

21世纪高职高专规划教材·数控专业

MasterCAM

数控自动编程

邱坤 刘岩 贾俊良 编 著

中国林业出版社
China Forestry Publishing House
www.cfph.com.cn



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

21世纪高职高专规划教材·数控专业

MasterCAM

数控自动编程

邱坤 刘岩 贾俊良 编 著

中国林业出版社
China Forestry Publishing House
www.cfph.com.cn



北京希望电子出版社
Beijing Hope Electronic Press
www.bhp.com.cn

内 容 简 介

本书主要介绍了 MasterCAM 9.0 软件的铣削和车削两个模块,并以项目教学的方式展开,每个项目都包括两部分:建模和加工。建模部分主要是帮助读者学习二维、三维的绘图功能,包括线架造型、实体造型和曲面造型、图形的编辑功能;加工部分主要包括车/铣削的各项功能、粗/精加工等数 10 种加工方法、刀具路径的生成、动态仿真及生成 NC 文件等。

本书结构合理、层次分明,通过实例学习与大量的习题使学生真正掌握 MasterCAM 9.0 软件的应用。

本书可作为高职数控技术应用专业、机电一体化专业、机械工程及自动化专业的教材,也可作为高等职业教育学校、高等专科学校、继续教育学院相关专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

MasterCAM 数控自动编程 /邱坤,刘岩,贾俊良编著. —北京:
中国林业出版社:北京希望电子出版社, 2006.4

(21 世纪高职高专规划教材·数控专业)

ISBN 7-5038-4265-2

I.M... II.①邱...②刘...③贾... III.①模具—计算机辅助设计—应用软件,
MasterCAM—高等学校:技术学校—教材②模具—计算机辅助制造—应用软件,
MasterCAM—高等院校:技术学校—教材 IV. TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 145919 号

出版:中国林业出版社(100009 北京市西城区刘海胡同 7 号 010-66184477)

北京希望电子出版社(100085 北京市海淀区上地 3 街 9 号金隅嘉华大厦 C 座 611)

网址:www.bhp.com.cn 电话:010-82702660(发行) 010-62541992(门市)

印刷:北京双青印刷厂

发行:全国新华书店经销

版次:2006 年 4 月第 1 版

印次:2006 年 4 月第 1 次

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:16.25

字数:360 千字

印数:0001~3000 册

定价:22.00 元

21 世纪高职高专规划教材·数控专业教材

编 委 会 名 单

编委会主任：

张恩祥 全国高等学校制造自动化研究会理事会理事

方 新 北京生产工程学会副主任委员兼秘书长

编委会副主任：

康新龙 全国高校制造技术及机床研究会理事

钱 锐 中国机电装备维修与改造技术协会设备工程技术专业分会理事

陆卫民 中国科学出版集团北京希望电子出版社社长

企业主审：

金福吉 第一届全国数控技能大赛副总裁判长

周维泉 第一届全国数控技能大赛技术工作委员会专家

编委：（排名不分先后）

张恩祥 方 新 金吉福 周维泉 康新龙 钱 锐

饶 军 朱自勤 雷保珍 宋 昀 何亚飞 邱 坤

田宏宇 姚国强 娄斌超 秦启书 蒋建强 马美英

序

近几年来,我国的高等职业教育取得了令人瞩目的成就。一方面,伴随着高等教育大众化的步伐,高等职业教育的规模迅速扩大,如今的高职教育已经成为我国高等教育的重要组成部分;另一方面,随着高职教育领域里理论与实践探索的不断深入,高等职业教育培养人才的质量不断提高。高等职业教育在国家建设和国民经济发展中的重要地位与作用已经得到了全社会的普遍认同。

但是,在高等职业教育迅速发展的同时,也存在着一些亟待解决的问题。首先,从规模与结构上来讲,毕业生的人数与专业的构成在相当程度上还无法满足经济发展的要求,众所周知,数控技术、汽车维修等领域,人才的缺口很大。其次,高等职业教育培养人才的质量与社会需求之间还存在着一定的差距,而产生这一差距的主要原因就是现行的课程体系无法满足高等职业教育的需求,因此,课程的改革与建设已经成为我国高等职业教育发展的重点与难点,其中教材的建设,尤其是精品教材的建设更显得尤为迫切和重要。

