

第5章 铣削加工

5.1 二维铣削共同参数

本节主要讲解 Mastercam X2 的二维刀具路径加工方法,主要说明其中的面铣、外形铣削、挖槽、钻孔和全圆路径加工,如图 5-1 所示。它们的含义如下。

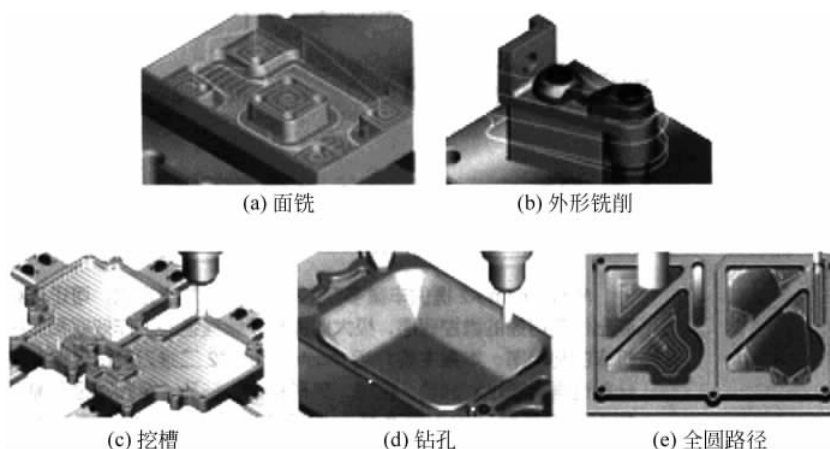


图 5-1 二维铣削加工

- 面铣：对工件进行平面铣削加工。
- 外形铣削：沿着物体的外形前进加工,可以利用刀具补正来控制外形的铣削方式。
- 挖槽：用于铣削一封闭式外形内的区域,可以分为有岛屿和无岛屿加工两种。
- 钻孔：可对于所选点进行钻孔。
- 全圆路径：可以铣削一完整的圆形加工路径。

当开始进行参数设定时,会有一些共同参数选项需要设定,主要可以分为刀具参数、共同参数及特定加工参数等三类。

其中,刀具参数提供了以刀具管理库中调出的现有刀具来进行修改与定义新刀具等相关设定。共同参数是指所有的刀具路径数据要用到的参数;特定加工参数是指每一种加工模式所特有的一些参数。

5.1.1 刀具设定与管理

当选取要加工的类型和图形之后,系统弹出如图 5-2 所示的加工对话框(以外形铣削为例),在对话框空白处右击,在弹出的下拉菜单中选择“创建新刀具”命令。

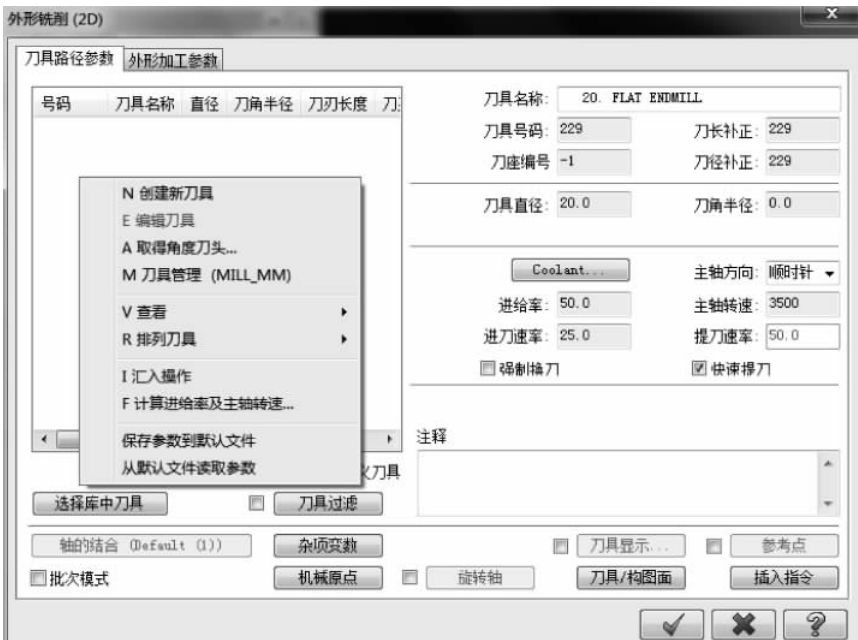


图 5-2 选择“创建新刀具”

系统弹出定义刀具对话框。该对话框共有三个选项卡可以切换,分别是刀具几何参数、刀具形式和加工参数。

1. 刀具型式

Mastercam X2 提供了 21 种已定义的刀具型式供使用,以及一种可以由用户自己定义的刀具型式,如图 5-3 所示。



图 5-3 “刀具型式”选项卡

2. 刀具几何参数

当选择了一种刀具(如平底铣刀)之后,可以单击该刀具几何参数选项卡,进行刀具几何参数的定义,包括刀具夹头长、夹头直径、刀长、刀柄直径、刀刃长、直径和用于粗或精加工等数据,如图 5-4 所示。

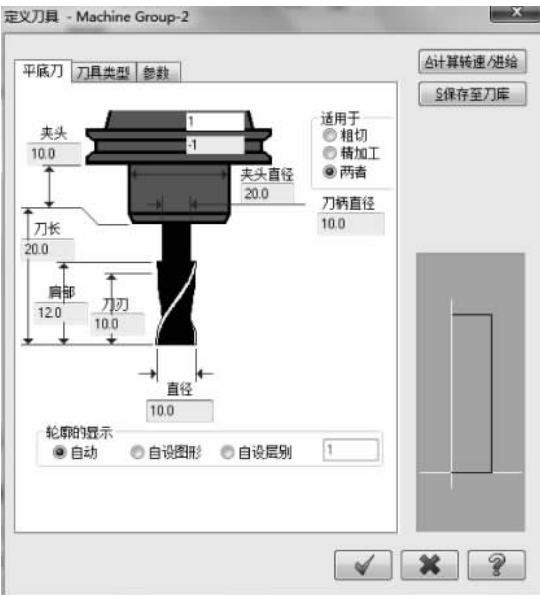


图 5-4 刀具几何参数选项卡

3. 加工参数

该选项卡用于设定加工时的参数,用户可以根据需要自行设定,如图 5-5 所示。

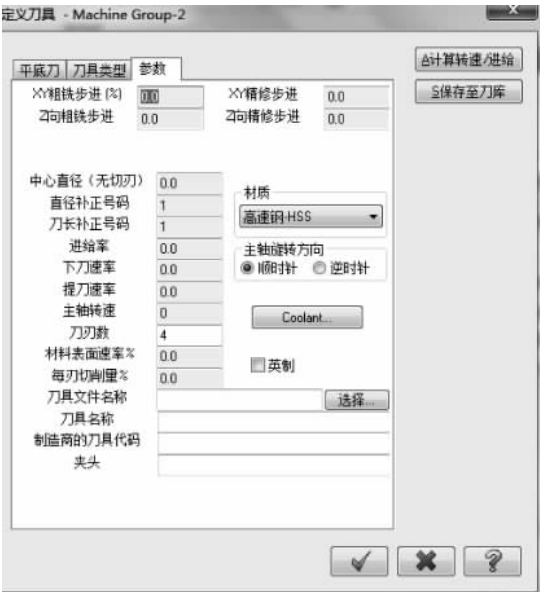


图 5-5 刀具参数选项卡

参数说明如下：

- “XY 粗/精铣步进”文本框：用于设定 XY 轴粗/精切削步进量占直径的百分比。
- “Z 向粗/精铣步进”文本框：用于设定 Z 轴粗/精切削深度占直径的百分比。
- “中心直径”文本框：刀具端面无切刃的直径大小。
- “材质”下拉列表框：提供有高速钢、碳钢、碳化钢、陶瓷刀具、钨钢刀及未知材质等 6 种材质。
- “主轴旋转方向”选项组：设定主轴回转方向，有顺时针和逆时针两种。
- “每刃切削量”文本框：根据系统参数预设进刀量的百分比。

当设置好三个选项卡后，单击“确定”按钮，一把新的刀具被添加到对话框中。若要编辑刀具参数可以在刚定义的刀具图像上单击右键进行编辑，如果要删除刀具则选中后直接按下 Del 键即可。

另一种定义新刀具的方式，是直接取用刀具数据文件中的刀具数据来使用，然后再将刀具编辑成所需要的刀具参数，单击 **选择库中刀具** 按钮，在弹出的“选择刀具”对话框中选择所需刀具即可，如图 5-6 所示。



图 5-6 “选择刀具”对话框

5.1.2 坐标设定

完成刀具设定后，接下来可以依需要设定坐标，Mastercam X2 提供了机械原点、参考点、刀具/构图面、旋转轴 4 个参数来定义工件的加工程序坐标。

1. 机械原点

机械原点是机器出厂时设好的，一般 CNC 开机后，都需要先回归机械原点，使控制器知道目前所在的坐标点与加工程序坐标点间的运动方向及移动数值。除了机械原点外，还有所谓的参考坐标，随着控制器的不同，参考坐标可以分为第一参考坐标、第二参考坐标等。换刀或程序结束时都应该将刀具回归到原点，另外适当地设置加工参考点可以节省加工时间，因为刀具移动时，空切行程时间越短越好，故一般都将刀具快速移动到参考点位置处，才开始加工程序。单击机械原点按钮，即可打开机械原点设置对话框，如图 5-7 所示。

2. 参考点

Mastercam X2 提供了三种辅助用的原点：系统原点、刀具原点和构图面原点，这三种原点可以在同一点。系统原点是程序所提供的原点，而构图面原点则是绘图时给定的原点，刀具原点是定义刀具路径时用的原点位置。单击 **参考点** 按钮，系统弹出“换刀参考点”对话框，如图 5-8 所示。



图 5-7 机械原点设置对话框



图 5-8 “换刀参考点”对话框

3. 刀具/构图面

刀具/构图面控制刀具在何种平面上加工，可以设定的平面有 XY 平面、ZX 平面与 YZ 平面三种。单击 **刀具/构图面** 按钮，系统弹出如图 5-9 所示的对话框。



图 5-9 “刀具面/构图面的设定”对话框

4. 旋转轴

旋转轴的功能是用来设定第四轴的，所提供的设定可分为旋转形式、旋转轴和轴的取代三种，如图 5-10 所示。具体使用方法参见 5.4.3 节。



图 5-10 “旋转轴的设定”对话框

5.1.3 共同参数设定

以外形铣削为例,可以看到要设定的主要有加工坐标、加工深度、加工方向、预留量等参数,此对话框会因不同的加工方式或多或少地出现一些特有参数,这里仅对常用的参数作说明,如图 5-11 所示。



图 5-11 “外形加工参数”选项卡

参数说明如下：

- “安全高度”复选框：指刀具加工前和加工完成后，设定的一个离开工件表面的轴安全高度，一般设置离工件表面最高位置 20~50mm，采用“绝对坐标”。
- “参考高度”复选框：指刀具每完成一次铣削或避让岛屿时刀具回升的高度，设置离工件最高位置 5~20mm，采用“绝对坐标”。一般只需设置“参考高度”即可。
- “进给下刀位置”文本框：指刀具从安全高度或参考高度以 G00 方式快速移动到的位置，刀具就会在此位置以设定的进给率和 G01 方式进行下刀，一般设定为离工件最高位置 2~5mm。
- “工件表面”文本框：要加工工件的位置高度。
- “深度”文本框：指工件要加工到的位置。一般设置为实际加工深度值，在二维路径中，深度值为负值。
- “轴分层铣削”按钮：分层铣削参数的设定是提高生产加工效率的一个非常重要的参数值。在“面铣刀”对话框中，单击 **Z轴分层铣深** 按钮，系统将弹出如图 5-12 所示的“深度分层切削设置”对话框。
- “最大切削深度”文本框：设定最大的 Z 轴方向粗切进给量，其数值根据刀具材料和大小等因素确定，一般粗加工选择大的粗切进给量。
- “精修次数”文本框：设置精加工 Z 轴进给次数。
- “精修量”文本框：精加工 Z 轴余量，一般设为 0.05~0.5mm。
- “不提刀”复选框：复选此选项，刀具会从目前切削深度位置直接移到下一个切削深度位置进行加工；若未选择此复选框，刀具就会快速提到目前参考高度，然后再下刀到下一个切削深度进行。

安全高度、参考高度、进给下刀位置、工件表面的关系如图 5-13 所示。



图 5-12 分层切削设置

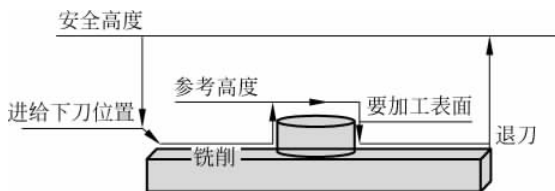


图 5-13 各种高度示意图

5.2 面铣加工

面铣加工用于加工工件的特征表面。一般情况下，由于机床加工的需要或工艺保障的要求，用来加工的坯料表面，其形状精度和位置精度不能满足使用要求，在进行其他特征加工前，先用“面铣”铣削加工对表面进行铣削加工，以达到表面形状和位置精度的要求。

面铣可以逆择封闭的一个或多个外形边界进行平面加工。铣削的主要加工部位都是面，可以连续加工多个封闭的外形边界平面，加工时，主要采用大刀具，加工速度快、效率高。

5.2.1 面铣加工参数设置

选择菜单“机床类型”→“铣削”→“默认”命令后,选择“刀具路径”→“面铣”命令,在绘图区选择要加工的外形轮廓后,系统弹出如图 5-14 所示的“面铣刀”参数设置对话框。

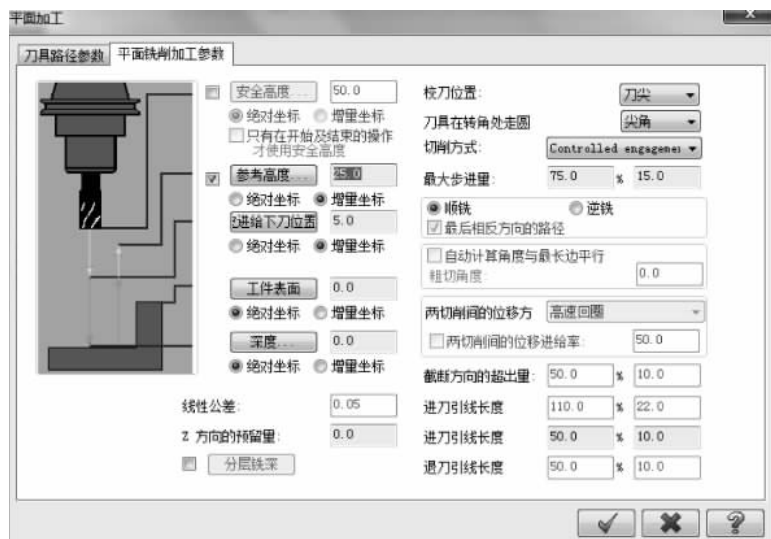


图 5-14 “面铣刀”参数设置对话框

1. 面铣刀具设置

要进行正确的面铣削,很重要的一点就是从刀具库中选择刀具时必须选择面铣刀才行,如图 5-15 所示。它与一般的铣刀相比切削面积更大,效率更高。



图 5-15 面铣刀参数设置选项卡

2. 面铣加工参数设置

平面铣削的参数主要包括安全高度、参考高度、进给下刀位置、工件表面、切削深度和分层铣削,如图 5-16 所示。除了共同参数外,其特有参数的含义如下。



图 5-16 面铣参数设置

(1) “切削方式”下拉列表框: 设置加工时的切削方式,共有双向、单向-顺铣、单向-逆铣和一刀式 4 种方式。在面铣削中一般都使用双向的方式来提高加工效率。

(2) “步进量”文本框: 设置相邻两刀切削之间的距离或百分比,其数值根据所选用的刀具直径进行确定。

(3) “自动计算角度”复选框: 系统自动计算加工角度,计算出来的角度与所选加工边界最长边平行;“粗切角度”文本框: 产生带有一定角度的刀具路径进行加工,如图 5-17 所示。

(4) “两切削间的位移方式”下拉列表框: 设置两相邻刀具切削之间的加工方式,有高速回圈、线性和快速位移三种。“高速回圈”是在两切削间位移位置产生圆弧过渡的刀具路径;“线性”是在两切削间位移位置产生直线的刀具路径;“快速位移”是在两切削间位移位置以 G00 快速移动到下一切削位置。三种刀具路径效果如图 5-18 所示。



