第4章

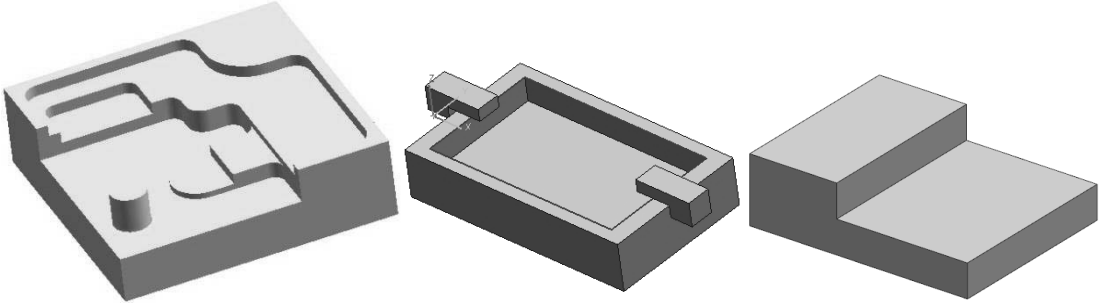
平面铣

（视频讲解：5分钟）

平面铣是UG NX提供的最基本，也是最为常用的加工方式之一。平面铣主要用来对具有平面特征的面和岛进行加工。本章将对UG NX平面铣的相关内容做详细介绍。在学完本章内容后，读者可以对平面铣削的基本知识有较深的理解，并领会平面铣相关参数和选项的设置意义。

- ☑ 平面铣概述
- ☑ 几何体
- ☑ 步距
- ☑ 切削层设置
- ☑ 平面铣加工实例
- ☑ 平面铣的子类型
- ☑ 切削模式
- ☑ 进给率和速度
- ☑ 非切削移动

任务驱动&项目案例



Note

4.1 平面铣概述

“平面铣”是一种 2.5 轴的加工方式，在加工过程中首先完成水平方向 XY 两轴联动，然后再对零件进行 Z 轴切削。

“平面铣”可以加工零件的直壁、岛屿顶面和腔槽底面为平面的零件。根据二维图形定义切削区域，所以不必做出完整的零件形状；它可以通过边界指定不同的材料侧方向，定义任意区域为加工对象，可以方便地控制刀具与边界的位置关系。

“平面铣”是用于切削具有竖直壁的部件以及垂直于刀具轴的平面岛和底面，如图 4-1 所示。“平面铣”操作创建了可去除平面层中的材料量的刀轨，这种操作类型最常用于粗加工材料，为精加工操作做准备。

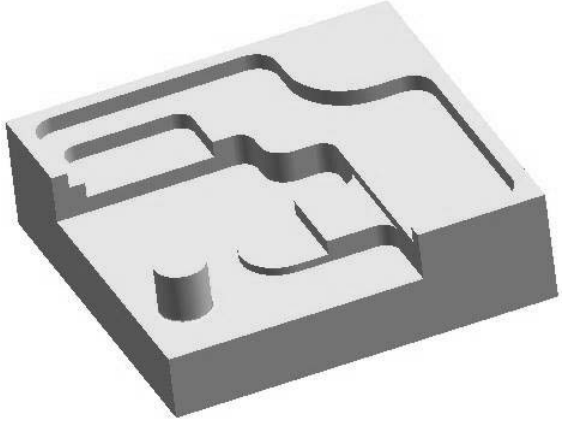


图 4-1　平面铣部件

平面铣主要加工零件的侧面与底面，可以有岛屿和腔槽，但岛屿和腔槽必须是平面。平面铣的刀具轨迹是在平行于 XY 坐标平面的切削层上产生的，在切削过程中刀具轴线方向相对工件不发生变化，属于固定轴铣，切削区域由加工边界确定约束。

4.2 平面铣的子类型

在“刀片”组中单击“创建工序”图标，打开如图 4-2 所示的“创建工序”对话框。在“类型”选项卡中，系统默认为“mill_planar”，即为平面铣类型。

在“工序子类型”中列出了平面铣的所有加工方法，一共有 15 种子类型，其中前 4 种为主要的平面铣加工方法，应用比较广泛。一般的平面铣加工多用前 4 种，基本上能满足要求，其他的加工方式由前 4 种演变产生，适合于一些比较特殊的几何形状的加工。下面依次介绍这 15 种子类型。

（1）底壁铣：切削底面和壁。

（2）带 IPW 的底壁铣：使用 IPW 切削底面和壁。

（3）带边界面铣削：基本的面切削操作，用于切削实体上的平面。

（4）手工面铣：它使用户能够把刀具正好放在所需的位置上。

（5）平面铣：用平面边界定义切削区域，切削到底平面。

（6）平面轮廓铣：特殊的二维轮廓铣切削类型，用于在不定义毛坯的情况下轮廓铣，常用于修边。

图 4-2　“创建工序”对话框

（7）清理拐角：使用来自前一操作的二维 IPW，以跟随部件切削类型进行平面铣。常用于清除角，因为这些角中有前一刀具留下的材料。

（8）精铣壁：默认切削方法为轮廓铣削，默认深度为只有底面的平面铣。

（9）精铣底面：默认切削方法为跟随零件铣削，将余量留在底面上的平面铣。

（10）槽铣削：使用*槽铣削*处理器的工序子类型切削实体上的平面可高效加工线型槽和使用 T 型刀具的槽。

（11）孔铣：使用螺旋式和/或螺旋切削模式来加工盲孔和通孔或凸台。

（12）螺纹铣：使用螺旋切削铣削螺纹孔。

（13）平面文本：对文字曲线进行雕刻加工。

（14）铣削控制：建立机床控制操作，添加相关后置处理命令。

（15）用户定义铣：自定义参数建立操作。

选择一种加工方式，如平面铣，然后单击“确定”或“应用”按钮，打开如图 4-3 所示的“平面铣”对话框，进行相关操作。

4.3　几　何　体

“几何体”栏给出了在进行数控编程时需要用到的多种几何体边界设置，如“指定部件边界”“指定毛坯边界”“指定检查边界”“指定修剪边界”和“指定底面”。单击“几何体”右边的图标，“几

何体”栏展开如图 4-4 所示。各选项的简单说明如下。

图 4-3　“平面铣”对话框

图 4-4　指定几何体边界

（1）指定部件边界：该选项指定表示将完成的“部件”的几何体，如图 4-5 所示。

（2）指定毛坯边界：“毛坯”选项指定表示将要切削掉的原材料的几何体，如图 4-5 所示。毛坯边界不表示最终部件，但可以对毛坯边界直接进行切削或进刀。

（3）指定检查边界：通过使用“检查”选项定义不希望与刀具发生碰撞的几何体，如夹具和压板位置，如图 4-6 所示。不会在“检查几何体”覆盖将要删除的材料空间的区域进行切削。用户可以指定“检查余量”的值（“切削”→“检查余量”），此值定义刀具位置和“检查几何体”之间的距离。“相切于”刀具位置被应用于“检查边界”。当刀具遇到“检查几何体”时，它将绕着“检查几何体”切削，或者退刀，这取决于“切削参数”对话框中“跟随检查”的状态。检查边界没有开放边界，只有封闭边界。可以通过指定检查边界的余量（Check Stock）定义刀具离开检查边界的距离。当刀具碰到检查几何体时，可以在检查边界的周围产生刀位轨迹，也可以产生退刀运动，可以根据需要在“切削参数”对话框中设置。

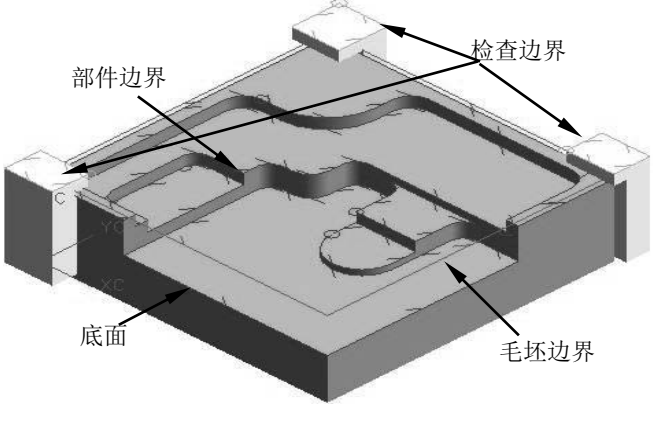


图 4-5　“边界”几何体

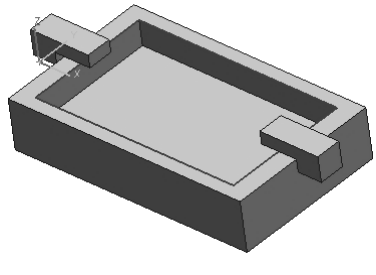


图 4-6　带有夹具的部件

（4）指定修剪边界：可以通过“修剪”选项指定将在各个切削层上进一步约束切削区域的边界。通过将“刀具侧”指定为“内侧”或“外侧”（对于闭合边界），或指定为“左”或“右”（对于开放

边界），用户可以定义要从操作中排除的切削区域的面积。

用户可以指定一个“修剪余量”值（“切削”→“修剪余量”）来定义刀具与“修剪几何体”的距离。刀具位置“在上面”总是应用于“修剪边界”，用户不能选择将刀具位置指定为“相切于”。

（5）指定底面：定义最低（最后的）切削层，如图 4-5 所示。所有切削层都与“底面”平行生成。每个操作只能定义一个“底面”。重新定义“底面”将自动替换现有的“底面”。刀具必须能够到达“底面”，并且不会过切部件。如果“底面”定义的切削层无法到达则会显示一条错误信息；如果未指定“底面”，系统将使用机床坐标系 (MCS) 的 X-Y 平面。

Note

4.4　切 削 模 式

切削模式确定了用于加工切削区域的刀轨模式，不同的切削方式可以生成不同的路径。主要有“往复”、“单向”、“单向轮廓”、“跟随周边”、“跟随部件”、“轮廓”、“标准驱动”和“摆线”等切削方法。

“往复”、“单向”和“单向轮廓”都可以生成平行直线切削刀路的各种变化。“跟随周边”可以生成一系列向内或向外移动的同心的切削刀路。这些切削类型用于从型腔中切除一定体积的材料，但只能用于加工“封闭区域”。

各切削方法的主要特点如下。

（1）“往复”、“单向”和“单向轮廓”切削都可生成各种平行线切削刀路。

（2）“跟随周边”可生成一系列同心切削刀路，这些刀路可向内或向外进行；“跟随部件”可以按照内外边界做等距偏置，交叉处进修剪，步进的行进方向为朝向部件。

（3）“轮廓”可生成跟随切削区域轮廓的部件部分的单个切削刀路。与其他切削类型不同，“轮廓”的设计目的并不是去除一定量的材料，而是用于对部件的壁面进行精加工。“轮廓”和“标准驱动”可加工开放和封闭区域。如果切削区域完全由毛坯几何体组成，则轮廓切削方式不会在该区域生成任何切削运动。

4.4.1　跟随周边

“跟随周边”切削能跟随切削区域的轮廓生成一系列同心刀路的切削图样。通过偏置该区域的边缘环可以生成这种切削图样。当刀路与该区域的内部形状重叠时，这些刀路将合并成一个刀路，然后再次偏置这个刀路就形成下一个刀路。可加工区域内的所有刀路都将是封闭形状。“跟随周边”切削通过使刀具在步进过程中不断地进刀而使切削运动达到最大程度。

“跟随周边”切削是沿切削区域外轮廓产生一系列同心线来创建刀具路径。该方法创建的刀具路径与切削区域的形状有关，刀具路径是通过偏置切削区域外轮廓得到的。如果偏置的刀具路径与切削区域内部形状有交叠，则合并成一条刀具路径，并继续偏置下一条刀具路径，所有的刀具路径都是封闭的。

