



哈尔滨工业大学

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



自动控制实践A

8.3 - 光电编码器与光栅



目录

1. 位置编码器概述
2. 增量式光电编码器
3. 绝对式光电编码器
4. 光栅
5. 转速测量



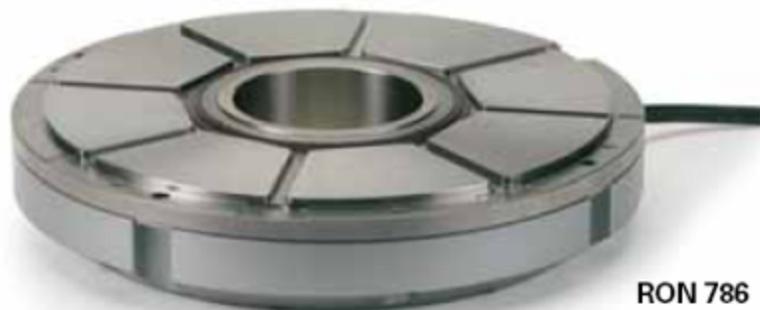
1 编码器概述

功能：

转角编码器俗称**码盘**，用来测量转角并把它转换成**脉冲或数字**形式的输出信号。

分类：

1. 根据输出信号的基本形式：**增量式**和**绝对式**
2. 根据结构和原理：**光电式**、**电磁式**



1 编码器概述



光电码盘

- 位移测量元件
- 光电转换原理
- 结构型
- 数字型



光栅



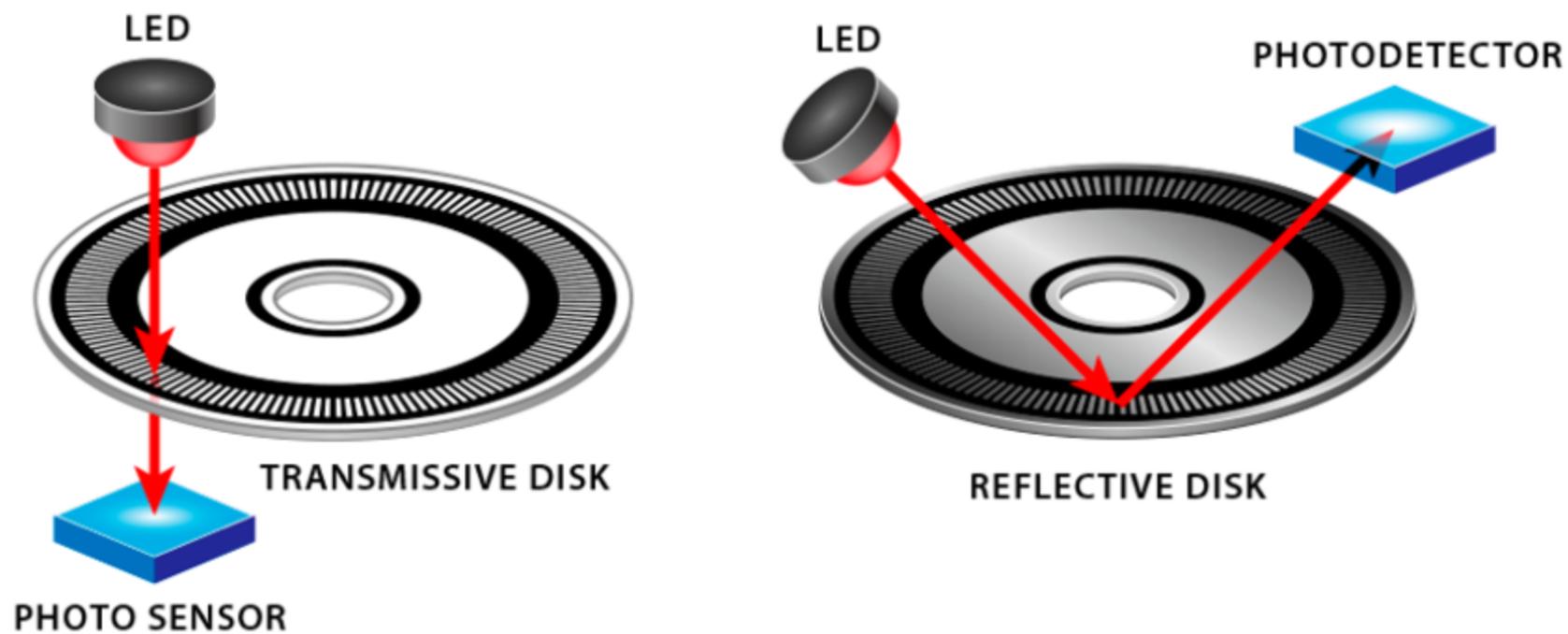
目录

1. 位置编码器概述
2. 增量式光电编码器
3. 绝对式光电编码器
4. 光栅
5. 转速测量



2 增量式编码器

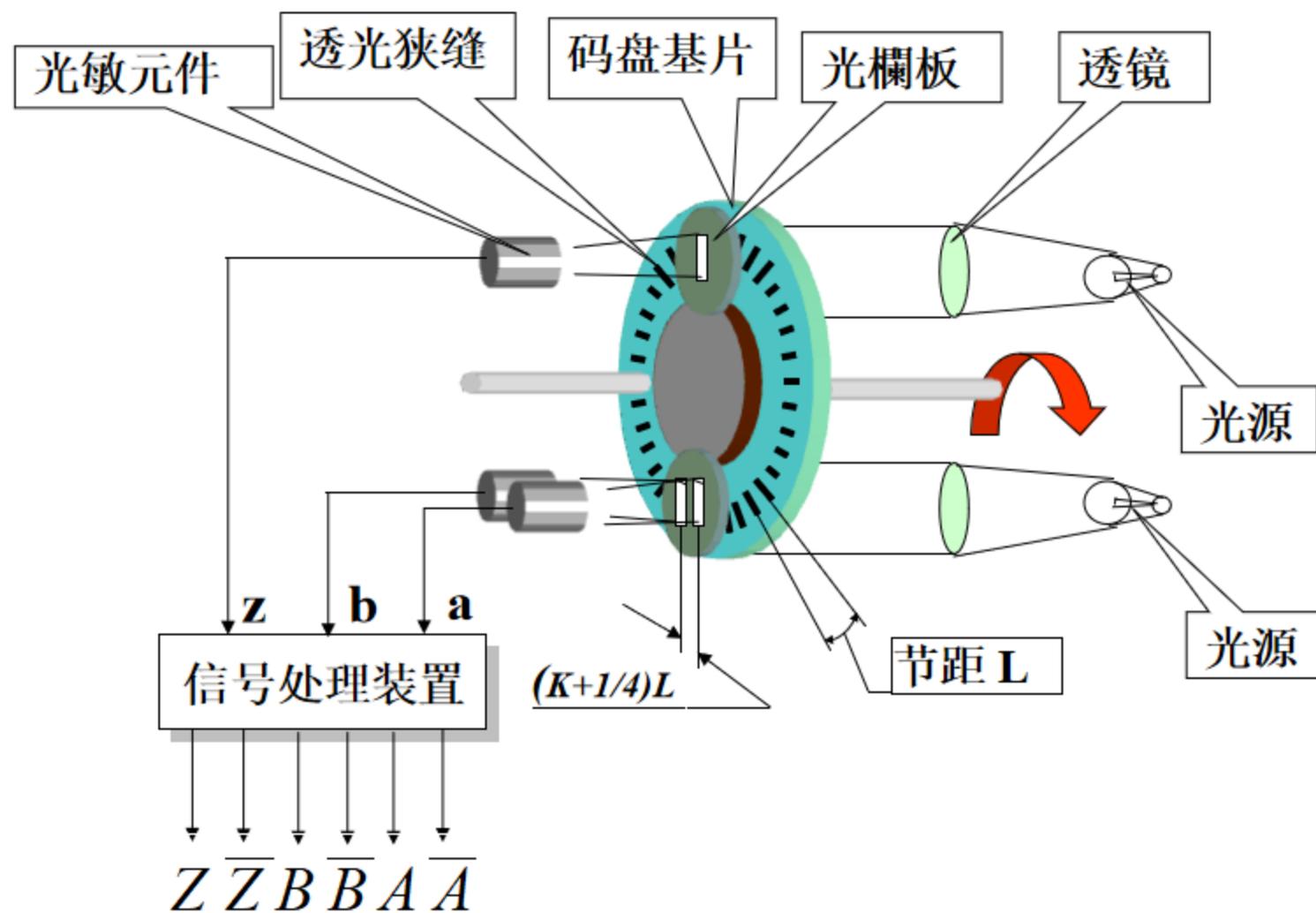
一、结构



光学编码器

2 增量式编码器

一、结构

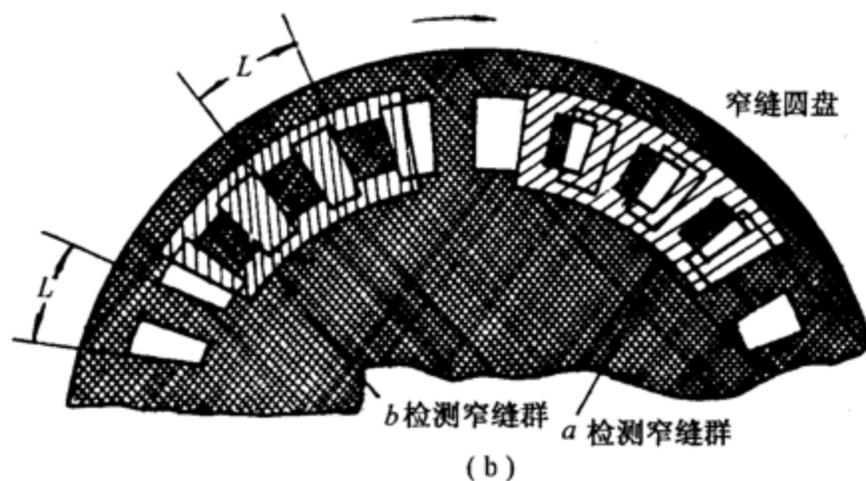
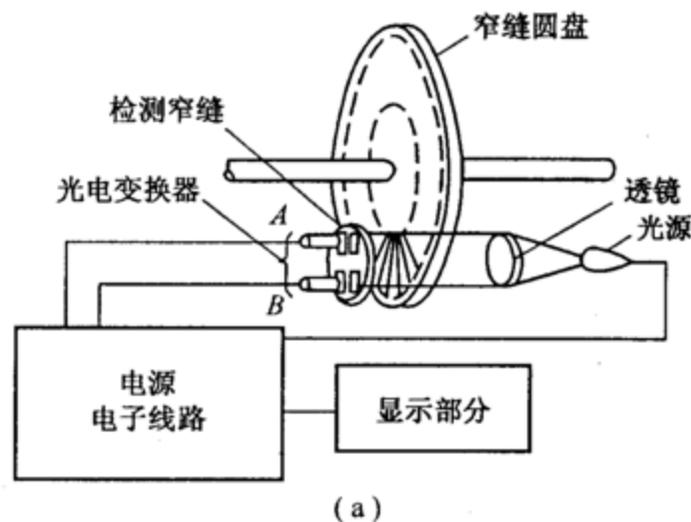


2 增量式编码器

一、结构

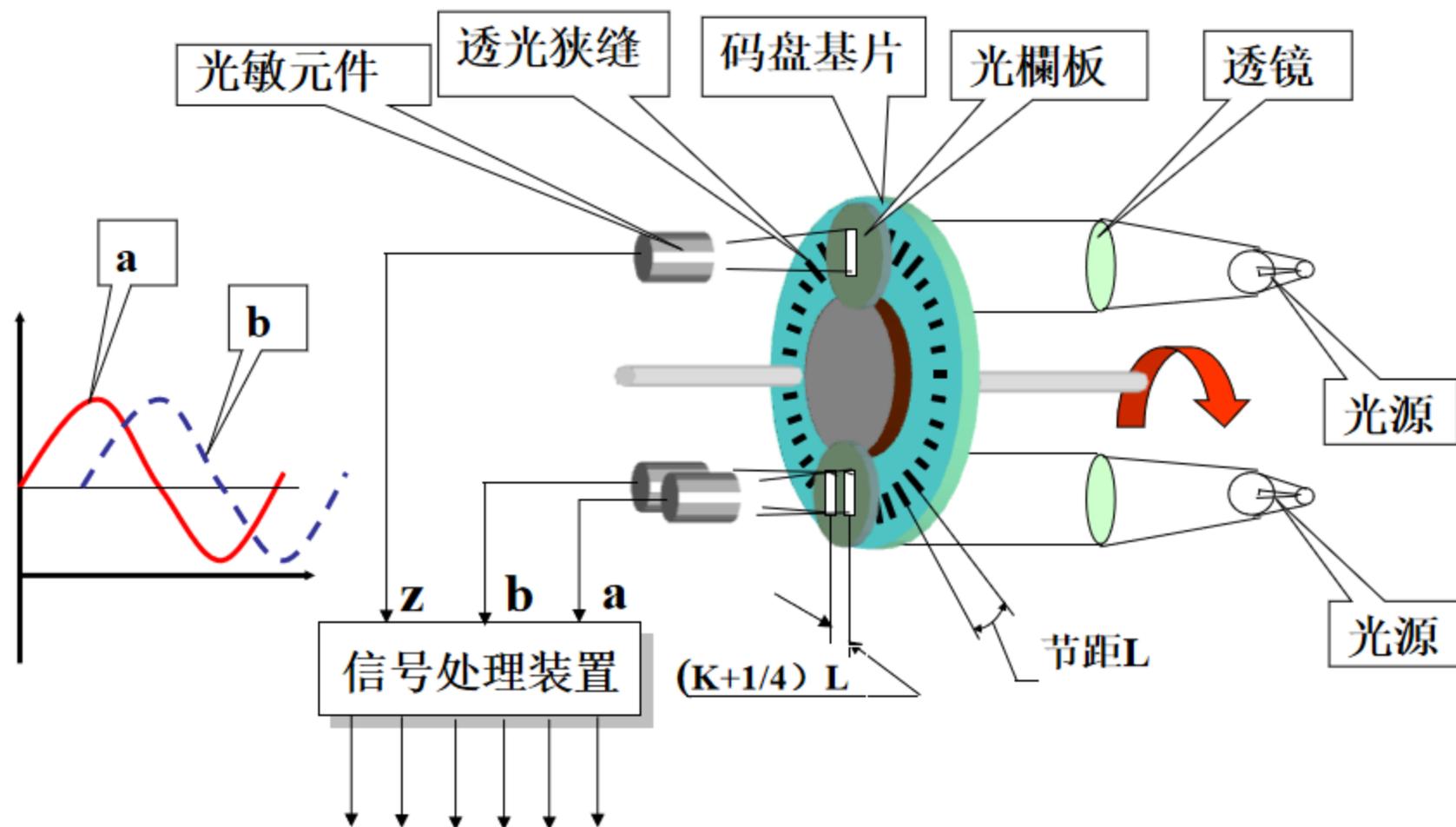
- 大圆盘上刻有均匀分布的辐射状窄缝，分布的周期称为节距。
- 两组检测窄缝节距和圆盘上的相同，窄缝的位置相隔 $1/4$ 节距，两个输出信号在相位上相差 90° 。
- 光阑板上检测窄缝数量？

提高灵敏度，均化误差



2 增量式编码器

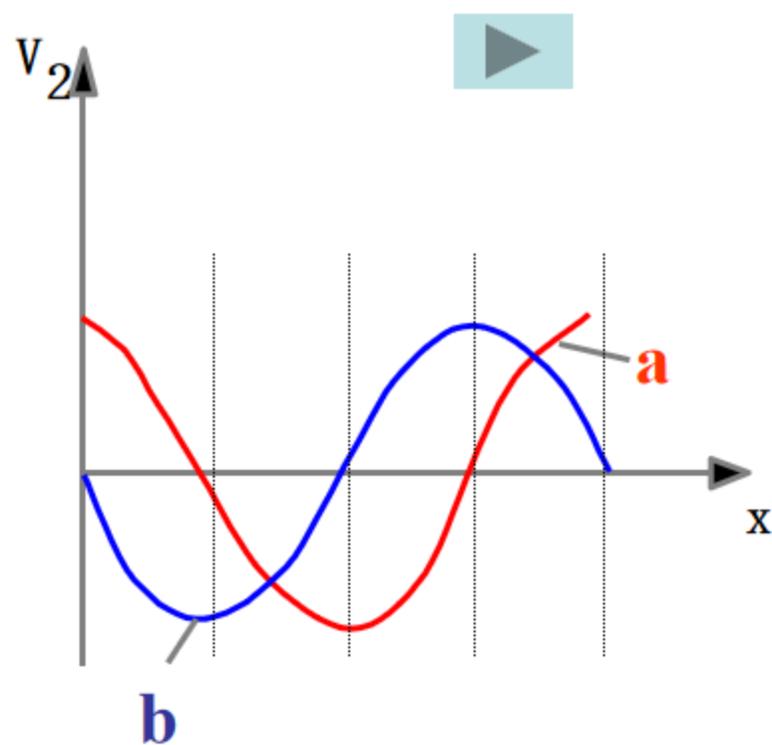
二、工作原理



2 增量式编码器

二、工作原理

工作原理动画演示



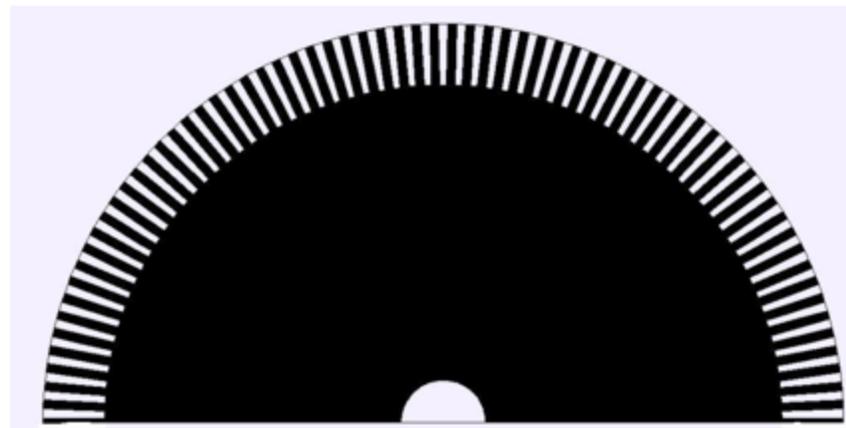
2 增量式编码器

二、工作原理

增量编码器输出信号：

单通道信号：编码器码盘只有一圈光栅，编码器有一对光电扫描系统，输出一通道脉冲信号，后续设备根据单位时间检测到的脉冲数及编码器的分辨率计算出的角速度及线速度

信号输出如图：



可以测试速度



不能测试旋转方向



2 增量式编码器

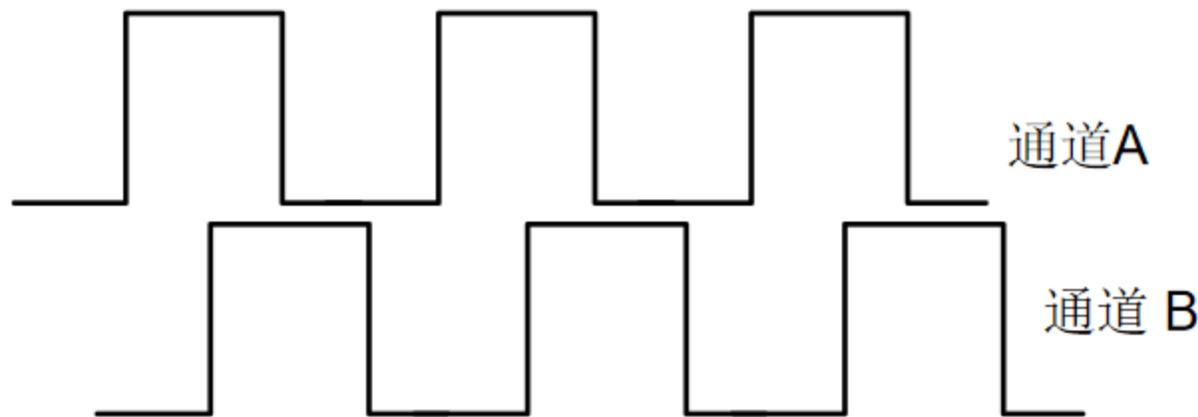
二、工作原理

增量编码器输出信号:

双通道信号

编码器码盘有2圈光栅，并且以90度相位差排列，编码器有2对光电扫描同，输出2通道脉冲信号，由于A、B两相相差90度，可通过比较A相在前还是B相在前，以判别编码器的正转与反转

