



技术信息

动态高效 – 高效且可靠地加工

高效率地重型加工（高切削速度的粗加工）和难切削材料的加工还有相当大潜力，钛合金，镍基合金或不锈钢都是难加工材料，它们是航空航天常用材料。重型加工主要是在尽可能短的时间内切除尽可能多材料。这种加工将许多加工技术条件推到了极限。因此对于这类高性能切削，全面的加工过程管理对于质量和经济性不可或缺。切削过程产生的作用力使机床和刀具承受极大负载。因此必须优化金属切除速度，最大限度提高刀具使用寿命和最大限度减小机床负载。

海德汉公司的**动态高效**提供一系列创新的TNC功能，帮助用户提高重型切削和粗加工的过程可靠性和提高加工效率。**动态高效**包括三项TNC功能：

- 有效振颤控制（ACC）：该选装项用于降低振颤可能和允许用更大进给量
- 自适应进给控制（AFC）：该选装项用于根据加工条件控制进给速度
- 摆线铣削：粗加工槽和型腔的循环，减轻刀具和机床负载



其中的每一项功能在加工过程中各有其优点。而且，它们也能最佳地组合使用，显著改善加工效果。

- 由于材料切除速度快，因此加工时间短（ACC，AFC，摆线铣削）
- 刀具监测（AFC）
- 延长刀具使用寿命（ACC，摆线铣削）

动态高效使加工速度更快，机床和刀具负载更小，实现更高效率和更高经济性。

dynamic + efficiency

动态高效

高效率的重型加工和粗加工

动态高效适用于大切削力和大金属切除速度的任何加工过程。包括常规的粗加工，也包括难切削材料的加工，例如钛合金，耐蚀镍基合金钢（例如Inconel）和其它许多模具制造、航空航天、医疗器械和能源行业中常用的材料。加工产生的作用力使机床和刀具承受极高负载。这种大负载常见现象是加工期间由加工导致的振动。因此，改进加工过程的目标是提高金属切除速度，同时延长刀具使用寿命并降低机床负载。

海德汉公司的**动态高效**功能专用于满足这些要求。



动态高效是海德汉一系列创新的TNC功能，帮助用户更高效地进行重型切削和粗加工并提高加工过程可靠性。由于这些是软件功能，因此不需要对机床的任何机械系统进行改造。**动态高效**帮助用户提高材料切除速度和缩短加工时间。

动态高效包括三项功能：

- 有效振颤控制 – ACC选装项用于降低振颤和允许用更大进给量
- 自适应进给控制 – AFC选装项根据加工条件调节进给速率
- 摆线铣削 – 粗加工槽和型腔功能，减轻刀具和机床负载

其中的每一项功能在加工过程中都有其独有优点。将这些TNC功能集成在一起特别能最大限度发挥机床和刀具潜能，同时减轻加工受力。不同的加工条件，例如断续切削，不同的被加工材料剥离方式，甚至简单的毛坯粗加工应用中，这些功能都有突出表现。实际应用中，材料切除速度可提高20至25 %。

