

Mastercam

数控加工实例教程

贺建群 等编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

Mastercam 数控加工实例教程

编著 贺建群 王尚林 张俊良 张伟雄

主审 贺学农



机械工业出版社

本书采用案例讲解,共5章,内容包括二维铣削加工、三维铣削加工、数控车削加工、车铣复合加工、多轴加工。每章包括2~3个典型案例,每个案例都包含零件介绍、工艺分析和操作创建3个部分,有些案例还有相关知识介绍,其中操作创建部分包括绘制图形、选择机床、材料设置、规划刀具路径和后处理,每章最后还有小结、练习与思考。为配合读者学习,本书配有实例文件,可联系 296447532@qq.com 获得。

本书可作为大中专院校大机械类专业的CAM教材和培训机构的培训教材,也可作为数控加工领域专业技术人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

Mastercam 数控加工实例教程/贺建群等编著. —北京:
机械工业出版社, 2015.10

ISBN 978-7-111-51358-2

I. ①M… II. ①贺… III. ①数控机床—加工—计算机辅助
设计—应用软件—教材 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第202825号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:周国萍 责任编辑:周国萍

责任校对:张晓蓉 封面设计:路恩中

责任印制:李洋

北京机工印刷厂印刷

2015年11月第1版第1次印刷

184mm×260mm·20印张·490千字

0001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-51358-2

定价:56.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前言 Preface

Mastercam 是美国 CNC Software 公司开发的基于 PC 平台的 CAD/CAM 软件。Mastercam 是经济有效的全方位的软件系统，是工业界及学校广泛采用的 CAD/CAM 系统。它集二维绘图、三维实体造型、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；具有方便、直观的几何造型，提供了设计零件外形所需的理想环境，其强大稳定的造型功能可设计出复杂的曲线、曲面零件。Mastercam9.0 以上版本不仅支持中文环境，而且价位适中，对广大的中小企业来说是理想的选择。

本书内容采用实例讲解，案例典型，具有代表性，并且在编写过程中尽量将复杂问题和操作步骤简化，充分考虑实际加工因素的影响，最大限度地贴合生产实际。

在案例讲解过程中，既有操作步骤介绍，又对应有图例和解说，重要的地方还有友情提示和操作技巧，尽量将知识和信息以及重要的内容以最直接、简明的方式呈现给读者。为配合读者学习，本书相关实例文件可通过联系 296447532@qq.com 获得。

本书可作为大中专院校大机械类专业的 CAM 教材和培训机构的培训教材，也可作为数控加工领域专业技术人员的自学参考书。

本书由江门职业技术学院教师编著，第 1 章由张伟雄编写，第 2 章由贺建群、王尚林编写，第 3、4 章由贺建群编写，第 5 章由张俊良编写，全书由江门利华实业有限公司贺学农主审。

