

计算机

辅助制造



全国中等职业技术学校计算机辅助设计与辅助制造系列教材

计算机辅助制造

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助制造/唐晓腾、苏民伟编写. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2006
全国中等职业技术学校计算机辅助设计与辅助制造系列教材
ISBN 7-5045-5477-4

I. 计… II. ①唐…②苏… III. 计算机辅助制造-专业学校-教材 IV. TP391.73
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 009994 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出 版 人: 张梦欣

x

中青印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 305 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定价: 18.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

说 明

随着计算机技术的突飞猛进，特别是计算机和 workstation 的发展与普及，再加上功能强大的外围设备（如大型图形显示器、绘图仪、激光打印机）的问世，计算机辅助设计技术和辅助制造技术得到了极大的发展。目前，它已广泛应用于机械、电子、宇航、建筑、纺织等产业的产品总体设计、造型设计、结构设计、工艺过程设计等环节。

计算机辅助设计技术和辅助制造技术的发展，需要大批素质高、技术精的从业人员。基于这种形势，目前全国有很多中等职业技术学校 and 培训学校都开设了此专业。为适应各学校的教学要求，我们组织编写了这套计算机辅助设计系列教材。这套教材包括《计算机辅助室内装修效果设计》《计算机辅助现代时装效果设计》《计算机辅助机械设计》《计算机电路设计》和《计算机辅助制造》。

本套教材实用性强，注重培养学生的实际动手能力，在讲解的过程中配以大量的操作图，文字浅显易懂。教材中安排的操作实训，对巩固课堂知识和提高学生动手能力有很好的促进作用。

《计算机辅助制造》主要介绍了计算机辅助制造的概况，并以《CAXA 制造工程师》为例，从文件菜单、编辑菜单、工具菜单、显示菜单等方面详细介绍了计算机辅助制造的基本操作。

本书由唐晓腾、苏民伟编写。

劳动和社会保障部教材办公室

2006 年 5 月

目 录

概述	(1)
1. 软件快速入门	(5)
1.1 界面简介	(5)
1.2 软件应用举例	(10)
2. 文件菜单	(30)
2.1 打开	(30)
2.2 保存	(31)
2.3 并入文件	(31)
2.4 读入草图	(31)
2.5 样条输出	(32)
2.6 输出视图	(32)
2.7 保存图片	(32)
2.8 启动电子图板	(33)
2.9 数据接口	(33)
2.10 CAXA 实体设计数据	(33)
3. 编辑菜单	(34)
3.1 隐藏	(34)
3.2 可见	(34)
3.3 层修改	(35)
3.4 编辑草图	(35)
3.5 修改特征	(35)
3.6 终止当前命令	(35)
4. 工具菜单	(36)
4.1 坐标系	(36)
4.2 查询	(37)
4.3 点工具	(37)
4.4 矢量工具	(37)
4.5 选择集拾取工具	(38)
5. 显示菜单	(39)
5.1 显示变换	(39)

5.2 视向定位	(40)
5.3 显示工具栏	(43)
6. 设置菜单	(44)
6.1 当前颜色	(44)
6.2 层设置	(44)
6.3 拾取过滤设置	(46)
6.4 系统设置	(47)
6.5 光源设置	(49)
6.6 材质设置	(49)
6.7 自定义	(50)
7. 造型菜单	(51)
7.1 曲线生成	(52)
7.2 曲面生成	(59)
7.3 绘制草图	(68)
7.4 草图环检查	(69)
7.5 特征生成	(69)
7.6 曲线编辑	(88)
7.7 几何变换	(94)
7.8 文字	(98)
7.9 尺寸	(99)
8. 造型范例	(101)
8.1 造型范例一	(101)
8.2 造型范例二	(105)
9. 加工菜单	(116)
9.1 加工管理	(117)
9.2 粗加工	(121)
9.3 精加工	(141)
9.4 补加工	(152)
9.5 后置处理	(162)
9.6 工艺清单	(165)
10. 加工范例	(167)
10.1 加工范例一	(167)
10.2 加工范例二	(184)

