



## 技术信息

### 电子工业中直线电机使用的编码器

半导体工业和自动化技术需要更高精度和更高速度的机床来满足日趋强烈的小型化、质量和降低成本的要求。直线电机对一个或多个进给轴的高动态应用越来越重要。直接驱动技术的优点是摩擦小、维护工作量小和生产效率高。

但是，这种生产效率的提高有赖于控制系统、电机、机床和位置编码器间相互协调和最佳配合。直接驱动对测量信号质量提出了更高要求。

最优测量信号

- 降低机床结构振动，
- 消除电机发出的与速度相关的声音，和
- 避免发热量增加，
- 使电机达到最大机械额定功率。

因此，直线电机效率很大程度上有赖于位置编码器的选型。光学扫描光栅尺为直接驱动提供了精度、速度稳定和温度特性的基础保障。HEIDENHAIN公司为电子工业提供大量专为满足该行业直线电机技术特性要求的直线光栅尺型号。

#### 直接驱动结构

直接驱动技术的突出特点是驱动到进给部件间的高刚性偶合，其中没有任何机械传递元件。相对常规驱动技术，它使控制环可以获得极高增益。

#### 直接驱动的速度测量

对直接驱动，没有用于测量速度的单独编码器。位置和速度全部由位置编码器测量：直线电机用直线光栅尺，旋转轴用角度编码器。由于速度编码器和进给单元间没有机械传递，相应地位置编码器必须具有高分辨率才能在低速运动时准确控制速度。速度通过单位时间内运动距离进行计算。这个方法也适用于常规轴 - 数字差将放大周期性波动或信号噪声。控制环极高的增益 - 特别是用



在直接驱动中和编码器信号质量的不理想 两个因素将极大地降低驱动性能。

# 电子工业中直线电机使用的编码器

## 要求和影响

### 位置编码器信号质量

当今位置测量编码器有两类：计数类的增量式编码器和绝对式编码器。编码器将位置变化信息转换成两路相位差为 $90^\circ$ 的正弦信号。两种编码器都需要细分正弦扫描信号以便获得更高分辨率。如果扫描信号质量不高，例如光栅尺上的污物，和信号处理能力不足的话将使信号波形偏离理想的正弦曲线。那么信号细分时，将使编码器的输出信号在一个信号周期内出现周期性的位置误差。人们将单信号周期内的位置误差称为“细分误差”。通常高质量编码器的细分误差为信号周期的1%到2%。

