



加工机翼连杆举例

图5为连杆加工，在连杆上相距350 mm处加工两个孔，公差等级为IT7。用同一个毛坯形状对该整体构件进行两次加工，检查半闭环控制模式的加工精度。第二件在第一件下方10 mm处开始加工。两次加工之间，在毛坯上方执行20次空刀加工循环。

半闭环控制模式，第二工件轮廓与第一轮廓工件不吻合（图6）。加工中距离滚珠丝杠固定轴承越远，滚珠丝杠热膨胀影响越明显。



**半闭环：
热漂移**

350 mm和公差等级为IT7的功能尺寸相当于 $\pm 28 \mu\text{m}$ 的允许偏差。半闭环控制模式的第二件无法满足这项要求。偏差达 $44 \mu\text{m}$ 。采用了直线光栅尺全闭环控制模式的机床上加工的零件没有这个棱边。

全闭环控制模式下 $10 \mu\text{m}$ 偏差是由于机床几何形状的热变形和结构变形造成的。甚至，两孔尺寸要求公差还提高到IT5。因此从最开始就能保证高的加工精度。

**闭环：
无热漂移**

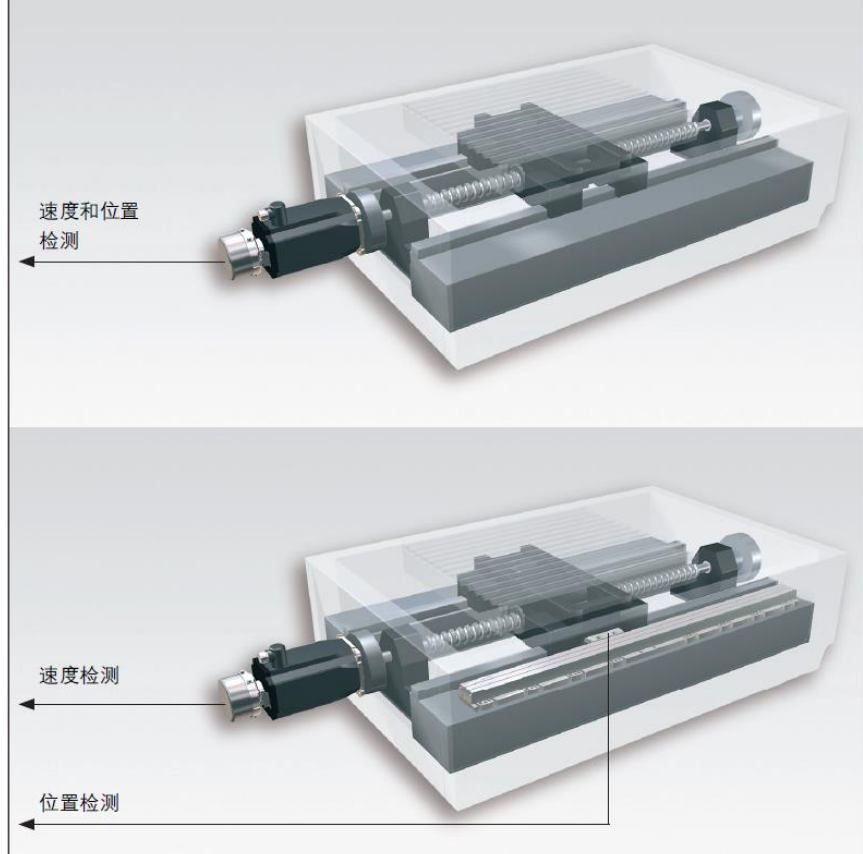
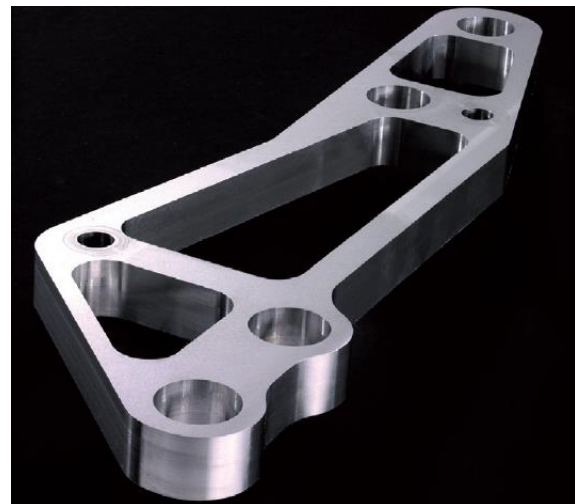