图 5-17 粗切角度

(5) 刀具超出量: 面铣刀具超出量设置包括以下 4 个方面的设置。

① “非切削方向的延伸量”文本框: 设置 Y 方向超出面铣削轮廓的范围值,以刀具直径百分比来确定。

② “切削方向的延伸量”文本框: 设置 X 方向超出面铣削轮廓的范围值,以刀具直径百

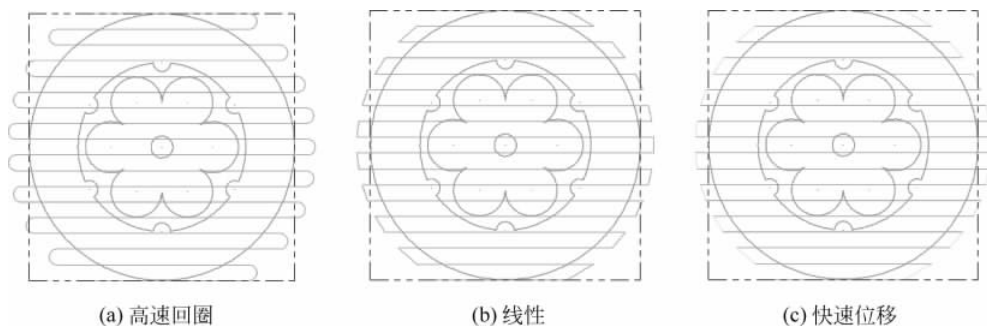


图 5-18 三种刀具的路径效果

分比来确定。

③ “进刀引线延伸长度”文本框：设置进刀时刀具路径超出面铣削轮廓的长度，以刀具直径百分比来确定。

④ “退刀引线延伸长度”文本框：设置退刀时刀具路径超出面铣削轮廓的长度，以刀具直径百分比来确定。

切削/非切削方向的延伸量和进刀/退刀引线延伸长度示意图如图 5-19 所示。

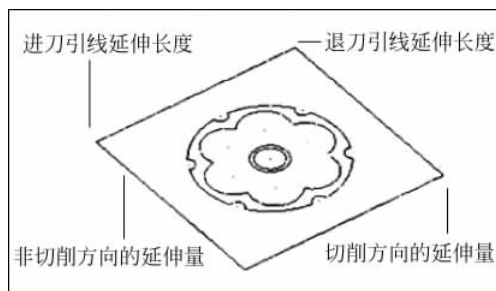


图 5-19 切削/非切削方向的延伸量和进刀/退刀引线延伸长度

5.2.2 面铣加工实例

对如图 5-20(a)所示的轮廓进行面铣加工，结果如图 5-20(b)所示。

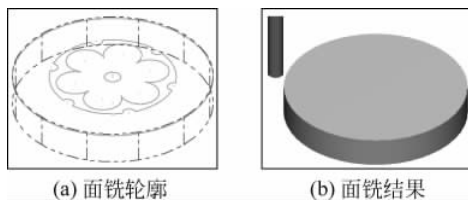


图 5-20 面铣加工

【操作实例 5-1】 面铣加工。

(1) 建立模型如图 5-20(a)所示。

(2) 选择菜单“刀具路径”→“面铣”命令。系统弹出“输入新 NC 名称”，输入“平面铣削”，如图 5-21 所示，单击“确定”按钮。

(3) 系统弹出“串连选择”对话框,提示选择面铣削轮廓,选择如图 5-22 所示的圆轮廓,单击“串连选择”对话框中的“确定”按钮,结束面铣削轮廓选择。



图 5-21 输入新 NC 名称

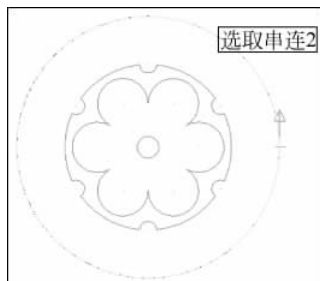


图 5-22 选择轮廓

(4) 系统弹出“面铣刀”对话框,单击 按钮。系统弹出如图 5-23 所示的“选择刀具”对话框,从刀具库列表中选择 Steel-MM. Tools z 刀具库,在刀具列表中选择 $\phi 50$ 面铣刀,单击“确定”按钮结束刀具选择。



图 5-23

(5) 选择如图 5-24 所示的刀具栏中的面铣刀,再设置刀具参数。

(6) 打开“平面加工参数”选顶卡,设置面铣削参数如图 5-25 所示。

(7) 单击“面铣刀”对话框中的“确定”按钮,产生的面铣削刀具路径如图 5-26 所示。

(8) 单击如图 5-27 所示的“材料设置”,系统弹出“素材设置”选项卡,按照如图 5-28(a)所示进行设置,单击“确定”按钮,结束材料设置,结果如图 5-28(b)所示。



图 5-24 设置刀具参数



图 5-25 设置平面铣削参数

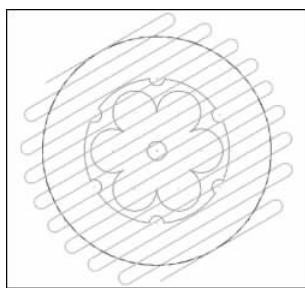
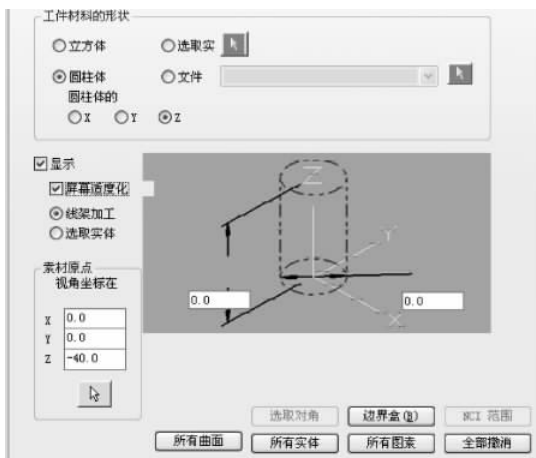


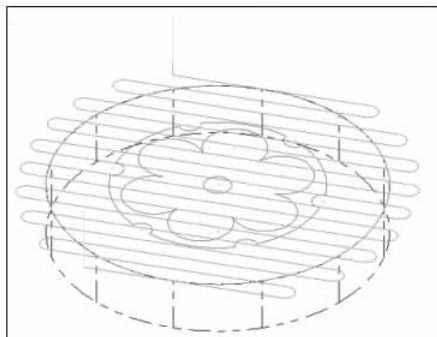
图 5-26 平面铣削刀路



图 5-27 启动材料设置



(a) 材料设置



(b) 设置结果

图 5-28 材料设置

(9) 单击加工操作管理器中的“实体加工模拟”按钮,系统弹出“实体切削验证”对话框,如图 5-29 所示。对平面铣削刀路进行慢速模拟操作,模拟过程如图 5-30 所示。



图 5-29 设置实体验证参数

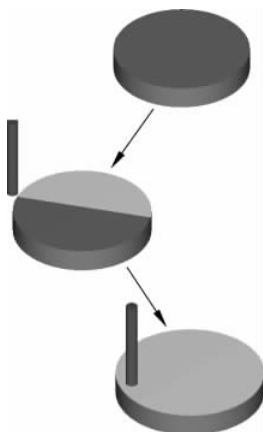


图 5-30 实体验证

(10) 选择菜单“文件”→“保存”命令,保存文件。

5.3 挖槽加工

零件上的槽和岛屿,都是通过将工件上制定区域内的材料挖去而成。有时在槽内还包含一个称为“岛屿”的区域,可以在分层铣削加工过程中,特别补充一段路径加工岛屿面。一般使用端铣刀进行加工。

挖槽刀具路径生成的一般步骤和外形铣削基本相同,主要参数有刀具参数、挖槽加工参数和粗/精铣参数。在挖槽加工时,可以附加一个精加工操作,可以一次完成两个刀具路径规划。在铣槽时可按刀具的进给方向,分为顺铣和逆铣两种方式。顺铣有利于获得较好的加工性能和表面加工质量。

5.3.1 2D 挖槽加工参数设置

2D 挖槽参数主要包括安全高度、参考高度、进给下刀位置等公共参数,也包括挖槽加工

形式、加工方向、XY 方向预留量、Z 方向预留量和程序过滤等,如图 5-31 所示。



图 5-31

公共参数的含义在前面已作介绍,故此处不再赘述。

1. 挖槽加工形式设置

挖槽加工形式主要有标准挖槽、平面加工、使用岛屿深度、残料加工、开放式轮廓 5 种,如图 5-32 所示。标准挖槽是主体加工形式,其他 4 种用于辅助挖槽加工方式,下面简要说明 4 种形式。

1) 平面加工

将挖槽刀具路径向边界延伸指定的距离,以达到对挖槽曲面的铣削。一般挖槽加工可能在边界处留下毛刺,这时可采用该功能对边界进行加工。平面加工选择 **铣平面** 按钮,可设定其参数,如图 5-33 所示。

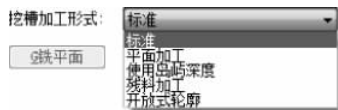


图 5-32 挖槽加工形式



图 5-33 平面加工参数

- “刀具重叠的百分比”文本框：设置刀具路径的延伸量占刀具直径的百分比。
- “重叠量”文本框：直接设定刀具路径的延伸量。

图 5-34 所示为采用标准挖槽和采用平面加工方式对同一挖槽区域产生的不同效果。

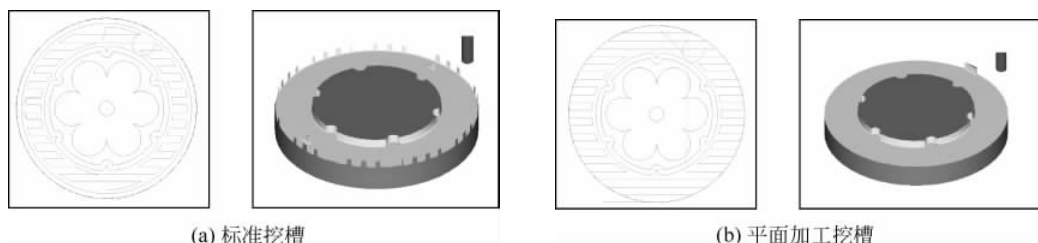


图 5-34 标准挖槽和平面加工挖槽

2) 使用岛屿深度

采用一般挖槽加工时,系统不会考虑岛屿深度变化,对于岛屿的深度和槽的深度不一样的情形,就需要采用该功能。使用岛屿深度挖槽加工对话框如图 5-35 所示,对话框与边界再加工方式的对话框相同,但是其将“岛屿上方预留量”选项激活。同时它的“边界”是指岛屿轮廓线。

3) 残料加工

挖槽加工的残料加工与外形铣削残料清角基本相同,主要是用较小的刀具去切除上一步(较大刀具)加工留下的残料部分,但是挖槽加工生成的刀具路径是在切削区域范围内多刀加工的。

图 5-36 所示为标准挖槽后的效果,可以看出加工边界带有较多残料,使用残料挖槽就可以清理所有的残料。图 5-37 所示为标准挖槽后的残料加工模拟,残料加工参数设置如图 5-38 所示。



图 5-35

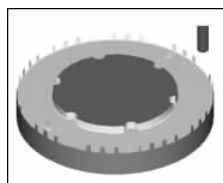


图 5-36 标准挖槽效果

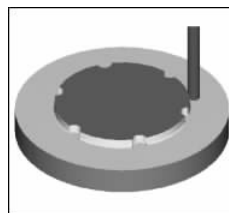


图 5-37 残料加工

- “剩余材料的计算是来自”选项组：选择加工哪些操作带来的残料。
- “自设的粗切刀具直径”文本框：输入粗加工刀具的直径。
- “显示材料”复选框：显示残料加工的区域。

4) 开放式

系统专门提供了开放挖槽加工的功能。用于轮廓串连没有完全封闭,一部分开放的槽工件加工。单击 **开放式轮廓** 按钮,系统“开放式轮廓挖槽”加工对话框如图 5-39 所示。

- “刀具重叠的百分比”文本框：设置开放式刀具路径超出边界的距离,以刀具直径的百分比表示。也可以在“重叠距离”一栏中直接设置。



图 5-38 挖槽的残料加工对话框

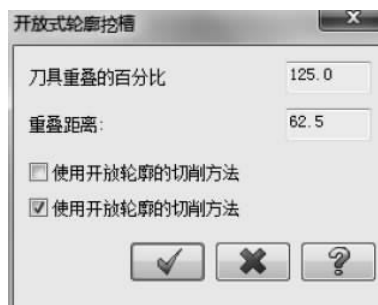


图 5-39 开放式轮廓挖槽对话框

- “使用开放轮廓的切削方法”复选框：选中此复选框，开放刀具路径从开放轮廓端点起刀，如图 5-40 所示。

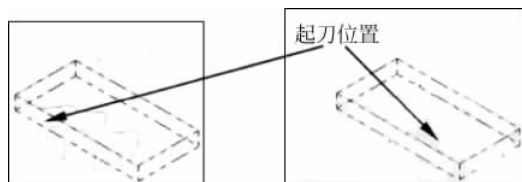


图 5-40 开放刀具起刀位置

设置刀具超出边界的百分比或刀具超出边界的距离即可进行开放式挖槽加工。生成的路径将在切削到超出距离后直线连接起点与终点。图 5-41 所示为一个开放式轮廓挖槽的示例。

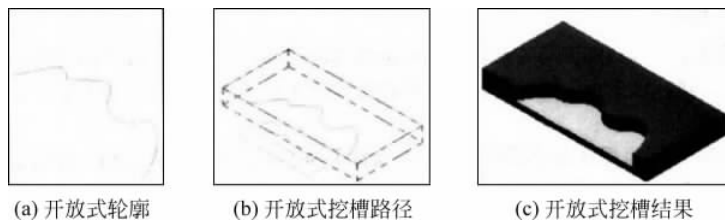


图 5-41 开放式挖槽加工

2. 加工方向设置

铣削方向用于设定切槽加工时在切削区域内的刀具进给方向，分逆铣和顺铣两种形式，如图 5-42 所示。一般数控加工多选用顺铣，有利于延长刀具的寿命并获得较好的表面加工质量。

注意：一般情况下，粗加工时采用逆铣，精加工时采用顺铣，因为逆铣加工时切削力将螺杆的间隙消除，从而减小振动。



图 5-42 铣削方式

3. 分层铣深设置

选中“分层铣深”复选框并单击该按钮，激活分层铣深，弹出如图 5-43 所示的“深度分层切削设置”对话框。



图 5-43 深度分层切削设置对话框

该对话框与外形铣削中的分层铣深对话框基本相同，只是多了一个“使用岛屿深度”激活该选项后，在整个分层的铣削加工过程中，将特别补充一层在岛屿深度的顶面。

参数说明如下：

- “使用岛屿深度”复选框：以岛屿的深度来加工岛屿，当岛屿深度与外形深度不一致时，将对岛屿深度进行铣削，如图 5-44 所示。否则岛屿深度与外形深度相同，如图 5-45 所示。
- “使用副程式”复选框：选择此复选框，系统在 NC 程序中用于程序处理相同的深度循环。
- “锥度斜壁”复选框：选择此复选框，系统按设置的外边界和岛屿的锥度角进行深度分层铣削，如图 5-46 所示。



图 5-44 使用岛屿深度

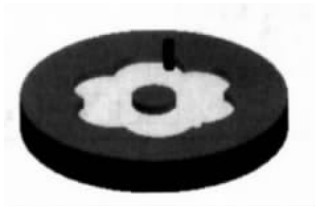


图 5-45 未使用岛屿深度

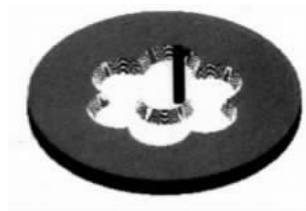
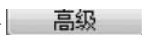


图 5-46 锥度斜壁效果

- “分层铣深的顺序”选项组：当有多个挖槽外形时，设置深度方向的铣削顺序。当选择“按区域”时，每一个挖槽外形均铣削相同的深度，然后再铣削每个外形的下一个深度；当选择“依照深度”时，同一个挖槽外形的所有深度铣削完毕后再转到下一个外形进行铣削。

4. 进阶设置

单击  按钮，系统弹出“进阶设定”对话框，如图 5-47 所示。

- “刀具直径的百分比”文本框：利用刀具直径百分比来确定残余加工及等距环切的公差值。
- “公差设定”文本框：直接设置残余加工及等距环切的公差值。

5. 2D 挖槽的其他参数设置

除了以上几个参数外，挖槽还有以下几个参数设置，其含义分别如下。

- “XY 方向预留量”文本框：在 XY 方向上预留一定的余量作为半精加工或精加工时使用。
- “Z 方向预留量”文本框：在 Z 方向上预留一定的余量作为半精加工或精加工时使用。
- “程式过滤”复选框：将产生的刀具路径进行逼近的修正，使程式更简洁。
- “贯穿”复选框：挖槽时从加工表面挖穿过底面。复选“贯穿”选项，单击  按钮，系统弹出如图 5-48 所示的“贯穿参数”对话框。



图 5-47 进阶设定



图 5-48 贯穿参数

5.3.2 粗铣/精修参数设置

粗铣/精修的参数选项卡如图 5-49 所示。

“粗切/精修的参数”选项卡分为两部分，即粗切、精修。粗切部分可以设置刀具粗加工方式、粗切削间距、下刀方式等。精修部分是粗切过后执行的程式，可以设置精修次数、精加工间距、修光次数、刀具补正方式、进给率和薄壁精修等。