### 细分误差的影响

#### 发热和噪声

如果细分误差频率增加的话，进给驱动将无法吻合误差曲线。那么细分误差导致的电流分量使电机噪声增大和电机发热量增加。

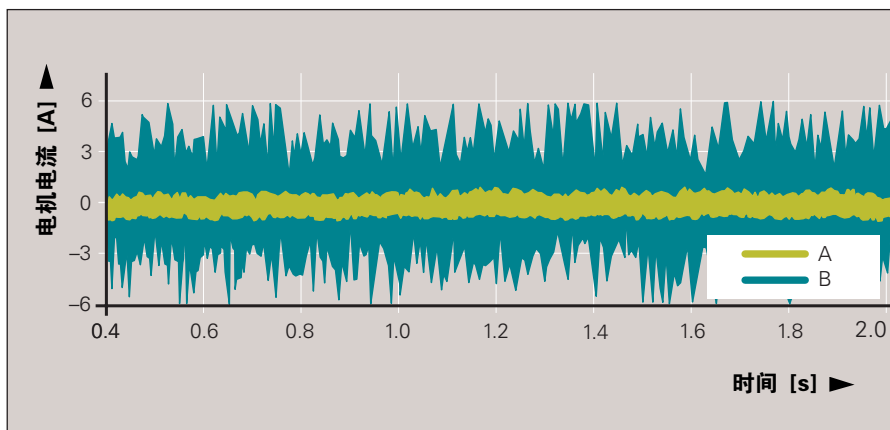
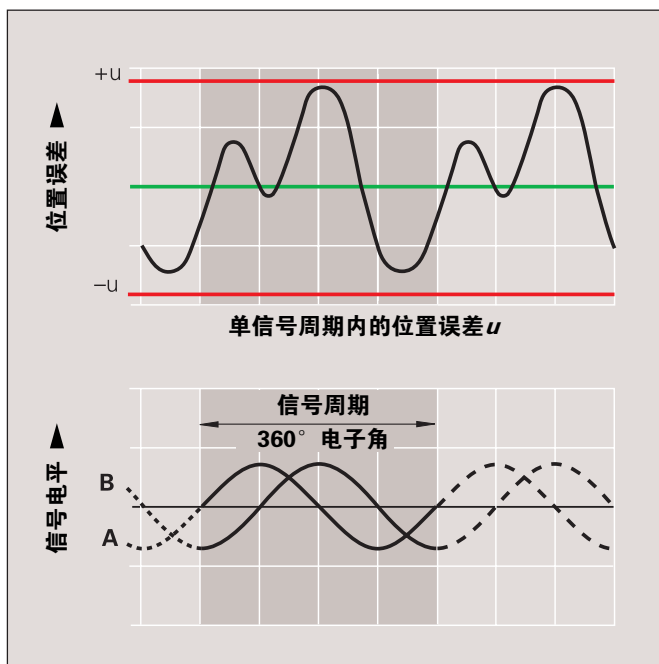
将用在直线电机上的细分误差大和小的直线编码器进行比较，我们可以清楚地发现高质量位置信号的重要性。在此所用的LIDA直线光栅尺只使电机电流产生非常微小的波动：电机工作正常，几乎不发热。

如果控制系统设置相同的话，相同编码器的细分误差与调整质量有关，调整质量差，误差大，电机电流产生的噪声也大。这也造成电机噪声加大和发热量增加。

### 动态性能

直线驱动通常用数字滤波器改善位置信号的平滑性能。但是，速度控制环中的滤波带来的附加相位延迟必须尽可能小，否则动态精度不高。

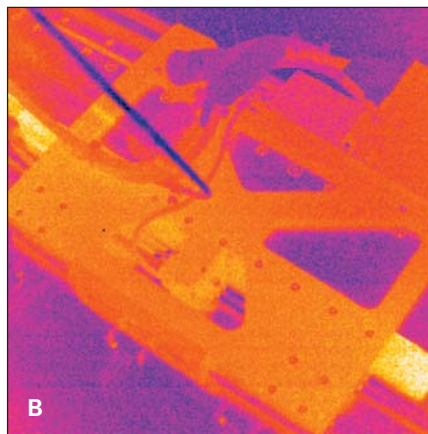
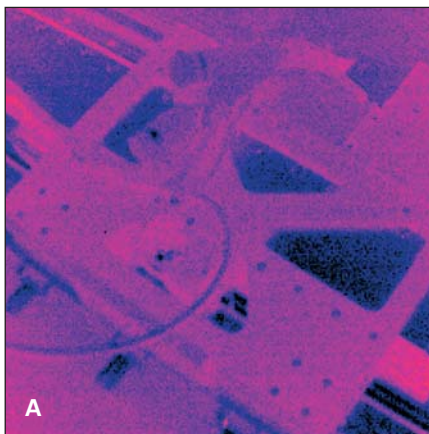
信号质量高的位置编码器可以减少滤波器的使用，也就是说更有利于保证控制环带宽。



带位置编码器直接驱动的电机电流

A: 小细分误差

B: 大细分误差



编码器控制的直线电机发热量

A: 小细分误差

B: 大细分误差

### 直接驱动用位置编码器

位置信号质量高、细分误差小的直线光栅尺是电子工业中直接驱动装置最佳工作的前提。采用光电扫描法的编码器最适用于这种应用，因为光电扫描支持极细的光栅刻线。

也因此直接驱动领域光电扫描编码器具有广阔应用前景。

### 精密光栅

HEIDENHAIN公司的光学扫描型光栅尺或编码器的测量基准都是周期刻线 - 光栅。光栅尺基体是玻璃或钢材，或大长度测量的是钢带。这些精细光栅的栅距通常从 $40\ \mu\text{m}$ 到小于 $1\ \mu\text{m}$ ，全部采用光刻工艺制造。它们都具有边缘清晰和一致性极好的突出优点，这些特点是细分误差小的基础，因此它能保证工作性能平稳和控制环增益高。

