

机 电 工 程 系 教 案

2025-2026 学年第二学期

课程名称 数控加工自动编程

任课教师 陈 国 贵

班 级 机电一体化技术 241

学 时 54 学时

课程基本信息

课程名称	数控加工自动编程			
课程性质	专业必修		学分	3
学 时	总学时：54 学时。其中：课堂讲授 0 学时；实验 54 学时；线上教学 0 学时			
开课部门	机电工程系		任课教师	陈国贵
授课专业、班级	机电一体化技术专业、机电一体化技术 241		开课学期	2025-2026 学年第二学期
成绩评定	平时成绩占 <u>40</u> %；期末成绩占 <u>60</u> %		考核方式	考试
选用教材	书 名	主 编	出版社	出版日期
本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用	本课程属于数控加工专业必修课，是数控加工专业的一门重要的职业核心能力模块课程。是职业教育培养面向生产的技术型人才。通过掌握数控铣床的实例加工工艺，为后续《数控加工实训》实操提供基础，具有在数控加工和数控编程岗位上能够进行零件加工实施的能力。			
本课程教学目标	《数控铣自动编程》，要求学生能掌握实例讲数控加工编程技能。 1、掌握数控编程的理论知识； 2、掌握型腔铣加工、平面铣加工、孔加工等工序的创建； 3、掌握型腔铣加工、平面铣加工、孔加工及参数设置； 4、掌握零件自动编程生成刀轨的合理性分析； 5、结合生产实例，完成工件加工编程。			
素质(思政)内容与要求	《数控铣自动编程》作为一门工科学技术课程，其思政素质培养目标需紧密结合专业特点，将社会主义核心价值观、职业素养与社会责任融入教学实践，实现知识传授与价值引领的统一。 1. 培养工匠精神与职业责任感；以数控加工中的“微米级误差”案例，强调责任意识，联系因程序错误导致重大生产事故的真实事件，深化对职业道德的理解。 2. 强化科技报国与创新意识。引入华为、大疆等企业技术攻坚案例，鼓励学生探索编程算法优化，培养解决“卡脖子”技术难题的创新思维。 3. 树立绿色制造与可持续发展理念。分析德国工业 4.0 与“双碳”目标的关联，设计绿色加工方案，引导学生思考技术发展与生态保护的平衡。			

	4. 厚植文化自信与开放合作精神。解析西门子、FANUC 等系统差异，倡导在技术学习中兼容并蓄，培养全球化视野下的技术自信。
学生用主要 参考资料	1. 朱明松，数控铣床编程与操作项目教程 第 3 版，机械工业出版社，2019 2. 朱勤惠，数控铣削编程与加工（FANUC 系统），机械工业出版社，2021 3. 温法胜，数控铣削编程与加工，清华大学出版社，2022 4. 廖磷志，数控铣削编程与应用 中国轻工业出版社，2020

1. UG NX/Manufacturing 概述

1、教学目标：

- 知识要求
- 了解 UG NX 系统的用户界面
- 了解 UG NX 系统的文件操作、视图操作、对象显示、对象选择、坐标系操作等。

2、教学重点

- 具备正确的选用能力；
- 具备合理运用的能力。

3、教学难点

- 具备以后用到时能够进行查询的能力。

4、素质思政内容要求

- 解析国产 CAXA、中望 CAD 与欧美西门子、Pro-E (Creo) 等软件的差异，
倡导在技术学习中兼容并蓄，培养全球化视野下的技术自信。

5、教学手段：

- 讲授 、演示、提问

6、学时数

- 2 学时

主要内容

- NX/Manufacturing
- NX/Manufacturing 初始化
- NX/Manufacturing 用户界面
- 数控编程术语

1.1 UG NX/Manufacturing

UG NX 是技术领先、高度集成、广泛使用的 CAD/CAE/CAM 软件，它为用户的产品设计以及加工过程提供了数字化造型和验证手段。

Manufacturing 是 UG NX 的计算机辅助制造模块，它与 NX CAD/CAE 模块紧密集成，是优秀的数控加工编程工具之一。

1.1.1 Manufacturing 功能简介

Manufacturing 计算机辅助制造模块功能强大，涵盖以下编程方式。

1. 固定轴铣削（Fixed-Axis Milling）

固定轴铣削用于产生 2.5 轴及 3 轴运动的刀具路径，是最广泛使用的加工编程模块，其内容包括平面铣（Planar Milling）、型腔铣（Cavity & Core Milling）、固定轴曲面轮廓铣（Fixed Contour Milling）以及孔加工（Point To Point/钻孔、铰孔、镗孔、攻螺纹等），也是本书要详细讲述的内容。

2. 可变轴铣削（Variable-Axis Milling）

可变轴铣削提供了任意曲面的固定轴和多轴铣削加工编程，规定了 3~5 轴刀具方位、循环动作以及曲面加工质量。通过使用曲面参数把刀具轨迹映射到加工面上，并利用任意曲线及点对刀具轨迹进行控制。

3. 顺序铣削（Sequential Milling）

顺序铣削方式适用于用户要求对切削过程中刀具的每一步路径生成都要进行控制的情况。顺序铣削刀轨和几何模型是完全相关的，使用交互方式逐段建立刀具路径。

4. 车削（Lathe）

车削提供了回转类零件的加工编程功能。零件的几何模型和刀具轨迹完全相关，刀具轨迹能随几何模型的改变而自动更新。它具有粗车、多次走刀精车、车沟槽、车螺纹和钻中心孔等功能。

5. 线切割（Wire EDM）

该模块支持 UG NX 的线框模型和实体模型，可用于 2~4 轴线切割加工编程。

6. 后处理（Postprocessing）

UG NX 提供了编写后处理程序的交互式平台。通过此平台，用户可以比较容易地开发适合于特殊加工设备的后处理程序。

1.1.2 UG NX/Manufacturing 主要特点

- 使用此模块编程可接受有缺陷的 CAD 数据。
- 使用此模块编程可减少加工时间 30%。
- 使用客户化界面（模板）可减少用户培训、编程时间 50~75%。
- 基于特征的加工技术可节省编程时间 90%。
- 使用 HSM/ Nurbs 精加工模具可减少加工时间 50%。
- 过程加工材料（IPW）的自动生成与管理。
- 单一操作完成复杂零件的加工编程。

1.2 Manufacturing 初始化

加工环境是指进入 UG NX 加工模块后的编写程序工作环境，加工环境初始化就是根据被加工零件的特点选择合适的编程工作环境。

在打开一个模型零件准备编写加工程序时，需要加载加工(Manufacturing)模块，有两种方法：一

是在 Start 下拉菜单中选择 Manufacturing，如图 1-1 所示；二是在 Application 工具条中，单击 ，如图 1-2 所示。



图 1-1



图 1-2

在加载 Manufacturing 模块之后，系统显示加工环境设置对话框，如图 1-3 所示。根据被加工零件的特点选择一种 CAM 设置方式，单击初始化按钮，进入到特定的编程环境中。

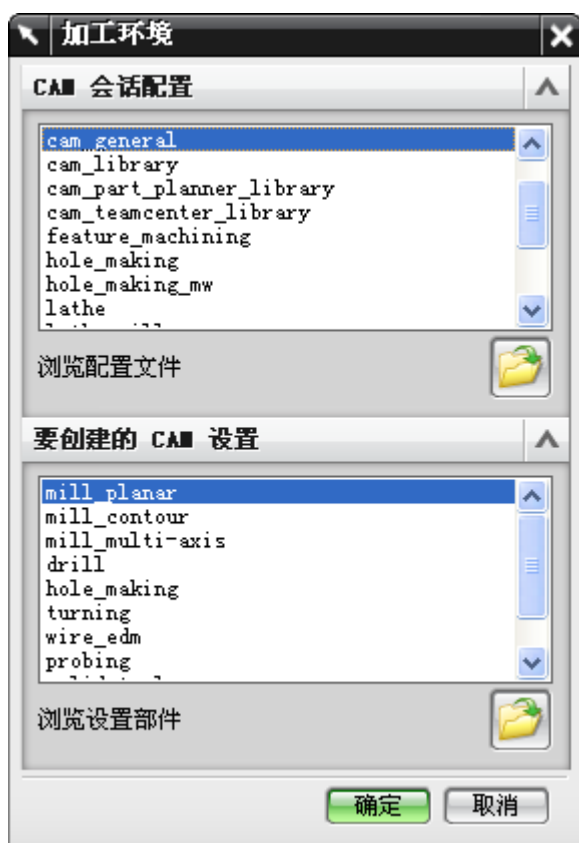


图 1-3

在图 1-3 中，虽然用户一次只能选择一种设置方式进行初始化，但当编写一段程序即创建一个操作时，用户可以在创建操作对话框的类型下拉菜单中重新选择如图 1-4 所示的加工类型，因此，在初始化菜单中，不论选择哪一种设置方式，编程环境都可根据要求重新选择。

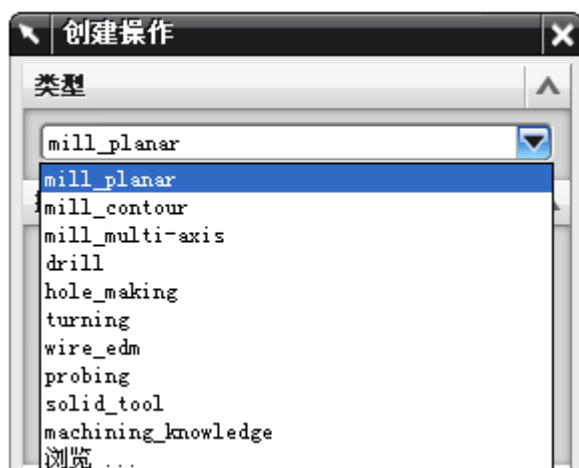


图 1-4

1.3 UG NX/Manufacturing 用户界面

在系统初始化之后，将进入编程环境，其界面由所选的 CAM 设置决定。图 1-5 是设置为平面铣

mill_planar 的用户界面，也是本书所讲述的加工界面，其它铣削界面与此界面类似。

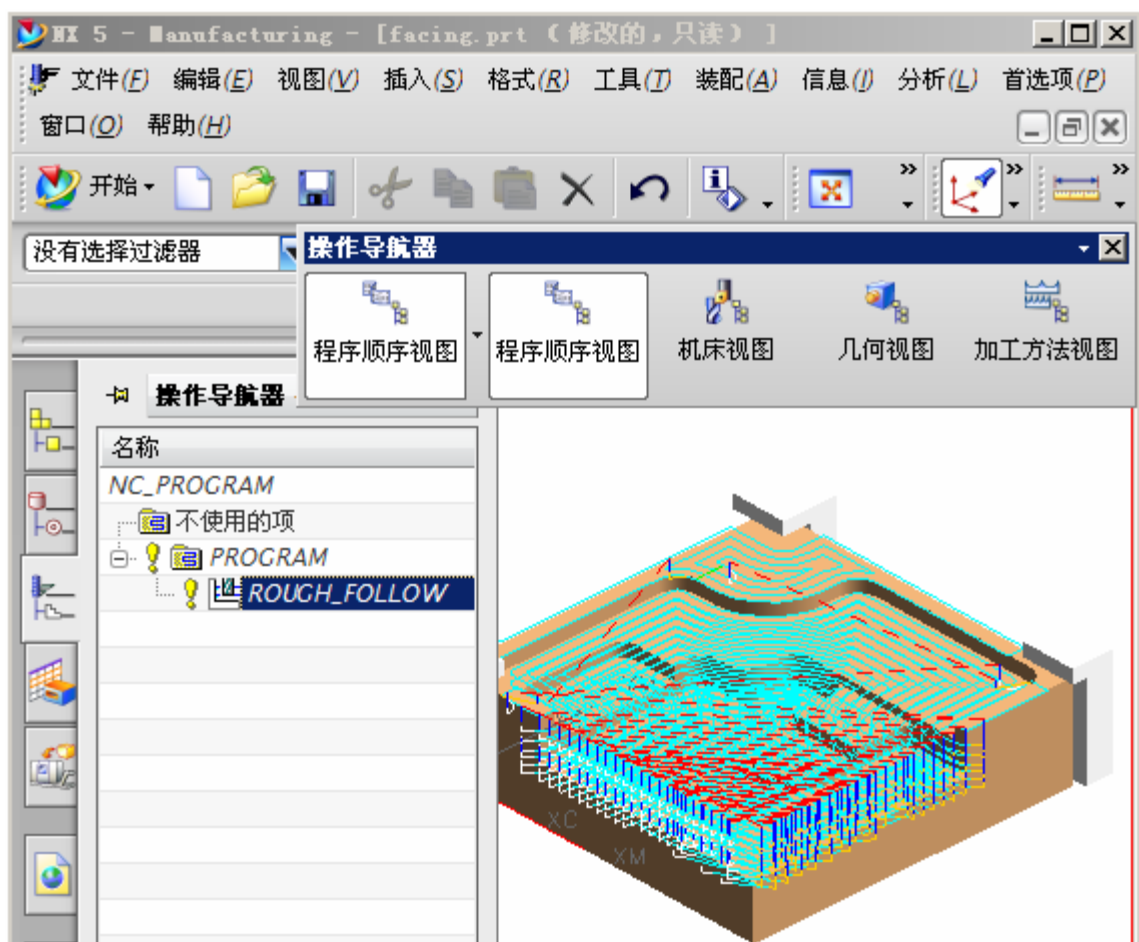


图 1-5

1.3.1 UG NX/Manufacturing 工具条和菜单

在用户界面模型窗口外的空白处，单击 MB3，显示如图 1-6 所示的加工工具条设置下拉菜单，单击要使用的工具条名称后，工具条将出现在用户界面中。若工具条名称前有 $\checkmark$ ，表示此工具条已显示，再单击则会关闭。

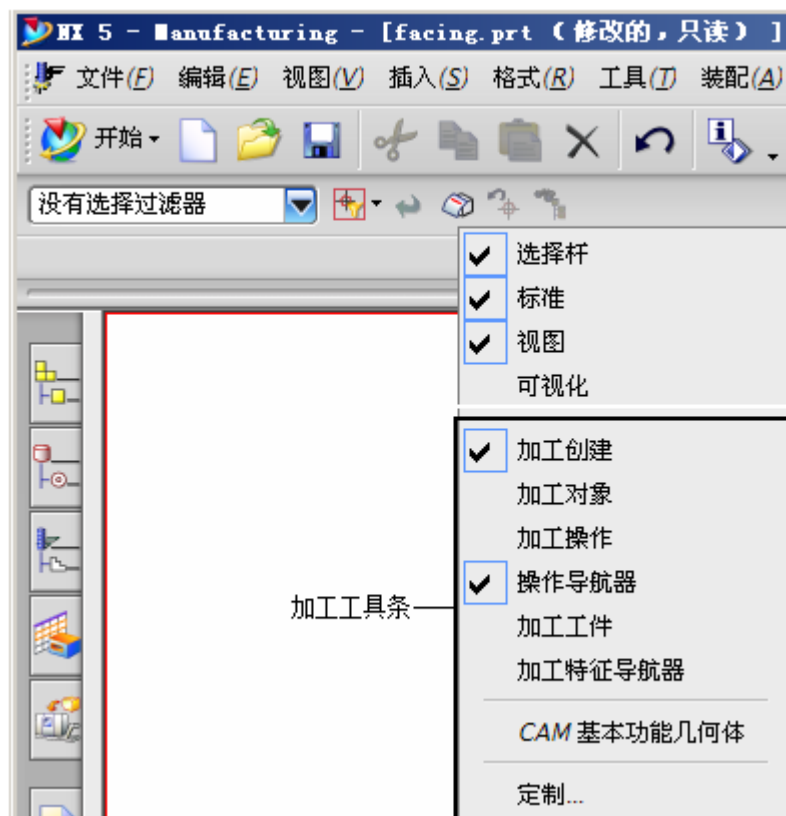


图 1-6

1. 操作导航工具条

操作导航工具条主要用于视图之间的切换，如图 1-7 所示。



图 1-7

2. 加工创建工具条

加工创建工具条用于创建程序、刀具、几何、加工方法以及操作，如图 1-8 所示。



图 1-8

3. 加工对象工具条

加工对象工具条用于管理如加工几何、刀具、加工方法以及操作等对象，如图 1-9 所示。

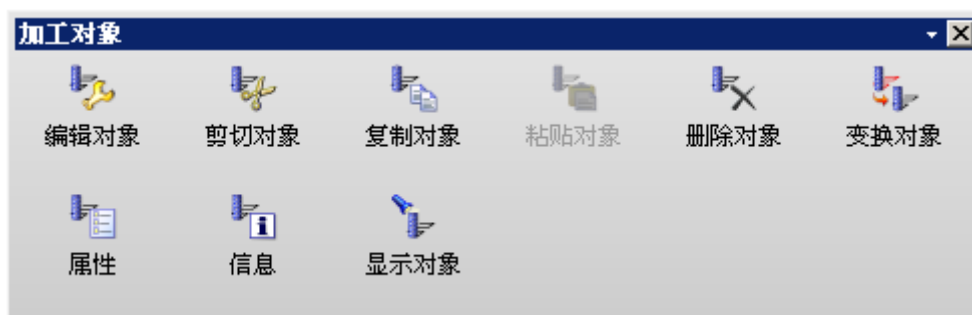


图 1-9

4. 加工操作工具条

加工操作工具条用于对操作进行各种编辑和处理，如图 1-10 所示。



图 1-10

5. Manufacturing 菜单

菜单不如工具条使用方便，但一些功能只在菜单里给出，若要使用一些特殊功能请参考 Insert、WCS、Tools 等主菜单。

1.3.2 UG NX/Manufacturing 首选项

在主菜单中，选择 Preferences→Manufacturing，打开如图 1-11 所示的对话框。在此对话框中，可在编程之前预先设置操作（Operation）、配置（Configuration）等参数。



图 1-11

1.4 UG NX/Manufacturing 数控加工编程术语

1. 工作坐标系（WCS）

工作坐标系（Work Coordinate System）是建模的参考坐标系，而在 UG NX CAM 中，WCS 是创建曲线、指定避让几何、指定预钻下刀点、切削区域开始点等对象的坐标系。

2. 加工坐标系(MCS)

加工坐标系是创建刀轨的参考坐标系，即刀具位置坐标输出的基准，用 XM - YM - ZM 表示，如图 1-12 所示。定义了加工坐标系，在编写加工程序时，无须考虑工件在机床上的安装位置，只要根据工件的特点及尺寸来编写加工程序即可。

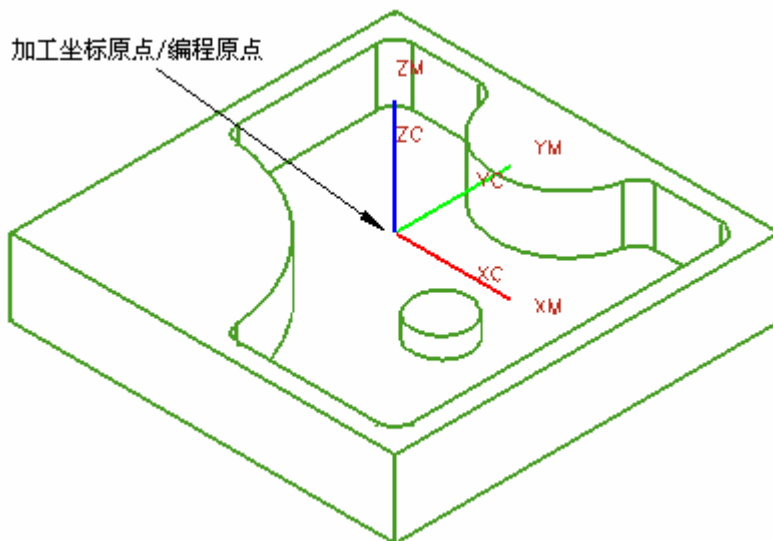


图 1-12

加工坐标系的原点即为编程原点。理论上，加工坐标系的原点可以定义在任意位置上，然而实际中，编程原点通常可参考以下几点设定：

- 1) 编程原点可以定义在被加工零件上，也可以定义在毛坯、夹具或机床上。为了提高零件的加工精度，编程原点应尽量设置在零件的设计基准或工艺基准上，以便于数据处理和简化编程。
- 2) 编程原点尽量选在精度较高的加工表面，以提高工件的加工精度。
- 3) 对于对称工件，其编程原点最好指定在对称中心上。
- 4) 编程原点的设置应易于找准并在加工过程中便于检查。

3. 刀轨

刀轨就是加工过程中刀具参考点所走过的轨迹。不同的 CAM 系统，参考点的定义是不相同的。UG NX CAM 规定，不论何种铣刀，其参考点都在刀具的底部中心位置处。例如，在图 1-13 中，使用平底立铣刀，圆圈表示刀具直径轮廓，而圆圈中的曲线即为刀轨。

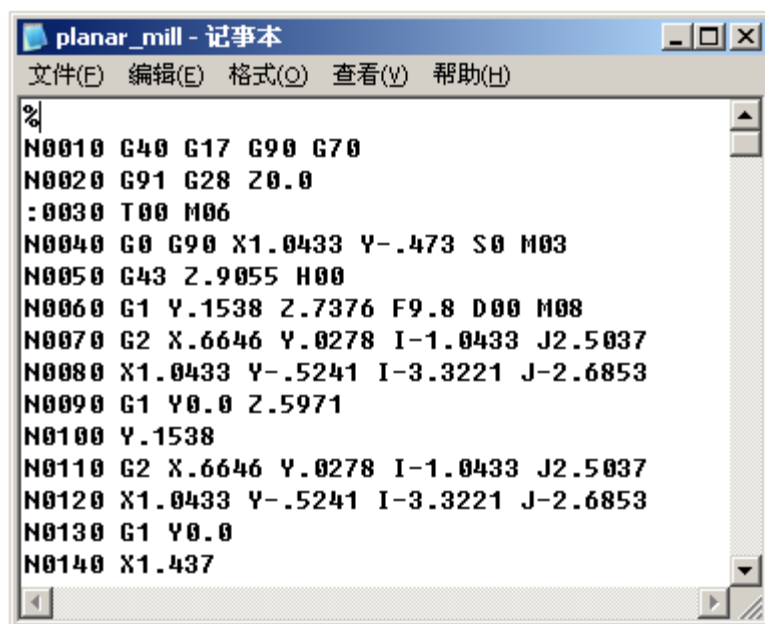


图 1-15

2. 操作与操作导航器

1、教学目标：

- 掌握 NX CAM 的编程思想
- 掌握操作导航器工具栏设置

2、教学重点

- 掌握加工工具栏设置；

3、教学难点

- 模块与角色的选择。

4、素质思政内容要求

- 培养工匠精神与职业责任感；以数控加工中的“微米级误差”案例，强调责任意识，联系因程序错误导致重大生产事故的真实事件，深化对职业道德的理解。

5、教学手段：

- 讲授 、演示、提问

6、学时数

- 2 学时

主要内容：

- 操作
- 操作导航器
- 程序顺序视图
- 刀具视图
- 加工几何视图
- 加工方法视图
- 思考题

2.1 操作

1. 操作（Operation）

操作是 UG NX/Manufacturing 中最重要的概念，是生成一段刀轨的所有信息的集合，这些信息包

括被加工零件几何模型、毛坯模型、夹具、切削方法、切削参数，切削速度以及刀具参数等。操作生成后被保存在被加工零件中。

实际上，使用 UG NX/Manufacturing 编写加工程序，就是创建一个个操作，从而生成一段段刀轨，最终完成零件的粗加工、半精加工以及精加工等工序。例如，打开（Open→x:\parts\ont\milling_demo.prt）如图 2-1 所示的零件，在操作导航器中可以看到已经创建了如图 2-2 所示的加工该零件的 4 个操作，其中前 2 个是粗加工操作，而后 2 个则是精加工操作。精加工操作的刀轨分别如图 2-1 和图 2-3 所示。

总之，一个操作包含两部分：一部分是操作参数；而另一部分则是由这些参数所生成的刀轨。一个既有操作参数，又有刀轨的操作，其名称前面有 ⚡ 符号。

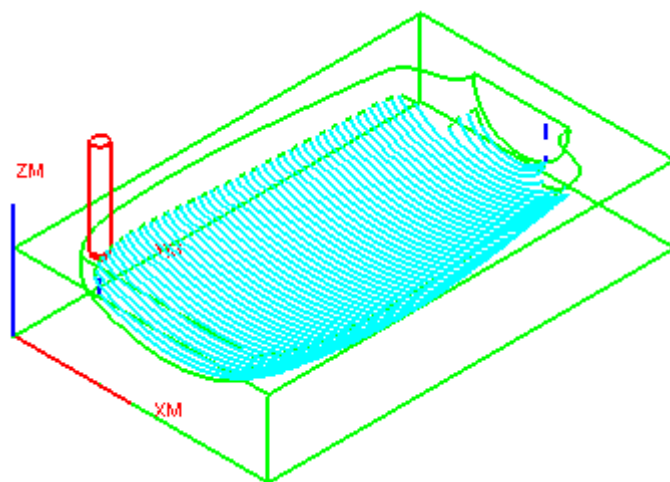


图 2-1



图 2-2

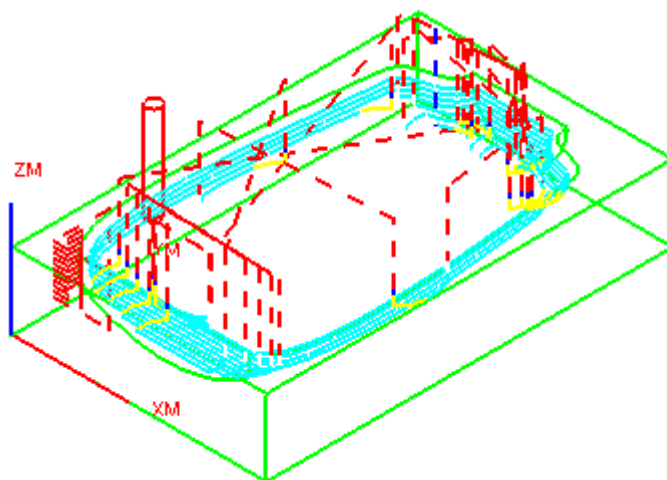


图 2-3

2. 空操作

若一个操作中只包含操作参数而不包含刀轨，则称之为空操作。一个空操作中如果包含了生成刀轨的参数，这个操作就可以随时生成刀轨。空操作不允许进行后处理，其名称前有🚫符号，如图 2-4 所示。

操作导航器 - 程序顺序		
名称	换刀	路径
NC_PROGRAM		
不使用的项		
🚫 PROGRAM		
过期操作 🚫 CAVITY_MILL	🔧	✅
🚫 CAVITY_MILL_COPY	🔧	✅
未输出G代码操作 ⚠️ CONTOUR_AREA_NON...	🔧	✅
已输出G代码操作 ✅ ZLEVEL_PROFILE_STEEP		✅
空操作 🚫 CONTOUR_AREA		❌
		是否包含刀轨

图 2-4

3. 过期操作

若一个操作中既包含操作参数，也包含刀轨，但当它的操作参数被修改之后，若没有重新生成刀轨并保存，这个操作的刀轨就和它的操作参数之间失去了一致性，这样的操作叫过期操作。过期操作不允许进行后处理，其名称前面有🚫符号，如图 2-4 所示。

4. 已输出 NC 程序的操作

一个操作若被后处理（Postprocess）即输出了 NC 代码，其名称前面有✅符号，如 2-4 图所示。

2.2 操作导航器

顾名思义，操作导航器（Operation Navigator）就是为操作导航的，如图 2-5 所示，它是一个图形化的用户界面，用于管理操作以及生成操作时所使用的刀具、加工几何、加工方法以及程序。

在操作导航器中，程序、刀具、加工几何以及加工方法均以节点形式存在，并且各自以树状结构组织起来，形成父子关系。这种组织方式有两个优点：一是父节点参数可传递给子节点即子节点继承父节点参数；二是程序、刀具、几何和加工方法能被不同的操作所共享，从而减少重复定义，提高编程效率。



图 2-5

2.2.1 操作导航器界面

1. 独立窗口界面

在资源工具条中，双击, 将在模型窗口中显示如图 2-6 所示的一个单独的操作导航器窗口，此窗口可以移动、停泊或取消，其用法与 Windows 中的窗口相同。



图 2-6

2. 左侧窗口界面

在资源工具条中，单击 ，显示如图 2-7 所示的位于图形窗口左侧的操作导航器对话框。若单击右上角的所示的图钉 ，将变成 ，此时窗口锁定；若要取消锁定，单击 。若要调整窗口大小，可移动光标到右边框，光标将变成如图 2-7 所示的左右箭头，按住 MB1 不放并向右拖动，此时窗口增大，若向左拖动则窗口缩小。



图 2-7

3. 节点展开与折叠

在操作导航器对话框中，“+”表示节点已被折叠，“-”表示节点已被展开，单击“+”或“-”，

节点将进行折叠与展开切换，如图 2-8 所示。



图 2-8

2.2.2 操作导航器显示设置

1. 显示列设置 (Columns)

在操作导航器窗口中，信息以列方式显示，用户要显示哪些列，可根据要求设置。

在操作导航器对话框内的空白处，单击 MB3 弹出快捷菜单，如图 2-9 所示。选择列 (Columns)，将出现列名称，其中前面有 ✓ 表示此列已显示，单击将取消显示，再一次单击可重新显示。

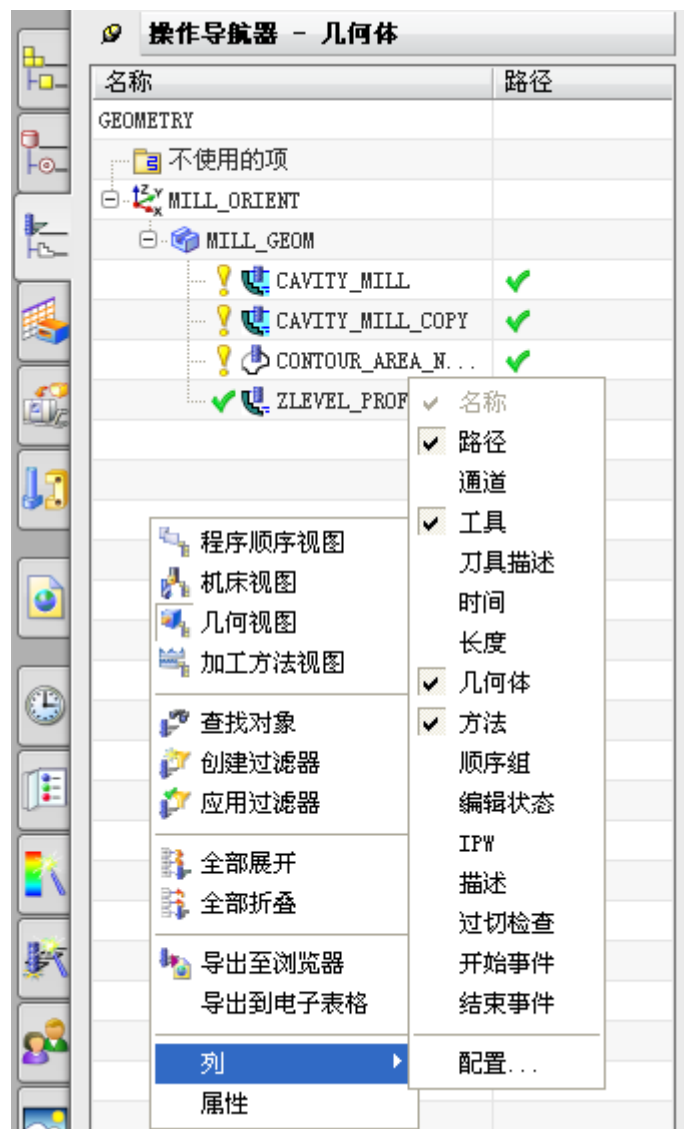


图 2-9

2. 相关性窗口 (Dependencies)

相关性窗口用于显示在操作导航器窗口中被选择对象的父、子节点的全部信息。例如，在图 2-10 中，相关性窗口中显示了被选操作 CAVITY_MILL 的所有父节点信息。在操作导航器窗口中，单击相关性，将打开相关性窗口，再单击相关性，此窗口将关闭。

3. 细节窗口 (Details)

细节窗口用于显示在操作导航器窗口中被选择对象的参数及其继承方式。例如，在图 2-10 中，细节窗口中显示了被选操作 CAVITY_MILL 的所有详细参数及其继承方式。在操作导航器窗口中，单击细节，将打开细节窗口，再单击细节，此窗口将关闭。

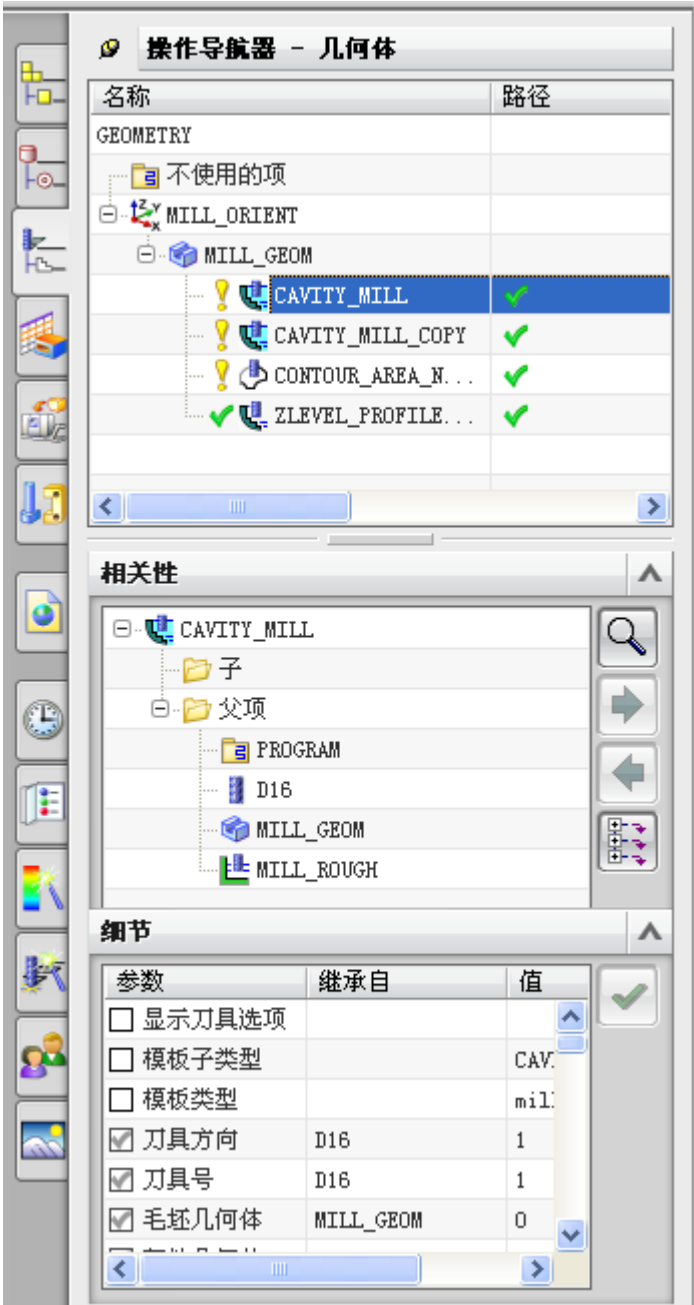


图 2-10

2.2.3 对象的编辑与处理

在操作导航器中，我们把操作及其父节点组(程序、刀具、几何和加工方法)等统称为对象，可对其进行编辑或处理，其方法是选择一个或一组对象，单击 MB3，在弹出的快捷菜单中选择编辑或处理方式即可。注意，由于所选对象不同，快捷菜单的选项也各异，图 2-11 所示是选择一个操作后弹出的快捷菜单。

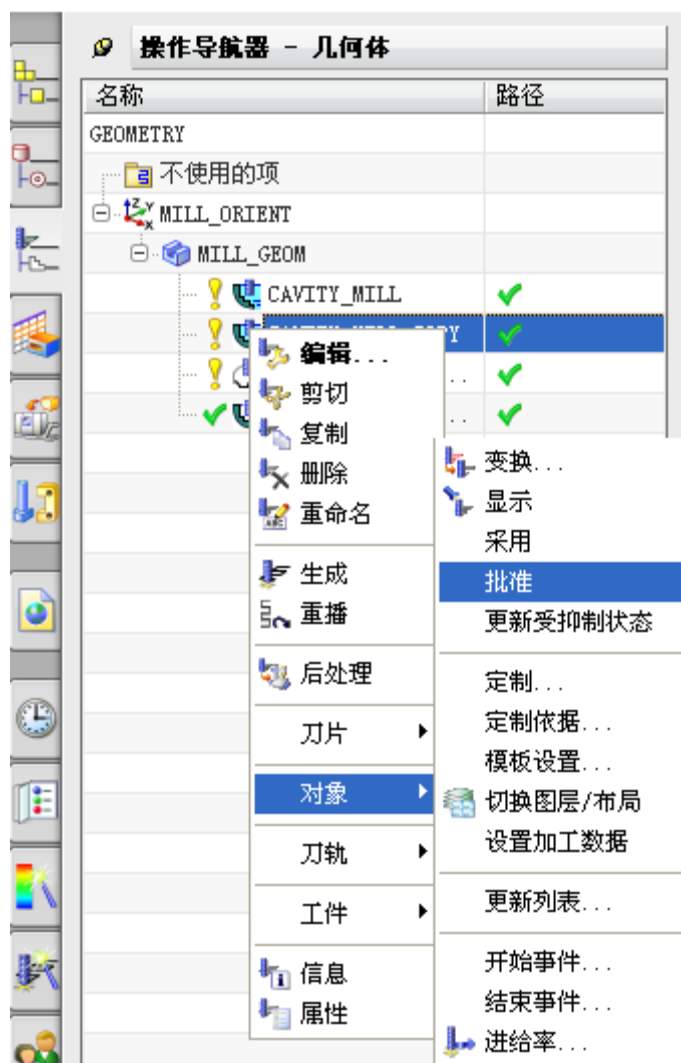


图 2-11

2.3 操作导航器视图方式

在操作导航器窗口中，操作按程序顺序、刀具、几何和加工方法 4 种方式组织显示，相应地也就形成了 4 种视图，如图 2-12 所示。在任何一种视图方式下，用户都可根据需要切换到其它视图。



图 2-12

2.3.1 程序顺序视图 (Program Order View)

程序顺序视图类似于文件夹，用于对操作进行分类和排序。单击 ，再单击  将切换到程序顺序视图，此时将显示每一个程序组及其节点下的操作，图 2-13 是程序顺序视图实例。程序顺序视图的主要特点如下：

- 程序顺序视图决定操作的输出顺序，即加工的先后顺序。若几个操作要一起进行后处理即输出 NC 程序时，应注意它们在程序视图中的排列顺序，如粗加工在前，精加工在后等。
- 每一个程序节点其上可以有父节点，其下可以有子节点或操作。
- 程序节点之间有父子关系，但不继承任何信息。
- 程序节点下的操作可以通过复制、剪切、粘贴或拖动来改变其父节点或其排列顺序，但操作不需要更新，因为操作没有继承程序父节点的任何信息。



图 2-13

2.3.2 刀具视图（Machine Tool View）

刀具视图按刀具组织操作，显示每一把刀具以及使用这些刀具的操作名称。在视图工具条中，单击 ，再单击  将切换到刀具视图，图 2-14 是刀具视图实例。刀具视图的主要特点如下：

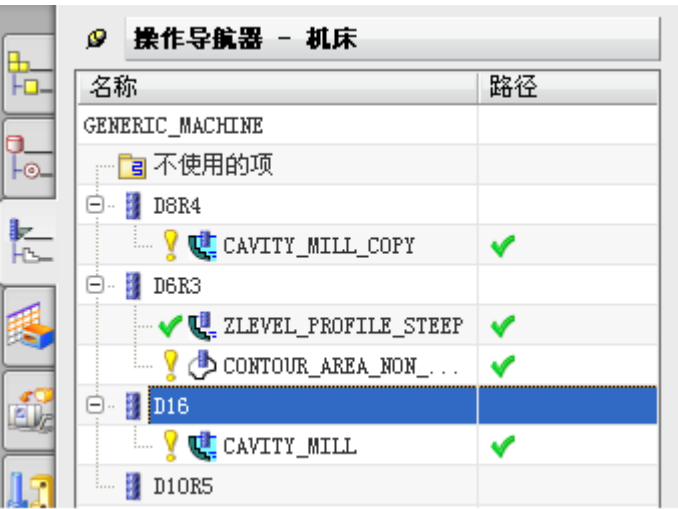


图 2-14

- 刀具节点之间没有父子关系。
- 每一把刀具节点下的操作共享这把刀具。
- 刀具节点下的操作都可以通过复制、剪切、粘贴或拖动来改变其父节点，即更换操作使用的刀具，此时，刀轨必须重新生成。

2.3.3 几何视图（Geometry View）

几何视图显示已定义的加工几何以及使用这些加工几何的操作名称。单击 ，再单击  将切换到加工几何视图，图 2-15 是几何视图实例。几何视图的主要特点如下：

- 几何节点之间有父子关系，即每个子节点继承父节点的数据。
- 每一个几何节点之上可以有父节点，其下可以有子节点或操作。
- 位于同一几何节点下的操作共享其父节点的数据。
- 几何节点下的操作都可以通过复制、剪切、粘贴或拖动来改变其父节点。对于一个操作而言，改变它的几何父节点，也就是改变了几何参数，此时，刀轨必须重新生成。



图 2-15

2.3.4 加工方法视图（Machining Method View）

加工方法视图显示已定义的加工方法以及使用这些加工方法的操作名称。单击 ，再单击 ，切换到加工方法视图，图 2-16 是加工方法视图实例。加工方法视图主要特点如下：

- 加工方法节点之间有父子关系，即每个子节点继承父节点的数据。
- 每一个加工方法节点之上可以有父节点，其下可以有子节点或操作。
- 位于同一加工方法节点下的操作共享其父节点的数据。

- 在加工方法父节点下的操作，其零件余量、内外公差可以进行修改，即可以不使用父节点的参数。
- 加工方法节点下的操作都可以通过复制、剪切、粘贴或拖动来改变其父节点。对于一个操作而言，改变加工方法父节点，也就是改变了加工参数，此时，刀轨必须重新生成。

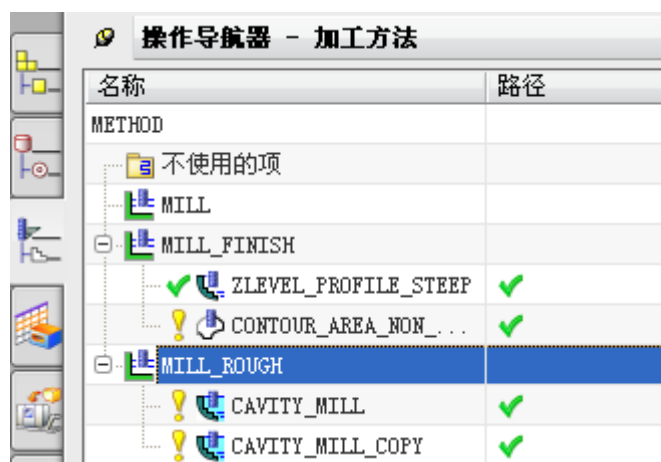


图 2-16

2.4 思考题

1. 什么是操作？
2. 什么是过期操作？
3. 什么是空操作？
4. 操作信息存贮在哪里？
5. 一个操作可以生成多少个刀轨？
6. 什么是操作导航器？
7. 操作导航器有哪几种视图显示方式？
8. 一个操作可以从它的程序父节点中继承什么信息？
9. 刀轨输出是按照哪个视图顺序？
10. 在加工方法父节点下的操作，其余量、内外公差是继承父节点的，在操作中可以修改吗？

3. 加工创建

1、教学目标：

- 掌握创建加工几何体
- 掌握创建刀具
- 掌握创建程序
- 掌握创建加工方法

2、教学重点

- 掌握创建加工几何体；
- 理解父节与子节的关系。

3、教学难点

- 刀具与几何体参数的设置。

4、素质思政内容要求

- 培养工匠精神与职业责任感；将社会主义核心价值观、职业素养与社会责任融入教学实践，实现知识传授与价值引领的统一。

4、教学手段：

- 讲授 、演示、提问

5、学时数

- 6 学时

主要内容:

- 创建程序组
- 创建刀具
- 创建加工几何
- 创建加工方法
- 创建操作
- 刀轨显示设置
- 刀轨生成及验证

如图 3-1 所示，加工创建是指创建程序组、刀具、加工几何、加工方法以及操作。通常，先创建程序、刀具、加工几何和加工方法，以使它们能被其后创建的操作所共享。

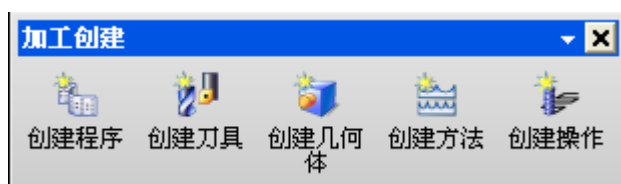


图 3-1

3.1 创建程序组

在加工创建工具条中，单击，打开创建程序组（Create Program）对话框，如图 3-2 所示，选择父节点，输入程序名称，单击 OK 即可完成程序组创建。



图 3-2

例如，要加工如图 3-3 所示的零件顶面（TOP）和侧面（SIDE），为了不混淆加工它们的操作，可以创建两个程序组 TOP 和 SIDE，如图 3-4 所示。对操作进行后处理时，分别选择 TOP 和 SIDE 程序组输出两个 NC 程序，一个用于加工顶面，而另一个用于加工侧面。

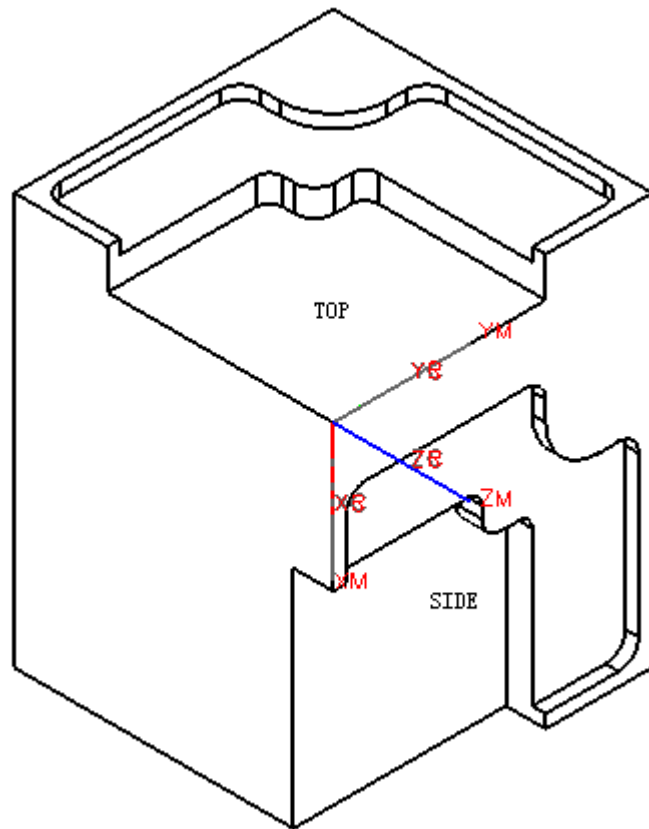


图 3-3

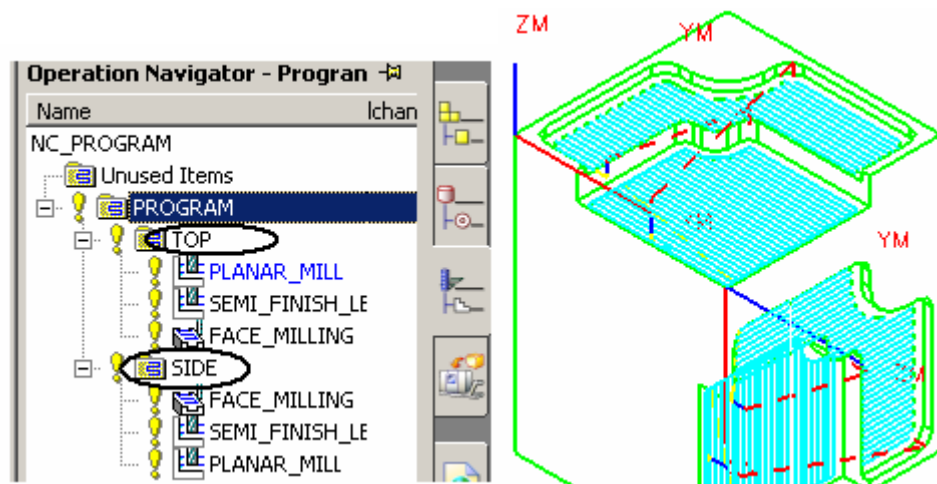
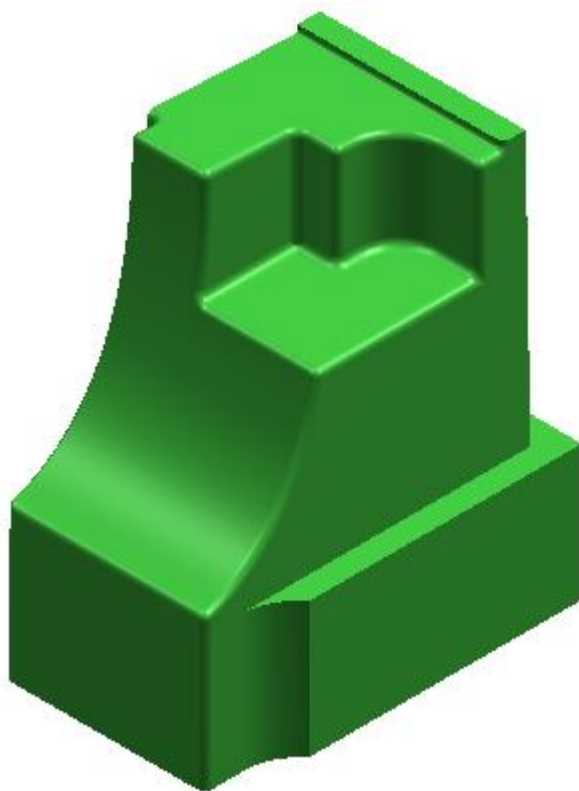


图 3-4

把使用同一把刀具的操作放在同一个程序组里，这样可以减少换刀次数。在本例中，可以将所有的操作分成如图 9-50 所示的操作组即程序组。



操作导航器 - 程序顺序		
名称	刀具号	时间
NC_PROGRAM		
不使用的项		
PROGRAM		
PROGRAM_1		
CAVITY_MILL	1	
FIXED_CONTOUR_COPY_1	1	
PROGRAM_2		
FIXED_CONTOUR	15	
PROGRAM_3		
ZLEVEL_PROFILE	6	
FACE_MILLING_MANUAL	6	
PLANAR_MILL	6	
PLANAR_MILL_COPY	6	
PROGRAM_4		
ZLEVEL_PROFILE_COPY	18	
FIXED_CONTOUR_COPY	18	
PROGRAM_5		
FIXED_CONTOUR_COPY_COPY	19	

3.2 创建刀具

创建刀具有两种方法：一是自定义刀具参数，生成刀具；二是从刀库中提取刀具。在 NX 中，系统有公制和英制两种参数的刀具库，使用时直接从刀具库中提取刀具，这种方法简单，但刀库中的刀具并不一定能满足使用要求，此时就需要用户自定义刀具。

3.2.1 刀具类型及参数

1. 刀具类型

由于加工方式不同，使用的刀具也有差异，图 3-5 是铣削所使用的刀具类型，图 3-6 则是孔加工刀具类型。

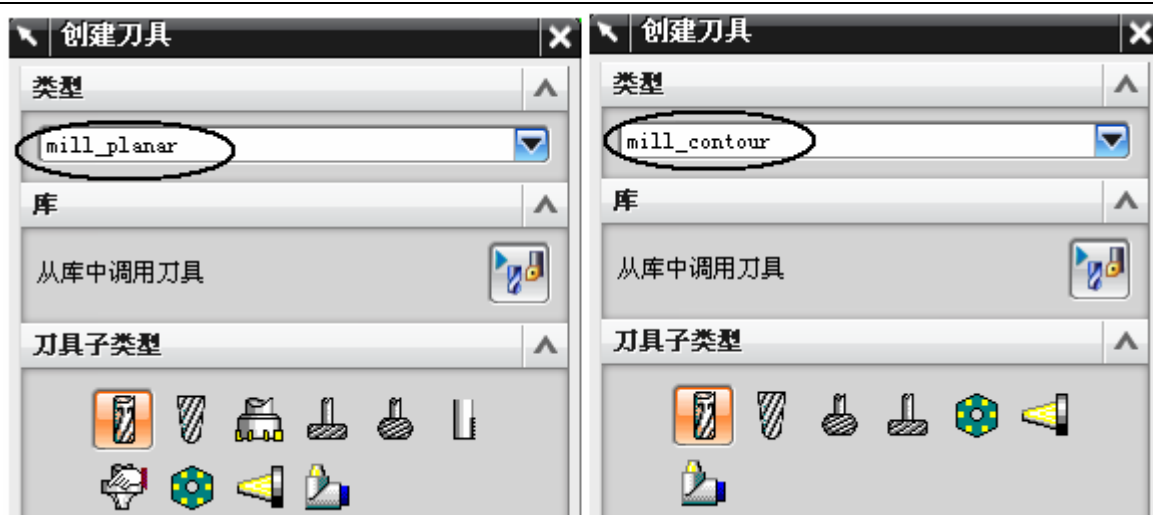


图 3-5

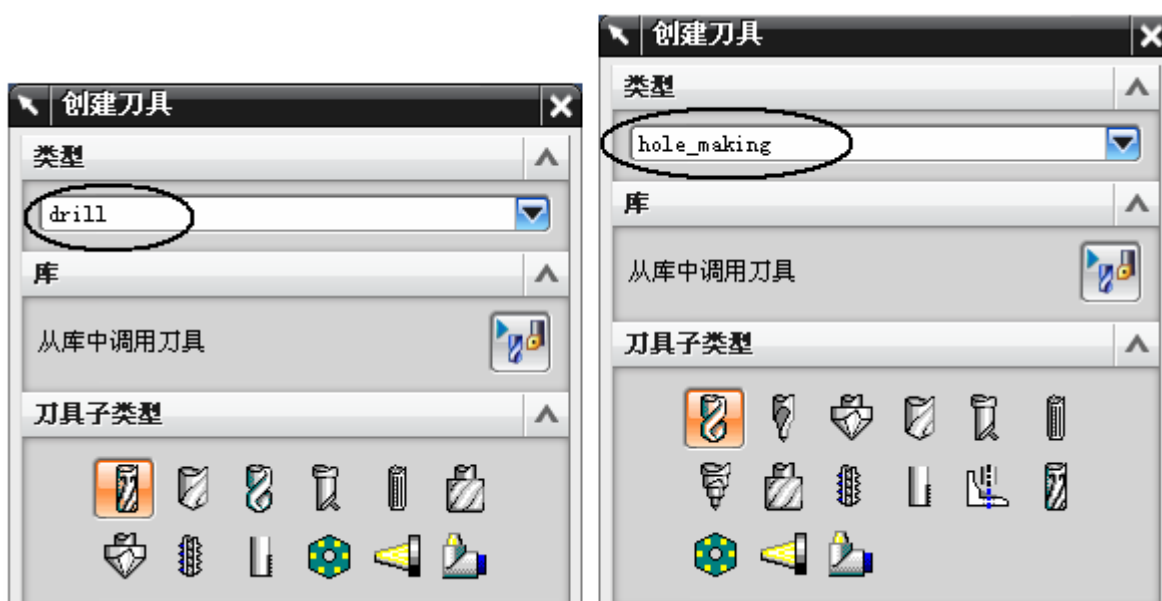


图 3-6

2. 刀具参数

每一类型的刀具参数都不相同，这里以图 3-7 所示的 5 参数（5-Parameter）立铣刀为例，介绍以下通用参数。

- 刀号（Tool Number）：指定刀具号，即刀具在刀库中的编号，用于有刀库的机床。
- 长度补偿寄存器编号（Adjust Register）：指定长度补偿寄存器编号，例如，若此值指定为 1，则表示要在机床控制器 1 号寄存器中输入此刀具的补偿值，在刀位原文件中输出为：
“LOAD/TOOL,1,ZOFF,10.0000,ADJUST,1”，在 NC 文件中，输出为 H01。
- 直径补偿寄存器编号（Cutcom Register）：指定直径补偿寄存器编号，用法与长度补偿寄存器编号类似。

- Z 偏置 (Z Offset): 表示刀轨沿 Z 轴向上 (正值) 或向下 (负值) 偏移一个 Z Offset 值。若不输入此值, 系统默认刀轨不偏移; 若输入 10, 则在刀位原文件中出现命令行: “LOAD/TOOL,ZOFF,10.0000”。
- 刀具的分类标识号 (Catalog Number): 最多 20 个字符, 用于跟踪或查找刀具。
- 刀具材料 (Material): 指定刀具材料, 用于系统自动计算切削用量。

铣刀-5 参数

工具 夹持器 更多

图例

尺寸

(D) 直径	1.0000
(R1) 底圆角半径	0.0000
(L) 长度	3.0000
(B) 锥角	0.0000
(A) 尖角	0.0000
(FL) 刀刃长度	2.0000
刀刃	2

描述

材料: HSS

数字

刀具号	0
长度补偿	0
刀具补偿	0

偏置

信息

库

预览

☒ 预览 显示

确定 取消

3.2.2 创建刀具步骤

- 1) 在加工创建工具条中，单击，打开创建刀具对话框。
- 2) 根据被加工零件特性选择加工类型。
- 3) 选择刀具类型（Subtype），如刀架、刀柄或刀具。
- 4) 选择父节点（Parent Group），如刀架、刀柄或 GENERIC_MACHINE。
- 5) 指定刀具名称（Name）。机夹刀，也叫鼻刀，指可换硬质合金刀片的刀具，通常命名为 B20R0.8、B16R0.8 等，其中 B16R0.8 表示直径为 16、圆角半径为 0.8；立铣刀通常命名为 D10、D6R1 等，其中 D6R1 表示直径为 6、圆角半径为 1 的整体式立铣刀；球刀通常命名为 R5、R2 等，其中 R2 表示直径 4 为的球头铣刀；钻头命名可在直径前增加 DRILL 字符，如 DRILL_D9.8；铰刀命名可在直径前增加 REAMER 字符，如 REAMER_D10 等。
- 6) 设置刀具、刀柄及其它参数。
- 7) 选择刀具材料。

3.2.3 常用刀具规格

1. 机夹刀（通常是硬质合金刀片装夹在刀杆上，主要用于粗加工）

刀具名称	描 述
B40R6	Milling Tool-5 Parameters
B32R6	Milling Tool-5 Parameters
B25R5	Milling Tool-5 Parameters
B25R0.8	Milling Tool-5 Parameters
B20R4	Milling Tool-5 Parameters
B20R0.8	Milling Tool-5 Parameters
B16R0.8	Milling Tool-5 Parameters

2. 平底立铣刀（用于粗、半精加工）

D12	Milling Tool-5 Parameters
D10R1	Milling Tool-5 Parameters
D10R0.5	Milling Tool-5 Parameters
D10	Milling Tool-5 Parameters
D8R1	Milling Tool-5 Parameters
D8R0.5	Milling Tool-5 Parameters
D8	Milling Tool-5 Parameters
D6R1	Milling Tool-5 Parameters
D6R0.5	Milling Tool-5 Parameters
D6	Milling Tool-5 Parameters

D5	Milling Tool-5 Parameters
D4	Milling Tool-5 Parameters
D3	Milling Tool-5 Parameters
D2	Milling Tool-5 Parameters
D1.5	Milling Tool-5 Parameters
D1.2	Milling Tool-5 Parameters
D1	Milling Tool-5 Parameters

3. 平底立铣刀（用于精加工）

M20	Milling Tool-5 Parameters
M16	Milling Tool-5 Parameters
M12	Milling Tool-5 Parameters
M10R1	Milling Tool-5 Parameters
M10R0.5	Milling Tool-5 Parameters
M10	Milling Tool-5 Parameters
M8R1	Milling Tool-5 Parameters
M8R0.5	Milling Tool-5 Parameters
M8	Milling Tool-5 Parameters
M6R1	Milling Tool-5 Parameters
M6R0.5	Milling Tool-5 Parameters
M6	Milling Tool-5 Parameters
M5	Milling Tool-5 Parameters
M4	Milling Tool-5 Parameters
M3	Milling Tool-5 Parameters
M2	Milling Tool-5 Parameters
M1.5	Milling Tool-5 Parameters
M1.2	Milling Tool-5 Parameters
M1	Milling Tool-5 Parameters

4. 球形立铣刀（用于粗加工及半精加工，R--Rough）

D16R8_R	Ball End 16 mm
D12R6_R	Ball End 12 mm
D10R5_R	Ball End 10 mm
D8R4_R	Ball End 8 mm
D6R3_R	Ball End 6 mm
D5R2.5_R	Ball End 5 mm
D4R2_R	Ball End 4 mm
D3R1.5_R	Ball End 3 mm
D2R1_R	Ball End 2 mm
D1.5R0.75_R	Ball End 1.5 mm

D1R0.5_R	Ball End 1 mm

4. 球形立铣刀（用于精加工，F--Finish）

D16R8_F	Ball End 16 mm
D12R6_F	Ball End 12 mm
D10R5_F	Ball End 10 mm
D8R4_F	Ball End 8 mm
D6R3_F	Ball End 6 mm
D5R2.5_F	Ball End 5 mm
D4R2_F	Ball End 4 mm
D3R1.5_F	Ball End 3 mm
D2R1_F	Ball End 2 mm
D1.5R0.75_F	Ball End 1.5 mm
D1R0.5_F	Ball End 1 mm

练习 1

【目的】创建刀架、刀柄和刀具，掌握自定义刀具参数创建刀具和从刀库中提取刀具 2 种方法。

Step 1 打开零件

- 选择 Open→x:\parts\ont\create_tool.prt。

Step 2 运行加工模块

- 选择 Start→Manufacturing。

Step 3 创建刀架

- 单击 ，打开如图 3-8 所示的对话框。



图 3-8

- 单击 OK, 打开指定刀架名称对话框, 若不指定另外的名称, 则单击 OK, 否则设置 Carrier Name 为 On, 并输入新名称, 单击 OK。
- 单击 , 再单击 , 显示如图 3-9 所示的已创建的刀架。



图 3-9

Step 4 创建刀柄

- 单击 , 设置如图 3-10 所示的参数, 父节点选为前面定义的刀架。
- 单击 OK, 打开如图 3-11 所示的对话框, 输入 ID 号即刀柄号, 单击 OK。



图 3-10



图 3-11

- 单击 ，切换到刀具视图，再单击 ，显示如图 3-12 所示的已创建的刀柄。



图 3-12

Step 5 创建铣刀

- 单击 ，设置如图 3-13 所示的参数，父节点选为前面定义的刀柄 MCT_POCKET。



图 3-13

- 单击 OK，打开刀具参数设置对话框，设置如图 3-14 所示的参数。

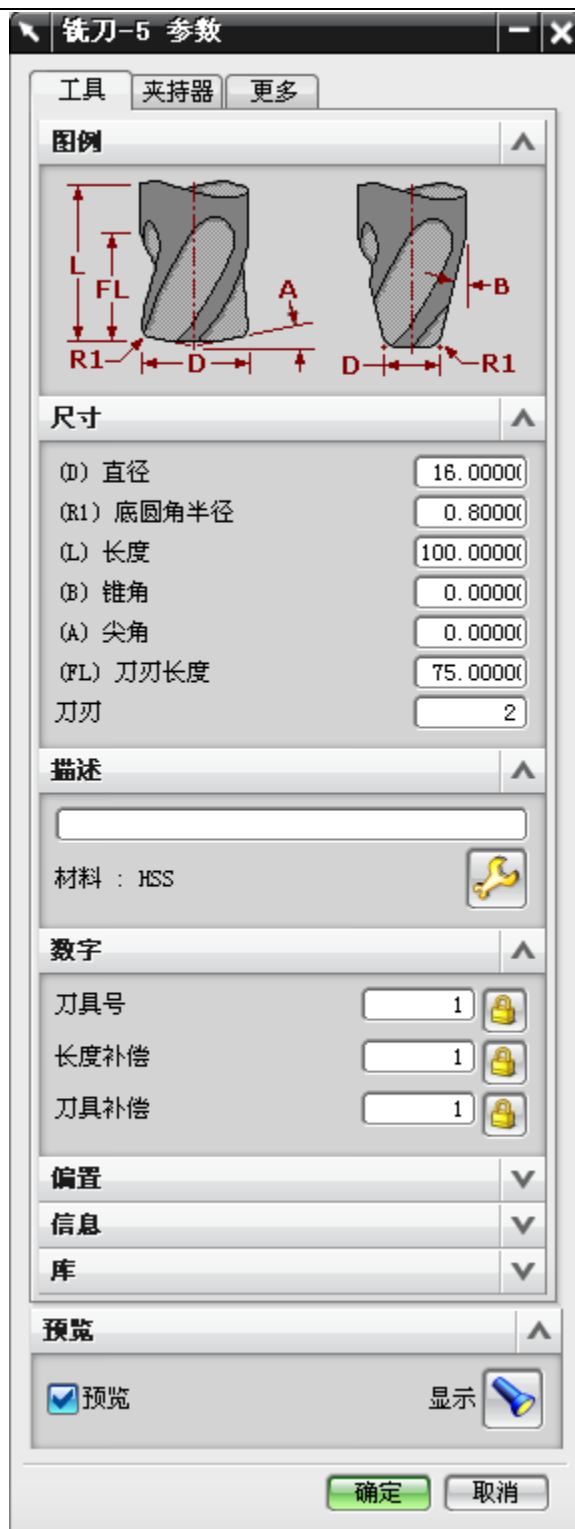


图 3-14

- 单击 ，打开刀具材料选择对话框，选择一种材料，单击 OK。
- 其它参数使用默认值，单击 OK。
- 单击 ，切换到刀具视图，再单击 ，显示已创建的立铣刀，如图 3-15 所示。



图 3-15

Step 6 从刀库中提取刀具

- 单击 , 打开创建刀具对话框, 选择提取刀具按钮, 如图 3-16 所示。



图 3-16

- 在图 3-16 中, 单击 OK, 打开如图 3-17 所示的刀具分类对话框, 选择 End Mill (non indexable)。

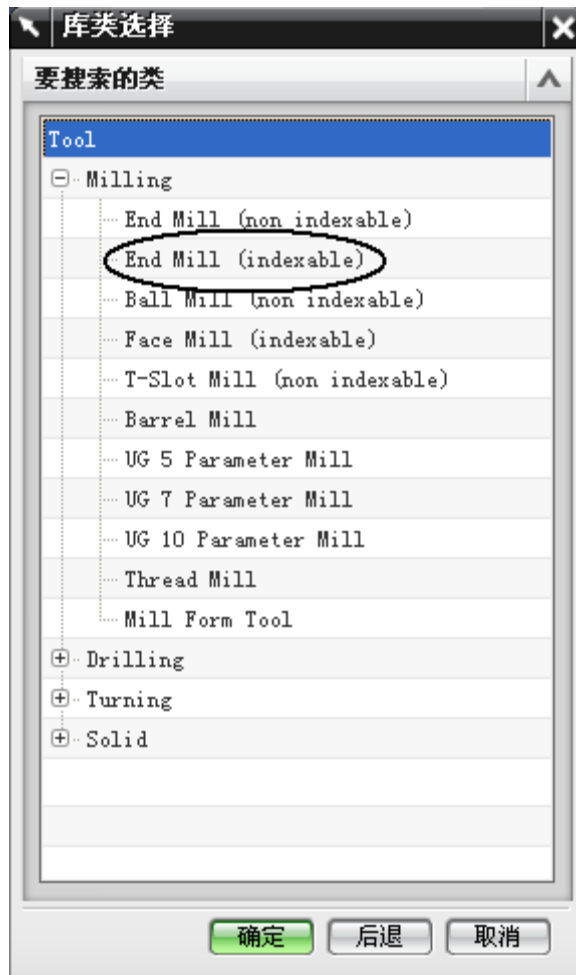


图 3-17

- 在图 3-17 中，单击 OK 打开如图 3-18 所示的搜索条件对话框，设置查找条件，如直径小于等于 ($\leq$) 或等于 ($=$)，而图中则为直径等于大于 25，单击 ，显示符合条件的刀具数量。

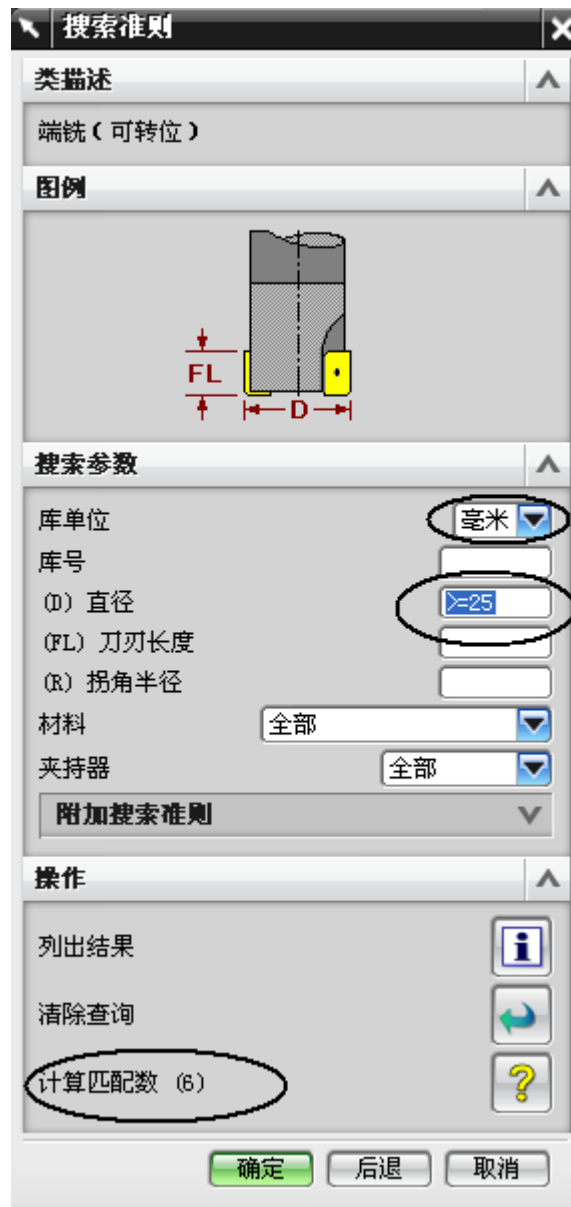


图 3-18

- 在图 3-18 中，单击 OK，显示符合查找条件的刀具，如图 3-19 所示。

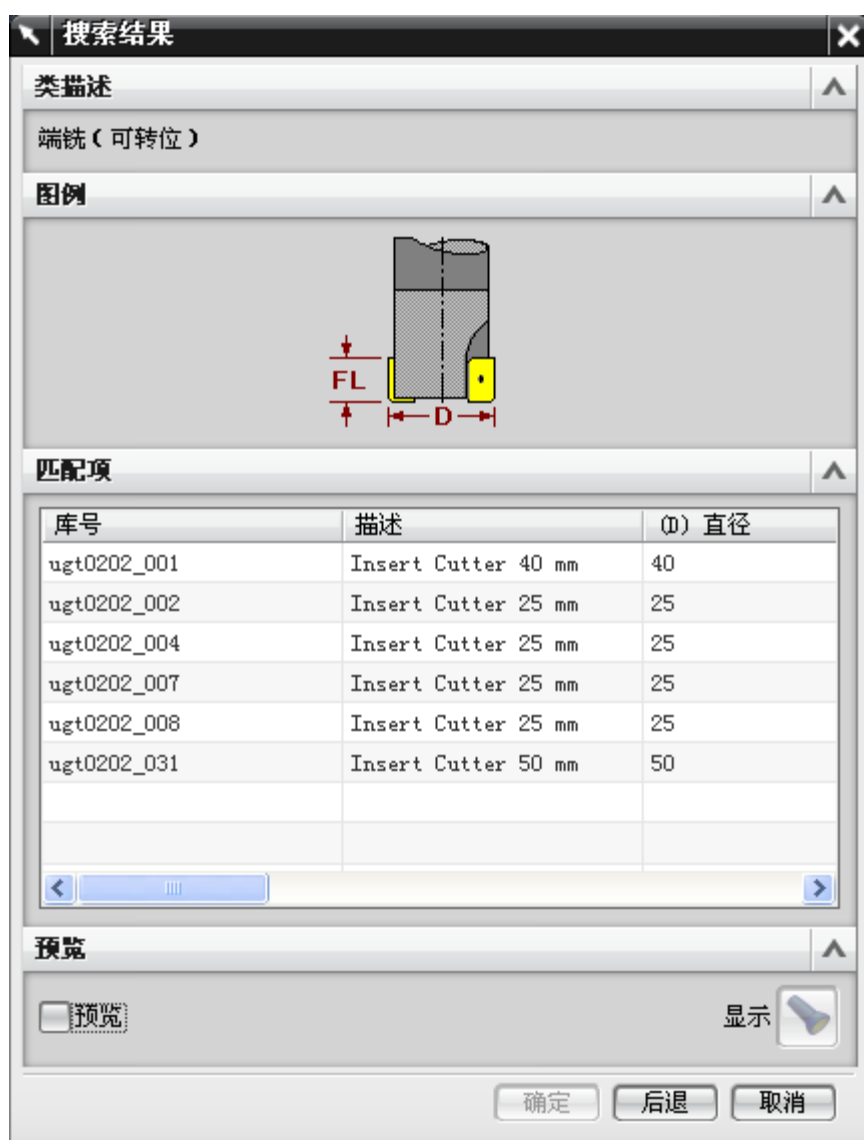


图 3-19

- 在图 3-19 中，选择一把刀具，单击 OK，从刀库中提取这把刀具。

- 单击 ，切换到刀具视图，再单击 ，查看已提取的刀具。

3.3 创建加工几何

如图 3-20 所示，由于加工方式不同，需要定义的加工几何也各异，但一般情况下，都需要定义加工坐标系（MCS）和工件（WORKPIECE）。因此，这里只介绍 MCS 和 WORKPIECE 的创建方法，其它加工几何的创建将在其后的章节中介绍。

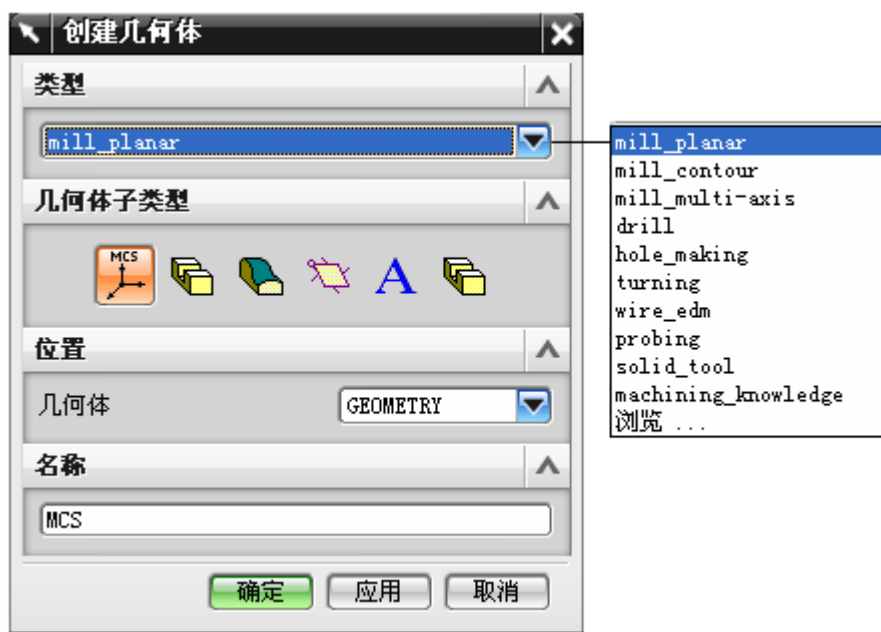


图 3-20

3.3.1 加工坐标系（MCS）

加工坐标系，即编程坐标系，详细说明参见第一章中的相关内容。在加工初始化之后，系统在绝对坐标系（ACS）的原点位置创建默认的加工坐标系 MCS_MILL，其方位与绝对坐标系相同，如图 3-21 所示。用户可根据加工要求编辑默认的加工坐标系方位或者创建新的加工坐标系。注意，在固定轴加工中，加工坐标系 MCS 的+ZM 轴须与刀轴平行。

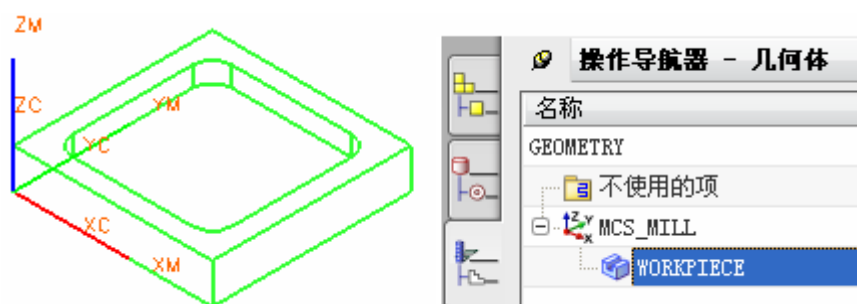


图 3-21

3.3.2 工件（WORKPIECE）

如图 3-22 所示，工件包括零件几何（Part）、毛坯几何（Blank）和检查几何（Check）三部分。为了生成或验证刀轨，零件几何必须定义，而毛坯几何和检查几何可根据需要定义。



图 3-22



Part: 零件几何，即经过加工后获得的最终零件，如图 3-23 所示。一般情况下，零件几何定义为实体。如果需要，零件几何也可定义为片体、小平面等其它几何体。



Blank: 毛坯几何，即待切削的坯料，一般定义为实体，如图 3-23 所示。



Check: 检查几何，如夹具等，即不能被切削的几何体，如图 3-23 所示。

Material: 定义工件材料，以帮助系统自动计算切削速度。

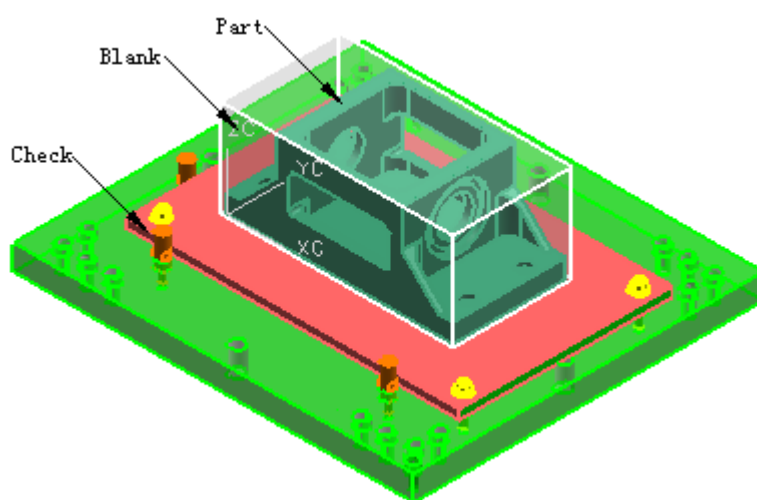


图 3-23

3.3.3 创建加工几何步骤

-
- 1) 在加工创建工具条中, 单击  (Create Geometry), 打开创建几何对话框。
 - 2) 选择加工类型, 如平面铣、曲面轮廓铣等。
 - 3) 选择加工几何子类型 (Subtype)。
 - 4) 选择父节点 (Parent Group)。
 - 5) 输入要创建几何体的名称 (Name), 一般使用默认名称。
 - 6) 根据要创建的几何类型, 定义其具体内容, 单击 OK。

练习 2

【目的】编辑/创建 MCS 和 WORKPIECE。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\ont\create_mcs.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 编辑 MCS

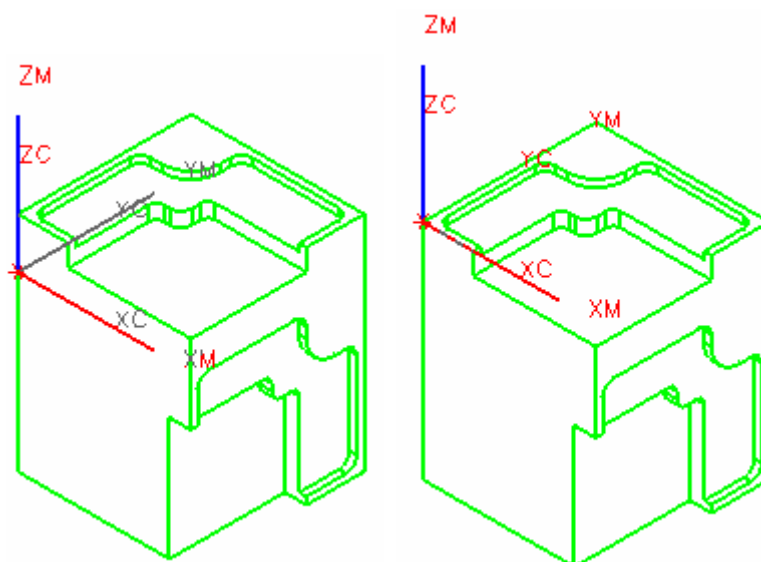


图 3-24

- 移动 WCS 到如图 3-24 右所示的位置。
- 双击 MCS_MILL, 打开 MCS 设置对话框, 如图 3-25 所示。



图 3-25

- 单击 , 打开 MCS 定义对话框, 如图 3-26 右所示, 选择偏置 CSYS, 打开如图 3-27 所示的对话框, 定义 MCS 与 WCS 重合, 单击 OK, 再单击 OK 完成 MCS 定义, 如图 3-24 右所示。

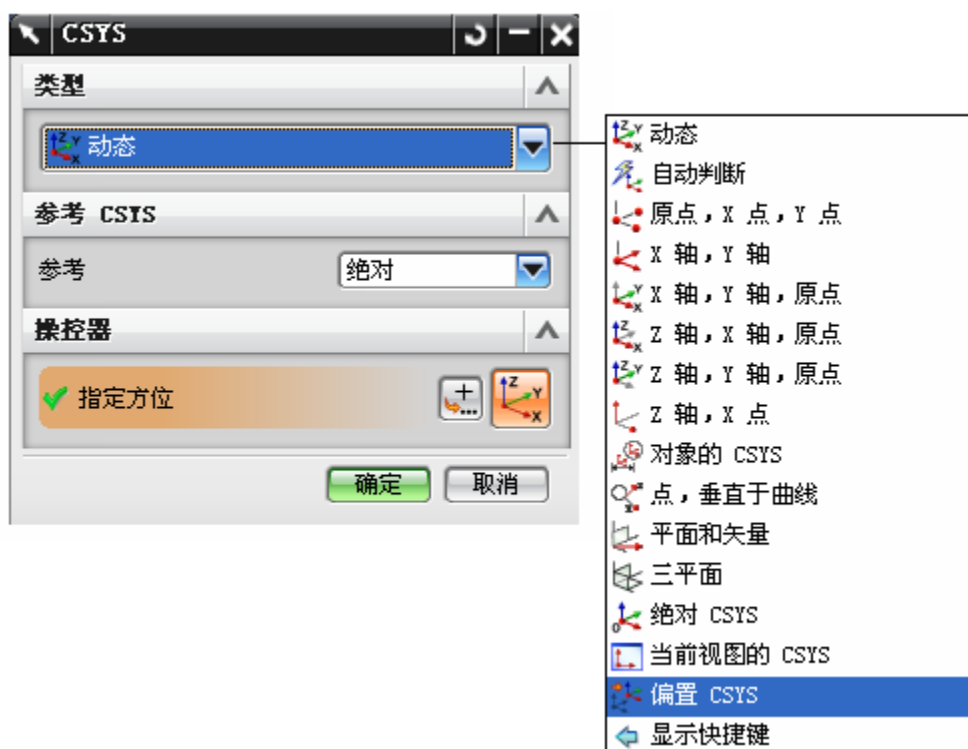


图 3-26



图 3-27

Step 4 创建侧面加工坐标系 MCS

- 移动并旋转 WCS，如图 3-29 所示。
- 单击 ，选择如图 3-28 所示的参数，注意 MCS 的父节点只能是 GEOMETRY。



图 3-28

- 单击 OK, 打开如图 3-25 所示的 MCS 设置对话框, 通过设置原点和旋转功能定义 MCS 到 SIDE 侧面, 如图 3-29 所示, 单击 OK。

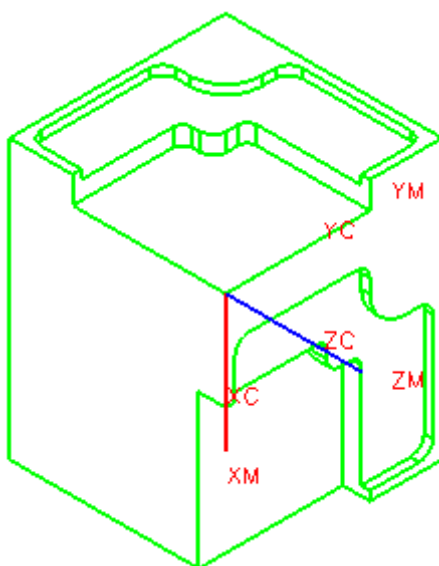


图 3-29

Step 5 编辑 WORKPIECE

- 双击 WORKPIECE, 打开其对话框, 单击 , 选择图形窗口中的实体为 Part, 单击 OK。

Step 6 创建加工侧面 WORKPIECE

- 单击 , 设置如图 3-30 所示的参数, 注意新建 WORKPIECE 的父节点只能是 MCS。



图 3-30

- 在图 3-29 中，单击 OK，打开 WORKPIECE 创建对话框，选择图形窗口中的实体为 Part，单击 OK 确认。用户也可直接复制 WORKPIECE，粘贴到 MCS 下完成 WORKPIECE_1 的创建。
- 切换到几何视图，显示已创建的 WORKPIECE_1，如图 3-31 所示。



图 3-31

3.4 创建加工方法

在操作导航器中，单击  切换到加工方法视图，可以看到如图 3-32 所示的系统已创建的默认的加工方法，如粗加工、半精加工、精加工以及钻削加工，用户可对这些加工方法进行编辑，也可以创建新的加工方法。

加工创建



图 3-32

在加工方法视图中，单击 ，选择加工类型（Type）和父节点（Parent Group），并输入新建加工方法名称，如图 3-33 所示，单击 OK，打开如图 3-34 所示的加工方法参数设置对话框，按以下说明设置相关参数，单击 OK 即可完成加工方法的创建。



图 3-33



图 3-27

1. 加工余量设置

在 Part Stock 栏中指定加工余量，使用此加工方法的操作将使用指定的加工余量，不过，余量还可在操作参数设置对话框中进行编辑。

2. 内外公差设置

在 Intol/Outtol 栏中输入内外公差值，如图 3-34 所示，公差越小，表示加工精度越高。

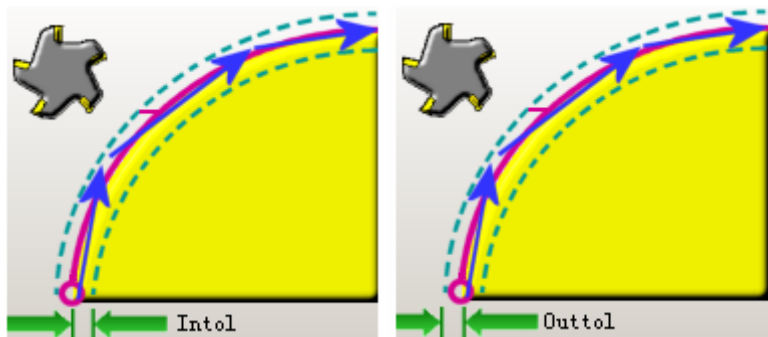


图 3-28

3. 进给速度设置

在图 3-33 中，单击 ，打开进给速度设置对话框，用户可根据加工要求设置进给速度及其单位。

4. 刀轨颜色设置

在图 3-33 中，单击 ，打开如图 3-35 所示的刀轨颜色设置对话框，用户可根据需要设置颜色或使用默认颜色。



图 3-29

5. 刀轨显示方式设置

在图 3-33 中，单击 ，打开如图 3-36 所示的刀轨显示方式设置对话框，用户可根据需要设置或使用默认的显示方式。



图 3-30

3.5 创建操作

创建操作即编写加工程序，不论创建平面铣操作或其它任何一种操作，其具体步骤均如图 3-37 所示。

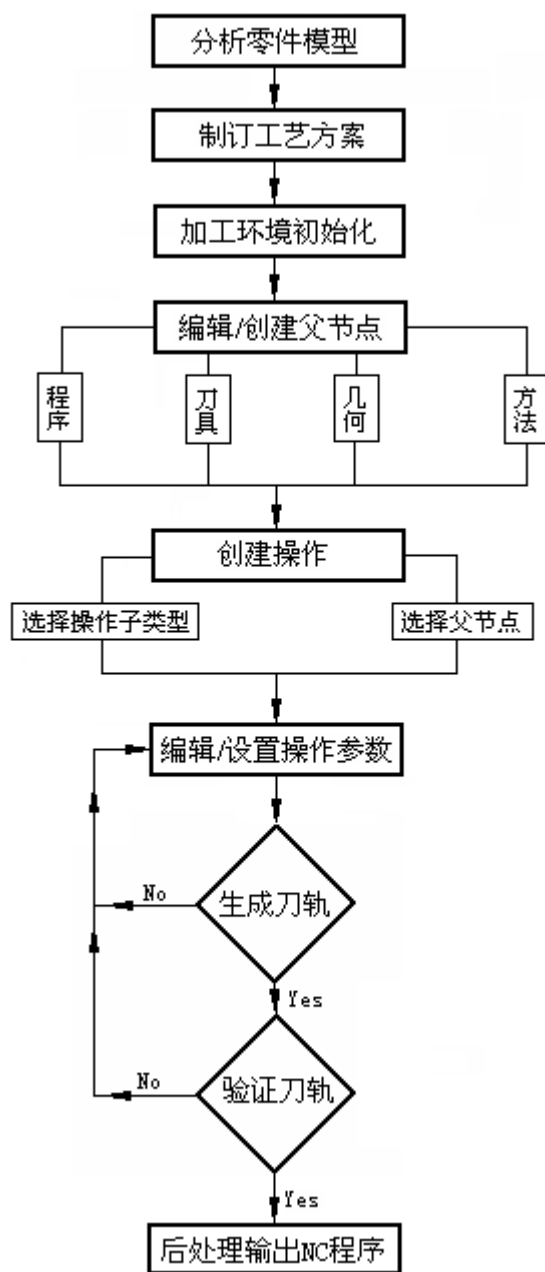


图 3-31

练习 3

【目的】创建操作，体会创建操作的过程。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\ontl\create_operation.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建型腔铣操作

- 单击 ，选择如图 3-38 所示的操作子类型和父节点。



图 3-32

- 单击 OK，打开如图 3-39 所示的操作参数设置对话框，所有参数均使用默认值。



图 3-33

- 单击 , 生成如图 3-40 所示的刀轨。

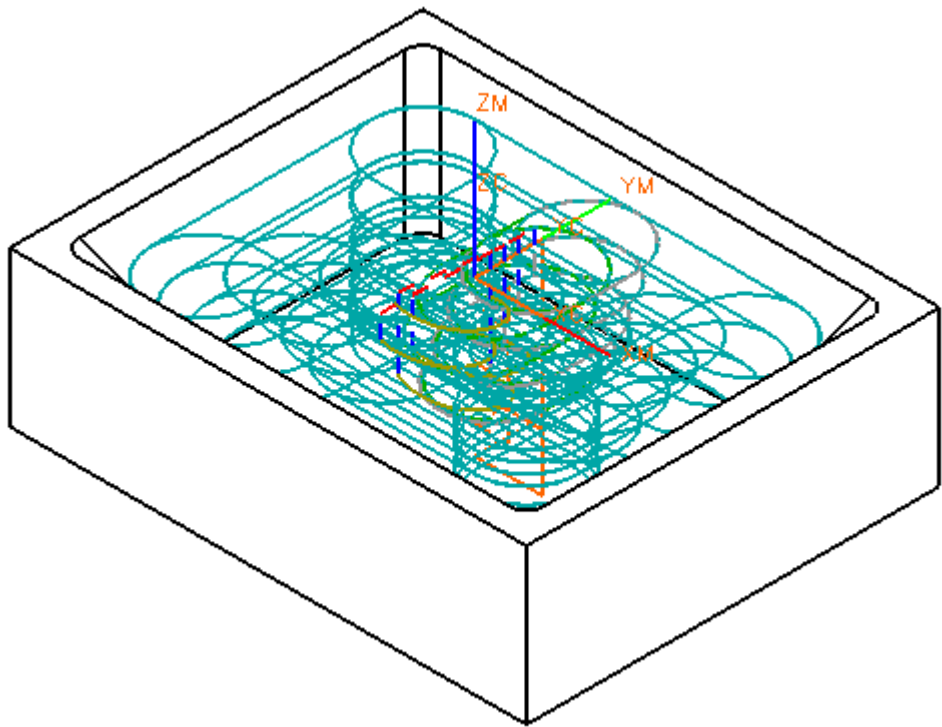


图 3-34

- 单击 OK 完成操作创建。

3.6 刀轨显示、生成及验证

3.6.1 刀轨显示设置

在任一操作参数设置对话框中，都有如图 3-41 中所示的刀轨显示设置按钮，单击打开如图 3-42 所示的刀轨显示设置对话框。



图 3-35



图 3-36

- 显示切削区域：在每个切削层上显示刀轨之前，先显示切削区域的轮廓。
- 显示未切削区域：仅用于平面铣（Planar Mill）。在每个切削层上显示刀轨之前，先显示未切削区域的轮廓。
- 显示后暂停：在每个切削层上显示刀轨之后暂停，否则连续显示切削层刀轨。
- 显示前刷新：在显示每一个切削层刀轨之前刷新，即清除之前显示的刀轨。
- 抑制刀轨显示：生成刀轨时不显示。

