



项目 2

平面铣加工

学习目标

知识目标

1. 了解零件平面铣加工工序制订的思路。
2. 熟悉平面铣加工类型及操作方法、技巧。
3. 熟悉简单零件粗加工、精加工参数的设置。

技能目标

1. 掌握 UG NX 12.0 软件平面铣加工编程步骤。
2. 能根据零件的加工特点选用适合的平面铣工序和加工参数。
3. 掌握“1+X”证书（中级）训练题涉及的编程技巧及流程。
4. 能独立对加工零件进行平面铣加工编程，且加工零件精度达到“1+X”证书（中级）的评分标准。

素质目标

1. 深刻理解精益求精精神在数控编程中的重要性。
2. 培养良好的编程思路，具备获得“1+X”证书（中级）所需的职业素养和规范意识。
3. 提升创新设计的意识和能力。

项目概述

轴承是当代机械设备中一种重要的零部件。它的主要功能是支撑机械旋转体，降低其运动过程中的摩擦系数，并保证其回转精度。当前我国轴承行业主要面临的突出问题：研发和创新能力低、制造技术水平低。当前我们的设计和制造技术以模仿为主，产品开发能力低，表现在：虽然对国内主机的配套率达到 80%，但高速铁路客车、中高档轿车、计算机、空调器、高水平轧机等重要主机的配套和维修轴承，基本上靠进口。因此，我们必须提升加工技术与能力，为祖国富强、不受制于人而努力奋斗。下面我们以轴承座零件的加工为例，详细介绍平面铣加工的方法。

平面铣加工即对工件的平面层中的余量进行移除，常用于加工零件的外表面、零件的基准面、内型腔的垂直壁和底面等，特别是加工直壁、岛屿型凸台和型槽底面为平面的零件尤为高效。

任务 2.1 平面铣类型及操作

在“应用模块”中选择 （加工模块）图标后，选择“mill_planar”工序，如图 2-1-1 所示，当我们单击 （创建工序）图标后，系统会弹出图 2-1-2 所示的“创建工序”对

话框。它提供了所有平面铣加工工序的类型，下面对各个工序类型进行简单介绍。



图 2-1-1 CAM 模块选择



图 2-1-2 平面铣加工类型

平面铣工序子类型如下。

- 📏 (FLOOR_WALL): 底壁铣。
- 📏 (FLOOR_WALL_IPW): 带 IPW (过程中的毛胚) 的底壁铣。
- 📏 (FACE_MILLING): 边界面铣。
- 📏 (FACE_MILLING_MANUAL): 手工面铣。
- 📏 (PLANAR_MILL): 平面铣。
- 📏 (PLANAR_PROFILE): 平面轮廓铣。
- 📏 (CLEANUP_CORNERS): 清理拐角。
- 📏 (FINISH_WALLS): 精铣侧壁。

2.1.1 底壁铣

底壁铣是平面铣加工中较为常用的铣削指令，主要通过选取加工平面或者区域来指定加工区域。底壁铣常常配合平底刀进行粗加工，也能针对某些平面进行精加工。

下面以图 2-1-3 所示零件的加工为例进行介绍。

加工步骤如下。



底壁铣

1. 进入加工模块

(1) 打开如图 2-1-3 所示的“加工零件”建模文件。

(2) 在“应用模块”功能选项卡中单击  (加工) 图标, 在弹出的“加工环境”对话框中的“要创建的 CAM 组装”模块选择“mill_planar”选项, 再单击“确定”按钮, 如图 2-1-4 所示。

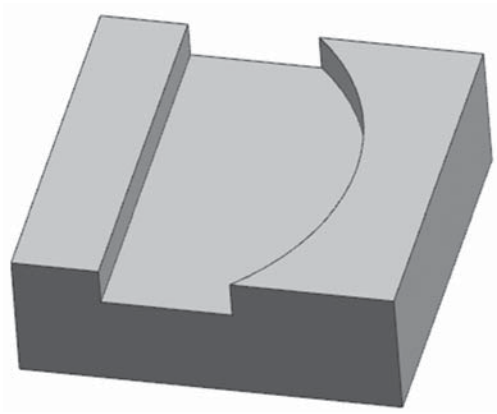


图 2-1-3 加工零件



图 2-1-4 CAM 模块选择

2. 创建几何体模块

(1) 单击  (几何视图) 图标, 进入“几何视图”界面。双击  MCS_MILL 图标, 弹出“MCS 铣削”对话框。

(2) 在“MCS 铣削”对话框单击  图标, 系统弹出“坐标系”对话框。单击  图标, 弹出如图 2-1-5 所示的“点”对话框, 在“Z”文本框中输入零件的高度为 28。单击“确定”按钮返回, 得到如图 2-1-6 所示的加工原点坐标系。



图 2-1-5 加工原点的设置

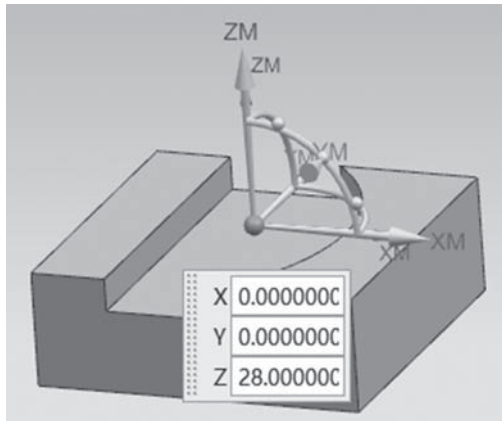


图 2-1-6 加工原点坐标系

在“MCS 铣削”对话框中的“安全设置”模块中选择“平面”选项。单击图标，弹出“平面”对话框，选择如图 2-1-7 所示的平面。在“距离”文本框中输入“5”，单击“确定”按钮完成安全平面的设置。

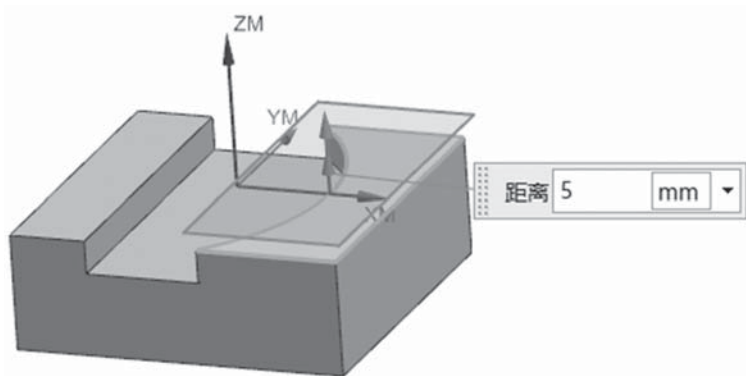


图 2-1-7 安全平面的设置

3. 创建毛坯几何体

(1) 单击MCS MILL 图标中的“+”，展开列表。双击WORKPIECE 图标，弹出“工件”对话框。

(2) 单击 (指定部件) 图标，弹出“部件几何体”对话框，选取加工零件作为加工最终部件，单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(3) 单击 (指定毛坯) 图标，弹出“毛坯几何体”对话框，单击几何体对话框右侧的图标，选择包容块选项，单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(4) 单击 (显示) 图标，观察设置的部件和毛坯是否符合要求，部件和毛坯几何体如图 2-1-8 所示。

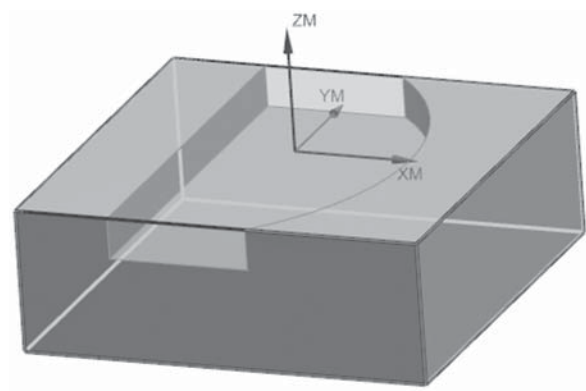


图 2-1-8 创建毛坯几何体

4. 创建刀具

(1) 单击图标，进入“创建刀具”界面，选择刀具子类型中的平底刀，在“名称”文本框中输入平底刀的直径大小“D10”作为刀具名称。单击“确定”按钮进入刀具参数设置对话框。

(2) 在“尺寸”区域中的“直径”文本框中填入“10.0000”，在编号区域中的“刀具号”“补偿寄存器”“刀具补偿寄存器”三项文本框中填入“1”，如图 2-1-9 所示。单击“确定”按钮，完成刀具建立。



图 2-1-9 刀具参数

5. 创建底壁铣加工工序

(1) 单击 图标，弹出“创建工序”对话框，在工序子类型中选择 (底壁铣) 工序。

(2) 如图 2-1-10 所示，在分开些“位置”区域中，“程序”下拉菜单选择“PROGRAM”选项，“刀具”下拉菜单选择“D10 (铣刀-5 参数)”选项，“几何体”下拉菜单选择“WORKPIECE”选项，“方法”下拉菜单选择“MILL_FINISH”选项。单击“确定”按钮进入“底壁铣”对话框，如图 2-1-11 所示。



图 2-1-10 工序选择



图 2-1-11 底壁铣参数设置

(3) 在“几何体”→“指定切削区底面”区域中单击 图标，进行切削区域选择。

在零件上选取如图 2-1-12 所示的平面作为切削区域，单击“确定”按钮返回“底壁铣”界面。

(4) 在“几何体”→“指定壁几何体”区域中单击图标，进行侧壁选择。在零件上选取如图 2-1-13 所示的两个面作为侧壁，单击“确定”按钮返回“底壁铣”界面。

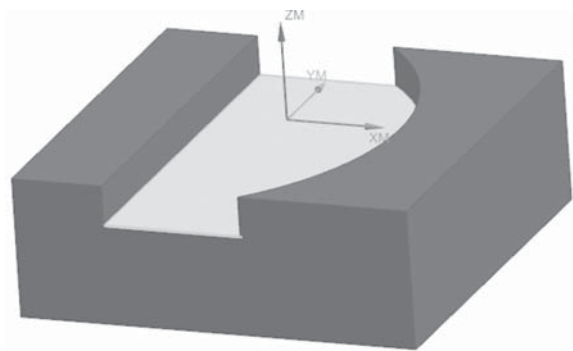


图 2-1-12 切削区域选择

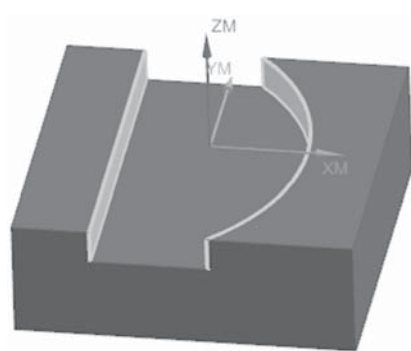
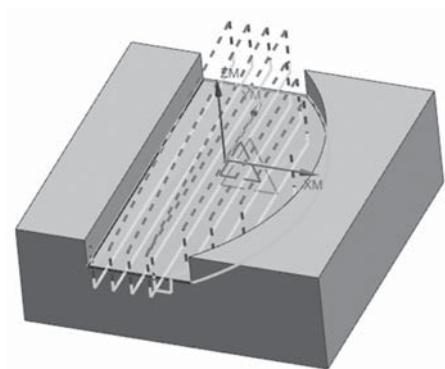
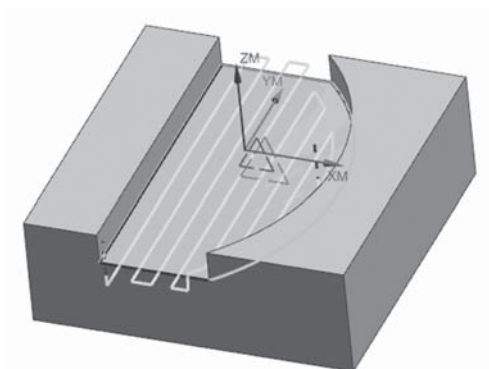