为解决目前数控技术专业教材不足,尤其是高水平的教材严重短缺的问题,由北京希望电子出版社与北京联合大学机电学院等十几所院校共同策划、组织、编写了这套数控技术专业系列教材。本套教材最大的特点就是突出“实用性”,因此在编写过程中除了在形式上吸收借鉴了一些先进的课程、教材开发的理念与方法外,在内容上更加注重与生产实际和岗位需求的联系。同时,本套丛书在策划阶段聘请了北京机床研究所的副总工艺师金福吉(第一届全国数控技能大赛副总统裁判长、2005年北京市职工数控技能大赛副总统裁判长)、北京夏金宇模具科技有限公司总工艺师周维泉(第一届全国数控技能大赛技术工作委员会专家、2005年北京市职工数控技能大赛数控车床裁判长)作为编委会的企业顾问,两位专家具有丰富的实践经验,他们对于整套教材的编写工作提出了很多宝贵的意见和建议,最后又由他们担任主审,对每本教材都给予了严格的把关,保证了数控加工工艺、数控加工程序的正确性。希望本套教材为我国的高等职业教育数控技术专业的课程体系建设添砖加瓦。

全国高等学校制造自动化研究会理事会理事 张恩祥

前 言

MasterCAM 9.0 是 CAD/CAM 一体化软件,集二维绘图、三维实体、曲面设计、体素拼合、数控编程、刀具路径模拟及真实感模拟等功能于一身,对系统运行环境要求较低,使用户无论是在造型设计、CNC 铣床、CNC 车床或 CNC 线切割等加工操作中,都能获得最佳效果,而且其功能强大,使用方便,因此在数控技术中占有重要的地位。

本书作者有着多年的数控教学经验,书中所给的例子具有很强的实用性和可操作性。本书通过丰富的实例和大量的习题,深入浅出地介绍了 MasterCAM 9.0 的铣削和车削的应用技术。

本书共 4 章,较详细介绍了 MasterCAM 9.0 系统、铣削粗加工、铣削精加工、车削加工。从第 2 章开始,本书采用项目驱动的教学方法,每个项目都包括两部分:建模和加工。建模部分主要是帮助读者学习二维、三维的绘图功能,包括线架造型、实体造型和曲面造型、图形的编辑功能;加工部分主要包括车/铣削的各项功能、粗/精加工等数 10 种加工方法、刀具路径的生成、动态仿真及生成 NC 文件等。通过本书的学习,使学生掌握 MasterCAM 9.0 的使用技巧。

本教材从最简单的命令入手,通过一个个实例,循序渐进地讲解了各种命令的使用方法,使学生在不断获得成就感,兴趣盎然地进行更深入地学习。本书可作为高职高专及本科院校相关专业的教材,也可作为 CAD/CAM 应用技术的培训教材及有关工程技术人员的参考书。