3.6.2 刀轨生成

在任一操作参数设置对话框中，都有如图 3-43 所示的刀轨生成及验证按钮。



图 3-37



：生成刀轨，每当切削参数被编辑后，单击此功能重新生成刀轨。



：重新显示已生成的刀轨。



：刀轨验证，下节详细介绍。



：刀轨信息显示，对于已生成刀轨的操作，显示其刀轨信息。

3.6.3 可视化刀轨验证

可视化刀轨验证能让用户直观地观察刀具切除材料的运动过程，从而判断切削结果是否正确、零件有无过切或欠切等现象。

在图 3-43 中，单击，打开如图 3-44 所示的对话框。

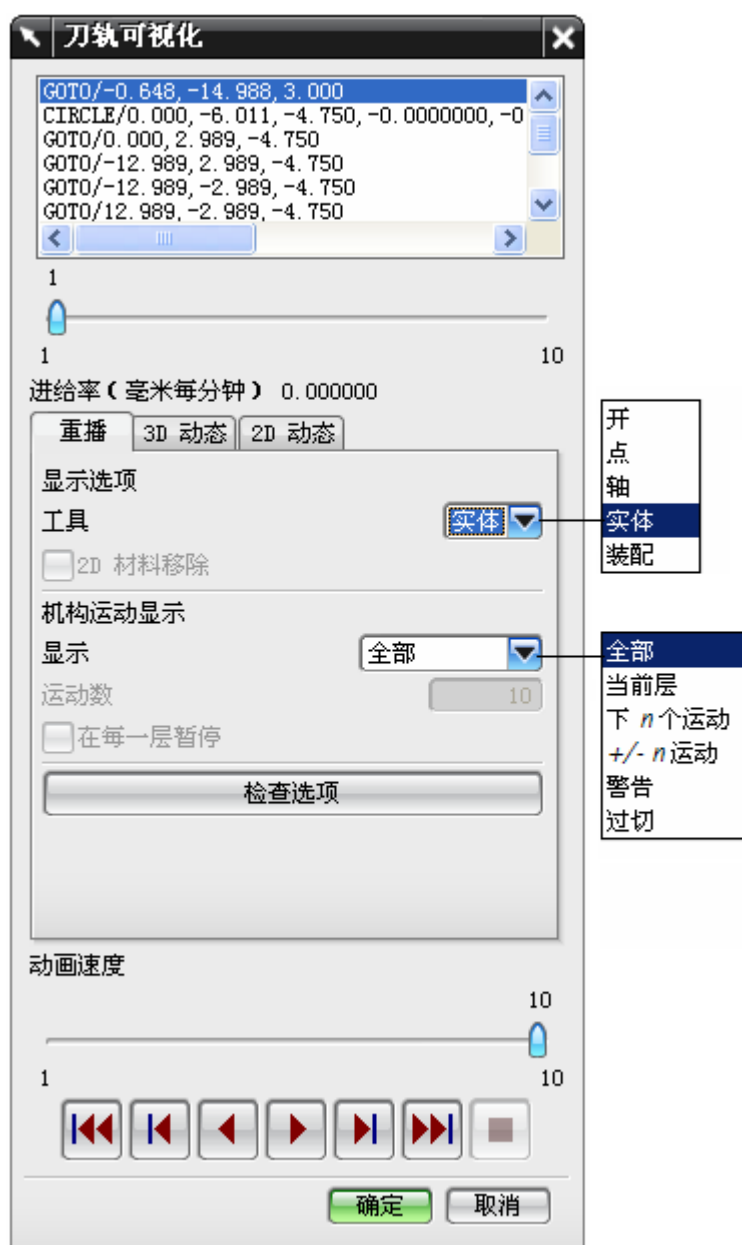


图 3-38

1. 刀轨回放（Replay）

刀轨回放即重新显示刀轨，显示时可指定刀具显示方式、运动显示方式以及过切检查内容，同时还可选择回放某一段刀轨。

1) 刀具显示（Tool）

On: 3D 线框显示。

Point: 用一个位于刀具参考点上的点象征刀具。

Axis: 用一条直线象征刀具的轴线。

Solid: 用 3D 实心体形式显示刀具。

Assembly: 用装配件显示刀具，但若使用的刀具没有刀柄，则以实心体显示。

2) 刀轨段显示 (Motion Display)

All: 显示当前刀轨的所有刀轨段。

Current Level: 显示当前层的所有刀轨段。

Next n Motions: 显示当前位置点后 n 个刀轨段，n 值在 **Number of Motions** 栏中输入。

+/- n Motions: 显示当前位置点的前 n 个和后 n 个共 2n 个刀轨段，

Warnings: 当出现过切时发出警告信息。

Gouges: 若检查出过切，则只显示过切刀轨段。

3) 过切检查 (Check Option)

Check for Gouges: 过切检查，若选此项，在刀轨验证过程中进行过切检查。

List Gouges When Finished: 刀轨验证结束后，显示过切信息。

Display: 以亮显方式显示过切刀轨段。若有多段过切出现，则只显示最后出现的过切段。

Refresh between Gouges: 若有两段以上过切刀轨，选取此项，在显示下一过切刀轨之前进行刷新，前面的过切刀轨不再显示。

Check for Tool Holder Collisions: 检查刀柄是否与工件相撞。

2. 3D 动态验证 (3D Dynamic)

在刀轨动态验证过程中，零件和毛坯均可以透明方式显示，适用于观察复杂刀轨的生成过程。

3. 2D Dynamic (2D Dynamic)

以三维实体方式显示切除材料过程，验证结束，可使用 **Compare** 把加工结果与被加工零件进行比较，从而可预知加工结果。图 3-45 为上一节生成刀轨的验证结果，零件内表面有灰色表示还有余量。

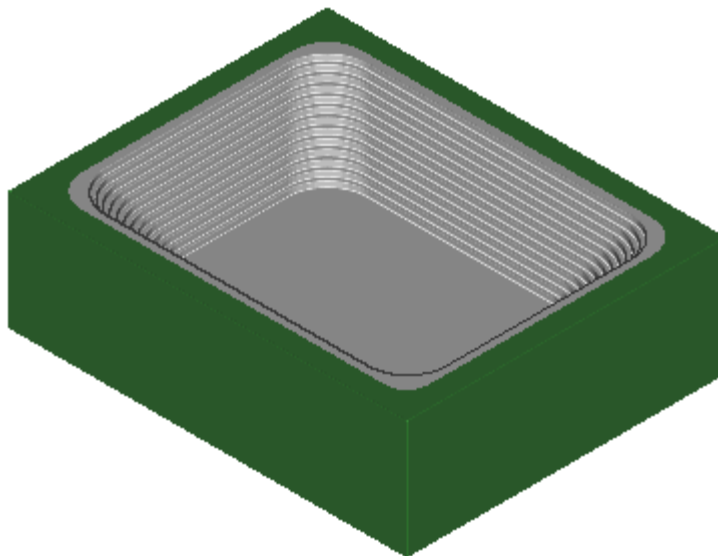


图 3-39

4. 型腔铣

1、教学目标：

- 理解型腔铣特点；
- 掌握型腔铣操作的子类型；
- 掌握型腔铣操作的创建步骤；
- 对一般的型腔铣工件能够创建粗加工，二次粗加工，半精加工及精加工。

2、教学重点

- 切削层参数设置；
- 切削模式与非切削模式参数的设置。

3、教学难点

- 工件加工各类参数的设置。

4、素质思政内容要求

- 培养工匠精神与职业责任感；树立绿色制造与可持续发展理念。分析德国工业4.0与“双碳”目标的关联，设计绿色加工方案，引导学生思考技术发展与生态保护的平衡。

5、教学手段：

- 讲授、演示、提问

6、学时数

- 8 学时

主要内容：

- 型腔铣概述
- 创建型腔铣操作
- 切削范围及切削层厚度定义
- 残料加工

4.1 型腔铣概述

型腔铣（CAVITY MILL）主要用于零件粗加工，其主要特点如下：

-
- 型腔铣可用于所有零件的粗加工，例如图 4-1 和图 4-2 所示的典型模具零件等。粗加工切除大量的毛坯材料，为半精加工和精加工做准备。

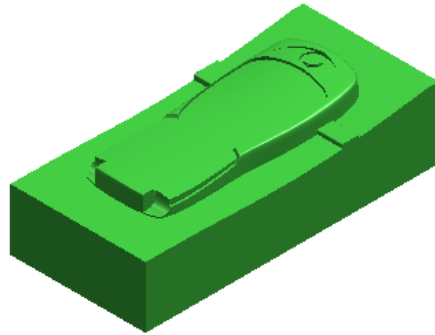


图 4-1

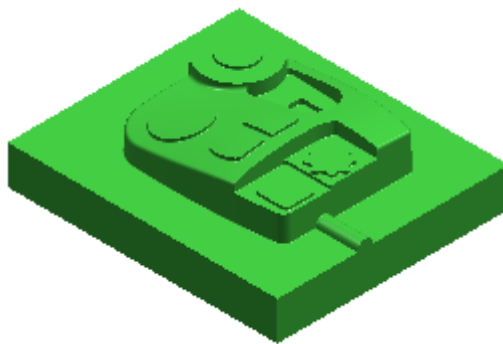
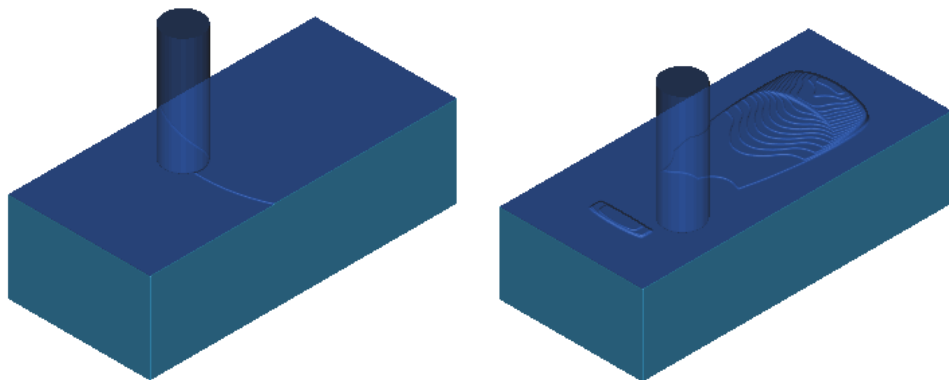


图 4-2

- 型腔铣刀轨为水平层状，切削层垂直于刀具轴线，每一切削层切削到零件轮廓。例如，图 4-3 和图 4-4 分别为图 4-1 和图 4-2 所示零件使用型腔铣的粗加工过程，其最终加工结果接近于零件形状。



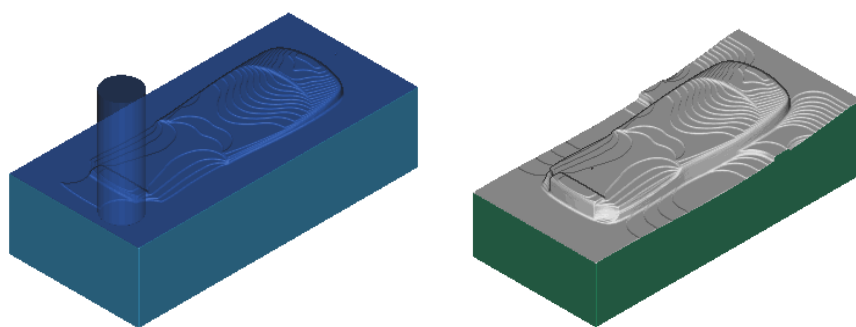


图 0-3

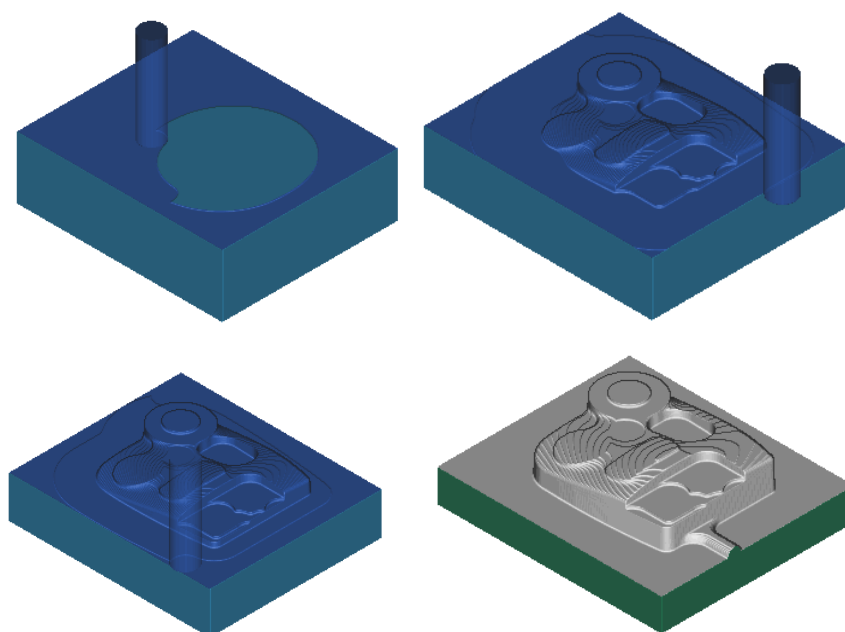


图 0-4

- 型腔铣通常使用实体模型定义加工几何如零件几何、毛坯几何和检查几何，同时也可使用边界、表面和曲线定义加工区域。

4.2 型腔铣操作子类型

型腔铣操作有如图 4-5 所示的 4 种操作子类型，每一种操作子类型都有其特点和用法，用户可根据以下介绍和零件的加工要求，选择一种较为合适的操作子类型创建操作。若这些操作子类型不能满足要求，用户还可以根据自己的加工特点，创建新的操作子类型。注意，在创建操作时，操作子类型一旦选定就不能再更改，所以选择时要仔细。



图 0-5



CAVITY_MILLING: 型腔铣操作基本子类型，主要用于粗加工。



PLUNGE_MILLING: 插削，在 NX 中新增加的一种操作子类型，很少使用。



CORNER_ROUGH: 拐角粗加工，可使用参考刀具加工前一操作中因刀具尺寸太大而在拐角处留下的余量。



REST _ MILLING: 残料加工，用于切削粗加工中未切削到材料。

4.3 创建型腔铣操作步骤

创建型腔铣操作的步骤如图 4-6 所示，主要内容包括创建/编辑父节点、创建操作（选择操作子类型和指定父节点）以及设置操作参数。

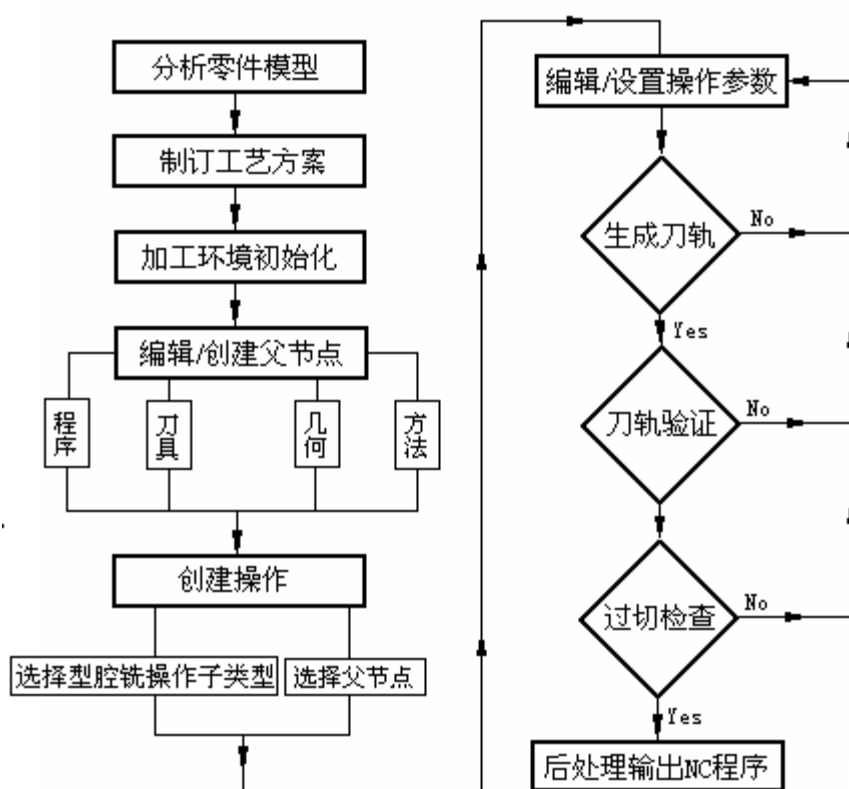


图 4-6

练习 1

【目的】创建简单的型腔铣操作，体会易学、易用的特点。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\cavity_milling_1.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 在视图工具条中，单击几何按钮，切换到几何视图，如图 4-7 所示。

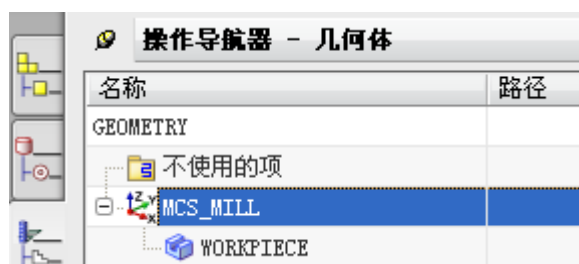


图 0-1

- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，如图 4-8 所示。
- 在 MCS 对话框中，安全设置选为平面，指定 ZC=10 的平面为安全平面，如图 4-8 所示，单击确定。

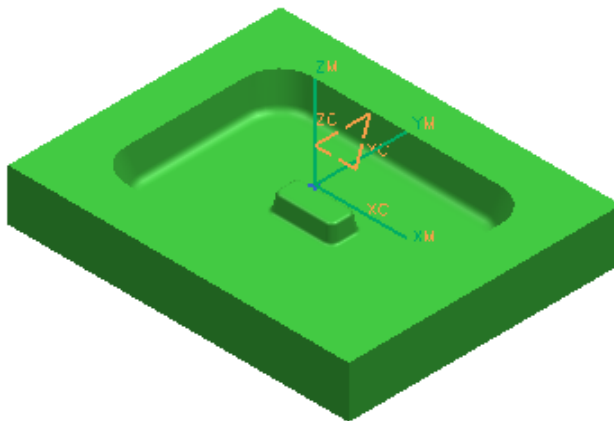


图 0-2

- 双击 WORKPIECE，打开如图 4-9 所示的加工几何定义对话框，单击 ，指定如图 4-8 所示的零件几何；单击 ，使用自动块指定毛坯几何；单击 ，为零件指定一种材料，单击确定，再单击确定结束加工几何定义。



图 0-9

Step 4 创建刀具

- 创建 D16R0.8 立铣刀，具体过程请参考加工创建一章中的相关内容。

Step 5 创建型腔铣操作

- 单击 ，打开创建操作对话框，选择如图 4-10 所示的操作子类型和父节点，单击 OK 打开如图 4-11 所示的操作对话框。



图 0-10

Step 6 设置操作参数

- 设置如图 4-11 所示的操作参数，其它参数使用默认值。



图 4-11

Step 7 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置如图 4-12 所示的非切削运动参数, 单击 OK。

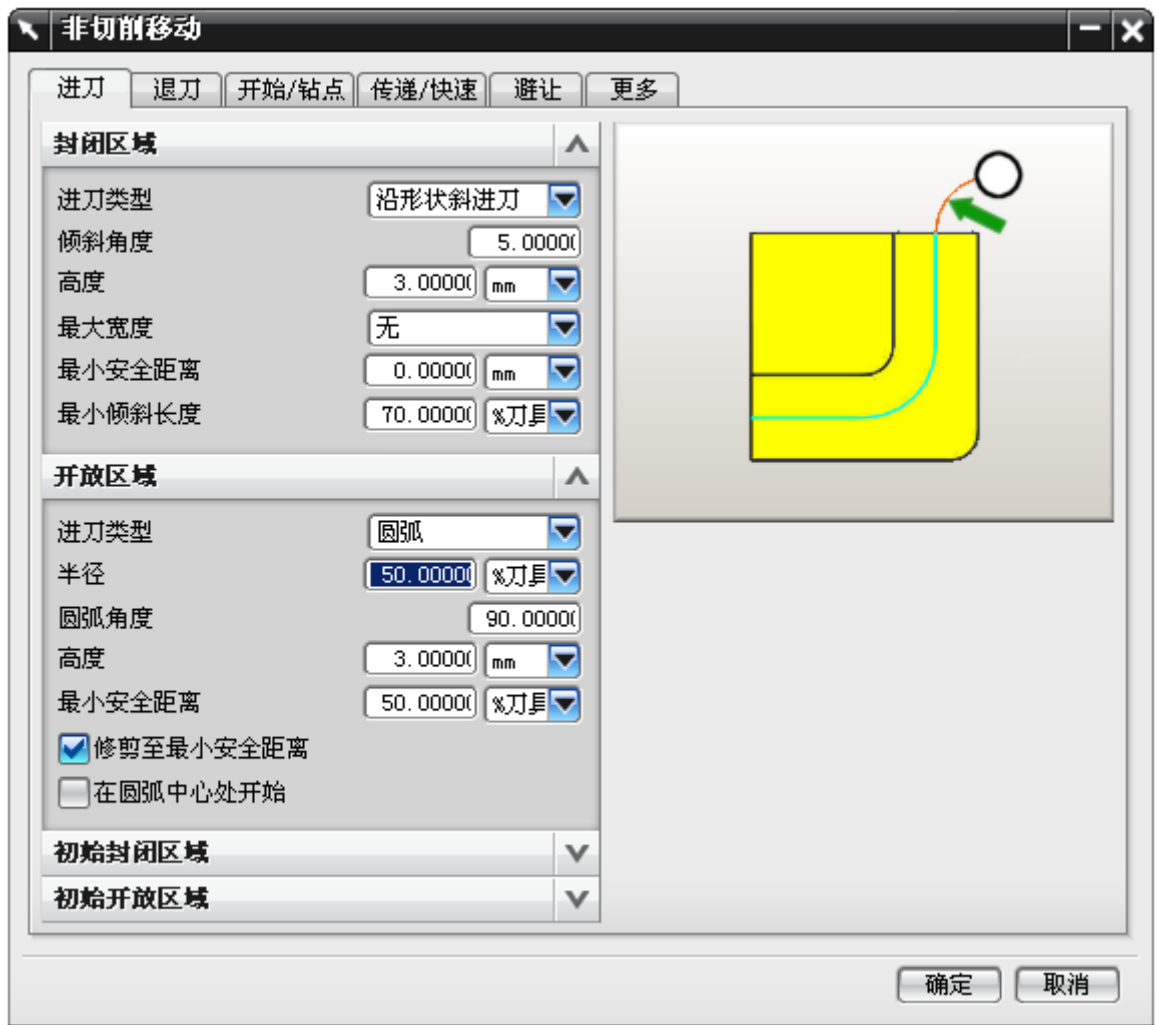


图 4-12

Step 8 刀轨生成及验证

- 在操作对话框中，单击 ，生成如图 4-13 所示的刀轨，单击 OK。

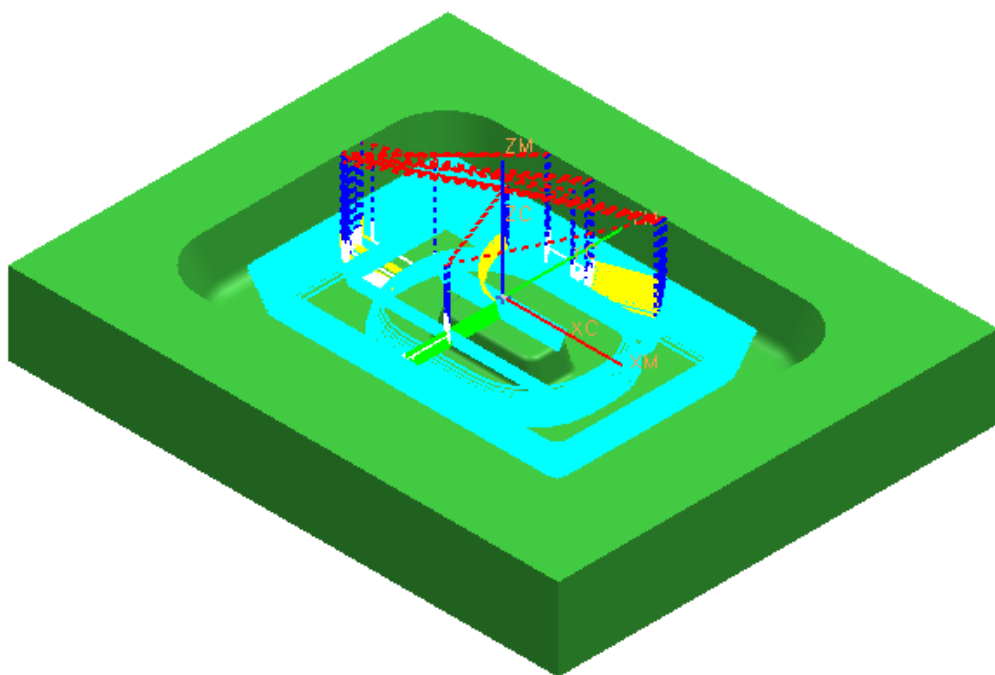


图 4-13

- 单击  验证刀轨，单击 **Compare** 比较，显示如图 4-14 所示的加工结果：余量不均匀，请阅读下一节解决此问题。
- 单击 ，保存操作。

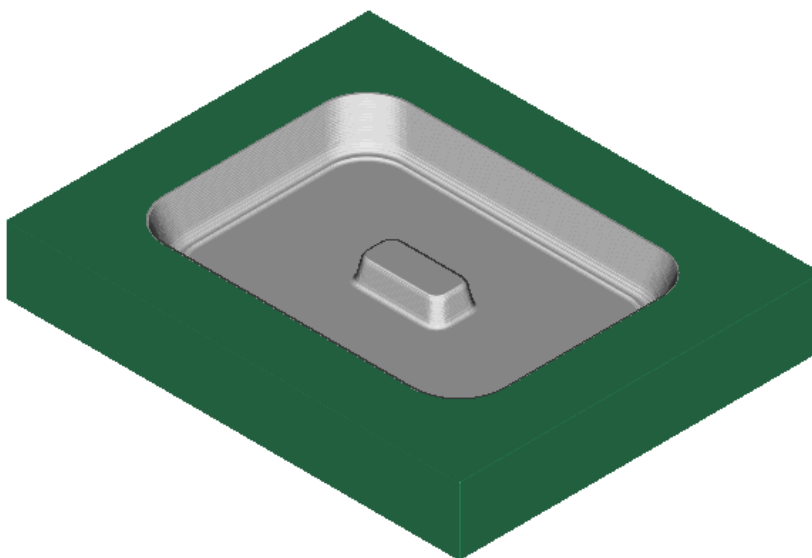


图 0-14

4.4 切削范围及其定义

型腔铣刀轨为水平层状，通过切削范围和切削层厚度定义。

在型腔铣操作对话框中，单击 (Cut Levels)，系统自动根据零件几何和毛坯几何产生一个或多个使用较大的直角三角形符号表示的切削范围，总的切削范围为零件或毛坯几何上的最高点 to 最低点，每一范围内使用较小的三角形符号表示每一切削层。例如，在图 4-15 中，系统自动定义了 3 个切削范围，且默认每个切削范围内的切削层厚度相等。

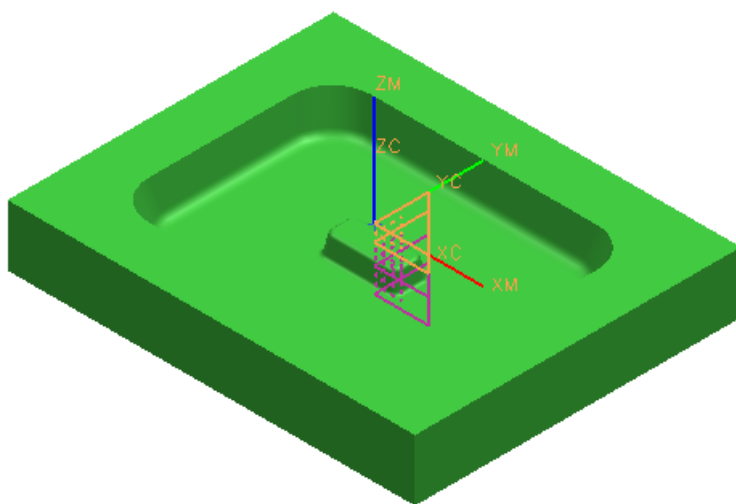


图 0-15

型腔铣必须有一个或一个以上的切削范围。在实际应用中，可根据被加工零件的特点，按需要定义切削范围，并且在每一个切削范围内使用不同的切削层厚度，以使被加工零件的余量较为均匀，以方便后续加工。

理论上，每一切削范围内的切削层厚度应这样确定：被加工区域越陡峭，切削层厚度就越大（当然还必须考虑切削条件的限制），反之，被加工表面越平坦，切削层厚度就越小，这样才能保证零件被加工后的余量比较均匀。然而，实体上，在加工时经常设置所有的切削层厚度相等，且厚度值较小，这样也能获得比较均匀的加工余量。

在型腔铣操作对话框中，单击, 打开如图 4-16 所示的切削层的参数设置对话框。



图 0-16

1. 切削范围类型（Range Type）

 **Auto Generate:** 自动定义切削范围，系统根据零件和毛坯几何的特点自动划分切削范围，且所有切削范围内的切削层厚度相同。



User Defined: 用户自定义，用户可以根据零件几何等因素自定义切削范围及切削层厚度。



Single: 只有一个切削范围，且每一切削层厚度相等，其厚度值在 Global Depth Per Cut 栏中输入。

Cut Only at Range Bottoms: 只在每一切削范围的底面生成刀轨，例如一个零件被划分了 3 个切削范围，若设置只在每一范围底面生成刀轨，则只生成 3 个切削层。

Top Off Critical Depths: 在零件的每一个水平面产生切削层，类似于平面铣中的 Top Off Islands 参数，此选项仅用于只有一个切削范围的情况。

2. 切削范围编辑

Current Range: 当前范围，如果只有一个切削范围，它必然是当前范围；如果有多个切削范围，也只有一个是当前范围，通过和按钮选择当前范围，当前范围是亮显的。

 **Insert Range:** 增加切削范围，在指定切削范围深度和每一切削层厚度后，单击 **Apply** 确认。



Edit Current Range: 编辑当前范围，编辑结束后单击 **Apply** 确认。



Delete Current Range: 删除当前范围。

3. 增加切削范围测量参考（Measured from）

Top Level: 顶层，位于最上面的范围的顶位置。

Range Top: 范围顶，当前范围的顶位置。

Range Bottom: 范围底，当前范围的底位置。

WCS Origin : 以 WCS 的原点位置为参考，向下为正，向上为负，如图 4-17 所示。

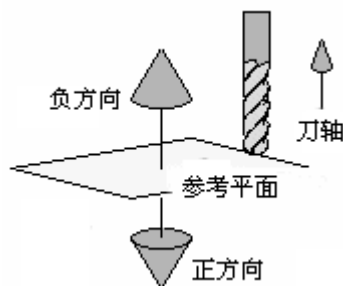


图 0-17

Range Depth: 定义新增范围的深度或编辑已存在的当前范围的深度，其值是从指定的参考位置进行测量的，通过 3 种方式定义新值：1) **Range Depth** 栏中输入深度值，或正或负；2) 拖动深度滑块，切削范围的深度值会随之变化；3) 在铣削几何上选择点定义当前切削范围的深度。

Local Depth Per Cut: 定义当前范围每一切削层的厚度。



Information: 通过信息窗口显示切削范围总数以及各切削范围的切削层数量、切削层厚度、各范围的顶和底位置等信息。



Display: 如果因为刷新导致切削层符号不可见，单击此按钮重新显示。

练习 2

【目的】学习切削范围及切削层厚度的定义。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\cavity_milling_2.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 打开操作导航器

- 切换到刀具视图，单击，打开操作导航器对话框，如图 4-18 所示。



图 0-18

- 双击 CAVITY_MILL，打开操作对话框。

Step 4 定义切削范围

- 切换到右视图，单击，显示系统自动定义的切范围，如图 4-19 所示。

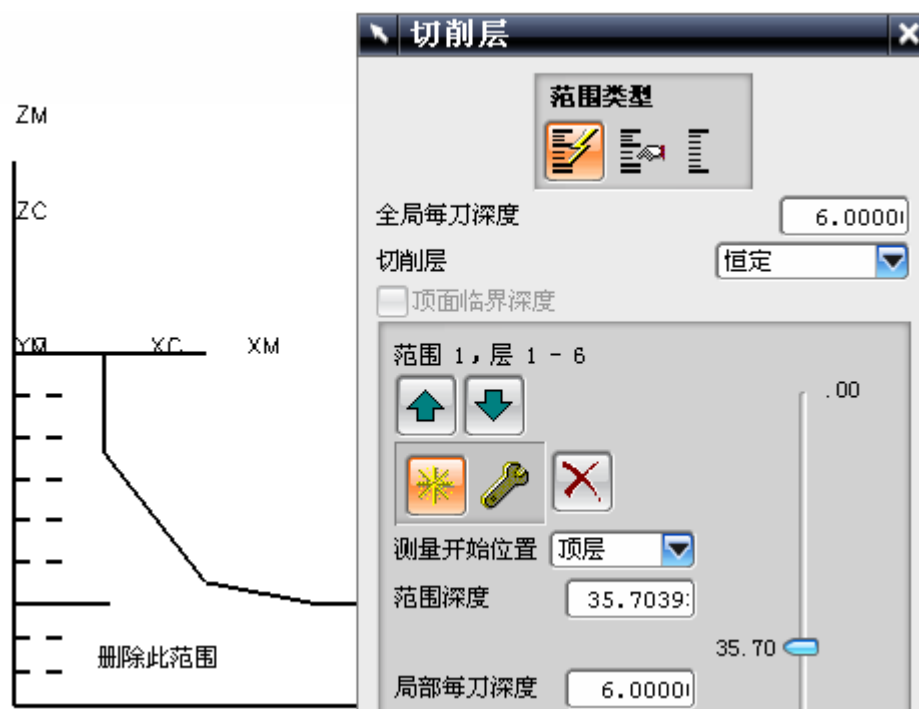


图 0-19

- 在 Cut Levels 对话框中，单击删除最底部的切削范围，注意删除时先单击|使其成为当前范围（高亮显示）。

- 在 Cut Levels 对话框中，单击  增加新范围，分别选择如图 4-20 所示的 Point1、Point2 和 Point3，增加 Range1、Range2 和 Range3，并设置如图 4-21 所示的切削层厚度。
- 单击 OK，结束切削范围定义。

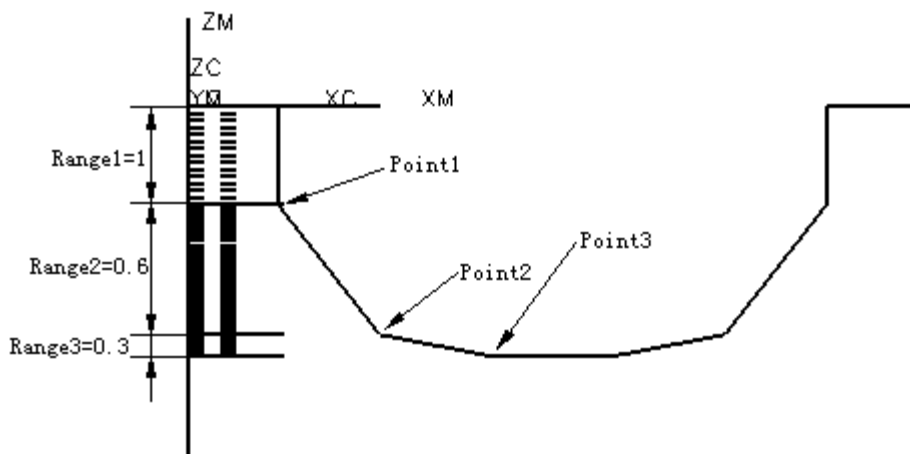


图 0-21

Step 5 刀轨生成及验证。

- 单击  重新生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，单击 Compare 比较，显示如图 4-22 所示的加工结果：余量比较均匀。
- 单击 ，保存操作。

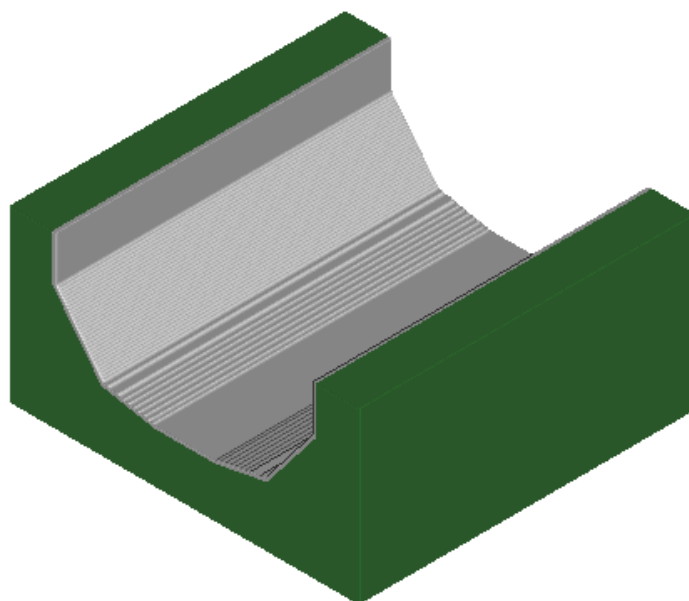


图 0-22

4.5 拐角粗加工与残料加工

为了提高加工效率，零件粗加工时通常使用较大尺寸的刀具，但这样会在工件的拐角处或凹角处留下较多材料，造成余量不均匀，从而影响后续的半精加工或精加工。

拐角粗加工或残料加工是指使用较小尺寸的刀具切除粗加工后留在凹角处的较多材料，使工件获得比较均匀的加工余量，以利于后续工序的加工。

拐角粗加工或残料加工均可使用如图 4-23 所示的 3 种方法之一完成，它们分别是使用 3D 过程工件、基于层的过程工件和参考刀具方法。

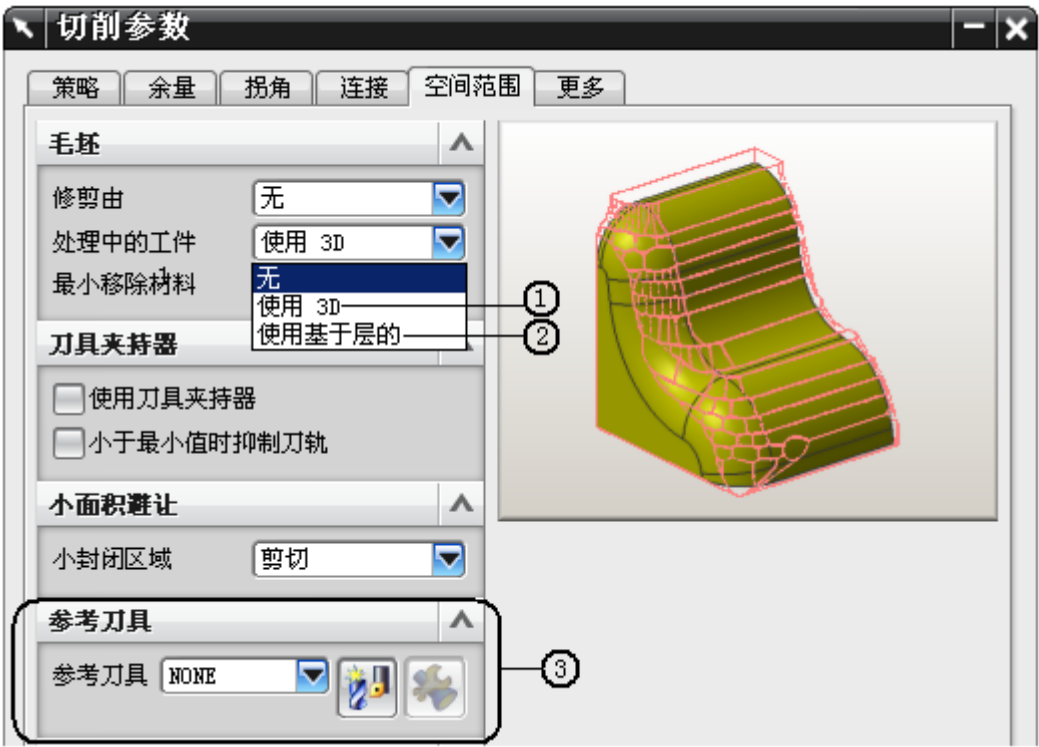


图 4-23

1. 3D 过程工件法

3D 过程工件法 (Use 3D) 是指使用前一操作加工后剩余的工件即过程工件的 3D 模型作为当前操作的加工毛坯，以避免切削已加工过的区域，这种残料加工方法能够最大限度地切除不均匀材料，但刀轨生成时间较长。特别注意使用使用 3D 过程工件法应在连续的 Cavity Milling/Zlevel 操作中产生和使用。

2. 使用基于层的过程工件法

使用基于层 (Use level Based) 的过程工件时，先在加工首选项中设置启用基于层的 IPW 选项。基于层的过程工件的用法与 3D 过程工件相似，只是在指定层上切除未切削的材料，生成生成速度快，同样只能在连续的 Cavity Milling/Zlevel 操作中产生和使用。

3. 参考刀具法

所谓参考刀具法是指在粗/精加工拐角或残料加工时，选用一把较小尺寸的刀具，并在切削参数参考刀具选项中选择前一操作中使用的刀具或新建一把刀具作为参考刀具，这样在生成刀轨时，系统会自动计算使用参考刀具时没有切削到的材料作为加工余量进行进加工。在实际加工中，参考刀具的尺寸可选择比前一操作使用的刀具稍大一些，以增大切削范围，防止过切。

使用拐角粗加工操作子类型或残料加工操作子类型创建操作时，它们的操作参数设置相同，只是操作参数设置界面略有差异：图 4-24 和图 4-25 分别为拐角粗加工和残料加工操作参数设置对话框，注意其区别在于拐角粗加工操作参数设置对话框中有参考刀具选项，而残料加工操作参数设置对话框中没有，然而，实际上在它们的切削参数对话框中均有 3 种残料加工方式，所以两种操作子类型均可完成拐角粗加工和残料加工。



图 4-25



图 4-26

练习 3

【目的】创建拐角加工操作，掌握粗精加工拐角 2 种操作子类型的用法。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\ zlevel_profile_3.prt

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 验证刀轨

- 单击 ，打开操作导航器对话框，双击 CAVITY_MILL，打开操作对话框。
- 单击  验证刀轨，单击 Compare 比较，显示如图 4-27 所示的加工结果：拐角余量较多。

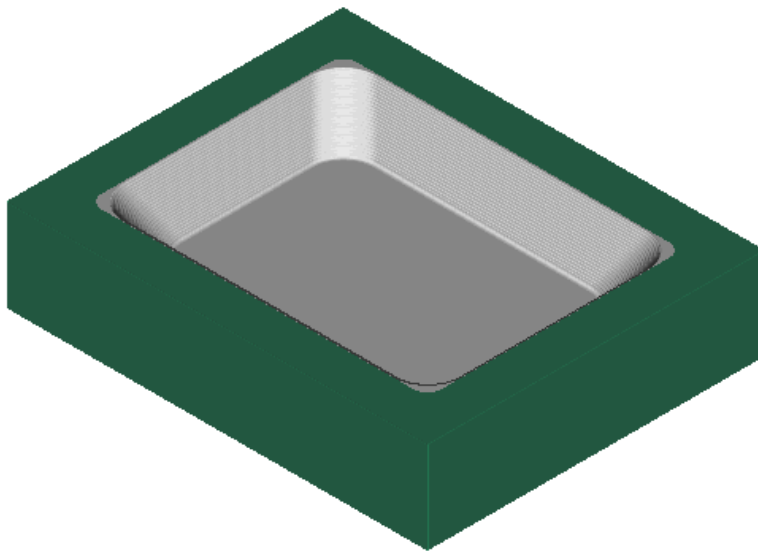


图 0-27

Step 4 创建拐角粗加工操作

- 单击 ，选择如图 4-28 所示的操作子类型和父节点。



图 0-28

- 在图 4-28 中，单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 4-29 所示的参数。



图 0-29

- 单击  生成刀轨，如图 4-30 所示，单击 OK 确认。

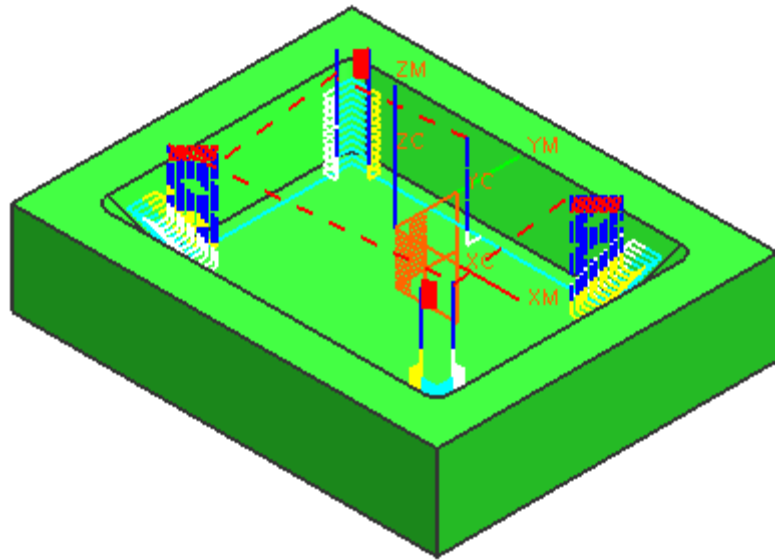


图 0-30

Step 5 创建拐角精加工操作

- 单击 ，选择如图 4-31 所示的操作子类型和父节点。



图 0-31

- 在图 4-31 中，单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 4-32 所示的参数，注意比较与粗加工拐角的不同。



图 0-32

- 单击  生成刀轨，如图 4-33 所示，单击 OK 确认。

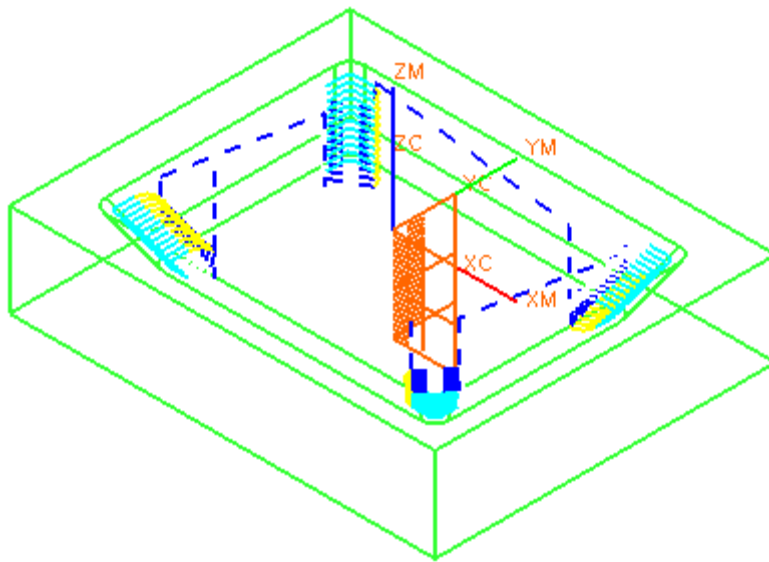


图 4-33

练习 4

【目的】使用过程工件（IPW）和参考刀具（Reference Tool）加工残料，

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\cavity_milling_3.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 在视图工具条中，单击几何按钮，切换到几何视图，如图 4-34 所示。



图 0-34

- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，如图 4-35 所示。

- 在 MCS 对话框中，安全设置选为平面，指定 ZC=10 的平面为安全平面，如图 4-35 所示，单击确定。

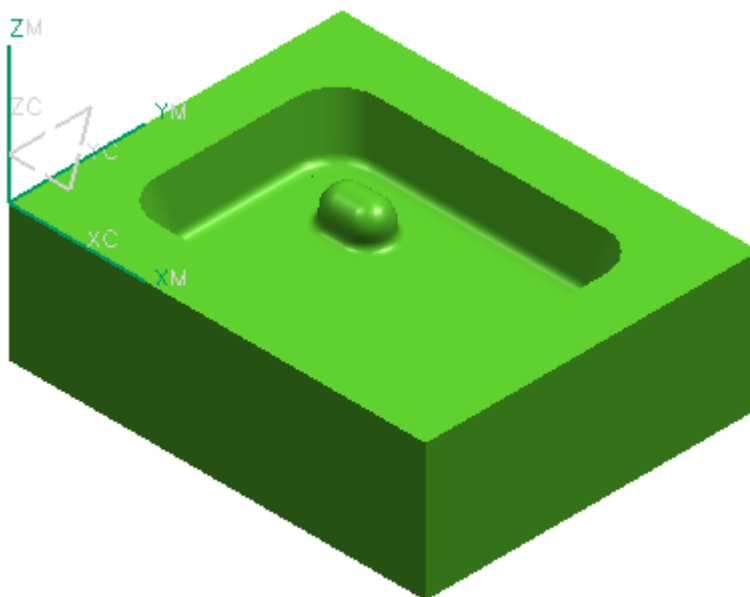


图 0-24

- 双击 WORKPIECE，打开如图 4-25 所示的加工几何定义对话框，单击 ，指定如图 4-24 所示的零件几何；单击 ，使用自动块指定毛坯几何；单击 ，为零件指定一种材料，单击确定，再单击确定结束加工几何定义。



图 0-25

Step 4 创建刀具

- 创建 D16R0.8 立铣刀，具体过程请参考加工创建一章中的相关内容。

Step 5 创建型腔铣操作

- 单击 ，打开创建操作对话框，选择如图 4-26 所示的操作子类型和父节点，单击 OK 打开如图 4-27 所示的操作对话框。



图 0-26

Step 6 设置操作参数

- 设置如图 4-27 所示的操作参数，其它参数使用默认值。



图 4-27

Step 7 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 4-28 所示的非切削运动参数，单击 OK。

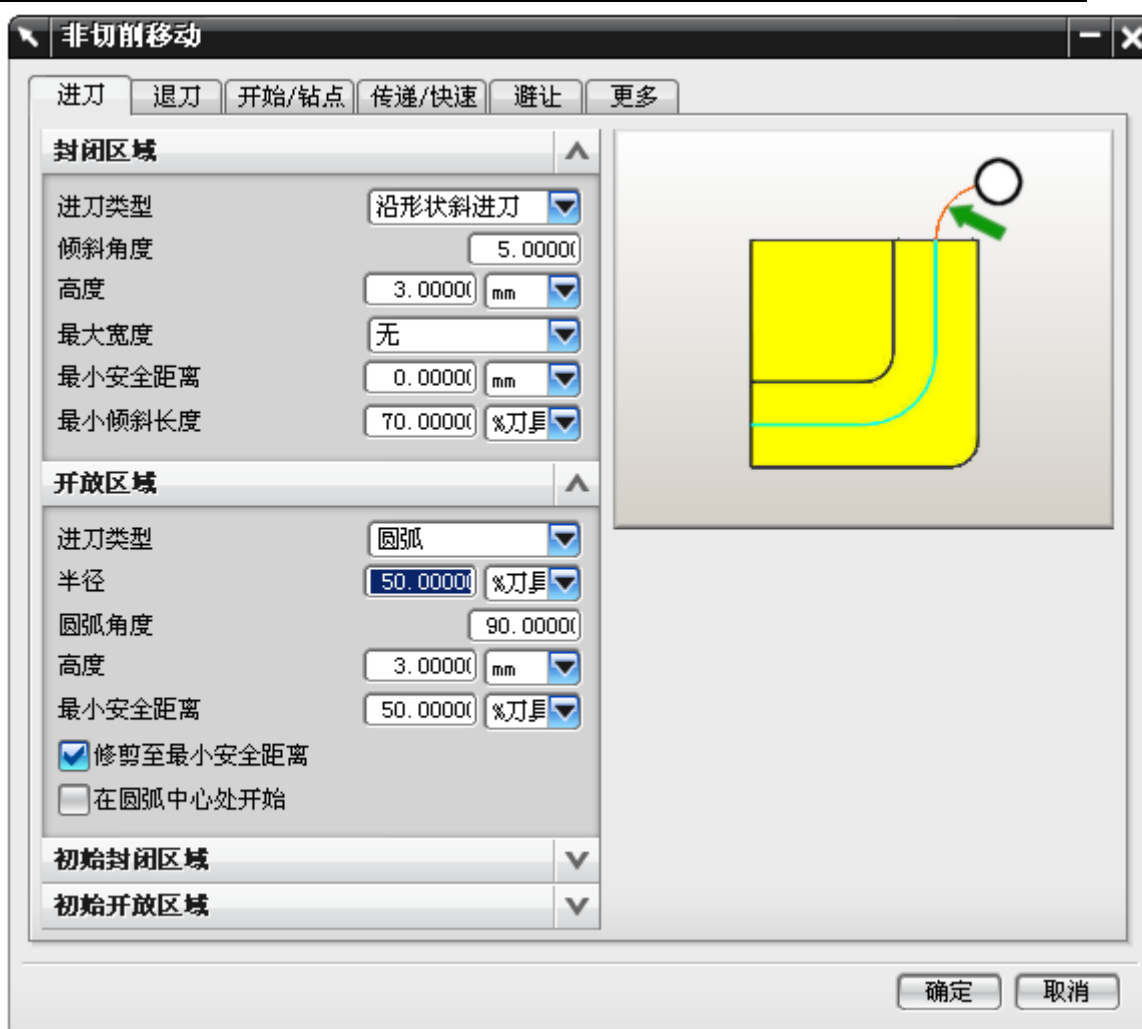


图 4-28

Step 8 刀轨生成及验证

- 单击  生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，单击 **Compare** 比较，显示如图 4-29 所示的加工结果：由于刀具尺寸较大，仍有部分区域未切削到，单击确定回到操作对话框。

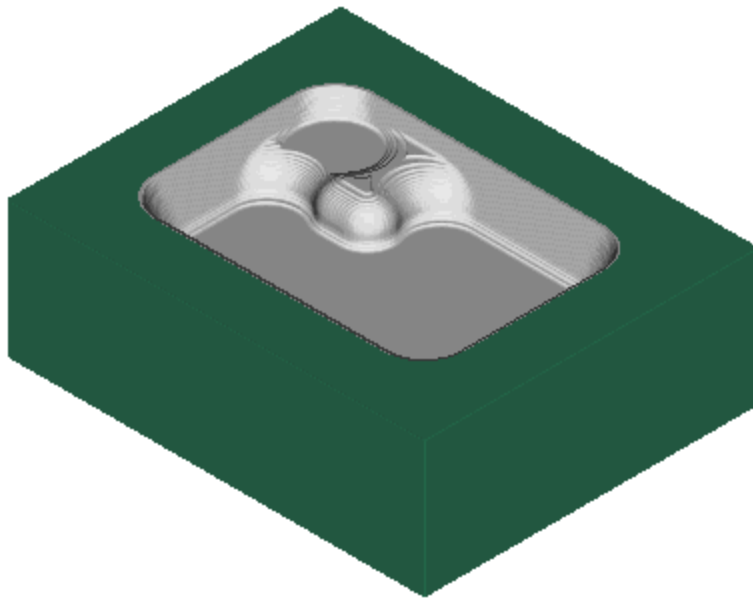


图 0-29

Step 9 使用 3D IPW 创建未切削加工操作

- 在图 4-27 中，单击 ，打开切削参数设置对话框，选择使用 3D，如图 4-30 所示，单击确定，此时，图 4-27 所示的型腔铣对话框将变为图 4-31 所示的对话框，单击  生成刀轨，单击确定。

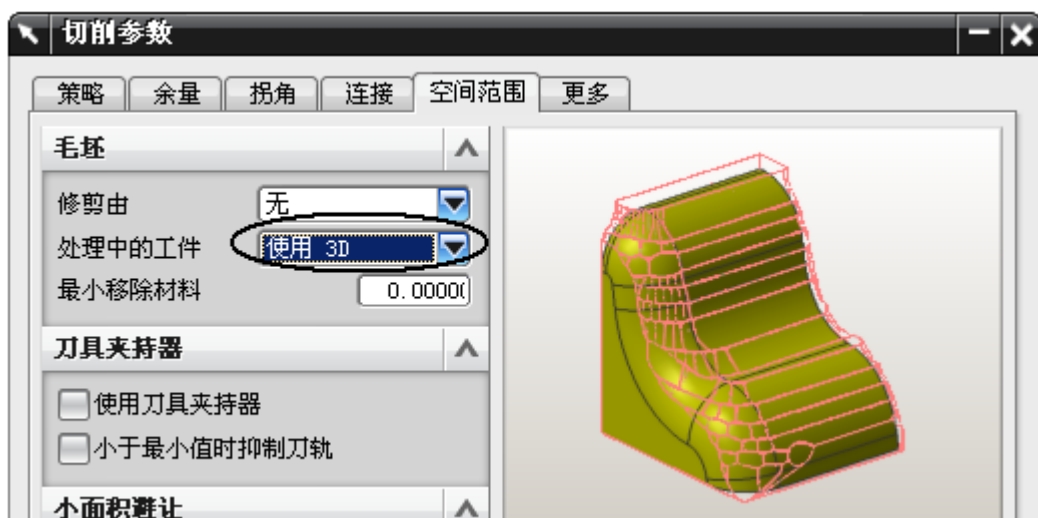


图 4-30



图 4-31

- 单击  切换到刀具视图，单击 CAVITY_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D6R0.5，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 paste inside，粘贴此操作，如图 4-32 所示。



图 0-32

- 双击 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框，设置如图 4-33 所示的参数。



图 0-33

Step 10 生成刀轨

- 单击  生成刀轨。
- 单击 ，验证刀轨，如图 4-43 所示，上一操作未加工区域已被加工。

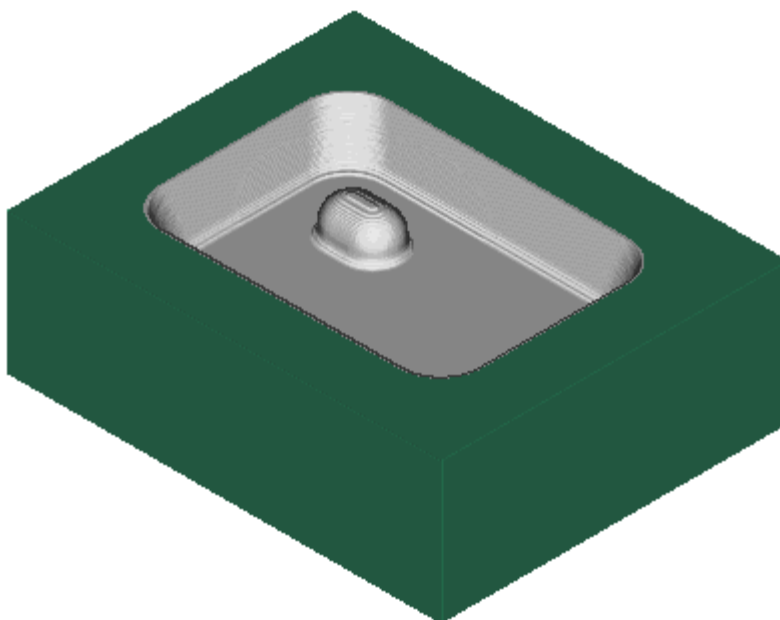


图 0-3

Step 7 使用基于层（Use level Based）功能创建操作

- 双击 CAVITY_MILL，打开操作对话框。
- 单击 ，取消基于 3DIPW 的设置，即 IPW 选择为无，如图 4-44 所示，单击 OK。



图 0-4

- 单击  生成刀轨，单击 OK 保存操作。
- 在主菜单中，选择首选项→加工，设置如图 4-44 所示的参数。

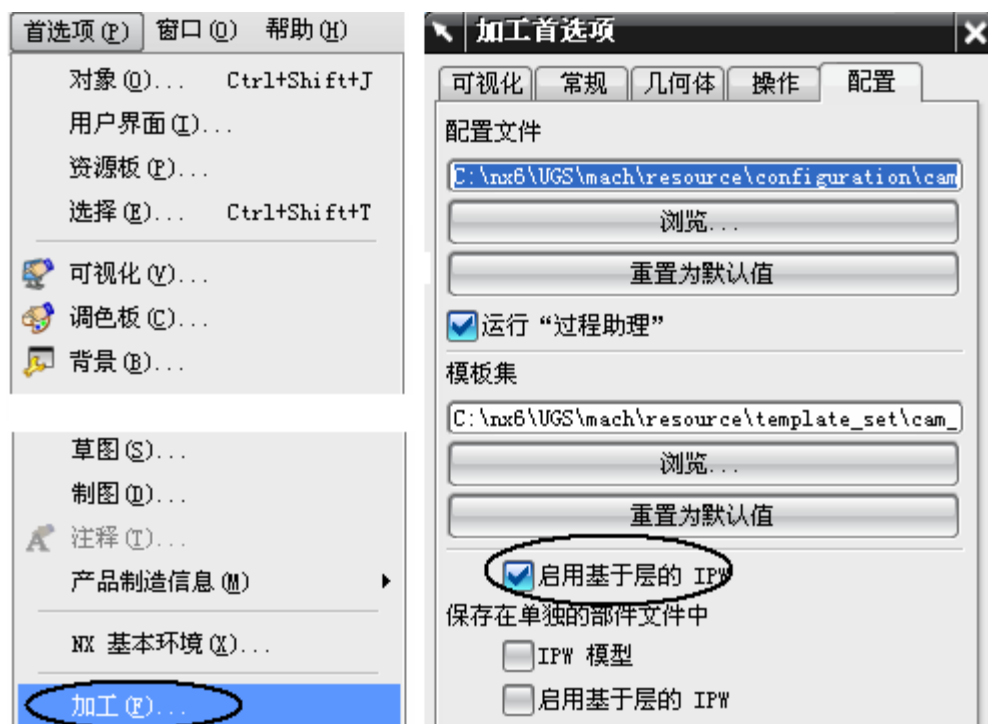


图 0-5

- 双击 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框。
- 单击 ，设置如图 4-46 所示的参数，单击 OK。

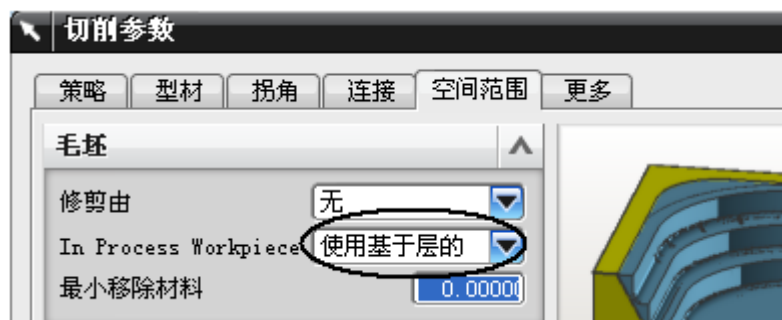


图 0-6

- 单击  生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，其结果类似于图 4-43。

Step 8 使用参考刀具（Reference Tool）创建操作

- 双击 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框。
- 单击 ，设置如图 4-46 所示的参数，单击 OK。

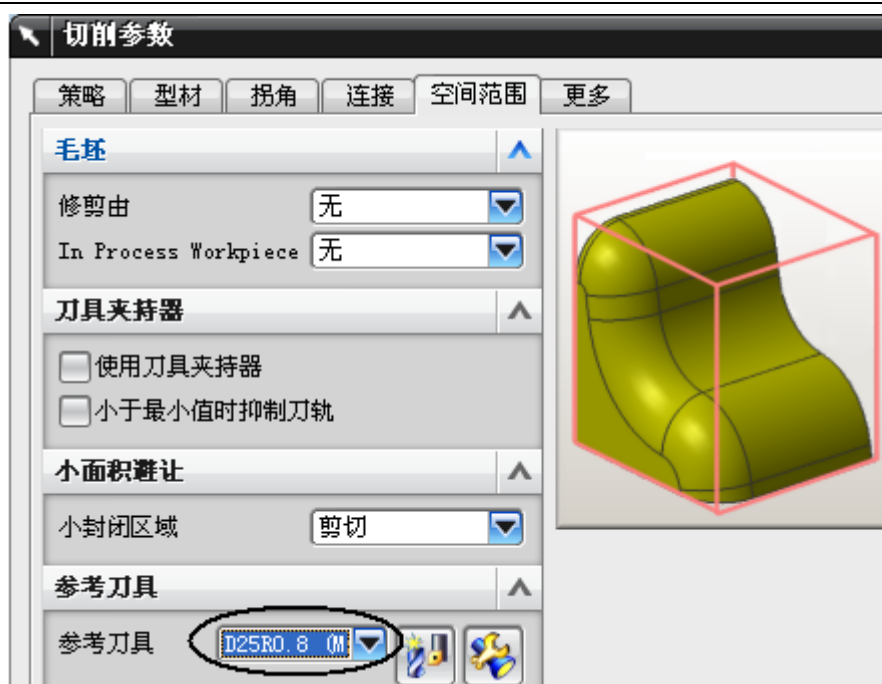


图 0-7

- 单击  生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，结果类似于图 4-43。
- 单击 ，保存操作。
-

【目的】使用修剪边界或创建小尺寸毛坯加工局部区域。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\cavity_milling_3.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 切换到几何视图，单击 ，显示如图 4-19 所示的对话框。

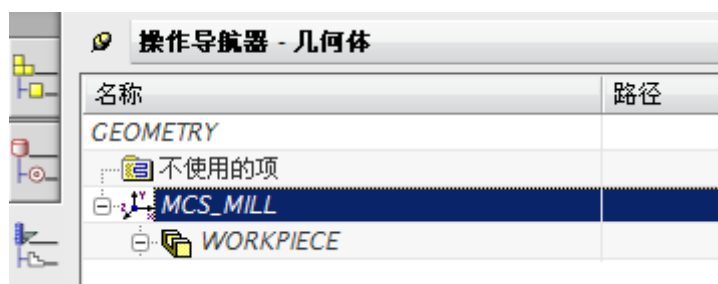


图 0-8

- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，如图 4-20 所示，单击 OK。

- 在 MCS 对话框中，选择安全平面为自动。

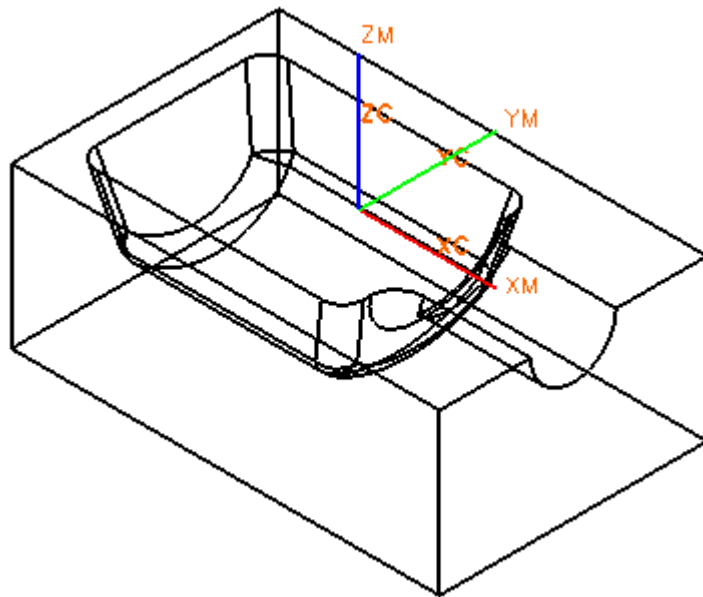


图 0-9

- 双击 **WORKPIECE**，定义如图 4-20 所示的零件和毛坯（使用自动块选项），单击 ，指定一种零件材料，单击 **OK** 确认，再单击 **OK** 结束工件定义。

Step 4 创建刀具

- 创建 **D16R0.8** 和 **D6** 立铣刀，过程略。

Step 4 创建型腔铣操作

- 单击 ，打开操作对话框，选择如图 4-21 所示的操作子类型和父节点，单击 **OK**。



图 0-10

Step 6 定义切削范围

- 切换到右视图。
- 在操作对话框中，单击 ，系统显示自动定义的切范围，如图 4-22 所示。

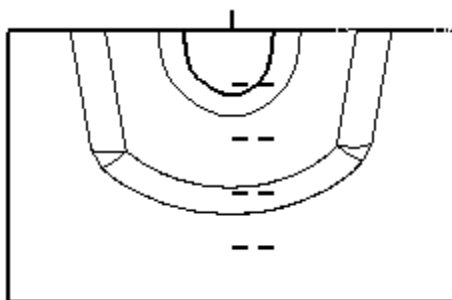


图 0-11

- 在 Cut Levels 对话框中，单击新增范围 ，定义如图 4-23 所示的 2 个切削范围，且切削范围 2 的切削层厚度较小。

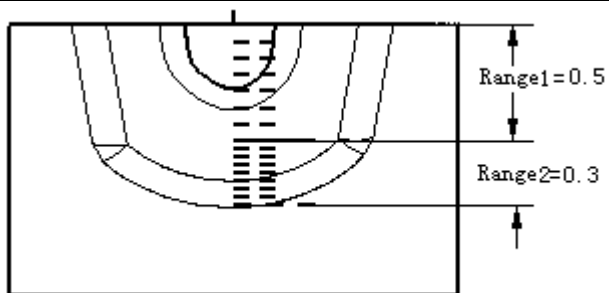


图 0-12

Step 7 设置切削参数

- 单击  按钮，设置如图 4-24 所示的加工余量，单击 OK 确认。

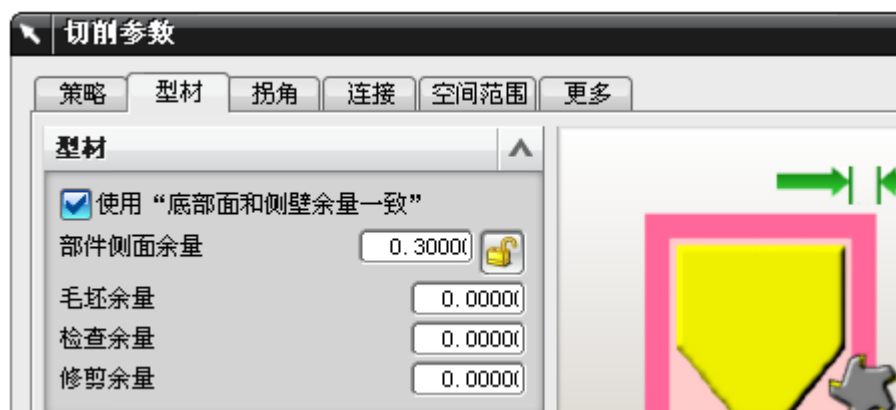


图 0-13



Step 8 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 4-24 所示的进刀参数，单击 OK。



图 0-14

Step 9 刀轨生成及验证

- 单击 ，生成如图 4-27 所示的刀轨。

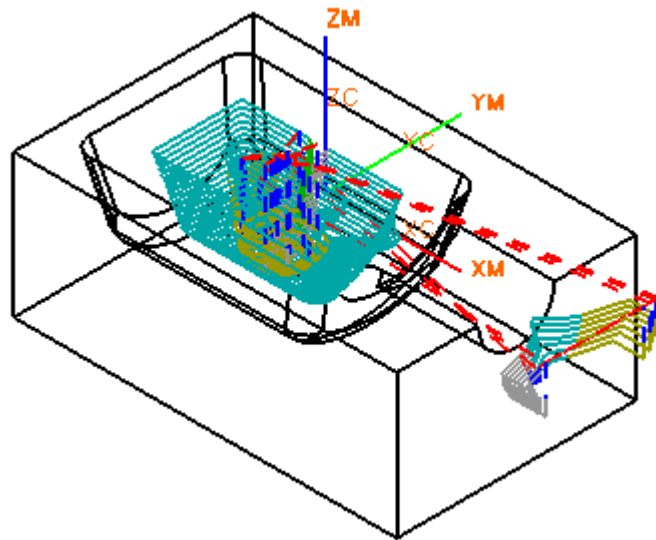


图 0-15

- 在操作对话框中，单击 ，定义如图 4-28 所示的修剪边界，删除边界外的刀轨。

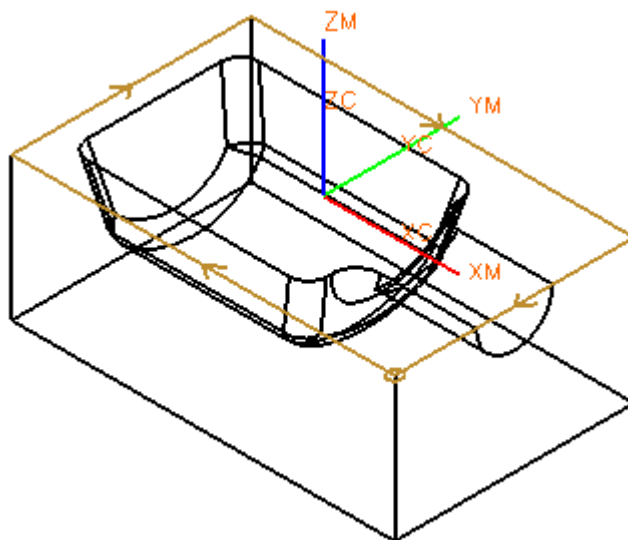


图 0-16

- 单击  重新生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，单击 **Compare 比较**，加工结果如图 4-29 所示：由于刀具尺寸较大，有区域未切削到，单击 **OK** 继续。

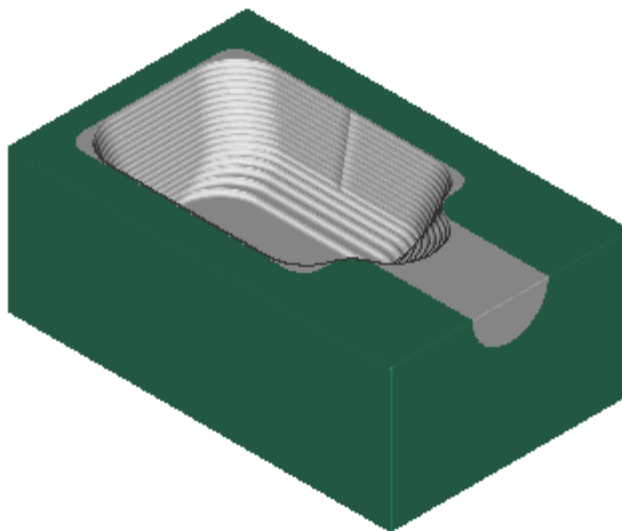


图 0-17

Step 11 未切削区域加工-----方法 1

- 切换到 **TOP** 视图。
- 使用 **曲线→矩形** 功能，画出矩形框，如图 4-30 所示。

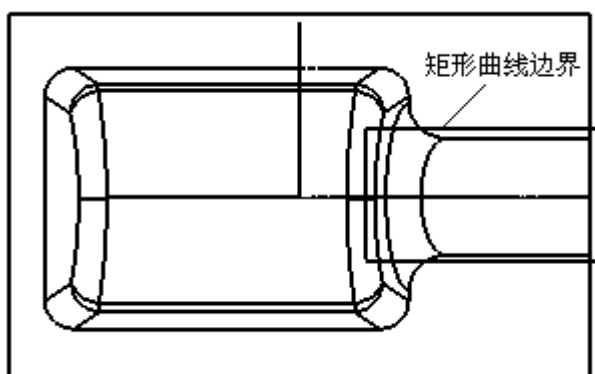


图 0-18

- 单击 , 切换到刀具视图, 单击 CAVITY_MILL 操作, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择 COPY, 复制此操作, 单击刀具 D6, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择 paste inside, 粘贴此操作, 如图 4-31 所示。



图 0-19

- 双击 CAVITY_MILL_COPY, 打开操作对话框。
- 单击 , 选择附加按钮, 选择如图 4-32 所示的修剪边界, 边界外的刀轨被截除。

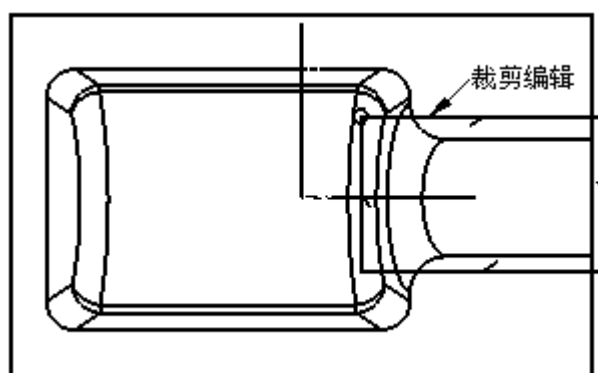


图 0-20

- 在操作对话框中, 设置如图 4-33 所示参数。



图 0-21

- 单击  生成刀轨，单击 OK 保存。
- 验证已创建的 2 个刀轨，并选择比较按钮，则显示如图 4-34 所示的加工结果。

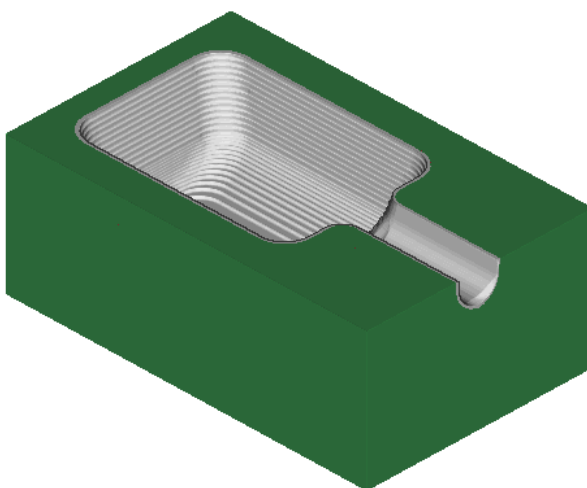


图 0-22

Step 12 未切削区域加工-----方法 2

- 删除前一步骤创建的操作 CAVITY_MILL_COPY。
- 进入 Modeling，拉伸矩形曲线成为实体毛坯，如图 4-34 所示。

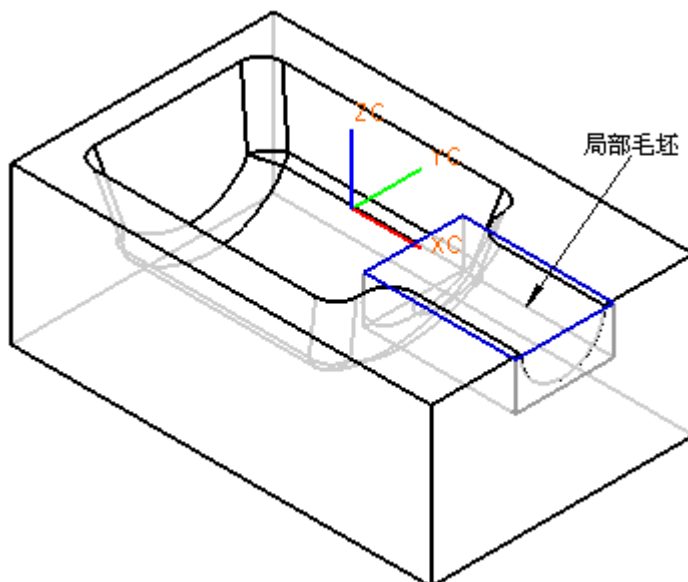


图 0-23

- 进入 Manufacturing 加工模块。
- 切换到几何视图，创建 WORKPIECE_1，定义如图 4-34 所示零件和毛坯。
- 选择 CAVITY_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击 WORKPIECE_1，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 paste inside，粘贴此操作，则生成 CAVITY_MILL_COPY 操作，如图 4-36 所示。

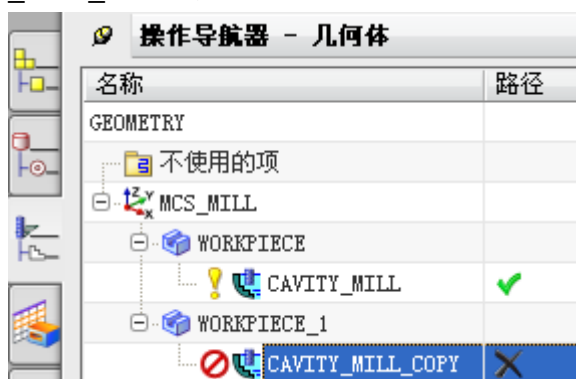


图 0-24

- 单击  切换到刀具视图，拖动操作 CAVITY_MILL_COPY 到刀具 D8R4 下，使其成为 D8R4 的子节点，如图 4-37 所示。

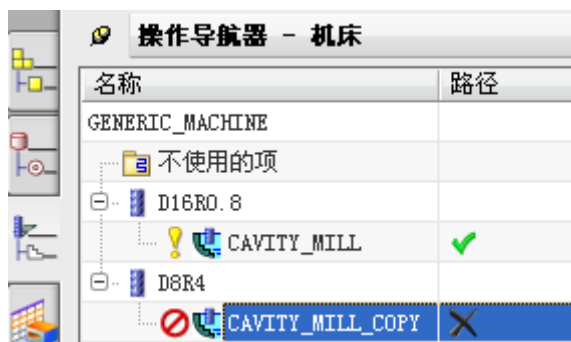


图 0-25

- 双击操作 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框，设置如图 4-33 所示的切削参数，单击 OK。
- 单击  生成刀轨。
- 单击 OK 保存刀轨。

残料加工

5. 等高轮廓铣

1、教学目标：

- 了解等高轮廓铣与型腔铣特点。
- 掌握等高轮廓铣工序的创建步骤。

2、教学重点

- 等高轮廓铣刀具选择。
- 切削模式与非切削模式参数的设置。

3、教学难点

- 工件加工各类参数的设置。

4、素质思政内容要求

●培养工匠精神与职业责任感；树立绿色制造与可持续发展理念。分析德国工业 4.0 与“双碳”目标的关联，设计绿色加工方案，引导学生思考技术与生态保护的平衡

5、教学手段：

- 讲授 、演示、提问

6、学时数

- 6 学时

主要内容：

- 等高轮廓铣概述
- 参考刀具使用
- 等高轮廓铣

5.1 型腔铣概述

等高轮廓铣与型腔铣（CAVITYMILL）一样，在与 XY 平面平行的平面上创建刀轨，其主要特点如下：

- 与型腔相似，刀轨为水平层状，每一切削层与零件轮廓相关，切削层垂直于刀轴。
- 等高轮廓铣可以加工任意表面轮廓，如图 5-1 为竖直轮廓，图 5-2 为有拔模角的斜面轮廓，图 5-3 为复杂曲面轮廓。

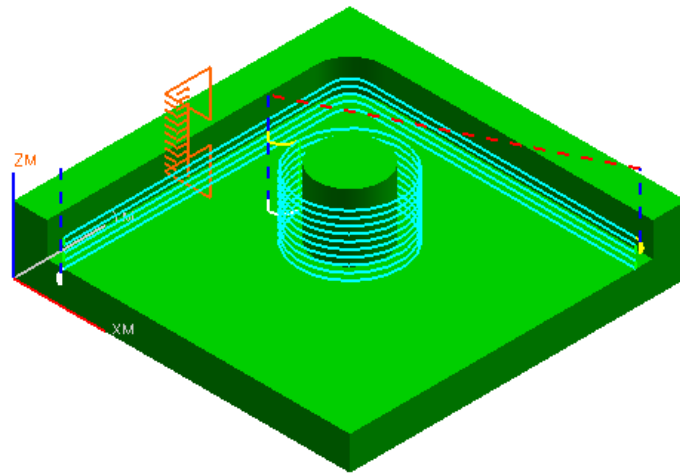


图 5-1

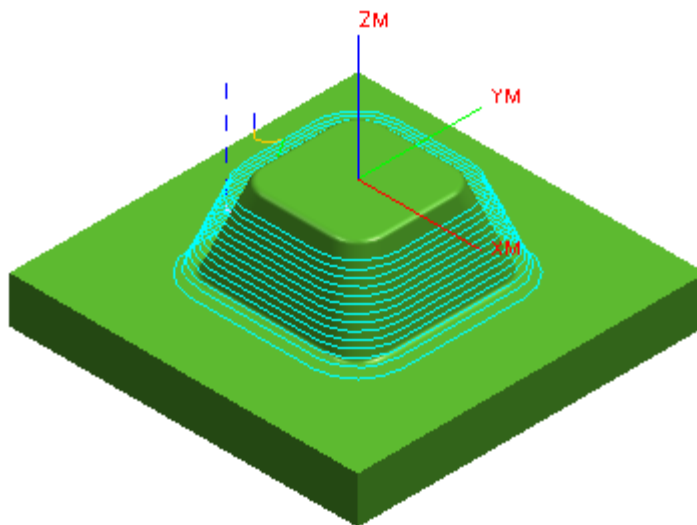


图 5-2

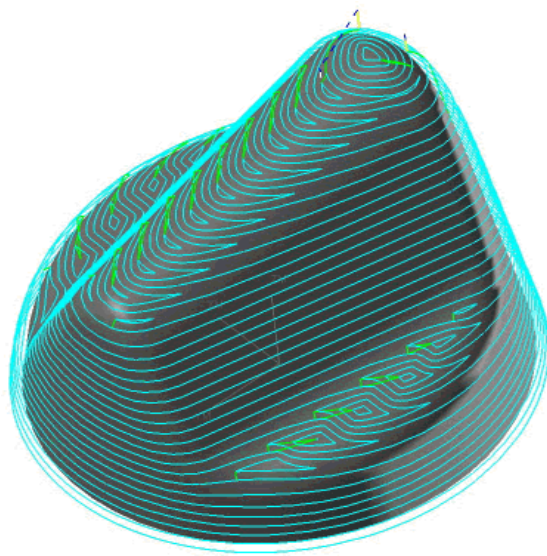


图 5-3

- 等高轮廓铣主要用于半精加工或精加工，创建操作可使用球形立铣刀、有圆角立铣刀或平底立铣刀，分别如图 5-4、图 5-5 图 5-7 所示。

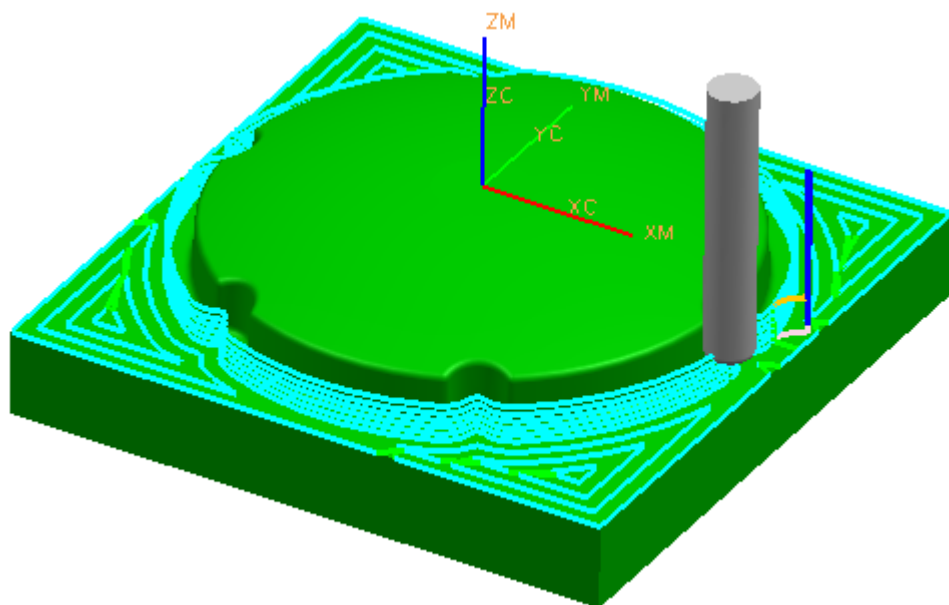


图 5-4

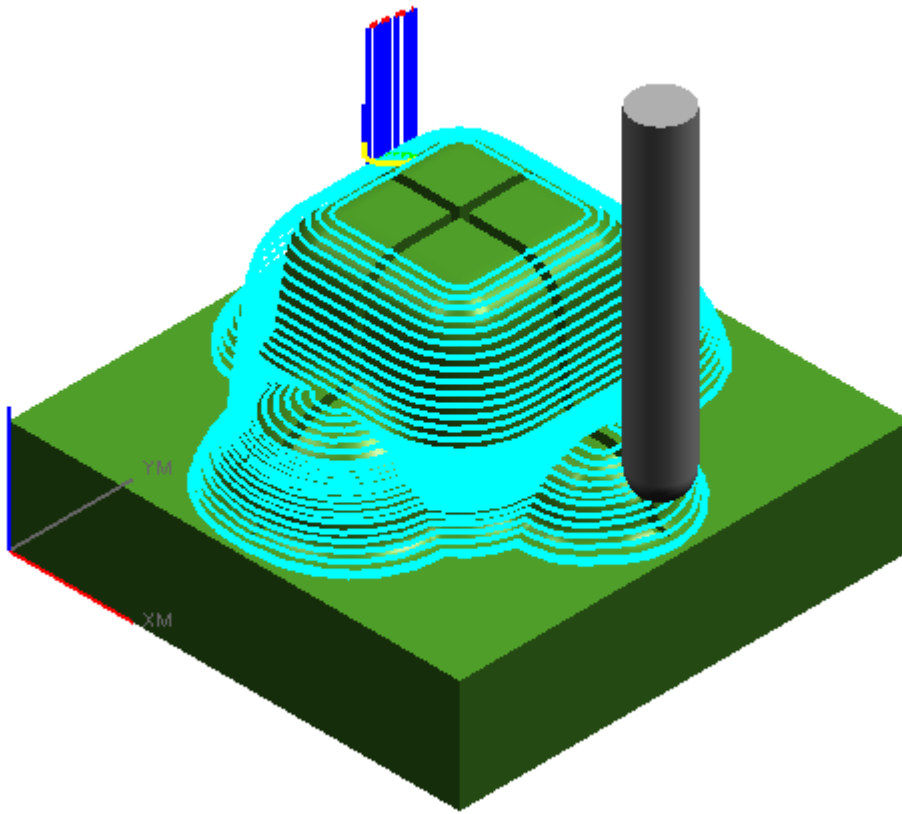


图 5-6

- 等高轮廓铣也可用于清根加工，如图 5-6 所示的斜面使用球刀加工，底部则不能切到，可使用平底刀和等高轮廓铣完成清根加工，刀轨如图所示。

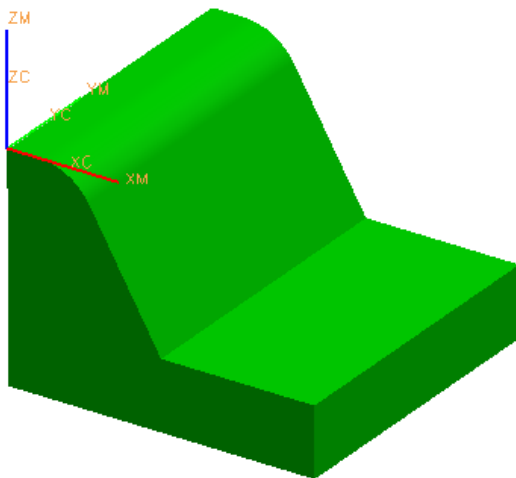


图 5-6

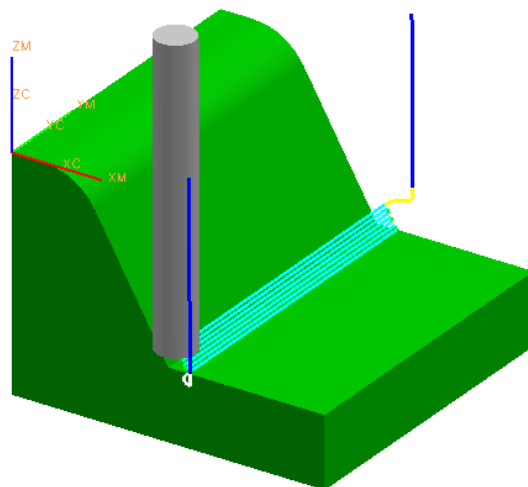
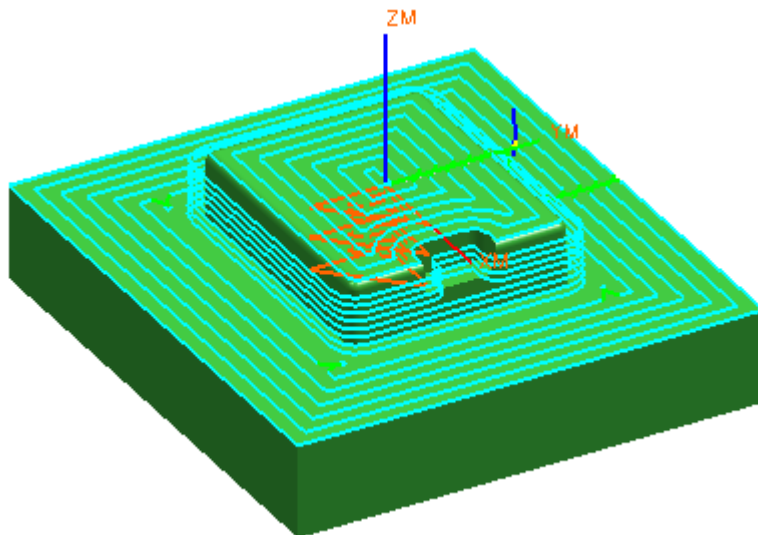