由于编著者水平有限，书中难免有错误和不足之处，恳请广大读者提出意见和建议。

编著者
2015 年

目录 Content

前言

第1章 二维铣削加工.....1

1.1 实例1——外形轮廓零件数控铣削加工 // 1

1.1.1 零件介绍 // 1

1.1.2 工艺分析 // 1

1.1.3 相关知识 // 2

1.1.4 操作创建 // 4

1.2 实例2——型腔零件数控铣削加工 // 25

1.2.1 零件介绍 // 25

1.2.2 工艺分析 // 25

1.2.3 操作创建 // 26

1.3 实例3——综合加工实例 // 59

1.3.1 零件介绍 // 59

1.3.2 工艺分析 // 59

1.3.3 操作创建 // 60

第2章 三维铣削加工.....87

2.1 实例1——冲压模具加工 // 87

2.1.1 零件介绍 // 87

2.1.2 工艺分析 // 87

2.1.3 相关知识 // 88

2.1.4 操作创建 // 89

2.2 实例2——烟灰缸加工 // 111

2.2.1 零件介绍 // 111

2.2.2 工艺分析 // 111

2.2.3 相关知识 // 111

2.2.4 操作创建 // 112

2.3 实例3——手机模型加工 // 139

2.3.1 零件介绍 // 139

2.3.2 工艺分析 // 140

2.3.3 相关知识 // 140

2.3.4 操作创建 // 141

2.4 小结 // 163

2.5 练习与思考 // 163

第3章 数控车削加工.....	165
3.1 实例1——螺纹轴数控车削加工 //	165
3.1.1 零件介绍 //	165
3.1.2 工艺分析 //	165
3.1.3 相关知识 //	166
3.1.4 操作创建 //	168
3.2 实例2——套筒数控车削加工 //	185
3.2.1 零件介绍 //	185
3.2.2 工艺分析 //	185
3.2.3 相关知识 //	186
3.2.4 操作创建 //	188
3.3 小结 //	214
3.4 练习与思考 //	215
第4章 车铣复合加工.....	216
4.1 实例1——圆柱标牌数控车铣复合加工 //	216
4.1.1 零件介绍 //	216
4.1.2 工艺分析 //	216
4.1.3 相关知识 //	217
4.1.4 操作创建 //	218
4.2 实例2——轴套数控车铣复合加工 //	239
4.2.1 零件介绍 //	239
4.2.2 工艺分析 //	239
4.2.3 操作创建 //	239
4.3 小结 //	265
4.4 练习与思考 //	265
第5章 多轴加工.....	266
5.1 梅花柱的四轴加工 //	266
5.1.1 零件介绍 //	266
5.1.2 工艺分析 //	266
5.1.3 相关知识 //	267
5.1.4 操作创建 //	267
5.2 旋钮的五轴加工 //	282
5.2.1 零件介绍 //	282
5.2.2 工艺分析 //	282
5.2.3 相关知识 //	283
5.2.4 操作创建 //	285
5.3 小结 //	309
5.4 练习与思考 //	309
参考文献.....	311

第 7 章

二维铣削加工

1.1 实例 1——外形轮廓零件数控铣削加工

1.1.1 零件介绍

外形轮廓零件和尺寸如图 1-1a 所示。除底面已加工外，其余表面均需要加工，即需要进行平面铣削和外形轮廓铣削等加工。完成后的零件如图 1-1b 所示。

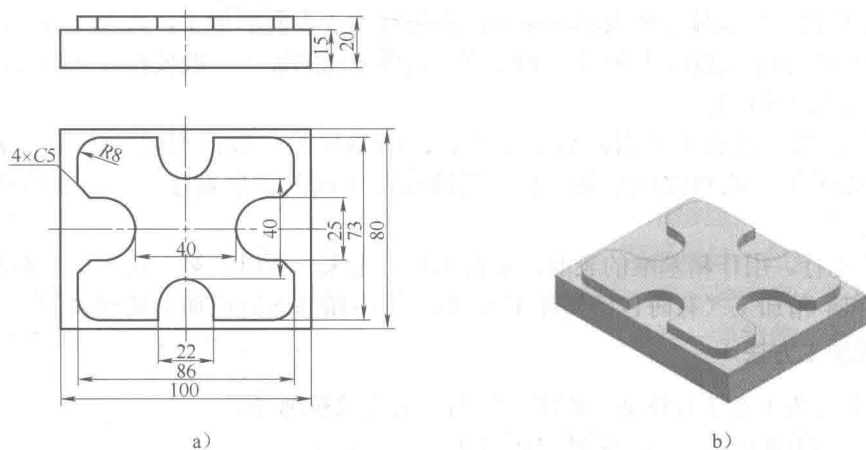


图 1-1 外形轮廓零件

a) 零件尺寸图 b) 完成后的零件

1.1.2 工艺分析

1. 毛坯尺寸

该零件毛坯尺寸已铣至 $100\text{mm} \times 80\text{mm} \times 22\text{mm}$ ，仅要求加工零件上部外形轮廓，并去除 2mm 的上表面余量。

2. 零件形状和尺寸分析

该零件形状简单，外形轮廓是在一个 $86\text{mm} \times 73\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的长方体的基础上倒去 4 个 R8mm 的圆角，在前后开凹槽 22mm，左右开凹槽 25mm 并进行倒角 C5mm。