图2：半闭环控位置反馈控制（上）和全闭环位置反馈控制（下）

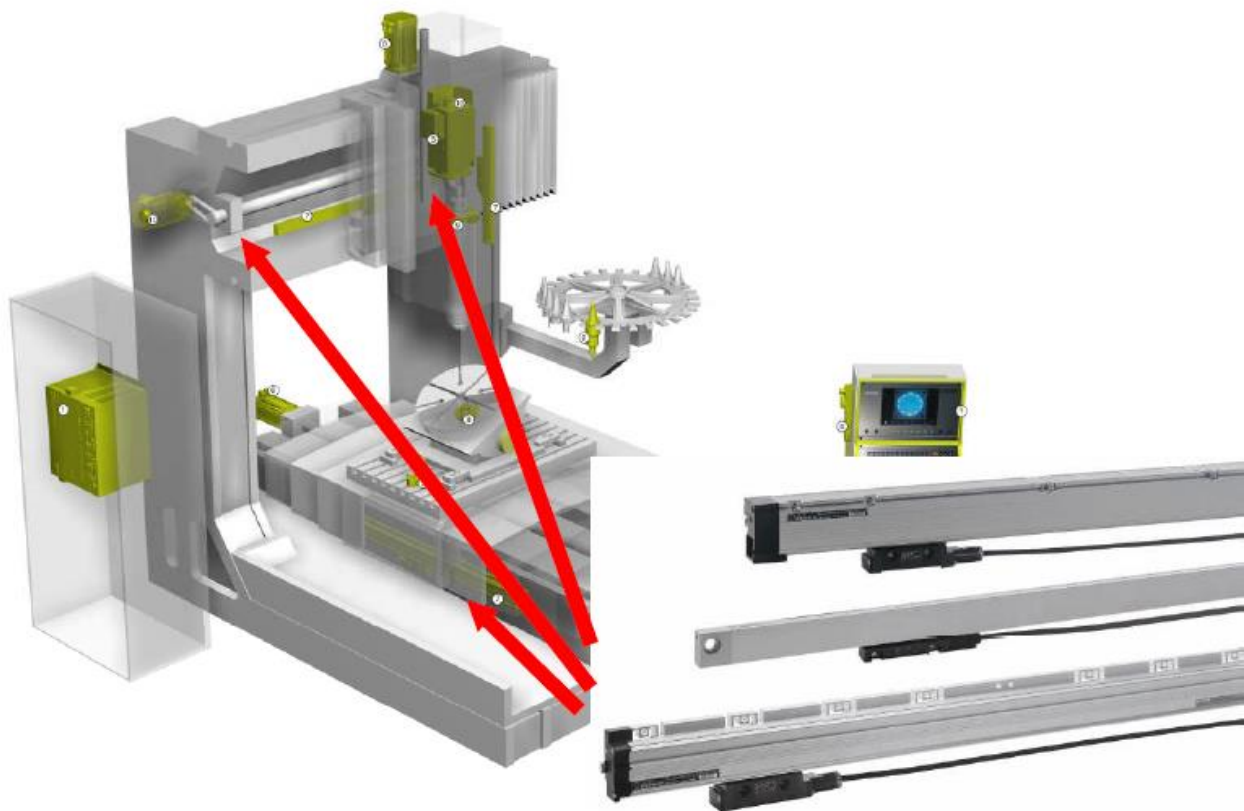


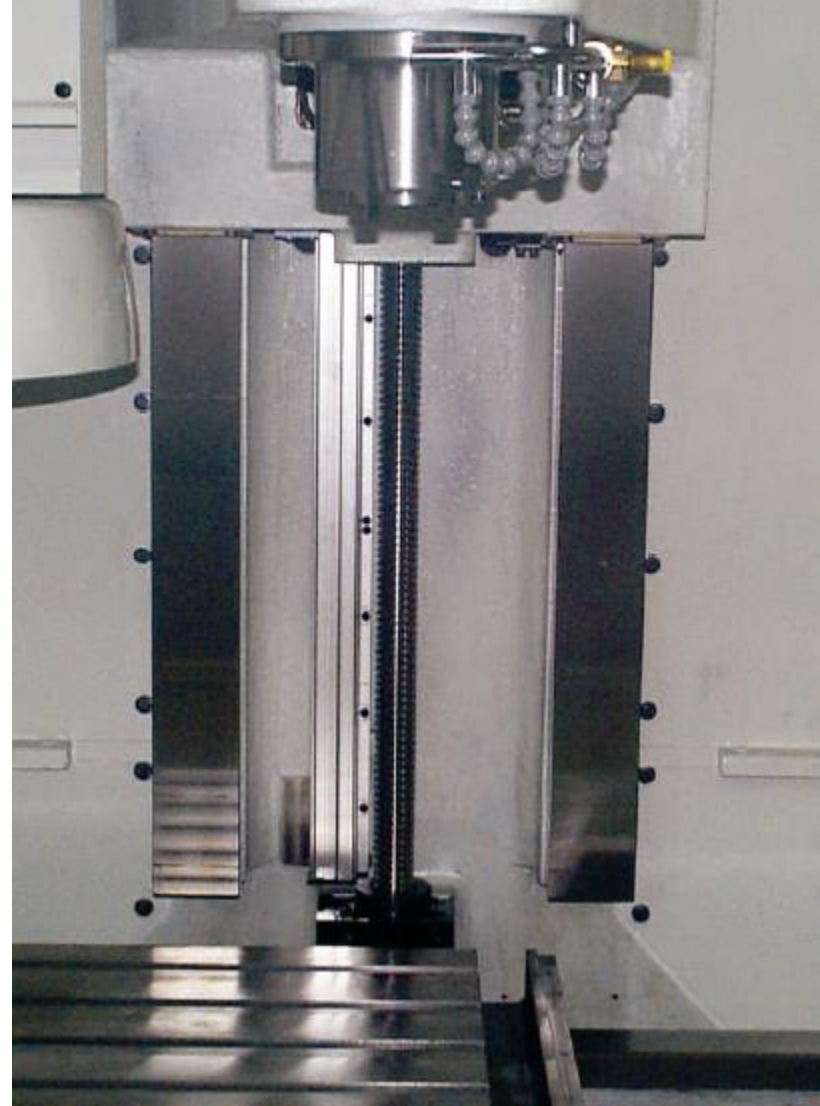
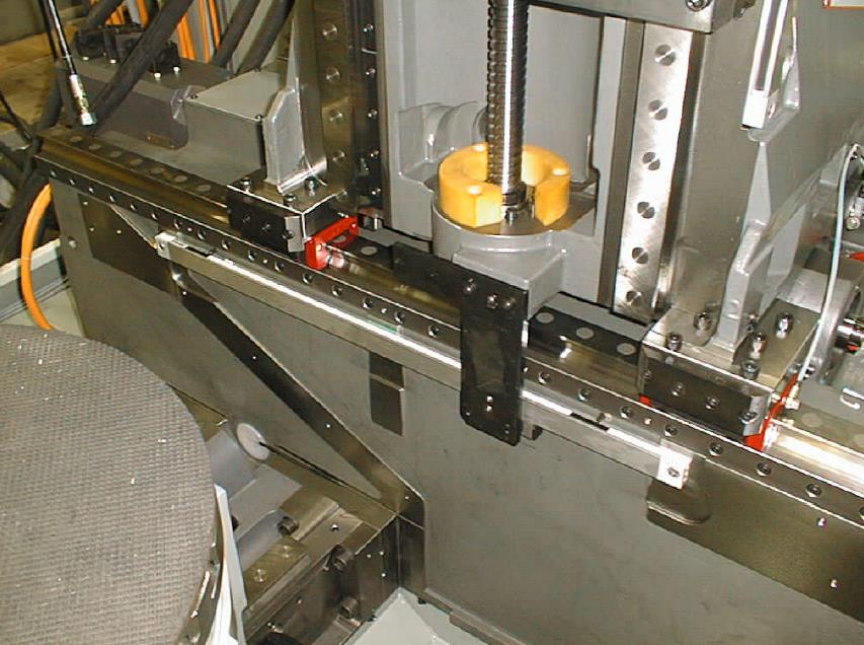
封闭式光栅尺设计出发点是将其用在相对较差的环境中

- 铣床
- 钻床和镗床
- 车床
- 磨床
- 电火花机床

封闭式光栅尺的特点：

- 光栅尺和扫描头有防污染外壳
- 扫描头的在光栅尺内移动
- 信号周期最小到4 μm （细分前）
- 精度可达2 μm
- 测量步距可达0.1 μm
- 安装简单
- 抗震动





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。它是所有进给轴为伺服控制环控制的机器和设备的最佳选择，例如铣床、加工中心、镗床、车床和磨床。直线光栅尺的动态性能优点，允许的运动速度高，沿测量方向的加速性能使其不仅能满足常规轴高动态性能要求，也能满足直接驱动电机的高动态性能要求。

直线光栅尺优点

直线光栅尺测量直线轴位置过程期间没有任何其它机械传动件。用直线光栅尺的位置控制环中包括全部进给机构。机械运动误差被滑板中的直线光栅尺检测和被控制系统电路修正。因此它能消除潜在多项误差源。

