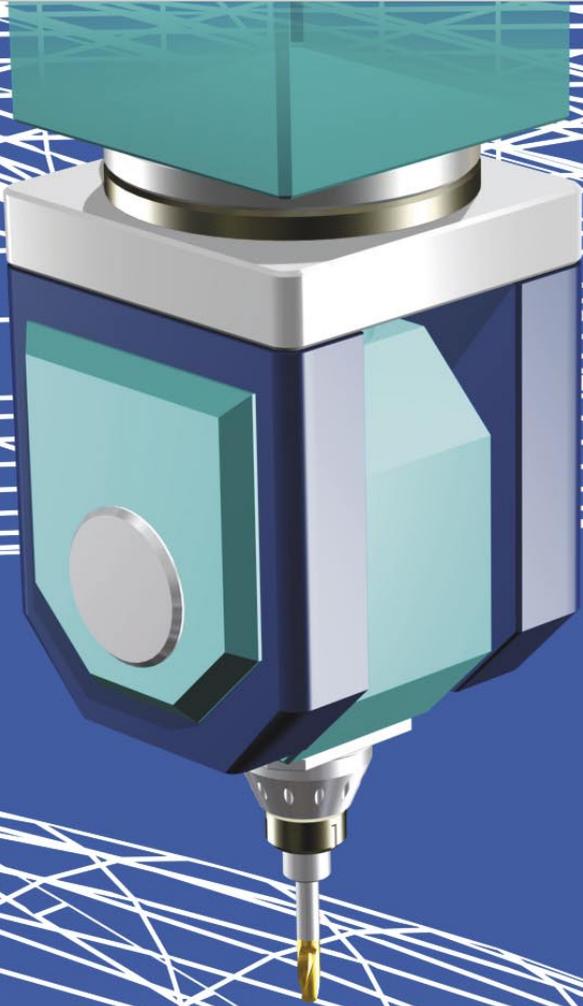


手册版本 04/2004



sinumerik

刀具与模具加工
SINUMERIK 810D/840D

SIEMENS

SINUMERIK 810D/840D *刀具和模具制造*

手册

适用于

控制软件版本

SINUMERIK 840D 6
SINUMERIK 840DE (Export version) 6
SINUMERIK 840D powerline 6
SINUMERIK 840DE powerline 6
SINUMERIK 840Di 2
SINUMERIK 840DiE (Export version) 2
SINUMERIK 810D 3
SINUMERIK 810DE (Export version) 3
SINUMERIK 810D powerline 6
SINUMERIK 810D powerline 6

04.04 版

基本原理	1
机床操作人员	2
程序员信息	3
参考资料	4

SINUMERIK® 文献资料

版本发展史

以下是当前版本及之前各版本的简要说明。
每个版本的状态由“附注”栏中的代码指明。
在“附注”栏中的状态代码分别表示：

- A** 新文献资料
- B** 没有改动，但以新的订货号重印
- C** 有改动，并重新发行

若某页上的技术内容较之前版本有任何变更，则用相关页眉上的变更版本号标明。

版本	订货号	附注
---	---	---

商标

SIMATIC, SIMATIC HMI, SIMATIC NET, SIROTEC, SINUMERIK 和 SIMODRIVE 是西门子股份公司的注册商标。在该出版物中出现的其他名称可能是注册商标，任何第三方将其用于自身目的都会侵犯商标所有者的权利。

欲知详情，可登陆网站：

<http://www.ad.siemens.de/sinumerik>

在该文件的创建过程中运用了大量版面设计和图形实用程序。

未经书面许可，不得复制、传播或使用该文件及其内容。违反者将对其造成的后果负全部责任。保留所有权利，包括发明专利、实用程序模式注册或外观设计所产生的权利。

© Siemens AG 1995 – 2004。保留所有权利。

控制系统中可能能够执行本文献资料中未描述的其他功能。但这并不表示，我们有义务随附一套新的控制系统或者在进行售后服务时提供这些功能。

我们已对本手册中有关硬件和软件一致性的内容作过检查。然而，不排除存在偏差的可能性，因此，我们不保证印刷品中所述内容与软件和硬件完全一致。会定期对该出版物中的相关信息进行审核，在其后的版本中进行任何可能必要的修改。欢迎您提出宝贵的建议和意见，以便让我们能取得更大进步，以为您提供更为满意的服务。

如有变更，恕不另行通知。

订货号 6FC5095-0AB10-0RP0
德意志联邦共和国印刷

西门子股份有限公司

目录

基本原理

1.1 简介	1.2
1.2 刀具和模具加工需要些什么	1.3
1.3 用3轴、3 +2 或 5 轴铣削?	1.6
1.4 什么在运动? 怎样运动?	1.8
1.5 独立于机床的 CNC 程序	1.12
1.6 刀具半径补偿原理	1.14
1.7 什么是框架 (FRAMES)	1.17
1.8 精度、速度、表面质量	1.19
1.9 CNC 模具加工程序结构	1.22
1.10 5 轴应用中的刀具定向	1.23

机床操作人员

2.1 工件—确定零点	2.2
2.2 测量刀具	2.13
2.3 程序数据传输	2.16
2.4 测试程序	2.17
2.5 调用和执行程序	2.18
2.6 中断程序	2.20
2.7 高速设置 — CYCLE832	2.25
2.8 ShopMill	2.28

程序员信息

3.1 简介	3.2
3.2 独立运动的 NC 程序	3.3
3.3 5 轴转换 — TRAORI	3.5
3.4 刀具定向 — A3= B3= C3=,	3.6

3.5 高速设置 – CYCLE832	3.9
3.6 进给率变化表 – FNORM, FLIN,	3.18
3.7 定向插补 – ORI..... ..	3.19
3.8 3D 刀具偏移 – CUT3DFS,	3.21
3.9 在机床上编程	3.22
3.10 示例 – 弯管设备	3.25
3.11 示例 – 摩托车前灯	3.36

参考

4.1 高级功能一览	4.2
4.2 索引	4.10

基本原理

目录	页码
1.1 简介	1.2
1.2 刀具和模具加工需要些什么？	1.3
1.3 用 3轴、3+2 或 5 轴铣削？	1.6
1.4 什么在运动？怎样运动？	1.8
1.5 与机床无关的 CNC 程序	1.12
1.6 刀具半径补偿原理	1.14
1.7 什么是框架？(FRAMES)	1.17
1.8 精度、速度、平面质量	1.19
1.9 CNC 模具加工程序结构	1.22
1.10 5 轴应用中的定向	1.23



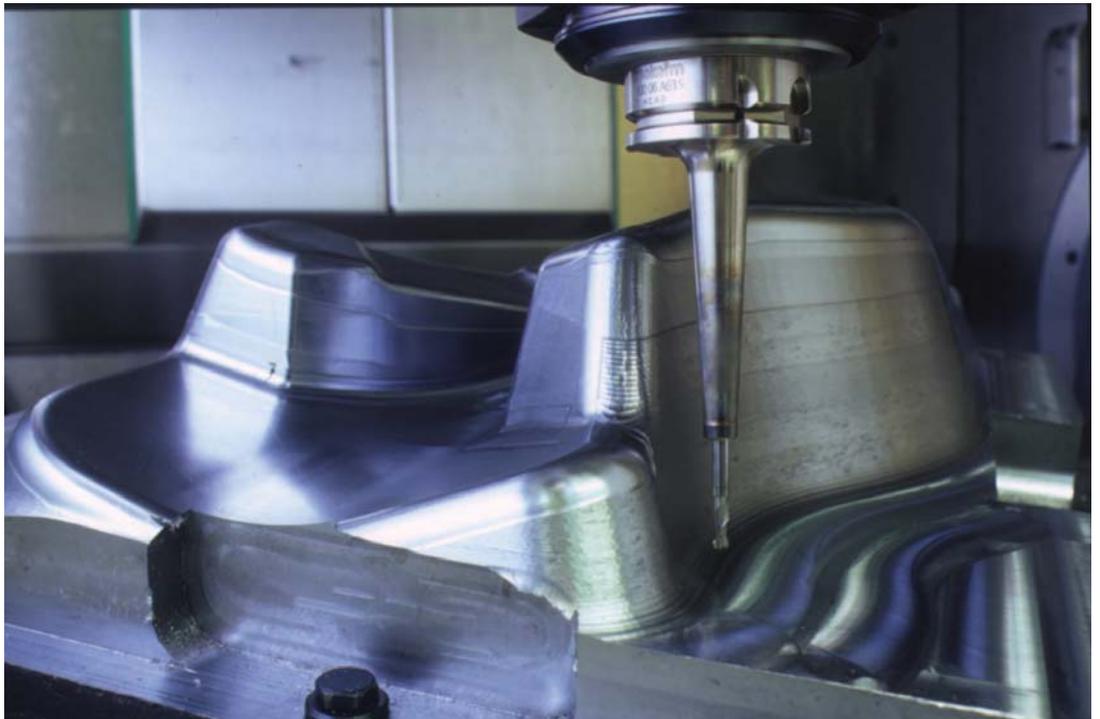
1

1.1 简介

完整的零部件 5 轴加工，特别是在刀具和模具加工中，以 CAD – CAM – CNC 程序链为基础。

本手册旨在帮助 CAM 工作站上的 CNC 程序员和机床操作人员执行工作并简化 CAM 工作站和机床的通信工作。

汽车饰件



Sinumerik 840D 具有功能强大、结构精密的特点，充分利用该系统可大大简化整个 5 轴编程和加工过程并显著改进生产效果。

1.2 刀具和模具加工需要些什么

原型构造



在所有应用领域中，对模具设计标准的要求日益提高。人机工程学、空气阻力系数或就仅从美学角度也越来越多地要求设计时采用圆形结构。此外，工艺过程也必须更为快捷、更为精确。设计主要源自 CAD 系统，复杂表面的加工程序则来自 CAM 站。

尽管如此，技术熟练的机床刀具操作人员仍承担保证模具和整个刀具质量的技术责任。

叶轮



西门子公司推出的 Sinumerik 840D 是一种专为满足刀具和模具加工需要而精心度身定制的控制

系统

-在传统的 2 1/2 D 领域。

- 良好的操作性
- 机床上友好的编程界面
- CAD - CAM - CNC 程序链中的最卓越的性能
- 机床上最大程度的质量控制

阀门



1.2

基本原理
刀具和模具加工需要些什么？

不规则表面

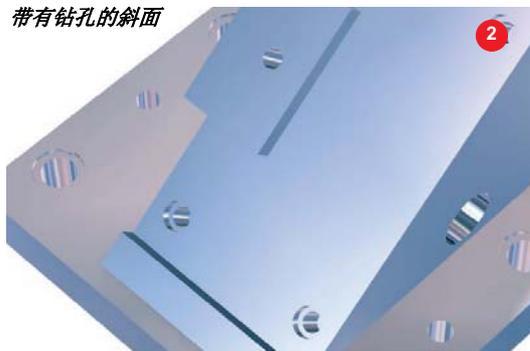


在现代化铣削中心上的 5 轴加工

对模具、表面质量和切削加工速度所提出的要求（特别是在刀具和模具加工时）已经大幅提高：

加工带有三维曲线的平面时取得最佳切削状态 ❶ ...

带有钻孔的斜面



...在机床区域任意位置加工几何形状 ❷
(刀具轴的设置角必须是可变的) ...

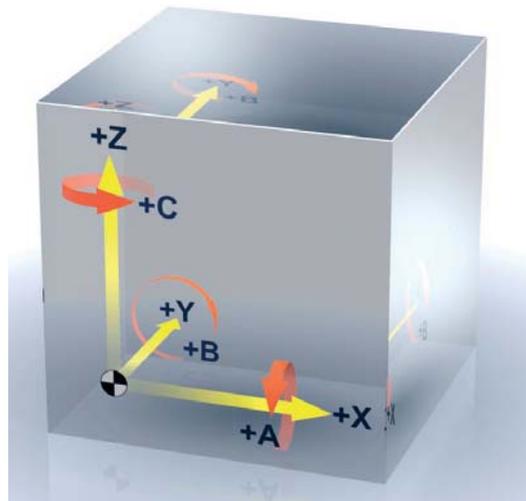
3 + 2 轴

深槽

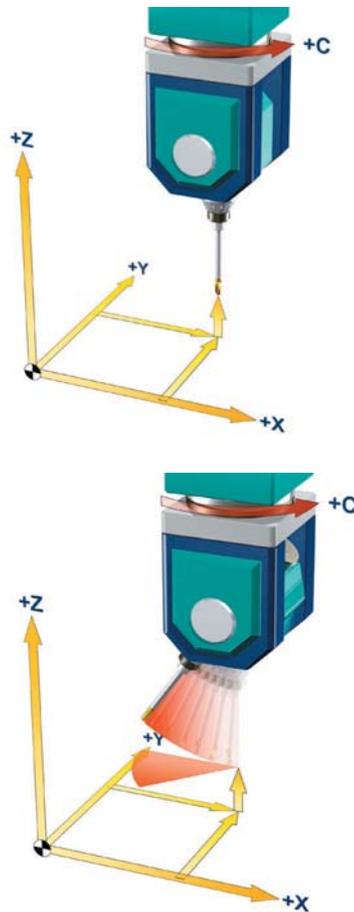


... 或铣削深槽 ❸ ...

动态 5 轴加工



除了三条直线轴X, Y和Z外, 还需要两个旋转轴A、B或C。



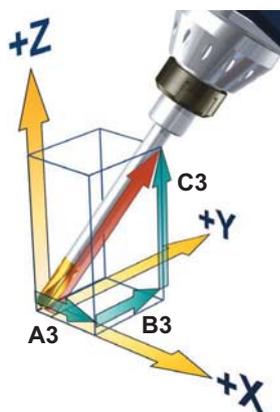
机床运动

直线轴X、Y和Z用于趋近工作区中的刀具位置。

两个旋转轴，比如 B和C，用于更改刀具设置和刀具方向。

理论上，用三个直线轴和两个旋转轴就能以所需的刀具方向趋近加工区域中的任一点。

方向 刀具方向矢量



CNC 编程

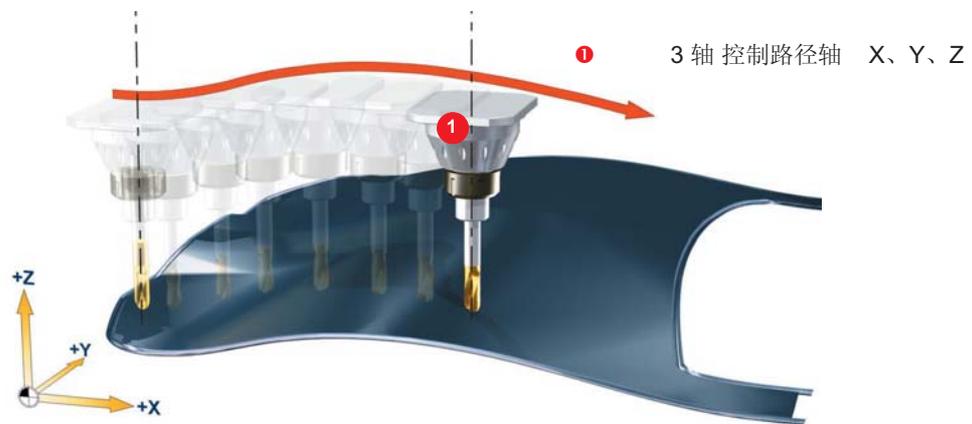
以坐标轴 X、Y和Z描述CNC 程序中的设定位置。我们建议使用方向矢量 A3、B3、C3 来描述刀具方向，以便能够脱离运动坐标系，独立对刀具方向进行编程。

对于某些任务来说，一个固定的刀具方向即可充分满足要求，比如说，在斜面上。但在许多情况下，最好在进给运动过程中改变刀具方向。这就是人们通常所说的5轴同步加工。除三条直线轴外，控制系统还必须插补两条旋转轴。使用类似于 Sinumerik 840D 这样的现代化5轴控制系统，就能够以固定的刀具方向直接在机床上对诸如倾斜钻孔或铣槽之类的任务进行编程，并在 CAM 程序中调整关键加工参数。

1.3 用3轴、3+2或5轴铣削

造型相同的不规则凸曲线平面通常都由3轴加工。但对于深凹槽或频繁改变曲率的任务来说，则需要使用5轴加工。

无疑，Sinumerik 840D 支持所有加工方案。



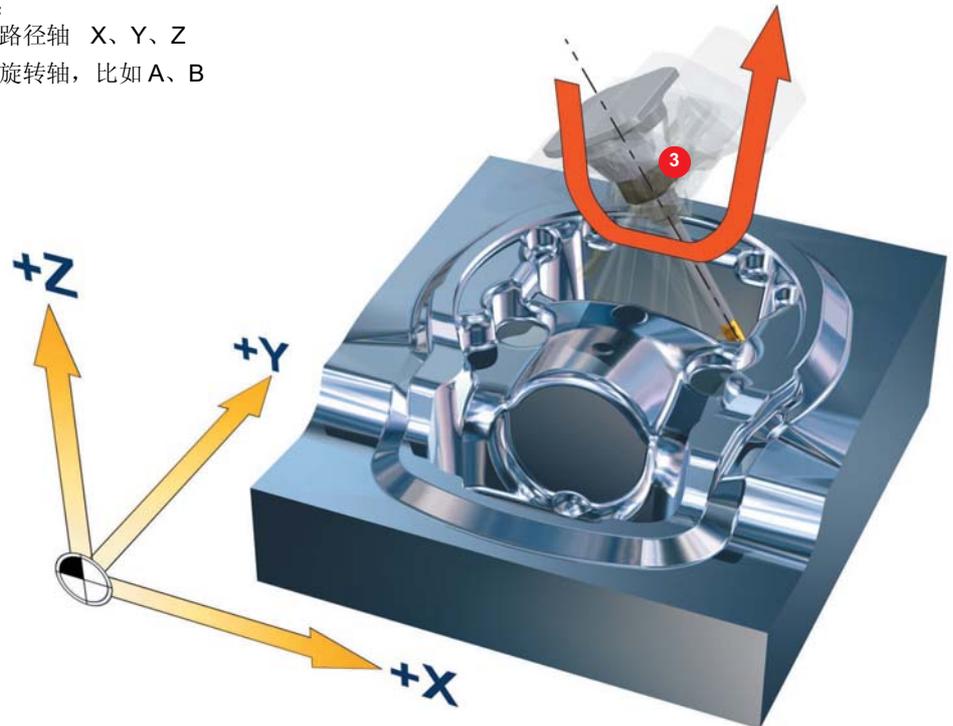
切削刀具方向在沿着整个切削路径运动过程中保持不变。刀尖的切削状态始终无法达到完美。



在这些机床上，刀具的方向或是工作台的位置可改变，比如通过**重新设置**。

上面的左图中，切削刀具正在最佳切削状态下运转。当切削刀具向顶端或工件边缘移动时，切削状态逐渐变差。要在此处也保持最佳切削状态，请旋转工作台。要完整加工一个不规则平面，必须常常将工作台以不同方向旋转多次。

- ③ 5 轴：
控制路径轴 X、Y、Z
控制旋转轴，比如 A、B



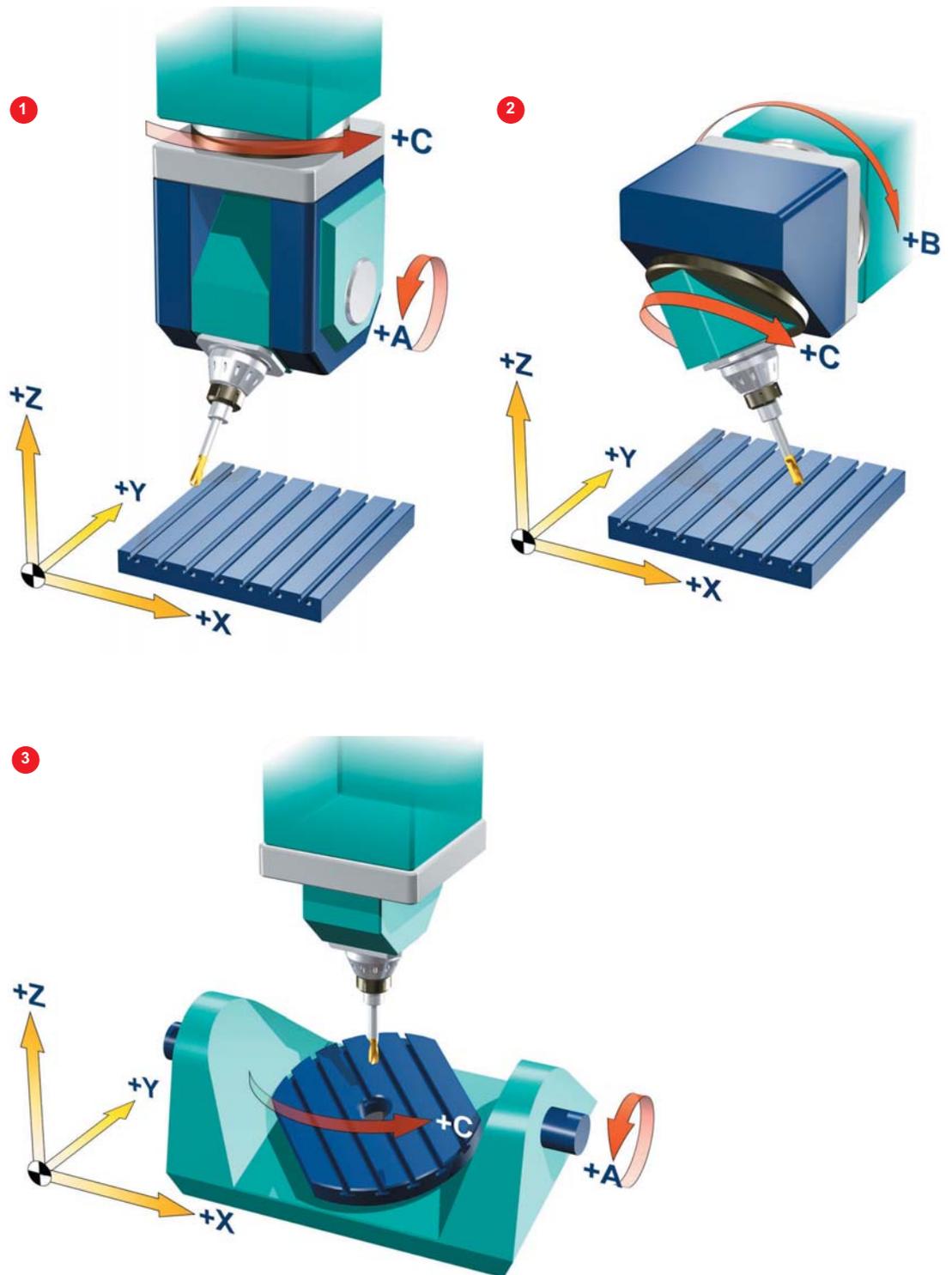
优点：在沿着整个加工路径运动过程中可对刀具方向进行优化，同时进行刀具直线运动。这样，在整个路径上都可保持最佳切削状态。

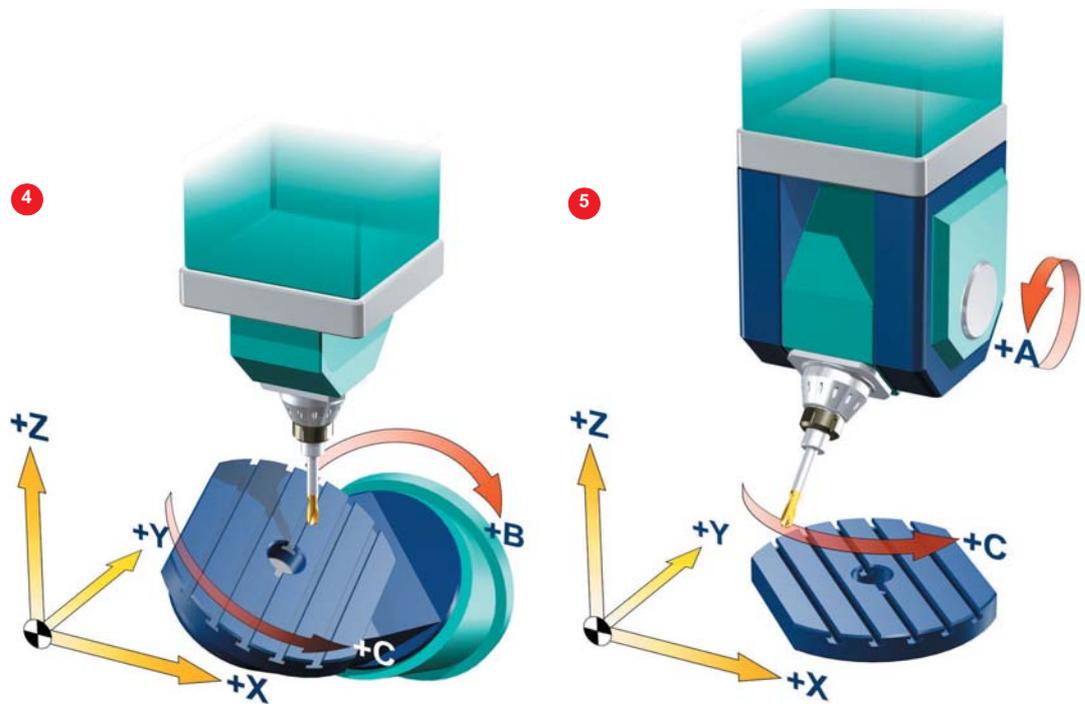
1.4

基本原理
什么在运动？怎样运动？

1.4 什么在运动？怎样运动？

5轴铣床设计





5 轴机床可以用 5 根轴控制刀具运动：3 根常见的直线轴加上 2 根旋转轴。两根旋转轴具有不同的运动方式。最常见的几种已在此处以图解方式说明。机床制造商始终坚持不懈地致力于开发出新的运动模式，以满足各种需求。由于集中运动转换，借助 Sinumerik 840D，我们也可以对一些特殊运动进行控制。但是，有关六轴控制等等的一些情况，我们在这里就不做详述了。

2 个旋转轴在刀具顶端	① 交叉	② 俯垂型*
2 个旋转轴在工作台上	③ 旋转/转动	④ 俯垂型*
1 个旋转轴在刀具顶端， 1 个旋转轴在工作台上	⑤	

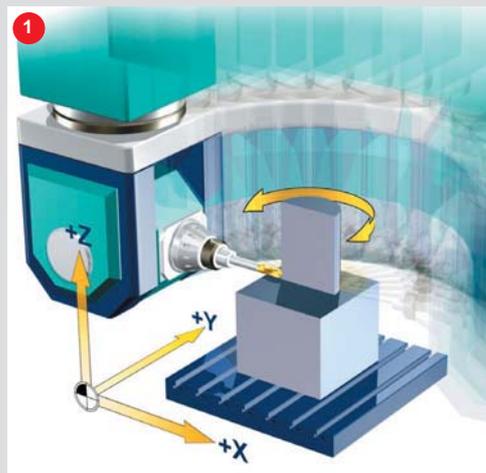
* 术语：如果旋转轴不与直线轴相垂直，则被认为是一根“俯垂型”轴。

与运动无关的编程

视机床运动而定，完全不同的机床运动可能要求机床有相同的平面。示例2中的机床运动更适合于生产图中所示的这个工件。

示例

加工圆柱形外壳平面



① 刀具顶端/刀具顶端运动的运动顺序

要画一个简单的圆周，请以半径=圆柱半径在 X/Y 中画一个半圆。在运动过程中刀具必须围绕 Z 轴旋转，以保持切削刀具始终垂直于平面。



② 工作台/工作台运动顺序

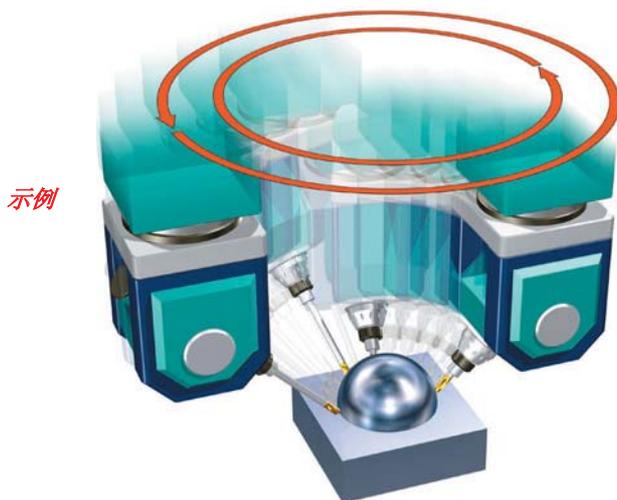
- 围绕A 轴旋转90°
- C 轴先转到 +90° 位置，再转到 90° 位置
- Y 轴沿直线方向运动

结论

当您在机床上用 Sinumerik 840D 编程时，一般来说，不用担心机床运动和刀具长度。您所需要考虑的只是刀具和工件之间的相对运动。控制系统将为您完成余下的工作。

有关如何根据机床运动进行协调操作的详细信息，请参见下文

刀具长度对机床轴运动的影响



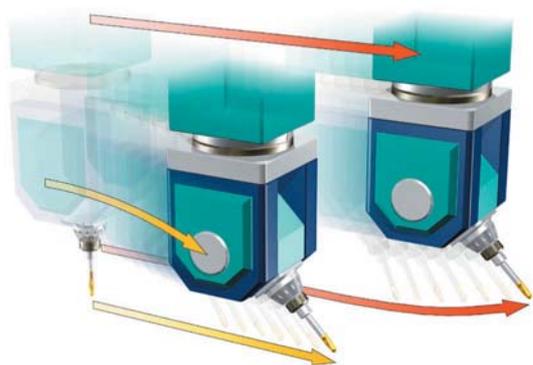
机床运动要求 5 轴加工，视刀具长度而定。

在示例中，刀具越长，轴移动的进给运动幅度越大。

每次刀具更换都要求 CNC 程序在 CAM 系统上重新计算。当您在机床上用 Sinumerik 840D 编程时，如果已激活了刀具偏移，则无需担心刀具长度。控制系统将自动为您进行监控及计算。

注意：由于刀具长度的原因，即使 CNC 程序中的所有值还在工作区内，也可能发生超出轴进给范围的情况，即轴将运行至限位开关。此时就要区分“总”工作区和“净”工作区。

方向的改变对直线轴运动的影响



通过改变刀具方向，可以将简单的直线运动转换为复杂的曲线运动。

如果要铣削一条无方向变化的直线，刀架画一条直线就行了。如果方向同时改变，则刀尖画一条曲线。以使刀尖在方向改变的时候能画出所需的直线，则必须对这条曲线进行补偿，。

与机床无关的 CNC 程序

这些例子表明，进行 5 轴加工时，至关重要的一点就是，CNC 程序并不专用于某种机床或刀具。这也正是 Sinumerik 840D 5 轴转换功能的优越性所在。

1.5 与机床无关的 CNC 程序

TRAORI – 调用 5 轴转换功能

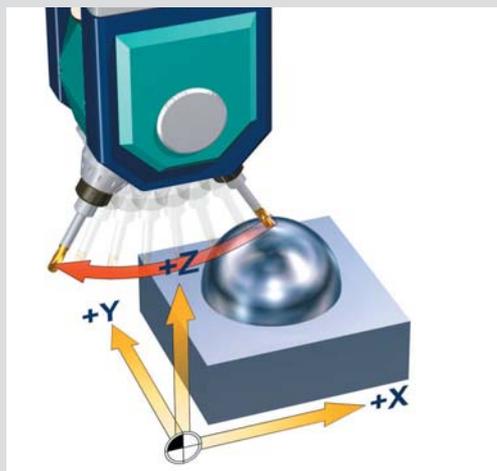
当然，我们希望 CNC 程序能够运用各种刀具在不同的机床运动上运行。为实现这一目标，控制系统必须对如下图所示的影响进行补偿。

TRAORI 命令在 Sinumerik 840D 上的影响：

- 根据机床运动，CNC 程序中的位置和方向数据将产生正确的进给运动。
- 当计算进给运动时，要考虑当前的刀具长度。

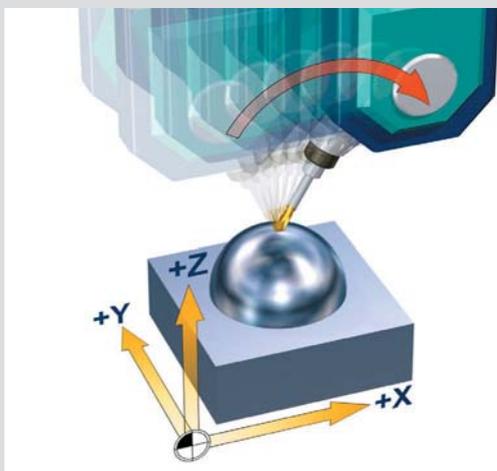
示例

在 CNC 程序中，在没有其他进给运动的情况下对方向变化进行编程。可以用 **A3**、**B3**、**C3** 对方向变化进行编程，不考虑机床运动。



不带 TRAORI 的情况下

控制系统不考虑刀具长度。刀具围绕轴的中心旋转。刀尖将移出其所所在位置，并不再固定。



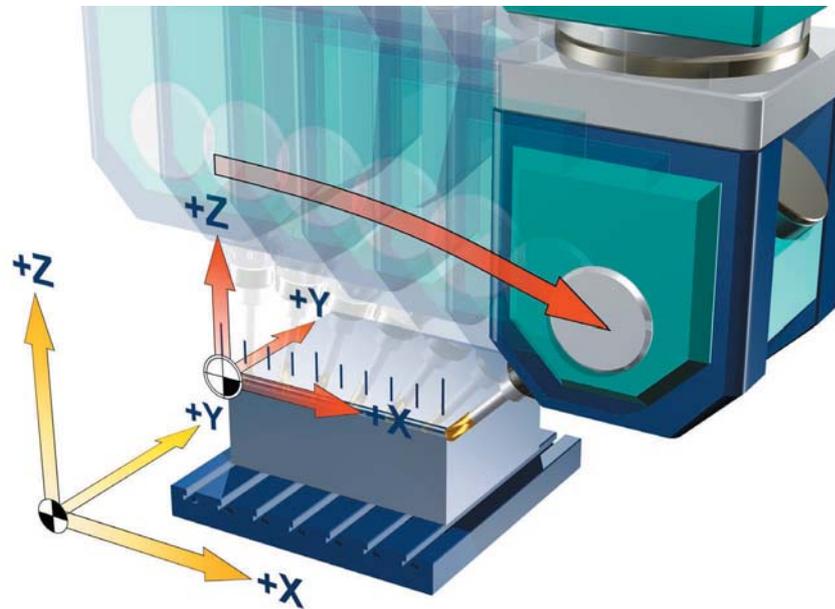
带有 TRAORI 的情况下

控制系统只改变刀具方向，刀尖位置仍保持不变。X、Y、Z 轴上必要的补偿运动已被自动计算进去。

TRAORI 指令通常已经在 CAM 系统的 CNC 程序中被调用。而 CNC 程序仅包含了所要趋近的 X、Y、Z 点，和描述刀具方向的方向矢量 **A3**、**B3**、**C3**。

