



技术信息

针对直接驱动系统的光栅/编码器

直线电机和扭矩马达在半导体和电子工业中已经得到了广泛的应用。在机床行业的应用近年来也在不断增长。与传统驱动方式相比，直接驱动系统有低摩擦，维护简单和高效率等优点。

但是，直接驱动的高效率只有在控制系统，电机，机械部分与测量系统完美相互配合时才能得到充分发挥。直接驱动系统对测量部件位置信号的质量有极高的要求：

因为高质量的位置信号可以

- 提高所加工工件的表面质量
- 减少机床床身震动
- 避免随转速变化的电机噪声
- 避免电机额外过热

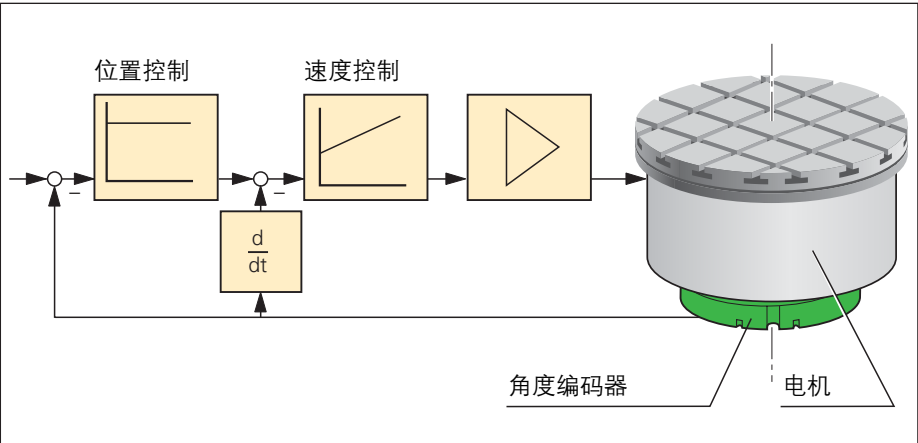
测量系统的正确选择对直接驱动系统的性能起着决定性的作用。采用光学扫描原理的测量系统在精度，运行平稳度及减少驱动系统发热现象等方面拥有优势。

直接驱动系统的结构

直接驱动决定性的优势在于其驱动元件（电机）和被驱动元件（滑台，转台）之间没有其他传动部件，连接的刚性极高。因为这个优点，直接驱动系统的控制环可以达到远高于传统驱动系统的系统增益（ k_v -值）。

直接驱动系统的速度测量

直接驱动系统不配备专门用于测速的旋转编码器。其位置和速度信息都由同一测量设备获得：在直线电机是长光栅，在扭矩马达是角度编码器。由于直接驱动系统缺少了传统驱动系统中电机旋转编码器和被驱动元件间的减速比，直接驱动系统的测量设备必须有足够高的分辨率来保证慢速时也能进行精确的速度控制。