本书第 1、2 章由邱坤编写,第 3 章由刘岩编写,第 4 章由贾俊良编写,全书由邱坤统稿。

编 者

目 录

第 1 章 MasterCAM 9.0 基础知识1	3.1 平行式铣削精加工实例 85
1.1 MasterCAM 简介1	3.1.1 建模 85
1.1.1 概述1	3.1.2 加工 92
1.1.2 系统需求1	3.2 等高外形铣削精加工实例 103
1.2 安装与启动1	3.2.1 建模 103
1.3 MasterCAM 工作界面2	3.2.2 加工111
1.3.1 MasterCAM 9.0 的工作界面2	3.3 曲面流线型铣削精加工实例119
1.3.2 MasterCAM 9.0 主功能菜单 区的功能介绍3	3.3.1 建模119
1.3.3 MasterCAM 9.0 第二功能 菜单区的功能介绍3	3.3.2 加工 121
1.3.4 MasterCAM 9.0 的系统提示区 ...4	3.4 环绕等距铣削精加工实例 124
1.4 退出 MasterCAM4	3.4.1 建模 125
1.5 MasterCAM 9.0 的特定功能键介绍4	3.4.2 加工 134
1.6 思考与练习题6	3.5 浅平面铣削精加工实例 137
第 2 章 MasterCAM 的铣削粗加工7	3.5.1 建模 137
2.1 二维铣削粗加工7	3.5.2 加工 140
2.1.1 外形铣削实例7	3.6 交线清角铣削精加工实例 143
2.1.2 挖槽铣削实例13	3.6.1 建模 143
2.1.3 钻孔加工实例19	3.6.2 加工 144
2.2 三维铣削粗加工24	3.7 残料清角铣削精加工实例 148
2.2.1 平行式铣削粗加工实例24	3.7.1 建模 148
2.2.2 放射状铣削粗加工实例31	3.7.2 加工 149
2.2.3 挖槽曲面铣削粗加工实例37	3.8 MasterCAM 铣削综合实例 152
2.2.4 等高外形铣削粗加工42	3.8.1 建模 152
2.2.5 投影铣削粗加工47	3.8.2 加工 155
2.2.6 钻削式铣削粗加工55	3.9 思考与练习题 160
2.2.7 曲面流线型铣削粗加工实例62	第 4 章 MasterCAM 的车削加工 162
2.3 线框型铣削粗加工70	4.1 内外形车削加工实例 162
2.3.1 扫描曲面铣削加工实例70	4.1.1 构建图形 162
2.3.2 旋转曲面铣削加工实例73	4.1.2 产生刀具路径 165
2.3.3 直纹曲面加工实例77	4.1.3 刀具路径检验 174
2.3.4 举升曲面铣削加工实例80	4.1.4 C 轴钻孔加工 176
2.4 思考与练习题83	4.1.5 执行后处理 183
第 3 章 MasterCAM 的铣削精加工85	4.2 外形线形车削加工实例 184
	4.2.1 构建图形 184
	4.2.2 产生刀具路径 185

4.2.3 外圆螺纹的切削	192	4.4.1 分析小轴加工步骤.....	215
4.2.4 执行后处理	202	4.4.2 构建车削基本图形.....	216
4.3 C 轴加工.....	202	4.4.3 产生刀具路径.....	218
4.3.1 构建图形	202	4.4.4 执行后处理.....	241
4.3.2 C 轴加工刀具路径.....	206	4.5 思考与练习题.....	241
4.3.3 执行后处理	215	参考文献.....	243
4.4 MasterCAM 的车削综合实例.....	215		

第 1 章 MasterCAM 9.0 基础知识

本章知识

- 学会安装和启动 MasterCAM 9.0, 并能正确退出
- 熟悉 MasterCAM 9.0 的工作界面与菜单

1.1 MasterCAM 简介

1.1.1 概述

MasterCAM 系统是美国 CNC Software 公司研发的基于 PC 平台的 CAD/CAM 系统, 是最有经济效率的全方位的软件系统。自 1984 年以来, 由于其在复杂曲面创建、数据交换、外形铣削、多轴加工、路径模拟等方面的强大功能, 得到了迅速地推广及应用。包括美国在内的各工业大国皆一致采用本系统作为设计、加工制造的标准。MasterCAM 为全球 PC 级 CAM, 全球销售量第一名, 是工业界及学校广泛采用的 CAD/CAM 系统, 以美国和加拿大教育单位为例, 共计有 2500 多所高中、专科大学院校使用此软件进行机械制造及 NC 程式的制作, 在台湾和中国企业界及教育单位也是处于领先地位。

1.1.2 系统需求

系统配置要求如下:

- 基于 Pentium™ 的 PC;
- Windows 兼容鼠标;
- Windows 98、Windows NT 4.0 或 Windows 2000、Windows XP;
- 至少 800×600 分辨率的监视器;
- 至少 64MB RAM, 以及至少 80MB 的硬盘空间。