图 5-49 “粗切/精修的参数”对话框

1. 粗切

1) 粗切加工方式

根据工件的形状和结构不同,采用的刀具切削方式也不尽相同。切削方式有双向、等距环切、平行环切、平行环切清角、依外形环切、高速切削、单向切削、螺旋切削等 8 种,每种切削方式的释义如表 5-1 所示。

表 5-1 各种切削方法

粗切方式	注 解	特 点
双向	产生一组来回的直线刀具路径。刀具路径将以相互平行且连续不提刀的方式产生	最经济、最节省时间,适合于粗铣面加工
等距环切	产生一组以环绕等距画圈的切削路径	适合加工规则的单型腔,加工后的型腔底部质量较好
平行环切	以平行螺旋方式粗加工内腔,每次用横跨步距补正轮廓边界	加工时可能不能干净清除毛坯
平行环切清角	以与平行环切的相同方法粗加工内腔,但是在内腔角上增加小的清除加工,可切除更多的毛坯	该方式增加了可用性,但不能保证将所有的毛坯都清除干净
依外形环发	依外形螺旋方式产生挖槽刀具路径,在外部边界和岛屿间用逐步过滤进行插补,粗加工内腔	当型腔内有单个或多个岛屿时可选用
高速切削	以与平行环切的相同方法粗加工内腔,但其在行间过渡时采用一种平滑过渡的方法,另外在转角处也以圆角过渡,保证刀具整个路径平稳而高速	可以清除转角或边界壁的余量,但加工时间相对较长

续表

粗切方式	注 解	特 点
单向切削	所建构之刀具路径将相互平行,且在每段刀具路径的终点,提刀至安全高度后,以快速移动速度行进至下一段刀具路径的起点,再进行铣削下一段刀具路径的动作	适用于切削参数较大时
螺旋切削	以圆形、螺旋方式产生挖槽刀具路径。用所有正切圆弧进行粗加工铣削,其结果为刀具提供了一个平滑的运动和一个较好的全部清除毛坯余量的加工	该选项对于周边余量不均的切削区域会产生较多抬刀

2) 粗切削间距

粗切削间距是指两条刀具路径间的距离,如图 5-50 所示。

- “切削间距(直径%)”文本框:用于设置粗切削间距,以刀具直径百分比来表示,一般取 60%~75%。
- “切削间距(距离)”文本框:用于直接设置粗切削间距,与切削间距(直径%)是互动关系,输入一个,另一个自动更新。
- “粗切角度”文本框:用于设置粗切刀具路径的切削角度,如图 5-51 所示。

3) 下刀方式

用于设定粗加工的 Z 方向下刀方式。挖槽粗加工一般用平铣刀,这种刀具主要用侧面刀刃切削材料,其垂直方向的切削能力很弱,刀具在第一次进入材料粗切削时,若采用直接垂直下刀(不选用“下刀方式”时),这样会猛烈振动,易导致刀具损坏。Mastercam X2 提供了螺旋下刀和斜插式下刀两种下刀方式。



图 5-50 粗切削间距



图 5-51 粗切削角度(30°)

“螺旋下刀”参数说明如下:

单击“螺旋式下刀”,参数设置选项卡如图 5-52 所示。

- “最小半径”/“最大半径”文本框:用来设置螺旋下刀的最小/最大半径。
- “Z 方向开始螺旋”文本框:用来输入螺旋的下刀高度,值越大,刀具在空中的螺旋时间越长。一般设置为粗切削每层的进刀深度即可,大了会浪费时间。
- “进刀角度”文本框:用来输入螺旋下刀的角度,对于相同的螺旋下刀高度而言,螺旋下刀角度越大,螺旋圈数越少,路径越短,下刀越陡。
- “以圆弧进给”复选框:选择此复选框,系统将采用圆弧移动代码将螺旋下刀刀具路



图 5-52 “螺旋式下刀”参数设置选项卡

径写入 NCI 文件, 否则以线段移动代码写入 NCI 文件。

- “将进入点设为螺旋的中心”复选框：选择此复选框, 系统将使用在选择挖槽轮廓前所选择的点作为螺旋式下刀的中心点。
- “方向”选项组：选择螺旋式下刀的螺旋方向, 有顺时针和逆时针两种螺旋式下刀方向。
- “沿着边界渐降下刀”复选框：选择此复选框, 系统将沿着粗加工边界斜线下刀。
- “如果所有进刀方法都失败时”选项组：设置当前所有螺旋下刀尝试都失败后, 系统采用垂直下刀或中断程式, 还可以保留程式中断后的边界几何图形。
- “进刀采用的进给率”选项组：设置螺旋下刀的速度为深度方向的下刀速率或平面进给率。

“斜插下刀”参数说明如下：

单击“斜插下刀”选项卡后, 系统弹出如图 5-53 所示的“斜插下刀”参数设置选项卡。

- “最小长度”/“最大长度”文本框：设置斜插下刀的最小/最大长度。
- “进刀角度”/“退刀角度”文本框：设置斜插切进和切出角度, 对于相同的斜插下刀高度而言, 斜线切进和切出角度越大, 斜插下刀段数越少, 路径越短, 下刀越陡。

4) 粗切其他参数

除了设置粗加工方式、粗切削间距及粗加工下刀方式外, 粗加工还有以下参数。

- “刀具路径最优化”复选框：选择此复选框, 能优化挖槽刀具路径, 达到最佳铣削效果。
- “由内而外环切”复选框：当用户选择是螺旋类切削方式时, 选择此复选框, 系统将从内到外返圈切削, 否则从外到内逐圈切削。
- “高速切削”按钮：当选择高速环切时, 单击此按钮, 系统弹出如图 5-54 所示的高速

切削设置对话框,用户可以进一步设置高速切削参数。



图 5-53 斜插下刀高度和角度

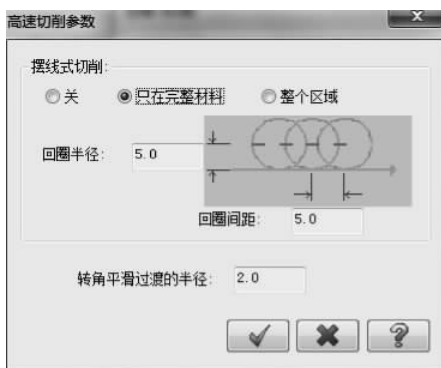


图 5-54 高速切削设置对话框

2. 精加工

- “次数”文本框：设置挖槽精加工的次数。
- “间距”文本框：设置每次精加工的切削间距,即每层切削量。
- “修光次数”文本框：精加工完成后,再在精加工完成位置进行精修,可以设置多次精修。
- “精修外边界”复选框：将内腔壁和内腔岛屿进行精加工。
- “由最靠近的图素开始精修”复选框：在粗加工完成后,刀具以最靠近图素的最近点位置作为精修的起点。
- “只在最后深度才执行一次精修”复选框：当粗加工采用深度分层铣削时,选择此复选框,所有粗加工完成后,才在最后深度执行精修,且仅精修一次。
- “完成所有槽的粗切后,才执行分层精修”复选框：当粗加工采用深度分层铣削时,选择此复选框,所有粗加工完成后再分层精修加工,否则粗加工一层后马上精加工一层。
- “覆盖进给率”选项组：当复选“进给率”和“主轴转速”,用户可以设置精加工的进给率和主轴转速,否则进给率和主轴转速采用粗加工时的值。
- “薄壁精修”按钮：在铣削薄壁零件时,单击此按钮,用户可以设置更细致的薄壁件精加工参数,以保证薄壁件在最后的精加工时刻不变形,如图 5-55 所示。

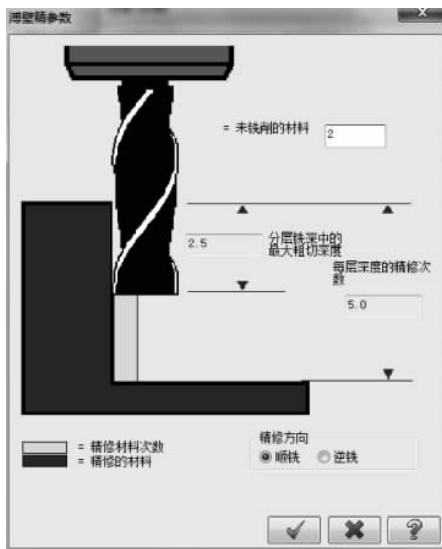


图 5-55 “薄壁精修次数”设置对话框

5.3.3 挖槽加工实例

“实例目标”通过对挖槽加工实例过程的讲述,用户可以更加深入地了解挖槽加工的基本概念和使用方法。

【操作实例 5-2】 挖槽加工。

(1) 建立加工模型,如图 5-56 所示。

(2) 单击“2D 刀具路径”操作栏上的“挖槽”按钮,或选择“刀具路径”→“挖槽”,根据系统提示选择串连外形,然后根据如图 5-57 所示选择挖槽的外形轮廓,单击“选择”对话框中的“确定”按钮,结束串连选择。

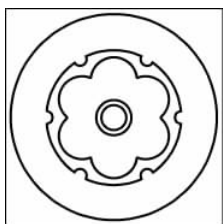


图 5-56 “挖槽.mcx”文件

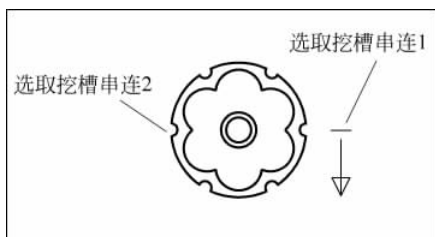


图 5-57 选择挖槽轮廓

(3) 系统弹出“挖槽(标准)”加工对话框,单击 **选择库中刀具** 按钮。系统弹出如图 5-58 所示的“选择刀具”对话框,从刀具库列表中选择 $\phi 12$ 平底刀,单击“确定”按钮 ☒,结束刀具选择。



图 5-58 选择加工刀具

(4) 选择刀具栏中的平底刀,设置刀具参数,如图 5-59 所示。

(5) 选择“2D 挖槽参数”选项卡,设置挖槽参数,如图 5-60 所示。

(6) 单击 **G铣平面** 按钮,设置如图 5-61 所示的铣平面参数,单击“确定”按钮 ☒。

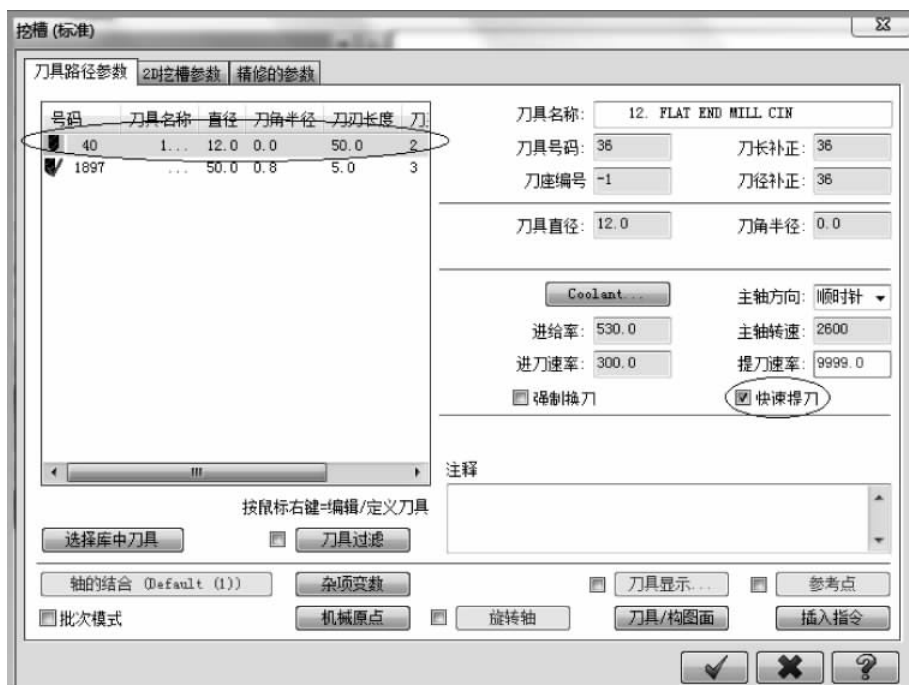


图 5-59 设置“刀具参数”



图 5-60 “2D 挖槽参数”选项卡

(7) 选择“分层铣深”复选框,单击 **Z轴分层铣深** 按钮,设置如图 5-62 所示的深度分层铣削参数,单击“确定”按钮。



图 5-61 铣平面参数



图 5-62 深度分层铣削参数

(8) 打开“粗切/精修的参数”选项卡,设置粗/精加工参数,如图 5-63 所示。



图 5-63 设置粗切/精修的参数

(9) 单击“确定”按钮,结束挖槽参数设置,系统开始进行挖槽加工刀具路径计算,结果如图 5-64 所示。

(10) 单击“2D 刀具路径”操作栏上的“挖槽”按钮,或选择“刀具路径”→“挖槽”命令,根据系统提示选择串连外形,然后根据如图 5-65 所示选择挖槽的外形轮廓,单击“串连选择”对话框中的“确定”按钮,结束串连选择。

(11) 默认刀具列表中的刀具及刀具参数,单击“2D 挖槽参数”选项卡,按照如图 5-66 所示进行设置,选择“使用岛屿深度”挖槽形式。

(12) 选中“分层铣深”复选框,单击 **Z轴分层铣深** 按钮,在弹出的深度“分层铣削设置”对话框中,选中“使用岛屿深度”,设置“外边界的锥度角”为 10,“岛屿的锥度角”为 30,如图 5-67 所示,单击“确定”按钮。

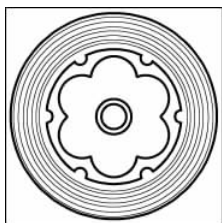


图 5-64 产生的挖槽刀具路径

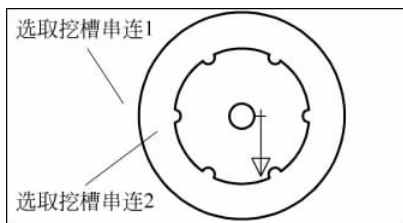


图 5-65 选择挖槽轮廓



图 5-66 设置“2D 挖槽参数”

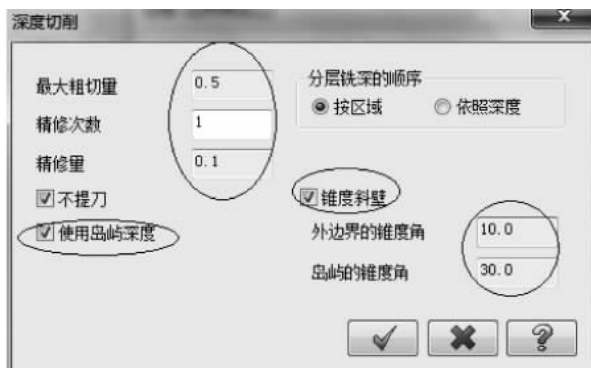


图 5-67 设置深度分层铣削参数

(13) 打开“粗切/精修的参数”选项卡,设置粗/精加工参数,如图 5-68 所示。单击  按钮,按照如图 5-69 所示设置螺旋式下刀参数。



图 5-68 设置“粗切/精修”的参数

(14) 单击“确定”按钮,产生的刀具路径如图 5-70 所示。

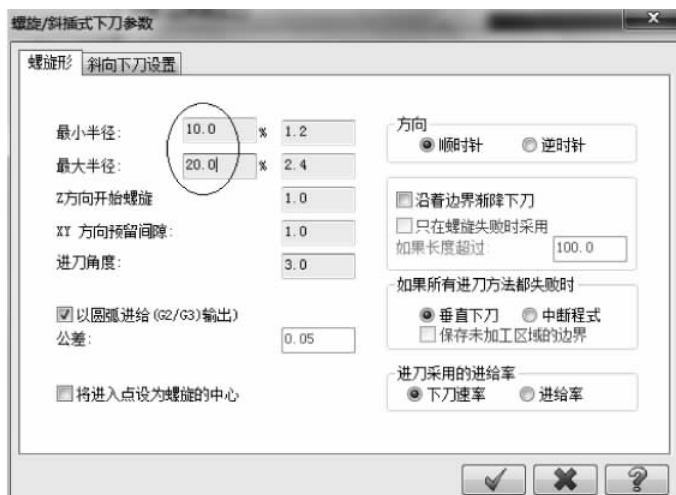


图 5-69 设置螺旋式下刀参数

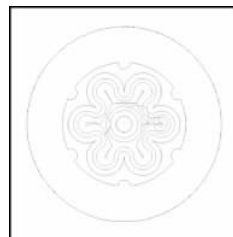


图 5-70 使用岛屿挖槽路径

(15) 在加工操作管理器中,按 Ctrl 键,复选两个挖槽操作,如图 5-71 所示。

(16) 对岛屿挖槽路径进行模拟操作,调整模拟加工速度为合适值,加工结果如图 5-72。

(17) 选择菜单“文件”→“保存”命令,保存文件。

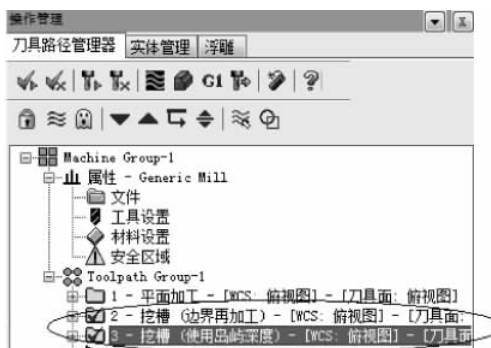


图 5-71 选择挖槽操作

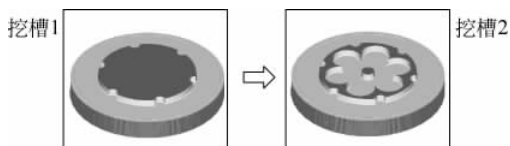


图 5-72 实体验证模拟过程

5.4 外形铣削加工

外形铣削也称为轮廓铣削,其特点是沿着零件的外形(轮廓线)生成切削加工的刀具轨迹。轮廓可以是二维的,也可以是三维的,二维轮廓产生的刀具路径的切削深度是固定不变的,而三维轮廓线产生的刀具路径的切削深度是随轮廓线的高度位置变化的。