概 述

计算机辅助制造指用计算机进行生产设备的管理、控制和操作的过程，根据英文 Computer Aided Manufacturing，简称为 CAM。计算机辅助制造主要应用于各种机械制造和机械加工。如最早出现的数控机床，能根据加工要求自动更换刀具，自动进行车、镗、铣、刨和复杂零件的加工（达到要求的精度），保证加工零件的质量，减少废品率，降低成本，缩短生产周期，并大大改善了制造人员的工作条件。计算机辅助制造也可用于编制加工工艺文件，绘制加工图表，进行原材料消耗定额管理和产品质量检验等。随着微型单板机的普及，在通常用的车床、刨床、铣床和镗床上，可以装上单板机，实现自动控制，改变传统的加工方式，提高加工效果。计算机辅助制造与计算机辅助设计（CAD）有着密切的关系，计算机辅助设计的输出结果常常作为计算机辅助制造的输入，两者的区别为：CAD 偏重于产品设计过程，CAM 偏重于产品生产过程。

《CAXA 制造工程师》是由北京北航海尔软件有限公司开发的面向机械制造行业的计算机辅助自动编程工具软件，是一个功能强大、易学易用的全中文三维复杂型面加工 CAD/CAM 软件。它利用灵活、强大的实体曲面混合造型功能和丰富的数据接口，可以实现产品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，选取需加工的部分，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来检验加工工艺和代码质量。《CAXA 制造工程师（2004）》为数控加工行业提供了从造型设计到加工代码生成、校验一体化的全面解决方案，目前，已广泛应用于塑模、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、航空航天等行业的精密零件加工。

1. 《CAXA 制造工程师》的基本功能与特点

（1）数据接口强大，接受各种 CAD 模型。可与各种主流 CAD 软件进行双向通畅的数据交流，保证企业与合作伙伴跨平台、跨地域协同工作；软件标准配置，无需支付额外的费用。标准数据接口：IGES，STEP，STL，VRML；直接接口：DXF，DWG，SAT，Parasolid，Pro/E，CATIA。

（2）提供复杂形状的曲面实体混合造型功能。提供基于实体的特征造型、自由曲面造型以及实体和曲面混合造型功能，可实现对任意复杂形状零件的造型设计。

特征造型方式提供拉伸、旋转、导动、放样、倒角、圆角、打孔、抽壳、拔模、分模等功能，可创建参数化模型。

曲面造型提供扫描、放样、导动、直纹、等距、边界、网格等功能，生成 NURBS 曲

面。通过剪切、融合等方式使曲面与实体模型融为一体。

(3) 提供多种粗加工方法。这些粗加工方法包括：区域粗加工、等高线粗加工、扫描线粗加工、摆线式粗加工、插铣式粗加工、等壁厚粗加工、导动线粗加工等。

(4) 提供多种精加工方法。精加工生成加工轨迹的效率 high，可以识别平坦部分和陡峭部分，根据不同部分的加工特性自动选择最适合的走刀方式进行加工，同时避免重复加工。

这些精加工方法包括参数线精加工、等高线精加工、扫描线精加工、浅平面精加工、限制线精加工、导动线精加工、三维偏置精加工、轮廓线精加工、深腔侧壁精加工等。

(5) 提供多种留量加工方法。留量加工方式可以自动识别前道工序没有加工到的部分，针对未加工部分生成加工轨迹，提高加工效率。等残留高度加工、摆线加工等加工方式使刀具负荷在加工过程中保持一定，延长了刀具的使用寿命。

该软件支持等高线补加工、笔式清根加工、区域补加工。该软件还支持专业铣槽和孔加工，包括扫描式铣槽加工、曲线式铣槽加工、工艺孔加工等。

(6) 支持高速加工。可设定斜向切入和螺旋切入等接近和切入方式，拐角处可设定圆角过渡，轮廓与轮廓之间可通过圆弧或 S 形方式来过渡形成光滑连接，生成光滑刀具轨迹，有效地满足了高速加工对刀具路径形式的要求。