图 2-1-13 侧壁选择

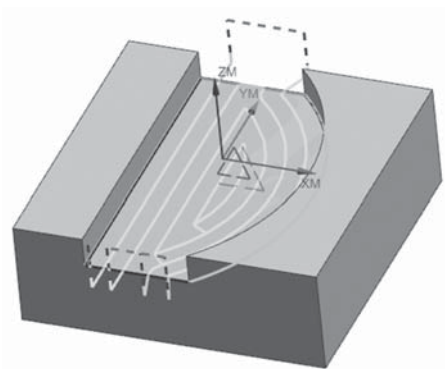
(5) 在“刀轨设置”→“切削模式”的下拉菜单中选择跟随周边切削模式选项。常用切削模式如图 2-1-14 所示，其中单向切削模式的提刀最多、加工时间最长，往复和跟随周边模式的提刀次数较少、加工时间较短，但往复模式的残留量较大，因此选择跟随周边切削模式较好。



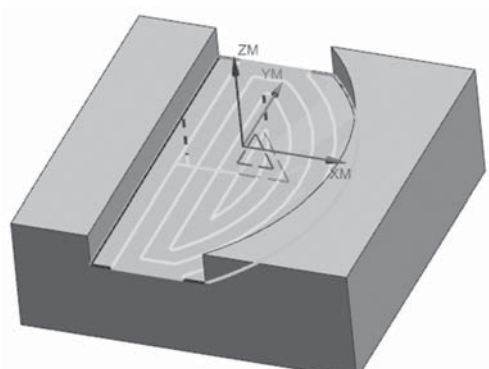
单向



往复



跟随部件



跟随周边

图 2-1-14 常用切削模式

(6) 在“刀轨设置”区域中的“底面毛坯厚度”文本框中填入“8”(加工面到毛坯顶面的深度),“每刀切削深度”文本框中填入“1”(铣刀每一层的铣削深度),单击“操作”区域中的图标,预览刀具路径参数的设置效果,如图 2-1-15 所示。

(7) 单击“刀轨设置”区域中的图标,进入“进给率和速度”对话框,在“主轴速度”区域中,勾选图标,在文本框中填入“2500”,在“进给率”区域中的“切削”文本框中填入“2000”,单击图标进行计算,单击“确定”按钮返回“底壁铣”界面。

(8) 单击“操作”区域中的图标进行计算,再单击图标,进入“刀轨可视化”对话框。单击“3D 动态”图标,进行 3D 仿真。把“动画速度”调整到“2”,便于观察。单击图标进行仿真,如图 2-1-16 所示。确认无误后,单击两次“确定”后完成工序的创建。

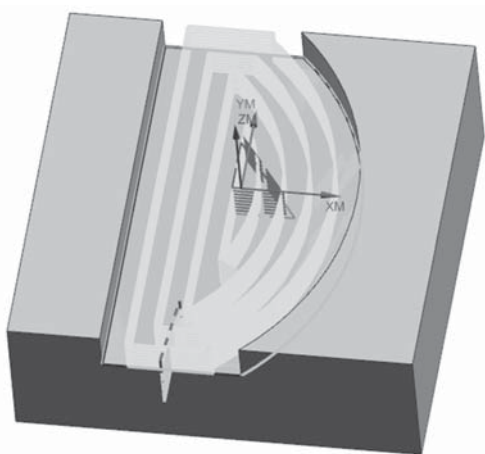


图 2-1-15 刀路预览

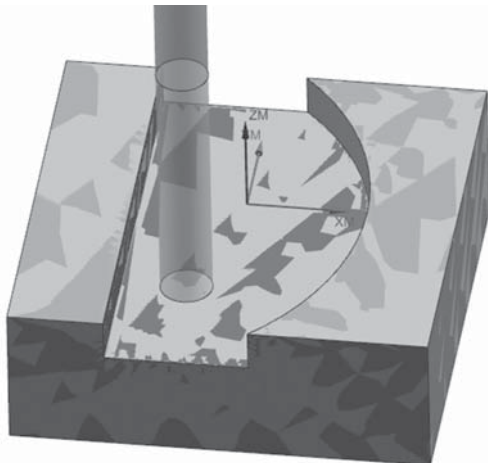


图 2-1-16 加工仿真

2.1.2 表面铣



表面铣

表面铣是平面铣加工中较为常用的铣削指令,用法也与底壁铣类似,主要区别是表面铣通过选取面边界来指定加工区域。一般可以利用面或者面上的曲线和点来得到开放或者封闭的面边界。

下面以如图 2-1-17 所示零件的加工为例进行介绍。
加工步骤如下。

1. 进入加工模块

(1) 打开如图 2-1-17 所示的“加工零件”建模文件。

(2) 单击“应用模块”功能选项卡中的图标,在弹出的“加工环境”对话框中的“要创建的 CAM 组装”模块选择“mill_planar”选项,单击“确定”按钮,如图 2-1-18 所示。

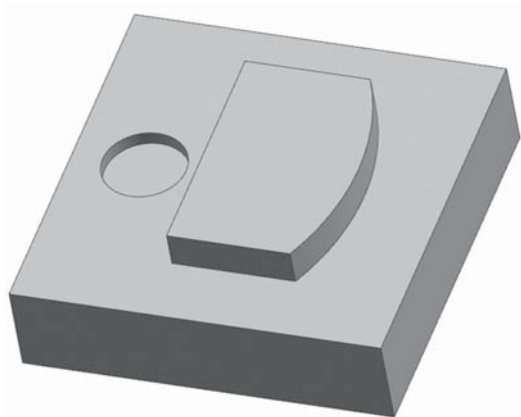


图 2-1-17 加工零件



图 2-1-18 模块选择

2. 创建几何体模块

(1) 单击 (几何视图) 图标，进入几何视图界面。双击 MCS_MILL 图标，弹出“MCS 铣削”对话框。

(2) 在“MCS 铣削”对话框单击 图标，系统弹出“坐标系”对话框。单击 图标，弹出如图 2-1-19 所示“点”对话框，在“Z”文本框中输入零件的高度 28。单击“确定”按钮返回，得到如图 2-1-20 所示的机床坐标系。

选择“MCS 铣削”对话框中的“安全设置”模块中的“平面”选项。单击 图标，弹出“平面”对话框，选择如图 2-1-21 所示的平面，在距离文本框中输入“5”。单击“确定”按钮完成安全平面的设置。



图 2-1-19 加工原点的设置

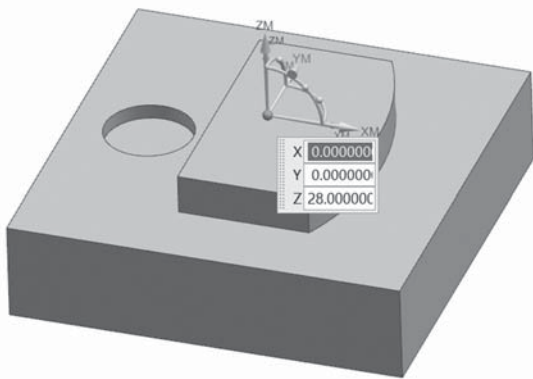


图 2-1-20 加工原点的坐标

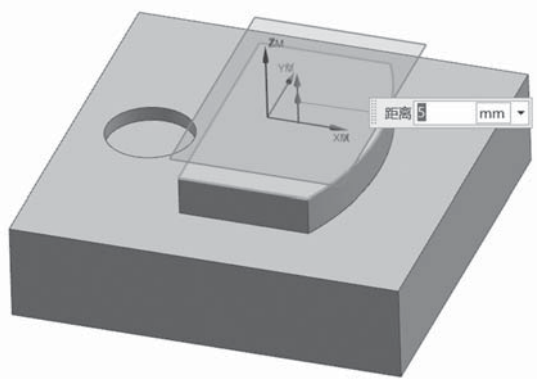


图 2-1-21 安全平面的设置

3. 创建毛坯几何体

(1) 单击  MCS MILL 图标中的“+”，展开列表。双击  WORKPIECE 图标，弹出“工件”对话框。

(2) 单击  (指定部件) 图标，弹出“部件几何体”对话框，选取加工零件作为加工最终部件，单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(3) 单击  (指定毛坯) 图标，弹出“毛坯几何体”对话框，单击  几何体对话框右侧的  图标，选择  包容块 选项，单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(4) 单击  (显示) 图标，观察设置的部件和毛坯是否符合要求，如图 2-1-22 所示。

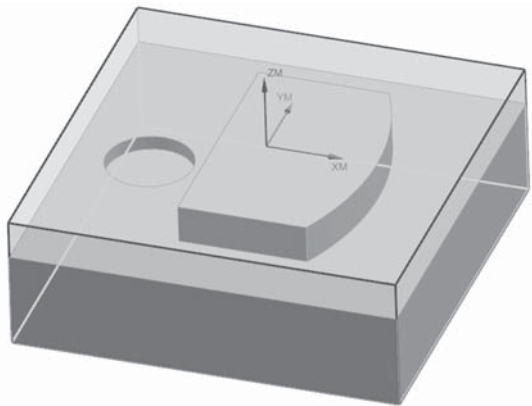


图 2-1-22 包容块

4. 创建刀具

(1) 单击  图标，进入“创建刀具”界面，选择刀具子类型中的平底刀 ，在“名称”文本框中输入平底刀的直径大小“D10”作为刀具名称。单击“确定”按钮进入刀具参数设置对话框。

(2) 在“尺寸”区域中的“直径”文本框中填入“10.0000”，在编号区域中“刀具号”“补偿寄存器”“刀具补偿寄存器”三项文本框中填入“1”，单击“确定”按钮，完成刀具建立，如图 2-1-23 所示。

