

第5章 多轴加工

本章提要

多轴加工也称为可变轴加工，是指在切削加工中，加工轴矢量不断变化的一种加工方式。本章通过典型范例讲解了 UG NX 9.0 中多轴加工的一般流程及操作方法，读者从中不仅可以领会 UG NX 9.0 中多轴加工的方法，还可学到多轴加工的基本概念。

5.1 概 述

多轴加工是指使用运动轴数为四轴或五轴以上的机床进行的数控加工，具有加工结构、程序复杂和控制精度高等特点。多轴加工适用于加工复杂的曲面、斜轮廓以及不同平面上的孔系等。由于在加工过程中刀具与工件的位置是可以随时调整的，刀具与工件能达到最佳切削状态，从而提高机床加工效率。多轴加工能够提高复杂机械零件的加工精度，因此，它在制造业中发挥着重要的作用。在多轴加工中，五轴加工应用范围最为广泛，所谓五轴加工是指在一台机床上至少有 5 个运动轴（3 个直线轴和 2 个旋转轴），而且可在计算机数控系统（CNC）的控制下协调运动进行加工。五轴联动数控技术对工业制造，特别是对航空、航天、军事工业有重要影响，由于其特殊的地位，国际上把五轴联动数控技术作为衡量一个国家生产设备自动化水平的标志。

5.2 多轴加工的子类型

进入加工环境后，选择下拉菜单 **插入(S) → 工序(E)...** 命令，系统弹出“创建工序”对话框。在“创建工序”对话框的 **类型** 下拉列表中选择 **mill_multi-axis** 选项，系统显示多轴加工操作的 6 种操作子类型，如图 5.2.1 所示。

图 5.2.1 所示的“创建工序”对话框中的各按钮说明如下：

- A1  (VARIABLE_CONTOUR): 可变轮廓铣。
- A2  (VARIABLE_STREAMLINE): 可变流线铣。
- A3  (CONTOUR_PROFILE): 外形轮廓铣。
- A4  (FIXED_CONTOUR): 固定轴轮廓铣。
- A5  (ZLEVEL_5AXIS): 深度加工 5 轴铣。
- A6  (SEQUENTIAL_MILL): 顺序铣。

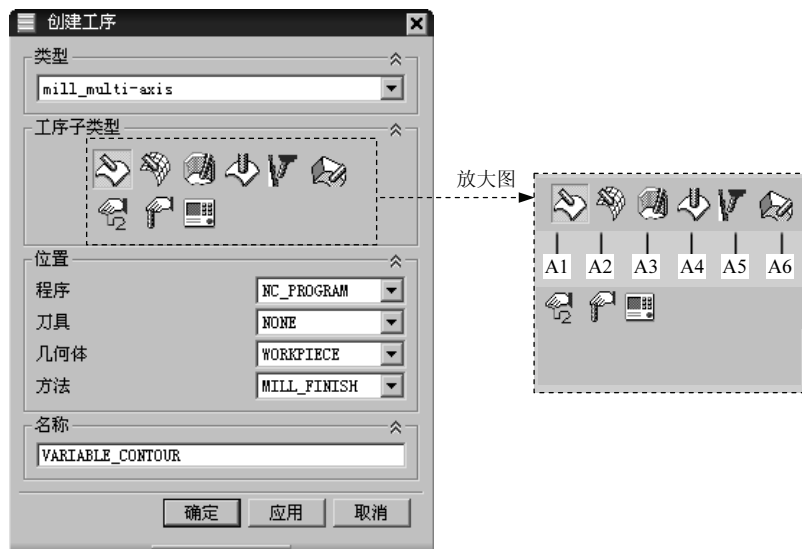
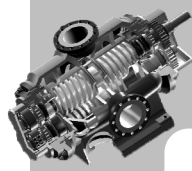


图 5.2.1 “创建工序”对话框

5.3 可变轴轮廓铣

可变轴轮廓铣可以精确地控制刀轴和投影矢量使刀具沿着非常复杂的曲面运动。其中刀轴的方向是指刀具的中心指向夹持器的矢量方向，它可以通过输入坐标值、指定几何体、设置刀轴与零件表面的法向矢量的关系，或设置刀轴与驱动面法向矢量的关系来确定。

下面以图 5.3.1 所示的模型来说明创建可变轴轮廓铣操作的一般步骤。

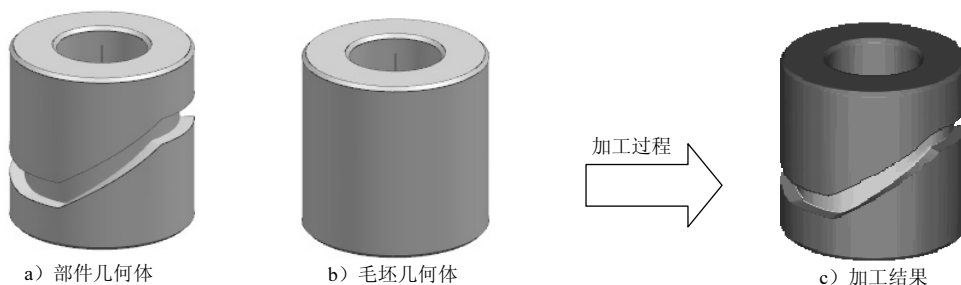
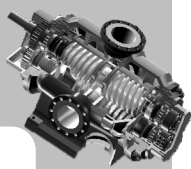


图 5.3.1 可变轴轮廓铣

Task1. 打开模型文件并进入加工模块

Step1. 打开模型文件 D:\ugnx90.9\work\ch05.03\cylinder_cam.prt。

Step2. 进入加工环境。选择下拉菜单 **启动** **加工(R)...** 命令，在系统弹出的“加工环境”对话框的 **要创建的 CAM 设置** 列表框中选择 **mill multi-axis** 选项，然后单击 **确定** 按钮，进入多轴加工环境。



Task2. 创建几何体

Stage1. 创建机床坐标系和安全平面

Step1. 进入几何视图。在工序导航器的空白处右击，在系统弹出的快捷菜单中选择 **几何视图** 命令，在工序导航器中双击节点 **MCS**，系统弹出 MCS 对话框。

Step2. 创建机床坐标系。

(1) 在 MCS 对话框的 **机床坐标系** 区域中单击“CSYS 对话框”按钮 ，系统弹出 CSYS 对话框，在 **类型** 下拉列表中选择 **动态** 选项。

(2) 拖动机床坐标系的原点至如图 5.3.2 所示边线圆心的位置，单击 **确定** 按钮，此时系统返回至 MCS 对话框。

Step3. 创建安全平面。

(1) 在 MCS 对话框中 **安全设置** 区域的 **安全设置选项** 下拉列表中选择 **平面** 选项，单击“平面对话框”按钮 ，系统弹出“平面”对话框。

(2) 选取如图 5.3.3 所示的模型表面，在 **偏置** 区域的 **距离** 文本框中输入值 10.0，单击 **确定** 按钮，系统返回到 MCS 对话框，完成安全平面的创建。

Step4. 单击 **确定** 按钮，完成机床坐标系的设置。

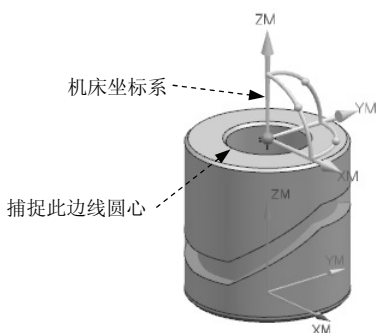


图 5.3.2 创建机床坐标系

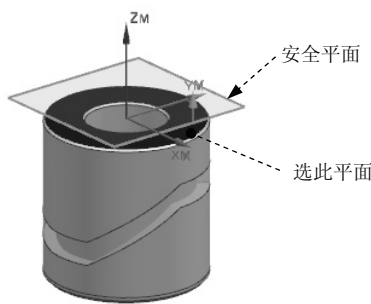


图 5.3.3 创建安全平面

Stage2. 创建毛坯几何体

Step1. 在工序导航器中双击 **MCS** 节点下的 **WORKPIECE**，系统弹出“工件”对话框。

Step2. 单击  按钮，系统弹出“毛坯几何体”对话框。

Step3. 在 **类型** 下拉列表中选择 **几何体** 选项，在图形区选取如图 5.3.4 所示的几何体为毛坯几何体。

说明：选取几何体时注意选择的类型过滤器应设置为“实体”。选择毛坯几何体后，为了方便后面的操作，需要将该几何体隐藏起来。

Step4. 依次单击“毛坯几何体”对话框和“工件”对话框中的 **确定** 按钮。

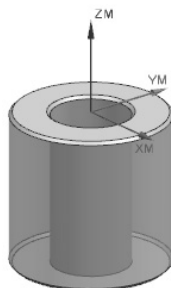
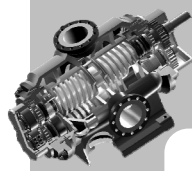


