



《传感器技术》

主讲人：李刚



13

数字式位移传感器 原理与应用

介绍几种常用数字式位置传感器的结构、原理，如角编码器、M法测速、光栅传感器、莫尔条纹、磁栅传感器、容栅传感器等，并讨论他们在直线位移和角位移精密测量以及机床位置控制中的应用。



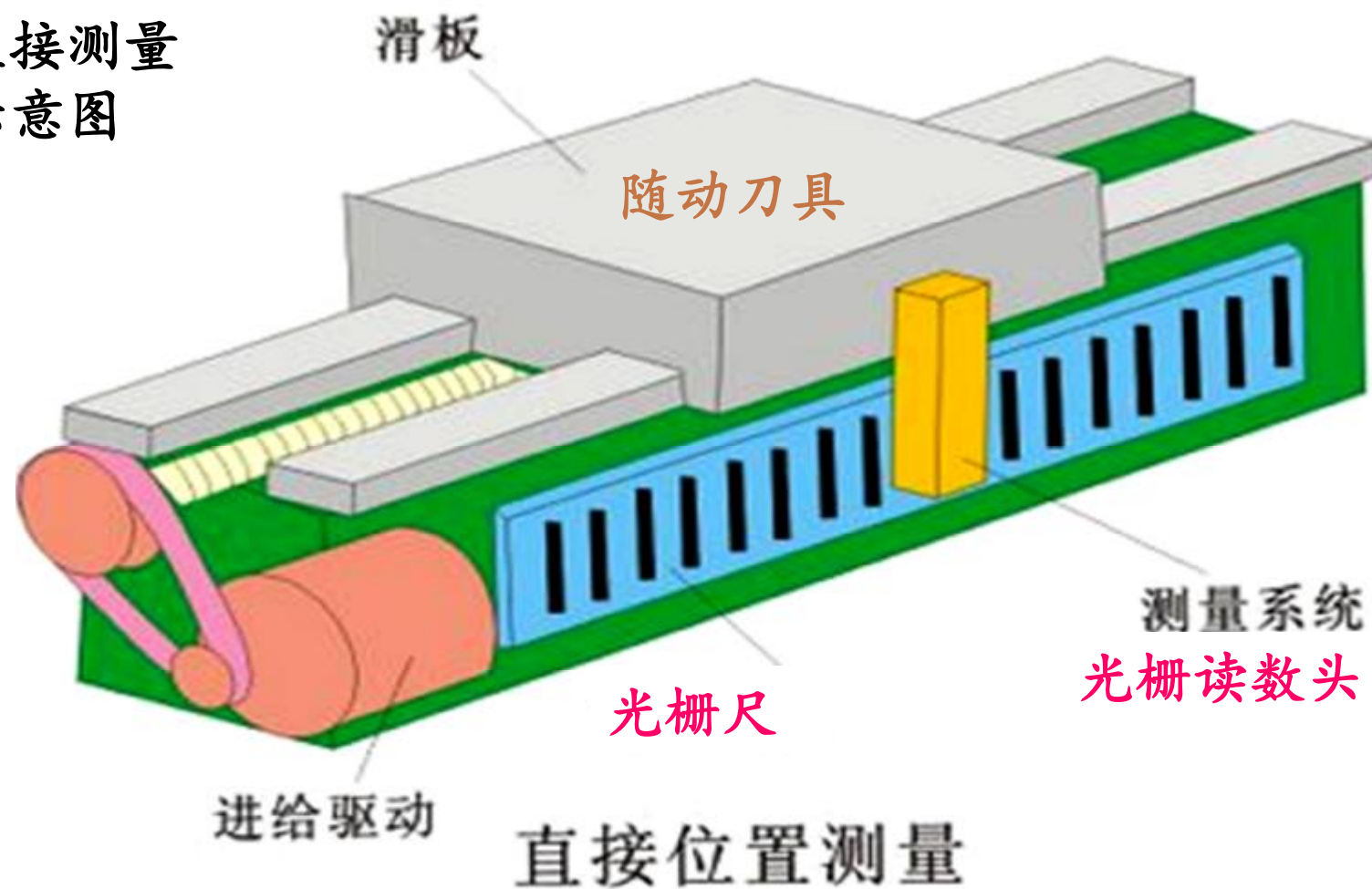
13.1 位置测量方式