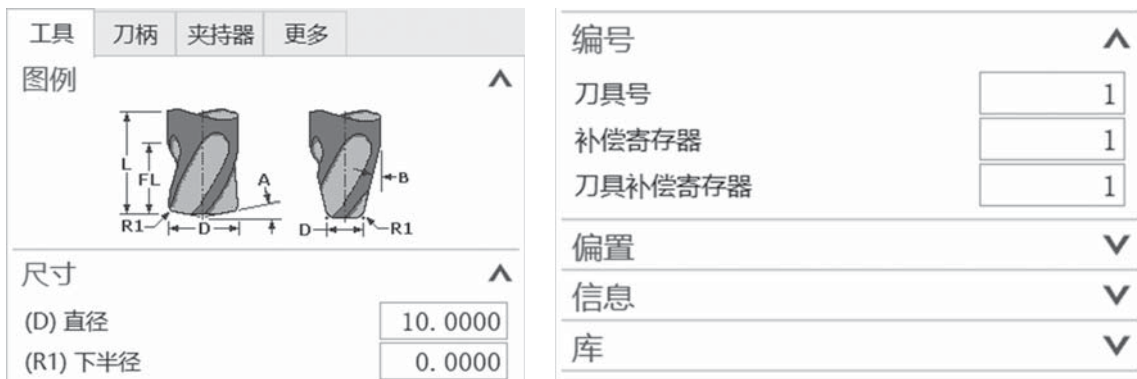


图 2-1-23 刀具参数

5. 创建表面铣加工工序

(1) 单击  图标，弹出“创建工序”对话框，在工序子类型中选择  (表面铣) 工序。

(2) 在位置区域中，“程序”下拉菜单选择“PROGRAM”选项，“刀具”下拉菜单选择“D10 (铣刀 -5 参数)”选项，“几何体”下拉菜单选择“WORKPIECE”选项，“方

法”下拉菜单选择“MILL FINISH”选项，如图 2-1-24 所示。单击“确定”按钮进入“表面铣”对话框（注：软件界面为“面铣”，本书描述为“表面铣”），如图 2-1-25 所示。



图 2-1-24 工序选择



图 2-1-25 表面铣参数设置

（3）在“几何体”→“指定面边界”区域中单击图标，进入“毛坯边界”对话框。在零件上选取如图 2-1-26 所示的平面作为切削区域，在“列表”区域删除“面；封闭；Outside”选项（去除圆孔边界），在“刀具侧”下拉菜单选择“内侧”选项，如图 2-1-27 所示。单击“确定”按钮返回“表面铣”界面。

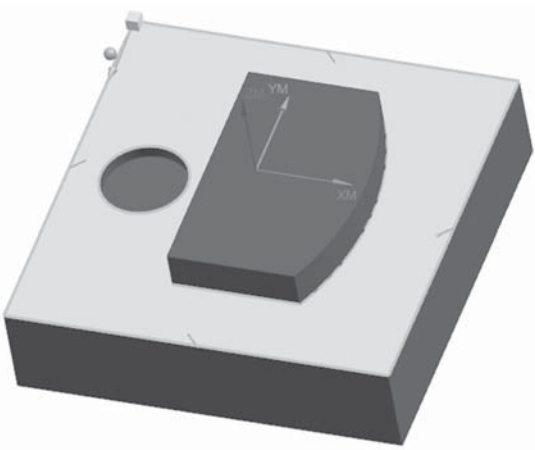


图 2-1-26 切削区域



图 2-1-27 指定面边界

(4) 在刀轨设置区域中的“切削模式”对话框中选择  跟随周边 切削模式选项, 如图 2-1-28 所示。

(5) 在“刀轨设置”对话框中的“底面毛坯厚度”文本框中填入 8 (加工面到毛坯顶面的深度), “每刀切削深度”文本框中填入 1 (铣刀每层铣削深度), 单击“操作”区域中的  图标, 预览刀具路径参数的设置效果, 如图 2-1-29 所示。

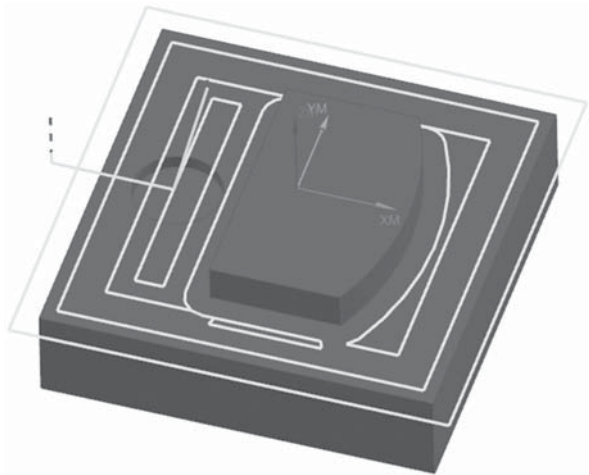


图 2-1-28 切削模式

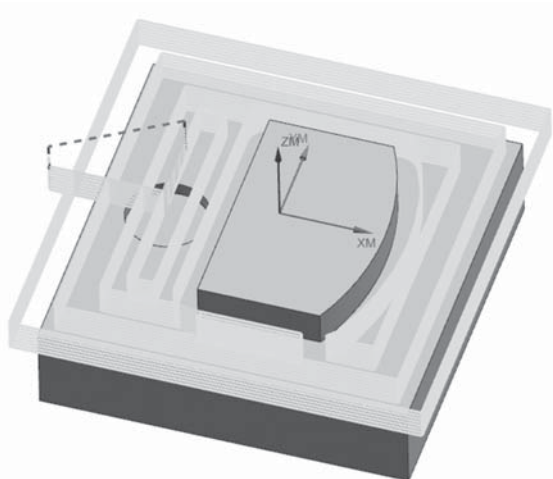


图 2-1-29 刀轨预览

(6) 单击“刀轨设置”对话框中的  (进给率和速度) 图标, 进入“进给率和速度”对话框, 在“主轴速度”区域中, 勾选  图标, 在文本框中填入 2500, 在“进给率”区域中的“切削”文本框中填入 2000, 单击  图标进行计算, 单击“确定”按钮返回“表面铣”界面。

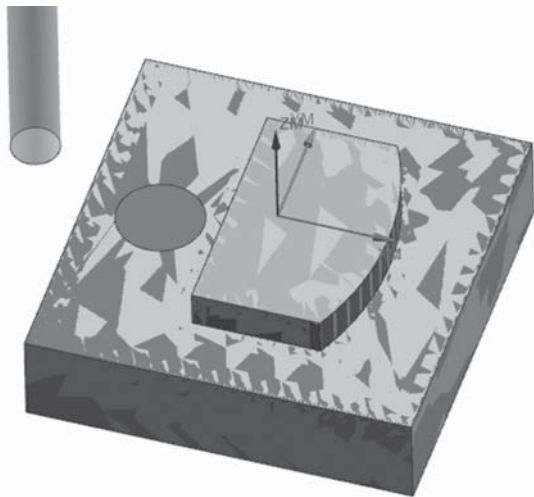


图 2-1-30 加工仿真

(7) 单击“操作”区域中的  图标进行计算, 再单击  图标, 进入“刀轨可视化”对话框。单击“3D 动态”图标进行 3D 仿真操作, 把“动画速度”调整到 2, 便于观察。单击  图标进行仿真, 如图 2-1-30 所示。确认无误后, 单击两次“确定”按钮后完成工序创建。

2.1.3 手工面铣

手工面铣是平面铣加工中较为常用的铣削指令, 在创建该工序时, 系统会自动指定加工模式为混合切削模式。我们需要对零件中选中的平面或者加工区域分别指定不同的切削模式和切削参数, 以实现不同加工区域的多种切削模式的加工。

下面以如图 2-1-31 所示零件的加工为例进行介绍。

加工步骤如下。

1. 进入加工模块

(1) 打开如图 2-1-31 所示的“加工零件”建模文件。

(2) 在“应用模块”功能选项卡中单击  (加工) 图标, 在弹出的“加工环境”对话框中的“要创建的 CAM 组装”模块选择“mill_planar”选项, 再单击“确定”按钮, 如图 2-1-32 所示。



手工面铣

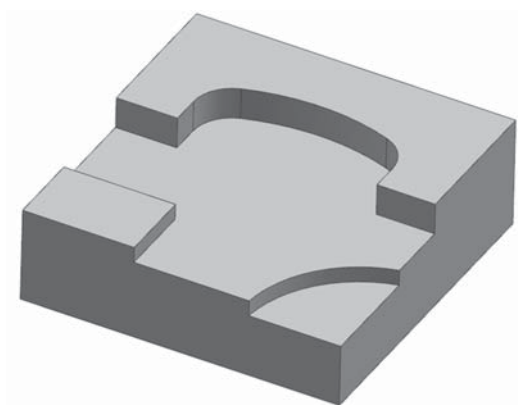


图 2-1-31 加工零件



图 2-1-32 模块选择

2. 创建几何体模块

(1) 单击  (几何视图) 图标, 进入几何视图界面。双击  MCS_MILL 图标, 弹出“MCS 铣削”对话框。

(2) 在“MCS 铣削”对话框单击  图标, 系统弹出“坐标系”对话框, 单击  图标, 弹出如图 2-1-33 所示“点”的对话框, 在“Z”文本框中输入零件的高度 28, 单击“确定”按钮返回, 得到如图 2-1-34 所示的机床坐标系。



图 2-1-33 加工原点的设置

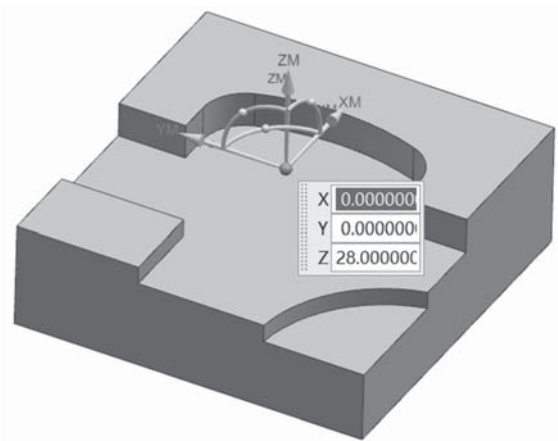


图 2-1-34 加工原点坐标系

在“MCS 铣削”对话框中的“安全设置”模块的“安全设置选项”对话框选择“平面”选项，单击图标，弹出“平面”对话框，选择如图 2-1-35 所示的平面，在距离文本框中输入“5”，单击“确定”按钮完成安全平面的设置。

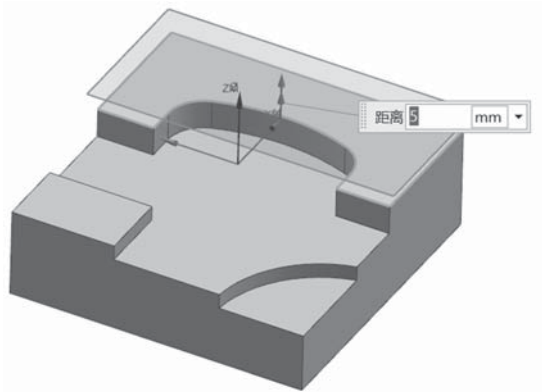


图 2-1-35 安全平面的设置

(1) 单击MCS MILL 图标中的“+”，展开列表。双击WORKPIECE 图标，弹出“工件”对话框。

(2) 单击（指定部件）图标，弹出“部件几何体”对话框，选取加工零件作为加工最终部件，并单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(3) 单击（指定毛坯）图标，弹出“毛坯几何体”对话框，单击几何体对话框右侧的图标，选择部件的偏置选项，在“偏置”文本框中填入“0.5”，单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