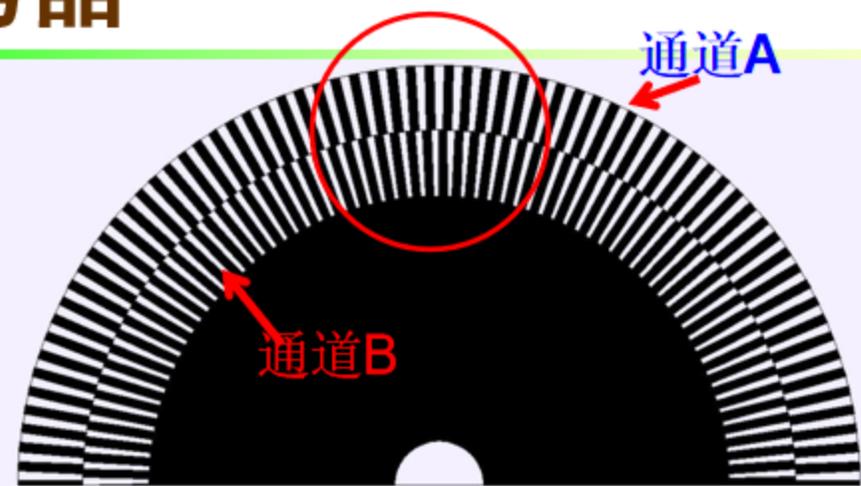
信号输出如图:



可以测试速度



可以测试旋转方向



2 增量式编码器

二、工作原理

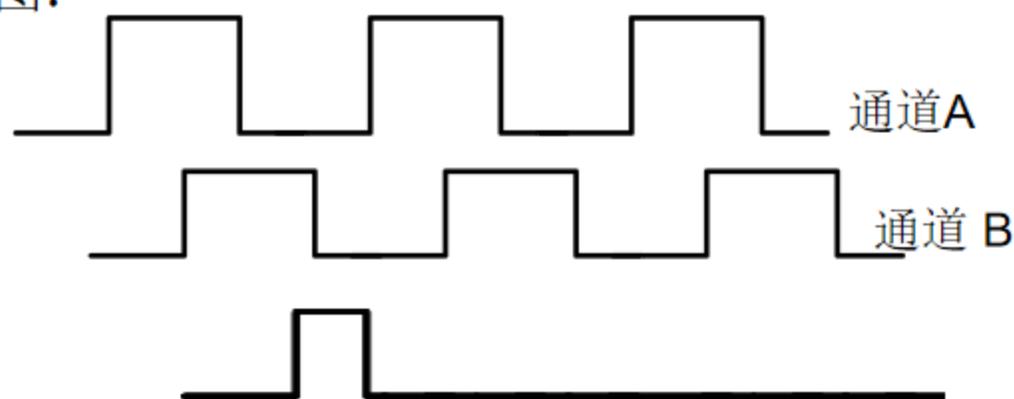
增量编码器输出信号:

3通道信号

在双通道编码器的基础上增加了一个零位信号，用于基准点定位

一般测长度使用该信号，测速一般不使用该信号。

信号输出如图:

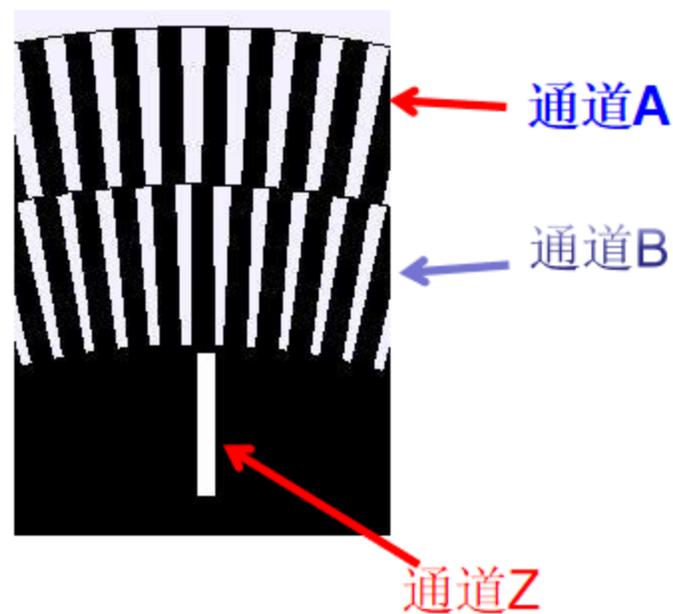
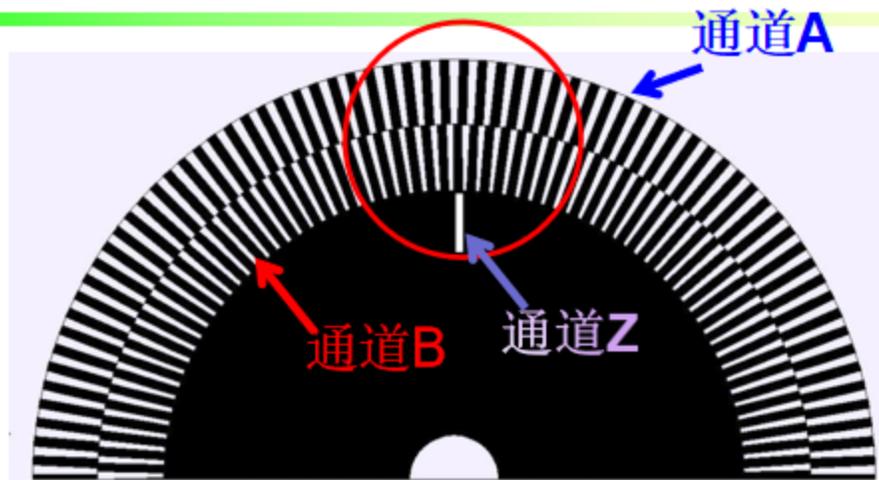


可以测试速度



可以测试旋转方向

可以定位



2 增量式编码器

三、信号处理

微分装置，信号由低向高跳变时输出一个脉冲。正转时输出正转脉冲，反转时输出反转脉冲。每输出**1个脉冲**，表示转过了**1个节距**。

•为了判别转动方向，信号***b***不可缺少的，这是用两个检测窄缝的原因。

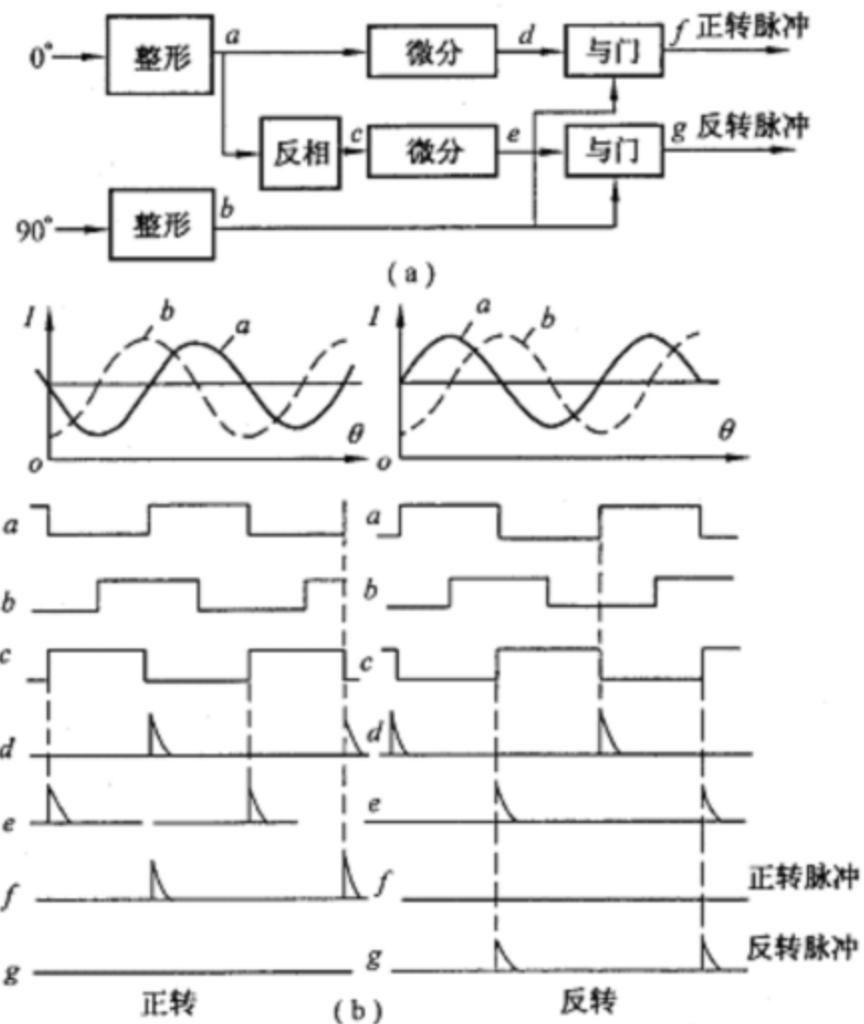


图 11-2 光电码盘信号处理线路框图和信号波形图



2 增量式编码器

三、信号处理

- 将正、反转脉冲分别送入可逆计数器就能正确计算出脉冲数 N ，再乘以一个脉冲对应的角度增量 Δ ，就得到相对初始位置的角度—角位移增量 $N\Delta$ 。如何获得绝对位置信息？
- 计算轴的转角要有基准。增量码盘事先规定一个基准零点，称为零位。相对这个零位的转角位置称为绝对位置。如何找到基准？
- 增量码盘有3个输出端，分别称为 A 、 B 和 Z 。 Z 相送出的脉冲就是零位脉冲。



2 增量式编码器

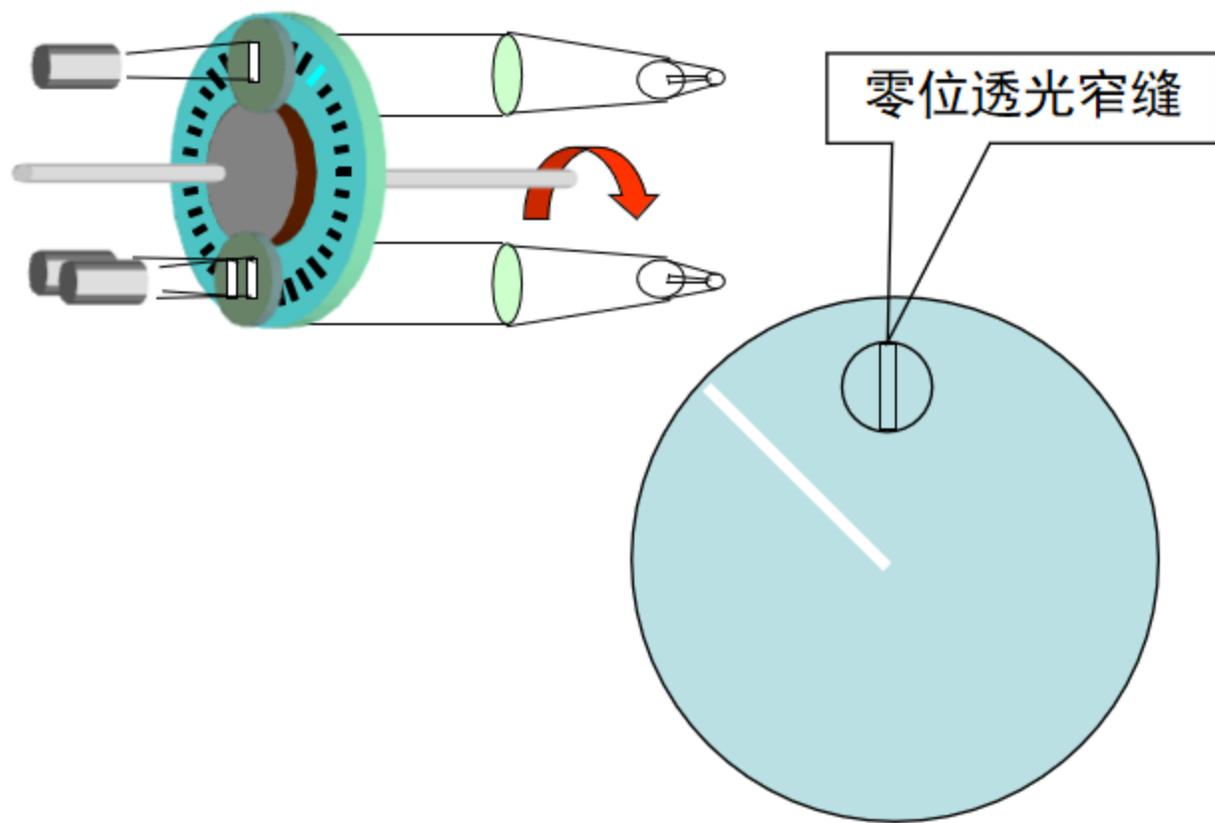
四、寻零

1. 只作速度控制，可不要求寻零。
2. 用于位置控制时，需要寻零。当转角不受限时，向一个方向转，一圈之内就可找到零位脉冲。转角受限时，向一个方向转，转到头还找不到就反转，在可旋转范围内须存在零位脉冲。



2 增量式编码器

四、寻零



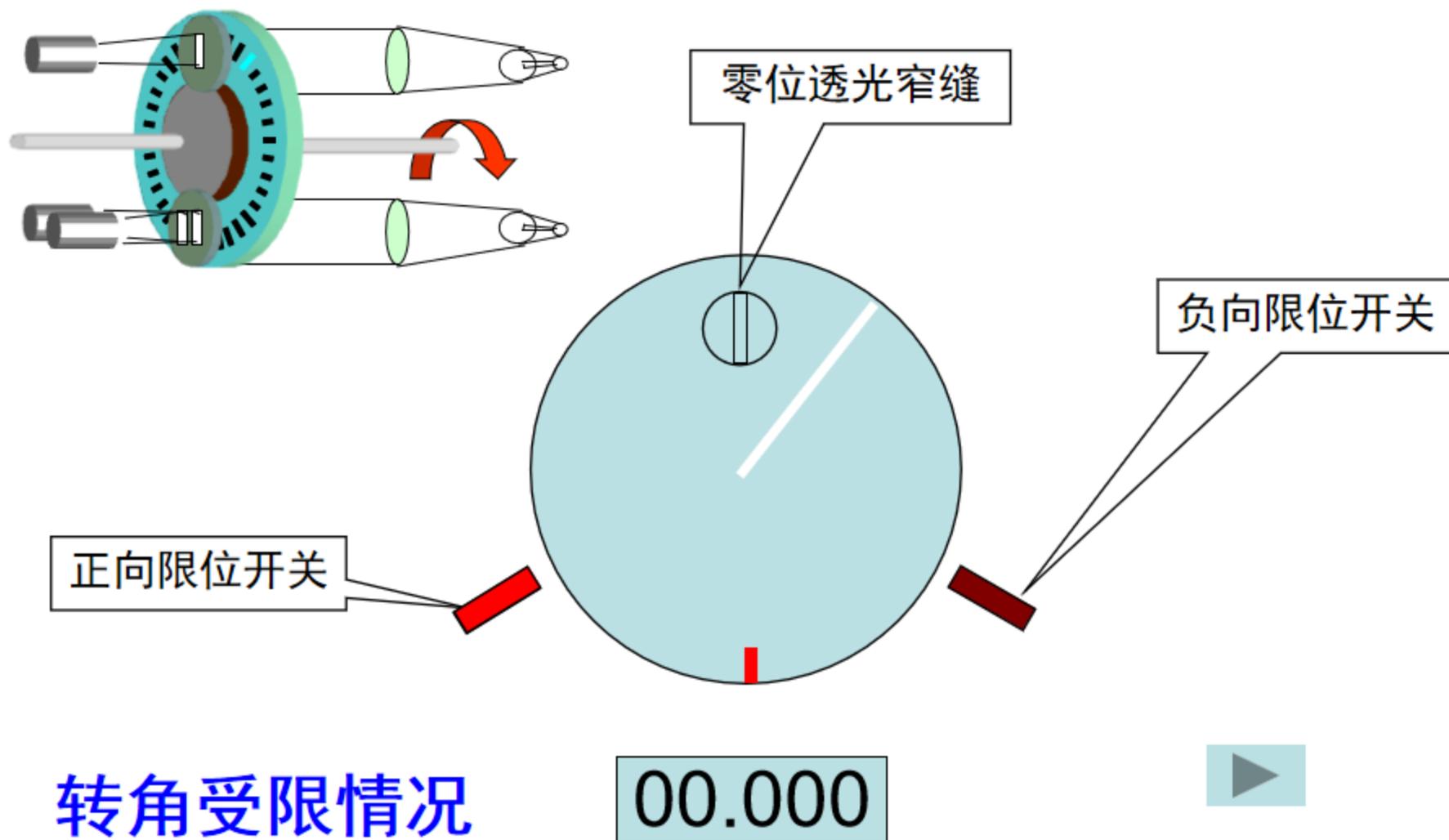
连续旋转情况

00.000



2 增量式编码器

四、寻零



转角受限情况

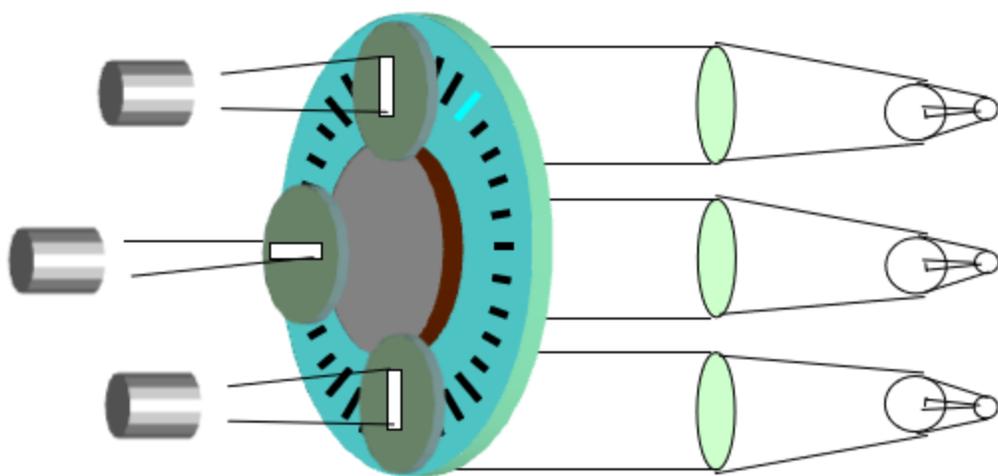
00.000



2 增量式编码器

四、寻零

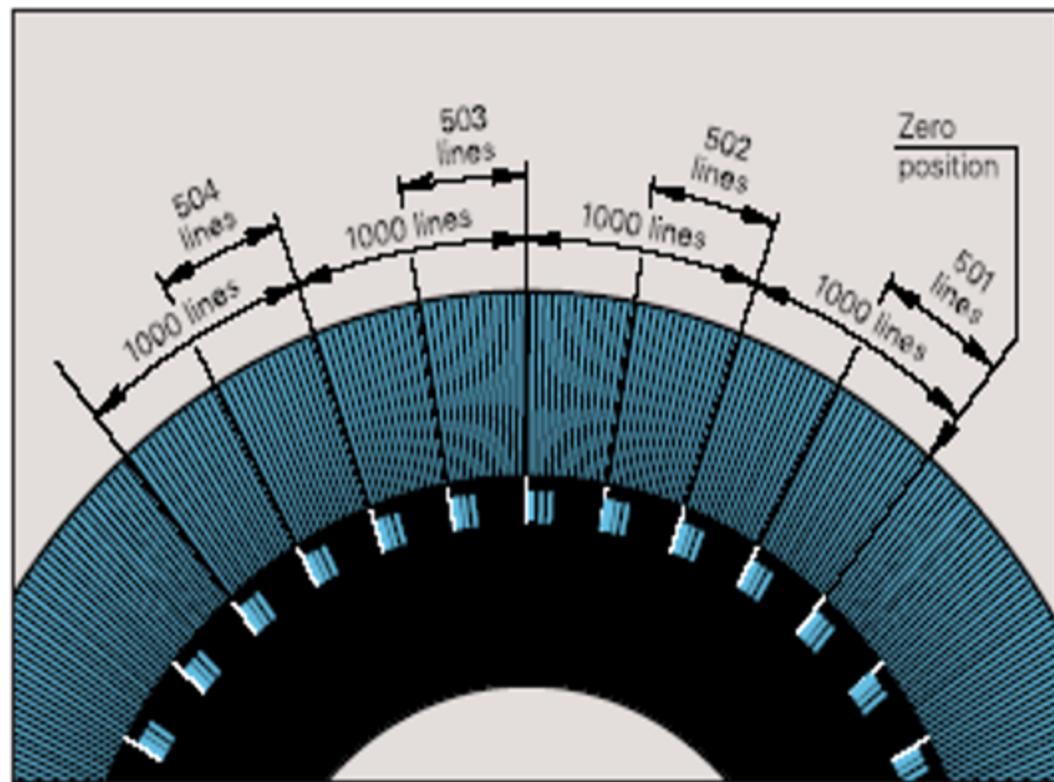
有没有更快的寻零方法？



2 增量式编码器

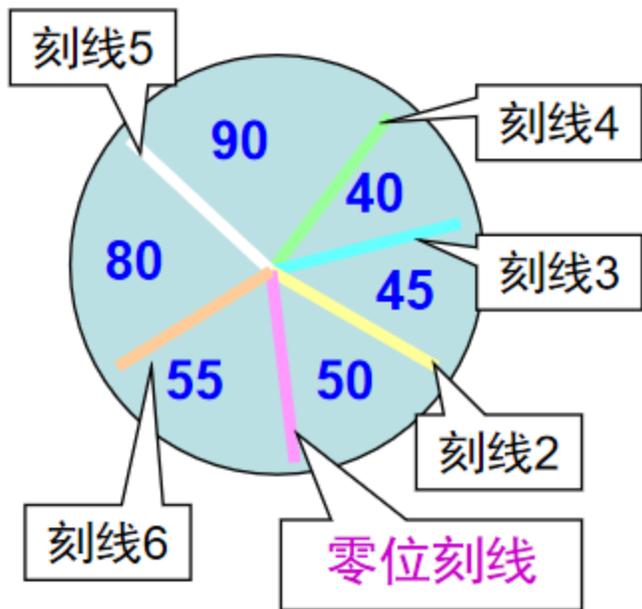
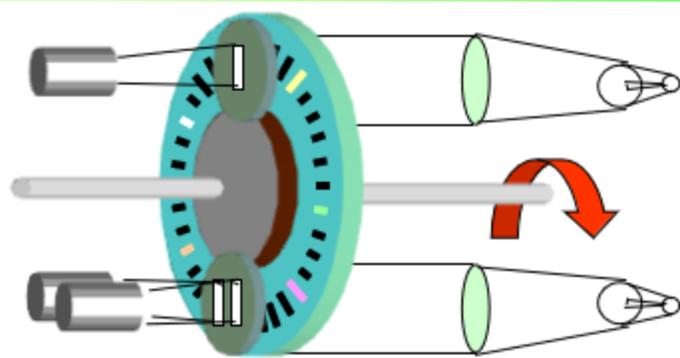
四、寻零

