位置和轮廓偏差的最佳测量方法

海德汉公司供稿

摘要：机床的运动精度决定着机床的工作性能。因此，对于高精度加工，必须测量并根据需要补偿位置偏差。然而，对于现代化高速机床，动态轮廓偏差对它的影响越来越大。海德汉的全新高精度二维编码器KGM 282可以同时测量位置偏差和动态轮廓偏差。

小型机床最适用于生产高精度零件，如手表和光学器械零件，因为小型机床的刚性强、振动小。机床检验可以发现机床的精度问题，但为满足不断提高的精度要求，需要使用新校准方法。这就是传统的点测量方法被高精度的机床加工区空间测量方法所取代的原因，新方法采用二维编码器进行测量。

海德汉全新KGM 282二维编码器（见图1）测量机床的位置和轮廓偏差，其直径为230mm。一方面，*X*轴和*Z*轴高达±1μm的光栅尺精度能用极高的精度校准机床运动特性。另一方面，KGM 282的信号周期只有4μm，而且是非接触式测量，这种方法在检测机床动态性能中可以达到极高的精度。

图 1

KGM 282的固定方式不会影响精度。为此，海德汉重新设计了在工作台上的固定方法。码盘的三点支撑设计将底座的固定与码盘的支撑分开。这样，工作台面上的污染物可能影响底座，但不影响二维光栅的安装精度；而在X轴方向，联接刚性不同于上一代的KGM 181。因此，如果对工作台运动速度极高的机床进行校准，应使用KGM 181二维编码器。

1. 提高空间精度

如与海德汉TNC 640数控系统的校准循环一起使用，KGM 282二维编码器显著提高了3轴运动的空间精度。在对加工区空间尺寸为200mm×200mm×200mm的机床（见图2）测试中，KGM 282与TNC 640数控系统的定制软件一起将空间偏差减小到2μm以下。所用的特殊软件需要机床制造商与海德汉间的密切配合。因此，只能针对特定项目提供该服务。而且，该校准方法只适用于具有较高重复定位精度的机床轴，必须使用最新的海德汉LC系列直线光栅尺或LF系列直线光栅尺（更高精度）。

测试中，测量在需校准的空间中的6个测量面上进行，执行圆弧运动并用软件测量偏差。偏差测量值再转换成基于模型的修正数据，并将数据导入到TNC 640系统中。校准循环执行后且数据导入到数控系统后，在所有平面中再次进行测量，以校验测量结

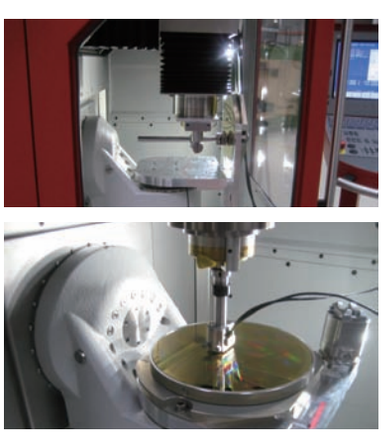


图2　*Y*轴和*Z*轴平面的测量装置

果。图3和图4所示为校准前和校准后的空间偏差，机床精度的提高明显超出预期。

2. 提高动态精度

进给轴的大加速度运动必然导致机床的俯仰运动。根据机床结构的不同，刀具中心点的位置误差限制了动态性能。图5所示俯仰运动通常由部分横向运动和部分垂直运动组成。从首先铣削圆台，然后铣削其下的矩形轮廓，可见俯仰运动的结果是工件的轮廓偏差。在矩形与圆弧轮廓重合的部位可见一个小平面，这就是轮廓偏差（见图6右和图7）。

海德汉TNC 640数控系统的动态高精功能可以保证机床在大加速度运动时仍能保持高加工精度，它能实现高速进给加工复杂工件。其功能之一是关联轴补偿（CTC）或根据加速度补偿位置误差，该功能可以有效补偿以上俯仰运动，在测试件铣削中使用该功能后，圆弧与矩形之间无可见偏差（见图6左）。补偿所需的数据来自使用KGM 28的机床厂商的设备。

