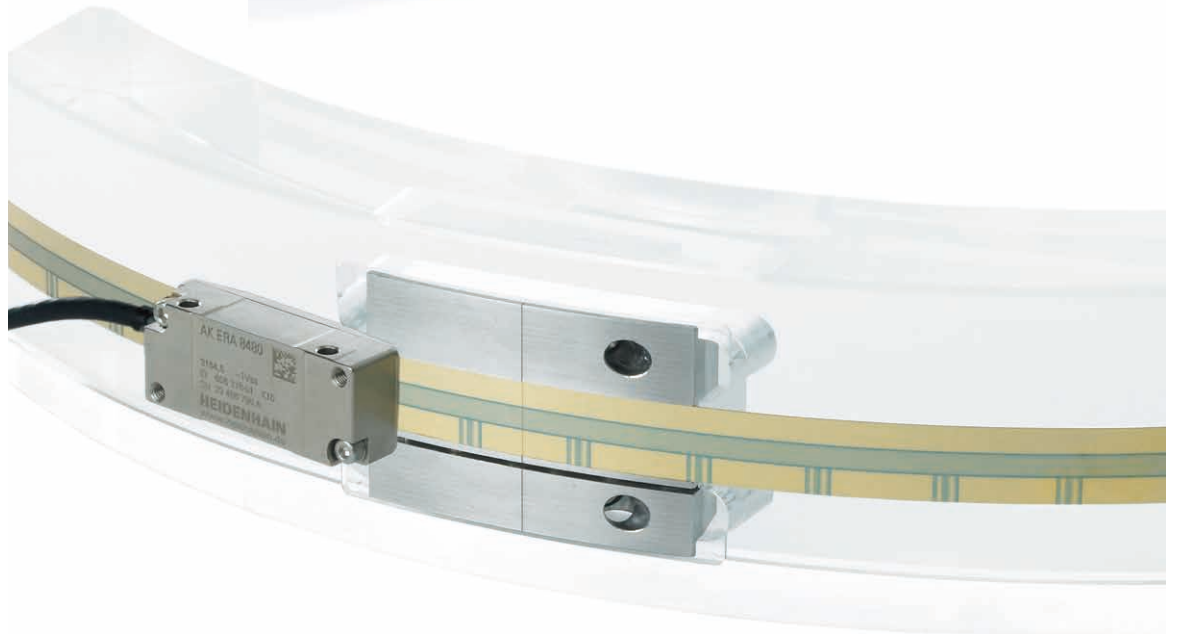
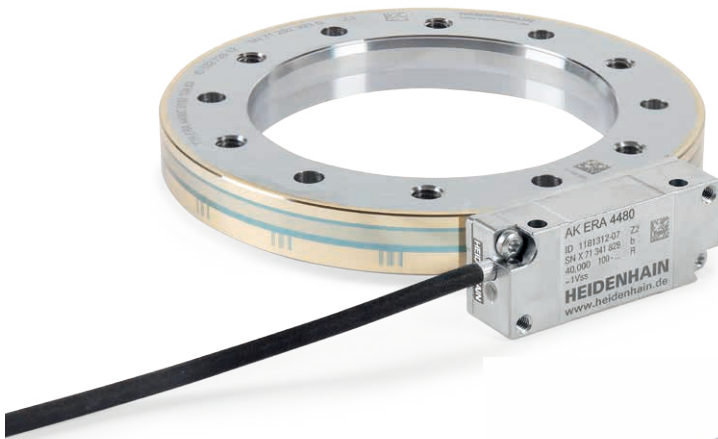




# HEIDENHAIN



模块型角度  
编码器  
栅鼓式  
或尺带式



以下信息

- 封闭式角度编码器
  - 旋转编码器
  - 伺服驱动编码器
  - 敞开式直线光栅尺
  - 直线光栅尺用于NC数控机床
  - 海德汉接口电子电路
  - 海德汉数控系统
- 欢迎索取，或访问海德汉官网  
[www.heidenhain.com.cn](http://www.heidenhain.com.cn)

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。

有关产品所遵循的标准（ISO，EN等）仅以样本中的标注为准。

 更多信息：

有关所有可用接口的全面说明和一般电气信息，请参见海德汉编码器接口样本。

# 目录

<b>概要</b>		
海德汉角度编码器		4
选型指南		6
<b>技术特性和安装信息</b>		
测量原理		12
扫描原理		14
测量精度		16
可靠性		22
直驱电机的角度编码器		24
机械结构类型和装配		25
一般信息		34
功能安全特性		36
<b>技术参数</b>		
	<i>产品系列或型号</i>	
模块型角度编码器 光电扫描和栅鼓	ECA 4400系列	40
	ERA 4000系列	48
模块型角度编码器 磁电扫描和栅鼓	ECM 2400系列	58
	ERM 2000系列	64
模块型角度编码器 光电扫描和尺带	ERA 7000系列	76
	ERA 8000系列	80
<b>更多信息</b>		
调试和诊断设备		84

# 海德汉角度编码器

角度编码器广泛用于高分辨率的角度测量应用中，精度可达数角秒。

举例：

- 机床回转工作台
- 机床摆动铣头
- 车床C轴
- 齿轮测量机
- 印刷机的印刷装置
- 光谱仪
- 望远镜

而旋转编码器主要用于精度要求略低的应用中，例如自动化、电机等许多其它应用中。



角度编码器的物理设计特点包括：

## 带空心轴和定子联轴器的封闭式角度编码器

定子联轴器的设计特点是联轴器只吸收轴承摩擦产生的扭矩，特别是轴进行角加速运动时。因此，这些角度编码器具有优异的动力性能。由于定子联轴器，所示的系统精度包括联轴器误差。

RCN、RON和RPN角度编码器带定子联轴器，而ECN在外部安装。

其它优点：

- 尺寸小，可安装在空间有限的地方
- 空心轴直径可达100 mm
- 易于安装
- 也可提供功能安全特性



RCN 8000绝对式角度编码器



ECA 4000绝对式角度编码器

#### 光电扫描的模块型角度编码器

ERP、ERO、ERA和ECA模块型角度编码器特别适用于安装空间有限的高精度应用。

主要亮点：

- 大空心轴直径（尺带版可达10 m）
- 高轴速，可达20 000 rpm
- 无轴封带来的附加启动扭矩
- 非整圆版
- 也可提供功能安全特性

光电扫描的模块型角度编码器可配不同的圆光栅基体：

- ERP/ERO：带轴毂的玻璃圆光栅码盘
- ERA/ECA 4000：钢栅鼓
- ERA 7000/8000：钢尺带

由于这些角度编码器无外壳，因此，需要正确安装，以提供所需的防护等级。



ECM 2000绝对式角度编码器

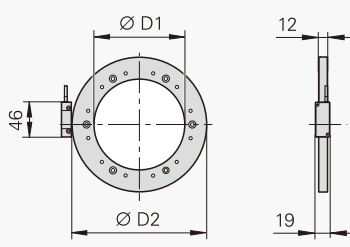
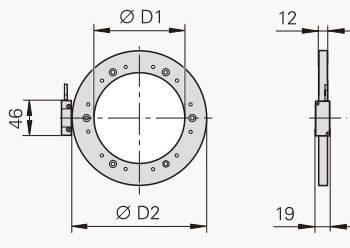
#### 磁电扫描的模块型角度编码器

ERM和ECM模块型角度编码器坚固耐用，对冷却润滑油和污染不敏感，特别适合生产型机床使用。这些角度编码器是中高等级精度和安装空间有限应用的理想选择：

- 大轴径
- 高轴速，可达60 000 rpm
- 无轴封带来的附加启动扭矩
- 优异的抗污染性能
- 可带功能安全特性

# 选型指南



## 光电扫描和栅鼓式模块型角度编码器

系列	外形尺寸 单位 mm	直径	光栅精度	机械允许转速 <sup>1)</sup>	设计结构
ECA 4400 <sup>2)</sup>		D1: 70 mm 至 512 mm D2: 104.63 mm 至 560.46 mm	±3.7" 至 ±2"	≤ 15000 rpm <sup>3)</sup> 至 ≤ 2750 rpm	钢栅鼓带定心环
ECA 4402			±3" 至 ±1.5"	≤ 15000 rpm 至 ≤ 2750 rpm	三点定心的钢栅鼓
ERA 4x00		D1: 40 mm 至 512 mm D2: 76.5 mm 至 560.46 mm	±5" 至 ±2"	≤ 20000 rpm <sup>3)</sup> 至 ≤ 2750 rpm	钢栅鼓带定心环
ERA 4202			±4" 至 ±1.7"	≤ 20000 rpm 至 ≤ 4750 rpm	三点定心的钢栅鼓

1) 工作期间可能受电气允许轴速限制

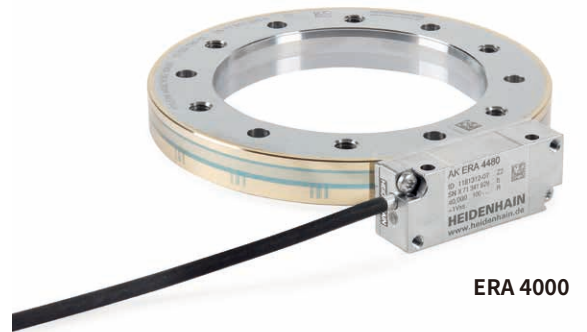
2) 也提供带功能安全特性版

3) 可能受机械防松保护限制

信号周期数/圈	接口	参考点	页码
-	EnDat 2.2 发那科 三菱 松下 安川	-	40
3000至52000	$\sim$ 1 V <sub>PP</sub>  TTL	距离编码或一个	48
12000至52000	$\sim$ 1 V <sub>PP</sub>  TTL	距离编码或一个	52

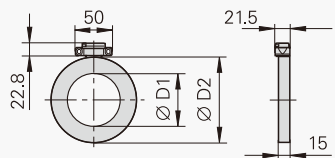
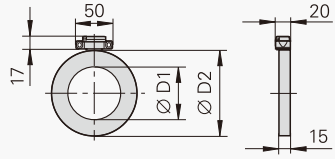
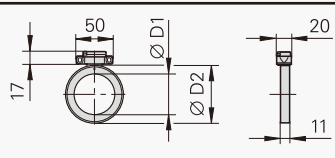


ECA 4000

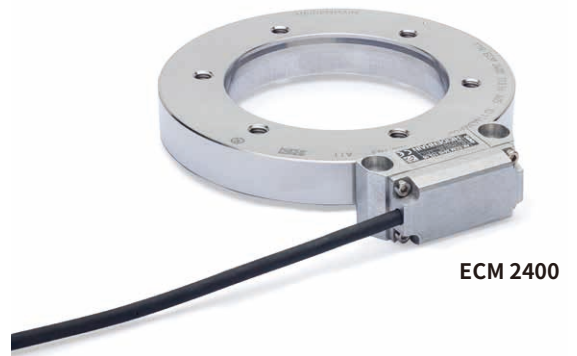


ERA 4000

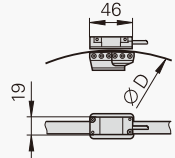
# 磁电扫描和栅鼓式模块型角度编码器

系列	外形尺寸 单位 mm	直径	磁栅精度	机械允许转速	设计结构
ECM 2400		D1: 70 mm 至 260 mm D2: 113.16 mm 至 326.9 mm	±8" 至 ±3.5"	14 500 rpm 至 4 500 rpm	螺栓固定
ERM 2200		D1: 40 mm 至 410 mm D2: 64.37 mm 至 452.64 mm	±12" 至 ±2.5"	22 000 rpm 至 3 000 rpm	螺栓固定
ERM 2203		D1: 40 mm 至 295 mm D2: 64.37 mm 至 326.90 mm	±8" 至 ±1.5"	22 000 rpm 至 4 500 rpm	
ERM 2400		D1: 40 mm 至 512 mm D2: 64.37 mm 至 603.52 mm	±13" 至 ±3"	22 000 rpm 至 1 600 rpm	
ERM 2404		D1: 30 mm 至 100 mm D2: 45.26 mm 至 128.75 mm	±24" 至 ±9"	60 000 rpm 至 20 000 rpm	夹紧的栅鼓摩擦固定
ERM 2904		D1: 35 mm 至 100 mm D2: 54.43 mm 至 120.96 mm	±72" 至 ±33"	50 000 rpm 至 16 000 rpm	
ERM 2405		D1: 40 mm; 55 mm D2: 64.37 mm; 75.44 mm	±17" 至 ±14"	33 000 rpm; 27 000 rpm	夹紧的栅鼓摩擦固定; 附加的键槽用于安装 机械键防转

信号周期数/圈	接口	页码
900至2600	EnDat 2.2 发那科 三菱	58
1024至7200	~ 1 V <sub>PP</sub>	64
1024至5200		66
512至4800	□ TTL ~ 1 V <sub>PP</sub> EnDat 2.2	69
360至1024	~ 1 V <sub>PP</sub>	70
180至400		70
512; 600		71



# 光电扫描和尺带式模块型角度编码器

系列	外形尺寸 单位 mm	直径	光栅精度	机械允许转速 <sup>1)</sup>	设计结构
ERA 7000		458.62 mm 至 最大3000 mm 可按要求提供	± 3.9" 至 ± 0.7"	≤ 250 rpm 至 约85 rpm	对于内圆安装， 整圆和非整圆版 <sup>2)</sup>
ERA 8000		458.11 mm 至 最大3000 mm 可按要求提供	± 4.7" 至 ± 0.9"	≤ 50 rpm 至 ≤ 15 rpm	对于外圆安装， 整圆和非整圆版 <sup>2)</sup>
ERA 8900		≥ 3000 mm 可按要求提供	根据要求提供	根据要求提供	对于外圆安装， 允许较大安装公差， 整圆和非整圆版 <sup>2)</sup>

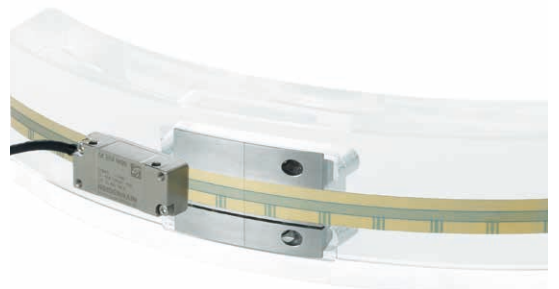
1) 工作期间可能受电气允许轴速限制

2) 如果需要非整圆版，可按用户要求提供

信号周期数/圈	接口	参考点	页码
36 000至 ≈ 230 000	~ 1 V <sub>pp</sub>	距离编码	<b>76</b>
36 000至 ≈ 230 000	~ 1 V <sub>pp</sub>	距离编码	<b>80</b>
根据要求提供	~ 1 V <sub>pp</sub>	距离编码	根据要求提供



**ERA 7000**



**ERA 8000**

# 测量原理

## 测量基准

海德汉编码器的测量基准是周期性栅线，即光栅。光栅刻在玻璃或钢材基体上。对于大测量长度的编码器，光栅基体为钢尺带。

海德汉用以下特别开发的光刻工艺制造精密光栅。

- METALLUR: 抗污染的镀金层金属栅线；典型栅距：20  $\mu\text{m}$
- SUPRADUR相位光栅：光学三维平面格栅；超强抗污能力；典型栅距：不超过8  $\mu\text{m}$
- OPTODUR相位光栅：光学三维平面格栅，超高反光性能；典型栅距：不超过2  $\mu\text{m}$
- TITANID相位光栅：超高耐用性，光学三维栅状结构和高反光性能；典型栅距：8  $\mu\text{m}$

除极小栅距外，由该工艺刻制的光栅拥有优异的边缘清晰度和均匀性。结合光电扫描法，这些特点成为获得高质量输出信号的关键。

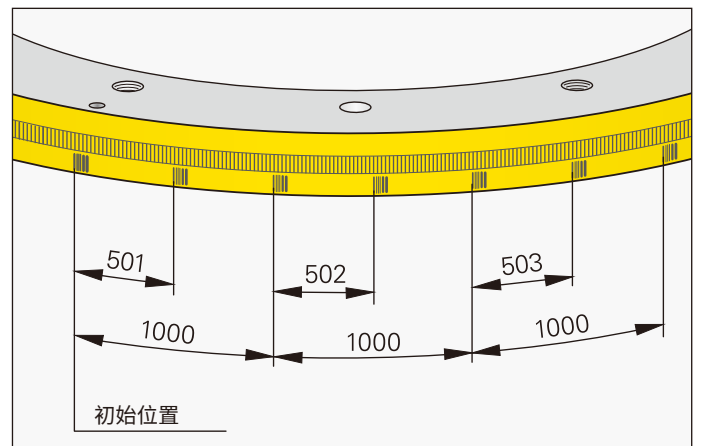
磁栅编码器的磁栅基体为可磁化的合金钢。读数头沿不同方向产生局部强磁场，产生由南极和北极组成的磁栅（MAGNODUR法）。结合磁电扫描法，这种测量方法坚固耐用，环境适应能力强。

# 绝对测量法

绝对测量法是指光栅尺或编码器在通电时立即提供位置值并供后续电子电路随时读取。无需移动轴执行参考点回零操作。而绝对位置信息由**测量基准上的光栅**读取，此光栅由系列绝对编码组成。为得到位置值，细分单独的增量信号刻轨。



绝对式角度编码器的光栅



图示为距离编码参考点的圆光栅码盘（例如ERA 4480，20000线）

# 增量测量法

对于增量测量法，光栅为周期性的栅线结构。起始点可任选，从任选的起始点开始计算每一个增量信号（测量步距）数量，以此确定位置信息。位置测量需要绝对参考点，因此，测量基准还提供一个刻轨，也即参考点刻轨。由参考点确定的光栅尺上的绝对位置可精确到一个测量步距。

因此，确定绝对参考点前或找到最新选择的参考点前，必须进行参考点回零操作。

有时，这需要旋转近360°。为简化参考点回零操作，许多海德汉编码器都提供**距离编码参考点**：参考点刻轨上提供多个参考点，彼此相距不同定义的间距。移过两个相邻参考点后，后续电子电路可确定绝对参考点；也就是说仅需旋转数度的角度（参见表中“名义增量N”）。距离编码参考点的编码器在型号后均带字母“C”（例如，TTR ERA 4200 C）。

## 栅鼓：TTR ERA 4000 C

基于栅距的信号周期数			参考点数	名义增量 N
20 μm	40 μm	80 μm		
-	-	3000	6	120°
8192	4096	4096	8	90°
-	-	5000	10	72°
12000	6000	-	12	60°
-	-	7000	14	51.429°
16384	8192	8192	16	45°
20000	10000	10000	20	36°
24000	12000	12000	24	30°
-	-	13000	26	27.692°
28000	14000	-	28	25.714°
32768	16384	-	32	22.5°
40000	20000	-	40	18°
48000	24000	-	48	15°
52000	26000	-	52	13.846°
-	38000	-	76	9.474°
-	44000	-	88	8.182°

## 栅鼓：TTR ERM 2200 C

信号周期数	参考点数	名义增量 N
1024	16	45°
1200	24	30°
1440	30	24°
1800	36	20°
2048	32	22.5°
2400	40	18°
2800	50	14.4°
3392	32	22.50°
4096	64	11.25°
5200	52	13.85°
7200	90	8°

## 尺带：MSB ERA 7480 C, MSB ERA 8480 C

信号周期数	参考点数	名义增量 N
36000	72	10°
45000	90	8°
90000	180	4°

## 栅鼓：TTR ERM 2400 C

信号周期数	参考点数	名义增量 N
512	16	45°
600	20	36°
720	24	30°
900	30	24°
1024	32	22.5°
1200	30	24°
1400	40	18°
1696	32	22.5°
2048	32	22.5°
2600	52	13.85°
3600	60	12°
3850	70	10.3°
4800	80	9°

# 扫描原理

海德汉编码器使用不同的测量原理。这些测量原理都能检测到基体材料上极其精细的栅线并用其生成输出信号。扫描原理的自身特点影响目标应用中的数据采集，因此，需要选择匹配的扫描方式。

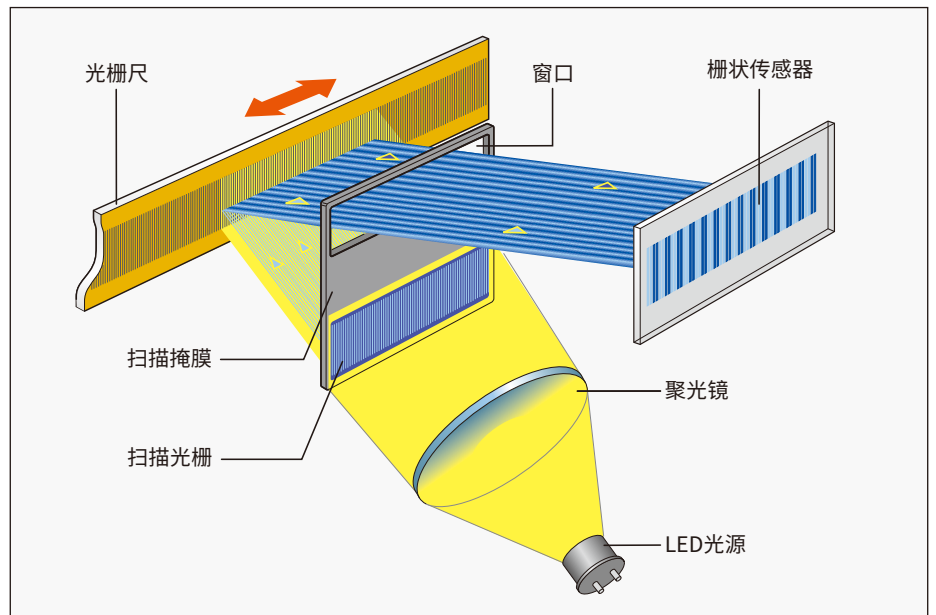
海德汉的栅鼓式和尺带式模块型角度编码器使用两种扫描原理：

- ECA和ERA为光电扫描
- ECM和ERM为磁电扫描

## 光电扫描

简单地说成像扫描原理是用透射光生成信号：两个栅距相同或相近的栅线彼此相对运动。也就是光栅尺与扫描掩膜间相对运动。扫描掩膜为透明基体。测量基准的光栅可在透明材料上，也可在反光材料上。

当平行光穿过栅状结构时，在一定距离处投影形成明/暗区，相同或相近栅距的扫描光栅就位于此位置。当两个光栅相对运动时，入射光被调制：在狭缝对齐时，光线通过。如果一条光栅的栅线与另一条光栅上的狭缝对齐，光线无法通过。光电池将这些光强变化转化成电信号。扫描掩膜的特殊栅状结构将光强调制为近正弦输出信号。栅线结构的栅距越小，扫描掩膜与光栅尺间的间距越小，公差越严。采用成像扫描原理的编码器允许较大的安装公差，最小栅距可达10  $\mu\text{m}$ 。



成像原理的光电扫描和单场扫描

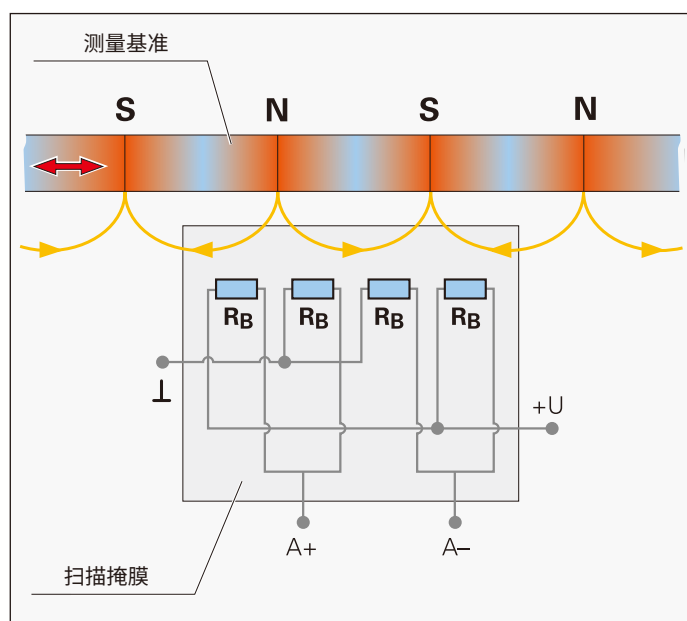
### 磁电扫描

永磁体MAGNODUR磁栅由磁电传感器扫描。磁电传感器由磁阻轨组成，磁阻随磁场变化而变化。为此传感器加电和读数头与栅鼓间相对运动时，电流随磁场而被调制。

磁电扫描的特殊几何形态及玻璃基体上扫描PCB的生产工艺可确保达到高信号质量。此外，大扫描面可有效过滤信号谐波。这是实现单信号周期内小位置误差的必要条件。

栅距大约为200  $\mu\text{m}$ 至1000  $\mu\text{m}$ 。为此，中等精度要求的应用使用磁电扫描编码器。

MAGNODUR磁电扫描的编码器抗污性能优异，可在较高工作温度的应用中使用。



磁阻扫描原理

# 测量精度

## 编码器特有误差

角度测量精度主要取决于：

- 光栅质量
- 光栅基体的稳定性
- 扫描质量
- 信号处理电子电路质量
- 光栅相对轴承的偏心量
- 轴承误差
- 与被测轴的连接

可将这些因素分为编码器特有误差和应用相关的因素。为评估可获得的**总体精度**，必须综合考虑各项因素中的每一项。

### 编码器特有误差

编码器特有误差包括：

- 光栅精度
- 细分精度
- 位置信号噪声

### 光栅精度

光栅精度取决于光栅质量。包括：

- 光栅的一致性和栅距
- 光栅与光栅基体的对正情况
- **实心圆光栅码盘编码器**：光栅基体的稳定性，确保安装后的精度
- **钢尺带编码器**：安装时，钢尺带不均匀膨胀导致的误差，以及整圆版对接接头处误差

光栅精度是**基线误差**。在理想条件下，用批量生产的读数头测量位置误差，以此确定此精度。测量点间的距离等于信号周期的整数倍。因此，细分误差无影响。

对于模块型角度编码器，光栅精度用精度等级表示，便于用户辨识。精度等级 $a$ 决定测量范围内的基线误差上限。

### 细分精度

在极慢运动速度时，细分误差影响明显，可导致速度波动，特别是在速度控制环中。在速度控制环应用中，细分误差影响加工质量，例如表面质量。

细分精度主要受以下因素影响：

- 信号周期的大小
- 光栅一致性和栅距
- 扫描掩膜质量
- 传感器特性
- 信号处理电子电路质量

这些因素都在单信号周期内细分误差中考虑了。

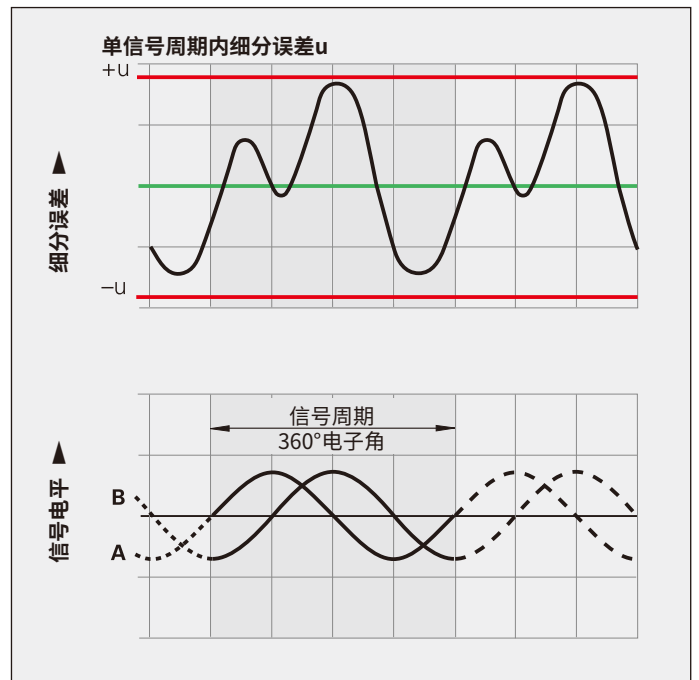
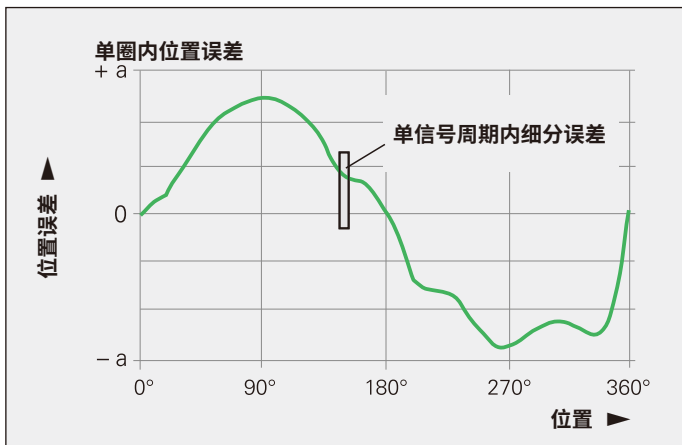
细分误差用**细分误差的最大值 $u$** 表示。其具体数据，参见技术参数。

### 位置信号噪声

位置信号噪声导致与预期位置的微小、随机偏差。位置信号噪声也取决于信号处理质量。通常，位置信号噪声小于信号周期的1%

### 磁电扫描期间的静态磁滞

只要方向发生变化，就存在磁滞现象。磁滞取决于信号周期大小和安装情况。因此，海德汉建议测量此常数值，进行补偿。ERM 2203系列角度编码器无任何磁滞。



### 应用特有的误差

除给出的编码器特有的误差外，读数头的安装和调整质量通常显著影响**无内置轴承编码器**的精度。特别重要的是码盘的安装偏心量和被测轴的径向跳动。为确定总误差，必须分别测量和计算应用特有的误差值。