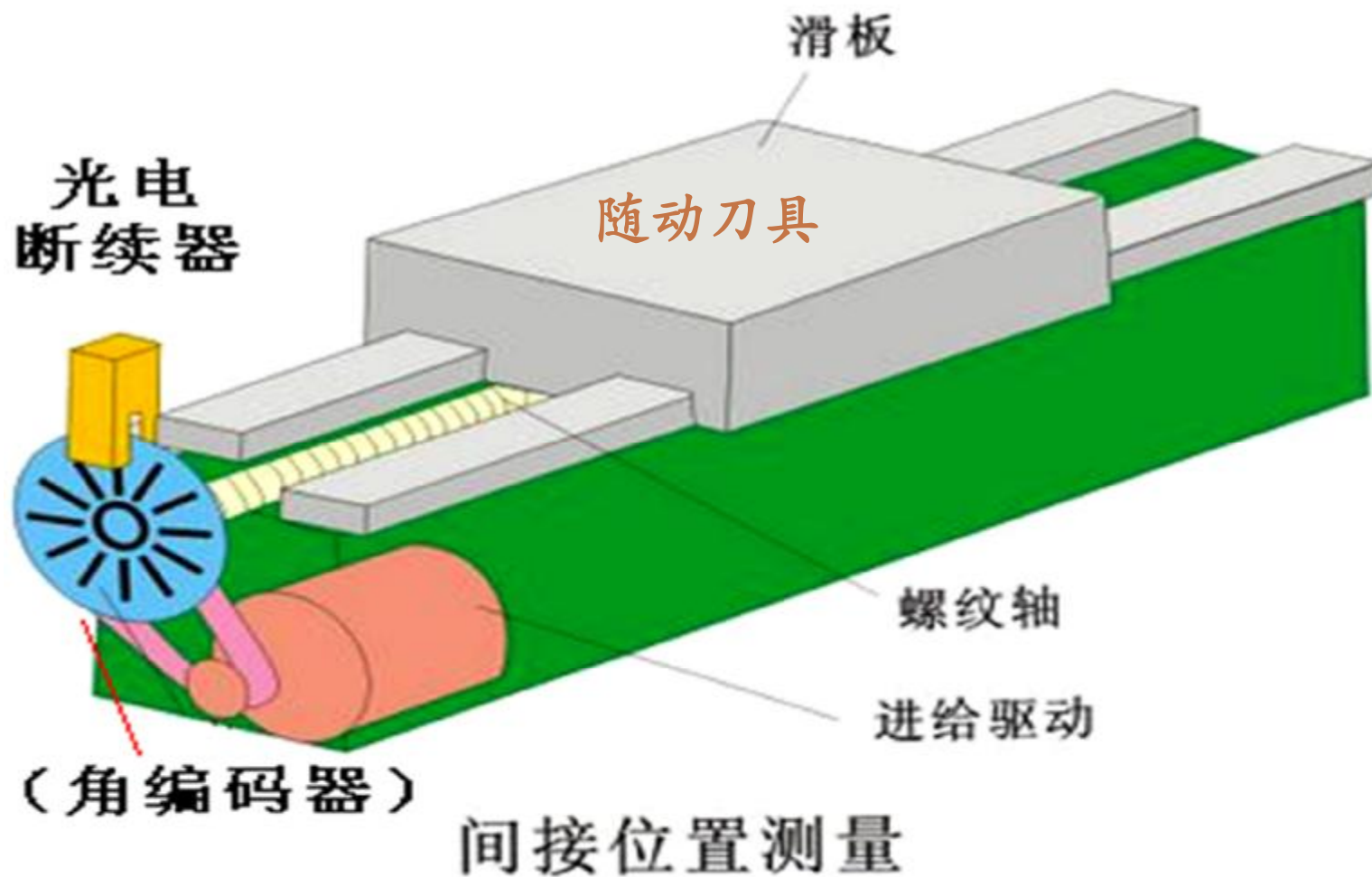
一、直接测量和间接测量

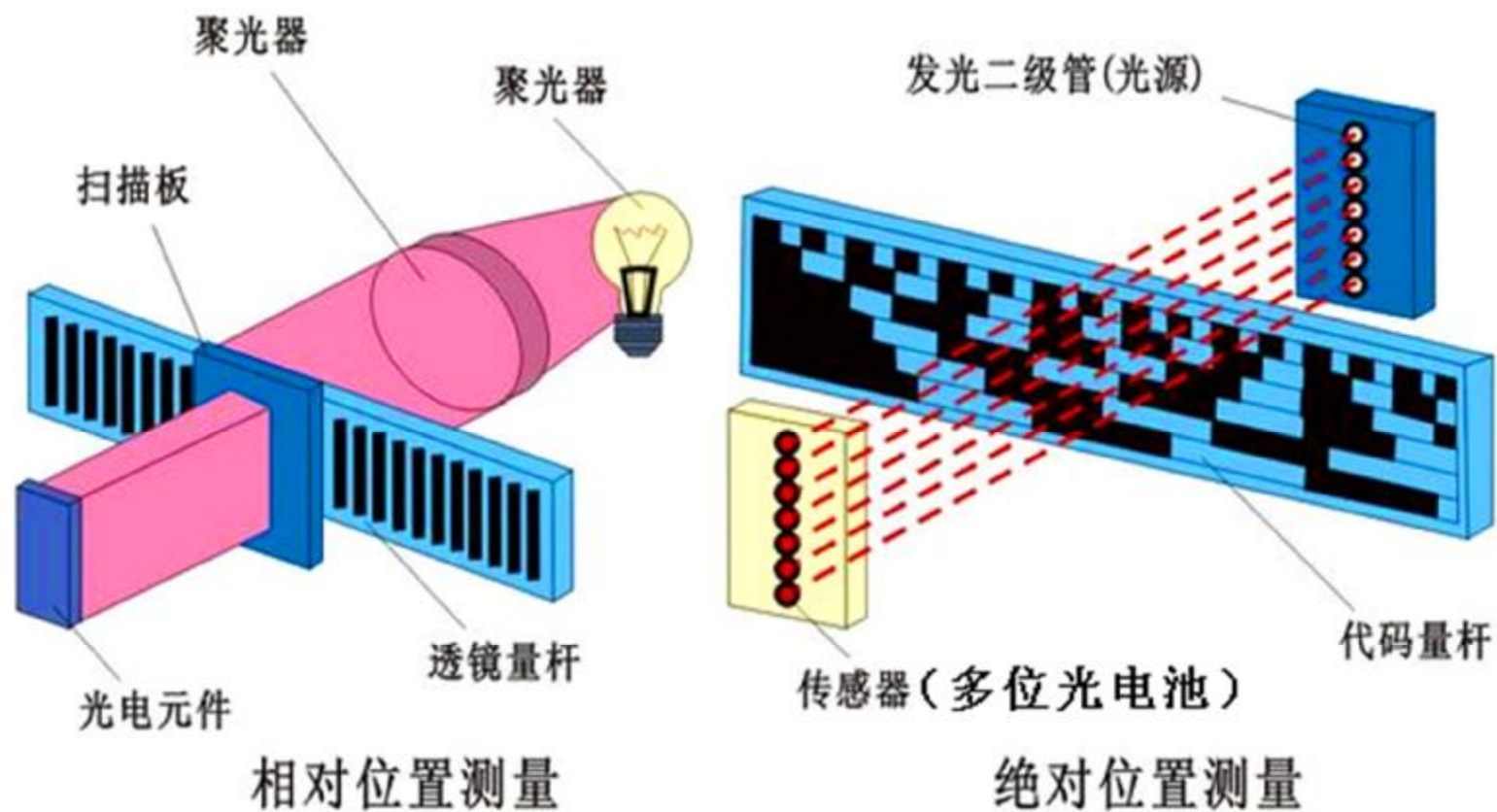
位置传感器有直线式和旋转式两大类。若位置传感器所测量的对象就是被测量本身，即用直线式传感器测直线位移，用旋转式传感器测角位移，则该测量方式为直接测量。例如直接用于直线位移测量的直线光栅和长磁栅等；直接用于角度测量的角编码器、圆光栅、圆磁栅等。