“跟随周边”切削方法的特点如下。

（1）刀具的轨迹是同心封闭的。

（2）刀具的切削方向与往复式走刀方法一样，跟随周边走刀方法在横向进给时，一直保持切削状态，可以产生最大化切削，所以特别适合于粗铣。用于内腔零件的粗加工，如模具的型芯和型腔。

（3）如果设置的进给量大于刀具的半径，两条路径之间可能产生未切削区域，导致切削不完全，会在加工工件表面留有残余材料。

利用“跟随周边”方法进行切削，除需要指定“顺铣”和“逆铣”外，还需要在切削参数对话框中指定横向进给方向：“向内”或“向外”。

使用“向内”腔体方向时，离切削图样中心最近的刀具一侧确定“顺铣”或“逆铣”，如图 4-7 所示；使用“向外”腔体方向时，离切削区域边缘最近的刀具一侧确定“顺铣”或“逆铣”，如图 4-8 所示。

Note

对于“向内”进给切削，系统首先切削所有开放刀路，然后切削所有封闭的内刀路。切削时根据零件外轮廓向内偏置，产生同心轮廓。

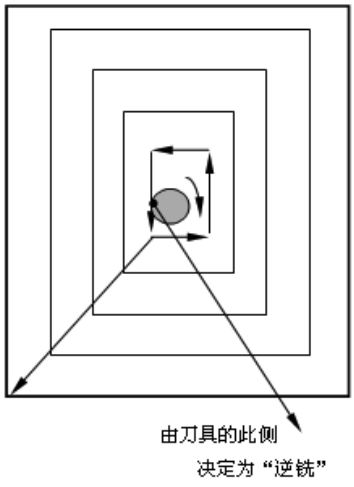


图 4-7　向外“逆铣”

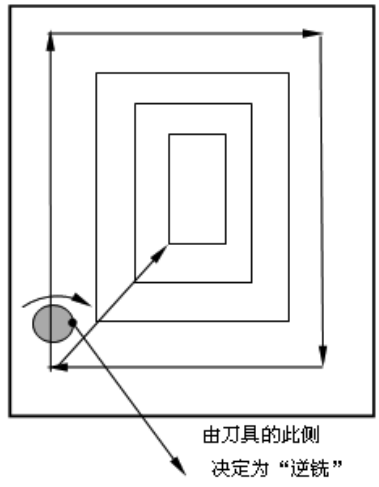


图 4-8　向内“逆铣”

对于“向外”进给切削，系统首先切削所有封闭的内刀路，然后切削所有开放刀路。刀具从工件要切削区域的中心向外切削，直到切削到工件的轮廓。

“跟随周边”切削刀具运动的轨迹如图 4-9 所示。

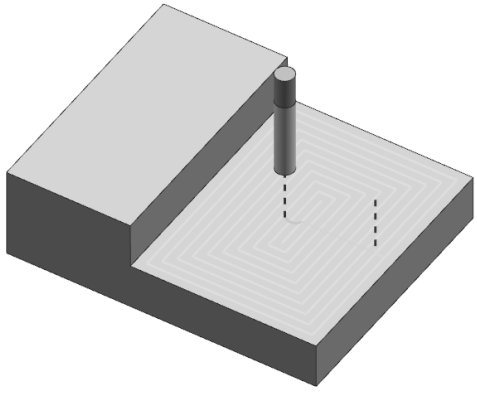


图 4-9　“跟随周边”刀轨

4.4.2　跟随部件

“跟随部件”方法是根据所指定的零件几何产生一系列同心线来切削区域轮廓。该方法和“跟随周边”切削方法类似。不相同的是，“跟随周边”只能从零件几何或毛坯几何定义的外轮廓偏置得到

刀具路径，“跟随部件”可以保证刀具沿零件轮廓进行切削。

“跟随部件”切削方法的特点如下。

（1）“跟随部件”方法不允许指定横向进给方向，横向进给方向由系统自动确定，即总是朝向零件几何，也就是靠近零件的路径最后切削。

（2）如果切削区域中没有“岛屿”等几何形状，此切削方式和“跟随周边”方式产生的刀具轨迹相同。

（3）根据工件的几何形状来规定切削方向，不需要指定切除材料的内部还是外部。

（4）对于型腔加工，加工方向是向外；对于“岛屿”，加工方向是向内。

（5）适合加工零件中有凸台或岛屿的情况，这样可以保证凸台和岛屿的精度。

（6）如果没有定义零件几何，该方法就用毛坯几何进行偏置得到刀具路径。

“跟随部件”与“跟随周边”的区别如下。

（1）“跟随部件”方法通过从整个指定的“部件几何体”中形成相等数量的偏置。

（2）不需要指定切除材料的内部还是外部。对于型腔，加工方向是向外；对于“岛屿”，加工方向是向内。

（3）在带有岛的型腔区域中使用“跟随部件”切削，不需要使用带有“岛清理”的“跟随周边”方法。“跟随部件”切削将保证在不设置任何切换的情况下完整切削整个“部件”几何体。

（4）“跟随部件”切削可以保证刀具沿着整个“部件”几何体进行切削，无须设置“岛清理”刀路。

“跟随部件”切削刀具运动的轨迹如图 4-10 所示。

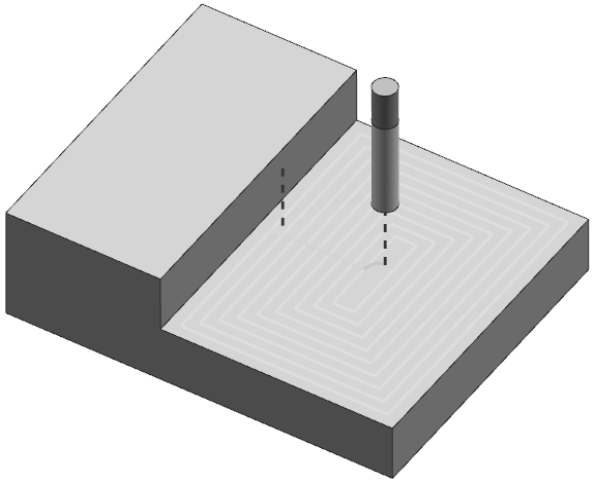


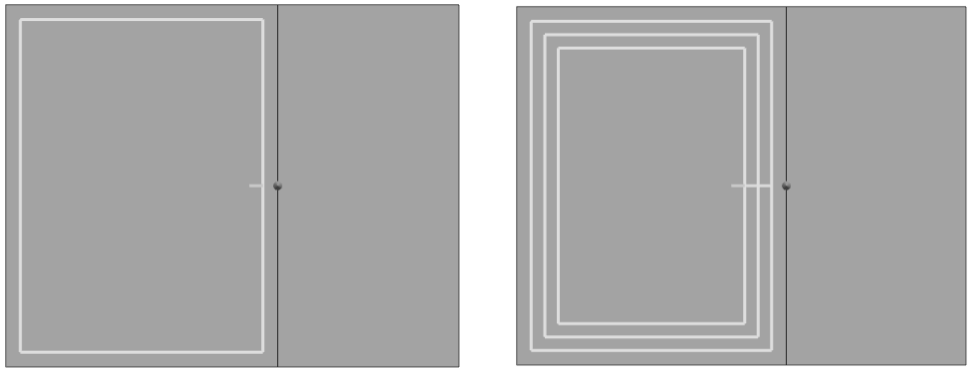
图 4-10　“跟随部件”刀轨

4.4.3　轮廓

“轮廓”切削方法是沿切削区域创建一条或多条刀具路径的切削方法，对部件壁面进行精加工。它可以加工开放区域，也可以加工闭合区域。其切削路径与区域轮廓有关，该方法是按偏置区域轮廓来创建刀具路径。

“轮廓”可以通过“附加刀路”选项来指定多条刀具路径，如图 4-11 所示。

Note



0 条“附加刀路”　　两条“附加刀路”

图 4-11　“轮廓”切削与“附加刀路”

“轮廓”切削方法的特点如下。

（1）可以加工开放区域，也可以加工闭合区域。

（2）可通过一条或多条切削刀路对部件壁面进行精加工。

（3）可以通过在“附加刀路”字段中指定一个值来创建附加刀路，以允许刀具向部件几何体移动，并以连续的同心切削方式切除壁面上的材料。

（4）对于具有封闭形状的可加工区域，轮廓刀路的构建和移动与“跟随部件”切削图样相同。

可以同时切削多个“开放”区域。如果几个开放区域相距过近导致切削刀路出现交叉，系统将调整刀轨；如果一个“开放形状”和一个“岛”相距很近，系统构建的切削刀路将只从“开放形状”指向外，并且系统将调整该刀路使其不会过切“岛”；如果多个“岛”相距很近，系统构建的切削刀路将从“岛”指向外，并且在交叉处合并在一起，如图 4-12 所示。

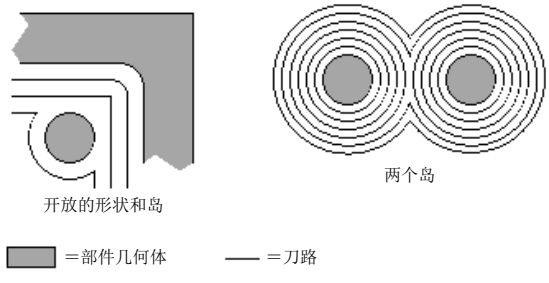


图 4-12　“轮廓”切削类型

注意：当步进非常大时（步进大于刀具直径的 50%，小于刀具直径的 100%），连续刀路间的某些区域可能切削不到。“轮廓”切削操作使用的边界不能够自相交；否则将导致边界的材料侧不明确。

4.4.4　标准驱动

“标准驱动”是一种轮廓切削方法，类似于“轮廓”切削方法，刀具准确地沿指定边界移动，产生沿切削区域轮廓刀具路径，但允许刀轨自交叉，可以在平面铣操作对话框中的切削参数“自相交”选择决定是否允许刀轨自相交。

注意：（1）与“轮廓”切削方法不同，“标注驱动”方法产生的刀具路径完全按指定的轮廓边界产生，因此刀具路径可能产生交叉，也可能产生过切。

（2）“标准驱动”不检查过切，因此可能导致刀轨重叠。使用“标准驱动”切削方式时，系统将忽略所有“检查”和“修剪”边界。

Note

“标准注驱动”方法的特点如下。

（1）取消了自动边界修剪功能。

（2）使用“自相交”选项确定是否允许刀轨自相交。

（3）每个形状都作为一个区域来处理，不在形状间执行布尔操作。

（4）刀具轨迹只依赖于工件轮廓。

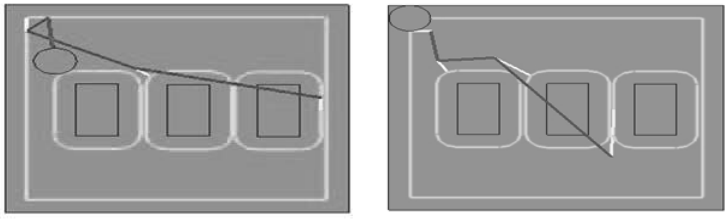
利用“标准驱动”与“轮廓”产生的刀轨如图 4-13 所示。

在以下情况下使用“标准驱动”可能会导致无法预见的结果。

（1）在与边界的自相交处非常接近的位置更改刀具的位置（“位于”或“相切于”）。

（2）在刀具切削不到的拐角处使用“位于”刀具位置（刀具过大，如设为“位于”，则切削不到该拐角）。

（3）由多个小边界段组成的凸角，如由样条创建的边界形成的凸角。



标准驱动　　轮廓

图 4-13　标准驱动与轮廓

4.4.5　摆线

当需要限制过大的步距以防止刀具在完全嵌入切口时折断，且需要避免过量切削材料时，需使用“摆线”切削功能。在进刀过程中的岛和部件之间以及窄区域中，几乎总是会得到内嵌区域。系统可从部件创建摆线切削偏置来消除这些区域。

