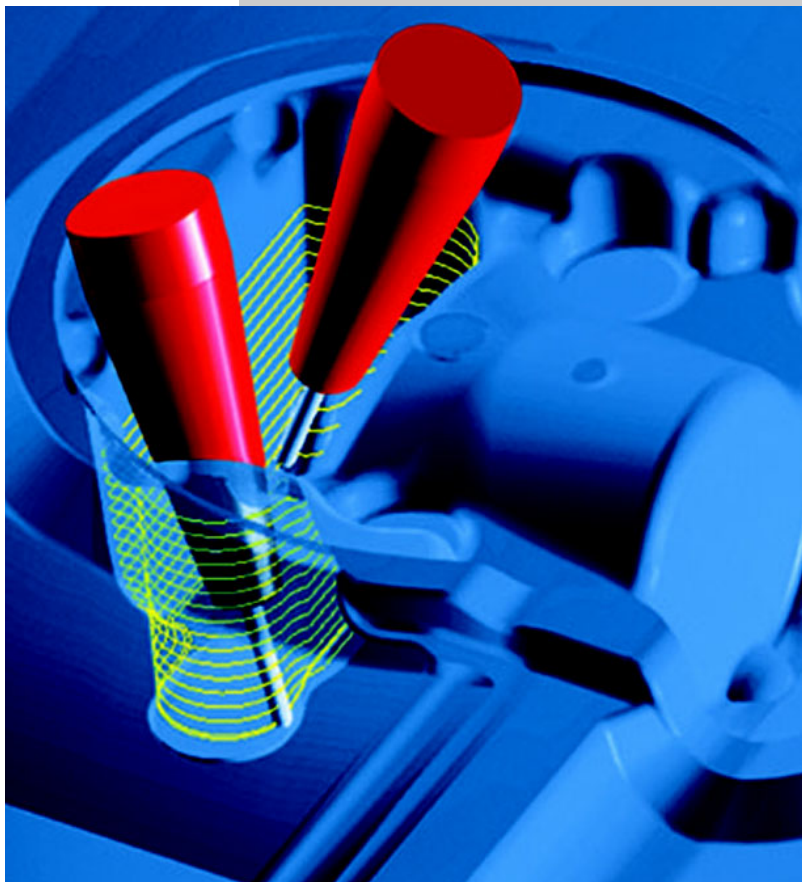


5 轴



版本 8

5 轴加工



OPEN MIND ■ THE CAM COMPANY

本手册适用于第 8 版的 5 轴软件配套，该配套作为 hyperMILL® 或 (hyperMILL® in AMD, hyperMILL® in Autodesk Mechanical Desktop®, hyperMILL® in Autodesk Inventor® 及 hyperMILL® in Pro/ENGINEER® Wildfire™ 的可选配套提供。

因我们一直在做进一步开发，特保留进行更改的权利。

© OPEN MIND Technologies AG



保留所有权利。

除非有 OPEN MIND Technologies AG 的明确书面许可，严禁任何形式的复制。

本手册的内容及随附软件属 OPEN MIND Technologies AG 所有。










02/04 于德国印刷

<http://www.openmind-tech.com>

所用的符号

所有 OPEN MIND 文档中的文字部分都会用符号做标记，以便快速方便地获取信息。

以下是所用的符号：

-  功能的目的是与应用
-  关于操作工序的说明
-  特别注解与背景资料
-  关于可能发生错误的起因的提醒
-  关于个别参数的额外资料
-  与其他菜单或管理层级的交叉参考
-  章节或页面参照
-  功能的范例及特别应用
-  执行功能或进入后续工序的准备工作及要求

所用的省略语

FRM	框架 = 加工坐标系
NCS	数字控制系统, 程序零点
GCS	绝对坐标系



1 概述：5X 循环	
1.1 手册结构	2
1.2 概述：5X 循环	2
1.2.1 术语	2
1.2.2 设置	3
1.3 进刀 / 退刀宏程序	4
2 型腔循环	
2.1 5X 型腔加工	2
2.2 循环概述	3
2.3 一般基本设置	6
2.3.1 工单设置	6
2.4 循环中的设置	6
2.4.1 刀具检查	6
2.5 参数 (仅指切削边缘)	6
2.6 5X 参数	7
2.6.1 定位策略	7
2.6.1.1 概述	7
2.6.1.2 偏置曲线	8
2.6.1.3 倾斜曲线	10
2.6.1.4 径向曲线	13
2.6.2 倾斜角度	15
2.6.3 轨迹修匀	16
2.6.4 自动换刀	17
2.6.4.1 自动区段边界	18
2.6.4.2 人工区段边界	18
2.6.4.3 连接宏程序	20
2.6.5 旋转轴的固定倾斜	21
2.7 5X 自由轨迹铣削	21
3 曲面循环	
3.1 5X 曲面加工	2
3.2 循环概述	3
3.3 5X 参数	5
3.3.1 定位策略	5
3.3.2 同步化线条	6
3.4 成形铣	7
3.4.1 参数	7
3.4.2 宏程序	8



3.5 1 条曲线细屑切削.....	9
3.5.1 策略.....	9
3.5.2 参数.....	10
3.5.3 宏程序.....	11
3.5.4 5X 参数.....	11
3.5.5 设置.....	11
3.6 2 条曲线细屑切削.....	12
3.6.1 策略:	12
3.7 ISO 顶端铣削	13
3.7.1 策略.....	13
3.7.2 5X 参数.....	14
3.8 钻削	15
3.8.1 参数.....	15
3.8.2 轮廓.....	15

4 透平叶片循环

4.1 5X 透平叶片加工	2
4.2 循环概述	2
4.3 基本概念 (仅指 5X 循环).....	4
4.4 策略	4
4.5 参数	6
4.6 5X 参数	7
4.7 3D 粗加工.....	9
4.7.1 策略.....	9
4.7.2 边界.....	9
4.8 顶端铣削	10
4.8.1 策略.....	10
4.9 细屑切削	11
4.9.1 策略.....	11
4.9.2 参数.....	11
4.9.3 5X 参数.....	13

5 圆管循环

5.1 5X 圆管加工	2
5.2 循环概述	3
5.3 策略	4
5.4 参数	7
5.5 5 轴参数.....	9

1

概述： **5X** 循环

1.1 手册结构

概述：5X 循环

本章节中显示的基本循环设置适用于所有 5X 循环。

配套中关于所有循环的资料

配套中适用于所有循环的资料将在相关章节的开头提供综述。

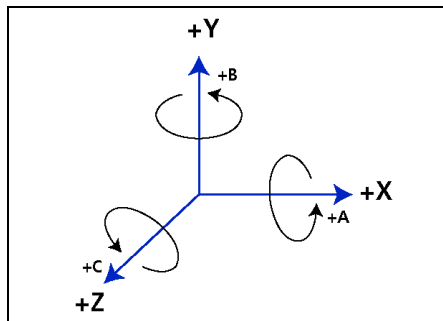
特定某个循环的资料

只适用于某个特定循环的特别参数及设置将在以下章节中分别讨论。

1.2 概述：5X 循环

1.2.1 术语

轴的定向



- **第一旋转轴：**绕 Z 旋转
 - 跟 C 轴相关
- **第二旋转轴：**到 Z 的位置
 - 一般跟 A 或 B 轴相关

1.2.2 设置

NC 参数

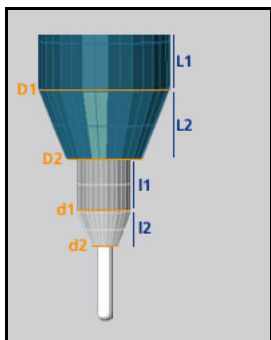
最大角度增量

最大角度增量限制了刀具位置在两点之间的可能变化。

i 最大的 G1 长度及最大角度增量值取决于 RTCP 的内插能力，或控制器的可比命令。

刀具检查

除了已知因素外（请参阅 hyperMILL® 及 hyperFORM® 产品说明），关于刀具及**夹具**的完整定义构成了在 5 轴加工中，进行适当的碰撞监测的基础。



碰撞检查

在启动碰撞检查的情况下，刀具轨迹只计算及执行到碰撞的情况。

▶ 因碰撞检查只能根据模型几何体进行，而不是（潜在的）实际材料，应**将夹具的尺寸充分考虑在内**。



i 只有在以下情况下，碰撞检查才能被关闭：即根据

- 模型几何体
- 夹具几何体及
- 所定义的倾斜角度

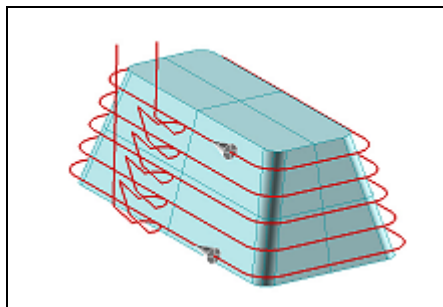
可绝对确定没有碰撞发生（可快速计算刀具轨迹）。

碰撞的避免

如果确定刀尖或夹具可能发生碰撞，系统将对定义的倾斜角度作出相应修整。

如果没有可避免碰撞的合适倾斜角度，刀具轨迹只计算及执行到碰撞情况为止。

1.3 进刀 / 退刀宏程序



额外轴向距离

- 增加宏程序在刀具轴向上的进刀及退刀轨迹。

2

型腔循环



2.1 5X 型腔加工

“型腔加工”配套中的循环主要用于对用 3 轴加工会导致不良加工参数的**型腔及无下削陡峭圆顶**进行 5 轴加工。

同时加工

在所有 5 轴同时运作的情况下计算 NC 轨迹。

自动换刀 (5-2)