(7) 支持 4—5 轴加工。4—5 轴加工模块提供曲线加工、平切面加工、参数线加工、侧刃铣削加工等多种加工功能（标准模块提供 2—3 轴铣削加工；4—5 轴加工为选配模块）。

(8) 通用后置处理匹配各种主流数控系统。全面支持 SIEMENS、FANUC 等多种主流机床控制系统。开放的后置配置系统，可以针对各种控制系统所需要的后置格式，直接生成 G 代码文件；可生成详细的加工工艺清单，方便 G 代码文件的应用和管理。

(9) 独具特色的加工仿真与代码验证。可直观、精确地对加工过程进行模拟仿真、对代码进行反读校验。仿真过程中可以随意放大、缩小、旋转，便于观察细节；可以调节仿真速度；能显示多道加工轨迹的加工结果；仿真过程中可以检查刀柄干涉、快速移动过程（G00）中和刀具无切削刃部分的干涉情况；可以将切削残余量用不同颜色区分表示，并把切削仿真结果与零件理论形状进行比较等。

(10) 易学易用的操作习惯与应用方式。全中文功能界面，Windows 操作风格，智能化的刀具路径计算方法，自动计算缺省切削方向、进刀点等，减少不必要的人工交互动作。

“知识加工”模板可以让有经验的编程人员避免多次重复的编程操作，把精力集中在更好的加工工艺路线设计上，使新的编程人员较快进入角色，并能利用企业已有的编程工艺经验提高编辑效率。

(11) 建立工艺知识库。可将某类零件的加工步骤、使用刀具、工艺参数等加工条件保存为规范化的模板，形成企业的标准工艺知识库。以后类似零件的加工即可通过调用“知识加工”模板来进行，以保证同类零件加工的一致性和规范化，并随着企业各种加工工艺信息的数据积累，实现加工顺序的标准化。初学者更可以借助前人积累的工艺经验的加工模板，实现快速入门和提高。

(12) 快捷、高效的编程与加工效率。“知识加工”模板的应用大大提高了编程效率。

优化的工艺经验参数以及加工路径的优化处理，最大限度地减少了不合理的切削用量、

不必要的抬刀、空行程、重复走刀等，极大地提高了加工效率；代码的优化减小了文件大小、缩短了文件传输时间、提高了机床加工效率；全面支持高速加工。

2. 应用《CAXA 制造工程师》的基本步骤

(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：

核准加工零件的尺寸、公差和精度要求；确定装卡位置；选择刀具；确定加工路线；选定工艺参数。

(2) 建立加工模型。利用 CAM 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后反映在计算机屏幕上，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，操作者可根据图样建立三维加工模型。针对这种需求，CAM 系统提供了强大的几何建模功能，不仅可以生成常用的直线和圆弧，还可以提供复杂的曲线、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，《CAXA 制造工程师》的 CAM 系统提供了标准的数据接口，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，这种形式的应用就越来越普遍。

被加工零件的外形不可能是由测量机测量得到，针对此种情况，CAM 系统具有读入测量数据的功能，按一定的格式给出的数据，系统自动生成零件的外形曲面。

(3) 生成刀具轨迹。建立了加工模型后，即可利用《CAXA 制造工程师》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。操作者可以根据所要加工工件的形状特点、不同的工艺要求和精度要求，灵活地选用系统中提供的各种加工方式和加工参数，方便快速地生成所需要的刀具切削路径。在《CAXA 制造工程师》中创建刀具轨迹，不是一种单纯的数值计算，而是工厂中数控加工经验的生动体现。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，还可以通过模拟仿真检验生成的刀具轨迹的正确性，以及是否有过切产生，并可通过代码校核，用图形方法检验加工代码的正确性。