- 滚珠丝杠温度特性导致的定位误差
- 反向误差
- 滚珠丝杠螺距误差导致的运动特性误差

对二维刀具运动，数据处理链能力对工件精度的影响可以用海德汉公司的KGM 182二维编码器检测。通过龙门铣床上的演示单元可以展示海德汉iTNC 530系统的运动控制特性。KGM是最终可实现轮廓精度的基础检查工具。



机床在加工精度和表面质量等方面的性能主要取决于机床运动精度。

因此高精度加工时，必须测量和根据需要补偿运动偏差。检测机床的标准和法令，例如ISO 230-2，ISO 230-3和ISO 230-4和VDI/DGQ 3441中都规定了动态和静态偏差的检测方法。

如果同时使用海德汉机床检验和验收测量设备以及功能强大的数据处理软件，只需简单安装和调整就能精确测量和提供信息丰富的测量结果。

动态测量

圆弧插补检测

进行圆弧插补时，CNC数控系统在加工面中进行圆弧插补。

ACCOM数据处理软件比较圆弧路径的二维编码器测量值与理论值（编程值）并将偏差放大显示在PC计算机屏幕中。ACCOM还根据ISO 230-4计算数字值，例如圆弧误差，圆弧反向间隙和径向误差。

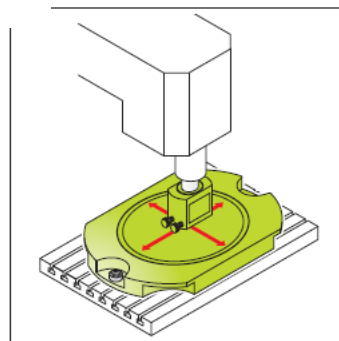
圆弧插补检测的测量数据用于确定误差原因：

- 机床轴垂直度
- 像限过渡位置的反向尖角
- 迟滞误差，反向误差
- 数控系统不正确的误差补偿值
- 机床部件不规则热膨胀导致的误差
- 机床轴倾斜和悬垂
- 轴调整
- 运动速度影响
- 加速度影响

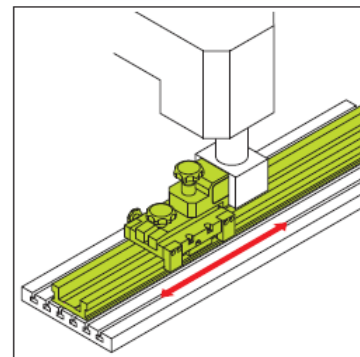
大半径圆弧插补检测反映机床几何特性。另一方面，小半径圆弧插补检测反映大加速度运动时的数控系统精度。机床几何特性对小半径检测测量结果的影响不大。但数控系统和驱动系统有显著影响。

本样本是以前样本的替代版，所有以前版本均不再有效。订购海德汉公司的产品仅以订购时有效的样本为准。

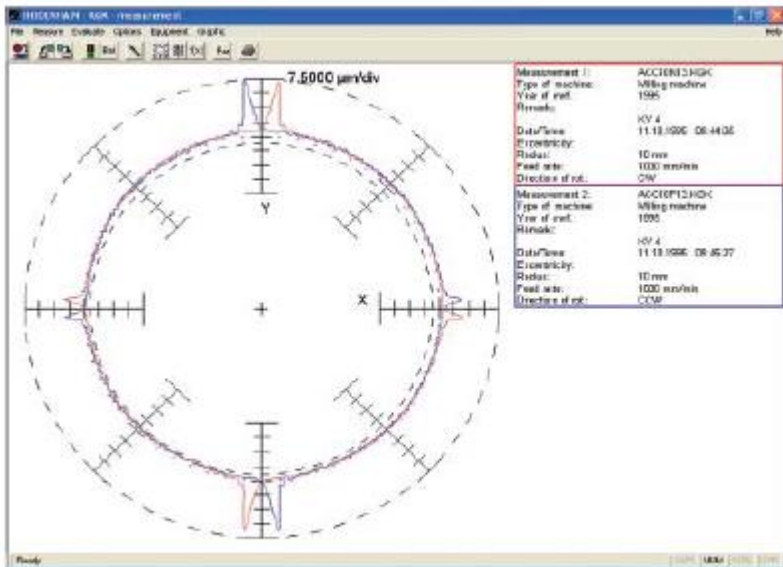
产品遵循的标准（ISO，EN等），请见样本中的标注。



极小半径圆弧插补和自由曲面检测可以确定数控系统动态特性，大半径圆弧插补检测可以确定机床几何精度。



机床直线轴位置精度和重复精度以及导轨误差用比较仪系统测量。



用KGM进行圆弧插补测试的标准图：像限过渡位置的反向尖角可见，表示顺时针与逆时针运动间的不同