- 多条零位刻线（不等间距分配）可有效缩短寻零时间
- 寻零时，读取零位信号的同时，记录两个零位信号之间的脉冲数，结合旋转方向，即可得到绝对零位



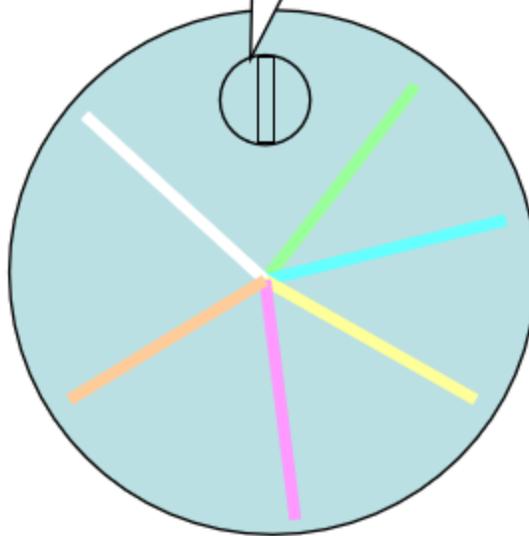
2 增量式编码器

四、寻零



多条刻线寻零方法

零位透光窄缝



-95.000

$$\theta_1 = 42.000$$

$$\theta_2 = 82.000$$

$$\Delta\theta = 40$$

$$\Delta\theta > 0$$

第二条刻线为3



2 增量式编码器

五、分辨率与倍频电路

- 一个脉冲对应的转角表示码盘的分辨率和静态误差。分辨率为

$$\Delta\theta = \frac{360^\circ}{\text{每转脉冲个数}}$$

提高码盘的刻线数量可以提高码盘的分辨率；

提高码盘刻线质量等制造精度（码盘静态精度），确保码盘整体机械结构的稳定性和刚性（码盘在动态和现场使用情况下的精度），这些都是提高码盘精度的关键。

除了以上方法，还有什么经济的方法来**提高码盘的分辨率？精度？**



2 增量式编码器

五、分辨率与倍频电路

细分技术能在不增加码盘刻线数及价格的情况下提高码盘的分辨率。

细分前，码盘的分辨率对应一个节距。采用4细分技术后，计数脉冲的频率提高了4倍，测量步距是原来的1/4，提高了测量分辨率和精度。

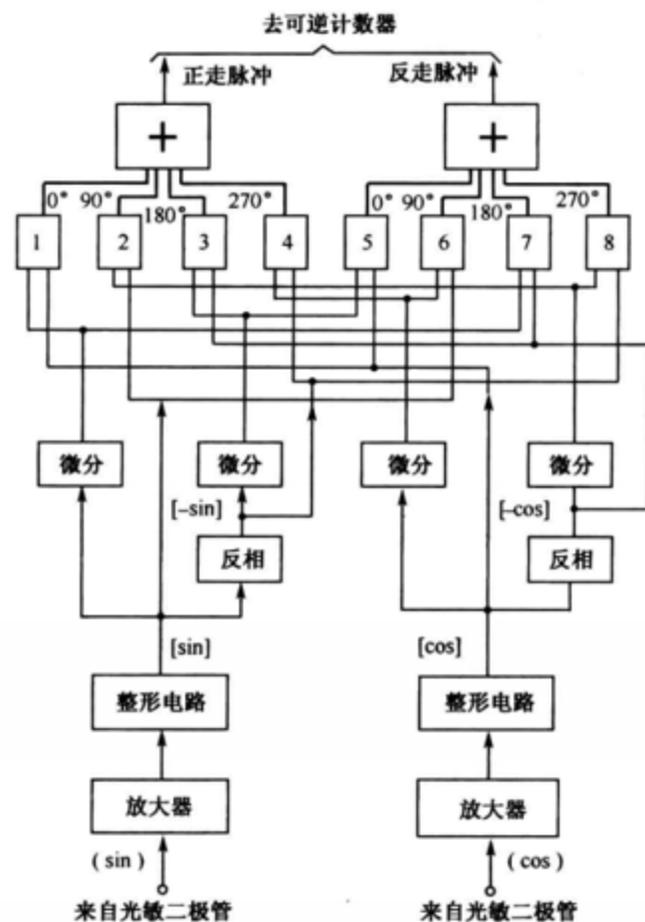


图 11-3 四倍频转换逻辑图

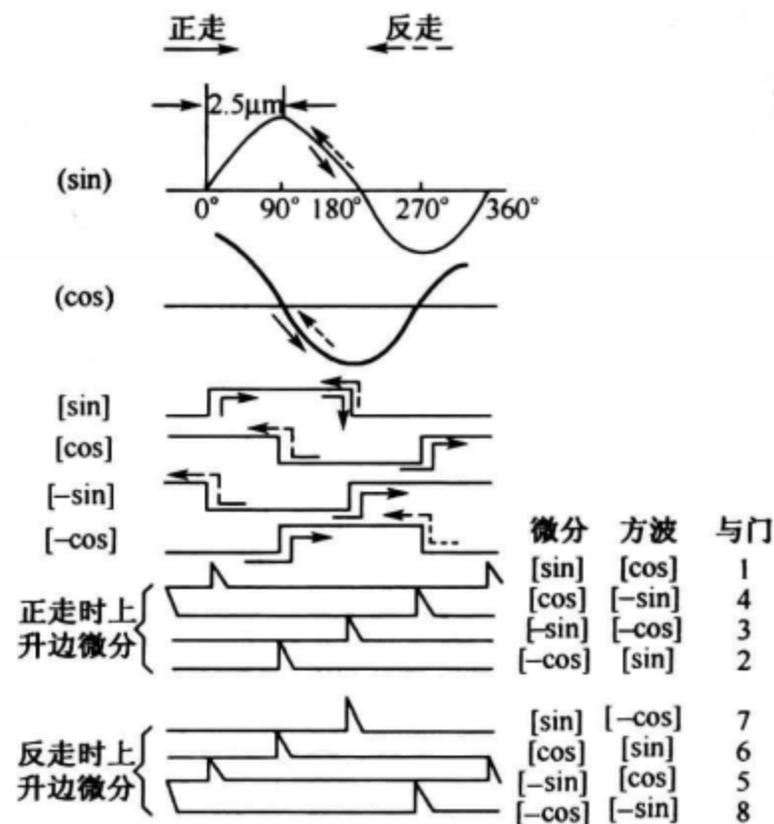
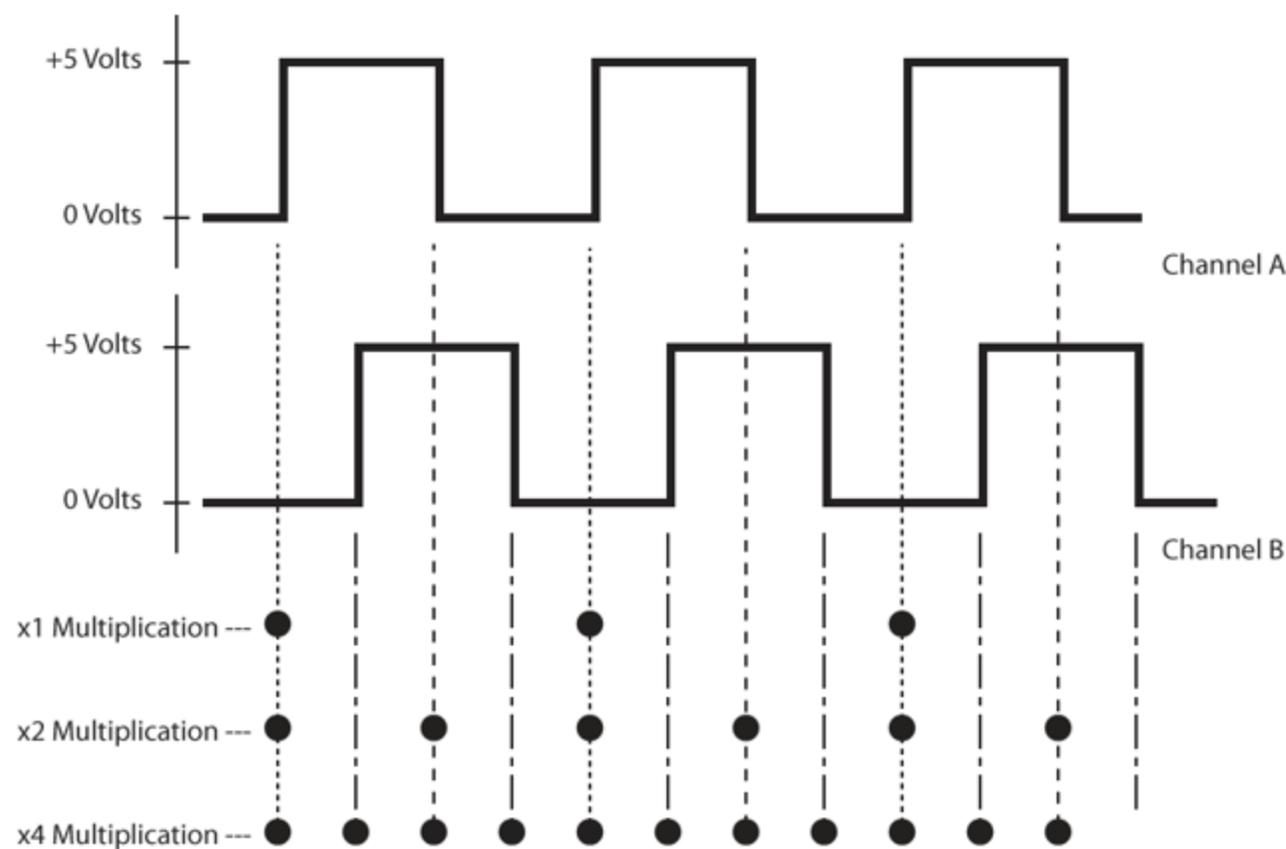


图 11-4 各点波形图



2 增量式编码器

五、分辨率与倍频电路

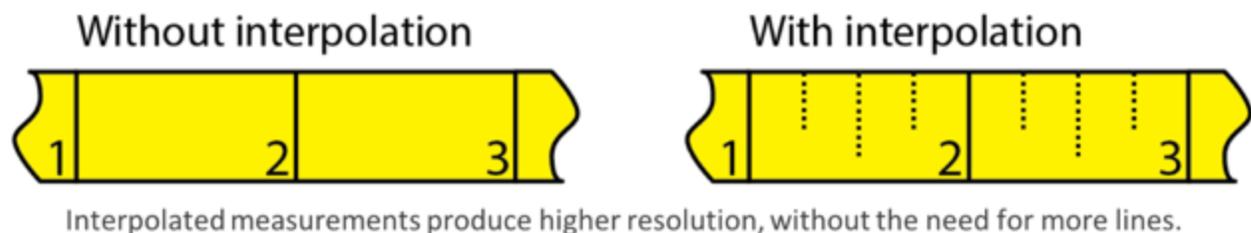


以每圈100个物理周期码盘来举例：
一倍乘X1：码盘旋转时，如果我们计算通道A脉冲的每个上升沿（由0变成5V），则每转将获得100个脉冲。
2倍乘X2：码盘旋转时，如果我们计算通道A的每个上升沿和每个下降沿（由5V变成0），则每个周期将获得2个脉冲，每转总计200个脉冲。
4倍乘X4：如果我们计算通道A和通道B的每个上升沿和下降沿，则每个物理周期将获得4个脉冲，每转总计400个脉冲。

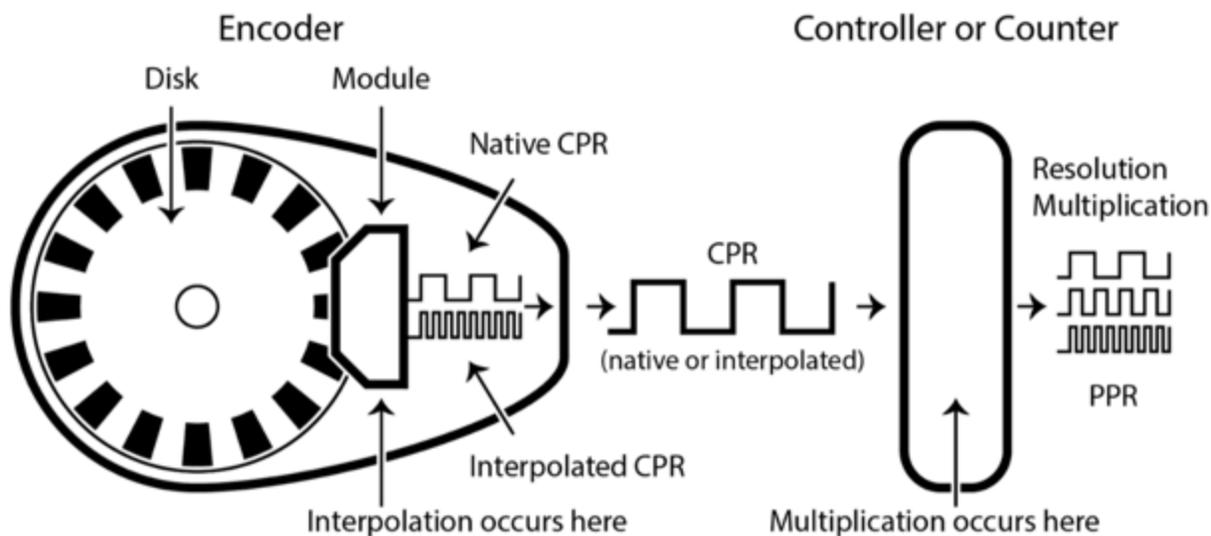


2 增量式编码器

五、分辨率与倍频电路



如果在不改变码盘条件下，还想获得更高的分辨率，怎么办？
可以用信号插值。插值就是通过已知的数据，去预测未知的数据。

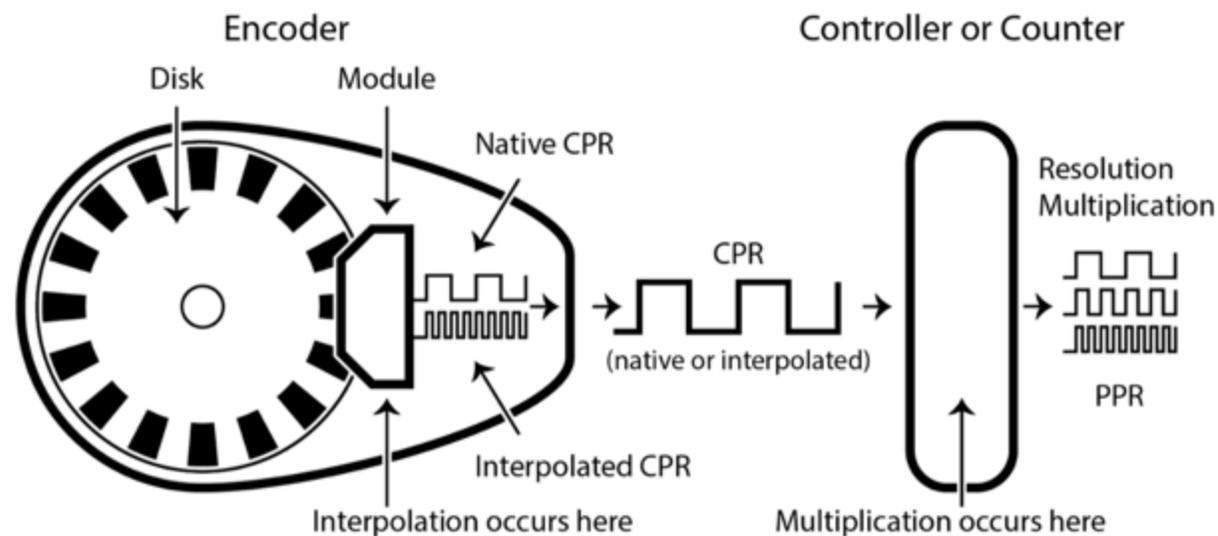
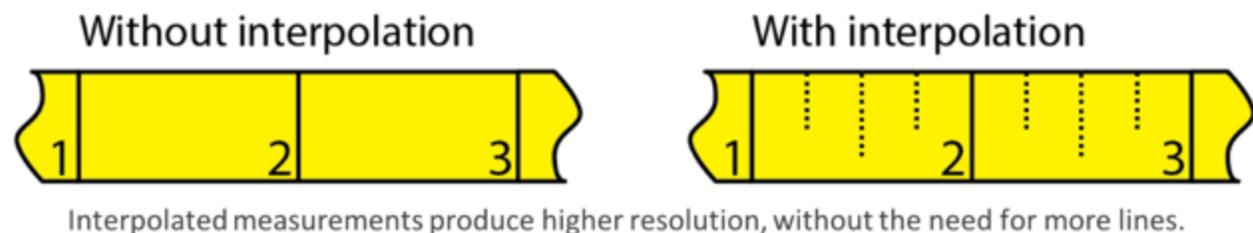


理论上，插值可以获得无限的分辨率，但是过高的插值也会引入新的问题，例如信号容易受到电噪声的影响从而降低精度，需要与之相匹配的驱动和控制器，大量的数据处理需要花费更多的时间，需要更快的响应等。



2 增量式编码器

五、分辨率与倍频电路



注意：细分会引入误差和扩大误差，过度的细分将无法保证精度！

需要多少倍的细分，能做到多少倍的细分，前提必须是在保证精度的基础上进行的，因为精度在使用前的不可见性而高倍细分是不可取的。
码盘质量越高，刻线越好，信号质量信号越好，细分后产生的误差就越小，这受到一台编码器综合性能的影响，这也就是为什么会在相同的参数下，会有不同品牌，不同价位编码器的一个原因。



