

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业技术学校数控技术应用专业课程教材

CAD/CAM 应用技术

CAD/CAM YINGYONG JISHU

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业技术学校数控技术应用专业课程改革教材

CAD/CAM 应用技术

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

CAD/CAM 应用技术/沈建峰主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材. 上海市中等职业学校数控技术应用专业课程
改革教材

ISBN 978-7-5045-7597-5

I. C… II. 沈… III. ①计算机辅助设计-专业学校-教材②计算机辅助制造-专业学校-教材
IV. TP391.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 109218 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

*

新华书店经销

北京地质印刷厂印刷 三河市华东印刷装订厂装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.25 印张 385 千字

2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

定价: 26.00 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>

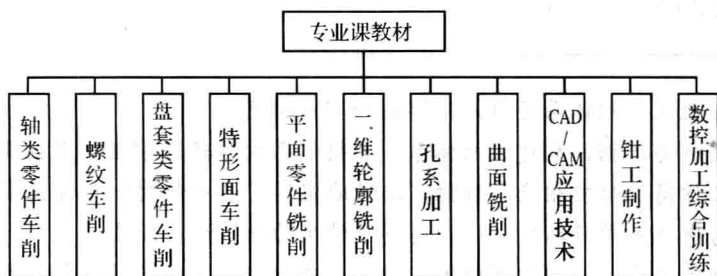
版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

前言

为了满足上海市职业教育改革,适应市场对新型技术技能人才的需要,我们根据《上海市中等职业学校数控技术应用专业课程标准》(以下简称《课程标准》)开发了本套教材。在本套教材的开发过程中,我们始终以科学发展观为指导,以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位,以岗位需要和职业标准为依据,体现职业和职业教育发展趋势,满足学生职业生涯发展和适应社会经济发展的需要。

本套教材的体系构建打破了传统的教材体系,根据实际需要,将专业基础理论内容与工作岗位技能有机整合,进而形成新的专业课教材体系(见下图)。可以明显地看出,传统的《机械制图》《机械基础》《金属材料与热处理》等学科式教材已经整合到诸如《轴类零件车削》《螺纹车削》《孔系加工》等体现岗位技能的教材之中。



课程分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18周	16周	18周	18周	18周	20周
专业课程	轴类零件车削	168			24 1~7周			
	螺纹车削	96			24 8~9周	24 1~2周		
	盘套类零件车削	144				24 3~8周		
	特形面车削	120					24 1~5周	
	平面零件铣削	168			24 10~16周			

续表

课程分类	课程名称	总学时	各学期周数、学时数					
			1	2	3	4	5	6
			18 周	16 周	18 周	18 周	18 周	20 周
专业课程	二维轮廓铣削	144				24 9~14 周		
	孔系加工	120					24 6~10 周	
	曲面铣削	96			24 17~18 周	24 15~16 周		
	CAD/CAM 应用技术	72					24 11~13 周	
	钳工制作	56		2 周				
	数控加工综合训练	168				24 17~18 周	24 14~18 周	

这一全新的专业课教材体系具有以下鲜明的职业特色：

一是以工作岗位为依据，构建教材体系。教材体系的构建与学生将来就业的相关工作岗位相匹配，不同的工作岗位对应相应的教材，较好地实现了专业教材和工作岗位的有机对接，变学科式学习环境为岗位式学习环境，从而提高了学生的岗位适应能力。

二是以工作任务为线索，组织教材内容。本套教材以一个个工作任务为线索，整合相应的知识、技能，实现理论与实践的统一，使学生在一个个贴近企业的具体职业情境中学习，既符合职业教育的基本规律，又有利于培养学生在工作过程中分析问题和解决问题的综合职业能力。

三是以典型产品为载体，反映行业的发展。本套教材引入了大量的典型产品的生产过程，力求更真实地反映行业发展的现状，反映四新技术在数控加工领域的具体应用，使教材内容具有较强的时代感，努力为学生塑造较为前沿的工业环境。

四是以多种教材形式，提供优良的教学服务。为方便教师教学，每种教材均开发有相应的立体化教学资源，包括配套的电子教案、知识点的动画演示、操作视频等。教学资源可通过中国劳动社会保障出版社网站（<http://www.class.com.cn>）下载。