图 5.3.4 毛坯几何体

Task3. 创建刀具

Step1. 选择下拉菜单 **插入(S) → 刀具(T)...** 命令，系统弹出“创建刀具”对话框。

Step2. 确定刀具类型。在 **类型** 下拉列表中选择 **mill_multi-axis** 选项，在 **刀具子类型** 区域中单击 **MILL** 按钮 ，在 **名称** 文本框中输入刀具名称 **D10**，单击 **确定** 按钮，系统弹出“铣刀-5 参数”对话框。

Step3. 设置刀具参数。在 **尺寸** 区域的 **(D) 直径** 文本框中输入值 **10.0**，在 **(R) 锥角** 文本框中输入值 **0.0**，在 **(L) 长度** 文本框中输入值 **75.0**，在 **(FL) 刃口长度** 文本框中输入值 **50.0**，其他参数采用系统默认设置值。

Step4. 单击 **确定** 按钮，完成刀具的创建。

Task4. 创建工序

Stage1. 插入操作

Step1. 选择下拉菜单 **插入(S) → 工序(O)...** 命令，系统弹出“创建工序”对话框。

Step2. 确定加工方法。在 **类型** 下拉列表中选择 **mill_multi-axis** 选项，在 **工序子类型** 区域中单击 **VARIABLE_CONTOUR** 按钮 ，在 **刀具** 下拉列表中选择 **D10 (铣刀-5 参数)** 选项，在 **几何体** 下拉列表中选择 **WORKPIECE** 选项，在 **方法** 下拉列表中选择 **MILL_FINISH** 选项，单击 **确定** 按钮，系统弹出“可变轮廓铣”对话框，如图 5.3.5 所示。

Stage2. 设置驱动方法

Step1. 在“可变轮廓铣”对话框 **驱动方法** 区域中的 **方法** 下拉列表中选择 **曲面** 选项，系统弹出如图 5.3.6 所示的“曲面区域驱动方法”对话框。

Step2. 单击  按钮，系统弹出“驱动几何体”对话框，采用系统默认设置值，在图形区选取图 5.3.7 所示的曲面，单击 **确定** 按钮，系统返回到“曲面区域驱动方法”对话框。

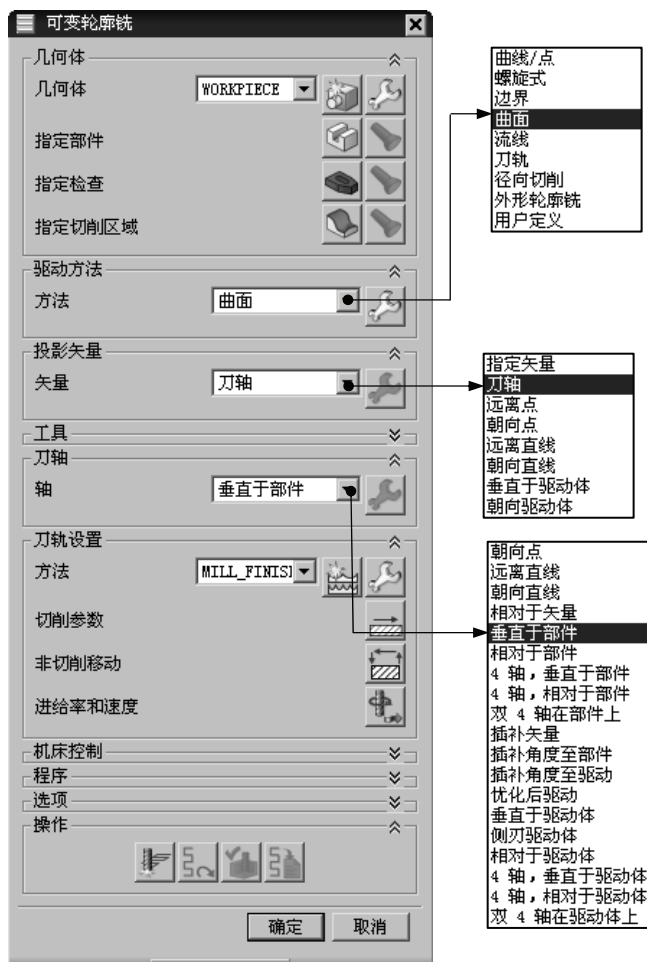
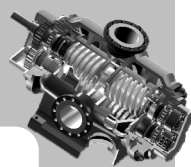


图 5.3.5 “可变轮廓铣”对话框

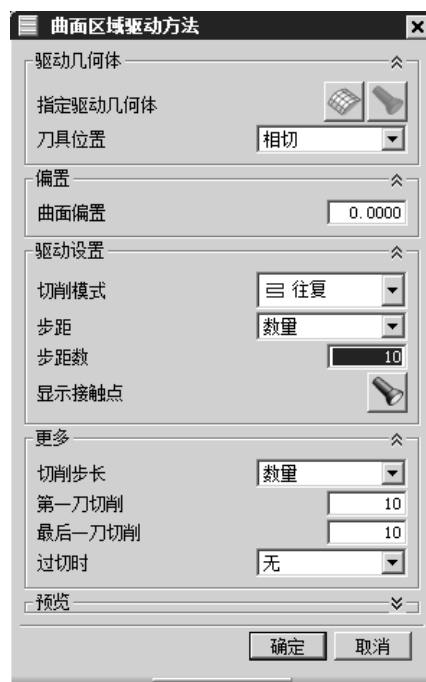


图 5.3.6 “曲面区域驱动方法”对话框

Step3. 单击“切削方向”按钮, 在图形区选取图 5.3.8 所示的箭头方向。

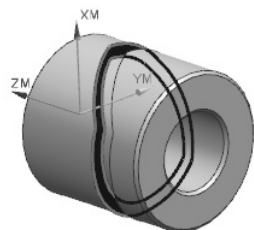


图 5.3.7 选取驱动曲面

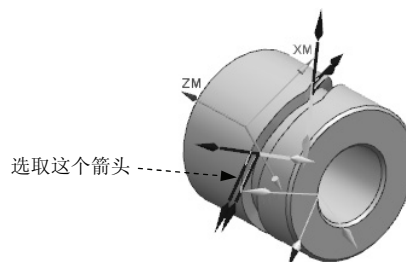
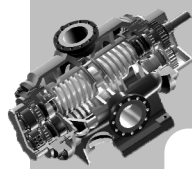


图 5.3.8 选取切削方向

Step4. 单击“材料反向”按钮, 确保材料方向箭头如图 5.3.9 所示。

Step5. 设置驱动参数。在“切削模式”下拉列表中选择“螺旋”选项，在“步距”下拉列表中选择“数量”选项，在“步距数”文本框中输入值 200.0，单击“确定”按钮，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。



Stage3. 设置刀轴与投影矢量

Step1. 设置刀轴。在“可变轮廓铣”对话框 **刀轴** 区域的 **轴** 下拉列表中选择 **侧刃驱动体** 选项，然后单击“指定侧刃方向”按钮 ，系统弹出“选择侧刃驱动方向”对话框，在图形区选取图 5.3.10 所示的箭头方向，单击 **确定** 按钮，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。

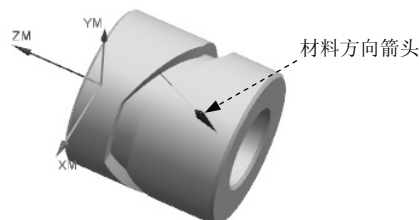


图 5.3.9 选取材料方向

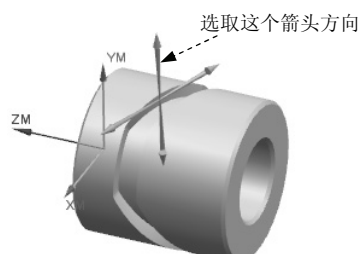


图 5.3.10 设置刀轴

Step2. 设置投影矢量。在“可变轮廓铣”对话框 **投影矢量** 区域的 **矢量** 下拉列表中选择 **垂直于驱动体** 选项。

Stage4. 设置切削参数

Step1. 在 **刀轨设置** 区域中单击“切削参数”按钮 ，系统弹出“切削参数”对话框。

Step2. 单击 **余量** 选项卡，在 **部件余量** 文本框中输入值 0.5。

Step3. 单击 **刀轴控制** 选项卡，设置参数如图 5.3.11 所示。

Step4. 单击 **确定** 按钮，完成切削参数的设置，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。

Stage5. 设置非切削移动参数

Step1. 单击“可变轮廓铣”对话框中的“非切削移动”按钮 ，系统弹出“非切削移动”对话框。

Step2. 单击 **转移/快速** 选项卡，设置如图 5.3.12 所示的参数，完成后单击 **确定** 按钮，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。

Stage6. 设置进给率和速度

Step1. 单击“可变轮廓铣”对话框中的“进给率和速度”按钮 ，系统弹出“进给率和速度”对话框。

Step2. 选中 **主轴速度** 区域中的 ☒ **主轴速度 (rpm)** 复选框，在其后的文本框中输入值 3000.0，在 **进给率** 区域的 **切削** 文本框中输入值 500.0，单击  按钮，在 **进刀** 文本框中输入值 300.0。

