



技术信息

用直线光栅尺提高加工精度

能否适应快速变化的工作条件是影响机床加工精度的决定性因素。从粗加工到精加工，机床承受的机械作用力和热负荷完全不同，因此造成的精度变化也较大。小批量生产加工中也有类似的负荷变化情况。工件设置和接单加工期间的全然不同环境必然造成发热情况不同，相应地必然影响精度。特别是小批量生产、公差要求严订单的盈利能力取决于首件达到的加工精度。这是为什么机床温度精度越来越重要的原因。

本文重点讨论进给驱动。高速运动和大加速度使进给驱动承受大载荷，也造成发热。如果没有相应位置测量技术，这种温度升高现象将快速使定位误差达到100 μm 。

机床热稳定性

避免因发热造成工件尺寸发生变化是机床行业面对的日益重大课题。主动冷却、采用对称机床结构和温度测量技术已获广泛应用。

温度变化的主要原因是滚珠丝杠进给轴造成的。沿滚珠丝杠的温度分布与进给速率高低和运动力大小紧密相关。在没有采用直线光栅尺的机床上，温度导致的长度变化（典型值：20分钟100 $\mu\text{m}/\text{m}$ ）可造成工件严重缺陷。



图1：典型加工情况

进给驱动的位置测量

用滚珠丝杠和旋转编码器可以测量NC进给轴位置，也可以用直线光栅尺测量。如果滑座位置用丝杠螺距和旋转编码器（图2，）确定，那么滚珠丝杠必须承担两项任务：作为驱动系统，它必须传递大驱动力，但作为测量设备，希望它能提供高精度位置值和体现螺距值。但是，位置控制环上只有旋转编码器。由于驱动机构的磨损或温度变化不能被补偿，因此这种结构被称为半闭环控制。驱动系统存在无法避免的定位误差，并严重影响工件质量。

如果用直线光栅尺测量滑座位置（图3），位置控制环就包括全部进给机构。也被称为闭环控制。那么，机床运动传递元件的轴向间隙和误差就不影响位置测量结果。测量精度几乎只取决于直线光栅尺精度和安装位置。