(4) 生成后置代码。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非常灵活，它可以通过操作者自己修改某些设置而适用各自机床的要求。即操作者按机床规定的格式进行定制，可方便地生成与特定机床相匹配的加工代码。

(5) 输出加工代码。生成数控指令之后，可通过计算机的标准接口与机床直接连通。《CAXA 制造工程师》可以提供自己开发的通信软件，通过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，驱动机床工作。

当前，随着我国加工制造业的迅猛发展，数控加工技术得到了空前广泛的应用，CAD/CAM 软件也日益普及。通过加工实践，越来越多的人已认识到，《CAXA 制造工程师》是一种不可多得的、可靠的造型、编程工具，是从事数控加工工艺工作的良师益友。

《CAXA 制造工程师》的基本工作流程如图 0—1 所示。

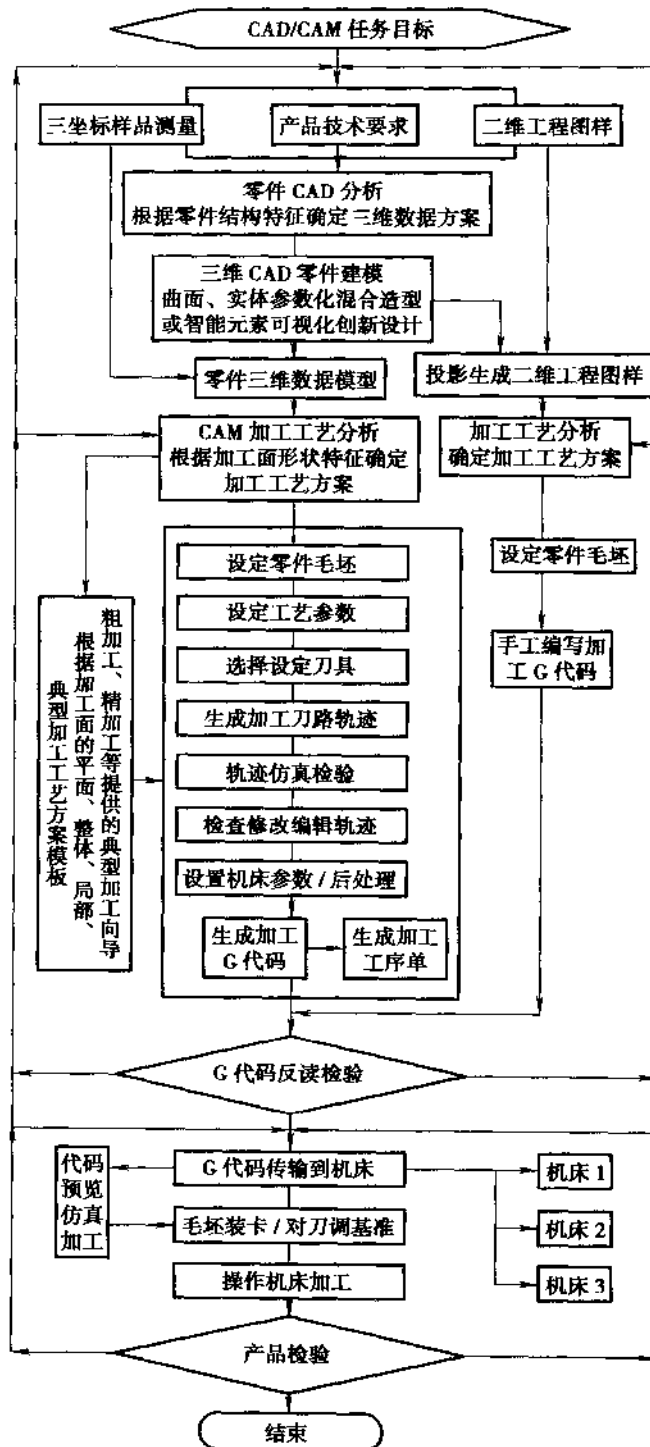


图 0—1

1. 软件快速入门

1.1 界面简介

《CAXA 制造工程师》操作界面主要由：下拉菜单、状态栏、状态提示栏、工具条以及绘图区组成，如图 1—1 所示。

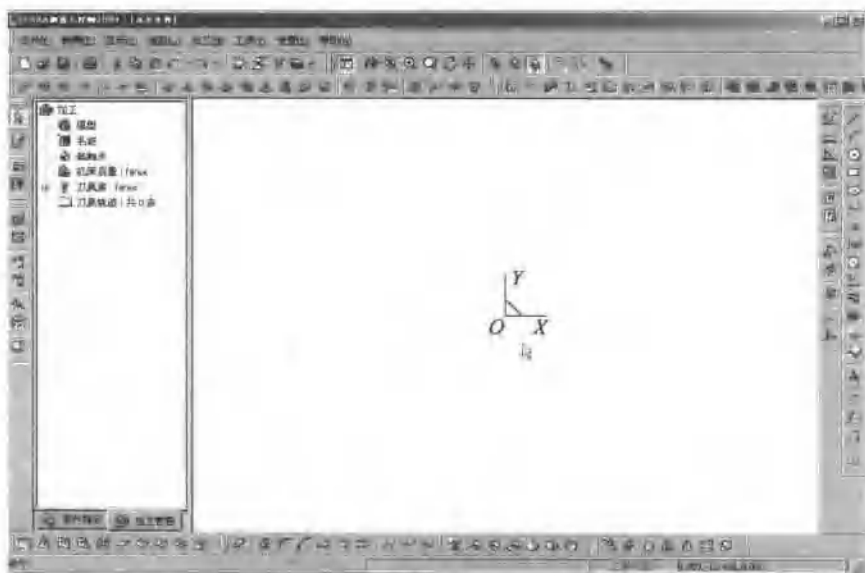