Step3. 单击 **确定** 按钮。

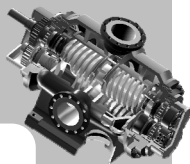


图 5.3.11 “刀轴控制”选项卡



图 5.3.12 “转移/快速”选项卡

Task5. 生成刀路轨迹并仿真

Step1. 单击“生成”按钮, 在图形区中生成如图 5.3.13 所示的刀路轨迹。

Step2. 在“可变轮廓铣”对话框中单击“确认”按钮, 在系统弹出的“刀轨可视化”对话框中单击 2D 动态选项卡, 单击“播放”按钮, 即可演示刀具按刀轨运行, 完成演示后的结果如图 5.3.14 所示, 单击 确定按钮, 完成操作。

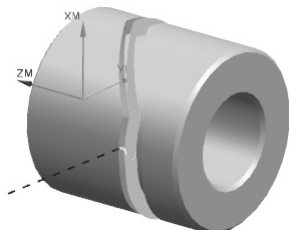


图 5.3.13 刀路轨迹

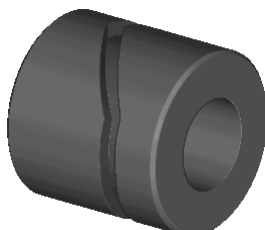


图 5.3.14 2D 仿真结果

说明: 将此刀路进行适当的变换就可以得到粗加工刀路和另一个侧面的加工刀路。

Task6. 保存文件

选择下拉菜单 文件(F) → 保存(S) 命令, 保存文件。

5.4 可变轴流线铣

在可变轴加工中, 流线铣是比较常见的铣削方式。下面以如图 5.4.1 所示的模型来说明创建可变轴流线铣操作的一般步骤。

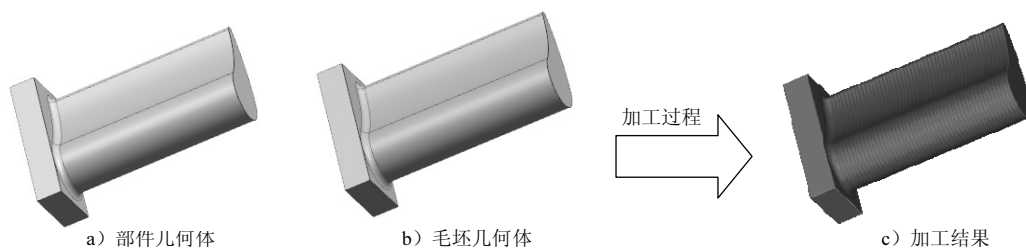
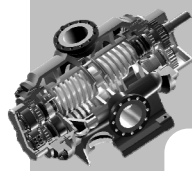


图 5.4.1 可变轴流线铣

Task1. 打开模型文件并进入加工模块

Step1. 打开模型文件 D:\ugnx90.9\work\ch05.04\stream.prt。

Step2. 进入加工环境。选择下拉菜单 启动 加工(C)... 命令，在系统弹出的“加工环境”对话框的 **要创建的 CAM 设置** 列表框中选择 **mill multi-axis** 选项，然后单击 **确定** 按钮，进入多轴加工环境。

Task2. 创建几何体

Stage1. 创建机床坐标系和安全平面

Step1. 进入几何视图。在工序导航器的空白处右击，在系统弹出的快捷菜单中选择 几何视图 命令，在工序导航器中双击节点 MCS，系统弹出 MCS 对话框。

Step2. 创建机床坐标系。

(1) 在 MCS 对话框的 **机床坐标系** 区域中单击“CSYS 对话框”按钮 ，系统弹出 CSYS 对话框，在 **类型** 下拉列表中选择 **动态** 选项。

(2) 拖动机床坐标系的原点至如图 5.4.2 所示边线的中点位置，单击 **确定** 按钮，完成如图 5.4.2 所示的机床坐标系的创建，此时系统返回至 MCS 对话框。

Step3. 创建安全平面。

(1) 在 MCS 对话框 **安全设置** 区域的 **安全设置选项** 下拉列表中选择 **平面** 选项，单击 按钮，系统弹出“平面”对话框。

(2) 选取如图 5.4.3 所示的平面，在 **偏置** 区域的 **距离** 文本框中输入值 20.0，单击 **确定** 按钮，系统返回到 MCS 对话框，单击 **确定** 按钮，完成安全平面的创建。

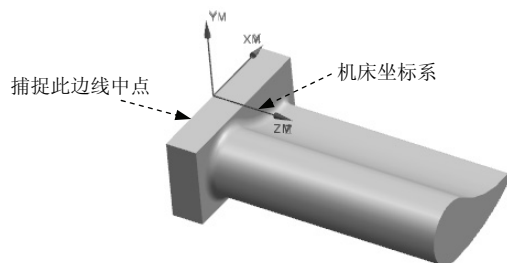


图 5.4.2 创建机床坐标系

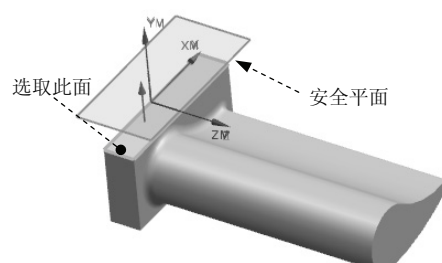
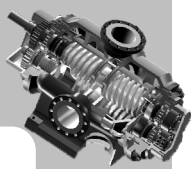


图 5.4.3 创建安全平面



Stage2. 创建部件几何体

Step1. 在工序导航器中双击  MCS 节点下的  WORKPIECE 节点，系统弹出“工件”对话框。

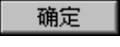
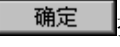
Step2. 选取部件几何体。在“工件”对话框中单击  按钮，系统弹出“部件几何体”对话框。

Step3. 在图形区选取整个零件实体为部件几何体，单击  确定 按钮，完成部件几何体的创建，同时系统返回到“工件”对话框。

Stage3. 创建毛坯几何体

Step1. 在“工件”对话框中单击  按钮，系统弹出“毛坯几何体”对话框。

Step2. 在 **类型** 下拉列表中选择  部件的偏置 选项，在 **偏置** 文本框中输入值 0.3。

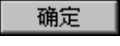
Step3. 单击  确定 按钮，然后单击“工件”对话框中的  确定 按钮。

Task3. 创建刀具

Step1. 选择下拉菜单 **插入(I) →  刀具(T)...** 命令，系统弹出“创建刀具”对话框。

Step2. 确定刀具类型。在“创建刀具”对话框的 **类型** 下拉列表中选择 **mill_multi-axis** 选项，在 **刀具子类型** 区域中单击 **BALL_MILL** 按钮 ，在 **名称** 文本框中输入刀具名称 D6，单击  确定 按钮，系统弹出“铣刀-球头铣”对话框。

Step3. 设置刀具参数。在 **尺寸** 区域的 **(D) 直径** 文本框中输入值 6.0，其他参数采用系统默认设置值。

Step4. 单击  确定 按钮，完成刀具的创建。

Task4. 创建工序

Stage1. 插入工序

Step1. 选择下拉菜单 **插入(I) →  工序(O)...** 命令，系统弹出“创建工序”对话框。

Step2. 确定加工方法。在 **类型** 下拉列表中选择 **mill_multi-axis** 选项，在 **工序子类型** 区域中单击 **VARIABLE_STREAMLINE** 按钮 ，在 **刀具** 下拉列表中选择 **D6 (铣刀-球头铣)** 选项，在 **几何体** 下拉列表中选择 **WORKPIECE** 选项，在 **方法** 下拉列表中选择 **MILL_FINISH** 选项，单击  确定 按钮，系统弹出“可变流线铣”对话框，如图 5.4.4 所示。

Stage2. 指定切削区域

在“可变流线铣”对话框中单击  按钮，系统弹出“切削区域”对话框，采用系统默认选项，选取如图 5.4.5 所示的切削区域，单击  确定 按钮，系统返回到“可变流线铣”对话框。

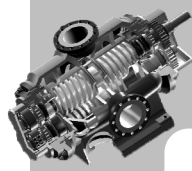


图 5.4.4 “可变流线铣”对话框

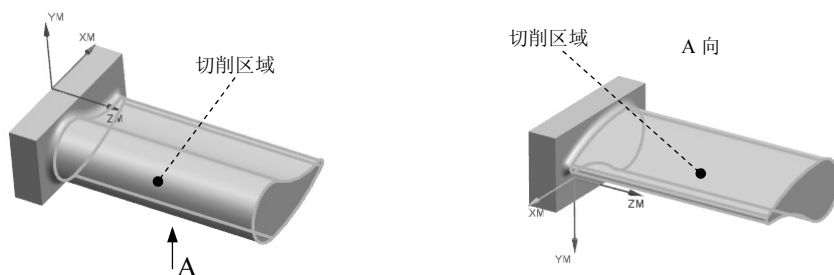


图 5.4.5 指定切削区域

图 5.4.4 所示的“可变流线铣”对话框中 **刀轴** 区域的 **轴** 下拉列表的各选项说明如下：

注意：**刀轴** 下拉列表的选项会根据所选择的驱动方法的不同而有所不同，同时**矢量**下拉列表的选项也会有所变化。

- **远离点**：选择此选项后，系统弹出“点”对话框，可以通过“点”对话框创建一个聚焦点，所有刀轴矢量均以该点为起点并指向刀具夹持器，如图 5.4.6 和图 5.4.7 所示。参考文件路径为：D:\ugnx90.9\work\ch05.04\point_from.prt。