而带内置轴承编码器的系统精度包括轴承和联轴器的误差（参见**内置轴承角度编码器**样本）。

**圆光栅码盘相对轴承的偏心量造成的误差**  
安装码盘与轴毂组件、栅鼓或钢尺带期间，可确定圆光栅码盘与轴承间的安装偏心量。也能将相配轴体现的尺寸和几何误差添加到偏心量中。偏心量 $e$ 、圆光栅码盘直径 $D$ 和测量误差 $\Delta\varphi$ 间的关系如下（参见左下图）：

$$\Delta\varphi = \pm 412 \cdot \frac{e}{D}$$

- $\Delta\varphi$  = 测量误差，单位"（角秒）
- $e$  = 栅鼓相对轴承的偏心量，单位 $\mu\text{m}$ （1/2径向跳动）
- $D$  = 圆光栅码盘平均直径，单位 $\text{mm}$
- $M$  = 圆光栅圆心
- $\varphi$  = “理论”角度
- $\varphi'$  = 被测角度

#### 计算举例：

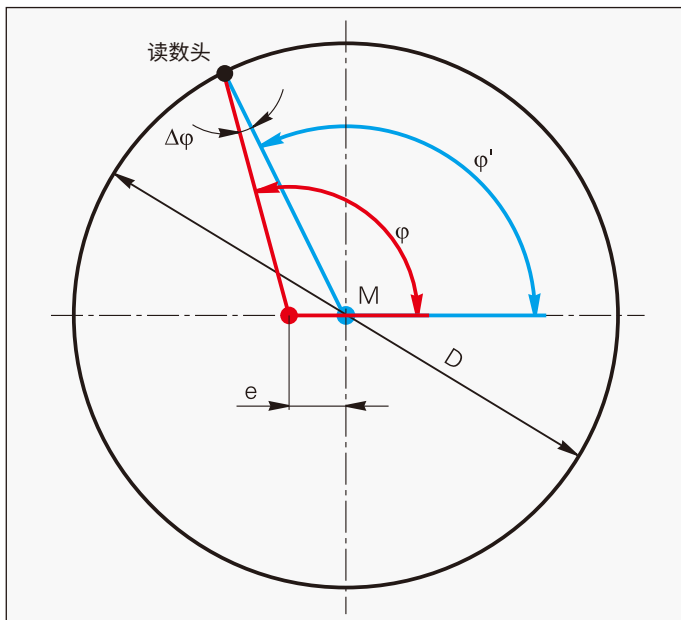
ECA 4000角度编码器的栅鼓外径为208.89 mm，栅鼓的径向跳动为2  $\mu\text{m}$ （1  $\mu\text{m}$ 的 $\triangleq$ 偏心量）

$$\Delta\varphi = \pm 412 \cdot \frac{1}{208.89} \approx \pm 2.0''$$

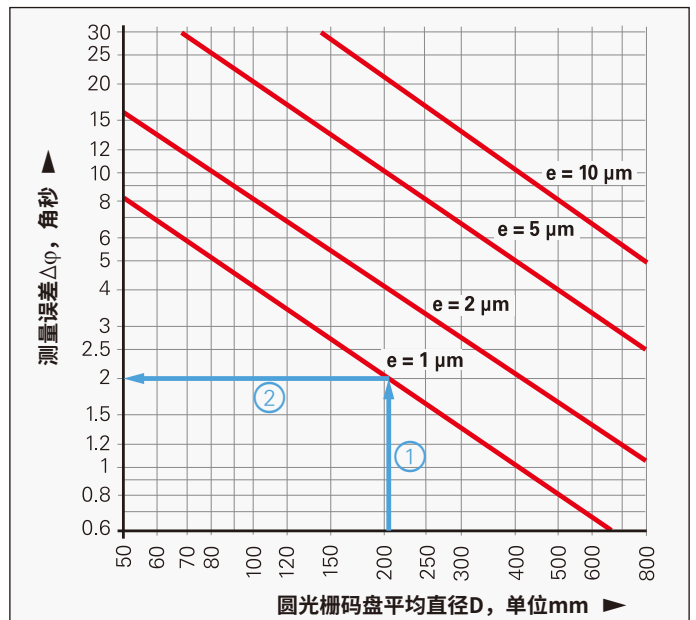
或者：用右下图形

### 圆光栅码盘平均直径D：

ERA 4000 ECA 4000 ERM 2000 ECM 2000	$D \triangleq$ 栅鼓外径
ERA 7000 ERA 8000	$D \triangleq$ 圆光栅码盘配合直径



圆光栅码盘相对轴承的偏心量



不同偏心值 $e$ 的测量偏差结果 $\Delta\varphi$ 与圆光栅码盘平均直径 $D$ 的关系（图示举例）

### 轴承的径向跳动误差

在输入偏心量 $e$ （显示的径向跳动误差的一半）时，用于确定测量误差 $\Delta\varphi$ 的函数关系也适用于轴承的径向跳动误差。在径向轴负载作用下，轴承的机械顺应性产生类似的误差。

### 安装导致的光栅变形

在设计中，将栅鼓特点，例如横截面、参考面、螺栓孔和圆光栅码盘相对安装面的位置，设计为编码器精度仅受安装和工作的轻微影响。

### 轴承面的几何和直径误差（ERA 7000和ERA 8000）

轴承面的几何误差影响可获得的系统精度。

对于非整圆版，如果名义尺带直径未精确满足以下条件，将产生附加角度误差 $\Delta\varphi$ ：

$$\Delta\varphi = (1 - D'/D) \cdot \varphi \cdot 3600$$

其中

- $\Delta\varphi$  = 非整圆误差，角秒
- $\varphi$  = 扇形角，单位度
- $D$  = 名义尺带基体直径
- $D'$  = 实际尺带基体直径

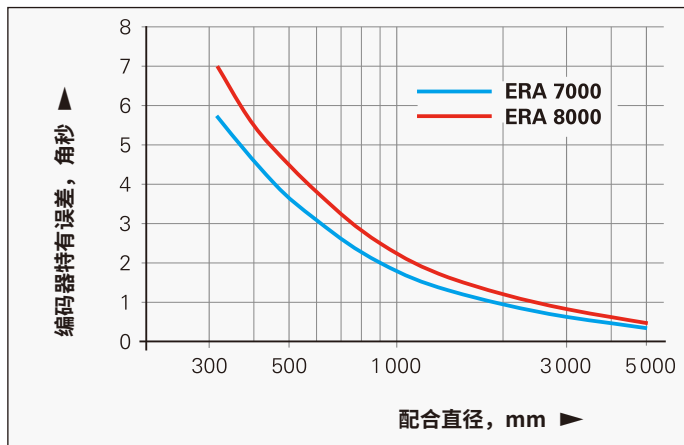
如果将实际尺带基体直径 $D'$ 的每圈有效信号周期 $z'$ 输入到控制系统中，可消除该误差。以下关系有效：

$$z' = z \cdot D'/D$$

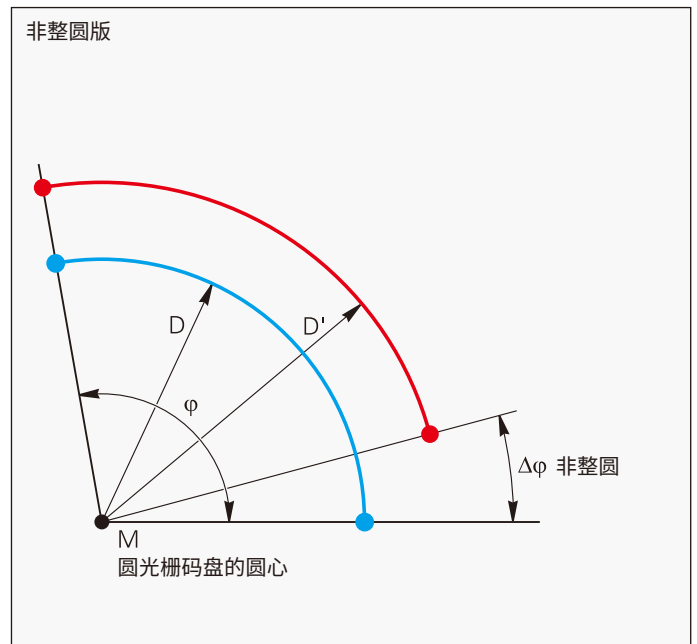
其中

- $z$  = 每圈名义信号周期
- $z'$  = 每圈实际信号周期

用比较式编码器测量非整圆版的实际角位移量，例如用内置轴承角度编码器测量。



ERA 7000和ERA 8000编码器的特有误差



尺带基体直径差异造成的角度误差

# 检定记录图

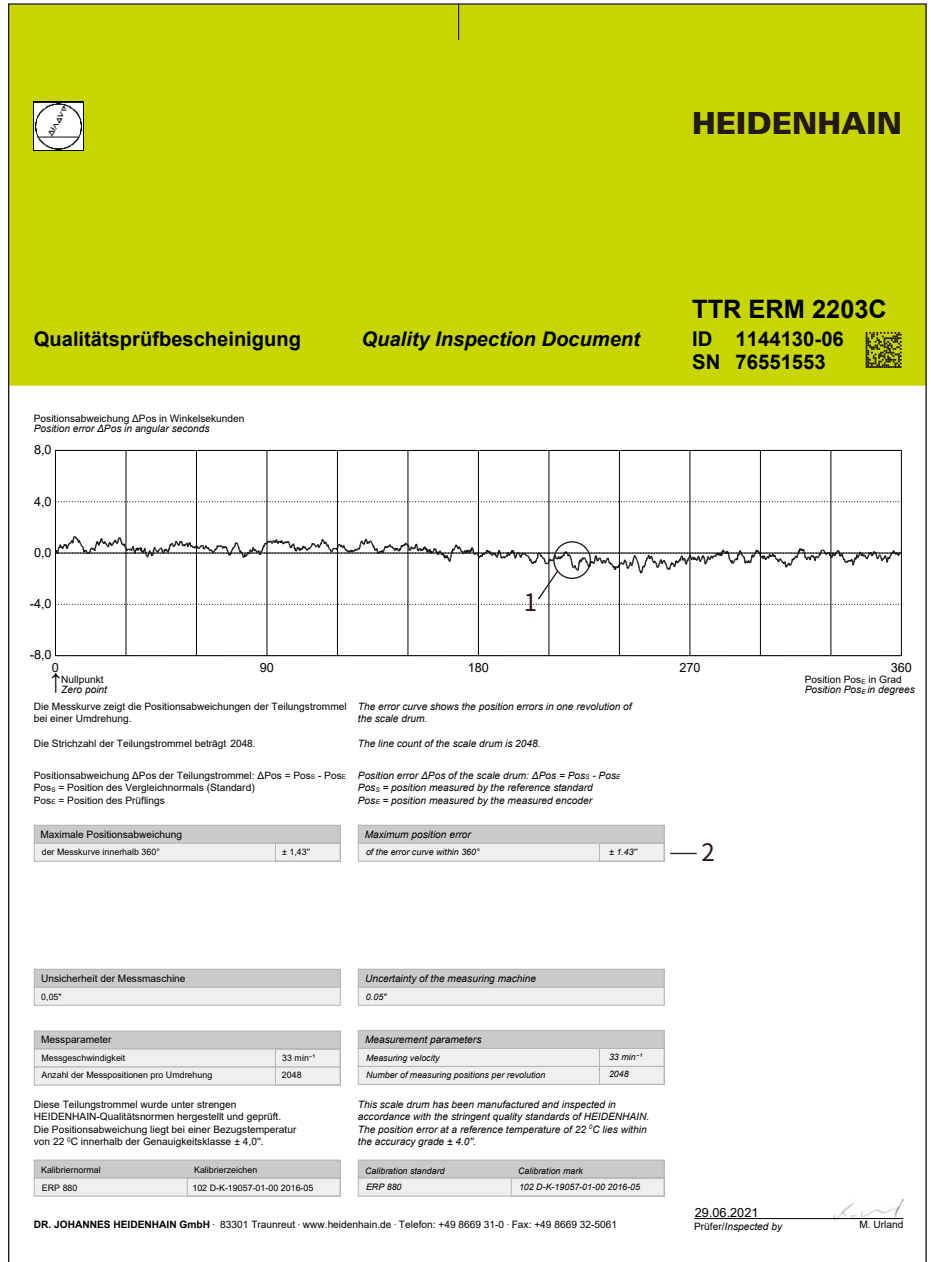
发货前和为最终验收的精度，海德汉模块型角度编码器全部进行功能检测，确保其正常工作。对于ECA 4000、ERA 4000、ECM 2400和ERM 2203，海德汉还提供质量检测证，其中包括栅鼓。

质量检测证确认各栅鼓所示的光栅精度并提供测量参数和测量不确定性信息。检定标准可确保可追溯性，满足国家或国际公认标准EN ISO 9001的要求。

在转动一圈中确定光栅精度，显示测量曲线结果和最大误差值。不含与安装相关的误差，也不含单信号周期内细分误差，读数头工作特性决定单信号周期内细分误差。

## 温度范围

检测角度编码器时的温度为22 °C基准温度。在此温度下，检定图中的系统精度有效。



## ERM 2203 C栅鼓的典型检定图

- 1 圆光栅精度图
- 2 检定结果

# 补偿方法

## 补偿原因

对于模块型角度编码器，所示的编码器特有误差是基于理想的安装条件。然而，在实际应用中，旋转轴可获得的总体精度还受栅鼓或读数头的安装误差影响，也受不同负载情况下的轴承导向精度的影响。对于精度非常高的海德汉模块型角度编码器，这些外部误差是主要误差。因此，在部分情况下，需要为旋转轴进行精度补偿，以确保满足精度要求。

可用两种不同的方法：

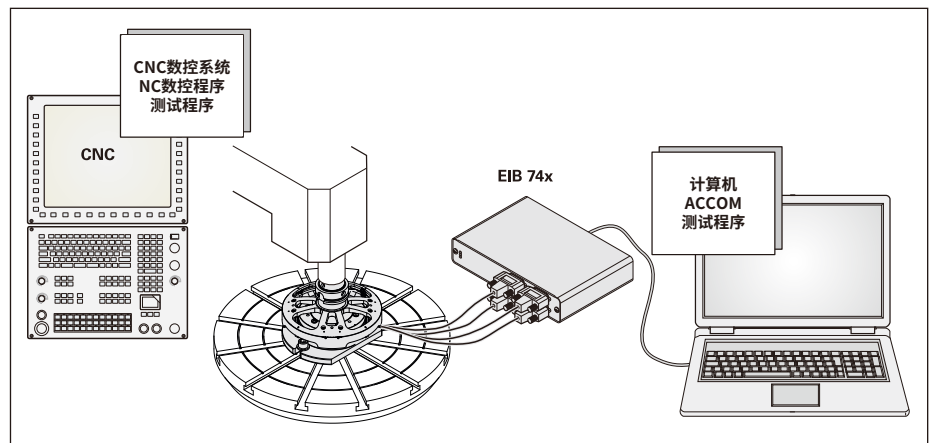
- **动态补偿：**该方法可连续、动态补偿工作期间总体角度误差中的部分误差成分。特别适用于随时间变化的误差源或变化负载下的误差源。
- **静态补偿：**该方法可补偿特定时间时和部分工作条件下部分点位处的角度误差。特别适用于不变的误差。

## 动态补偿

辅助工具	可补偿的角度误差源
两个读数头	安装期间的定心误差
	轴承误差导致的径向跳动误差
	负载相关的轴承径向跳动误差
两个以上读数头	此外，光栅误差
	对于尺带的编码器系统；还包括尺带槽的跳动误差

## 静态补偿

辅助工具	可补偿的角度误差源
比较仪系统 (ISO 230-2) 或虚拟基准	安装期间的定心误差
比较仪系统 (ISO 230-2)	编码器的光栅误差 → 推荐用于尺带式编码器



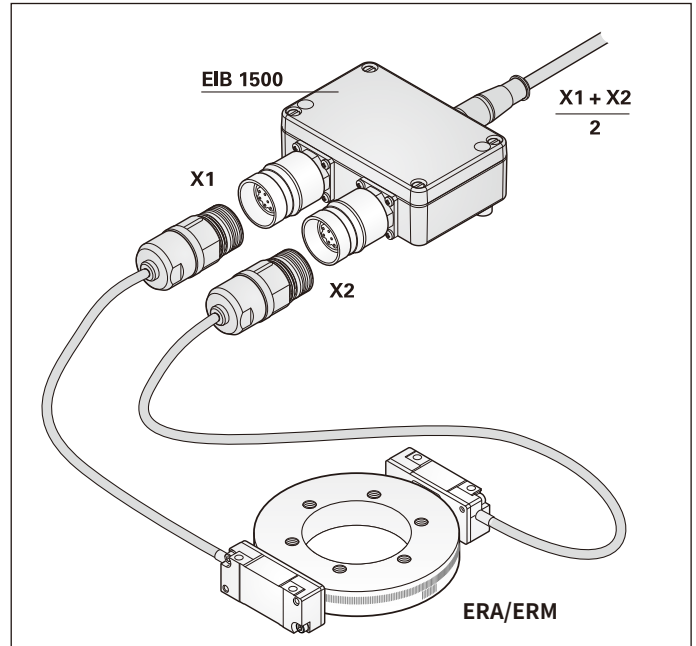
用比较仪系统补偿（例如，RVM 4000）

需要为**动态补偿**提供以下条件：

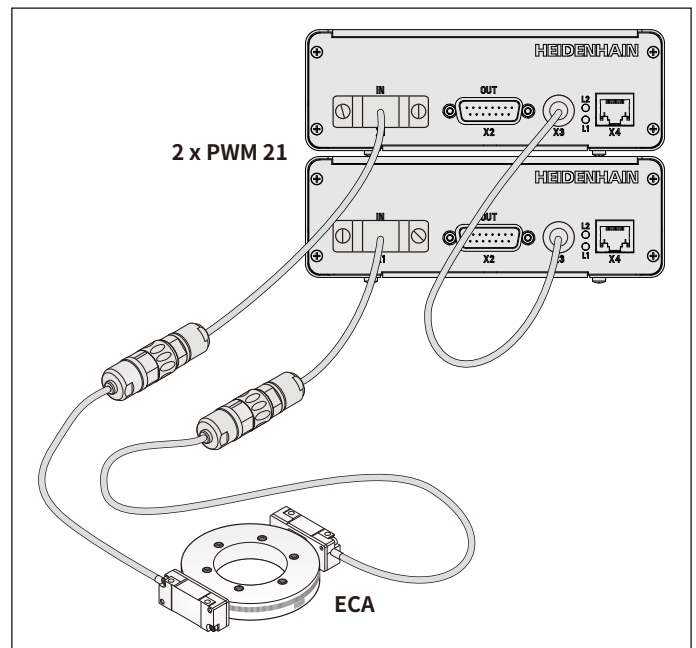
- 两个读数头彼此对径安装。
- 可实时计算读数头的位置。对于ERA和ERM增量式编码器，海德汉提供EIB 15xx。对于用ECA and ECM编码器的位置计算，控制系统制造商提供可直接集成在控制系统软件内的解决方案。
- 对于超大直径的尺带式编码器，例如天文望远镜的编码器，通常需要四个或更多读数头。在此情况下，根据特定应用和读数头配置分别计算位置。

正常的**静态补偿**需要用适当基准进行比较。可用两种通用方法：

- 使用另一个校准的、精度和可重复性更高的编码器（例如，RVM 4000）并按照ISO 230-2标准的要求校准旋转轴。然后，将补偿结果值保存在控制系统中。
- 使用基于被校准编码器的虚拟基准，并用另一个读数头、适当的信号处理装置（例如，PWM 21）并使用海德汉软件程序辅助。将补偿值直接保存在读数头内。这个方法仅适用于选定的海德汉编码器。部分情况下，这是较好的方法，例如，如果在部件级补偿，而不是在全组装后的设备级补偿。



用位置计算补偿（例如，EIB 1500）



用PWM 21的虚拟基准补偿

# 可靠性

海德汉模块型角度编码器是高速和精密机床的理想选择。尽管其机械结构为敞开式，但这些编码器抗污性能优异，可确保长期稳定性，而且安装简单快捷。

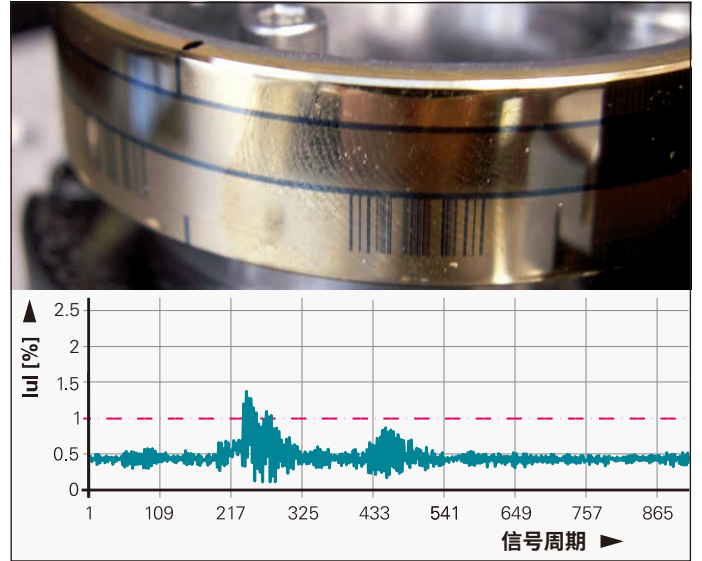
## 抗污染能力强

高质量的栅线和扫描方式是编码器高精度和高可靠性工作的保证。海德汉的这些光电扫描编码器采用**单场扫描原理**，只用一个扫描场生成扫描信号。测量基准上的局部污染（例如，手指印或油滴）影响信号分量的光强，也影响扫描信号的质量。因此，输出信号幅值变化，但不影响偏移和相位。仍可进行高倍频细分，单信号周期内细分误差仍非常小。

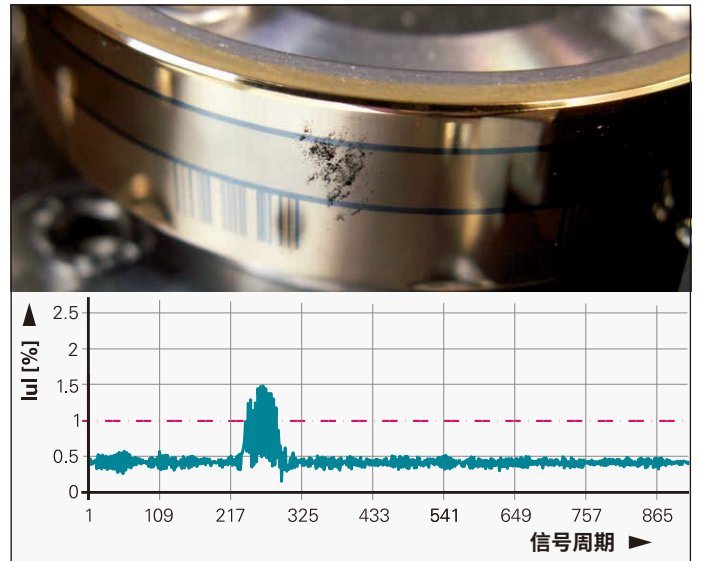
而且，**大面积扫描场**还能降低对污染的敏感性。根据污染性质，该功能甚至可以避免光栅尺或编码器失效。即使打印机墨粉、PCB印刷电路板粉尘、水滴或油滴污染物的直径达3 mm，编码器仍可输出高质量信号。单圈细分误差远低于指定的精度。

右侧图为ERA 4000编码器污染测试的结果。所示为单信号周期内最大细分误差 $|u|$ 。尽管污染严重，误差仅轻微超过±1%的指定值。

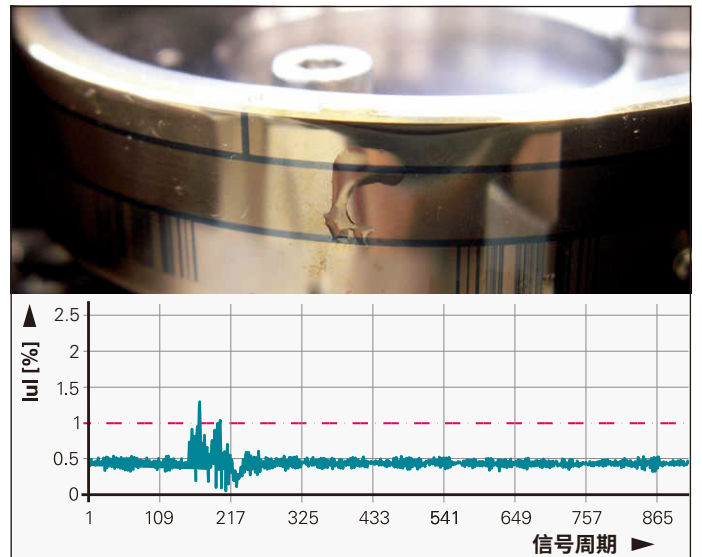
海德汉磁栅编码器完全不受此污染测试的影响。即使连续污染和周围污染，测量信号依然不受影响。然而，必须彻底避免部分污染物，例如，冷却润滑液中的金属屑，以免造成读数头表层的物理损坏。



指纹污染



墨粉污染



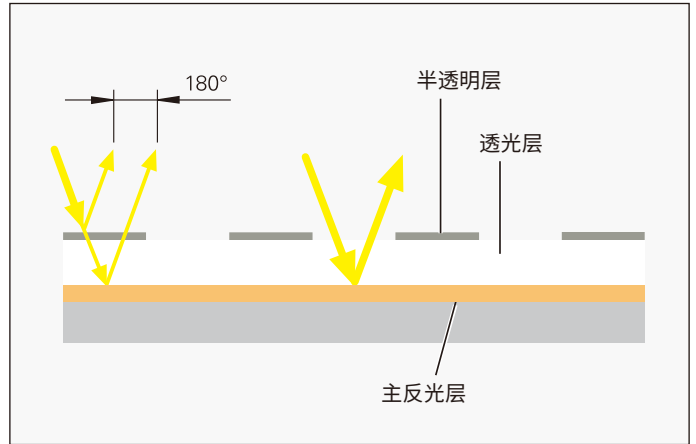
水滴污染

### 坚固耐磨的测量基准

由于光电扫描的模块型角度编码器的敞开式设计，其测量基准的环境保护能力有限。为此，海德汉坚持采用特殊工艺制造的坚固光栅。

对于METALLUR工艺生产的光栅，其反光的金属层上是一层薄玻璃。半透明的栅线位于这层上，吸光的铬材厚度仅数纳米。实践证明，METALLUR工艺生产的测量基准抗污能力非常强，由于其刻线高度小，灰尘、污物或水滴难以留在其表面上，使这种测量基准的抗污染能力非常出众。

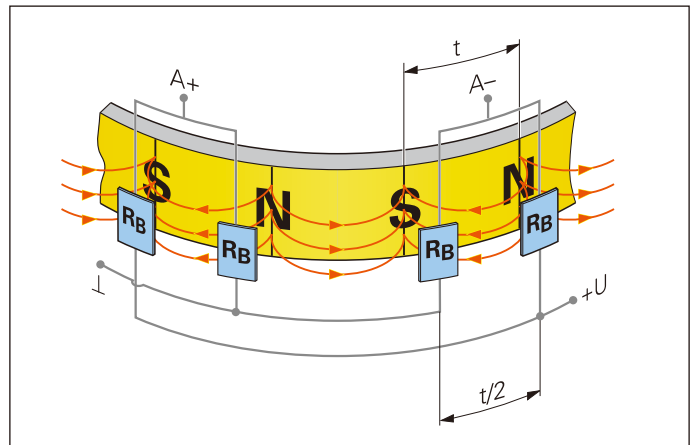
对于MAGNODUR工艺生产的磁栅，沿圆周生成交替的南磁极和北磁极。由于栅线在材料内，栅鼓上的污物不影响信号。只有直接接触磁场（例如，用工具），才能损坏这种测量基准。



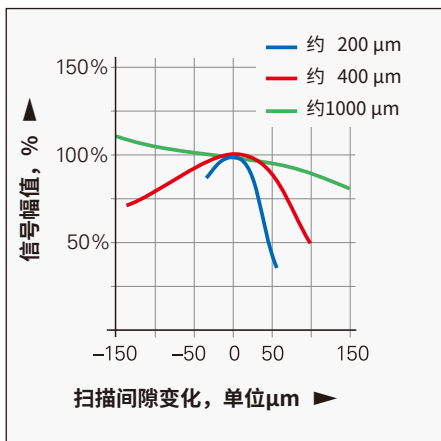
METALLUR型光栅

### 面向应用的安装公差

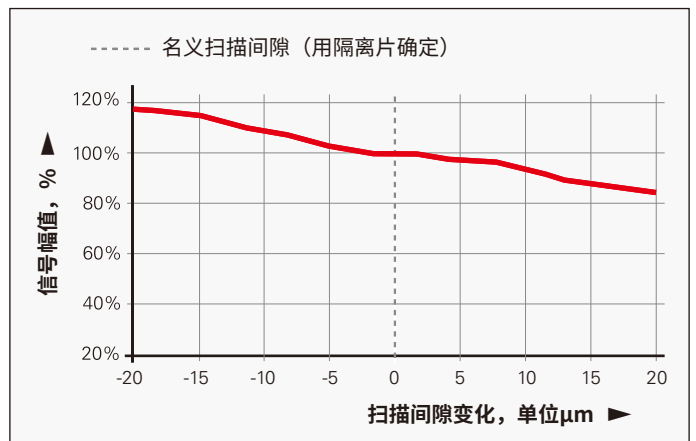
海德汉模块型角度编码器的安装误差只轻微影响输出信号。特别是光栅基体与读数头间的扫描间隙变化只轻微造成信号幅值变化，几乎不影响单信号周期内细分误差。因此，海德汉角度编码器具有高可靠性的特质。