换句话说，CNC 程序仅包含几何和刀具方向数据。

CNC 程序示例



```
Swivel.MPF ;程序名称
N01 TRAORI ;调用 5 轴转换功能
N02 T1 F1000 S10000 M3 ;技术数据、刀具、速度, 等等
N03 G54 ;零点偏移
N04 G0 X0 Y0 Z5 ;起始点,
      A3=0 B3=0 C3=1 ;刀具平行于 Z 轴
N05 G1 Z-1 ;行进命令, 进给给
N06 X10 Y0 A3=1 C3=1 ;直线运动同时, X/Z 平面中的方向改变至 45°

N07 TRAFOOF ;5 轴转换功能 “关闭”
N07 M30 ;程序结束
```

在这个例子中, 由 X0 至 X10 铣削了一条直线。刀具方向由 90° 改变至 45°。

注意

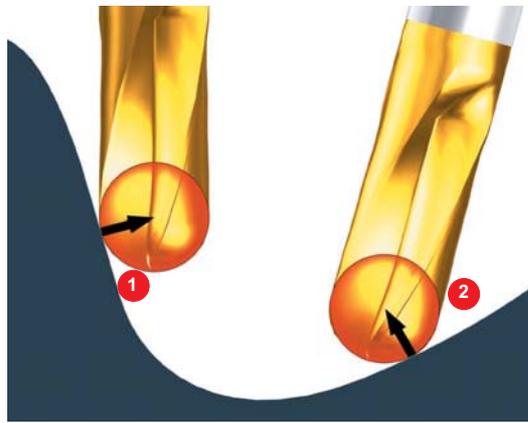
使用 **TRAORI** 编辑直线时无须担心机床的实际运动, 刀具将准确趋近终点, 刀尖的运行路径是一条直线。

1.6 刀具半径补偿原理

刀具补偿使得 CNC 程序独立于刀具半径。在 2 ½D 范围内的刀具半径补偿是一种常见方案。但在 3D 范围内，特别是用 5 轴铣削时，情况可能截然不同。

用 CUT3DF 端面铣削时刀具半径的影响

对于用 CUT3DF 端面铣削时的半径补偿，很难确定切削刀具的几何尺寸。补偿方向也需要确定。补偿方向由平面法线、刀具方向和刀具几何尺寸计算得出。这条垂线被称为平面法线或平面法线矢量。它由当前刀具方向与至工件平面的垂线计算得出。



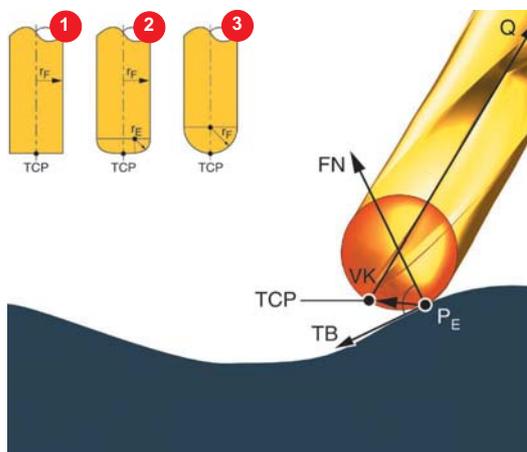
在特殊情况下，比如说，一个球面铣刀：

对于工作区内的一条路径，必须使得补偿垂直于路径运行的平面。这表示补偿方向由平面在插入点上的法线矢量 ①, ② 画出。

Sinumerik 840D 中的补偿选项允许使用平面法线矢量计算零点偏移。之前，极少有 CAM 系统能够为每个 CNC 块提供平面法线。

注意

总之，只有相对于标准刀具（用于通过 CAM 程序计算的半径）较小的半径变化才可以被修正。较小的切削刀具半径易于计算但会导致不同的峰谷高度。而使用较大的半径则容易导致刀具与工件轮廓相碰撞的危险。



若已知平面法线、刀具半径和切削刀尖的几何尺寸，则在已激活刀具半径补偿（CUT3DF）的前提下，Sinumerik 840D 可以计算出新刀具插入点 P_E 。

该插图说明了控制系统所用的所有尺寸和与切削刀尖相关的几何数据。

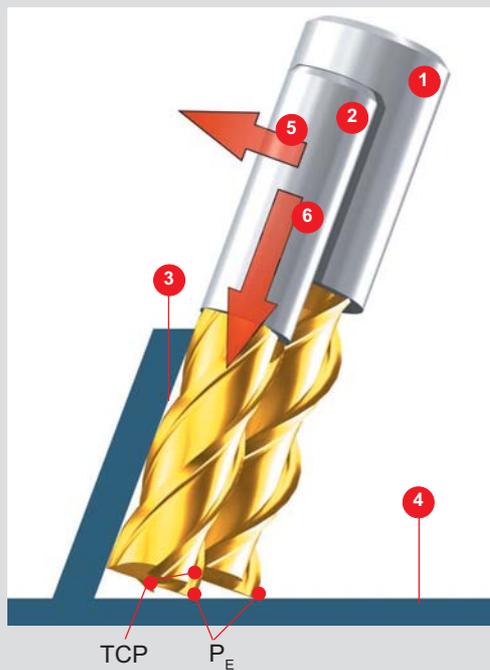
- ① 端铣刀
- ② 带有角度半径的端铣刀
- ③ 圆柱形模具铣刀

- FN 平面法线
- TCP 刀具中心点
- P_E 刀具插入点
- TB 路径切线
- VK 补偿矢量

在5轴圆周铣削中刀具半径补偿的影响，考虑限制表面（CUT3DCC）

示例

用较小切削刀具铣削凹槽



- ① 标准刀具（指定用于程序的刀具）
- ② 带有较小半径的刀具
- ③ 加工表面，内表面
- ④ 限制表面，凹槽底部
- ⑤ 加工表面修正
- ⑥ 限制表面修正

5轴圆周铣削补偿

如果选择了一个带有比指定半径要小的切削刀具，Sinumerik 840D 能计算出新的路径。

此处，控制系统必须考虑加工表面方向上⑤所需的补偿量及刀具方向上⑥所需的进给量。

这项功能的一个典型应用实例就是在航空工业结构零件中的应用。

在加工表面方向上⑤进行半径补偿之后，带有较小半径的切削刀具的刀尖 TCP 与标准刀具处于同一水平线上，前提是：这两个刀具如插图所示的那样具有相同长度。

同时，切削刀具以轴的方向⑥结合，以使刀具插入点 P_E 正好接触到限制表面。这个在凹槽底部方向上的补偿也需要在铣削方向上调整刀具。此处，通过可见的刀具底侧以图解加以说明。

可用刀具补偿一览

您已经了解了 Sinumerik 840D 中的标准刀具半径补偿功能：

G40 可以禁用刀具半径补偿，G41 刀具半径补偿，补偿方向在圆周铣削中路径左侧，G42 刀具半径补偿，补偿方向在圆周铣削中的路径右侧。G450/G451 为外角铣削的补偿功能。

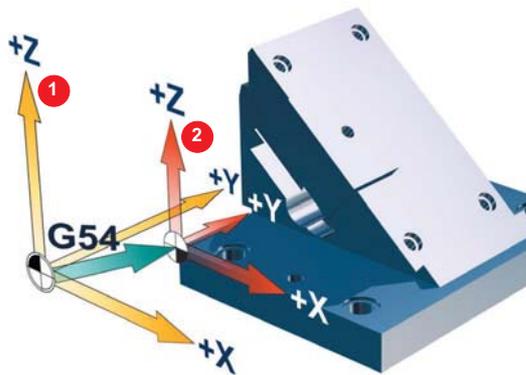
Sinumerik 840D 还提供其他补偿功能，尽管，在前面几页中我们已经了解到了其中的一些应用。所有 Sinumerik 840D 刀具半径补偿的变量都通过 G41/42 激活并通过 G40 禁用。

参见 Sinumerik 840D 的文献资料：

	2 1/2D 圆周铣削
CUT2D	2 1/2D 通过由 G17 – G19 确定的补偿平面补偿
CUT2DF	2 1/2D 通过由框架确定的补偿平面补偿
	3D 圆周铣削
CUT3DC	补偿垂直于路径切线和刀具方向
ORID	在外角插入的圆弧块中刀具方向无变化。在直线程序块中进行方向运动。
ORIC	用圆弧扩展行进路径，刀具也相应地在圆弧中改变方向。
	端面铣削
CUT3DFS	恒定方向（3 轴）。用 G17 – G 19 定义坐标系 Z 轴方向上的刀具端面。框架没有影响
CUT3DFF	恒定方向（3 轴）。刀具在当前由框架定义的坐标系 Z 轴方向上。
CUT3DF	带有可变刀具方向的 5 轴
	带限制表面的 3D 圆周铣削 (组合圆周/端面铣削)
CUT3DCC	NC 程序以加工表面上的轮廓为参考。
CUT3DCCD	NC 程序以刀具中心路径为参考。
通过附加适当的 G41/ G42 命令激活补偿，比如：CUT3DC G41	

1.7 什么是框架? (FRAMES)

坐标系



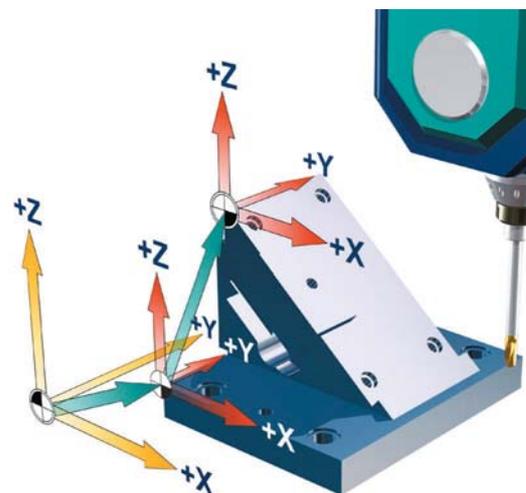
带有参考点、零点偏移 (G54、G55, ……) 的机床坐标系 ① 是常见的术语。

框架(Frame)用来偏移、旋转、镜像、标度坐标系。

通过指定从当前工件坐标系 ② 开始的坐标和角度, 框架可用来描述目的坐标系的位置。可能的框架包括

- 基本框架 (基本偏移)
- 可设置框架 (G54……G599)
- 可编程框架

坐标系与进给运动

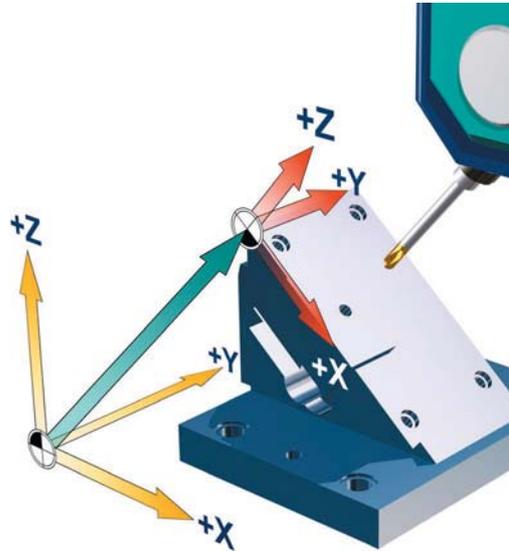


可用 5 轴机床在操作区内可偏移或旋转的平面上进行加工。

只可用框架来偏移工件坐标系, 并通过旋转插入斜面。

这正是我们需要**框架**的原因。现在, 下面所有进给命令都与工件坐标系相关。

使用框架 (FRAMES)



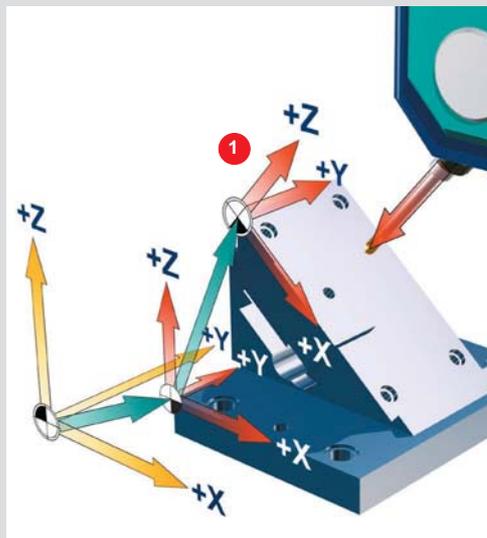
当可设置零点偏移被激活 (G54, G55) 时, 工件坐标系在工件零点上。

除一些特殊的机床运动之外, 一般都使轴平行于机床轴。

通过使用**框架**, 现在可在操作区内的任何位置偏移或旋转该坐标系。

示例

在斜面上加工



当坐标系 ① 旋转至斜面中时, 例如, 可以通过调用钻孔循环来轻松编程一个钻孔。

1.8 精度、速度、表面质量

CAD -> CAM -> CNC 过程链

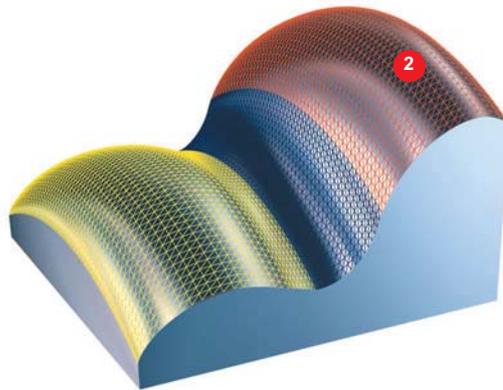
CAD -> CAM 许多用于不规则平面加工的 CNC 程序都来自于 CAM 系统。CAM 系统从 CAD 系统获得工件几何尺寸。

CAM -> CNC CAD -> CAM -> (后置处理程序) -> CNC 过程链在复杂平面加工中尤为重要。



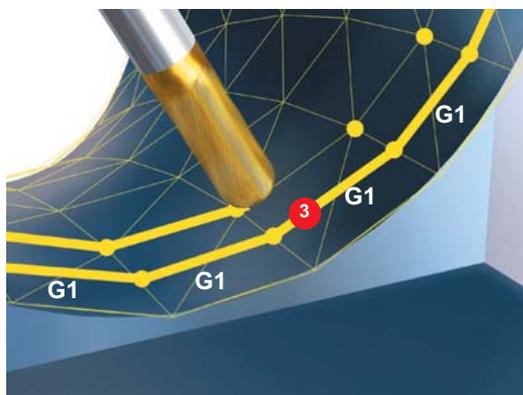
CAD 系统编制高维平面 ①。

例如，为了能够铣削完整的平面，或是为了检查碰撞，CAM 系统通常把 CAD 平面转换为一个多面体。



换句话说，平滑的设计平面近似于无数微小的平面 ②。

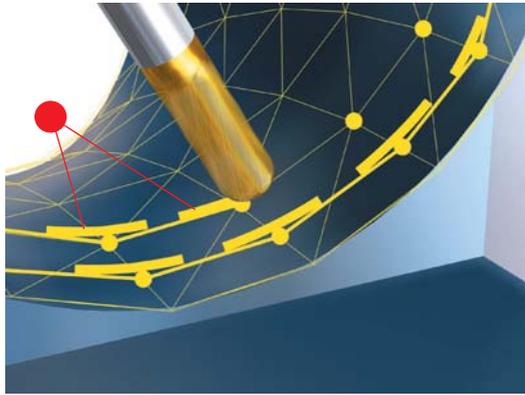
这样将不可避免地产生一些微小的偏差。



CAM 程序员用刀具路径将这些多面体覆盖，后置处理程序使用该多面体在特定的误差范围内创建 CNC 程序段。它们通常由无数条短直线组成，G1 XYZ ③。

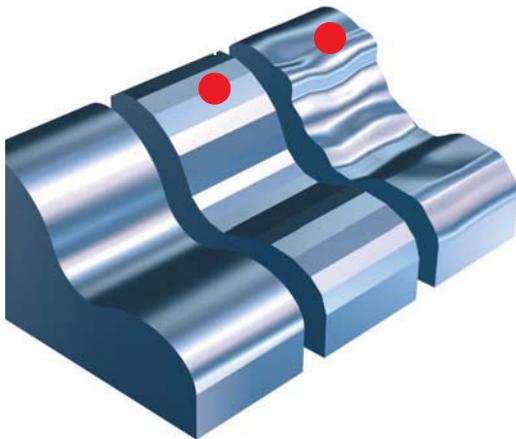
这就是为什么加工结果会是一个多面体，即可以在平面上明显绘制出这些微小平面。

这也意味着必须进行一些无谓的重新加工。

可编的角度倒圆
可编的角度倒圆

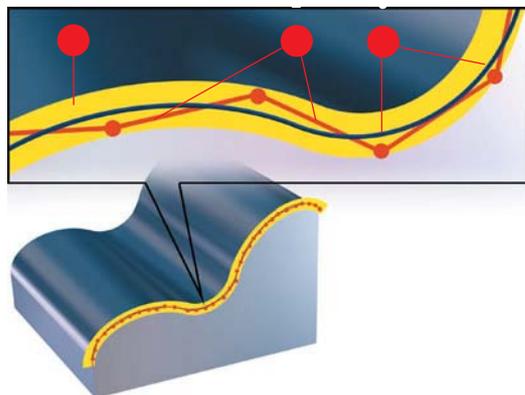
Sinumerik 840D 包括各种功能，它们可有助于避免重新加工。

这些功能之一就是程序段分界线处的定义角度倒圆。这包括在夹角处插入几何元素 ④，可使其公差得到改善。



压缩器功能

程序段过渡处的直线插补会导致机床轴内的加速度跳转，反过来，它可引起机床部件的共振，并最终导致工件平面出现棱角 ① 或波纹 ②。



与指定公差带 ① 相类似，压缩器连接一系列G1命令 ②，并将其压缩以形成样条曲线 ③，可由控制系统直接执行该操作。

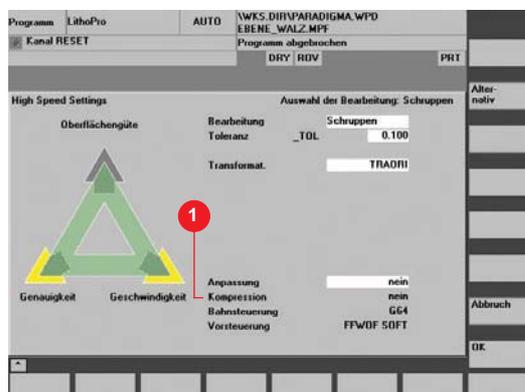
由于机床轴能够更加平稳协调的运动并消除了机床共振，所以可使得加工表面更加平滑。

这就允许使用更高的进给速度并减轻机床负荷。

注意

如果 CAM 系统的公差带已知，则应将该公差带或一个更高的值用作压缩器公差。

在 COMPCAD 中，该值通常在 CAM 系统的编程弦公差的 1.1 和 1.5 之间。如果这个值未知，则应将 CYCLE832 的默认设置用作起始值。



高速设置循环

通过使用 Sinumerik 840D，现在可轻松地在 CYCLE832 中打开或关闭 COMPCAD 样条压缩 **1**。

可使用 CYCLE832 影响 CAM 程序次序。它为 3 和 5 轴高速加工范围内的不规则轮廓（平面）加工提供技术支持。有关其使用的更多信息，可参阅后面的章节。

1.9 CNC 模具制加工程序结构

复杂平面的 CNC 加工程序由许多 CNC 程序段组成，通常情况下不直接在 CNC 控制系统上编辑 CNC 程序。

一个 CNC 模具制造程序的结构

CAM 程序员在结构最为清晰的 CNC 程序 中使用下面的程序结构：

示例

带有子程序调用的主程序

刀具调用

N10 T1D1

工艺

N20 M3 M8 S8000 F1000

零点起始位置

N30 G0 G54 X10 Y10 Z5 ;可设置的零点偏移

高速设置循环

N40 CYCLE832(0.01) ;CYCLE832 设置压缩器公差并定义其他路径状态。

子程序调用

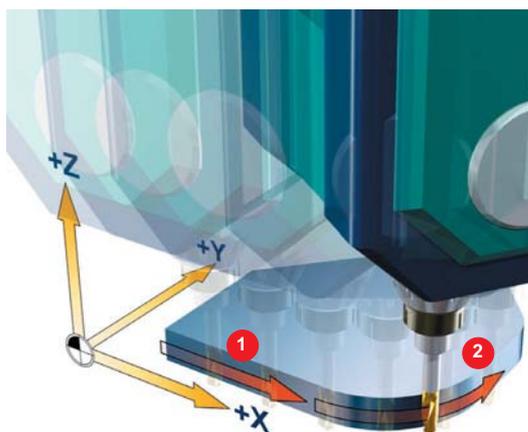
N50 EXTCALL „粗加工“ ;调用“粗加工”子程序，它包含 CAM 程序的几何尺寸。

子程序包含典型的进给程序段，这些因为程序的复杂性而产生的程序段不应被改变。零点偏移、所有的参数、起始点和高速设置在主程序中定义。可用高速设置参数影响工件的质量。

也可在程序中断后从一个所选择的点中恢复一个结构良好的 CNC 程序。

1.10 5轴加工中的刀具定向

5轴机床可以在工件的任意方向上定位刀具，当然这也要视机床运动而定。为了从一个方向运动至另一个方向，必须插补中间位置。用这种方式描述从起始方向到结束方向的路径。



正如在 2D 范围内两点之间有任何数量的路径位于两个方向之间。

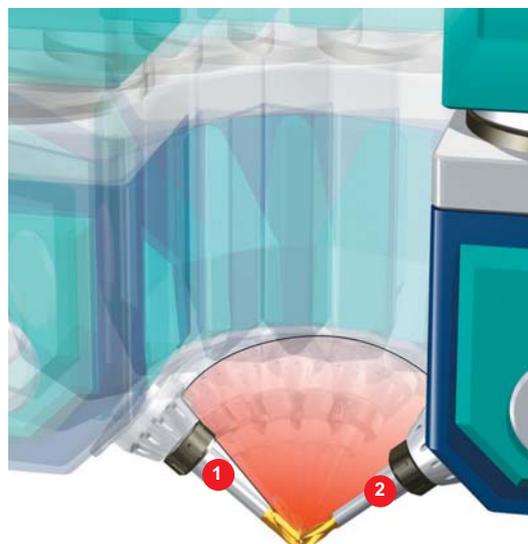
在 2D 插补中，我们被限制在

- 直线 (G1) ①
- 圆弧 (G2, G3) ②
- 多项式, B 样条 ③ 或如图所示

在方向插补上，我们有直线插补、大圆插补、锥形面插补和曲线插补等功能选择。

直线插补 OR1AXES

在从一个起始方向 ① 到结束方向 ② 的直线插补中，所需的轴旋转运动被分成几等份。



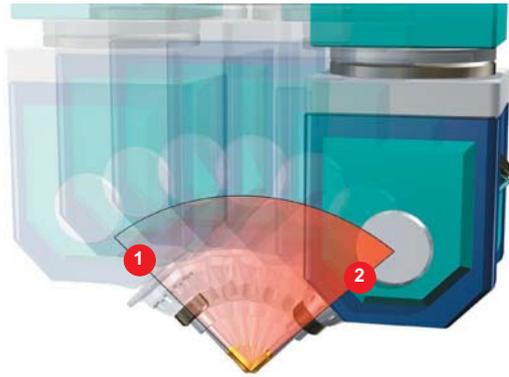
这表示方向矢量并不会画一个已定义的平面。

因此，该插补并不适合于圆周铣削。

这种运动与圆锥平面极为相似，所以，重要的一点就是，不要把该功能与锥形面插补混淆。

大圆插补 ORIVECT/ORIPLANE

在该插补过程中，从起始方向 ① 到结束方向 ② 的路径以这种方式插补：方向矢量在由起始矢量和结束矢量夹紧的平面上运行。



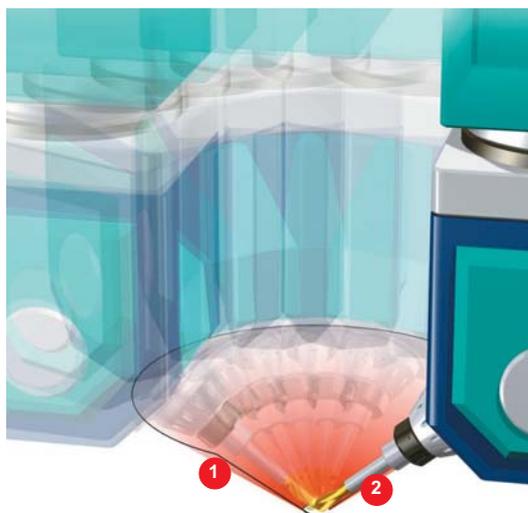
每个旋转轴都按照等角趋进。例如，这种类型的方向插补可用于一个程序段中的倾斜平面壁的精加工上。

应用：

航空工业的结构部件。ORIVECT 也应用于模具加工应用场合中的端面铣削中。

锥形面插补 ORICONCW

在锥形面插补中，从起始方向 ① 到结束方向 ② 刀具位于操作区内的任何位置的一个可编程的锥形外平面上运动



ORICONCW

通过指定结束方向、圆锥方向或圆锥角度，在圆锥外表面上以顺时针方向插补。

ORICONCCW

通过指定结束方向、圆锥方向或圆锥角度，在圆锥外表面上以逆时针方向插补。

ORICONIO

通过指定结束方向和中间方向在圆锥外表面上插补。

ORICONTO

通过切线过渡和指定结束方向在圆锥外表面上插补。

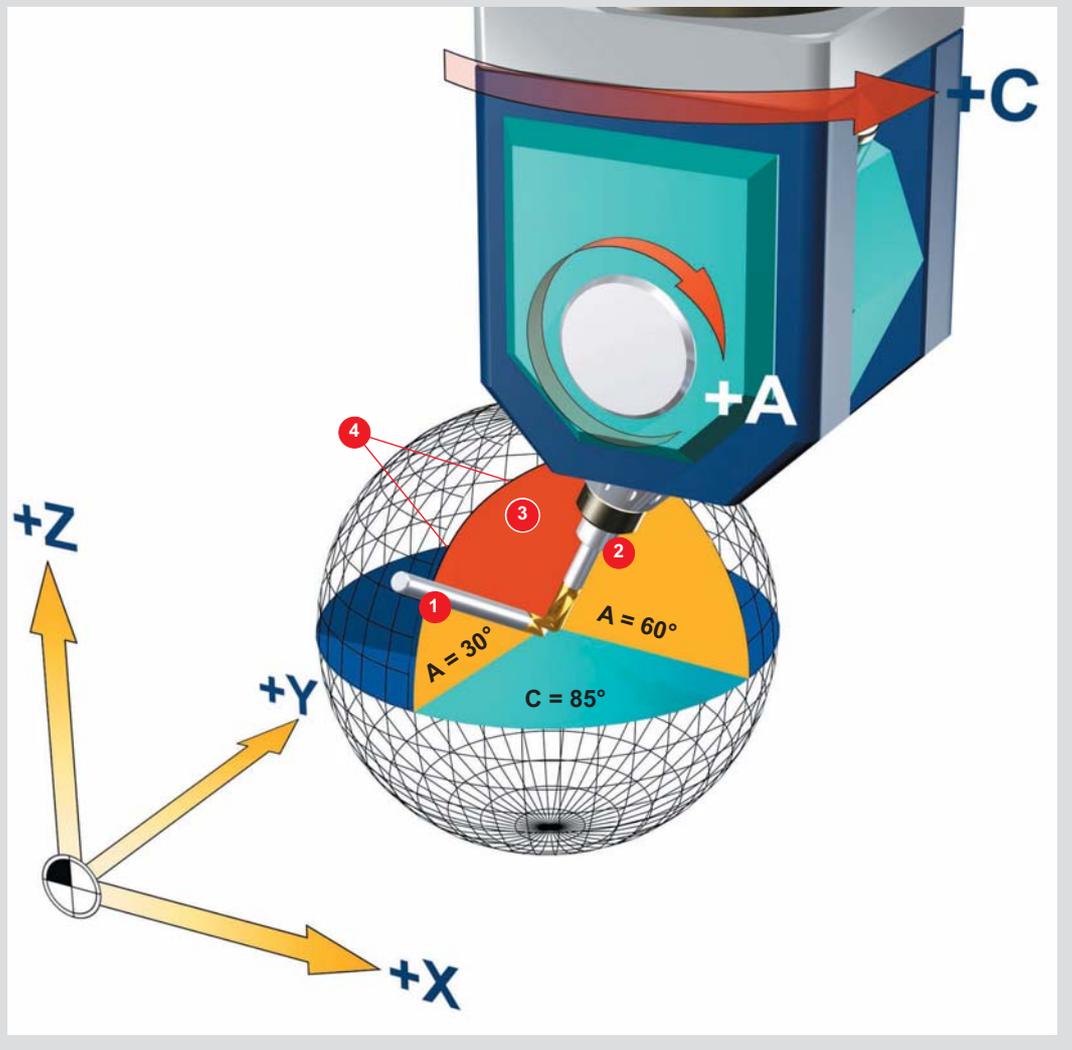
示例

让我们看一下下面的例子：

在大圆插补中方向须由起点 $A3 = sx$, $B3 = sy$, $C3 = sz$ 改变到终点 $A3 = ex$, $B3 = ey$, $C3 = ez$ 。没有零值，即方向为斜向（ s = 起始方向， e = 结束方向）。

在一个平面中的大圆插补中 ③ 重新定向。在圆锥上的线被认为是大圆 ④。在插图中， C 轴旋转过 85° 。 A 轴从 60° 转动至 30° 。持续对重新定向进行速度控制。

① = 起始方向，② = 结束方向



1.10

基本原理

5轴加工中的刀具定向

示例

如果插补通过点 ⑤，情况则完全不同。

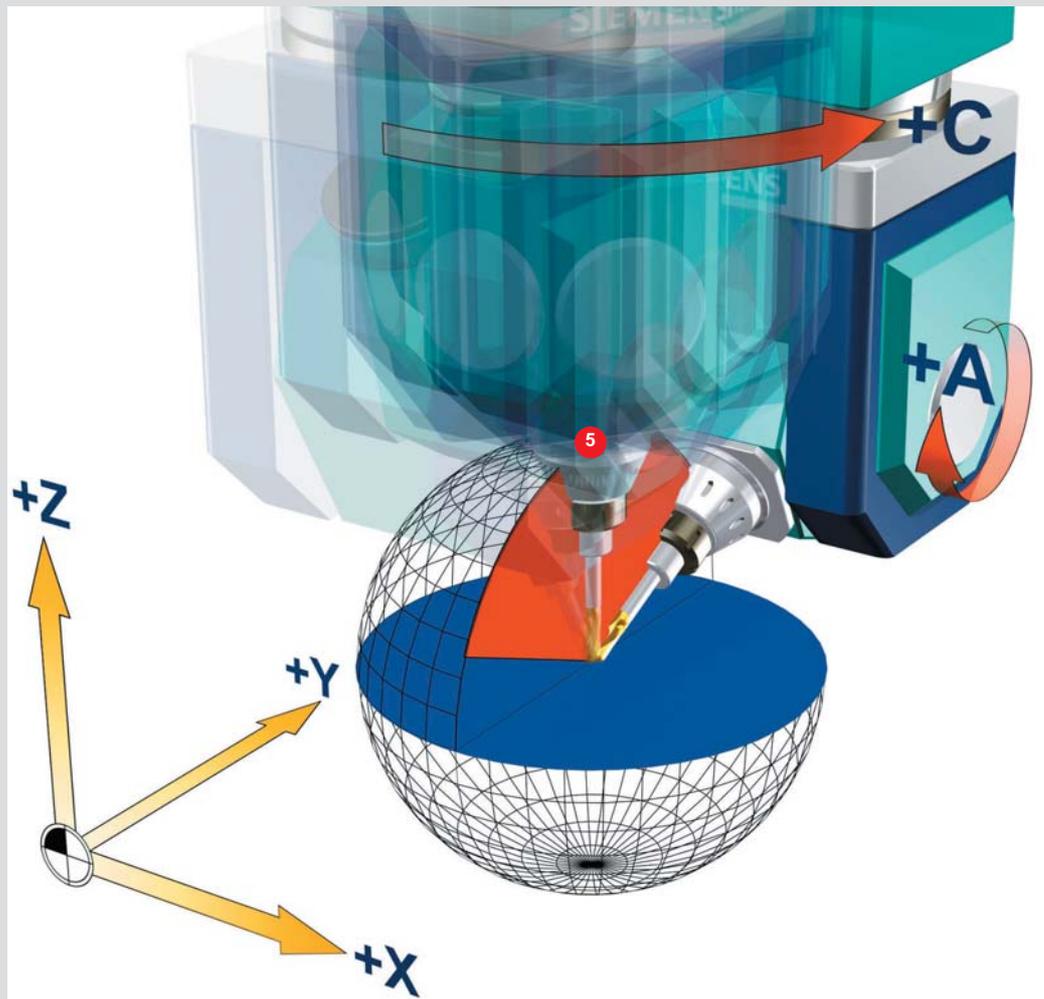
比如说，如果 $sx = 0$ 且 $ex = 0$ ，即起始和结束方向都平行于 Y/Z 平面，就会出现这种情况。