“摆线”切削是一种刀具以圆形回环模式移动而圆心沿刀轨方向移动的铣削方法。“摆线”切削的刀轨如图 4-14 所示，刀具以小型回环运动方式来加工材料，也就是说，刀具在以小型回环运动方式移动的同时，也在旋转。将这种方式与常规切削方式进行比较，在后一种情况下，刀具以直线刀轨向前移动，其各个侧面都被材料包围。

“摆线”切削方法的特点和需要注意的问题如下。

（1）使用“跟随周边”切削模式时，可能无法切削到一些较窄的区域，从而会将一些多余的材料留给下一切削层。鉴于此原因，应在切削参数中打开“壁清理”和“岛清理”选项。这可保证刀具能够切削到每个部件和岛壁，从而不会留下多余的材料。

（2）使用“跟随周边”、“单向”和“往复”切削模式时，应打开“壁清理”选项。这可保证部件的壁面上不会残留多余的材料，从而不会出现在下一切削层中刀具应切削的材料过多的情况。

Note

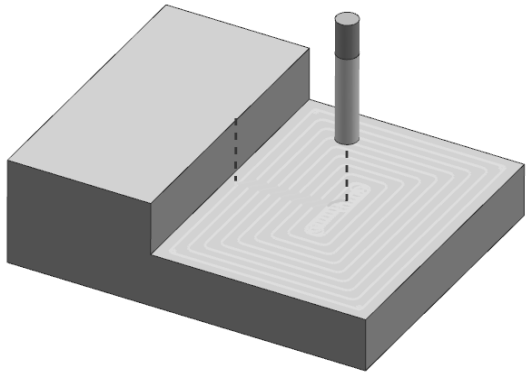


图 4-14　“摆线”刀轨

（3）使用“跟随周边”切削模式时，应打开“岛清理”选项。这可保证岛的壁面上不会残留多余的材料，防止在下一切削层中刀具应切削的材料过多。

（4）“轮廓”和“标准驱动”将生成沿切削区域轮廓的单一的切削刀路。与其他切削类型不同，“轮廓”和“标准驱动”不是用于切除材料，而是用于对部件的壁面进行精加工。“轮廓”和“标准驱动”可加工“开放”和“封闭”区域。

4.4.6　单向

“单向”切削方法生成一系列线性平行和单向切削刀具路径。在连续的刀路间不执行轮廓切削。它在横向进给前先退刀，然后跨越到下一个刀具路径的起始位置，再以相同的方法进行切削。“单向”切削方法生成的相邻刀具路径之间始终为“顺铣”或“逆铣”。

（1）刀具从切削刀路的起点处进刀，并切削至刀路的终点。然后刀具退刀，移动至下一刀路的起点，并以相同方向开始切削。

（2）在刀路不相交时，“单向”切削生成的刀路可跟随切削区域的轮廓。如果“单向”刀路不相交便无法跟随切削区域，那么将生成一系列较短的刀路，并在子区域间移动刀具进行切削。

（3）切削方向始终一致，即始终保持“顺铣”或“逆铣”，刀轨是连续的。

（4）“单向”切削非常适合于岛屿的精加工。

“单向”切削刀具运动的轨迹如图 4-15 所示。

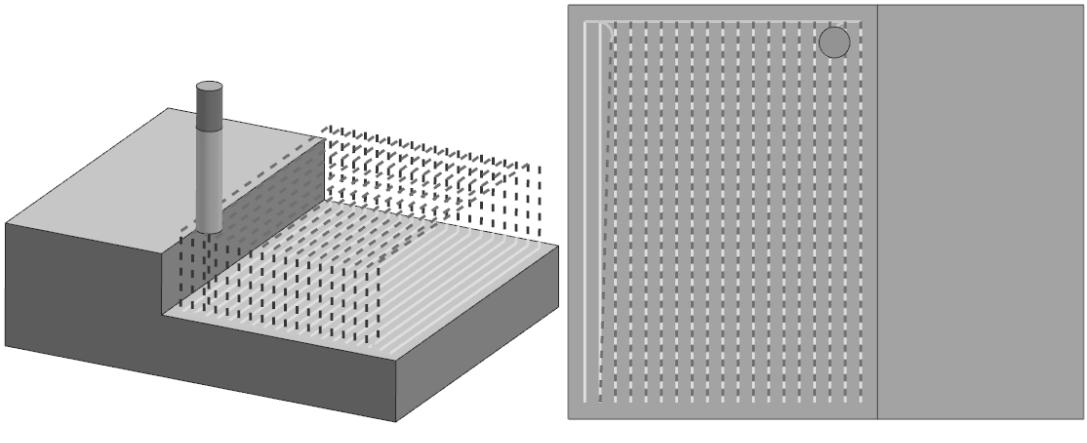


图 4-15　“单向”切削刀轨

4.4.7　单向轮廓

“单向轮廓”创建的“单向”切削图样将跟随两个连续“单向”刀路间的切削区域的轮廓。它将严格保持“顺铣”或“逆铣”切削。系统根据沿切削区域边界的第一个“单向”刀路来定义“顺铣”或“逆铣”刀轨。

“单向轮廓”的切削刀路为一系列“环”，如图 4-16 所示。第一个环有 4 个边，之后的所有环均只有 3 个边。

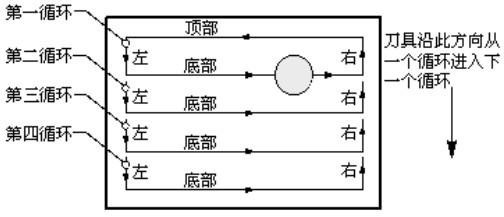


图 4-16　单向轮廓环

刀具从第一个环底部的端点处进刀。系统根据刀具从一个环切削至下一个环的大致方向来定义每个环的底侧。刀具移动的大致方向是从每个环的顶部移至底部。

切削完第一个环后，刀具将移动到第二个环的起始位置。由于第一个环的底部即对应于第二个环的顶部，因此第二个环中只剩下三个要切削的边。系统将从第二个环的左侧边起点处进刀。后续环中将重复此模式。

“单向轮廓”切削方法与“单向”切削方法类似，只是在横向进给时，刀具沿区域轮廓进行切削形成的刀轨，如图 4-17 所示。

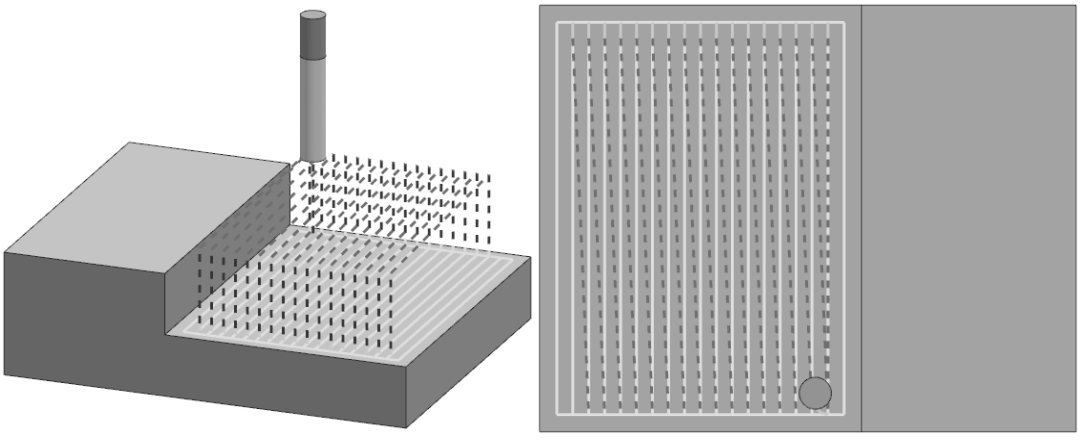


图 4-17　“单向轮廓”切削

“单向轮廓”切削方法的特点如下。

（1）切削图样将跟随两个连续“单向”刀路间的切削区域的轮廓，由沿切削区域边界的第一个“单向”刀路来定义“顺铣”或“逆铣”刀轨。

（2）步进在刀具移动时跟随切削区域的轮廓。“单向”刀路也跟随切削区域的轮廓，但必须保证轮廓不会导致刀路相交。

（3）如果存在相交刀路使得“单向”刀路无法跟随切削区域的轮廓，那么系统将生成一系列较短的刀路，并在子区域间移动刀具进行切削。

（4）这种加工方式适合于在粗加工后要求余量均匀的零件加工，如侧壁高且薄的零件，加工比较平稳，不会影响零件的外形。

（5）刀轨运动顺序。图 4-18 为刀轨运动顺序示意图，在该图中各数字刀轨为运动顺序。

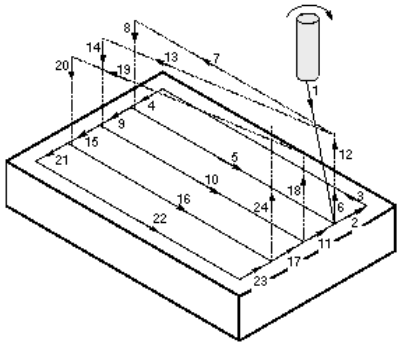


图 4-18　刀轨运动顺序示意图

4.4.8　往复

“往复”切削创建一系列平行直线刀路，彼此切削方向相反，但步进方向一致。在步距的位移上没有提刀动作，刀具在步进时保持连续的进刀状态，是一种最节省时间的切削方法。切削方向相反，交替出现“顺铣”和“逆铣”切削。指定“顺铣”或“逆铣”切削方向不会影响切削行为，但会影响其中用到的“壁清理”操作的方向。

切削时将尽量保持直线“往复”切削，但允许刀具在限定的步进距离内跟随切削区域轮廓以保持连续的切削运动。“往复”切削方法的特点如下。

（1）交替出现一系列“顺铣”和“逆铣”切削，“顺铣”或“逆铣”切削方向不会影响切削行为，但会影响“清壁”操作的方向。

（2）使用者如果没有指定切削区域起点，那么刀具的起刀点将尽量从外围边界的起点处开始切削。

（3）“往复”切削基本按直线进行，为保持切削运动的连续性，在不超出横向进给距离的条件下，刀具路径可以沿切削区域轮廓进行切削。

（4）在实际加工中，如果工件腔内没有工艺孔，刀具应该沿斜线切入工件，斜角应控制在 5° 以内。

“往复”切削刀具运动的轨迹如图 4-19 所示。

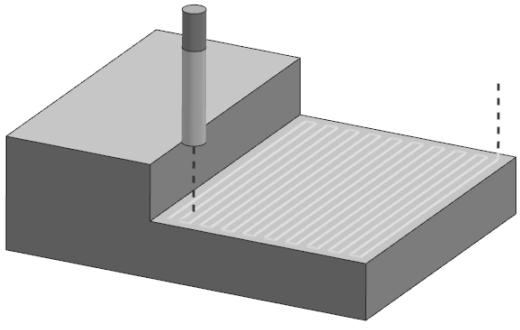
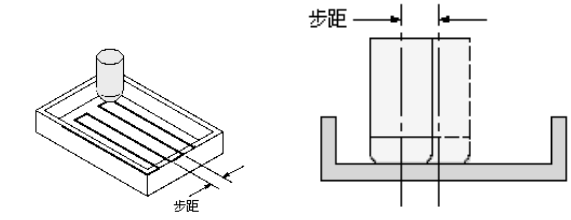