2 增量式编码器

六、增量码盘的优缺点

优点

- 精度高（用倍频电路可以提高分辨率）
- 构造简单，成本较低
- 既适合测角也适合测速
- 无接触测量，可靠性高，寿命长

缺点

- 开机后先要寻零。
- 在脉冲传输过程中，干扰产生累计误差。
- 需要计数器、速度受到一定限制。



目录

1. 位置编码器概述
2. 增量式光电编码器
3. 绝对式光电编码器
4. 光栅
5. 转速测量



3 绝对式码盘

一、概述

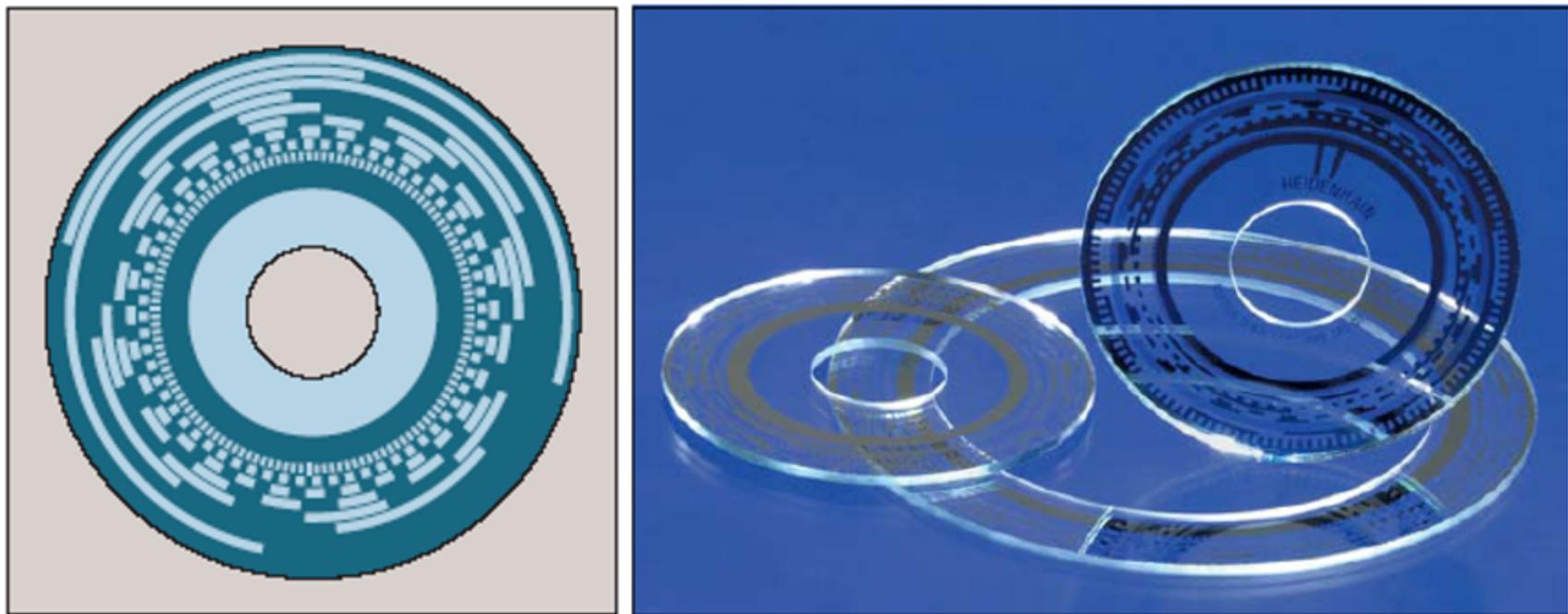
绝对式脉冲编码盘是一种绝对角度位置检测装置，它的位置输出信号是某种制式的数码信号，它表示当前绝对位置信息。运行中用起点和终点的绝对位置，经运算后可得到位移量的大小。



3 绝对式码盘

二、结构

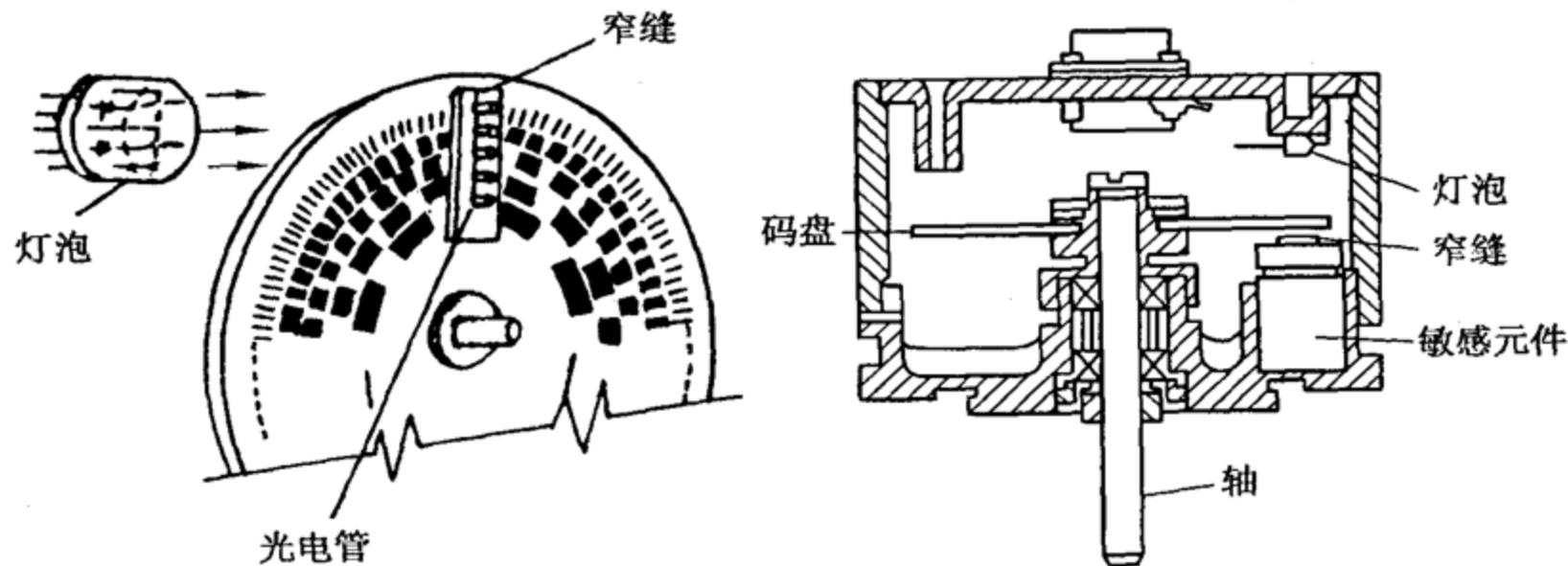
三大部分，旋转的码盘、光源和光电敏感元件。光学码道，每个码道上按一定规律分布着透明和不透明区。



3 绝对式码盘

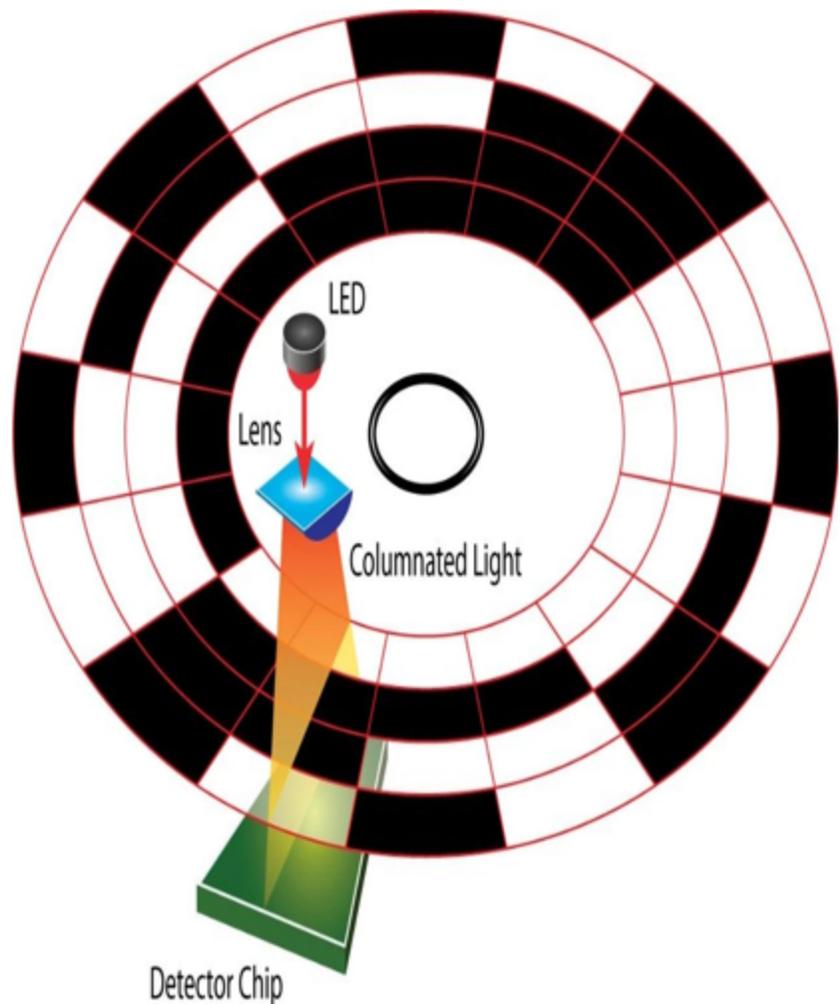
三、原理

光源的光通过光学系统，穿过码盘的透光区被窄缝后面的光敏元件接收，输出为“1”；若被不透明区遮挡，光敏元件输出为“0”。各个码道的输出编码组合就表示码盘的转角位置。



3 绝对式码盘

三、原理



这个图是一个16位绝对式编码器示意图。整圈被分成了16份，也就是有16个扇区。它和增量式编码器的图相似，但是又有一点不一样：在半径方向上，每一个扇区又被分成了4份。

LED光从码盘一侧照射下来，相应地，在码盘另外一侧有一个探测芯片，探测芯片有4个感应区，每个感应区，可以获取同一个扇区每一份的状态。同一个扇区中这4份（4位），可以表示 $2^4=16$ 种状态，这也是为什么这个码盘在圆周方向上被分为了16份，其实相当于对每一个位置进行了编码，每个编码对应着一个特定的位置。