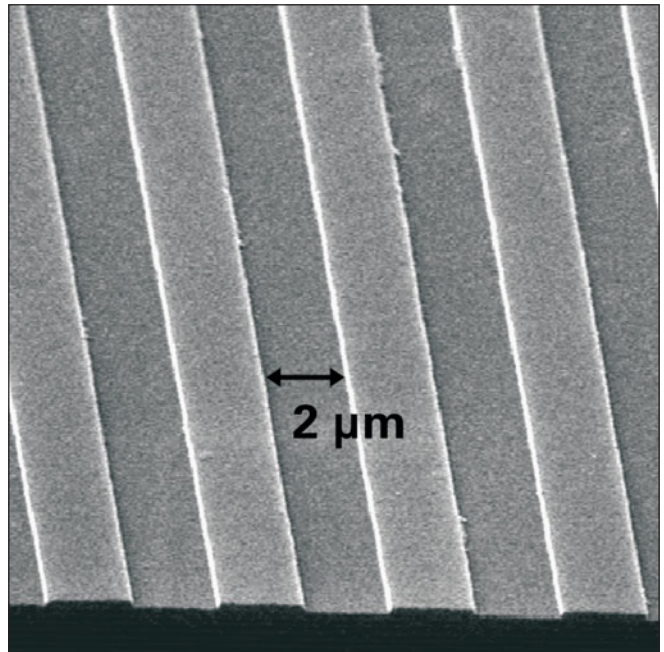
### 坚固耐磨的光栅尺

由于这种光栅的结构特点 - 敞开的直线光栅尺使它自身的防护能力较低。为此，HEIDENHAIN公司始终用特殊工艺生产非常坚固耐磨的光栅。

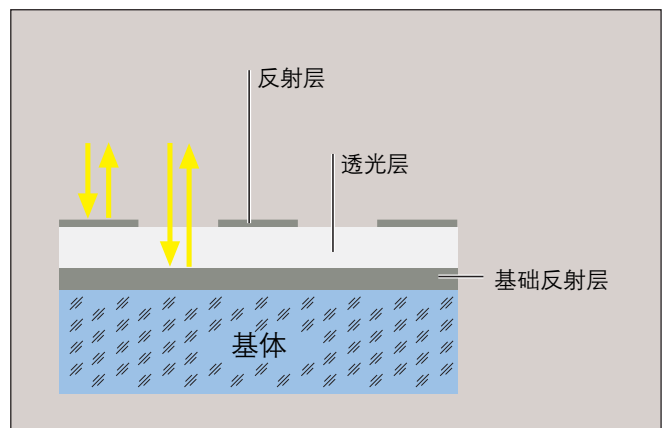
DIADUR工艺是将硬铬线刻制玻璃或钢带上。AURODUR工艺是在金带或钢带上刻线，作出坚硬耐磨的金刻线尺带。

SUPRADUR工艺是在主反射层上加一层透光层。超细、坚硬的镀铬层用于形成光栅。实践证明，SUPRADUR工艺生产的光栅尺具有极强抗污能力，因为它刻线层超薄，灰尘、污物或水滴难以在上面留存。

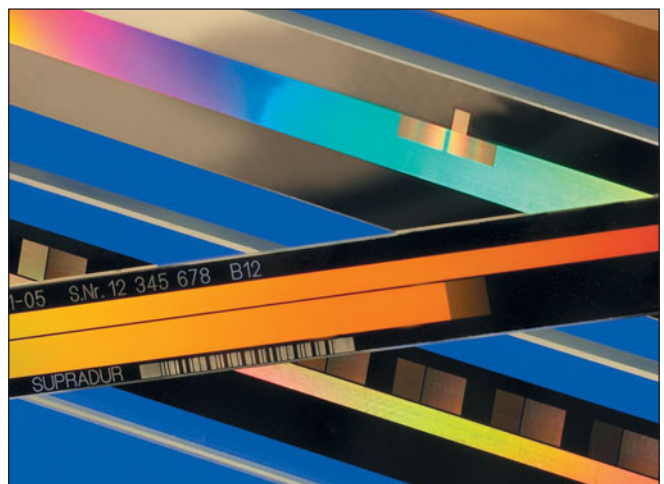
因此，HEIDENHAIN公司的生产技术可确保信号的高质量持久稳定，特别能满足直接驱动的高要求。