图 5-7

- 等高轮廓铣编程效率高，一个操作一次可完成多个表面的加工。



5.2 创建型腔铣操作

在加工创建一章中，已经使用框图形式列出了创建操作的步骤，创建型腔铣操作也要按此步骤进行，其主要内容包括创建/编辑父节点、创建操作（选择操作子类型和指定父节点）以及设置操作参数。

在创建操作工具条中，单击 ，打开创建操作对话框。在类型 Type 中选择 mill_contour，显示如图 5-4 所示的对话框。在此对话框中，用户可以选择操作子类型和父节点。

5.2.1 选择型腔铣操作子类型

每一种型腔铣操作子类型，都有其特点和用法，用户可根据以下介绍和零件的加工要求，选择一种较为合适的操作子类型创建操作。另外，如果这些操作子类型不能满足要求，用户还可以根据自己的加工特点，创建新的操作子类型。注意，在创建操作时，操作子类型一旦选定就不能再更改，所以选择时要仔细。



图 5-1



CAVITY_MILLING: 型腔铣操作基本子类型，主要用于粗加工。



PLUNGE_MILLING: 插削，在 NX 中新增加的一种操作子类型。



CORNER_ROUGH: 拐角粗加工，可使用参考刀具加工前一操作中因刀具尺寸太大而在拐角处留下的余量。



REST_MILLING: 余料加工，用于加工前一操作中未切削到的材料。



ZLEVEL_PROFILE: 等高轮廓铣，以等高层状刀轨加工零件表面，可加工零件所有表面，也可通过设置参数只加工陡峭表面或非陡峭表面，图 5-5 是等高轮廓铣刀轨示意图。

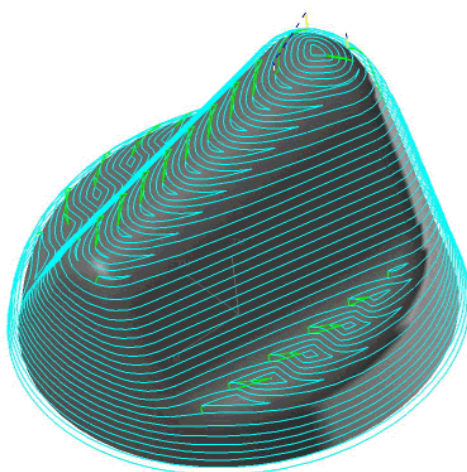


图 5-2



ZLEVEL_CORNER: 拐角等高精加工，可以设置陡峭角度，精加工大于陡峭角度指定的拐角表面。

5.2.2 指定父节点

如图 5-4 所示，父节点包括程序（Program）、几何（Use Geometry）、刀具（Use Tool）和加工方法（Use Method）。若父节点没有预先创建或编辑，这并不影响操作的创建，因为在操作对话框中父节点仍可创建或编辑。

5.2.3 设置操作参数

在图 5-4 中，单击 OK，打开图 5-6 所示的操作参数设置对话框。在对话框中，除了必须指定零件几何外（有时毛坯几何也是必须的），其它选项或参数均可使用默认值，这样创建的操作即生成的刀轨不一定合理，但用户可按本章及共同参数设置章节中的相关说明编辑操作参数，以达到生成合理刀轨的目的。



图 5-3

练习 1

【目的】创建简单的型腔铣操作，体会易学、易用的特点。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\cavity_milling_1.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 在视图工具条中，单击几何按钮，切换到几何视图，如图 5-7 所示。



图 5-4

- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，如图 5-8 所示。
- 在 MCS 对话框中，选择安全平面为自动。

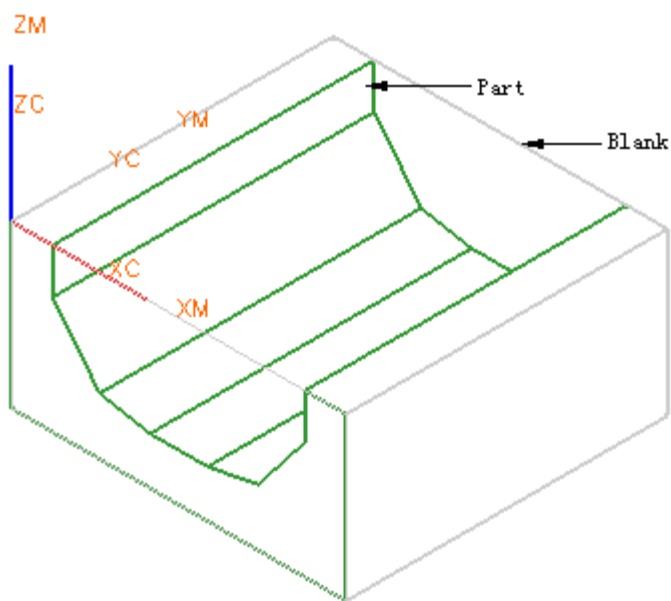


图 5-5

- 双击 WORKPIECE，定义如图 5-8 所示的零件和毛坯（使用自动块选项），单击 ，为零件指定一种材料，单击 OK。

Step 4 创建刀具

- 创建 D16R0.8 立铣刀，具体过程请参考加工创建一章中的相关内容。

Step 5 创建型腔铣操作

- 单击 ，打开创建操作对话框，选择如图 5-9 所示的操作子类型和父节点。
- 在图 5-9 中，所有参数使用默认值。



图 5-6

Step 6 刀轨生成及验证

- 单击 ，生成如图 5-10 所示的刀轨，单击 OK。

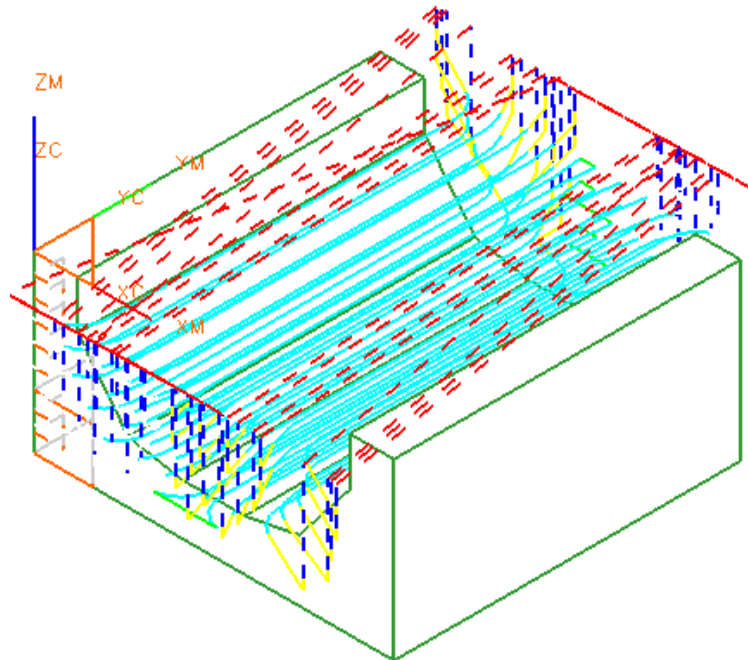


图 5-7

- 单击  验证刀轨，单击 **Compare 比较**，显示如图 5-11 所示的加工结果：余量不均匀，请阅读下一节解决此问题。

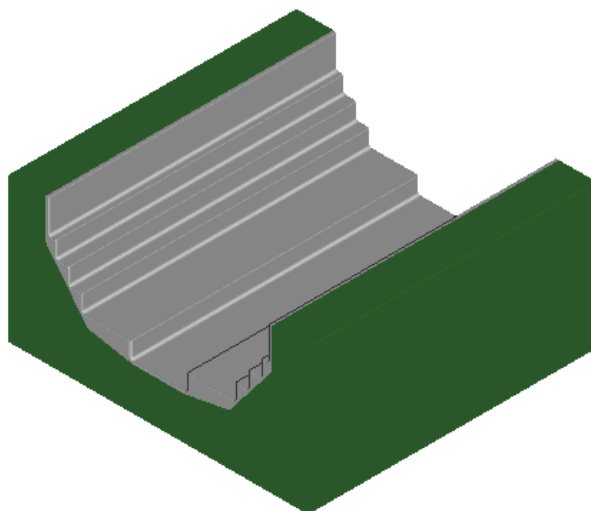


图 5-8

5.3 切削范围及其定义

型腔铣刀轨为水平层状，通过切削范围和切削层厚度定义。

在型腔铣操作对话框中，单击  (Cut Levels)，系统自动根据零件几何和毛坯几何产生一个或多个使用较大的直角三角形符号表示的切削范围，总切削范围为零件或毛坯几何上的最高点 to 最低点，每一范围内使用较小的三角形符号表示每一切削层。例如，在图 5-12 中，系统自动定义了 4 个切削范围，且默认在每个切削范围内的切削层厚度相等。

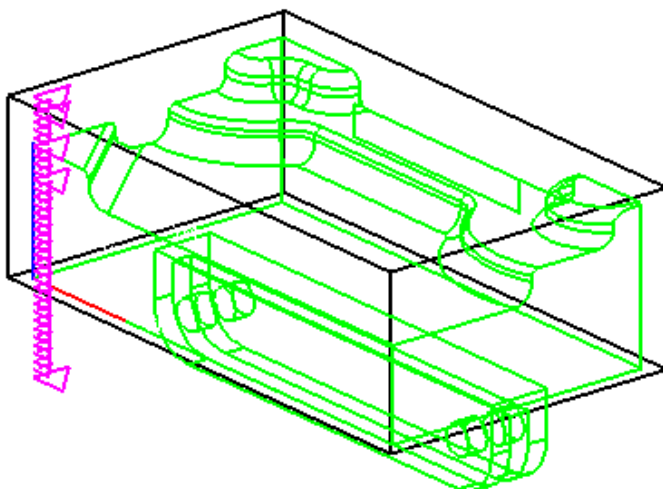


图 5-9

型腔铣必须有一个或一个以上的切削范围。在实际应用中，可根据被加工零件的特点，按需要定义切削范围，并且在每一个切削范围内使用不同的切削层厚度，以使被加工零件的余量较为均匀，以方便后续加工。

型腔铣

理论上，每一切削范围内的切削层厚度应这样确定：被加工表面越陡峭，切削层厚度就越大（当然还必须考虑切削条件的限制）；反之，被加工表面越平坦，切削层厚度就越小。然而，实体上，在使用高速机床加工时，经常设置所有的切削层厚度相等，且厚度值较小，例如，使用直径 16mm 的刀具，所有切削层厚度一般均为 0.3mm 左右。

在型腔铣操作对话框中，单击 ，打开如图 5-13 所示的切削层的参数设置对话框。

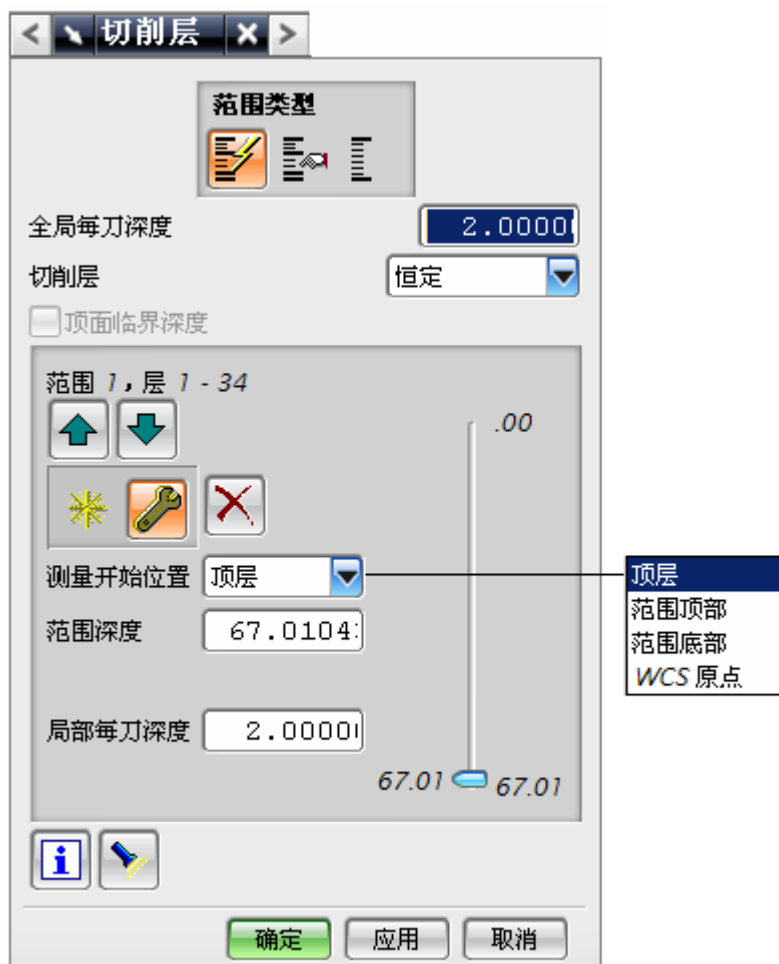


图 5-10

1. 切削范围类型（Range Type）

 **Auto Generate:** 自动定义切削范围，系统根据零件和毛坯几何的特点自动划分切削范围，且所有切削范围内的切削层厚度相同。

 **User Defined:** 用户自定义，用户可以根据零件几何等因素自定义切削范围及切削层厚度。

 **Single:** 只有一个切削范围，且每一切削层厚度相等，其厚度值在 Global Depth Per Cut 栏中输入。

Cut Only at Range Bottoms: 只在每一切削范围的底面生成刀轨，例如一个零件被划分了 3 个切削范围，若设置只在每一范围底面生成刀轨，则只生成 3 个切削层。

Top Off Critical Depths: 在零件的每一个水平面产生切削层，类似于平面铣中的 Top Off Islands 参数，此选项仅用于只有一个切削范围的情况。

2. 切削范围编辑

Current Range: 当前范围，如果只有一个切削范围，它必然是当前范围；如果有多个切削范围，也只有一个当前范围，通过  和  按钮选择当前范围，当前范围是亮显的。

 **Insert Range:** 增加切削范围，在指定切削范围深度和每一切削层厚度后，单击 Apply 确认。



Edit Current Range: 编辑当前范围，编辑结束后单击 Apply 确认。



Delete Current Range: 删除当前范围。

3. 增加切削范围测量参考 (Measured from)

Top Level: 顶层，位于最上面的范围的顶位置。

Range Top: 范围顶，当前范围的顶位置。

Range Bottom: 范围底，当前范围的底位置。

WCS Origin : 以 WCS 的原点位置为参考，向下为正，向上为负，如图 5-14 所示。

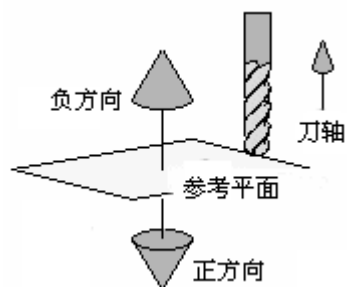


图 5-11

Range Depth: 定义新增范围的深度或编辑已存在的当前范围的深度，其值是从指定的参考位置进行测量的，通过 3 种方式定义新值：1) Range Depth 栏中输入深度值，或正或负；2) 拖动深度滑块，切削范围的深度值会随之变化；3) 在铣削几何上选择点定义当前切削范围的深度。

Local Depth Per Cut: 定义当前范围每一切削层的厚度。



Information: 通过信息窗口显示切削范围总数以及各切削范围的切削层数量、切削层厚度、各范围的顶和底位置等信息。



Display: 如果因为刷新导致切削层符号不可见，单击此按钮重新显示。

练习 2

【目的】学习切削范围及切削层厚度的定义。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\cavity_milling_2.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 打开操作导航器

- 切换到刀具视图，单击，打开操作导航器对话框，如图 5-15 所示。



图 5-12

- 双击 CAVITY_MILL，打开操作对话框。

Step 4 定义切削范围

- 切换到右视图，单击，显示系统自动定义的切范围，如图 5-16 所示。



图 5-13

- 在 Cut Levels 对话框中, 单击  删除最底部的切削范围, 注意删除时先单击  使其成为当前范围 (高亮显示)。
- 在 Cut Levels 对话框中, 单击  增加新范围, 分别选择如图 5-17 所示的 Point1、Point2 和 Point3, 增加 Range1、Range2 和 Range3, 并设置如图 5-17 所示的切削层厚度。
- 单击 OK, 结束切削范围定义。

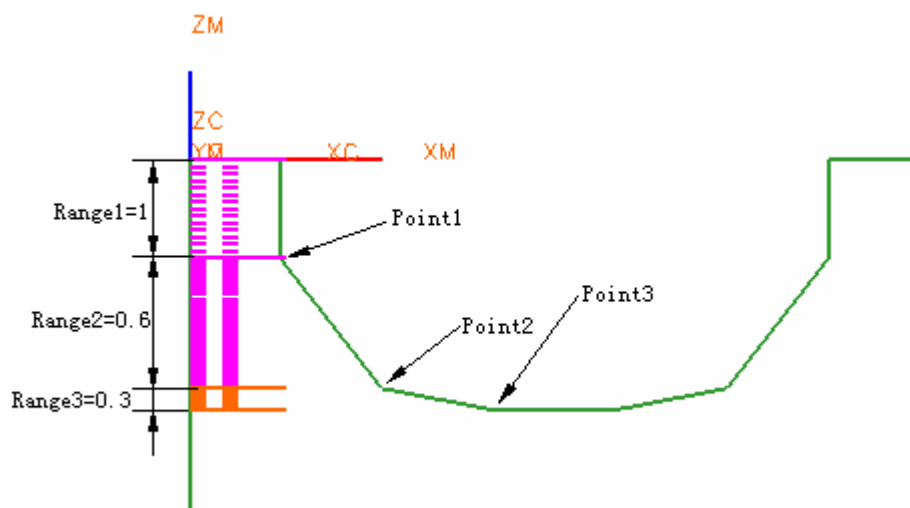


图 5-14

Step 5 刀轨生成及验证。

- 单击  重新生成刀轨。

- 单击  验证刀轨，单击 **Compare 比较**，显示如图 5-18 所示的加工结果：加工余量比较均匀。

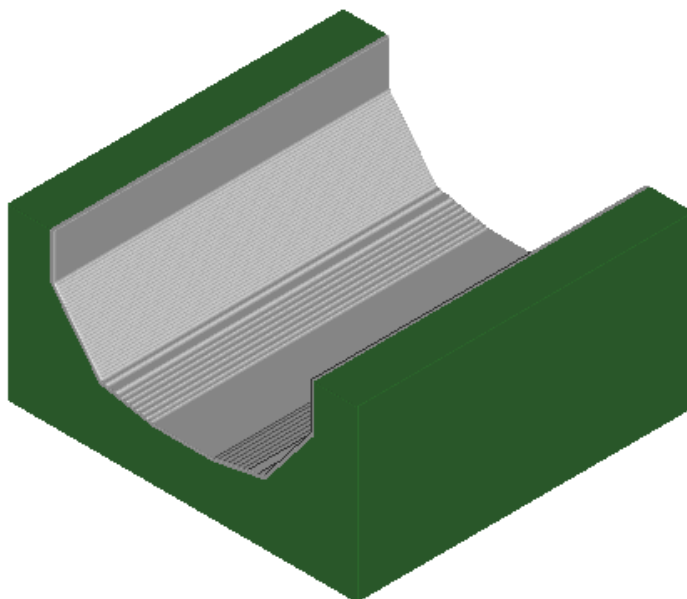


图 5-15

练习 3

【目的】使用修剪边界或创建小尺寸毛坯加工局部区域。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\cavity_milling_3.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 切换到几何视图，单击 ，显示如图 5-19 所示的对话框。

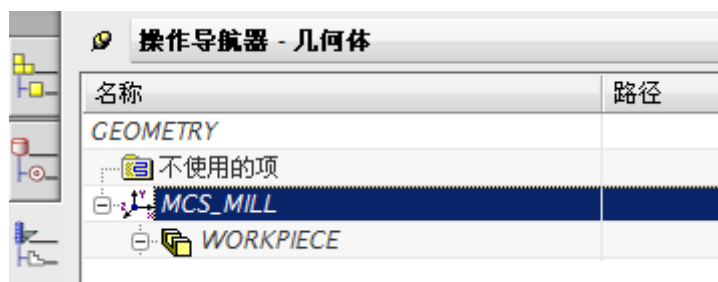


图 5-16

- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，如图 5-20 所示，单击 OK。
- 在 MCS 对话框中，选择安全平面为自动。

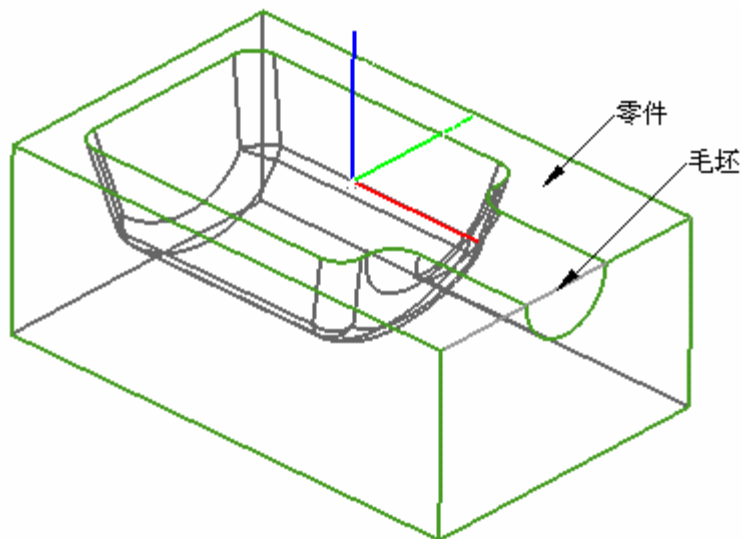


图 5-17

- 双击 WORKPIECE，定义如图 5-20 所示的零件和毛坯（使用自动块选项），单击 ，指定一种零件材料，单击 OK 确认，再单击 OK 结束工件定义。

Step 4 创建刀具

- 创建 D16R0.8 和 D8R4 立铣刀，过程略。

Step 5 创建型腔铣操作

- 单击 ，打开操作对话框，选择如图 5-21 所示的操作子类型和父节点，单击 OK。



图 5-18

Step 6 定义切削范围

- 切换到右视图。
- 在操作对话框中，单击 ，系统显示自动定义的切范围，如图 5-22 所示。

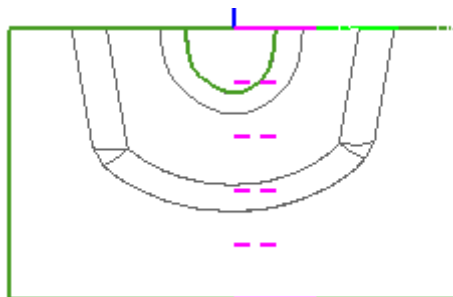


图 5-19

- 在 Cut Levels 对话框中，单击新增范围 ，定义如图 5-23 所示的 2 个切削范围，且切削范围 2 的切削层厚度较小。

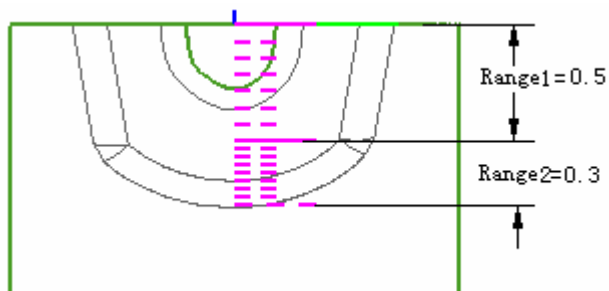


图 5-20

Step 7 设置切削参数

- 单击  按钮，设置如图 5-24 所示的加工余量，单击 OK 确认。

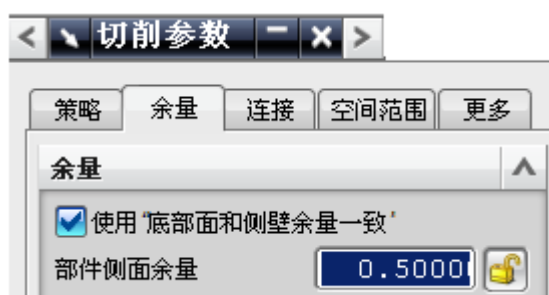


图 5-21

Step 8 设置非切削运动参数

- 单击  ，设置如图 5-25 所示的进刀参数，单击 OK。

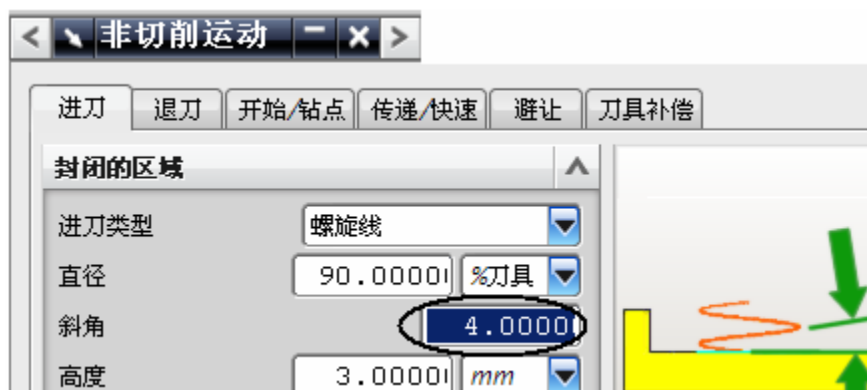


图 5-22

Step 9 设置拐角控制参数

- 单击  ，设置如图 5-26 所示的拐角控制参数，单击 OK。



图 5-23

Step 10 刀轨生成及验证

- 单击 , 生成如图 5-27 所示的刀轨。

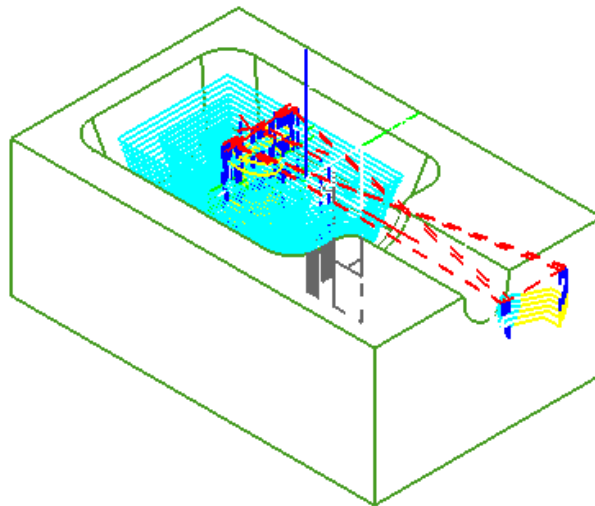


图 5-24

- 在操作对话框中, 单击 , 定义如图 5-28 所示的修剪边界, 删除边界外的刀轨。

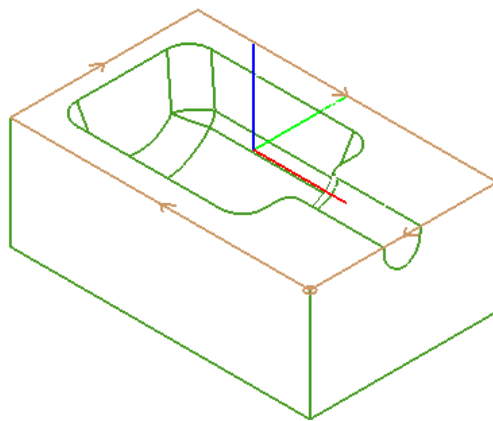


图 5-25

- 单击  重新生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，单击 **Compare 比较**，加工结果如图 5-29 所示：由于刀具尺寸较大，有区域未切削到，单击 **OK** 继续。

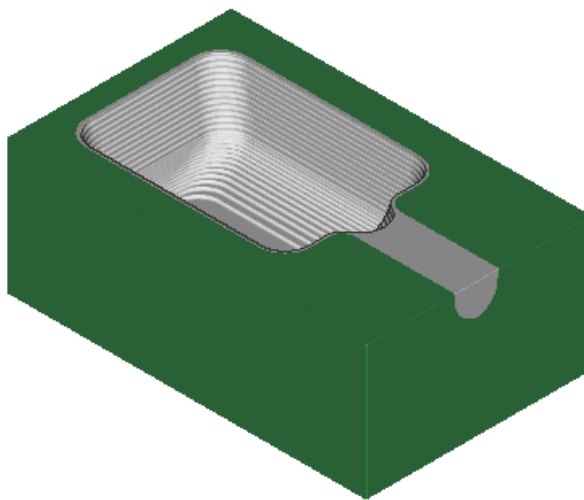


图 5-26

Step 11 未切削区域加工-----方法 1

- 切换到 **TOP** 视图。
- 使用 **曲线→矩形** 功能，画出矩形框，如图 5-30 所示。

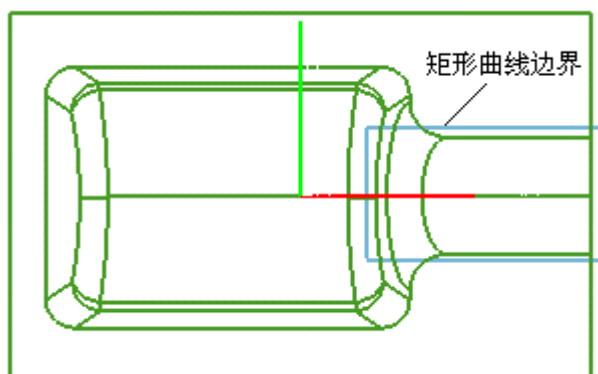


图 5-27

- 单击 , 切换到刀具视图, 单击 CAVITY_MILL 操作, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择 COPY, 复制此操作, 单击刀具 D8R4, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择 paste inside, 粘贴此操作, 如图 5-31 所示。



图 5-28

- 双击 CAVITY_MILL_COPY, 打开操作对话框。
- 单击 , 选择附加按钮, 选择如图 5-32 所示的修剪边界, 边界外的刀轨被截除。

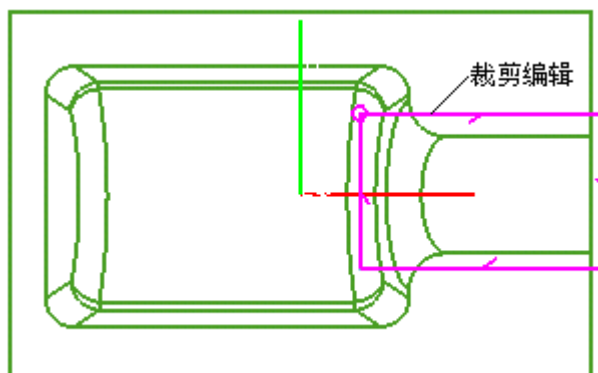


图 5-29

- 在操作对话框中, 设置如图 5-33 所示参数。



图 5-30

- 单击  生成刀轨，单击 OK 保存。
- 验证已创建的 2 个刀轨，并选择比较按钮，则显示如图 5-34 所示的加工结果。

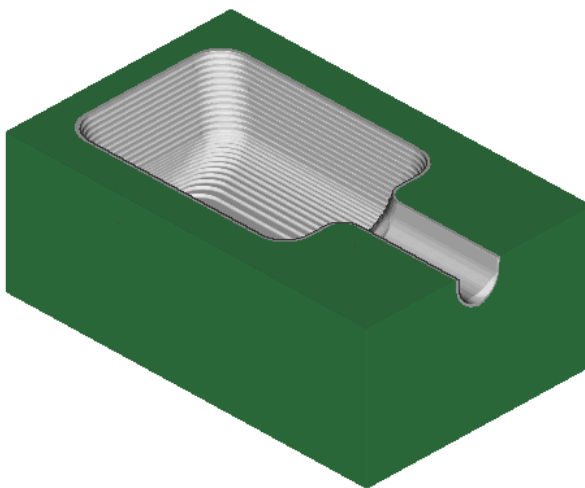


图 5-31

Step 12 未切削区域加工-----方法 2

- 删除前一步骤创建的操作 CAVITY_MILL_COPY。
- 进入 Modeling，拉伸矩形曲线成为实体，如图 5-35 所示。

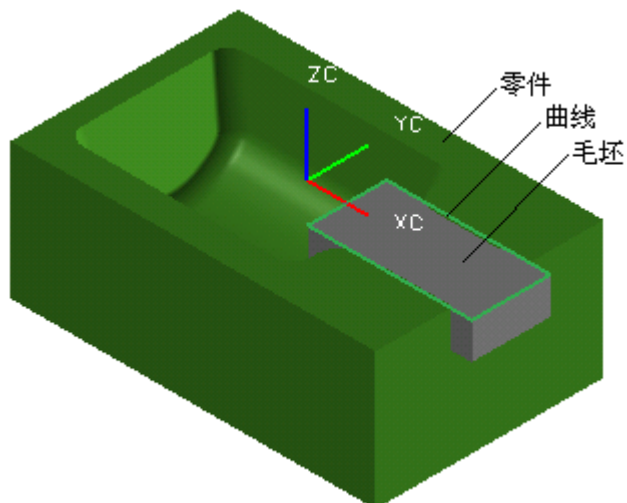


图 5-32

- 进入 Manufacturing 加工模块。
- 切换到几何视图，创建 WORKPIECE_1，定义如图 5-35 所示零件和毛坯。

- 选择 CAVITY_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击 WORKPIECE_1，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 paste inside，粘贴此操作，则生成 CAVITY_MILL_COPY 操作，如图 5-36 所示。

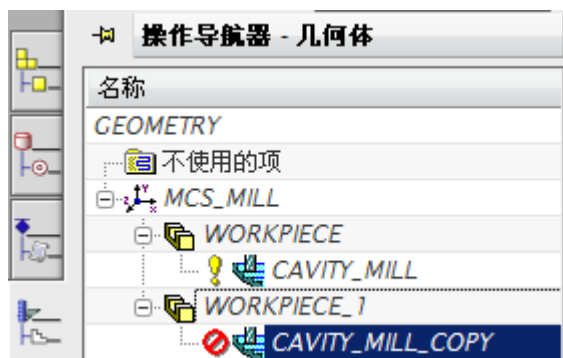


图 5-33

- 单击  切换到刀具视图，拖动操作 CAVITY_MILL_COPY 到刀具 D8R4 下，使其成为 D8R4 的子节点，如图 5-37 所示。



图 5-34

- 双击操作 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框，设置如图 5-33 所示的切削参数，单击 OK。
- 单击  生成刀轨。
- 单击 OK 保存刀轨。

练习 4

【目的】使用过程毛坯（IPW）和参考刀具（Reference Tool）加工前一操作中的残料，其原理是系统计算出前一操作中未切除的材料，并在当前操作中使用剩余材料作为毛坯，避免切削已加工过的区域。使用过程毛坯时应注意：1) 3D IPW 过程毛坯功能应在连续的 Cavity Milling/Zlevel 操作中产生和使用；2) 使用基于层（Use level Based）功能时，先在加工首选项中设置启用基于层的 IPW 选项；3) 参考刀具一般选用前一操作中使用的刀具，而在实际加工中，经常使用比前一操作中刀具直径稍大的刀具。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\cavity_milling_4.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 编辑型腔铣操作

- 单击 ，打开操作导航器对话框，双击 CAVITY_MILL，打开操作参数设置对话框。
- 单击 ，设置如图 5-38 所示的参数，单击 OK 确认，此时操作参数设置对话框的已经发生了变化，如图 5-39 所示。



图 5-35



图 5-36

Step 4 生成刀轨

- 单击  生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，单击 **Compare** 比较，显示如图 5-40 所示的加工结果：由于刀具尺寸较大，仍有部分区域未切削到，单击 **OK** 回到操作对话框，再单击 **OK** 保存操作。

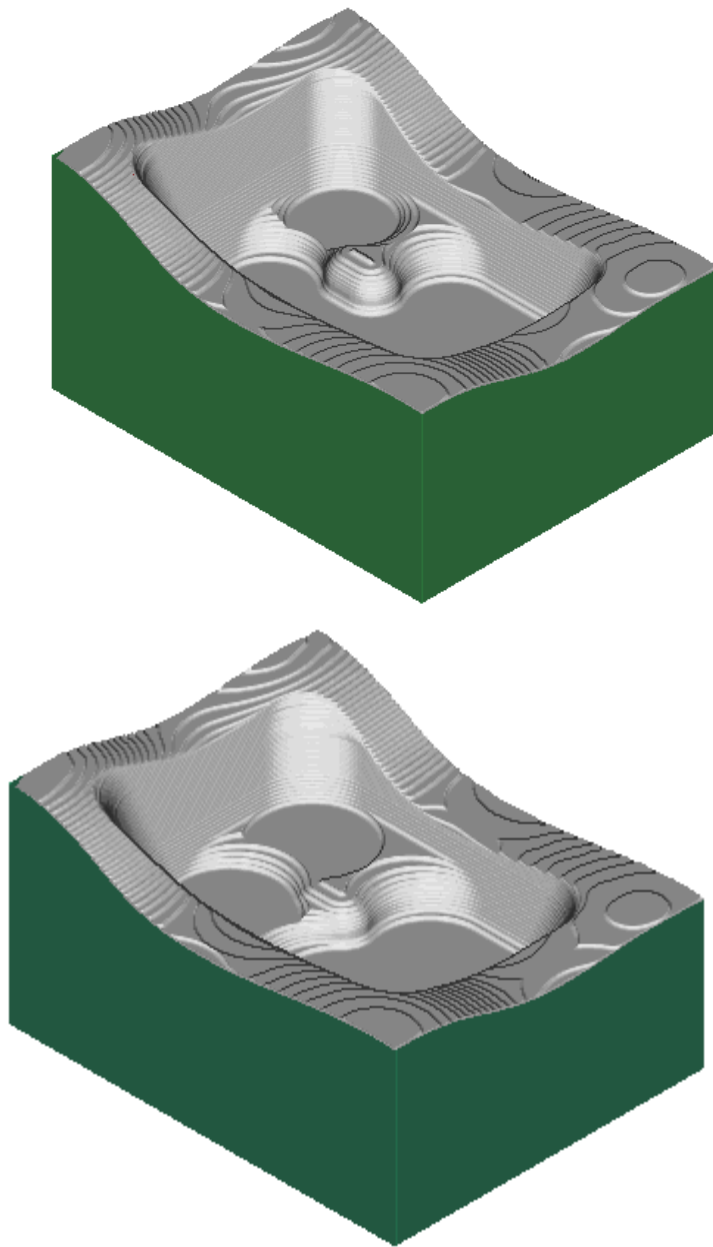


图 5-37

Step 5 使用 3D IPW 创建操作

- 单击  切换到刀具视图，单击 CAVITY_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D10R0.5，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 paste inside，粘贴此操作，如图 5-41 所示。



图 5-38

- 双击 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框，设置如图 5-42 所示的参数。



图 5-39

Step 6 生成刀轨

- 单击  生成刀轨。
- 单击 ，验证刀轨，如图 5-43 所示，上一操作未加工区域已被加工。

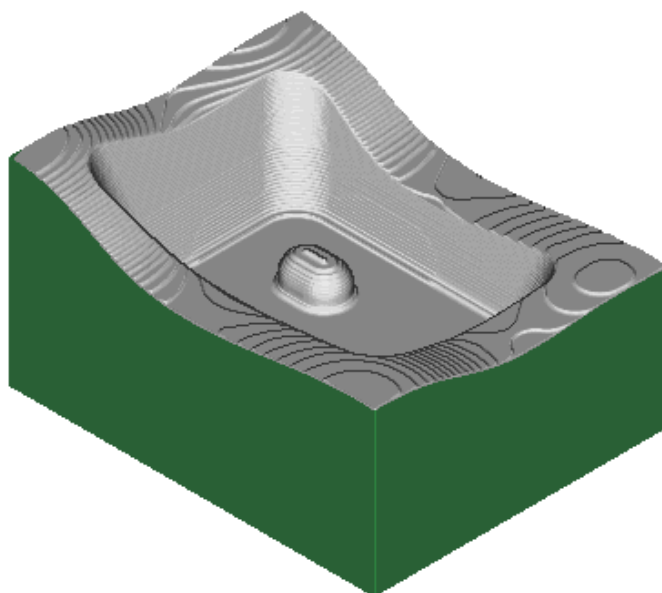


图 5-40

Step 7 使用基于层（Use level Based）功能创建操作

- 双击 CAVITY_MILL，打开操作对话框。
- 单击 ，取消基于 3D IPW 的设置，即 IPW 选择为无，如图 5-44 所示，单击 OK。



图 5-41

- 单击  生成刀轨，单击 OK 保存操作。
- 在主菜单中，选择首选项→加工，设置如图 5-45 所示的参数。

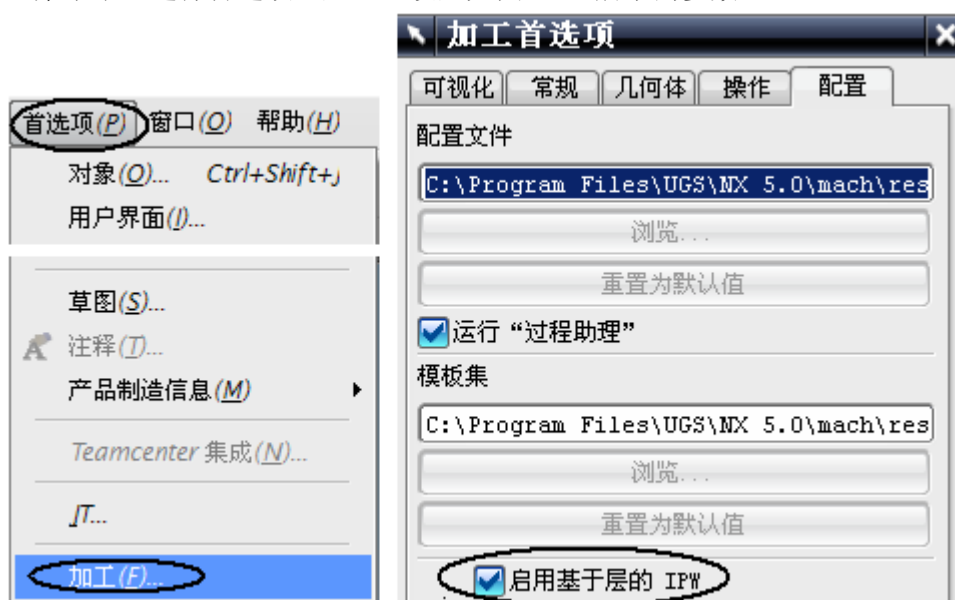


图 5-42

- 双击 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框。
- 单击 ，设置如图 5-46 所示的参数，单击 OK。

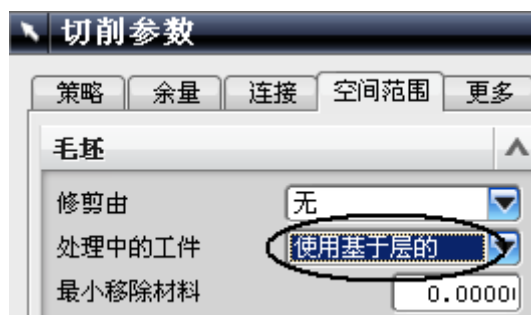


图 5-43

- 单击  生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，其结果类似于图 5-43。

Step 8 使用参考刀具（Reference Tool）创建操作

- 双击 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框。
- 单击 ，设置如图 5-46 所示的参数，单击 OK。

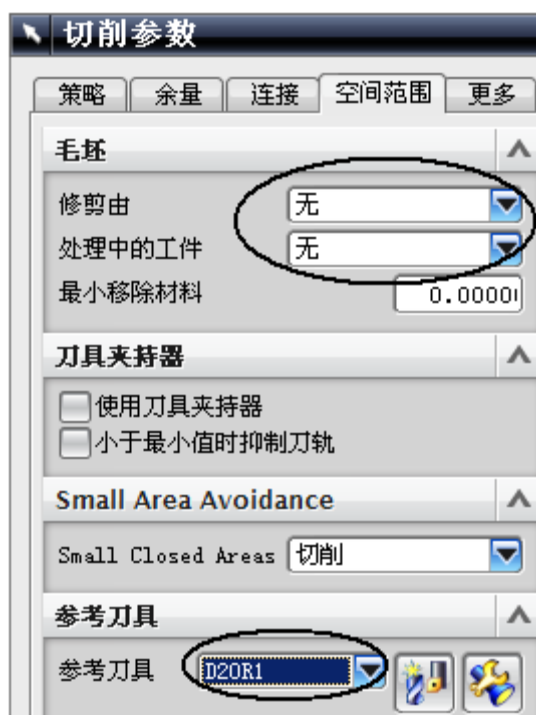


图 5-44

- 单击  生成刀轨。
- 单击  验证刀轨，结果类似于图 5-43。

练习 5

【目的】使用等高轮廓铣操作子类型创建操作，掌握在层与层之间切削及其进刀方法的设置。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\zlevel_profile_1.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义加工几何

- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合。
- 在 MCS 对话框中，选择安全平面为自动。
- 双击 WORKPIECE，定义图形窗口中的实体为 Part。

Step 4 创建非陡峭轮廓铣操作

- 单击 ，选择如图 5-48 所示的操作子类型和父节点。



图 5-45

- 在图 5-48 中，单击 OK，打开创建操作对话框，设置如图 5-49 所示的参数。

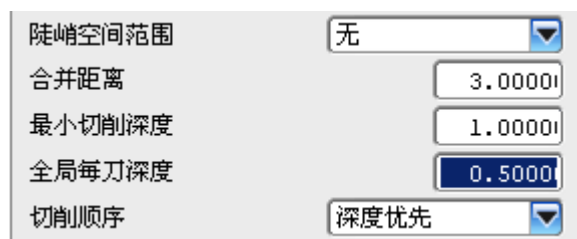


图 5-46

Step 5 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 5-50 所示。注意观察刀轨，抬刀太多。

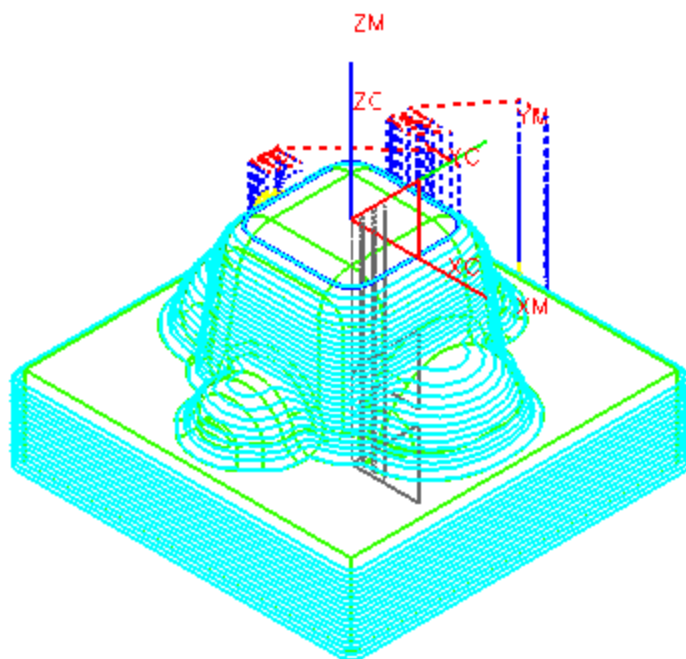


图 5-47

- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 5-51 所示的参数，单击 OK。



图 5-48

- 单击  生成刀轨，如图 5-52 所示，注意抬刀已减少。

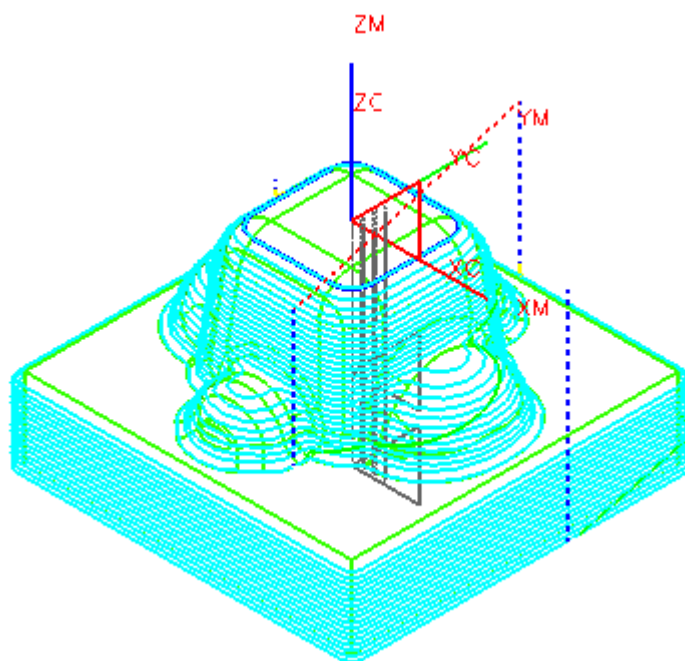


图 5-49

- 单击 ，打开切削范围编辑对话框，删除底部的切削范围，如图 5-53 所示。

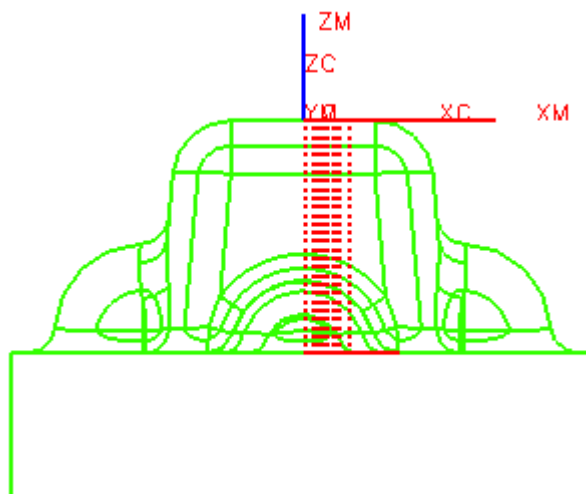


图 5-50

- 单击  生成刀轨，如图 5-54 所示。

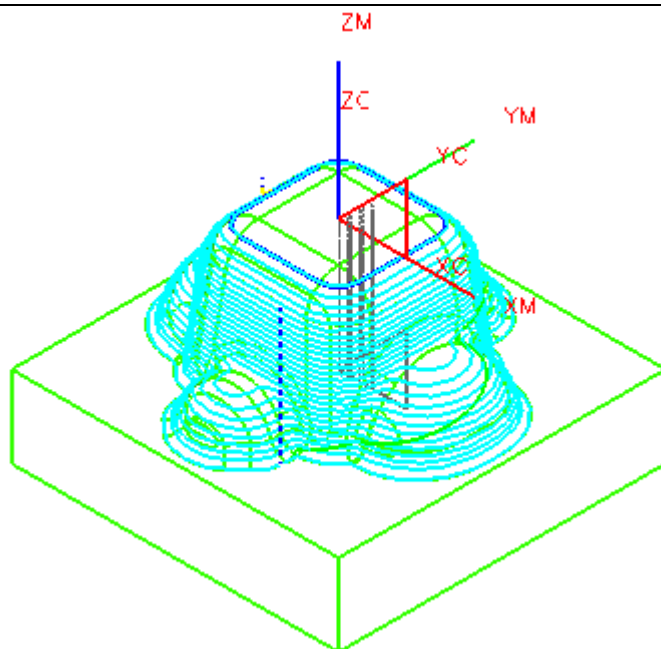


图 5-51

Step 6 加工未切削表面

- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 5-55 所示的参数，单击 OK。



图 5-52

- 单击 ，生成如图 5-56 所示的刀轨。

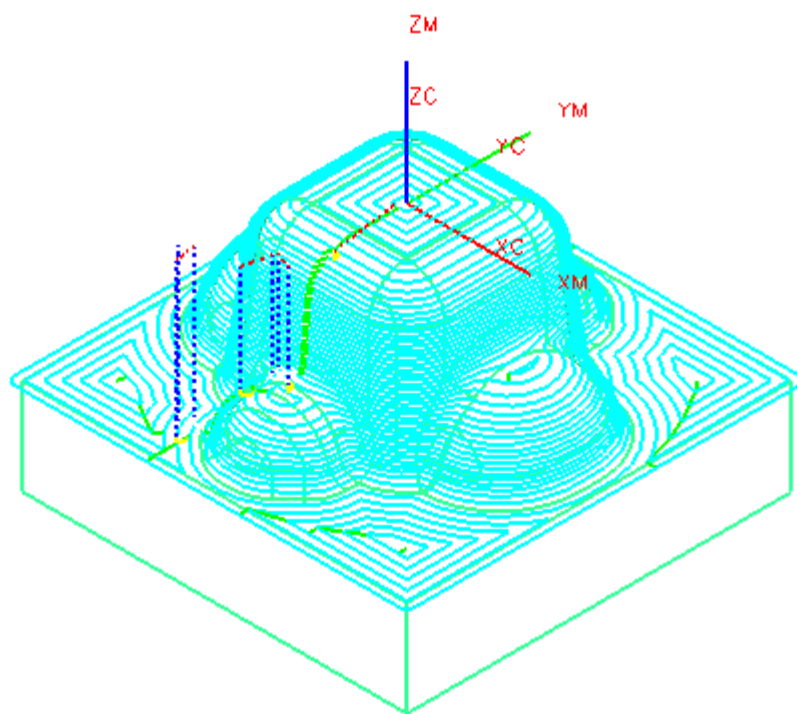


图 5-53

练习 6

【目的】使用等高轮廓铣操作子类型加工陡峭曲面，掌握陡峭角的设置。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\zlevel_profile_2.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义加工几何 (Geometry)

- 定义如图 5-57 所示的 MCS
- 在 MCS 对话框中，设置安全平面选为自动。
- 定义如图 5-57 所示的 Part。

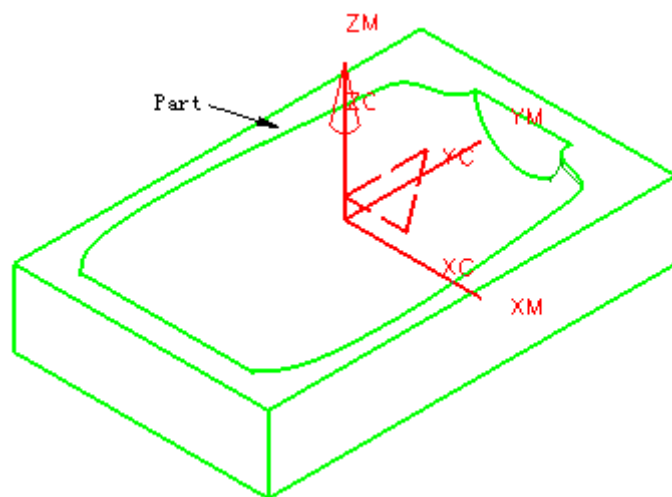


图 5-54

- 单击 , 设置如图 5-58 所示的参数, 单击 OK, 定义如图 5-59 所示的加工表面, 再单击 OK。



图 5-55

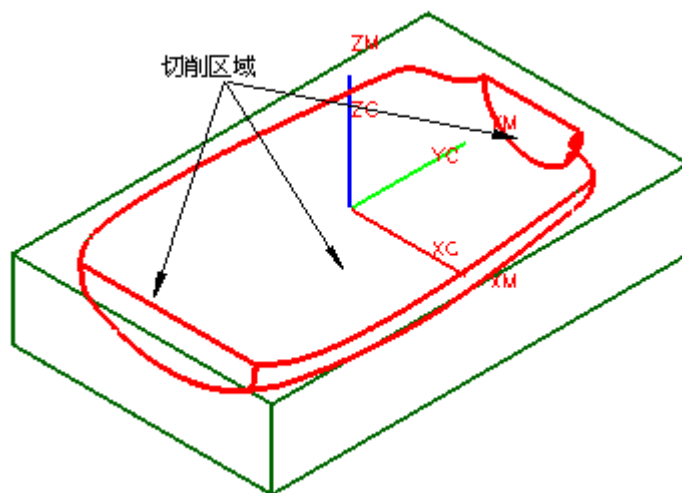


图 5-56

Step 4 创建加工陡峭轮廓区域操作

- 单击 , 选择如图 5-60 所示的操作子类型和父节点。



图 5-57

- 单击 OK, 打开创建操作对话框, 设置如图 5-61 所示的参数。



图 5-58

Step 5 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 5-62 所示。

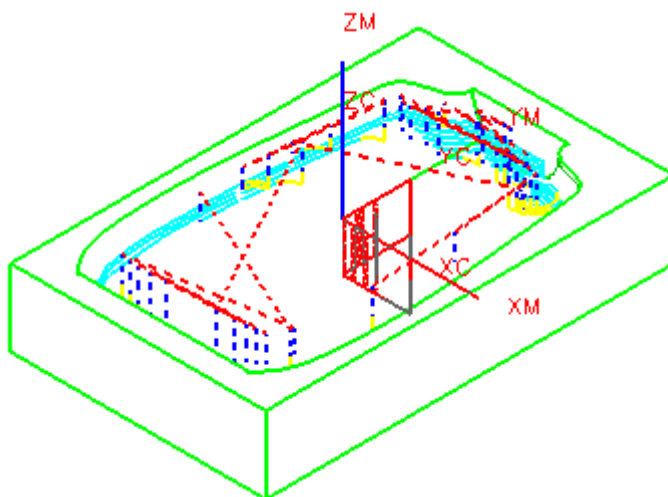


图 5-59

- 改变陡峭角（Steep Angle）大小并生成刀轨，注意观察其切削范围的变化。

练习 7

【目的】创建拐角加工操作，掌握粗精加工拐角 2 种操作子类型的用法及区别。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\cavity\ zlevel_profile_3.prt

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 验证刀轨

- 单击 ，打开操作导航器对话框，双击 CAVITY_MILL，打开操作对话框。

-
- 单击  验证刀轨，单击 Compare 比较，显示如图 5-63 所示的加工结果：拐角余量较多。

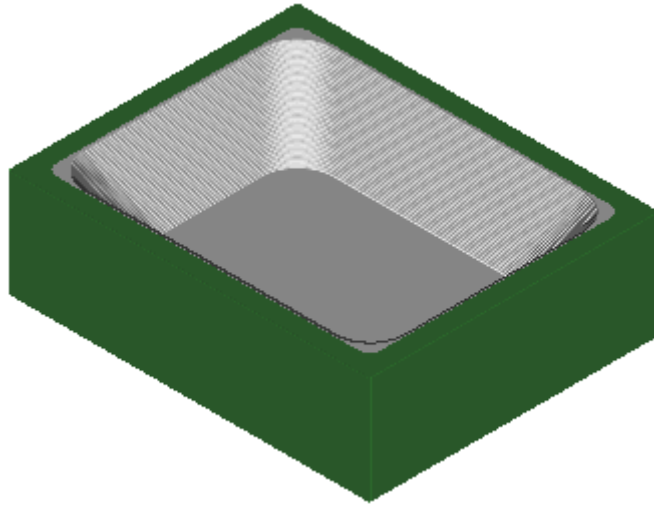


图 5-60

Step 4 创建拐角粗加工操作

- 单击 ，选择如图 5-64 所示的操作子类型和父节点。



图 5-61

- 在图 5-64 中，单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 5-65 所示的参数。



图 5-62

- 单击  生成刀轨，如图 5-66 所示，单击 OK 确认。

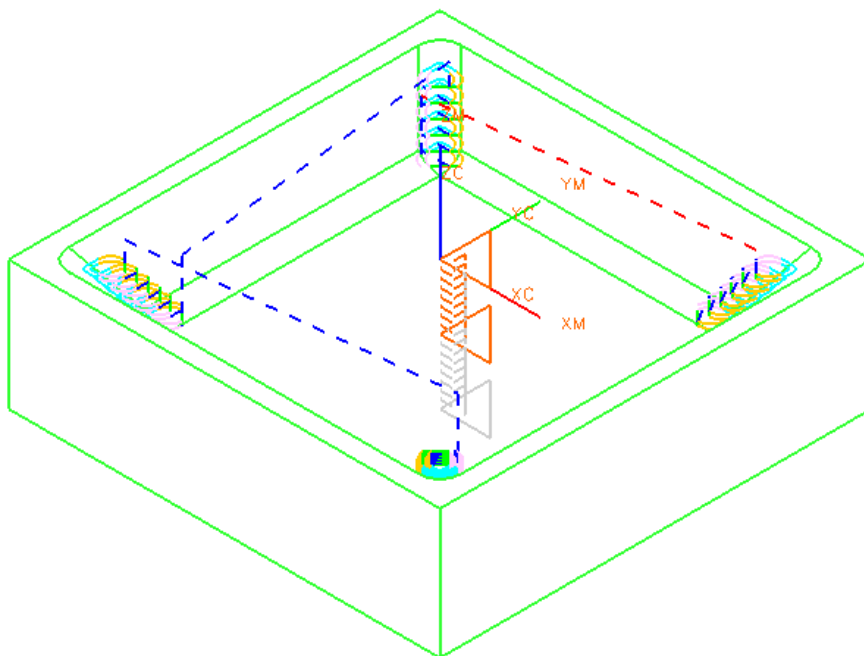


图 5-63

Step 5 创建拐角精加工操作

- 单击 ，选择如图 5-67 所示的操作子类型和父节点。



图 5-64

- 在图 5-67 中，单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 5-68 所示的参数，注意比较与粗加工拐角的不同。

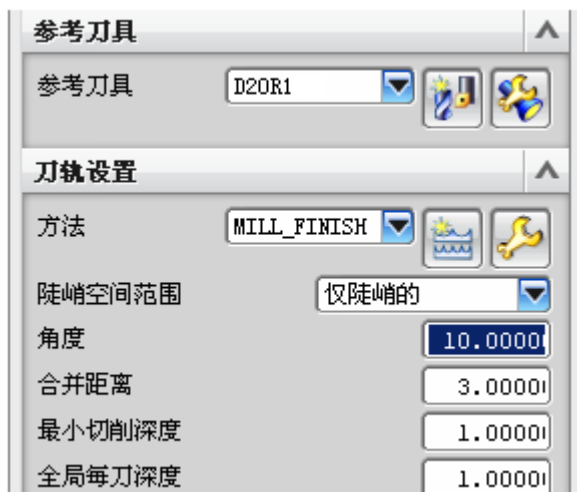


图 5-65

- 单击  生成刀轨，如图 5-69 所示，单击 OK 确认。

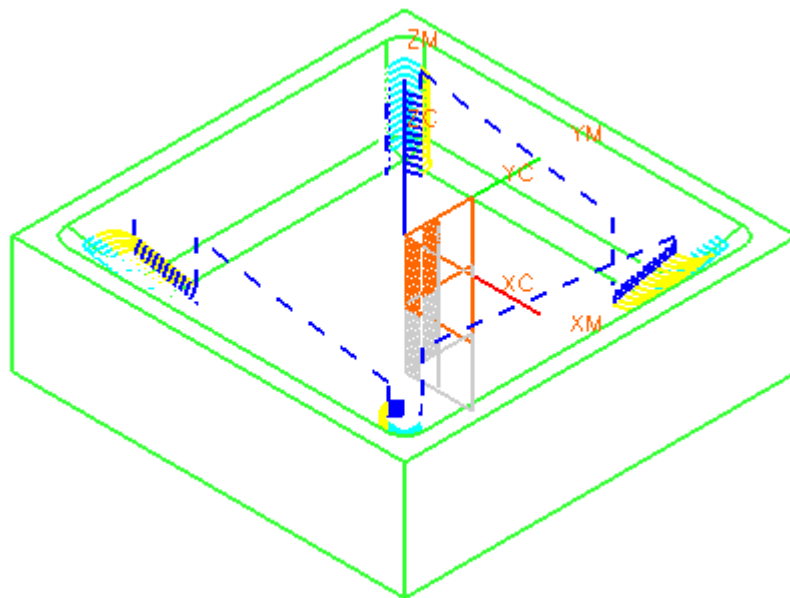


图 5-66

6. 固定轴曲面轮廓铣

1、教学目标：

- 理解曲面铣特点。
- 掌握曲面铣操作的子类型。
- 掌握曲面铣操作的创建步骤。
- 对一般的型腔铣工件能够创建粗加工，二次粗加工，半精加工，精加工及清根加工。
- 在工件创建刻字加工。

2、教学重点

- 驱动曲面铣参数设置。
- 切削模式与非切削模式参数的设置。

3、教学难点

- 工件加工各类参数的设置。

4、素质思政内容要求

- 培养工匠精神与职业责任感；树立绿色制造与可持续发展理念。分析德国工业 4.0 与“双碳”目标的关联，设计绿色加工方案，引导学生思考技术发展与生态保护的平衡

5、教学手段：

- 讲授 、演示、提问

6、学时数

- 10 学时

主要内容:

- 固定轴曲面轮廓铣概述
- 创建固定轴曲面轮廓铣操作
- 区域驱动 (Area)
- 曲线/点驱动 (Curve/Point)
- 螺旋驱动 (Spiral)
- 径向驱动(Radial)
- 刀轨驱动 (Tool Path)
- 清根驱动 (Flow Cut)
- 流线加工 (Streamline)
- 3D 轮廓加工 (3D Profile)
- 刻字 (Text)

6.1 固定轴曲面轮廓铣概述

6.1.1 固定轴曲面轮廓铣特点

- 在与刀轴平行的平面内，刀轨随曲面而变化，不同于型腔铣和平面铣的水平层状刀轨。图 6-1 和图 6-2 分别是典型曲面的加工刀轨和验证实例。
- 固定轴曲面轮廓铣主要用于曲面的半精加工和精加工，即切削零件表面上的少许余量，以达到零件的最终加工要求。
- 固定轴曲面轮廓铣通常使用球形立铣刀加工。

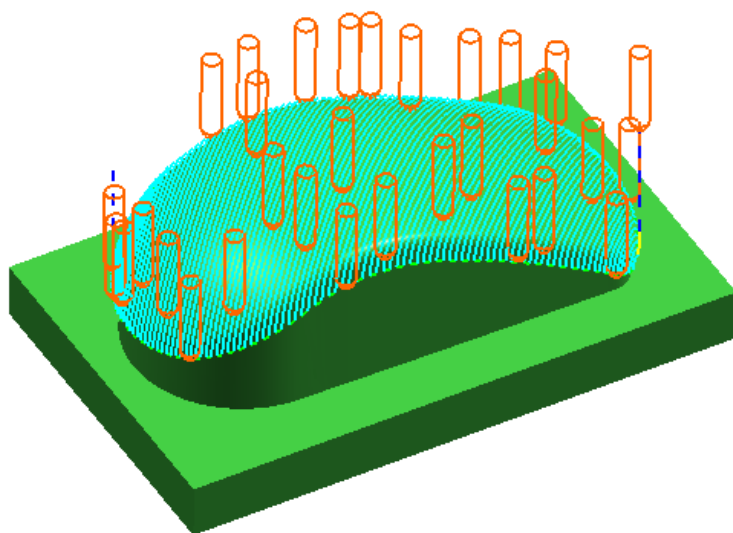


图 6-1

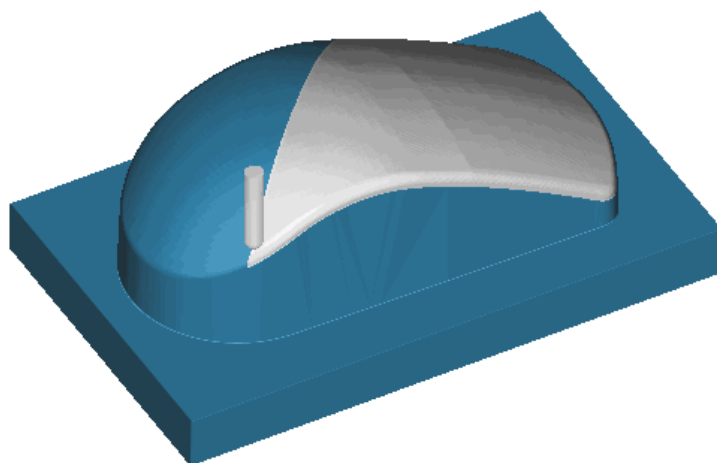


图 6-2

6.1.2 固定轴曲面轮廓铣原理

固定轴曲面轮廓铣是由指定的驱动方法（**Drive Methods**）创建驱动几何（**Drive Geometry**），再由驱动几何生成驱动点（**Drive Points**），系统将驱动点沿刀具轴线方向投影到零件几何表面上，刀具沿投影点运动生成刀具轨迹。

图 6-3 和图 6-4 是使用螺旋驱动方法创建的刀轨。螺旋驱动先建立如图 6-3 所示的螺旋线作为驱动几何，并在螺旋线上生成无数驱动点，再把驱动点沿刀轴投影到零件表面上，刀具则沿着驱动点并与零件表面接触走刀生成如图 6-4 所示的刀轨。

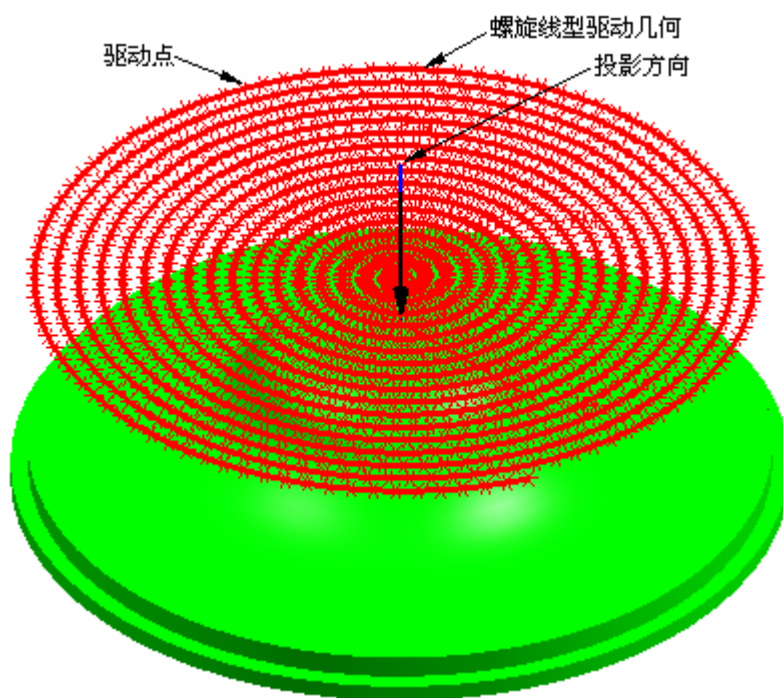


图 6-1 驱动几何及驱动点

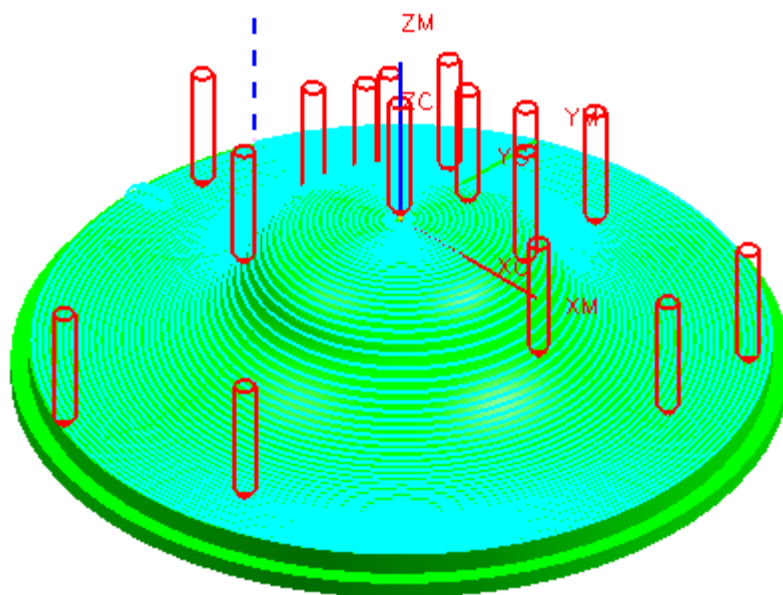


图 6-4

6.2 固定轴曲面轮廓铣操作子类型

固定轴曲面轮廓铣操作子类型如图 6-5 所示，每一种都有其特点和用法，用户可根据以下的介绍和零件的加工要求选用。若这些操作子类型不能满足要求，用户还可以根据自己的加工特点，创建新的操作子类型。注意，在创建操作时，操作子类型一旦选定就不能再更改，所以选择时要仔细。



图 0-2



FIXED_CONTOUR: 固定轴曲面轮廓铣削，默认的驱动方法为边界驱动，在该模式下可切换到任何一种驱动方式。



CONTOUR_AREA: 表面区域驱动，默认驱动方法为表面区域驱动，是使用最广泛的一种驱动方式。



CONTOUR_SURFACE_AREA: 曲面区域驱动，可使用固定轴或可变轴铣削方式加工复杂零件。



STREMLINE: 流线驱动，用于加工不规则的表面。



CONTOUR_AREA_NON_STEEP: 非陡峭区域铣削，默认的驱动方法为表面区域驱动，可指定非陡峭角度（默认 Non Steep=65），用于加工非陡峭区域。



CONTOUR_AREA_DIR_STEEP: 方向陡峭区域铣削, 与非陡峭相反, 用于加工陡峭区域。



FLOWCUT_SINGLE: 单次走刀清根, 只沿凹角生成单一清根刀轨。



FLOWCUT_MULTIPLE: 多次走刀清根, 可设置走刀次数 (默认走刀次数 Number of Offsets=5), 沿凹角生成清根刀轨。



FLOWCUT_REF_TOOL: 参考刀具法清根, 走刀次数由参考刀具直径等参数决定, 是最常用的一种清根方法。



FLOWCUT_SMOOTH: 多次走刀清根, 刀轨光滑且连续。



SOLID_PROFILE_3D: 3D 实体轮廓加工



PROFILE_3D: 3D 轮廓铣加工, 沿 2D 或 3D 边界生成单一刀轨, 类似于单次走刀清根。



CONTOUR_TEXT: 在曲面上刻字, 使用时必先进入 Drafting 模块使用注释功能书写字符 (包括汉字)。

6.3 创建固定轴曲面轮廓铣操作步骤

创建固定轴曲面轮廓铣操作的步骤如图 6-6 所示, 主要内容包括编辑/创建父节点、创建操作 (选择操作子类型和指定父节点) 以及设置操作参数。

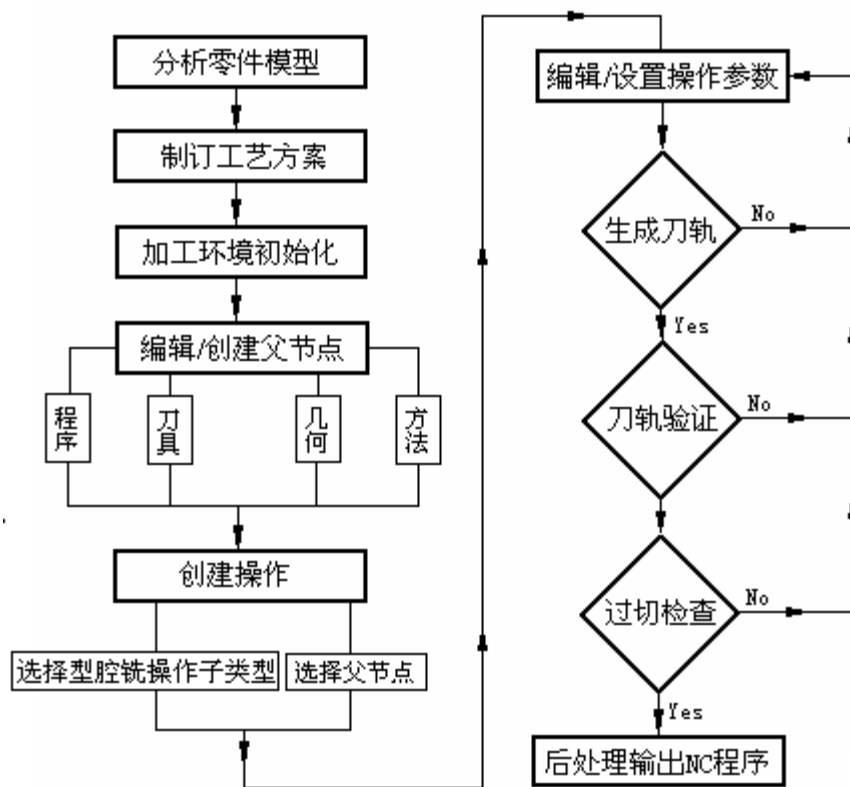


图 6-6

6.3 区域驱动

区域驱动是指定切削区域生成刀轨，若未指定切削区，则使用已定义的整个零件几何（Part）作为切削区域。实际上，区域驱动是利用已定义的切削区域的外形边界定义切削范围，因此，它与边界驱动相似，可以代替边界驱动生成刀轨。

区域驱动直接利用零件表面作为驱动几何，它对切削区域的控制方法灵活多样。因此，在进行曲面加工时，尽可能采用区域铣削驱动方法。

练习 1

【目的】使用区域驱动创建操作，掌握切削参数在平面上（On Plane）和在部件上（On Part）的用法及区别。

Step 1 打开零件

- Open→X: \fixed_contour\area_milling_1.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 单击 , 切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL, 定义 MCS 与 WCS 重合, 同时安全设置选为自动, 单击 OK。
- 双击 WORKPIECE, 定义模型窗口中的实体为 Part, 单击 OK。

Step 4 创建刀具

- 创建球刀 R6_F, 具体过程请参考加工创建章节中的相关内容。

Step 5 创建区域驱动操作

- 单击 , 打开创建操作对话框, 选择如图 6-7 所示的操作子类型和父节点。



图 6-7

- 在图 6-7 中, 单击 OK, 打开创建操作对话框, 如图 6-8 所示。

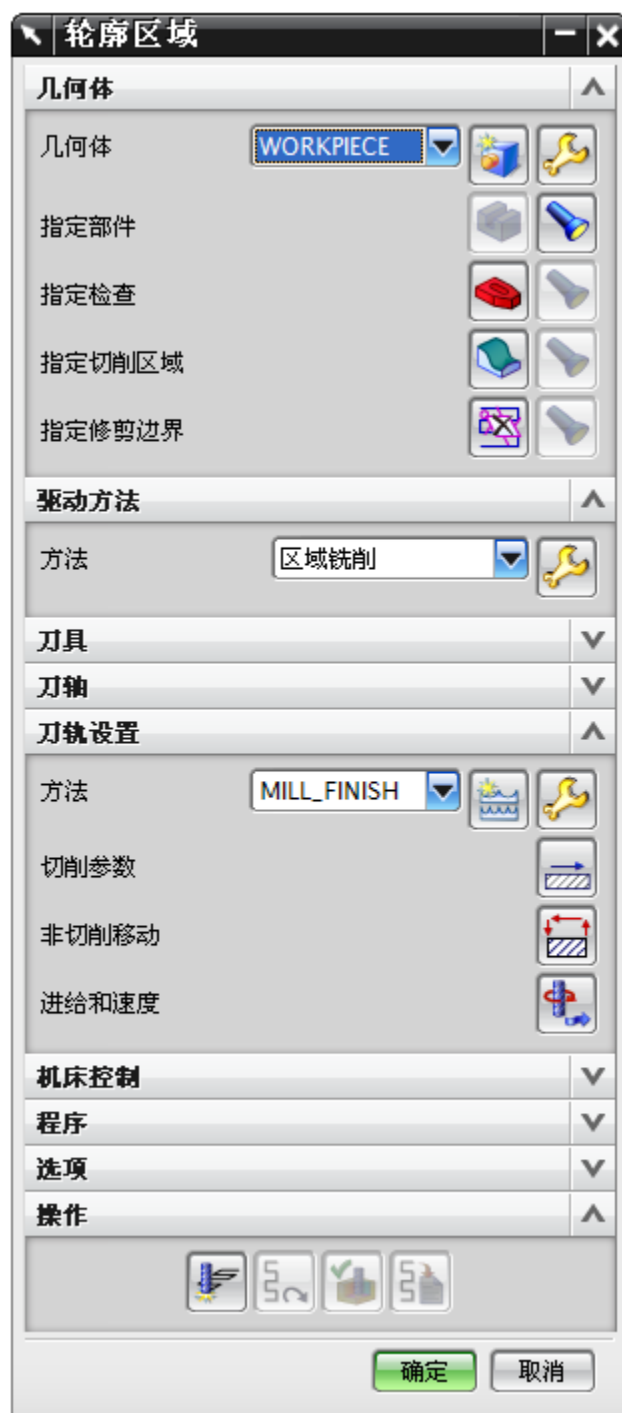


图 6-8

- 单击切削区域 ，选择如图 6-9 所示的曲面区域。选择时可先切换到前视图（FRONT），使用窗口选择方式较为快捷，单击 OK。

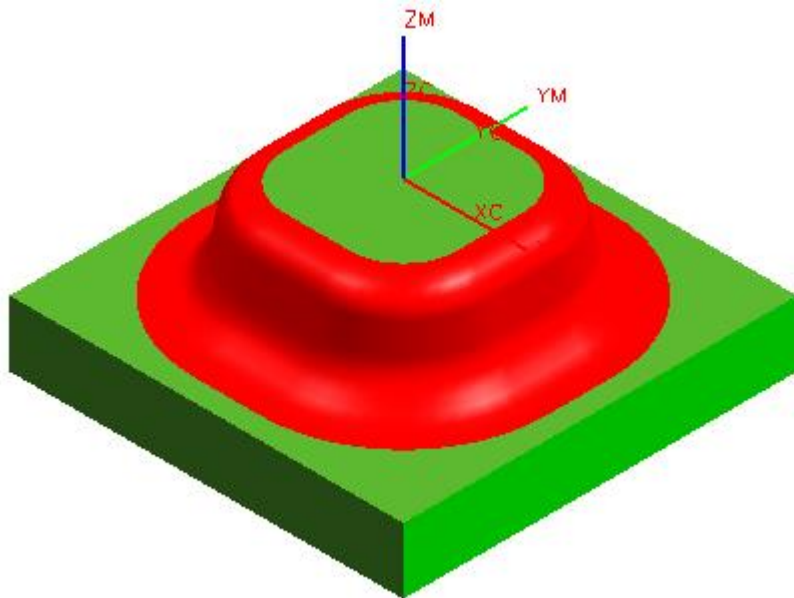


图 6-9

- 单击  编辑驱动参数，如图 6-10 所示，单击 OK。



图 6-10

Step 6 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 6-11 所示。注意观察，比较陡峭的侧面刀轨不均匀。

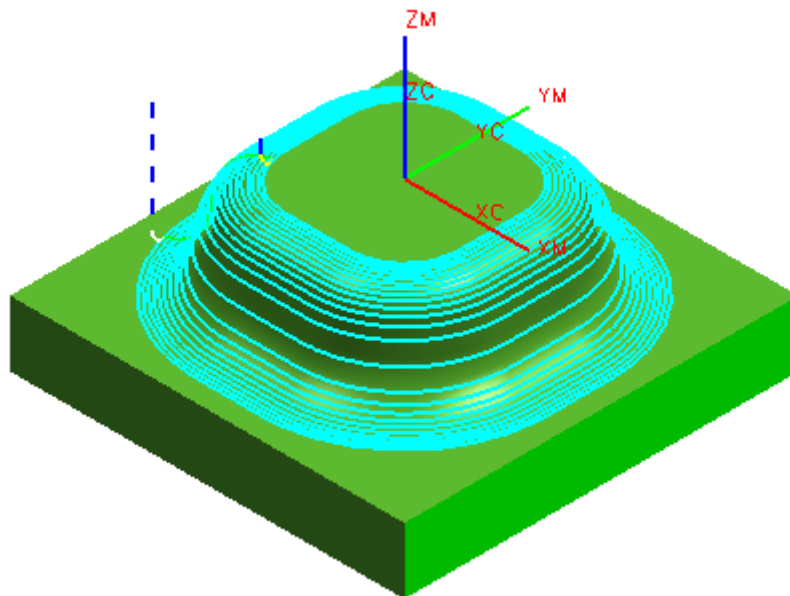


图 6-11

Step 7 使用在部件上（On Part）参数生成刀轨

- 在操作对话框中，单击 ，设置步距应用为在部件上，如图 6-12 所示，单击 OK。

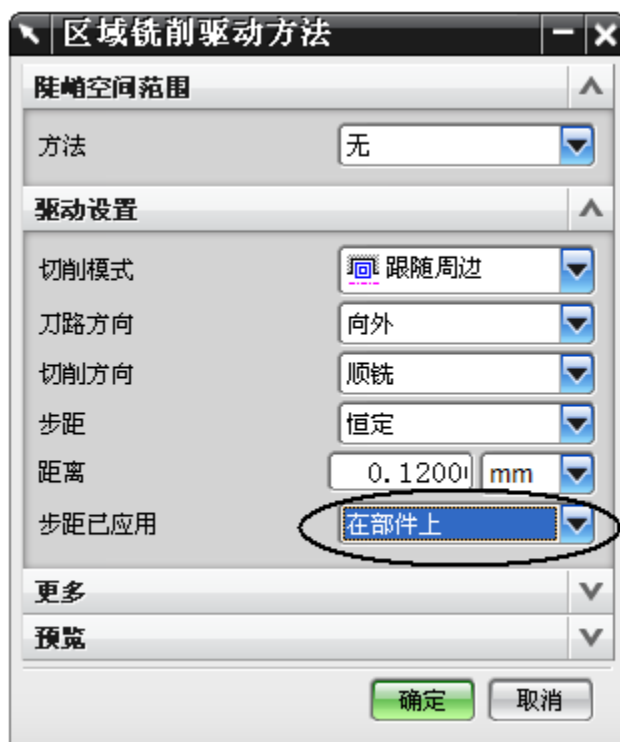


图 6-12

-
- 单击  生成刀轨，如图 6-13 所示，所有刀轨步距均匀。

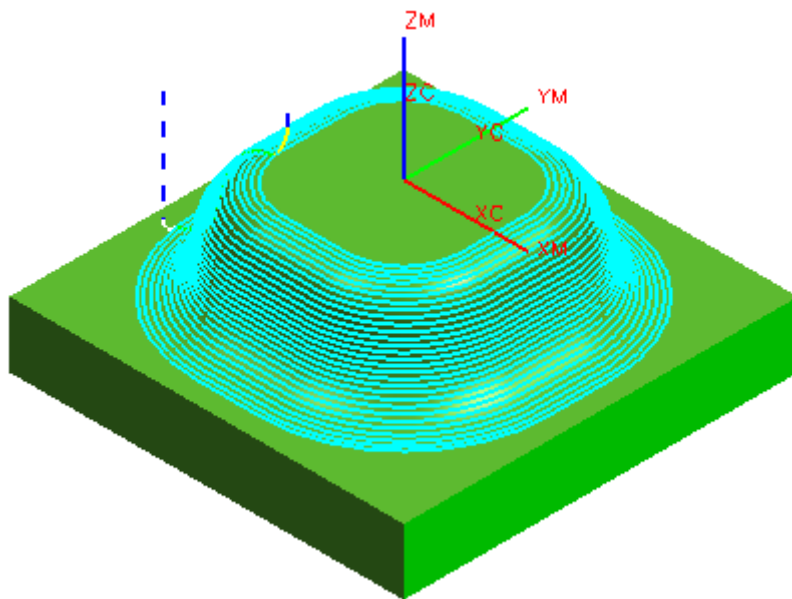


图 6-13

Step 8 创建未加工区域操作

- 生成上述刀轨后，剩余的未加工部分为平面，可使用面铣加工，刀轨如图 6-14 所示，具体过程略。

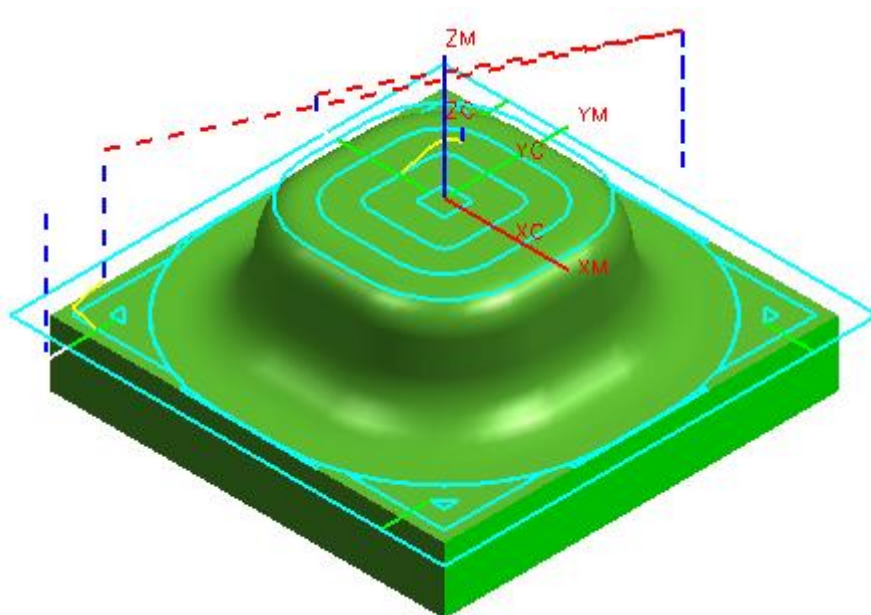


图 6-14

练习 2

【目的】学习非陡峭和方向陡峭轮廓区域操作子类型的使用，掌握切削角（Cut Angle）、陡峭角的定义及其用法。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\area_milling_2.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，同时安全设置选 ZC=40 的平面，单击 OK。
- 双击 WORKPIECE，定义模型窗口中的实体为 Part，单击 OK。

Step 4 创建刀具

- 创建球刀 R6_F，过程略。

Step 5 创建区域驱动操作

- 单击 ，打开创建操作对话框，选择如图 6-15 所示的操作子类型和父节点。



图 6-15

- 在图 6-15 中，单击 OK，打开创建操作对话框，如图 6-16 所示。



图 6-16

- 单击切削区域 , 选择如图 6-17 所示的切削区域, 单击 OK。

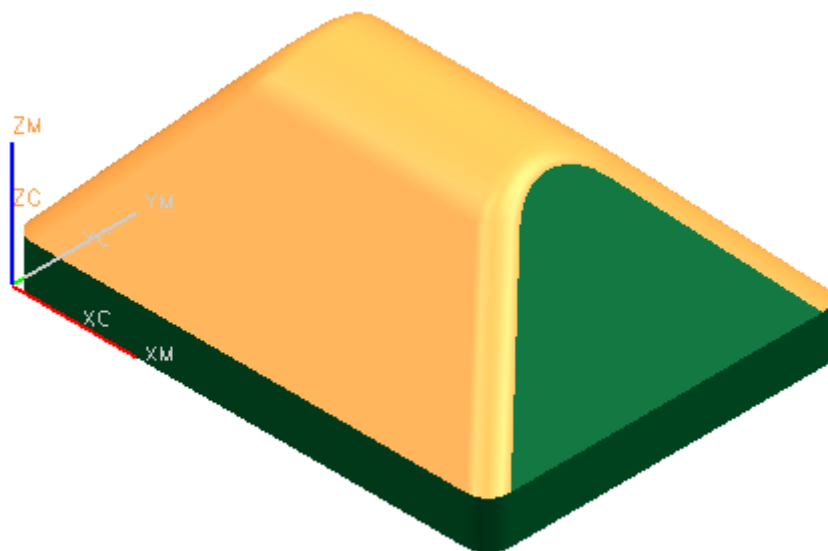


图 6-17

- 在操作对话框中，单击 ，设置步距应用为在部件上，如图 6-18 所示，单击 OK



图 6-18

Step 6 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 6-17 所示的刀轨。

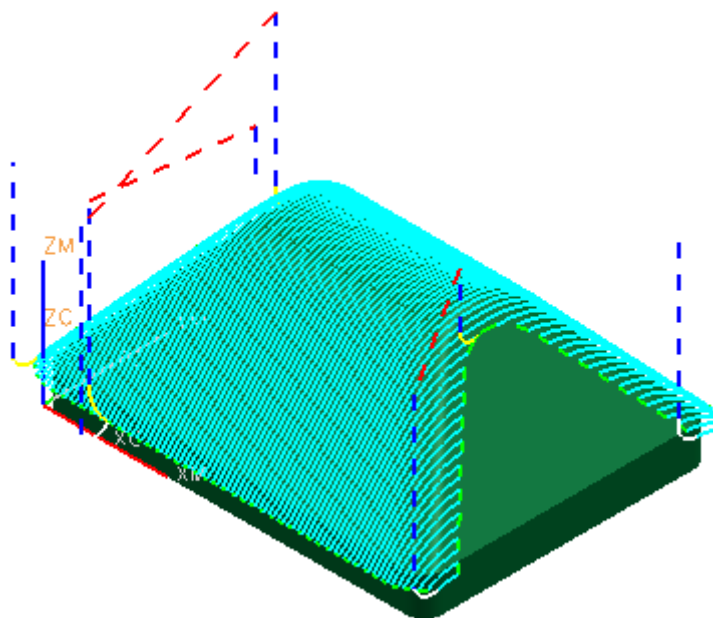


图 0-17

Step 7 创建加工陡峭侧面操作

- 创建加工陡峭侧面的刀轨可以使用方向陡峭轮廓区域铣削操作子类型  生成刀轨，也可通过复制已创建的操作并编辑来获得，这里使用后一种方法。
- 复制并粘贴 CONTOUR_AREA_NON_STEEP 操作，如图 6-21 所示。

