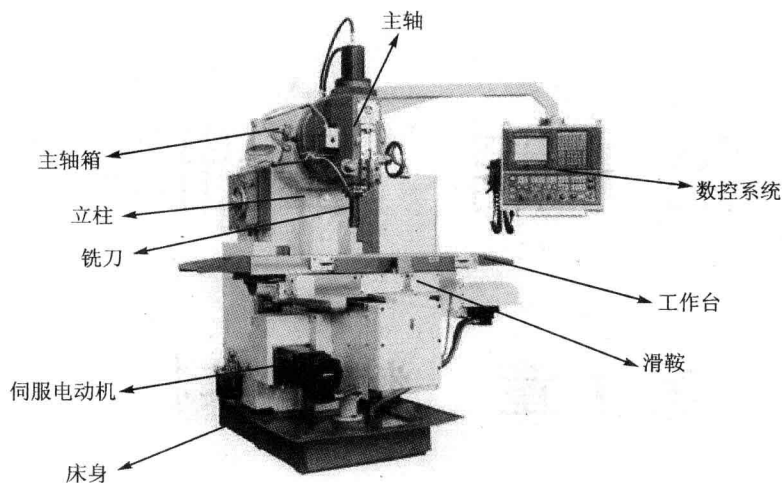


图 1-1 三坐标立式升降台数控铣床示意图

控制。

1. 进给伺服系统

进给伺服系统是数控机床的进给运动执行部分,包括位置控制单元、进给控制单元、伺服电动机和测量反映单元等部分。它接受计算机发来的各种动作命令,驱动伺服电动机运动。伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。进给的伺服系统性能直接影响到数控机床的加工精度和生产效率。

2. 主轴伺服系统

主轴伺服系统是机床切削加工时传递扭矩的部件,一般分为齿轮有级变速和电气无级调速两种类型。主轴伺服系统由主轴驱动控制系统、主轴电动机以及主轴机械传动机构等组成。

1.2 数控加工过程、对象和特点

1. 数控加工过程

- ① 根据图样进行加工工艺分析,确定加工方案、工艺参数和位置数据。
- ② 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单,或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作,直接生成零件的加工程序文件。

③ 人工编写和软件生成的程序的输入或输出。人工编写的程序通过数控机床的操作面板输入,软件生成的程序通过计算机串行通信接口(如 RS-232C 等)直接传输到数控机床的数控单元。

④ 输入到数控单元的加工程序,进行试运行以及刀具路径模拟等。

⑤ 通过对数控机床的正确操作,运行程序,完成零件的加工。

首先根据零件图样,结合加工工艺进行程序编制,然后通过键盘和其他输入设备(如穿孔纸带和软盘等)将程序输入到数控装置,数控装置将指令进行译码、寄存和插补运算后,向各坐标的伺服系统发出指令信号,驱动伺服电动机转动,并通过传动机构使刀具与工件相对位置偏移加工零件的形状轨迹进行运动,并通过位置检测反馈,以确保其定位精度,同时通过 PLC 实现系统其他必要的辅助动作,如自动变速、冷却润滑的自动开关、工件的自动夹紧与放松及刀具的自动更换等,配合进给运动完成零件的自动加工。

2. 数控机床的加工对象

① 多品种,小批量生成的零件或新产品试制中的零件。

② 几何形状复杂的零件。

③ 加工过程中必须进行多工序加工的零件。

④ 用普通机床加工时,需要昂贵工装设备(工具、夹具和模具的零件)。

⑤ 必须严格控制公差,对精度要求高的零件。

⑥ 工艺设计需多次改型的零件。

⑦ 价格昂贵,加工中不允许报废的关键零件。

⑧ 需要最短生产周期的零件。

3. 数控加工的特点

① 适应性强。

② 精度高。

③ 效率高。

④ 减轻劳动强度,改善劳动条件。

⑤ 有利于生产管理的现代化。

1.3 数控加工专有名词解释

- 机床坐标系:以机床原点为坐标原点建立起来的右手笛卡儿坐标系。
- 工件坐标系:是数控编程时使用的坐标系。
- 世界坐标系:是 CAXA 制造工程师中的绘制图元的核心坐标系。