计算 NC 轨迹，并自动分入有固定轴位置的区段中；区段过渡时，所有 5 轴可实施同时移动。

固定倾斜

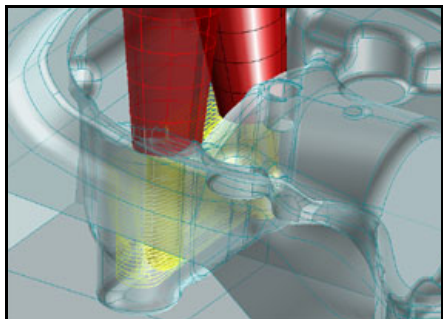
在整个加工区域，计算带固定刀具位置的 NC 轨迹。

配套中包括以下循环：

- 5X Z 轴层粗加工
- 5X Z 轴层精加工
- 5X 轮廓精加工
- 5X 等距精加工
- 5X 残余材料加工
- 5X 自由轨迹铣削
- 5X 再加工
- 5X 切割边缘加工

2.2 循环概述

5X Z 轴层粗加工

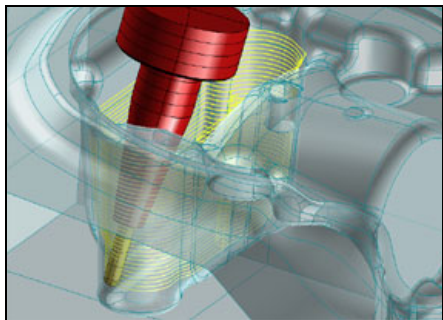


以 3D Z 轴层粗加工模式加工型腔。具有避免碰撞功能。

如果出现碰撞，将自动转换到 5X 策略。

刀具： 球磨机

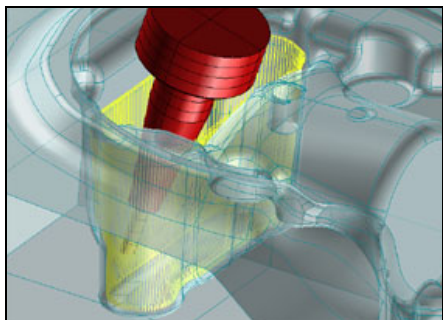
5X Z 轴层精加工



对平面或陡峭曲面的型腔进行加工，加工层面之间可实行平滑转换。

刀具： 球磨机

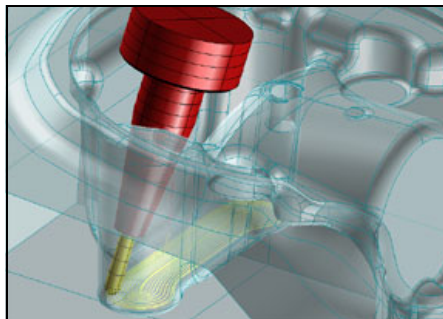
5X 轮廓精加工



为平坦和 / 或略微弯曲的曲面进行细部加工。用途仅限于 5 轴粗加工。

刀具： 球磨机

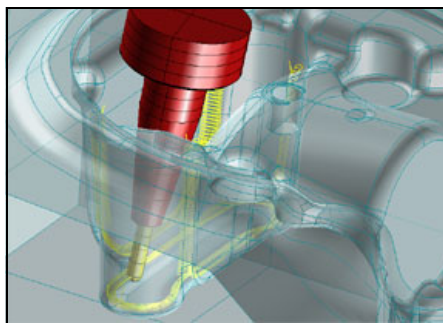
5X 等距精加工



加工型腔的底部区域及起伏不大的弯曲曲面构造，可在各个刀具轨迹之间实行平滑转换。

刀具：球磨机

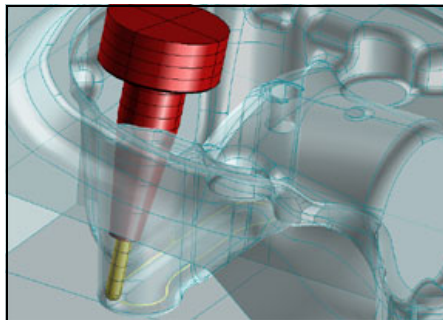
5X 残余材料加工



残余材料加工包括 3D 加工的所有策略变化。额外同时刀具定位可为一般的薄形刀具减少所需的切削时间。

刀具：球磨机

5X 自由轨迹铣削

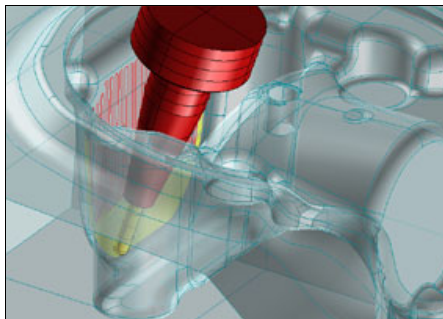


自由轨迹铣削可沿着能自由指定的中心点轨迹，用多重轴向进给，进行经过碰撞检查的加工。

可以加工下削部位。

刀具：球磨机、立铣刀与球头立铣刀

5X 再加工



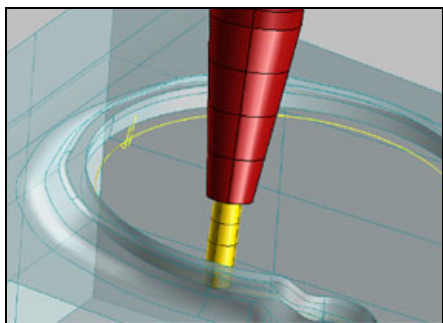
为任何先前的 (3D/5X) 参照作业进行 5- 轴加工计算。

先前因碰撞而隐藏的刀具轨迹因而可被利用 5 轴策略加工；自动碰撞检查功能则能为所选刀具确保完全的碰撞避免。

可以使用先前作业中用过的道具，或任何其他刀具。

刀具：球磨机、立铣刀与球头立铣刀

5X 切割边缘加工



在没有导向曲面的情况下，加工带有下削的 3D 切割边缘。

自动计算刀具位置及自动换刀。



2.3 一般基本设置

2.3.1 工单设置

刀具参照点

! 在工单设置中，刀具参照点应设置为**中央点**。

特别是当两点之间有强烈倾斜移动时，中央点轨迹会比带有“顶端”参照点的轨迹平顺得多。

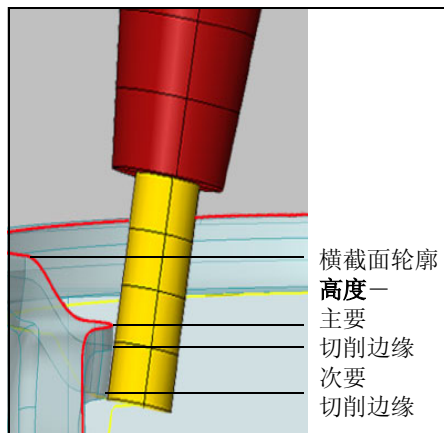
2.4 循环中的设置

2.4.1 刀具检查

i 在加工狭窄型腔时，和 / 或当需要达到较小的倾斜角度时，请始终开启两项碰撞功能。

2.5 参数 (仅指切削边缘)

刀具定位



轮廓的左边 / 轮廓的右边

刀具移向横截面轮廓的左边 / 右边。

主要切削边缘高度

定义刀具在 Z 轴方向上，被引导移动的轮廓的偏置。

次要切削边缘高度

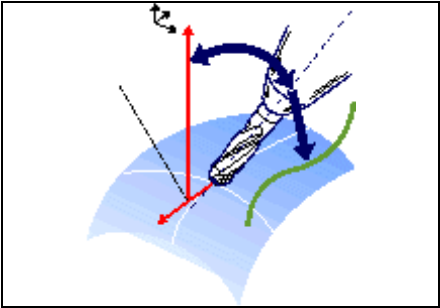
通过刀具参照点的轴向偏置，定义下削的深度。



2.6 5X 参数

2.6.1 定位策略

2.6.1.1 概述



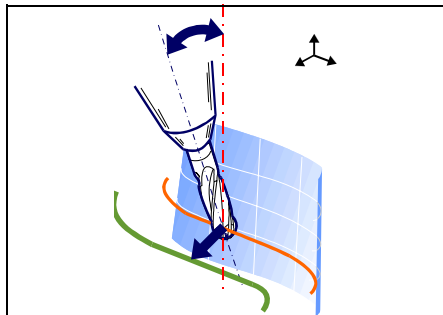
在 5X 型腔加工的所有循环中，刀具围绕所选框架的 Z 轴的定位是这样进行的：从接触位置出发，取到**导向曲线的最短距离**。

其中包括三种不同的定位策略：

定位策略	Z- 轴层精加工	轮廓精加工	等距精加工	残余材料加工	曲线加工
偏置曲线 定位曲线在每个加工层面中，根据可自由指定的偏置值自动计算而得。	X	-	X	X	-
倾斜曲线 刀具柄跟导向曲线的对准。	X	X	X	X	X
径向曲线 刀具尖跟导向曲线的对准。	X	X	X	X	X



2.6.1.2 偏置曲线

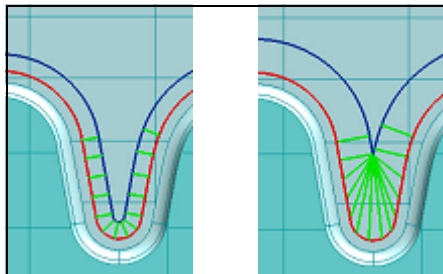


偏置曲线用于为刀具柄定位。

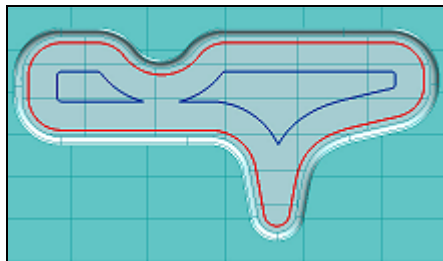
系统利用该策略，在每个加工层面中，为所计算的刀具中心点轨迹构成跟定义的偏置值相对应的曲线。