在这个例子中，A 轴不允许转动。

接下来将会发生什么呢？比如说，C 轴在 0° 起始，A 轴在 45° 起始。

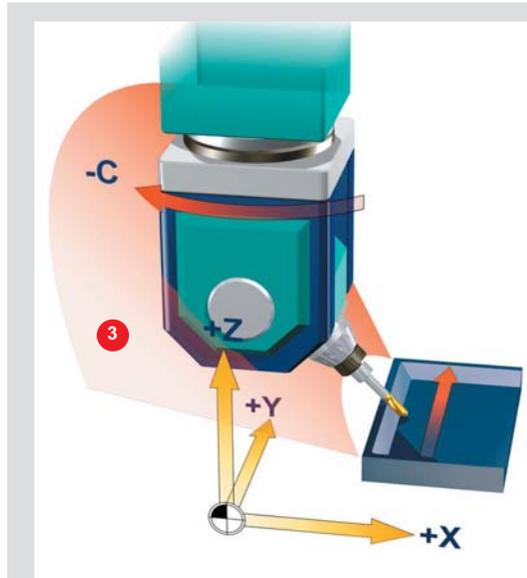
在定向插补过程中，C 轴保持在 0° ，与此同时，A 轴趋近位置 ⑤。此处，还未确定 C 轴的位置，但仅在进行一个插补相位后，C 轴必须突然旋转至 180° ，A 运动离开点 ⑤，C 保持在 180° 。

为了保持定向速度，即在位置 ⑤，C 轴必须无限加速，而这当然是不可能的。在这种情况下，我们要说到**极点**。在传统 5 轴机床上，极点的定义是：当第一根旋转轴旋转时，刀具方向保持不变，在 CA 运动中 $A=0$ 就对应于极点方向。为了避免出现这样的极端速度控制，在接近极点的时候，Sinumerik 840D 切换至**直线插补**。

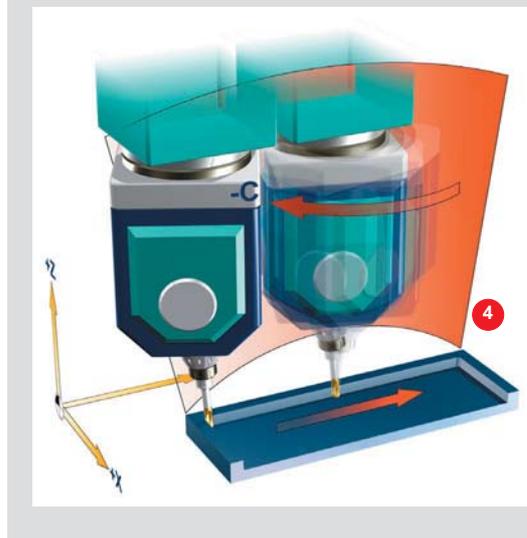


让我们再看看实际加工中的接近极点的大圆插补：
某些机床运动，特别是常用的键槽加工就以极点或奇点为特征。

示例



示例：当以 45° 斜面 ③ 铣削凹槽时，当从一个角进给至另一个角时，A 轴和C轴协调一致地旋转——一切都很正常。



在这个例子中，斜面 ④ 现在是 85° 。

这时会发生什么？刀具角度越陡，C 轴就必须在路径中心旋转得越快，以维持在路径后半段上的方向。

顺便提及一下，极点状态与其说是一个控制技术问题，还不如说是一个物理问题。事实上，Sinumerik 840D 在相当大程度上缓解了这一问题。

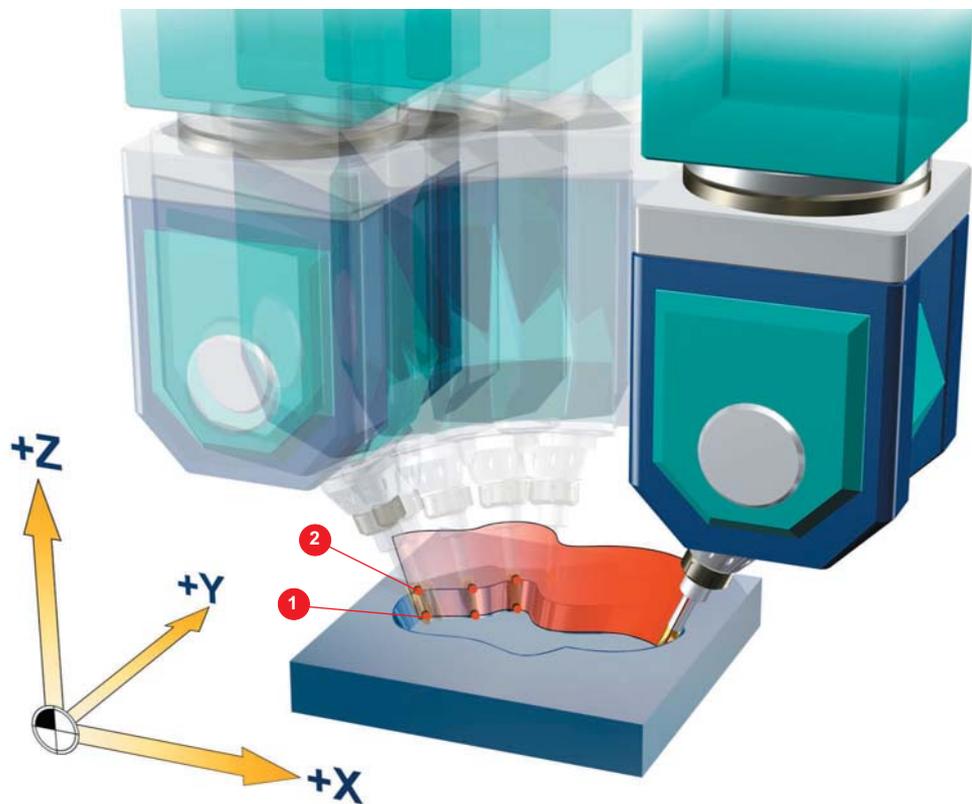
注意

可以通过适当的夹紧避免极点。例如，倾斜卡盘可能会有帮助。

曲线插补 ORICURVE（样条定向）

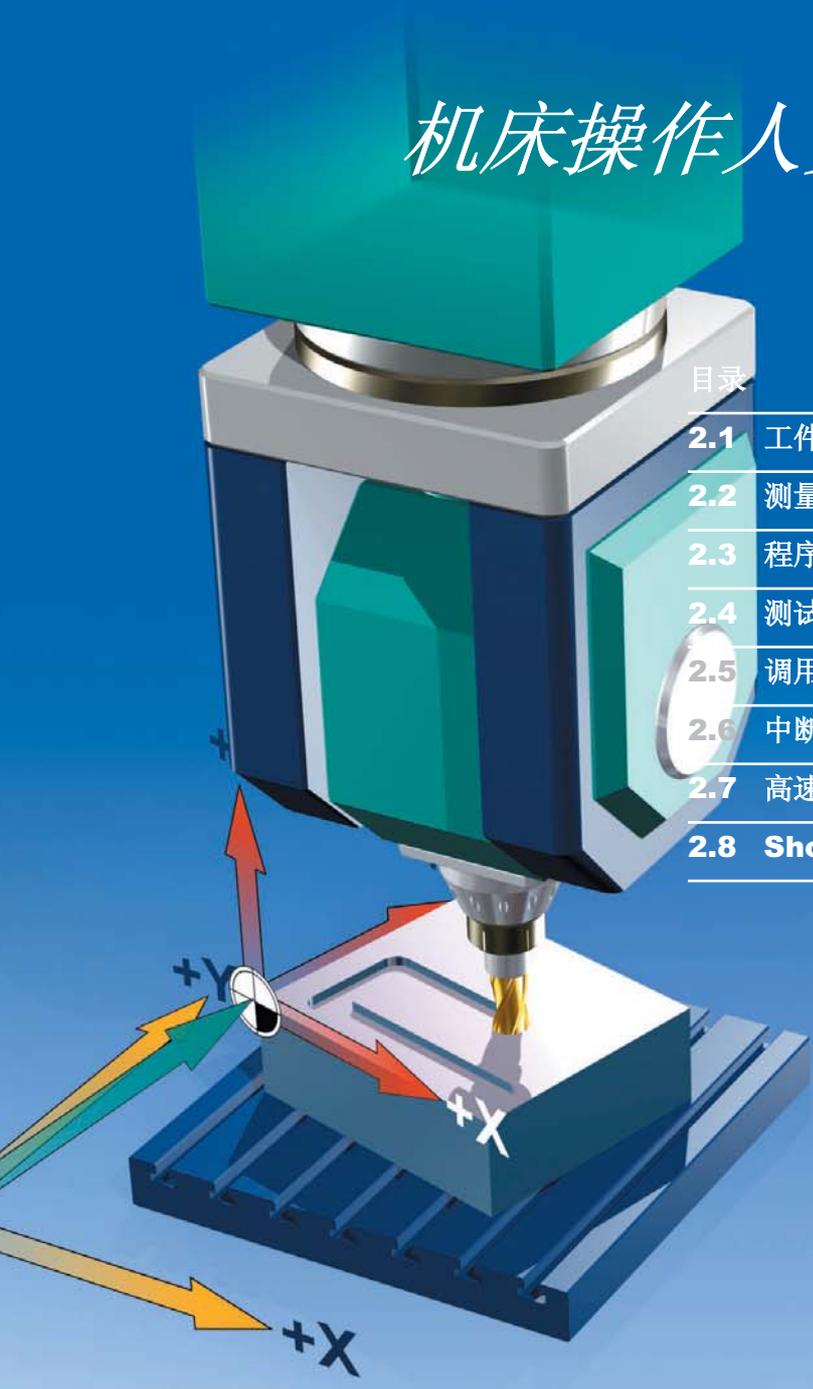
在曲线插补中，由刀尖处的路径（样条曲线 ①）和刀具上第二点的路径（样条曲线 ②）描述出方向矢量的运动。

通过圆轴铣削加工一个斜面，比如说，将需要画出上下轮廓。这一类型的插补会提高路径速度并显著提高表面质量。



有关定向插补的概述，请参见 3.7 节。

机床操作人员



目录	页码
2.1 工件—确定零点	2.2
2.2 测量刀具	2.13
2.3 程序数据传输	2.16
2.4 测试程序	2.17
2.5 调用和执行程序	2.18
2.6 中断程序	2.20
2.7 高速设置 – CYCLE832	2.25
2.8 ShopMill	2.28

2.1 工件 确定零点

确定零点偏移和围绕工件轴进行的工件基本旋转

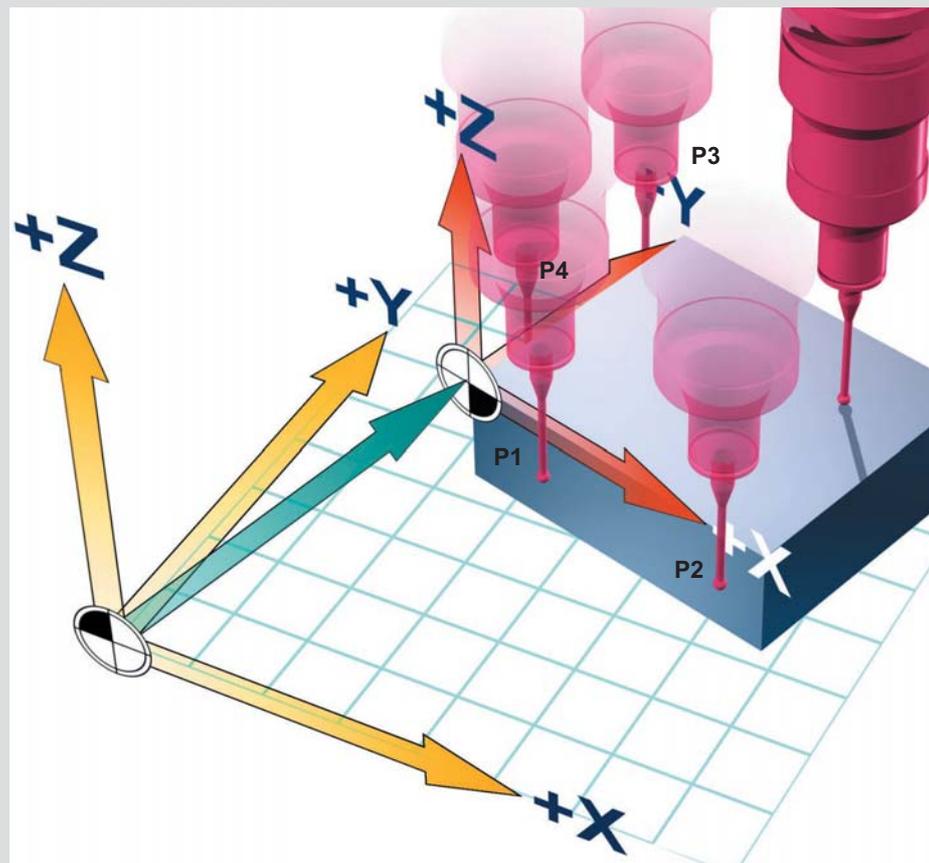
功能

如果已接通机床电源并趋近参考点，轴位置即与机床坐标系相关。通过零点偏移将机床坐标系中的工件位置信号发送至控制系统。

工件已预先夹紧，手动将轴调整至机床轴，然后确定零点偏移，比如通过划线。通过看这两个在实际应用中常见的例子，我们可以看到，使用探头和 SINUMERIK 循环会使整个操作更为简单易行。我们将向您展示：控制系统如何对工件的基本旋转进行补偿，而无需耗费大量时间进行手动调整。

示例

确定零点和测量围绕刀具轴进行的基本旋转



任务分配

夹紧后，工件在工作区相对于机床坐标系进行旋转。您必须确定零点偏移和坐标系位置，即基本旋转。

注意

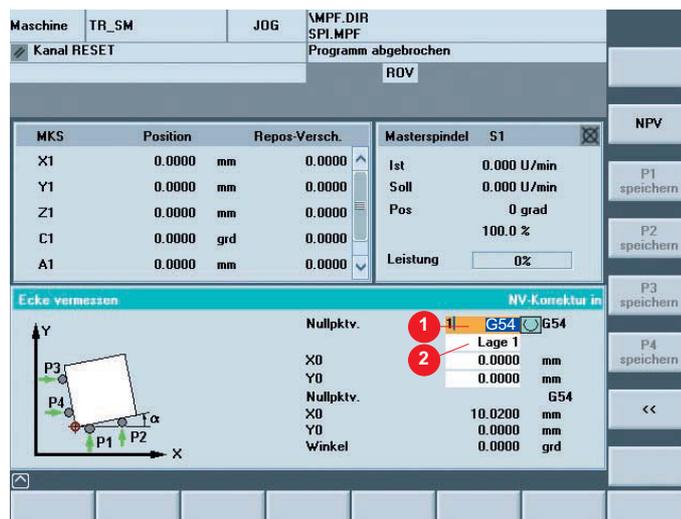
前提条件

- 已在主轴中校准、激活和夹紧探头；刀具偏移生效
- 已安装测量循环
- 已夹紧工件

如果仅有一个工件需要加工，正如通常要在工具和模具中加工的情况那样，在 **JOG** 工作方式下进行测量（如下所述）。如果在同一装置中有数个相同的部件需要加工，则在自动工作方式下使用两个测量循环（必须设置近似零点）。

确定零点偏移和基本循转

- | | |
|---|---------------------|
| 机床 | 选择“机床”操作区 |
|  | 在机床控制工作台上调用“Jog”方式。 |
| 测量工件 | 调用“测量工件”。 |
| 角度 | 调用“角度”测量。 |



选择零点偏移 ❶ 用于数据传输，如 G54、G55、G56 或 G57。在该示例中使用了 G54。

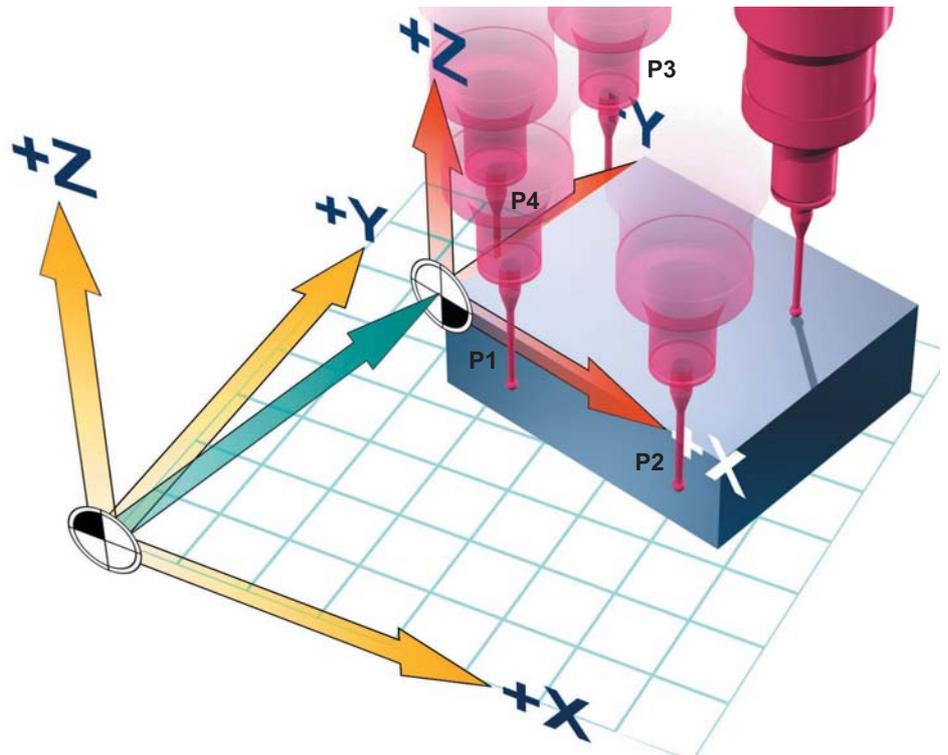


通过选择 ❷ 选择一个拐角作为参考点并按下“Select”。

2.1

机床操作人员
工件—确定零点

要在 G 17 平面中测量一个角度，则在 X、Y 和零点偏移 Z 中的旋转测量一个偏移。要在 Z 方向上测量一个刀沿，则在零点偏移 Z 中测量一个偏移。测量工作的结果为包含偏移的框架和旋转。



P1 speichern

P2 speichern

P3 speichern

Ecke berechnen

使用“轴按键”，将探头定位在工件上的触点 P1 前。

按下“NC 启动”。测量工作自动进行：探头趋近工件、行进并返回至起始位置。

保存触点 P1。

对于触点 P2、P3 (P4)，将探头再次定位在工件前并如同对 P1 那样进行处理。注意：触点 P4 仅需用于非矩形工件。

按下“计算角度”：

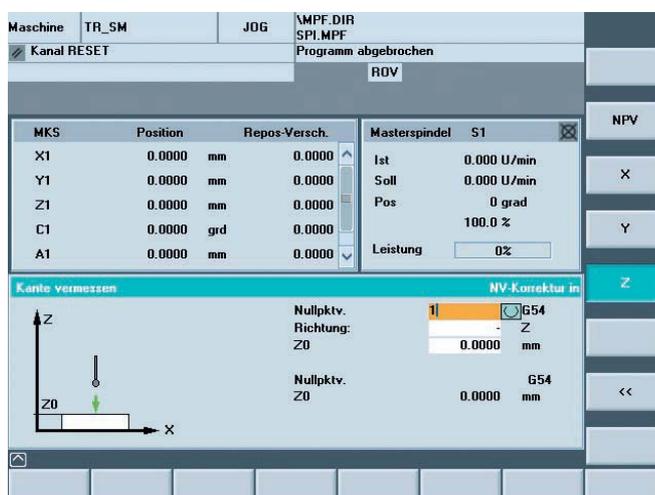
控制系统计算

- a) → 自两条直线交点处零点偏移的 X 和 Y 值
- b) → 围绕 Z 轴的工件坐标系基本旋转
- c) → 值被输入零点工作台中，零点偏移 G54，考虑基本零点偏移。

X-Y 平面和围绕“Z”轴的基本旋转偏移现在已被确定。

确定用于零点偏移的 Z 值

- | | |
|------|---------------------------|
| 测量工件 | 返回到“测量工件”。 |
| 刀沿 | 调用“刀沿”测量。 |
| Z | 选择 Z 轴。
在屏幕窗口中选择 G 54。 |



选择工件上侧为测量刀沿。将探头定位在工件上方。



按下“NC 启动”以启动测量操作。Z 值被添加至零点偏移表。

现在完成用于 3 轴机床的零点和基本旋转的确定工作。如果基本旋转不等于零，则控制系统将已编程的坐标轴运动转换为相应的 XY 轴运动。

视机床运动而定，现在可能出现两种情况：

- 用工作台中的旋转轴影响机床上的零点偏移。
如果机床有第四根轴（如 C 轴）且要将工件近轴加工至机床坐标系，则必须用 C 轴补偿工件基本旋转。
- 不用旋转工作台影响机床上的零点偏移



用工作台中的 C 轴在机床上进行偏移和基本旋转。手动将 C 轴移动至位置

参数

进行探头操作后，进入零点偏移表。

零点偏移

旋转

选择基本旋转值设定表。

Z 轴区包含旋转的测量结果。将该值复制至 C 轴区。首先用 0 覆盖“Z”的值。

G54	<u>X [Grad]</u> 0	<u>Y [Grad]</u> 0	<u>Z [Grad]</u> 24,894		
G54	<u>X [Grad]</u> 0	<u>Y [Grad]</u> 0	<u>Z [Grad]</u> 0		

偏移

调用零点偏移表以将显示值赋给旋转轴。

轴 +

将“Z”轴的值赋给“C”轴。

G54	<u>X [mm]</u> 238,968	<u>Y [mm]</u> 172,384	<u>Z [mm]</u> 25,728	<u>C [Grad]</u> 24,894	
-----	--------------------------	--------------------------	-------------------------	---------------------------	--

用“MDA”工作方式下的一个程序将工件近轴调整至机床坐标系。

机床

调用“机床”操作区。

MDA

调用“MDA”工作方式并输入程序。

```
N01 G54 ;调用零点偏移。
N02 T27D1
N03 G0C0 ;近轴调整 C 轴。
N04 M30
```



1 0

按下“NC 启动”。转盘围绕 C = 24.894° 旋转，且将工件近轴调整至机床坐标系

自页面 2.3 向前重复整个测量步骤，但这次是在近轴调整好的工件上。这是必需的，因为旋转表示：X、Y 值已经改变并需要再次设置。Z 值尚无变化。

Messen
Werkstück

通过选择“测量工件”和“角度”功能启动。然后如先前那样继续进行。

Ecke

在零点偏移表中的“C”下手动输入的旋转角未被覆盖

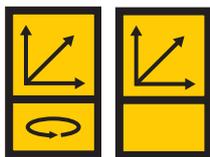
若要检查是否能够进行近轴进给，可再次在 MDA 中创建短程序。

```
N01 G54 ;调用零点偏移。  
N02 T27D1  
N03 G0X0Y0Z10 ;以10mm 间距趋近零点。  
N05 M30
```

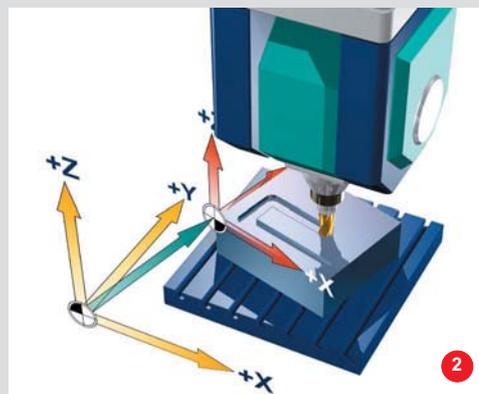
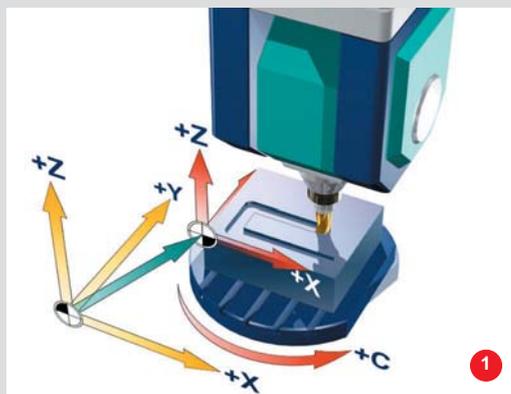


当您按下“NC 启动”时，用一个安全间距将零点趋近至“Z”。

示例



生产—机床运动学“带”和“不带”工作台中的 C 轴。



视机床运动而定，在生产中，相同的 CNC 程序会引起不同的机床轴运动。

1 工作台带有 C 轴的机床

工作台将会旋转。平行运行于工件刀沿的铣削路径也近轴运行至机床坐标系。编程 X 轴时，机床轴也运动至 X。

2 工作台不带 C 轴的机床

在不带旋转工作台的机床中，通过进给运动，机床和平行运行于工件刀沿的铣削路径连成一个整体。编程 X 轴时，机床轴 X 和 Y 通过围绕 Z 的旋转做进给运动。

高级测量功能概述

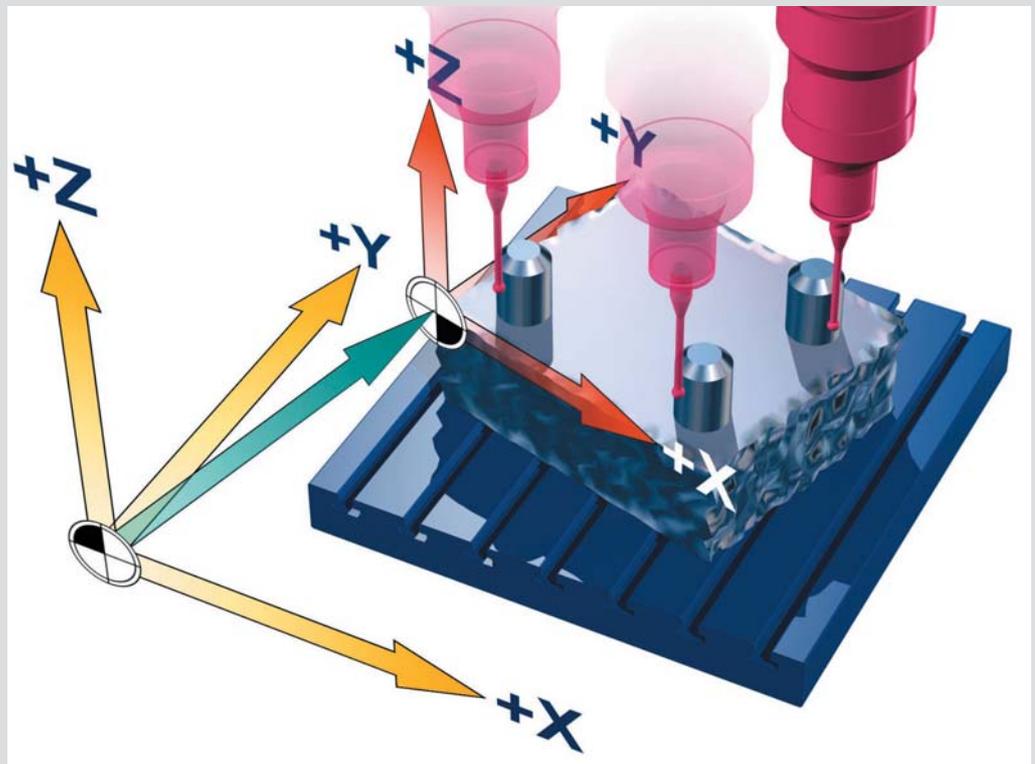
应要求，“测量工件”功能在 Sinumerik 840D 可包含为满足指定刀具和模具加工要求而量身定制的测量功能。

轴颈

这些可包含“轴颈”功能，该功能可使得在带有未确定的工件刀沿的铸件上确定零点工作变得更为简单易行。在不能够触到工件刀沿时使用该功能。

示例

一览 — 用于参考“轴颈”进行刀具和模具加工的测量功能



带旋转工作面的零点偏移

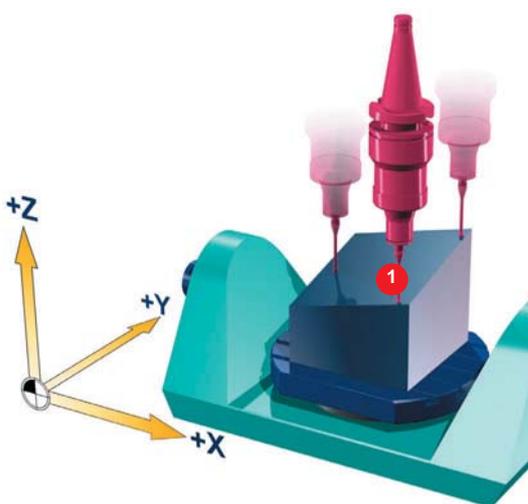
要求

- 设置转动循环 CYCLE800
- 选择自动工作方式

任务、功能

用一个斜面 ❶ 和矩形基座为某个工件确定零点偏移。根据 CAM 程序，刀具必须垂直调整至该平面以用于其后的操作。整个操作顺序可分为 4 个阶段。必须识别零点偏移近似值。

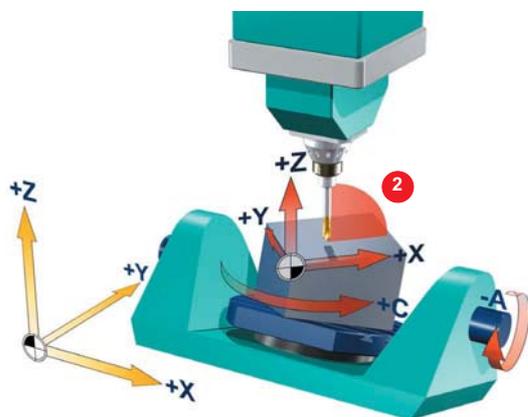
顺序



测量斜面 ❶ —CYCLE998，测量角度：

使用 **CYCLE998** 中的 3 点测量在机床坐标系中确定斜面位置。该操作结束时，控制系统自动计算 2 个明确定义斜面的角度。在其后的加工中，角度被写入至激活的零点偏移，如 G54。

3 点测量可用于高达约为 20° 的角度。对于较大的角度，如 48° ，首先用 **CYCLE800** 将工作面旋转至 45° 。随后，用 3 点测量来确定精确的角度，但与 45° 时有差异，在这种情况下，误差可能为 3° 。



转动工作面 ❷ — CYCLE800，转动：

现在用 **CYCLE800** 转动工作面，以使刀具垂直于工作面。

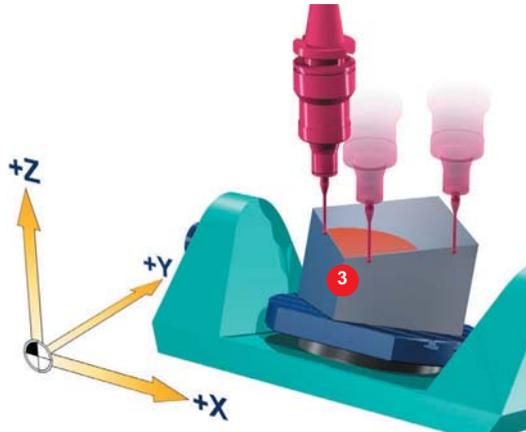
要完成此项操作，用“旋转等于零”调用程序中的 **CYCLE800**。**CYCLE800** 自动接受由 **CYCLE998** 确定的角度并转动工作面，以使工作面垂直于刀具。

用工作台中的两根旋转轴进行机床运动：

工作台围绕着 A 和 C 轴转动。工作面被调整至刀具。

2.1

机床操作人员
工件—确定零点

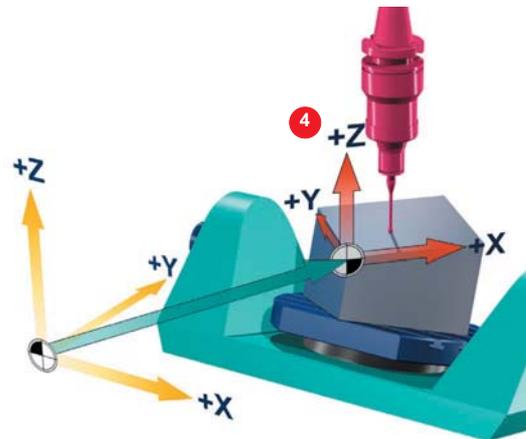


测量角度 ③ — CYCLE961, 测量角度:

使用 **CYCLE961** 接触 3 点以确定新零点的 X 和 Y 值。由于基座为矩形，因此，三点已足够用来确定角度。

结果:

确定了 X 和 Y 平移值及用于零点偏移的刀具轴 Z 的基本旋转。



确定 Z 轴 ④ — CYCLE978, 测量刀沿:

使用 **CYCLE978** 接触垂直于 Z 方向上的探头的
工作面。

注意:

该操作和机床运动完全无关。

编程

程序

调用“程序”操作区。



按下输入键。

打开程序。

示例

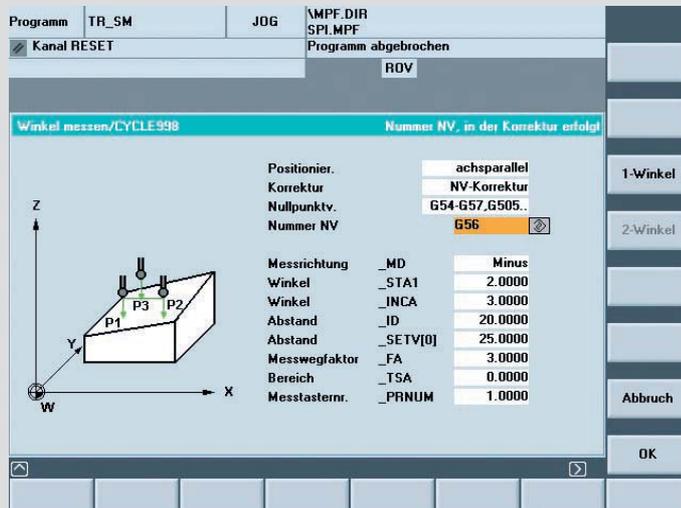
N01 G56

;调用零点偏移。

N02 T1D1

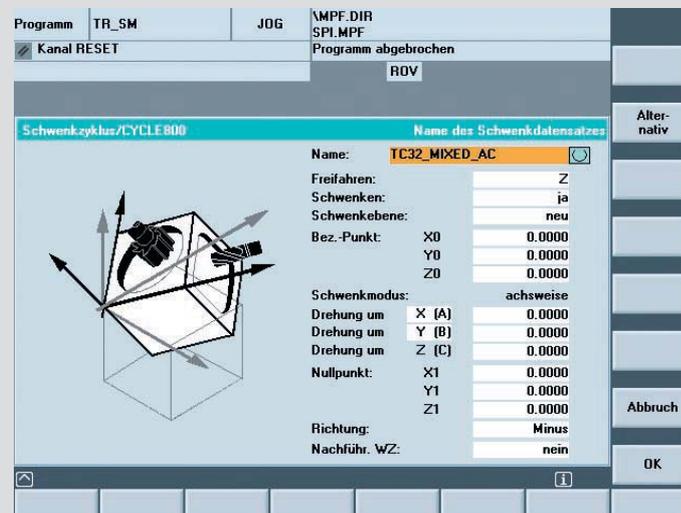
;使用“测量”、“铣削”、“测量工件”、“测量角度”软键以调用循环。选择如屏幕所示的测量功能并输入所有参数。

N03 CYCLE998



;按下“铣削”、“>>”、“转动循环”以调用循环。切勿对下一屏幕窗口做任何更改。

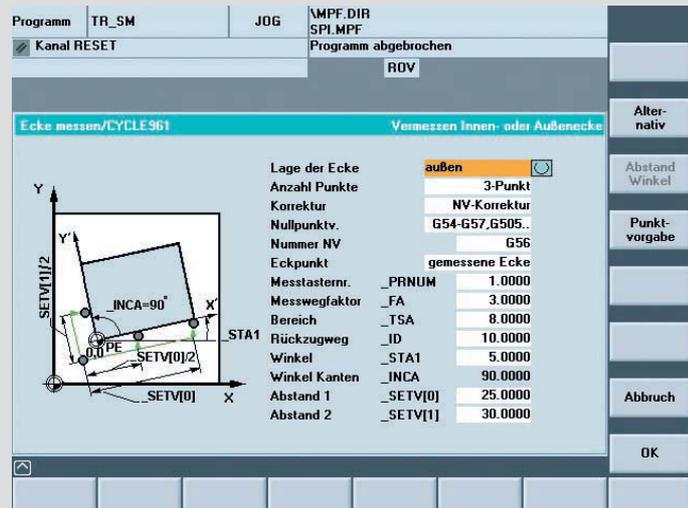
N04 CYCLE800.