若旋转式位置传感器测量的回转运动只是中间值，再由它推算出与之关联的移动部件的直线位移，则该测量方式为间接测量。

直接测量
示意图

间接测量 示意图

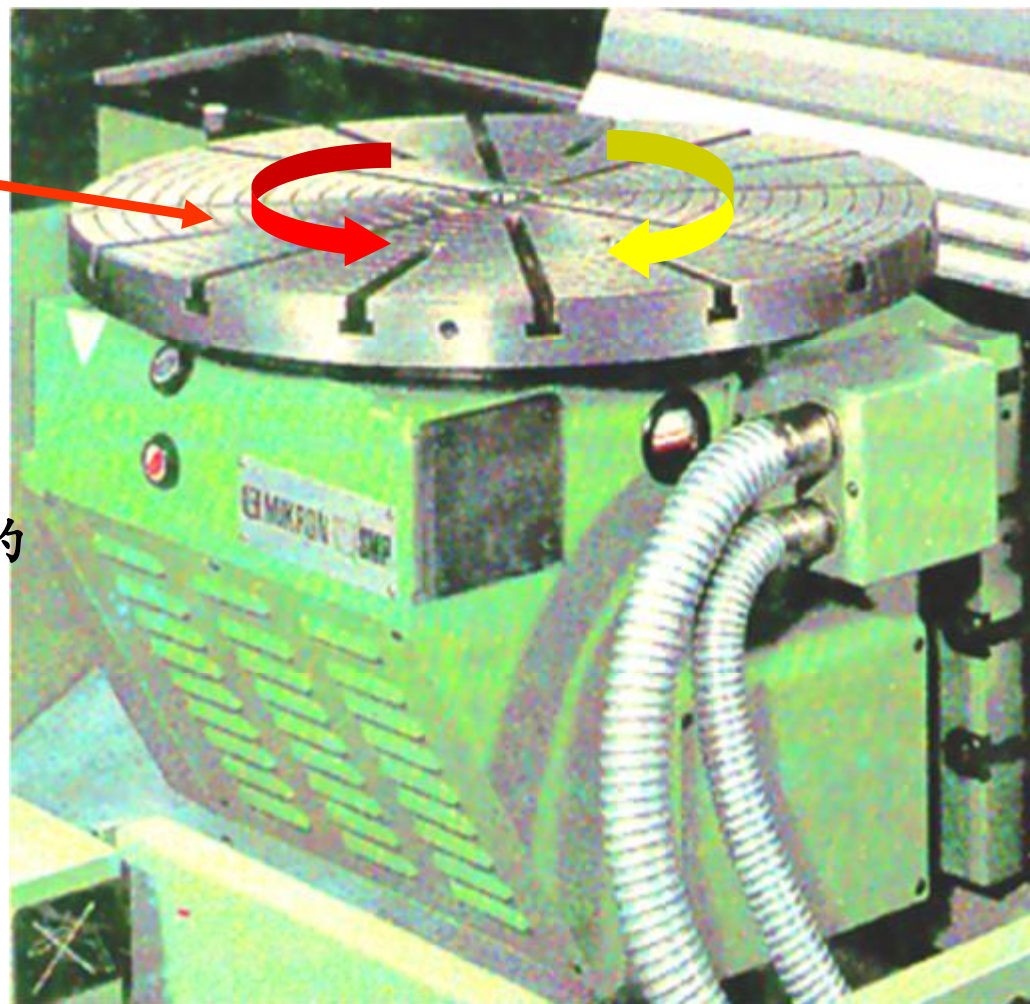




1. 直接测量

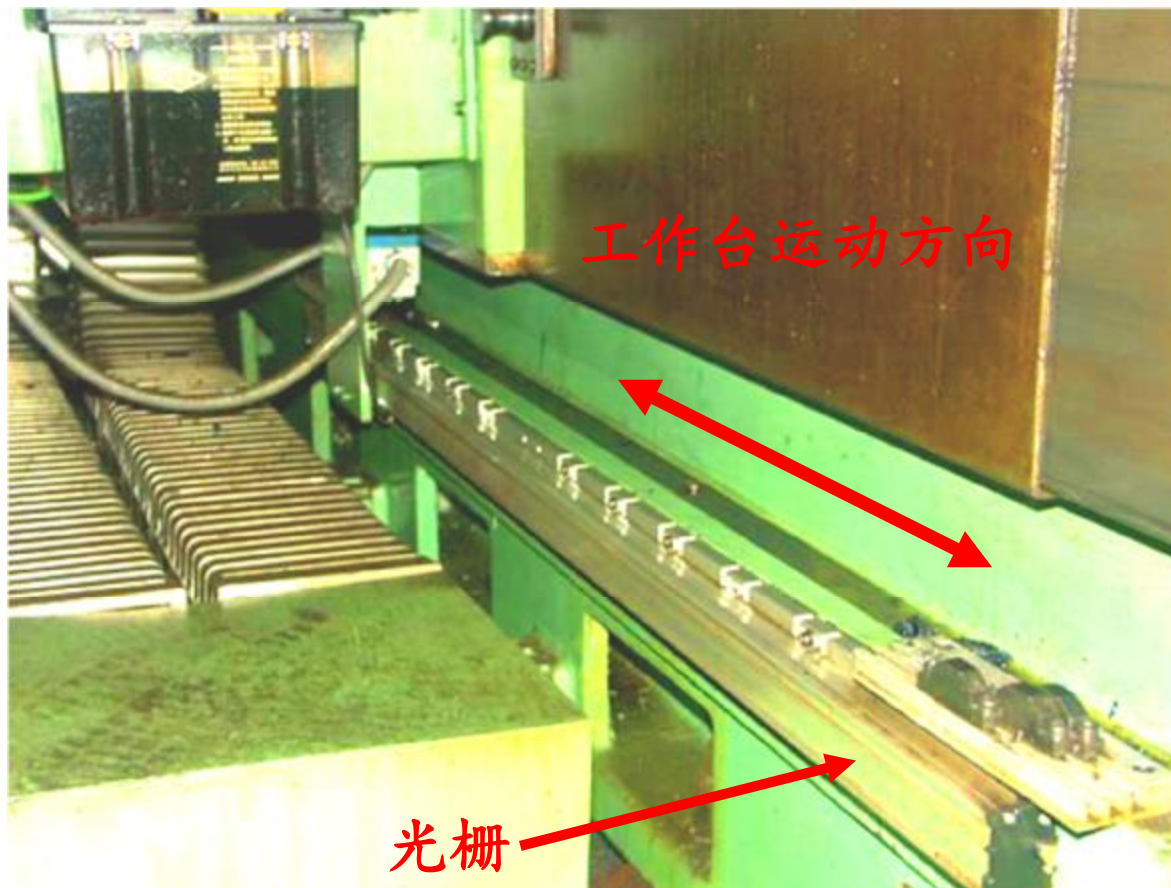
回转工作台旋转
运动 θ

利用角位移传感
器直接测量工作台的
角位移



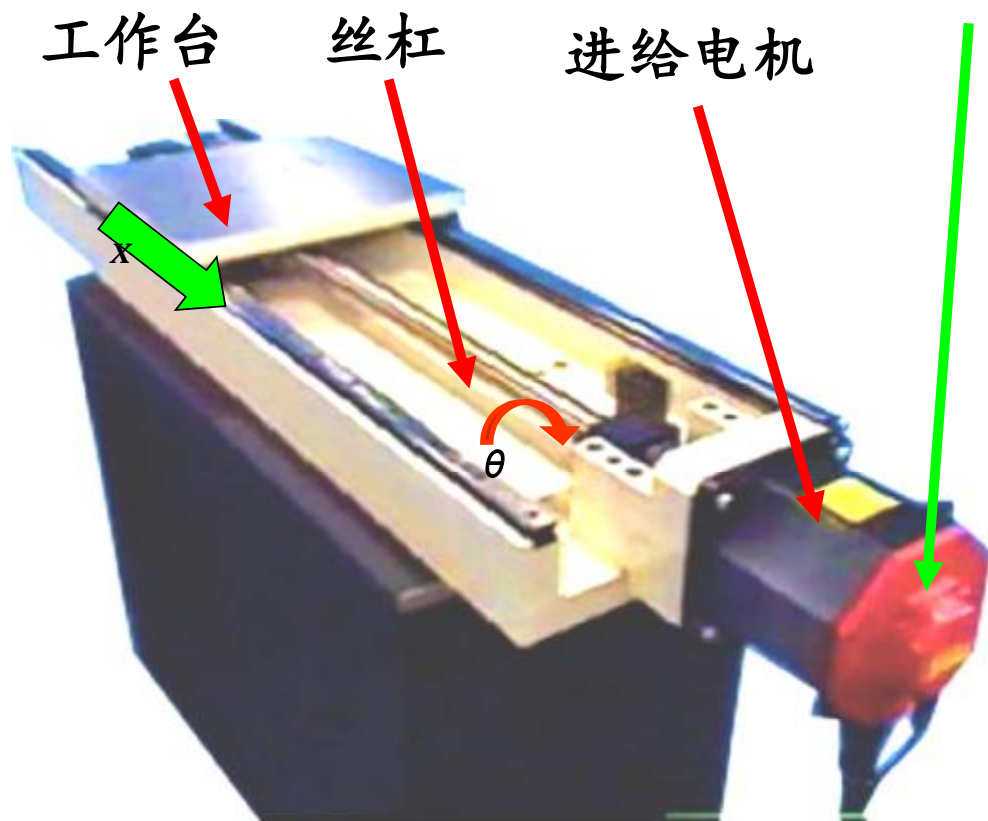
直接利用数字式直线位移传感器测量直线机床的位移量

直接测量没有
转换误差



2. 间接测量

编码器



在间接测量中，多使用旋转式位置传感器。测量到的回转运动参数仅仅是中间值，但可由这中间值再推算出与之关联的移动部件的直线位移。间接测量须使用丝杠-螺母副、齿轮-齿条副等传动机构。



例：设齿轮的分度圆直径为200mm，齿数 $z=100$ ，

传感器测得齿轮转过了 $\theta=180^\circ$ 度。求：

- 1) 所转过的齿数 N ;
- 2) 齿条的齿距 t ;
- 3) 齿条所移动的距离 x 。

解： 1) 所转过的齿数

$$N = (z \div 360^\circ) \times \theta$$

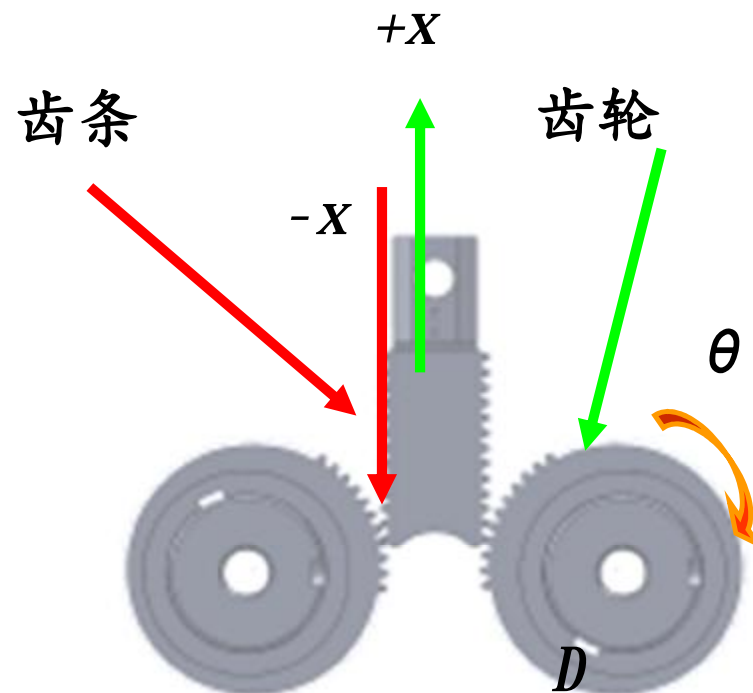
$$= (100 / 360^\circ) \times 180^\circ = 50$$