动态高效允许更高切削速度，因此用户可以不用专用刀具就能实现更高生产力。该功能可以有效避免刀具过载和刀具过早磨损以及提高过程的可靠性，从而提高加工经济性。

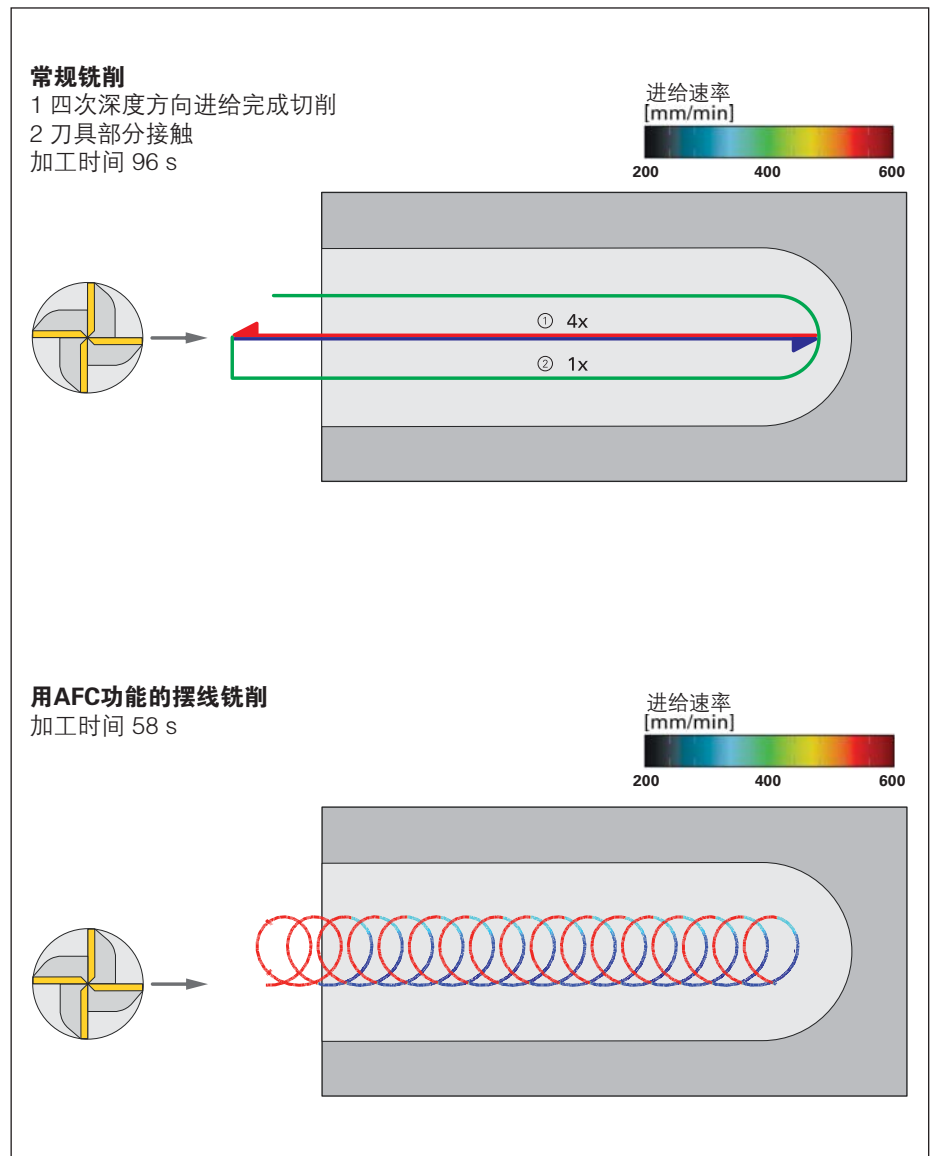
如果摆线铣削与自适应进给控制功能共同使用，加工效率将得到显著提高。由于刀具沿圆弧路径切入被加工材料，刀具和机床负载显著减轻。然而，其中的部分运动无刀具接触。这样，AFC让刀具用更大进给速率运动。在加工中将这功能与海德汉循环共同使用将显著缩短加工时间。

加工举例

这个应用举例清楚地表明**动态高效**的优点。该槽先用常规方法加工，然后用摆线铣削方式和AFC功能加工。

用**传统方式加工**该槽时，刀具在槽的中心位置切入。由于（材质或铣刀）技术特点，每次切削只切除所需深度的四分之一。达到所需深度时，再用一个加工步骤扩大槽宽到所需宽度（绿色线）。线条颜色代表实现的进给速率。