1.2 安装与启动

下面以操作系统为 Windows 98 的安装环境为例来介绍 MasterCAM 9.0 的安装步骤。

- (1) 将光盘放入 CD-ROM 中, 在桌面上双击 SETUP.EXE, 运行安装程序。
- (2) 出现安装向导窗口, 安装向导将引导用户完成 MasterCAM 9.0 的安装。
- (3) 当安装向导消失后, 紧跟着出现 “Welcome to the MasterCAM Version 9 Setup” 窗口, 单击 “Next” 按钮, 进入下一步安装。
- (4) 单击 “Next” 按钮后, 出现 “License Agreement” 对话框, 提示 MasterCAM 9.0 的软件协议, 单击 “Yes” 按钮表示接受软件协议。
- (5) 单击 “Yes” 按钮后出现 “Working Units Selection” 对话框, 让用户选择采用公制 (Metric Units) 单位或是英制 (English Units) 单位。选定后单击 “Next” 按钮。
- (6) 进入 “Choose Destination Location” 对话框, 选择目标盘及子目录。默认值为

D:/M9, 也可用“Browse”按钮来选择安装的目标盘及目录。设置后单击“Next”按钮。

(7) 出现“Program Selection”对话框, 用来选择要安装的模块和文件。单击“Next”按钮继续。

(8) 出现“Select Program Folder”对话框, 用来选择软件文件夹的名称。系统默认为 MasterCAM 9.0。设置后单击 Next 按钮, 系统开始安装 MasterCAM 9.0 软件。

(9) MasterCAM 9.0 安装完毕后, 出现“Post Processor Installation”对话框, 选择是否安装其他的后处理器。若不安装单击“否”按钮。

(10) 出现“File Association Selection”窗口, 用来设置文件转换格式, 选择后单击“Next”按钮。

(11) 出现“MasterCAM 9.0”对话框, 提示 MasterCAM 已安装完毕, 单击“Finish”按钮。

(12) 若系统未安装 Adobe Acrobat 软件, 将出现提示安装该软件对话框, 单击“是”按钮。

(13) 安装后系统自动创造“Design9”、“Mill9”和“Lathe9”3个快捷图标, 如图 1.1 所示。



图 1.1 系统自动创建的 3 个快捷图标

(14) 如果是汉化的 MasterCAM, 则从光驱将汉化文件拷贝到目标盘 MasterCAM 9.0 目录下; 也可以打开光驱的安装说明, 按其指示的操作步骤安装汉化文件。

1.3 MasterCAM 工作界面

1.3.1 MasterCAM 9.0 的工作界面

启动 MasterCAM 9.0 后可以看到如图 1.2 所示的工作界面, 中间最大的部分是绘图区, 用于构建图形、编辑刀具路径、动态模拟、打开各种对话框等; 界面左边是主功能菜单区和第二功能菜单区; 界面上为工具栏, 其中有各种图标, 下方为系统提示栏。

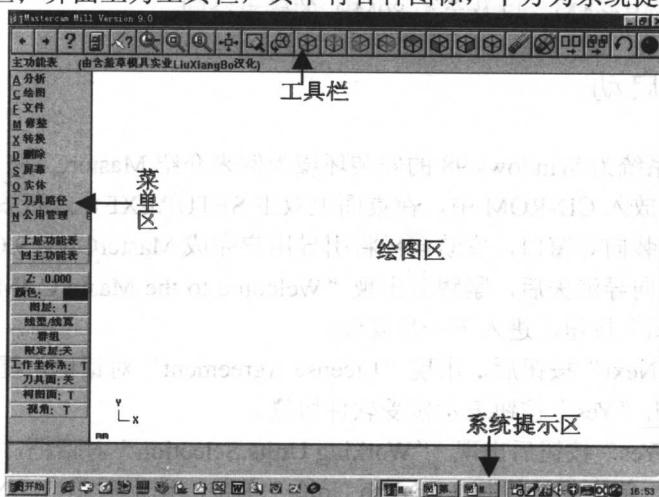


图 1.2 MasterCAM 9.0 的工作界面

1.3.2 MasterCAM 9.0 主功能菜单区的功能介绍

MasterCAM 9.0 主功能菜单区（又称为主功能列表区或主菜单区）的结构如同 DOS 的树状目录结构一样，用鼠标单击主功能菜单区的某一功能按钮时（例如“A 分析”），就会出现下一层命令列表供用户选择。大多数命令有多层子命令列表，可依次往下选；单击“上层功能表”或“回主功能表”，又可方便地回到上一层命令列表或主功能菜单区。MasterCAM 9.0 的主功能菜单区如图 1.3 所示。