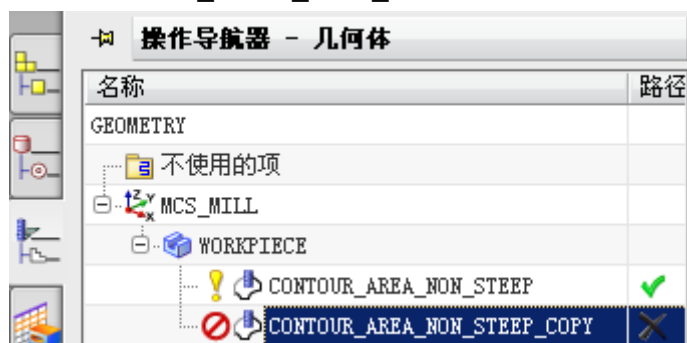
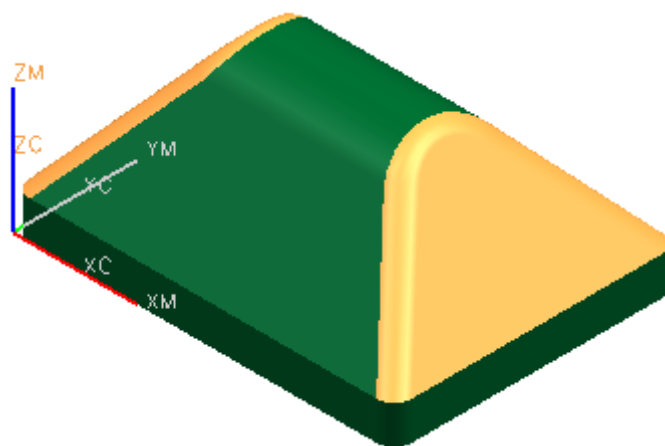


图 0-3

- 双击 CONTOUR_AREA_NON_STEEP_COPY 操作，打开其对话框。
- 单击切削区域 ，选择如图 6-9 所示的切削区域，单击 OK。



- 单击 ，打开驱动参数对话框，设置如图 6-22 所示的参数。



图 0-4

- 在操作对话框中，单击 ，生成如图 6-23 所示的刀轨，单击 OK。

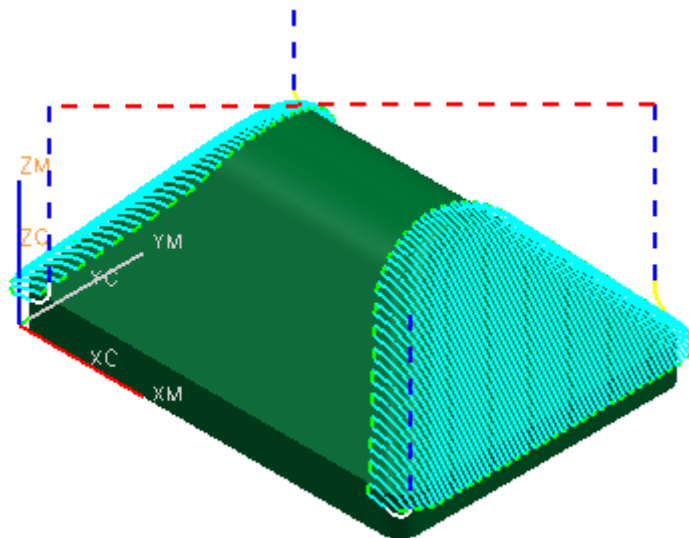


图 0-5

- 单击 OK，保存操作。

练习 3

【目的】使用非陡峭轮廓区域操作子类型加工非陡峭曲面，掌握删除边缘刀轨和非陡峭角的定义。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\area_milling_3.prt。

Step 2 运行加工模块

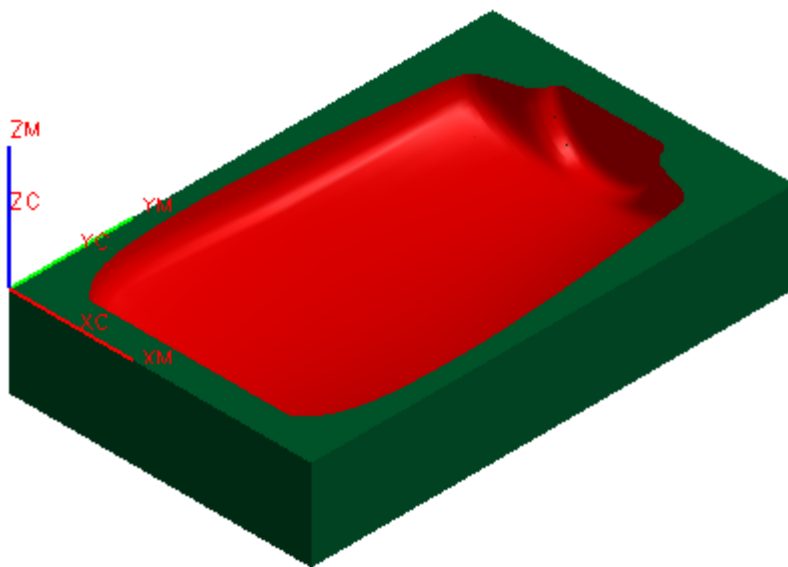
- Start→Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，同时安全设置选 ZC=10 的平面，单击 OK。
- 双击 MILL_GEOM，打开其对话框，定义如图 6-24 所示的实体为 Part，单击 OK。
- 单击 ，打开创建加工几何对话框，设置如图 6-25 所示的参数，单击 OK，选择如图所示的工件所有内表面，单击 OK。



图 0-6



Step 4 创建加工非陡峭区域操作

- 单击 ，打开创建操作对话框，选择如图 6-26 所示的操作子类型和父节点。



图 0-7

- 在操作对话框中，单击，设置如图 6-27 所示的参数，单击 OK。



图 0-8

Step 5 生成刀轨

- 单击  生成如图 6-28 所示的刀轨。

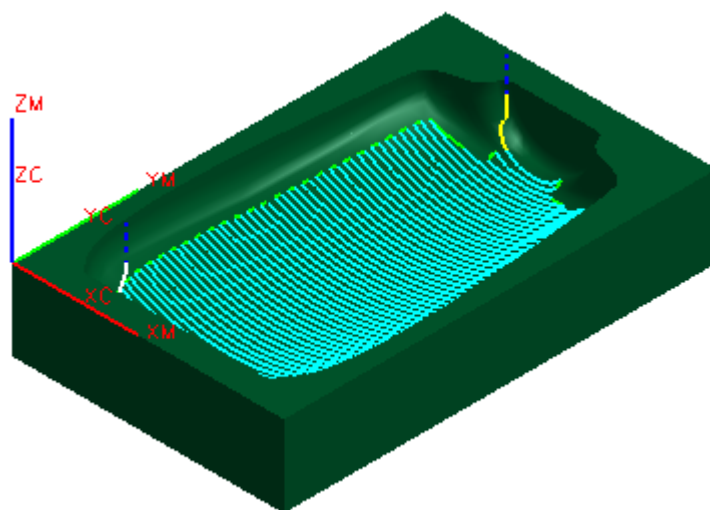


图 0-9

Step 6 编辑非陡峭角

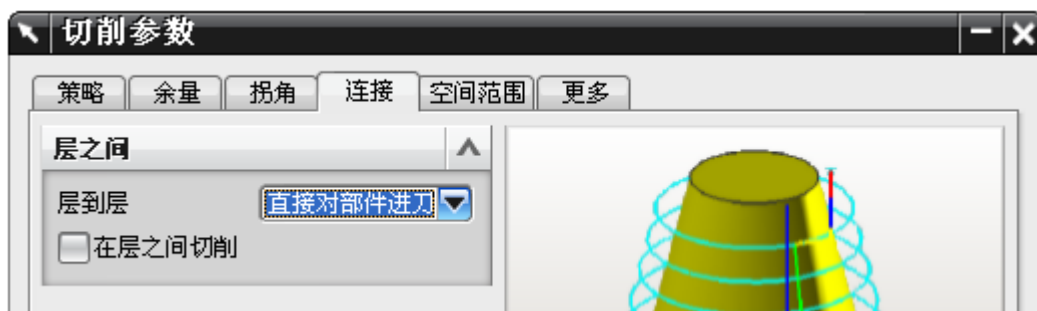
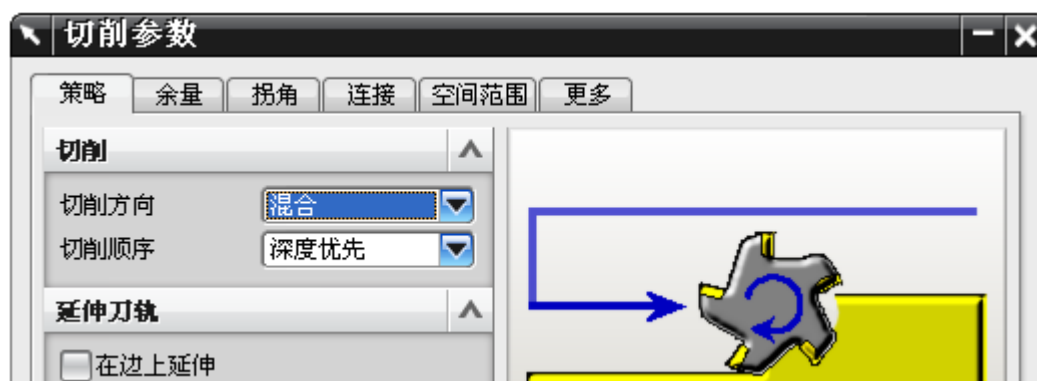
- 当改变图 6-27 中的非陡峭角度并重新生成刀轨，观察切削范围的变化。

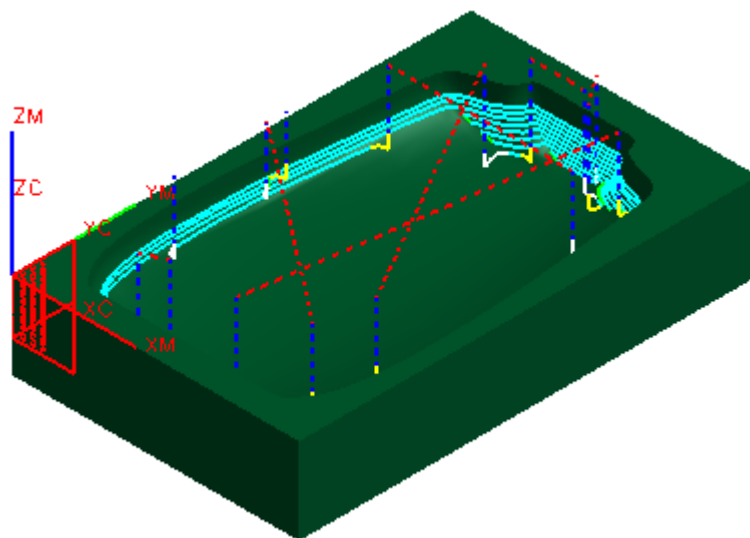
Step 7 创建加工末切削区域操作

- 使用等高轮廓铣，生成如图 6-31 所示的刀轨，具体过程可参考型腔铣中的相关内容。



图 0-10





6.4 曲线/点驱动

曲线/点（Curve/Point）驱动方法通过选择曲线或指定点定义驱动几何，刀轨沿曲线生成，用于在曲面上雕刻图案。

选择曲线时，驱动点沿指定的曲线生成；曲线可以是平面曲线或空间曲线，其形式可以是封闭的或开放的、连续的或非连续的。

指定点驱动方式是在指定点之间按顺序连接成直线段，并沿直线段生成刀轨。

在这种驱动方法中，可以指定一个负值零件余量(Part Stock)，使刀具在选定的零件表面以下加工，如图 6-32 所示。注意，余量绝对值不得大于球刀半径。

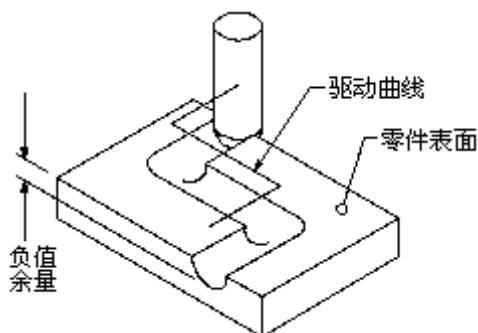


图 0-11

练习 4

【目的】使用曲线/点驱动方法创建操作，掌握负值切削余量的定义。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\curve_point.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件

- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，同时安全设置选 ZC=10 的平面，单击 OK。
- 双击 WORKPIECE，打开加工几何定义对话框，定义如图 6-33 所示的模型为 Part，单击 OK。

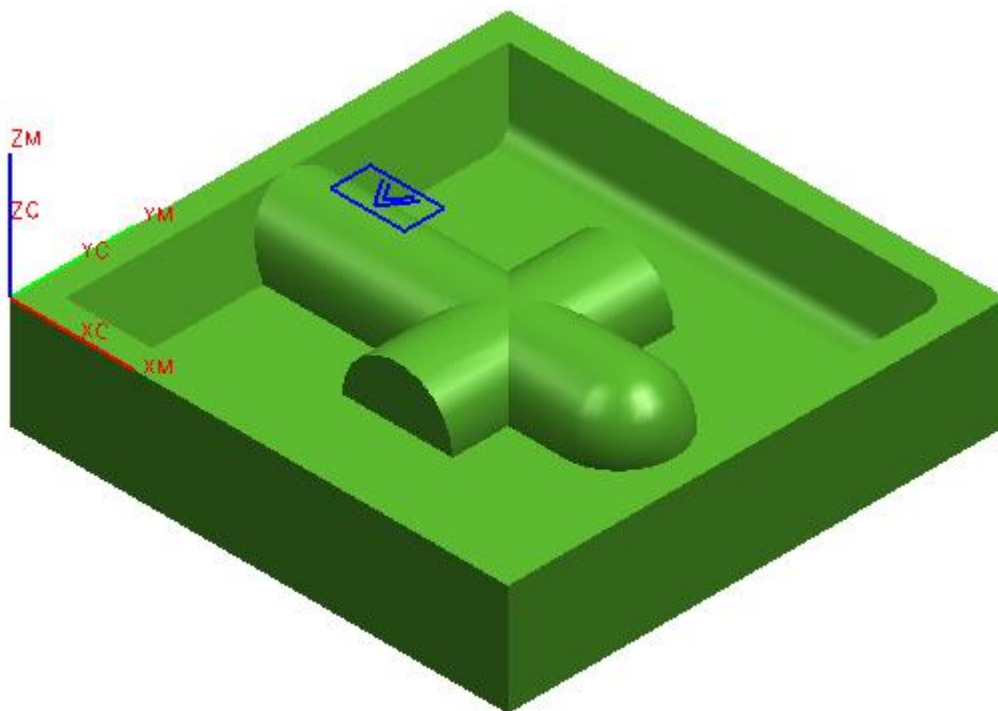


图 0-12

Step 4 创建刀具

- 创建球刀 R1.5_F，过程略。

Step 5 创建曲线驱动操作

- 单击 ，打开创建操作对话框，选择如图 6-34 所示的操作子类型和父节点。



图 0-13

- 在图 6-34 中，单击 OK，打开创建操作对话，在驱动方法中选择 Curve/Point，如图 6-35 所示。注意：当屏幕出现改变驱动方法需要重置驱动几何体和一些参数的提示时，单击 OK，打开如图 6-36 所示的对话框。
-



图 0-14



图 0-15

- 分别选择 3 组驱动曲线串。每选择 1 组驱动曲线串后，单击鼠标中键结束选择，列表栏中将出现 NEW，此时，可选择下一组曲线串。

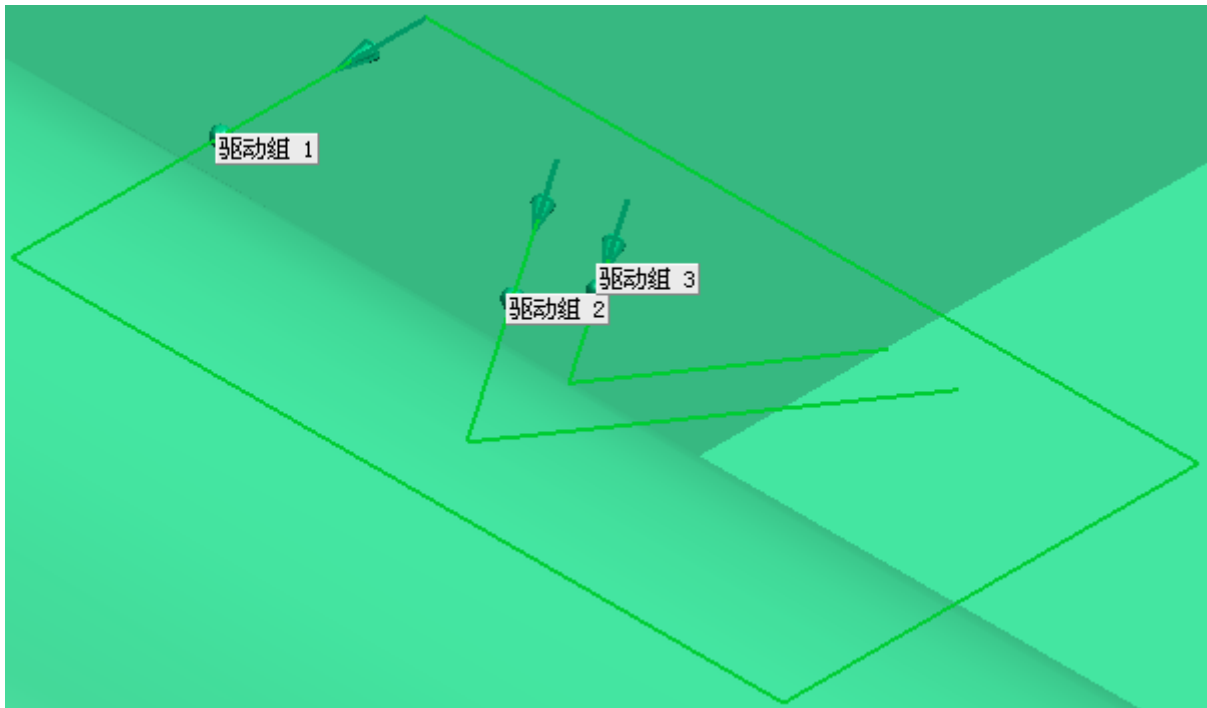


图 0-16

Step 6 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 6-38 和图 6-39 所示的参数, 注意余量的绝对值不得大于刀具半径, 单击 OK。



图 0-17

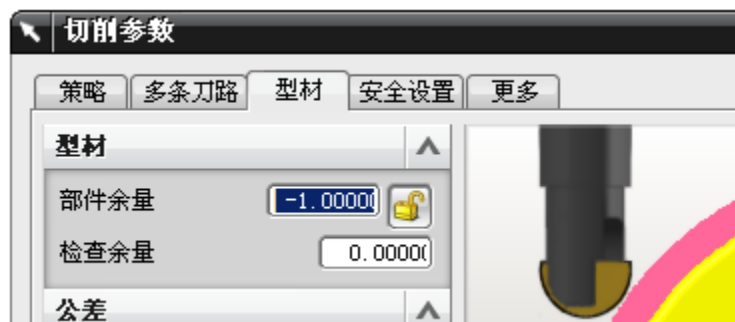


图 6-39

Step 7 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 6-40 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。

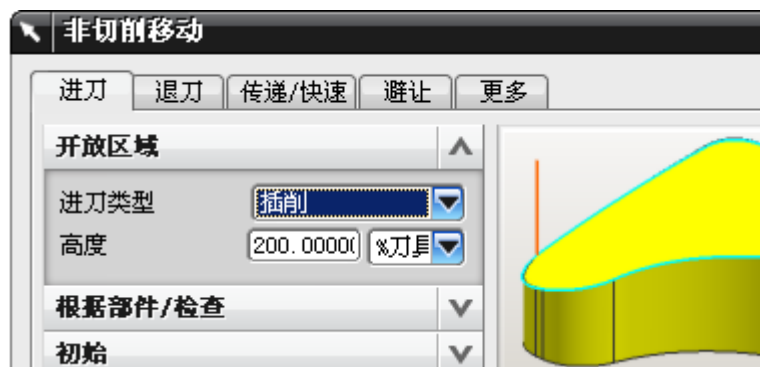


图 6-40

Step 8 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 6-41 所示。

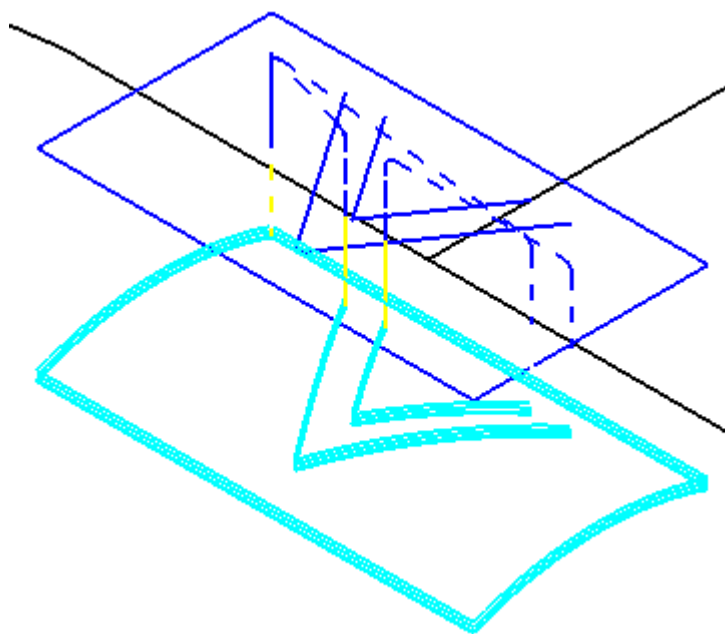


图 6-41

6.5 螺旋驱动

螺旋驱动 (Spiral) 是沿着定义的螺旋线形状生成驱动点，驱动点从指定的螺旋中心点向外扩张展开，该中心点就是刀具的开始切削点，在通过该点并与刀轴相垂直的平面内建立驱动点，然后沿刀轴

方向投影到零件几何上。若没有指定螺旋中心点，则利用绝对坐标系原点作为螺旋中心点；若中心点不在零件几何表面上，则刀具沿刀轴方向投影到零件表面上开始切削。

与其它的驱动方法相比，这种驱动方法在进行步距切削时没有一个突然的换向，生成的刀轨是一条光滑的螺旋线，非常适用于表面质量要求较高的圆形表面的加工。

练习 5

【目的】使用螺旋驱动创建刀轨，掌握螺旋驱动方法的参数设置。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\spiral.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件

- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，同时安全设置选 ZC=100 的平面，单击 OK。
- 双击 WORKPIECE，指定模型窗口中的实体为 Part，单击 OK。

Step 4 创建螺旋驱动操作

- 单击 ，选择如图 6-42 所示的操作子类型和父节点。



图 0-18

- 在图 6-42 中，单击 OK，打开创建操作对话，选择螺旋驱动，如图 6-43 所示。



图 0-19

- 当屏幕出现改变驱动方法需要重置驱动几何体和一些参数的提示时，单击 OK，设置如图 6-44 所示的驱动参数。



图 6-44

- 在图 6-44 中，单击点构造器，选择如图 6-45 所示的圆心作为螺旋中心，单击 OK。

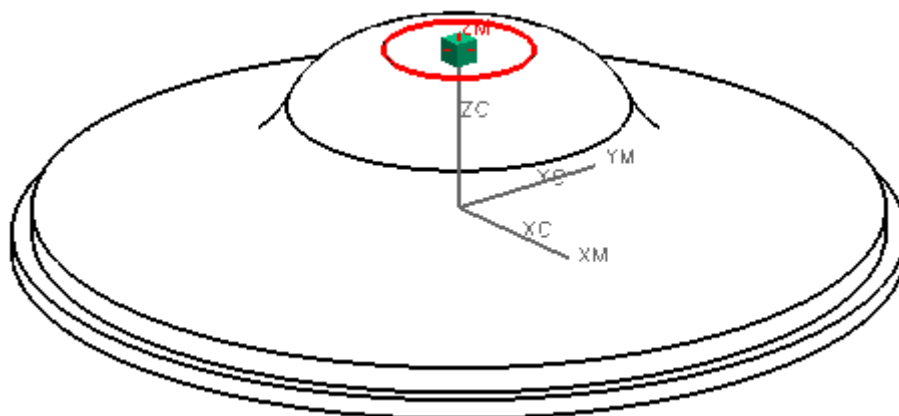


图 6-45

Step 5 生成刀轨

- 单击生成刀轨，如图 6-46 所示。
- 单击 OK 保存刀轨。

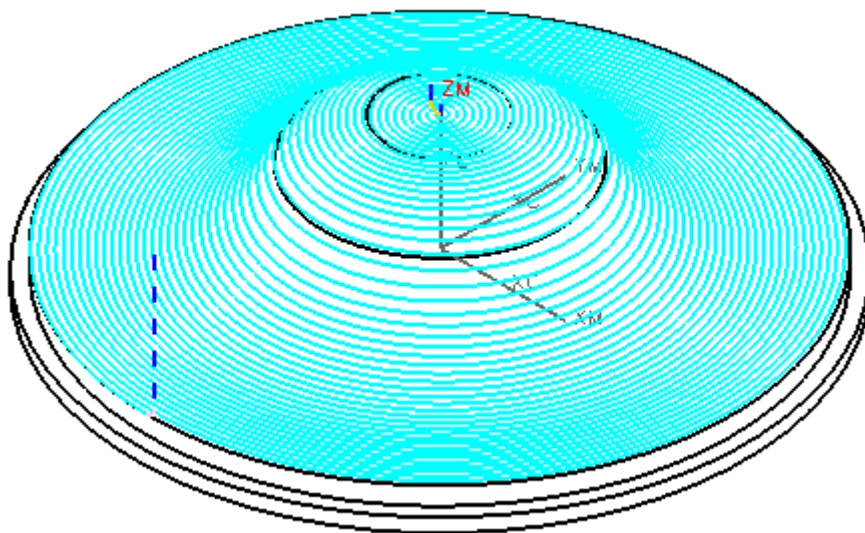


图 0-20

6.6 边界驱动

边界驱动是指通过定义边界（Boundary）和包容环（Part Containment Loop）来定义切削区域。边界可以是曲线/实体边、已创建的永久边界、点或表面边缘，边界可与零件表面的形状和尺寸无关，而包容环则必须符合零件表面的外边缘线。

边界驱动是由边界定义的切削区域内的驱动点沿刀轴方向投影到零件表面上生成刀轨。这种方法提供了丰富的走刀方式，可用于复杂曲面轮廓的精加工。一般情况下，能使用边界驱动加工的零件，使用区域驱动也可加工。

练习 6

【目的】使用边界驱动方法创建操作，掌握边界和包容环的含义及用法，同时注意刀具与包容环的3种关系。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\boundary.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义加工几何

- 单击, 切换到几何视图。

-
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，同时安全设置选 ZC=10 的平面，单击 OK。
 - 双击 WORKPIECE，定义如图 6-47 所示的模型为 Part，单击 OK。

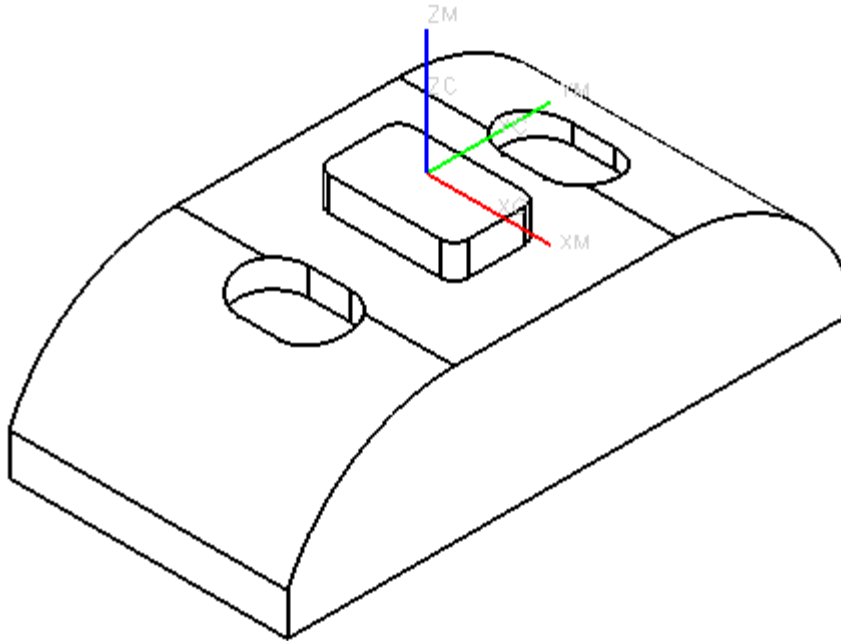


图 0-21

Step 4 创建边界驱动操作 (1)

- 单击 ，选择如图 6-48 所示的操作子类型和父节点。



图 0-22

- 在图 6-48 中，单击 OK，打开如图 6-49 所示的创建操作对话框，默认的驱动方法就是边界驱动。

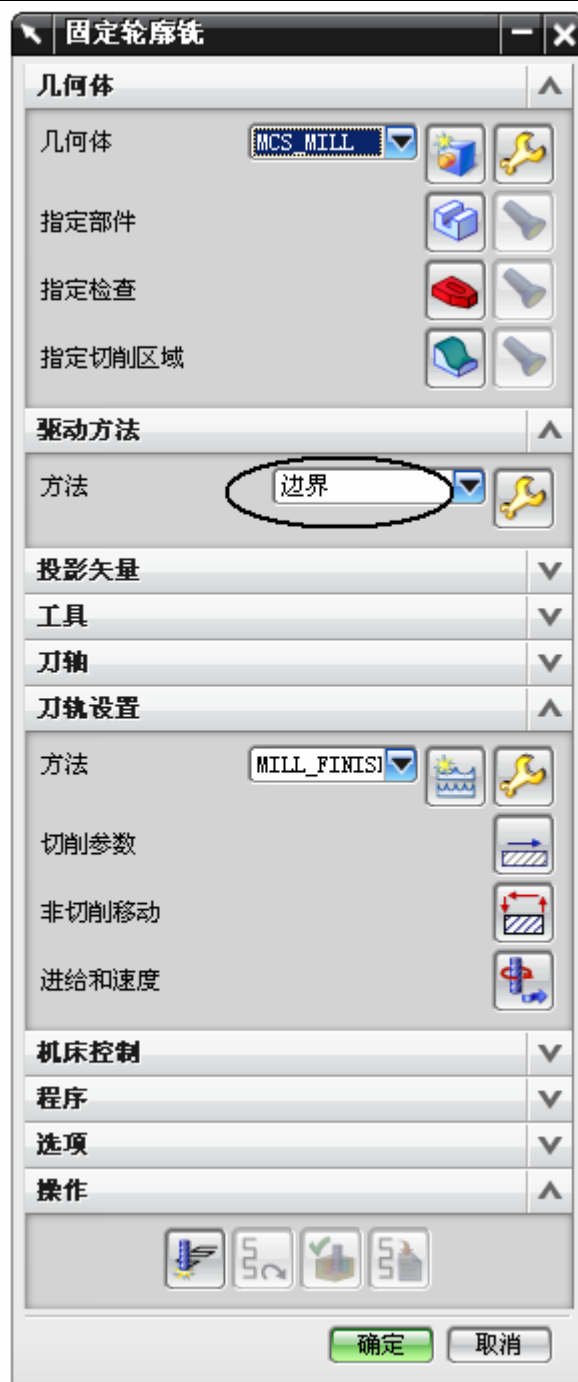


图 0-23

- 单击 ，打开几何体设置对话框，将过滤方式选为面，选择如图 6-50 所示的 3 个表面，单击 OK。

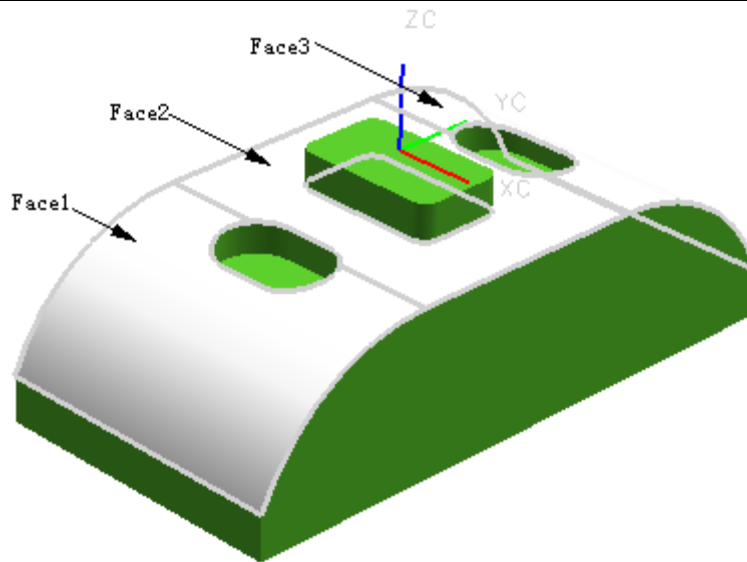


图 0-24

- 单击 ，打开边界驱动参数编辑对话框，设置如图 6-51 所示的参数。



图 0-25

- 单击 ，打开包容环对话框，设置如图 6-52 所示的参数，同时注意图 6-53 所示的刀具位置（Tool Position）选项。



图 0-26

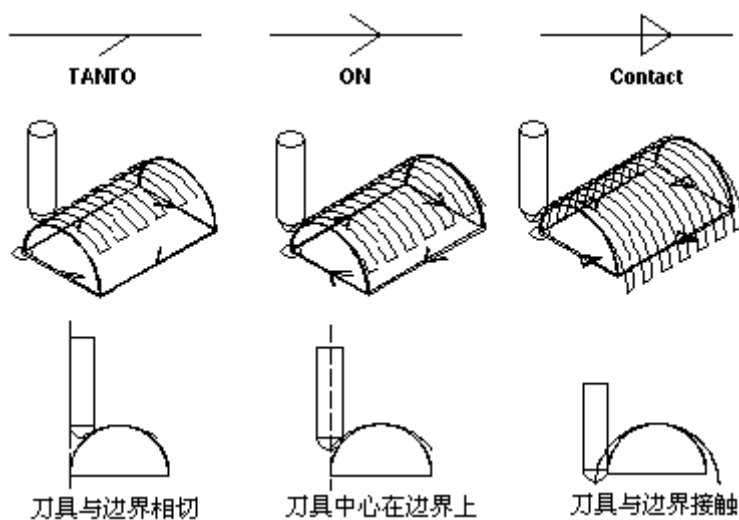


图 0-27

- 单击 ，查看系统自动识别的包容环。这里要使用系统识别的所有环，所以单击一次 ，选择使用此包容环选项，同时选择刀具与环的关系，如刀具与环相切、接触或刀具中心在环上，如图 6-54 所示。

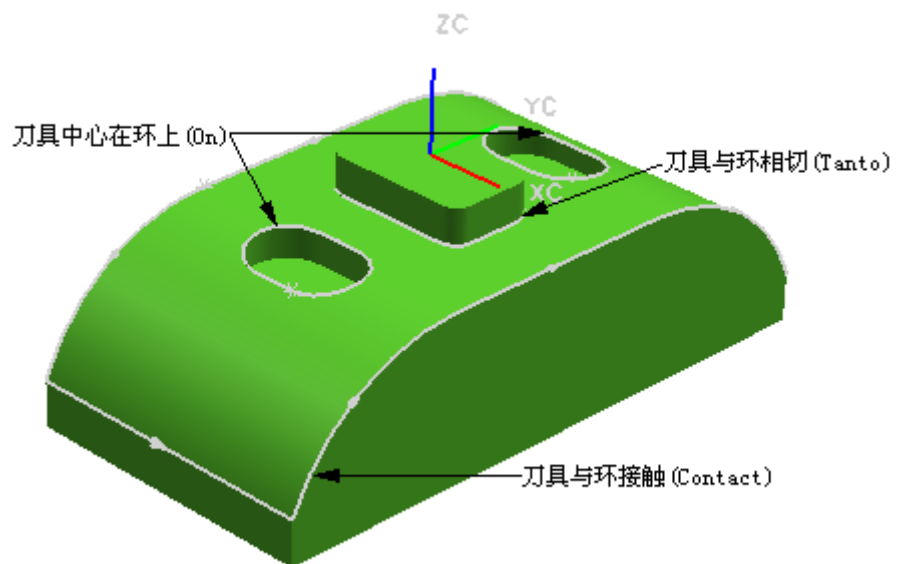


图 0-28

- 在预览选项中，单击 ，显示如图 6-55 所示的刀轨驱动路径，注意切削角和步距的定义，单击 OK。

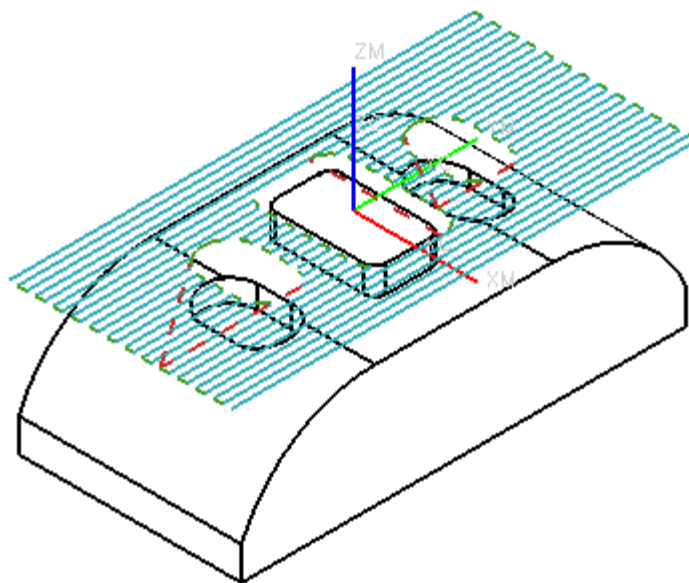


图 0-29

Step 5 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 6-56 所示。

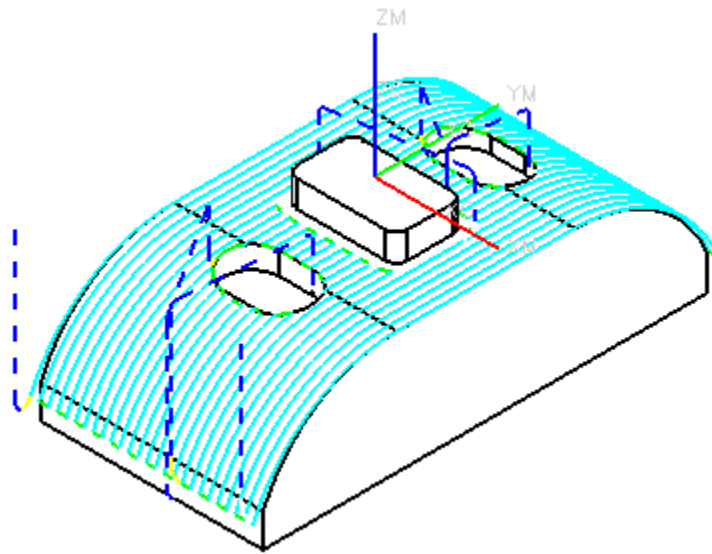


图 0-30

- 编辑刀具与最大环的关系，若将其改为相切，刀轨变为如图 6-57 所示，可以看到有一部分没有加工到，所以使用时应加以注意。

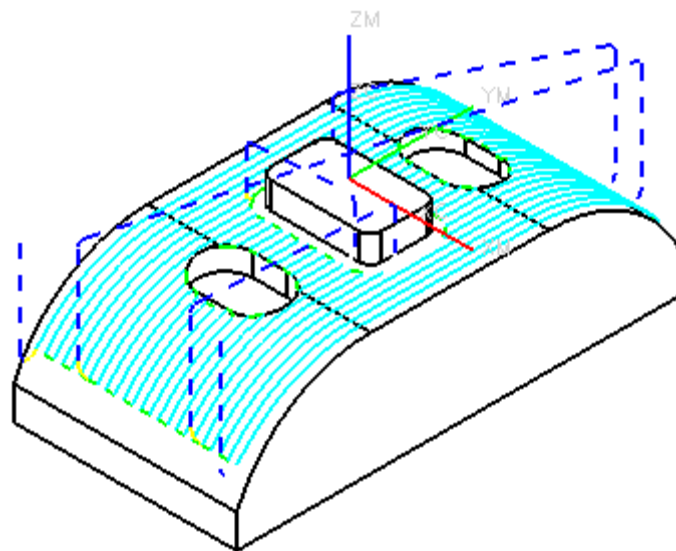


图 0-31

- 单击 OK 保存刀轨。

Step 6 创建边界驱动操作 (2)

- 单击 , 选择如图 6-58 所示的操作子类型和父节点。



图 0-32

- 在图 6-58 中，单击 OK，打开操作对话框。
- 单击 ，打开边界驱动对话框，设置如图 6-59 所示的参数。



图 0-33

- 单击 ，打开边界对话框，选择模式设为面，材料侧为外，选择如图 6-60 所示的表面，单击 OK。

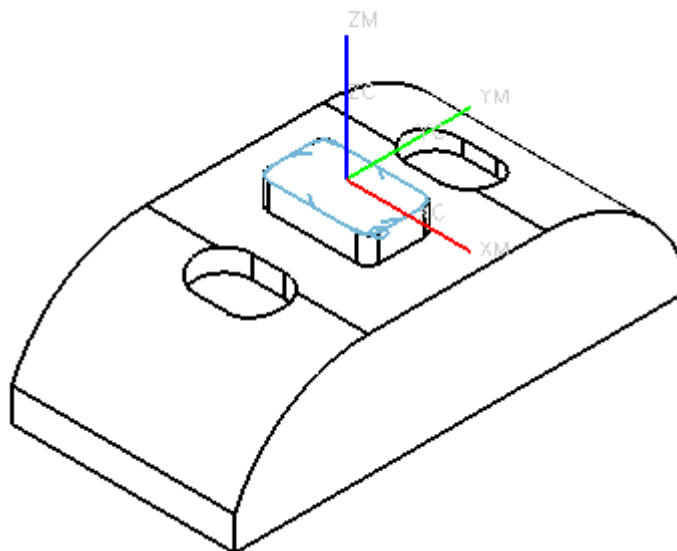


图 0-34

Step 7 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 6-61 所示。

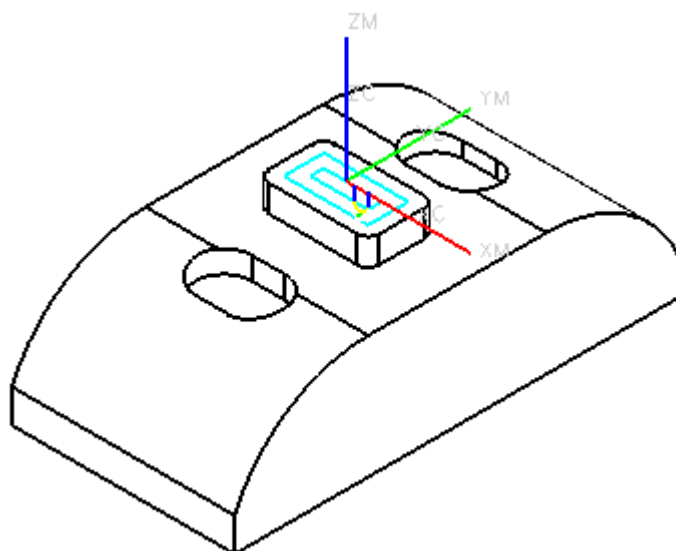


图 0-35

- 单击 OK 保存刀轨。

6.7 径向驱动

径向驱动(Radial)是指沿给定边界方向并垂直于边界生成驱动路径，一般用于清根加工。

在径向驱动生成的刀轨中，切削区宽度由带宽(Bandwidth)定义，在边界平面内测量，如图 6-62 所示。带宽由材料侧 (Material Side) 和相反侧 (Opposite Side) 组成；材料侧是边界的右手边，而相反侧则是左手边；带宽不能为零。

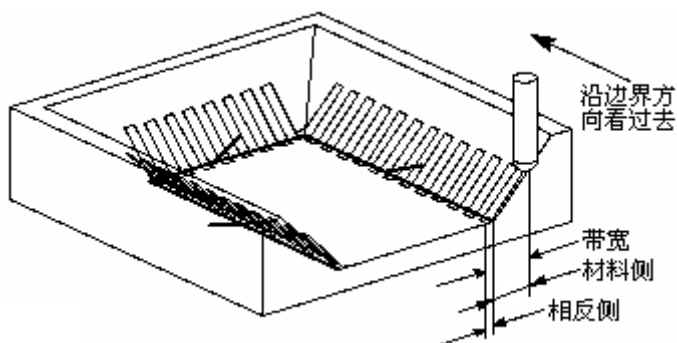


图 0-36

练习 7

【目的】使用径向驱动创建操作，掌握径向驱动参数设置。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\radial.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件

- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合，同时安全设置选 ZC=35 的平面，单击 OK。
- 双击 WORKPIECE，打开几何定义对话框，定义模型窗口中的实体为 Part，单击 OK。

Step 4 创建径向驱动操作

- 单击 ，选择如图 6-63 所示的操作子类型和父节点。



图 0-37

- 在图 6-63 中，单击 OK，打开创建操作对话框，选择径向驱动，如图 6-64 所示。



图 0-38

- 当屏幕出现改变驱动方法需要重置驱动几何体和一些参数的提示时，单击 OK，设置如图 6-65 所示的驱动参数。



图 0-39

- 单击 , 打开边界定义对话框, 单击成链, 选择开放的驱动边界, 如图 6-66 所示, 单击 OK, 再单击 OK 结束驱动参数设置。

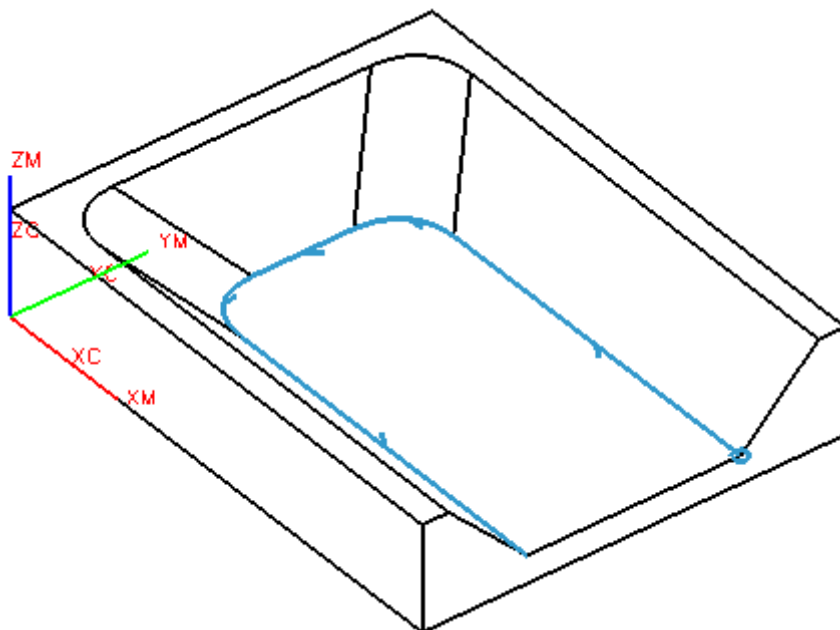


图 0-40

- 在径向驱动参数设置对话框中, 单击 , 显示如图 6-67 所示的驱动路径, 单击 OK。

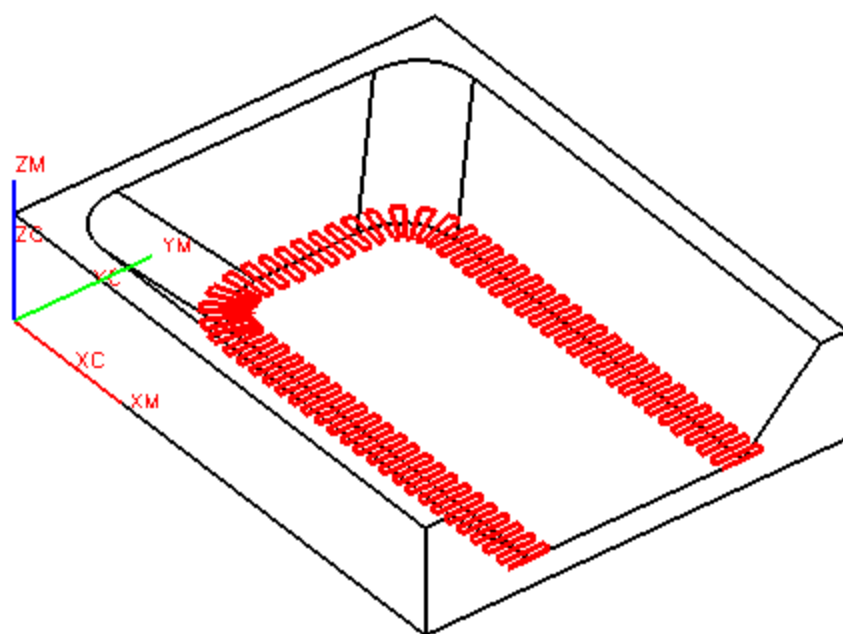


图 0-67

Step 5 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 6-68 所示的刀轨，单击 OK 保存刀轨。

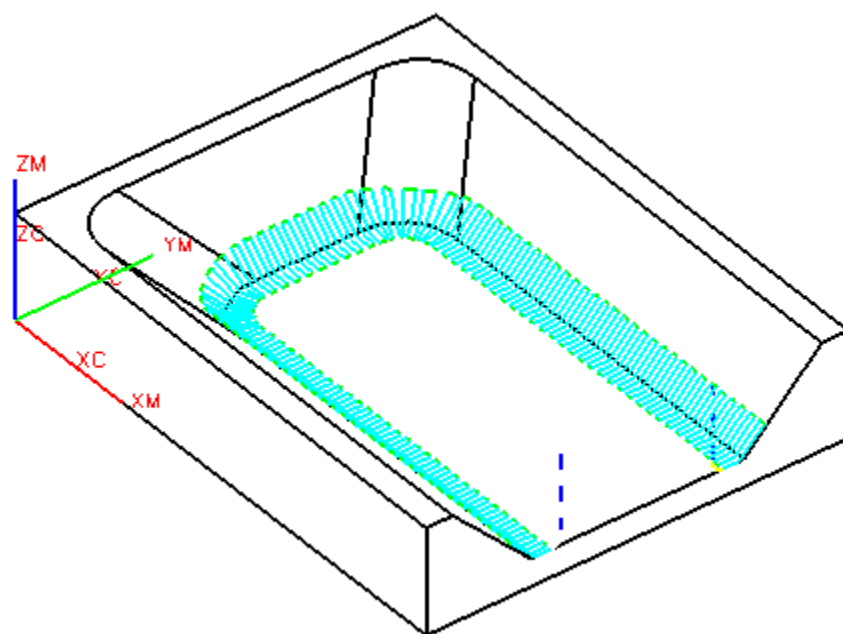


图 0-68

6.8 刀轨驱动

刀轨驱动（Tool Path）是使用一个刀具位置源文件（CLSF）中的刀轨作为驱动刀轨，在当前操作中建立一个类似的曲面轮廓铣操作，沿已存在的刀轨生成新的刀轨驱动点，沿刀轴方向投影到加工表面上，从而生成刀轨。

练习 8

【目的】使用刀轨驱动创建操作，掌握刀轨驱动参数设置。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\toolpath.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 输出刀位源文件（CLS）

- 单击 ，切换到几何视图。
- 单击 MB3，选择操作 FACE_MILLING，如图 6-69 所示。



图 6-69

- 在加工操作工具条中，单击 ，打开刀位源文件输出对话框，如图 6-70 所示，选择一种刀位源文件格式，指定刀位源文件名及路径，单击 OK，输出刀位源文件。



图 6-70

Step 4 创建刀轨驱动操作

- 单击 , 选择如图 6-71 所示的操作子类型和父节点。



图 0-41

- 在图 6-71 中，单击 OK，打开操作对话框。在 Drive Method 中选择刀轨驱动，如图 6-72 所示。



图 0-42

- 当屏幕出现改变驱动方法需要重置驱动几何体和一些参数的提示时，单击 OK，选择如图 6-73 所示的刀位原文件，单击 OK。



图 0-43

- 在图 6-73 中,单击 OK,打开如图6-74所示的对话框。在刀轨中,单击 FACE_MILLING,单击 OK。

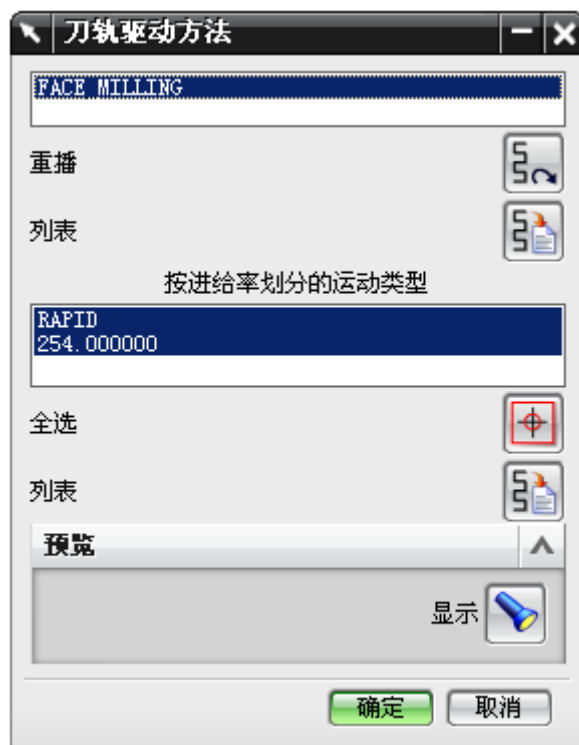


图 0-44

Step 5 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 6-75 所示的刀轨, 单击 OK 保存。

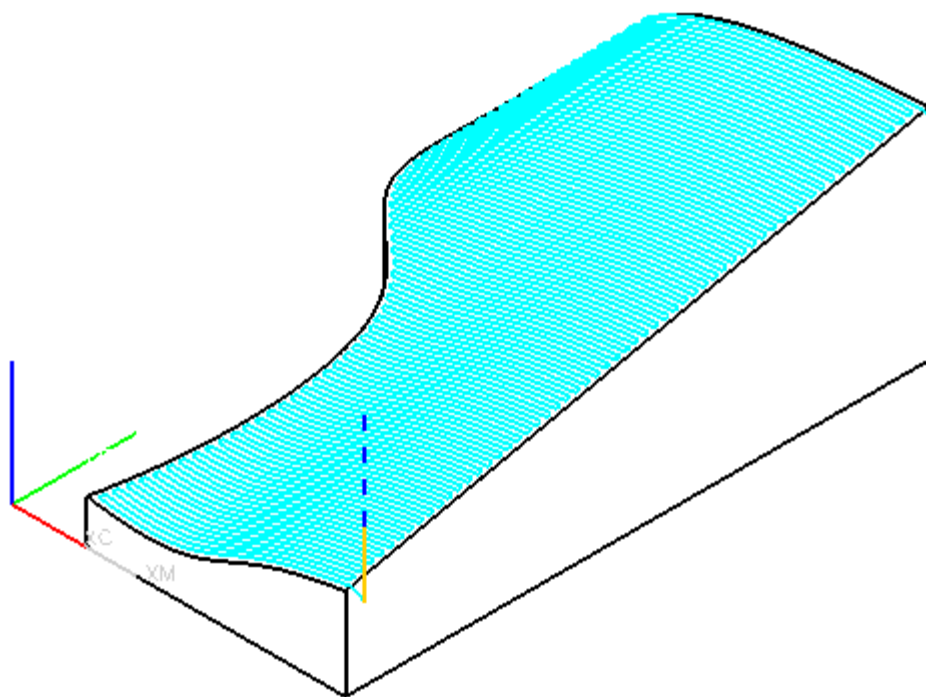


图 0-45

6.9 清根驱动

6.10.1 清根及其特点

零件在进行精加工之后，往往由于刀具直径或刀具圆角半径过大，从而在零件的凹角处留下一些未能加工到的区域，对于这些区域的加工一般使用直径较小的球刀进行，这就是清根，图 5-76 是清根刀轨示意图。清根切削特点如下：

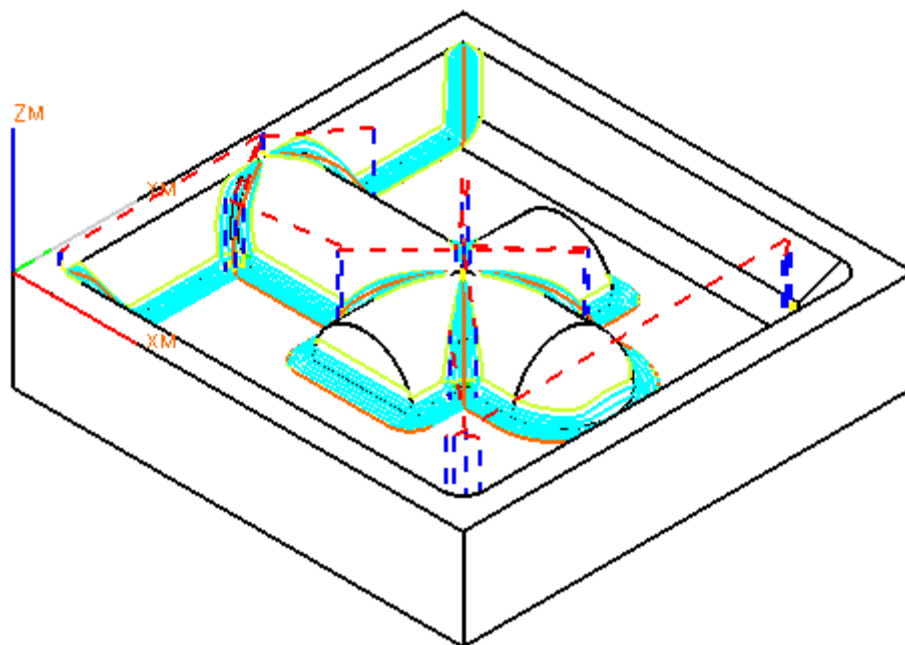


图 0-46

- 清根刀轨在指定的最大凹角（MaxConcavity）确定的范围之内产生，图 6-77 是最大凹角示意图。最大凹角应根据需要定义，一般可取默认值。

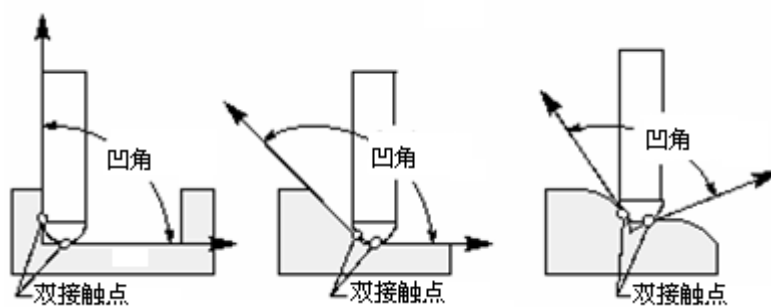


图 0-47

- 清根刀轨产生的条件为刀具与曲面必须有双接触点（Bi-Tangency），如图 6-78 所示。

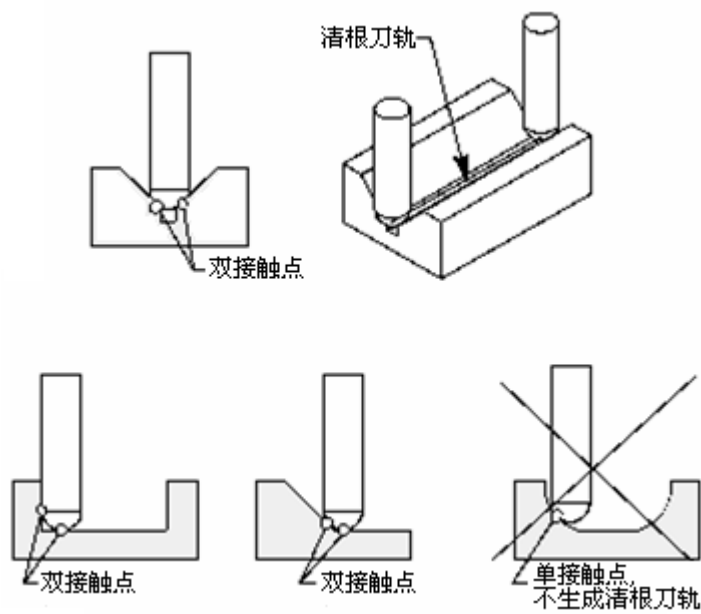


图 0-48

- 系统自动计算清根的方向和顺序，也可手工调整。

6.10.2 清根操作子类型

清根刀轨可使用固定曲面轮廓铣的清根驱动方法生成，也可使用专门的清根操作子类型生成，分别如图 6-79 和 6-80 所示。



图 0-49

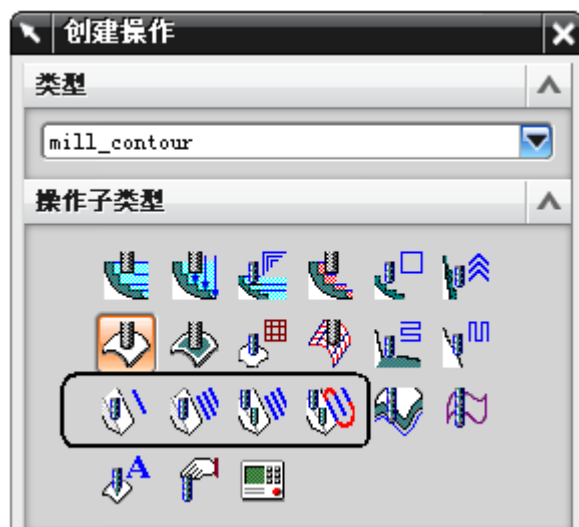


图 0-50

不论使用清根驱动方法或清根操作子类型生成清根刀轨，其走刀方式只有 4 种：



FLOWCUT_SINGLE: 生成单一清根刀轨。



FLOWCUT_MULTIPLE: 生成多条清根刀轨。



FLOWCUT_REF_TOOL: 根据指定的参考刀具生成清根刀轨。在大多数情况下，采用这种方式清根。



FLOWCUT_SMOOTH: 生成多条光滑清根刀轨。

6.10.3 清根操作参数

尽管有多种清根方式，但其参数设置对话框基本相似，均如图 6-81 所示。



图 0-51

1. 陡峭包容 (Steep Containment)

陡峭包容可以把清根刀轨分为陡峭部分和非陡峭部分，这样就可以分别给它们指定切削方向，图 6-82 是从高到低和从低到高切削示意图。

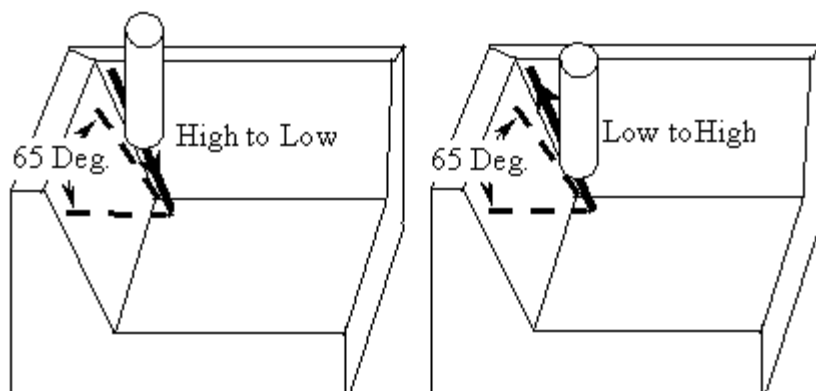


图 0-52

2. 最大凹角 (Max Concavity)

指定最大清根凹角，最大值为 179 度，一般情况均取默认的最大值。清根在最大凹角以内的区域生成，若超出此值，将不生成清根刀轨。

3. 最小切削长度 (Min Cut Length)

指定生成清根切削的最小长度，若小于此值，将不生成清根刀轨。指定此值，将消除在圆角交线处产生的多余清根刀轨。

4. 连接间隙距离 (Hookup Distance)

指定连接两段刀轨之间的间隙值。如果两段刀轨之间的间隙值小于等于指定的连接间隙距离，则系统会自动地把断开的刀轨连接起来，以消除不连续的刀轨。

5. 参考刀具 (Reference Tool)

参考刀具是在清根前一次操作中使用的刀具,此刀具直径的大小决定了清根切削的范围,即在参考刀具与两侧面的接触点/线之内生成清根刀轨,如图 6-83 所示。

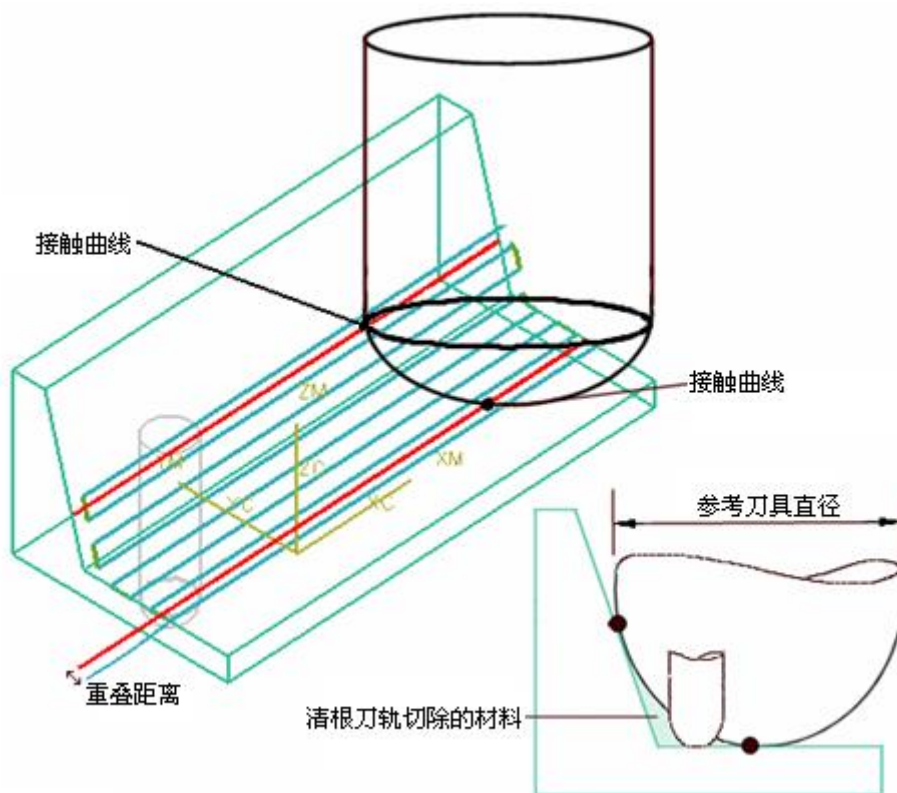


图 0-53

6. 重叠距离 (Overlap Distance)

重叠距离用于延伸清根区域宽度，仅用于使用参考刀具（Reference Tool Offsets）清根方式。指定此值，切削区域将沿相切面延伸，如图 6-83 所示。

练习 9

【目的】创建清根操作，掌握清根参数设置。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\flowcut.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建清根操作

- 单击，选择如图 6-84 所示的操作子类型和父节点。

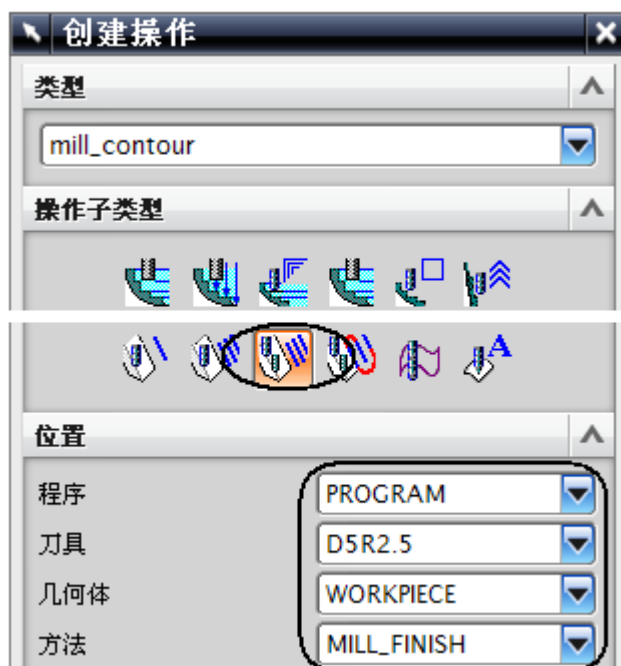


图 0-54

- 在图 6-84 中，单击 OK，设置如图 6-85 所示的操作参数。



图 0-55

Step 4 生成刀轨

- 单击, 生成如图 6-86 所示的清根刀轨, 单击 OK 保存。

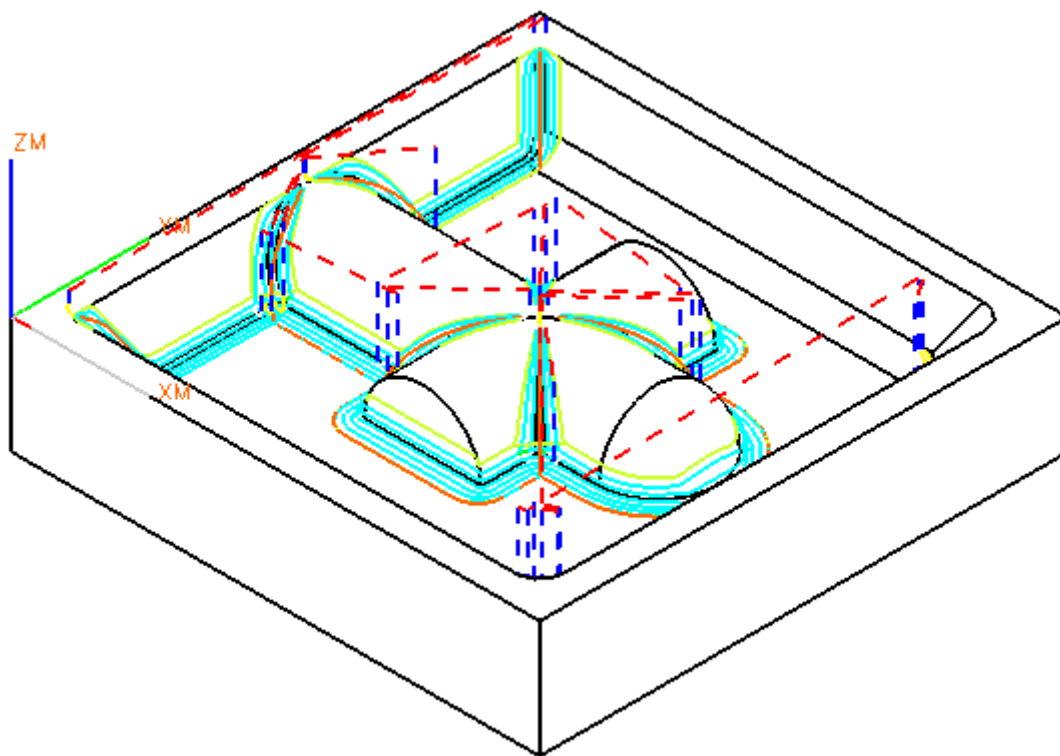


图 0-56

6.10 流线驱动

流线驱动（Streamline）是一种新的驱动方法，它使用被选择的曲线、边、点及曲面等加工几何构建隐式驱动曲面，从而创建灵活多变的刀轨。

练习 9

【目的】使用流线驱动创建操作，掌握流线驱动参数设置。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\fixed_contour\streamline.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 创建流线驱动操作

- 单击 , 选择如图 6-87 所示的操作子类型和父节点。



图 0-57

- 在图 6-87 中，单击 OK，打开操作对话框，如图 6-88 所示。



图 0-58

- 在图 6-88 中，单击 ，选择如图 6-89 所示的加工区域，单击 OK。

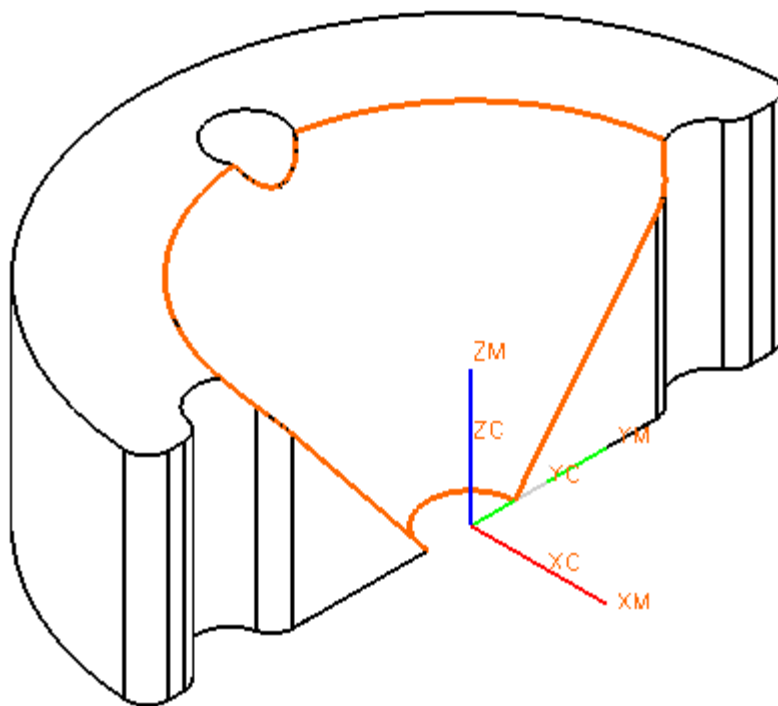


图 0-59

- 在图 6-89 中，单击，打开流线驱动参数设置对话框，设置如图 6-90 所示的参数。

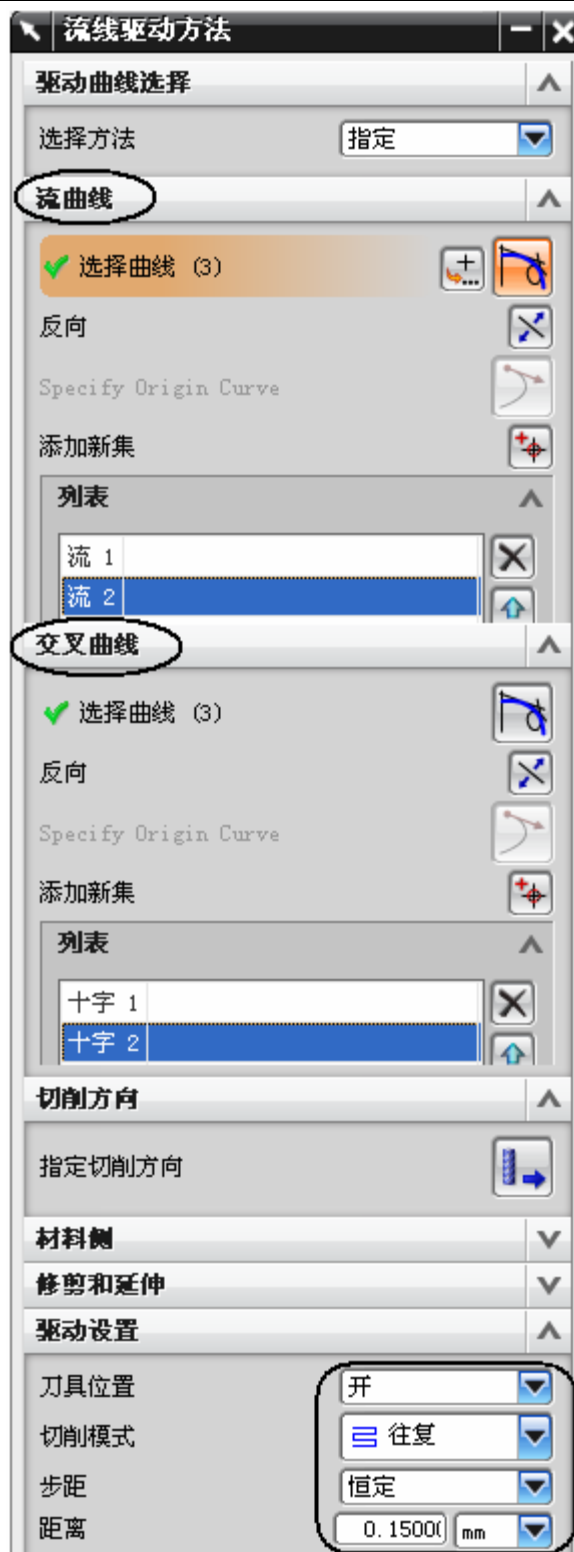


图 0-60

- 在图 6-90 中，单击 ，分选择如图 6-91 所示的流曲线和交叉曲线，并设置如图 6-90 所示的切削参数，单击 OK。

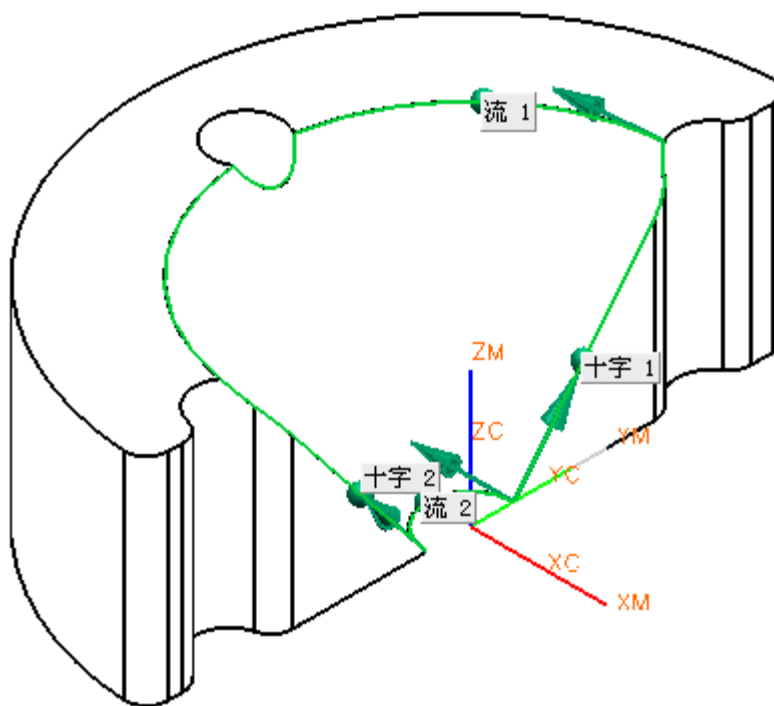


图 0-61

Step 4 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 6-92 所示的刀轨, 单击 OK 保存。

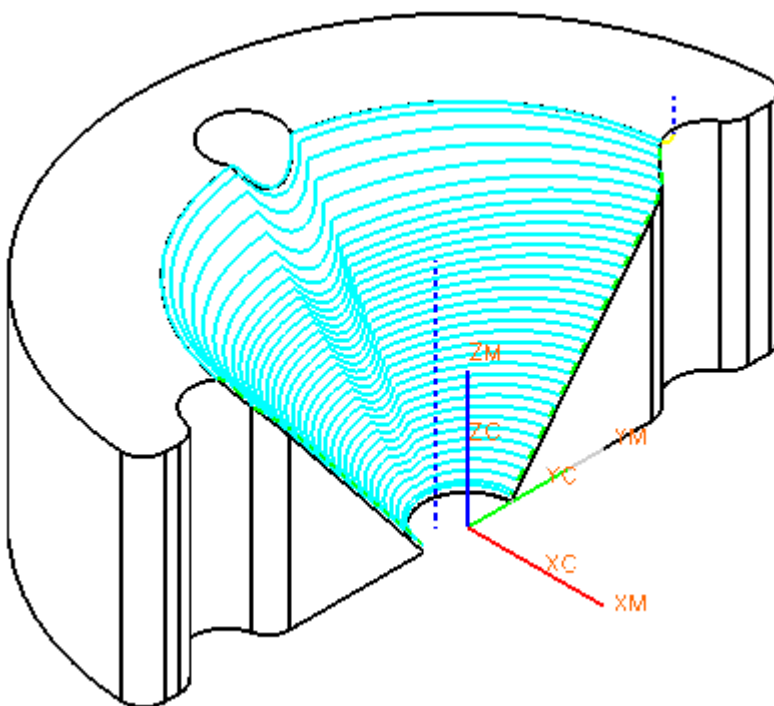


图 0-62

6.11 3D 轮廓加工

3D 轮廓用于加工 3D 边的轮廓，刀具沿边运动，但刀尖不受零件曲面控制，主要用于加工冲压模具的轮廓。

练习 11

Step 1 打开零件

Open→x:\parts\fixed_contour\3d_profile.prt。

Step 2 运行加工模块

Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件

- 单击  切换到几何视图。
- 双击 MCS，定义 MCS 与 WCS 重合，安全设置为自动，单击 OK。
- 双击 WORKPIECE，定义模型窗口中的实体为 Part，单击 OK。

Step 4 创建刀具

- 创建球刀 D6mm，过程略。

Step 5 创建 3D 轮廓加工操作

- 单击 ，选择如图 6-93 所示的操作子类型和父节点。

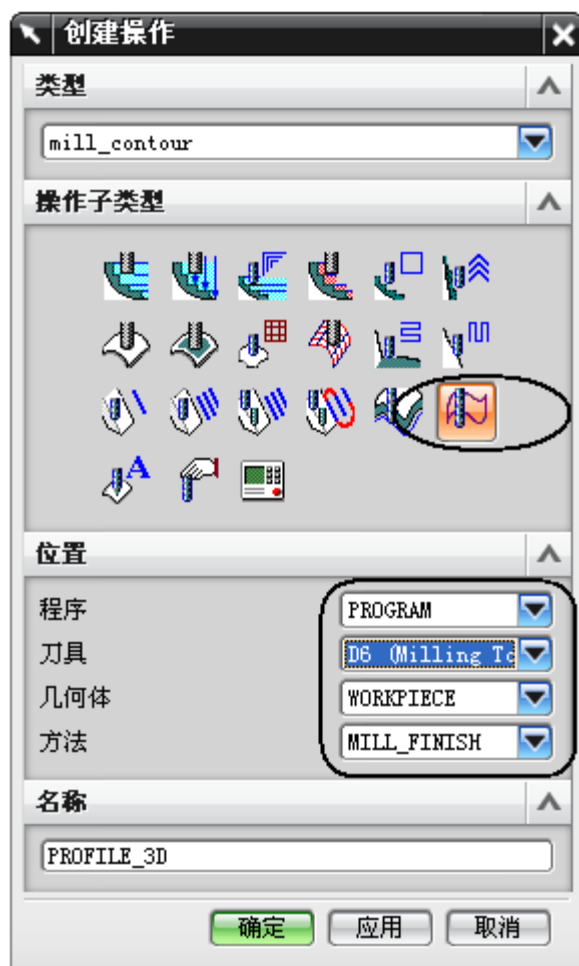


图 0-63

- 在图 6-93 中，单击 OK，打开如图 6-100 所示的创建操作对话框，设置 z 深度偏置为 3。

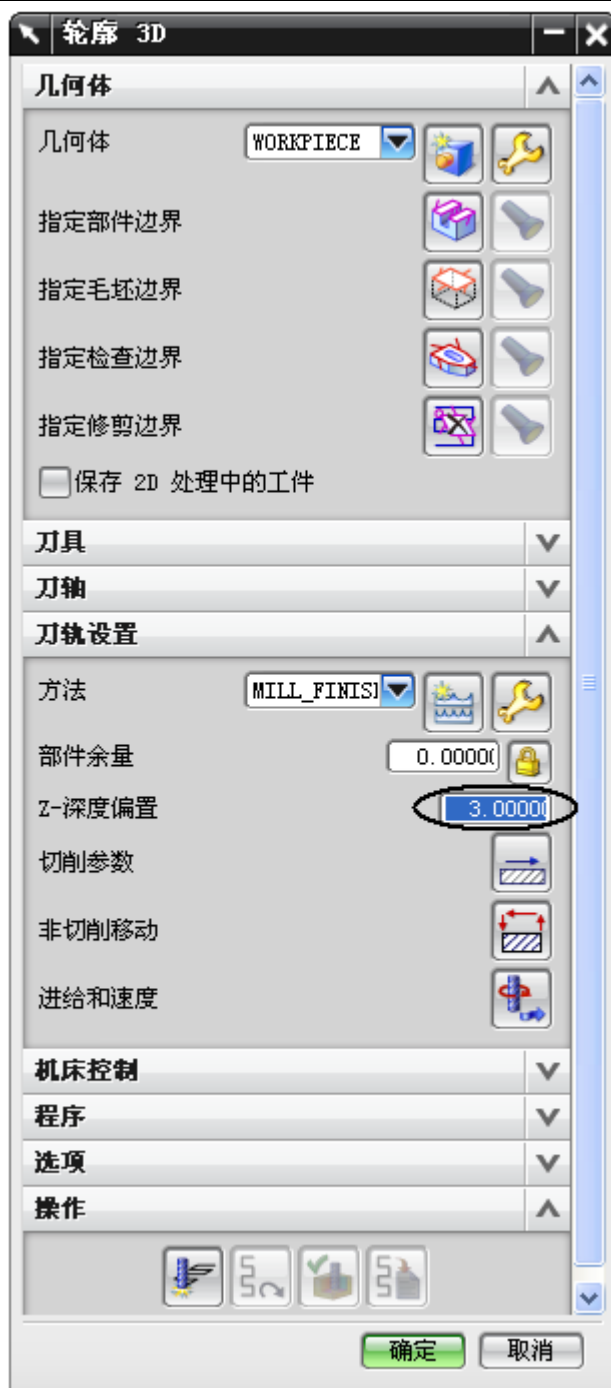


图 0-64

- 单击 , 打开边界定义对话框, 设置如图 6-95 所示的参数, 边界平面为 Z=60 的平面, 单击 OK。
- 选择图 6-96 所示的 4 条边, 单击 OK, 创建如图 4-96 所示的边界, 单击 OK。



图 0-65

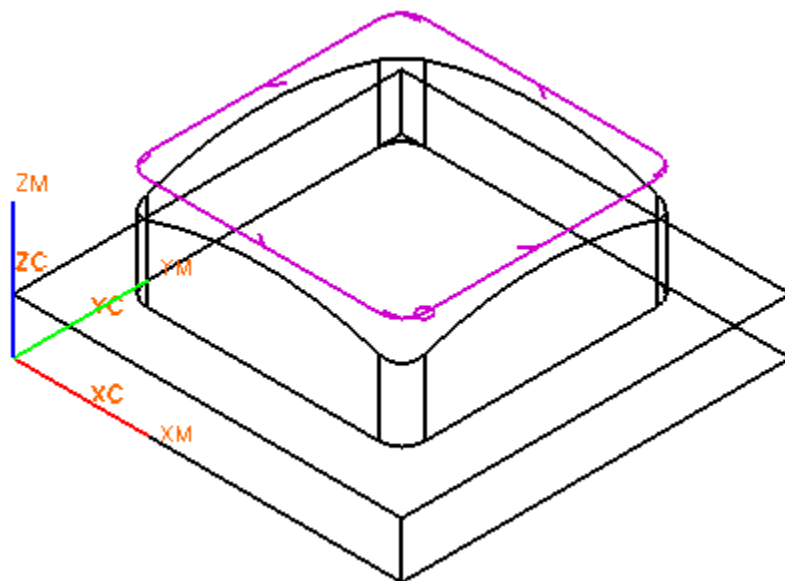


图 0-66

Step 7 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 6-97 所示，单击 OK。

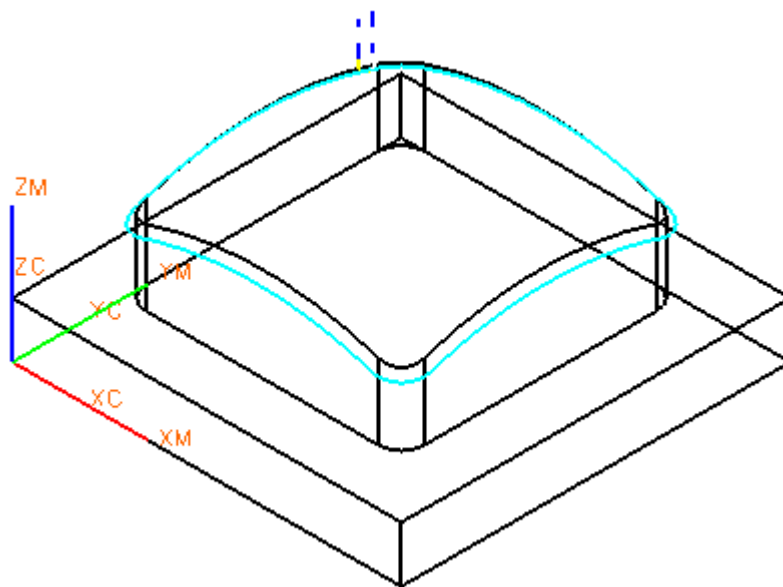


图 0-67

6.12 刻字

在曲面上刻字有两种方法，一是使用固定轴曲面轮廓铣的文字驱动方式（Text Drive Method），如图 6-98 所示；二是直接使用如图 6-99 所示的刻字功能。两者用法基本相同，都需要先书写文字（英文或汉字字符），再创建刻字操作，注意刻字深度（Text Depth）不能大于刀具半径。



图 0-68



图 0-69

练习 12

【目的】使用文本驱动或文本操作子类型创建刻字操作，注意刻字深度不能大于刀具半径。

Step 1 打开零件

Open→x:\parts\fixed_contour\text.prt。

Step 2 书写要雕刻的字符

- 如图 6-100 所示，在开始菜单中选择制图进入此模块，当出现图纸设置对话框时，单击取消。

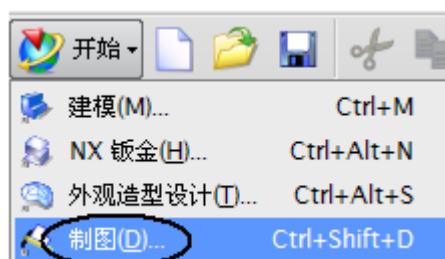


图 0-70

- 单击 , 打开注释编辑器，设置如图 6-101 所示的格式，并在光标位置输入数控铣。

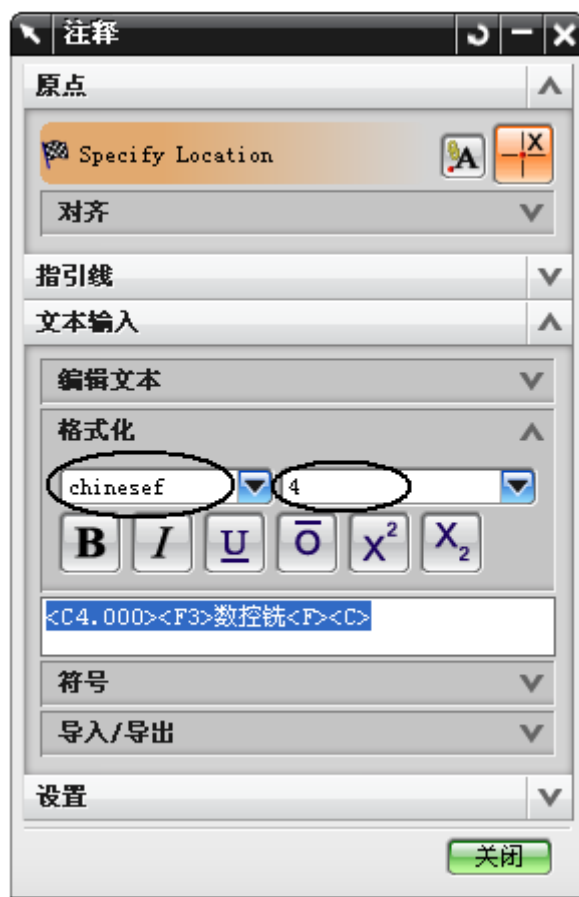


图 0-71

- 移动鼠标，单击 MB1 放置文字，如图 6-102 所示，在图。

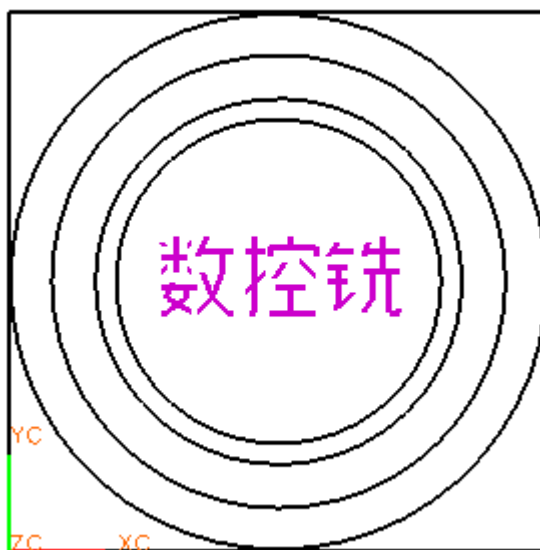


图 0-72

- 若文字没有放置在理想位置上，选择文字，按住 MB1 不放拖动文字到理想位置上，单击 MB1 放置。

Step 3 运行加工模块

Start→Manufacturing。

Step 4 定义工件

- 单击  切换到几何视图。
- 双击 **WORKPIECE**，定义模型窗口中的实体为 **Part**，单击 **OK**。

Step 5 创建刀具

- 创建球刀 D3R1.5mm，过程略。

Step 6 创建刻字操作

- 单击 ，选择如图 6-103 所示的操作子类型和父节点。



图 0-103

- 在图 6-103 中，单击 **OK**，打开如图 6-104 所示的创建操作对话框。



图 0-104

- 单击 , 选择文字“数控铣”，单击 OK。
- 在文本深度栏中输入刻字深度 0.3，如图 6-104 所示。

Step 7 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 6-105 所示。

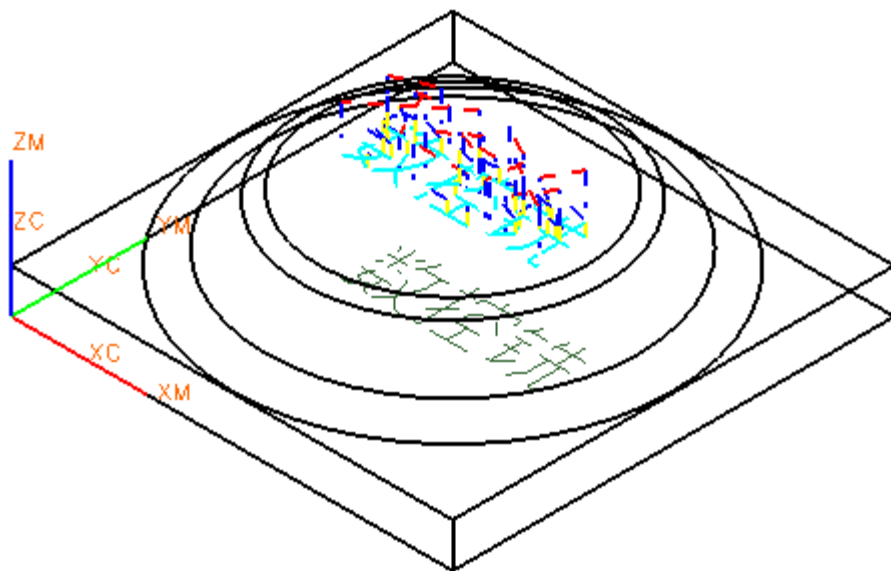


图 0-105

Step 8 刀轨验证

- 单击  验证刀轨，结果如图 6-106 所示。

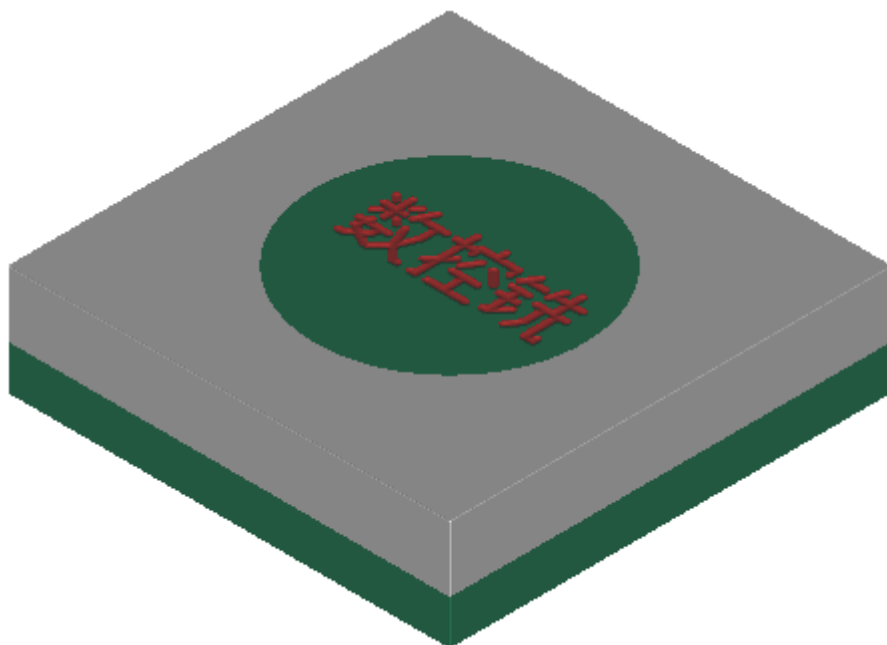


图 0-106

7. 孔加工

1、教学目标：

- 理解孔加工特点；
- 掌握孔加工工序的子类型；
- 掌握孔加工工序的创建步骤。
- 对一般的孔加工工件能够创建粗加工及精加工。

2、教学重点

- 深孔加工工序的创建。
- 切削模式与非切削模式参数的设置。

3、教学难点

- 孔加工各类参数的设置。

4、素质思政内容要求

●培养工匠精神与职业责任感；强化科技报国与创新意识，树立绿色制造与可持续发展理念。

5、教学手段：

- 讲授 、演示、提问

6、学时数

- 8 学时

主要内容:

- 孔加工特点
- 钻削几何及其定义
- 创建孔加工操作
- 孔加工循环方式
- 循环参数设置

7.1 孔加工特点

1. 孔加工

孔加工泛指孔的各种加工，如钻孔（通孔、盲孔、中心孔、沉孔等）、铰孔、镗孔以及铣螺纹等，其加工几何通常用点来指定，所以，孔加工又称为点位加工（Point To Point），图 7-1 中所示的 4 个点是指定的加工点位。

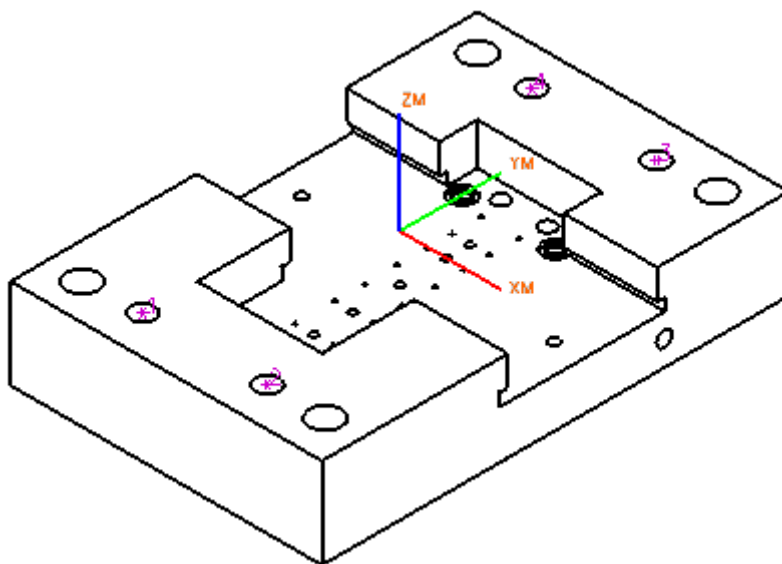


图 7-1

2. 孔加工原理

刀具快速移动定位到加工孔位之上由最小安全距离确定的位置处→以进给速度切入工件并到达指定的切削深度→以退刀速度退回，完成一个孔加工，重复此过程，直至完成指定的切削任务，图 7-2 是孔加工刀轨示意图。

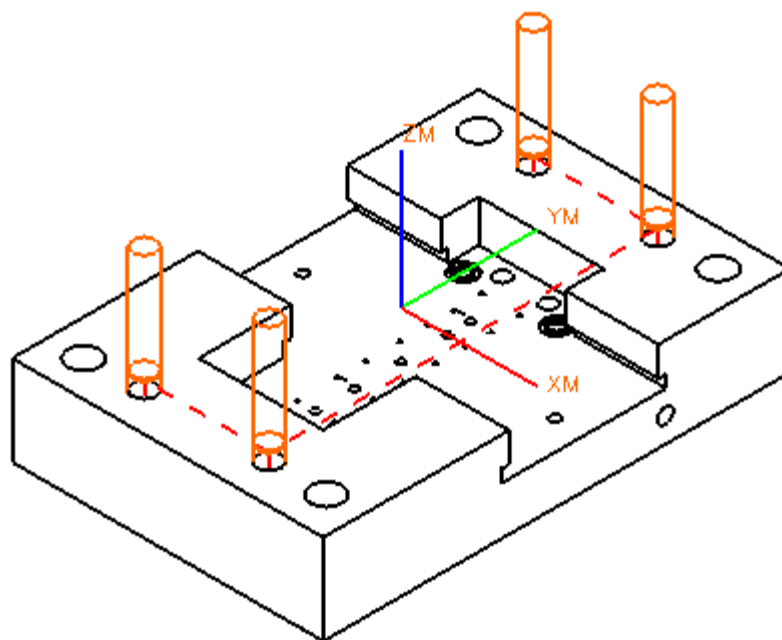


图 7-2

7.2 孔加工操作子类型

孔加工操作子类型如图 7-3 所示，每一种操作子类型都有其特点和用法，用户可根据以下的介绍和零件的加工要求，选择一种较为合适的操作子类型创建孔加工刀轨。另外，如果这些操作子类型不能满足要求，还可以根据自己的加工特点，创建新的操作子类型。注意，在创建操作时，操作子类型一旦选定后就不能再更改，所以选择时要仔细。



图 7-3



SPOT_FACING: 铤钻, 用于加工钻孔位置的小平面。



SPOT_DRILLING: 中心钻, 用于加工中心孔。



DRILLING: 钻孔, 孔加工基本模板, 用于加工普通孔。



PECK_DRILLING: 啄钻, 用于深孔加工。



BREAK_CHIP_DRILLING: 断屑钻, 用于不易断屑材料的孔加工。



BORING: 镗孔, 用于加工较大直径的孔。



REAMING: 铰孔, 用于孔的精加工。



COUNTERBORING: 用于加工沉孔。



COUNTERSINKING: 用于加工锥形沉孔。



TAPPING: 攻螺纹。



THREAD_MILLING: 铣螺纹，用于加工大尺寸的螺纹。

7.3 创建孔加工操作步骤

创建孔加工铣操作的步骤如图 7-4 所示，主要包括编辑/创建父节点、创建操作（选择操作子类型和指定父节点）以及设置操作参数。

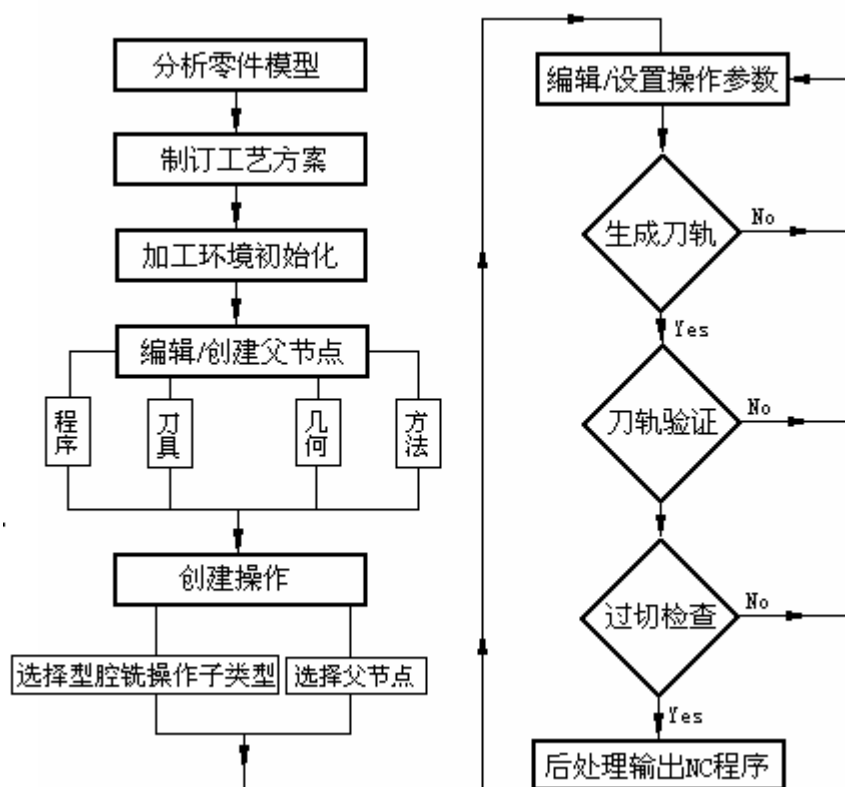


图 7-4

7.4 孔加工操作参数设置

创建任何一种孔加工操作，都将打开如图 7-5 所示的孔加工操作参数设置对话框。



图 7-5

1. 最小安全距离

最小安全距离 Minimum Clearance 是刀具与零件表面 (Part Surface) 沿刀轴方向的距离, 如图 7-5 所示。最小安全距离指定的高度, 是每个加工位置上刀具由快速速度 (Rapid Rate) 或进给速度 (Engage Feed Rate) 转变为切削进给速度 (Cut Feed Rate) 的位置。

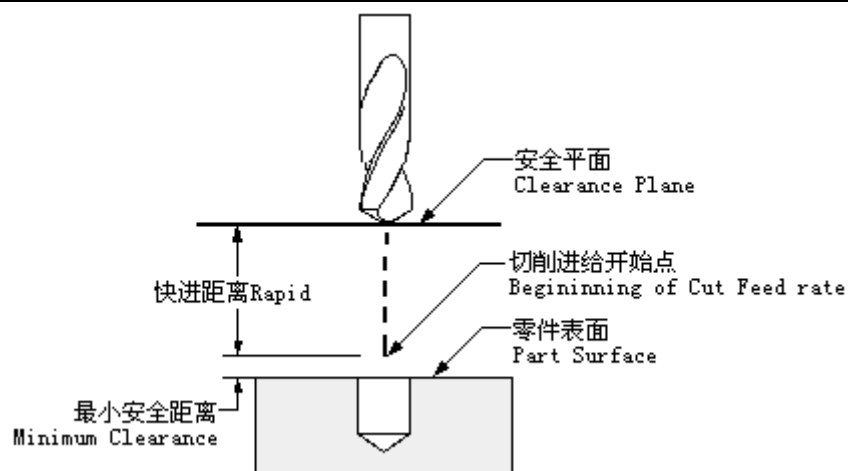


图 7-4

2. 深度偏置

深度偏置有通孔偏置和盲孔偏置 2 个参数。

通孔安全距离：指刀具穿透底表面的距离，如图 7-6 所示。

盲孔余量：指孔底部要保留的用于精加工的材料余量，如图 7-6 所示。

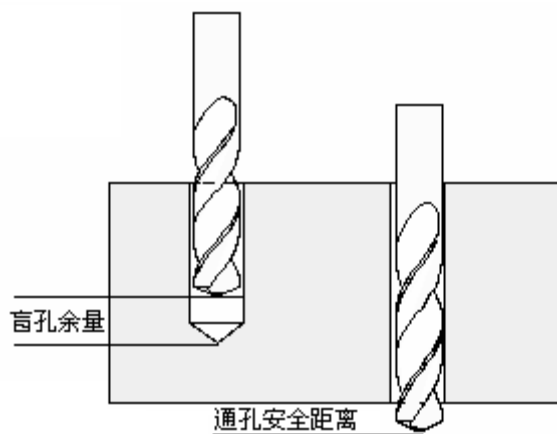


图 7-5

7.3 钻削几何及其定义

如图 7-7 所示，钻削几何包括加工坐标系（MCS）、工件（WORKPIECE）以及点位（POINTS），其中工件已在加工创建一章中介绍，因此，这里只介绍加工坐标系和点位。

7.3.1 创建/编辑加工坐标系（MCS）

创建加工坐标系 MCS 已在第二章中讲述，这里只强调在孔加工中，创建 MCS 时要注意以下几点：

- 1) 若是三轴加工，且所加工孔的轴线相互平行，加工坐标系 MCS 的+ZM 轴应与待加工孔的轴线平行。
- 2) 若是三轴加工，但所加工孔的轴线若有不平行情况，则应在各个不同轴线方位上创建相应的 MCS 及其操作，现场加工时，也必须多次重新装夹工件。
- 3) 若使用四轴或更多轴机床，因刀具轴可变，在同一个操作中可为不同方位的加工孔指定相应的刀轴方位。

7.3.2 创建钻削几何 (DRILL_GEOM)



单击 ，打开创建加工几何对话框，如图 7-7 所示。选择类型为 Drill，选择几何体子类型为孔



位 ，父节点为 WORKPIECE，单击 OK，打开钻削几何创建对话框，如图 7-8 所示。

钻削几何包括孔 (Holes)、零件表面 (Part Surface) 和底表面 (Bottom Surface) 三部分。



图 7-6



图 7-7

 **Holes:** 泛指被加工的孔，可以选择一般点、圆弧中心、圆心、椭圆以及实体或片体上的孔定义。孔是必须指定的，否则不能生成刀轨。

 **Part Surface:** 零件表面即刀具切入材料的位置，它可以是存在的表面或者用户指定的平面，如图 7-5 所示。若未定义此表面，刀具将从被选择的孔位开始切入。

 **Bottom Surface:** 底表面，根据需要指定，可用于指定孔的切削深度，如图 7-9 所示。

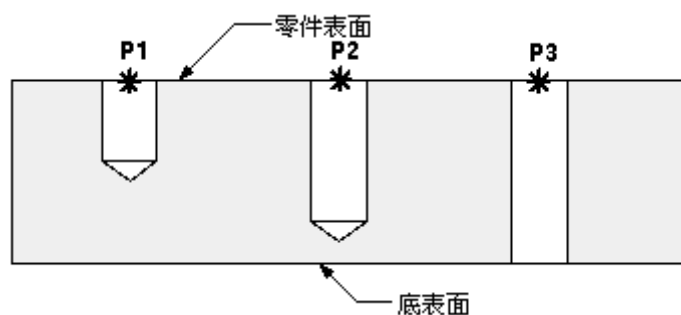


图 7-8

7.3.3 定义和编辑加工孔位 (Holes)

孔是必须定义的加工几何，在图 7-8 中，选择 ，单击选择，打开如图 7-10 所示的定义和编辑孔位对话框。



图 7-9

在图 7-10 中，单击选择，打开如图 7-11 所示的定义加工孔位对话框，此时可直接在模型上选择加工孔位，同时应注意 Cycle 参数组（Cycle Parameter Set）的设置。Cycle 参数组用于对被加工孔进行分类，以达到分类设置切削参数的目的。例如，按通孔、盲孔等类型分组，在加工时可分别设置通孔和盲孔的切削深度和切削参数。若不选择此项，当前选择的孔位缺省使用第一循环参数组；若选择此项，则弹出如图 7-12 所示的对话框，显示 5 个可供选择的参数组。若要将被选择的孔位放到某一个参数组，单击该参数组，这样所选择的参数组就成为当前参数组，在改变当前参数组之前所选择的孔位都使用这一个参数组，结束后单击 OK。

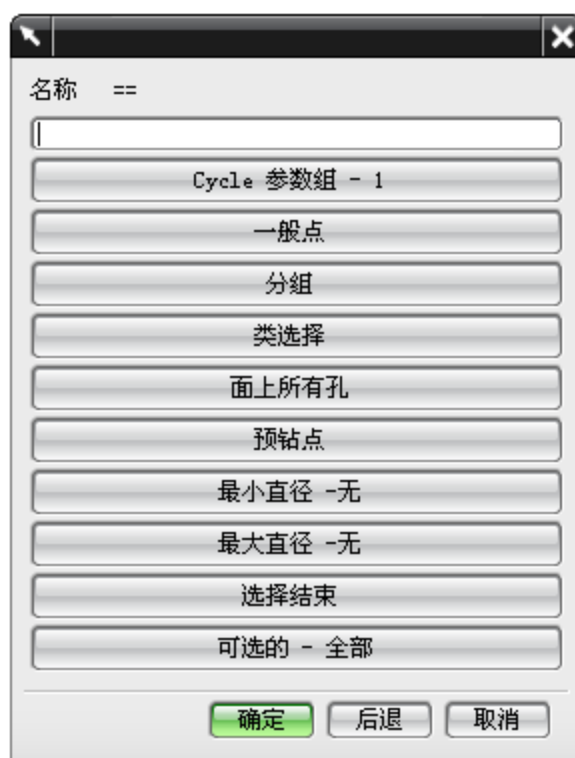


图 7-10



图 7-11

练习 1

【目的】创建钻中心孔、通孔及铰孔操作，掌握避让几何定义。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\ptp\drilling_1.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件 (WORKPIECE)

- 在导航工具条中, 单击  切换到几何视图, 如图 7-13 所示。

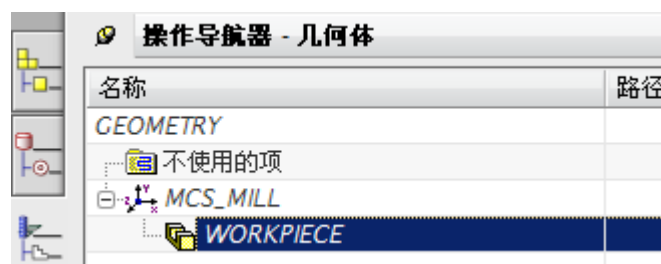


图 7-12

- 双击 WORKPIECE, 定义如图 7-14 所示的 Part, 单击 OK。

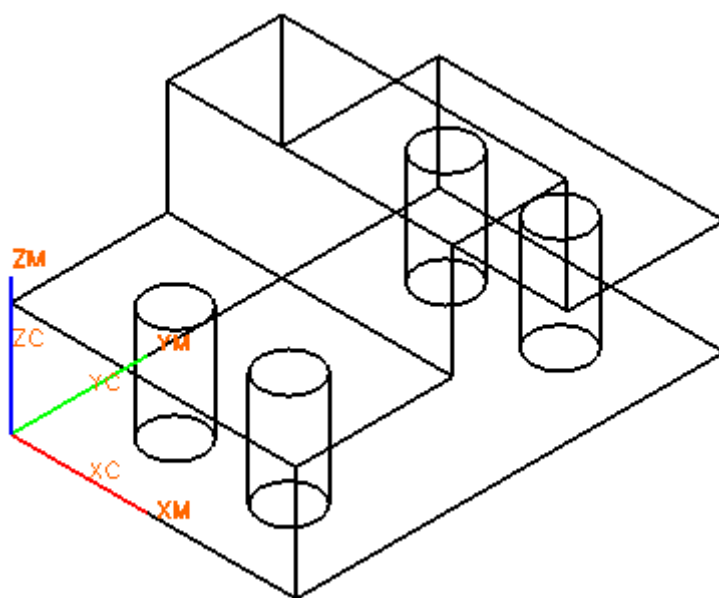


图 7-13

Step 4 创建钻削几何

- 单击 , 设置如图 7-15 所示的参数, 单击 OK。



图 7-14

- 在图 7-15 中，单击 OK，打开钻削几何定义对话框，如图 7-16 所示。



图 7-15

- 单击 , 打开加工点位定义对话框，如图 7-17 所示。单击选择，使用默认参数组，选择如图 7-18 所示的 4 个孔位，单击 OK。



图 7-16

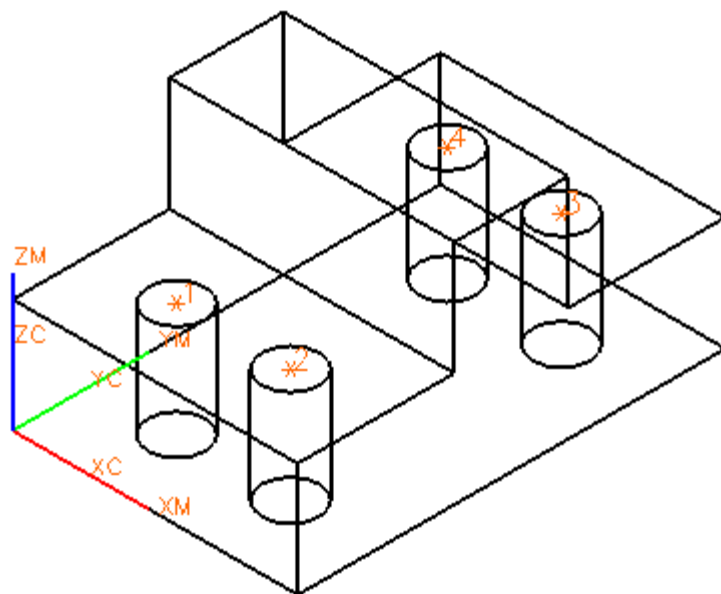


图 7-17

- 在图 7-17 中，单击避让，分别选择孔 2 和孔 3 作为避让的开始点和结束点，此时将打开如图 7-19 所示的避让选项对话框。



图 7-18

- 单击距离，输入避让距离 30，单击 OK。
- 单击 OK，结束加工点位定义，返回到如图 7-16 所示的对话框中，单击 ，定义如图 7-20 所示的底表面，单击 OK 两次，结束钻削几何定义。

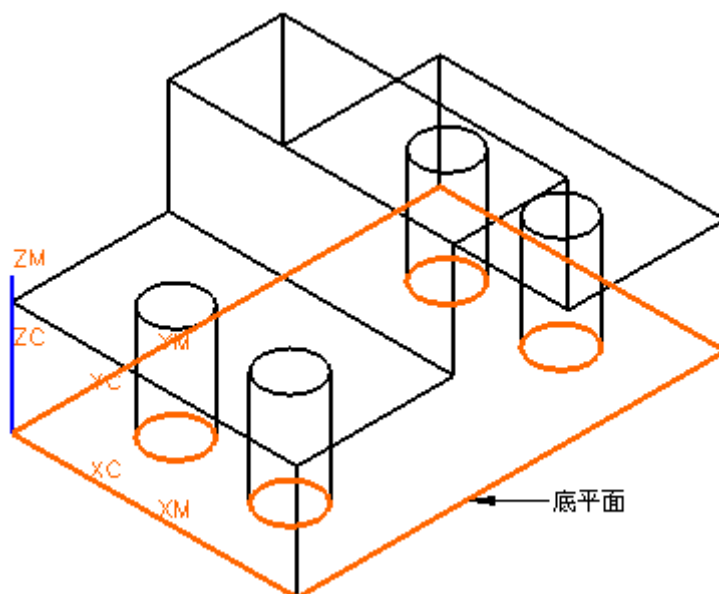


图 7-19

Step 5 创建孔加工刀具

- 本例定义如图 7-21 所示的 3 把刀具，其中中心孔钻的顶角为 60。

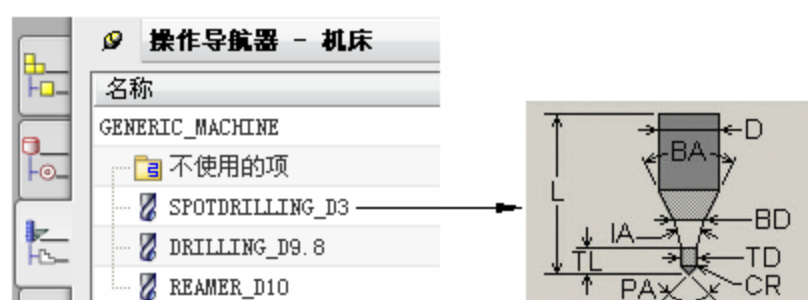


图 7-20

Step 6 创建加工中心孔操作

- 单击 ，选择如图 7-22 所示的操作子类型和父节点。

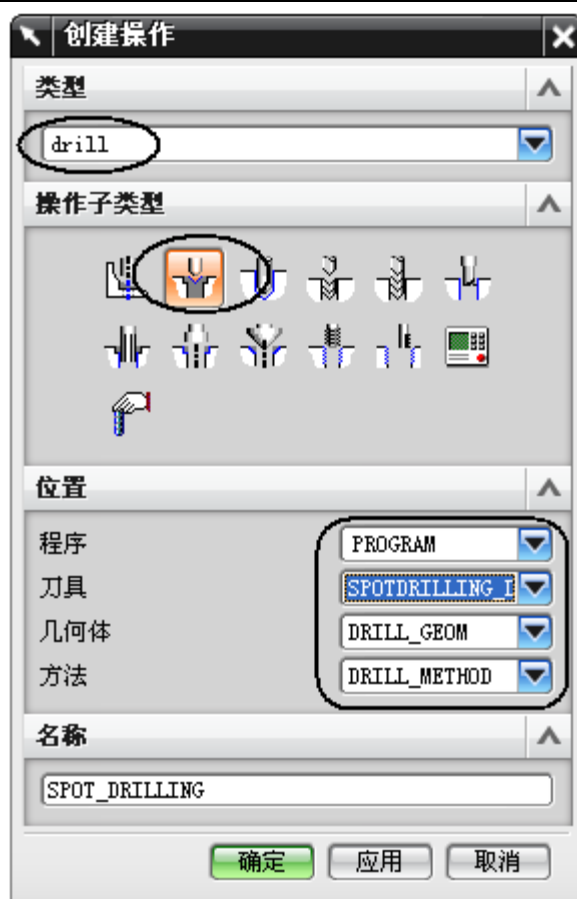


图 7-21

- 单击 OK，打开如图 7-23 所示的操作参数设置对话框。



图 7-23

Step 7 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 7-25 所示，单击 OK 保存刀轨。

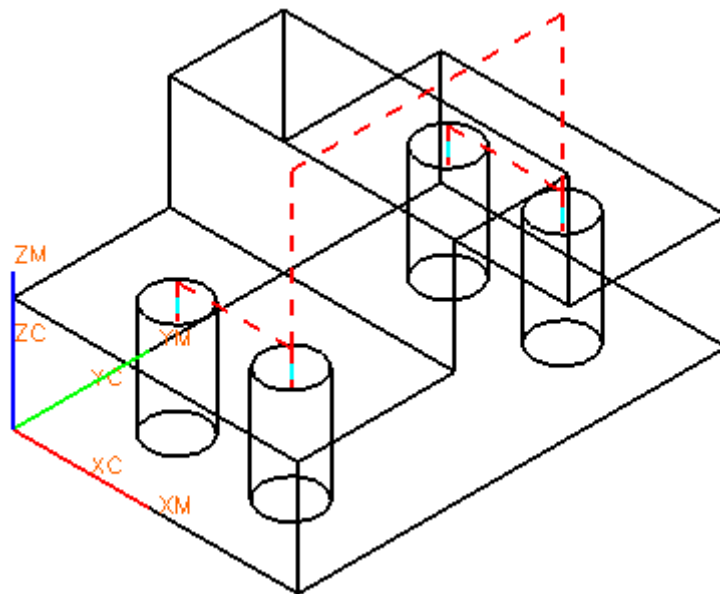


图 7-24

Step 8 创建钻孔操作

- 单击 ，选择如图 7-26 所示的操作子类型和父节点。

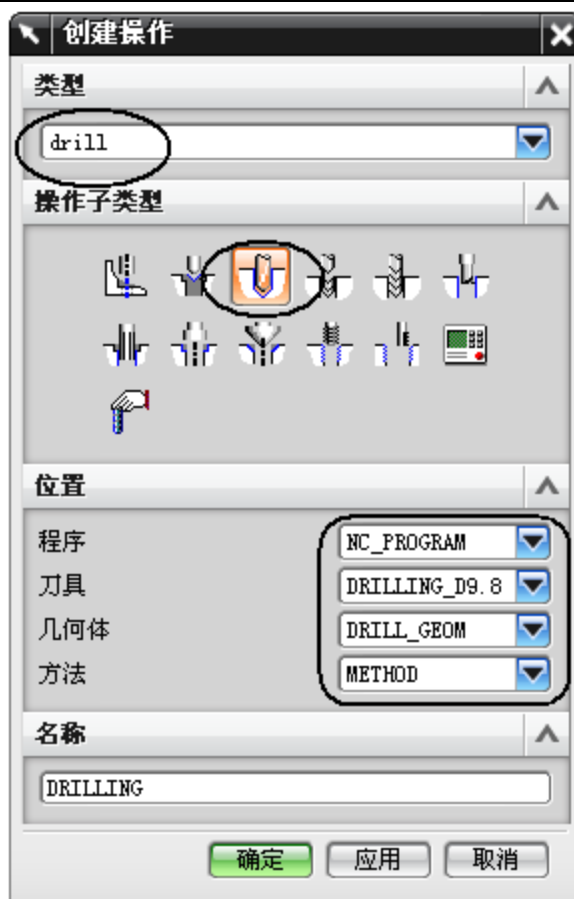


图 7-25

- 单击循环下拉菜单，选择标准钻循环，当出现指定循环参数组对话框时，单击 OK 打开 Cycle 参数设置对话框，单击 **Depth**，选择穿过底面，单击 OK，如图 7-27 所示，再单击 OK，结束循环参数设置。



图 7-26

- 单击  生成刀轨，如图 7-28 所示，单击 OK 保存。

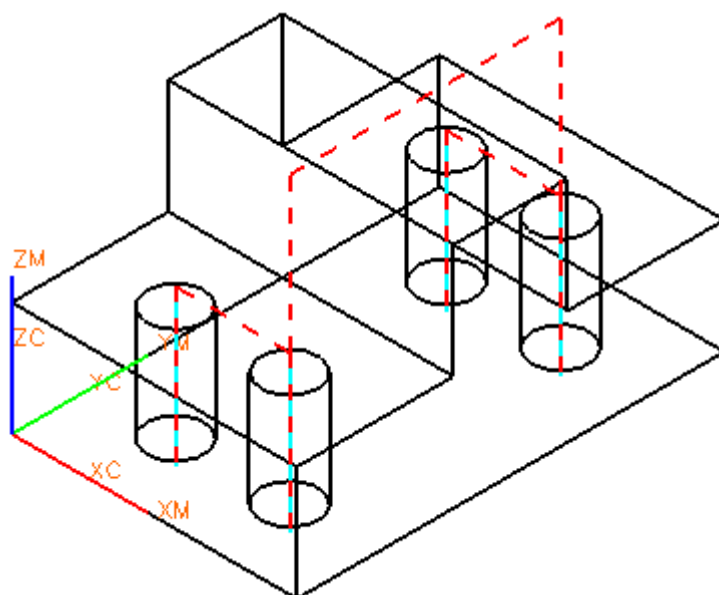


图 7-27

Step 9 创建铰孔操作

- 单击 ，切换到刀具视图，选择 DRILLING 操作，单击 MB3，选择复制，如图 7-29 所示。

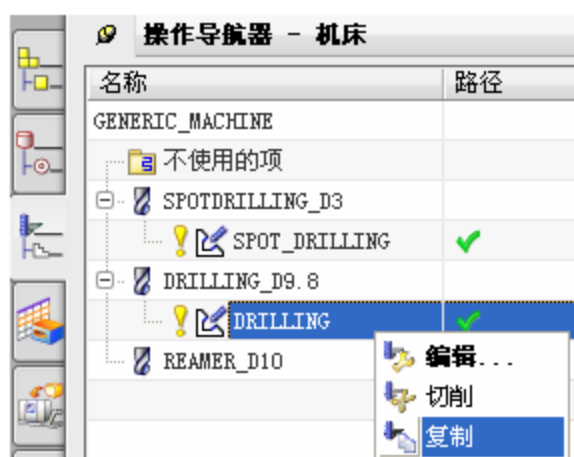


图 7-28

- 单击 REAMER_D10，单击 MB3 打开快捷菜单，选择内部粘贴 Paste Inside，完成操作复制，如图 7-30 所示。



图 7-29

- 单击 DRILLING_COPY 操作，单击 MB3 打开快捷菜单，选择重命名 RENAME，将此操作的名称改为 REAMER。
- 双击 REAMER 操作，打开参数设置对话框。
- 单击  生成铰孔刀轨，如图 7-28 所示，单击 OK 保存。

7.4 孔加工循环方式

在孔加工中，不论使用钻孔、铰孔、或镗孔等任何一种孔加工方式，都要在孔加工操作对话框中，选择如图 7-31 所示的一种孔加工循环方式，以定义刀具的运动过程。

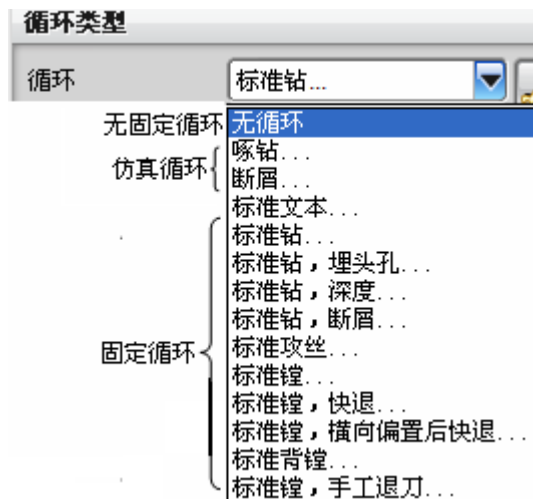


图 7-30

7.4.1 无固定循环（No Cycle）

无固定循环，取消任何被激活的循环。当“无固定循环”被激活时，不需要设置循环参数组和定义其参数，只要选择加工孔位，系统直接生成刀轨（必须指定零件表面和底表面才能生成切削刀轨）。这种孔加工简单方便，适用于钻削加工要求相同的孔。

“无固定循环”的运动过程如下：以进给速度移动刀具到第一个点位上方的安全点→沿着刀轴方向以切削进给速度切削到零件底表面→刀具以退刀速度退回到该点位的安全点上→以快进速度移动刀具到下一个点位的安全点上。注意，当选择“无固定循环”时，深度偏置参数无效。

7.4.2 仿真循环（Simulation Cycle）

仿真循环是指不使用 Cycle 命令（也就是 NC 程序的固定循环 G 代码）而是使用 GOTO 命令（也就是 NC 程序的 G00 和 G01）控制刀具的运动过程，因此不需要依赖机床控制器的固定循环子程序。由此可知，使用仿真循环会导致 NC 文件变大。啄钻（Peck Drill）和断屑钻（Break Chip）属于仿真循环。

1. 啄钻（Peck Drill）

啄钻，在每一个钻削位置上产生一个仿真啄钻循环，其切削原理如图 7-32 所示。

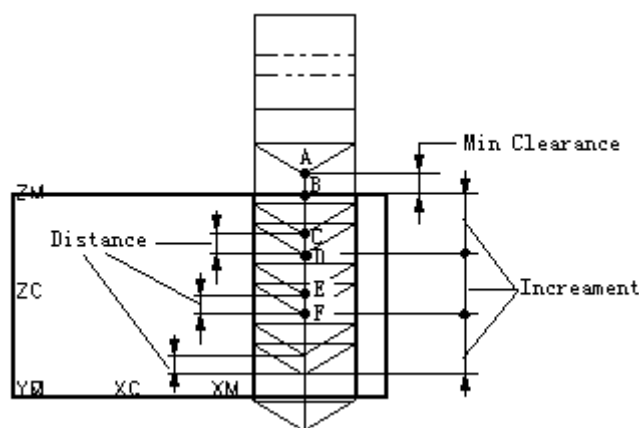


图 7-31

一个啄钻循环的刀具运动过程如下：

1. 刀具快进到最小安全距离确定的 A 点；
2. 刀具以循环进给速度切削进给到 D 点（通过被加工孔开始点 B 后继续进刀一个切深增量 Increment）；
3. 刀具以退刀速度快退到 A 点（退刀到孔外以利于排屑和切削液进入）；
4. 快进到 C 点（前一次切削深度沿刀轴向上偏移一个步进安全距离 Distance）；
5. 刀具以循环进给速度切削进给到 F 点（切深为一个步进距离 Distance 和一个切深增量。增量可以为零（None）、固定深度（Constant）和可变深度（Variable））。

重复步骤 3、4 和 5，直至钻到要求的深度，刀具退回到安全点上，以快速进给速度移动刀具到下一个点位的安全点上，开始进行下一个孔的啄钻加工。

分析啄钻的循环过程可知，这种循环方式类似于固定循环 G83，适用于深孔加工，但当切深增量 Increment 为 None 时，啄钻的循环过程将得到简化，类似于固定循环 G81，可用于一般孔的加工。

2. 断屑钻 (Break Chip)

断屑钻在每一个钻削位置上产生一个断屑钻循环。断屑钻循环类似于啄钻循环，所不同的是：在每一个钻削深度增量之后，刀具不是退回到孔外的安全点上，而是退回到在当前切削深度之上的一个由步进安全距离指定的点位（这样可以将切屑拉断）。断屑钻的刀具运动过程如下：

1. 刀具以快进速度移动安全点上；
2. 刀具沿刀轴方向以循环切削进给速率钻削到第一个中间切削深度；
3. 刀具以退刀进给速率退回到当前切削深度之上的由安全距离确定的点位上；
4. 刀具继续以循环切削进给速率钻削到下一个中间增量深度；

重复步骤 3 和 4，直至钻削到指定的孔深之后，刀具以退刀进给速度从孔深位置退回刀具到安全点。

5. 以快速进给速度移动刀具到下一个点位的安全点上，开始进行下一个孔的断屑钻加工。

由上述断屑钻循环过程可知，断屑钻适合给韧性材料的孔加工。

7.4.3 固定循环 (Fixed Cycle)

1. 标准文本 (Standard Text)

标准文本，在每一个被选择的加工点位上激活一个标准循环。选择该循环，系统要求输入循环文本（长度达 1 至 20 个由字母和数字组成的非空的字符串）以及定义参数组及其它参数。

2. 标准钻削 (Standard Drill)

标准钻削，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准钻削”循环。选择此项，弹出定义循环参数组数的对话框，在输入循环参数组数的数量之后，弹出为每个参数组定义参数的对话框。标准钻削循环不适于钻削深孔和有一定深度的韧性材料的孔。

“标准钻削”循环的刀具运动过程如下：刀具以快进速度移动到点位上方的安全点上→刀具以循环进给速度钻削到要求的孔深→刀具以退刀进给速度退回到安全点→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

3. 标准沉孔钻循环 (Standard Drill, Csink)

标准沉孔钻，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准沉孔钻”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的钻削过程为：刀具以切削进给速度钻削到由沉孔直径和刀尖角度计算所得的深度→沿刀轴方向以快进速度回退到安全高度→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

4. 标准深孔钻 (Standard Drill, Deep)

标准深孔钻，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准深孔钻”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的钻削过程为：刀具以切削进给速度以一系列的切深增量钻削→在每进给一个深度增量之后，刀具以快退速度退出孔外排屑，如此反复，直到最终深度→快速退回安全高度→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

5. 标准断屑钻 (Standard Drill,Break Chip)

标准断屑钻，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准断屑钻”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的断屑钻过程为：刀具进给到每一个中间深度→退回一个由控制器或机床定义的安全距离→再进给到由下一个深度增量确定的位置→如此重复，直到到达最终加工深度→以快速进给速度退出孔外到达安全高度上→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

6. 标准攻螺纹(Standard Tap)

标准攻螺纹循环，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准攻螺纹”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的攻螺纹过程为：刀具进给到最终的切削深度→主轴反转并退回到操作安全点上→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

7. 标准镗 (Standard Bore)

标准镗循环，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准镗”循环。该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的镗削过程为：刀具切削进给到孔的最终切深之后以切削进给速度退回到孔外→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

8. 标准镗、快退 (Standard Bore, Drag)

标准镗、快退循环，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准镗、快退”循环，其主要特点是在退刀前主轴停止旋转。

该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的镗削运动过程为：刀具镗削进给到孔深→主轴停止旋转并以快进速度退出孔外到操作安全点上→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。该循环的缺点是退刀过程，刀刃划伤已加工表面，因此一般用于粗镗。

9. 标准镗、横向偏置后快退 (Standard Bore,No Drag)

标准镗、横向偏置后快退，在每一个加工点位上激活一个“标准镗、横向偏置后快退”循环，其主要特点是在退刀前主轴停止旋转、定角位、主轴偏置。

该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的“标准镗、横向偏置后快退”的镗削运动过程为：刀具镗削进给到孔深→主轴停止旋转→定主轴方位角→在主轴方位角决定的方向偏移主轴→最后快退到孔外→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。该循环方式在退刀前主轴偏置，刀刃不会划伤已加工表面，因此适合精镗。

10. 标准背镗 (Standard Bore,Back)

标准背镗循环，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准背镗”循环。

该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的背镗运动过程为：主轴停止旋转→定主轴方位角→在主轴方位角决定的方向偏移主轴→主轴进给到孔深→主轴移动到孔的中心→主轴开始旋转退回，在退回过程中镗孔→刀具以快进速度移动到下一个加工点位上的安全点开始下一个点位的循环。

11. 标准镗、手工退刀 (Standard Bore, Manual)

标准镗、手工退刀循环，在每一个被选择的加工点位上激活一个“标准镗、手工退刀”循环，其特点是退刀运动由手动操作解决。

该循环的刀具运动取决于机床和后处理器。典型的镗削运动过程为：刀具镗削进给到孔深→主轴停止旋转，同时程序停止→操作者手动操纵机床退刀到孔外。

练习 2

【目的】创建多孔加工操作，掌握刀轨优化。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\ptp\drilling_2.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件 (WORKPIECE)

- 双击 WORKPIECE，定义图形窗口中的实体零件为 Part。

Step 4 创建钻削几何。

- 单击 ，设置如图 7-33 所示的参数，单击 OK。



图 7-32

- 在图 7-33 中，单击 OK，打开钻削几何定义对话框，如图 7-40 所示。



图 7-33

- 单击, 打开加工点位定义对话框, 如图 7-35 所示。

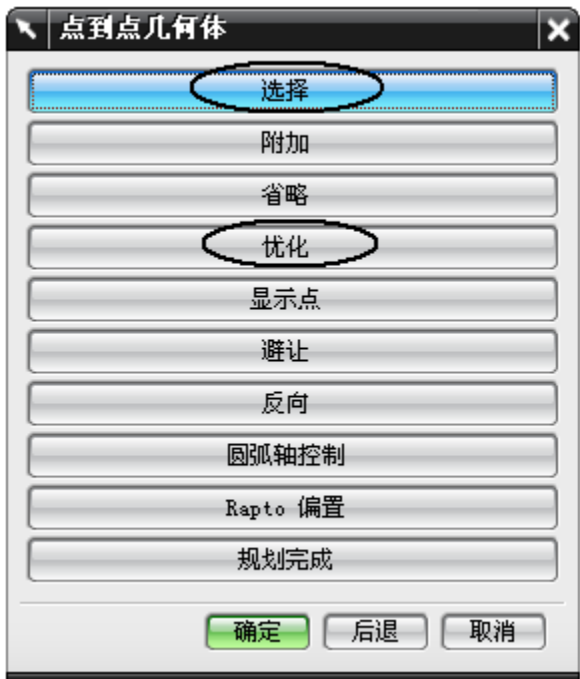


图 7-34

- 在图 7-35 中, 单击选择, 使用默认参数组, 选择如图 7-36 所示的 9 个孔位, 单击 OK, 显示如图 7-37 所示的孔加工顺序。

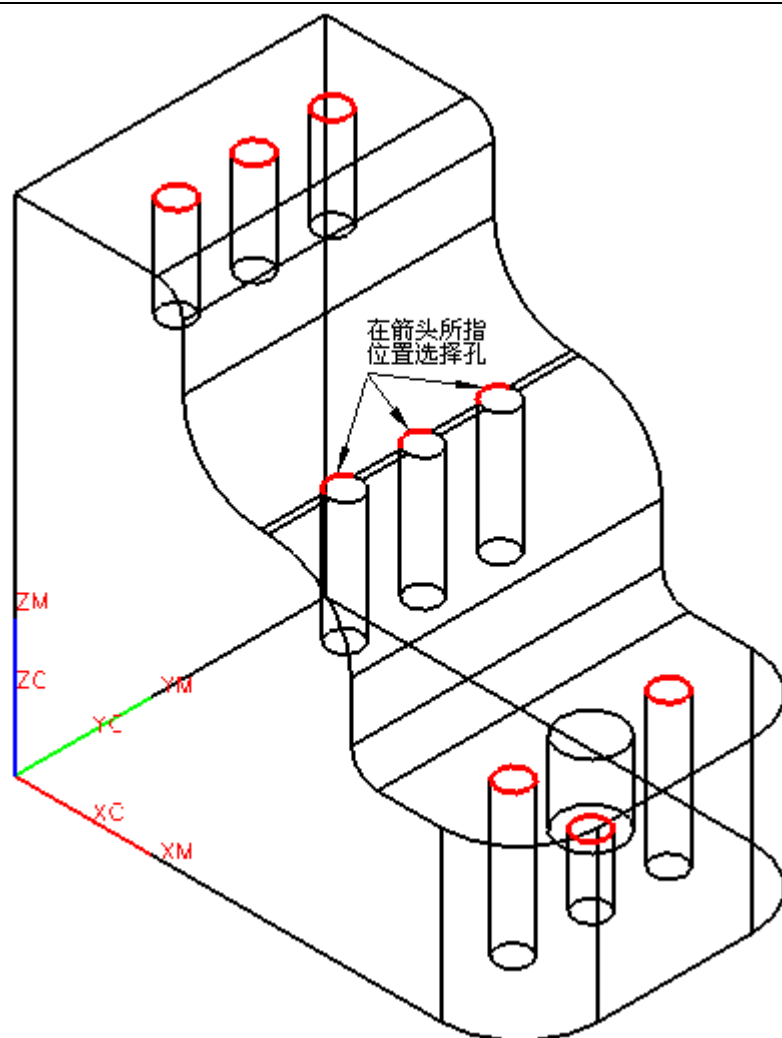


图 7-35

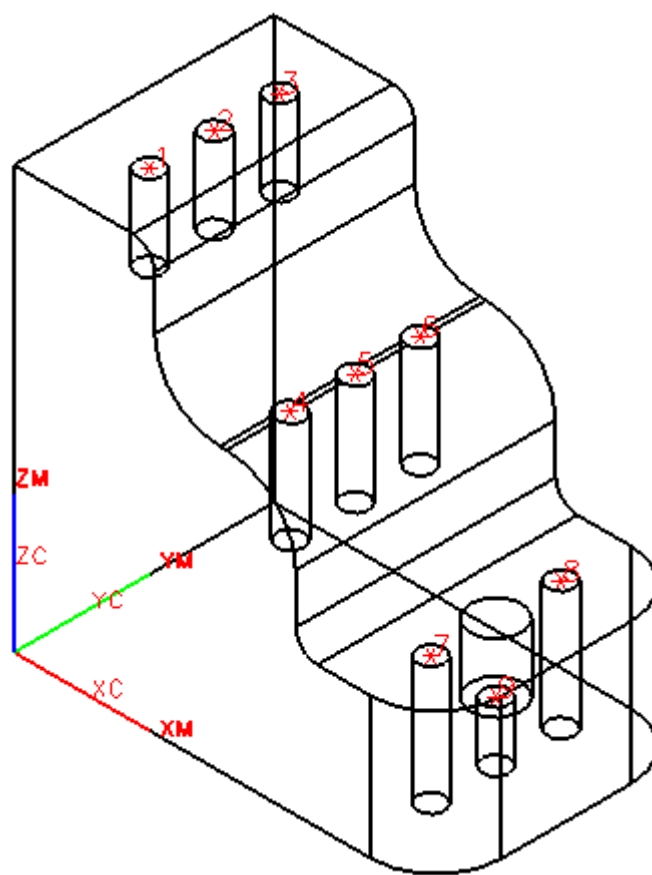


图 7-37

- 在图 7-37 中，孔加工顺序是 1-2-3-4-5-6-7-8-9，刀路较长。
- 在图 7-35 中，单击优化，打开图 7-38 所示的对话框，选择 **Shortest Path**，打开图 7-39 所示的对话框，再单击优化，结果如图 7-40 所示，选择接受，可观察到优化后的孔加工顺序编号，如图 7-41 所示。



图 7-38



图 7-39



图 7-40

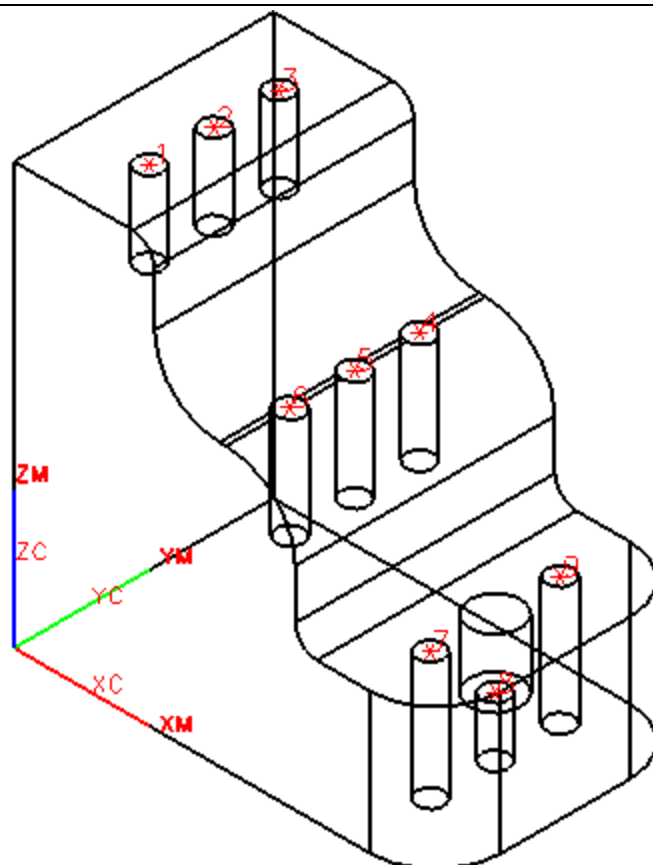


图 7-41 所示

- 在图 7-35 中，单击 OK，结束钻削几何定义，

Step 5 创建孔加工刀具

- 本例只创建一把直径为 15.8mm 的钻头，过程省略。

Step 6 创建钻孔操作

- 单击 ，选择如图 7-42 所示的操作子类型和父节点。

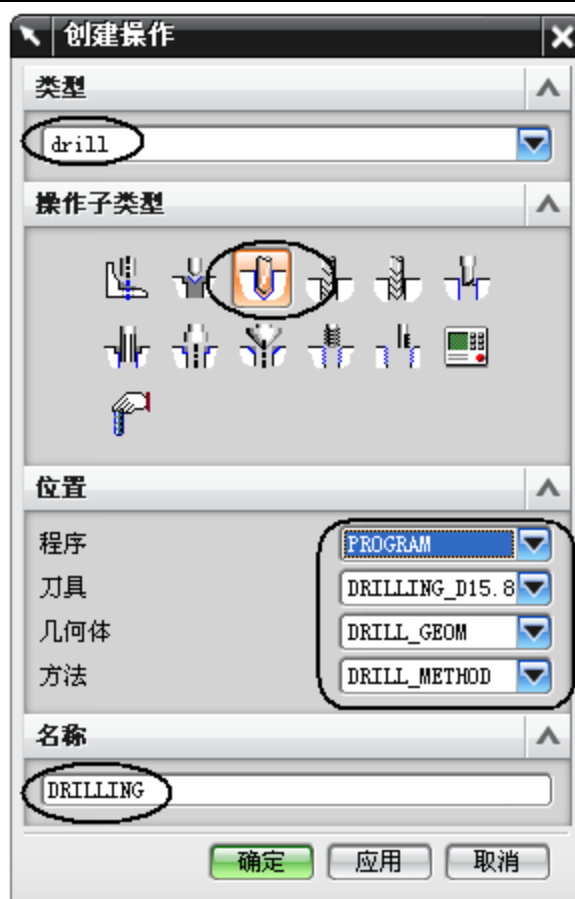


图 7-42

- 单击 OK，打开参数设置对话框，所有参数均使用默认值。
- 单击 ，生成如图 7-43 所示的刀轨，单击 OK 保存。

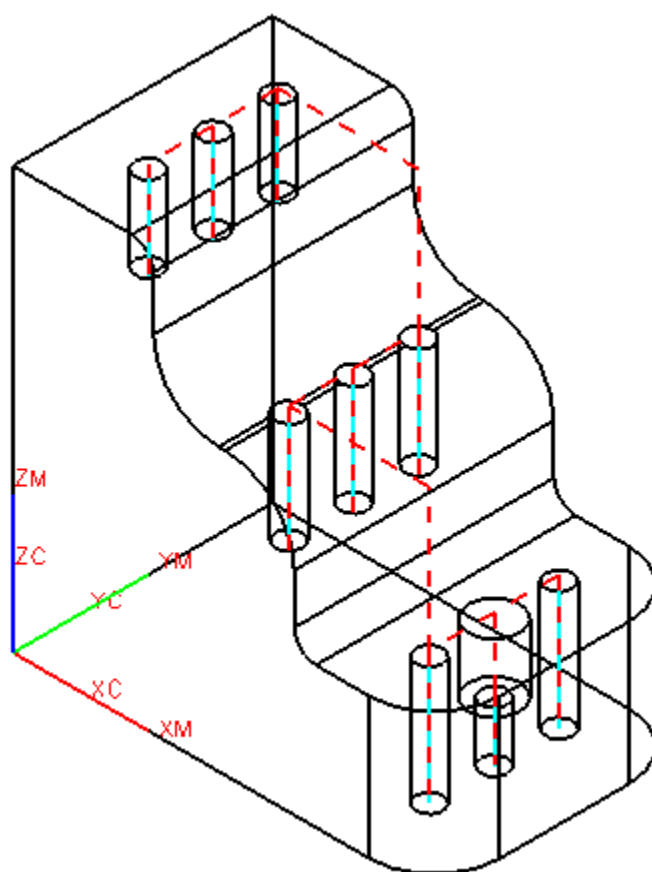


图 7-43

7.5 循环参数设置

在创建孔加工操作对话框中，选择一种循环方式后，显示在指定钻削几何时已定义的循环参数组数，例如，如图 7-44 所示表示已定义了 2 个循环参数组。



图 7-44

在图 7-44 中，单击 OK，弹出第一循环参数组（Parameter Set 1）参数设置对话框，如图 7-45 所示，确认之后，会提示设置第二循环参数组（Parameter Set 2）参数。若有更多参数组，可依次设置循环参数组参数。



图 7-45

1. 钻削深度 (Depth)

钻削深度是指零件表面到刀尖的深度。除 Standard Drill Csink 循环外，其它所有循环需要指定钻削深度。在图 7-45 中，单击 **Depth**，将弹出如图 7-46 所示的切削深度定义对话框，除模型深度(Model Depth)是指实体模型上特征孔的实际深度外，其它每一中深度定义方式所表示的意义如图 7-47 所示。



图 7-46

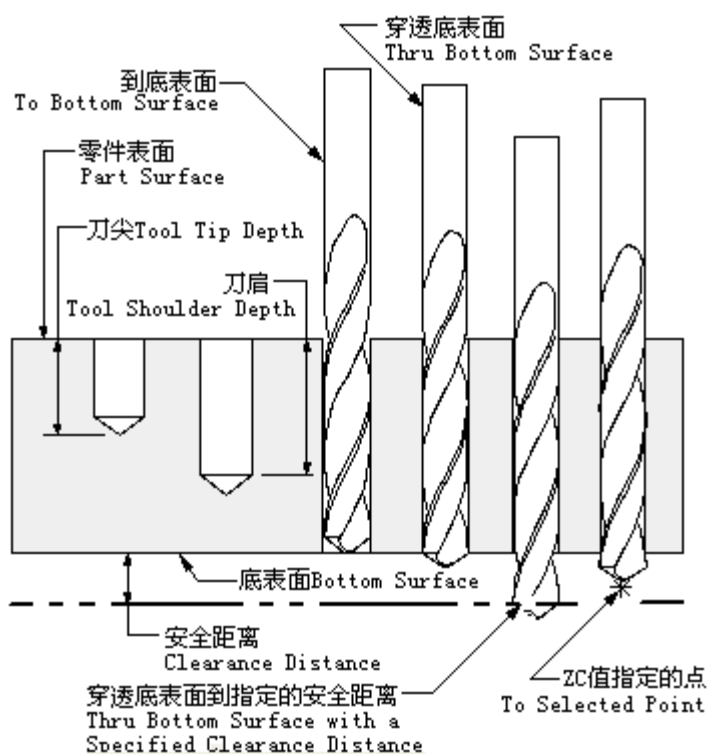


图 7-47

2. 切削进给速度（Feedrate）

切削进给速度指钻削时的速度，可选每分钟进给多少毫米（MMPM）或每转进给多少毫米（MMPR）。

3. 停留时间（Dwell）

停留时间是指刀具到达指定的钻削深度之后要停留的时间，选择此项，将弹出如图 7-48 所示的对话框。



图 7-48

关：刀具不停留。

开：刀具停留，仅用于标准循环。

秒：指定停留秒数，单位为秒（Sec）。

旋转：指定停留转数，单位为转数（Rev）。

4. 选项 (Option)

该选项用于所有标准循环，其值只有 On 和 Off，其功能取决于后处理器。

5. CAM

设置 CAM 值，用于没有可编程 Z 轴的机床，指定一个预置的 CAM 停刀位置以控制刀具深度。

6. 退刀距离 (RTRCTO)

退刀距离，是指沿刀轴方向测量的从零件表面 (Part Surface) 到退刀点的距离。

7. 沉孔直径 (Csink Diameter)

指定沉孔直径，仅用于 Standard Drill, Csink 循环。

8. 入口直径 (Entrance Diameter)

通常是在一个已有的圆柱孔上钻沉孔，入口直径指已有的圆柱孔的直径，仅用于 Standard Drill, Csink 循环。

9. 增量 (Increment)

钻削增量，仅用于啄钻 (Peck Drill) 和断屑钻 (Break Chip) 两个仿真循环。选择该选项，将弹出如图 7-45 所示的对话框。



图 7-36

空：不指定增量，刀具一次钻削到要求深度。

恒定：指定常值增量。

可变的：指定可变增量，选择该选项将弹出增量设置对话框，可根据需要设置 1 至 7 种增量值。

练习 3

【目的】使用啄钻仿真循环创建深孔钻削操作，掌握钻削增量的设置。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\ptp\drilling_3.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件（WORKPIECE）

- 参考本章练习 1，定义图形窗口中的实体为 Part。

Step 4 创建钻削几何

- 参考练习 1 和 2，定义如图 7-46 所示的钻削几何和底表面。

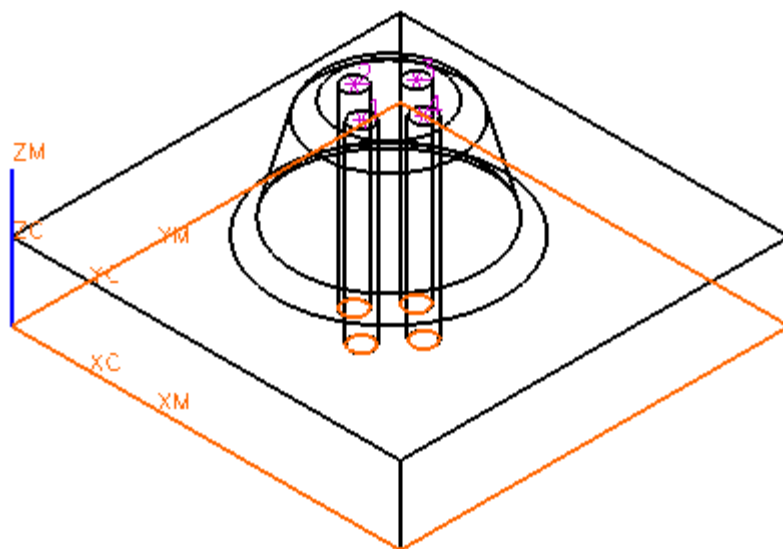


图 7-37

Step 5 创建钻头

- 创建一把直径为 5.8mm 的钻头，过程省略。

Step 6 创建钻孔操作

- 单击 ，选择如图 7-47 所示的操作子类型和父节点。

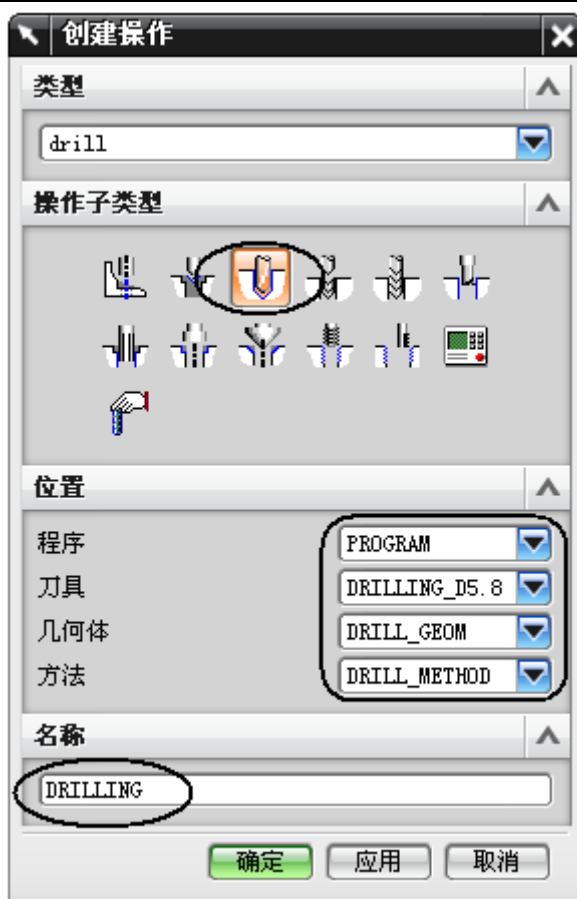


图 7-38

- 单击 OK，打开参数设置对话框，单击循环下拉菜单，选择啄钻仿真循环 Peck Drill，同时在弹出的对话框中设置步进安全距离 Distance=2，单击 OK。
- 在循环参数组对话框中，设置如图 7-48 所示的切深参数，切削增量 Increment 设置为恒定，其值为 5，单击确认。



图 7-39

- 单击  生成刀轨，如图 7-49 所示，单击 OK 保存。

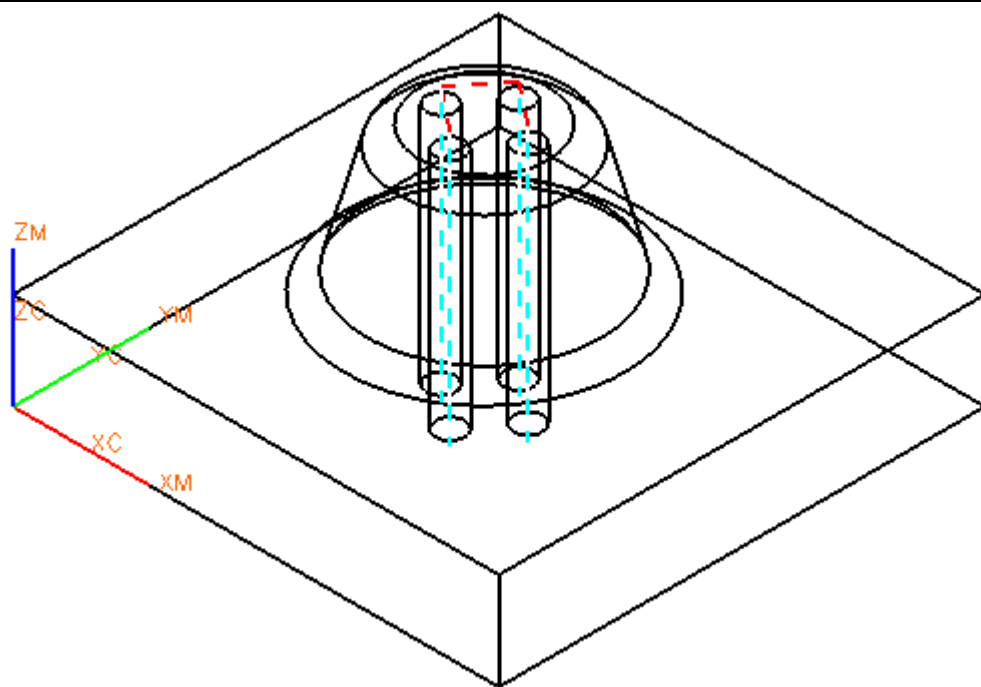


图 7-40

8. 平面铣

1、教学目标：

- 理解平面铣特点；
- 掌握平面铣操作的子类型；
- 掌握平面铣操作的创建步骤。
- 对一般的平面铣工件能够创建底面和侧面的粗加工及精加工。

2、教学重点

- 几何体的创建类型。
- 切削模式与非切削模式参数的设置。

3、教学难点

- 工件加工各类参数的设置。

4、素质思政内容要求

- 培养工匠精神与职业责任感；强化科技报国与创新意识，树立绿色制造与可持续发展理念。

5、教学手段：

- 讲授 、演示、提问

6、学时数

- 6 学时

主要内容：

- 平面铣特点
- 创建平面铣操作
- 边界及其创建
- 切深定义
- 铣削方法选择
- 面铣

8.1 平面铣特点

平面铣泛指有关平面的粗加工、半精加工、精加工以及在平表面上雕刻图案字符，其主要特点如下：

- 平面铣用于加工由平面和与之相垂直的侧面构成的零件，图 8-1 是一个典型的可使用平面铣加工的例子。

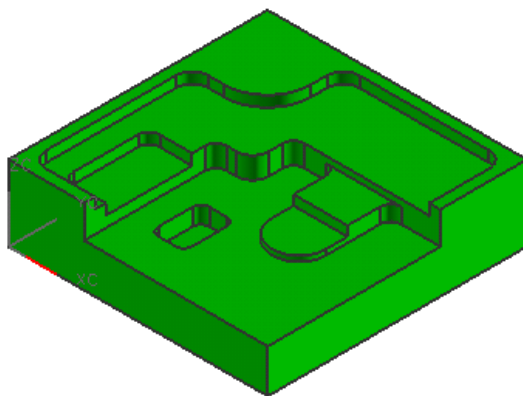


图 8-1

- 平面铣用边界定义切削范围，图 8-2 是已创建的边界示意图。

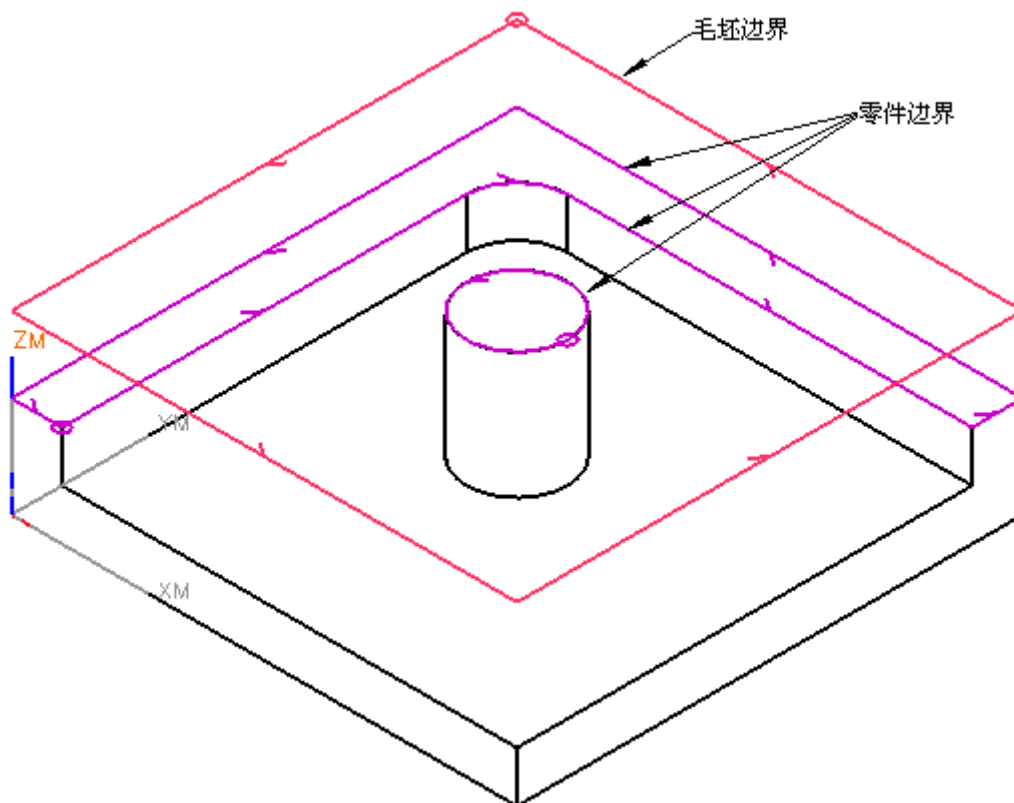


图 8-2

- 平面铣分层切削，每个切削层都与刀具轴线垂直，图 8-3 是平面铣分层切削的刀轨示意图。

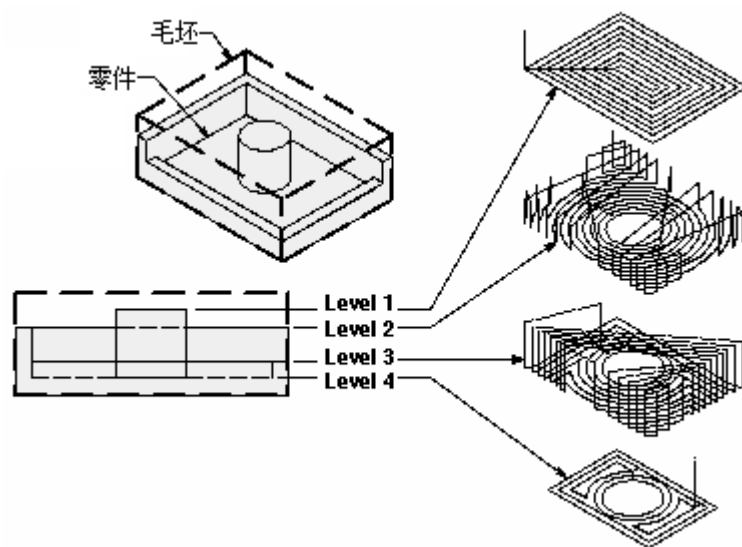


图 8-3

8.2 平面铣操作子类型

平面铣操作子类型如图 8-4 所示，每一种操作子类型都有其特点和用法，用户可根据以下介绍和零件的加工要求，选择一种较为合适的操作子类型。另外，如果这些操作子类型不能满足使用要求，用户还可以根据自己的加工特点，创建新的操作子类型。注意，在创建操作时，操作子类型一旦选定就不能再更改，所以选择时要仔细。



图 8-3



FACE_MILLING: 面铣，指定平表面作为加工几何，比平面铣（PLANAR_MILL）子类型加工平表面更为简单、方便，图 8-5 是面铣刀轨实例。

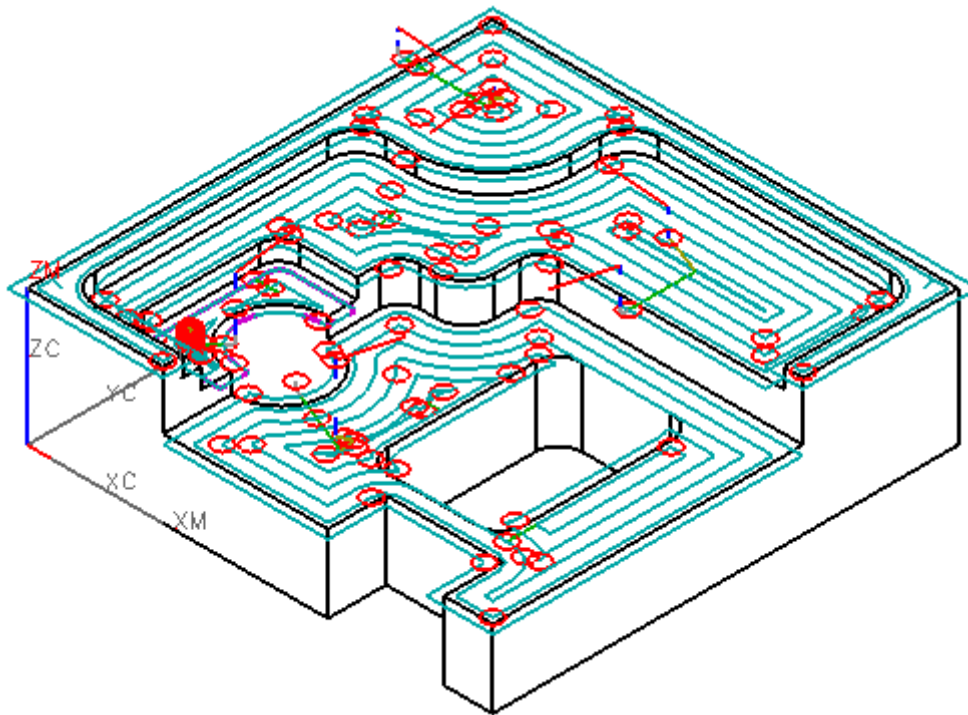


图 8-4



FACE_MILLING_AREA: 面铣，与 FACE_MILLING 相比，可以指定切削区域（Cut Area）和侧壁几何（Wall Geometry）。如果对侧壁有不同的加工要求，可以使用此操作子类型。



FACE_MILLING_MANUAL: 手工面铣操作方式，可在一个操作中手工定义多种走刀方式，用于加工轮廓形状复杂的平表面。



PLANAR_MILL: 平面铣操作基本形式，其它平面铣操作子类型可以理解为此种形式的特例。



PLANAR_PROFILE: 轮廓加工，没有切削方法选择，只用于平面轮廓加工，图 8-6 是轮廓铣削实例。

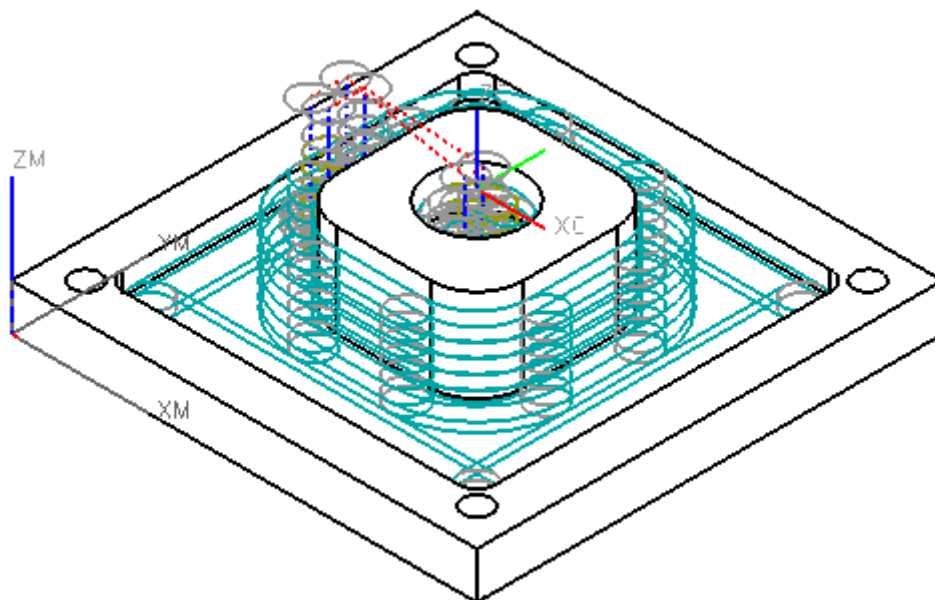


图 8-5



ROUGH_FOLLOW: 跟随轮廓走刀，其默认的切削方式为跟随零件走刀（Follow Part），主要用于挖腔粗加工。



ROUGH_ZIGZAG: 往复式走刀，其默认的切削方式为往复式走刀（ZigZag），可用于挖槽粗加工或铣平面。



ROUGH_ZIG: 单向走刀，其默认的切削方式为单向带轮廓走刀（Zig with Contour），可保持单纯的顺铣或逆铣加工，主要用于精加工。



CLEANUP_CORNERS: 清理拐角，其默认的切削方式为跟随零件走刀（Follow Part），使用此操作子类型可清理内拐角的残余材料。



FINISH_WALLS: 侧壁精加工，其默认的切削方式为轮廓走刀（Profile），主要用于侧壁精加工。



FINISH_FLOOR: 底面精加工，其默认的切削方式为跟随零件走刀（Follow Part），主要用于平表面的精加工。



THREAD_MILLING: 螺纹加工，当螺纹直径大于 1 英寸时，通常使用此方法加工。



PLANAR_TEXT: 刻字，在平表面上雕刻字符，包括英文字母、汉字及其它特殊字符。



MILL_CONTROL: 机床控制，用于创建机床控制操作，添加后处理命令如换刀、主轴开关、切削液开关以及夹具夹紧松开等。



MIL_USER: 用户自定义铣削方式。

8.3 创建平面铣操作步骤

创建平面铣操作的步骤如图 8-7 所示，主要包括编辑/创建父节点、创建操作（选择操作子类型和指定父节点）以及设置操作参数。

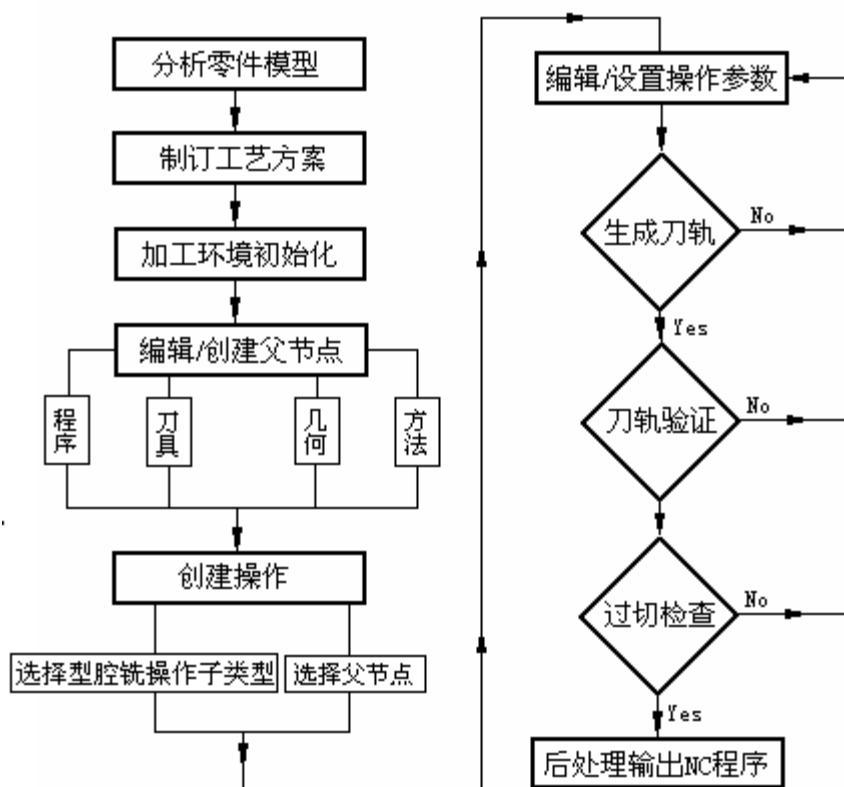


图 8-7

8.4 边界及其创建

边界是平面曲线(串)。在平面铣中，边界是必须定义的几何体，因为边界决定加工范围。

8.4.1 边界及其特点

在平面铣中，边界可用点（Points）、曲线(Curves)、边(Edges)或平表面(Faces)来定义，具有以下特点：

- 边界可以是封闭的，也可以是开放的，如图 8-8 所示。
- 边界有开始端。
- 边界有方向性。
- 边界的每一段轮廓称为一个边界成员。
- 边界包含刀具的定位方式，即与刀具相切或刀具的中心在边界上，如图 8-8 所示。
- 边界需要指定材料侧。对封闭边界，材料侧在边界的里边或外边；对于开放边界，材料侧则在边界的左边或右边。
- 边界应定义在材料的顶部，以确定零件几何或毛坯几何。
- 边界分为永久边界与临时边界。

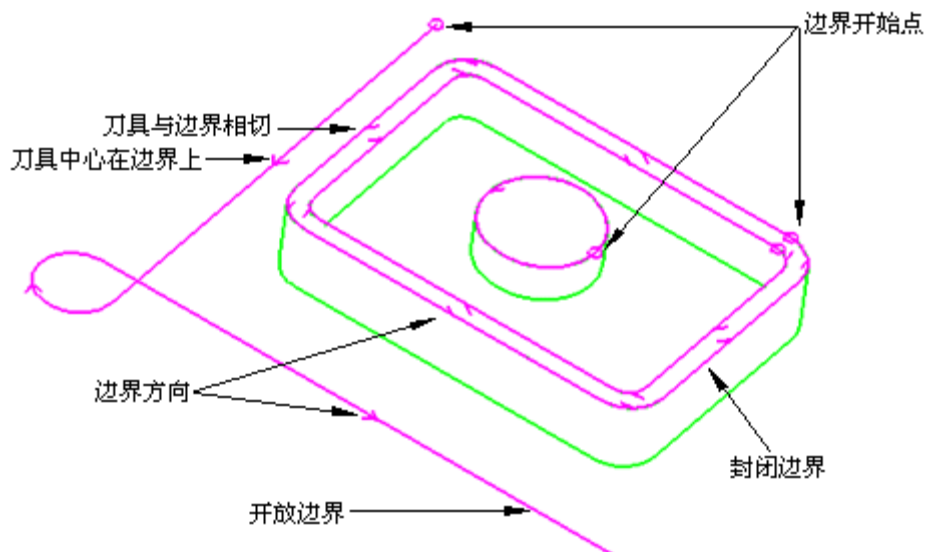


图 8-8

8.4.2 边界类型

如图 8-9 所示，边界分为部件边界、毛坯边界、检查边界和修剪边界。



图 8-9



Part Boundary: 零件边界，定义被保留材料的边界，如图 8-9 所示。



Blank Boundary: 毛坯边界，定义被切削的材料的边界，如图 8-9 所示。



Check Boundary: 检查边界，定义刀具必须避让的边界即不能切入的边界如夹具等，如图 8-9 所示。



Trim Boundary: 修剪边界，定义要被删除或被保留的刀轨范围，如某一区域的刀轨要删除，可以定义修剪边界将其删除，图 8-10 和图 8-11 是利用修剪边界删除刀轨的实例。

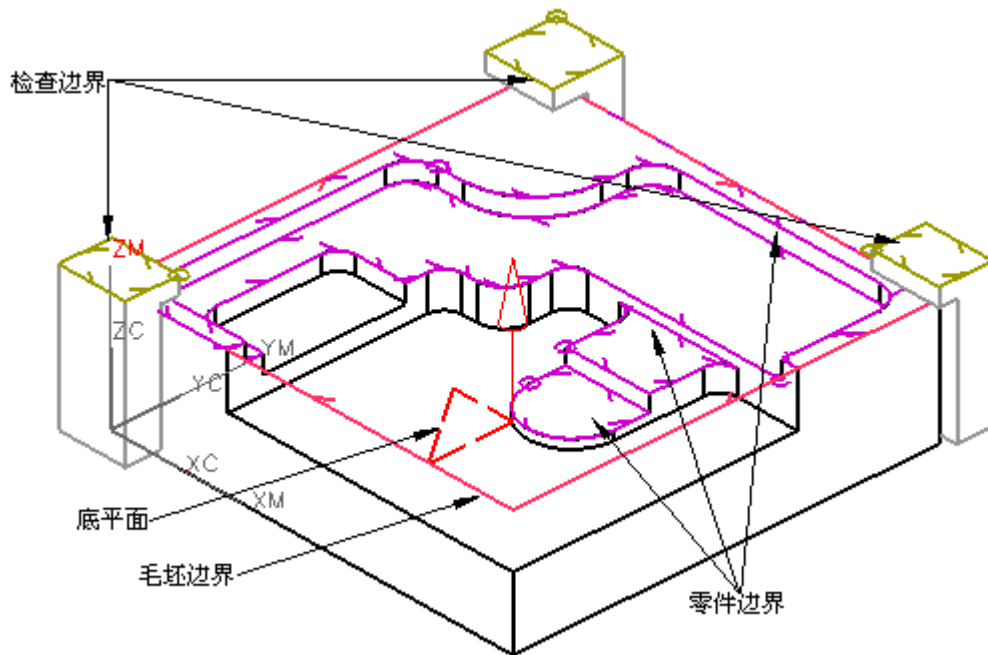


图 8-9

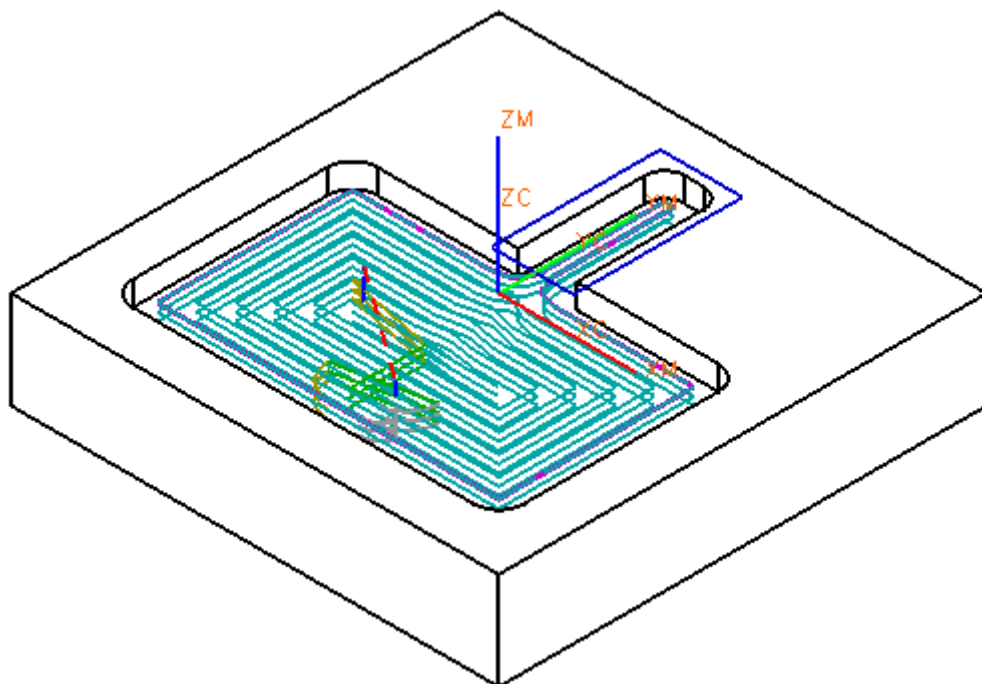


图 8-10

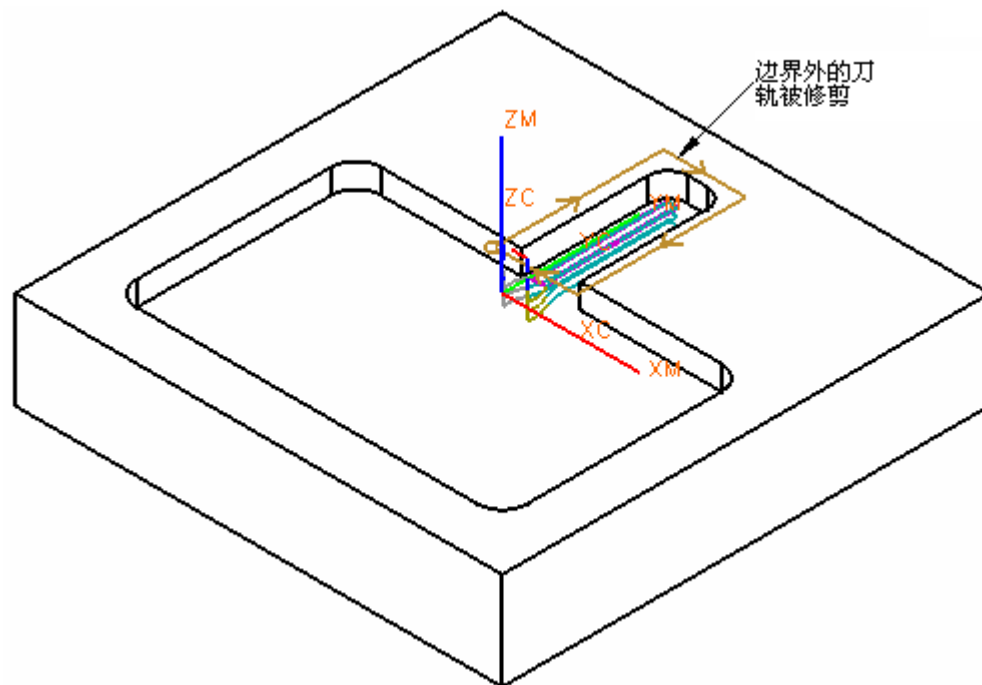


图 8-11

8.4.3 永久边界及其创建

1. 永久边界

永久边界使用工具菜单（Tool）中的边界功能（Boundary）定义，只能由曲线和边构成。永久边界具有如下特点：

- 永久边界与其创建的父几何体完全相关，即当父几何体变化时，永久边界会随之变化。
- 永久边界一旦创建，始终以边界形式显示，虽然不能被编辑，但可以删除。
- 永久边界的优点是不但可以被重复使用，还可以防止重复选择相同的几何体。

2. 创建永久边界

在主菜单中，选择 Tools→Boundary，打开图 8-12 所示的对话框。



图 8-12

在图 8-12 中，单击创建（Create），打开如图 8-13 所示的创建边界对话框。在指定刀具位置（Tool Position）、边界平面（Boundary Plane）及边界类型（Boundary Type）后，再选择边或曲线，单击 OK 即可创建永久边界，其名称由系统自动给定如 B1、B2 等。注意，在创建边界时，若不指定边界平面，系统则默认在 XC-YC 平面内生成永久边界。

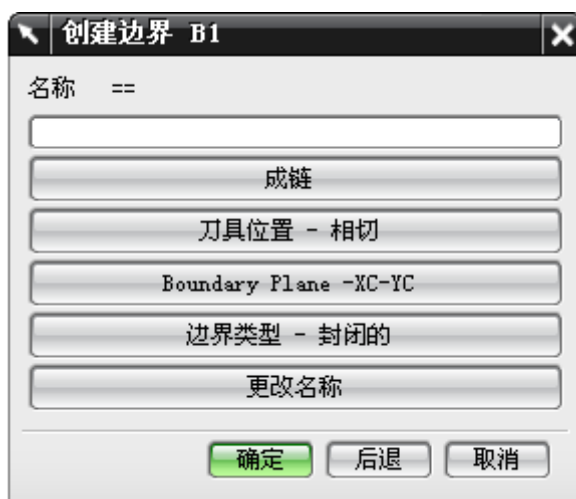


图 8-13

练习 1

【目的】学习永久边界创建。

Step 1 打开零件

- Open → x:\parts\planar\create_bnd_1.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start → Manufacturing。