此外，为使教材的内容更符合学生的认知规律，易于激发学生的学习兴趣，本套教材的工作任务结构基本上按照以下环节进行设计：

环节一：教学目标。按照《课程标准》的要求，给出通过教材内容的学习应达到的学习目标。

环节二：工作任务。给出为达到上述学习目标所要完成的工作任务，并做精要的分析，旨在使学生养成从读图、分析技术要求到自行拟定加工方案，再付诸实施的工作思路。

环节三：实践操作。结合工作任务的分析，以教师演示或学生亲自动手操作的方式，按步骤完成工作任务，掌握基本技能。该环节的重点是让学生掌握“怎么做”，而不过多地讨

论“为什么这样做”，旨在使学生对工作任务有一个形象的感受。

环节四：问题探究。针对实践操作环节出现的问题或难点，从理论角度进行分析“为什么这样做”，从而使学生在掌握相关理论知识的同时，进一步加深对实践操作环节的理解，实现理论与实践的有机结合。

环节五：知识拓展。主要针对本工作任务涉及的理论知识和操作技能进行深入分析、拓展知识以及强化训练，达到举一反三的目的。根据各校的教学实际，该环节可作为选学内容。

环节六：练习。通过练习环节既可巩固所学知识，还可进一步培养学生分析和处理实际问题工作的能力。

从以上环节的设计上不难看出，每个工作任务的内在结构紧紧围绕技能培训这一核心，并充分兼顾理论与实践的有机结合，从而使二者都得到了有效的承载。

全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材
编审委员会

2009年3月

**全国中等职业技术学校数控技术应用专业教材
上海市中等职业学校数控技术应用专业课程改革教材
编审委员会**

主 任 金 龄

副 主 任 徐坤权 李春明 王立刚 高 明 万 象 刘 春

委 员 (排名不分先后)

姚 龙 冯 伟 王照清 付 磊 张 彪 倪厚滨

郑民章 张孝三 陈奕明 李培华 陆建刚 陈立群

赵正文 沈建峰 巢文远 孙大俊 骆富昌 王 忆

王建林 宋玉明

本书主编 沈建峰

本书参编 丁建春 洪惠良 朱勤惠 廖瑞霆

本书审稿 陈立群

目 录

项目一 CAD/CAM 入门.....	(1)
任务 1 以 Mastercam 为例来认识 CAD/CAM	(1)
任务 2 跟我一起做 Mastercam 9.1 Mill 造型与加工	(8)
项目二 二维图形的绘制.....	(26)
任务 1 直线的绘制与修整	(26)
任务 2 圆弧的绘制与修整	(36)
任务 3 绘制文字	(43)
任务 4 几何转换	(48)
任务 5 文件转换与尺寸标注	(56)
任务 6 二维绘图综合练习	(63)
项目三 三维曲面设计.....	(69)
任务 1 平坦曲面	(69)
任务 2 牵引曲面	(73)
任务 3 旋转曲面	(79)
任务 4 扫描曲面	(83)
任务 5 举升曲面	(87)
任务 6 直纹曲面	(92)
任务 7 昆氏曲面	(96)
任务 8 综合实例	(99)
项目四 实体特征造型.....	(106)
任务 1 绘制三维线架	(106)
任务 2 基本实体造型	(112)
任务 3 挤出建模	(116)
任务 4 旋转建模	(123)
任务 5 扫掠建模	(131)
任务 6 举升建模	(137)
任务 7 曲面分割与布尔运算	(142)

任务 8 曲面转实体	(149)
任务 9 牵引面与三视图	(155)
任务 10 三维造型综合练习	(160)
项目五 铣削加工	(165)
任务 1 平面铣削与轮廓铣削	(165)
任务 2 挖槽加工与钻孔加工	(175)
任务 3 曲面挖槽与等高线加工	(185)
任务 4 平行铣削与浅平面加工	(196)
任务 5 放射状与陡斜面加工	(206)
任务 6 曲面流线与投影加工	(215)
任务 7 环绕等距与清角加工	(225)
任务 8 数控加工综合实例	(232)
项目六 车削加工	(239)
任务 1 固定循环加工	(239)
任务 2 综合练习	(244)