! 要加工的曲面必须不能太平坦，因为否则的话可能无法构成有用的偏置曲线。

偏置值的大小



利用偏置变量，您可以控制铣削刀具要多精确地跟随曲面轮廓。

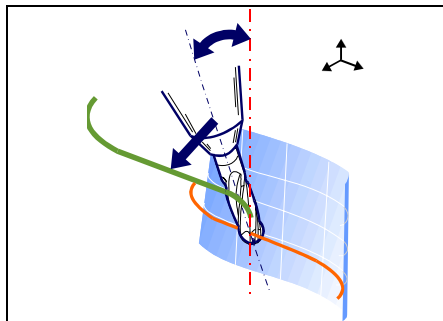


i 大的偏置值能在小而窄的区域，减少围绕 Z 轴旋转的动作。不过，这样做也提高了偏置曲线分割成很多不相连曲线的危险性，结果变成 3 轴加工。

- ▶** • 如果偏置策略造成很多对铣削而言不必要的围绕 Z 轴而进行的旋转动作，就应使用倾斜或径向曲线。
- 如果无法避免分裂成单个曲线，加工应分成几个作业进行，每个作业有自己的加工区域及偏置。



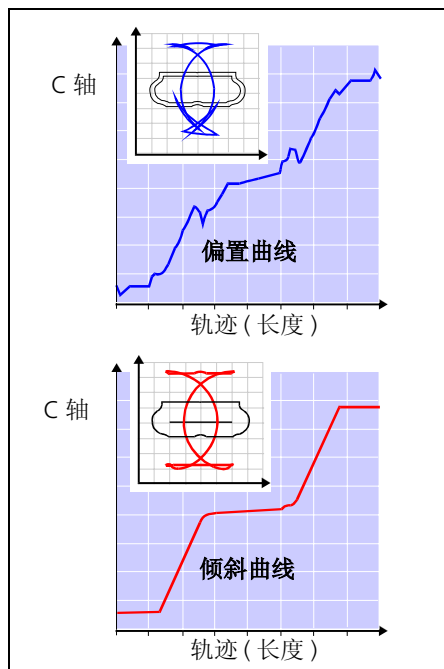
2.6.1.3 倾斜曲线



倾斜曲线用于给刀具柄定位。

从刀具轴视角观察，它通常位于要加工的曲面的**前面**。

倾斜曲线的轮廓



利用用户定义的倾斜曲线，两种旋转轴的移动大多可以在不计加工区域曲面构造的情况下，进行引导。

跟偏置策略相比，该策略可围绕所选框架的 Z 轴取得更为和谐的运动顺序。倾斜曲线应

- 仅粗略朝曲面轮廓定向。
- 轮廓平顺，没有方向上的突变。
- 可促成旋转轴的连续移动。

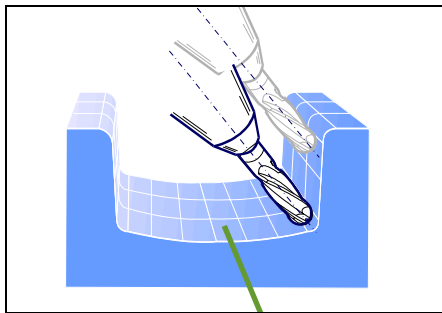


倾斜曲线的 Z 高度

如果刀具轴抵至曲线，刀具将朝它定位，可能的话，最可达垂直位置。

取决于加工条件的不同，这么做能促成利用倾斜曲线的 Z 高度，影响第二根旋转轴的倾斜角度及移动导向。

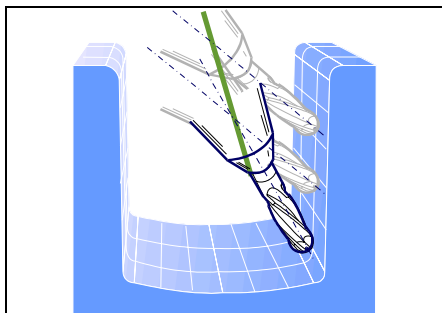
1. 恒定倾斜角度



▶ 一般而言，倾斜曲线越深越好。

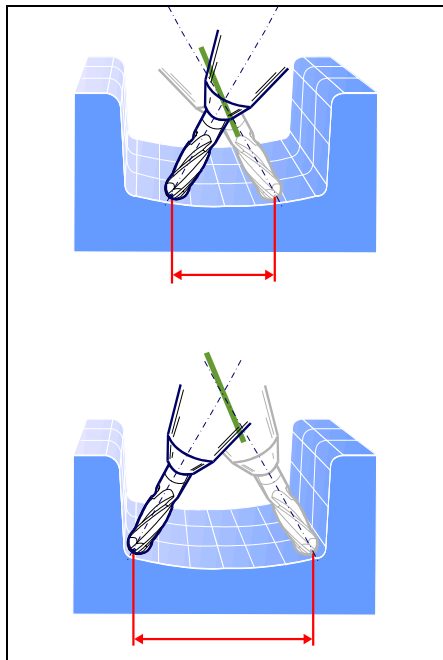
▶ 如有必要，可建立若干项作业，每项作业各有自己的倾斜曲线。

2. 可调节倾斜角度



a 避免碰撞

为避免刀具柄跟对壁的模型表面发生碰撞，应将倾斜曲线设的足够高，这样，随着加工深度的提高，刀具也会位于其上。



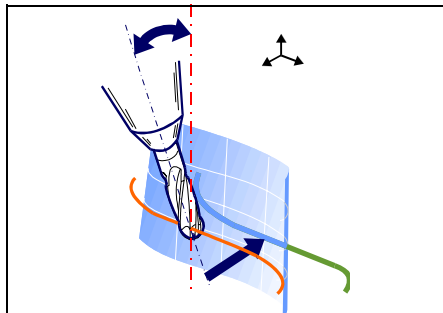
b 第二根旋转轴的平滑倾斜

如果是基本曲面的来回加工，同样建议将倾斜曲线设得高一点。

这样，刀具在倾斜曲线上的定位会开始得早一点，结束得迟一点，从而造成第二条旋转轴的移动导向更为平滑。

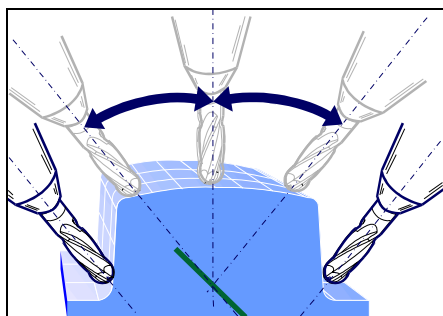


2.6.1.4 径向曲线



径向曲线用于为刀尖定向。

从刀具轴视角观察，它通常位于要加工的曲面的后面。



径向曲线可尤其可为凹陷曲面的定位方向作特别定义。

径向曲线的轮廓

倾斜曲线的标准同样可以适用于径向曲线的轮廓 (参见 2.6.1.3)。

径向曲线的 Z 高度

如果刀具轴抵至曲线，刀具将朝它定位，可能的话，最多达垂直位置。

取决于加工条件的不同，这么做能促成利用径向曲线的 Z 高度，影响第二根旋转轴的倾斜角度及移动导向。



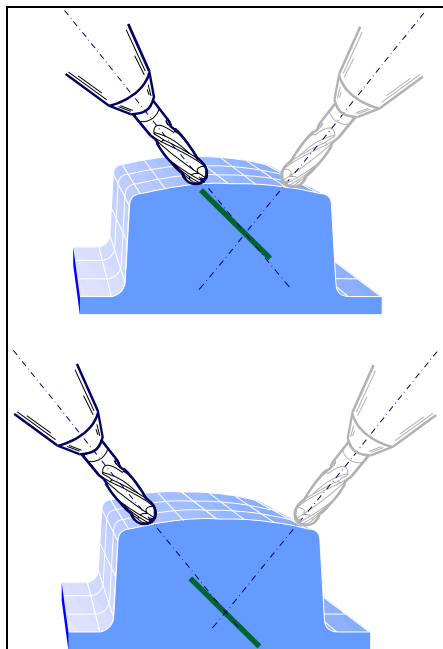
1. 恒定倾斜角度

如要取得恒定的倾斜角度，在定义径向曲线时，应避免在加工过程中出现切入刀具轴的情况。



如有必要，可建立若干项作业，每项作业各有自己的径向曲线。

2. 可调节倾斜角度



第二根旋转轴的平滑倾斜

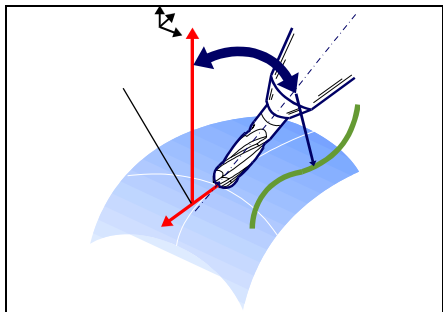
如果倾斜角度随加工的继续而改变，那么，在选择加工方向及径向曲线的形状及位置时，应让刀具轴切入径向曲线。