外形铣削是针对垂直及倾斜角度不大的轮廓曲面所使用的一种加工方法。它是通过刀侧刃并配以适当的加工参数,以等高切削方式对所指定的轮廓曲面(必须能够形成连续走刀路径)进行分层加工。该方法既可以用于大切削余量的粗加工,又可以用于较小余量的精加工。一般采用具有两轴半联动功能的数控铣床便可完成轮廓铣削加工。

外形加工在实际应用中,主要用于一些形状简单的、模型特征是由二维图形决定的、面为直面或者倾斜度一致的工件,如凸轮、齿轮外轮廓铣削,如图 5-73 所示。使用这种方法可以用简单的二维轮廓线直接进行编程,快捷方便。

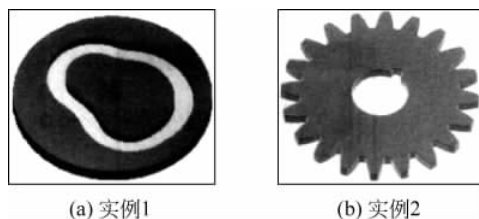


图 5-73 外形铣削加工实例

5.4.1 外形加工参数设置

选择菜单“机床类型”→“铣削”→“默认”命令后,选择“刀具路径”→“外形铣削”命令,在绘图区选择要加工的 2D 外形轮廓后,系统弹出“外形”铣削参数设置对话框,打开“外形加工参数”选项卡,如图 5-74 所示。

1. 外形铣削形式设置

Mastercam X2 对于 2D 轮廓铣削提供 4 种形式来供用户选择: 2D、2D 倒角、斜插下刀和残料加工,如图 5-75 所示。对于 3D 轮廓铣削时用户也可以选择 2D、3D 和 3D 成型刀等三种轮廓铣削形式。



图 5-74 外形加工参数

1) 倒角加工

倒角加工铣削方式是利用倒角刀在 2D 或 3D 轮廓上产生倒角铣削结构,主要是应用于零件周边倒角。选择该方式后,“倒角加工...”按钮被激活,单击该按钮,出现“倒角加工”对话框,如图 5-76 所示。



图 5-75 外形铣削形式

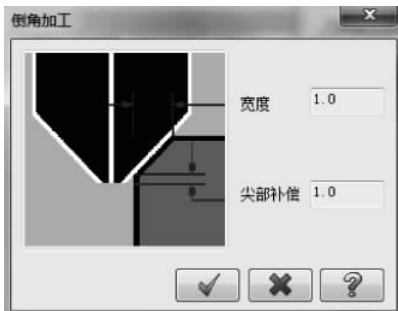


图 5-76 “倒角加工”参数设置对话框

2) 斜插式加工

选择该方式后,“渐降斜插...”按钮被激活,单击该按钮,出现“外形铣削的渐降斜插”参数设置对话框,如图 5-77 所示。斜插式外形铣削主要有三种下刀方式:角度(指定每次斜插的角度)、深度(指定每次斜插的深度)和直线下刀(不作斜插,直接以深度值垂直下刀)。

3) 残料加工

外形铣削中的残料加工主要针对先前用较大直径刀具加工遗留下来的残料再加工,特别是工件的狭窄的凹型面处。图 5-78 所示为残料加工参数设置对话框。



图 5-77 “外形铣削的渐降斜插”参数设置对话框



图 5-78 “外形铣削的残料加工”参数设置对话框

2. 修正设置

在实际的外形铣削加工中,刀具所走的加工路径并不是刀具的外形轮廓,还包括一个修正量,修正量包括实际使用刀具的半径;程序中指定的刀具半径与实际刀具半径的差,刀具的磨损量;工件间的配合间隙。

Mastercam X2 系统提供了丰富的修正方式和修正方向供用户进行组合,来实现实际的加工需要,主要包括以下几个参数。

1) 修正型式

刀具修正的功能可以让用户在加工时修正刀具的半径值以免发生过切。Mastercam X2 系统提供了 5 种修正方式供用户选择,如图 5-79 所示。

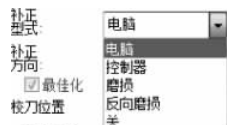


图 5-79 修正方式

(1) “电脑”方式:由计算机直接计算修正后的刀具路径,刀具中心往指定方向移动一个修正量(一般为刀具的半径),NC 程序中的刀具移动轨迹坐标是加入了修正量的坐标值,如图 5-80 所示。

(2) “控制器”方式:指在 CNC 控制器上直接做刀具修正。由控制器将刀具中心向指定方向移动一个存储在寄存器里的修正量(一般为刀具的半径),系统将在程序中送出 G42 或 G41 码给 CNC 控制器,NC 程序中的坐标值是外形轮廓的坐标,如果选择关,则 CNC 控制器将忽略刀具的修正。

利用 NC 程序中的 G40、G41 或 G42 等修正代码指令实现修正,而不必产生一修正的刀具路径,如图 5-81 所示。

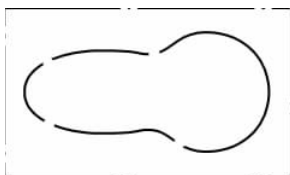


图 5-80 计算机修正方式

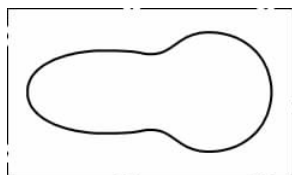
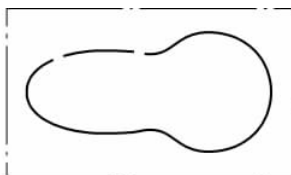


图 5-81 控制器修正方式

(3) “两者”方式:系统同时用计算机和控制器修正方式,且修正方向相同,在 NC 程序中给出了加入修正量的轨迹坐标值,同时又输出控制修正代码 G41 或 G42。

(4) “两者反向”方式：系统采用计算机和控制反向补正方式，即当计算机采用左补正时，系统在 NC 程序中输出反向补正控制代码 G42(右补正)；当计算机采用右补正时，系统在 NC 程序中输出反向补正控制代码 G41(左补正)。

(5) “关”方式：系统关闭补正方式，在 NC 程序中给出外形轮廓的坐标值，且 NC 序中无控制补正代码 G41 或 G42。

2) 补正方向

Mastercam X2 提供了两种补正方向供用户选择，如图 5-82 所示。

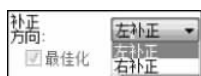


图 5-82 补正方向

(1) “左”方向：系统采用左补正，若补正方式为计算机补正，则朝选择的串连方向看去，刀具中心往外形轮廓左侧方向移动一个补正量；若选择的是控制器补正，则在 NC 程序中输出一个左补正代码 G41。

(2) “右”方向：系统采用右补正，若补正方式为计算机补正，则朝选择的串连方向看去，刀具中心往外形轮廓右侧方向移动一个补正量；若选择的是控制器补正，则在 NC 程序中输出一个右补正代码 G42，如图 5-83 所示。

3) 补正位置

(1) 设定刀具长度补正位置，有补正到球心和刀尖两个选择，如图 5-84 所示。



图 5-83 补正方向示意图



图 5-84 补正位置

(2) “球心”补正：补正至刀具端头中心。

(3) “刀尖”补正：补正到刀具的刀尖。为避免发生过切，建议使用刀尖补正。刀具刀尖与球心点的位置如图 5-85 所示。

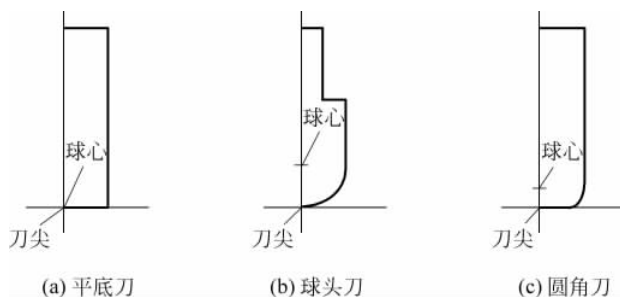


图 5-85 刀尖与球心点位置

补正位置不同时的刀具路径如图 5-86 所示。

3. 转角设置

转角设置有三个选项：不走圆角、尖角部位走圆角、全走圆角。

(1) “无”方式：所有的尖角直接过波，产生的刀具轨迹的形状为尖角。

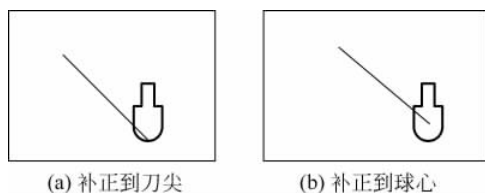


图 5-86 补正位置不同时刀具路径的比较

(2) “尖角”方式：对尖角部位(默认为 $<130^\circ$)走圆角,对于大于该角度的转角部位采用尖角过渡。

(3) “全部”方式：对所有的转角部位均采用圆角方式过渡。

4. 寻找相交性及误差分析

寻找相交性是在创建铣削轨迹前检测几何图形是否自相交,而误差分析可以用来检验刀具路径的精确度,具体如下。

(1) “寻找相交性”复选框：启动寻找相交功能,即在创建铣削轨迹前检测几何图形是否自相交。若发现相交,则在交点以后的图形不产生切削轨迹。

(2) “曲线打断线段的误差值”文本框：此参数仅用于 3D 外形铣削或 2D 的曲线、NURBS 曲线或圆弧的锐角。该值设定得愈小,其打断的线段愈短,所产生的刀具路径愈精确,但所花的路径计算时间也愈长。

(3) “3D 曲线的最大深度变化量”文本框：该项仅在 3D 外形铣削时才有效。设定较小的值,会产生一个较精确的刀具路径。

5. 加工预留量

加工预留量是指预留一定厚度的材料在工件上进一步加工。在 Mastercam X2 中预留量的方向决定于计算机补正参数的设定,如果计算机补正的设定为左补正,则预留量在左;同样,如果计算机补正的设定为右补正,则预留量在右;当计算机补正的设定为不补正时,则预留量的方向由控制器补正参数设定;当计算机补正和控制器补正设定为不补正时,则预留量忽略不计。

(1) “XY 方向预留量”文本框：设定在 XY 方向的切削平面上,预留多少精修量以作为后续精加工用。

(2) “Z 方向预留量”文本框：设定沿 Z 轴进刀方向,预留多少精修量作为后续精加工用。

6. 进/退刀向量

为了使刀具平稳地进入和退出工件,一般要求在不同的 2D 和 3D 外形铣削路径的起点或终点位置。产生一段与工件加工外形相接的进刀路径或退刀路径,从而防止过切或产生毛边。单击 **进/退刀向量** 按钮,系统弹出如图 5-87 所示的“进刀/退刀”向量设置对话框。

(1) “直线进 / 退刀”选项组：“垂直”方式会在进/退刀处产生刀痕,常用于粗加工;“相切”表示所增加的直线刀具路径与相接的外形刀具路径相切,如图 5-88 所示。

(2) “圆弧进/退刀”选项组：圆弧进/退刀是指以一段圆弧作引线,与相接的外形刀具路径相切的进/退刀方式,如图 5-89 所示。这种方式可以获得比较好的加工表面质量,通常

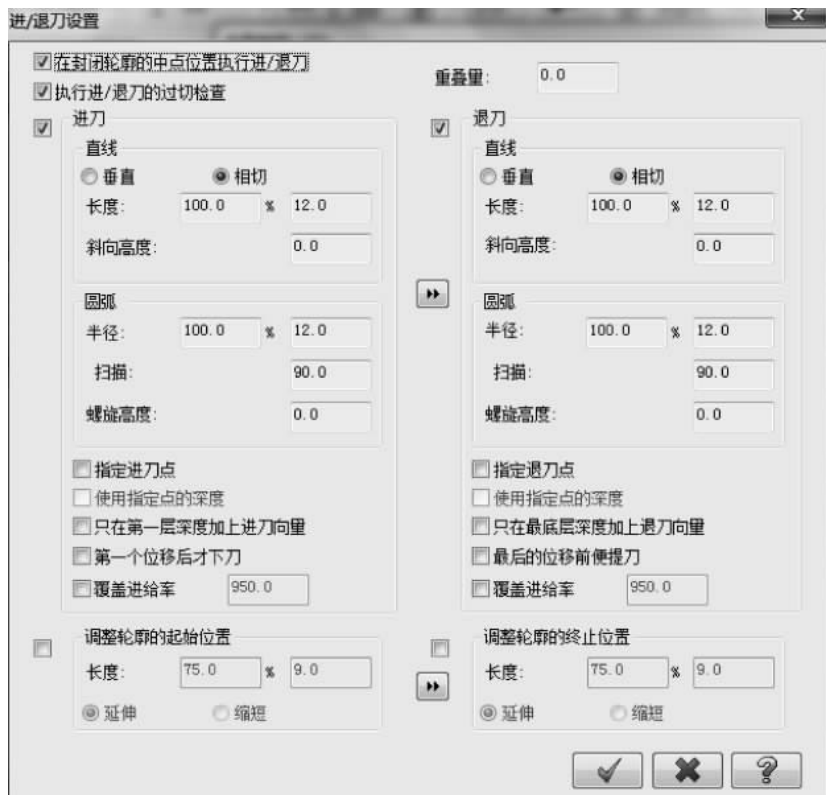


图 5-87 进/退刀向量设置对话框

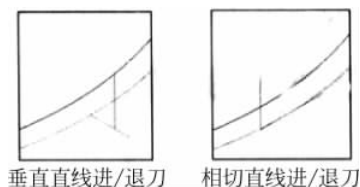


图 5-88 直线进/退刀



图 5-89 圆弧进/退刀

在精加工中使用。

(3) “重叠量”文本框：指退刀前刀具仍沿刀具路径的终点向前切削的距离值。也是退刀直线(或圆弧)与进刀直线(或圆弧)在刀具路径上的重叠量。设置退刀重叠量可使工件在刀具退出处保持光滑。

7. 平面多次铣削

在机械加工中,考虑到机床及刀具系统的刚性,或为达到理想的表面加工质量对切削量较大的毛坯余量一般分几刀进行加工。单击 **平面多次铣削** 按钮,系统弹出如图 5-90 所示的“XY 平面多次切削设置”对话框。

(1) “粗切”选项组：该栏用于设定沿外形的粗切削次数及进刀间距。

(2) “精修”选项组：该栏用于设定沿外形的精修次数及进刀间距。

(3) “执行精修的时机”选项组: “最后深度”表示系统只在铣削的最后深度, 精铣路径, “所有深度”表示系统在每一层粗铣后都执行外形精铣路径, 如图 5-91 所示。



图 5-90 “XY 平面多次切削设置”对话框

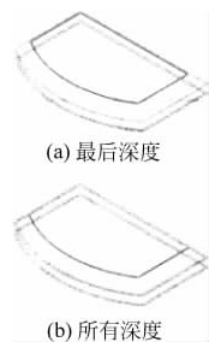


图 5-91 精修时机的选择

8. Z 轴分层铣削

Z 轴分层铣深是指外形铣削时刀具在 Z 轴方向的分层粗铣与精铣, 用于材料较厚无法一次加工至最后深度的情形。单击 **Z轴分层铣削** 按钮, 系统打开如图 5-92 所示的“深度分层切削设置”对话框。



图 5-92 “深度分层切削设置”对话框

在实际加工中, 总切削量等于最后切削深度减 Z 向预留量, 而实际粗切量往往要小于最大粗切量的设定值, 系统会按以下方法重新调整粗切量。

按公式计算:

粗切次数 = $\frac{(\text{总切削量} - \text{精修量} \times \text{次数}) - \text{Z 向预留量}}{\text{最大粗切量}}$, 求值并取整, 即为实际粗切次数。

实际粗切量 = $\frac{(\text{总切削量} - \text{精修量} \times \text{次数}) - \text{Z 向预留量}}{\text{实际粗切次数}}$

5.4.2 外形铣削实例

【操作实例 5-3】 外形铣削加工。

(1) 建立加工模型,如图 5-93 所示。

(2) 单击“2D 刀具路径”操作栏上的“外形铣削”按钮 ,或选择“刀具路径”→“外形铣削”命令,根据系统提示选择串连外形,然后根据如图 5-94 所示选择外形轮廓,单击串连选择对话框中的“确定”按钮,结束串连选择。