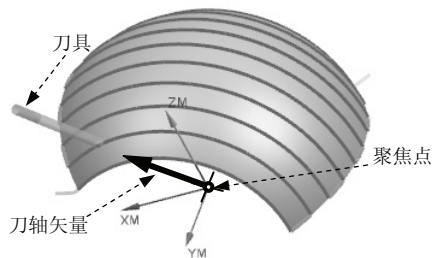


图 5.4.6 “远离点”刀轴矢量（一）

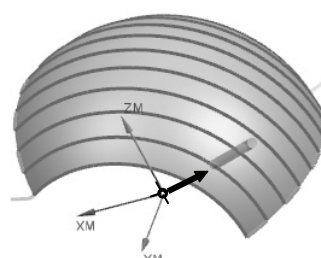
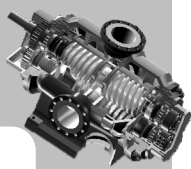


图 5.4.7 “远离点”刀轴矢量（二）



- **朝向点**：选择此选项后，系统弹出“点”对话框，可以通过“点”对话框创建一个聚焦点，所有刀轴的矢量均指向该点，如图 5.4.8 和图 5.4.9 所示。参考文件路径为：D:\ugnx90.9\work\ch05.04\point_to.prt。

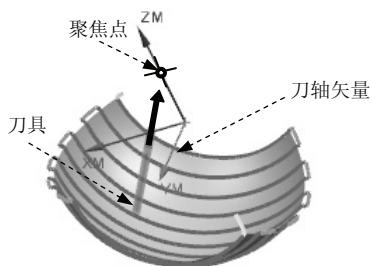


图 5.4.8 “朝向点”刀轴矢量（一）

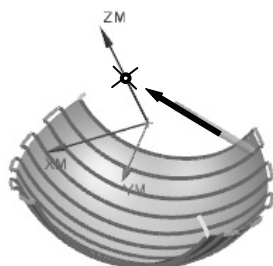


图 5.4.9 “朝向点”刀轴矢量（二）

- **远离直线**：选择此选项后，系统弹出“直线定义”对话框，可以通过此对话框创建一条直线，刀轴矢量沿着聚焦线运动并与该聚焦线保持垂直，矢量方向从聚焦线离开并指向刀具夹持器，如图 5.4.10 和图 5.4.11 所示。参考文件路径为：D:\ugnx90.9\work\ch05.04\line_to.prt。

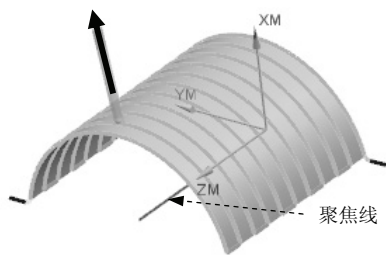


图 5.4.10 “远离直线”刀轴矢量（一）

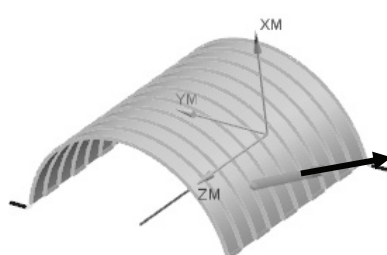


图 5.4.11 “远离直线”刀轴矢量（二）

- **朝向直线**：选择此选项后，系统弹出“直线定义”对话框，可以通过此对话框创建一条直线，刀轴矢量沿着聚焦线运动并与该聚焦线保持垂直，矢量方向指向聚焦线并指向刀具夹持器，如图 5.4.12 和图 5.4.13 所示。参考文件路径为：D:\ugnx90.9\work\ch05.04\line_from.prt。

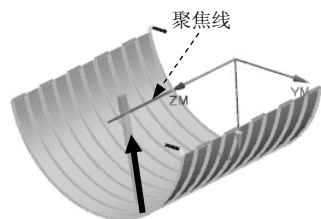


图 5.4.12 “朝向直线”刀轴矢量（一）

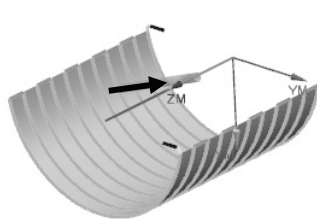
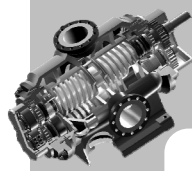


图 5.4.13 “朝向直线”刀轴矢量（二）

- **相对于矢量**：选择此选项后，系统弹出“相对于矢量”对话框，可以创建或指定一个矢量，并设置刀轴矢量的前倾角和侧倾角与该矢量相关联。其中“前倾角”定



义了刀具沿刀轨前倾或后倾的角度,正前倾角表示刀具相对于刀轨方向向前倾斜,负前倾角表示刀具相对于刀轨方向向后倾斜,由于前倾角基于刀具的运动方向,因此往复切削模式将使刀具在单向刀路中向一侧倾斜,而在回转刀路中向相反的另一侧倾斜。侧倾角定义了刀具从一侧到另一侧的角度,正侧倾角将使刀具向右倾斜,负侧倾角将使刀具向左倾斜。与前倾角不同的是,“侧倾角”是固定的,它与刀具的运动方向无关,如图 5.4.14 和图 5.4.15 所示。参考文件路径为: D:\ugnx90.9\work\ch05.04\relatively_vector.prt。

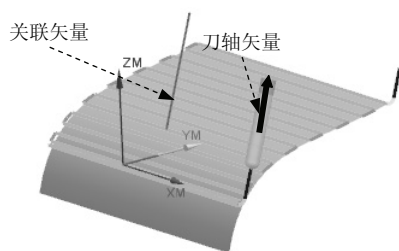


图 5.4.14 “相对于矢量”刀轴矢量(一)

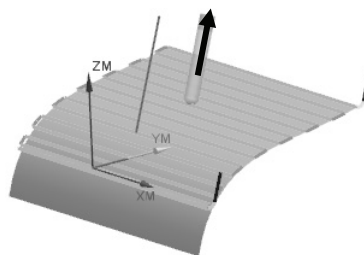


图 5.4.15 “相对于矢量”刀轴矢量(二)

- **垂直于部件**: 选择此选项后,刀轴矢量将在每一个刀具与部件的接触点处垂直于部件表面,如图 5.4.16 和图 5.4.17 所示。参考文件路径为: D:\ugnx90.9\work\ch05.04\per_workpiece.prt。

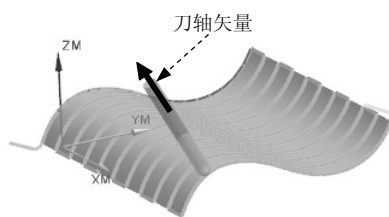


图 5.4.16 “垂直于部件”刀轴矢量(一)

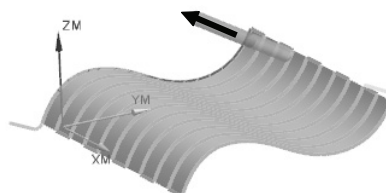


图 5.4.17 “垂直于部件”刀轴矢量(二)

- **相对于部件**: 选择此选项后,系统弹出如图 5.4.18 所示的“相对于部件”对话框,可以在此对话框中设置刀轴的前倾角和侧倾角与部件表面的法向矢量相关联,并可以设置前倾角和侧倾角的变化范围。参考文件路径为: D:\ugnx90.9\work\ch05.04\relatively_workpiece.prt。刀轴矢量如图 5.4.19 所示。将模型视图切换到右视图,查看前倾角的设置,如图 5.4.20 所示;将模型视图切换到前视图,查看侧倾角的设置,如图 5.4.21 所示。
- **4 轴,垂直于部件**: 选择此选项后,系统弹出“4 轴,垂直于部件”对话框,可以用来设置旋转轴及其旋转角度,刀具绕着指定的轴旋转,并始终和旋转轴垂直。
- **4 轴,相对于部件**: 选择此选项后,系统弹出“4 轴,相对于部件”对话框,可以设置旋转轴及其旋转角度,同时可以设置刀轴的前倾角和侧倾角与该轴相关联,在 4 轴加工中,前倾角通常设置为 0。

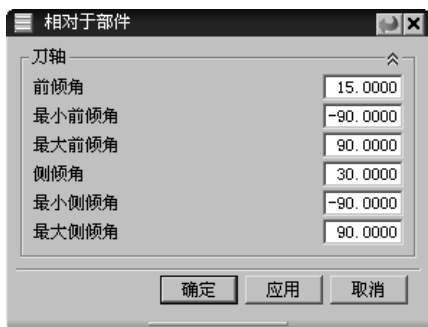
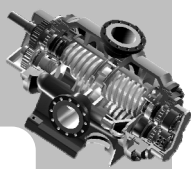