2) 齿条的齿距

$$t = \pi D / z = 6.28 \text{mm};$$

3) 齿条所移动的距离 $x = N t =$

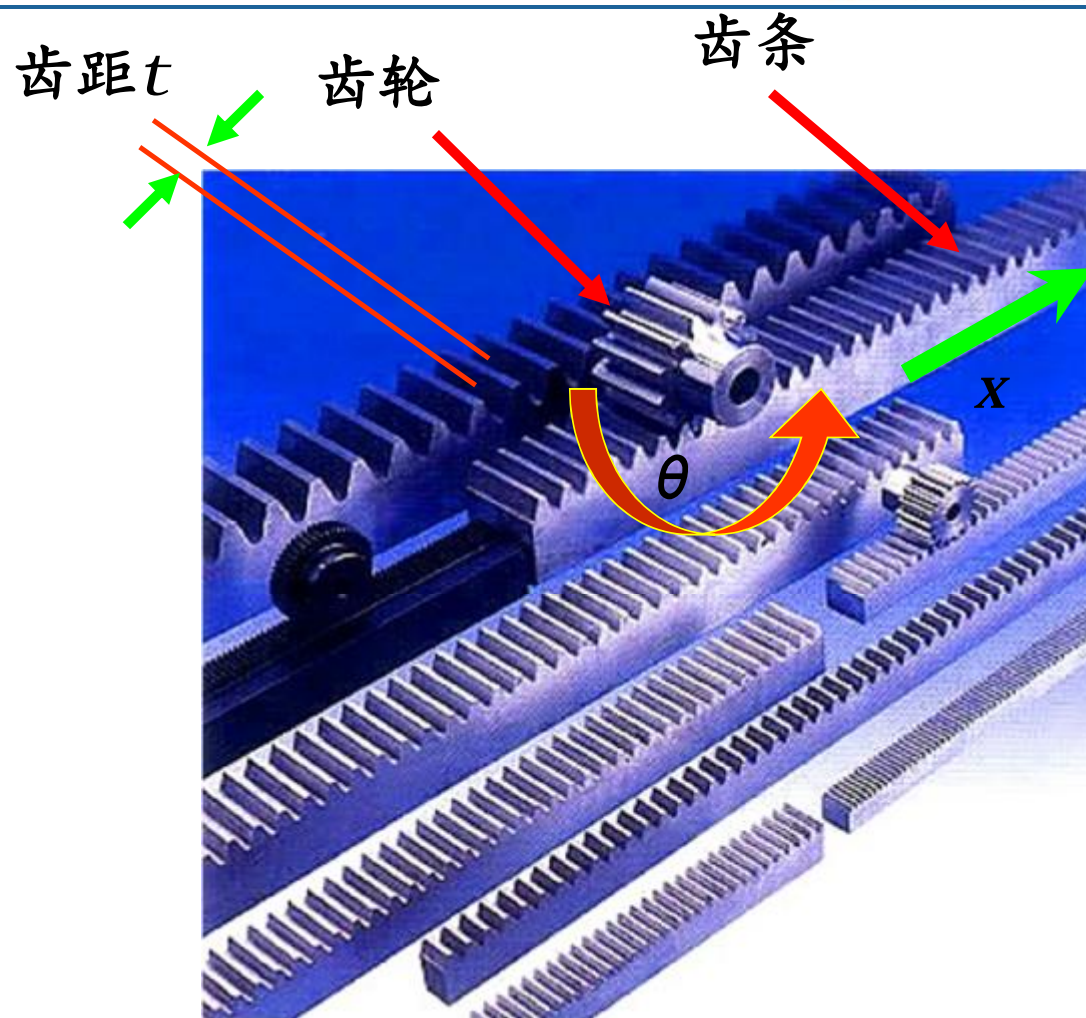
$50 \times 6.28 = 314 \text{mm}$ 测出齿轮的角位移，就可测得齿条的直线位移



齿条为直线运动，
齿轮作旋转运动

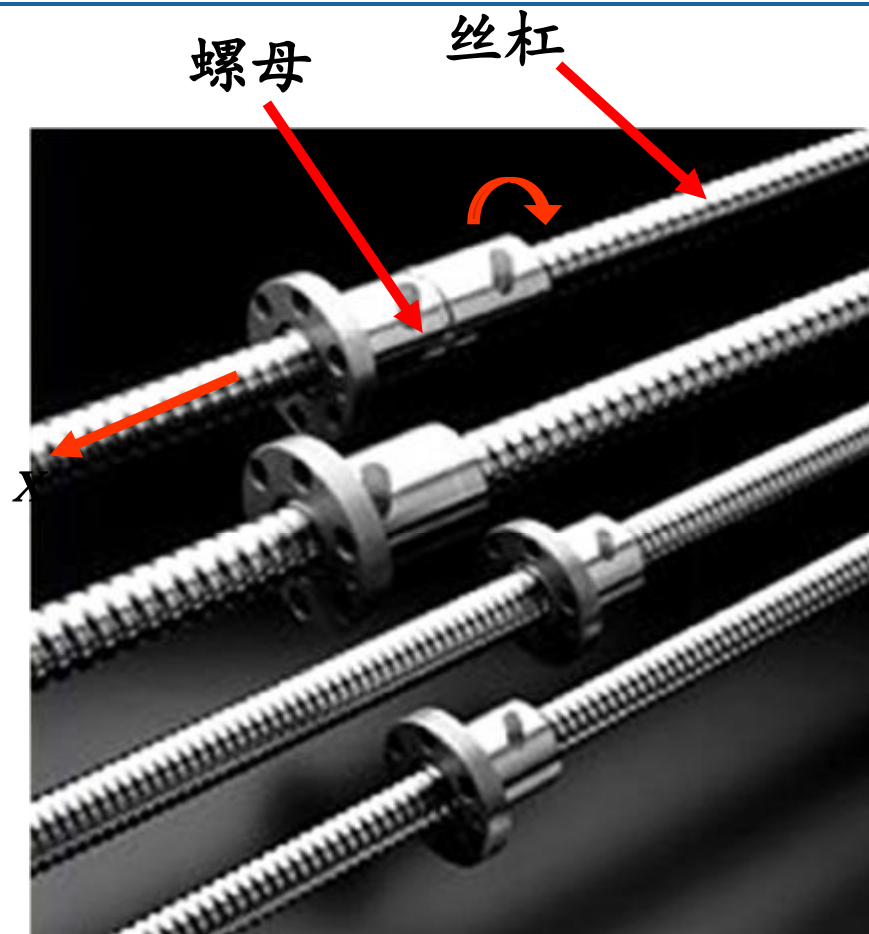
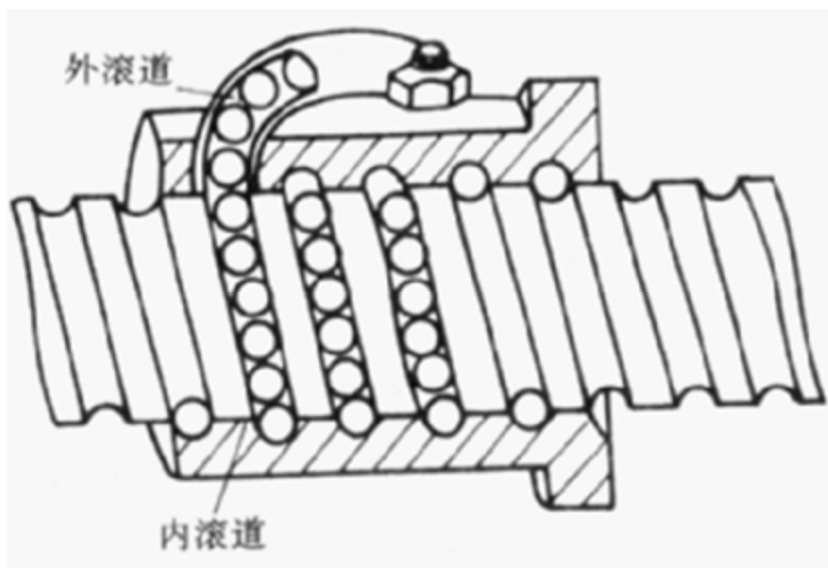
传动机构

