

# 序言

## 关于教程或教材的选择：

现如今市场上关于 UG 的教程，早已汪洋如海，但真正有价值的书籍教程可谓凤毛麟角，各种教程其内容，其表述，往往都是千篇一律，不一而足。其语言表达多来源于 UG 专业术语的中文翻译，其特点就是内容拼凑，命令、参数、讲解晦涩难懂，由此往往是初学者难于明了。很多学习 UG 的人，往往读了很多本这样的教程，亦不能达到入门的级别！更别说用于实际工作了！

## 下面就目前市场上的教程，做一下归类分析，以便甄别遴选：

第一类：专业写手做的教程——专业写手并非 UG 专业，而是专业写书的，他们往往涉猎很广，只要是关于电脑软件方面的教程他们几乎都写，此类教程数量大约能占到市场份额的 7 / 10 左右，由此可见数量之巨，说不定你手中就有几本呢！

此类写手本身在数控加工方面，并不具备实际加工经验，他们都是东拼西凑，按照自己的想象和理解编辑成书，但他们却不知道数控加工——是一个真正面向实际的工作，来不得半点马虎和错误，他们更不知道这点错误和马虎所带来的后果——轻则断刀，工件报废，重则造成机床的严重损坏以及人身安全。这里并非作者危言耸听，作者本人就亲见某大学数控专业教授，所编制的数控程序把整个铣头撞坏，更亲见某 UG 教程作者编制的数控程序，刀具在快速移动中，把工件撞出机床面，刀具和工件全部损坏，更造成加工人员身体的伤害。

所以这种教程的表述和观点有很大一部分，其根本就是错误的，他们的思路和编制的刀路根本就不能用于实际。这就是按此类教程学习不能入门的原因。这也是用过 UG 的人看到此类教程，感到啼笑皆非的原因所在。

第二类：所谓的工作室或科技公司出品编写的教程：他们肯定有一定实际经验，但绝对有限，但相比第一类要专业和优良多了。其教程就学习效果来说与前一类并没有什么区别！

第三类：数控专家系列教程：这类书籍教程往往这样描述：——数控专家教程，实践

教程，实训能力提高教程，全部由一线工程师编著等等。可以说此类书籍教程，代表了目前市场上 UG 教程类的最高水平，因为他们确实有实际加工经验，但所表达出的内容和水平仅是个人某方面的知识，使初学者入门没问题，但要达到一定的境界和水平很难——因为不能明了 **UG 加工思想**，再怎么样也不会有太大的提高。

关于实际加工经验的教程是一个发展的方向，随着 UG 的普及，学习者的增多，人们逐渐会抛弃那些干涩的理论教程，而选择那些有着实际经验的教程。

这三类教程的作用对比：

第 1 类——读过多本依然没有入门，一头雾水；

第 2 类——稍微明白点，但也没入门

第 3 类——入门了，但在实际工作中错误百出，且没有效率

还有网上视频教程，以及培训学校：

关于这二种情况当然不乏有好的教程，也不乏有好的培训学校，但往往是十之二也已经是不错了，其昂贵的价格令人咂舌。但大多数情况下是：花了钱没学到东西，其教训比比皆是！

那么这样说来岂不是没有好的学习途径吗？那些正在工厂里从事实际编程工作的工程师们，是从哪里学来的呢？

第一种：公司本身使用正版 UG，理所当然的是 UG 公司的正规培训，这在 UG 使用者中仅占少数。

第二种：也是和大多数人一样，看看书自己摸索着上，你知道这个过程是多么的艰难吗？我的一位同事就是如此，先后跳槽十余家企业后，历经 3 年时间有余，才对 UG 掌握到中等水平。他的经验全部都是撞刀撞出来的。这在 UG 使用者中占多数。

第三种：拜师，向真正有经验的老师学习，那么你很幸运，但多数情况下没人愿意与你分享（因为得之不易），这是一个实际情况。即使如此，相信你没有一年的时间，也出不了徒。这在 UG 使用者中也仅占少数。

## 综上所述，那么我们不禁要问：什么样的教程才是比较理想的呢？

第一：最好的教程就是 UG 公司的，他们对于命令，参数的解说就是标准，是最能理解写软件人的意图。他们的培训是真正意义上正规培训，市面上任何形式的培训，都不能与之相比。可是他们的正规培训仅限于 UG 正版使用客户。而市面上所见到的所谓 UG 公司指定教程，大多数是英文版的中文翻译，专业术语很强，翻译成中文后已经是很差强人意了，而且也仅是对功能模块，命令，参数的专业表述而已。这个教材范本，正是市面上大多数教程的素材和源泉。

第二：其次最好的就是有实际加工经验的教程，只有在实践中才能明白命令、参数的真正含义，同时对于软件的使用有一整套简洁高效的方法。进入到这个行业你就明白，理论和实际的差别有时是很大的。尤其是表现在软件使用方面，在实际的加工中对于软件的使用，在很多时候并不像书中描述的那样、更不同于你的想象。在实际加工过程中，不但讲求较高的效率而且更重要的是：加工的准确性和精确性。而要达到这个要求，最低的程度就是对于软件的熟练和正确使用。而掌握软件仅是、仅仅是、工作的第一步。如果你对于软件还处于疑惑、不熟练的状态，那么还谈什么工作呢？其次在掌握软件的基础上，你还需要更多的机加工知识，这样才能胜任实际工作。在实际应聘找工作时，往往应聘官的第一句话就是：你有几年加工经验了？因为没有经验的确是难以胜任的！这与其它行业有所不同。然而这个经验并不是只能在实践中积累而成——通过有经验的使用者传授，是可以达到一定水准的。

### 关于本书：

本书是以作者两次 UG 公司的高级正规培训为写作蓝本，同时又深深地把作者本人从事多年的实际运用经验充分的融合到里面，最终以“UG 的加工思想”为核心、为主线而形成本书！全书的特色在于——

- 1， 全书共分 6 篇 12 章节，每篇 2 章。
- 2， 本书别开生面：本书的写作方式与市面上一般的教程有着很大的不同：

①从叙述的方式、语言的表达方面来讲：

严格的来说本书也许更像一部、或一整套的视频教程的文字再现。其语言表达通俗易懂、简单明了、思路极为清晰和严密。全书语言娓娓道来，犹如春风扑面像一位老师、更像一位朋友与你把臂同游于UG的世界，此时你才会真正体会到UG所带给你的快乐和成就感！

### ②从表达的内容方面来讲：

本书既不是纯命令参数讲解的“用户手册”式、“概念式”书籍，也不是什么所谓的纯“工厂案例实践”教程书籍。本书而是：所有的案例讲解、参数命令讲解全部围绕“UG的加工思想”这一主题。由此而决定了本书的叙述特色——**强大的“逻辑性”和“连贯性”，不可分割！**本书而是：以“UG的加工思想”来统领所有的参数命令、实际运用经验。由此而达到了一个“运用自如”的境界！

### ③从全书的结构来讲：

全书分为两个大的：“圆圈”或“环”——其意就是不可分割，整体如一，不但如此，它还是“螺旋上升式的”。具体的来讲就是：

○ 第一个“圆圈”是关于全局性的：是第一篇和第六篇的内容——是开篇和末篇，它们是在你学习完成后，是需要你自己进行总结提高的。总结后你会发现它们的确是一个整体的，是一个扫清一切障碍和繁琐的方法！从而使你把主要的精力面对于——你所要加工的对象！

○ 第二个“圆圈”是关于UG主要内容的：是第二篇至第五篇的内容——这是本教程学习的重点，平面铣、型腔铣、固定轴铣以往的教程都是把它们分割开来，而在本书中你会看到它们是怎样融合在一起的、是怎样有机的融合在一起的。学习完成后，你也会发现它们也是一个不可分割的整体，而且互相贯通！

④从学习的效果来讲：鉴于本书的特殊性，本书在其后的学习中特别提出了“学习方法”的建议，如果你真的践行不拙的话，那么你就会发现UG虽然命令参数极多，但使用起来却是极其简单和惬意的，而最终你会发现：你会把本教程的知识“忘得一干二净”，因为毫无疑问的它已经把你提升到一个新的境界！——而这正是本书所要给

予你的！

另外本书还有如下几个特点：

- 3, 对于其关键的参数、对于其能够充分体现“UG 编程思想”的参数或方法，都加以“专题”的方式进行详细的深入探讨，并讲解之！
- 4, 将建模知识与编程加工充分的融为一体。本教程几乎涉及到所有的与加工有关的建模知识，并付之于详细的操作步骤。这对于没有建模知识或不喜欢建模知识只喜欢使用加工的朋友来讲，这无疑是一个“利好的消息”！

本书虽已经过作者多次校对，然世界上并非有完美的事物，故而错误与纰漏之处必定在所难免，望业内同行、前辈老师批评指教！

## 必读导言之一：

### ——关于 UG 数控编程思想问题的分析与探讨

UG 在其官方教程中这样来表述：“UG 的制造过程（编程）思想，它比具体的加工模式、加工方法更为重要。它是现代数控编程的精髓所在！”这个关于 UG 编程思想的问题，是一般的教程没有且不能涉及到的。相信很多的业界同行，也包括使用 UG 很多年的朋友，对此都会感到陌生，不是十分的清楚。作者本人在此提出，并把其放在必读导言之首位，目的就是能够引起读者的高度重视！——为什么？因为就如其官方教程里所描述的那样：“它是现代数控编程的精髓所在！”。

思想——就是灵魂、就是核心！打一个比喻：它正像武侠小说中所描述的“心法”一样，其招数、招式可以千变万化，但是一旦离开“心法”则就是呆板的、死板的、死搬硬套的；而有了“心法”则是随心所欲的、千变万化的、任意纵横的。在实际的编程工作中也是一样，零件是千变万化的，而 UG CAM（加工）的加工模式却是有限的，深刻的理解 UG 的加工思想、刀位轨迹的算法，以及巧妙的组合加工模式、方法、灵活的使用各种参数，提出有针对性的解决方案——而这正是一个合格的编程工程师所必须具备的技能！

而 UG 的编程思想，并非是一种抽象的理论、一种概念的表述。它是通过具体的，软件本身的各种操作而具体体现出来的。然而如果单纯的解读概念，你不会发现它。而只有通过概念的“领悟”，才会发现它的身影，进而经过“深刻的领悟”过程，就会发现它已经与你融为一体了。

总之：UG 的编程思想，你只要掌握了它，就是掌握了 UG 的核心精髓；就是高屋建瓴的掌握了各类命令参数；就是用最少的命令做出更多工作的巧妙方式；就是达到运用 UG 轻松自如、游刃有余的境界；就是让你体会 UG 所带给你的极大的创造性、灵活性、以及快乐的成就感！而所有的这些、这一切的一切都会在本书中灌输给你！

## 必读导言之二

### ——关于 UG 十分繁多的参数和命令问题

众所周知：UG 的命令参数之多为众多软件之首。但这不是给你的使用带来困难，恰恰相反，它正是为了你的使用更方便、更简单、更高效而设定的。对这个问题在业界许多资深的 UG 应用专家，常给初学者打这样一个比方：如果把 UG 比喻成一台照相机，那么 UG 就是一款专业的相机，而其它的编程软件就是仅能称为“傻瓜式”的相机，学习专业的相机当然会比较困难。但是你要想拍出高质量的照片，专业的相机才是不二之选，但问题是很多人不会使用专业的相机，所以拍出来的照片质量还不如“傻瓜”相机拍出来的效果好。所以在学习 UG 初期会很困难，尤其是没有名师指导仅靠自己摸索的情况下。但是你一旦学会掌握了 UG，那么对于数控编程工作来说，又是一件轻松愉快的事情！

要想真正的、有效的、突破参数命令的困扰，必须做到以下几点建议：

第一：首要的便是正确的建立 UG 编程思想：UG 功能强大，相对于其它的编程软件，其参数、命令众多。这往往使得初学者不知所云，甚或是使用过 UG 的人也感到十分繁杂和不理解。但是 UG 独特的编程思想也符合 20/80 之原则，使用极少的命令就能做出更多的编程工作。所以你一旦掌握了其核心，那么使用 UG 来编程是一件十分轻松的工作。在这里你必须明确一个这样的思想方法——那就是根据需要来使用参数、命令，而不是单纯的为学习参数而学习！

第二：你要了解参数、命令的本质，这个参数命令到底在哪方面影响了刀轨，它的使用范围是什么？尤其重要的是参数命令之间的相互关系是怎样的？——这非常重要，你在使用某一参数时，你必须要考虑哪些参数是要配合设定的，它们之间是如何影响的。

第三：参数命令只有在使用中，你才能真正明白它的意义所在，而单纯的从概念、从表述之中，你不会真正理解它。所以本书对于其关键的参数讲解，或者是以实例的方式、或者是从正反两个方面对比讲解，更甚者加以专题的方式进行深入探讨！

## 大纲目录：

### 第一篇：UG 教程学习之准备工作：

#### 第一章：UG 数控编程概况：

##### 第 1 节：关于数控加工：

- 1, 历史背景
- 2, 关于数控加工编程技术
- 3, 关于数控加工编程软件

##### 第 2 节：关于数控编程师需具备的知识和能力：

- 1, 熟练正确的掌握并使用软件
- 2, 关于数控加工工艺方面
- 3, 关于机床与刀具方面
- 4, 关于 UG 版本使用问题

#### 第二章：UG 编程前的必备工作：

##### 第 1 节：首先进入 UG 编程环境界面：

- 1, 启动 UG 进入基本环境界面
- 2, 进入加工界面
- 3, UG 的加工环境

## 第 2 节：操作导航器的应用：

- 1, 操作导航器对话框
- 2, 显示内容方面的探讨

## 第 3 节：刀具、几何体的定义：

- 1, 如何创建定义加工的四类基本信息
- 2, 加工几何体创建和定义的不同性

## 第 4 节：建立正确的加工坐标系：

- 1, 你需要了解的 5 大坐标系统
- 2, 加工坐标系
- 3, 怎样建立安全平面才是正确的

## 第 5 节：加工几何体的检查与完善：

- 1, 加工几何体的检查
- 2, 加工几何体的完善
- 3, 加工几何体的分析与测量
- 4, 在 WORKPIECE 中定义加工几何体

# 第二篇：UG 加工操作类型——之平面铣和面铣

## 第一章：平面铣—UG 学习的基础：

### 第 1 节：与众不同的平面铣：

- 1, 平面铣的两个核心
- 2, 通过案例讲解来理解

### 第 2 节：创建平面铣操作（案例反映出的问题）：

### 第 3 节：首要任务—认识边界：

- 1, 四种方式来生成边界
- 2, 边界的两个核心概念
- 3, 通过案例实际操作来理解上述概念  
——注重体会 2 个核心概念的要领
- 4, 边界被赋予的各种角色意义

#### 第 4 节：如何定义加工几何体：

- 1, 平面铣中的 5 种几何体
- 2, 反映平面铣加工精髓的经典案例学习

#### 第 5 节：平面铣中的二次粗加工方式：

- 1, 参考刀具的用法
- 2, 使用 2D IPW（过程中毛坯）的方法

### 第二章：面铣：

#### 第 1 节：面铣的加工方法——大大简化操作步骤和高效的面铣：

- 1, 面铣的基本加工原理过程
- 2, 面铣是如何进行加工的以及它与平面铣的区别何在

#### 第二节：面铣的双重性：

- 1, 面铣的粗加工
- 2, 面铣与平面铣的区别所在

### 第三篇：参数以及使用中的经验讲解：

#### 第一章：刀轨设置参数之一：

##### 第 1 节：切削模式：

- 1, 最常用的 3 种方式
- 2, 其它的几种方式

##### 第 2 节：切削步距和切削层：

- 1, 切削步距
- 2, 切削层

#### 第二章：切削参数设置之二：

##### 第 1 节：切削参数对话框：

- 1, 策略选项卡
- 2, 余量选项卡
- 3, 拐角选项卡

## 第 2 节：非切削参数的定义：

- 1, 刀具的整体运动过程以及进给率和速度
- 2, 学会观察刀路
- 3, 如何进刀
- 4, 传递/快速选项卡

# 第四篇：UG 加工操作类型——之型腔铣和等高轮廓铣

## 第一章：UG 编程三板斧之一型腔铣：

第 1 节：型腔铣的加工原理——一个比喻的描述：

第 2 节：创建型腔铣操作：

第 3 节：一般教程不会深入涉及的问题

——型腔铣几何体的定义

- 1, 第一个问题：必须要定义的加工几何体
- 2, 第二个问题：关于毛坯几何体问题的专题讲解
- 3, 第三个问题：关于指定切削区域几何体的讲解

第 4 节：型腔铣的切削层观念：

- 1, 第一个问题：切削层与几何体的关系
- 2, 第二个问题：切削层的主要作用和目的以及相关参数的设置

第 5 节：型腔铣的二次粗加工专题讲解：

- 1, 第一个方法：使用参考刀具
- 2, 第二个方法：使用过程中的毛坯 IPW
- 3, 第三个方法：使用基于层的 IPW

## 第二章：型腔铣的轮廓加工以及高效简洁的等高轮廓铣：

第 1 节：型腔铣的轮廓加工方式（完备的案例讲解）：

第 2 节：型腔铣的特例——等高轮廓铣：

- 1, 第一步：学习等高轮廓铣的基本内容
- 2, 第二步：学习等高轮廓铣的特有的参数

## 第五篇：UG 加工操作类型——之固定轴曲面轮廓铣：

### 第一章：加工原理的诠释：

#### 第 1 节：投影法的介绍：

- 1， 驱动方式（驱动方法）
- 2， 驱动几何体简介

#### 第 2 节：投影矢量介绍：

### 第二章：学习具体的驱动方法：

#### 第 1 节：区域铣削驱动方式——与等高铣的完美结合：

- 1， 第一个问题：不存在投影矢量选项，为什么？
- 2， 第二个问题：如何使用区域铣削进行加工？

#### 第 2 节：螺旋上升式的回归（回归平面铣）——边界驱动方式：

- 1， 第一个问题：驱动几何体与投影矢量
- 2， 第二个问题：边界驱动方法对话框中的参数讲解
- 3， 第三个问题：边界驱动方法与区域驱动方法的区别所在

#### 第 3 节：径向驱动和清根驱动方式——清根加工方法专题讲解：

- 1， 清根方法之——面铣方法
- 2， 清根方法之——型腔铣方法
- 3， 清根方法之——参考刀方法
- 4， 清根方法之——等高轮廓铣方法
- 5， 清根方法之——固定轴轮廓铣曲面驱动方法
- 6， 清根方法之——边界驱动方法
- 7， 清根方法之——径向切削方法
- 8， 清根方法之——固定轴轮廓铣清根驱动方法——专业清根工具的学习

#### 第 4 节：刻字加工专题讲解：

- 1， 平面文本刻字和曲面文本刻字

2, 曲线/点驱动方式讲解

3, 立体凸字加工

## 第六篇：精心补充的内容：

### 第一章：定制：

第 1 节：定制自己的角色文件：

第 2 节：定制自己的模板：

### 第二章：钻孔操作和后处理：

第 1 节：钻孔操作的精华讲解：

1, 第一个问题：关于钻孔操作的关键知识要点讲解

2, 第二个问题：关于钻孔的知识递增操作练习

第 2 节：关于 UG 后处理的建议

# 正 篇

# UG8.0 数控编程超级教程

## ——金牌讲解

### 第一篇：UG 编程之准备工作：

在正式的编程之前，我们有许多的工作需要准备充分，只有准备工作做好了，正式的编程工作才能得以顺利进行，这些工作是必须的。而有些人往往不重视这些工作，最后的结果也许就是——再倒回来！

### 第一章：UG 数控编程的概况：

声明：关于这些常识性的知识，不是本书所重点讨论的内容，在此列出目的是给读者一个比较完整的概貌和了解！

#### 第 1 节：关于数控加工：

1: 历史背景：数控机床最早出现于 20 世纪 50 年代，由美国麻省理工学院成功地研究出来，是世界上第一台数控机床。而在 1970 年首次展出第一台用计算机控制的数控机床（CNC），历经 30 余年的发展，发展到今天的比较复杂和智能化的数控机床。

#### 2: 关于数控加工编程技术：

数控加工编程技术是随着数控机床的发展而发展的，大致说来经历了三个阶段：手工编程阶段；→APT 语言编程阶段→到今天的交互式图形编程阶段（使用编程软件）。

#### 3: 关于数控加工编程软件：

编程软件就是通过交互式图形而编制加工程序的一种工具，而这些加工程序就是来控制数控机床运动的一种代码。当今世界上数控编程软件众多，且各有其特点，但其核心功能基本相同。常见的编程软件有：

1, UG (Unigraphics) :其具有强大的造型能力和编程能力。是一款高度集成的、面向制造行业的 CAID/CAD/CAE/CAM 高端软件。其先进的技术闻名于 CAD/CAM/CAE 领域，在航天、航空、汽车、机械，模具等领域有着极其广泛的应用。而其中 UGCAM 更是以功能丰富、高效率、高可靠性而著称于世，从 2.5 轴/3 轴、高速加工、多轴加工，UG CAN 都提供了 CNC 铣削所需要的完整方案，并长期在 CAN 领域处于领先地位。目前，在国内普及速度很快，为众多大中公司之首选软

件。

2, Cimatron:是以色列 CIMATRON 公司开发, 早期版本是 Cimatron it 系列, 现在比较流行的是基于 Windows 平台的 Cimatron E 系列, 其特点是操作简便、学习简单、经济实用等特点, 受到小型企业的欢迎, 在我国沿海地区有着广泛的应用。

3, MastCAM:是美国 CNCsoftware 公司研制开发的 CAD/CAM 系统, 也是一种小型软件。

4, Powermill:号称是世界上加工策略最丰富的数控编程软件, 这是一款 CAM 与 CAD 完全分离的, 单纯的编程软件, 与传统软件相比有着很大的不同。

5, CATIA: 是法国达索系统公司的 CAD/CAE/CAM 一体化软件, 也是一款高端软件, 但在我国使用者不是很多。

另外, 还有 PTC 公司的 PRO/E (造型使用者较多, 编程使用者较少), HZS 公司的 SPACE-E 等, 在此就不一一介绍了。

## 第 2 节: 关于程序员需具备的知识和能力:

1: 熟练正确地掌握软件使用:

在使用 UG 编程时, 除了对 CAM 部分熟练掌握外, 还要对 CAD (造型) 部分的基本应用有所了解, 因为在需要作辅助线、辅助面、保护面, 构造毛坯、补面挖孔、拆电极等方面都需要使用造型功能。假如你 CAD/CAM 二者都学习那是最好的, 这样你就会体会到二者结合所带来的极大方便与快捷。当然如果你只单纯的学习 CAM 数控编程, 我建议你还是了解一下 CAD (造型) 部分, 在我的教程里也都有很多关于 CAD 方面的应用。关于这个问题有很多人嫌麻烦, 不愿意学习 CAD, 其实很简单, 你只需了解其基本应用即可。

2: 关于数控加工工艺方面:

可以确切地说, 工艺方案的分析与规划制定, 是一个编程工程师实际加工经验的真正体现, 相反地对于软件的使用倒是其次。你始终要明白, 软件只不过是达到、实现你工艺方案的一个工具而已。然而工艺方面的知识, 仅能在实践中不断地总结, 点滴积累而成, 绝非是仅从书本知识中学习而来。虽说如此, 但实际上由于每家企业所要面对的产品都不一样, 所对应的编程的“习惯”即工艺要求也不一样, 因而工艺方案一般地也比较固定和成熟, 相信你只要掌握好软件, 在实际工作中, 你会很快就会掌握你所在公司的工艺。

同时, 一般地来讲在一个比较正规的加工企业中, 工艺制定、造型设计、数控编程这三个环节都有明确的分工。但是你一定要清楚, 一个合格的编程工程师必须懂工艺, 且具有一定的造型能力。

### 3: 关于机床与刀具方面:

学习编程前最好有操作机床的实际经验,如此你便有对机床的性能、加工能力、X,Y,Z 三轴行程等方面有了真切的认识。而作为刀具方面,你必须了解。否则你便不能进行编程,即使编制出来程序也不能用于实际加工。关于这些知识,仅靠语言文字很难表达清楚,你只要到了现场加工车间,相信会很快明白,在此不再做过多的讲述。

### 4: 关于 UG 版本使用问题:

UG 是世界上产生较早的数控编程软件之一,发展到今天,与它同时代产生的软件基本都已消失。而 UG 却不断的发展壮大,渐成为行业的标准与主导。随着 30 余年的发展,其版本不断升级,在画面显示、对话框显示、功能命令增强等方面都有很大的变化!比较显著地表现在下述几个阶段:阶段 1: UG18 到—→UGNX (NX→NX2); 阶段 2: UGNX3—→UGNX4; 阶段 3: UGNX5—→UGNX6—→UGNX7.0; 阶段 4: UGNX7.5—→UG8.0。

对于这些不同的版本,其实就加工应用方面并没有太大的变化,虽然每一个新版本发行时,都有新功能的增加,但这些新功能大都表现在 5 轴, 9 轴联动,车铣复合类等方面,这些是 UG 近几年所关注的重点!而至于高速加工,UG 不像其他的软件那样,有专门的高速铣削模块,只要掌握 UG 普通的加工模组,就可以实现高速加工,因为 UG 很早就支持高速加工!

所以在使用方面,读者尽可能的选择使用最新的版本!因为新版本较之旧版本无论从操作的界面风格、还是操作的简洁方便性、以及功能增强等方面都有很大的改进。但就使用习惯来讲,据作者所知 UGNX4 使用者最多(这里有很多 UG 使用高手),其次是 UGNX7, UGNX4 是一个经典版本。当然也有与时俱进的使用者—→用 UGNX5; UGNX6; UGNX7.5。当然为了读者方便学习,本书在此都以最新版本 UGNX8.0 进行学习。

## 第二章: UG 编程前的准备工作:

编程前期的工作至关重要,它在很大程度上影响编程结果的正确与否,以及影响编程工作是否能顺利进行,特别是检查几何体,完善 CAD 模型,建立正确的加工坐标系,建立相关的安全平面等几章知识,非常重要之极,这是在实际工作中经验的总结。上述知识一般教程不会涉及,即使涉及到也是蜻蜓点水一笔带过,而在本书却要重点解析,因为在实际编程工作中,这些都是必须要加以解决的。

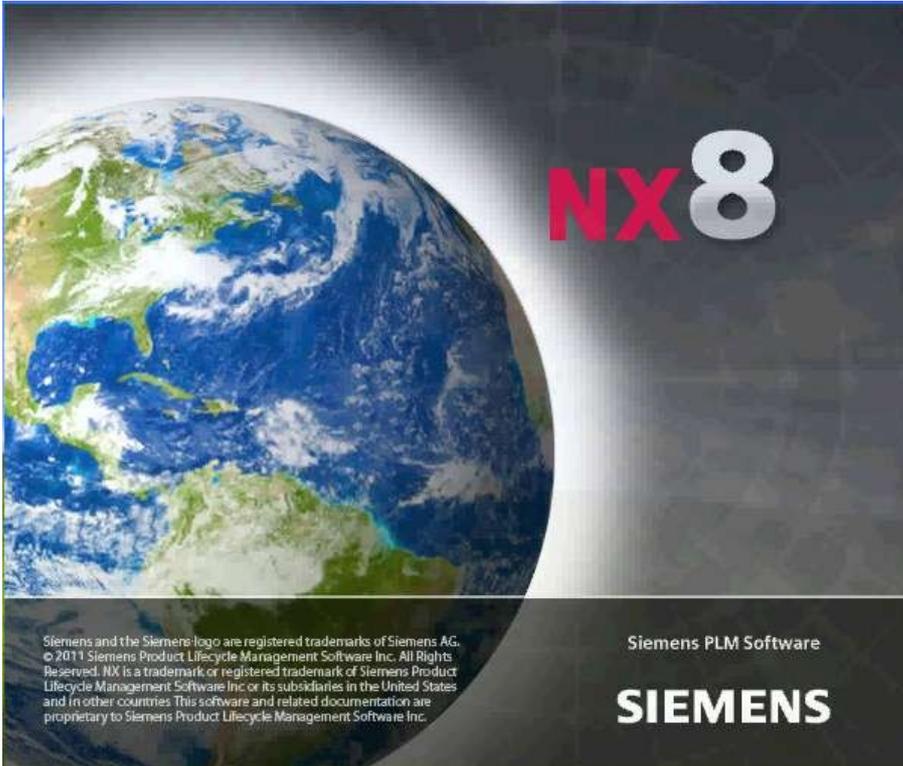
### 第一节 首先进入 UG 编程环境

1. 启动 UG 进入基本环境: 首先来启动 UG, 最为基本的

二种方法：

①双击桌面 UG 快捷图标进行启动。图示：

②鼠标左键依次单击“开始→程序→UGS NX8.0→NX8.0



UG 启动后的界面：如下图所示：

在此界面上是 UG 的基本环境界面，在此还没有真正进入 UG，这时必须新建一个文件或者打开一个已存在 UG. part 文件。这时才能进入。在这里要注意的是：UG 软件不支持中文的文件名，在文件及所在的路径中都不能含有中文字符。

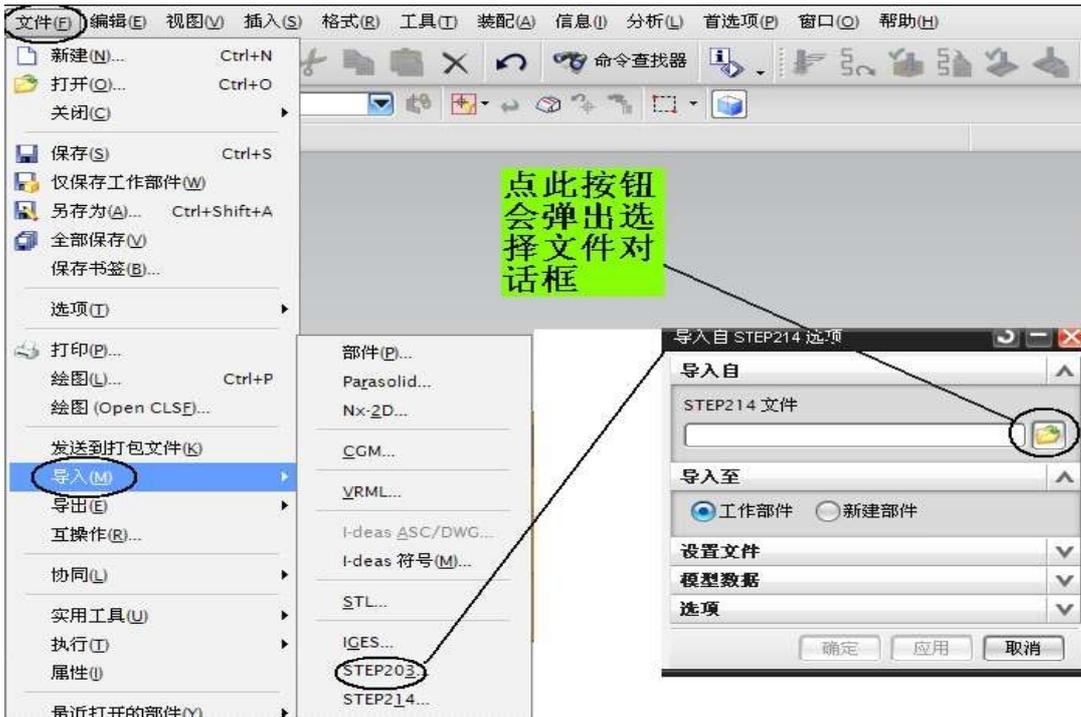


**读取图形或调入工件模型：**在 UG 的基本环境中——

①打开一个文件：可以直接通过点击图标或者单击 **文件(F)** → **打开(O)...** **Ctrl+O** 打开一个格式为 .part 的 UG 文件，但仅限于 UG 的文件，因为软件 Pro/E 的文件格式也是 .part，另外也不能直接读取 UG 较高版本的 .part 文件（例如：UG6.0 不能直接读取 UG8.0 的 .part 文件）。

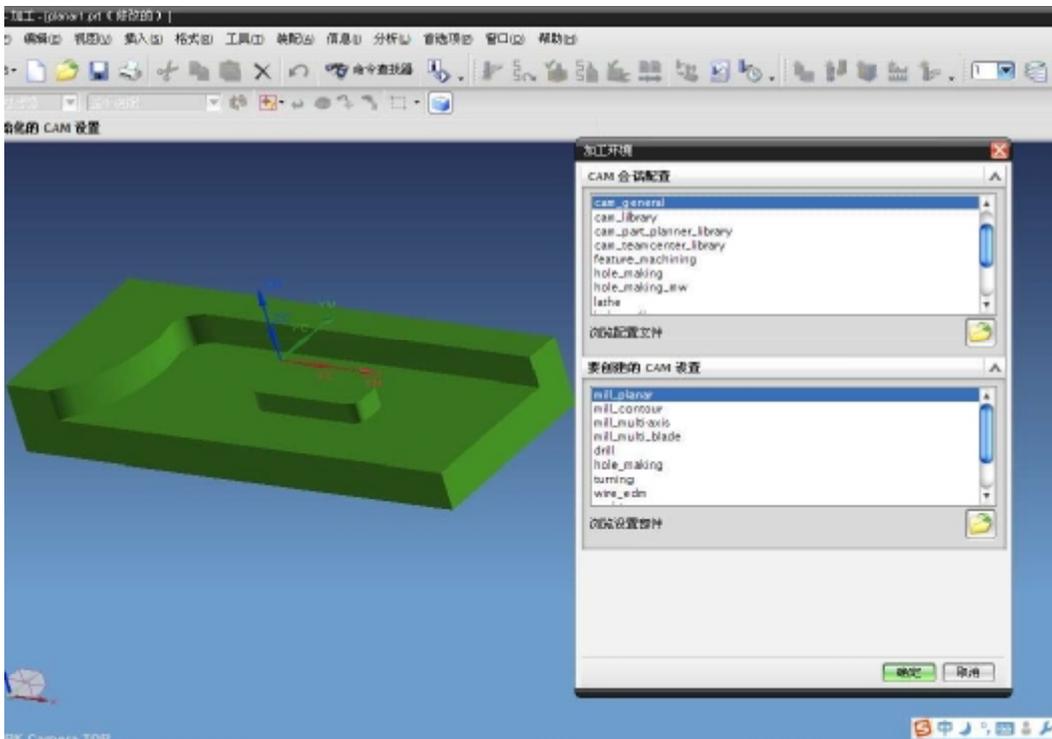
②新建一个文件：也可以直接通过点击图标或者单击 **文件(F)** → **新建(N)...** **Ctrl+N**，弹出 **新建** 对话框，在此对话框中指定文件的单位、文件名称、保存的目录位置后，点击 **确定** 按钮即可进入 UG 的默认的建模环境中。在此环境下可以进行建立模型零件就是格式为 .part 的文件，以供加工所使用。在此环境下或者进入加工环境中后都可以导入其它格式的文件，因为在模具的整个设计和加工过程中，可能会涉及到很多的厂商或部门来协同完成，这样就会经常的需要在不同的 CAD/CAM 软件之间进行数据的转换。

③导入一个文件：其它的 CAD/CAM 软件做出的零件模型，一般情况下要进入 UG 都是先转换为 .iges/.step/.parasolid 这几种普遍使用的文件格式后，再被 UG 导入。方法是：**文件(F)** → **导入(M)** → 选择一种格式 → 选择一个 .step 或者 .iges 或者其它格式的文件。

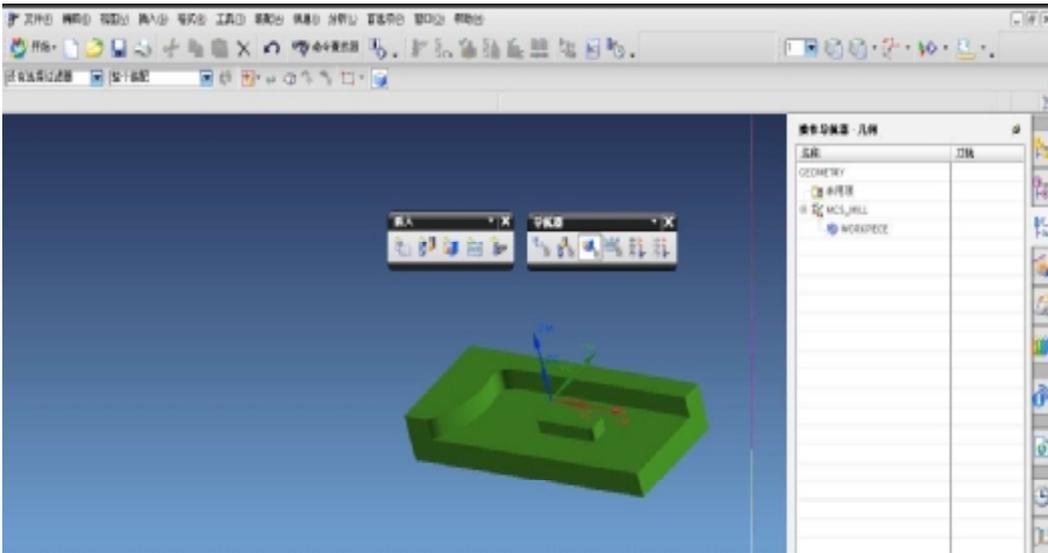


2, 进入加工界面:

点击 开始 → 加工(N)... 进入, 当新建一个文件或打开一个已存文件或导入一个文件时, 且这个文件是首次进入加工界面时, 系统就会弹出【加工环境】对话框, 这是要求你选择相应的环境: 譬如下图所示——



直接点击 确定 按钮, 进入如下加工界面:

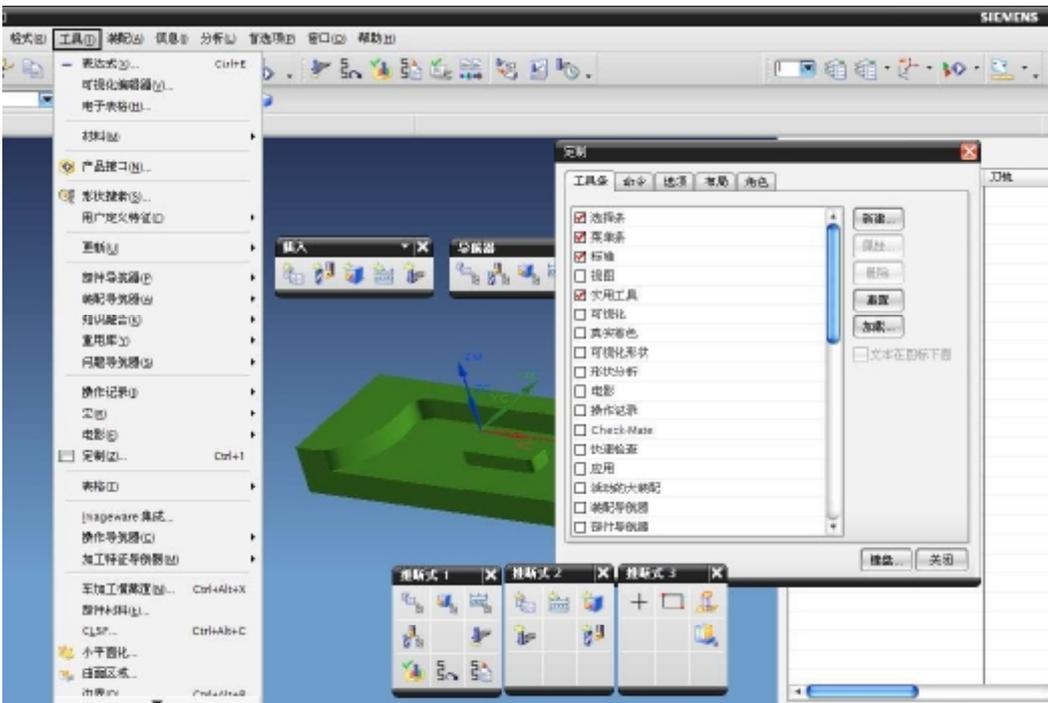


关于UG的加工环境概念比较重要，在下一节我们会详细探讨，在这里我们先来熟悉一下加工界面的情况：

- ①这个界面会随着使用环境不同而稍微有差别；
- ②可按个人喜好及操作习惯进行定制和设定（详见“精心补充的内容”篇章）。

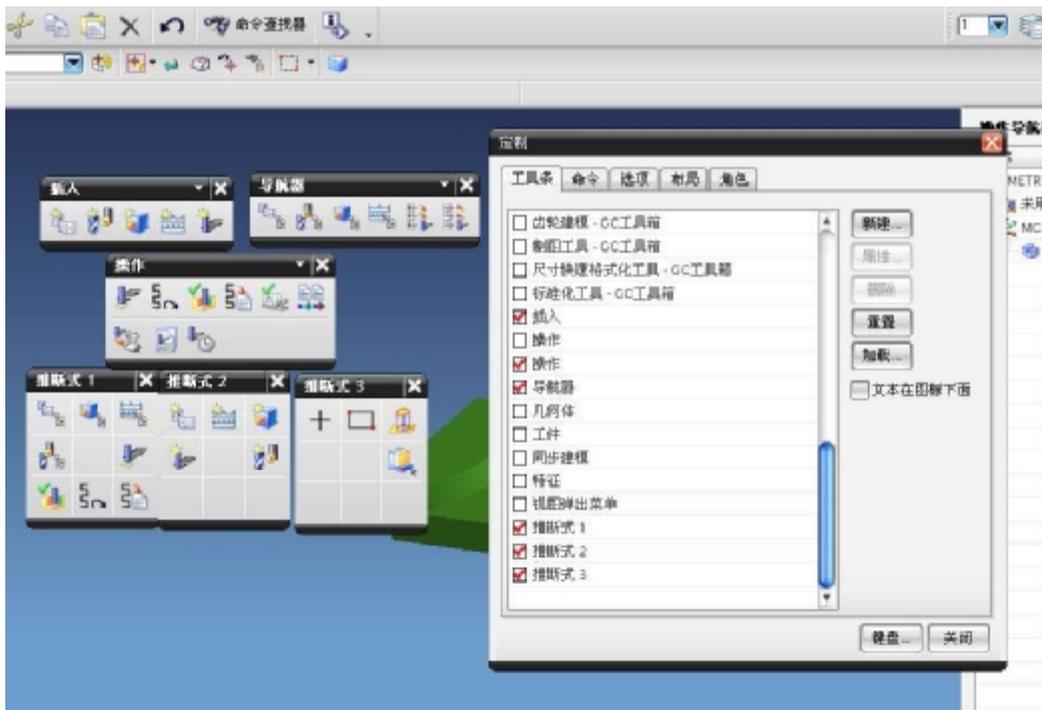
下面就与加工相关的工具条定制一下，以便使我们更熟悉界面：

点击主菜单栏中的【工具】→【定制】或者在主菜单栏上单击右键→【定制】，弹出定制对话框：



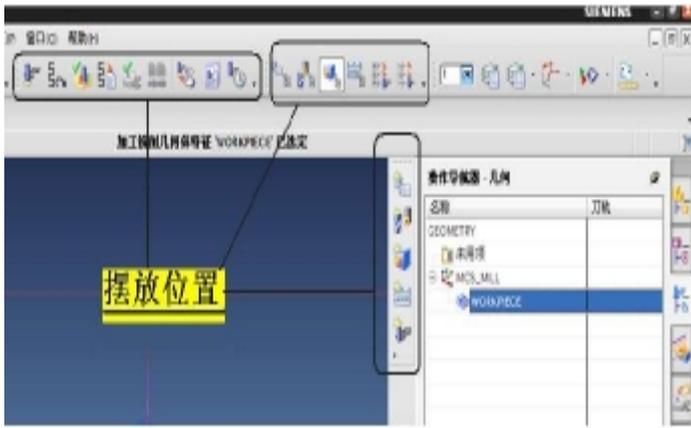
分别在：选择条、菜单条、标准、实用工具、插入、操作、导航器等打上勾，就分别弹出相应的

工具条，下图所示：



### 基本工具条

说明：其中“插入”、“导航器”、“操作”工具条是初学者必须用到的，现在我们把这些工具条，使用鼠标拖动摆放到自己喜欢的位置——我习惯这样来摆放它们的位置，见下图所示：



而至于 3 个推断式是 UG 的增强功能，或者简称是隐形图标。有了它们就可以不用上面的那些工具条了，即是无图标操作化。极大的节省屏幕上的空间，且极大的显著地提高操作速度，是超级好用的工具，但不适合初学者。

### 3、UG 的加工环境：

在这里，UG 的加工环境是指我们进入 UG 的制造模块后进行编程作业的软件环境。

我们知道，UG 的加工可为数控车、数控铣、数控电火花线切割机编制加工程序，而单是数控铣还可以实现平面铣削、型腔铣、轮廓铣、多轴变轴等不同的加工类型。但是，在实际中每个编程者面对的加工对象比较固定，一般情况下不会用到所有功能。比如专门从事三轴铣加工的人，在日常作业中可能就不会涉及到数控车、电火花线切割机及可变轴的编程，那么这些功能就可以屏蔽掉，**以免占用更多的系统资源**。所以，UG 就给我们提供了这样的一个手段→可以灵活的定制和选择 UG 的编程环境，由此就可以只将最适合自己的功能呈现在我们面前。

由以上可知我们可以：①定制 UG 的编程环境；②选择 UG 的编程环境。

定制 UG 的编程环境→可以使我们不必重复的设置一些常规的参数，可以极大的提高编程速度，所以我们一般都要定制自己的编程环境。这个问题我们以后会专门来讲（详见“精心补充的内容”篇章）。现在我们使用案例方式先来熟悉一下如何选择 UG 的编程环境，以此来明白编程环境的意义。

#### 练习 1：选择 UG 的编程加工环境

1 步⇒建立一个新文件：点击 文件(F) → 新建(N)... 或者直接单击图标 弹出 新建对话框：命名为 1.prt（如下图练习 1-1 所示），指定文件保存的目录位置——点击 确定按钮即可进入 UG。



注: 每次新建一个文件时都会弹出此对话框, 而且都是默认的文件名称和保存目录, 要想修改这些信息而不至于每次都要自己加以指定 (即是说: 每次新建一个文件都会让它默认的保存到自己想要的目录里面) → 方法是: 单击 **文件(F)** → **实用工具(U)** → **用户默认设置(D)...** 弹出 **用户默认设置** 对话框: 单击 **目录** 选项卡在 **零件文件目录** 中输入自己想要保存的目录即可, (见上图练习 1-2 所示)。

2 步 ⇒ 依次点击 **【开始】** → **【加工】**, 进入加工应用模块, 此时加工环境对话框显示出来, 其中 cam\_general1 是一个基本的加工环境, 在这个基本环境下有: **要创建的 CAM 设置** 下面的各种操作的类型

模板。



图练习1-3

3步⇒首先选择不同的配置（CAM 会话配置），并查看与其对应的 CAM 模板（要创建的 CAM 设置）变化：

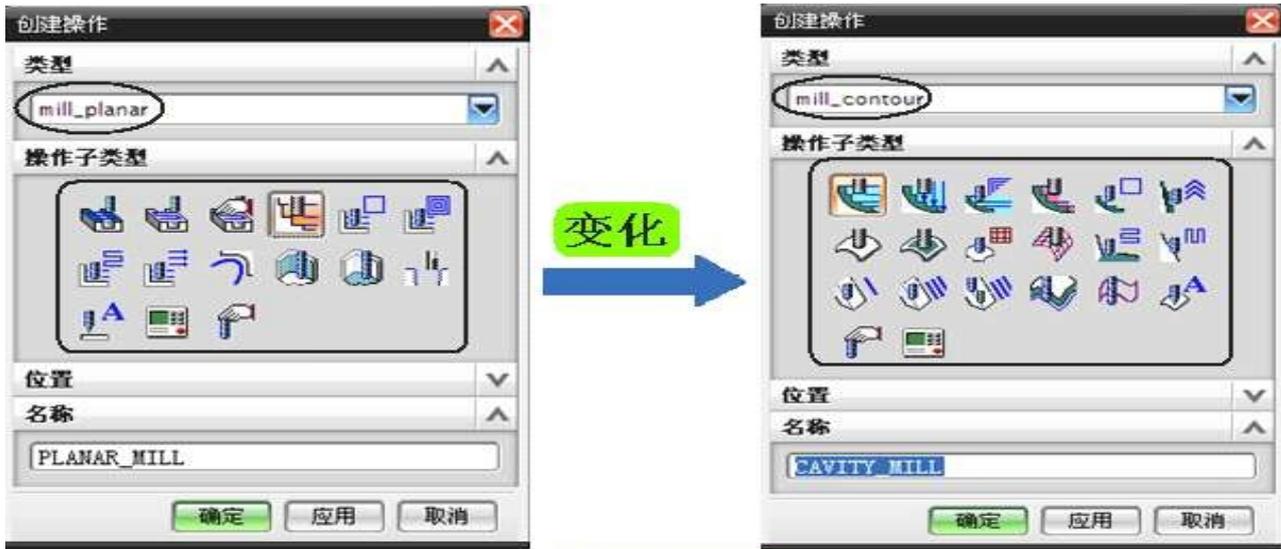
- ①在配置中选择 mill\_contour, 请注意查看 CAM 模板窗口变化；
- ②在配置中选择 mill\_multi-axis, 请注意查看 CAM 模板窗口变化；

③在配置中选择 lathe\_mill, 请注意查看 CAM 模板窗口变化；如（上图练习 1-3）所示：通过这步的练习可以知道：不同的加工环境就决定了所使用的加工操作类型。

4步⇒定义加工环境并初始化：①在配置中选择 cam\_general；②选择 mill\_planar 模板后，点击 **确定** 按钮，进入加工环境。

5步⇒创建一个操作工步：

①点击创建操作工具图标 ，弹出创建操作对话框——→②改变操作类型，并观察操作子类型中的变化。如图（下图练习 1-4）所示：



图练习 1-4

通过以上这个小练习，我们对加工环境有了一个感性的认识，下面我们来说明一下它的意义：

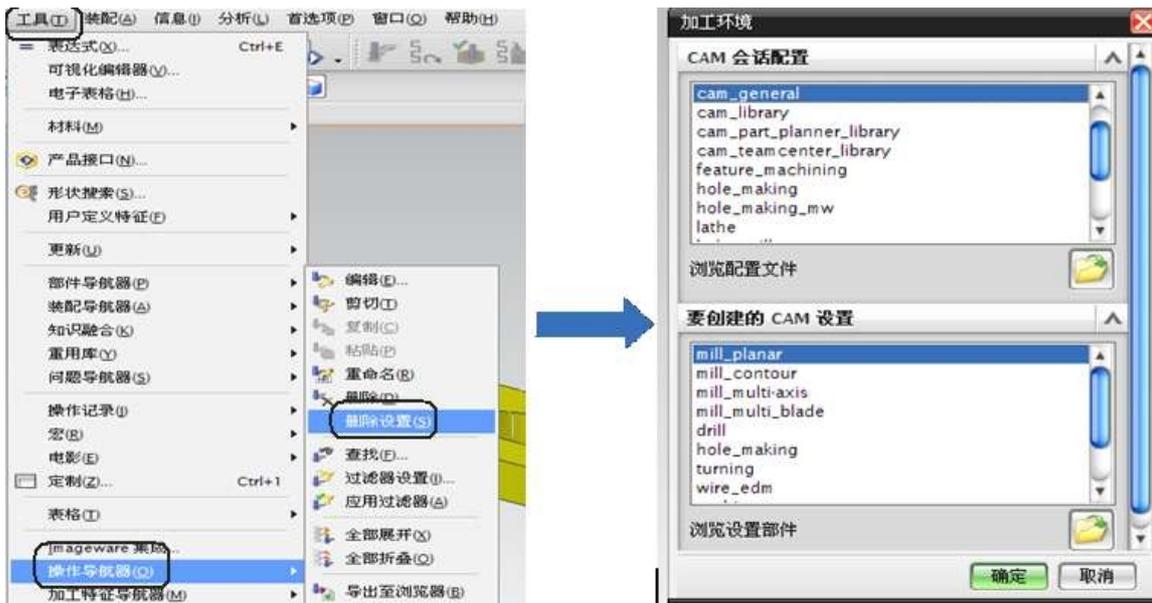
①cam\_general 加工环境是一个基本的加工环境，基本上包括了所有的铣加工功能、车加工功能、以及线切割电火花功能。对于一般的用户，cam\_general 加工环境基本上就可以满足要求。所以在进行加工环境选择时，只要选择 cam\_general 加工环境就可以了。因此不会创建、定制自定义加工环境也不会有问题。

②选择 cam\_general 加工环境后，相应的 CAM setup 列表显示的就是这个加工环境中的所有操作模板类型。此时必须在此指定一种操作模板类型，不过在进入加工环境后，在“操作”对话框中可以随时改选此环境中的其他模板类型。

③点击 **确定** 按钮，是系统初始化加工环境，然后就可以开始编程工作。

④ **浏览配置文件** 、**浏览设置部件** ，是可以读取一个已经存在的模板文件，例如我们自己定制的和自定义的一个模板文件。

当一个工件在进入指定的加工环境后，如果对其做了保存，那么以后无论何时，只要打开这个工件，系统就处于这个环境中。但是如果需要某种编程功能，而当前的加工环境中又没有，这时就需要改变加工环境了。其方法是：单击主菜单中的 **工具(T)** → **操作导航器(O)** → **删除设置(S)**，即又回到加工环境对话框让你重新选择加工环境。如下图所示：

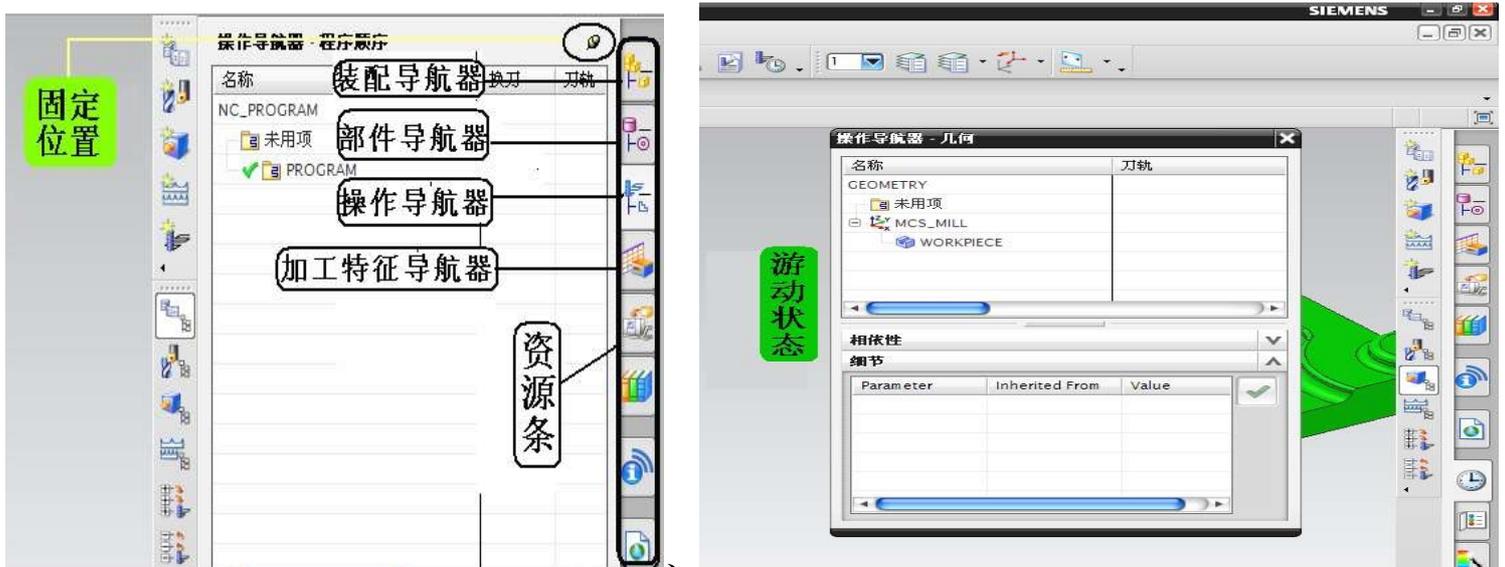


## 第 2 节：操作导航器的应用：

导航器是 UG 软件快捷应用的最具代表性的工具，在 UG 中有操作导航器、部件导航器等，其中操作导航器是在 UG 编程中应用最多的对话框，其重要性非比寻常，编程中的大多数操作都是在此中进行的，是 UG 编程加工中使用最多的对话框。下面就其在应用方面以及作用意义方面做一下探讨学习。

### 1. 操作导航器对话框：

首先在资源条上单击图标  打开操作导航器，如果双击  就会弹出来与资源条相分离，成为可以自由拖放的浮动状态，此时就可以把其放到屏幕上的任何位置。如下图所示：



① 单击图钉图标可以使其固定不动，再次单击图钉就会自动消失。请注意小图钉图标的变化。

② 可以根据自己的喜好或使用习惯定制其在视图区的左边或右边，方法是：点击主菜单中的首选项

项→用户界面→弹出用户界面首选项对话框→单击“布局”选项卡并展开，在 **资源条** 之下

显示资源条 在左侧 选中在左边或右边即可。

2, 显示内容方面的探讨:

▲1 显示内容方面: 在操作导航器中可以主要显示四个方面的内容, 分别是: 程序视图、机床刀具视图、加工方法视图、加工几何体视图。根据前面讲过的工具条图标, 自己练习查看一下: 依次单击程序图标、机床刀具图标、加工方法图标、加工几何体图标, 并查看在操作导航器中对应的视图显示情况。如下图所示:

## •操作导航器(四个视图)

❖ 四个视图 (选择不同视图, 操作导航器上的显示内容会作相应的变化)

程序顺序视图 (决定操作输出的顺序)

加工方法视图 (不是生成刀轨必须使用的参数, 只有为了自动计算切削进给量和主轴转速才有必要指定加工方法)



刀具视图 (一个操作使用一刀具, 同一刀具组的操作共享这把刀具)

加工几何体“视图” (定义生成刀轨所需要指定的几何数据, 是操作参数的主要组成部分, 位于同一几何组下的所有操作共享其父本组的几何数据)

操作导航器 **程序顺序**

名称	换刀	刀轨
NC_PROGRAM		
未用项		
PROGRAM		
FACE_MILLING		✓
PLANAR_MILL		✓
PLANAR_MILL_1		✓
PROGRAM_1		
FACE_MILLING_1		
PROGRAM_2		

此程序名下有3个操作

3个程序

操作导航器 **机床** **刀具视图**

名称	刀轨
GENERIC_MACHINE	
未用项	
D16	
PLANAR_MILL	✓
FACE_MILLING	✓
PLANAR_MILL_1	✓
FACE_MILLING_1	
MILL_1	

使用此刀具的有4个操作

2把刀具

操作导航器 **几何**

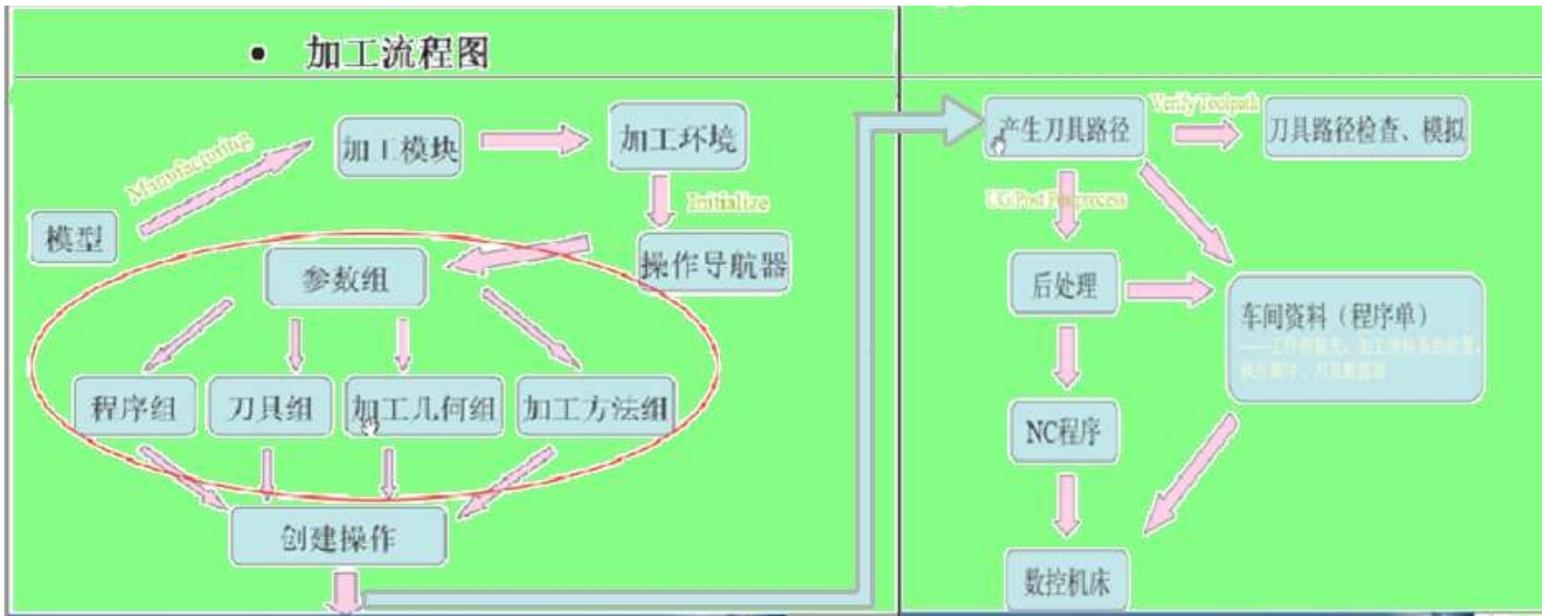
名称	刀轨
GEOMETRY	
未用项	
MCS_MILL	
WORKPIECE	
FACE_MILLING	✓
PLANAR_MILL	✓
PLANAR_MILL_1	✓
FACE_MILLING_1	

使用此几何体的有4个操作

名称	刀轨
METHOD	
未用项	
MILL_ROUGH	粗加工
PLANAR_MILL	✓
FACE_MILLING	✓
MILL_SEMI_FINISH	半精加工
MILL_FINISH	精加工
PLANAR_MILL_1	
FACE_MILLING_1	
DRILL_METHOD	

▲2 为什么要在操作导航器中显示这四个方面的视图信息呢？——>UG 铣加工的原理分析：

①UG 铣加工的原理过程图示：



②通过上面这个图示，我们就大概明白了 UG 铣加工的过程，在此我们就其中的关键性概念和具体过程展开讨论，以使我们清楚地了解 UG 是到底如何实现加工的，这一步的知识是每一个想学习 UG 的人所必须要了解的。

### 分析讲解：

a. 首先必须来了解一下“刀位轨迹=刀具路径”这个概念：顾名思义刀位轨迹就是刀具的运动轨迹，亦即在编程中俗称的“刀路”。其完整的概念表述为：刀位轨迹就是加工工件过程中刀具移动的轨迹，指定的刀具沿着特定的轨迹移动就能够加工出特定的几何形状。如下图（图 1）所示：

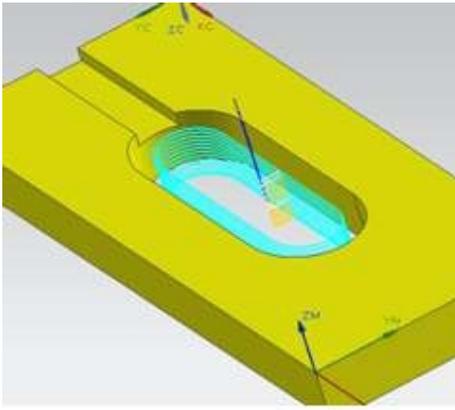


图1

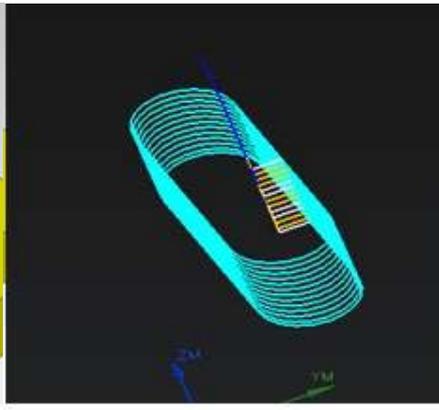


图2

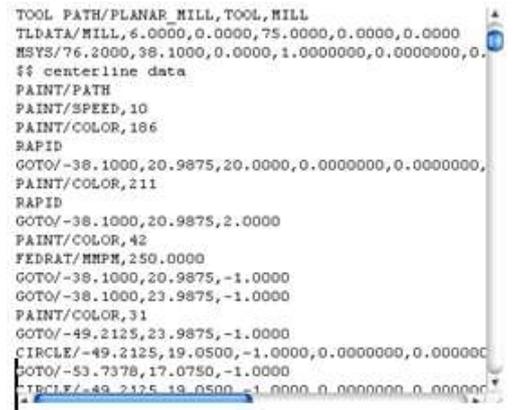


图3

**刀位轨迹：**在图形中显示为一系列的轨迹线如（上图 2）所示：**刀位轨迹：**在 NC 文件中表现为一系列的点的坐标值如（上图示 3）。而我们整个编程工作的主要目的就是创建合理的刀位轨迹或刀路。

b. 其次，这些刀位轨迹或刀路是怎样计算出来的呢？答案是——通过“操作”，那么什么是操作呢？操作——就是 UG 为创建某一类的刀位轨迹或刀路而用来[收集信息的集合](#)——即是：包含了一个单一的刀位轨迹以及生成这个刀轨所需要的、所有的信息。即是：操作正是根据这些信息创建出刀位轨迹或刀路的。而这些必需的信息被称为操作的参数。

到这里我们应该明白：操作是由操作的参数以及由这些参数所决定的刀位轨迹所构成。

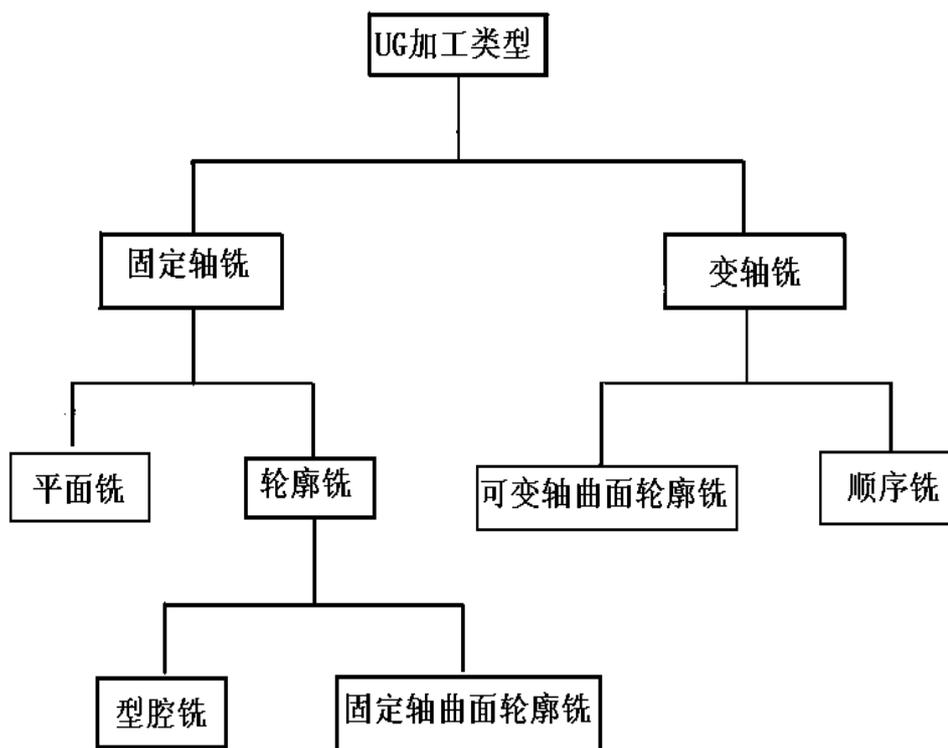
到这里我们也应该明白：UG 的加工原理——那就是通过操作来收集各种各样的加工信息，然后创建出合理的刀位轨迹来加工工件模型。

到这里我们也应该明白：“操作”就是 UG 编程的核心，一切都围绕它而展开的。

c. 操作的主要类型：固定轴类：平面铣、型腔铣、轮廓铣、点位加工；即一般意义上的三轴铣。这也是本书所重点探讨的。而至于多轴或变轴类：是指 4 轴、5 轴、9 轴联动的可变轴铣。这不是本教程里所要探讨的东西。如下图所示：

## 操作类型

操作类型		适用范围	适用工艺
Drill	Drilling	深度较浅的孔	孔的粗钻、精钻
	Peck-Drilling	深孔	
Mill-Planar	Face-Milling	底面为平面、侧壁为垂直面的模型	平面的粗加工或精加工平面
	Planar-Mill		粗加工、精加工
Mill-Contour	Cavity-Mill	任意形状模型	多用于粗加工，有时也用于“陡峭”模型的半精加工和精加工
	Zlevel_Profile-Steep	与Z轴成较小夹角的“陡峭”模型	半精加工、精加工
	Fixed-Contour	任意形状模型	半精加工、精加工



③有前面的知识可知，要编制出刀位轨迹就必须创建操作，创建操作就是要收集加工信息，那么到底需要收集哪些方面的信息呢？

UG 为了创建操作主要收集四个方面的最基本的信息（任何一类操作都是这样）。——那就是：程序、刀具、几何体、加工方法这四类信息——同时这四类信息也被称为父级组节点。

那么操作为什么需要这些信息呢？因为：不论是UG还是其他的编程软件要加工一个工件，就必须

做到以下内容：**首先：**你必须指定一个要加工的工件，或者工件的某些部分区域，要不然系统怎么会知道你要加工什么呢？**其次：**加工工件是用刀具来加工的，所以你必须指定用什么样的刀具来加工。**再次：**你是用何种方法来加工呢？是用粗加工、半精加工或者是精加工呢？是留余量还是不留余量呢？所以你就必须加以指定加工的方法。**最后：**你所编制的这些操作程序是如何排列的呢？难道精加工的顺序会排在粗加工的前面吗？所以，程序就是你决定输出的顺序。

④由以上知识，可知UG正是通过**操作导航器**来集中管理这四方面信息的，做下面这个小练习来体会一下：

### 练习 2：操作导航器的使用：

第 1 步⇒>创建一个平面铣操作：

单击加工创建中的创建操作图标→弹出创建操作对话框→类型选择 mill\_plane→选择平面铣模板(第三个图标)→四个父级组分别按如（下图练习 2-1）所示设置：



图2-1



图2-2

点击 **确定** 按钮或按下鼠标中键→弹出平面铣对话框如上图 2-2 所示，按默认设置单击 **确定** 或按下中键，由此而创建了一个平面铣操作（在这里并没有生成刀轨）。

第 2 步⇒>在操作导航器中分别观察四个视图

依次分别观察：程序视图、机床刀具视图、加工方法视图、加工几何体视图，就会发现在这四个视图中，我们都能看到平面铣这个操作。这正是在创建平面铣操作时，我们所继承的父级组信息，即这个平面铣操作是在 Program 程序下、是用的 D10 刀具、使用的是 Finish 精加工方式、是以

Workpice 为加工几何体的。

第 3 步=>支持拖拽方式的其他功能，你要在此明了的是加工信息是如何被继承的。分别创建以下动作——

(1) 点击创建程序图标  创建：Program1：点击  或按下中键直至对话框消失。点击查看程序图标 ，观察操作导航器中已生成了一个 Program1 的节点。如下图 2-3 所示。

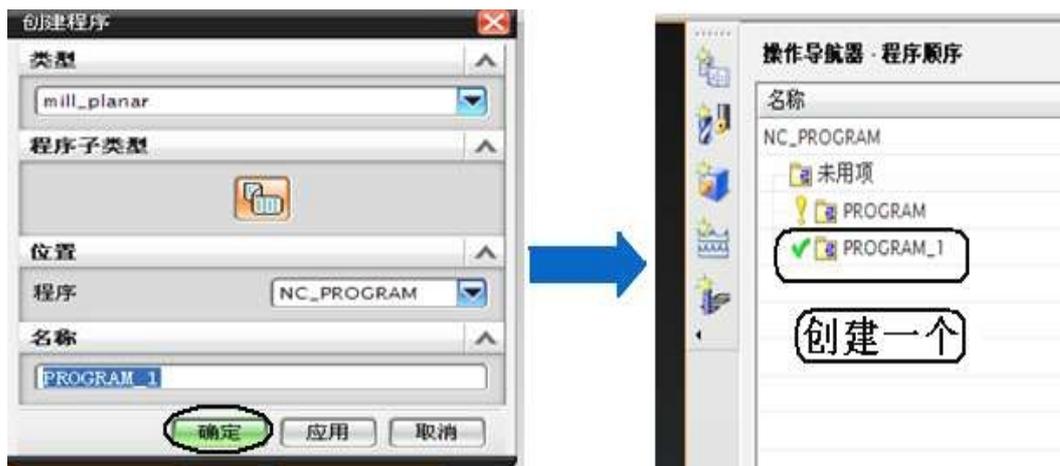


图2-3

(2) 点击创建机床刀具图标  创建：D20 刀具：点击  或按下中键直至对话框消失。点击查看刀具图标 ，观察操作导航器中已生成了一个 D20 的刀具节点。如下图 2-4 所示。



图2-4

(3) 点击创建加工几何图标  创建：Workpice1：点击  或按下中键直至对话框消失。点击

查看加工几何图标观察操作导航器中已生成了一个 Workpice1 的几何节点。如下图 2-5 所示。



图2-5

(4) 点击创建加工方法图标创建：MILL\_-0.5 的加工方法：点击 **确定** 直至对话框消失。点击加工方法图标观察操作导航器中已生成了一个 MILL\_-0.5 的加工方法节点。如下图 2-6 所示。

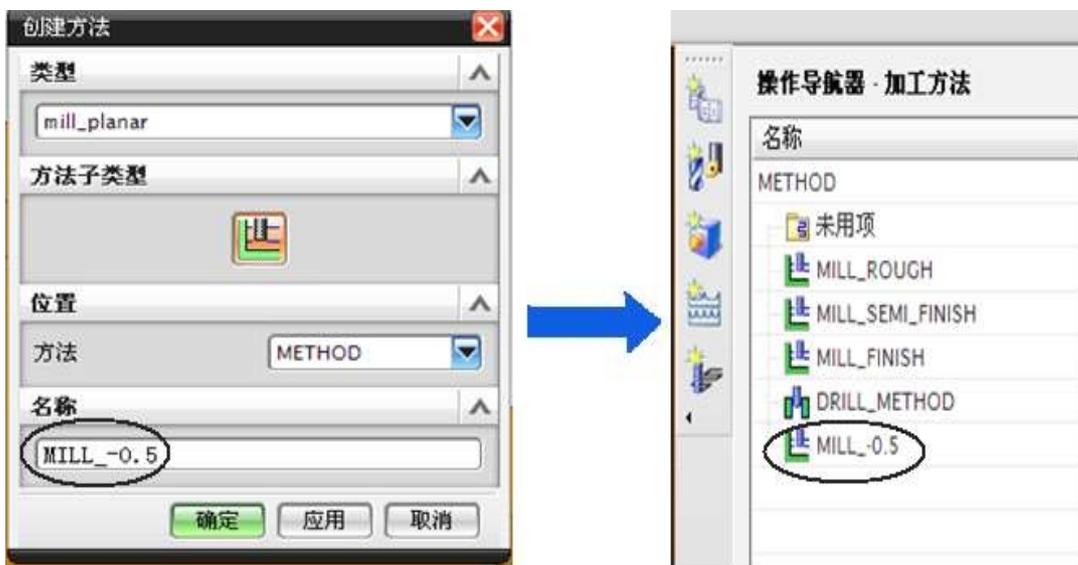


图2-6

**分别拖拽功能:** (1) 在操作 PLANAR\_MILL 上点住鼠标左键不放，把 PLANAR\_MILL 拖拽到程序 Program1 之下，表示操作 PLANAR\_MILL 将不再按 Program 进行输出，而是按 Program1 进行输出。

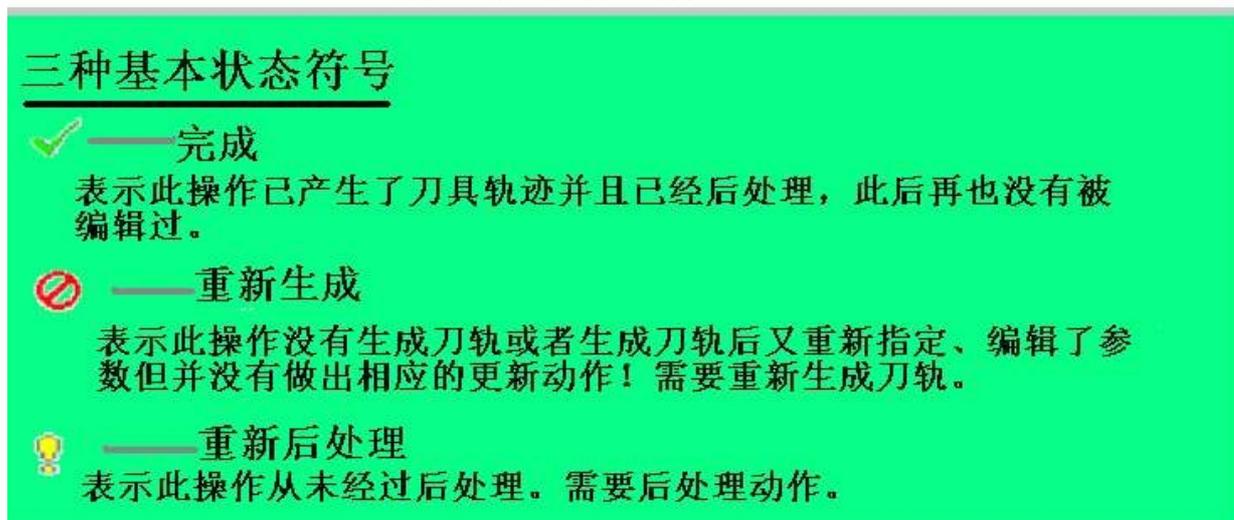
(2) 同样操作：把 PLANAR\_MILL 拖拽到刀具 D20 之下，表示操作 PLANAR\_MILL 将不再使用 D10 的刀具，而是使用 D20 的刀具进行加工。

(3) 同样操作：把 PLANAR\_MILL 拖拽到加工几何 Workpiece1 之下，表示操作 PLANAR\_MILL 将不再使用 Workpiece 为加工几何，而是使用 Workpiece1 为加工几何进行加工。

(4) 同样操作：把 PLANAR\_MILL 拖拽到加工方法 MILL\_-0.5 之下，表示操作 PLANAR\_MILL 将不再使用 MILL\_FINISH 的精加工方法，而是使用为负余量 MILL\_-0.5 的加工方法进行加工。

2, 刀具路径或称为刀具轨迹的状态符号:

## 操作导航器



**三种基本状态符号**

-  **完成**  
表示此操作已产生了刀具轨迹并且已经后处理，此后再也没有被编辑过。
-  **重新生成**  
表示此操作没有生成刀轨或者生成刀轨后又重新指定、编辑了参数但并没有做出相应的更新动作！需要重新生成刀轨。
-  **重新后处理**  
表示此操作从未经过后处理。需要后处理动作。

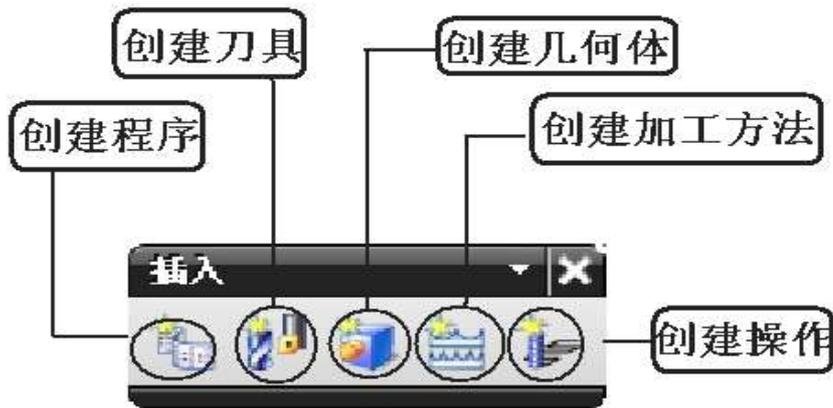
由以上练习操作我们可以学到：拖拽方法的使用，以及进一步的明了参数的继承方式。

**回顾总结：**通过本章的学习，你必须明白：为创建操作所必需的参数信息，参数信息又是怎样传递的（父级组和子级组的关系），更重要的是这四个基本信息，是在操作之前都已定好的——目的使你把主要的精力放在：怎样去加工零件。

### 第 3 节：刀具、几何体的定义：

#### 1: 如何创建定义加工的四类基本信息：

很简单在加工创建工具条中，依次单击相应的图标就可创建了。如下图所示：



譬如：①单击创建程序工具图标，弹出创建程序对话框如（第2节中的图2-3）：按图设置创建了一个 PROGRAM\_1(名称可以随意)的程序节点，在操作导航器程序视图中可以观察到。同理我们可以依次创建 PROGRAM\_2、PROGRAM\_3、PROGRAM\_4……等等的程序节点。

②单击创建加工方法工具图标，弹出创建加工方法对话框如（第2节中图2-6）：按图设置创建了一个 MILL\_1(名称可以随意)的程序节点，同样在操作导航器加工方法视图中可以观察到。同理我们可以依次创建 MILL\_2、MILL\_3、MILL\_4……等等的程序节点。

**在这里分析一下：**a: 程序节点在很大程度上算不上操作的必要参数，它只不过是组织排列操作顺序的手段而已。例如：一个要加工的工件，三维造型已经完成，虽然实际的毛坯还没有制造出来，但我们依然可以先把半精加工、精加工、清角等的程序编制出来。等毛坯出来以后，测量实际毛坯尺寸进行开粗程序的编制。然后我们就把开粗和精加工程序调换一下顺序就可以了。这就是它的方便之处。

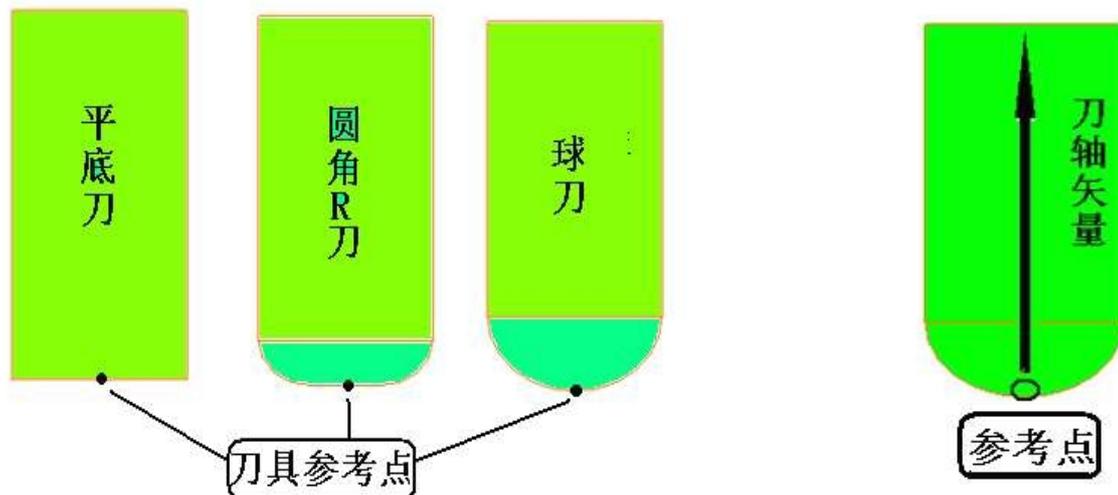
b: 而对加工方法可以在这里进行设置，但大多数情况下是在具体的操作中设置。在具体的操作中设置的参数有效性要优于在加工方法中设置的，即以在具体的操作中设置的参数为准。一般情况而言每创建一个操作都要设置相应的加工余量，尤其是在零件的侧面余量、底面余量方面，都要在具体的操作中详细设置，不可只单纯地设置一个零件余量就可以，这也是实际经验与理论的区别所在。我们会在案例中加以讲述。

③关于刀具的创建：刀具知识很重要，所以我们先来讲一下关于刀具的知识，然后再讲解如何创建。

a: **最需要知道的刀具知识——刀具参考点**

我们知道数控铣床上的刀具在 NC 程序的控制下，沿着 NC 程序的刀位轨迹移动，从而实现对零件的切削，那么到底刀具上的哪一点是沿着刀位轨迹移动呢？——这就是刀具参考点。

在 UG 中，不管什么样式的刀具，UG 都规定：其刀具参考点都在刀具底部的中心位置处。即：使用 UG CAM 生成的刀位轨迹就是刀具上这一点的运动轨迹。看下面的图例说明：



b: 刀具轴：是指一个矢量方向，就是指从刀具参考点指向刀柄的方向。在 UG 中，在固定轴铣加工中，刀具轴的方向一般就是默认的加工坐标系的 Z 方向。但刀具轴的方向并不是必须是加工坐标系的 Z 方向。这一点务必要清楚。它仅在固定轴中是这样。在变轴铣中并不是这样。

c: 刀具参数：定义刀具就是定义刀具的参数，在 UG 中可以使用的刀具特别多，有 5 参数、7 参数、10 参数刀具。而在实际中一般只用到 5 参数的刀具。下面做一个练习来熟悉一下刀具的知识。

### 练习 3: 创建刀具:

方法一：第 1 步⇒鼠标左键单击主菜单栏中的“插入”→“刀具”弹出创建刀具对话框（下图），按图中所示设置，然后单击确定或中键，进入铣刀参数对话框如下图 3-1 所示：

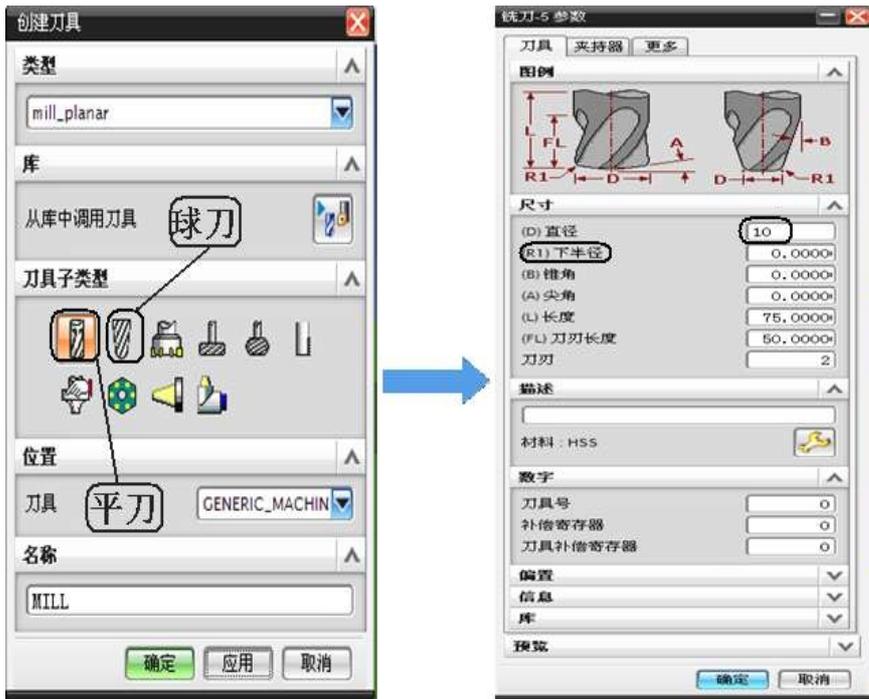


图3-1

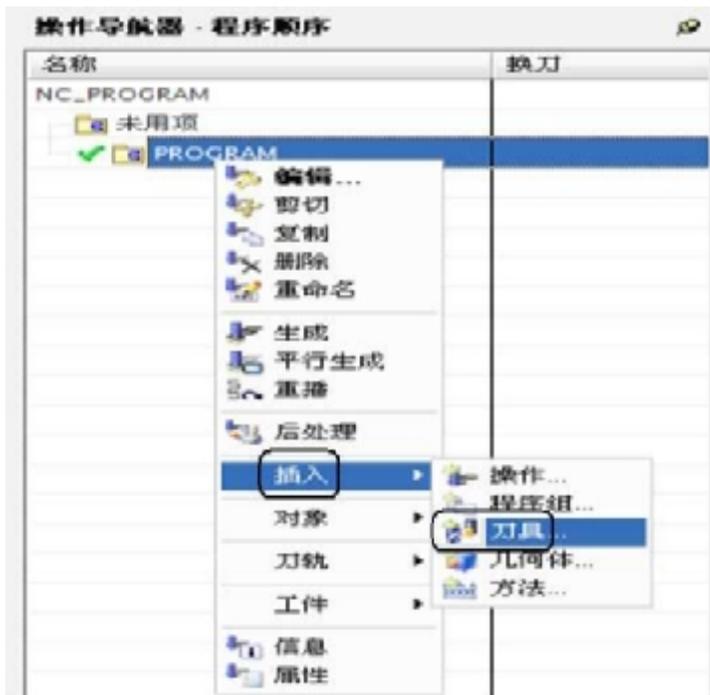


图3-2

在图中：在刀具子类型下的第一个图标是定义平底刀；第二个图标是定义球刀的。

第2步⇒按图中所示设置好后，单击确定按钮。这样就定义了一把 D10R0 的平刀，一般情况下只需定义刀具直径、底角半径即可。当然如果要考虑刀柄的过切检查，就要定义刀柄。如果是加工中心机床，就要定义刀具号。其后的课程会讲解到。

方法二：打开操作导航器（不论任何视图）→在任意一个节点上单击右键→在显示出的对话框中

单击“插入”选项→刀具”弹出创建刀具对话框，以后的操作步骤同方法一不再赘述，如上图 3-2 所示。

方法三：鼠标左键单击加工创建工具条中的创建刀具图标→弹出创建刀具对话框，以后的操作步骤同方法一不再赘述。

方法四：随便创建一个具体的操作（如平面铣或型腔铣），在对话框中有一个“刀具”选项在这里点击创建刀具图标一样可以创建刀具。如下图 3-3 所示：



图3-3

方法五：在刀库中调用，在这里不细讲了，以后我们会创建自己的刀库，详见“精心补充的内容”篇章。

## 2: 加工几何体的创建和定义的不同性:

由于加工几何体的创建和定义，完全不同于创建程序、刀具、加工方法。它们这些可以毫不费力地快速加以指定，而加工几何体的定义较为复杂，它包括：加工坐标系、安全平面、零件几何体、毛坯几何体、边界几何体、底平面、检查几何体、修剪几何体等。而且它是根据不同的操作类型（平面铣、型腔铣、固定轴曲面铣等）不同而需要定义的几何体也不相同。

其创建和定义的方法也有多种:例如:

a:左键单击主菜单中的“插入”→“几何体”方法。

b:在操作导航器中节点上右键单击的弹出“插入” → “几何体”方法。

c:单击加工创建工具条中的创建“几何体”图标→弹出创建“几何体”对话框的方法。

这些方法都可以来定义几何体，但在实际操作中并不是用这些方法，因为：[这些方法对于初学者往往会引起操作的混乱以及多层的父子关系。我们有一种更简便的、更高效的方法去定义。在5节：在Workpice中定义加工几何体这一节中展开讲解！](#)

## 第4节： 建立正确的加工坐标系：

本章所述知识都在操作导航器中进行操作

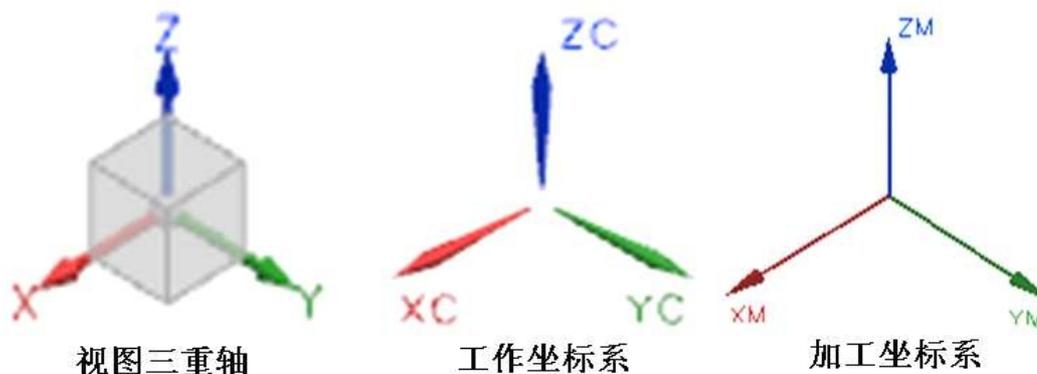
### 1: 你需要了解的5大坐标系系统：

①：绝对坐标系：是在电脑屏幕的模型空间中（无限大），是固定的、不可见的。往往用于大装配零件的参考，以确定每个零件之间的相对关系。它是所有几何对象位置的绝对参考——其UG公司的解释为：

绝对坐标系：是模型空间中的概念性位置和方向。将绝对坐标系视为  $X = 0, Y = 0, Z = 0$ 。它是不可见的，且不能移动。

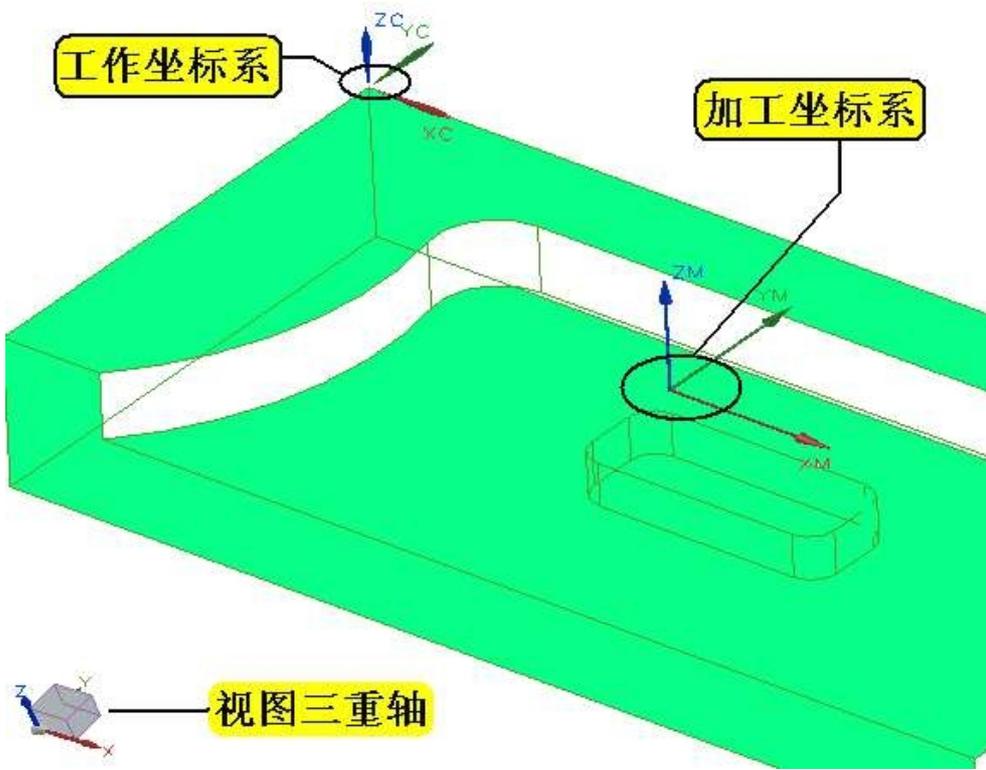
绝对坐标系：

- ▶ 定义模型空间中的一个固定点和方向。
- ▶ 将不同对象之间的位置和方向相关。例如，一个特定部件文件中定位于绝对坐标  $X = 1.0, Y = 1.0$  和  $Z = 1.0$  的对象，那么它在任何其他部件文件中均处于完全相同的绝对位置。
- ▶ 全局坐标系轴的方向与视图三重轴（如下图所示）相同，但原点不同——视图三重轴是一个视觉指示符，表示模型绝对坐标系的方位。视图三重轴显示在图形窗口的左下角。可以以视图三重轴上的某一个特定轴为中心旋转模型零件。



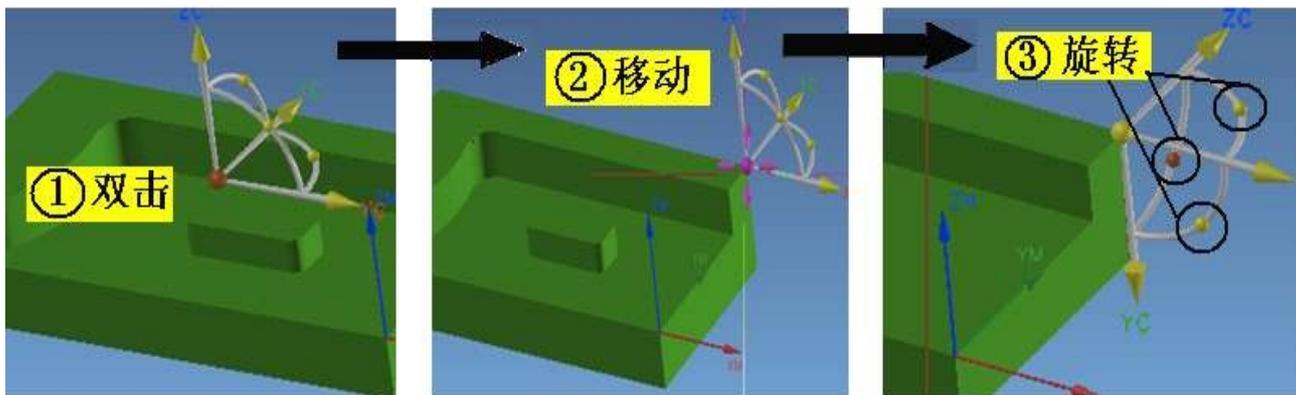
②：工作坐标系：标示为：WCS。工作坐标系是在建模、加工中都应用较多的坐标系，所以工作坐

标系非常重要，它在加工中的应用甚至超过加工坐标系，这一点并不被大多数 UG 使用者所知。以后我们会讲到。具体的说：I：在模型空间中是可见的，图示：其中 XC, YC, ZC 是工作坐标系，XM, YM, ZM 是加工坐标系



II：是可以被移动和旋转的，这一特性使其更加有用，我们所利用的就是这一点。

1\*在工作坐标系上鼠标左键双击，转换为动态的（下图①），此时左键点住原点处可以移动位置（下图②），点击旋转点可以旋转任意角度（下图③）所示。



2\*，而我们常用下面这种方法，来进行精确的定位：原点的位置和旋转的角度：点击主菜单栏中的【格式】→WCS→原点，弹出点构造器（下图 A）进行精确点定位；点击【格式】→WCS→旋转，

弹出角度旋转对话框（下图 B）进行精确角度旋转。



图A



图B

III: 它在编程加工中应用的领域有:

指定的避让几何（安全平面、从点、起始点等）。

指定的预钻孔进刀点、I、J、K 矢量方向（它们的具体含义和应用以后会讲到，现在不必理解）

这一方面的应用特别重要，特别是在定义这些类的参数时，一定要记得它们都是基于工作坐标系的，而非加工的坐标系（参见练习 5）。下面做一个练习来理解并应用工作坐标系的定位方法：

练习 4: 建立工作坐标系:

第 1 步=>导入文件: 点击 弹出对话框单击 进入 UG, 单击 → 弹出加工环境对话框, 按照下图设置单击 进入加工, 单击“文件”→“导入”选择 格式→导入 X 盘:\lizi\01.stp 文件, 如下图 4-1 所示: (注: X 盘是保存此文件的目录盘符, 可根据你保存文件的盘符调用)。

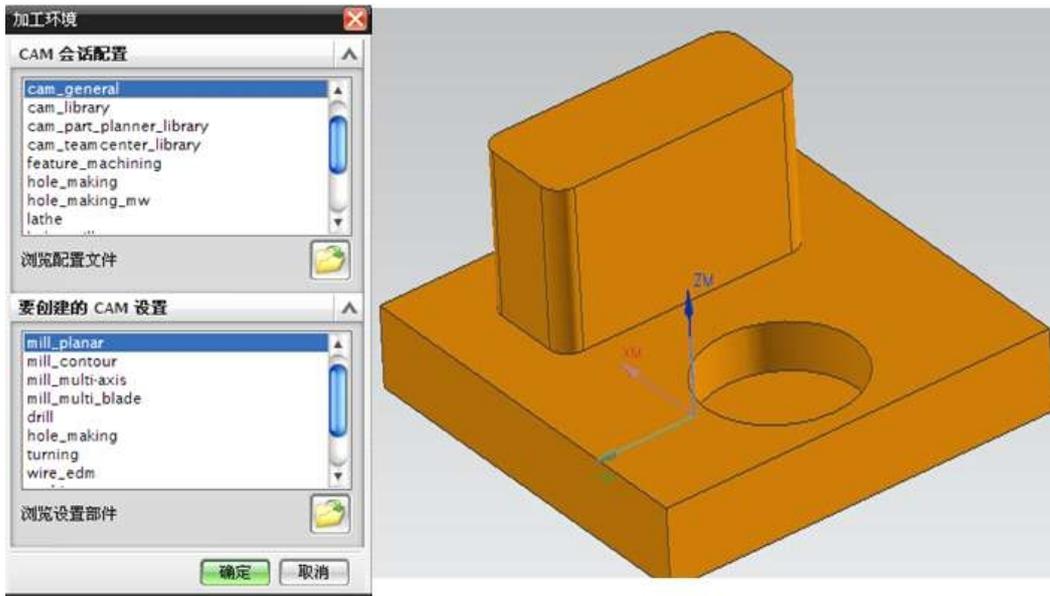


图4-1

单击主菜单栏中的 **格式(R)** → **WCS** → **原点(O)...**，弹出点对话框，切换到圆弧中心/椭圆中心/球心选项，选择圆此时鼠标自动捕捉中心点，点击确认，把坐标原点定位在圆心位置。如下图 4-2 所示：

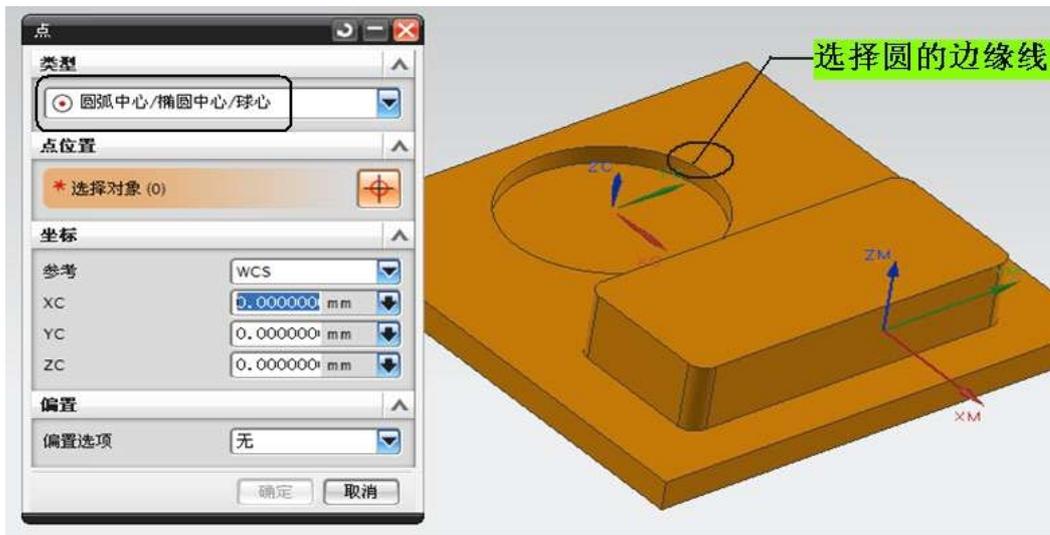


图4-2

第 2 步⇒定义一个新的工作坐标系，有十四种坐标系的构造方法。虽然有这么多方法但是常用的就几种而已。例如：我们要把坐标原点定位到凸台的中心顶面位置，操作方法及步骤如下：

方法一：移动现有工作坐标系原点：单击主菜单栏中的 **格式(R)** → **WCS** → **原点(O)...**，弹出点对话框 → 切换到‘点在曲面上’选项 → 左键单击凸台上表面后，在点对话框中输入 u 向参数、v 向参数均为 0.5 确认或中键退出即可，下图 4-3 所示。

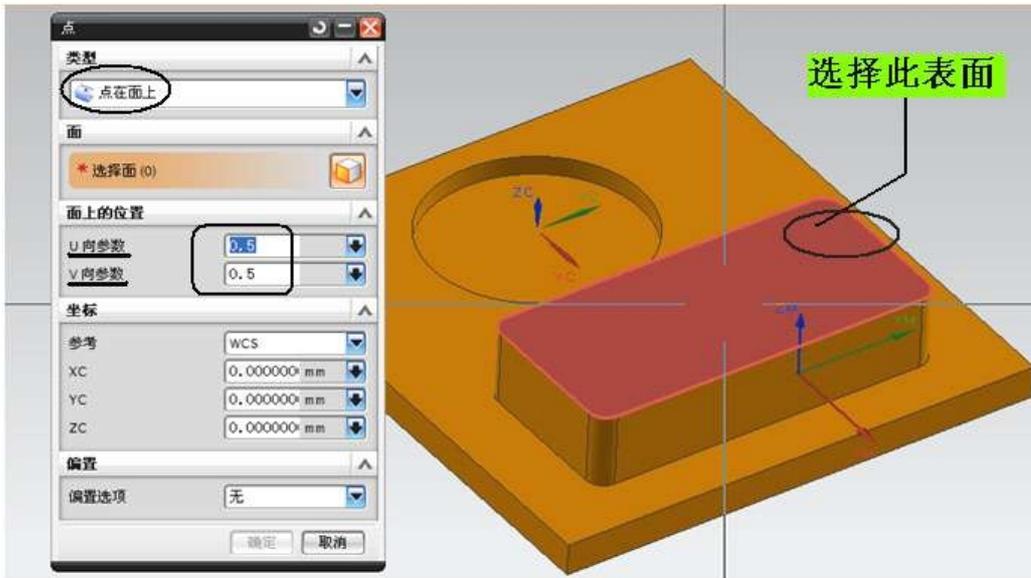


图4-3

方法二：定义一个新的工作坐标系到凸台上表面中心位置：点击 **格式(R)** → **WCS** → **定向(N)...**，弹出构造坐标系对话框→切换到‘对象的 CSYS’，左键点击凸台上表面选择后确认或中键退出即可。下图 4-4 所示。

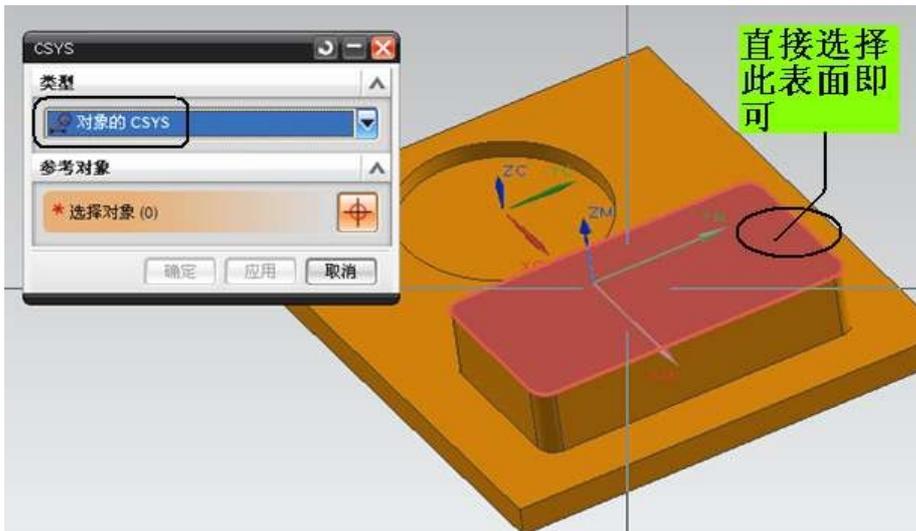


图4-4

第 3 步⇒改变工作坐标系的角度方位，单击 **格式(R)** → **WCS** → **旋转(R)...**，弹出旋转坐标系对话框→绕 z 轴旋转 90 度，直接点击确认即可。如下图 4-5 所示：

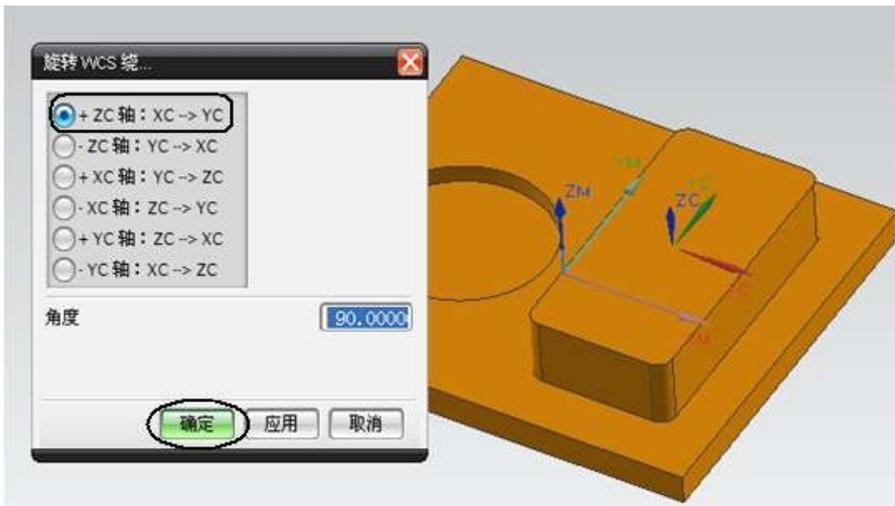


图4-5

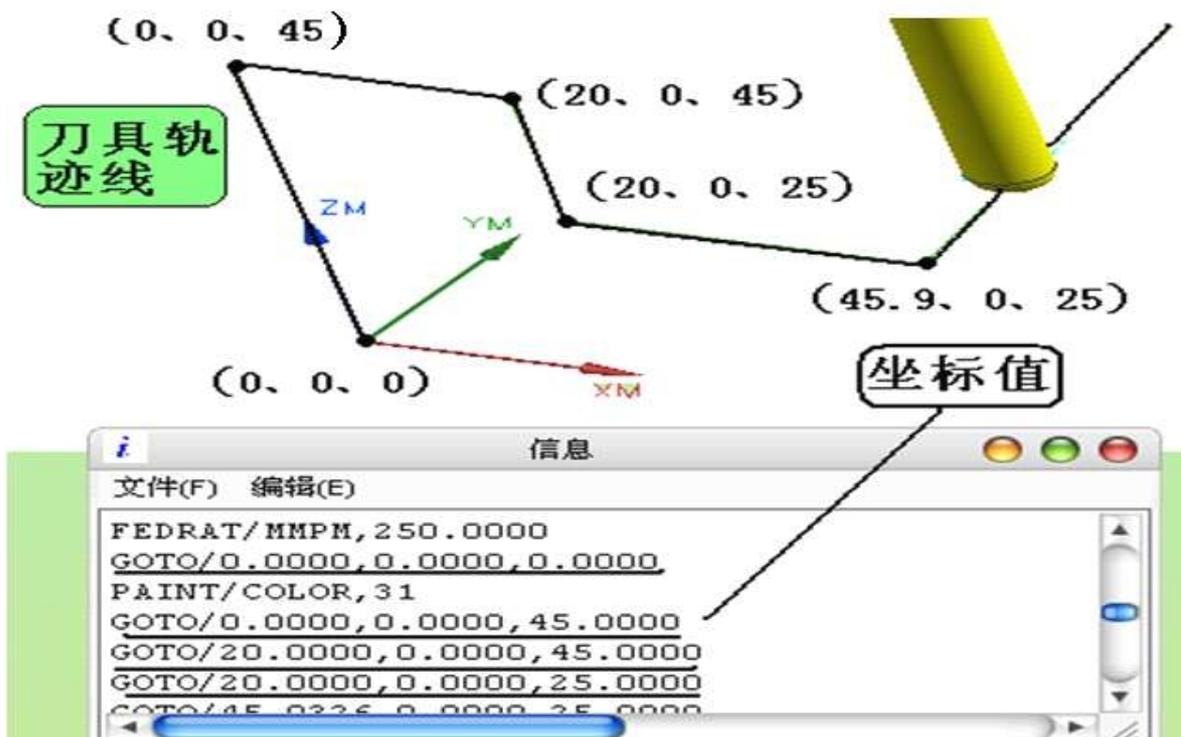
③：加工坐标系：标示为：MCS。加工坐标系仅应用在编程加工中，下一小节讲解。

④：参考坐标系：标示为：RCS。它是通过抽取和映射已存的参数，从而省略参数的重新定义过程。例如：当加工区域从零件的一部分转移到另一个加工区域时，参考坐标系此时就用于定位非模型几何参数（如：起到点、返回点、刀轴的矢量方向和安全平面等），这样通过使用参考坐标系从而减少参数的重新指定工作。

⑤：已存坐标系：是在模型空间中指示位置的一个标识。功能有限。

## 2: 加工坐标系 (MCS):

(1)、在 UG 编程中，在加工环境中：要对一个工件进行加工程序的编制，首要的便是定义加工的基准，而这个基准就是加工坐标系。即是说：加工坐标系是零件加工的所有刀位轨迹点的定位基准。在刀位轨迹中，所有的坐标点的坐标值都与加工坐标系直接关联。如下图：加工坐标系与刀位轨迹、加工坐标值的关系：



其标示为：XM、YM、ZM。其中 ZM 比较重要，如果不另外指定刀轴方向，则 ZM 轴为系统默认的刀轴方向（这仅在固定轴中）。所以请不要误会，不要认为刀轴方向就是 ZM 轴方向。刀轴方向可以与 ZM 轴方向不一致（如在变轴铣中）。

## (2)、加工坐标系 (MCS) 与机床坐标系的关系：

加工坐标系 (MCS) 是在 UG 编程中建立的，是在电脑中建立的，那它是怎样被加工机床所识别的呢？

① 数控铣床以及铣削加工中心的 3 个移动轴的方向就是 3 个导轨的方向，即 X 轴、Y 轴、Z 轴。它们的方向是固定的。所以这就必须使加工坐标系 (MCS) 的 3 个坐标轴的方向与之相对应，这样才能正确的进行加工零件。即零件的摆放方向要正确。

② 待加工零件毛坯分中：X 轴向分中找到 X0 点；Y 轴向分中找到 Y0 点；对刀：刀具参考点在 Z 轴向的 Z0 点；当然找中心的方法很多，上面仅是其中的较为常见的一种而已。

这样就把 UG 中的加工坐标系映射到了机床中，就能被加工机床所识别。

## (3)、如何在 UG 编程中，在加工环境中如何定义加工坐标呢？

理论上说在 UG 编程环境中，零件上的任意一点都可以定义加工坐标系，但在实际中为了加工的方便与精确，一般需要遵循以下原则：

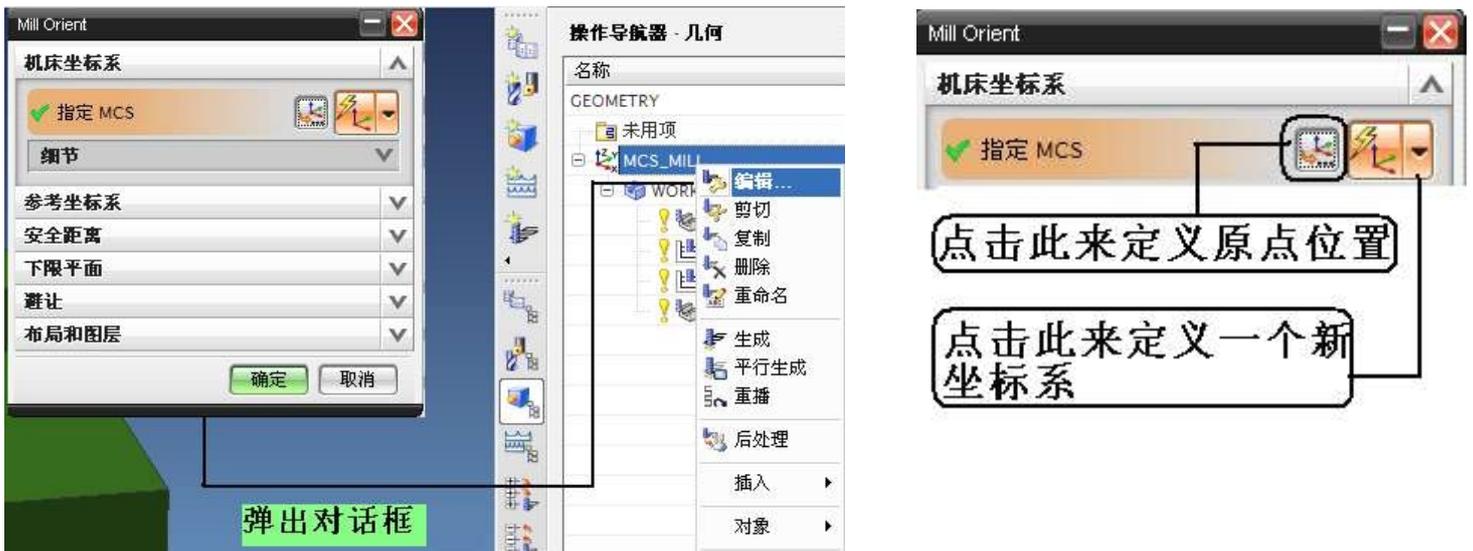
①：首要的最好建立在易于操机者装夹找正和检验的位置。

②：尽量选在精度较高的零件基准面上（如果有的话），这样有利于保证精度、简化数值程序处理。

③：一般情况下是设在工件的中心，上表面为 Z 轴方向上的零点即 Z=0。

④具体操作的步骤：

第 1 步=>打开操作导航器对话框并固定后，切换到几何体视图中：双击 MCS\_MILL 图标弹出机床加工坐标系对话框，或者右键单击 MCS\_MILL 图标后→单击“编辑”弹出机床加工坐标系对话框如下图所示：



第 2 步=>定义一个新的加工坐标系，有十四种坐标系的构造方法之多。

第 3 步=>改变加工坐标系的原点方位，单击指定方位图标 指定方位 弹出“点”对话框，来指定一个点位置为坐标系的原点。

第 4 步=>旋转加工坐标系的轴向方位：在 CSYS 对话框中 动态 状态下：可以手动旋转坐标系。

从以上建立步骤来看，要建立一个加工坐标系大致需要以下几个步骤：先定义一个新的加工坐标系（系统自动给定一个动态坐标系，一般就是利用这个）——→改变加工坐标系的原点方位（用点构造器）——→如果需要改变轴向方向，就利用旋转加工坐标系的轴向方位来达到需要的方向。下面就做一个练习来加深理解一下。

以上都是关于加工坐标系的简单和初步知识，在实际应用中并不这样来应用。学习过下面的知识后，你就会同意这个观点。

### 3: 怎样建立安全平面才是正确的:

①：第一必须建立安全平面的相关性：所谓“相关性”就是指——某一对象与定义这一对象的几

何体相关，当几何体改变时与之相关的相关对象也相应的改变。

②：设置数值时需注意“点”：即是说——在**某些机床**中它是这样来读取认识数字数值的：20——→如果后面没有点它就认为是 2.0；如果有后面的小数点 20. ——→就认为是 20。

我们在实际应用中，为了保证不出现错误、为了更加简便高效，而往往采用下面这个久经考验的方法：

### 练习 5：建立加工坐标系和相关性的安全平面：

第一：首先定义工作坐标系而不定义加工坐标系，然后使加工坐标系与工作坐标系重合。因为：在讲到工作坐标系的时候，我们知道有些参数的定义（安全平面、预钻点、I, J, K 矢量等）它们都是基于工作坐标系的，而非加工的坐标系。所以我们就使它们重合并统一起来。

1\*，打开文件 X 盘\lizi\02.part 的文件：点击 开始 → 加工(N) 立刻弹出 **加工环境** 对话框，按照（下图 5-1）的所示设置单击 **确定** 按钮进入。首先打开操作导航器，图钉定好使之固定；——→ 点击 **格式(R)** → **WCS** → 原点(O) 弹出“点”对话框：选择使用“点在曲面上”指定 UV 参数并按下键盘上的 Enter 键，单击 **确定** 按钮就定义一个以零件上表面中心位置为原点的工作坐标系，（下图练习 5-2）所示。



图5-1

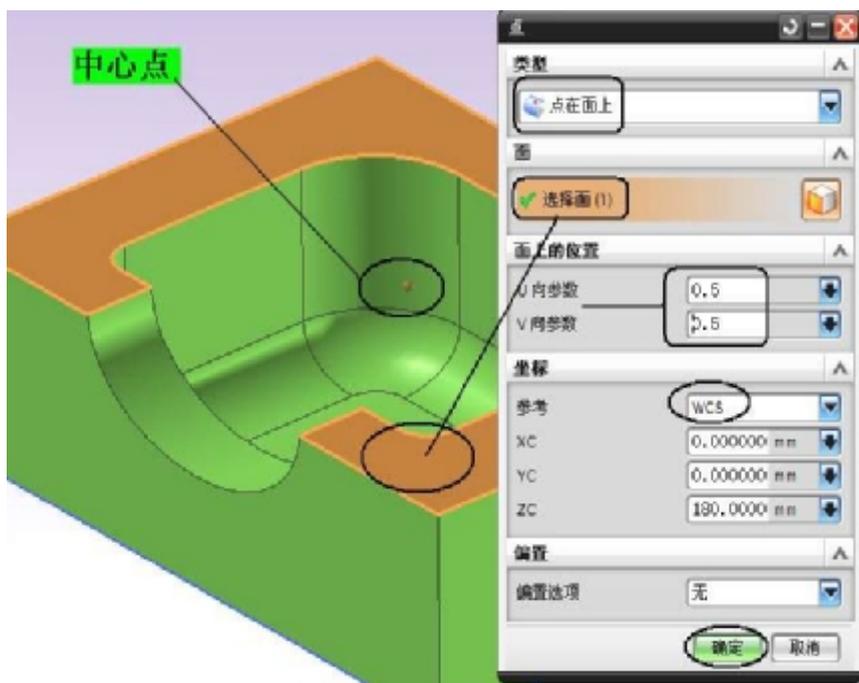


图5-2

2\*，点击图标 切换到几何视图，双击 MCS\_MILL 弹出机床坐标系对话框；——→ 点击 CSYS 图标 切换到动态的 CSYS，在参考选项里切换为 WCS，单击 **确定** 按钮即可就使加工坐标系与工作坐标系重合了。下图 5-3 所示。（注意数字步骤的顺序与提示）。

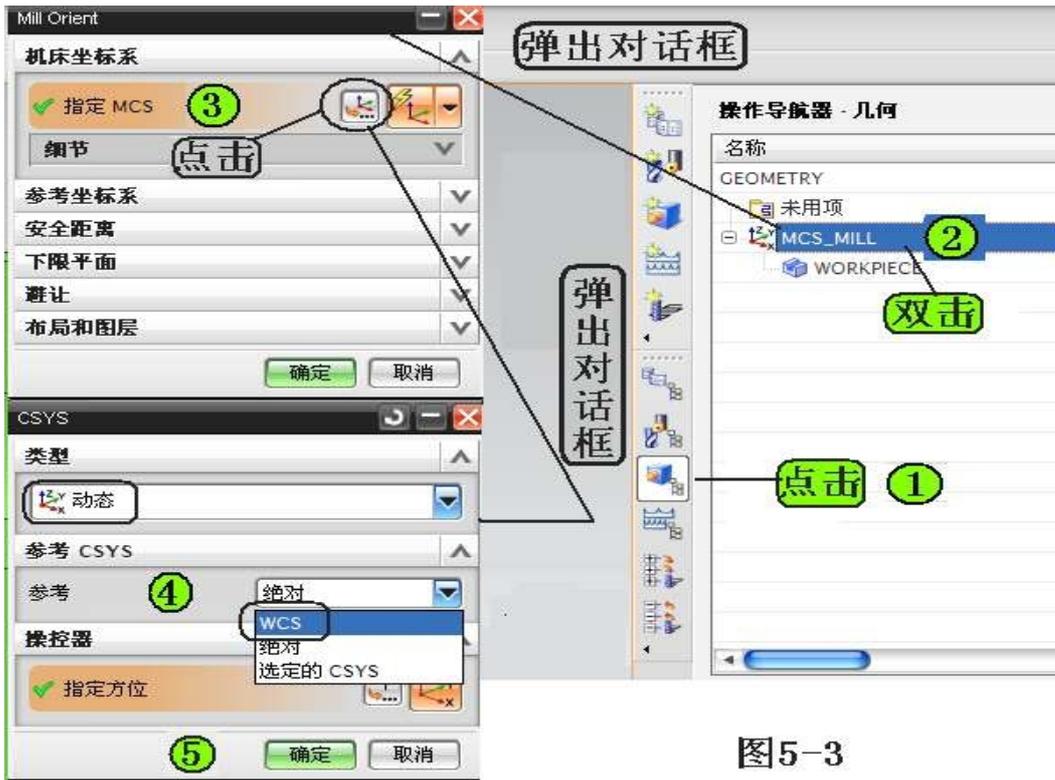


图5-3

第二：定义相关的安全平面：使工作坐标系与加工坐标系“重合”了，这样就不必考虑不一致的问题了，这样就不会出错。这个方法大家一定要练熟，这个是最简单，最实用，最高效的方法。

下面定义安全平面：

1\*，在 Mill Orient 机床坐标系对话框中点击 **安全距离** 展开定义区，在 **安全设置选项** 中：单击黑色箭头展开列表选择“平面”立即出现 **指定平面** 图标——点击 **指定平面** 图标弹出 **平面** 对话框：选择 **XC-YC 平面** 并在距离中输入 60，点击 **确定** 按钮 2 次退出对话框。这样就定义一个安全平面，见（下图 5-4）所示。

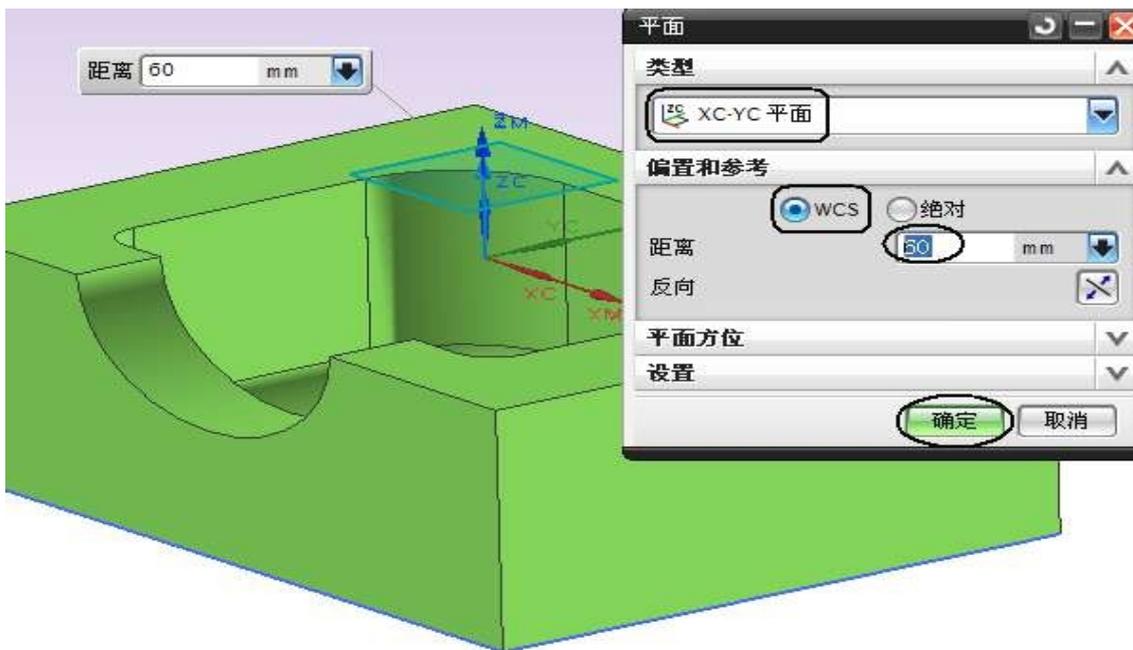
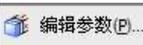
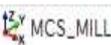


图5-4



图5-5

2\*, 下面改变零件上表面的高度, 来观察安全平面的变化: 进入到“建模”环境中 (点击  开始 → ) , 点击主菜单栏中  编辑(E) →  特征(F) →  编辑参数(P)... 弹出  对话框, 选择拉伸特征点击  确定 又弹出  对话框修改距离值为 260. 见 (上图 5-5) 所示.  确定 完成后零件更新看到零件长高了 (下图 5-6 所示) → 回到加工环境中: 在  MCS\_MILL 上双击, 此时安全平面显示出来, 可以看到安全平面已经低于零件上表面了. 这就是: 安全平面是基于 WCS 的, 它与 WCS 坐标系有关而与零件无关. 下图 5-7 所示.