项目一

CAD/CAM 入门

任务 1 以 Mastercam 为例来认识 CAD/CAM

一、教学目标

1. 了解 CAD/CAM 基本概念、基本原理, 以及常用 CAD/CAM 软件的功能。
2. 掌握典型 CAD/CAM 软件 Mastercam 的启动、退出等基本操作, 熟悉软件操作环境。
3. 掌握 Mastercam 常见系统参数设置。

二、工作任务

认识如图 1—1—1 所示的 Mastercam 9.1 软件窗口界面, 并对软件进行系统参数设置。

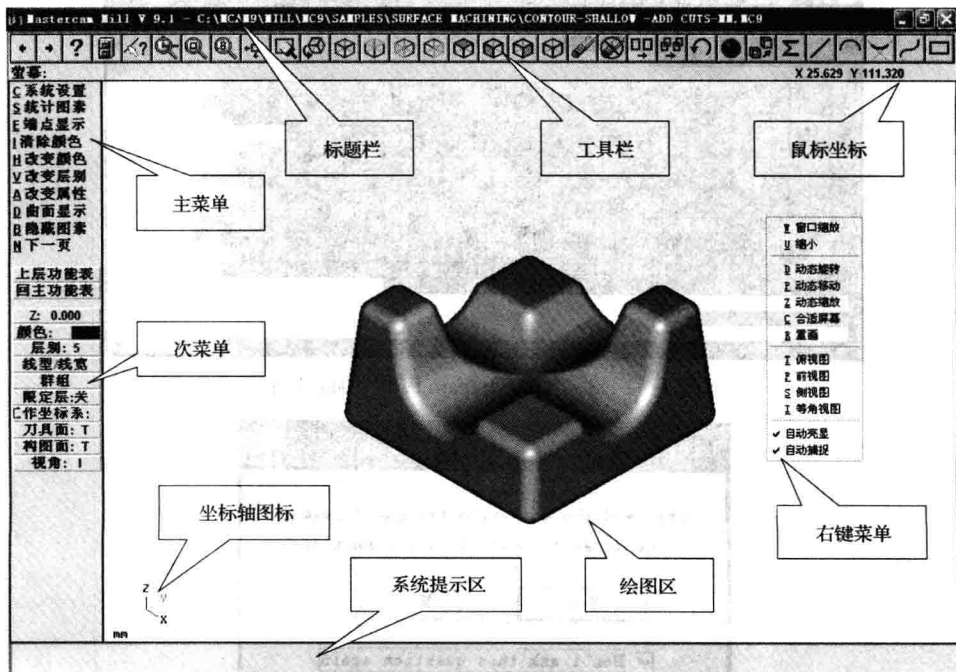


图 1—1—1 Mastercam 9.1 软件窗口界面

三、实践操作

1. 启动 Mastercam 9.1

(1) 通过快捷图标启动

如图 1—1—2 所示, Mastercam 9.1 有“Lathe (车削)”“Mill (铣削)”“Design (实体设计)”“Wire (线切割)”等多个子模块, 双击这些模块对应的快捷方式图标, 即可进入 Mastercam 9.1 的相应模块。

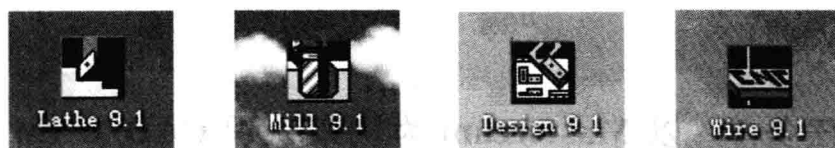


图 1—1—2 “Mastercam 9.1” 快捷方式图标

(2) 通过开始菜单启动

单击 [开始] / [程序] / [Mastercam 9.1] / [Mill 9.1] (或 [Lathe 9.1]、[Design 9.1]、[Wire 9.1]) 即可进入相应的子模块。

初次启动 Mastercam 9.1 时, 系统将首先打开如图 1—1—3 所示的协议文件, 直接关闭该文件, 系统将打开如图 1—1—4 所示对话框, 单击【Yes】按钮接受该协议。在接受该协议前, 用户可选中对话框中的“Don't ask this question again”复选框, 以便在下次启动前不再显示该协议。