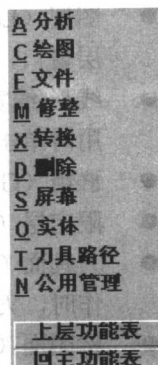


图 1.3 主功能菜单区

- A 分析 (Analyze)：显示屏幕上点、线、圆弧、曲线、曲面及尺寸标注的数据和资料。所给出的数据和资料是相对于构图面 (Cplane) 的工作坐标系。
- C 绘图 (Create)：创建点、线、圆弧、曲线、曲面等各种 2D 或 3D 图形，并显示在屏幕上。
- F 文件 (File)：存储、打开几何图形，浏览所存的文件目录，屏幕打印，列表打印，输出、接收 NC 程序，转换 CAD 档，也可删除文件等。
- M 修整 (Modify)：可用倒圆角 (Fillet)、修整 (Trim)、打断 (Break) 和连接 (Join) 等功能，去修整屏幕上的几何图形。
- X 转换 (Xform)：可用镜像 (Mirror)、旋转 (Rotate)、比例 (Scale)、平移 (Translate) 和移位 (Offset) 等功能去转换屏幕上的几何图形。
- D 删除 (Delete)：可删除屏幕上或系统资料库中的单一几何体或一组几何体。
- S 屏幕 (Screen)：可用绘图机打印出屏幕上的图形，可改变构图面和几何图形的视角，显示几何体的端点，也可改变屏幕显示的中心、宽度、放大、缩小、镶嵌和重画等。
- O 实体 (Object)：用挤压、旋转、扫描、举升、倒外圆、抽壳修剪等方法来绘制实体模型。
- T 刀具路径 (Toolpaths)：此目录是 CAM 功能，选择了该项功能后，出现了一层系统刀具路径的铣削选项功能列表。
- N 公用管理 (NC utils)：刀具路径产生后的管理，可显示、转换、合并已存在的刀具路径，改变或执行目前后处理程序，增加或重设已存在的刀具资料库，增加、修改、重设已存在的材料库。

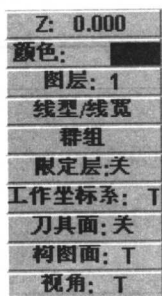


图 1.4 副功能菜单区

- 上层功能表：回到上一层命令列表中。
- 回主功能表：回到主功能列表区。

1.3.3 MasterCAM 9.0 副功能菜单区的功能介绍

副功能菜单区如图 1.4 所示。

- Z: 0.000：用来定义系统目前构图平面的 Z 轴深度。使用时单击该按钮，输入数值（可正可负），按 Enter 键确认。

- 颜色 (Color): 用来设定系统目前所使用的绘图颜色。使用时单击该按钮, 系统弹出两种色盘, 一种是 16 种颜色, 另一种是 256 色的色盘, 供用户选择。
- 图层 (Level): 用来定义系统目前使用的图层。使用时单击该按钮, 系统弹出图层窗口, 供用户选择。
- 线形/线宽 (Linetype/Linewidth): 用来定义系统目前使用的线形和线的宽度。使用时单击该按钮, 系统弹出线形/线宽窗口, 供用户选择。
- 群组 (Group): 可将图素的群组变为一个整体。
- 限定层 (Mask): 用于图层的管理及变换, 一次只能调用一个图层。
- 刀具面 (Toolplane): 用来选择合适的刀具平面。应注意的是, 在进行刀具路径操作时, 刀具面必须与构图面一致, 但不需要与视角一致。
- 构图面 (Cplane): 用来选择图形的视角 (例如, 俯视图、前视图、侧视图), 以便构建几何图形。
- 视角 (Gview): 用来改变图形的视角, 以便在工作区内更好地观察图形。视角不需要与刀具面、构图面一致, 例如, 用俯视图构图, 可用等角视图观测。