3. 工件装夹

较大工件可直接安装在工作台上，用压板夹紧；较小工件可采用平口钳装夹。此处用平口钳装夹。

4. 加工方案

根据数控加工工艺原则，先对上表面进行铣削加工，对于比较大的表面，选择面铣刀加工不仅生产效率高，而且表面质量好；外形轮廓铣削，先采用 $\phi 16\text{mm}$ 的平底刀进行开粗加工，留 0.2mm 余量，再用 $\phi 10\text{mm}$ 的平底刀进行精加工；根据上述分析，外形轮廓零件数控加工工艺路线如下：

平面铣削→外形铣削粗加工→外形铣削精加工。

1.1.3 相关知识

1. 切削加工顺序的安排原则

总的原则是前面工序为后续工序创造条件，作为基准准备。具体原则如下：

- 1) 先粗后精。零件的加工一般应划分加工阶段，先进行粗加工，然后半精加工，最后是精加工和光整加工，应将粗、精加工分开进行。
- 2) 先主后次。先安排主要表面的加工，后进行次要表面的加工。因为主要表面加工容易出废品，应放在前阶段进行，以减少工时浪费。次要表面的加工一般安排在主要表面的半精加工之后、精加工之前进行。
- 3) 先面后孔。先加工平面，后加工内孔。因为平面一般面积较大，轮廓平整，先加工好平面，便于加工孔时定位安装，利于保证孔与平面的位置精度，同时也给孔加工带来方便。
- 4) 基准先行。用作精基准的表面，要首先加工出来。所以，第一道工序一般是进行定位面的粗加工和半精加工（有时包括精加工），然后再以精基面定位加工其他表面。

2. 平面加工方法

平面的主要加工方法有铣削、刨削、车削、磨削及拉削等。

精度要求高的表面还需经研磨或刮削加工。

图 1-2 所示是常见的平面加工方案。

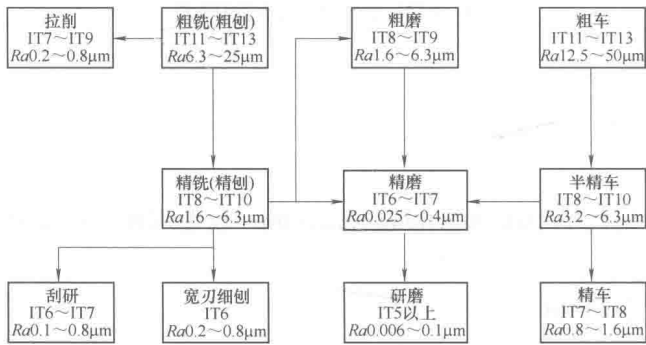


图 1-2 平面加工方案

3. 内孔表面加工方法的选择

内孔表面的加工方法有钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、拉孔、磨孔以及光整加工等。图 1-3 所示是常用的孔加工方案。应根据被加工孔的加工要求、尺寸、具体的生产条件、批量的大小以及毛坯上有无预加工孔合理选用。

1) 加工公差等级为 IT9 级的孔。当孔径小于 10mm 时,可采用钻—铰方案;当孔径小于 30mm 时,可采用钻—扩方案;当孔径大于 30mm 时,可采用钻—镗方案。工件材料为淬火钢以外的各种金属。

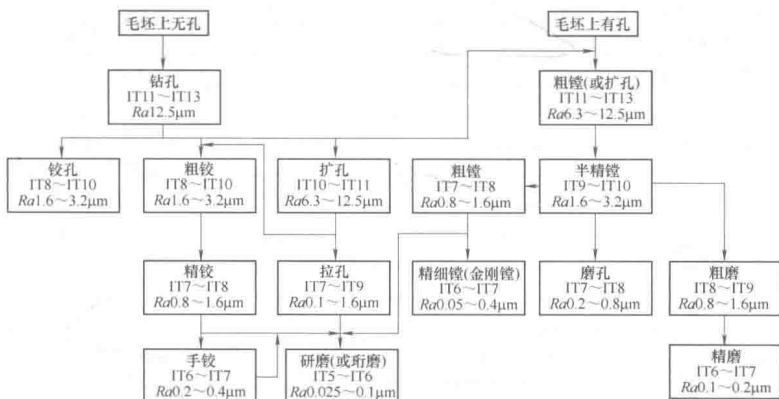


图 1-3 孔加工方案

2) 加工公差等级为 IT8 级的孔。当孔径小于 20mm 时,可采用钻—铰方案;当孔径大于 20mm 时,可采用钻—扩—铰,此方案适用于加工除淬火钢以外的各种金属,但孔径应在 20~80mm,此外也可采用最终工序为精镗或拉的方案。淬火钢可采用磨削加工。