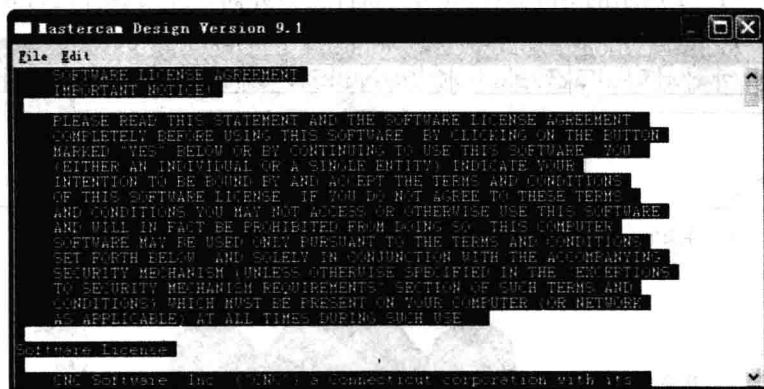


图 1—1—3 “Mastercam 9.1” 协议文件

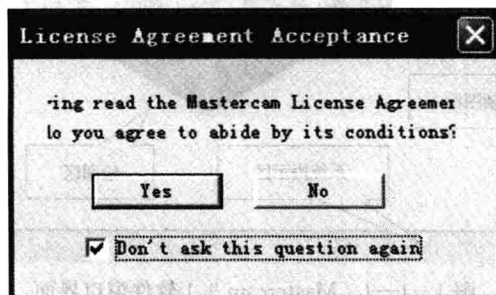


图 1—1—4 许可协议对话框



为了方便读者阅读本书，所有菜单栏均用带“[]”的文字表示，如“[开始]”“[程序]”等。而对话框中的按钮等控件，则用带“【】”的文字表示，如图 1—1—4 中的“【Yes】”“【No】”等。

2. 认识 Mastercam 9.1 软件窗口界面

如图 1—1—1 所示为 Mastercam 9.1 软件“Mill”模块的窗口界面，该界面主要包括标题栏、工具栏、主菜单、次菜单、系统提示区和坐标轴图标等。

(1) 标题栏

Mastercam 9.1 窗口界面的最上面为标题栏。如果已经打开了一个文件，则在标题栏中显示该文件的路径与文件名。

(2) 工具栏

工具栏由位于标题栏下面的一排按钮组成。用户可通过单击工具栏的“+”或“-”按钮来改变工具栏的显示，也可通过菜单 [萤幕] / [系统设置] 中的命令来设置用户自己的工具栏。“Mill”模块的默认工具栏如图 1—1—5 所示。

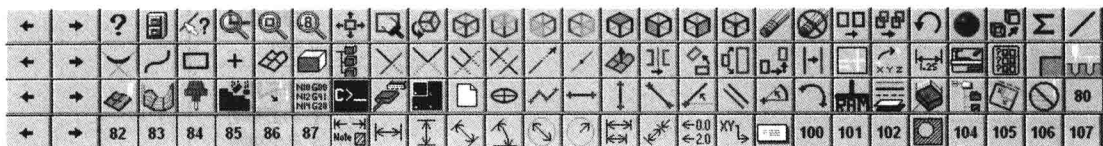


图 1—1—5 “Mill”模块的默认工具栏



市面上的 Mastercam 9.1 为汉化版，由于汉化原因，本软件中的“萤幕”可理解为“屏幕”。后面类似问题不再提示。

(3) 主菜单

Mastercam 9.1 没有下拉菜单，其主菜单（图 1—1—6a）类似于其他 Windows 软件的下拉菜单，单击主菜单中的某一个命令后，系统在主菜单区域显示该命令的下一级子菜单，如图 1—1—6b 所示的“绘图”子菜单。用户可通过单击主菜单下方的 [上层功能表] 或

主功能表	绘图:
A 分析	P 点
C 绘图	L 直线
E 文件	A 圆弧
M 修整	E 倒圆角
X 转换	S 曲线
D 删除	C 曲面曲线
S 萤幕	U 曲面
Q 实体	R 矩形
I 刀具路径	D 尺寸标注
N 公用管理	N 下一页
上层功能表	
回主功能表	

a)

b)