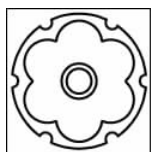


图 5-93 “外形铣削.mcx”文件

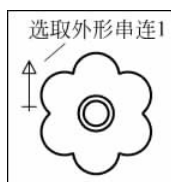


图 5-94 选择串连外形轮廓

(3) 系统弹出“外形(2D)”对话框,在“刀具参数”空白区内单击右键,在弹出的下拉菜单中选择“刀具管理”命令。系统弹出“刀具管理”对话框,选择 $\phi 20$ 平底刀,单击“复制选取的资料库刀具至其群组”按钮 ,结果如图 5-95 所示。单击“确定”按钮,结束刀具选择。

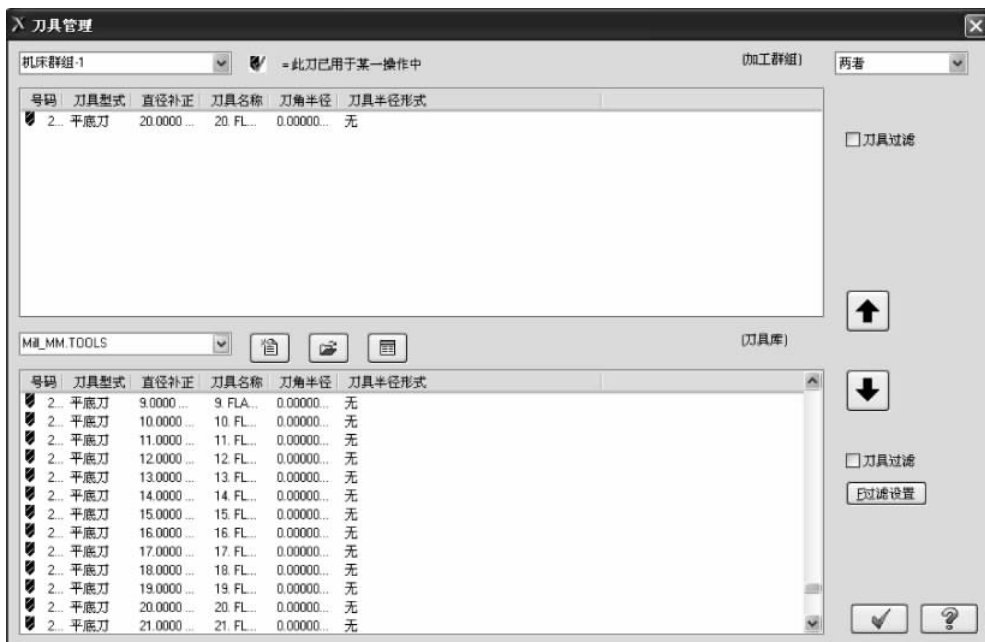


图 5-95 “刀具管理”对话框

(4) 选择上一步添加的平底刀,参数设置如图 5-96 所示。

(5) 打开“外形加工参数”选项卡,设置“进给下刀位置”为 3,选择转角走刀方式为“全部”圆角,输入加工“深度”为 40,如图 5-97 所示。

(6) 单击 **平面多次铣削** 按钮,设置如图 5-98 所示的外形多次铣削参数,单击“确定”按钮。

(7) 单击 **Z轴分层铣削** 按钮,设置如图 5-99 所示的深度分层切削参数,单击“确定”按钮,单击“外形”参数对话框中的“确定”按钮,结束外形参数设置,产生的刀具路径,如图 5-100 所示。

刀具名称: 20. FLAT END MILL CIN	
刀具号码: 1	刀长补正: 1
刀座编号: -1	刀径补正: 1
刀具直径: 20.0	刀角半径: 0.0
Coolant...	
进给率: 600.0	主轴方向: 顺时针
进刀速率: 500.0	主轴转速: 8000
	提刀速率: 9999.0
☐ 模拟换刀	☒ 快速换刀

图 5-96 设置“刀具参数”

图 5-97 设置“外形加工参数”

图 5-98 “X 轴分层切削”对话框

图 5-99 “深度切削”对话框

(8) 选择如图 5-101 所示的加工操作管理器中的材料设置命令。

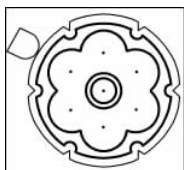


图 5-100 外形铣削路径



图 5-101 启动材料设置

(9) 在弹出的“机器群组属性”对话框的“素材设置”选项卡中,设置“工件材料的形状”为“圆柱体”,工件 Z 向高度为 40,设置素材原点的视角坐标在(0,0,40),如图 5-102 所示。单击“确定”按钮,结束素材设置,工件轮廓如图 5-103 所示。

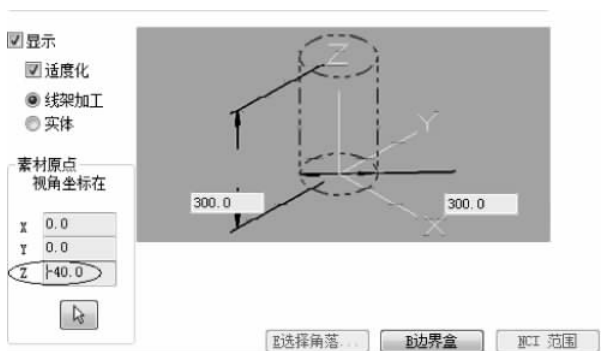


图 5-102 素材设置

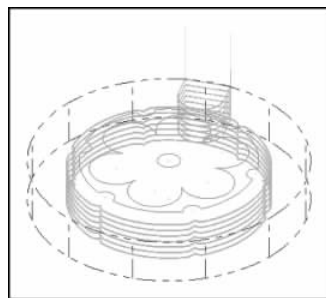


图 5-103 工件轮廓

(10) 单击加工操作管理器中的“实体加工模拟”按钮,系统弹出“实体切削验证”对话框,单击“模拟执行”按钮,加工前和加工后的效果如图 5-104 所示。

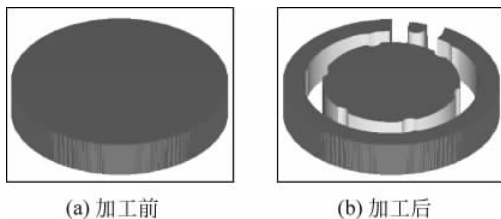


图 5-104 加工前后效果

(11) 单击“2D 刀具路径”操作栏上的“挖槽”按钮,或选择“刀具路径”→“挖槽”命令,根据系统提示选择串连外形,然后根据图 5-105 所示选择挖槽的外形轮廓,单击串连选择对话框中的“确定”按钮,结束串连选择。

(12) 从刀具列表中选择 $\phi 10$ 的平底刀,设置刀具参数如图 5-106 所示。

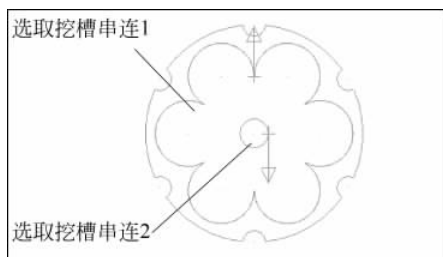


图 5-105 选择挖槽轮廓



图 5-106 设置“刀具参数”

(13) 单击“2D 挖槽参数”选项卡,按照图 5-107 所示进行设置,选择“标准挖槽”方式。



图 5-107

(14) 单击“确定”按钮,产生的刀具路径如图 5-108 所示。单击加工操作管理器中“选择全部操作”按钮 ,然后单击“实体加工模拟”按钮 ,在系统弹出的“实体切削验证”对话框中,单击“模拟执行”按钮 ,模拟后的效果如图 5-111 所示。

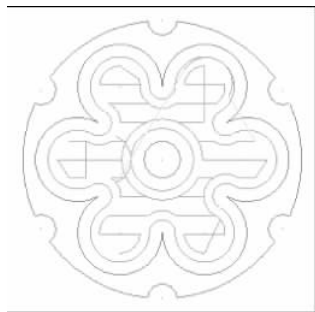


图 5-108 挖槽刀具路径

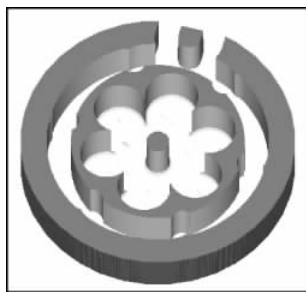


图 5-109 外形铣削+挖槽效果

(15) 单击加工操作管理器中“选择全部操作按钮”,单击“切换刀具路径现实的选择操作”按钮,隐藏两个操作的刀具路径,如图 5-110 所示。

(16) 单击“2D 刀具路径”操作栏上的“外形铣削”按钮,或选择“刀具路径”→“外形铣削”命令,系统提示选择串连外形,然后根据图 5-111 所示选择外形轮廓,单击串连,选择对话框中的“确定”按钮,结束串连选择。



图 5-110 隐藏刀具路径

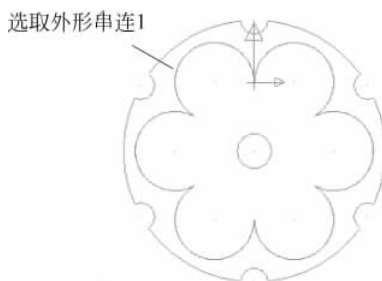


图 5-111 串连选择外形图

(17) 系统弹出“刀具参数”对话框,单击  选择库中刀具按钮。系统弹出的“选择刀具”对话框在 Mice- MM. TOOLS 库中选择 $\phi 25$ 的倒角铣刀,单击“确定”按钮结束刀具选择。

(18) 按照图 5-112 所示设置倒角铣刀参数。

(19) “外形加工参数”选项卡,按照如图 5-113 所示的步骤操作。

(20) 产生的倒角路径如图 5-114 所示。

(21) 单击加工操作管理器中按钮,然后单击按钮,在系统弹出的“实体切削”对话框中,单击“模拟执行”



图 5-112 设置倒角铣刀参数



图 5-113 单击“倒角加工”按钮,弹出对话框

按钮 , 模拟后的效果如图 5-115 所示。

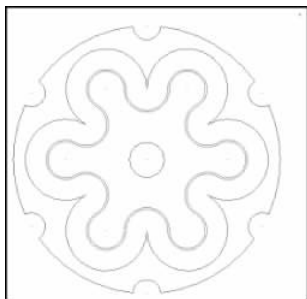


图 5-114 倒角加工路径

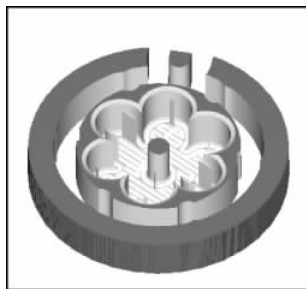


图 5-115 模拟倒角效果

(22) 单击“实体切削验证”对话框中的“确定”按钮, 结束模拟操作。

(23) 选择菜单“文件”→“保存”命令, 保存文件。

5.4.3 螺纹加工实例

在实际中往往要在旋转体上加工沟槽形状, 利用 Mastercam X2 自带的旋转功能, 在外形铣削中置换 X 或 Y 轴的功能, 可以简单地将三轴问题转换成 4 轴刀具路径。

下面这个实例是运用 2D 外形铣削中的“旋转轴”置换功能加工普通螺纹, 如图 5-116 所示。螺纹的外径为 60, 螺距为 30, 螺纹的圈数为 4。下面介绍具体的操作步骤。

1. 绘制图形

(1) 绘制一个长方形, 长方形的长度为 $L = \pi Dn$, 长方形的宽为 $H = dn$, 其中 D 为螺纹的外径, n 为螺纹的围数, d 为螺纹的螺距。此例中, 长方形的长为 753.6, 宽为 120。

(2) 绘制矩形对角线并将两头延长 30, 结果如图 5-117 所示。



图 5-116 螺纹



图 5-117 绘制矩形对角线并延长

2. 生成刀具路径

(1) 单击“2D 刀具路径”操作栏上的“外形铣削”按钮 , 或选择“刀具路径”→“外形铣削”命令, 系统提示选择串连外形, 然后根据图 5-118 所示选择外形轮廓, 单击串连选择对话框中的“确定”按钮, 结束串连选择。

(2) 系统弹出“外形(2D)”对话框, 单击选择库中“刀具”按钮系统弹出“定义刀具”对话框。在“刀具型式”选项卡中选择刀具类型为“倒角刀”。

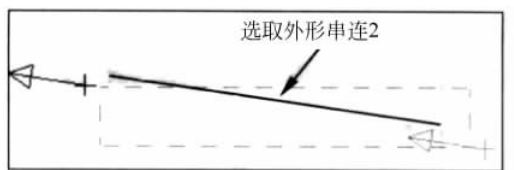


图 5-118 选择串联外形轮廓

(3) 打开“倒角铣刀”选项卡,设置刀具形状参数如图 5-119 所示。

(4) 打开“参数”选项卡,设置刀具参数,如图 5-120 所示。

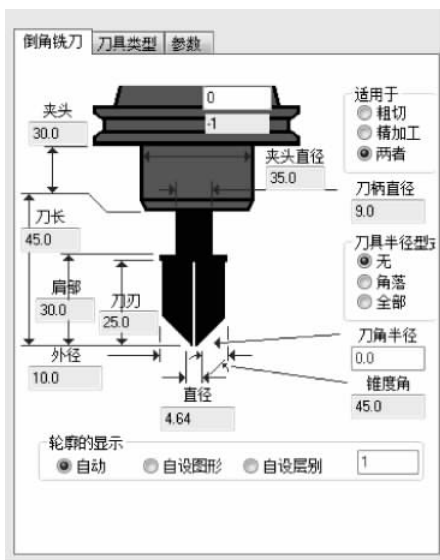


图 5-119 设置刀具形状参数

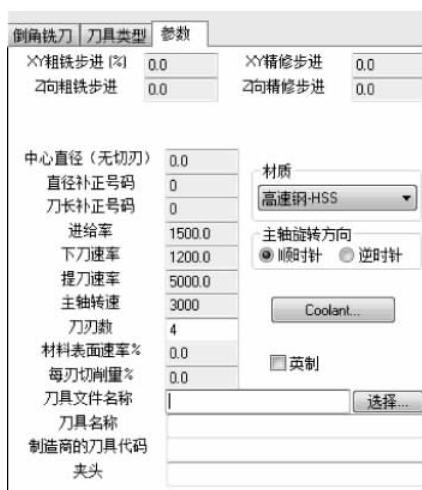


图 5-120 设置刀具参数

(5) 单击“确定”按钮。打开“外形加工参数”选项卡,设置“进给下刀位置”为 5,输入加工“深度”为 -10 选择“外形铣削类型”为“2D”,其他采用默认设置。

(6) 单击 **Z轴分层铣削** 按钮,设置如图 5-121 所示的深度分层铣削参数,单击“确定”按钮。

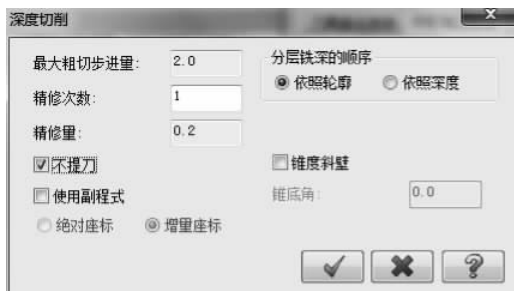


图 5-121 深度分层切削设置

(7) 选中“刀具参数”选项卡中的“旋转轴”复选框,并单击 **旋转轴** 按钮,参数设置如图 5-122 所示,单击“确定”按钮。

(8) 单击“外形”参数对话框中的“确定”按钮,结束外形参数设置,产生的刀具路径如图 5-123 所示。

(9) 选择如图 5-124 所示的加工操作管理器中的材料设置命令。



图 5-122 设置旋转轴

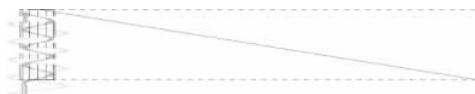


图 5-123 螺纹切削刀具路径

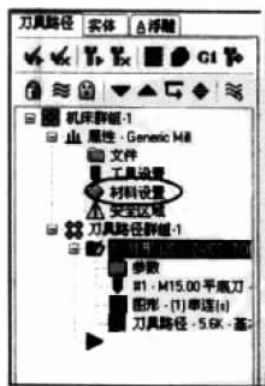


图 5-124 启动材料设置

(10) 在弹出的“机器群组属性”对话框中的“素材设置”选项卡,设置素材参数如图 5-125 所示。单击“确定”按钮,结束素材设置。

(11) 单击加工操作管理器中的“实体加工模拟”按钮,系统弹出“实体切削验证”对话框,单击“模拟执行”按钮,实体加工效果如图 5-126 所示。

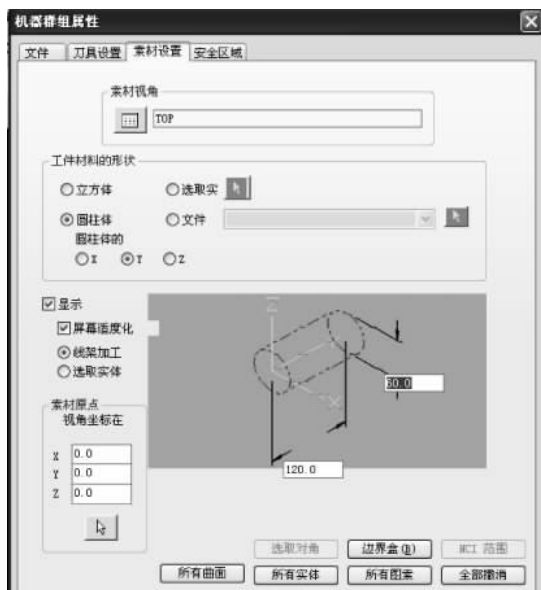


图 5-125 素材设置

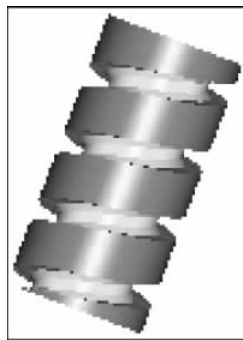


图 5-126 实体加工模拟效果

5.5 钻孔加工

钻孔加工是机械加工中经常使用的一种方法,钻孔功能可以应用于钻直孔、镗孔和攻螺纹孔等加工。

Mastercam X2 的钻孔加工可以指定多种参数进行加工,设定钻孔参数后,自动输出相对应的钻孔固定循环加指令,包括钻孔、铰孔、镗孔、攻牙等加工方式。钻孔加工程序可以用于工件上各种点的加工,对于使用数控加工中心进行加工的工件来说,为了保证有足够的精度,通常在数控加工机床上直接进行孔的加工。