3 绝对式码盘

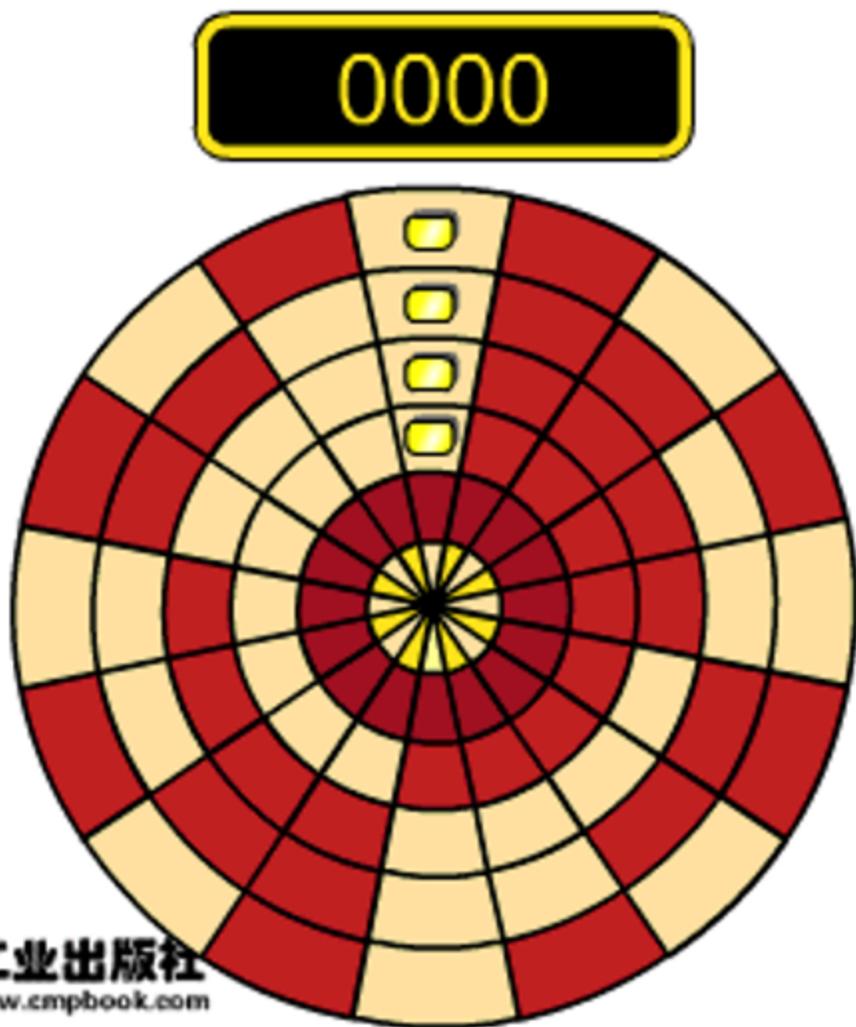
三、原理

动画演示

注意观察角位置与输出编码之间的关系。

绝对式编码器的原理：对每一个位置，给定一个唯一的编码，再用传感器去识别每个位置的编码，输出与之相对应的唯一信号，用来表示特定的位置。

编码器



机械工业出版社
<http://www.cmpbook.com>

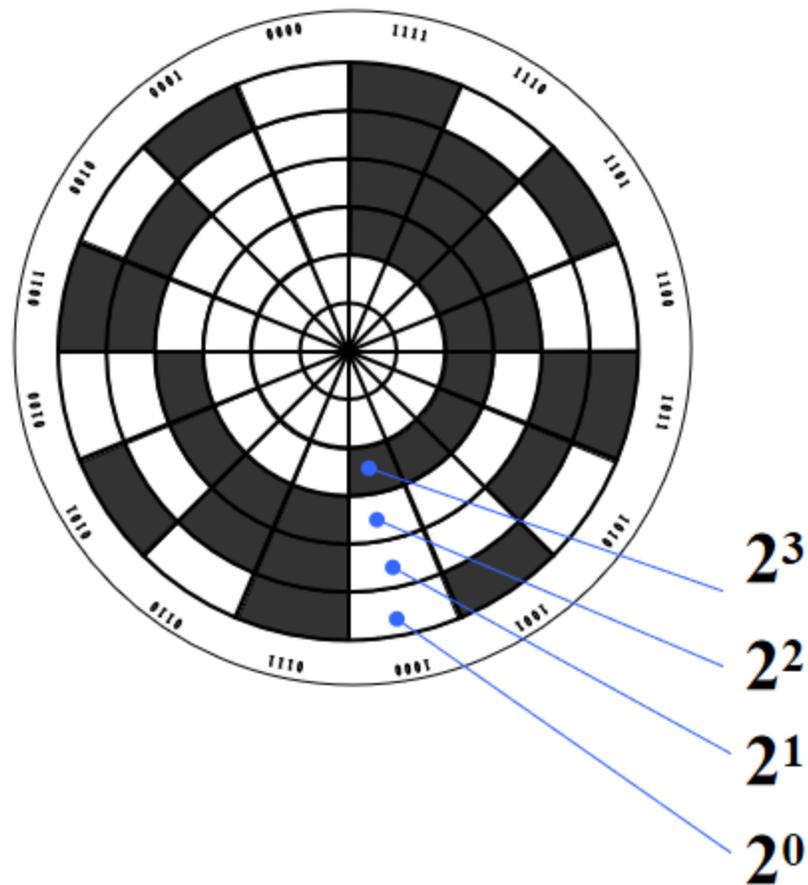


3 绝对式码盘

四、编码方式

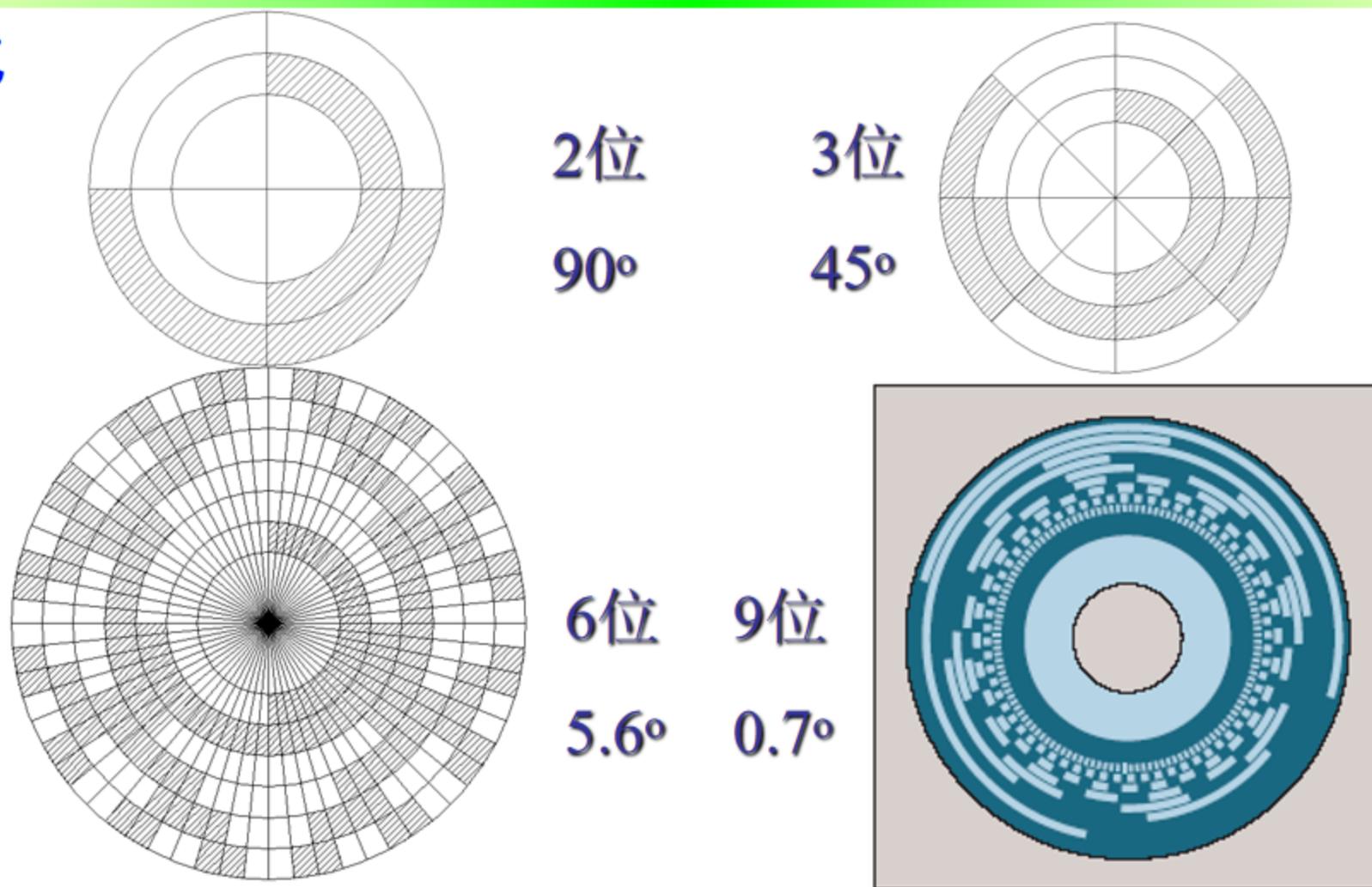
码道布局： 二进制码盘，每一个码道代表二进制的一位。

分辨率： 用 N 表示码盘的码道数目，即二进制位数，则角度分辨率为

$$\Delta\theta = 360^\circ / 2^N$$


3 绝对式码盘

四、编码方式



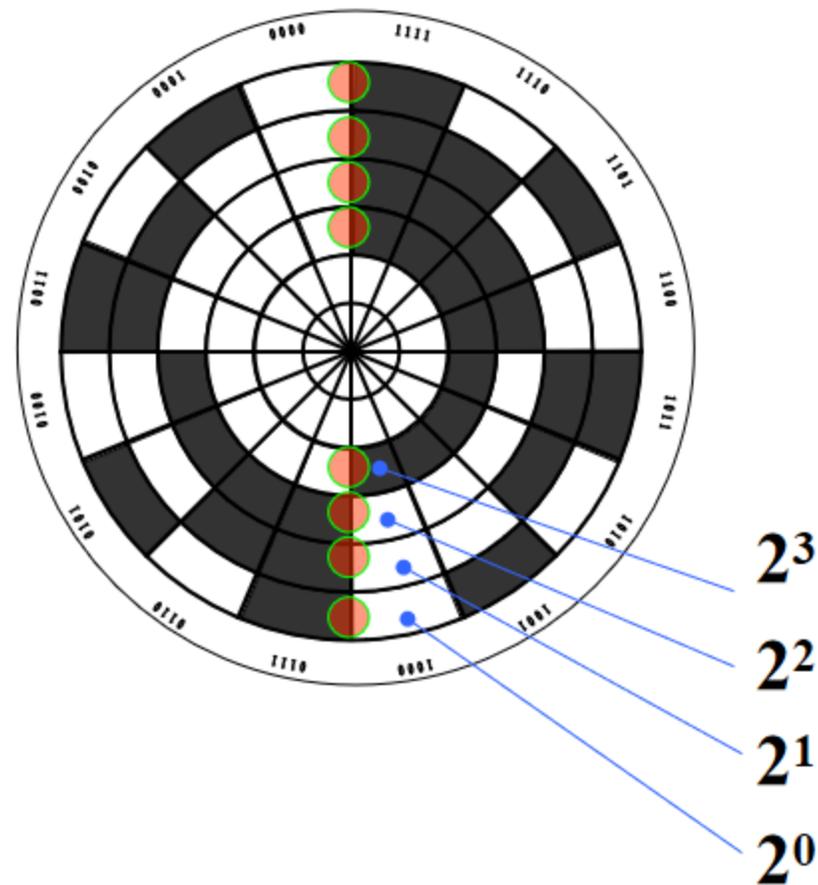
29位绝对式码盘 0.00000067°



3 绝对式码盘

四、编码方式

- 问题：两个位置交换处可能产生很大的误差
- 如何解决这一问题？

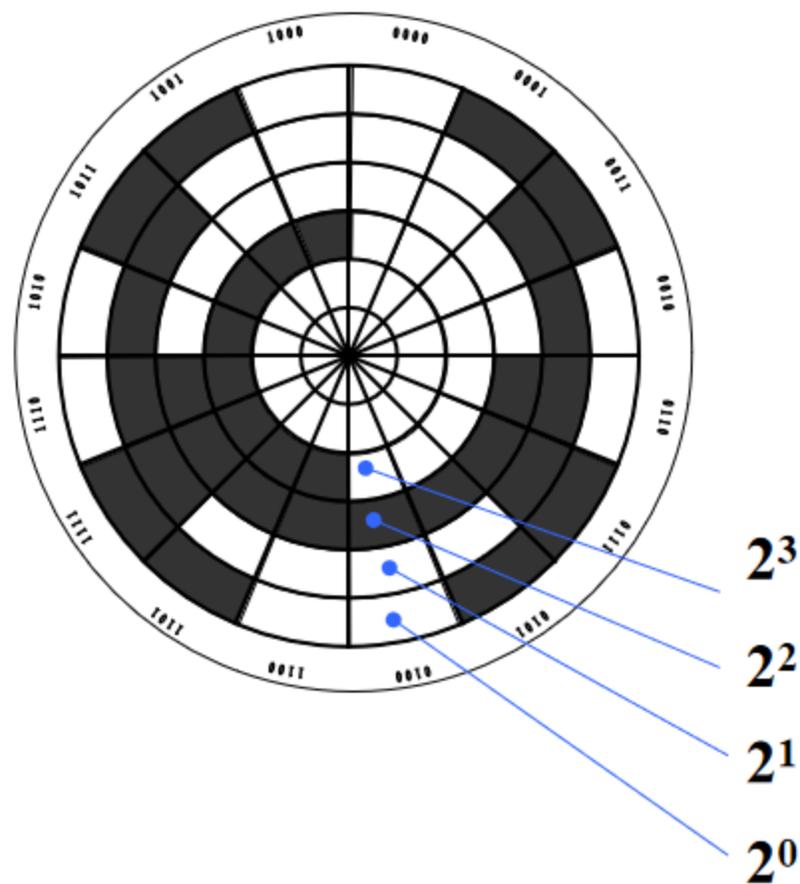


3 绝对式码盘

四、编码方式

循环码（格雷码）

- 码盘相邻两个代码间只有一位数变化。二进制编码有一个最小增量位移时，只有一位改变状态，误差不超过最小的“1”个单位。
- 但是转换成自然二进制码需要一个附加的逻辑处理转换装置。



3 绝对式码盘

四、编码方式

	000	001	011	010	110	111	101	100
00	00000	00001	00011	00010	00110	00111	00101	00100
01	01000	01001	01011	01010	01110	01111	01101	01100
11	11000	11001	11011	11010	11110	11111	11101	11100
10	10000	10001	10011	10010	10110	10111	10101	10100

五位二进制循环码（葛莱码）生成方法

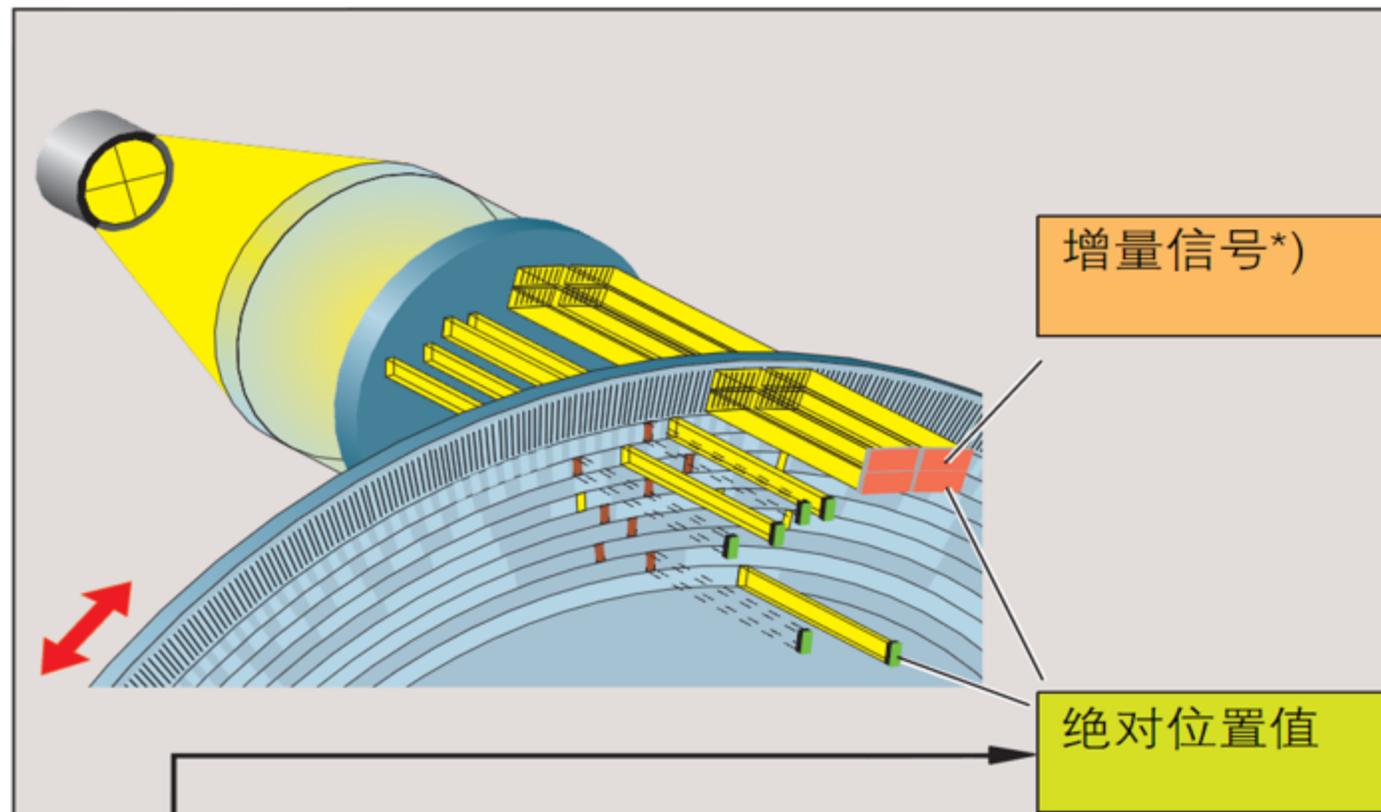
这些码盘结构看起来很复杂，而且位数越多显得越杂乱，如果根据每一个绝对计数值一个个编制，则计算及编制工作量十分大，特别是位数多时。但我们可以观察这两种编码方法下的码盘结构特点，找出其中规律。



3 绝对式码盘

五、混合式码盘

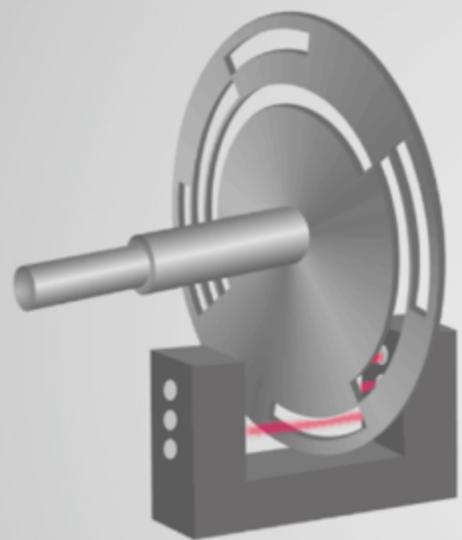
- 新型绝对值码盘，内部具有增量码盘的结构。基本结构是绝对值码盘，但码道较少，精度较低，起“粗测”作用。而增量码盘部分起到“精测”作用。
- 从码盘输出到信号处理装置，一通电就知道绝对位置，不必“寻零”。采用增量码盘结构，可对输出信号进行倍频处理提高精度。体积要比同精度的纯绝对值码盘小。



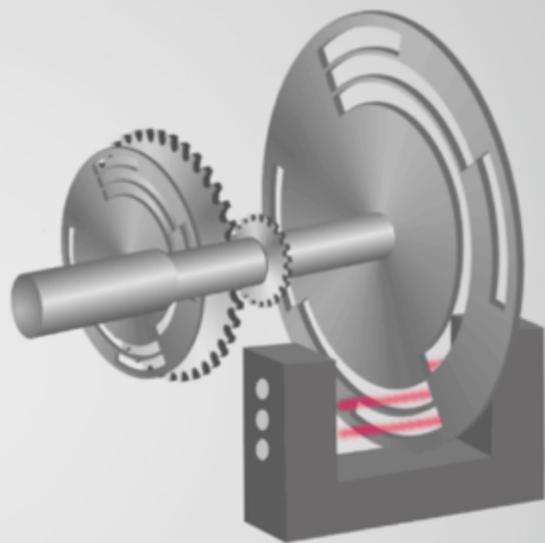
3 绝对式码盘

七、单圈和多圈绝对码盘

Absolute Encoder



Single-turn Encoder



Multi-turn Encoder

第一种，在编码器内部，用机械齿轮耦合多个轴，用来计算总的圈数，这种方法，因为用到了机械齿轮，所以会带来磨损，使得精度降低，同时机械齿轮会占用很多空间，所以编码器尺寸偏大。

第二种，就是用电子计数器和电容器，来计算总共转过的圈数，但是代价是需要编码器内部安装电池，而且需要定期检查电池。



3 绝对式码盘

六、绝对码盘的优缺点

优点:

- 精度高, 无接触, 寿命长
- 开机不需要寻零
- 没有累计误差
- 不需要计数器、允许转速高。

缺点:

- 结构复杂, 体积大;
- 耗电大于同分辨率的增量码盘;
- 价格贵。



目录

1. 位置编码器概述
2. 增量式光电编码器
3. 绝对式光电编码器
4. 光栅
5. 转速测量



4 光栅

一、概述

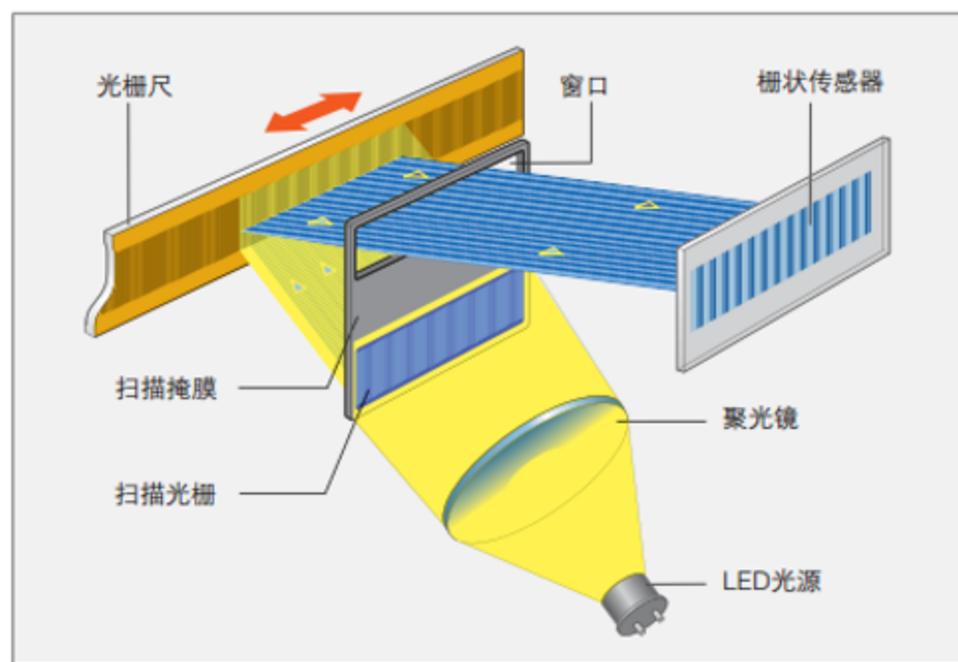
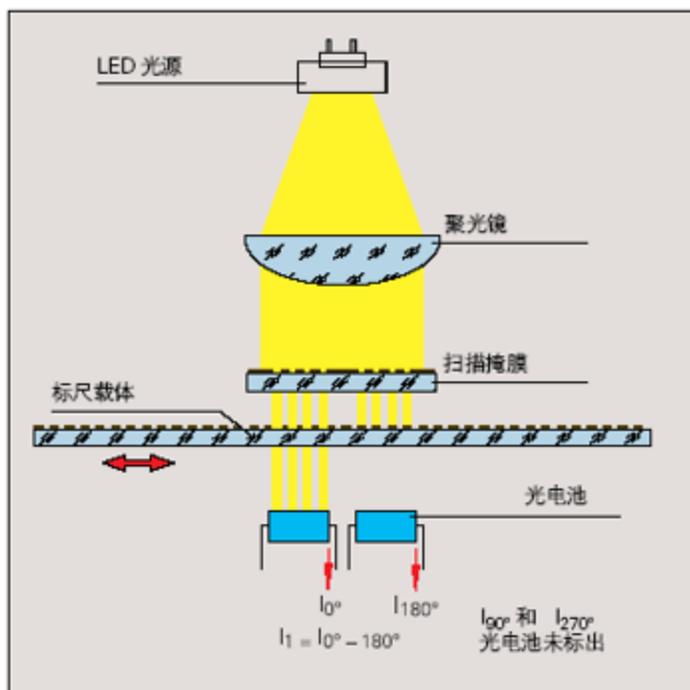
- 检测线位移和角位移，精度很高。
- 检测线位移的直线光栅，测量角度的圆光栅。



4 光栅

一、概述

透射光栅和反射光栅两大类。透射光栅是用光学玻璃作成的，透光与不透光线条。金属反射光栅是在长条形金属镜面上制成全反射与漫反射间隔相等的密集线纹。



钢带光栅尺和单场成像扫描原理的光电扫描

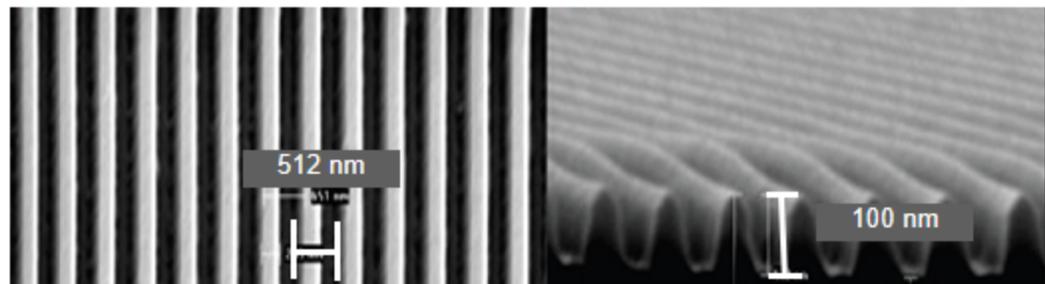


4 光栅

一、概述

高精精密计量光栅

- 高精度光栅是**光刻机、高端机床**的关键器件
优于 $0.1\ \mu\text{m}$ 的光栅对我禁运
- 精密光栅每年进口达**十亿元**
- **海德汉光栅**为欧洲国家提供长度基准
- 科学技术发展对长度计量精度的无限追求
- 纳米分辨率走向**纳米**精度，关键在于栅线的精度



Heidenhain 高精度光栅尺



4 光栅

二、结构

- 透射式光栅由光源，长光栅，短光栅，光电元件等组成。长光栅安装在活动部件上，短光栅固定。
- 长光栅和短光栅的刻线密度相同。刻痕的宽度加上刻痕之间的距离称为光栅常数或栅距，记为 a 。