DIADUR相位光栅，刻线高度约 $0.25\ \mu\text{m}$



SUPRADUR工艺：光学三维光栅结构



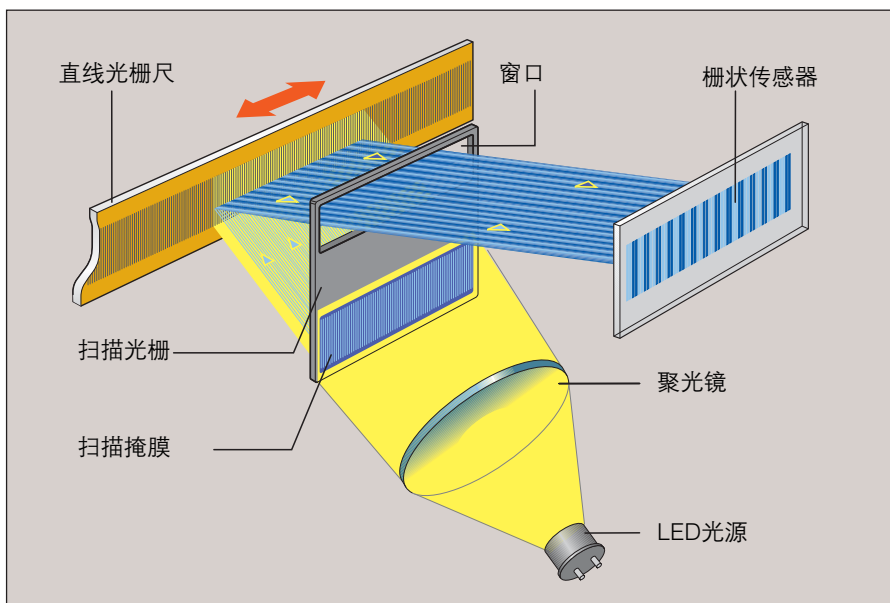
### 最优化扫描方法

扫描方法和光栅质量决定着细分误差大小。HEIDENHAIN公司的敞开式直线光栅尺采用的单场扫描方法的突出优点是：输出信号只由一个扫描场产生。这个大面积扫描场和扫描光栅结构形成的特殊光学过滤器和光电池产生的扫描信号可在全行程上保持高质量。这保证了：