钻孔参数除了要设置公共刀具参数外,还要设置其专用的两组铣削参数,包括钻孔参数和用户自定义参数,如图 5-127 和图 5-128 所示。



图 5-127 钻孔加工参数设置

5.5.1 钻孔加工参数设置

1. 钻孔方式

Mastercam X2 系统提供了标准钻孔、深孔啄钻、断屑式钻孔、攻螺纹、镗孔 1 #、镗孔 2 # 高级镗孔等 7 种钻孔方式和一种自定义钻孔方式,各种钻孔方式的含义如下。

(1) 标准钻孔:一般用于钻削和镗削孔深 H 小于 3 倍刀具直径 D ($H < 3D$) 的孔。孔底要求平整,可在孔底暂停,对应 NC 指令为 G81/G82。

(2) 深孔啄钻:也称步进式钻孔,常用于钻削孔深 H 大于 3 倍刀具直径 D ($H > 3D$) 的深孔。钻削时刀具会间断性地提刀至安全高度,以排除切屑。其常用于切屑难以排除的场合,对应指令为 G83。



图 5-128 自定义钻孔参数设置

(3) 断屑式钻孔：一般用于钻削孔深 $H > 3D$ 时的深孔。钻削时刀具会间断性地以退刀量将刀返回一定的高度，以打断切屑（对应 NC 指令为 G73）。该钻孔循环可节省时间，但排屑能力不及深孔啄钻方式。

(4) 攻螺纹：用于攻右旋或左旋的内螺纹孔，对应 NC 指令为 G84。

(5) 镗孔 1#：采用该方式镗孔时，系统以进给速度进刀和退刀，加工一个平滑表面的直孔，对应 NC 指令为 G85、G89。

(6) 镗孔 2#：采用该方式镗孔时，系统以进给速度进刀，至孔底主轴停止，刀具快速退回，对应 NC 指令为 G86。其中，主轴停止是防止刀具划伤孔壁。

(7) 高级镗孔：采用该方式镗孔，刀具在孔深处停转，允许将刀具旋转角度后退刀。

(8) 自定义钻孔方式：用户可以根据需要自己定义钻孔方式。

2. 刀尖补正

用户在“深孔钻-无啄钻”选项卡中设置的钻孔深度是指刀尖的深度，在钻通孔时若配置的钻孔深度与材料厚度相同，会导致孔底留有残料，利用刀尖补正功能则可以方便地解决问题。

刀尖补正功能是用于自动调整钻削的深度至钻头前端斜角部位的长度，以作为钻头端，刀尖补正值。图 5-129(a)所示是深度按刀尖计算。当激活刀尖补正选项时，钻头的端部斜角部分将不计算在深度尺寸内，如图 5-129(b)所示。

单击 按钮，“钻头尖部补正”参数设置对话框。在该对话框中主要是设置贯穿距离以确保钻孔时刀具钻穿工件，各参数作用如图 5-130 所示。

3. 钻孔点的选择

启动钻孔加工命令后，系统弹出“选取钻孔的点”对话框，供用户选择钻孔点的选择方法。对话框各项参数含义如图 5-131 所示。

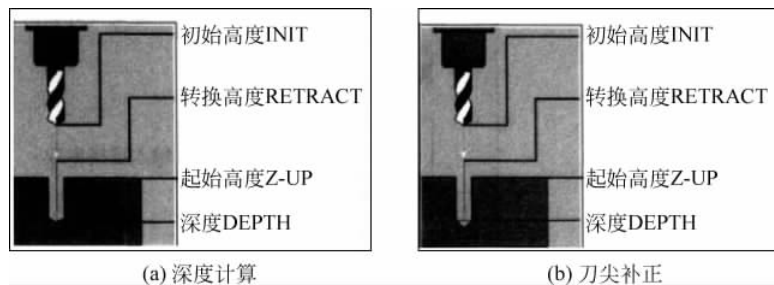


图 5-129 深度计算和刀尖补正



图 5-130 钻头尖部补正

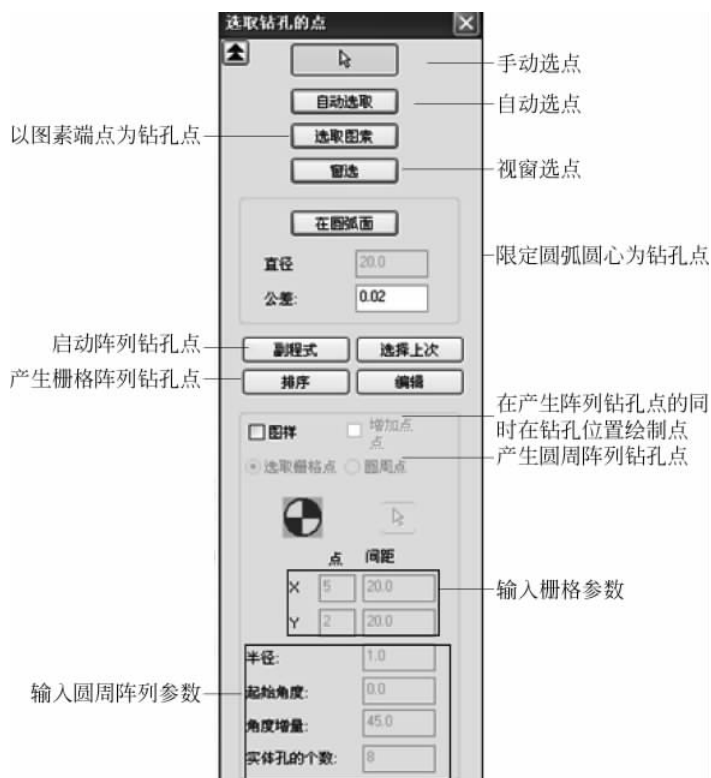


图 5-131 “选取钻孔的点”对话框

1) 手动选点

手动选择要求用户选择已存在的点或输入钻孔点坐标,或捕捉几何图形上的某一点等来产生钻孔点。

2) 自动选点

系统自动选择一系列已经存在的点作为钻孔的中心点。单击 **自动选取** 按钮,根据系统所示选取第一点、第二点和最后一点,然后系统自动产生钻孔刀具路径,如图 5-132 所示。

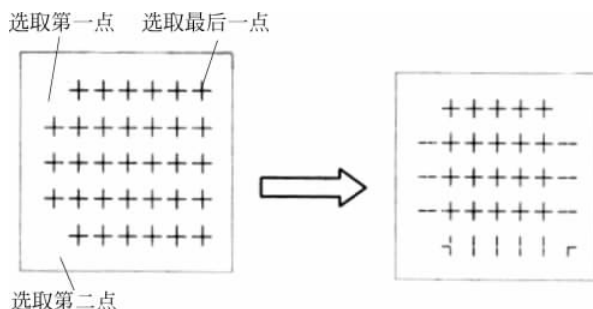


图 5-132 自动选择钻孔点

3) 选取图表

单击 **S 选取图素** 按钮,系统提示选择图素,按 Enter 键确认后,系统自动选择所选图素的端点作为钻孔点。如图 5-133(a)所示,顺序选取矩形的 4 条边线,按 Enter 键确认,产生的钻孔刀具路径如图 5-133(b)所示。

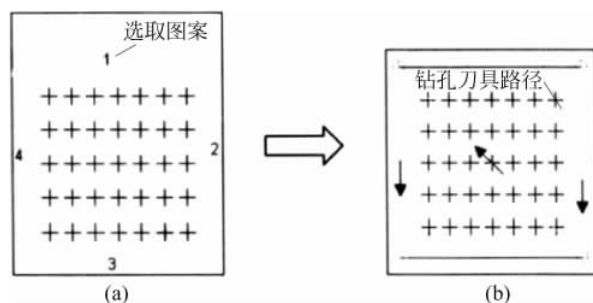


图 5-133 图素选取钻孔点

4) 窗选

单击 **W 窗选** 按钮,用鼠标框选点,系统自动将视窗内的点作为钻孔点。如图 5-134(a)所示,以四边形的两个对角点作为窗选点选角落,产生的钻孔刀具路径如图 5-134(b)所示。

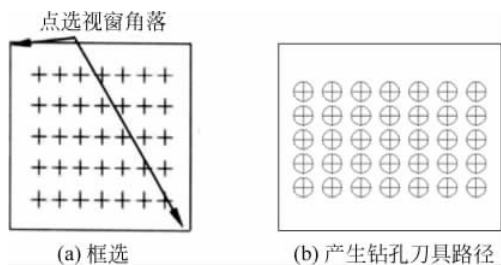
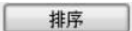


图 5-134 窗选

用户在窗选结束时还可以单击  按钮,进行钻孔顺序的设置,如图 5-135 所示。

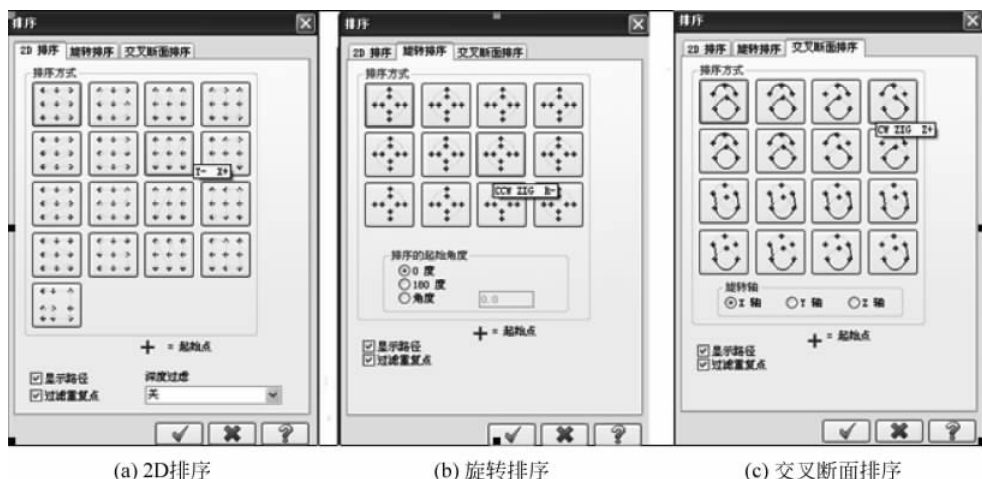


图 5-135 排序

5) 栅格阵列产生钻孔点

选择“选取栅格点”单选按钮,在 X、Y 栏中输入要阵列的钻孔数目和间距,系统产生栅格形式的钻孔刀具路径,如图 5-136 所示。

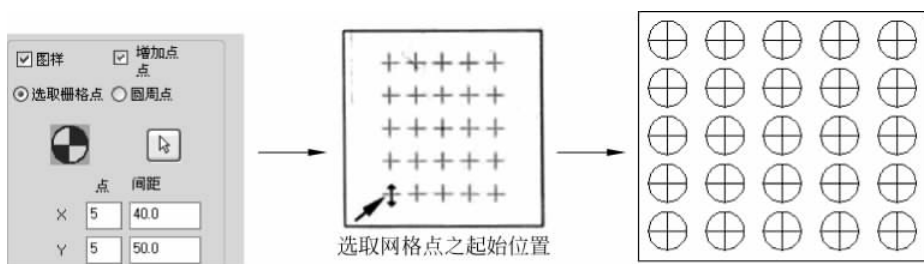


图 5-136 栅格阵列产生钻孔点

6) 圆周阵列产生钻孔点

选择“圆周点”单选按钮,设置半径、实体孔的个数等参数后,选择圆心放置点,系统将产生圆周阵列形式的钻孔刀具路径,如图 5-137 所示。

5.5.2 钻孔加工实例

【操作实例 5-4】 对如图 5-138(a)所示的零件进行钻孔加工,加工效果如图 5-138(b)所示。

(1) 建立加工模型,如图 5-139 所示(注:槽在前面已经加工好)。

(2) 单击加工操作管理器中“选择全部操作”按钮 ,单击“切换刀具路径现实的选择操作”按钮 ,关闭所有刀具路径的显示,如图 5-140 所示。

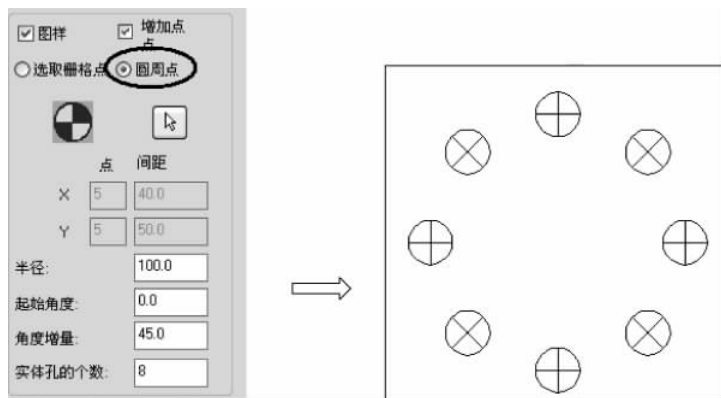
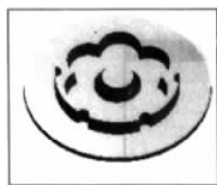
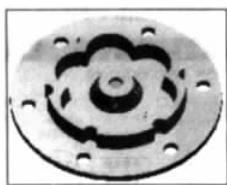


图 5-137 圆周阵列产生钻孔点



(a) 加工前



(b) 加工后

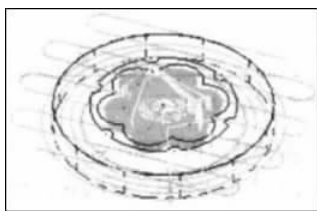


图 5-139 “钻孔.mcx”文件

图 5-138 钻孔加工实例

(3) 单击“2D 刀具路径”操作栏上的“钻孔”按钮 , 或选择“刀具路径”→“钻孔”命令, 系统提示选择钻孔点, 手动选择如图 5-141 所示的圆心点, 单击“选取钻孔的点”对话框中的“确定”按钮, 结束钻孔点选择。

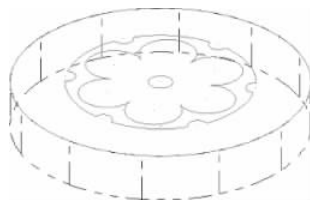


图 5-140 关闭刀具路径显示

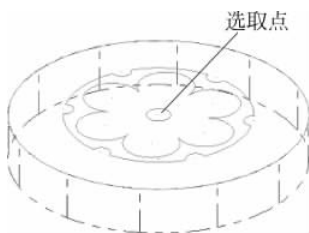


图 5-141 选取钻孔点

(4) 系统弹出 Driee/Conterbore 加工对话框, 在“刀具参数”空白区内右击, 在弹出的下拉菜单中选择“刀具管理”命令, 系统弹出“刀具管理”对话框, 在 steet-MM. TOOLS 库中选择 $\phi 20$ 钻孔刀, 单击“复制选取的资料库刀具至其群组”按钮 , 单击“确定”按钮, 结束刀具选择。

(5) 选择上一步添加的钻头, 在 Driee/Counterbore 对话框中设置“进给率”为 420, “转速”为 1500。

(6) 打开“深孔钻-无啄钻”选项卡, 设置参数如图 5-142 所示。单击“确定”按钮, 产生的钻孔刀具路径如图 5-143 所示。

(7) 单击“切换刀具路径现实的选择操作”按钮 , 关闭刀具路径的显示。



图 5-142 设置外形加工参数

(8) 单击“2D 刀具路径”操作栏上的“钻孔”按钮 , 系统提示选择钻孔点。选择“选取钻孔的点”对话框中的“图样”和“增加点”复选框, 选择“圆周点”阵列产生钻孔路径方式, 设置圆周半径为 125, 角度增量为 60, 实体孔的个数为 6, 如图 5-144 所示, 选择圆心点作为“指定圆周之圆心位置”, 如图 5-145 所示。