3) 加工公差等级为 IT7 级的孔。当孔径小于 12mm 时,可采用钻—粗铰—精铰方案;当孔径在 12~60mm 时,可采用钻—扩—粗铰—精铰方案或钻—扩—拉方案。若加工毛坯上已铸出或锻出的孔,可采用粗镗—半精镗—精镗方案,或采用粗镗—半精镗—磨孔的方案。最终工序为铰孔适用于未淬火钢或铸铁,对有色金属铰出的孔表面粗糙度值较大,常用精细镗孔代替铰孔。最终工序为拉孔适用于大批量生产,工件材料为未淬火钢、铸铁及有色金属。最终工序为磨孔的方案适用于加工除硬度低、韧性大的有色金属以外的淬火钢、未淬火钢和铸铁。

4) 加工公差等级为 IT6 级的孔。最终工序采用手铰、精细镗、研磨或珩磨等均能达到,应视具体情况选择。韧性较大的有色金属不宜采用珩磨,可采用研磨或精细镗。研磨对大、小孔加工均适用,而珩磨只适用于大直径孔的加工。

4. 确定加工余量的方法

1) 计算法。用计算法确定加工余量,是最经济和准确的,但是由于难以获得齐全可靠的数据资料,所以一般应用得较少。

2) 经验估计法。根据以往加工的经验,估计加工余量的大小。为避免因加工余量不够而产生废品,所以一般估计的余量偏大,只适用于单件小批量生产。

3) 查表修正法。依据《工艺手册》直接查找加工余量,或者根据各厂自身的生产实际制订的加工余量技术资料,同时结合实际加工情况进行修正来确定加工余量,见表 1-1。此法在生产中应用广泛。

表 1-1 机械加工的工序余量（仅供参考）

外 圆 加 工	直径余量/mm
粗车	1.5~4
半精车	0.5~2.5
精车	0.2~1.0
粗磨	0.25~0.6
精磨	0.1~0.2
研磨	0.01~0.02
超精加工	0.003~0.02
高精度、低表面粗糙度值磨削	0.02~0.05
内 圆 加 工	直径余量/mm
扩孔	扩孔后孔径的 1/8
粗铰	0.15~0.25
精铰	0.05~0.15
粗镗	1.8~4.5
半精镗	1.2~1.5
精镗	0.2~0.8
金刚镗削	0.2~0.5
拉孔	0.5~1.2
粗磨	0.2~0.5
精磨	0.1~0.2
研孔	0.01~0.02
珩孔	0.05~0.14
平 面 加 工	单面余量/mm
粗刨、粗铣	1~2.5
精刨、精铣	0.25~0.3
拉削	精锻、精铸：2~4 预加工后：0.3~0.6
粗磨	0.15~0.3
精磨	0.05~0.1
研磨	0.005~0.01
宽刀细刨	0.05~0.15
刮削	0.1~0.4

1.1.4 操作创建

1. 绘制二维图形

1) 启动 Mastercam。启动 Mastercam X6，按 F9 键，显示坐标系，结果如图 1-4 所示。

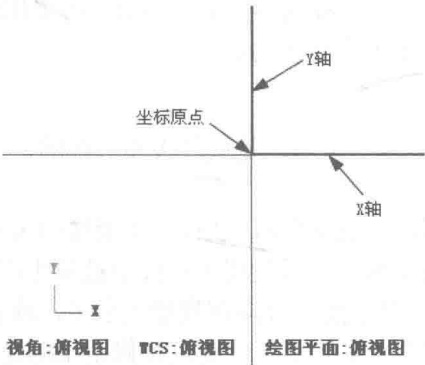


图 1-4 启动 Mastercam X6

友情提示

- ✧ 该坐标系就是编程（工件）坐标系，其原点就是编程（工件）坐标系原点。
- ✧ 请观察屏幕右下角是否显示为米制单位，若不是，请重装系统，并选择“Metric”（即米制单位），或者通过“设置”——“系统配置”——“CAD 设置”更改。