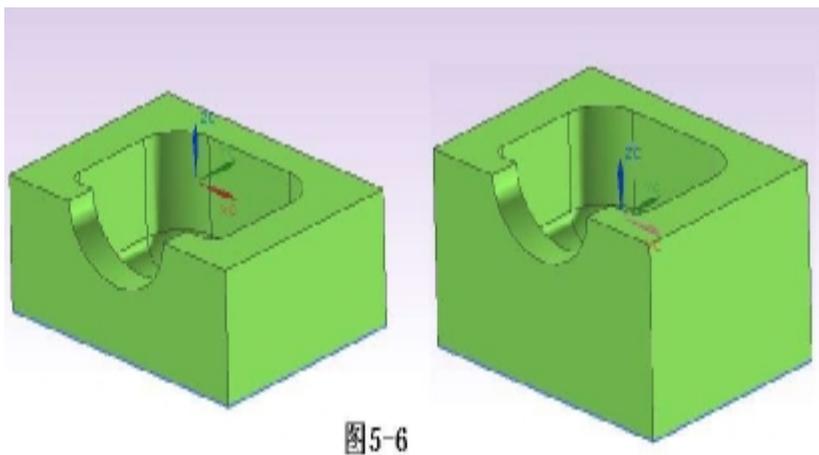


图5-6

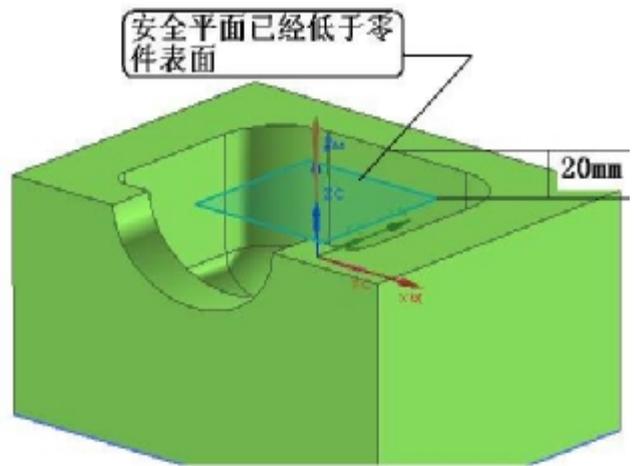


图5-7

3\*, 下面我们来定义与零件相关的安全平面: 再次点击  图标弹出 **平面** 对话框: 选择  鼠标选择零件上表面并在距离中输入 60, 按下 Enter 键后, 安全平面显示出来。点击 **确定** 按钮 2 次退出对话框。这样就定义一个与零件相关的安全平面, 见下图 5-8 所示。

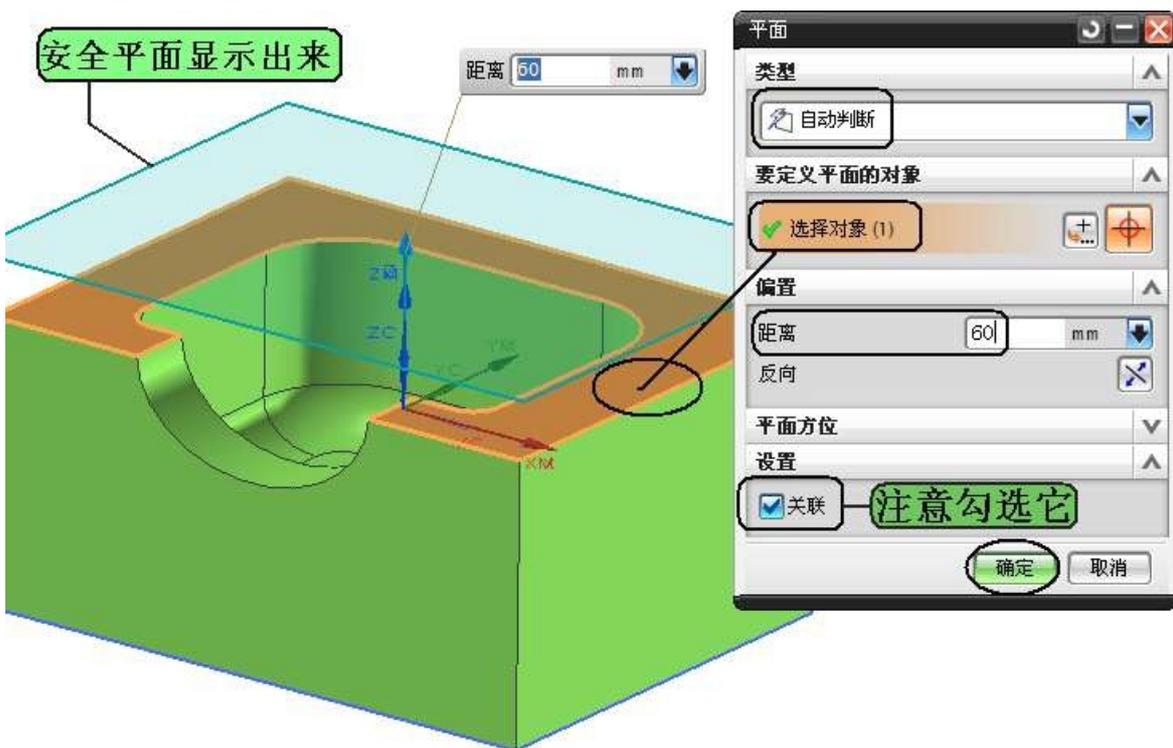


图5-8

4\*, 再次回到建模环境中, 重复之前的步骤定义距离值为 180, **确定** 完成后零件更新—→回到加工环境中: 在  MCS\_MILL 上双击, 此时安全平面显示出来, 可以看到安全平面始终距离零件上表面 60mm 处。重复此过程修改距离为 350, 回到加工后安全平面始终也是距离零件上表面 60mm 处。图 5-9 所示。这就是相关的安全平面——与零件的上表面相关, 当零件高度发生改变时, 安全平面也随之改变。

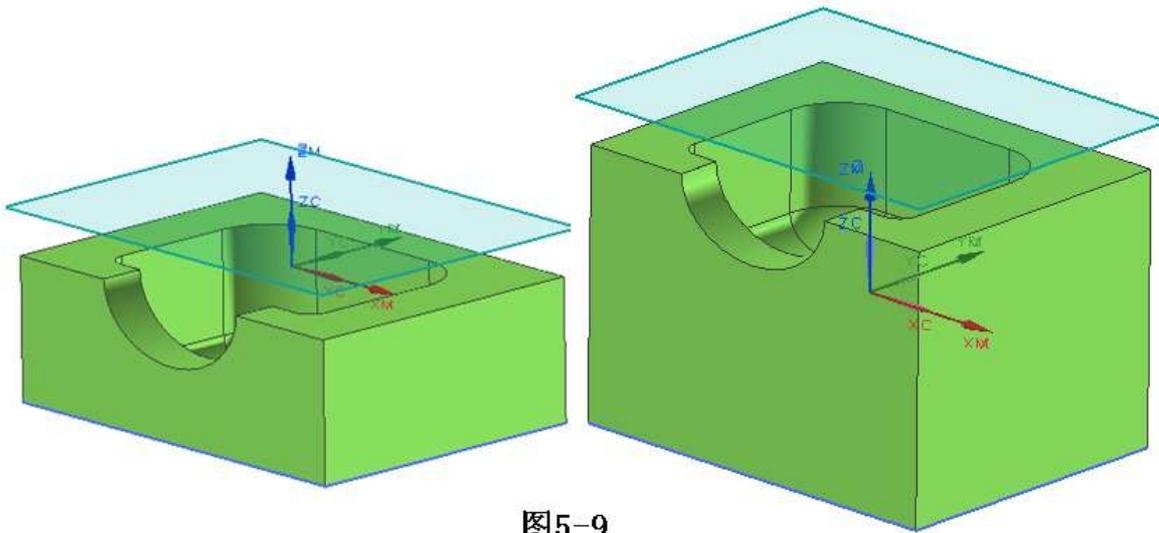
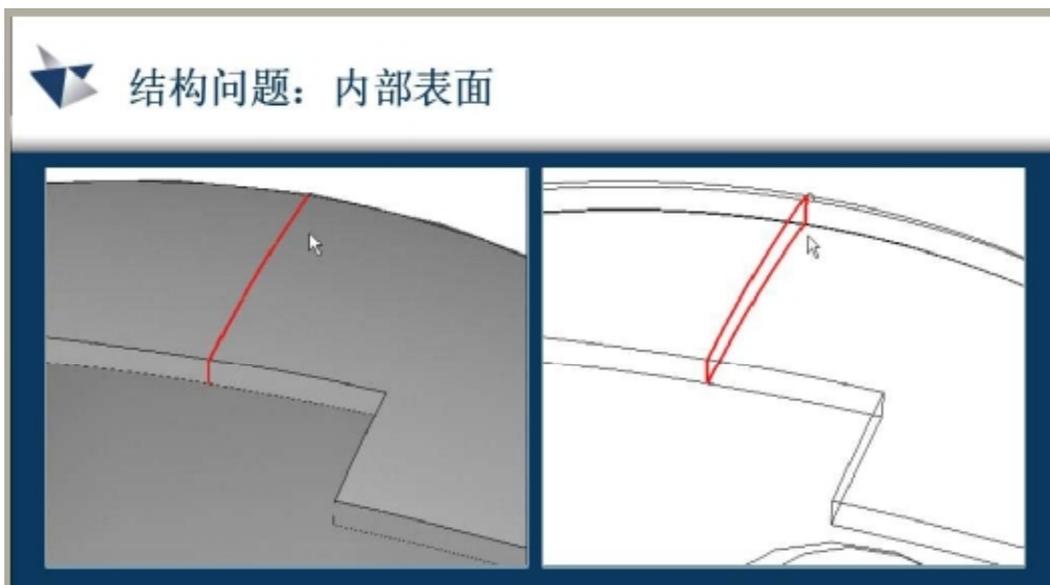


图5-9

## 第 5 节 加工几何体的检查与完善:

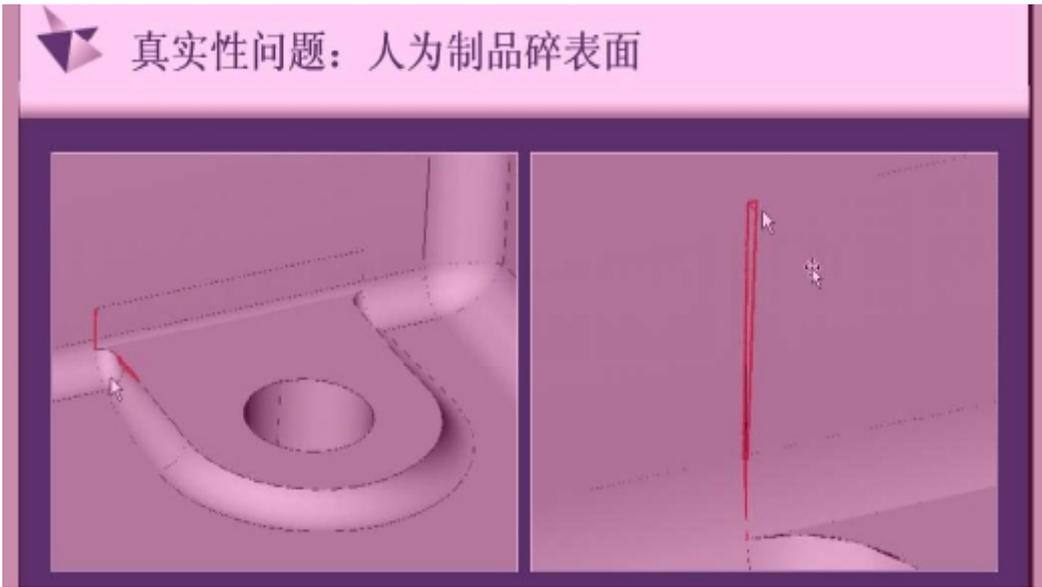
### 1: 加工几何体的检查:

这一章节的知识比较重要，很多使用 UG 加工的人对此并不重视，他们往往会做出过切的刀路而不知什么原因，还有的会做出一些意外的刀路，他们大多把这个现象归结为 UG 软件的不稳定。其实大多数的情况不是 UG 软件的问题，而是使用者的问题。现在 UG 软件普及了，有很多人没有经过正规的培训，只是自己看看书就做加工了，出现过切情况就很正常了。还有就是现在讲究数据转换，不同格式的文件在转换过程中可能就会产生问题。还有一些是设计人员自己的错误。为此我们就要对模型质量进行检查。看下面的几个图示:



[这里就是一个带有多余曲面的模型（红色部分），如果选面进行加工的话，就会产生过切刀轨，

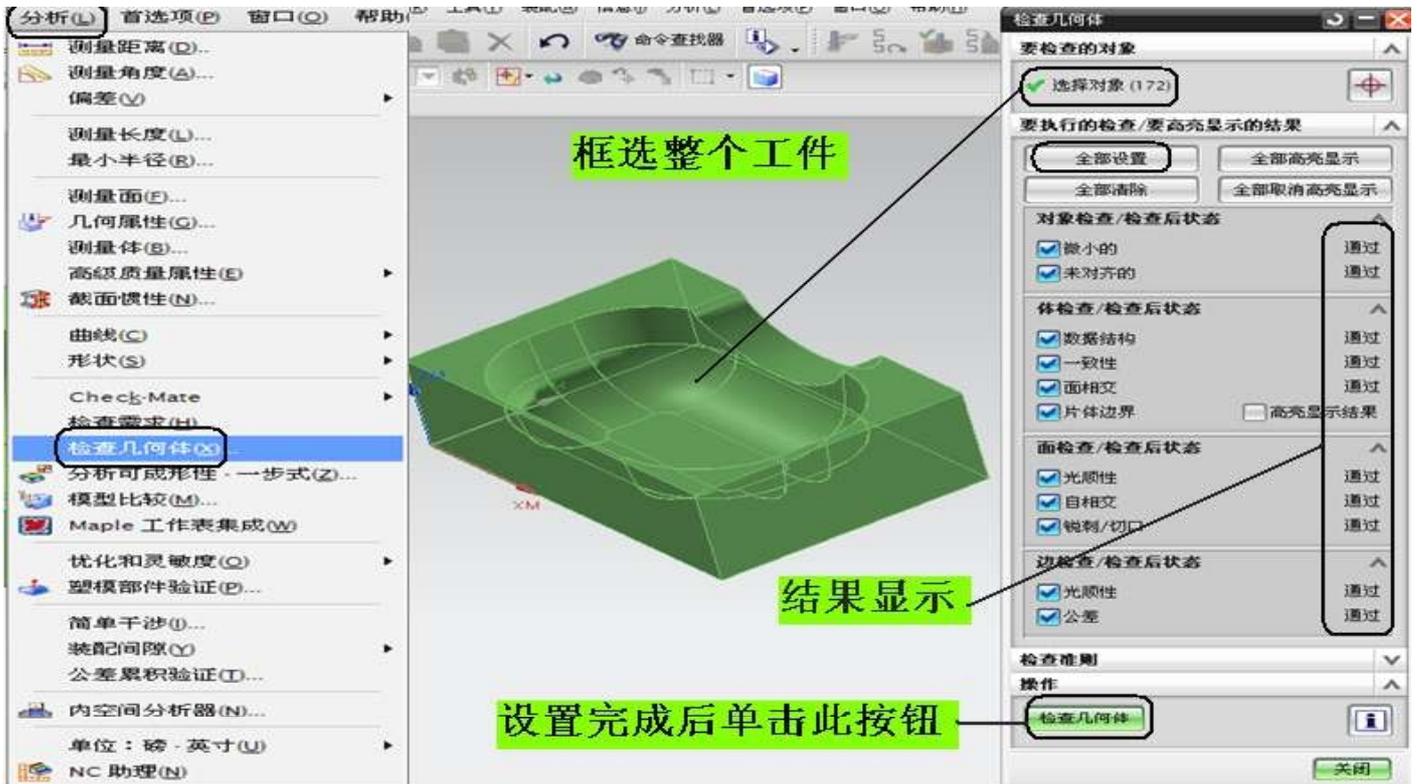
刀具直接切入零件内部。]



[这个就是突出了一个小曲面（红色部分），就会产生跳刀的行为，不仔细放大观察你就会感到不理解：怎么这里明明是个平面而为什么会跳刀呢？]

当然还有其他的情况（有很多），我们就不一一列举了，在这里仅列出几例目的就是让大家明白，在做加工之前要对模型的质量进行一个检查，是非常重要的和必要的。如何检查呢？

方法是：分析—>检查几何体—>弹出检查几何体对话框—>全部设置—>框选加工模型—>单击检查几何体按钮—>显示检查结果。见下图所示。



其中在“体检查/检查后状态”里如果有一项不合格，你都要对模型进行处理。解决的方法是：最好的方法就是到建模中去完善修改模型，这是 CAD 的技巧，在这里我就不再赘述了。

## 2: 加工几何体的完善:

加工几何体 CAD 模型在设计过程中，由于造型人员是更多的考虑设计的方便性和完整性，并不顾及对 CAM 加工的影响，所以要把模型做一些有利于加工的修改和完善。一般情况有下列内容：

①坐标系的确定：坐标系是加工的基准，将坐标系定位于适合机床操作人员确定的位置，同时保持相关坐标系的统一，前面已经讲过不再赘述。

②隐藏部分对加工不产生影响的曲面，并按曲面的性质进行分色显示或分层放置。这样一方面在视觉上更为直观清楚，另一方面在选择加工对象时，可以通过过滤方式快速地选择所需的对象。

③修补部分曲面，对于不需要加工的部位（如曲面上的小孔、小凹面等），以及加工不到的小区域，需要电极才能加工的狭小狭长部位，都应该先将这些面补好。这样获得的刀具轨迹比较规范和安全。这里要注意的是，对于能快速修补的部位我们尽量补好，但是对于较难修补的地方，我们就没必要在这方面花费太多的时间。

④增加安全曲面（如将边缘曲面进行适当的延长），或构建保护面等。

⑤构建辅助线：构建曲线作为边界、构建完整的轮廓曲线、构建曲线作为其它应用的辅助线。

⑥如果图形是由曲面组成的，在加工之前最好是把它转换为实体，因为虽然 UG 能够直接加工曲面，但是只有 3D 的实体才具有自我保护、碰撞检查的功能。基本的方法是：在建模中：使用  缝合(W)...命令把曲面合并成一个实体，如果不能合并，首先调整公差后再进行合并，调整公差后还不能合并的，就需查找原因看是否有需要修复或者删除有问题的某些曲面。

⑦如果零件的图形是 UG 分模后的图形，就有必要先去“图形的参数化”，只有这样才能对图形进行旋转、平移等操作。方法是：使用建模中的  移除参数(M)...命令。

对于这些技巧我们都会在今后的课程中有所涉及，在具体的案例讲解中来理解并应用这些知识。

## 3: 加工几何体的分析与测量:

在加工之前我们还有一个工作必须要做：那就是模型测量。对于工件，在电脑中只有三维模型，我们要进行对它加工，必然地不可避免地要对其进行分析和了解。测量模型的目的大约有下列几种：

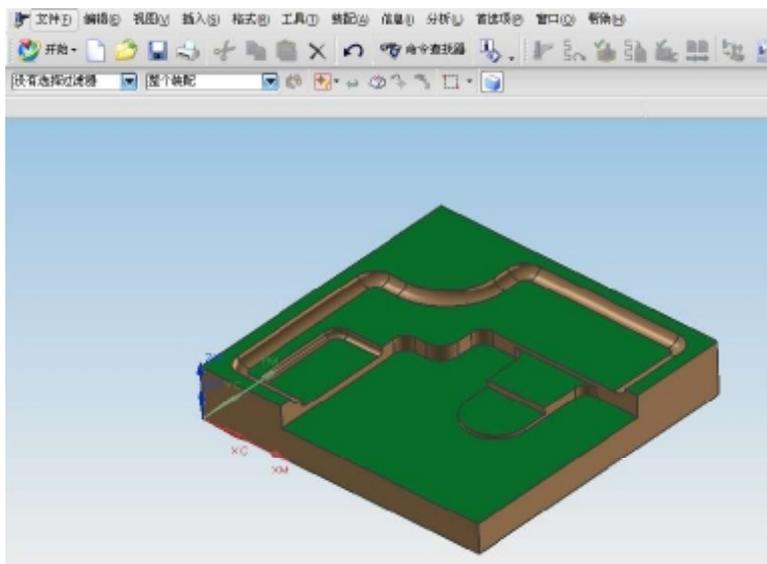
①测量模型外形的长、宽、高等尺寸，确定在机床上的装夹方式和加工方式（是一次加工或是分次加工、是先加工正面或是侧面、是否需要转侧铣或是转卧铣等）。

② “定刀”这是在编程中必不可少的工作，就是需要了解我们要用多大的刀具进行加工、多长的刀具（加工深度）、是用平刀还是球刀或是牛鼻刀等？

要做到以上这些就必须去做分析工作，但是要做到以上这些工作，我们不是靠自己的眼睛去看，而是靠“数据”说话，应用UG的各种强大的分析工具，来分析读懂你的三维模型：下面我们就用案例来学习一下：

**A, 平面分析判别：**该选项可识别部件中所有平的层的深度，因此有助于标识加工部件所用刀具的正确长度以及正确判别平面与否。

1: 打开一个模型文件 X\Lizi\celiang, 并进入加工环境。如下图所示：



2: 我们来分析这个工件：先来分析哪些面是平面，看这个图如果用眼睛看的话，大部分都是平面，而实际上则不然。我们用数据来说话。

1\*, 点击“信息”→“对象”（下图 1 所示），弹出类选择对话框（下图 2 所示），在“过滤器”中选择点击“类型过滤器”图标，弹出对话框选择“面”方式（下图 3 所示），此时鼠标就可以选择了，选择零件的最上表面（红色部分）（下图 4 所示）确定或中键退出对话框，同时弹出信息对话框（下图 5 所示）。



图1



图2



图3



图4

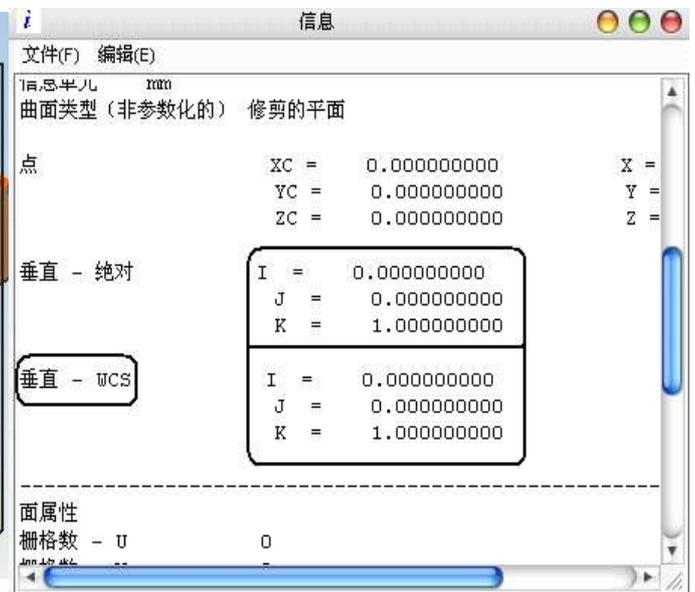
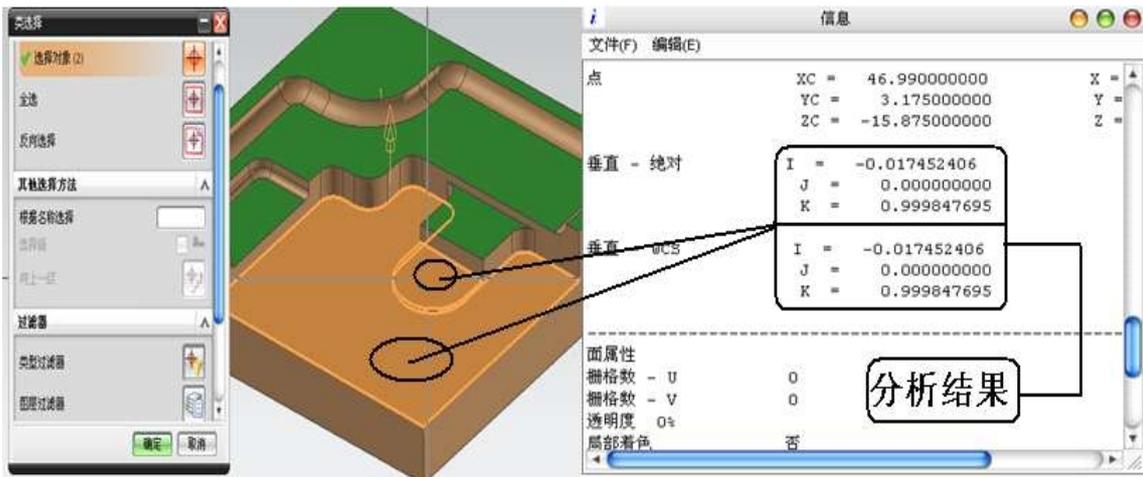


图5

2\*，解读信息：I=0, J=0, K=1，表明此面是平面。这里 I, J, K 代表矢量方向，这里初学者不必理解这些，只要知道 I=0, J=0, K=1 时，就代表此面是平面即可。

3\*我们也可依次点击其它的面，信息都会显示出来。例如我们同时点选最底面和小凸台上表面（图中红色部分），分析结果显示为（I = 0.017452, J = 0.00, K = 0.99984），这时就会发现这两个面不是平面。而我们一般情况下就会想当然的认为是平面。



3, 我们再来介绍一个更为简单的方法, 还是以上个模型为例。

1\*, 鼠标左键点击“分析”→“NC 助理”（下图 1）, 弹出 NC 助理对话框（下图 2）, 选择分析类型为“层”、参考矢量为 ZC ↑ 轴, 点击“选择面”图标, 此时选择了整个工件, 工件高亮显示为红色。

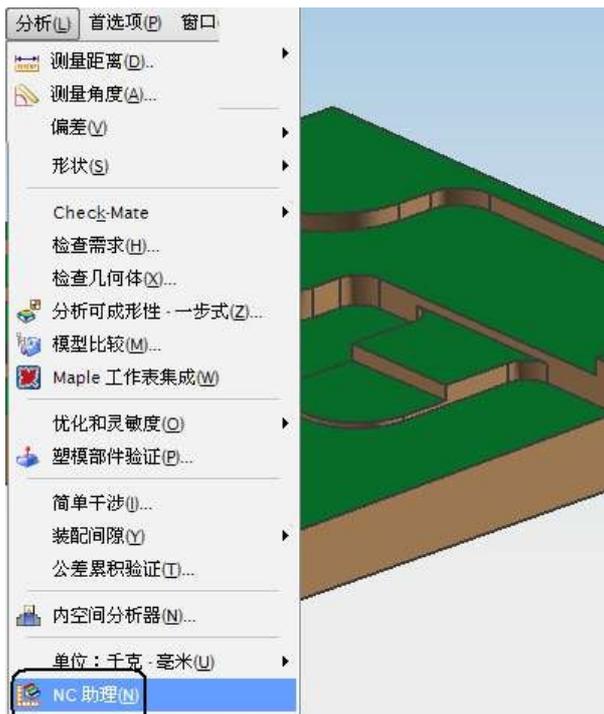


图1

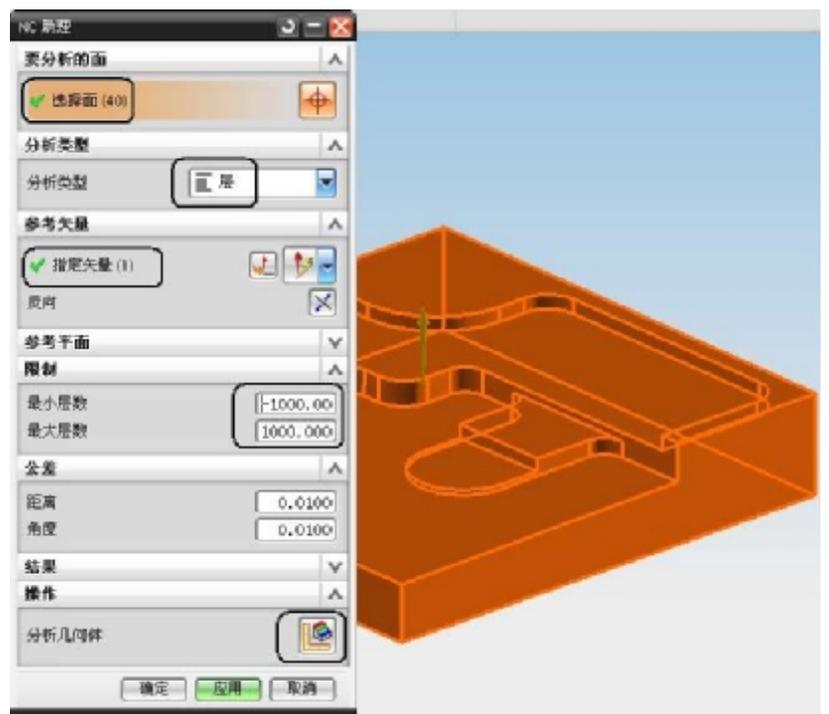
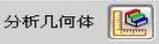
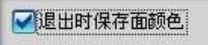


图2

2\*, 点击“应用”或点击分析几何体图标 , 工件模型变为下图 3 所示, 图中凡是变了颜色的面（相对于分析前）全部都是平面。此工件中有 4 个（红、黄、蓝、浅灰）平面。如果点击  则退出对话框时依然会保持这些颜色标示。

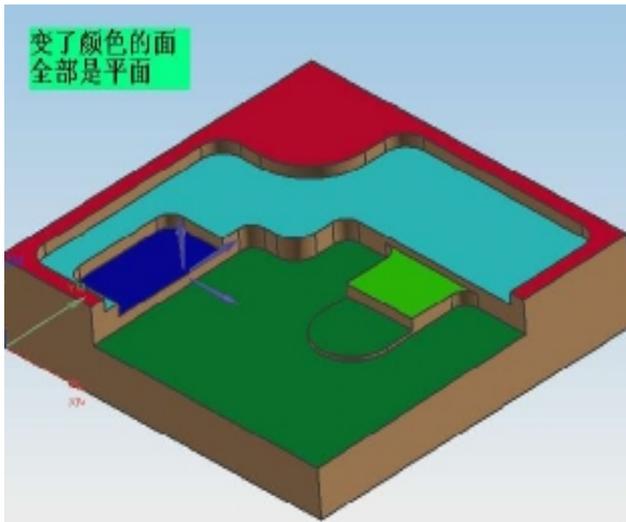


图3

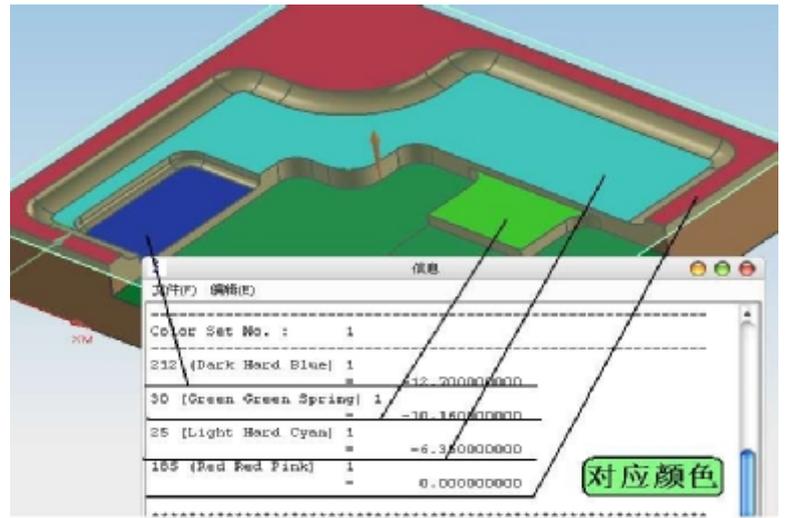


图4

3\*, 如果在分析时指定了参考的平面<sup>参考平面</sup>，那么点击图标<sup>分析几何体</sup>后再单击<sup>信息</sup>就会弹出信息对话框，在此对话框中列出了所有颜色的平面信息而且还有这些平面相对于参考平面的距离值——这从而确定最深平面的深度值，由此来确定所用刀具的最小深长度。上图4所示。

### **B. 分析圆角，曲半径工具：这个分析能确定加工所需的最小的刀具。**

1\*, 打开一个模型文件 X\Lizi\celiang2，并进入加工环境——>点击主菜单栏中“分析”→“最小半径”（如下图5所示），弹出最小半径对话框，框选整个工件后，点击确定或按下中键后退出对话框，显示为（下图6）所示，在模型上显示出最小圆角部位，同时在信息对话框中显示出最小圆角半径值为 R=2.5。说明我们必须用小于直径 D=5 的刀具才能完全加工干净此工件。

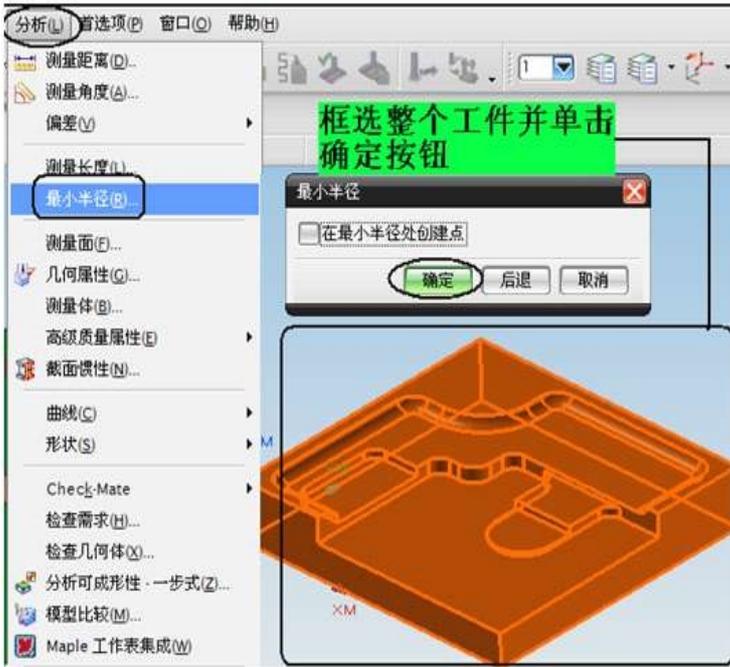


图5

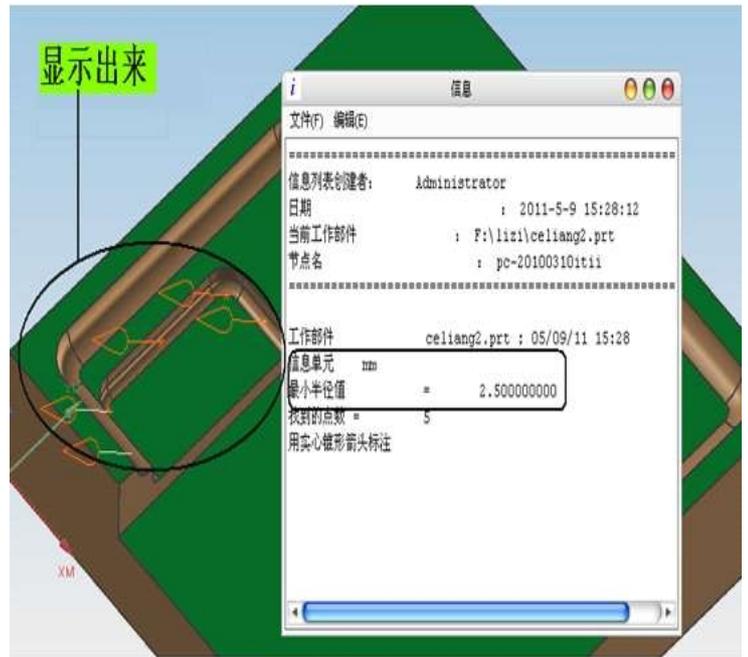


图6

2\*, 我们也可以不用框选的方法, 而是用单选的方法去直接选择某些圆角部位, 而显示出此部位的最小半径值。如下图所示: 最小半径值为  $R=6.5$  和  $R=6.35$  见下图所示。



注意: 此工具仅能分析圆角部位, 而对于曲面则不能分析。所以我们常用下面这个工具进行曲面

## 分析:

3\*, 点击“分析”→“几何属性”，弹出几何属性对话框，直接点选某些圆角或拐角或曲面部位，那么此面的最小、最大半径值就会显示出来。以此来作为我们的参考。这个方法比较简洁方便。如下图所示：



**C. 分析距离和长度：**使用测量距离命令可以计算两对象之间的距离、曲线长度或圆弧、圆周边或圆柱面的半径。点击“分析”→“测量距离”，弹出测量距离对话框，直接点选 2 个点或点选 2 个面或点选 2 条直线，或者点选：点与面，点与直线，直线与面等都能直接测量出两者之间的最短距离。如下图所示：这里需注意的是：所测量的值与坐标系有关。

1\*,  **距离：**测量两个对象或点之间的在 XYZ 三个方向上的最短距离；

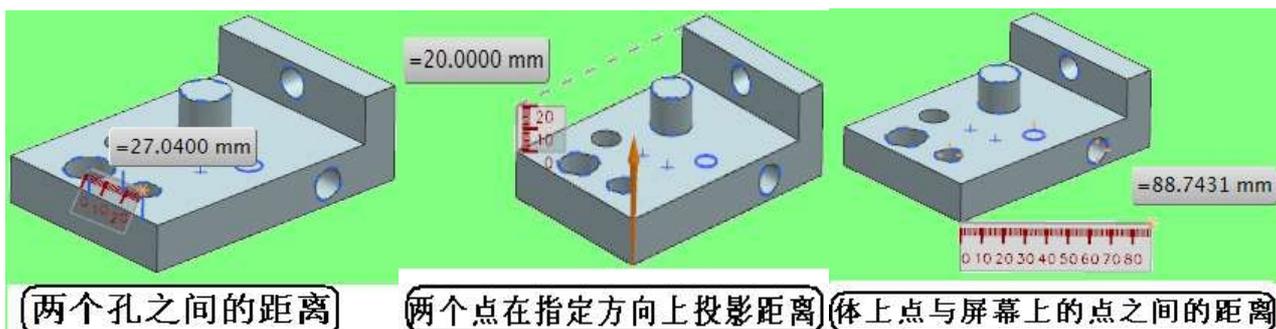
2\*,  **投影距离：**测量两个对象之间的在指定矢量方向上的投影距离也可以说是在指定矢量方向上的最短距离。

3\*,  **屏幕距离：**测量屏幕上对象的距离。使用此选项可测量屏幕上两对象之间的近似 2D 距离。使用放大或缩小图形结果则不同。

4\*,  **长度：**测量选定曲线的真实长度。

5\*,  **半径：**测量指定曲线的半径。

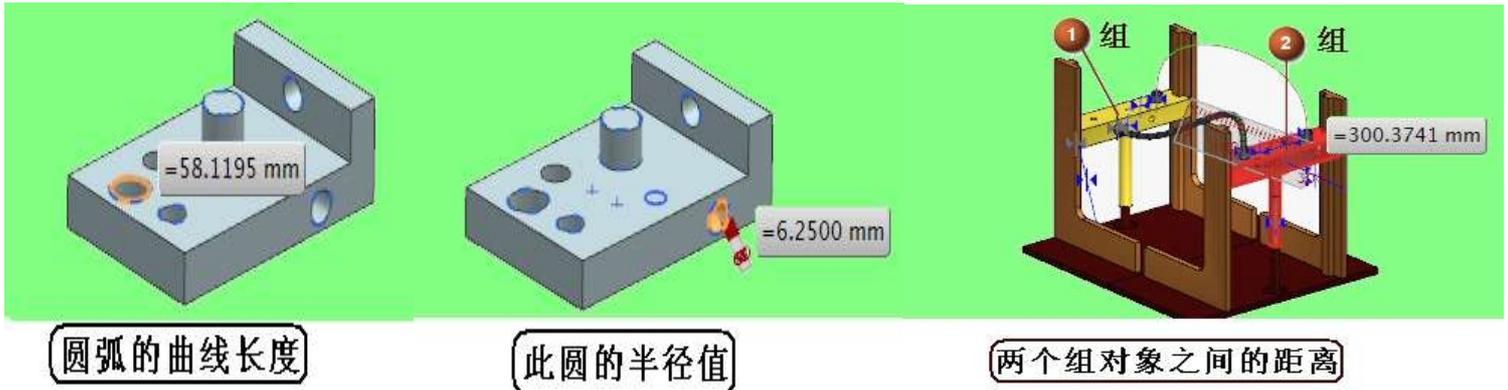
6\*,  **组间距：**测量两组对象之间的距离。只能选择一个装配中的组件作为每个组中的对象。  
各个概念的图示说明如下：



两个孔之间的距离

两个点在指定方向上投影距离

体上点与屏幕上的点之间的距离



关于分析测量工具大家一定要熟练掌握和运用。此能力的高与低是我们“读图”能力的重要标志。

#### 4: 在 Workpiece 中定义加工几何体:

在前面我们讲过几何体的定义方法，有好几种方法，但一般情况下是在 Workpiece 中定义加工几何体，这是一种最简便、最不容易出错的、思路清晰的不混乱的实践方法，在此我们要求：抛开、不必理会其它方法，而都要在 Workpiece 中定义。按此步骤去做特别是初学者。

1, 定义加工几何体:

▲1, 打开文件\lizi\plan001.prt, 并进入加工环境。

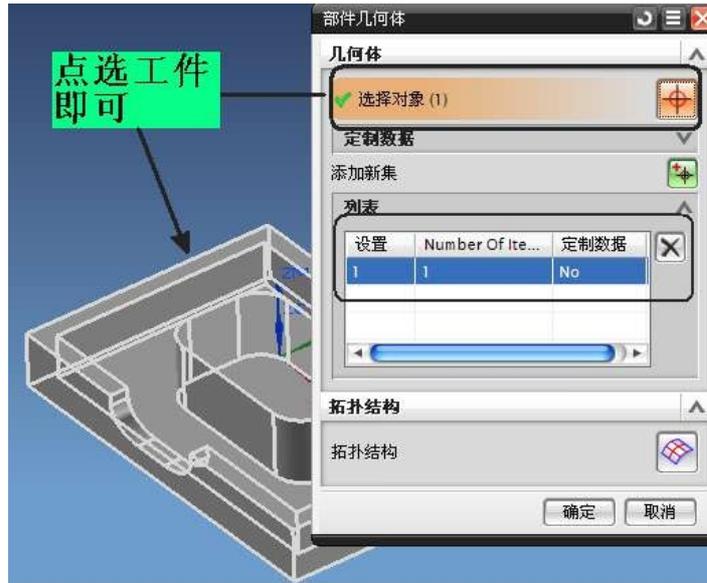
▲2, 打开操作导航器, 图钉钉住, 并切换到几何视图, 点击 MCS\_MILL 前面的+号展开出现 WORKPIECE。

▲3, 按照我们以前讲授的方法把 WCS 定位到模型中心最高点, 且使 MCS 与之重合, 并指定安全平面 Z=20。

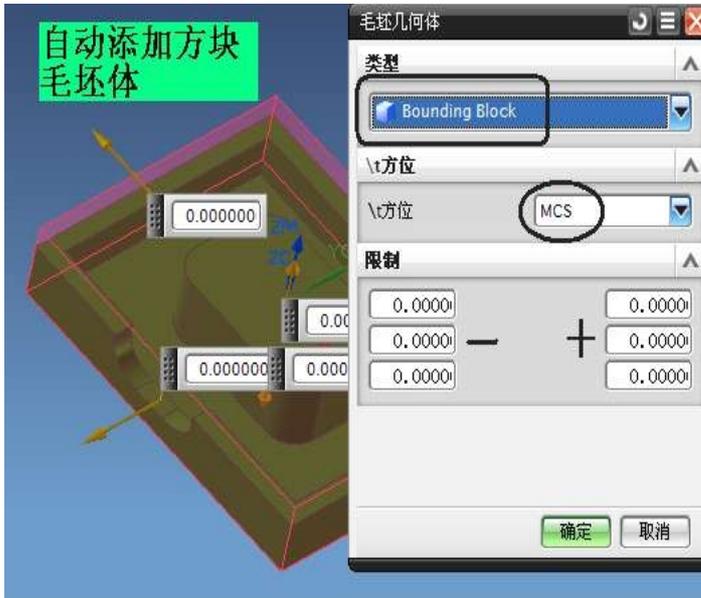
▲4, 双击 WORKPIECE 或在 WORKPIECE 上单击鼠标右键→点击‘编辑’, 弹出铣削几何体对话框(下图 A1)所示。在削几何体对话框中分别定义部件和毛坯: 左键单击 指定部件 弹出 对话框, 直接使用鼠标左键点选屏幕中的图形零件(下图 A2)所示, 确定 完成回到 铣削几何体 对话框。再左键单击 指定毛坯 弹出 对话框, 选择‘自动块’(英文: Bounding Block) 后系统自动在零件上添加方块毛坯体(下图 A3)所示, 确定 2 次完成。分别点击 和 手电筒, 可分别查看刚刚定义的零件几何体与毛坯几何体。



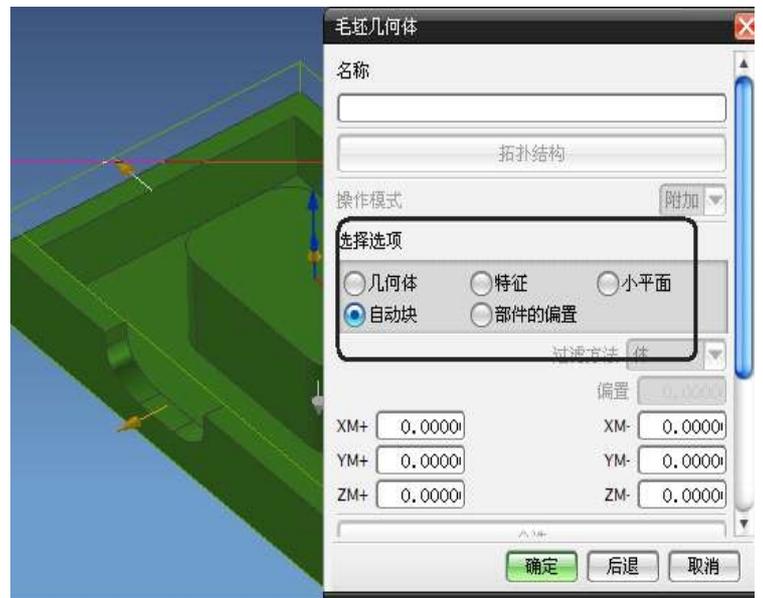
图A1



图A2



图A3



图A3-1

提示：在 UG8.0 中定义部件几何体与毛坯几何体时弹出的对话框，与之前的版本不同即使是与它最接近的 7.5 版本也有所不同。之前的对话框样式为上图 A3-1 所示。在新的版本中它默认的选择方式是“体”（因为一般情况下都是选“体”），而如果选用其它方式时，如特征、曲面区域，单个曲面等，就需要先行点击列表中的“叉号”进行切换——它不仅代表要删除已定义的几何体信息，还代表模式切换。

2. 创建操作并初步体验一下 UG 编程的基本过程：

▲1. 首先创建加工所需的刀具：单击创建刀具图标弹出“创建刀具”对话框，按下图 a1 设置创建一把直径为 D=6mm 的平底刀。切换到刀具视图可以看到创建的刀具。

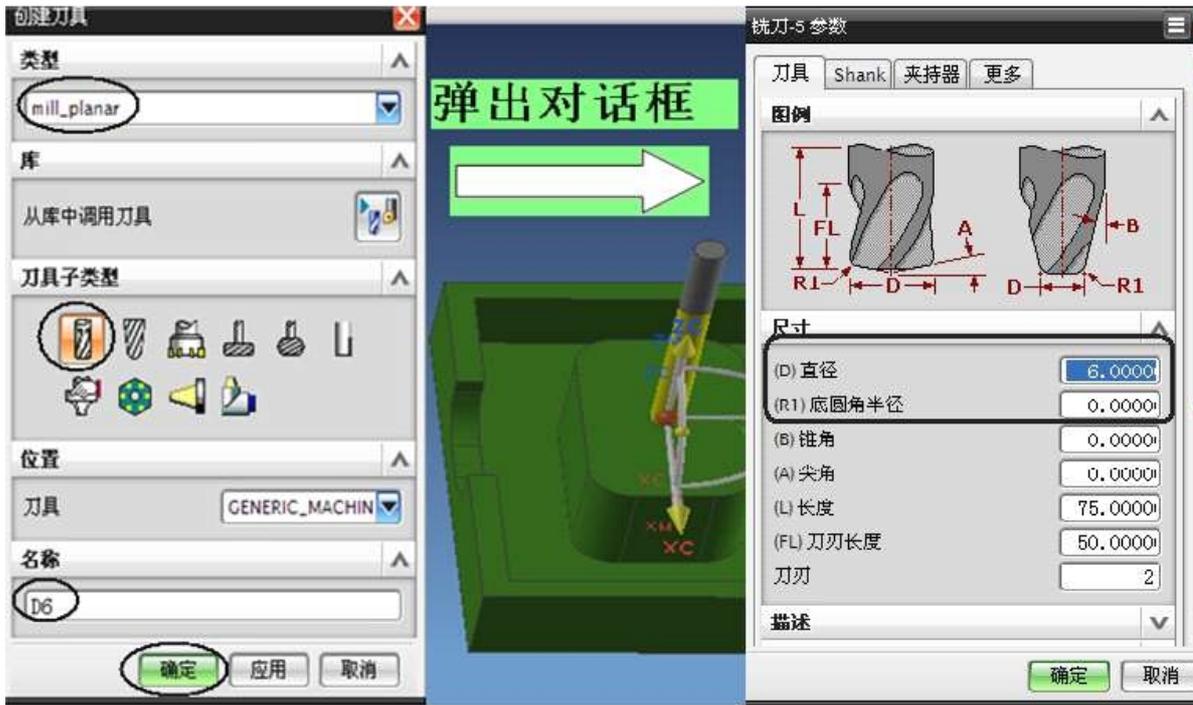
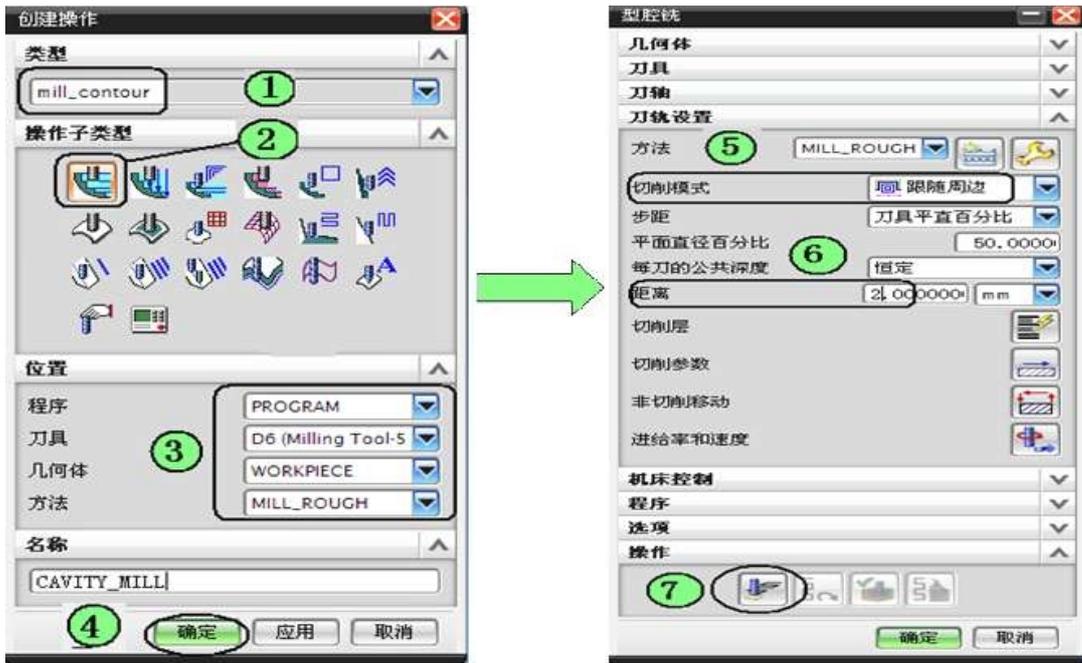
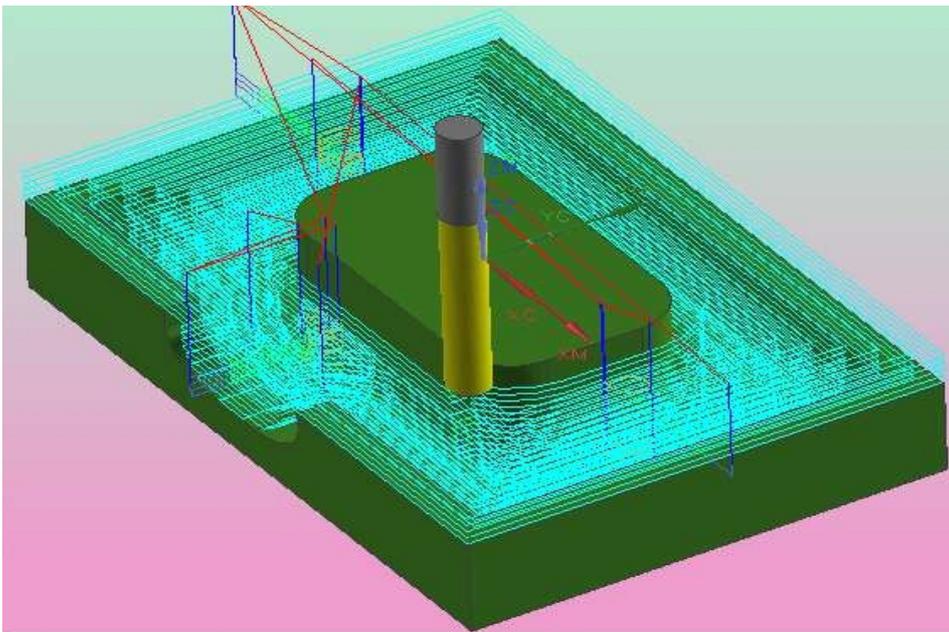


图 a1

▲2, 创建操作: 点击创建操作图标  弹出 **创建操作** 对话框, 按照(下图 a2)的设置使用: 类型为 `mill_contour`、并点选子类型中的第一个图标, 几何体为 WORKPIECE、刀具为 D6、方法为 `MILL_ROUGH`, 点击 **确定** 进入 **型腔铣** 对话框: 首先会看到部件、毛坯几何体的  亮着, 说明继承了 WORKPIECE 几何体信息。单击 **刀轨设置** 展开其定义区, 修改如下参数: 切削模式 `跟随周边`、距离 `2.0000` mm、点击 **进给率和速度**  弹出 **进给率和速度** 对话框: 定义  主轴速度 `1800`、剪切 `1500`, 单击 **确定** 按钮退出操作对话框, 然后单击生成刀轨图标 , 这样就生成了一个粗加工的刀轨程序。单击 **确定** 按钮退出操作对话框, 可以在操作导航器中看到: 在 WORKPIECE 下、在 D6 下、在 PROGRAM 下、在 MILL\_ROUGH 下都产生了一个名为 CAVITY\_MILL 的操作。生成的刀轨如下图所示:



图a2



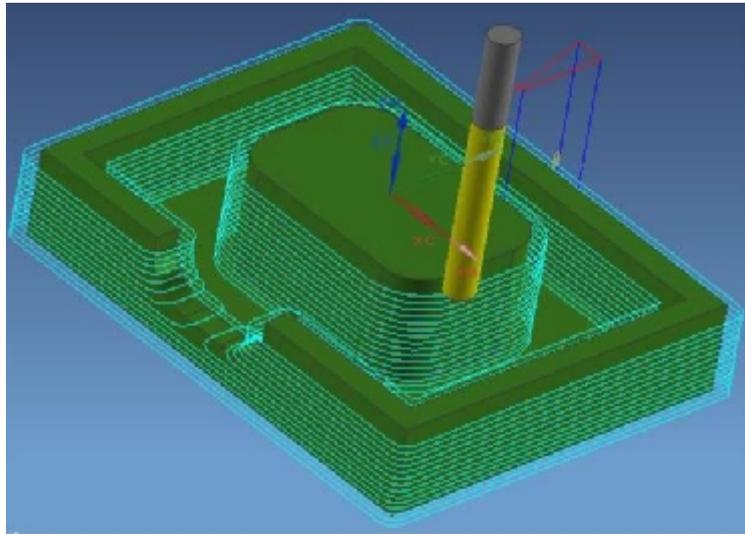
生成的粗加工刀轨

▲3, 继续创建操作: 点击创建操作图标  弹出 **创建操作** 对话框, 按照(下图 a3)的设置使用: 类型为 `mill_contour`, 并点选子类型中的第 5 个图标, 几何体为 WORKPIECE、刀具为 D6、方法为 `MILL_FINISH`, 点击 **确定** 进入 **深度加工轮廓** 对话框: 首先也会看到部件几何体的  亮着, 说明继承了 WORKPIECE 几何体信息。单击 **刀轨设置** 展开其定义区, 只修改如下参数: 距离 `2.0000` mm, 点击 **进给率和速度**  弹出 **进给率和速度** 对话框: 定义  主轴速度 (rpm) `2500.0`、**剪切** `1500`, 单击 **确定** 按钮退出操作对话框、然后单击生成刀轨图标 , 这样就生成了一个精加工的刀轨程序。单击 **确定** 按钮退出操作对话框, 可

可以在操作导航器中看到：在 WORKPIECE 下、在 D6 下、在 PROGRAM 下、在 MILL\_ROUGH 下同样也都产生了一个名为 ZLEVEL\_PROFILE 的操作。

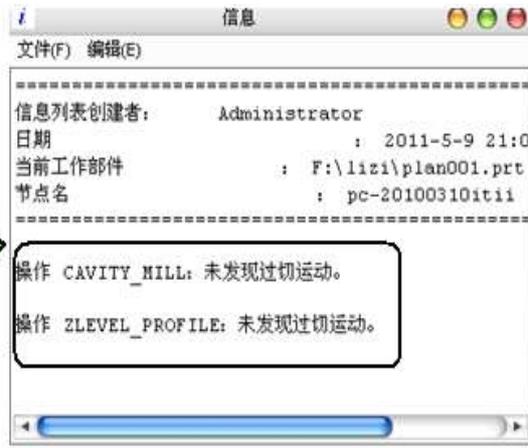


图 a3



精加工刀轨

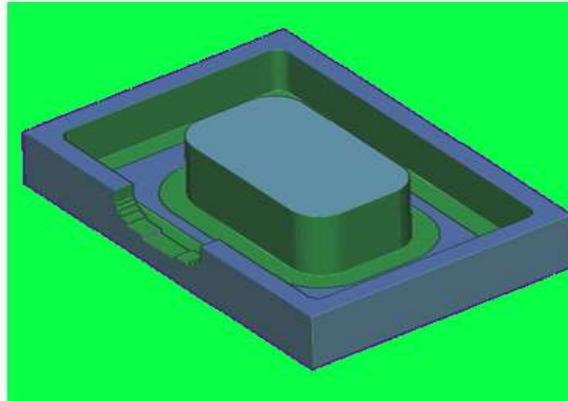
▲4, 检查：在操作导航器中：按下 Ctrl 键选择生成的两个操作，然后单击图标  弹出  对话框，单击  系统开始检测程序，检测完毕弹出信息对话框。见下图所示：



▲5, 仿真模拟：鼠标选择 WORKPIECE 右键单击，弹出右键弹出菜单选择  刀轨 →  确认... 或者直接单击图标  弹出  对话框，单击选择  2D 动态 后点击播放箭头  即可开始模拟。其结果如下图所示：



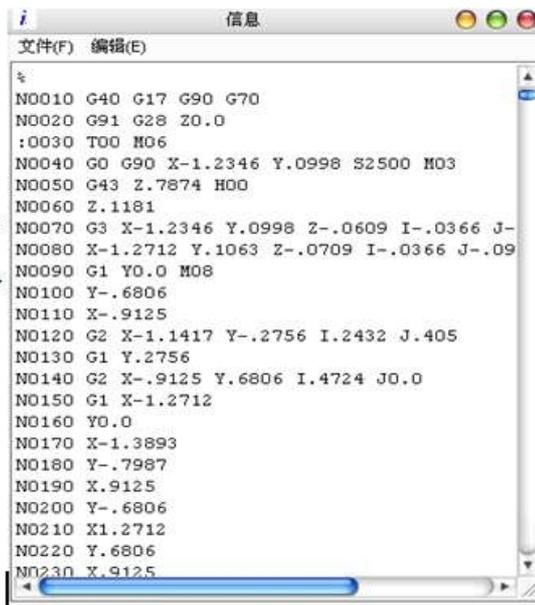
仿真模拟结果



▲6, 后处理 NC 程序: 按下 Ctrl 键选择生成的两个操作程序, 点击图标  或者右键单击弹出对话框 → 选择 , 弹出 **后处理** 对话框 → 选择一种后处理机床, 指定 NC 程序保存目录, 点击 **应用** 按钮即可。



产生NC程序



后处理

以上所演示的操作步骤——基本上就是 UG 编程的基本过程：这一小节主要是要学习——①定义坐标系（加工坐标系与工作坐标系重合、安全平面）——→②在 WORKPIECE 中定义零件几何体与毛坯几何体——→③使用 WORKPIECE 的几何体信息为几何体父级组创建一系列的操作——→④创建操作：定义必须的参数、生成刀轨——→⑤刀轨的过切检查与仿真模拟——→⑥后处理成机床能够识别的 NC 程序代码。大家对于这些知识只要做一个基本的感性的了解即可——我们会在以后的课程中展开更为详尽的讲解！期待——！

## 第二篇 UG 编程的加工操作类型——之平面铣和面铣



通过前面的知识的学习，我们已经做好了编程前的准备工作，现在从本篇开始就进入正式的编程工作，亦即进入 UG 的主要加工操作类型的学习——平面铣+UG 编程三板斧：型腔铣（一般用于粗加工）、固定轴轮廓铣（一般用于精加工）、清根铣（一般用于清角操作）。UG 编程还有其它的加工操作类型，本书仅讨论上述所述类型。

**重要提示——学习本教程推荐使用如下的学习方法：高高山顶立，深深海底行！**

**1，首先：第一步你要深入的、仔细的、精心的学习每一个章节内容，尤其是注重体会案例的方法，这些案例看似简单，实则是作者精心设计的，极富有代表性和实用性！如果你把它当做一般的案例，马马虎虎的、蜻蜓点水式的学习——那么可以明确的告诉你，你不会从本书中得到什么教益！**

**2，其次：每学习完一个案例或者一个章节，你都要停下来而不是急于学习下面的知识，你要问自己：这一个案例或这一个章节到底讲了些什么？我从中学习到了什么？这些知识与前面的知识有何联系？我是否真的完全的、正确的理解了这些知识？**

**3，再次：你要用纵观全局目光来把握这些知识的脉络，鉴于本书的强大的“逻辑性”和“连贯一致性”，你不仅要深入每一个知识点，更重要的是你还要从中走出来，以全局的角度来观察：这些知识要点的前后联系，进而发现它们的本质联系！**

**4，最后：请忘记本书的这些知识吧！——如果你真正的、完全的、正确的学完本书**

教程，那么忘记这些知识就是一个自然的过程，由此而达到自由的境界！而这些就是——“只有深深海底行，方能高高山顶立”的真正含义！！

## 第一章 平面铣——UG 学习的基础

关于平面铣，一般教程都是把平面铣、型腔铣、固定轴轮廓铣并列来讲，而在本书中却把其置于首位，是本书展现 UG 编程思想的开篇之作。平面铣在 UG 之中的地位特殊，它既是学习 UG 的入门基础又是 UG 高级应用的体现。

一般使用者对平面铣有如下错误的看法：

①感觉平面铣特别难学，概念多、命令参数繁琐。对于初学者尤其如此，既是用过 UG 多年的用户也是如此。大部分使用者虽然能从表层意义上能理解参数等，但在实际应用中却很难能灵活的运用。

②而对于从事过有实际加工经验的人来讲，感觉平面铣用处不大，即使有需要用平面铣来加工的零件，也完全可以有其它的方式（如型腔铣）来代替，况且命令繁琐往往令人不知所云，所以一般都不怎么使用它。

正确的看法是：

①平面铣的确难学，这里我们要有思想心理准备，学习一款专业的编程软件当然需要付出精力，这是一项重要的智力投资。但是采用正确的方法学习一定会事半功倍的。

②平面铣是 UG 的基础，大多数的参数命令都是在这里进行讲解的，学习完平面铣将进入 UG 学习的快速轨道。

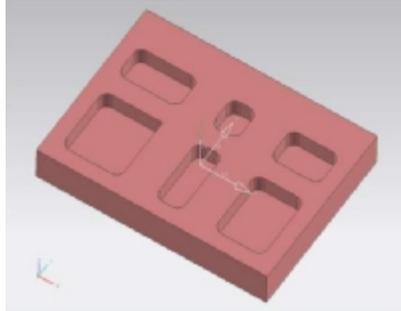
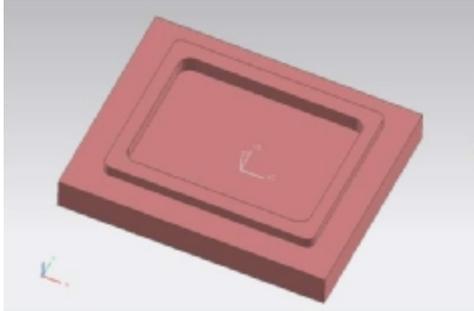
③平面铣这个简单，所谓不经常用的操作类型，它正是 UG 高级应用的基础，特别是在五轴当中的运用非常之广泛。

④平面铣从本质上是 2D 线框加工，即不需要三维的模型就能够加工，所以生成刀路速度快，且能够加工其它加工方式无法加工的诸如单线加工，零件上的流道加工等。

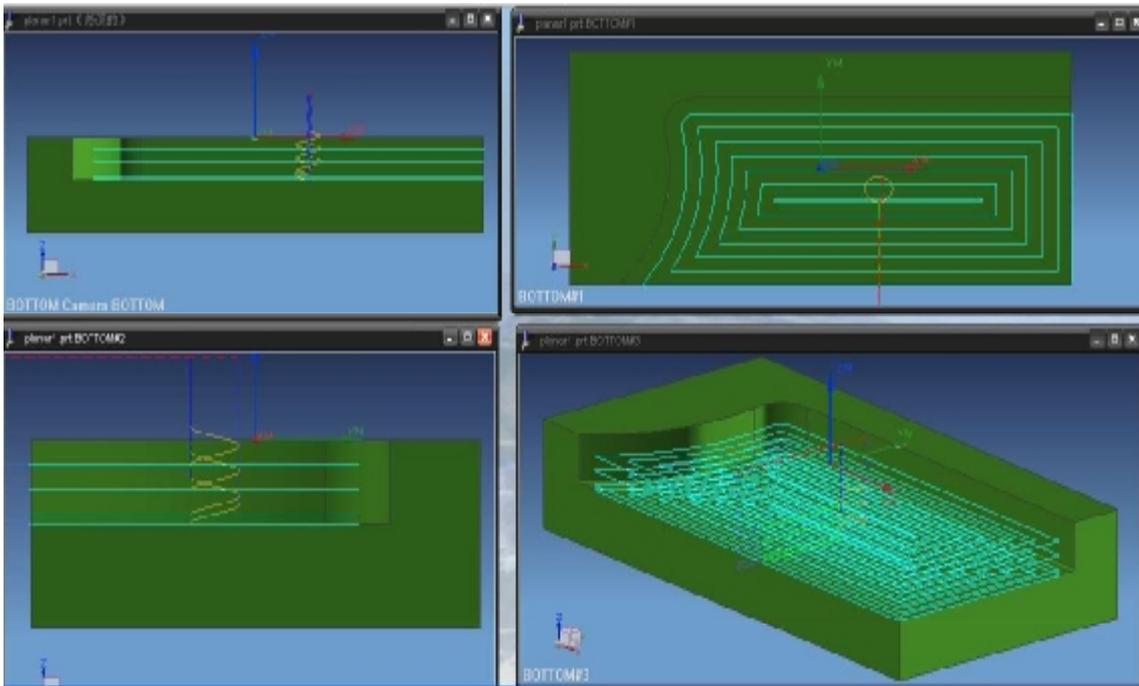
**第 1 节：与众不同的平面铣：（平面铣加工原理的两个核心）：**

1：平面铣的两个核心：

核心 1：平面铣仅能加工平面直壁零件，对于有斜度的零件则不能加工。如加工产品的基准面、内腔的底面、敞开的外形轮廓等，在薄壁结构件加工中广泛应用。如下图零件都是平面直壁的。



下面来观察平面铣的刀路轨迹图示：从四个视图方位我们可清楚地看到：刀具轨迹从第一层到最后一层。每一层的刀路除了深度不同外，形状与上一个或下一个刀路都是严格相同的。这就是为什么平面铣只能加工出直壁平底的原因所在。而刀路的形状是由所定义的边界形状来决定的。见下面图示：



**核心 2:** 平面铣不是由三维实体来定义加工几何，而是使用通过边或者曲线创建的**边界线**来确定加工的区域。这是平面铣区别于 UG 其它加工操作类型的，是平面铣的一个显著、鲜明特点。所以平面铣能够加工其它加工操作类型难以加工的线形加工。

2: 通过案例讲解来理解:

▲1, 打开文件\lizi\plan001.prt, 并进入加工环境。

▲2, 打开操作导航器, 图钉盯住, 并切换到几何视图。

▲3, 按照我们以前讲授的方法把 WCS 定位到模型中心最高点, 且使 MCS 与之重合, 并指定安全平面 Z=20。

▲4, 双击 WORKPIECE 或在 WORKPIECE 上右键单击→‘编辑’, 弹出铣削几何体对话框。在削几何体对话框中分别定义部件和毛坯。(具体定义步骤前面已讲解, 不明白的参见<在 WORKPIECE 中定义几何体>一节)。



图1

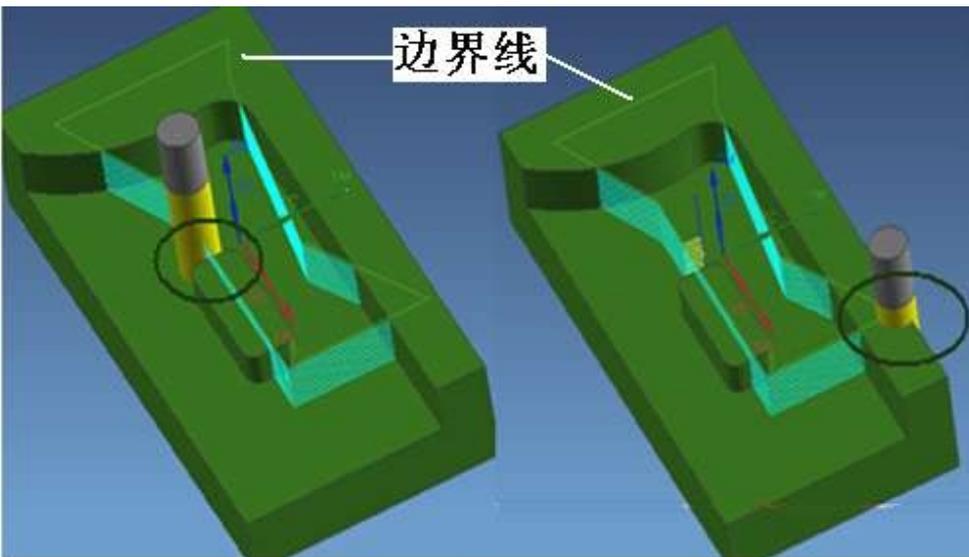


图2

▲5, 点击创建图标创建平面铣操作（按图中参数设置，没刀具的可自己创建一把直径为 8 的平底刀），点击确定进入平面铣对话框（上图 1 所示），点击生成刀路图标, 弹出报警信息对话框→“未指定部件与毛坯几何体。”，同时我们可以看到几何体的是熄灭状态。到这里我们便有所迷惑，我们明明、刚刚在 WORKPIECE 中定义了零件几何体和毛坯几何体，为什么在这里

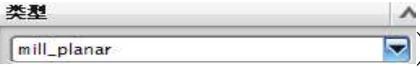
会出现这样一个报警呢？难道这个平面铣操作不能从它的父级组 WORKPIECE 中继承信息吗？**这就是：平面铣加工的特点——零件几何体、毛坯几何体、修剪几何体、检查几何体都必须由边界来定义而非实体模型来定义，或者换句话说与三维实体没有关系，它的刀轨不依赖于实体模型。**仔细观察（上图 2）所示——就会发现刀路只与所定义的边界有关，而不管过切不过切零件。仔细观察这个平面铣对话框：零件几何体→对应着指定零件边界、毛坯几何体→对应着指定毛坯边界、修剪几何体→对应着指定修剪边界、检查几何体→对应着指定检查边界。再进一步：点击相对应的图标，都弹出一样的“边界对话框”（下图 3）所示，即是要你定义边界而非实体的几何体。



图3

那么我们不仅要问 WORKPIECE 在这里是不是没有用处？我们说：在这里 WORKPIECE 定义与不定义不影响刀轨的生成与否，它在这里主要起一个 2D 动态模拟作用以及刀路生成后的刀路过切检查，**假如不定义 WORKPIECE 就不能进行动态模拟、就不能进行刀路过切检查。**所以说 WORKPIECE 在平面铣 2D 加工生成刀路中没有实际的意义，WORKPIECE 它在 3D 加工中才有真正的意义。我们在前面的课程中多次强调要在 WORKPIECE 中来定义几何体，就是为了不至于引起混乱，因为在一个实际工件加工中，不仅要用到平面铣 2D 加工，还要用到其他的 3D 加工方式，假如有的定义在 WORKPIECE 下，有的不定义在 WORKPIECE 下，就会混乱，就会出错。所以我们一再强调，不管你用到用不到 WORKPIECE，你都要用 WORKPIECE 来定义几何体，大家要养成一个习惯。

## 第 2 节：创建平面铣操作（案例反映出的问题）：

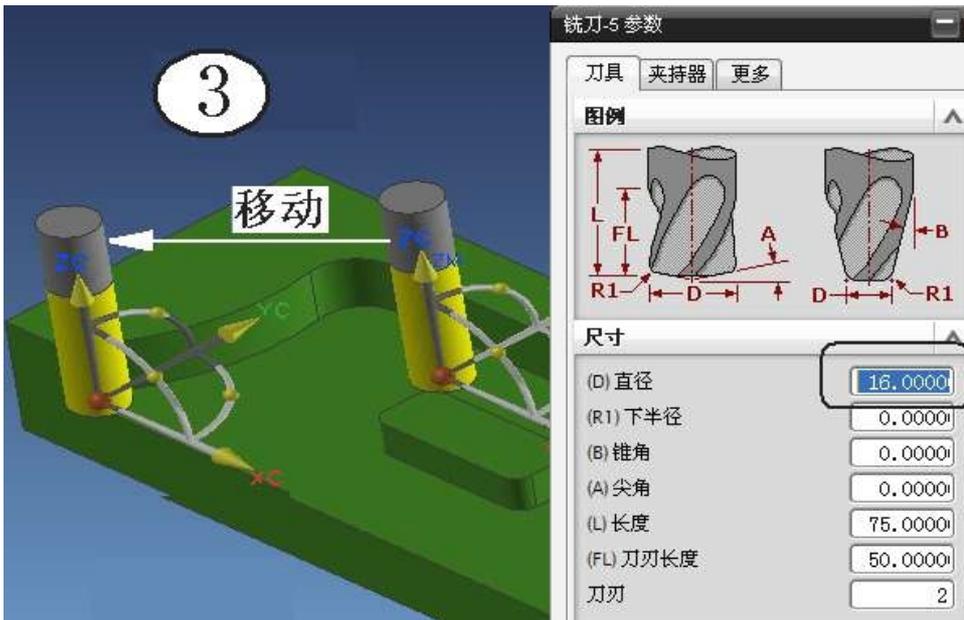
(注意是选择：类型为 )

由前面的知识我们知道，任何一个操作都是来收集四类加工信息的：程序信息、刀具信息、加工方法信息、几何体信息。而其中只有刀具、几何体是加工必须的参数，那我们就具体来看一下在平面铣中如何收集这些信息的。

第一步：打开部件 lizi\plan002, 进入加工环境后，定位 WCS 到工件中心最高点并使加工坐标系 MCS 与之重合。定义安全平面为最高面的 Z=20, 并在 WORKPIECE 中定义好零件几何体和毛坯几何体（自动块）。

第二步：点击创建操作图标弹出创建平面铣操作对话框，按图中设置好程序父级组、加工方法父级组、几何体父级组，刀具不用管它。并选择操作子类型中的第四个图标 PLANAR\_MILL（下图①所示），单击  或按下鼠标中键进入平面铣对话框。





第三步：首先来定义加工所用的刀具，经过测量我们决定使用直径为 16 的平底刀（以后我们会创建自己的刀库，到时直接调用即可，不用临时创建）。在对话框中点击‘几何体’收起对话框，再次点击‘刀具’展开对话框(上图②所示)，点击创建刀具图标，弹出定义刀具对话框定义 D16 的刀具（上图③所示），输入数字 16 后按下键盘上的 Enter 键，刀具立即显示在视图中。同时在刀具上出现动态的临时指示坐标轴，点住原点位置或者直接点击零件上的某一位置，可以自由拖动刀具到零件的任何位置进行查看，查看刀具在某些区域大小是否合适，这是新版本的增强功能。这一步定义了刀具信息，下面我们再来定义加工几何信息。

第四步：定义加工几何信息就是你要告诉系统你要加工什么？你要加工那里？即是你要加工的范围。下面我们就来划定加工范围，不是让刀具满世界的乱跑。点击指定部件边界图标，弹出边界几何体对话框→在模式中选择曲线 / 边→弹出创建边界对话框→按图中所示设置(注意一定要与图中设置一样才行)，并用鼠标左键**依次按顺序**选择图中的边缘线（下图 1 所示），这样我们就创建了一个边界范围。 2 次回到平面铣对话框。点击生成刀轨图标，出现报警信息对话框，提示没有定义底平面。点击定义底平面图标，弹出平面对话框，按图中设置左键点选最底面（高亮显示的）（下图 2 所示） 完成。再次点击生成刀轨图标，刀轨成功生成。（下图 3 所示）



图1



图2

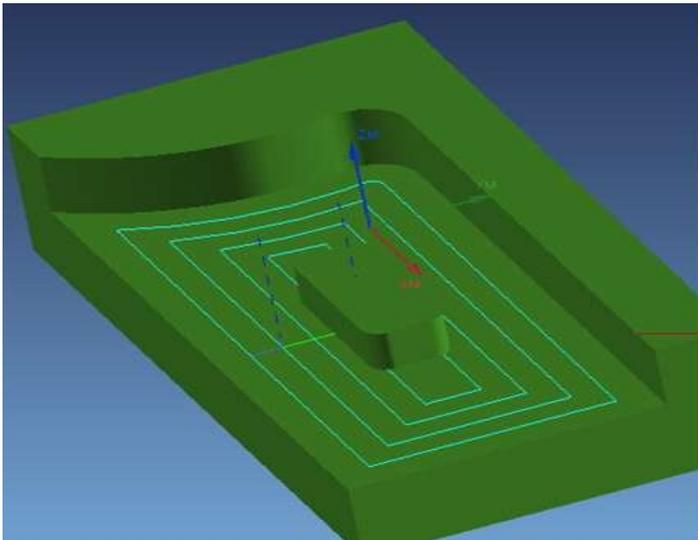


图3

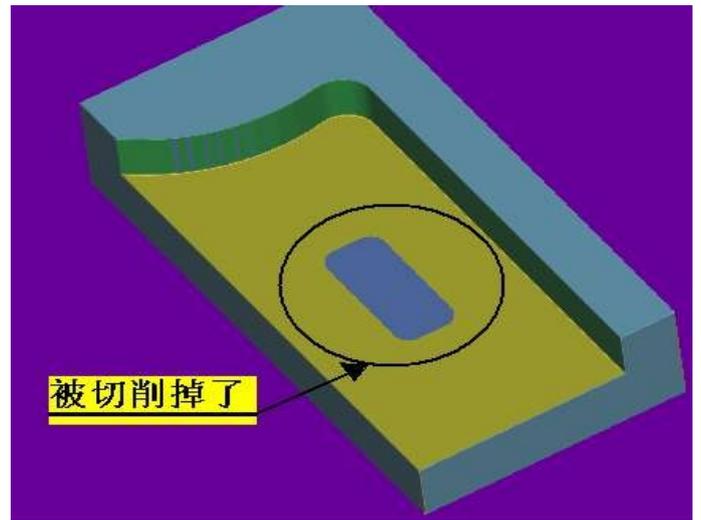


图4

第五步：模拟仿真：点击对话框中的图标，在弹出的对话框中切换到 2D 状态，点击播放按钮开始模拟，生成模拟结果如（上图 4）所示。可以看到零件中的小凸台被切掉了！

由上例：首先知道：这也是我们前面讲过的东西，即：任何一类操作都必须具备四类基本的信息——程序信息，它只不过决定我们输出程序的顺序而已，而对于具体的操作是否生成刀轨没有影响。我们都习惯在创建操作之前就已经指定这个操作要放在哪个程序组下，所以我们不会在这个

问题上花费太多的精力。同样对于加工的方法我们通常是在具体的操作中定义加工的余量和公差，所以我们也不会在这个问题上花费太多的精力。对于刀具我们在前面的操作中已经看到是在操作中临时定义创建的，刀具是不论那种操作都是必须要进行定义的。这三类基本信息都是很容易创建了，所以我们要面对的、需要花费精力的唯一的一个问题就是定义加工几何体的问题。对于UG来讲不论是平面铣或是型腔铣或是固定轴轮廓铣或是钻孔操作等，**所要面对的首要问题便是如何定义加工几何体的问题。**而相对于每一种操作加工几何体的定义方法不尽相同。就平面铣而言它是使用通过边或者曲线创建的**边界**来确定加工的区域——即定义加工的几何。那么什么是边界呢？边界又如何创建呢？

### 第3节：首要的任务——认识边界：

在平面铣对话框中的5类几何体，除底平面外点击任何一个图标都弹出一样的对话框即——‘边界几何体’对话框，这说明这4类几何体的定义都是要用边界来定义。我们就来认识一下边界：

#### 1， 四种方式来生成边界：

即在对话框中‘模式’——面、曲线/边、点、边界四种方式选择。其中面、线模式功能强大，是常用的模式。点模式简单快捷。而边界模式不推荐使用。

#### 2， 边界的2个核心概念：

①材料侧：这是真正理解边界的关键概念。所谓材料侧是你所定义的边界的某一侧的材料是将被去除的或是被保留的。根据其 所扮演的几何体类型不同而有所不同。

具体的讲：作为部件边界使用时——其材料侧是为保留部分；作为检查边界使用时——其材料侧是为保留部分；

作为毛坯边界使用时——其材料侧是为切除部分；作为修剪边界使用时——其材料侧是为剪掉部分；

②边界平面：即生成的边界所在的平面，因为边界都是一种平面线，必须在一个平面内。而这个平面决定其高低位置。这个很重要，它的高低位置决定着刀具开始加工的位置。其生成方式有：自动和用户定义，一般情况下都是自动，当我们需要的时候用用户定义方式来调整。

#### 3， 通过案例实际操作练习来理解上述概念——注重体会这两个核心概念的要领：

继续前面的案例：在前面的这个案例中，是一个最原始的刀路，很明显地这个刀路把工件中心的凸台给铣掉了，怎样不过切这个小凸台呢？练习下面的操作：

第一步：追加一个零件边界：点击创建/编辑部件边界图标→弹出编辑边界对话框→点击附加→弹出边界对话框选择曲线/边模式→弹出创建边界对话框按图中设置（注意材料侧的设置为外部）（下图 1 所示）——→在图形区选择小凸台底部轮廓线（下图 2 所示），点击确定按钮 3 次回到平面铣对话框，点击生成刀轨按钮生成刀轨，在屏幕空白处单击鼠标右键→渲染样式→静态线框模式进行查看，我们发现刀轨在小凸台内部生成（下图 3 所示）。很明显这是错误的，这就是材料侧定义错误，下面我们进行加以改正。



图1

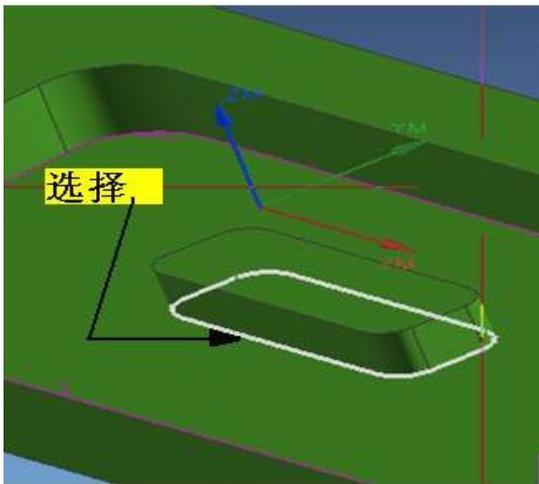


图2

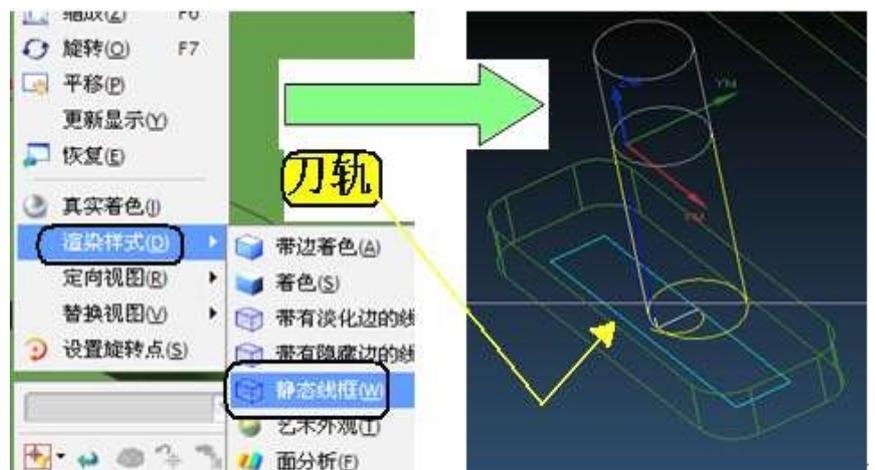


图3

第二步：再次点击创建/编辑部件边界图标  → 弹出编辑边界对话框点击黑色箭头  切换到凸台边界（颜色变白高亮），修改材料侧为内部  如下图 4 所示（意思就是要保留内部加工外部），点击确定回到平面铣对话框，再次点击生成刀轨按钮  生成刀轨，可以看到这次正确的生成了刀轨——加工了整个底面且避开了凸台位置。生成的刀轨见(下图 A)所示：

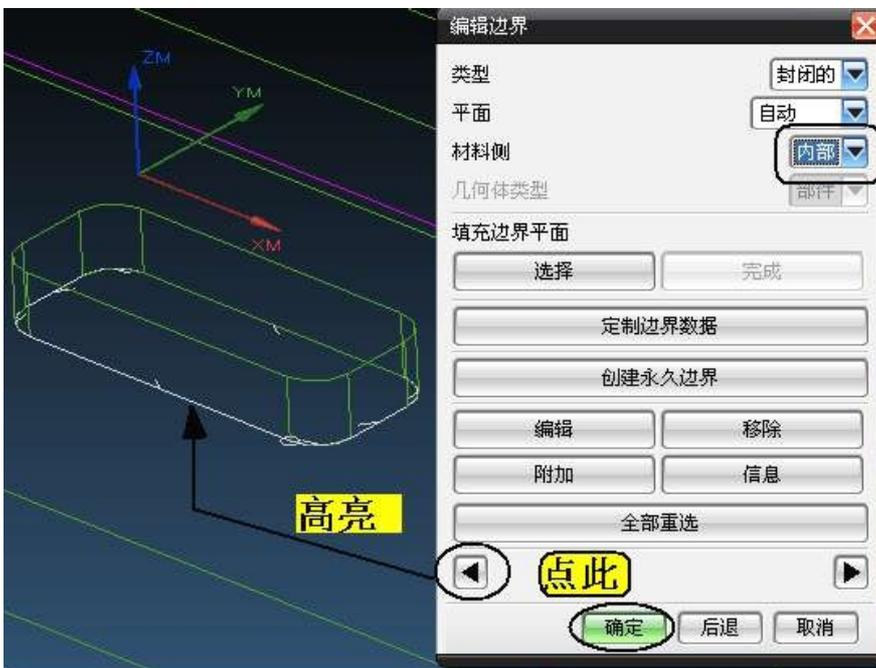
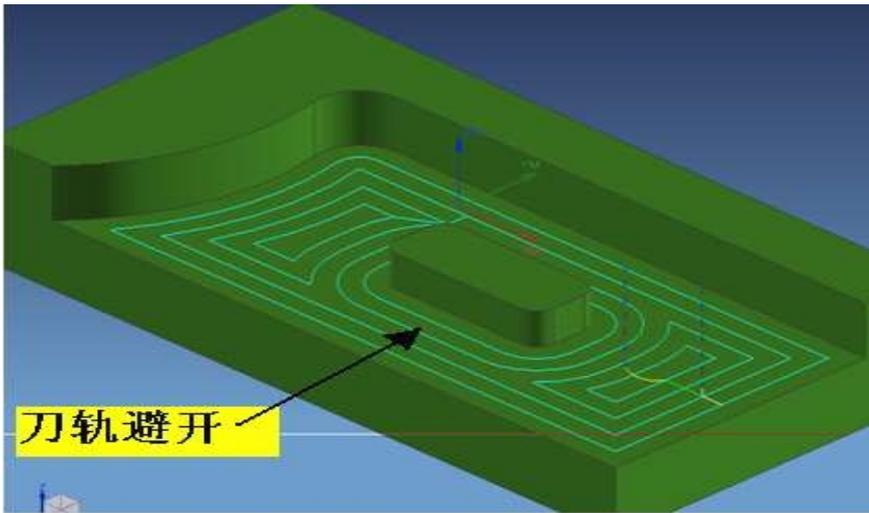
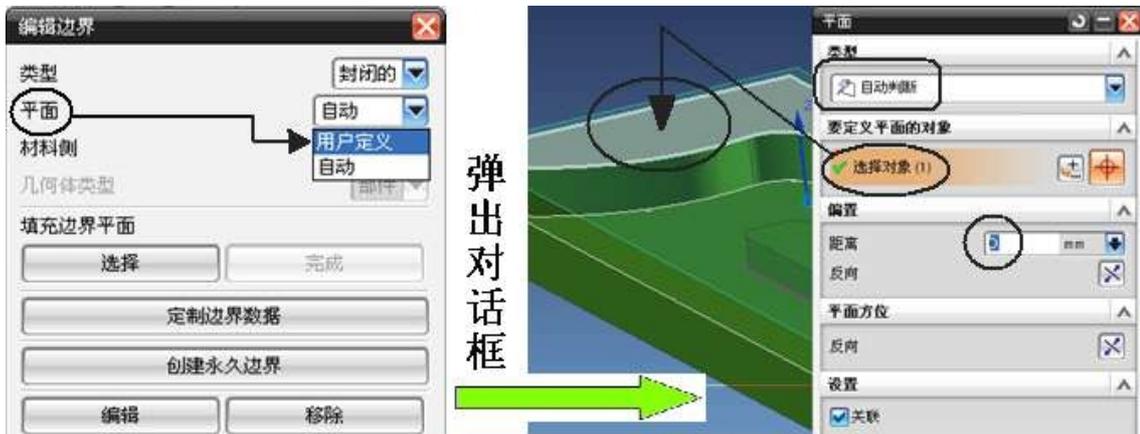


图4

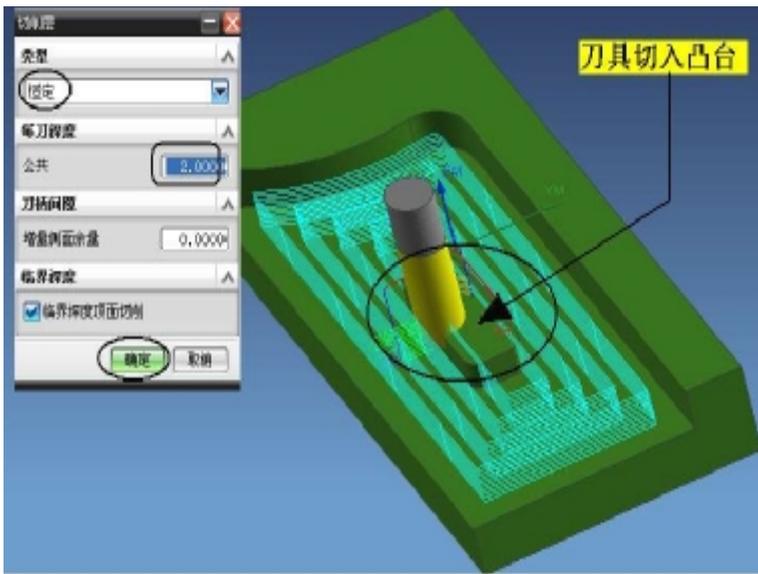


图A

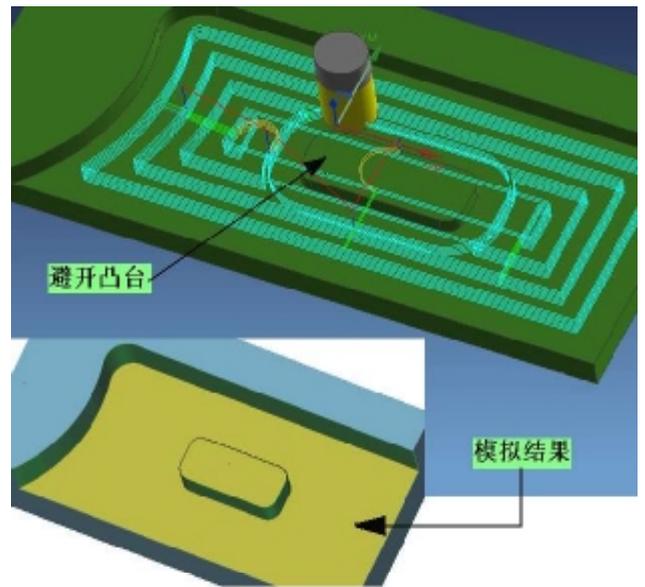


图B

第三步：到这里我们又发现一个问题：假如这个工件是一块方料，要做整体的粗加工，这样的刀轨是不行的，那么我们怎样来实现多层切削的粗加工呢？练习下面的操作：再次点击创建/编辑部件边界图标→弹出编辑边界对话框点击黑色箭头切换到工件底部外轮廓边界(变白色高亮)，在此修改边界平面：点选‘用户定义’选项→弹出平面对话框：自动判断方式、偏置为0，鼠标左键点选零件最上表面(上图示B)。确定2次回到平面铣对话框，展开“刀轨设置”定义区，点击切削层图标弹出切削层对话框按图中设置每刀深度为2mm(下图C所示)，点击生成刀轨按钮生成刀轨，可以看到这次生成了我们想要的多层刀轨。粗加工了整个零件(下图C所示)。但我们发现小凸台又被铣掉了(下图C所示)。我们再做进一步的修改。



图C



图D

第四步：这一步是把小凸台底面的边界也提升到凸台的上表面位置：再次点击创建/编辑部件边界图标→弹出编辑边界对话框点击黑色箭头切换到凸台底部边界（变白色高亮），修改边界平面点选‘用户定义’选项→弹出平面对话框，自动判断方式、偏置为0，点选小凸台最上表面。确定2次回到平面铣对话框，点击生成刀轨按钮生成刀轨，可以看到这次生成了避开凸台位置的多层刀轨。粗加工了整个零件且加工出了凸台。见上面（图D）所示。

第五步：我们再次修改工件底部外轮廓边界的材料侧为‘内部’（具体修改步骤自己操作练习，不会的参考前面步骤）（下图①所示），再次生成刀轨这时弹出报警对话框（下图②所示），系统不给生成刀轨。再次修改成‘外部’（因为要加工边界内部所以应该选择保留外部），由此你也许明白材料侧的意义所在。



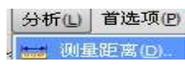
注：这个练习重点在于领会材料侧与边界平面的意义。

4, 边界被赋予的各种角色意义: 边界可以成为部件边界、毛坯边界、检查边界、修剪边界。其意义就是前面所说的即是:

作为部件边界使用时—其材料侧是为保留部分; 作为检查边界使用时—其材料侧是为保留部分; 作为毛坯边界使用时—其材料侧是为切除部分; 作为修剪边界使用时—其材料侧是为剪掉部分; 在这里我们就是要看一下它们的具体含义, 以及要揭开, 要明了一个十分重要的问题——这个问题可以说是平面铣的精髓部分。 还是通过案例练习来进行说明和学习:

第一步: 打开部件 X 盘: \lizi\plan004.prt 并进入加工环境 (下图①所示) ⇒ 定义工作坐标系

WCS 到工件的中心的最高点: ①做辅助线: 本次采用做辅助线的方法来定义坐标系 (你们也可以采用以前教过的方法, 这里只是为拓展一种新的方法而已): 点击主菜单栏中 [分析] →

 测量距离 → 弹出测量距离对话框 (注意在对话框中的设置) (下图②所示), 在工件上

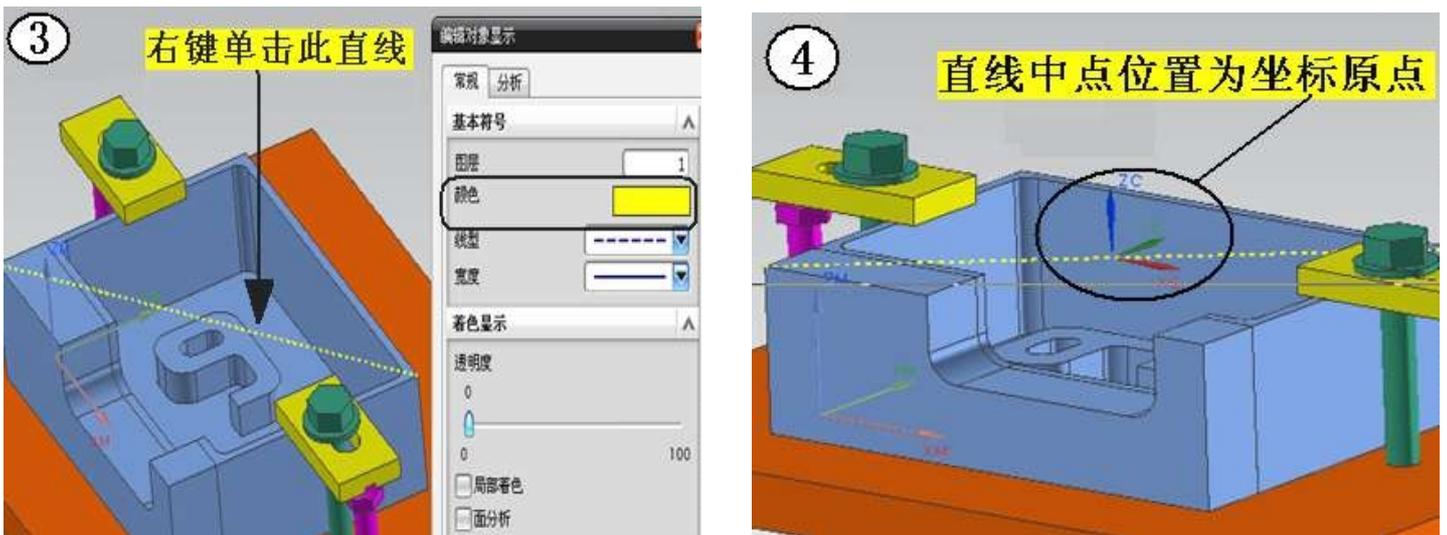
表面创建一条对角线。右键单击刚创建的直线 → 在弹出的菜单中选择 “编辑显示” → 点击颜色框改变颜色显示为黄色 (下图③所示); ②对角线的中点为坐标原点: 格式 → WCS → 原点弹出点对话框,

鼠标左键选择直线中部系统自动选择到直线的中点位置 (注意点捕捉都已打开状态 ) → 此时出现预选黄色点点击此点并确定。此时 WCS 就移动到了此位置 (下

图④所示); ⇒ 使加工坐标系 MCS 与 WCS 重合: 在操作导航器几何视图中, 双击  MCS\_MILL 弹出

机床坐标系对话框, 点击  图标弹出 CSYS 对话框, 选择参考为 WCS,  确定 2 次退出对话框。

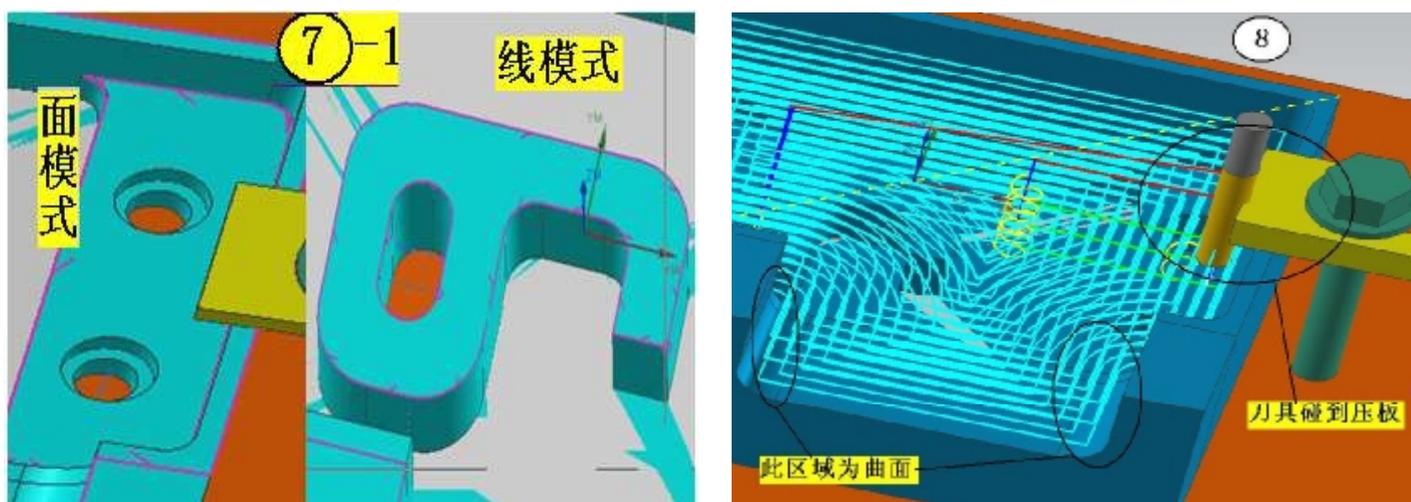
这一步定义完成加工坐标系。



第二步：定义 WORKPIECE：在操作导航器几何视图中双击 WORKPIECE 弹出铣削几何体对话框，在这里分别指定零件和毛坯：点击零件图标  选择图形区浅蓝色工件（除压板和底板外——因为这里零件并非一个“体”而是一个组合零件，要分别选择蓝色部分）（下图⑤所示），点击毛坯  图标用自动块方式确定毛坯几何体。



第三步：先创建一把名为 D10 刀具直径=10 的平底刀（步骤省略），然后点击 创建平面铣操作，按图中设置相应的父级组（上图⑥所示）→弹出平面铣对话框：①先定义零件边界：点击图标 →选择 **点模式** 生成边界方式，在图形区选择零件上表面轮廓线的角点（材料侧选择外侧，因为要加工轮廓线内部）（上图⑦所示），此选择是明确加工的大范围，然后再进一步的细化即分别定义腔体内的 2 个凸台边界：使用默认的 **‘面’选择模式**，直接点选零件内部的带有圆孔的凸台（注意先勾选  穿孔），材料侧为内部）。不要按确定退出，继续切换为 **曲线/边模式**，选择腔内 6 字型上表面轮廓线，注意材料侧的选择—外轮廓线为内侧、内轮廓线为外侧如（下图⑦—1 所示）。确定 3 次后退回边界对话框，至此零件边界定义完毕。

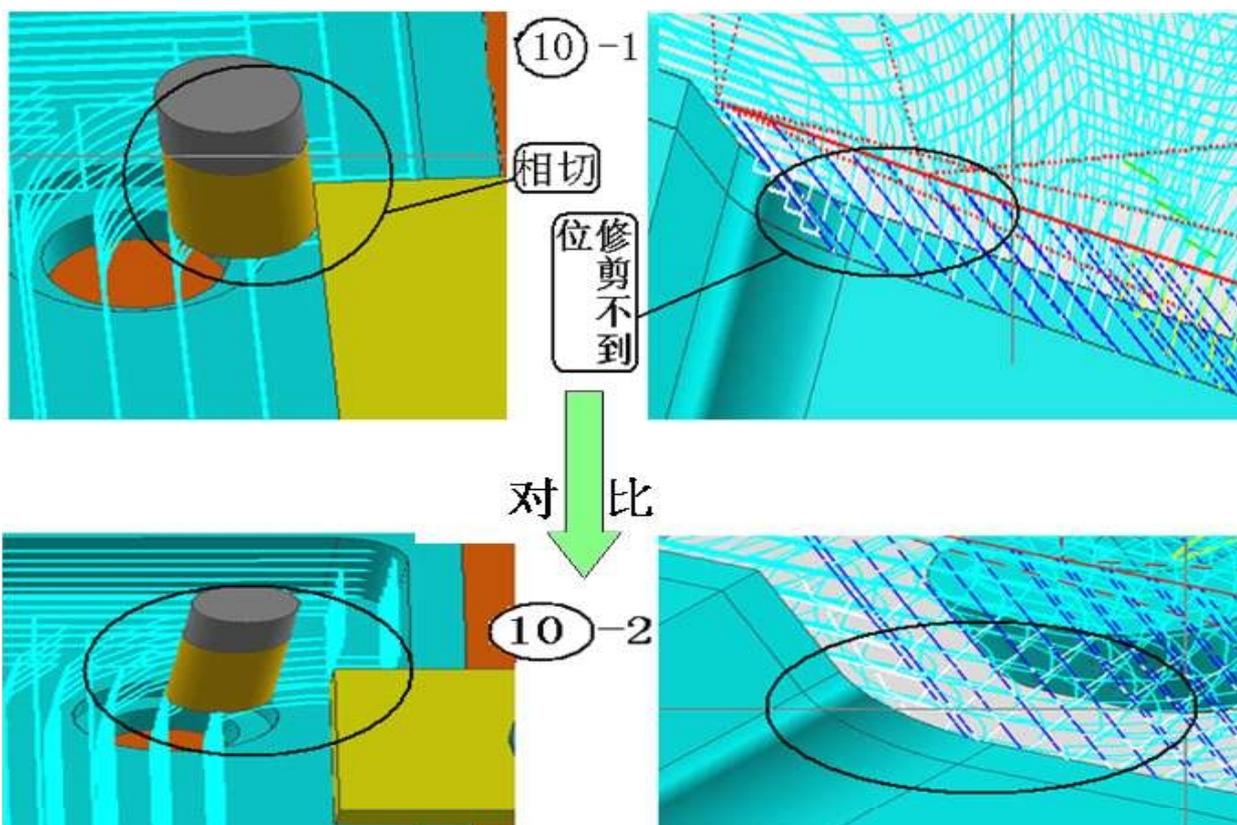


②生成原始刀轨：定义底平面点击图标 ，直接在图形区选择腔体内最底面即可。点击 收起几何体定义区、点击 **刀轨设置** 展开定义区点击图标 定义切削深度为：**恒定**、**每刀深度** 为 8，

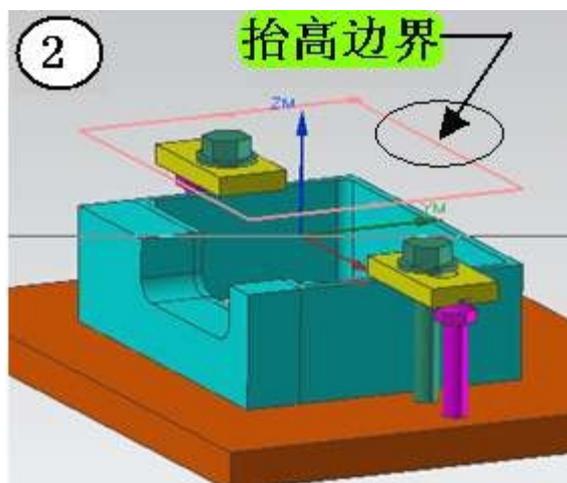
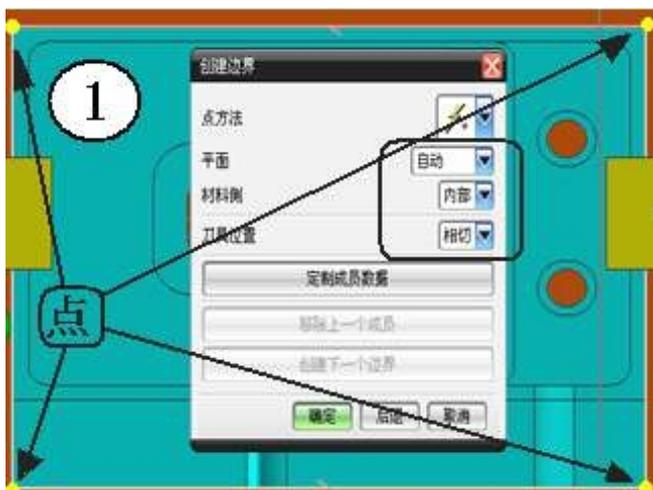
确定后生成刀轨（上图⑧所示）。很明显刀具碰到了压板、还有加工了不该加工的部分。实体模拟后的结果也能显示出来。下面我们进行修改——

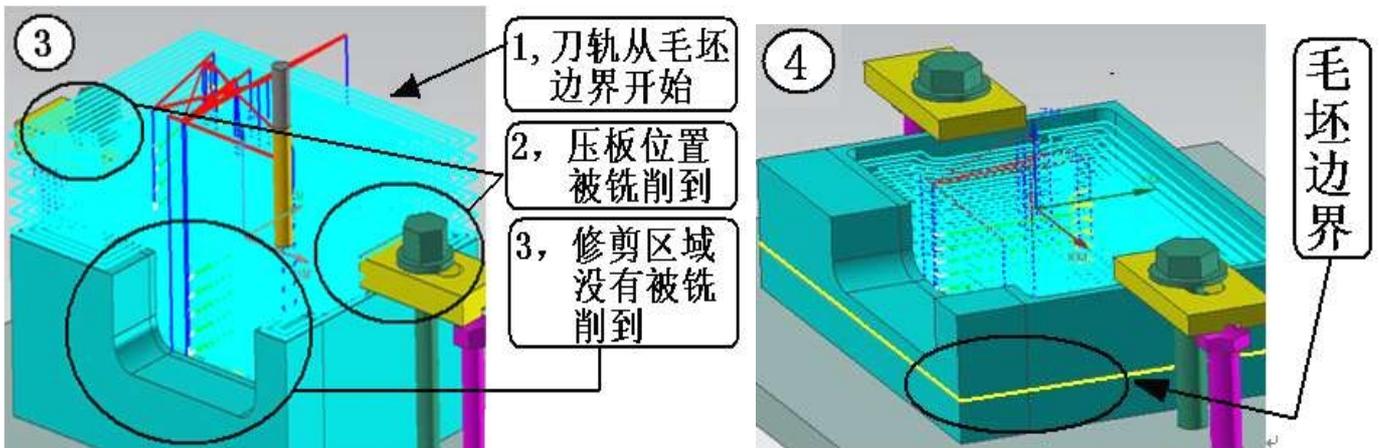
③使用检查和修剪边界：在平面铣对话框中几何体定义区点击检查边界图标→弹出边界几何体对话框，使用默认面模式且在忽略孔、忽略岛打上勾→在图形区选择两个压板上表面后（下图⑨所示）。确定回到平面铣对话框。至此定义完检查边界。下面继续定义修剪边界修剪掉不需要的刀路：点击修剪边界图标→弹出边界几何体对话框，选择使用点模式，设置为材料侧内部、平面自动。把图形放到俯视图，选择图示中的位置（下图⑩所示），确定2次退出回到平面铣对话框。至此定义完修剪边界，点击生成刀轨图标生成刀轨，仔细观察生成的刀路。发现刀路已经避开了压板位置，且在曲面区域的刀路已经修剪掉（下图⑪）所示。**虽然避开了压板位置但是避让了多少？**——观察放大的图示发现刀具与压板正好相切。再观察修剪部分仍有少许的刀路在这个区域（放大图示：为图⑩-1）。分别编辑修改这两个边界：点击其相应的图标进入编辑边界对话框，点击定制边界数据勾选余量填入余量值余量 5.0，回到平面铣对话框再次生成刀路（图⑩-2所示）。观察刀路情况已达到了目的。





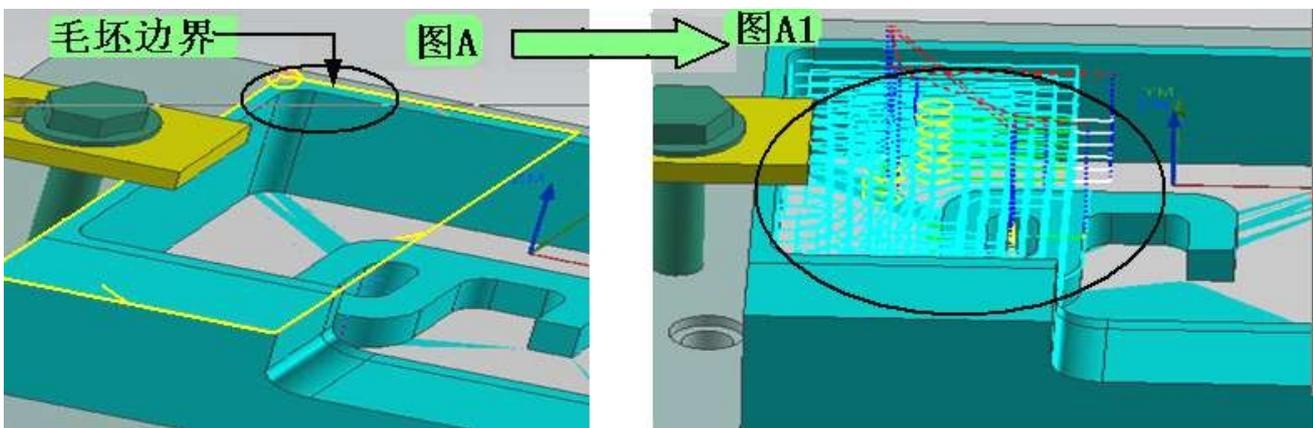
④毛坯边界的使用：通过上面的练习我们基本上明白了各种边界角色的用法，下面我们看看毛坯边界的使用情况：点击图标同样弹出边界几何体对话框，选择点模式选择工件的四个角点(下图①所示)生成毛坯边界。回到平面铣对话框后，再次点击图标进入编辑状态，把毛坯边界的平面提升到上表面的Z=50mm处（见下图②所示），再次生成刀轨并仔细观察（下图③所示）。可以发现以下几点：

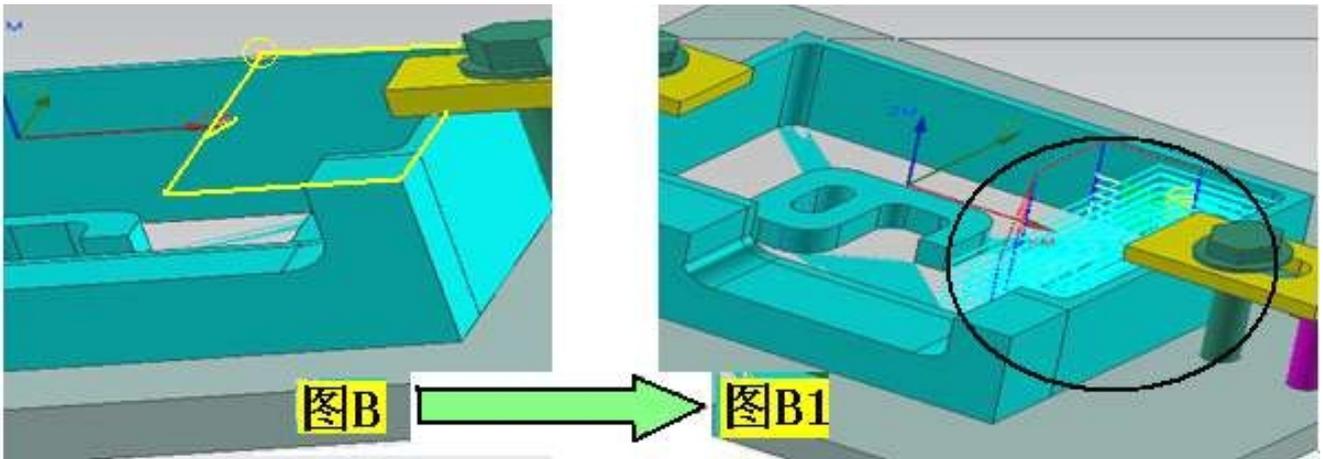




※1, 修剪边界的上方没有刀路产生一直管用, 而检查边界上方有刀路产生一直加工到压板上表面后, 才避开压板。这就是修剪边界与检查边界的区别所在。

※2, 刀轨从毛坯边界平面处开始生成, 而再不是从零件边界平面处生成了 (如上图③) 所示。再进一步我们把毛坯边界降低到凸台位置 (自己操作) 结果显示为 (上图④所示) 黄色线为毛坯边界, 发现刀路并没有从凸台位置开始铣削, 即没有从毛坯边界处进行加工。我们再进行一个如下 (图 A、图 B) 的毛坯边界并分别生成的刀路如 (图 A1、B1), 发现刀路只在毛坯边界范围内生成。这是为什么呢? 这里揭示出几个重要道理:





$\Sigma 1$ ——→ 把毛坯边界抬高刀路从毛坯边界处生成，把毛坯边界降低刀路不再从毛坯边界处生成说明：刀路仅从零件边界或毛坯边界最高边界平面处生成，即刀具在所定义的最高部件边界平面或毛坯边界平面处开始加工。

$\Sigma 2$ ——→ 从边界平面处开始加工，按照边界的形状一层一层加工到指定的底平面位置——即加工的最低位置。即刀轨从最高零件或毛坯边界面开始到底平面结束。如果边界平面与底平面处于同一高度即同一平面时，就只能产生一个切削层的单层刀轨；如果边界平面高于底平面，加之切削深度的定义（即在切削层选项中定义的每刀深度），就会产生多层的刀轨，从而实现分层切削。

$\Sigma 3$ ——→ 图 A、图 B 揭示出毛坯边界也是定义切削范围的，那么它与零件边界有何不同呢？这个问题就是大多数人搞不清楚的问题，这也是大多数人觉得平面铣难学的原因，这也是很多 UG 使用者不愿用平面铣的原因。正确的理解二者的关系，是掌握平面铣的精髓所在。

第一点：二者都能定义切削的加工范围，这是共同点。

第二点：二者的作用和加工目的不同，其表现在两方面：

①：零件边界定义加工范围时，它的目的就是告诉系统——刀具不能超出这个范围，仅限在此范围内加工，所以当零件边界定义范围时一个突出的特点就是：进刀或退刀都在此所划定的范围内。而用毛坯边界定义范围时，

它的目的就是告诉系统——这里有一块材料，刀具你要把它给做干净去掉。所以当毛坯边界定义范围时一个突出的特点就是：进刀或退刀都基本上在此所划定的范围外进行。

②：零件边界定义不仅能定义加工的范围还能定义最终的几何体形状：具体的说就是：刀具你不能超出这个范围，仅限在此范围内加工，而且在此范围内你不能碰到所定义的具体几何体形状（例如图示中的凸台）。这当然是靠定义材料侧决定的，一旦你定义错误材料侧就会发生过切。而毛坯边界不能定义零件的具体几何体形状，它的材料侧只能是内侧。

#### 第4节：如何定义加工几何体：

1，平面铣中的5种几何体：

通过上一节的简单案例学习，我们认识了边界以及边界被赋予的几何体意义——边界几何体：在平面铣操作对话框中‘几何体’栏中，共有5种边界几何体：它们分别是：

 指定零件边界——指的是加工完成后零件的最后保留形状，即通常来讲在电脑屏幕中的三维模型。

 指定毛坯边界——指的是将要被加工的要去除的材料。即把这些材料去除后而得到最终的零件形状。我们所有操作的目的是来去除这些多余的毛坯材料的。

 指定检查边界——指的是刀具不能碰撞的、需要避开的切削的区域。一般常指压板或工装夹具位置。

 指定修剪边界——指的是指定刀轨被修剪的范围。一般常用于要加工某一区域或是某一区域不希望被加工的情况。

 指定端面——指的是加工的最低限度平面。这是在平面铣中唯一一个不是用边界来定义的加工几何。

在这里我们不仅要问：这5种边界几何体我们是否都需要进行定义呢？通过上面这些简单的概念表述以及上一节的案例学习，我们很容易地分析出它们的使用情况：

修剪边界几何体：如果我们不需要修剪刀路，是需要加工整个工件，那么很自然的就不需要来定

义它，由此我们应该知道修剪边界几何体不是要必须定义的，它是根据是否需要来进行定义的。

检查边界几何体：我们要加工整个工件，且不是使用压板或夹具来固定工件，而是使用底板把工件固定在铣床床面上，那么就没有要干涉的地方，所以就不必设置避开的区域。由此我们应该知道检查边界几何体不是要必须定义的，它也是根据是否需要来进行定义的。

底平面：在前面的操作案例学习中我们知道：刀轨从边界平面处开始加工，按照边界的形状一层一层加工到指定的底平面位置—即加工的最低位置。即刀轨从最高零件或毛坯边界面开始到底平面结束。如果边界平面与底平面处于同一高度即同一平面时，就只能产生一个切削层的单层刀轨；如果边界平面高于底平面，加之切削深度的定义（即在切削层选项中定义的每刀深度），就会产生多层的刀轨，从而实现分层切削。如果我们不定义底平面，系统就不知道加工到什么位置结束，所以就会出现报警信息（如下图①所示），就不会生成刀轨，所以必须定义底平面。



部件边界几何体：从其概念中我们很容易知道，这个几何体是要必须进行定义的，不然的话系统怎么会知道要加工什么？要加工什么形状呢？这个容易理解。

毛坯边界几何体：在实际加工中必有一个实际的毛坯存在，加工就是要把毛坯材料合理的去除而得到成形零件的过程。这么看来毛坯边界几何体也是要必须定义的了。然而事实上在前面的案例中我们并没有定义它（只有在讲到毛坯边界的时候才定义的）。平面铣照样产生了刀路。说明毛坯边界几何体可以不被定义即不是必须要定义的。

I，如果部件边界几何体和毛坯边界几何体都不进行定义的话，系统就不知道要加工什么，更不知道要从哪里开始加工，所以会出现（上图②所示）的报警信息。

II，指定了部件边界几何体或毛坯边界几何体或二者都定义了，如果材料侧指定错误的话就会出现（上图③）所示的报警信息。

※※通过上面的报警信息说明：图②：系统不知道加工的范围，所以让你指定部件和毛坯几何体，即是让你指定加工的范围。

图③：虽然定义了加工范围，但系统不明确所指定的加工范围，

所以不知道要切削的材料在哪里？

所以要创建一个成功的平面铣操作，进入对话框后，所必须要做的就是：

第一步：必须指定要加工此工件本操作所需要的刀具（临时创建或事先指定从父本组继承或从刀库调用等方法）

第二步：毫无疑问的先指定必须的底平面

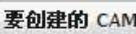
第三步：指定明确的加工范围（在这一节里我们要给出一个好的方法）

第四步：根据是否需要定义相应的检查几何体或修剪几何体

第五步：根据工件的实际情况调整细节参数。

2，反映平面铣精髓的经典案例学习：

本节通过一个典型的案例来讲解如何定义平面铣所需的几何体，以及一些相关的参数设定，仔细学习并体会这个案例：

①打开文件 X 盘:\lizi\ping\_mian.prt 的文件，并进入加工环境  为  要创建的 CAM 设置 为 ，确定或中键确认进入加工环境。

②先隐藏压板和毛坯体：按下键盘上的 Ctrl+B 组合键出现类选择对话框，点击类型过滤器图标 ，弹出  对话框选中  后确定退出。在图形区选择压板和毛坯体，确定并退出。此时在图形区仅可见要加工的工件。

③建立加工坐标系 MCS 并与 WCS 重合，定位在工件中心最高点位置，指定安全平面为 Z=20。并在 WORKPIECE 中定义零件和毛坯几何体。建立过程和具体方法前面有详细的讲述，这里不再详述。

④创建 2 把平刀直径分别为 D=25 和 D=10，以便后续操作使用。在刀具视图中可以清楚的看到这 2 把刀具。具体的创建方法我想大家应该很熟悉了。

⑤点击图标  创建平面铣操作，按（下图 1 所示）中设定，确定进入创建操作对话框，首先检验父级组的继承是否准确——即是否与（图 1）的设置相同。点击  展开定义区查看使用的几何体是否为 WORKPIECE，再次点击  收起定义区；点击  展开定义区查看使用的刀具是否为 D=25，再次点击  收起定义区；点击  展开定义区查看使用的加工方法是否为

MILL\_ROUGH 粗加工，再次点击 **刀轨设置** 收起定义区；点击 **程序** 展开定义区查看使用的程序组是否为 PROGRAM，再次点击 **程序** 收起定义区。查看完毕发现系统准确无误的继承了信息。下图 1 所示。



图1

⑥这一步开始定义加工所需的几何体：首先定义毫无疑问的底平面几何体，以决定要加工的最深位置。点击图标  弹出创建平面对话框，用自动判断的方式直接选择图形的最底面（高亮显示），注意偏置值距离为 0，**确定** 并退出。把图形切换到线框状态点击  查看刚定义的底平面（三角平面符号）（下图 2 所示）。至此底平面几何体定义完成。

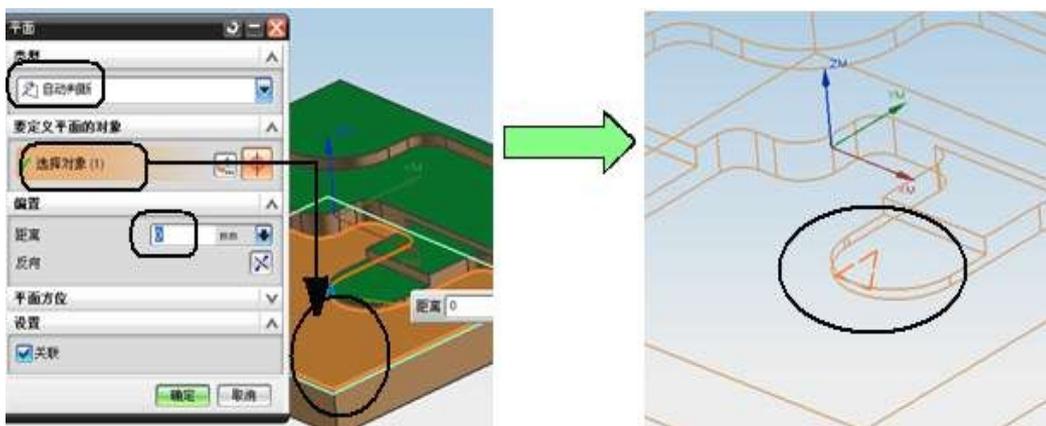


图2

⑦定义明确的加工范围：在前面我们专门讲解了零件和毛坯边界的区别，对于工件内的最终几何形状是需要用零件边界定义的，毛坯边界则不能。而对于范围的划定二者皆可，但是毛坯边界有其优势。要定义比较复杂的零件几何形状（这个零件相对来说就有一点复杂），我们要选取边界就不容易了，更别说每定义一个边界都要考虑其材料侧的问题，因为材料侧一旦定义错误，要么不产生刀轨要么就过切零件。自己先试着定义一下，看看效果如何？

**看下面的操作步骤，你就会恍然大悟、原来如此！这就是平面铣加工思想的初步展**

**现——这一步的名称为：我管它呢！**

第一步：点击创建部件边界图标弹出“边界几何体”对话框，按默认的面模式不用设置任何的参数，直接点选工件中的所有需要加工的平面（下图3）所示，自然就会生成零件各个部分的边界，并退出。**在这里你不必考虑材料侧的问题，也不必考虑边界平面的问题。让这些繁琐的问题见鬼去吧！**点击生成刀轨图标出现，没有生成刀轨，说明什么问题呢？自己先考虑一下。说明加工范围定义不明确。