作为比较，对同一个槽用**摆线铣削**方式和**自适应进给控制（AFC）**功能加工。摆线铣削对刀具和机床有突出的保护作用，单独使用时的加工速度优势不明显。而速度是AFC功能的用武之地。在圆弧铣削加工的非切削运动中，AFC大幅提高进给速率，一旦刀具与被加工材料接触立即减少进给速率。通过该加工举例可见，**动态高效**功能显著缩短了加工时间。



在该例加工中，与传统加工方式相比，**动态高效**功能提高生产力40 %。

ACC

有效振颤控制（选装项）

粗加工（强力铣削）期间铣削切削力非常大。根据主轴转速、机床共振频率和切削量（铣削中的切削力），刀具有时可能发生“振颤”。由于振颤导致刀具和机床承受极高负载，是限制金属切除速度的因素之一。

限制金属切除速度

对于特定被加工材料，限制铣床金属切除速度的三大因素是：刀具的热稳定性和机械稳定性，主轴可用功率和振颤。振颤不是机床本身的缺陷。当刀具稳定性和主轴功率充足时，限制切削性能可以避免振颤。

振颤原因

振颤是一个描述加工过程中振动导致的切削过程动态不稳定的术语。大切削力在粗加工中不可避免，特别是加工难切削材料时。周期性的作用力导致刀具与工件间发生振动。如果振动与切削加工之间形成反馈，由于摩擦可转换成热量，加工用的动

力加大。振动放大和振颤发生。是否形成反馈取决于多个因素，包括刀具中心点（TCP）位置处的机床动柔量、刀具和切削参数。

由于振颤是自发形成的振动，振颤频率基本与机床固有频率相近。

传统方法

振颤造成刀具和机床的巨大应力。因此通常需要避免。振颤的发生至少与切削参数的选择（切屑厚度，切屑宽度，切削速度等）有关。为了实际加工中避免振颤，必须减小切削参数（切削深度，主轴转速和进给速率），但也降低了生产力。

ACC的优点

现在，海德汉TNC选装项“有效振颤控制”（ACC）提供一个有效降低机床振颤的数控功能。ACC通过减振功能提高振颤发生时的切削速度。

ACC对重型切削有非常积极的意义：

- 显著优化切削力
- 提高金属切除速度（最高可达25%或更高）
- 降低刀具负载，因此提高刀具使用寿命
- 减小机床负载。
- 提高过程可靠性

ACC工作原理

由于有效振颤控制（ACC）功能完全是一个软件功能，因此不需要对机床进行任何改动。其它系统（例如传感器或执行器）增加系统复杂性，使整个系统失效的可能性不可排除。ACC通过设备的测量信号检测振颤并用机床自己的进给驱动回收振动释放的能量。

然而，这也限制ACC存在的振颤问题。进给驱动只能充分消除振颤频率范围在100 Hz以内的能量。对高频振动的减振不充分。个别情况时，部分低于100 Hz频率的振颤也无法减轻，例如，因为它限于刀具而驱动影响工作台。



未用ACC功能铣削的零件：振纹明显可见。



用ACC功能铣削的零件：相同进给速率和切削深度，表面无振纹。加工过程中刀具和机床负载减轻。

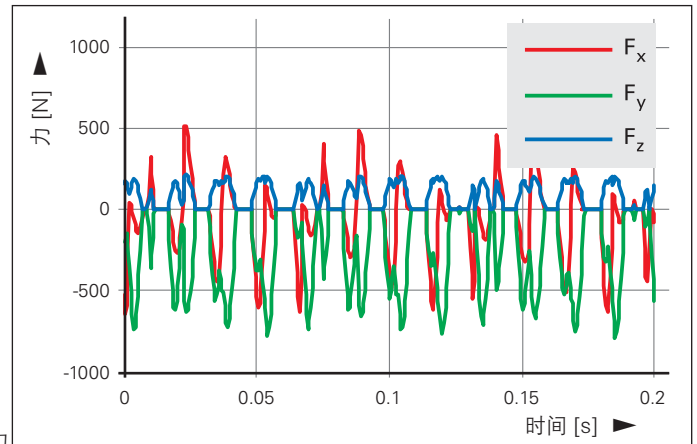
实际影响

通过用不同铣刀对大量不同材质的铣削实验，实验证明如果振颤是限制加工性能的因素，这个功能可显著提高金属切除速度（可达25%或25%以上）。此外，避免振颤还能大大减轻刀具和机床受力。因此可以提高刀具使用寿命并对机床部件的使用寿命产生积极作用（主轴，导轨，滚珠丝杠和轴承）。