图 5.4.18 “相对于部件”对话框

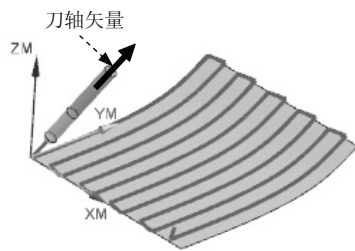


图 5.4.19 “相对于部件”刀轴矢量

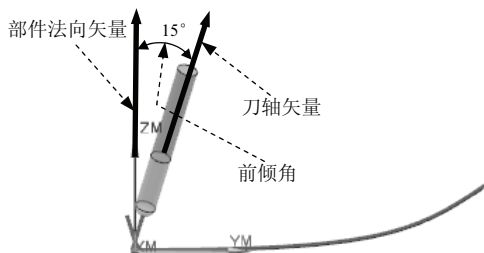


图 5.4.20 查看前倾角

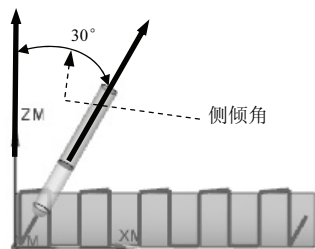
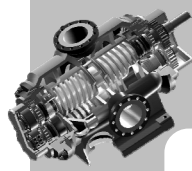


图 5.4.21 查看侧倾角

- **双 4 轴在部件上**: 选择此选项后, 系统弹出“双 4 轴, 相对于在部件”对话框, 此时需要在单向切削和回转切削两个方向分别设置旋转轴及其旋转角度, 同时可以设置刀轴的前倾角和侧倾角, 因此它是一种 5 轴加工, 多用于往复式切削方法。
- **插补矢量**: 选择此选项后, 系统弹出“插补矢量”对话框, 可以选择某点并指定该点处的矢量, 其余刀轴矢量是由系统按照插值的方法得到的。
- **插补角度至部件**: 选择此选项后, 系统弹出“插补角度至部件”对话框, 可以选择某点并指定该点处刀轴的前倾角和侧倾角, 此时角度的计算是基于刀具和部件表面接触点的法向矢量, 其余刀轴矢量是由系统按照插值的方法得到的。
- **插补角度至驱动**: 选择此选项后, 系统弹出“插补角度至驱动”对话框, 可以选择某点并指定该点处刀轴的前倾角和侧倾角, 此时角度的计算是基于刀具和驱动表面接触点的法向矢量, 其余刀轴矢量是由系统按照插值的方法得到的。
- **优化后驱动**: 选择此选项后, 系统弹出“优化后驱动”对话框, 可以是刀具的前倾角与驱动几何体的曲率相匹配, 在凸起部分保持小的前倾角, 以便移除更多材料。在下凹区域中增加前倾角以防止刀根过切, 并使前倾角足够小以防止刀前端过切。
- **垂直于驱动体**: 选择此选项后, 刀轴矢量将在每一个接触点处垂直于驱动面。
- **侧刃驱动体**: 选择此选项后, 系统将按刀具侧刃来计算刀轴矢量, 此时可指定侧刃方向、画线类型和侧倾角等参数。此刀轴允许刀具的侧面切削驱动面, 刀尖切削部件表面。



- **相对于驱动体**: 选择此选项后, 同样需要设置前倾角和侧倾角, 此时角度的计算是基于驱动体表面的法向矢量。
- **4 轴, 垂直于驱动体**: 选择此选项后, 系统弹出“4 轴, 垂直于驱动体”对话框, 可以用来设置第 4 轴及其旋转角度, 刀具绕着指定的轴旋转一定角度, 并始终和驱动面垂直。
- **4 轴, 相对于驱动体**: 选择此选项后, 系统弹出“4 轴, 相对于驱动体”对话框, 可以设置第 4 轴及其旋转角度, 同时可以设置刀轴的前倾角和侧倾角与驱动面相关联。
- **双 4 轴在驱动体上**: 选择此选项后, 系统弹出“双 4 轴, 相对于驱动体”对话框, 此选项与**双 4 轴在部件上**唯一的区别是**双 4 轴在驱动体上**参考的是驱动曲面几何体, 而不是部件表面几何体。

Stage3. 设置驱动方法

Step1. 在“可变流线铣”对话框的**驱动方法**区域中单击按钮, 系统弹出如图 5.4.22 所示的“流线驱动方法”对话框, 同时在图形区系统会自动生成如图 5.4.23 所示的流曲线。

Step2. 查看两条流曲线的方向。如有必要, 可以在方向箭头上右击, 选择**反向**命令, 调整两条流曲线的方向相同。

Step3. 指定切削方向。在**切削方向**区域中单击“指定切削方向”按钮, 在图形区中选取如图 5.4.24 所示的箭头方向。

Step4. 设置驱动参数。在如图 5.4.22 所示的“流线驱动方法”对话框的**刀具位置**下拉列表中选择**相切**选项, 在**切削模式**下拉列表中选择**螺旋或螺旋式**选项, 在**步距**下拉列表中选择**数量**选项, 在**步距数**文本框中输入值 50, 单击按钮, 系统返回到“可变流线铣”对话框。

Stage4. 设置投影矢量与刀轴

Step1. 设置投影矢量。在“可变流线铣”对话框**投影矢量**区域的**矢量**下拉列表中, 选取**垂直于驱动体**选项。

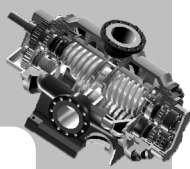
Step2. 设置刀轴。在**刀轴**区域的**轴**下拉列表中选择**相对于驱动体**选项, 在**前倾角**文本框中输入值 15.0, 在**侧倾角**文本框中输入值 15.0。

Stage5. 设置切削参数和非切削移动参数

采用系统默认的切削参数和非切削移动参数。

Stage6. 设置进给率和速度

Step1. 单击“可变流线铣”对话框中的“进给率和速度”按钮, 系统弹出“进给率



和速度”对话框。

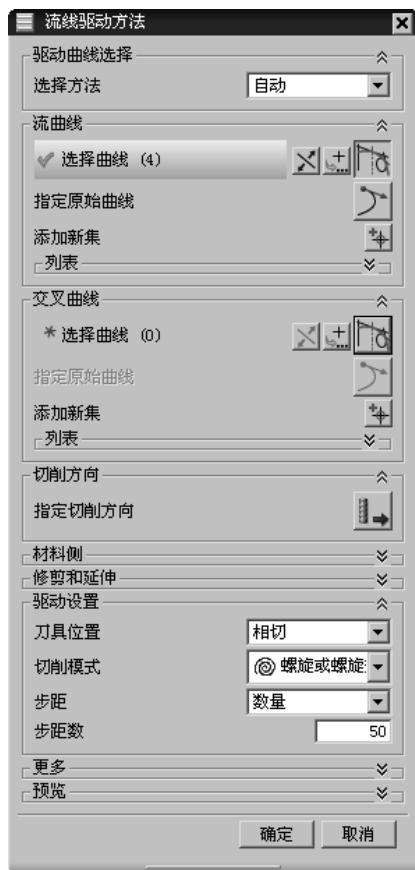


图 5.4.22 “流线驱动方法”对话框

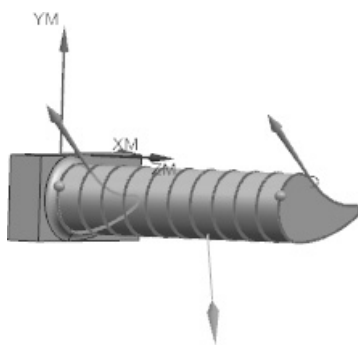


图 5.4.23 流曲线

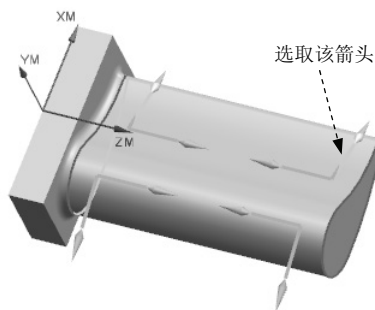


图 5.4.24 指定切削方向

Step2. 选中**主轴速度**区域中的 ☒ **主轴速度 (rpm)** 复选框，在其后的文本框中输入值 2500，在**进给率**区域的 **切削** 文本框中输入值 600。

Step3. 单击 **确定** 按钮。

Task5. 生成刀路轨迹并仿真

Step1. 在“可变流线铣”对话框中单击“生成”按钮 ，在图形区中生成图 5.4.25 所示的刀路轨迹。

Step2. 单击“确认”按钮 ，系统弹出“刀轨可视化”对话框。

Step3. 使用 2D 动态仿真。单击 **2D 动态** 选项卡，采用系统默认设置值，调整动画速度后单击“播放”按钮 ，即可演示刀具按刀轨运行，完成演示后的模型如图 5.4.26 所示，仿真完成后单击两次 **确定** 按钮，完成操作。

