

热膨胀修正 —— 工件膨胀

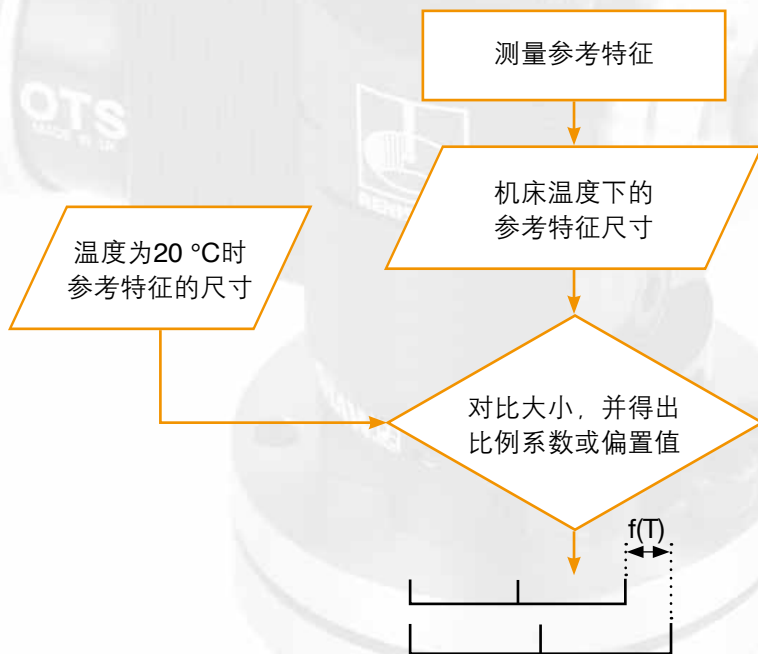
机床部件和工件都可能出现因热效应引起的膨胀和收缩现象。可采用热补偿技术来补偿这些热效应，以消除机床漂移和工件膨胀，但是，对于任何制造环境而言，哪种方法最合适往往取决于多种因素，其中包括机床设计、操作环境、工件属性以及每次加工操作前后其他制造流程。

该Productive Process Pattern™（高效制造过程模式）(AP306) 是描述热膨胀修正的两种模式之一。它解决由工件热膨胀引起的位置和尺寸问题。有关热膨胀修正的详细信息，还需参考AP303“热膨胀修正——机床漂移”。

问题

工件在热效应下会出现膨胀和收缩。加工环境温度的变化或加工操作期间工件产生的热量，会影响机床上工件及特征的尺寸和位置。机床内置的温度传感器可向机床控制器报告状况，以便控制器应用热补偿算法。但是，工件或其各个特征无法将自身的温度值报告给机床控制器，并且它们的热膨胀属性通常无法准确模拟。

机床无法推测出热膨胀造成工件尺寸或特征位置的变化，因而工件温度的变化及其造成的热膨胀会导致系统性误差和制程变化。热效应会造成测量不确定度超出工件要求的公差，从而导致测量和加工出现位置和尺寸误差。



解决方案

用工件检测测头测量机床环境下参考特征的尺寸，然后与温度为20 °C时该特征的已知尺寸进行对比。得出比例系数或偏置值，并将其应用到随后的加工操作中，然后根据热效应修正的参数继续操作。

这种方法基于以下假设：

- 实际机床温度下测得的特征或工件尺寸是温度为20 °C时的已知尺寸
- 比例系数算法适用于加工受更新参数影响的所有特征
- 参考特征的热膨胀系数 (CTE) 等于或者接近正在加工工件的热膨胀系数
- 热膨胀在工件上无限制

之前操作中生产的工件上的某个已知特征，可用作参考来测量实际机床温度下的尺寸，与温度为20 °C时的已知尺寸进行对比。此外，如果“模型”（已标定的或已知“通用标准”工件）的特征和热膨胀特性与工件相当，则可以通过测量确定热膨胀，然后相应调整参数。