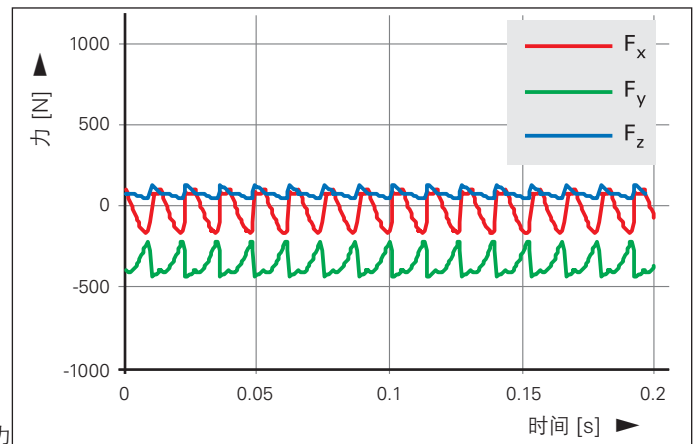
ACC的应用

ACC用低于刀具的刀刃结合频率的部分频率范围工作。用户只需要通过选择刀具决定ACC是否生效。由于相应刀具几何尺寸对切削力有影响，因此影响引发振颤的特性，允许为每一把刀具配置一组单独的参数集。换刀时，数控系统自动切换特定刀具的参数集。

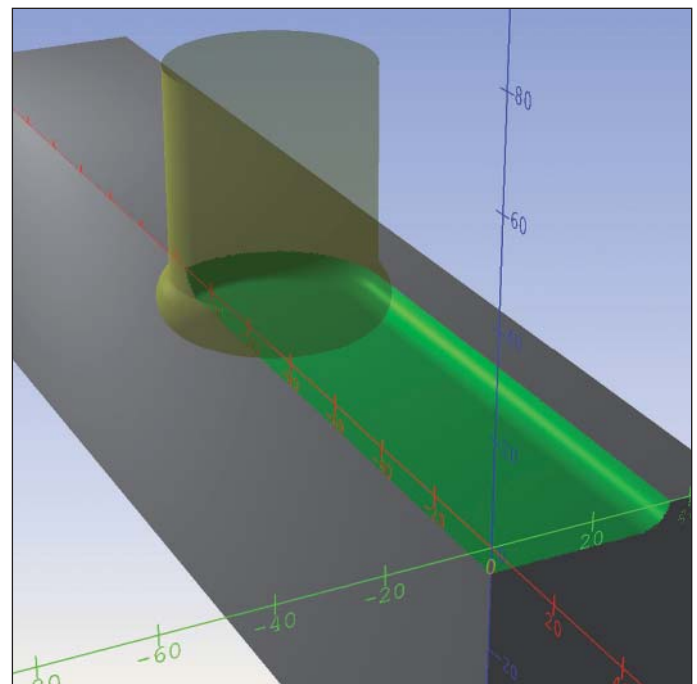
由于机床几何的不同，机床制造商也需要单独针对全部进给轴特别配置ACC参数。有时，还需要定义更多参数以提高ACC算法效果。



振颤时的切削力



用ACC的切削力



加工仿真

AFC

自适应进给控制（选装项）

铣削加工中的进给速率通常根据被加工材料，切削刀具和切削深度选择。对于相应的铣削加工这是确定的。如果在加工过程中切削条件发生变化，例如切削深度不均匀，刀具磨损或材料硬度不同，对进给速率没有影响。另一方面，例如，如果材料厚度减小，这意味着该处的进给速率低于必要值。因此，加工时间比所需时间长。另一方面，编程的进给速率大一特别是如果切削量加大时一可导致主轴和刀具过载。