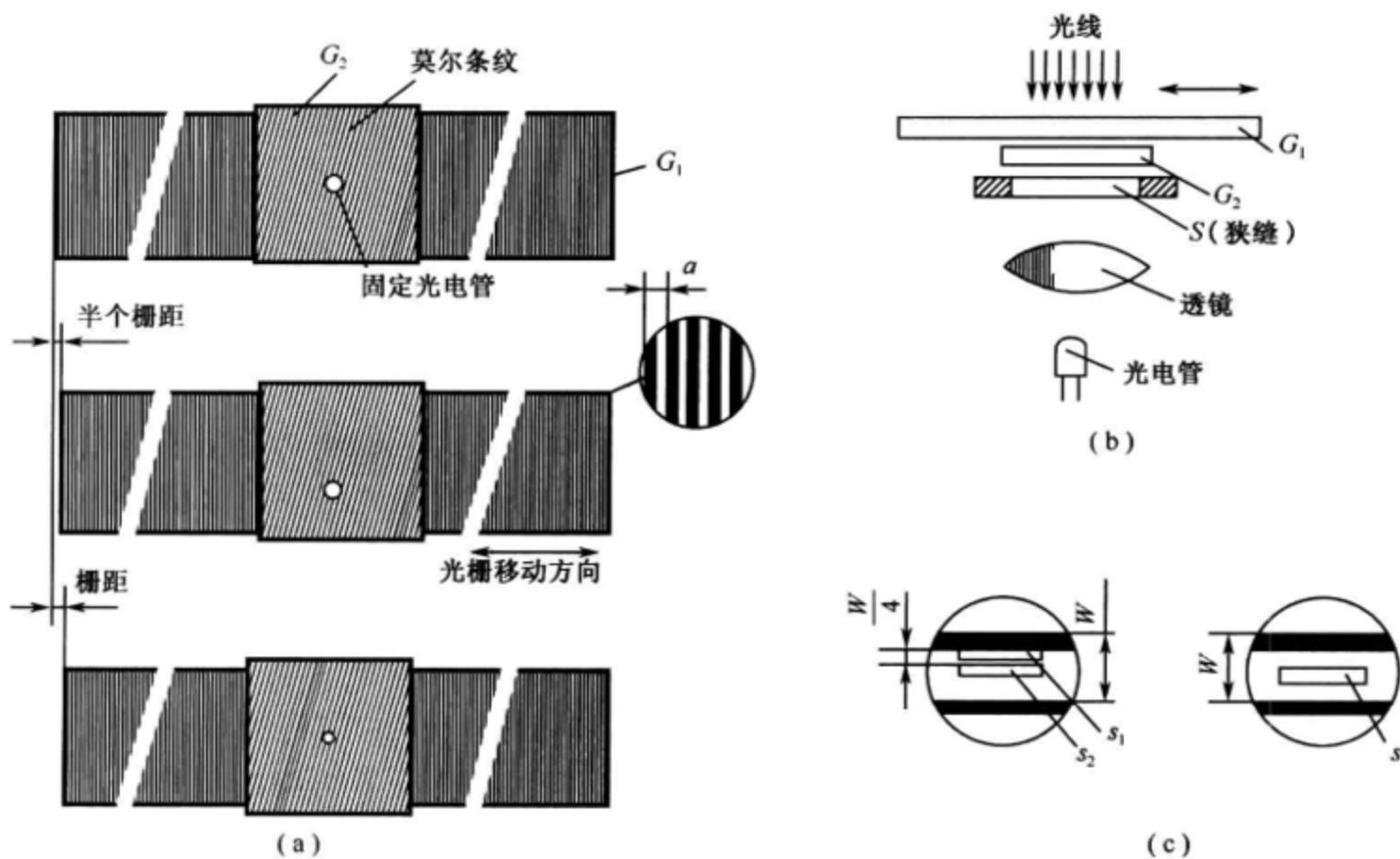


图 11-8 光栅结构

4 光栅

三、莫尔条纹

短光栅平行地放在长光栅平面上面，并使刻线倾斜很小角度，这时在短光栅上就会出现较宽的明暗相间的条纹。

光栅左右移动，莫尔条纹上下移动，光栅移过一个栅距 a 时，莫尔条纹也移过一个莫尔条纹间距 W 。

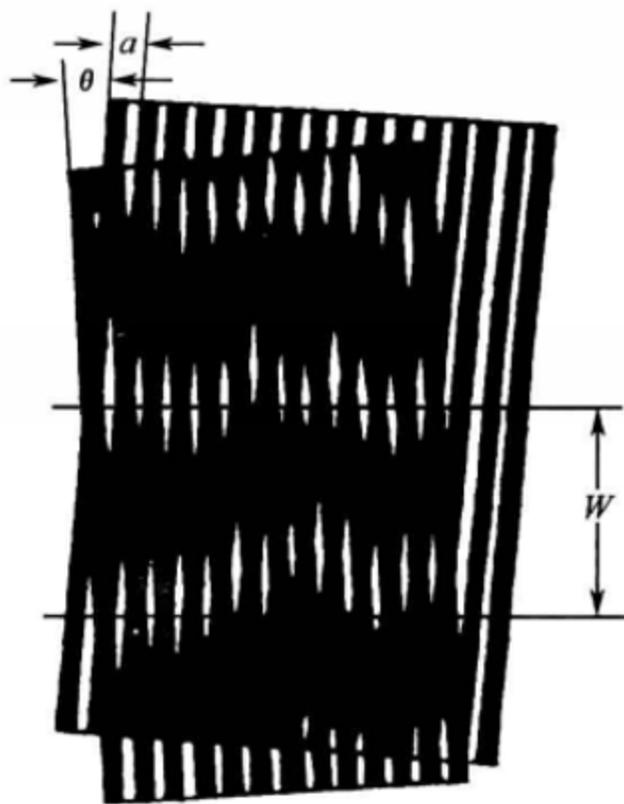


图 11-9 莫尔条纹形成原理
 a : 光栅常数 W : 莫尔条纹间距
 θ : 光栅的交角

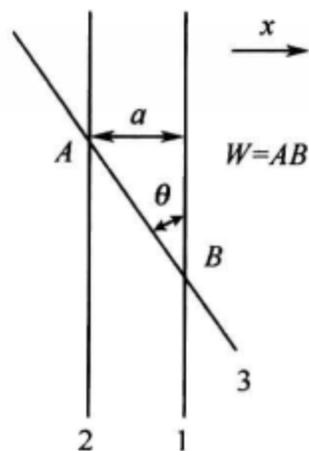


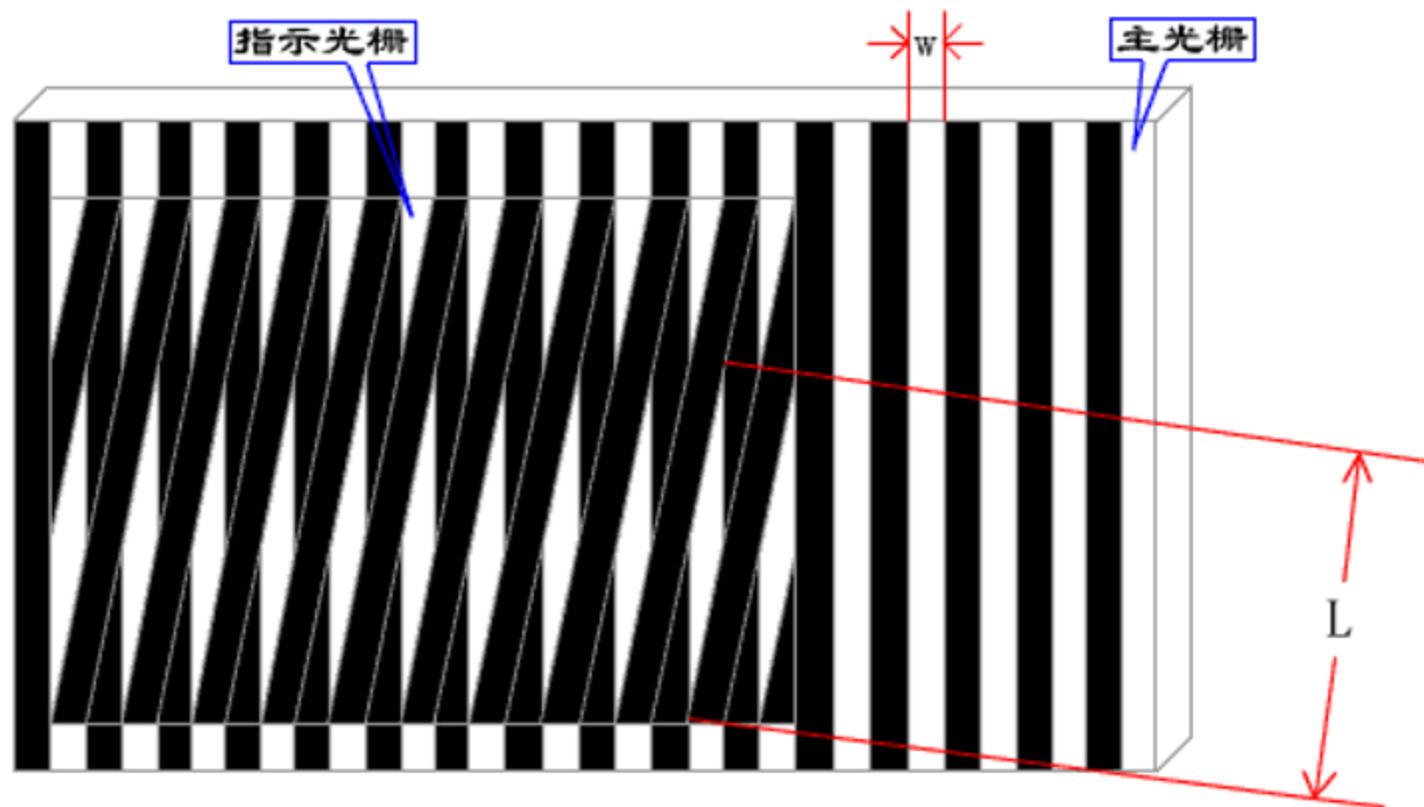
图 11-10 条纹间距与光栅常数



4 光栅

三、莫尔条纹

莫尔条纹原理动画演示



直线光栅的莫尔条纹



机械工业出版社
<http://www.cmpbook.com>



4 光栅

三、莫尔条纹

莫尔条纹间距

$$W = \frac{a}{\sin \theta}$$

$$W = \frac{a}{\theta}$$

θ 特别小，莫尔条纹间距 W 较宽，等于将两个光线条纹之间的距离由栅距 a 放大到莫尔条纹间距 W ，大大地减轻了光学系统和电子线路的负担。

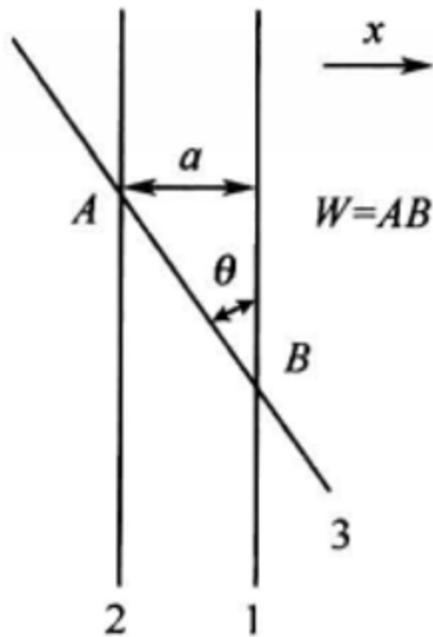


图 11-10 条纹间距与光栅常数



4 光栅

三、莫尔条纹

莫尔条纹光学放大作用举例

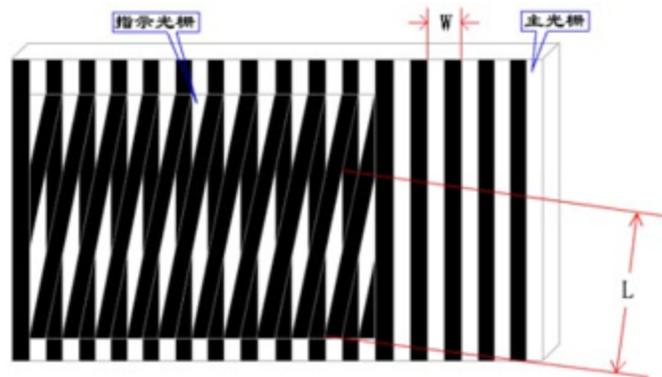
有一直线光栅，每毫米刻线数为50，主光栅与指示光栅的夹角 $\theta=1.8^\circ$ ，则：

分辨率 Δ =栅距 $W=1\text{mm}/50=0.02\text{mm}=20\mu\text{m}$ （由于栅距很小，因此无法观察光强的变化）

$$\begin{aligned}L &\approx W/\theta = 0.02\text{mm}/(1.8^\circ * 3.14/180^\circ) \\ &= 0.02\text{mm}/0.0314 = 0.637\text{mm}\end{aligned}$$

莫尔条纹的宽度是栅距的**31.8**倍

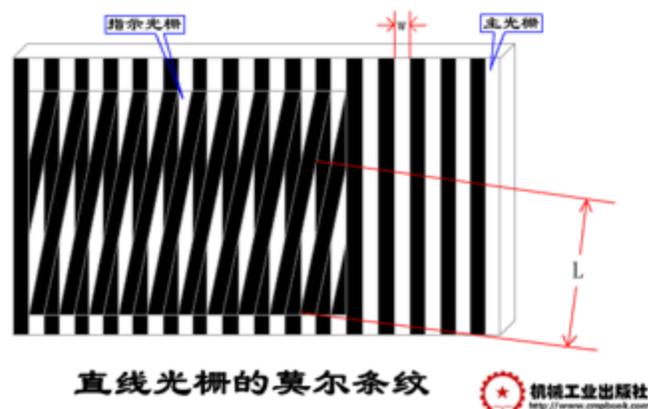
由 L 较大，可用小面积的光电池“观察”莫尔条纹光强变化。



4 光栅

三、莫尔条纹

莫尔条纹的特性



方向性：垂直于角平分线，当夹角很小时 \rightarrow 与光栅移动方向垂直

同步性：光栅移动一个栅距 \rightarrow 莫尔条纹移动一个间距 \rightarrow 方向对应

放大性：夹角 θ 很小 $\rightarrow B \gg W \rightarrow$ 光学放大 \rightarrow 提高灵敏度

可调性：夹角 $\theta \downarrow \rightarrow$ 条纹间距 $B \uparrow \rightarrow$ 灵活

准确性：大量刻线 \rightarrow 误差平均效应 \rightarrow 克服局部误差 \rightarrow 提高精度



4 光栅

四、光栅信号处理

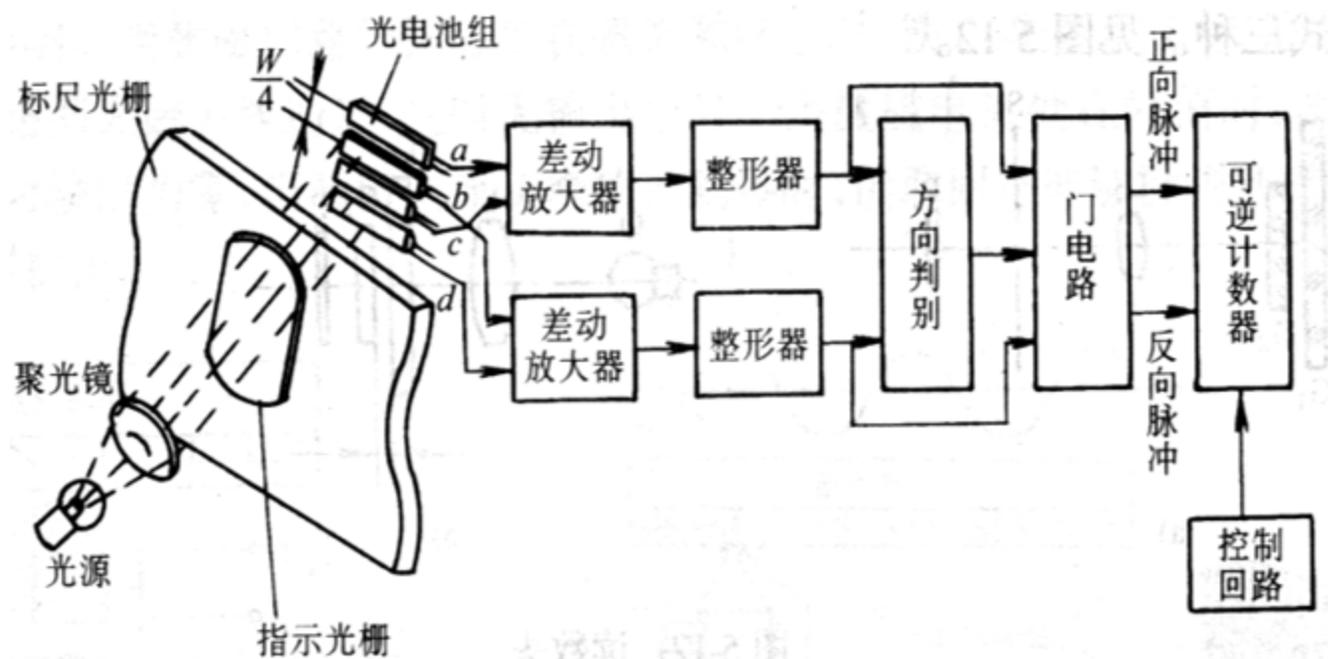


图 5-10 光栅测量系统简图

为了提高光栅系统的分辨率，在实际使用中，在一个莫尔条纹宽度内，按照一定间隔放置4个光电器件就能实现电子细分与判断方向功能。例如，栅线为50线/毫米的光栅尺，其光栅栅距为0.02mm，若采用四细分后便能得到分辨率为5微米的技术脉冲。

4 光栅

五、光栅产品示例

封闭式直线光栅尺

HEIDENHAIN的封闭式直线光栅尺能有效防尘、防切屑和防飞溅的切削液，是用于**机床**的理想选择。

- 精度可达 $\pm 2 \mu\text{m}$
- 测量步距可达 $0.005 \mu\text{m}$
- 测量长度可达30 m
- 安装简单、快捷
- 安装公差大
- 能承受较高加速度
- 抗污染能力强



敞开式直线光栅尺

HEIDENHAIN的敞开式直线光栅尺与扫描头和光栅尺或钢带尺间没有机械接触。这些光栅尺的典型应用包括**测量机**、**比较仪**和其它长度计量**精密设备**以及**生产和测量设备**，例如用在半导体工业中。

- 精度可达 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 或更高
- 测量步距可达 $0.001 \mu\text{m}$ (1 nm)
- 测量长度可达30 m
- 扫描头和光栅尺间无磨擦
- 尺寸紧凑、重量轻
- 移动速度高



4 光栅

六、光栅尺的优缺点

优点

- 精度高（可用倍频电路提高精度）
- 构造简单，成本较低
- 既适合位移也适合测速

缺点

- 开机后先要寻零
- 丢失或窜入脉冲时将会产生累计误差
- 需要计数器、速度受到一定限制
- 对使用环境要求苛刻，避免震动油污



目录

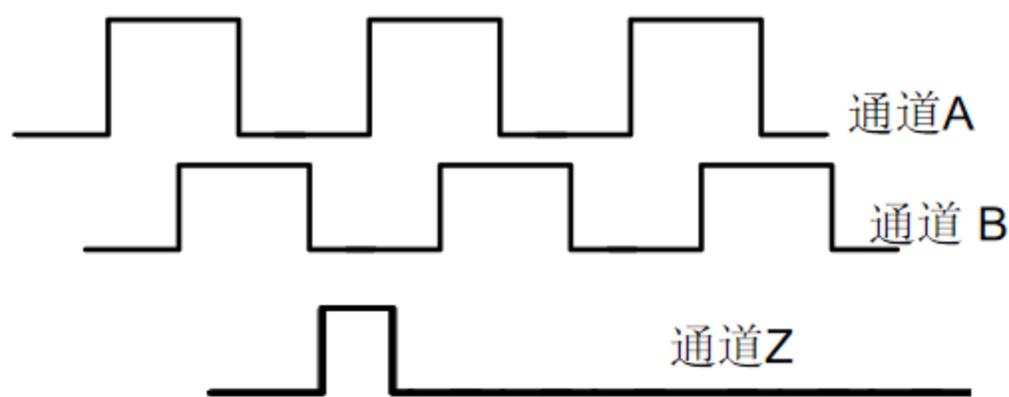
1. 位置编码器概述
2. 增量式光电编码器
3. 绝对式光电编码器
4. 光栅
5. 转速测量



5 转速测量

在速度伺服系统中，系统的输出端必须有检测角速度的装置。在位置伺服系统中，也常需要借助角速度检测装置获得速度信号。

以光电增量码盘为代表的角位移传感器的输出信号是方波脉冲信号，**脉冲的个数与角位移成正比**。利用这些脉冲串所携带的时间信息就可以获取数字化的速度数据。数字测速的技术要求体现为分辨率、精度和检测时间三个指标。



5 转速测量

由此类脉冲信号求速度有下述三种方法。（[教材10.3章节内容](#)）

- 一、M法测速
- 二、T法测速
- 三、M/T法测速

设传感器每转产生的脉冲数为 P ，在时间 T (s)内测得的脉冲数为 m ，则转速 n 为

$$n = 60 \frac{m}{PT} \text{ (r / min)}$$

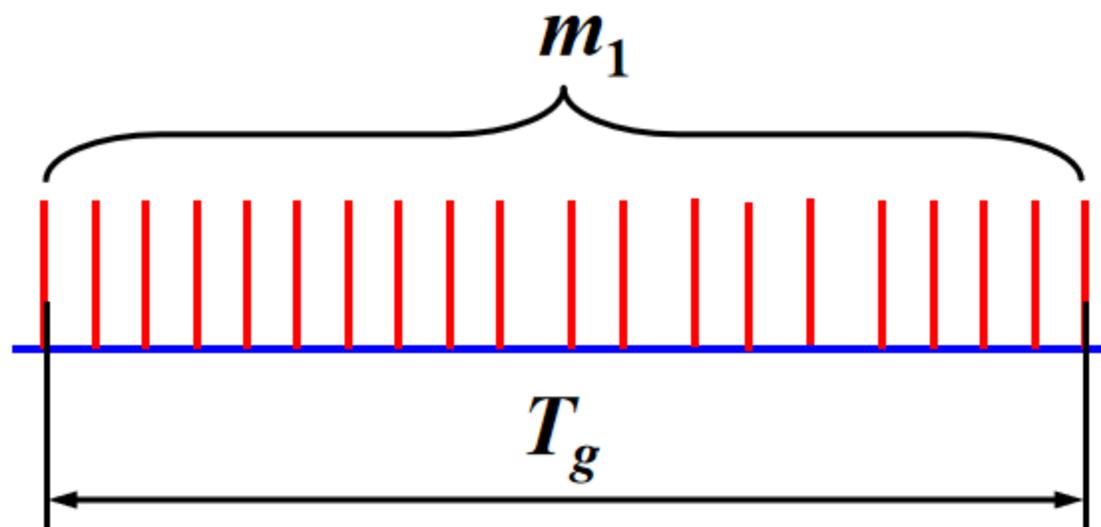


5 转速测量

一、M法测速

由规定的检测时间内传感器的脉冲数 P 计算速度。

设传感器每转产生的脉冲数为 P ，在检测时间段 T_g 内测得的脉冲数为 m_1 ，则转速 n 为



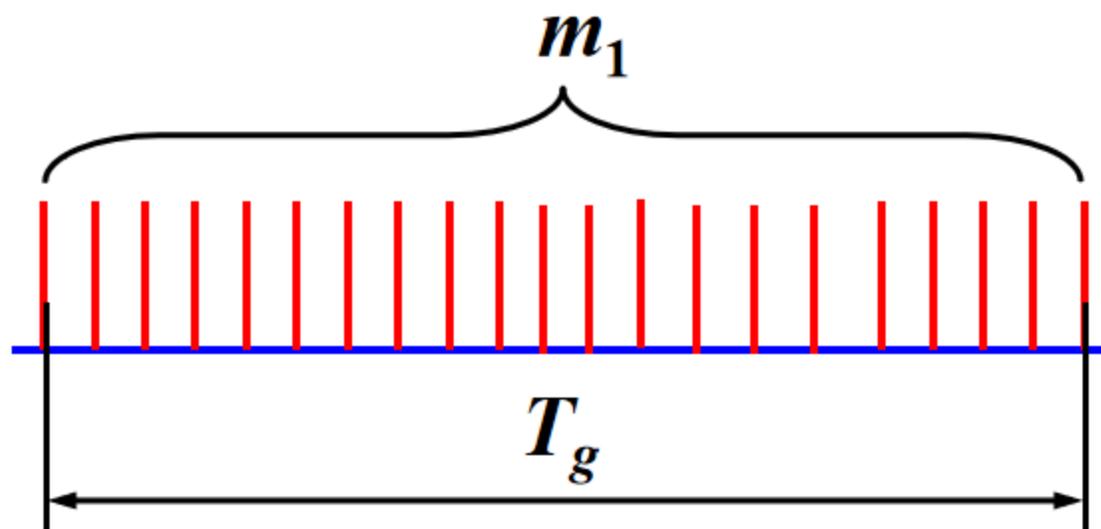
$$n = 60 \frac{m_1}{PT_g} \text{ (r / min)}$$