图 1—1 《CAXA 制造工程师》操作界面

1.1.1 下拉菜单

下拉菜单包括：文件菜单、编辑菜单、显示菜单、造型菜单、加工菜单、工具菜单、设置菜单、帮助菜单、特征树菜单。

文件菜单实现对文件的管理功能，如图 1—2 所示。

编辑菜单实现对对象进行编辑的功能，如图 1—3 所示。



图 1—2 文件菜单

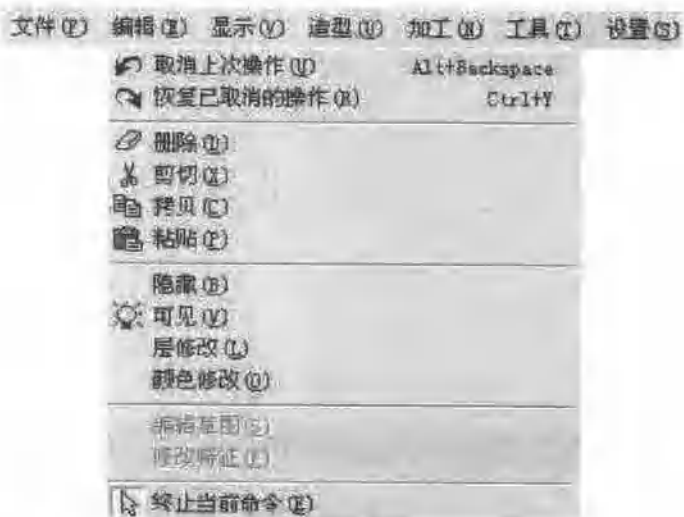


图 1—3 编辑菜单

显示菜单用于绘图区的显示控制，如图 1—4 所示。

工具菜单主要实现对坐标系、拾取方式、特征查询等方面的功能，如图 1—5 所示。

设置菜单用于对当前工作状态的设置，如图 1—6 所示。

帮助菜单提供《CAXA 制造工程师》软件应用的在线帮助，以及《CAXA 制造工程师》的说明，如图 1—7 所示。

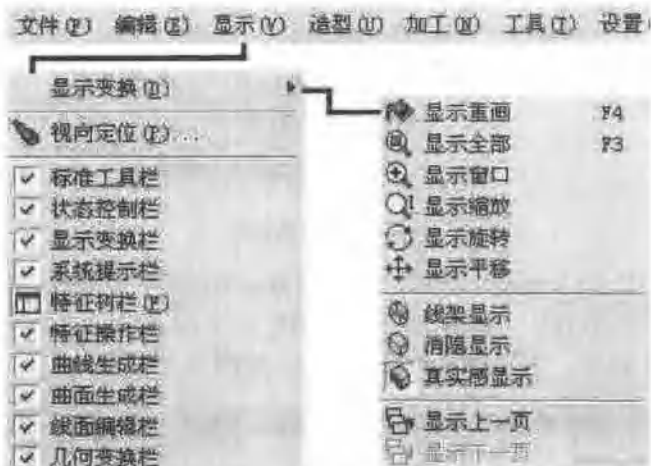


图 1—4 显示菜单



图 1—5 工具菜单

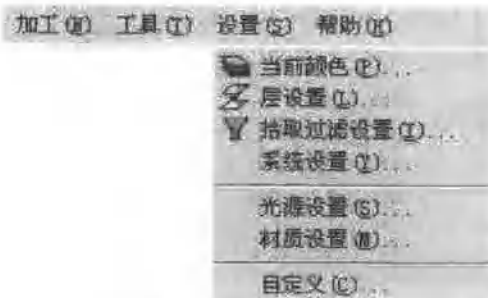


图 1—6 设置菜单

工具(T) 设置(S) 帮助(H)

造型帮助(H)...

加工帮助(H)...

关于CAXA制造工程师(A)