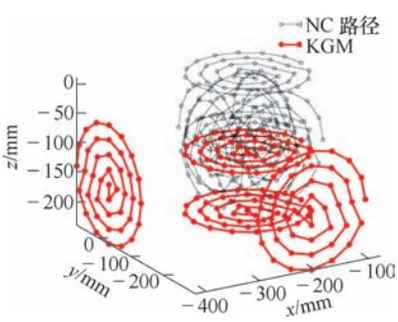
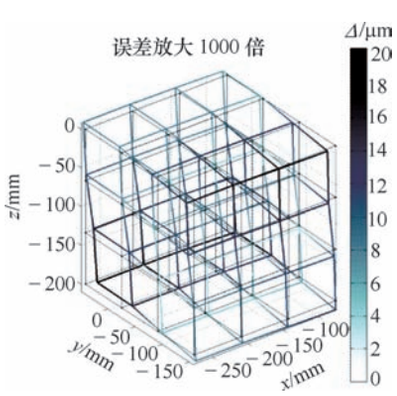


图 3



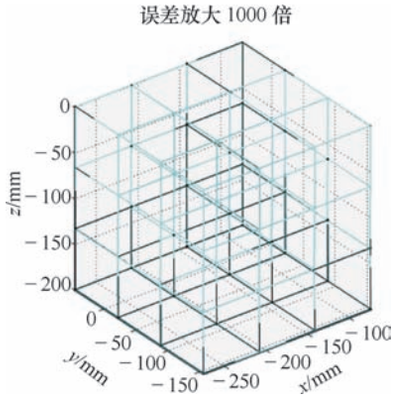


图 4

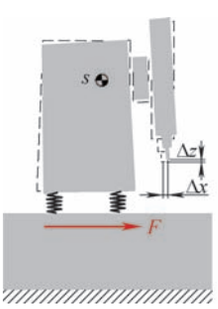


图5　大加速度运动时进给轴的俯仰运动

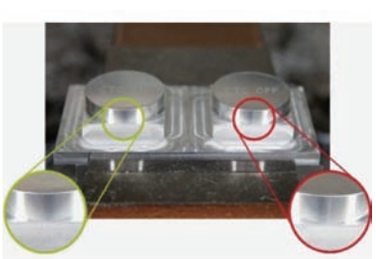


图6　用CTC功能加工（左）与未用CTC功能加工（右）

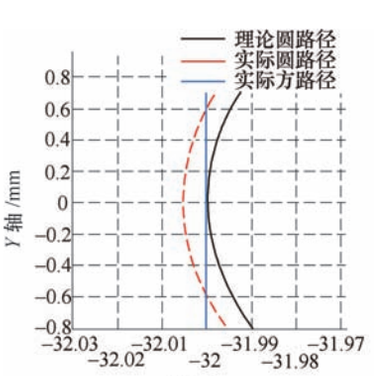


图7　名义轮廓与实际轮廓间的偏差（未用CTC功能铣削）

3. 结语

除高精度机械系统外，达到极高机床精度的关键是机床中的编码器、机床数控系统及校准所需的测量系统。在所有这些领域，海德汉都提供高精度加工所需的技术：

（1）机床的直线光栅尺和角度编码器不仅精度高，而且重复精度高。其动态特性允许测量方向上的高速运动和大加速度运动。这些编码器不仅适用于传统的高动态进给轴，也适用于直接驱动。

（2）TNC 640数控系统能保证在高加工速度时达到高精度和高表面质量。优化设计的运动控制、有效的加速控制和轮廓的动态预读等功能是其中的关键。

（3）VM 182比较仪系统和KGM 282二维编码器可以测量机床静态和动态偏差。因此，能直接检测机床精度。 **MW**

（收稿日期：20160729）

欢迎关注“机工刀具世界”

“机工刀具世界”是金属加工杂志社旗下的微信订阅号（账号：mw1950ct），定位于指导制造企业一线技术员工如何合理选择和使用数控刀具，介绍数控刀具使用技巧。关注数控刀具行业进展，为广大制造企业推荐先进、实用数控刀具产品。