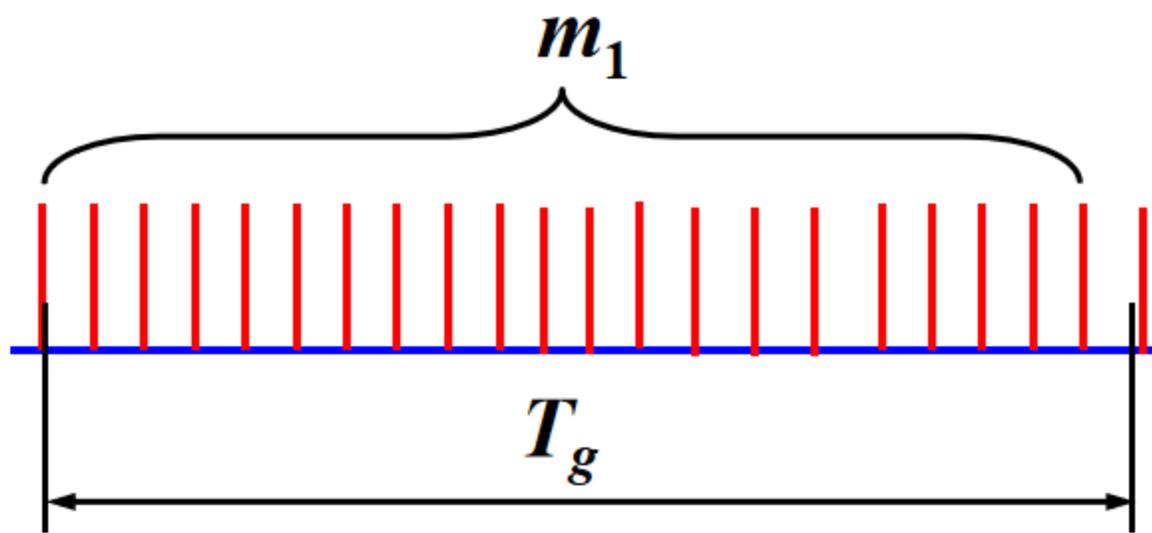
5 转速测量

一、M法测速

理想状态



不理想状态



5 转速测量

一、M法测速 当脉冲数增加1时，转速的变化就是M法的分辨率，记为 Q (r/min) ，

$$Q = \frac{60(m_1 + 1)}{PT_g} - \frac{60m_1}{PT_g} = \frac{60}{PT_g}$$

如何提高分辨率？

增大 P 和 T_g 可提高分辨率，但会带来什么问题？

若以分辨率 Q 作为转速测量值的误差 Δn ，则误差 Δn 与转速 n 无关，但相对误差 $\Delta n/n$ 与转速成反比(转速越高，相同时间测得脉冲数 m_1 数量越多)。高速时相对误差小。

这种方法适合于什么场合应用？



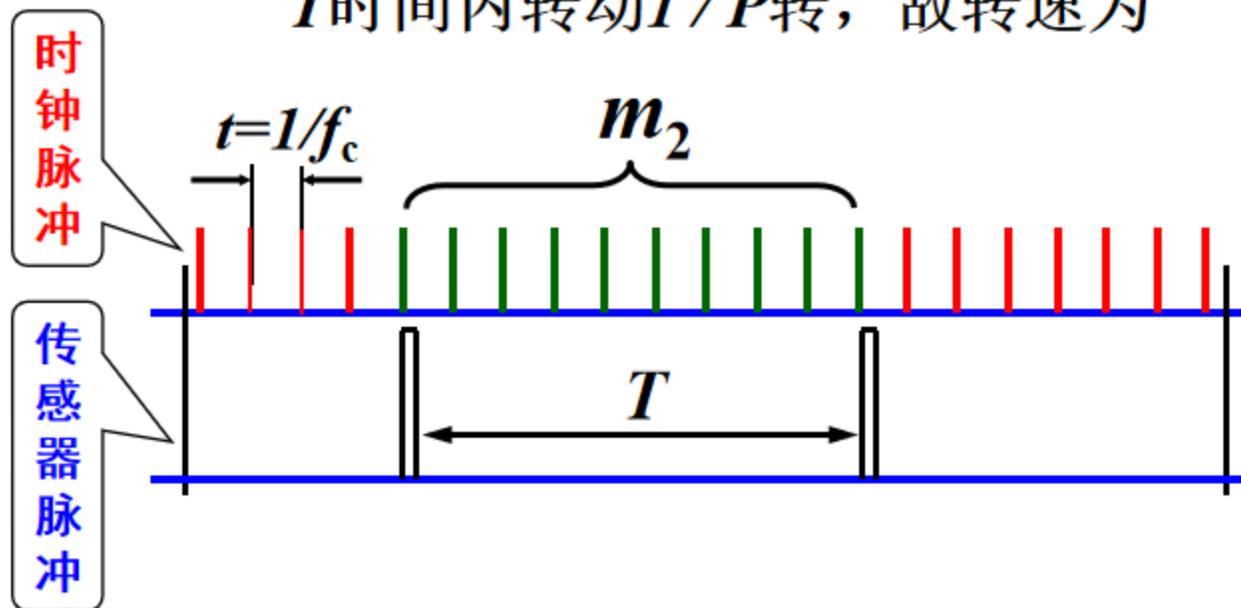
5 转速测量

二、T 法测速

由传感器两个脉冲相隔的时间 T 来确定转速。

用频率为 f_c 的时钟脉冲向计数器发送脉冲。用传感器两个相邻脉冲控制计数的起始和终止。

设计数器在 T 时间内读到的时钟脉冲个数是 m_2 ，则 $T=m_2/f_c$ ， T 时间内转动 $1/P$ 转，故转速为



$$n = 60 \frac{m}{PT} \text{ (r / min)}$$

$$n = 60 \frac{f_c}{m_2 P} \text{ r / min}$$



5 转速测量

二、T 法测速

当时钟脉冲的计数 m_2 改变1时，对应转速的变化就是分辨率 Q (r/min)，有

$$n = 60 \frac{f_c}{m_2 P} \text{ r/min}$$

$$Q = \frac{60f_c}{m_2 P} - \frac{60f_c}{(m_2 + 1)P} = \frac{60f_c}{m_2(m_2 + 1)P} = \frac{n^2 P}{60f_c + nP}$$

n 越小， Q 越小，转速越低，分辨率越高。

T法在低速时有较高的分辨率和精度。

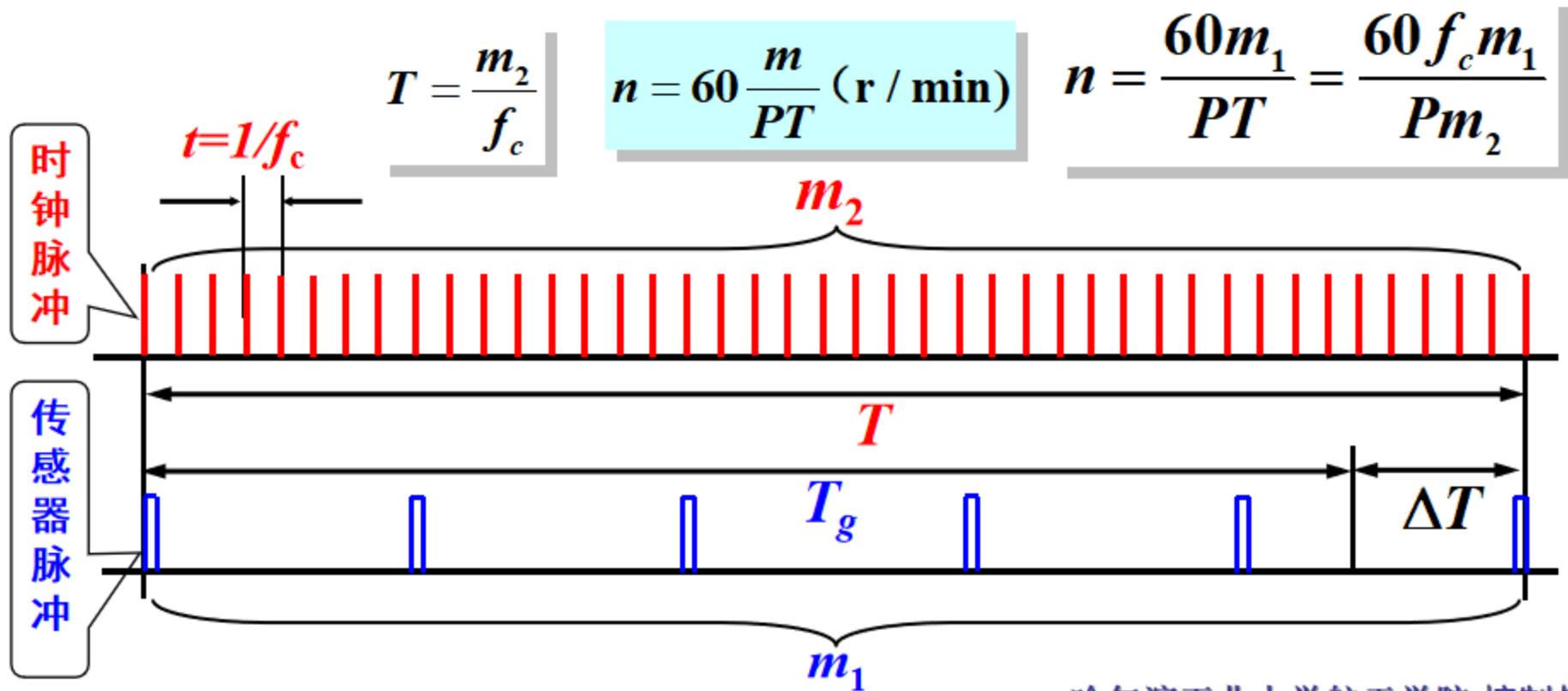
如何兼顾这两种方法的优点？



5 转速测量

三、M/T 法测速

T_g 为规定的检测时间。 T_g 之后传感器的第1个脉冲终止时钟脉冲计数。**实际检测时间** T 由时钟脉冲数 m_2 确定。 m_1 为检测时间 T 内传感器脉冲个数，没有误差。

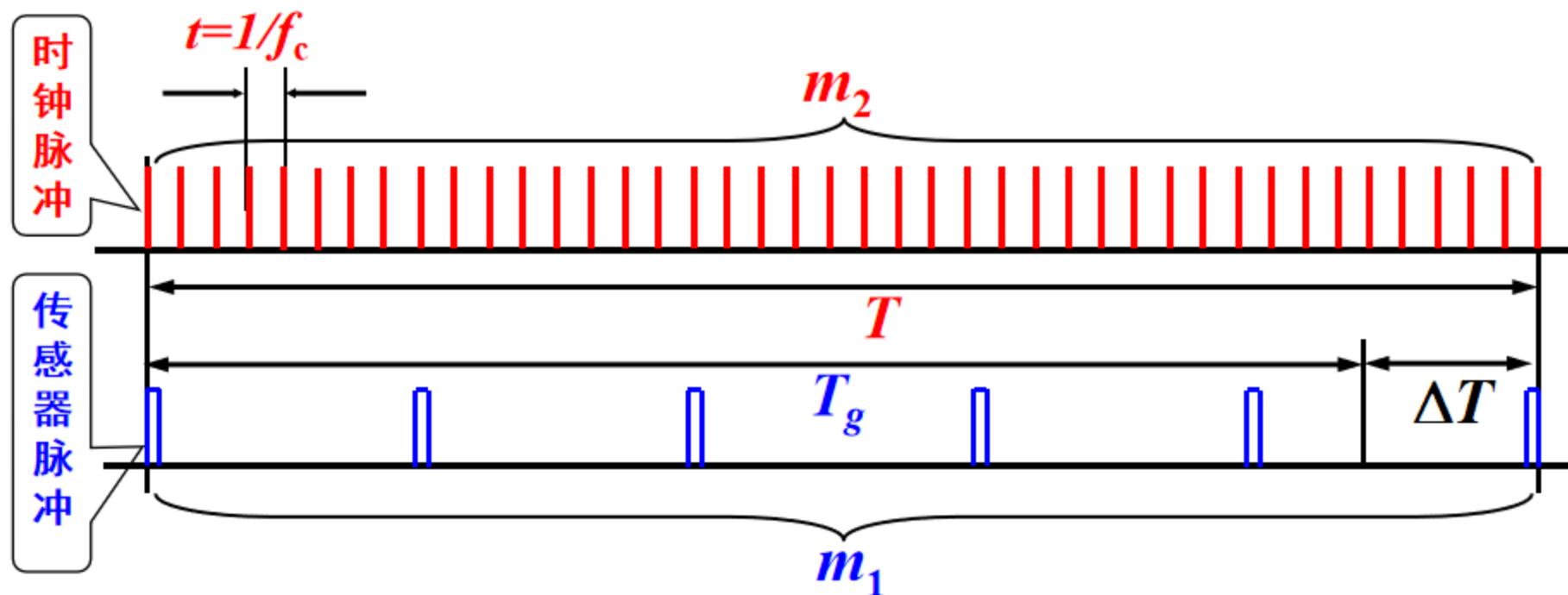


5 转速测量

三、M/T 法测速

m_1 无误差, m_2 误差为1, 分辨率 Q 为

$$Q = \frac{60 f_c m_1}{P} \left(\frac{1}{m_2 - 1} - \frac{1}{m_2} \right) = \frac{60 f_c m_1}{P m_2 (m_2 - 1)} = \frac{n}{m_2 - 1}$$



5 转速测量

三、M/T 法测速

$$Q = \frac{60 f_c m_1}{P} \left(\frac{1}{m_2 - 1} - \frac{1}{m_2} \right) = \frac{60 f_c m_1}{P m_2 (m_2 - 1)} = \frac{n}{m_2 - 1}$$

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{Q}{n} = \frac{1}{m_2 - 1}$$

若以分辨率 Q 作为转速测量值的误差 Δn ，则误差 Δn 与转速 n 有关，但相对误差 $\Delta n/n$ 与转速无关，速度越低，误差越小。



5 转速测量

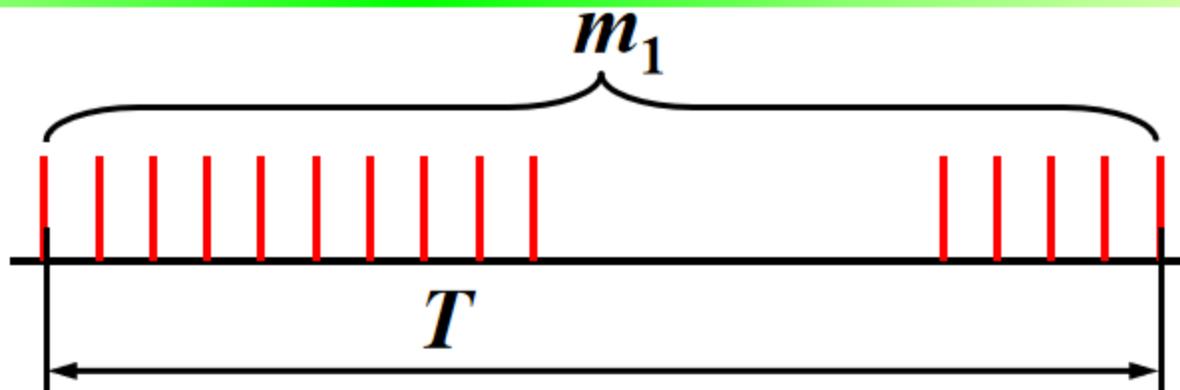
三、M/T 法测速

M/T方法通过设定测量速度的最小时间，保证了高速时的相对速率精度，通过限定低速时传感器的脉冲个数（至少1个），保证了低速的速率精度，它综合M法和T法的优点，应用更为广泛。



5 转速测量

三、M/T 法测速 例题



有一增量式光电编码器，其参数为1024p/r，在0.5s时间内测得65536个脉冲，求转速 $n(\text{r}/\text{min})$

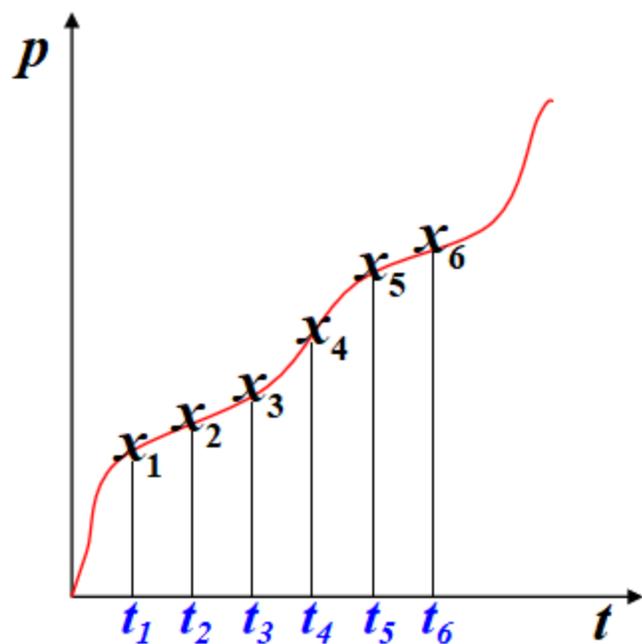
$$\begin{aligned} n &= 60 \times 65536 / (1024 \times 0.5) \text{ r}/\text{min} \\ &= 7680 \text{ r}/\text{min} \end{aligned}$$



5 转速测量

对于数字式位置传感器，如何计算速度？

可采用两点或多点差分的方法进行速度计算，假设位置传感器的分辨率为 a ，控制系统采样时间为 T



两点差分
$$v_2 = \frac{x_n - x_{n-1}}{T}$$

多点差分
$$v_k = \frac{x_n - x_{n-k+1}}{(k-1)T}$$

分辨率为
$$Q = \frac{a}{(k-1)T}$$



5 转速测量

采用电磁感应原理，在被测轴端安装一个软磁性铁质齿轮，齿轮与被测物体同轴旋转，在齿轮的外圆周安装探头，见图1。探头由一个圆柱形永磁体铁芯与线圈组成，线圈绕在铁芯上，当齿轮的齿对着探头时，铁芯的磁通变大，当齿轮的齿槽对着探头时，铁芯的磁通变小。