图 1-7 帮助菜单

造型菜单实现《CAXA 制造工程师》在造型方面的功能,如图 1-8 所示。

加工菜单用以实现数控加工部分的功能,如图 1-9 所示。

特征树分为两个标签:零件特征和加工管理,如图 1-10 所示。

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

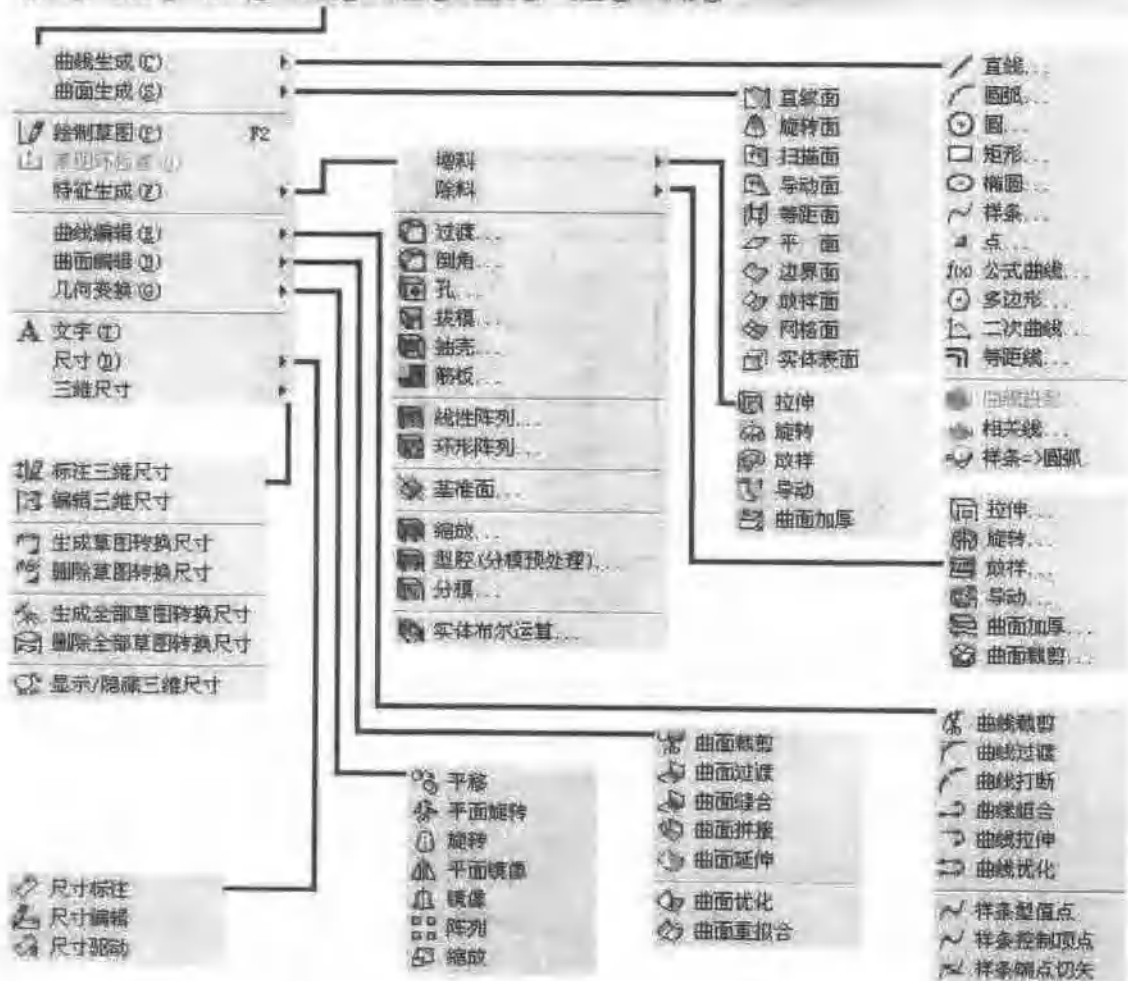


图 1-8 造型菜单

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



图 1-9 加工菜单

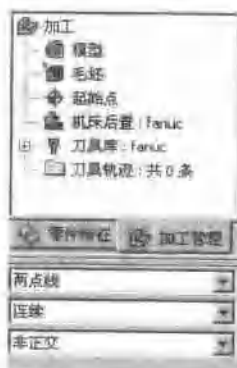


图 1-10 特征树

零件特征用以实现零件造型特征的显示和管理。加工管理用来实现数控加工的显示与管理。在进行造型的过程中特征树同时显示造型的立即菜单，用以实现对造型方法的控制。

1.1.2 绘图区

绘图区是操作者进行绘图与数控加工处理的工作区域，也是操作者界面中最大的区域。操作者所进行的所有操作都将显示在该区域中。

1.1.3 状态提示栏

状态提示栏在操作界面的底部，根据操作者当前执行的命令提供提示。

1.1.4 工具条

《CAXA 制造工程师》提供与下拉菜单——对应的工具条，如图 1-11~图 1-22 所示。



图 1-11 标准工具条



图 1-12 显示工具条



图 1-13 特征工具条

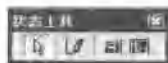


图 1-14 状态工具条