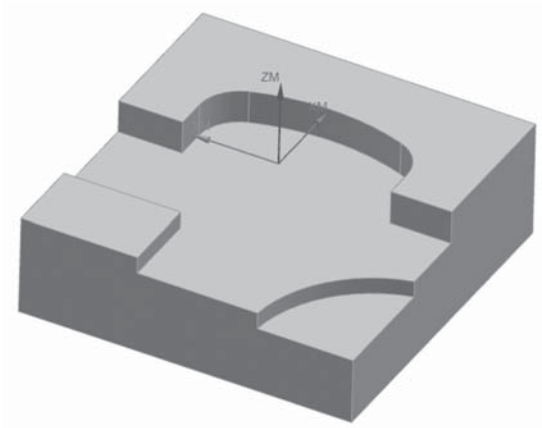


图 2-1-36 加工毛坯

(4) 单击（显示）图标，观察设置的部件和毛坯是否符合要求，如图 2-1-36 所示。

4. 创建刀具

(1) 单击图标，进入“创建刀具”界面，选择刀具子类型中的平底刀，在“名称”文本框中输入平底刀的直径大小“D10”作为刀具名称，单击“确定”按钮进入刀具参数设置对话框。

(2) 在尺寸区域中的“直径”文本框中填入“10.0000”，在编号区域中“刀具号”“补偿寄存器”“刀具补偿寄存器”三项文本框中填入“1”，如图 2-1-37 所示。单击“确定”按钮完成刀具建立。



图 2-1-37 刀具参数

5. 创建手工面铣加工工序

(1) 单击  图标，弹出“创建工序”对话框，在工序子类型中选择  (手工面铣) 工序。

(2) 在位置区域中，“程序”下拉菜单选择“PROGRAM”选项，“刀具”下拉菜单选择“D10 (铣刀-5 参数)”选项，“几何体”下拉菜单选择“WORKPIECE”选项，“方法”下拉菜单选择“MILL_FINISH”选项，如图 2-1-38 所示。单击“确定”按钮进入“手工面铣”对话框，如图 2-1-39 所示。



图 2-1-38 工序选择



图 2-1-39 手工面铣参数

(3) 在“几何体”→“指定切削区域”区域中单击  图标，进入“切削区域”对话框。在零件上按序号顺序依次选取如图 2-1-40 所示的四个平面作为切削区域。单击“确定”按钮返回“手工面铣”界面。

(4) 在操作区域中，单击  图标进行计算，弹出“区域切削模式”对话框，我们单击区域内部的 1~4 选项，可以发现顺序与前面序号的顺序相同，如图 2-1-41 所示。选取区域 1，单击  图标，选择  (往复加工模式) 选项；选取区域 2，单击  图标，选择  (跟随周边加工模式) 选项；选取区域 3，单击  图标，选择  (单向加工模式) 选项；选取区域 4，单击  图标，选择  (跟随部件加工模式) 选项，刀轨预览如图 2-1-42 所示。单击“确定”按钮返回“手工面铣”界面。

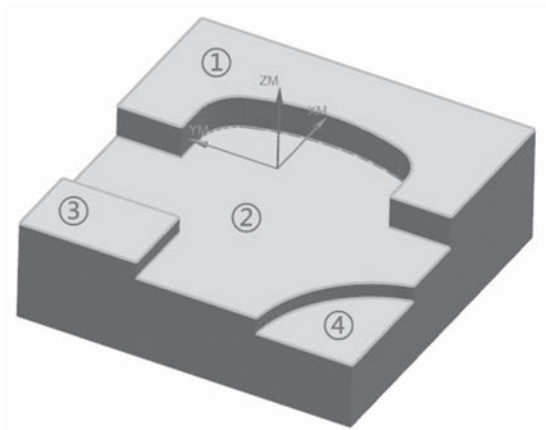


图 2-1-40 单击顺序



图 2-1-41 切削模式

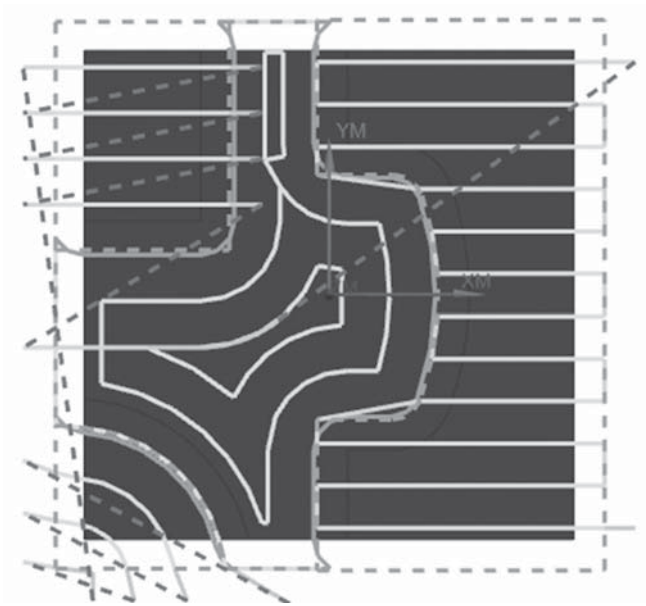


图 2-1-42 刀轨预览

(5) 单击“刀轨设置”对话框中的 (进给率和速度) 图标, 进入“进给率和速度”对话框, 在“主轴速度”区域中, 勾选 图标, 在文本框中填入 2500, 在“进给率”区域中的“切削”文本框中填入 2000, 单击 图标进行计算, 单击“确定”按钮返回“手工面铣”界面。

(6) 单击“操作”区域中的 图标进行计算, 再单击 图标, 进入“刀轨可视化”对话框。单击“3D 动态”图标进行 3D 仿真操作, 把“动画速度”调整到 2, 便于观察。单击 图标进行仿真, 如图 2-1-43 所示。确认无误后, 单击两次“确定”按钮后完成工序创建。

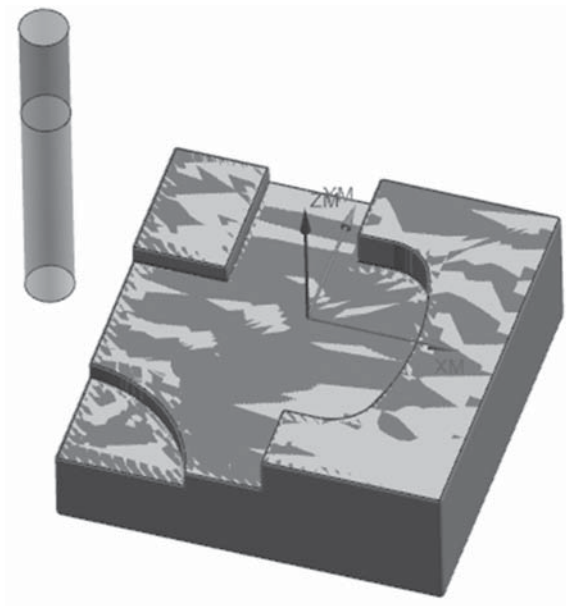


图 2-1-43 加工仿真

2.1.4 平面铣

平面铣是使用边界（二维的线或者三维的边）来创建几何体的平面铣削方式。平面铣常用于多层刀轨逐层切削余料的粗加工，也可以用于直壁类底面的精加工。因此，平面铣内置了切削层的设置，可设置切削层的切削参数。

下面以如图 2-1-44 所示零件的加工为例进行介绍。

加工步骤如下。

1. 进入加工模块

（1）打开如图 2-1-44 所示的“加工零件”建模文件。

（2）在“应用模块”功能选项卡中选择 （加工）图标，在弹出的“加工环境”对话框中的“要创建的 CAM 组装”模块选择“mill_planar”选项，再单击“确定”按钮，如图 2-1-45 所示。



平面铣

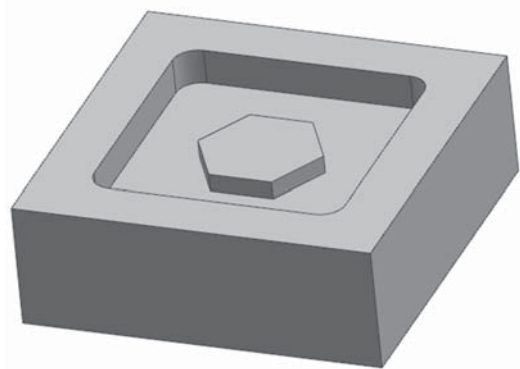


图 2-1-44 加工零件



图 2-1-45 模块选择

2. 创建几何体模块

(1) 单击  (几何视图) 图标, 进入几何视图界面。双击  MCS_MILL 图标, 弹出“MCS 铣削”对话框。

(2) 在“MCS 铣削”对话框单击  图标, 系统弹出“坐标系”对话框, 单击  图标, 弹出如图 2-1-46 所示“点”的对话框, 在“Z”文本框中填入零件的高度 28, 单击“确定”按钮返回, 得到如图 2-1-47 所示的机床坐标系。



图 2-1-46 加工原点设置

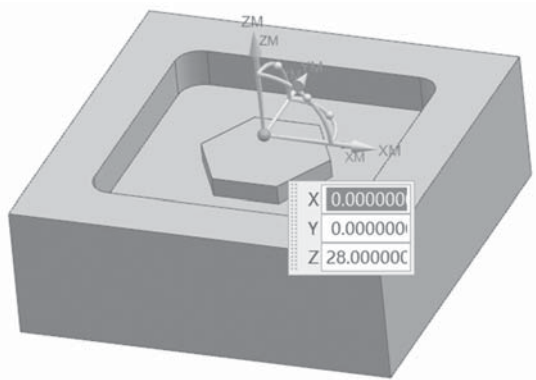


图 2-1-47 加工原点坐标系

在“MCS 铣削”对话框中的“安全设置”模块中选择“平面”选项。单击  图标, 弹出“平面”对话框, 选择如图 2-1-48 所示的平面, 在距离文本框中输入“5”, 单击“确定”按钮完成安全平面的设置。