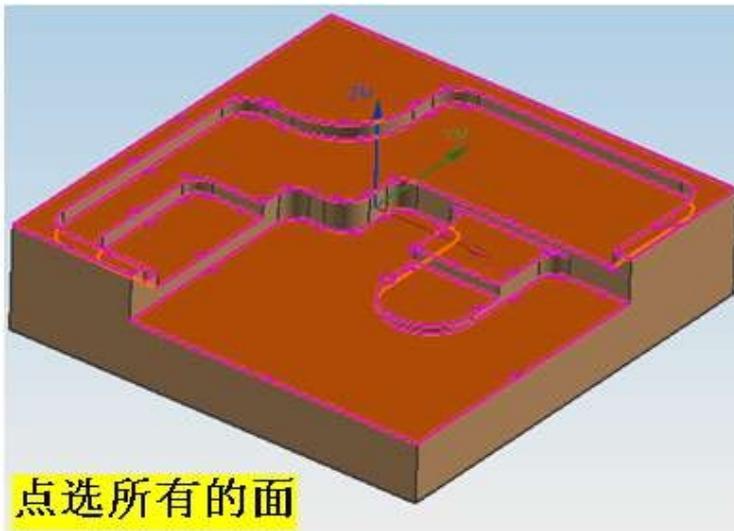


图3

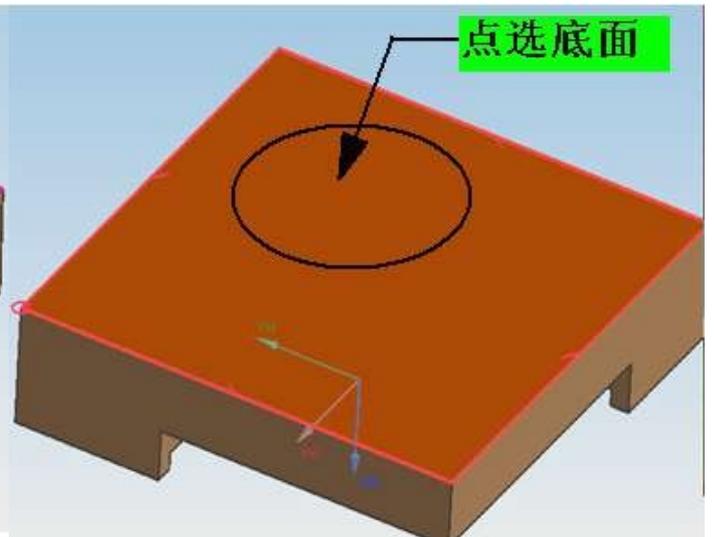
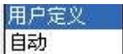
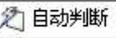


图4

第二步：点击创建毛坯边界图标弹出“边界几何体”对话框，按默认的面模式不用设置任何的参数，直接点选工件中的底面（上图4所示）生成边界，确定并退出回到平面铣对话框。再次点击创建/编辑毛坯边界图标弹出“编辑边界”对话框，修改边界平面为弹出平面对话框，

类型为  偏置距离为 ，点选零件最高面（下图 5 所示）  键 2 次退回平面铣对话框。这一步把边界抬高到最高面，要使刀具从这里开始加工。至此明确的加工范围已经定义完成。

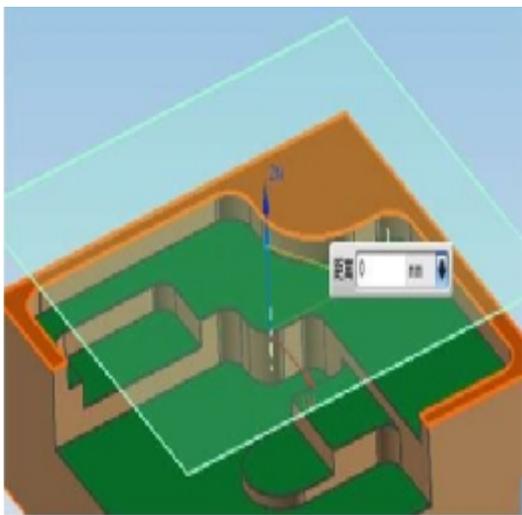


图5



图6

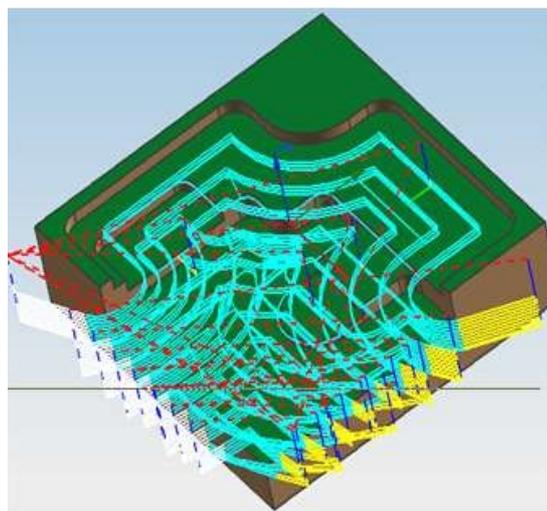
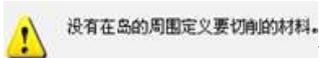


图7

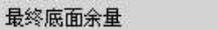
第三步; 点击生成刀轨图标  出现  不能在任层面上切削该部件 报警信息，还没有生成刀轨，但不是出现



这样一个报警，说明加工范围是明确的，不是几何体定义的问题。‘不能在任

何层面上切削该部件’就是系统不知道在每一层上要切削多少材料。所以我们要定义它：在平面铣对话框中点击  展开定义区点击图标 ，弹出切削层对话框（上图 6 所示），按照图中设置后确定键退回。再次点击生成刀轨图标 ，看成功生成了刀轨，且是从工件外进刀（黄色线部分），这个进刀方式符合实际加工的要求 （不伤刀）（上图 7 所示）。点击对话框中的刀轨确认图标 ，

转换到刀轨可视化对话框，点击 2D 状态    点击播放按钮  进行实体模拟，实体模拟后的结果如（下图 8 所示），点击比较按钮   图显示为（图 9A 所示），灰色部分就是加工后留下的余量部分，平面位置已经基本加工到位。只有侧面处没加工到

位。**修改**加工的底面余量，因为这一步我们不能加工到位。在主对话框中点击  图标弹出  对话框，切换到  选项，在这里可以看到部件余量为继承 MILL\_ROUGH 粗加工设置的 ，先解锁  后，修改  为 0.5，  完成回到平面铣对话框。再次

生成刀轨并实体模拟后的结果如（下图 9B）。注意观察图 9 中的 A 与 B 的区别——图 9B 底面也留

有了余量。

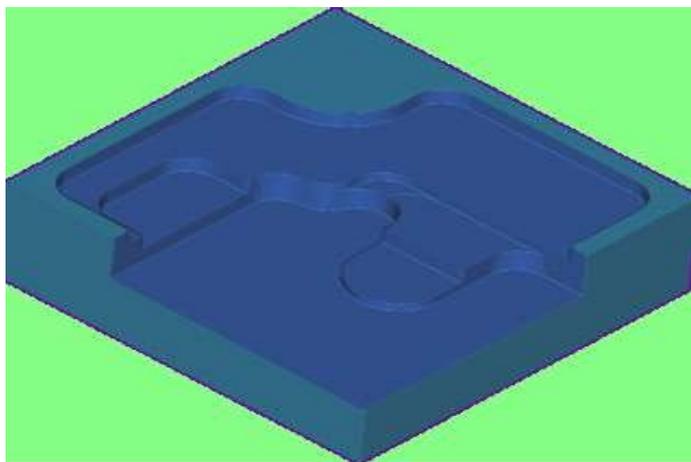


图8

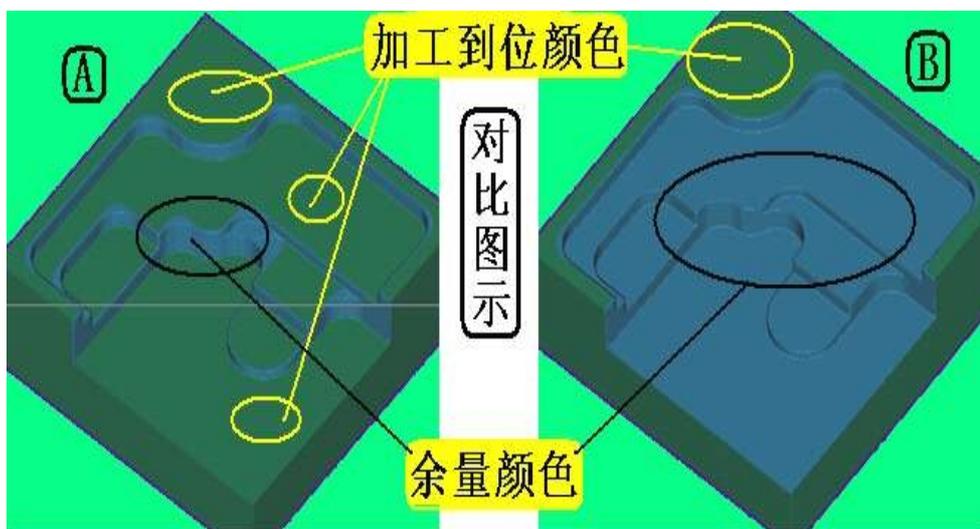
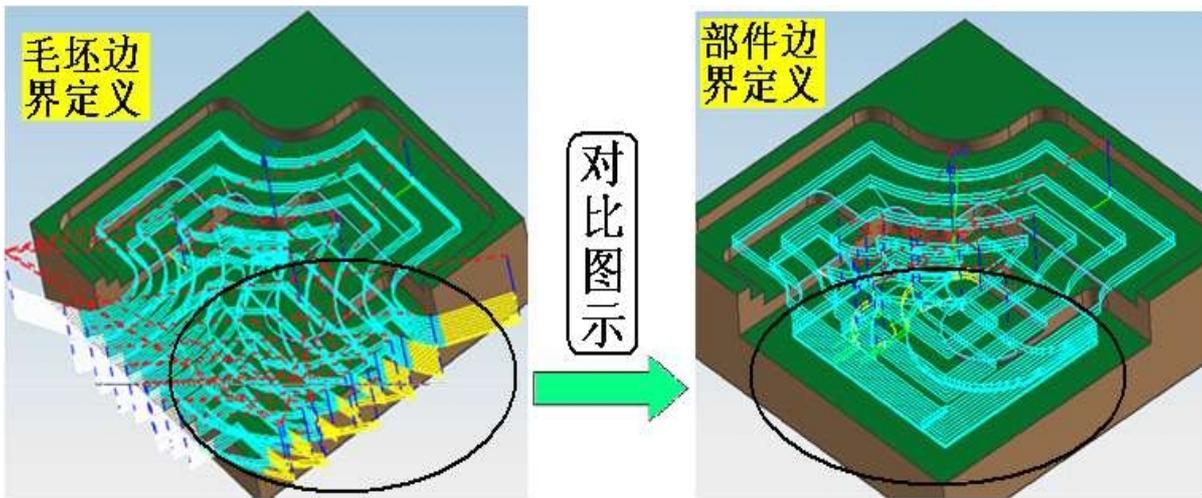


图9

**第四步：验证分析毛坯边界与部件边界的区别：**这一次我们不使用毛坯边界而用部件边界来定义加工范围，看一下效果如何：首先把毛坯边界去除掉，点击创建/毛坯边界图标弹出编辑边界对话框，点击全删按钮按钮确定键2次退回平面铣对话框，可以观察到电筒熄灭，成功删除了毛坯边界；点击创建部件边界图标弹出编辑边界对话框，点击附加按钮弹出边界几何体对话框，使用默认的‘面’模式选择工件的底面位置，材料侧当然为外侧。并把它抬高到最高面位置。点击生成刀轨图标生成刀轨，仔细观察生成的刀路，主要看与毛坯边界生成的刀路的区别（下图所示），也许你更能明白毛坯与部件边界的区别所在——即：使用部件

边界定义的刀路全在边界内生成而没有超出边界外，且所有的进退刀也都在内部。



第五步：轻松实现侧壁与底面的精加工：在前面步骤中我们已经实现了粗加工，大部分的材料已经被移除掉，这一步我们来做精加工，怎样实现呢？遵循前例步骤能轻松实现侧壁与底面的精加工：首先更换精加工需要的刀具，点击 **刀具** 展开定义区，点击黑色箭头选择 D=10 的刀具 **D10 (Milling T)**，点击 **刀轨设置** 展开定义区，在切削模式 **切削模式** 中选择轮廓的切削方法 **切削模式** **轮廓** 后，点击生成刀轨图标 **生成刀轨** 生成刀轨如（下图 10 所示）。再次在切削模式 **切削模式** 中选择零件/周边的切削方法 **切削模式** **跟随周边**，点击图标 **切削层** 弹出 **切削层** 对话框，在类型 **类型** 中定义为 **底面及临界深度** 后，**确定** 完成回到平面铣对话框，再次点击生成刀轨图标 **生成刀轨** 生成刀轨如（下图 10-1 所示）。注意：这是使用的部件边界为范围的生成的侧面和底面的精加工。那么使用毛坯边界为范围的情况又怎样呢？自己练习把部件边界去掉而代之使用毛坯边界，再次生成侧壁刀轨（下图 11 所示）与底面的刀轨（下图 11-1 所示）。请仔细对比观察二者的区别。发现（图 10）不合格、而（图 11）是正确的，而底面的刀路除了进退刀一个在内部一个在外部外（黄色线、蓝色线、红色线部分），基本上都一样也是正确的。

### 部件边界生成的侧壁与底面刀轨

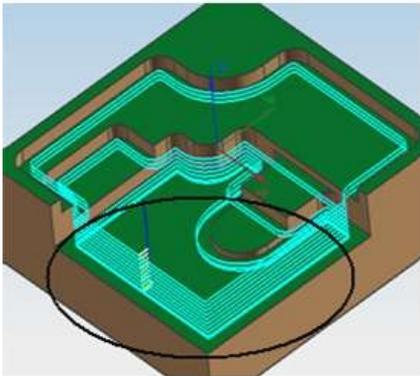


图10

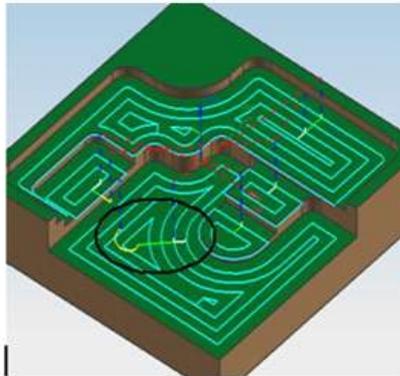


图10-1

### 毛坯边界生成的侧壁与底面刀轨

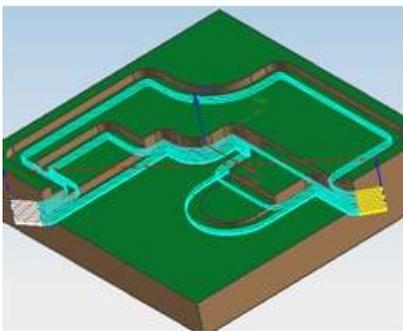


图11

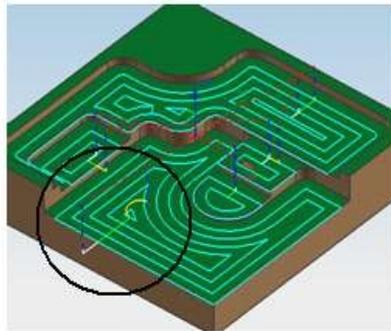


图11-1

**分析总结：**我们在这里仅仅是分析了一下如何定义几何体的问题，就轻松实现了工件的整体粗加工和侧面与底面精加工。再分析一遍，因为这是平面铣的精髓所在。

1，在定义部件边界时，直接点选所有要加工的平面，使用默认的面模式快速便捷，其默认的材料侧都是内侧，也就是说你所选择的面都是要保留的，系统只能加工这些面以外的，但是系统并不知道外面有多大一无限大，所以不出刀轨出现报



没有在岛的周围定义要切削的材料。

，即不知道要在那里进行加工。

2，所以定义完部件边界后又定义了一个毛坯边界。即是告诉系统：这是一块材料，你要把它做掉，但同时你要保留里面部件边界所定义的形状，所以系统就把部件边界以外的材料全部去掉了。从而完成了粗加工。

3，而使用部件边界时，即是告诉系统，你要在这个范围内进行加工，刀具不能出这个范围，

但同时你要保留里面部件边界所定义的形状，所以刀具就在内部把材料去掉而加工出零件形状。

**4,** 在进行轮廓精加工侧壁时，分别使用毛坯边界和部件边界定义加工范围所生成的刀路不同。见上图 10 与上图 11 的区别。其原因就是使用毛坯边界定义加工范围时，经过粗加工后材料已被去除，所以只在部件边界周围生成刀路。而使用部件边界定义加工范围时，虽然也经过粗加工后材料已被去除，但是刀具不能出这个范围，又同时这是部件边界，所以系统就认为：在这个部位应该生成轮廓刀轨。

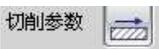
在这里我们创建了粗加工，又仅仅通过转换切削方式就实现了侧面的精加工，同时重新定义一下切削深度的方式又实现了底面的精加工。其实在精加工之前我们先应该：对大刀留下的残料先用较小的刀具进行清除。

## 第 5 节：平面铣中的二次粗加工方式：

在平面铣中对于粗加工所留的残料，有两种方法来去除：一是参考刀具；二是 2D IPW(过程中毛坯)。我们还是使用上一节的案例来进行讲解：

**1, 参考刀具的用法：**这个方法是以前的 UG 版本所没有的，以前的 UG 版本是使用生成剩余残料边界，然后使用这个剩余残料边界为毛坯进行加工。继续前面的案例：

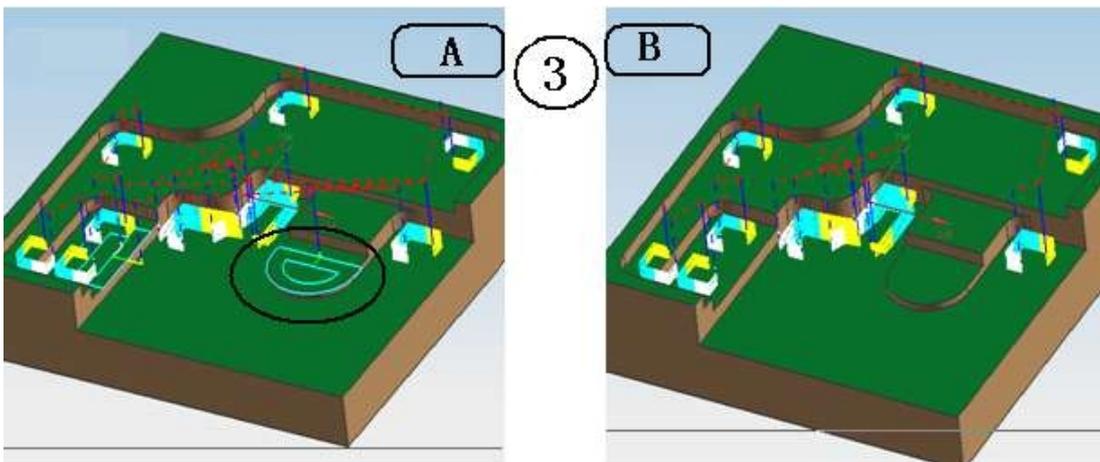
第 1 步：首先复制一个 PLANAR\_MILL 个操作：右键单击 PLANAR\_MILL 这个操作→复制并粘贴在 PLANAR\_MILL 之下名为 PLANAR\_MILL\_COPY 的操作（下图①所示）。

第 2 步：在 PLANAR\_MILL\_COPY 上双击修改编辑 PLANAR\_MILL\_COPY 的操作，修改成 D=12 的刀具，修改为 ，点击  打开  对话框，点击  选项卡，选择 ，选择前面粗加工的刀具 D=25（下图②所示）， 完成后回到平面铣对话框。

## ① 复制并粘贴动作



第 3 步: 点击生成刀轨图标  生成刀轨如 (下图③A 所示), 修改底面多余的刀轨, 点击  打开对话框, 把勾去掉  **制备深度顶面切削** 再次生成刀轨如 (下图③B 所示), 刀轨只在未切削区残料处生成刀轨——即是只加工 D25 的刀具加工不到的位置 (D25 的刀具进不去的拐角部位)。



## 2. 使用 2D IPW (过程中毛坯) 的方法:

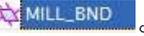
这个方法的使用必须遵循 2 个原则:

(1), 在使用 2D IPW 之前必须存在一个粗加工的程序;

(2), 之前的粗加工程序和这个清残料程必须要放在一个同一的几何体之下;

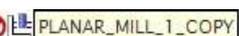
根据这 2 个原则, 我们必须首先要创建一个几何体, 因为 WORKPIECE 是三维的几何体, 在平面铣中不能被继承, 之前已经讲过。这里不再进行过多的讲解。步骤演示:

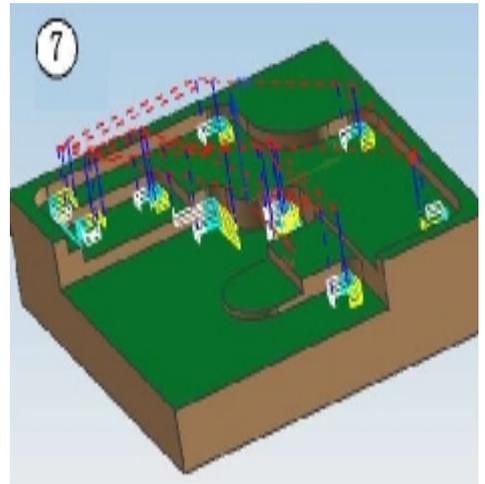
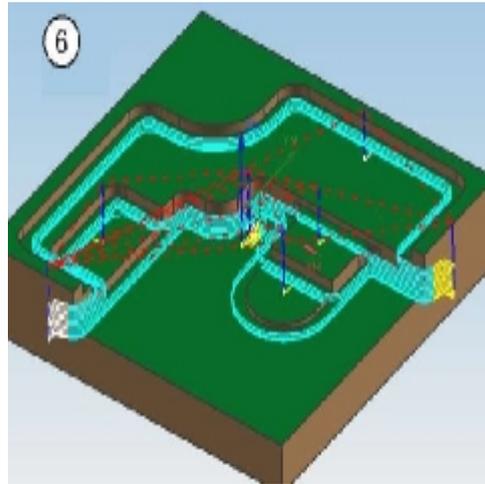
第 1 步: 创建几何体: 点击创建几何体图标  弹出创建几何体对话框, 选择 MILL\_BND 边界图标  (在平面铣中只能选择它为几何体父本组), 并把它定义在 WORKPIECE 之下即以 WORKPIECE 为父级组, 点击  出现  对话框 (下图④所示), 在这里重新定义部件、毛坯和底平面 (具体指

定和前面的一样，不再重复)。完成后可以在操作导航器几何视图中看到 MILL\_BND 的几何体 。

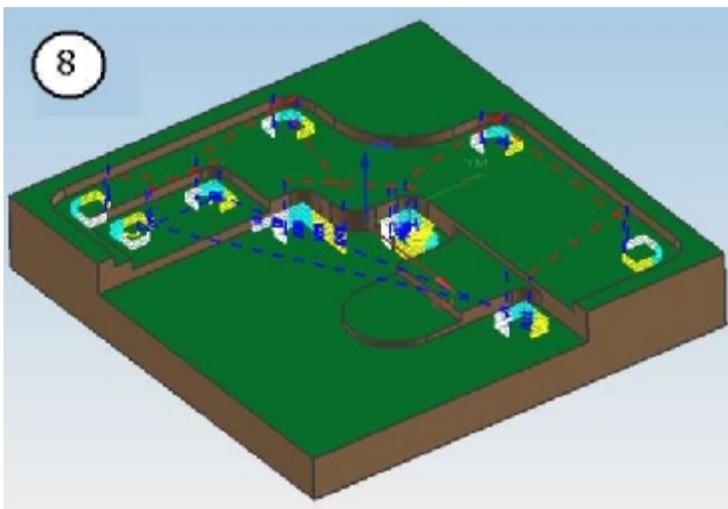


第2步:修改粗加工程序:在 MILL\_BND 的几何体  下点住鼠标右键,出现右键菜单点击  →  重新创建平面铣操作(下图⑤所示),注意图中的设置,是以 MILL\_BND 为几何体父级组的、使用 D=25 的刀具。在切削层中给定每层切削量为恒定的 **每刀深度=2**。在  中点选  选项卡,选择    完成后,重新生成粗加工的刀轨,  完成后退出平面铣对话框。在操作导航器几何视图中,在 MILL\_BND 的几何体  下生成了一个名为  的操作程序。这和前面的粗加工刀轨没有什么区别。只不过是事先指定好边界几何体,又使用了 2D IPW 选项而已。

第3步:创建二次粗加工:复制  并放在  之下名为  的程序,在此程序上快点 2 次进入编辑状态,同时打开平面铣对话框,首先改变使用的刀具为 D=12 刀具 ,不做其他参数的修改和设定,直接点击图标  生成刀轨(下图⑥所示)。发现零件的侧壁也被加工到了——这是什么原因呢? **原因就是:本次操作是加工前一个操作留下的没有加工到的残料,它不但加工 D25 的刀具进入不到的区域,同时也加工 D25 的刀具留下的余量残料,这是与参考刀的区别所在!**修改一下:修改上个操作  :在  对话框中  选项中改为 ,完成后生成刀轨。——这一步就是不在侧壁留下余料了。上个操作生成刀轨以后再次生成  的刀轨(注意由于是复制的前一个操作,所以在此要把余量也设为 0),如(下图⑦所示)。可以发现刀轨仅在角落部位生成刀轨了。



第四步：观察上图⑦发现刀路比较凌乱我们做一下调整：打开操作 PLANAR\_MILL\_1\_COPY 对话框，在“切削参数”对话框中“策略”选项中改为“切削顺序”“深度优先”，在“连接”选项卡中改为“开放刀路”“变换切削方向”，在“非切削移动”对话框中“传递/快速”选项卡下：“区域内”下的“传递类型”“前一平面”“确定”完成回到主对话框，再次点击图标生成刀轨，可以看到刀轨中的红色、蓝色进退刀线明显减少了（下图⑧所示）。



注意点：1，使用 2D IPW 必须遵循它的原则，否则则不能产生刀路。2，参考刀仅加工上把刀具加工不到的地方。关于这两个方法的具体使用我们会在型腔铣当中展开具体详尽的阐述！

## 第二章 面铣 (FACE\_MILLING)



我们在上一章已经学习了平面铣，虽然在平面铣中可以用于精加工零件中的每一个平

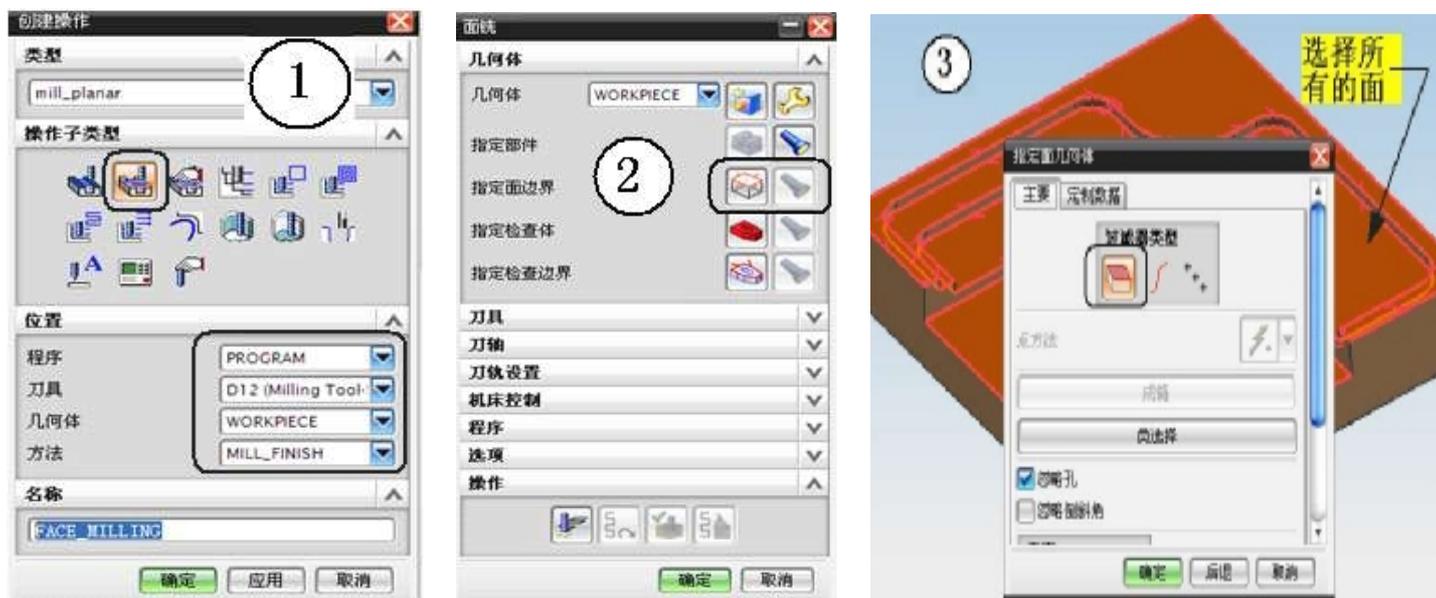
面，即通过选取所需面、将边界抬升到所需高度以及在是平面的面中选择底面来创建边界几何体。如果要加工的平面位于不同的高度的一系列平面，则还需要执行一些操作才能够完成。虽然我们学习了一些较为简单的方法，但是又没有更加简单的方法呢？有，这就是本章所要探讨的东西——“面铣”。

## 第 1 节：面铣的加工方法——大大简化操作步骤和高效的面铣

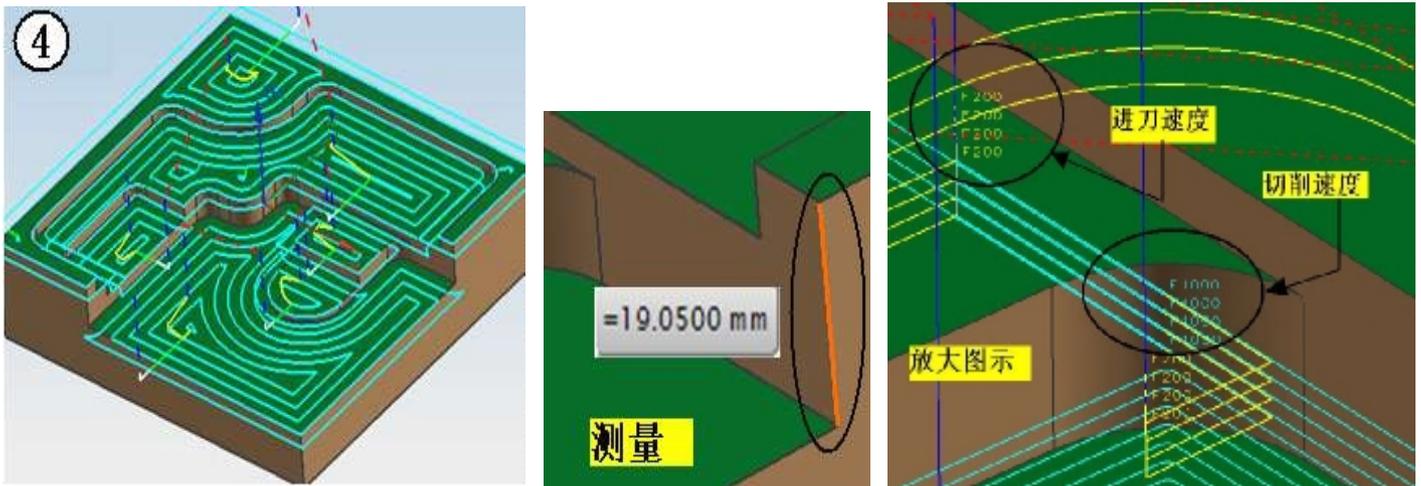
“面铣”属于平面铣加工类型中的一个特例，在 `mill_planar` 类型下 **操作子类型** 中的    这三种都是，我们只需掌握第二个 FACE\_MILLING 即可。但是面铣相对平面铣其操作步骤大大的更为简化，首先来看一下面铣的基本加工原理过程：还是通过上一章的案例讲解：

### 1, 面铣的基本加工原理过程：

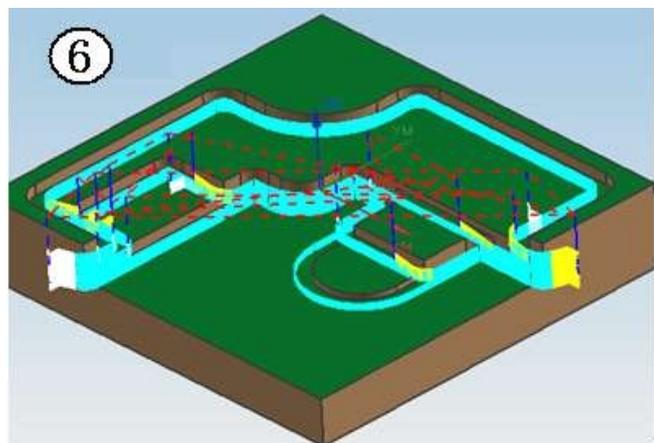
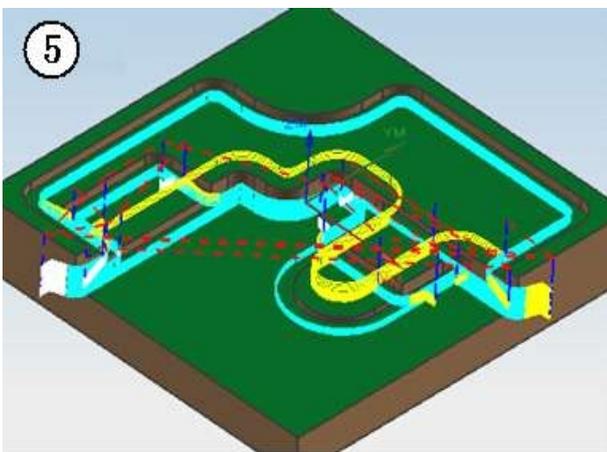
第一步：点击图标  创建一个新的面铣操作，按（下图①所示）中设置 **确定** 完成进入面铣对话框（下图②所示），点击 **指定面边界**  图标弹出 **指定面几何体** 对话框，直接按默认的面模式点选图形中的所有要加工的平面（高亮显示为红色）（下图③所示），单击 **确定** 完成回到面铣主对话框。



第二步：在 **刀轨设置** 定义区修改一下参数：**切削模式**  **跟随周边**、**平面直径百分比** **45**，**每刀深度** **0.00** 点击图标  生成刀轨如图（下图④所示），看！直接生成了所有平面的精加工。



第三步：修改 **切削模式** 为 **轮廓** 后，单击菜单栏中的 **分析(A)** → **测量长度(L)...**，测量最高竖直面的长度为 19.05mm(上图)，在 **刀轨设置** 定义区中填写如下参数：**毛坯距离** 20.00，**每刀深度** 1.0000 完成后，再次生成刀轨如（下图⑤所示）。看！直接生成了所有侧壁的轮廓精加工。但是刀路有一圈黄色线的进刀动作（上图放大图示，需定义切削进给率才能显示速度值）修改如下：单击在 **切削参数** 对话框中 **策略** 选项中 **毛坯** **简化形状** **凸包**，单击 **确定** 完成回到面铣主对话框再次生成刀轨（下图⑥所示）。刀轨合格！



通过上面这个案例，感觉这个操作要比平面铣简单多了，这里不需要定义什么底平面、毛坯、部件边界等。更不用考虑边界平面、材料侧的问题。那我们就来看一下——

## 2, 面铣是如何进行加工的以及它与平面铣的区别何在？

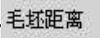
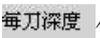
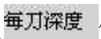
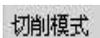
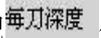
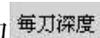
A, 首先——面铣是怎样定义加工几何体的？在面铣对话框中我们看到只有四种几何体：



①，我们在这里应该知道其中检查体、检查边界不是要必须定义的几何体，是在有需要的时候才用到的。必须要定义的就是部件和面边界二项。而其中的部件几何体与平面铣完全不一样，**它是 3D 的三维实体模型而不是 2D 边界线**，所以当我们以 WORKPIECE 为几何体父级组时，面铣就自然继承了 WORKPIECE 的几何信息，所以在面铣对话框中  变为不可选择的灰色。

②，**当使用三维实体为部件时，系统就会将面所在的实体识别为部件几何体。在对面的加工时就会自动检查其它相邻几何体而不发生过切。这是区别于平面铣的另一个特点。**在平面铣中，边界定义不正确或者材料侧定义错误就会发生过切零件。而在面铣中对于每个所选面，系统都会跟踪整个部件几何体，识别要加工的区域并在不干涉部件的情况下切削这些区域。

通过上面的案例过程以及概念介绍，我们应该知道：①对于面铣首先必须定义三维实体的部件——指定部件；②其次要定义要加工的区域——即指定面边界。只要满足这两个条件就会产生所选加工面的精加工刀轨。在之前的案例中，为什么只产生了一层刀轨呢？（虽然我们的确就只需要这一层刀轨作为精加工。）为什么我们在轮廓侧壁精加工时，首先是改变了一下切削方法为  的走刀方式，接着在 ， 定义参数呢？这就是面铣计算刀轨的方法——

③，**面铣”提供了一种这样的方法：需要从所选加工面的顶部去除的余量的快速简单方法。**而这个余量是自面向顶而非自顶向下的方式进行指定的。所以只需选择所有要加工的面——即  并指定要从各个面的顶部去除的材料余量—— 值，同样如果不指定  值就会只实现单层切削的刀轨，如果指定  值就会实现多层切削刀轨。再次验证：把前面的案例中的切削模式改为  ，把  值改为  1，再次生成刀轨查看，就会发现在所选的加工面上生成了 3 层刀轨，而其中毛坯距离是按默认的 3mm。**这就是面铣基本的加工原理。**

通过上面的学习我们就会得出结论：面铣加工最适合于切削实体上的平面（只做一层的精加工），通过选取面，系统会自动计算不过切部件的剩余部分（毛坯距离）。亦即：在创建铣削区域时，系统将面所在的实体识别为部件几何体，如果将实体选为部件，则可以使用过切检查来避免过切此

部件。其相关的各参数要解——我想已通过前面案例的使用步骤，应该掌握相关参数的使用方法了，这里就不再做过多的赘述了。

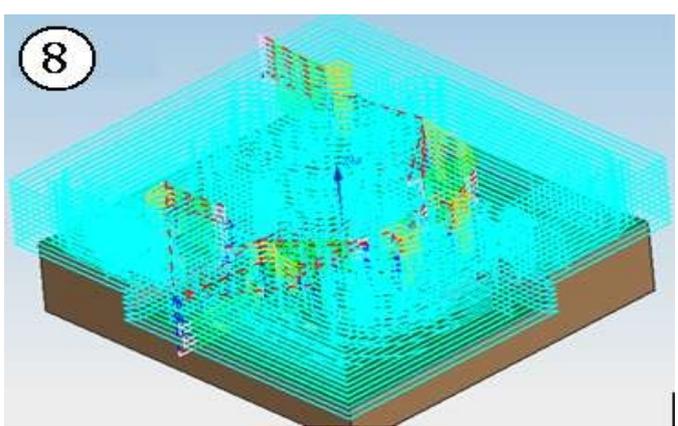
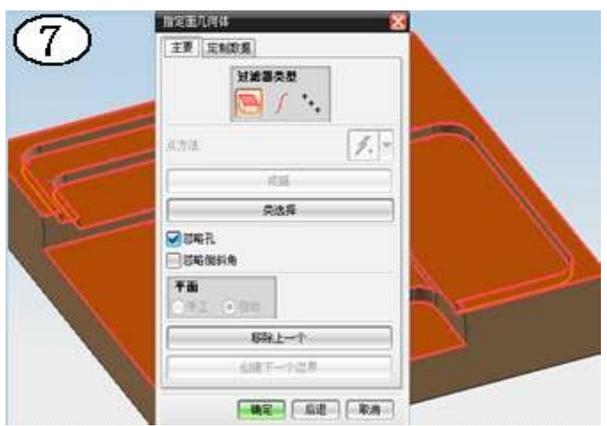
我们使用面铣可以快速的创建了零件中的各个平面的精加工，同时也快速的实现了零件的侧壁轮廓精加工，相对于平面铣的确方便和高效。那么面铣能否实现部件的粗加工呢？如果真的能实现，那真的要比平面铣强很多了。下面我们来试一下：继续前面的操作：

### 步骤如下：

①几何体我们还是使用 **几何体** **WORKPIECE** 以继承部件信息→→此时 **指定部件** 为不可选的仅能编辑的状态；

②为了做练习我们这里进行重新选择面边界，以体会上面所讲内容：点击 **指定面边界** 进入 **指定面几何体** 对话框，点击 **全部重选** 按钮，**确定** 2 次完成回到面铣对话框，再次点击 **指定面边界** 图标进入 **指定面几何体** 对话框，使用默认面模式选择图形中的所有要加工的平面（红色高亮显示）（下图⑦所示），按 **确定** 键完成。

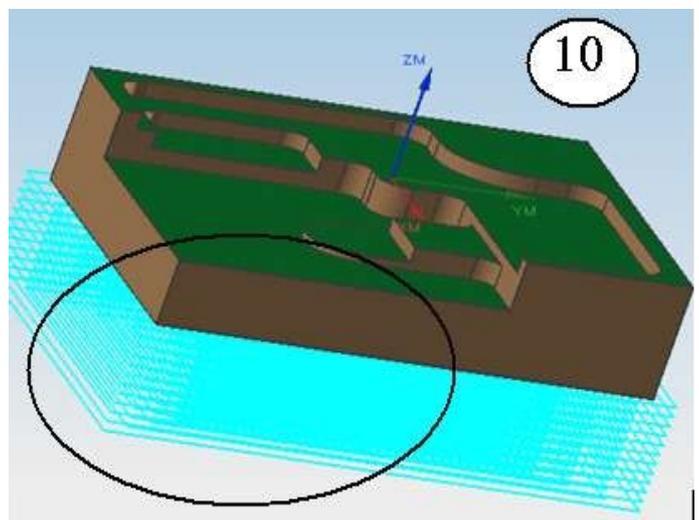
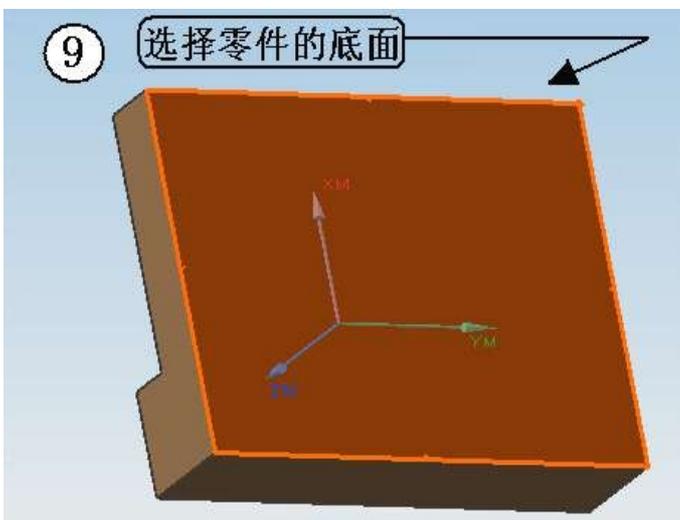
③指定必要参数：在 **刀轨设置** 定义区，指定 **切削模式** **跟随周边**、**每刀深度** **4** 定义切削深度为 4 是为了便于观察刀路，在实际加工中一般根据零件材料、刀具性能、机床刚性强度来决定。测量毛坯距离值为 44.45（自己操作测量），输入此值 **毛坯距离** **45.00**，参数定义完成点击 **生成刀轨** 生成刀轨如（下图⑧所示）。



怎么样？发现刀轨都是从每一个要加工的所选择的面之上 45mm 处开始铣削，它是严格按照其加工原理执行的，即去除每个加工面上的毛坯余量。看来这样做粗加工是不行的。那我们再来深化认识一下面铣加工的原理：面铣无非就是指定一个面边界以确定加工范围，再指定一个毛坯距离以

**确定要去除的材料量而已!** 由此我们是不是可以把最底面生成边界当做加工范围，同时指定一个最高面到最低面的距离来作为毛坯距离，系统自动检查整个零件而不发生过切零件内部的形状。这样是不是就可以加工出整个零件了呢？我们从道理上来推理应该是这样，那么实际上是否真的能如我们所愿呢？我们来试一下：

①， 点击 **指定面边界** 图标进入 **指定面几何体** 对话框，点击 **全部重选** 按钮， **确定(O)** 2次完成回到面铣对话框，再次点击 **指定面边界** 图标进入 **指定面几何体** 对话框，使用默认面模式选择图形中的零件最低平面（红色高亮显示）（下图⑨所示），按 **确定(O)** 键完成会到面铣对话框。什么也不要改变，因为最高面到最低面的距离就是 44.45mm，我们这里仅是改变了面边界而已。



②， 点击刀轨生成图表  生成刀轨如（上图⑩所示）。我们遗憾的发现刀轨竟然从工件下面生成了。这是什么原因呢？这难道是系统发生了错误吗？按照前面的讲解，道理应该是正确的啊！怎么就会出现这种情况呢？

到此，我们不仅要问面铣到底能不能实现粗加工呢？又怎么会出现上面的那种情况呢？请看下一节的深入分析探讨和讲解。

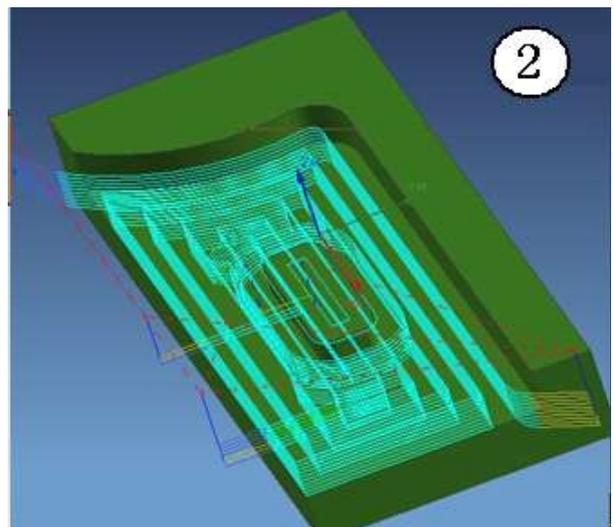
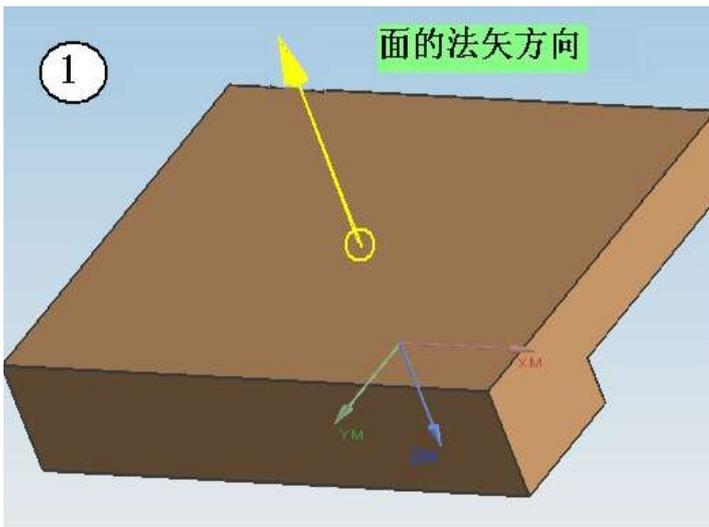
## 第 2 节：面铣的双重特性：

在上一节我们探讨了面铣的加工方法，其中我们看到面铣对于平面的精加工是非常的方便和高效，在一般的教程中，对于面铣的介绍一般也是在这一部分，但是在上一节我们对于其加工的原理分析，得出的结论面铣应该能进行粗加工。其实在 UG 以前的版本中的确是能够粗加工的，版本升级

到现在功能应该更加强大和简便，所以面铣的确是能够进行粗加工的。关于这方面的知识是一般教程所没有涉及到的。下面我们具体进行讲解：

1：面铣的粗加工：还是进行前面案例，打开面铣对话框，展开刀轴定义区（下图 1 所示），可以看到刀轴默认的是‘垂直于第一个面’。你再打开平面铣对话框、型腔铣对话框、固定轴曲面轮廓铣这些以后我们都要讲解的对话框（下图 2、3、4 所示），你会发现它们之间的区别——其它的操作类型都是：刀轴默认的方向都是+Z 轴，在前面的基础知识中我们也讲到过，在三轴固定轴铣加工中，默认的刀轴方向都是+Z 轴，这是三轴固定铣的主要特点。我们的教程所主要探讨的也是这方面的知识。而为什么面铣默认的刀轴方向不是+Z 轴呢？而‘垂直于第一个面’又是什么意思呢？其实在 UG 以前的版本中，面铣默认的刀轴方向也是+Z 轴，这里默认的‘垂直于第一个面’是它 UG 新版本新增功能。‘垂直于第一个面’是 UG 明显的告诉你，面铣就是加工平面的，加工垂直于刀轴的平面，这是面铣的特性和优势所在。这也是所有教程所倡导的。‘垂直于第一个面’还有一个主要功能就在应用于变轴加工中而且是广泛的。**这就是在上一节中刀路生成在零件的下方的原因(系统所认为的所选面的垂直方向——法线矢量)**。（下图①所示）。学习完下面的案例就明白了怎样操作是正确的！





那怎么实现粗加工呢？看完并学习下面的案例：

第一步：打开文件 X 盘:\lizi\plan002.prt 的文件，发现里面有一个平面铣的操作，这是我们刚开始学习的一个案例，发现这里面的平面铣的操作是错误的，我们借机来修正和练习一下：点击

**指定部件边界** 图标进入 **编辑边界** 对话框，点击 **全部重选** 按钮，**确定** 完成回到平面铣对话框，再次点击

**指定部件边界** 图标进入 **边界几何体** 对话框，使用默认面模式选择图形中的零件所有加工的平面（不再

图示说明自己操作），按 **确定** 键完成会到平面铣对话框。点击 **指定毛坯边界** 图标定义毛坯边界并把

毛坯边界抬高到最高面（我想大家已经很熟了，不再附图示说明）。并同时定义如下参数

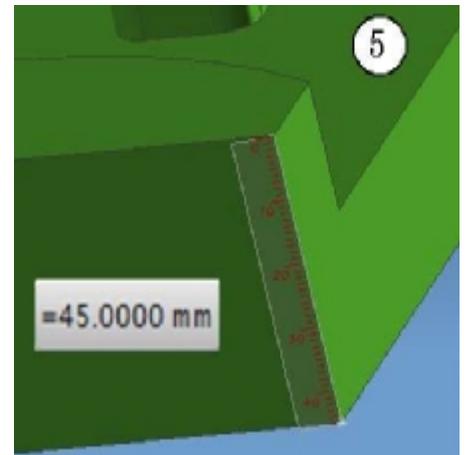
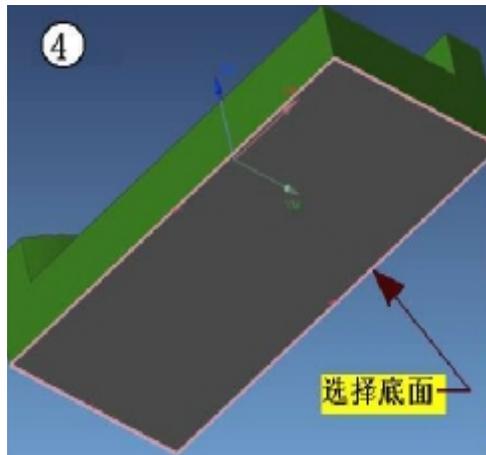
**切削模式** **跟随周边**；**恒定** → **每刀深度** → 为 2；点击 **切削参数** 图标弹出 **切削参数** 对话框，在策略选项卡中作如下

设置 **刀路方向** **向内**、 **岛清根**、**壁清理** **自动**。生成刀轨完成后如下(上图②所示)。

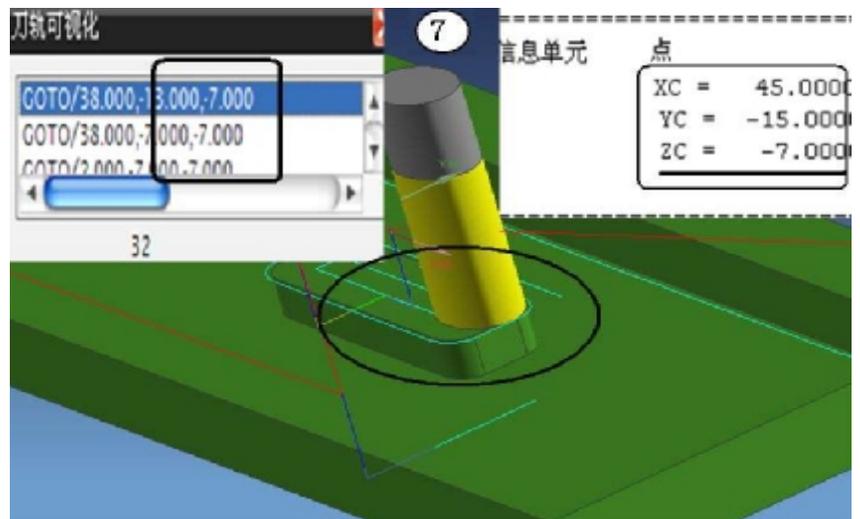
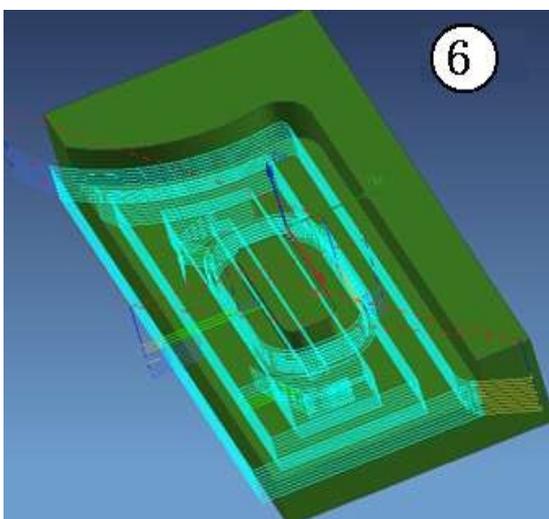
第二步：点击图标 创建一个新的面铣操作，分别以 PROGRAM、D16、WORKPIECE、MILL\_ROUGH 为父节点组，**确定** 键进入面铣对话框，首先改变刀轴的方向为+Z 轴（下图③所示），然后在几何

体定义区点击 **指定面边界** 图标，选择图形最底面（下图④所示）。测量图形最大垂直距离为 45mm

（下图⑤所示）。



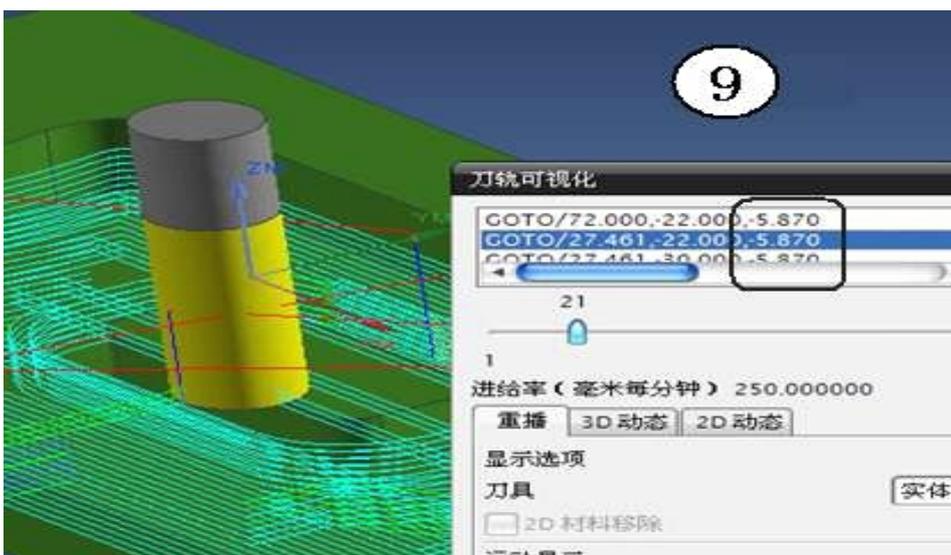
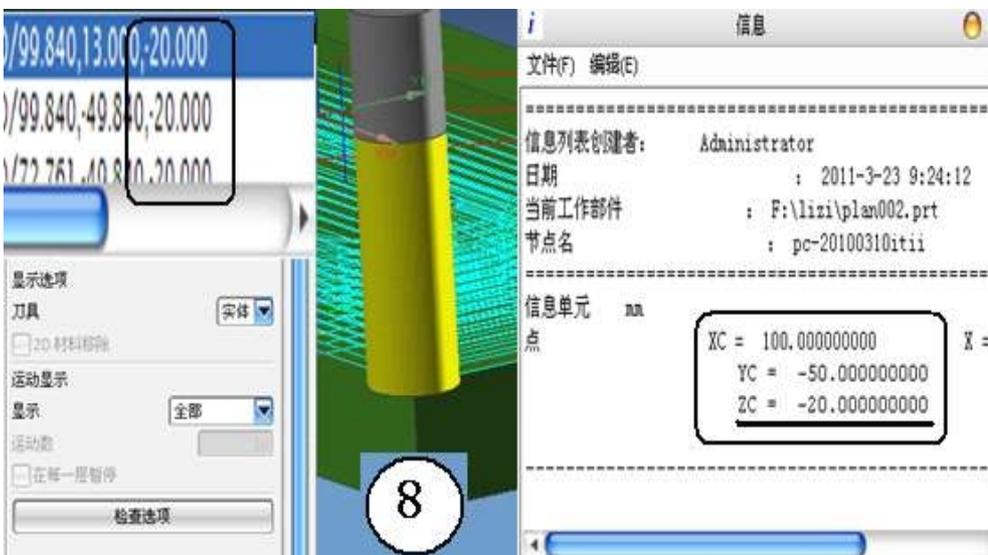
第三步：指定某些参数：在刀轨设置定义区设定如下： 切削模式  跟随周边、毛坯距离 、每刀深度 。  
 点击  弹出  对话框，在策略选项卡中作如下设置  向内、 岛清根、 自动。  
 确定完成生成刀轨如（下图⑥所示），看！同样生成了粗加工的刀轨。这说明我们在前面对面铣加工原理的分析是正确的。但是一定要注意的是：必须把刀轴方向先改为+Z轴，才能进行下面一系列的操作。



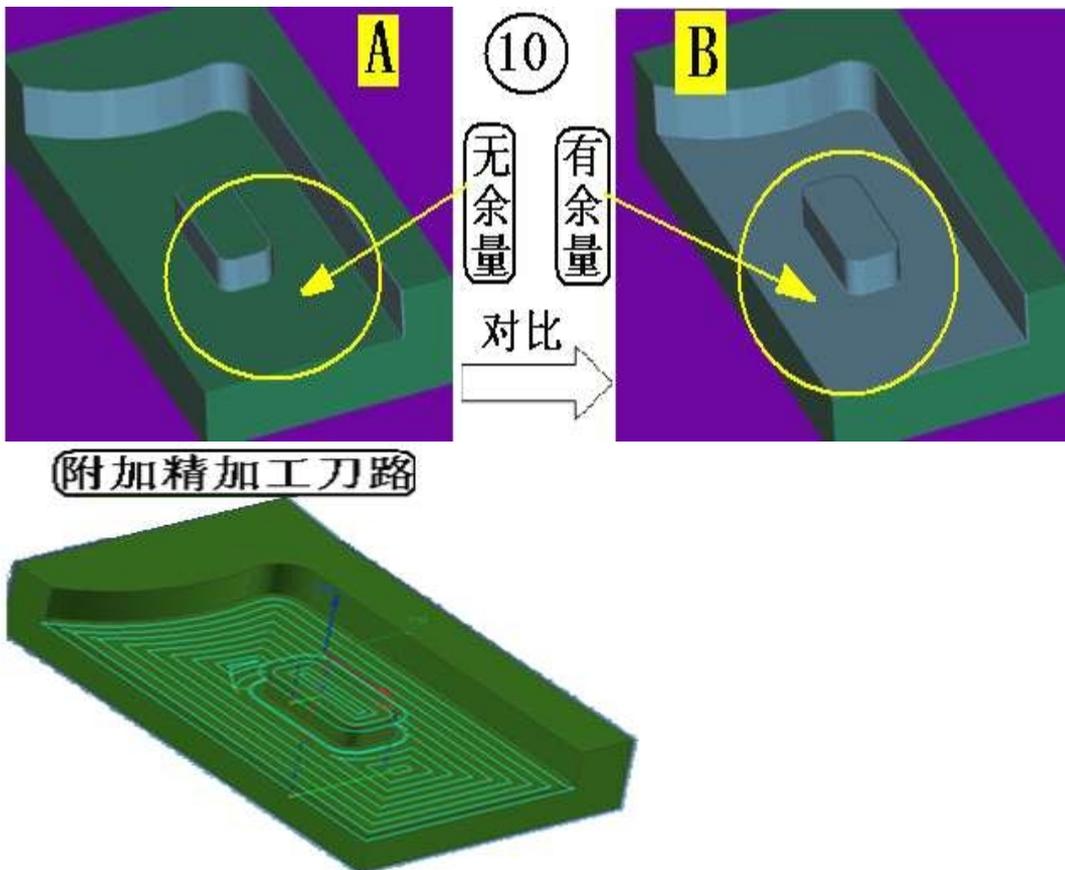
2：面铣和平面铣的区别所在：

①面铣和平面铣都能够生成工件的粗加工，二者有何区别呢？看上面的刀路好像差不多。但是我们经过下面的分析，你就会发现二者生成的刀路并不相同，这个就是面铣所存在的缺陷所在之处。来具体分析一下：

第一步：首先来分析平面铣 PLANAR\_MILL 操作的刀路：在程序节点 PLANAR\_MILL 上双击鼠标左键，打开 PLANAR\_MILL 的平面铣对话框进入编辑状态，在操作定义区点击图标，出现 **刀轨可视化** 对话框，在图形中鼠标左键单击凸台上表面的刀轨，此时刀具显示在此位置，并同时显示在刀路数值列表中显示出该刀轨的坐标值：X=38.00、Y=13.00、Z=-7.00（上图⑦所示）。单击 **信息(I)** → **点(P)...** 选项，在图形中选择凸台上表面上的点，在信息栏中我们看到此点的坐标值。说明此凸台上表面的 Z 值为 Z=-7。由此我们可以看到刀轨是正确的加工到位了（因为我们在操作中对于底面的余量设为 0 的）。同样的方法再次查看图形中底面的刀轨坐标值，以及其 Z 值（下图⑧所示），同样也按照我们的意愿准确的加工到位了。



第二步：再来分析 FACE\_MILLING 面铣的刀路：在程序节点 FACE\_MILLING 上双击鼠标左键，打开 FACE\_MILLING 的面铣对话框进入编辑状态，在操作定义区点击图标，出现“刀轨可视化”对话框，在图形中鼠标左键单击凸台上表面的刀轨，此时刀具显示在此位置，并同时显示在刀路数值列表中显示出该刀轨的坐标值： $X=27.461$ 、 $Y=-22.00$ 、 $Z=-5.870$ （上图⑨所示）。而我们知道此凸台上表面的 Z 值是  $Z=-7$ ，我们同样的在参数设置中是按默认的底面余量为 0 的，而刀具仅加工到  $Z=-5.87$ ，这就说明刀轨并没有加工到位。而是在此凸台上表面留有了余量。使用同样的方法再次查看图形中底面的刀轨坐标值，以及与其 Z 值比较，同样也发现没有准确的加工到位（刀轨 Z 坐标值为  $Z=-19.565$ ），同样也留有了余量。通过分别模拟仿真比较加工后的实体图示也能看到这样的结果。（下图⑩所示：A 平面铣加工后的结果、B 是面铣加工后的结果）。



通过上面的分析，我们就知道面铣的确存在上面的缺陷，所以为了达到准确的加工目的——我们还必须在每一个平面位置、在粗加工之后附加一个精加工的刀路才行（见上面的图示：[附加精加工刀路](#)）。而至于如何添加精加工的刀路，我想通过前面的讲解大家应该很容易的就做到了，在此

不再赘述。所以面铣具有两重性：既有高效简单的特性又有加工不到位的特性。当然这个加工不到位只存在于粗加工中，而对于平面的精加工，面铣的确是不二之选。

②：前面我们分析了面铣和平面铣在粗加工方面的区别，下面我们继续来分析平面铣和面铣在对于零件的轮廓精加工的区别：我们继续使用前面的案例图形，先来做一个平面铣的轮廓精加工：

第一步：重新创建平面铣操作：点击图标在创建对话框中选择平面铣图标→分别设置一下父级组：**程序** PROGRAM、**刀具** D16 (Milling)、**几何体** WORKPIECE、**方法** MILL\_FINISH → **确定**完成进入平面铣对话框，首先定义零件边界，点击图标出现创建边界几何体对话框，按照我们以前教的方法，直接选择图形中的所有要加工的平面→ **确定**完成返回到平面铣对话框，来继续定义毛坯边界，点击图标出现创建边界几何体对话框，也是按照我们以前教的方法，直接选择图形中的最低的零件底面（下图 1 红色高亮的部分），至此定义完零件和毛坯边界。下面来定义底平面，点击图标指定零件的加工最深度位置（下图 2 高亮的部分），到此定义完成所有需要的几何体。

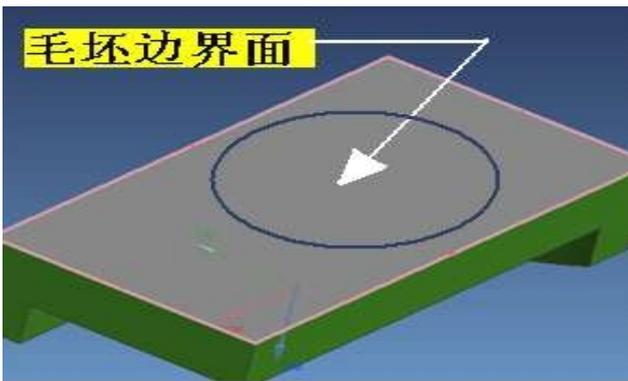


图1

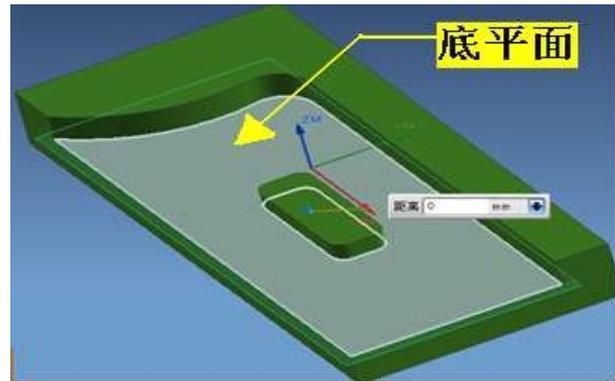


图2

第二步：定义必要的切削参数：在**刀轨设置**定义区，设置切削的方法为**切削模式** 、点击**切削层** 定义每刀切削的深度：类型**恒定**、切深为**公共** ，参数设置完毕→ **确定**完成返回平面铣对话框→点击生成刀具轨迹。如下面（图 3A）所示。发现生成的刀轨有一部分在外部（这是什么原因呢？自己考虑一下，如果还不清楚说明你前面的东西没有完全理解和掌握），我们现在只需要内部的刀轨，使用修剪功能来实现：点击**指定修剪边界** 进入对话框，使用**模式** **面**、我们要修剪掉外部**修剪侧** **外部**，选择零件最底面→ **确定**完成后再次生成刀轨如下面（图 3B）所示。至此正确的完成零件的轮廓精加工。

第三步：来做一下面铣的轮廓精加工：同样重新创建一个面铣操作：点击图标在创建对话框

中选择平面铣图标→也同时分别设置一下父级组：**程序** PROGRAM、**刀具** D16 (Milling)、**几何体** WORKPIECE、**方法** MILL\_FINISH → **确定** 完成进入面铣对话框，首先定义改变刀轴的方向为+Z轴后，点击图标**指定面边界**出现**指定面几何体**对话框，按照我们以前教的方法，直接选择图形中的最低的平面（如上图 1 红色高亮的部分）→ **确定** 完成返回到平面铣对话框，在**刀轨设置**定义区，定义毛坯距离为**毛坯距离** 45.1，设置切削的方法为**切削模式** **轮廓**、**每刀深度** 2.00，至此定义完加工的范围和加工的每刀深度。生成刀轨的结果如（下图 3C）所示。可以看到二者生成的刀轨基本上没有什么区别，而且面铣其操作的步骤要简单很多。

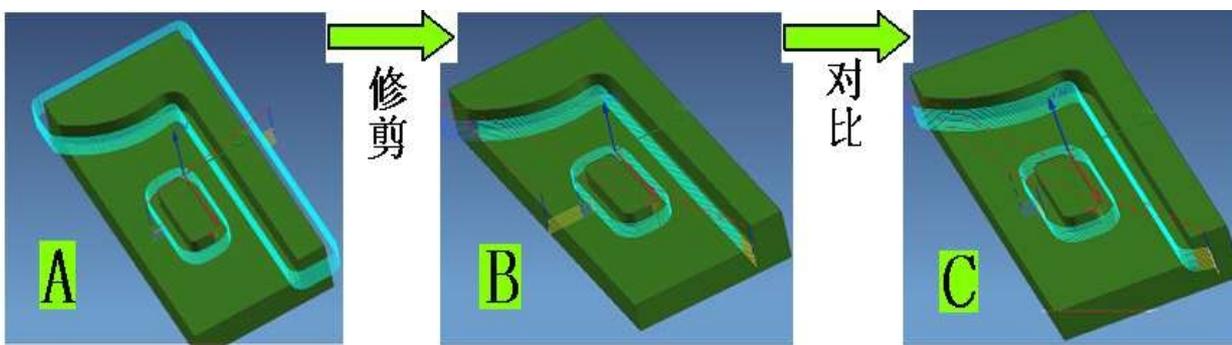


图3

**我们继续来做分析和验证：**

第四步：我们这一步的目的就是只要零件的**外**轮廓的精加工的刀轨：首先来生成平面铣的外轮廓刀轨：在刚创建的平面铣操作 **PLANAR\_MILL\_1** 上双击进入编辑对话框，因为我们只要一个外轮廓的刀轨，所以我们只需要定义一个部件边界，同时指定其材料侧为内部就可以了。首先去掉毛坯边界：点击图标后，选择**全部重选** → **确定** 完成回到平面铣对话框即可去掉毛坯边界；再次需要去掉修剪边界：点击图标**指定修剪边界**后，也同样选择**全部重选** → **确定** 完成回到平面铣对话框即可去掉修剪边界。再次需要重新指定一下底平面的位置为零件的最低平面处，以保证可以加工到零件的最低位置：点击图标后，重新指定其位置为工件的**最低位置**即可；→修改部件边界单击图标进入**编辑边界**对话框，**全部重选** 确定后，选择使用**曲线/边...**模式，先指定材料侧为‘内部’后，再指定其边界平面位置为零件最高面，再依次按顺序选择零件底部边缘线（下图 4）所示，**确定** 2次返回对话框，其它的参数不必再修改，直接生成刀轨如（下图 5）所示。

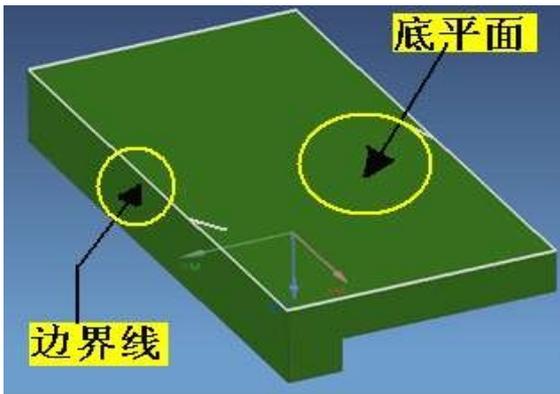


图4

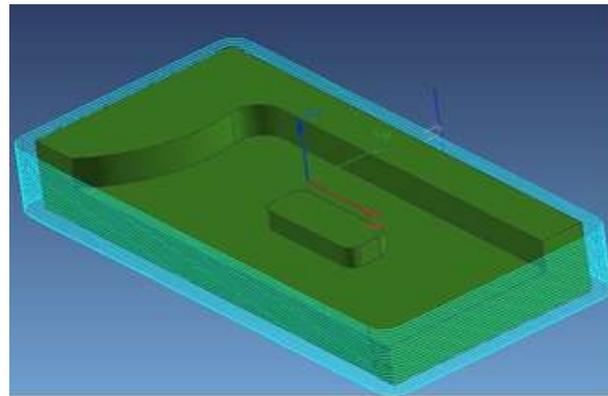


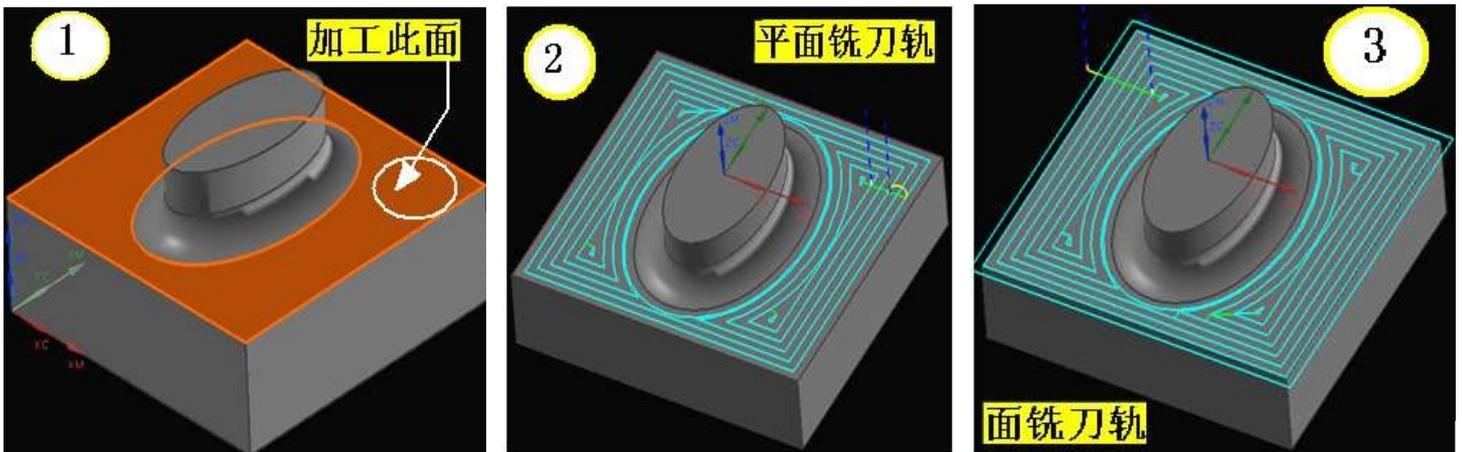
图5

第五步：来生成一下面铣的外轮廓精加工：首先我们来分析一下面铣能否能生成外轮廓的刀轨呢？根据前述的面铣加工原理，我们只能选择加工面并指定其要去除的材料量，即是说面铣只能去除加工面之上的毛坯材料，而不能去除加工面周围的材料，因为没有办法来定义其周围的材料，换句话说只能定义其上的材料。所以面铣不能够加工所选加工面的外轮廓，可是我们在前面的案例中（本章第一节中的图⑤⑥以及本例中的上图 3C），是能够进行加工轮廓的，这是什么原因呢？面铣能够加工**零件内部**所选加工面的轮廓，但面铣不能够加工所选加工面的**外轮廓**。仔细理解这句话，因为面铣你只要给定其加工的大范围，那么面铣就会知道在零件内部的加工面的周围的材料量，因为其自动避免过切零件内部形状的原理，同时考虑使用轮廓的切削方法，所以就能够加工出零件内部所选加工面的轮廓。这在上面的案例中，**都是加工零件内部的而非加工零件的外轮廓**。

③：我们继续来分析平面铣和面铣在对于零件的平面精加工的区别：

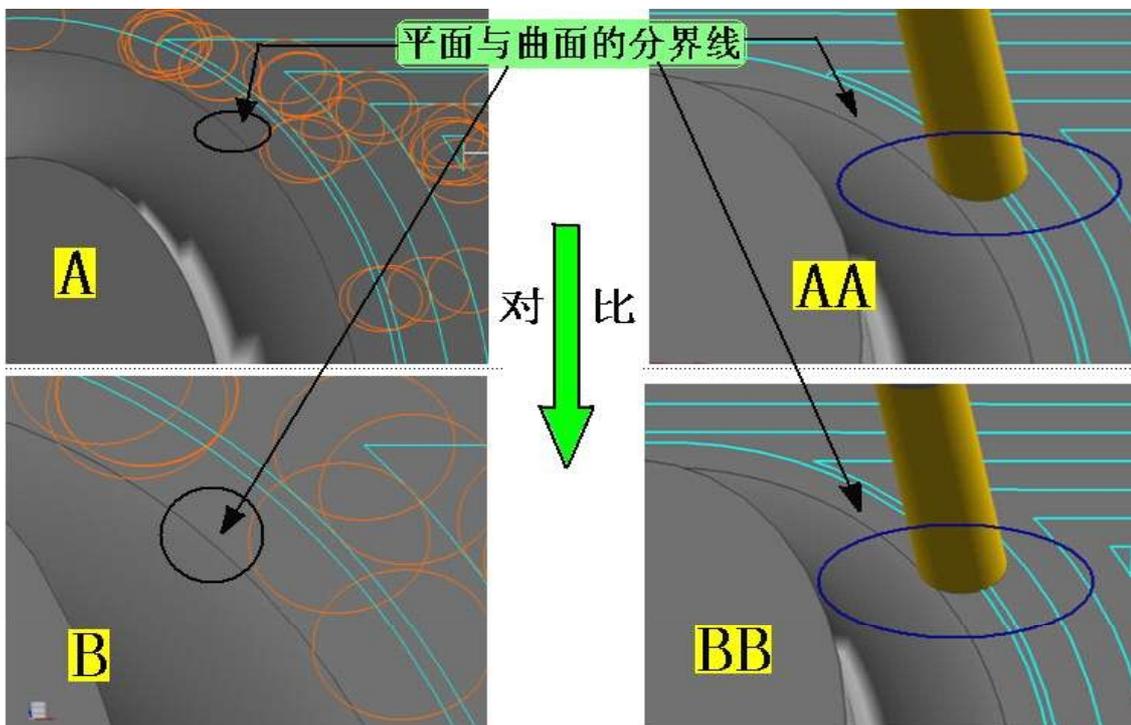
第一步：首先打开一个零件：X 盘:\lizi\plan005.prt 的文件如（下图①所示），并进入加工环境。我们要对此工件中的红色显示平面进行精加工。首先来进行创建平面铣的刀轨：定义加工坐标系并与工作坐标系重合，并定义到零件的最高中心位置——→在 WORKPIECE 中定义零件几何体与毛坯几何体；——→使用一把 D=6 的刀具（自己创建刀具）创建平面铣操作；——→定义部件边界：面模式选择、材料侧为外部（因为要加工内部）选择此加工面，指定底平面也为此面。设置如下参数：

切削模式  跟随周边、刀间距为 平面直径百分比 、刀路方向  向内、 岛清根，生成刀轨如如（下图②所示）。



第二步：进行创建面铣的操作刀轨：使用同样的父级组设置（程序、刀具、几何体、方法），进入面铣对话框，指定面边界直接选择此加工面；——也设置与平面铣一样的如下参数：切削模式  跟随周边，刀间距为平面直径百分比 、刀路方向 、 岛清根，生成刀轨如上图（图③）所示。

第三步：验证分析：我们来观察这两个操作生成的刀路，几乎没什么区别。我们把它们都打到 2D 状态进行查看（开到 2D 状态的方法是：在操作对话框中单击  展开定义区——单击  图标弹出  对话框——  即可）。下图 A、图 AA 是平面铣的刀轨；图 B、图 BB 是面铣的刀轨。



仔细观察上图 A 与上图 B 的区别，黄色线圈就是 2D 状态的刀具显示；再仔细观察图 AA 与图 BB 的刀具位置的区别。我们会发现平面铣的刀具位置正好与所选边界的轮廓线相切（图 AA），而面铣的刀具位置则过切了轮廓线，说明刀具的确过切到曲面位置。这就是平面铣与面铣在精加工平面时的区别。为什么会出现这种情况呢？面铣不是自动检查整个零件不会发生过切吗？刀路过切了零件为什么系统也没有给出一个报警呢？面铣是不是真的不安全呢？

**分析结论：**①，面铣是安全的，它发生的过切是正常的，是在所设定的公差范围内的正常过切。所以系统就没有给出一个报警！

③，面铣它发生正常的过切是因为它的计算刀轨的方法与平面铣不同。平面铣就是严格的按照边界进行加工，它是以控制刀具运动为目的！。而面铣则是以加工干净材料为目的！所以对于一些一般的加工，面铣就足够了，如果加工的精度要求特别高，就可以采用平面铣进行加工。

讲解到这里，我们的平面铣和面铣课程就告一段落了，你会发现我们的课程与市场上的课程有着很大的不同，我们重点分析 UG 加工的本质及加工的思想，这是你真正明了 UG 的核心精髓，是以后真正灵活应用 UG 的基础。因为你知道：即使所有的参数命令都明白，对于实际的加工你也无从着手。UG 对于你来讲只是一些知识的堆积罢了！同样即使你学习过很多的实际案例教程，你也只是知其然而不知所以然而已。如果你真正的明了 UG 的加工精髓，再加以命令参数的细化、实际案例经验的积累，一个 UG 使用高手必然是你！而 UG 这个核心精髓，正是本书所带给你的！希望你对于本教程多多练习几遍，直至完全明了为止！！

## 第三篇：参数以及实际运用中的经验讲解

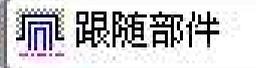
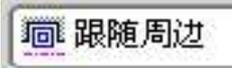
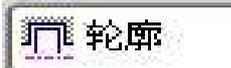
在前面的平面铣和面铣操作讲解学习中，我们对于其加工的核心原理及方法进行了深入分析，但是对于其具体的参数并没有加以探讨，它包括了 UG 大部分的参数，我们这一章就探讨这部分内容。而对于没有涉及到的关键参数，我们在随后的课程中都会选择性的讲解到。

### 第一章：刀轨设置参数之一

#### 第 1 节：切削模式：

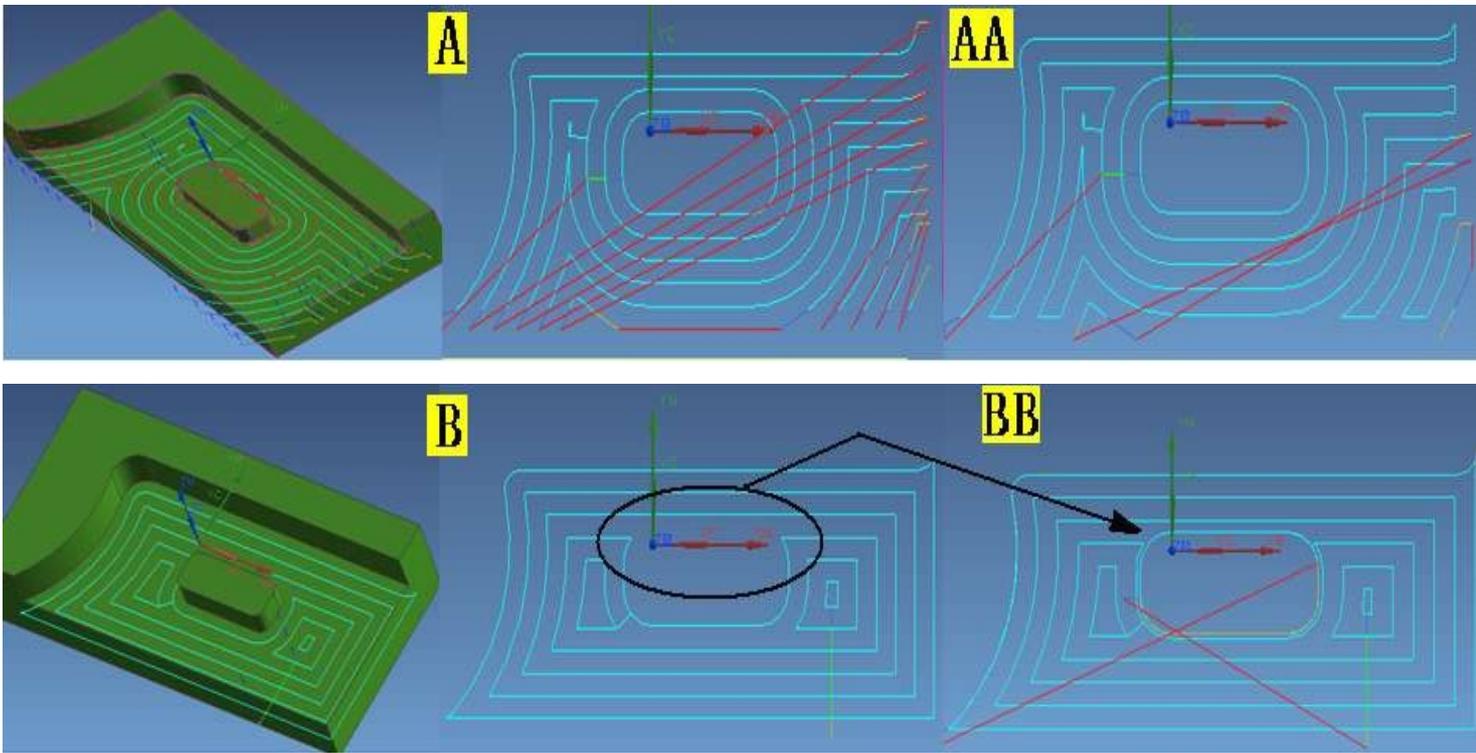
在各种类型的操作对话框中都存在一类叫做‘切削模式’的选项，它主要用于决定刀具轨迹的样式，我们在这里主要学习已学习过的平面铣（PLANAR\_MILL ）和面铣（FACE\_MILLING ）、以及以后将要学习的型腔铣（CAVITY\_MILL ）操作对话框中的切削模式。其他类型操作对话框中的同名切削模式的原理基本相同，而对于不一样的切削模式在以后的学习中再做探讨。所要探讨切削模式如下图所示：平面铣 8 种、面铣 8 种、型腔铣 7 种。



1, 最常用的三种方式：、、

①——**跟随部件的刀路样式**：既仿形切削区的外周壁面也仿形切削区的中的岛屿形状。即是这种刀轨样式是通过偏置切削区的外轮廓和内部零件形状获得的。如下图 A 所示：

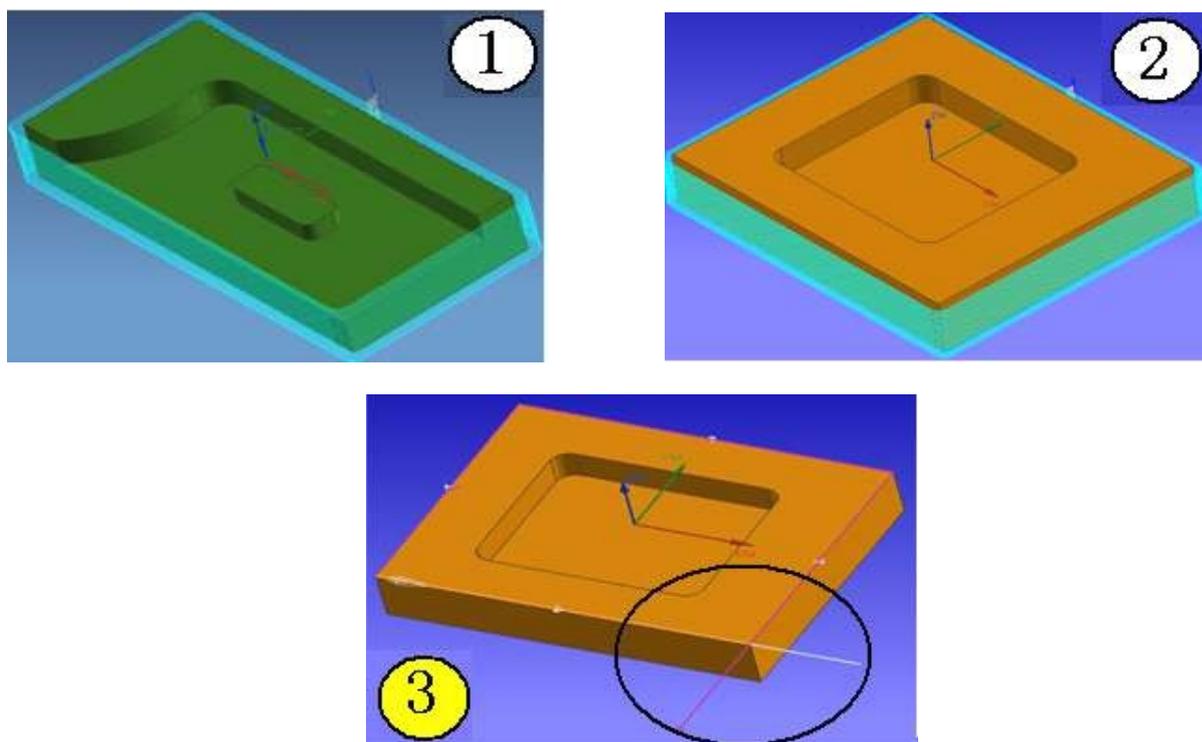
②——**跟随周边的刀路样式**：它是偏置零件或毛坯的最大外轮廓边界而生成的刀路。如下图 B 所示：



使用经验介绍：1\*，这两种刀路都可以用于实现对零件的粗加工和精加工；2\*，但是跟随部件因为可以仿形零件内腔的形状、又加之加工开放的零件时，不会‘全刀宽切削’能有效保护刀具，所以对于大型的、形状复杂的、材料的硬度比较高的零件，跟随部件是粗加工刀路之不二之选；3\*，但是跟随部件的缺点就是‘拾刀’较多（上图 A），所以用于粗加工或半精加工一般在 **切削参数** 里，在 **连接** 选项卡中设置 **开放刀路** **变换切削方向**，使用顺铣和逆铣交替的方式以此来减少较多的拾刀（如上图 A-A 所示）。而对于精加工则不能如此设置，只能选择单纯的顺铣以保证加工的质量和精度；4\*，跟随周边在零件不是很复杂、材料的硬度不是很高的情况下可以用于粗加工。它的优点就是‘拾刀’较少、刀路规范美观。但是跟随周边的刀路也有一个缺点，就是不能仿形零件内腔的形状，所以就会在零件内腔的形状处留下残料，所以在使用跟随周边时，一定要使用如下参数设置：在 **切削参数** 中的 **策略** 选项卡下：勾选  **岛清根**、**壁清理** **自动**，为了减少更多的拾刀，可根据零件的开放与否选择 **刀路方向** **向内** 向内或向外。使用以上参数设置后的结果如上图 B-B 所示。

③——**轮廓的刀路样式**：它是绕着零件切削区的轮廓产生的刀路。目的就是为了实现零件侧壁的精加工或半精加工。它可以实现单层的刀轨或多层的刀轨（如下图①所示）。这个基本上没什么多讲的，我们主要的来看一个与它相似的切削模式——**标准驱动**，它们之间最主要的区别就是 **标准驱动** 方式刀路能自我相交，这在加工有

特殊需要的零件时非常有用。我们还是通过一个案例详细的了解一下，同时再次介绍平面铣中的更多参数：

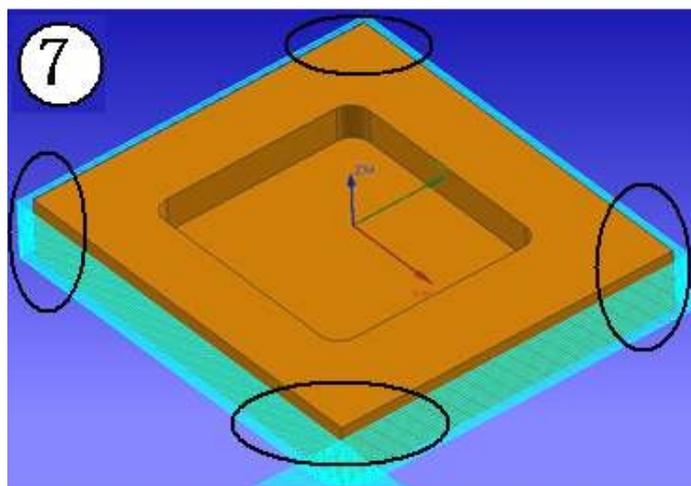
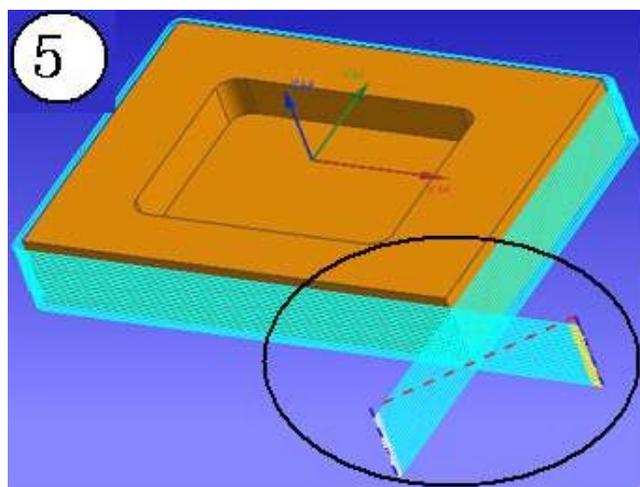
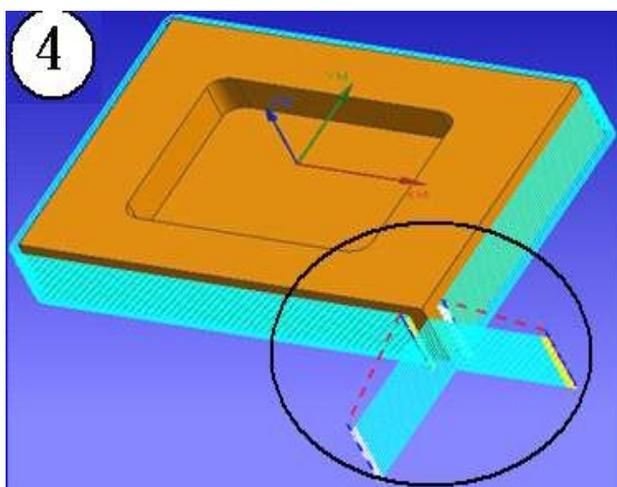


第一步：打开文件 X 盘：\lizi\plan006. part 的文件，建立加工坐标系与工作坐标系重合，并在零件的最高面的中心位置。同时在 WORKPIECE 中定义零件和毛坯几何体。建立并使用一把 D=30 的平底刀，进入创建平面铣对话框。

第二步：我们这次是要对这个模型框的外周边进行精加工：定义部件边界为上表面的四周边线，类型为封闭的、边界平面自动、材料侧为保留内部。定义底平面为部件最低的底面。选择  的切削模式，并在切削层中定义每刀切削深度为： , 生成的刀轨如（如上图②所示）。

第三步：我们使用轮廓的方法生成了模型边框外周边的精加工，但是你会发现在部件的四个角位置，刀具这样切过去势必就会加工出圆角的形状，而不是棱角了。对于模型边框的外周边要求，必须加工出棱角才行，所以刀具必须在角位处沿直线延伸出去才行，那我们怎么做呢？看下面的操作步骤：点击  进入编辑模式——→选择  进行重新定义部件边界， 2 次完成。开始重新定义部件边界——→曲线/边、开放的、平面自动、材料侧左侧，按照逆时针方向选择上表面四周边线， 完成回到主对话框。（注：开边界材料侧确定方法为：沿着你选择的方向看，选择左侧就是保留左侧，反之就是右侧）

第四步：修改部件边界：再次点击  进入 **编辑边界** 对话框后，点击 **编辑** 进入编辑状态，用黑色箭头激活某一条边界后，点击‘起点’→‘延伸’——填入百分比为 50；点击 **应用** 后，再次用黑色箭头激活另一条相交边界线，同样的方法也做延伸（如上图③所示）。**确定** 3 次回到平面铣对话框，生成刀轨（如下图④所示）。可以看到这样的刀轨根本不行。



第五步：修改切削模式为  **标准驱动** 的方法，再次生成刀轨如（如上图⑤所示），可以看到刀轨正确的延伸出来了。这个就是标准驱动与轮廓切削方法的区别，它能自我相交，而轮廓则不能。所以它比较适用于雕花、刻字等产生刀轨自交的场所。

第六步：进一步修改其他的角位轨迹：点击 **切削参数**  进入对话框，在 **拐角** 选项卡中选择 **凸角** **延伸并修剪** **确定** 完成后，生成后的刀轨如（如上图⑥所示），发现其他角位刀轨也变成了直角切削。

## 2. 其它的几种方法：

这几种方法不怎么常用——看下面的示意图即可明白：

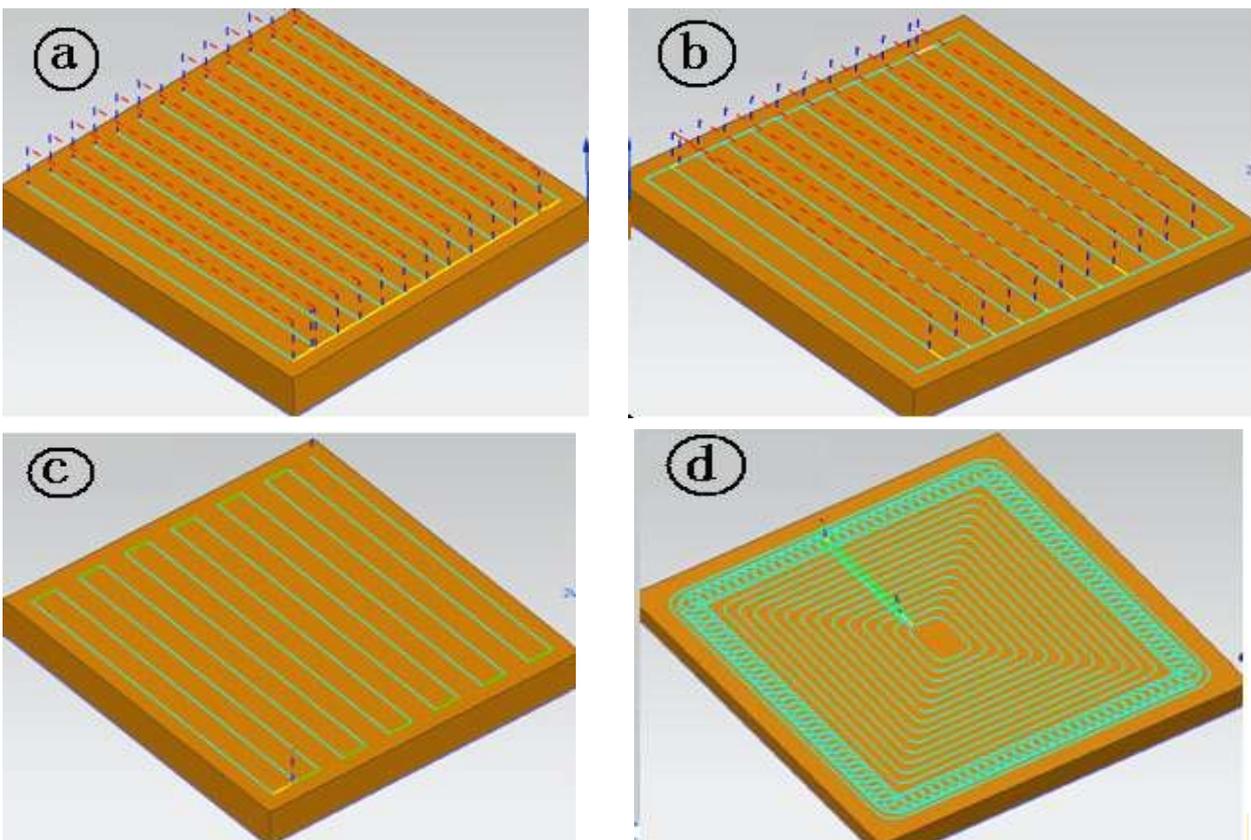
**单向**：刀具从切削刀路的起点处进刀，并切削到刀路的终点。然后刀具退刀到

指定的安全平面再移至下一刀路的起点，并以相同的方向开始切削。这种刀路一般应用于平面的高精度的精加工。因其始终在一个方向进行加工，可保持单纯的顺铣或逆铣。（如下图 a）所示。

**单向轮廓**：刀具在下刀在时从切削刀路的起点前一行处进刀，然后沿轮廓切削到当前行的起点进行当前行的切削，切削到端点时，再沿轮廓切削到前一行的端点。然后抬刀到安全平面，进行下一个切削动作。（如下图 b）所示。

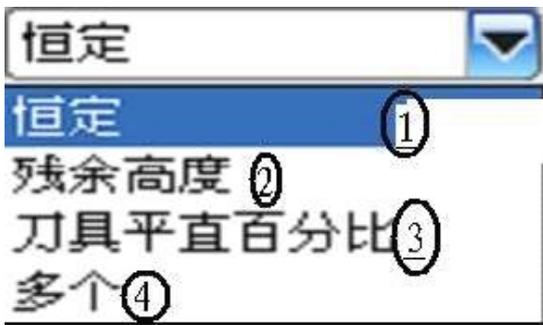
**往复**：刀具产生一系列的连续的平行的刀轨，往复返回彼此切削方向相反，所以顺铣和逆铣交替进行，切削效率极高。一般用于大平面的粗加工，同时如果勾选‘壁清理’也可在复杂型腔实现高效的粗加工。（如下图 c）所示。

**摆线**：其目的在于通过产生一个小的回转圆圈，从而避免在切削时发生全刀宽切入工件。一般用于高速加工。（如下图 d）所示。

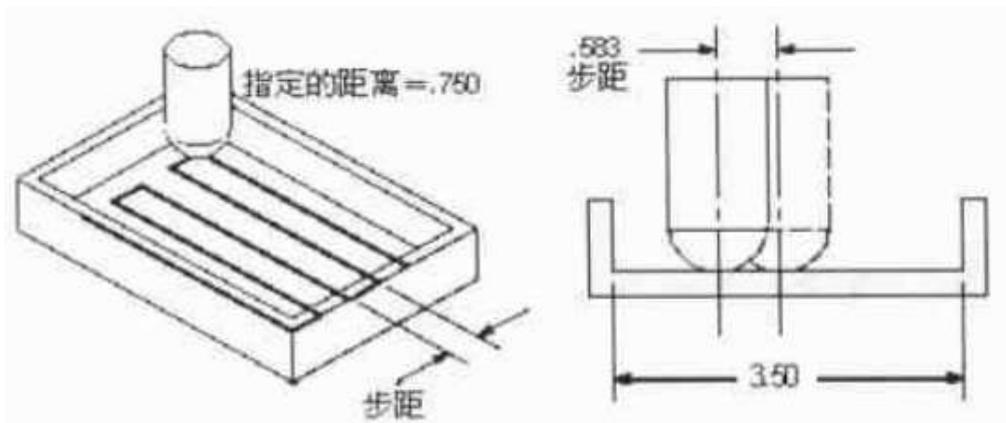


## 第 2 节：切削步距和切削层：

1, **切削步距**：是指两个切削刀路在 XY 平面上的之间的间隔距离，俗称刀间距或行间距。亦即在一个切削层中的两条刀轨之间的距离。有四种方式来加以指定（如下图所示）：

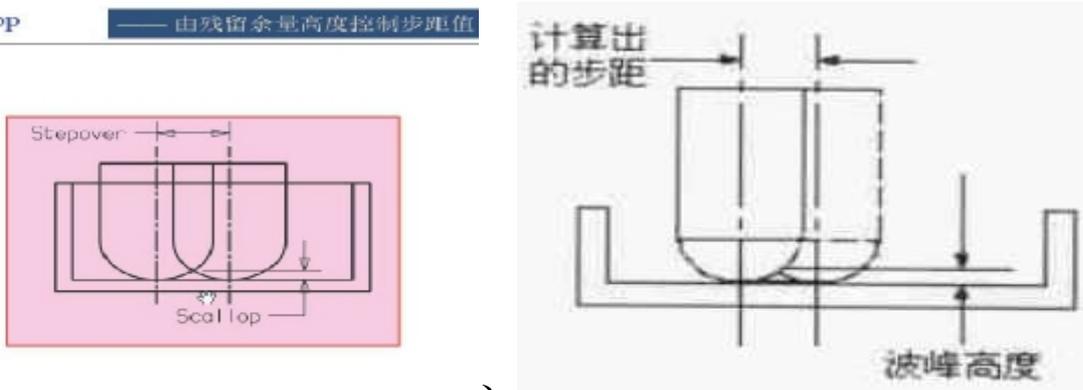


①恒定：是指相邻两条刀路间隔为固定数值。直接在距离 2 中输入常数值即可。一般是用于球刀的精加工指定法。



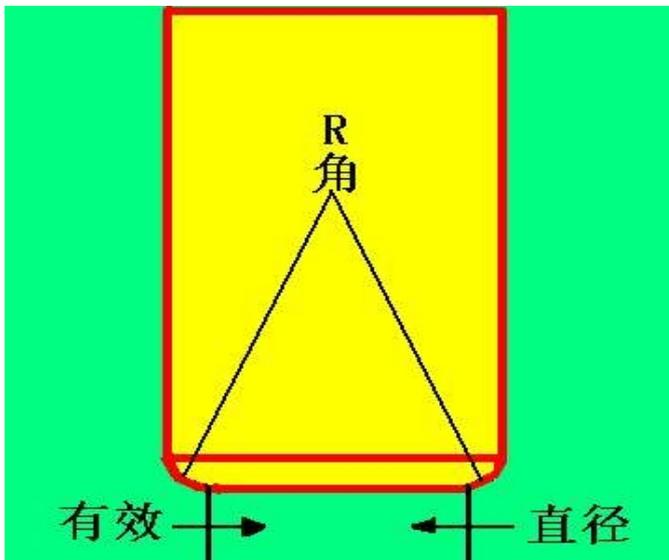
②残余高度：是根据间隔刀轨之间，刀具在工件上留下的残料高度来计算刀轨之间的间隔距离。一般也是用于球刀的精加工指定法。

• Scallop — 由残留余量高度控制步距值

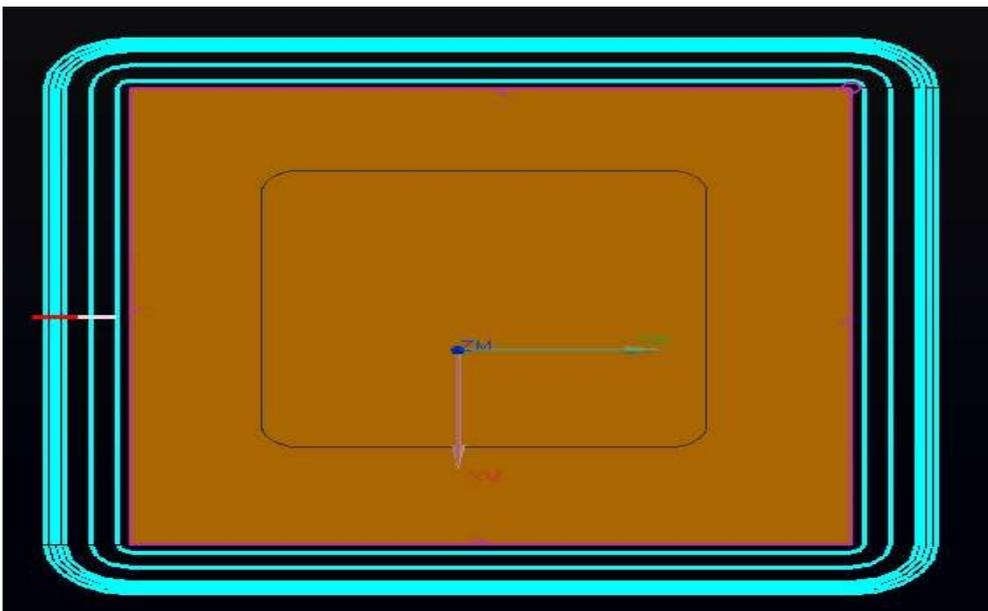


③刀具直径百分比：即是使用所加工刀具的百分比值来确定。直接在 70.0 中输入百分比值即可。一般是用于平刀或圆角刀的粗加工指定法。

在一般的粗加工中，一般设置为刀具的 60——80%即可。但是必须注意的是：刀具百分比值的计算是刀具直径的有效值，即使用平底刀或球刀时，就是按实际的刀具直径进行计算，而使用圆角刀（牛鼻刀）时，计算时有有效的刀具直径是： $D - 2R$ （ $D$ 为直径， $R$ 为圆角半径），例如： $D32R6$  刀具，其有效值就是  $32 - 2 * 6 = 20$ 。示意图如下：



④ 多个或变量平均值：在使用跟随部件、跟随周边、轮廓走刀方法时，可使用多个附加刀路  输入要添加的数值，要附加的刀路之间距离值 ；而在使用单向、单向轮廓、往复走刀方式时可使用变量平均值的方法：指定一个最大值和一个最小值。即对每段间隔刀轨指定此种间隔的走刀次数。这种方法一般不常用，一般是在做外轮廓精加工时，通常会因为切削量较大，切削阻力的关系，而有加工不完全或精度达不到要求的公差范围内的情况，因此可使用 2 次或 3 次的走刀方式来加工。图示如下：产生了 2 条刀轨且第一条刀路数是 2、第二条刀路数是 3。



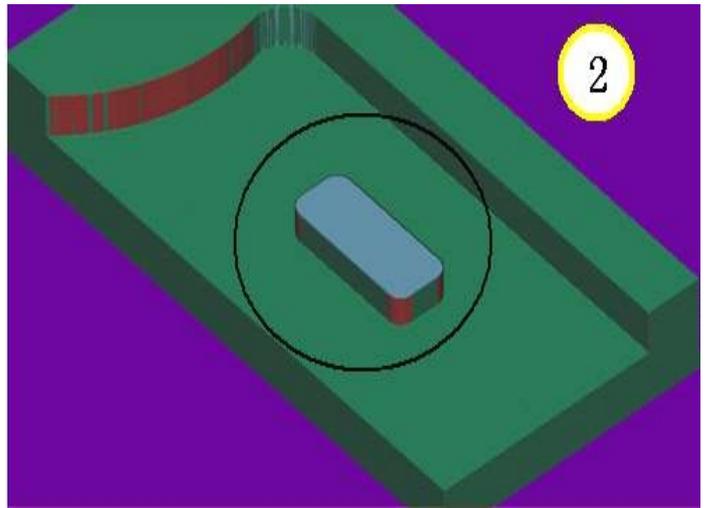
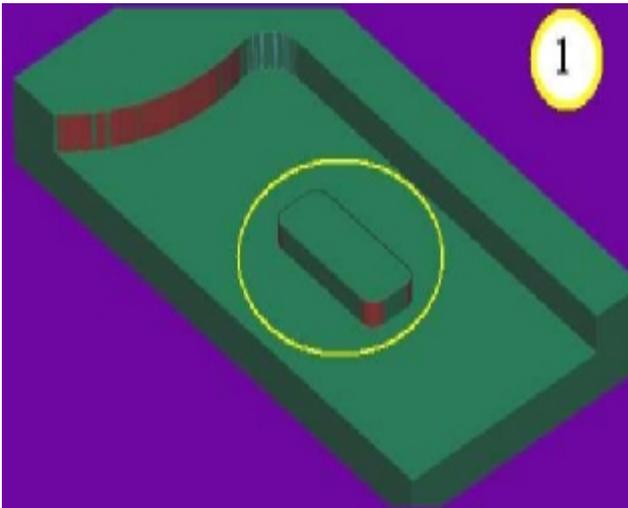
2, 切削层：就是指在多深度切削时每刀（每层）切削的深度设置方式。5 种方式来指定。



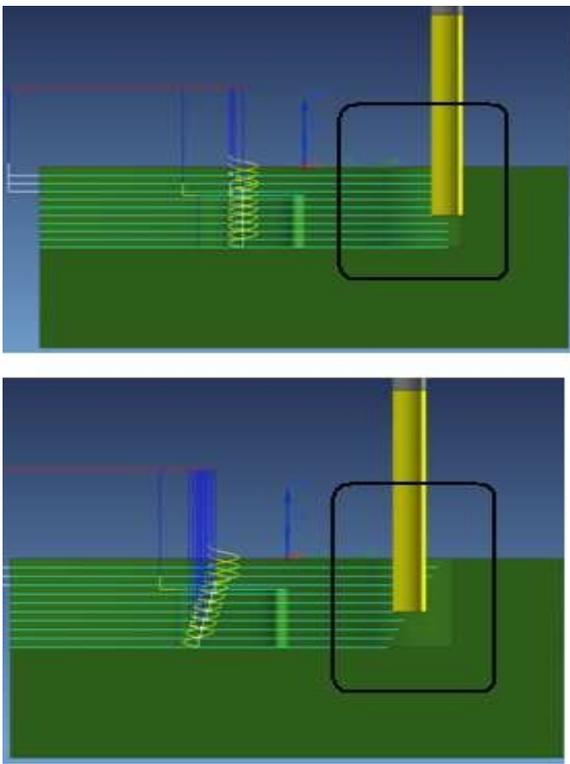
①，恒定：指定一个固定的深度值来进行多层切削。在这种方式下有下列参数：

指定**每刀深度**值为**公共** 。这是最为常用、最为简洁的指定方法。

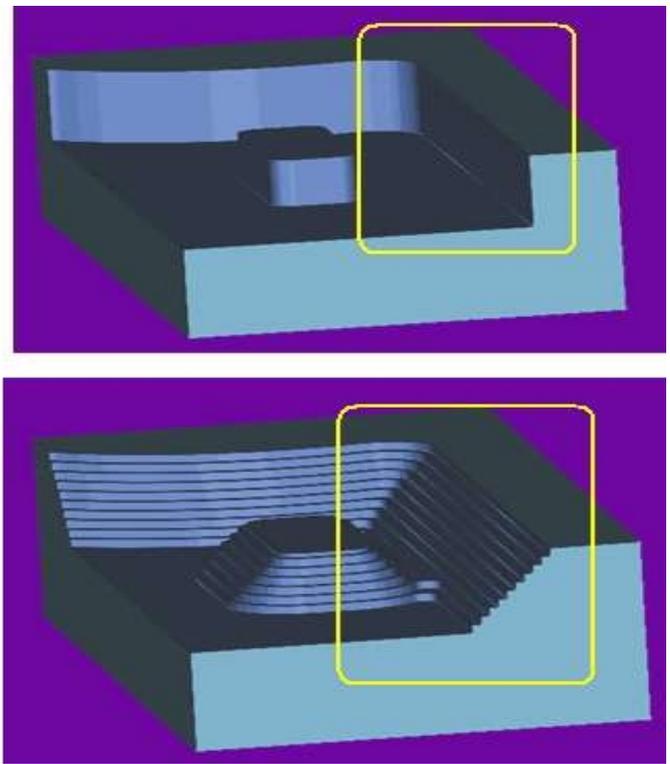
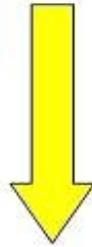
1\*，而其中**临界深度**下的  **临界深度顶面切削** 选项：因为在切削时根据每刀深度切削，不一定正好在零件内部的平面位置处产生刀轨，勾选此选项可以保证在平面位置处被切削到。见下图①勾选此选项（凸台顶面被切削没有材料留下）与不勾选此选项下图②（凸台顶面没有被切削到留下了材料）的区别：



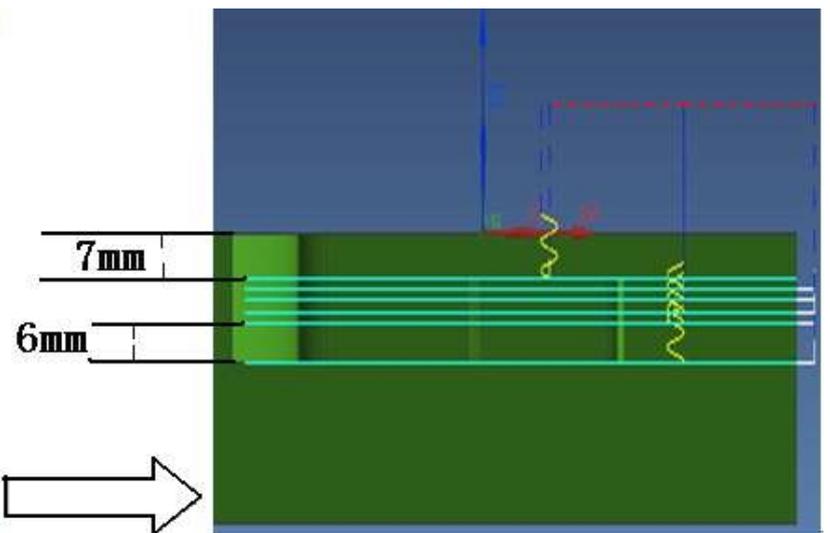
2\*，**刀柄间隙**下的**增量侧面余量**选项：是在每一个后续切削层增加一个侧面余量值，其目的是保持刀具与零件侧面的安全距离，以免刀杆部与零件侧壁产生摩擦，即俗称中的‘挤刀杆’。这种功能一般不会用到，有些人根据这种功能，能使用平面铣操作加工出带斜度侧壁的零件。见下图所示的刀路对比、加工后的效果（直壁与斜壁）对比。

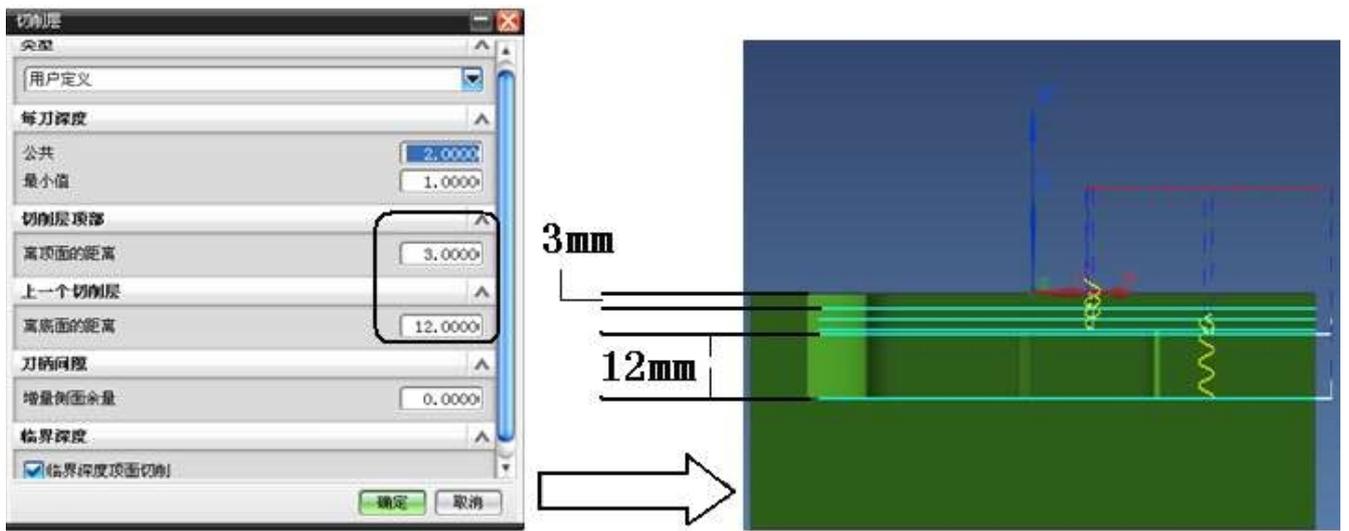


对比图示

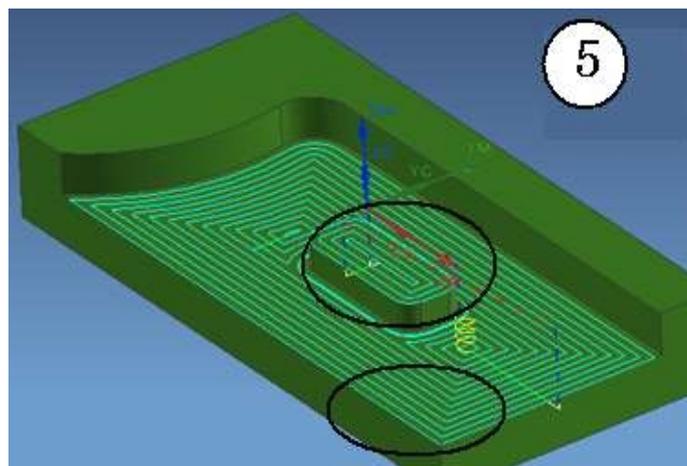
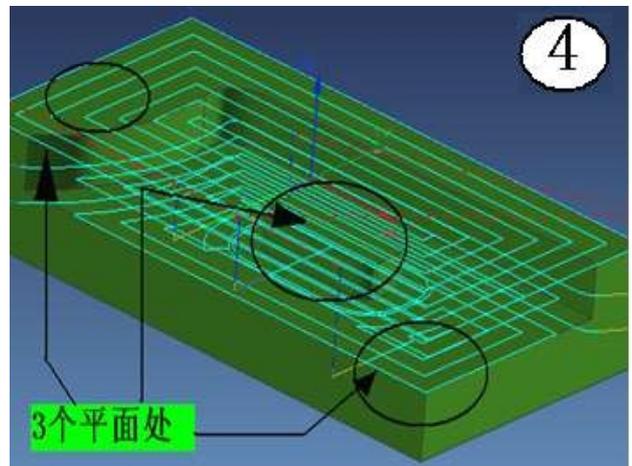
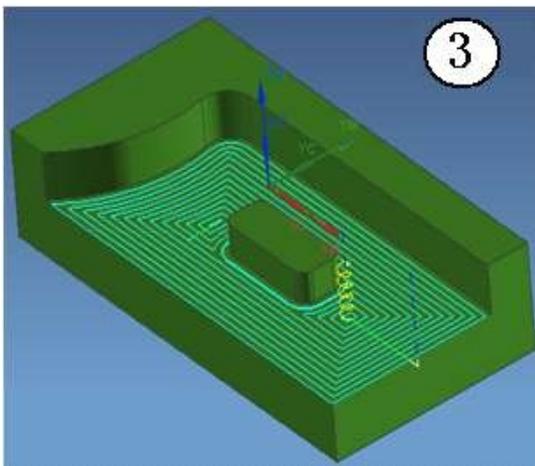


- ②，用户定义：这个与恒定的方式类似，但是加工效率和简洁度没有恒定好。它是根据零件的具体形状，在最大值和最小值之间取值为切削深度。另外还增加了 **切削层顶部**、**上一个切削层** 两个选项，它主要决定第一个切削层和最后一个切削层的从哪里开始切削，或者说是第一刀和最后一刀的切削深度值。如下图所示：





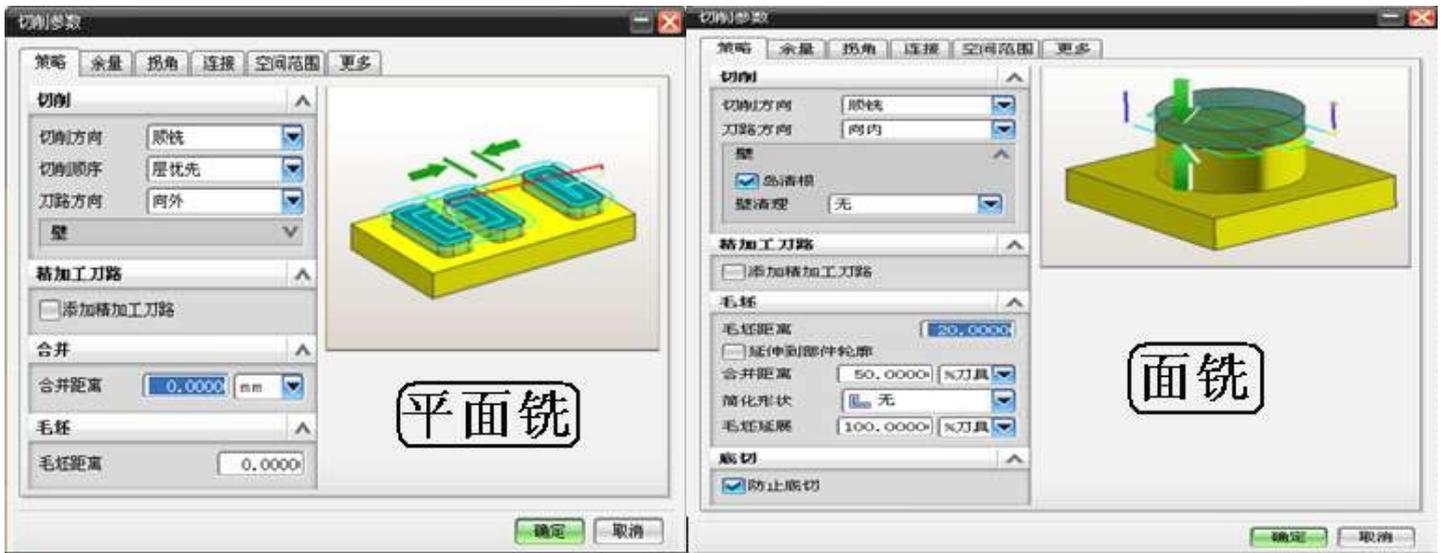
- ③，仅底面和临界深度及底面及临界深度 3 种方式：一般情况下仅用于精加工。
- 1\*，仅底面——仅在零件底面生成刀轨（下图③所示）；
- 2\*，临界深度——仅在零件平面处生成粗加工的刀轨（下图④所示）；
- 3\*，底面及临界深度——在底面和零件中的平面处生成精加工刀轨（下图⑤所示）。注意：临界深度和底面及临界深度在加工零件内平面处（临界深度）的刀轨不同之处——在于临界深度所生成的切削层的刀轨，将完全切除切削层平面上的所有毛坯材料。



## 第二章：刀轨设置之二——切削参数和非切削参数

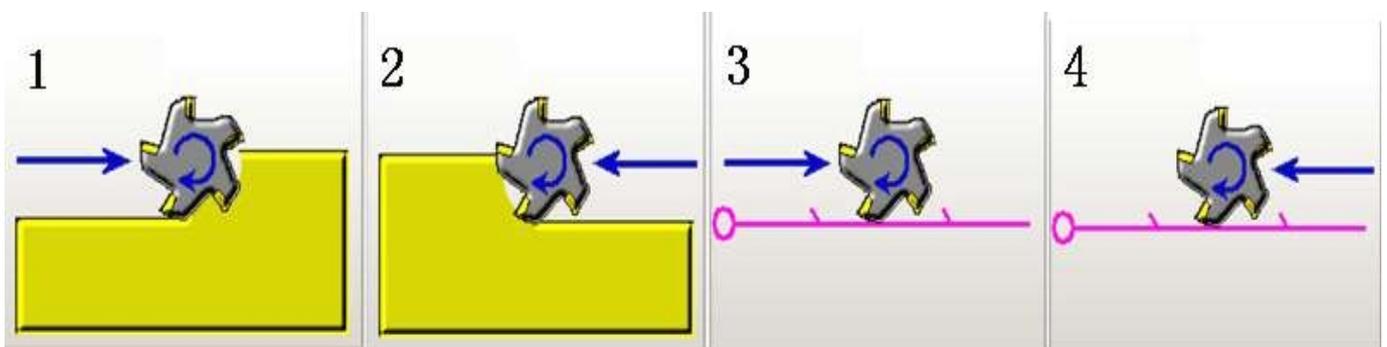
### 第1节：切削参数对话框：

首先要知道切削参数对话框中的某些内容选项是：根据其操作的类型和切削模式的不同而有所不同。譬如：平面铣切削参数对话框与面铣的切削参数对话框里面的选项不同。下面我们来讲解其主要关键参数：