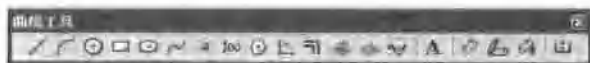


图 1-15 曲线工具条



图 1-16 线面工具条



图 1-17 曲面工具条



图 1-18 几何工具条



图 1-19 三维尺寸工具条



图 1-20 查询工具条



图 1-21 加工工具条



图 1-22 坐标系工具条

1.2 软件应用举例

现在通过一个简单的例子来了解一下《CAXA 制造工程师》的使用。

计划进行一个半球体的数控加工：首先创建一个半球曲面，然后对这个半球进行数控编程，最后对数控的结果进行数控仿真，最终实现结果，如图 1-23 所示。



图 1-23 半球曲面

1.2.1 造型部分

首先，运行《CAXA 制造工程师》。第一步先要确定两个平面，一个作为半球底部的基准平面，另外一个作为数控加工的上边界面。

(1) 创建基准平面。采用“平面 XY”作为平面放置的平面，利用矩形来绘制平面的边界。在曲线工具条中单击矩形快捷按钮，特征树区会马上显示出绘制矩形的立即菜单，

选用“中心_长_宽”方式，在“长度”文字框内输入“140”，“宽度”文字框内输入“140”，如图 1-24 所示。按回车键，此时在绘图区会出现一个矩形框跟随鼠标移动，在绘图区中心显示的坐标系上单击鼠标左键，这样就创建了半球的基准平面，如图 1-25 所示。

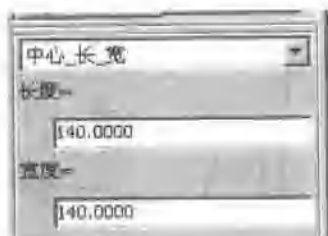


图 1-24 在文字框内输入数字

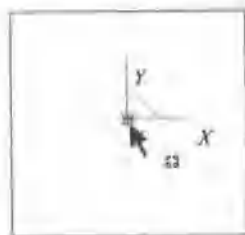


图 1-25 创建半球基准平面