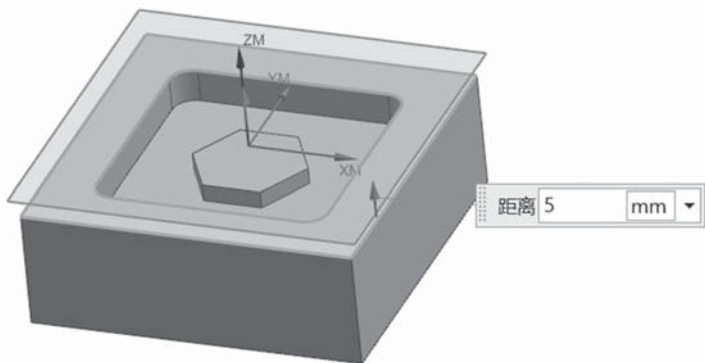


图 2-1-48 安全平面的设置

3. 创建毛坯几何体

(1) 单击  MCS_MILL 图标中的“+”, 展开列表。双击  WORKPIECE 图标, 弹出“工件”对话框。

(2) 单击  (指定部件) 图标, 弹出“部件几何体”对话框, 选取加工零件作为加工最终部件, 并单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(3) 单击 (指定毛坯) 图标, 弹出“毛坯几何体”对话框, 单击对话框右侧的图标, 选择选项, 单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(4) 单击 (显示) 图标, 观察设置的部件和毛坯是否符合要求, 如图 2-1-49 所示。

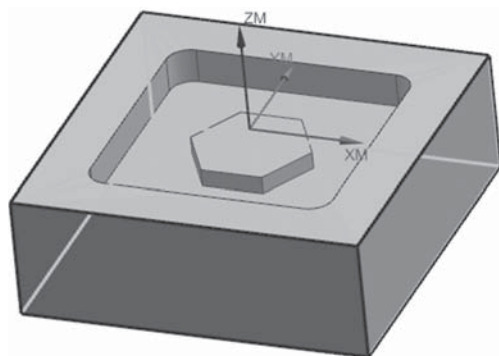


图 2-1-49 包容块

4. 创建刀具

(1) 单击图标, 进入“创建刀具”界面, 选择刀具子类型中的平底刀, 在“名称”文本框中填入平底刀的直径大小“D10”作为刀具名称, 单击“确定”按钮进入刀具参数设置对话框。

(2) 在尺寸区域中的“直径”文本框中填入“10.0000”, 在编号区域中“刀具号”“补偿寄存器”“刀具补偿寄存器”三项文本框中填入“1”, 如图 2-1-50 所示添加。单击“确定”按钮完成刀具建立。



图 2-1-50 刀具参数

5. 创建平面铣加工工序

(1) 单击图标, 弹出“创建工序”对话框, 在工序子类型中选择 (平面铣) 工序, 如图 2-1-51 所示。

(2) 在位置区域中, “程序”下拉菜单选择“PROGRAM”选项, “刀具”下拉菜单选择“D10 (铣刀 -5 参数)”选项, “几何体”下拉菜单选择“WORKPIECE”选项, “方法”下拉菜单选择“MILL_FINISH”选项, 如图 2-1-51 所示, 单击“确定”按钮进入“平面铣”对话框, 如图 2-1-52 所示。

(3) 在“几何体”→“指定部件边界”区域中单击图标, 进入“部件边界”对话框。在“选择方法”下拉菜单选择曲线选项, “边界类型”下拉菜单选择“封闭”选项, “刀具侧”下拉菜单选择“内侧”选项, “平面”下拉菜单选择“自动”选项, 如图 2-1-53 所示。单击 (添加新集) 图标, 在“选择方法”下拉菜单选择曲线选项, “边界类型”下拉菜单选择“封闭”选项, “刀具侧”下拉菜单选择“外侧”选项, “平面”下拉菜单选择“自动”选项, 如图 2-1-54 所示。单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。



图 2-1-51 工序选择



图 2-1-52 平面铣参数

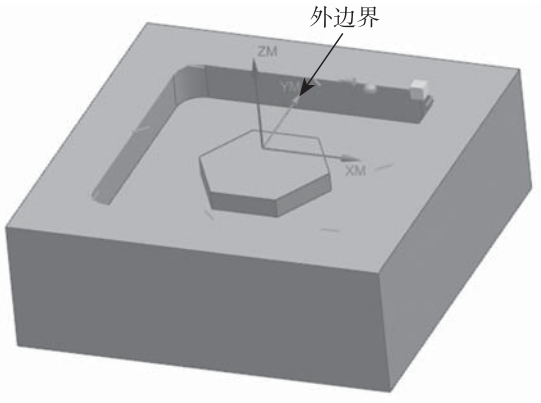


图 2-1-53 部件外边界

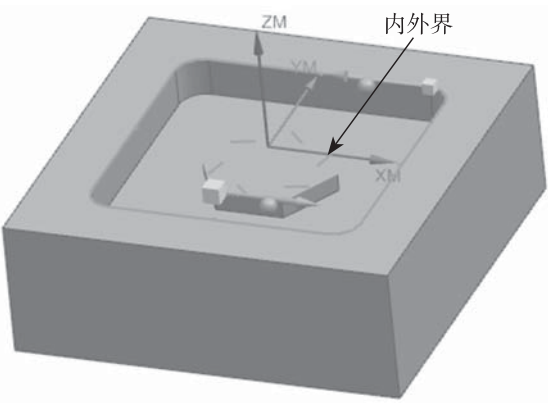


图 2-1-54 部件内边界

(4) 在“指定修剪边界”区域中单击图标，进入“平面”界面中，单击如图 2-1-55 所示的底面。单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。在刀轨设置区域中的“切削模式”对

对话框中选择 切削模式选项，如图 2-1-56 所示。

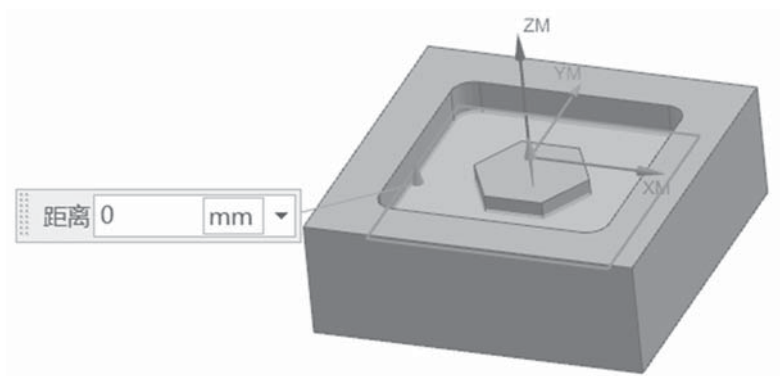


图 2-1-55 指定修剪边界

(5) 在“刀轨设置”对话框中的“切削层”区域单击 图标，进入“切削层”界面，在“公共”文本框中填入 1 (铣刀每层铣削深度)，单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。单击“操作”区域中的 图标，预览刀具路径参数的设置效果，如图 2-1-57 所示。

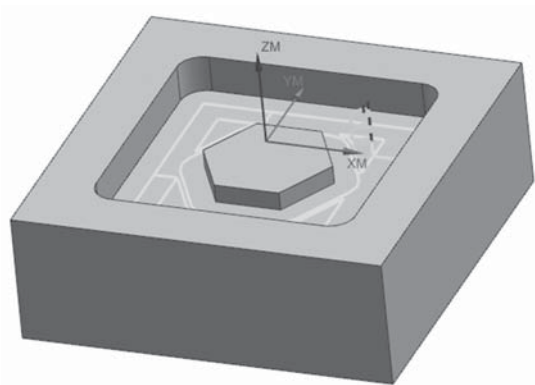


图 2-1-56 切削模式

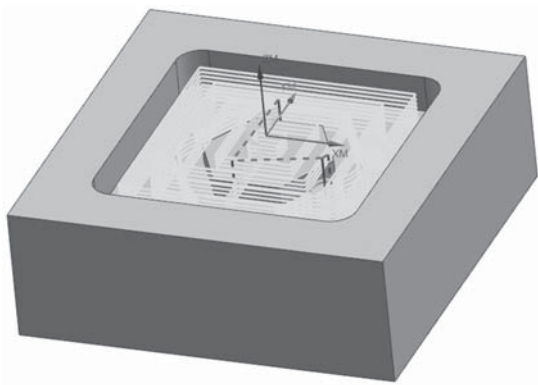


图 2-1-57 刀轨预览

(6) 单击“刀轨设置”对话框中的 (进给率和速度) 图标，进入“进给率和速度”对话框，在“主轴速度”区域中，勾选 图标，在文本框中填入 2500，在“进给率”区域中的“切削”文本框填中入 2000，单击 进行计算，单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。

(7) 单击“操作”区域中的 图标进行计算，再单击 图标，进入“刀轨可视化”对话框。单击“3D 动态”图标进行 3D 仿真操作，把“动画速度”调整到 2，便于观察。单击 图标进行仿真，如图 2-1-58 所示。确认无误后，