当齿轮旋转时，铁芯的磁通周期变化，在探头磁通增大时线圈输出正脉冲，在探头磁通减小时线圈输出负脉冲，经整形放大器输出方波脉冲信号，见图1。

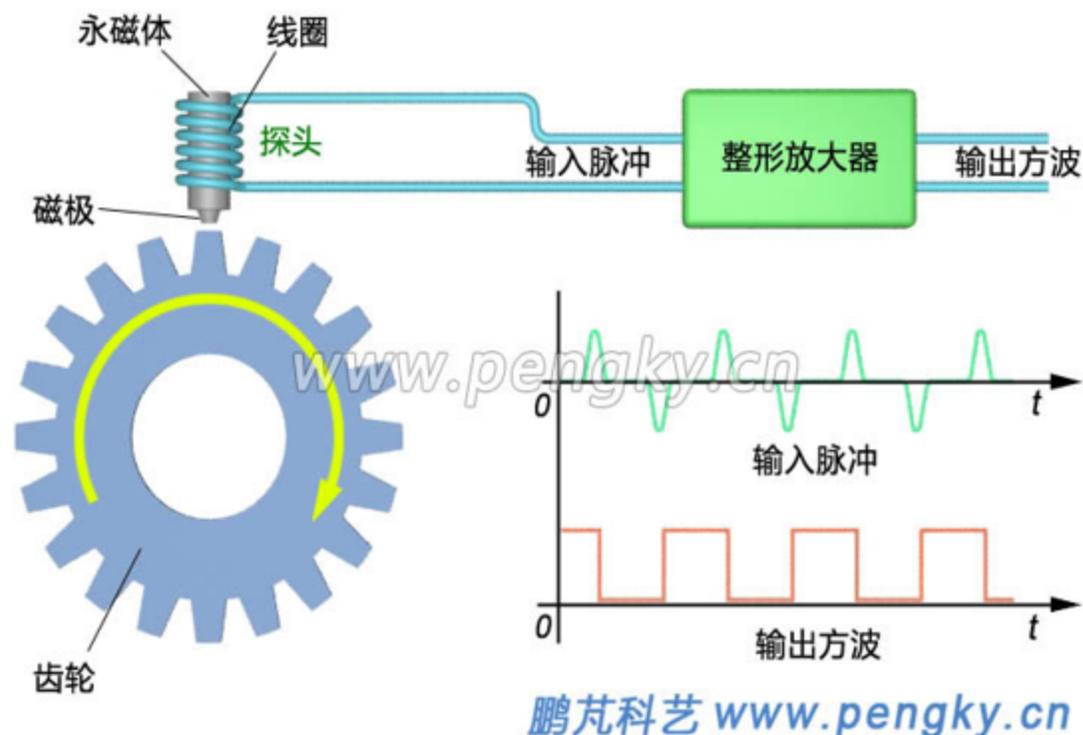


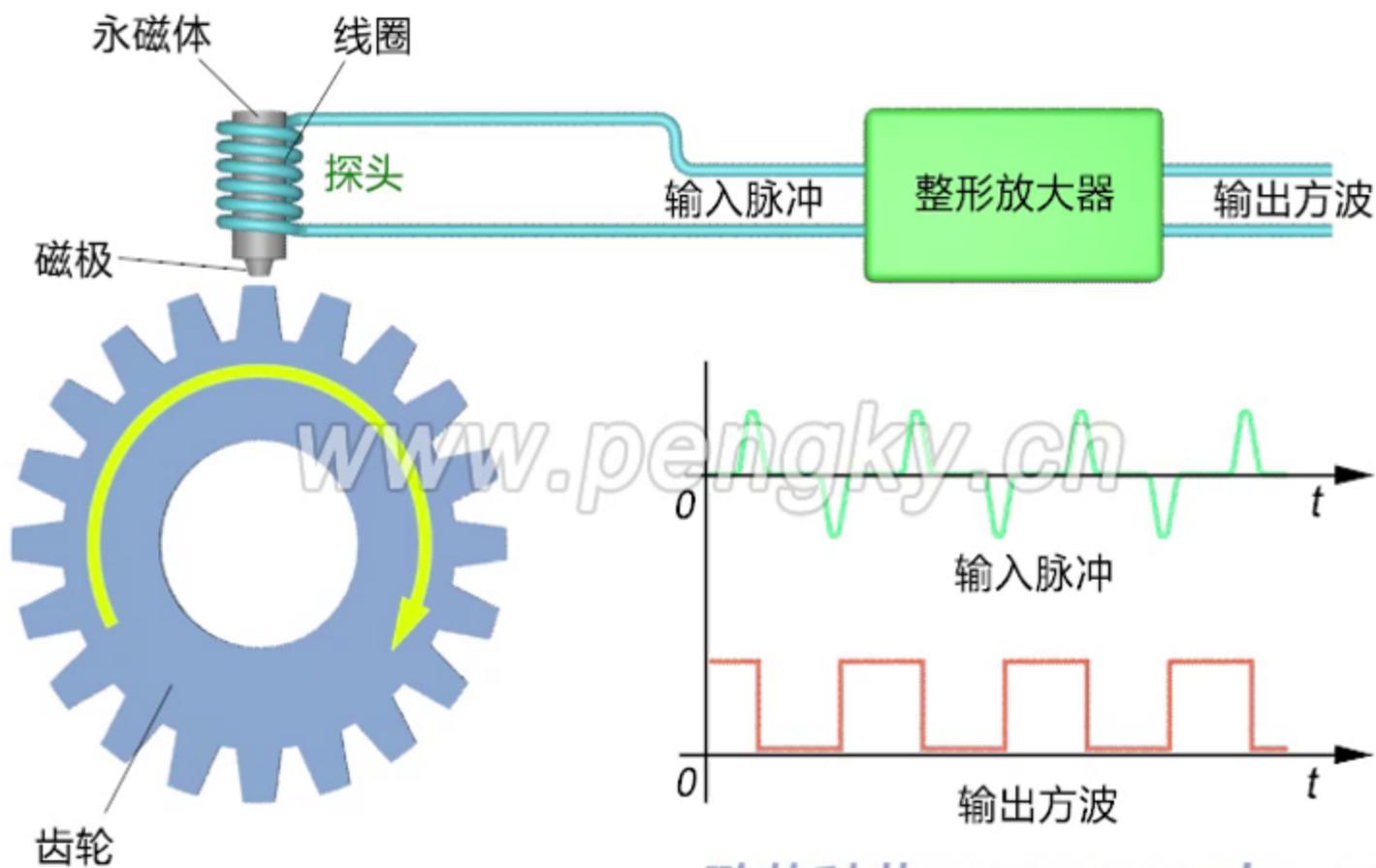
图1--电磁感应转速传感器原理

5 转速测量

若转轴上开 z 个槽(或齿), 频率计的读数为 f (单位为Hz), 则转轴的转速 n (单位为r/min) 的计算公式为

$$n = 60 \frac{f}{z}$$

探头每转过一个齿就输出一个方波脉冲, 脉冲频率与齿轮转速成正比。图中齿轮为20齿, 若转速为每秒80转, 输出脉冲频率为1600Hz, 这就是测量转速的原理



鹏芃科艺 www.pengky.cn



5 转速测量

为了测出旋转方向，还要增加一个探头，两个探头相对齿的位置相差 $1/4$ 个齿距，两个探头产生的脉冲就会相差 $1/4$ 个周期。当齿轮正向旋转时脉冲1比脉冲2落后 $1/4$ 周期。

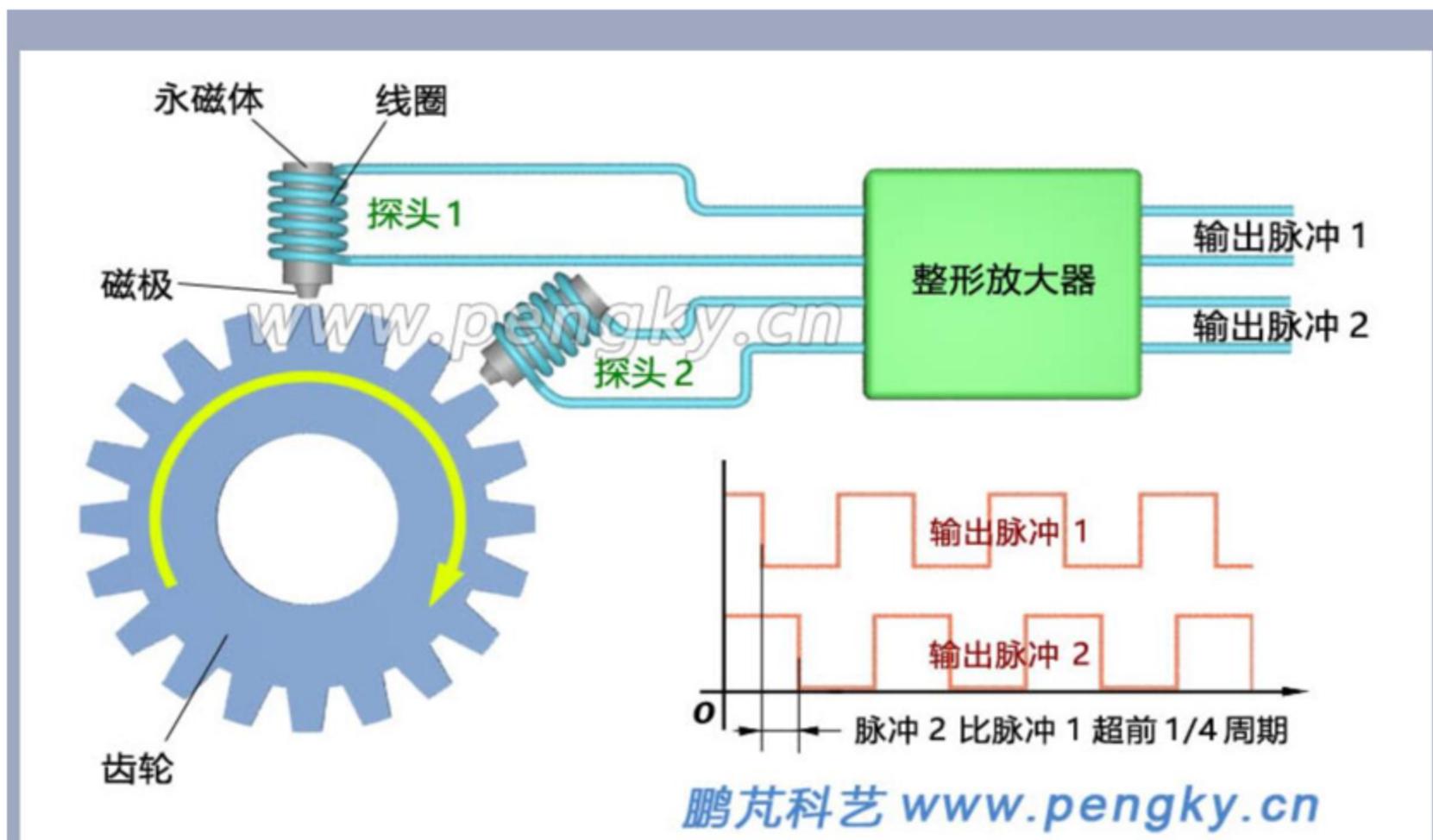


图2--电磁感应转速传感器 (正向旋转)

5 转速测量

为了测出旋转方向，还要增加一个探头，两个探头相对齿的位置相差 $1/4$ 个齿距，两个探头产生的脉冲就会相差 $1/4$ 个周期。当齿轮正向旋转时脉冲1比脉冲2落后 $1/4$ 周期。

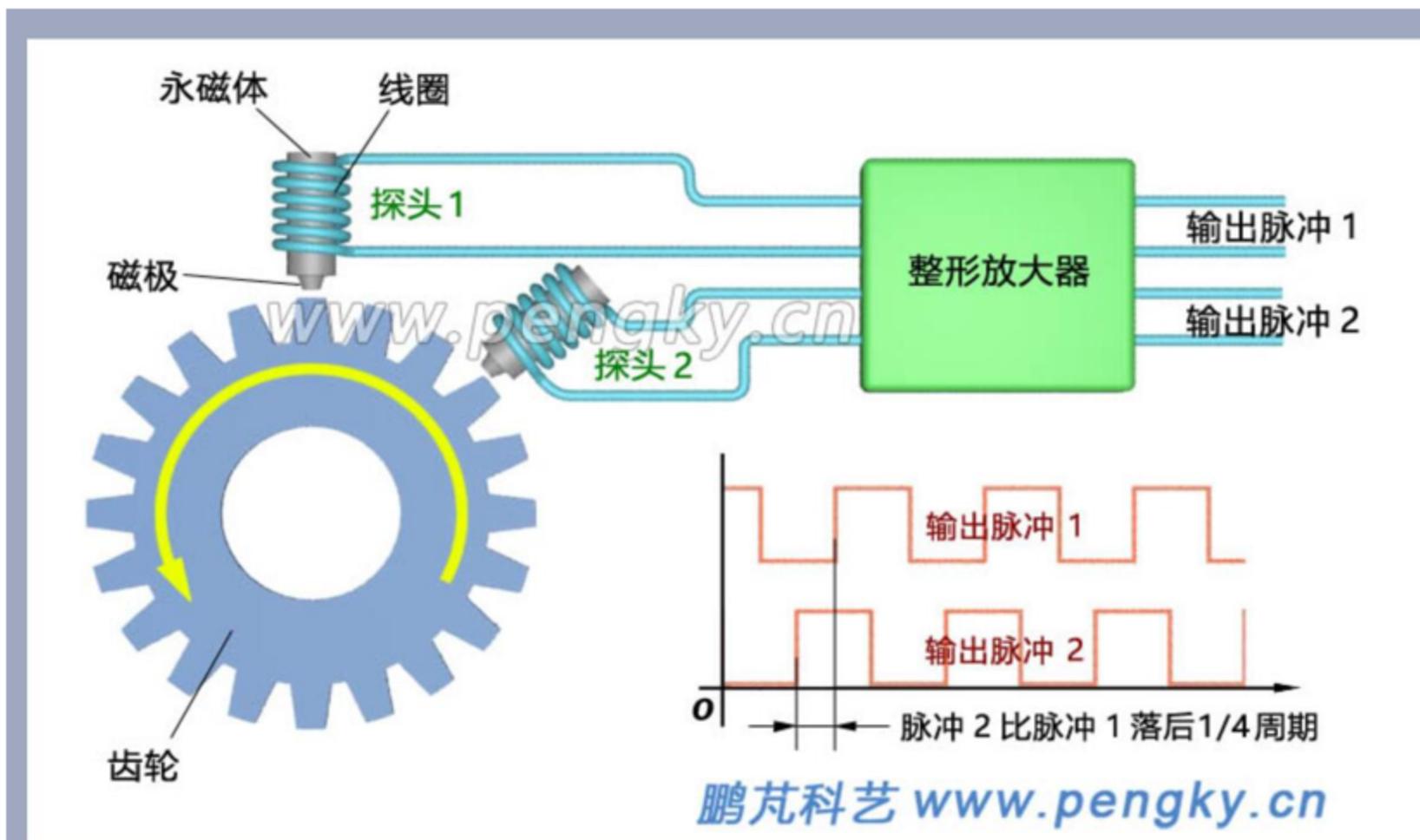
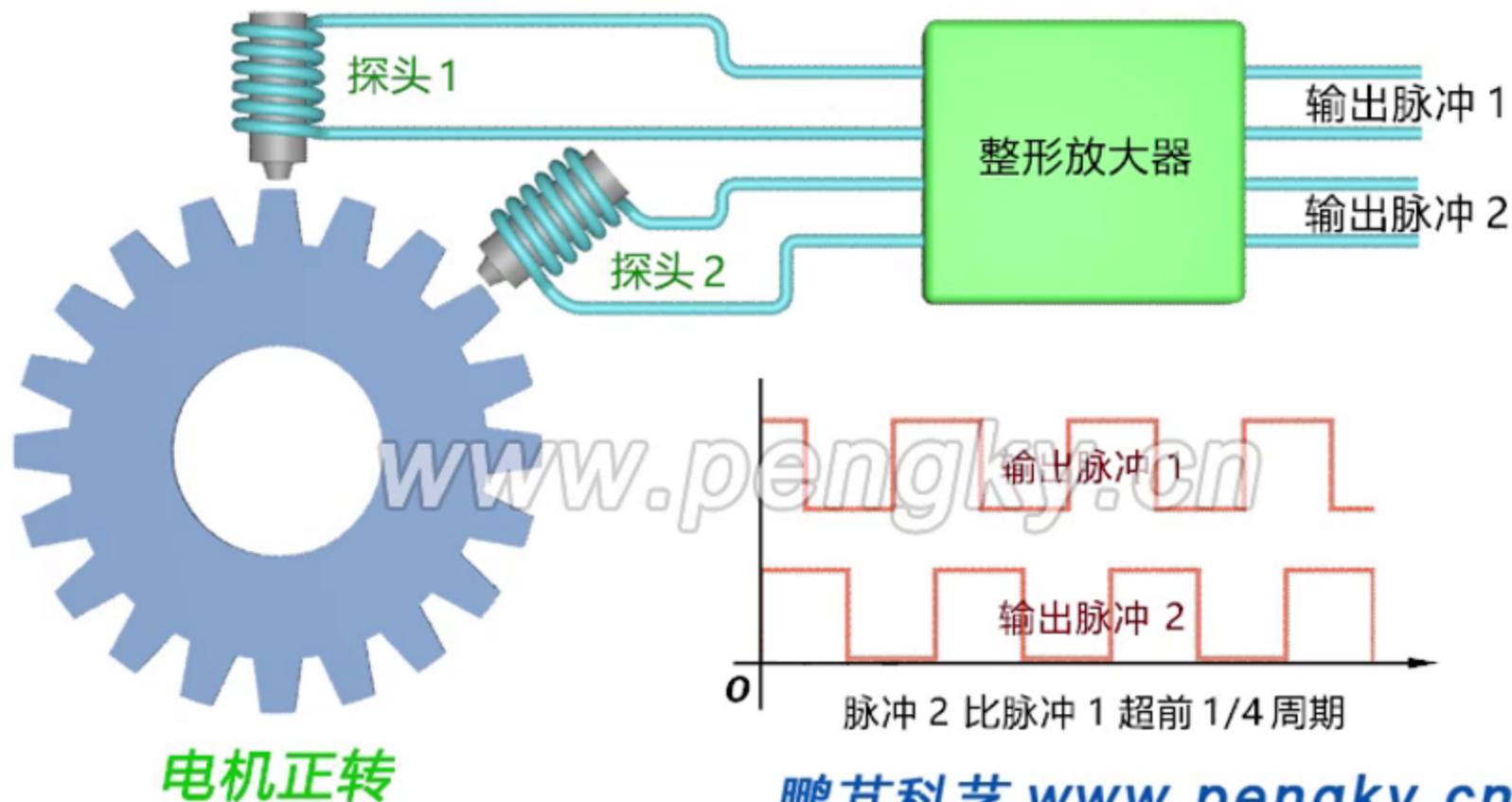


图3--电磁感应转速传感器 (反向旋转)

5 转速测量

为了测出旋转方向，还要增加一个探头，两个探头相对齿的位置相差 $1/4$ 个齿距，两个探头产生的脉冲就会相差 $1/4$ 个周期。当齿轮正向旋转时脉冲1比脉冲2落后 $1/4$ 周期。



鹏芃科艺 www.pengky.cn



光电位置传感器自测题

填空题:

- 1) 有一直线光栅, 每毫米刻线数目为**50**, 主光栅和指示光栅的夹角为**1.8度**, 莫尔条纹能够将栅距放大31.8倍, 放大后的莫尔条纹宽度为0.636毫米, 分辨率为0.02毫米。
- 2) 一个512线的增量式光电编码器, 采用4细分的倍频方式, 测量分辨率为0.176度。一个12位的绝对式光电编码器, 测量分辨率为0.088度。



光电位置传感器自测题

多选题:

1) 关于莫尔条纹说法正确的是 BCD。

A. 主光栅与指示光栅夹角增大时，莫尔条纹间距增大

B. 莫尔条纹起到了光学放大作用，提高了光栅灵敏度

C. 把指示光栅平面平行地放在标尺光栅平面上面，并使它们的刻线倾斜一个很小的角度，这时在指示光栅上就会出现较宽的明暗相间的条纹，称为莫尔条纹

D. 当光栅移动一个栅距时，莫尔条纹移动一个莫尔条纹间距



光电位置传感器自测题

简答题：

1) 1024线A\B\Z输出形式的增量码盘，输出四倍频后的测角分辨率是多少？其测角分辨率和多少位的绝对式码盘相当？使用增量码盘如何获得绝对位置信息？如何获得旋转方向信息？

答：1024线四倍频后分辨率= $360\text{度}/(1024*4)=0.088\text{度}$

1024线四倍频后一圈的信号脉冲个数为 $1024*4$ ，其分辨率与12位绝对式码盘相当

增量码盘在开机后，需要一个寻零过程，即检测Z信号后建立基准（零位），相对于这个零位信号的位置获得绝对位置。

旋转方向通过比较A，B信号的相位获得。



致 谢

本文档所引用的许多素材，来源于互联网上国内外的课件、科技论文、文章、网页等。本文引用只是为了给学生提供更好的教学素材，非商业目的。对这些所引用素材的原创者，在此表示深深的谢意。