图 4-19　“往复”切削刀轨

4.5　步　　距

“步距”用于指定切削刀路之间的距离，是相邻两次走刀之间的间隔距离。间隔距离指在 XY 平面上铣削的刀位轨迹间的距离。因此，所有加工间隔距离都是以平面上的距离来计算的。该距离可直接通过输入一个常数值或刀具直径的百分比来指定，也可以输入残余波峰高度由系统计算切削刀路间的距离。图 4-20 为“步距”示意图。

“步距”主要有：恒定、残余高度、%刀具平直、多重变量。可以通过输入一个常数值或刀具直径的百分比，直接指定该距离；也可通过输入波峰高度并允许系统计算切削刀路间的距离，间接指定该距离。另外，也可以指定“步距”使用的允许范围，或指定“步距”大小和相应的刀路数目来定义“多重变量”步距。确定“步距”的方法，如图 4-21 所示。



（a）　　（b）

图 4-20　“步距”示意图

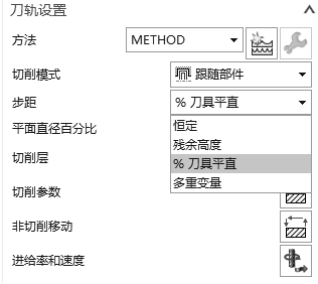
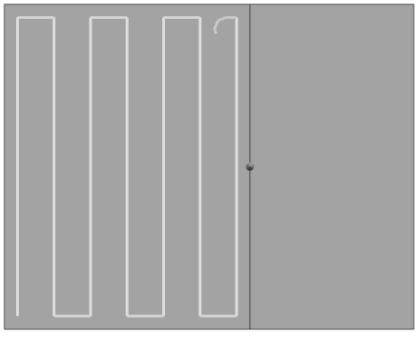


图 4-21　“步距”选项

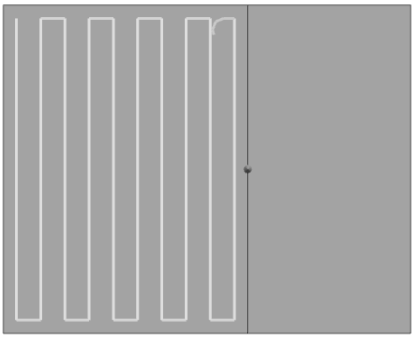
当选择不同的“步距”方式，“步距”对应的设置参数也将发生变化。以下将介绍“步距”选项及其参数。

1．恒定

“恒定”用于指定连续切削刀路间的固定距离。在图 4-22（a）中，部件切削区域长度为 120mm，切削步距为 20mm，共有 7 条刀路，6 个步距。如果指定的刀路间距不能平均分割所在区域，系统将减小这一刀路间距以保持恒定步进。例如将图 4-22（a）中的步距改为 12mm，那么将生成 11 条刀路，10 个步距，如图 4-22（b）所示。



（a）步距为 20mm



（b）步距为 12mm

图 4-22　系统保持恒定步进

Note

2．残余高度

“残余高度”可用于指定残余波峰高度（两个刀路间剩余材料的高度），从而在连续切削刀路间建立起固定距离，如图 4-23 所示。系统将计算所需的步进距离，从而使刀路间剩余材料的高度不大于指定的残余高度。由于边界形状不同，所计算出的每次切削的步进距离也不同。为保护刀具在切除材料时负载不至于过重，最大步进距离被限制在刀具直径长度的 2/3 以内。

对于“轮廓”和“标准驱动”模式，“残余波峰”可通过指定“附加刀路”值来指定残余波峰高度以及偏置的数量。

3．%刀具平直

“%刀具平直”可用于指定刀具直径的百分比，从而在连续切削刀路之间建立起固定距离。如果刀路间距不能平均分割所在区域，系统将减小这一刀路间距以保持恒定步进。有效的刀具直径如图 4-24 所示。对于“轮廓”和“标准驱动”模式，“刀具平直”可通过指定“附加刀路”值来指定连续切削刀路间的距离以及偏置的数量。

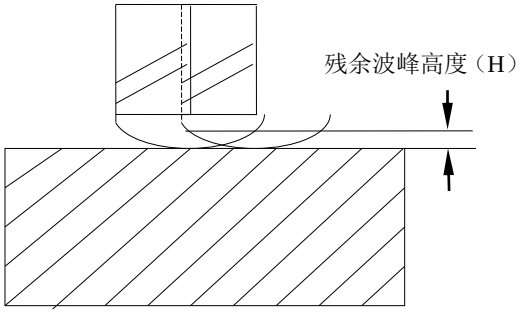


图 4-23　残余波峰高度

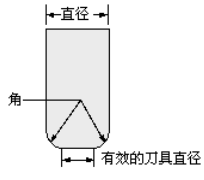


图 4-24　有效的刀具直径

4．变量平均值

当切削方法不同时，变量值字段的输入方式也不同。对于“往复”“单向”和“单向轮廓”对应为“变量平均值”，要求输入步距最大值和最小值。对于“跟随周边”“跟随部件”“轮廓”和“标准驱动”模式对应为“多个”，要求输入多个刀路数和步距。

“变量平均值”选项可以为“往复”“单向”和“单向轮廓”创建步距，该步距能够不断调整以保证刀具始终与边界相切并平行于 Zig 和 Zag 切削，可建立一个允许的范围值，系统将使用该值来决定步进大小和刀路数量，如图 4-25（a）所示。系统将计算出最少步进数量，这些步进可以将平行于 Zig 和 Zag 刀路的壁面间的距离平均分割，同时系统还将调整步进以保证刀具始终沿着壁面进行切削而不会剩下多余的材料。

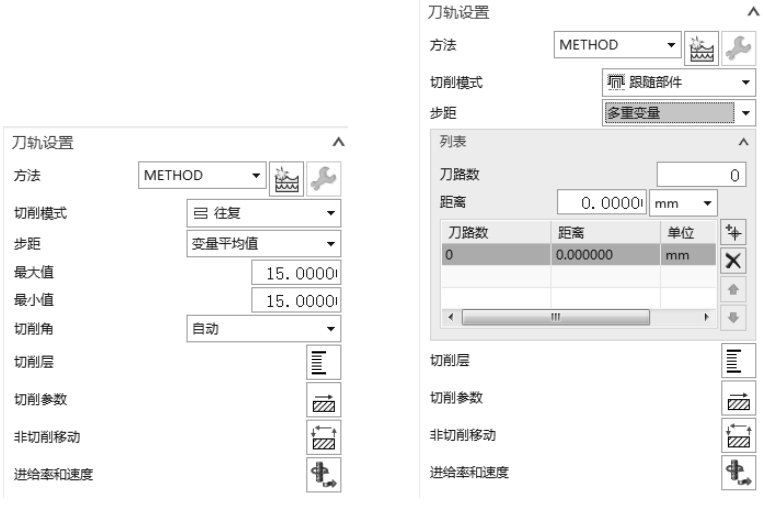
5．多重变量

对于“跟随周边”“跟随部件”“轮廓”和“标准驱动”模式，“多重变量”可指定多个步进大小以及每个步进大小所对应的刀路数量，如图 4-25（b）所示。

如果为“变量平均值”步距的最大值和最小值指定相同的值，系统将严格地生成一个固定步距值，如这可能导致刀具在沿平行于 Zig 和 Zag 切削的壁面进行切削时留下未切削的材料。图 4-26 为“变量平均值”步距的最大值和最小值相同的示意图，该图中最大步距和最小步距均为 11mm，进行往复切削时，刀路步距固定为 11mm，但在最后刀路切削完毕后，将留有部分未切削材料。

图 4-25（b）“步距”列表中第一部分始终对应于距离边界最近的刀路，对话框随后的部分将逐渐

向腔体的中心移动，如图 4-27 所示。当结合的“步距”和“刀路数量”超出或无法填满要加工的区域时，系统将从切削区域的中心减去或添加一些刀路。例如在图 4-27 中，结合的“步距”和“刀路数”超出了腔体的大小，系统将保留指定的距边界最近的“刀路数”（步距等于 4 的 3 个刀路和步距等于 8 的 2 个刀路，共 5 个刀路），但将减少腔体中心处的刀路数（从指定的步距等于 2 的 8 个刀路减少到 5 个刀路）。



（a）　　（b）

图 4-25　可变步距

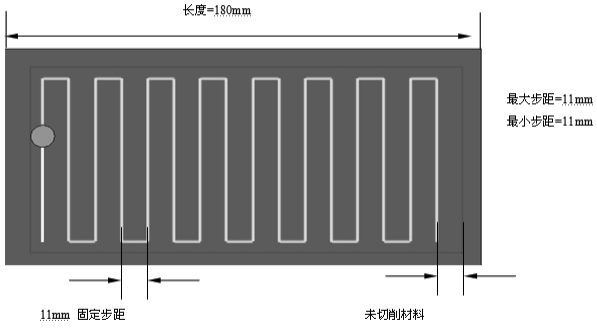


图 4-26　“变量平均值”步距的最大值和最小值相同

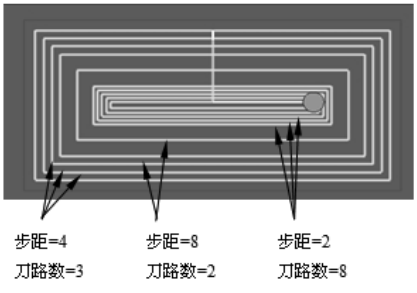


图 4-27　跟随部件多个步距

注意：“多重变量”选项实质上定义了“轮廓”或“标准驱动”中使用的附加刀路，因此，使用“轮廓”或“标准驱动”时，如果在“附加刀路”中输入的值对刀路数量的产生没有影响，即“附加刀路”处于非激活状态。

4.6　进给率和速度

在刀轨前进的过程中，不同的刀具运动类型，其进给率值会有所不同。另外，用户可以按每分钟英寸或每转英寸（IPM，IPR）来提供进给率；对于公制部件，也可以按每分钟毫米或每转毫米（MMPM，

MMPR）来提供进给率。默认的进给率是 10 IPM（英制）和 10 MMPM（公制）。

在任一铣削工序对话框中的“刀轨设置”栏里单击“进给率和速度”按钮，打开如图 4-28 所示的“进给率和速度”对话框。根据使用的加工子模块，可以将进给率指定给以下某些或全部的刀具移动类型。