Task6. 保存文件

选择下拉菜单 **文件(F)**  **保存(S)** 命令，保存文件。

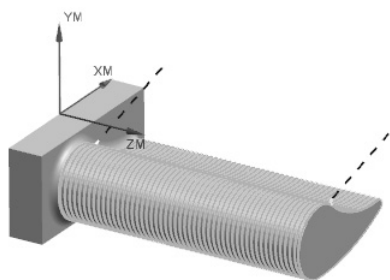
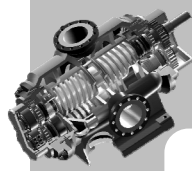


图 5.4.25 刀路轨迹

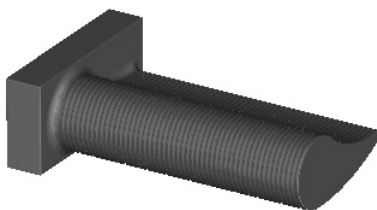


图 5.4.26 2D 仿真结果

5.5 多轴加工综合范例

本范例介绍的是一个叶轮零件的多轴加工操作，在学完本节后，希望读者能增加对多轴加工的认识，进而掌握 UG NX 中多轴加工的各种方法。本范例所使用的部件几何体、毛坯几何体及加工结果如图 5.5.1 所示，下面介绍其创建的一般操作步骤。

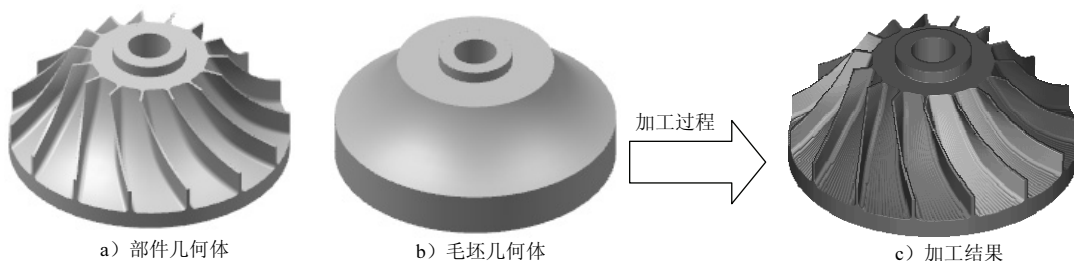


图 5.5.1 多轴加工

Task1. 打开模型文件并进入加工模块

Step1. 打开模型文件 D:\ugnx90.9\work\ch05.05\impeller.prt。

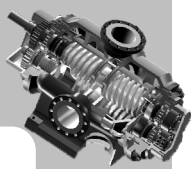
Step2. 进入加工环境。选择下拉菜单 **启动** → **加工(R)...** 命令，在系统弹出的“加工环境”对话框的 **要创建的 CAM 设置** 列表框中选择 **mill multi-axis** 选项，然后单击 **确定** 按钮，进入多轴加工环境。

Task2. 创建程序

Step1. 选择下拉菜单 **插入(I)** → **程序(P)...** 命令(或单击“插入”工具栏中的 **程序** 按钮)，系统弹出“创建程序”对话框。

Step2. 在 **类型** 下拉列表中选择 **mill multi-axis** 选项，在 **位置** 区域的 **程序** 下拉列表中选择 **NC_PROGRAM** 选项，在 **名称** 文本框中输入程序名称 001，单击两次 **确定** 按钮，完成程序 001 的创建。

Step3. 重复 Step1 和 Step2 的步骤，创建名称分别为 002 和 003 的程序。



说明：程序 001 用来存放开槽加工操作，程序 002 和 003 分别存放叶片侧面加工操作。

Task3. 创建几何体

Stage1. 创建机床坐标系和安全平面

Step1. 进入几何视图。在工序导航器的空白处右击，在系统弹出的快捷菜单中选择 **几何视图** 命令，在工序导航器中双击节点 **MCS**，系统弹出 MCS 对话框。

Step2. 创建机床坐标系。

(1) 在 **机床坐标系** 区域中单击“CSYS 对话框”按钮 ，系统弹出 CSYS 对话框，在 **类型** 下拉列表中选择 **动态** 选项。

(2) 拖动机床坐标系的原点至如图 5.5.2 所示边线圆心的位置，单击 **确定** 按钮，完成机床坐标系的创建。

说明：在选取边线时，可在部件导航器中将毛坯暂时隐藏，以便操作。

Step3. 创建安全平面。

(1) 在 **安全设置** 区域的 **安全设置选项** 下拉列表中选择 **平面** 选项，单击“平面对话框”按钮 ，系统弹出“平面”对话框。

(2) 选取如图 5.5.3 所示的模型的顶平面，在 **偏置** 区域的 **距离** 文本框中输入值 20.0，单击两次 **确定** 按钮，完成安全平面的创建。

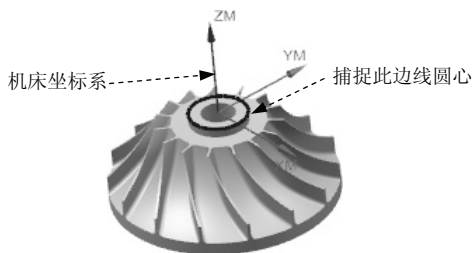


图 5.5.2 创建机床坐标系

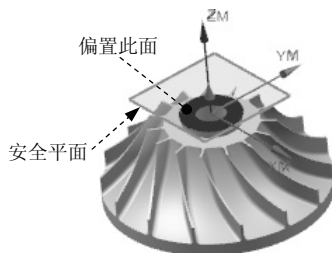


图 5.5.3 创建安全平面

Stage2. 创建部件几何体

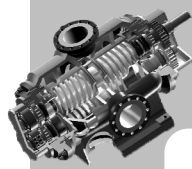
Step1. 在工序导航器中双击 **WORKPIECE** 节点，系统弹出“工件”对话框。

Step2. 选取部件几何体。单击  按钮，系统弹出“部件几何体”对话框，在图形区选取图 5.5.1 a 所示的叶轮模型。

Step3. 单击 **确定** 按钮，完成部件几何体的创建，同时系统返回到“工件”对话框。

Stage3. 创建毛坯几何体

Step1. 在“工件”对话框中单击  按钮，系统弹出“毛坯几何体”对话框，在图形区选取图 5.5.1b 所示的毛坯模型。



Step2. 依次单击“毛坯几何体”对话框和“工件”对话框中的 **确定** 按钮。

Task4. 创建刀具 1

Step1. 选择下拉菜单 **插入(I) → 刀具(T)...** 命令，系统弹出“创建刀具”对话框。

Step2. 确定刀具类型。在 **类型** 下拉列表中选择 **mill_multi-axis** 选项，在 **刀具子类型** 区域中单击 **BALL_MILL** 按钮 ，在 **名称** 文本框中输入刀具名称 D6，单击 **确定** 按钮，系统弹出“铣刀-球头铣”对话框。

Step3. 设置刀具参数。在 **尺寸** 区域的 **(D) 球直径** 文本框中输入值 6.0，其他参数采用系统默认设置值。

Step4. 单击 **确定** 按钮，完成刀具的创建。

Task5. 创建刀具 2

参照 Task4 的操作步骤，创建名称为 D6B3 的球头铣刀，并在 **(D) 球直径** 文本框中输入值 6.0，在 **(R) 锥角** 文本框中输入值 3.0，其他参数采用系统默认设置值。

Task6. 创建工序 1

Stage1. 插入操作

Step1. 选择下拉菜单 **插入(I) → 工序(O)...** 命令，系统弹出“创建工序”对话框。

Step2. 确定加工方法。在 **类型** 下拉列表中选择 **mill_multi-axis** 选项，在 **工序子类型** 区域中单击 **VARIABLE_STREAMLINE** 按钮 ，在 **程序** 下拉列表中选择 **001** 选项，在 **刀具** 下拉列表中选择 **D6 (铣刀-球头铣)** 选项，在 **几何体** 下拉列表中选择 **WORKPIECE** 选项，在 **方法** 下拉列表中选择 **MILL_FINISH** 选项，单击 **确定** 按钮，系统弹出“可变流线铣”对话框。

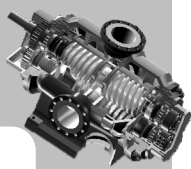
Stage2. 指定切削区域

在“可变流线铣”对话框中单击  按钮，系统弹出“切削区域”对话框，采用系统默认的设置，选取如图 5.5.4 所示的切削区域，单击 **确定** 按钮，系统返回到“可变流线铣”对话框。

Stage3. 设置驱动方法

Step1. 在“可变流线铣”对话框的 **驱动方法** 区域中单击  按钮，系统弹出如图 5.5.5 所示的“流线驱动方法”对话框，同时在图形区系统会自动生成如图 5.5.6 所示的流曲线和交叉曲线。