图 1—1—6 主菜单及绘图子菜单

a) 主菜单 b) “绘图”子菜单

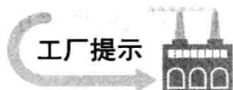
[回主功能表] 来返回上一层菜单或返回主功能菜单。

(4) 次菜单

次菜单(图 1—1—7)主要用于图层、颜色、线型、刀具面、构图面、视角等辅助功能的设置。

(5) 系统提示区

系统提示区位于窗口的最下方,该区域主要用于给出操作过程中相应的提示,有些命令的操作结果也在该区域显示。



用户可通过组合键“Alt+P”来打开或关闭系统提示区。此外,位于工具栏下方的区域也会显示提示信息。

(6) 右键菜单

在绘图区单击鼠标右键,将显示如图 1—1—8 所示的右键菜单,该菜单主要用于选择不同的窗口显示方式。

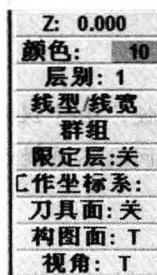


图 1—1—7 次菜单

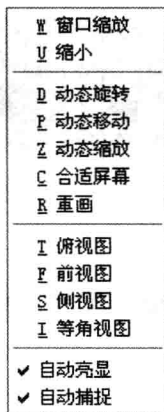


图 1—1—8 右键菜单

3. 系统设置

(1) 改变绘图区底色

在初始状态下,系统绘图区底色为黑色,可通过以下方法将绘图区底色变成白色。

1) 单击主菜单中的 [萤幕] / [系统设置] 或直接单击工具栏中的“”图标,弹出如图 1—1—9 所示的“系统规划”(system configuration)对话框。

2) 单击对话框中的【萤幕】,在弹出的屏幕设置对话框中单击【系统的颜色】按钮,弹出如图 1—1—10 所示的“系统颜色”设置对话框。

3) 选中对话框中的“工作区背景颜色”选项,在【颜色】中选择白色或直接输入数字 15,单击【确定】,工作区背景即变成白色。



采用同样的方法,可进行提示区背景、文字、绘图、被选中的图素等的颜色设定。

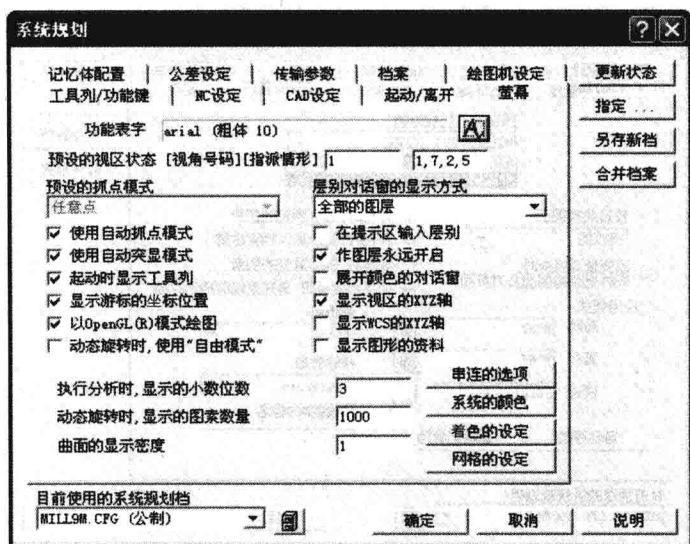


图 1—1—9 “系统规划”对话框



图 1—1—10 “系统颜色”设置对话框

(2) 改变公/英制绘图制式

在绘图过程中,公/英制绘图制式可通过以下方式进行设定:

1) 单击图 1—1—9 中的选项卡标签【**启动/离开**】,出现如图 1—1—11 所示的“启动/离开”设置选项卡。

2) 在该选项卡的【**预设的系统规划档**】下拉列表框中选“MILL9M. CFG (公制)”,单击【**确定**】。

(3) 其他参数设定

单击图 1—1—9 中的【**传输参数**】【**档案**】【**绘图机设定**】【**工具列/功能键**】【**NC 设定**】【**CAD 设定**】【**公差设定**】等选项卡,可以进行各相关参数的设定。

4. 离开 Mastercam 9.1

用户离开 Mastercam 9.1 有以下几种方式:

(1) 在主菜单中选择 [F 文件] / [N 下一页] / [E 离开系统]。

(2) 单击 Mastercam 9.1 窗口右上角的“X”按钮。

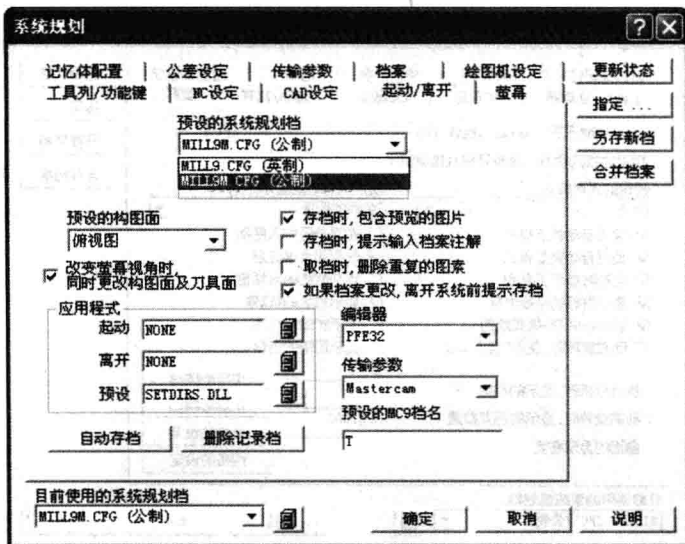


图 1—1—11 “启动/离开”设置选项卡

(3) 双击 Mastercam 9.1 窗口左上角的 “” 图标。

(4) 使用组合键 Alt+F4。

离开 Mastercam 9.1 时，会弹出图 1—1—12 所示的确认离开对话框，单击【是 (Y)】出现图 1—1—13 所示的提示保存文件对话框，在该对话框中单击【是 (Y)】则保存文件并离开 Mastercam 9.1，而单击【否 (N)】则不保存文件并离开 Mastercam 9.1。



图 1—1—12 确认离开对话框

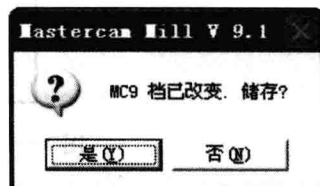


图 1—1—13 提示保存文件对话框

四、问题探究

1. CAD/CAM

CAD 即计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD)，其概念和内涵正在不断发展。CAD 是一种技术，通过人与计算机的配合来解决问题，发挥各自所长，并为应用多学科方法的综合性协作提供了可能，CAD 是工程技术人员以计算机为工具，对产品和工程进行设计、绘图、分析和编写技术文档等设计活动的总称。

根据模型的不同，CAD 系统一般分为二维 CAD 系统和三维 CAD 系统。二维 CAD 系统一般将产品和工程设计图纸看成是“点、线、圆、弧、文本”等几何元素的集合，系统内表达的任何设计都变成了几何图形，系统记录了这些图形的几何特征。二维 CAD 系统一般由图形的输入与编辑、硬件接口、数据接口和二次开发工具等几部分组成。三维 CAD 系统的核心是产品的三维模型。三维模型是在计算机中将产品的实际形状表示成为三维的模型，

模型中包括了产品几何结构的有关点、线、面、体的各种信息。由于三维 CAD 系统的模型包含了更多的实际结构特征，使用户在采用三维 CAD 造型工具进行产品结构设计时，更能反映实际产品的构造或加工制造过程。

CAM 即计算机辅助制造 (Computer Aided Manufacturing, CAM)，它是利用计算机来进行生产设备管理控制和操作的过程。输入信息是零件的工艺路线和工序内容，输出信息是刀具加工时的运动轨迹 (刀位文件) 和数控程序。

2. Mastercam 简介

Mastercam 是美国 CNC Software INC 开发的基于 PC 平台的 CAD/CAM 软件，是最经济、最有效的全方位加工系统。Mastercam 总共分成四大模块：铣削 (Mill)、车削 (Lathe)、线切割 (Wire)、实体设计 (Design)。Mastercam 从诞生至今，以其强大的功能、稳定的性能成为欧美主要发达国家在工业、教育界的首选软件。实体设计是 Mastercam 从 V7 版后新增的一个模块。

Mastercam 具有强大的辅助设计和计算机制造功能，集工件的二维几何图形设计、三维曲面设计、刀具路径模拟和加工实体模拟等功能于一体，并提供良好的人机交互，是当今机械行业广泛应用的软件之一。