Note

1．自动设置

（1）表面速度：是刀具的切削速度。它在各个齿的切削边处测量，测量单位是每分钟曲面英尺或米。在计算“主轴速度”时，系统使用此值。

（2）每齿进给量：是每个齿去除材料量的度量。它以英寸或毫米为单位。在计算“切削进给率”时，系统使用此值。

2．主轴速度

主轴速度是一个计算所得的值，它决定刀具转动的速度，单位为 rpm。主轴输出模式可从以下选项中进行选择。

- ☑ RPM：按每分钟转数定义主轴速度。
- ☑ SFM：按每分钟曲面英尺定义主轴速度。
- ☑ SMM：按每分钟曲面米定义主轴速度。

3．进给率

描述了刀具进行切削的整个运动过程，进给率主要有以下选项，每项在整个切削过程中的顺序如图 4-29 所示。

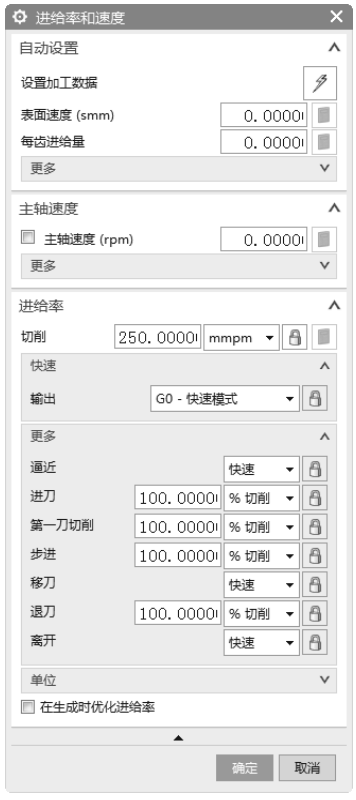


图 4-28 “进给率和速度”对话框

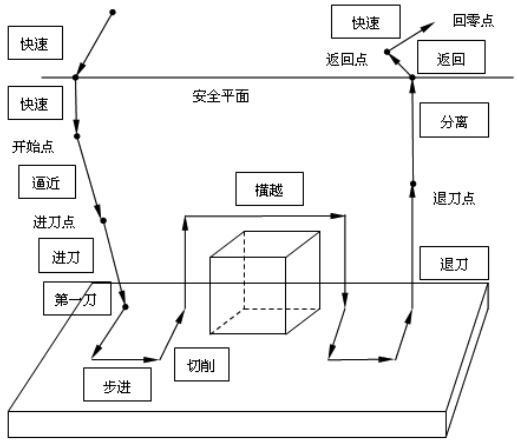


图 4-29 进给率

（1）切削：是在刀具与部件几何体接触时为刀具运动指定的进给率。

（2）快速：只适用于刀轨和 CLSF 中的下一个 GOTO 点。后续的移动使用上一个指定的进给率。

（3）逼近：是为从起点到进刀位置的刀具运动指定的进给率。在使用多个层的“平面铣”和“型腔铣”操作中，使用“逼近”进给率可控制从一个层到下一个层的进给。进给率为 0 可以使系统使用快速进给率。

Note

（4）进刀：是为从进刀位置到初始切削位置的刀具运动指定的进给率。当刀具抬起后返回工件时，此进给率也可用于返回进给率。进给率为 0 可以使系统使用切削进给率。

（5）第一刀：是为初始切削刀路指定的进给率（后续的刀路按“切削”进给率值进给）。零“进给率”可以使系统使用“切削”进给率。

对于单个刀路轮廓，指定第一刀切削进给率可以使系统忽略切削进给率。要获得相同的进给率，则需设置切削进给且将第一刀进给率保留为 0。

（6）步进：是刀具移向下一平行刀轨时的进给率。如果刀具从工作表面抬起，则“步距”不适用。因此，“步距”进给率只适用于允许“往复”刀轨的模块。进给率为 0 可以使系统使用“切削”进给率。

（7）移刀（横越）：是当“进刀/退刀”菜单中的“移动方式”选项的状态为“上一层”（而不是“安全平面”）时用于快速水平非切削运动的进给率。

只有当刀具是在未切削曲面之上的“竖直间隙”距离，并且是距任何型腔岛或壁的“水平间隙”距离时，才会使用“移刀进给率”。这可以在移刀时保护部件，并且刀具在移动时也不用抬至“安全平面”。进给率为 0 将使刀具以“快速进给率”移动。

（8）退刀：是为从“退刀”位置到最终刀轨切削位置的刀具。

（9）离开：是刀具移至“返回点”的进给率。“离开”进给率为 0 将使刀具以“快速进给率”移动。

4．单位

（1）设置非切削单位：可将所有的“非切削进给率”单位设置为“mmpr”、“mmpm”、“快速”或“无”，每个非切削进给也可以单独在进给选项里设置单位。

（2）设置切削单位：可将所有的“切削进给率”单位设置为“mmpr”、“mmpm”或“无”，每个非切削进给也可以单独在进给选项里设置单位。

4.7　切削层设置

切削深度允许用户决定多深操作的切削层。“切削深度”可以由岛顶部、底平面和键入值来定义。只有在刀具轴与底面垂直或者部件边界与底面平行的情况下，才会应用“切削深度”参数。如果刀具轴与底面不垂直或部件边界与底面不平行，则刀轨将仅在底面上生成（正如将“类型”设为“仅底面”）。

1．公共

公共值是指在“初始”层之后且在“最终”层之前的每个切削层定义允许的最大切削深度。

Note

2．最小值

最小值是指在“初始”层之后且在“最终”层之前的每个切削层定义允许的最小切削深度。

3．初始

初始是指多层“平面铣”操作的第一个切削层定义的切削深度。

4．最终

最终是指多层“平面铣”操作的最后一个切削层定义的切削深度。

5．增量侧面余量

侧面余量增量是指向多层粗加工刀轨中的每个后续层添加侧面余量值。

4.7.1 类型

“类型”允许用户指定定义切削深度的方式。主要的“类型”描述如下。

（1）用户自定义：用户可根据具体切削部件进行相关设置。

① 公共为 6，最小值为 1，切削层顶部为 2，上一个切削层为 2，形成的切削刀轨如图 4-30（a）所示，在该图中，第一层刀轨和最后一层刀轨的切削深度均为 2，中间 3 层深度由系统均分，但深度值在公共 6 和最小值 1 之间。

② 公共为 6，最小值为 1，切削层顶部为 0，上一个切削层为 2。形成的切削刀轨如图 4-30（b）所示，在该图中，最后一层刀轨的切削深度均为 2，其他 3 层的切削深度均分为 6。

③ 公共为 6，最小值为 1，切削层顶部为 0，上一个切削层为 0。形成的切削刀轨如图 4-30（c）所示，在该图中，系统将整个腔深均分为 4 层，每层切削深度分为 5。

④ 公共为 3.5，最小值为 3，切削层顶部为 0，上一个切削层为 0。形成的切削刀轨如图 4-30（d）所示，在该图中，系统将整个腔深均分为 6 层，每层切削深度分为 20/6=3.33。

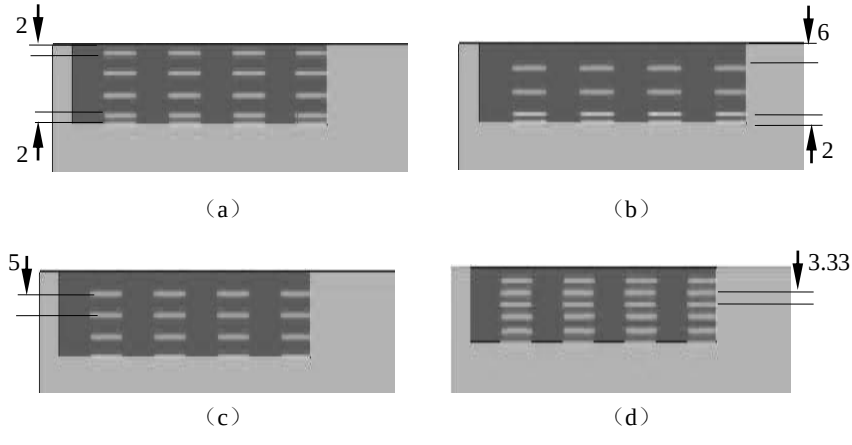


图 4-30 “用户定义”切削深度参数

（2）仅底面：切削层深度直到“底部面”，在底面创建一个唯一的切削层。

（3）底面及临界深度：切削层位置分别在“底面”和“临界深度”，在底面与岛顶面创建切削层，岛顶的切削层不超出定义的岛屿边界，仅局限在岛屿的边界内切削毛坯材料，一般用于水平面的精加工。

（4）临界深度：用于分多层切削，切削层位置在岛屿的顶面和底平面上，与“底面或临界深度”选项的区别在于，所生成的切削层刀路将完全切除切削层平面上的所有毛坯资料，不局限于边界内切削毛坯材料。

（5）恒定：以一个固定的深度值来产生多个切削层，输入深度最大值，除最后一层可能小于最大深度值，其余层等于最大深度值。

Note

4.7.2　公共和最小值

“公共”为在“切削层顶部”之后且在“上一个切削层”之前的每个切削层定义允许的最大切削深度；“最小值”为在“切削层顶部”之后且在“上一个切削层”之前的每个切削层定义允许的最小切削深度。这两个选项一起作用时可以定义一个允许的范围，在该范围内可以定义切削深度，如图 4-31 所示。系统创建相等的深度，使其尽可能接近指定的“公共”深度。位于此范围的“临界深度”将定义切削层。不在此范围内的岛顶部将不会定义切削层，但可能会通过清理刀路使用岛顶面切削选项对其进行加工。

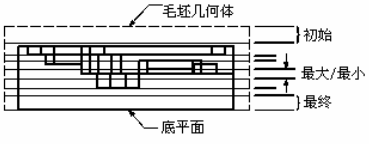


图 4-31　公共和最小值

注意：如果“公共”等于 0.000，则系统将在底平面上生成单个切削层，不考虑其他“切削深度”参数。例如，如果“公共”等于 0.000，则“临界深度”和“上一个切削层”将不会影响操作。

4.7.3　切削层顶部

“切削层顶部”允许为多层“平面铣”操作的第一个切削层定义切削深度。此值从“毛坯边界”平面测量（在未定义“毛坯边界”的情况下从最高的“部件边界”平面测量），且与“最大值”和“最小值”无关。

4.7.4　上一个切削层

“上一个切削层”允许为多层“平面铣”操作的最后一个切削层定义切削深度。此值从“底平面”测量。

如果最终大于 0.000，则系统至少生成两个切削层：一个在“底平面”上方最终距离处；另一个在“底平面”上。“公共”必须大于零以便生成多个切削层。

4.7.5　增量侧面余量

增量侧面余量可向多层粗加工刀轨中的每个后续层添加侧面余量值。添加“增量侧面余量”可维持刀具和壁之间的侧面间隙，并且当刀具切削更深的切削层时，可以减轻刀具上的压力。

4.7.6 临界深度

如果选中“临界深度”，则系统将在每个处理器不能在某一切削层上进行初始清理的岛的顶部生成一条单独的刀路。当切削值的最小深度大于岛顶部和先前的切削层之间的距离时，将会发生以上情况，这会使后续的切削层在岛顶部下方切削。

Note

使用“临界深度”时，如果加工方式是“跟随周边”或“跟随部件”，则系统总是通过区域连接生成“跟随周边”刀轨；如果加工方式是“单向”、“往复”或“单向轮廓”，则总是通过“往复”刀轨清理岛顶；如果加工方式是“轮廓”和“标准驱动”类型，则切削不会生成这样的清理刀路。

无论设置了何种进刀方式，处理器都将为刀具寻找一个安全点，如从岛的外部进刀至岛顶表面，同时不过切任何部件壁。在岛的顶部曲面被某一切削层完成加工的情况下，此参数将不会影响所得的刀轨。软件仅在必要时才生成一个单独的清理刀路，以便对岛进行顶面切削。图 4-32 显示了平面铣中的“临界深度”。

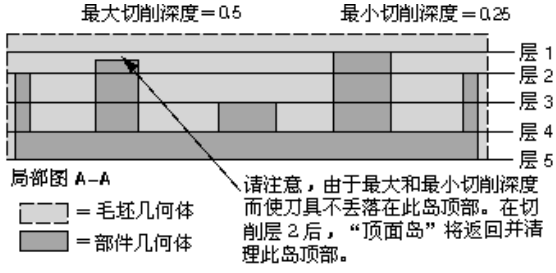


图 4-32　平面铣中的“临界深度”

4.8　非切削移动

“非切削移动”可控制刀具不切削零件材料时的各种移动，可发生在切削移动前，切削移动后或切削移动之间。“非切削移动”包含一系列适应于部件几何表面和检查几何表面的进刀、退刀、分离、跨越与逼近移动以及在切削路径之间的刀具移动，控制如何将多个刀轨段连接为一个操作中相连的完整刀轨。如图 4-33 为非切削移动示意图。非切削移动可以简单到单个的进刀和退刀，或复杂到一系列定制的进刀、退刀和移刀（分离、移刀、逼近）移动，这些移动的设计目的是协调刀路之间的多个部件曲面、检查曲面和提升操作。“非切削移动”包括刀具补偿，因为刀具补偿是在非切削移动过程中激活的。