2) 绘制2个矩形。单击“草图”工具栏上的“矩形”按钮。在动态工具条中输入宽度 100.0，高度 80.0，激活“基准点为中心点”按钮，如图 1-5 所示。单击原点，再单击动态工具条中的“OK”按钮，完成矩形的创建。用同样的方法，绘制 86mm×73mm 的矩形，结果如图 1-6 所示。



图 1-5 矩形动态工具条



图 1-6 完成2个矩形绘制

3) 串连倒圆角。单击“草图”工具栏上的“串连倒圆角”按钮，捕捉需要倒圆角的矩形（86mm×73mm），设置圆角半径为 8mm，如图 1-7 所示，单击应用按钮，完成倒圆角操作，结果如图 1-8 所示。

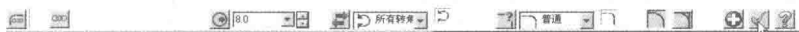


图 1-7 倒圆角动态工具条

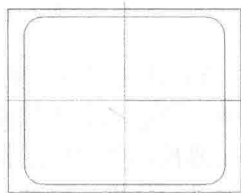


图 1-8 完成倒圆角操作

4) 绘制2个圆。单击“草图”工具栏上的“圆心+点”画圆按钮，在动态工具条中输入圆心坐标（-32.5，0，0）（根据图样尺寸，X 轴的坐标也可以直接录入-65/2，系统会自动计算结果为-32.5），圆的直径为 25mm，如图 1-9 所示。用同样的方法，绘制圆心为（0，31，0）、直径为 22 的圆，结果如图 1-10 所示。



图 1-9 画图动态工具条

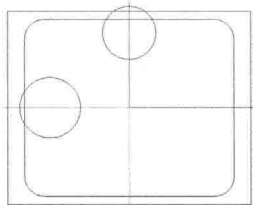


图 1-10 完成2个圆的绘制

5) 绘制4条相切直线。单击“草图”工具栏上的“绘制任意线”按钮，四条直线均经过圆的象限点，因此使用象限点捕捉的方式创建的水平和垂直线即为圆的相切线。单击动态工具条中的“四等分点”捕捉选项，如图 1-11 所示。靠近左边直径为 25mm 圆的 6 点

钟方向位捕捉其象限点，向左移动一段距离单击，完成直线的绘制。用同样的方法，捕捉圆的12点钟方向位，以及直径为22mm圆的3点钟方向位和9点钟方向位，完成其他3条直线的绘制，结果如图1-12所示。

6) 使用“三物体修剪”功能修剪多余圆弧。单击工具栏中的“修剪/打断/延升”按钮，激活动态工具条中的“三物体修剪”选项。根据“先两边，后中间”的次序要求，先捕捉两条直线段，再捕捉需要保留的圆弧，如图1-13所示按照“1→2→3”的次序捕捉，修剪后的结果如图1-14所示。

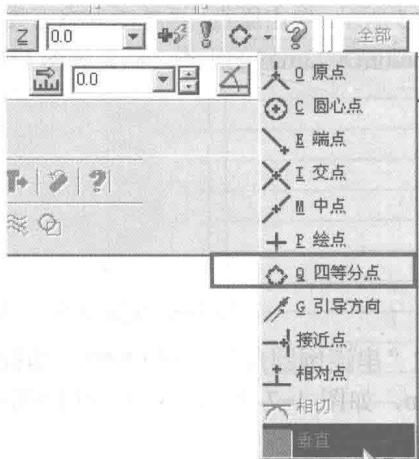


图 1-11 四等分点捕捉选项

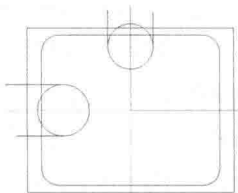


图 1-12 绘制4段切线

7) 使用“单一物体修剪”功能修剪多余直线段。单击工具栏中的“修剪/打断/延升”按钮，激活动态工具条中的“单一物体修剪”选项。“单一物体修剪”选项操作方法：先捕捉要被修剪对象的保留侧，再捕捉用于修剪的边界对象。如图1-15所示，按照“1→2”的次序进行捕捉，修剪后的结果如图1-16所示。