滚珠丝杠-螺母副、齿轮-齿条副等传动机构能够将旋转运动转换成直线运动。但应设法消除传导过程产生的间隙误差。



滚珠丝杠螺母副

滚珠丝杠-螺母副能够减小传动磨擦力，延长使用寿命，减小间隙误差。



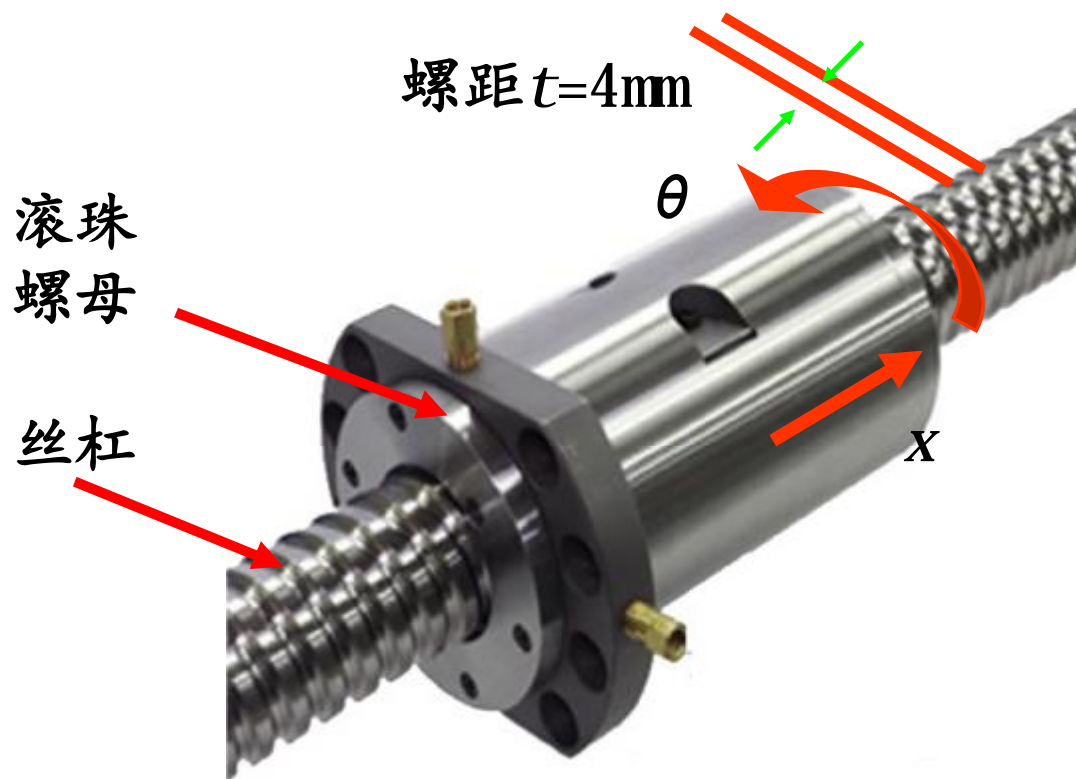
平均螺距误差大于 $10\mu\text{m}$

传动分析

设：螺距 $t=4\text{mm}$ ，丝杠在 4s 时间里转动了 10 圈，求：丝杠的平均转速 $n(\text{r/min})$ 及螺母移动了多少毫米？螺母的平均速度 v 又为多少？

$N=10$ 圈时， $\theta = ?$ 度

$x = ?$ mm

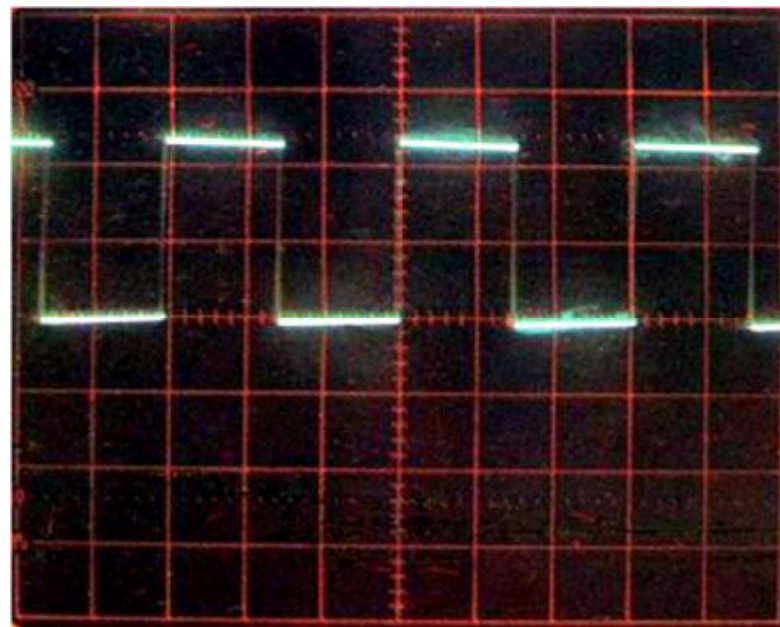


齿轮-齿条副、螺母丝杆副等直线-旋转转换设备均存在间隙误差，特别是从正转切换到反转时，间隙将导致测量死区，必须予以补偿。

二、增量式和绝对式测量

在增量式测量中，移动部件每移动一个基本长度单位，位置传感器便发出一个测量信号，此信号通常是脉冲形式。这样，一个脉冲所代表的基本长度单位就是分辨力，对脉冲计数，便可得到位移量。

增量式测量得到的脉冲波形



绝对式测量的特点是：

每一被测点都有一个对应的编码，常以二进制数据形式来表示（例如：10 1011 0010）。即使断电之后再重新上电，也能读出绝对式测量传感器当前位置的数据。典型的绝对式位置传感器有绝对式角编码器。