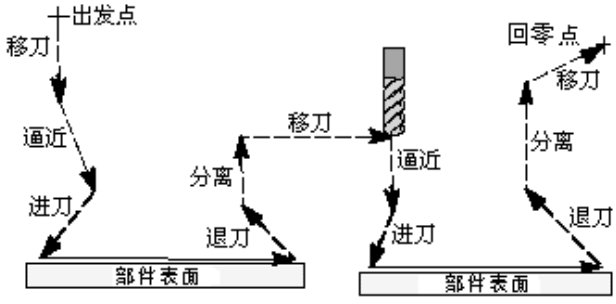


图 4-33　非切削移动

单击对话框中的“非切削移动”按钮，打开如图 4-34 所示的“非切削移动”对话框。

图 4-34　“非切削移动”对话框

非切削移动类型及功能如表 4-1 所示。

表 4-1 非切削移动类型

类型	描述
快进	在安全几何体上或在其上方的所有移动
移刀	在安全几何体下方移动。示例：“直接”和“最小安全值 Z”类型的移动
逼近	从“快进”或“移刀”点到进刀移动起点的移动
进刀	使刀具从空中来到切削刀路起点的移动
退刀	使刀具从切削刀路离开到空中的移动
分离	从“退刀”移动到“快进”或“移刀”移动起点的移动

4.8.1　进刀

进刀分为“封闭区域”和“开放区域”进刀。“封闭区域”是刀具到达切削层时必须切入部件材料内部的区域，“开放区域”是通过非闭合区域到达切削层的区域。一般来说，开放区域进刀是首选，其次是封闭区域。

如果开放区域进刀失败，封闭区域进刀作为备份进刀使用，封闭区域进刀第一次试着到达最小安全平面值的外面作为开放区域，避免刀具全部进入零件内部。该区域只有沿着壁的材料，且封闭区域内的区域是开放的。

Note

1．封闭区域

（1）进刀类型包括以下几种。

① 螺旋：螺旋进刀轨迹是螺旋线，螺旋首先尝试创建与起始切削运动相切的螺旋进刀。如果进刀过切部件，则会在起始切削点周围产生螺旋，如图 4-35 所示；如果起始切削点周围的螺旋失败，则刀具将沿内部刀路倾斜，就像指定了“在形状上”一样。

螺旋进刀的一般规则是：如果处理器根据输入的数据无法在材料外找到开放区域来向工件进刀，则刀具将倾斜进入切削层。当使用轮廓切削方法时，在许多情况下刀具都有向工件进刀的空间，并且此空间位于材料外。在这些情况下刀具不会倾斜进入切削层。如果没有可以作为进刀的开放区域时，刀具将倾斜进入切削层；否则，刀具将进刀到开放区域。

如果无法执行螺旋进刀或如果已指定“单向”、“往复”或“单向轮廓”，则系统在使刀具倾斜进入部件时会沿着对刀轨的跟踪路线运动。系统将沿远离部件壁的刀轨运动，以避免刀具沿壁运动。在刀具下降到切削层后，刀具会步进到第一个切削刀路（如有必要）并开始第一个切削，如图 4-36 所示。

注意：在使用向外递进的“跟随周边”操作中，系统在倾斜进入部件时将沿着刀轨的最内部刀路运动。如果最内部的刀轨受到太多限制，则系统会沿着刀轨的下一个最大的刀路跟踪。

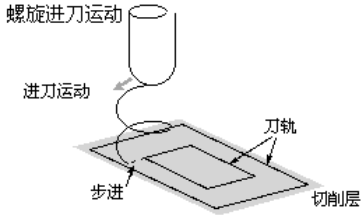


图 4-35　螺旋进刀运动

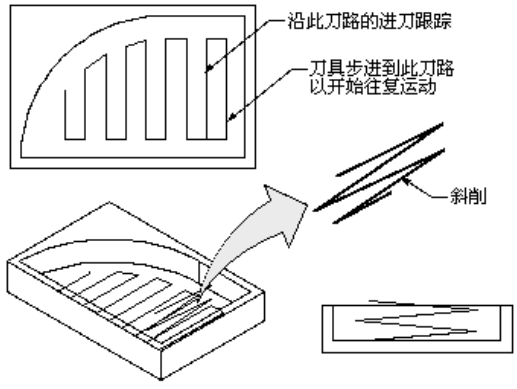


图 4-36　螺旋倾斜类型（往复刀轨）

② 插削：允许倾斜只出现在沿直线切削的情形中。当与“跟随部件”、“跟随腔体”或“轮廓”（当没有隐含的安全区域时）一起使用时，进刀将根据步进向内还是向外来跟踪最内侧或最外侧的切削刀路。圆形切削将保持恒定的深度，直到出现下一直线切削，这时倾斜将恢复。

“跟随周边”模式下的“插削”倾斜类型，刀轨向外“插削”对于“跟随周边”等带“向内”腔体方向的、为避免沿弯曲壁倾斜的操作非常有用，如图 4-37 所示。

当与“单向”、“往复”或“单向轮廓”一起使用时，进刀将跟踪远离部件的直线切削刀路，以避免刀具沿部件运动，如图 4-38 所示。在刀具沿此刀路倾斜运动到切削层后，刀具会步进到第一个切削刀路（如有必要）并开始第一个切削。

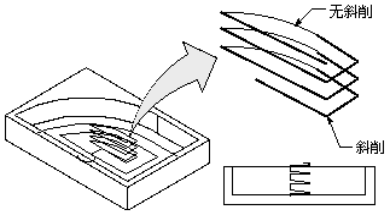


图 4-37　“插削”倾斜类型（跟随周边）

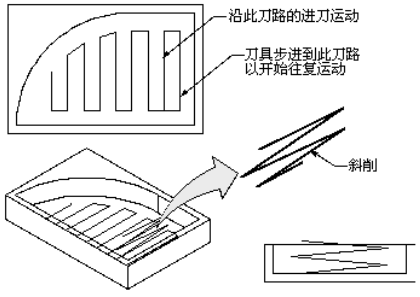


图 4-38　“插削”倾斜类型（往复刀轨）

③ 沿形状斜进刀：允许倾斜出现在沿所有被跟踪的切削刀路方向上，而不考虑形状。当与“跟随部件”、“跟随腔体”或“轮廓”（当没有隐含的安全区域时）一起使用时，进刀将根据步距向内还是向外来跟踪向内或向外的切削刀路。与“跟随周边”一起使用的“沿形状斜进刀”倾斜类型，向外当与“单向”“往复”或“单向轮廓”一起使用时，“在形状上”与“在直线上”的运动方式相同，如图 4-39 所示。

（2）斜坡角度：是当执行“沿形状斜进刀”或螺旋时，刀具切削进入材料的角度，是在垂直于部件表面的平面中测量的，如图 4-40 所示。斜坡角度决定了刀具的起始位置，因为当刀具下降到切削层后必须靠近第一切削的起始位置。指定大于 0° 但小于 90° 的任何值。如果要切削的区域小于刀具半径，则不会出现倾斜。

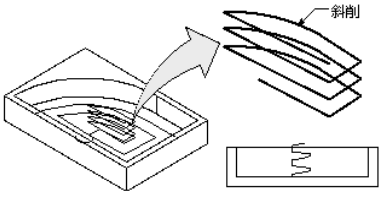


图 4-39　“沿形状斜进刀”（跟随周边）

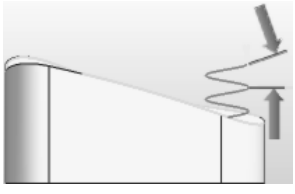


图 4-40　斜坡角度

（3）直径：可为螺旋进刀指定所需的或最大倾斜直径。此直径只适用于螺旋进刀类型。当决定使用螺旋进刀类型时，系统首先尝试使用直径来生成螺旋运动。如果区域的大小不足以支持直径，则系统会减小倾斜直径并再次尝试螺旋进刀，此过程会一直继续直到螺旋成功或刀轨直径小于“最小斜坡长度直径”；如果区域的大小不足以支持与“最小斜坡长度直径”相等的直径，则系统不会切削该区域或子区域，而继续切削其余的区域。

直径表示为了在部件中打孔，而又不在孔的中央留下柱状原料，刀具可能要走的最大刀轨直径，如图 4-41 所示。无论何时对材料采用螺旋进刀都应使用直径。

（4）最小斜坡长度：可为螺旋“沿形状斜进刀”指定最小斜坡长度或直径。无论在何时使用非中心切削刀具（如插入式刀具）执行斜削或螺旋切削材料，都应设置“最小斜坡长度”。这可以确保倾斜进刀运动不会在刀具中心的下方留下未切削的小块或柱状材料，如图 4-42 所示。“最小斜坡长度”选项控制自动斜削或螺旋进刀切削材料时，刀具必须走过的最短距离。对于防止有未切削的材料接触到刀的非切削底部的插入式刀具，“最小斜坡长度”格外有用。

如果切削区域太小以至于无足够的空间用于最小螺旋直径或最小斜坡长度，则会忽略该区域，并显示一条警告消息。这可防止插入式刀具进入太小的区域。必须更改进刀参数，或使用不同的刀具来切削这些区域。

Note

2．开放区域

（1）与封闭区域相同：如果没有开放区域进刀，使用封闭区域进刀。

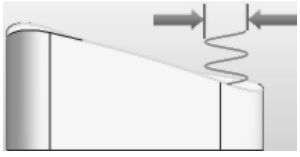


图 4-41　直径

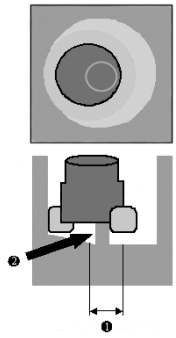


图 4-42　最小斜坡长度

1—最小斜坡长度-直径百分比

2—希望避免的小块或柱状材料

（2）线性：“线性”进刀将创建一个线性进刀移动，其方向可以与第一个切削运动相同，也可以与第一个切削运动成一定角度。输入“旋转角度”是相切于初始切削点的矢量方向的夹角，输入“斜坡角度”是垂直于工件表面与初始切削点的矢量方向的夹角，如图 4-43 所示。

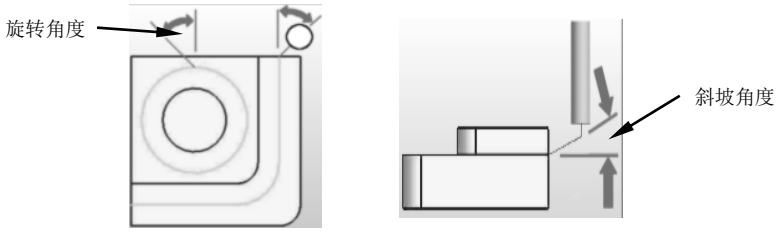


图 4-43　“旋转角度”和“斜坡角度”

（3）线性—相对于切削：将创建一个线性进刀移动，其方向可以与第一个切削运动相同，也可以与第一个切削运动成一定角度。

（4）圆弧：圆弧进刀生成和开始切削运动相切的圆弧进刀。

（5）点：由点构造器指定的点作为进刀点，允许运动从指定的点开始，并且添加一圆弧光滑过渡进刀。

（6）线性-沿矢量：通过矢量构造器指定一个矢量来决定进刀方向，输入一个距离值来决定进刀点位置。

（7）角度-角度-平面：通过平面构造器指定一个平面决定进刀点的高度位置，输入两个角度值决定进刀方向。角度可确定进刀运动的方向，平面可确定进刀起点。

① 旋转角度：是根据第一刀的方向来测量的。正旋转角度值是在与部件表面相切的平面上，从要加工的第一点处第一刀的切向矢量开始，沿逆时针方向测量的。

② 斜坡角度：是在与包含旋转角度所述矢量的部件表面相垂直的平面上，沿顺时针方向测量的。负倾斜角度值是沿逆时针方向测量的。

在图 4-44 和图 4-45 中，角 1 =旋转角度，角 2 =斜坡角度，图 4-44 为“角度-角度-平面”进刀示意图，图 4-45 为“角度-角度-平面”退刀示意图。