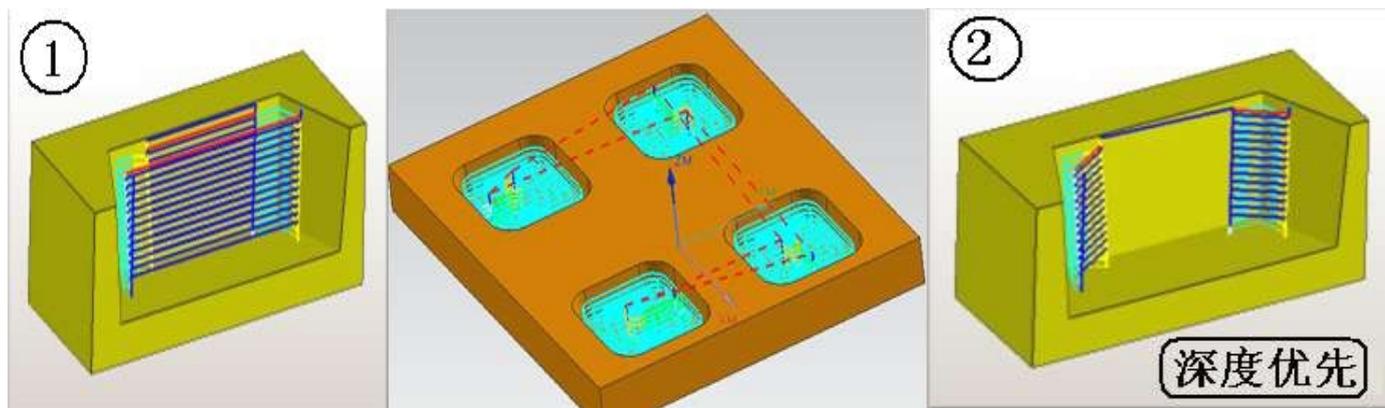
#### ①—策略选项卡：

1\*，切削方向：顺逆铣是机械加工中主要的加工方式，一般情况下都是采用顺铣：一是较好的保护刀具延长刀具寿命；二是能加工出较好的表面质量。而逆铣仅用于特殊情况：例如在加工较硬的表皮时使用逆铣，往往能减少机床丝杠的承受力，能有效保护丝杠精度。一般搞机械加工的基本上都知道这两种加工方式，这里不做理论解释。另外两种<sup>跟随边界</sup><sub>边界反向</sub>仅用于平面铣，基本上没有太多的意义。看下列图示：1—顺铣 2—逆铣 3—跟随边界 4—边界反向。

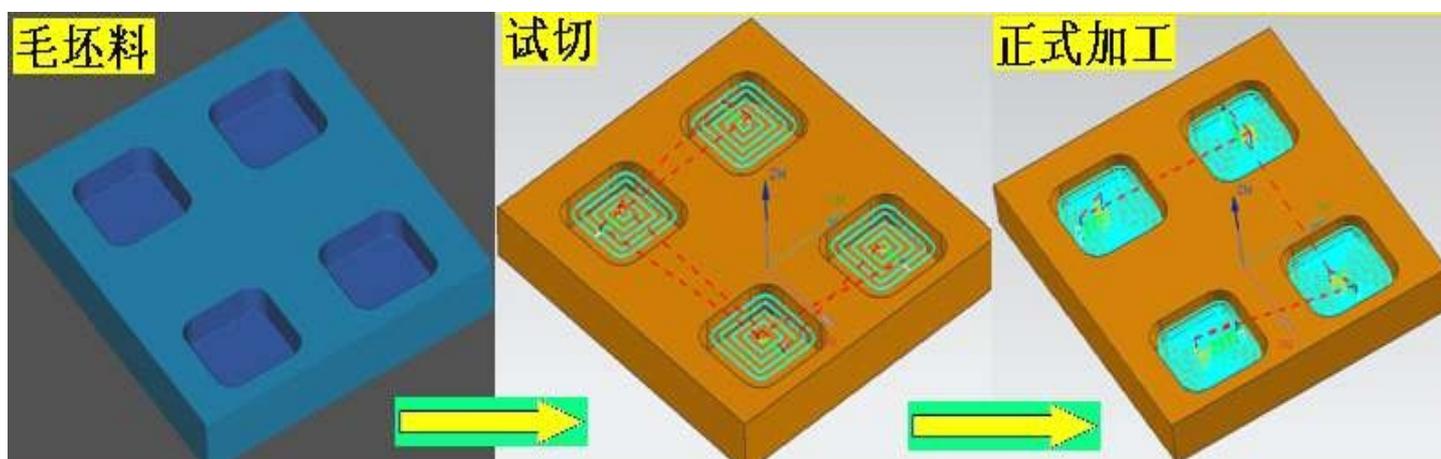


2\*，切削顺序：层优先和深度优先：层优先是表示刀具每次切削完工件上的同一高度的切削层之后再入下一层切削，它不管这同一高度的切削层是否在一个区域之内，所以在零件中有很多区域存在时，刀具要在每加工完一个高度切削层后，就

要跳转到另一个区域进行同一高度的加工，所以抬刀频繁加工效率低。（下图①所示）；而深度优先恰恰相反，它是加工完一个区域之后再进行到下一区域。所以效率较高一般采用此方式。（下图②所示）



※※但是在实际加工中层优先有一个重要的用法，下面做一下介绍：



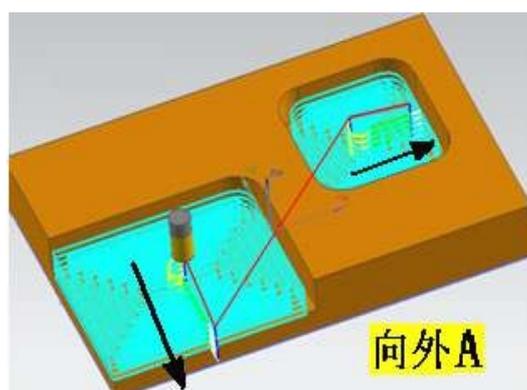
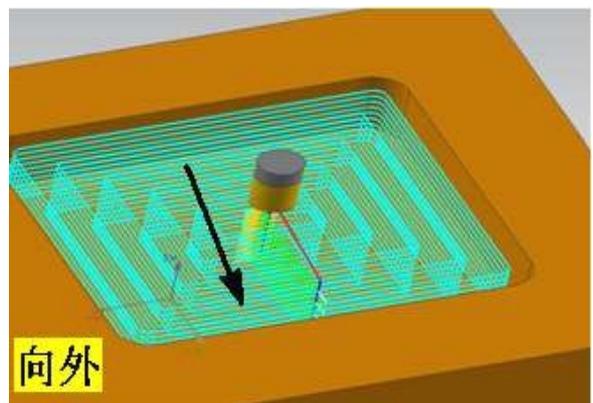
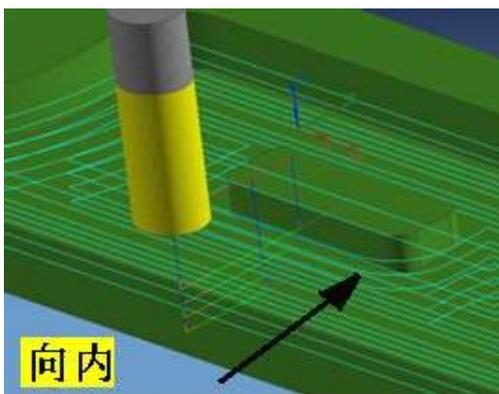
譬如说：A：我们就要加工这个案例，当然选择深度优先加工效率较高，但是有一个问题就是：由于是一块毛坯料，假如是一块偏置毛坯料而不是一块方料，偏置毛坯料在其铸造过程中的各种原因，余量在四个凹腔中并不均匀。而我们在对工件进行分中定中心时，也是因其是毛坯料的问题，分中也并不精确。所以就会产生一个问题：就是有可能某一个或两个凹腔加工不起来，即是由于坯料余量不均（有的凹腔余量较大而有的凹腔余量较小），分中的偏差等原因，就有可能在余量较小的凹腔处造成没有余量可给加工的情况，然而事实上此处有余量。假如我们一开始就采用深度优先的方法，在加工完几个凹腔后，有一个凹腔加工不起来，那这块毛坯料就可能废掉不能再用了。

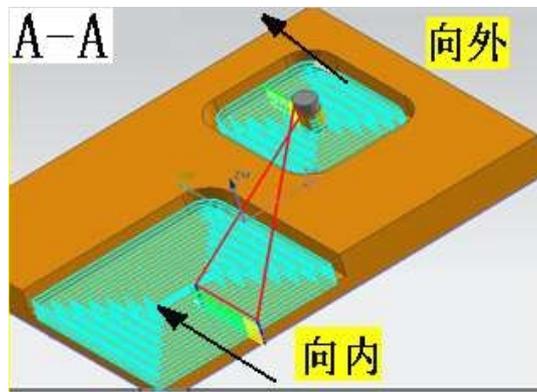
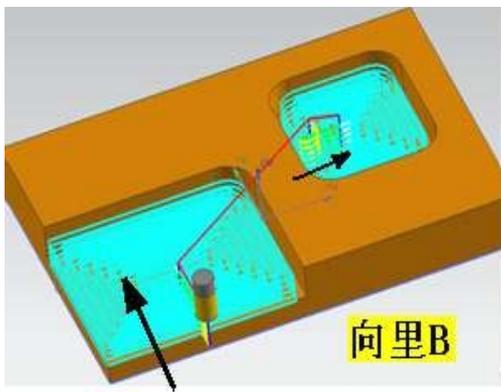
B：为了避免此类情况的发生，我们就可以在分中以后使用层优先的方法先进行试切，如果有的凹腔加工不起来，就要适当的偏置一下加工坐标系的中心点

位置,在保证四个凹腔都能加工起来的情况下,再采用深度优先的方法完成加工,如上图所示。这是一个实际的经验。

3\*刀路方向: 向内或向外, 仅存在于跟随周边和摆线切削模式中。一般情况就是对于封闭的区域使用有里向外的方法,而对于开放的区域则采用由外向内的方式。注意黄色线的进刀方向。但是有的零件既有开放区域又有封闭区域,那我们怎么办呢?如果我们不做任何调整,那么系统仅能满足一个如下图:(统一向外 A 或统一向里 B)。

我们可以这样做:假如我们指定方向为向内,在开放区域自然就是在零件外部线性进刀向内切削零件,而在封闭的区域也是在零件壁处下刀向内铣削(图向里所示),这在封闭区域自然很不合适,此时我们可以在封闭区域指定一个下刀点,譬如在封闭区域的中心位置,这样刀具就会在封闭区域进行从里向外切削了。具体的指定步骤为:点击 **非切削移动** 图标,进入对话框点击 **起点/钻点** 选项卡,点击 **预钻孔点** 选项展开定义区,点击 **指定点** 图标,用光标在封闭区域的中央位置指定一个点即可。然后生成刀轨结果如下图(A-A)。同样的方法你如果指定刀路方向为向外,那么就在开放区域指定一个进刀点让刀路向内切削即可。关于非切削方面的知识在下一节进行详解。





4\*，壁清理、岛清跟：这个我们在讲切削模式时已经讲过了，不再赘述。

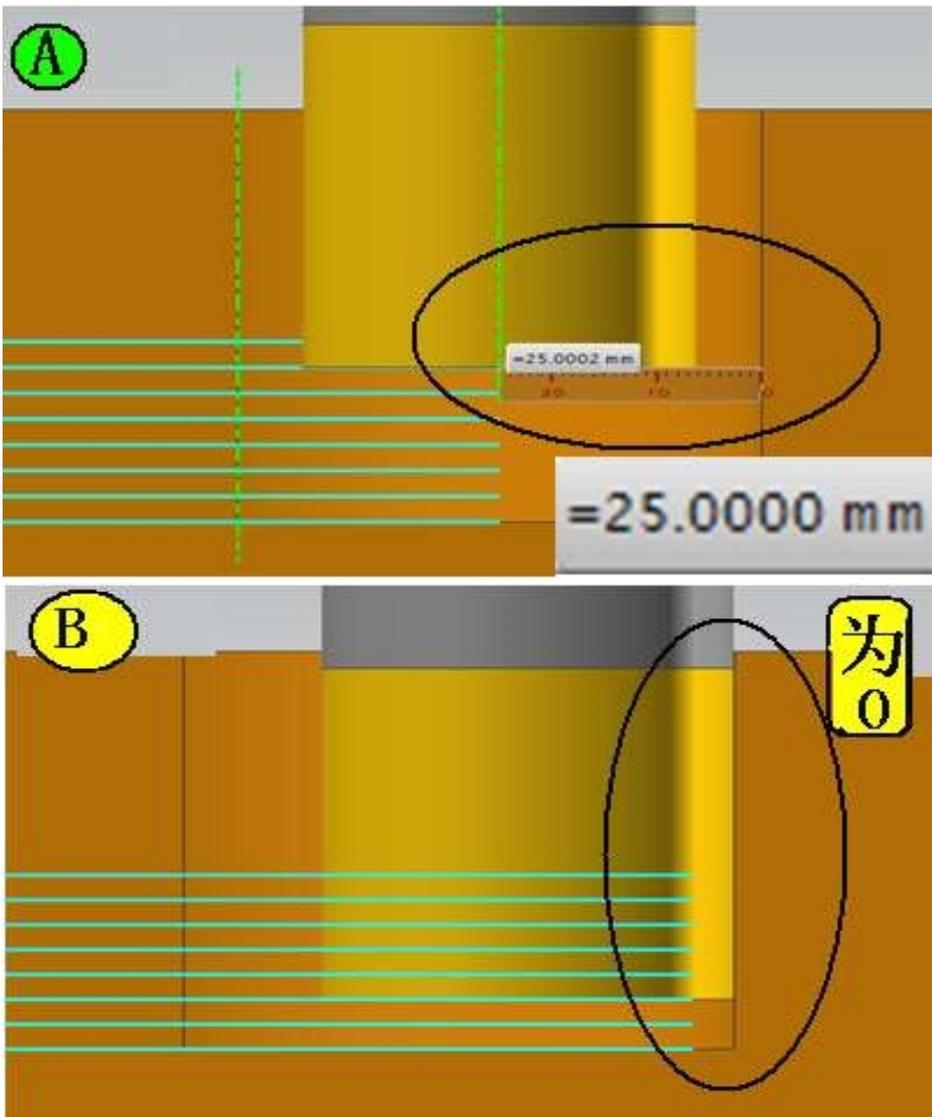
5\*，精加工刀路、毛坯距离：所谓精加工刀路就是在粗加工走完一层后，再在侧壁精加工一刀，这个其实没有必要，因为我们通常都是要另外进行精加工的。另外毛坯距离在平面铣中没有什么实际意义（它只是 2D 的），如果设置毛坯距离的话它只在侧壁进行扩大，而在 Z 方向没什么变化。而在面铣中的意义我们前面也都讲过。

6\*，合并距离：这个选项以及参考刀具，都是在以前的版本 2D 加工中没有的功能，这些功能都是在 3D 中才有的。现在在新版本中也加进来这些功能，其实在 2D 中作用不是很大。因为 2D 的刀路都是用边界来控制的，刀路的形成不依赖于实体模型。我想把这些功能放到 3D 当中去讲。

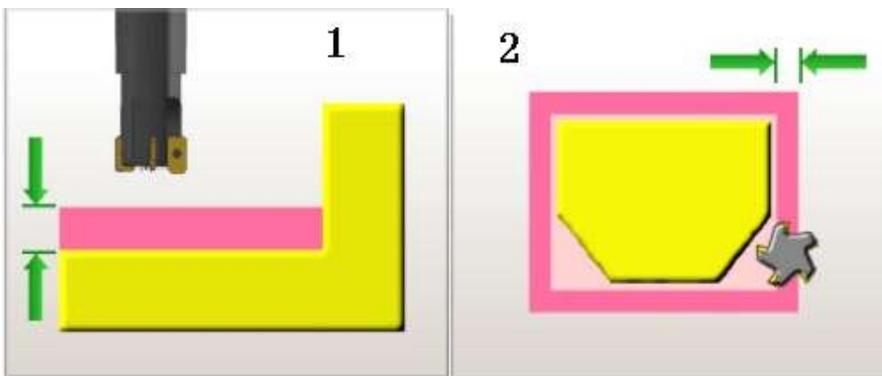
7\*，切削角：应用在单向、单向带轮廓、往复切削模式中，主要指生成的刀轨方向与 X 轴的夹角。这个选项的设定主要是针对：在应用这些切削模式时，特别是在粗加工中应该设定一定的角度与 X 轴，其目的就在于减少机床的震动。有时应用在精加工中，也能增加表面的加工质量。

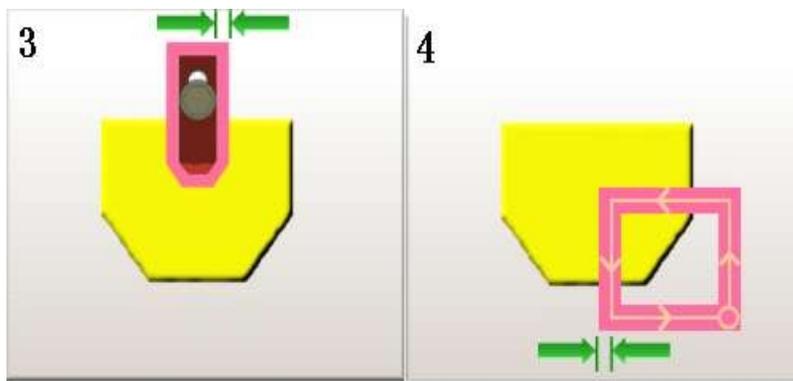
## ②—余量选项卡：

1\*，部件余量：是指在当前平面铣或面铣切削结束后，留在零件侧面周壁上的余量。特别主要的是：在面铣中有一个壁余量选项，这个选项并不是指侧面周壁上的余量。如下图所示：下图 A 是：设置了部件余量为 10，刀具直径为  $D=30$ ；下图 B 是：设置了部件余量为 0，壁余量为 10 的加工后的效果。总之部件余量就是在平面铣 (PLANAR\_MILL) 或面铣 (FACE\_MILLING) 中，是指零件侧面周壁上的余量。而壁余量是在面铣区域铣  (FACE\_MILLING\_AREA) 和手工面铣  (FACE\_MILLING\_MANUAL) 之中，在指定壁几何体的情况下才是真正的侧壁余量。

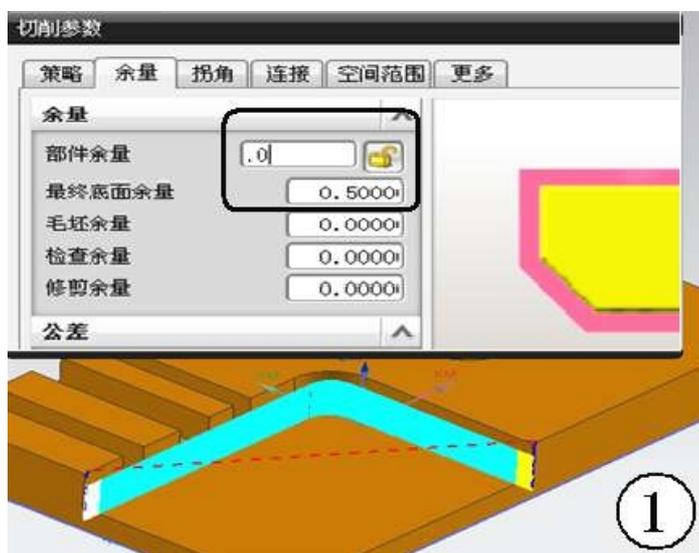


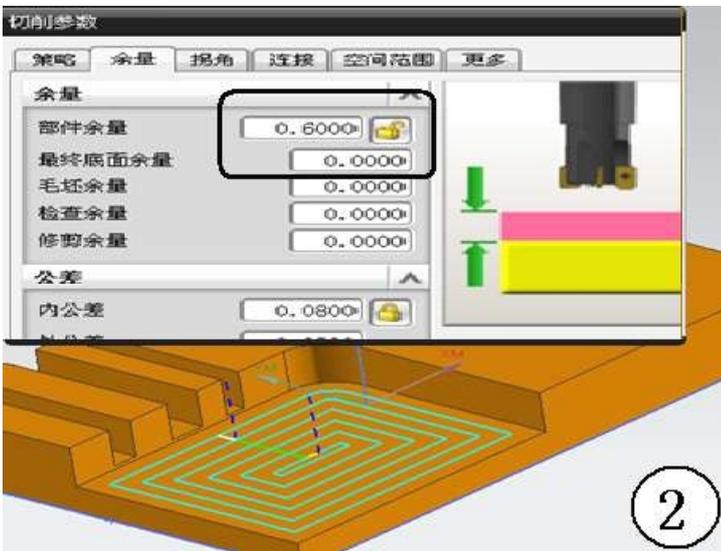
2\*, 最终底面余量：是指在当前加工操作完成后，留在零件所有平面处上的余量值（图 1）； 毛坯余量：是指切削时刀具离开毛坯几何体的距离（图 2）； 检查余量：是指刀具与已定义的检查边界之间的余量（图 3）； 修剪余量：是指刀具与已定义的修剪边界之间的余量(图 4)。各示意图如下：





关于余量的设置：一般情况下在粗加工、半精工都要设置一定的余量，这个大家都知道。另外在一些流道的加工中也可以设置负余量（最终底面余量、部件余量、毛坯余量）。但在实际加工中，还要有一些具体的设置，尤其是在精加工中。看下面的实际加工案例设置：（下图①所示）的是——在精铣侧壁而在底面留有 0.5 的余量；（下图②所示）的是——在精加工底面却在侧壁留有了 0.6 的余量。你知道为什么吗？自己考虑一下。（注：这样的设置：精铣侧壁而在底面留有余量是为了一刀具不会在侧壁和底面都同时切削；在精加工底面却在侧壁留有余量也是一样的道理！）

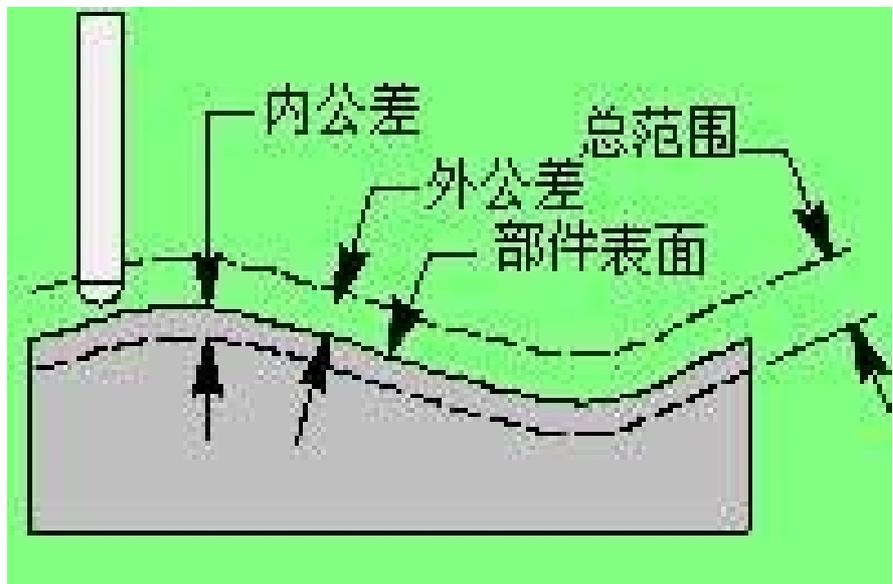




在实际加工中基本上就是这样设置的，这与理论不同。这也是一般教程所不能涉及到的。这也就是我们为什么在加工方法设置时，不把加工方法作为必要的加工参数进行事先设置，而是在具体的加工操作中具体设置的原因所在。

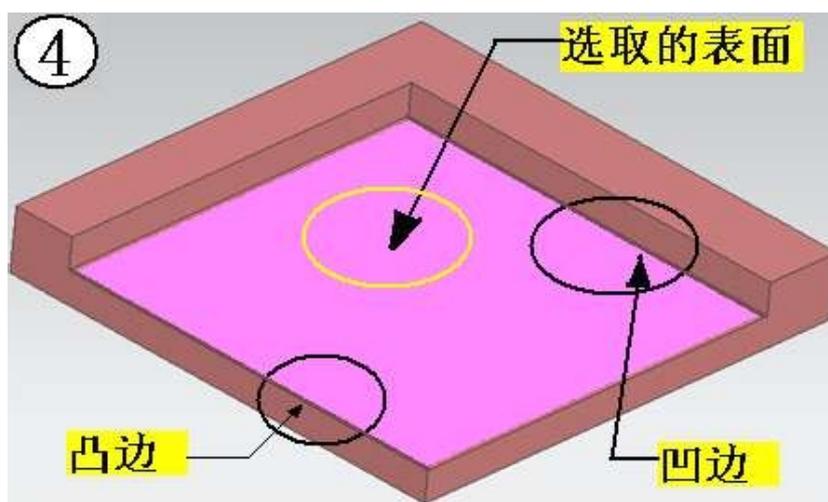
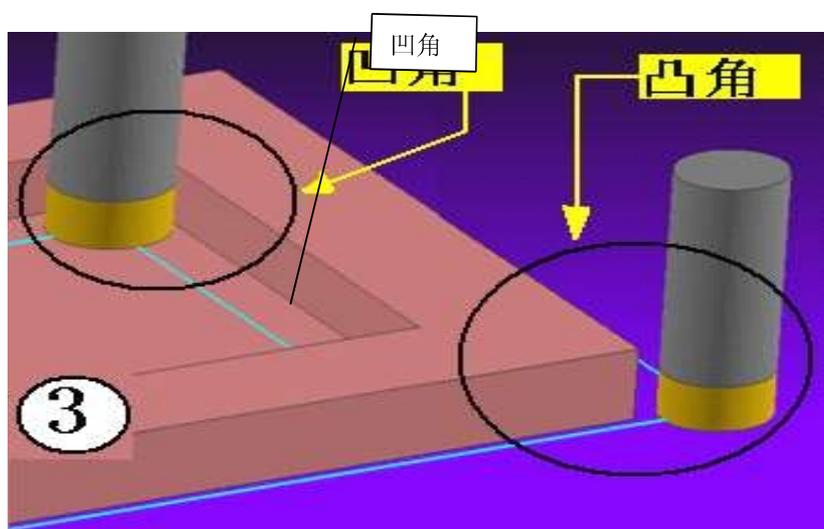
3\*，公差：在加工方法设置中，基本上就是需要设置：余量、公差、进给率（下图所示）。通过余量知识的学习知道，通常要在具体的加工操作中具体设置，而公差、进给率也基本上是这个情况。其具体的概念表述为：

指定刀具可以偏离部件表面的距离。越小的内公差和外公差值所允许与曲面的偏离就越小，并可产生更光顺的轮廓，但是需要更多的处理时间，因为这会产生更多的切削步骤。请勿将两个值都指定为零——这是最为重要的一点，因为在UG中：“0”有“+0”和“-0”的区别，它们代表了一种矢量而非数值！一般在粗加工中使用较大的公差值，而在精加工中使用较小的公差值。

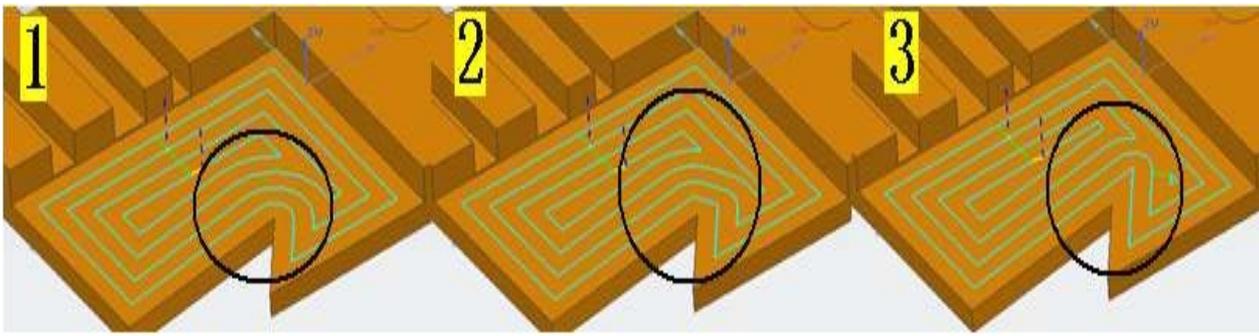


### ③—拐角选项卡：

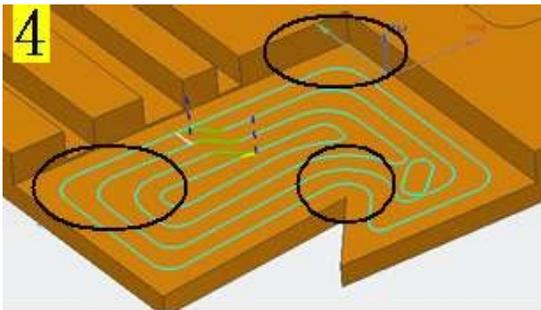
1\*，这个选项的设置主要是：提供有助于预防和避免刀具在进入拐角时产生偏离或过切（下图③所示）——此时刀具在此点处产生双面切削，要么刀具被弹出即是所谓的‘让刀’现象，要么挤入工件从而产生过切。这种现象还存在于步距之间转弯处。系统为此设置圆角平滑过渡，这种设置特别对于较硬的材料切削以及高速加工特别重要。在一个工件中存在拐角的地方，一般意义上把它分为凸角和凹角。另外在平面铣中关于边界的定义时，还有凸边和凹边的定义。见下图④所示。但是我们在讲边界时并没有给予讲解。在这里我提一句：关于凸边和凹边的刀具定位，你最好采用默认设置，否则将会犯致命性的错误。



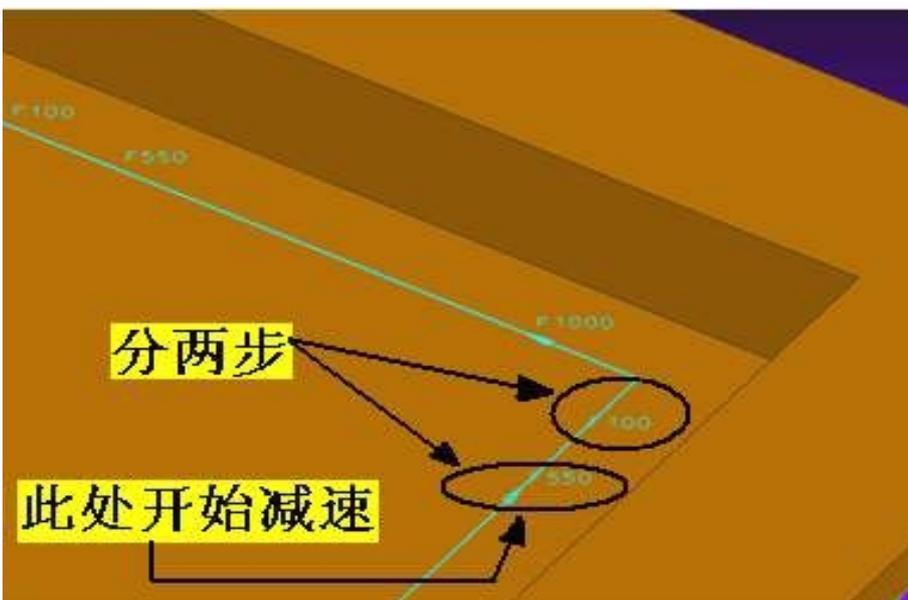
1-1：对于凸角处——可实现绕拐角的圆弧刀轨或延伸相交的尖锐刀轨。3种方式分别是：**绕对象滚动**下图 1、**延伸并修整**下图 2、**延伸**下图 3。注意观察尖角处的刀轨变化，但是对于侧壁的尖角（凹角）没有变化，自己考虑一下为什么？。



2-2: 光顺: 即是添加圆弧过渡: 在凸角、在凹角、在步距变换之间都可以加以圆角。下图 4 所示。



2\*, 虽然在零件拐角处添加了圆角过渡, 但是由于切削速度的原因, 有时还会出现所谓的‘啃刀’现象, 故而可以在此处实行减速设置: 例如下列图示: 从当前刀具的 110%直径处开始减速, 减速率为  $F=1000$  的  $10\%=F=100$ , 而且是分 2 步进行减速。但是这个减速一般只用于凹角处, 因为只有在凹角处刀具圆周上接触材料刀刃进给率大于刀具中心进给率。而凸角则正好相反。一般情况是: 添加圆角与减速配合进行使用, 同时可以实现在步距处形成圆弧过渡, 对于高速加工是必要的。





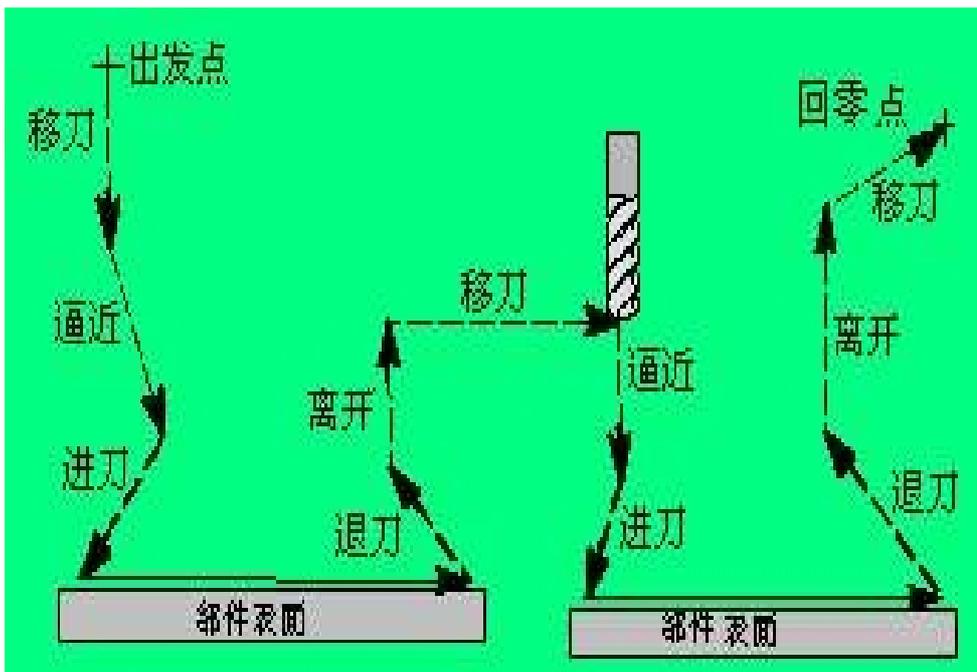
④—连接选项卡/更多选项卡：这两个基本上没有什么实际意义。一般采用默认设置即可。

⑤—空间范围：这个在前述二次开粗中已经讲过，基本上有所了解。我想把它放在3D型腔铣中进行重点讲解。

## 第2节：非切削参数的定义：

UG从NX5开始把非切削运动的参数设置，改为现在的对话框形式（分为开放和封闭区域）进行定义。它具体定义的是：除切削工件材料以外的刀具运动情况。

### 1—刀具的整体运动过程以及进给率和速度：





结合上面图示，先认识各种进给速度：

1\*，快进：在非切削状态下的快速换位速度：如果默认值为 0 的话是机床本身的快速定位速度（G00 来表示）；如果指定数值则在 NC 程序中生成 F 代码的进给值。例如：G01 x\_\_y\_\_z\_\_ F\_\_这样来表示。

2\*，逼近：进入切削前的、接近工件的进给速度。如果默认值=0 时，实际速度为指定的切削速度即是剪切速度。

3\*，进刀：在指定的安全高度处，考虑切入冲击力，开始减速接近切削工件。如果默认值=0 时，实际速度为指定的切削速度。一般都需指定。

4\*，剪切：正常状态下的切削速度。这个需要指定。

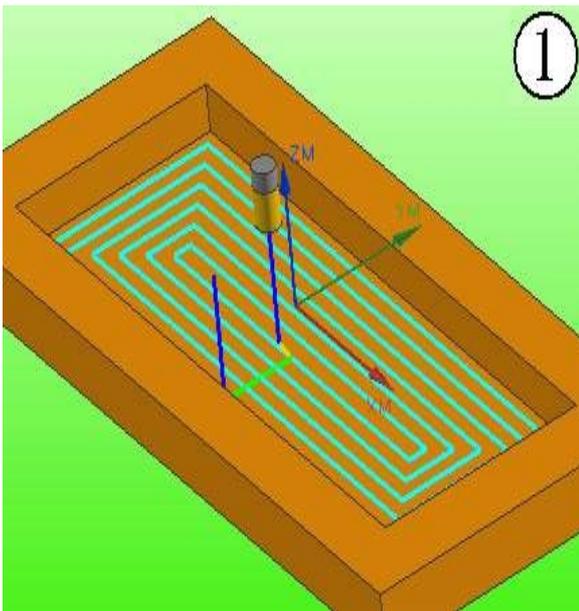
5\*，移刀：是刀具从一个切削区转移到另一个切削区的移动速度。如果默认值=0 时，实际速度为快进速度。

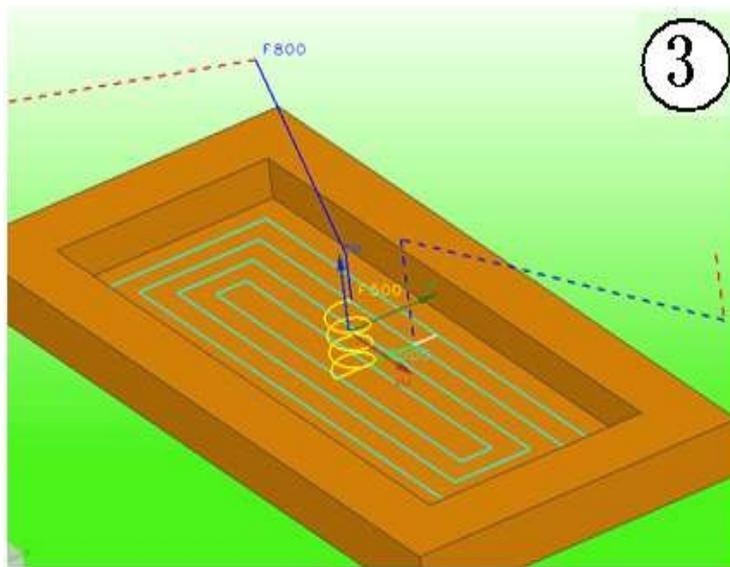
6\*，退刀：刀具离开工件的速度。如果默认值=0 时，实际速度为：线性退刀为快进速度；圆弧退刀为切削速度。

7\*，离开：刀具完成退刀动作后，回到零点的动作速度。一般也是默认值=0=实际速度为快进速度。

一般情况需要定义的有：剪切速度、进刀速度。另外移刀速度最好不要为 0，一般给定为 F=5000/或更大一些，因为有的机床两轴不同速，在走这个速度时，并不与电脑产生的刀路一致。特别是在定义了“前一平面”抬刀方式时！

**2—学会观察刀路：**注意观察刀具是如何运动的：打开文件 X 盘:\lizi\plan009.part。—→定义坐标系为工件最高面中心位置，安全平面为 Z=100。—→创建如（下图①所示）默认非切削参数的底面精加工刀轨。—→打开非切削移动对话框定义‘避让’参数如（下图②所示）：出发点——指定为：（参考 WCS、X=-429.754/Y=-209.738/Z=200）；起点——指定为：（参考 WCS、X=-349.999/Y=140/Z=150）；返回点——指定为：（参考 WCS、X=429.754/Y=209.738/Z=150）；回零点——指定为：（参考 WCS、X=429.754/Y=209.738/Z=250）；—→创建了如下图③所示的非切削运动轨迹。其过程分别是：刀具定位在出发点处—→快速运动到起点位置（红色线、代码为 G00）—→到达安全平面（蓝色线、代码为 G01、F）—→逼近工件（蓝色线）—→采用螺旋进刀方式下刀（黄色线）—→切削工件（白色线）—→切削完成抬刀到安全平面处（蓝色线）—→快速运动到返回点（蓝色线）—→快速返回到回零点位置（红色线）。如下图③所示：





继续使用这个例子：==> 点击起点/钻点选项卡：在区域起点定义区，用两种方式（点和角），自己试着分别指定点生成刀路观察，就会发现下刀位置的确发生了改变，但并不是指定的点，只是靠近指定点的位置。这个选项一般由系统默认，当然自己也可以指定。但是实际的切削区刀轨的起始点位置，一般并不会刚好在用户定义的位置，这是因为系统会根据切削区的形状等因素，来决定一个最接近用户定义的点的位置为实际的起始点，所以切削区域的起始点只需大致指定一个位置即可。

==> 点击预钻孔点定义区，指定一个点生成刀路观察，发现下刀位置的确发生了改变，而且的确是在指定的位置精确下刀。这是因为预钻孔点的本意就是：在切削区域的适当位置预先钻好一个孔，在加工时让刀具在钻好的孔位置下刀，进入切削层进行切削。这个选项也是根据是否需要来进行定义。注意的是：预钻孔对于轮廓和标准驱动加工方式无效。如果使用了预钻孔下刀，就把封闭区域的螺旋下刀自动改成了线性进刀。

我们这个练习过程主要明白刀具的运动过程，同时学习了避让选项卡的内容以及起点/钻点选项卡的内容，其实避让选项卡的内容一般情况下是无需定义的，它一般应用在特殊的工件：例如较高的、需要绕开工件的某部分区域，需要刀具定位非切削运动的时候、以及在5轴加工中。

而对于切削区域的起点的定义，一般是大致指定一个位置，其目的为改善下刀状况和较多的凌乱的进刀运动。钻点的应用一是：确实需要进行预钻点下刀，以提高加

工效率和改善下刀受力状况；另外一种情况是：我们并不真的需要预钻点下刀，而是要确定在某一个位置下刀，但是这个位置必须是空的、没有材料的（譬如：工件的外部、粗加工后的型腔区域）。

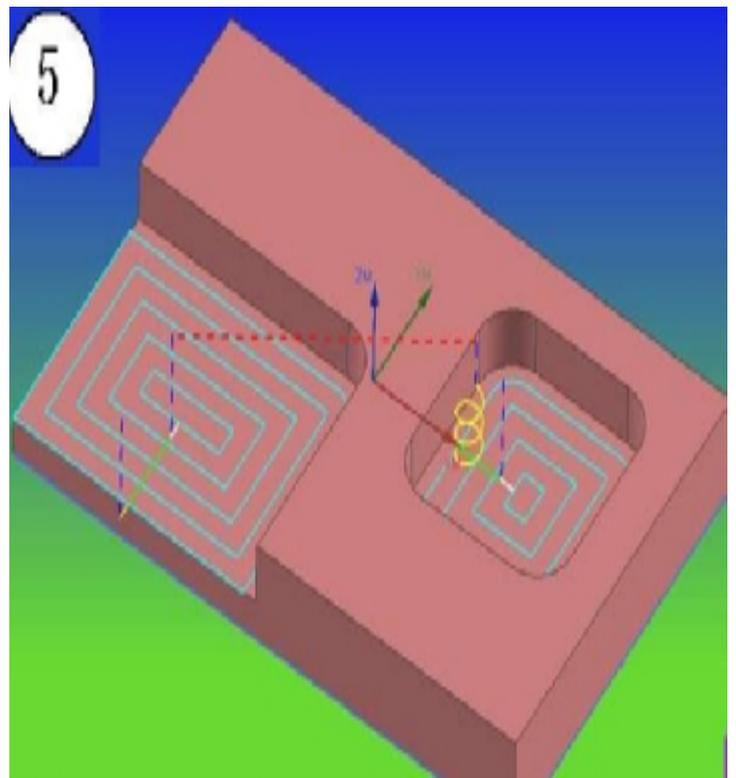
### 3—如何进刀？来观察并学习黄色线部分：

1\*，何谓进退刀？

进刀：从进刀点到切削层的切削刀轨的第一点之间的运动就是进刀运动！它以进刀速度进给。  
退刀：从切削层的切削刀轨的最后一点到退刀点之间的运动就是退刀运动！它以退刀速度进给。

何谓进退刀点？  
进刀点是紧接着切削层的切削刀轨第一点之前的一个刀位点  
退刀点是紧接着切削层的切削刀轨的最后一点之后的一个刀位点。

2\*，进刀选项卡：见下图④所示：可以看到进刀分为封闭和开放两个区域，而初始封闭区域和初始开放区域是指：在封闭或开放区域中第一次进刀的动作，从第二层开始其后的多层切削进刀，则按照封闭区域和开放区域的设置进行进刀。



我们还是通过案例进行讲解：

第一步：打开文件 X 盘:\lizi\plan10, 可以看到已经创建了一个平面铣操作（如上图⑤所示）。打开非切削移动进刀选项卡，并注意观察刀路的进退刀运动，可以看到这是系统默认的、不做任何进退刀参数调整的情况——在封闭区域实现螺旋下刀、而在开放区域实现线性进刀。解释：系统自动判断的方式为：系统首先在零件上寻找用户定义的预钻点进行下刀——→如果没有用户定义的预钻点，就在零件上寻找开放的区域进行进刀——→如果开放的区域也没有，那就是封闭的区域，在封闭的区域实行‘斜状式’（包括螺旋、沿形状斜进刀）下刀，从而不让刀具直接垂直切入工件。

第二步：先来认识学习在封闭区域的几种‘斜状式’下刀方式——何谓封闭区域？  
—即是：封闭区域是指刀具到达当前切削层之前必须切入部件材料中的区域。

1\*，首先选择进刀类型 **无** 生成刀轨，如下图 A 所示：可以看到没有任何进刀动作（一条蓝线），刀具直接切入工件。一般情况下都不会采用这种方式，但是有的企业，譬如专门加工石墨类的材料比较软的，为了提高效率就不设置进退刀。而采用这种方式。其解释为：

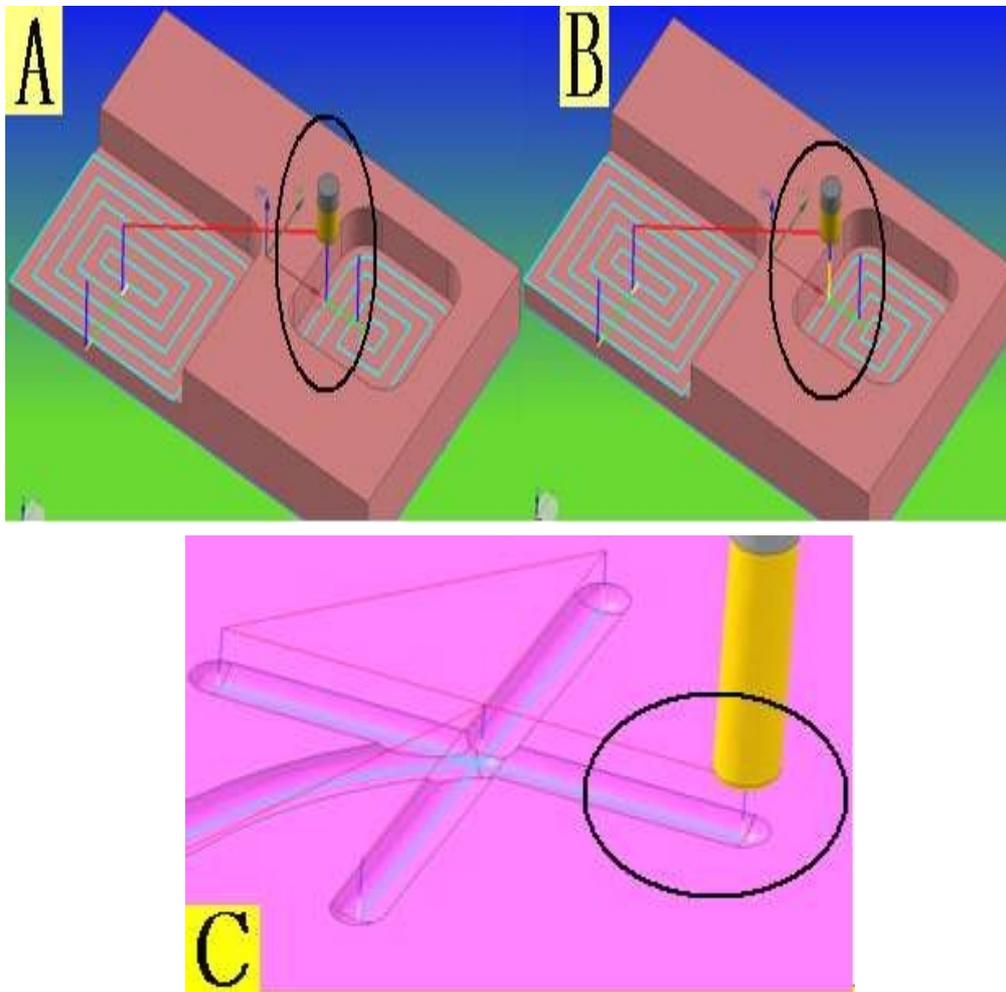
不输出任何进刀移动。软件消除了刀轨起点的相应逼近移动，并消除了刀轨终点的分离移动。

2\*，选择进刀类型 **插削** 生成刀轨，如下图 B 所示：发现有进刀动作（有一条黄线），注意与‘无方式’的区别。它是刀具垂直切入工件的。这种进刀方式一般用在材料较软的工件、刻字加工、还有流道的加工中：如下图 C 所示：如果采用其它的方法就会产生过切。这里有 2 个参数需要设置：高度和高度的起点位置。自己试着调整一下并观察刀路的变化情况。其解释为：

- **插削** 将直接从指定的**高度**进刀到部件内部。



**高度**值必须大于要加工的面上剩余材料的量。



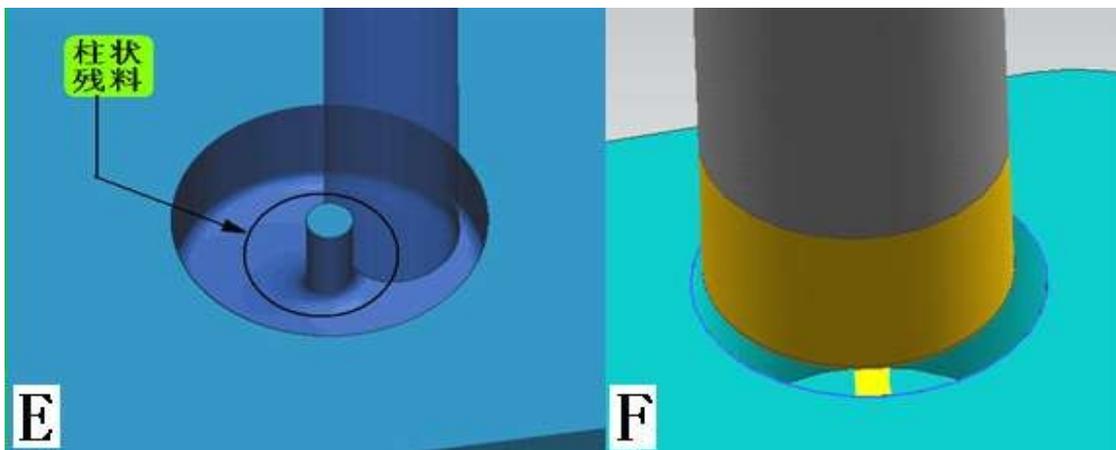
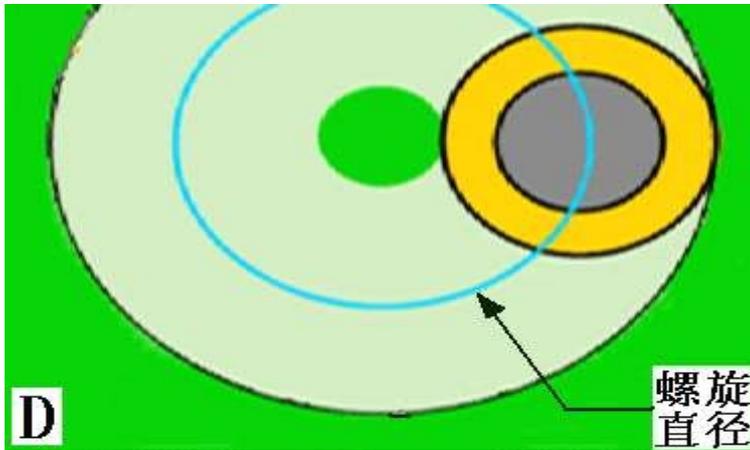
3\*, 选择 **进刀类型** **沿形状斜进刀** 方式生成刀轨, 如图 4 所示:发现进刀动作是沿着刀具轨迹斜状切入。根据零件的具体形状可以适当调整参数, 以达到最好的切入状态。倾斜角度: 一般设为 3~5 度, 它是与零件平面的夹角; 高度和高度起点: 首先保证倾斜角度后, 决定从什么高度开始沿刀轨形状倾斜。一般按默认值或更小一些 1 或 0.5 即可; 最小安全距离: 一般都要设一个值 (50%刀径) 以免碰到工件侧壁, 它就是与零件侧壁的安全距离。 [看下面的解释](#):

控制刀具切入材料内的角度, 该角度是在与零件表面垂直的平面中测量的。该角度必须大于 11 度且小于 90 度, 刀具从指定倾斜角度与最小安全距离处开始倾斜运动, 如果切削区域小于刀具半径, 则不会发生倾斜。

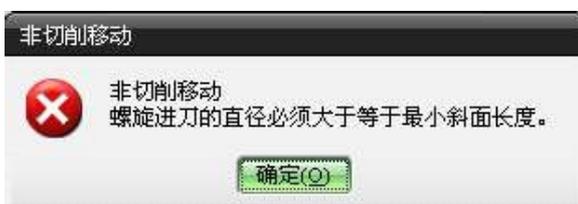
最大宽度: 控制斜式进刀轨迹两个拐角间的距离; 最小斜面长度: 控制自动斜削或螺旋进刀切削材料时刀具必须移动的最短距离。对于需要在前导和后置插入物间留有足够交迭部分进而防止未切削材料接触到刀具的非切削底部的插入式刀具, “最小倾斜长度” 特别有用。——这个稍后再讲。

4\*, 选择 **进刀类型** **螺旋线** 方式生成刀轨。其参数设置基本上同上, 唯一不同的是: 螺旋

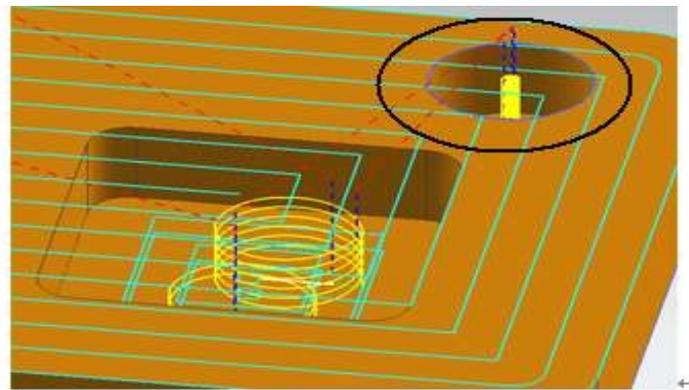
直径其示意图为（下图 D 所示）当螺旋直径为  $\geq 100\%$  时，就会留下残料（下图 E 所示）。所以系统默认为 90%。但是当螺旋直径较小时又会出现“顶刀”现象——即所谓的“未切削材料接触到刀具的非切削底部的插入式刀具”（因为当使用普通立铣刀时，刀具的底部中心位置是没有切削能力的），如下图 F 所示。



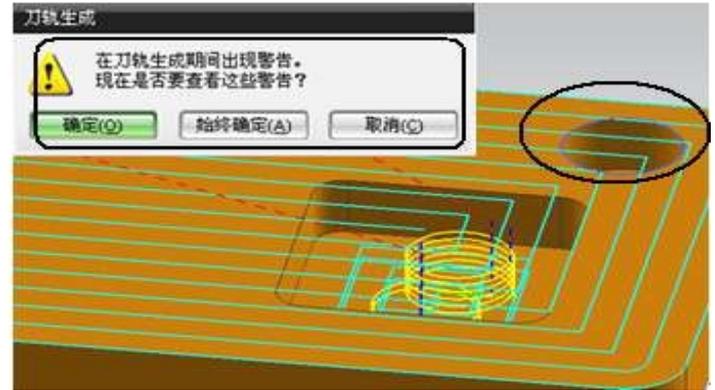
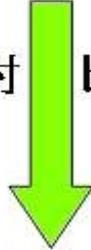
而最小斜面长度：是指刀具采用斜削或螺旋进刀切削材料时刀具必须移动的最短距离——即是：它在使用螺旋下刀时为最小的螺旋直径值，此时它与螺旋直径的关系是：它必须  $\leq$  螺旋直径，否则便会出现如下的报警信息对话框：



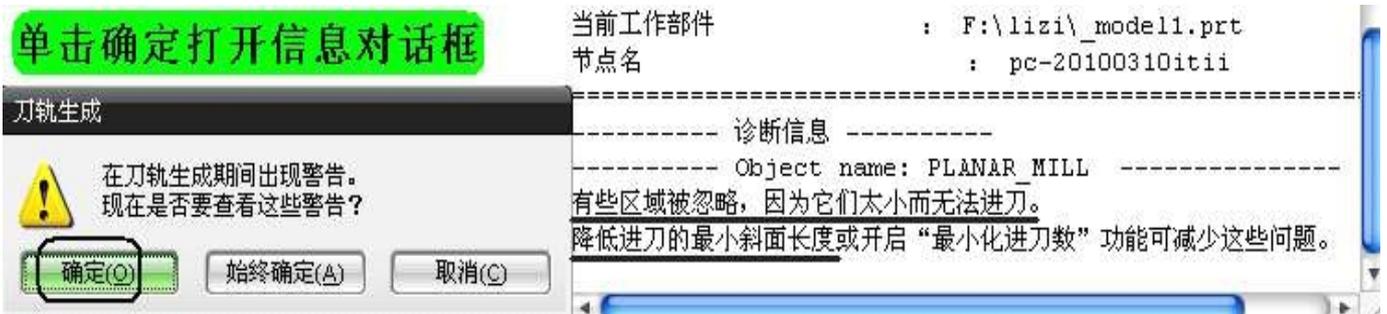
即是螺旋下刀或者沿形状斜进刀时：首先按照螺旋的直径下刀一直进到最小斜面长度值，小于此值的便取消螺旋或斜进刀动作！这个参数特别有用，它使得我们可以在一些小的区域，通过此参数的设置而阻止刀具进入，从而避免上述所谓的“顶刀”现象！看下图所示——



对比



图示上半部刀具进入了小区域（直径 40mm 的圆孔，刀具为 D35R5 的，进入切削势必会产生“顶刀”现象；而图示下半部为设置了此参数，从而避免了此类现象的发生！生成刀轨出现报警对话框（如下图所示）——而这正是我们所需要的！（所以在加工中一般设置为：刀具直径的 35%或 40%即可）



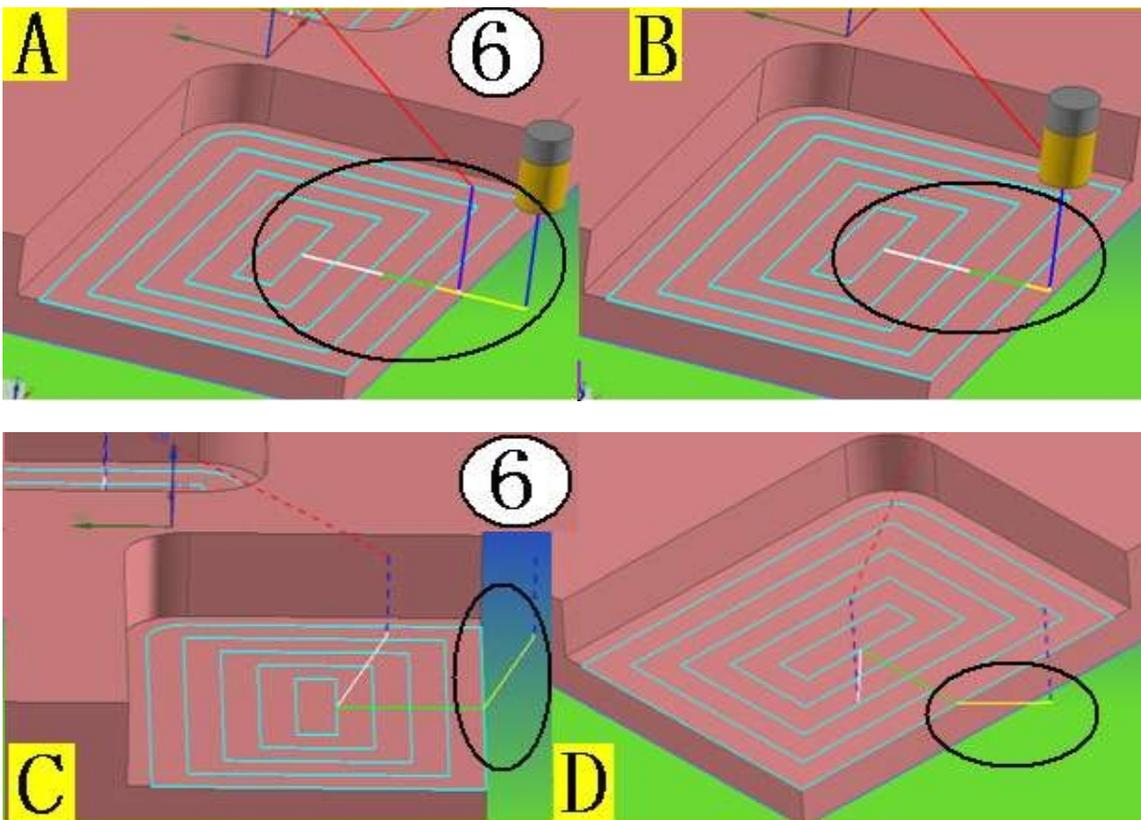
这个问题做一下解释：当在封闭区域下刀时：①系统首先采用螺旋下刀方式，而如果进刀会与工件发生碰撞，则螺旋进刀会离开工件并在区域起点周围形成螺旋线；——→而如果在区域的周围形成螺旋线进刀也会与工件发生碰撞，那么系统就会转为：“沿形状斜进刀”方式来进刀！②系统以默认的 90%刀具直径为螺旋的直径进刀，即是允许螺旋线进刀轨迹与刀具有 10%的重叠，这样就不会在中央留下柱状残料。而如果加工的区域小于用户指定的螺旋直径时，系统就会减小直径并重新尝试螺旋进刀；——→而此过程会一直持续到：进刀成功或者螺旋直径为最小斜面长度为止！；——→而当区域大小不足以给定的最小斜面长度时，系统自动就会采用“沿形状斜进

刀”方式。如果使用了预钻孔下刀，就把封闭区域的螺旋下刀自动改成了线性进刀。

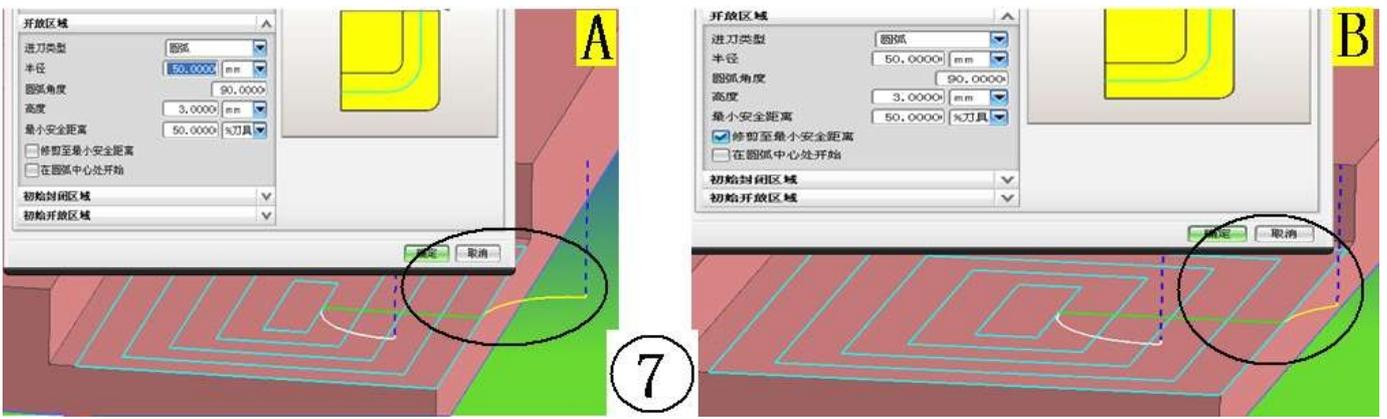
5\*，进刀类型与开放区域相同就是可以调用开放区域的设置。

第三步：学习开放区域的进刀设置：何谓开放区域？即是——开放区域为刀具在移除材料之前可以触及当前切削层的区域。或者说：是刀具可悬空进入当前切削层的区域。系统默认就是线性。我们主要学习下面几种：

1\*，线性：长度、最小安全距离、修剪至最小安全距离三者关系：如果不勾选修剪至最小安全距离选项，则进刀的长度值即为设定的长度  %刀具 值。见（下图⑥A）所示。如果勾选修剪至最小安全距离选项，则进刀的长度值为最小安全距离  %刀具 值。见（下图⑥B）所示。我们通常情况下，都是使用刀具百分比来指定长度值，而不用常数指定。另外还可以指定倾斜角度——设置此值以在切削层上方进刀（图 3 ）和旋转角度——设置此值，以在与切削层相同的平面中以该角度进刀。（图 4 ）。



2\*，圆弧：半径、最小安全距离、修剪至最小安全距离三者之间的关系，就如同线性中的长度与最小安全距离、修剪至最小安全距离的关系。圆弧半径决定进刀距离的大小。（下图⑦A）所示、（下图⑦B）所示可以看出三者的关系。



3\*，还有其它几种方式，但不常用。也无非就是指定进刀的方向和距离而已。而至于退刀参数基本与进刀相同，不再赘述！

4—传递/快速选项卡：

在区域之间如何进行跨越——控制添加以清除不同切削区域之间障碍的退刀、传递和进刀动作。

在区域之内层与层之间如何跨越——控制添加以清除切削区域内或切削特征各层之间材料的退刀、传递和进刀动作。

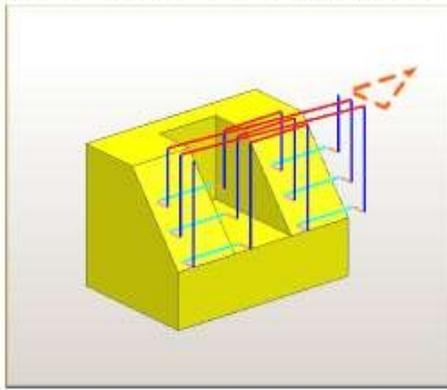


其中：传递类型——是指定要将刀具移动到的位置。如下图所示：

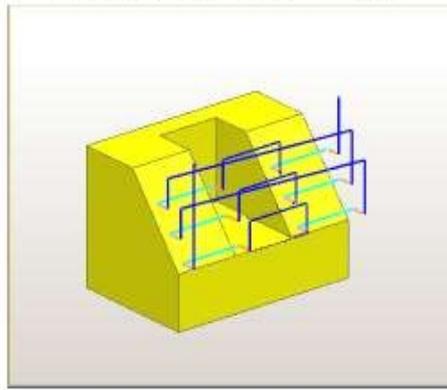
所有移动都沿刀轴方向返回到安全几何体

所有移动都返回到前一切削层

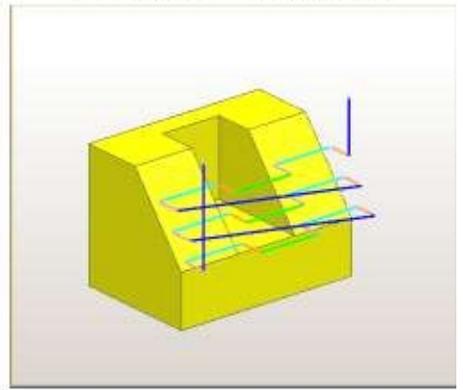
在两个位置之间进行直接连接



安全距离-刀轴



前一平面



直接

1\*，安全距离选项：这个与在定义安全平面时是一样的，一般情况下都是使用 **使用继承的**，即是使用坐标系下的定义的安全平面距离(下图所示)。

2\*，区域之间：一般就是使用 **传递类型** **安全距离-刀轴**，这样在区域之间跨越时比较安全(下图所示)。

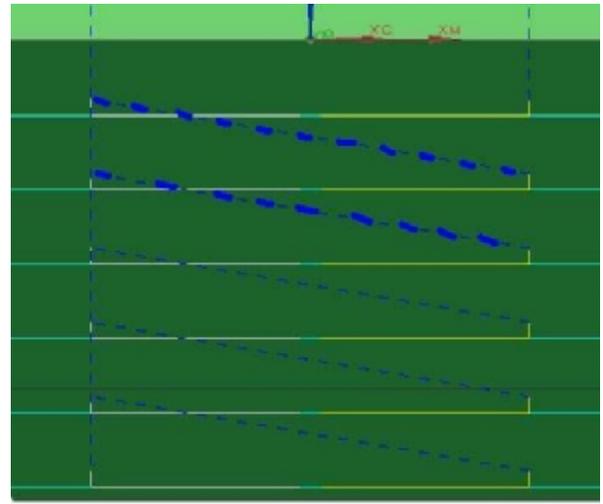
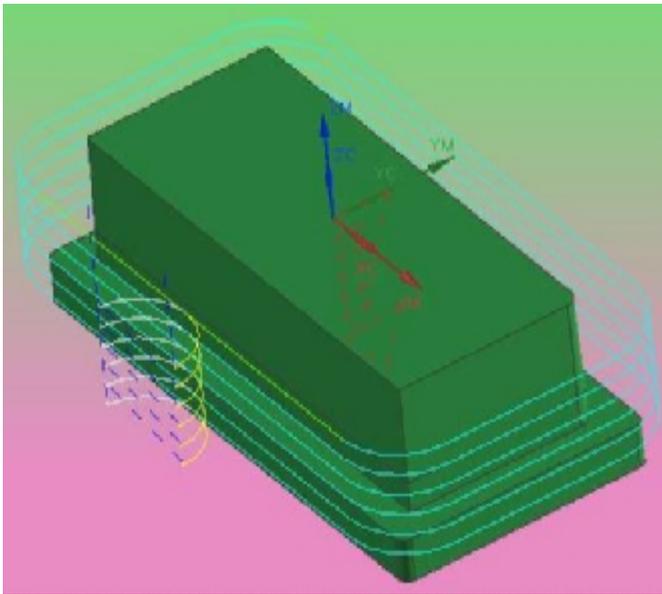


3\*，区域之内：这个是根据情况选用：**前一平面**或**直接**的，以减少进退刀的时间。

4\*，初始的和最终的;就是第一刀和最后一刀的跨越方式。

使用经验：1——在粗加工之中，不论是在区域之间还是区域之内，抬刀到安全平面不但安全而且有利于机床进行排屑、吹气等。

2——在轮廓精加工或是清角中，一般使用前一平面或是直接的。但是一定要注意的是：如果机床是两轴同速的就必须在进给率选项卡中设置‘移刀速度’而不能使用默认值。而直接的主要用在下刀点比较单一的、外形较为简单的零件。譬如：下图所示的零件。



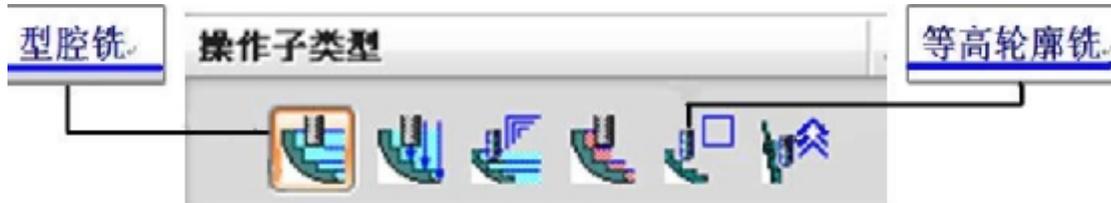
直接下刀——蓝色线所示

最后说明: UG 的进退刀设置参数是最多的, 如果要展开讲解的话大概有几百个参数, 参数虽然较多但实际上应用并不复杂, 大部分情况下只需按照默认的设置即可, 然后在生成刀路后观察进退刀的情况, 如果发现有不合理的动作再进行相应的调整即可!

这一章介绍了 UG 的大部分常用参数, 大家一定要在案例的讲解中去体会。还有未介绍到的关键参数, 我们都会在今后的课程中, 在具体的使用中进行讲解!

# 第四篇 UG 编程的加工操作类型——之型腔铣和等高铣

## 型腔铣（CAVITY\_MILL）和等高轮廓铣（ZLEVEL\_PROFILE）

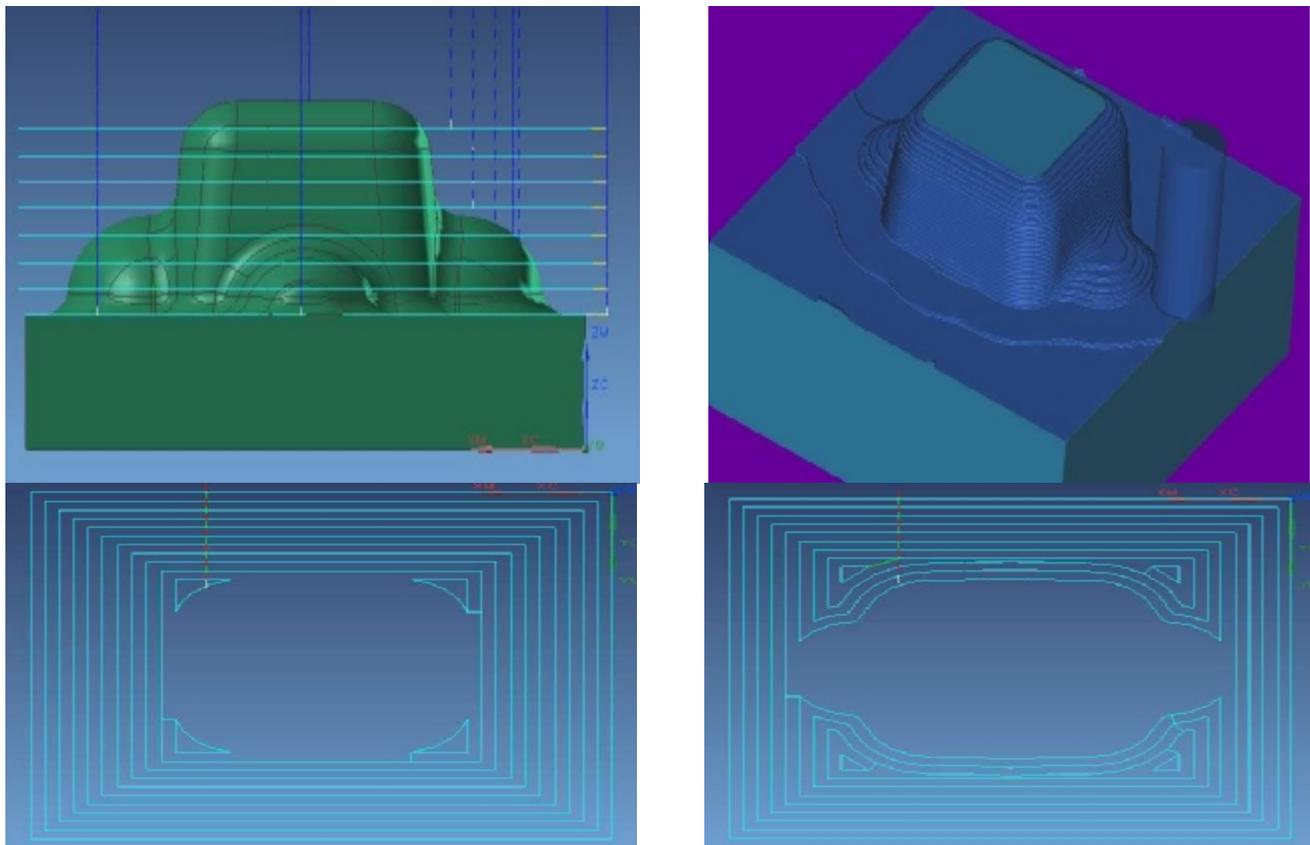


UG 编程的开粗加工、清理残料加工以及半精加工，等高精加工都是在本篇中展开讲解，本篇约占本书 1/3 的内容，是重点讨论的对象，阅读时请注意本篇的思路！

### 第一章 UG 编程三板斧之型腔铣：（CAVITY\_MILL）

#### 第 1 节：型腔铣的加工原理——一个比喻描述：

型腔铣的加工特点是：在刀具轨迹的同一高度内完成一层切削，遇到曲面时按曲面的轮廓进行绕过，再下降到另一个高度进行下一层的切削。系统是按照零件在不同深度的截面形状，来计算各层的刀轨。可以这样来理解：在一个由轮廓组成的封闭容器中，由曲面或实体组成容器中的堆积物，在容器内注入液体，在每一个高度上，液体存在的位置上均为切削的范围。随着液体的不断下降流失，就相当于材料被不断的一层一层的去除。所以型腔铣的加工又称水线加工法。如下图所示：每一层刀轨的形状——都是绕着零件的轮廓进行加工。



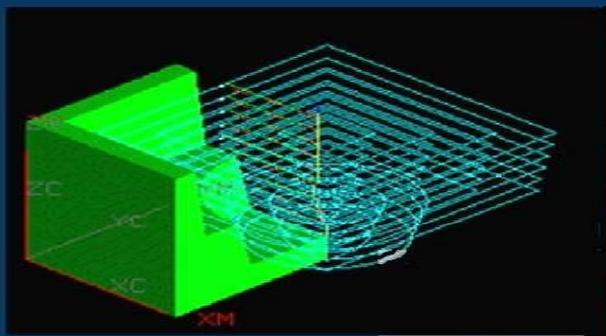
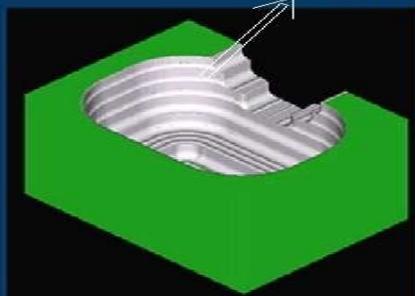
由以上可以看到：刀轨绕着零件轮廓逐层切削材料，所以型腔铣：

- 1, 可以加工任何形状的包含曲面的零件,而不像平面铣那样只能加工平面直壁的零件。即是说型腔铣既能加工平面直壁的零件又能加工平面铣无法加工的曲面类的任何形状的零件。
- 2, 型腔铣另外一个特点就是:也同平面铣一样分层切削零件,但层与层之间的刀轨形状不一定相同,因为刀轨的形状与零件的轮廓形状有关而不是与边界有关,这也就是型腔铣可以加工出任何形状零件的原因。
- 3, 为什么型腔铣能绕着零件轮廓加工呢?那是因为型腔铣在定义加工几何体时与平面铣有所不同。它是 3D 的三维实体模型而不是 2D 的平面边界线。

### Cavity Milling 型腔铣

- 型腔铣用于对有 **曲面或斜度** 的壁和轮廓的型腔、型芯进行加工,用于粗加工。
- 型腔铣利用 Solid、表面或曲线定义被加工区域。
- 型腔铣是两轴联动的操作类型,所以经型腔铣加工后的余量是一层一层的。

层状



换句话解释: 型腔铣以固定刀轴快速而高效的粗加工曲面类零件,与平面铣加工直壁平底的零件不同的是: 型腔铣在每一个切削层上都沿着零件的轮廓进行切削; 型腔铣之所以能够加工曲面的侧壁和底面,是因为型腔铣不是使用边界生成刀轨,而是它能够识别实体的零件几何体,计算出每个切削层上的不同的刀轨形状,所以型腔铣用平面的刀轨(每一层)沿着零件的轮廓进行切削,而不同于平面铣中始终沿着相同的边界生成刀轨。

## 第 2 节: 创建型腔铣操作:

还是通过案例进行学习:

第一步: 打开文件 X 盘: \lizi\cavity1.prt, 选择开始→加工, 弹出加工环境对话框, 选择如(下图①所示)的设置后, 点击 **确定** 进入加工环境。首先还是先定义加工坐标系与工作坐标系重合, 并定位在工件的最高点中心位置。同时定义安全平面为工件顶面 Z=30 处。还是在 WORKPIECE 中定义零件几何体和毛坯几何体。

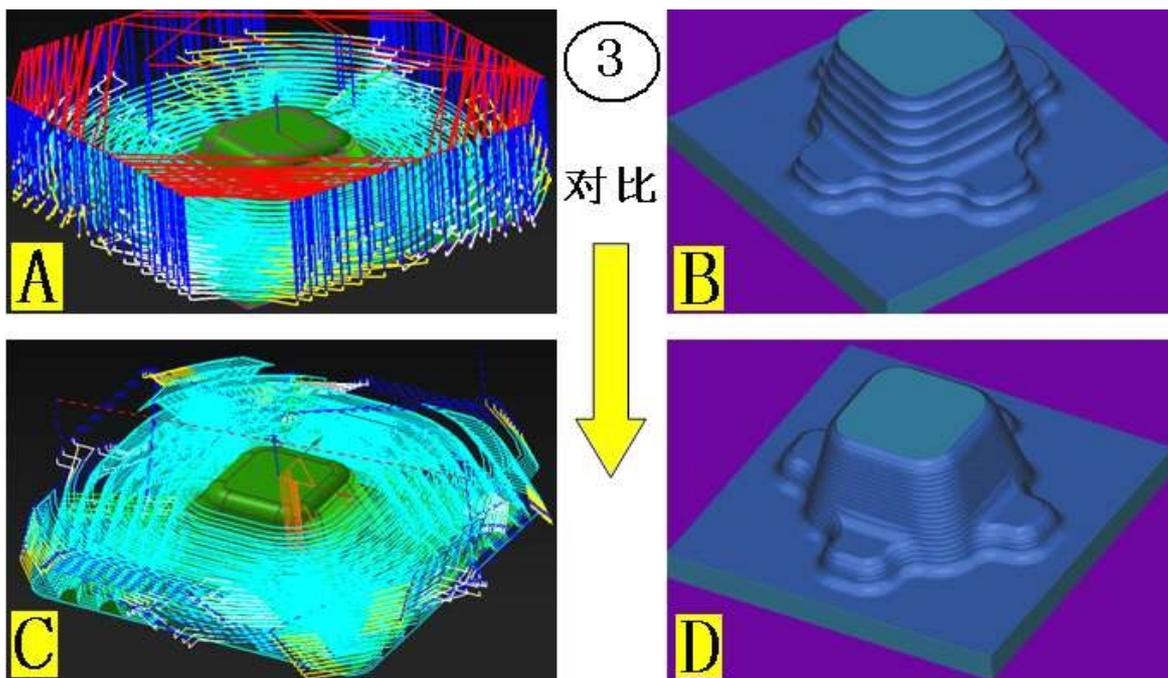
第二步: 创建一把 D16R4 的刀具后, 点击创建操作图标 , 弹出创建操作对话框, 选择 **mill\_contour** 操作模板类型, 选择点击  (CAVITY\_MILL) 图标, 同样先定义好程序 (PROGRAM)、刀具 (D20R4)、几何体 (WORKPIECE)、加工方法 (MILL\_ROUGH 粗加工) 父级组后, 进入型腔铣对话框 (下图②) 所示:



第三步：在型腔铣对话框中，我们可以看到：指定部件、指定毛坯，已经继承了 WORKPIECE 中的几何信息，手电筒已经变亮了。即是说已经定义了零件几何体和毛坯几何体。这时直接点击图标生成刀轨。这是一个没做任何参数调整的最原始的刀轨（如下图③A 所示）。实体的模拟结果为（如下图③B 所示）。

第四步：在上一步我们虽然没做参数的调整，刀路不是最简洁的、优化的，但是的确完成了粗加工。我们这一步做一下参数的细节调整：

- ▲ 定义层内刀间距为： 、层间切削深度：  mm。
- ▲ 点击  图标进入切削参数对话框，在策略选项卡中： 、 、在连接选项卡中  。
- ▲ 点击  图标进入对话框，在起点\钻点选项卡中，在零件的底面边线中点位置指定一个区域起始点。在传递\快速选项卡中  设为  。点击  完成返回型腔铣对话框，再次生成刀轨如（下图③C）所示、进一步再做实体模拟的结果为如（下图③D）所示。保存这个文件，在下一节我们还要继续使用这个案例。



这基本上就是型腔铣的创建过程，我们可以看到这个过程极其简单，只要满足基本的条件——刀具、几何体，就可以产生基本的原始刀路，再进一步经过参数的细节调整，就基本上能达到合格的刀路。我们在之前的平面铣加工学习中，已经明白操作就是收集基本的四类信息，而程序、加工方法不是必须的参数，而刀具很简单的就可以创建了，剩下的就只有几何体选项了。在平面铣加工中我们专门讨论了几何体的具体定义的方法，它是不能继承 WORKPIECE 中的几何体信息的，而在型腔铣中却继承了 WORKPIECE 中的几何体信息，关于这个问题我们也专门在平面铣中进行了讨论。而型腔铣之所以能继承 WORKPIECE 中的几何体信息，那就是与平面铣的最大区别之一：型腔铣可以使用三维的**实体**模型定义几何体，而不像平面铣那样只能仅用边界线来定义几何体。我们在 WORKPIECE 中就是定义的实体几何信息，所以自然就继承了它的几何体信息。**然而事实上，型腔铣不仅可以使**用实体进行定义加工的几何体，还可以使用片体、小平面体、表面、表面区域以及曲线来进行定义。****关于型腔铣的几何体的定义问题，是学习型腔铣的首要的、最为关键的、最能体现 UG 加工理念的重要问题。我们在下一节详细讨论。

### 第 3 节：一般教程不会深入涉及的问题——型腔铣几何体的定义：

一般教程都不会深入探讨这个问题，都只是简单的定义零件几何体和自动块毛坯几何体。然而事实上，在实际加工中这样简单的定义是远远不够的，不会灵活的定义加工所需的几何体，事实上就是不会应用型腔铣。而型腔铣几乎可以用到所有工件的开粗以及二次粗加工，或者说大部分的工件的开料粗加工或者半精加工、粗清角等都是使用型腔铣的，不会应用型腔铣那么作为对工件加工的第一步开料就做不到，所以学好型腔铣至关重要。下面就进入正题进行讨论：

#### 1, 第一个问题：必须要定义的加工几何体：

①, 打开型腔铣对话框，观察它的几何体定义区与我们之前学习过的平面铣、面铣对话框几何体定义区的区别：可以看到基本内容都相同，相比平面铣和面铣，型腔铣多了一个指定切削区域  的选项，我们就各个几何体的具体的含义再做一次介绍：



- ▲ 指定部件 ：要加工的零件最终形状。点击图标就会弹出相应的定义对话框。
- ▲ 指定毛坯 ：需要去除的毛坯材料范围。点击图标就会弹出相应的定义对话框。
- ▲ 指定检查 ：不允许刀具碰到的、切削的几何体或区域。点击图标就会弹出相应的定义对话框。
- ▲ 指定切削区域 ：指定要加工的零件上的区域，可以是零件上的一部分或全部区域。点击图标就会弹出相应的定义对话框。
- ▲ 指定修剪边界 ：使用边界来定义要保留的或要去除的刀具轨迹。点击图标就会弹出相应的定义对话框。



我们可以看到：部件几何体、毛坯几何体的定义方法基本相同：它们可以使用的几何体有（体、小平面体、面、面和曲线、曲线）。默认的是体选择方式；特征（曲面区域）；小平面体（就是小平面体）。一般通常情况下：是使用默认的实体来定义。其它方式应用在特定情况下或高级应用中使用。

检查几何体：只能使用体、小平平面体、面、面和曲线、曲线。默认的也是体选择方式。而不能使用特征（曲面区域）。一般通常情况下：也是使用默认的实心体来定义。其它方式应用在特定情况下或高级应用中。

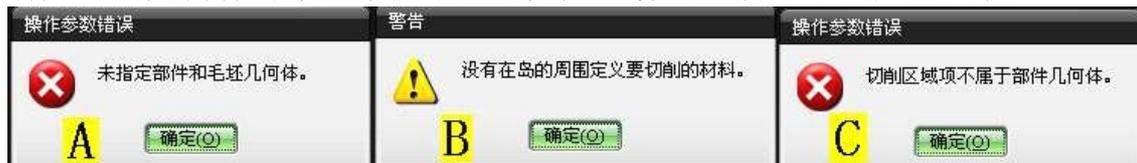
切削区域：可以使用片体、小平平面体、面，默认的是面选择方式。也可以使用特征（曲面区域）。一般通常情况下：也是使用默认的面来定义。其它方式应用在特定情况下或高级应用中。

修剪边界：这个同平面铣是一样的。只能使用边界来定义。

②，继续使用上一节的案例：

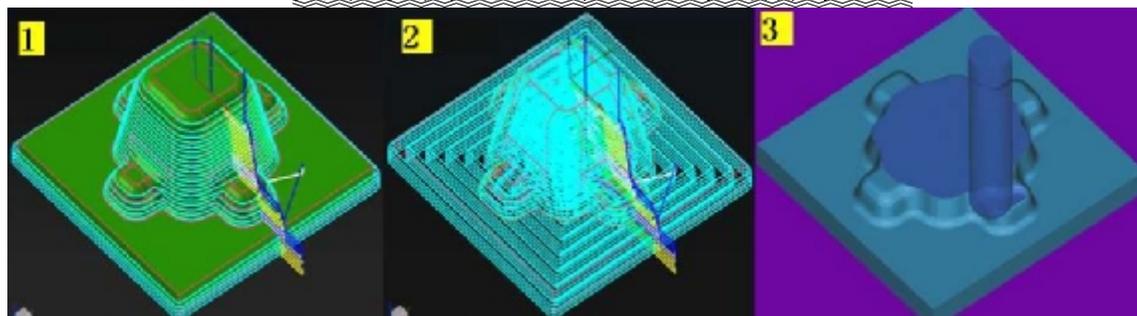
毫无疑问的继承了 WORKPIECE 中零件几何体和毛坯几何体的信息。自然的产生了刀路。在这里我们不仅要问：二者都是必须要定义的吗？搞不懂或者在这个问题上含糊，都不能对型腔铣进行准确的理解，更谈不上对其实际的应用。来看一下：

第一步：打开上一节保存的文件，首先改变使用的几何体父级组：不使用 WORKPIECE 为父级组而是使用几何体 ，这时我们可以看到部件和毛坯几何体的手电筒熄灭了，这表示这个型腔铣操作仅仅继承了坐标系的信息（坐标系的位置、安全平面），而没有零件和毛坯几何信息了。这时我们点击图标  生成刀轨，出现报警对话框如（下图 A 所示）。不会生成刀轨。这个容易理解：没有加工的几何体对象，系统不知道要加工什么。所以不会产生刀轨。



第二步：只指定零件几何体：点击  弹出对话框，按照默认的体方式，直接在图形区选择整个零件，点击  完成返回对话框，再次点击图标  生成刀轨，出现报警对话框如（上图 B 所示）。这说明系统不知道在什么范围内生成刀轨。即是说你定义的加工范围不明确。这样看来毛坯几何体是必须定义的了。果真是这样的吗？我们继续下面的操作，看到底如何？

第三步：只指定毛坯几何体：点击  弹出对话框，点击 、点击  返回对话框，取消掉零件几何体的定义。点击  弹出对话框，也是按照默认的体方式，直接在图形区选择整个零件，点击  完成返回对话框，再次点击图标  生成刀轨，噢！刀轨出来了见（下图 1）所示：一开始看这个刀路，好像不错的刀路啊！一个标准的轮廓精加工啊！仔细观察你就会大吃一惊！在屏幕空白中单击鼠标右键，选择“静态线框”线框模式显示为（下图 2 所示），可以吃惊的看到刀轨把整个零件都加工掉了。模拟后的结果为（下图 3 所示），其结果就是把整个工件都切削掉了。



到了这一步我们应该总结分析一下：

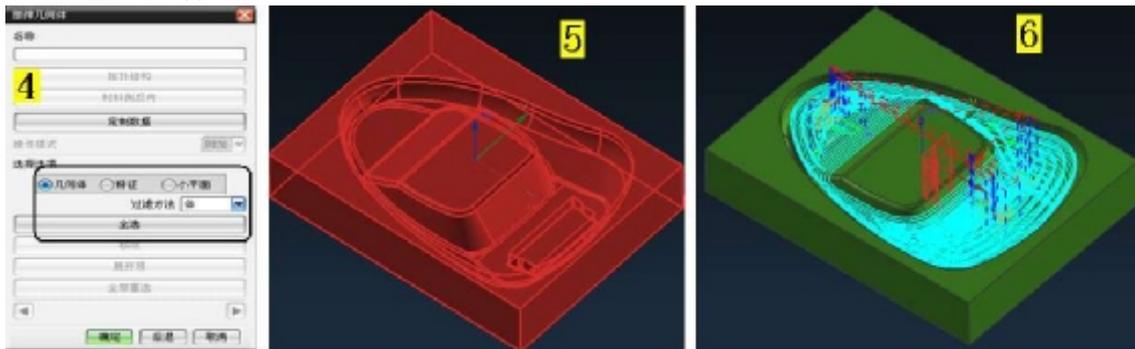
▲1, 我们这一步只定义毛坯而把整个工件都切削掉了——这说明反映出一个问题：那就是毛坯这个概念的真正含义：毛坯就是指要被去除的材料，就是明确的告知系统——这里有一块料，你要把它给做干净。这与平面铣中讲的毛坯边界概念基本含义相同。

▲2, 我们这一步只定义毛坯，就是犯了这个原则性的错误，系统只知道要加工的材料范围，而不知道要加工到什么位置为止，所以就把系统知道的所有毛坯材料去除了。由此我们应该深深地明白：型腔铣操作首先、首要的、必须的，就是要定义加工的对象——零件几何体。

第四步：我们再进一步验证这个原则：点击图标，弹出对话框定义加工切削区域，你可以选择全部工件或者选择部分的某些面都可以，点击完成返回对话框，再次点击图标生成刀轨，出现报警信息对话框如（上图 C）所示。这就说明没有定义部件几何体的话，切削区域几何体也不能进行定义，因为切削区域几何体是隶属于部件几何体的。

所以到这里我们得出的结论就是：在进入型腔铣加工操作后，进行几何体的定义时，你就要毫不犹豫地、首要的、必须的就是定义部件几何体，这个几何体就是必须要定义的几何体。

第五步：在定义了部件几何体后，如第二步还是不产生刀轨，是不是真的需要定义毛坯几何体才产生刀轨呢？毛坯几何体真的也是要必须定义的吗？我们再来看一个案例：不必关闭上个案例文件，直接再打开另一个文件：X 盘\lizi\cavity2.prt 文件后，可以看到文件已经定义了坐标系、安全平面和一把 D8R1 的刀具。我们创建一个型腔铣操作，使用 D8R1 的刀具、几何体为 MCS\_MILL、程序、加工方法父级组按默认的即可。进入对话框后，我们首先毫不犹豫地定义部件几何体——点击进入部件几何体对话框（下图 4 所示）——点击选择了整个零件，此时图形高亮变成了红色（下图 5 所示）——点击完成返回对话框，此时我们不定义毛坯几何体。在定义区，修改如下参数：刀间距为平面直径百分比 、每刀的公共深度 、距离 ，定义完成后点击图标生成刀轨如（下图 6）所示。看！怎么样？在没有定义毛坯几何体的情况下，我们依然生成了刀轨。到这里我们已经知道：毛坯几何体不是必须要定义的；到这里我们便不禁有些疑惑了，我们在前一个案例中，一样的只定义了部件几何体，没有定义毛坯几何体，但是没有生成刀轨。这到底什么原因呢？



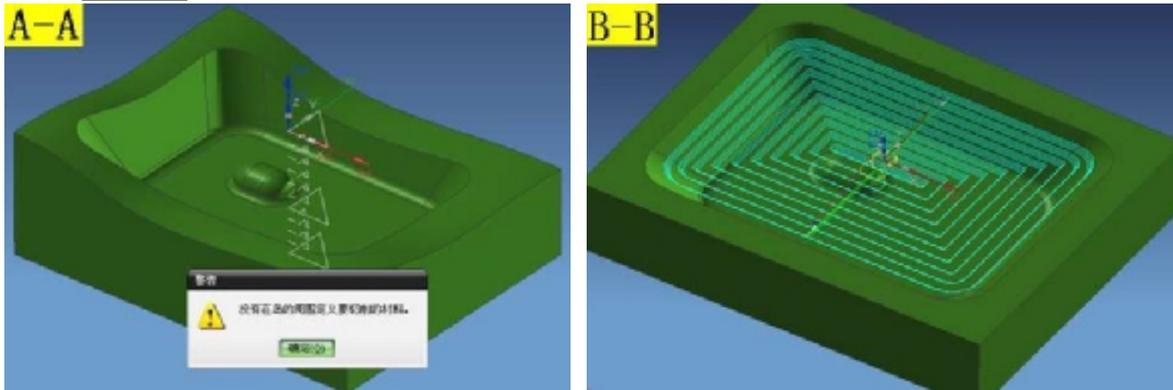
## 第二个问题：关于毛坯几何体问题的专题讲解：

在 UG 中关于毛坯的问题，有着很大的灵活性，这也是很多人搞不懂的地方，在这一小节我们将展开讲解：

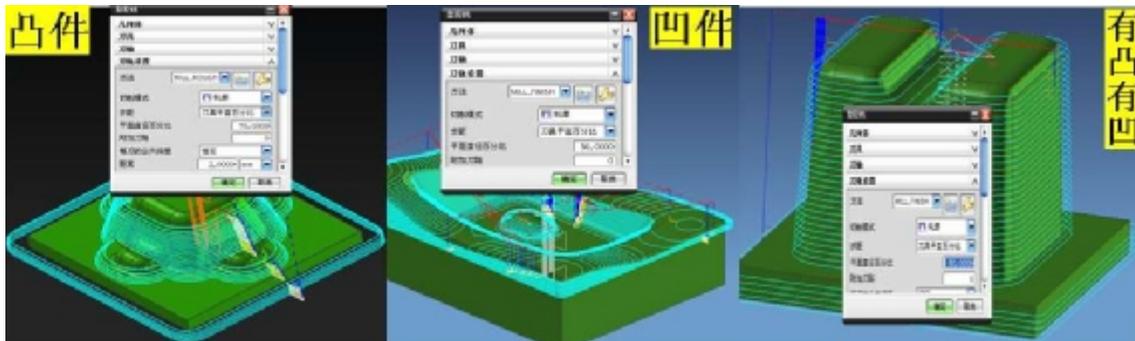
### A==>关于毛坯几何体定义是否必须性的问题：

1, 首先解决上一节遗留的问题：为什么只在定义部件几何体的情况下，有的工件不能产生刀轨而有的就能产生刀轨呢？一句话就是：能产生刀路的系统肯定知道其加工的范围、不能产生刀路的系统肯定不知道其加工的范围。在 UG 中有一个这样的观念：在 UG 中对于凹腔的零件称谓：

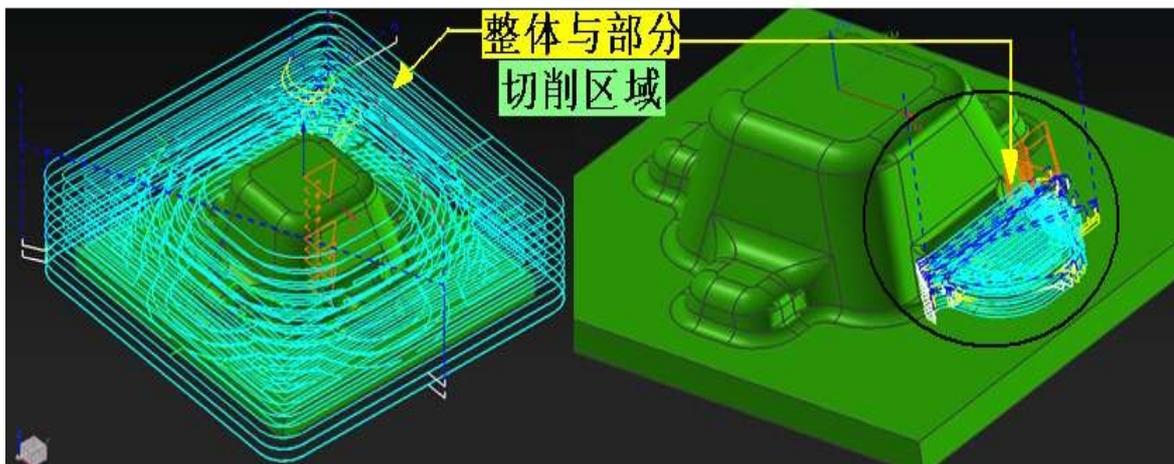
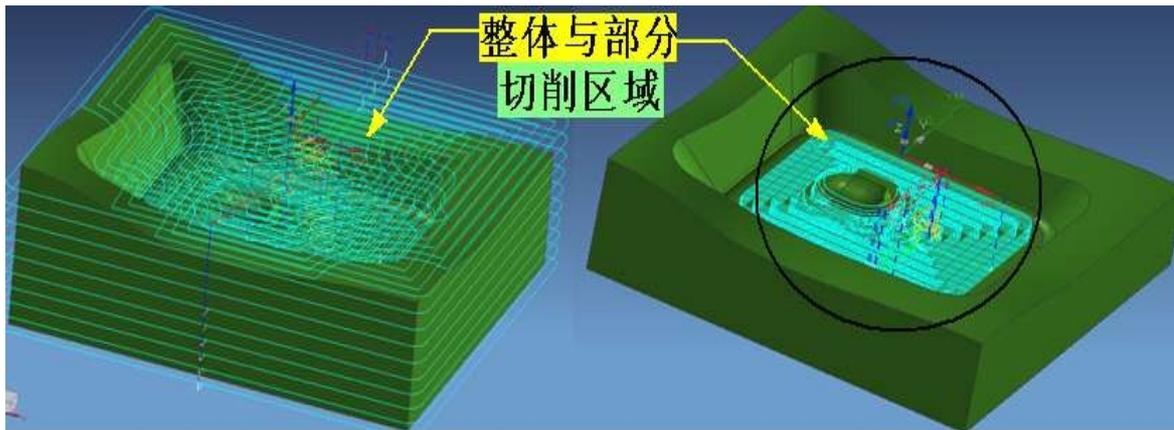
**【型腔】**；对于凸的零件称谓：**【型芯】**。上图 1 就是型芯件、上图 6 就是型腔件。对于型腔件不必指定毛坯几何体，系统就会知道加工范围，从而计算出刀轨！但是零件的上表面必须是平行于 XY 平面。这就是在上例中：图 1 型芯件不能产生刀轨而图 6 型腔件则能产生刀轨的原因所在。再看下面的两个图例：同样是凹的型腔零件，图 A-A 就是上表面不平行于 XY 平面，在只定义部件几何体的情况下不能产生刀轨。图 B-B 是上表面平行于 XY 平面，在只定义部件几何体的情况下则能产生刀轨。即是说：并不是所有的情况都需要指定毛坯几何体，如果零件几何体是封闭的，并且能够定义整个切削的材料量，就可以只定义零件几何体而无需定义毛坯几何体。



2, 还有一种情况只定义加工的部件几何体，而不需要定义毛坯几何体也能产生刀轨——那就是使用轮廓**轮廓**的加工模式时：这个容易理解，因为轮廓加工就是对零件侧壁轮廓的精加工，只要知道零件的轮廓就可以绕着轮廓进行加工了，从而不需要指定要去掉的材料。这个道理与平面铣的加工基本是一样的。它与零件是凸的或是凹的无关。看下面的图示：



3, 指定加工区域时：即是说在定义了部件几何体后，再定义指定的切削区域时，那么就可以不必指定毛坯几何体了。看下面的图示：当定义部件几何体后，再次定义指定切削区域：指定整体与部分的结果。这个也比较容易理解，因为所谓‘指定切削区域’就是非常明确的加工范围——即你指定了加工的范围。系统就以你所选择的区域（不论是全部区域或是部分区域）为基准，在此区域形成最小的包容体（把所选区域整个的包围住）为毛坯几何体进行加工。



※ 总结分析之一：毛坯几何体不是必须要定义的几何体，是可选的、是根据是否需要才定义的。可以不必指定毛坯几何体的情况如下：

1, 对于上表面平行于 XY 平面的型腔凹的工件，只定义部件几何体，可以不必指定毛坯几何体，从而实现型腔件的粗加工。

2， 在使用轮廓加工切削模式时，只定义部件几何体，可以不必指定毛坯几何体；从而实现零件的轮廓精加工。

3, 在首先定义部件几何体情况下，再进一步定义指定加工区域时，可以不必指定毛坯几何体，从而实现零件的整体或部分区域的粗加工。

虽然对于上述情况可以不必指定毛坯几何体，但是你要明白一个现实问题：那就是在实际的加工过程中，必定有一个实际存在的毛坯即是毛坯料的存在。假如你不指定毛坯，系统就不会准确的知道要去除的材料范围，虽然在上述情况下、在不必指定毛坯几何体情况下也能产生刀轨，但是这个刀轨是一般情况下不能用于实际加工的。在实际加工过程中，在编制粗加工程序前，一定是、必须是、首先是测量实际的毛坯料尺寸，然后把这个尺寸数值告知系统，系统才会在你指定的范围内生成与实际相符的刀轨，并把此刀路运用于实际加工。

由此我们可以看到毛坯几何体从加工原理上讲：是可选的、是根据是否需要才进行定义的；但从实际加工的角度和过程来看又是必须要定义的。

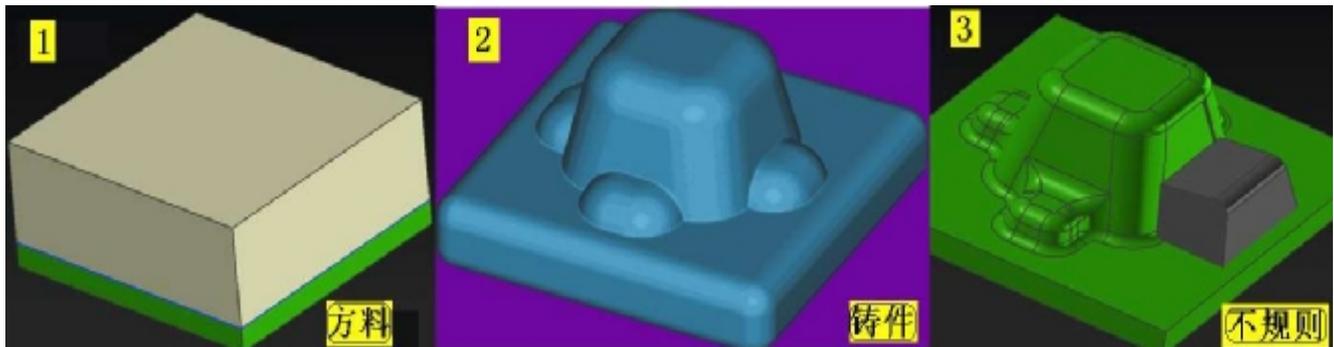
B==>实际加工中如何定义毛坯几何体的问题：

**1, 实际加工中的毛坯大致分类:** 在一般的教程中关于毛坯都基本上是一块方料或方块,但在实际中毛坯料不一定就是单纯的一块方料,所以在实际加工中遇到不是方料的情况下,根据这样的教程教法,根本就不知如何下手。在工厂里面不是方料毛坯的情形并不是特殊的而是普遍的。根据普遍的情形,毛坯大致可以分为以下几类:

第一类:就是一块整体的方坯料。这种坯料一般存在于较小的模具加工中:譬如电子件模具、塑料模具、电极铜工等。如(下图1)所示。

第二类:就是铸件毛坯料。这种坯料一般就是比零件大出一定的余量,其形状与零件相仿。一般存在于较大的模具加工中,如铸造模具等。如(下图2)所示。

第三类:不标准的坯料。这种坯料一般没什么标准,只是包容在所加工的区域。如需要补加工的模具修复、反复焊接使用的锻件模等。如(下图3)所示。

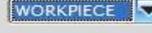


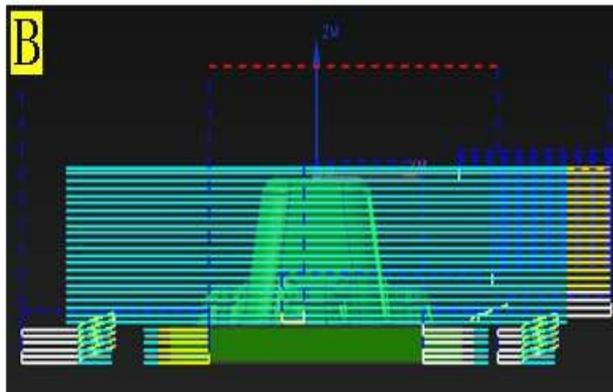
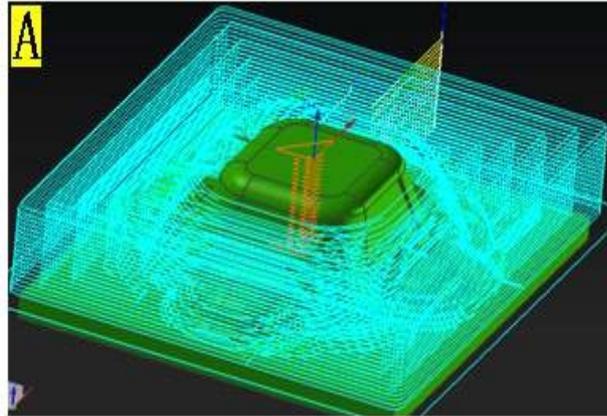
**2, 定义的方法:使用案例讲述:**

**I 方坯料: ①方法: 在 WORKPIECE 中进行定义:**

▲, 打开文件 X 盘: \lizi\cavity1.prt, 在 WORKPIECE 上快点两下, 进入编辑状态可以看到我们在上次保存了零件和毛坯的几何体信息:  手电筒都亮着。

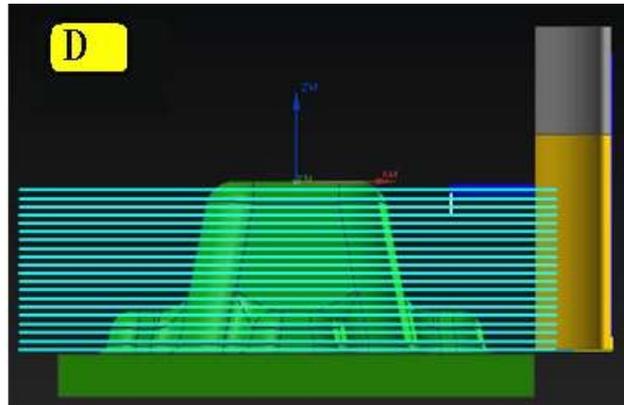
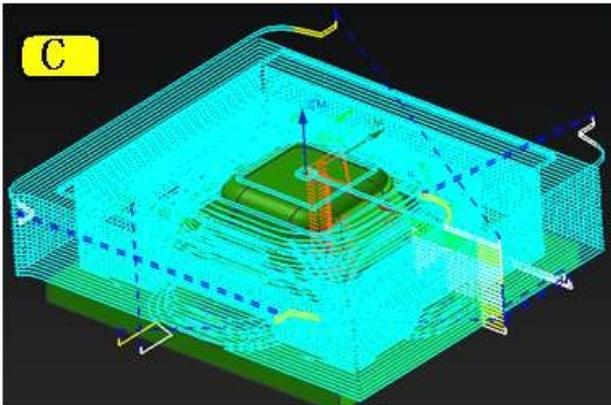
▲ 点击  图标进入编辑状态, 我们根据实际测量的毛坯尺寸数值, 在自动块选项下面的数值定义区, 可以进行数值调整而不是按照其默认的状态块, 如果需要的话。自己试着按照默认自动块数值,  完成。创建型腔铣操作使用 WORKPIECE 为父级组, 生成刀路如(下图 A)所示;

▲ 然后再调整数值, 点击    扳手图标, 也可以这样进入编辑状态。譬如我们把数值改为 ZM+ 、XM+  XM-  其它值不变, 再次生成刀轨如(下图 B)所示。观察两个刀路的区别——图 A 零件的顶面没有加工到而图 B 的顶面被加工到了; 另外图 B 在 X 方向上刀轨进行了延展扩大并同时加工到零件的最低部。这个例子就充分的展示了毛坯的性质。自己再试着调整其它数值观察刀路的变化。



②方法：在切削参数中进行定义：

▲继续使用上面的案例：点击 **刀轨设置** 展开定义区，点击 **切削参数** 图标进入对话框，点击 **空间范围** 选项卡→在 **毛坯** 下选择 **修剪方式** **轮廓线** →点击 **确定** 完成返回主对话框，点击图标 **生成刀轨** 如（下图 C）所示：

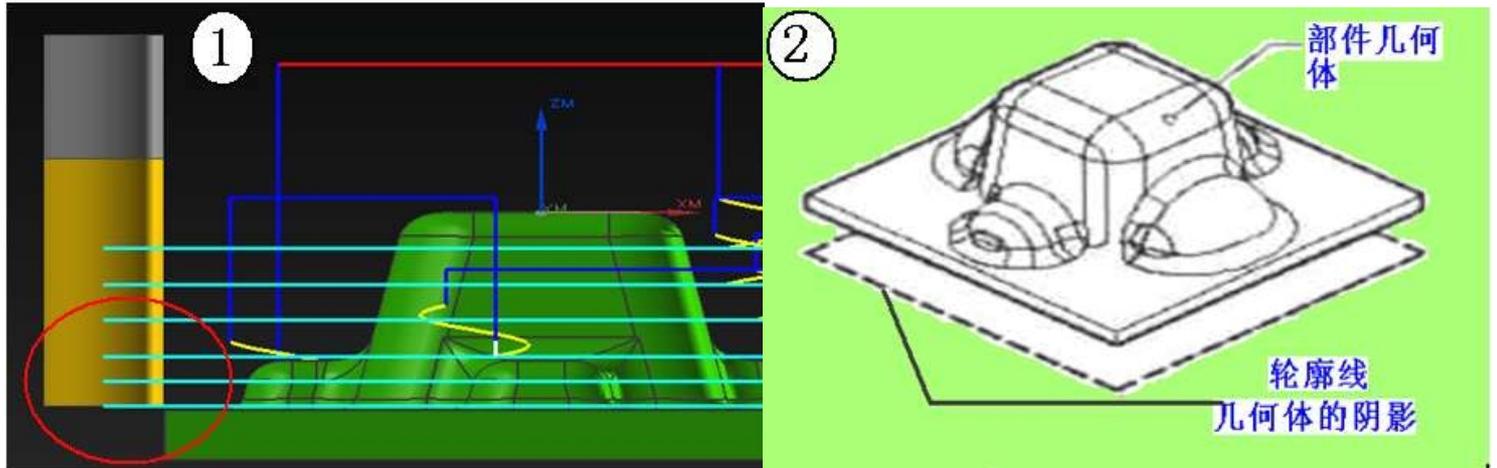


▲可以看到在切削参数中定义的毛坯，它不依赖于在在 WORKPIECE 中定义的毛坯，而且刀轨是按照在切削参数中定义的毛坯产生的，而不再按照 WORKPIECE 中的毛坯产生刀路了。即时说在一个具体的操作中定义的参数是优先级的。进一步验证一下：取消使用 WORKPIECE 为父级组，而使用 **几何体** **MCS\_MILL**，使用后，此时没有了零件与毛坯的几何体信息，**手电筒** 全部关闭了。这时就需要我们重新定义零件几何体了。自己定义好零件几何体后，再次生成刀轨（如上图 D）所示。可以发现图 C 与图 D 几乎没什么区别。

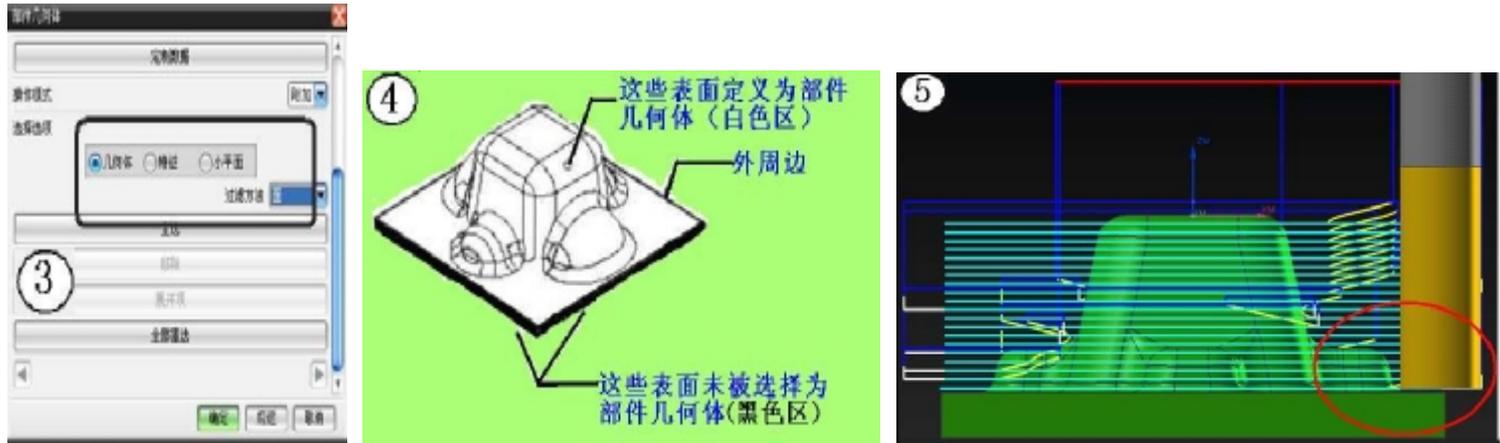
▲讲解学习这个参数：

【修剪方式】：在UGNX中毛坯不是必须定义的，可以在父节点中创建毛坯，也可以不创建毛坯。当没有明确的创建毛坯时，【修剪方式】选项可以指定：使用型芯零件的外形轮廓线作为毛坯体的边界来定义。该选项要与更多选项卡中的【容错加工】结合使用。当选中（一般默认）【容错加工】复选框时，修剪方式下拉列表中有【无】和【轮廓线】2个选项；而当取消选中【容错加工】复选框时，有【无】和【外部边】2个选项。

首先学习：在【切削参数】对话框中、在【更多】选项卡中、在【原有的】的定义区——【容错加工】：这是一种使系统能够自动寻找不过切的、可加工的材料区域的可靠运算方法，这个选项默认的是启用打开的。  
=>当默认的选用容错加工时：我们可以使用零件的最大外周边的轮廓线，作为毛坯的加工范围，并且刀具可以定位到这个范围朝外偏置一个刀具半径的位置（下图①所示）。可以这样来理解：系统是把部件沿着刀具轴的方向做的一个投影范围（下图②）所示。



=>当必须在不使用容错加工时 容错加工、且部件几何体是使用面、或表面区域定义而不是使用体定义时：（下图③所示）我们可以使用零件的外部边 修剪方式 外部边 来当做毛坯几何体范围。注意这个外周边是不与部件的其他边缘线相邻或接触的（下图④）所示：选择使用外周边生成的刀轨，依然刀具可以定位到这个范围朝外偏置一个刀具半径的位置上（下图⑤）所示。

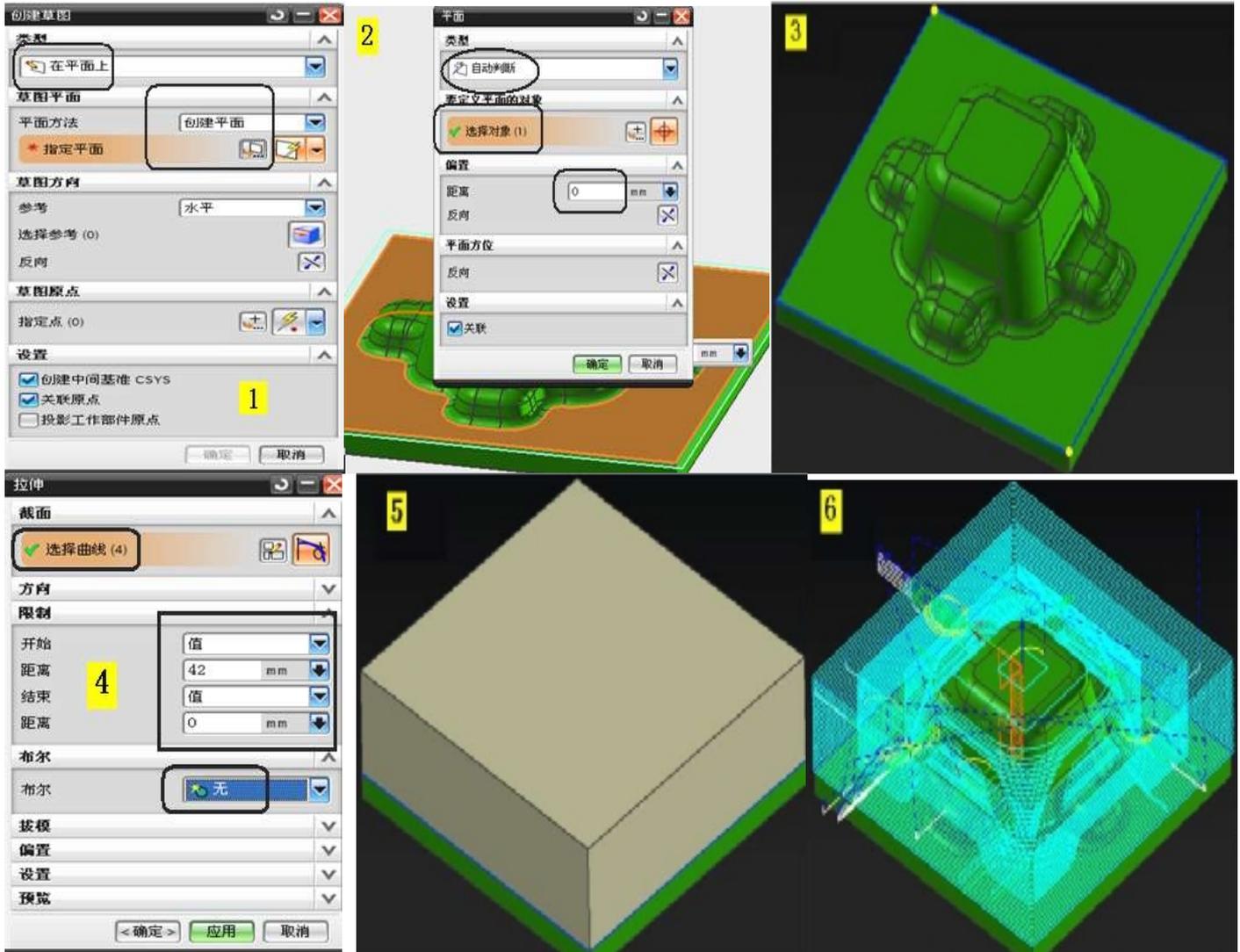


值得注意的是：这两种方法都是运用于凸的型芯零件的。

③方法：自己手动在建模中画毛坯：这个方法是一个传统的方法，它特别适合不规则的毛坯类。这是一个建模的知识，为了讲解的全面性，我们在这里也进行一下演示。

▲还是使用之前的图形例子：单击 开始 按钮、选择 建模(M)... 进入建模环境→点击草图 图标进入草图，弹出创建草图对话框（下图 1 所示）→点击指定平面图标弹出定位平面对话框、选择类型为 自动判断、直接点选图形的底部大平面（下图 2 所示）→点击 确定 2 次退出所有对话框，此时

草图平面定位在选择的平面位置→单击矩形工具，以选择的平面的两个对角点为对角点创建一个矩形（下图 3 蓝色线），单击完成操作→单击拉伸图标弹出对话框，按（下图 4 所示）设置后选择刚刚创建的草图蓝色矩形线→单击创建了如（下图 5 所示）的长方体。至此毛坯体设计完成。



▲ 毛坯体创建完成后我们再次进入到加工里面来：单击→，双击操作 CAVITY\_MILL 进入编辑状态，先取消掉参数：外部边选项使用修剪方式无、同时再勾选容错加工、完成返回主对话框→单击图标弹出对话框，选择刚创建的长方体为毛坯。完成返回主对话框→按下键盘上的组合键弹出对话框，选择图形中的长方体，中键确认退出毛坯长方体被隐藏→单击生成刀轨完成（上图 6）所示。

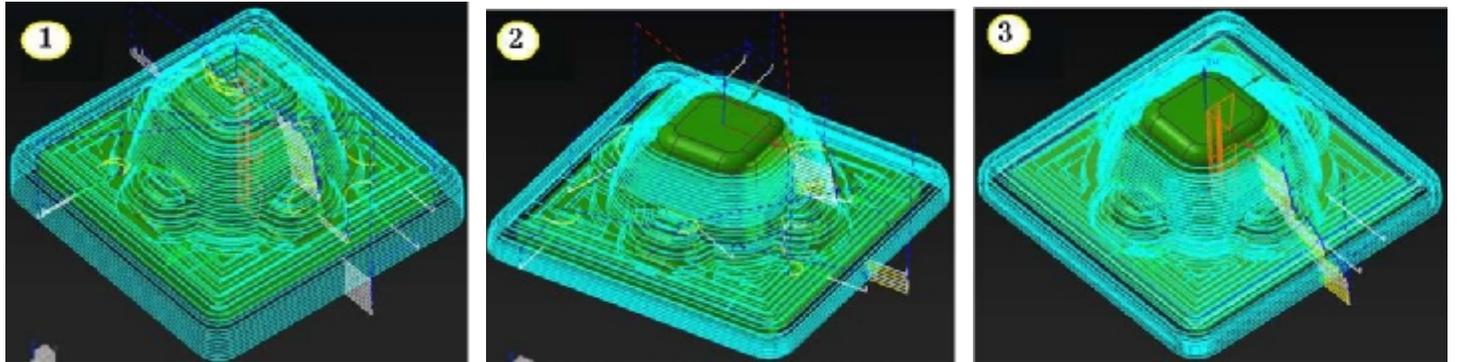
总结一下：这几种方式最常用的就是：在 WORKPIECE 中进行定义法、以及轮廓线方法。而外周边很少用到，而对于实体建模方法虽然有些麻烦、且必须会使用建模的知识，但是做出的毛坯最为符合实际的坯料尺寸，这就是很多人往往习惯使用此方法的原因。

II 铸件坯料：所谓铸件坯料就是：其毛坯形状与零件几何相比较，只是表面多了一层厚度基本均匀的余量——这就是铸造毛坯料。因为这类模具比较大型，要用方坯料的话就太浪费材料、以及较长加工的时间和较低的加工效率。所以就有专门的工厂专门制造这一类的坯料，在零件其上只是大出

一些余量以供加工，一般情况下大出的坯料余量值为：5~8mm.