AFC的优点

海德汉公司的自适应进给控制选装项（AFC）可根据主轴功率和其它工艺数据优化进给速率。AFC确保最大可能进给速率，因此能提高效率。它有多个优点。

优化加工时间

尺寸或材料（砂眼）常有变化，特别是铸件。通过相应调整进给速率，数控系统在整个加工过程中保持原“示教得到”的最大主轴功率。这样在小切削加工部位处可以提高进给速率，因此能缩短加工总时间。

刀具监测

TNC自适应进给速率控制功能不断监测当前进给速率所需的主轴功率。如果刀具变钝的话，主轴功率将增加。这时，TNC降低进给速率。一旦进给速率低于所定义的最小值，TNC停止系统工作，显示报警信息或用备用刀换刀。因此可以避免断刀后或刀具磨损后发生进一步损伤。

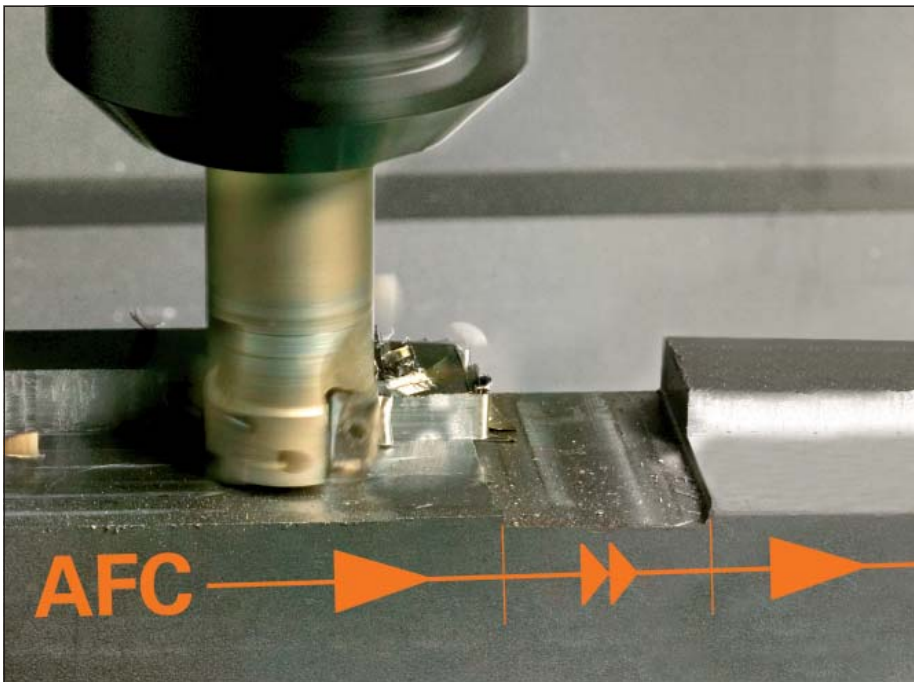
保护机床机械机构

当超过最高允许主轴功率时，主动降低进给速率到基准值，因此能减轻机床应力和磨损。有效防止机床主轴过载。

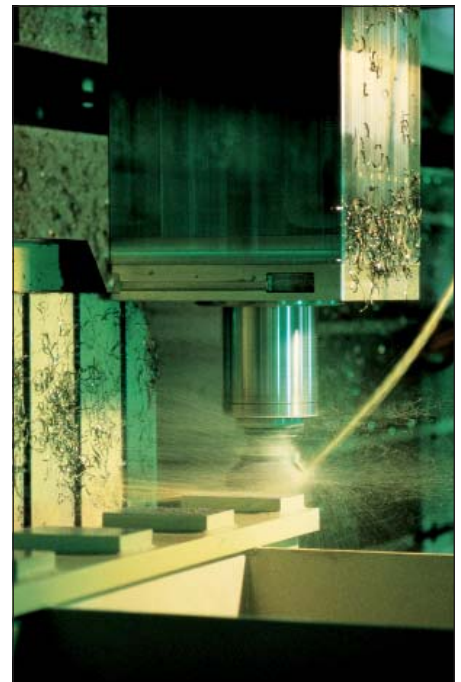
工作原理

使用很简单：加工前，在表中定义主轴功率的最大值和最小值。主轴最大功率值由TNC在数据获取切削中记录取得。然后，自适应进给控制功能连续比较主轴功率与基准功率，并在整个加工过程中尽可能调整进给速率保持使用基准功率。