(9) 单击“确定”按钮, 结束钻孔点选择。



图 5-143 产生的钻孔刀具路径



图 5-144 设置圆周阵列钻孔点参数

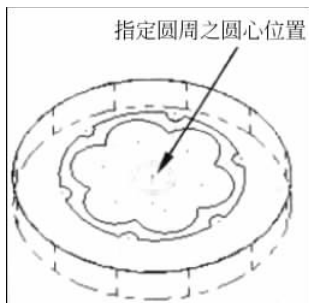


图 5-145 选取圆心位置

(10) 系统弹出钻孔加工对话框。单击 **选择库中刀具** 按钮,在弹出“选择刀具”对话框中选择, $\phi 20$ 铰刀,单击“确定”按钮,结束刀具选择。

(11) 采用默认的刀具参数,打开“深孔钻-无啄钻”选项卡,设置参数如图 5-146 所示。



图 5-146 设置铰孔加工参数

(12) 单击“确定”按钮,产生的铰孔刀具路径如图 5-147 所示。

(13) 单击加工操作管理器中“选择全部操作”按钮 ,单击“切换刀具路径现实的选择操作”按钮 ,显示所有刀具路径。单击加工操作管理器中的“实体加工模拟”按钮 ,系统弹出“实体切削验证”对话框,单击“模拟执行”按钮 ,模拟加工结果如图 5-148 所示。

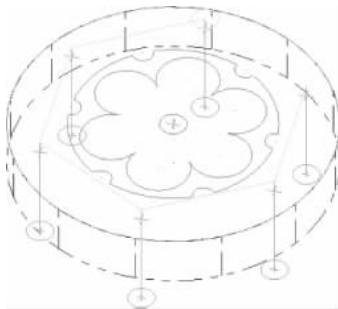


图 5-147 铰孔刀具路径

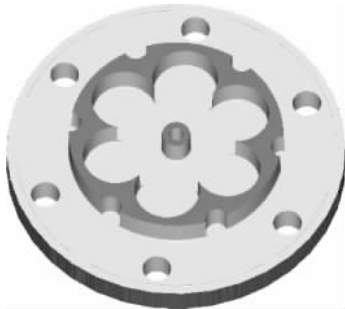


图 5-148 模拟加工结果

(14) 单击“实体切削验证”对话框中的“确定”按钮,结束模拟操作。

(15) 选择菜单“文件”→“保存”命令,保存文件。

5.6 全圆路径

全圆路径是针对圆或弧进行加工的方法, Mastercam X2 一共提供了全圆铣削、螺旋铣削、自动钻孔、起始孔加工、铣键槽、螺旋钻孔加工等 6 种加工操作, 如图 5-149 所示。

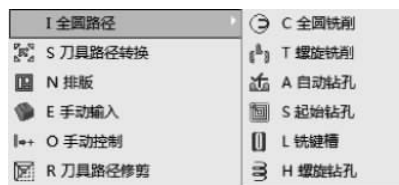


图 5-149 全圆路径

5.6.1 全圆铣削

全圆铣削的刀具路径是从圆心移动到轮廓, 而后绕圆轮廓移动形成的, 如图 5-150 所示。本方法一般多用于扩孔。

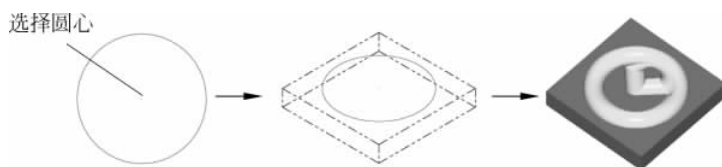


图 5-150 全圆铣削

全圆铣削除了要设置公共刀具参数外, 还要设置其专用的铣削参数, 如图 5-151 所示, 其参数与外形加工、挖槽加工的相关参数相似, 这里仅对不同的参数进行讲述。

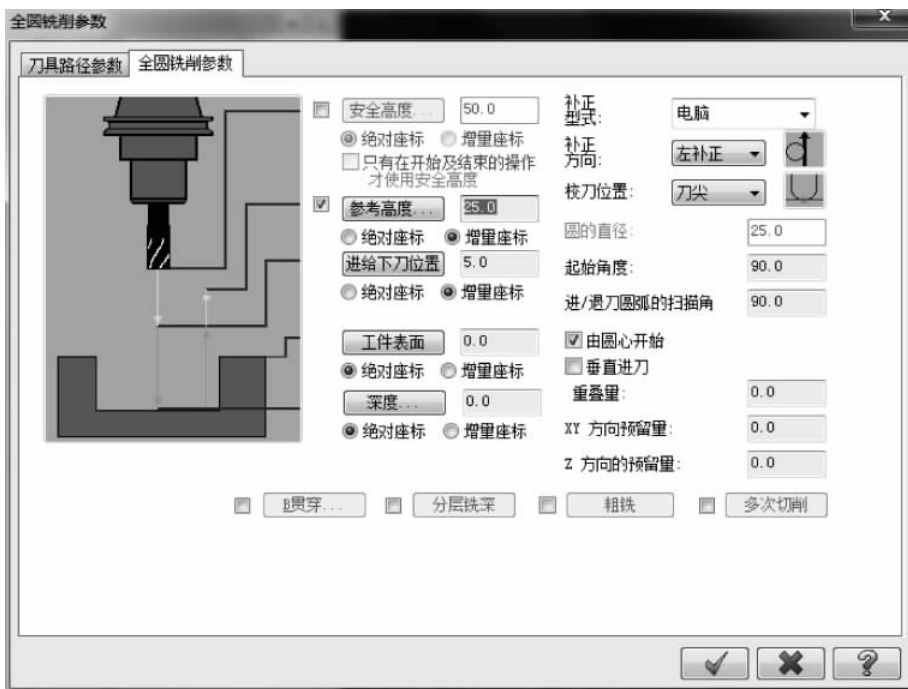


图 5-151 全圆铣削参数设置

- “由圆心开始”复选框：选择此复选框，刀具将从圆心开始下刀铣削，沿圆周切削完毕后，再从圆心退刀，如图 5-152(a) 所示；反之，刀具从圆的边缘进/退刀，如图 5-152(b) 所示。

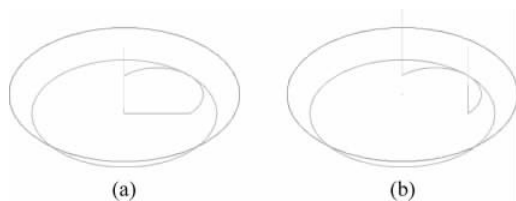


图 5-152 选择进刀点

- “起始角度”文本框：当选择“由圆心开始”进刀时，设置刀具从圆心到圆的走刀角度，以沿 X 轴正方向为 0。
- “进/退刀圆弧的扫描角”文本框：设置刀具从圆心到圆进/退刀时圆弧的扫描角度，如图 5-153 所示。

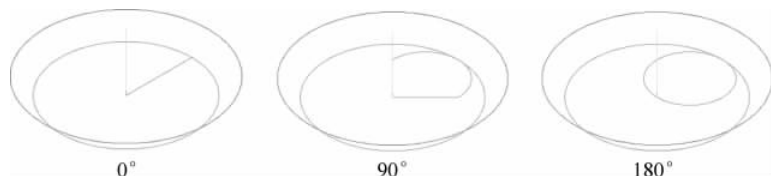


图 5-153 进退刀圆弧的扫描角度

5.6.2 螺旋铣削

螺旋铣削的刀具路径是一条螺旋线，因此主要是针对零件上的内螺纹或外螺纹所使用的一种加工方法。在铣削外螺纹时，应先产生一圆柱体，此圆柱体的直径为螺纹的大径，而铣削内螺纹时应先产生一个基础孔，此孔的直径为螺纹的小径。

为了保证螺纹的质量和精度，铣削时需要注意刀具的切入和切出方式，一般采用螺旋进刀的方式切入工件，在退刀时刀具也是以螺旋方式退出工件，这样可以保证刀具切入和切出时的平稳性。

螺旋铣削除了公共刀具参数外，还要设置其专用的一组铣削数据，如图 5-154 所示。其主要参数的含义如下。

- “ID 螺纹内径”→“OD 螺纹外径”单选按钮：当要进行内螺纹铣削时，选择“ID 螺纹内径”单选按钮；当要进行外螺纹铣削时，选择“OD 螺纹外径”单选按钮。
- “右螺纹”→“左螺纹”单选按钮：设置铣削右或左螺纹。

在进行螺纹铣削时，不能使用常规的铣削刀具，必须使用螺旋铣削刀具，其参数如图 5-155 所示。

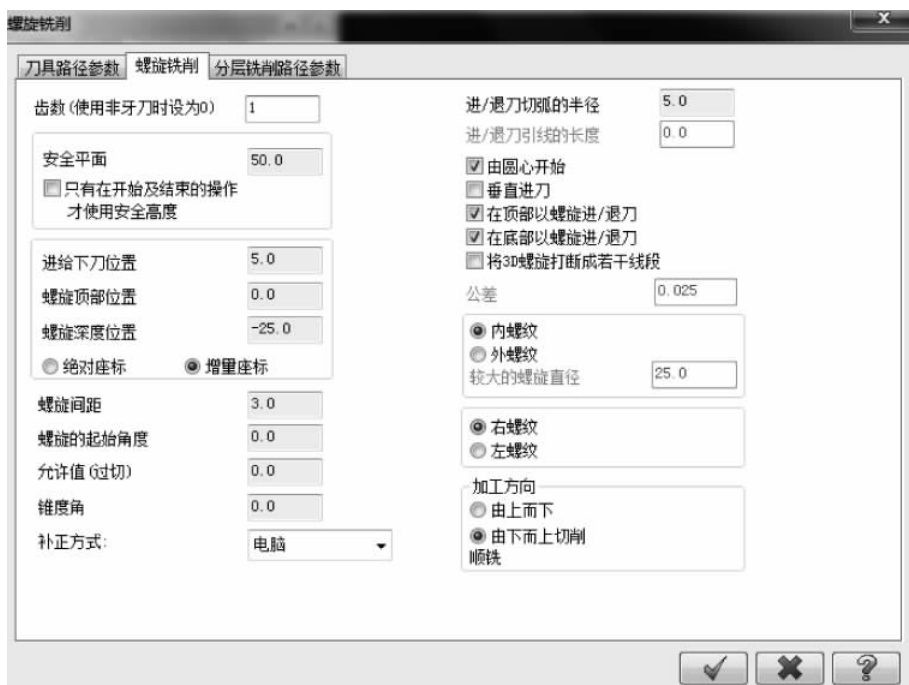


图 5-154 “螺旋铣削”参数设置

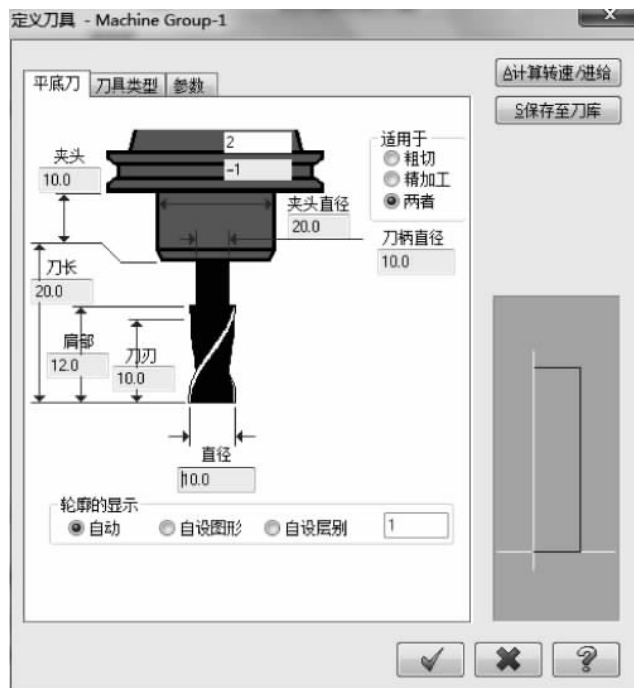


图 5-155 螺旋铣刀参数设置对话框

5.6.3 自动钻孔

所谓自动钻孔,是指用户指定好相应的加工孔后,由系统自动选择相应的刀具和加工参数,自动地生成刀具路径。当然用户也可以根据自己的要求自行修改。

选择菜单“刀具路径”→“全圆路径”→“自动钻孔”命令,系统弹出如图 5-156 所示的“刀具参数”选项卡。该选项卡主要包括参数、点钻的操作和使用点钻倒角的相应参数设置。



图 5-156 自动圆弧钻孔的“刀具参数”设置

自动钻孔的顺序是系统首先从刀具库选择一点钻钻头,对钻孔点进行定位点钻,然后再选择直径的钻头进行深孔啄钻,根据需要还可能进行清渣、倒角等操作。自动钻孔“深度、群组及资料库”选项卡如图 5-157 所示,其主要参数含义和钻孔参数含义类似,这里不再赘述。



图 5-157 “自动圆弧钻孔”参数设置

5.6.4 起始孔加工

在实际加工时,往往会遇到一些较深或较大的孔,无法用刀具一次加工成型,因此,要预先切削掉一些毛坯,以保证后面的加工能够实现。

起始孔加工是在已有的刀具路径之前增加的操作,如图 5-158 所示。

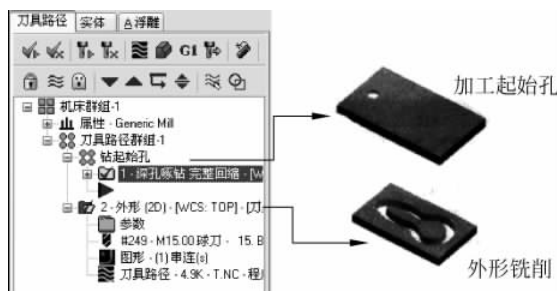


图 5-158 起始孔加工

起始孔加工需要先规划出铣削操作,否则系统将弹出如图 5-159 所示的无铣床操作存在的警告信息。加工起始孔的参数设置较为简单,如图 5-160 所示。



图 5-159 无铣床工作警告



图 5-160 起始孔加工参数设置

- “附加直径数量”文本框: 设置起始孔径在加工操作刀具直径基础上的增加量, 为 0 时起始孔直径与刀具直径相同, 建议起始孔直径大于刀具直径。
- “附加深度数量”文本框: 设置起始孔深度在加工深度上的增加量。
- “基本或高级设置”选项组: 若选择“基本-只构建钻孔操作”, 系统将自动添加起始孔操作, 而不用用户作任何设置; 如果选择“高级-按确定键后弹出高级设置对话框”单选按钮, 系统将弹出“自动圆弧钻孔”参数设置对话框, 用户可以根据需要自行设置钻孔参数, 如图 5-161 所示。



图 5-161 自动圆弧钻孔参数设置

5.6.5 铣键槽

铣键槽是用来专门加工键槽的,如图 5-162 所示,其他方法也可以很轻松地实现这一功能。

铣键槽的参数设置与挖槽加工的参数设置极为相似,如图 5-163 所示。



图 5-162 铣键槽



图 5-163 铣键槽的参数设置

5.6.6 螺旋钻孔

螺旋钻孔主要是用于孔的精加工,如图 5-164 所示。

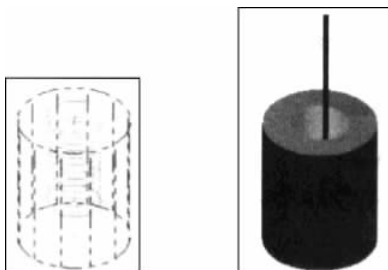


图 5-164 螺旋钻孔加工

采用螺旋钻孔时仅需要选择孔的中心点即可,而孔的直径在螺旋钻孔参数设置对话框中设置,如图 5-165 所示。

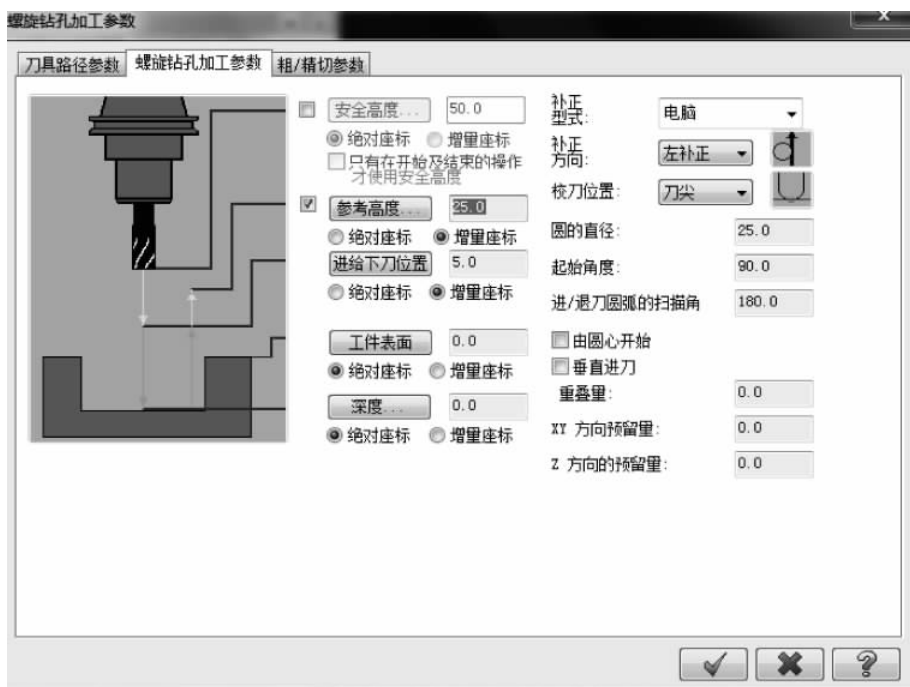


图 5-165 螺旋钻孔加工参数

5.7 雕刻加工

对于雕刻量需求比较小且雕刻范围比较窄、雕刻尺寸较大的模具加工厂来说,单独购买专用于雕刻的雕刻专用软件、刀具和机床来说并不划算。随着技术的发展,目前各生产厂家

已经拥有高性能的、可进行高速加工的、速度达到万转以上的高速加工中心,为利用适宜的加工软件配合高速机床实现加工中心替代雕刻机床提供了可能。

Mmtercam 是美国 CNC Software 公司开发的基于 Windows 9X 以及 Windows NT AQ CAD/CAM 软件包,其 X2 版本的文字功能得到了进一步加强,不但可以提供 Mastercam 系统的字体,还可利用 Windows 系统的字体。同时,Mastercam X2 提供丰富的粗精加工切削方式,它能完成 2~5 轴数控铣削加工编程,通过建立雕刻模型,选择合理加工方式即可达到文字雕刻的目的。