1.3.4 MasterCAM 9.0 的系统提示区

在屏幕下方有一个专门向用户提供信息, 以便帮助用户完成所需操作的系统提示栏, 如图 1.2 所示。用户用键盘输入的数据也在该区内显示。在功能主菜单区依次单击 S 屏幕 | C 系统规划按钮, 弹出系统规划窗口, 用户可以定义系统的属性, 例如, 内存设置、屏幕属性设置、文件设置等。

1.4 退出 MasterCAM

MasterCAM 9.0 系统的退出, 可以通过以下 3 种方式实现:

- 直接单击系统窗口右上角的关闭按钮, 它是最快也是最方便的方法。
- 可以同时按下 Alt+F4 快捷键, 这种方法也比较方便。
- 可以依次选择菜单命令。

1.5 MasterCAM 9.0 的特定功能键介绍

MasterCAM 9.0 有许多内定功能键, 能帮助用户更快捷地使用该软件, 如表 1.1 所示。

表 1.1 功能键及其含义

MasterCAM 9.0 的功能键	含义
F1=视窗放大	放大屏幕上的几何图形
F2=视窗缩小	缩小屏幕上的几何图形
F3=重画	将屏幕上的图形重画一遍
F4=分析	执行分析目录功能
F5=删除	执行删除目录功能

续表

MasterCAM 9.0 的功能键	含义
F6=文件	执行文件目录功能
F7=修整	执行修整目录功能
F8=绘图	执行绘图目录功能
F9=显示系统资料	显示包括构图平面, 刀具原点, 目前几何图形的文件名、大小, 最后储存的日期、时间及目前的 NCI 档名
F10=功能视窗表	可直接显示或选择功能键
Alt+F1=适度化	将全部图形显示在屏幕上
Alt+F2=缩小 0.8 倍	将屏幕上的图形缩小至原来的 0.8 倍
Alt+F3=显示游标坐标	显示游标位置的动态坐标
Alt+F5=离开系统	离开 MasterCAM 系统, 回到 Windows 中
Alt+F6=删除视窗	执行删除视窗的功能
Alt+F7=隐藏	执行隐藏目录的功能
Alt+F8=系统规划	执行系统规划
Alt+F9=绘图轴	显示原始视角的中心, 构图平面的轴(左下角)和目前所使用刀具平面轴(右上角)
Alt+F10=功能视窗表	此功能于 F10 的功能一样
Alt+A=自动储存	打开自动储存的对话框
Alt+B=工具箱	显示或隐藏工具箱
Alt+C=执行 C-Hooks	执行 C-Hooks 的应用程序
Alt+D	打开设置尺寸标注的参数的对话框
Alt+F=目录字型	打开字型视窗
Alt+H=线上求助	打开系统的帮助对话框
Alt+L=线型目录	设定目前使用的线型
Alt+M=记忆容量	列出系统记忆容量的配置
Alt+O=打开文件	列出系统建立的文件
Alt+P=提示区	显示或隐藏提示区
Alt+S=曲面目录	打开曲面显示的目录功能
Alt+T=绘出刀具路径	打开或关掉刀具路径显示
Alt+u=回前一步骤	跳回前一步的操作
Alt+V=系统版本	显示目前使用的版本及软件保护盒的号码
Alt+W=分割视窗	打开分割视窗的选项
Alt+X=转换	执行转换目录
Alt+Z=可使用图层	打开可使用图层的视窗
Alt+O=点	执行点输入的目录功能
Alt+l=颜色	打开颜色色盘
Alt+2=层别	打开主要图层的选项窗口

续表

MasterCAM 9.0 的功能键	含义
Alt+3=限定层	打开限定图层使用的窗口
Alt+4=刀具路径	执行刀具平面的目录功能
Alt+5=构图平面	执行构图平面的目录功能
Esc	如同 Backup ，回上层功能表