①方法：在 WORKPIECE 中进行定义：

▲继续使用前面的图形案例：在操作 CAVITY\_MILL 上左键双击，进入型腔铣对话框，点击几何体 WORKPIECE 扳手图标，进入铣削几何体对话框，点击指定毛坯图标→进入毛坯几何体对话框、选择部件的偏置、填入偏置 8 → 确定 2 次完成返回型腔铣对话框→生成刀轨。下图①所示：



▲发现使用这个选项后，系统运算速度明显地变慢了，因为系统首先要先形成这样一个毛坯——信息栏提示：**从几何体组初始化处理中的工件**，所以我们一般情况下不会用到这种方法。而是使用下面的这个方法：

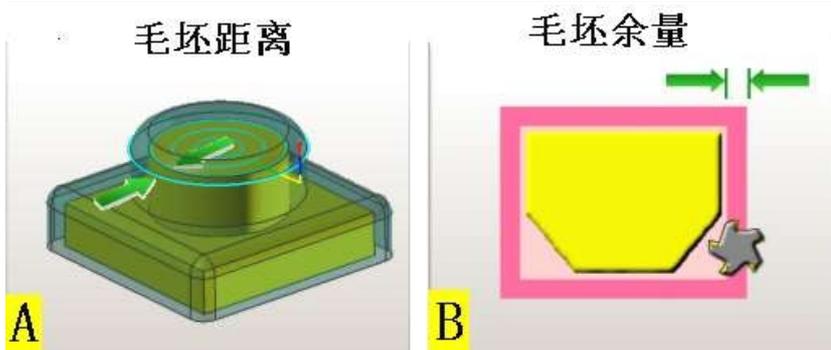
②方法：在切削参数中进行定义：

▲继续使用之前的案例：首先在 WORKPIECE 中把毛坯几何体取消掉：点击几何体 WORKPIECE 黑色箭头，选择 MCS\_MILL 为父级组，不再使用 WORKPIECE 的几何信息。→使用 MCS\_MILL 为父级组后，重新定义零件几何体→点击指定部件图标、弹出部件几何体对话框、点击全选选择全部零件体→确定完成返回型腔铣对话框→展开刀轨设置定义区、点击切削参数图标进入切削参数对话框、展开策略选项卡在毛坯之下定义毛坯距离 8。→确定完成返回型腔铣对话框→生成刀轨。如上图②所示：

毛坯距离和毛坯余量参数介绍：

（下图 A）是毛坯距离：是作用于零件几何体的参数——是指部件的表面向外偏置一个定义的距离值且只能为正值，从而生成看不见的毛坯。

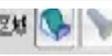
（图 B）是毛坯余量：是作用于毛坯几何体的参数——是指毛坯体向外或向内偏置一个定义的距离值，可以使用正值或负值从而放大或缩小毛坯几何体。但是值得注意的是：这个参数是针对的几何体——所以对毛坯距离、轮廓线、外周边定义的所谓毛坯不起作用。仅对在 WORKPIECE 中定义的毛坯体（自动块或部件偏置）以及自己建造的实体毛坯有效。



▲ 使用毛坯余量选项：再次点击  图标进入 **切削参数** 对话框、展开 **余量** 选项卡中定义 **毛坯余量** [20.00000] → **确定** 完成返回型腔铣对话框 → 生成刀轨。如上图③所示：发现毛坯变大了吗？刀路有什么变化吗？自己考虑为什么？

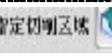
总结一下：对于铸造模具的毛坯使用毛坯距离是最为简单有效的，而使用部件的偏置运算较慢。这个方法是在铸造加工中最为常用的方法。当然对于毛坯的定义还有很多的方法，我们仅仅列出最为普遍和最为常用的方法以供大家使用。这些方法就足以满足一般性的各类模具的加工了。

### 第三个问题：关于指定切削区域几何体的讲解：

1.  这个选项要进行定义的前提条件就是：必须定义了部件几何体 、而且是启用了  **容错加工** 选项。必须满足这两个条件后才能进行定义切削的区域。**原因分析：**

**▲ 切削的区域是指——零件上的一部分区域或者是零件的全部区域，如果没有定义部件几何体，切削区域就不知道是哪里的区域，所以当你不定义部件几何体，而直接定义指定切削区域时，系统就会弹出如下图的报警对话框：**

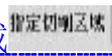


**▲ 容错加工是指——系统自动寻找不过切的可加工的区域的方法，如果你不启用它，那么系统怎么会找到你所指定的切削区域呢？所以当你不启用此选项时，系统直接就在几何体定义区不再显示** 。

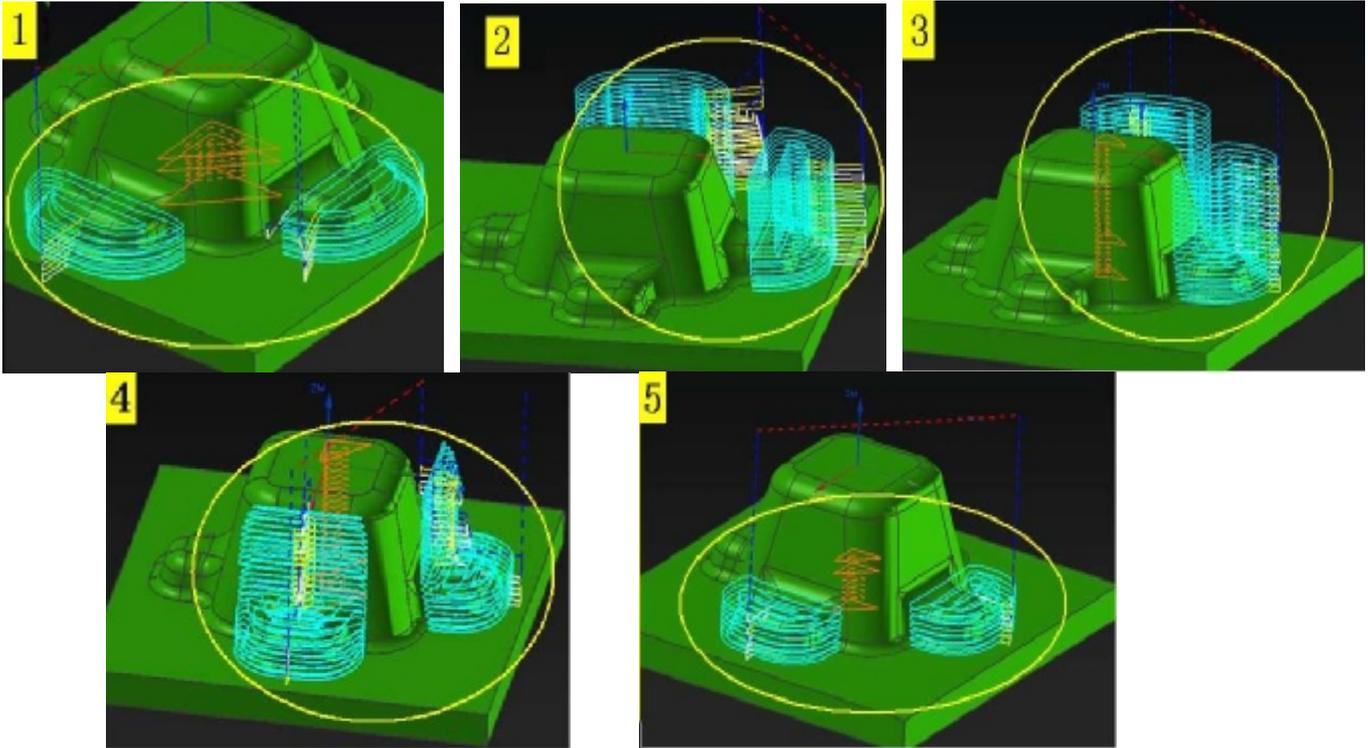
2. 指定切削区域的**主要目的**在于：可以实现**局部**的粗加工或者**局部**的精加工以及**局部**的清角动作。

A==>首先明确它与部件几何体、毛坯几何体的关系：

①——与零件几何体的关系：由之前的知识讲解知道：没有定义部件几何体的话，切削区域几何体也不能进行定义，因为切削区域几何体是隶属于部件几何体的。这个容易理解，不再赘述。

②——与毛坯几何体的关系：援引之前的论述：指定加工区域时：即是说在定义了部件几何体后，再定义指定的切削区域 ，那么就可以不必指定毛坯几何体了。这个也比较容易理解，因为所谓‘指定切削区域’就是非常明确的加工范围——即你指定了加工的范围。系统就以你所选择的区域（不论是全部区域或是部分区域）为基准，在此区域形成最小的包容体（把所选区域整个的包围住）为毛坯几何体进行加工。这段援引之前的论述充分的说明：切削区域并不依赖于毛坯几何体，但是我们已经知道毛坯几何体往往是要进行定义的，那么在定义毛坯几何体的情况之下，切削区域与毛坯几何体又会存在什么关系呢？

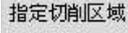
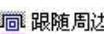
它与毛坯距离、轮廓线、外周边定义的所谓毛坯不起作用。仅对在 WORKPIECE 中定义的毛坯体（自动块或部件偏置）以及自己建造的实体毛坯有效。看下面的图示：下图 1——是仅定义部件几何体与切削区域的情况；下图 2——是仅定义部件几何体与切削区域以及 WORKPIECE 中的自动块情况；下图 3——是仅定义部件几何体与切削区域以及自画毛坯体的情况；下图 4——是仅定义部件几何体与切削区域以及 WORKPIECE 中的部件偏置情况；下图 5——是定义部件几何体与切削区域以及毛坯距离或轮廓线定义的所谓毛坯情况；

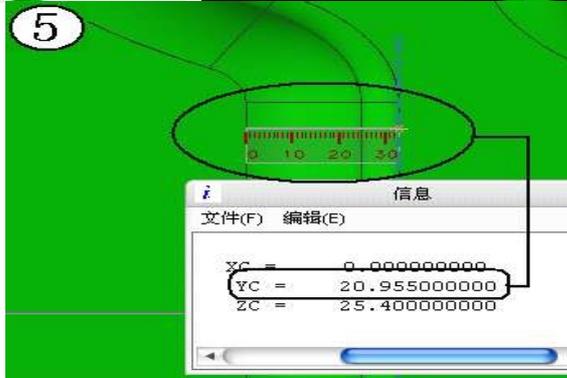
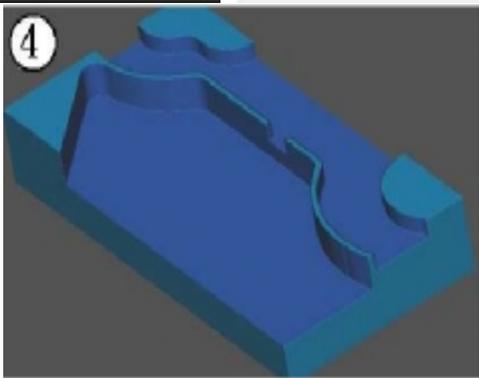
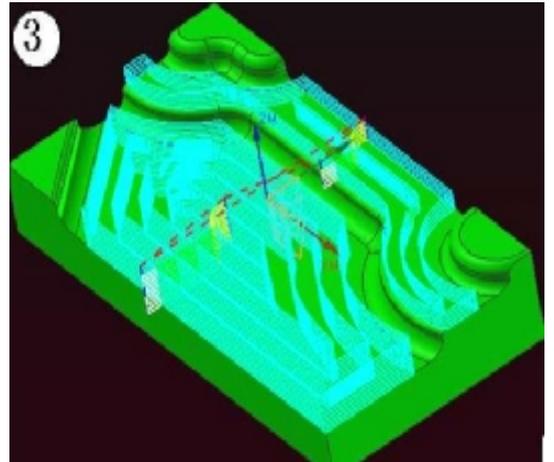
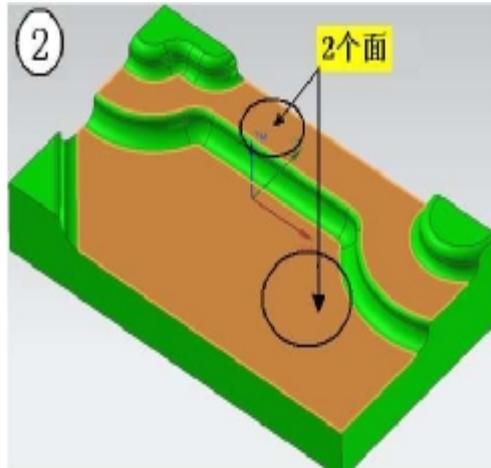


由以上图示说明：切削区域它与毛坯距离、轮廓线、外周边定义的所谓毛坯基本上没有太大的关系。仅对在 WORKPIECE 中定义的毛坯体（自动块或部件偏置）以及自己建造的实体毛坯有关系——→它会考虑到你所定义的毛坯体——→它就认为在你所选的区域范围之上有一块方料需要去除——→所以就会形成了上图 2 和图 3 所示的刀轨。而对于部件偏置的毛坯——→它也充分考虑到了在其区域之上也有毛坯材料需要去除——→所以在其上也就做了单层的刀轨而不是像图 2 和图 3 那样整体的刀轨。

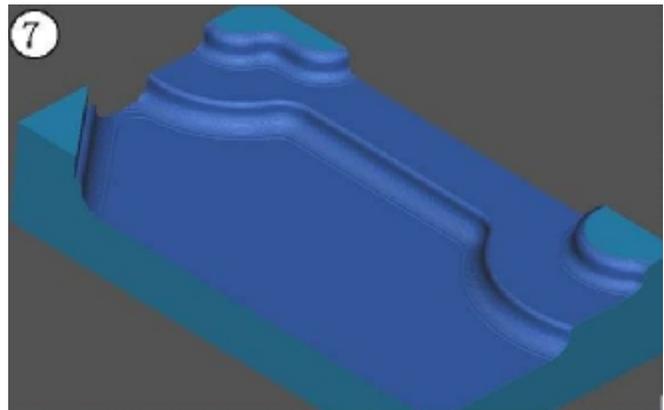
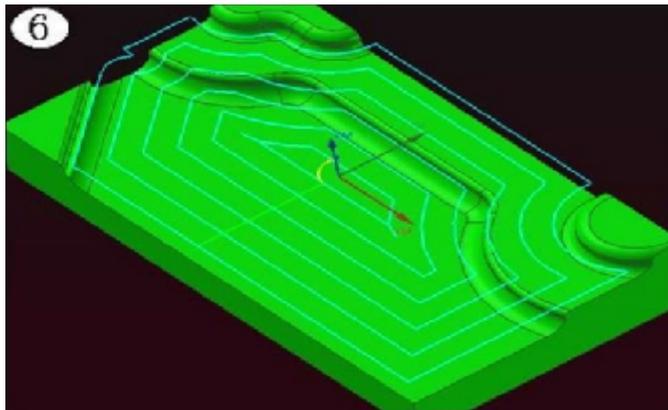
**B==>**如何实现局部粗加工？以及一个参数的讲解：

第一步：打开文件 X 盘：\lizi\cavity4.prt，可以看到文件已创建好了坐标系、D30 的刀具以及 WORKPIECE 几何体，自己查看一下。

第二步：创建型腔铣操作：按照下图①所示的设置进入型腔铣对话框——→点击  图标进入定义切削区域对话框——→在图形区选择如下图②所示的显示的红色的面区域——→  完成返回主对话框——→选择   后，点击  生成刀轨如下图③所示——→可以看到刀轨仅在选定区域生成了刀轨——→实体模拟后的结果如下图④所示：

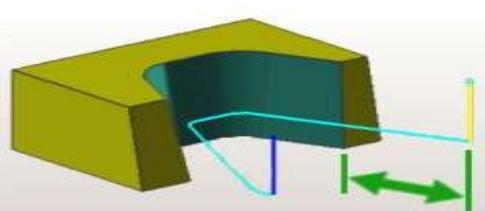


第三步:介绍一个参数:使用测量工具测量一下两个区域之间的距离——→最短距离为 YC=20.955 如上图⑤所示——→点击 **切削参数** 图标进入切削参数对话框——→在 **策略** 选项卡下、在 **延伸刀轨** 选项下定义填入数值 **在边上延伸 22 mm** ——→点击 **确定** 完成返回主对话框,生成刀轨如下图⑥所示;实体模拟结果如下图⑦所示;由这个结果我们可以看到:这两个区域由于都做了延伸而合并成一个区域了。



下面介绍这个参数:

## 延伸刀轨



讲解: 在边上延伸: 它的真正含义是: 切削区域的延伸。下面是 UG 公司的内部参数解释:

——→①刀路将以相切的方式在切削区域的所有外部边缘上向外延伸；

——→②系统将相切的延伸部分应用到所有外部边缘，且只能应用到外部边缘。这种控制仅限于切削区域和修剪区域的使用。使用的实体部件几何体不带切削区域时，则没有外部边缘。在这种情况下，需要选择一个切削区域。

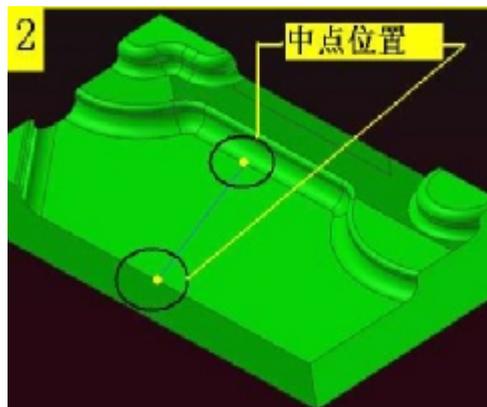
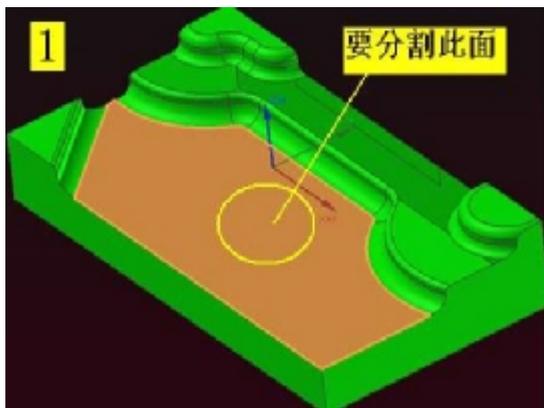
——→③延伸长度的限制为刀具直径的 10 倍。

这里的重点是：②所说的内容——→它的意思是说：必须在使用指定切削区域时和修剪区域的情况下，这个选项才起作用。通俗地讲或者更简单的表述是：只有在选择‘面’为几何体的时候才起作用。它针对的是‘面’而不是‘体’。这个就是很多的人搞不清楚感到迷惑的地方。

第四步：扩展知识：在上面的案例中，我们实现了对一个工件的两个部分的局部的粗加工，为了达到更大的灵活性的应用，通过下面这个操作练习，希望真正达到灵活的应用 UG 的这个观念。

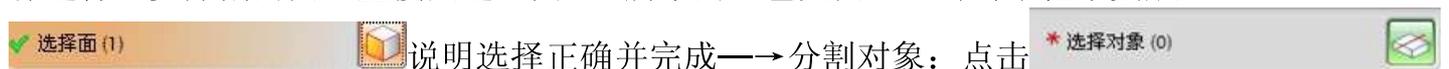
▲首先取消掉在边上延伸这个参数：设为 ，点击  2 次完成退出所有对话框——即退出加工操作。

▲我们这个案例的目的：是在零件的大面位置把它分成两部分，因为有时候我们仅需要加工这个大面的某一部分，而不需要加工另一个部分。见（图 1）所示：因为这是一张面，所以无法把它分开。我们先把这张面进行分割。



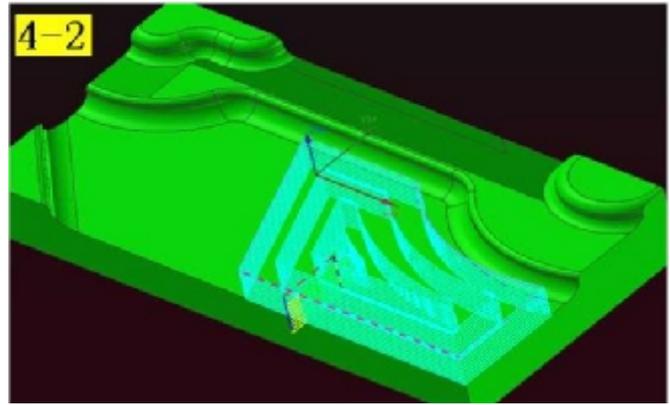
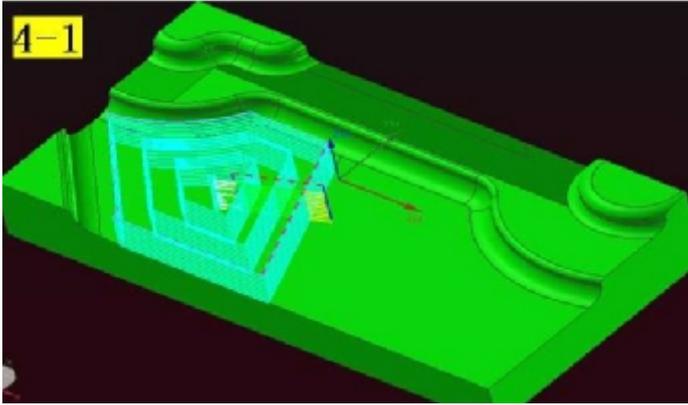
▲进入到建模环境中后：在菜单栏点击——→  ——→  ——→ ，弹出创建直线对话框，创建如上（图 2）所示的一条直线（捕捉两条线的中点位置）。

▲在菜单栏点击——→  ——→  ——→ ，弹出分割面对话框（上图 3）——→首先系统要你选择：要分割的面，直接点选（图 1）所示的红色大面，此时对话框中变成



后，分割面变成分割状态——→直接选择刚刚创建的直线，点击  完成分割。

▲再次进入到加工环境中，双击 CAVITY\_MILL 操作打开型腔铣对话框——→点击  重新指定区域，此时在图形区选择零件的大面，可以发现一张面已经被分割成 2 张面了——→任意选择其中的一张面，生成刀轨。见下图 4-1、图 4-2 所示；

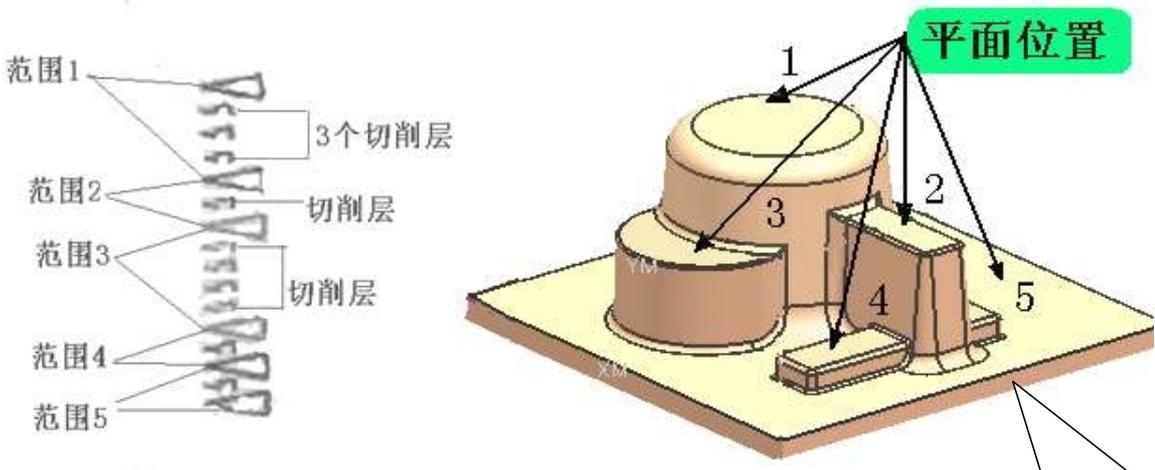


总结一下：要达到这种效果，还有一个方法，特别是没有建模知识的朋友——那就是使用修剪边界。只不过使用建模更具灵活性罢了。自己试着使用修剪边界来做一下。

关于几何体的讲解基本到此结束，至于检查几何体与修剪边界，我想我们在平面铣中已经做了详细的讲解，在这里我们不在重复。

### 第4节：型腔铣的切削层观念：

在前面的平面铣中有一个切削层的概念——就是指在多深度切削时每刀（每层）切削的深度设置方式。它是根据最高边界平面与必须定义的底平面之间的高度差为一个总的切削深度范围——即刀具从边界平面处开始切削并一直分层切削到指定的底平面位置。而型腔铣是：①系统根据定义的零件几何体和毛坯几何体的最高点和最低点之间的高度差，来确定一个总的切削深度范围；②并在这个总的切削深度范围内自动寻找工件几何体上的平面位置，然后用这些平面将这个总的切削深度范围划分为多个切削范围；③而在每一个切削范围内都可以独立的设定各自的切削深度。见下图所示：



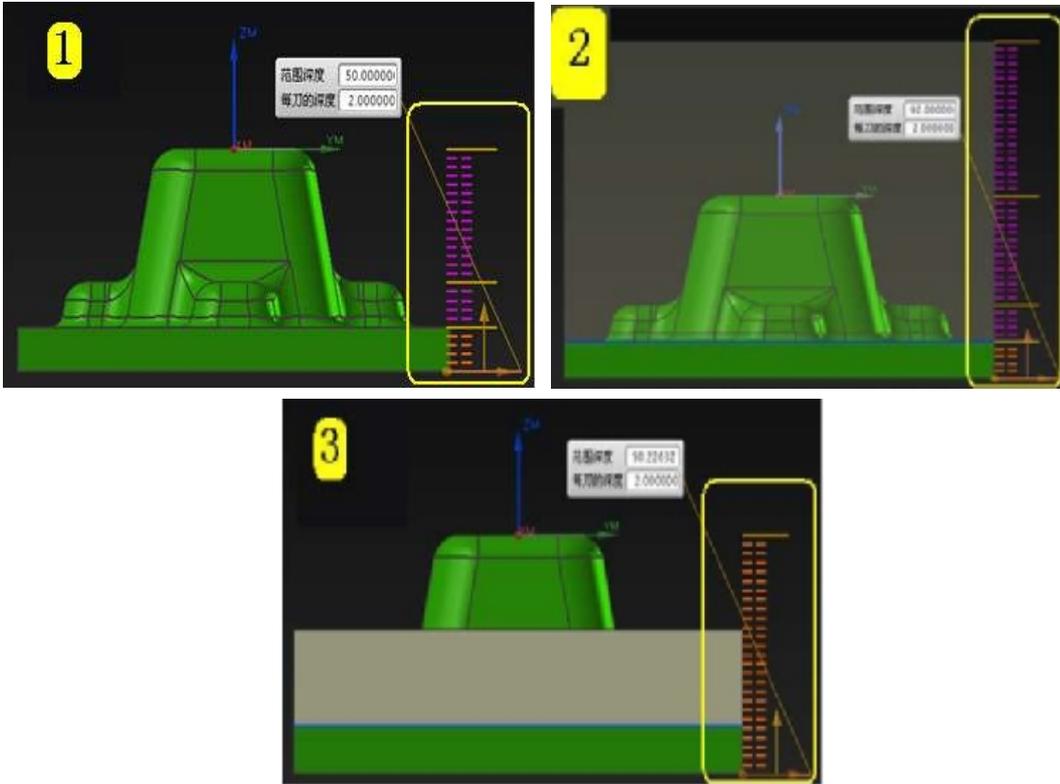
图示 自动生成切削层

图示充分地说明了上述表述的意义。

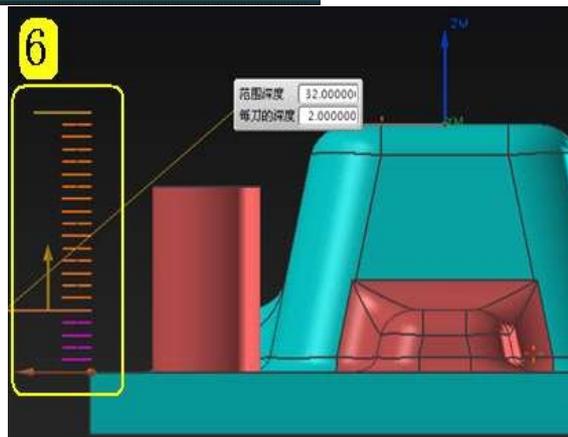
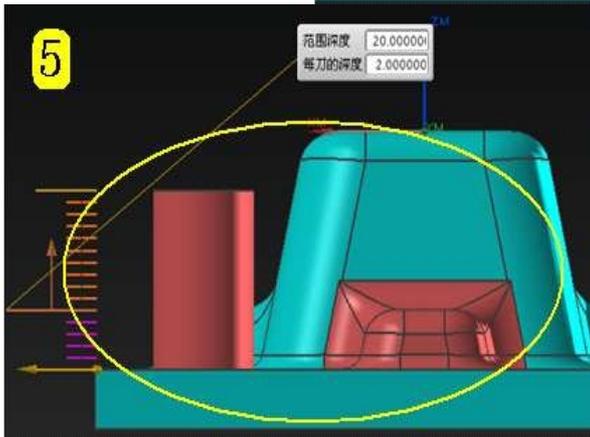
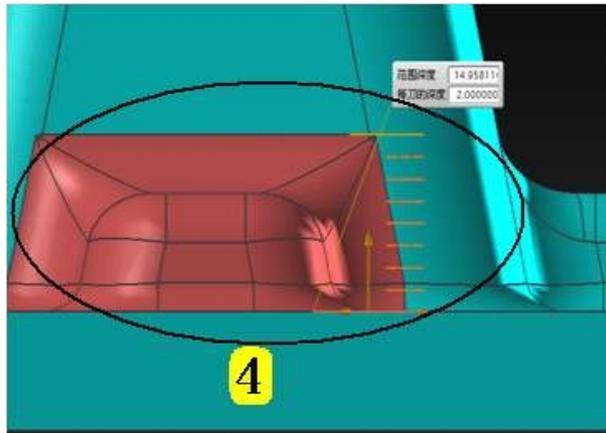
- 1 此零件以最高面和最底面之间为一个总切削范围
- 2 根据零件上存在的平面，把总切削范围分为5个小范围（大三角表示）
- 3 说明零件上存在着5个平面，见图上黄色线指示
- 4 每一个小范围都有几个切削层（自己也可以定义、小三角表示）
- 5 同一范围内的切削层的深度相同，而不同范围内的切削层的深度可以相同也可以不相同

## 1, 第一个问题: 切削层与几何体的关系:

①首先系统在定义了零件几何体后, 自动地、默认地就会在零件的最高点和最低点之间形成一个切削深度的总范围如(如下图 1) 所示。如果还定义了毛坯几何体时,(如下图 2) 是定义了一个大于零件的毛坯体、(如下图 3) 是定义了一个小于部件的毛坯体。就以毛坯和零件几何体中二者最高者形成切削深度范围。



②当定义了零件几何体后, 为了限制加工的区域, 再进一步定义了指定切削区域时, 系统都自动在选定的切削区域形成切削层范围——当然这个范围是以这个区域的最高点和最低点决定的。如(下图 4)、(下图 5) 所示: 当也同时定义毛坯几何体时, 以最高者形成范围。如下(图 6) 所示。



## UGS 型腔铣 —— 对这个问题的表述

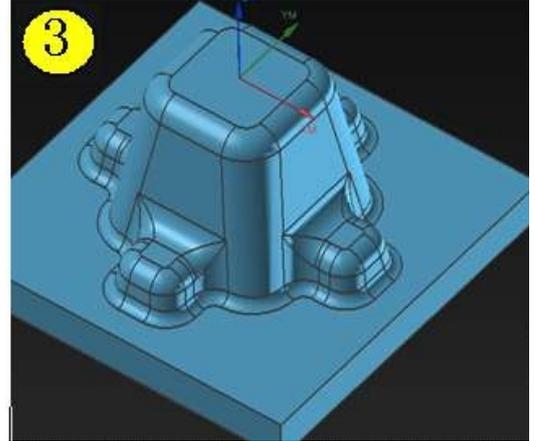
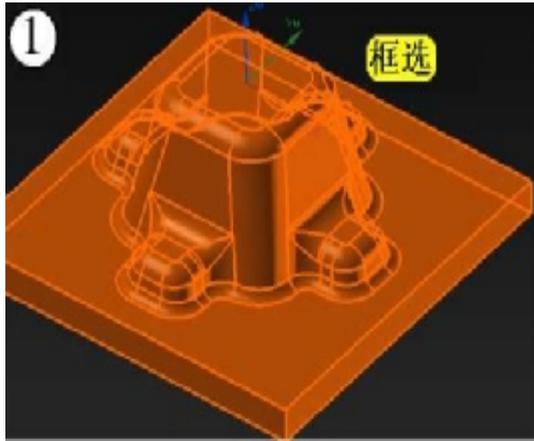
对于“型腔铣”，最高范围的默认上限是部件、毛坯或切削区域几何体的最高点。如果在定义“切削区域”时没有使用毛坯，那么默认上限将是切削区域的最高点。如果切削区域不具有深度（例如为水平面），并且没有指定毛坯，那么默认的切削范围上限将是部件的顶部。

定义“切削区域”后，最低范围的默认下限将是切削区域的底部。当没有定义“切削区域”时，最低范围的下限将是部件或毛坯几何体的底部最低点。

## 2. 第二个问题：切削层的主要作用和目的以及相关参数设置：

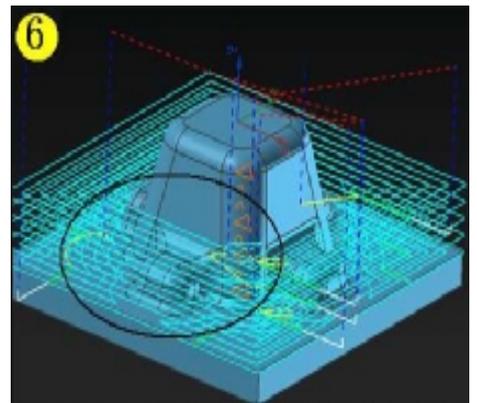
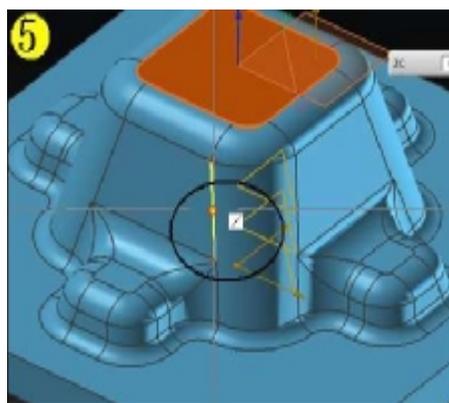
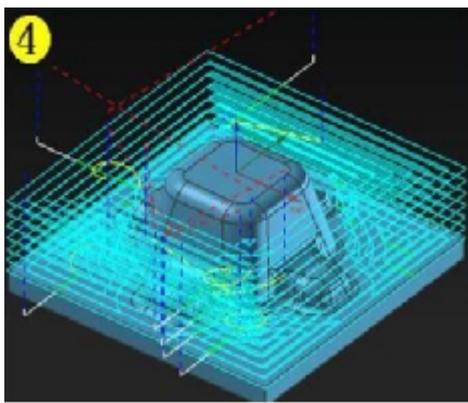
①灵活地调整切削深度范围：使用案例讲解：

- ▲，打开文件 X 盘：\lizi\cavity1-1.prt，可以看到已经创建好了一把刀具、加工坐标系、以及 WORKPIECE 的节点几何体信息。
- ▲ 为了便于观察我们首先改变一下零件的显示颜色：在图形区鼠标左键框选整个零件——>整个零件高亮显示为红色如下图①所示——>点击主菜单栏中的 **编辑(E)** ——> **对象显示(O)...** ——> 弹出 **编辑对象显示** 对话框（下图②所示）——> 点击 **颜色** 弹出颜色对话框——> 选取如下（图③）显示的颜色单击 **确定** 即可。

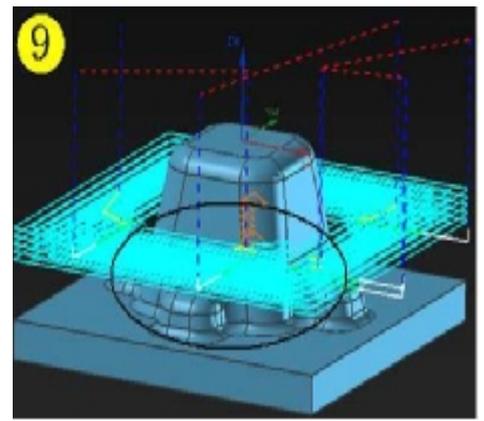
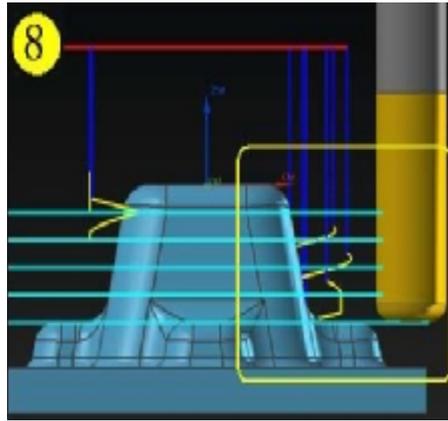
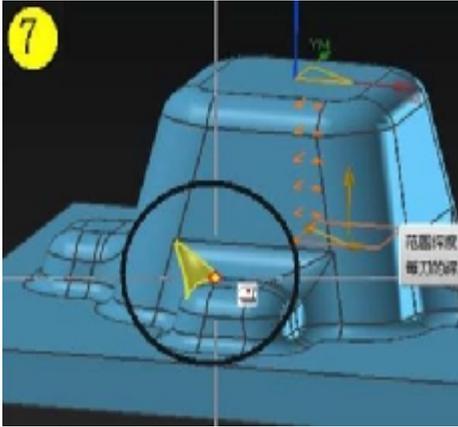


▲ 创建型腔铣操作：使用定义好的刀具、以及 WORKPIECE 的节点几何体信息——使用 **跟随周边** 切削模式，直接生成刀轨。如下（图④）所示：

▲ 点击 **切削层** 图标进入 **切削层** 对话框——在 **范围 1 的顶部** 下点击 **选择对象 (1)** ——在图形中选择一个点位置如（下图⑤所示）后，确定完成回到主对话框——生成刀轨如（下图⑥）所示。可以清楚的看到：刀轨是从选择的点位置开始加工的。



▲ 继续修改切削层：再次点击 **切削层** 图标进入 **切削层** 对话框——在 **范围类型** 中点击第一个图标（是：自动生成——即是：恢复到默认状态）——弹出提示对话框点击确定恢复默认切削层设置（注意观察：切削层的符号又恢复到初始状态，同时观察到有 4 个大三角符号存在，说明系统默认的在总范围内形成 3 个切削小范围——同时说明在零件中存在着 3 个平面）——点击 **范围类型** 中的第三个图标（注意观察图形中的切削层的符号变化——发现仅存在 2 个大三角符号了，即：只要一个大范围的顶和底。所以这个图标的意义就是：形成单个的范围）——单击 **范围定义** 下的 **选择对象 (0)** 在图形区直接选择如（下图⑦）所示的点位置后，确定完成回到主对话框——生成刀轨如（下图⑧）所示。可以发现刀轨仅加工到凸台上方为止。



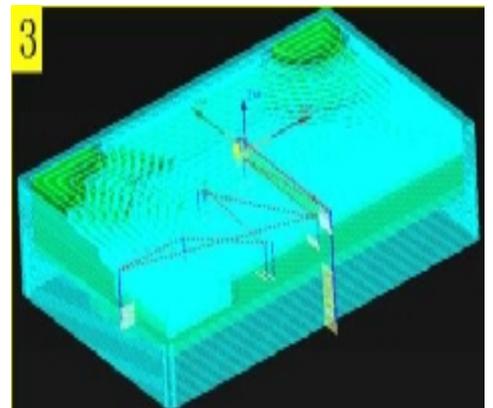
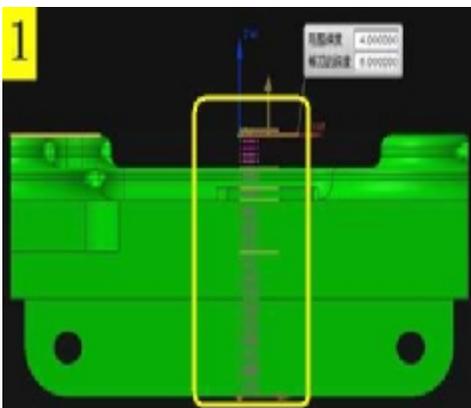
▲ 做出如上图⑨所示的刀轨：经过前面的操作练习，我们可以看到要想改变切削范围的深度位置，其关键就在于：先找到这个范围的顶和底。然后再选择你所想要的位置。接着做下面的练习：首先改变每层的切削深度：每刀的公共深度 恒定的为 2 后——→再次点击 切削层 图标进入 切削层 对话框——→在 范围类型 中点击第一个图标——→继续再单击第三个图标后——→先改变范围的顶部：在 范围！的顶部 下点击 选择对象 (1) ——→在图形中选择一个点位置后，范围的顶到此位置——→继续单击 范围定义 下的 选择对象 (0) 在图形区直接选择点位置后——→确定完成回到主对话框——→生成如（上图⑨）所示的刀轨。

### 再做一个练习以巩固和拓展：

▲ 打开文件 X 盘：\lizi\cavity5.prt，可以看到已经创建好了一把 D=20 的刀具、加工坐标系、以及 WORKPIECE 的节点几何体信息。

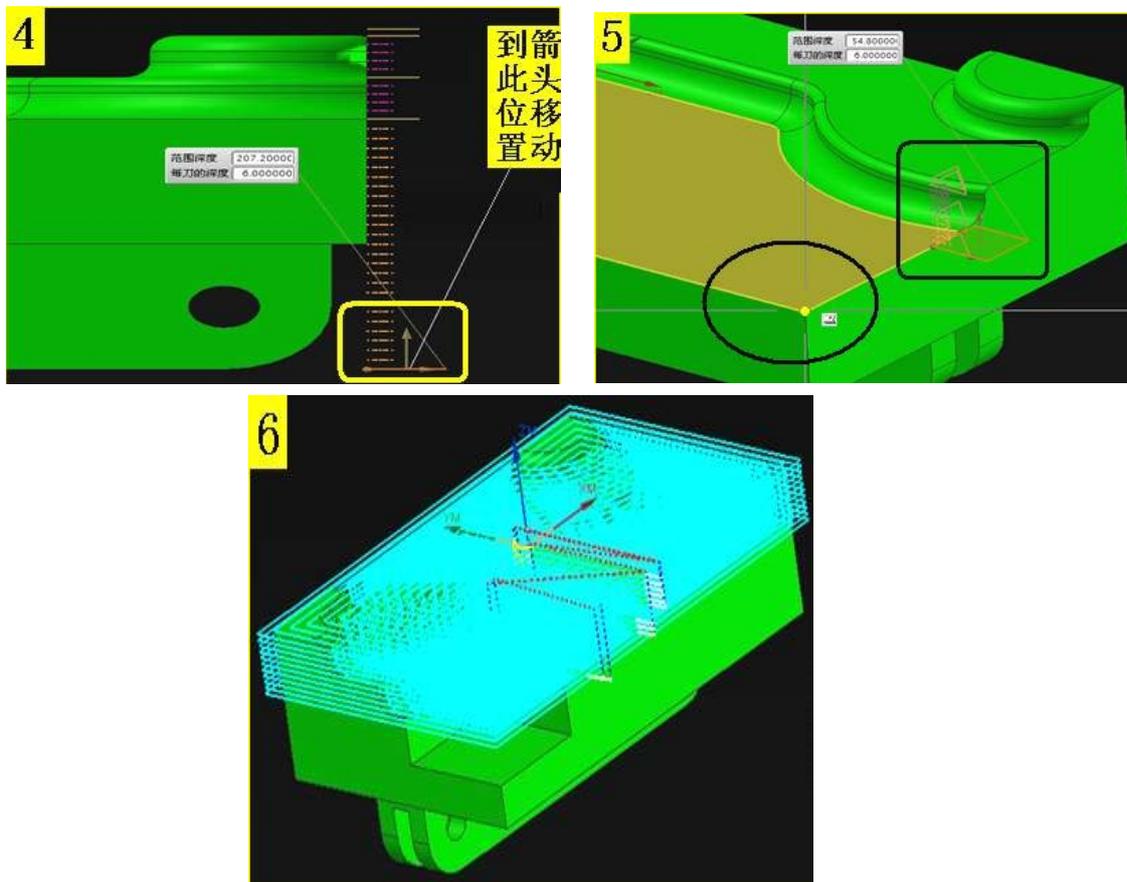
▲ 使用 D=20 的刀具、WORKPIECE 为父级组创建型腔铣操作，并进入到型腔铣对话框——→修改默认参数：改为 切削模式 跟随周边 ——→点击 切削层 图标进入到切削层对话框。

▲ 可以看到默认的切削层状况为（下图 1 所示），由于我们仅需要加工如（下图 2）所示的区域，其它区域并不想加工、或者说凹腔区域我想单独用一把较短的刀具进行加工。但是系统默认的形成最高点和最低点之间的切削深度范围，系统在运算时是考虑这些范围的，但是为了减少系统资源和提高运算速度。所以就没有必要计算这些不加工的范围了。所以为达此目的，我们可以删除一些没必要的范围和切削层。先按默认的生成刀轨如（下图 3）所示：以加以对比。

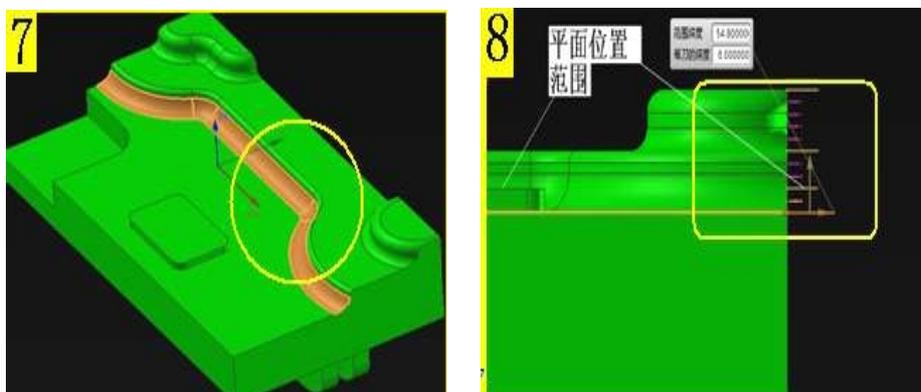


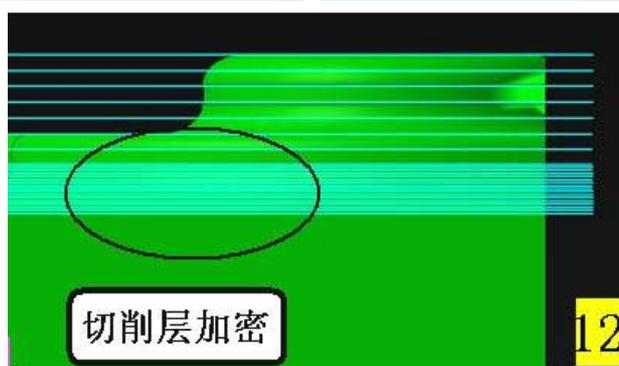
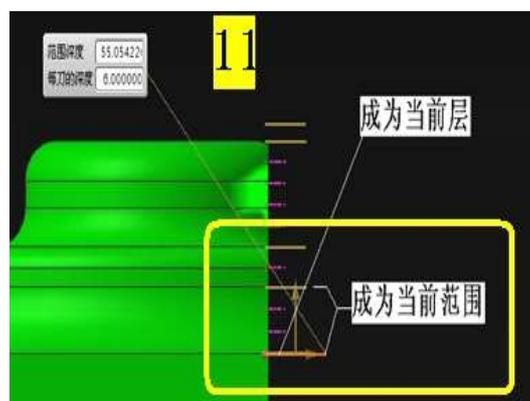
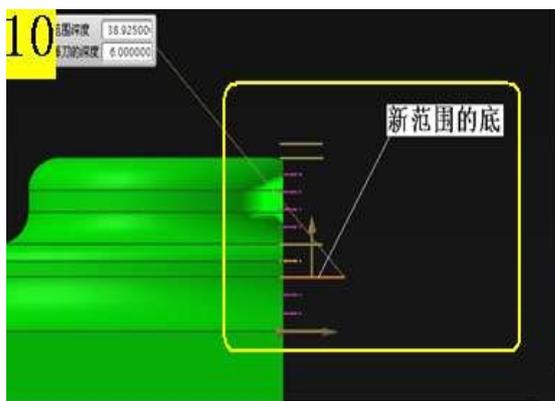
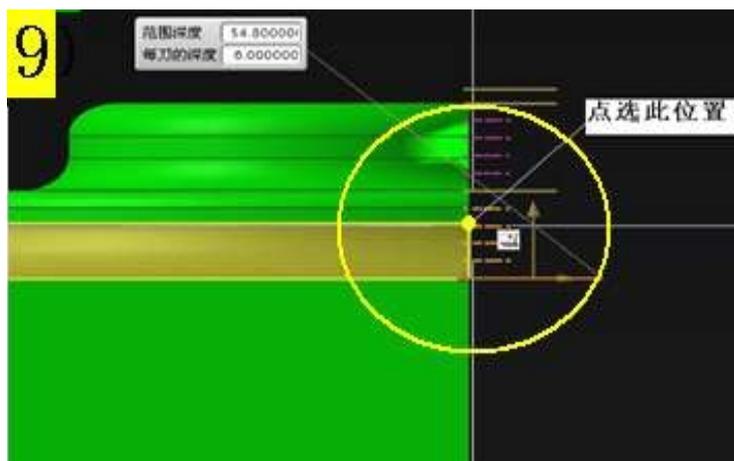
▲ 这一步我们修改深度范围：首先激活最底部的切削层即范围的底，为当前的范围。在底部大三角符号上单击，可以看到箭头立即从顶部移动到此位置了（下图 4 所示）——→在图形中单击零件的

大平面，可见范围的底部立即移动到此面位置，范围变成了从顶面到此面（如下图 5 所示）——确定完成生成刀轨（如下图 6 所示）。可以看到刀轨仅加工到大平面位置。



▲这一步我们要在圆角区域添加切削层：为了便于观察我们先把切削深度改为每刀切深  ——再进入切削层对话框，这次我们只想在平面处的圆角部位添加切削层如（下图 7）所示的红色部位——再次进到切削层对话框中，首先删除存在于圆角中部的平面位置的范围（图 8）：鼠标左键点击此范围成为当前层、箭头标志立即移动到此处——此时此范围在列表中显示出来，点击“叉号”删除此范围——在圆角处添加一个新范围，点击添加新集  图标，在下（图 9）所示位置处点选即可——立即在此位置处添加了一个范围，（注意这是范围的底）（下图 10）所示——把箭头再改到圆角底部使底部与刚添加的层之间的范围成为激活的、当前的范围（下图 11）所示——并改为  并按下键盘上的 Enter 键后——确定并生成刀轨如下（图 13）所示。



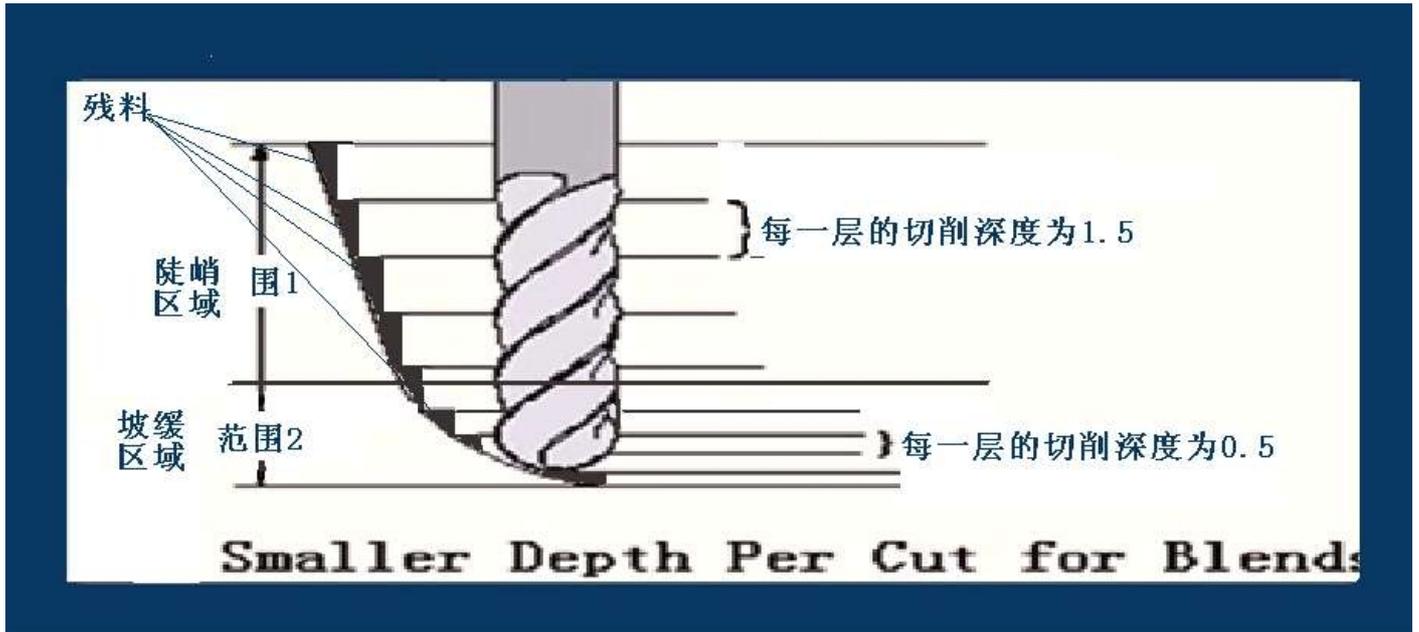


▲ 分析总结：切削层的调整可以加工不同的深度范围，这在实现局部加工中有着极大的方便性。注意添加新层的使用方法。

② 灵活地调整每一个深度范围内的切削深度（即是可以为不同的范围指定不同的切削层深度值）：继续使用前面的案例讲解：

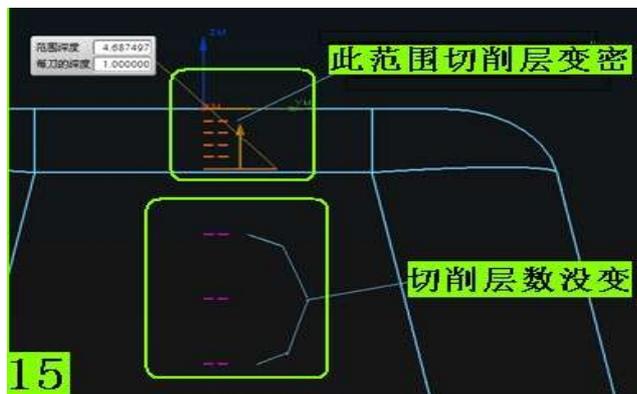
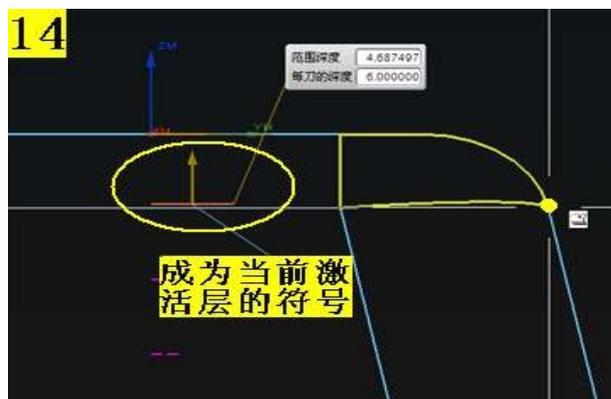
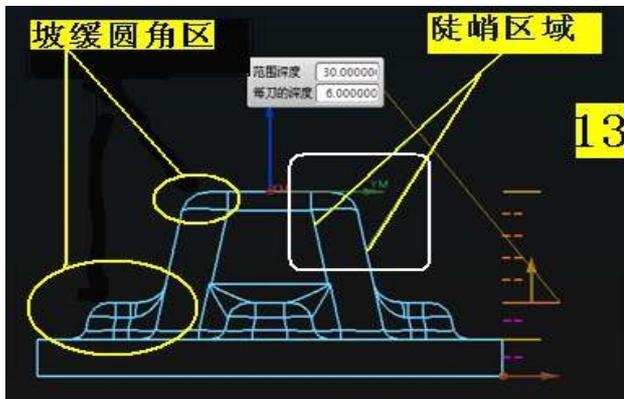
看下面的图示说明：此图显示——范围 2 的切削层深度必须要比范围 1 的切削层小很多，才能保证坡缓区域与陡峭区域在零件表面上留下的残料均匀一致。如果范围 2 的切削层深度比范围 1 的切削

层一样大，这样必然就会导致范围 2 的残料高度大大超过范围 1 残料高度。

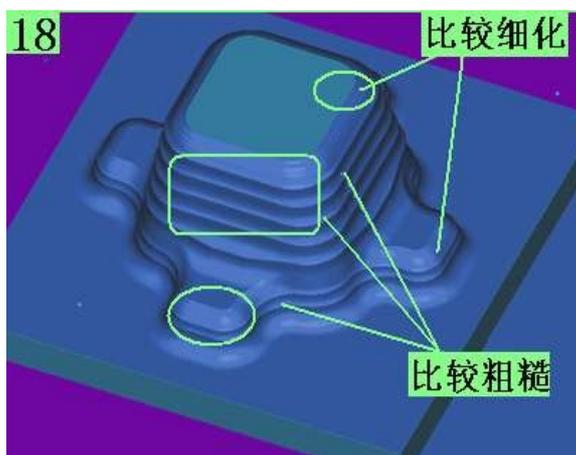
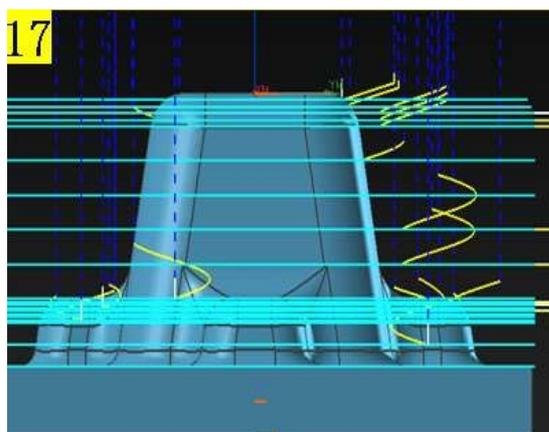
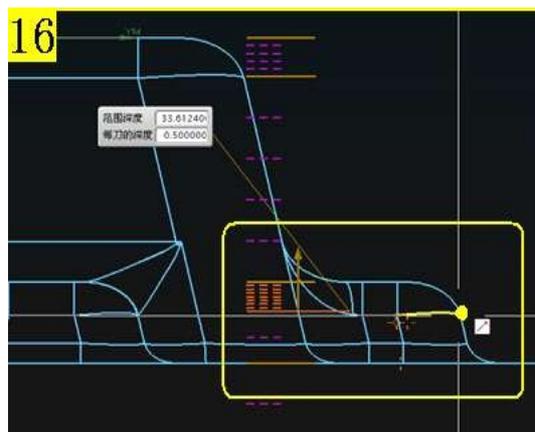


上述事实：就是为什么必须根据零件形状指定多个范围，以及在各范围的切削层深度应当不一样的原因。由此切削层深度的确定原则就是：在零件中越陡峭的表面允许越大的切削层深度（当然还必须考虑切削条件的限制）。而越接近水平的表面切削层深度应越小。其目的就是保证加工后残料均匀一致，以利于后续的精加工。

▲ 继续前面的案例：首先取消掉上次切削层的设置，恢复到自动初始状态；注意是使用的： 跟随周边模式、每刀的公共深度 恒定、距离 6。（如（下图 13 所示）；



▲分析：根据前面的分析我们应该在圆角区域使用较小的切削层深度、而在陡峭区域则使用较大的切削层深度。在这里我们就要在圆角区域加一个切削层：进入切削层对话框后，单击 **添加新集** 图标 → 在图形中单击圆角部分底部选点（上图 14 所示） → 在 **每刀的深度** [1.000000] 改为切削深度为 1 后按下键盘上的 Enter 键，立即在此层从原来的深度 6 变为 1（上图 15 所示） → 继续在凸台位置的圆角部分添加切削层 → 再次单击 **添加新集** 图标 → 在图形中单击凸台圆角部分底部选点 → 在 **每刀的深度** [1.000000] 改为切削深度为 0.5 后按下键盘上的 Enter 键，立即在此层从原来的深度 6 变为 0.5（下图 16 所示） → 单击 **确定** 返回型腔铣对话框，生成刀轨如（下图 17）所示；实体模拟结果为（下图 18 所示） → 可见圆角部分加工较细化。其它位置粗糙。

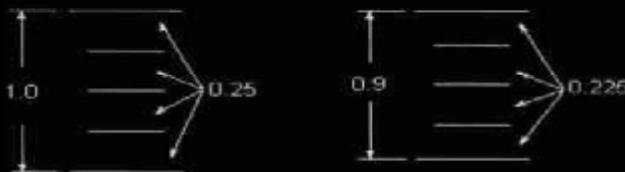


下面进行相关参数的介绍：使用案例讲解：

①， **每刀的公共深度** **恒定**、**距离** **6.**：其表述为：

每刀的公共深度:——是指全局的深度

切削层的深度值在【距离】文本框中设置,用于定义在一个切削范围内的最大切削深度。系统自动计算的实际切削层深度一般不等于指定的最大深度,如果想修改最大切削深度只要在文本框中输入参数值,按Enter键即可。设置最大切削深度为0.25mm时系统计算的实际切削深度,如图所示。



系统自动计算的全局每刀深度

即是在系统默认的切削深度范围内的每刀深度。不等于距离值:就是距离值不能整除范围的深度时,系统自动调整的结果。

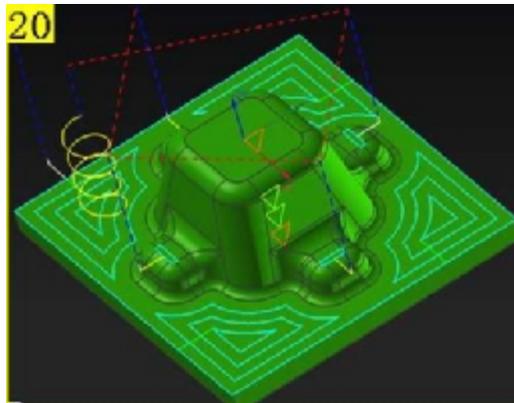
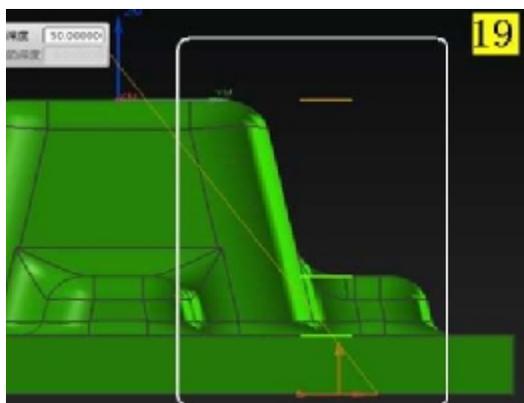
②, **范围定义**下的**每刀的深度**:是在一个切削范围内定义的切削深度值。如上面的圆角坡缓区域增加的切削层。这两个参数我们在前面已经运用过了。

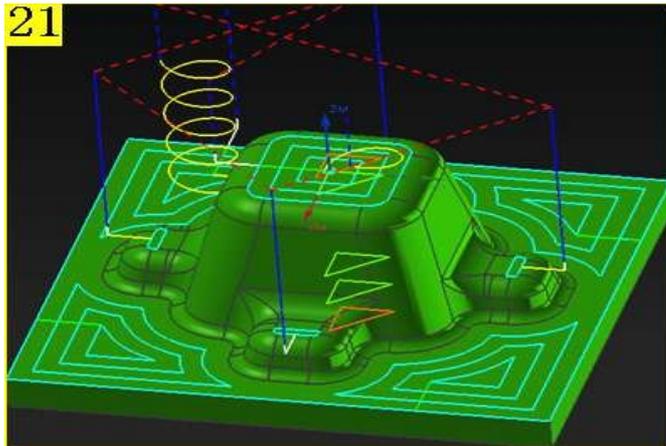
③, 在前面我们已经介绍了切削层的主要功能——在这里再次介绍一个功能:**即型腔铣能够加工零件中的平面,这相当于平面铣或面铣功能。**

▲, 继续使用前面的案例:你可以重新打开文件 X 盘: \lizi\cavity1-1.prt, 进入到型腔铣中来。或者继续使用之前的操作,如果继续使用之前的操作,要把切削层之前的设置恢复到初始状态——即不在圆角部分添加切削层。这次我们要使用两个参数:

▲在**范围类型** 中点击第一个图标,恢复到自动状态——继续再单击第三个图标后,形成单个的范围——选择**切削层**  **仅在范围底部**  **临界深度顶部切削** 后,注意观察图形中的一——切削层符号的变化如(下图 19 所示)即:仅存在 4 个范围的底(在零件中的平面位置处)——确定完成后生成刀轨,此时发现系统并没有生成刀轨,但是系统也没有提示报警什么原因——我们在

**范围类型** 中再次点击第一个图标后——确定完成后再次生成刀轨,刀轨成功生成。可以看到刀轨仅加工了零件中的平面,如(下图 20)所示。但是零件的顶面是平面却没有加工——这是为什么?这个问题我想很容易回答和解决。自己试着修改一下毛坯的 Z 值——把 Z 值加大一下即可(在 WORKPIECE 中修改)——修改后的结果如下图 21 所示。





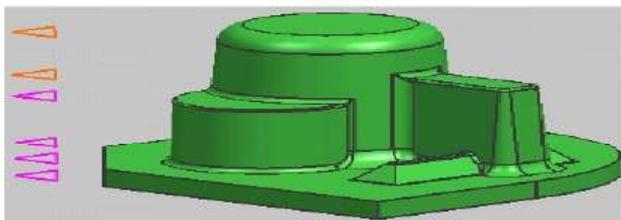
参数介绍:

## 切削层参数

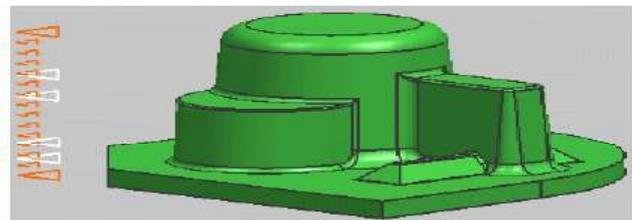
•如果希望仅在底部范围处切削，请打开此选项。切削范围不会再被细分。注意：打开此选项将使“每次切削的全局深度”选项处于非活动状态。

•“结束关键深度”只在“单个”范围类型中可用。使用此选项在完成水平表面下的第一次切削后直接来切削（最后加工）每个关键深度。这与“平面铣”中的“Top Off 岛”选项类似。

•注意：“关键深度”切削层在图形窗口中显示为一个大平面。



•Cut only at range Bottoms



•Top off critical Depths

上图示表述的就是 **仅在范围底部** —— 仅在零件平面位置生成一层刀轨，不再细分。

**临界深度顶面切削**（新版本的叫法）—— 只应用在单个范围中，其意义同平面铣。一般情况下就是要配合 **仅在范围底部** 这个参数一起应用，从而加工零件的平面。但是正如前面我们在使用二者时，并没有生成刀轨 —— 其原因就是：

上图示表述的在完成水平表面下的 **第一次切削后直接来切削每个关键深度**，因为我们在使用这个参数之前，并没有完成第一次的平面切削，系统它在使用这个选项时，并不能自动侦测到零件中的平面。所以我们在选择使用这两个参数时，要按照前面的步骤：首先选择使用这两个参数 —— 表示要使用这个功能 —— 再次点击自动层使系统自动侦测到零件平面 —— 再回到单个范围使用。或者先只使用 **仅在范围底部** 生成刀轨后，再进来勾选  **临界深度顶面切削** 再生成刀轨亦可。

至此，我们已经把型腔铣的基本内容作了一个基本的介绍，现在我们完全能够完成一个零件的粗加工，我们将在下一节就以一个案例综合前面所学，来操作演练一下，同时来给大家做一个重要内容的讲述。

## 第5节：型腔铣的二次粗加工专题讲解：

作为一个 NC 工程师必须知道：每一个加工操作完成后，哪些材料被切掉了，哪些材料还没有被切掉。剩下的材料如何有效的去除？对于这些问题，必须搞清楚丝毫马虎不得。而我们刚刚学习完的型腔铣操作，它开粗完成以后，势必会留下的残料如何解决？我们将在这一节展开讲解。

**1, 第一个方法:使用参考刀具:** 这个方法是：以前一把刀具为参考对象来加工前一把刀具未能加工的区域。这种方法在清理余量残料方面，特别是在清除拐角残料方面有着广泛的运用。下面的图表是 UG 公司对其的概念表述：



### 型腔铣二次开粗之一使用参考刀具

- 当您希望在拐角处加工上一个刀具未达到的剩余材料时，可是使用“参考刀具”，如下图1所示。
- 剩余材料可能是由于刀具的拐角半径而遗留在壁和底面之间的材料，也可能是由于刀具直径而遗留在壁之间的材料。此切削类似于其他的“型腔铣”操作，但是，它仅限于在拐角区域操作。
- 参考刀具通常是用来先对区域进行粗加工的刀具。系统计算指定的参考刀具剩下的材料，然后为当前操作定义切削区域。
- 您必须选择一个直径大于当前使用中的刀具直径的刀具。
- 在“参考刀具半径”和拐角半径之间的差异比较小的情况下，则去除的材料厚度也比较小。您可能需要指定一个更小的加工公差，或选择一个更大的“参考刀具”，以达到更好的结果。更小的加工公差可让您检测到更小的剩余材料的量，但是会有一个性能损失。使用严格公差处理操作时，选择较大的“参考刀具”将是一个更好的选择。
- 使用带有 IPW 的参考刀具清理角，如图2、图3、图4所示：

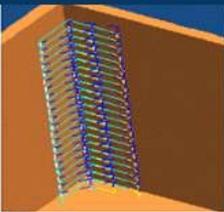


图1—加工拐角

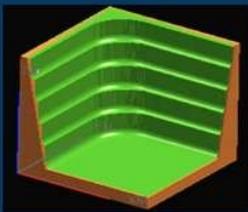


图2—上一个操作中的IPW

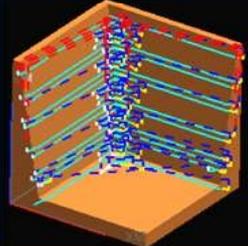


图3—仅使用IPW

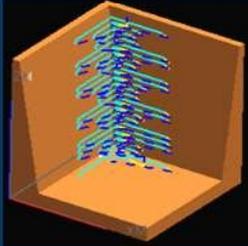
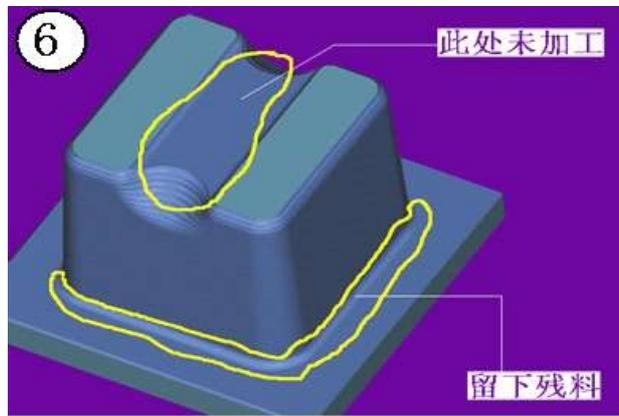
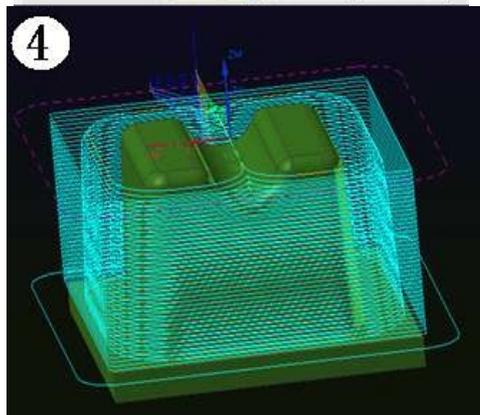
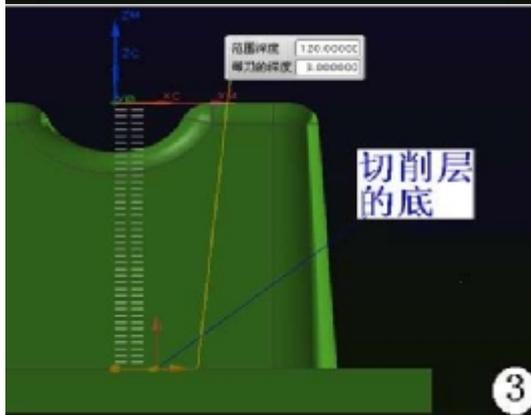
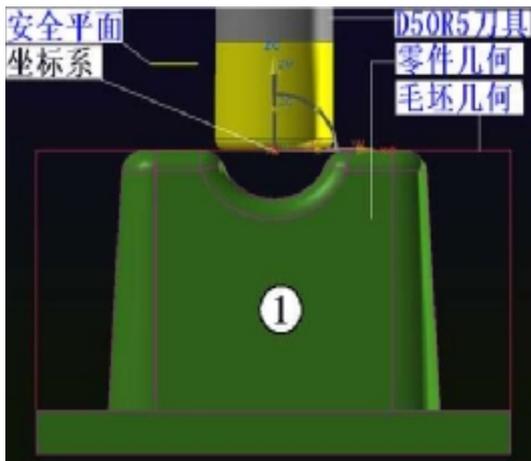


图4—组合使用参考刀具和IPW

为了深入学习和领会其含义，我们将采用案例的实际操作来学习。通过案例的讲解学习，你再重温这些使用规则，相信必能深刻领会之！以期达到实际的灵活运用。

**第一步：首先进行对零件的开粗加工：**

- ▲，我们在这里一并练习一下型腔铣的开粗加工：打开文件 X 盘:\lizi\ cavity6.prt 的文件——→进入加工的环境 **cam\_general**、**mill\_contour**。
- ▲，为了高效去除材料我们首先建立一把大的刀具：直径 50 刀尖圆角半径为 5 的 D50R5 的刀具、为了能够加工到小的区域再建立一把小的刀具：D16R1 的刀具。然后将加工坐标系与工作坐标系重合并定位在零件的最高中心位置，并指定安全平面为顶面的 Z=30 处。再次定义 WORKPIECE：选择零件图形、定义自动块为初始的毛坯。如(下图①)所示：
- ▲按照下图②所示的设置创建并进入型腔铣对话框——→刀轨设置： 跟随周边、 直径百分比 **70.00**  
 距离 **0.1** ——→点击切削层图标进入对话框：设置切削层的最底部如(下图③所示)——→确定退出后再点击切削参数图标进入对话框设置： 刀路方向  向内、 岛清根 ——→确定完成退回主对话框，生成粗加工的刀轨如(下图④)所示。



▲，在操作 CAVITY\_MILL 上点击右键，在右键菜单中选择过切检查或者直接在工具条上点击图标弹出 **过切和碰撞检查** 对话框，点击 **确定** 系统开始做过切分析，完成后显示出分析的结果如（上图⑤所示），没有过切刀轨，完全合格。这就是一个完整的型腔铣粗加工操作。

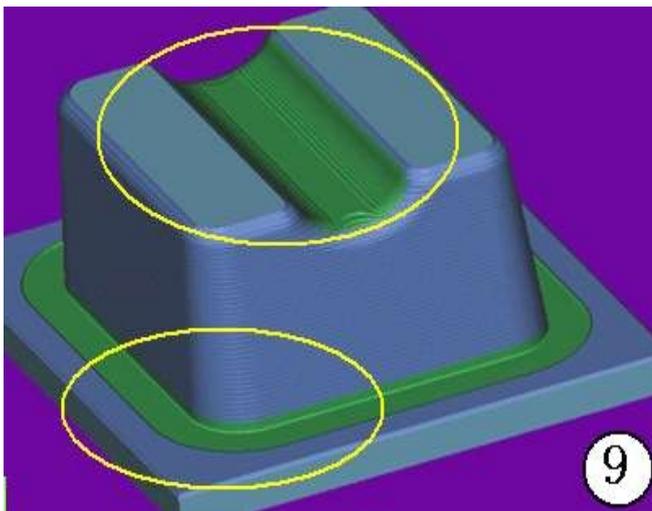
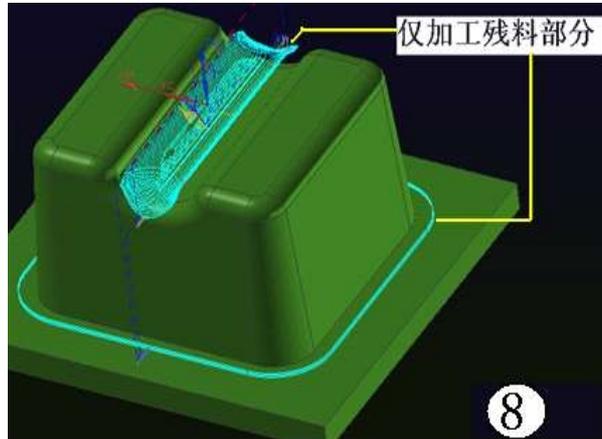
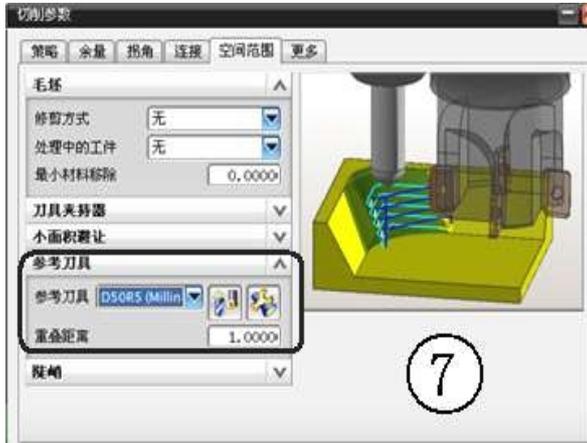
▲，进一步再做实体的模拟仿真结果如（上图⑥）所示：可以看到由于刀具的原因，在两个位置留下了残料。未加工的部分是因为刀具太大无法进入该区域；留下残料的部位是因为刀尖圆角 R5 的原因。下一步我们就要解决这个问题。

### 第二步：清除余量：

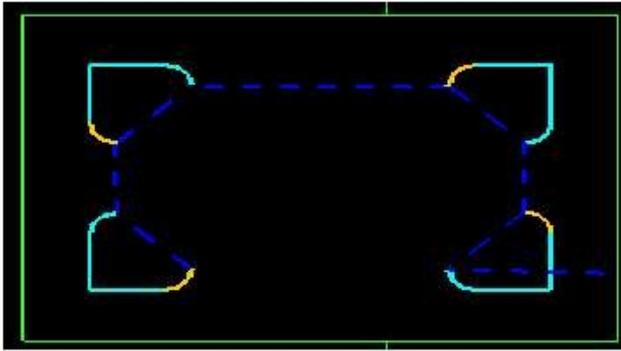
▲，直接复制 CAVITY\_MILL（右键单击 CAVITY\_MILL→复制）操作、并把它粘贴在 CAVITY\_MILL 之下（再次右键单击 CAVITY\_MILL→粘贴这样就不重新创建了、产生一个 CAVITY\_MILL\_COPY 的操作）

→ 右键单击 CAVITY\_MILL\_COPY 进入对话框：首先更换使用的刀具切换为 D16R1 的刀具。点击刀具展开定义区，使用黑色箭头切换。不再使用 D50R5 的刀具。

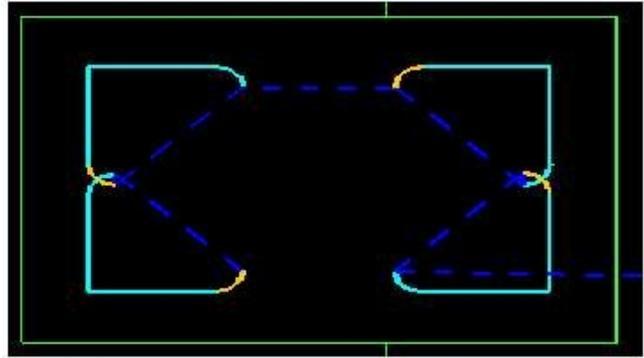
▲ 点击切削参数图标进入对话框，在空间范围选项卡中选择使用参考刀具—D50R5 的刀具、重叠距离为 1mm 如（下图⑦所示）。确定返回主对话框，修改切削深度为 距离 1.0000 → 确定完成生成刀轨如（下图⑧）所示：实体模拟仿真结果如（下图⑨）所示。



参数介绍：“重叠距离”使您能够沿着相切曲面延伸至由“参考刀具直径”定义的区域宽度。即是：未切削的区域延伸与参考刀具切削的区域有指定值的重合。见下图示：



• 重叠距离=0



• 重叠距离=2

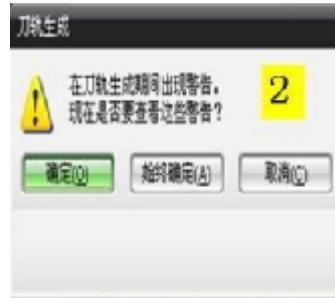
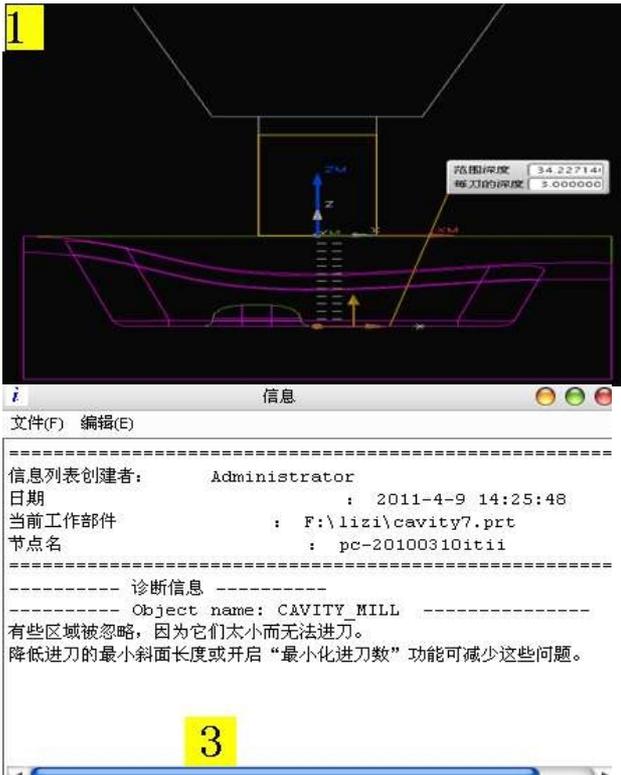
### 第三步：分析对比和验证：

我们在这个零件中使用参考刀具，成功的生成了清除余量的刀轨，而且这个刀轨的确令我们满意。但是参考刀加工法是适合所有的情况吗？

搞不懂这个状况就不会真正使用这个方法。因为在很多的教程上也都介绍过这个方法，但是在实际的运用中、在很多的零件加工中，发现参考刀加工法并不是特别的好用。一般的教程不会深入探讨这个问题，仅从概念的角度、理论的角度加以介绍。而实际上不深入探讨这个问题，就无法正确的使用参考刀加工法。下面我们做一下探讨：

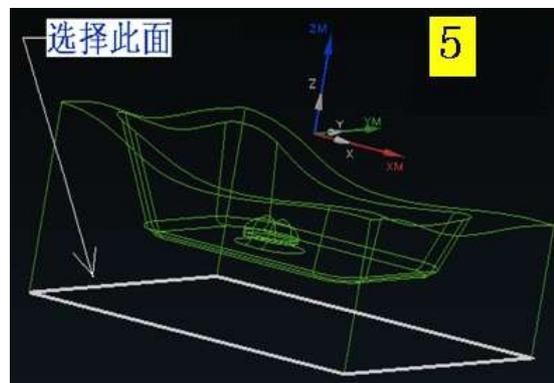
▲，我们再练习一个例子：打开文件 X 盘:\lizi\ cavity7.prt 的文件，发现已经定义好了刀具、坐标系、安全平面、WORKPIECE 几何体信息。

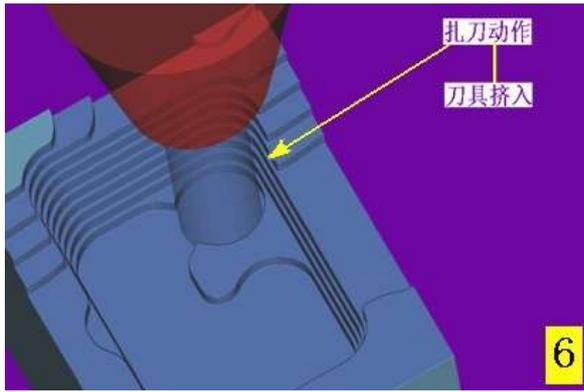
▲，创建型腔铣粗加工操作：使用 WORKPIECE、UGD20 的刀具进入型腔铣对话框——先定义切削层位置如（下图 1）所示、此后再定义：每刀公共深度为 距离 3、 跟随周边、直径百分比 70.00——再进入切削参数对话框定义如下参数： 岛清根、刀路方向 向外；—— 完成后生成刀轨：出现报警信息对话框如（下图 2 所示）是什么原因出现报警呢？之后讲解——先不用管报警，直接点击  出现报警信息列表如（下图 3）并同时生成刀轨如（下图 4）所示。进一步做实体的模拟仿真，你会发现刀具是采用螺旋下刀，速度比较慢。



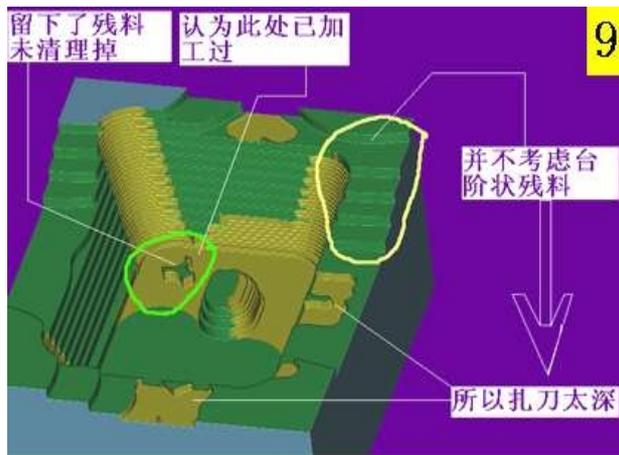
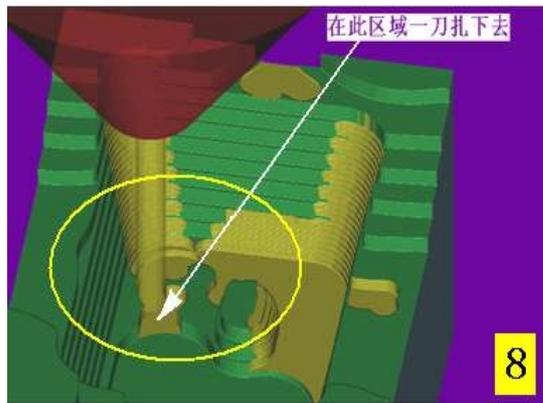
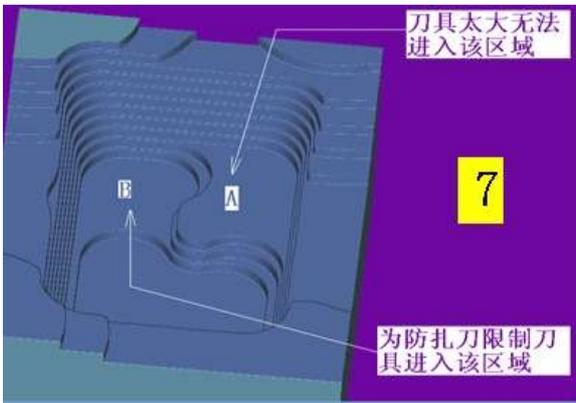
▲，发现问题：1\*，有一条多余的刀轨产生下图 4 所示：原因是：这是 UG 的运算方法所造成的一→因为 UG 是按照最大体积移除率的计算方法，只要有材料，刀具能够进入，就会进行加工如果不加以另外限制的话。我们可以修剪掉：点击 **几何体** 展开定义区一→点击指定修剪边界图标  一→使用默认的面模式、选择修剪外部，点选零件的底部平面（下图 5 所示）一→确定完成再次生成刀轨，可以看到已经去除了多余的刀轨。

2\*，解决报警问题和螺旋下刀问题：先看一下信息表中的内容：其大致意思 即是：有些小的区域没有被切削到一→原因：就是因为刀具太大无法进入该区域或者刀具能够进入该区域而由于参数的设置而限制刀具进入某些区域。点击 **非切削移动**  图标进入其对话框、进刀选项卡一→可以看到系统默认的就是封闭区域螺旋下刀、最小斜面长度为 70%一→我们改为：**沿形状斜进刀**、**最小斜面长度 0.01**后，确定完成再次生成刀轨。没有再出现报警，同时做模拟仿真发现下刀变快了。同时又发现小区域被加工到了。如下图 6 所示：





3\*, 可以看到我们把 **最小斜面长度**  改为 0% 后, 刀具能够进入该狭小区域, 但是刀具是硬踩下去的——这个动作不仅能伤到刀具, 也有可能过切零件, 这是绝对不允许的。所以出现的报警正是我们想要的, 是正确的。 **最小斜面长度**  默认的是 70%, 根据实际的经验一般设为 40% 即可。而关于这个参数的意义以及使用我们在之前已经讲过了, 不再赘述。好了, 我们把 **最小斜面长度**  改为 40%, 继续生成刀轨即可。再做实体的模拟仿真其结果如下图 7 所示:



▲, 创建参考刀加工: 复制上一个操作, 双击该复制的操作进入对话框进行编辑——首先更换刀具为 UGD6 的刀具——再次改变切削的深度为: **距离**  ——再进入切削参数对话框设置: **参考刀具** 、**重叠距离**  ——确定完成生成刀轨如。进一步实体仿真, 特别注意观察仿真的过程, 你就会发现这个加工方法的确存在着问题。上图 8、图 9 所示。

▲分析：为什么会出现上述状况？在 A 区域我们为了防止扎刀动作，而设置了参数以加以抑制。但是参考刀加工法并不能在此进行识别。在它看来这个区域已经加工过了。另外的几个区域也是这个状况——它认为台阶状材料区域也已经被 UGD20 的刀具加工过了，所以它不考虑。

第四步：分析总结参考刀加工法：

1 从本质上来认识参考刀加工法：

- ①，它只加工前一把刀具即参考刀具进入不到的区域，凡是参考刀能进入的区域（不管事实上进入不进入），它都不再进入加工。
- ②，前一把刀具即参考刀具不一定就是前一个开粗操作所用的刀具。它只是参考指定的参考刀具：譬如：前一个开粗操作所用的刀具为：D20R4，而指定的参考刀具可以为 D25R5 或更大的刀具。
- ③，所以参考刀加工法的操作与前一个开粗操作并没有任何的父级组关系。它所依赖的只是参考刀具。
- ④，由此，所以参考刀加工法并不考虑：上个操作由于切削深度留下的台阶状残料、刀路是否修剪过、是否忽略过小区域的刀轨、抑制狭窄区域的刀轨以及检查区域。它只考虑前一把刀具即参考刀具无法进入不到的区域！所以才有下面的使用原则：

2 使用参考刀加工法的原则：

- ①，在开粗操作中：当刀路修剪过、忽略过小区域的刀轨、抑制狭窄区域的刀轨以及在切削区域中指定某些面为检查区域时，后续的使用参考刀加工法是极其危险的。所以在使用参考刀加工法时，你必须要考虑这些因素！
- ②，你必须使用一把比参考刀具小的刀具进行加工！且优先使用跟随零件的切削方式！
- ③，参考刀具最好要比实际运用的前一把开粗刀具大一些！例如：前一个开粗刀具为：D20，而在设定参考刀具时可设为：D21 的刀具！
- ④，使用参考刀具加工的操作余量设置一定不要比前一个操作小，相反要设置大一些！例如：前一个开粗余量为：0.5。而在设定参考刀具加工时余量可设为：0.8 或 1！

为了解决使用参考刀具的缺陷，UG 又提供了下面的方法：

2，第二个方法：使用过程中的毛坯 IPW：IPW 是：In Process Workpiece 生产中的工件的英文缩写。它是前一个操作所加工后留下的残料。

并以此剩余材料为下一个操作的毛坯。下面的图表是 UG 公司对其的概念表述：



## 型腔铣二次开粗之一—IPW

过程中毛坯IPW（二次粗加工）：

- IPW是一个“型腔铣”特有的切削参数，它指定了操作完成后 应保留的材料（该操作完成后留下的剩余材料）。该参数既 控制着当前操作由上一（参考）操作输入的状态，又控制着当前操作输出的IPW的状态。
- 使用IPW的操作是余料铣操作。工序模型IPW使用的选项如下：“处理中的工件：使用3D”
- 使用此选项后，毛坯几何体图标  被IPW图标  所代替。

使用IPW的优势：

- 使用IPW过程中的毛坯来作为“型腔铣”的操作中的毛坯几何体，就可以根据工件的当前真实状态来加工，这将避免再次切削已经切削过的区域。
- 使用IPW另一个优势就是：不必考虑留在角部残料的大小、修剪刀路未切削的材料、刀具原因未切削到的区域等状况。

使用IPW的步骤：

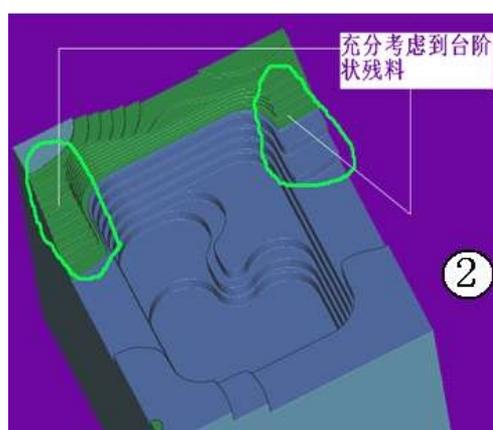
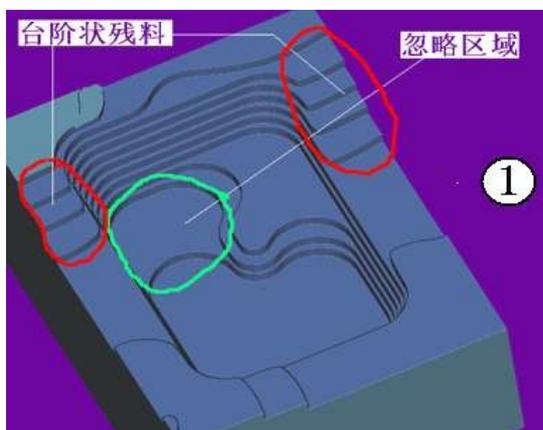
- 在此操作的几何体定义区，创建或选择一个毛坯几何体，定义工件初始毛坯。
- 在切削参数对话框中→空间范围→处理中的工件：使用3D
- 适当的设置“最小材料移除”值。

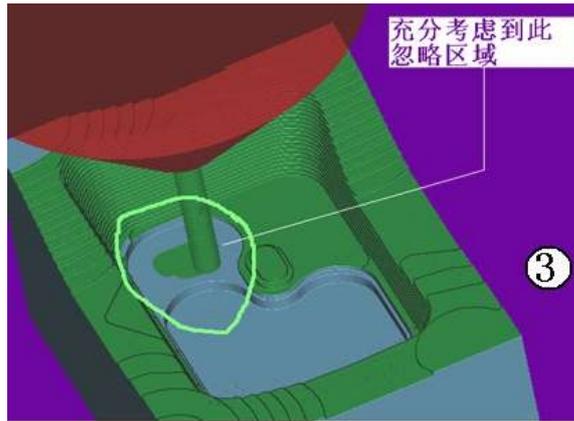
我们也还是通过上面的案例的实际操作，来领会其含义：

第一步：使用 IPW：

▲，打开文件 X 盘:\lizi\ cavity7.prt 的文件，创建型腔铣的粗加工操作。这与上面的操作是一样的。做实体模拟仿真其结果为：（下图①）

▲，复制这个操作，在切削参数对话框中空间范围选项卡下——→选择   确定完成——→修改切削层深度为：距离  ——→生成刀轨并做实体模拟仿真其结果为：下（图 2）、（图 3）做一下对比，发现 IPW 充分考虑到上一个操作忽略掉的区域，而不像参考刀那样一刀扎下去。





▲，分析：IPW 之所以能充分考虑到这些区域，那是因为它以上一个操作留下的材料作为毛坯，所以比较准确，同时也是由于这个原因，所以这个操作与上一个操作有着不可分割的关系：二者同时存在、二者同时定义在同一毛坯几何体之下（如：WORKPIECE）、二者排序不可改变、且前一个操作必须成功的生成刀轨。这个好理解：因为离开这些条件：都不能知道前一个操作留下的材料为何，也就不能作为毛坯使用。



## IPW 加工中的工件

IPW: in\_process workpiece 加工中的工件  
每步操作执行以后保留的材料称作IPW。

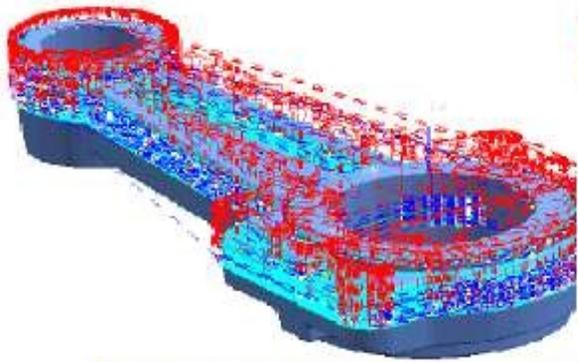
通常，IPW用于输入到下一个操作的粗加工或精加工。

使用IPW是有附加条件的。刀轨要按顺序产生，从第一个操作到最后一个操作，都是在同一个几何体组中。刀轨必须是成功地产生，并且已经接受的。这样，前一步操作的IPW，才能用于下一步的操作。

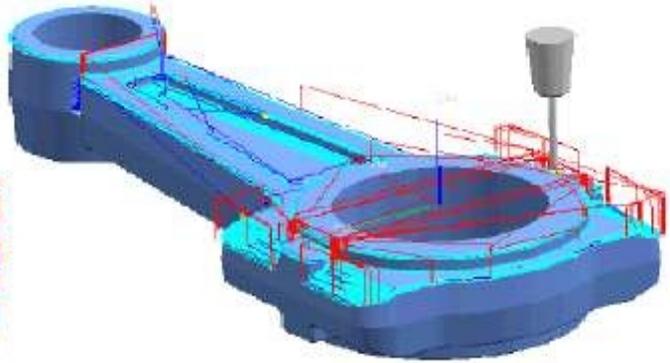
最初的IPW是在MILL\_GEOM或WORKPIECE中定义的毛坯（Blank）。

### 第二步：优点和缺点并存：

优点：相比参考刀加工法，IPW 的确考虑到了前一个操作所留残料的真实状况，从而避免很多扎刀动作，以及一些忽略的区域，具有很高的安全性。特别是零件比较复杂，我们很难判断残料的时候，使用 IPW 在开粗完成后做一个半精加工或中粗加工，是一个不错的选择。但是同时我们又发现它的缺点所在：就是我们发现在使用 IPW 后，系统运算的速度，明显的变慢了，且刀轨的空刀较多，如果要进行复杂零件的加工计算时，那运算的时间就会变得相当的长。为此 UG 在 NX3 以后，隆重推出了：“使用基于层的 IPW”的运算方法，这个方法在全面继承了 IPW 的优点的基础上，进一步的极大地提高了运算的速度，相比 IPW 而言速度提高到 4~5 倍！这就在保证加工质量的前提下，大大的提升了加工的效率！所以自从“使用基于层的 IPW”的运算方法推出以后，已经很少有人再使用传统的 IPW 加工法。见下图二者的对比：



•三维 IPW 生成的刀轨



•基于层的 IPW 生成的刀轨

3, 第三个方法:使用基于层的 IPW : 先学习 UG 公司对其概念的表述:



## 型腔铣二次开粗之一使用基于层的IPW

★基于层的 IPW 是: NX3 以后之新增功能

- “基于层的 IPW”使用先前“型腔铣”操作中的刀轨来识别和加工剩余材料。这些先前的操作被称作参考操作。
- “基于层的 IPW”仅限于“型腔铣”操作，并且使用与先前操作相同的刀具轴。余料铣削和参考操作必须属于同一几何体组。

使用基于层的工序模型的优点:

- “基于层的 IPW”可以高效地切削先前操作中留下的弯角和阶梯面。
- 加工简单部件时，刀轨处理时间较三维 IPW 显著减少，加工大型的复杂部件时，所需时间更是大大减少。
- 刀轨相比使用“三维 IPW”选项而言更加规则和高效。
- 您可以将多个粗加工操作合并在一起，以便对给定的型腔进行粗加工和余料铣削，从而使加工过程进一步自动化。

第一步: 使用基于层的 IPW 的先决条件:

- ▲, 首先在主菜单点击 **首选项** → **加工** 弹出加工首选项对话框 → 打开 **几何体** 选项卡, 在处理中的工件中启用: 基于层的 IPW, 这是使用基于层的 IPW 的首要条件。



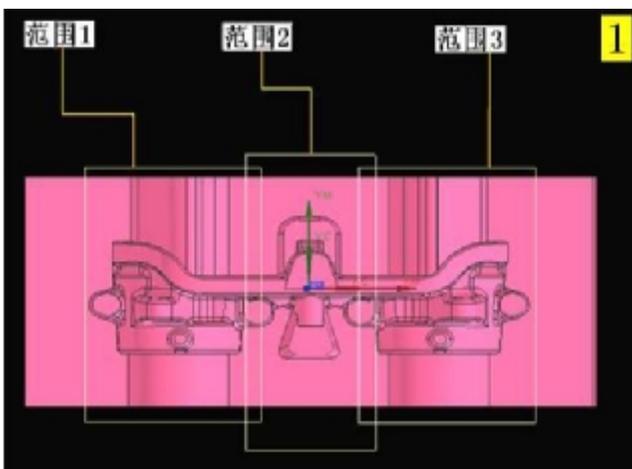
▲，同使用 IPW 一样，操作定义在同一几何体下、按顺序成功产生。严格地遵从父级组参数传承关系。

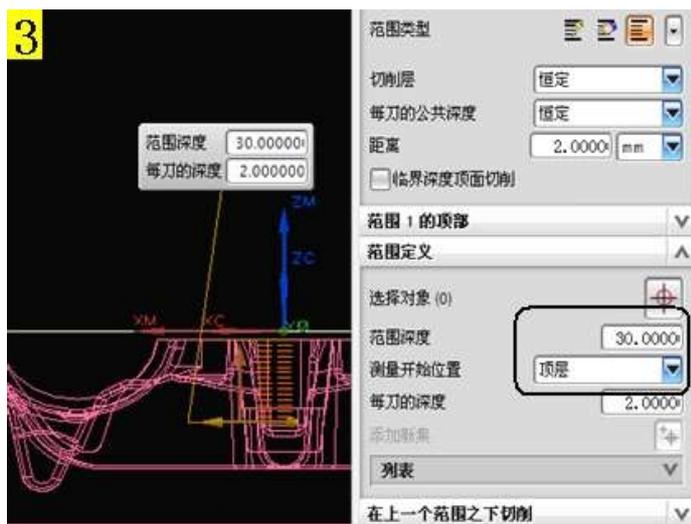
▲，在切削参数对话框中选择：**空间范围**选项卡下——> **处理中的工件** **使用基于层的** 即可。

第二步：使用基于层的 IPW 的案例练习：

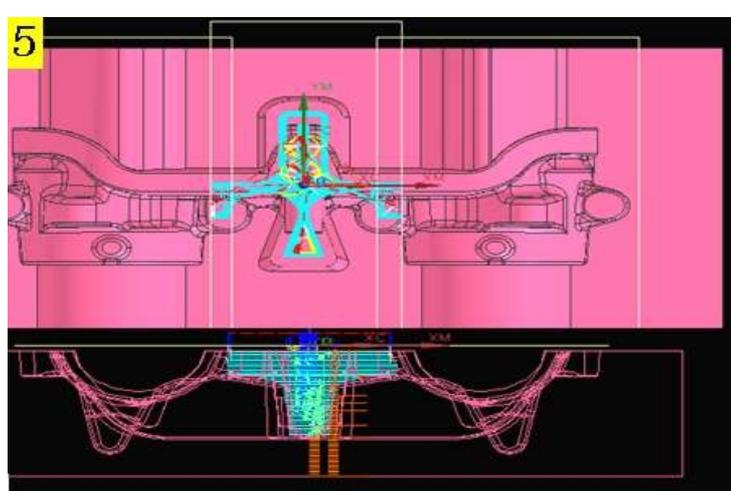
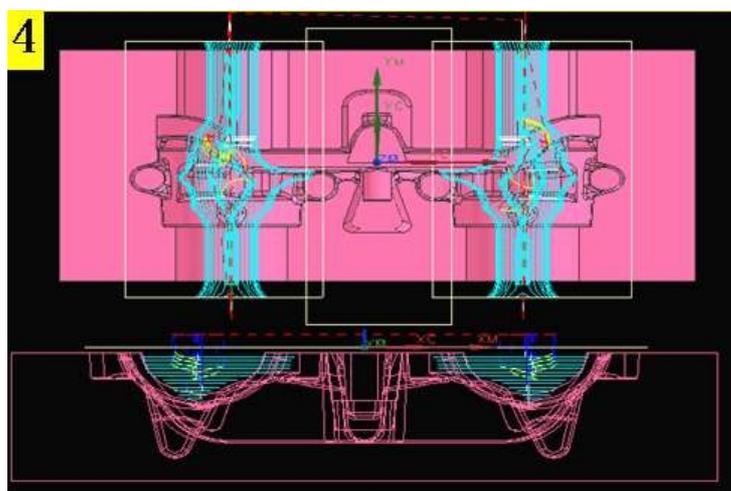
▲，打开文件 X 盘:\lizi\ cavity8.prt 的文件，练习例子已准备好了 5 把刀具、加工坐标系、安全平面、WORKPIECE 几何体信息。

▲，分析这个工件：发现此工件有 3 个区域，其中中间的区域更加小，而且形状比较复杂，小区域较多。开粗和清理角部的残料都比较困难。为此我们准备把这几个区域分开进行加工：一是有利于提高运算速度，因为零件尺寸虽然不大，但是形状较为复杂，如果一起运算的话势必较慢；二是有利于刀轨的规范和简洁，跳刀和空刀较少。——>为此我们首先手工画 3 个范围：主菜单中 **插入(S)** ——> **曲线(C)** ——> **矩形(R)...** 弹出“点”对话框，选择使用 **光标位置** ——> 做如下(图 1) 的范围边界线：



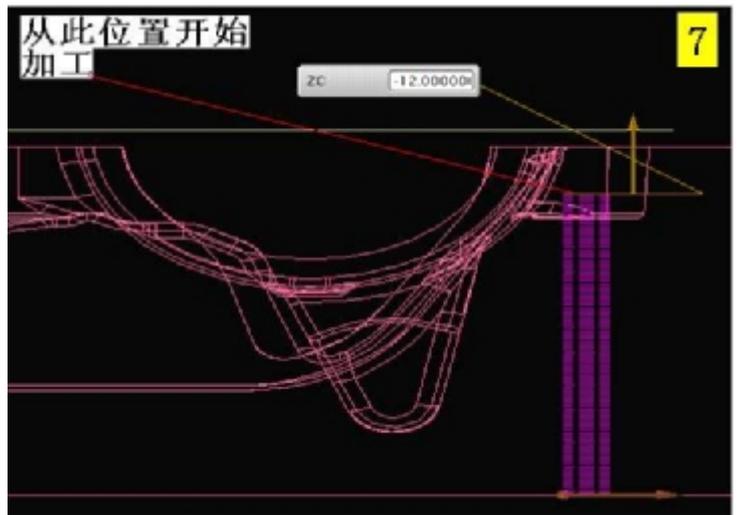
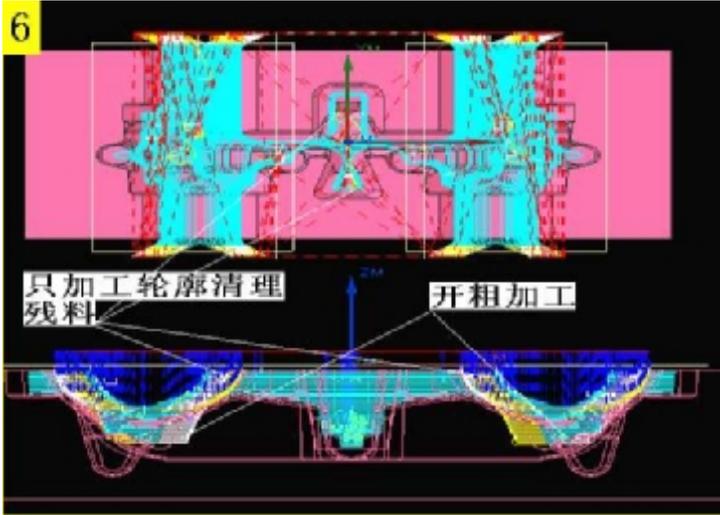


▲，创建型腔铣操作 CAVITY\_MILL：首先使用 D25R5 的刀具进行开粗、父级组设置（上图 2 所示）进入型腔铣对话框——定义加工的范围：选择修剪边界图标、使用线模式，选择范围 1 和范围 3 的线框、修剪外部，确定完成退出。刀轨设置为：**切削模式**、**跟随周边**、**平面直径百分比** 70.0、**距离** 2.0000——进入切削层设置对话框：设置切削层的‘底’设为 30，即只加工到 Z=-30 的位置，上（图 3）所示。——切削参数对话框中设置：**处理中的工件** 使用基于层的——确定完成生成刀轨如下图 4 所示。生成刀轨期间出现报警信息框，说明刀具太大无法进入某些较小的区域，这是正常的、这也是我们需要的。

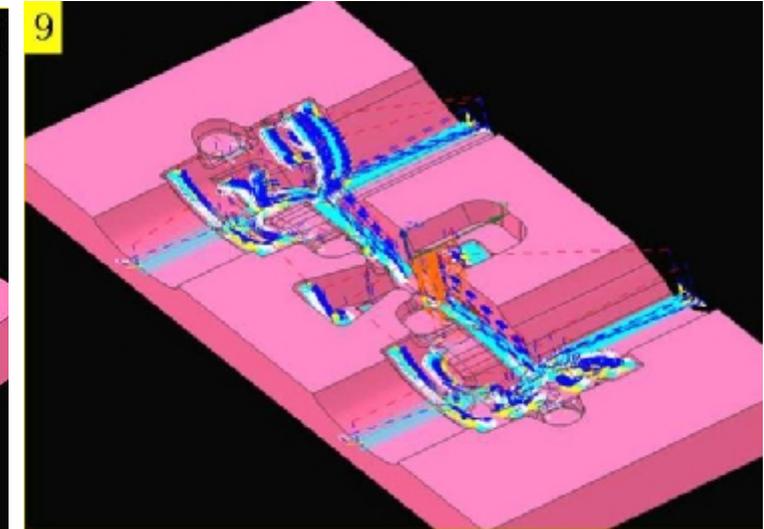
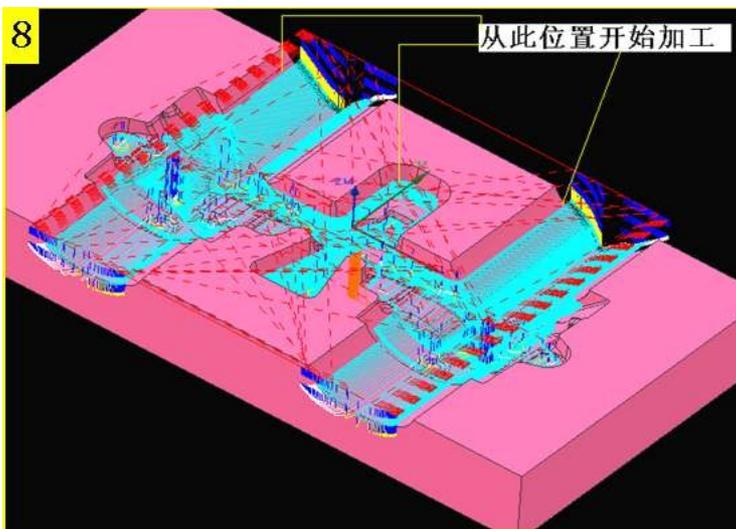


▲，继续开粗：创建使用 D12 刀具的型腔铣操作 CAVITY\_MILL\_1——选择使用范围 2 的边界线，只加工中间区域——刀轨设置为：**切削模式**、**跟随周边**、**平面直径百分比** 70.0、**距离** 1.0——切削参数对话框中设置：**处理中的工件** 使用基于层的——确定完成生成刀轨（上图 5 所示）。

▲，使用基于层的 IPW 清理残料和对较小部位粗加工：复制使用 D12 刀具的型腔铣操作为 CAVITY\_MILL\_1\_COPY——先取消掉修剪边界，让它加工整个零件——设置参数：使用 **D10 (Milling 1)** 的刀具、刀具变小了相应的这些参数都应变小：**距离** 0.8000、**部件侧面余量** 0.80——使用 **切削模式**、**跟随部件**、**开放刀路**、**变换切削方向**——生成刀轨如（下图 6）所示。生成刀轨期间出现报警信息框，说明 D10 的刀具还太大，有些区域还是无法进入加工。



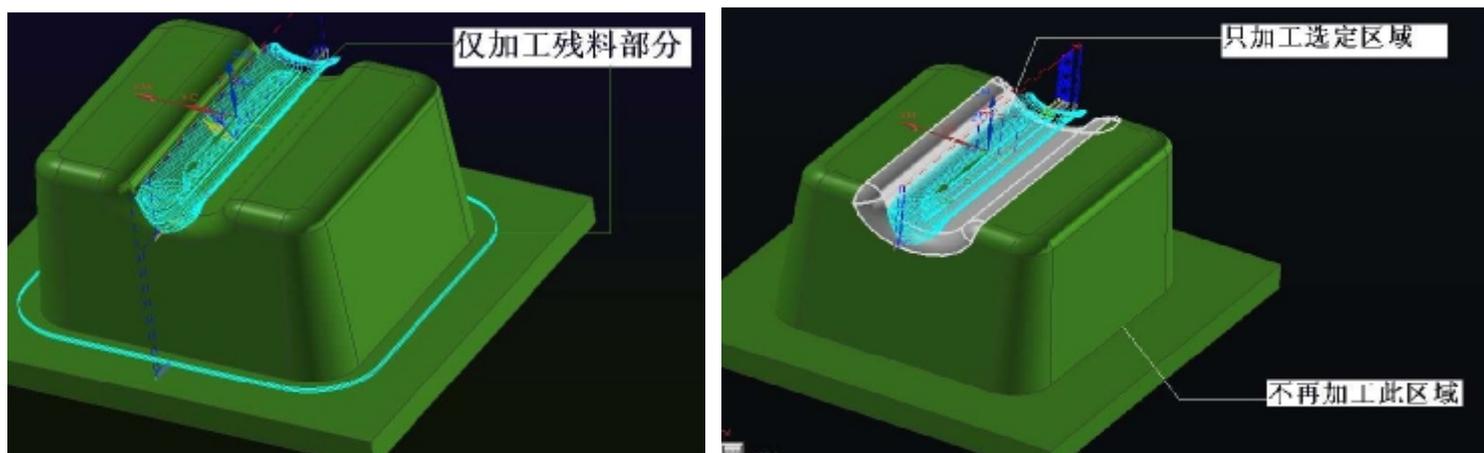
▲，继续使用较小的刀具清理残料和对小区域开粗：复制 CAVITY\_MILL\_1\_COPY 操作为 CAVITY\_MILL\_1\_COPY\_COPY，双击该操作进入编辑状态——→选择使用刀具 **D6** 的刀具、平面直径百分比 **50.0**、距离 **0.5000** 余量设为：部件侧面余量 **0.5**、部件底面余量 **0.30** ——→进入切削层对话框：因为上半部区域比较大，D10 的刀具已经加工差不多了，虽然用 D6 的刀具也能加工出残料，但是没有必要。所以我们要在小区域开始加工，把切削层的‘顶’设为如上图 7 所示——→进入 **非切削移动** 对话框设置：在区域内设置为 **传递类型** **前一平面** ——→确定完成后生成刀轨如下图所示，生成刀轨期间出现报警信息框，说明 D6 的刀具还太大，有些区域还是无法进入加工。



▲，使用参考刀加工法：为保证加工的安全性我们选用 D10 的刀具为参考的刀具：复制上个操作为 CAVITY\_MILL\_1\_COPY\_COPY\_COPY 的操作——→使用 D4R2 的球刀进行加工、参考刀选为 D10 的刀具：先取消掉切削层的设置，使用自动恢复层的设置——→其它参数设置为：距离 **0.3** ——→参考刀具 **D10 (M)**、重叠距离 **1** ——→部件侧面余量 **0.80**、部件底面余量 **0.50** ——→取消掉基于层使用 **处理中的工件** **无**，确定完成生成刀轨如上图 9 所示。并没有报警信息框出现。说明刀具基本进入了所有区域。经过上述的一系列操作，基本上使加工余量均匀，为以后的精加工做好了准备。

▲ 经过这个练习，我们已经对使用基于层的 IPW 的应用有所了解，对于图表中的概念表述进一步加深了理解。特别注意的是：它和参考刀加工法的区别所在。这两个基本上是一对矛盾体——表现在：与前一个操作的关联性、余量设置、是否考虑修剪刀路、忽略的区域等方面！

对于型腔铣的二次开粗问题，我们就讲解到这里。大家对于这几种方法首先要搞清楚其加工的原理和使用范围，以及正确的使用方法和顺序，然后再注意其参数的细节调整。[在这里我还给大家推荐一个组合的方法：即指定切削区域与参考刀的混合使用！](#)大家自己试着去运用这个方法。见下图所示：注：仅在之前的操作不是型腔铣时，才建议使用 3D IPW 选项。当所有操作都是型腔铣时，请使用基于层的 IPW 选项。



我在这里就不再进行详细的讲解了。希望大家能够举一反三灵活的运用！至此，我们已经能够对零件进行开粗加工和清理残料加工，那么我们下一步就要对零件进行半精加工和精加工了。

## 第二章：型腔铣的轮廓加工以及高效简洁的等高轮廓铣：

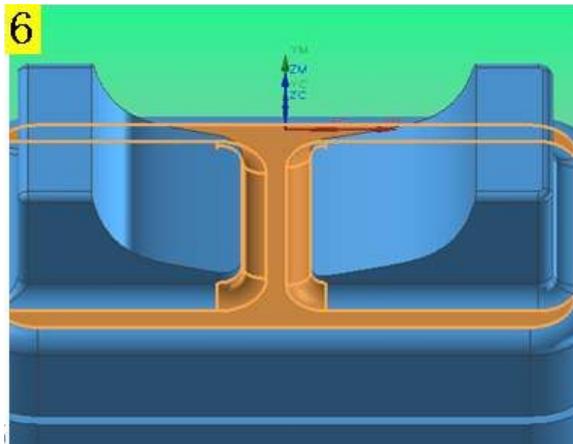
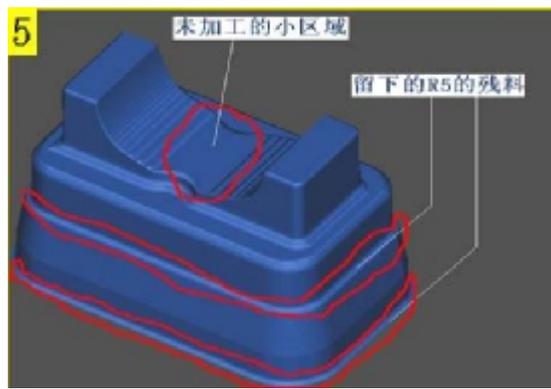
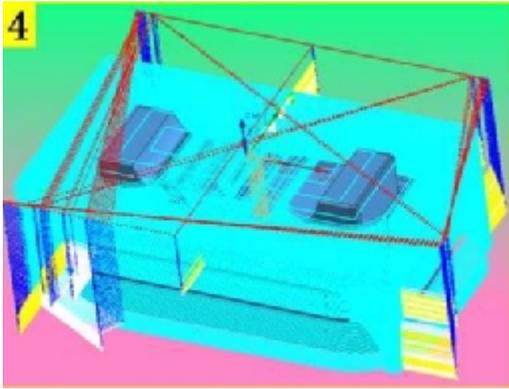
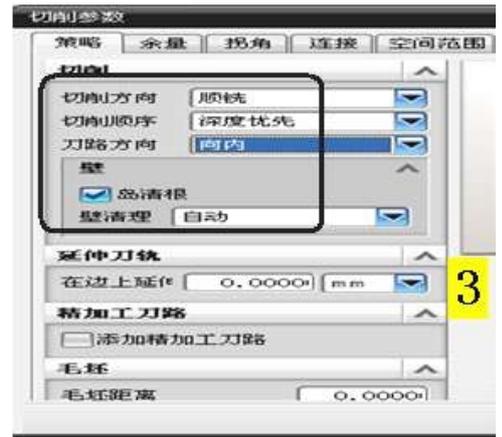
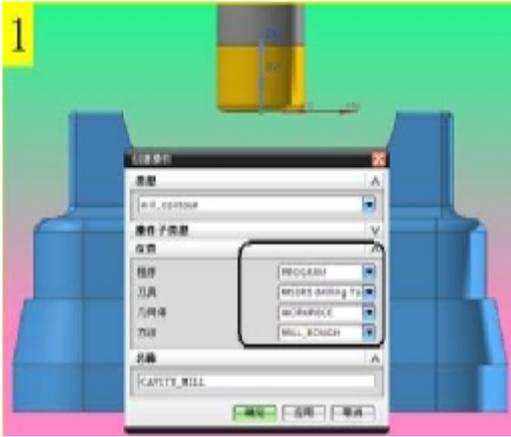
### 第 1 节：型腔铣的轮廓加工方式：（完备的案例讲解）

以案例学习讲解：为了巩固之前的学习内容，我们从粗加工开始一步一步的练习和学习下面的内容：

#### 第一步：开粗加工：

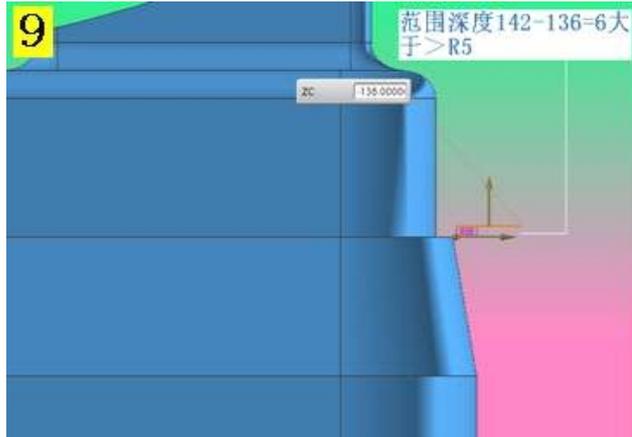
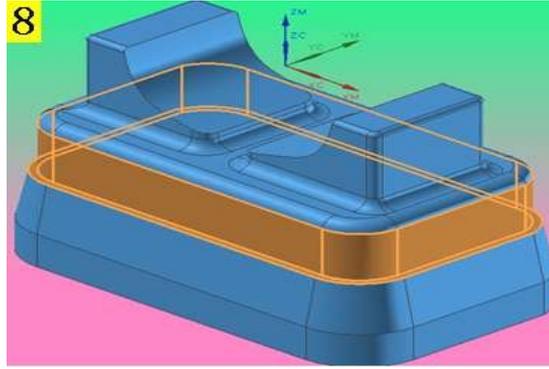
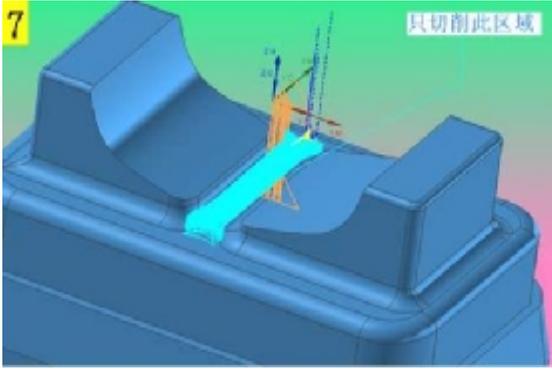
▲，打开文件 X 盘：\lizi\cavity9.prt，为了节省时间和篇幅，我已经创建好了两把圆角牛鼻刀：M50R5、M16R4 和两把平刀：M20、M8 的刀具、加工坐标系、以及 WORKPIECE 的节点几何体信息。这些方法和具体的操作步骤在之前都已经讲解的很清楚了，我想大家也已经很熟悉和很熟练了。所以就不在这里列出详细的操作步骤和解说。

▲ 使用 M50R5 的刀具进入型腔铣对话框（下图 1）所示，设置粗加工参数：刀轨设置：如（下图 2）所示；切削参数：如（下图 3）所示。生成刀轨如下图 4 所示。模拟结果为（下图 5）所示。

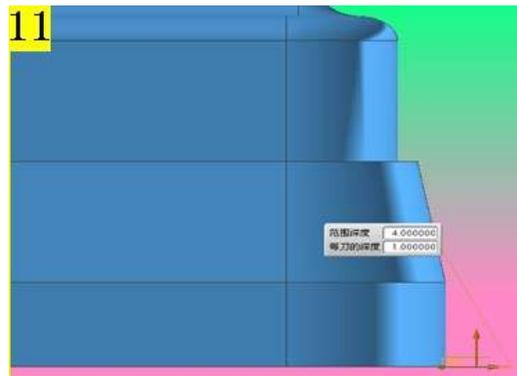
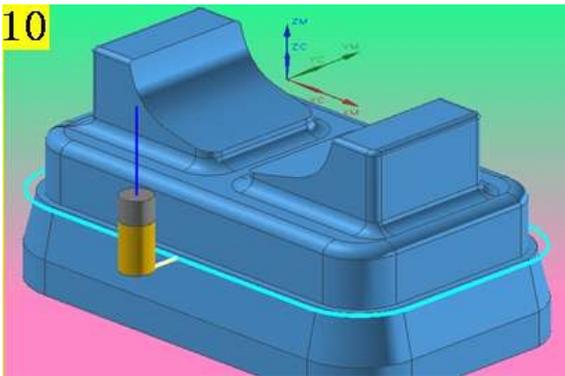


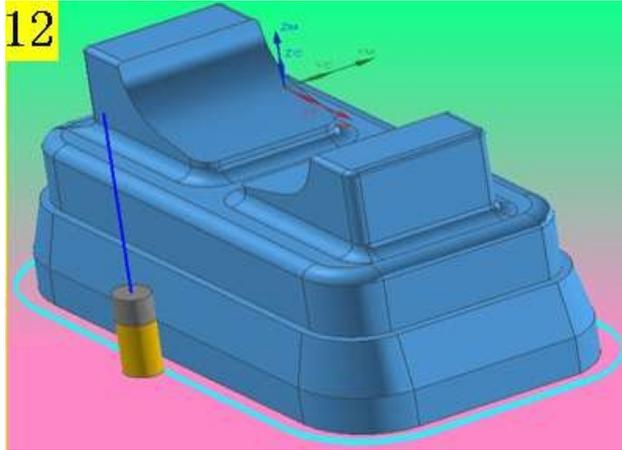
**第二步：清理残料：**

▲，先清理刀具未进入的小区域：在刀具视图中复制上个 CAVITY\_MILL 操作，并粘贴在 M16R4 的刀具之下名为 CAVITY\_MILL\_COPY。双击该操作进入对话框——首先指定加工区域  选择如上图 6 所示的高亮显示的红色区域——进一步控制加工区域，选择使用参考刀加工法：在切削参数对话框中空间范围选项卡下，选择参考刀具为 M50R5 的刀具，并重叠距离 1mm。进入  对话框，在‘区域内’选项下修改： 前一平面——刀轨设置中：切削深度改小为  1.00——确定完成生成刀轨如下图 7 所示。



▲，再清理刀具 R 角留下的残料：在刀具视图中复制上个 CAVITY\_MILL\_COPY 操作，并粘贴在 M20 的刀具之下名为 CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY。双击该操作进入对话框——首先指定加工区域  
 指定切削区域  选择如上图 8 所示的高亮显示的红色区域——进入切削参数对话框，取消掉参考刀选项，然后改变余量设置：为 部件侧面余量 、部件底面余量 。——再进入切削层对话框中：定义切削层：点击  图标成为单个范围，把范围的‘顶’改为如下图 9 所示的位置（即把 范围 1 的顶部改到 ZC ）——确定完成生成刀轨如下图 10 所示。



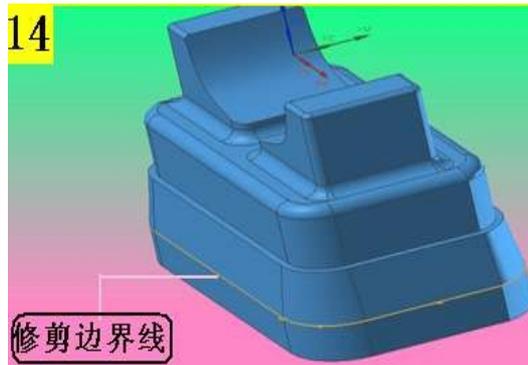
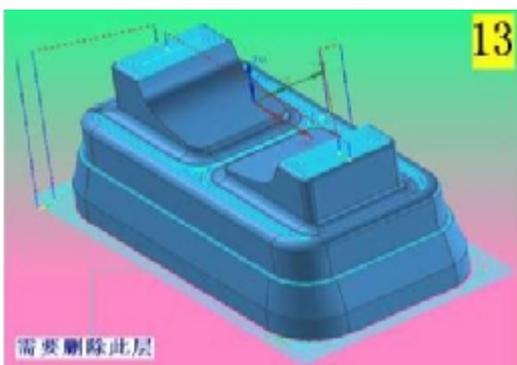


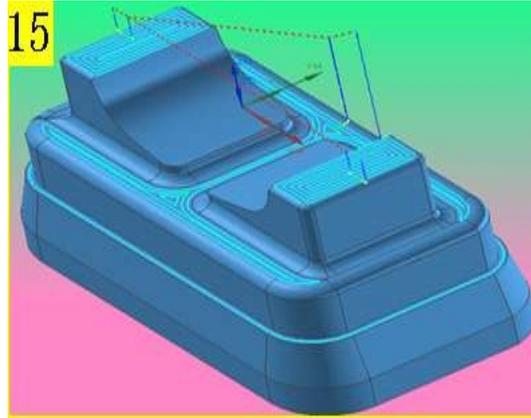
▲，同样的方法清除零件底部的 R 角残料如上图 11、图 12 所示。自己操作练习创建这个名为 CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY\_COPY 的程序，来清理残料。（主要是注意切削层的设置方法）。

▲ 精加工这些平面位置：

▲ 1\*，复制拷贝 CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY\_COPY 的程序名为：CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY\_COPY~1，只把部件底面余量为 0，生成刀路即可。刀路图示基本上与上图 12 一样，只不过是余量底面为 0 罢了！

▲ 2\*，复制拷贝 CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY\_COPY~1 的程序名为：CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY\_COPY~2，把它粘贴在 M8 的刀具之下，双击该操作进入对话框——取消掉：指定切削区域（全部重选，即不再加工某部分区域）后；再进入切削层对话框中点击  图标恢复默认层的设置——再点击  图标成为单个范围后，勾选  临界深度顶面切削、选择使用  切削层  仅在范围底部 ——确定完成生成刀轨如下图所示——发现在底部也生成了刀轨，因为我们已经用 M20 的刀具精加工过了，再者 M8 的刀具太短不可能伸这么长，所以我们可以通过修剪边界来达到我们的目的。修剪边界为：修剪外部、使用选择模式为曲线下图 14 所示。生成后的刀轨如下图所示。