例如，建议在进行来回加工时，将径向曲线设得低一点。这样，刀具在径向曲线上的定位会开始得早一点，结束得迟一点，从而造成第二条旋转轴的移动导向更为平滑。



2.6.2 倾斜角度

理想的倾斜角度



限制倾斜角度

当前框架是倾斜角度的参照坐标系统。

为加工下削的方便，及为了获得最适合的 NC 数据流，框架可相对于 NCS 倾斜。

理想的倾斜角度

- 指跟框架的 Z 轴有关的刀具倾斜角度

在满足以下条件的情况下，该角度保持恒定：

- 没有碰撞避免
- 刀具轴不会跟位置曲线接触。
- 轴心修匀没有被开启。

最大角度

最大倾斜角度可在开启轨迹修匀及碰撞避免时，避免倾斜角度的结果超出机床的位置范围。



i 最大倾斜角度的定义：

所选框架的 Z 轴跟 NCS 平行：

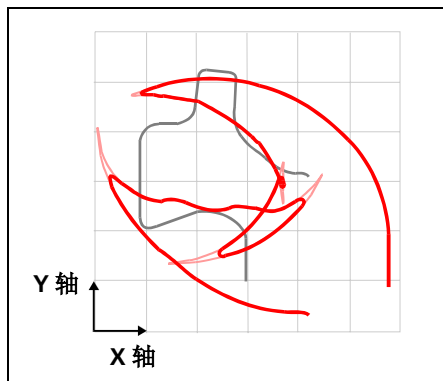
最大倾斜角度跟机床轴的最大允许角度相对应。

Z 轴不平行：

欲获得最大倾斜角度，须将两个 Z 轴之间的角度从机床轴的最大允许角度中减除。

2.6.3 轨迹修匀

轴心修匀



在轨迹修匀中，轴方向上的突变（反转点）被修圆，以尽可能减少抖动。

轴心修匀

- 改变刀具位置，以致轴心点的轨迹按照到刀具参照点的指定位置被修匀。
- 主要影响到第二旋转轴。



修匀

轴心高度

- 须输入轴心高度值，该值至少须跟刀具参照点与旋转轴的交叉点对应。

修匀

这类轨迹修匀

- 可使围绕 Z 轴的旋转变得平顺。
- 避免出现小的颤抖倾斜移动，这种移动在实施偏置策略等情况时有可能发生。

2.6.4 自动换刀

有了自动换刀技术，即使机床没有 5 轴同时加工的动态条件，也能进行 5 轴加工。

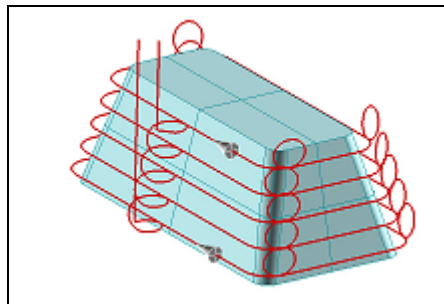
水平加工区域被分为七个区段，每一个都可以用固定旋转轴加工。

区段内旋转轴的位置是利用想要的倾斜角度及位置曲线确定的。

在区段边界方面，则使用带有同时 5 轴进给的连接宏程序。



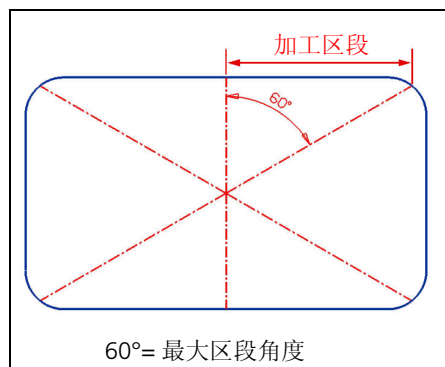
2.6.4.1 自动区段边界



系统自动计算加工区段的边界，与此同时，保持固定的轴位置。

最大区段角度

区段角度区域（建议： $<90^\circ$ ）确定了各个加工区段的最大尺寸。

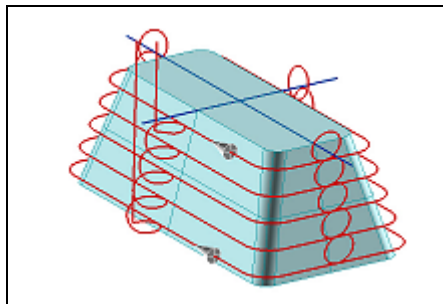


区段在每个加工层面被自动建立，其建立的方式使得连接宏程序可在没有碰撞的情况下执行。如有必要，可调节区段大小。

在左边的例子中，最大的区段角度是 60°

2.6.4.2 人工区段边界

人工设置区段边界，促使连接宏程序始终在同一点上执行。



被定义为区段边界的曲线必须在投影上（Z 轴框架）切入所有生成的刀具轨迹。

i 如果策略的起始点靠近区段边界，则程序从区段边界开始。



i 如果在用户定义区段内的固定倾斜不能在碰撞的条件下维持，则区段将在必要情况下被自动再分。

▶ 如果是复杂部件，一般比较容易的做法是，先以自动换刀计算作业，然后为作业定义人工区段边界。

2.6.4.3 连接宏程序

在所有轴上，连续区段的进刀及退刀宏程序是被一种具备碰撞控制功能的同时移动连接起来的。

半径连接宏程序

区段边界上的进刀及退刀宏程序为刀具轴方向上的四分之一圆，且刀具定位可为之保持不变。

- 指定想要的半径。

高度连接宏程序

利用轴方向上连接宏程序的选项延伸，有可能增加到曲面的距离。

- 指定想要的长度。



2.6.5 旋转轴的固定倾斜

! 该程序会使所有 5 轴同时策略无效。

围绕现行框架两个旋转轴（第一及第二旋转轴）的刀具的倾斜角度对加工而言是固定的。

刀具的定位不影响所选加工策略的投影方向（框架的 Z 方向）。

2.7 5X 自由轨迹铣削

刀具定位

不能往轮廓的左边及右边铣削。
如果在刀具栏内选择了诀窍选项，则刀具轨迹会在轴方向上以相对于轮廓的偏置输出。

注意：

刀具始终依照“中央”参照，保持在导向轮廓上，不管刀具栏中轨迹输出的参照点设置如何。

3DF 文件

! 跟 3D 自由轨迹加工的情况一样，在 5 轴曲线加工时，只有在需要做碰撞检查时，才需要 3DF 文件。



碰撞检查

如果模型 (3DF 文件) 没有发生碰撞, 则刀具中心点始终**在轮廓上**移动。

为 3DF 文件作碰撞检查会导致铣削刀具沿轴向退刀, 退刀时会保持指定的余量, 直至没有碰撞为止。

下削加工

如要加工下削, 将下削区域的中心点轨迹置于曲面后面。

余量

XY 中的余量

离曲面的立体偏置 (需要 3DF 文件)。

轴向偏置

指刀具参照点离所定义的中心点轨迹的轴向偏置。

进给及宏程序

进给及加工深度是跟刀具轴相对的。

进刀及退刀宏程序在轴向上执行。

3

曲面循环



3.1 5X 曲面加工

曲面加工配套循环用于加工**略微弯曲的曲面**及有规则曲面的几何体。

刀具的定位一般由所选曲面或导向曲面的曲面当量来确定。

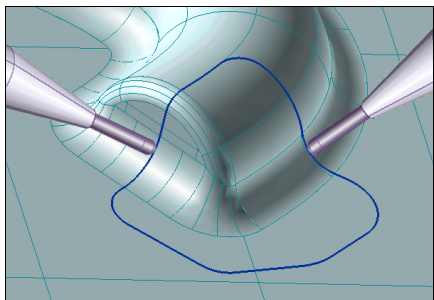
所有用来确定刀具铣削行为的额外元素（点、线、轮廓）**必须**落在欲加工的曲面上。