磁阻扫描原理



ECM/ERM 2000的信号幅值与扫描间隙间的典型关系（安装公差）



扫描间隙对ERA 4000信号幅值的影响

# 直驱电机的角度编码器

在旋转轴上，直驱电机的应用越来越广泛，优点突出，例如，可提高轴运动可达到的动态性能，进而提高工作效率。

对于直驱进给轴工作性能特别重要的是编码器的选择。

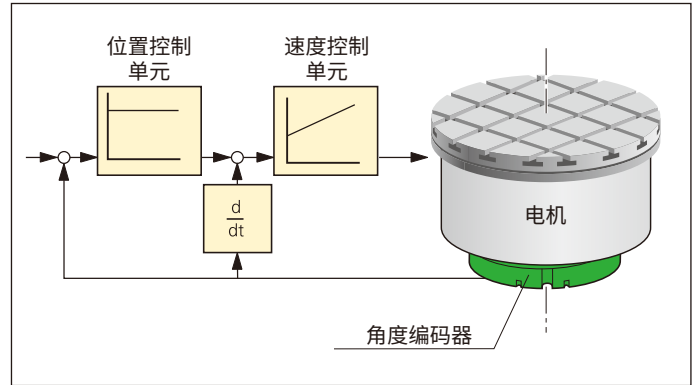
直驱电机的位置和速度反馈信号由位置编码器提供。因此，必须根据机床上的具体应用选择角度编码器：

速度稳定性要求越高，特别是低轴速时的速度稳定性，以下因素越重要：

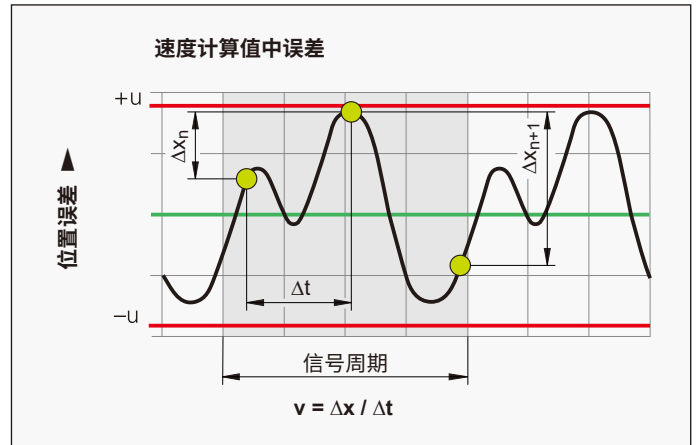
- 编码器的信号质量，也即单信号周期内的最小位置误差
- 信号周期数（增量式编码器）和分辨率（绝对式编码器）

编码器信号质量或分辨率/信号周期数不佳可造成：

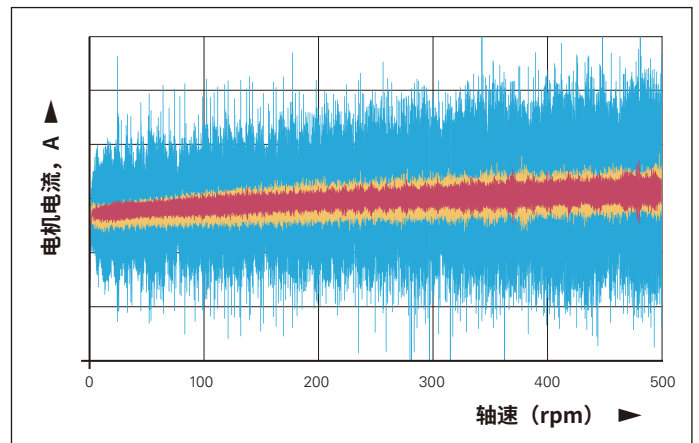
- 电机电流噪声大，功率消耗高和电机发热
- 传动系的高频噪声
- 需要降低位置控制环和速度控制环的增益系数，因此，影响动态性能。



角度编码器的位置反馈信号是位置控制单元和速度控制单元的输入



速度计算方法是：距离 $\Delta x$  时间间隔 $\Delta t$ 内运动的距离 ( $v = \Delta x / \Delta t$ )。尽管匀速运动，单信号周期内位置误差导致计算的速度波动。  
( $\Delta x_n / \Delta t$ )  $\neq$  ( $\Delta x_{n+1} / \Delta t$ )



以直驱电机回转工作台为例，在轴速持续提高过程中，比较回转工作台光电与非光电角度编码器的噪声情况

- 32 768线的光电式角度编码器
- 16 384线的光电式角度编码器
- 2600线的非光电式角度编码器

# 机械结构类型和装配 安装支持，功能测试和诊断

海德汉提供不同的辅助工具，用其可轻松初始设置和优化模块型角度编码器。

## 机械安装

必须达到高质量的物理安装，严格遵守公差要求，确保角度编码器的高可靠性。请遵守以下安装说明要求。

## PWM 21的安装支持

ERA、ECA and ECM角度编码器与PWM 21一起可提供设备特有操作方法，简化安装和检查安装的正确性。

ATS软件帮助用户完成各个操作步骤，评估信号质量。如果未进入推荐的极限值以内，还提供提示信息。

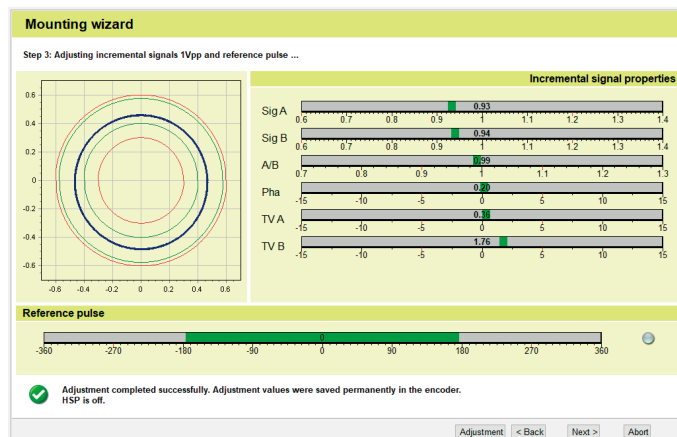
对于增量式编码器，评估的内容包括信号幅值和参考点位置及宽度。对于绝对式编码器，可根据有效数据和报警信息评估。

## 用PWT 101和PWM 21进行功能测试

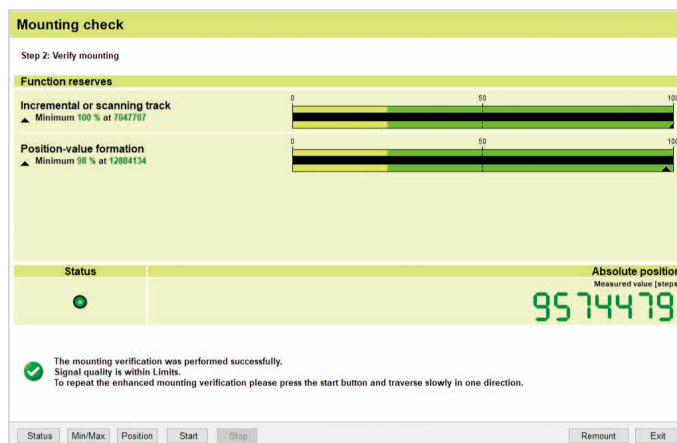
PWT 101和PWM 21与ATS软件一起提供基本功能，适用于全部角度编码器。对于增量式编码器，可评估多项内容，例如信号质量。可为绝对式编码器输出功能冗余、报警和故障信息。

## 在控制环中诊断

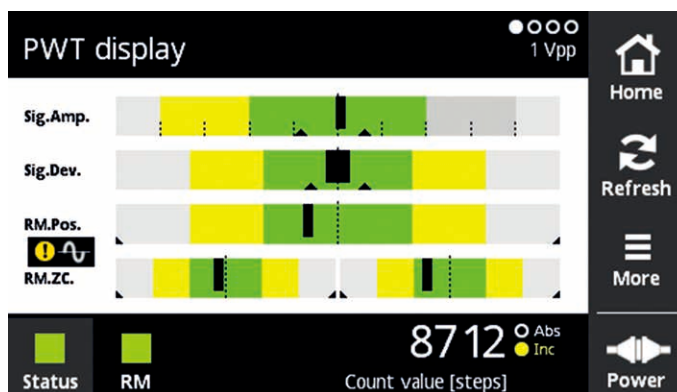
ECA和ECM绝对式编码器将有效数据传输给后续电子电路，可诊断编码器状态或确定功能冗余，包括直接在控制单元的控制环内评估。全部海德汉编码器的标定值相同并用功能冗余表示（从0%至100%）。



ATS软件和PWM 21为ERA 4000编码器提供的安装支持



安装支持，例如对于ECM 2000编码器，用PWM 21和ATS软件



功能检查，例如用PWT 101检查ERM 2000的功能

### ERA 4000的信号质量指示

ERA 4000角度编码器自带多色LED指示灯，指示信号质量，可在工作期间快速和轻松检查信号质量。

优点包括：

- 多色LED指示灯直观显示扫描信号质量
- 在整个测量长度上连续监测增量信号
- 指示参考点信号情况
- 在现场快速检查信号质量，无需使用其它辅助设备

用自带的信号质量指示灯不仅可以可靠地评估增量信号质量，还能检测参考点信号。增量信号质量由不同颜色代表，可详细区分信号质量。合格/不合格指示灯清晰地显示参考点信号是否符合公差要求。

### 增量信号的LED指示灯

LED灯颜色	扫描信号质量
●	理想
●	合格
●	可接受
●	不合格

### 参考点信号的LED指示灯

(功能检查)

移过参考点时，LED指示灯红色或蓝色闪亮：

- 超出公差
- 在公差内



ERA 4000：读数头上的信号质量指示灯

### ECM/ERM 2000磁栅的测试膜

测试膜可直观显示磁极。这是理想和简单的检测方法，避免损坏磁栅：

- 磁栅受损（例如，被工具消磁）
- 安装前，工具或螺栓上的剩磁



接触内六角扳手后，测试膜上标记可见，表示工具磁化

# 栅鼓定中心

模块型角度编码器由读数头和圆光栅码盘组成。圆光栅码盘可为栅鼓式或为尺带式。读数头与光栅间的相对位置仅由机床导轨决定。因此，机床的设计必须从初始阶段满足以下要求：

- **轴承**的设计必须满足轴精度要求和编码器扫描间隙公差要求，包括在工作期间（参见技术参数）。
- 圆光栅基体的**安装面**必须满足编码器对平面度、圆度、径向跳动和直径的相应要求。
- 为便于**调整**读数头与圆光栅的相对位置，必须用安装架或相应的固定块固定读数头。

全部**栅鼓式**模块型角度编码器都可在实际应用中达到指定的精度要求。安装方式可确保达到理想的重复精度。

## 定中心圆光栅

海德汉圆光栅的精度很高，因此，整体精度主要取决于安装误差（主要是偏心误差）。根据编码器和安装方式可选多种定中心方式，以最大限度减小实际偏心误差。

### 1. 定心环

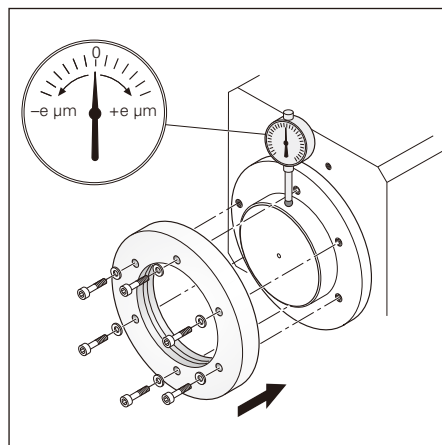
将圆光栅压配或箍在轴上。这是较简单的安装方法，然而，需要轴达到准确的几何尺寸。

### 2. 三点定中心

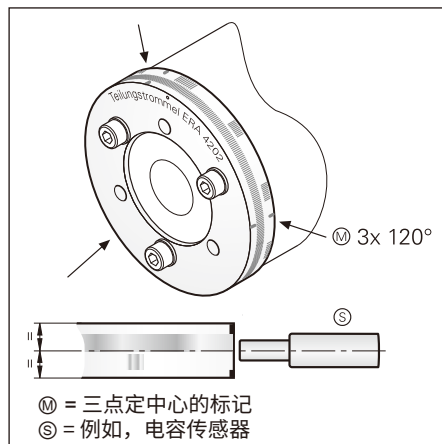
圆光栅码盘用其上的三个标记位置定中心，这些位置彼此相距120°。因此，对于定中心的圆光栅码盘，其安装面的圆度误差不会影响轴中心点的准确找正。

### 3. 用两个读数头定中心

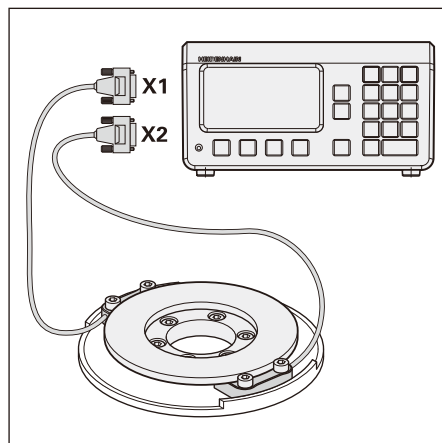
此方法适用于光电扫描或磁电扫描及实心圆光栅码盘的全部模块型角度编码器。海德汉圆光栅误差的特点是误差体现在大范围上，由于圆光栅或位置值本身就是此定中心方法的基准，因此，此方法的定中心精度非常高。



用定心环定中心



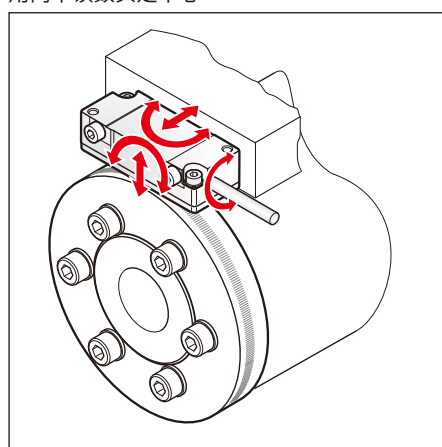
ERA的三点定中心



用两个读数头定中心

## 读数头

模块型角度编码器安装位置在机床上，安装圆光栅码盘后需要准确安装读数头。为了准确找正读数头，必须大致找正并沿五个自由度调整（如图所示）。海德汉读数头的设计及相应的安装方式和允许较大的安装公差，因此，读数头的调整十分简单。



# ERA 4000和ECA 4000系列

ERA 4000和ECA 4000系列模块型角度编码器由栅鼓和读数头组成。栅鼓可为定心环版和三点定中心版。

ERA 4x80系列编码器根据精度要求提供不同的栅距。栅鼓的相应读数头如右侧表中所示。必须确保栅鼓与读数头的直径和信号周期数匹配。设计中需要采用特殊措施，避免ERA和ECA系列编码器被污染。ERA 4480角度编码器可为不同的栅鼓直径配附加的密封空气盖。这需要特殊读数头（带压缩空气进气口）。订购密封空气盖时，必须确保与栅鼓直径匹配。

ERA和ECA模块型角度编码器的特殊结构设计可确保快速安装和方便调整。

栅鼓结构设计	定中心方式	栅鼓型号	相应读数头
用定心环	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 插入到轴上或热缩安装在轴上</li> <li>• 在内圆上定中心</li> </ul>	TTR ERA 4200	AK ERA 4280
		TTR ERA 4400	AK ERA 4480
		TTR ERA 4800	AK ERA 4880
		TTR ECA 4400	AK ECA 4410 AK ECA 4490
用三点定中心	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 沿外环定中心</li> </ul>	TTR ERA 4202	AK ERA 4280
		TTR ECA 4402	AK ECA 4410 AK ECA 4490

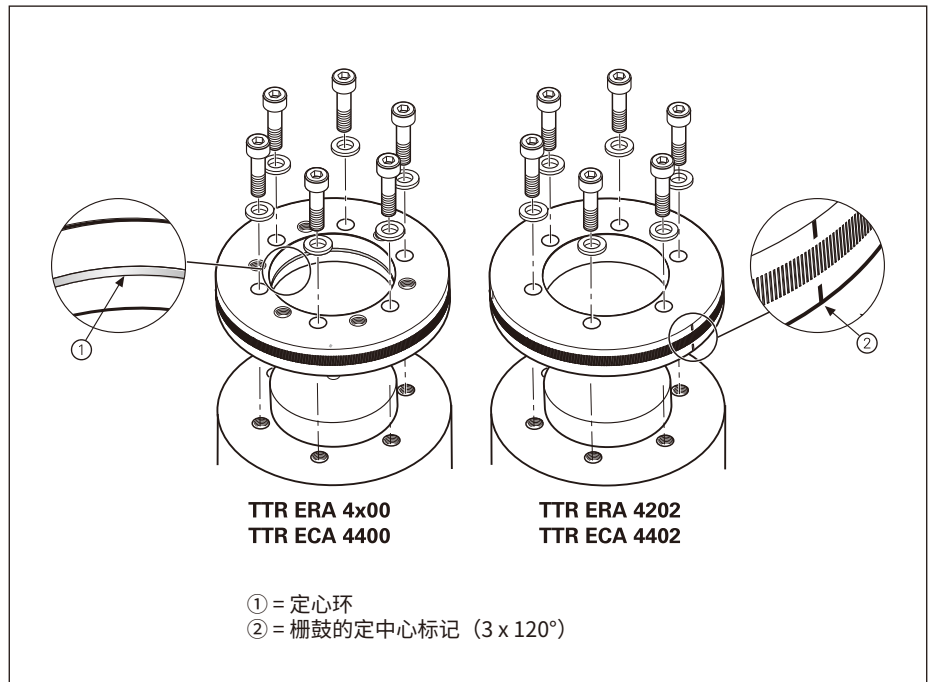
## 安装ERA 4x00/ECA 4400栅鼓

用定心环沿内圆将栅鼓定中心。两种定中心方式：

- 将栅鼓压配驱动轴上或热缩安装（参见“功能安全特性”部分）并用螺栓固定。因此，不需要调整栅鼓，也无法调整。可加热和应加热栅鼓进行组装。用拆卸用螺纹拆卸。
- 用定心环沿内圆将栅鼓定中心。

## 安装ERA 4202/ECA 4402栅鼓

用外圆周上的三个相距120°的定位标记将栅鼓定中心并用螺栓固定。三点定中心和实心栅鼓的优点是编码器在安装后可达到极高精度而且安装较容易。栅鼓上提供定心位置标志。不能用内圆定中心。

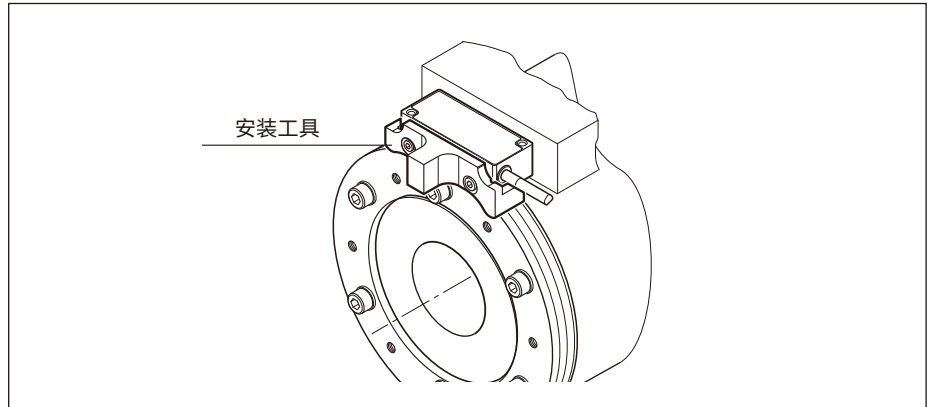


安装栅鼓

除编码器特定的定中心方法外，也可使用两个读数头定中心。

### 安装读数头

为了安装读数头，将安装辅件放在栅鼓的外曲面与读数头之间。将读数头压住安装辅件并固定。然后，拆下隔离片或安装辅件。

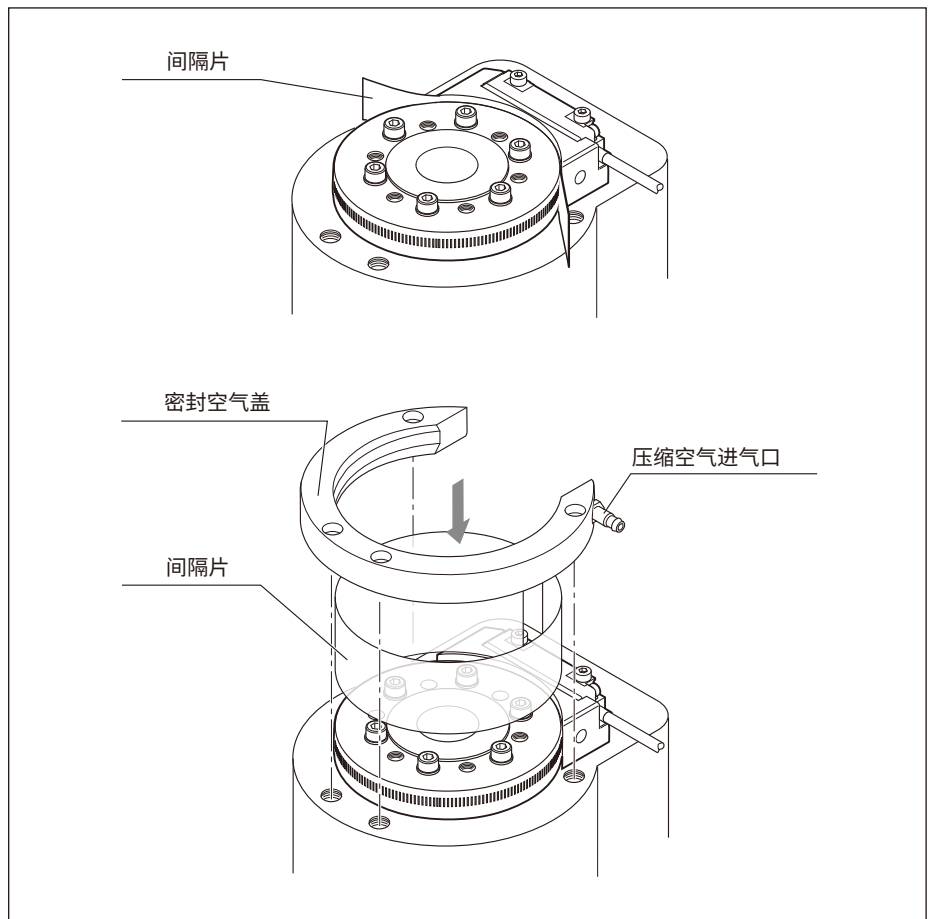


ECA 4000/ERA 4000的读数头安装

### 安装密封空气盖

部分版本的ERA 4000角度编码器可选配密封空气盖。如果接入压缩空气，密封空气盖可提供更强保护能力，避免污染。

栅鼓和读数头的安装方法见上。随密封空气盖一起提供单独的隔离片，将其放在栅鼓的周围。作用是在安装密封空气盖期间保护栅鼓并确保扫描间隙均匀。然后，将密封空气盖压向栅鼓并固定。拆下隔离片。有关压缩空气进气口的更多信息，参见一般机械信息。



安装带密封空气盖的ERA 4480

# ERM 2000和ECM 2000系列

ECM和ERM系列模块型角度编码器由栅鼓和读数头组成。ECM和ERM系列编码器的设计允许较快地安装，无需调整。

ERM编码器可配三种栅鼓。主要区别是安装方式。全部栅鼓都在内圆上提供定心环。

**安装TTR ERM 2200、TTR ERM 2203、TTR ERM 2400和TTR ECM 2400栅鼓**  
用定心环沿内圆将栅鼓定中心。两种定中心方式：

- a) 将栅鼓压配在轴上或热缩安装（参见“功能安全特性”部分）并用螺栓固定。因此，不需要调整栅鼓，也无法调整。可加热和应加热栅鼓进行组装。
- b) 用定心环沿内圆将栅鼓定中心。

## 安装TTR ERM 2x00栅鼓

**TTR ERM 2404和TTR ERM 2904**栅鼓唯一地用摩擦紧固方式固定在支撑面上。栅鼓的紧固方式取决于安装情况。

必须将紧固力在圆上作用在栅鼓的平面上。所需的安装件取决于客户方设备的结构设计，因此，由客户负责。摩擦连接强度必须足够大，足以避免意外转动或轴向和径向倾斜，包括在高轴速和加速运动时。

## 设计安装件

用以下栅鼓参数设计安装件：

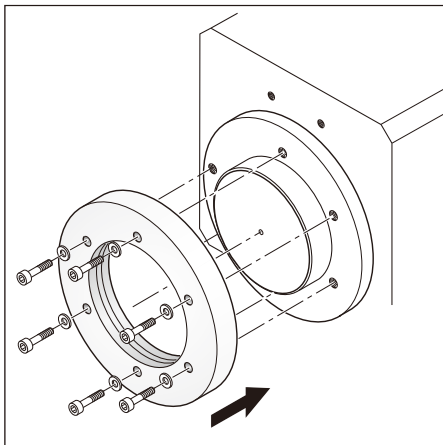
允许的表面压力：  
 $p_{zul} = 100 \text{ N/mm}^2$

热膨胀系数：  
 $\alpha_{therm} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

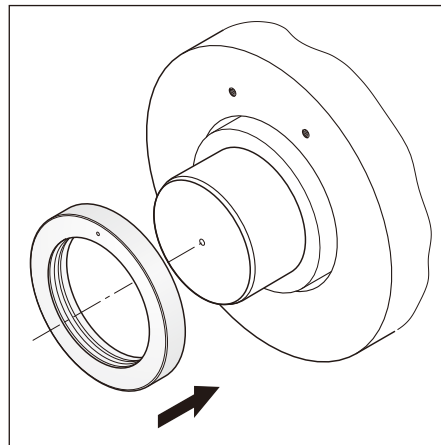
正面配合面的平均表面粗糙度：  
 $R_z \leq 8$  外圆直径 < 326.9 mm的栅鼓  
 $R_z \leq 16$  外圆直径  $\geq 326.9$  mm的栅鼓

## 安装TTR ERM 2405栅鼓

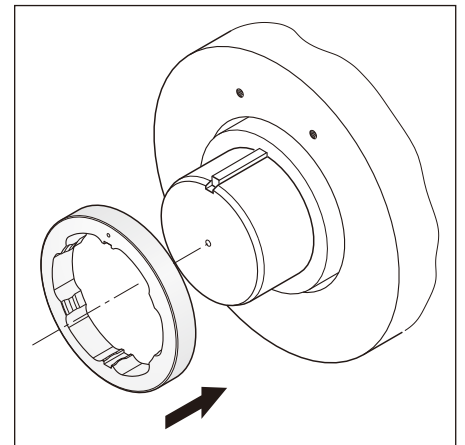
**TTR ERM 2405**栅鼓上设有键槽。键槽仅用于防止转动，不允许传递扭矩。该版栅鼓采用特殊的内圆形状，即使在最高允许转速时也能确保耐用性。



安装栅鼓  
TTR ERM 2400  
TTR ERM 2200  
TTR ERM 2203  
TTR ECM 2400



安装栅鼓  
TTR ERM 2404  
TTR ERM 2904



安装栅鼓  
TTR ERM 2405

### 安装读数头

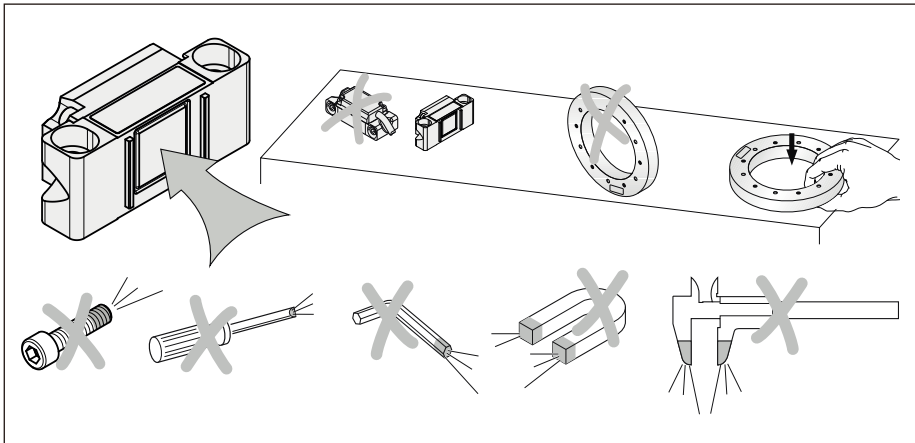
为了安装读数头，将所提供的隔离片放在栅鼓的外曲面上。读数头顶住隔离片并固定。然后，拆下隔离片。读数头使用不同的电缆出线。

### 避免被磁场损坏

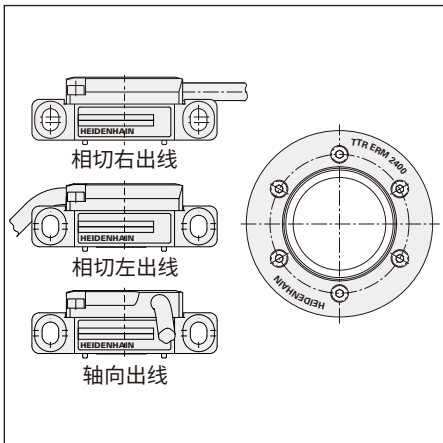
安装期间，必须确保栅鼓的外曲面和扫描部位不接触任何磁场（例如，工具的磁场）。建议使用非磁性工具。通常，工作期间的磁场强度（例如，电机附近）完全不影响ERM或ECM编码器。

### 磁栅测试膜

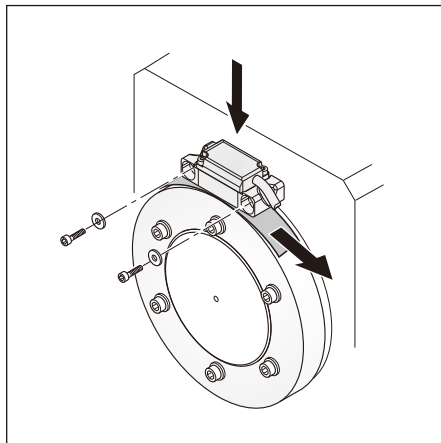
测试膜可直观显示磁栅。因此，用户可以方便地检查磁栅是否损坏，例如被工具损坏等。安装前，也可用测试膜检查工具或螺栓上是否有剩磁，避免损坏磁栅。需要清洁测试膜时，可用去磁设备去磁，因此可反复使用。测试膜和去磁设备为辅件。