- 信号噪声低
- 细分误差小
- 移动速度快
- 高性能的直接驱动控制环
- 电机发热量小

### 基于成像扫描原理生成信号 ( LIDA 400 )

简单的说，成像扫描原理是采用透射光生成信号：栅距相同的光栅尺和扫描光栅彼此相对运动。扫描光栅的基体是透明的，而作为测量基准的光栅尺可以是透明的也可以是反射的。

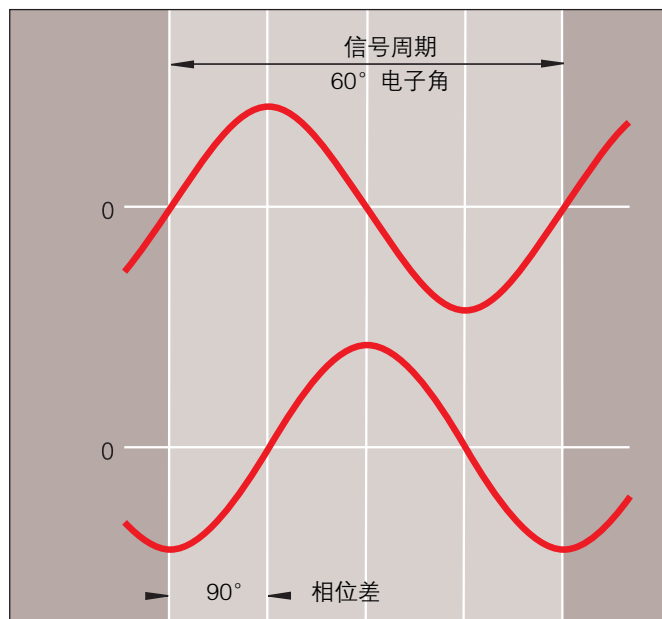


基于成像扫描原理的钢带光栅尺的光电扫描和单场扫描 ( LIDA 400 )

当平行光穿过一个光栅时，在一定距离处形成明/暗区。具有同栅距的扫描光栅就位于这个位置处。当两个光栅相对运动时，穿过光栅尺的光得到调制。如果狭缝对齐，光线通过。如果一个光栅的刻线与另一个光栅的狭缝对齐，则光线无法通过。光电池将这些光强变化转化成电信号。特殊形式的扫描光栅将光强调制为近正弦输出信号。

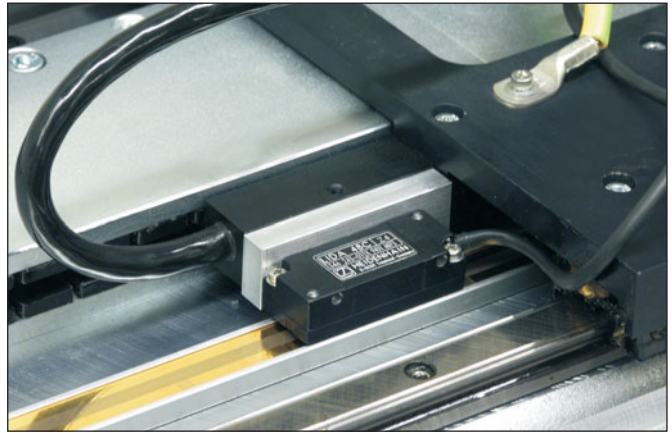
在示波器的XY坐标上信号显示为里萨约图。理想输出信号为同心圆。偏离正圆形状和位置的误差为单信号周期位置误差，因此它直接影响测量结果。圆的大小对应于输出信号幅值，它可在一定限度内变化，不影响测量精度。

对直接驱动，偏离正圆形状将造成噪声，降低控制质量和增加发热量。



### 抗污染能力强

半导体工业的生产设备和搬运设备要求加速度快和结构紧凑。这些要求特别适合于敞开式测量系统，因为它工作时无摩擦，而且无自己的安装座，因此整个系统尺寸可以很小，重量更轻。特殊的扫描方法和生产技术使这种无密封的编码器具有极强的抗污染能力。



HEIDENHAIN公司的敞开式直线光栅尺采用**单场扫描**方法。只需一个扫描场生成扫描信号。光栅尺上的局部污染（例如安装时的手指印或导轨的油滴污染）影响信号分量光强，因此等量影响扫描信号。输出信号幅值虽有变化，但无偏移和无相位变化。这些信号仍可以进行大倍频细分且细分误差小。