1.6 思考与练习题

1. 学习安装 MasterCAM 9.0。
2. 合理启动并退出 MasterCAM 9.0。
3. 学习调用主功能菜单区的各种命令。
4. 练习新建、存储和读取一个文件。
5. 熟悉常用的功能键及图标。

第 2 章 MasterCAM 的铣削粗加工

本章知识

- 掌握二维图形、三维曲面及线框曲面图形的绘制
- 掌握各种粗加工刀具及加工参数的选择
- 对刀具路径进行编辑及动态模拟
- 将刀具路径转换成 NC 程序

本章分别以实例介绍各种曲面的加工方法，同时通过实例使学员掌握各种曲面的构建方法。关于切削参数中的进给率、主轴转速等应根据不同的机床、不同的刀具材料和工件材料、刀具直径等因素来确定。本章及后面章节给出的参数仅供参考。

2.1 二维铣削粗加工

本节介绍二维的外形铣削、挖槽铣削及钻孔加工方法，同时通过铣削实例的建模使读者掌握基本二维命令的运用。

2.1.1 外形铣削实例

题目：用外形铣削的方法加工图 2.1 所示工件的轮廓。

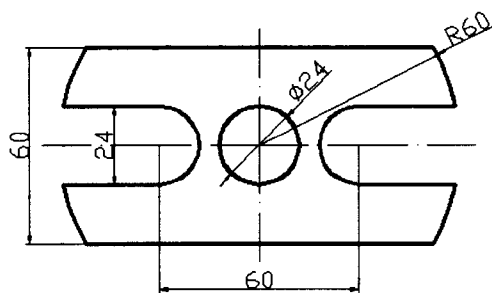


图 2.1 外形铣削

1. 建模

(1) 启动 MasterCAM 软件。

在 Windows 界面下，依次用选择“开始”|“程序”| MasterCAM 9.0 | Mill 9.0 命令，进入 MasterCAM 铣削模块的界面。

(2) 初始参数设定。

①确定初始参数：

Z: 0.000

作图颜色: 0

作图层别: 1

限定层: 关

工作坐标系: T

刀具面: 关

构图面: T

视角: T

②改变线宽。

选择“副功能表”中的图素“属性”，选取线宽为第二条粗细线，如图 2.2 所示。

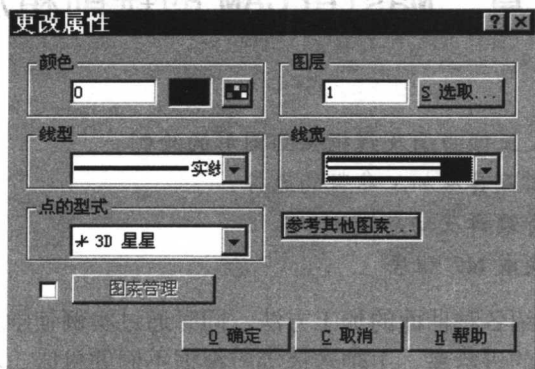


图 2.2 “属性”对话框

(3) 创建图形轮廓。按 F9 键显示坐标轴。

①选择“回主功能表”|“C 绘图”|“A 圆弧”|“P 极坐标”|“C 圆心点”|“O 原点 (0, 0)”命令，根据提示，输入半径：60，输入起始角度：0，输入终止角度：360，极坐标画弧，请指定圆心：再选“O 原点 (0, 0)”，输入半径：12，输入起始角度：0，输入终止角度：360°，结果画出了两个圆。如果屏幕上看不见图形或显示大小不合适，可以用屏幕上方的“适度化”和“缩小至 0.8 倍”快捷图标，使图形显示在屏幕上合适的位置，结果如图 2.3 所示。