雕刻加工主要用于对文字或产品修饰图案进行雕刻加工,提高产品的美观性,如图 5-166 所示。

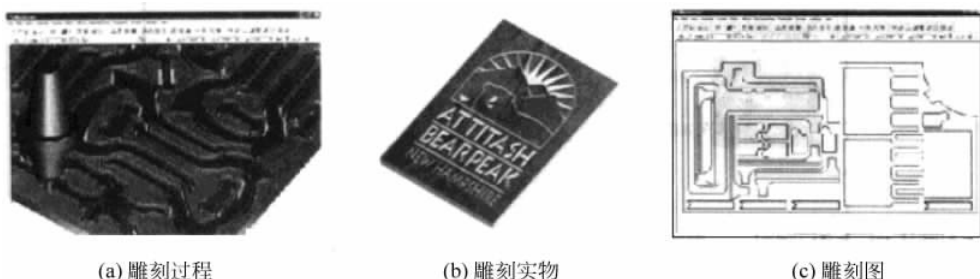


图 5-166 雕刻加工

5.7.1 雕刻参数设置

雕刻加工除了要设置公共参数外,还要设置其专用的雕刻加工参数,如图 5-167 和图 5-168 所示。

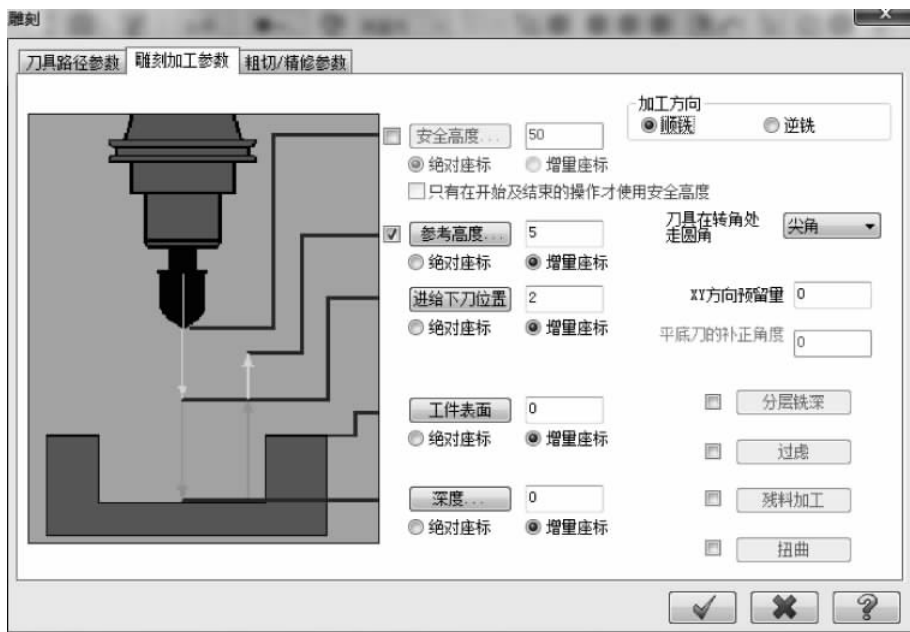


图 5-167 雕刻参数设置

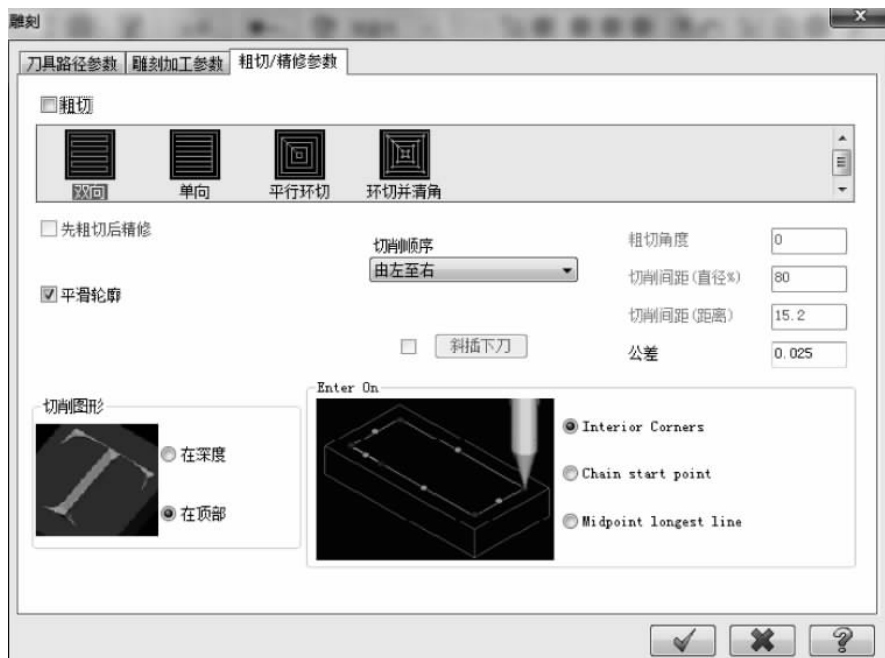


图 5-168 雕刻之粗切/精修参数设置

雕刻加工的主要参数和前面介绍的相关参数含义相同,这里不再赘述。需要注意的是,雕刻加工一般采用V形加工刀具,在铣削加工模块下,将刀具编辑成V形加工刀具,如果用户选择雕刻模块进行雕刻加工,则可以直接在真刀具库中选择V形加工刀具。

5.7.2 雕刻加工实例

下面通过对雕刻实例过程的讲述,用户可以更加深入地了解雕刻加工基本概念和使用方法。

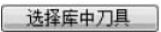
(1) 建立加工模型,如图 5-169 所示。



图 5-169 “雕刻加工.mcx”文件

(2) 选择“机床类型”→“雕刻系统”→“默认”命令。
选择“刀具路径”→“雕刻刀具路径”命令。

(3) 系统提示如图 5-170 所示的“转换参数”对话框,单击“视窗选择”按钮 , 视窗选择如图 5-171 所示的几何图形。系统提示“输入搜寻点”,用鼠标捕捉图素上的一点,单击“转换参数”对话框中的“确定”按钮,结束窗选。

(4) 系统弹出“雕刻”加工对话框,单击  按钮。系统弹出“选择刀具”对话框,从刀具库列表中选择 $\phi 6$ 倒角刀,单击“确定”按钮,结束刀具选择。

(5) 选择“雕刻”对话框刀具栏中的倒角刀,右击,在弹出的下拉菜单中选择“编辑刀具”命令。

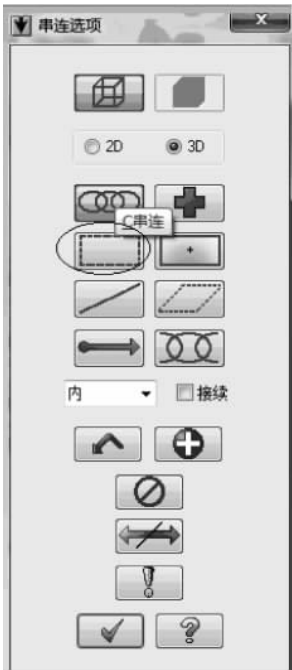


图 5-170 转换参数



图 5-171 选择挖槽轮廓

(6) 在弹出的“刀具编辑”对话框中输入刀具直径补正为 0.8,如图 5-172 所示。单击“确定”按钮,结束刀具参数编辑。

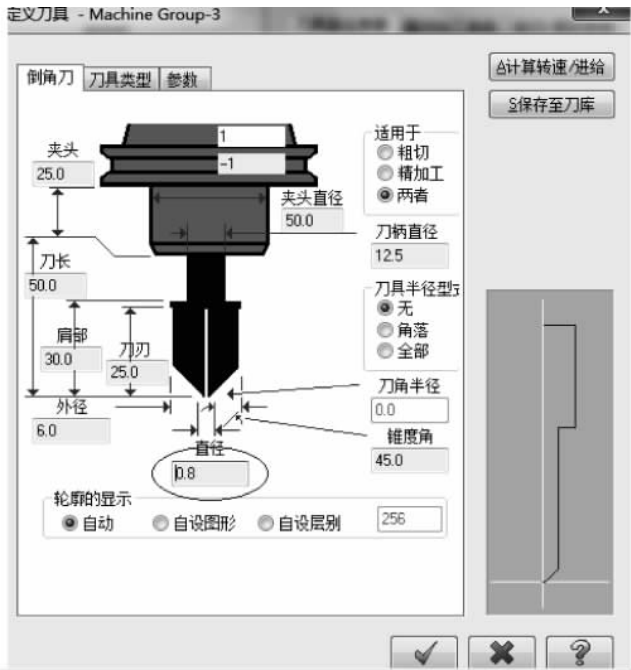


图 5-172

(7) 按照图 5-173 所示,设置刀具“进给率”为 600,“进刀速率”为 400,“主轴转速”为 1500。

(8) 打开“雕刻加工参数”选项卡,按照如图 5-174 所示设置雕刻加工参数。



图 5-173 设置刀具参数



图 5-174 设置“雕刻加工参数”

(9) 在“粗切/精修参数”选项卡中,设置粗/精加工参数,如图 5-175 所示。

(10) 单击“确定”按钮,结束雕刻参数设置,系统开始进行雕刻刀具路径计算,如图 5-176 所示。

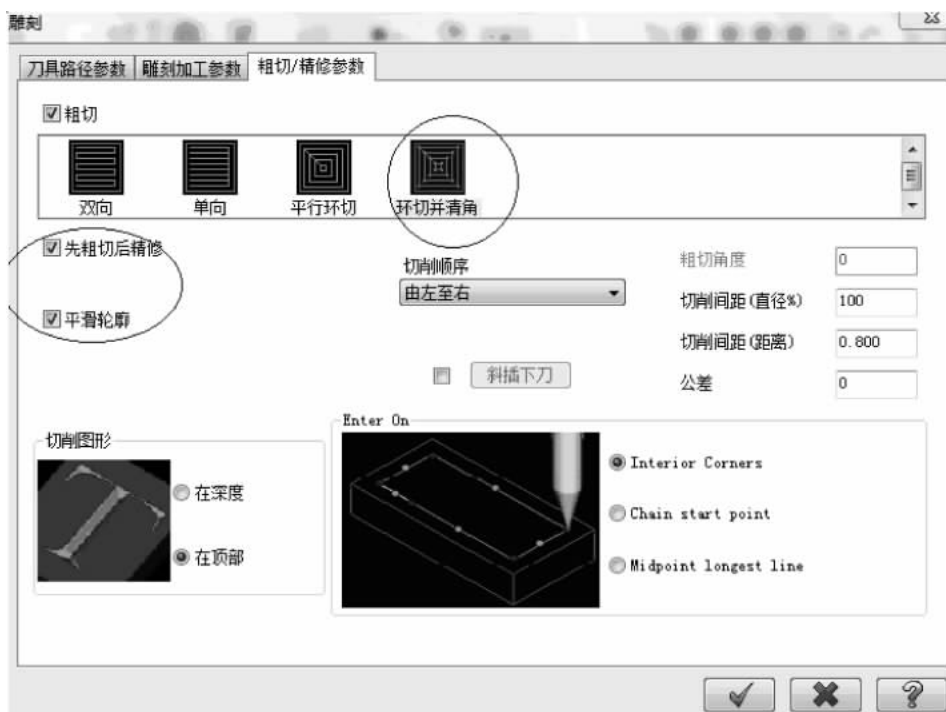


图 5-175 粗切/精修参数

(11) 如图 5-177 所示,单击“素材设置”,系统打开“素材设置”选项卡,如图 5-178 所示。

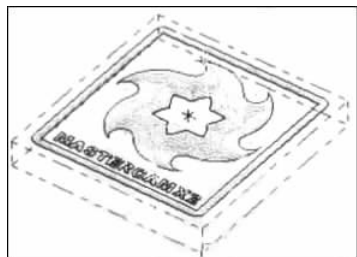


图 5-176 产生雕刻刀具路径



图 5-177 启动材料设置

(12) 单击 **边界盒** 按钮,系统弹出“边界盒选项”对话框,按照如图 5-179 所示进行参数设置,单击“确定”按钮,返回“素材设置”选项卡,修改 Z 向高度,如图 5-180 所示。单击“确定”按钮。

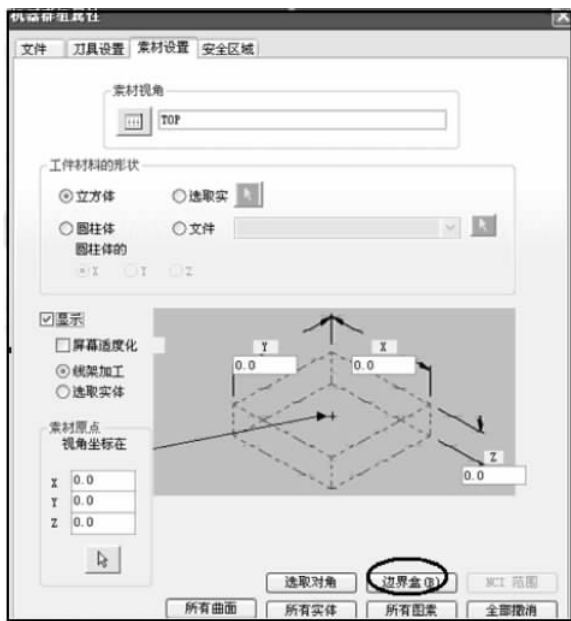


图 5-178 “素材设置”选项卡



图 5-179 设置边界盒参数

(13) 单击加工操作管理器中的“实体加工模拟”按钮 ,在系统弹出的“实体”对话框中单击“模拟执行”按钮 ,模拟结果如图 5-181 所示。

(14) 单击“实体切削验证”对话框中的“确定”按钮,结束模拟操作。

(15) 选择菜单“文件”→“保存”命令,保存文件。

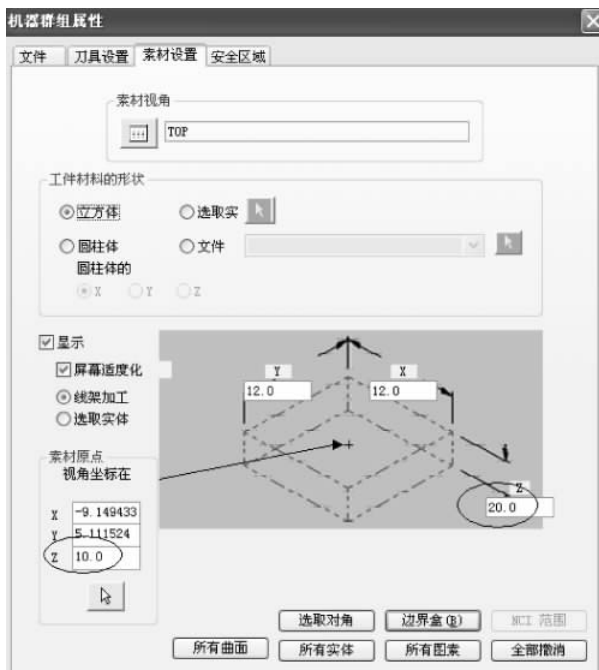


图 5-180 设置工件参数



图 5-181 实体验证