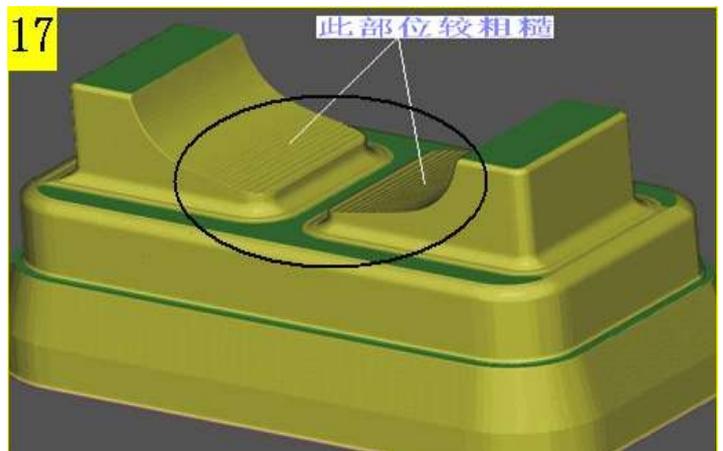
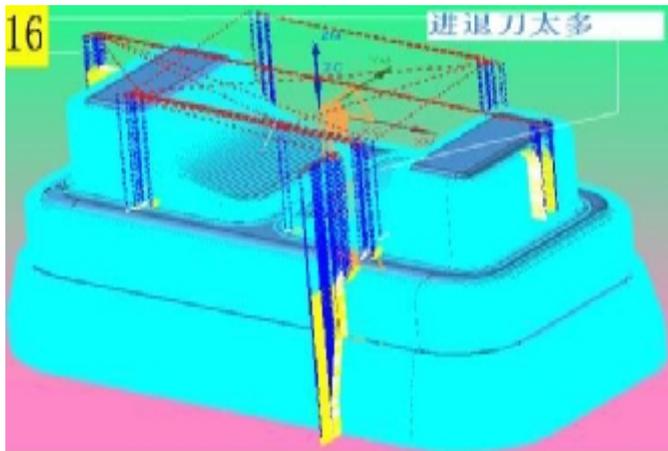




▲，至此：我们已经开粗完成、同时也清理了残料并实现了平面位置的精加工。下面我们就要对零件的轮廓进行精加工。

### 第三步：零件轮廓精加工：

▲，创建型腔铣操作：使用 M16R4 的刀具创建一个新的型腔铣操作并进入对话框。在对话框中切削模式中：选择 **切削模式** 为 **轮廓**，这个也像平面铣那样有轮廓加工的方法。设置其他参数：切削深度为 **距离** **1.C**、**切削方向** **顺铣**、**切削顺序** **深度优先**、 **岛清根**、**部件侧面余量** **0.0**、**部件底面余量** **0.10**（知道为什么这样设置底面余量吗？）、 **非切削移动**  **区域内**：**传递类型** **前一平面** → 确定完成生成刀轨如下图所示 16 所示。



▲，可以看到：刀轨在较陡的区域比较密，而在坡缓的区域较为稀疏，这种情况我们在之前已经解释过了，这就是型腔铣加工的特点——分层加工。同时也看到进退刀也比较多，即使设置了较优化的进退刀参数也是如此。为了解决这个问题有人会提出：在坡缓的区域可以通过切削层的添加来达到目的。这个想法也可以，但是作为精加工，即使是添加了较密的切削层，依然难以改变层状的、台阶状的效果，而且这种方法无疑的会使效率大大的减少。这种方法在粗加工中或者在半精加工中，可以使坡缓的区域与较陡的区域留下的余量较为均匀，这是可以的。但是要作为精加工中就不怎么适合了。这个问题我们会在以后的课程中专门解决它！

## 第二节：型腔铣的特例——等高轮廓铣：

第一步：学习等高轮廓铣的基本内容：正如在平面铣中存在一个特例——面铣那样。在型腔铣中也存在一个特例——等高轮廓铣，它与型腔铣的轮廓加工在刀轨的生成方面几乎没有什么区别，但是

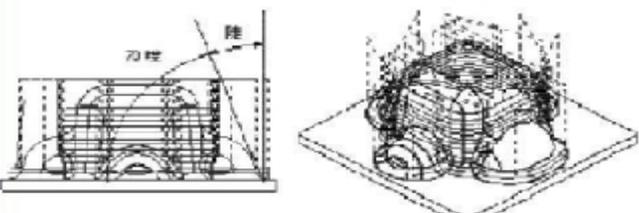
等高轮廓铣在进退刀设置方面大大的简化，且更加灵活；另外又提出了陡峭度的概念——可以仅加工零件的陡峭部分区域，而对于较为坡缓的区域则使用另外的更加有效的曲面加工方式（这正是我们以后要讲的内容）；也可以直接对坡缓的区域实现补加工。

1, UG 公司对其概念的基本表述——见下面的图表所示：

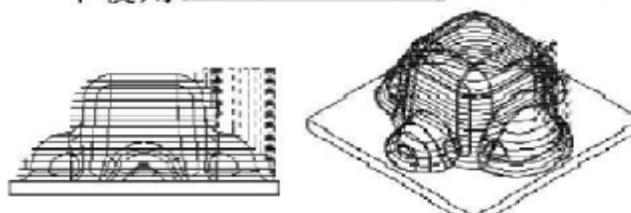
### ZLEVEL\_PROFILE—等高轮廓铣

- “Z 层铣削”是一个固定轴铣削模块，其设计目的是对从多个切削层中的实体/面建模的部件进行轮廓铣。
- 除了“部件”几何体，您还可以将切削区域几何体指定为“部件”几何体的子集，以限制要切削的区域。如果没有定义任何切削区域几何体，则系统将整个“部件”几何体当作切削区域。
- “Z 层铣削”的一个重要功能就是能够指定“陡壁角”，以区分陡峭与非陡峭区域。将“陡壁角”切换为“开”时，只有陡峭度大于指定“陡壁角”的区域才执行轮廓铣。将“陡壁角”切换为“关”时，系统将对整个部件执行轮廓铣，如下图所示。

使用  陡角 170.0000 仅加工陡峭区域

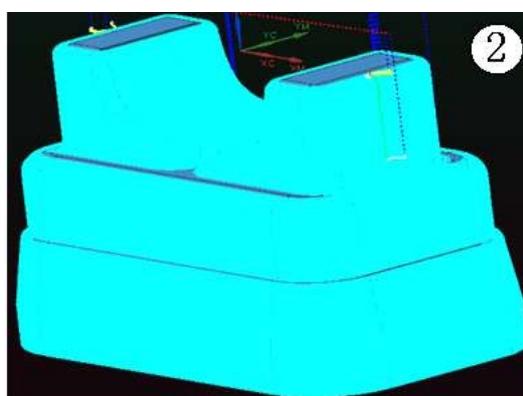
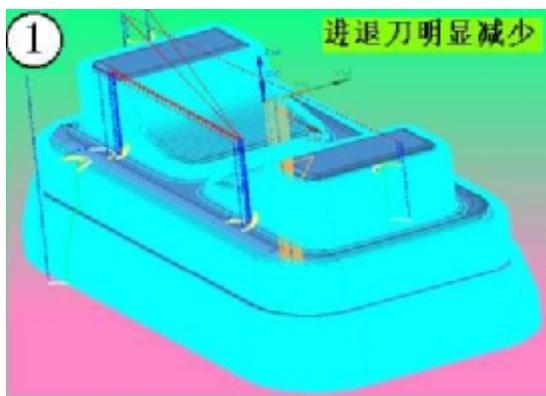


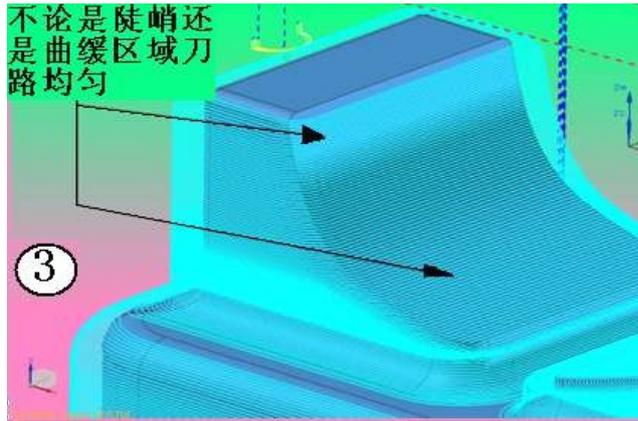
不使用  陡角 190.0000 加工全部



等高轮廓铣现在版本称为：**深度加工轮廓** 即是以加工零件的轮廓为主要目的——对整个部件进行轮廓加工，或者指定**陡峭空间范围**，以便仅对陡峭度超过指定角度的区域进行轮廓加工。其刀轨的样式：型腔铣的轮廓切削方式与其相似。

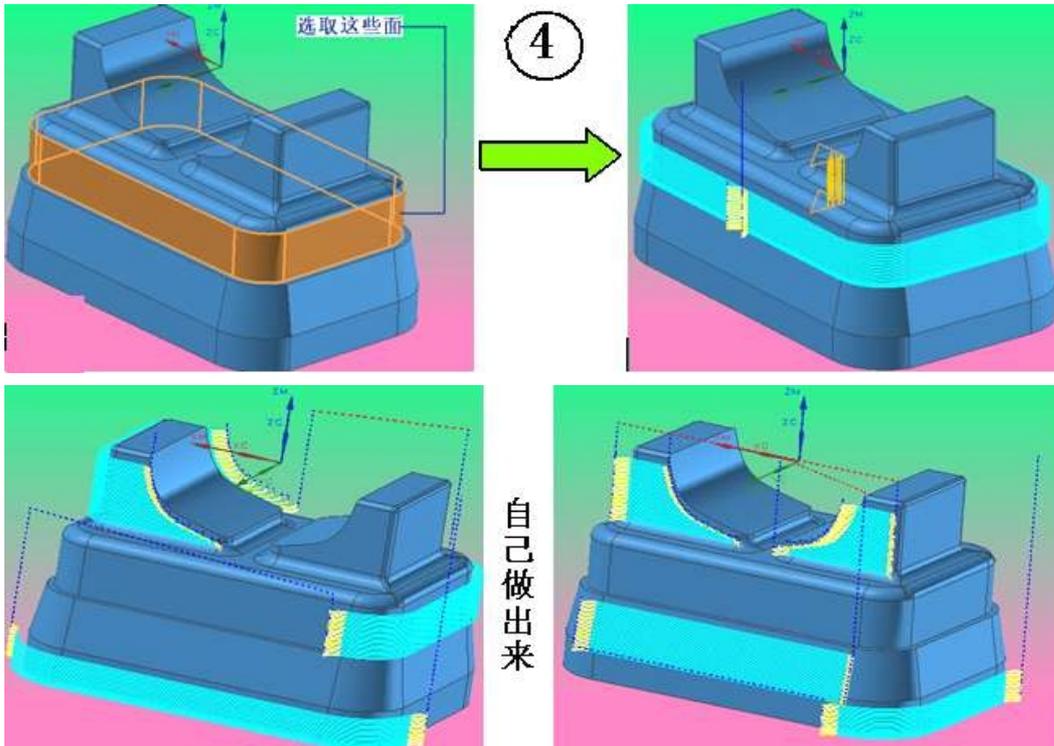
▲ 继续使用前面的例子：使用 M16R4 的刀具创建一个新的等高轮廓铣操作并进入对话框。在对话框中设置其他参数：切削深度为 **距离**  → 进入切削参数对话框：策略选项卡：**切削方向** 、**切削顺序** ；余量选项卡：**部件侧面余量** 、**部件底面余量** ；连接选项卡：**层到层** ；**非切削移动**  **区域内**：**传递类型**  → 确定完成生成刀轨如下图①所示。可以看到进退刀的情况比之型腔铣的轮廓加工明显地减少了。但是在坡缓的区域依然存在刀路稀疏的问题。



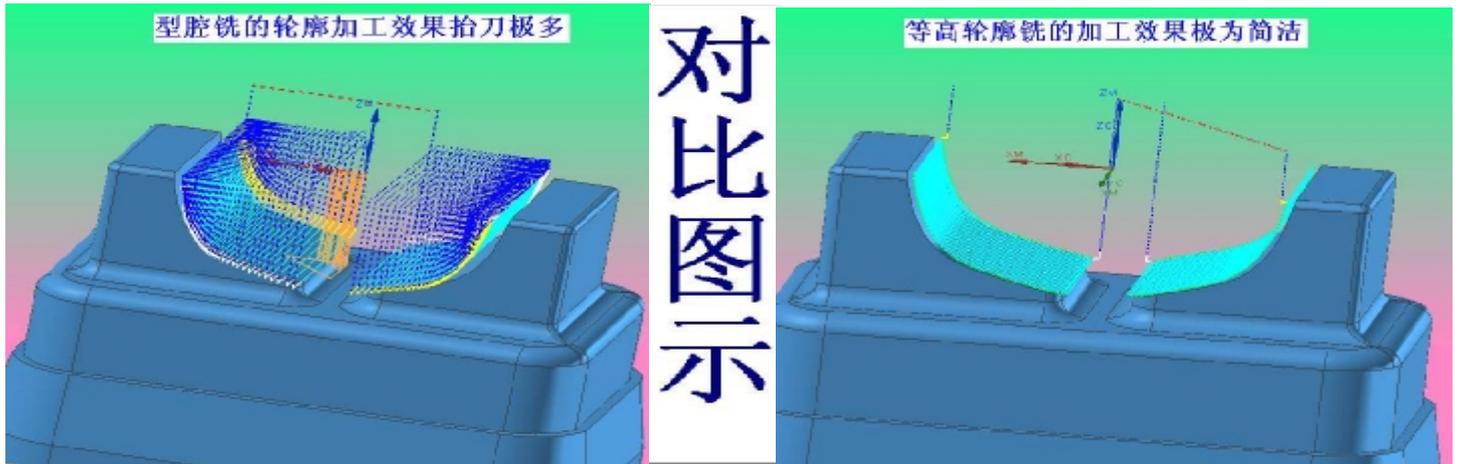


▲ 在这里介绍一个较新版本的新功能：层的最优化设置：点击切削层图标进入对话框：选择使用 **切削层** **最优化** 确定完成后生成刀轨如上图②所示、而图③是局部放大显示。这个功能的意义就是：无论是陡峭区域或是曲缓区域，都能实现均匀的切削深度，以保证加工出来的零件表面光洁度一致。这个新的功能完全能够满足要求不是特别严格工件的精加工。特别是曲缓区域不是特别的‘曲缓’的情况下。

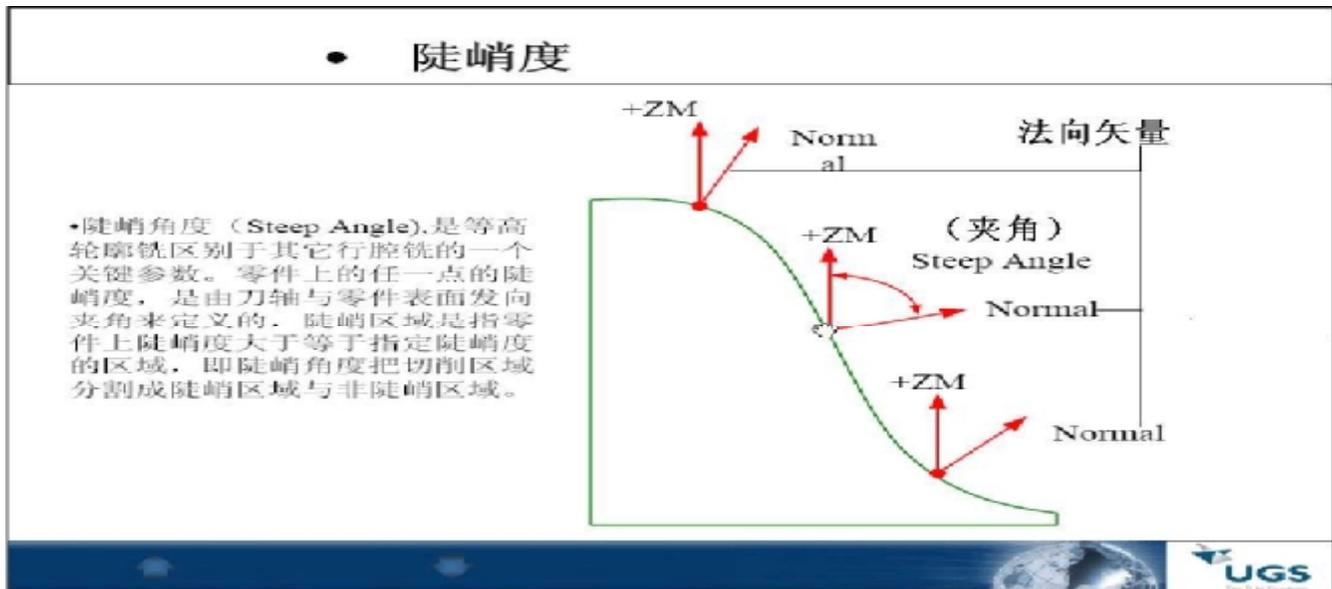
▲ 灵活方便的部分区域加工：在定义零件几何体的情况下：直接选取你想要加工的表面，即可就会在选取的表面实现加工。因为等高加工就是为半精加工和精加工而设计的，所以就不需要定义毛坯几何体——> 点击 **指定切削区域**  图标，直接点选下图④所示零件表面，生成刀轨即可完成对此表面的加工。自己试着做出下面其它图示的加工结果。



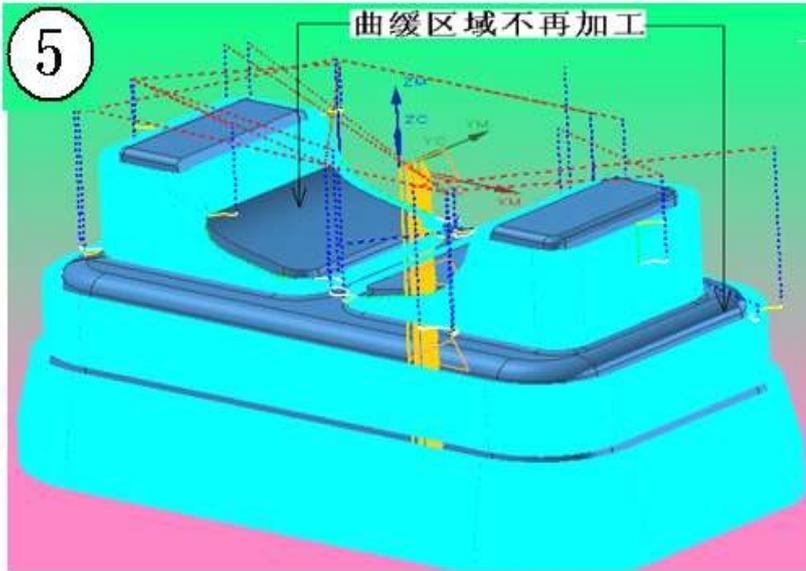
当然，对于型腔铣的轮廓加工也能实现部分区域的加工，但是它所生成的刀轨，远不如等高加工生成的刀轨简洁和高效——> 见下图所示的对比：



2, 陡峭度的学习：看下面这个图示——



▲, 继续使用前面的例子：在刀轨设置定义区：陡峭空间范围 仅陡峭的、角度 65. → 然后生成刀轨如下图⑤所示。这个概念的提出其主要的目的在于：等高加工最适合陡峭面加工，而对于曲面的加工虽然设置了优化参数（层的优化以及后面要讲到的在层间切削），但还不是最好的加工方法，后面讲到的曲面加工才是最适合的。即是说：陡峭面和曲面分开各自使用最适合的方法进行加工！这对于表面加工质量要求比较高的工件尤其重要！值得注意的是：65度是系统默认的，在实际加工中，一般会根据工件的具体要求来设定。一般可设为 47~65 度之间。



▲，【陡峭空间范围】：可以选择‘仅陡峭的’——只加工大于或等于此角度的区域表面；也可以选择‘无’——即是加工整个零件或者选定的区域中的所有大于0度轮廓曲面，但不会加工0度的平面。为了保证非陡峭的区域的加工效果，除了可以使用上面介绍的层的‘最优化’参数外，还可以继而使用这样一个参数——在层之间切削

▲，参数介绍讲解：在层之间切削：

### ● 切削参数

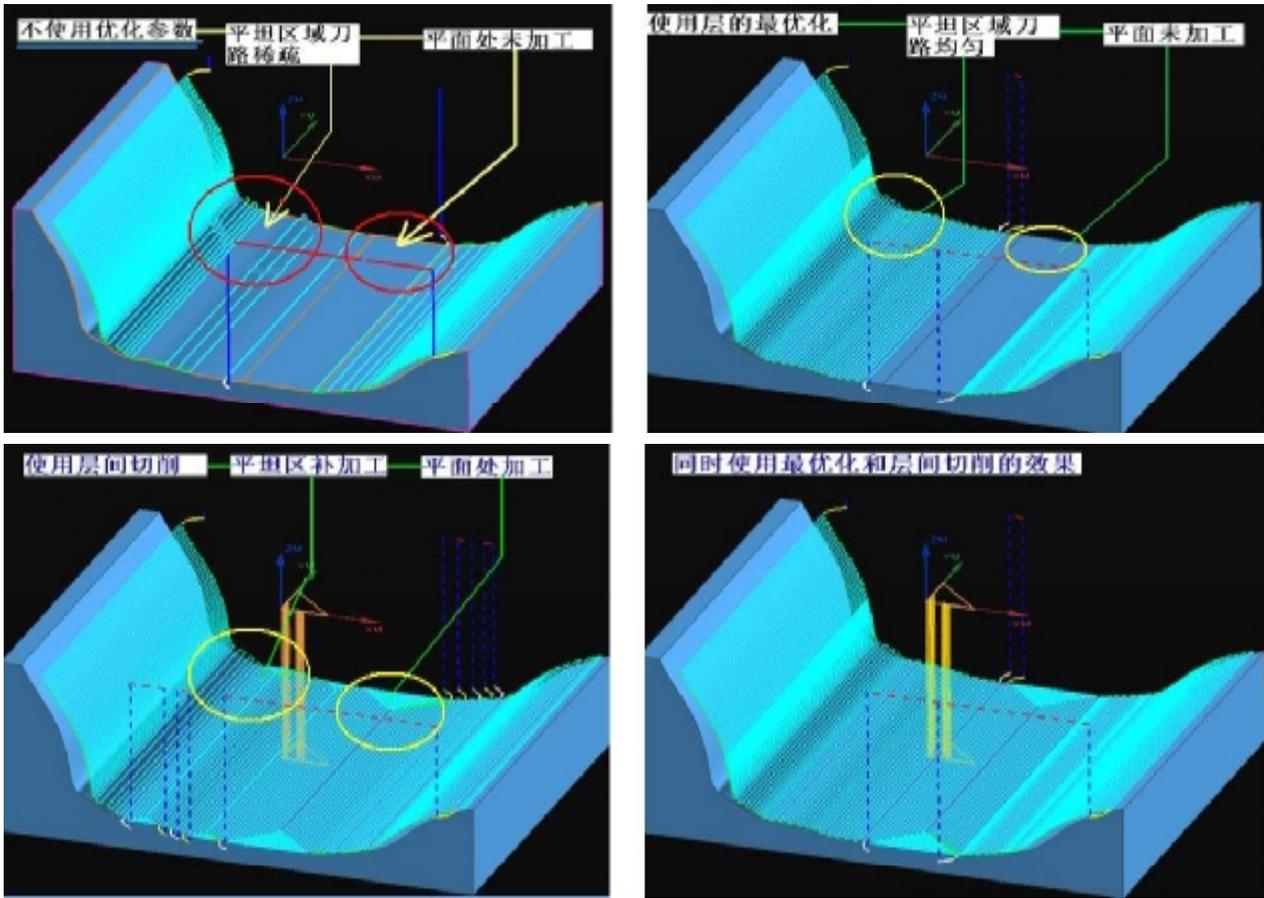
•“在层间进行切削”可消除在标准层到层加工操作中留在浅区域中的大残余波峰。您不必为非陡峭区域创建单独的区域铣削操作，也不必使用非常小的切削深度来控制非陡峭区域中的残余波峰。

不使用该选项的结果

使用该选项的结果

1\*，从上面的图示已经很清楚的知道：“在层间进行切削”的基本含义：就是在平坦的区域生成去除残留材料的刀轨。它可消除因在含有大残余波峰的区域中快速进刀和退刀而产生的刀具磨损甚至破裂，其中这些大的波峰残料是从先前的操作中留下的。当用于半精加工时，该操作可生成更多的均匀余量。当用于精加工时，退刀和进刀的次数更少，并且表面精加工更连贯。

2\*，它与层的最优化的区别在于：它是在平坦的区域实现刀补功能，而且它能铣削加工纯0度的平面。而层的最优化只是使陡峭与平坦区域的刀间距均匀化，它不能实现对纯0度的平面的加工。看下面的图示就充分的说明了这个问题：

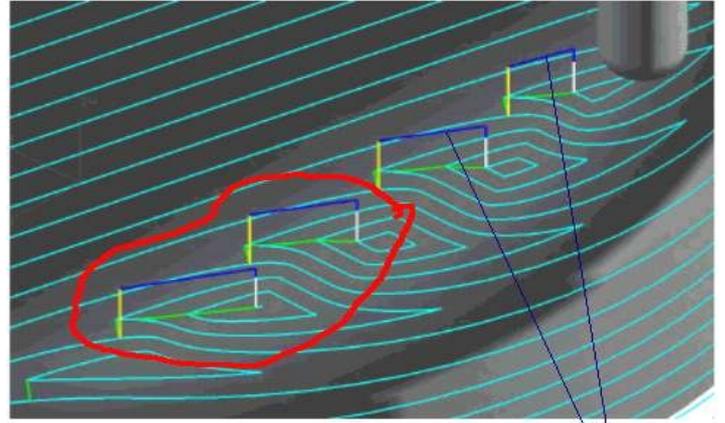
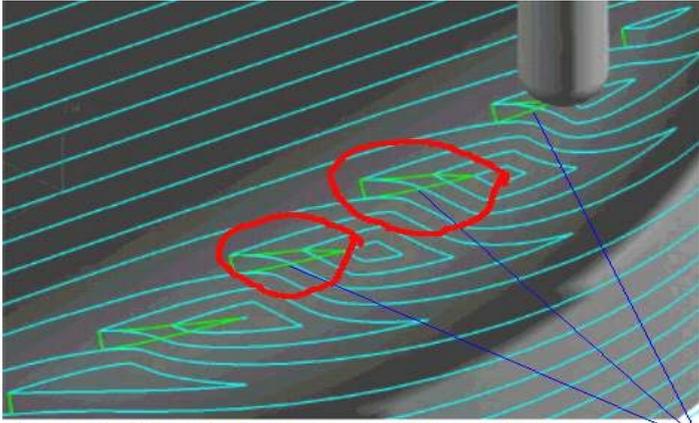


3\*，与之相关的参数介绍：

①步距：在使用层间切削时，可以单独在补加工的平坦区域定义步距值：4种方式：恒定、残余高度、刀具百分比、使用切削深度——即是每刀的公共深度距离值。

② 短距离移动上的进给：这是定义不切削时希望刀具沿工件进给的最长距离——即是当系统需要连接不同的切削区域时，如果这些区域之间的距离小于此值，则刀具将沿工件进给切削；如果该距离大于此值，则系统将使用当前转移方式来退刀、横越并进刀至下一切削位置。将此值指定为距离值或刀具直径的百分比。

注：如果不勾选此选项就是消除刀具的空切削运动——即是“短距离上的进给”设为零。然后，进刀和退刀将直接沿刀具轴向进行。



小于此值实现在工件上进给切削移动

大于此值实现退刀横越动作

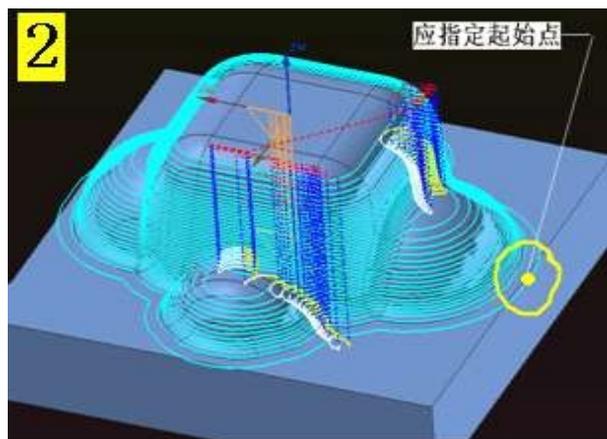
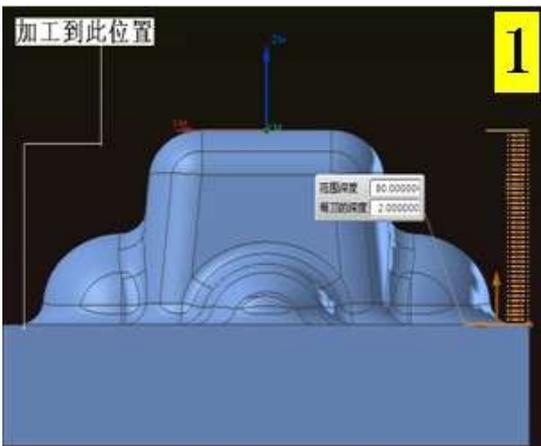
以上介绍的层的最优化和层间切削这两个参数，可以完全满足一般意义上的半精加工甚至要求不是很严格的精加工。而且特别适合在一些小区域内的形状又比较复杂的清角精加工。

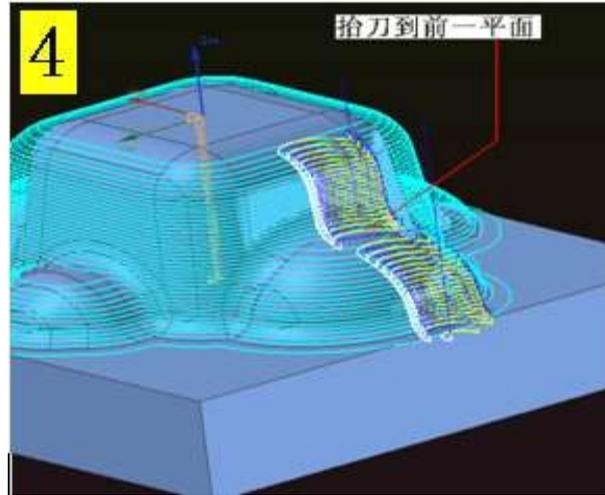
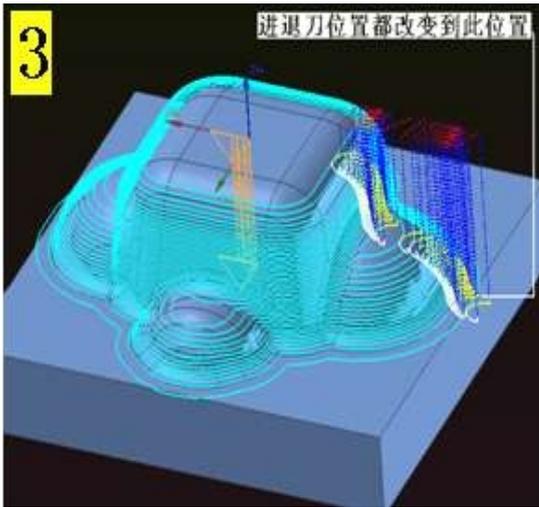
3, 灵活的层间进退刀设置：即是在每一个切削层之间如何移刀的动作方式。这与非切削运动不同，大家注意加以区别。练习操作学习本案例：

▲，打开文件 X 盘：\lizi\cavity10.prt，为了节省时间和篇幅，我已经创建好了一把圆角牛鼻刀：D25R5、D16R1、加工坐标系、WORKPIECE 的节点几何体信息、以及创建了一个型腔铣的粗加工。

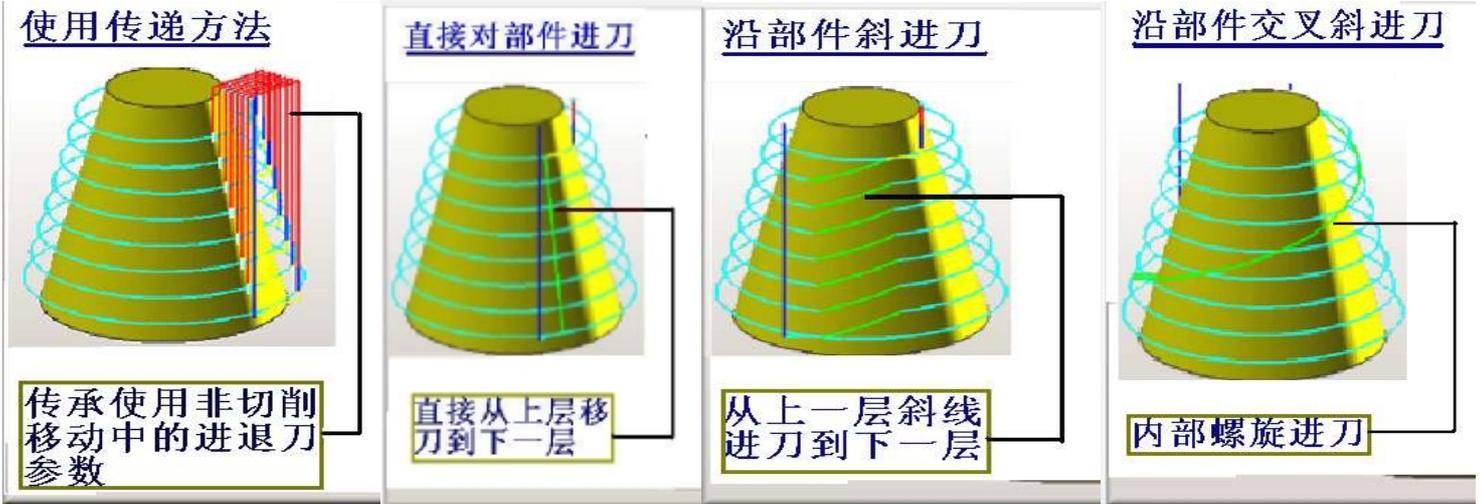
▲，创建一个等高轮廓铣操作：使用 D16R1 的刀具进入 **深度加工轮廓** 对话框，参数设置如下：**距离** 2.00、**切削方向** **顺铣**、**切削顺序** **深度优先** ——> 切削层设置见下图 1 所示；——> 确定完成后生成刀轨如下图所示。

▲，可以看到进退刀比较多，我们来指定一个起始点改善一下下刀的状况：非切削移动——> 起点/钻点——> 区域起点在图 2 图示位置指定。确定完成后生成刀轨如下图所示。可以看到进退刀的位置都移动到在大约起始点的位置。

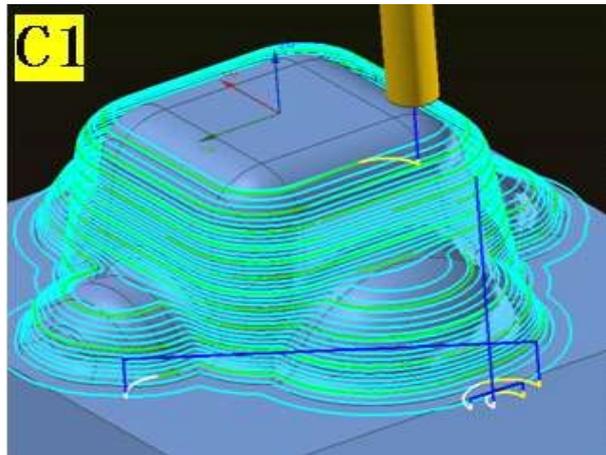
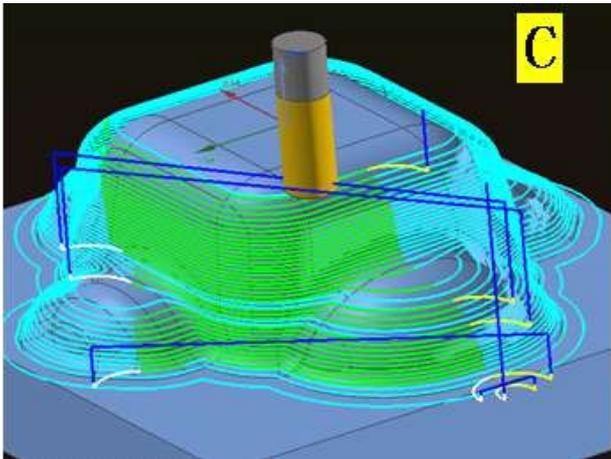
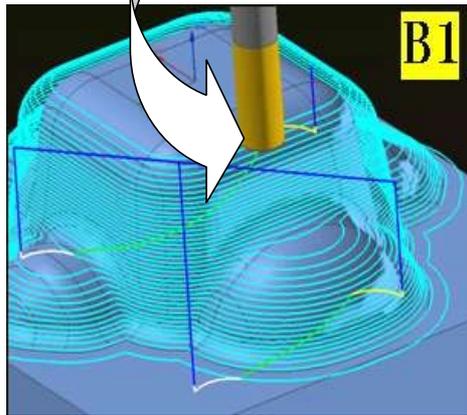
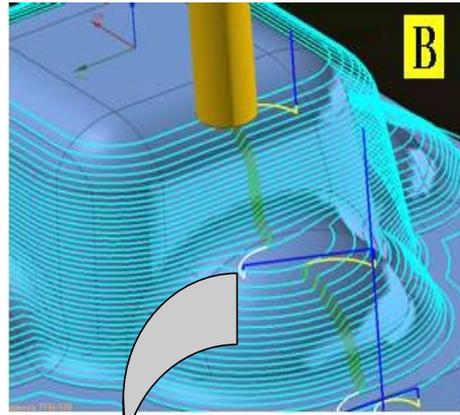
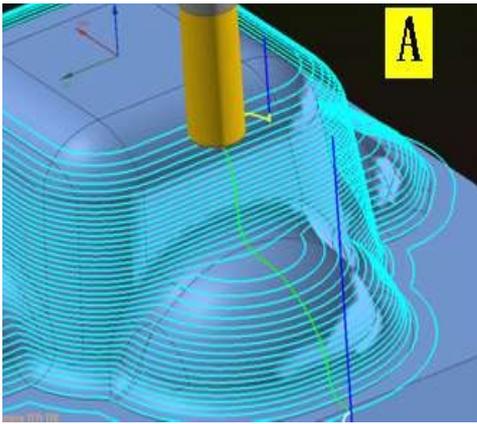




▲，我们再来修改一下进退刀的设置：在非切削移动对话框中——→**传递/快速**选项卡下，区域内：改为**传递类型 前一平面**后——→再生成刀轨如上图 4 所示：与图 3 相比可以看到明显的效果。这个进退刀设置是：在非切削移动对话框中设置的：开放区域**进刀类型 圆弧**、区域之间**传递类型 安全距离·刀轴**、区域内**转移方式 进刀/退刀**、**传递类型 前一平面**。而没有修改之前是：区域内**传递类型 安全距离·刀轴**。在等高铣加工（仅在等高铣加工中）中传承使用这个方法的开关在：切削参数对话框中的连接选项卡下的：**层到层 使用传递方法**。即是说：你如果使用**层到层 使用传递方法**，就是使用你在非切削移动对话框中设置的进退刀方法。但是在等高轮廓铣加工中还有更好的方法——→下面我们开始来探讨一下：



▲，使用“传递的方法”上图 4 即是；修改为**层到层 直接对部件进刀**生成的刀轨如下图 A——→没有任何多余的动作直接进入下一层；修改为**层到层 沿部件斜进刀**生成的刀轨如下图 B，进刀直接斜向下一层——→再次修改**倾斜角度 1.0**生成的刀轨如下图 B1，可以看到基本上没有进退刀动作，以近似螺旋线的形式铣削加工；继续修改为**层到层 沿部件交叉斜进刀**生成的刀轨如图 C——→再进一步修改为**倾斜角度 1.0**生成的刀轨如图 C1，可以看到：基本上就是以螺旋线的形式进行铣削加工，再也没有进退刀的动作。



▲分析：1\*，等高轮廓铣也可以用于粗加工，即毛坯料只比零件多出几个毫米的情况下，只要不超过使用刀具的直径就可以使用。而在粗加工中一般情况下使用传递的方法比较安全，因为有毛坯料的存在。而直接对部件则通常情况下使用在半精加工中，因为直接下刀会在零件的表面留下刀痕。同时由于直接对部件是直接的下踩，所以不适合开粗加工，也不适合封闭的区域，一般仅用于开放的区域。由于开粗和半精加工没有表面质量的要求，只是加工出均匀的余量以给精加工做准备，所以对于开粗和半精加工可以使用这两种下刀的方法。另外为配合这两种下刀方法，UG 又提供了一个很好的走刀方式：**切削方向混合**，即是顺铣和逆铣交替进行，同时配合使用深度优先的切削顺序。这样就极大地提高了加工的效率。

2\*，而对于精加工推荐使用后面两种下刀的方法，因为它无论是斜状或螺旋都是跟随零件的形状轮廓进行走刀。不但提高加工的效率也不会零件表面留下刀痕（在设置较小的倾斜角度的情况下）。以上学习内容总结如下：

## 使用 Z 层铣削代替型腔铣的优点

- 等高 Z 层铣削不需要定义毛坯几何体。
- 当使用切削深度优先时，“Z 层铣削”按形状进行排序，而“型腔铣”按区域进行排序。这意味着先切削完一个区域部件形状上的所有层，才移至下一个区域进行切削。
- “等高 Z 层铣削”具有陡峭包容功能。可以指定仅加工陡峭区域——这意味着对于非陡峭区域 则可以采用其它的更有效的方式。
- 在闭合形状上，等高 Z 层铣可以通过直接斜削到部件上在层之间移动，从而创建螺旋状封闭的刀轨，没有进退刀的动作产生。
- 在开放形状上等高 Z 层铣可以交替方向进行切削，从而沿着壁向下创建往复运动。

### 第二步：学习等高轮廓铣的特有的参数：

这些参数都是等高铣加工的细节参数，大多数情况下使用默认的设置即可，因为这些参数的使用，基本上是针对的特定情况，而且这些参数在使用时，都是有前提条件的以及必须要满足其参数的使用范围，这样参数才会起作用。每一个参数如果要详细的讨论的话，都可以单独的成为一个小章节，鉴于这些参数并不是基本的、普遍的使用——所以我们仅讨论其基本的含义和用法，以及必要的条件和适用范围。

#### 1, 合并距离参数介绍：

**合并距离：**如果两个相邻的陡峭区的边界最接近点之间的距离小于在此处输入的合并距离，这两个区域被融合为一个区域。  
，这个选项使我们可以消除小的不连续的和不必要得间隙。

注意：一般情况下，这个距离值不能大于加工所用的刀具直径的 100%，否则生成的刀轨将不可靠或者根本不起作用。

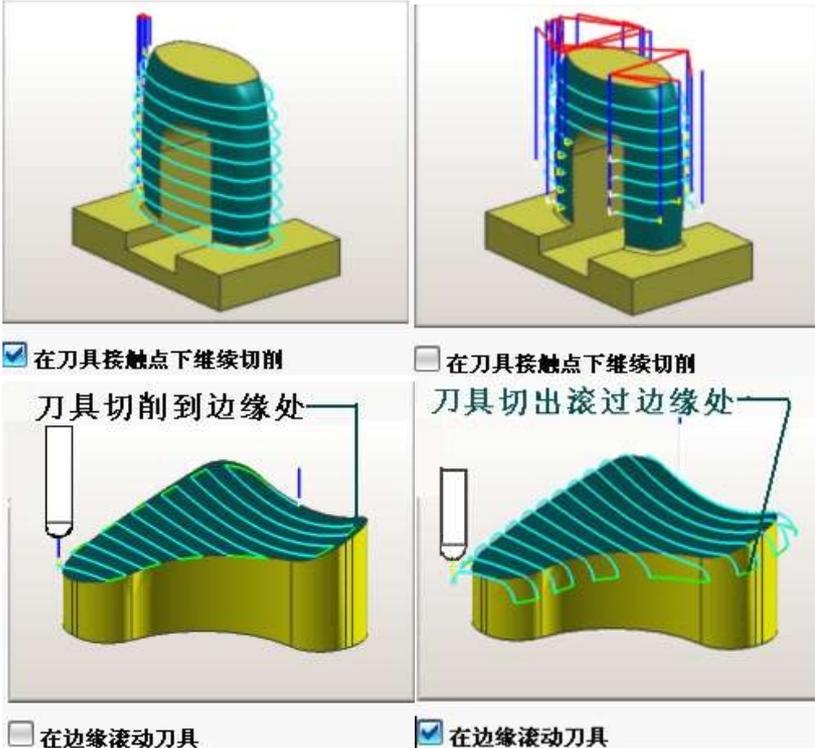
#### 2, 最小切削长度参数介绍：

这个参数是指：如果在切削的区域内，存在其长度小于此处输入的长度值的刀轨段，系统就不会在此处生成这段刀轨。

3, 在边上延伸、在边缘滚动刀具、在刀具接触点下继续切削——这三个参数同属于 **延伸刀轨** 选项之下：其义都是对于刀轨的作用和影响。

UG 公司公开发布的概念表述是：

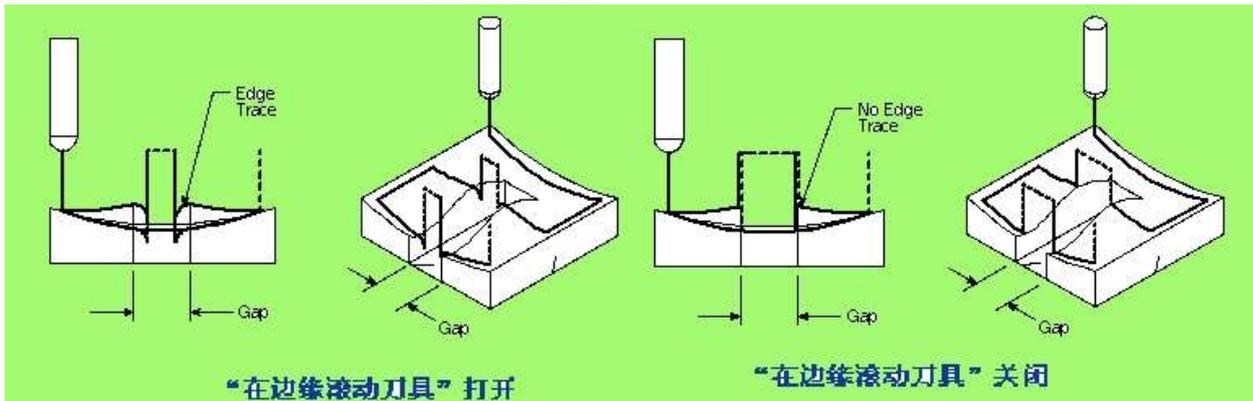
1——在刀具接触点下继续切削：不使用此选项时——在任意反向曲率之前停止加工；勾选此选项时——在任意反向曲率下面继续加工部件轮廓线。



2——在边缘滚动刀具：是指→发生在刀具轨迹的延伸超出部件表面的边缘时。刀具沿着部件表面的边缘滚过很可能会过切部件。移除边缘刀具滚动允许您控制是否发生边缘追踪滚动现象。系统默认的是不启用此选项——即不希望发生这样的情况，这正是我们所希望的。但是：并不是所有的情况下都能实现这个功能。实际上能控制的情况只是少数，不能控制的情况则是多数！看下面的解释——

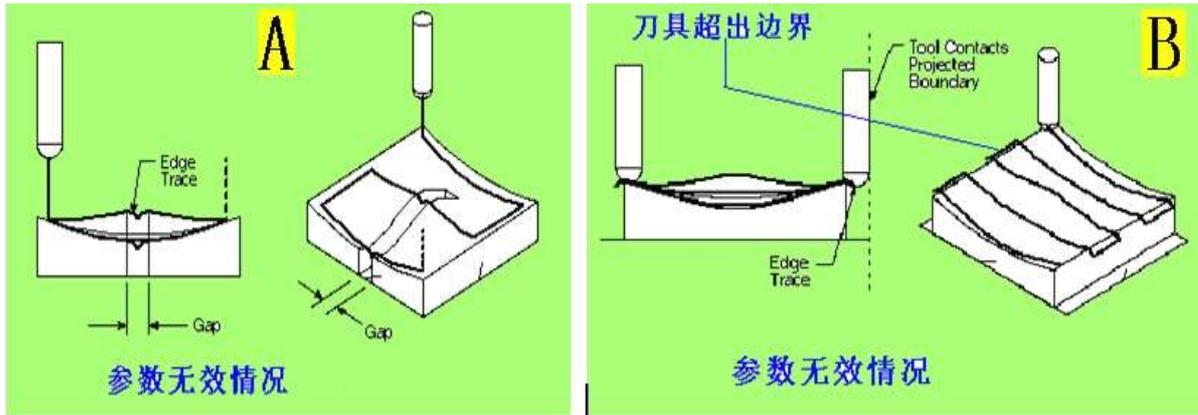
可以控制刀具滚动的情况——以下情况可以控制刀具滚动：

▶ 当零件表面存在的缝隙大于等于刀具直径时：需要退刀和进刀移动以穿越缝隙，这时使用此参数就可以防止刀具滚动现象的发生。



▶ 不能控制刀具滚动的情况——以下情况中，无论在边缘滚动刀具选项设置如何，刀具始终都会发生在部件边缘滚动现象：

① 刀具穿越切削方向的部件表面中的缝隙小于刀具直径时：此时刀具在缝隙边滚动时，始终与部件表面保持接触，形成向缝隙中滚动趋向的轨迹，然后以连续切削移动向上顺铣到下一条边。图 A 所示：

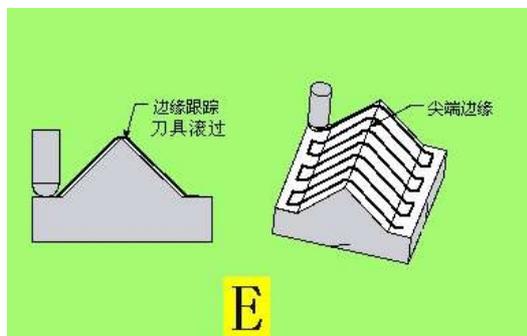
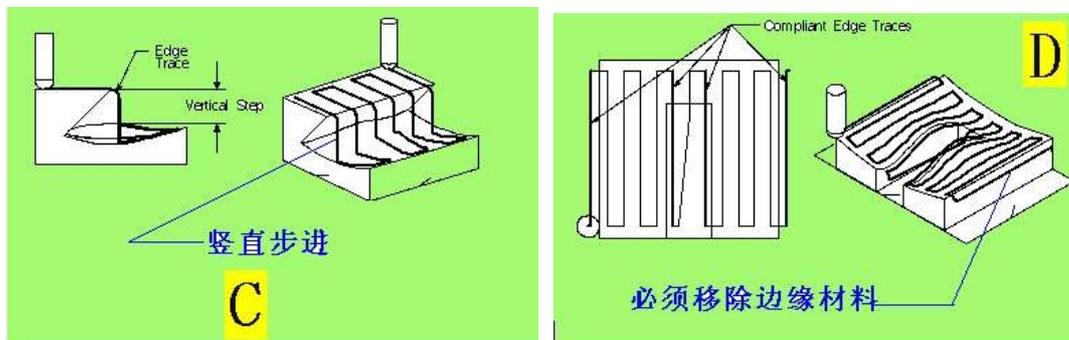


②驱动轨迹延伸超出部件表面距离小于刀具半径时：刀具沿部件表面边缘滚过时，刀具会到达投影的边界，并在下沉前停止。然后刀具步进到下一刀路，同时保持与部件表面的接触，并开始以相反的方向切削。因为这是一个连续的切削移动并且不需要退刀和进刀，因此不能移除边缘追踪。此情形仅应用于往复切削类型。图 B 所示

③存在导致刀具下降或顺铣到另一部件表面的竖直步进时：这种情况也不能避免发生滚动现象。图 C 所示

④在必须要移除平行于切削方向的边缘附近的材料时：通常我们不希望移除顺应的边缘追踪，因为需要它们来切削边缘附近的材料。因此不能移除顺应的边缘追踪。图 D 所示

⑤当刀具要跨过零件尖端边缘处时：当切削方向横穿由相邻部件表面之间的锐角所形成尖端边缘时，总是会发生边缘追踪。可使用“在凸角上延伸”这个参数选项（在曲面轮廓铣中讲到）来避免发生边缘追踪现象。图 E 所示

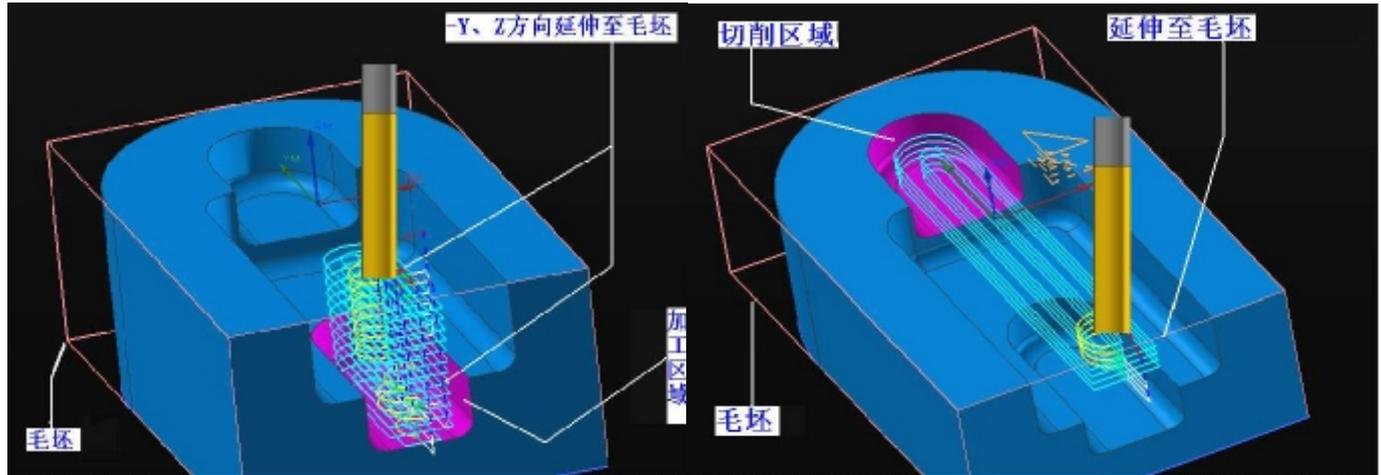


3——在边上延伸：这个参数选项在型腔铣和深度加工轮廓铣（等高轮廓铣）以及以后将要学习的清根、区域铣削操作中都有。但是值得注意的是：在边上延伸这个参数：在型腔铣、在深度加工轮廓铣（等高轮廓铣）、在清根、区域铣削操作中，虽然基本意义基本相同，但表现和延伸刀路的效果

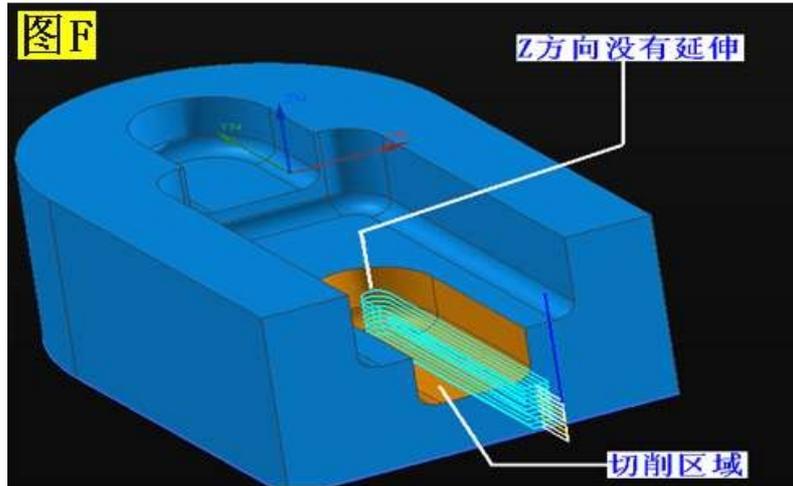
有很大的不同，各有其特点——这也是在不同的操作中其作用的区别所在！对于这些问题我们做一下探讨：

▲，之前我们已经学习过型腔铣中的‘在边上延伸’的概念和意义——是指切削区域在开放的区域进行切线延伸。在此我们再做一下深入的探讨：

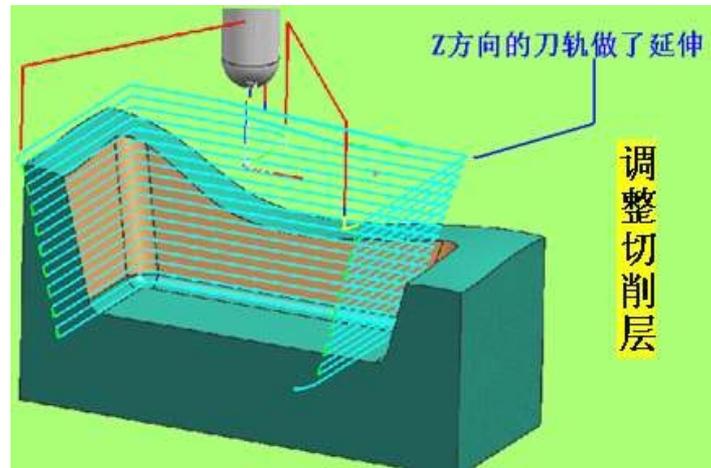
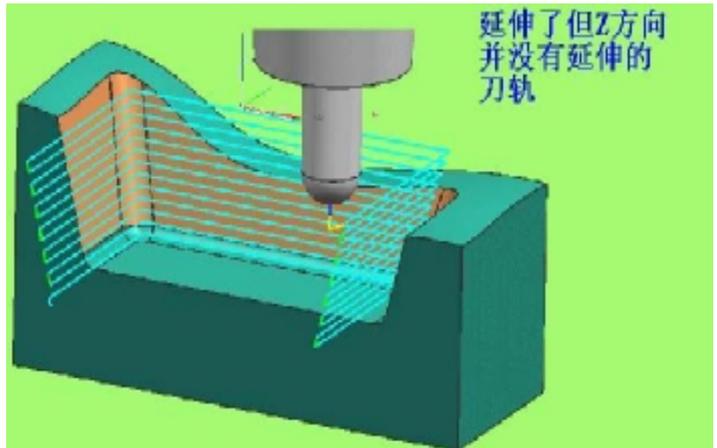
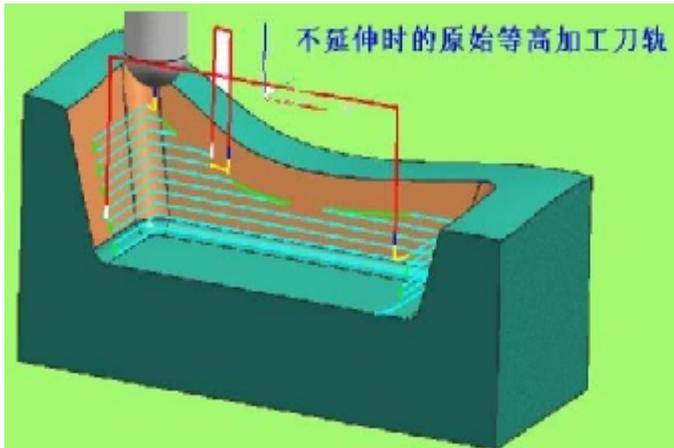
①在定义毛坯的情况下：沿着切线方向延伸开放腔体的刀轨（直到毛坯）并消除滚边。如果延伸距离超过了毛坯，则切削将在毛坯处被中断。提示：要一直延伸到毛坯，应指定一个较大的延伸距离——即是说：延伸不会超出毛坯的范围——在 X、Y、Z 三个方向上。下图所示：



②不定义毛坯只指定切削区域情况下：只在开口区域沿外部边缘上向外切线延伸，不做 Z 方向的延伸。下图 F 所示。



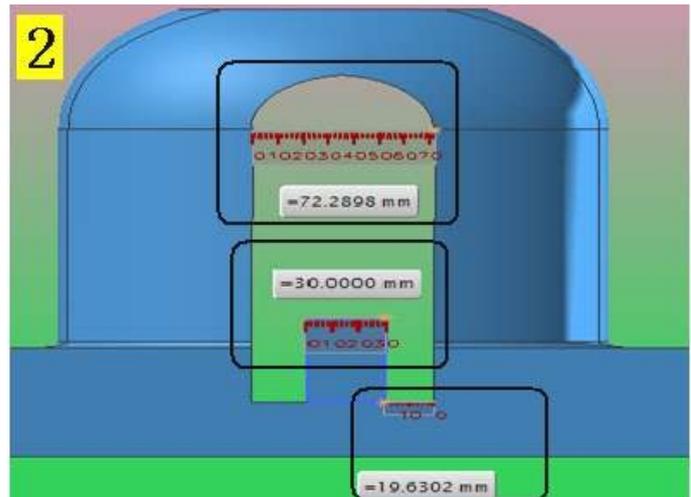
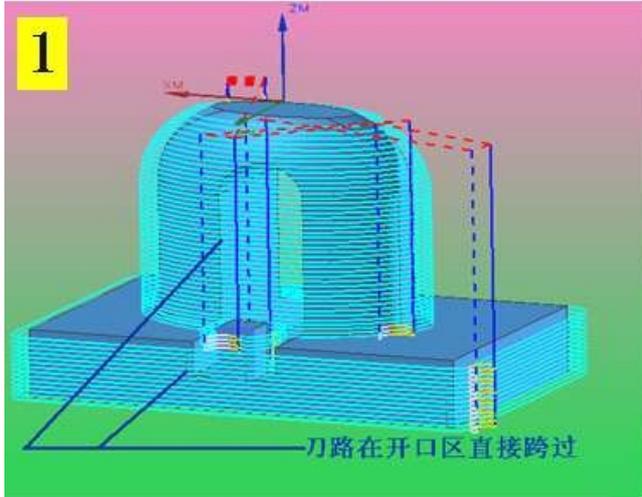
▲，在等高轮廓铣中的意义：同上图 F 所示，由于等高加工不需要毛坯几何体，所以其情形与图 F 相似——见下图所示：



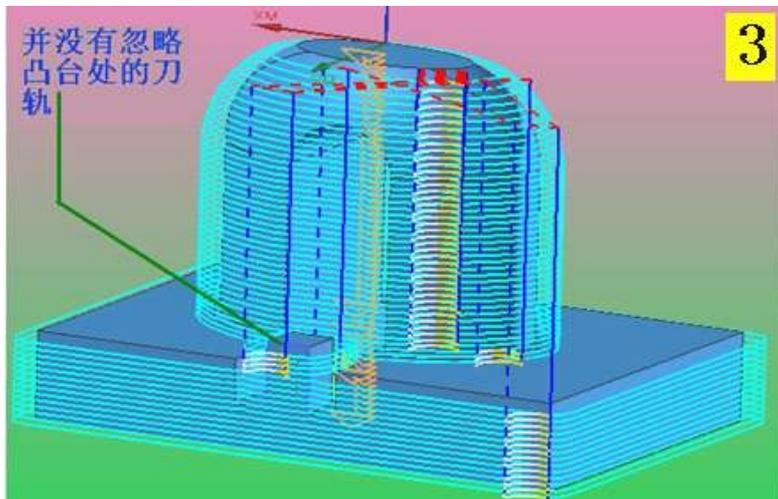
这说明：必须手工调整切削层使切削层范围扩大，才能做出Z方向的刀轨延伸——至于切削层的调整很简单前面已经讲过了。而在固定轴曲面轮廓铣中——则不需要切削层的调整即可会在Z方向延伸刀轨（以后会学习到）。

下面我们通过一个例子实际操作来具体看一下它们的具体含义：

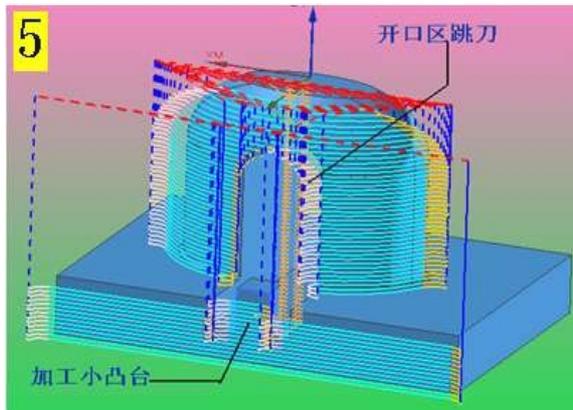
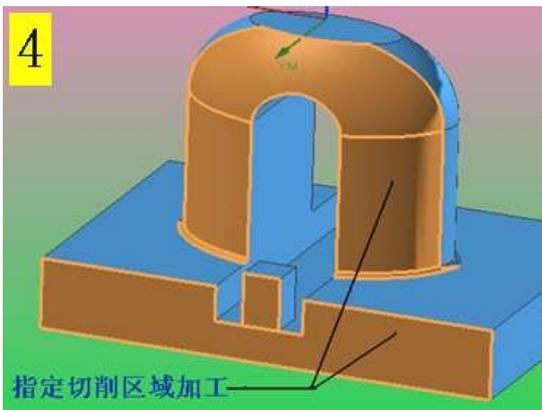
- ▲，打开文件 X 盘\lizi\cavity11.prt, 已经准备好了刀具，几何体信息（只定义了零件几何体），只需创建操作即可——创建 ZLEVEL\_PROFILE 的操作，进入对话框。
- ▲，不做参数的任何调整，直接生成原始的刀路（下图 1）所示。我们看到使用的刀具为 D30R5 的刀具，而开口区的距离为下图 2 所示，按照常理应该在此开口区抬刀跨过，但系统并没有而是直接跨过了。为什么呢？

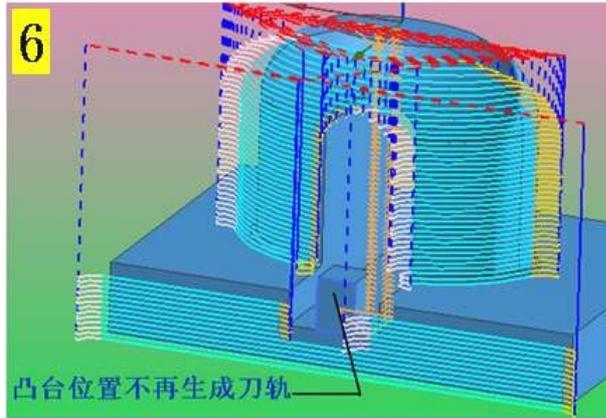


▲，我们看到小凸台的距离为 30mm，定义最小切削长度 32.0 后，生成刀路如下图 3 所示。发现这与上图 1 并没有区别和变化。这又是为什么呢？

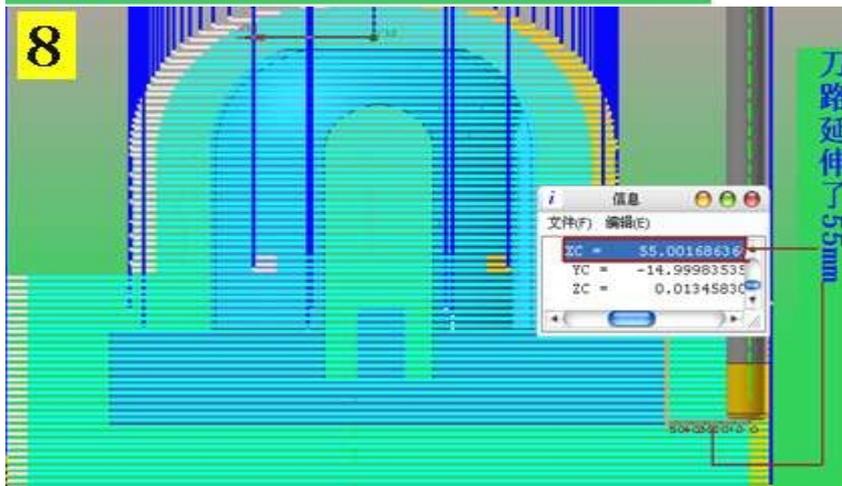
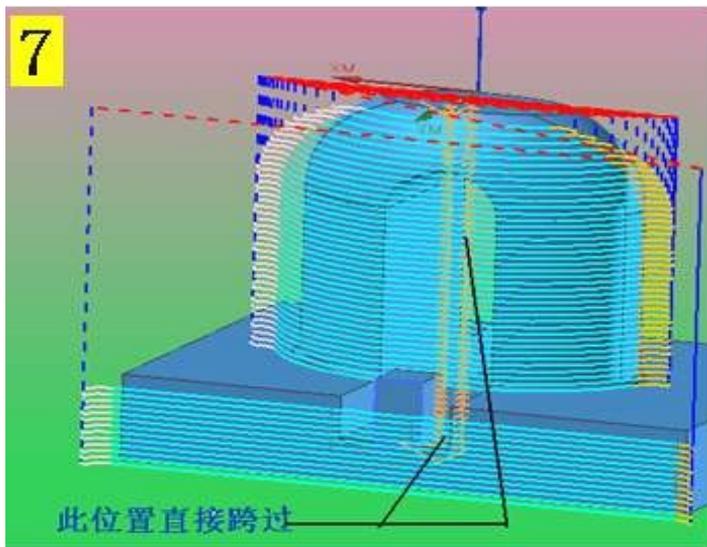


▲，这次我们只选择如下图 4 所示的表面进行加工——先取消掉最小切削长度的设置，生成刀轨如下图 5 所示，发现在开口区进退刀了不再直接跨过了——恢复最小切削长度的设置为 32mm，再次生成刀轨如下图 6 所示：发现不再在凸台位置生成刀轨了，参数起作用了。



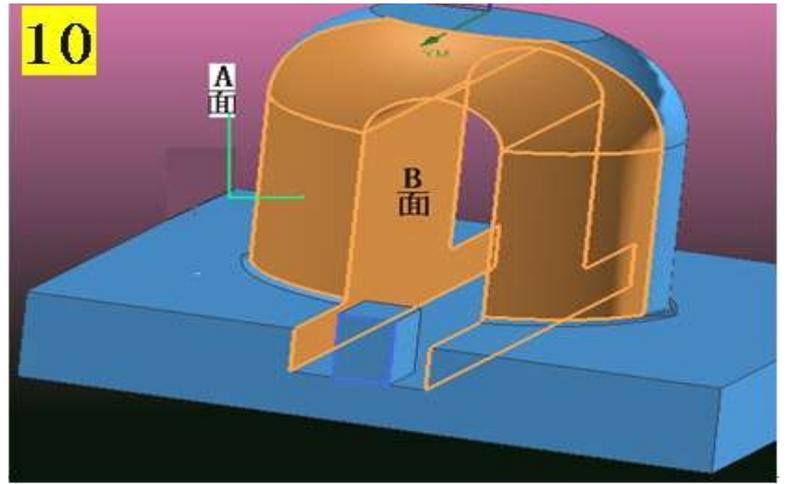
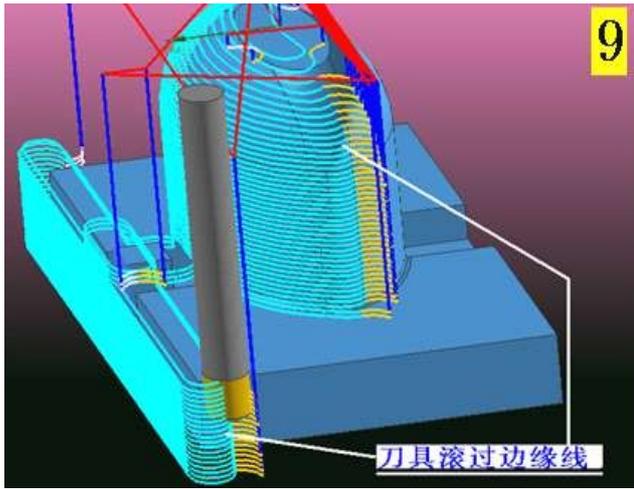


▲，进一步修改合并距离为  ，再次生成刀轨如下图 7 所示：发现刀路又直接在开口区跨过了，不再进行进退刀动作了。参数起作用了。

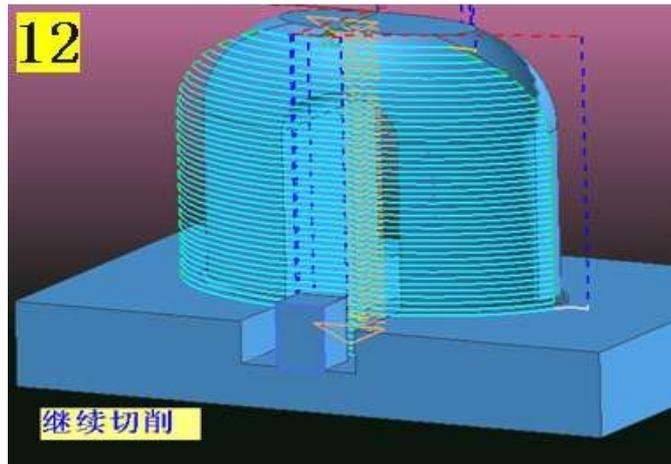
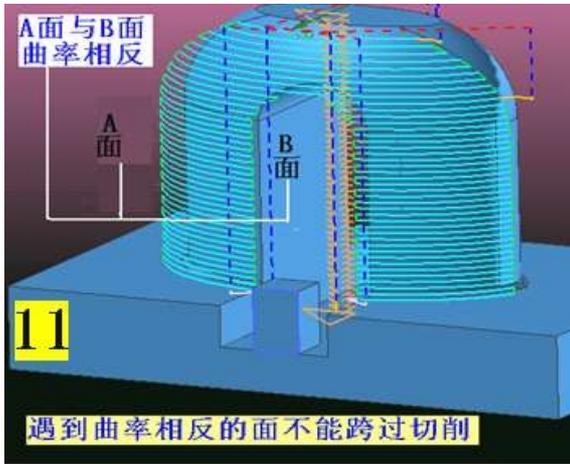


▲，继续使用  在边上延伸 距离   这个参数，生成刀轨后如上图 8 所示：发现刀路在边线位置延伸了，参数也起作用了。

▲，再使用  在边缘滚动刀具 这个参数，生成刀轨如下图 9 所示：刀路滚过边缘过切了零件壁，这是我们不希望看到的现象。



▲，重新选择如上图 10 的加工区域，取消掉上面的所有参数设置——→生成刀轨后如下图 11 所示：  
勾选使用参数：在刀具接触点下继续切削后，生成刀轨如下图 12 所示：在图 11 中如果不使用这个参数也可以  
使用延伸参数，而达到直接跨过的目的。



▲，分析综述：从上面这些操作步骤中知道：这些参数只针对的是边界线和面而不是体，在使用体定义几何体的情况下是不起作用的，只有在使用指定切削区域的时候（选面的情况下），才起作用——这是要注意的地方！因为在很多时候我们在加工局部区域时，只能选面加工以及一些高级应用中，零件几何体的选取也是使用面而不再使用默认的体来定义。在这些情况下都必须要注意这些参数的设置。

在这一篇中：我们学习了型腔铣开粗、二次开粗加工、以及能进行粗加工（特别是针对铸件毛坯）、二次粗加工和主要用于半精加工、精加工的等高轮廓铣操作。而做为型腔铣的特例加工——等高加工大多数的参数与之相同，同时又提供了特有的参数设置，这就极大地方便了操作者的使用，这两种操作方式基本上就能满足对于零件的粗加工和半精加工以及清角，甚至部分零件的完全精加工。然而 UG 对于精加工又提供了更加有针对性的、更加具有灵活性的曲面精加工方式——固定轴曲面轮廓铣：我们将在下一篇进行学习——期待！

# 第五篇：加工操作类型一之固定轴曲面轮廓铣（FIXED\_CONTOUR）



因为

固定轴曲面轮廓铣的所有其它操作子类型全部由演变而来。

这是一篇主要讲解曲面精加工、以及清根加工、刻字加工的篇章，阅读本篇时请注意联系以前的知识，让它们充分的融合在一起，进而提升到一个新的境界！而对于投影法如果仅从事固定三轴加工的，可作为一般性了解即可。但是，如果有固定三轴需要进行侧铣和转卧铣加工的，建议大家还是比较深入的了解为好！而对于可变轴的加工就必须有相当深入的了解才行——而这并不是本书所探讨的内容！

## 第一章：加工原理的诠释：

固定轴曲面轮廓铣：这种加工方式与之前讲的平面铣、型腔铣、等高铣完全不同，是三轴联动的，所以其生成刀轨的原理也不相同，它是固定轴三轴铣削中的最高级的加工方式。其主要的设计目的就是对曲面进行精加工：固定轴曲面轮廓铣属于3轴联动加工，主要用于曲面的半精加工和精加工，刀具轴始终为一固定矢量方向。它可以精确地沿着几何体的轮廓切削，有效地去除掉多余的材料，常用于型腔铣后的精加工。下面进行分析学习——

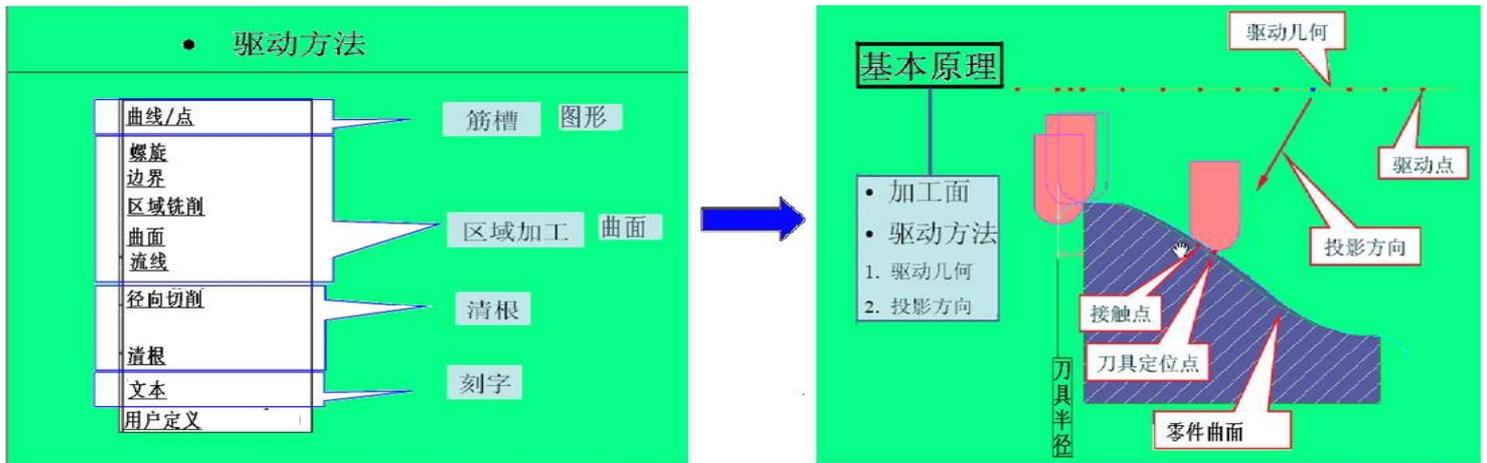
### 第1节：投影法的介绍：

首先选择驱动方式（驱动方式决定选择使用的驱动的几何体）——→由驱动几何体生成一次刀轨，并将一次刀轨沿投影矢量方向（刀具接近工件的方向）进行投影——→同时考虑刀具的真实形状，在零件几何体的表面产生二次刀轨。——→这一精辟概述就是投影法的核心！

#### 1、驱动方式（驱动方法）：

在UG中提供了如下的多种驱动方法：点\曲线、螺旋、边界、区域切削、流线、清根等多种方式。

这也是我们在这一篇主要学习的内容。



各种驱动方法用于生成驱动点，驱动点就是一次刀轨——假如不定义零件几何体，则刀轨就直接在驱动点生成创建；如果定义了零件几何体，则系统就把驱动点沿着投影方向投影到零件几何体上，从而创建刀轨！所以刀轨的生成分为两步：第一步，在驱动几何体上生成驱动点；第二步，驱动点沿投影矢量方向投射到零件几何体的表面之上。至于选择何种驱动方法，这与加工的零件表面形状以及其复杂程度有关。需要明确的是：一旦指定了驱动方法，则可以选择的驱动几何体的类型也确定！

**2, 驱动几何体的简介：**驱动几何体由上述所讲是由：驱动方法选项来定义，其可以是：点、曲线（如：点\曲线、边界线、轮廓线、螺旋线等方式）；表面或独立的曲面对象（如：区域铣削、曲面区域、流线等方式）。一般来讲：主要是零件本身整体或局部，或者是由与加工不相关的其它的几何体来定义。

①曲线/点：通过指定点和选择曲线来定义驱动几何体：这种驱动方式，事先必须有现成的的曲线，来定义驱动几何体，适合于模具上的刻字加工，或狭窄异型槽的加工。

②螺旋式：定义从指定的中心点向外螺旋的驱动点：螺旋驱动方式由指定的中心点，往外以螺旋环绕方式向外扩展来产生驱动点。这些驱动点再被沿着指定的投影向量，投影到选取的工件曲面上而产生刀位轨迹。螺旋驱动方式的横向进刀，是以滑顺且连续的方式往外移动，这种维持固定的切削速度且顺滑移动的驱动方式，减少刀具进刀时的颤动，特别适合于高速切削加工。

③边界：通过指定边界和环定义切削区域：通过指定边界和环来定义切削区域，对于复杂的零件表面轮廓可通过边界驱动进行加工。与平面铣的加工类似，需定义边界，但不同的是边界驱动方式是针对复杂曲面产生精加工的刀路，且效率较高。

④区域铣削：通过指定“切削区域”几何体，定义切削区域。有默认的驱动几何体：区域切削驱动方法全面检查零件几何体，既可以限制切削范围，加工零件的局部区域，也可以加工整个零件几何体。区域切削驱动方法不需创建边界，直接选择零件整体或其局部区域，即可实现复杂的曲面加工。因此常替代边界加工。这种方法是固定轴铣中最为人们普遍使用的方式。

⑤曲面区域：定义位于“驱动曲面”栅格中的驱动点阵列：该方式在驱动曲面网格上建立一组点的阵列，利用这些驱动点沿指定的投影方向投影到指定的零件表面上以生成刀轨。可控制投影向量，使其与驱动面具有相关性。例如：曲面区域可指定投影向量为驱动面的法线方向，可投影出较准的刀位轨迹，一般用于各种复杂曲面的精加工。一般用于变轴加工中。

⑥径向切削：使用指定的步距、带宽和切削类型，生成沿给定边界并垂直于给定边界的驱动轨迹：

⑦清根：沿部件表面形成的凹角和凹部生成驱动点：在清根切削驱动方法中，系统全面检查零件几何体，找到那些在前面的操作中刀具加工不到的区域，可以用一把小刀或特殊刀具加工这些区域，以清除前面操作未切削的材料。它是一种比较智能化的驱动方式。

⑧流线：根据选中的几何体来构建隐式驱动曲面：流线驱动方式类似于曲面区域驱动方式，是一新增的驱动方式，可用于精加工操作。流线驱动可通过定义切削区域定义加工区域，切削方向可单独设定，刀具位置增加接触设置，可加工修剪和未修剪曲面，产生更平顺的精加工路径，能更快速更有效地加工。

⑨文本：选择注释并指定要在部件上雕刻文本的深度：当需要在零件上的曲面上雕刻信息或标识时，就需要用文本操作，即刻字加工。用它写的字，来生成刀具轨迹。

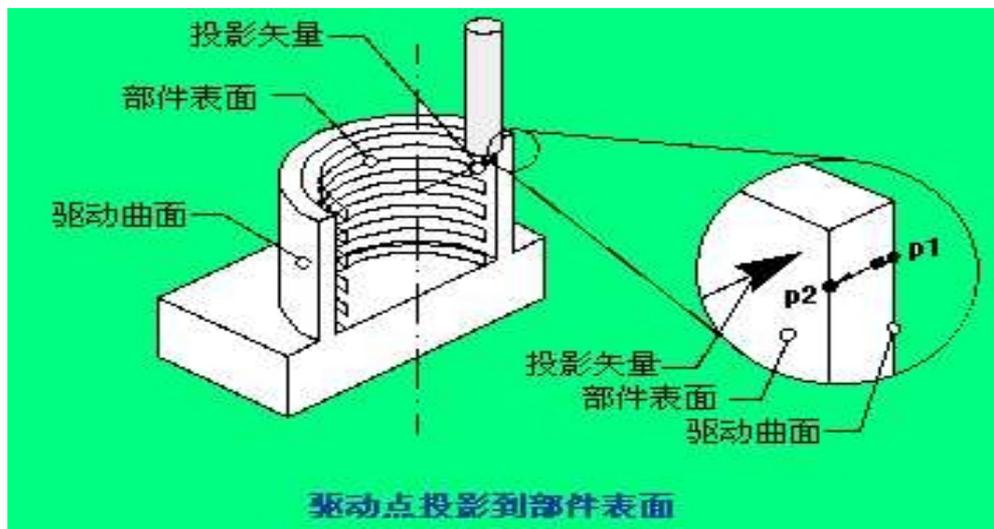
## 第2节：投影矢量介绍；

首先明确的是：——可用的投影矢量类型也取决于驱动方法。“投影矢量”选项是除“区域铣削”和“清根”之外的所有驱动方法都有的。

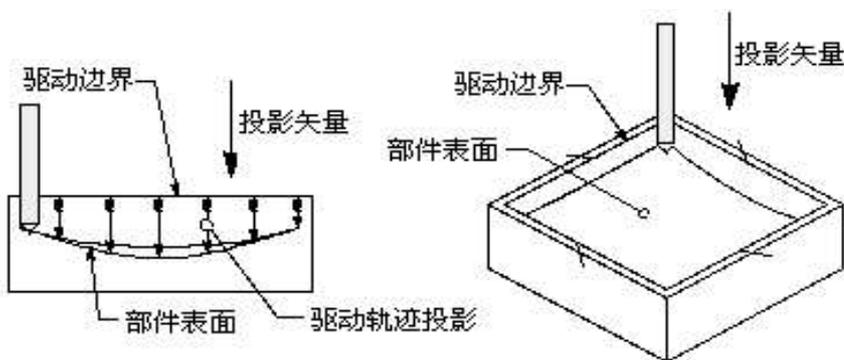
在固定轴铣中：默认的投影矢量是固定的‘刀轴’方向，而默认的刀轴方向是+ZM。UG规定：在固定轴铣中：默认的投影矢量是固定的‘刀轴’的相反方向，而默认的刀轴方向是+ZM，实际上就是-Z方向。这是在固定轴铣中一般情况下的、普遍的使用方式。投影矢量它是用来规定驱动点如何向零件表面上投射，同时决定刀具接触的是零件的哪一侧。但是投影矢量方向与刀轴方向不一定是一致的、投影矢量和刀轴矢量的区别之处就在于——→一个是投影的方向一个是刀具轴的方向，投影矢量可以是刀轴方向也可以不是刀轴方向。在一般的三轴固定铣中，不懂的投影法也许没有关系，但是在数

控机床需要转铣头进行卧铣或要进行侧铣时，就需要明白刀轴方向的定义。尤其是如果要进行可变轴的加工时：例如 4 轴或 5 轴等，就必须彻底搞明白投影法的规则。

1，投影矢量允许定义驱动点投影到部件表面的方式，和刀具接触的部件表面侧。**曲面区域**驱动方法提供一个附加选项，即**垂直于驱动体**，其他驱动方法则不提供该选项。驱动点沿投影矢量投影到部件表面上。有时，如下图所示，驱动点移动时以投影矢量的相反方向（但仍沿矢量轴）从驱动曲面投影到部件表面。**投影矢量的方向决定刀具要接触的部件表面侧**。刀具总是从投影矢量逼近的一侧定位到部件表面上。在下图中，驱动点  $p1$  以投影矢量的相反方向投影到部件表面上以创建  $p2$ 。

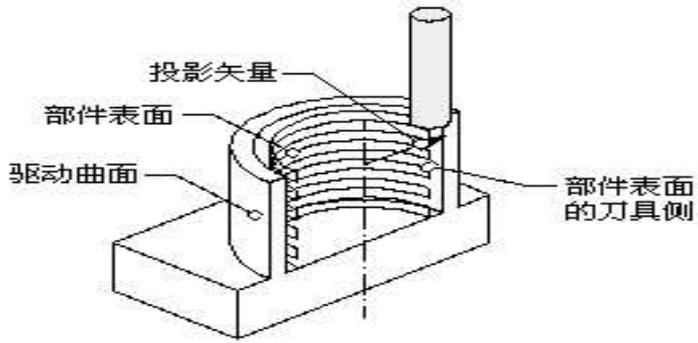


2，下图是另一个示例，它说明驱动点是如何投影到部件表面上的。在此示例中，投影矢量被定义为固定的。在部件表面上的任意给定点，矢量与  $ZM$  轴是平行的。要投影到部件表面上，驱动点必须以投影矢量箭头所指的方向从边界平面进行投影。



**驱动轨迹以投影矢量的方向投影**

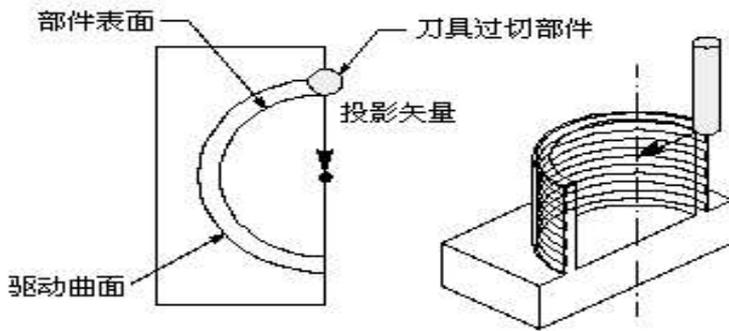
3，投影矢量的方向决定刀具要接触的部件表面侧：



**投影矢量决定部件表面的刀具侧**

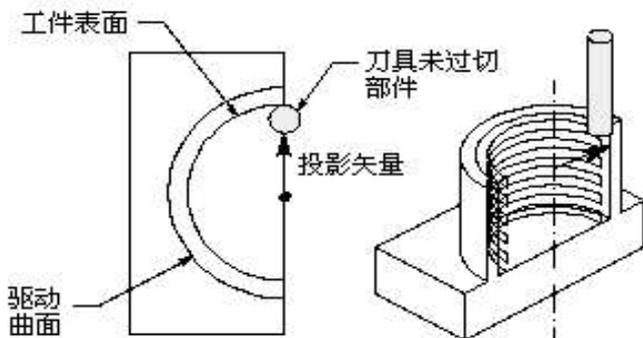
再看下面几个图示——从不同的方面说明了这个问题：下图说明投影矢量的方向如何决定刀具要接触的部件表面侧。在每个图中，刀具接触相同的部件表面（圆柱内侧），但是接触侧根据投影矢量方向而变化。

①下图说明的投影矢量为指向直线，产生了不需要的结果。刀具沿投影矢量的方向从圆柱外侧逼近部件表面，并对部件形成过切。



**指向直线的投影矢量**

②下图说明的投影矢量，远离直线，产生了需要的结果。刀具沿投影矢量的方向从圆柱内侧逼近部件表面，且没有对部件形成过切。



**远离直线投影矢量**

## 第二章：学习具体的驱动方法：

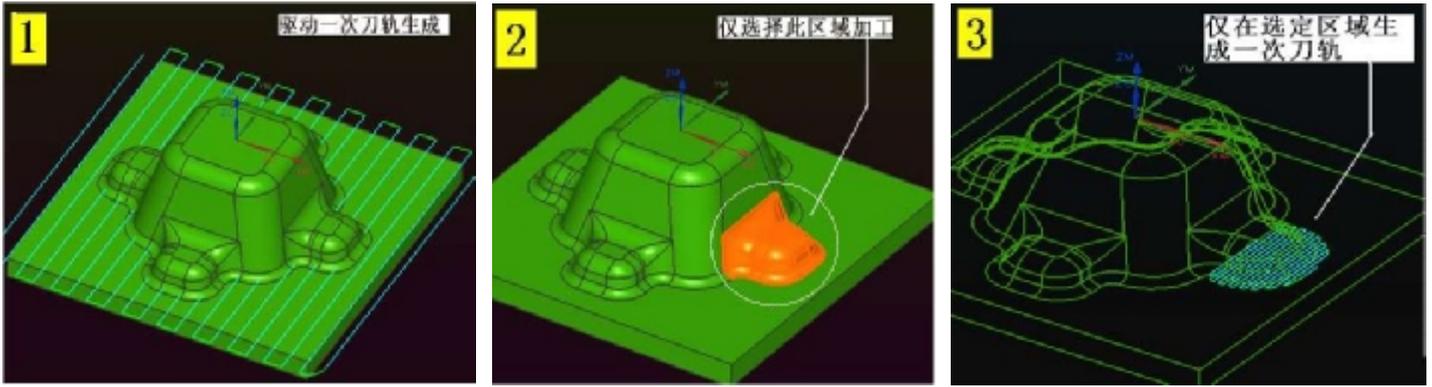
### 第 1 节：区域铣削驱动方式——与等高加工的完美结合：

综述：在固定轴曲面轮廓铣中，区域铣削驱动方式是首选的方法。因为这种方法是直接利用零件的表面来作为驱动几何体，不需要另外的定义驱动几何体，而且可灵活的指定局部切削区域进行加工，如未专门指定切削区域，则可以加工整个零件。对于刚刚接触学习固定轴曲面轮廓铣的人来讲，从思维惯性上来讲比较容易接受，因为其它类型的驱动方式需要额外的定义驱动几何体。在固定轴曲面轮廓铣加工中：区域铣削驱动方式的使用率要超过 90%。它基本上就是专门为三轴曲面精加工而设计的——它仅可用于“固定轴曲面轮廓铣”操作。

#### 详解：

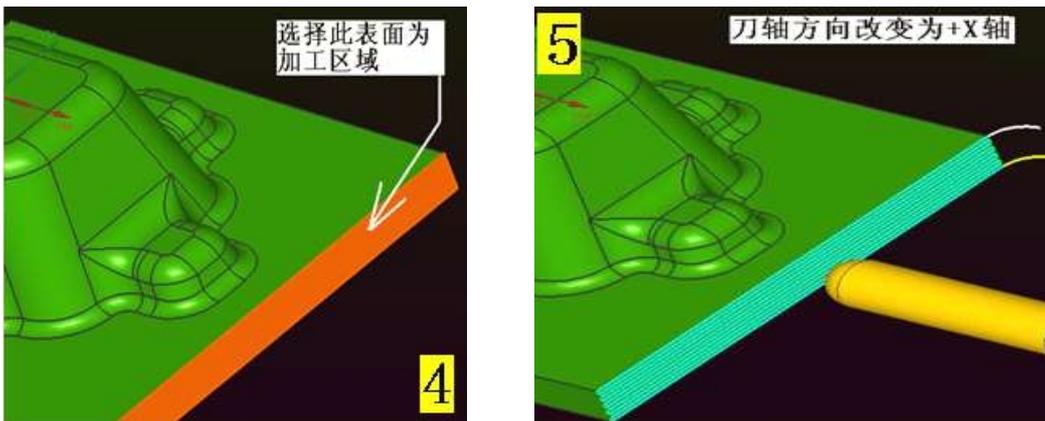
#### 1, 第一个问题：不存在投影矢量选项，为什么？

- ▲，打开 X 盘\lizi\cavity1-1.prt 文件,已经定义好了几何体信息、加工所需的刀具。点击创建操作图标弹出创建操作对话框——→在类型 `mill_contour` 下选择固定轴曲面轮廓铣图标，点击确定进入 `固定轮廓铣` 对话框——→上一章讲过在固定轴曲面轮廓中，最主要的两个选项就是：驱动几何体和投影矢量。在初始进入对话框后，可以看到这两个选项，同时看到系统默认的驱动方法是“边界”。
- ▲，点击驱动方法中的黑色箭头，选择“区域铣削”后，弹出驱动方法警告对话框。实际上你每一次切换驱动方法时都会弹出此对话框——→点击 `确定(O)` 按钮确认更改到选定的驱动方法，进入 `区域铣削驱动方法` 对话框——→点击“预览”下的 `显示` ，可以看到驱动一次刀轨生成的状态（如下图 1）所示——→直接确定退回主对话框，但是在主对话框中并没有发现“投影矢量”选项。
- ▲，这次定义切削区域：点击图标选择如（下图 2）所示的区域，定义完成后——→点击图标再次进入 `区域铣削驱动方法` 对话框，调整刀间距为 `平面直径百分比` `10.1`后，再次点击“预览”下的 `显示` ，此时一次驱动刀轨显示为（下图 3）所示。



▲，这个就是区域铣削驱动方法的主要特点：它的驱动几何体是系统默认的——以其整个零件或选定区域的最大轮廓投影为驱动几何体，并且投影矢量为固定的刀轴方向，所以没有驱动几何体、投影矢量选项！。因此区域铣削仅用于固定轴曲面轮廓铣中！

▲，重新选择切削区域如（下图 4）的表面，点击生成刀轨图标，发现系统并未给予生成。说明无法在此表面进行投影生成一次刀轨——>点击刀轴改变默认的正ZM 轴为指定矢量，自己先考虑一下应该指定什么方向为刀轴方向进行投影，才能加工此表面？——>指定矢量为  生成刀轨如（下图 5）所示：这就是刀轴方向不一定是+ZM 的情况。同样对于其它类型的曲面轮廓铣，投影矢量也不一定是刀轴方向。希望把这三者的关系搞清楚，更要明白在区域铣中投影矢量就是固定的刀轴方向、其驱动几何体就是默认的零件或区域的最大轮廓投影。所以区域铣虽然没有投影矢量以及驱动几何体选项，但它也是投影法加工！

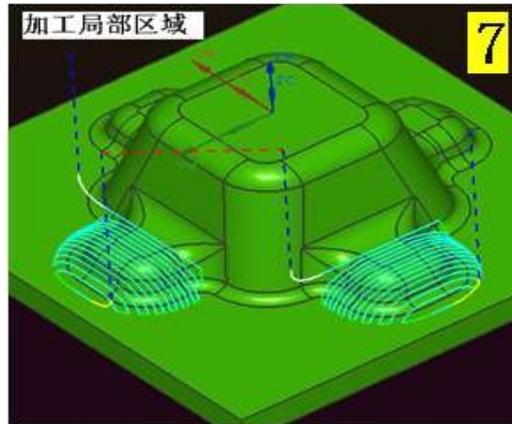
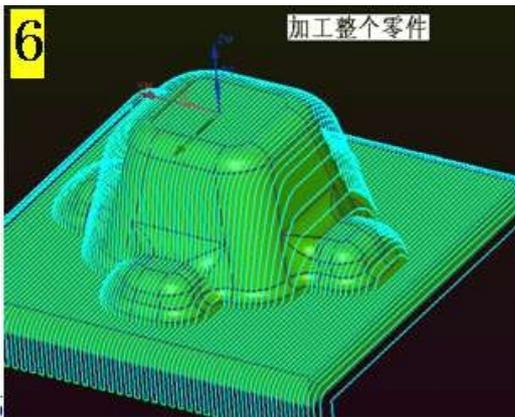


2. 第二个问题：如何使用区域铣进行加工？

1. 加工范围：

▲：正如前面讲解的型腔铣和等高加工那样，可以加工整个零件（下图 6）也可以加工选定的区域、（下图 7）所示。当不专门指定加工区域时就加工整个零件，指定切削区域时就加工指定的区域，

多数情况下是加工局部区域。



▲：除了指定切削区域外，还可以通过指定陡峭角度、修剪边界等方式进行范围进一步限制。

▲：主对话框中：**驱动方法** 中选择某种驱动方式后，会弹出相应的对话框——在此对话框中的参数设置与一次刀轨有关。而**刀轨设置** 中的参数与二次刀轨（真实的最终的刀轨）有关。

## 2. **区域铣削驱动方法** 对话框中的参数详解：

①：**驱动设置** 选项卡中：主要是关于刀路的规划。

▲，切削模式、切削方向：主要是指指定刀轨的形状、走刀方式以及顺逆铣。其基本的用法前几章以做过介绍，不再赘述。

▲，步距：控制连续切削刀路之间的距离。选定的切削模式决定可用的**步距**选项。有4种方式来指定：

**恒定**：指定切削刀路之间的固定距离。

**残余高度**：指定切削刀路之间余留的材料高度。（从垂直于曲面轮廓铣操作的驱动曲面测量。）

**% 刀具平直百分比**：指定切削刀路之间的固定距离，以有效刀具直径（刀具底部平直部分）的百分比表示。例如：刀具直径 = 10 mm、

刀具拐角半径 = 2 毫米、百分比 = 50 、则步距 =  $(10 - 2 * 2) / 2 = 3$  毫米。注：

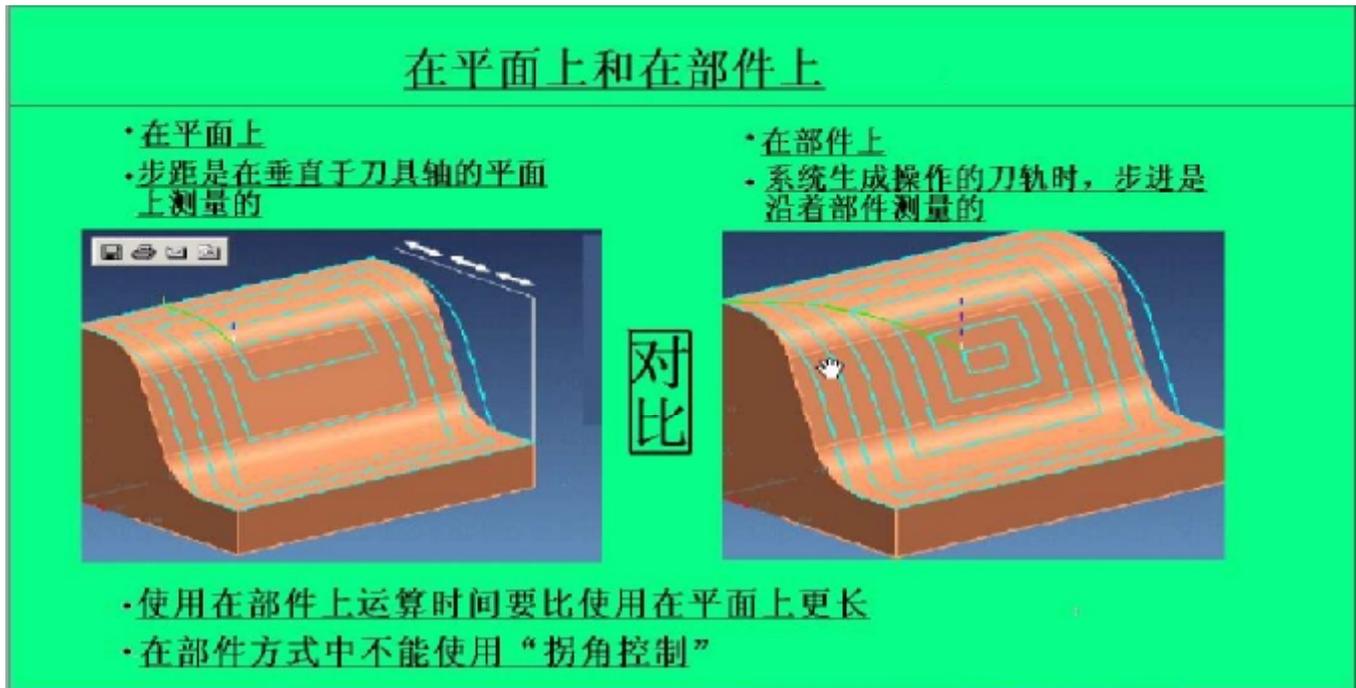
对于球头铣刀，使用整个直径。

**变量平均值**：即允许使用介于指定的最小值和最大值之间的不同步距。

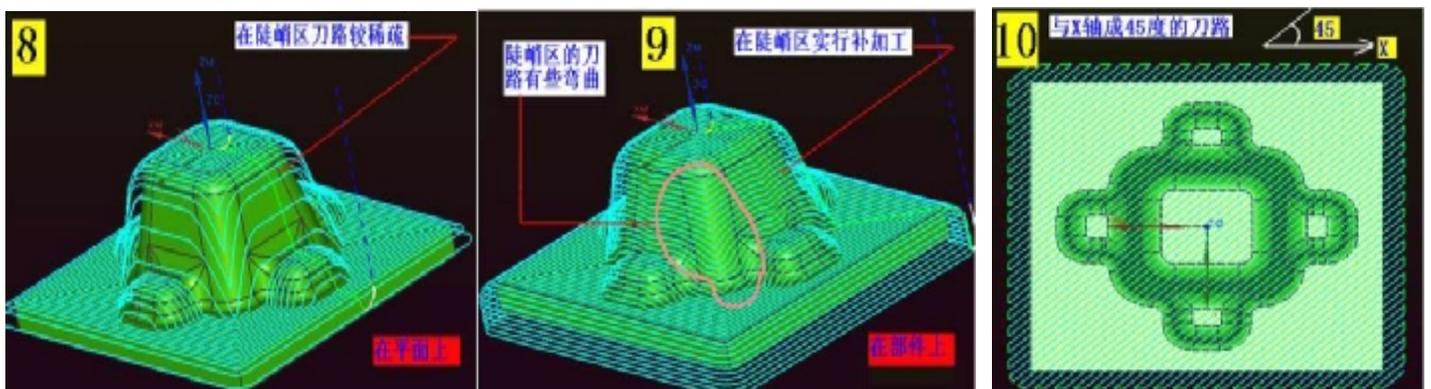
这里应掌握的重点是：**步距已应用**——这个选项：

在平面上——测量是根据垂直于刀轴的平面上的步距；在部件上——测量是根据沿部件的步距，它

最适合陡峭区域。看下面的图示说明：



继续使用上面的例子：首先取消掉切削区域的指定以加工整个零件——→修改步距为恒定的距离为2mm、**切削模式**  跟随周边、**刀路方向**  向外、并选择使用“在平面上”生成刀轨如（下图8）所示——→再次修改为“在部件上”生成的刀轨如（下图9）所示：可以看到刀轨在陡峭区实行了补加工。这和等高加工中的“层间切削”类似，只不过一个是在平坦区实行补加工，一个是在陡峭区实行补加工而已。其目的都是为了获得良好的均匀刀路。观察这个在部件上所生成的刀路，在陡峭区几乎也实现了等高加工的效果。但仔细观察就会发现，刀路有些弯曲不平滑使得刀具上下有些跳动，而且生成的刀路数量较多！但这个功能在陡峭区和非陡峭区分割不是很明显的时候，应用此选项效果较好。

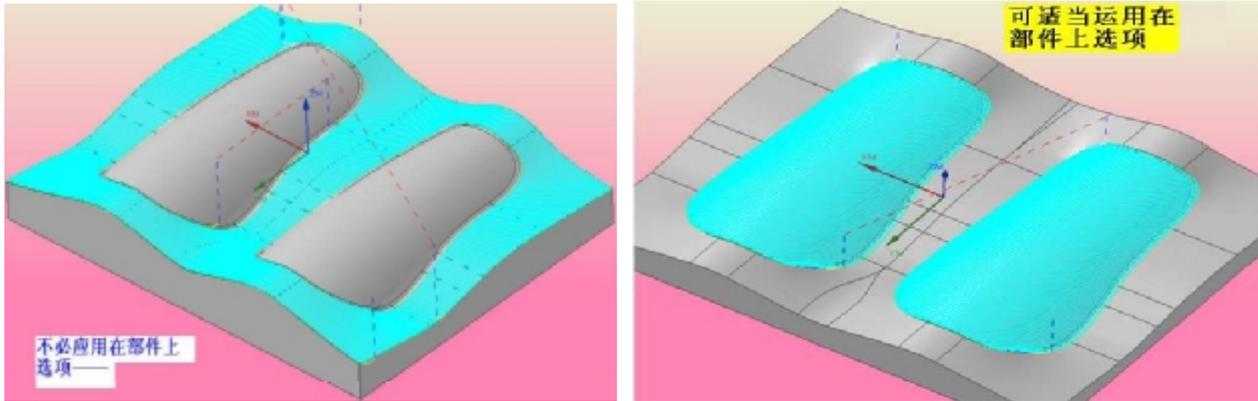


▲，切削角：即是可以指定切削刀路的走刀角度如(上图10)为45度的情况（与X轴成45度）。

3. 使用情况：

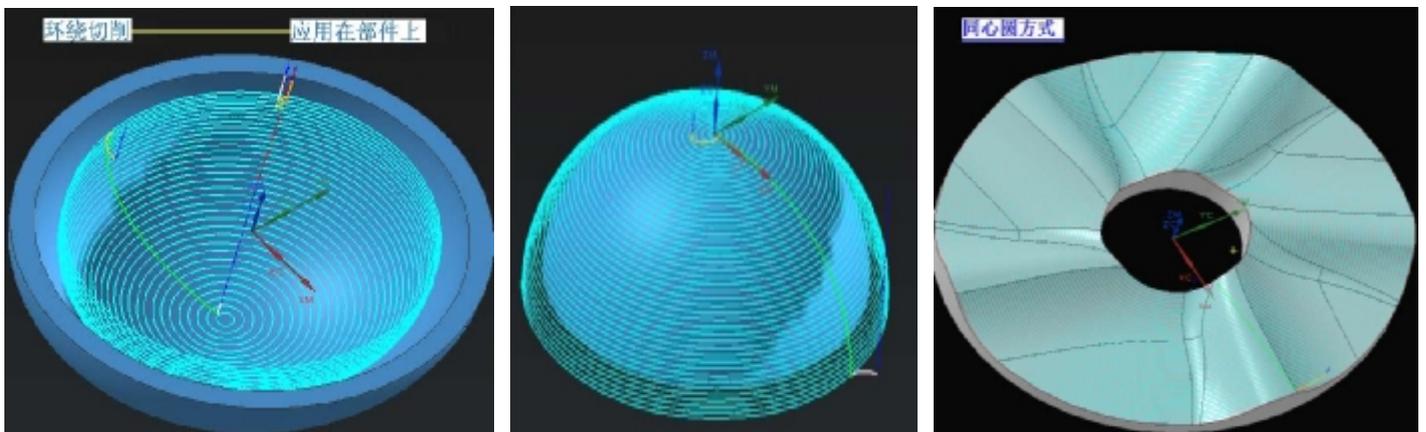
## I——一般情况下是使用在非陡峭的零件表面的精加工：

对于平缓的曲面零件，使用区域铣削是最好的选择，因为它完全是刀具沿着曲面表面进行加工，即其刀路就是所谓的‘爬出来的’，再加上使用切削角（一般使用 45 度），这个角度的设置能有效的减少机床丝杠的间隙误差，获得更好的加工效果和加工精度。另外即使有些区域有一定的陡峭度（不能很大），也可以通过使用：“在部件上”这个选项加以解决从而取得良好的刀轨效果。如下图所示：



## II——有时也运用与圆形零件的加工：

使用跟随周边或同心模式，选择性的使用“在部件上”选项可以加工具有陡峭度的球面或圆形零件。见下图所示：



总之：运用此方式可根据曲面的不同形状，结合使用不同的切削模式以及是否需要应用“在部件上”选项，可以加工大部分的不同形状的曲面，所以应用极其广泛。当然对于不同形状的曲面零件，有针对性的选择最佳的驱动方法进行加工，是一个经验积累的过程！但这个方法应该基本上都可以实现，虽然有时不一定是最好的。至于其它的驱动方法我们随后会介绍到，但是在介绍其它驱动方法之前，我们先学习区域铣削的一个最重要的运用方法：

## III——与等高轮廓铣的完美结合：

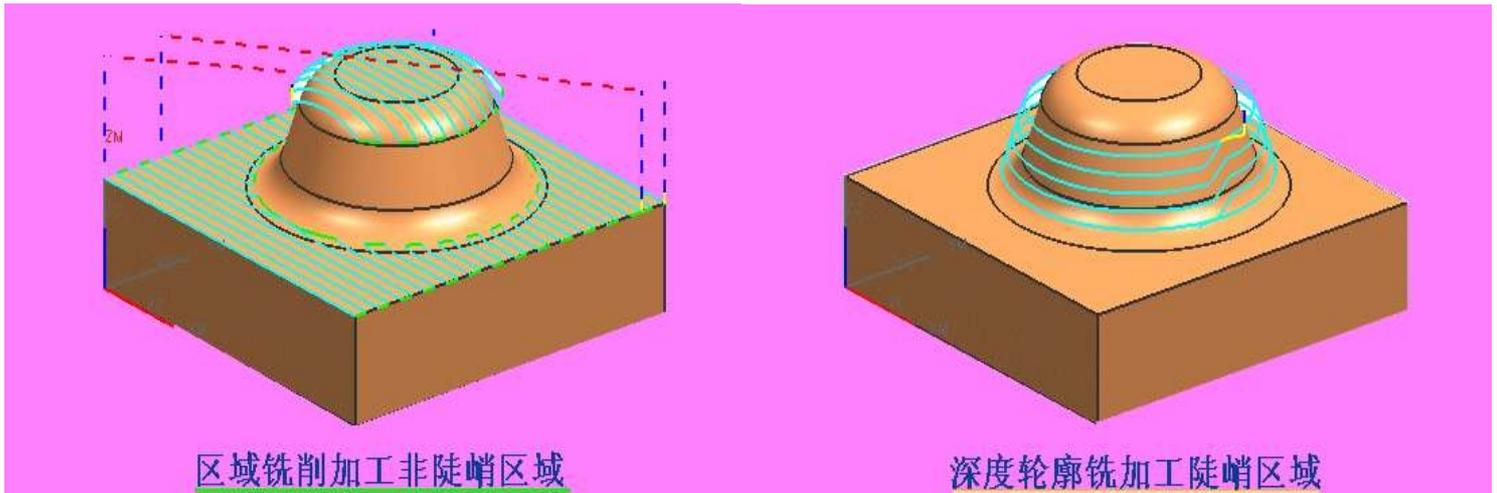
在区域铣削对话框中，还有一个有参数陡峭空间范围，下面做一下介绍：

陡峭空间范围：是根据刀轨的陡峭度限制切削区域。它可用于控制残余高度和避免将刀具插入到陡峭曲面上的材料中。“陡角”的目的就是能够确定系统何时将“部件”表面识别为陡峭的。例如，平缓的纯平面的曲面陡角就为 0 度，而竖直壁的陡角为 90 度。UG 计算各接触点的部件表面角度，并将其与陡角进行比较。只要实际表面角超出用户指定的“陡角”，软件就认为表面是陡峭的。生成刀轨后，凡是超出用户指定的“陡角”的曲面，就组成封闭的“接触”条件的边界，成为可选的切削的区域从而来清理加工实体。即是说：指定“陡角”以后，系统就把零件分为两个范围——陡峭的和非陡峭的，根据切削的目的可以选择二者中的一个作为切削的区域。其实这个概念在之前的等高轮廓铣中也介绍过！只不过这里多出一个定向陡峭的概念。“无”——不向刀轨施加陡峭度限制，并且允许操作加工整个切削区域。

“定向陡峭”——就是将刀轨的陡峭度限制为指定的“陡角”之外。操作仅加工陡峭度大于或等于指定的“陡角”的区域。

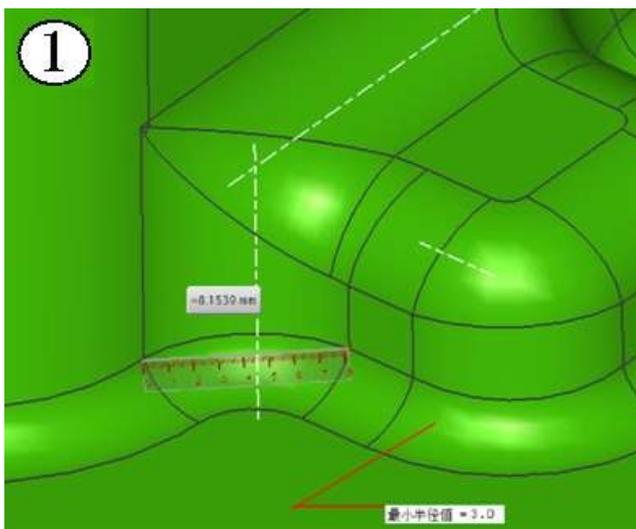
“非陡峭”——就是将刀轨的陡峭度限制为指定的“陡角”之内。操作仅加工陡峭度小于或等于指定的“陡角”的区域。

我们知道：加工陡峭区最适合的方法是等高加工；而加工非陡峭区的最适合的方法则是区域铣削。在之前的等高轮廓铣中正好有“无”和“仅陡峭的”选项，这样在加工零件时，就可以采用：在陡峭区使用等高加工，而在非陡峭区则使用区域铣削加工。各自发挥它们的优势，又有机的把它们结合在一起！通过在这两个操作中使用同一陡角，可以加工整个切削区域。如果切削区域中有非常陡峭的区域，则常用到此方式。



下面我们就做一个完整的案例练习：从头做起——同时复习前面的知识：

▲，打开 X 盘\lizi\cavity1-2.prt 文件,已经定义好了几何体信息、使用测量工具分析工件以确定加工所需的刀具。如下图①所示。



▲，经过分析：发现最小圆角半径为 3mm，最小区域间的距离为 8.15mm，所以要想完全加工干净工件，所需最小刀具为 D6R3 的刀具。这只是小区域的情况，另外的大面积区域则比较大，所以使用较大的刀具进行开粗和半精加工以及精加工，最后使用较小的刀具进行清根。因此创建 D25R5 用于开粗加工、D12R1 用于粗清角和半精加工、B12 的球刀精加工、D6 的平刀清理 12 的刀具加工不到的区域、最后使用 B6 球刀进行最后的清根。自己创建好这些刀具。

▲，开粗加工：首先这是一块铸造毛坯而不是一块方料，所以不能定义自动块毛坯，所以 WORKPIECE 中只定义了零件几何体。创建型腔铣操作 CAVITY\_MILL 并进入对话框如上（图②）

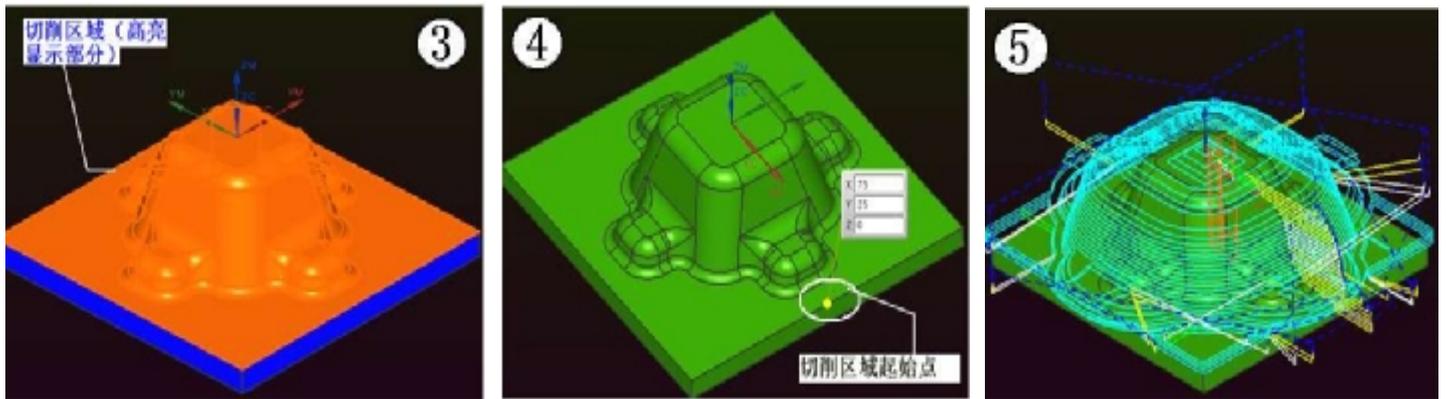
所示——→指定切削区域如(下图③所示)其目的是不要加工蓝色区域,当然使用切削层也可以实现——

→其它参数设置如下: 切削模式  跟随周边、步距 刀具平直百分比、平面直径百分比 65、每刀的公共深度 恒定、距离 2.0

——→进入切削参数对话框定义如下参数: 切削方向 顺铣、切削顺序 深度优先、刀路方向 向内、 岛清根、

在边上延伸 2.0 (为的是能保证去除掉底面周边的材料)、毛坯距离 8.000、部件侧面余量 0.6、部件底面余量 0.30

——→为了减少不必要的抬刀,进入非切削移动对话框定义如下参数:定义如(下图④)所示切削区域起始点、再定义区域内传递类型 前一平面——→确定完成生成如(下图5)所示的刀轨。



▲,粗清角:使用 D12R1 的刀具,因为残料仅在拐角部位,所以选择使用参考刀加工法:复制拷贝 CAVITY\_MILL 的操作名为 CAVITY\_MILL\_COPY 并把之粘贴在操作 CAVITY\_MILL 之下,双击该操作进入对话框:更换刀具为 D12R1、跟随部件、切深改为 0.5;取消掉毛坯距离、在边上延伸选项;部件侧面余量为 0.8、底面余量为 0.5;使用开放刀路  变换切削方向  选项、定义参考的刀具参考刀具 D25R5、重叠距离为 1mm——→确定完成生成刀轨如(下图⑥)所示。



▲,经过 D12R1 的刀具清理残料后,再接着使用 D12R1 的刀具半精加工是没有问题的——不会在角落位置出现切削量过大的问题:直接创建等高轮廓铣操作 ZLEVEL\_PROFILE (如上图⑦所示)并进入对话框——→同样指定切削的区域(同上图③)——→其它参数设置如下:每刀公共深度为 0.5、

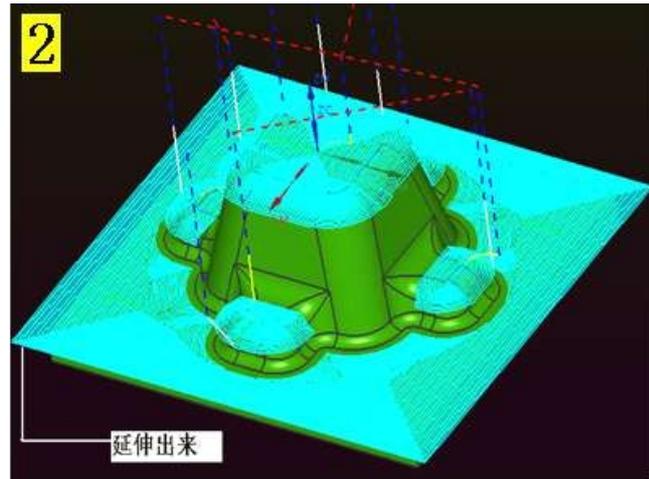
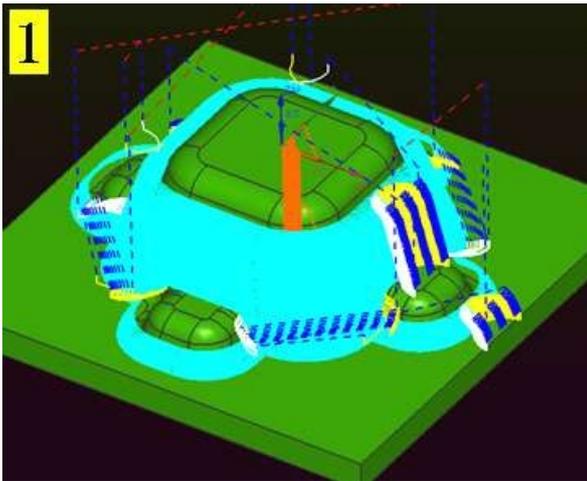
切削方向 混合、 切削顺序 深度优先、  在边上延伸、 距离 55.0000 %刀具、 部件侧面余量 0.30、 部件底面余量 0.150、 层到层 直接对部件进刀、 勾选  在层之间切削： 平面直径百分比 20.000 → 确定完成生成如（上图⑧所示）的刀轨。

▲ **精加工：使用等高和区域铣削结合的方式：**这是我们这个案例学习的主要目的。——这个用法极其广泛！

经过了半精加工后，开始使用 B12 球刀进行精加工也是没有问题的——因为凡是 D12R1 的刀能进入到的区域，B12 的刀也肯定能过的去。

1\*，先创建等高轮廓铣的精加工：

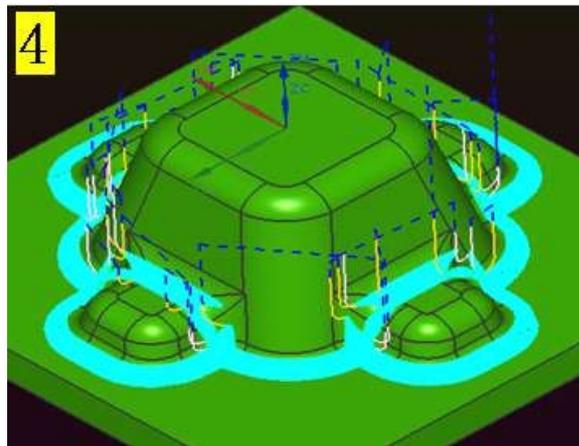
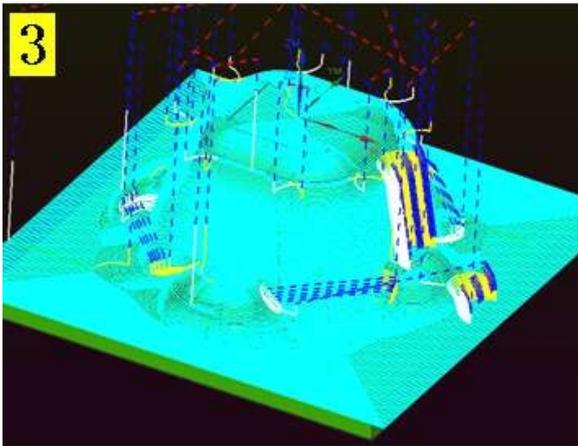
▲，精加工陡峭区域：创建 B12 的等高加工 ZLEVEL\_PROFILE\_1 操作并进入对话框——选定切削区域（同上图③）——其它参数设置如下：陡峭空间范围 仅陡峭的、 角度 45.、 每刀的公共深 恒定距离 0.50 → 切削参数对话框： 切削方向 顺铣、 部件侧面余量 0.00、 部件底面余量 0.10、 层到层 使用传递方法 → 确定完成生成刀轨如下图 1 所示。



▲，精加工平坦区域：创建 B12 的区域铣削加工 FIXED\_CONTOUR 操作并进入对话框——其它参数设置如下：方法 非陡峭、 陡角 47.0（设置 47 度主要是为了大于 45 度使两个操作刀轨有一些重合接刀良好）、 切削模式  跟随周边、 刀路方向 向外、 切削方向 顺铣、 距离 0.50，定义二次刀轨参数： 在边上延伸、 距离 55.0000 %刀具 → 确定完成生成刀轨如上图 2 所示。而下图 3 是两者的共同显示结果。

▲，清角加工：使用型腔铣的参考刀加工法进行清角也可以，但这里我们还一种新的方法——专门的清理残料的操作类型：清根驱动方法，其具体的讲解在后面的章节。创建 B6 刀具的固定轴铣 FIXED\_CONTOUR\_1 进入对话框，选择“清根”方式进入到 清根驱动方法 对话框中：参数设置如下：最小切削长度 0.00、 连接距离 10.、 清根类型 参考刀具偏置、 陡角 15.、 在非陡峭区设置：

非陡峭切削模式 往返、步距 0.200、顺序 先陡；在陡峭区设置：陡峭切削模式 往复横向切削、陡峭切削方向 高到低、步距 0.2000 mm；参考刀设置：参考刀具直径 12.、重叠距离 1.——→确定完成后生成刀轨如下图 4 所示。



## 第 2 节：螺旋上升式的回归（回归平面铣）——边界驱动方式：

综述：边界驱动方式是进入固定轴曲面轮廓铣对话框中的默认驱动方式。它与刚刚学习过的区域铣削不同的是：必须指定驱动几何体，沿着投影矢量投影在工件表面产生刀轨。“边界驱动方法”与“平面铣”的工作方式大致上相同。但是，与“平面铣”不同的是，“边界驱动方法”可用来创建允许刀具沿着复杂表面轮廓移动的精加工操作。即是边界驱动方式可以加工曲面，而平面铣则仅能加工平面。