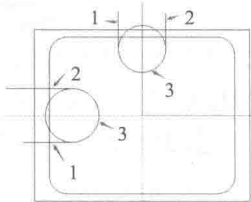


图 1-13 三物体修剪次序

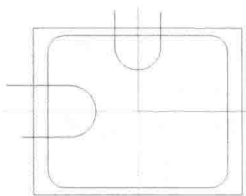


图 1-14 修剪圆弧结果

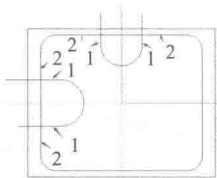


图 1-15 单一物体修剪次序

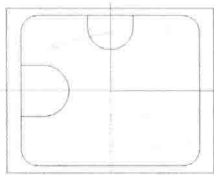


图 1-16 单一物体修剪结果

8) 关于Y轴镜像操作。单击“转换”工具栏上的“镜像”按钮，选择上述左边圆弧及2个直线段，回车，系统弹出“镜射选项”对话框，如图1-17所示。单击“Y轴：选择点”按钮，单击应用按钮，完成当前镜像操作，但没有退出镜像命令操作，结果如图1-18所示。



图 1-17 “镜射选项”对话框

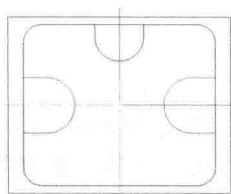


图 1-18 关于 Y 轴镜像结果

9) 关于 X 轴镜像操作。选择上边圆弧及 2 个直线段，回车，系统弹出“镜射选项”对话框。单击“X 轴：选择点”按钮, 单击确定按钮, 完成镜像操作，结果如图 1-19 所示。

10) 使用“分割物体”功能修剪 4 个开口。单击工具栏中的“修剪/打断/延升”按钮, 激活动态工具条中的“分割物体”选项

图 1-19 关于 X 轴镜像结果

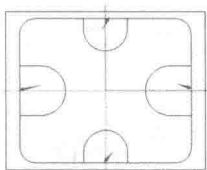


图 1-20 分割物体捕捉位

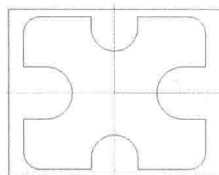


图 1-21 分割修剪结果

11) 倒角。单击“草图”工具栏上的“倒角”按钮。捕捉倒角的两边，在动态工具条中录入倒角距离 5.0，如图 1-22 所示，至此，得到加工所需的 2D 模型，结果如图 1-23 所示。