配套内包括以下循环：

- 5X 成形加工
- 5X 1 条曲线细屑切削
- 5X 2 条曲线细屑切削
- 5X ISO 顶端铣削
- 5X 钻削

3.2 循环概述

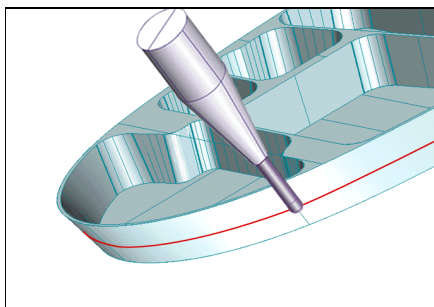
5X 成形加工



5X 成形加工特别适合于为铣削时，在曲面上有规定刀具位置的元素加工形状。如沟槽、切割边缘或雕刻处。

通过选用同步化线条，可以人工调节刀具位置。

5X 1 条曲线细屑切削



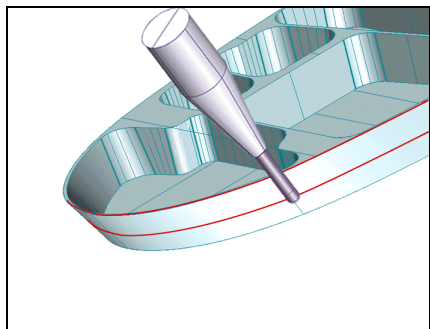
该循环是为规则曲面设定的，这种曲面容许铣削刀具沿一根线条跟曲面接触。

轴方向上的加工区域是根据轮廓曲线定义的。

刀具位置是由要加工的曲面确定的。

利用带细屑加工的立铣刀，可使加工时间缩短。

5X 2 条曲线细屑切削



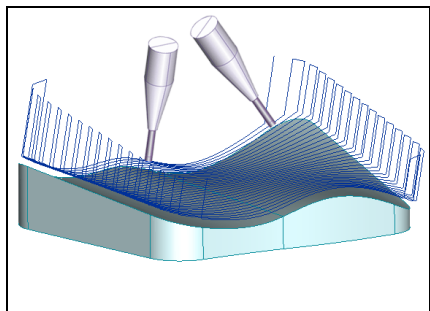
这种循环用于容许铣削刀具沿一根线条跟曲面接触的规则曲面。

就 2 条曲线细屑切削而言，轴向加工区域也是根据轮廓曲线定义的。

跟 1 条曲线细屑切削不同，这里的刀具位置是由另外一条轮廓曲线定义的。

利用带细屑加工的立铣刀，可使加工时间缩短。

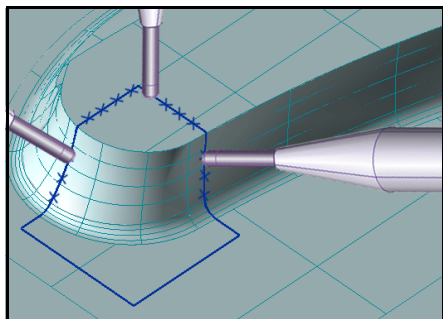
5X ISO 顶端铣削



在顶端铣削中，接触点的刀具位置是用进给方向上，可自由指定的跟曲面当量之间的倾斜角度来计算的。

刀具轨迹被定向至曲面的 U 形或 V 形线条中，或是所选的同步化线条。

5X 钻削



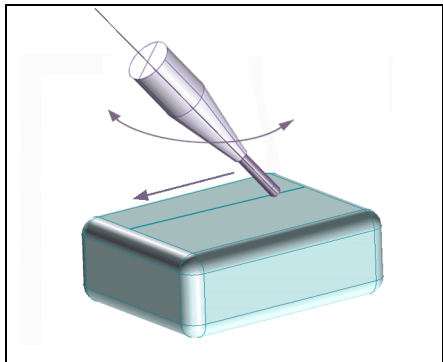
在 5X 钻削中，刀具位置是根据曲面当量或直线方向确定的。

这里不提供用不同刀具（宏程序）进行复杂的钻削操作。



3.3 5X 参数

3.3.1 定位策略



倾斜参数

起刀倾斜

在进给方向上，可为刀具位置指定想要的倾斜角度。

当角度为正值时，切割为“上拉”效果。

间隔

为刀具定位的理想倾斜角度实施在进给方向的侧面。

理想的倾斜角度

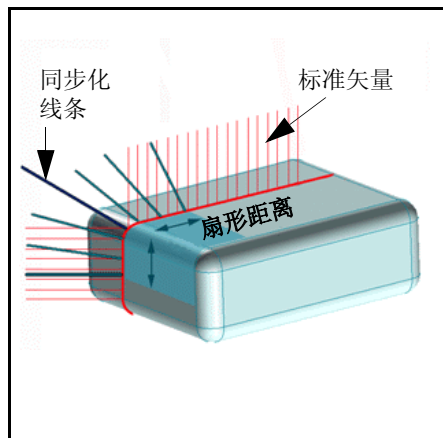
理想的角度相对于接触点的曲面当量而言。

最大倾斜角度

如果在碰撞检查后，需要调整倾斜角度，那么该值不可以比在最大倾斜角度中设定的值大。



3.3.2 同步化线条



同步化线条

同步化线条可改变特定的疑难铣削区域中（如角落或边缘），所定义的刀具位置。这可以避免铣削刀具急剧不断地改变方向。

目的是确保机床能“流畅”运作。

扇形距离

定义一条或多条同步化线条周围的区域，在该区域中，刀具的定位是相对于同步化线条的方向进行的。



3.4 成形铣

3.4.1 参数：

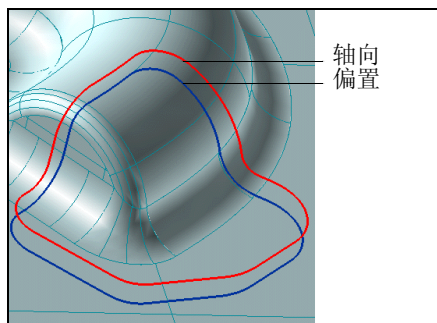
刀具定位：

正中/左/右

刀具可朝所选轮廓的正中或左边、右边前移。

i 如果有在设置栏目选择避免碰撞选项，那么将发生以下情形：

- 如果刀具沿轮廓前移，则它会绕刀具参照点倾斜。
- 如果刀具朝轮廓的左边、右边前移，则它会绕接触点朝导向曲线倾斜。



轴向偏置

刀尖跟在轮廓栏中选择的轮廓保持所示距离。

负值意味着刀尖低于轮廓所选数值的距离（如雕刻用）。



3.4.2 宏程序

宏程序位置

添加轴向距离

可指定到铣削轮廓的额外轴向距离。

轴向

所选的进刀及退刀宏程序可精确地跟随所选的轮廓（仅在闭合轮廓才有可能）。

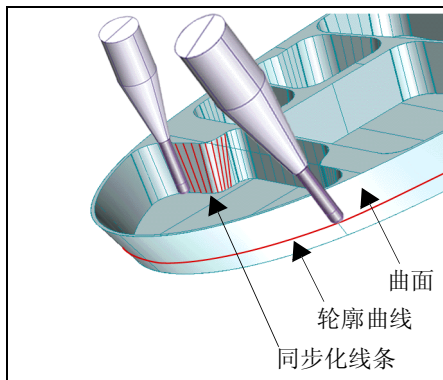
左/右

宏程序边是指刀具前移至轮廓左边或右边时的加工边。

当在沿轮廓前移时，任何一边都可以被选为是宏程序边。

3.5 1 条曲线细屑切削

3.5.1 策略



反向

同步化刀具轨迹

轮廓

轮廓文件曲线定义了轴方向上，加工区域内的最后加工切割。

它必须是在所选的曲面内。

曲面

必须定义要加工的曲面。

刀具定向是由

- 曲面本身为弯曲表面所指定的
- 由同步化或 ISO 线条为二维面确定的

切削边

可指定要加工的曲面的加工边。

只有在曲面的标准矢量没有被定向入模型时，才可以进行加工。

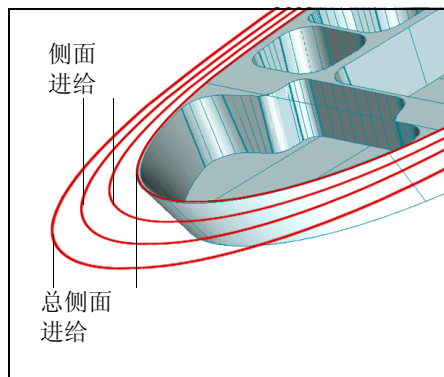
利用 ISO 线条

刀具按 ISO 线条定向。只应在二维面及修正 ISO 线条时才选择此选项。

同步化线条

刀具定向根据所选的同步化线条进行调节。

3.5.2 参数



进给

侧面进给 / 轴向进给

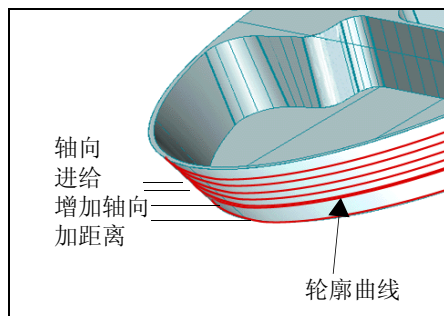
每个铣削轨迹的侧面或轴向进给步骤。

加工区域

总侧面 / 轴向进给

所有铣削轨迹上的总侧面进给及轴向进给。

确定侧面或轴向加工区域。



如果**总进给**不是**步进**间距的整倍数，则相应的最后步进会小一点。

这使得最后进给的铣削刀具负荷减低，使曲面的质量变得更好（“最后回合粗加工”）。



3.5.3 宏程序

进刀宏程序

斜坡高度

可为进刀宏程序指定斜坡高度。



防止刀具垂直切入留在工件底部的剩余材料的可能。

(请参阅 hyperMILL® 说明文件：利用坡度作为粗加工的切入宏程序。)

3.5.4 5X 参数

轨迹修匀

倾斜修匀

在扇形距离内，修匀刀具的移动。

这能让铣削刀具在加工时动作更加顺畅。

3.5.5 设置

NC 参数

壁容差

如曲面有扭曲，该值代表刀具损坏曲面的许可范围。

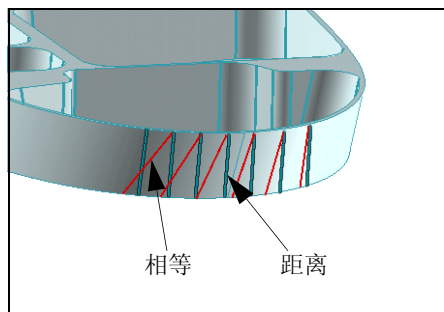


3.6 2 条曲线细屑切削

3.6.1 策略：

轮廓曲线

同步化刀具轨迹



顶部曲线

定义刀具的位置。

底部曲线

定义加工在轴方向上如何结束。

相等

刀具的定向跟随规则曲面的 ISO 线条，该曲面同时由两种线条构成。

距离

刀具的定向跟从底部曲线跟顶部曲线之间的最短距离。

▶ 特别用于修整具有规则壁厚的几何体。

同步化线条

利用同步化线条，曲线可被分为各个区段，以分别实施这些方法。

▶ 特别跟“长度”同步化策略有关。

3.7 ISO 顶端铣削

3.7.1 策略

曲面

要铣削的区域是由一个或多个可选曲面定义的。

可通过选择边界，限定该区域的界限。

对于难以加工的曲面轮廓，可确定导向曲面，以优化刀具的位置。

U 参数 / V 参数

加工的方向是利用 U 和 V 参数确定的。

如果选择了多过一条曲面加工，在下列情况下，它们只能一次加工一条：

- 相应的 U 或 V 参数定向一致及
- 没有指明偏置



3.7.2 5X 参数

碰撞时的退刀

距离控制

如果 3DF 模型跟所选的导向曲面之间的距离超出了在最大距离下规定的数值，本选项能让刀具退出。

最大距离

定义了 3DF 模型跟导向曲面之间的加工区域。

如果刀具需要比最大距离下定义的退得更多，则该区域不会被加工到。



如果最小距离 G0 的值 (设置) 比最大距离小，或两者相等，则 3DF 模型跟导向曲面之间的区域将以当下的进给率被越过。如果该值大于最大距离，则将快速退刀至余隙距离或平面。