### 搬运操作信息



允许的电缆出线



安装读数头（例如AK ERM 2480）

# ERA 7000和ERA 8000系列

ERA 7000和ERA 8000系列角度编码器由读数头和单体尺带组成。钢尺带的长度可达30 m。

尺带可安装在机床部件的

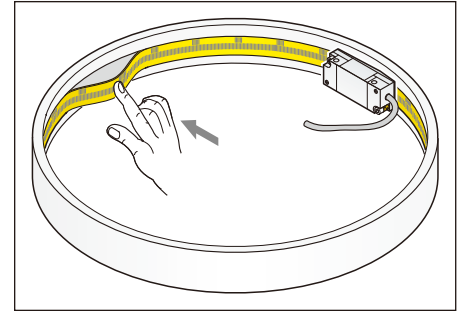
- 内圆 (ERA 7000系列)
  - 外圆 (ERA 8000系列)
- 上。

ERA 74x0 C和ERA 84x0 C角度编码器的目标应用是**整圆**。因此，这些编码器是大内径空心轴（约400 mm或更大）和需要在大圆周面上进行精确测量应用（例如，大型回转工作台，天文望远镜）的理想选择。

对于非整圆应用，或不需要整圆测量的应用，可用**非整圆版**。

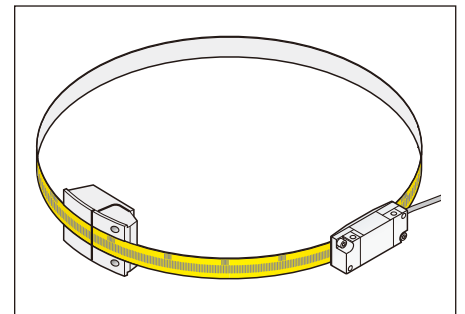
## 安装整圆尺带

**ERA 74x0 C:** 需要用指定直径的**内圆槽**安装尺带。将尺带插在接头起点处并卡入内圆槽内。截取尺带，使尺带可以依靠自身弹力保持在位。



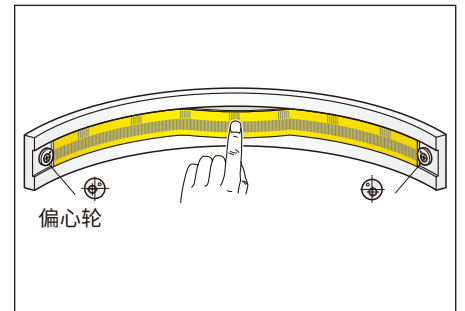
**ERA 84x0 C:** 该尺带配半个张紧夹板并已安装在尺带端头处。需要用**外圆槽**安装尺带和需要凹槽安装张紧夹板。插入尺带后，使尺带顶住槽沿并用张紧夹板张紧。

精确加工的尺带端头可使接头部位只有轻微的角度误差和信号波形畸变。为确保尺带在尺带槽中无任何运动，在接头附近用点胶固定。

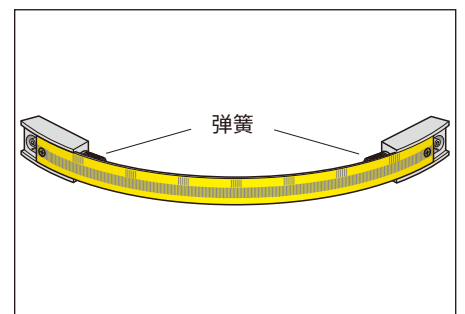


## 安装非整圆尺带

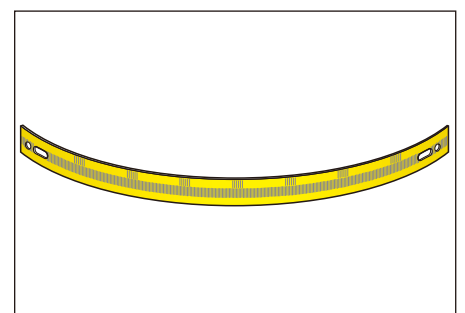
**ERA 74x1 C:** 需要用指定直径的**内圆槽**安装尺带。用尺带槽中的两个偏心轮调整尺带，使尺带在一定张紧力下压在尺带槽中。



**ERA 84x1 C:** 该尺带已预安装了端头零件。为安装尺带，需要在外圆槽上为端头零件提供凹槽。端头零件配预张紧弹簧，确保尺带达到理想的预紧力和在尺带全长上均匀伸长。



**ERA 84x2 C:** 为安装该尺带，建议使用外圆槽或一个轴向沿。这款尺带无张紧元件。必须用弹簧预紧并在两个长孔处用螺栓固定。



### 确定配合直径

为确保距离编码参考点的正常工作，圆周长度必须是1000个栅距的整数倍。有关配合直径与信号周期之间的关系如表中所示。

### 确定扇形角

对于非整圆版，测量范围的扇形角必须为1000个栅距的整数倍。另外，理论整圆的圆周长度必须是1000个栅距的整数倍，这样便于简化数控系统工作。

### 安装读数头

为安装读数头，将隔离片贴在栅鼓的外曲面上。读数头顶住隔离片并固定。然后，拆下隔离片。此外，用偏心套精确地调整扫描场。

### 检查对接头处的输出信号

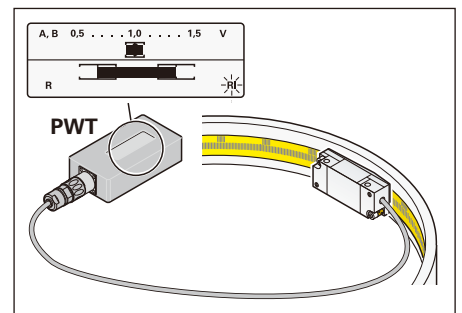
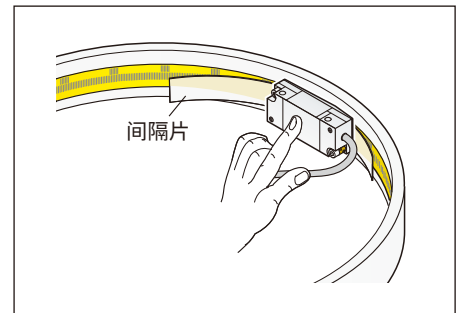
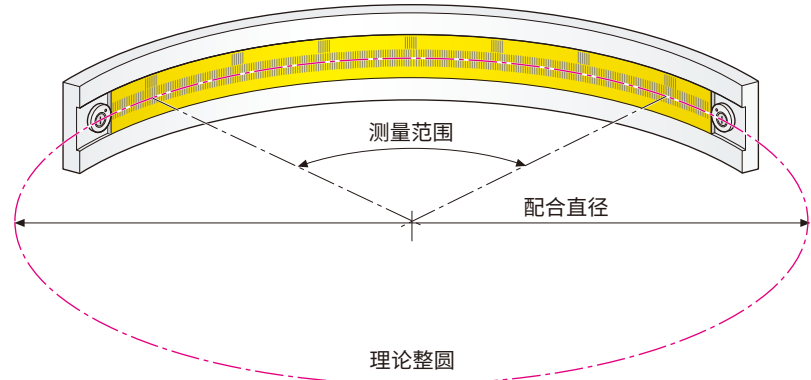
为检查ERA 74x0 C和ERA 84x0 C尺带的安装正确性，在粘结剂固化前，必须检查对接头处的输出信号。

可用海德汉PWT相位角测试仪检查输出信号质量。读数头沿尺带运动时，PWT用图形显示信号质量和参考点位置。

PWM 9相位角测量仪定量显示输出信号与理想信号间的偏差（参见海德汉测量和调试设备）。

	配合直径, mm	非整圆版的测量范围, 度
ERA 7000 C	$n \cdot 0.01273112 + 0.3$	$n_1 \cdot 4.583204 : (D-0.3)$
ERA 8000 C	$n \cdot 0.0127337 - 0.3$	$n_1 \cdot 4.584121 : (D+0.3)$

$n$  = 整圆的信号周期;  $n_1$  = 测量范围的信号周期  
 $D$  = 配合直径[mm]



# 一般信息

## 防护等级

必须保护光电扫描的模块型角度编码器，避免被应用中的颗粒物和液体污染。可能需要用密封件和密封空气密封。

读数头本身部分满足EN 60529和IEC 60529标准有关IP40 (ERA) 和IP67 (ECA) 防护等级的要求。

可为多款ERA 4000角度编码器选配密封空气盖，将防护等级提高到IP40。接入略高于大气压的压缩空气可进一步提高防结露的能力。密封空气盖的设计不能避免液体或粉尘污染。然而，在许多应用中，密封空气盖可提供可靠的保护。与结构设计相关的约束条件和工作条件的影响是决定性的。

对于大约 $1 \cdot 10^5$  Pa (1 bar) 的压力，海德汉带进气口的连接件可确保流量达到大约33 liters/rpm。大多数情况下，该方法可很好地避免粉尘污染。

事实证明，无论是在工作状态还是在静止状态下的恶劣环境中，这是避免编码器被污染的有效方法，可有效保护编码器的安装部位（除密封空气盖外）并用干净的压缩空气进行清洁，或产生一定的正压压力。

进入编码器内的压缩空气必须用二级过滤器过滤且必须满足ISO 8573-1 (2010年版) 标准有关以下质量等级的要求：

- 固体杂质：**1级**  
颗粒大小 颗粒物数量/ $m^3$   
0.1  $\mu m$ 至0.5  $\mu m$   $\leq 20\,000$   
0.5  $\mu m$ 至1.0  $\mu m$   $\leq 400$   
1.0  $\mu m$ 至5.0  $\mu m$   $\leq 10$
- 最大压力结露点：**4级**  
(3 °C时的压力结露点)
- 总含油量：**1级**  
(最高含油浓度： $0.01\text{ mg}/m^3$ )

辅件：

**DA 400压缩空气单元**  
ID 894602-01

## DA 400

海德汉提供DA 400压缩空气过滤器系统，净化压缩空气。这款空气过滤器特别用于连接压缩空气与编码器。

DA 400提供三级过滤（一级滤芯，二级滤芯和活性炭滤芯）并提供一个带压力表的调压器。压力表和压力开关（辅件）可有效监测密封空气的工作情况。

接入DA 400的压缩空气必须符合ISO 8573-1 (2010年版) 标准的以下纯度等级要求：

- 固体杂质：**5级**  
颗粒大小 颗粒物数量/ $m^3$   
0.1  $\mu m$ 至0.5  $\mu m$  未定义  
0.5  $\mu m$ 至1.0  $\mu m$  未定义  
1.0  $\mu m$ 至5.0  $\mu m$   $\leq 100\,000$
- 最大压力结露点：**6级**  
(10 °C时的压力结露点)
- 总含油量：**4级**  
(最高含油浓度 $5\text{ mg}/m^3$ )



**更多信息：**

更多信息，参见DA 400产品信息。



DA 400

### 温度范围

**工作温度范围**是指角度编码器能够正常工作的环境温度范围。

**存放温度范围**是指将产品保存在包装内的温度范围（ERA/ECA：-20 °C至70 °C，ERM/ECM：-30 °C至70 °C）。

### 接触防护

编码器安装后，必须保护全部旋转件，避免在工作时被意外接触。

### 加速度

角度编码器在工作和系统安装期间会受到不同类型的加速度作用。

- 所示的最大**振动**值适用于EN 60068-2-6标准。
- **冲击和振动负载**最大允许的加速度值（正弦冲击）为6 ms（EN 60068-2-27）的情况下。严禁用锤子撞击或振动编码器使其找正。

### 轴速

最高允许的轴速由FKM指南确定。FKM指南提供了确定零部件强度的数学计算方法，同时考虑了所有相关影响因素，体现了当前技术成果。计算最高允许轴速时，要求考虑疲劳强度（1000<sup>7</sup>万次交变载荷）。由于系统安装的影响显著，因此只有满足“技术参数”和“安装说明”中的全部要求和说明时，轴速数据才有效。

### RoHS

海德汉已对自己的产品进行测试，确保这些产品中不含有害物质，满足欧洲指令2002/95/EC（RoHS）和2002/96/EC（WEEE）的要求。有关RoHS的制造商声明，请与销售代理商联系。

### 损耗件

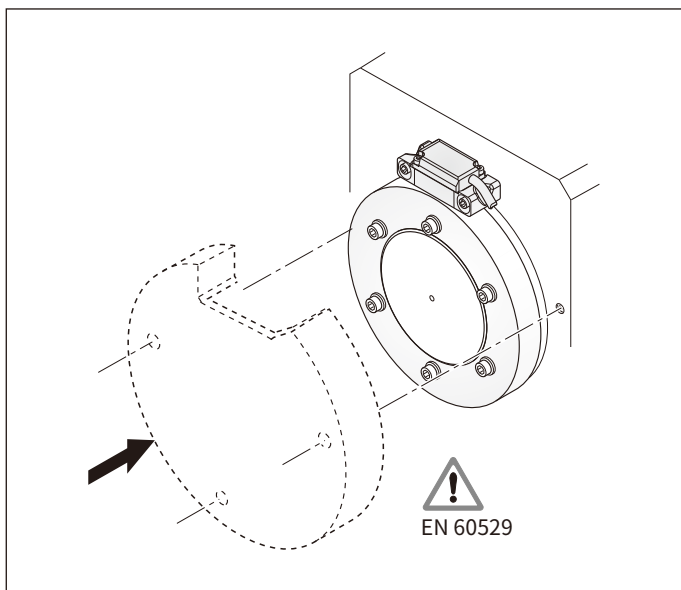
海德汉光栅尺或编码器的设计允许长期工作。不需要进行预防性维护。但是根据应用和部署方式，海德汉光栅尺或编码器不可避免地会磨损。特别是频繁弯曲的电缆。

### 系统测试

海德汉光栅尺或编码器通常是整个系统的一部分。对于任何编码器的技术参数，如果将编码器用在整个系统中，必须对**整个系统进行综合测试**。本样本中的技术参数仅适用于光栅尺或编码器，而非整个系统。如果光栅尺或编码器超出指定范围使用，或非正常使用，其风险由用户承担。在高安全性系统中，必须由高一级的系统在开机启动后测试编码器的位置值。

### 安装

安装期间必须执行的操作步骤和需要的尺寸，请见随设备一起提供的安装说明。因此，本样本提供的安装信息仅供参考，不具约束力，也不构成合同内容。



接触防护

# 功能安全特性

## 安全轴

机床的运动轴通常是威胁人员安全的严重潜在危险。特别是当操作员操作机床时（例如，设置工件时），必须确保机床不发生任何非受控的运动。这需要用轴的位置信息提供安全功能。数控系统中的安全性评估模块检测不正确的位置信息并进行相应地响应。

根据轴的拓扑结构和数控系统的数据处理能力，可考虑不同的安全措施。例如，对于单编码器系统，每一个轴只需要处理一路编码器信息进行安全功能的评估。而对于双编码器的轴，例如带旋转编码器和角度编码器的旋转轴，数控系统可相互比较两个冗余的位置值。

只有双重，即数控系统和编码器，相互正确匹配才能确保安全的故障检测。在此情况下，必须注意数控系统制造商的安全设计各不相同。也就是说对相连编码器的要求各不相同。

## 型号审定的编码器

海德汉模块型角度编码器支持不同的安全设计，可在不同数控系统上配套。特别值得指出的是配EnDat接口的ECA 4410和ECM 2410角度编码器已通过型号审定。这些编码器可用单编码器系统的工作方式与适当数控系统组合，组合后的系统满足SIL 2控制级别（EN 61508标准）或性能等级“d”（EN ISO 13849标准）的要求。与增量式编码器不同，ECA 4410/ECM 2410绝对式角度编码器始终提供安全的绝对位置值，包括开机后或断电重新

启动后立即提供绝对位置值。可靠的位置值传输是基于为安全控制系统提供的两路独立生成的绝对位置值和错误码。纯串行数据传输还有其它优点，例如更高可靠性、更高精度、有诊断功能，由于简化了连接，还降低了成本等。

## 标准编码器

除以上明确获得型号审定、可用在安全应用中的编码器外，也能将标准角度编码器用在安全轴上（例如，1V<sub>pp</sub>信号或发那科接口）。在此情况下，编码器的工作特性必须满足相应控制系统的要求。海德汉提供有关各编码器的附加信息（基于EN 61800-5-2标准的故障率、故障模型）。

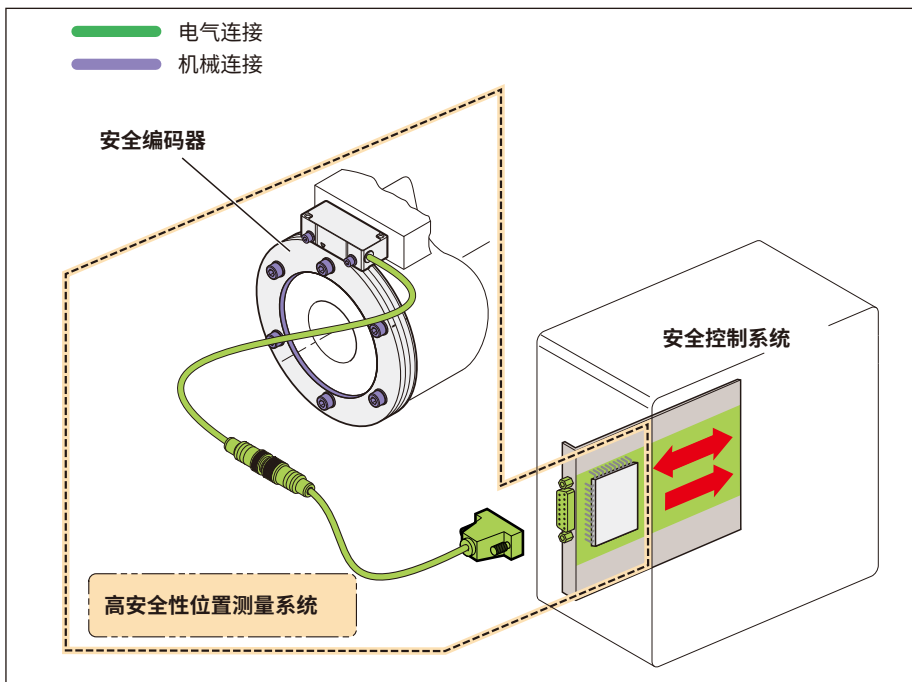
## 使用寿命

除非另有规定，海德汉光栅尺或编码器的设计使用寿命为20年（根据ISO 13849标准）。

## 更多信息：

有关这些安全特性值，参见编码器技术参数。有关这些工作特性设计，参见高安全性位置编码器技术信息。

如果需要，海德汉可提供各产品有关高安全性应用中使用标准编码器的附加信息（基于EN 61800-5-2标准的故障率、故障模型）。



带机械连接和电气接口的直线光栅尺或编码器

### 机械连接的防松保护

对于任何接口，许多安全性设计都需要编码器进行安全的机械连接。在EN 61800-5-2电机标准中，需要将编码器与电机间的机械连接的松动视为故障。原因是控制系统可能无法检测到这些错误，许多应用需要防松保护功能。

在广泛的编码器应用中，此机械防松保护措施已成功获得审定。也就是说，可确保在以下工作条件下提供防松防护。

对防松保护的要求，可对技术参数中允许的限值增加更多的限制。此外，编码器在系统安装期间或检修时，通常还需要采用更多措施进行机械连接防松防护（例如，螺栓的防松锁紧）。选择适当的编码器和安装方法时，必须考虑这些因素。

### 读数头和栅鼓的防松保护

读数头可用不同安装方式，提供机械连接防松保护功能。所有读数头都提供防松保护功能，与接口无关。在栅鼓中，TTR ECA 4400、TTR ERA 4x00、TTR ECM 2400、TTR ERM 2x00和TTR ERM 2203型栅鼓提供机械连接防松保护功能。如果安全设计不需要机械防松保护功能，可无需压配安装栅鼓。

机械连接		固定	机械联轴器安全位置 <sup>3)</sup>	受限制的工作特性值 <sup>4)</sup>
ERA ECA	栅鼓	根据尺寸图压配 螺栓连接： <sup>1) 2)</sup> ISO 4762-M5x20-8.8螺栓 ISO 4762-M6x25-8.8螺栓	栅鼓外径 104.63 mm至127.64 mm： ±0.025°	参见技术参数： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 振动（可能）</li> <li>• 冲击</li> <li>• 最大角加速度</li> <li>• 工作温度</li> </ul> 参见尺寸： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 安装公差</li> <li>• 配合尺寸</li> </ul> 参见安装信息： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 材质</li> <li>• 安装条件</li> </ul>
	读数头	安装类型I： 螺栓连接： <sup>2)</sup> ISO 4762-M3x25-8.8螺栓	栅鼓外径 148.2 mm或更大： ±0.0°	
		安装类型II： 螺栓连接： <sup>2)</sup> M3x20 ISO 4762 8.8螺栓		
ERM ECM	栅鼓	根据尺寸图压配（W2） 螺栓连接： <sup>2)</sup> M5 ISO 4762 8.8螺栓	±0.025°	
	读数头	螺栓连接： <sup>2)</sup> M4 ISO 4762 8.8螺栓		

<sup>1)</sup> 栅鼓的安装螺栓必须使用防松固定剂（安装/服务）

<sup>2)</sup> B级摩擦，基于VDI 2230标准

<sup>3)</sup> 防松保护仅适用于在安装条件中明确注明此要求时

<sup>4)</sup> 与ECA/ERA 4xxx和ECM/ERM 2xxx编码器不同，无机械防松保护功能

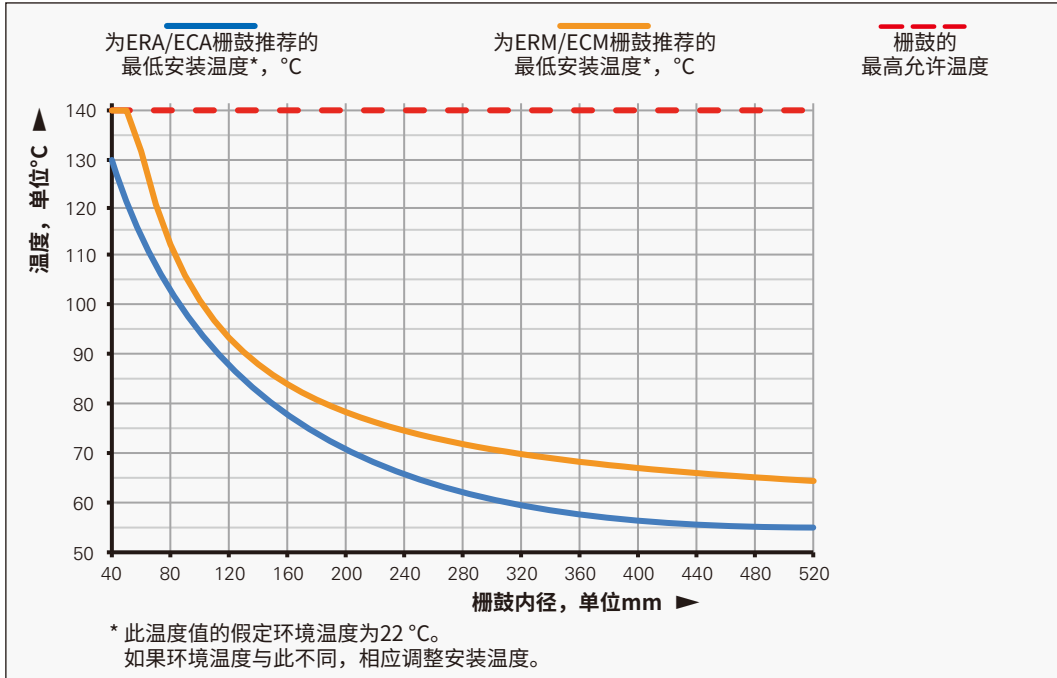
### 安装栅鼓

需要将栅鼓压配在轴上，以满足防松保护要求。应优先选用热缩方式，将栅鼓安装在配合轴上并用螺栓固定。为此，安装栅鼓前，必须慢慢加热栅鼓，例如用加热板加热（小心：严禁使用感应加热器）。该图显示不同栅鼓直径推荐的最低温度。最高温度不超过140 °C。

热缩配合期间，必须确保栅鼓与配合轴的阵列孔正确对正。安装时使用适当的定心辅件（调节螺丝）方便进行安装。栅鼓冷却后，必须用正确扭矩再次紧固全部安装螺栓。固定读数头和栅鼓的安装螺栓只能用于固定读数头和栅鼓。不能将这些螺栓用于固定其它部件。

### 拆卸栅鼓

用栅鼓上相关的拆卸螺纹拆卸栅鼓。为此，插入带润滑脂的螺栓，并成排地紧固螺栓直到栅鼓脱离轴。重新安装栅鼓前，必须重新切断拆卸用螺纹。



### 材质

有关配合轴和定子，使用该表中材质。

### 安装温度

有关螺栓连接的全部信息均基于15 °C至35 °C的安装温度。

### 安装读数头

必须满足全部编码器部件配合的直径技术参数要求（ERA/ECA的栅鼓、读数头、安装辅件）。相应信息，请见其ID标签。用ATS软件的安装向导，确保读数头与栅鼓间正确找正。

### 辅件：

- ERA/ECA的安装辅件（取决于栅鼓直径）
- ATS软件的安装向导

### ERM/ECM

	配合轴	配合定子
材质	钢	钢/铸铁
抗拉强度 $R_m$	$\geq 600 \text{ N/mm}^2$	$\geq 250 \text{ N/mm}^2$
剪切强度 $\tau_m$	$\geq 390 \text{ N/mm}^2$	$\geq 290 \text{ N/mm}^2$
弹性模量E	$\geq 200\,000 \text{ N/mm}^2$ 至 $215\,000 \text{ N/mm}^2$	$110\,000 \text{ N/mm}^2$ 至 $215\,000 \text{ N/mm}^2$
热膨胀系数 $\alpha_{\text{therm}}$	$(10\text{至}13) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} 1)$	

1) 如需其它信息，可提供

### ERA/ECA

	配合轴 / 配合定子
材质	钢
抗拉强度 $R_m$	$\geq 600 \text{ N/mm}^2$
剪切强度 $\tau_m$	$\geq 390 \text{ N/mm}^2$
弹性模量E	$\geq 200\,000 \text{ N/mm}^2$ 至 $215\,000 \text{ N/mm}^2$
热膨胀系数 $\alpha_{\text{therm}}$	$(10\text{至}13) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1} 1)$

1) 如需其它信息，可提供



### 更多信息：

遵守以下技术文档中的要求，确保正确和符合预期地工作：

- 安装说明和特定产品可能的安装说明
    - AK ECA 4410功能安全特性 1177157
    - TTR ECA 4400 1177156
    - TTR ECA 4402 1125430
    - ECA 44xx安装辅件 1126455
  - AK ECM 2410/2490 M/2490 F 1308377
  - TTR ECM 2400 1308375
  - ECM 24x0安装辅件 1356342
  - 技术信息：高安全性位置测量系统 596632
- 用于控制系统：
- 安全控制系统的技术要求 533095

# ECA 4400系列

高精度绝对式角度编码器


- 配三点定中心或定心环的钢栅鼓
- 含读数头和栅鼓
- 也适用于高安全性应用
- 读数头和栅鼓的机械防松保护



ECA 4000

## 带机械防松防护功能

读数头	
接口	
订购标识	
时钟频率	
计算时间 $t_{cal}$	
功能安全特性 适用于	
PFH	
电气连接	
电缆长度 <sup>1)</sup>	
供电电压	
功率消耗 (最高)	
电流消耗 (典型值)	
振动: 55至2000 Hz 冲击: 6 ms	
工作温度	
防护等级EN 60529 <sup>3)</sup>	
重量	读数头 电缆 M12连接器 D-sub接头

AK ECA 4410 	AK ECA 4410	AK ECA 4490 F	AK ECA 4490 M	AK ECA 4490 P	AK ECA 4490 Y
EnDat 2.2		发那科串行接口; αi接口	三菱高速接口	松下串行接口	安川串行接口
EnDat22		Fanuc05	Mit03-4	Pana02	YEC07
≤ 16 MHz	-				
≤ 5 μs	-				
<ul style="list-style-type: none"> <li>SIL 2, EN 61508标准 (其它测试基础: IEC 61800-5-3)</li> <li>3级, PL “d”, EN ISO 13849-1:2015标准</li> </ul>	-				
≤ 20 · 10 <sup>-9</sup> (海拔高度可达6000 m)	-				
电缆 (1 m或3 m) 带8针M12连接器 (针式) 或15针D-sub接头					
≤ 100 m	≤ 50 m	≤ 30 m	≤ 50 m		
DC 3.6 V至14 V					
3.6 V时: 700 mW 14 V时: 800 mW	3.6 V时: 850 mW 14 V时: 950 mW				
5 V时: 90 mA (空载)	5 V时: 100 mA (空载)				
≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	≤ 500 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)				
-10 °C至70 °C <sup>2)</sup>	-10 °C至70 °C				
IP67					
18 g (不含电缆) 20 g/m 15 g 32 g					