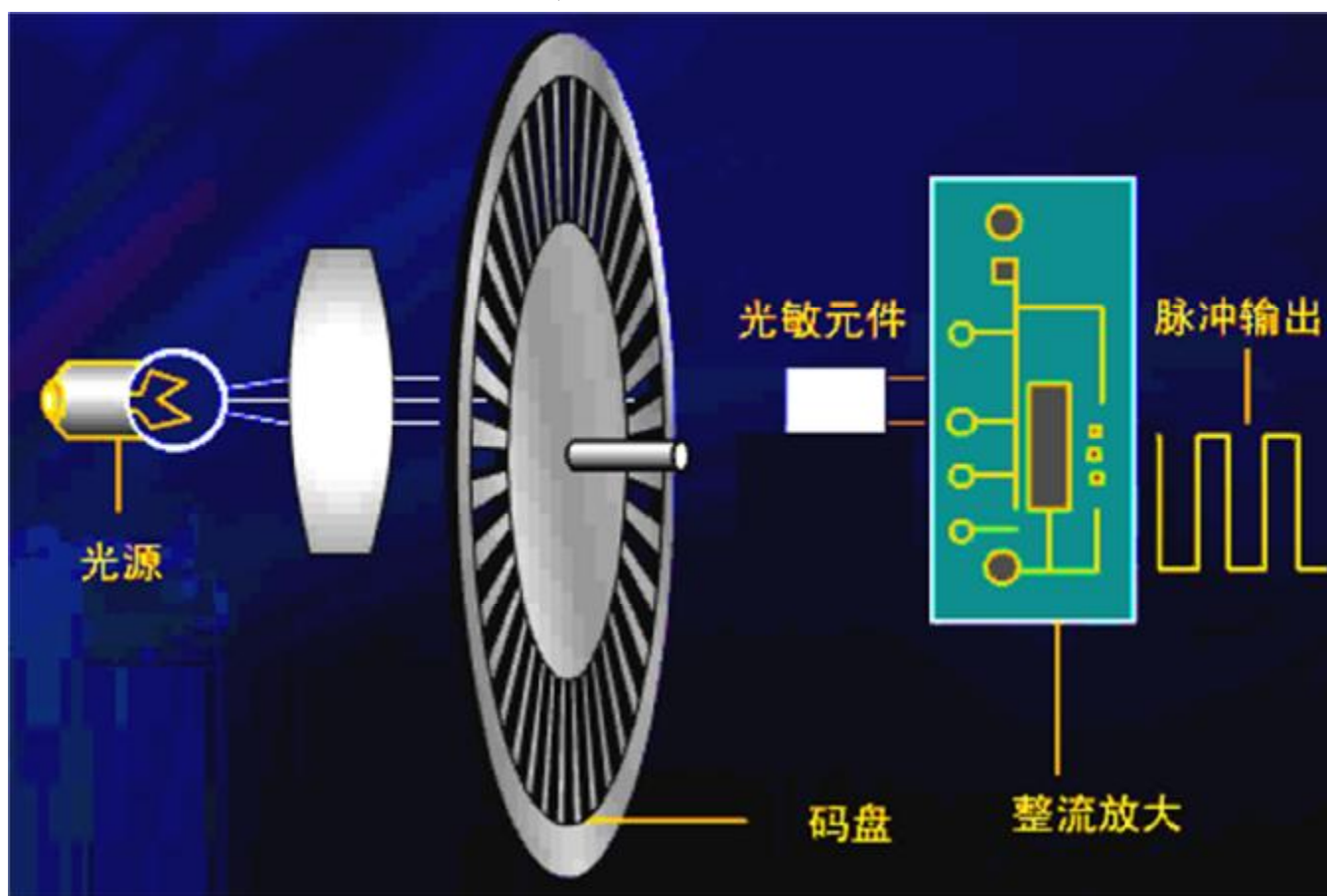
13.2 角编码器

第二节 角编码器

角编码器是一种旋转式位置传感器，它的转轴通常与被测旋转轴连接，随被测轴一起转动。

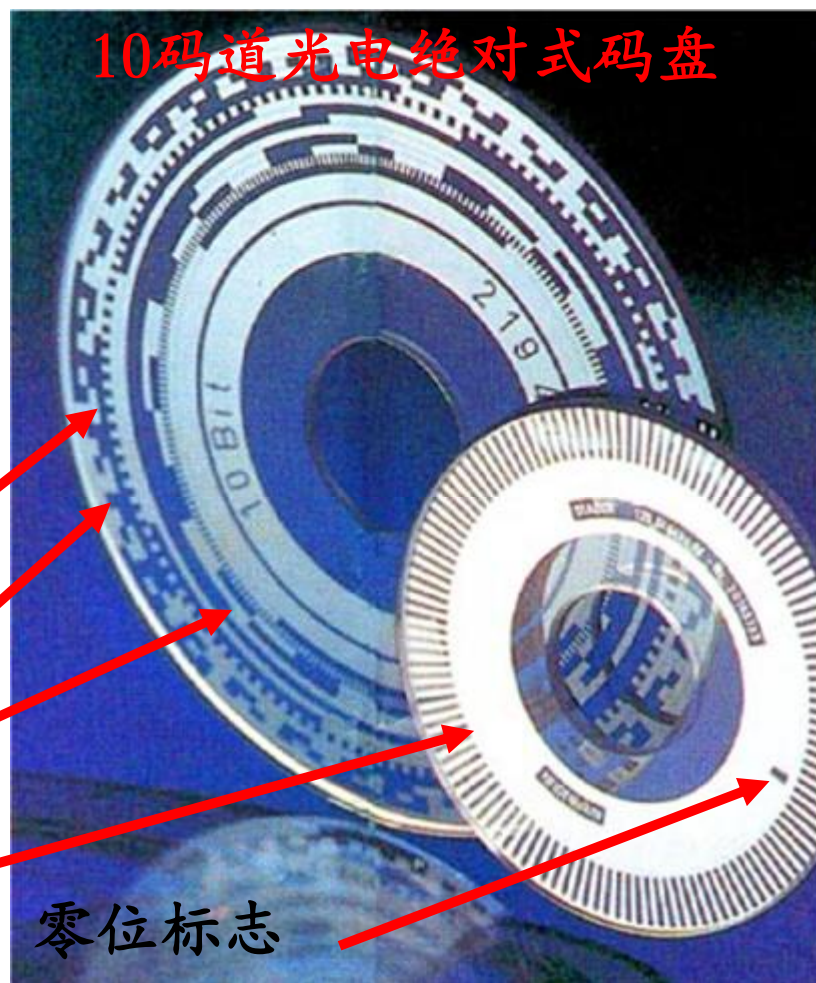
角编码器能将被测轴的角位移转换成二进制编码或一连串脉冲。角编码器有两种基本类型：绝对式角编码器和增量式角编码器。