3.8 钻削

3.8.1 参数

加工参数

余量

钻削深度根据指定数量降低。

3.8.2 轮廓

轮廓的选择

点 / 轮廓

如果选择了这两个选项中的一项，就需指定一个或多个导向曲面，且所选的点 / 多线必须落在导向曲面上。

深度

指在轴向上的钻削深度（仅指点 / 多线）。



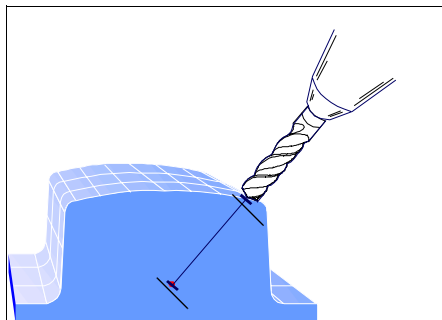
钻削点由以下因素确定：

- 所选的点
- 多线的转角点

刀具的定向跟导向曲面在钻削点的标准矢量相对应。



多线的所选点或转角点确定了钻削程序的顺序。



线条

钻削的方向根据确定钻削起始与终止点的线条的方向而定。

刀具倾斜的数据（刀具定向）从该直线中获取。

4

透平叶片循环

4.1 5X 透平叶片加工

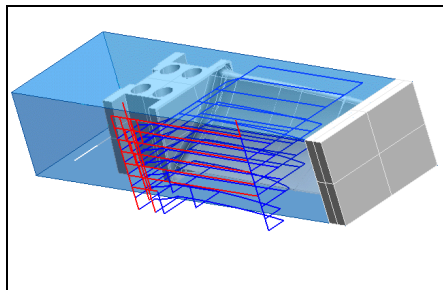
以若干经过协调的铣削循环，进行完整的透平叶片加工。

该配套包括以下循环：

- 3D 叶片粗加工
- 5X 叶片顶端铣削
- 5X 叶片细屑切削

4.2 循环概述

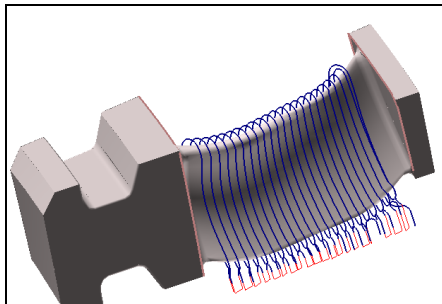
3D 粗加工



从纯毛坯开始，以轮廓平行的，逐个平面的方式，进行粗加工。在加工限制范围内，实施人工的毛坯追踪。

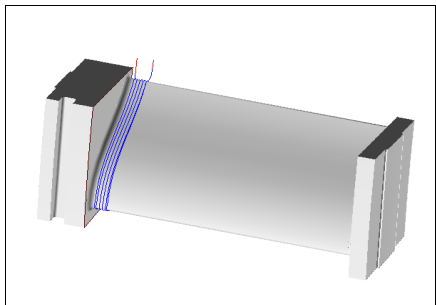
毛坯须以 3DF 文件样式提供。

顶端铣削



顶端铣削是指用可自由指定的叶片 - 及侧 - 曲面毛坯余量，进行连续循环的精密加工。

细屑切削

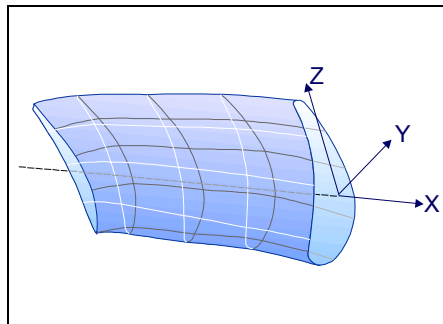


细屑切削策略包含三个工作步骤：

1. 从外向里，和 / 或沿着材料壁的侧面方向，利用螺旋轨迹，在叶片及侧曲面之间，对残余材料进行加工。
2. 铣削叶片和侧曲面之间的辐射半径。
3. 为侧曲面进行细屑加工。

在加工过程中，刀具的接触不断地从叶片曲面的顶端铣削，过渡到侧曲面的细屑切削。

4.3 基本概念 (仅指 5X 循环)