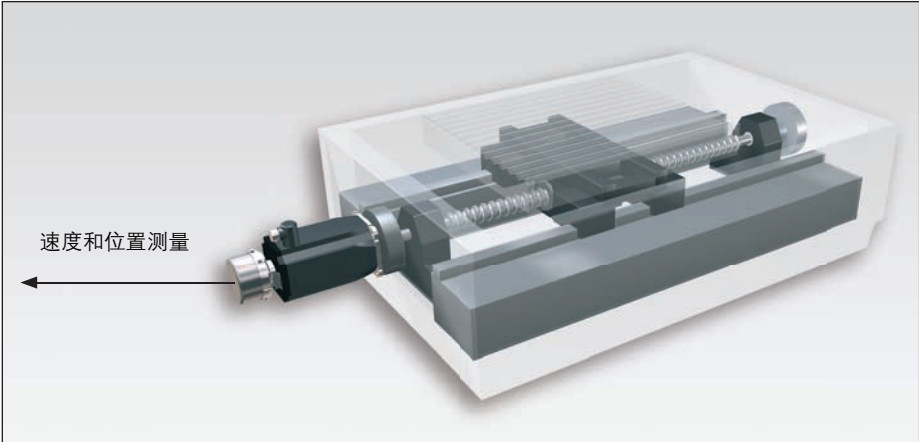


图2：半闭环控制模式下的滚珠丝杠和旋转编码器位置反馈控制

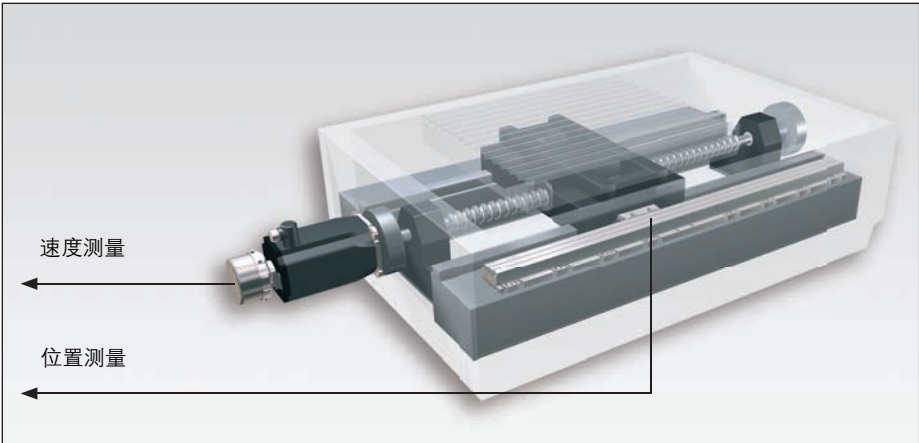


图3：闭环控制模式下用直线光栅尺的位置反馈控制

驱动精度的保证

举例：阵列孔工件

闭环控制或半闭环控制模式的进给轴精度可以用连续加工简单阵列孔工件说明，阵列孔沿长度方向均匀分布。半闭环控制模式加工时，温度导致的误差造成钻孔位置改变，可以明显看出滚珠丝杠的受热影响。半闭环控制模式下的加工误差也可以用同一毛坯被加工为同批次的多个零件方法检查。

图4为同一毛坯被加工为同批次多个工件情况。第一步，加工两个端面和三个孔。然后空刀运动模拟这些加工步骤30次。之后，用2 mm进给对工件进行铣削加工。

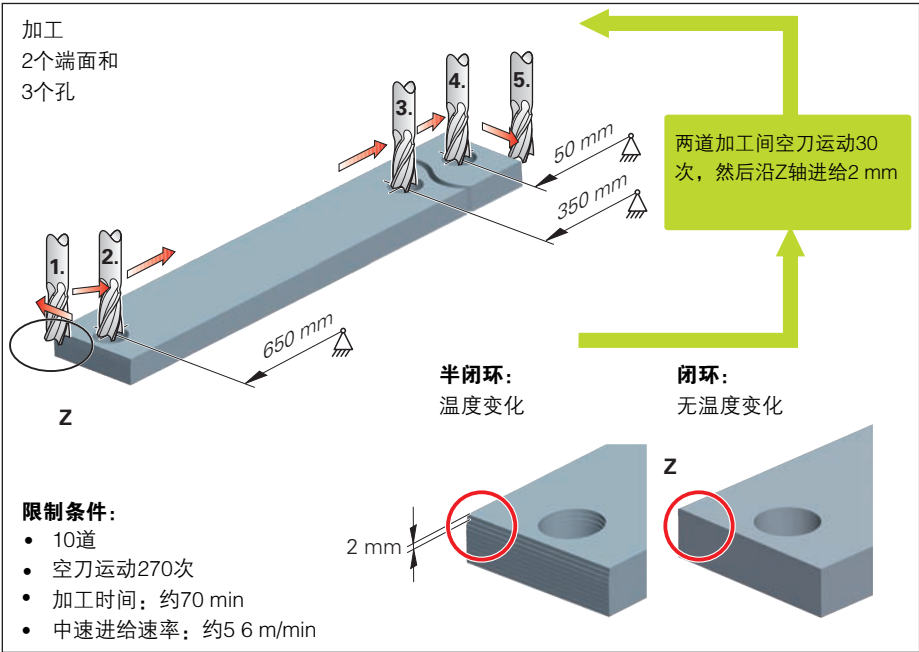


图4：驱动精度对连续生产的影响
△ = 滚珠丝杠的固定轴承

70分钟后进行了10道走刀和共270次空刀运动，加工结束。滚珠丝杠产生的大量热量造成正端面 and 孔内表面（图5）形成台阶状误差。

距离滚珠丝杠固定轴承最远位置处孔偏移距离达213 μm 。按照DIN ISO 230-3标准用VM 182比较仪测量热稳定性造成的位置误差也能得到类似结果：滚珠丝杠螺母距离固定轴承位置越远，位置偏移越大。在闭环控制模式下，高精度直线光栅尺可以补偿温度变化影响。