Step2. 查看两条流曲线和交叉曲线的方向。如有必要，可以在方向箭头上右击，选择 **反向** 命令，调整两条流曲线和交叉曲线的方向分别相同。



Step3. 设置驱动参数。在 **刀具位置** 下拉列表中选择 **相切** 选项，在 **切削模式** 下拉列表中选择 **往复** 选项，在 **步距** 下拉列表中选择 **恒定** 选项，在 **最大距离** 文本框中输入值 3.0，选择单位为 **mm**，单击 **确定** 按钮，系统返回到“可变流线铣”对话框。

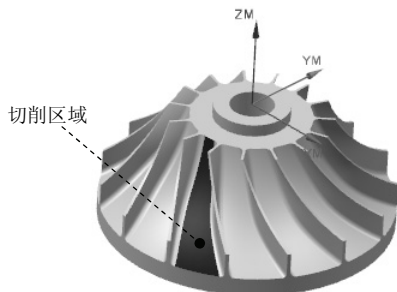


图 5.5.4 指定切削区域

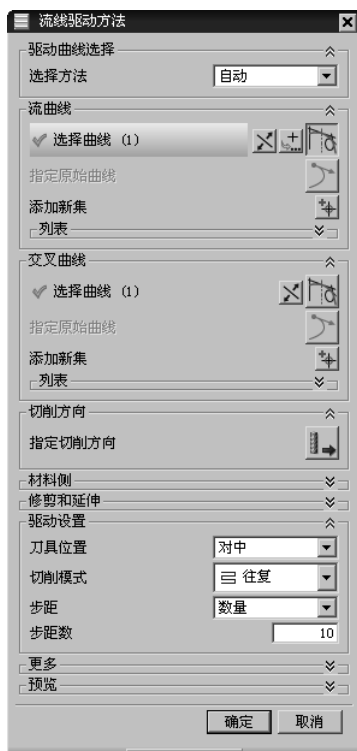


图 5.5.5 “流线驱动方法”对话框

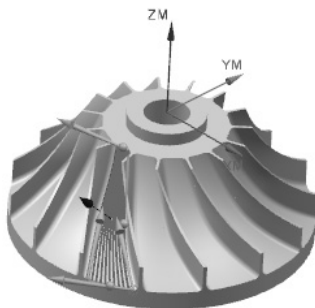
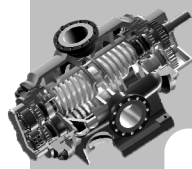


图 5.5.6 流曲线和交叉曲线

Stage4. 设置投影矢量与刀轴

Step1. 设置投影矢量。在“可变流线铣”对话框 **投影矢量** 区域的 **矢量** 下拉列表中，选取 **垂直于驱动体** 选项。

Step2. 设置刀轴。在“可变流线铣”对话框 **刀轴** 区域的 **轴** 下拉列表中选择 **朝向点** 选项，单击“点对话框”按钮 ，系统弹出“点”对话框，在 **参考** 下拉列表中选择 **WCS** 选项，然后在 **XC**、**YC**、**ZC** 文本框中分别输入值 25.0、-110.0、80.0，单击 **确定** 按钮，系统返回



到“可变流线铣”对话框。

Stage5. 设置切削参数

Step1. 在 **刀轨设置** 区域中单击“切削参数”按钮 , 系统弹出“切削参数”对话框。

Step2. 单击 **多刀路** 选项卡, 参数设置值如图 5.5.7 所示。

Step3. 单击 **余量** 选项卡, 在 **部件余量** 文本框中输入值 0.5, 单击 **确定** 按钮, 系统返回到“可变流线铣”对话框。

Stage6. 设置非切削移动参数

Step1. 单击“可变流线铣”对话框中的“非切削移动”按钮 , 系统弹出“非切削移动”对话框。

Step2. 单击 **进刀** 选项卡, 设置如图 5.5.8 所示的参数, 完成后单击 **确定** 按钮, 系统返回到“可变流线铣”对话框。



图 5.5.7 “多刀路”选项卡



图 5.5.8 “进刀”选项卡

Stage7. 设置进给率和速度

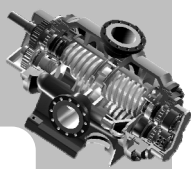
Step1. 单击“可变流线铣”对话框中的“进给率和速度”按钮 , 系统弹出“进给率和速度”对话框。

Step2. 选中 **主轴速度** 区域中的 ☒ **主轴速度 (rpm)** 复选框, 在其后的文本框中输入值 1500.0, 在 **进给率** 区域的 **切削** 文本框中输入值 600.0, 按回车键, 然后单击  按钮, 在 **更多** 区域的 **进刀** 文本框中输入值 300.0。

Step3. 单击 **确定** 按钮。

Task7. 生成刀路轨迹并仿真

Step1. 在“可变流线铣”对话框中单击“生成”按钮 , 在图形区中生成如图 5.5.9



所示的刀路轨迹；单击“确认”按钮，系统弹出“刀轨可视化”对话框。

Step2. 使用 2D 动态仿真。单击 2D 动态选项卡，采用系统默认设置值，调整动画速度后单击“播放”按钮，即可演示刀具按刀轨运行，完成演示后的模型如图 5.5.10 所示，单击两次 确定按钮，完成操作。

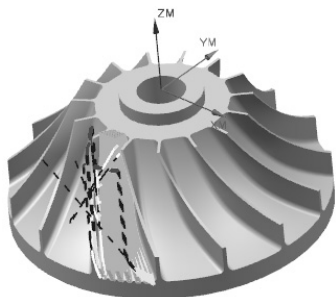


图 5.5.9 刀路轨迹

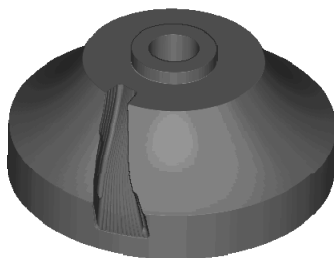


图 5.5.10 2D 仿真结果

Task8. 创建工序 2

Stage1. 插入操作

Step1. 选择下拉菜单 插入(S)  工序(E)... 命令，系统弹出“创建工序”对话框。

Step2. 确定加工方法。在 类型 下拉列表中选择 mill_multi-axis 选项，在 工序子类型 区域中单击 VARIABLE_CONTOUR 按钮，在 程序 下拉列表中选择 002 选项，在 刀具 下拉列表中选择 D6B3 (铣刀-球头铣) 选项，在 几何体 下拉列表中选择 WORKPIECE 选项，在 方法 下拉列表中选择 MILL_FINISH 选项，单击 确定按钮，系统弹出“可变轮廓铣”对话框。

Stage2. 指定切削区域

在“可变轮廓铣”对话框中单击按钮，系统弹出“切削区域”对话框，采用系统默认的选项，选取如图 5.5.11 所示的切削区域，单击 确定按钮，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。

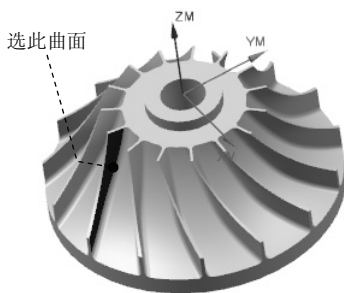
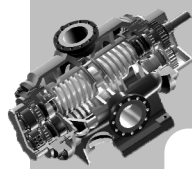


图 5.5.11 指定切削区域

Stage3. 设置驱动方法

Step1. 在“可变轮廓铣”对话框 驱动方法 区域中的 方法 下拉列表中选择 曲面 选项，在弹



出的“驱动方法”对话框中单击 **确定** 按钮，系统弹出如图 5.5.12 所示的“曲面区域驱动方法”对话框。



图 5.5.12 “曲面区域驱动方法”对话框

Step2. 单击 按钮，系统弹出“驱动几何体”对话框，采用系统默认参数设置值，在图形区选取如图 5.5.13 所示的曲面，单击 **确定** 按钮，系统返回到“曲面区域驱动方法”对话框。

Step3. 在 **切削区域** 下拉列表中选择 **曲面 %** 选项，系统弹出“曲面百分比方法”对话框，参数设置值如图 5.5.14 所示，完成后单击 **确定** 按钮，系统返回到“曲面区域驱动方法”对话框。

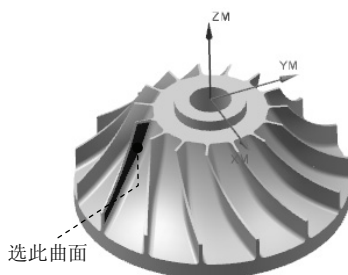


图 5.5.13 指定驱动曲面

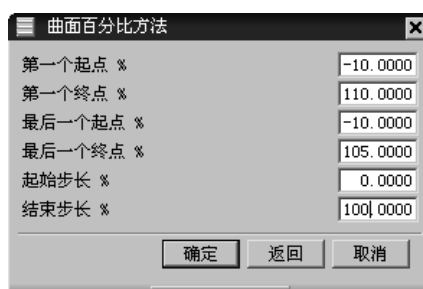


图 5.5.14 “曲面百分比方法”对话框

Step4. 单击“切削方向”按钮 ，在图形区选取如图 5.5.15 所示的箭头方向。

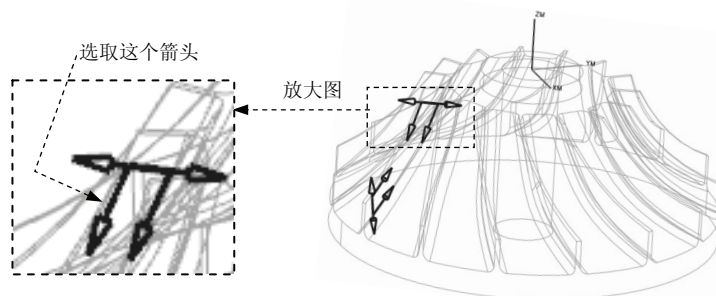
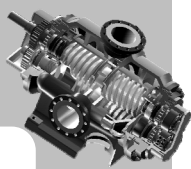