<sup>1)</sup> 海德汉电缆, 时钟频率 ≤ 8 MHz

<sup>2)</sup> 栅鼓外径为104.63 mm: 10 °C至70 °C

<sup>3)</sup> 在应用中, 必须保护该设备, 避免固体和液体污染。  
根据需要, 用密封空气和密封件适当密封

可选机械防松防护功能

栅鼓	TTR ECA 4400								
测量基准 热膨胀系数	钢栅鼓带定心环 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10.4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$								
栅鼓内径*	70 mm	80 mm	120 mm	120 mm	150 mm	180 mm	270 mm	425 mm	512 mm
栅鼓外径*	104.63 mm	127.64 mm	148.2 mm	178.55 mm	208.89 mm	254.93 mm	331.31 mm	484.07 mm	560.46 mm
安全位置 <sup>1) 2)</sup>	±0.88°		±0.44°			±0.22°		±0.11°	
安全测量步距SM	0.352° (10 bit)		0.176° (11 bit)			0.088° (12 bit)		0.044° (13 bit)	
机械允许转速 带机械防松防护功能	8500 rpm	6250 rpm	5250 rpm	4500 rpm	4250 rpm	3250 rpm	2500 rpm	1800 rpm	1500 rpm
无机机械防松防护功能	15000 rpm	12250 rpm	10500 rpm	8750 rpm	7500 rpm	6250 rpm	4750 rpm	3250 rpm	2750 rpm
最大角加速度	14000 rad/s <sup>2</sup>	6600 rad/s <sup>2</sup>	7900 rad/s <sup>2</sup>	2700 rad/s <sup>2</sup>	1800 rad/s <sup>2</sup>	1000 rad/s <sup>2</sup>	1300 rad/s <sup>2</sup>	900 rad/s <sup>2</sup>	1200 rad/s <sup>2</sup>
电气允许转速	≤ 7000 rpm	≤ 5750 rpm	≤ 4400 rpm	≤ 3000 rpm	≤ 2550 rpm	≤ 2100 rpm	≤ 900 rpm	≤ 600 rpm	≤ 550 rpm
转动惯量	$0.81 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$1.9 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$2.3 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$7.1 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$12 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$28 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$59 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$195 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$258 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$
允许的轴向跳动	≤ ±0.4 mm (栅鼓相对读数头)								
每圈位置数	134217728 (27 bit)					268435456 (28 bit)		536870912 (29 bit)	
测量步距	0.0097"					0.0048"		0.0024"	
信号周期数	8195	10010	11616	14003	16379	19998	25993	37994	44000
光栅精度	±3.7"	±3.0"	±2.8"	±2.5"	±2.5"	±2.5"	±2.5"	±2.0"	±2.0"
单信号周期细分误差	±0.20"	±0.16"	±0.14"	±0.12"	±0.10"	±0.08"	±0.06"	±0.04"	±0.04"
防护等级EN 60529 <sup>3)</sup>	安装后的完整编码器: IP00								
质量	≈ 0.40 kg	≈ 0.68 kg	≈ 0.51 kg	≈ 1.2 kg	≈ 1.5 kg	≈ 2.3 kg	≈ 2.6 kg	≈ 3.8 kg	≈ 3.6 kg

\* 请订购时选择

1) 位置值比较后, 在后续电子电路中可能还有其它偏差 (请联系后续电子电路制造商)

2) 机械联轴器: 有关读数头与栅鼓间的防松保护, 参见功能安全特性

3) 在应用中, 必须保护该设备, 避免固体和液体污染。

根据需要, 用密封件和密封空气进行适当密封

### 无机械防松防护功能

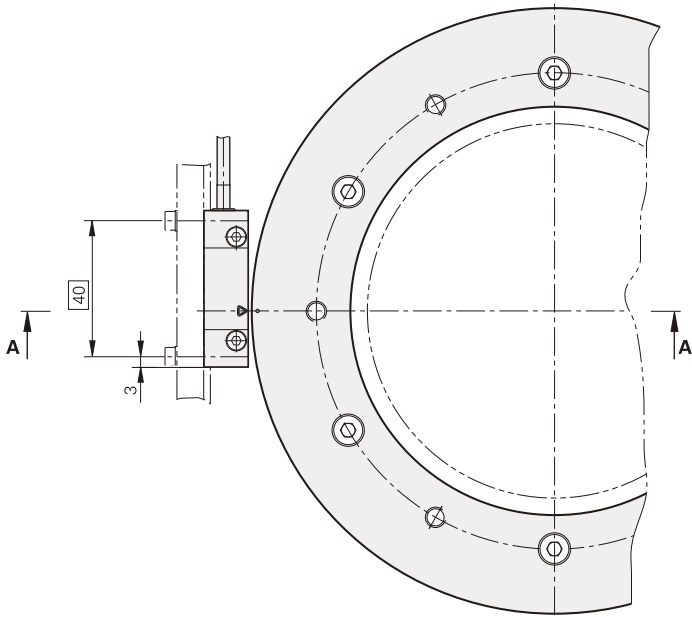
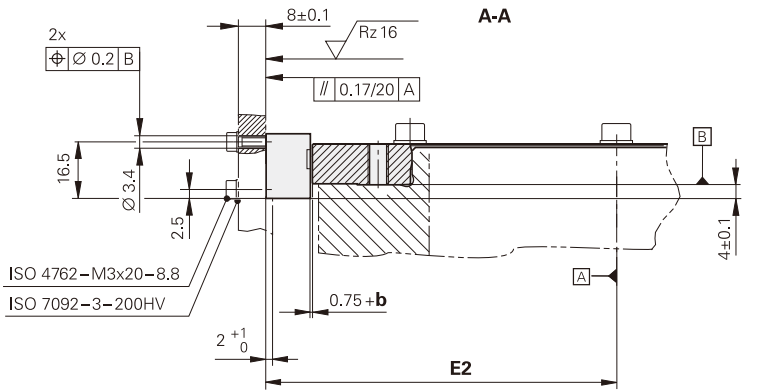
栅鼓	TTR ECA 4402								
测量基准 热膨胀系数	三点定心的钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10.4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$								
栅鼓内径*	70 mm	80 mm	120 mm/ 150 mm	130 mm	150 mm/ 185 mm	180 mm/ 210 mm	270 mm	425 mm	512 mm
栅鼓外径*	104.63 mm	127.64 mm	178.55 mm	148.20 mm	208.89 mm	254.93 mm	331.31 mm	484.07 mm	560.46 mm
机械允许转速	15 000 rpm	12 250 rpm	8 750 rpm	10 500 rpm	7 500 rpm	6 250 rpm	4 750 rpm	3 250 rpm	2 750 rpm
电气允许转速	$\leq 7000$ rpm	$\leq 5750$ rpm	$\leq 3000$ rpm	$\leq 4400$ rpm	$\leq 2550$ rpm	$\leq 2100$ rpm	$\leq 900$ rpm	$\leq 600$ rpm	$\leq 550$ rpm
转动惯量	$0.83 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$2.0 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$7.1 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $4.5 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$1.7 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$12 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $6.5 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$28 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $20 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$59 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$199 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$263 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>
允许的轴向跳动	$\leq \pm 0.4$ mm (栅鼓相对读数头)								
每圈位置数	134217728 (27 bit)					268435456 (28 bit)		536870912 (29 bit)	
测量步距	0.0097"					0.0048"		0.0024"	
信号周期数	8195	10010	14003	11616	16379	19998	25993	37994	44000
光栅精度	$\pm 3''$	$\pm 2.5''$	$\pm 2''$	$\pm 2.3''$	$\pm 1.9''$	$\pm 1.8''$	$\pm 1.7''$	$\pm 1.5''$	$\pm 1.5''$
单信号周期细分误差	$\pm 0.20''$	$\pm 0.16''$	$\pm 0.12''$	$\pm 0.14''$	$\pm 0.10''$	$\pm 0.08''$	$\pm 0.06''$	$\pm 0.04''$	$\pm 0.04''$
防护等级EN 60529 <sup>1)</sup>	安装后的完整编码器: IP00								
质量	$\approx 0.42$ kg	$\approx 0.69$ kg	$\approx 1.2$ kg/ $\approx 0.66$ kg	$\approx 0.35$ kg	$\approx 1.5$ kg/ $\approx 0.66$ kg	$\approx 2.3$ kg/ $\approx 1.5$ kg	$\approx 2.6$ kg	$\approx 3.8$ kg	$\approx 3.7$ kg

\* 请订购时选择

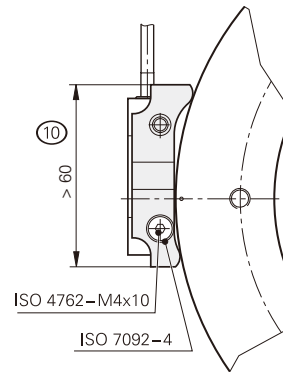
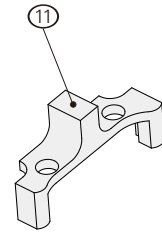
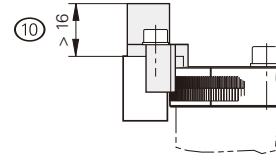
<sup>1)</sup> 在应用中, 必须保护该设备, 避免固体和液体污染。  
根据需要, 用密封件和密封空气进行适当密封



II



辅件：安装工具



D1	W1	W2	RW	D2	D3	E1	E2	$\alpha$	M	G
∅ 70 -0.001/-0.005	∅ 70 +0.005	∅ 70 +0.007/+0.002	0.001	∅ 85	∅ 104.63	56.57	66.07	6x60°	6x M5	6x M6
∅ 80 -0.001/-0.005	∅ 80 +0.006	∅ 80 +0.009/+0.003	0.0015	∅ 95	∅ 127.64	68.07	77.57	6x60°	6x M5	6x M6
∅ 120 -0.001/-0.008	∅ 120 +0.008	∅ 120 +0.040/+0.022	0.002	∅ 134	∅ 148.20	78.35	87.85	6x60°	6x M5	6x M6
∅ 120 -0.001/-0.008	∅ 120 +0.008	∅ 120 +0.040/+0.022	0.002	∅ 140	∅ 178.55	93.52	103.02	6x60°	6x M5	6x M6
∅ 150 -0.001/-0.008	∅ 150 +0.008	∅ 150 +0.046/+0.028	0.002	∅ 165	∅ 208.89	108.69	118.19	6x60°	6x M5	6x M6
∅ 180 -0.001/-0.008	∅ 180 +0.010	∅ 180 +0.050/+0.030	0.003	∅ 200	∅ 254.93	131.71	141.21	6x60°	6x M5	6x M6
∅ 270 0/-0.01	∅ 270 +0.012	∅ 270 +0.067/+0.044	0.003	∅ 290	∅ 331.31	169.90	179.40	12x30°	12x M5	12x M6
∅ 425 0/-0.01	∅ 425 +0.015	∅ 425 +0.094/+0.067	0.006	∅ 445	∅ 484.07	246.29	255.79	12x30°	12x M6	12x M6
∅ 512 0/-0.015	∅ 512 +0.016	∅ 512 +0.109/+0.076	0.007	∅ 528	∅ 560.46	284.48	293.98	18x20°	18x M6	12x M8

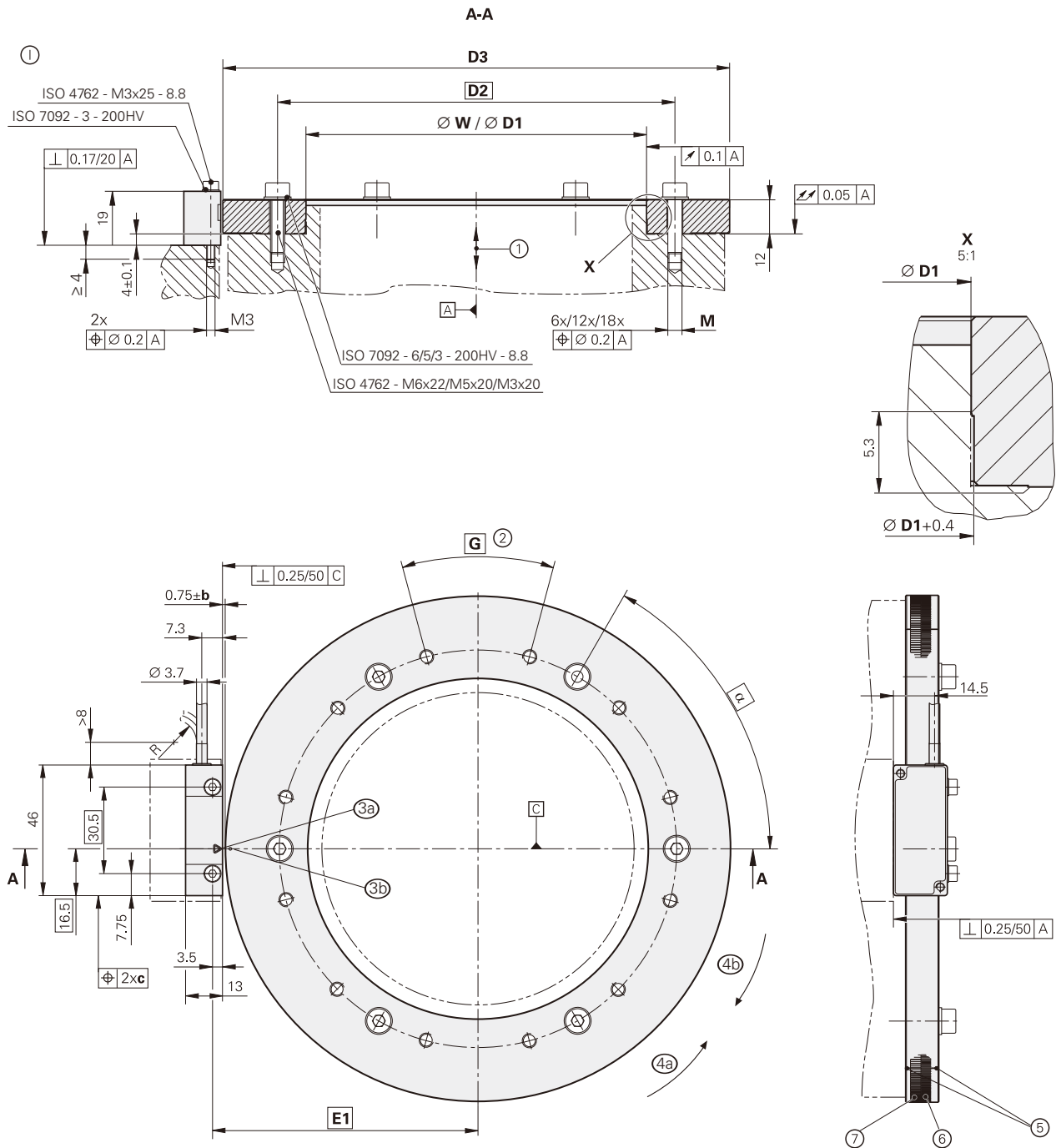


更多信息：

有关CAD数据，请访问 [cad.heidenhain.com](http://cad.heidenhain.com)

# ECA 4412, ECA 4492 (无定心环的栅鼓)

## 尺寸



①, ② = 安装方式

☐ = 轴承

W = 配合直径 (轴)

1 = 电机轴允许的轴向窜动:  $\leq \pm 0.4$  mm

2 = 不允许用于栅鼓固定

3 = 光学中心线和0°位置标记

4a = 带功能安全特性读数头的正旋转方向

4b = 无功能安全特性读数头的正旋转方向

5 = 栅鼓定心标记 (3x120°)

6 = 增量刻轨

7 = 绝对栅轨

8 = 安装工具的空间

9 = 安装工具

mm

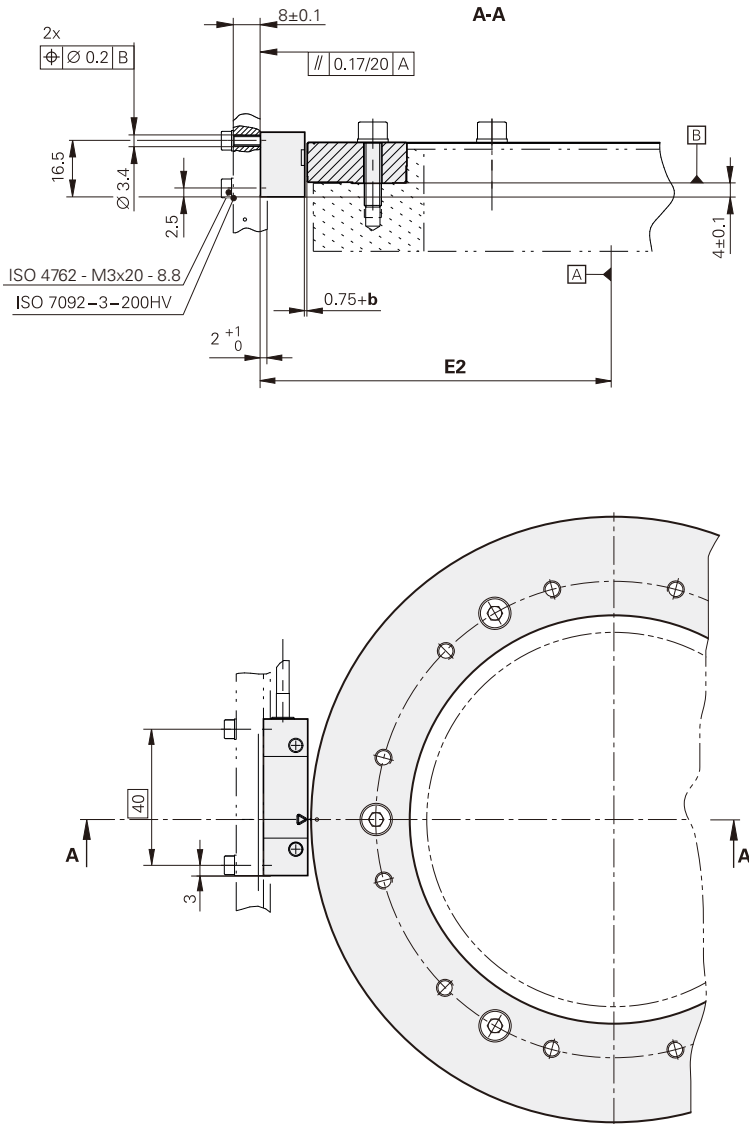


Tolerancing ISO 8015

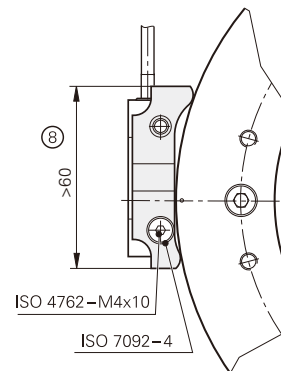
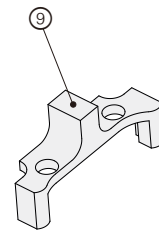
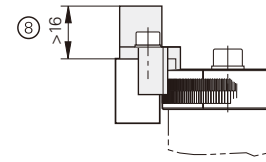
ISO 2768:1989-mH

$\leq 6$  mm:  $\pm 0.2$  mm

II



辅件：安装工具



D1	W	D2	D3	E1	E2	$\alpha$	M	G	b [mm]	c [mm]
Ø 70 +0.05/+0.07	Ø ≤ 70	Ø 85	Ø 104.63	56.57	66.07	6x60° = 360°	6x M5	/	±0.07	0.3
Ø 80 +0.05/+0.07	Ø ≤ 80	Ø 95	Ø 127.64	68.07	77.57	6x60° = 360°	6x M5	/	±0.07	0.3
Ø 120 +0.05/+0.07	Ø ≤ 120	Ø 140	Ø 178.55	93.52	103.02	6x60° = 360°	6x M5	/	±0.10	0.3
Ø 130 +0.05/+0.07	Ø ≤ 130	Ø 139	Ø 148.20	78.35	87.85	12x30° = 360°	12x M3	/	±0.07	0.3
Ø 150 +0.05/+0.07	Ø ≤ 150	Ø 163	Ø 178.55	93.52	103.02	12x30° = 360°	12x M3	/	±0.10	0.3
Ø 150 +0.05/+0.07	Ø ≤ 150	Ø 165	Ø 208.89	108.69	118.19	6x60° = 360°	6x M5	/	±0.12	0.5
Ø 180 +0.05/+0.07	Ø ≤ 180	Ø 200	Ø 254.93	131.71	141.21	6x60° = 360°	6x M5	/	±0.12	0.5
Ø 185 +0.05/+0.07	Ø ≤ 185	Ø 197	Ø 208.89	108.69	118.19	12x30° = 360°	12x M3	/	±0.12	0.5
Ø 210 +0.05/+0.07	Ø ≤ 210	Ø 230	Ø 254.93	131.71	141.21	12x30° = 360°	12x M3	/	±0.12	0.5
Ø 270 +0.05/+0.07	Ø ≤ 270	Ø 290	Ø 331.31	169.90	179.40	12x30° = 360°	12x M5	/	±0.15	1.0
Ø 425 +0.05/+0.07	Ø ≤ 425	Ø 445	Ø 484.07	246.29	255.79	12x30° = 360°	12x M6	12x M6	±0.15	1.0
Ø 512 +0.05/+0.07	Ø ≤ 512	Ø 528	Ø 560.46	284.48	293.98	18x20° = 360°	18x M6	12x M8	±0.15	1.0

更多信息：

有关CAD数据，请访问 [cad.heidenhain.com](http://cad.heidenhain.com)

# ERA 4000系列

## 高精度增量式角度编码器

- 三点定中心或定心环的钢栅鼓
- 高质量扫描，高可靠性
- 自带三色LED信号质量指示灯
- 含读数头和栅鼓配选装的密封空气盖

读数头	AK ERA 4280, 20 μm栅距 AK ERA 4480, 40 μm栅距 AK ERA 4880, 80 μm栅距
接口	~ 1 V <sub>PP</sub> , HSP
截止频率-3 dB	1 MHz
电气连接	电缆 (1 m或3 m) 12针M12连接器或12针M23连接器或15针D-sub接头
电缆长度	≤ 150 m (海德汉电缆)
供电电压	DC 5 V ± 0.5 V
电流消耗	< 130 mA (空载)
振动 55 Hz至2000 Hz	带机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) 无机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6)
冲击 11 ms 6 ms	带机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27) 无机械防松保护功能: ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)
工作温度	-10 °C至70 °C
空气相对湿度	≤ 93% (40 °C/4d时, EN 60068-2-78标准) ; 不允许结露
防护等级	IP40
质量	读数头 ≈ 20 g (无电缆) 连接电缆 ≈ 20 g/m 连接器 (M12) ≈ 15 g 连接器 (M23) ≈ 50 g D-sub接头 ≈ 32 g

读数头	AK ERA 4480, 40 μm栅距和带密封空气盖
接口	~ 1 V <sub>PP</sub> , HSP
截止频率-3 dB	1 MHz
电气连接	电缆 (1 m或3 m) 12针M12连接器或12针M23连接器
电缆长度	≤ 150 m (海德汉电缆)
供电电压	DC 5 V ± 0.5 V
电流消耗	< 130 mA (空载)
振动 55 Hz至2000 Hz	带机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) 无机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6)
冲击: 11 ms 6 ms	带机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27) 无机械防松保护功能: ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)
工作温度	-10 °C至70 °C
空气相对湿度	≤ 93% (40 °C/4d时, EN 60068-2-78标准) ; 不允许结露
防护等级	IP40
质量	读数头 ≈ 35 g (无电缆) 电缆 ≈ 20 g/m 连接器 (M12) ≈ 15 g 连接器 (M23) ≈ 50 g

读数头		AK ERA 4470				
接口	□□ TTL					
内部细分*	1倍 <sup>1)</sup>	10倍	50倍	100倍	500倍	1000倍
扫描频率 <sup>2)</sup>	≤ 450 kHz	≤ 312.5 kHz	≤ 125 kHz	≤ 62.5 kHz	≤ 12.5 kHz	≤ 6.25 kHz
边缘间距 $a$	≥ 0.220 μs	≥ 0.07 μs	≥ 0.03 μs			
电气连接*	电缆 (1 m或3 m) 15针D-sub接头 (针式), 接口电子电路在接头内					
电缆长度	海德汉电缆: ≤ 20 m; 用PWM 21调整信号期间: ≤ 3 m					
供电电压	DC 5 V ±0.5 V					
电流消耗	≤ 250 mA (空载)					
振动 55 Hz至2000 Hz	带机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) 无机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6)					
冲击 11 ms 6 ms	带机械防松保护功能: ≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27) 无机械防松保护功能: ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)					
工作温度	-10 °C至70 °C					
空气相对湿度	≤ 93% (40 °C/4d时, EN 60068-2-78标准); 不允许结露					
防护等级	IP40					
质量	读数头	≈ 20 g (无电缆)				
	电缆	≈ 20 g/m				
	D-sub接头	≈ 74 g				

\* 请订购时选择

<sup>1)</sup> 适用于在TTL输出信号各时钟沿之间测量时间的应用;  
非时钟控制的输出信号允许下降沿抖动

<sup>2)</sup> 参考点回零操作的最高扫描频率: 70 kHz



## 带定心环栅鼓

测量基准  
热膨胀系数

信号周期/  
单信号周期  
细分误差<sup>1)</sup>

TTR ERA 4200

TTR ERA 4400

TTR ERA 4800

光栅精度

参考点

栅鼓内径\*

栅鼓外径\*

机械允许转速

带机械防松防护功能

无机机械防松防护功能

转动惯量

带机械防松保护的最大角加速度

允许的轴向跳动

防护等级EN 60529

质量

TTR ERA 4200 C, 20 μm 栅距 TTR ERA 4400 C, 40 μm 栅距 TTR ERA 4800 C, 80 μm 栅距									
钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10.4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$									
12 000/ $\pm 0.32''$	16 384/ $\pm 0.24''$	20 000/ $\pm 0.19''$	28 000/ $\pm 0.14''$	32 768/ $\pm 0.12''$	40 000/ $\pm 0.10''$	52 000/ $\pm 0.07''$	-	-	-
6 000/ $\pm 1.08''$	8 192/ $\pm 0.79''$	10 000/ $\pm 0.65''$	14 000/ $\pm 0.46''$	16 384/ $\pm 0.40''$	20 000/ $\pm 0.32''$	26 000/ $\pm 0.25''$	38 000/ $\pm 0.17''$	44 000/ $\pm 0.15''$	-
3 000/ $\pm 2.16''$	4 096/ $\pm 1.58''$	5 000/ $\pm 1.30''$	7 000/ $\pm 0.93''$	8 192/ $\pm 0.79''$	10 000/ $\pm 0.65''$	13 000/ $\pm 0.50''$	-	-	-
$\pm 5''$	$\pm 3.7''$	$\pm 3''$	$\pm 2.5''$				$\pm 2''$		
距离编码或一个									
40 mm	70 mm	80 mm	120 mm	150 mm	180 mm	270 mm	425 mm	512 mm	-
76.75 mm	104.63 mm	127.64 mm	178.55 mm	208.89 mm	254.93 mm	331.31 mm	484.07 mm	560.46 mm	-
10 000 rpm	8 500 rpm	6 250 rpm	4 500 rpm	4 250 rpm	3 250 rpm	2 500 rpm	1 800 rpm	1 500 rpm	-
20 000 rpm	15 000 rpm	12 250 rpm	8 750 rpm	7 500 rpm	6 250 rpm	4 750 rpm	3 250 rpm	2 750 rpm	-
$0.27 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$0.81 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$1.9 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$7.1 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$12 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$28 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$59 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$195 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$258 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	-
20 000 rad/s <sup>2</sup>	14 000 rad/s <sup>2</sup>	6 600 rad/s <sup>2</sup>	2 700 rad/s <sup>2</sup>	1 800 rad/s <sup>2</sup>	1 000 rad/s <sup>2</sup>	1 300 rad/s <sup>2</sup>	900 rad/s <sup>2</sup>	1 200 rad/s <sup>2</sup>	-
$\leq \pm 0.5 \text{ mm}$ (栅鼓相对读数头)									
安装后的完整编码器: IP00; 带密封空气盖: IP40									
$\approx 0.28 \text{ kg}$	$\approx 0.41 \text{ kg}$	$\approx 0.68 \text{ kg}$	$\approx 1.2 \text{ kg}$	$\approx 1.5 \text{ kg}$	$\approx 2.3 \text{ kg}$	$\approx 2.6 \text{ kg}$	$\approx 3.8 \text{ kg}$	$\approx 3.6 \text{ kg}$	-