VDI-DGQ 3431和DIN/ISO 230-2测试标准通常用于确定机床验收精度，但它不包括温度影响的精度。

总结

要成功完成加工订单，必须要求机床具有高的热稳定性。即使负荷受力不同，也必须保证加工精度。这样才能在整个行程上保证要求的公差精度，包括速度和切削力大幅变化时。直线进给轴驱动的滚珠丝杠热膨胀严重影响精度且受速度和载荷大小变化的影响。如果加工期间滑座位置仅用丝杠螺距和电机端的旋转编码器确定，20分钟的定位误差可达100 μm 。这种方法在控制环内无法补偿这些基本驱动误差，被称为半闭环控制，可通过直线光栅尺完全补偿这些误差。采用直线光栅尺的进给驱动工作模式为闭环控制，滚珠丝杠的误差在位置测量系统被测量并在定位控制环中被补偿。用角度编码器取代旋转编码器也有类似的优点，原因也是机械传动部件的热膨胀。即使在机床工作条件不断变化时，直线光栅尺和角度编码器也能够确保被加工件精度。

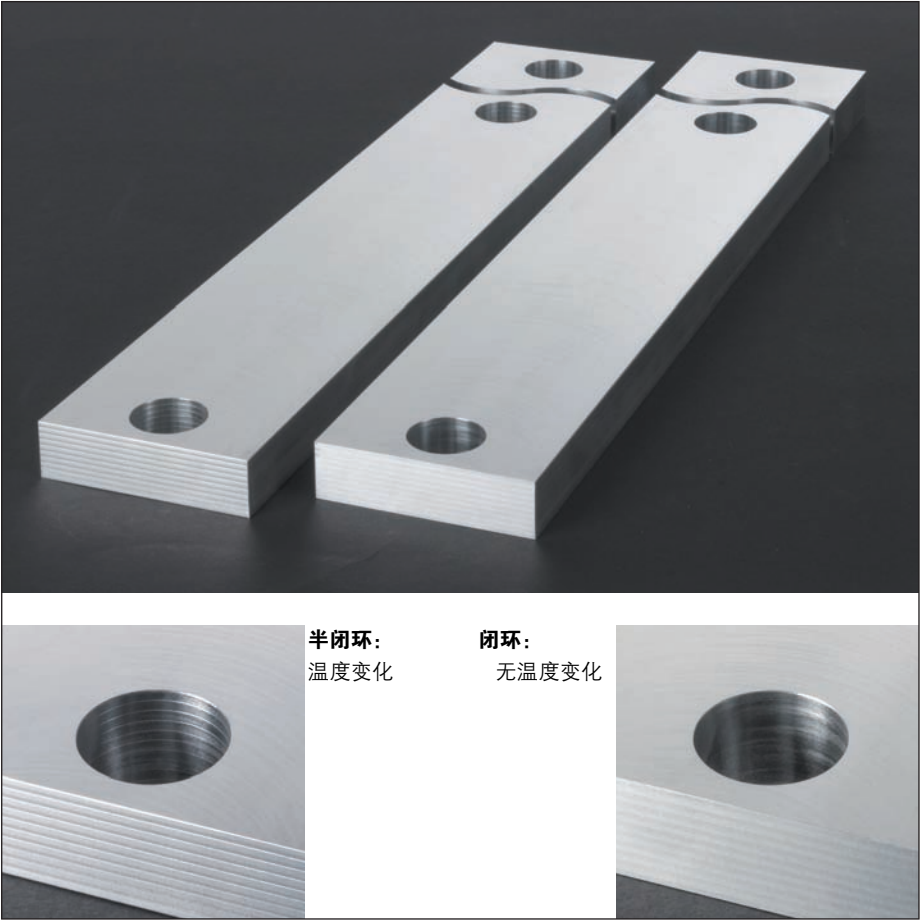


图5：连续生产中阵列孔间偏差

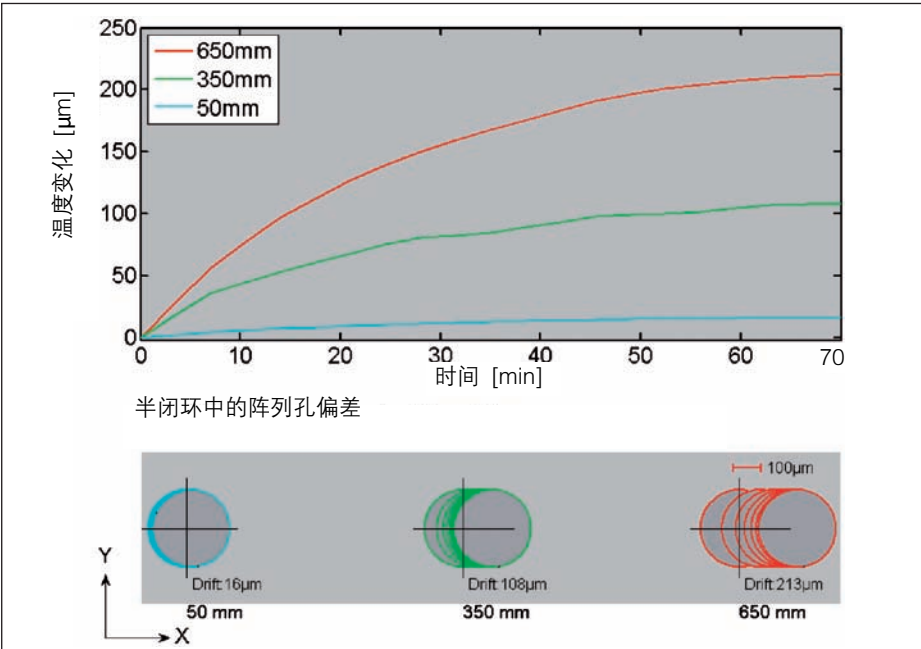


图6：X轴横向运动范围上不同位置的偏移情况（ISO 230-3）

机床用直线光栅尺

提供位置反馈信号的直线光栅尺是机床高精度定位不可或缺的条件。它直接采集进给轴实际位置信息。因此，机械传递元件对位置测量结果没有影响—运动特性误差和温度变化造成的尺寸偏差以及其他作用力影响的位置都被直线光栅尺测量到，并使测量结果体现在位置控制环中。因此，它能消除以下潜在误差源：

- 滚珠丝杠温度特性导致的定位误差
- 反向误差
- 机械作用力导致驱动机构变形形成的误差
- 滚珠丝杠螺距误差导致的运动特性误差