- 用户坐标系:是 CAXA 制造工程师中用户自定义的坐标系。
- 加工参数:用来描述加工命令中行距、层高等参数的设置栏。
- 切削用量:用来表示切削运动,调整机床的参数。它主要包括切削速度、进给量和背吃刀量三个要素。
- 切削速度:切削刃选定点相对于工件主运动的瞬时速度称为切削速度。
- 进给量:刀具在进给方向上相对于工件的位移量称为进给量。
- 背吃刀量:已知加工表面和待加工表面之间的垂直距离称为背吃量。
- 进给路线:泛指刀具从对刀点(或机床固定原点)开始运动起,直至返回该点并结束加工程序所经过的路径,包括切削加工的路径及刀具切入、切出等非切削空行程。
- 行切法:是指刀具与零件轮廓的切点轨迹是一行一行的,而行间的距离是按零件加工精度的要求确定的。
- 刀次:在参数线精加工中指刀具轨迹的行数。
- 刀位点:刀具上代表刀具在工件坐标系中所在位置的一个点,在加工程序中,用以表示刀具特征的点。
- 对刀点:数控机床上加工零件时,刀具相对于工件运动的起点。
- 换刀点:刀架转位换刀时的位置。
- 绝对值:绘制图元时,坐标值相对世界坐标原点偏移的坐标值。
- 相对值:绘制图元时,坐标值相对前一点坐标值偏移的坐标值。
- G 代码:数控机床能够识别的数字信号。
- 毛坯:加工零件的材料。
- 过切:刀具铣削加工中将零件不需加工的部位切削了。
- 加工路线:数控加工中,刀具(刀位点)相对于工件的运动轨迹和方向称为加工路线,也称为进给路线。
- 自动编程加工:用计算机绘制三维模型,生成轨迹,编制出数控加工程序的过程。
- 手工编程加工:由人工分析零件图,编制出 G 代码,输入到数控控制面板上的过程。
- 工步顺序:是指同一道工序中,各个表面加工的先后次序。
- 加工余量:粗加工后,零件留有余量,再用精加工方法光整零件的余量,达到加工精度。
- 装夹:为了保证加工精度,在数控机床上加工零件时,必须先使工件在机床上占据一个正确的位置,即定位,然后将其夹紧,这种定位与夹紧的过程称为工件的装夹。用于装夹工件的工艺装备就是机床夹具。
- 夹紧装置:在加工过程中为了保证工件定位时确定的正确位置,防止工件在切削力、离心力、惯性力和重力等作用下产生位移和振动,必须将工件夹紧,这种保证加工精度和安全生产的装置叫夹紧装置。

第 2 章 CAXA 软件的概述

CAXA 制造工程师是由我国北京北航海尔软件有限公司研制开发的全中文、面向数控铣床和加工中心的三维 CAD/CAE 软件。该软件提供 2~5 轴多种铣削加工数控编程手段,具有高效易学和卓越工艺性能。CAXA 制造工程师软件使用的造型方法分为三大类,即线架造型、曲面造型和实体造型。线架造型是直接使用空间点、直线、圆、圆弧和样条等曲线表达三维零件形状的造型方法,共有 10 种命令构造线架。曲面造型是使用各种数学曲面方式表达形状的造型方法,共有 10 种命令生成曲面。实体造型通过实体的交、并、差方式进行造型的方法,也有 10 种命令生成实体特征、实体编辑及配合构造基准平面,从而生成所要零件。当然这三类造型需要紧密配合使用,缺一不可。造型是为了加工生产零件,软件提供了 23 种数控加工刀具轨迹生成的方法,形成了强大、实用的加工编程能力,足以应对平面、区域及各种复杂曲面的加工。

CAXA 功能特点:

- 易学易懂易使用。
- 模块占用内存空间少。
- 方便特征实体造型。
- 模具造型方便。
- 加工轨迹生成快易实现仿真。

2.1 操作窗口简介

CAXA 制造工程师界面如图 2-1 所示。

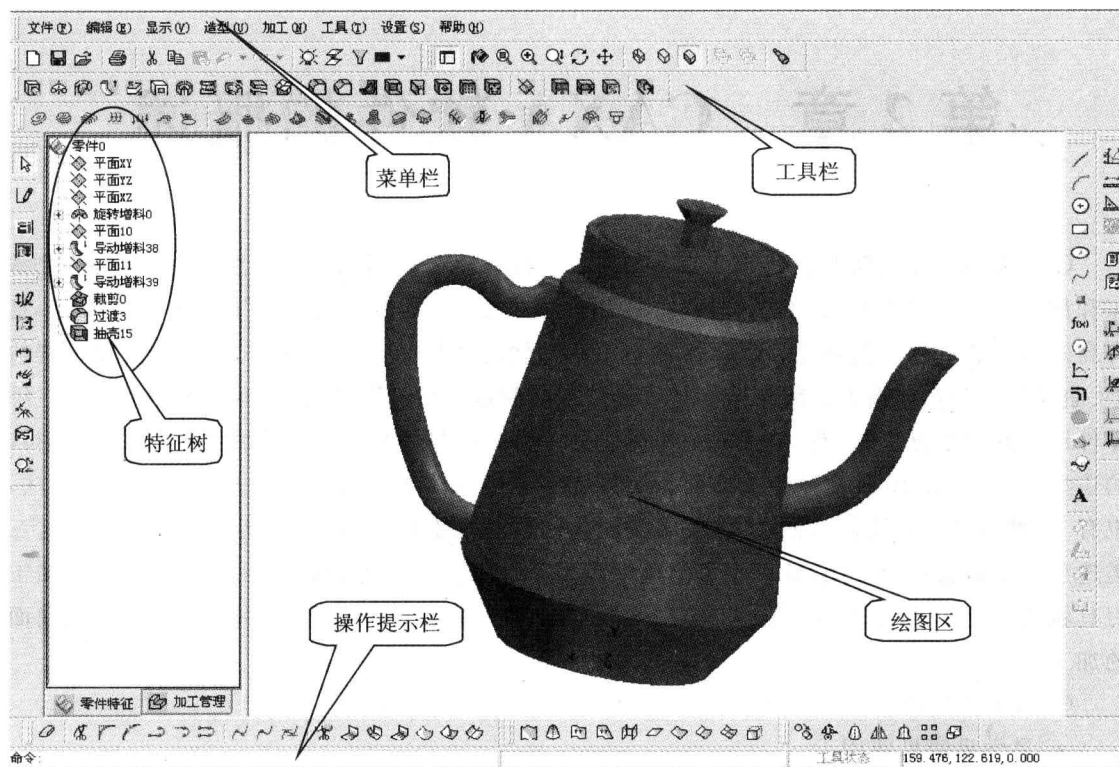


图 2-1 CAXA 制造工程师操作界面

2.1.1 绘图区

绘图区是用户进行绘图设计的工作区域,即如图 2-1 所示的空白区域。该区域一般为黑色,可自行设置颜色。它位于屏幕的中心位置并占据大部分面积,此空间能清晰地显示绘图零件。

在绘图区的中央设置了一个三维直角坐标系,该坐标系称为世界坐标系,它的坐标原点为(0.0000,0.0000,0.0000)。用户在操作过程中的所有坐标均以此坐标的原点为基准。

2.1.2 菜单栏

菜单栏位于界面最上方,包括了文件、编辑、显示、造型、加工、工具、设置和帮助等 8 个菜单,如图 2-2 所示。

文件(F) 编辑(E) 显示(V) 造型(U) 加工(N) 工具(T) 设置(S) 帮助(H)

图 2-2 菜单栏

2.1.3 工具栏

工具栏包含了绘制图形特征的重要命令,共有 12 条,如图 2-3 所示。



图 2-3 工具栏

2.1.4 特征树

打开/关闭特征树的方法有 3 种:

① 直接单击“显示工具”工具栏中的“打开/关闭特征树”按钮 ;

② 选择“显示”|“特征树栏”菜单项,如图 2-4(a)所示,右击任意工具栏空白处,在弹出的快捷菜单中单击“特征树栏”菜单项也可打开/关闭特征树,如图 2-4(b)所示。

特征树由两部分组成:“零件特征”和“加工管理”两选项卡。在绘制图形及造型时选用“零件特征”选项卡,将实体特征操作步骤记录到特征树中并进行特征修改。当零件造型完毕后,选用“加工管理”定义零件毛坯等程序,进行轮廓轨迹生成,它记录了所有加工命令的刀具轨迹并进行加工参数等的修改。