旋转直接驱动的控制环（转矩电机）

直接驱动系统高增益的优点也同时提高了系统定位性能受测量设备输出信号质量影响的程度。

直接驱动系统因此要求信号周期小、信号质量高的测量设备。

用于直接驱动的编码器

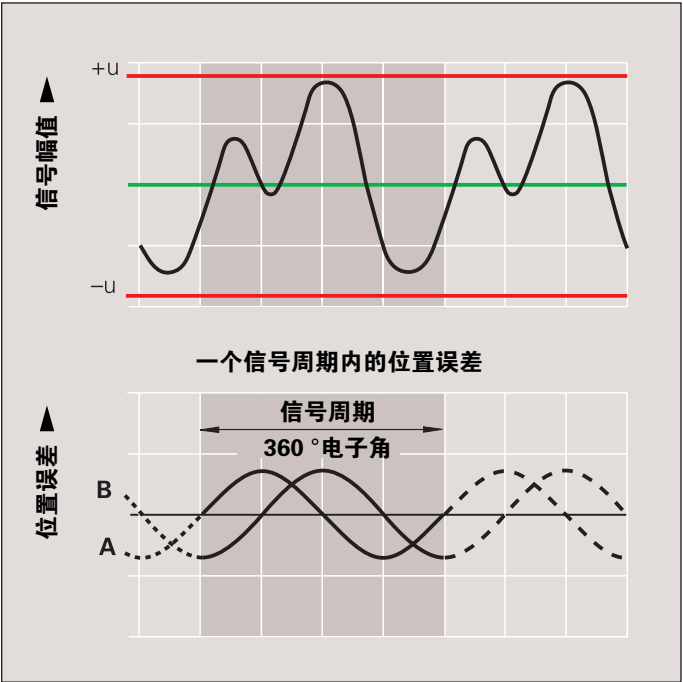
要求和作用

测量设备的信号质量

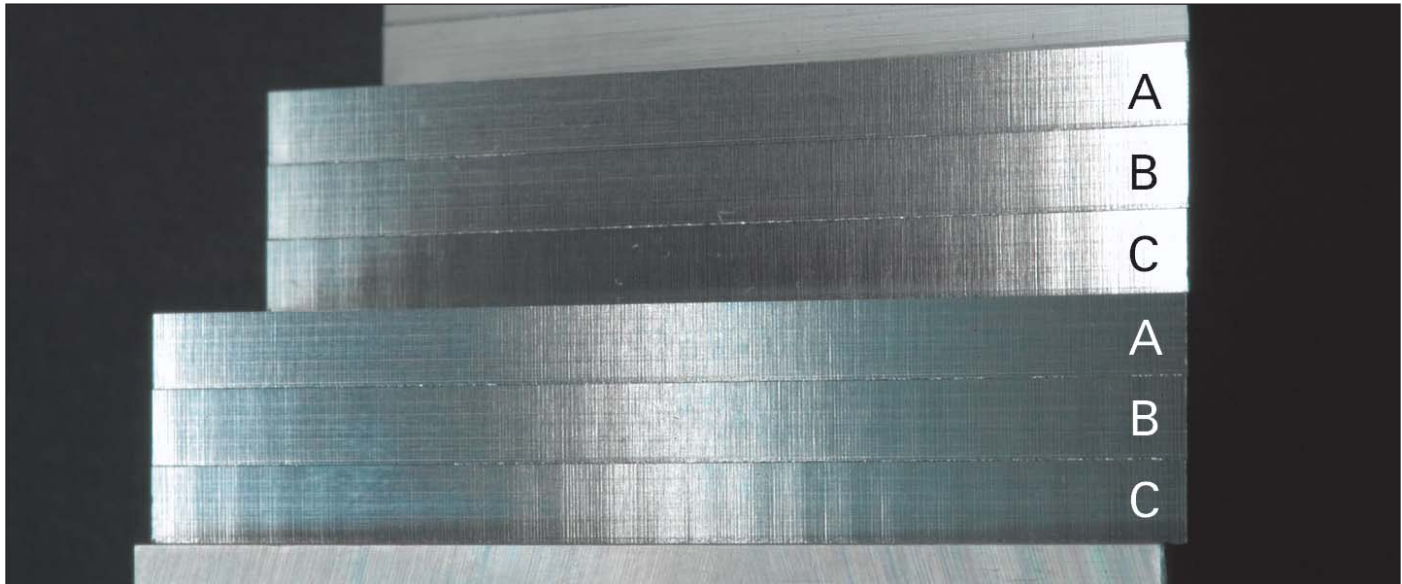
现代测量设备采用增量式或绝对式测量方法。位置信息在测量设备内被转换成两个相位差为90度的正弦信号。两种测量方法都需通过对正弦信号进一步细分来达到所需的分辨率。由于有缺陷的扫描方法，光栅受污染及后继信号处理不完善都会导致位置信号与理想正弦信号有偏差。在细分时，这种偏差会在输出信号的一个信号周期内产生周期性的高频误差。这类误差被称为“一个信号周期内的位置误差”或“细分误差”。高质量测量设备通常可以保证细分误差在信号周期的1-2%左右。

细分误差对工件质量的影响

细分误差除了影响定位精度外还影响驱动系统的速度恒定性。控制系统的速度控制环按照进给系统的定位误差计算驱动系统的工作电流，控制驱动系统进行加减速。在进给速度较低时，进给系统跟随细分误差的走势。直接驱动系统由于系统增益高而拥有较宽的控制带宽，进给系统在一个较大的速度范围内受细分误差影响。在进行铣削工件时，这可能在工件表面留下波纹状的加工痕迹。波纹状痕迹的波长和振幅取决于参与加工的各进给轴的运动速度。