;使用“测量”、“铣削”、“测量工件”、“角度”软键以调用循环，选择如下面的屏幕窗口所示的测量功能并输入所有参数。

N05 CYCLE961

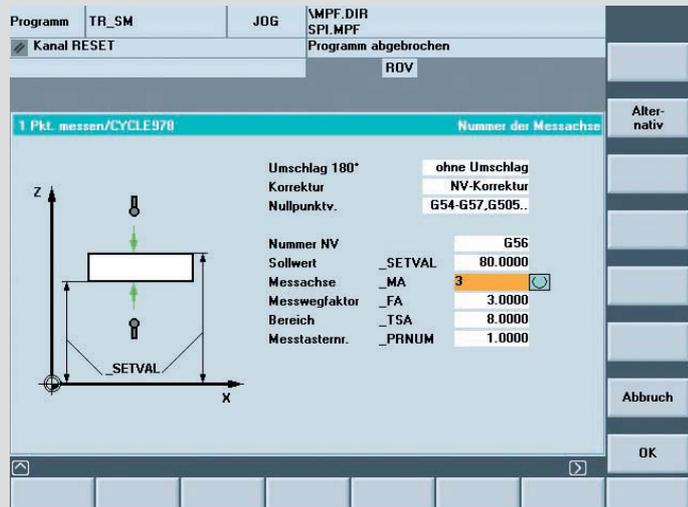
;按下“OK”以添加循环至程序。



;使用“测量”、“铣削”、“测量工件”、“面”软键以调用循环，选择如下面的屏幕窗口所示的测量功能并输入所有参数

N06 CYCLE978

;按下“OK”以添加循环至程序。



N07 M30

;程序结束



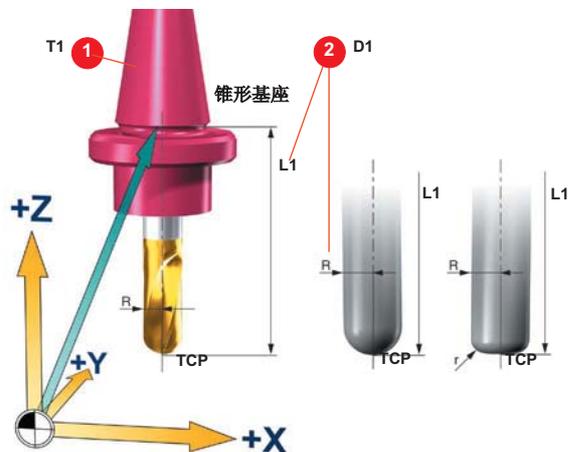
开始旋转。

注意

重新编译

要更改参数，使用光标以在程序中突出显示循环，然后按下“重新编译”软键。参数被复制回到用于循环的屏幕窗口中，屏幕窗口已打开，您可进行更改。

2.2 测量刀具



功能

刀具库已装载，刀具编号为 T1、T2，等等。①
进入刀具工作台并为刀具分配一个刀具偏移 D ②
—通常由半径“R”和长度“L1”组成。

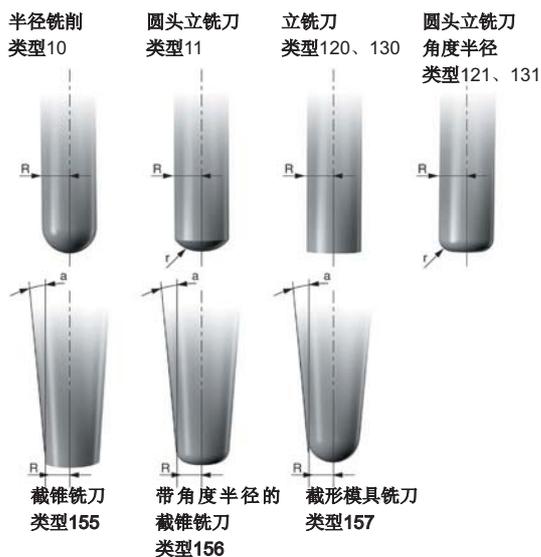
CAM 程序指定刀具类型和几何尺寸。用相关刀具参数指定刀具长度。

就刀具长度而论，您必须检查 CAM 程序是否已将刀尖（刀具中心点或 TCP）包含在 L1 中。视刀具形状而定，某些 CAM 程序将 TCP 定位在远高于刀具的地方。如果情况真是如此，则必须将此距离考虑至刀具长度中。

注意

与 CAM 程序形成一致：以避免主要的刀具偏差，CAM 程序应选择一个尽可能短的刀具长度。

视刀具类型而定，您可指定附件的刀具数据用于端面铣削。



在 CNC 程序中，控制系统使用该数据和在程序中定义的路径修正 G41、G42，以进行必要的路径和长度修正。

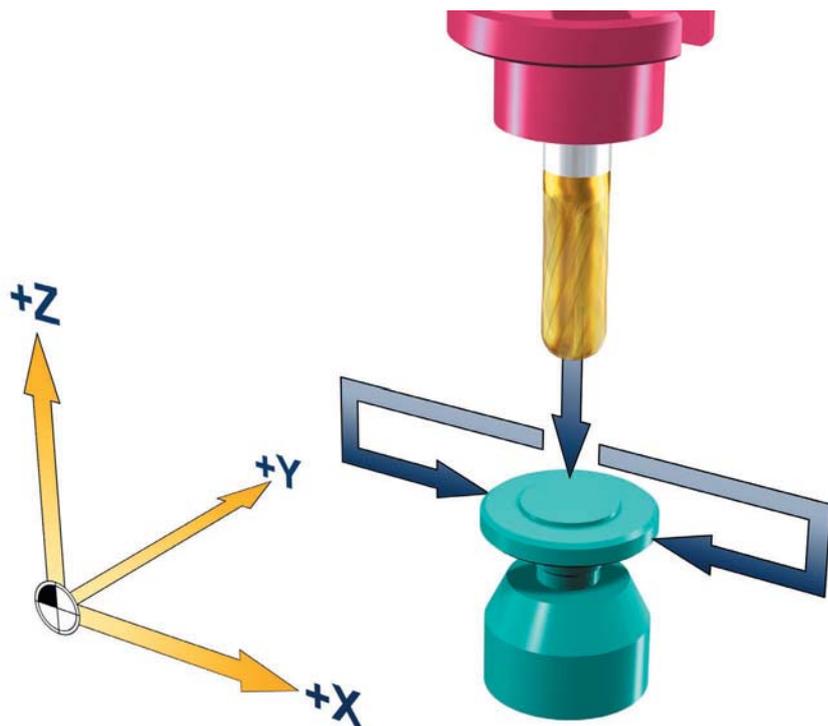
操作 — 手动输入刀具偏移数据

使用刀具预设装置，刀具偏移数据“L”和“R”已由外部确定，并已将刀具放置在刀具库中。然后输入刀具偏移数据

参数	选择“参数”操作区。
刀具偏移	选择“刀具偏移”。
T 号码 +	选择刀具或
D 号码 +	选择偏移数据
	输入新值。

操作 — 带刀具探头的刀具偏移数据

一个更轻松的选项就是在 JOG 或 AUTOMATIC 工作方式下使用刀具探头和刀具测量循环 **CYCLE971**。可由一个单个操作确定测量数据“L”或“R”并将该数据自动保存在刀具偏移内存中。



要完成此项，调用程序中的 **CYCLE971**，选择半径或长度和适当的测量方案并输入参数。如果您在钻孔操作后调用刀具偏移内存，则激活的刀具偏移数据将已自动输入。

The image shows two screenshots from a Siemens CNC control interface. The top screenshot is titled 'Werkz. messen/CYCLE971' and shows a 3D coordinate system with a tool tip and a workpiece. A red circle with the number '1' is next to the tool tip. The bottom screenshot is titled 'Werkzeugkorrekturen' and shows a table of tool correction parameters. A red arrow points from a box containing the symbol ΔL to the 'Länge 1' field in the 'Längenkorrektur' section.

Parameter	MC510VG	JOG	\MPF.DIR SPL.MPF
Kanal RESET		Programm abgebrochen	
ROV			
Werkzeugkorrekturen			
T-Nummer	1	D-Nummer	1
Werkzeugtyp	120	Schaffräser (ohne Eckenverrundung)	
Längenkorrektur	Geometrie	Verschleiß	Basis
Länge 1	100.000	0.000	0.000 mm
Länge 2	0.000	0.000	0.000 mm
Länge 3	0.000	0.000	0.000 mm
Radiuskorrektur			
Radius	2.000	0.000	mm

Sinumerik 840D在“机床”工作方式下还提供测量功能。

The image shows a screenshot of the Siemens CNC control interface in 'Machine' mode. It displays three measurement diagrams and a table of measurement data. The first diagram shows a tool measuring a hole. The second diagram shows a tool measuring a hole with a depth gauge. The third diagram shows a tool measuring a hole with a depth gauge. The table shows the measurement data for the three diagrams.

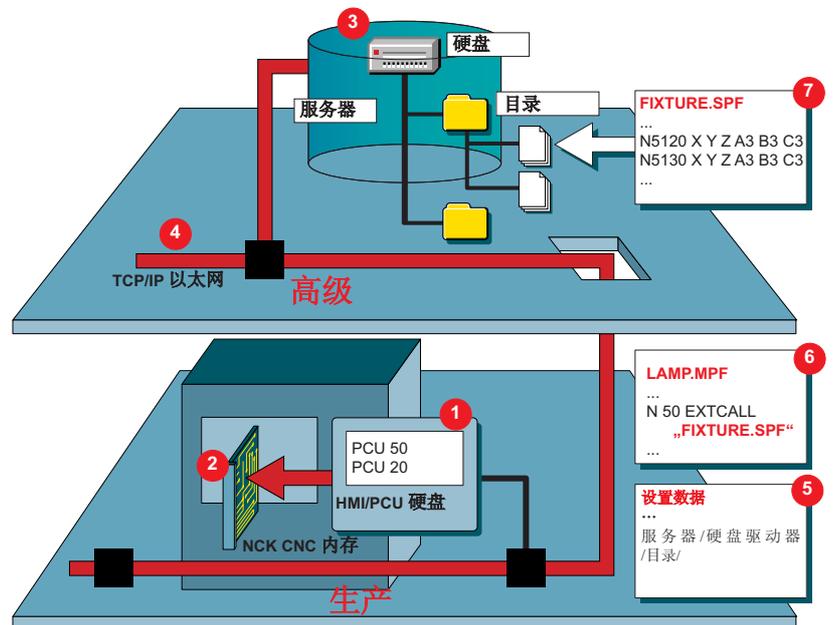
MKS	Position	Repd	MKS	Position	Repos	MKS	Position	Repos-Versch.	Masterspindel	S1
X1	0.0000	mm	X1	0.0000	mm	X1	0.0000	mm	Ist	0.000 U/min
Y1	0.0000	mm	Y1	0.0000	mm	Y1	0.0000	mm	Soll	0.000 U/min
Z1	0.0000	mm	Z1	0.0000	mm	Z1	0.0000	mm	Pos	0 grad
C1	0.0000	grd	C1	0.0000	grd	C1	0.0000	grd		100.0 %
A1	0.0000	mm	A1	0.0000	mm	A1	0.0000	mm	Leistung	0%

2.3 程序数据传输

CNC 程序保存在 HMI 控制单元 **1** 上，装载至 NCK CNC 内存 **2** 中并用机床执行。

并通过网络连接 **4** 逐步装载至控制单元上。

然而，在模具加工程序由技术和几何程序组成的情况下，高达 100 MB 的几何程序对 NCK CNC 内存来说太大了，因此，如必须先传到一个服务器 **3**



硬件配置

程序数据存储由网络管理员和西门子联合定义。Sinumerik 840D 支持大量选项，包括：

- TCP/IP 以太网，串行接口 RS232/V.24
- PCU 50 配备的硬盘，PCU 20 配备的闪存卡
- PCMCIA，软盘

设置数据

在设置数据 **5** 中，在与网络管理员密切协商的情况下定义至换出程序数据的路径。

程序数据传输

在主程序 **6** 中，已编程一个 EXTCALL 命令，该命令根据服务器上的网络路径调用换出的几何程序 **7**、PCMCIA 卡，等等。

生产

EXTCALL 确保程序数据逐渐传输至 NCK CNC 内存。

2.4 测试程序



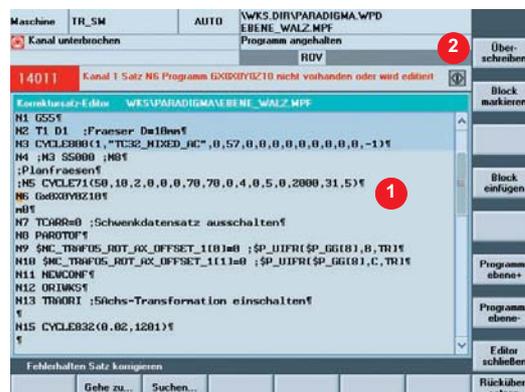
注意 作为一个选择方案，测量仪表可以固定在工作台上，也可夹紧在刀具主轴中。

检查机床

必须定期检查机床，以得知它是否在机械系统中存在误差。这通过趋近 a，用 TRAORI 激活和多次定向操作完成。

由于已识别到球体半径，因此，也极易去创建一个包含在球体外表面上的点的简短测试程序。如果测量表显示无进给运动偏差，则起始位置和目標位置都非常精确，一切都很正常。然而，如果发现有大於规定机床公差故障，则应通知机床制造商。

程序控制



测试程序

用户界面 — DIN/ISO 标准:

加工前，可检查 CAM 程序以防止语法错误。在“机床”操作区“自动”工作方式下通过调用程序并按下“程序控制”软键完成这项工作。在屏幕窗口中突出显示“程序测试”。

如果已按下“NC 启动”，则以加速进给速率执行程序，但机床不执行任何轴运动。

如果已发现语法错误，则中断程序测试并突出显示错误程序块。例如，按下“程序修正”软键以在程序编辑器中可覆盖 2 错误程序块的地方显示该程序块 1。

按下“OK”以关闭编辑器，然后再次按下“NC 启动”。程序测试继续进行至程序结束处。

2.5 调用和执行程序



理想的程序结构

从 CAM 站获取包含所有技术数据的主程序 ¹。主程序调用一个或多个包含工件几何数据的子程序 ²、³。子程序细目分类由刀具更换确定。

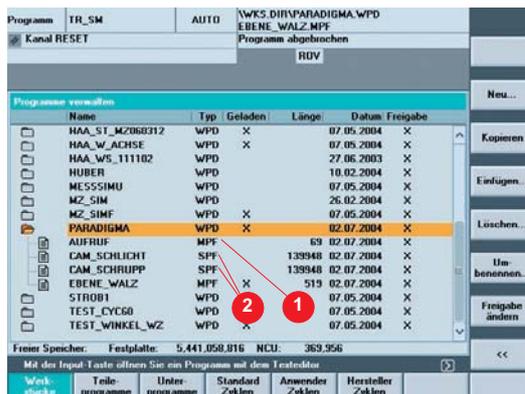
主程序：主程序包含两个用于铣削的按键功能 CYCLE832 ④ 和 EXTCALL ⑤。

CYCLE832 ④：CYCLE832 专为此处以图解所说明的程序结构而开发设计，带有独立的技术和几何数据。在 CYCLE832 中定义用于 5 轴铣削的加工技术。对于带有 T1 的粗加工程序 CAM_ROUGHING” (CAM_SCHRUPP.SPF)，CYCLE832 中的参数已设为相当高的精度。也可在 CYCLE832 中调用 TRAORI。当前零点偏移已被保留。有关 CYCLE832 的更多信息，请参阅下面的 2.7 部分。

EXTCALL ⑤：由于 CAM 程序通常都非常大，将它们换出至一个外部存储设备。EXTCALL 调用外部存储设备中的子程序。

子程序：在用于绝对编程的子程序 G90 中，紧随其后的是几何程序块。在我们的示例中，这些程序块是用于 3 轴铣削 ⑦ 的程序块，紧随其后的是用于 5 轴同步铣削的程序块 ⑧，由矢量详细信息 A3、B3 和 C3 进行识别。

选择/启动/停止/中断/继续程序



机床

选择“机床”操作区。

AUTO

选择“自动”工作方式。

程序一览

选择“程序一览”、“工件一览”。突出显示所需的“工件目录”并打开它。

工件

在工件目录中突出显示零件程序 ① — 在这种情况下程序为“CALL.MPF (AUFRUF.MPF)”并按下“选择”。

选择

按下“NC 启动”以启动零件程序。这将调用几何程序“ROUGHING.SPF” (CAM_SCHRUPP.SPF) ② 和“FINISHING.SPF” (CAM_SCHLICHT.SP)，在加工过程中，这两个程序被一个程序块一个程序块地从外部驱动器装载至控制系统上。



按下“NC 停止”以停止零件程序。



按下“复位”以中断零件程序。

注意 可通过按下“NC 启动”继续执行用“NC 停止”中断的零件程序。如果已按下“NC 启动”，则从一开始就执行用“复位”中断的零件程序。

2.6 中断程序

REPOS — 中断后重新定位

功能

用“NC 停止”中断程序时，可将刀具从 JOG 模式下的轮廓移开，例如进行测量操作。控制系统保存中断点坐标。显示轴的移动距离。

操作



起始状态：已用“NC 停止”中断程序。

机床

选择“机床”操作区。

JOG

选择“JOG”工作方式。



中断程序后重新定位。



选择轴。



依据所示的差动行进移动轴至断点。断点不能溢出。

AUTO

从“JOG”工作方式切换至“自动”工作方式。

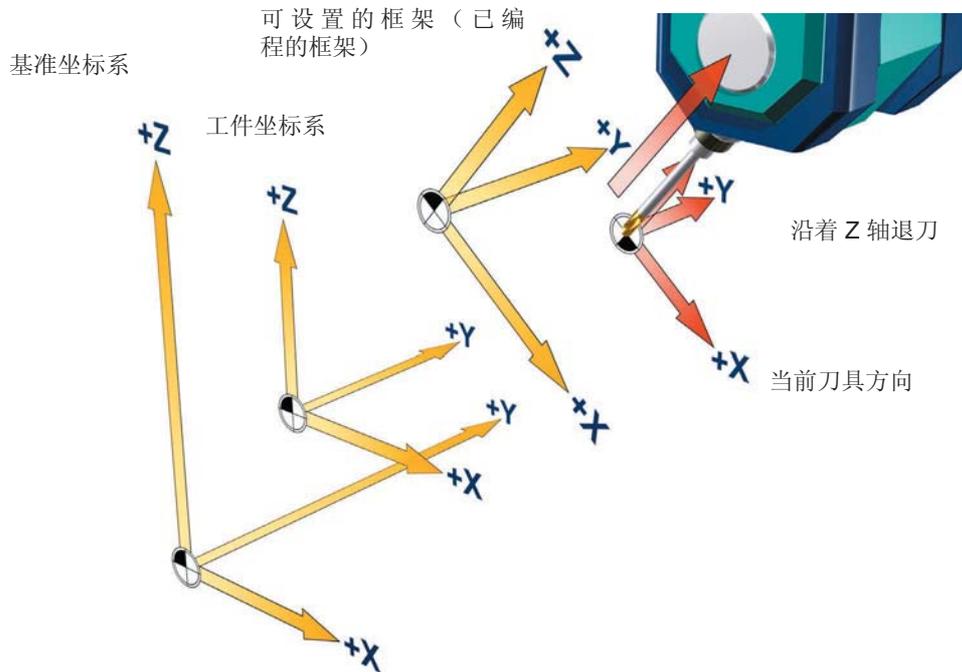


继续加工。

TOROT — 从斜孔或底切回退

功能

如果已激活 5 轴转换，TOROT 生成一个框架，该框架的 Z 轴与当前刀具方向相一致。例如，这可使得刀具能够在刀具断裂后通过回退 Z 轴无碰撞危险地退刀至 5 轴程序中。用 TOROT 编程刀具方向后，通过该编程生成以该框架为参考的所有已编程的几何轴运动。



机床

选择“机床”操作区。

MDA

选择“MDA”工作方式。
如下所示输入程序：

```
N10 TRAORI ;转换开  
N20 TOROT ;计算并选择退刀框架  
N30 G1 G91 Z50 F500 ;以 50mm 为单位的 Z 方向上的直线退刀运动  
N40 M17 ;子程序结束
```



选择单个程序块。逐个程序块地启动程序。

作为 MDA 工作方式下增量退刀的一个选择方案，可以通过按下刀具方向中的方向键进行退刀。

注意：对于 JOG 工作方式下的退刀运动，必须相应配置机床。（Z 轴作为几何轴）。

注意 必须在启动下一个程序前取消选择TOROT：TOROTOF

注意

不通过计算的加速外部程序块搜索

功能

此项功能专为用 EXTCALL 调用的程序而开发设计。因此，它是用于从 CAM 站获得的大型程序的理想选择。

如果已用“复位”键中断加工，“不通过计算的加速外部程序块搜索”功能可用于选择零件程序（从该零件程序启动或继续加工）中的任一点。

操作


起始状态：用“复位”中断程序

Call.MPF (Aufruf.MPF) 1

```

N1      G54
N2      T1 D1
N3      M3 S15000
N4      CYCLE832 (0.1,103)
N5      EXTCALL „CAM_Schrupp“
N6      T2 D2
N7      M3 S20000
N8      CYCLE832 (0.01,102001)
N16     EXTCALL „CAM_Schlicht“ 3
N10     M30

```

CAM_Roughing.SPF (CAM_Schrupp.SPF) 1

```

N1      G90
N2      G0 X0 Y0 Z10

N3      G1 Z0 F500
N4      G1 X-1.453 Y0.678 F10000
N17     G1 X-1.814 Y0.842
N18     G1 X-1.879 Y0.684 Z-0.001

```

CAM_Finishing (CAM_Schlicht.SPF)

```

N1      G90

```

示例

程序块搜索

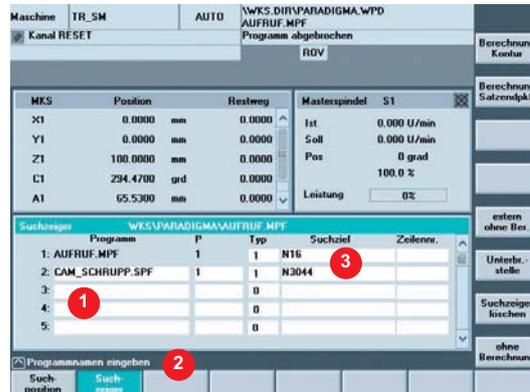
按下“程序块搜索”软键。

搜索指示器

按下“搜索指示器”软键。

断点

按下“断点”软键。



通过按下“断点”软键，将直至断点的整个程序序列 ❶ 插入至屏幕窗口。

在该示例中，主程序“Call.MPF”（Aufruf.MPF）调用子程序“CAM_Roughing.SPF”（CAM_Schrupp.SPF）。用于子程序的 EXTCALL 位于程序块 N16 ❷ 中。程序在“CAM_Roughing.SPF”中的程序块 3044 中被中断。

现在有两种可能：

1. 直接跳至子程序的断点：
按下“不通过计算的加速外部程序块搜索”软键。程序直接跳至程序块 3044。
2. 跳至子程序块中的任一点：
要完成此项，您必须选择一个（搜索）类型 ❷—对于“不通过计算的加速外部程序块搜索”。您可在“1 程序块号”和“5 行号”之间选择，然后输入后面跟有所需程序块或行号的类型号码。

extern
ohne Ber.



Überspeichern

按下“不通过计算的加速外部程序块搜索”软键。该功能将所有激活的 M 命令结合起来并将它们装载在目标程序块上。

继续在目标程序块上加工。

修正

在输入“超储”功能时，可被用来在启动程序前修正目标程序块。



此处所示的是一个典型示例，在该示例中需要更改压缩机公差。已调用 CYCLE832 并将压缩机公差手动更改至 20 μm ❶。这可通过只输入一个参数（公差=0.02）完成。现在，已在主程序启动之前执行了 CYCLE832。

通过按下 NC 启动激活公差。



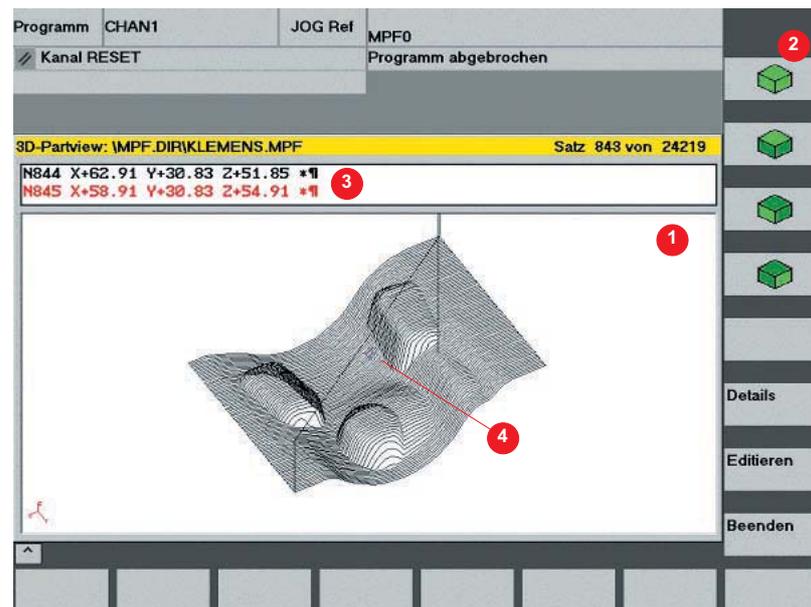
快速查看

功能

快速查看可用来查看包含 G01 程序块的模具加工零件程序。不支持程序循环、多项式、转换和 G02/03 程序块。

可提供四种查看 ② 方式：3D 查看 ①、X/Y 平面、X/Z 平面、Y/Z 平面

两个编辑器行 ③ 显示图表中当前被突出显示的程序块。通过滚动编辑器窗口自动在图表 ④ 中突出显示该位置。

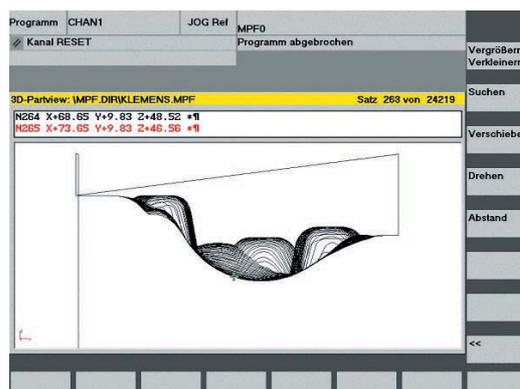


还可提供下列功能：

- 搜索指定程序块
- 缩/放
- Shift, 旋转
- 在两点之间测量
- 编辑所显示的 NC 程序

仿真

快速查看



调用“快速查看”功能。

选择所需的查看 — 在这种情况下用X/Z 平面。

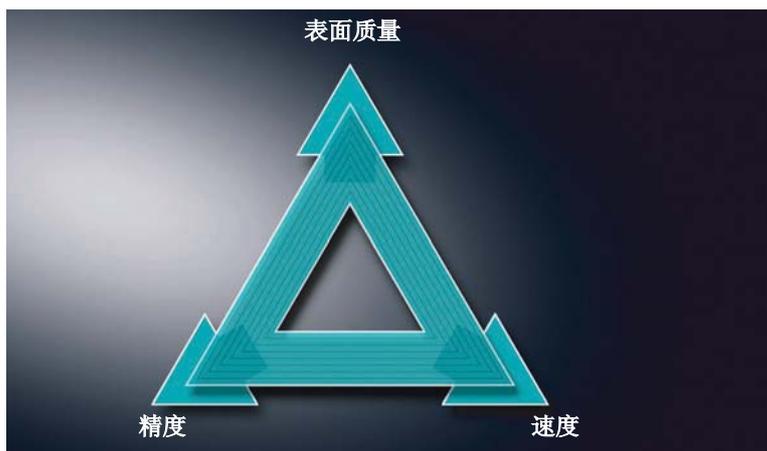
用光标选择图表中的某个点。在编辑器行中显示相关程序块。

调用程序块，例如在程序中更换程序块。

2.7 高速设置 - CYCLE832

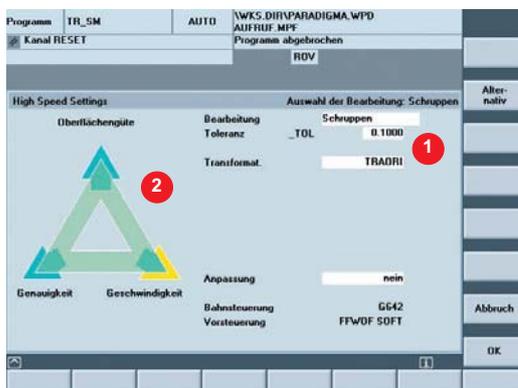
功能

可用 CYCLE832 影响 CAM 程序序列。它为在 3 轴和 5 轴高速加工范围中加工自由形状的轮廓（表面）提供技术支持。



操作

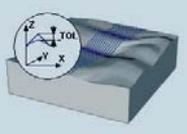
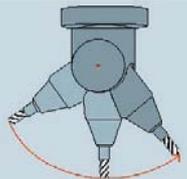
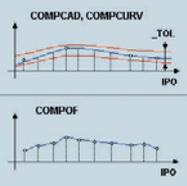
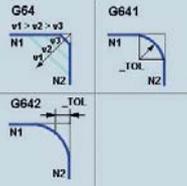
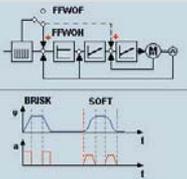
机床	调用“程序”操作区。
>>	显示其它软键。
高速设置	按下“高速设置”。已调用循环。



该循环将基本 G 代码和机床及 HSC 加工所需的设置数据结合起来。这些数据均在参数范围内指定。视参数选择 ① 而定，趋向三角形 ② 显示一个向着“速度”或“精度”的趋向。

用于高速设置循环的参数

用户只需在机床区内在精加工、预精加工和粗加工之间轻松选择并输入一个值至公差区。所有其它区域的值都已由机床制造商输入。机床制造商可通过使用匹配区激活其它区域。

	<ul style="list-style-type: none"> ■ 精加工 (默认) ■ 预精加工 ■ 粗加工 ■ 取消选择 	
公差_Tol. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 弦公差 <p>(应从 CAM 程序接受弦公差或用系数 1.2...1.5 加权)</p>	直线/旋转轴公差，默认设置： -> 0.01 mm/ 0.08° (精加工) -> 0.05 mm/ 0.4° (预精加工) -> 0.1 mm/ 0.08° (粗加工) -> 0.1 mm/ 0.1° (取消选择)
转换 	<ul style="list-style-type: none"> ■ TRAFOOF ■ TRAORI ■ TRAORI(2) 	-> 转换“关” -> 第一个转换“开” -> 第二个转换“开”
匹配	<ul style="list-style-type: none"> ■ 是 ■ 否 	-> 后续区域可更改 -> 后续区域已锁止 由机床制造商对这些区域进行解锁。
压缩 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 否 (COMPOF) ■ COMPCAD (默认) ■ COMPCURVE ■ B-SPLINE 	-> 压缩器关 -> 压缩器开，恒定加速度用于模具加工应用场合 -> 无突变用于圆周铣削 -> 样条插补
连续路径控制 	<ul style="list-style-type: none"> ■ G64 ■ G641 ■ G642 ■ G643 ■ G644 	-> 连续路径工作方式 -> 可编程的倒圆间距 -> 带单个轴公差的角度倒圆 -> 带单个轴公差程序块内部角度倒圆 -> 带可设置公差的速度优化角度倒圆
前馈控制 	<ul style="list-style-type: none"> ■ FFWON-SOFT ■ FFWOF-SOFT ■ FFWOF-BRISK 	-> 带前馈控制，带突变限制 -> 不带前馈控制，带突变限制 -> 不带前馈控制，不带突变限制

注意 如果有变更，您应该用在 CAM 程序中指定的公差值作为指南。不建议使用比那些指定公差值小很多的公差。**转换 TRAORI** 用于 5 轴同步铣削。如果 TRAORI 已包含在 NC 程序中，则无需在此处指定。

更多信息请参阅章节 3，该章节包含各个参数的详细描述。

请谨记，各个区域相互依存：例如，如果压缩已关闭，则可在**连续路径控制**下选择不同类型的倒圆。由机床制造商定义**前馈控制**预设值。由于机床越来越具刚性，越来越少使用前馈控制。可允许将下列误差减少将近至零。

编程

已在调用几何程序的高阶 NC 控制程序中在理论上对 CYCLE832 进行编程。用这种方法您可将循环应用至整个几何尺寸或视 CAM 程序透明度而定，将循环应用至各个程序部分或自由形状曲面。

也请参看前面章节的编程示例。

快速循环调用

可将下列带有参数传输的调用选项用于 CYCLE832:

- CYCLE832() 相对应于选择“加工”屏幕窗口，“取消选择”
- CYCLE832(0.01) 输入公差值。未更改激活的 G 命令在循环中。

有关这些参数的详细说明，请参看章节 3。

2.8 ShopMill

在 Sinumerik 840D 软件版本 6.4 中，用户友好的 ShopMill 界面为通用 Sinumerik 840D 标准规范 DIN/ISO 提供一个切实可行的选择方案。

ShopMill 具有多种附加模具加工功能的特点，为模具制造商大大简化其使用过程。

因此，ShopMill 现在已不再限制于通过部分加工步骤的定序器编程，甚至支持要求极高的 5 轴应用程序。

有关 ShopMill 功能的完整描述，请参阅“Sinumerik 810D/840D 使用和编程 ShopMill (SW06) 11/03 6FC5298-6AD10-0AP2 (德文)”。

ShopMill 用户界面

ShopMill:
在车间中可简易操作和编程

由机床制造商进行功能切换

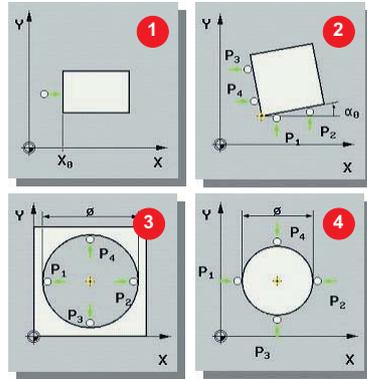
标准 DIN/ISO:
用于生产机床的多功能用户界面

The screenshot displays the ShopMill control interface. The top section shows machine status (AUTO) and position data (X1, Y1, Z1) all at 0.000 mm. Below this is the 'Actual block' section, which lists program blocks such as 'N90 Abspannen' and 'N5 Fertigteil:'. The bottom section shows machine parameters (MKS) and tool data (Werkzeug) for the current block (N10 G0 x100 y100 z100). The interface is designed for easy operation in a workshop environment.