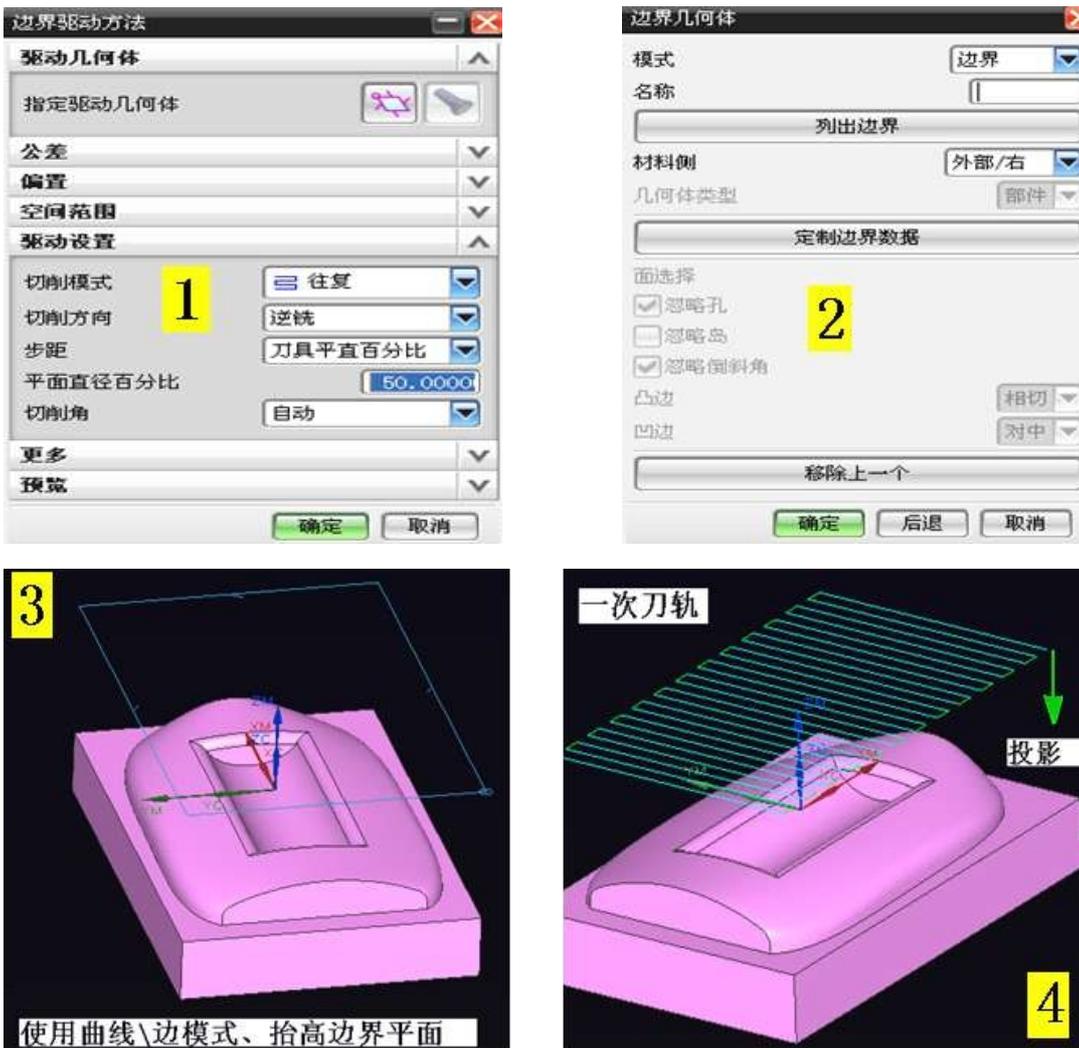
### 详解：

#### 1. 第一个问题：驱动几何体与投影矢量：

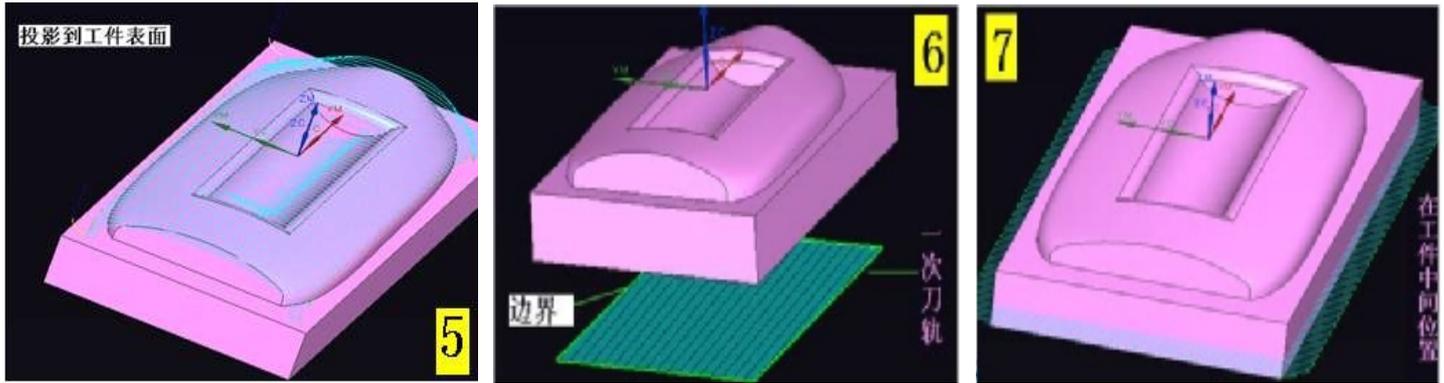
讲到固定轴曲面轮廓铣必涉及到驱动几何体和投影矢量的观念，而在上一节区域铣削驱动加工方法中，并没有投影矢量和驱动几何体的选项，这使我们就没有真正接触到驱动几何体，而在这一节我们就必须要定义驱动几何体，同时再把投影法的概念深化理解一下。打开 X 盘 \lizi\FIXED\_CONTOUR4.prt 文件,已经定义好了几何体信息、加工的刀具以及一个型腔铣的开粗操作。点击创建操作图标  弹出创建操作对话框——→在类型 `mill_contour` 下选择固定轴曲面轮廓铣图标 ，点击确定进入 `固定轮廓铣` 对话框——→上一章讲过在固定轴曲面轮廓中，最主要的两个选项就是：驱动几何体和投影矢量。在初始进入对话框后，可以看到这两个选项，同时看到系统默认的驱动方法是“边界”。

▲，点击  图标进入到 `边界驱动方法` 对话框中(如下图 1 所示)——→指定驱动几何体：点击边界图标  弹出定义边界对话框(如下图 2 所示)发现这与在平面铣极其的相似，其实就是平面铣边界的定义方法——→定义如(下图 3)所示的边界，这一步就定义了驱动几何体——→点击 `预览` `显示`  (如

下图 4 所示) 就会显示一次刀轨的状态。



▲，单击 **确定** 完成回到主对话框中，生成刀轨如下图 5 所示：就会发现一次刀轨投影到零件的表面上了。查看此时的投影矢量为“刀轴”方向，再次分别编辑边界到图 6 和图 7 的位置并生成一次刀轨预览。此时我们来判断一下：投影矢量的方向应该是什么方向呢？从感觉上应该是+Z 方向，其实应该是-Z 方向。再次生成刀轨会发现与图 5 并没有任何的区别！**即是：投影矢量是刀具接近工件的方向，它与驱动几何体所生成的一次刀轨的位置并没有太大的关系。**



▲,至于驱动几何体的定义：一般是利用边界来定义，对于边界的定义我们在平面铣中已经学习过了，是一样的定义方法。然而在边界驱动方式中，还有一种定义的方法即是：在 **空间范围** 下的 **部件空间范围** **最大的环** “环”的定义方式。它是直接利用零件表面的外边缘线来定义切削的区域，此时不再需要定义驱动几何体，这种“环”不需要像边界那样投影到边界平面上，是直接由零件表面的外边缘组成。但一般情况下不用这种方式，因为其定义和使用的原理较为复杂。使用它的首要的条件就是：使用面或者曲面区域来定义零件几何体而不能使用“体”的方式。我们这里就不做介绍了。因为边界驱动方式运用场合较少，而常常被区域铣削所代替，相比而言区域铣削更加简单，它不需要定义额外的驱动几何体。但是边界方式有它独特的运用场合——我们稍后进行讲解。

## 2, 第二个问题：**边界驱动方法**对话框中的参数讲解：

①, 针对边界驱动几何体的：**指定驱动几何体** ——即是要你指定边界以定义驱动几何体；**公差**——内外公差是指边界的，一般要取较小的值以近似于边界，不会影响运算速度；**边界偏置**——即是可以使边界扩大与缩小。正值为小、负值为大。需注意的是：当刀具位置设为对中时，不会应用边界偏置选项——即边界偏置选项不起作用。

②, **驱动设置** 针对一次刀轨的：

**切削模式**：指定刀轨的形状以及刀具从一个刀路移动到另一个刀路的方式。可以有针对性的选择使用。

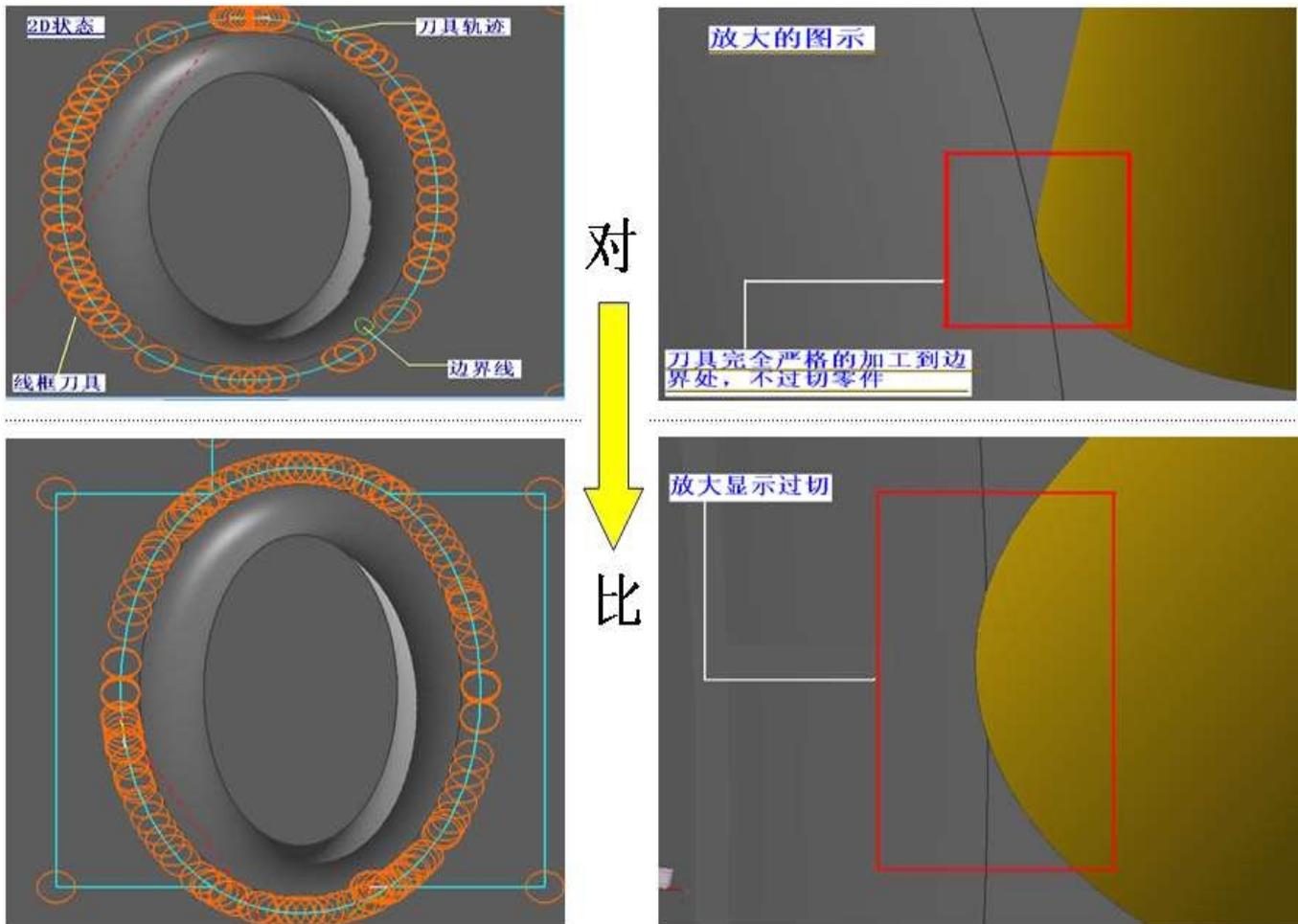
**切削方向**：即顺逆铣。

**刀路方向**：仅用于跟随周边、同心和径向切削模式。指定腔体加工方法，用于确定从内向外还是从外向内切削。

**步距**：控制连续切削刀路之间的距离。**步距**选项会因所用的**切削模式**不同而有所不同。

**3. 第三个问题：边界驱动方法与区域铣削驱动方法的区别所在：**

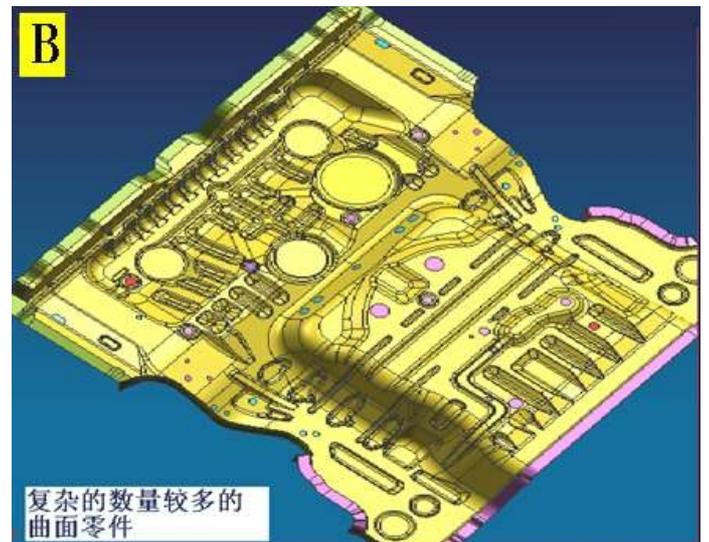
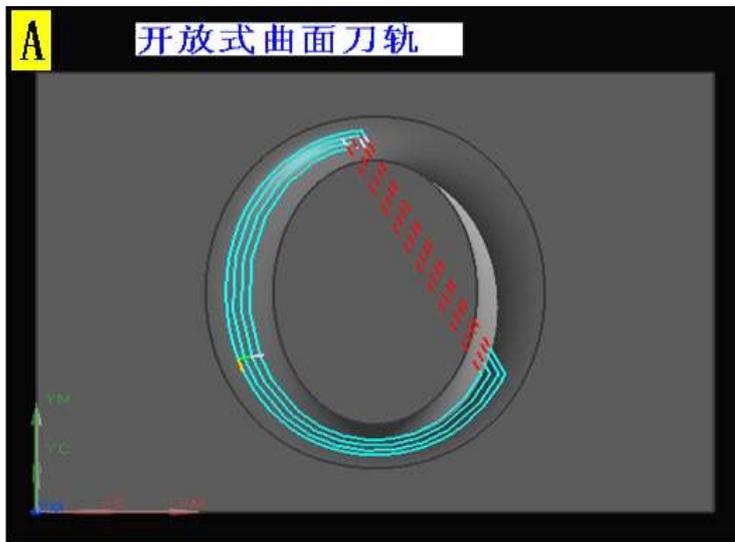
在大部分的情况下，区域铣削都能够代替边界方式，因为区域铣削无需定义驱动几何体又兼之功能更为强大，所以在 **UG** 中提出这样一个观念：只要有可能，尽量使用区域铣削来代替边界驱动方式。但是：是不是边界驱动方式就真的没有用了呢？二者到底在加工效果上有何区别？看下面这几个图示说明：



图示中的上半部是边界驱动方式准确加工到位、图示下半部是区域铣削：在定义非陡峭的 **0度** 的加工方式，有一点过切（如果不进行定义陡峭角度，直接加工这个区域，就会欠切）。但是这个“过切”是系统在设置的公差、余量范围内的过切，是系统允许的轻微的过切。看到这个图示：不禁使我们想起了在平面铣和面铣的对比，它们是一样的道理。这样的效果即是：**区域铣削是以加工干净对象为目的而边界是以控制刀具运动范围为目的。**对于某些零件的成形边缘要求质量比较高建议使用边界方式，这与平面铣和面铣是一样的道理。联系以前的知识你就会发现：**在单面精加工时：你平**

面铣能做到的东西，在固定轴轮廓铣中边界驱动方式一样可以实现，只不过一个是平底直壁的一个是非平底非直壁的；同样你在面铣中能做到的东西在区域铣削中也可以完全实现，也只不过一个是平底的一个是非平底的而已。这样来理解就会深化和融合所学的知识！！

同时：应该知道边界能够做出开放式的刀轨（下图 A）所示，而这是区域铣削永远做不出来的（自己试着做出这个刀轨）。这就是边界驱动方法的特点和优势。另外对于一些曲面比较复杂且数量较多的零件，使用区域铣削选面的话，一是不好选择、二是如果面有质量问题时，则产生的刀轨将不规范。而如果使用边界方式则可以直接用边界框选即可。见(下图 B)所示：



总之：边界驱动方式与区域铣削各有其特点和优势，在大部分情况下使用区域铣削是首选，而当区域铣削不能够很好的控制刀具运动时，可以使用边界驱动方式加以解决。到此为止，我们使用上面两种方式就可以实现大部分的曲面的精加工，下一步就要清理大刀具剩下的残料了。

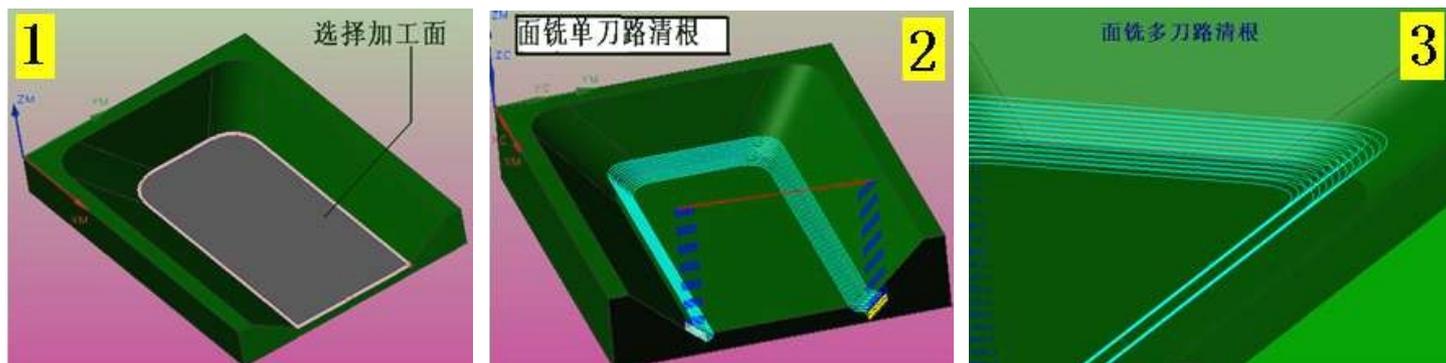
### **第 3 节：径向驱动和清根驱动方式——清根加工的专题讲解：**

这两种方法不言而喻都是用于清理零件的角位材料的，但是如果像其它的教程那样单纯的介绍这些方法，是不能达到它的灵活运用，更不能深刻地理解我们一直强调的 UG 加工思想，更不能有机地与之前的知识结合起来。为此我们在学习这些驱动方式之前，先把之前的知识总结升华一下：希望通过这一章节的讲解，能够使大家的思路拓宽一下，从中可以得到一些启发——继而把用于粗加工、半精加工等等各种方法加以真正灵活的运用。我在这里希望能做到一个抛砖引玉的作用！

1, 清根方法之——面铣方法；

▲，打开文件 X 盘\lizi\FIXED\_CONTOUR1.prt, 这个文件已经创建好了一个 M25R5 的粗加工，并也准备好了一把 M12R1 的刀具。

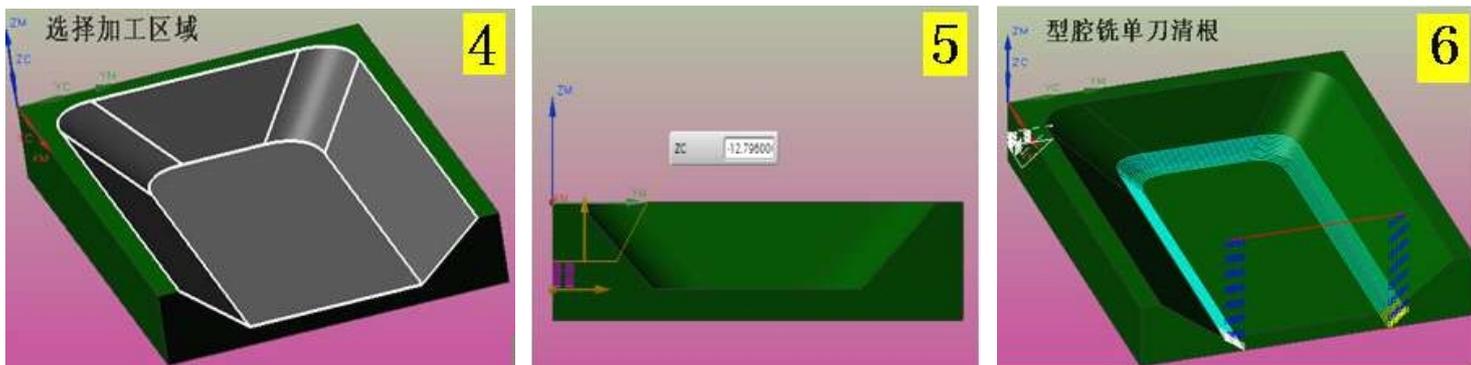
▲，创建面铣操作 FACE MILLING → 选择要加工的面（下图 1 所示） → 定义毛坯距离值为 6（R5 的刀具留下约 5mm 的残料） → 定义切削模式 、每刀切深为 0.5 → 生成刀轨如（下图 2）所示 → 如果觉得余量较大也可以增加附加刀路如（下图 3）所示。



2. 清根方法之一——型腔铣方法：

▲，创建型腔铣操作 CAVITY MILL 1 → 指定切削区域，选择要加工的面（如下图 4 所示） → 定义切削模式 、每刀公共深度为恒定的距离 0.5。

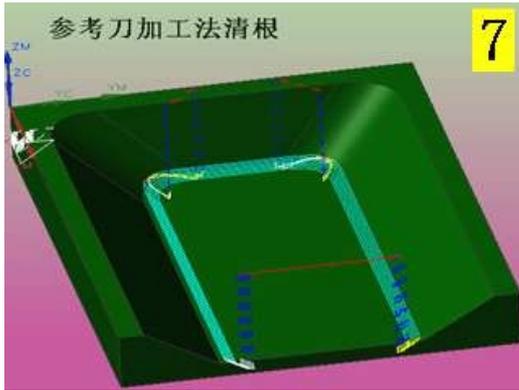
▲，进入切削层对话框定义切削层：单击  图标后，把切削层的顶改为-（18.796-12.796）如（下图 5）所示 → 生成刀轨如（下图 6）所示。自己试着做出多刀路的清根操作。



3. 清根方法之一——参考刀方法：

▲，复制拷贝型腔铣操作名为 CAVITY MILL\_1\_COPY → 恢复切削层的设置为默认状态。

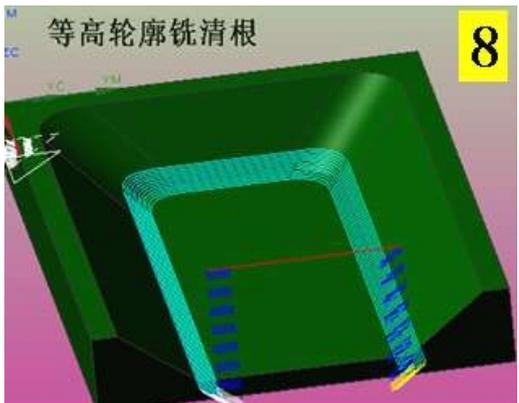
▲，进入切削参数对话框定义参考刀具：使用假想的一把刀具为 D30 的球刀作为参考刀 → 生成刀轨如（下图 7）所示。自己试着做 IPW 的或者使用基于层的 IPW 清根操作。这三种方式基本上我们之前都已讲的很详细了。



4, 清根方法之一——等高轮廓铣方法:

▲, 创建等高加工操作 ZLEVEL\_PROFILE → 指定切削区域, 选择要加工的面 (同上图 4 所示) → 定义每刀公共深度为恒定的距离 0.5。

▲, 进入切削层对话框定义切削层: 单击  图标后, 把切削层的“顶”改为- (18.796-12.796) 如 (同上图 5) 所示 → 生成刀轨如 (下图 8) 所示。



5, 清根方法之一——固定轴轮廓铣的曲面驱动方法:

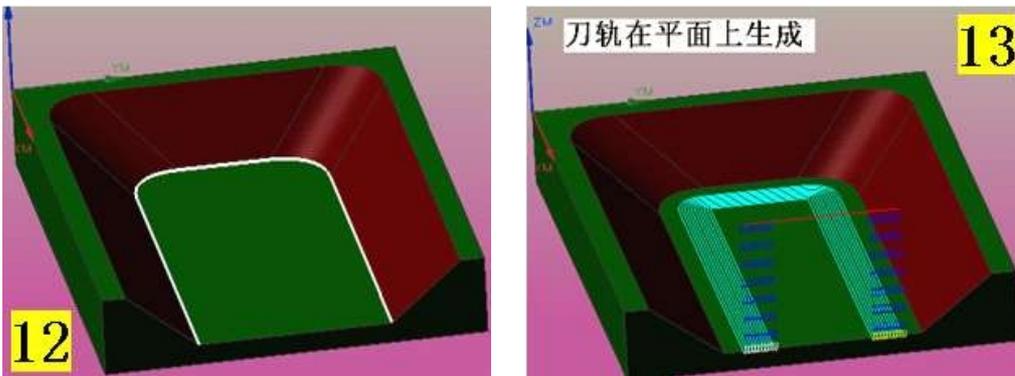
▲, 创建固定轴铣操作 FIXED\_CONTOUR → 选择曲面驱动方式, 选择 (直接点击即可) 驱动几何体的曲面 (红色高亮)、指定切削方向 (点击箭头)、材料侧 (点击箭头即可) (如下图 9 所示) → 点击 **曲面%** 定义曲面百分比如下图 (10) 所示。

▲, 定义步距数为 **切削模式** 、**步距数**  → 确定完成后生成刀轨如 (下图 11) 所示。可以看到这个刀路非常之漂亮。

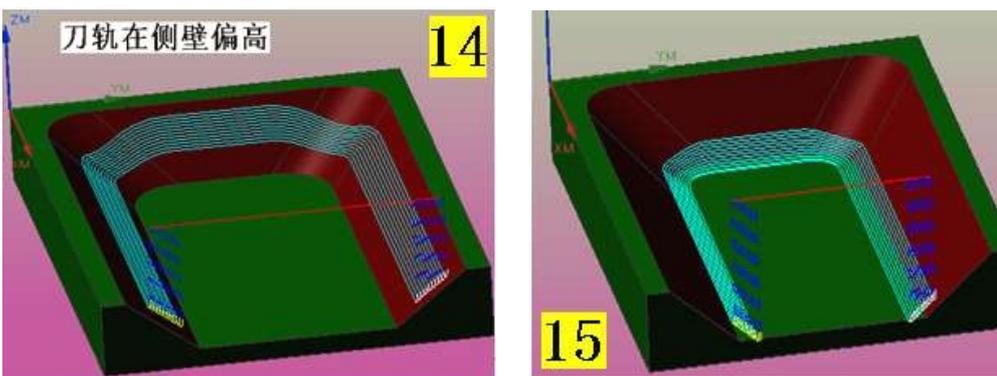


6, 清根方法之一——固定轴轮廓铣的边界驱动方法:

▲, 创建固定轴轮廓铣的边界驱动方法操作 FIXED CONTOUR 1 → 定义边界为曲线/边模式、开放的, 选择如(下图 12)所示的曲线 → 定义 切削模式  轮廓、附加刀路  10 → 生成刀轨如(下图 13)所示。



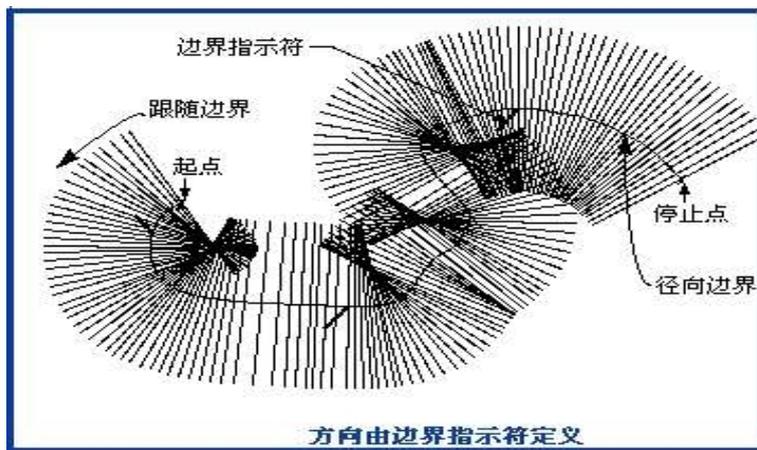
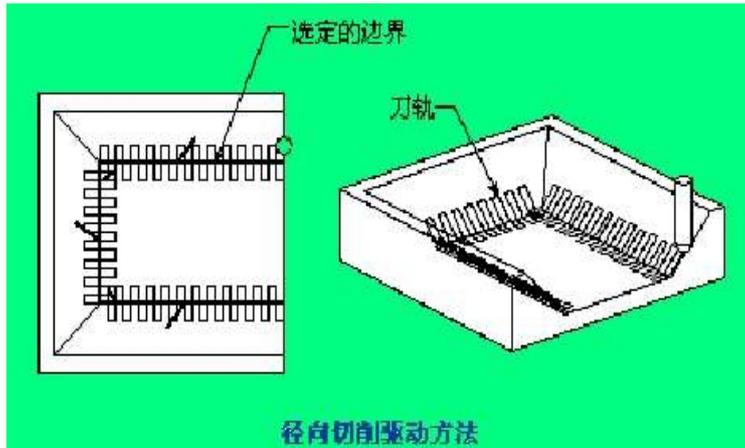
▲, 发现刀轨在平面上生成不正确, 调整边界材料侧为“左侧” → 再次生成刀轨如下图 14 所示, 看到刀路还不正确。继续修改 边界偏置  后, 再次生成刀轨如(下图 15)所示, 这是正确的!



分析: 可以看到对于平底类的零件清角: 面铣、型腔铣、等高加工比较适用; 但是对于非平底的, 你首先要考虑的是固定轴曲面轮廓铣的各种方法!

7, 清根方法之一——固定轴轮廓铣的径向切削驱动方法学习:

综述：径向切削驱动方法允许您使用指定的“步距”、“带宽”和“切削类型”生成沿着并垂直于给定边界的“驱动轨迹”。此驱动方法一般也是用于创建清根操作以及一帶有弧度的曲面加工——因为要保证这些曲面的曲率，而用其它的加工方式就很难保证其加工出的曲率效果。初始时，刀具按边界指示符的方向沿着边界单向或往复移动，如下所示。这可以通过将“跟随边界”切换为“边界反向”来进行更改。见下图所示：

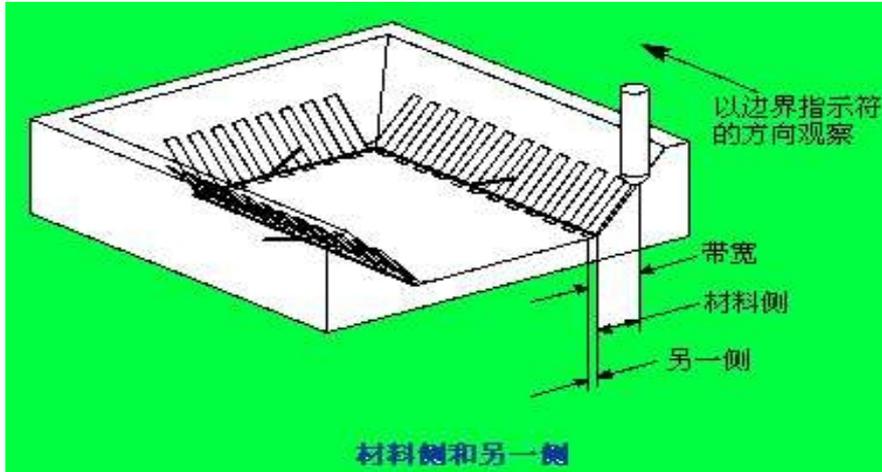


打开径向切削驱动对话框，详解里面的参数选项：

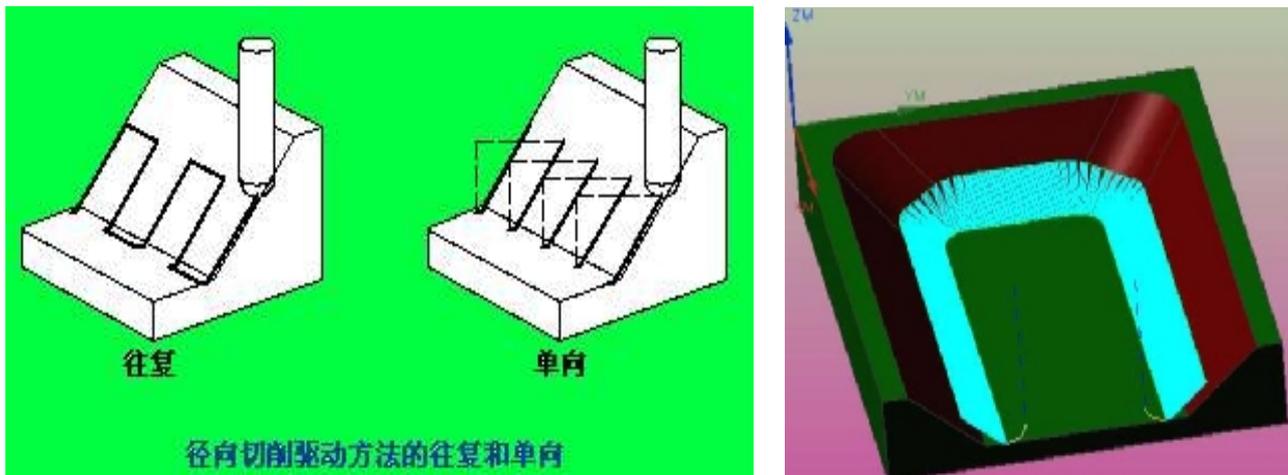
- 1, 首先 **指定驱动几何体**  ：——> 使用曲线来定义边界作为驱动几何体。对于边界的选择 95%以上都是开放的。
- 2, 其次指定：**材料侧的条带**、**另一侧的条带** ——> 定义在边界平面上测量的加工区域的整个宽度。**“宽度”的解释——**

带宽定义在边界平面上测量的加工区域的总宽度。带宽是**材料侧的条带**和**另一侧的条带**偏置值的总和。

“材料侧”是从按照边界指示符的方向看过去的边界右手侧，或者直接就是边界指示符的一侧如下所示。“另一侧”是左手侧。“材料侧”和“另一侧”的总和不能等于零。另一个要注意的是：就是上面讲过的要考虑刀具的真实形状，一般要在带宽的基础上再加上一个刀具半径。下图所示：



3, 再次指定   或  ，只有这两种方式。见下图所示。



4, 必要的要指定:  : 步距允许您指定连续的“驱动轨迹”之间的距离。步距为直线距离。4 种方式。其它参数不再介绍。

根据上面知识讲解自己做出如上图的径向清根刀路。下面再做一个练习，以熟悉所讲的知识：

▲，打开文件 X 盘\lizi\FIXED\_CONTOUR3.prt, 这个文件已经创建好了一个 M8 的等高粗加工，并也准备好了一把 B6R3 的刀具。

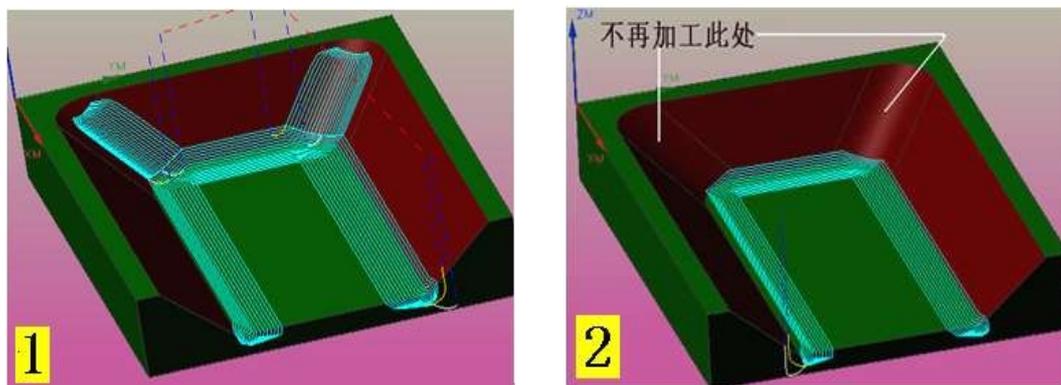
▲，现在我们要对零件的上半部进行精加工，分析一下：这是一个曲率较大的曲面，用别的加工方式很难保证其曲率的效果，例如用区域铣削。而如果使用径向方法沿着曲面的曲率方向进行“爬面”是个不错的选择！

▲，创建固定轴的径向切削 FIXED\_CONTOUR 操作——→使用 B6 的刀具并选择径向切削方式进入对话框：首先指定驱动几何体边界（下图 a 所示）——→指定步距为恒定的 0.5、顺铣、往复式——→指定带宽：观察材料侧的指示符确定材料侧（如下图 b 所示）：首先在另一侧确定带宽值为 4（大出刀半径 3）、再进一步确定材料侧的宽度为 15.7（据测量）+3（刀具半径）——→确定完成生成刀轨如下图 c 所示。模拟结果显示效果非常好。



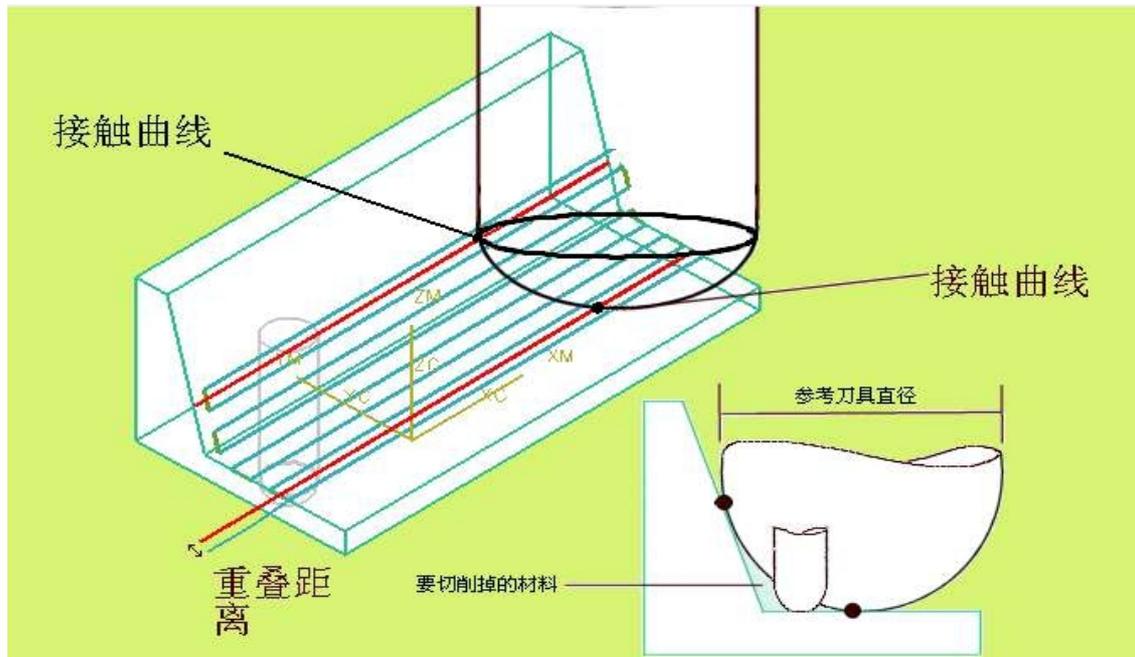
## 8, 清根方法之一——固定轴轮廓铣的清根方法——专业的清根工具学习：

▲，创建固定轴曲面轮廓铣加工操作 FIXED\_CONTOUR\_2——→选择清根方式出现对话框，不做任何参数设置直接点击确定完成生成刀轨如（下图 1）所示：



▲，可以看到系统直接在零件的角部位置生成了刀轨，点击图标进入对话框发现：它默认的是参考刀加工法，且默认的是参考刀具直径为 45——→在这里注意的是：在清根操作中的参考刀具是参照的球刀而非其它类型的刀具！见下面的说明：

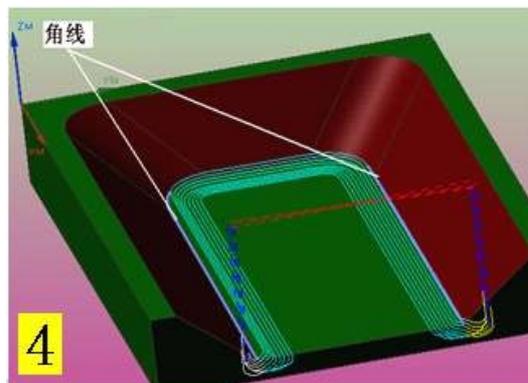
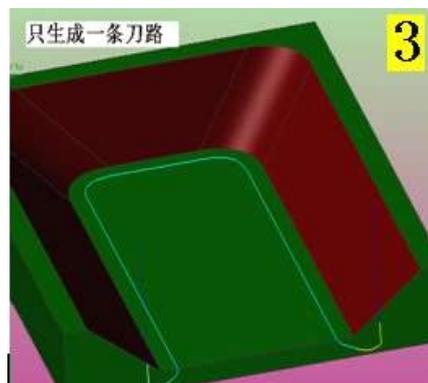
“参考刀具直径根据粗加工球刀的直径来指定精加工切削区域的宽度。软件根据指定的“参考刀具直径”计算双切点，然后用这些点来定义精加工操作的切削区域”。可见要想生成刀轨必须刀具必须在不同的两点接触这两个部件表面——即必须存在两个‘双切点’。注意：为“清根驱动方法”选择“刀具”时，建议选择“球头刀”以获得最佳效果。如果选择外圆刀具或平头刀具，则刀轨可能会出现不能令人满意的结果。



▲，直接修改参考刀具直径为 30，再次生成刀轨可以看到加工区域明显减小了。如（上图 2）所示：

▲，清根类型除了参考刀外还有单刀、多刀路。单刀路比较简单（如下图 3 所示）。多刀路需设置

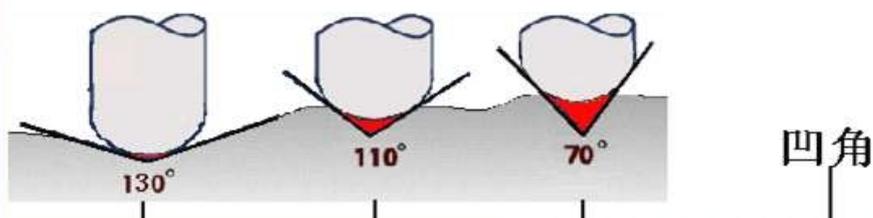
每侧步距数 （即在角线的两侧）生成刀轨如（下图 4）所示。



※ 详细学习：说明：在固定轴曲面轮廓铣中：清根驱动方法是唯一不是按照投影法运算的方式。

### 清根驱动方法可用于：

- ▶ 高速加工。
- ▶ 精加工之前移除拐角中的多余材料。
- ▶ 移除之前较大的球刀遗留下来的未切削的材料。



### 清根驱动方法执行以下操作时，最大的优点在于：

- ▶ 沿部件表面形成的凹角和凹部可以一次生成一层刀轨。
- ▶ 为陡峭区域和非陡峭区域提供不同的切削模式。
- ▶ 为带有多个偏置的操作提供排序选项，例如  内侧向外。
- ▶ 这些选项帮助生成更恒定的切削载荷和更短的非切削移动
- ▶ 在凹部末端提供光顺转向。

综述：此种方法——系统全面的检查零件几何体后，找到那些在前面的操作中刀具加工不到的区域，自动的沿工件的凹角和凹谷生成刀轨。

打开清根对话框，详解里面的参数选项：

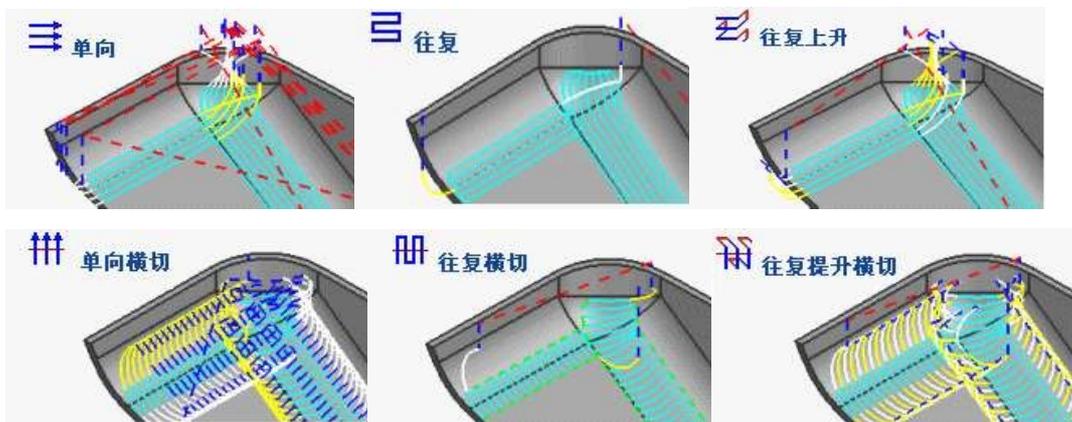
- 1, **最大凹度**  → 指定当前操作中包含的凹部的最大角度。例如，如果在**最大凹度**框中输入 120，该操作将加工 110 和 70 度的凹部，但不加工 130 度的凹部。见上图所示：
- 2, **最小切削长度** → 移除小于指定深度的刀轨切削移动。 **连接距离** → 合并由小于指定距离分隔的铣削段。这与前面在等高加工中讲的意思差不多。
- 3, **清根类型** → ①, **单刀路** → 生成刀具沿凹角和凹部行进的一条切削刀路。  
②, **多刀路** → 从中心清根任一侧或从内到外生成多条刀路。指定步距以定义刀路。  
③, **参考刀具偏置** → 从中心清根任一侧或从内到外生成多条刀路。这个原理与之前讲的基本一样。即是用当前操作中的较小刀具来移除较大参考刀具无法进入的未切削区域中遗留的材料。用较大刀具粗加工一个区域时，此选项对于粗加工之后的清理加工有用。指定参考刀具

直径以定义要加工的区域总宽度（即加工范围），指定步距距离值以定义内部刀路层切深度或刀间距。

4, **陡峭空间范围**——指定陡角的度数将区域视为陡峭所需的角度。即大于此角度的为陡峭区，而小于此角度的为非陡峭的平坦区。该角是在水平面与中心清根的切向矢量之间测得的夹角。可以输入一个介于 0 和 90 之间的值来加以指定。在 UG 新的版本中可以实现非陡峭区和陡峭区指定不同的切削模式，这在以前的版本中是无法实现的——这极大的提高了清根的能力。

①, **非陡峭切削**：

切削模式：**无**——不切削非陡峭区域。其它方式与前面的知识基本一致。各示意图如下：



注：下面三种可以用于参考刀方式。

切削方向：顺铣、逆铣和混合。不再赘述。

步距：这个用于**多条刀路**和**参考刀具偏置**选项。是指定连续切削刀路之间的距离。它是沿部件表面来测量的。注释：（对于切削区域来说，“清根”刀路能够最大限度减少提升，并维持相同数量的刀路。当切削区域宽度变化时，实际步距可能因此而不同于指定的步距值，但它仍然会保持在最大步距值范围内）。

其中每侧步距数——是指在多刀路中指定在中心“清根”两侧生成的刀路数。

顺序：决定**单向**、**往复**或**往复上升**切削刀路的执行顺序，对横切方式无效。用于**多条刀路**和**参考刀具偏置**方式。UGNX 提供了如下几种方式：

1\*, **由内向外**：从中心刀路开始加工，朝外部刀路方向切削。然后刀具移动返回中心刀路，并朝相反侧切削。

2\*,  **由外向内**: 从外部刀路开始加工, 朝中心方向切削。然后刀具移动至对侧的外部刀路, 再次朝中心方向切削。

3\*,  **由内向外交替序列**: 从中心刀路开始加工。刀具向外级进切削时交替进行多侧切削。如果一侧的偏移刀路较多, 软件对交替侧进行精加工之后再切削这些刀路。

4\*,  **由外向内交替**: 从外部刀路开始加工。刀具向内级进切削时交替进行多侧切削。如果一侧的偏移刀路较多, 软件对交替侧进行精加工之后再切削这些刀路。

5\*,  **后陡**: 从凹部的非陡峭侧开始加工。

6\*,  **先陡**: 沿着从陡峭侧外部刀路到非陡峭侧外部刀路的方向加工。

## ②, **陡峭切削**:

切削模式:  无  $\rightarrow$  不切削陡峭区域。同**非陡峭**  $\rightarrow$  即是应用**非陡峭**切削模式。其它方式见上述所讲。

陡峭切削方向: 可用于**单向**、**单向横向切削**、**往复横向切削**和**往复上升横向切削**切削模式。

1\*, **混合**: 根据需要沿**高到低**或**低到高**方向切削。**混合**切削方向不支持**高到低**或**低到高**切削方向。

2\*, **高到低**: 加工从高端至低端的刀轨陡峭截面。

3\*, **低到高**: 加工低端至高端的刀轨陡峭截面。

其它参数同上, 不再赘述。

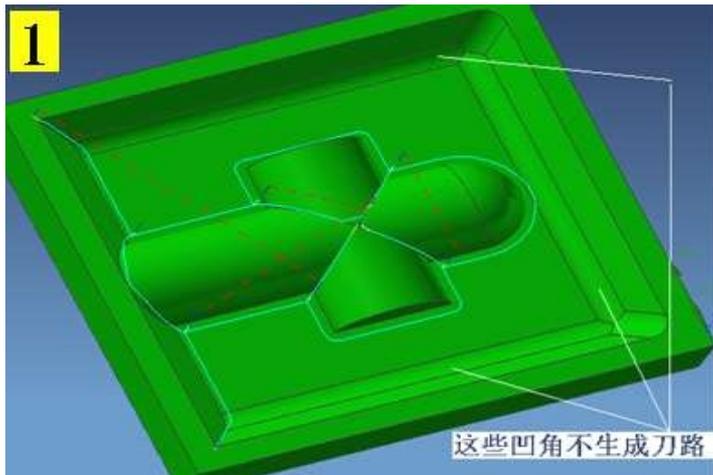
5, **参考刀具**  $\rightarrow$  这个不再细讲了, 前面说的够多的了。不过要注意以下几点: ①输入的直径值必须大于当前使用的刀具的直径; ②要加工区域的宽度由参考刀具直径定义; ③将要加工区域的宽度沿剩余材料的相切面延伸指定的距离。应用的**重叠距离**值限制在刀具半径内。

6, **输出** 下的 **切削顺序** **自动**: 一般不会用到, 除非前面的所有方法不能解决时, 才启用这个选项进行手工编辑清根的刀路。手工编辑的话会很麻烦, 所以一般情况下都不会用到。

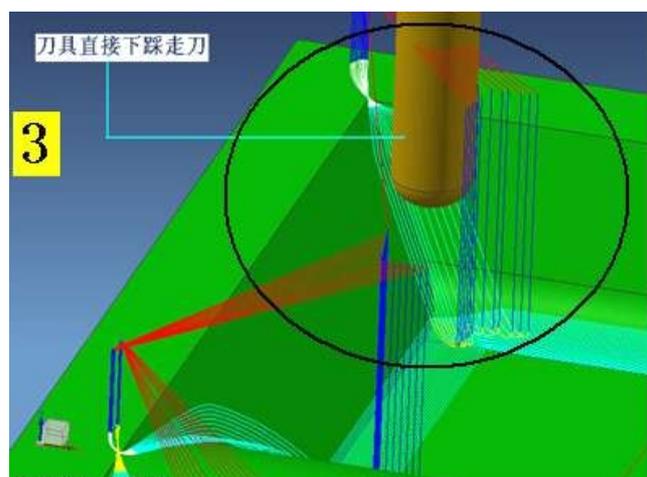
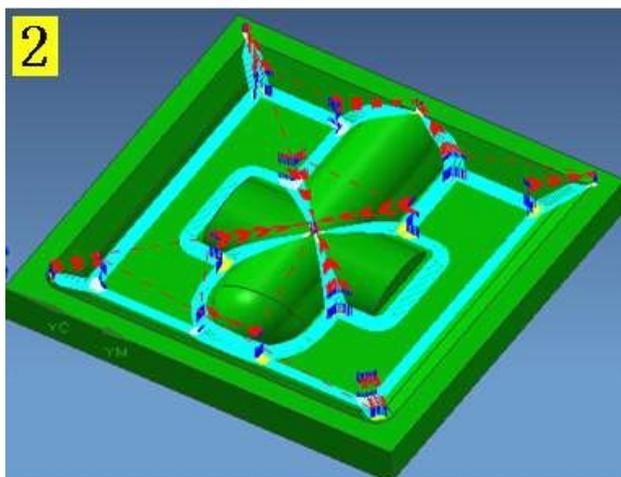
下面通过一个典型的案例进行学习深化这些知识要点:

▲，打开文件 X 盘\lizi\FIXED\_CONTOUR2.prt, 这个文件已经创建好了一个 M20 的等高精加工，并也准备好了一把 B10R5 的刀具准备清角。

▲，创建固定轴铣的清根操作并进入对话框——选择清根类型  生成刀轨，主要是查看刀路生成的范围，发现有的凹角部位已经加工到位。在此部位不再生成刀轨。如（下图 1）所示。说明我们在进行清角时，要设置较大的参考刀或设置重叠距离，才可以完全清理掉残料。

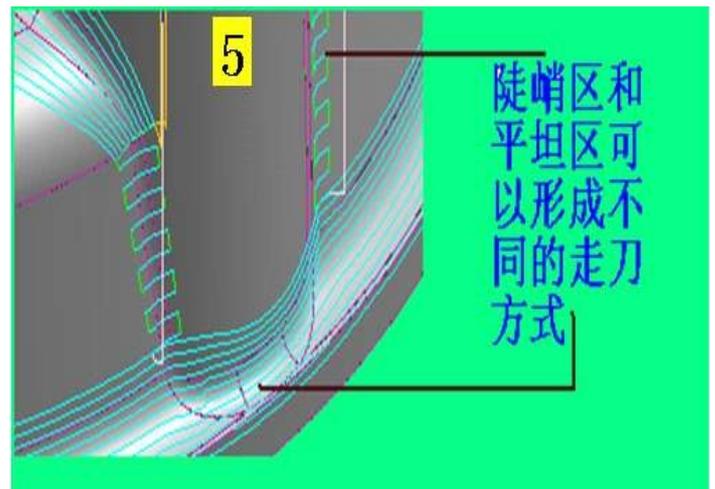
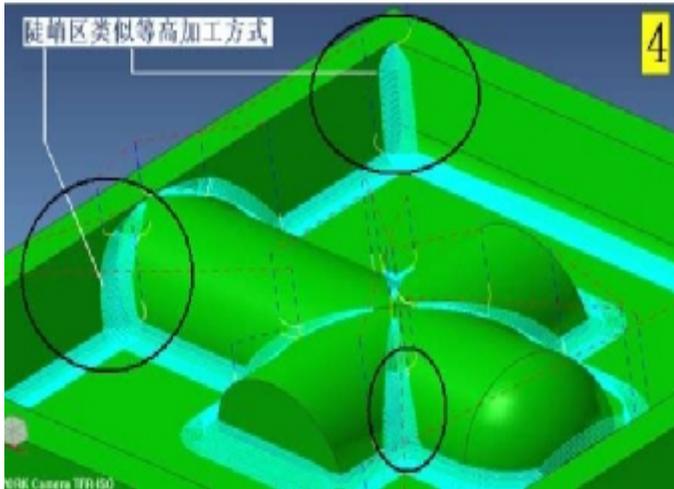


▲，选择使用清根类型 ，设置使用的参考刀具为 D25 并重叠距离为 1，生成刀轨如（下图 2）所示。在所有的凹角部位都生成了刀轨。发现问题：在陡峭和非陡峭的区域都采用了一样的走刀方式（如下图 3 所示），这是不合理的。



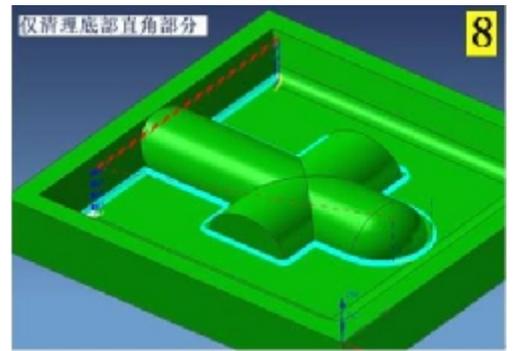
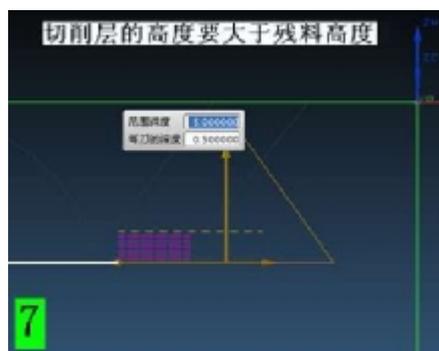
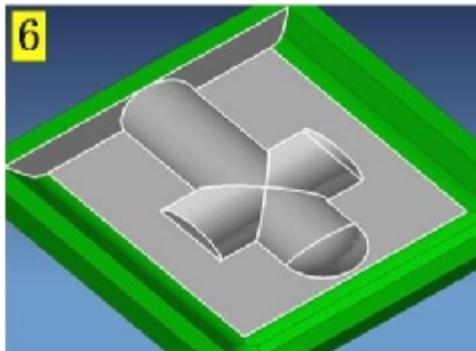
▲，在陡峭区域直接向下走刀这是很危险的，应该类似于等高的方式比较合理：点击  图标进入对话框，进行修改参数——首先修改陡角度为 25 度，划分陡峭范围——修改非陡峭区的参数：

步距 、非陡峭切削模式 、顺序  ——修改陡峭区的参数： 、步距 、  
陡峭切削方向  ——确定完成再次生成刀轨如（下图 4）所示。



▲，上（图 5）所示的是对这个功能的解释图示说明，这个功能可以实现零件的所有凹角部位的最优化走刀。

▲，改用平刀清理底部：因为有些部位是平底直壁的，B10 的球头是不能加工干净的——→创建 D10 的平刀，创建使用等高加工进行清理底部。——→选择加工区域如（下图 6）所示、切削层设定如（下图 7）所示、生成刀轨如（下图 8）所示。具体的操作过程自己练习。



## 第 4 节：刻字加工专题讲解：

在平面铣、型腔铣中都有一个文本加工方法，我们一直没有讲解。同样在固定轴中也有一个文本的驱动方法。这些加工的方法主要就是在零件上进行刻字或是做些标志之类的。这一小节我们就讲解这个问题并附带的讲解——点/曲线驱动方式。

### 1. 平面文本刻字和曲面文本刻字：

在 UG 中提供了简单的刻字功能：两种类型：①——平面刻字  PLANAR\_TEXT；②——曲面刻字  CONTOUR\_TEXT 曲面文本。这两种类型工作原理基本一致：即是：软件沿刀轴向零件表面投影文本，刀具沿着字体的笔画，以对中的方式，生成刀具轨迹。

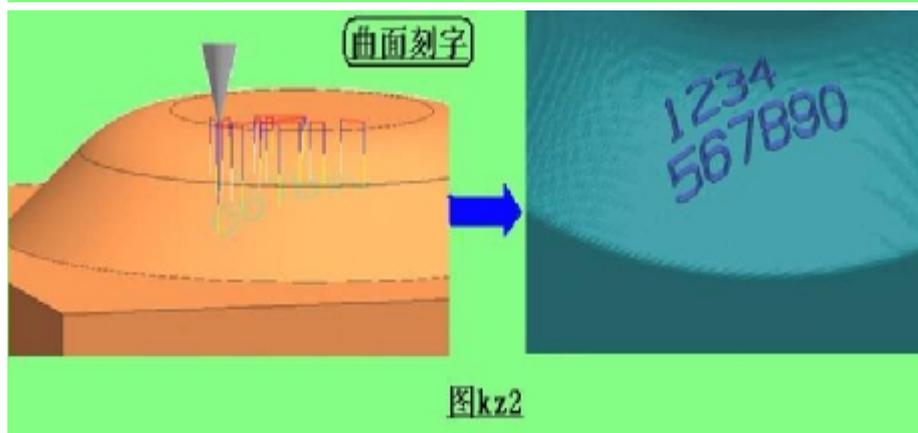
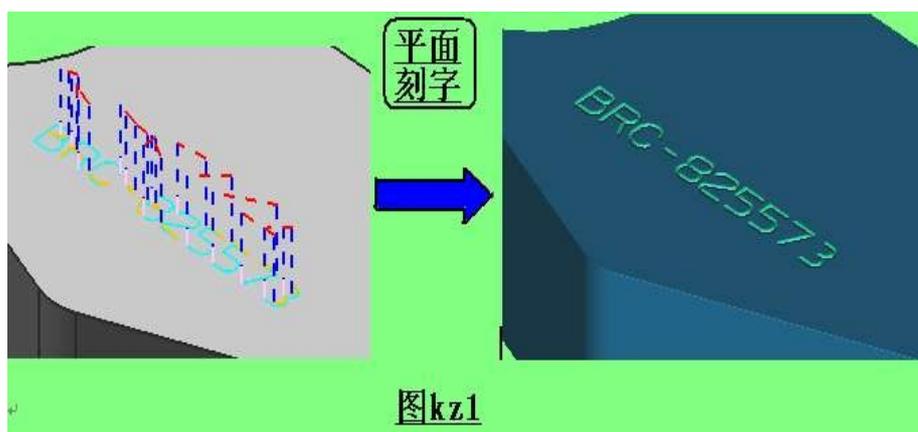
### 注：基本注意事项：

①只能选择制图文本作为要雕刻的几何体。创建此操作之前必须首先创建制图文本。

②刀轨与制图文本关联。如果文本更改，则生成此操作以更新刀轨。

③“修剪边界”与“检查边界”被忽略。

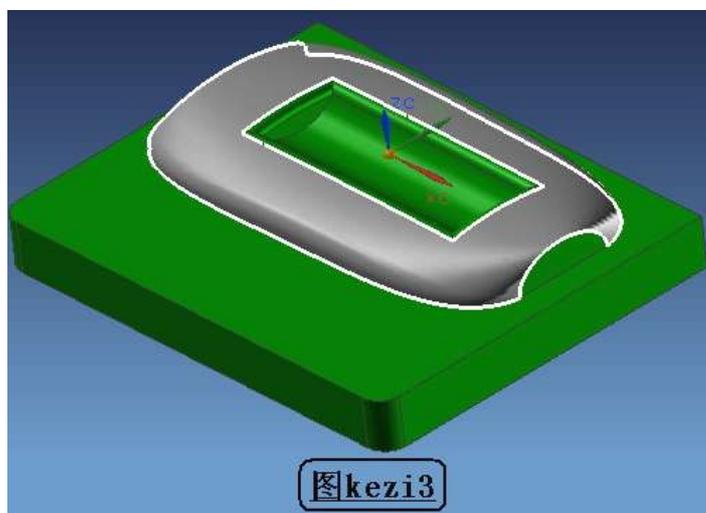
④在曲面上刻字，一般使用球刀加工，且切削深度不能大于刀具半径，否则刀轨将不可靠！



案例操作练习讲解：

- 1, 打开文件 X 盘\lizi\kezi-1, 已经创建好了坐标系、安全平面、WORKPIECE 几何体信息, 刻字加工的刀具: D2R0.5 和 B2 球刀。刻字加工首先要创建 UG 注释的制图文本——这种加工方式只能选择这种字体类型。
- 2, 单击 开始 按钮进入 制图 当中: 进入以后首先关掉 基本视图 对话框——→在主菜单中单击 视图——→选择 显示图纸页 后, 零件显示在屏幕中, 先建立定位坐标系——依次选择单击 格式、 WCS、 定向、 点在面上、 U 向参数 、 V 向参数  建立如 (下图 kezi3) 所示的坐标系——→选择注释编辑器 弹出 注释 对话框, 直接在 文本输入 框中编辑字体并选择一种中文字体类型 (下图 kezi4) ——→直接使用鼠标把字体拖拽至想要的位置, 双击鼠标左键即可 (下图 kezi5), 这样字体就建立好

了，下面就进入加工。

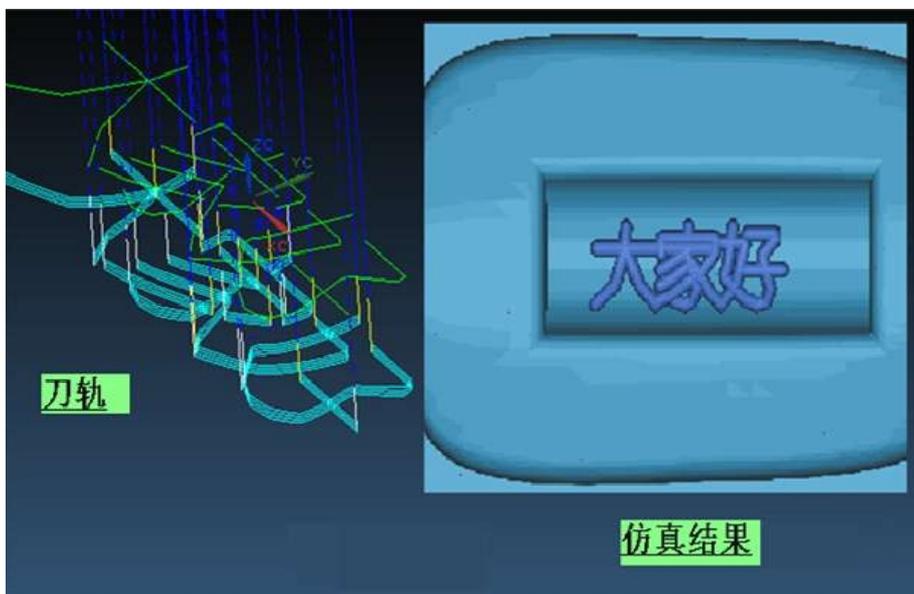


3. 单击创建操作 ，或选择插入→操作，使用 B2 球刀创建操作并进入对话框如（下图 kezi6）  
→在几何体组中，单击指定制图文本 ，弹出文本几何体对话框，直接在图形窗口中，选择制图文本字体。单击确定回到主对话框。



图kezi6

4. 在 **刀轨设置** 定义区中，定义 **文本深度** 为 **1** 即切削的文字深度——进入切削参数对话框：定义 **部件余量偏置** 为 **1.00**、 **多重深度切削**、**步进方法** 为 **刀路**、**刀路数** 为 **4** 即是分 **4** 刀切削加工——生成刀轨如（下图 kezi7）所示。



图kezi7

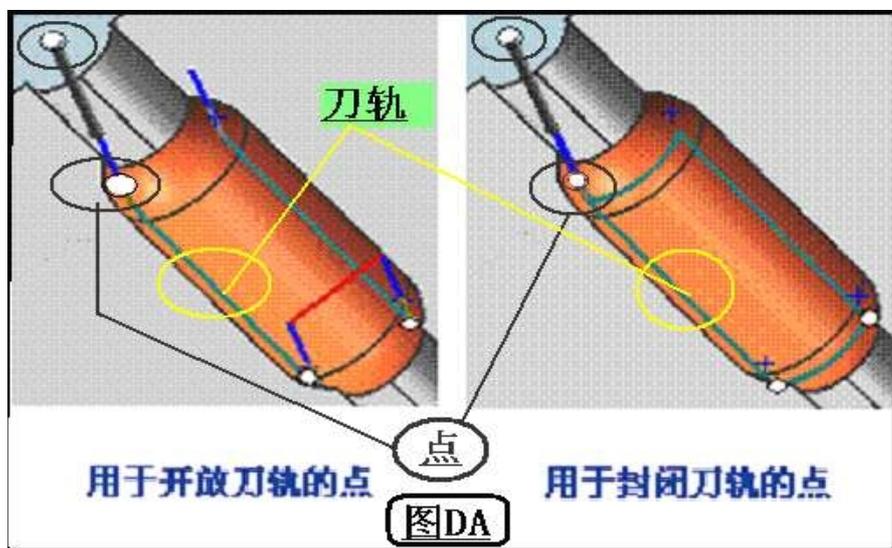
说明：UG 所提供的这些刻字功能比较简单，这种加工方式只能局限于加工这些文本字体，对于平面文本刻字其基本的方法：也是选择文本字体，再选择一个底面，其它的方式基本与曲面刻字一样。我就不在这里做详细的步骤演示了。大家自己试着做出来。

正是由于这种加工方式只能局限于加工这些文本字体，所以也只能刻些简单的标志符号而已。真正的刻字加工，往往是使用其它的加工方式来完成的。下面我们就来学习一种也能用于刻字加工的驱动方法——曲线/点驱动方式：

## 2. 曲线/点驱动方式基本讲解：

综述：使用曲线/点驱动方法就是指——通过指定点或者选择曲线或面边缘定义驱动几何体。

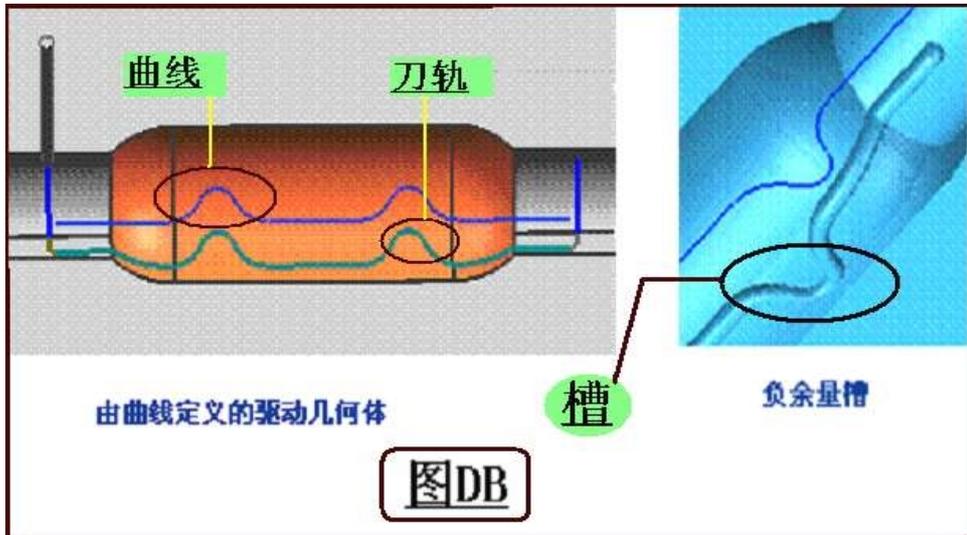
- ▶ **指定点后，“驱动轨迹”创建为指定点之间的线段：**当由点定义“驱动几何体”时，刀具沿着刀轨按选择的顺序从一个点运动至下一个点。可以多次使用同一个点（只要不在序列中连续重复选择它）。也可以通过选择同一个点作为序列中的第一个和最后一个点，从而创建封闭的刀轨。如下图 DA 所示。注：如果只指定一个驱动点，或者指定几个驱动点使得部件几何体上只定义一个位置，则不会生成刀轨且会显示出错消息。



- ▶ **指定曲线或边时，沿选定曲线和边生成驱动点：**驱动点投影到部件几何体上，然后在此生成刀轨。曲线可以是开放的或封闭的、连续的或非连续的以及平面的或非平面的。当由曲线或边定义“驱动几何体”时，刀具沿着刀轨按选择的顺序从一条曲线或边运动至下一条，对于开放曲线和边，

选定的端点决定起点。对于封闭曲线或边，起点和切削方向由选择线段的顺序决定。也可以用指定原点曲线命令修改原点。

注：可以使用负余量值，使该驱动方法允许刀具只在低于选定部件表面切削，从而创建如下图所示的槽。见下图 DB 所示。



#### 曲线/点驱动方法对话框中参数介绍：

**\* 选择曲线 (0)**   用于通过选择现有曲线、边或点来指定曲线。 **曲线**  允许从图形窗口选择曲线。

**点构造器**  允许将点创建或选择为独立的流动/交叉实体或用于桥接间隙——这个仅在不能使用**捕捉点**工具条从现有几何体来推断点并且希望创建一个新点时，才需要使用**点构造器**。

**反向**  选定曲线或边时处于活动激活状态时，点此可以反转活动驱动集（驱动几何体）的方向。

**指定原始曲线** ：当您选择多条形成闭环的曲线或边时，可以指定原点。

**定制切削进给率**：可以为当前的所选择的曲线或点集指定不同的进给率。

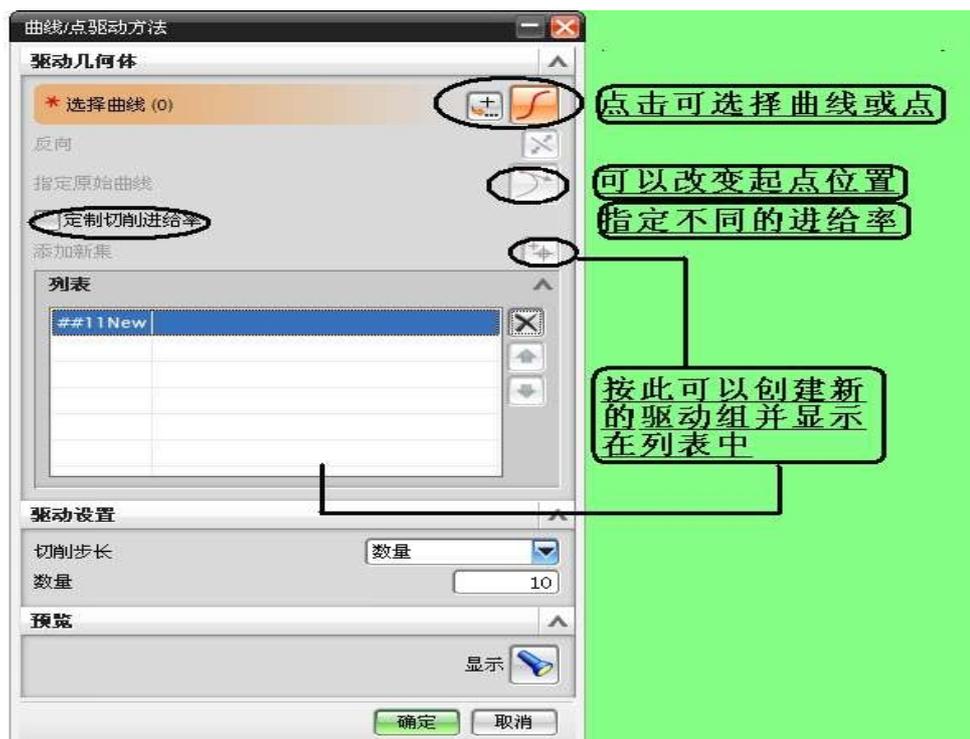
**添加新集**  到 **列表** 中： 点击 **添加新集**  就可以在列表中创建新的驱动集并会同时激活

**\* 选择曲线 (0)**  ，就可以再次选择曲线。创建的新集就放在列表中活动驱动集的后面。**列表是：**显示指定的驱动集，并允许删除不需要的集或者通过使用**上移**  和**下移**  箭头，也可以更改驱动集在列表中的次序。

提示：①要激活现有驱动集，请单击相应行。随后就可以向集添加曲线或点集或者从中删除曲线或点集。

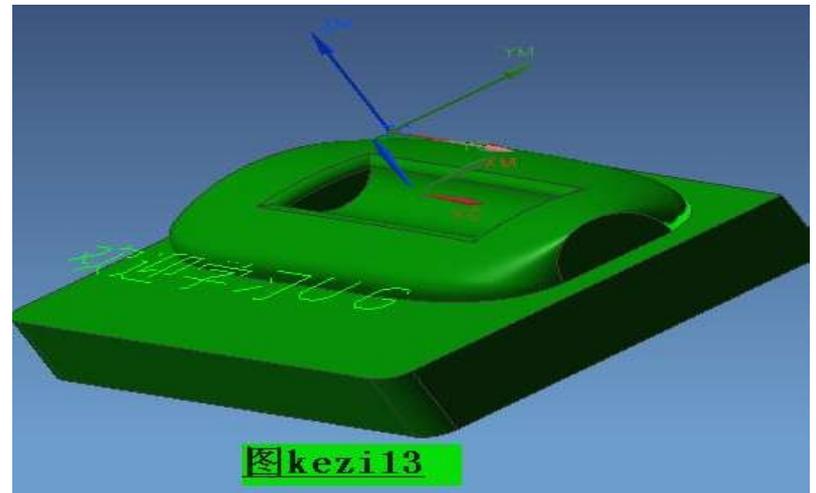
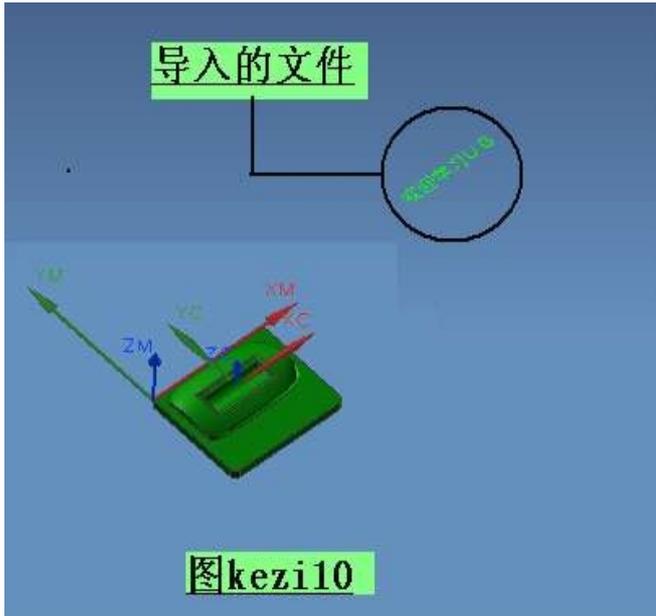
②单个驱动集内实体间的缝隙用线性驱动段桥接。若要用非切削运动而非驱动段连接实体，请将它们放在单独的驱动集内。

驱动设置 下： 切削步长 数量 切削步长 公差：即是两种指定方式：可以在数量或公差之间选择。数量越大公差越小，刀轨越光顺。

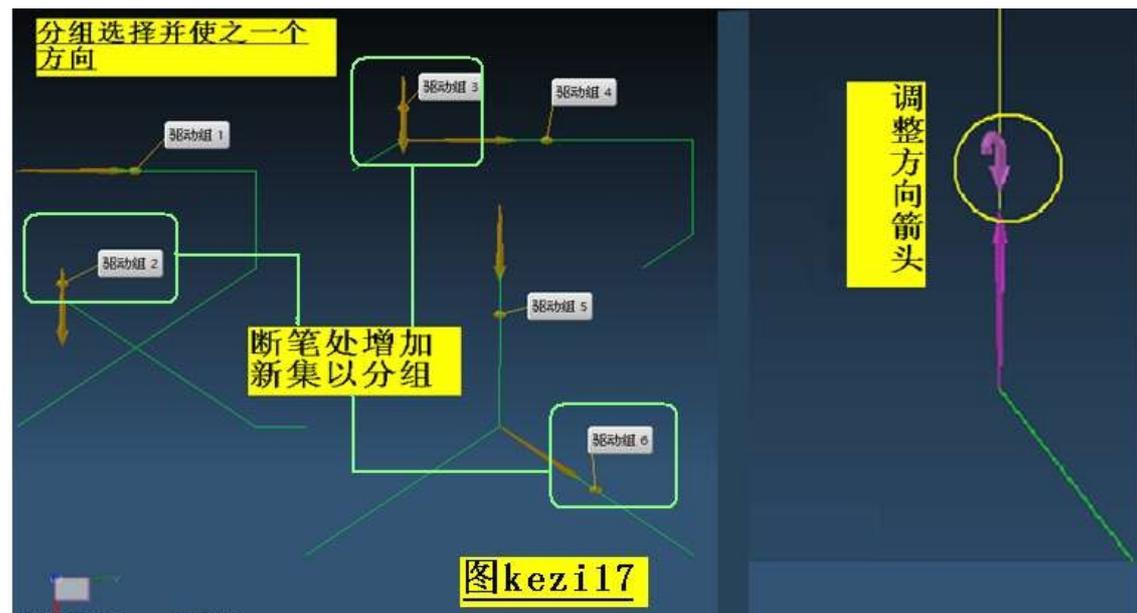
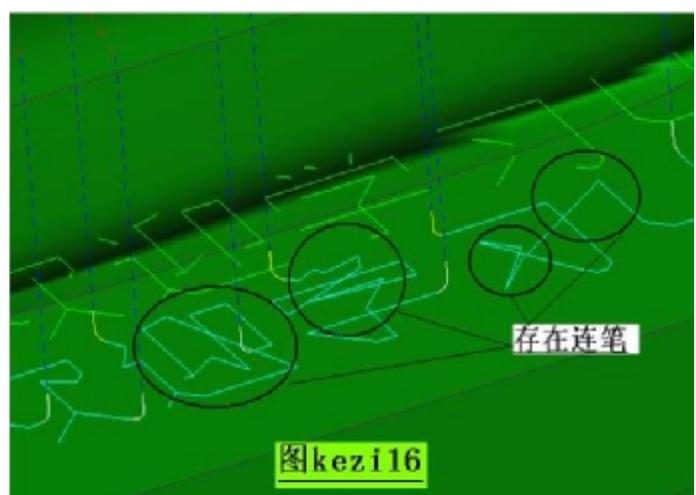
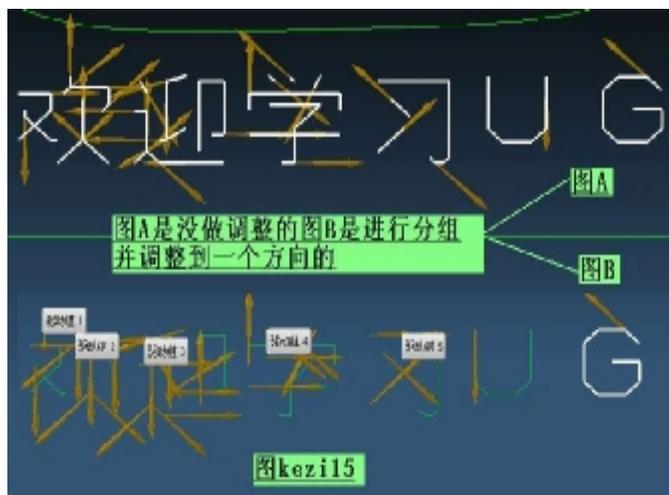


下面我们还是以刻字加工为例讲解曲线/点的使用方法——由线条构成的字体，不能使用文本加工方式进行刻字，所以我们就需要别的加工方式进行加工了。这种由线条构成的字体，大多数是有：AutoCAD 等其它的软件做出的线条文字，这种线条文字是在实际加工中是被经常使用的——这种字体是作为一个文件导入到 UG 中被使用的：继续前面的案例步骤——

5. 导入 CGM 格式的文件 X 盘\lizi\Administrator\_kezi-1.cgm, 可以看到导入的文件离着零件较远且不是需要的位置，所以需要移动：在主菜单中点击 编辑(E) 选择 移动对象(O)... 弹出对话框，按照（下图 kezi11）所示首先选择字体文件，指定一个所示的出发点，确定后继续指定移动的终止点（下图 kezi12）所示，确定完成字体文件移动到零件之上（下图 Kezi13）所示。

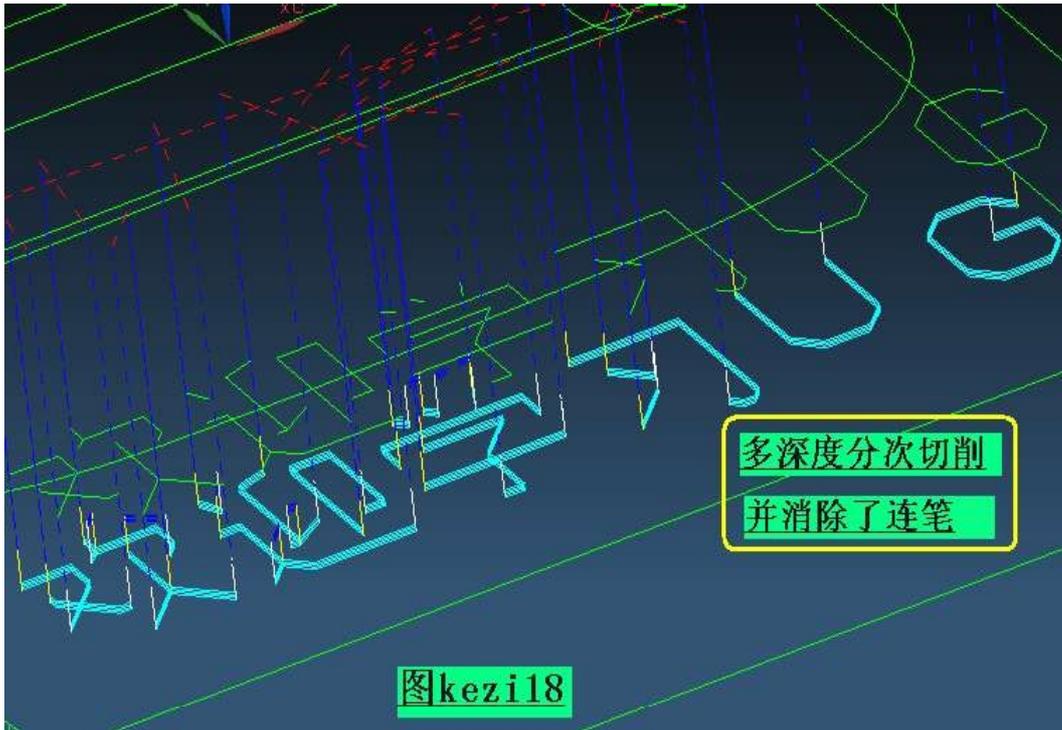


6, 创建固定轴曲面轮廓铣操作并进入对话框, 选择使用点/曲线驱动方式, 弹出相应的对话框(下图 kezi14) 所示——> 点击 **\* 选择曲线 (0)** 依次选择图中的字体曲线, 选择后要进行箭头方向的调整: 依次调整到一个方向 (注意: 选择时最好要分组选择, 这样容易调整方向。调整方向时在箭头处停留鼠标出现反向箭头时双击左键即可) 下图 kezi15 所示——> 在 **驱动设置** 下设置 **数量**  (即是增加点数以保证加工效果, 特别是由曲线构成的) ——> **确定** 完成回到主对话框, 点击图标  生成刀轨如下图 kezi16 所示。仔细观察刀路发现问题: 一是有连笔; 二是没有加工深度。

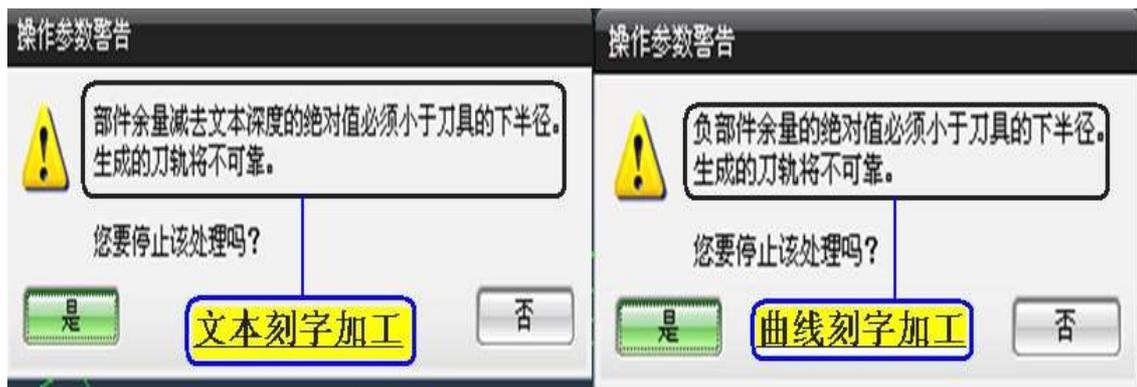


7, 改正上面两个问题: 重新选择曲线, 每选择一组曲线后点击 **添加新集**  再继续选择下一组, 直至

全部选完（注意在“断笔处”分组）上图 kezi17 所示。选择完成单击 **确定** 回到主对话框——→ 点击 **切削参数** 进入对话框：**多刀路** 选项卡下：**部件余量偏置** 、 **多重深度切削**、**步进方法** 、**刀路数** ；**余量** 选项卡下：**部件余量** 。请注意：在点/曲线加工中带波浪线这样参数的设置，而在文本加工中是： **部件余量偏置** 、**文本深度** 。然后再次生成刀轨如下图 kezi18 所示。



**8, 注意一个问题：**不论是文本刻字或是线条加工：它的加工深度都是不能大于刀具的下半径，否则生成的刀轨将不可靠！譬如：在上面的操作中：①在名为：1\_TEXT 的操作中如果改变：**文本深度**  参数，再次生成刀轨时就会弹出报警对话框；②在名为：FIXED\_CONTOUR\_1 的操作中如果改变：**部件余量** 、**部件余量偏置**  参数，再次生成刀轨时也会弹出报警对话框，如下图 kezi19 所示。但是在实际加工中，往往是要加工较深的深度，那怎么办呢？在实际加工中往往采取下面两种方法加以解决！



图kezi19

### 解决的方法:

①：“骗刀法”：我们观察到无论是文本加工或是曲线加工，刀具中心位置都是“对中”线上或是文字线条上的，不存在刀具偏置问题。所以我们可以使用较大的刀具进行计算刀轨，从而避免不能大于刀具下半径的问题，然后在实际加工时却用我们需要的较小刀具加工。例如：上例操作中，我们可以使用直径为 4mm 的球刀进行计算刀轨，加工深度为 2mm，而在加工中却使用直径为 2mm 的球刀或者也可以使用平底刀进行加工就可以了。

②：“变换法”：不论是文本刻字加工或是曲线刻字加工时，不需要定义文本深度或是部件余量偏置选项，这时就不会产生报警对话框——因为我们不使用这些选项，也就不存在什么“不能大于刀具下半径”的问题了。复制操作 FIXED\_CONTOUR\_1 名为 FIXED\_CONTOUR\_1\_COPY 的操作，取消掉

部件余量偏置 1.、多重深度切削、步进方法 刀路、刀路数 4；**余量**选项卡下：部件余量 -1.00 这些参数选项——→直接生成没有加工深度的刀轨，确定完成退出对话框——→在创建的操作程序名上单击鼠标右键，选择 **对象** ——→ **变换** 弹出对话框，按照下图 kezi20 所示设置，确定完成后就会生成 4 条刀轨和 4 条程序了——→即是：每刀切深 0.5 共 4 刀加工深度为  $4 \times 0.5 = 2\text{mm}$ 。这种方法相对来说较为安全，这也是一个传统的方法。仿真后的结果为下图 kezi21 所示：



图kezi20



图kezi21

### 3: 立体凸字加工:

在上面的两个案例中我们都是加工的凹字而且也不是很复杂，而在大多数的情况下，加工的字体是凸字且是曲面立体型的，这时我们就不能简单的套用上面的加工方式了。字体的加工往往是需要先做出字体，然后根据字体的情况选择适合的加工方式、适合的刀具进行加工。做出字体是第一步：由于在实际的加工中，字体往往都是由编程人员自己做出的，而对于没有建模知识的人来讲就比较困难，所以对于真正想学好 UG 编程的人来讲，UG 建模、制图的基本知识都是必不可少的——这些知识会极大地方便编程工作！下面我们就从怎样做出字体以及怎样加工做一个详细的讲解和操作：

1, 打开文件 x 盘\lizi\kezi-2, 这是一个曲面体, 我们要在这个曲面上进行刻字并进行加工。进入到建模环境中: 我们首先要在零件体上抽取一条曲线以供我们使用——按照下图 kkezi1、图 kkezi2 所示的步骤鼠标点击操作。 **确定** 完成后再点击 **取消** 退出对话框。

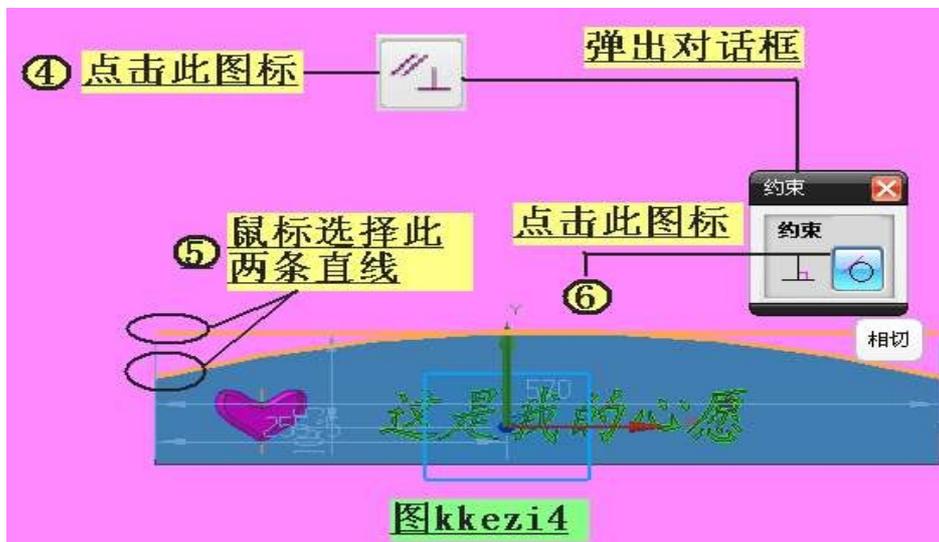
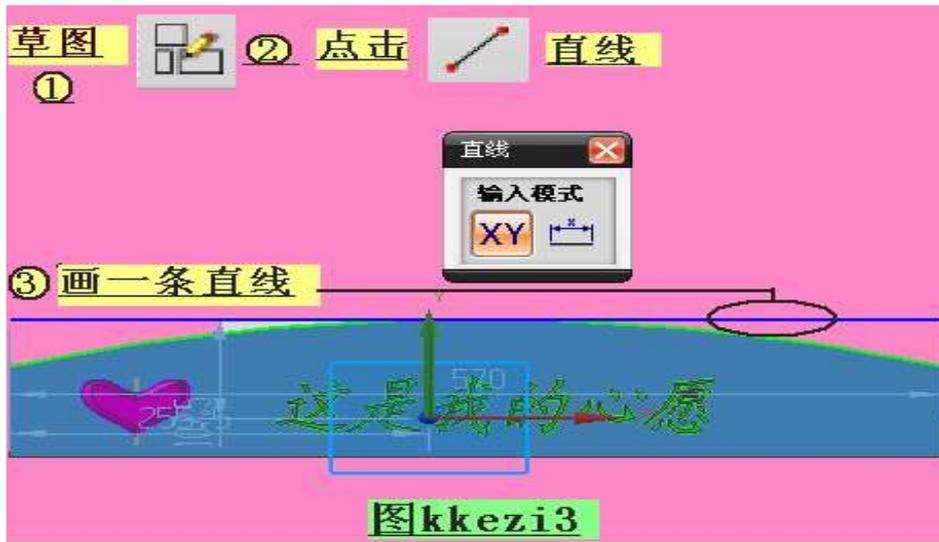


图 kkezi1

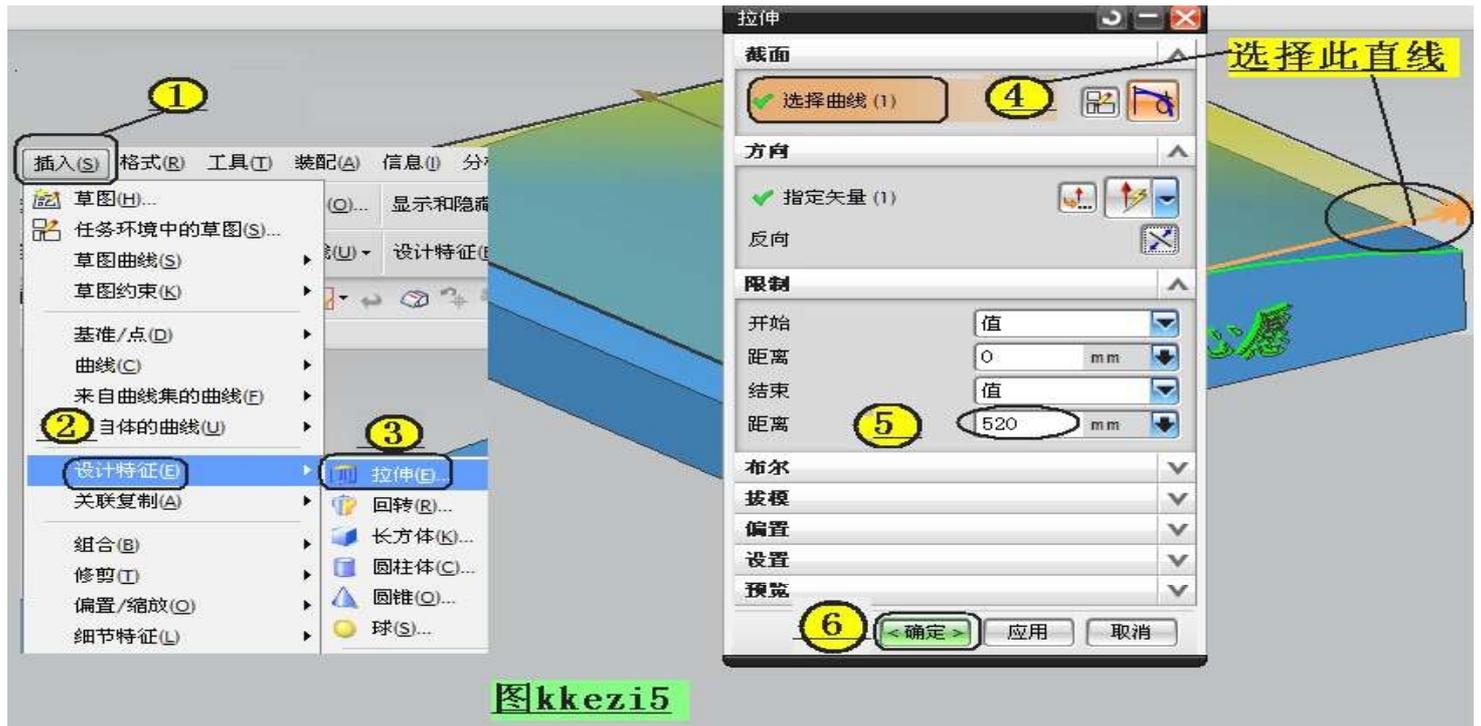


图 kkezi2

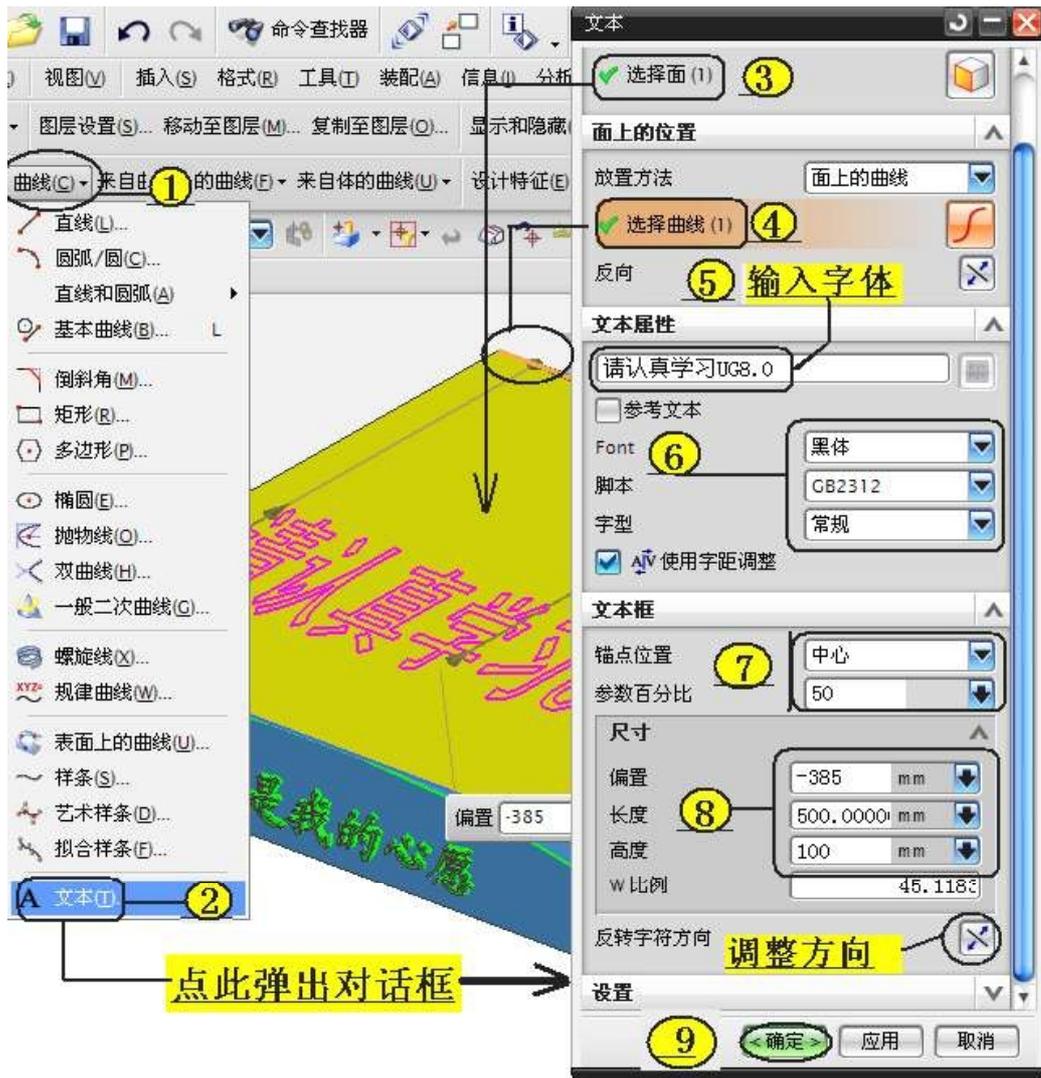
2, 点击创建草图图标  进入到草图环境之中: 点击直线图标创建如下图 kkezi3 的直线, 并约束此直线与上图抽取的直线相切图 kkezi4 所示。点击图标  完成草图 退出草图环境。



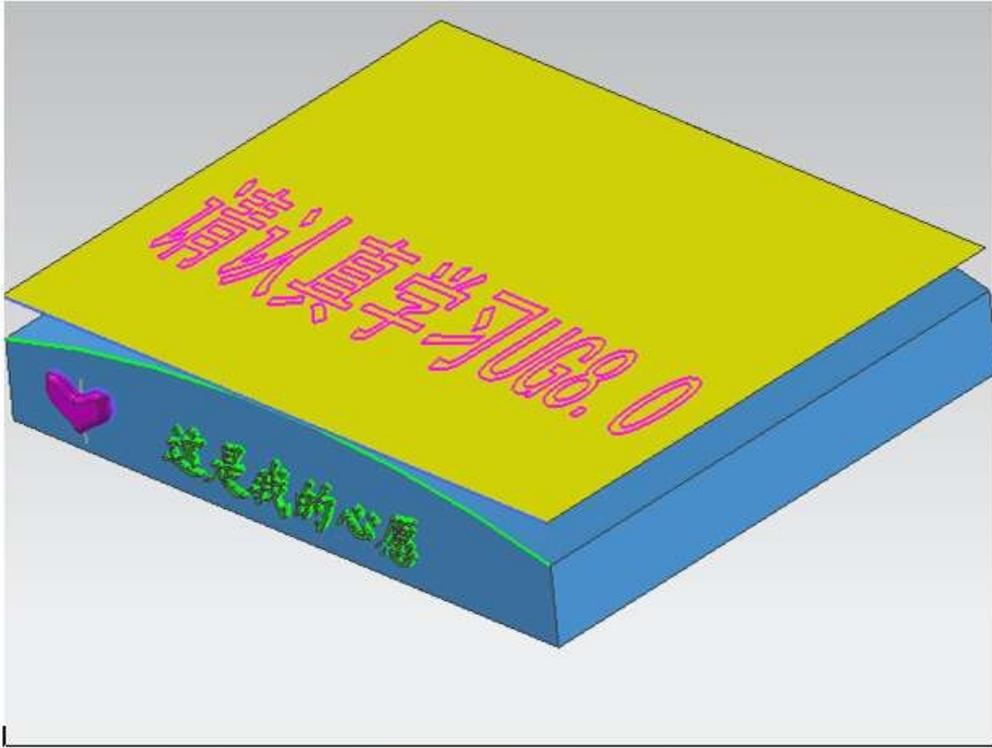
3, 退出草图回到建模环境中后, 要把此直线拉伸为一个平面: 点击“拉伸”图标命令, 按下图 kkezi5 的设置拉伸此直线为一个平面。



4, 创建文字: 点击主菜单栏中的“曲线”下的“文本”弹出对话框, 按照下图 kkezi6 的设置创建文本字体 (请注意步骤数字提示) (选择面为创建的平面、选择线为拉伸平面上的轮廓直线), 如果字体显示方向不正确可以使用上下两个图标进行调整, 直至满意为止。完成后的效果如下图 kkezi7 所示:

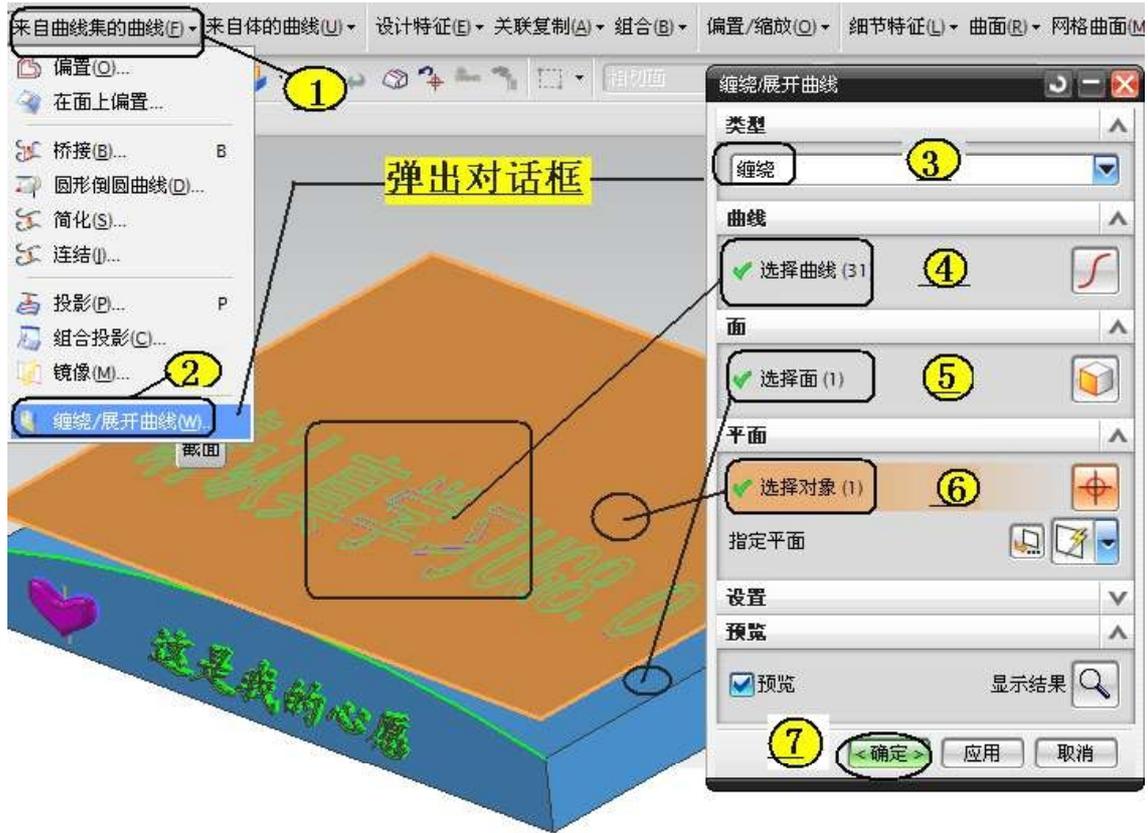


图kkezi6

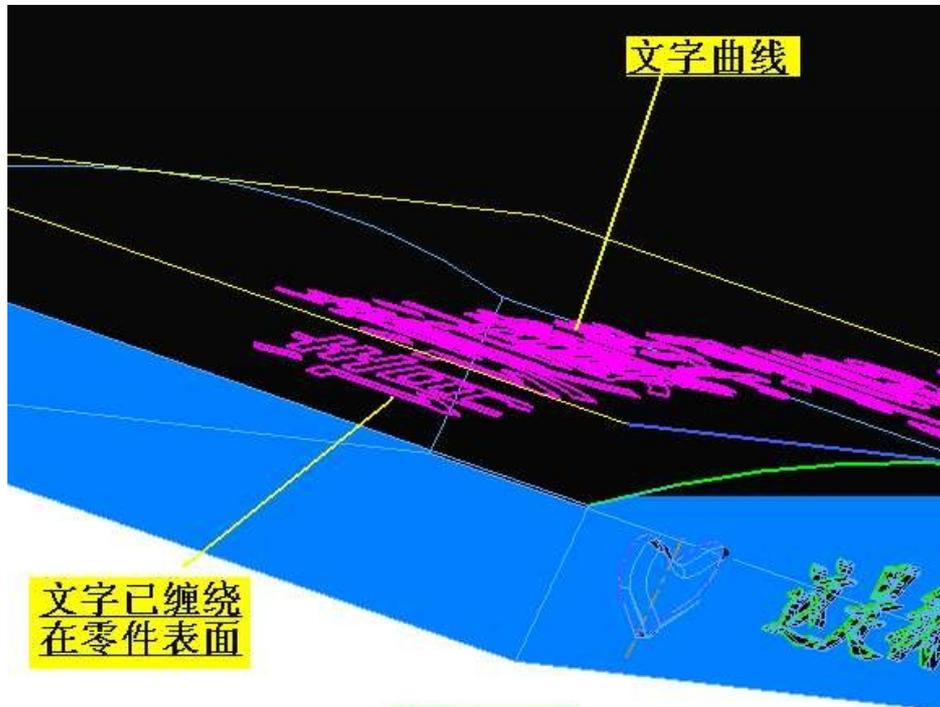


图kkezi7

5. 把字体做在曲面上：点击  命令弹出对话框，按照下图 kkezi8 的数字提示步骤进行设置，注意：选择曲线：是选择所有的文字曲线；选择面：是选择零件体上的上表面；选择平面：是选择拉伸的平面片体。  完成后的效果如下图 kkezi9 所示。隐藏对象方便下一步操作：隐藏零件体、拉伸的平面体、直线和抽取的曲线（先选择这些对象，然后按下键盘上的 ctrl+b 组合键即可或者选择一个对象后单击鼠标右键选择  隐藏(H)，其它对象依次类推），隐藏后只剩下缠绕的文字曲线如下图 kkezi10。



图kkezi8



图kkezi9

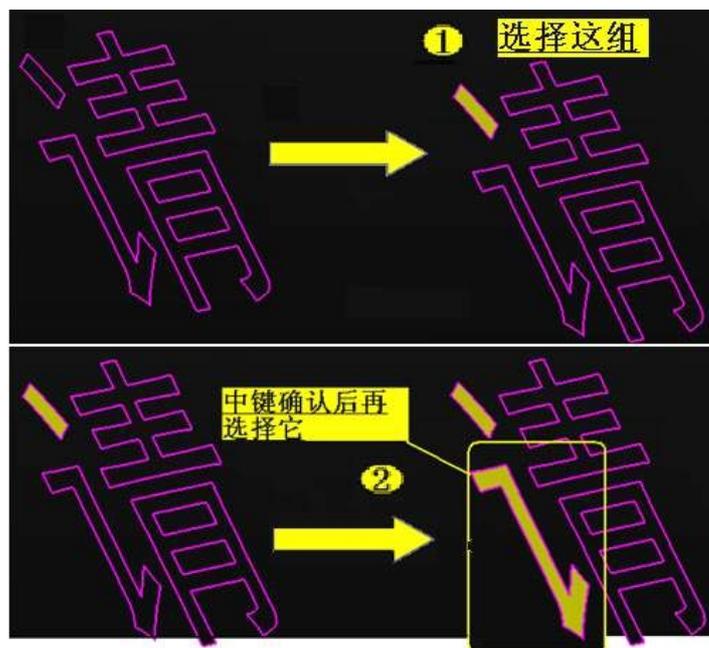


图kkezi10

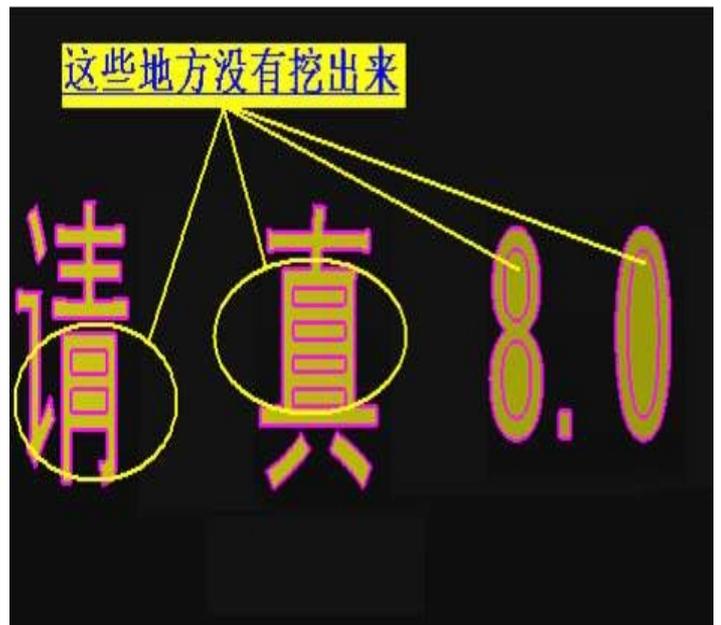
6, 把文字曲线做成体: 先创建成文字片体: 点击 **插入(S)** → **网格曲面(M)** → **N边曲面(N)...** 弹出 **N边曲面** 对话框: 按照下图 kkezi11 所示的设置, 选择缠绕的文字曲线: 注意选择的方式是——一次只能选择一组闭合的曲线, 每选择完成一组闭合曲线就要单击鼠标中键一次或者点击“应用”按钮一次, 然后再继续选择其它的闭合曲线(见下图的 kkezi12 放大图示)直至全部选完。注意: 选择最外面的封闭曲线做出 N 边曲面时, 已经包含了里面的封闭曲线, 所以在此也不必选择里面的封闭曲线了。



图kkezi11



图kkezi12



图kkezi13

- 7, 由于: N边曲面只能对单个的闭合曲线起作用, 如上图中的“请”字、“真”字、“8”字、“0”字中部的曲面没有“挖出来”, 如上图 kkezi13 所示, 因为选择最外面的封闭曲线做 N边曲面时, 已经包含了里面的闭合曲线。“挖出来”的步骤为: 点击主菜单栏中的 **插入(S)** → **修剪(T)** → **修剪的片体(B)** 弹出 **修剪的片体** 对话框: 按照下图 kkezi14 所示数字步骤的设置, 确定完成后做出完全的字体片体效果。使用同样的方法做出其它字体的片体。其最后的结果为下图 kkezi15 所示:



图kkezi14

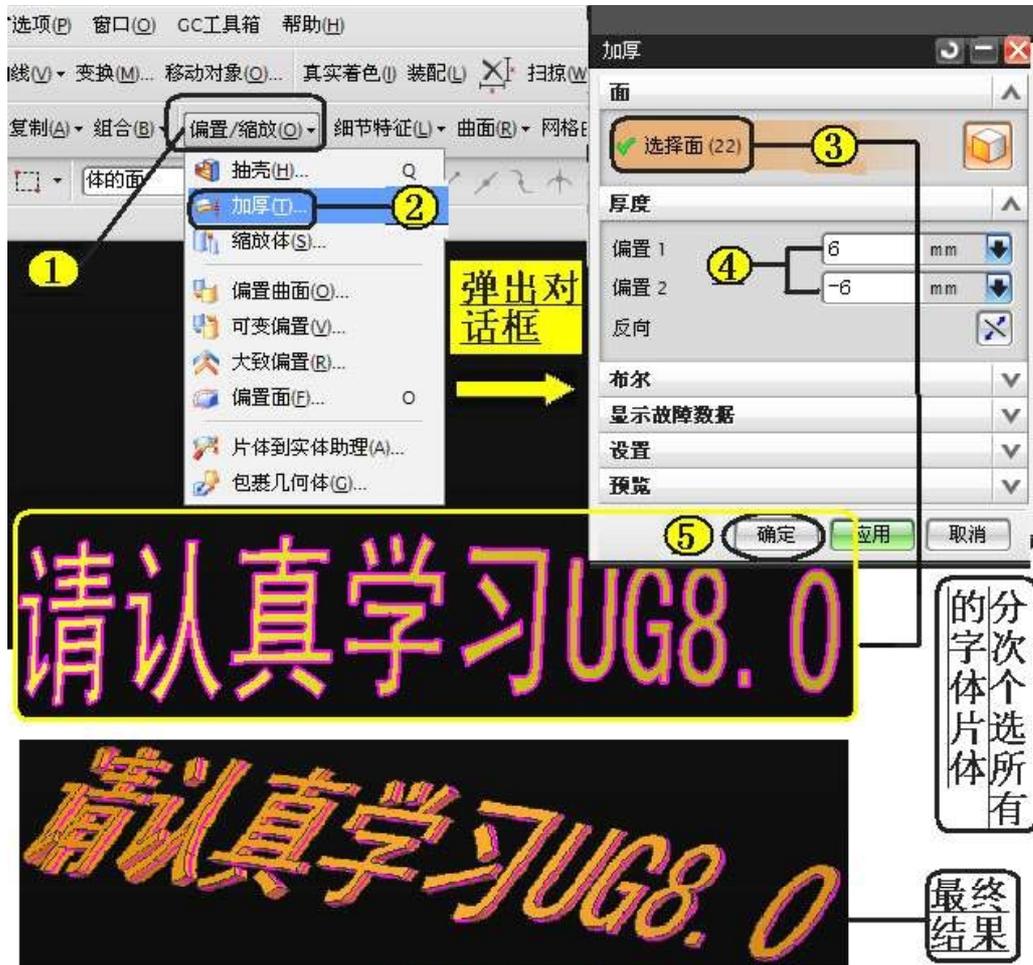
确定完成后的结果



图kkezi15

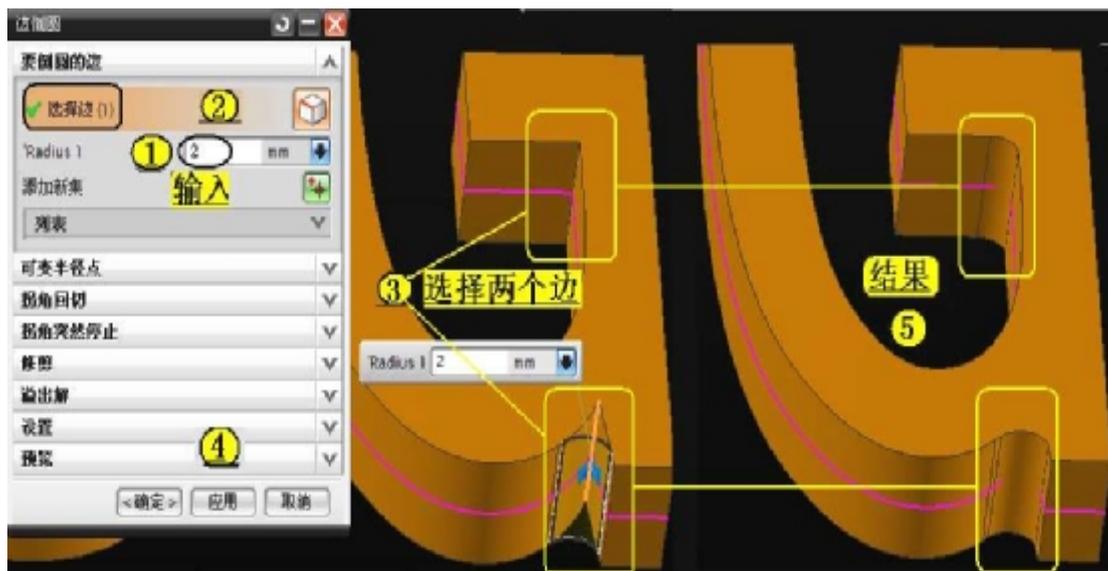
- 8, 做片体加厚: 点击主菜单栏中的 **插入(S)** → **偏置/缩放(O)** → **加厚(T)** 命令弹出 **加厚** 对话框: 按照下图 kkezi16 所示的设置, 选择所有的字体片体 (注意: 选择时也是一个片体选择完成后按中

键确定，再继续选择其它的片体，直至全部选完为止）。 **确定** 完成后的效果如下图 kkezi16 下部所示。

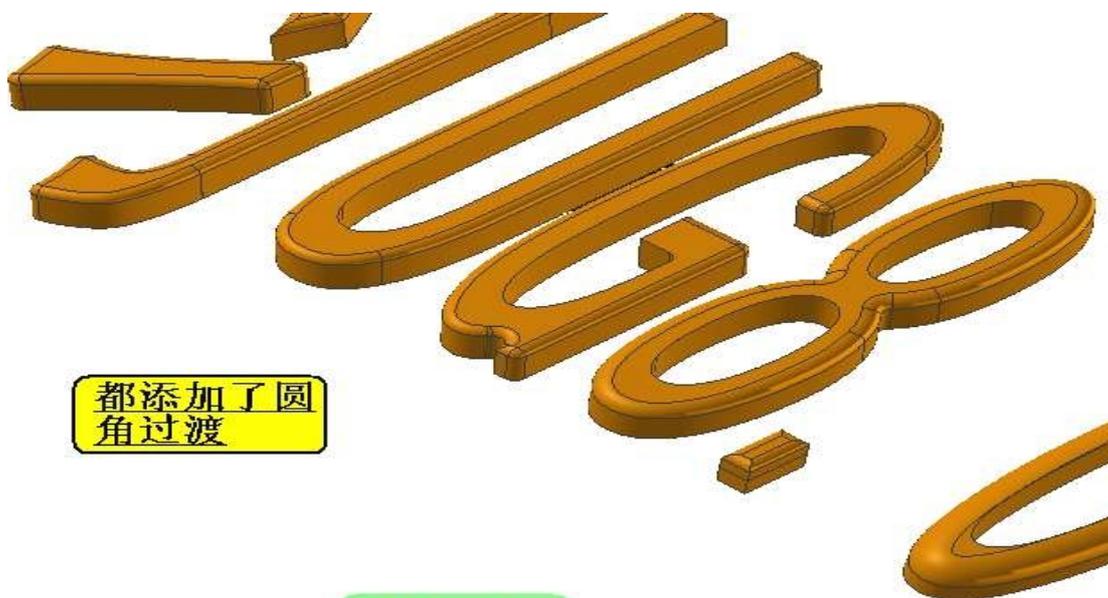


图kkezi16

- 9, 给字体做必要的圆角：点击主菜单栏中的 **插入(S)** → **细节特征(L)** → **边倒圆(R)** 命令弹出 **边倒圆** 对话框：先在字体的尖角部位导出圆角，以防止加工不出来：在对话框中输入 2，选择夹角部位的边点击应用按钮即可在此处形成圆角，下图 kkezi17 所示。使用同样的方法导出所有尖角部位成为圆角，然后再使用同样的方法，导出所有字体的上边缘线为圆角（上边缘线为圆角也为 2）。其最终的结果如下图 kkezi18 所示。

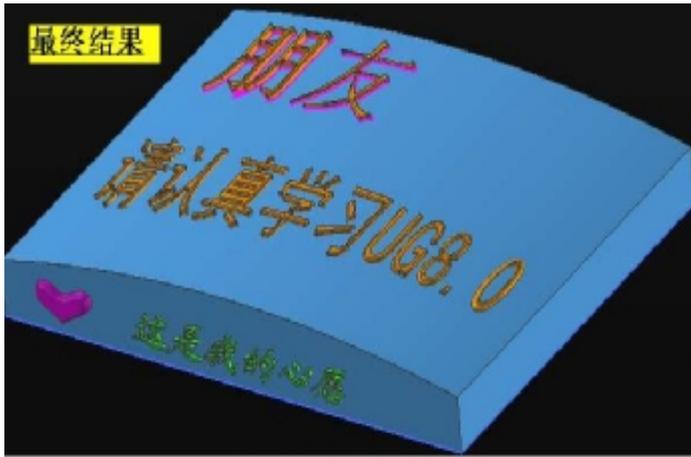


图kkezi17

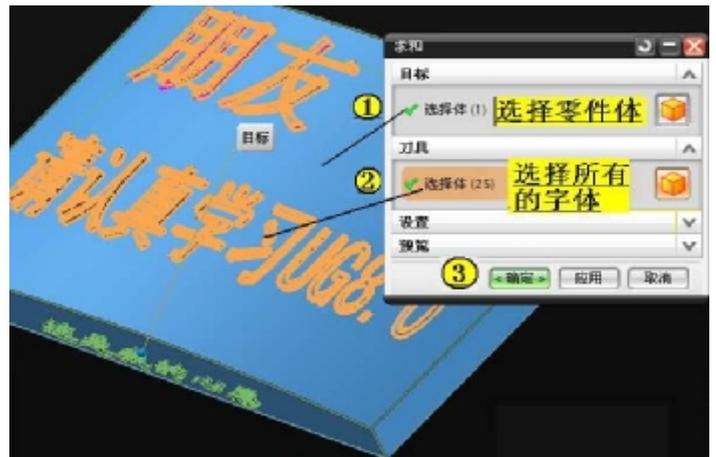


图kkezi18

10, 显示零件几何体: 展开部件导航器并在 上单击右键选择 显示(S), 零件几何体显示在屏幕中, 使用上述同样的方法创建“朋友”的字体, 自己按照前述的步骤和方法进行创建, 然后隐藏掉不必要的图素, 只留下零件几何体和字体。至此字体全部创建完毕! 最终的结果为下图 kkezi19 所示。最后要把这些字体与零件几何体进行“求和”操作使之成为一个零件体: 点击主菜单栏中的 插入(I) → 组合(B) → 求和(U) 命令弹出 **求和** 对话框: 直接选择零件几何体与所有的字体, 然后点击 确定(O) 按钮即可完成下图 kkezi20 所示。关于字体的造型我们讲解的比较详细, 那是因为编程人员往往都是自己进行建立这些字体的。



图kkezi19



图kkezi20

11, ①进入加工：点击 开始 加工 进入到加工环境中：创建加工坐标系于零件的角点位置并与工作坐标系重合、定义 WORKPIECE 零件与毛坯几何体（自动块）信息，并创建 D30R5、D8、D4、D4R2、D2R1 的 5 把刀具准备用于加工。

②分析：对于字体的加工最好是要单独的处理，所以我们就先把大曲面位置加工出来，然后集中精力实施对字体的加工。首先创建开粗程序——使用 D30R5 的刀具创建型腔铣开粗操作并进入对话框：选择字体为检查几何体（使用面方式），再选择零件的上表面和字体为加工区域（下图开粗 1、图 kc2）；其它参数设置如下：**切削模式** **跟随周边**、**步距** **刀具平直百分比**、**平面直径百分比** 、**每刀的公共** **恒定**、**距离** 。→进入切削参数对话框：策略选项卡下：**切削方向** **顺铣**、**切削顺序** **层优先**、**刀路方向** **向内**、 **岛清根**、**壁清理** **自动**、**在边上延伸** （防止 4 个边缘留下材料）；**余量选项卡**下：**部件侧面余量** 、**部件底面余量** 、**检查余量** （防止大刀具碰到字体）；**空间范围**下：**处理中的工件** **使用基于层的**，按下 **确定** 回到主对话框→定义非切削移动参数：**进刀选项卡**下：**倾斜角度** 、**最小斜面长度** ；定义切削起点：**起点/钻点**、**区域起点** 指定如图 kc2 所示的点为切削起点，按下 **确定** 回到主对话框→定义切削进给率：点击 **进给率和速度** 图标进入对话框： **主轴速度 (rpm)** 、**剪切** 、**进刀** ，点击 **确定** 回到主对话框并生成刀轨（下图 kc3）所示。