光电脉冲角编码器示意图



一、绝对式角编码器

绝对式角编码器按照角度直接进行编码。根据内部结构和检测方式有接触式、光电式、磁阻式等。



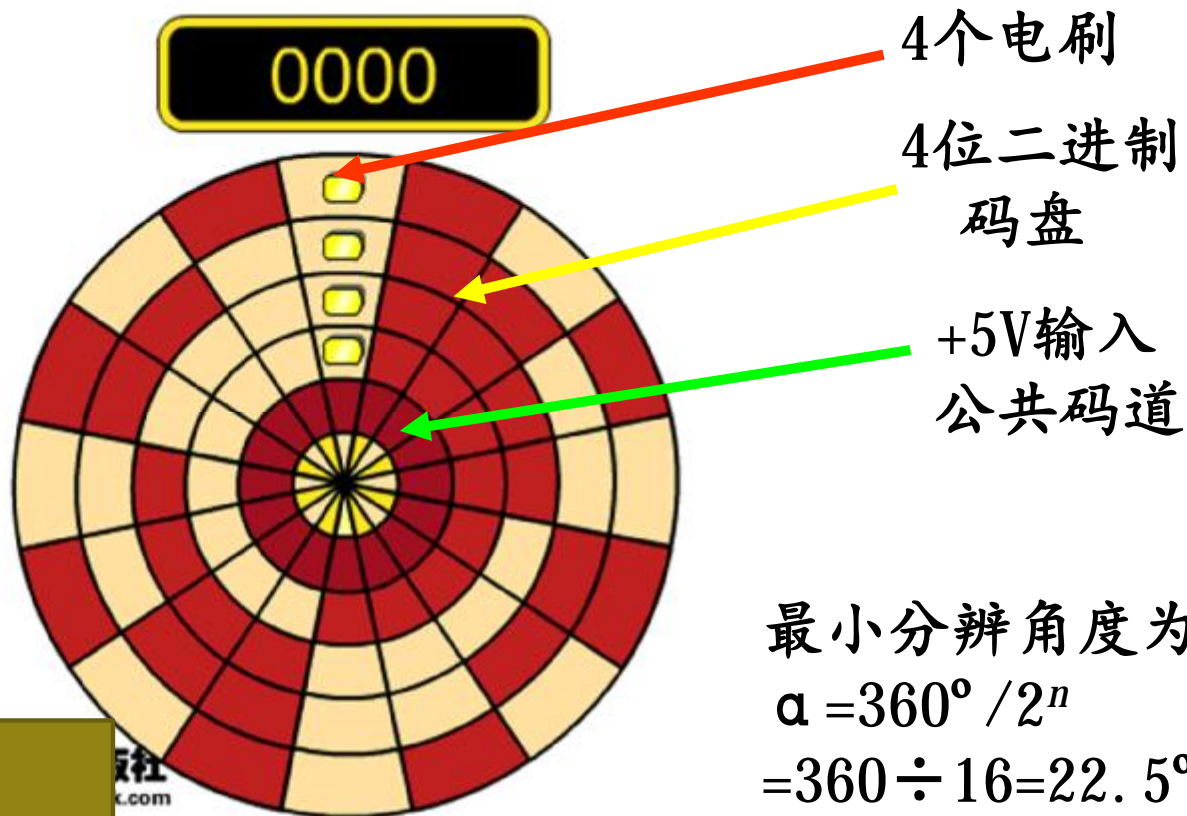
绝对式测量角编码器

每一个微小的角位移都有一个对应的编码，常以二进制数据形式来表示。在绝对式测量中，即使中途断电，重新上电之后，当前位置的二进制编码数据仍然不变。



绝对式编码器（接触式）演示

编码器



其他角编码器外形



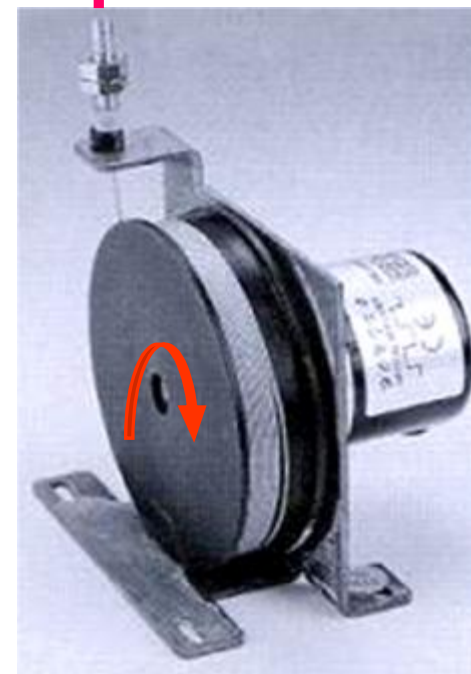
其他角编码器外形 (续)



其他角编码器外形 (续)



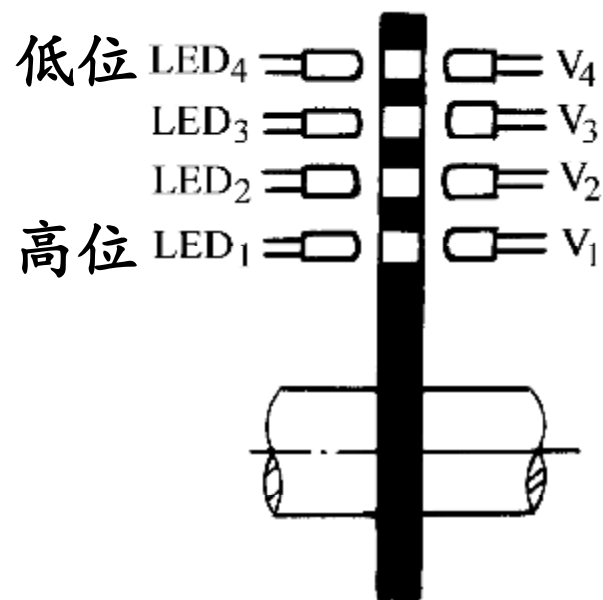
拉线式角
编码器利用线轮，
能将直线运动转换
成旋转运动。



2. 绝对式光电编码器结构



a)

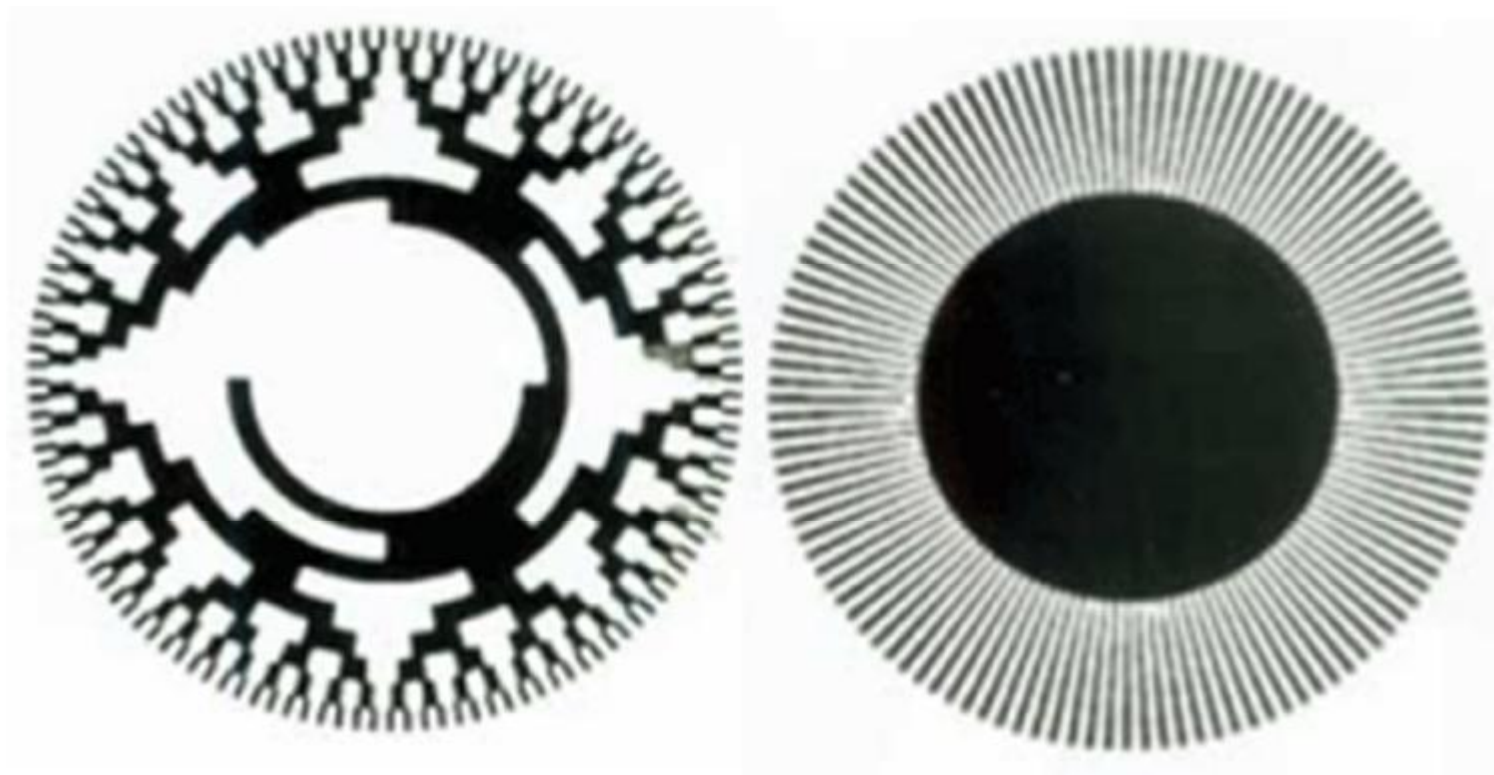


b)

a) 光电码盘的平面结构 (8码道)

b) 光电码盘与光源、光敏元件的对应关系 (4码道)