设计进行对比测量的模型时，应当考虑需进行热膨胀修正的工件尺寸和热膨胀属性。最好选择类似的材料、热膨胀系数和尺寸。如果定期对所用模型进行标定（最好使用坐标测量机），就可以根据已知标准跟踪加工过程。使用冷却液冲洗模型和工件有助于保证两者温度相似，这样它们受到的热膨胀效应也相近。

工件膨胀会造成位置和尺寸误差。补偿工件膨胀所需的热膨胀修正类型取决于需要消除的误差的类型。

1. 如果工件或基准特征位置因为热效应发生了偏移，可采用工件坐标系 (WCS) 偏移来确保在正确位置进行后续加工。某些情况下，可能更适合用测量结果和逻辑语句来更新参数加工程序，从而通过比例系数改变加工移动路径。
2. 如果工件或特征因为热效应造成尺寸变化，可使用测量结果和逻辑语句来更新参数加工程序，从而通过比例系数改变加工路径；还可以利用刀具参数更新来补偿特征尺寸的热漂移。

考虑特征的不同尺寸和公差非常重要，参见图1。

钢的温度变化±5 °C，热膨胀所占的公差%
(热膨胀系数值为11 μm / m / °C)

特性尺寸	公差			
	±5 μm	±25 μm	±50 μm	±100 μm
10 mm	11%	2%	1%	1%
25 mm	28%	6%	3%	1%
50 mm	55%	11%	6%	3%
100 mm	110%	22%	11%	6%
250 mm	275%	55%	28%	14%
500 mm	550%	110%	55%	28%
1000 mm	1100%	220%	110%	55%
2500 mm	2750%	550%	275%	138%
5000 mm	5500%	1100%	550%	275%
热膨胀的重要性				
0% - 10%	不重要			
11% - 30%	重要			
> 30%	影响重大			

图1: 热膨胀的重要性

优点

- 减少对机床温度控制需求
- 扩大安全操作机床的环境条件范围
- 减少热效应导致的已加工工件的变化

案例分析

雷尼绍自有的RAMTIC（雷尼绍自动车铣和检测中心）机床，利用模型来补偿热误差，并建立与已知精度标准的关联。定期在坐标测量机 (CMM) 上对模型进行标定，根据已知标准跟踪机内测量。

示例：根据在机床温度下测得的特征尺寸应用比例系数

加工过程中执行一个测量循环，并且对所用的每把刀具进行更新。

Productivity+™测头软件程序实例

<pre> Inspection Cycle: Cycle1 Measured Circle: MeasureCalibrated50mmRing Machine Update: StoreCalibratedRingDia_Variable900 </pre>	<p>温度为20 °C时直径已知且膨胀系数与要加工工件相同的特征置于机床加工区域内。测量直径，并存储到变量中 (#900)。</p>
<pre> Inspection Cycle: Cycle2 Measured Circle: Measure80mmDiaFeature Measured Circle: Measure36mmDiaFeature Measured Circle: Measure113_75mmDiaFeature </pre>	<p>检测循环测量工件上三个关键特征的直径。</p>
<pre> Custom Macro: CalcScalingFactorUsingVariable900and80mmDia Machine Update: UpdateT1_FromCustomMacro Custom Macro: CalcScalingFactorUsingVariable900and36mmDia Machine Update: UpdateT2_FromCustomMacro Custom Macro: CalcScalingFactorUsingVariable900and113_75mmDia Machine Update: UpdateT3_FromCustomMacro </pre>	<p>自定义宏程序将测得的标定环的尺寸与温度为20 °C时的已知尺寸对比，计算出比例系数。随后根据第一个关键特征的预期偏差调整该结果，（随后）利用刀具更新消除该预期偏差。对每个关键特征及用于生产特征的刀具都重复这些步骤。</p>