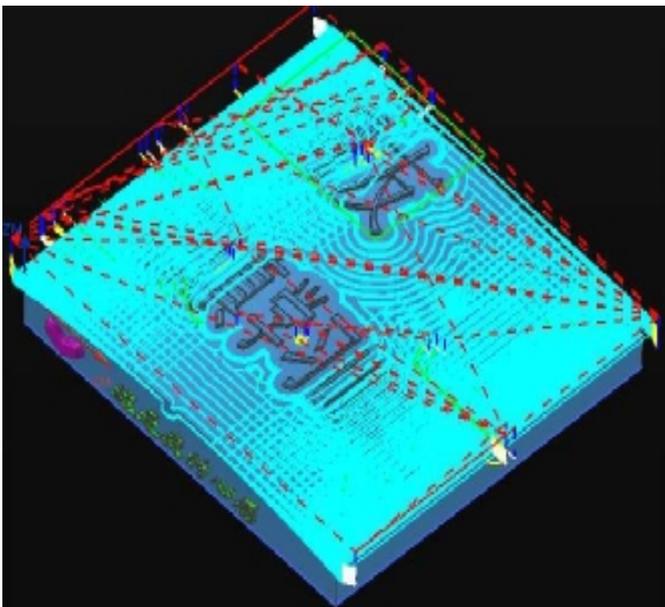


图开粗1

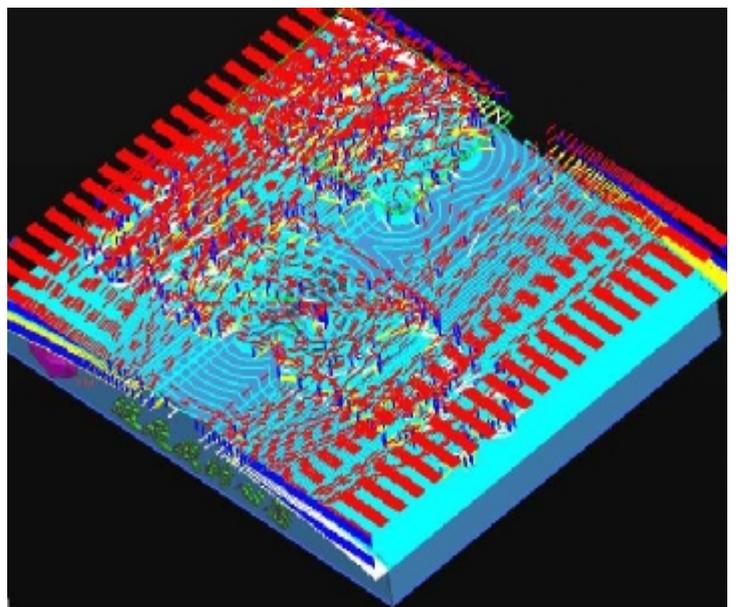


图kc2

③二次开粗：复制拷贝 CAVITY\_MILL 这个操作名为 CAVITY\_MILL\_COPY，双击该操作进入对话框修改如下参数：切削模式  跟随部件、平面直径百分比 、距离 、部件侧面余量 、部件底面余量 、检查余量 、开放刀路  变换切削方向 → 修改完成后点击  回到主对话框并生成刀轨如（下图 kc4）所示。这一步的主要目的在于：清除上个操作留下较大的台阶余量以及要把字体上的毛坯余量切削均匀。

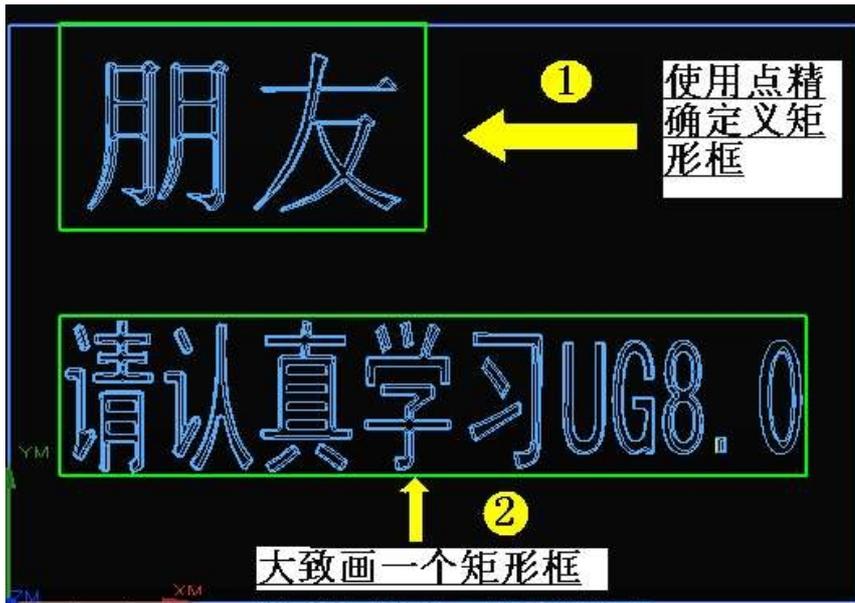


图kc3

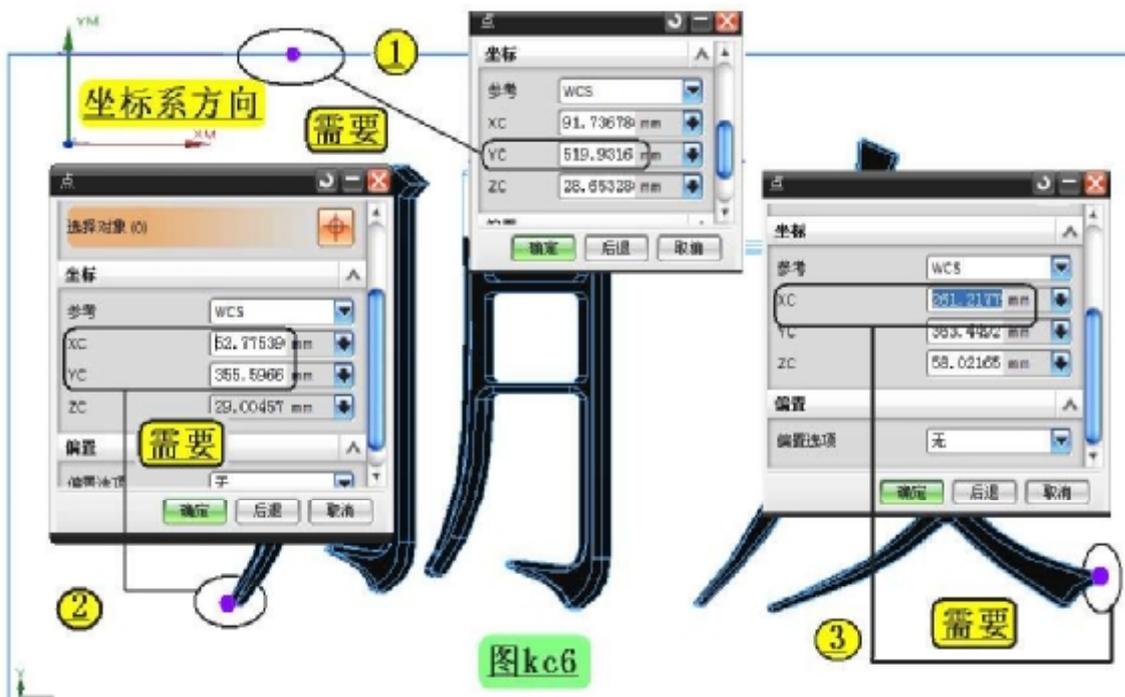


图kc4

④现在毛坯余量基本均匀了，大的曲面部分只需一个精加工即可了，现在我们先不管它，而是集中精力加工字体。**刀具选择问题：**字体部分由于受到检查体的保护，基本上在其周围及 Z 方向上留下较为均匀的毛坯余量，现在我们就对其开粗加工：开粗加工一般使用较大的刀具，但是这里由于是字体，角落部位数量较多使用大刀具势必就会留下较多的余量（例如使用 D16 的刀具），这样我们采用小刀具（例如使用 D6 的刀具）清理这些余量就会很费时，即是说：我们把较多的余量留给了较小的刀具进行加工，所以这样并不合理。因此我们决定使用 D8 的合金硬质刀具进行开粗——这样即能保证加工的效率又能达到清理较多余量的问题。先创建加工的边界范围：这里提供两种定义边界范围的方法——如下面图 kc5 所示：**边界范围问题：**边界有时是可以随手画一个大致范围的，但这里我们只需加工字体部分，如果大致给个范围：如果较小则不利于把字体周围的材料去除掉；如果较大则由于我们使用的刀具较小，加工较大的曲面势必会浪费时间。所以我们在这里定义边界范围的原则就是：在字体的周围大出加工刀具的两倍直径左右（这个范围使得刀具有充足的活动区域）。①是：先测量字体的最大 XY 值来确定的——具体的创建过程是：在主菜单栏中点击 **信息** → **点** 弹出“点”对话框，分别点击要分析的点位置即可显示其对应的坐标值，记下需要的坐标值数值（见下图 kc6 所示）——在主菜单栏中点击 **插入** → **曲线** → **矩形** 弹出“点”对话框（即需要定义矩形的两个对角点的坐标值），第一个点的坐标值为：X=52.7-18（2\*8+2：两倍刀具直径再加 2mm）（“减号”注意坐标系的方向）、Y=519.9+3（要超出外边缘线 3mm）、Z=100，输入完成后点击 **确定** 一次，然后继续输入第二个对角点的坐标值为：X=261.2+18（“加号”注意坐标系的方向）、Y=355.5-18、Z=100，输入完成后点击 **确定** 然后再点击 **取消** 按钮完成。②是直接在字体的最外缘边部做出一个矩形，不用输入坐标值。



图kc5



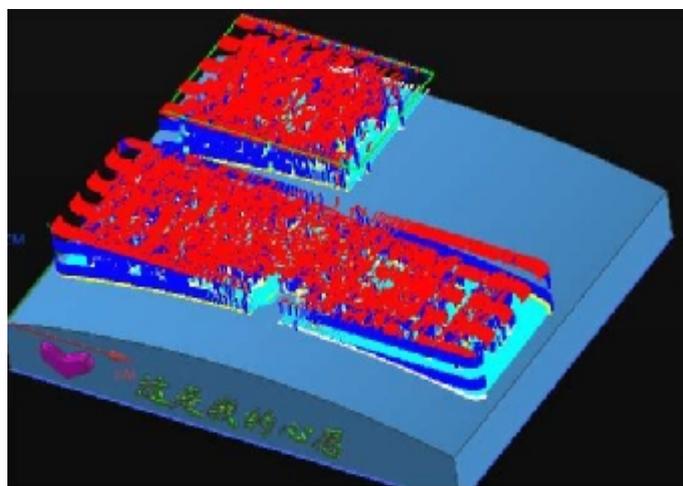
图kc6

⑤复制拷贝 CAVITY\_MILL\_COPY 这个操作名为 CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY 并把它粘贴在刀具 D8 之下，双击该操作进入对话框修改如下参数：首先取消掉检查几何体的设置与切削区域起始点的设置，然后单击 **指定修剪边界** 弹出边界对话框：使用曲线模式 、平面： **自动**、修剪侧： **外部** 选择图中的“朋友”区域的矩形线 → 单击 **创建下一个边界** 按钮继续选择另一个矩形线：使用曲线模式 、平面： **手工** 在弹出的对话框中： **XC-YC 平面**、距离 **100**、修剪侧： **外部** → 单击 **创建下一个边界** 按钮。由于第二个矩形没有留出刀具的活动区域，所以我们要对其进行相应的编辑 → 在 **修剪边界** 对话框中单击

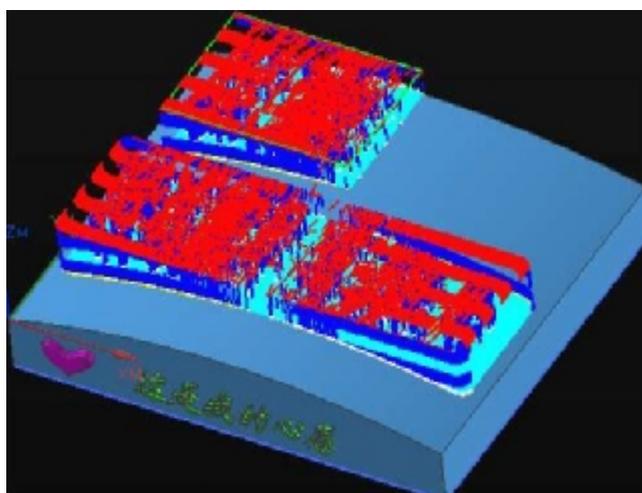
定制数据 展开对话框单击  余量 [-18] 然后在图形区单击矩形一条边线，出现符号  时选择  相连曲线，  
 确定 完成修剪边界的定义，下图 kc7 所示。继续修改其它的参数设置：平面直径百分比 50、距离 0.300、  
 在边上延伸 0.0000、部件侧面余量 0.50、部件底面余量 0.30 → 确定 完成生成刀轨，图示如下图 kc8 所示。



图kc7



图kc8



图kc9

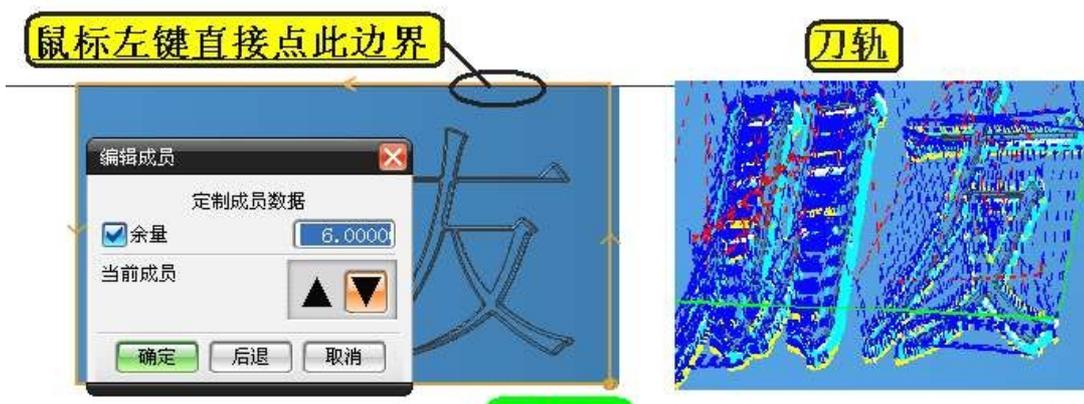
⑥经过 D8 刀具的粗加工，余量主要集中在字体拐角部位，继续清余量加工为了安全起见还是使用“基于层 IPW”方法而不使用参考刀法：复制拷贝 CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY 这个操作名为 CAVITY\_MILL\_COPY\_COPY\_COPY 并把它粘贴在刀具 D4 之下，双击该操作进入对话框修改如下参数：

距离 0.200、部件侧面余量 0.300、部件底面余量 0.150 → 确定 完成生成刀轨，图示为上图 kc9 所示。

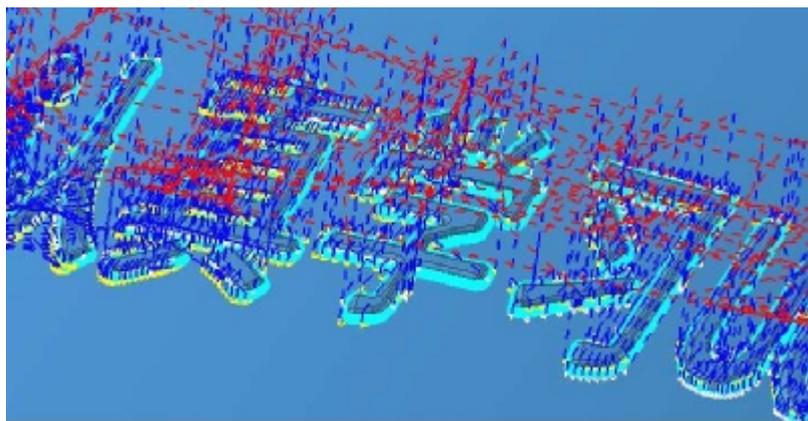
⑦进行精加工：经过 D4 刀具的加工后余量基本均匀了，可以开始做精加工，由于字体虽然尺寸

不是很大，但构成的字体的曲面较多，系统运算时就会使用较多的内存空间，因而使得运算速度较慢，所以我们分开加工：使用 D4R2 刀具创建等高铣并进入对话框中：先选择修剪边界（边界设置：选择“朋友”上的边界同时注意最上之边界线要缩小为 6，否则会加工到零件外侧壁）——指定陡峭范围：陡峭空间范围 仅陡峭的、角度 50.、切深为：距离 0.20。其它参数设置如下：切削方向 顺铣、切削顺序 深度优先、部件侧面余量 0.、部件底面余量 0.050、内公差 0.01、外公差 0.030、传递/快速、区域内、传递类型 前一平面——确定

完成回到主对话框中——点击 进给率和速度 进入对话框：主轴速度 (rpm) 2500.、剪切 1800.、进刀 500.、退刀 5000.0（在使用了“前一平面”选项时一定要注意设置此参数）确定 完成回到主对话框并生成刀轨如下图 kc10 所示。继续加工另外区域：复制这个操作 ZLEVEL\_PROFILE 并粘贴在其下名为：ZLEVEL\_PROFILE\_COPY，只需重新选择修剪边界即可（边界设置：选择“请——8.0”上的边界余量设置上面的操作-18），其它参数不用修改。确定 完成生成刀轨，图示为下图 kc10、图 kc11。



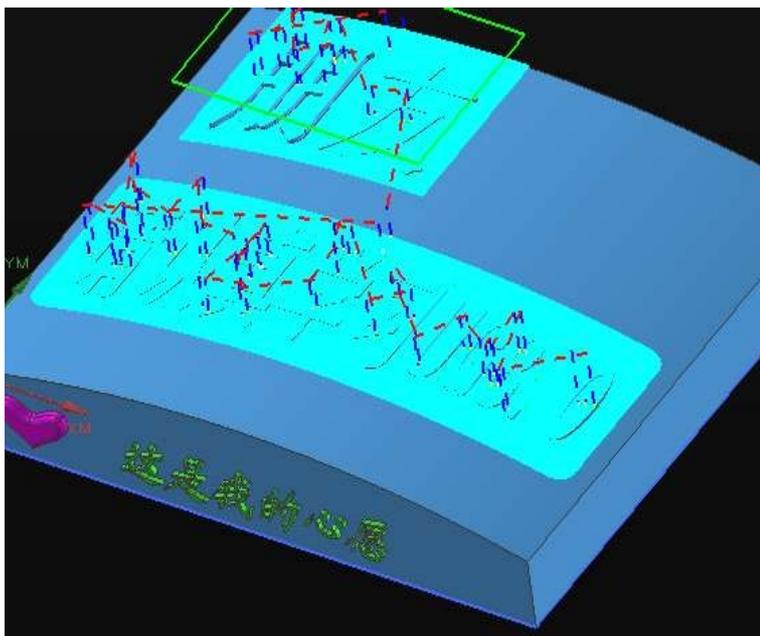
图kc10



图kc11

⑧精铣平坦区域：创建曲面轮廓铣操作 FIXED\_CONTOUR 并进入到对话框中：直接选择修剪边界不用做任何的修改，选择使用 方法 区域铣削 弹出 区域铣削驱动方法对话框，参数设置如下：方法 非陡峭、

陡角 51.0 (要与等高接刀)、切削模式  跟随周边、刀路方向 向内、切削方向 顺铣、步距 恒定、距离 0.20  
 步距已应用 在平面上 确定 完成回到主对话框——→ 点击 进给率和速度 进入对话框： 主轴速度 (rpm) 2500.、  
 剪切 1800.、进刀 500.0、修刀 5000.0 (在使用了“前一平面”选项时一定要注意设置此参数) 确定 完成  
 回到主对话框并生成刀轨如下图 kc12 所示。

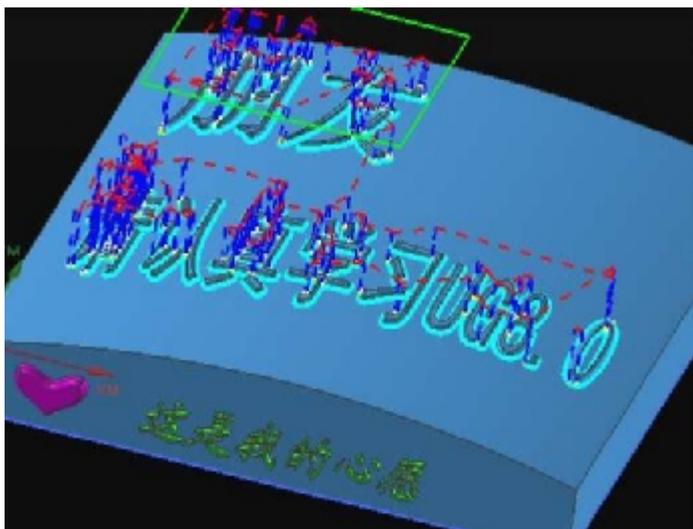


图kc12

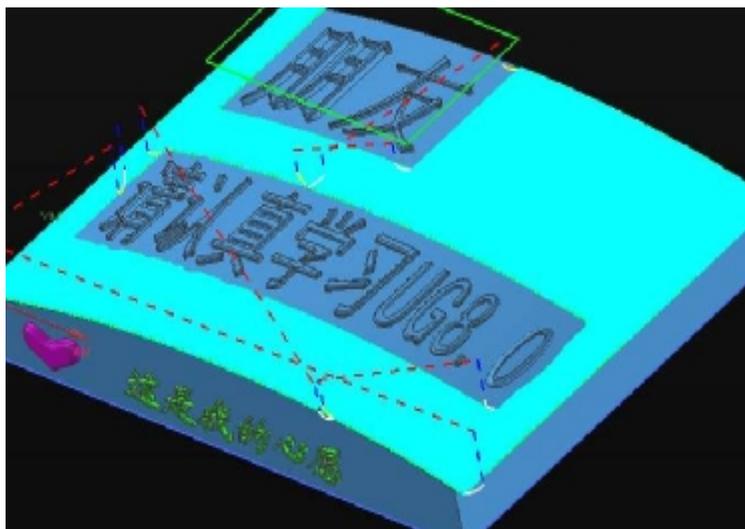


图kc13

⑨精清角：使用 D2R1 的刀具创建清根铣操作并进入到对话框中：方法 清根 弹出对话框其各项参数  
 设置如上图 kc13 所示：其中参考刀具为假想的 D6 的球刀——→ 设置进给率： 主轴速度 (rpm) 2500.、  
 剪切 1500.、进刀 800.0——→ 确定 完成回到主对话框并生成刀轨如下图 kc14 所示。

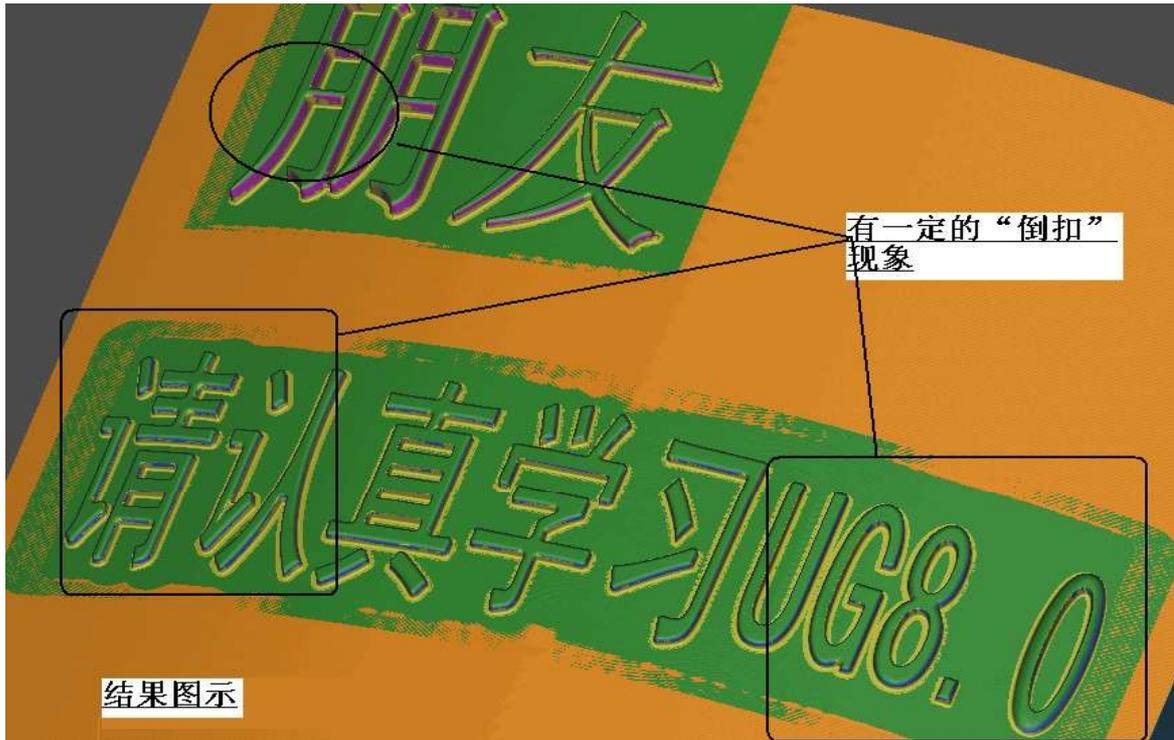


图kc14



图kc15

⑩精加工大曲面：最后使用 D35R5 的刀具精加工大曲面：创建固定轴曲面轮廓铣操作并进入对话框中：创建曲面轮廓铣操作 FIXED\_CONTOUR\_2 并进入到对话框中：直接选择修剪边界并修改“朋友”之上的边界  余量 、“请——8.0”之上的边界  余量 ，即是：使边界缩小（注意这里正值是扩大负值是缩小），并选择修剪“内部”——选择使用 方法  弹出  对话框，参数设置如下：方法 、切削模式 、切削方向 、步距 、距离 、切削角 、从 XC 的角度 、 精加工刀路、 区域连接、步距已应用   完成回到主对话框——点击  进入对话框： 主轴速度 (rpm) 、剪切 、进刀   完成回到主对话框并生成刀轨如上图 kc15 所示。其最后的仿真结果为下图：结果图示。



说明：关于字体的加工讲到这里就算结束了，其关键就是“做字”这需要一定的建模知识，在“做字”的过程中你不但要正确的做出字体，还要充分地考虑到后续的加工问题，譬如在本案中就存在一个问题：字体有一定的“倒扣”现象（曲面之上的字体曲率越大的位置越是比较严重），这在实际加工中——在固定轴 3 轴铣中是不能完全加工出来的。至于加工在本案中说得就较为详细了，如果不存在“倒扣”现象的话，其加工效果是比较令人满意的——这在图示中也能看得出来。所以在这里我特别建议大家要学习一定的建模知识——因此我在下面列出了与加工联系较为紧密的建模知识供大家参考学习——同时这也是 UG 公司对于其正式客户所给出的建议：

对于 CAM 用户，可以在一个合适的位置上使用 CAD 工具。CAM 几何体工具条包括一些命令，这些命令可用于：

- ▶ 分析拔模、半径和斜率的 CAM 设置。
- ▶ 使用 **WAVE** 几何体链接器链接到其他几何体。
- ▶ 创建附加线框和几何实体。
- ▶ 修改曲线和面，方法是：连接曲线、投影曲线、分割面、缝合面、加厚面、修剪并延伸面
- ▶ 使用补片开口覆盖孔和不规则开口。
- ▶ 使用同步建模修改参数化和非参数化模型。

- ▶ 使用 **曲面区域** 准备几何体。
- ▶ 使用 **CAM 小平面化** 创建小平面化的模型。

# 第六篇：精心补充的内容

由前面的几章学习，我们已经掌握了 UG 编程的精髓，但是我们还可以更上一层楼——那就是定义自己需要的、适合的编程环境。具体的说包括：自定义角色文件和模板文件，并附带讲解一下钻孔的操作类型。

## 第一章：定制：

### 第 1 节：定制自己的角色文件：

因为每一个人的工作习惯和风格的不同，定制自己富有个性的编程界面或者建模界面，使 UG 的界面更加简洁、更加实用和友好，就成为大多数人的一个愿望。今天我们就在这一小节谈一谈这个问题：

有很多的朋友，尤其是初学 UG 的朋友在进入 UG 后，在学习的过程中或使用中：发现在自己的软件中没有某些命令，就是找不到某些命令。这个问题就是：在你一开始进入 UG 时没有选择正确的角色。所以你要选择：  这个角色才行，只有这样 UG 中的所有命令才会被调出使用并出现。下面是 UG 的说明：

角色有助于按作业功能定制用户界面。可在指派的角色下保存用户界面设置。用户界面设置包括以下几项：

- 定制的工具条和菜单 • 工具条和菜单的位置

NX 提供一组默认角色——同时 NX 建议您：

- 如果您不熟悉 NX 或者不常使用 NX，则使用其中一个基本功能角色。这些角色在工具条和菜单上显示的命令较少。
- 如果您是有经验的用户或者希望看到所有可用的命令，则使用高级角色。

使用完整的角色：各种命令、工具都全了，在这个基础上我们就可以：定制的工具条和菜单以及摆放工具条和菜单的位置。

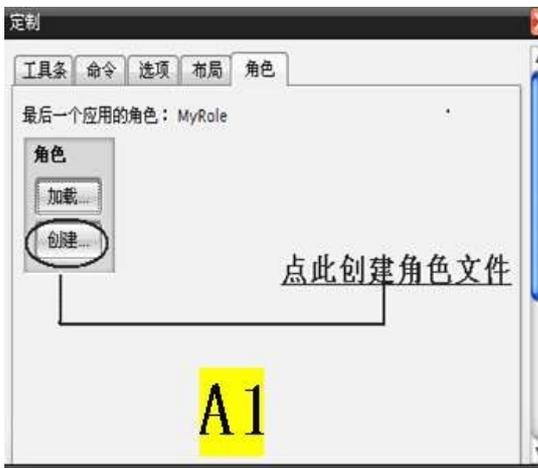
▲定制所需的工具条：在菜单栏空白处单击右键弹出对话框——选中  即可弹出定制对话框。一般情况下在编程中可以使用到这些工具条，自己根据自己的情况可适当添加或删除某些工具条。下图 A 所示：

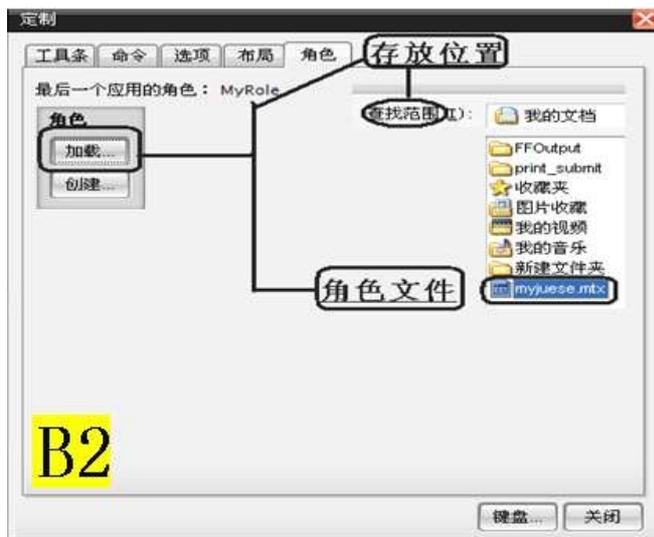
▲选中的各种工具条出现在屏幕中（下图 B 所示），下一步就是使用鼠标左键拖动到适当位置即可。



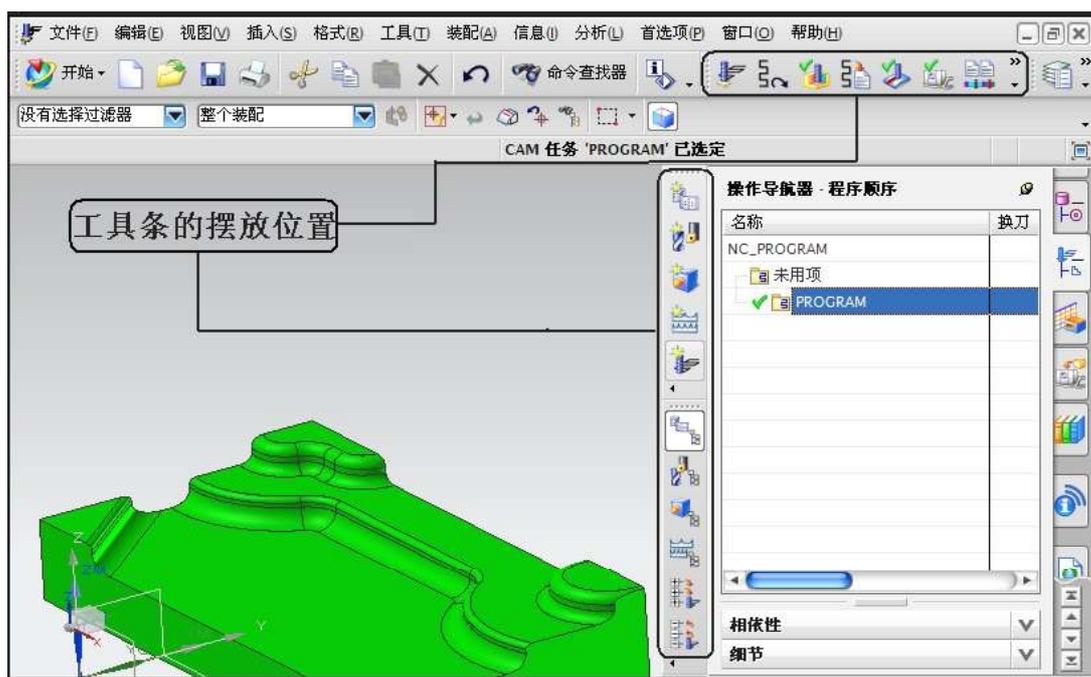
▲ 工具条位置摆放好以后——> 点击“角色”选项卡展开（下图 A1 所示）——> 点击“创建”弹出要创建文件的保存路径和文件的名称（下图 B1 所示）——> 点击 ok 即可。

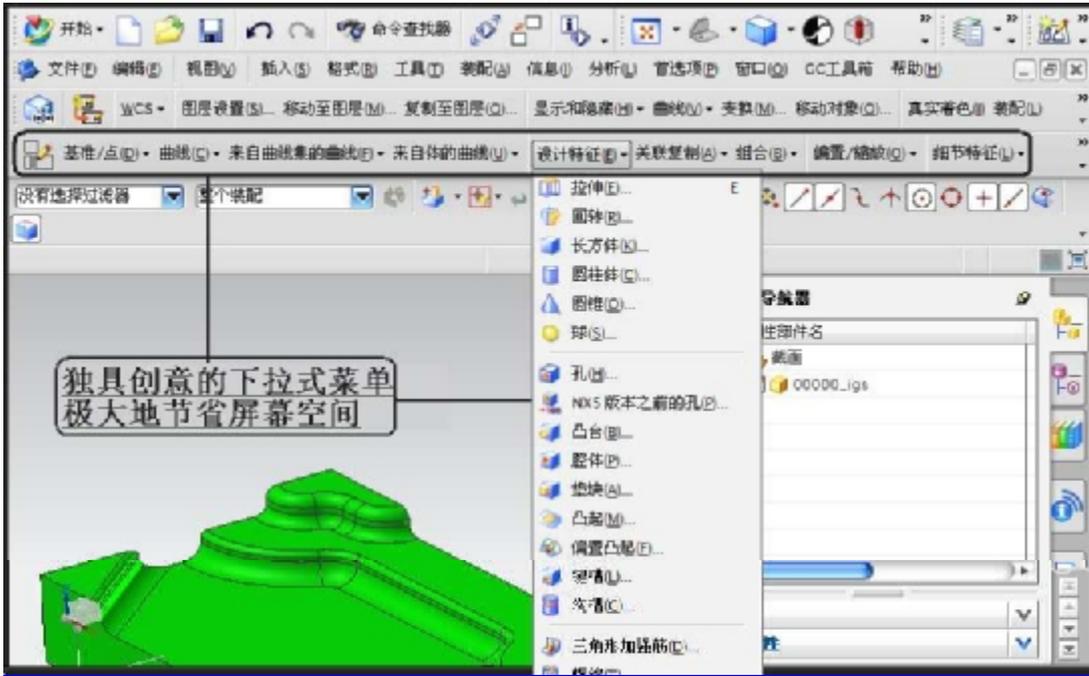
▲ 重新打开 UG 建立一个新的文件或者打开或者导入一个文件并进入加工环境后——> 在菜单栏空白处单击右键弹出对话框——> 选中 **定制...** 即可弹出定制对话框——> 点击“角色”选项卡展开图——> 点击“加载”找到已创建的角色文件即可。下图 B2 所示。





▲也可以把角色文件直接保存在 UG 安装目录下: X 盘:\Program Files\UGS\NX8.0\UGII\menus\roles 文件夹里面。然后重新启动 UG 进入到加工里面后——→在资源条中点击 👤 图标展开——→选择创建的角色文件图标即可。如果不把此角色文件保存到安装目录下,就不会在 👤 里面出现,只能使用加载的方式了。下面是我做的编程和建模的界面风格: (注:在随书光盘中有我的角色文件: juese)





▲如果要使用别人创建好的角色文件，可以按照下面的方法进行：

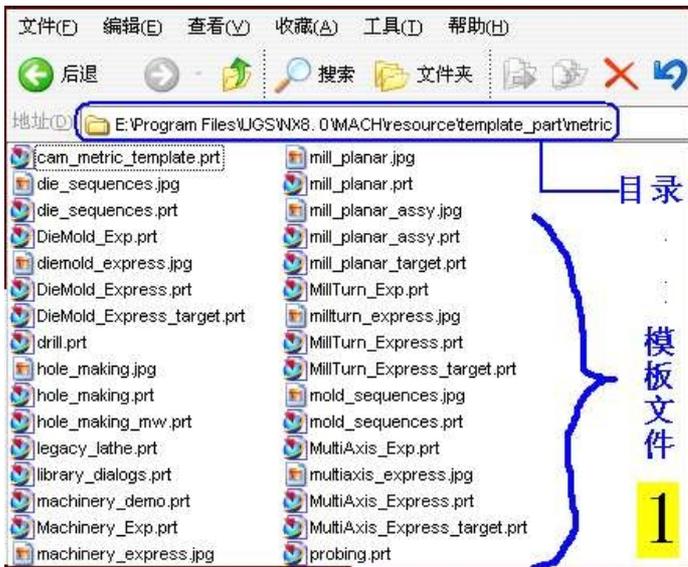
第一步：打开 UG 安装目录下的：X 盘:\Program Files\UGS\NX8.0\UGII\menus\roles 这个文件夹，然后把角色文件粘贴放入就完成了。

第二步：然后启动并进入 UG：在工具条的空白处点击右键，在弹出来的菜单中选择自定义——并选到角色一栏 选择“加载”——找到 UG 安装目录：X 盘:\Program Files\UGS\NX8.0\UGII\menus\roles 的地方，进入文件夹后找到刚刚粘贴进去的角色文件，就 OK 了。这样你就能用这个角色文件了。当然你自己也可以创建适合自己的角色文件。

## 第 2 节：定制自己的模板：

所谓的模板——其实就是一种“样板”。我们知道：在创建操作时、在创建程序、刀具、几何体、以及加工的方法时，总是通过选择一个或一种子类型（**程序子类型**、**操作子类型**、**刀具子类型**、**几何体子类型**、**方法子类型**）来开始创建的——而这些子类型就是操作的模板和节点模板。而这些所谓的模板都可以自己来创建并可以预先定义其默认的参数值，这就可以根据自己使用的具体情况（主要是公司、工厂所面对的加工对象、要求等方面所决定的），来建立创建最符合工作的模板。对于这些问题我们就不做过多的理论讲解——而是直接创建并拿来使用之——：

步骤 1：首先打开 UG 的安装目录：X 盘：\Program Files\UGS\NX8.0\MACH\resource\template\_part\metric（公制），可以看到里面有 51 个文件，这就是 UG 所有的模板文件（下图 1）所示。



**步骤 2:** 复制一个模板文件：例如拷贝一个：mill\_planar.prt 的文件并重命名为：Mymoban(我的模板)，(上图 2 所示)。并修改其属性为：存档、去掉只读属性。关闭保存并退出。

**步骤 3:** 进入 UG8.0 后：点击 图标直接打开 Mymoban.prt 文件，展开操作导航器并删除所有的模板文件（如下图 3）所示：重新创建自己需要的、经常用到的模板文件——例如：点击创建图标 创建如下操作类型的模板：平面铣、面铣、型腔铣、等高铣、固定轴曲面轮廓铣等（向下图 4）所示。



**步骤 4:** 设定好每一个操作一般情况下使用的基本参数，以后就不必重复的指定常用的参数了——即：使之成为默认的参数：双击一个操作进入编辑对话框：修改相应的参数——例如平面铣修改的示意图如（下图 5、图 5-1）所示。（这里仅列出几个，其它还包括：进退刀参数、主轴转速、进给率等相关的参数，自己都可以进行设定）。其它的操作类型都可以依次类推，设定适合自己需要的常规基本参数设置。修改完成后点击保存按钮 保存文件信息，关闭这个修改后的文件。



**步骤 5:** 再次打开一个零件文件：例如：打开 X 盘\lizi\00000\_igs.prt 的文件，出现加工环境对话框，**点击**  **图标** → 找到 Mymoban.prt 文件，此时 Mymoban.prt 文件出现在 **要创建的 CAM 设置** 对话框中（下图 6 所示），选择 Mymoban.prt 文件并确定进入加工环境。点击创建图标  创建操作，弹出创建操作对话框——可以看到操作的类型只有自己创建的某些类型，其它的类型已经没有了——这就大大的简化了界面。（下图 7）所示。此时点击刀具：发现并没有刀具。在下一步我们就来定义一系列的刀具。点击图标  保存并关闭此文件。



**步骤 6:** 创建刀具库并加入到自己创建的模板中：各种操作已经建立了，但是还没有刀具，这次我们就把我们平时所用到的刀具全部定义好，在做加工时就不必再创建刀具了，直接调用即可。再次打开 Mymoban.prt 文件并进入加工环境，在操作导航器中切换到刀具视图，点击创建刀具图标  弹出创建刀具对话框（下图 8 所示），此时就可以创建自己工厂里所有的所需的一系列的刀具了，例如：我在这里创建 3 把刀具：D30 的平刀、D20R4 圆角刀、B10 球刀，全部选则这些创建的刀具——右键单击弹出右键菜单选项——单击模板设置（下图 9 所示）——弹出模板设置对话框，勾选第二项（下图 10）所示。点击图标  保存并关闭这个文件——再次打开一个零件，发现已经可以调用创建好的刀具了（下图 11 所示）。



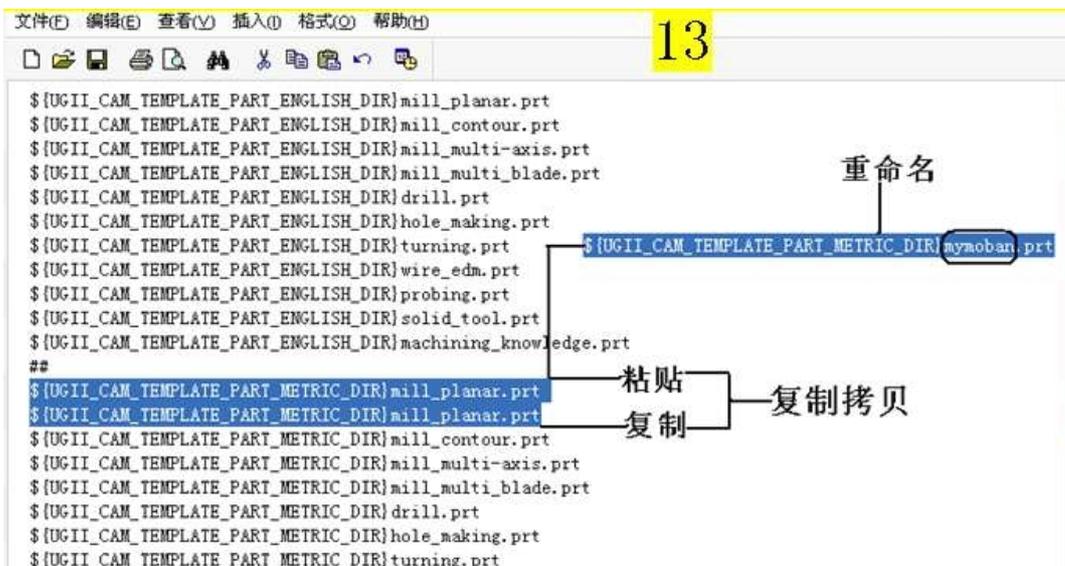


步骤 7: 最后一个要解决的问题：就是把自己创建的模板文件调用到默认的首项位置（如下图 14）所示，不用再浏览此文件。

关闭退出 UG → 打开 X 盘：\Program Files\UGS\NX 8.0\MACH\resource\template\_set\cam\_general.opt 文件（写字板或记事本方式下图 12 所示）



→ 复制拷贝一个公制的文件（例如：复制 `{UGII_CAM_TEMPLATE_PART_METRIC_DIR}mill_planar.prt` 粘贴在 `##` 下面即首位并重命名为 `{UGII_CAM_TEMPLATE_PART_METRIC_DIR}mymoban.prt`）即重命名为自己创建的模板文件名称，并放到首位（下图 13）所示。→ 关闭并保存。再次打开进入 UG，在打开一个零件文件并进入加工环境对话框时，自己的模板便在首位了下图 14 所示。双击该模板便可进入自己的编程环境了。



总之：创建自己的角色、创建自己的模板都是为了提高工作的效率和准确性。按照这个方法来建立自己的适用的角色和模板。

## 第二章：钻孔操作和后处理：

### 第 1 节：钻孔操作的精华讲解：

钻孔操作相对来说比较简单，它的难点不在编程本身，而在于构建其相应的后处理格式，因为在不同的机床系统中关于“钻”的加工指令格式有可能完全不同，所以在一般的工厂中，对于“孔”的加工往往是通过手工编程的方法来进行加工，尤其是绞孔和镗孔的操作。但是对于那些孔位较多且形状也比较复杂的产品零件，有时还是需要进行电脑编程的。因此在这里：我们想通过两个案例的实际操作来学习——就基本上能够掌握钻孔的应用知识。所以就不再进行过多的理论讲解了：

#### 1. 第一个问题：关于钻孔的关键知识要点讲解：

▲，在实际的钻孔加工中有一个完整的顺序：镗孔—>钻中心孔—>钻孔—>绞孔或镗孔—>攻螺纹

①如果钻孔的表面不平时，先在钻孔位置铣出一个小平面，以保证钻孔时不会偏移——使用镗孔

②在钻孔位置先使用“中心钻”点一个小孔，起引导和定位作用。以保证钻孔时“钻头”不会偏移而顺利的向下运动——使用钻中心孔

③使用钻头进行实际的钻孔加工——钻孔

④当钻孔完毕后，如果对孔的精度有要求，就必须使用铰刀或镗刀进行——绞孔或镗孔（“又圆又直”就是对它们加工结果的描述）

⑤钻孔完毕后，如果对孔有螺纹要求，就使用“丝攻”进行——攻螺纹（一般由车床或镗床代替，在数控铣中较少使用）

在实际的加工中：一般是：点孔——钻孔——绞孔或镗孔，这样一个完整的顺序。有时也用铣刀铣加工出这些孔而不用孔操作。

使用钻孔操作一般加工简单的孔，而对于沉头孔或底切孔之类更为复杂的孔，请考虑使用铣削加工操作。

创建孔操作和所需刀具的图示如下：



图 a



图 b



图 c



图 d

▲，关于钻操作的子类型：共有如上图 a 所示的 13 种：

其中—— **MILL\_CONTROL** 表示该操作子类型用于应用机床控制事件，如冷却液开/冷却液关或主轴正转/反转。

 **MILL\_USER** 表示该操作子类型允许使用定制 NX Open 程序来生成刀轨。

 **THREAD\_MILLING** 表示此操作子类型使用螺旋切削来铣削螺纹孔。

这三类均不使用点到点处理器生成刀轨或者说基本上就不是钻操作。其它类型介绍如下：

加工孔时，这些操作子类型使用钻孔点到点处理器来移除材料——即使用点位加工的原理：刀具快速移动定位到要加工的点位之上——→以定义的切削进给速度切入工件并到达指定的切削深度位置——→再以退刀速度退回刀具，完成一个点位加工循环。重复此过程，直至完成指定的加工任务。

 **SPOT\_FACING**：主要是指——镗孔或扩孔，一般是使用铣刀在零件表面上加工。

 **SPOT\_DRILLING**：主要是指——点孔，一般使用中心钻加工。

 **DRILLING**：主要是指——钻孔，一般使用麻花钻头加工，这是基本的操作类型。

 **PECK\_DRILLING**：主要是指——啄钻，是一种钻孔的方式，一般适用于深孔加工。

(该操作子类型用于创建一系列的钻孔运动，按照级进的中间递增距离钻入孔内并退到孔外。每次啄钻后，刀具退出孔外排屑)。

 **BREAKCHIP\_DRILLING:** 主要是指——断屑钻，是一种钻孔的方式，一般适用于韧性材料的孔加工。

(该操作子类型类似于啄钻：允许钻头进给一个递增深度后稍微退刀而不退出孔外以断屑——这有别于啄钻)。

 **BORING:** 主要是指——镗孔，一般使用镗刀加工，以保证孔的精度。

 **REAMING:** 主要是指——绞孔，一般使用铰刀加工，相比镗刀而言精度稍差。

 **COUNTERBORING:** 主要是指——沉孔，即平底扩孔。

 **COUNTERSINKING:** 主要是指——埋头孔，即倒角沉孔——钻锥形沉头孔。

 **TAPPING:** 主要是指——攻丝，一般使用丝锥攻螺纹。

其中： **DRILLING:** 它是基本的子类型，它包括了这 10 种钻操作的所有参数，所以仅使用它就可以创建除螺纹铣之外的所有钻操作。

I, “循环”——是指：重复的运动形式；在点位加工中分为两种：固定循环和仿真循环。

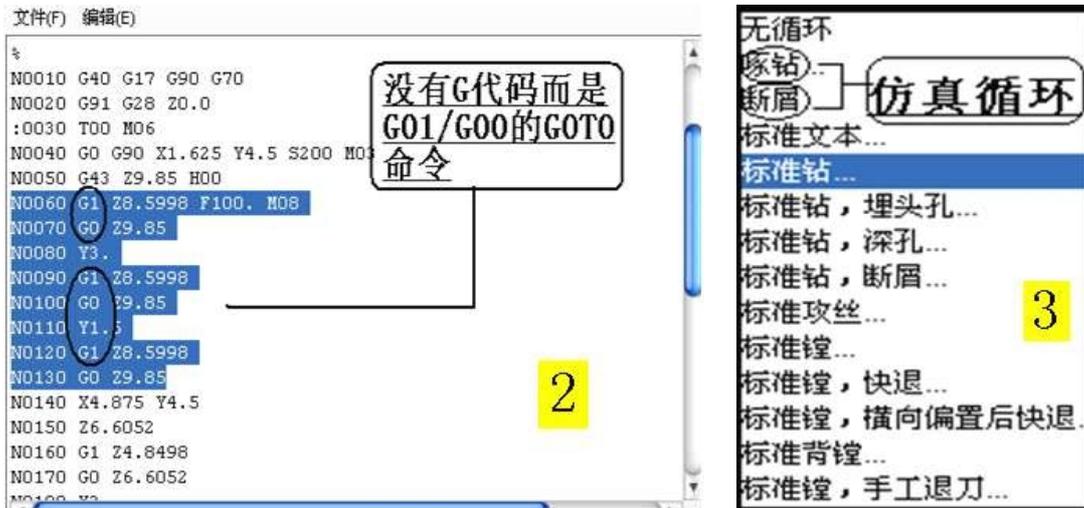
固定循环：这种循环方式依赖于机床的控制器，不同的机床可能会有一定的差异。这种程序经过后处理之后，循环语句通常输出为：即将由机床执行的 CYCLE/ 操作中所有刀具运动的现成循环 **G 代码**。NC 程序较小。

仿真循环：这种循环方式不依赖于机床的控制器，使用 GOTO 命令控制刀具运动，NC 程序较大。下图 1、图 2 所示。

在 UG 中提供 14 种循环方式：其中只有啄钻和断屑属于仿真循环，其余皆是固定循环。下图 3 所示。这里注意的是：这些循环方式与操作的子类型的区别。



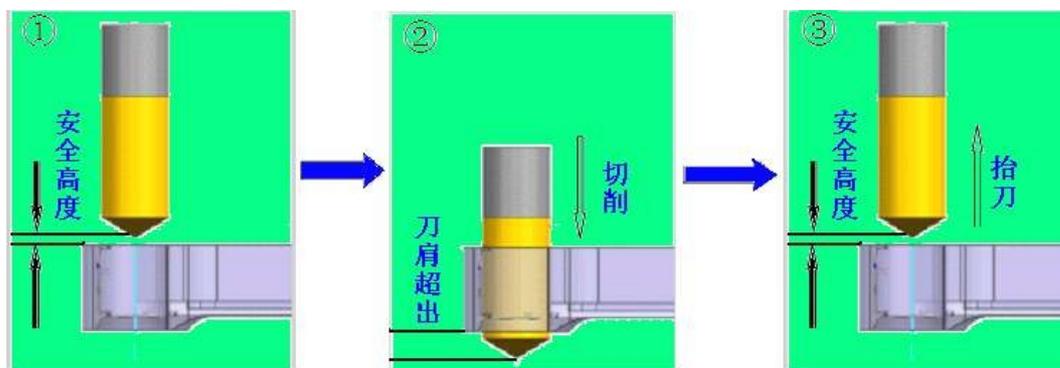
```
文件(F) 编辑(E)
%
N0010 G40 G17 G90 G70
N0020 G91 G28 Z0.0
:0030 T00 M06
N0040 G0 G90 X1.625 Y4.5 S0 M03
N0050 G43 Z9.85 H00
N0060 G81 Z7.5998 R9.85 F100.
N0070 Y3.
N0080 Y1.5
N0090 G81 X4.875 Y1.5 Z3.8498 R6.6052
N0100 Y3.
N0110 Y4.5
N0120 G81 X8.125 Y1.5 Z2.25 R3.35
N0130 Y3.
N0140 Y4.5
N0150 G80
N0160 M02
%
```



其各项含义如下：

**无循环：**取消任何活动的循环。如果没有活动的循环，当生成刀轨时，按照以下序列生成刀具运动——

- 1， 刀具以“进刀进给速度”移动到第一个点位上方的安全点——→2， 刀具以“切削进给速度”沿刀轴方向切削到零件的底面，该点允许刀肩超出选定的“底面”——→3，以“退刀进给率”退刀至操作安全点——→刀具以“快速进给率”移动到每个后续的操作安全点。如果没有选择“底面”， 刀具以“切削进给率”进给到每个后续的操作安全点。



注释：

- ①： 不需要指定循环参数组和定义其参数，只要选择所加工的点位，一般情况下必须要选择顶面和底面。
- ②： 不可使用“无循环”选项定义孔的通孔/盲孔状态。不过，可以使用啄钻或断屑循环选项，将深度设置为穿过底面、底面或模型深度，将“增量”参数设置为无以获得所需的结果。

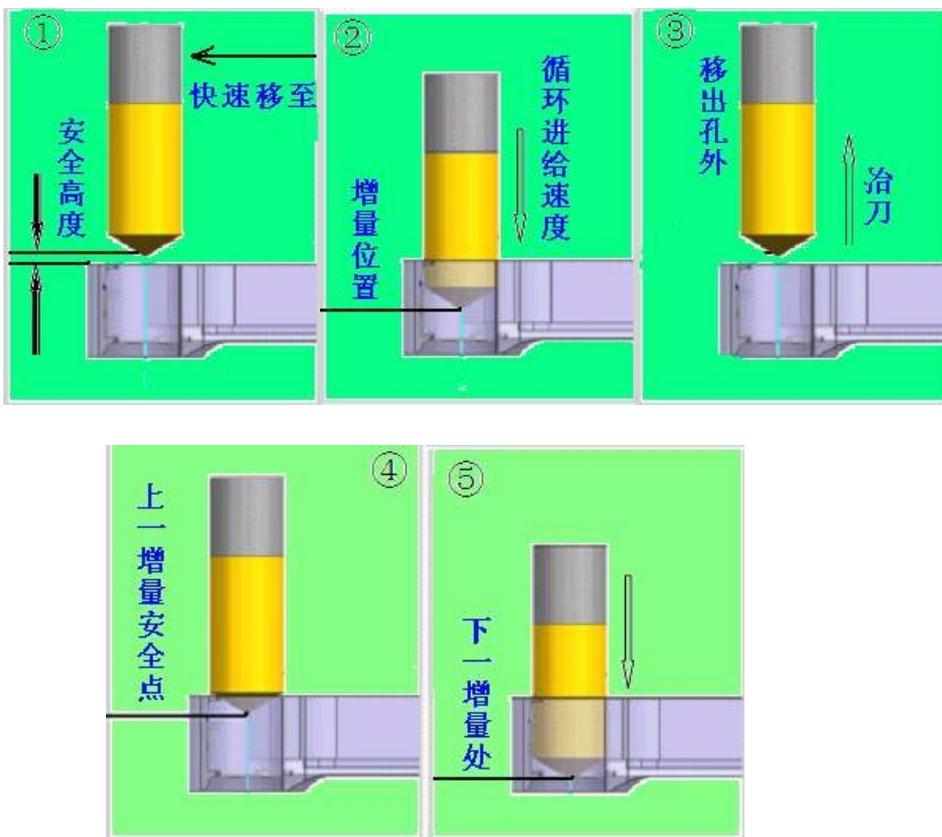
**啄钻：**在每个选定的点位生成仿真啄钻循环。啄钻循环包含一系列以递增的中间增量钻入并退出孔的钻孔运动。软件使用 GOTO/ 命令语句，按照以下顺序描述和生成所需的刀具运动：

- 1， 刀具以“快速进给率”到达孔位上方的安全点——→2， 刀具以“循环进给率”移动至第一个中间增量位置处——→3， 刀具以“退刀进给率”从孔中退到操作安全点处进行排屑、利于切削液进入——→4，

刀具以“进刀进给率”移动到前一次切削深度上方的安全点——→5，刀具以“循环进给率”钻削到下一个使用**增量**选项设置的中间深度(增量可以是**无**、**恒定**或**可变**)。

重复 3~5 的步骤，持续进行直到到达指定的孔深度，在该点，软件以“退刀进给率”将刀具从孔中移出，并退至操作安全点上。再以快速运动到下一个点位安全点上，进行下一个孔的啄钻加工。**注意：**软件允许“距离”为负值。不过，如果设定为负值，软件将会生成 GOTO/ 运动（以“进刀进给率”移动到低于前一次孔深的点）。这可能会损坏刀具或部件。

为**距离**选项输入非零值，以定义连续啄钻增量位置之间的安全距离。即使不需要中间增量也必须输入该距离。



**断屑：**在每个选定的点位生成仿真“断屑”钻孔循环。“断屑”钻孔循环与“啄钻”循环基本相同，但有以下区别：到达每个钻孔增量位置后，软件生成“退刀”运动（运动到距离当前深度位置为“距离”值处），而不是生成移出孔外的完全退刀运动和返回运动（回到距离上一次深度位置为“距离”值处）。

软件生成以下特定刀具运动：

- 1，刀具以“循环进给率”沿刀轴移动至第一个中间增量位置处——→2，刀具以“退刀进给率”从当前位置返回到当前深度上方的安全点（由“距离”提示定义）。（参阅下面的注意事项。）——→3，刀具以“循环进给率”移动至下一个中间指定深度。

2. 这一系列的运动持续进行，直到到达指定的孔深度，在该点，软件以“退刀进给率”将刀具从孔中移出，退至操作安全点。刀具以“快速进给率”定位到后续的点位安全点。图示参见上图。

**注意：**软件允许“距离”为负值。不过，如果设定为负值，软件将会生成 GOTO/ 运动（移动到低于当前孔深的点）。这可能会损坏刀具或部件。

为距离选项输入非零值，以定义连续钻孔增量位置之间的安全距离。即使不需要中间增量也必须输入该距离。

**标准文本：**根据指定的 APT 命令语句，用定位运动激活 CYCLE/ 语句。该语句只能包含次要字和参数。严格按照您想要在斜杠符号后输出的形式来输入词或参数。注意：只有在其他“标准循环”选项都不适用的情况下才能使用该选项。

**标准钻：**使软件在每个选定的 CL 点生成标准埋头孔循环。软件生成一条“循环”语句，格式为：

- ▶ *CYCLE/DRILL, CSINK, CSKDIA, d, TLANGL, a, parameters*, 其中：大写的词为标准 APT 词汇；*d* 表示埋头孔直径；*a* 表示刀具数据定义中指定的刀尖角；*parameters* 表示合适的辅助循环参数。
- ▶ 生成的运动取决于目标机床和后处理器。不过，CYCLE/DRILL, CSINK 序列通常包含进给到指定深度（根据埋头孔直径和刀尖角计算）的运动和以快速“进给率”沿刀轴的退刀运动。

**标准沉孔钻：**请参见“标准钻”。

**标准钻，深孔：**激活每个选定 CL 点处的标准深孔钻循环。软件生成一条“循环”语句，格式为：

- ▶ *CYCLE/DRILL, DEEP, parameters*, 其中：大写的词为标准 APT 词汇；*parameters* 表示合适的辅助“循环参数”。
- ▶ 生成的运动取决于目标机床和后处理器。不过，深孔钻序列通常包括：以一系列的增量运动进给到指定深度，每次到达新的增量深度后刀具退出孔外。退刀以快速“进给率”进行。

**标准钻，断屑：**激活每个选定 CL 点处的标准断屑钻孔循环。软件生成一条循环语句，格式为：

- ▶ *CYCLE/DRILL, BRKCHP, parameters*, 其中：大写的词为标准 APT 词汇；*parameters* 表示合适的辅助循环参数。
- ▶ 生成的运动取决于目标机床和后处理器。不过，断屑钻孔序列通常包括：以一系列的增量运动进给到指定深度，其中，每进给到一个增量深度后退刀至安全距离处，到达最后深度后刀具退出孔外。安全距离由控制器或机床定义。退刀以快速“进给率”进行。

**标准攻丝：**激活每个选定 CL 点处的标准攻丝循环。软件生成一条“循环”语句，格式为：

- ▶ *CYCLE/TAP, parameters*, 其中：大写的词为标准 APT 词汇；*parameters* 表示合适的辅助循环参数。

- ▶ 生成的运动取决于目标机床和控制器。不过，攻丝序列通常包含将刀具进给到指定深度，主轴反转，然后刀具进给退出孔外。

**标准镗：**激活每个选定 CL 点处的标准镗孔循环。软件生成一条“循环”语句，格式为：

- ▶ *CYCLE/BORE*, 参数, 其中 : 大写的词为标准 APT 词汇; 参数是指合适的辅助循环参数。
- ▶ 生成的运动取决于目标机床和后处理器。不过，镗孔序列通常包含将刀具进给到指定深度，然后刀具进给退出孔外。

**标准镗，快退：**激活每个选定 CL 点处的标准镗孔循环（主轴停转退刀）。软件生成一条“循环”语句，格式为：

- ▶ *CYCLE/BORE, DRAG, parameters*, 其中: 大写的词为标准 APT 词汇; *parameters* 表示合适的辅助循环参数。
- ▶ 生成的运动取决于目标机床和后处理器。不过，镗孔快退序列通常包含将刀具进给到指定深度，主轴停止，刀具退出孔外。退刀以快速“进给率”进行。选择该选项时，软件提示您输入想要使用的循环参数集数。

### 注释：

选择“主轴方位”选项时，软件提示您输入主轴“方位值”。如果您选择：

- ▶ 无，软件将省略 *CYCLE* 语句中的主轴方位 *q* 值，并显示“指定循环参数集数”菜单。
- ▶ 指定，根据目标机床和后处理器输入值。通常应为主轴方位指定一个角度位置，或为偏置运动指定一个距离。

**标准镗，横向偏置后快退：**激活每个选定 CL 点处的标准镗循环（主轴停止并进行定向）。软件生成一条“循环”语句，格式为：

- ▶ *CYCLE/BORE, NODRAG, q, parameters*, 其中: 大写的词为标准 APT 词汇; *q* 表示主轴方位值; *parameters* 表示合适的辅助循环参数。
- ▶ 生成的运动取决于目标机床和后处理器。不过，“镗，横向偏置后快退”序列通常包括：将刀具进给到指定深度——主轴停转并定向——沿垂直于刀轴的主轴方位方向进行偏置运动——快速退出孔外。

**标准背镗：**激活每个选定 CL 点处的标准背镗循环。软件生成一条“循环”语句，格式为：

▶ *CYCLE/BORE, BACK, q, parameters*, 其中: 大写的词为标准 APT 词汇; *q* 表示主轴方位值; *parameters* 表示合适的辅助循环参数。

▶ 生成的运动取决于目标机床和后处理器。不过, 背镗序列通常包括: 主轴停转并定向——沿垂直于刀轴的主轴方位方向进行偏置运动——主轴停转状态下进给到孔内——进行偏置运动, 返回孔的中心——主轴启动——以进给速度退出孔外。

注释: 选择“主轴方位”选项时, 软件提示您输入主轴“方位值”。如果您选择:

▶ 无, 软件将省略 *CYCLE* 语句中的主轴方位 *q* 值, 并显示“指定循环参数集数”菜单。

▶ 指定, 根据目标机床和后处理器输入值。通常应为主轴方位指定一个角度位置, 或为偏置运动指定一个距离。

**标准镗, 手工退刀:** 激活每个选定 CL 点处的标准镗孔循环 (手工退出主轴)。软件生成一条“循环”语句, 格式为:

▶ *CYCLE/BORE, MANUAL, parameters*, 其中: 大写的词为标准 APT 词汇; *parameters* 表示合适的辅助循环参数。

▶ 生成的运动取决于目标机床和后处理器。但是, 一个典型的“镗, 手工退刀”序列包含进给到指定深度, 主轴停止和程序停止, 以允许操作人员手工从孔中退出主轴等。

列出这些参数说明的目的使大家明白: 这些方式就如同在平面铣或型腔铣中的刀路模式一样, **其实最为常用的就是: 标准钻、啄钻、断屑钻。**其中: 啄钻和标准深孔钻是一样的运动——适合钻深孔, 只不过一个是仿真循环一个是固定循环; 断屑钻和标准断屑钻是一样的运动——适合钻韧性材料, 也只不过一个是仿真循环一个是固定循环而已。

## **II, 循环参数设置:**

1, 选择一种固定循环方式 (除啄钻和断屑钻以外) 或者单击  图标就会弹出对话框 (下图①所示) ——单击确定又会弹出循环参数对话框 (下图②所示)

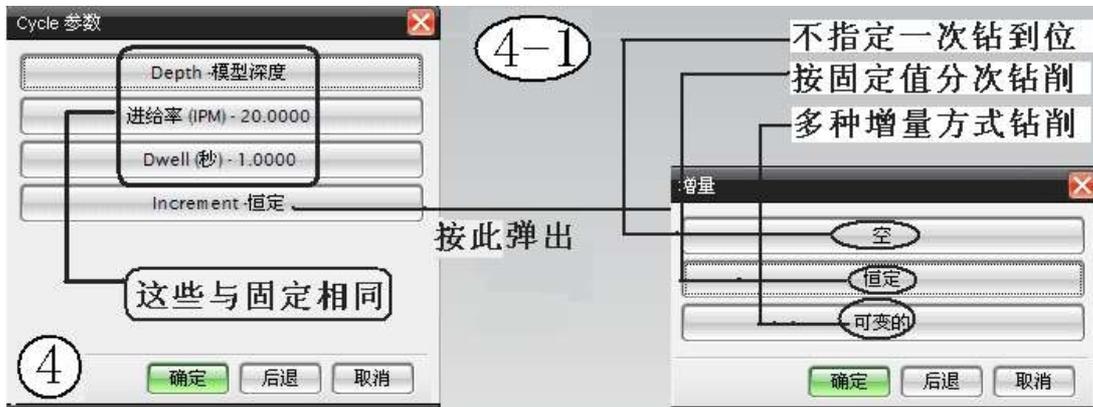
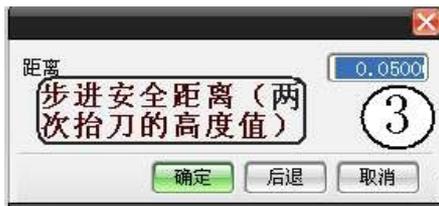




图①是指：如果有多个孔加工其大小、深度不同时，可以分开归组以分别进行定义，或者选择其中的一组进行参数修改。系统提供最多 5 组。

图②是指：具体的钻削运动参数。

2， 选择仿真循环（啄钻和断屑钻）时：会弹出（如下图③）所示的对话框——单击 **确定** 又弹出图④所示参数组对话框——单击对话框中的每一个按钮都会弹出相应的对话框。（图④-1）是单击“increment-恒定”按钮弹出的对话框。



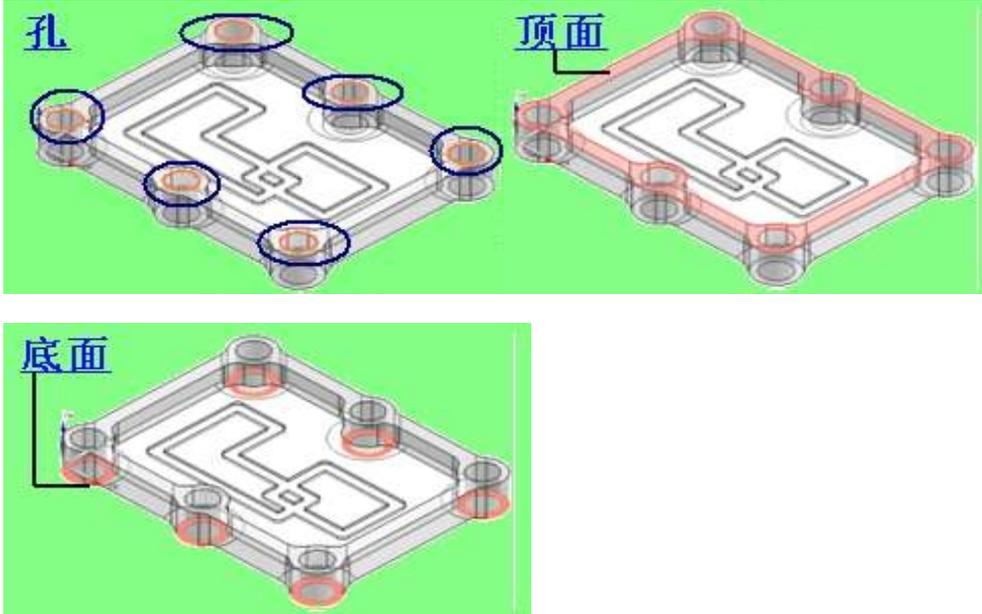
▲，关于钻孔使用的几何体：

**最上图 d 所示：** ① **指定孔** ：这是**必选几何体**：使用该项来选择并定义要加工的孔几何体并指定参数：可以是：点、圆或者圆弧、椭圆；以及实体或片体上的孔。

② **指定顶面** ：这是**可选几何体**：使用该“几何体子类型”定义面或平面，所有的点将投影到定义的面或平面上。钻孔进给率就是从顶面之上的最小安全距离处开始应用的。一个操作仅能定义一个零件顶面，因此在一个操作中：系统认为所有加工点位的孔的高度相同。如果采用无固定循环加工模

式，就必须指定工件的顶面和底面。如果采用其它的循环方式，可根据情况进行是否定义。如果不定义顶面，则系统默认为：经过点位且垂直于刀轴的平面为工件顶面。其定义的方法同底面。

③ **指定底面** ：这是可选几何体：在某些点加工方法中：使用该“几何体子类型”定义模型中的孔深或者作为一个深度的参考。其定义方法：必须选择面、平面或圆弧来指定要钻削的底面。各示意图如下：



## 2. 第二个问题：关于钻孔的知识递增操作练习：

### 练习一：

▲，打开 X 盘\lizi\dill-1.part 文件，已经定义好加工坐标系、安全平面和 WORKPIECE（零件几何体）

→零件分析说明：要求：蓝颜色的是通孔、而绿颜色的是要钻深 20mm、孔的直径大小是一致的为 10mm。  
（注：这些点的位置是根据图纸上的坐标值，在软件中使用插入下的 **点** 选项做出的）

▲，创建刀具：点击图标  弹出创建刀具对话框选择 **drill** 类型为最上图 b 所示的对话框 → 分别创建：  
一把中心钻 DZ、一把钻头 ZT

▲ 1. 先创建点孔的操作： 点击图标  弹出创建操作对话框选择 **drill** 类型、子类型为 ，只是刀具选择使用中心钻 DZ 而已 → 点击确定按钮进入到 **钻** 对话框。

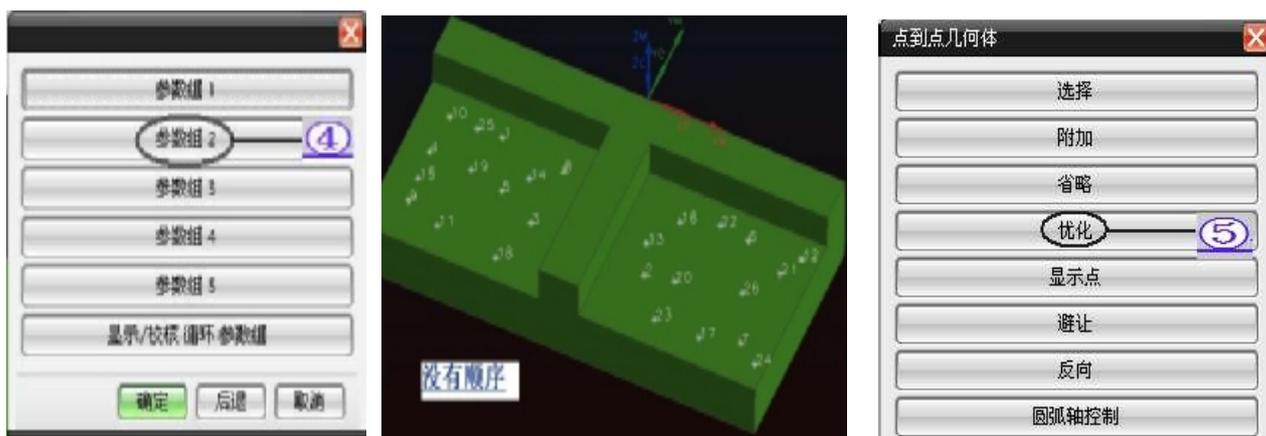


▲，首先指定要加工的孔的位置：点击图标 **指定孔**  弹出 **点到点几何体** 对话框（下图①所示） → 点击

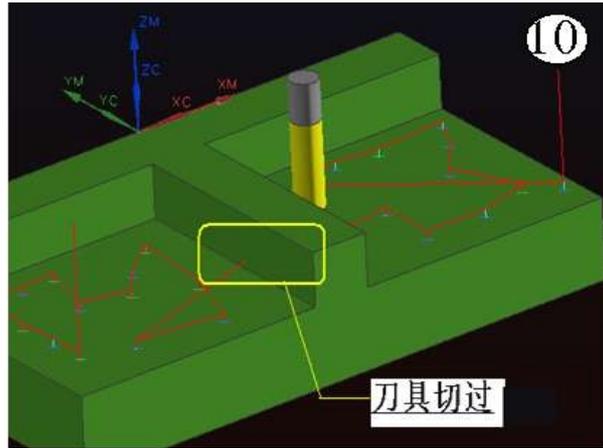
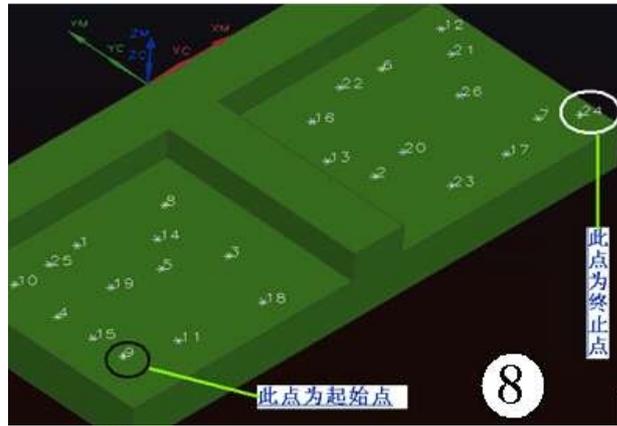
选择 按钮弹出对话框（下图②所示）→选择类型按钮弹出类选择对话框（下图③所示）→点击 类型过滤器 图标：选择“点”后 确定、点击 颜色 图标：选择继承对象颜色图标，然后在图形上选中一个绿色的点后 确定；点击 全选 图标，这样就可以选择了全部绿色的点， 确定 完成→这只是选择了绿颜色的点、下面开始选择蓝颜色的点：需注意的是——UG 孔加工中，可以对点位进行分组——即 **循环参数组：默认可分为 5 组——即可以选择加工 5 组不同深度的孔但是要求必须是孔径一致才行——即是如果孔的直径不一样大则不能在一个操作中完成，就必须再创建另一个操作。** 刚刚选择的绿颜色的点是默认的第一组，所以在选择蓝颜色的点时必须指定其所在的组。



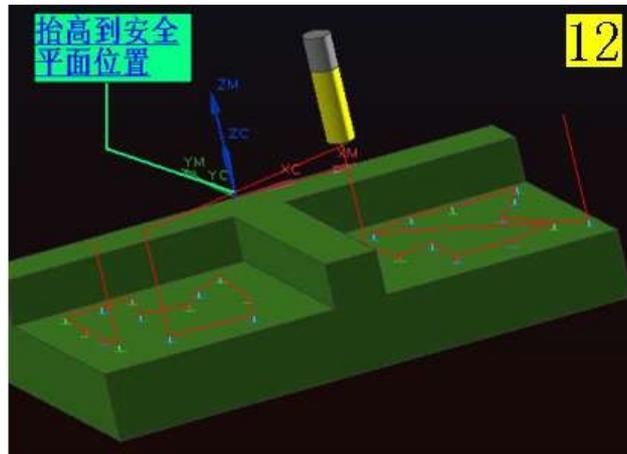
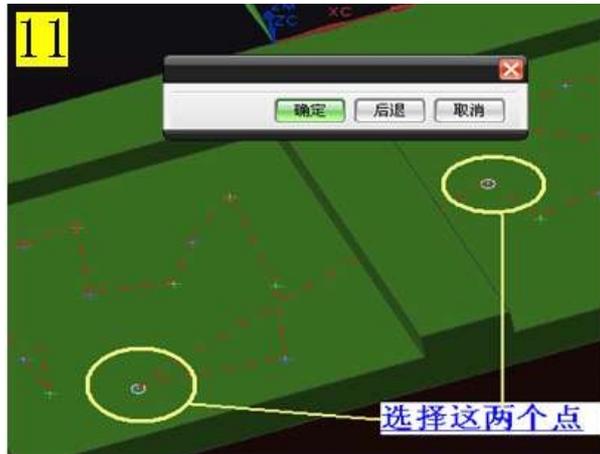
▲，选择蓝颜色的点：点击 Cycle 参数组 - 1 弹出组对话框（下图④所示）、选择 参数组 2 即指定蓝颜色的点为第二组→再按照前面的步骤继续选择蓝颜色的点。点击 确定 完成回到点到点几何体对话框。

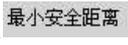


▲，发现点都被选择了，但是并没有一定的顺序，所以要进行优化：点击 优化 按钮（如上图 5 所示）弹出对话框（下图 6 所示），选择 最短刀轨 的方式进行优化→弹出对话框（下图 7 所示）选择指定加工起始点和终止点；分别点击 Start Point - 自动、End Point - 自动 定义如（下图 8 所示）的起点和终点。→然后点击 优化，达到了如（下图 9 所示）的效果→单击 接受、单击 规划完成 →生成刀轨如（下图 10）所示：发现过切。



▲，修改刀路：再次单击指定孔  图标进入编辑对话框——单击  弹出选择对话框，选择过切的两个点位（如下图 11 所示），单击  按钮，再次弹出对话框选择  安全平面 即可——再次生成刀轨，可以看到刀轨已经抬高到安全平面（如下图 12）所示。

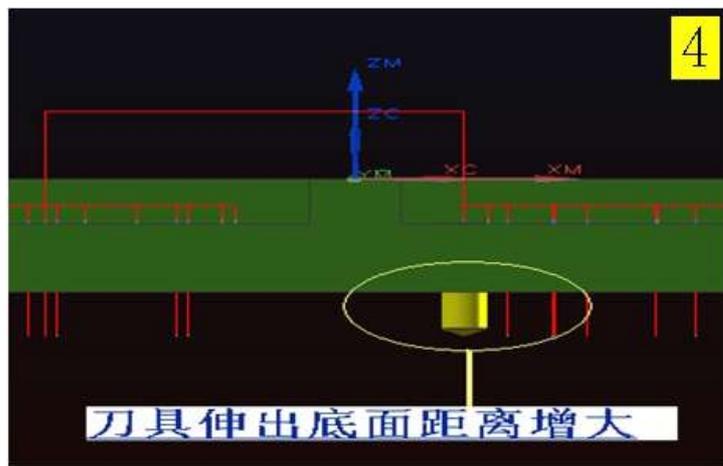
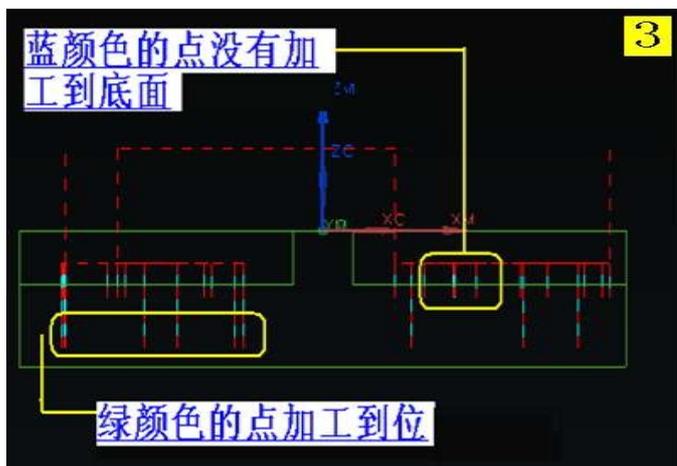
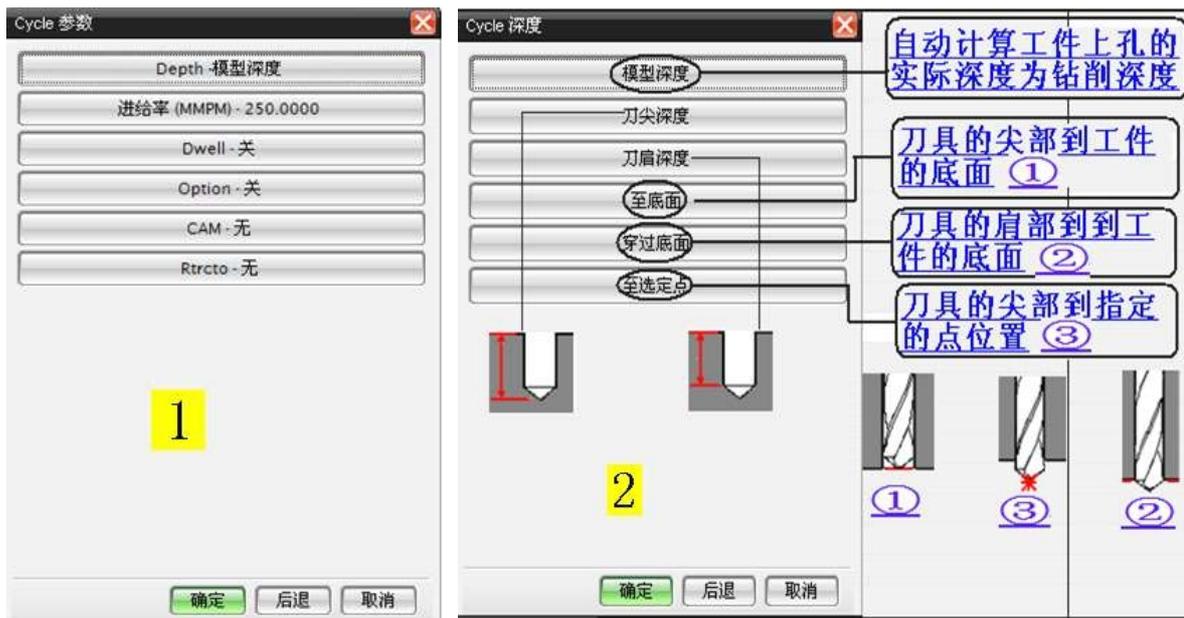


▲，修改刀具在区域之内抬高的最小安全距离：直接在  最小安全距离  里面修改数值即可。自己试试效果。

## ▲ 2. 其次创建钻孔操作：

▲，复制上面这个点孔的操作 DRILLING，名为 DRILLING\_COPY 并把其拖着至钻头 ZT 之下，双击该操作进入对话框——首先选择使用  标准钻，断屑  方式，立即弹出  指定参数组 对话框，在此对话框中可以看到有 2 个参数组  Number of Sets  ——直接单击  确定 按钮弹出  Cycle 参数 对话框（下图 1 所示）——直接单击

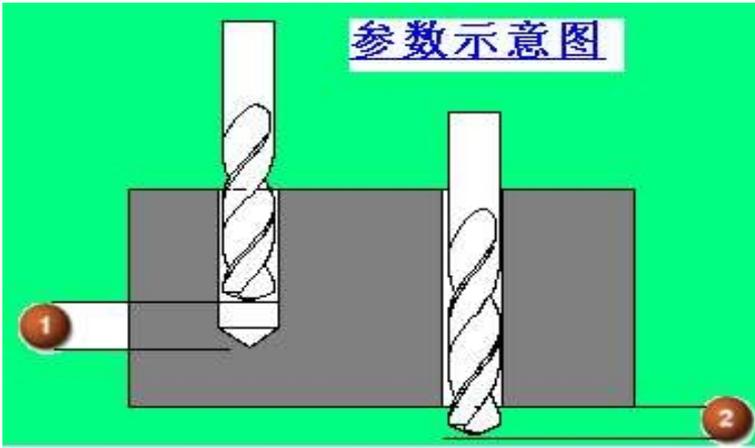
Depth-模型深度，弹出 Cycle 深度对话框（下图 2 所示）——这时默认的是第一组绿颜色的点，点击 刀肩深度 在对话框中输入 深度 20.0，点击 确定，再点击 进给率 (MMPM) - 25 改为 MMPM 100、点击 Step 值 - 未定义 定义每次钻的深度为 Step #1 3.（即是每次钻深 3mm 后抬刀再继续钻削）—— 确定 回到 Cycle 深度对话框，此时对话框中出现 复制上一组参数 选项，说明要定义下一组的参数（或者复制上组参数或者另行指定），再次点击 Depth-模型深度 按钮又出现 Cycle 深度对话框，进行蓝色点的的定义：点击 穿过底面 按钮定义为刀肩到底面，点击 进给率 (MMPM) - 25 改为 MMPM 80、点击 Step 值 - 未定义 定义为 Step #1 2 —— 确定 2 次回到主对话框，生成刀轨如（下图 3）所示。



▲，发现蓝色点并没有穿过工件底面：原因就是我们没有指定工件的底面，点击 指定底面 图标，使用面方式选择部件的底面即可，再次生成刀轨，发现蓝色点的刀轨已穿过底面。修改 通孔安全距离 10.0 后生成刀轨，可以看到穿过底面的距离增大了（如上图 4）所示。

参数介绍：深度偏置选项：①盲孔余量——指定高出盲孔底面的距离，刀具将在此位置停止钻孔。

②通孔安全距离——指定刀具移动超出通孔底面的距离。



注：深度偏置选项与循环参数对话框中的深度选项以如下方式结合使用：

- ▶ 如果深度选项设置为模型深度，深度偏置仅应用于实体孔。它不适用于点、圆弧或片体中的孔。
- ▶ 如果深度选项设置为至底面，“盲孔”余量应用于所有选定对象。必须有一个“底面”处于活动状态。
- ▶ 如果深度选项设置为穿过底面，“通孔”安全距离应用于所有选定对象。必须有一个“底面”处于活动状态。

### 练习二：

- ▲，打开 X 盘\lizi\dill-2. part 文件，已经定义好加工坐标系、安全平面和 WORKPIECE（零件几何体，无需定义毛坯）、以及加工所需的刀具 ZT(直径为 12mm 的钻头)。
- ▲，创建钻孔操作：实际上在创建钻孔操作之前应该创建点孔操作，在这里我们就不创建了，因为其方式与钻孔没有区别，只不过是刀尖深度的定义不同罢了。所以就直接创建钻孔操作——要求钻深:25mm。
- ▲，按下图 bm1 所示创建钻操作并进入对话框：首先定义需要加工的点位孔，点击图标  弹出 **点到点几何体** 对话框——→ 点击 **选择** 按钮弹出对话框——→ 点击“类型”按钮弹出类选择对话框——→ 点击 **类型过滤器**  按钮：选择“点”后 **确定** 键——→ 点击 **全选**  图标，这样就可以选择了全部的点， **确定** 2 次完成选择回到 **点到点几何体** 对话框。（注意查看数字步骤的顺序图示：下图 bm2、图 bm3 所示）

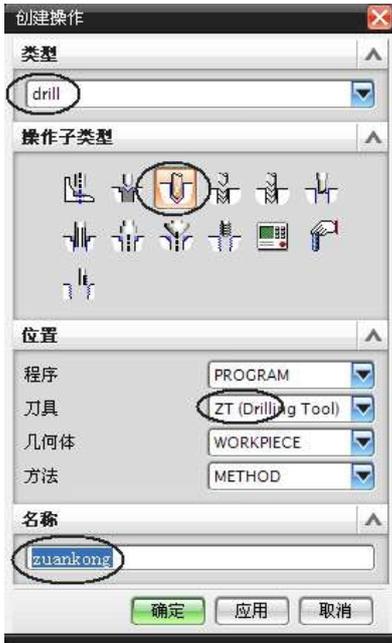


图 bm1



图 bm2



图 bm3

▲，选择完成后显示的点见下图 bm4 所示，可以看到没有顺序因此需要进行优化：点击 **优化** 按钮弹出对话框，选择 **最短刀轨** 的方式进行优化——弹出对话框选择指定加工起始点和终止点；分别点击 **Start Point - 自动**、**End Point - 自动** 定义如（下图 bm4 所示）的起点和终点。**确定** 完成（下图 bm5 所示）——然后点击 **优化**、单击 **接受**、单击 **规划完成** 回到主对话框（下图 bm6 所示）。（注意观察图示的顺序步骤数字）这一步定义完成要加工的孔位。图 bm7 是优化后的结果。

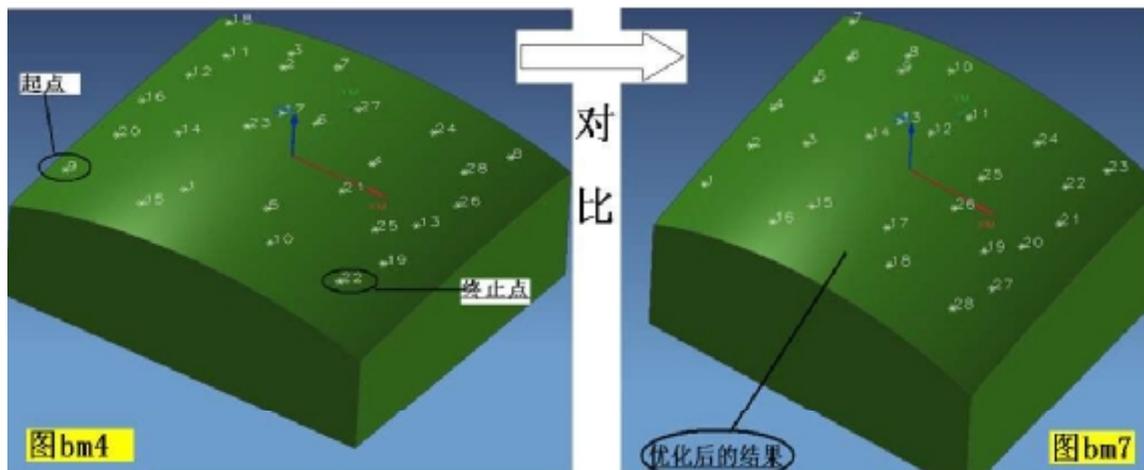


图 bm5

优化对比的结果



图 bm6

▲,选择使用 **断面...** 方式弹出步距安全距离对话框输入 2 即可——→ **确定** 2 次进入深度定义对话框(下图 bm8 所示), 点击 **Depth-模型深度** 按钮弹出的对话框点击 **刀尖深度**, 在弹出的对话框中输入 25 即可 **确定** 返回对话框(下图 bm9)——→ 点击 **进给率 (MMPM) - 250** 按钮在弹出的对话框中直接输入 100 即可 **确定** 返回对话框——→ 点击 **Increment-无** 按钮弹出的对话框点击 **恒定** 按钮, 在弹出的对话框中直接输入 3 即可(下图 bm10 所示)——→ **确定** 2 次回到主对话框。(注意观察图示的顺序步骤数字) 这一步定义完成要加工的深度、进给率、每刀切削深度等参数。



图bm8



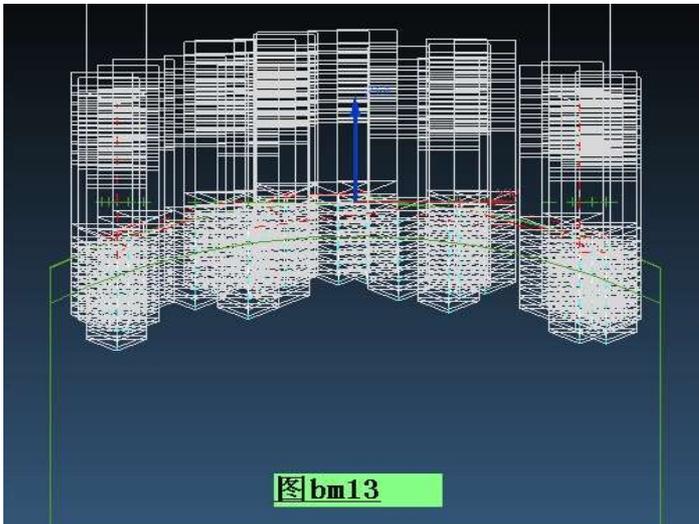
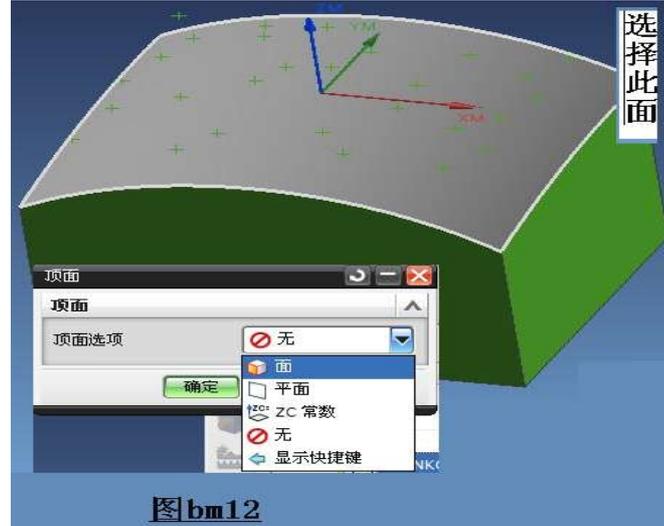
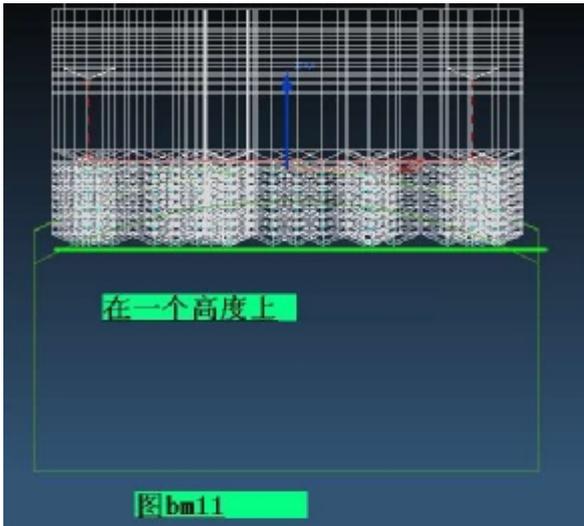
图bn9



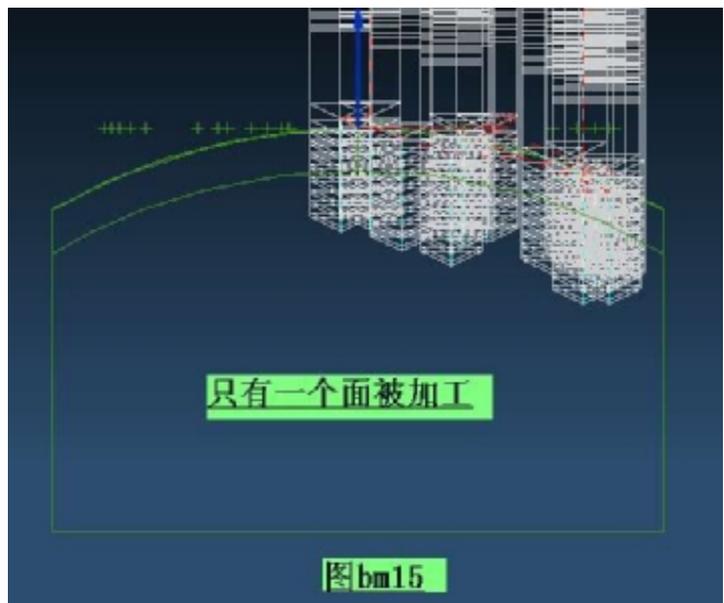
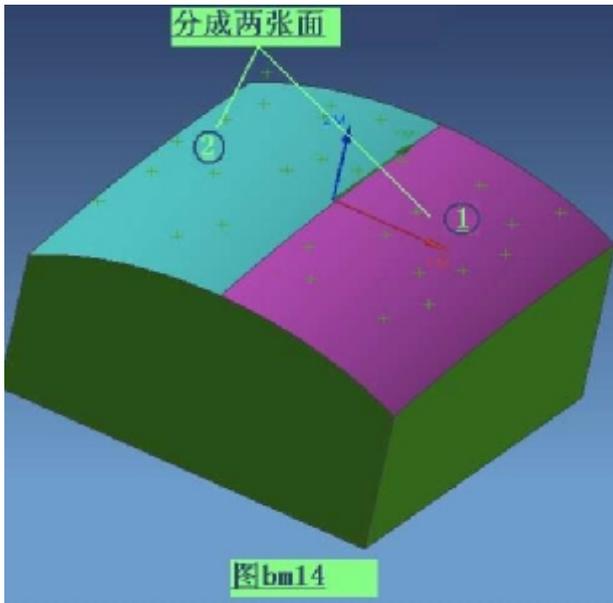
图bm10

▲, 生成刀轨, 并使用 3D 刀具状态显示如下(图 bm11) 所示。看到所有的点位加工到一个深度, 这是不正确的, 因为零件表面是曲面。这样的结果就是有的加工较深而有的较浅。原因就是: 这些点不在表面上, 这就是前面解释的: **“如果不定义顶面, 则系统默认为: 经过点位且垂直于刀轴的平面为工件顶面”**。所以我们就要定义零件的顶面——→ 点击 **指定顶面**  图标使用“面”方式直接选择零件的顶面

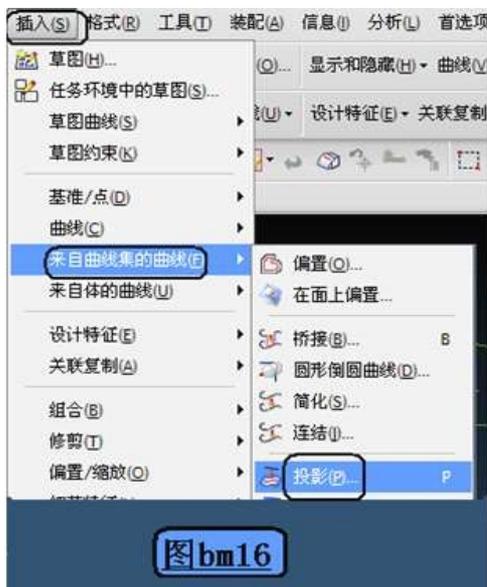
即可如（下图 bm12）所示。再次生成刀轨是正确的（下图 bm13 所示）。这就是：所有的点将投影到定义的面或平面上。



▲，继续深入研究一下：假如我们把这张零件的上表面进行分割了，形成了两张面（具体的步骤：在这里就不做了，就是在表面上插入一条直线，并以这条线为分割基准分成两张面）如下图 bm14 所示——→ 此时生成的刀轨如（下图 bm15）所示，发现现在只能选择一张面进行加工了。



▲，既然面做了限制那我们就不能使用顶面几何体了，点击指定顶面  进入对话框，选择顶面选项  无  退出。分析：根据我们前面介绍的顶面几何体概念，只要把这些点投影到表面上即可。进入建模环境中：插入(S)——来自曲线集的曲线(F)—— 投影(P) (下图 bm16 所示)，弹出对话框按 (下图 bm17) 所示将所有的点位投影到零件表面之上。这时，我们选择的点位已经投影到零件的 2 个表面了，就是已经丢失了已经选择的 (即要重新选择点位)，所以重新选择即可，详细的步骤参见上步操作——→重新生成 (如上图 bm13) 所示的刀轨即可。

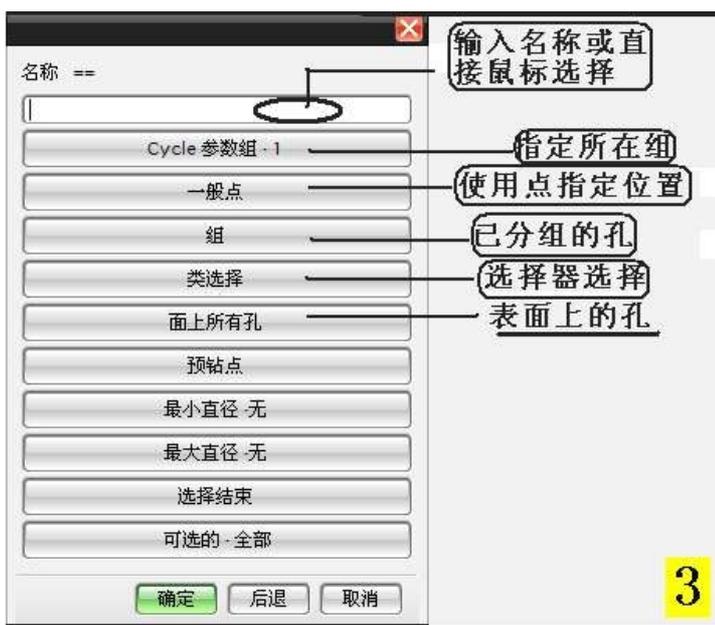


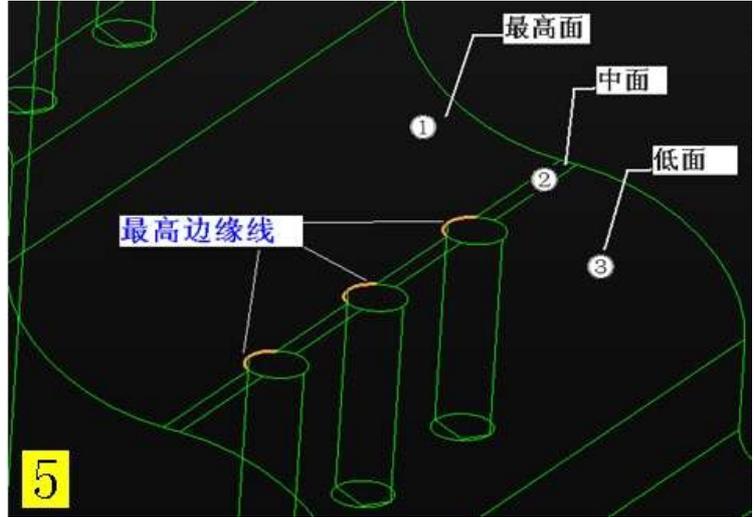
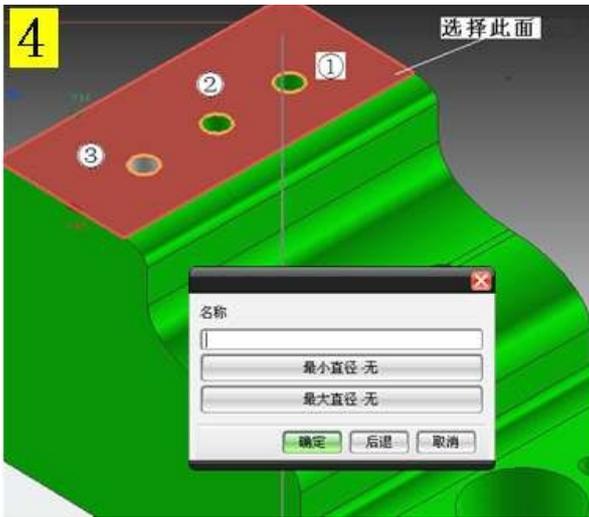
### 练习三：

▲，打开 X 盘\lizi\dill-3.part 文件，已经定义好加工坐标系、安全平面和 WORKPIECE (零件几何体)、以及加工所需的刀具——→零件加工要求说明：要求：8 个直径为 12.7mm 的孔需要：点钻、钻孔、绞孔，孔的直径大小是一致的为 12.7mm，但深度不同。而直径为 50.8mm 需要镗孔。

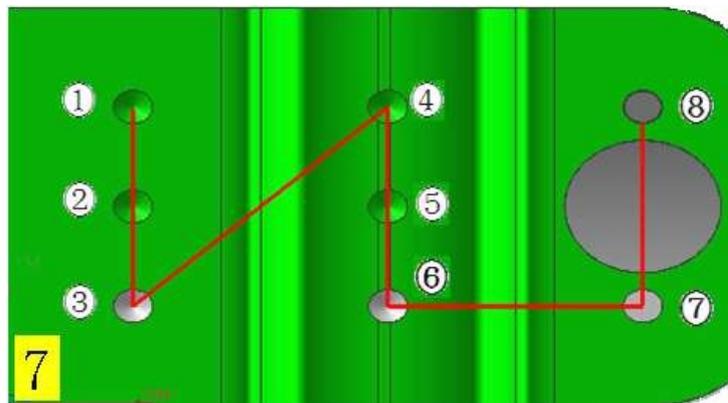
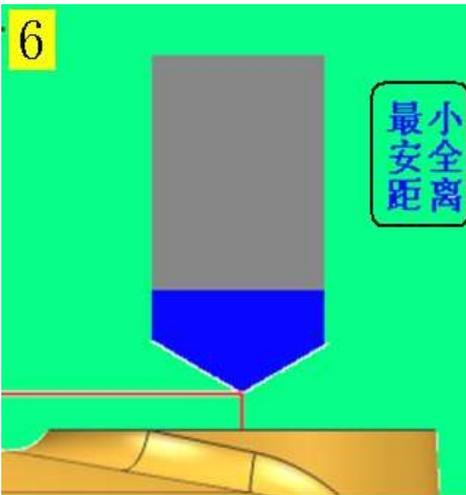
#### ▲1, 创建点孔操作：

▲，点击创建图标按照(下图 1 所示)的设置创建刀具 DZ (中心钻) 的操作—→**确定**键进入钻操作对话框，由于是点钻加工，所以不管孔深和大小都是一样的操作，所以也就不必分组。首先选择要加工的孔位：点击**指定孔**弹出**点到点几何体**对话框(下图 2 所示)，点击选择弹出选择对话框(里面有多种方式进行选择下图 3 所示)：点击**面上所有孔**按钮弹出选择对话框(这是选择面上所有的孔，如果面上有直径不同的孔，则可以使用最大/最小直径限定范围，处于此范围的孔才被选中)，选择(下图 4)所示的孔—→单击确定返回对话框，下面继续选择模型中部的 3 个孔：**这里要注意——这 3 个孔在 3 个不同高度的面上，要选择最高的边缘线才正确**，如果选择较低边缘线就会过切，使用鼠标直接选择上边缘线即可(如下图 5 所示)，继续选择底部的 2 个孔(单击要选择的孔即可)，至此所有的孔选择完毕！**确定**完成。



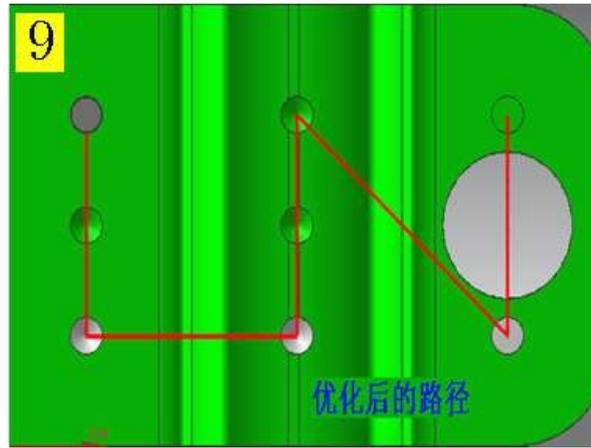
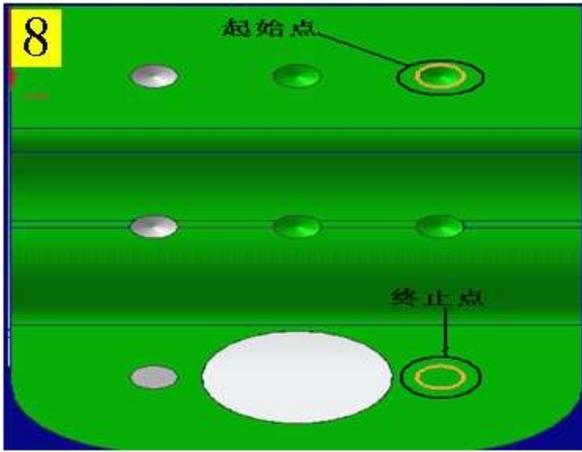


▲，定义循环参数：直接使用 **标准钻** 方式点击图标 弹出循环参数组对话框，由于只有一组所以直接 **确定** 进入 **Cycle 参数** 对话框——首先定义钻削深度：点击 **Depth-模型深度** 按钮弹出 **Cycle 深度** 对话框，由于是点钻所以使用刀尖深度，点击 **刀尖深度** 按钮在弹出的深度数值对话框中，输入 5mm 即可——其次定义进给率：点击 **进给率 (MMPM)** 按钮在弹出的进给率对话框中，输入 200 即可——最后定义停留时间：单击 **Dwell-关** 按钮在弹出的 **Cycle Dwell** 对话框中，点击“秒”按钮进入对话框直接输入 1 秒即可。 **确定** 完成循环参数的定义，返回主对话框。



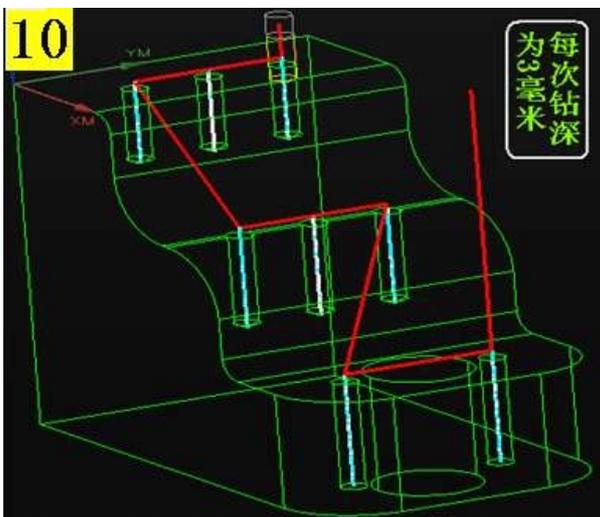
▲，定义 **最小安全距离** ——这是决定刀具在进入材料之前与零件面的距离值（上图 6 所示）。因为这个操作在孔与孔之间没有定义安全平面，所以就使用最小安全距离，如果定义了安全平面就以平面高度快速运动到下一个点位之上的最小安全距离处——生成刀轨如（上图 7）所示：可以发现现在的加工顺序是选择的顺序，然而并不是最有效的路径，下面将对钻孔顺序进行优化。

▲，点击 **指定孔** 弹出 **点到点几何体** 对话框——点击 **优化** 按钮在弹出的对话框中点击 **最短刀轨** 按钮——在弹出的对话框中点击 **Start Point-自动** 按钮，选择下图 8 所示的点为起始点，点击 **End Point-自动** 选择下图 8 所示的点为终止点——点击 **优化** 按钮后点击 **接受** 再点击 **确定** 生成刀轨如（下图 9 所示）。



### ▲2, 创建钻孔操作:

复制上面的点孔操作并改名为 ZUANKONG 把它内部粘贴在 ZT (钻头) 刀具之下——双击该操作进入对话框: 选择使用 **断屑...** 方式——弹出步距安全距离值对话框, 直接点击 **确定** ——弹出 **指定参数组** 对话框, 这里虽然孔的深度不同, 但也无需分组加工, 因为我们选择使用“模型深度”来定义, 系统自动检测各个孔的实际深度——所以直接点击 **确定** 按钮进入 **Cycle 参数** 对话框, 点击 **Depth (Tip)-3.00** 按钮 (里面的 3.00 是上次定义的点孔的深度值), 在弹出的 **Cycle 深度** 对话框中直接点击 **模型深度** 即可, **确定** 完成回到 **Cycle 参数** 对话框——继续点击 **进给率 (MMPM)-200** 按钮, 在弹出的 **Cycle 进给率** 对话框中输入 100, **确定** 完成回到 **Cycle 参数** 对话框——点击 **Increment-无** 按钮开始定义每刀切削的深度值, 在弹出的变量对话框中点击 **恒定** 按钮输入 **增量 0.1**, **确定** 2 次完成回到主对话框, 生成刀轨如 (下图 10) 所示:

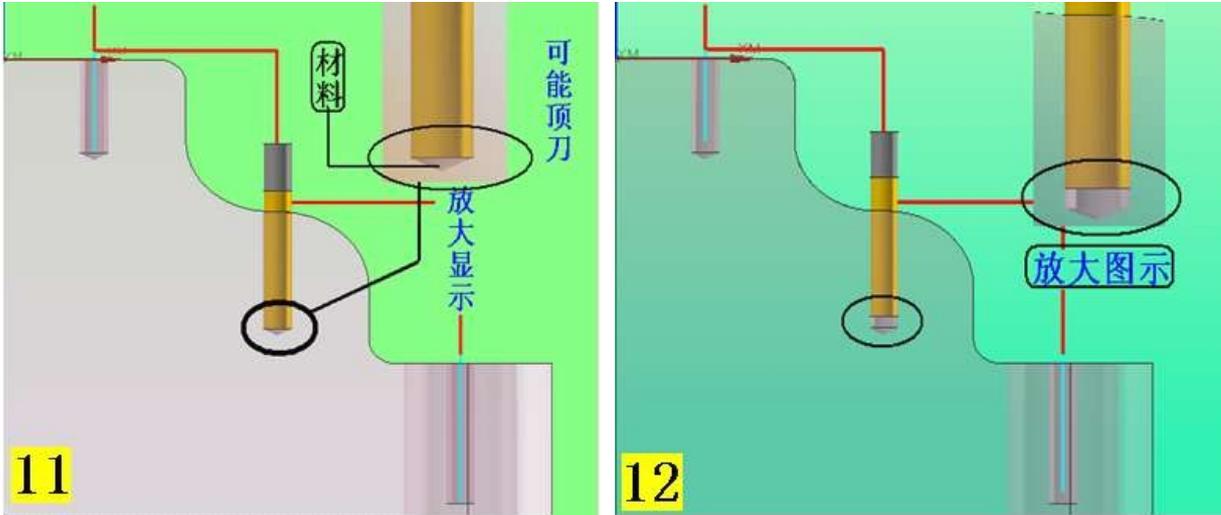


### ▲3, 创建绞孔操作:

▲, 继续复制点孔操作并改名为 JIAOKONG 把它内部粘贴在 JD (铰刀) 刀具之下——双击该操作进入对话框: 点击图标 , 弹出 **指定参数组** 对话框, ——直接点击 **确定** 按钮进入 **Cycle 参数** 对话框, 点击 **Depth (Tip)-3.00** 按钮 (里面的 3.00 是上次定义的点孔的深度值), 在弹出的 **Cycle 深度** 对话框中直接点击 **模型深度** 即可, **确定** 完成回到 **Cycle 参数** 对话框——继续点击 **进给率 (MMPM)-200** 按钮, 在弹出的 **Cycle 进给率** 对话框中输入 40, **确定** 完

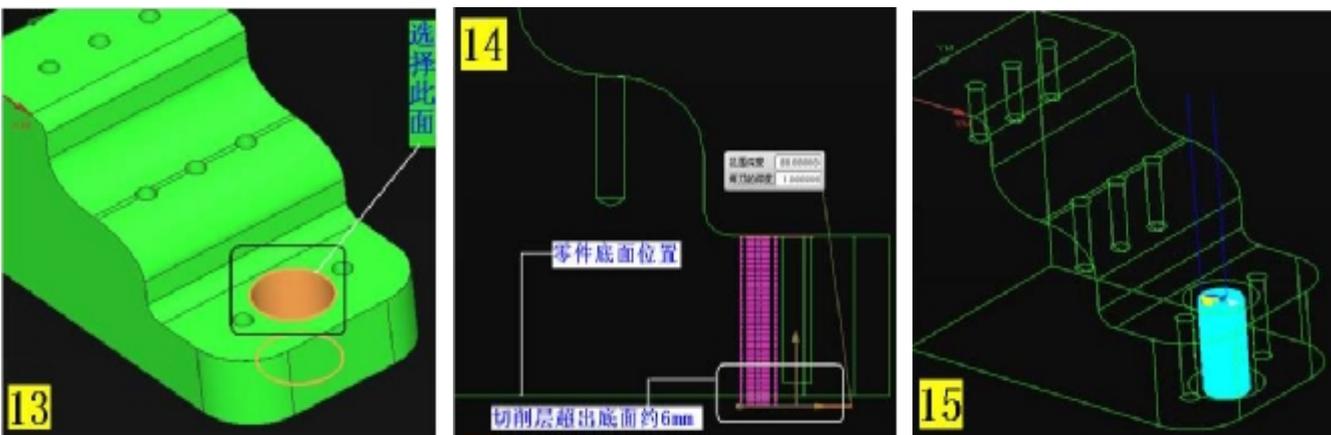
成回到 **Cycle 参数** 对话框 → **确定** 完成回到主对话框，生成刀轨如（下图 11）所示：发现铰刀加工到钻孔的底部，这就有可能发生“顶刀”现象，所以我们应该做一下调整。

▲，点击 **深度偏置** 选项展开定义区：定义 **盲孔余量** **6.50** 后，再次生成刀轨如（下图 12 所示），保证铰刀不会顶到底面。



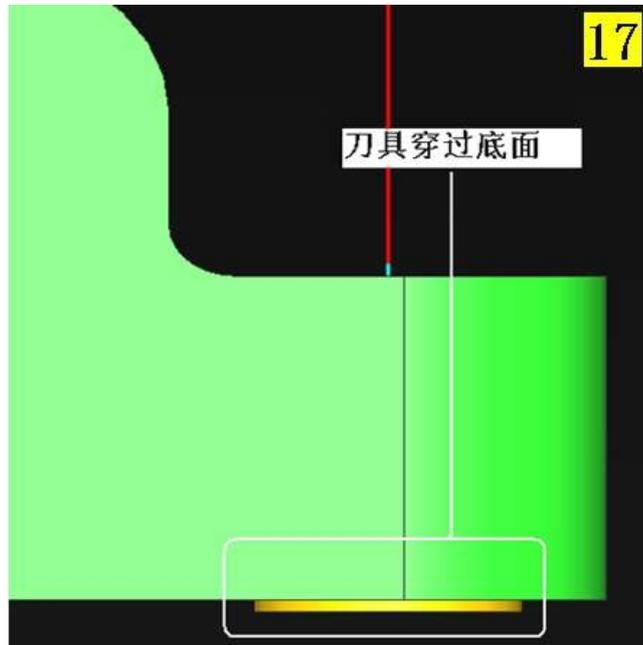
#### ▲ 4. 镗孔操作：

▲，此孔直径为  $25.4 \times 2 = 50.8\text{mm}$ ，如果直接钻孔就会较费时间，所以先使用铣刀进行铣加工并留有  $0.3\text{mm}$  的余量给镗刀加工：使用 D20R4 刀具创建型腔铣挖槽加工 → 进入型腔铣对话框后，首先定义切削区域，直接点选要加工的孔的内表面（下图 13） → 其它参数定义如下：**切削模式** **跟随部件**、**平面直径百分比** **75%**、**每刀的公共深** **恒定**、**距离** **1.0**；**部件侧面余量** **0.3**、**部件底面余量** **0.0**、**开放刀路** **变换切削方向** → 为了保证刀具不在底部留有 R4 的余量，需设置切削层，使切削层的底超出孔的底部（下图 14）所示 → 定义非切削参数：**区域内** **传递类型** **前一平面** → 生成刀轨如（下图 15）所示。



▲，粗镗加工操作：使用 TD1（直径=50.7）的镗刀进行粗镗：创建孔操作并进入对话框（如下图 16）所示，因为要让镗刀加工出底面，所以在此操作就要进行定义底面 → 点击 **指定底面** **指定底面** 使用“面”方式选择零件的底面，**确定** 完成 → 使用 **循环** **标准镗，快退...** 方式弹出对话框 **确定** 进入 **Cycle 参数** 对话框，点击

Depth-模型深度 按钮在弹出的对话框中点击 穿过底面 按钮（深度定义完成）；点击 进给率 (MMPM) 按钮在弹出的对话框中输入 MMPM 30 确定 2 次返回主对话框 为了 保证镗刀穿过底面设置 通孔安全距离 3 生成刀轨如（下图 17）所示：这种运动形式为：刀具以定义的进给速度 30 切削到指定深度，主轴停止，刀具沿 Z 轴方向快速退出孔外。再以“快速进给率”进行到下一个孔位之上的安全点进行加工。因为退刀时刀刃划过表面，所以一般适合粗镗加工。（注：镗刀使用单刃的）



▲，精镗加工操作：使用 TD2（直径=50.8）的镗刀进行精镗：

复制粗镗加工程序改名为 jingtang 并把它内部粘贴在镗刀 TD2 之下，双击该操作进入对话框：使用

标准镗，横向偏置后快速退方式，弹出对话框 Cycle/Bore, No drag 点击 指定 按钮弹出对话框并输入 方位 5.0

（即是离开孔表面 5mm 后再快速退刀至孔外：Q 表示刀尖的偏移量，一般为正数，移动方向由机床参数设定），其它参数不必修改 确定 3 次回到主对话框，生成刀轨。说明：这种运动方式为：将刀具镗削进给到指定深度——主轴停转并定向——沿垂直于刀轴的主轴方位方向进行偏置运动（q 值）——快速退出孔外。下图是两者的后处理 NC 程序的区别：（注：镗刀使用单刃的）

```

文件(F) 编辑(E)
当前工作部件      : F:\lizi\dill-2.prt
节点名           : pc-20100310it11
-----
*
G40 G17 G49 G90 G54
G00 X0.0 Y0.0
(刀具 TD1 D50.7 X R0.0)
G00 X206.375 Y76.2 S0 M03
G43 Z30. H00
G86 X206.375 Y76.2 Z-250.65 R-162.1 F30.
G80
G00 Z30.
M05
M09
M30
*
(TOTAL Machine Time: 3.18 MIN)

```

定位到孔位置  
安全平面  
进给速度镗加工到底面  
循环G代码  
抬刀到安全平面  
粗镗加工

```

文件(F) 编辑(E)
当前工作部件      : F:\lizi\dill-2.prt
节点名           : pc-20100310it11
-----
*
G40 G17 G49 G90 G54
G00 X0.0 Y0.0
(刀具 TD2 D50.8 X R0.0)
G00 X206.375 Y76.2 S0 M03
G43 Z30. H00
G76 X206.375 Y76.2 Z-250.65 R-162.1 F30. Q5.
G80
G00 Z30.
M05
M09
M30
*
(TOTAL Machine Time: 3.18 MIN)

```

定位至孔位置  
方位参数  
循环G代码  
注意与粗镗的区别  
精镗加工

## 第 2 节：关于 UG 后处理的建议：

UG 的加工应用模块可生成用来对部件进行加工的 NX 刀轨。但是一般情况下，这些刀轨（刀路）不能直接发送到机床并开始进行切削，因为机床有很多不同的类型。每种类型的机床都有一些独特的硬件功能，机床类型由特定的计算机（又称作控制器）来控制。控制器接受刀轨文件并指引刀具运动和其他机床活动（例如，开启和关闭冷却液或冷风）。正如每种类型的机床都有独特的硬件特性一样，每个控制器都有独特的软件特性。例如，大多数控制器都需要使用特定的代码来打开冷却剂。某些控制器还限制在一个输出行中所允许的 M 代码的数量。而这些信息不会在生成的原始 NX 刀轨（刀路）中。而如果没有正确的机床格式，刀轨文件会与控制器不兼容——即是机床不会认识读取这些刀轨信息。因此，必须修改刀轨使其符合各个不同的机床/控制器组合的独特参数。这种修改称作后处理，结果称作后处理刀轨。对于后处理有两个重用因素。它们是：

- 1) 刀轨数据 ——就是 NX 产生的刀轨。
- 2) 后处理器 ——它是一个程序，它读取刀轨数据并改变其格式，使其用于并适合特定机床和机床所带的控制器。

后处理器为该机床重新格式化这些刀轨数据——这就是后处理！所以在我们生成刀轨以后，就必须对这些刀轨进行后处理，这样才能用于机床加工。

UG 为此也提供了一些各种机床的示例：即选择一个成功生成的刀轨后，点击图标就会弹出下图所示的对话框：



然而 UG 提供的这些机床并不一定适合实际中的各种机床类型，所以必须构建适合工厂实际的机床格式才行。然而这个过程比较复杂：首先就是会使用 UG 提供的通用的后处理器程序 Post——它输入 NX 刀轨数据，并输出机床可读的 NC 代码。Post 是一个可以高度定制的程序，它可以用于非常简单和非常复杂的机床/控制器组合。后处理构建器是 NX 的产品，它用于定制后处理器以用于各机床/控制器组合；其次会通读机床的使用说明手册，然后按其说明构建特定的机床后处理格式。

——关于 NC 程序的后处理问题，如果要展开讲解的话得需要一本书的内容，由于篇幅所限就不能在这里做深入的学习和探讨了。大家可以参考相关的 UG 官方教程或其它有价值的书籍。而对于不愿意学习这方面知识的朋友（因为这些知识学习起来的确枯燥无味），我给大家一个这样的建议：

**拿来主义：**最直接的方法就是使用已经经过验证的后处理格式——即是在工厂中别的编程人员正在使用的后处理格式。并注意研究一下这些内容：

- 1， NC 程序的程序头、程序尾的格式与规定。
- 2， 直线的程序格式。
- 3， 圆弧程序格式：是“R”格式还是“I、J、K”格式。对于“R”格式的是否需要在其前增加“+”或“-”号；而对于“I、J、K”格式的是相对值还是绝对值。
- 4， 程序中的坐标 X、Y、Z 数值的小数格式。

5, 程序号是否可以省略。

下面是一个最为常见的“法兰克”机床的 NC 程序解读：

```
信息
文件(F) 编辑(E)
日期 : 2011-5-25 13:59:06
当前工作部件 : F:\lizi\cavity1.prt
节点名 : pc-20100310itii
=====
%
G40 G17 G49 G90 G54
G00 X0.0 Y0.0 Z50.
(刀具 B12 D12.0 R6.0)
G00 X-23.708 Y-6. S2000 M03

Z2.
G01 Z-1. F500. M08
G03 X-17.708 Y0.0 I0.0 J6.
G01 Y8.952 F1500.
G02 X-8.952 Y17.708 I8.757 J0.0
G01 X8.952
G02 X17.708 Y8.952 I0.0 J-8.756
G01 Y-8.952
G02 X8.952 Y-17.708 I-8.756 J0.0
G01 X-8.952
G02 X-17.708 Y-8.952 I0.0 J8.757
G01 Y0.0
G03 X-23.708 Y6. I-6. J0.0
G01 Z-37.

G00 Z50.
M05
M09
M30
%
(TOTAL Machine Time: 6.91 MIN) 加工时间
```

%——是 NC 程序的开头符号，说明传送程序开始。

G40 G17 G49 G90 G54——首先执行这些命令：取消补偿（刀具半径补偿、刀具长度补偿）G40 G49、选择 XY 平面 G17、使用绝对坐标值 G90、读取工件中心坐标 G54。

G00 X0.0 Y0.0 Z50.——刀具快速运动到工件中心坐标值位置之上 z=50 安全平面处。

（刀具 B12 D12 R6）——指明使用的刀具为 B12 的球刀。

G00 X-23.708 Y-6. S2000 M03——快速运动到切削区域开始点位置，准备开始进行切削加工。并开启主轴正传 M03、转速为 S2000。

Z2  
Z-1. F500. M08

刀具从安全平面处快速（G00 速度）进刀到 Z2.位置处，以 F500 的进刀速度到达 Z-1 处，并开启切削冷却液体，开始切削工件。

刀具或走直线 G01、或走顺时针方向圆弧 G02、或走逆时针方向圆弧 G03——开始以 F1500 的进给速度正常切削工件。

G00 Z50——切削完成后抬刀到安全平面位置处。

M05——主轴停转。

M09——切削冷却液体关闭。

M30——程序结束。