速度恒定性决定了铣削工件的表面质量
A：位置编码器的细分误差为 ± 0.4 微米（LS486）
B，C：位置编码器的细分误差为 ± 1 微米



热量和噪声的产生

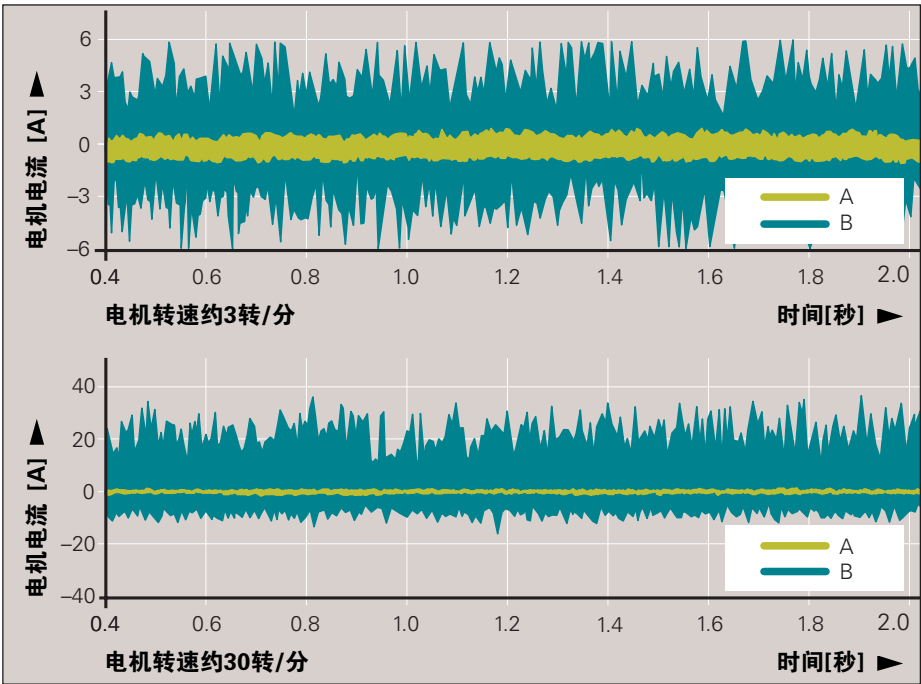
细分误差频率上升到一定程度时，进给轴无法再跟随细分误差的走势。尽管如此，由细分误差在电机内导致的附加电流还是会造成电机噪声变大，并产生额外的热量。

在同一台扭矩马达上匹配光学角度编码器和磁性旋转编码器的实验，证实了测量设备高质量输出信号的重要性。实验中，当采用16384线的角度编码器RCN223时，电机内几乎不存在任何干扰电流，电机运转极为平稳，发热较少。旋转编码器因为采用磁性扫描原理，线数较少。在控制系统参数完全相同的条件下，旋转编码器在电机内部造成了巨大的干扰电流。与此伴随的是强烈的噪声和额外产热。

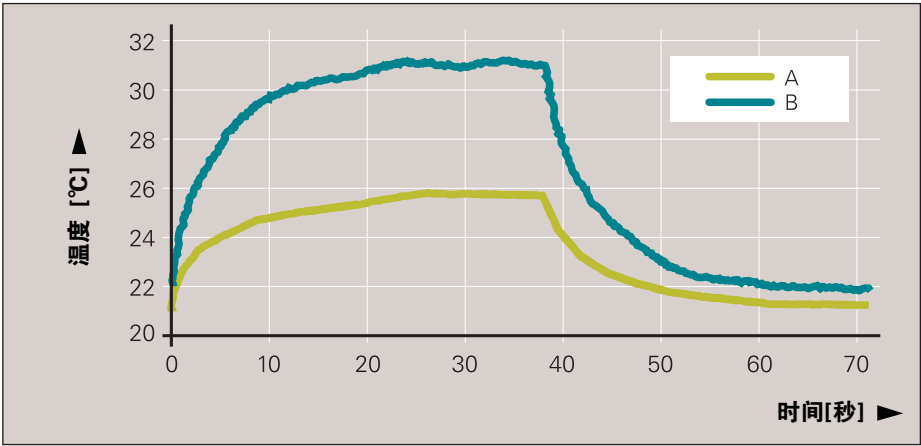
动态性能

直接驱动系统常采用数字过滤来改善位置信号的平滑性。但是由数字过滤在转速控制环中所造成的相位损失会严重影响进给系统的动态性能，所以原则上要尽可能地将相位损失减少到最小。