ShopMill 功能

设置

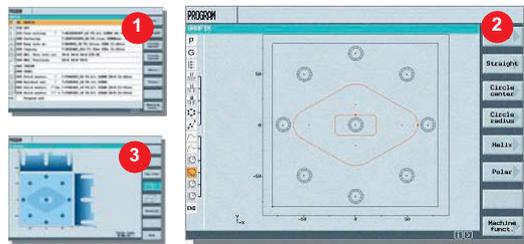
ShopMill 中强大的设置功能可确保能快速而又准确地探测到元件位置。任何偏移均由控制系统自动补偿。



- 1 刀沿
- 2 角度
- 3 钻孔
- 4 轴颈

定位器

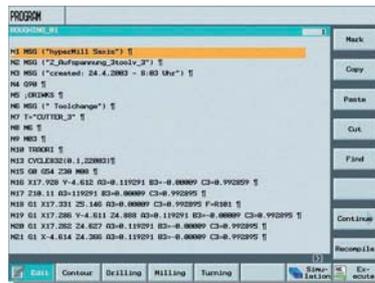
ShopMill 定位器编程允许直接在机床上轻松编程简单的 2 1/2D 加工任务。对模具制造商来说，这是一个理想的附加软件。



- 1 程序
- 2 2D 表示法
- 3 3D 表示法

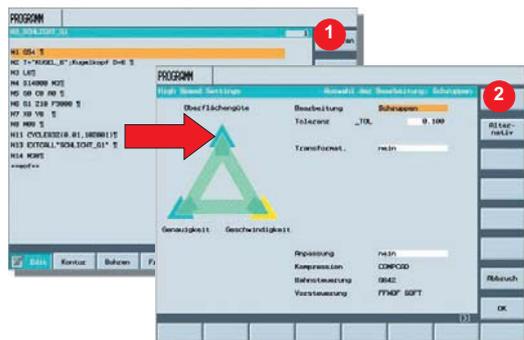
G 代码编辑器

ShopMill 配备有 G 代码编辑器，该编辑器轻松支持最大 100 MB 的模具制造程序，无需切换至标准 DIN/ISO 界面。



“高速设置”循环

现在，按照标准，“高速设置”循环也配备有 ShopMill 用户界面。



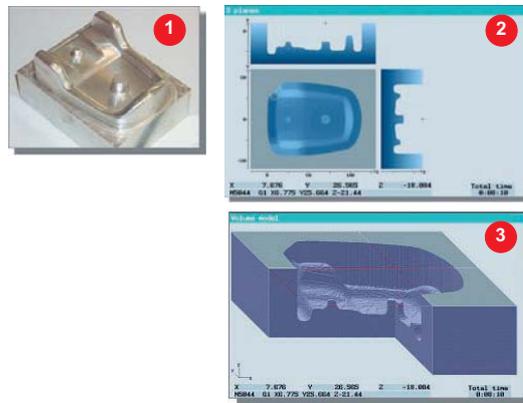
- 1 程序编辑器
- 2 CYCLE832, 高速设置



程序块搜索

现在，按照标准，章节 2.6 所描述的扩展程序块功能也带有 ShopMill

- ① “不通过计算的外部程序块搜索”
程序块搜索



3D 查看

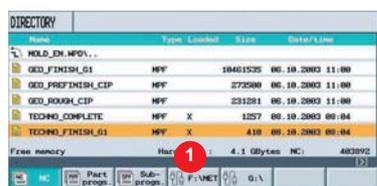
ShopMill 还可允许进行 3D 格式的简易查看。也可定义剖面图。

- ① 工件
- ② 2D 表示法
- ③ 3D 表示法



刀具管理

已明确构建 ShopMill 刀具管理并支持各种刀具类型、纯文本格式的刀具名、姊妹刀具和带有长度、半径和刀具数量的刀具几何尺寸。



以太网

ShopMill 程序管理器允许通过高速以太网连接直接访问外部驱动器。

各种模具加工程序可存储在

- HMI 硬盘 (PCU 50) 上或
- 闪存卡 (PCU 20) 上

- ① 网络访问功能

程序员信息

目录	页码
3.1 简介	3.2
3.2 与运动无关的 NC 程序	3.3
3.3 轴转换 – TRAORI	3.5
3.4 刀具定向 – A3= B3= C3=, ……	3.6
3.5 高速设置 – CYCLE832	3.9
3.6 进给率变化表 – FNORM, FLIN, ……	3.18
3.7 定向插补 – ORI……	3.19
3.8 3D刀具偏移 – CUT3DFS, …	3.21
3.9 在机床上编程	3.22
3.10 示例 – 用于导管的弯曲设备	3.25
3.11 示例 – 摩托车前灯	3.36

3

3.1 简介

简介

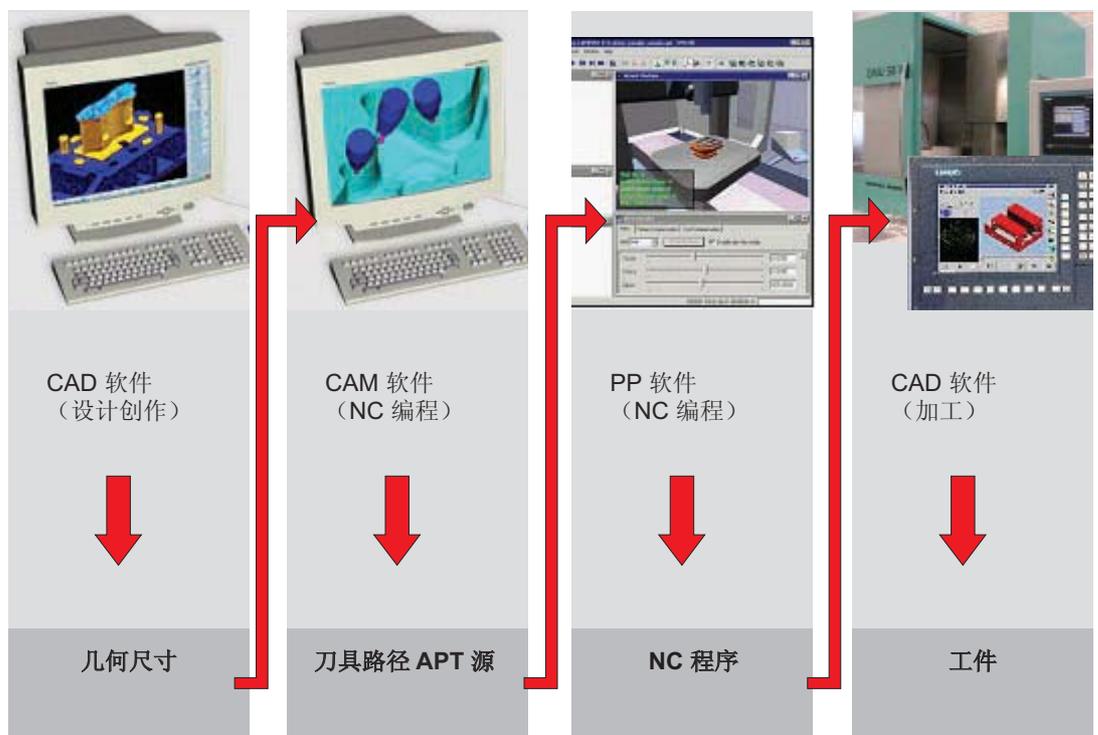
在编程自由形状曲面时，整个 CAD/CAM/CNC 过程链起着至关重要的作用。

CAD 系统生成所需工件的几何尺寸。在这个几何尺寸文件的基础上，CAM 系统用相关的技术信息生成相应的处理方案。

CAM 系统中的原始数据格式通常是一个 APT 或 CL 数据文件，它在后置处理程序中转换成可执行的 CNC 编码

后置处理程序对于发挥 Sinumerik 840D 的最大工作效率具有极为重要的意义。

后置处理程序必须确保以最优的方式激活 Sinumerik 840D 的高阶函数。有关 Sinumerik 840D 的所有高阶函数一览信息，可参阅第四章。

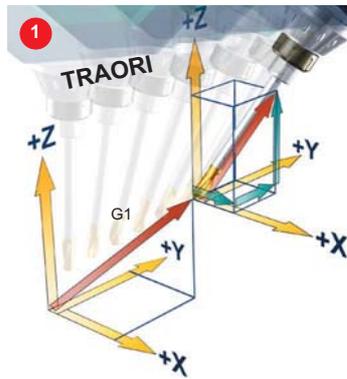


3.2 与运动无关的 CNC 程序

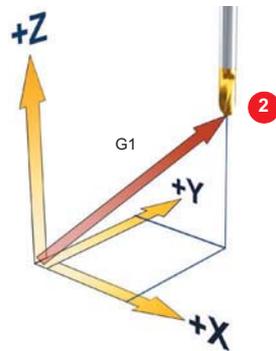
1. 刀具定向与 TRAORI

用 Sinumerik 840D 独立于机床运动来编程仅需要遵循一些惯例。

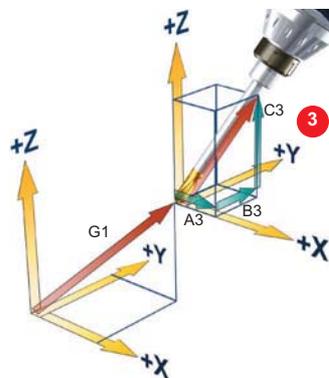
N15 TRAORI
N16 G1 X Y Z A3= B3= C3=



N16 G1 X Y Z



N16 G1 X Y Z A3= B3= C3=



TRAORI 1 命令用来调用 5 轴转换。随后，控制系统负责把位置和方向数据转换为机床运动（参见第 2 章）。

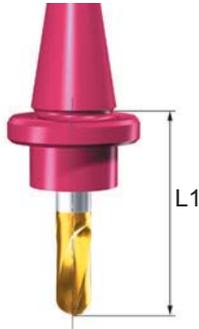
当 TRAORI 被激活时，位置数据 X、Y、Z 2 指刀尖（TCP，刀具中心点）。

在一个 5 轴机床上编程方向，我们不建议直接编程机床轴 A、B、C。这种类型的 NC 程序依赖于机床的运动。

相反，应该将带有地址的方向矢量 **A3**、**B3** 和 **C3** 3 与 TRAORI 结合起来编程。

当 TRAORI 被激活时，我们建议在靠近轮廓的地方开始旋转运动，以便保持在已配置的工作区限制内。

2. 刀具测量



在与机床运动无关的程序中，直接从刀具文件中直接计算刀具数据。

通常，在 CNC 中表面不通过半径补偿加工自由形状曲面。

虽然 Sinumerik 840D 确实提供相应的补偿选项，但在这里，我们是在必要数据极少可用这样一个设想下进行工作的。因此，我们建议输出刀具中心点。

这也简化了机床上的刀具测量工作。

3. 作用速度和质量

公差带

压缩器

连续路径控制:

角度倒圆

速率前馈控制
+ 突变限制

高速设置 CYCLE832

为简化编程并改善程序结构，我们已把所有的技术功能组合成一个单独的循环。

4. 进给率变化表

进给率变化表

进给率变化表不是 CYCLE832 的组成部分，必须单独编程。

3.3 5 轴转换 – TRAORI

TRAORI 编程具有多种优点。特别是：程序独立于刀具长度和机床运动；进给率与刀具中心点相关，并自动进行补偿运动，以补偿旋转轴运动。

编程

TRAORI(n)
TRAFOOF

各个命令的含义

TRAORI	激活第一个已编程的方向转换
TRAORI(n)	激活用 n 编程的方向转换
n	转换号码 (n = 1 或 2)，TRAORI (1) 对应于 TRAORI。
TRAFOOF	断开转换

功能

要在加工带有三维曲线的表面时获得最佳切削状态，刀具的设置角必须能够改变。

除了三条直线轴 X、Y、Z 外，它还需要至少一至两条旋转轴。NC 程序块通过定向信息 A3、B3、C3 扩展。

当转换被激活时，位置数据 (X、Y、Z) 总是与刀尖 (TCP) 相关。改变处于转换中的旋转轴位置将引起余下的机床轴许多补偿运动，以使刀尖的位置保持不变。

- ① 不带 5 轴转换
- ② 带 5 轴转换

注意：视配置而定，TRAORI 可以重置零点偏移。



注意

必须避免刀具路径上的波动方向变化。

3.4 刀具定向 - A3= B3= C3=, ……

我们建议使用方向矢量来编程刀具方向。Sinumerik 840D 支持在实践应用中用来编程刀具方向的各种类型。必须激活方向转换 TRAORI。

编程

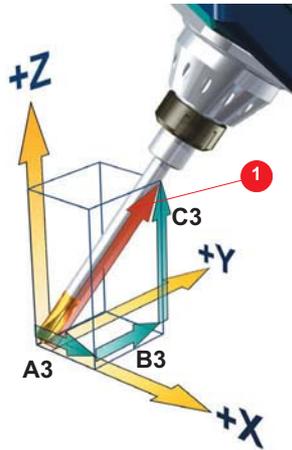
G1 X Y Z A3= B3= C3=

各个命令的含义

G1 X Y Z A B C	直接编程 旋转轴 A、B 或 C 的运动。 旋转轴运动与刀具路径同步。
ORIEULER ORIRPY	在欧拉角（默认）基础上编程方向 在 RPY 角基础上编程方向。 仅当设置 \$MC_ORI_DEF_WITH_G_CODE = 1 时有效。 否则在机床数据的基础上定义。
G1 X Y Z A2= B2= C2=	在欧拉角或 RPY 角的基础上编程 （转动、俯仰及平摆） 在机床数据的基础上定义判读 通过A2、B2、C2 以欧拉角或 RPY 角编程或编程方向 矢量。方向矢量从刀尖指向刀架。
G1 X Y Z A3= B3= C3=	方向矢量编程（推荐）
G1 X Y Z A4= B4= C4=	在程序块起始处编程 表面法线矢量 CUT3DF 用该信息进行 5 轴加工。 导程和斜度也可用来编程刀具方向。 导程角和倾斜角与法向矢量 A4 B4 C4 相关。
G1 X Y Z A5= B5= C5=	在程序块结束处编程表面法线矢量
LEAD	导程角 用于编程刀具方向。 在路径切线和表面法向矢量所构成的平面中， 与表面法向矢量所构成的夹角表面表面。
TILT	倾斜角 用于编程刀具方向。 倾斜角描述导程角围绕表面法线矢量所作的旋转 （参见第 3.8 页的插图）。.

定义刀具设置的变量

这一部分仅包含一些最重要的功能。欲知更多信息，请参见 DOConCD.



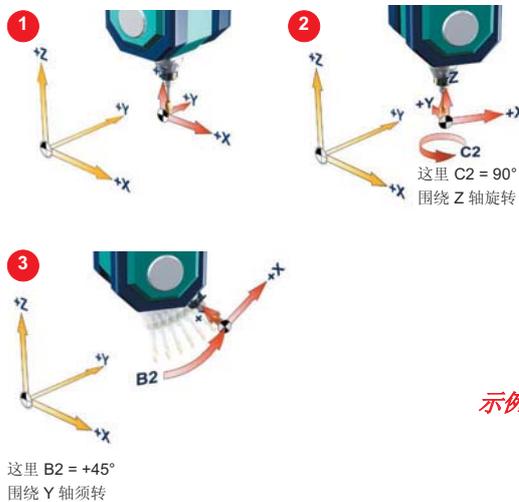
示例

编程方向矢量

由 $A3$ 、 $B3$ 、 $C3$ 编程方向矢量的组成部分。矢量指向刀架；矢量的长度并不重要。将尚未编程的矢量成分设置为等于零。

分辨率精度应设置得尽可能高。经验显示 8 至 10 小数位可以带来良好的结果。

```
ORIVECT.MPF
N020 TRAORI
N030 G60 F10000
X0 Y0 Z0
N050 A3=0 B3=0 C3=1
N060 A3=0 B3=1 C3=0
N070 A3=1 B3=0 C3=0
N080 A3=1 B3=1
N090 A3=1 B3=1 C3=1
N100 A3=1 B3=0 C3=1
N110 A3=0 B3=1 C3=1
N160 A3=0 B3=-1 C3=0
N170 A3=-1 B3=0 C3=0
N180 A3=-1 B3=-1
N190 A3=-1 B3=-1 C3=1
N200 A3=-1 B3=0 C3=1
N210 A3=0 B3=-1 C3=1
N888888 M30
```



示例

以 RPY 角编程

以 $A2$ 、 $B2$ 、 $C2$ 编程方向的值叫做 RPY 角（以度为单位）。

从]法线位置出发 ①：方向矢量由 Z 方向上的矢量首先以 $C2$ 围绕 Z 轴，接着以 $B2$ 围绕新的 Y 轴并最后以 $A2$ 围绕新的 X 轴计算得出。与欧拉交编程相反，这里的所有三个值都对方向矢量有影响。

```
ORIRPY.MPF
N020 TRAORI
N030 G60 F10000 X0 Y0 Z0
N050 C2=0 B2=0
N060 C2=90 B2=90
```

3.4

程序员信息
刀具定向 - **A3= B3= C3=**,

```

N070 C2=0 B2=90
N080 C2=45 B2=90
N090 C2=45 B2=45
N100 C2=0 B2=45
N110 C2=90 B2=45
N160 C2=90 B2=-90
N170 C2=0 B2=-90
N180 C2=-135 B2=90
N190 C2=-135 B2=45
N200 C2=0 B2=-45
N210 C2=90 B2=-45
N888888 M30

```

用欧拉角编程刀具方向

以欧拉角编程与用 RPY 角编程相似。

示例

```

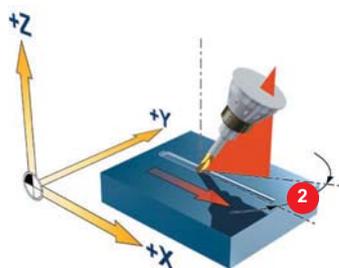
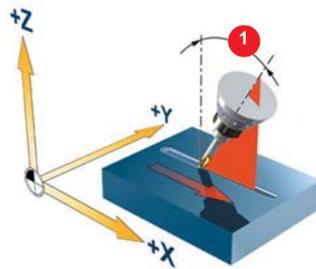
....
N020 TRAORI
N030 G60 F10000 X0 Y0 Z0
N050 A2=0 B2=0 C2=0
N060 A2=0 B2=-90 C2=0
...

```

用 LEAD 和 TILT 与 ORIPATH 结合编程刀具方向

所得出的刀具方向结果取决于：

- 路径切线
- 表面法线矢量
- 导程角 **LEAD ①**
- 程序块结束处的倾斜角 **TILT ②**



LEAD 画出路径切线方向上表面法线和新刀具方向之间的角。如果刀具还从该位置绕表面法线旋转，则该位置与 **TILT** 角相对应。

示例

```

....
N100 G54
N110 G64
N120 ORIWKS
N130 CUT3DF
N110 ORIC
N120 ANFANG: ROT X=R20
N130 G0 X=260 Y0 A3=1 B3=0 C3=0
N140 G1 Z0 LEAD=5 TILT=10 G41
N150 X240.000 Y0.000 A5=1 B5=0.000
C5=0.000
...

```

3.5 高速设置 - CYCLE832

Sinumerik 840D 包括 CYCLE832，而 CYCLE832 包含有用于自由形状曲面铣削的最重要功能，以简化编程并详细阐明程序结构。

CYCLE832 也使得机床操作人员可以更为轻松地影响程序。

编程

CYCLE832(_TOL,_TOLM)	编程循环
CYCLE832()	程序调用缩写。对应于选择“加工”屏幕窗口的“取消选择”。
CYCLE832(0.01)	程序调用缩写。输入公差值。激活的 G 命令在循环中保持不变。

各个参数的含义

_TOL	实数	机床轴上的公差 -> 单位：毫米/英寸；度	
_TOLM 7	整数	公差方式	
		小数位 ²⁾	输入
		0	0 = 取消选择 1 = 精加工（默认） ¹⁾ 2 = 预精加工 3 = 粗加工
		1	0 = 1 =
		2	0 = TRAF OF (default) ¹⁾ 1 = TRAORI(1) 2 = TRAORI(2)
		3	0 = G64 1 = G641 2 = G642 (default) ¹⁾ 3 = G643 4 = G644
		4	0 FFWOF SOFT (default) ¹⁾ 1 FFWON SOFT 2 FFWOF BRISK
		5	0 = COMPOF 1 = COMPCAD (default) ¹⁾ 2 = COMPCURV 3 = B 样条
		6	备用
		7	备用

¹⁾ 可由机床制造商更改设置
²⁾ 参数序列 (CYCLE832(_TO, 76543210))

小数位 0**公差 (_TOL)**

用于加工的轴的公差。公差值与 G642 及 COMPCURV 或 COMPCAD 一同应用。如果加工轴是一条旋转轴，则将公差值写入 MD 33100: COMPRESS_POS:_TOL (AX) 以用于带有系数的旋转轴（默认系数 = 8）。

通过 G641，公差值对应于 ADIS 值。在最初输入时公差以下的值预设：

- 0 **取消选择:** 0.1 (直线轴)
0.1 度 (旋转轴)
考虑度量系统毫米/英寸
- 1 **精加工:** 0.01 (直线轴)
0.08 度 (旋转轴)
- 2 **预精加工:** 0.05 (直线轴)
0.4 度 (直线轴)
- 3 **粗加工:** 0.1 (直线轴)
0.8 度 (旋转轴)

如果公差值也要应用到旋转轴上，机床制造商必须设置 5 轴转换。

小数位 2**转换 (_TOLM)**

仅当设置 NC 选项时（5 轴加工包组件）才显示转换输入栏。

- 0 **TRAFOOF**
支持带有开放旋转轴位置的
CAM 程序
- 1 **TRAORI**
- 2 **TRAORI (2)**

取消选择制造商循环的转换号码以调用 5 轴转换。参数与下面的 GUD7 可变 _TOLT2 联合使用。接下来可以以制造商循环的名称调用制造商转换循环。如果 _TOLT2 是空的（“默认”），用 TRAORI(1)、TRAORI(2) 选择转换 1, 2……调用 5 轴转换。

匹配, 技术匹配

- 是
- 否

如果通过控制系统上的屏幕窗口编程 CYCLE832，则只能在匹配设置为“是”的情况下修改下列输入参数。

小数位 3**连续路径控制 (_TOLM)**

- 0 **G64** (默认)
- 1 **G641** 带有 ADIS、ADISPOS 的角度倒圆
- 2 **G642** 带有单轴公差的角度倒圆
- 3 **G643** 程序块内部角度倒圆
- 4 **G644** 速度优化角度倒圆

当使用带有 COMPCAD、COMPCURV 的 NC 程序块压缩器时，总是选择 G G642。

小数位 4**压缩, NC 程序块压缩器 (_TOLM)**

- 0 **FFWON SOFT**
带前馈控制、带突变限制
- 1 **FFWOF SOFT**
不带前馈控制、带突变限制
- 2 **FFWOF BRISK**
不带前馈控制、不带突变限制

为了选择前馈控制和（FFWON）和突变限制（SOFT），控制系统和加工轴必须先由机床制造商进行优化。

小数位 5**压缩, NC 程序块压缩器 (_TOLM)**

- 0 无 (COMPOF)
- 1 **COMPCAD**
- 2 **COMPCURV**
- 3 **B 样条**

为了选择前馈控制和（FFWON）和突变限制（SOFT），控制系统和加工轴必须先由机床制造商进行优化。

注意

为能够使用这些功能，机床制造商必须以适当的方式优化 CNC /机床。

使用高速设置循环

CYCLE832 把重要的 G 代码和机床以及 HSC 加工所要求的设置数据结合在一起。



在 CAM 程序中 HSC 范围内，这三种加工类型对精确度和路径轮廓速度有直接关联。通过指定公差值，操作人员/程序员可以相应加权系数。

不同的公差和设置（技术匹配）都可分配于这三种加工类型。

循环位于主程序中几何尺寸子程序之前（参见下面的调用示例）。考虑公差值的不同判读。举例说，使用 G641 时，公差值转换为 ADIS=，使用 G642 时，轴专用机床数据 MD 33100 \$MA_COMPRESS_POS_TOL (AX) 被更新。

调用“加工取消选择”循环，重置修改后的机床/设置数据为机床制造商的值。

在 CYCLE832 中有三种相互区别的加工技术：

- 精加工
- 预精加工和
- 粗加工

CYCLE832 调用示例

示例

```

N01 T1 D1
N02 G54
N03 M3 S12000
N04 CYCLE832(0.2,110003)* ;0.2 公差值
                           ;1003 从后到前：
                           ;3 = 粗加工, 0 = TRAF0F,
                           ;0 = G64, 1 = FFWON SOFT, 1 = COMPCAD
N05 EXTCALL „CAM_Mold_Roughing“ ; “粗加工”子程序调用
N06 CYCLE832(0.01,102001)* ; 0.01 = 公差值
                           ;102001 从后到前：
                           ;1 = 精加工, 0 = TRAF0F,
                           ;2 = G642, 0 = FFWOF SOFT,
                           ;1 = COMPCAD
N07 EXTCALL „CAM_Mold_Finishing“ ; “精加工”子程序调用
N08 M02
    
```

*注意：小数位 1 没有功能

(0.2,110003)

┌
│ 小数位 0
└ 小数位 1

压缩或者 - COMPCAD, COMPCURV, ……

在 CYCLE832 中，压缩器在理论上被调用。为了单独对其进行编程，您需执行以下的程序。

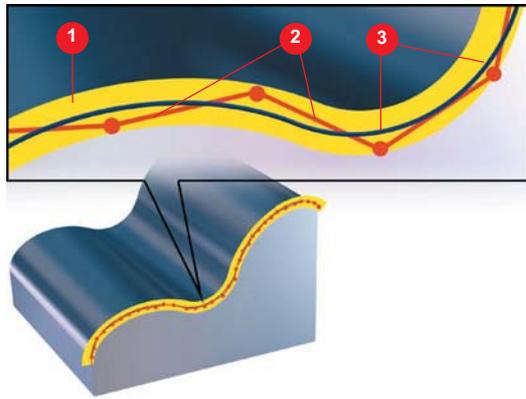
编程

COMPCURV
COMPCAD
COMPOF

各个命令的含义

COMPCURV	<p>压缩器开：</p> <p>近似于多项式，第五级。 G1 程序块近似于一个多项式。 程序块过渡无突变移动。</p> <p>更适宜圆周铣削</p>
COMPCAD	<p>压缩器开：</p> <p>COMPCAD 在接近（B 样条）前使点轮廓变得平滑并在高路径速度下提供最大的精度和持续加速转换（压缩率无限制，但最大路径长度为 5 毫米）</p> <p>更适宜于自由形状曲面铣削（推荐）</p>
COMPOF	<p>压缩器关</p> <p>用于合并路径和轴定向的附加命令：</p>
UPATH	<p>用于轴定向的参数设置对应于那些用于路径轴 X、Y、Z 的参数设置。这表示，对于同步轴的运动，$A = f(u)$，这里 u 表示路径运动的路径参数。 推荐 UPATH 用于编程。</p>
SPATH	<p>同步轴的参数设置依照路径轴的弧长。 这表示对于方向轴 A 的运动，$A = f(s)$，这里 s 表示路径运动的弧长。</p>

样条压缩器的功能



根据指定的公差带①，压缩器结合一系列 G1 命令②并将它们压缩为一个样条③，这可由控制系统直接执行。

这使得表面更为平滑，因为机床轴能够更加谐调一致地运动且可消除机床共振。

这可提高进给速度并减轻机床的负荷。

编程时的注意事项

如果高速设置循环 CYCLE832 不可用，则压缩器须如下所示编程。如果是 6.4 之前的软件版本，则情况就是如此。

必须由机床制造商解锁机床数据 [MA] 写入。

示例

```
N010 FGROUP (X, Y, Z) ;进给与路径轴相关
N020 UPATH G642
N020 $MA_COMPRESS_POS_TOL [X] = 0.01 ;路径公差设置
N030 $MA_COMPRESS_POS_TOL [Y] = 0.01 ;路径公差设置
N040 $MA_COMPRESS_POS_TOL [Z] = 0.01 ;路径公差设置
N050 $MA_COMPRESS_POS_TOL [A] = 0.08 ;旋转轴公差设置
N060 $MA_COMPRESS_POS_TOL [B] = 0.08 ;旋转轴公差设置
; (旋转轴的值应是
; 路径公差的系数 8 - 10。)
```

```
N070 NEWCONF
N080 COMPCAD ;压缩器开
N090 G1 X.37 Y2.9 F600 ;G1 在终点前并进给！
N100 X16.87 Y-4.698 A3=0.1736482 B3=-0.84950947 C3=0.49817663
N110 X16.865 Y-4.72 A3=0.1736482 B3=-0.84950664 C3=0.49818147
N120 X16.91 Y-4.799 A3=0.17364925 B3=-0.84774706 C3=0.5011695
...
N1037 COMPOF ;压缩器关
...
```

连续路径方式，预读 - G64, G642, G643

如果在 CYCLE832 内调用连续路径模式，G641 内的 ADIS 值对应于公差值 TOL_。如果您不用 CYCLE832 编程，您应将 ADIS 值算进来。

用 ADIS 编程退刀间距

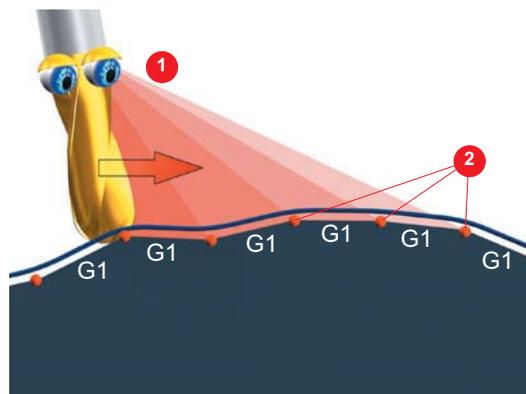
G64

G642 ADIS=... oder ADISPOS=...

G643 ADIS=... oder ADISPOS=...