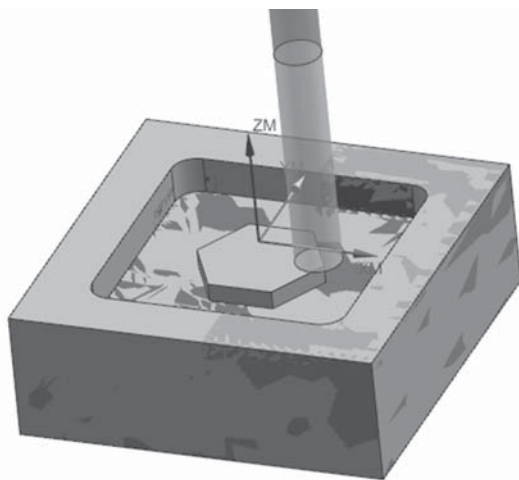


图 2-1-58 加工仿真

单击两次“确定”按钮后完成工序创建。

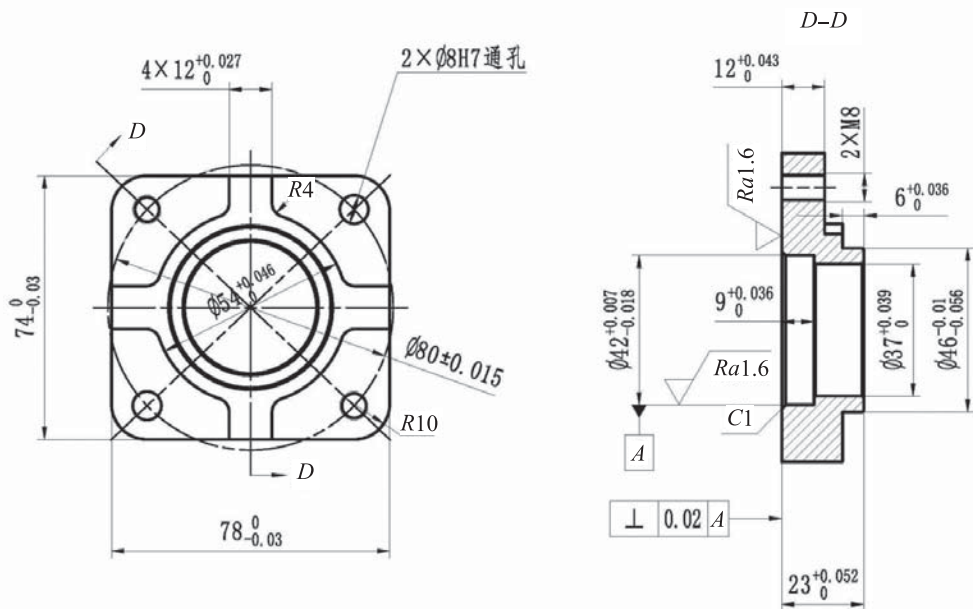
任务 2.2 “1+X”证书项目的平面铣加工编程

2.2.1 项目分析



“1+X”证书项目的
平面铣削加工编程

图 2-2-1 所示的零件图是数控车铣加工职业技能等级（中级）实操练习题之一。由图可知，我们需要加工一个尺寸为 $78_{-0.03}^0 \times 74_{-0.03}^0 \times 23_{-0.03}^{+0.052}$ 的轴承座，加工基准为 A 面，公差为 $\perp 0.02 A$ 。由装配图 2-2-2 可知，轴承座中有一个非常重要的尺寸 $\phi 42_{-0.018}^{+0.007}$ ，该尺寸直接关系到轴承能否正确安装到轴承座。综上所述，在兼顾加工效率的情况下，我们应该先加工基准面 A 所在的形状和尺寸（暂称为 A 面）。由于 A 面的轴承孔 $\phi 42_{-0.018}^{+0.007}$ 与反面 B 面孔 $\phi 37_{-0.039}^{+0.039}$ 有同轴要求，因此反面 B 面的形状和尺寸加工的基准也按孔 $\phi 42_{-0.018}^{+0.007}$ 的圆心为基准。

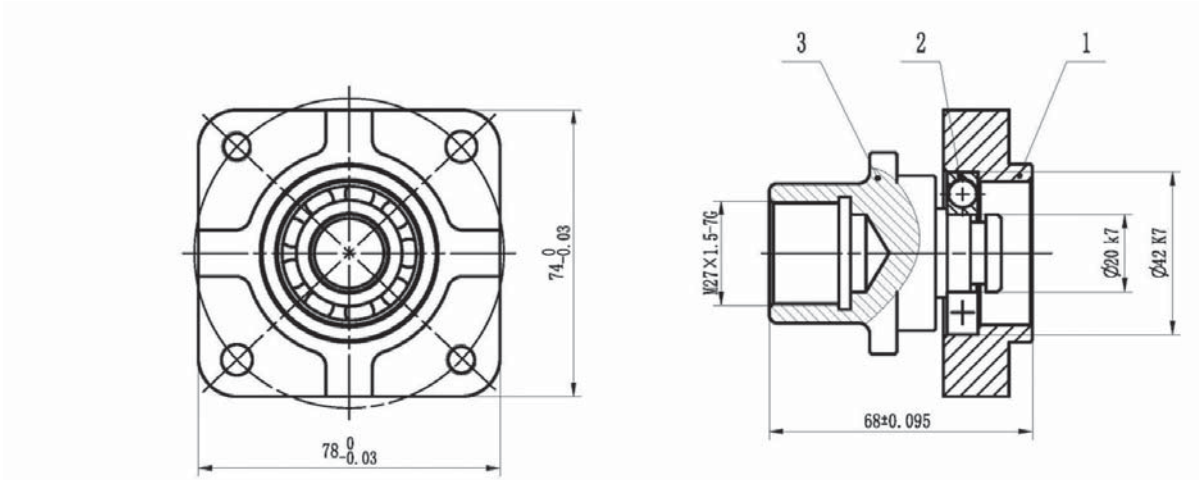


技术要求

1. 去毛刺，锐边倒钝；
2. 未注倒角 $C0.5$ ；
3. 未注公差尺寸的极限偏差按 GB/T 1804—2000—m。

$\sqrt{Ra3.2} (\checkmark)$

图 2-2-1 轴承度零件图



技术要求

- 1. 必须按照设计、工艺要求及本规定和有关标准进行装配;
- 2. 各零、部件装配后相对位置应准确;
- 3. 零件在装配前必须清理和清洗干净;
- 4. 装配过程中零件不得磕碰、划伤和锈蚀。

图 2-2-2 装配图

2.2.2 平面铣加工工艺选择

以加工 A 面为例，根据广州数控 990MA 数铣加工中心（不带刀库）的加工设备的具体情况，列举部分（可以平面铣编程部分）的铣削加工工艺，如表 2-2-1 所示。

表 2-2-1 铣削加工工艺表

加工工序	加工方式	加工刀具	主轴转速 / ($r \cdot \min^{-1}$)	进给率 / ($\text{mm} \cdot \min^{-1}$)	余量 /mm
顶面加工	精加工	$\phi 12$ 平底刀	4500	1000	0
轴承孔 $\phi 42_{-0.018}^{+0.007}$ 和 孔 $\phi 37_0^{+0.039}$	粗加工	$\phi 12$ 平底刀	2500	2000	0.2
轴承孔 $\phi 42_{-0.018}^{+0.007}$ 和 孔 $\phi 37_0^{+0.039}$	精加工	$\phi 12$ 平底刀	4500	1000	0
外轮廓 $78_{-0.03}^0 \times 74_{-0.03}^0 \times 13$	粗加工	$\phi 12$ 平底刀	2500	2000	0.2
外轮廓 $78_{-0.03}^0 \times 74_{-0.03}^0 \times 13$	精加工	$\phi 12$ 平底刀	4500	1000	0
...					

2.2.3 编程工序的确定

下面以轴承孔 $\phi 42^{+0.007}_{-0.018}$ 和孔 $\phi 37^{+0.039}_0$ 的加工为例。根据图 2-2-1 所示的轴承座零件图，利用 NX UG 12.0 建立如图 2-2-3 所示的模型。

加工步骤如下。

1. 进入加工模块

(1) 打开如图 2-2-3 所示的“轴承座零件”建模文件。

(2) 在“应用模块”功能选项卡中单击  (加工) 图标，在弹出的“加工环境”对话框中的“要创建的 CAM 组装”模块选择“mill_planar”选项，再单击“确定”按钮，如图 2-2-4 所示。

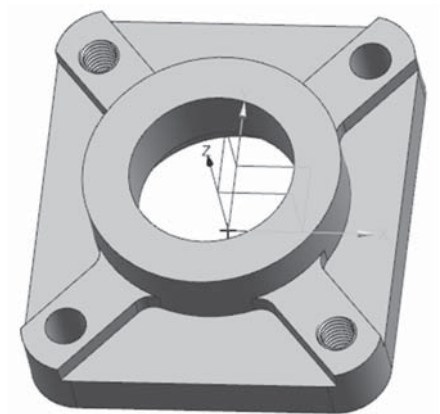


图 2-2-3 轴承座零件

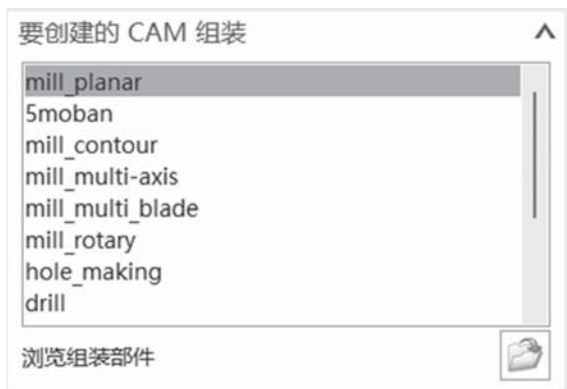


图 2-2-4 模块选择

2. 创建几何体模块

(1) 单击  (几何视图) 图标，进入几何视图界面。双击  MCS_MILL 图标，弹出“MCS 铣削”对话框。

(2) 机床坐标系的设置。单击如图 2-2-5 所示的点，在弹出的旋转“角度”文本框中填入 180，得到的坐标系如图 2-2-6 所示。单击“确定”按钮返回“MCS 铣削”界面。

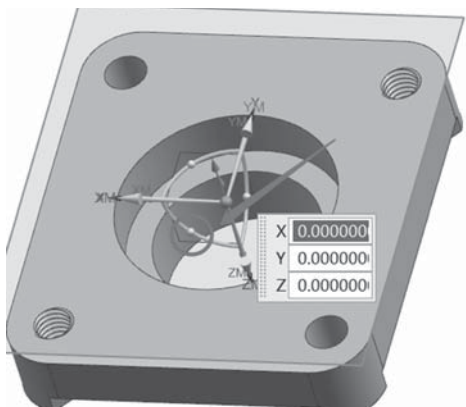


图 2-2-5 坐标系旋转

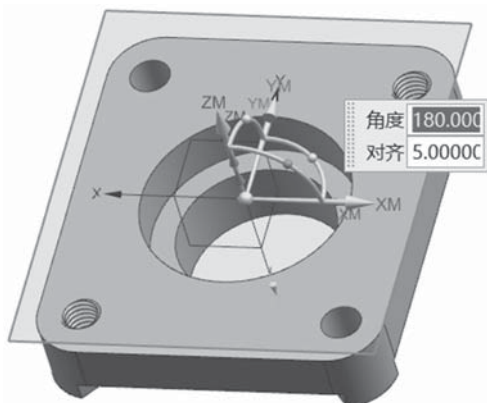


图 2-2-6 坐标系旋转角度

在“MCS 铣削”对话框中的“安全设置”模块的安全设置选项对话框中选择“平面”选项，单击图标，弹出“平面”对话框，选择如图 2-2-7 所示的平面，在“距离”文本框中输入“5”，单击“确定”按钮完成安全平面的设置。

3. 创建毛坯几何体

(1) 单击MCS MILL 图标中的“+”，展开列表。双击WORKPIECE 图标，弹出“工件”对话框。

(2) 单击（指定部件）图标，弹出“部件几何体”对话框，选取加工零件作为加工最终部件，并单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(3) 单击（指定毛坯）图标，弹出“毛坯几何体”对话框，单击对话框右侧的图标，选择选项，在“限制”区域按如图 2-2-8 所示的数值输入各文本框。单击“确定”按钮返回“工件”对话框。