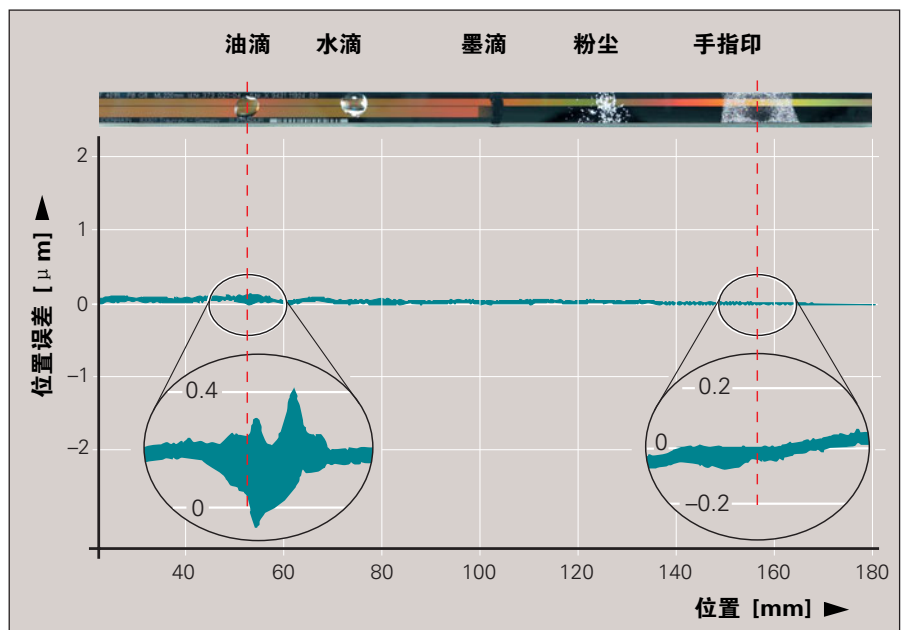
此外，**大面积扫描场**还有利于降低对污染的敏感性。这常常可以避免光栅尺损坏。特别是LIDA 400和LIF 400系列光栅尺，相对其栅距，其扫描面积高达 $14.5 \text{ mm}^2$ 。即使这些光栅尺上有3 mm直径的污点，仍可以输出高质量信号。位置误差远远低于光栅尺精度等级对应的误差值。

抗污染能力强的光栅尺必须有优化扫描方法的支持，大面积扫描场和抗污染的光栅。

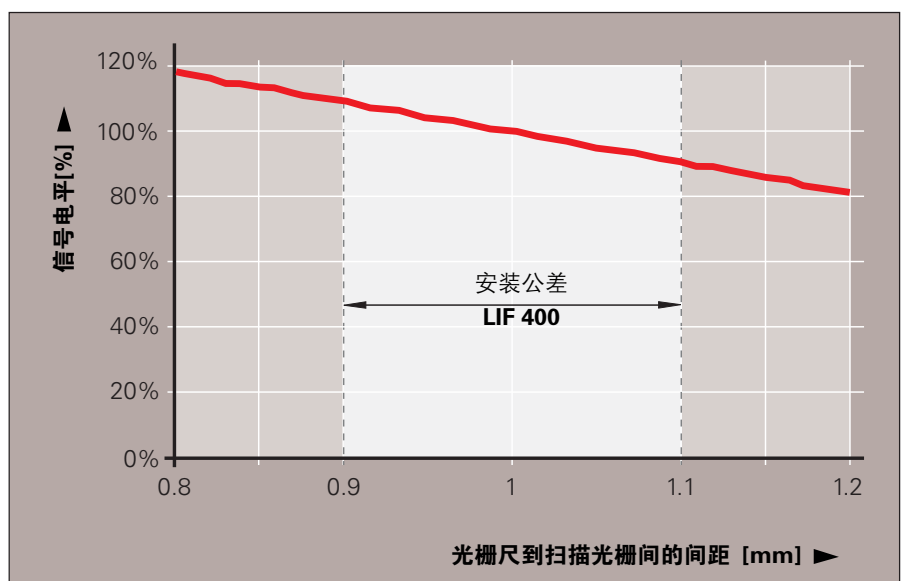
### 面向应用的安装公差

信号周期越小一般也要求光栅尺和扫描光栅间的间距公差越小。但由于LIF 400系列光栅尺采用干涉扫描原理和创新的扫描掩膜技术，例如LIDA 400系列，即使很小的信号周期也允许较大的安装公差。因此，在安装公差内，信号幅值变化十分微小。