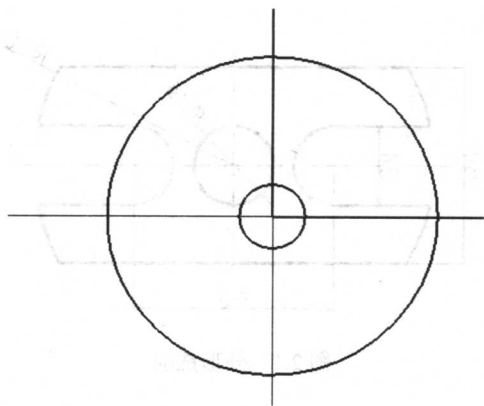


图 2.3 画两个圆

②执行“回主功能表”|“C 绘图”|“L 直线”|“H 水平线”命令，根据“副功能表”下方的提示，首先指定第一个端点：单击 1 点，指定第二个端点：单击 2 点（任意在 X 轴上方单击 1、2 两点即可），“副功能表”下方提示，输入 Y 轴坐标：30，同理在 X 轴下方单击 3、4 两点，输入 Y 轴坐标：-30，结果如图 2.4 所示。

③执行“回主功能表”|“C 绘图”|“T 修剪延伸”|“三个物体”命令，根据“副功能表”下方提示，首先选择第一条直线，再选择第二条直线，选择左侧圆弧，结果如图 2.5

所示。

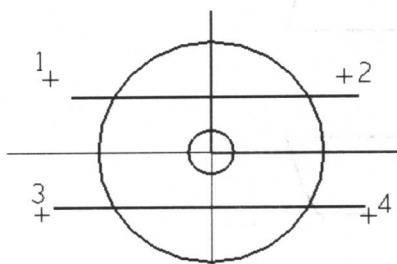


图 2.4 输入坐标

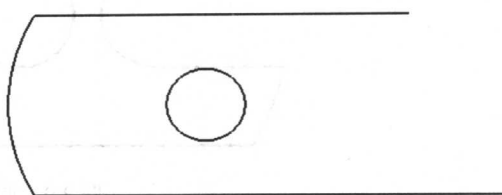


图 2.5 修剪后效果

④执行“回主功能表”|“X 转换”|“M 镜像”|“W 窗选”|“R 矩形”（选择图示圆弧）“D 执行”|“Y 轴”命令，出现如图 2.6 所示对话框。选择“复制”单选项，单击“确定”按钮，结果如图 2.7 所示。

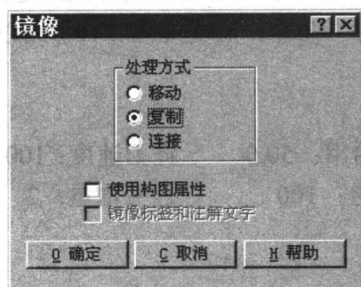


图 2.6 “镜像”对话框

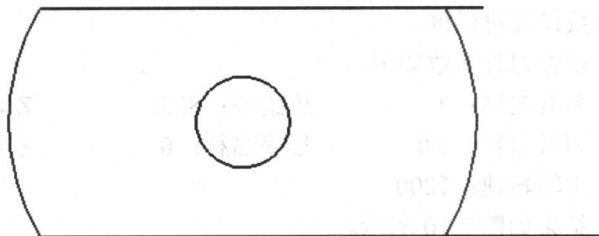


图 2.7 镜像后效果

⑤执行“回主功能表”|“M 修整”|“T 修剪延伸”|“单个物体”命令，结果如图 2.8 所示。

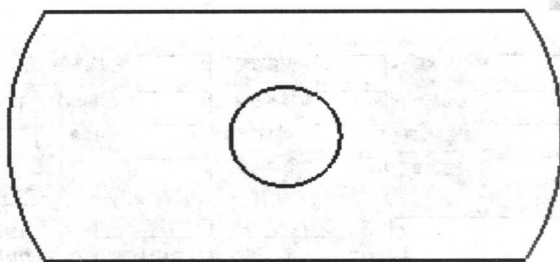


图 2.8 修剪后效果

⑥执行“回主功能表”|“C 绘图”|“A 圆弧”|“P 极坐标”|“C 圆心点”命令，根据“副功能表”下方提示，输入坐标值：-30，0，输入半径：12，输入起始角角度：270，输入终止角角度：90。再选取直线命令、修剪命令、镜像命令，结果如图 2.9 所示。