(4) 单击（显示）图标，观察设置的部件和毛坯是否符合要求，如图 2-2-9 所示。

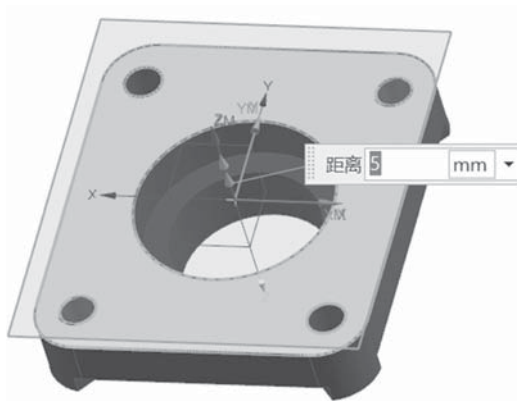


图 2-2-7 安全平面设置



图 2-2-8 毛坯设置

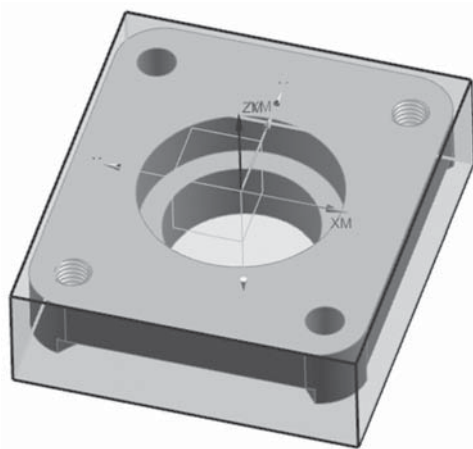


图 2-2-9 包容块

4. 创建刀具

(1) 单击图标，进入“创建刀具”界面，选择刀具子类型中的平底刀，在“名称”文本框中输入平底刀的直径大小“D12”作为刀具名称，单击“确定”按钮进入刀具参数设置对话框。

(2) 在“尺寸”区域的“直径”文本框中填入“12.0000”，在“编号”区域的“刀具号”“补偿寄存器”“刀具补偿寄存器”三项文本框中填入“1”，如图 2-2-10 所示。单击“确定”按钮完成刀具建立。



图 2-2-10 刀具参数

5. 创建表面铣粗加工工序

- (1) 单击 图标，弹出“创建工序”对话框，在工序子类型中选择 (平面铣) 工序。
- (2) 在“位置”区域，“程序”下拉菜单选择“PROGRAM”选项，“刀具”下拉菜单选择“D12 (铣刀 -5 参数)”选项，“几何体”下拉菜单选择“WORKPIECE”选项，“方法”下拉菜单选择“MILL_FINISH”选项，如图 2-2-11 所示。单击“确定”按钮进入“表面铣”对话框，如图 2-2-12 所示。



图 2-2-11 工序选择



图 2-2-12 表面铣参数

- (3) 在“几何体”→“指定面边界”区域单击 图标，进入“毛坯边界”对话框。在“边界”区域中，“选择方法”下拉菜单选择 曲线 选项，“刀具侧”下拉菜单选择“内侧”选项，“平面”下拉菜单选择“自动”选项，如图 2-2-13 所示。在部件上选取如图 2-2-14 所示的顶面四条直线边作为切削区域的边界。单击“确定”按钮返回“表面铣”界面。



图 2-2-13 毛坯边界

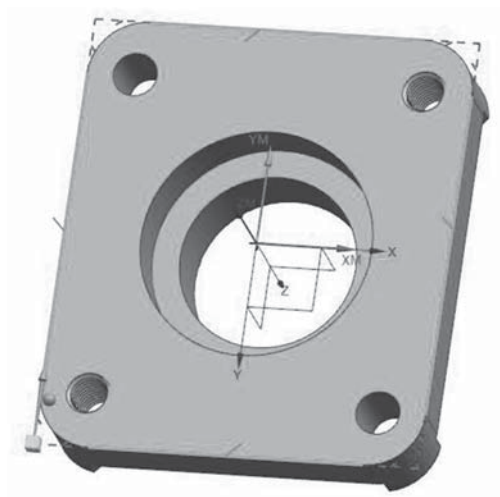


图 2-2-14 指定面边界

(4) 在“刀轴”区域中，“轴”下拉菜单选择“+ZM 轴”选项。在“刀轨设置”区域中，“切削模式”下拉菜单选择 往复切削模式选项，在“平面直径百分比”文本框中填入“50.0000”，如图 2-2-15 所示。

(5) 单击“操作”区域中的 图标，预览刀具路径参数的设置效果，如图 2-2-16 所示。



图 2-2-15 切削模式

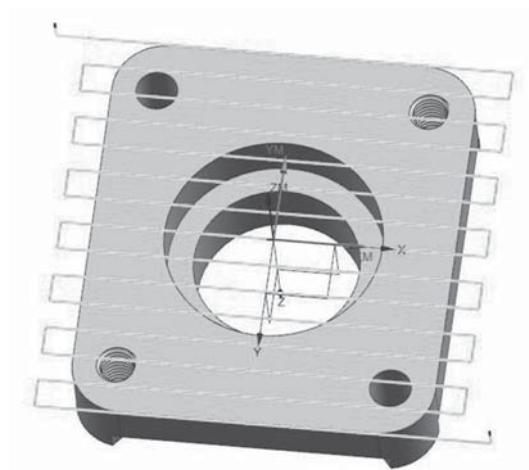


图 2-2-16 刀轨预览

(6) 单击“刀轨设置”对话框中的 （进给率和速度）图标，进入“进给率和速度”对话框，在“主轴速度”区域中，勾选 图标，在文本框中填入 2500，在“进给率”区域中的“切削”文本框中填入 2000，单击 图标进行计算，单击“确定”按钮返回“表面铣”界面。

(7) 单击“操作”区域中的 图标进行计算，再单击 图标，进入“刀轨可视化”

对话框。单击“3D 动态”图标进行 3D 仿真操作，把“动画速度”调整到 2，便于观察。单击图标进行仿真，如图 2-2-17 所示。确认无误后，单击两次“确定”按钮后完成工序创建。

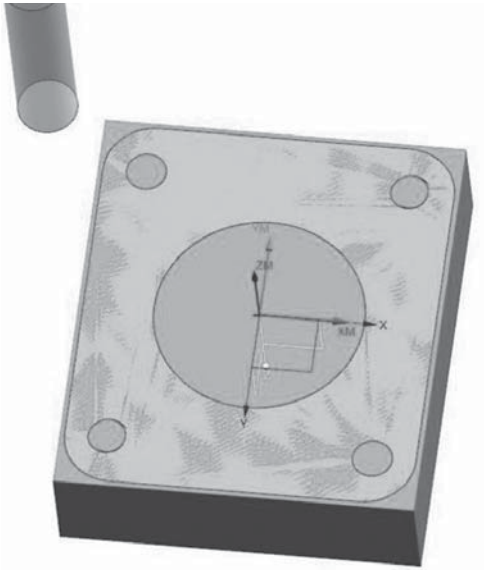


图 2-2-17 加工仿真

6. 创建平面铣粗加工工序

(1) 单击图标，弹出“创建工序”对话框，在工序子类型中选择（平面铣）工序。

(2) 在“位置”区域中，“程序”下拉菜单选择“PROGRAM”选项，“刀具”下拉菜单选择“D12（铣刀 -5 参数）”选项，“几何体”下拉菜单选择“WORKPIECE”选项，“方法”下拉菜单选择“MILL_SEMI_FINISH”选项，如图 2-2-18 所示。单击“确定”按钮进入“平面铣”对话框，如图 2-2-19 所示。



图 2-2-18 工序选择



图 2-2-19 平面铣参数

(3) 在“几何体”→“指定部件边界”区域单击图标，进入“部件边界”对话框。“选择方法”下拉菜单选择曲线选项，“边界类型”下拉菜单选择“封闭”选项，“刀具侧”下拉菜单选择“内侧”选项，“平面”下拉菜单选择“自动”选项，如图 2-2-20 所示。单击（添加新集）图标，“选择方法”下拉菜单选择曲线选项，“边界类型”下拉菜单选择“封闭”选项，“刀具侧”下拉菜单选择“内侧”选项，“平面”下拉菜单中选择“自动”选项，如图 2-2-21 所示。单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。

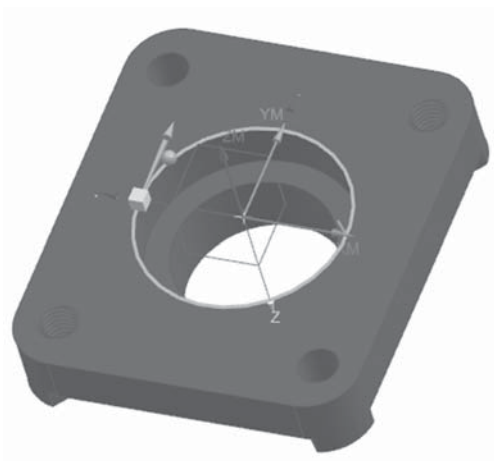


图 2-2-20 部件外边界设置

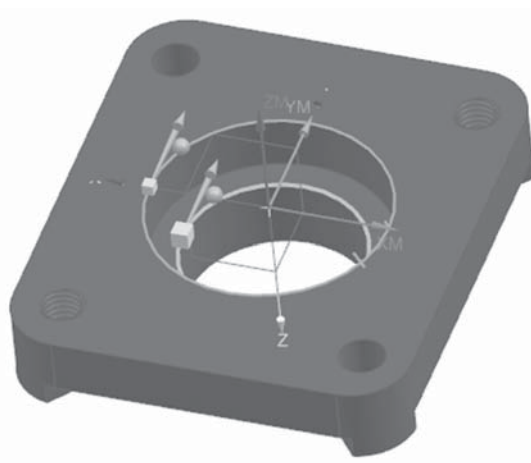


图 2-2-21 部件内边界设置

(4) 在“指定底面”对话框中单击图标，进入“平面”界面中，单击如图 2-2-22 所示的底面，在“距离”文本框中填入“1”（确保铣削孔后，把孔打穿，减少毛刺）。单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。在刀轨设置区域中的“切削模式”对话框中选择 **跟随周边** 选项。

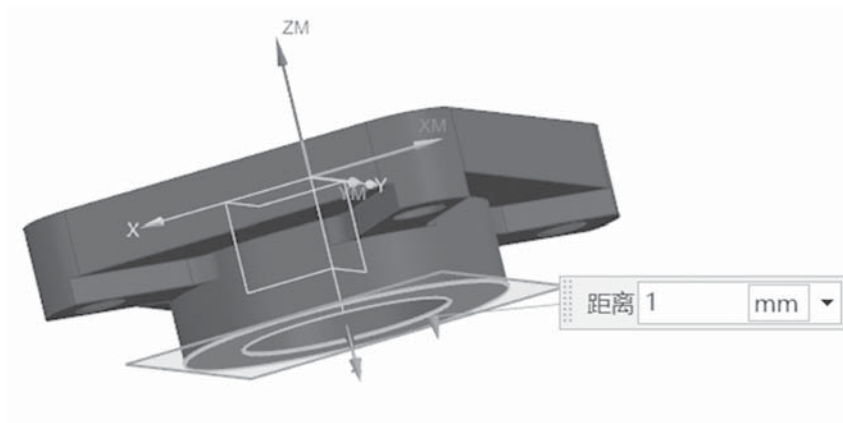


图 2-2-22 指定修剪边界

(5) 在“刀轨设置”的“切削层”对话框中单击图标，进入“切削层”界面，在“类型”区域中，选择“用户定义”选项，在“公共”文本框中填入“1.0000”（铣刀每层铣削深度），如图 2-2-23 所示，单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。