Inspection Plus增强型工件测量软件程序实例

N10	
T1 M6	
G54 X0. Y0.	
G43 H1 Z100.	
G65 P9810 Z-10. F3000	
G65 P9814 D50.003	温度为20 °C时直径已知 (50.003) 且膨胀系数与要加工工件相同的特征置于机床加工区域内，并经过测量
#900 = #143	存储与标定尺寸的偏差
	(移至特征1)
G65 P9814 D80.000	测量工件特征 – 80 mm直径
#143 = #143 - [#900 × 1.6]	运用比例系数 (1.6)，计算温度为20 °C时的预期偏差*
G65 P9732 T1.	更新刀补1，消除预期偏差
	(移至特征2)
G65 P9814 D36.000	测量工件特征 – 36 mm直径
#143 = #143 - [#900 × 0.72]	运用比例系数 (0.72)，计算温度为20 °C时的预期偏差*
G65 P9732 T2.	更新刀补2，消除预期偏差
	(移至特征3)
G65 P9814 D113.75	测量工件特征 – 113.75 mm直径
#143 = #143 - [#900 × 2.275]	运用比例系数 (2.275)，计算温度为20 °C时的预期偏差*
G65 P9732 T3.	更新刀补3，消除预期偏差
G91	
G28 Z0.	
G90	
N20	
	继续加工

* 比例系数通过参考特征的已知直径（温度为20 °C时）和测得的尺寸进行对比得出。如果出现线性膨胀，工件上其他特征的偏差则按比例增大或减小。

雷尼绍对任何实例代码的使用造成的任何问题或损害概不负责，并建议彻底检查所选测量软件包的输出变量、备件的可利用性和各应用程序的未用变量。

PRODUCTIVITY+™程序实例假设使用ACTIVE EDITOR PRO 1.70.20
INSPECTION PLUS增强型工件测量软件程序实例假设与FANUC类型控制器一起使用

本页空白

关于雷尼绍

雷尼绍是世界工程技术领域公认的领导者，在产品开发 and 制造技术的创新方面享有盛誉。自1973年成立以来，雷尼绍便致力于为全球不同规模的企业提供创新产品，旨在帮助企业提高生产力、改善产品质量并提供性价比优异的自动化解决方案。

遍布世界各地的子公司及经销商为用户提供优质服务和技术支持。

产品包括：

- 用于设计、原型制作及产品制造的金属快速成型、真空铸造和微注塑成型技术
- 广泛应用于多个领域的高新材料技术
- 用于高精度线性、角度和旋转位置反馈的编码器系统
- 坐标测量机 (CMM) 与比对仪专用夹具系统
- 用于加工件比对测量的比对仪
- 用于恶劣环境的高速激光扫描系统
- 用于机器性能测量和校准的激光干涉仪与球杆仪
- 用于神经外科的医疗设备
- 用于数控机床工件找正、对刀及检测的测头系统和软件
- 用于材料无损分析的拉曼光谱仪
- 坐标测量机 (CMM) 传感器系统和软件
- 坐标测量机和机床测头专用测针

如需查询全球联系方式，请访问我们的网站：www.renishaw.com.cn/contact



RENISHAW已尽力确保发布之日此文档的内容准确无误，但对其内容不做任何担保或陈述。RENISHAW不承担任何由本档中的不准确之处以及无论什么原因所引发的问题的相关责任。

© 2010-2012 Renishaw plc 版权所有

Renishaw保留更改产品规格的权利，恕不另行通知。

RENISHAW标识中使用的**RENISHAW**和测头图案为Renishaw plc在英国及其他国家或地区的注册商标。

apply innovation及Renishaw其他产品和技术的名称与标识为Renishaw plc或其子公司的商标。

本档中使用的其他品牌名称和产品名称均为其各自所有者的商品名、商标或注册商标。



H - 5650 - 4056 - 01

发布 2012.10 文档编号 H-5650-4056-01-A