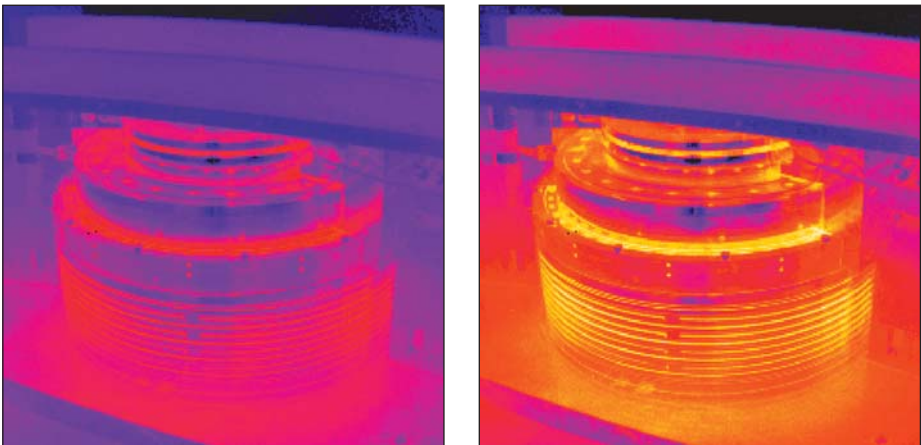
高信号质量的位置测量设备可以帮助减少数字过滤的使用，进而保证了进给系统的控制带宽。



采用不同位置编码器的直接驱动电机的内部电流
A：细分误差较小的编码器（光学角度编码器）
B：细分误差较大的编码器（磁式旋转编码器）



采用光学式（A）和磁式（B）编码器的直线电机的工作温度曲线



采用光学编码器（左）和磁式（右）编码器的热像图

用于直接驱动的位置编码器

生成信号周期小、位置信号质量高的位置编码器是确保直接驱动最佳工作的前提。采用光电扫描法的编码器是这种应用的理想选择，因为它能扫描极细的光栅刻线。

精密光栅

海德汉公司的光学扫描型光栅尺或编码器的测量标准都是周期刻线 – 光栅。这些精细光栅的栅距通常从40 µm到不足1 µm，全部采用光刻工艺制造。突出特点是边缘清晰和高度均匀。

型号丰富，面向广泛应用

海德汉公司的直线光栅尺和角度编码器型号丰富，能适应不同应用要求。例如，用于机床的封闭式直线光栅尺，它能有效防止切屑、灰尘和油液污染。敞开式直线光栅尺是低污染应用的理想选择，例如半导体工业。有的编码器型号支持非常高的快移速度，有的型号提供高精度的定位能力。

获取实际位置

增量式编码器日益被提供绝对位置测量值的绝对式编码器补充，因为绝对式编码器可在开机时立即提供位置信息。绝对测量的技术可靠性更高，它完全不需要执行常规的参考点回零操作。

绝对式编码器特别适应于直接驱动。当前位置值和换向偏移量可在编码器得电时立即获取。一旦电机得电启动，控制环立即可对其进行控制。关键操作状态，例如启动直接驱动的垂直轴或急停后退刀动作，可以更安全地控制。

应用	版本	信号周期	最大细分误差	型号
角度测量	敞开式	36000/转	± 0.5“	ERA 180
	封闭式	36000/转	± 0.36“	RON 886
		32768/转	± 0.4“	RCN 729
		16384/转	± 0.8“	RCN 226
长度测量	敞开式	4 µm	± 0.04 µm	LIP 581
		20 µm	± 0.2 µm	LIDA 487
	封闭式	4 µm	± 0.08 µm	LF 481
		20 µm	± 0.2 µm	LC 183 LC 483

海德汉公司用于直接驱动的位置编码器（选型）：
相对信号周期的细分误差最大值



海德汉公司用于直接驱动的位置编码器

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
FAX 010-80420010
Email: sales@heidenhain.com.cn
www.heidenhain.com.cn

更多信息：

- 角度编码器样本
- 敞开式直线光栅尺样本
- 样本：用于NC数控机床的直线光栅尺