在“切削参数”区域，单击图标，弹出“切削参数”对话框，如图 2-2-24 所示，在“余量”设置区域，“部件余量”文本框中填入“0.2000”，“最终底面余量”文本框中填入“0.2000”，“内公差”和“外公差”文本框中都填入“0.0100”。单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。



图 2-2-23 切削层定义



图 2-2-24 余量设置

在“非切削移动”区域，单击图标，弹出“非切削移动”对话框，在“封闭区域”区域，填入图 2-2-25 所示的参数，单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。单击“操作”区域中的图标，预览刀具路径参数的设置效果，如图 2-2-26 所示。



图 2-2-25 进刀设置

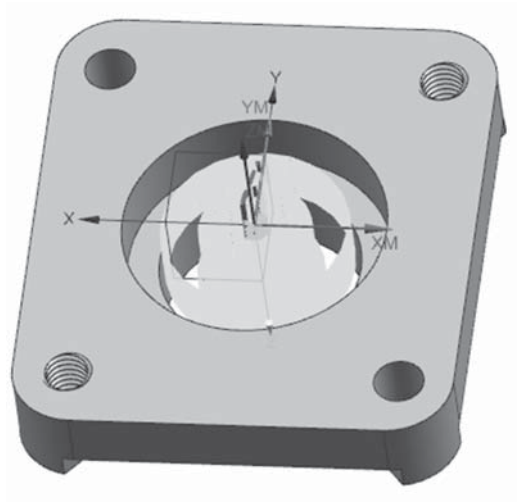


图 2-2-26 刀轨预览

(6) 单击“刀轨设置”对话框中的“进给率和速度”图标, 进入“进给率和速度”对话框, 在“主轴速度”区域中, 勾选图标, 在文本框中填入 2500, 在“进给率”区域中的“切削”文本框中填入 2000, 单击图标进行计算, 单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。

(7) 单击“操作”区域中的图标进行计算, 再单击图标, 进入“刀轨可视化”对话框。单击“3D 动态”图标进行 3D 仿真操作, 把“动画速度”调整到 2, 便于观察。单击图标进行仿真, 如图 2-2-27 所示。确认无误后, 单击两次“确定”按钮后完成工序创建。

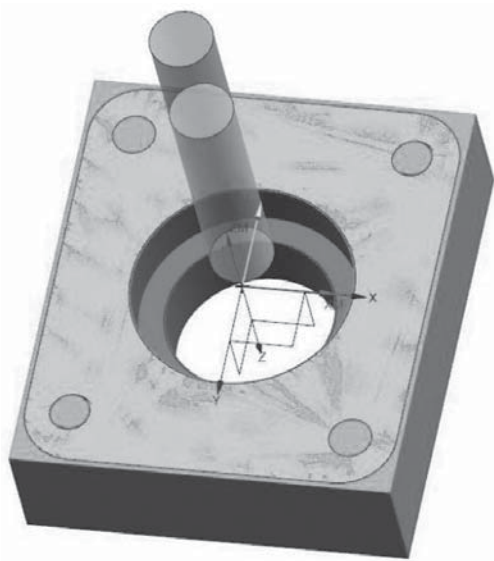


图 2-2-27 加工仿真

7. 创建平面铣精加工工序

(1) 右击图标, 弹出快捷菜单, 执行“复制”命令, 如图 2-2-28 所示, 再次右击弹出快捷菜单, 执行“粘贴”命令, 如图 2-2-29 所示。



图 2-2-28 复制工序

名称	刀	刀具
GEOMETRY		
未用项		
MCS_MILL		
WORKPIECE		
FACE_MILLING	✓	D12
PLANAR_MILL	✓	D12
PLANAR_MILL_COPY	✗	D12

图 2-2-29 粘贴工序

(2) 双击图标, 进入“平面铣”界面。“方法”下拉菜单选择“MILL_FINISH”选项, “切削模式”下拉菜单选择选项, 如图 2-2-30 所示。在“切削层”区域, 单击图标, 进入“切削层”对话框, “类型”下拉菜单选择“临界深度”选项, 如图 2-2-31 所示。



图 2-2-30 刀轨参数设置

(3) 在“切削参数”区域中, 单击图标, 进入“切削参数”对话框, 把“余量”区域中的“部件余量”及“最终底面余量”文本框中填入“0.0000”, 公差中的“内公差”“外公差”文本框中全部填入“0.0050”, 如图 2-2-32 所示。



图 2-2-31 切削层设置



图 2-2-32 切削参数设置

(4) 单击“刀轨设置”对话框中的 (进给率和速度) 图标，进入“进给率和速度”对话框，在“主轴速度”区域中，勾选 图标，在文本框中填入 4500，在“进给率”区域中的“切削”文本框中填入 1000，单击 图标进行计算，单击“确定”按钮返回“平面铣”界面。

(5) 单击“操作”区域中的 图标进行计算，再单击 图标，进入“刀轨可视化”对话框。单击“3D 动态”图标进行 3D 仿真操作，把“动画速度”调整到 2，便于观察。单击 图标进行仿真，如图 2-2-33 所示。确认无误后，单击两次“确定”按钮后完成工序创建。

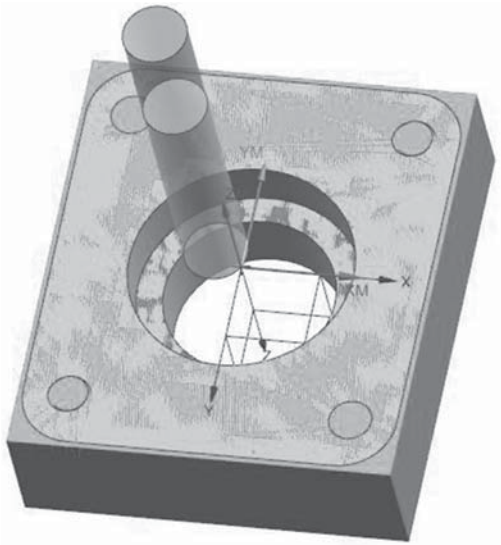


图 2-2-33 加工仿真

2.2.4 工件的检测与改进

数控车铣加工职业技能等级(中级)实操考核试题附带考核评分表，如图 2-2-34 所

数控车铣加工职业技能等级标准(中级)评分表-座承座零件										
试题编号		考生代码				配分		40		
场 次		工位编		工件编		成绩小计				
序号	配分	尺寸类型	公称尺寸	上偏差	下偏差	上极限尺寸	下极限尺寸	实际尺寸	得分	备注
A-主要尺寸										
1	2	Ø	46	-0.01	-0.056	45.99	45.944			
2	2.5	Ø	37	0.039	0	37.039	37			
3	4	Ø	42	0.007	-0.018	42.007	41.982			
4	2	L	78	0	-0.03	78	77.97			
5	2	L	74	0	-0.03	74	73.97			
6	2.5	L	23	0.052	0	23.052	23			

图 2-2-34 考核评分表

示。我们可以通过常用内径千分尺（量程 25~50 mm）进行测量，如图 2-2-35 所示，把测量的实际值填入评分表中，计算出得分。如果无得分，认真分析原因。

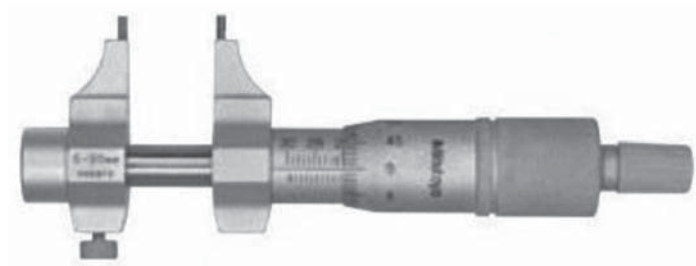


图 2-2-35 内径千分尺

2.2.5 “1+X” 证书项目习题

在 2.2.3 中，学习了零件轴承座中的轴承孔 $\phi 42^{+0.007}_{-0.018}$ 和孔 $\phi 37^{+0.039}_0$ 的粗加工以及精加工的工艺与编程，请根据零件轴承座图 2-2-1 以及表 2-2-2 的加工工艺表，利用“平面铣”命令完成 A 面的外轮廓 $78^{+0}_{-0.03} \times 74^{+0}_{-0.03} \times 13$ 的轮廓加工编程，效果如图 2-2-36 所示。

表 2-2-2 加工工艺表

加工工序	加工方式	加工刀具	主轴转速 / ($r \cdot \min^{-1}$)	进给率 / ($\text{mm} \cdot \min^{-1}$)	余量 / mm
外轮廓 $78^{+0}_{-0.03} \times 74^{+0}_{-0.03} \times 13$	粗加工	$\phi 12$ 平底刀	2500	2000	0.2
外轮廓 $78^{+0}_{-0.03} \times 74^{+0}_{-0.03} \times 13$	精加工	$\phi 12$ 平底刀	4500	1000	0



图 2-2-36 效果图



焊接火箭“心脏”的大国工匠——高凤林

高凤林，男，1962年生，汉族，中共党员，中国航天科技集团有限公司第一研究院首都航天机械有限公司特种熔融焊接工，高级技师。30多年来，他几乎都在做着同样一件事，即为火箭焊“心脏”——发动机喷管，他先后为90多发火箭焊接过“心脏”，占我国火箭发射总数近四成。高凤林先后参与北斗导航、嫦娥探月、载人航天等国家重点工程以及长征五号新一代运载火箭的研制工作，一次次攻克发动机喷管焊接技术世界级难关，出色完成亚洲最大的全箭振动试验塔的焊接攻关、修复苏制图-154飞机发动机，还被丁肇中教授亲点，成功解决反物质探测器项目难题。

航天产品的特殊性和风险性，决定了许多问题的解决都要在十分艰苦和危险的条件下进行。为了满足大容量、大吨位卫星的发射，我国建造了亚洲最大的全箭振动试验塔，其中振动大梁的焊接是关键，属于一级焊缝，而制作振动大梁的材料很特殊，焊接难度很大。为了满足振动大梁的焊接要求，高凤林要在高温下连续不断地操作。焊件表面温度达几百度，高凤林的双手被烤得发干，鼓起了一串串的水泡。为了按时保质完成任务，他咬牙坚持下来，最终焊接出了合格的振动大梁。在后来的载人航天工程实施期间，对振动大梁进行升级测试，结果表明大梁焊接质量良好，承载能力可由原来的360吨提高到420吨，能为我国运载火箭的研制继续服役。而他的双手至今还留有被严重烫伤的疤痕。为了攻克国家某重点攻关项目，近半年的时间，他天天趴在冰冷的产品上，关节麻木了、皮肤青紫了，他甚至被戏称为“和产品结婚的人”。

因为技艺高超，曾有人开出“高薪加两套北京住房”的诱人条件聘请他，高凤林却说，我们的目标是把火箭、卫星送入太空，这不是钱能衡量的。他用30多年的坚守，诠释了一个航天匠人对理想信念的执着追求。

（来源：中工网，2022年12月21日）