各个命令的含义

G64	连续路径模式 -带制动的预读功能，仅允许在拐角处
G642	带有轴向公差的角度倒圆（推荐） 带有附加 角度倒圆的预读功能 对应于 MD 33100（机床数据） 对于 G642 和 G643，有两种方式指定公差。1. 指定单轴 - 参见前页的编程示例或 2. 以 ADIS 编程退刀间距 更适宜于 自由形状曲面铣削
G643	程序块内部角度倒圆 带有附加 块内角度倒圆预读 对应于 MD33100)
G644	速度和加速度优化的角度倒圆 适用于轮廓外的快速定位
ADIS=	用于路径功能 G1, G2, G3 的倒圆间距
ADISPOS=	用于快速进给 G0（不适用于自由形状曲面）的倒圆间距

G64, ……, G644

连续路径控制旨在提高速度及协调进给性能。
在路径控制功能 G64 等等中，由两项功能实现这一目标。

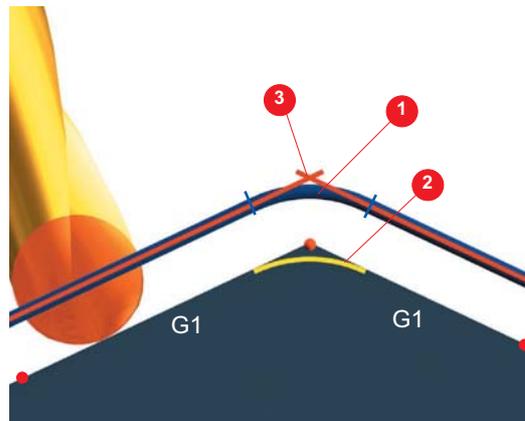
预读 - 预读速度控制 ①

控制系统预读计算几个 CNC 程序块并测定模态速率。这种计算速度控制的方法可以用 G64 功能等进行设置。

角度倒圆 ②

预读功能还包括控制系统能够绕过它所侦测到的角。因此，不会准确地趋近所编程的角点。绕过锐角转角。

这两项功能表示，将以统一的路径速率创建轮廓。这就创造了更好的切削条件，提高了表面质量并缩短了加工时间。



为了绕过锐角转角 ③，连续路径命令 **G642** 和 **G643** 在程序块分界线处形成过渡元素 ①，②。连续路径命令形成过渡元素的方式各不相同。

用 **G641**、**G642**、**G643** 您可用 **ADIS** 值指定倒圆的度。

G642 插入常数曲线转换多项式。它避免了在程序块分界线处的加速度跳转。我们推荐 **G642** 用于模具加工应用领域

G643 插入常数曲线转换多项式。它不形成中间程序块而是在程序块内部绕过拐角。

前馈控制和突变限制 – FFWON, OFT, ……

前馈控制和突变限制仅能作为这两种功能的组合一起在 CYCLE832 中调用。这是因为这种组合对自由形状曲面铣削提供了理想条件。当然也可以独立编程这两种功能。

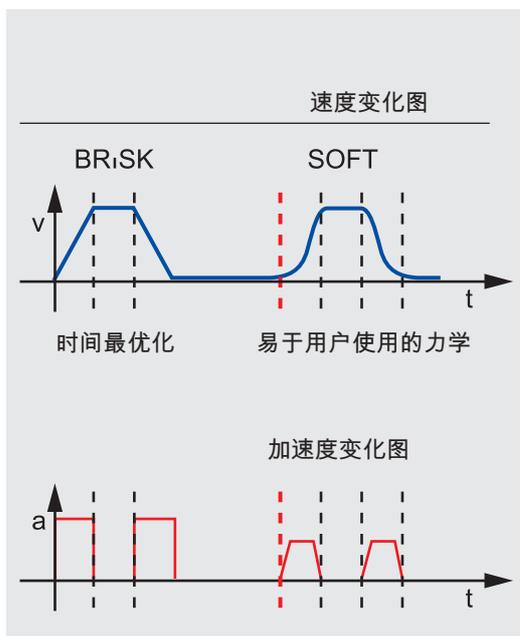
编程

FFWON/
FFWOF
BRISK
SOFT

各个命令的含义

FFWON	前馈控制“开”
FFWOF	前馈控制“关”
BRISK	不带有突变限制 路径轴猛烈加速
SOFT	带有突变限制 路径轴温和加速 轴向的突变限制（在机床数据 JOG_AND_PS_MAX_JERK （jog 和定位）MAX_AX_JERK（路径模式）中的最大突变）

突变限制功能

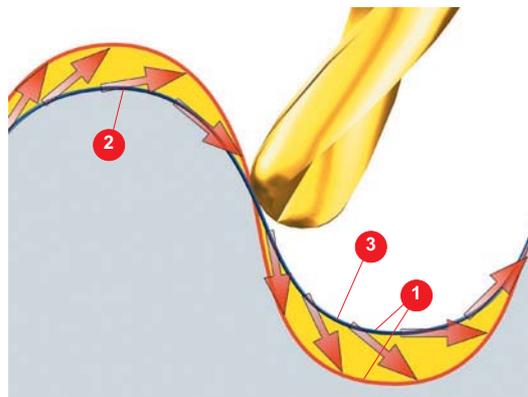


为了使加速度在机窗上尽可能的温和，可以用命令 **Soft**、**Brisk** 来影响轴的加速度变化。如果 **Soft** 被激活，则加速度行为不会突然改变而是以线性特征增加。这将减少机床的负荷。它还有益于保持工件的表面质量，因为机床共振也被大大降低了。

BRISK:

加速行为：根据指定的机床数据，路径轴突然加速

轴以最大加速度滑行直至达到进给率。**BRISK** 使时间最优化加工成为可能，但在加速度曲线上有跳转。



SOFT:

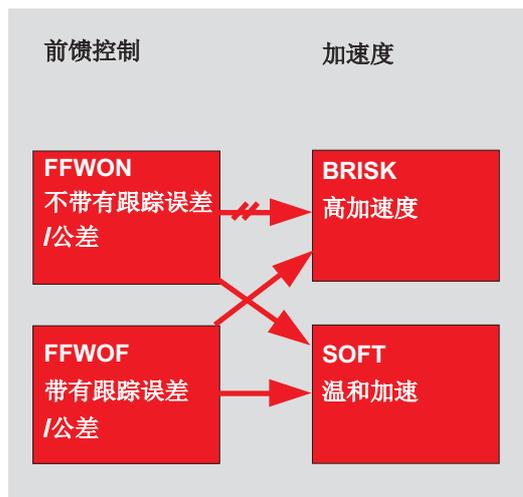
加速度行为：路径轴温和加速度。

轴以恒定的加速度滑行直至达到进给率。SOFT 加速度可确保更高的路径精确率和更少的机床磨损。

前馈控制功能

跟踪误差将导致轮廓发生偏差 ①。系统惯性表示切刀趋向于以切线方式离开设定点轮廓 ②，即实际的轮廓 ③ 将造成偏离设置点轮廓。跟踪误差是系统（定位控制）和速度结合的产物。

前馈控制 **FFWON** 将在画出轮廓时速度相关的跟踪误差减少至几乎为零。带有前馈控制的进给可允许有更高的路径精确度，从而改进加工成果。



推荐

CYCLE832 包含下列组合：

FFWON SOFT

强调高路径精确度。这通过温和速度控制在很大程度上消除跟踪误差而实现。

FFWOF SOFT

高路径精确度不再是需要优先考虑的事。通过跟踪误差获得附加的倒圆。适合于在旧的程序/机床上的使用。

FFWON BRISK

不推荐

FFWOF BRISK

适用于粗加工或当要求最大速度时。

3.6 进给率变化表 – FNORM, FLIN, ……

编程

F... FNORM
 F... FLIN
 F... FCUB
 F=FPO(endfeed, quadf, ufb)

各个命令的含义

FNORM	基本设置。进给率应用在程序块的整条路径上，随后作为模态值。
FLIN	线性路径速度变化表： 以程序块开始处的实际值进给率线性进给，直至该程序块的结束处，随后作为模态值。
FCUB	立体路径速度变化表： 相对于程序块结束处非模态编程的 F 值，通过一个样条连接样条开始和结束处正切于之前或之后的进给率设置。如果 F 地址从程序块中丢失，则将使用上一次编程的 F 值。
F=FPO...	多项式路径速度变化表： F 地址通过从当前值到程序块的多项式表示进给率变化表。随后最终值被作为模态值。
endfeed:	程序块结束处的进给率
quadf:	二次多项式系数
ubf:	三次多项式系数

功能

什么是进给率变化表？

为了使进给率变化表编程更为灵活，依据 DIN 66025，进给率编程添加了线性和立体特性。立体特性可以直接或者作为插补样条编程。这些附加的特性使得根据所要加工工件的曲率连续编程流畅速率特性成为可能。

这些速率特性可以编程极限加速度变化，从而能够制造出统一的工件表面。

3.7 定向插补 – ORIVECT, ……

Programmierung

N.. ORIMKS	定向参考系统
N.. ORIWKS	
<hr/>	
N.. ORIAxes/ORIVECT/...	定向插补类型
N.. G1 X Y Z A B C	

Erläuterung der Befehle

Orientierungsbezug

ORIMKS	方向矢量的参考系统是机床坐标系。 如果 \$MC_ORI_IPO_WITH_G_CODE = 0 它也完全等同于 ORIAxes
ORIWKS	方向矢量的参考系统是工件坐标系。 如果 \$MC_ORI_IPO_WITH_G_CODE = 0 它也完全等同于 ORIVECT

定向插补

轴插补

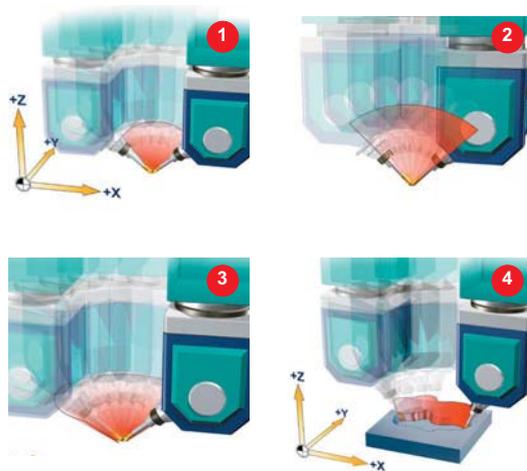
ORIAxes	机床轴的直线插补或旋转轴的插补使用多项式（如果 POLY 已激活）
----------------	-----------------------------------

矢量插补

ORIVECT	在同一平面上的方向矢量插补（大圆弧插补）
ORIPLANE	在一个平面上的插补（大圆弧插补），与 ORIVECT 同义
ORIPATH	相对于路径的刀具方向。由法向矢量和路径切线构成的一个表面，该表面在终点定义 LEAD 和 TILT 的含义。 这表示路径参数仅用于定义终点方向矢量。 从起点到终点方向进行大圆弧插补。LEAD 和 TILT 并不简单地表示导程和倾斜角。它们定义如下：LEAD 描述由标准向量和路径正切夹紧的平面中的旋转，TILT 则定义绕着法线矢量的旋转。换句话说，它们在一个球形坐标系中表示 θ 和 Φ ，法线矢量作为 Z 轴，切线作为 X 轴。
ORICONCW	在圆锥外表面上以顺时针方向插补
ORICONCCW	在圆锥外表面上以逆时针方向插补。这两种情况下还要求： A3=... B3=... C3=... 或 XH=..., YH=..., ZH=... 圆锥旋转轴终点方向：A6, B6, C6 孔径角：NUT=...

ORICONIO	以中间方向设置在圆锥外表面插补，通过 A7=... B7=... C7=... 还要求： A3=... B3=... C3=... 或者 XH=..., YH=..., ZH=... 终点方向
ORICONTO	以切线过渡在圆锥外表面插补还要求： A3=... B3=... C3=... 或者 XH=..., YH=..., ZH=... 终点方向 此处也可以使用 POLY, PO[PHI]=..., PO[PSI]=...编程。 这是一个广义性大圆弧插补，在该插补中， 对用于导程角和倾斜角的多项式进行编程。 在圆锥插补与大圆弧插补中用于给定起始方向和终点方向中， 多项式具有相同的含义。多项式可以用ORIVECT、ORIPLANE、 ORICONCW、ORICONCCW、ORICONIO、ORICONTO编程。
ORICURVE	通过定义刀具刀尖移动和刀具上的第二个点进行定向插补 第二个点的路径通过 XH=... YH=... ZH=... 定义，与BSPLINE 结合为控制多边形，与 POLY结合为多项式： PO[XH] = (xe, x2, x3, x4, x5) PO[YH] = (ye, y2, y3, y4, y5) PO[ZH] = (ze, z2, z3, z4, z5) 如果附加的 BSPLINE 或 POLY 信息不可用， 则相应进行从起始方向到终点方向的简单直线插补。

主要定向插补



定向插补在第 1.10 部分有描述

- ① 直线插补 ORIAXES
- ② 大圆弧插补 ORIVECT
- ③ 锥形面插补 ORICONCW
- ④ 曲线插补 ORICURVE

3.8 刀具偏移 – CUT3DFS, ……

各个命令的含义

G40	取消激活所有变量
G41	在圆周铣削中激活，补偿方向左
G42	在圆周铣削中激活，补偿方向右
G450	外角上的圆弧（所有补偿类型）
G451	行进在外角上的交叉点（所有补偿类型）
2 1/2D 圆周铣削	
CUT2D	2 1/2D 补偿，带有通过 G17 - G19 确定的补偿平面
CUT2DF	2 1/2D 补偿，带有通过框架确定的补偿平面
3D 圆周铣削	
CUT3DC	垂直于路径切线和刀具方向的补偿
ORID	外角处插入圆弧程序块无方向变化。 方向运动在直线程序块中进行。
ORIC	行进路径通过圆弧扩展。在圆弧中也要相应进行方向变化。
端面铣削	
CUT3DFS	恒定方向（3 轴）。在坐标系 Z 方向上的刀具端面通过 G17-G19 定义。框架没有影响。
CUT3DFF	恒定方向（3 轴）。在坐标系 Z 方向上的刀具通过当前框架定义。
CUT3DF	5 轴，带有可变刀具方向
3D 圆周铣削，带有限制表面（结合圆周/端面铣削）	
CUT3DCC	CNC 程序以加工表面上的轮廓为基准。
CUT3DCCD	CNC 程序以刀具中心路径为基准。

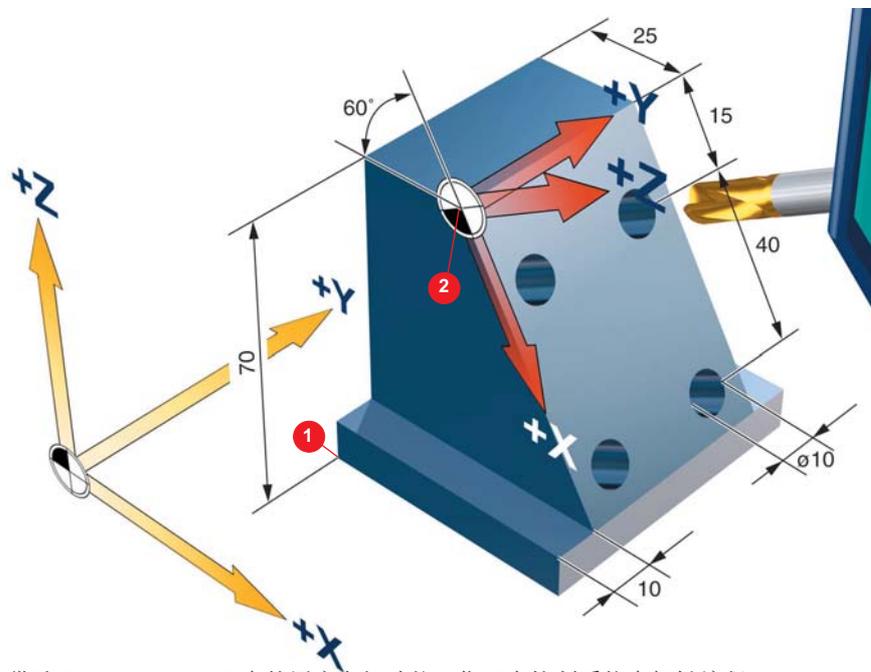
3.9 在机床上编程

加工斜面或孔

程序员也可在机床上编程 5 轴运动。

示例：斜孔0000

在大的刀具的倾斜滑板上制造 4 个孔。



借助 Sinumerik 840D 中的用户友好功能，您可在控制系统中轻松编程。

示例

```

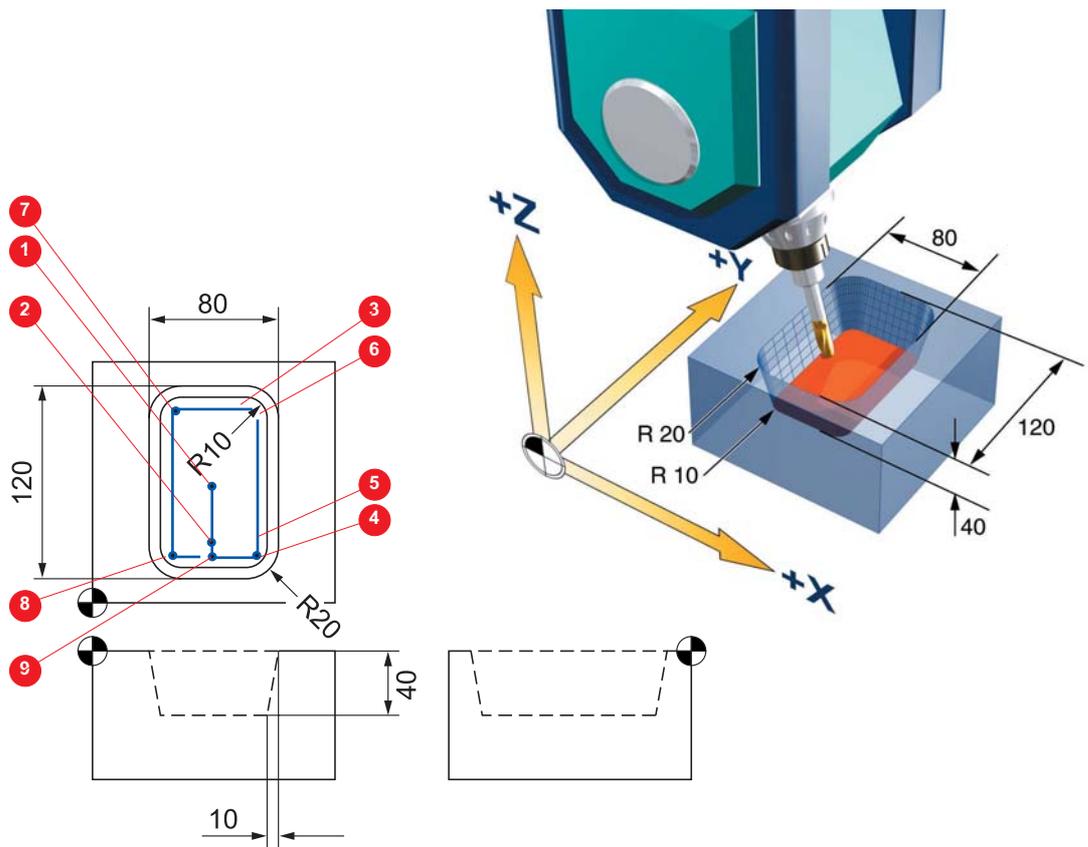
%_N_slide
N10 T1
N20 S1000 M3
N30 M8 M60
N40 ORIWKS TRAORI
N50 ORIVECT
N60 G54 ;零点在 ❶ 处。
N70 TRANS X25 Y10 Z70 ;坐标系移至 ❷。
N80 AROT Y+60 ;坐标系旋转至斜面。从该点开始
;自动计算静态的转换。
N90 G0 X20 Y15 Z5 ;首先趋近钻孔位置且使 A3、B3、C3 刀具
A3=0 B3=0 C3=1 ;平行于 Z 轴，即刀具垂直于平面。
N110 Bohrzyklus ;从该点开始您可以像在 a 2 ½D 状态中一样
;进行编程。840D 为您执行
;其它一切事项。
...
N200 M30 ;程序结束
  
```

定向插补示例

凹槽草图

在下面的程序中，我们假定已经用直壁生成凹槽，因此，我们在此仅对斜面的编程进行说明。在 G90 中进行编程，刀具在平行于 Z 轴处出发。编程凹槽底侧的轮廓。

示例



N110	TRAORI(1)	;激活 TRAFO
N120	G54	;选择刀具零点
N130	TRANS X 80 Y80	;移动刀具零点至凹槽中心 ❶
/N140	AROT Z ..	; (如有必要，旋转凹槽)
N150	ORIWKS	;在 WCS 中定向刀具
N160	ORIVECT	;定向大圆弧插补
N170	CUT3DC	;3D 刀具半径补偿 (TRC)
N180	ISD=0	;刀具接合长度 = 0
		在工件表面上编程轮廓，而不是凹槽底侧上 (于是 ISD = 41, 231)，也可参见 CNC 程序结束处的注意事项。
N190	G0 X0 Y-40 Z-39	;趋近路径 ❷
N200	G1 G41 X0 Y-50 Z-40	
	A3=0 B3= - 10 C3=40	;当趋近轮廓时，方向改变

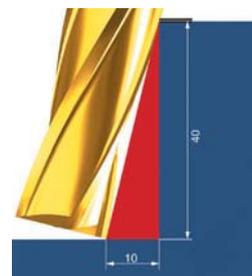
			; 选择 TRC 并以所要求的方向趋近第 1 个加工位置。
			; 方向矢量的成分
			; 可以直接从图纸中获得。③
N210	X20		; 1. 加工步骤。进给至拐角处。④
N220	ORICONCCW		; 为定向插补选择锥形面插补
N230	A6=0 B6=0 C6=1		; 定义锥形轴（平行于 TCS 的
			; Z 轴）。定义锥形垂直于 Z 轴。
N240	G3 X30 Y-40 CR=10		; 带有半径编程的凹槽倒圆
	A3=10 B3=0 C3=40		; 在锥形面上改变方向 ⑤
N250	ORIVECT		; 大圆弧插补
N260	G1 Y40		; 从该点开始重复各个加工步骤 ⑥
N270	ORICONCCW		
N280	A6=0 B6=0 C6=1		
N290	G3 X20 Y50 CR=10		
	A3=0 B3=10 C3=40		
N300	ORIVECT		
N310	G1 X-20		; ⑦
N320	ORICONCCW		
N330	A6=0 B6=0 C6=1		
N340	G3 X-30 Y40 CR=10 A3= - 10 B3=0 C3=40		
N350	ORIVECT		
N360	G1 Y-40		
N370	ORICONCCW		
N380	A6=0 B6=0 C6=1		; ⑧
N390	G3 X-20 Y-50 CR=10 A3=0 B3= - 10 C3=40		
N400	ORIVECT		
N410	G1 X0		; ⑨
N420	G40 Y-40 Z-39 A3=0 B3=0 C3=1		; 取消选择 TRC
N430	G0 Z100		; 退刀
N440	TRAFOOF		; 断开TRAFO（如有必要）

可以用不同的方法生成该凹槽：

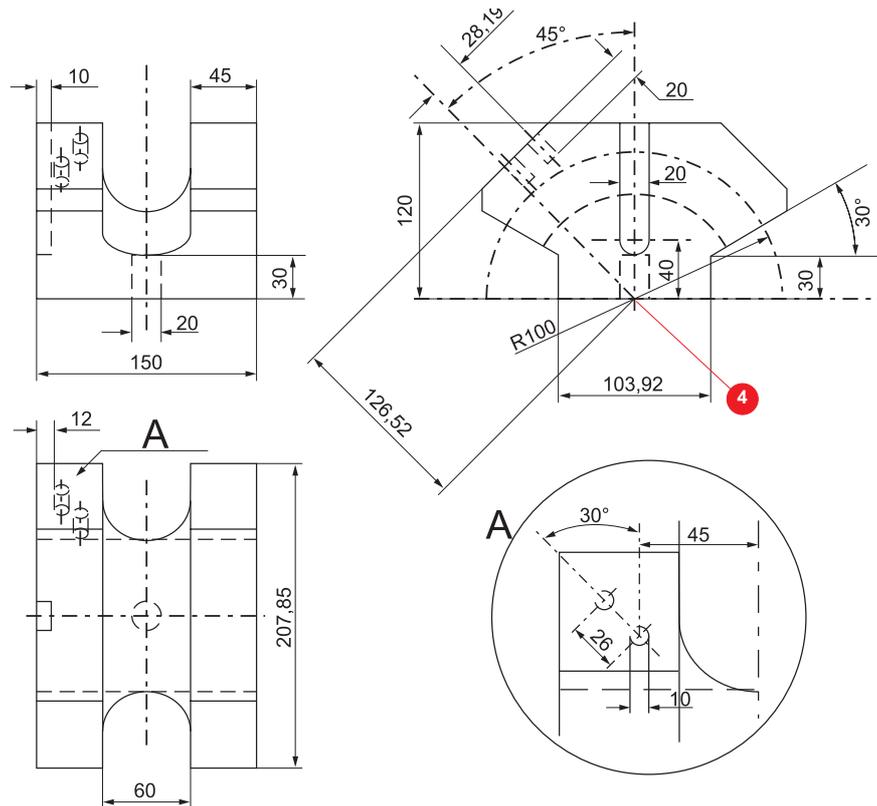
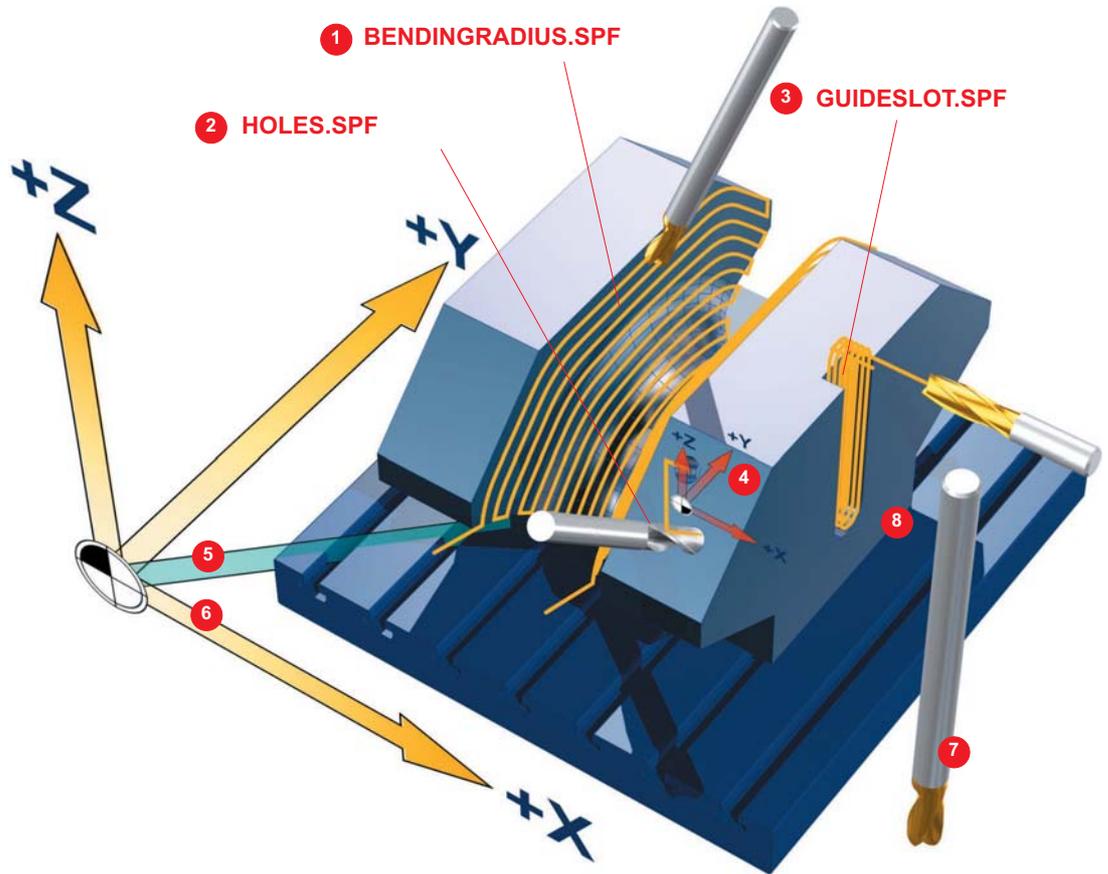
1. 如果在凹槽底侧编程凹槽轮廓，ISD = 0 mm, 这里 ISD 是刀具的接合深度。
2. 也可在工件表面编程凹槽轮廓。
在这种情况下，切削刀具必须以 41.231 毫米的 ISD 插入，它等于壁长。半径必须调整。

在这个例子中，使用毕达哥拉斯定理计算接合深度：

$$\text{ISD: } \sqrt{40^2 + 10^2} = 41,231$$



3.10 示例 - 用于导管的弯曲设备



工件

在用于导管的弯曲设备上要求铣削工作：

- ❶ 弯曲半径，冲模（BENDINGRADIUS.SPF，自由形状曲面的 5 轴同步铣削）
- ❷ 钻孔（HOLES.SPF，通过转换框架进行 3 轴钻孔）
- ❸ 定向插槽（GUIDESLOT.SPF，通过框架转换进行 3 轴铣削）

在工件底侧有一个用于在弯曲机床对设备进行箝位的中心螺纹孔 ❹。

该螺纹孔也应当在铣削机床中用来箝位或至少用来定中心。这就可对其它部件重复进行箝位。

所有关键的尺寸都与该孔相关，其结果是，刀具坐标系 ❺ 通过可调整的零点偏移 G54 ❻ 也定位在该孔上。

机床运动

在我们的例子中，工件是由一个旋转/转动头来加工的。机床零点在工作台外部。在这种情况下，机床轴 ❻ 和工件坐标系 ❹ 相互平行。因此，G54 仅包含平移值。带有任何机床运动的任何 5 轴机床都可用于铣削。

当然，其前提条件是能够达到必须的方向。举例来说，在点 ❸ 的刀具必须能够接受 $A = -90^\circ$ 的旋转角。

在每个子程序调用之间都趋近一个刀具更换位置 ❷，定位该位置，以便刀具可以沿着直线路径趋近加工位置而不与工件发生碰撞。安全位置位于工作区域的最顶端 X0 Y0 Z999 处。

程序对于三种基本运动都一样（参见第 1 章）。相同的程序可以在所有三种机床类型上运行。

CNC 程序

CAM 系统中的后置处理程序生成 CNC 程序，它由一个主程序和若干子程序构成。但是，CAM 系统对于孔 ❷ 和导向槽 ❸ 并非是必要的。两种加工操作都可以使用 Sinumerik 840D 轻松编程。

子程序相对应于加工位置 ❶、❷ 和 ❸。因此，程序结构对于机床操作人员来说十分清晰。主程序包含工件坐标系 ❹，两个临时轴系（框架）以该坐标系作为参考，它们使用子程序“Holes.spf”和“Guideslot.spf”。用命令 TRANS 和 AROT 定义这些临时轴系。TRANS 和 AROT 定义工件坐标系以用于编程。

机床操作人员可以进行一些后续更改。在我们的子程序注释中包含有一些提示。后置处理程序的标准版本只生成一个不带有主程序和子程序技术的程序。

注意：

此处所示的程序并不完整。它们仅是为了从技术角度出发，以图解形式阐明程序结构。

主程序

主程序仅包含技术数据。几何数据都包含在子程序中。用于两个子程序 “Holes.spf” 和 “Guideslot.spf” 的框架定义也包含在主程序中。

Mainprogram.mpf		
N10	G17 G54 G90	; 工作面, 绝对尺寸 ; 从机床到工件坐标系的零点偏移, ; 在工件较低一侧上的螺纹孔上 ; 在 “Holes.spf” 和 “Guideslot.spf” ; 中的框架定义与该工件零点相关。
N20	MSG ("CAM-Programm")	
<hr/>		
		; 注意: ; ; 在子程序中并不出现趋近位置上的旋转运动。 ; 在子程序中编程进给率。
N30	MSG ("1st OPERATION: 5-AXIS-MACHINING")	; CAM 程序员对有关子程序的类型作出的 ; 注释
N40	T1 D1	; 趋近刀具更换位置并更换刀具。 ; 这只是一个简化的版本, ; 由机床制造商决定是否需要其它命令。
N50	S16800 M3	; 主轴速度, 顺时针方向
N60	CYCLE832(0.05,112101)	; 高速设置 “开”, 设置如下所示: ; 0.05 = 机床轴公差 0.05 mm 112101 = COMCAD, ; FFWON SOFT, G642, TRAORI(1), 精加工
N70	EXTCALL "BENDINGRADIUS.SPF"	; 调用 “BENDINGRADIUS.SPF” 子程序。
N80	CYCLE832()	; 取消选择高速设置, 因为无需将它们用于子程序 ; “holes.spf”。
<hr/>		
		; 注意: ; ; 此处, 在工作位置上的旋转运动被包括在程序块 <u>N170</u> 中。
		; 未编程CYCLE832, 由于它仅对 3 轴 ; 或 5 轴转换有用
N90	MSG ("2nd OPERATION: 通过框架支持进行钻孔")	; CAM 程序员对有关子程序的类型作出的 ; 注释
N100	T2 D2	; 趋近刀具更换位置
N110	S850 M3	; 主轴速度, 顺时针方向
N120	TRAORI()	; 选择 5 轴转换
N130	G54	; 再次选择零点偏移
N140	TRANS X45 Y-69.529 Z109.393	; 框架定义, 平移要素 ; 从工件底侧到顶端钻孔的中心