在建立局部刀具坐标系统时，X 轴必须沿着主旋转轴。

Z 轴的方向决定了刀具进刀及退刀的位置，即退刀平面的方向。

► 为避免加工痕迹，在选取 Z 轴方向时，刀具的进入必须在透平叶片的尾端或前端区域内进行。

4.4 策略

叶片几何体

曲面

选择头部和脚部的叶片曲面。

这些曲面定义了刀具的方向，通常跟要加工的叶片曲面相对应。

► 要加工的叶片曲面必须是 3DF 模型的一部分。


► 曲面之间应清楚衔接，不应有任何空隙。
如果

- 要铣削的叶片曲面不符合这些条件，
或
- 造成对铣削而言不必要的刀具动作，
则可选择可选性曲面（亦即“导向曲面”）
来满足这些条件。




进给策略

进给方向

 如果有用导向曲面，它们必须落在刀具参照点轨迹的下面。

同步化线条

利用该沿透平叶片纵向运行的线条，您可以控制单个切割的进刀位置。

 尤其是横截面变化很大或有很大扭曲的透平叶片。

螺旋

建立单一的、螺旋形状的铣削轨迹，绕叶片运行。

平行

生成单独的、闭合的铣削轨迹。

X+/X-

可相对于局部刀具坐标系统，指定进给的方向。

明智的做法是从较不稳定的一边，加工到较稳定的一边。

4.5 参数

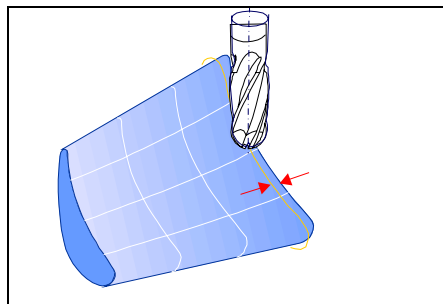
限制毂 / 盖

毂轮廓 / 盖轮廓

指在粗加工及顶端铣削时，对**毂**和**盖**之间的加工区域的限制的定义。

必须选择闭合的轮廓。

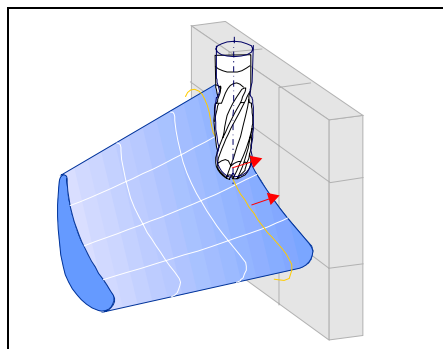
i 轮廓的分配对加工方向没有影响。



正落

第一条刀具轨迹在侧面轮廓上运行。

该选项适合于没有侧曲面的情况，因为这样不会有碰撞发生。



侧落

第一条刀具轨迹以离侧曲面一个刀具半径的偏置穿过。

如该值为正，可保护叶片及侧曲面之间过渡区域的圆顺。

与此同时，它能让刀具在不发生碰撞的情况下，在毂轮廓和盖轮廓区域间移动。

自动

可自动计算刀具柄跟侧曲面之间的最小可能距离。

▶ 偏置

可在输入栏内，选择项旁，为两种选项 (**正落 / 侧落**) 定义额外偏置。



余量

叶片余量

离叶片侧面的偏置。

侧面余量

离侧曲面的偏值。

4.6 5X 参数

刀具轨迹修匀

修匀

为绕 Z 轴进行的小幅、不平稳刀具移动作补偿。

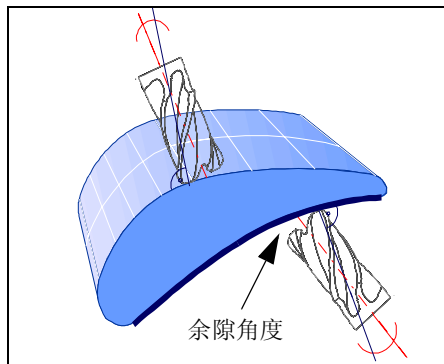
(想要的) 倾斜角度

起刀倾斜

刀具在进给方向，离曲面的倾斜角度。

较小的倾斜角度值允许在轨迹之间有较大的距离。

如设定的值较大，可确保刀具不会在叶片的凹侧与叶片曲面碰撞。



起刀倾斜控制

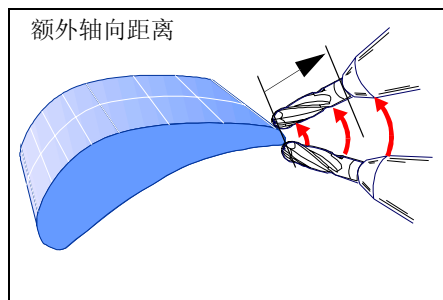
自动控制

该功能可通过自动增加指定的起刀倾斜，避免在叶片凹陷区域，同铣削工具的反面“碰撞”。

最小倾斜角度

定义在刀具及要加工的叶片曲面之间，所维持的最小角度。

进给率控制



▶ 该功能允许在加工有很大凹陷的叶片曲面时，指定较小的倾斜角度，以便在轨迹之间留下更大的间距。

扇形距离

刀具的位置改变将以过渡的方式进行，而不会突然改变。

过渡的区域在起刀倾斜及最小起刀倾斜之间内插替换。

进给率控制

您应该启动这个选项，以补偿机床在叶片曲面边缘发生过多的轴向加速。

额外轴向距离

刀具的进给值是跟轴的高度相对的，而不是跟刀具参照点。

这样，叶片曲面边缘部分的加工将更圆滑。



4.7 3D 粗加工

4.7.1 策略

进给方向

$X+/X-$

进给可以正负两个方向进行。

4.7.2 边界

边界

只应使用跟 X 轴垂直的直线（而不是曲线）。

关于个别参数的进一步资料，请参阅 hyperMILL/hyperMILL in the AMD 说明中的“任意毛坯粗加工”章节。



4.8 顶端铣削

4.8.1 策略

初次切割

用于在叶片及侧曲面的过渡区域进行粗加工后，将残余材料考虑在内。

要控制刀具的切入动作，有好几个选择：

反转初次切割

利用顺铣，进行叶片曲面的顶端铣削。这将造成在切入跟加工方向相反的侧曲面残余材料时，形成逆铣。

“反转初次切割”选项可造成在初次切割中加工的残余材料以顺铣方式加工。

这能使刀具的加工更加圆滑，曲面更干净。

仅用初次切割

仅为该选项计算初次切割。



如果残余材料只以单个切割分别加工，则该选项应跟反转初次切割一起开启。

螺旋导入

使得初次切割中刀具的移动是沿轴向以螺旋形状进行。

4.9 细屑切削

4.9.1 策略

叶片几何体

叶片曲面

在头部及脚部间选择叶片曲面。

侧腹几何体

侧腹几何体

选择要加工的侧腹几何体 (= 侧面几何体)。

曲面边框

即要加工的侧腹区域的闭合 (!) 轮廓线。

侧腹轮廓须在要加工的曲面以内。

接触模式

该选项确保了跟轮廓接触的最后一条曲线会被加工到。

这样，所选刀具的半径就会跟叶片及侧曲面间的辐射半径相对应。

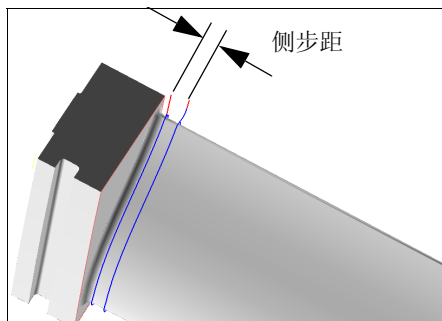
4.9.2 参数

水平设置

材料宽度

定义所有铣削轨迹在侧面 (+X 或 -X) 方向上的加工区域。

▶ 如果总进给（材料宽度）小于 / 等于侧步距，则只在此加工方向上计算一个切割。



垂直设置

侧步距

两条加工轨迹在要加工的曲面上的距离。
要完成的侧步距的数目是根据总侧面进给决定的。

材料高度

定义了所有铣削轨迹在轴向上的加工区域。

- ▶ 如果总进给（材料高度）小于 / 等于轴向进给，那么只在该加工方向上计算一次切割。

轴向进给

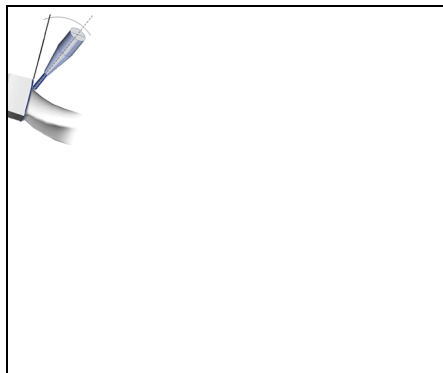
轴向上的进给。

额外轴向偏置

轴向上的偏置。



4.9.3 5X 参数



间隔

该选项让您能跟侧曲面维持额外的倾斜角度。

如果在毂曲面上还有很大的余量，那么这一点相当重要。

采用这种方法，透平叶片可以在不接触侧腹表面的情况下，贴近侧腹加工。



一般在计算时，倾斜角度取 0 度。

为了确保达到更好的铣削条件，可以定义一个小一点的角度值。



5

圆管循环



5.1 5X 圆管加工

“圆管”配套循环主要用于**复杂弯曲、下削槽**等有闭合横截面的 5 轴完整加工。

要加工的槽可以有任何数目、任何形状的曲面。

就这些曲面的性质而言，并无特别要求。
允许有搭接及裂口。

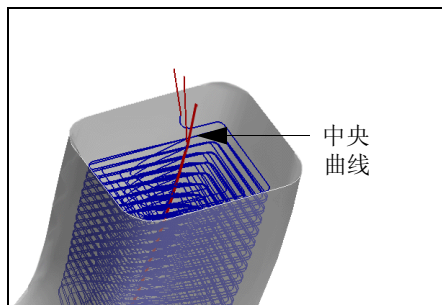
刀具位置由中央曲线确定，该曲线定义了要加工的槽道的中央位置。

配套包括以下循环：

- 5X 圆管粗加工
- 5X 圆管精加工
- 5X 圆管残余材料

5.2 循环概述

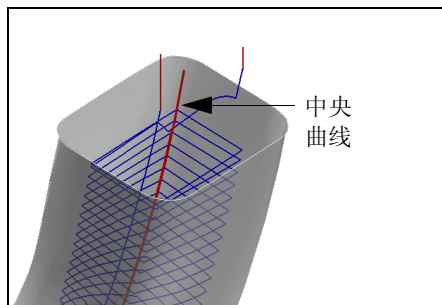
粗加工



螺旋切入进给，然后进行相应平面的加工（从外到内，进行侧面进给）。

刀具：棒糖式铣刀及球磨机

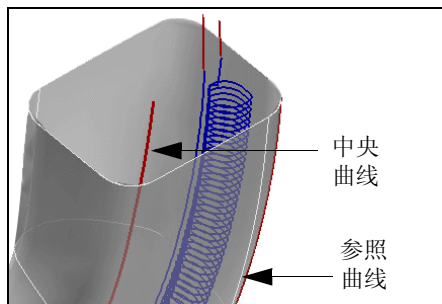
精加工



圆管的螺旋或平行加工。

刀具：棒糖式铣刀及球磨机

残余加工



对圆管的残余材料区域进行螺旋或平行加工。

要加工的区域通过参照曲线另外指定。

刀具：棒糖式铣刀及球磨机



5.3 策略

中央曲线

中央曲线

中央曲线描述了跟以下因素有关的预设加工行为：

- 加工起始与终止
- 正切方向的横截面位置
- 刀具的倾斜曲线

中央曲线既不需要位于圆管横截面的正中央，也不需要精确映射其弯曲轮廓。

不过，它需要从外往内对齐（面向深度进给），且必须位于要计算的轨迹以内。

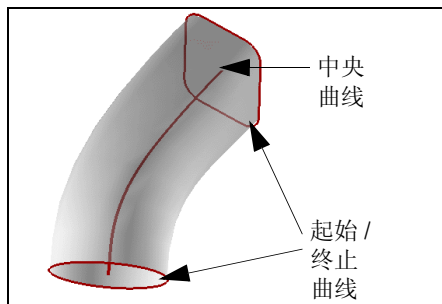
反转

反转加工的方向。

起始点/终止点

可人工选择起始点和 / 或终止点，改写由中央曲线或轮廓曲线自动计算的加工起始点和 / 或终止点。

轮廓曲线



起始曲线/终止曲线

这些曲线设立了跟中央曲线的定义不同的起始点或终止点位置，以及加工平面在这些位置的理想对准。

中央曲线就加工起始及终止位置的预设值由轮廓曲线改写。

x 加工的先决条件是所选轮廓的平面位置。

同步化刀具轨迹

(仅指精加工)

同步化线条

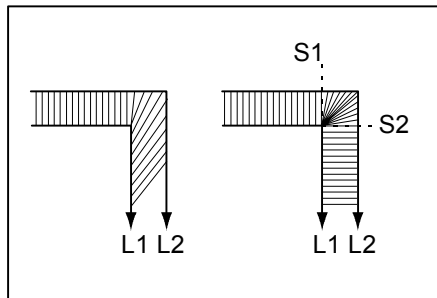
当用平行加工策略进行精加工时，可酌情选用同步化线条来影响轨迹轮廓。

请参阅 2,5X 轮廓精加工及关于 hyperMILL/hyperMILL in AMD 的说明，章节为 “3D 轮廓精加工”。

它们能限制轨迹计算的内插区域，并为该区域定义想要的轨迹曲线。

i 同步化轮廓可以超出加工区域。

其位置应从中央曲线的 POV 起 - 落在要计算的轨迹后。



相等

两条导向曲线被分成相同数目的线条区段。相应部分区段的起始点及终止点是相连的。

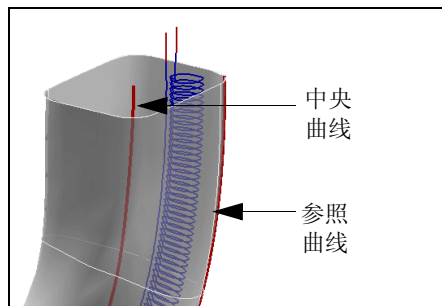
距离

这里同步化利用了第一及第二导向曲线间有最短距离的线条。

确保在第二条曲线上，为第一条曲线的每一点分配一个独有的对应点，且从刀具轴的方向出发，第二点离第一点有距离为最短。

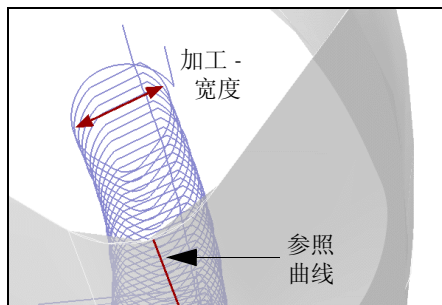
参照曲线

(仅指残余加工)



参照曲线

参照曲线定义了之后要用更小的刀具加工的残余材料区域的中央。



加工宽度

加工宽度通过指定跟该参照曲线对称的值来限制。

5.4 参数

进给

横向步进 / 垂直步进

当用螺旋加工策略进行精加工时，将进行根据中央曲线确定的轴向进给。在平行加工过程中，会使用侧面进给，这里输入的值将确定两个轨迹之间的最大距离。

就粗加工而言，侧面进给是以螺旋方式，绕着所选的中央曲线或倾斜曲线进行的。轨迹的数目是根据所选的侧面进给及轨迹离倾斜曲线的最大距离确定的。

侧面距离

侧面距离

限制轨迹离中央曲线的最大距离。

i 利用这种方法，可在无须构造任何辅助曲面的情况下，加工部分开启的圆管。

余量

余量

要加工的圆管外曲面的残余材料。



额外刀柄余量

根据输入的值，增加刀柄半径，以作碰撞检查。



在平行加工策略中特别有此要求，以避免跟工件未加工的一面碰撞。

在这种情况下，额外刀柄余量应至少跟要切除的材料的总和相等。

关于以下参数方面的信息

- 余隙距离及
- 余隙平面

请参阅 hyperMILL®/hyperMILL® in AMD 说明。



5.5 5 轴参数

倾斜曲线

倾斜曲线

选择倾斜曲线会改写中央曲线的倾斜曲线功能。

刀具将自行定位，面向围绕倾斜曲线跟临时横截面的交叉点的覆盖曲线。

i 这在因刀具位置朝向中央曲线，而造成突尖角度时尤为有用。

在大多数情况下，只需侧面移动一条中央曲线的拷贝即可。

固定 3X 移动

固定 3x

该方法在整个轨迹运用同样的定位，以减少旋转轴的同时移动。

自动换刀

用户定义的区段限制

当利用平行加工策略时，区段边界能允许对加工区段进行分割。

如果上部加工平面跟这些线条中的一条交叉，可在余隙平面中插入快速路径，让旋转轴在必要时进行回转。

i 最好将区段限制定义为最上部加工平面的简单线条。

该选项只在有限制旋转轴上有要求。





数字

5X 参数

- ISO 顶端铣削 5 - 14
- 曲面循环 5 - 5
- 透平叶片细屑切削 6 - 13

5X 自由轨迹铣削

- 3DF 文件 4 - 21
- 刀具定位 4 - 21
- 跟 3D 加工的区别 4 - 21
- 进给及宏程序 4 - 22
- 碰撞检查 4 - 22
- 下削加工 4 - 22
- 余量 4 - 22