dynamic  efficiency



根据不同切削条件，AFC调整进给速率。



摆线铣削

用摆线铣削方式加工任何轮廓槽

铣削难切削材料、高强度或高硬度材料时，刀具和机床结构都受到巨大挑战。特别是立铣刀全刀刃铣削槽时，由于刀具与工件之间形成180°的接触面使作用力非常大。这可造成刀具弯曲，因此造成槽内几何误差。为获得所需部件精度，轴向切削深度通常限制在刀具直径的一半。那么，粗加工深槽时需要多次耗时的加工步骤。

摆线铣削优点

摆线铣削的优点是用一种加工方式完整加工所有类型的槽，减小刀具和机床受力。粗加工过程是一个圆弧与直线运动的叠加运动。

摆线铣削时还允许大切削深度，因为主要切削条件不增加磨损和刀具断裂可能性。大多数情况下，可以用铣刀的整个长度实现单刀刃的更高切削量。沿圆弧切入工件的刀具径向受力小。因此机床的机械受力小和避免机床振动。如果这种铣削方式与自适应进给控制（AFC）选装项一起使用将可节省大量时间。

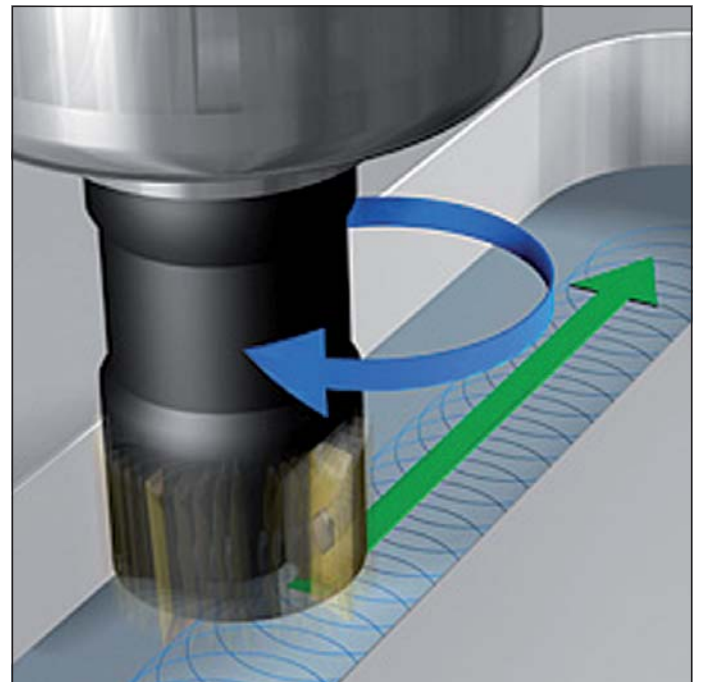
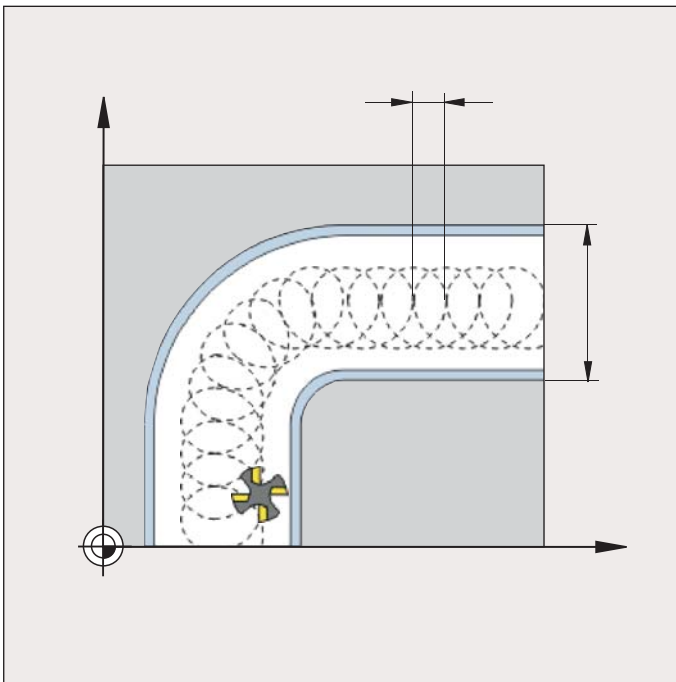
摆线铣削为标准功能