3.10

程序员信息

示例 - 用于导管的弯曲设备

```
N150  AROT X45                ;框架定义, 旋转要素I
N160  AROT Z-60              ;定位框架, 以便旋转后
                                   ;两孔位于同一轴上, 即
                                   ;X 轴。两个钻孔之间所需的
                                   ;26 毫米间距能够清楚地
                                   ;在程序上显示。
                                   ;这使我们以后能够在程序中更加轻松地
                                   ;修改钻孔位置。

                                   ;用 TRANS 和 ROT 执行框架偏移,
                                   ;由于它们必须以 G54 为基础。

N170  G0 A3=0 B3=0 C3=1      ;刀具方向垂直于加工平面

N180  EXTCALL "HOLES.SPF" ;调用子程序 "holes.spf"
N190  TRANS                  ;平移和旋转关。由于 TRANS
                                   ;清除所有转换 (ROT、SCALE、MIRROR、
                                   ;TRANS), 则不需要用 CNC 程序块 "N22 ROT"
                                   ;来断开旋转。



---


                                   ;注意:
                                   ;此处, 在工作位置上的旋转运动被包括在 N280 程序
                                   ;块中。

N200  MSG ("3rd OPERATION: Contour ;CAM 程序员对有关子程序类型作出的
      milling with frame support") ;注释
N210  G0 A3=0 B3=0 C3=1      ;避免与工件碰撞
                                   ; (TRAORI 仍被激活)
N220  T3 D3                  ;趋近刀具更换位置
N230  S10500 M3              ;主轴速度, 顺时针方向

N240  TRANS X75 Y0 Z0        ;框架定义, 平移要素。从
                                   ;工件的较低侧到壁的较低侧。
N250  AROT Z90                ;框架定义, 旋转要素。
N260  AROT X90                ;定位框架, 以便框架上的 Z 轴
                                   ;相对应于横进给方向及
                                   ;到 Y 轴的主要运动方向。

N270  CYCLE832(0.05,112101)   ;;高速设置 "开", 设置如下所示:
                                   ;0.05 = 机床轴公差 0.05 mm
                                   ;112101 = COMCAD, FFWON SOFT, G642,
                                   ;TRAORI(1), 精加工

N280  G0 A3=0 B3=0 C3 =1     ;刀具方向垂直于加工平面
N290  EXTCALL "GUIDESLOT.SPF" ;调用子程序 "GUIDESLOT.SPF"
```

N300	CYCLE832 ()	;取消选择高速设置
N310	TRANS	;平移 (TRANS) 和旋转 (ROT) 关, 见 ;CNC 程序块 N240
N320	A3=0 B3 =0 C3=1	;刀具平行于 G54;坐标系中的 Z 轴
N330	TRAFOOF	;转换关
<hr/>		
N340	G0 G53 Z999 D0	;迅速进给到机床坐标系工作区域顶端的安全位置 ;Z999 处. ;在 G53 之后, 所有的后续运动 ;与 G54 无关而与 ;机床坐标系相关。 ;由于 G54 是模态的, ;如果跟有其它程序块, 则使用此命令。否则 ;CAM 系统也可以仅输出 ;非模态命令 SUPA: ;SUPA Z999 D0 ;D0 清除存在的刀具偏移
N350	M30	;程序结束

BENDINGRADIUS.SPF 子程序

加工方案:

铣削路径 ❶ 由 CAM 程序生成。它们在工件坐标系中与 Y 轴平行运行。

用 3+2 轴还是 5 轴同步铣削？在这里两种加工类型都可以。

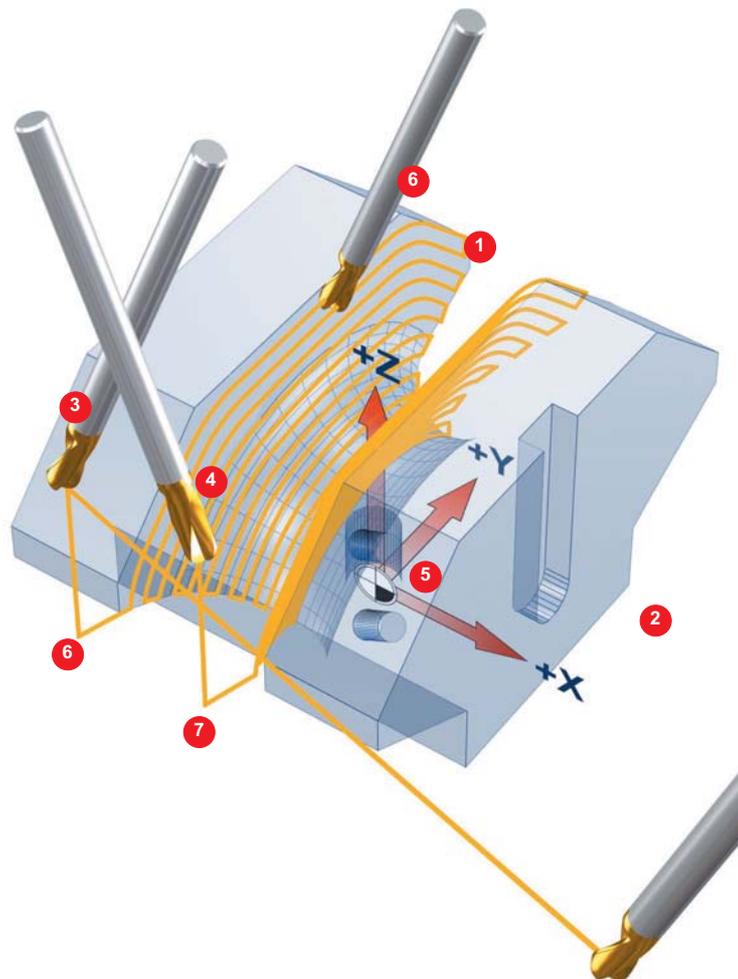
然而，5 轴同步铣削具有显著的优势：

- 在 5 轴同步铣削中有更好的切割条件。
它可大大提高切割速度，改善表面质量。
- 与用 3+2 轴铣削相反，可以只需较短的刀具。
为了能够在极左或极右端达到凸面轮廓，3+2 轴铣削将需要很长的刀具。
- 在 5 轴同步铣削中，可在一个单独的加工操作中完成工作。
3+2 轴铣削将需要对左边、右边以及中间的冲模进行铣削或带有 2 到 3 个加工操作的半径段。

顺序:

刀具以直线从刀具更换位置 ❷ 移动到趋近位置 ❸，无碰撞危险。趋近位置 ❸ 和退刀位置 ❹ 都处于工件外部的安全位置上。从那开始，刀具将垂直于起始位置 ❺ 向下移动。

机床操作人员:



注意

与“Holes.spf”和“Guideslot.spf”子程序相反，所有位置都以工件坐标系 ⑤ 为参考，而非在子程序中所定义的坐标系。⑤

如果是在这种情况下，可在 CNC 程序中清楚鉴别出工件坐标系与子程序，那么在程序开始前，就能粗略地检查出进给的精确度。例如，将已箝位的工件与 NC 程序中的要铣削方向相比较。通过示例，我们在序中突出强调了 Y 值，该值对应于主要铣削方向。比较：在第一个刀具路径中值在增加，因为这些值是从负值范围 -y 至 +y 引导得出

5 轴同步铣削使得机床操作人员几乎不可能对子程序进行修改。

程序只能以指定半径的刀具执行，由于 CAM 系统在行进计算中把刀具半径也算在内。

```
BENDINGRADIUS.SPF
N10...180 ;不相关，用户专用的 CNC 程序块
N190 G0 A3=0.1736482 B3=-0.84951514 C3=0.49816696
;转动刀具至刀具更换
;位置 ②
N200 G0 X-20.54042 Y-117.80997 Z175 ;趋近位置③
N210 G0 Z63.87603 ;向下移动至起始位置 ⑥
N220 G1 X-21.40866 Y-113.5624 Z61.3852 F8500
;启动模态 G1 程序块并调用
;以进行进给

N230 N370 CIP X-21.89062 Y-109.77512 Z63.23548 I1=AC(-21.74533) J1=AC(-111.5367)
K1=AC(61.4569) ;通过 CIP 编程一个象限
; (参见 SINUMERIK 840D 文献资料，
;通过中间点进行圆弧插补，CIP)

N380 X-21.86959 Y-109.74489 Z63.60494 A3=0.1736482 B3=-0.84951231 C3=0.4981718
;5 轴同步铣削并以 A3、B3、C3 永久
;改变刀具设置
N390 X-21.84803 Y-109.71466 Z63.9744 A3=0.1736482 B3=-0.84950947 C3=0.49817663
N400 X-21.82647 Y-109.68443 Z64.34386 A3=0.1736482 B3=-0.84950664 C3=0.49818147
N410 X-21.79376 Y-109.63744 Z64.82612 A3=0.17364925 B3=-0.84774706 C3=0.5011695
...
N281930 X21.86959 Y-109.74488 Z63.60495 A3=-0.17364815 B3=-0.84951232 C3=0.4981718
N281940 X21.89115 Y-109.77511 Z63.2355 A3=-0.17364815 B3=-0.84951515 C3=0.49816697

N281950 Y-109.94584 Z62.85898 ;在象限上缓和地从轮廓上退刀，
;刀具设置不变，即
;矢量 A3、B3、C3 不变。

N281960 X21.87787 Y-110.20695 Z62.44206
...
N282080 X21.4767 Y-113.18568 Z61.28948
N282090 X21.40867 Y-113.56239 Z61.3852

N..... ;结束位置 ⑦
N282100 G0 Z175 ;向上移动至退刀位置/工件上的

;安全平面 ④
N282110 M17 ;程序结束，返回主程序
```

3.10

程序员信息
示例 - 用于导管的弯曲设备

“HOLES.SPF”子程序

加工方案:

在主程序中, 在工件坐标系 G54 ① 中使用 TRANS 和 AROT, 将一个临时框架 ② 放置在第一个钻孔位置上, 在该位置上, Z 轴相对于于钻孔的横进给方向。使用这个临时框架, 可以在斜面上轻松编程钻削模式。

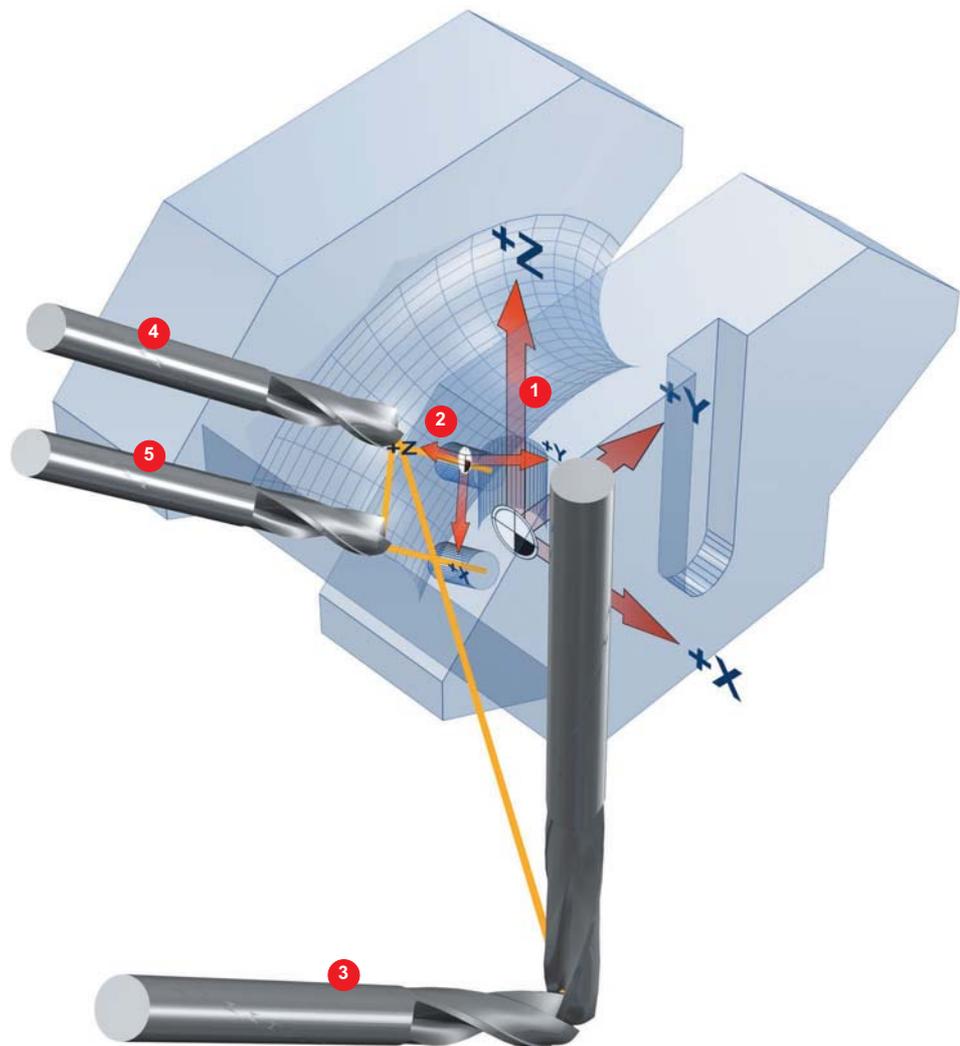
顺序:

刀具以用于后续加工的刀具方向转动到刀具更换位置 ⑤ 参见主程序中的 CNC 程序块 N15。从那开始, 它移动到第一个孔上方 ④ 的起始位置, 钻孔, 接着以与工件表面 50 毫米的间距运动至第二个孔 ⑤, 在这里再一次执行钻孔循环。在这个例子中使用了循环“CYCLE81”。

注意

机床操作人员:

由于两个钻孔都在当前刀具坐标系的 X 轴上, 可轻松修正钻孔位置或随后修改钻孔循环。



```
HOLES.SPF
N1 G0 X0 Y0 Z50
N2 F50

N3 MCALL CYCLE81 (50,0,5,-20)

N4 X0Y0
N5 X26

N6 MCALL
N7 M17
```

;以安全间距 Z=50 ④快速进给至第一个孔
;钻孔进给定义 = 横进给运动
;以快速进给从孔到孔的进给运动
;(由钻孔循环定义)。
;钻孔循环定义 = 仍无运动
;(安全平面、表面、安全间距、
;钻深)。MCALL 模态调用 CYCLE81。
;在位置 X0Y0 ④处钻第一个孔
;在工件上 50 毫米处移动至
;第二个孔 ⑤并在 X26 处钻孔
;取消选择模态 CYCLE801
;程序结束, 回到主程序

“GUIDESLOT.SPF”子程序

加工方案：

在主程序中，使用 TRANS 通过工件坐标系 G54 ① 将临时框架 ② 放置在工件底侧边缘上，并使用 AROT 以 90° 围绕 Z 和 X 旋转，由于从这里开始，依据刀具图纸 ⑥ 测量固定插槽。所有进给运动都与临时框架相关。主要铣削方向 ⑤ 平行于框架 ② 的 Y 轴运行。

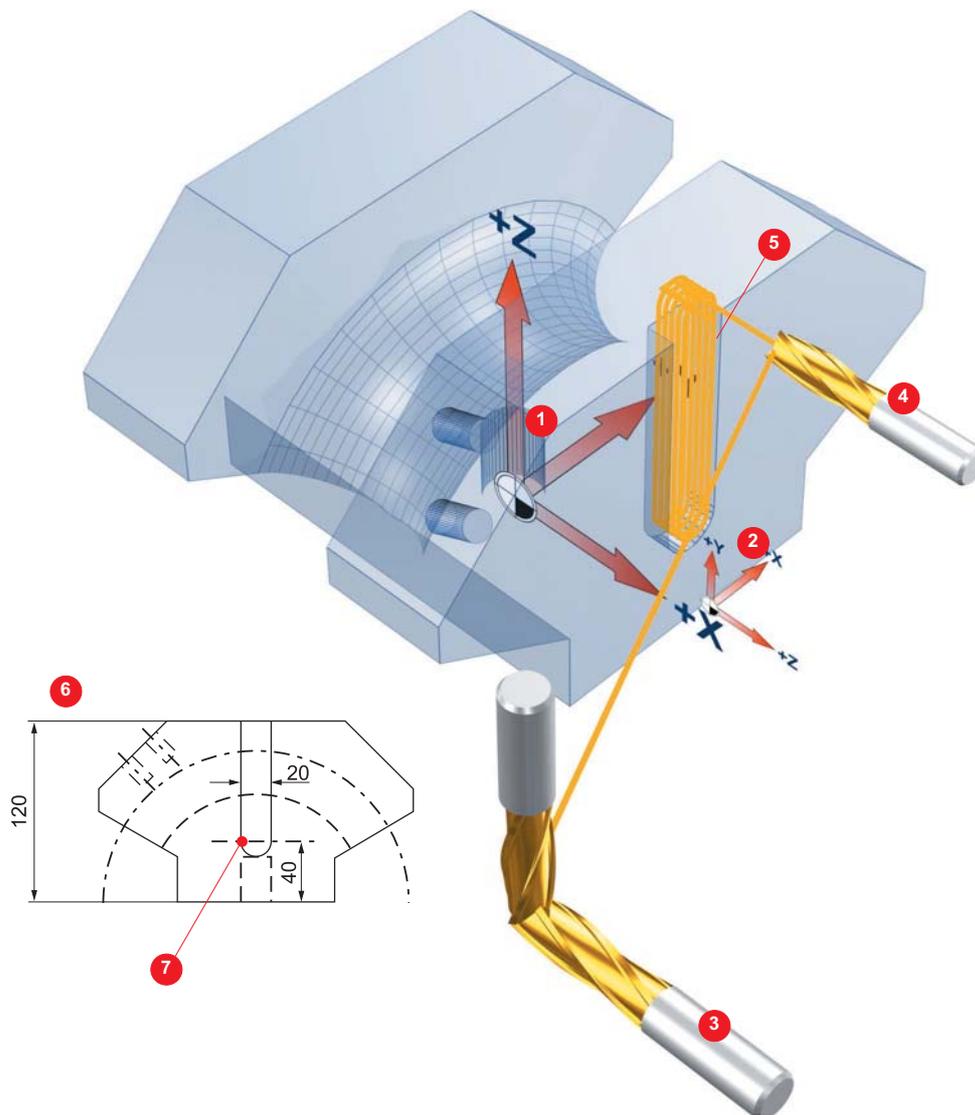
由于轮廓是以激活的刀具半径补偿编程的（见程序块 N330 G42），机床操作人员可以使用任何直径的铣削刀具。

由所要铣削的轮廓最小半径计算出铣削刀具的最大可能直径
（见程序块 N360，小半圆的半径 10 毫米）

顺序：

刀具以后续加工的刀具方向转动至刀具更换位置 ③ 参见主程序中的 CNC 程序块 N280。从那开始，刀具移动至起始位置 ④，该位置位于凹槽开放面一侧及刀具之外。

从起始位置起，切削刀具首先向下运动。在 Z 轴方向上进行 5 次横进给。

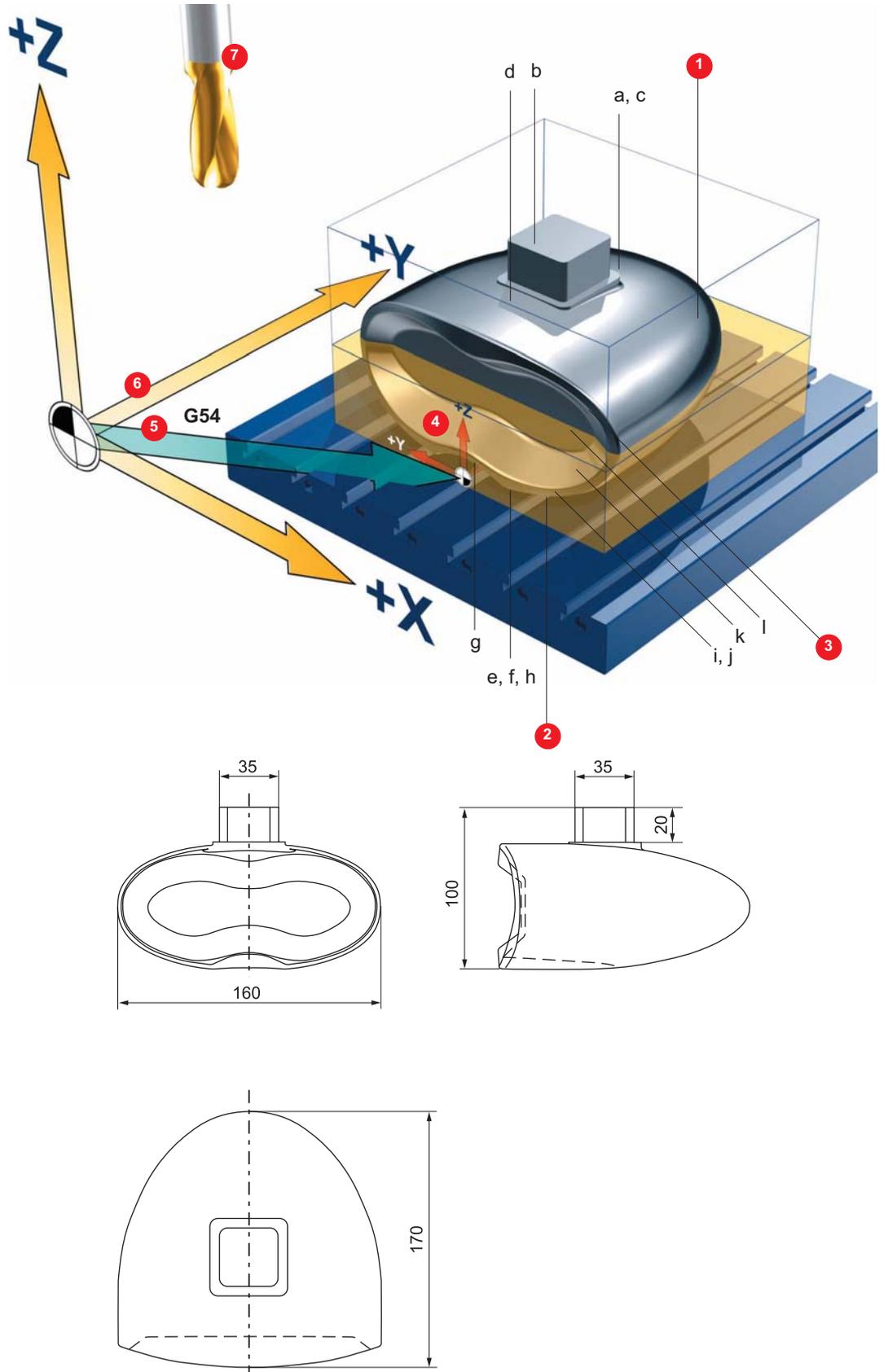


GUIDESLOT.SPF	
N10 ... N290	;不相关, 用户专用的 CNC 程序块
N300 G0 X-2 Y126 Z50	;④ 趋近起始位置 = 安全平面
N310 Z1	
<hr/>	
N320 G1 G64 Z-2 F575	;⑦ 切削刀具从顶端向底侧移动 ;现在正好在加工的起始处。 ;这是点 X-2 和 Y126 (见 N300、X-2、 ;Y126 仍然模态有效)。 ;横进给率 = 575 毫米/分钟 ;轮廓右边的刀具半径补偿 ;切换至加工进给率 = 6333 毫米/分
N330 G42 Y132 F6333	;沿着象限缓慢趋近轮廓
N340 G2 X10 Y120 I0 J-12	;画出轮廓 (插槽)
N350 G1 Y40	; . . .
N360 G2 X-10 I-10 J0	; . . .
N370 G1 Y120	; . . .
N380 G2 X2 Y132 I12 J0	;沿着象限缓慢地从轮廓上退刀
N390 G40	;取消选择刀具半径补偿
N400 G1 Y126	
N410 G0 Z-1	;在刀具轴方向上以 1 毫米为单位退刀
N420 X-2	;在起始点处定位 (见 N300)
<hr/>	
N430 G1 Z-4 F575	;以横进给率横进给至 Z-4
...	
<hr/>	
...	
<hr/>	
N860 M17	;程序结束, 返回主程序

注意:

此处所示的程序并不完整。它们仅是为了从技术角度出发, 以图解形式阐明程序结构。

3.11 示例 - 摩托车前灯



工件

摩托车前灯壳的模具在两个箝位中铣削。

在箝位 1 中 ❶ 从一个带有 4 个子程序的程序块中铣削壳的底侧。

在箝位 2 中 ❷ 壳的顶部和前侧分别由 4 个子程序铣削。

❶ 箝位 1 – 灯的底侧

- | | |
|------------|---------------------------|
| a) 壳的底侧 1x | (1_CLAMP_1.SPF, 3 轴平面粗加工) |
| b) 灯座 | (1_CLAMP_2.SPF, 3 轴平面精加工) |
| c) 壳的底侧 2x | (1_CLAMP_3.SPF, 3 轴平面精加工) |
| d) 小表面 | (1_CLAMP_4.SPF, 3 轴轮廓精加工) |

❷ 箝位 2 – 灯顶部

- | | |
|------------|-----------------------------|
| e) 壳的顶部 1x | (2_CLAMP_1.SPF, 3 轴平面粗加工) |
| f) 壳的顶部 2x | (2_CLAMP_2.SPF, 3 轴平面精加工) |
| g) 收缩 | (2_CLAMP_3.SPF, 3 轴等距精加工) |
| h) 壳的顶部 3x | (2_CLAMP_4.SPF, 5 轴 ISO 加工) |

- | | |
|--------------|-----------------------------|
| ❸ i) 反射镜环 1x | (2_CLAMP_5.SPF, 5 轴 ISO 加工) |
| j) 反射镜环 2x | (2_CLAMP_6.SPF, 5 轴等距精加工) |
| k) 反射镜内斜面 | (2_CLAMP_7.SPF, 5 轴等距精加工) |
| l) 反射镜底部 | (2_CLAMP_8.SPF, 5 轴等距精加工) |

机床运动

机床中的轴 ❹ 和工件坐标系 ❺ 不相互平行。G54 ❻ 由一个平移和一个围绕 Z 轴的旋转构成。

在每个子程序调用之间趋近一个刀具更换位置 ❼，定位该位置，以便刀具可以沿着一条直线路径趋近加工位置而不与工件碰撞。

CNC 程序

CAM 系统中的后置处理程序生成所有子程序。调用子程序的主程序由机床操作人员创建（见下页）。

在第二个箝位中，工件坐标系保持在相同的 X/Y/Z 位置上，但要旋转该坐标系，以使刀具轴和 Z 轴相互平行。

这将不再继续应用在子程序 i) 上，在该子程序中，横进给沿着 Y 轴进行。

只能在子程序的第一个 NC 程序块过程中更改程序，在用于铣削自由形状曲面的 NC 程序块开始之前。

在下面几页中只展示了其中一些子程序，因为子程序的结构大致相似。

注意：

此处所示的程序并不完整。它们仅是为了从技术角度出发，以图解形式阐明程序结构。

主程序

主程序只包含技术数据。几何数据包含在子程序中。两个子程序 “Holes.spf” 和 “Guideslot.spf” 的框架定义也包含在主程序中。

```

Mainprogram.mpf
N10    G17 G54 G90                ;工作面, 绝对尺寸
                                           ;从机床到工件坐标系的零点偏移
                                           ;零点向下
                                           ;第一个箝位铣削, 工件
                                           ;底侧

N20    T01 D01                    ;刀具: 放射状切削刀具, Ø 20, 角度半径 1.0
                                           ;趋近刀具更换位置
N30    S4200 M3 M8                ;主轴速度, 顺时针方向, 冷却液开
N40    CYCLE832(0.1,300220)        ;高速设置“开”, 粗加工值
N50    EXTCALL"1_AUFSPANN_1.SPF" ;调用子程序 a, 3 轴程序

N60    T30 D30                    ;刀具: 放射状切削刀具, Ø 12, 角度半径 1.5
                                           ;趋近刀具更换位置
N70    S12.400 M3                 ;主轴速度, 顺时针方向
N80    CYCLE832(0.1, 300220)       ;改变高速设置, 粗加工值
N90    EXTCALL"1_CLAMP_1.SPF"     ;调用子程序 b, 3 轴程序

...

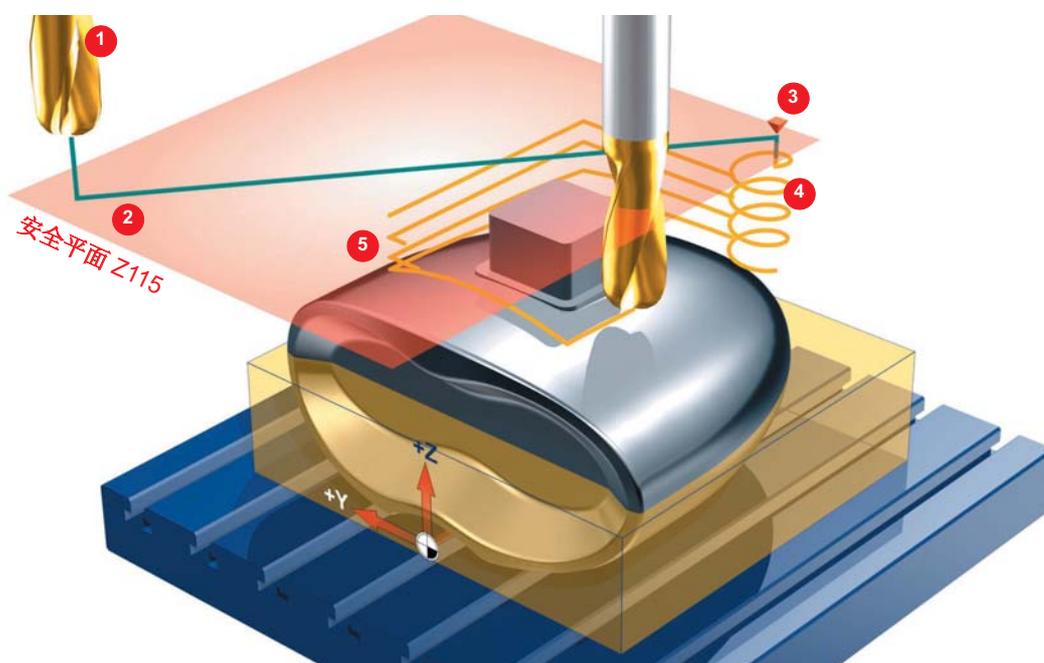
N510   CYCLE832()                 ;设置默认值
N340   G0 G53 Z999 D0             ;以快速进给移动至机床坐标系中工作区域
                                           ;顶端的安全位置 Z999 处
                                           ;G53 之后所有后续运动与
                                           ;G55 无关而与
                                           ;机床坐标系相关。
                                           ;由于 G55 是模态的, 使用此命令
                                           ;如果跟随有其它程序块。
                                           ;作为一个选择, CAM 系统也可
                                           ;仅输出非模态命令 SUPA:
                                           ;SUPA Z999 D0
                                           ;D0 清除存在的刀具偏移
                                           ;N220 T3 D3.
N350   M30                        ;程序结束

```

箱位 1 a) 壳的底侧 1x (1_Clamp_1.SPF, 3 轴平面粗加工)

顺序:

从刀具更换位置 ❶ 快速进给至安全平面 ❷, 随后, 沿着安全平面进给至起始点 ❸。从起始点开始向工件快速进给, 并以铣削进给率在螺旋状路径 ❹ 上插入材料。一次粗加工一个层面 ❺, 无需改变切削刀具方向。



```

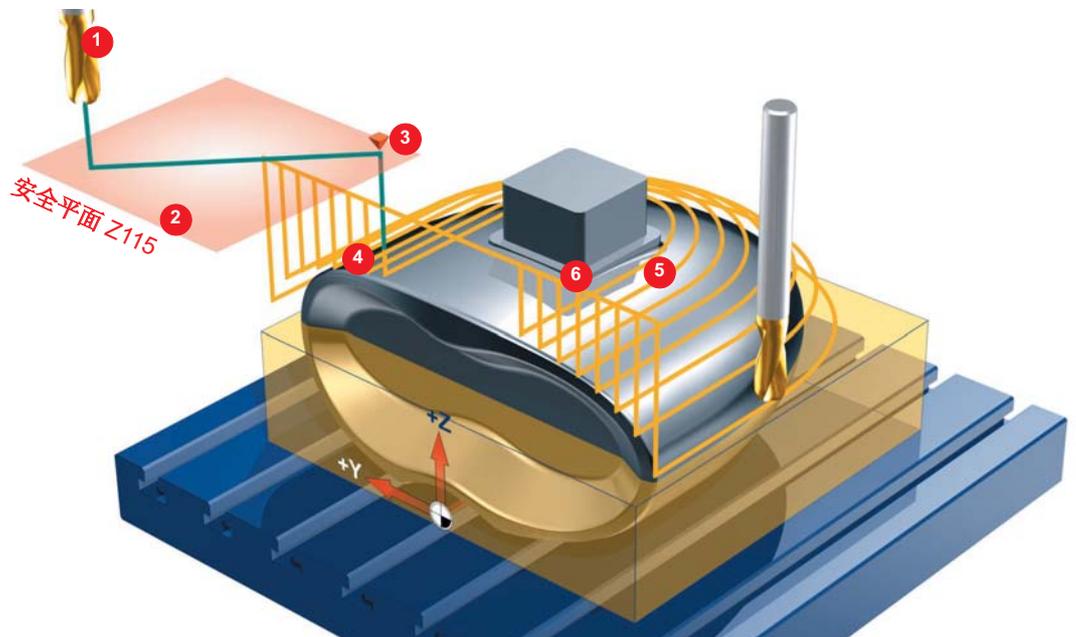
1_CLAMP_1.SPF
N10 G0 G54 Z115 M08           ;快速进给至安全平面 = Z115 ❷
N40 X110.54685 Y-37.6        ;沿着 X/Y 安全平面至起始点 ❸
N50 Z106.205                 ;在 Z 方向以快速进给进行横进给
N60 G1 Z101.205 F800         ;Z 方向上以铣削进给率
N70 G1 X111.6 Z101.11286 F3650 ;用螺旋插入 ❹
N80 G1 X111.79875 Y-37.58005 Z101.09539 ;带有 X/Y/Z 值的螺旋
N90 G1 ...                   ;表面加工
...                           ;表面加工
N332070 G1 ...               ;表面加工
N332080 G0 Z115              ;以快速进给进行退刀运动, 直至安全
                              ;平面 = Z115 ❷
N332090 M17                  ;程序结束
    
```