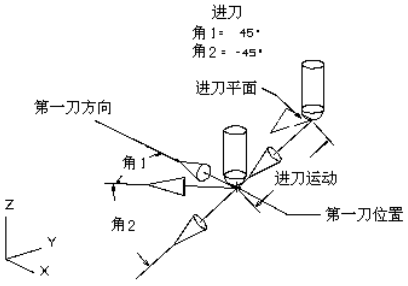


图 4-44　使用“角度-角度-平面”进刀

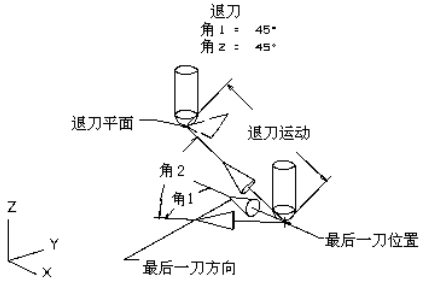


图 4-45　使用“角度-角度-平面”退刀

③ 指定平面：需要通过矢量构造器指定一个矢量来决定进（退）刀方向，通过平面构造器指定一个平面来决定进（退）刀点，这种进（退）刀运动是直线。

3．初始封闭区域

指一个切削封闭区域，其“进刀类型”设置和封闭区域设置相同。

4．初始开放区域

指一个切削开放区域，其“进刀类型”设置和开放区域设置相同。

4.8.2　退刀

退刀类型主要有以下几种：与进刀相同、线性、线性-相对于切削、圆弧、点、抬刀、线性-沿矢量、角度-角度-平面、矢量平面、无。

各种类型的设置方法与进刀相同。

4.8.3　起点/钻点

“非切削移动”中“起点/钻点”选项卡设置内容主要包括：重叠距离、区域起点、预钻点等主要设置选项，如图 4-46 所示。

图 4-46　“起点/钻点”选项卡

Note

1．重叠距离

“重叠距离”是在切削过程中刀轨进刀点与退刀点重合的刀轨长度，可提高切入部位的表面质量，如图 4-47 所示。

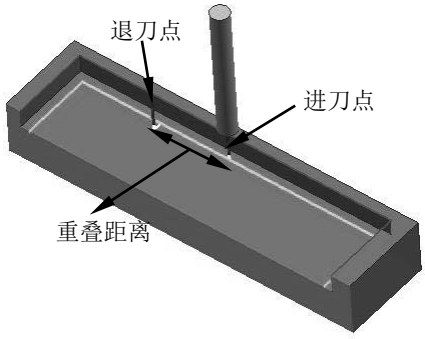


图 4-47　自动进刀和退刀的重叠距离

2．区域起点

“区域起点”有两种方式：默认和自定义指定。定义切削区域开始点来定义进刀位置和横向进给方向。默认的“区域起点”选项为“中点”和“拐角”，如图 4-48 所示。自定义“区域起点”可以通过点构造器进行选择指定，指定的自定义点在下面的“列表”中列出，亦可在“列表”中删除。

3．预钻点

“预钻点”允许指定“毛坯”材料中先前钻好的孔内或其他空缺内的进刀位置。所定义的点沿着刀具轴投影到用来定位刀具的“安全平面”上。然后刀具向下移动直至进入空缺处，在此空缺处，刀具可以直接移动到每个层上处理器定义的起点。“预钻孔进刀点”不会应用到“轮廓驱动切削类型”和“标准驱动切削类型”。

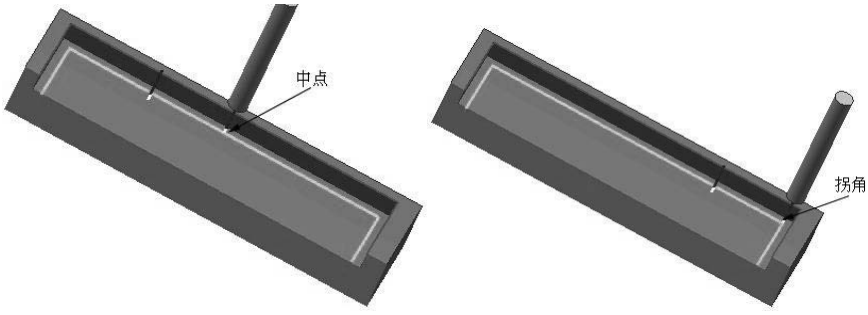


图 4-48　默认“区域起点”选项

在做平面铣挖槽加工时，经常是在整块实心毛坯上铣削，在铣削之前可在毛坯上位于每个切削区的适当位置预先钻一个孔用于铣削时进刀。在创建平面铣的挖槽操作时，通过指定与钻进刀点来控制刀具在预钻孔位置进刀。刀具在安全平面或最小安全间隙开始沿刀具轴方向对准预钻进刀点垂直进刀。刀具在安全平面或最小安全间隙开始沿刀具轴方向对准预钻进刀点垂直进刀，切削完各切削层。

如果以一个切削区指定了多个预钻进刀点，只有最接近这个区的切削刀轨起始点的那一个有效，对于轮廓和标准驱动切削方法，预钻进刀点无效。设定预钻孔点必须指定孔的位置和孔的深度。这里指定的预钻孔点不能应用于点位加工操作的预钻选项中，点位加工操作只能运用进/退刀方法选项中

的预钻孔创建的预钻点。

4.8.4　转移/快速

“转移/快速”是刀具从一个切削区转移到下一个切削区的运动。共有 3 种情形：从当前的位置移动到指定的平面；移动从指定的平面内到高于开始进刀点的位置（或高于切削点）；移动从指定的平面内到开始进刀点（或切削点）。

“转移/快速”选项卡如图 4-49 所示。

图 4-49　“转移/快速”选项卡

（1）安全设置：刀具在间隙或垂直安全距离的高度做传递运动，如图 4-50 所示。有 4 种类型方式用于指定安全平面。

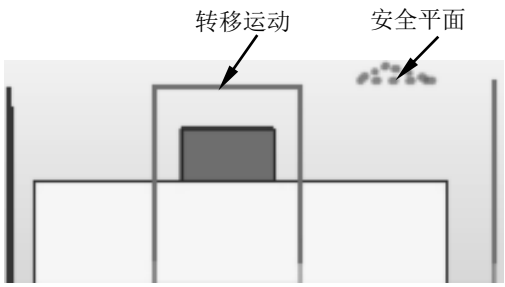


图 4-50　传递运动

① 使用继承的：使用在加工几何父节点组 MCS 指定的安全平面。

② 无：不使用“间隙”。

③ 自动平面：使用零件的高度加上“安全距离”值定义安全平面。

④ 平面：使用平面构造器定义安全平面。

（2）区域之间：用于指定刀具在不同的切削区间跨越到何处，主要包括前一平面、直接、最小安全值 Z、毛坯平面等选项。各选项的使用方法和功能和“区域内”相同。

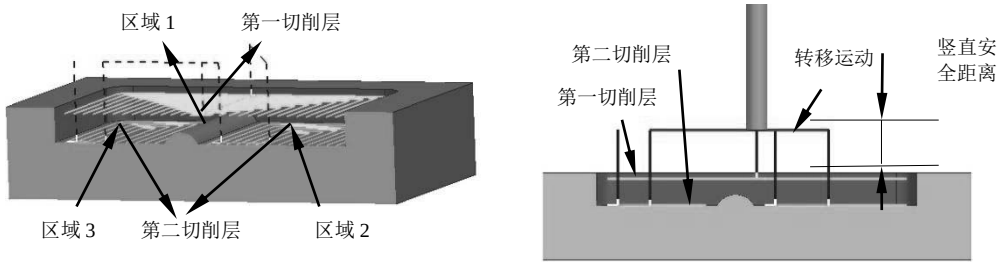
Note

（3）区域内：为在较短距离内清除障碍物而添加的退刀和进刀。

① 转移方式：用于指定刀具如何从一个切削区转移到下一个切削区，可通过定义“进刀/退刀”“抬刀和插削”指定“转移方式”。使用“进刀/退刀（默认值）”会添加水平运动；“提升和冲削”会随着竖直运动移刀。

② 转移类型：指定要将刀具移动到的位置，主要包括以下几种。

- ☑ 安全距离-最短距离：首先应用直接运动（如果它是无干扰的），否则最短的安全距离使用先前的安全平面。 对于平面铣，最短安全距离由部件几何体和检查几何体中的较大者定义；对于型腔铣，“安全距离-最短距离”由部件几何体、检查几何体、毛坯几何体加毛坯距离或用户定义顶层中的最大者定义。
- ☑ 前一平面：返回到先前的等高（切削层）。先前的平面可使刀具在移动到新切削区域前抬起到并沿着上一切削层的平面运动。但是，如果连接当前位置与下一进刀开始处上方位置的转移运动受到工件形状和检查形状的干扰，则刀具将退回到并沿着“安全平面”（如果它处于活动状态）或隐含的安全平面（如果“安全平面”处于非活动状态）运动。对于“型腔铣”，当刀具从一个切削层移动到下一较低的层［见图 4-51（a）中的区域 1 和区域 2］时，刀具将抬起，直到其距离等于当前切削层上方的“竖直安全距离”值。然后，刀具水平运动但不切削，直至到达新层的进刀点，接着刀具向下进刀到新切削层；对于“型腔铣”和“平面铣”，当在同一切削层上相连的区域间［见图 4-51（a）中的区域 2 和区域 3］运动时，刀具将抬起，直到其距离等于上一切削层上方的“竖直安全距离”值。随后，刀具按如上所述进行运动，只是进刀运动会返回当前切削层。
- ☑ 直接：直接移到下一个区域，而不会为了清除障碍而添加运动。
- ☑ 毛坯平面：返回毛坯平面，移到下一个区域。



（a）　　（b）

图 4-51　“前一平面”移刀类型

4.8.5　避让

“避让”是控制刀具做非切削运动的点或平面，操作刀具的运动可分为两部分：一部分是刀具切入工件之前或离开工件之后的刀具运动，成为非切削运动；另一部分是刀具去除零件材料的切削运动。

刀具切削零件时，由零件几何形状决定刀具路径；在非切削运动中，刀具的路径则由避让几何制

定的点或平面控制。并不是每个操作都必须定义所有的避让几何，一般是根据实际需要灵活确定。“避让”选项卡如图 4-52 所示。

图 4-52　“避让”选项卡

（1）出发点：指定新刀轨开始处的初始刀具位置。
（2）起点：为可用于避让几何体或装夹组件的起始序列指定一个刀具位置。
（3）返回点：指定切削序列结束时离开部件的刀具位置。
（4）回零点：指定最终刀具位置。经常使用出发点作为此位置。

4.9　平面铣加工实例

待加工部件如图 4-53 所示，对其进行平面铣加工。

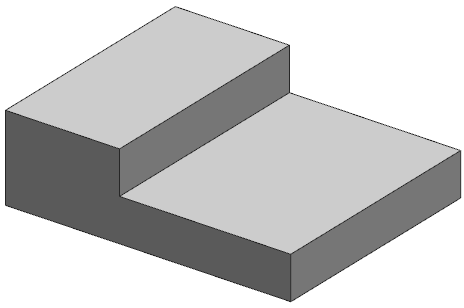


图 4-53　待加工部件

Note

4.9.1 创建毛坯

（1）在建模环境中，单击“视图”选项卡“可见性”面板中的“图层设置”按钮，打开如图 4-54 所示的“图层设置”对话框。选择图层“2”为工作图层，单击“关闭”按钮。