这是为什么HEIDENHAIN公司的敞开式直线光栅尺具有高可靠性的原因。



污染对LIF 400的影响

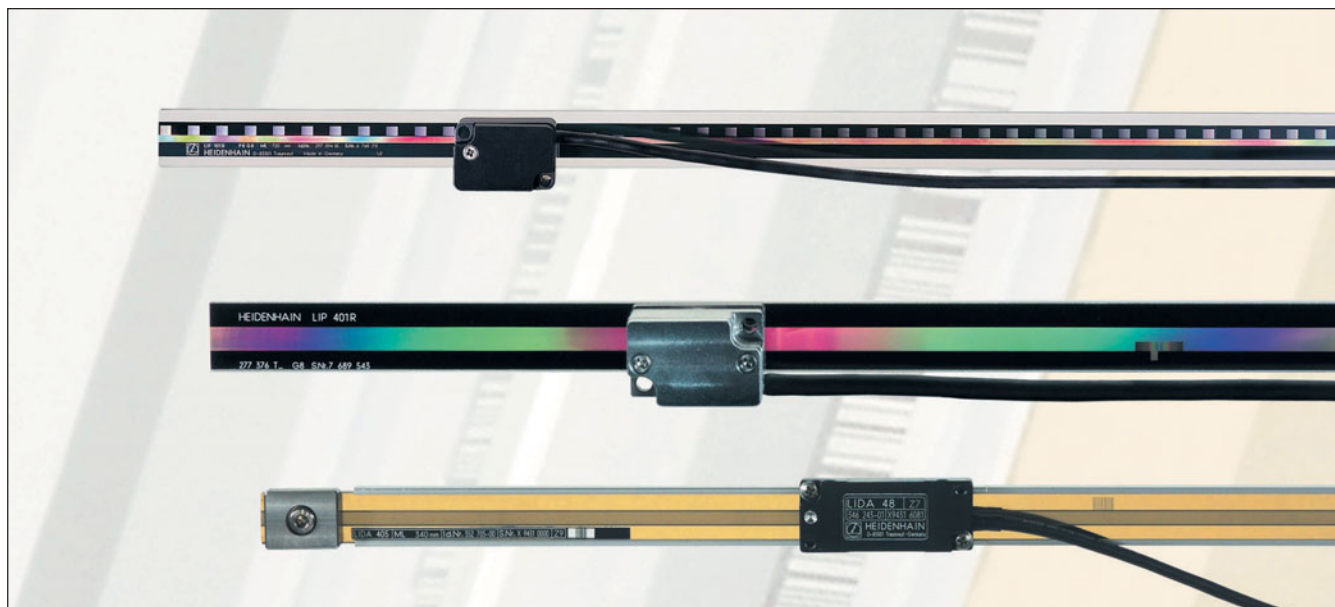


# 直线电机用位置编码器

HEIDENHAIN公司的敞开式直线光栅尺专为高速、高精度机床应用进行了特别优化，它是半导体工业和自动化技术行业的理想选择。尽管它为敞开式机械结构，但它仍具有很高抗污染能力，能保证长期稳定工作，而且安装快捷和简单。LIF、LIP和LIDA系列直线光栅尺重量轻和尺寸小，特别适用于直线电机。

应用	信号周期	最大细分误差	接口	型号
超高精度	0.128 $\mu\text{m}$	• 0.001 $\mu\text{m}$	$\square$ TTL	LIP372
			$\sim$ 1 V <sub>pp</sub>	LIP 382
	2 $\mu\text{m}$	• 0.02 $\mu\text{m}$	$\square$ TTL	LIP471
			$\sim$ 1 V <sub>pp</sub>	LIP 481
	4 $\mu\text{m}$	• 0.04 $\mu\text{m}$	$\square$ TTL	LIP571
			$\sim$ 1 V <sub>pp</sub>	LIP 581
• 安装简单 • 带限位开关和回零轨	4 $\mu\text{m}$	• 0.04 $\mu\text{m}$	$\square$ TTL	LIF471
			$\sim$ 1 V <sub>pp</sub>	LIF 481
• 高速运动 • 限位开关	20 $\mu\text{m}$	• 0.2 $\mu\text{m}$	$\square$ TTL	LIDA47x
			$\sim$ 1 V <sub>pp</sub>	LIDA 48x

HEIDENHAIN公司直接驱动用的位置编码器（选型）：细分误差最大值为相对信号周期



## 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](http://www.heidenhain.com.cn)

更多信息：

- 样本：敞开式直线光栅尺
- 技术信息：单场扫描