第 1 槽

c) 壳的底侧 2x (1_Clamp_3.SPF, 3 轴平面精加工)

顺序:

从刀具更换位置 ① 快速进给至安全平面 ②，然后沿着安全平面进给至起始点 ③。从起始点开始，向工件快速进给，随后以铣削进给率进给至表面 ④。以顺时针方向行进进行精加工 ⑤，回到安全平面 ⑥，再次插入并以逆时针方向铣削。



```
1_CLAMP_3.SPF
N10 G0 G54 Z115 M08
N40 X5.24099 Y17.78397
N50 Z86.40075
N60 G1 Z81.40075 F1850
N70 G1 X5.10055 Y17.28025 F2600
N80 G1 X5.04972 Y16.75979
N90 G1 ...
...
N1388690 G1 ...
N1388700 G0 Z115
N1388720 M17
```

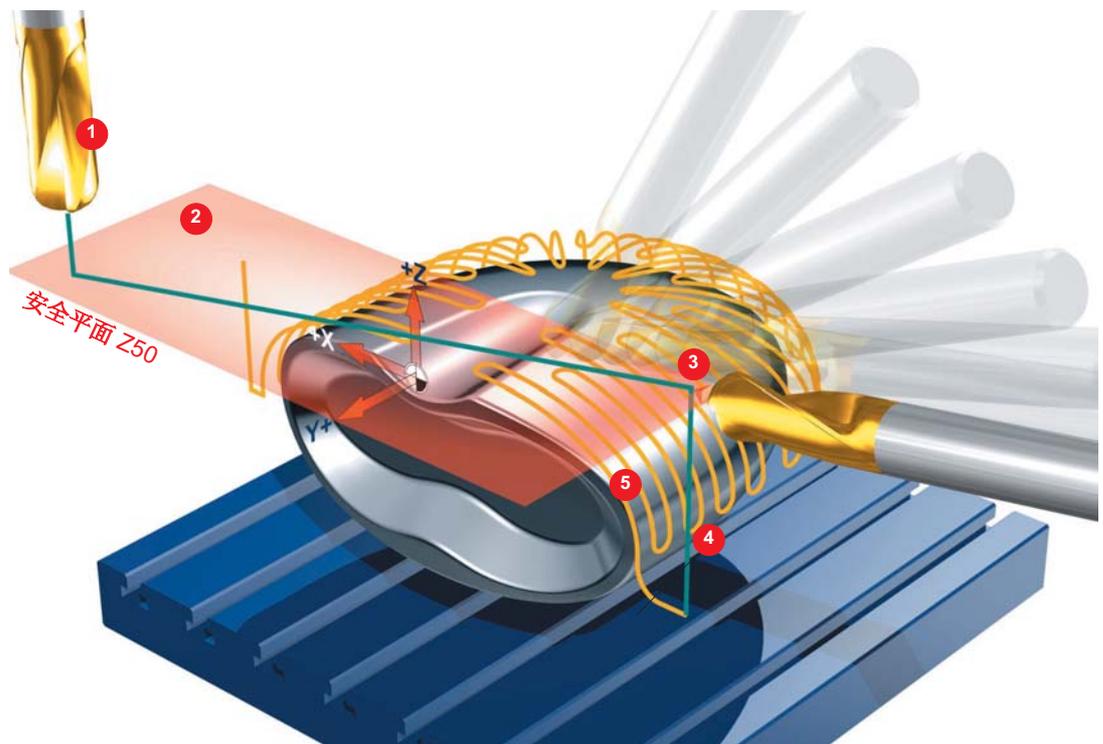
```
;快速进给至安全平面 = Z115 ②
;沿着 X/Y 安全平面进给至起始点 ③
;在 Z 方向上以快速进给方式进行横进给
;以铣削进给率在 Z 方向上横进给 ④
;开始精加工
;以顺时针和逆时针方向行进精加工
;表面加工
;表面加工
;表面加工
;快速进给回退到安全平
;面 = Z115 ②
;程序结束
```

第 2 个

h) 壳的顶部 3x (2_Clamp_4.SPF, 5 轴 ISO 加工)

顺序:

从刀具更换位置 ① 快速进给至安全平面 ②, 然后沿着安全平面进给至起始点 ③。在该运动过程中, 刀具转动到后续加工的方向上。从起始点开始快速进给至安全平面之下 ④。以 5 轴加工方式进行精加工 ⑤。



```

2_CLAMP_4.SPF
...
N40 G0 G54 Z50 M08 ;快速进给至安全平面 = Z50 ②
N50 X-90.69083 Y-7.39829 A3=-1 B3=0.000618 C3=0.000008 ;沿着 X/Y 安全平面至起始点 ③
N60 Z-50.11765 A3=-1 B3=0.000618 C3=0.000008 ;在 Z 方向上快速进给, 无 ;方向变化 ④
N70 G1 X-85.69083 Y-7.40138 A3=-1 B3=0.000618 C3=0.000008 F1000 ;在 X 方向上以铣削进给率插入
N80 G1 ... ;5 轴表面加工
... ;5 轴表面加工
N162960 G1 ... ;5 轴表面加工
N162970 G0 Z50 A3=1 B3=0.000618 C3=0.000008 ;以快速进给方式退刀至安全平 ;面 = Z50 ②
N162980 A3=0 B3=0 C3=1 ;刀具平行于 Z 轴, 为此, ;已为下一个刀具更换做好准备。程序块 ;必须已在主程序中编程完毕。
N162990 M17 ;程序结束
    
```

第 2 个

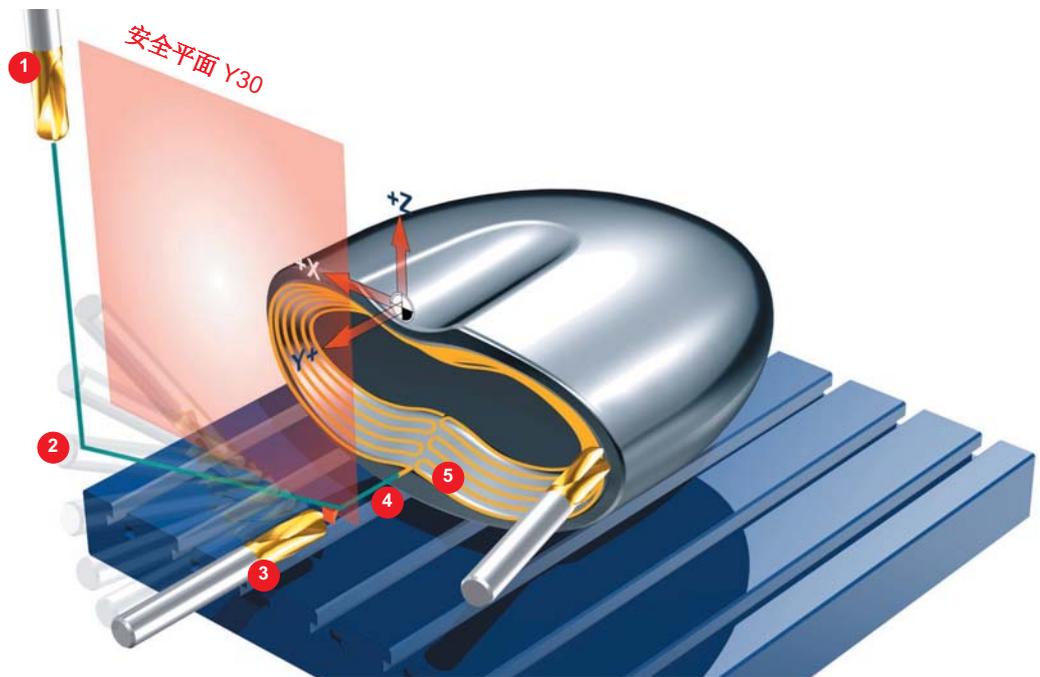
k) 反射镜内部斜面 (2_Clamp_7.SPF, 5 轴, 等距精加工)

顺序:

从刀具更换位置 ① 快速进给至起始点的 Z 坐标 ②, 然后沿着安全平面进给至起始点 ③。在该运动过程中刀具转动至后续加工的方向上。从起始点起在 Y 方向上以快速进给方式进行横进给。以 5 轴加工进行精加工 ⑤。

操作人员:

在下一个程序 l) 中使用相同的刀具 (参见主程序)。因此无需刀具更换而且可以从主程序中删除刀具更换。



```

2_CLAMP_7.SPF
N10 ...N30 ;用户专用的 CNC 程序块
N40 G0 G54 Z-64.91412 M08 ;快速进给至起始位置的 Z 坐标 ②
N50 X2.10222 Y30 A3=-0.000864 B3=0.987688 C3=0.156432
;沿着安全平面 = Y30
;快速进给至起始点 ③
N60 Y8.44899 A3=-0.000864 B3=0.987688 C3=0.156432
;在 Y 方向上快速进给, 无
;方向变化 ④
N70 G1 X2.10654 Y3.51055 Z-65.69628 A3=-0.000864 B3=0.987688 C3=0.156432 F1850
;以铣削进给率插入, 5 轴加工 ⑤
N80 G1 ... ;5 轴加工
... ;5 轴加工
N687620 G1 ... ;5 轴加工
N687630 G0 Y30 A3=-0.00987 B3=0.987688 C3=0.156123
;以快速进给方式退刀至安全平
;面 = Y30 ②
N687640 A3=0 B3=0 C3=1
;刀具平行于 Z 轴, 为此
;已为下一个刀具更换做好准备。
N687650 M17 ;程序结束

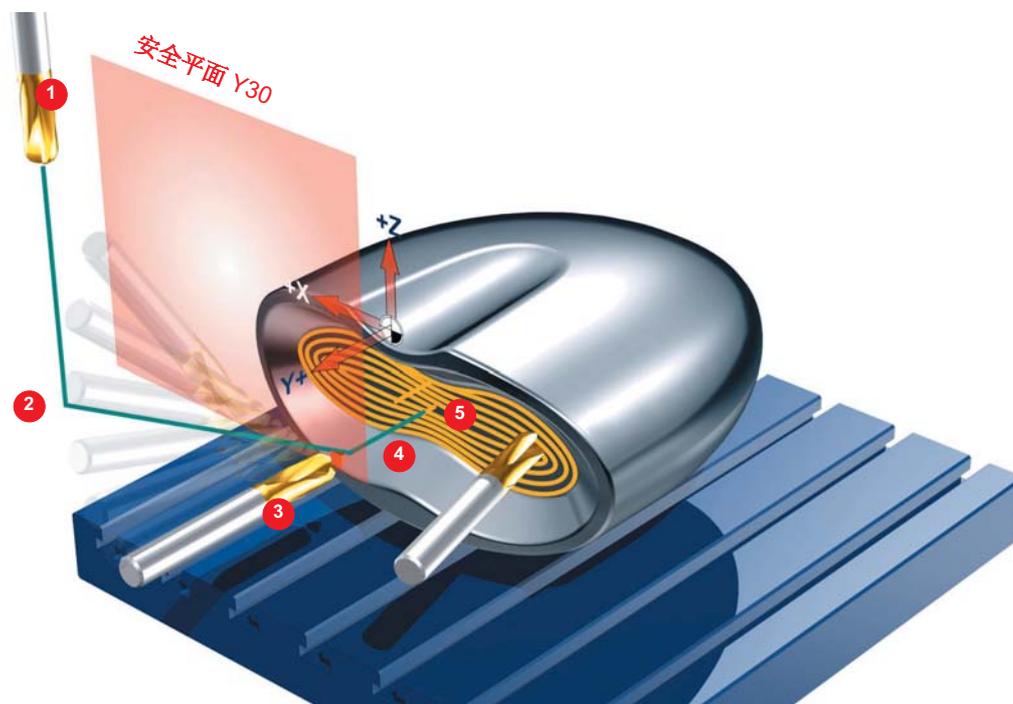
```

第 2 个位置

I) 反射镜底座 (2_Clamp_8.SPF, 5 轴, 等距精加工)

顺序:

从刀具更换位置 ① 快速进给至起始点的 Z 坐标 ②, 随后沿着安全平面进给至起始点 ③。在该运动过程中刀具旋转到后续加工的方向上。从起始点开始在 Y 方向上以快速进给方式横进给 ④。以 5 轴加工进行精加工 ⑤。



2_CLAMP_8.SPF

...

N40 G0 G54 Z-43.3831 M08 ;快速进给至起始位置的 Z 坐标 ②

N50 X-2.10801 Y30 A3=0 B3=0.965926 C3=0.258819

;沿着安全平面 = Y30

;快速进给至起始点 ③

N60 Y-7.79506 A3=0 B3=0.965926 C3=0.258819

;在 Y 方向上快速进给, 无

;方向变化 ④

N70 G1 Y-12.62469 Z-44.67719 A3=0 B3=0.965926 C3=0.258819 F1850

;以铣削进给率插入, 5 轴加工 ⑤

N80 G1 ...

;5 轴表面加工

...

;5 轴表面加工

N177680 G1 ...

;5 轴表面加工

N177690 G0 Y30 A3=0 B3=0.965926 C3=0.258819

;以快速进给方式退刀至安全平

;面= Y30

N177700 A3=0 B3=0 C3=1

;刀具平行于 Z 轴, 为此

;已为下一个程序开始做好准备

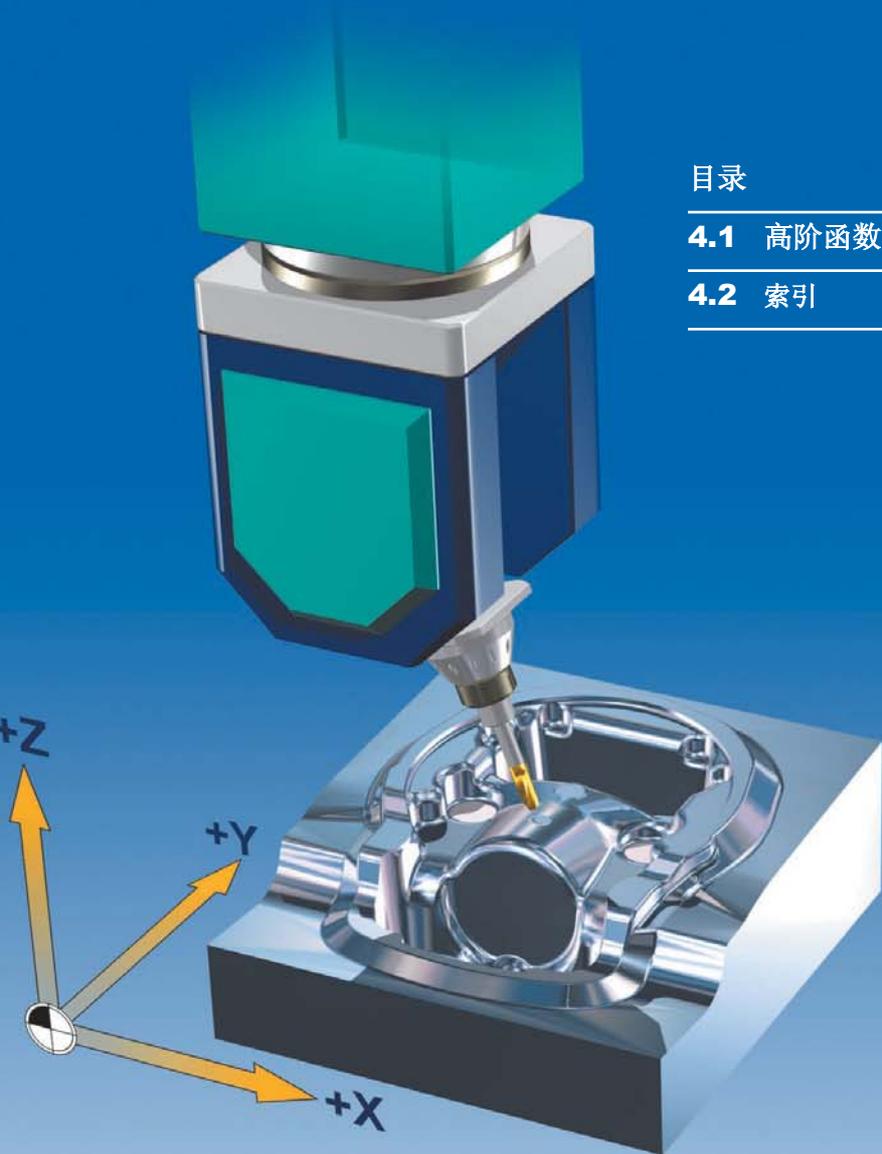
N177710 M17

;程序结束

3.11

程序员信息
示例 - 摩托车前灯

参考资料



目录	页
4.1 高阶函数一览	4.2
4.2 索引	4.10

4.1 高阶函数一览

将在下列各页中对用于模具加工和航空航天领域的 840D 高阶函数进行说明。这将向您描述符合 DIN 66025 所有要求的命令一览并使得在航空航天和模具加工领域的能够取得重大进步。

4.1.1 进给命令

常规命令

G00, G01, G02, G03 快速进给, 直线插补, 圆弧插补, 逆时针圆弧插补

附加圆弧插补编程

CIP	通过中间点 CIP X... Y... Z... I=... J=... K=... 的圆弧插补
CT	圆弧带切线过渡 CT X... Y... Z...
TURN	要进给的全圆数量 G3 X... Y... 1...J... TURN =
CR=	附加参数: 圆弧半径
I1, J1, K1	笛卡儿坐标系中的中间点 (X、Y、Z 方向)
AP=	极坐标系中的终点, 极角度, 也在直线插补中
RP=	极坐标系中的终点, 极半径, 也在直线插补中
AR=	孔径角

渐开线

INVCW	顺时针方向行进至渐开线路径上 INVCW X... Y... Z... I... J... K... CR=... INVCW I... J... K... CR=... AR=...
INVCCW	逆时针方向行进至渐开线路径上 INVCCW X... Y... Z... I... J... K... CR=... INVCCW I... J... K... CR=...AR=...
IJ K	笛卡儿坐标系中基圆的中心点
CR=	基圆半径
AR=	圆弧角 (旋转角)

840D 样条系列

CSPLINE	激活立体插补样条
ASPLINE	激活阿基玛 (Akima) 样条

启动和终止条件

BNAT / ENAT	零曲率
BTAN / ETAN	切线过渡
BAUTO / EAUTO	开始为常量C3，最后样条圆弧段过渡

BSPLINE

激活 B 样条
SD=... B 样条顺序（最大为 3）
PL=... 间隔长度（矢量节点），“非一致”
PW=... 加权，即有理数 B 样条在多项式中表示分母

示例

N20 BSPLINE X... Y... SD=... PL=... PW=...

POLY

激活多项式插补，多项式形式中的 B 样条表示
SD=... B 样条命令（最大 5!! -> 不同与 BSPLINE）
PL= ... 插补长度（矢量节点），非一致

句法

PO[轴] = (程序块结束位置, a2 (二次方系数),
a3 (三次方系数) a4, a5) -> 多项式分子
PO[] = (N_{程序块结束处}, b2、b3、b4、b5) -> 多项式分母

示例

N10 POLY PO[X] = (0.25,0.5,0) PO[Y] = (0.433,0,0) PO[] = (1,1,0)

COMPON COMPCURV COMPCAD

压缩器

恒定速度过渡
恒定加速和无突变过渡
表面优化压缩器（恒定加速）

相对应于单角公差：

\$MA_COMPRESS_POS_TOL[X] = ...

或在最近的软件版本中有下列公差：

\$SSC_COMPRESS_CONTOUR_TOL：最大轮廓公差

\$SSC_COMPRESS_ORI_TOL：最大刀具方向角位移

\$SSC_COMPRESS_ORI_ROT_TOL：最大刀具旋转角度的角位移
（仅对6轴机床有效）。

机床数据 **\$MC_COMPRESSOR_MODE** 可用于设置定义公差的方式：

0: 轴向公差，带有 **\$MA_COMPRESS_POS_TOL**，用于所有轴
（几何轴和方向轴）。

1: 轮廓公差，带有 **\$SSC_COMPRESS_CONTOUR_TOL**，
通过带有 **\$MA_COMPRESS_POS_TOL** 轴向公差的方向公差。

2: 刀具方向最大角位移, 带有 `$SC_COMPRESSORITOL`, 通过带有 `$MA_COMPRESS_POS TOL` 轴向公差的轮廓公差

3: 轮廓公差, 带有 `$SC_COMPRESS_CONTOURTOL` 和带有 `$SC_COMPRESS_ORI_TOL` 的刀具方向最大角位移。

UPATH

附加命令, 用于路径和同步轴的组合。

用于路径轴的参数设置与那些用于同步轴的参数设置相一致, 即用于同步轴运动 $A: A = f(u)$, 此处, u 表示用于路径运动的路径参数

SPATH

参数设置, 用于符合下列圆弧长度的同步轴, 即用于同步轴运动 $A: A = f(s)$ 此处, s 表示用于路径运动的圆弧长度。

4.1.2 动态行为

预读

G60, G60n	在程序块结束处 精确停止
G601	程序块在到达微调定位窗口时改变
G602	程序块在到达粗调定位窗口时改变
G603	程序块在插补结束处改变
G64	程序块结束处溢出
G64n	角度倒圆
G641	ADIS = ...倒圆间距 ADISPOS =...用于 G0 的倒圆间距, 恒定速度
G642	角度倒圆, 带有单轴公差 (<code>\$MA_COMPRESS_POS_ = ...</code>) <code>TOL[X] = ...</code>) 或 ADIS、带有中间程序块的 ADISPOS, 恒定加速度
G643	程序块内部角度倒圆, 带有单轴公差 (<code>\$MA_COMPRESS_POS_TOL[X] = POS_TOL[X] = ...</code>) 或 ADIS、ADISPOS, 恒定加速度
G644	速度优化角度倒圆, 带有可设置的公差 (<code>\$MA_COMPRESS_ (\$MA_COMPRESS_POS_TOL[X] = .. ADIS, ADISPOS)</code> 或者最大频率 (<code>\$MA_LOOKAH_ FRE(\$MA_LOOKAH_FREQUENCY)</code>), 恒定加速度
G60, G64, G641, G642, G643, G644	G 代码组 10
G601 – G603	内部 G 代码组 (组 12), 即 G64n 替换 G64、G60n , 而不替换 G60

速度编程

<p>G94 G93 G95 G96</p>	<p>常规非模态速度编程，通过 英制，毫米/分钟 反比时间 英制，毫米/每主轴转圈 恒定切削率</p>
<p>FLIN FCUB F=FPO(...)</p>	<p>速率编程 直线 F 字插补，英制，毫米/分钟 立体样条 F 字插补，英制，毫米/分钟 多项式形式速率，英制，毫米/分钟</p>
<p>FGROUP(X, Y, Z,...)</p>	<p>路径参考 定义与进给率相关的路径轴，即总进给率以此处定义的轴为参考 例如：FGROUP(X, Y), 则：</p> $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

加速度

ACC[Achse]=...	作为最大加速度的百分比的可编程加速度
-----------------------	--------------------

突变

SOFT	突变限制（机床数据中最大突变） JOG_AND_POS_MAX_JERK（jog 和定位） MAX_AX_JERK, MAX_PATH_JERK（路径模式）
BRISK	无突变限制

前馈控制

FFWON	前馈控制开
FFWOF	前馈控制关

4.1.3 轴功能

转换

TRAORI	激活转换 1
TRAORI(1)	激活转换 1
TRAORI(2)	激活转换 2
TRAORI(1, ..., ..., ...)	激活转换 1，一般转换，附加 3 个参数用于基准方向矢量
TRAORI(2, ..., ..., ...)	激活转换 1，一般转换，附加 3 个参数用于基准方向矢量
TRAFOOF	中止转换

方向编程

ORIEULER	在欧拉角基础上的方向编程（默认）
ORIRPY	在RPY 角基础上的方向编程 只有设置了 $\$MC_ORI_DEF_WITH_G_CODE = 1$ ，这两个才都有效。 否则在机床数据基础上定义。 在旧系统上的唯一不同是机床数据 $\$MC_ORIENTATION_ORIENTATION_IS_EULER$ 。
A2=... B2=... C2=...	欧拉角或者 RPY 角
A3=... B3=... C3=... XH=..., YH=..., ZH=...	笛卡尔方向矢量 在 ORIVECT 或者 ORIPLANE 中与 A3=... 等同义。 结合 ORICURVE 扩展含义，此处结合 BSPLINE 作为控制多边形，或结合 POLY 定义多项式，否则结合用于上部直线、几何大圆弧的直线插补，但和速度无关。
LEAD, TILT	导程角/倾斜角相对于法线矢量和路径切线。法线矢量在程序块开始和结束处通过 A4=... B4=... C4=... 和 A5=... B5=... C5=... 定义。 仅结合 ORIPATH。

方向参数

ORIMKS	方向矢量基准系统是基准坐标系。如果 $\$MC_ORI_IPO_WITH_G_CODE = 0$ ，则也完全等同于 ORIAxes。
ORIWKS	方向矢量基准系统是工件坐标系。如果 $\$MC_ORI_IPO_WITH_G_CODE = 0$ ，则也完全等同于 ORIVECT。

方向插补

	下列 G 代码仅在已设置 $\$MC_ORI_IPO_WITH_G_CODE = 1$ 时有效。
ORIAxes	轴插补 机床轴直线插补，或使用多项式（如果 POLY 已激活）的旋转轴插补
ORIVECT ORIPLANE	矢量插补 一个平面中的方向矢量插补（大圆弧插补） 一个平面中的插补（大圆弧插补），与 ORIVECT 同义
ORIPATH	刀具方向相对于路径。这里，通过标准矢量和路径切线生成一个表面，该表面在终点定义 LEAD 和 TILT 的含义。这表示路径参数仅用于定义方向矢量终点。大圆弧插补由起点到终点方向形成。LEAD 和 TILT 并不仅仅表示导程角和倾斜角。它们定义如下：LEAD 描述由标准矢量和路径正切所生成平面中的旋转，TILT 则定义绕着标准矢量的旋转。换句话说，它们在一个球形坐标系中表示 θ 和 ϕ ，标准矢量作为 Z 轴，切线作为 X 轴。

ORICONCW	顺时针方向在圆锥外表面插补
ORICONCCW	逆时针方向在圆锥外表面插补
	在这两种情况下还需要： A3=... B3=... C3=... 或者 XH=..., YH=..., ZH=... 圆锥旋转轴终点方向：A6, B6, C6 孔径角：NUT=...
ORICONIO	以特定中间方向在圆锥外表面插补，通过 A7=... B7=... C7=... 还需要： A3=... B3=... C3=... 或者 XH=..., YH=..., ZH=... 终点方向
ORICONTO	以切线过渡在圆锥外表面插补 还需要： A3=... B3=... C3=... 或者 XH=..., YH=..., ZH=... 终点方向
	这里也可通过 POLY, PO[PHI]=..., PO[PSI]=...编程。这是一个广义性大圆弧插补，在该插补中对用于导程角和倾斜角的多项式编程。多项式在圆锥插补中和用于给出起点方向和终点方向的大圆弧插补中具有相同含义。可以在 ORIVECT, ORIPLANE, ORICONCW, ORICONCCW, ORICONIO, ORICONTO 中编程多项式。
ORICURVE	方向插补，带有定义刀具尖部运动和刀具上的第二点 第二点路径通过 XH=... YH=... ZH=... 定义，结合 BSPLINE 作为控制多边形，结合 POLY 作为多项式： PO[XH] = (xe, x2, x3, x4, x5) PO[YH] = (ye, y2, y3, y4, y5) PO[ZH] = (ze, z2, z3, z4, z5) 如果附加的 BSPLINE 或 POLY 信息不可用，则相应进行从起点方向至终点方向的简单直线插补。

4.1.4 刀具半径补偿

G40	取消激活所有变量
G41	在圆周铣削中激活，补偿左方向
G42	在圆周铣削中激活，补偿右方向
G450	外部拐角处的圆弧（所有补偿类型）
G451	行进在外部拐角处的交叉点（所有补偿类型）

2½ D 圆周铣削

CUT2D	2 1/2D 补偿，通过 G17 - G19 定义补偿平面
CUT2DF	2 1/2D 补偿，通过框架定义补偿平面

3D 圆周铣削

CUT3DC	垂直于路径切线和刀具方向的补偿
ORID	外部拐角处插入圆弧时无方向变化。 在直线程序块中进行定向运动
ORIC	用圆弧扩展行进路径。最好在圆弧中相应进行方向变化。

端面铣削

CUT3DFS	恒定方向（3 轴）。在坐标系 Z 方向上的刀具端面通过 G17-G19 定义。框架无影响。
CUT3DFF	恒定方向（3 轴）。在坐标系 Z 方向上的刀具当前通过框架定义。
CUT3DF	5 轴，带有可变的刀具方向

3D 圆周铣削，通过限制表面 – 结合圆周/端面铣削

CUT3DCC	NC 程序参考加工表面上的轮廓。
CUT3DCCD	NC 程序参考刀具中心路径。

5. 框架

可编程框架

TRANS X... Y... Z...	绝对偏移
ATrans X... Y... Z...	增量偏移，相对于当前激活的框架
ROT X... Y... Z...	绝对旋转
AROT X... Y... Z...	增量旋转，相对于当前激活的框架
ROTS X... Y...	绝对旋转通过两个角表示。这两个角是斜面与主平面交线相对于轴的夹角。
AROTS X... Y...	增量旋转，相对于当前激活的框架，角用作 ROTs
RPL=...	在平面中旋转
MIRROR X... Y... Z...	绝对镜像
AMIRROR X... Y... Z...	增量镜像，相对于当前激活的框架
SCALE X... Y... Z...	绝对标度
ASCALE X... Y... Z...	增量标度，相对于当前激活的框架

框架操作员

框架操作员可以定义框架变量为个性化框架类型链：

CTrans (X... Y... Z...)	绝对偏移
CROT (X... Y... Z...)	绝对旋转
CROTS (X... Y... Z...)	绝对旋转
CMIRROR (X... Y... Z...)	绝对镜像
CSCALE (X... Y... Z...)	绝对标度
FRAME = CTRANS(...): CROT (X... Y... Z...): CMIRROR (X... Y... Z...)	

特殊框架

TOFRAME	刀具框架，坐标系以 Z 轴为刀具方向，零点是刀具尖部
TOFRAMEX	刀具框架，坐标系以 X 轴为刀具方向，零点是刀具尖部
TOFRAMEY	刀具框架，坐标系以 Y 轴为刀具方向，零点是刀具尖部
TOFRAMEZ	刀具框架，坐标系以 Z 轴为刀具方向，零点是刀具尖部，与 TOFRAME 完全相似
TOROT	刀具框架，坐标系以 Z 轴为刀具方向，仅包含 TOFRAME 旋转要素。零点保持不变。
TOROTX	刀具框架，坐标系以 Z 轴为刀具方向，仅包含 TOFRAME 旋转要素。零点保持不变。
TOROTY	刀具框架，坐标系以 Y 轴为刀具方向，仅包含 TOFRAME 旋转要素。零点保持不变。
TOROTZ	刀具框架，坐标系以 Z 轴为刀具方向，仅包含 TOFRAME 旋转要素。零点保持不变。与 TOROT 完全相似。

4.2 索引**A**

ADIS 3.14

B

程序块搜索 2.22

BRISK 3.17

C

CAM 1.19

压缩器 1.20, 3.12

锥形面插补

ORICONCW 1.24

连续路径模式 3.14

坐标系 1.17

角度测量

CYCLE961 2.10

角度倒圆 1.20

曲线插补

ORICURVE 1.28

CUT3D... 3.21

CUT3DCC 1.15

CUT3DF 1.14

CYCLE800 2.9, 2.11

CYCLE832 1.21, 2.25, 3.9

CYCLE961 2.10, 2.12

CYCLE971 2.15

CYCLE978 2.10, 2.12

CYCLE998 2.9, 2.11

E

以太网 2.16

EXTCALL 2.16, 2.22

F

前馈控制 3.16

进给率变化表 3.18

框架 2.21

多个框架 1.17

G

测量刀具 2.13

大圆弧插补 1.25

ORIVECT 1.24

H

高速设置循环 1.21

高速设置 2.25, 3.9K

I

斜面测量

CYCLE998 2.9

中断 2.20

J

突变限制 3.16

K

与运动无关的编程

与机床无关的编程 1.10

L

LEAD 3.8

直线插补

定向轴 1.23

M

机床运动

机床运动 1.9

测量功能 2.8

测量范围 2.17

N

网络连接 2.16

下垂轴 1.9

O

ORIAxes 1.23

ORICONCCW 1.24

ORICONCW 1.24

ORICONIO 1.24

ORICONT0 1.24

定向 1.23, 3.6, 3.19

ORIVECT 1.24

P

PCU 20 2.16
PCU 50 2.16
极点 1.26
极点 1.26
程序结构 1.22, 2.18
进程链
 CAD CAM CNC 1.19

Q

快速查看 2.24

R

半径变化 1.14
REPOS 2.20
退刀 2.21

S

串行接口 2.16
ShopMill 2.28
SOFT 3.17
轴颈 2.8
样条方向 1.28
子程序 1.22
表面法线 1.14
表面法线矢量 3.6
转动循环
 CYCLE800 2.9

T

测试一个程序 2.17
刀具探头 2.2
TCP
刀具中心点 1.15, 2.13
TILT 3.8
刀具偏移 3.21
刀具偏移数据 2.14
刀具补偿 1.16
刀具半径补偿 1.14
刀具类型
切削刀具类型 2.13
TOROT 2.20
TOROTOF 2.21
TRAORI 1.12

Z

零点 2.2

4.2

参考资料
索引

西门子股份公司
自动化与驱动集团
运动控制系统
邮政信箱：3180 D – 91050 爱尔兰根
德意志联邦共和国

www.siemens.com/automation/mc

© 西门子股份公司 2004
如有变更，恕不另行通知
订货号：6FC5095-0AB10-0RP0

德意志联邦共和国印刷