图 5.5.15 选取切削方向



Step5. 设置驱动参数。在 **切削模式** 下拉列表中选择 **单向** 选项，在 **步距** 下拉列表中选择 **数量** 选项，在 **步距数** 文本框中输入值 20.0，单击 **确定** 按钮，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。

Stage4. 设置投影矢量与刀轴

Step1. 设置投影矢量。在“可变轮廓铣”对话框 **投影矢量** 区域的 **矢量** 下拉列表中，选择 **垂直于驱动体** 选项。

Step2. 设置刀轴。在 **刀轴** 区域的 **轴** 下拉列表中选择 **朝向点** 选项，单击“点对话框”按钮 ，系统弹出“点”对话框，在 **参考** 下拉列表中选择 **WCS** 选项，然后在 **XC**、**YC**、**ZC** 文本框中分别输入值 50.0、-110.0、100.0，其他参数采用系统默认设置值，单击 **确定** 按钮，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。

Stage5. 设置切削参数

采用系统默认的切削参数。

Stage6. 设置非切削移动参数

采用系统默认的非切削移动参数。

Stage7. 设置进给率和速度

Step1. 单击“可变轮廓铣”对话框中的“进给率和速度”按钮 ，系统弹出“进给率和速度”对话框。

Step2. 选中 **主轴速度** 区域中的 ☒ **主轴速度 (rpm)** 复选框，在其后的文本框中输入值 3000.0，在 **进给率** 区域的 **切削** 文本框中输入值 500.0，按回车键，然后单击  按钮。

Step3. 单击 **确定** 按钮。

Task9. 生成刀路轨迹并仿真

Step1. 在“可变轮廓铣”对话框中单击“生成”按钮 ，在图形区中生成如图 5.5.16 所示的刀路轨迹。

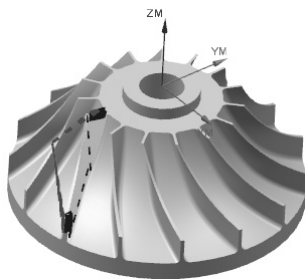
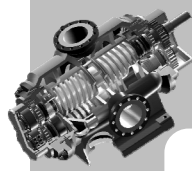


图 5.5.16 刀路轨迹



Step2. 单击“确认”按钮，系统弹出“刀轨可视化”对话框。单击2D 动态选项卡，采用系统默认参数设置值，调整动画速度后单击“播放”按钮，完成演示后的模型如图 5.5.17 所示，仿真完成后单击两次按钮，完成操作。

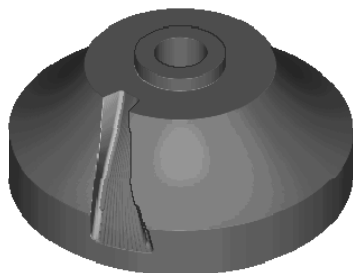


图 5.5.17 2D 仿真结果

Task10. 创建工序 3

Step1. 复制操作。在工序导航器的空白处右击，在弹出的快捷菜单中选择程序顺序视图选项，单击!  002 节点的展开子项，然后右击 VARIABLE_CONTOUR 节点，在弹出的快捷菜单中选择复制命令。

Step2. 粘贴操作。在工序导航器中右击!  003 节点，在弹出的快捷菜单中选择内部粘贴命令。

Step3. 修改操作名称。在工序导航器中右击 VARIABLE_CONTOUR_COPY 节点，在弹出的快捷菜单中选择重命名命令，将其名称改为 VARIABLE_CONTOUR_2。

Step4. 重新定义操作。

(1) 双击上一步改名的 VARIABLE_CONTOUR_2 节点，系统弹出“可变轮廓铣”对话框。

(2) 单击指定切削区域右侧的按钮，系统弹出“切削区域”对话框，在该对话框的列表区域中单击“移除”按钮，然后选取如图 5.5.18 所示的切削区域，单击确定按钮，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。

说明：这里选择的切削区域和 Task8 创建工序 2 的相对，两者分别位于叶轮槽的两侧。

(3) 在驱动方法区域中单击按钮，系统弹出“曲面区域驱动方法”对话框；单击按钮，系统弹出“驱动几何体”对话框，在列表区域中单击“移除”按钮，然后在图形区选取图 5.5.19 所示的曲面，单击确定按钮，系统返回到“曲面区域驱动方法”对话框；单击“切削方向”按钮，在图形区选取如图 5.5.20 所示的箭头方向，单击确定按钮。

(4) 在“可变轮廓铣”对话框的刀轴区域单击“点对话框”按钮，系统弹出“点”对话框，然后在 XC、YC、ZC 文本框中分别输入值 10.0、-120.0、80.0，其他参数采用系统默认参数设置值，单击确定按钮，系统返回到“可变轮廓铣”对话框。

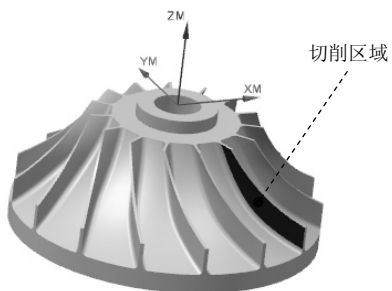
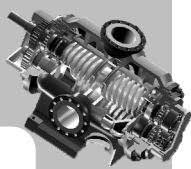


图 5.5.18 选取切削区域

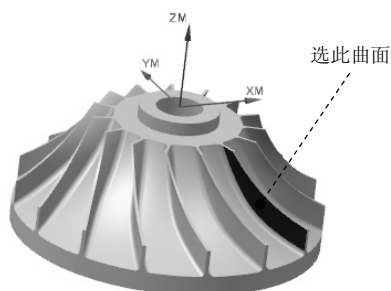


图 5.5.19 选取驱动曲面

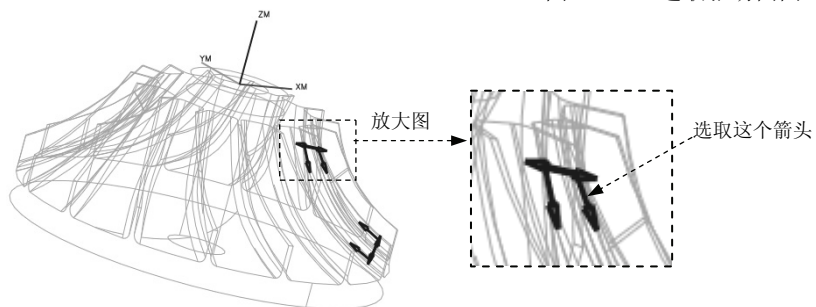


图 5.5.20 选取切削方向

Task11. 生成刀路轨迹并仿真

Step1. 在“可变轮廓铣”对话框中单击“生成”按钮, 在图形区中生成如图 5.5.21 所示的刀路轨迹。

Step2. 单击“确认”按钮, 系统弹出“刀轨可视化”对话框。单击 2D 动态 选项卡, 采用系统默认参数设置值, 调整动画速度后单击“播放”按钮, 即可演示刀具按刀轨运行, 完成演示后的模型如图 5.5.22 所示, 仿真完成后单击两次 确定 按钮, 完成操作。

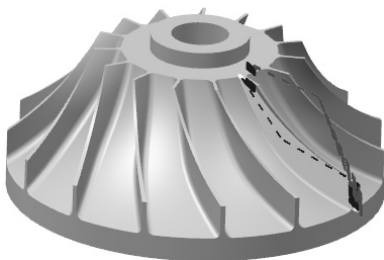


图 5.5.21 刀路轨迹

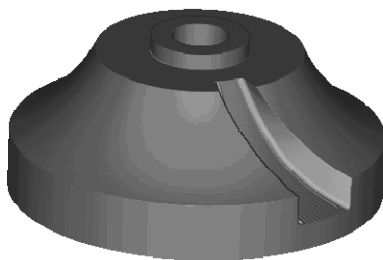


图 5.5.22 2D 仿真结果

说明: 本例后面的详细操作过程请参见随书光盘中 video\ch05.05\reference 文件下的语音视频讲解文件 impeller-r01.avi。

Task12. 保存文件

选择下拉菜单 文件(F) → 保存(S) 命令, 保存文件。