图 1-22 倒角动态工具条设置

友情提示

- ✧ 常用的二维加工刀具路径有外形铣削、挖槽、平面铣、钻孔、雕刻等。
- ✧ 二维加工只需绘制二维图形（俯视图）即可。

2. 选择机床

单击菜单“机床类型”——“铣削”——“默认”，单击左侧“操作导航器”中的展开按钮, 结果如图 1-24 所示。

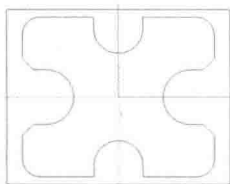


图 1-23 2D 模型完成图



图 1-24 操作导航器

友情提示

- ◆ 默认铣床是 FANUC 系统三坐标数控铣床。
- ◆ 也可以通过菜单“机床类型”——“铣床”——“机床列表管理”，选择需要的机床。

3. 材料设置

1) 单击图 1-24 所示“操作管理”对话框中的  材料设置，系统弹出“机器群组属性”对话框，按图 1-25 所示设置参数。

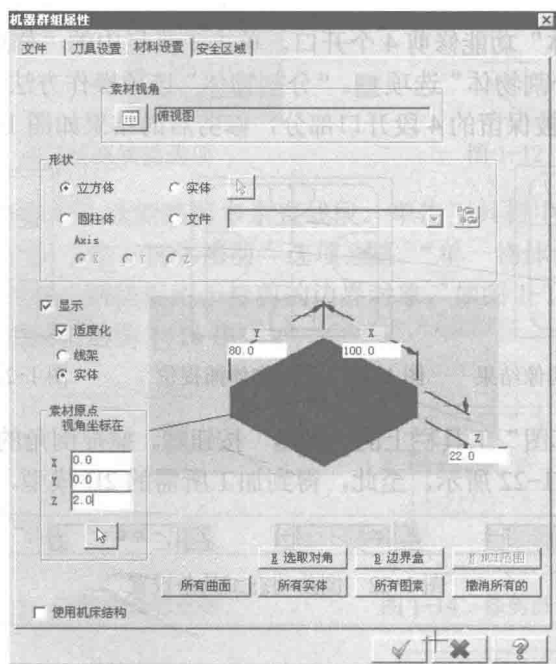


图 1-25 材料设置参数

友情提示

- ✧ 材料设置即毛坯设置，毛坯下表面已经加工，上表面有 2mm 余量。
- ✧ 此处素材原点 (0.0, 0.0, 2.0) 是指毛坯上表面中心相对编程 (工件) 坐标系原点的坐标，亦即编程 (工件) 坐标系原点设置在工件 (而不是毛坯) 上表面的中心。

2) 单击确定按钮 , 结果如图 1-26 所示。

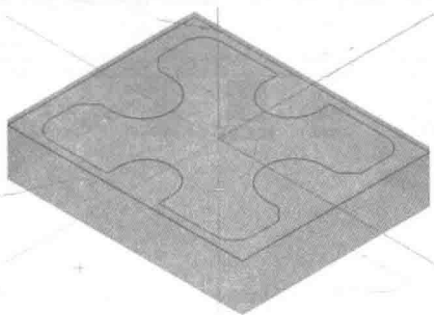


图 1-26 毛坯设置效果

4. 平面铣削

1) 启动平面铣削。单击“刀具路径”——“平面铣”，系统弹出“输入新 NC 名称”对话框，如图 1-27 所示。单击确定按钮 , 系统弹出“串连选项”对话框，如图 1-28 所示，单击确定按钮 , 默认铣削范围为毛坯表面，系统弹出“2D 刀具路径-平面铣削”对话框，如图 1-29 所示。

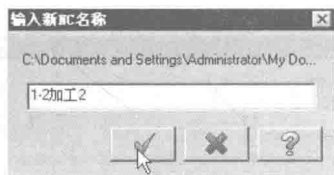


图 1-27 “输入新 NC 名称”对话框

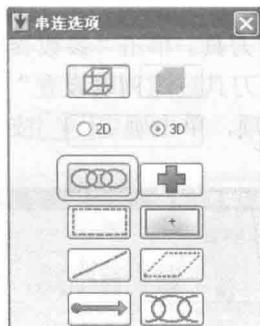


图 1-28 “串连选项”对话框

友情提示

✧ 外形串连不好的原因不外乎三种：外形有断点、外形有交叉、外形有重复图素。

操作技巧

- ✧ 外形有断点——修剪 .
- ✧ 外形有交叉——修剪 .
- ✧ 外形有重复图素——删除重复图素 .