被加工槽在轮廓子程序中用轮廓链描述。带单独循环中定义槽尺寸和切削数据。在后续精铣加工中可以很容易切除槽的剩余余量。

优点：

- 刀具全长结合
- 更高金属去除速度（与AFC一起用）
- 机床机械受力小
- 振动小
- 带侧壁精加工

dynamic + efficiency



摆线铣削：高效加工各类槽

海德汉数控系统

铣床，铣车复合加工机床，钻床，镗床和加工中心的数控系统

海德汉公司的TNC系列数控系统适应于所有应用领域：从简单的紧凑型TNC 128的3轴简易数控系统到TNC 530（支持多达18轴加主轴）—总有一款TNC数控系统能满足用户的应用要求。TNC 640数控系统支持铣床进行车削加工。

海德汉公司的TNC数控系统非常灵活通用：

它们支持面向车间编程，也支持脱机编程，因此它是自动化生产的理想选择。无论是高速切削—特别是平滑路径控制—还是用回转工作台和摆动铣头进行5轴加工，它不仅轻松完成铣削任务，而且与TNC 640和iTNC 530一样靠。

海德汉用**动态高效**和**动态高精**合成词代表集合在一起的多项高效和高精加工的创新数控功能。

动态高效，帮助用户更高效地重型加工并提高加工过程可靠性。**动态高效**功能适用于TNC 640和iTNC 530数控系统。

动态高精功能可使工件更准确，表面质量更高和加工速度更快，因此它提供更高精度和更高生产力。**动态高精**软件选装项适用于TNC 640，iTNC 530和TNC 620数控系统。



TNC 640



iTNC 530



TNC 620

	TNC 640	iTNC 530	TNC 620
动态高精	X	X	X
CTC – 通过关联轴补偿位置误差	选装项	选装项	选装项
AVD – 动态减振	选装项	选装项	选装项
PAC – 控制单元参数的位置自适应控制	选装项	选装项	选装项
LAC – 控制参数的负载自适应控制	选装项	选装项	选装项
MAC – 控制参数的运动自适应控制	选装项	选装项	选装项
动态高效	X	X	–
ACC – 有效振颤控制	选装项	选装项	选装项
AFC – 自适应进给控制	选装项	选装项	–
摆线铣削	•	•	•

- x 允许的功能
- 标配功能

HEIDENHAIN

约翰内斯·海德汉博士（中国）有限公司

北京市顺义区天竺空港工业区A区

天纬三街6号（101312）

☎ 010-80420000

☎ 010-80420010

Email: sales@heidenhain.com.cn

www.heidenhain.com.cn

更多信息：

- 样本：TNC 640
- 样本：iTNC 530
- 样本：TNC 620
- 技术信息：动态高精