B

壁容差

- 1 条曲线细屑切削 5 - 11

C

材料高度

- 透平叶片细屑切削 6 - 12

材料宽度

- 透平叶片细屑切削 6 - 11

参数

- 透平叶片细屑切削 6 - 11

参照曲线

- 透平叶片精加工 7 - 6

侧步距

- 透平叶片细屑切削 6 - 12

侧腹曲面

- 透平叶片细屑切削 6 - 11

策略

- 2 条曲线细屑切削 5 - 12

侧落

- 透平叶片铣削 6 - 6

侧面进给

- 透平叶片精加工 7 - 7

侧面距离

- 透平叶片铣削 7 - 7

侧面余量

- 透平叶片铣削 6 - 7

垂直步进

- 透平叶片精加工 7 - 7

垂直设置

- 透平叶片细屑切削 6 - 12

D

刀具参照点 4 - 6

刀具定位

- 成形铣 5 - 7

刀具夹具 3 - 3

顶部 / 底部曲线

- 2 条曲线细屑切削 5 - 12

定位策略

- 概述 4 - 7
- 径向曲线 4 - 13
- 倾斜曲线 4 - 10

E

额外刀柄余量

- 透平叶片铣削 7 - 8

额外轴向距离

- 成形铣 5 - 8

额外轴向偏置

- 透平叶片细屑切削 6 - 12

F

反转初次切割

- 透平叶片顶端铣削 6 - 10

G

盖

- 透平叶片粗加工 / 顶端铣削 6 - 6

跟 3D 加工的区别

- 5X 自由轨迹铣削 4 - 21

毂

- 透平叶片粗加工 / 顶端铣削 6 - 6

固定倾斜 4 - 2

轨迹修匀 4 - 16

H

横向步进

- 透平叶片精加工 7 - 7

J

ISO 线条

- 1 条曲线细屑切削 5 - 9

加工宽度



- 透平叶片精加工 7 - 7
- 加工区域
 - 1 条曲线细屑切削 5 - 10
- 间隔
 - 透平叶片细屑切削 6 - 13
- 接触模式
 - 透平叶片细屑切削 6 - 11
- 进刀 / 退刀宏程序 3 - 4
- 进给
 - 1 条曲线细屑切削 5 - 10
- 进给策略
 - 透平叶片铣削 6 - 5
- 进给方向
 - 透平叶片铣削 6 - 5
- 进给率控制
 - 透平叶片铣削 6 - 8
- 仅用初次切割
 - 透平叶片顶端铣削 6 - 10
- 径向曲线 4 - 13
 - 第二旋转轴的修匀倾斜 4 - 14
 - 恒定倾斜角度 4 - 14
 - 轮廓 4 - 13
 - Z 高度 4 - 13
- 距离
 - 透平叶片精加工 7 - 6

K

- 开始点
 - 透平叶片铣削 7 - 4
- 开始曲线
 - 透平叶片铣削 7 - 5

L

- 连接宏程序 4 - 20
- 轮廓
 - 1 条曲线细屑切削 5 - 9
 - 钻削 5 - 15
- 轮廓曲线
 - 透平叶片铣削 7 - 5
- 螺旋
 - 透平叶片铣削 6 - 5
- 螺旋导入
 - 透平叶片顶端铣削 6 - 10

N

- NC 参数 3 - 3

P

- 碰撞的避免 3 - 4
- 偏置
 - 透平叶片粗加工 / 顶端铣削 6 - 6
- 偏置曲线
 - 偏置值的大小 4 - 8
- 平行
 - 透平叶片铣削 6 - 5

Q

- 起刀倾斜
 - 定位策略 5 - 5
 - 透平叶片铣削 6 - 7
- 起刀倾斜控制
 - 透平叶片铣削 6 - 7
- 切削边
 - 1 条曲线细屑切削 5 - 9
- 倾斜角度 4 - 15
 - 理想的倾斜角度 4 - 15
 - 限制 4 - 15
- 倾斜曲线 4 - 10
 - B 轴的修匀倾斜 4 - 12
 - 避免碰撞 4 - 11
 - 恒定倾斜角度 4 - 11
 - 可调节倾斜角度 4 - 11
 - 轮廓 4 - 10
 - Z 高度 4 - 11

曲面

- 1 条曲线细屑切削 5 - 9
- ISO 顶端铣削 5 - 13
- 透平叶片铣削 6 - 4
- 曲面边框
 - 透平叶片细屑切削 6 - 11
- 曲面加工
 - 循环概述 5 - 3
- 曲面循环
 - 5 轴参数 5 - 5

R

- 人工区段边界 4 - 18



S

- 扇形距离 5 - 6
 - 透平叶片铣削 6 - 8
- 水平设置
 - 透平叶片细屑切削 6 - 11

T

- 同步化策略
- 2 条曲线细屑切削 5 - 12
- 同步化线条
- 1 条曲线细屑切削 5 - 9
- 透平叶片精加工 7 - 5
- 同时加工 4 - 2
- 透平叶片顶端铣削 6 - 10
- 透平叶片细屑切削 6 - 11
- 透平叶片铣削
- 循环概述 6 - 2, 7 - 3

W

- U 参数 / V 参数
 - ISO 顶端铣削 5 - 13

X

- 相等
 - 透平叶片精加工 7 - 6
- 斜坡
 - 1 条曲线细屑切削 5 - 11
- 型腔加工
 - 循环概述 4 - 3
- 型腔循环
 - 5X 参数 4 - 7
 - 偏置曲线 4 - 8
- 修匀 4 - 17
 - 透平叶片铣削 6 - 7
- 旋转轴的固定倾斜 4 - 21

Y

- 叶片曲面
 - 透平叶片细屑切削 6 - 4, 6 - 11
- 叶片余量
 - 透平叶片铣削 6 - 7
- 余量
 - 透平叶片铣削 7 - 7
 - 钻削 5 - 15

Z

- 正落
 - 透平叶片铣削 6 - 6
- 中央曲线
 - 透平叶片铣削 7 - 4
- 终止点
 - 透平叶片铣削 7 - 4
- 终止曲线
 - 透平叶片铣削 7 - 5
- 轴的定向 3 - 2
- 轴向高度
 - 透平叶片铣削 6 - 8
- 轴向进给
 - 透平叶片细屑切削 6 - 12
- 轴向偏置
 - 成形铣 5 - 7
- 轴心修匀 4 - 16
- 自动
 - 透平叶片铣削 6 - 6
- 自动换刀 4 - 17
- 自动换刀 (5-2) 4 - 2
- 自动区段边界 4 - 18
- 最大区段角度 4 - 18
- 最小倾斜角度
 - 透平叶片铣削 6 - 7



*hyper*MILL® 为 OPEN MIND Software Technologies GmbH 的注册商标；*hyper*VIEW 中的验证和模拟技术由英国的 LightWork 设计有限公司提供；Autodesk Mechanical Desktop™ 和 Autodesk® 图标为 Autodesk, Inc. 的注册商标；CATIA® 为 Dassault Systems SA. 的注册商标；thinkdesign™ 为 think3 Inc. 的注册商标；Windows 2000® 和 Windows NT™ 为微软集团的注册商标。

所有其它的品牌和产品名称均为其各自所有者的注册商标。

德国

OPEN MIND Technologies Deutschland GmbH

Carl-Zeiss-Strasse 17
73230 Kirchheim/Teck
Germany

电话： + 49 7021 95 95 05

传真： + 49 7021 95 95 04

电子邮件：Sales.Germany@openmind-tech.com
Support.Germany@openmind-tech.com

法国

OPEN MIND Technologies France S.a.r.l.

Savoie Technolac Bp 325
73374 Le Bourget du Lac
France

电话： + 33 4 79 26 46 22

传真： + 33 4 79 26 46 24

电子邮件：Sales.France@openmind-tech.com
Support.France@openmind-tech.com

美国

OPEN MIND Software Technologies, Inc.

26011 Evergreen Road, Suite #315
Southfield, Michigan 48076
USA

电话： (248) 355-3000

传真： (248) 355-1225

电子邮件：Sales.Americas@openmind-tech.com
Support.Americas@openmind-tech.com

意大利

OPEN MIND Technologies Italia S.r.l.

Via Sierra 2
20017 Rho (MI)
Italy

电话： + 39 02 931 6 25 04

传真： + 39 02 931 8 44 29

电子邮件：Sales.Italy@openmind-tech.com
Support.Italy@openmind-tech.com

亚太地区

OPEN MIND Technologies Asia Pacific Pte Ltd

10 Ubi Crescent
05-22Ubi Techpark
Singapore 408564

电话： +65 6-742-9556

传真： +65 6 -742 -9526

电子邮件：Sales.Asia@openmind-tech.com
Support.Asia@openmind-tech.com

英国

OPEN MIND Technologies UK Ltd.

Grove Technology Park
Wantage, Oxon
OX12 9FF

Great Britain

电话： +44 1235 76 45 05

传真： + 44 1235 76 46 59

电子邮件：Sales.UK@openmind-tech.com
Support.UK@openmind-tech.com

日本

OPEN MIND Software Technologies Japan

Ltd. Valore Kichijoji 1-503
2-3-15, Kichijojiminami-cho
Musashino-shi, Tokyo
Japan 180-0003

电话： +81 422-49-6906

传真： +81 422-49-6908

电子邮件：Sales.Japan@openmind-tech.com

全球联络总部

OPEN MIND Technologies Vertriebs GmbH

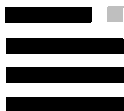
Kanalstrasse 7
85774 Unterföhring
Germany

电话： + 49 89 950 03 05

传真： + 49 89 950 69 79

电子邮件：Sales.Europe@openmind-tech.com

<http://www.openmind-tech.com>



OPEN MIND ■ THE CAM COMPANY

02/04 于德国印刷