Step 3 创建永久边界

- 选择如图 8-14 左所示的创建边界菜单，打开创建永久边界对话框，如图 8-15 右所示。



图 8-14

- 在图 8-14 右中，单击创建按钮，显示如图 8-15 所示的对话框。

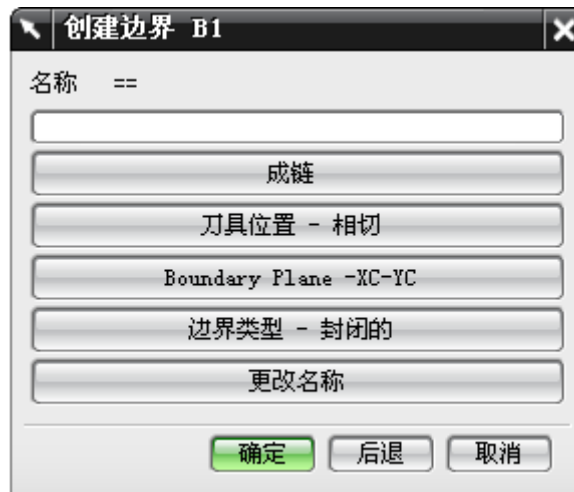


图 8-15

- 在图 8-15 中，单击边界平面 Boundary Plane-XC-YC，打开边界平面定义对话框，如图 8-16 所示。



图 8-16

- 在图 8-16 中，单击对象平面 ，选择模型中的圆柱端面，定义其为边界平面，如图 8-17 所示。
- 选择如图 8-17 所示的 4 条边，Edge1、Edge2、Edge3 和 Edge4，单击 OK 确认创建参数，再单击 OK，生成如图 8-18 所示的永久边界。

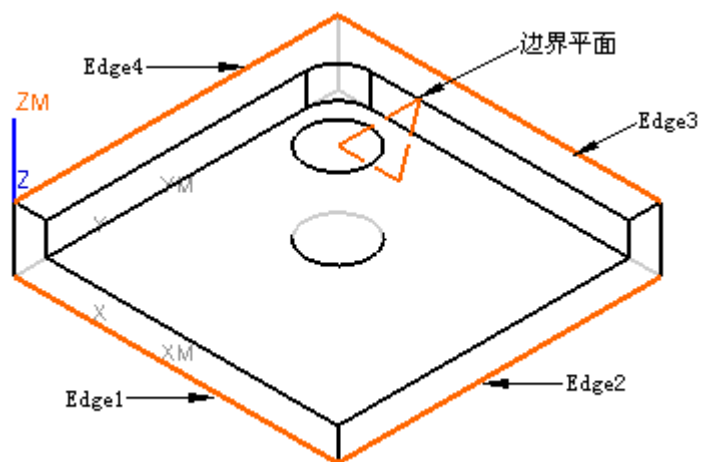


图 8-17

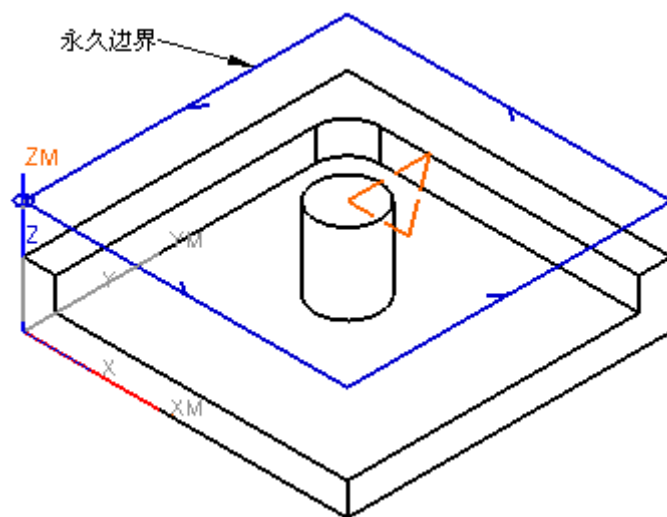


图 8-18

8.4.4 临时边界及其创建

1. 临时边界及其特点

临时边界是指在平面铣操作对话框中或在创建边界几何对话框中定义的边界，临时边界作为临时实体显示在屏幕上，当屏幕刷新时，临时边界消失，当需要显示时，单击边界显示按钮即可显示。临时边界具有以下特点：

- 临时边界可由点、曲线、边、平面或永久边界来生成，与其创建的父几何体完全相关。父几何体的任何改变都将导致临时边界的更新，以反映父几何体的变化。
- 临时边界可以被编辑。
- 当临时边界由永久边界创建时，临时边界与创建永久边界的曲线或边相关，而与永久边界没有相关性。如果永久边界被删除，将不会影响临时边界的存在。

2. 创建临时边界

创建临时边界有 2 种方法，分别如图 8-19 和 8-20 所示。它们的不同之处在于：前者定义的边界几何可以被多个操作共享使用，但不能定义边界的公差、余量、切削速度等参数，而后者定义的边界只用于所在的操作中，同时可以定义边界的公差、余量、切削速度等。



图 8-19 通过创建边界几何定义临时边界



图 8-20 在操作对话框中定义临时边界



Floor: 底平面，定义刀具所能切削到的最低平面。

练习 2

【目的】创建临时边界，重点掌握毛坯边界的定义。

Step 1 打开零件

- Open → x:\parts\planar\create_bnd_2.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start → Manufacturing。

Step 3 定义工件

- 双击 WORKPIECE，打开工件定义对话框。单击，选择图形窗口中的实体模型为 Part，单击 OK 结束加工几何定义。

Step 4 创建零件边界

- 单击，打开创建几何对话框，选择如图 8-21 所示的参数。



图 8-21

- 在图 8-21 中，单击 OK，打开如图 8-22 所示的创建边界对话框。



图 8-22

- 在图 8-22 中，单击，打开零件边界定义对话框，过滤类型选择平面，材料侧为内部，如图 8-23 所示。



图 8-23

- 在部件模型中，选择如图 8-24 所示的平表面。注意：选择 Face1 时，在图 8-24 所示的对话框中设置忽略倒斜角；选择 Face2 时，在图 8-23 所示的对话框中，取消忽略岛。

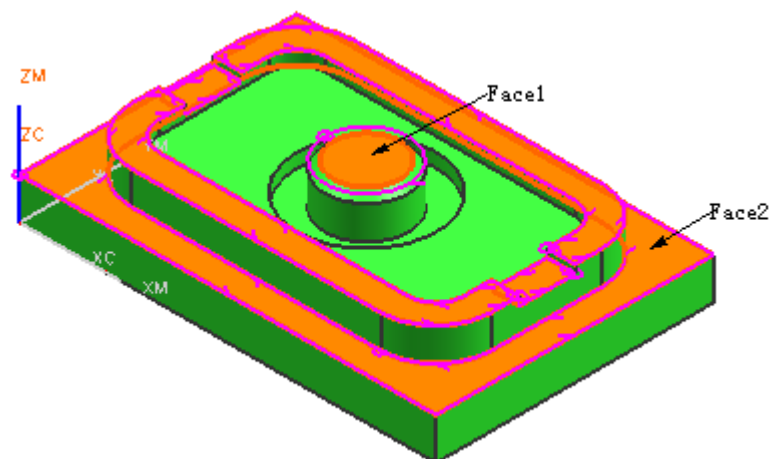


图 8-24

- 在图 8-23 中，单击 OK，创建如图 8-25 所示的零件边界。

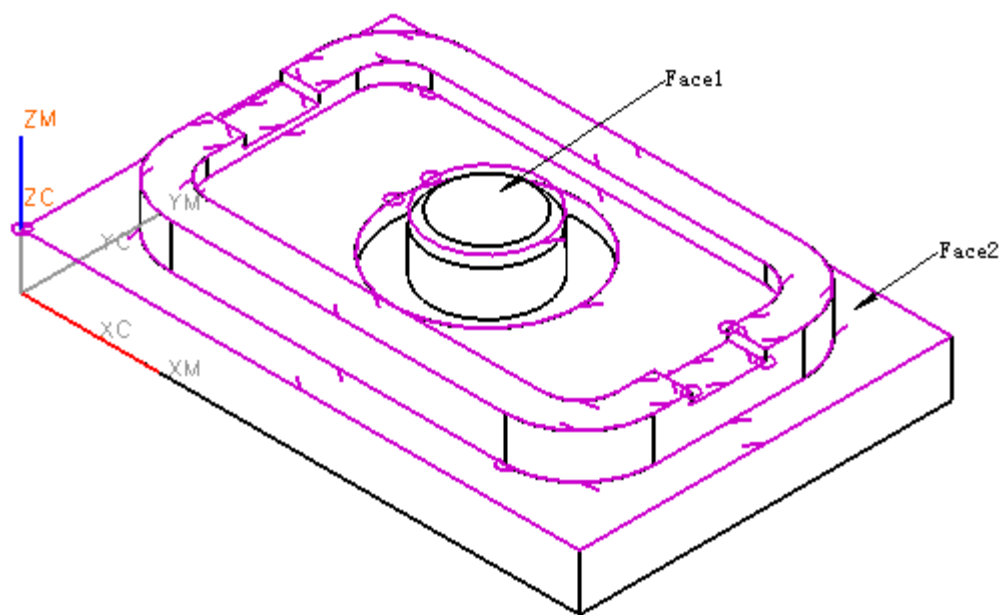


图 8-25

Step 5 创建毛坯边界

- 在图 8-22 中，单击 ，打开毛坯边界定义对话框，设置如图 8-26 所示参数。注意：当边界平面选择手工时，打开如图 8-27 所示的对话框。



图 8-26



图 8-27

- 在图 8-27 中，单击 ，选择模型中的圆柱端面，定义其为毛坯边界平面，如图 8-28 所示。
- 选择如图 8-28 所示的 4 条边，单击 OK，生成如图 8-29 所示的毛坯边界。

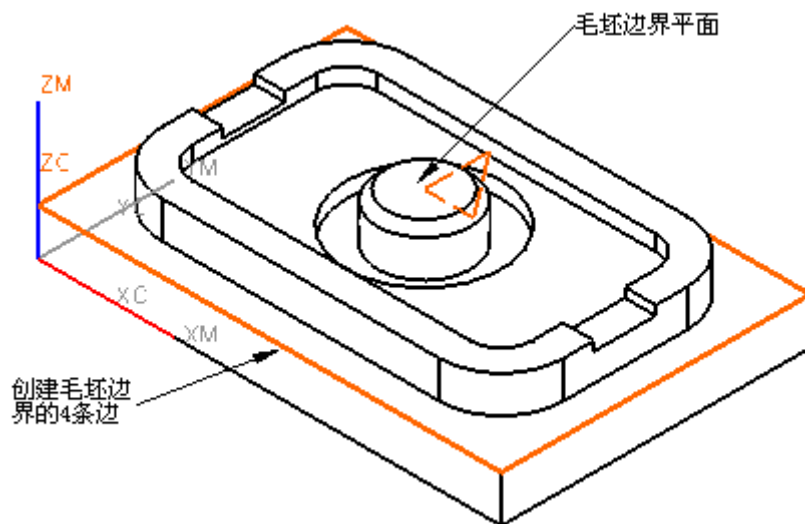


图 8-28

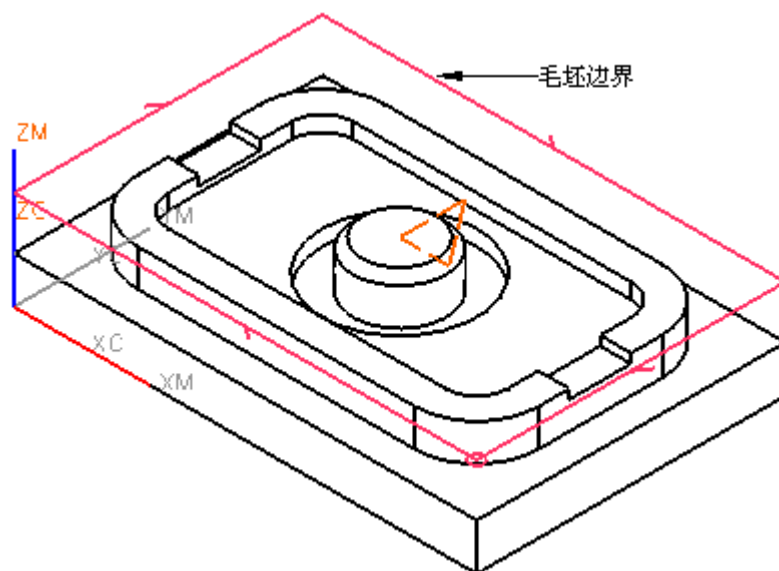


图 8-29

- 单击 OK，结束边界定义。

8.4.5 边界创建小结

小结上述创建边界的方法，如图 8-30 所示。不论使用哪一种方法，定义的边界不是封闭的就是开放的，而材料侧不是在边界的里边就是在边界的外边，或者不是在边界的左边就是在边界的右边。

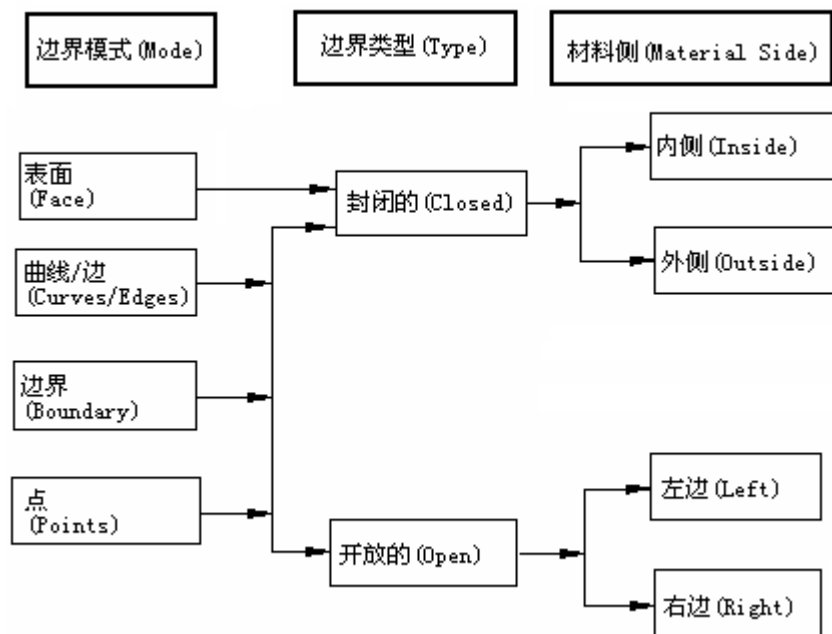


图 8-30

练习 3

【目的】学习创建平面铣粗加工操作。

Step 1 打开零件

- Open → x:\parts\planar\pln_milling_1.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start → Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 单击 ，切换到几何视图，单击 ，显示如图 8-31 所示的对话框。

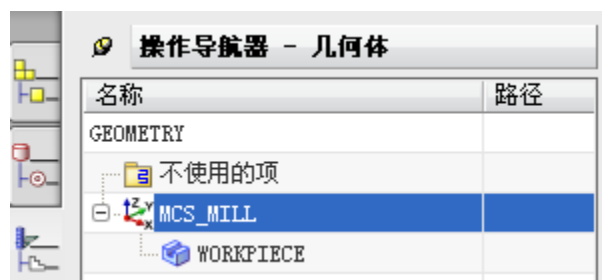


图 8-31

- 双击 MCS_MILL，打开加工坐标系定义对话框，如图 8-32 所示。单击 ，定义 MCS 与 WCS 重合。
- 安全设置选为平面，指定+ZC=10 作为安全平面，单击 OK。

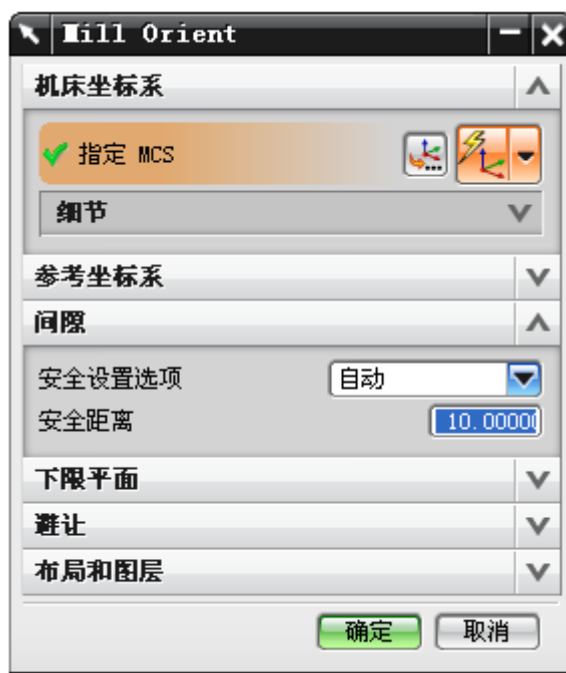


图 8-32

- 双击 WORKPIECE，打开如图 8-33 所示的工件定义对话框。单击 ，选择窗口中的实体模型为被加工零件；单击 ，选择自动块定义毛坯；单击 ，选择零件材料；单击 OK 结束加工几何定义。



图 8-33

Step 4 创建边界和底平面

- 单击 , 选择如图 8-34 所示的参数。



图 8-34

- 在图 8-34 中，单击 OK，打开如图 8-35 所示的创建边界对话框。



图 8-35

- 在图 8-35 中，单击 ，选择如图 8-36 所示的零件表面，注意材料侧为内部。
- 在图 8-36 中，单击 ，选择如图 8-37 所示的底平面并确认。

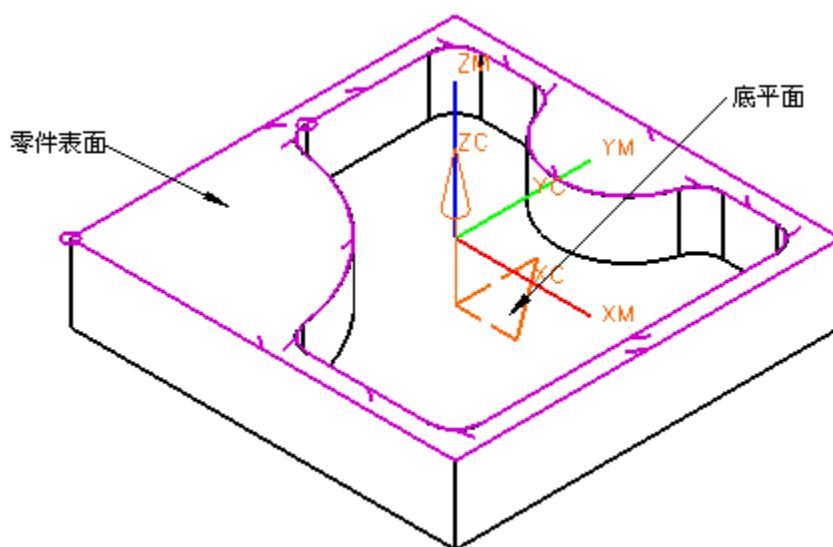


图 8-37

- 单击  切换到几何视图，单击 ，显示如图 8-38 所示的已定义的边界几何。



图 8-38

Step 5 创建刀具

- 单击 , 创建 D20mm 立铣刀, 具体过程请参考加工创建章节中的相关内容。

Step 6 创建粗加工操作

- 单击 , 选择如图 8-39 所示的操作子类型和父节点。



图 8-39

- 在图 8-39 中, 单击 OK 打开操作对话框, 如图 8-40 所示。



图 8-40

Step 7 生成刀轨

-
- 单击 , 生成如图 8-41 所示的刀轨。

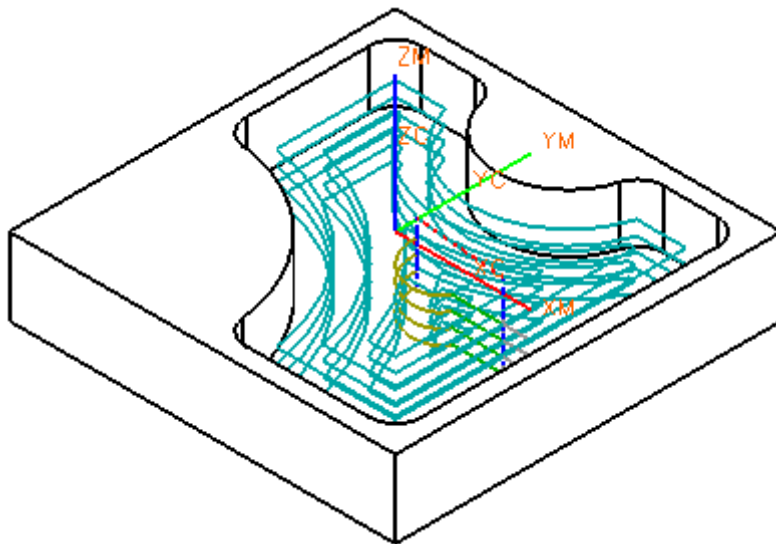


图 8-41

- 单击 , 验证刀轨, 加工结果如图 8-42 所示: 侧面和底面均有灰色余量, 有待继续加工。
单击 OK, 返回到操作对话框, 再单击 OK 完成操作创建。

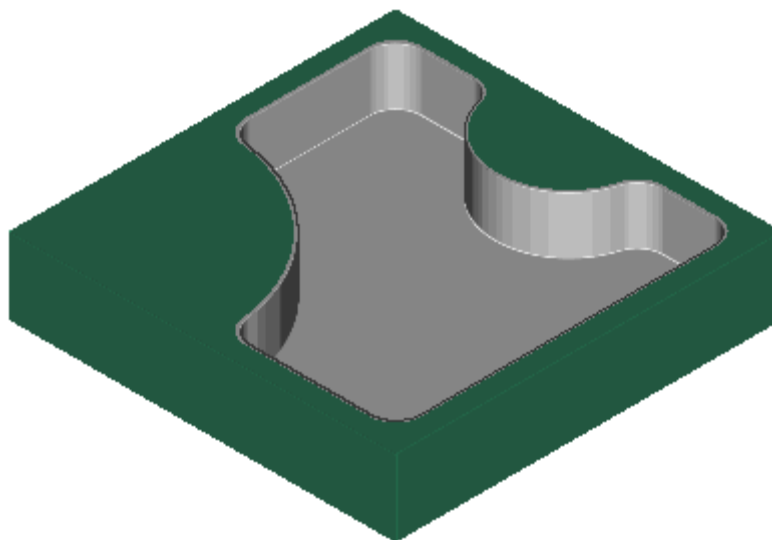


图 8-42

Step 8 保存操作

- 单击 , 保存模型文件即保存已创建的操作。

8.5 切深定义

切削深度(Cut Depths)用于定义每一切削层的深度。该深度由岛屿顶面、底平面或输入的值来定义。

在操作参数设置对话框中，单击，打开如图 8-43 所示的切深定义对话框。

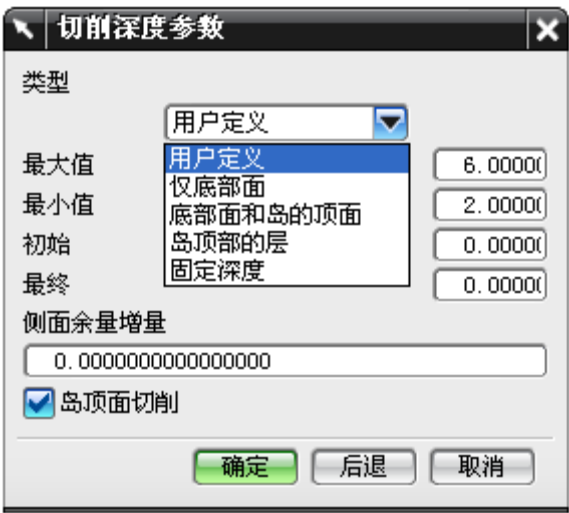


图 8-43

1. 用户定义切深（User Defined）

用户定义切削深度时，可输入最大切深，最小切深，初始切深或最后一刀切深。当毛坯不平整时，可定义较小的初始切深；如果最终切深大于零，则至少产生两层刀轨，如果最大切深 Maximum=0，则只在底平面生成刀轨。

最大切深和最小切深确定了切削深度范围，系统尽量使用接近最大切深的数值来创建切削层，如图 8-44 所示。

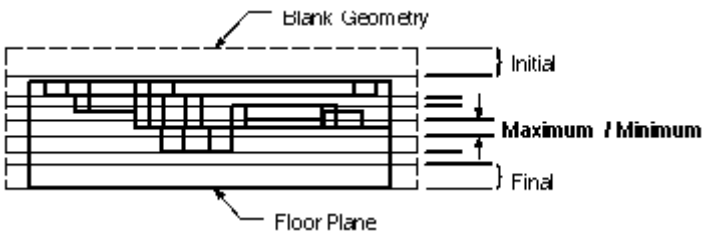


图 8-44

2. 底面切削（Floor Only）

底面切削，只在底平面上创建唯一的切削层。

3. 在底平面与岛屿顶面切削（Floor & Island Tops）

在底平面与岛屿顶面创建切削层，此时，岛屿顶面的切削区域不会超出定义岛屿的边界，主要用于半精加工或精加工底面和岛屿顶面，图 8-45 是切削实例。

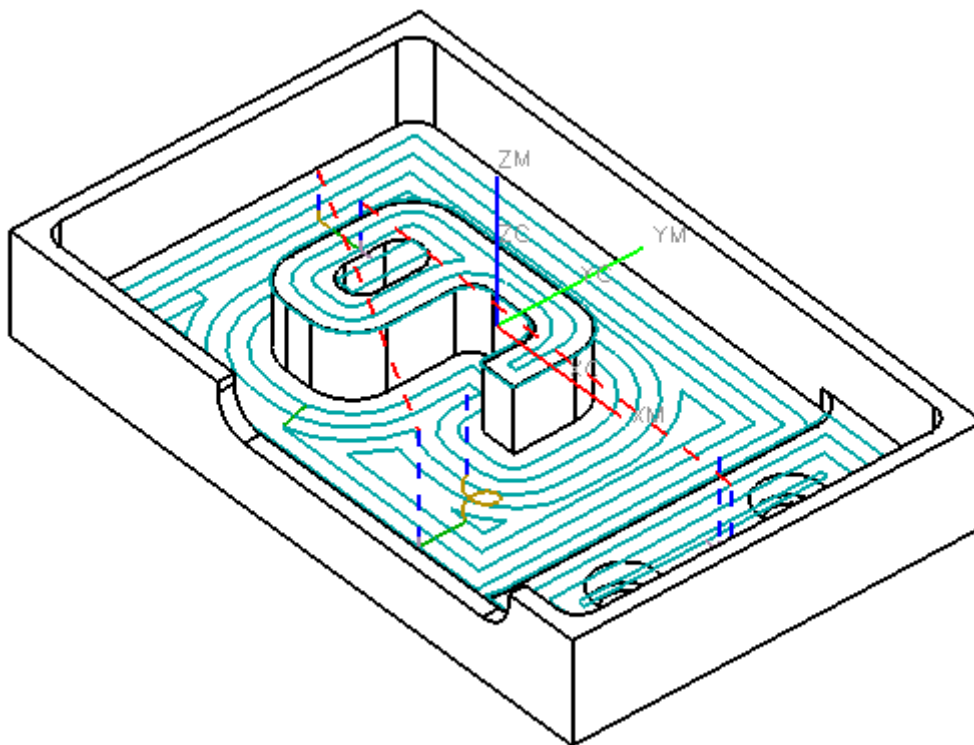


图 8-45

4. 在每一个岛屿顶面和底面切削（Levels At Island Tops）

在每一个岛屿顶面和底平面创建切削层，但切削范围不限定在岛屿顶面的边界内。例如，在图 8-46 中，共有两个岛屿和一个底平面，若选择 Levels At Island Tops，则分别在两个岛屿顶面和一个底平面生成刀轨。注意，在每一个岛屿顶面的切削层加工整个型腔，图 8-47 是在岛屿顶面上生成的刀轨。

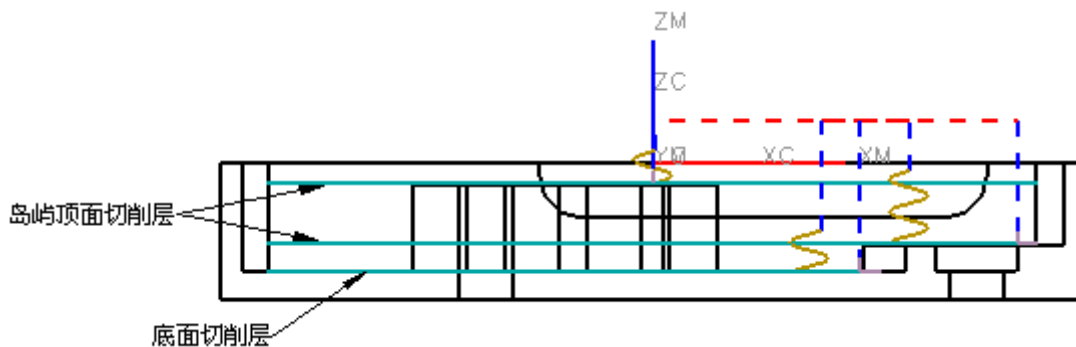


图 8-46

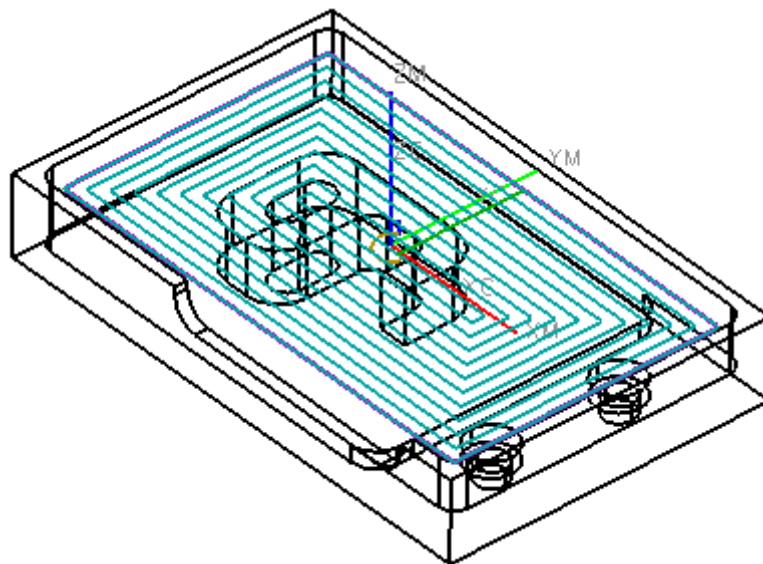


图 8-47

5. 固定切深（Fixed Depth）

固定切深，以指定的一个最大切深（Maximum）值产生切削层。当 Top Off Islands 设置为 ON 时，分别在每个岛屿的顶面及底平面增加切削层，如图 8-48 所示。

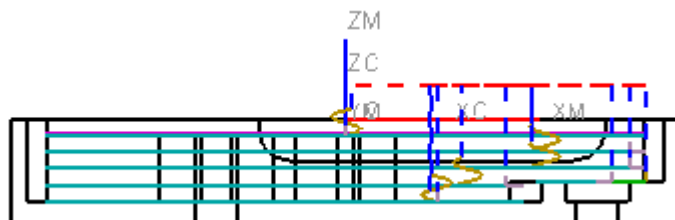


图 8-48

6. 侧壁余量增量（Increment Side Stock）

当加工较深的型腔时，设置此值以避免刀柄与已加工过的侧壁表面摩擦，图 8-49 是设置侧壁增量实例。

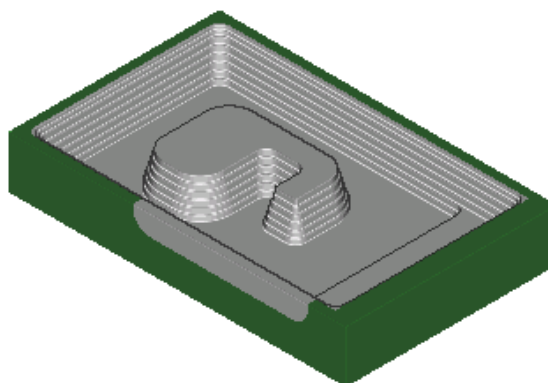


图 8-49

Top Off Islands，当切削深度为自定义或固定时，岛屿顶面上可能会留下超过余量值的多余材料，若将此值设置为 ON 时，则在岛屿顶面产生新的切削层。

练习 3

【目的】学习使用参考刀具方式创建加工未切削区域（Uncut Area）的操作（1）。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\planar\pln_uncut_1.prt

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 验证刀轨

- 单击 ，双击 PLANAR_MILL 操作，打开操作对话框。
- 单击  验证刀轨，单击比较，显示如图 8-50 所示的加工结果：侧壁余量不均匀，拐角处余量较多，应进一步加工。单击 OK 回到操作对话框中。

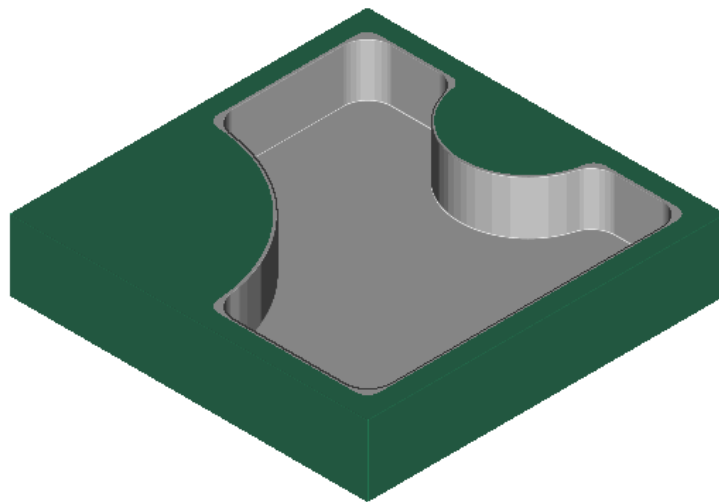


图 8-50

Step 4 创建未切削区域边界

- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 8-51 所示的参数，单击 OK。



图 8-51

- 单击  生成刀轨，同时生成一条如图 8-52 所示的未切削区域的永久边界，单击 OK。

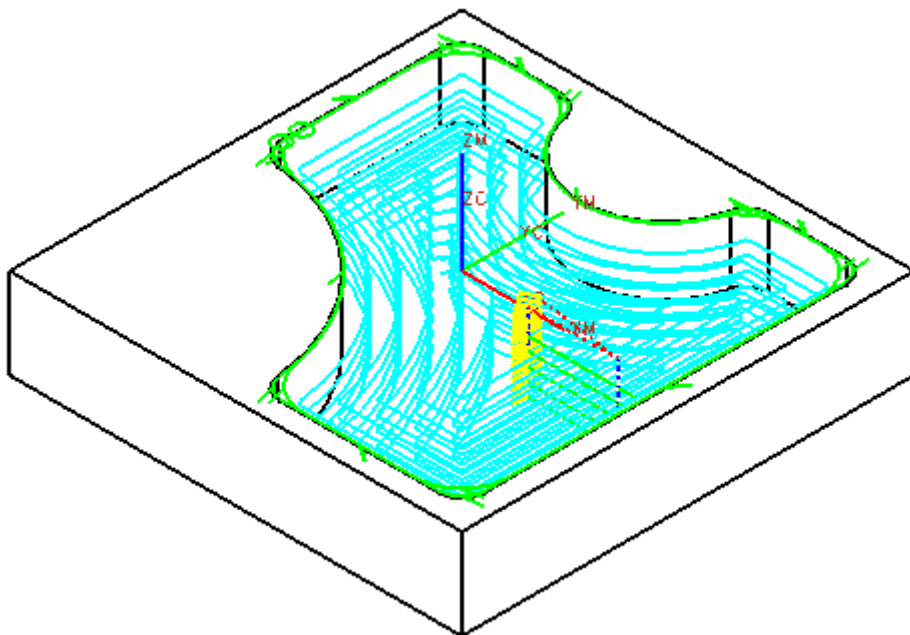


图 8-52

Step 5 创建加工未切削区域操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 PLANAR_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D8，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 paste inside，粘贴此操作，如图 8-53 所示。

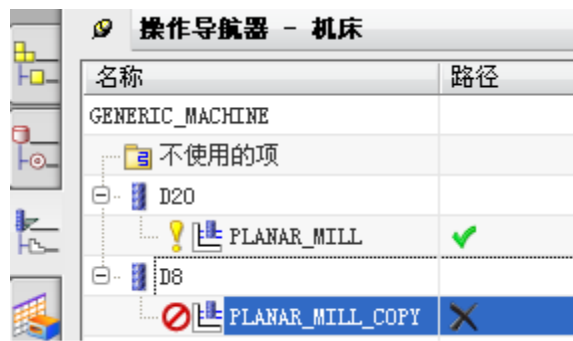


图 8-53

- 单击 PLANAR_MILL_COPY 操作，单击 MB3，选择更名，输入 CORNER。
- 双击 CORNER 操作，打开参数设置对话框，单击 ，选择图 8-54 中的永久边界作为毛坯边界，注意材料侧为外，单击 OK。
- 单击 ，生成拐角加工刀轨，如图 8-54 所示。

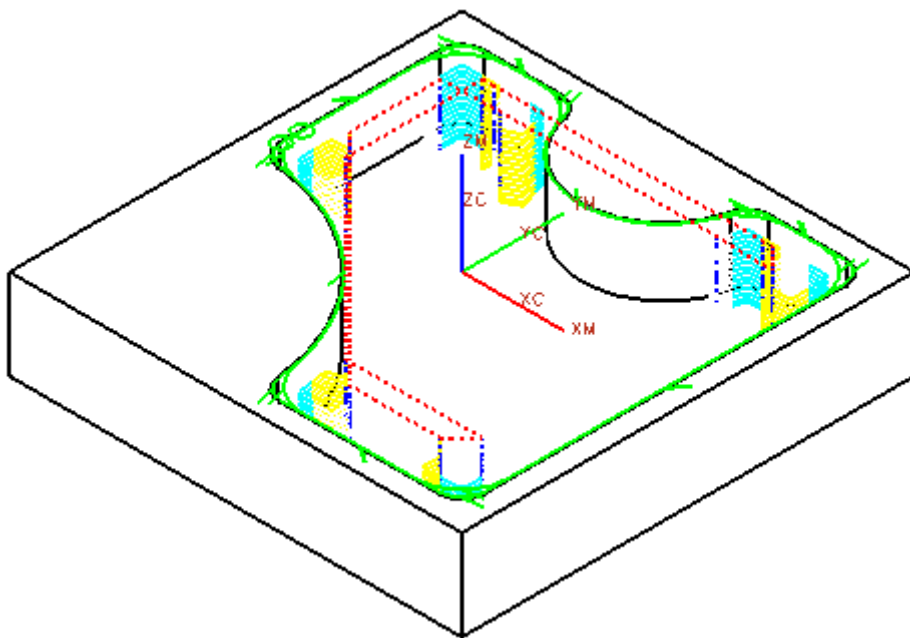


图 8-54

- 单击 ，验证刀轨，结果如图 8-55 所示，侧面余量均匀，单击 OK。

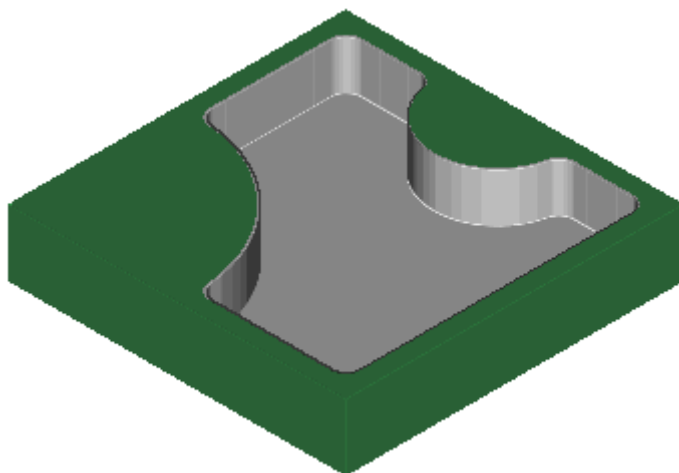


图 8-55

- 单击 OK 保存操作参数，结束操作对话框。

练习 4

【目的】学习永久边界的创建和未切削区域（Uncut Area）的加工（2）。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\planar\pln_uncut _2.prt

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 验证刀轨

- 单击 ，双击 PLANAR_MILL 操作，打开操作对话框。
- 单击  验证刀轨，单击比较，显示如图 8-56 所示的加工结果：侧壁拐角处仍有余量，需进一步加工，单击 OK 继续。

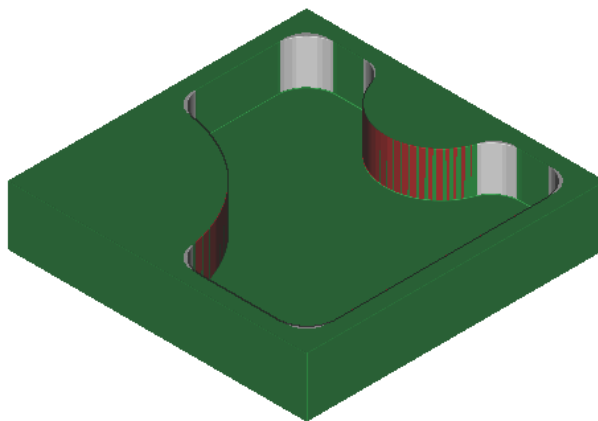


图 8-56

Step 4 创建未切削区域边界

- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 8-57 所示的参数，单击 OK。



图 8-57

- 单击  生成刀轨，同时生成如图 8-58 所示的 7 个未切削区域的永久边界，单击 OK。

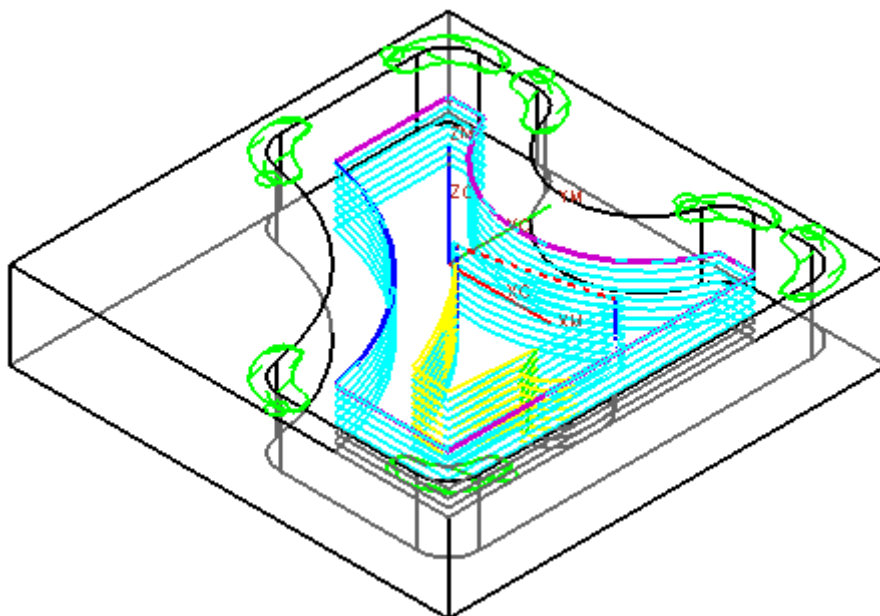


图 8-58

Step 5 创建拐角加工操作

- 单击 PLANAR_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D8，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 paste inside，粘贴此操作，如图 8-59 所示。

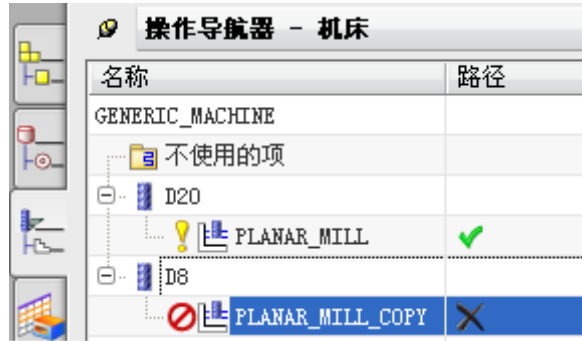


图 8-59

- 单击 PLANAR_MILL_COPY 操作，单击 MB3，选择更名，输入 FINISH_CORNER。
- 双击 FINISH_CORNER，打开操作对话框，单击 ，选择如图 8-60 中所示的永久边界作为毛坯边界，注意材料侧为内，单击 OK。
- 单击 ，生成拐角加工刀轨，如图 8-60 所示。

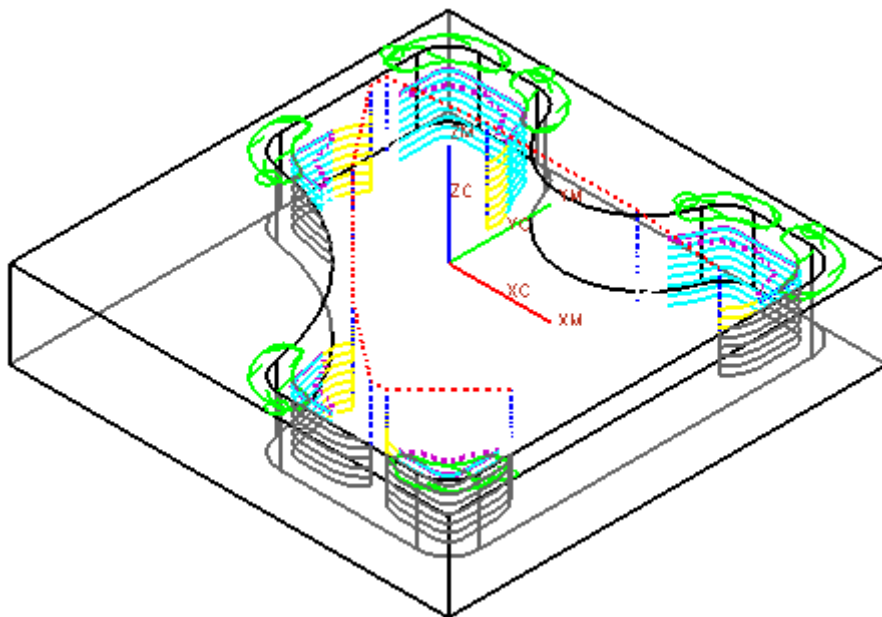


图 8-60

- 单击 OK 保存操作参数。

Step 6 保存操作

-
- 单击 ，保存模型文件即保存操作。

8.6 面 铣

面铣(FACE MILLING)类似于平面铣，用于平表面的加工，图8-99 是面铣实例。面铣简单、易用，主要特点如下：

- 面铣是平面铣的一种特殊形式。使用平面铣同样能完成平表面的加工，但要定义零件边界及底平面，因此，就加工平表面而言，面铣更方便。
- 面铣的加工几何是平表面，只要选择平表面，系统就能自动地定义铣削范围。
- 面铣刀轨为水平层状，既可以只切削一层，也可以分多层切削。

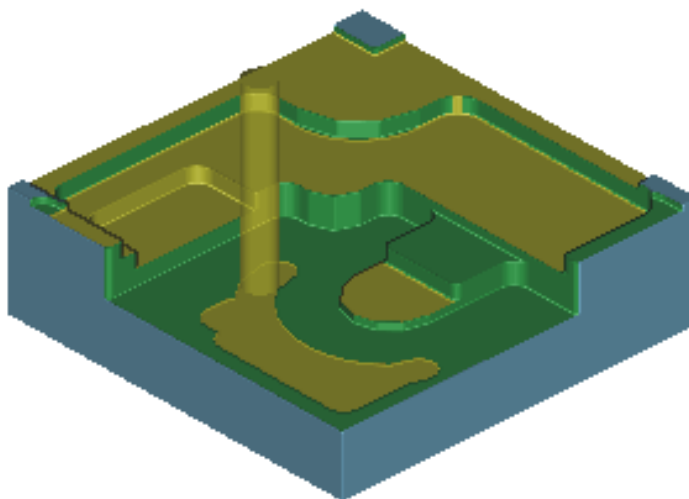


图 8-61

练 习 5

【目的】创建面铣操作，掌握设置只切削一层和切削多层参数。

Step 1 打开零件

- Open→x:\parts\planar\face_milling.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start→Manufacturing。

Step 3 定义加工几何

-
- 单击 ，切换到几何视图，单击 ，打开操作导航器对话框。
 - 双击 MCS, 定义 MCS 与 WCS 重合, 同时指定安全平面为零件上表面沿+Z 轴偏置 10mm。
 - 双击 WORKPIECE, 定义如图 8-62 所示的 Part, 单击 OK。

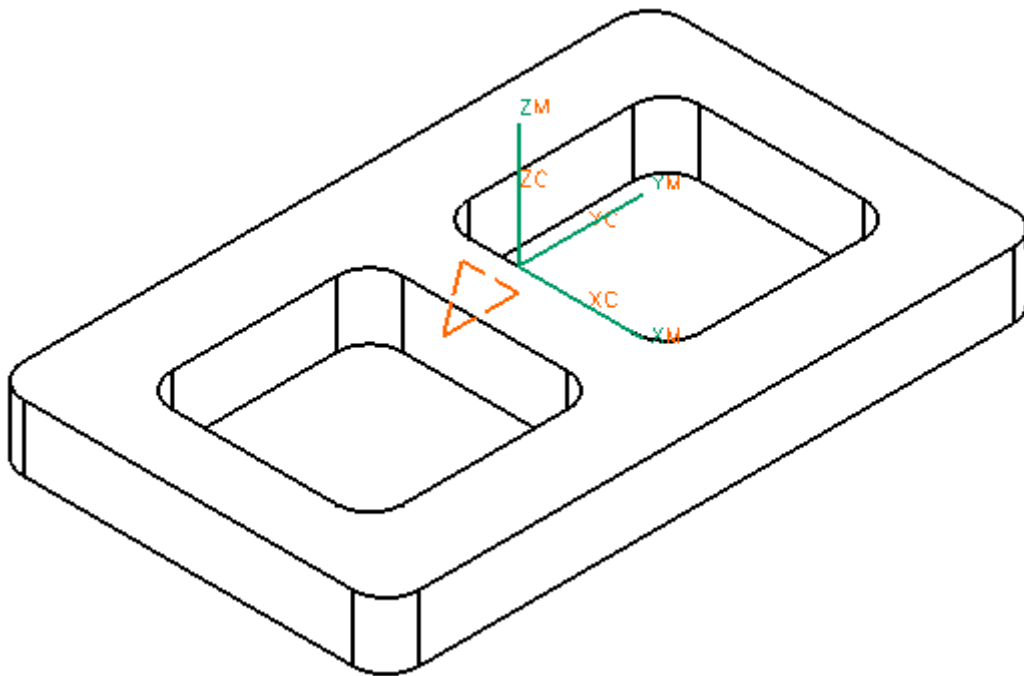


图 8-62

Step 4 创建面铣操作

- 单击 ，选择如图 8-63 所示的操作子类型和父节点。



图 8-63

- 在图 8-101 中，单击 OK，打开操作对话，设置如图 8-64 所示的参数。



图 8-64

- 单击 , 选择零件上表面（取消忽略孔设置，指定如图 8-65 所示的边界，单击 OK。

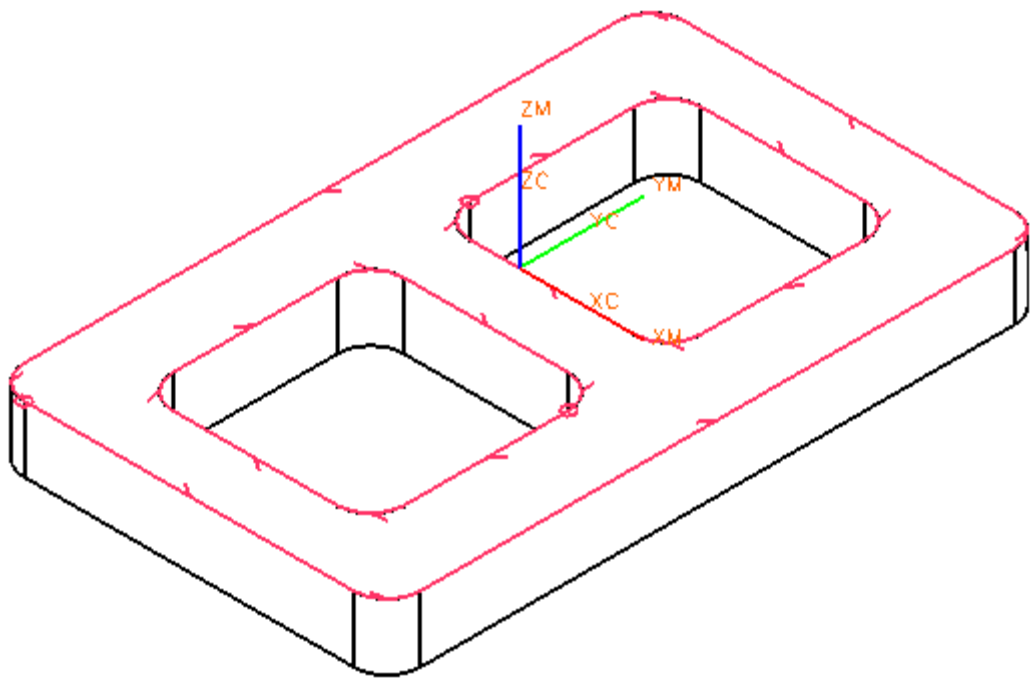


图 8-65

Step 5 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 8-66 所示的切削参数, 单击 OK。

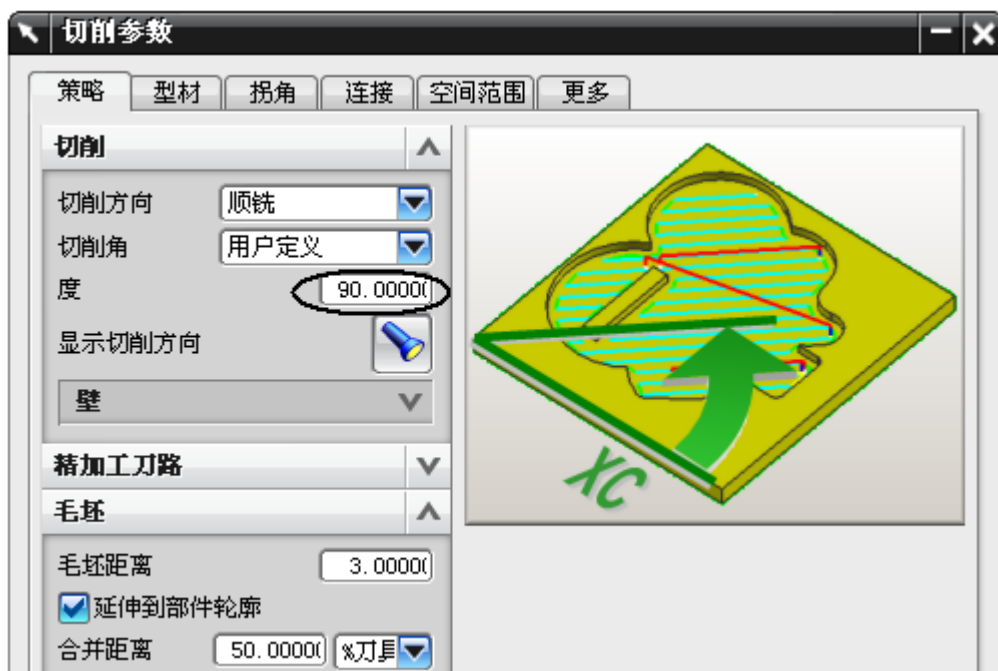


图 8-66

- 单击连接, 设置跨空区域 Across Voids 为跟随, 如图 8-67 所示, 刀具在空处以**快进**速度跨越, 单击 OK。

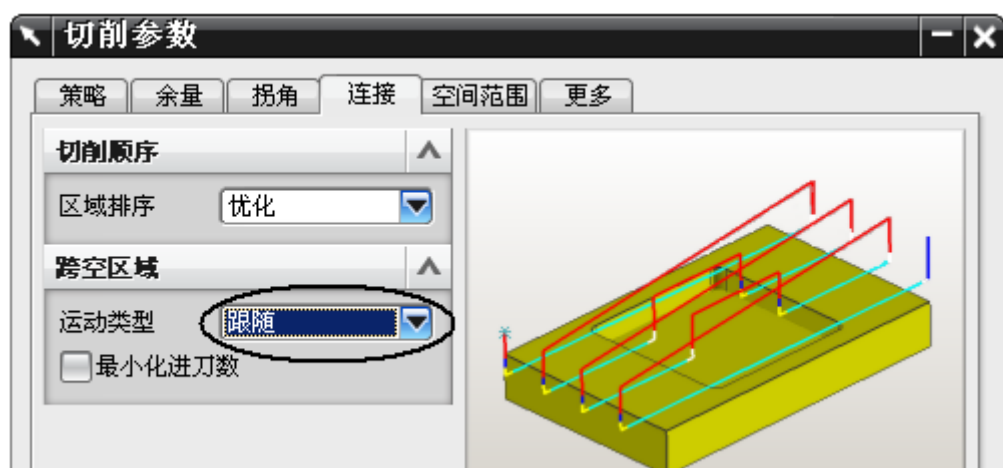


图 8-67

Step 6 设置刀轨显示

- 单击 ，设置刀具显示 (Tool Display) 为 2D，单击 OK。

Step 7 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 8-68 所示的刀轨。

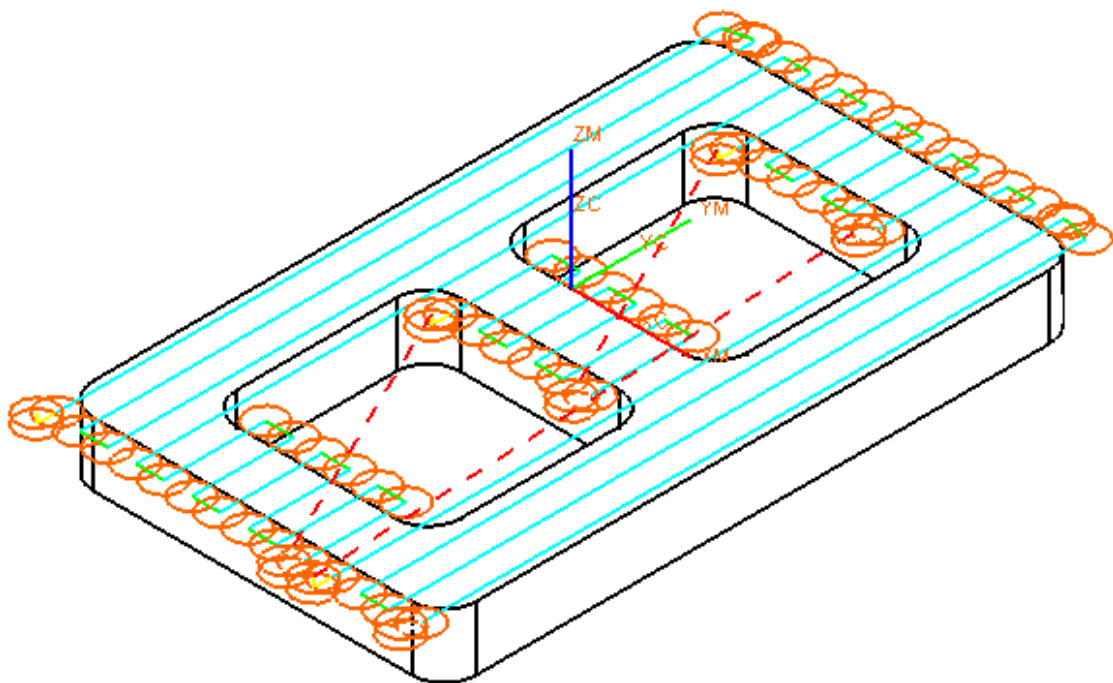


图 8-68

Step 8 生成另一种刀轨

- 在切削参数设置对话框中，单击连接，跨空区域 Across Voids 设置为如图 8-69 所示的移刀，则刀具在空处以移刀速度跨越。

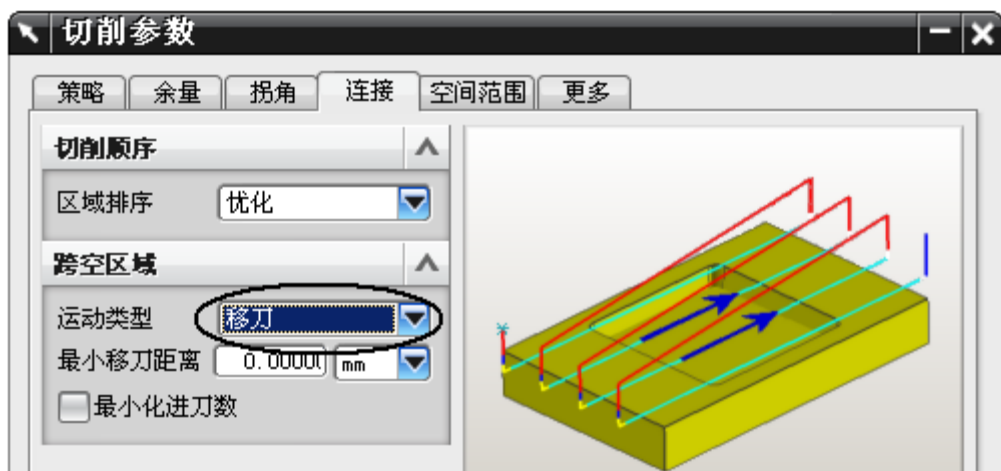


图 8-69

- 单击 , 生成如图 8-70 所示的刀轨。

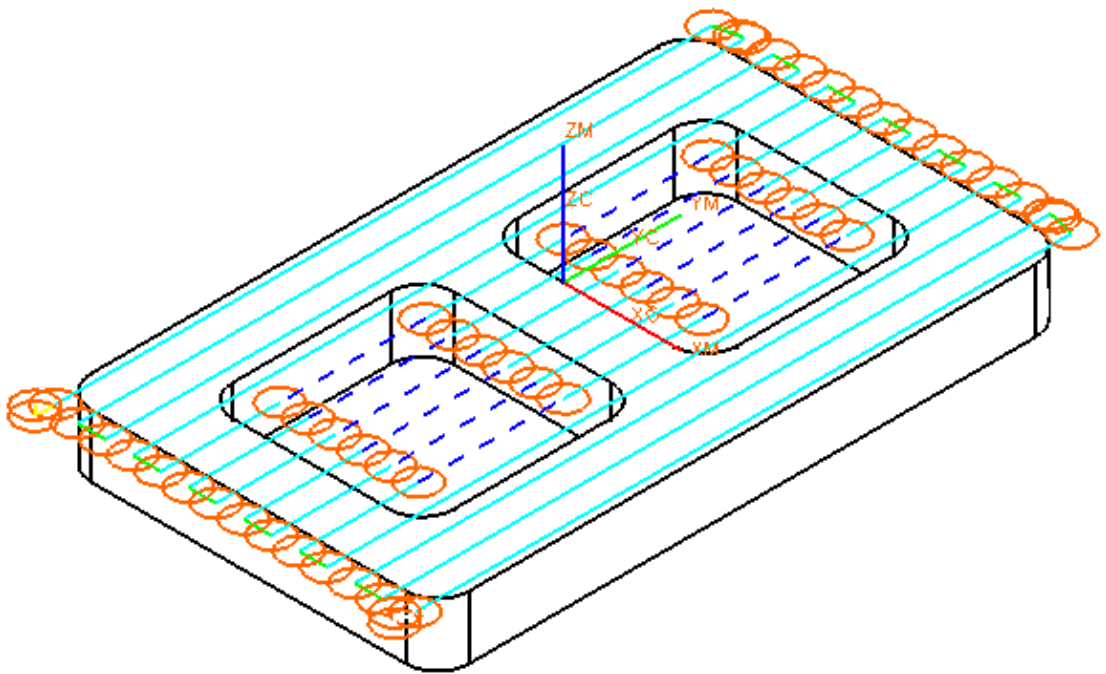


图 8-70

Step 9 生成多层刀轨

- 多层刀轨是根据表面余量即毛坯距离 (Blank Distance)、每层切深 (Depth Per Cut) 以及最终余量 (Final Floor Stock) 计算而得。例如，在图 8-64 中，将上述参数修改为如图 8-71 所示，则生成如图 8-72 所示的 3 层刀轨。



图 8-71

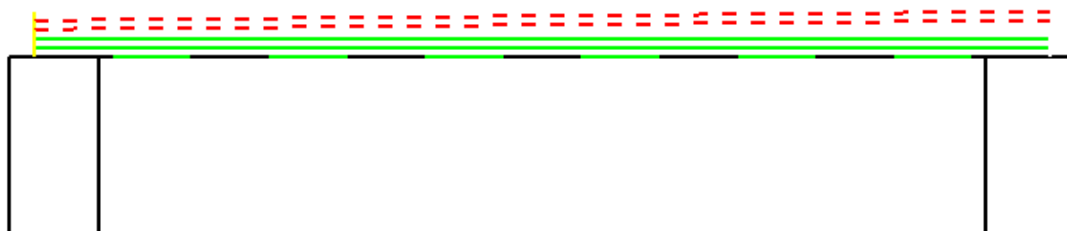


图 8-72

- 在操作对话框中，单击 OK，保存刀轨参数。

Step 10 保存操作

- 单击 , 保存模型文件即保存操作。

练习 6

【目的】熟悉平面铣操作，重点学习毛坯边界定义。在使用平面铣加工类似图 8-73 和 8-74 所示的零件时，需要定义毛坯边界，用以指定被切削材料的范围。

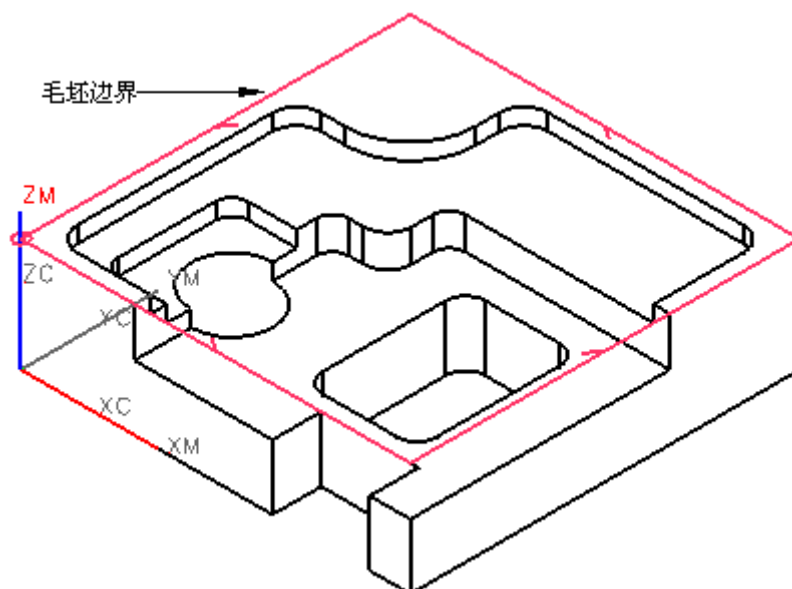


图 8-73

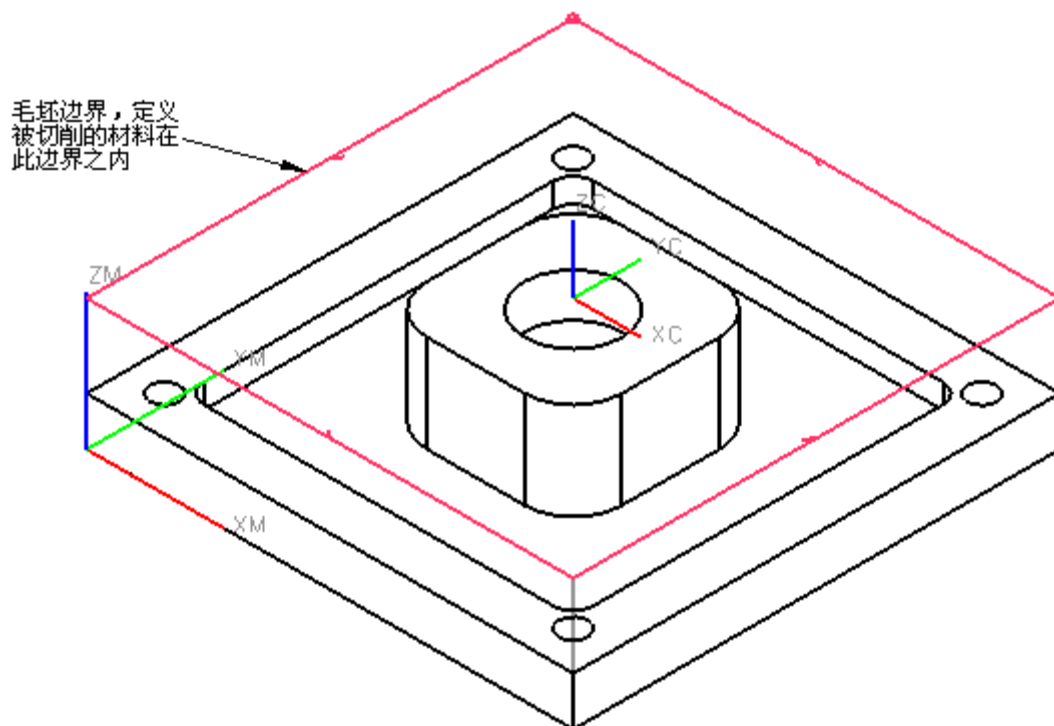


图 8-73

Step 1 打开零件

- Open → x:\parts\planar\pln_milling.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start → Manufacturing。

Step 3 创建加工几何

- 单击 ，切换到几何视图，单击 ，打开操作导航器对话框。
- 双击 MCS, 定义加工坐标系 MCS 与 WCS 重合, 同时指定+ZC=10 的平面作为安全平面。
- 双击 WORKPIECE, 定义如图 8-74 所示的 Part 和 Blank (自动块), 单击 OK。

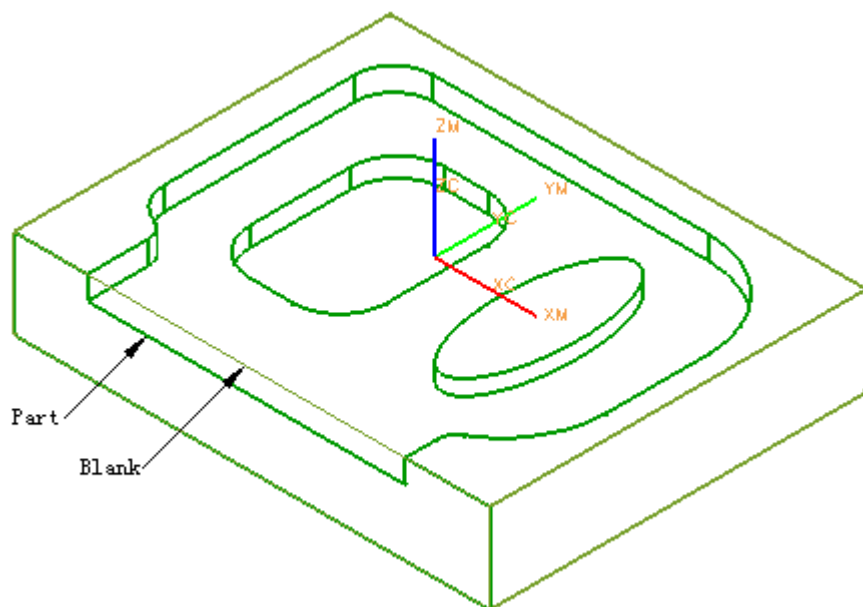


图 8-74

Step 4 创建刀具

根据零件尺寸及特点，创建如图 8-75 所示的刀具。



图 8-75

Step 5 创建平面铣操作

- 单击 ，选择如图 8-76 所示的操作子类型和父节点，单击 OK，打开操作参数设置对话框。



图 8-76

Step 6 指定加工几何

- 在图 8-76 中，单击确定，打开如 8-77 所示的操作参数设置对话框。



图 8-77

- 单击 , 指定如图 8-78 所示的零件边界, 单击确认。

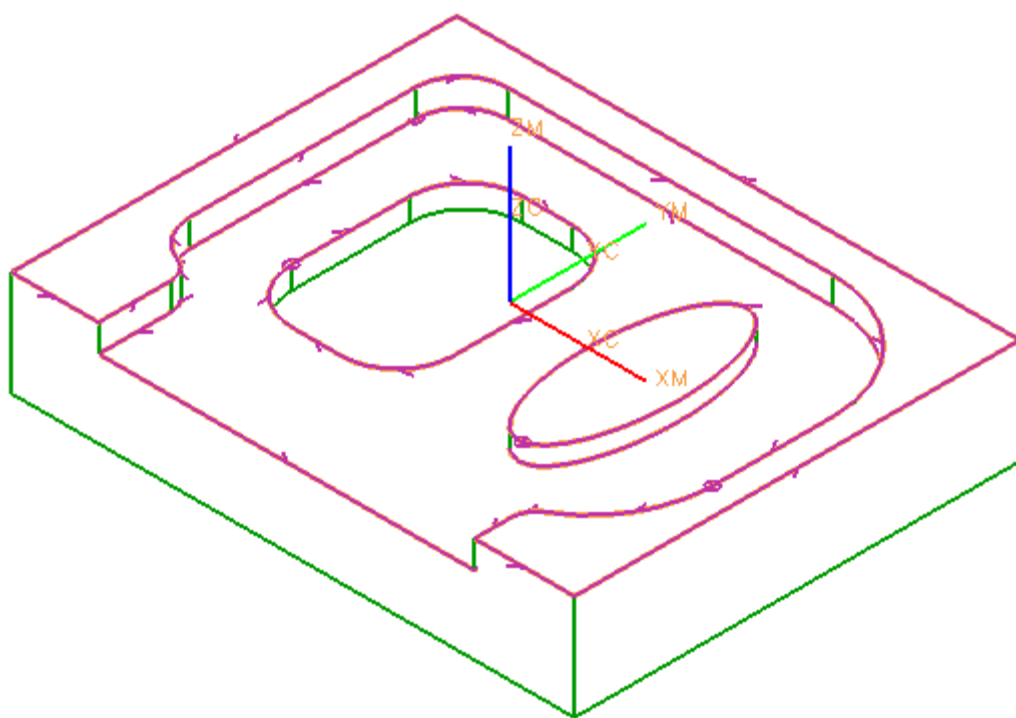


图 8-78

- 单击 , 指定如图 8-79 所示的毛坯边界, 单击确认。

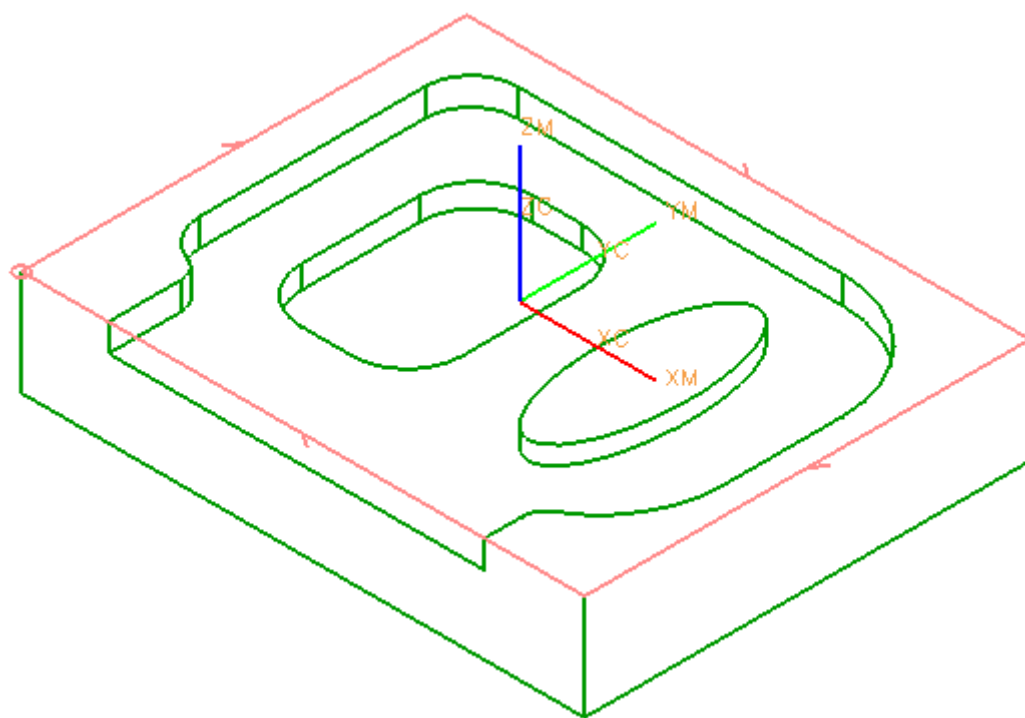


图 8-79

-
- 单击 , 指定如图 8-80 所示的底平面, 单击确定。

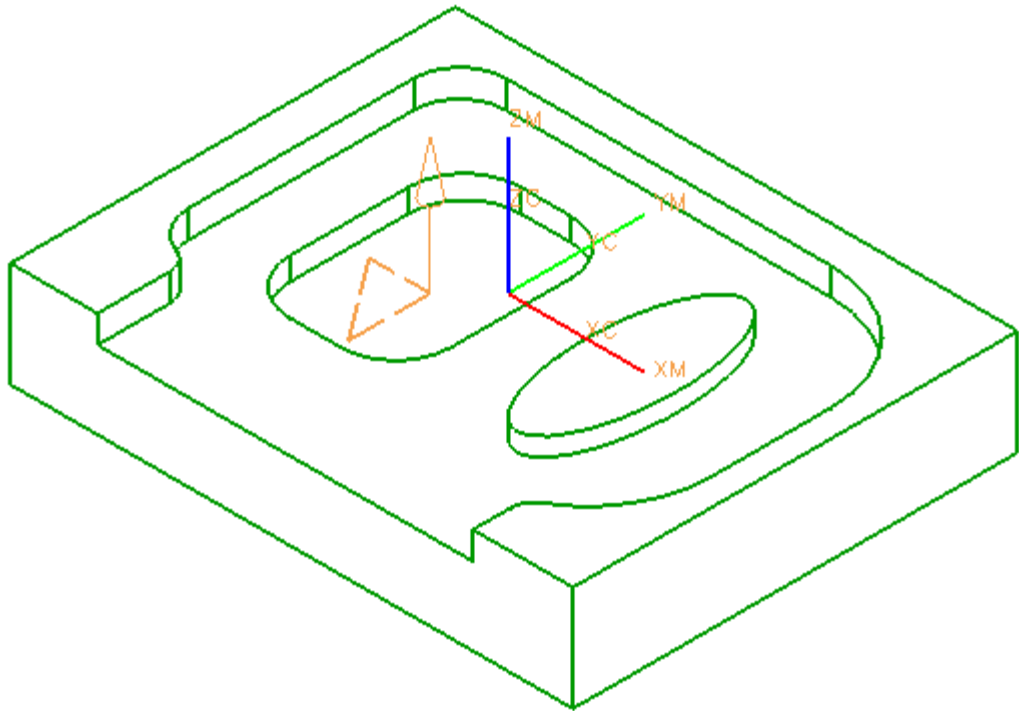


图 8-80

Step 7 定义切深

- 单击 , 设置如图 8-81 所示的切深参数, 单击 OK。

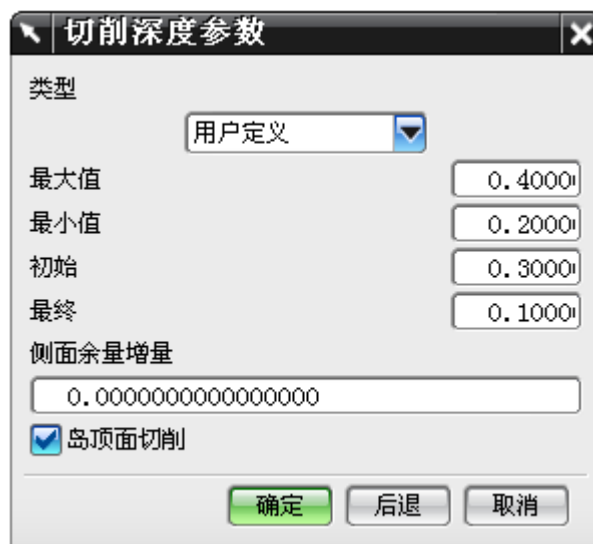


图 8-81

Step 8 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 8-82、图 8-83、图 8-84 和图 8-85 所示的切削参数，单击 OK。

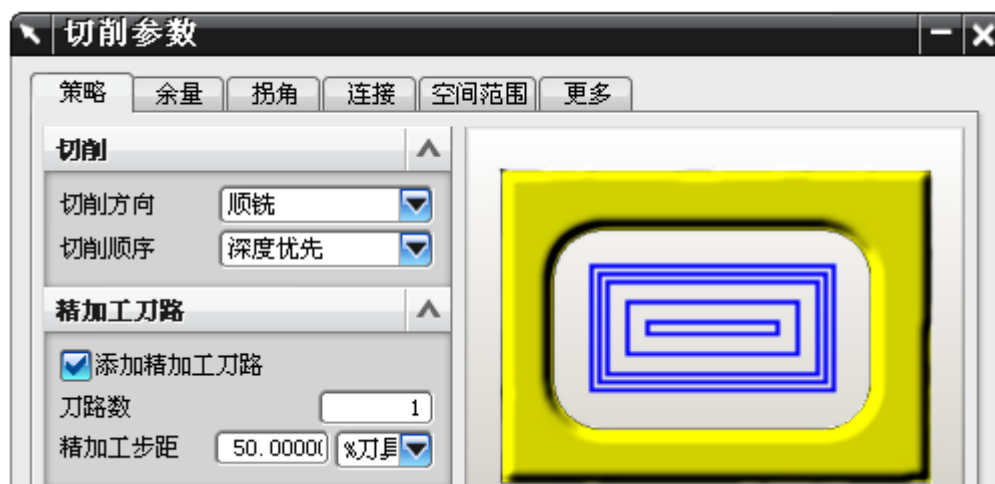


图 8-82

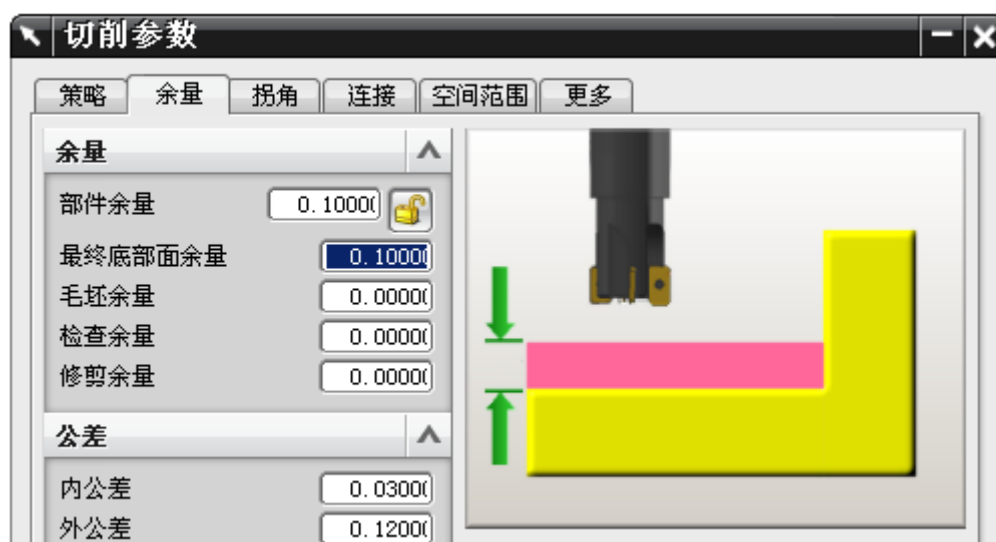


图 8-83

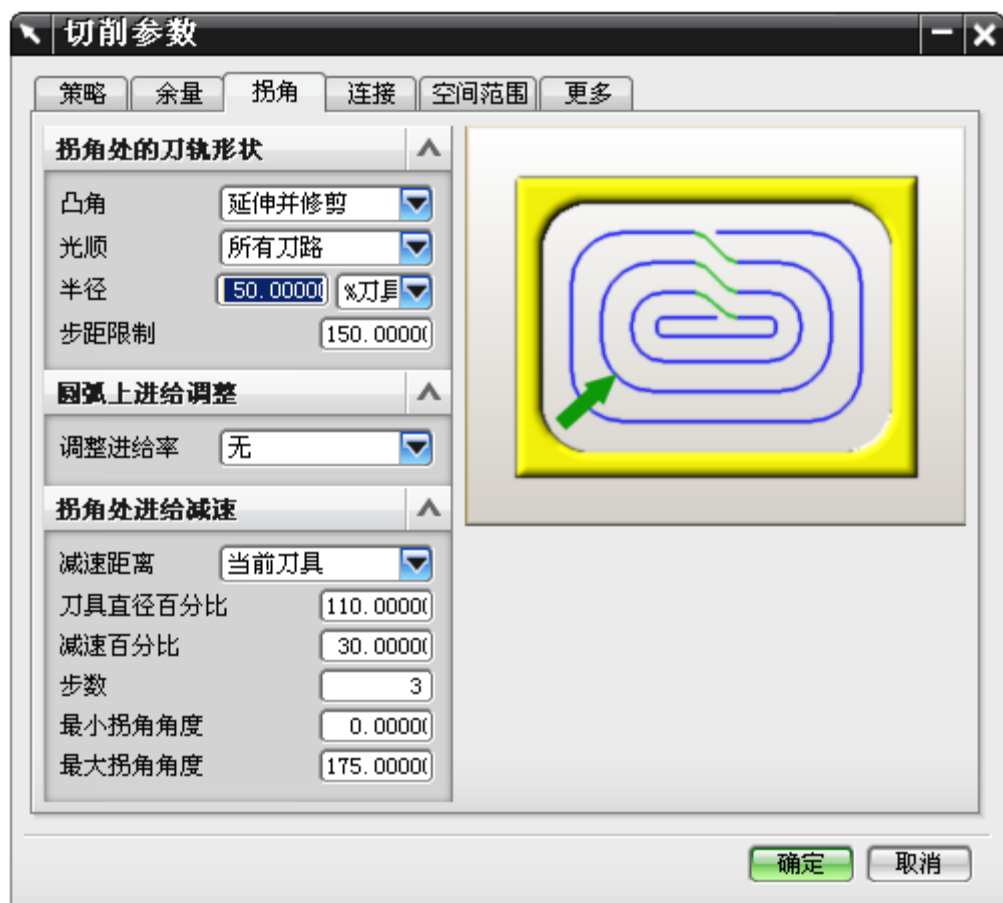


图 8-84

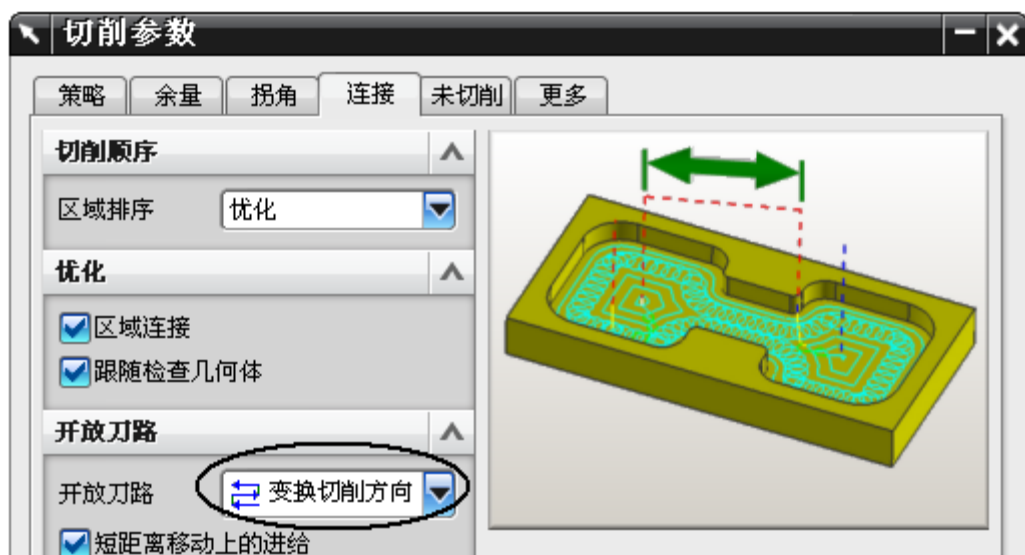


图 8-85

Step 9 设置非切削运动参数

- 单击 , 打开非切削运动参数设置对话框, 设置如图 8-86 所示的参数, 单击确认。

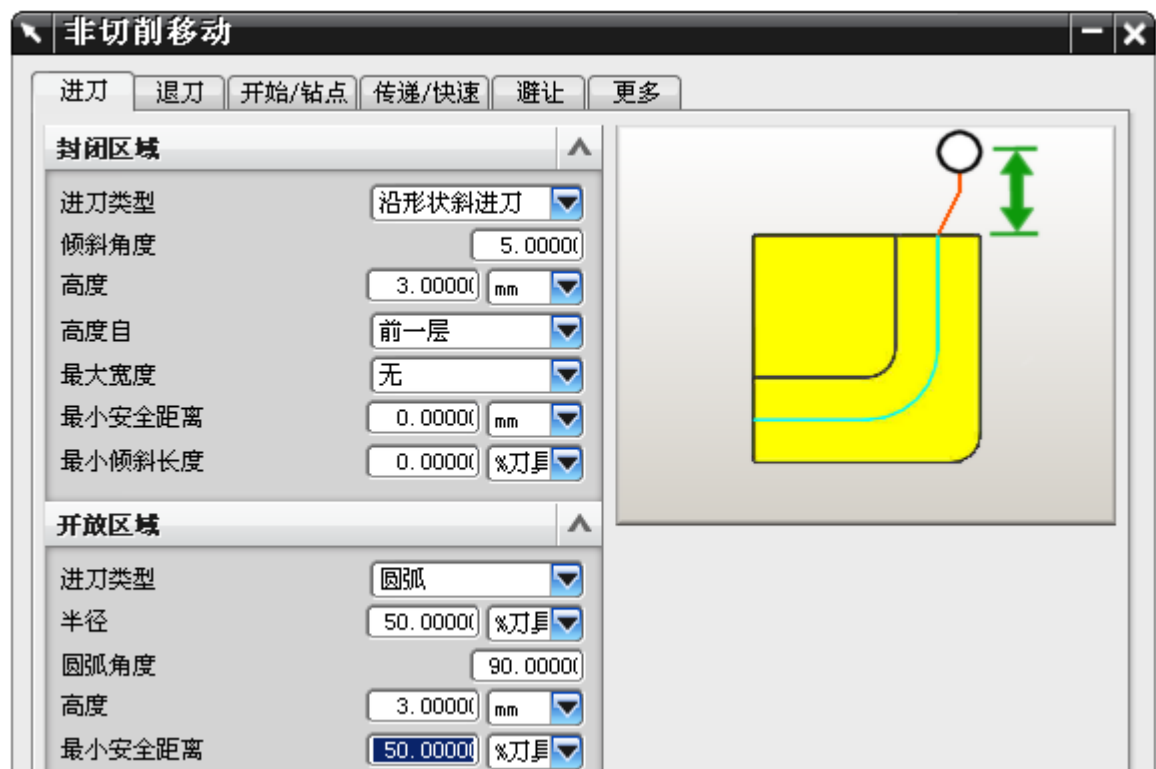


图 8-86

Step 10 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，如图 8-87 所示，单击确认，完成操作创建。

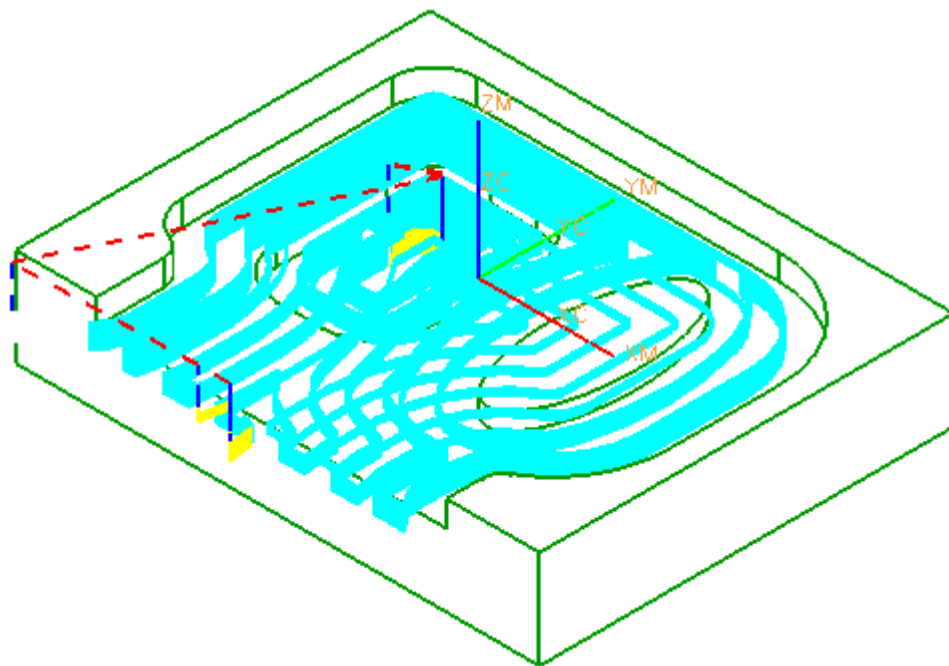


图 8-87

Step 10 创建精加工侧面操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 ROUGH_FOLLOW 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 M10，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 paste inside，粘贴此操作，如图 8-88 所示。



8-88

- 单击 ROUGH_FOLLOW_COPY 操作，单击 MB3 打开快捷菜单，选择重命名，将操作名称更名为 SIDE。
- 双击 SIDE，打开操作对话框，设置如图 8-89 所示的参数。