因此，直线光栅尺已成为**高精度定位**和**高速加工**不可或缺的必备条件。

海德汉公司用于数控机床的直线光栅尺几乎可以适应任何应用。它是所有采用闭环控制机器和设备上给轴的最佳选择，例如铣床、加工中心、镗床、车床和磨床。

直线光栅尺动态性能好，运动速度可靠性高，沿测量方向的运动加速度大，这些特性使它不仅能满足常规轴动态性能要求，也能满足直接驱动设备的高动态性能要求。

	精度等级	信号周期	测量长度	接口	型号
紧凑外壳直线光栅尺					
绝对式	± 5 µm; ± 3 µm	—	至2 040 mm ¹⁾	EnDat 2.2	LC 483
增量式	± 5 µm; ± 3 µm	4 µm	至1 220 mm	~ 1 VPP	LF 481
	± 5 µm; ± 3 µm	20 µm	至2 040 mm ¹⁾	~ 1 VPP	LS 487
标准外壳直线光栅尺					
绝对式	± 5 µm; ± 3 µm	—	至4 240 mm	EnDat 2.2	LC 183
增量式	± 3 µm; ± 2 µm	4 µm	至3 040 mm	~ 1 VPP	LF 183
	± 5 µm; ± 3 µm	20 µm	至3 040 mm	~ 1 VPP	LS 187
	± 5 µm	40 µm	至30 040 mm	~ 1 VPP	LB 382

¹⁾ 测量长度大于1 240 mm时必须用安装板



LC 483



LC 183



LB 382

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

- 《数控机床用直线光栅尺》样本
- 《进给轴精度》技术信息
- 《机床检测和验收测试测量系统》样本