此时系统仍然保持在绘制矩形的状态下，直接通过键盘输入一个坐标 (0, 0, 50)，如图 1-26 所示。这时在绘图区中央位置附近会自动出现一个文本输入框，输入完毕直接按回车键，《CAXA 制造工程师》将在屏幕 (0, 0, 50) 位置生成一个 140×140 的矩形。为了更好地观察绘制好的图形结果，单击右键退出矩形命令，单击显示工具条上的显示旋转按钮 ，在绘图区按住鼠标左键并拖动鼠标，可以看到在三维空间上平行分布的两个矩形，如图 1-27 所示。

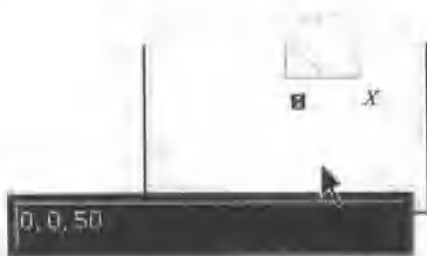


图 1-26 通过键盘输入坐标

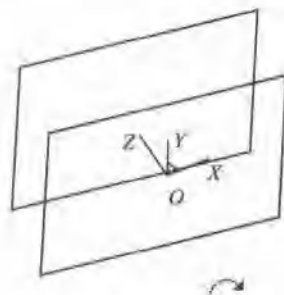


图 1-27 三维空间上平行分布的两个矩形

(2) 创建半球底部平面。创建完两个基准平面，接着创建半球底部平面，计划通过曲面工具条中的平面  功能来实现。首先需要确定底部平面的内部边界，单击曲线工具条上的整圆快捷按钮 ，采用“圆心_半径”方式，在绘图区内用鼠标单击坐标系原点，绘图区将以坐标原点为中心绘制一个圆，其半径对应鼠标的位置而变化。利用键盘输入 50 作为半径，这时绘图区就显示一个半径为 50、圆心在原点的圆，如图 1-28 所示。

现在开始创建半球底部平面，单击曲面工具条的平面快捷按钮 ，在特征树出现的立即菜单上选择“裁剪平面”，此时注意屏幕底部的状态提示栏有提示“拾取平面外轮廓”，用鼠标左键单击位于 XY 坐标平面内的矩形（也就是第一个创建的矩形），这时矩形边线上出现一个双向箭头，需要指定轨迹的搜索方向，如图 1-29 所示。注意屏幕底部的状态提示栏提示“确定链搜索方向”，在这里，选择向左为链搜索方向，鼠标左键单击左边箭头。