\* 请订购时选择

1) 单信号周期内细分误差和圆光栅精度共同决定编码器特有误差;  
有关系统安装和被测轴的轴承误差导致的附加误差, 参见测量精度

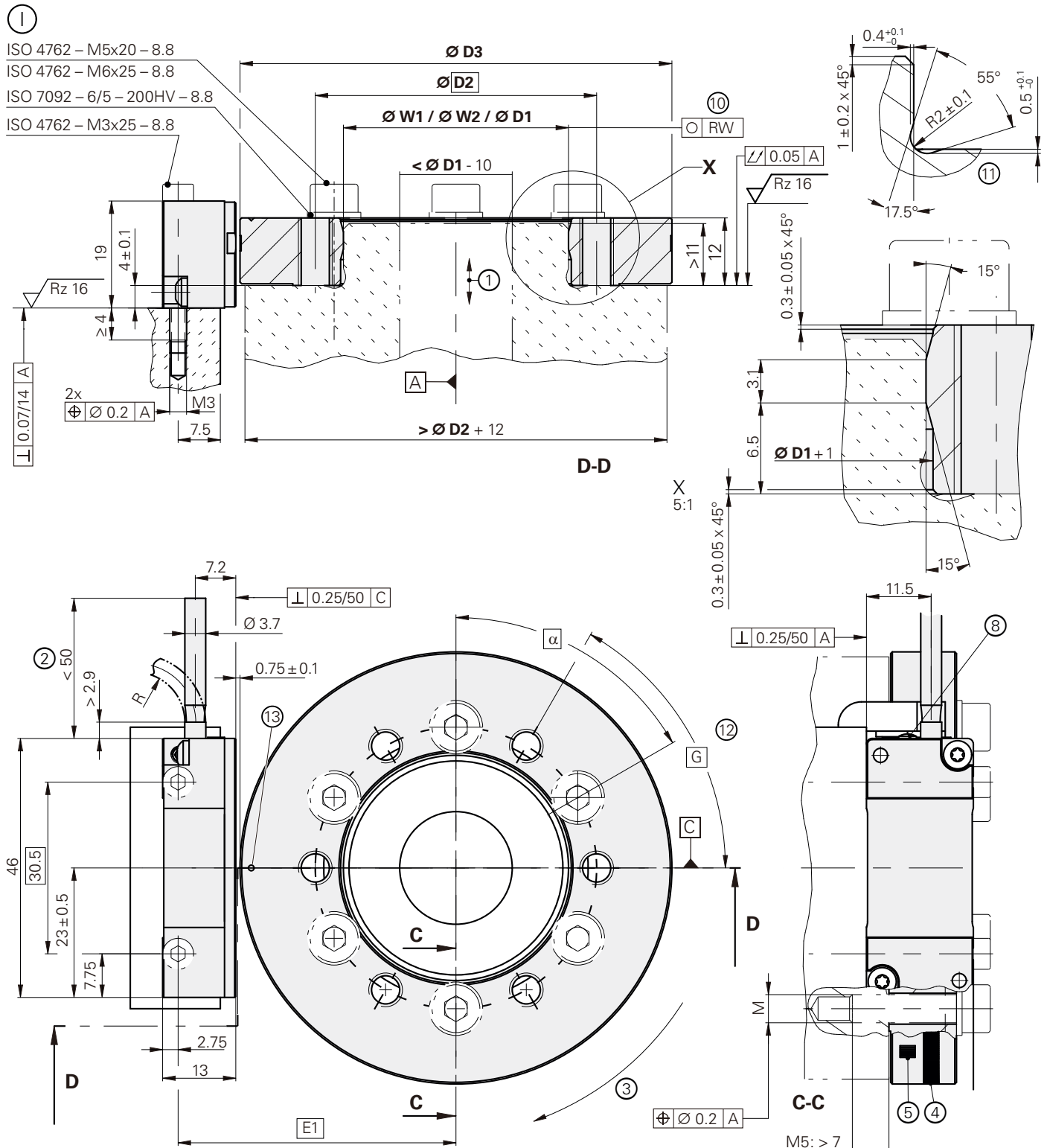
三点定中心的栅鼓	TTR ERA 4202 C, 20 μm 栅距						
测量基准 热膨胀系数	钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10.4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$						
信号周期数	12 000	16 384	20 000	28 000	32 768	40 000	52 000
光栅精度	±4"	±3"	±2.5"	±2"	±1.9"	±1.8"	±1.7"
单信号周期细分误差 <sup>1)</sup>	±0.36"	±0.24"	±0.19"	±0.14"	±0.12"	±0.10"	±0.07"
参考点	距离编码或一个						
栅鼓内径*	40 mm	70 mm	80 mm	120 mm/ 150 mm	150 mm/ 185 mm	180 mm/ 210 mm	270 mm
栅鼓外径*	76.75 mm	104.63 mm	127.64 mm	178.55 mm	208.89 mm	254.93 mm	331.31 mm
机械允许转速	20 000 rpm	15 000 rpm	12 250 rpm	8 750 rpm	7 500 rpm	6 250 rpm	4 750 rpm
转动惯量	$0.28 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$0.83 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$2.0 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$7.1 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $4.5 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$12 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $6.4 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$28 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $20 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$59 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>
允许的轴向跳动	≤ ±0.5 mm (栅鼓相对读数头)						
防护等级 EN 60529	安装后的完整编码器: IP00; 带密封空气盖: IP40						
质量	≈ 0.30 kg	≈ 0.42 kg	≈ 0.69 kg	≈ 1.2 kg/ ≈ 0.66 kg	≈ 1.5 kg/ ≈ 0.66 kg	≈ 2.3 kg/ ≈ 1.5 kg	≈ 2.6 kg

\* 请订购时选择

<sup>1)</sup> 单信号周期内细分误差和圆光栅精度共同决定编码器特有误差;  
有关系统安装和被测轴的轴承误差导致的附加误差, 参见测量精度

# ERA 4280 C, ERA 4480 C, ERA 4880 C

## 尺寸



mm  
 Tolerancing ISO 8015  
 ISO 2768:1989-mH  
 $\leq 6 \text{ mm}: \pm 0.2 \text{ mm}$

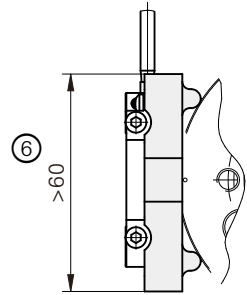
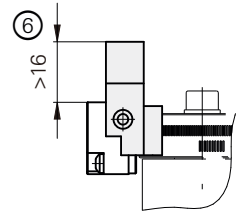
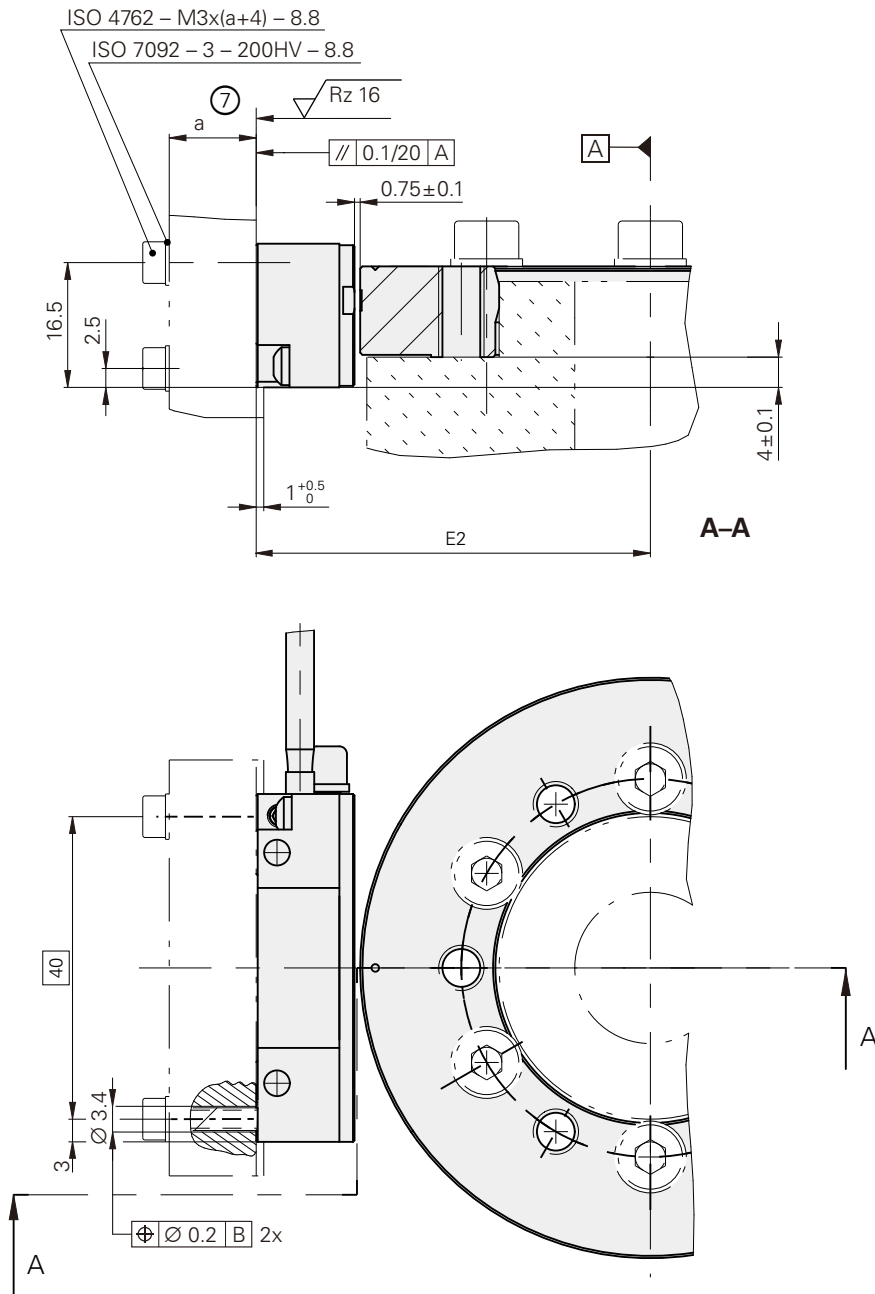
W1 = 无机机械防松防护功能  
 W2 = 带机械防松防护功能

- ①, ⑩ = 安装方式
- ⊠ = 配合轴的轴承
- W = 配合直径 (轴)
- 1 = 电机轴允许的轴向窜动:  $\leq \pm 0.5 \text{ mm}$
- 2 = 电缆支撑

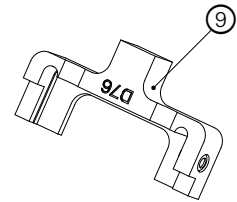
- 3 = 正旋转方向
- 4 = 增量刻轨
- 5 = 参考脉冲刻轨
- 6 = 安装工具的空间
- 7 = 带机械防松保护功能:  
 $a = 11.5 \text{ mm} \pm 0.1 \text{ mm}$

- 8 = 信号质量指示灯
- 9 = 安装工具 (辅件)
- 10 = 配合直径的圆度 (轴)
- 11 = 建议的底切设计
- 12 = 拆卸用螺纹; 不允许用于栅鼓固定

II



1:1



1:1

D1	W1	W2	RW	D2	D3	E1	E2	$\alpha$	M	G
Ø 40 -0.001/-0.005	Ø 40 +0.004	Ø 40 +0.004/+0.000	0.001	Ø 50	Ø 76.75	49.38	52.13	6x60°	6x M5	6x M6
Ø 70 -0.001/-0.005	Ø 70 +0.005	Ø 70 +0.007/+0.002	0.001	Ø 85	Ø 104.63	63.32	66.07	6x60°	6x M5	6x M6
Ø 80 -0.001/-0.005	Ø 80 +0.006	Ø 80 +0.009/+0.003	0.0015	Ø 95	Ø 127.64	74.82	77.57	6x60°	6x M5	6x M6
Ø 120 -0.001/-0.008	Ø 120 +0.008	Ø 120 +0.040/+0.022	0.002	Ø 140	Ø 178.55	100.27	103.02	6x60°	6x M5	6x M6
Ø 150 -0.001/-0.008	Ø 150 +0.008	Ø 150 +0.046/+0.028	0.002	Ø 165	Ø 208.89	115.44	118.19	6x60°	6x M5	6x M6
Ø 180 -0.001/-0.008	Ø 180 +0.010	Ø 180 +0.050/+0.030	0.003	Ø 200	Ø 229.46	125.73	128.48	6x60°	6x M5	6x M6
Ø 180 -0.001/-0.008	Ø 180 +0.010	Ø 180 +0.050/+0.030	0.003	Ø 200	Ø 254.93	138.46	141.21	6x60°	6x M5	6x M6
Ø 270 0/-0.01	Ø 270 +0.012	Ø 270 +0.067/+0.044	0.003	Ø 290	Ø 331.31	176.65	179.40	12x30°	12x M5	12x M6
Ø 425 0/-0.01	Ø 425 +0.015	Ø 425 +0.094/+0.067	0.006	Ø 445	Ø 484.07	253.04	255.79	12x30°	12x M6	12x M6
Ø 512 0/-0.015	Ø 512 +0.016	Ø 512 +0.109/+0.076	0.007	Ø 528	Ø 560.46	291.23	293.98	18x20°	18x M6	12x M8

# ERA 4202 C

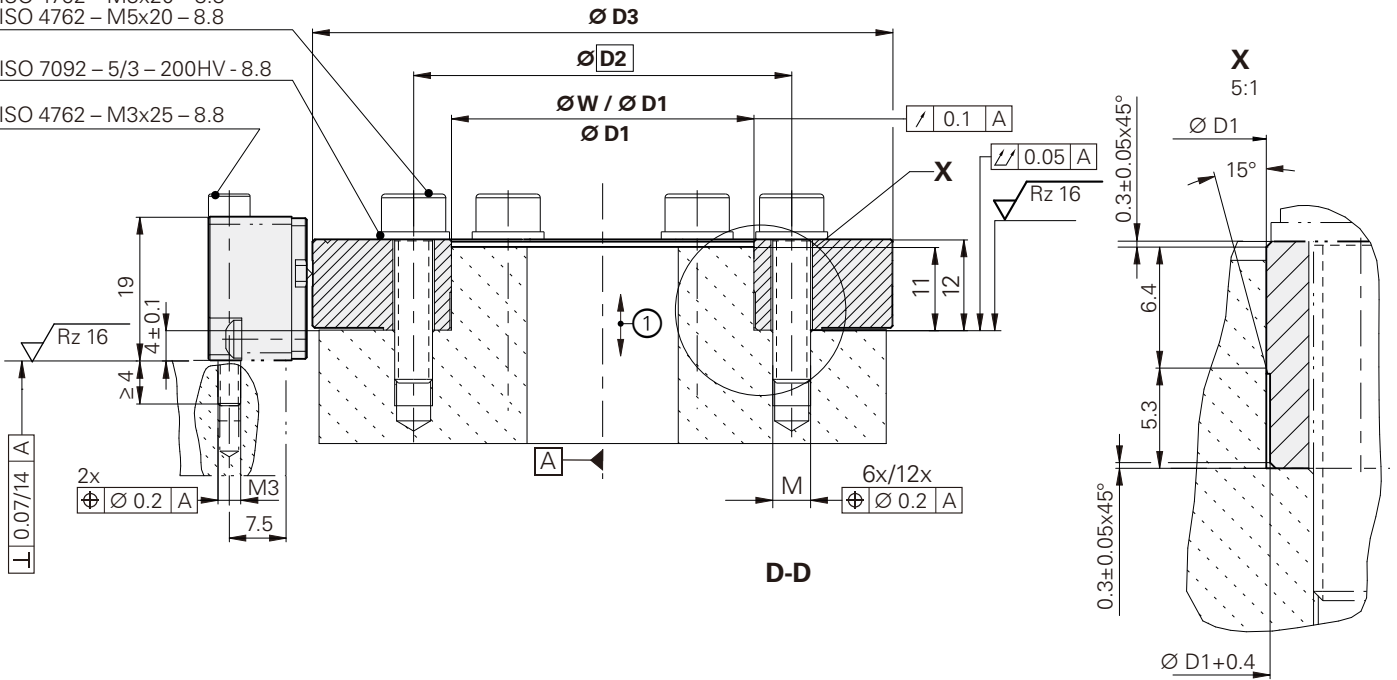
## 尺寸

①

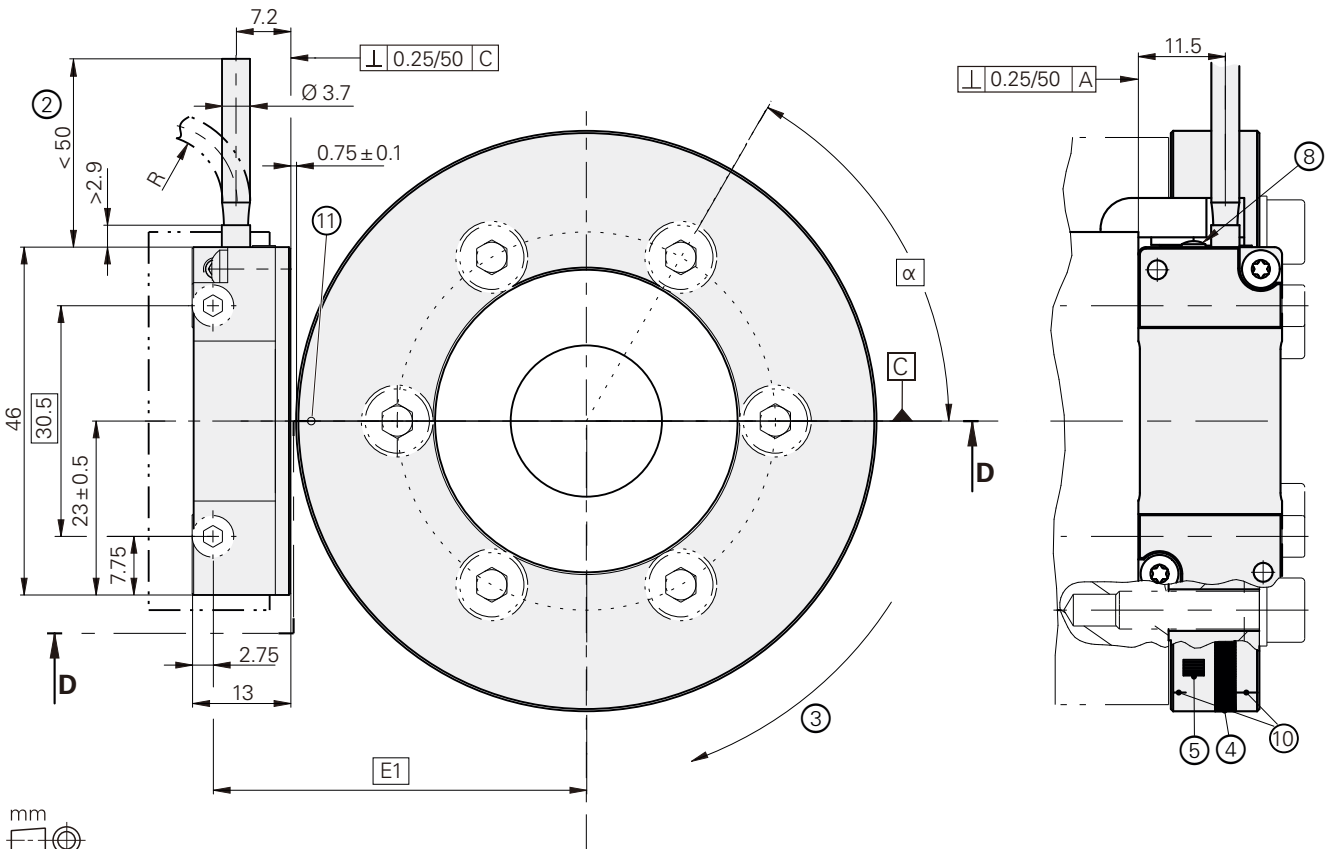
ISO 4762 – M3x20 – 8.8  
ISO 4762 – M5x20 – 8.8

ISO 7092 – 5/3 – 200HV – 8.8

ISO 4762 – M3x25 – 8.8



D-D



mm

Tolerancing ISO 8015  
ISO 2768:1989-mH  
 $\leq 6$  mm:  $\pm 0.2$  mm

①, ② = 安装方式

□ = 配合轴的轴承

W = 配合直径 (轴)

1 = 电机轴允许的轴向窜动:  $\leq \pm 0.5$  mm

2 = 电缆支撑

3 = 正旋转方向

4 = 增量刻轨

5 = 参考脉冲刻轨

6 = 安装工具的空间

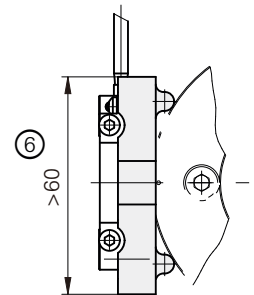
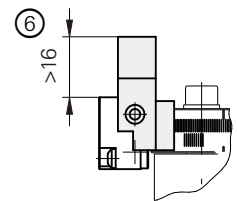
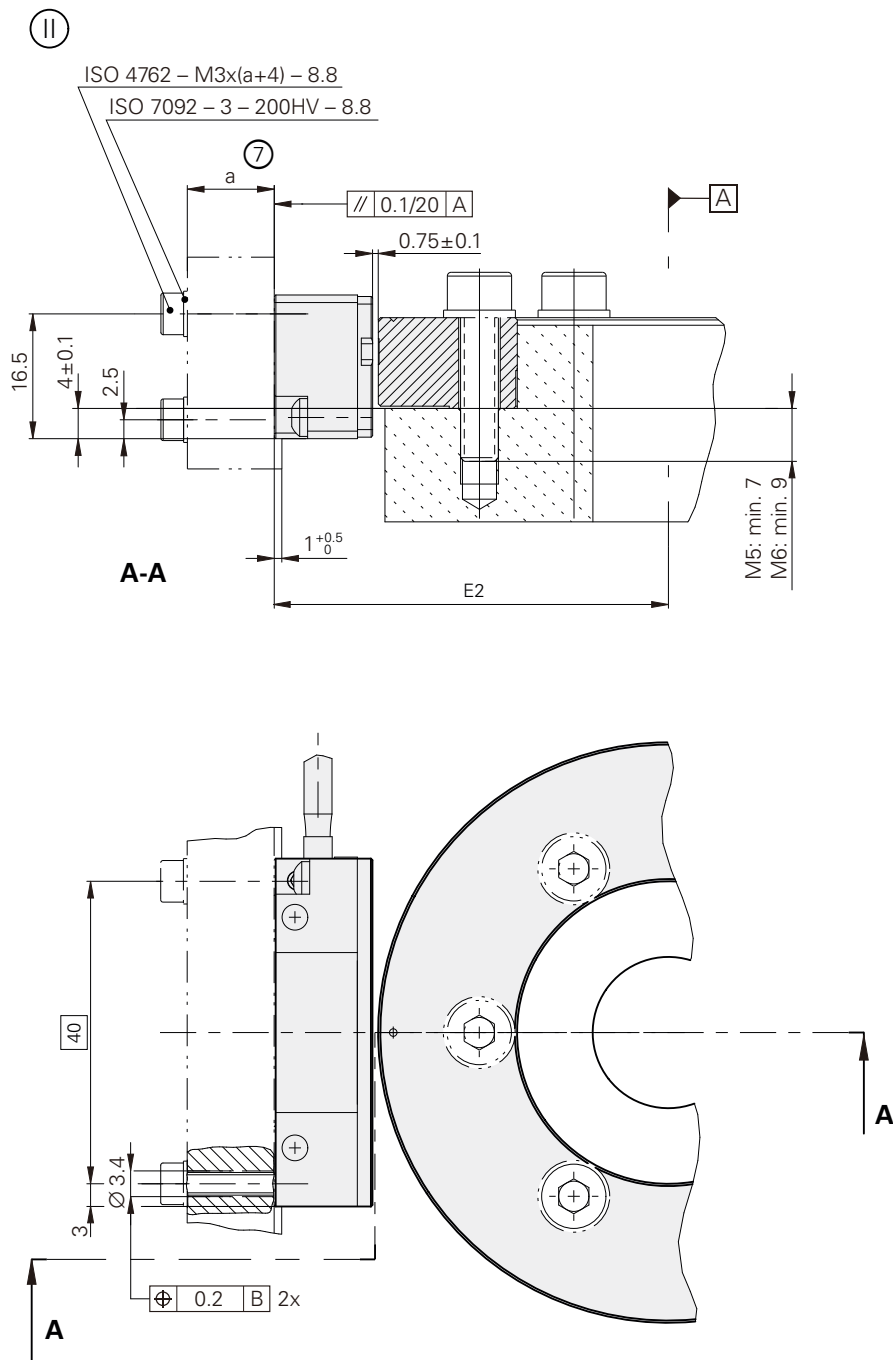
7 = 带机械防松保护功能:

a = 11.5 mm  $\pm 0.1$  mm

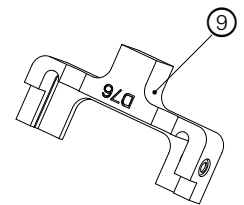
8 = 信号质量指示灯

9 = 安装工具 (辅件)

10 = 栅鼓定心标记 (3x120°)



1:1



1:1

D1	W	D2	D3	E1	E2	α	M
∅ 40 +0.05/+0.07	∅ ≤40	∅ 50	∅ 76.75	49.38	52.13	6x60°	6x M5
∅ 70 +0.05/+0.07	∅ ≤70	∅ 85	∅ 104.63	63.32	66.07	6x60°	6x M5
∅ 80 +0.05/+0.07	∅ ≤80	∅ 95	∅ 127.64	74.82	77.57	6x60°	6x M5
∅ 120 +0.05/+0.07	∅ ≤120	∅ 140	∅ 178.55	100.27	103.02	6x60°	6x M5
∅ 150 +0.05/+0.07	∅ ≤150	∅ 165	∅ 208.89	115.44	118.19	6x60°	6x M5
∅ 180 +0.05/+0.07	∅ ≤180	∅ 200	∅ 254.93	138.46	141.21	6x60°	6x M5
∅ 185 +0.05/+0.07	∅ ≤185	∅ 197	∅ 208.89	115.44	118.19	12x30°	12x M3
∅ 150 +0.05/+0.07	∅ ≤150	∅ 163	∅ 178.55	100.27	103.02	12x30°	12x M3
∅ 210 +0.05/+0.07	∅ ≤210	∅ 230	∅ 254.93	138.46	141.21	12x30°	12x M3
∅ 270 +0.05/+0.07	∅ ≤270	∅ 290	∅ 331.31	176.65	179.40	12x30°	12x M5



# ECM 2400系列

磁电扫描的绝对式角度编码器

- 含读数头和栅鼓
- 也适用于高安全性应用
- 抗污染



## 读数头

### 接口

订购标识

时钟频率

计算时间 $t_{cal}$

功能安全特性  
适用于

PFH

### 电气连接

电缆长度<sup>1)</sup>

供电电压

功率消耗 (最高)

电流消耗 (典型值)

振动 55 Hz至2000 Hz

冲击 6 ms

带机械防松防护功能


无机机械防松防护功能

### 工作温度

防护等级EN 60529

质量  
读数头  
电缆  
M23连接器

<sup>1)</sup> 海德汉电缆;  
时钟频率 $\leq 8$  MHz

	AK ECM 2410 	AK ECM 2490 F	AK ECM 2490 M
	EnDat 2.2	发那科串行接口; αi接口	三菱高速接口
	EnDat22	Fanuc05	Mit03-4
	≤ 16 MHz	-	
	≤ 5 μs	-	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SIL 2, EN 61508标准 (测试的进一步基础: IEC 61800-5-3)</li> <li>• 3级, PL “d”, EN ISO 13849-1: 2015标准</li> </ul>	-	
	≤ 25 · 10 <sup>-9</sup> (海拔高度可达6000 m)	-	
电缆 (1 m) 带8针M12连接器 (针式)			
≤ 30 m			
DC 3.6 V至14 V			
3.6 V时: 1.1 W 14 V时: 1.3 W			
5 V时: <200 mA (空载)			
≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) ≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27) ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)			
-10 °C至80 °C			
IP67			
≈ 40 g (无电缆) ≈ 35 g/m ≈ 15 g			

栅鼓	TTR ECM 2400, 栅距 $\approx 400 \mu\text{m}$		
测量基准 热膨胀系数	钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$		
信号周期数	900	1024	1200
栅鼓内径*	70 mm	80 mm/95 mm	105 mm/120 mm
栅鼓外径*	113.16 mm	128.75 mm	150.88 mm
磁栅精度	$\pm 8''$	$\pm 7''$	$\pm 6'' / \pm 8''$
单信号周期细分误差	$\pm 9''$	$\pm 8''$	$\pm 7''$
每圈位置数	8 388 608 (23 bit)	16 777 216 (24 bit)	
测量步距	0.154"	0.077"	
安全测量步距	0.7° (9 bit)	0.35° (10 bit)	
安全位置 <sup>1) 2)</sup>	1.76°	0.88°	
机械允许转速	$\leq 14500 \text{ rpm}$	$\leq 13000 \text{ rpm}/$ $\leq 12500 \text{ rpm}$	$\leq 10500 \text{ rpm}$
最大角加速度	9000 $\text{rad/s}^2$	6000 $\text{rad/s}^2 /$ 9000 $\text{rad/s}^2$	4900 $\text{rad/s}^2 /$ 7000 $\text{rad/s}^2$
电气允许轴速	$\leq 29000 \text{ rpm}$	$\leq 25000 \text{ rpm}$	$\leq 21500 \text{ rpm}$
转动惯量	$1.5 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$2.6 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 /$ $2.1 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$4.4 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2 /$ $3.4 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$
允许的轴向跳动	$\leq \pm 0.75 \text{ mm}$		
质量	$\approx 0.69 \text{ kg}$	$\approx 0.89 \text{ kg}/$ $\approx 0.65 \text{ kg}$	$\approx 1.0 \text{ kg}/$ $\approx 0.72 \text{ kg}$

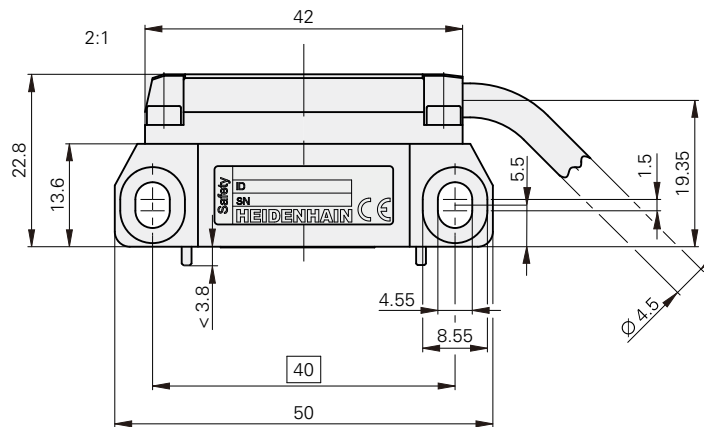
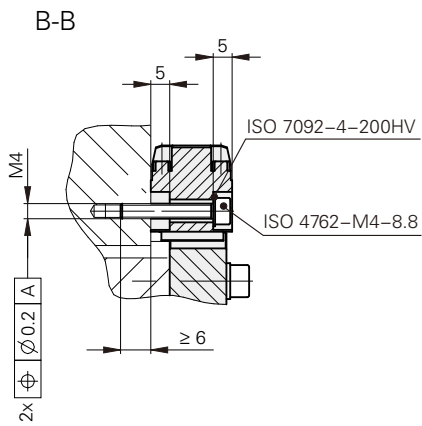
\* 请订购时选择

1) 位置值比较后, 在后续电子电路中可能还有其它偏差 (请联系后续电子电路制造商)