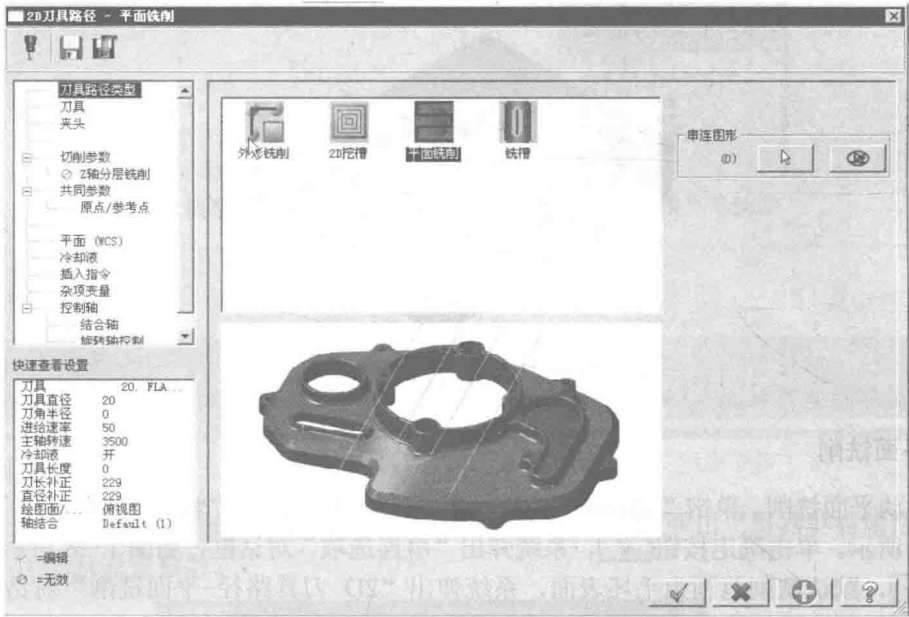


图 1-29 “2D 刀具路径-平面铣削”对话框

2) 选择刀具。单击“参数类别列表”中的“刀具”选项，弹出刀具设置对话框，单击“过滤”，弹出“刀具过滤列表设置”对话框，如图 1-30 所示，取消“平底刀”选项，激活“面铣刀”选项，单击确定按钮。



图 1-30 “刀具过滤列表设置”对话框

3) 刀库选刀。单击“从刀库中选择”按钮，系统弹出“选择刀具”对话框，如图 1-31 所示。此时刀库只显示面铣刀，其他刀具已被过滤，从中选择合适加工本工件的刀具——刀具号码为 270、直径为 50.0 的面铣刀。选中第一行，单击确定按钮，系统返回“2D 刀具路径-平面加工”对话框。

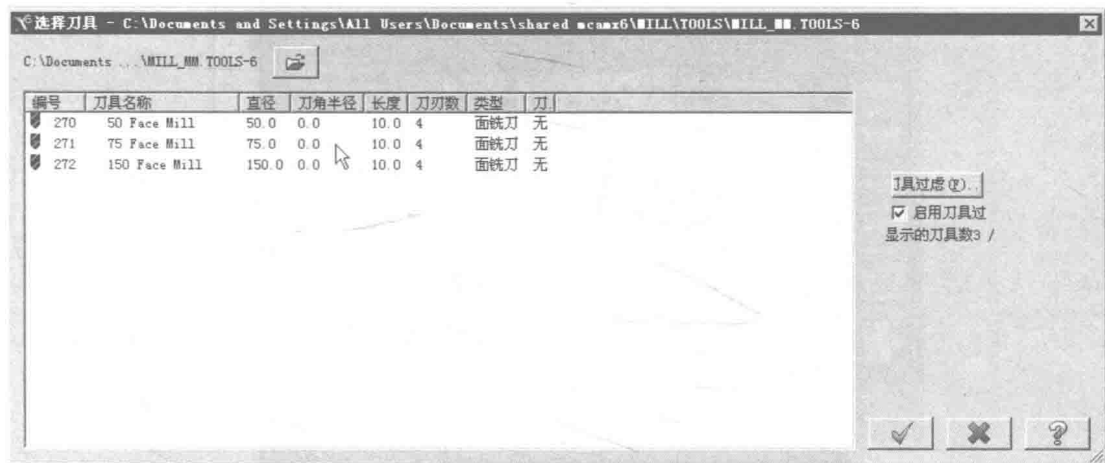


图 1-31 “选择刀具”对话框

友情提示

- ◆ 优先从刀库选刀，若刀库没有则单击鼠标右键，选择“创建新刀具”即可自定义刀具。

操作技巧

- ◆ 由于刀库中刀具数量较多，在“选择刀具”对话框中单击“过滤”按钮 ，即可弹出“刀具过滤设置”对话框。通过“刀具过滤设置”对话框可以更方便地找到所需的刀具。

4) 定义刀具。双击“2D 刀具路径-平面加工”对话框中的刀具号码为 270 的刀具图标，系统弹出“定义刀具”对话框，如图 1-32 所示，设“刀具号码”为 1、“刀座编号”为 1。

友情提示

- ◆ 一般加工中心刀库只能装几十把刀具，故刀具号码不能太大，应改小。
- ◆ 为避免混淆，一般刀座号、刀具补正号均和刀具号码相同。
- ◆ 大直径刀具不要装在刀库相邻刀位上，以免互相干涉。

5) 刀具参数设置。单击“定义刀具”对话框中的“参数”选项卡，如图 1-33 所示，单击“计算转速/进给”按钮，系统自动计算转速和进给率，然后设置“下刀速率”为 200.0、“提刀速率”为 2000.0。