图 8-89

- 单击 ，设置如图 8-90 所示的切深参数，单击 OK。

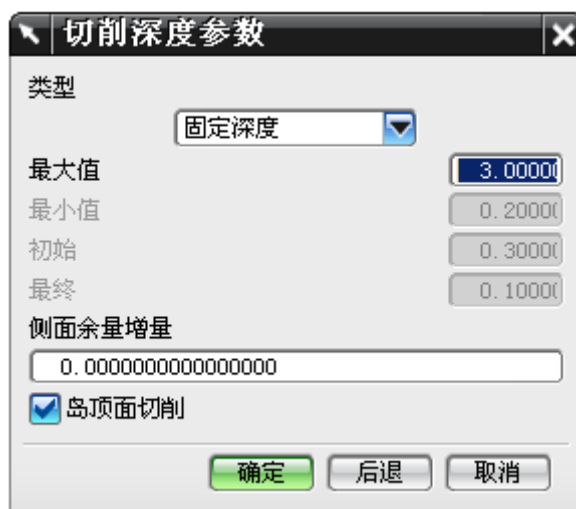


图 8-90

- 单击 ，设置如图 8-91 和图 8-92 所示的切削参数，单击 OK。

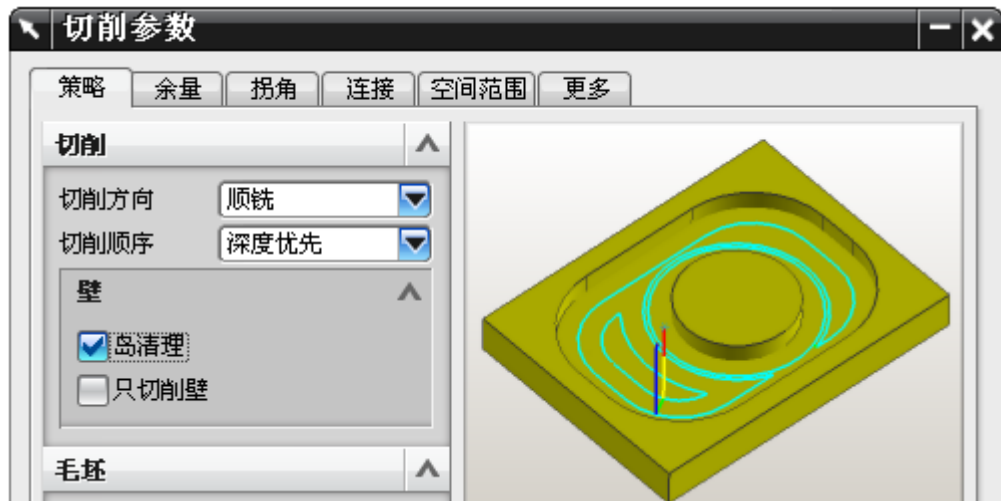


图 8-91

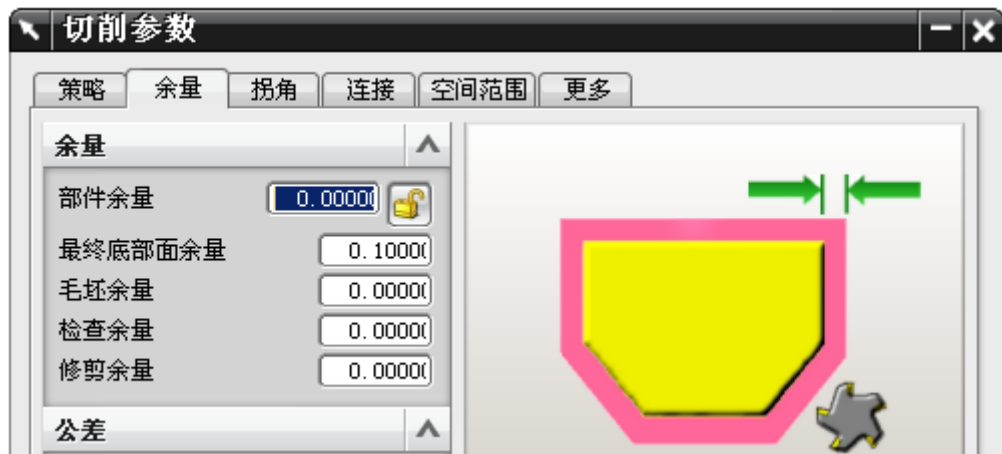


图 8-92

- 单击 ，生成如图 8-93 所示的刀轨，单击确认。

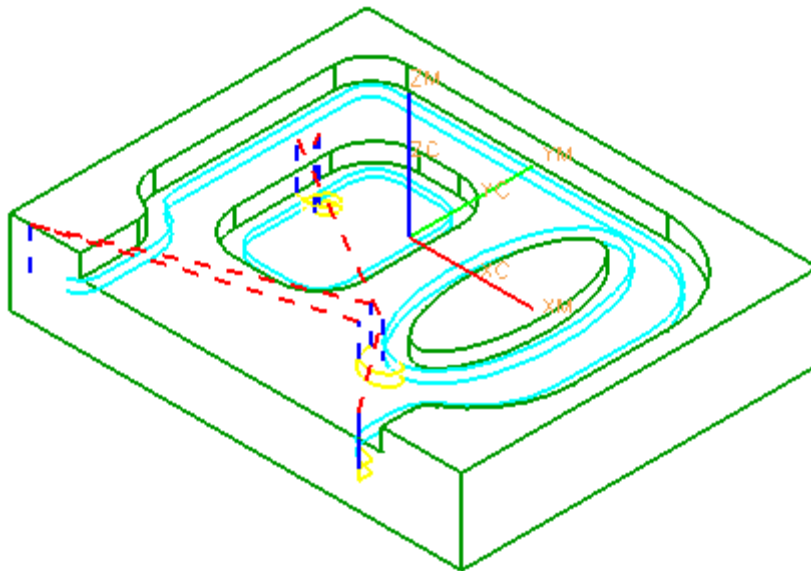
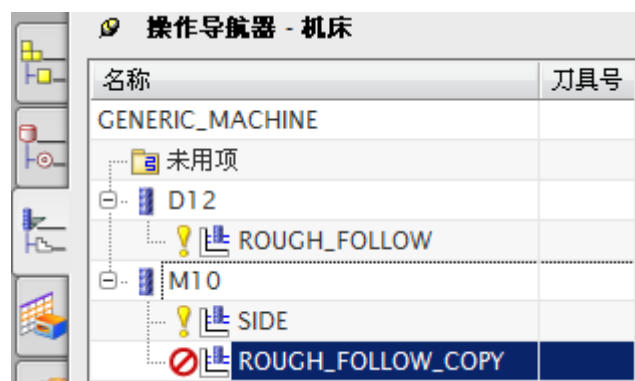


图 8-93

Step 11 创建精加工底面操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 ROUGH_FOLLOW 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 M10，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 paste inside，粘贴此操作，如图 8-94 所示。



8-94

- 单击 ROUGH_FOLLOW_COPY 操作，单击 MB3 打开快捷菜单，选择重命名，将操作名称更名为 FLOOR。
- 双击 FLOOR，打开操作对话框，设置如图 8-95 所示的参数。



图 8-95

- 单击 , 设置如图 8-96 所示的切深参数, 单击 OK。

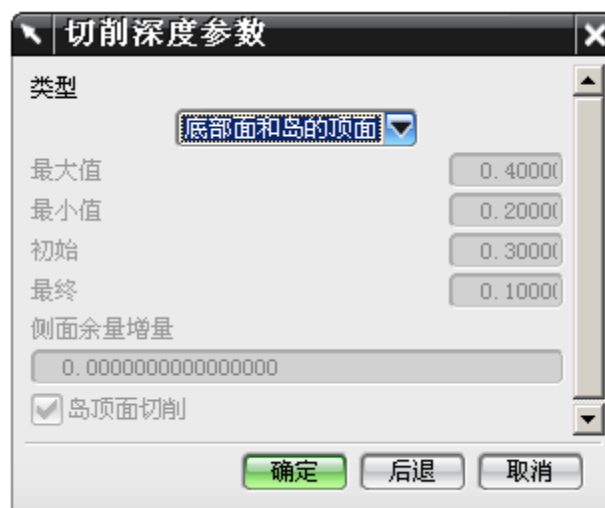


图 8-90

- 单击 , 设置如图 8-97 所示的切削参数, 单击 OK。

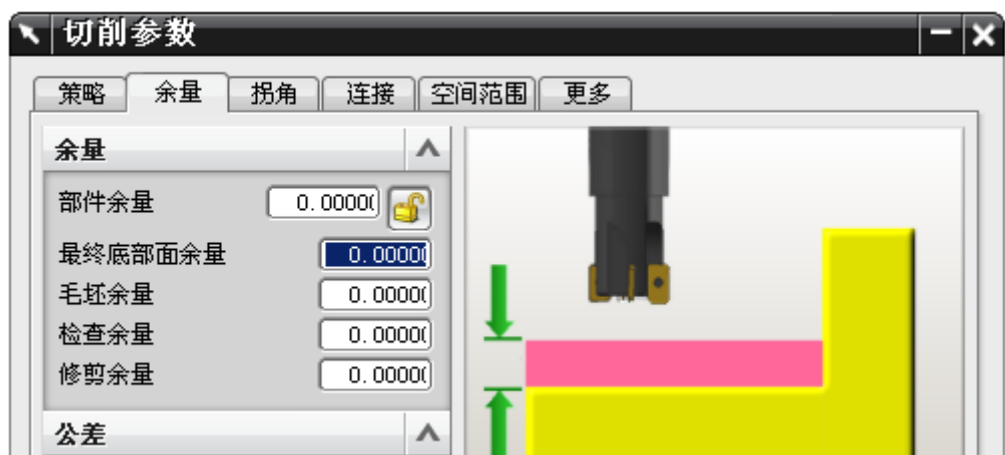


图 8-97

- 单击 , 生成如图 8-98 所示的刀轨, 单击确认。

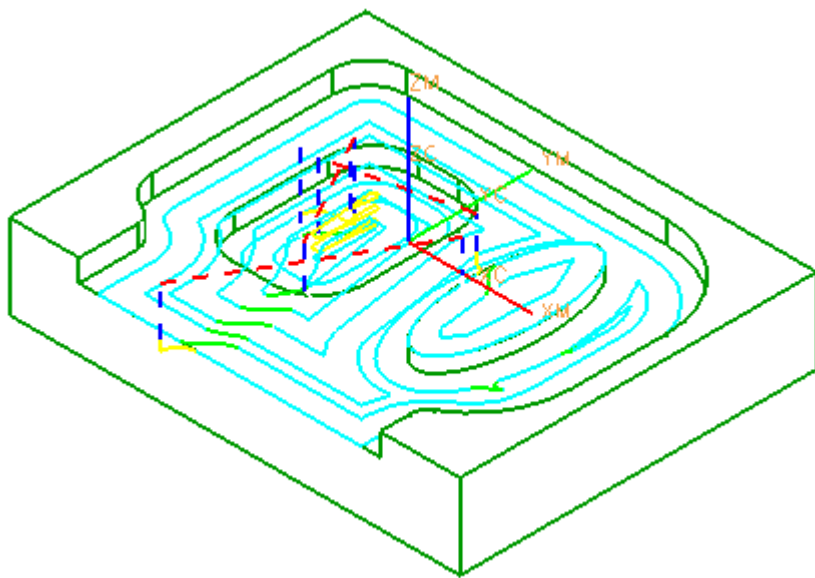


图 8-98

Step 12 保存操作

- 单击 , 保存模型文件即保存操作。

练习 7

【目的】使用主模型法，建立装配模型，学习检查几何的定义与使用。

Step 1 打开零件

- Open → x:\parts\planar\pln_assem.prt。

Step 2 运行加工模块

- Start → Manufacturing。

Step 3 设置查验余理

- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 双击操作 ROUGH_FOLLOW，打开操作对话框。
- 单击  验证刀轨，如图 8-99 所示。注意：刀具紧贴夹具，应设置检查余量。

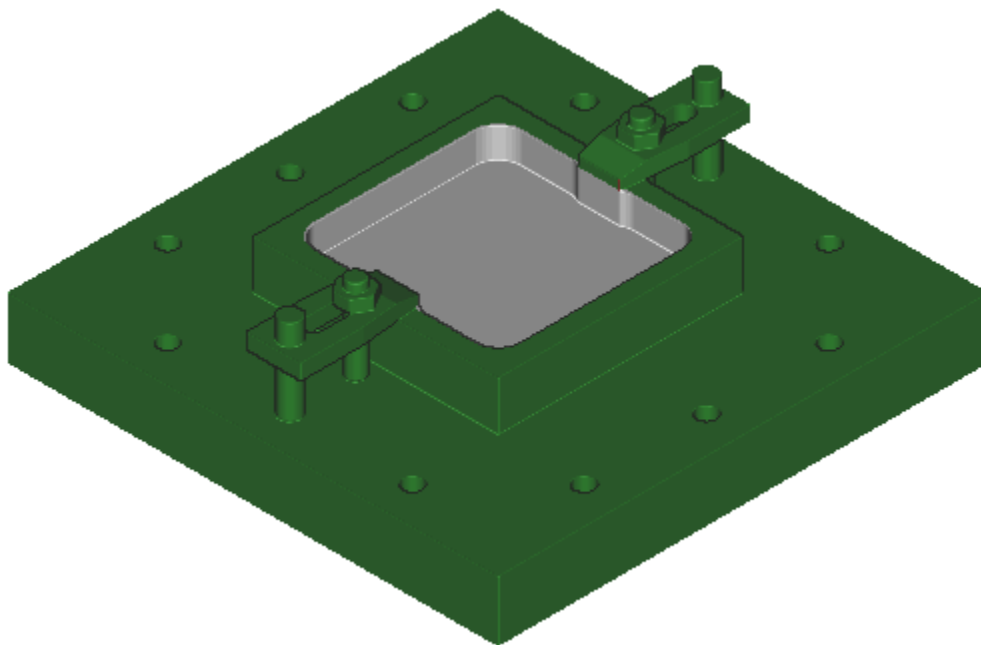


图 8-99

- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 8-100 所示的检查余量，再单击未切削，设置如图 8-101 所示的参数，单击 OK。



图 错误!文档中没有指定样式的文字。-6

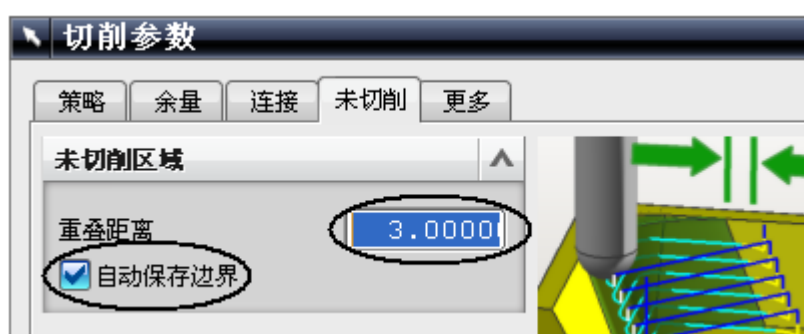


图 8-101

- 单击 ，生成如图 8-102 所示的刀轨，单击 OK 保存操作。

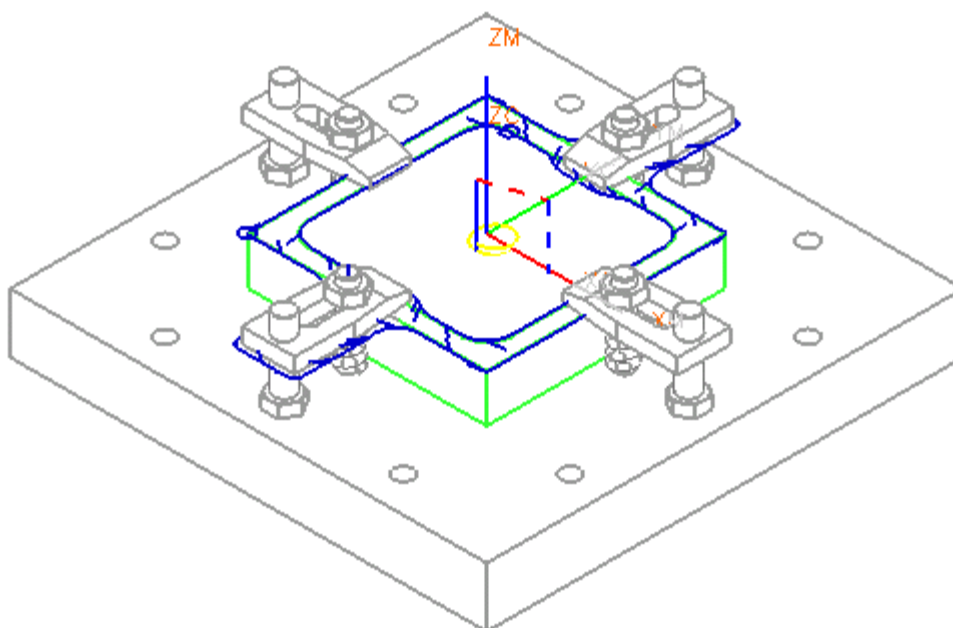


图 8-102

Step 4 创建加工未切削区域（夹具几何所占区域）操作

- 单击 , 切换到几何视图。
- 单击 WORKPIECE, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择 COPY, 再单击 WORKPIECE, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择粘贴, 创建工作件 WORKPIECE_COPY, 如图 8-103 所示。



图 8-103

- 使用 Ctrl+B, 隐藏图形窗口中的夹具几何。
- 在层对话框中, 设置第 10 层不可见, 隐藏层内的夹具几何。
- 双击工件 WORKPIECE_COPY, 打开几何定义对话框。
- 单击  打开检查几何定义对话框, 单击全部重选, 选择如图 8-104 所示的夹具几何, 单击 OK。

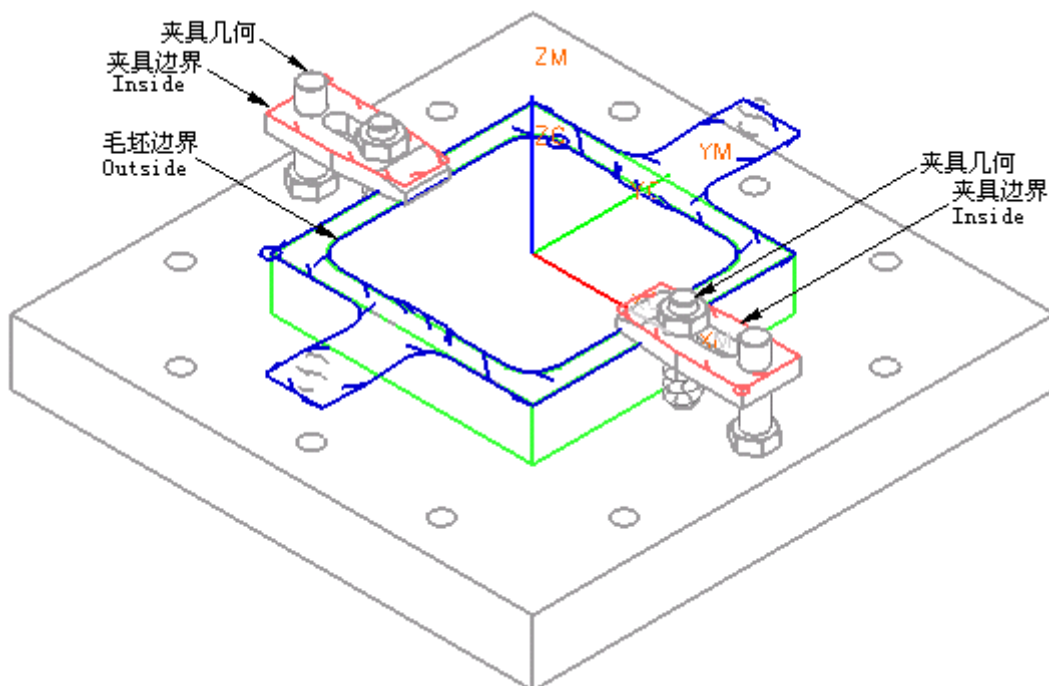


图 8-104

- 双击边界几何 MILL_BND_COPY，打开边界几何设置对话框。

- 单击 ，打开边界定义对话框，选择附加，设置如图 8-105 所示的参数，选择图 8-104 中的永久边界曲线作为毛坯边界，注意材料侧为外，单击 OK。



图 8-105

- 单击 ，打开夹具边界定义对话框，定义如图 8-106 中所示的夹具边界，注意材料侧为内，单击 OK，再单击 OK 结束边界编辑。

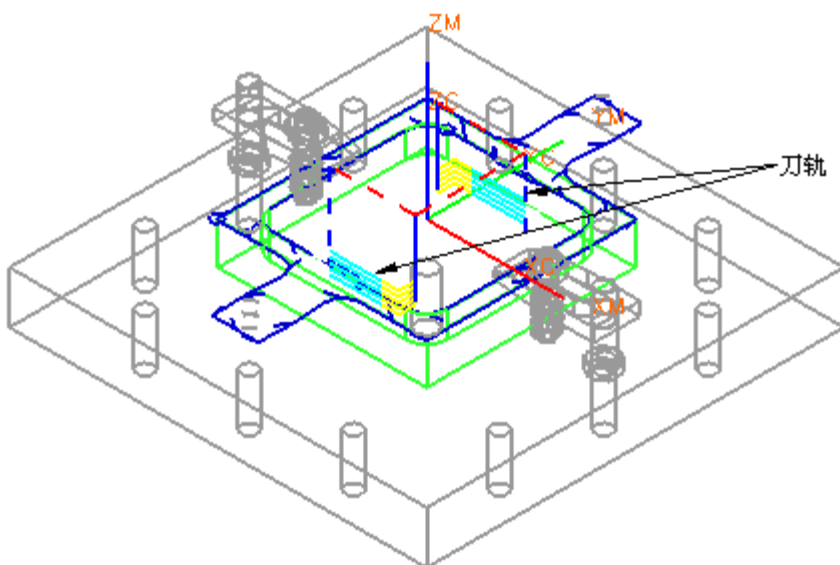


图 8-106

- 双击 ROUGH_FOLLOW_COPY，打开操作参数设置对话框。

- 单击  生成刀轨，如图 8-106 所示，单击 OK。

练习 8

【目的】创建刻字操作，掌握在平表面上铣削字符方法。

Step 1 打开零件

Open → x:\parts\planar\pln_text.prt。

Step 2 书写字符

- 如图 8-107 所示，选择 Start → Drafting 进入制图模块。

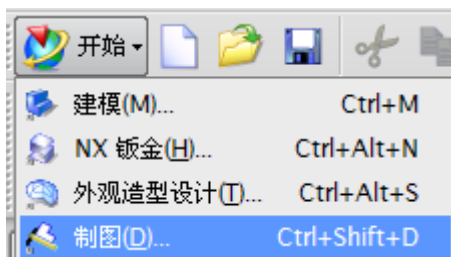


图 8-107

- 单击 ，打开注释编辑器，如图 8-108 所示。

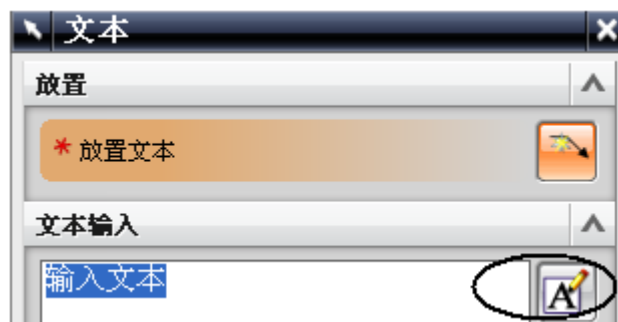


图 8-108

- 在图 8-108 中，单击 ，打开文本编辑器，设置如图 8-109 所示的参数，输入文字 UG NX5 数控铣编程，移动鼠标，单击 MB1 放置文字。

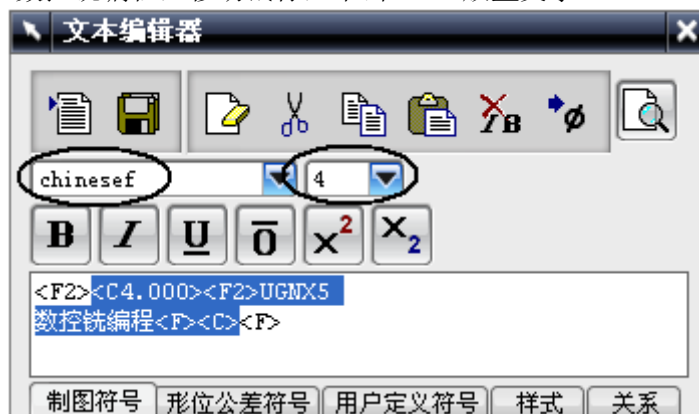


图 错误!文档中没有指定样式的文字。 -7

- 若文字没有放置在理想位置上,单击 MB1 选择文字,移动鼠标拖动文字到理想位置上,单击 MB1 放置,如图 8-150 所示。

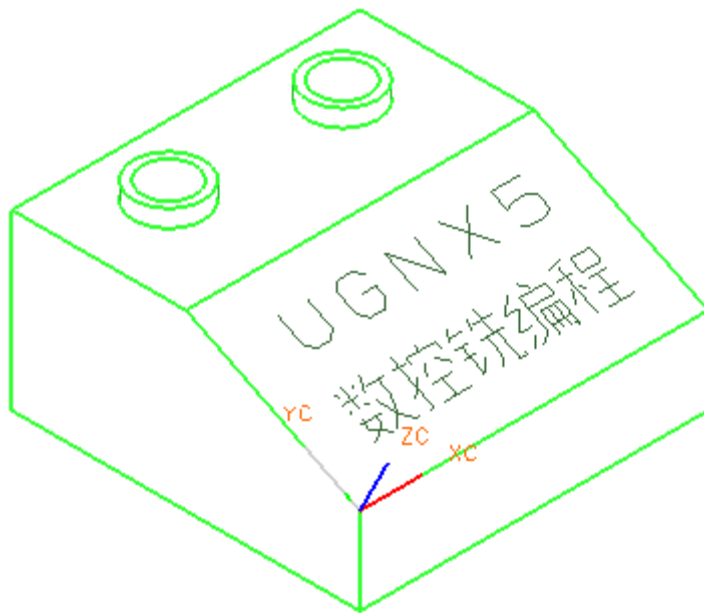


图 错误!文档中没有指定样式的文字。 -8

Step 4 运行加工模块

Start→Manufacturing。

Step 5 定义工件

- 单击  切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL, 定义 MCS 与 WCS 重合, 安全设置为自动, 单击 OK。
- 双击 WORKPIECE, 定义窗口中的实体为 Part, 单击 OK。

Step 6 创建刀具

- 创建立铣刀 D1mm, 过程略。

Step 7 创建刻字操作

- 单击 ，选择如图 8-151 所示的操作子类型和父节点。



图 错误! 文档中没有指定样式的文字。-9

- 在图 8-151 中，单击 OK，打开如图 8-152 所示的创建操作对话框。



图 错误! 文档中没有指定样式的文字。-10

- 单击 ，选择已输入的文字，单击 OK。

-
- 单击, 指定 XC-YC 平面作为底平面, 单击 OK。
 - 在文本深度栏中输入刻字深度 0.3, 每一刀的深度为 0.05, 如图 8-152 所示。
- Step 8 生成刀轨

- 单击生成刀轨, 如图 8-153 所示。

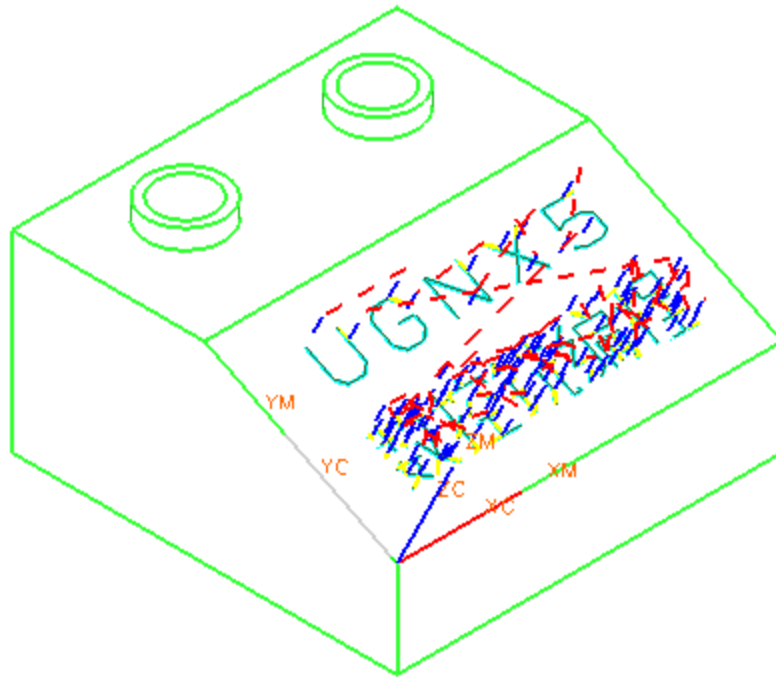


图 错误!文档中没有指定样式的文字。-11

Step 9 刀轨验证

- 单击验证刀轨, 结果如图 8-154 所示。

图 错误!文档中没有指定样式的文字。-12

9. 综合编程实例

1、教学目标：

- 对一般的工件能够创建合理的工序，完成加工编程。

2、教学重点

- 合理创建刀具。
- 合理设置切削模式与非切削模式参数。
- 能够判断刀轨的合理性

3、教学难点

- 工件加工各类参数的设置。

4、素质思政内容要求

- 培养工匠精神与职业责任感；强化科技报国与创新意识，树立绿色制造与可持续发展理念，分析德国工业 4.0 与“双碳”目标的关联，设计绿色加工方案，引导学生思考技术发展与生态保护的平衡。

5、教学手段：

- 讲授 、演示、提问

6、学时数

- 6 学时

主要内容:

- 简单零件铣削编程
- 型芯零件铣削编程
- 型腔零件铣削编程

9.1 实例 1

加工如图 9-1 所示的简单零件，材料为 PH50，加工机床为 MAKINO-V56，使用虎钳装加。

工序	程序组	刀具	余量	备注
粗加工	PROG-1	D25R0.8	0.40	机夹刀（可换硬质合金刀片）
半精加工	PROG-2	D10	0.15	氮钛铝涂层刀具(半新)
精加工	PROG-3	M10	0	氮钛铝涂层刀具(全新)
		D6R3		

根据加工要求，制订如上表所示的加工工艺方案，各操作中的切削参数如切深、主轴转速、进给量等均按上述加工条件设定。

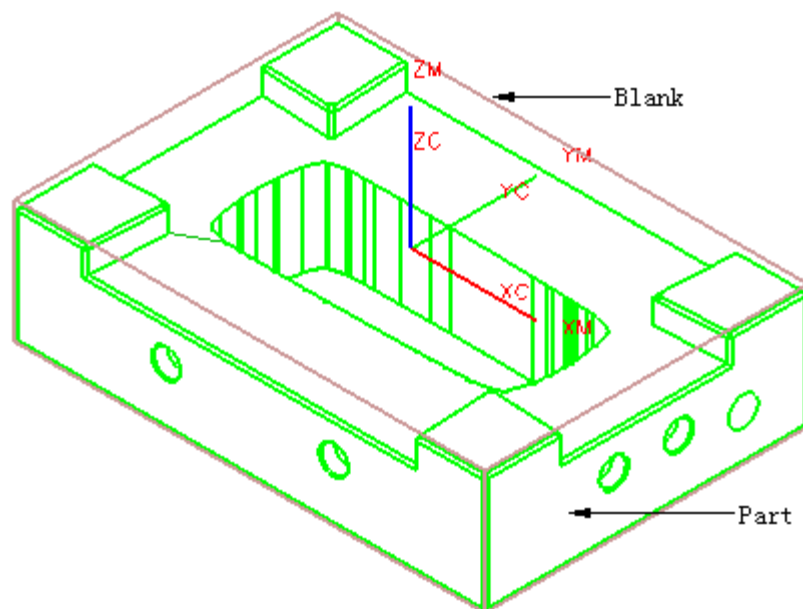


图 9-1

9.1.1 编程准备

Step 1 打开零件

Open→x:\parts\ex\simple_milling.prt。

Step 2 运行加工模块

Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件 (WORKPIECE)

- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，打开坐标系定义对话框，定义 MCS 与 WCS 重合；安全设置选项为平面，距离 Blank 上表面 10mm。
- 双击 WORKPIECE，定义如图 9-1 所示的 Part 和 Blank，单击 OK。
- 使用 Ctrl+B，隐藏毛坯。

Step 4 创建刀具

- 创建如图 9-2 所示的刀具，具体过程略。



图 9-2

Step 5 创建程序组

- 创建如图 9-3 所示的程序组，具体过程略。



图 9-3

9.1.2 创建粗加工操作

Step 1 创建型腔铣操作

- 单击 ，选择如图 9-4 所示的操作子类型和父节点。



图 9-4

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-5 所示参数。



图 9-5

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-6 和 9-7 所示的切削参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。

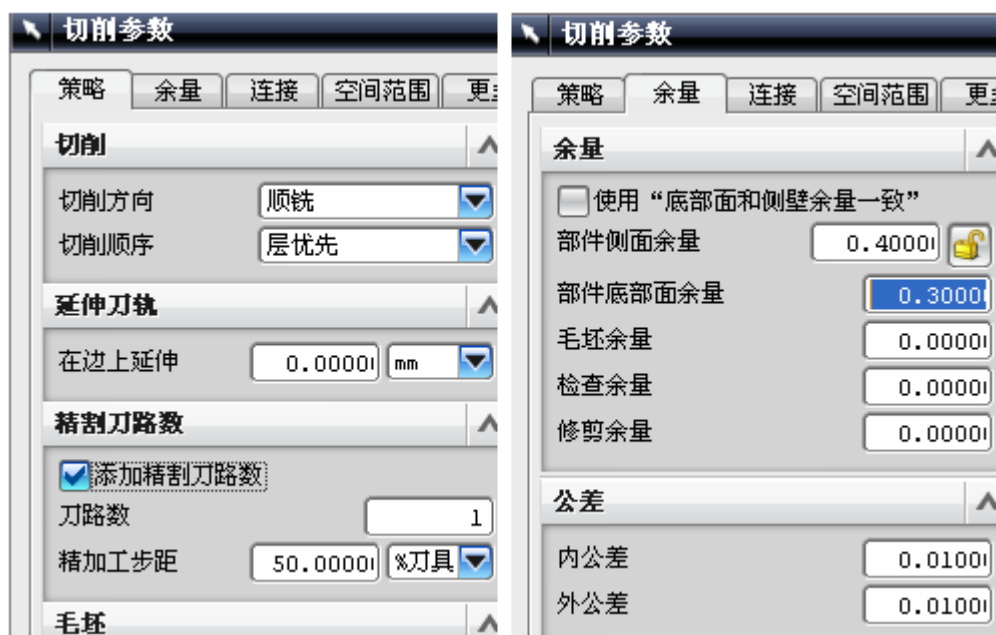


图 9-6



图 9-7

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 9-8 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-8

Step 4 设置拐角参数

- 单击 ，设置如图 9-9 所示的拐角参数，单击 OK。



图 9-9

Step 5 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-10 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-10

Step 6 设置机床控制参数

- 分别在开始和结束刀轨事件中，单击 ，设置如图 9-11 所示的参数，单击 OK。注意：本实例以后的操作中，均采用相同的后处理设置，故不再在每一操作中说明。



图 9-11

Step 7 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-12 所示的刀轨，单击 O K。

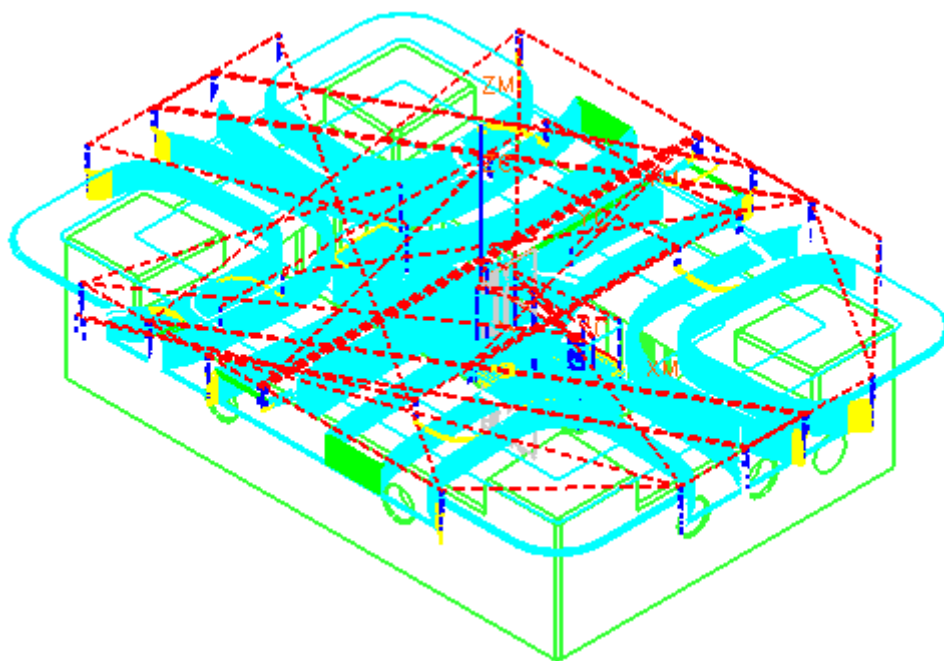


图 9-12

9.1.3 创建半精加工操作（1）

Step 1 创建等高轮廓铣操作

- 单击 ，选择如图 9-13 所示的操作子类型和父节点。

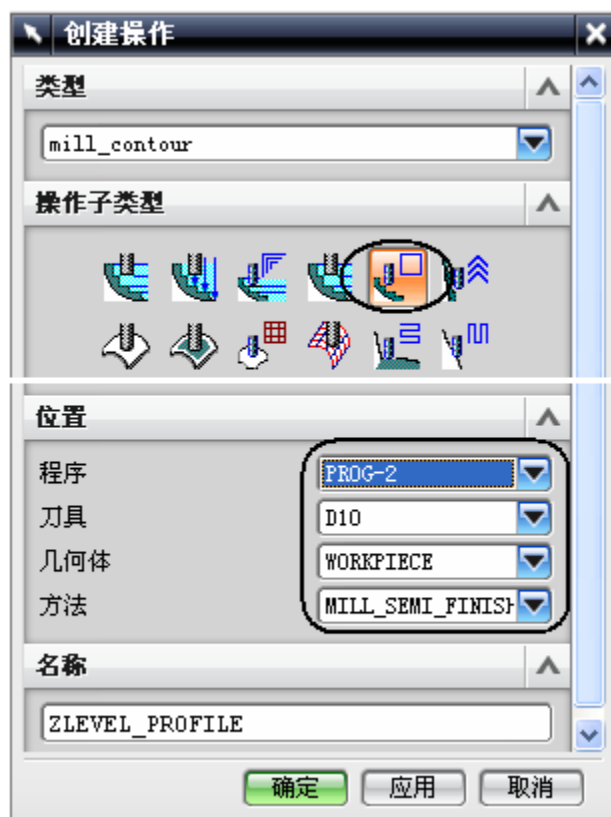


图 9-13

- 单击 OK，打开操作对话框，设置如图 9-14 所示的参数。

- 单击 ，选择零件最外围封闭边界，修剪其外围刀轨。



图 9-14

Step 2 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 9-15 所示的非切削运动参数，单击 OK。



图 9-15

Step 3 设置切削参数

- 单击，设置如图 9-16 所示的切削参数，单击 OK。

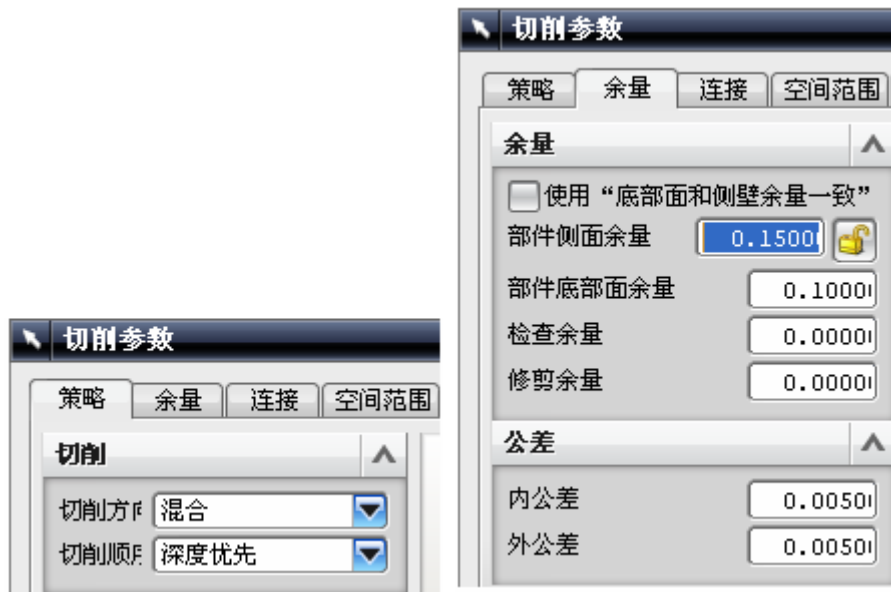


图 9-16

Step 4 设置切削速度

- 单击，设置如图 9-17 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-17

Step 6 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-18 所示的刀轨，单击 O K。

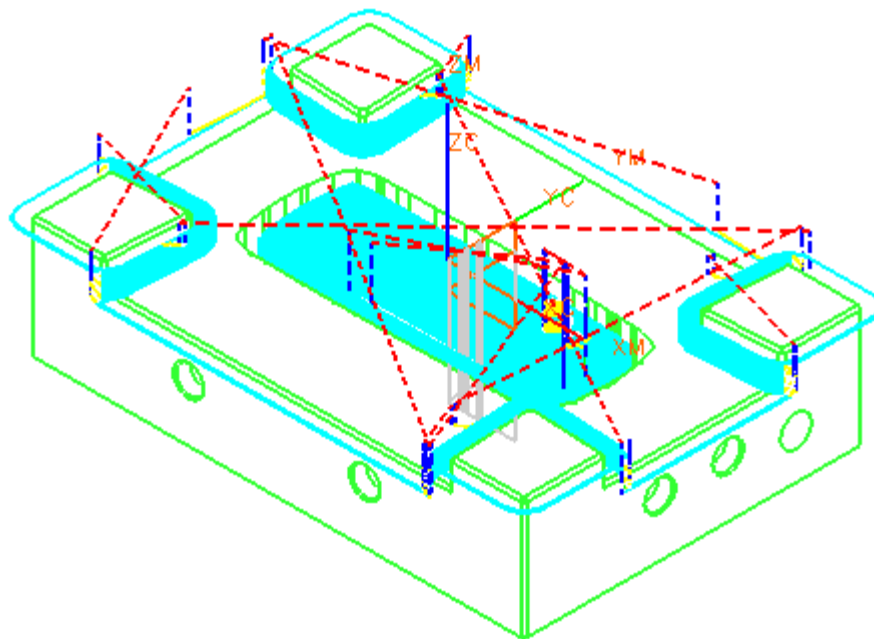


图 9-18

9.1.4 创建半精加工操作（2）

Step 1 作用面铣操作子类型，创建半精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-19 所示的操作子类型和父节点。



图 9-19

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-20 所示的参数。



图 9-20

- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-21 所示的平表面，注意选择时使用忽略孔选项，单击 OK。

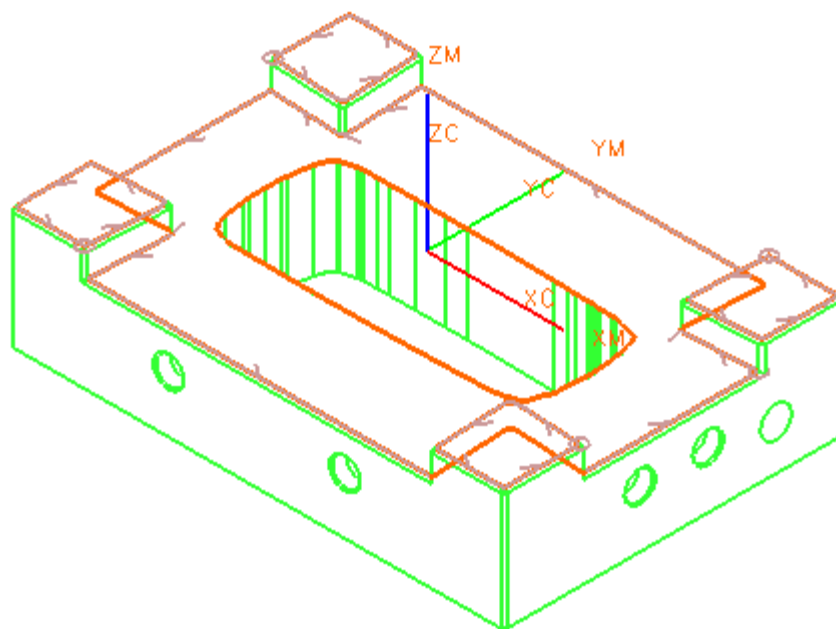


图 9-21

Step 2 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置与前一操作相同的非切削运动参数，单击 OK。

Step 3 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-22 所示的切削参数，单击 OK。



图 9-22

Step 4 设置切削速度

- 单击 ，设置如图 9-23 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-23

Step 5 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-24 所示的刀轨，单击 OK。

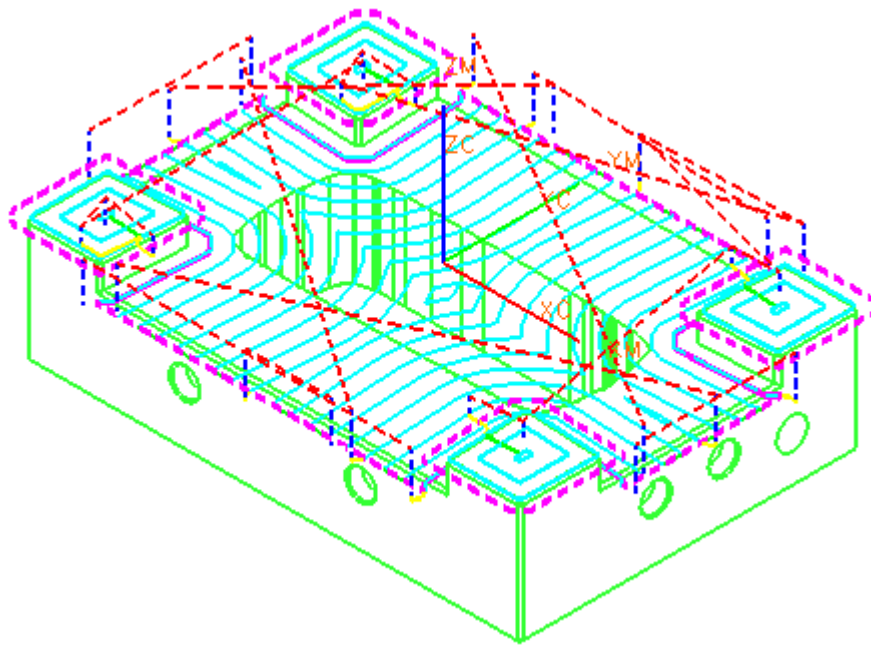


图 9-24

9.1.5 创建精加工操作（1）

Step 1 复制 FACE_MILLING 操作，创建精加工操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 FACE_MILLING 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 M10，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作。
- 双击 FACE_MILLING_COPY，打开操作对话框，设置如图 9-25 所示的参数。



图 9-25

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-26 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-26

Step 3 设置切削速度

- 单击 ，设置如图 9-27 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-27

Step 4 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-28 所示的刀轨，单击 O K。

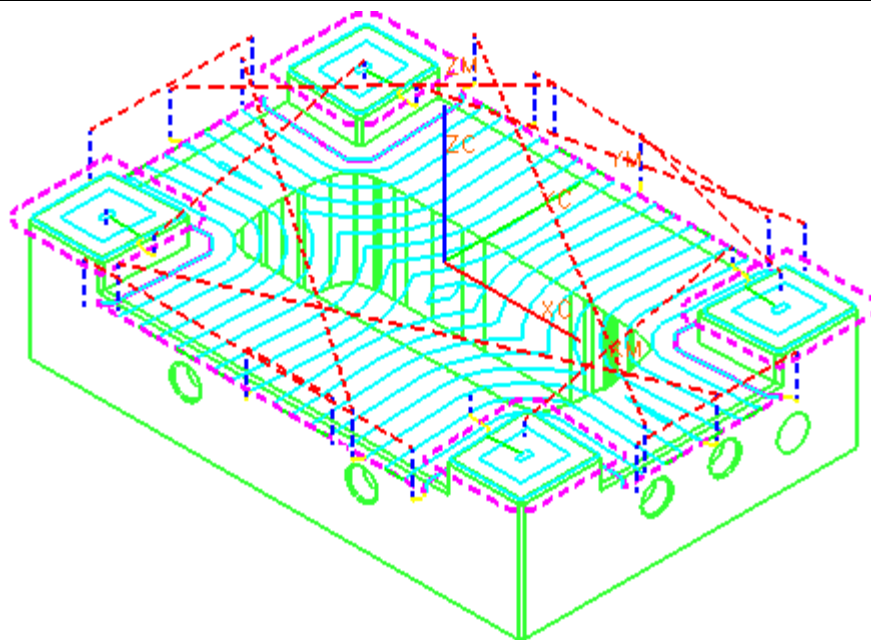


图 9-28

Step 5 移动操作

- 单击 FACE_MILLING_COPY 操作并拖动到程序组 PROG-3 中。

9.1.6 创建精加工操作（2）

Step 1 使用平面铣操作子类型，创建精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-29 所示的操作子类型和父节点。



图 9-29

- 单击 OK，打开操作对话框，设置如图 9-30 所示的参数。



图 9-30

- 单击 , 打开边界定义对话框, 设置如图 9-31 所示的参数, 选择如图 9-32 边界, 单击 OK。



图 9-31

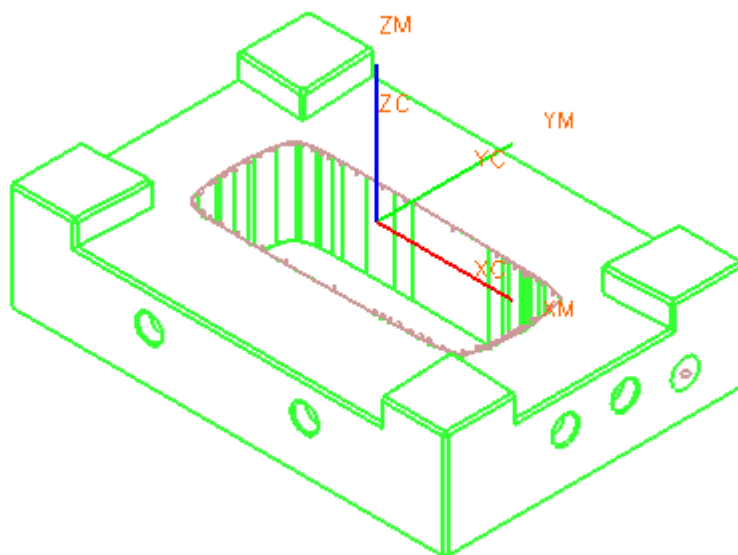


图 9-32

- 单击 ，指定 Part 底平面为底面。
- 在步距下拉菜单中，选择可变步距，打开步距对话框，设置如图 9-33 所示的参数，单击 OK。



图 9-33

Step 2 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置与前一操作相同的非切削运动参数，单击 OK。

Step 3 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-34 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-34

Step 4 设置每层切削深度

- 单击 , 设置如图 9-35 所示的参数, 单击 OK。

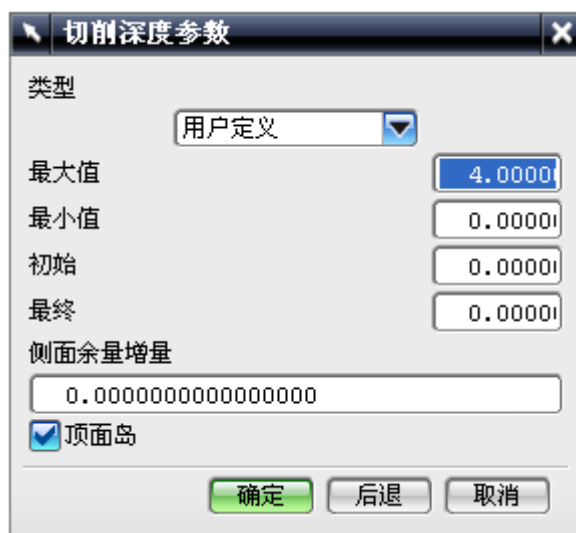


图 9-35

Step 5 设置拐角参数

- 单击 , 设置如图 9-36 所示的拐角参数, 单击 OK。



图 9-36

Step 6 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-37 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-37

Step 6 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-38 所示的刀轨，单击 O K。注意：每一切削层有 3 条刀轨，因为选择了可变步距。

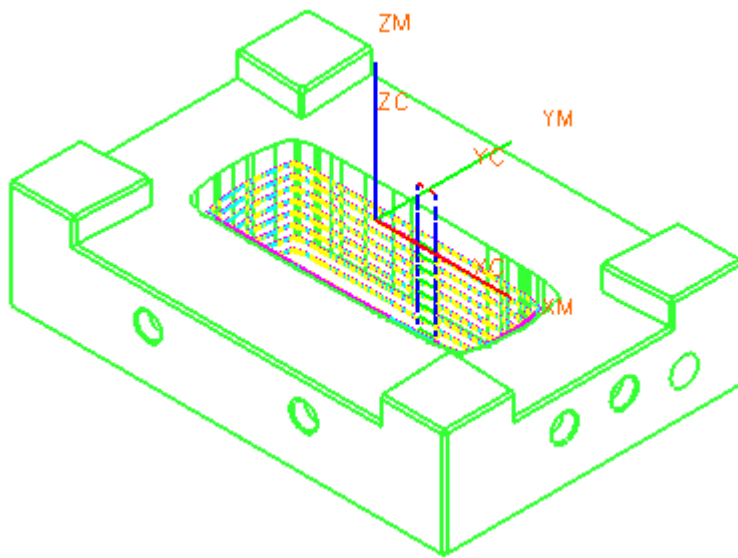


图 9-38

9.1.7 创建精加工操作 (3)

Step 1 复制 PLANAR_MILL 操作，创建精加工操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 PLANAR_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 M10，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴 (paste inside)，粘贴此操作。
- 双击 PLANAR_MILL_COPY，打开操作对话框，如图 9-39 所示。



图 9-39

- 单击 ，打开边界定义对话框，如图 9-40 所示。



图 9-40

- 单击移除，删除原有边界，同时打开边界对话框，设置如图 9-41 所示的边界参数。



图 9-41

- 单击用户定义，打开平面定义对话框，如图 9-42 所示，选择对象平面，指定零件上表面为边界平面。



图 9-42

- 选择如图 9-43 所示的实体边界，单击创建下一条边界，生成如图 9-44 所示的一条边界，同理，在其它 3 个方形凸角上创建如图 9-44 所示的边界，注意每一条边界均为开放，且材料侧在左边。边界定义结束后，返回到图 9-45 所示的边界编辑对话框中。

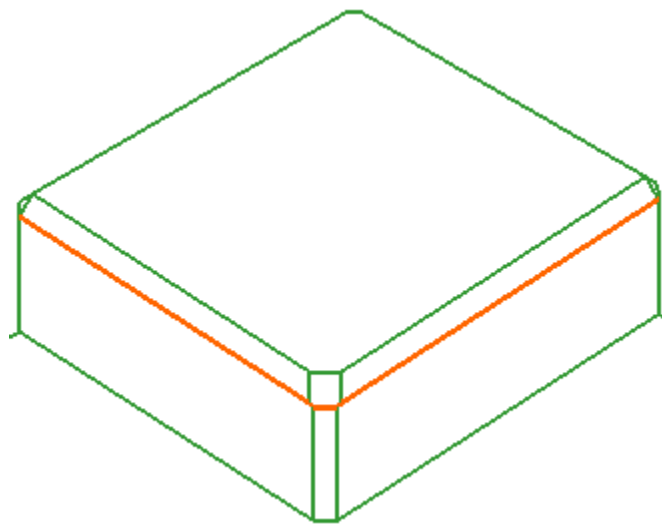


图 9-43

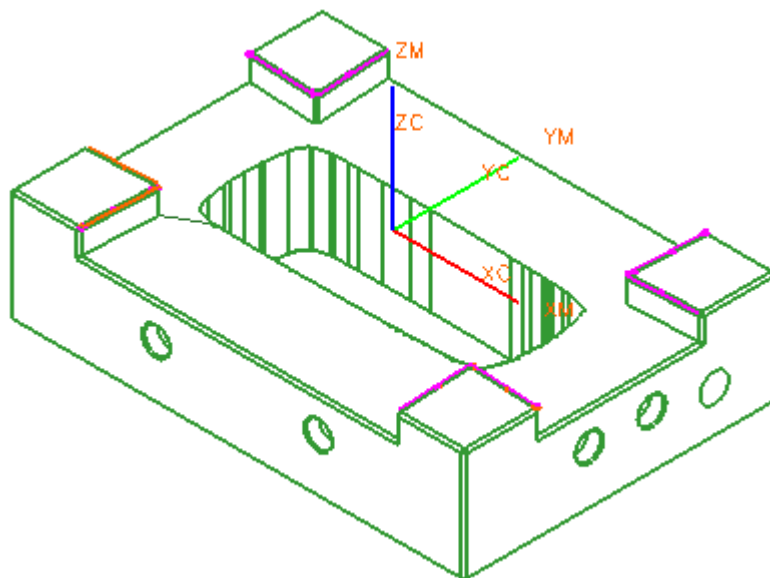


图 9-44



图 9-45

- 在图 9-45 中，单击编辑，打开如图 9-46 所示的对话框。

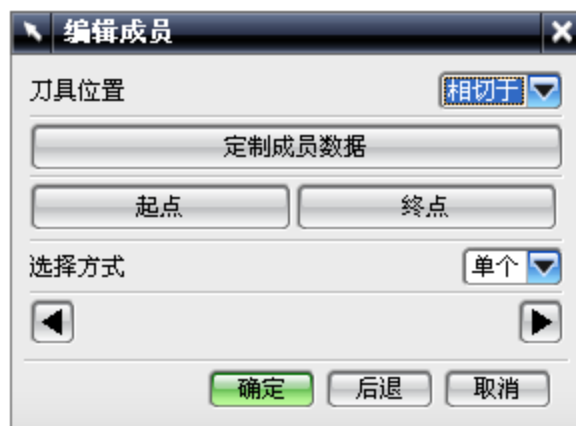


图 9-46

- 单击起点，设置如图 9-47 所示的延伸边界参数，单击 OK，再单击终点，设置同样的参数并单击 OK，这样一条边界的两端均延伸 19%，同理，延伸另外的 3 条边界，单击 OK，结束边界定义与编辑。



图 9-47

- 单击 , 重新选择如图 9-48 所示的平面为底平面，单击 OK。

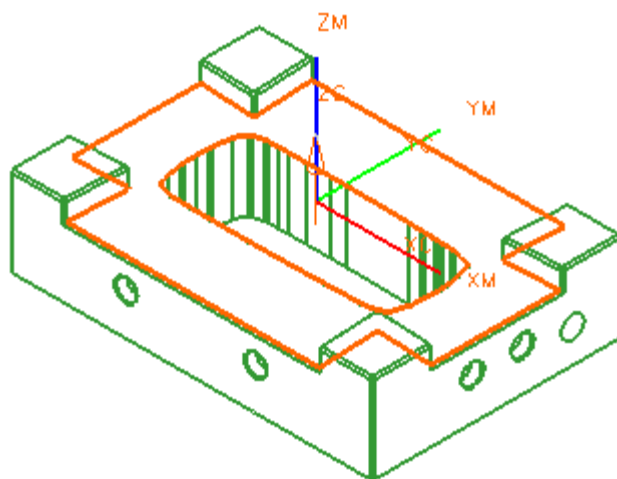


图 9-48

Step 2 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-49 所示的刀轨，单击 O K。注意：每一切削层有 3 条刀轨，因为选择了可变步距。

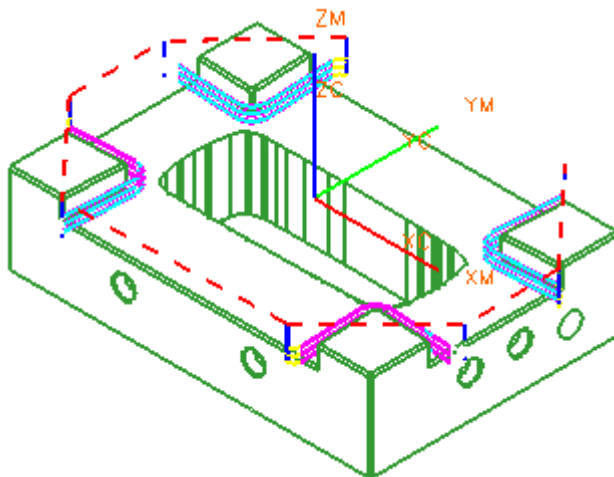


图 9-49

9.1.8 创建精加工操作（4）

Step 1 使用区域驱动，创建精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-50 所示的操作子类型和父节点。



图 9-50

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-51 所示参数。



图 9-51

- 单击 ，选择如图 9-52 所示的表面，单击 OK。

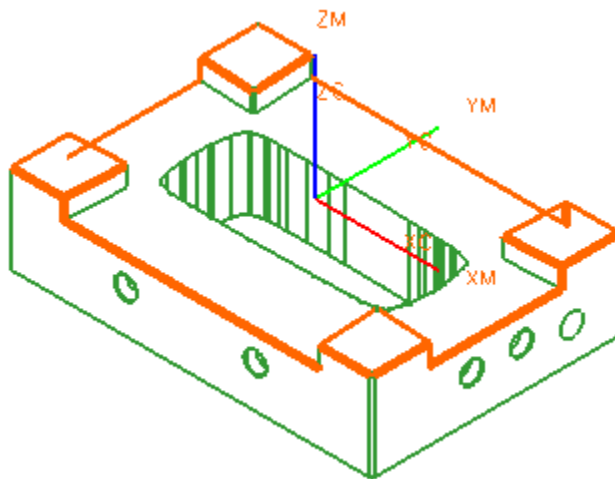


图 9-52

- 单击 ，设置如图 9-53 所示的参数，单击 OK。



图 9-53

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-54 所示的切削参数，单击 OK。



图 9-54

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 9-55 所示的进刀参数，单击 OK。



图 9-55

Step 4 设置切削速度

- 单击 ，设置如图 9-56 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-56

Step 5 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-57 所示的刀轨，单击 O K。

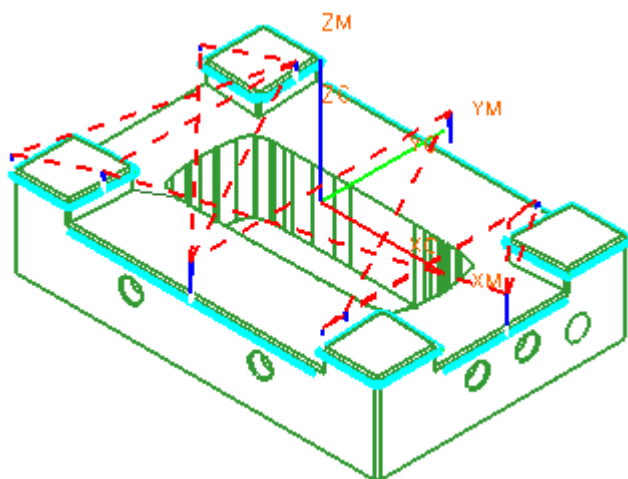


图 9-57

9.1.9 输出 NC 程序

- 单击，切换到程序视图。
- 单击 NC_PROGRAM。
- 单击，打开后处理对话框，选择正确的后处理程序，指定输出 NC 文件名，如图 9-58 所示，单击 OK，输出 NC 程序。



图 9-58

9. 2 实例 2

加工如图 9-64 所示的零件，材料为 718，加工机床为 MAKINO-V56，使用虎钳装加。

工序	程序组	刀具	余量	备注
粗加工	CORE-1	D25R5	0.25	机夹刀（可换 硬质合金刀片）
		D8		氮钛铝涂层刀具 (半新)
半精加工	CORE-2	D8 D4R2	0.05	
精加工	CORE-3	M8	0	氮钛铝涂层刀具 (全新)
		D6		

		D8R4		
		D3R1.5		

根据加工要求，制订如上表所示的加工工艺方案，以下各操作中的切削参数如切深，进给量、主轴转速等均按上述加工条件设定。

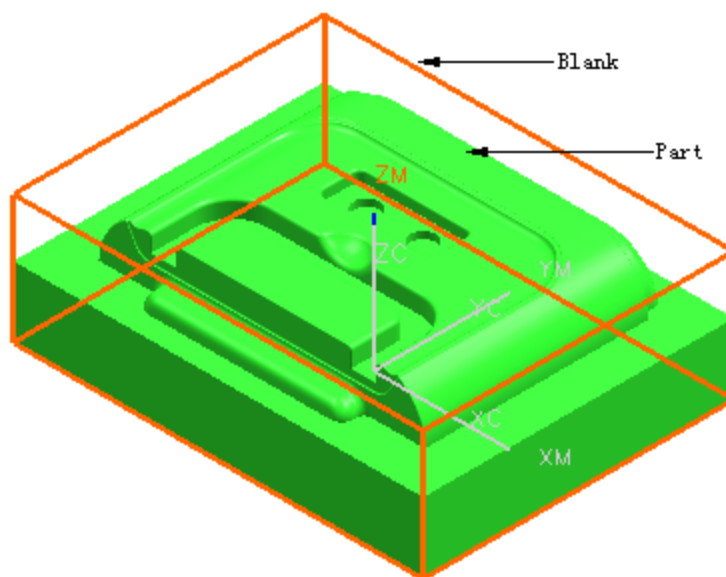


图 9-59

9.2.1 编程准备

Step 1 打开零件

Open → x:\parts\ex\core_milling.prt。

Step 2 运行加工模块

Start → Manufacturing。

Step 3 定义工件 (WORKPIECE)

- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 与 WCS 重合；安全设置选项为平面，距离 Part 上表面 10mm。
- 双击 WORKPIECE，定义如图 9-59 所示的 Part 和 Blank，单击 OK。
- 使用 Ctrl+B，隐藏毛坯。

Step 4 创建刀具

- 创建如图 9-60 所示的刀具，具体过程略。



图 9-60

Step 5 创建程序组

- 创建如图 9-61 所示的程序组，具体过程略。



图 9-61

9.2.2 创建粗加工操作（1）

Step 1 创建型腔铣操作

- 单击 , 选择如图 9-62 所示的操作子类型和父节点。



图 9-62

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-63 所示参数。

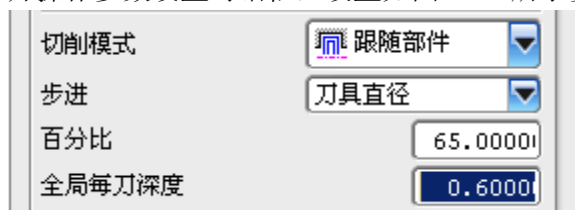


图 9-63

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-64 和 9-65 所示的切削参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-64

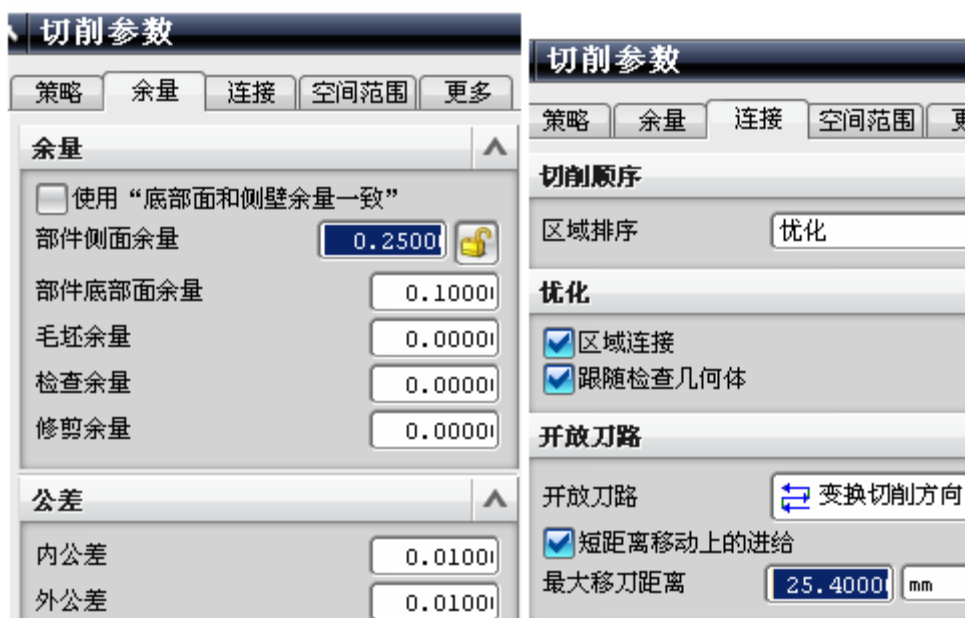


图 9-65

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 9-66 所示的非切削运动参数，单击 OK。

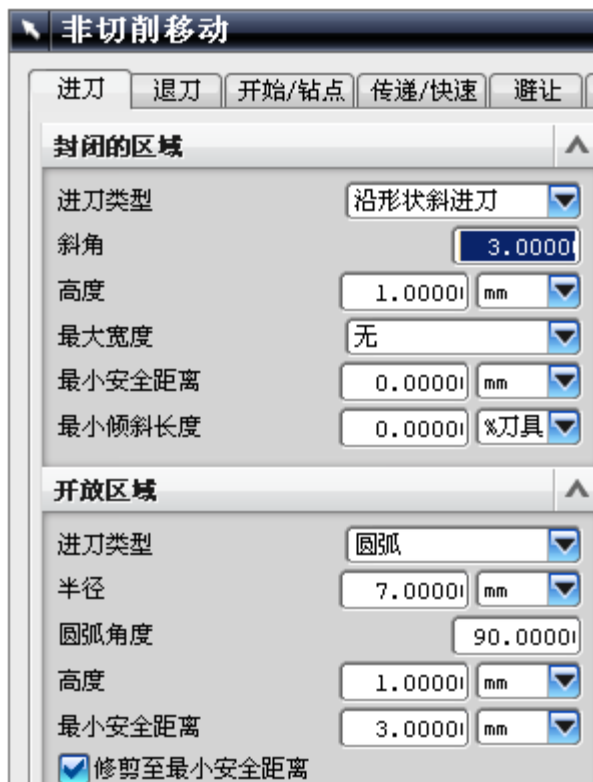


图 9-66

Step 4 设置拐角参数

- 单击 ，设置如图 9-67 所示的拐角参数，单击 OK。



图 9-67

Step 5 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-68 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-68

Step 6 生成刀轨

- 单击  生成刀轨，单击 O K。

9.2.3 创建粗加工操作（2）

Step 1 复制 CAVITY_MILL 操作，使用参考刀具创建粗加工操作。

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 CAVITY_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D8，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作。
- 单击 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框，设置如图 9-69 所示的参数。



图 9-69

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-70 所示的切削参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。

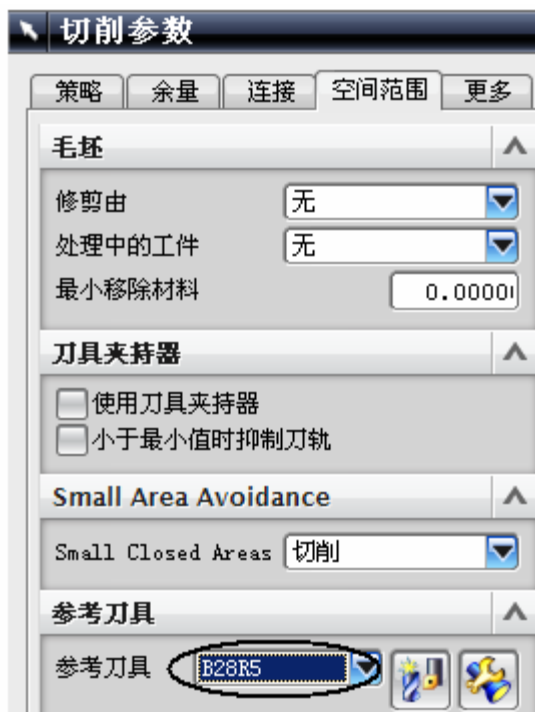


图 9-70

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置如图 9-71 所示的非切削运动参数, 单击 OK。

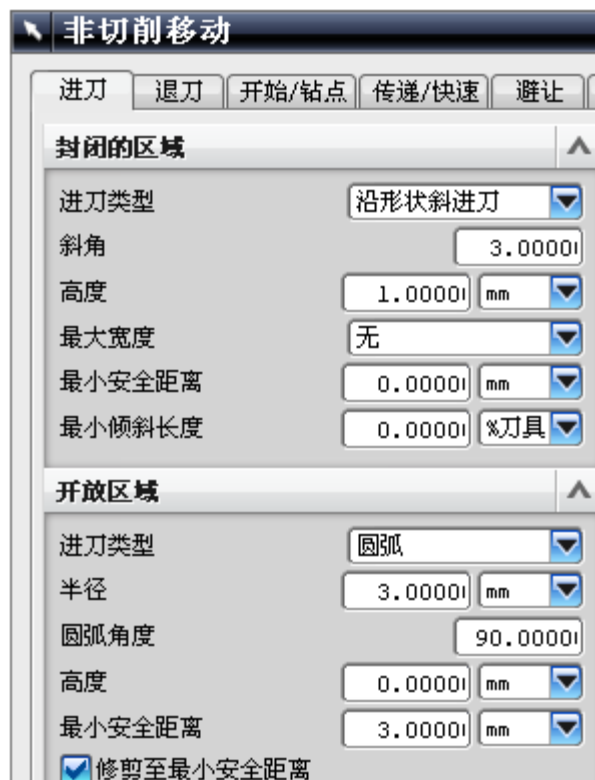


图 9-71

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-72 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-72

Step 5 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-73 所示的刀轨，单击 O K 确认。

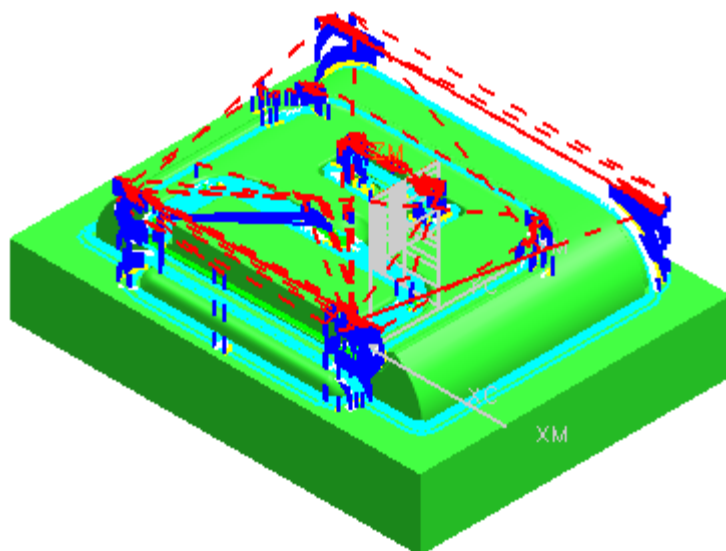


图 9-73

9.2.4 创建半精加工操作（1）

Step 1 创建等高轮廓铣操作

- 单击 ，选择如图 9-74 所示的操作子类型和父节点。



图 9-74

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框。
- 单击 ，选择零件底面的外边界修剪其处围刀轨。
- 在操作对话框中，设置如图 9-75 所示的参数。



图 9-75

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-81 所示的切削参数, 单击 OK。

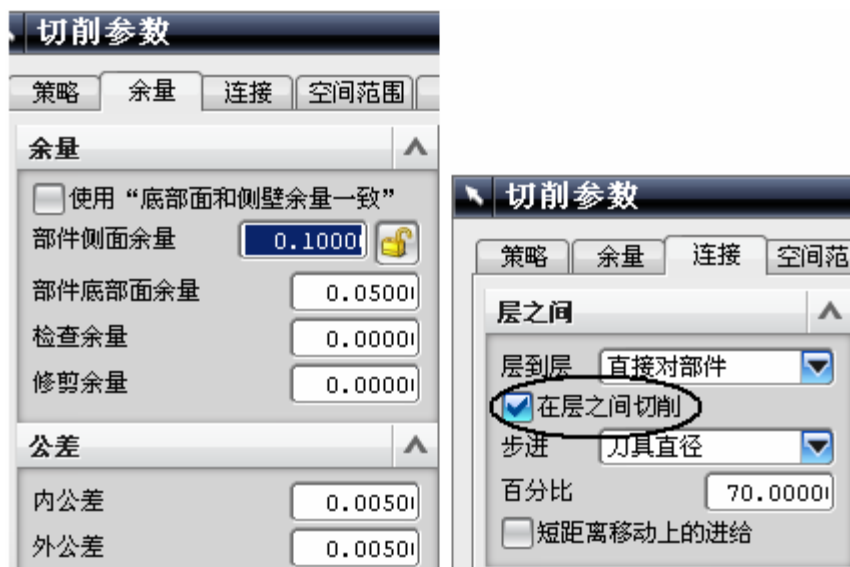


图 9-76

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击，设置如图 9-77 所示的非切削运动参数，单击 OK。

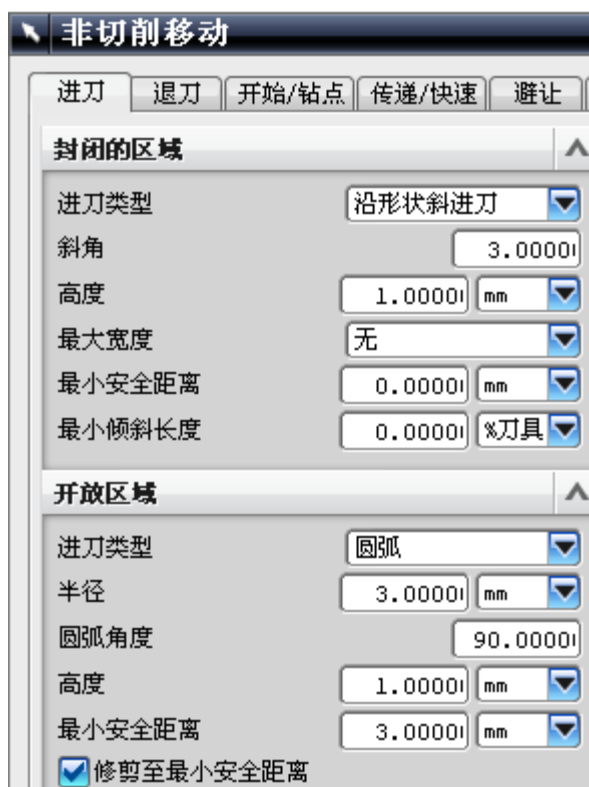


图 9-77

Step 4 设置切削速度

- 单击，设置与前一操作相同的主轴转速与进给速度，单击 OK。

Step 5 生成刀轨

- 单击，生成如图 9-78 所示的刀轨，单击 OK。

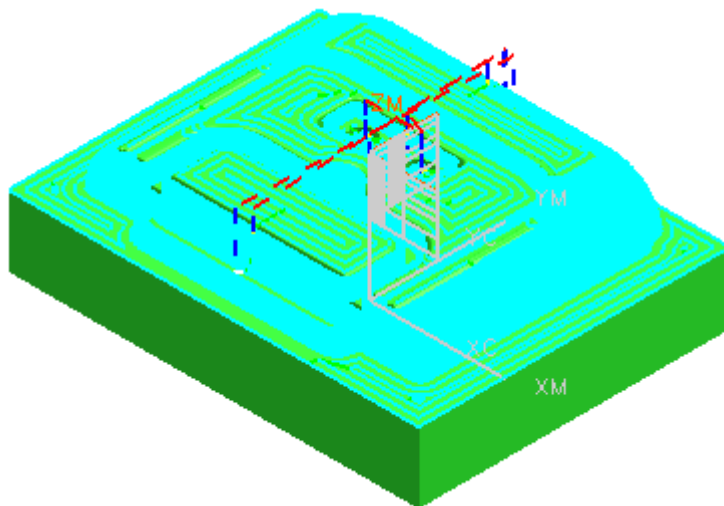


图 9-78

9.2.5 创建半精加工操作（2）

Step 1 使用区域驱动操作子类型，创建半精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-79 所示的操作子类型和父节点。



图 9-79

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框。
- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-80 所示的曲面，单击 OK。

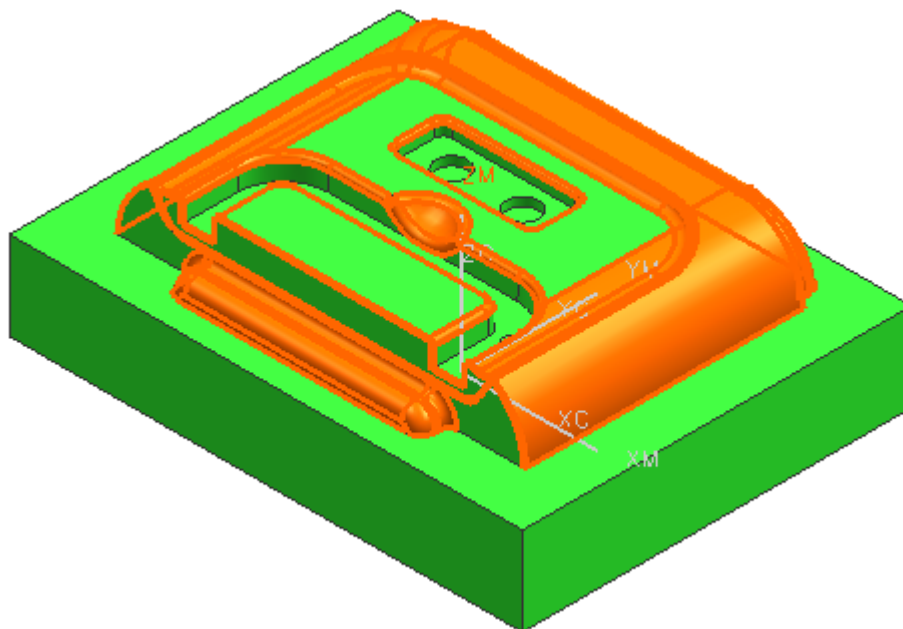


图 9-80

- 单击 ，设置如图 9-81 所示的参数，单击 OK。



图 9-81

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-82 所示的切削参数，单击 OK。



图 9-82

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 9-83 所示的非切削运动参数，单击 OK。



图 9-83

Step 4 设置切削速度

- 单击 ，设置与前一操作相同的主轴转速与进给速度，单击 OK。

Step 5 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-84 所示的刀轨，单击 O K。

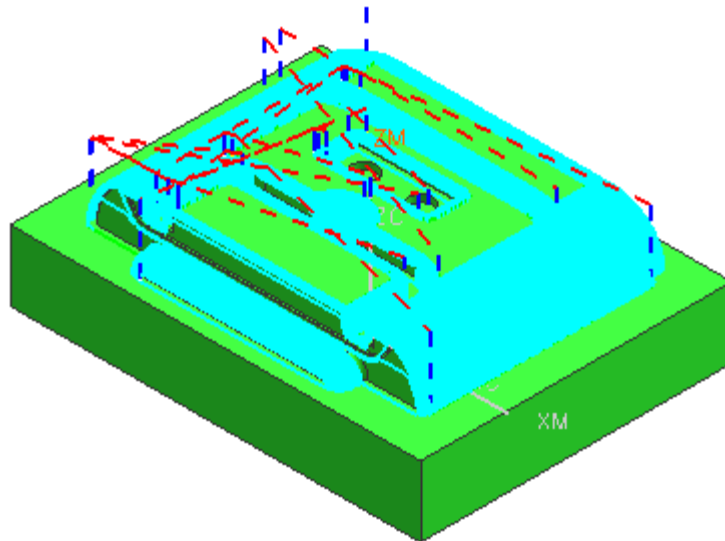


图 9-84

9.2.6 创建半精加工操作（3）

Step 1 复制 ZLEVEL_PROFILE 操作，创建半精加工操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 ZLEVEL_PROFILE 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D4R2，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成 ZLEVEL_PROFILE_COPY 操作。
- 双击 ZLEVEL_PROFILE_COPY，打开操作对话框，设置如图 9-85 所示的参数。



图 9-85

- 单击 , 选择如图 9-86 所示的表面, 单击 OK。

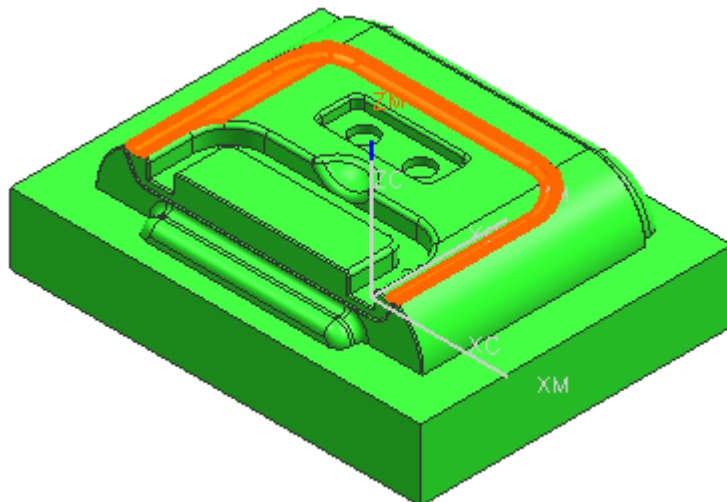


图 9-86

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-87 所示的切削参数, 单击 OK。

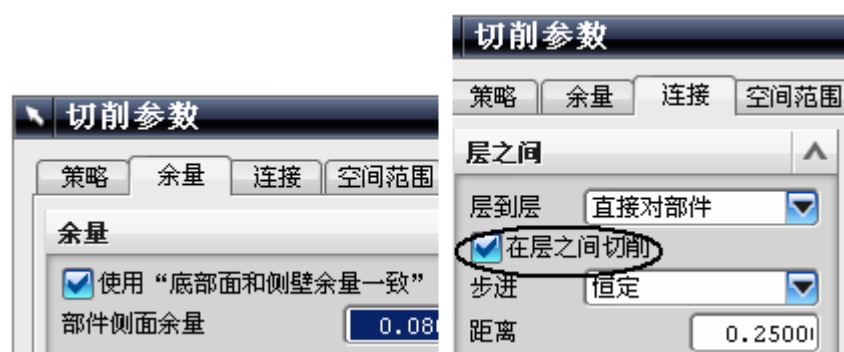


图 9-87

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-88 所示切削速度, 单击 OK。



图 9-88

Step 5 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-89 所示的刀轨, 单击 OK。

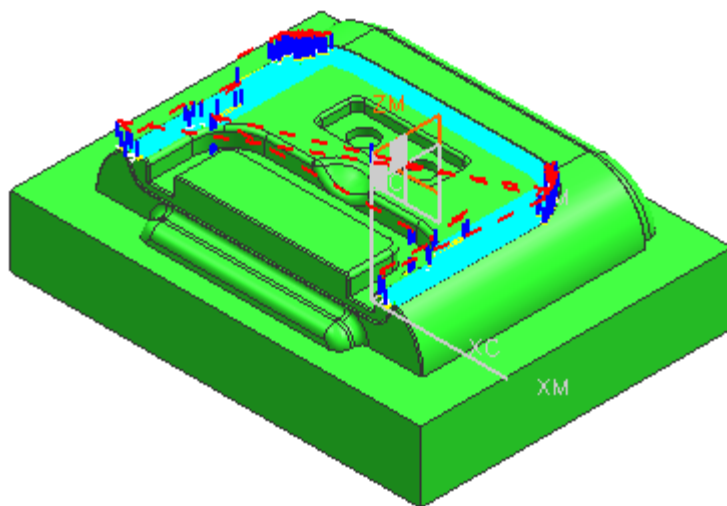


图 9-89

9.2.7 创建精加工操作（1）

Step 1 创建面铣操作

- 单击 ，选择如图 9-90 所示的操作子类型和父节点。



图 9-90

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-91 所示的参数。



图 9-91

- 在操作单击 , 选择如图 9-92 所示的平表面, 单击 OK。

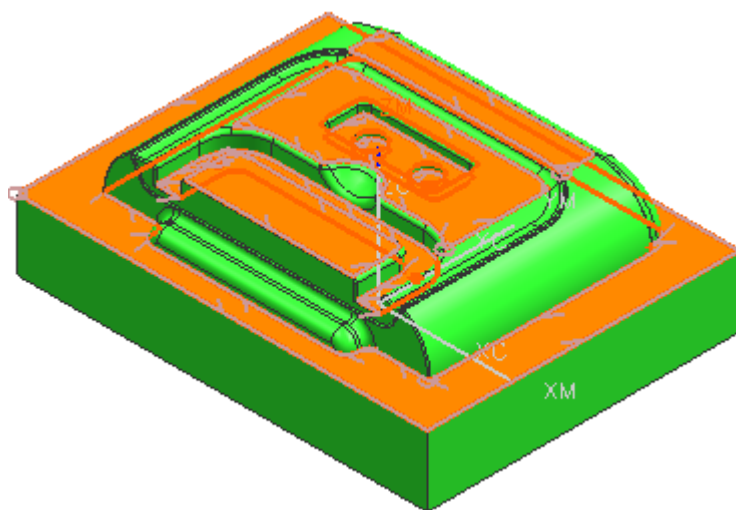


图 9-92

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-93 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-93

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置与前一操作相同的非切削运动参数，单击 OK。

Step 4 设置切削速度

- 单击 ，设置如图 9-94 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-94

Step 5 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-95 所示的刀轨，单击 O K。

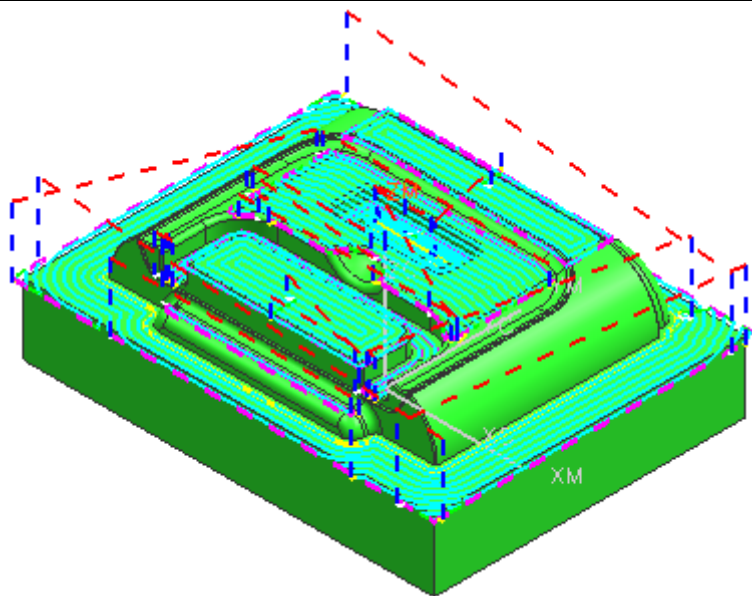


图 9-95

9.2.8 创建精加工操作（2）

Step 1 使用平面铣操作子类型，创建精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-96 所示的操作子类型和父节点。



图 9-96

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-97 所示的参数。



图 9-97

- 在操作对话框中，单击 ，定义如图 9-98 所示的边界和底平面，单击 OK。

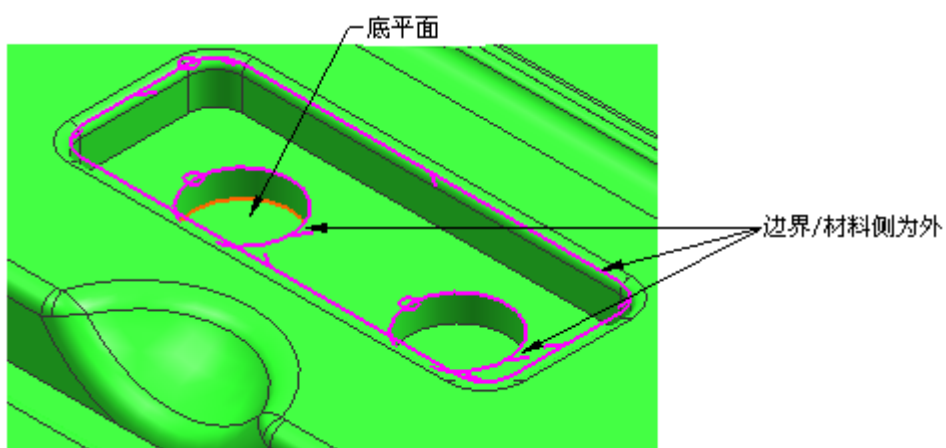


图 9-98

- 在操作对话框中，选择可变步距，定义如图 9-99 所示的可变步距，单击 OK。



图 9-99

Step 2 设置切深参数

- 单击 , 设置如图 9-100 所示的切深参数, 单击 OK。



图 9-100

Step 3 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-101 所示的切削参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-101