3. 常用 CAD/CAM 软件

交互式图形编程必须通过 CAD/CAM 软件来实现，通过 CAD 软件进行实体建模，再通过 CAM 软件进行刀具轨迹处理。目前，绝大部分的数控编程软件均同时具有 CAD 和 CAM 功能，因此，在同一软件中即可实现图形交互编程的全过程。当前，我国市场上常用的数控编程软件见表 1—1—1。

表 1—1—1 常用 CAD/CAM 软件简介

软件名称	研制公司	软件介绍	常用版本
UG (Unigraphics)	源于麦道飞机制造公司，由 EDS 公司开发	该软件是集成的 CAD/CAE/CAM 系统，是当前国际、国内最为流行的工业设计平台。其主要模块有数控造型、数控加工、产品装配等通用模块和计算机辅助工业设计、钣金设计加工、模具设计加工、管路设计布局等专用模块	UG NX UG NX3 UG NX4
Pro/Engineer	PTC (参数科技) 公司 (美国) 于 1989 年开发	该软件开创了三维 CAD/CAM 参数化的先河，采用单一数据库的设计，是基于特征、全参数、全相关性的 CAD/CAE/CAM 系统。该软件包含了零件造型、产品装配、NC 加工、模具开发、钣金件设计、外形设计、逆向工程、机构模拟、应力分析等功能模块	Pro/Engineer Wildfire (野火版)
CATIA	达索飞机制造公司 (法国) 开发	该软件是最早用于航空业的大型 CAD/CAE/CAM 软件，目前 60% 以上的航空业和汽车工业都使用该软件。该软件是最早实现曲面造型的软件，它开创了三维设计的新时代。目前 CATIA 系统已发展成为从产品设计、产品分析、NC 加工、装配和检验，到过程管理、虚拟动作等众多功能的大型软件	CATIA V5R12

续表

软件名称	研制公司	软件介绍	常用版本
Solidworks	Solidworks 公司 (美国) 开发	该软件具有极强的图形格式转换功能, 几乎所有的 CAD/CAE/CAM 软件都可以与 Solidworks 软件进行数据转换, 美中不足的是其数控加工功能不够强大。该软件的功能有产品设计、产品造型、产品装配、钣金设计、焊接及工程图等	Solidworks 2005 Solidworks 2006 Solidworks 2007
Mastercam	CNC Software 公司 (美国) 开发	该软件是基于 PC 平台集二维绘图、三维曲面设计、体素拼合、数控编程、刀具路径模拟及真实感模拟功能于一身的 CAD/CAM 软件, 该软件尤其对于复杂曲面的生成与加工具有独到的优势, 但其对零件的设计、模具的设计功能不强	Mastercam 9.0 Mastercam X
Cimatron	Cimatron 公司 (以色列) 开发	该软件是一套集成 CAD/CAE/CAM 的专业软件, 它具有模具设计、三维造型、生成工程图、数控加工等功能。该软件在我国得到了广泛的使用, 特别是在数控加工方面更是占有很大的比重	Cimatron E6.0
CAXA 制造工程师	北航海尔软件有限公司 (中国)	该软件是我国自行研制开发的全中文、面向数控铣床与加工中心的三维 CAD/CAM 软件, 它既具有线框造型、曲面造型和实体造型的设计功能, 又具有生成二至五轴的加工代码的数控加工功能, 可用于加工具有复杂三维曲面的零件	CAXA 制造工程师 XP CAXA 线切割

五、练习

1. 借助网络, 搜索与 CAD/CAM 相关的技术信息, 具体分析某一 CAD/CAM 技术在生产中的实际应用。
2. 试比较 Mastercam 在 CAD 绘图方面与 AutoCAD 绘图的异同点。

任务 2 跟我一起做 Mastercam 9.1 Mill 造型与加工

一、教学目标

1. 进一步熟悉 Mastercam 的软件操作环境, 了解其基本功能。
2. 了解使用 Mastercam 进行三维建模与自动加工的基本步骤和方法。
3. 掌握程序后处理的基本思路以及数控程序传输方法。

二、工作任务

试应用 Mastercam 9.1 Mill 软件完成如图 1—2—1 所示工件的建模、生成刀具轨迹、后置处理生成 G 代码等操作。