2) 机械联轴器: 有关读数头与栅鼓间的防松保护, 参见功能安全特性

	1400	1696	2048	2600
	130 mm	160 mm	180 mm	260 mm
	176.03 mm	213.24 mm	257.50 mm	326.90 mm
	±5.5"	±4.5"	±4"	±3.5"
	±6"	±5"	±4"	±3"
			33 554 432 (25 bit)	
			0.039"	
			0.18° (11 bit)	
			0.44°	
	≤ 9000 rpm	≤ 7000 rpm	≤ 6000 rpm	≤ 4500 rpm
	3300 rad/s <sup>2</sup>	1900 rad/s <sup>2</sup>	820 rad/s <sup>2</sup>	560 rad/s <sup>2</sup>
	≤ 18500 rpm	≤ 15000 rpm	≤ 12500 rpm	≤ 10000 rpm
	7.4 · 10 <sup>-3</sup> kgm <sup>2</sup>	16 · 10 <sup>-3</sup> kgm <sup>2</sup>	37 · 10 <sup>-3</sup> kgm <sup>2</sup>	76 · 10 <sup>-3</sup> kgm <sup>2</sup>
	≈ 1.2 kg	≈ 1.8 kg	≈ 3.0 kg	≈ 3.5 kg





	D1	W1	W2	D2	D3	E	G
<b>TTR ECM 2400</b>	$\varnothing 70 +0/-0.008$	$\varnothing 70 +0.010/+0.002$	$\varnothing 70 +0.019/+0.011$	$\varnothing 85$	$\varnothing 113.16$	62.3	6x M6
	$\varnothing 80 +0/-0.008$	$\varnothing 80 +0.010/+0.002$	$\varnothing 80 +0.022/+0.014$	$\varnothing 95$	$\varnothing 128.75$	70.1	6x M6
	$\varnothing 95 +0/-0.010$	$\varnothing 95 +0.013/+0.003$	$\varnothing 95 +0.029/+0.019$	$\varnothing 110$	$\varnothing 128.75$	70.1	6x M6
	$\varnothing 105 +0/-0.010$	$\varnothing 105 +0.013/+0.003$	$\varnothing 105 +0.031/+0.021$	$\varnothing 120$	$\varnothing 150.88$	81.2	6x M6
	$\varnothing 130 +0/-0.012$	$\varnothing 130 +0.015/+0.003$	$\varnothing 130 +0.041/+0.029$	$\varnothing 145$	$\varnothing 176.03$	93.7	6x M6
	$\varnothing 160 +0/-0.012$	$\varnothing 160 +0.015/+0.003$	$\varnothing 160 +0.049/+0.037$	$\varnothing 175$	$\varnothing 213.24$	112.3	6x M6
	$\varnothing 180 +0/-0.012$	$\varnothing 180 +0.015/+0.003$	$\varnothing 180 +0.055/+0.043$	$\varnothing 195$	$\varnothing 257.50$	134.5	6x M6
	$\varnothing 260 +0/-0.016$	$\varnothing 260 +0.020/+0.004$	$\varnothing 260 +0.082/+0.066$	$\varnothing 275$	$\varnothing 326.90$	169.2	6x M6

# ERM 2200/2400/2900系列

磁电扫描增量式角度编码器

- 含读数头和栅鼓
- 多种栅距，满足不同精度和速度要求
- 不同形状的栅鼓，可配旋转轴和主轴
- 多种栅鼓直径



ERM 2200



ERM 2900

## 读数头

### 接口

截止频率 (-3dB)  
扫描频率

内部细分倍数

时钟频率

计算时间 $t_{cal}$

### 电气连接

输出电缆

供电电压

电流消耗 (典型值)

功率消耗 (最高)

电缆长度<sup>1)</sup>

振动55 Hz至2000 Hz

冲击6 ms

冲击: 6 ms, 带机械连接防松保护功能

工作温度

防护等级EN 60529

质量  
读数头  
电缆  
M23连接器  
M12连接器

栅距≈ 200 μm			栅距≈ 400 μm			栅距≈ 1000 μm
AK ERM 2280	AK ERM 2283	AK ERM 2293 M	AK ERM 2480	AK ERM 2420	AK ERM 2410	AK ERM 2980
~ 1 V <sub>PP</sub>		三菱高速接口 (Mit 02-4) <sup>2)</sup>	~ 1 V <sub>PP</sub>	TTL x 1, TTL x 2	EnDat 2.2 <sup>2)3)</sup>	~ 1 V <sub>PP</sub>
≥ 300 kHz	-	-	≥ 300 kHz	-	-	≥ 300 kHz
-	-	-	-	≥ 350 kHz	-	-
-	-	16384 (14 bit)	-	-	16384 (14 bit)	-
-	-	-	-	-	≤ 8 MHz	-
-	-	-	-	-	≤ 5 μs	-
电缆 (1 m) 带或不带12针M23连接器	电缆 (1 m) 带12针M23连接器或12针M12连接器	电缆 (1 m) 带8针M12连接器	电缆 (1 m) 带或不带12针M23连接器	-	电缆 (1 m) 带8针M12连接器	电缆 (1 m) 带或不带12针M23连接器
左侧或右侧相切出线			左侧或右侧相切出线, 轴向出线		相切右出线	左侧或右侧相切出线, 轴向出线
DC 5 V ±0.5 V		DC 3.6 V至14 V	DC 5 V ±0.5 V		DC 3.6 V至14 V	DC 5 V ±0.5 V
≤ 150 mA (空载)	≤ 35 mA (空载)	≤ 90 mA (空载)	≤ 150 mA (空载)		5 V时: ≤ 90 mA (空载)	≤ 150 mA (空载)
-	-	3.6 V时: 1080 mW 14 V时: 1300 mW	-	-	3.6 V时: 1080 mW 14 V时: 1300 mW	-
≤ 150 m		≤ 30 m	≤ 150 m	≤ 100 m	≤ 150 m	
≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6)	≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	≤ 300 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6)	≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	≤ 300 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)
≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	-	≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	-	≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)	≤ 400 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)
-10 °C至60 °C			-10 °C至100 °C			
IP67						
≈ 30 g (无电缆) ≈ 37 g/m ≈ 50 g ≈ 15 g						

<sup>1)</sup> 海德汉电缆

<sup>2)</sup> 移过两个参考点后输出绝对位置值

<sup>3)</sup> 仅当咨询控制系统制造商后, 才能使用EnDat 2.2接口的增量式编码器

<b>栅鼓</b>	<b>TTR ERM 2200</b> <b>TTR ERM 2203</b> 栅距 $\approx 200\ \mu\text{m}$				
<b>测量基准</b> 热膨胀系数	钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$				
信号周期数	1024	1200	1440	1800	2048
<b>栅鼓内径*</b>	40 mm	40 mm/55 mm	55 mm	70 mm	80 mm/95 mm
<b>栅鼓外径*</b>	64.37 mm	75.44 mm	90.53 mm	113.16 mm	128.75 mm
磁栅精度 TTR ERM 2200 TTR ERM 2203	$\pm 12''$ $\pm 8''$	$\pm 10''$ $\pm 6.5''$	$\pm 8.5''$ $\pm 5.5''$	$\pm 7''$ $\pm 4.5''$	$\pm 6''$ $\pm 4''$
<b>单信号周期细分误差</b> TTR ERM 2200 TTR ERM 2203	$\pm 9''$ $\pm 4.5''$	$\pm 8''$ $\pm 4''$	$\pm 6.5''$ $\pm 3.5''$	$\pm 5.5''$ $\pm 3''$	$\pm 4.5''$ $\pm 2.5''$
<b>参考点</b>	一个或距离编码				
<b>机械允许转速</b>	$\leq 22000\ \text{rpm}$	$\leq 19000\ \text{rpm}/$ $\leq 18000\ \text{rpm}$	$\leq 18500\ \text{rpm}$	$\leq 14500\ \text{rpm}$	$\leq 13000\ \text{rpm}/$ $\leq 12500\ \text{rpm}$
<b>最大角加速度<sup>1)</sup></b>	$50000\ \text{rad/s}^2$	$27000\ \text{rad/s}^2/$ $48000\ \text{rad/s}^2$	$20000\ \text{rad/s}^2$	$9000\ \text{rad/s}^2$	$6000\ \text{rad/s}^2/$ $9000\ \text{rad/s}^2$
<b>转动惯量</b>	$0.15 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.32 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2/$ $0.24 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.63 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$1.5 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$2.6 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2/$ $2.1 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$
<b>允许的轴向跳动</b>	$\leq \pm 1.25\ \text{mm}$				
<b>质量</b>	$\approx 0.21\ \text{kg}$	$\approx 0.35\ \text{kg}/$ $\approx 0.22\ \text{kg}$	$\approx 0.44\ \text{kg}$	$\approx 0.69\ \text{kg}$	$\approx 0.89\ \text{kg}/$ $\approx 0.65\ \text{kg}$

\* 请订购时选择

1) 带机械连接防松防护功能

	2400	2800	3392	4096	5200	7200
	105 mm/120 mm	130 mm/140 mm	160 mm	180 mm/220 mm	260 mm/295 mm	380 mm/410 mm
	150.88 mm	176.03 mm	213.24 mm	257.50 mm	326.90 mm	452.64 mm
	$\pm 5.5''/7''$ $\pm 3.5''/5.5''$	$\pm 5''/6''$ $\pm 3.5''/5''$	$\pm 4''$ $\pm 2.5''$	$\pm 3.5''/4.5''$ $\pm 2''/3.5''$	$\pm 3''/4''$ $\pm 1.5''/3''$	$\pm 2.5''/3.5''$ -/-
	$\pm 4''$ $\pm 2''$	$\pm 4''$ $\pm 2''$	$\pm 3''$ $\pm 1.5''$	$\pm 2.5''$ $\pm 1.5''$	$\pm 2''$ $\pm 1''$	$\pm 1.5''$ -/-
	$\leq 10\,500$ rpm	$\leq 9\,000$ rpm/ $\leq 8\,500$ rpm	$\leq 7\,000$ rpm	$\leq 6\,000$ rpm	$\leq 4\,500$ rpm	$\leq 3\,000$ rpm
	4900 rad/s <sup>2</sup> / 7000 rad/s <sup>2</sup>	3300 rad/s <sup>2</sup> / 4400 rad/s <sup>2</sup>	1900 rad/s <sup>2</sup>	820 rad/s <sup>2</sup> / 1800 rad/s <sup>2</sup>	560 rad/s <sup>2</sup> / 1300 rad/s <sup>2</sup>	570 rad/s <sup>2</sup> / 960 rad/s <sup>2</sup>
	$4.4 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $3.4 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$7.4 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $6.3 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$16 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$37 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $23 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$76 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $42 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>	$240 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup> / $150 \cdot 10^{-3}$ kgm <sup>2</sup>
	$\approx 1.0$ kg/ $\approx 0.72$ kg	$\approx 1.2$ kg/ $\approx 0.99$ kg	$\approx 1.8$ kg	$\approx 3.0$ kg/ $\approx 1.6$ kg	$\approx 3.5$ kg/ $\approx 1.7$ kg	$\approx 5.4$ kg/ $\approx 3.2$ kg

栅鼓	TTR ERM 2400 栅距 $\approx 400\ \mu\text{m}$					
测量基准 热膨胀系数	钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$					
信号周期数	512	600	720	900	1024	1200
栅鼓内径*	40 mm	40 mm/55 mm	55 mm	70 mm	80 mm/95 mm	105 mm/120 mm
栅鼓外径*	64.37 mm	75.44 mm	90.53 mm	113.16 mm	128.75 mm	150.88 mm
磁栅精度	$\pm 13''$	$\pm 11''$	$\pm 10''$	$\pm 8''$	$\pm 7''$	$\pm 6''/8''$
单信号周期细分误差	$\pm 18''$	$\pm 15.5''$	$\pm 13''$	$\pm 10.5''$	$\pm 9''$	$\pm 8''$
参考点	一个或距离编码					
机械允许转速	$\leq 22000\ \text{rpm}$	$\leq 19000\ \text{rpm}/$ $\leq 18000\ \text{rpm}$	$\leq 18500\ \text{rpm}$	$\leq 14500\ \text{rpm}$	$\leq 13000\ \text{rpm}/$ $\leq 12500\ \text{rpm}$	$\leq 10500\ \text{rpm}$
最大角加速度 <sup>1)</sup>	$50000\ \text{rad/s}^2$	$27000\ \text{rad/s}^2/$ $48000\ \text{rad/s}^2$	$20000\ \text{rad/s}^2$	$9000\ \text{rad/s}^2$	$6000\ \text{rad/s}^2/$ $9000\ \text{rad/s}^2$	$4900\ \text{rad/s}^2/$ $7000\ \text{rad/s}^2$
转动惯量	$0.15 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.32 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2/$ $0.24 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.63 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$1.5 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$2.6 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2/$ $2.1 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$4.4 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2/$ $3.4 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$
允许的轴向跳动	$\leq \pm 1.25\ \text{mm}$					
质量	$\approx 0.21\ \text{kg}$	$\approx 0.35\ \text{kg}/$ $\approx 0.22\ \text{kg}$	$\approx 0.44\ \text{kg}$	$\approx 0.69\ \text{kg}$	$\approx 0.89\ \text{kg}/$ $\approx 0.65\ \text{kg}$	$\approx 1.0\ \text{kg}/0.72\ \text{kg}$

\* 请订购时选择

<sup>1)</sup> 带机械连接防松防护功能

	1400	1696	2048	2600	3600	3850	4800
	130 mm/140 mm	160 mm	180 mm/220 mm	260 mm/295 mm	380 mm/410 mm	450 mm	512 mm
	176.03 mm	213.24 mm	257.50 mm	326.90 mm	452.64 mm	484.07 mm	603.52 mm
	±5.5"/7"	±4.5"	±4"/5"	±3.5"/4"	±3"/3.5"	±3.5"	±3"
	±6.5"	±5.5"	±4.5"	±3.5"	±3"	±2.5"	±2"
	≤ 9000 rpm/ ≤ 8500 rpm	≤ 7000 rpm	≤ 6000 rpm	≤ 4500 rpm	≤ 3000 rpm	≤ 3000 rpm	≤ 1600 rpm
	3300 rad/s <sup>2</sup> / 4400 rad/s <sup>2</sup>	1900 rad/s <sup>2</sup>	820 rad/s <sup>2</sup> / 1800 rad/s <sup>2</sup>	560 rad/s <sup>2</sup> / 1300 rad/s <sup>2</sup>	570 rad/s <sup>2</sup> / 960 rad/s <sup>2</sup>	470 rad/s <sup>2</sup>	230 rad/s <sup>2</sup>
	$7.4 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$ / $6.3 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$16 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$37 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$ / $23 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$76 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$ / $42 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$235 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$ / $151 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$153 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$	$713 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$
	≈ 1.2 kg/ ≈ 0.99 kg	≈ 1.8 kg	≈ 3.0 kg/ ≈ 1.6 kg	≈ 3.5 kg/ ≈ 1.7 kg	≈ 5.4 kg/ ≈ 3.2 kg	≈ 2.8 kg	≈ 9.1 kg

栅鼓	TTR ERM 2404 栅距 $\approx 400\ \mu\text{m}$					
测量基准 热膨胀系数	钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$					
信号周期数	360	400	512	600	900	1024
栅鼓内径*	30 mm	30 mm	40 mm/55 mm	55 mm/60 mm	80 mm	100 mm
栅鼓外径*	45.26 mm	50.29 mm	64.37 mm	75.44 mm	113.16 mm	128.75 mm
磁栅精度	$\pm 24''$	$\pm 21''$	$\pm 17''$	$\pm 14''$	$\pm 10''$	$\pm 9''$
单信号周期细分误差	$\pm 25.5''$	$\pm 23''$	$\pm 18''$	$\pm 15.5''$	$\pm 10.5''$	$\pm 9''$
参考点	一个					
机械允许转速	$\leq 60\,000\ \text{rpm}$	$\leq 54\,000\ \text{rpm}$	$\leq 42\,000\ \text{rpm}$ $\leq 38\,000\ \text{rpm}$	$\leq 36\,000\ \text{rpm}$ $\leq 30\,000\ \text{rpm}$	$\leq 22\,000\ \text{rpm}$	$\leq 20\,000\ \text{rpm}$
转动惯量	$0.027 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.045 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.12 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$ $0.06 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.19 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$ $0.16 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$1.0 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$1.4 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$
允许的轴向跳动	$\leq \pm 0.5\ \text{mm}$					
质量	$\approx 0.07\ \text{kg}$	$\approx 0.10\ \text{kg}$	$\approx 0.16\ \text{kg}$ $\approx 0.07\ \text{kg}$	$\approx 0.17\ \text{kg}$ $\approx 0.13\ \text{kg}$	$\approx 0.42\ \text{kg}$	$\approx 0.42\ \text{kg}$

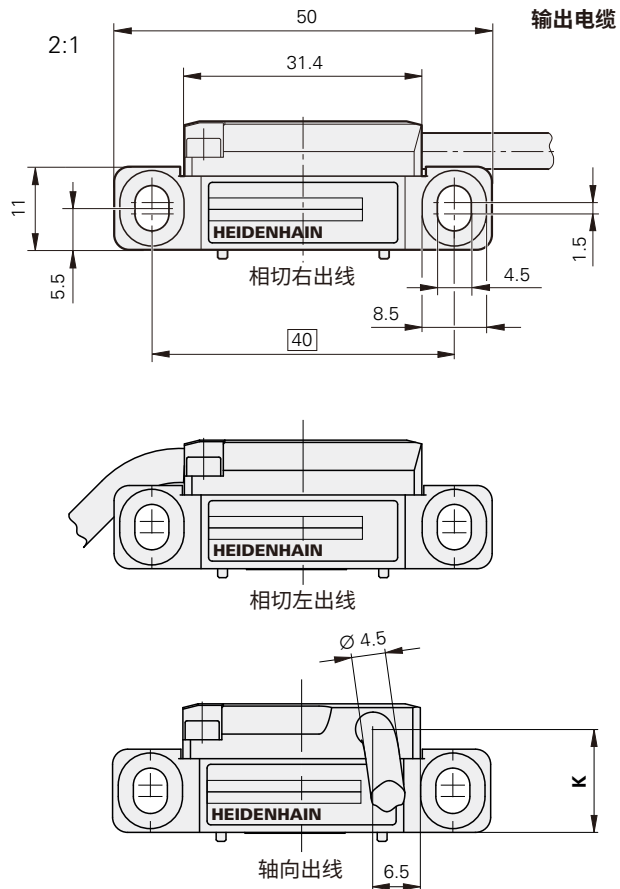
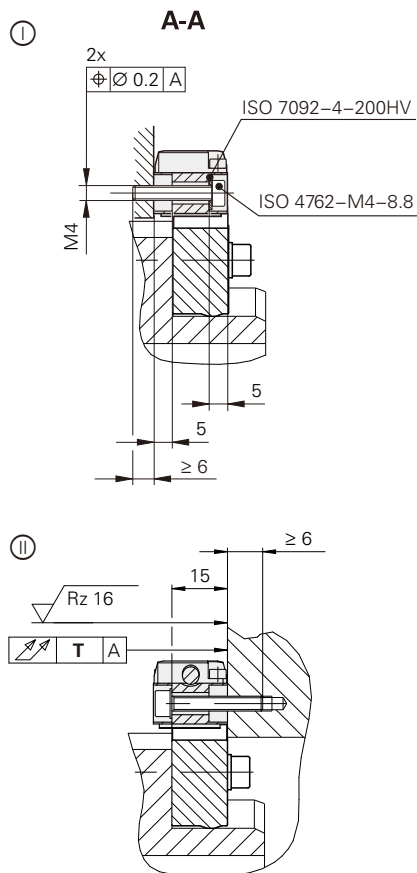
栅鼓	TTR ERM 2904 栅距 $\approx 1000\ \mu\text{m}$				
测量基准 热膨胀系数	钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$				
信号周期数	180	192	256	300	400
栅鼓内径*	35 mm	40 mm	55 mm	60 mm	100 mm
栅鼓外径*	54.43 mm	58.06 mm	77.41 mm	90.72 mm	120.96 mm
磁栅精度	$\pm 72''$	$\pm 68''$	$\pm 51''$	$\pm 44''$	$\pm 33''$
单信号周期细分误差	$\pm 72''$	$\pm 68''$	$\pm 51''$	$\pm 44''$	$\pm 33''$
参考点	一个				
机械允许转速	$\leq 50\,000\ \text{rpm}$	$\leq 47\,000\ \text{rpm}$	$\leq 35\,000\ \text{rpm}$	$\leq 29\,000\ \text{rpm}$	$\leq 16\,000\ \text{rpm}$
转动惯量	$0.06 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.07 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.22 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.45 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.93 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$
允许的轴向跳动	$\leq \pm 0.5\ \text{mm}$				
质量	$\approx 0.11\ \text{kg}$	$\approx 0.11\ \text{kg}$	$\approx 0.19\ \text{kg}$	$\approx 0.30\ \text{kg}$	$\approx 0.30\ \text{kg}$

\* 请订购时选择

<b>栅鼓</b>	<b>TTR ERM 2405</b> 栅距 $\approx 400\ \mu\text{m}$	
<b>测量基准</b> 热膨胀系数	钢栅鼓 $\alpha_{\text{therm}} \approx 10 \cdot 10^{-6}\ \text{K}^{-1}$	
信号周期数	512	600
<b>栅鼓内径*</b>	40 mm	55 mm
<b>栅鼓外径*</b>	64.37 mm	75.44 mm
磁栅精度	$\pm 17''$	$\pm 14''$
单信号周期细分误差	$\pm 18''$	$\pm 15.5''$
参考点	一个	
机械允许转速	$\leq 33\,000\ \text{rpm}$	$\leq 27\,000\ \text{rpm}$
转动惯量	$0.11 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$	$0.16 \cdot 10^{-3}\ \text{kgm}^2$
允许的轴向跳动	$\leq \pm 0.5\ \text{mm}$	
<b>质量</b>	$\approx 0.15\ \text{kg}$	$\approx 0.14\ \text{kg}$

\* 请订购时选择





	D1	W1	W2	D2	D3	E	G
TTR ERM 2200	∅ 40 +0/-0.007	∅ 40 +0.009/+0.002	∅ 40 +0.010/+0.003	∅ 50	∅ 64.37	37.9	6x M6
TTR ERM 2203	∅ 40 +0/-0.007	∅ 40 +0.009/+0.002	∅ 40 +0.010/+0.003	∅ 50	∅ 75.44	43.4	6x M6
TTR ERM 2400	∅ 55 +0/-0.008	∅ 55 +0.010/+0.002	∅ 55 +0.015/+0.007	∅ 65	∅ 75.44	43.4	6x M6
	∅ 55 +0/-0.008	∅ 55 +0.010/+0.002	∅ 55 +0.015/+0.007	∅ 70	∅ 90.53	51.0	6x M6
	∅ 70 +0/-0.008	∅ 70 +0.010/+0.002	∅ 70 +0.019/+0.011	∅ 85	∅ 113.16	62.3	6x M6
	∅ 80 +0/-0.008	∅ 80 +0.010/+0.002	∅ 80 +0.022/+0.014	∅ 95	∅ 128.00	70.1	6x M6
	∅ 95 +0/-0.010	∅ 95 +0.013/+0.003	∅ 95 +0.029/+0.019	∅ 110	∅ 128.75	70.1	6x M6
	∅ 105 +0/-0.010	∅ 105 +0.013/+0.003	∅ 105 +0.031/+0.021	∅ 120	∅ 150.88	81.2	6x M6
	∅ 120 +0/-0.010	∅ 120 +0.013/+0.003	∅ 120 +0.036/+0.026	∅ 135	∅ 150.88	81.2	6x M6
	∅ 130 +0/-0.012	∅ 120 +0.015/+0.003	∅ 130 +0.041/+0.029	∅ 145	∅ 176.03	93.7	6x M6
	∅ 140 +0/-0.012	∅ 140 +0.015/+0.003	∅ 140 +0.044/+0.032	∅ 155	∅ 176.03	93.7	6x M6
	∅ 160 +0/-0.012	∅ 160 +0.015/+0.003	∅ 160 +0.049/+0.037	∅ 175	∅ 213.24	112.3	6x M6
	∅ 180 +0/-0.012	∅ 180 +0.015/+0.003	∅ 180 +0.055/+0.043	∅ 195	∅ 257.50	134.5	6x M6
	∅ 220 +0/-0.014	∅ 220 +0.018/+0.004	∅ 220 +0.069/+0.055	∅ 235	∅ 257.50	134.5	6x M6
	∅ 260 +0/-0.016	∅ 260 +0.020/+0.004	∅ 260 +0.082/+0.066	∅ 275	∅ 326.90	169.2	6x M6
	∅ 295 +0/-0.016	∅ 295 +0.020/+0.004	∅ 295 +0.093/+0.077	∅ 310	∅ 326.90	169.2	6x M6
	∅ 380 +0/-0.018	∅ 380 +0.022/+0.005	∅ 380 +0.119/+0.101	∅ 395	∅ 452.64	232.0	12x M6
	∅ 410 +0/-0.020	∅ 410 +0.025/+0.005	∅ 410 +0.130/+0.110	∅ 425	∅ 452.64	232.0	12x M6
	∅ 450 +0/-0.020	∅ 450 +0.025/+0.005	∅ 450 +0.142/+0.122	∅ 465	∅ 484.07	247.7	12x M6
	∅ 512 +0/-0.022	∅ 512 +0.027/+0.005	∅ 512 +0.161/+0.139	∅ 528	∅ 603.52	307.5	12x M6

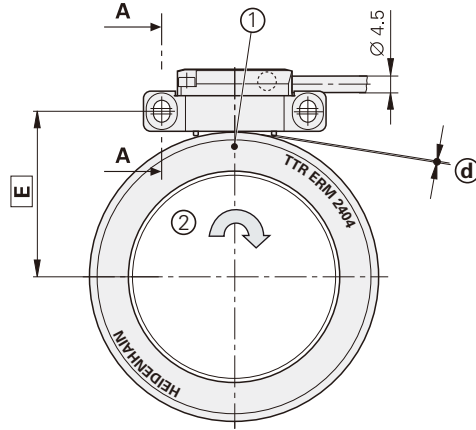
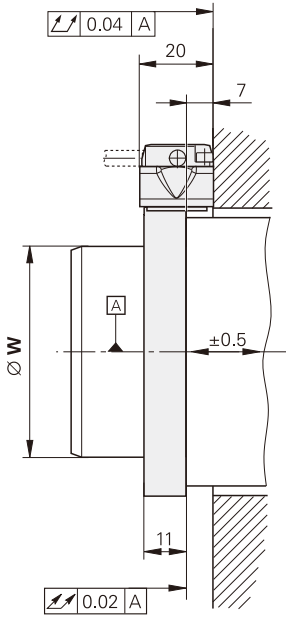


更多信息:

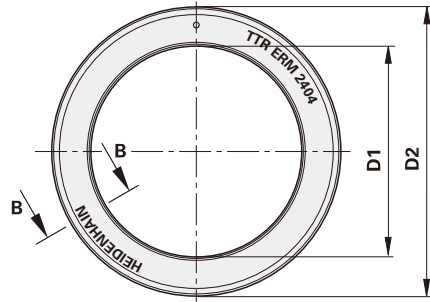
有关CAD数据, 请访问 [cad.heidenhain.com](http://cad.heidenhain.com)

# ERM 2404/2405/2904

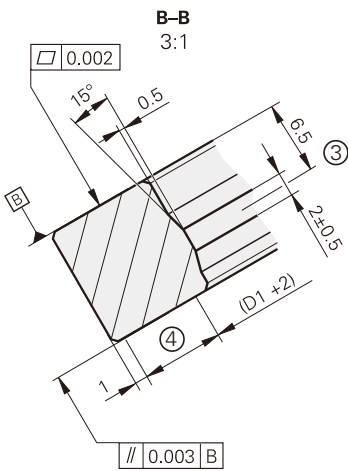
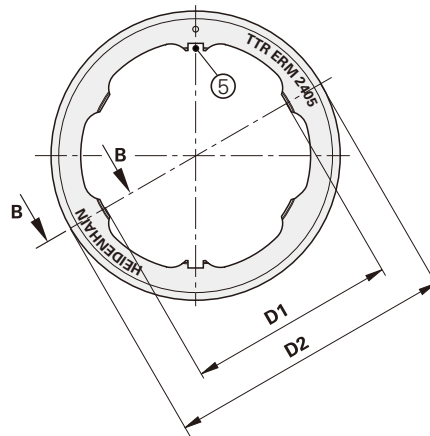
## 尺寸



TTR ERM 2404  
TTR ERM 2904



TTR ERM 2405

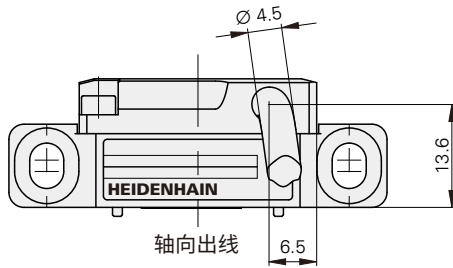
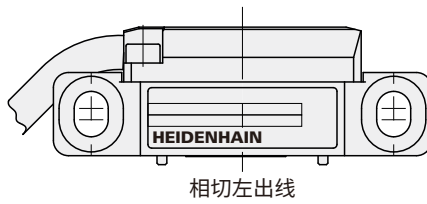
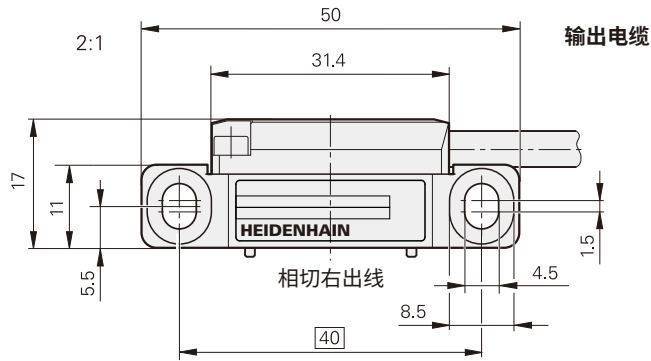
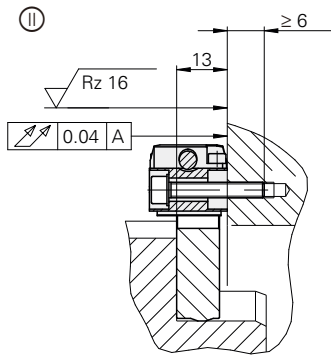
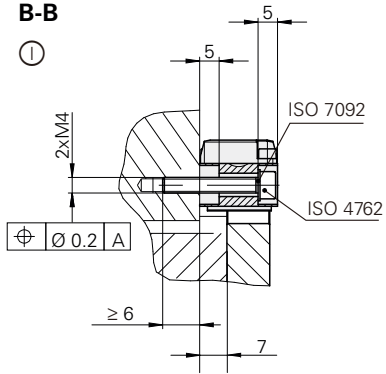


mm  
 Tolerancing ISO 8015  
 ISO 2768:1989-mH  
 ≤ 6 mm: ±0.2 mm

- ①, ② = 读数头安装方式
- ⊠ = 轴承
- 1 = 参考点标记, 相对参考点的位置公差±5°
- 2 = 位置值增加的轴旋转方向
- 3 = 定心环
- 4 = 固定部位 (两端有效)
- 5 = 机床键的键槽, 4 x 4 x 10 (DIN 6885 A型)