Step 4 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置与前一操作相同的参数，单击 OK。

Step 5 设置切削速度

- 单击 ，设置与前一操作相同的主轴转速与进给速度，单击 OK。

Step 6 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-102 所示的刀轨，单击 OK。

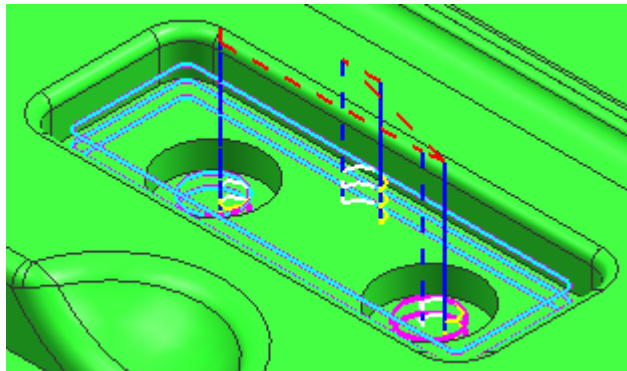


图 9-102

9.2.9 创建精加工操作（3）

Step 1 复制 CONTOUR_AREA 操作，创建精加工操作

- 单击 CONTOUR_AREA 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D8R4，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成操作 CONTOUR_AREA_COPY。
- 双击 CONTOUR_AREA_COPY，打开操作对话框。
- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 9-103 所示的参数，单击 OK。



图 9-103

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-104 所示的切削参数, 单击 OK。



图 9-104

Step 3 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-105 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-105

Step 4 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-106 所示的刀轨, 单击 O K。

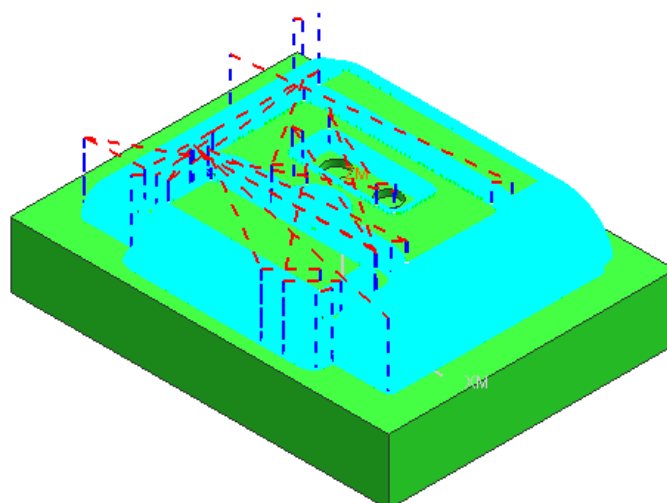


图 9-106

9.2.10 创建清根操作（1）

Step 1 复制 CONTOUR_AREA_COPY 操作，创建清根操作

- 单击 CONTOUR_AREA_COPY 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D3R1.5，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成 CONTOUR_AREA_COPY_COPY 操作。
- 双击 CONTOUR_AREA_COPY_COPY，打开操作对话框。
- 在操作对话框中，将驱动方法改为清根。
- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 9-107 所示的参数，单击 OK。



图 9-107

Step 2 设置切削速度

- 单击 ，设置如图 9-108 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-108

Step 3 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-109 所示的清根刀轨，单击 O K。

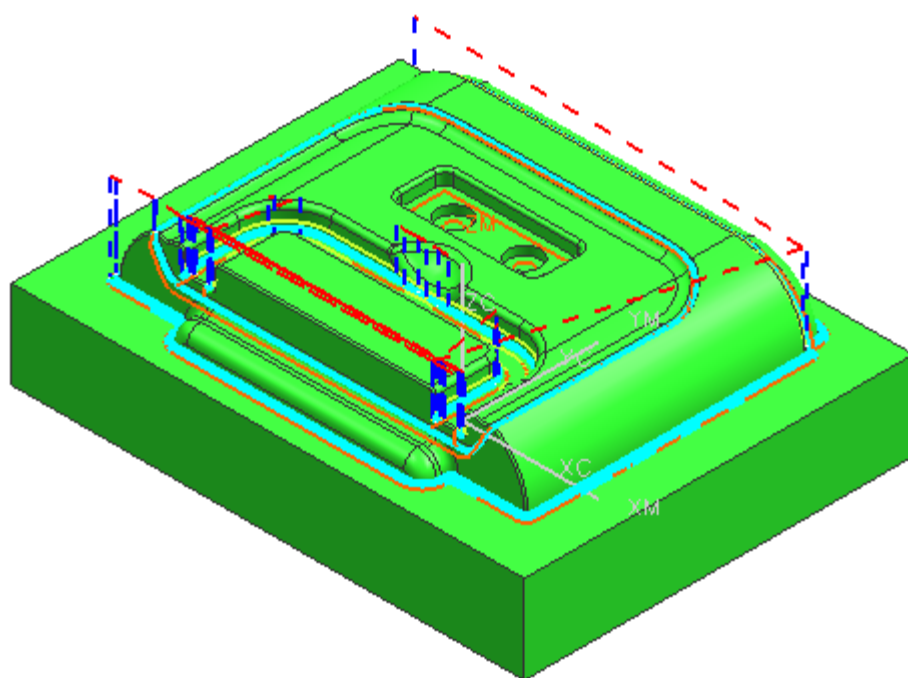


图 9-109

9.2.11 创建清根操作（2）

Step 1 复制 ZLEVEL_PROFILE 操作，创建清根操作

- 单击 ZLEVEL_PROFILE 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D6，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成操作 ZLEVEL_PROFILE_COPY_1。
- 双击 ZLEVEL_PROFILE_COPY_1 操作，打开操作对话框，设置如图 9-110 所示的参数。



图 9-110

Step 2 设置切削范围

- 单击 , 打开切削层设置对话框, 设置如图 9-111 所示的参数, 注意定义切深范围为 38.5 到 40.2, 单击 OK。

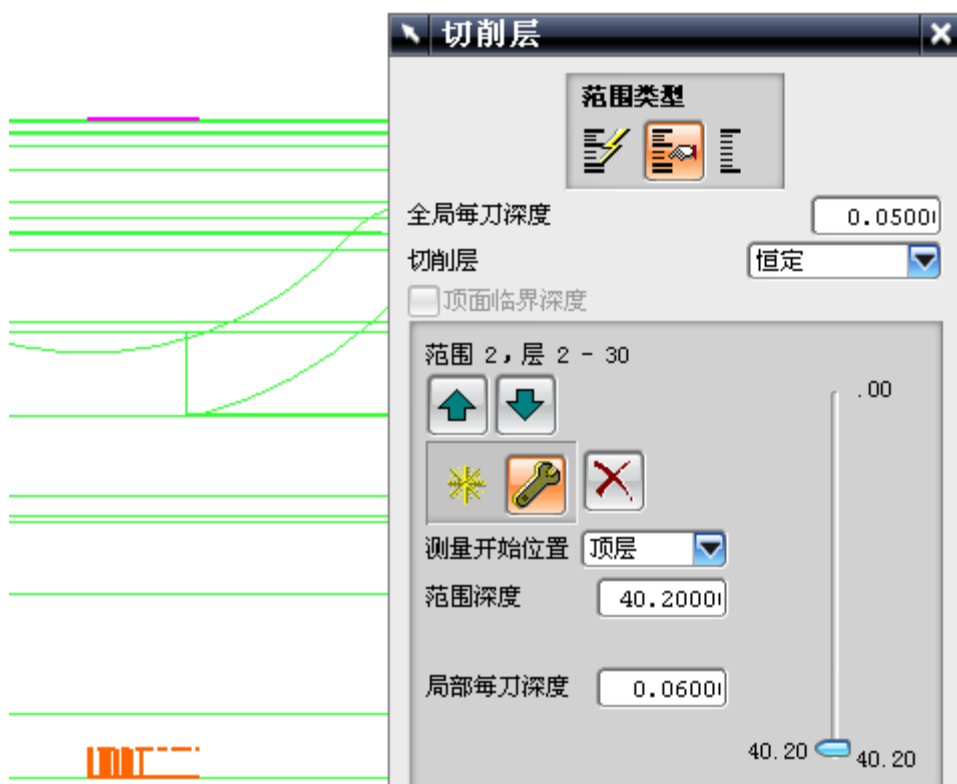


图 9-111

Step 3 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-112 所示的切深参数。

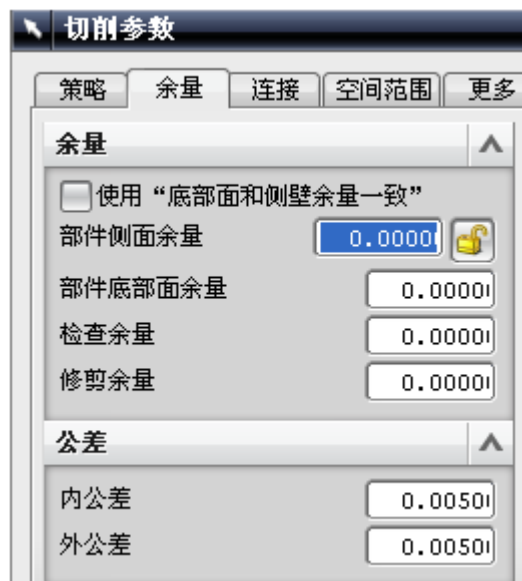


图 9-112

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-118 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-113

Step 5 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-119 所示的清根刀轨, 单击 O K。

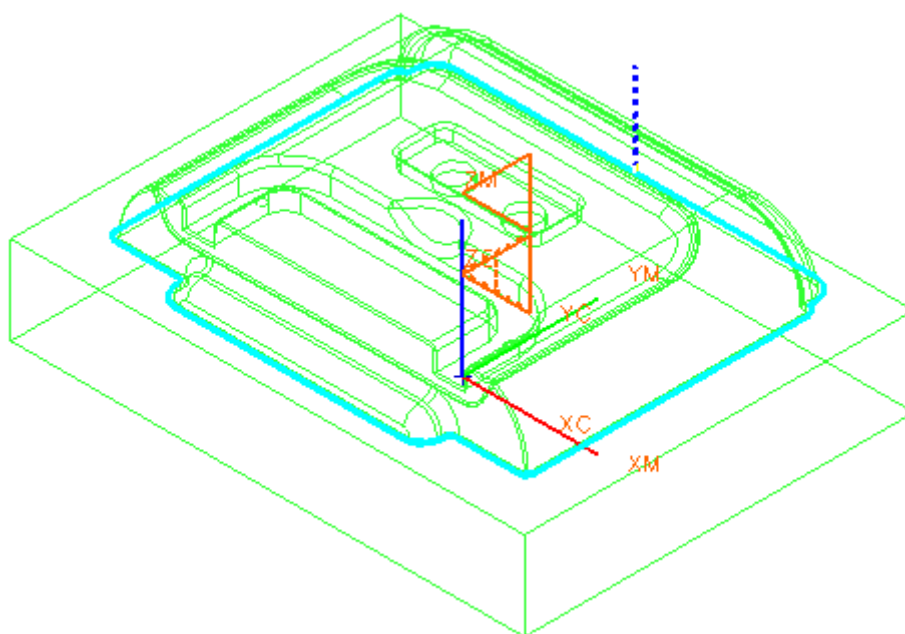


图 9-114

9.3 实例 3

加工如图 9-115 所示的零件，材料为 718，加工机床为 MAKINO-V56，使用虎钳装加。

工序	程序组	刀具	余量	备注
粗加工	CAVITY-1	D20R0.8	0.4(侧面)	机夹刀（可换硬质合金刀片）
		D6	0.3 (底面)	
半精加工	CAVITY-2	D6	0.06 (最小余量)	氮钛铝涂层刀具(半新)
精加工	CAVITY-3	M6	0	氮钛铝涂层刀具(全新)
		D6R3		
		D1R0.5		

根据加工要求，制订如上表所示的加工工艺方案，以下各操作中的切削参数如切深，主轴转速、进给量、等均按上述加工条件设定。

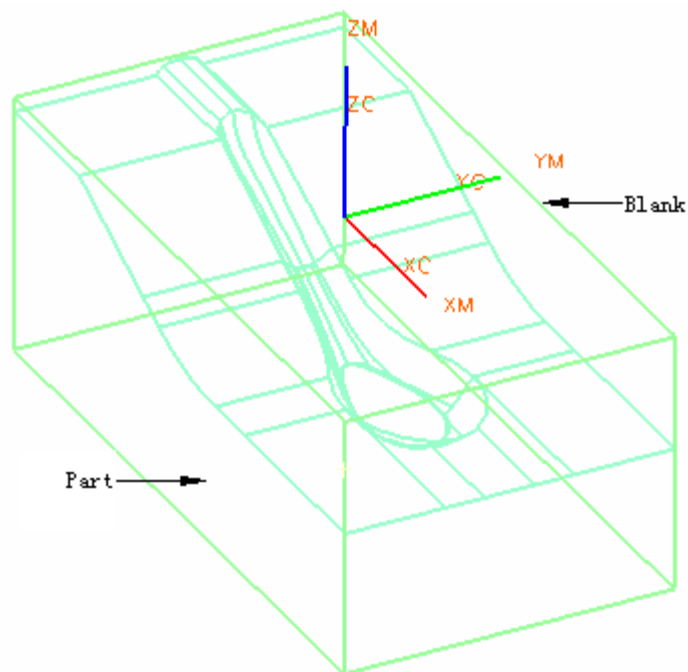


图 9-115

9.3.1 编程准备

Step 1 打开零件

Open → x:\parts\ex\cavity_milling_1.prt。

Step 2 运行加工模块

Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件（WORKPIECE）

- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 原点与 WCS 原点重合，安全选项选为平面，距 Part 上表面 10mm。
- 双击 WORKPIECE，定义如图 9-115 所示的 Part 和 Blank，单击 OK。
- 使用 Ctrl+B，隐藏毛坯。

Step 4 创建刀具

- 单击 ，创建如图 9-116 所示的刀具，具体过程略。

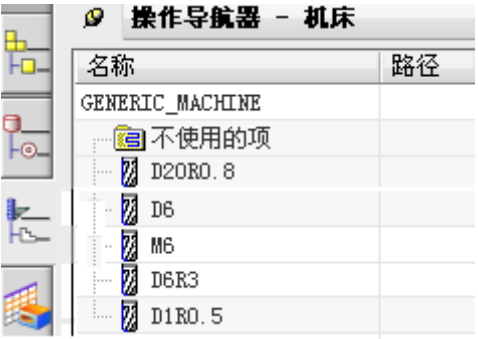


图 9-116

Step 5 创建程序组

- 单击 ，创建如图 9-117 所示的程序组。



图 9-117

9.3.2 创建粗加工操作（1）

Step 1 使用型腔铣，创建粗加工操作

- 单击 ，选择如图 9-118 所示的操作类型和父节点。



图 9-118

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-119 所示的参数。



图 9-119

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-120 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-120

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 9-121 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-121

Step 4 设置拐角参数

- 单击 ，设置如图 9-122 所示的拐角参数，单击 OK。



图 9-122

Step 5 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-123 所示的切削速度, 单击 OK。



图 9-123

Step 6 生成刀轨

- 单击 , 生成刀轨, 单击 O K。

9.3.3 创建粗加工操作 (2)

Step 1 复制 CAVITY_MILL 操作, 使用参考刀具创建粗加工操作。

- 单击 , 切换到刀具视图。
- 单击 , 打开操作导航器对话框。
- 单击 CAVITY_MILL 操作, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择 COPY, 复制此操作, 单击刀具 D6, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择内部粘贴 (paste inside), 粘贴此操作, 生成操作 CAVITY_MILL_COPY。
- 双击 CAVITY_MILL_COPY, 打开操作对话框, 设置如图 9-124 所示的参数。



图 9-124

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-125 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-125

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置如图 9-126 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-126

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-127 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-127

Step 5 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-128 所示的刀轨, 单击 O K。

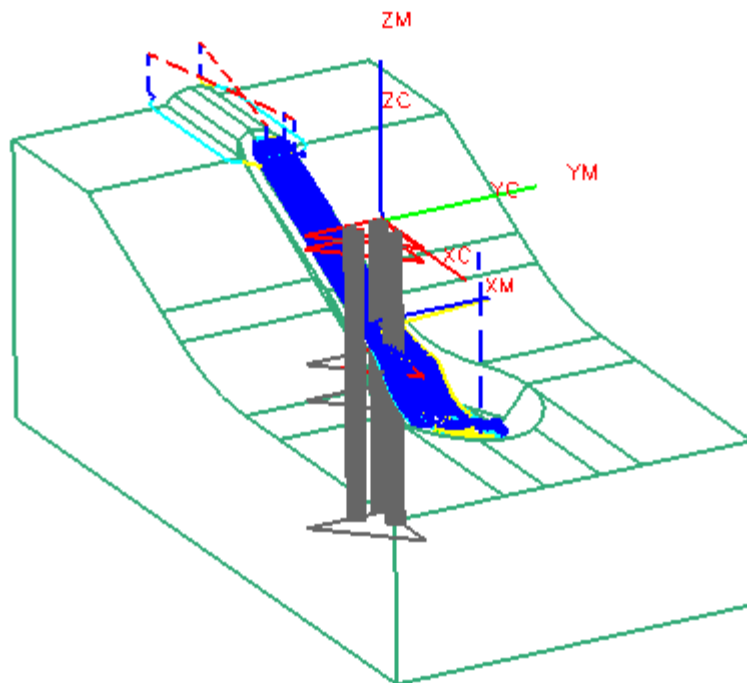


图 9-128

9.3.4 创建半精加工操作（1）

Step 1 使用面铣操作子类型，创建半精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-129 所示的操作子类型和父节点。



图 9-129

- 单击 OK，打开操作对话框，设置如图 1-130 所示的参数。



图 9-130

- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-131 所示的 5 个平表面，单击 OK。

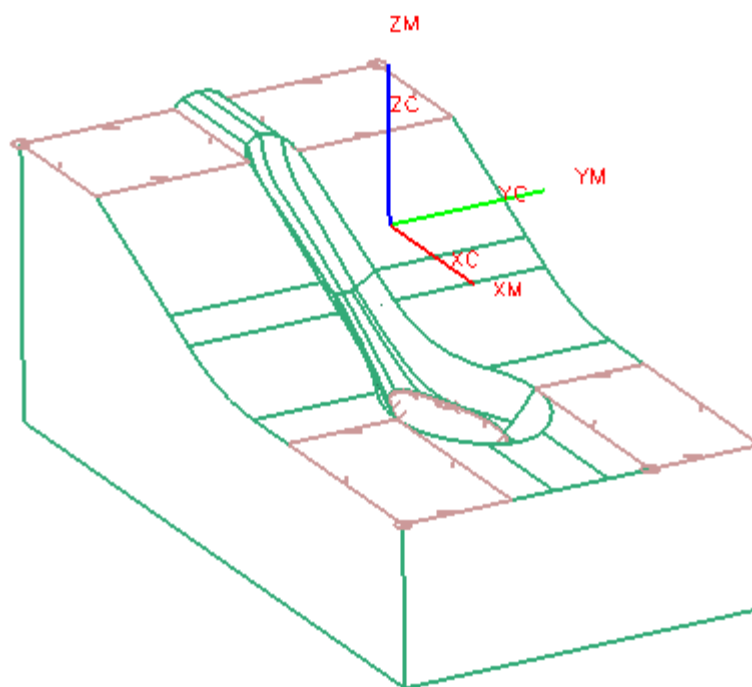


图 9-131

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-132 所示的切削参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-132

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置如图 9-133 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-133

Step 4 设置拐角参数

- 单击 ，设置如图 9-134 所示的拐角参数，单击 OK。



图 9-134

Step 5 设置切削速度

- 单击 , 设置与前一操作相同的主轴转速与进给速度, 单击 OK。

Step 6 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-135 所示的刀轨, 单击 O K。

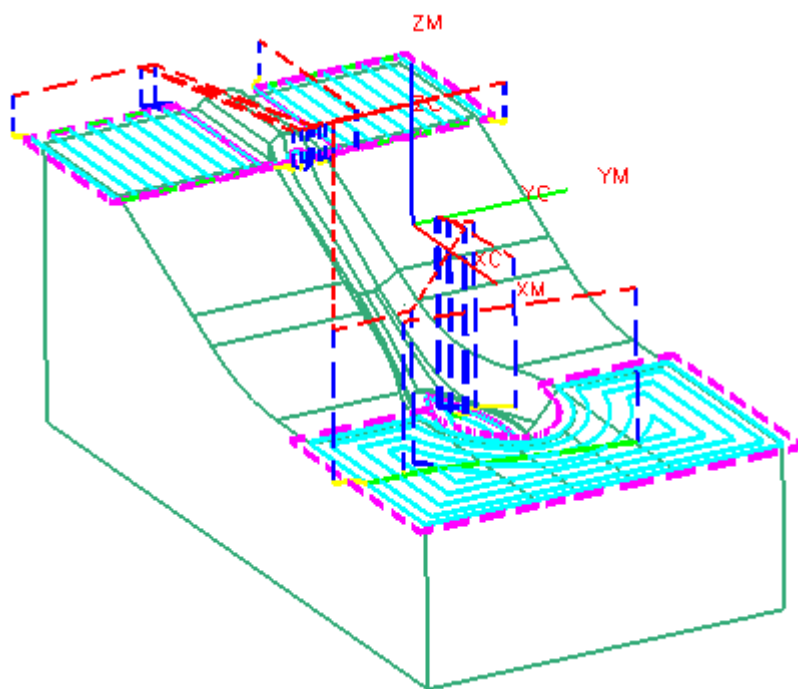


图 9-135

9.3.5 创建半精加工操作（2）

Step 1 使用等高轮廓铣操作子类型，创建半精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-136 所示的操作子类型和父节点。



图 9-136

- 单击 OK，打开操作对话框，设置如图 1-135 所示的参数。



图 9-137

- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-138 所示的表面，单击 OK。

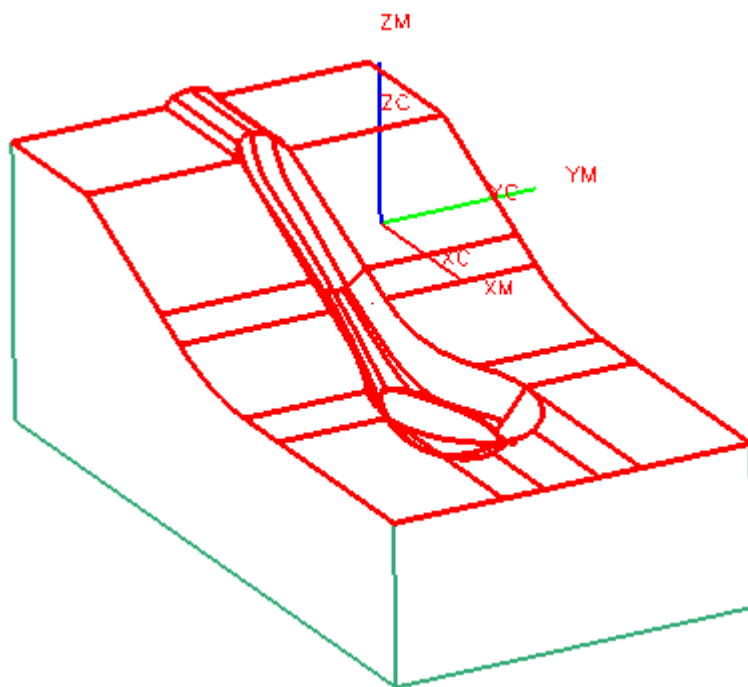


图 9-138

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-139 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-139

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置与前一操作相同的参数, 单击 OK。

Step 4 设置拐角参数

- 单击 , 设置如图 9-140 所示的拐角参数, 单击 OK。



图 9-140

Step 5 设置切削速度

- 单击 , 设置与前一操作相同的主轴转速与进给速度, 单击 OK。

Step 6 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-141 所示的刀轨，单击 O K 确认。

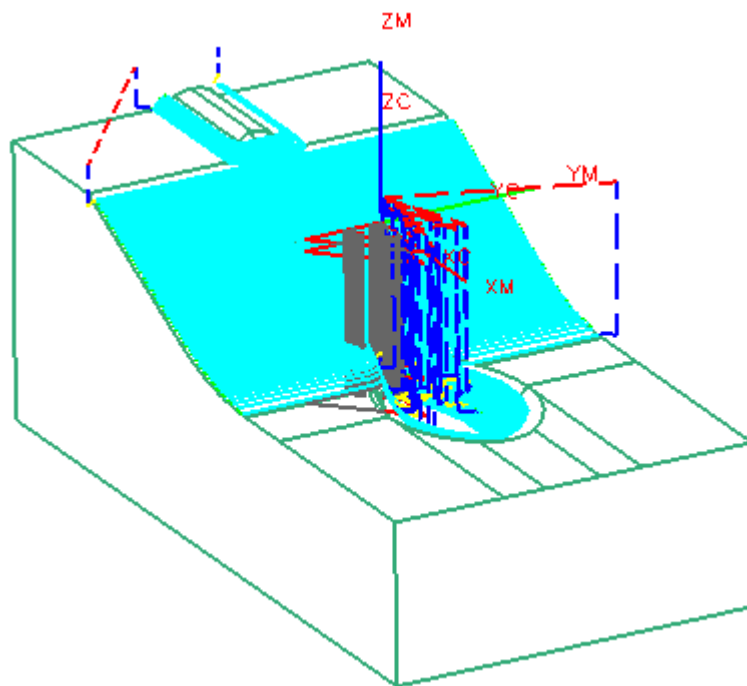


图 9-141

9.3.6 创建半精加工操作（3）

Step 1 使用区域驱动方法，创建曲面轮廓铣操作

- 单击 ，选择如图 9-142 所示的操作子类型和父节点。



图 9-142

- 单击 OK，打开如图 9-143 所示的操作参数设置对话框。



图 9-143

- 单击 ，选择如图 9-144 所示的表面，单击 OK。

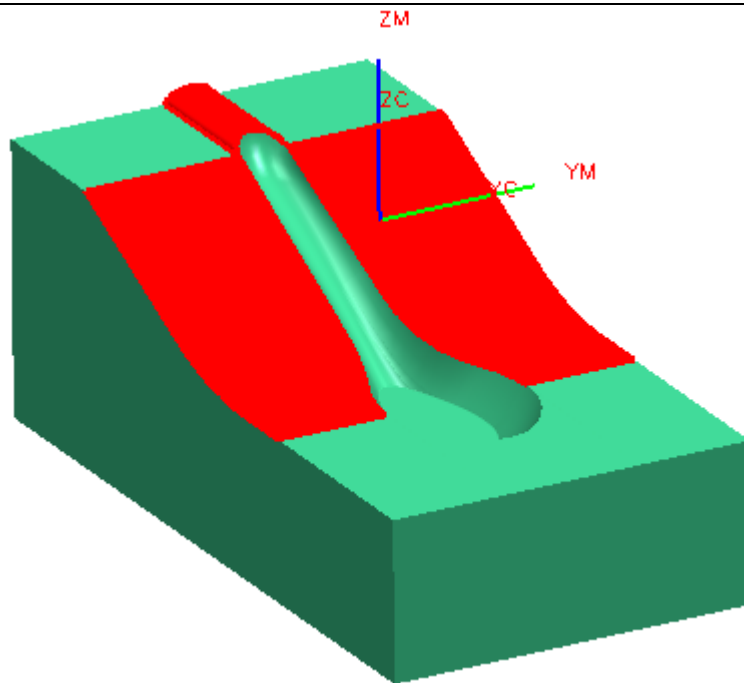


图 9-144

- 在操作对话框中，单击，设置如图 9-145 所示的参数，单击 OK。



图 9-145

Step 2 设置切削参数

- 单击，设置如图 9-146 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-146

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置如图 9-147 所示的参数, 单击 OK。

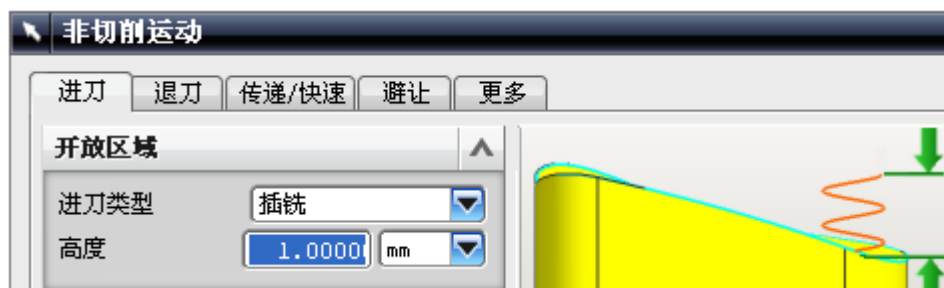


图 9-147

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置与前一操作相同的主轴转速与进给速度, 单击 OK。

Step 5 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-148 所示的刀轨, 单击 O K。

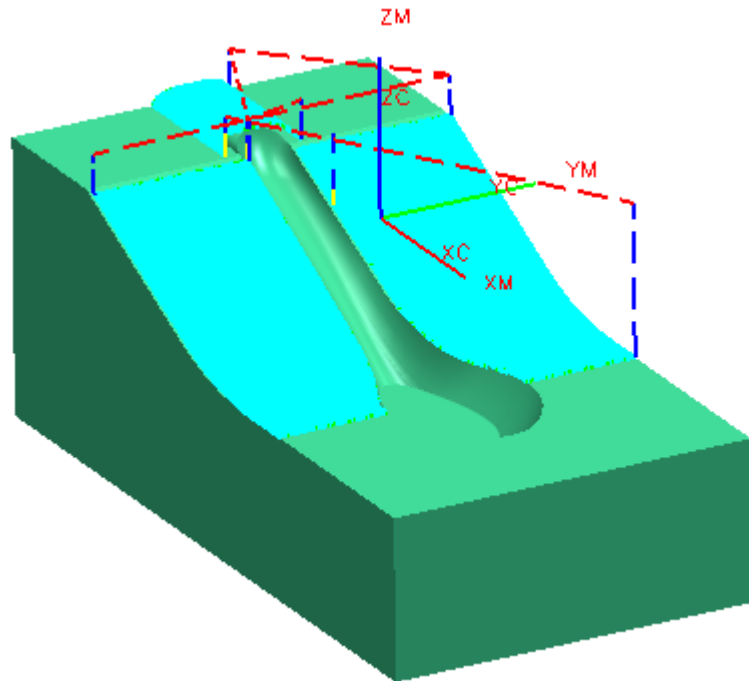


图 9-148

9.3.7 创建精加工操作（1）

Step 1 复制 CONTOUR_AREA 操作，创建精加工操作。

- 单击 CONTOUR_AREA 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D6R3，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成 CONTOUR_AREA_COPY 操作。
- 双击 CONTOUR_AREA_COPY，打开操作对话框。
- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 9-149 所示的参数，单击 OK。



图 9-149

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-150 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-150

Step 3 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-151 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-151

Step 4 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-152 所示的刀轨，单击 O K。

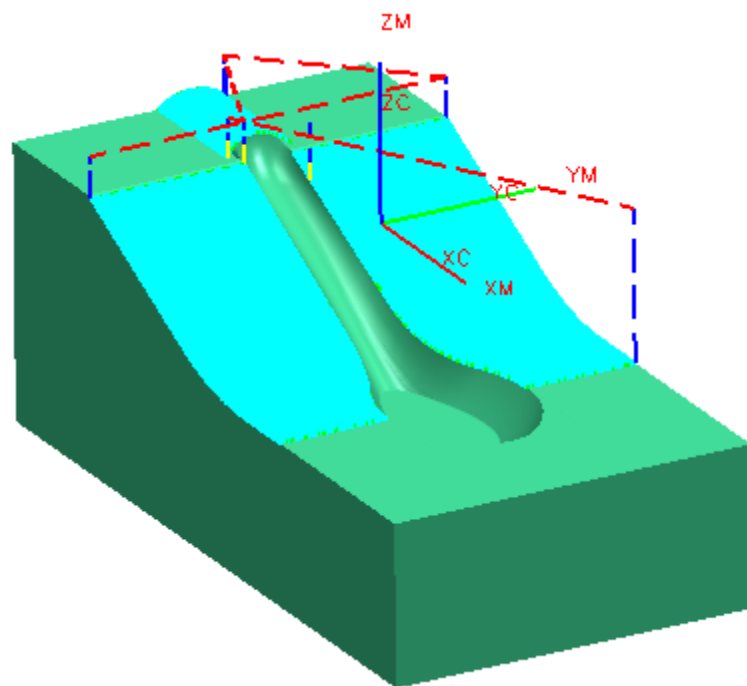


图 9-152

Step 5 移动操作

- 在操作导航器中，移动此操作到 CAVITY-3 中。

9.3.8 创建精加工操作（2）

Step 1 复制 CONTOUR_AREA_COPY 操作，创建精加工操作。

- 单击 CONTOUR_AREA_COPY 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D6R3，单击 MB3，打开快捷菜单，选择粘贴（paste），粘贴此操作，生成 CONTOUR_AREA_COPY_COPY 操作。
- 双击 CONTOUR_AREA_COPY_COPY，打开操作对话框。
- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-153 所示的表面，单击 OK。

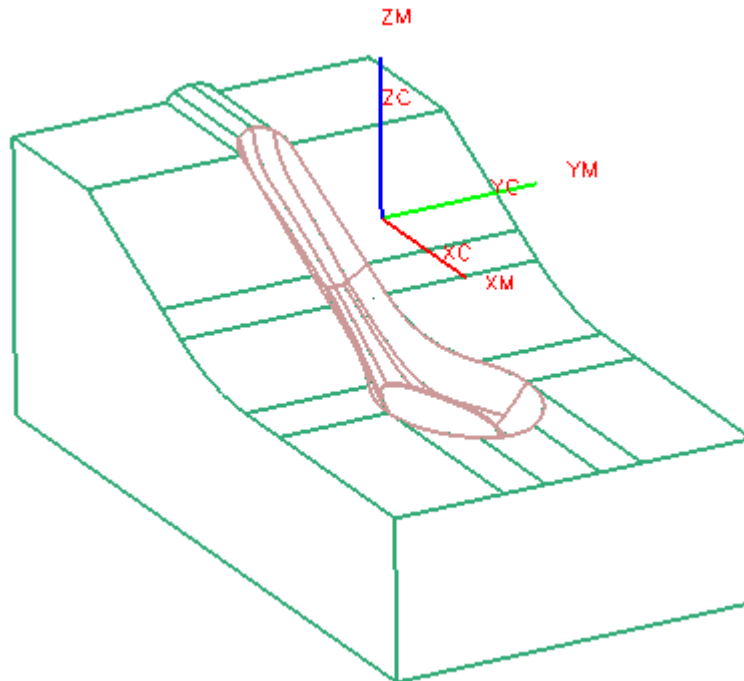


图 9-153

- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 9-154 所示的参数，单击 OK。



图 9-154

Step 2 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-155 所示的刀轨，单击 O K。

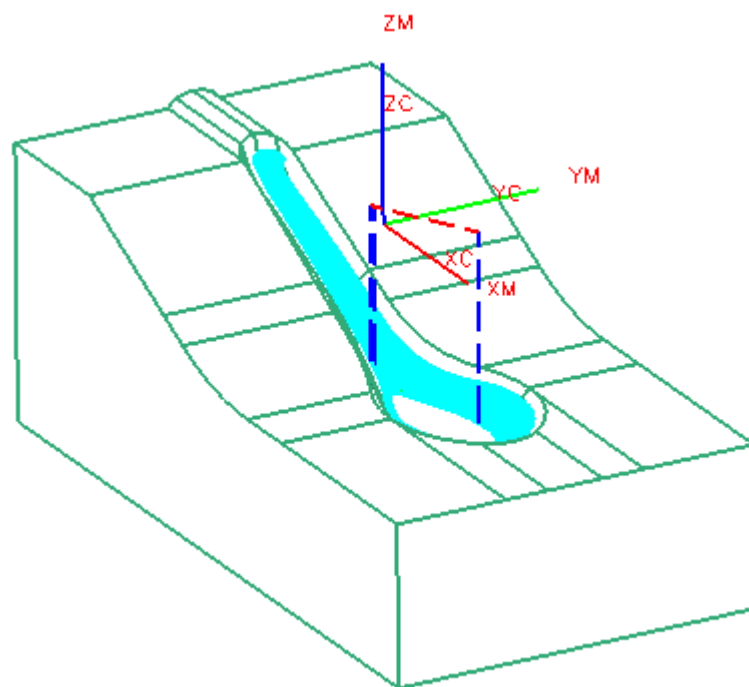


图 9-155

9.3.9 创建精加工操作（3）

Step 1 复制 FACE_MILLING 操作，创建精加工操作。

- 单击 FACE_MILLING 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 M6，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste Inside），粘贴此操作，生成 FACE_MILLING_COPY 操作。
- 双击 FACE_MILLING_COPY，打开操作对话框，设置如图 9-156 所示的参数。注意：走刀方式与半精加工不同，这里采用在最长线方向使用往复式走刀，以取得好的加工效果。



图 9-156

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-157 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-157

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-158 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-158

Step 5 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-159 所示的刀轨, 单击 O K。

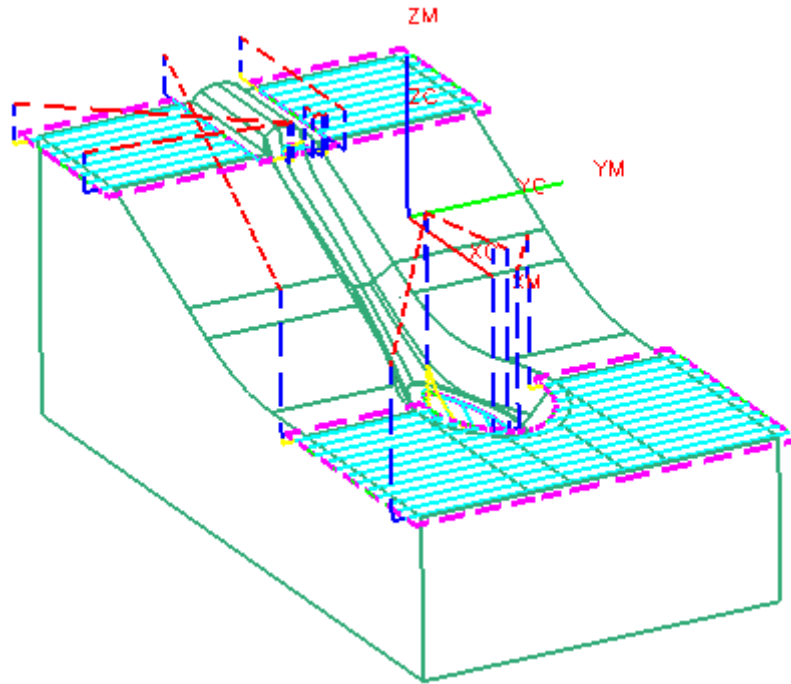


图 9-159

9.3.10 创建精加工操作（4）

Step 1 复制 CONTOUR_AREA_COPY_COPY 操作，创建精加工操作。

- 单击 CONTOUR_AREA_COPY_COPY 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 M6，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste Inside），粘贴此操作，生成 CONTOUR_AREA_COPY_COPY_COPY 操作。
- 双击 CONTOUR_AREA_COPY_COPY_COPY，打开操作对话框。
- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-160 所示的表面，单击 OK。

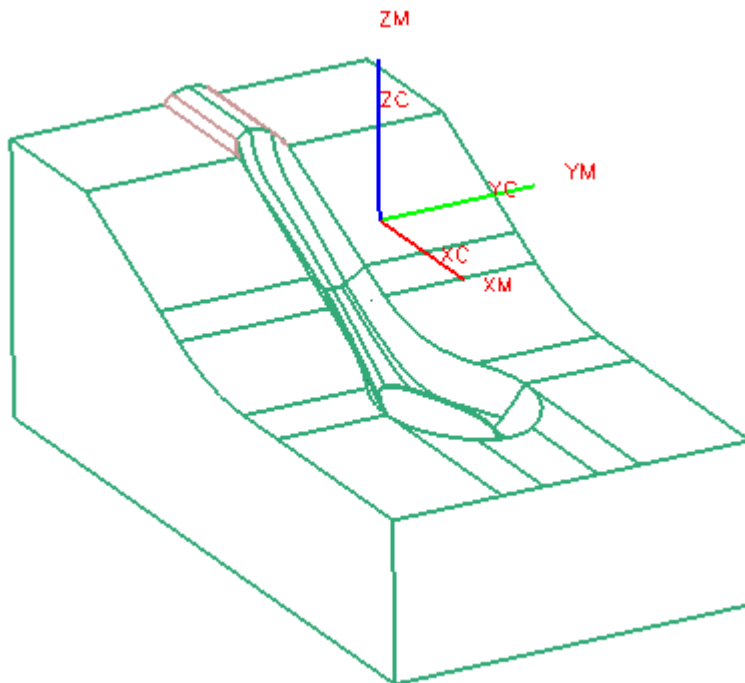


图 9-160

- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 9-161 所示的参数，单击 OK。注意：这里步距应用为在部件上（On part），以使曲线上的刀轨分布均匀。



图 9-161

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-162 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-162

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-163 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-163

Step 3 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-164 所示的刀轨, 单击 OK。

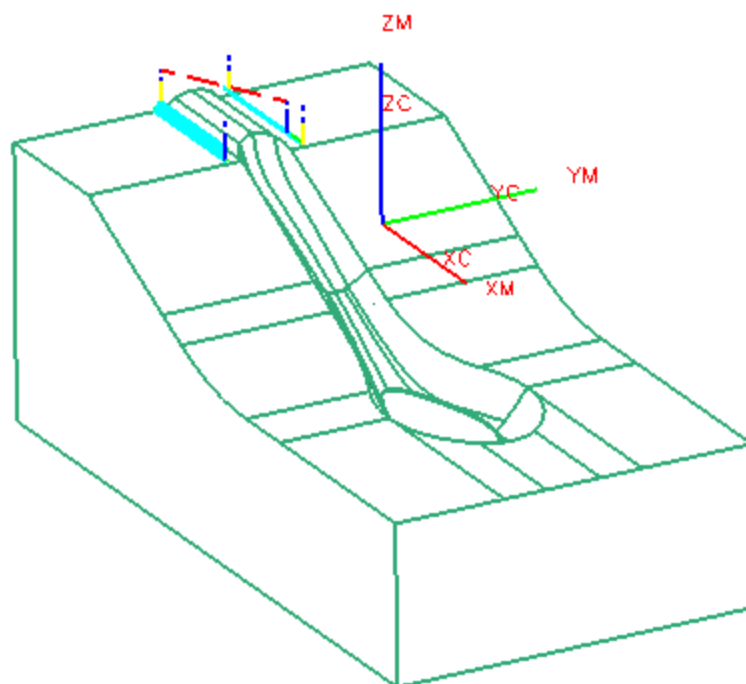


图 9-164

9.3.11 创建精加工操作（5）

Step 1 复制 CONTOUR_AREA_COPY_COPY 操作，创建清根操作。

- 单击 CONTOUR_AREA_COPY_COPY 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D1R0.5，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste Inside），粘贴此操作，生成 CONTOUR_AREA_COPY_COPY_1 操作。
- 双击 CONTOUR_AREA_COPY_COPY_1，打开操作对话框，选择清根驱动方法，如图 9-165 所示。



图 9-165

- 在操作对话框中，单击，设置如图 9-166 所示的参数，单击 OK。



图 9-166

Step 2 设置切削参数

- 单击，设置如图 9-167 所示的参数，单击 OK。

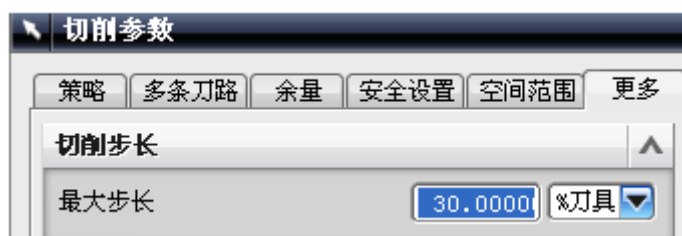


图 9-167

Step 3 设置切削速度

- 单击，设置如图 9-168 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-168

Step 5 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-169 所示的刀轨, 单击 O K。

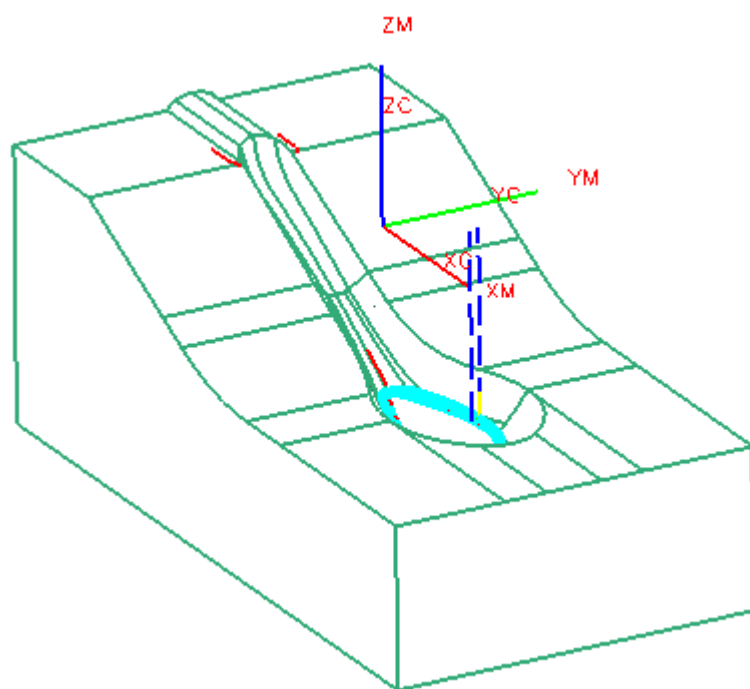


图 9-169

9.4 实例 4

加工如图 9-170 所示的零件，材料为 718，加工机床为 MAKINO-V56，使用虎钳装加。

工序	程序组	刀具	余量	备注
粗加工	CAVITY-1	D16R0.8	0.25(侧面)	机夹刀（可换 硬质合金刀片）
		D4	0.1 (底面)	
半精加工	CAVITY-2	D4	0.05	氮钛铝涂层刀 具(半新)
		D1		
		D3R1.5		
精加工	CAVITY-3	D5	0	氮钛铝涂层刀 具(全新)
		D3R1.5		

根据加工要求，制订如上表所示的加工工艺方案，以下各操作中的切削参数如切深，主轴转速、进给量、等均按上述加工条件设定。

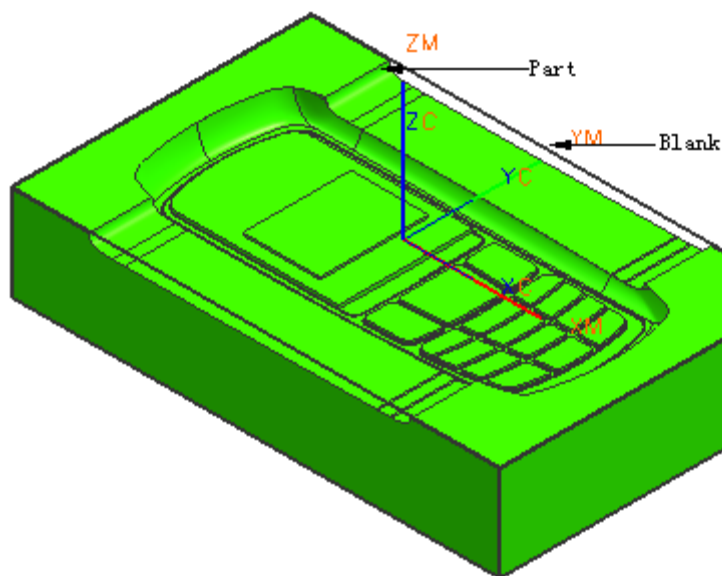


图 9-170

9.4.1 编程准备

Step 1 打开零件

Open→x:\parts\ex\cavity_milling_2.prt。

Step 2 运行加工模块

Start→Manufacturing。

Step 3 定义工件 (WORKPIECE)

- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 ，切换到几何视图。
- 双击 MCS_MILL，定义 MCS 原点与 WCS 原点重合，安全选项选为平面，距 Part 上表面 10mm。
- 双击 WORKPIECE，定义如图 9-170 所示的 Part 和 Blank，单击 OK。
- 使用 Ctrl+B，隐藏毛坯。

Step 4 创建刀具

- 单击 ，创建如图 9-171 所示的刀具，具体过程略。

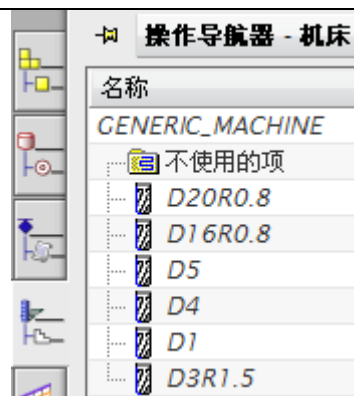


图 9-171

Step 5 创建程序组

- 单击 , 创建如图 9-172 所示的程序组。



图 9-172

9.4.2 创建粗加工操作（1）

Step 1 使用型腔铣，创建粗加工操作

- 单击 , 选择如图 9-173 所示的操作类型和父节点。



图 9-173

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-174 所示的参数。



图 9-174

Step 2 设置切削参数

- 单击, 设置如图 9-175 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-175

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击, 设置如图 9-176 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。

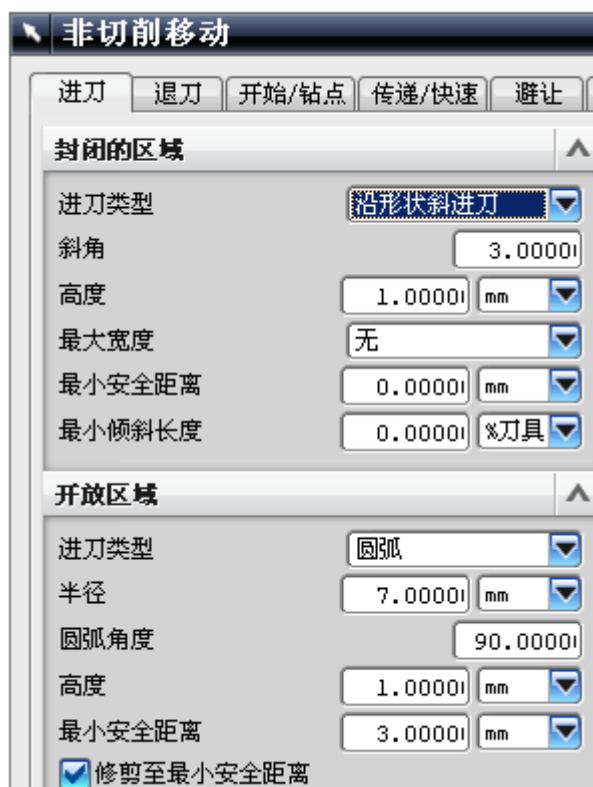


图 9-176

Step 4 设置拐角参数

-
- 单击 ，设置如图 9-177 所示的拐角参数，单击 OK。



拐角和进给率控制

☐ 圆周进给率补偿

补偿因子

最大值：2.0000

最小值：0.0500

圆角：在壁上

圆角半径：8.0000

最小半径：3.0000

☒ 减速

长度：刀具百分比

刀具百分比：60.0000

减速 %：30.0000

步数：1

拐角角度

最小值：0.0000

最大值：175.0000

确定 后退 取消

图 9-177

Step 5 设置切削速度

- 单击 ，设置如图 9-178 所示的切削速度，单击 OK。



图 9-178

Step 6 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-179 所示的刀轨, 单击 O K。

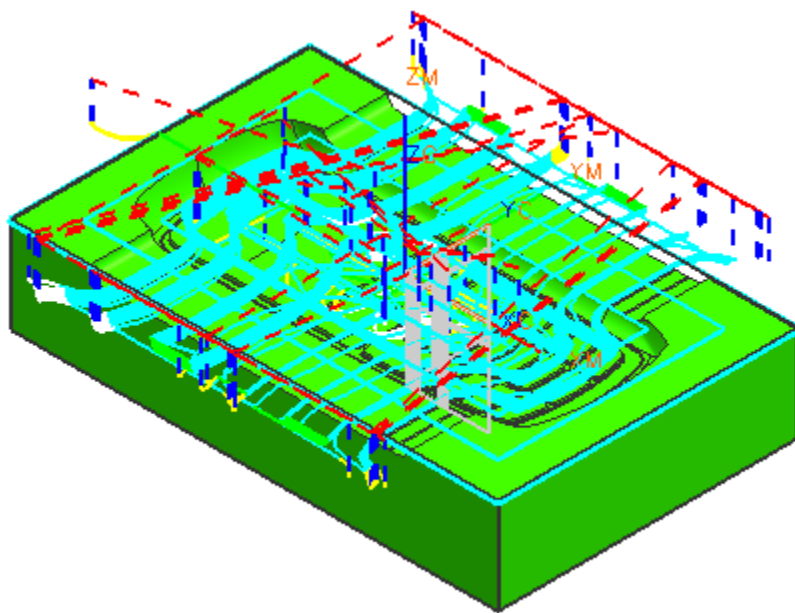


图 9-179

9.4.3 创建粗加工操作（2）

Step 1 复制 CAVITY_MILL 操作，使用参考刀具创建粗加工操作。

- 单击 CAVITY_MILL 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D4，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成操作 CAVITY_MILL_COPY。
- 双击 CAVITY_MILL_COPY，打开操作对话框，设置如图 9-180 所示的参数。



图 9-180

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-181 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-181

Step 3 设置切削速度

- 单击 ，设置如图 9-182 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-182

Step 4 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-183 所示的刀轨，单击 O K。

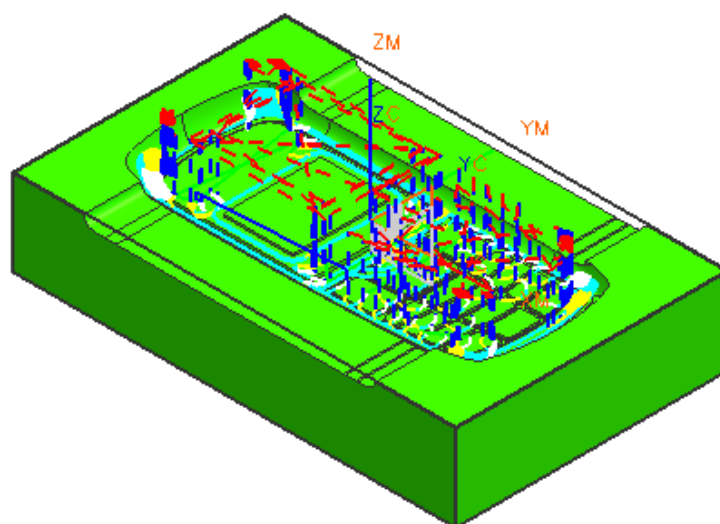


图 9-183

9.4.4 创建半精加工操作（1）

Step 1 使用等高轮廓铣操作子类型，创建半精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-184 所示的操作子类型和父节点。



图 9-184

- 单击 OK，打开操作对话框，设置如图 9-185 所示的参数。



图 9-185

- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-186 所示的所有型腔表面，单击 OK。

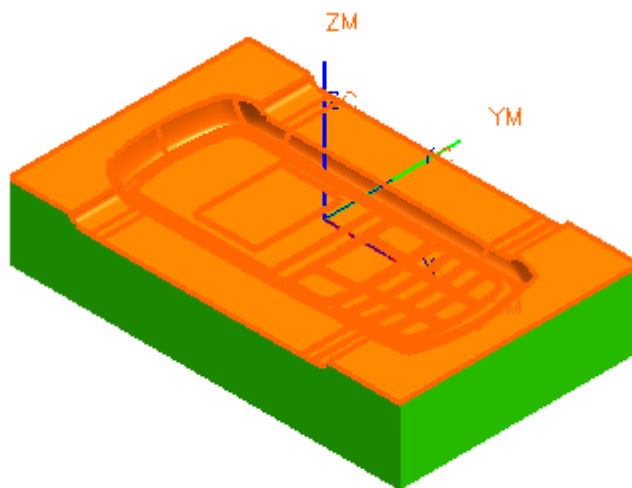


图 9-186

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-187 所示的切削参数，单击 OK。

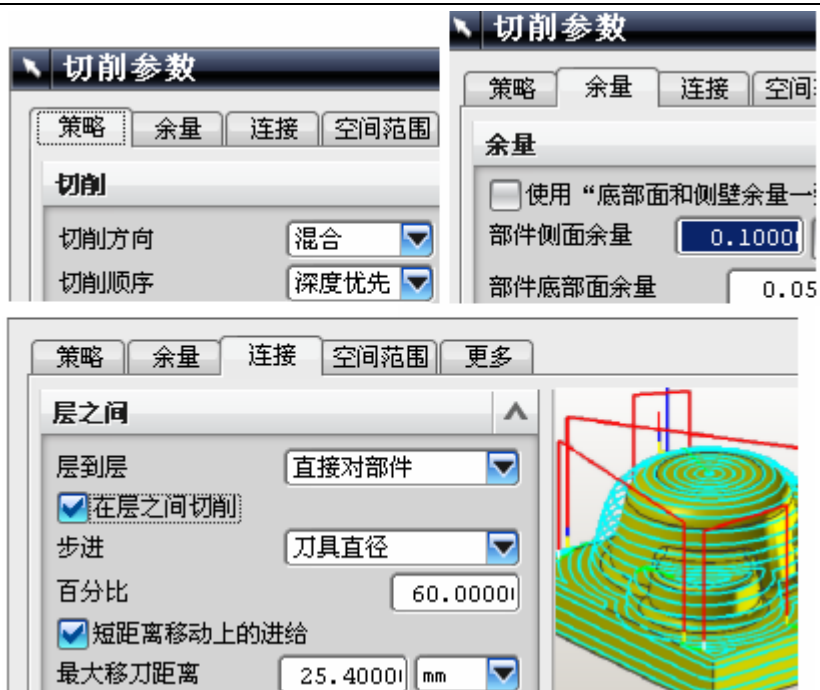


图 9-187

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置如图 9-189 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。

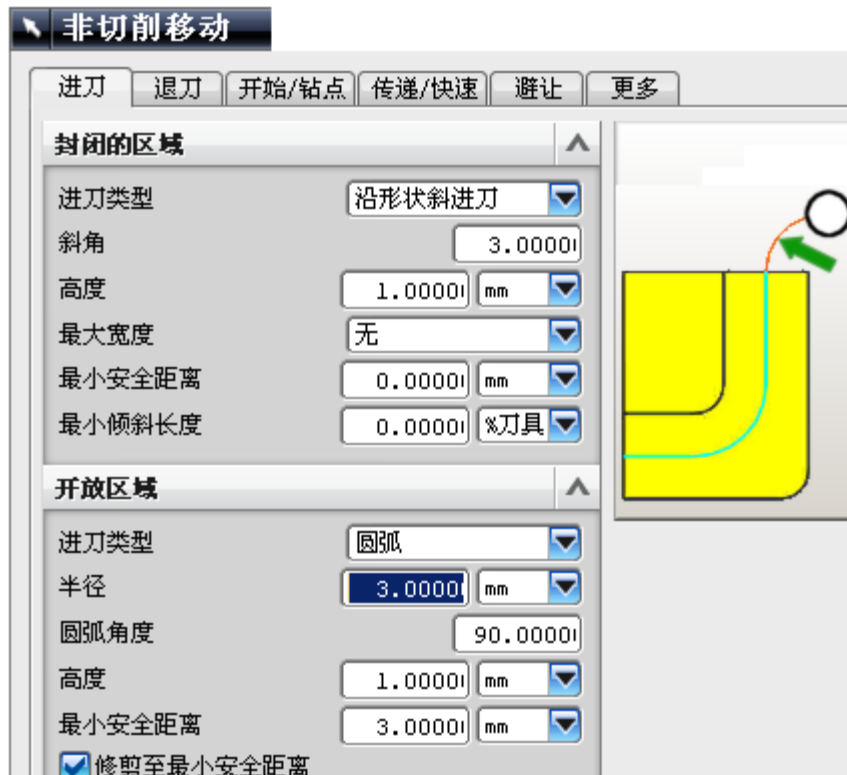


图 9-188

Step 4 设置拐角参数

- 单击 ，设置如图 9-190 所示的拐角参数，单击 OK。



图 9-189

Step 5 设置切削速度

- 单击 ，设置与前一操作相同的主轴转速与进给速度，单击 OK。

Step 6 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-191 所示的刀轨，单击 O K。

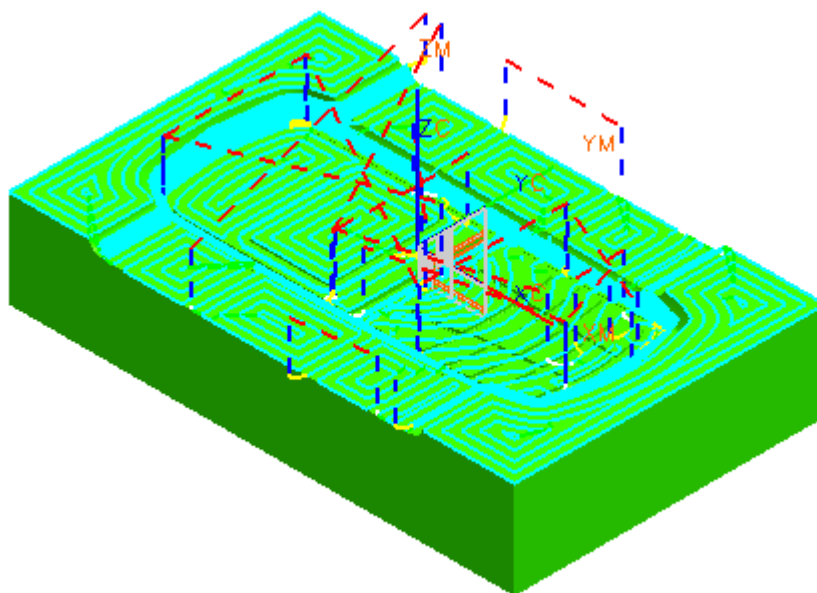


图 9-190

9.4.5 创建半精加工操作（2）

（注：本步骤刀轨省略，直接使用电极加工）。

Step 1 复制 CAVITY_MILL_COPY 操作，使用参考刀具创建半精加工操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 CAVITY_MILL_COPY 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D1，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成操作 CAVITY_MILL_COPY_COPY。
- 双击 CAVITY_MILL_COPY_COPY，打开操作对话框，设置如图 9-191 所示的参数。



图 9-191

- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-192 所示的表面，单击 OK。

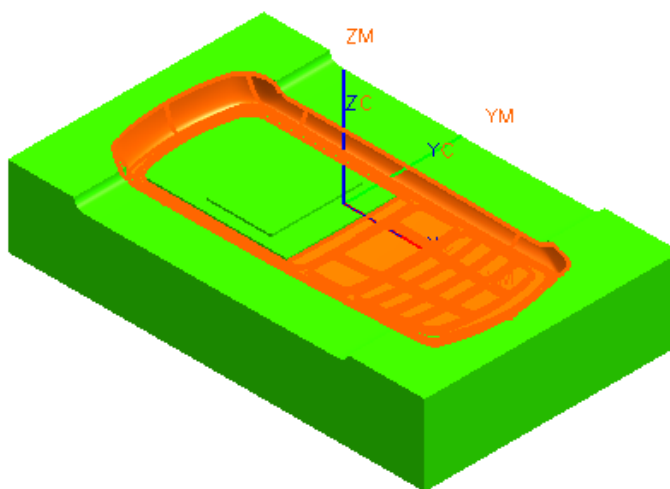


图 9-192

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-194 和 9-195 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-193

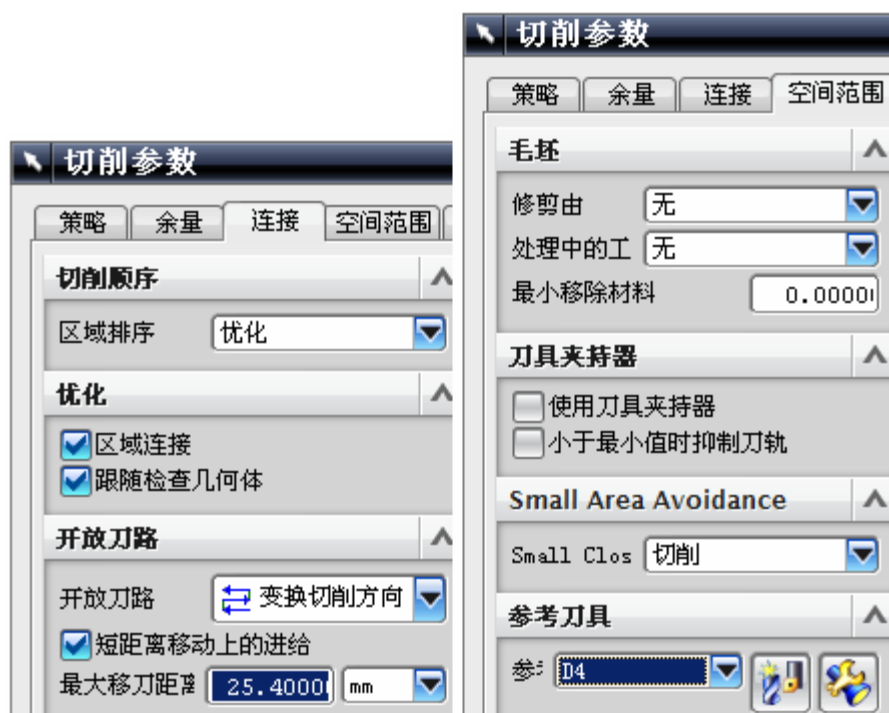


图 9-194

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置如图 9-196 所示的参数, 单击 OK。

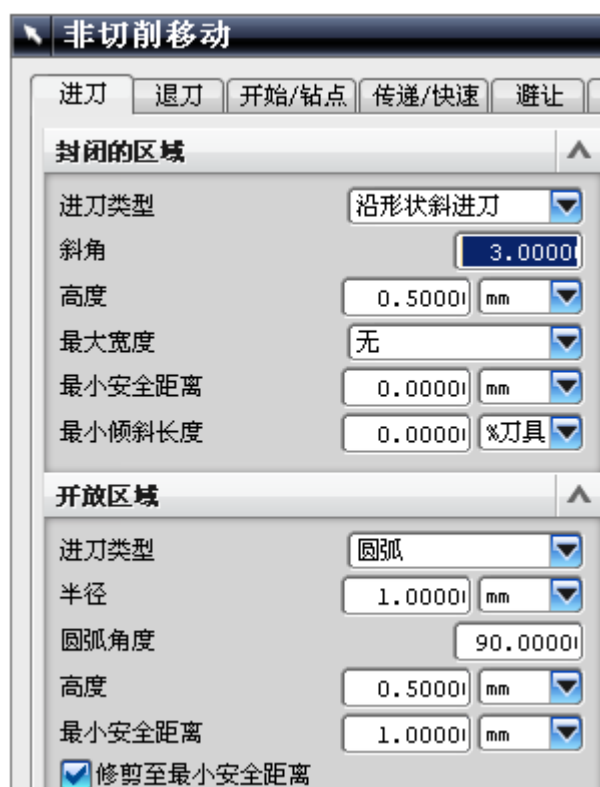


图 9-195

Step 4 设置拐角参数

- 单击 ，设置如图 9-197 所示的拐角参数，单击 OK。



图 9-196

Step 5 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-198 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-197

Step 6 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-199 所示的刀轨，单击 O K 确认。

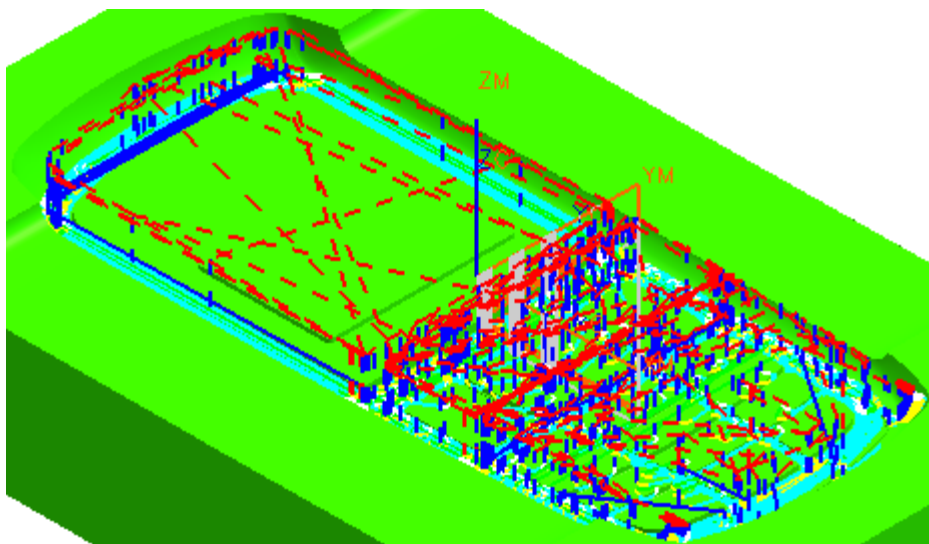


图 9-198

Step 6 移动操作

- 在操作导航器中，移动此操作到 CAVITY-2 中。

9.4.6 创建半精加工操作（3）

Step 1 复制 ZLEVEL_PROFILE 操作，创建半精加工操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 ZLEVEL_PROFILE 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D3R1.5，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成操作 ZLEVEL_PROFILE_COPY。
- 双击 ZLEVEL_PROFILE_COPY，打开操作对话框，设置如图 9-199 所示的参数。



图 9-199

- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-192 所示的表面，单击 OK。

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-200 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。

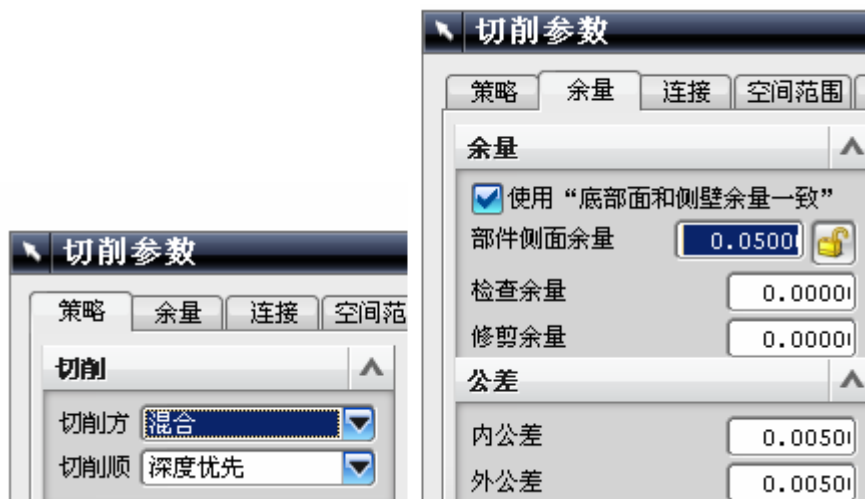


图 9-200

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置如图 9-201 所示的参数, 单击 OK。



图 9-201

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-202 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-202

Step 5 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-203 所示的刀轨，单击 O K 确认。

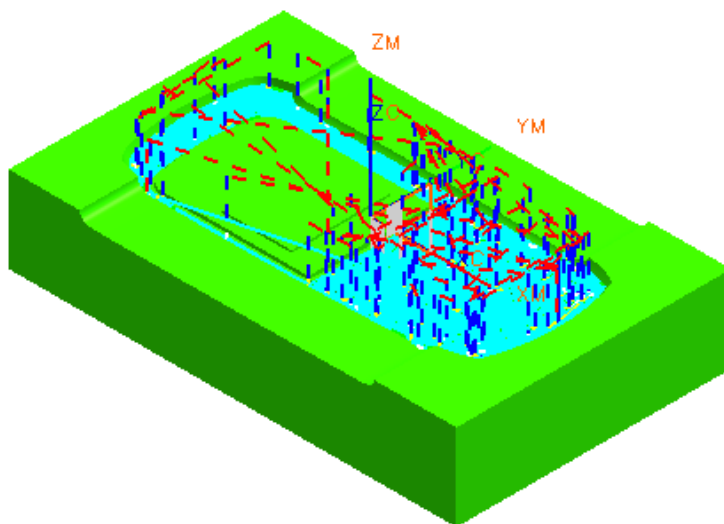


图 9-203

9.4.7 创建半精加工操作（4）

Step 1 使用区域驱动方法，创建曲面轮廓铣操作

- 单击，选择如图 9-204 所示的操作子类型和父节点。



图 9-204

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框。
- 在操作对话框中，单击，选择如图 9-205 所示的表面，单击 OK。

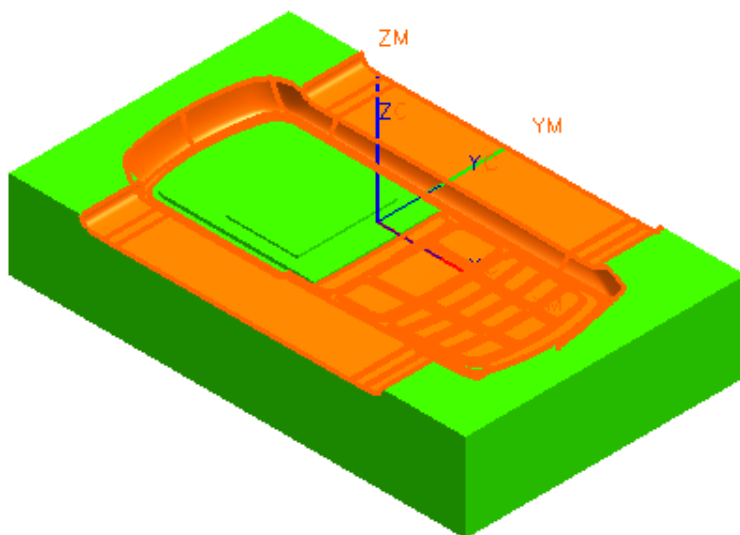


图 9-205

- 在操作对话框中，单击，设置如图 9-206 所示的参数，单击 OK。



图 9-206

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-207 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-207

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 , 设置如图 9-208 所示的参数, 单击 OK。



图 9-208

Step 4 设置切削速度

- 单击 , 设置与前一操作相同的主轴转速与进给速度, 单击 OK。

Step 5 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-209 所示的刀轨, 单击 O K。

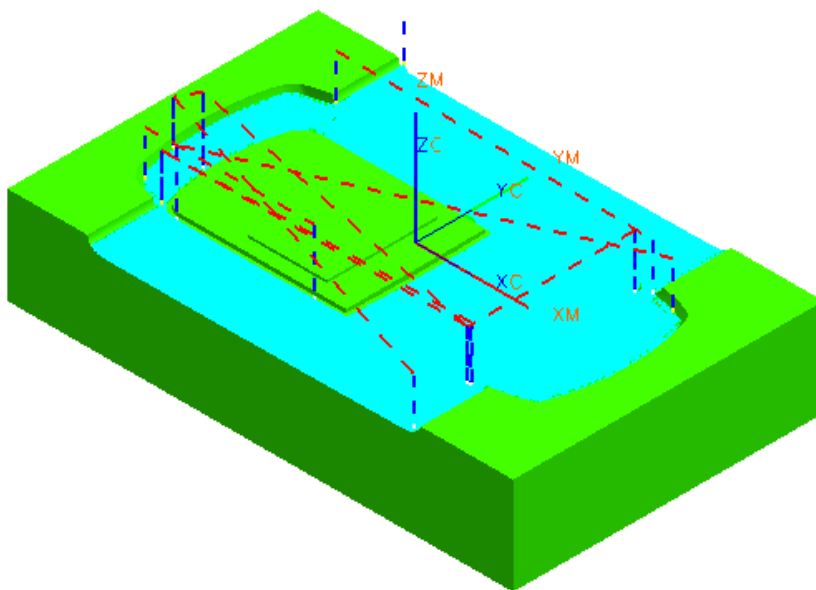


图 9-209

9.4.8 创建精加工操作（1）

Step 1 复制 CONTOUR_AREA 操作, 创建精加工操作。

- 单击 , 切换到刀具视图。
- 单击 , 打开操作导航器对话框。
- 单击 CONTOUR_AREA 操作, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择 COPY, 复制此操作, 单击刀具 D3R1.5, 单击 MB3, 打开快捷菜单, 选择内部粘贴 (paste inside), 粘贴此操作, 生成 CONTOUR_AREA_COPY 操作。
- 双击 CONTOUR_AREA_COPY, 打开操作对话框。
- 在操作对话框中, 单击 , 选择如图 9-210 所示的表面, 单击 OK。

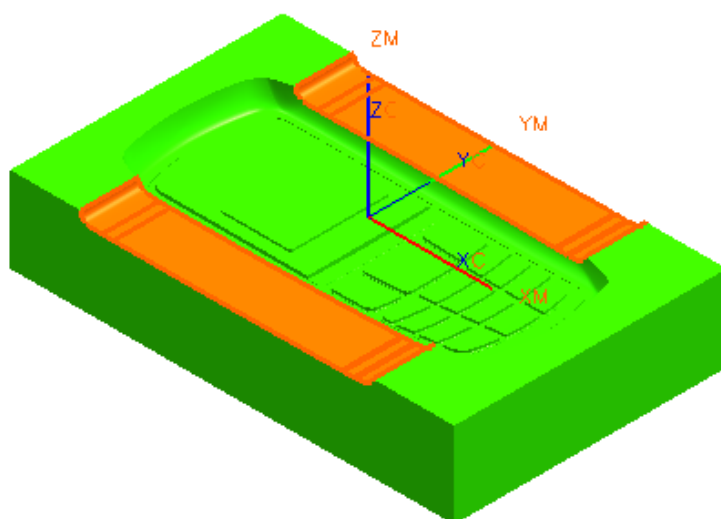


图 9-210

- 在操作对话框中，单击 ，设置如图 9-211 所示的参数，单击 OK。



图 9-211

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-212 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-212

Step 3 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-213 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-213

Step 4 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-214 所示的刀轨，单击 O K。

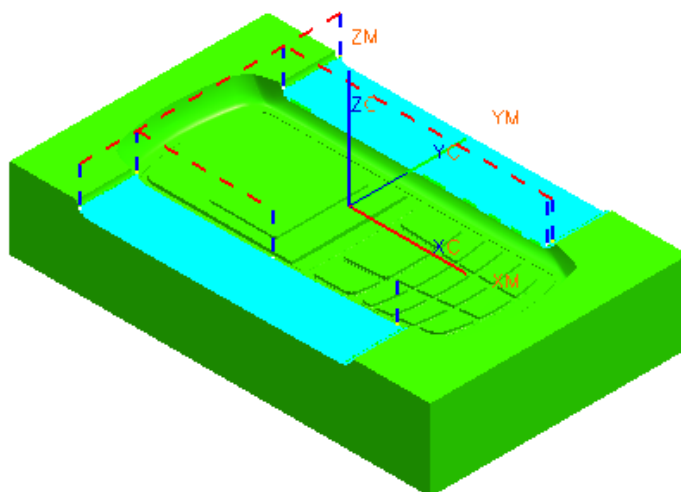


图 9-214

Step 5 移动操作

- 在操作导航器中，移动此操作到 CAVITY-3 中。

9.4.9 创建精加工操作（2）

Step 1 复制 CONTOUR_AREA_COPY 操作，创建精加工操作。

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 CONTOUR_AREA_COPY 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D3R1.5，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴(paste inside)，粘贴此操作，生成 CONTOUR_AREA_COPY_COPY 操作。
- 双击 CONTOUR_AREA_COPY_COPY，打开操作对话框。
- 单击 ，选择如图 9-215 所示的表面，单击 OK。

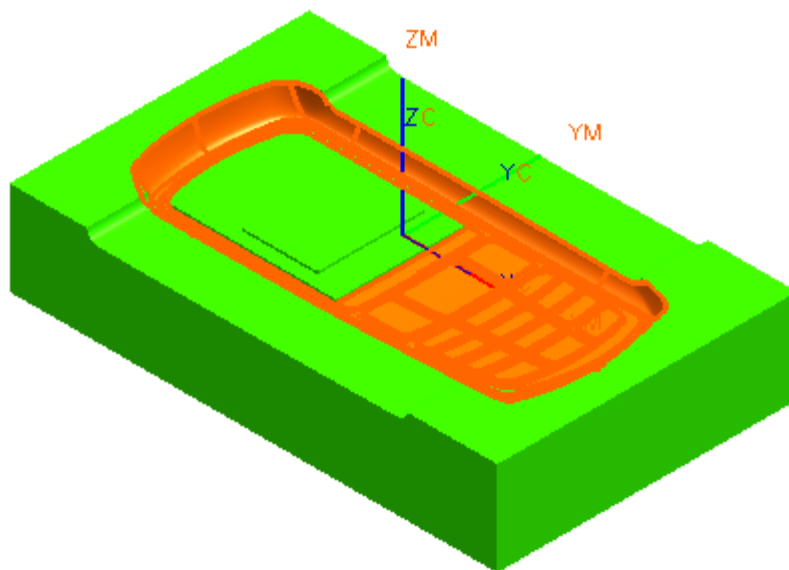


图 9-215

- 单击 ，设置如图 9-216 所示的参数，单击 OK。



图 9-216

Step 2 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-217 所示的刀轨，单击 O K。

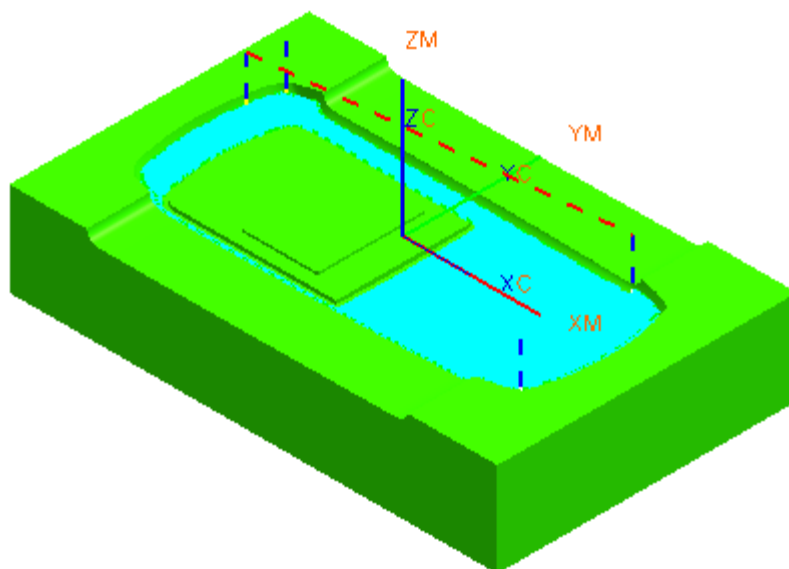


图 9-217

9.4.10 创建精加工操作（3）

Step 1 使用面铣操作子类型，创建精加工操作

- 单击 ，选择如图 9-218 所示的操作子类型和父节点。



图 9-218

- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-219 所示的参数。



图 9-219

- 单击 ，选择如图 9-220 所示的平表面，单击 OK。

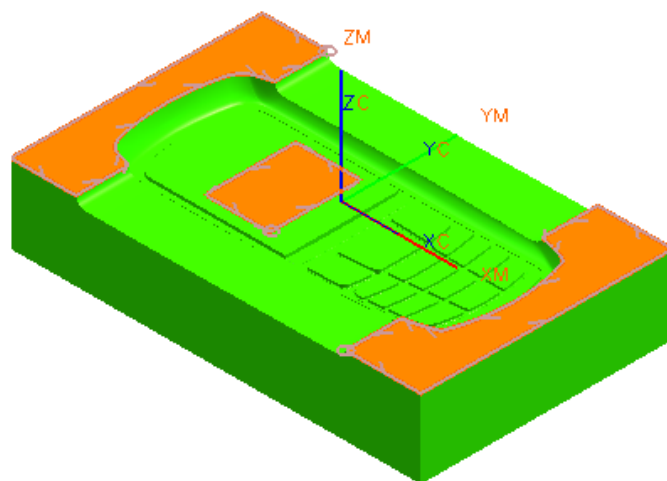


图 9-220

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-221 所示的参数，其余参数使用默认值，单击 OK。



图 9-221

Step 3 设置非切削运动参数

- 单击 ，设置与 ZLEVEL_PROFILE 相同的非切削运动参数，单击 OK。

Step 4 设置切削速度

- 单击 ，设置如图 9-222 所示的主轴转速与进给速度，单击 OK。



图 9-222

Step 5 生成刀轨

- 单击 ，生成如图 9-223 所示的刀轨，单击 O K。

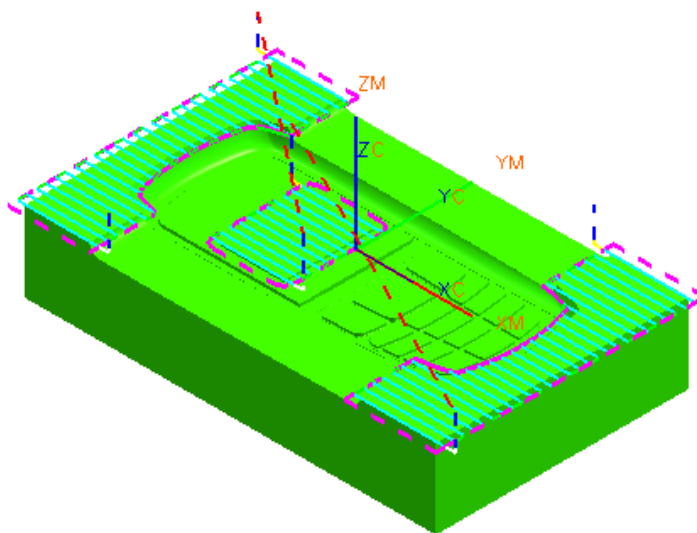


图 9-223

9.4.11 创建精加工操作（4）

Step 1 复制 FACE_MILLING 操作，创建精加工操作

- 单击 ，切换到刀具视图。
- 单击 ，打开操作导航器对话框。
- 单击 FACE_MILLING 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D5，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴（paste inside），粘贴此操作，生成 FACE_MILLING_COPY 操作。
- 双击 FACE_MILLING_COPY，打开操作对话框。
- 单击 OK，打开操作参数设置对话框，设置如图 9-224 所示的参数。



图 9-224

- 单击 , 选择如图 9-225 所示的平表面, 单击 OK。

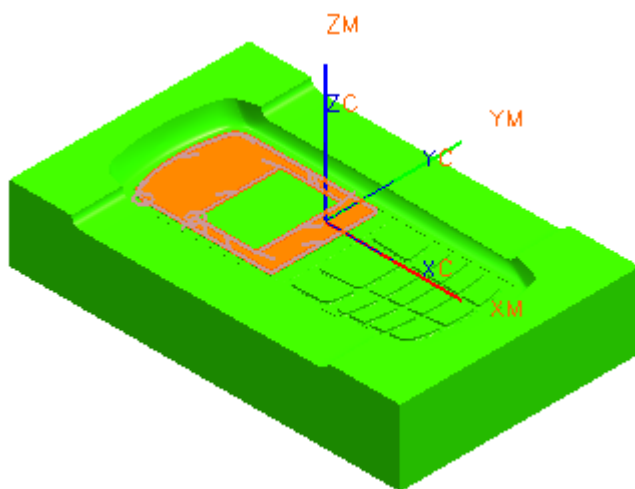


图 9-225

Step 2 设置切削参数

- 单击 , 设置如图 9-226 所示的参数, 其余参数使用默认值, 单击 OK。



图 9-226

Step 3 生成刀轨

- 单击 , 生成如图 9-227 所示的刀轨，单击 O K。

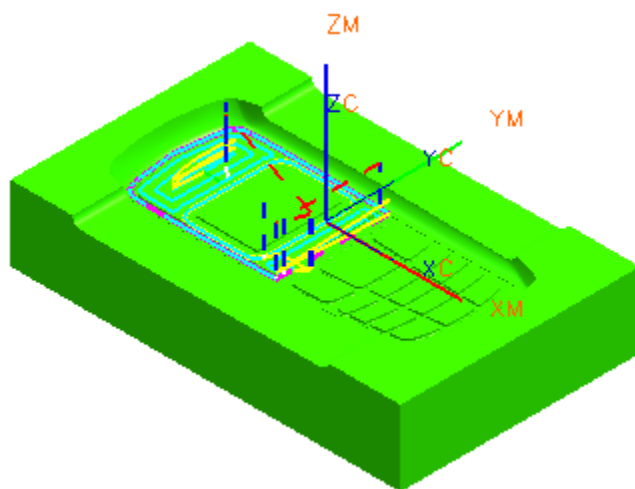


图 9-227

9.4.12 创建精加工操作（5）

Step 1 复制 ZLEVEL_PROFILE_COPY 操作，创建精加工操作

- 单击 , 切换到刀具视图。
- 单击 , 打开操作导航器对话框。
- 单击 ZLEVEL_PROFILE_COPY 操作，单击 MB3，打开快捷菜单，选择 COPY，复制此操作，单击刀具 D5，单击 MB3，打开快捷菜单，选择内部粘贴 (paste inside)，粘贴此操作。

- 双击 ZLEVEL_PROFILE_COPY_COPY，打开操作对话框。



- 在操作对话框中，单击 ，选择如图 9-228 所示的表面，单击 OK。

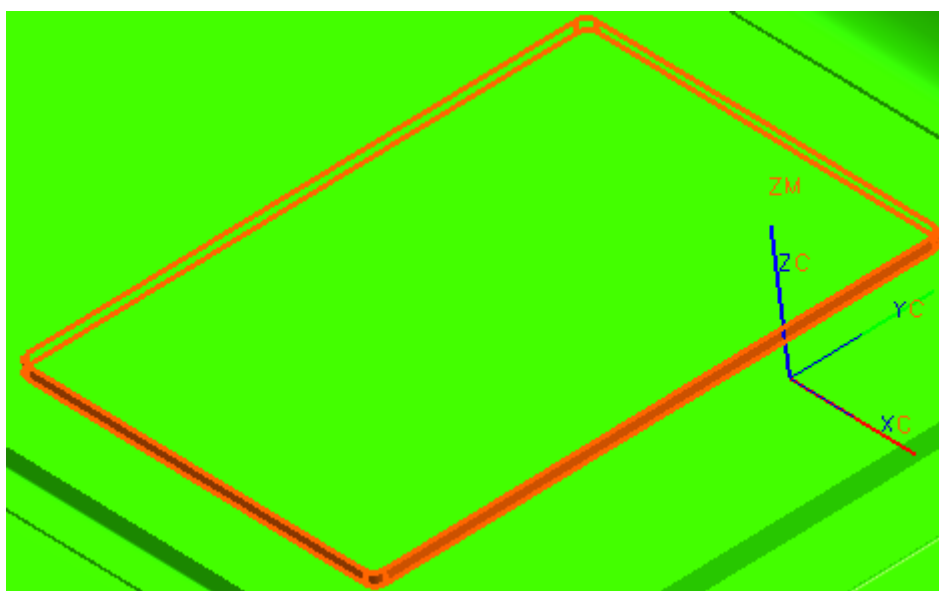


图 9-228

Step 2 设置切削参数

- 单击 ，设置如图 9-229 所示的参数，余量均设为 0，单击 OK。



图 9-229

Step 3 设置切削速度

- 单击 , 设置如图 9-230 所示的主轴转速与进给速度, 单击 OK。



图 9-230

Step 4 生成刀轨

-
- 单击 ，生成如图 9-232 所示的刀轨，单击 O K。

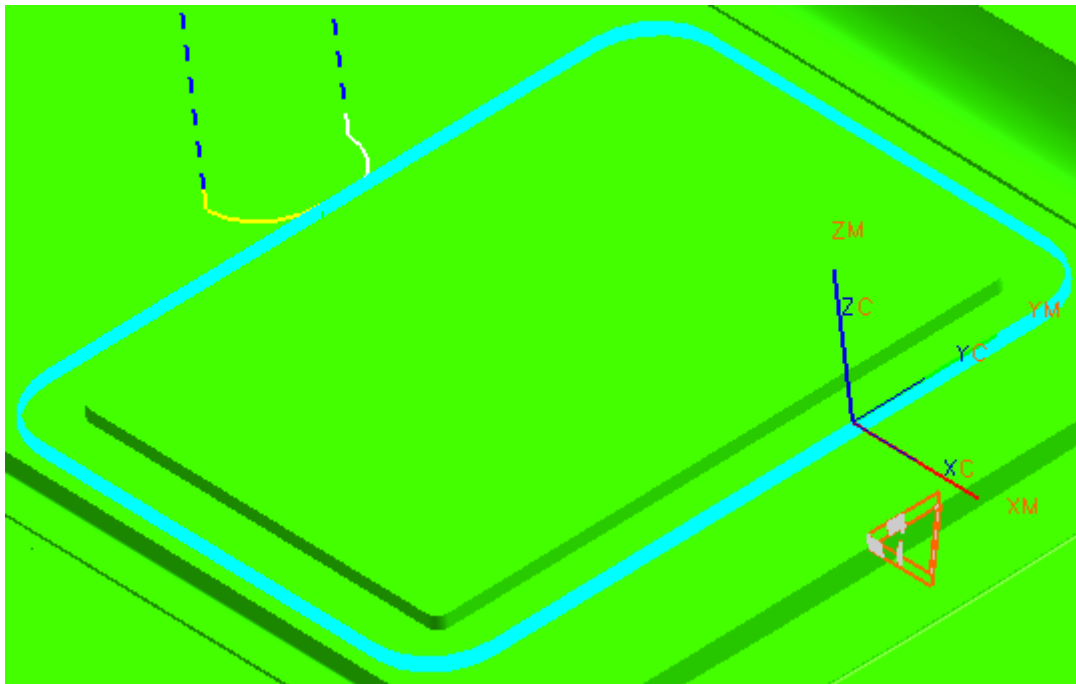


图 9-231

Step 6 移动操作

- 在操作导航器中，移动此操作到 **CAVITY-3** 中。
(说明：本例中按键区域还未切削到，需要放电加工)