（2）单击“主页”选项卡“特征”面板中的“拉伸”按钮，打开如图 4-55 所示的“拉伸”对话框，选择加工部件的底部 4 条边线为拉伸截面，指定矢量方向为“YC”，输入开始距离为 0 和结束距离为 60mm，其他采用默认设置，单击“确定”按钮，生成的毛坯如图 4-56 所示。

图 4-54 “图层设置”对话框

图 4-55 “拉伸”对话框

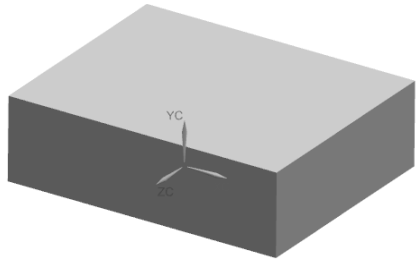


图 4-56 毛坯

4.9.2 创建几何体

（1）单击“应用模块”选项卡“加工”面板中的“加工”按钮，打开如图 4-57 所示的“加工环境”对话框，在 CAM 会话配置列表框中选择“cam_general”，在要创建的 CAM 组装列表中选择“mill_planar”，单击“确定”按钮，进入加工环境。

（2）在上边框条中单击“几何视图”按钮，显示“工序导航器-几何”，如图 4-58 所示。双击“WORKPIECE”，打开如图 4-59 所示的“工件”对话框。

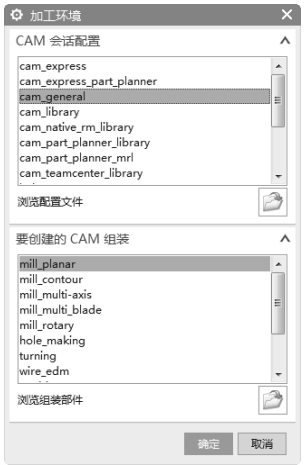


图 4-57 “加工环境”对话框

图 4-58 工序导航器-几何

图 4-59 “工件”对话框

（3）单击“选择和编辑部件几何体”按钮，打开“部件几何体”对话框，选择如图 4-60 所示的待加工部件，单击“确定”按钮。

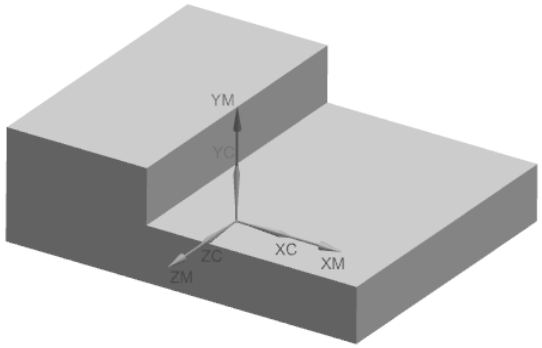


图 4-60　选择待加工部件

（4）在“工件”对话框中单击“选择和编辑毛坯几何体”按钮，打开“毛坯几何体”对话框，选择如图 4-61 所示的毛坯，连续单击“确定”按钮。

（5）单击“视图”选项卡“可见性”面板中的“图层设置”按钮，打开如图 4-62 所示的“图层设置”对话框，双击图层 1 作为工作层，然后取消选中图层 2，隐藏毛坯件。

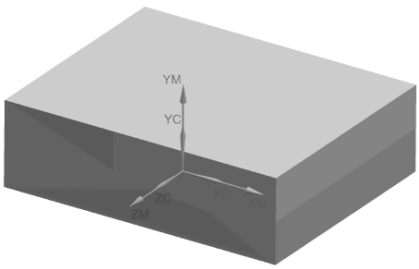


图 4-61 选择毛坯

图 4-62 “图层设置”对话框

4.9.3　创建刀具

（1）单击“主页”选项卡“刀片”面板中的“创建刀具”按钮，打开如图 4-63 所示的“创建刀具”对话框，在“类型”栏中选择“mill_planar”；在“刀具子类型”栏中选择“mill”，输入“名称”为 END12；其他采用默认设置，单击“确定”按钮。

Note

（2）打开如图 4-64 所示的“铣刀-5 参数”对话框，输入“直径”为 12，“长度”为 70，其他采用默认设置，单击“确定”按钮。

图 4-63　“创建刀具”对话框

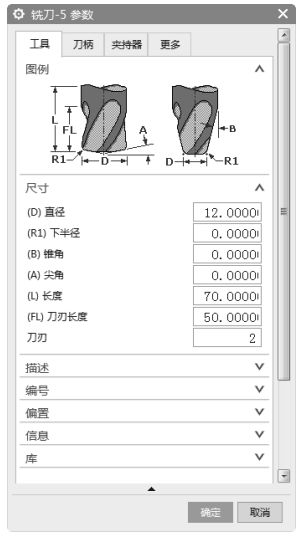


图 4-64　“铣刀-5 参数”对话框

4.9.4　创建工序

（1）单击“主页”选项卡“刀片”面板中的“创建工序”按钮，打开如图 4-65 所示的“创建工序”对话框，在“工序子类型”栏中选择“平面铣”；在“位置”栏中选择“刀具”为“END12”，“几何体”为“WORKPIECE”，“方法”为“MILL_ROUGH”；其他采用默认设置，单击“确定”按钮。

（2）打开如图 4-66 所示的“平面铣”对话框。单击“选择或编辑部件边界”按钮，打开“部件边界”对话框。在“边界”的“选择方法”中选择“面”，在视图中选取如图 4-67 所示的面，然后在如图 4-67 所示的对话框中选择“刀具侧”为“内侧”，系统根据选取的面创建部件边界，单击“确定”按钮。

图 4-65　“创建工序”对话框

图 4-66　“平面铣”对话框

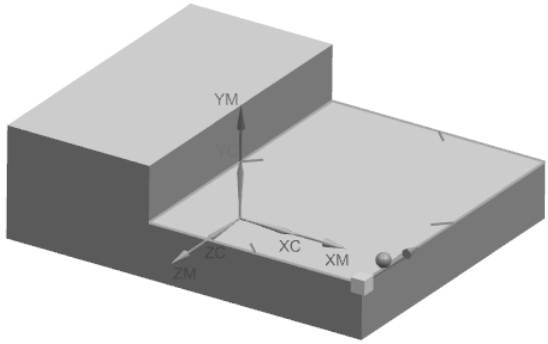


图 4-67　指定的部件边界

（3）单击“选择或编辑底平面几何体”按钮，打开“平面”对话框，在“类型”栏中选择“自动判断”，选中的底面如图 4-68 所示，单击“确定”按钮。

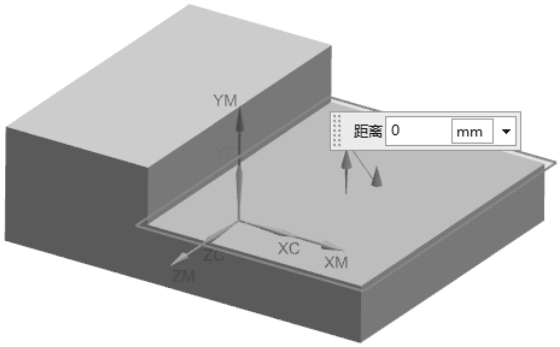


图 4-68　指定的底面

（4）在“刀轴”栏的“轴”下拉列表中选择“指定矢量”选项，在“指定矢量”下拉列表选择“YC 轴”为刀轴，如图 4-69 所示。

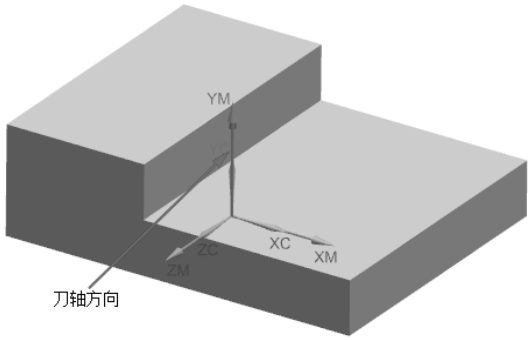


图 4-69　指定刀轴方向

（5）在“刀轨设置”栏中设置“切削模式”为“跟随部件”，“步距”为“%刀具平直”，“平面直径百分比”为 70，如图 4-70 所示。

（6）单击“切削层”按钮，打开如图 4-71 所示的“切削层”对话框。在“类型”栏中选择“用户定义”；在“每刀切削深度”栏中设置“公共”为 10；其他采用默认设置，单击“确定”按钮。

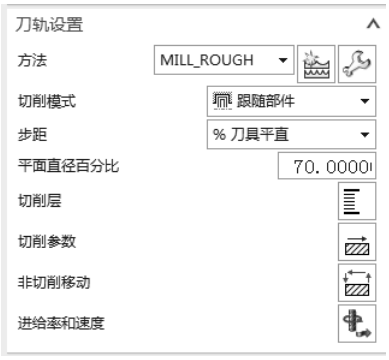


图 4-70　刀轨设置

图 4-71　“切削层”对话框

（7）单击“切削参数”按钮，打开如图 4-72 所示的“切削参数”对话框。在“策略”选项卡中设置“切削顺序”为“深度优先”；在“余量”选项卡中设置“部件余量”为 0.5，单击“确定”按钮。

图 4-72　“切削参数”对话框

（8）单击“非切削移动”按钮，打开如图 4-73 所示的“非切削移动”对话框，在“转移/快

速”选项卡的“安全设置”栏中设置“安全设置选项”为“平面”，单击“平面对话框”按钮，打开“平面”对话框，选择“按某一距离”类型，选取部件的上表面，输入“距离”为 10mm，如图 4-74 所示。其他采用默认设置，单击“确定”按钮。

图 4-73 “非切削移动”对话框

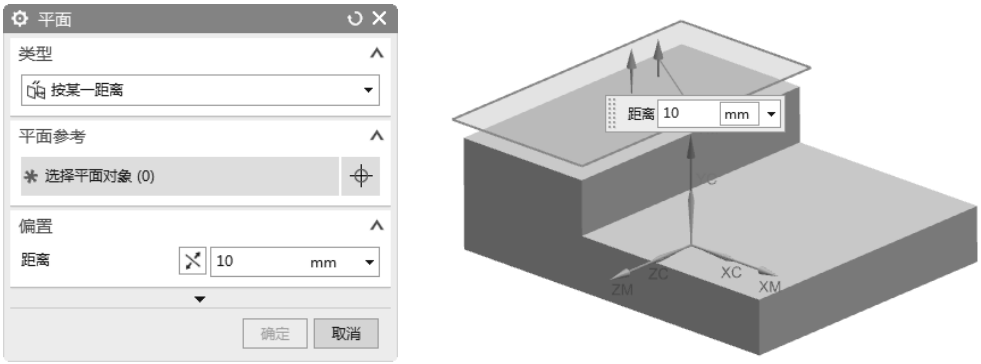


图 4-74　选取平面

（9）在“平面铣”对话框中的“操作”栏里单击“生成”按钮，生成刀轨，如图 4-75 所示。

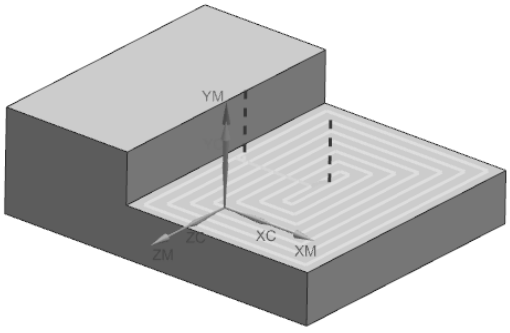


图 4-75　平面铣（跟随部件）刀轨