读数头	安装间隙d (带间隔片)
AK ERM 2480	0.15 mm
AK ERM 2980	0.30 mm

**AK ERM 2480  
B-B**



	D1	W1	D2	E
<b>TTR ERM 2404 TTR ERM 2405</b>	Ø 30 +0.010/+0.002	Ø 30 +0/-0.006	Ø 45.26	28.3
	Ø 30 +0.010/+0.002	Ø 30 +0/-0.006	Ø 50.29	30.9
	Ø 40 +0.010/+0.002	Ø 40 +0/-0.006	Ø 64.37	37.9
	Ø 55 +0.010/+0.002	Ø 55 +0/-0.006	Ø 64.37	37.9
	Ø 55 +0.010/+0.002	Ø 55 +0/-0.006	Ø 75.44	43.4
	Ø 60 +0.010/+0.002	Ø 60 +0/-0.006	Ø 75.44	43.4
	Ø 80 +0.010/+0.002	Ø 80 +0/-0.006	Ø 113.16	62.3
<b>TTR ERM 2904</b>	Ø 100 +0.010/+0.002	Ø 100 +0/-0.006	Ø 128.75	70.0
	Ø 35 +0.010/+0.002	Ø 35 +0/-0.006	Ø 54.43	32.9
	Ø 40 +0.010/+0.002	Ø 40 +0/-0.006	Ø 58.06	34.7
	Ø 55 +0.010/+0.002	Ø 55 +0/-0.006	Ø 77.41	44.4
	Ø 60 +0.010/+0.002	Ø 60 +0/-0.006	Ø 90.72	51.1
	Ø 100 +0.010/+0.002	Ø 100 +0/-0.006	Ø 120.96	66.2

 **更多信息:**  
有关CAD数据, 请访问 [cad.heidenhain.com](http://cad.heidenhain.com)

# ERA 7000系列

高精度增量式角度编码器

- 内圆安装的钢尺带
- 整圆和非整圆版，包括大直径应用
- 含读数头和尺带



ERA 7480



ERA 7481

<b>读数头</b>	<b>AK ERA 7480</b>
<b>接口</b>	~ 1 V <sub>PP</sub>
<b>截止频率-3 dB</b>	≥ 350 kHz
<b>电气连接</b>	电缆长度1 m带M23连接器 (12针)
<b>电缆长度</b>	≤ 150 m (海德汉电缆)
<b>供电电压</b>	DC 5 V ± 0.5 V
<b>电流消耗</b>	< 100 mA (空载)
<b>振动55至2000 Hz 冲击6 ms</b>	≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)
<b>工作温度</b>	-10 °C至80 °C
<b>质量</b>	≈ 20 g (无电缆)

<b>尺带</b>	<b>MSB ERA 7400 C整圆版 MSB ERA 7401 C非整圆版</b>		
<b>测量基准 栅距 热膨胀系数</b>	METALLUR光栅的钢尺带 40 μm $\alpha_{\text{therm}} \approx 10.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$		
<b>信号周期数<sup>1)</sup></b>	36 000	45 000	90 000
<b>光栅精度<sup>2)</sup></b>	± 3.9"	± 3.2"	± 1.6"
<b>单信号周期细分误差<sup>2)</sup></b>	± 0.4"	± 0.3"	± 0.1"
<b>尺带精度</b>	± 3 μm/m尺带长度		
<b>参考点</b>	距离编码		
<b>配合直径*</b>	整圆	458.62 mm	573.20 mm
	非整圆	≥ 400 mm	
<b>机械允许转速</b>	≤ 250 rpm	≤ 250 rpm	≤ 220 rpm
<b>允许的轴向跳动</b>	≤ 0.5 mm (尺带相对读数头)		
<b>轴的允许膨胀系数</b>	$\alpha_{\text{therm}} \approx 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 至 $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$		
<b>防护等级 EN 60529</b>	安装后的完整编码器: IP00		
<b>质量</b>	≈ 30 g/m		

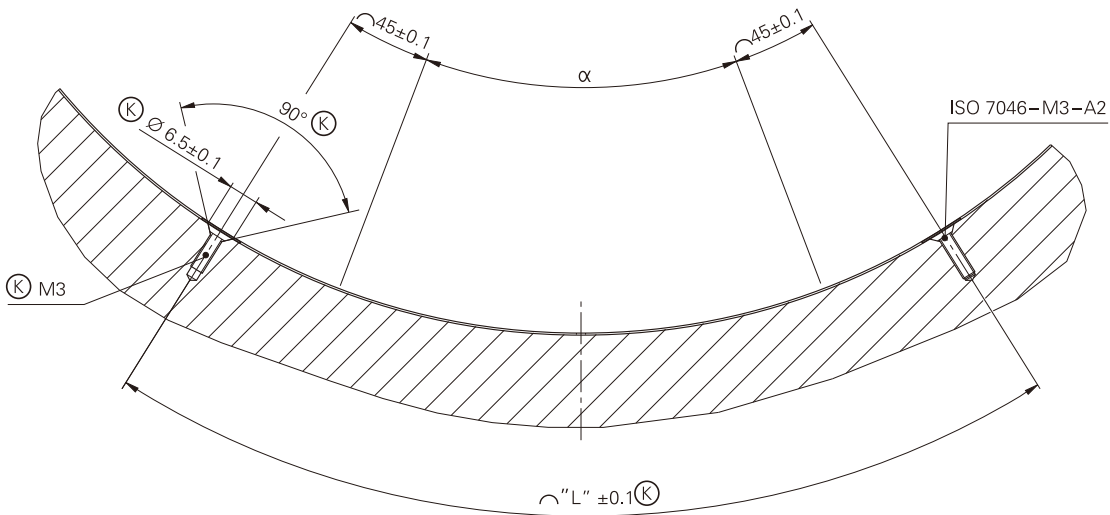
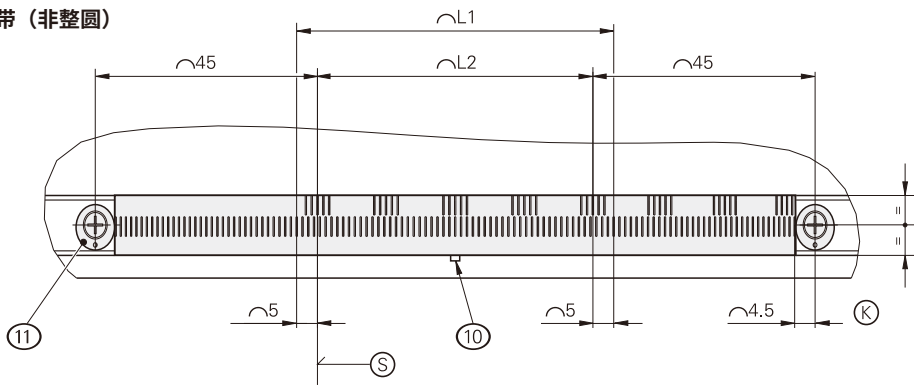
\* 请订购时选择; 如果需要的直径达3 m, 可按要求提供

<sup>1)</sup> 适用于整圆版; 对于非整圆版, 取决于配合直径和尺带长度

<sup>2)</sup> 圆光栅精度和单信号周期内细分误差共同决定编码器特有误差; 有关安装和被测轴轴承导致的附加误差, 参见**测量精度**



ERA 74x1尺带 (非整圆)



$$D = \frac{n \times 0.04 \times 0.9999}{\pi} + 0.3$$

$$\alpha = \frac{n \times 0.04 \times 0.9999}{(D - 0.3) \times \pi} \times 360^\circ$$

$$L2 = n \times 0.04 \times 0.9999$$

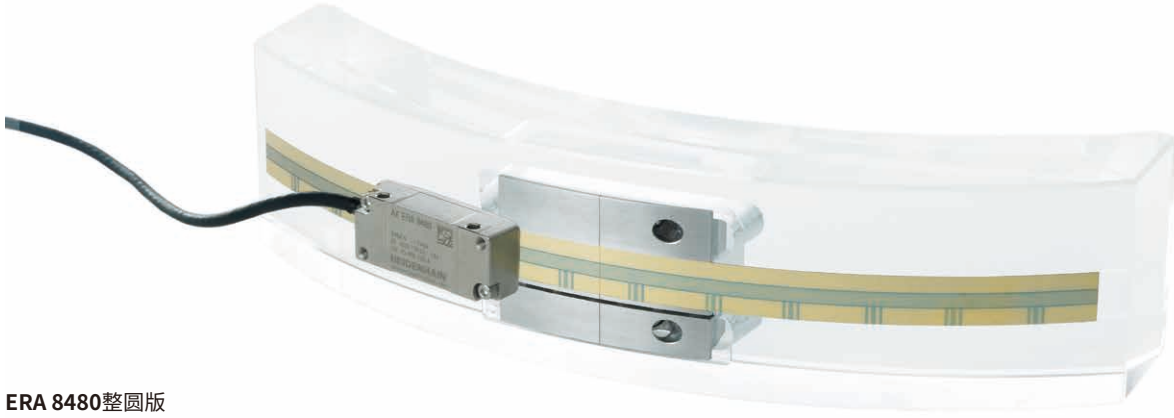
- ⊗ = 要求的配合尺寸
- ⊙ = 测量起点
- 10 = 尺带拆解槽 (b = 2 mm)
- 11 = 张紧尺带的偏心轮
- ∩ = 无应力部位的圆弧长度; 注意尺带厚度
- ∩L = 固定螺纹的位置
- ∩L1 = 行程范围
- ∩L2 = 测量范围, 角秒

- n = 信号周期
- D = 槽底直径
- α = 测量范围, 度 (扇形角)
- π = 3.14159...

# ERA 8000系列

高精度增量式角度编码器

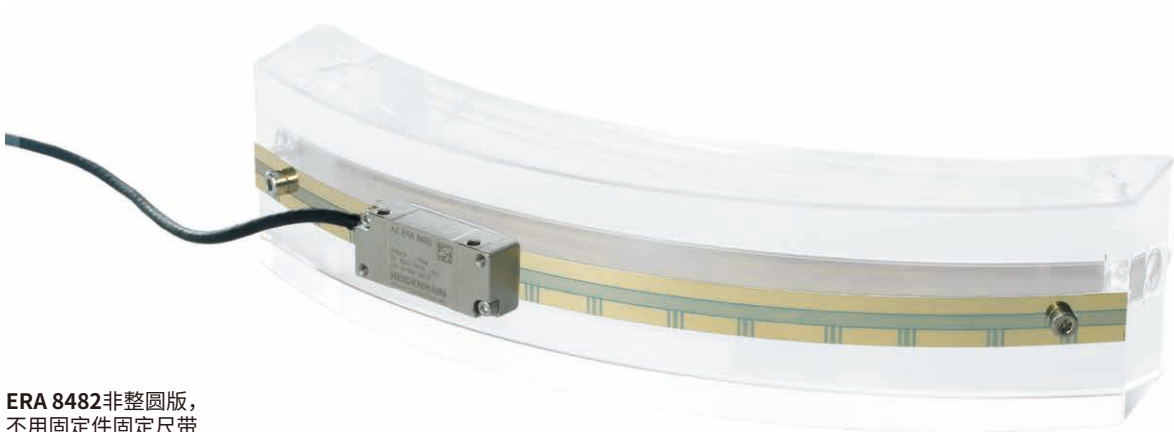
- 外圆安装的钢尺带
- 整圆和非整圆版，包括超大直径应用
- 高质量扫描，高可靠性
- 自带三色LED信号质量指示灯
- 含读数头和尺带



ERA 8480整圆版



ERA 8481非整圆版，  
用固定件固定尺带



ERA 8482非整圆版，  
不用固定件固定尺带

<b>读数头</b>	<b>AK ERA 8480</b>
<b>接口</b>	~ 1 V <sub>pp</sub> , HSP
<b>截止频率-3 dB</b>	≥ 1 MHz
<b>电气连接</b>	电缆 (1 m或3 m) ; 12针M12连接器或12针M23连接器
<b>电缆长度</b>	≤ 150 m (海德汉电缆)
<b>供电电压</b>	DC 5 V ± 0.5 V
<b>电流消耗</b>	< 130 mA (空载)
<b>振动55至2000 Hz 冲击6 ms</b>	≤ 200 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-6) ≤ 1000 m/s <sup>2</sup> (EN 60068-2-27)
<b>工作温度</b>	-10 °C至70 °C
<b>质量</b>	读数头 ≈ 20 g (无电缆) 电缆 ≈ 20 g/m 连接器 (M12) ≈ 15 g 连接器 (M23) ≈ 50 g

<b>尺带</b>	<b>MSB ERA 8400 C整圆版</b> <b>MSB ERA 8401 C非整圆版带张紧元件</b> <b>MSB ERA 8402 C非整圆版无张紧元件</b>			
<b>测量基准 栅距 热膨胀系数</b>	METALLUR光栅的钢尺带 40 μm $\alpha_{\text{therm}} \approx 10.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$			
<b>信号周期数<sup>1)</sup></b>	36 000	45 000	90 000	
<b>光栅精度<sup>2)</sup></b>	± 4.7"	± 3.9"	± 1.9"	
<b>单信号周期细分误差<sup>2)</sup></b>	± 0.4"	± 0.3"	± 0.1"	
<b>尺带精度</b>	± 3 μm/m尺带长度			
<b>参考点</b>	距离编码			
<b>配合直径*</b>	整圆	458.11 mm	572.72 mm	1145.73 mm
	非整圆	≥ 400 mm		
<b>机械允许转速</b>	≤ 50 rpm	≤ 50 rpm	≤ 45 rpm	
<b>允许的轴向跳动</b>	≤ 0.5 mm (尺带相对读数头)			
<b>轴的允许膨胀系数</b>	$\alpha_{\text{therm}} \approx 9 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 至 $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$			
<b>防护等级 EN 60529</b>	安装后的完整编码器: IP00			
<b>质量</b>	≈ 30 g/m			

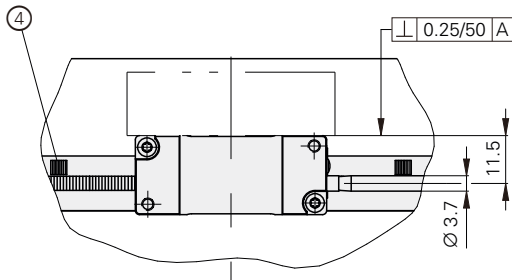
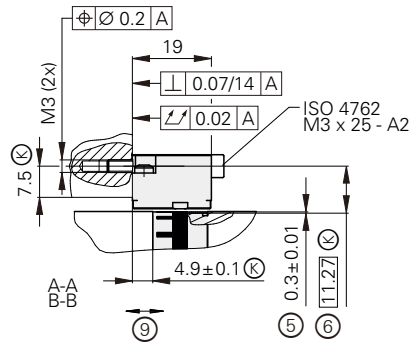
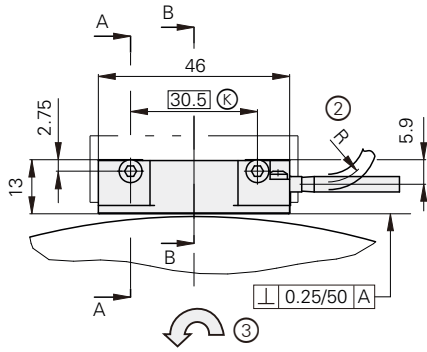
\* 请订购时选择, 另外如果需要的直径达3 m, 可按要求提供

<sup>1)</sup> 适用于整圆版; 对于非整圆版, 取决于配合直径和尺带长度

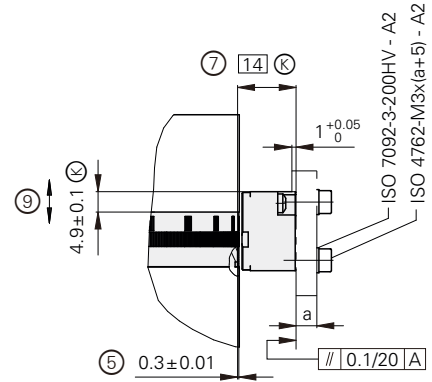
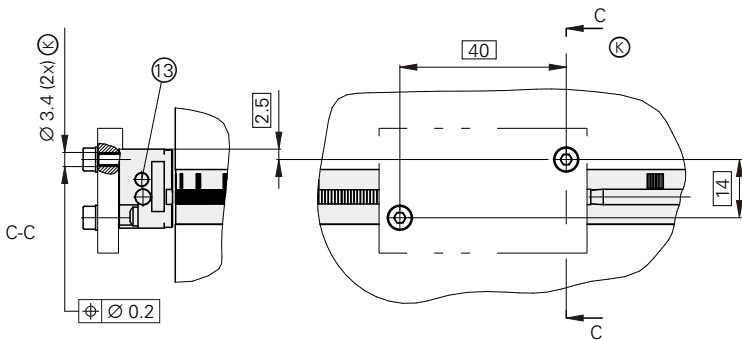
<sup>2)</sup> 圆光栅精度和单信号周期内细分误差共同决定编码器特有误差; 有关安装和被测轴轴承导致的附加误差, 参见测量精度

# ERA 8000 尺寸

①

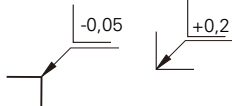


②



mm

Tolerancing ISO 8015  
ISO 2768:1989-mH  
≤ 6 mm: ±0.2 mm



①, ② = 安装方式

⊠ = 轴承

⊙ = 要求的配合尺寸

1 = 尺带槽底面 Ø D

2 = 电缆弯曲半径 R - 固定敷设的电缆 > 8 mm  
- 频繁弯曲的电缆 > 40 mm

3 = 输出信号符合接口描述情况时的正旋转方向

4 = 参考点

5 = 尺带厚度

6 = 尺带槽底面与固定螺栓间的距离

7 = 尺带槽底面与读数头的后安装面间的距离

8 = 槽底为固定张紧夹板的磁铁

9 = 允许的轴向窜动 (尺带相对读数头) ≤ ±0.5 mm

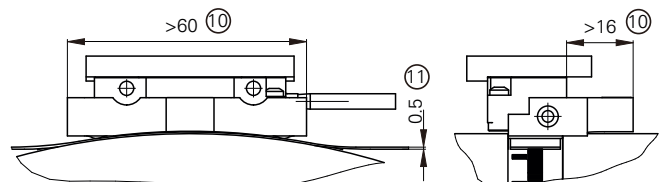
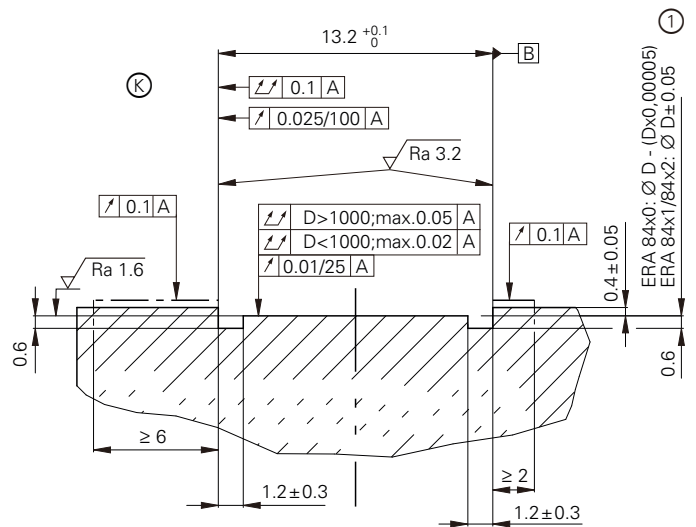
10 = 安装工具的空间

11 = 间隔片

12 = 安装工具

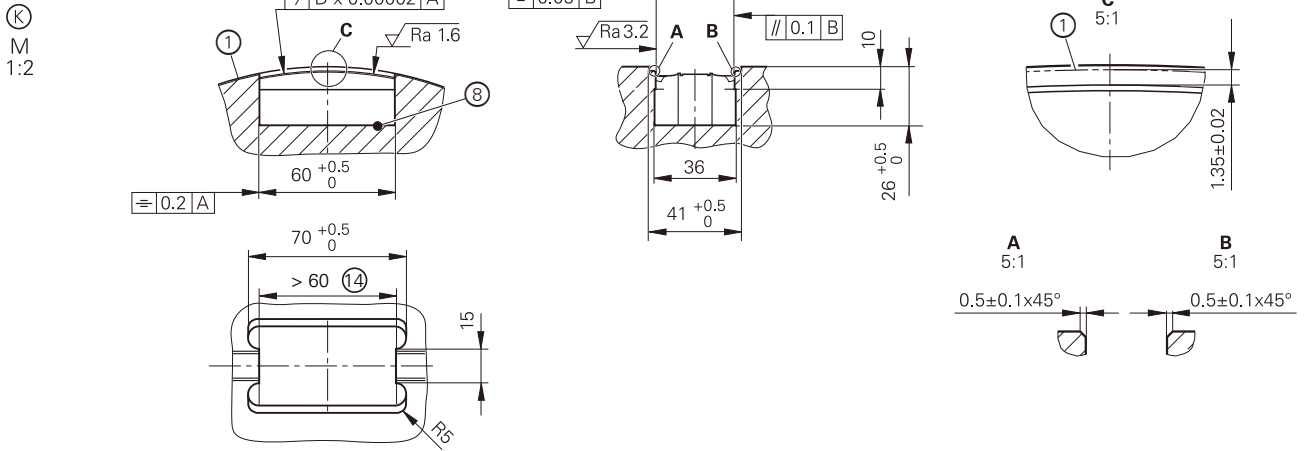
13 = 信号质量指示灯

14 = 倒角长度

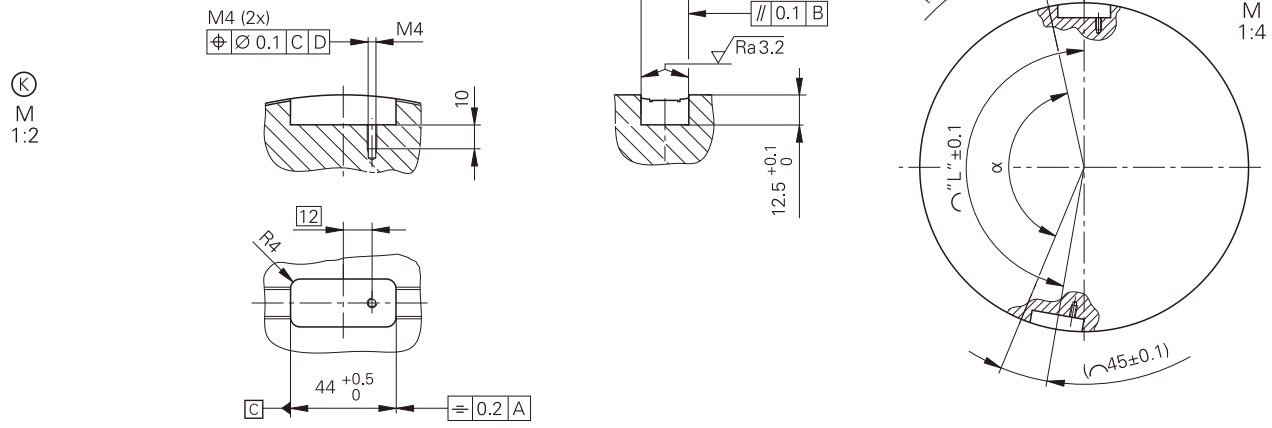


①  
ERA 84x0: Ø D - (Dx0.00005)  
ERA 84x1/84x2: Ø D ± 0.05

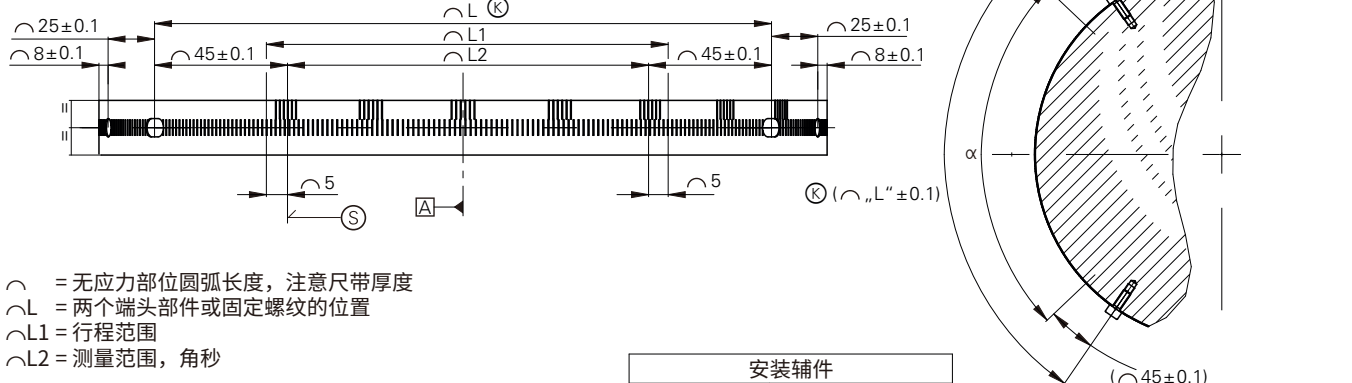
ERA 84x0尺带 (整圆)



ERA 84x1尺带 (非整圆)



ERA 84x2尺带 (非整圆)



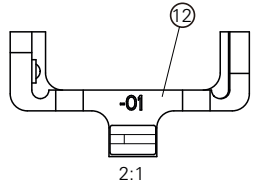
$\frown$  = 无应力部位圆弧长度, 注意尺带厚度  
 $\frown L$  = 两个端头部件或固定螺纹的位置  
 $\frown L1$  = 行程范围  
 $\frown L2$  = 测量范围, 角秒  
 $n$  = 信号周期  
 $D$  = 槽底直径  
 $\alpha$  = 测量范围, 度 (扇形角)  
 $\pi$  = 3.14159...

安装辅件	
2300 - ...	1372104-08
1200 - 2300	1372104-07
800 - 1200	1372104-06
600 - 800	1372104-05
480 - 600	1372104-04
400 - 480	1372104-03
340 - 400	1372104-02
300 - 340	1372104-01
$\emptyset$	ID号

$$D = \frac{n \times 0.04 \times 1.0001}{\pi} - 0.3$$

$$\alpha = \frac{n \times 0.04 \times 1.0001}{(D + 0.3) \times \pi} \times 360^\circ$$

$$L2 = n \times 0.04 \times 1.0001$$



# 调试和检测设备及诊断

海德汉编码器为编码器的初始设置、监测和诊断提供全部所需信息。提供的信息类型取决于增量式或绝对式编码器以及所用的接口。

增量式编码器使用1 V<sub>pp</sub>、TTL或HTL接口。TTL和HTL信号的编码器在内部监测信号幅值并生成简单的故障检测信号。对于1 V<sub>pp</sub>信号，只能用外部调试设备或用后续电子电路（**模拟诊断接口**）的计算资源分析输出信号。

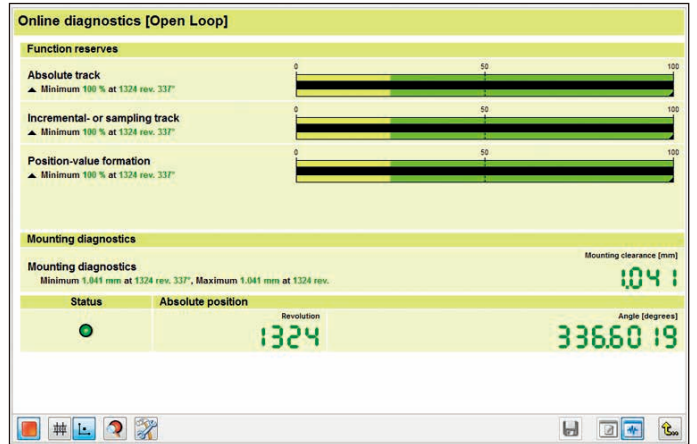
绝对式编码器用串行方式传输数据。根据接口类型，可输出1 V<sub>pp</sub>的附加增量信号。在编码器内广泛监测这些信号。监测结果（特别是有效数据）与位置值一起通过串行接口（**数字诊断接口**）传输给后续电子电路。提供以下信息：

- 出错信息：位置值不可靠
- 警告：已达到编码器的内部功能极限
- 有效数据：
  - 有关编码器功能冗余的详细信息
  - 所有海德汉编码器统一标度
  - 可周期地读取

后续电子电路可轻松评估编码器的当前状态，包括在闭环模式中。

为分析这些编码器，海德汉提供相应的PWM检测仪和PWT调试设备。根据这些设备的连接方式，可进行两种类型的诊断：

- 编码器诊断：直接将编码器连接调试或检测设备，因此可以详细地分析编码器的功能。
- 监测模式：将PWM检测仪接入闭环控制环中（根据需要，可用适当测试适配器）。因此，可在工作中实时诊断机器或设备。可用的功能范围取决于接口。



用PWM 21和ATS软件诊断



用PWM 21和ATS软件初始设置



## 更多信息：

有关海德汉诊断、检测和调试设备的详细说明，请参见 [海德汉编码器接口样本](#)。