绝对式光电码盘与增量式码盘的区别



绝对式光电码盘（12码道） 增量式光电码盘（1024位）

绝对式光电编码器的分辨力及分辨率

绝对式光电编码器的测量分辨力取决于它所能分辨的最小角度，而这与码盘上的码道数 n 有关，即最小能分辨的角度为：

$$\alpha = 360^\circ / 2^n$$

$$\text{分辨率} = 1 / 2^n$$

增量式光电编码器的分辨力及分辨率

增量式光电编码器的测量分辨力取决于它所能分辨的最小角度，而这与码盘圆周上的狭缝条纹数 n 有关，即最小能分辨的角度及分辨率为：

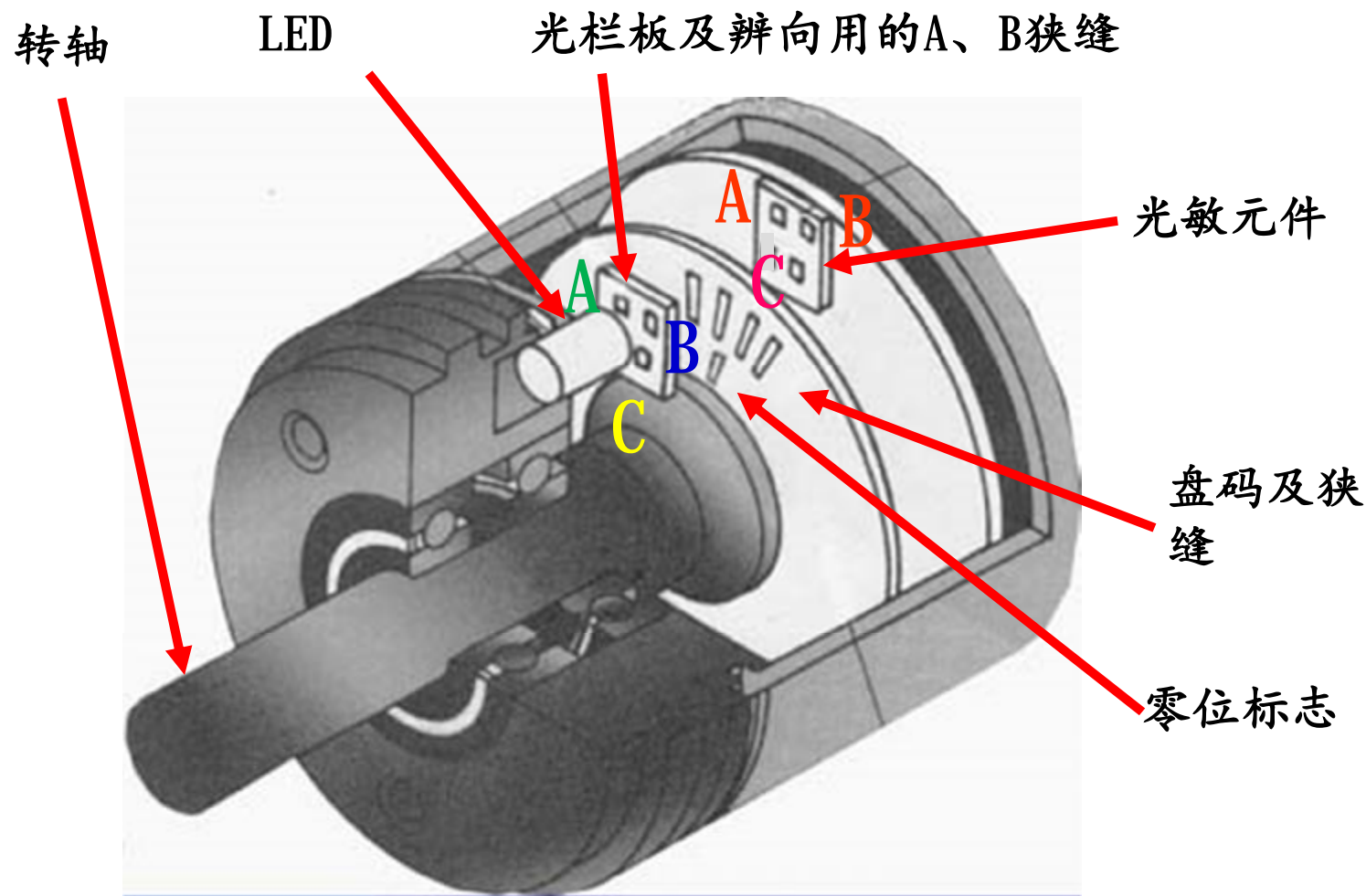
$$a = \frac{360^\circ}{n}$$

$$\text{分辨率} = \frac{1}{n}$$

E1050-14 绝对式 角编码器的 特性参数

位数	14
分辨力	80"
最大误差	$\pm 100''$
外尺寸/mm	$\Phi 50 \times 40$
输出轴尺寸/mm	$\Phi 6 \times 12$
重量/g	250
允许转速/ $r \cdot \min^{-1}$	200
电源电压/V	DC12($\pm 5\%$), 5($\pm 5\%$)
光源	红外LED
输出信号	格雷码, TTL电平
使用温度	$-40 \sim +55^{\circ}\text{C}$
工作环境 相对湿度/(%)	相对湿度95 (35°C 时)
振动/g	6
冲击/g	50

二、增量式编码器



增量式编码器 (INC)

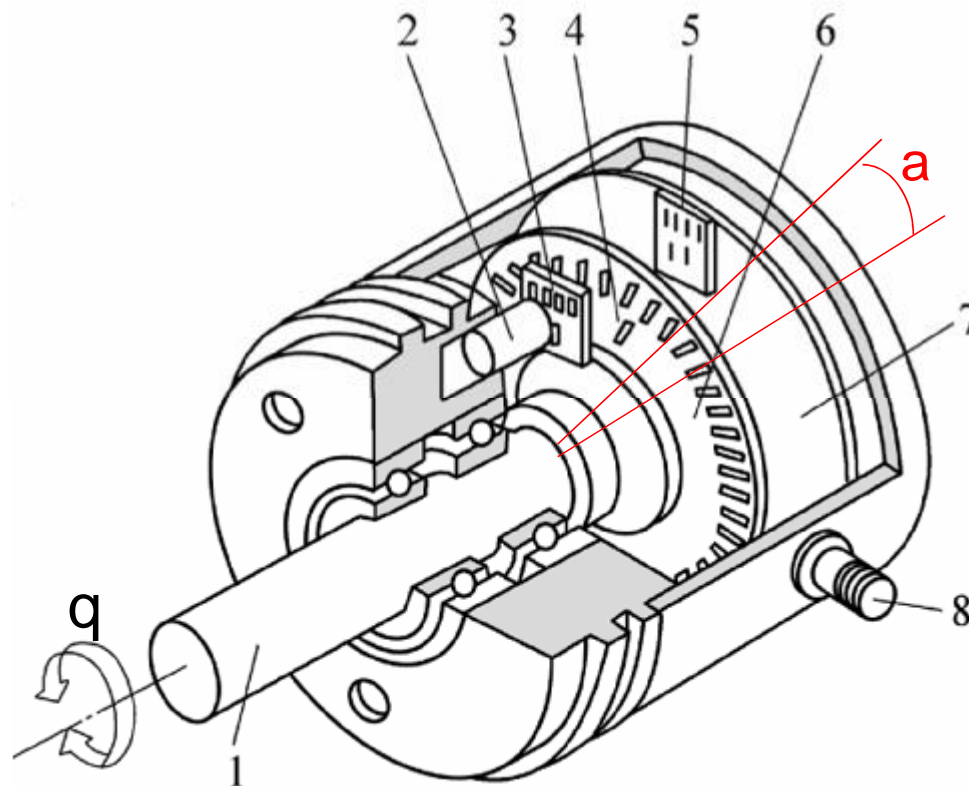
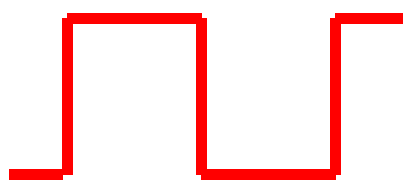
增量式光电编码器的内部结构

分辨力 $a = 360^\circ / \text{条纹数}$

例：条纹数 = 1024

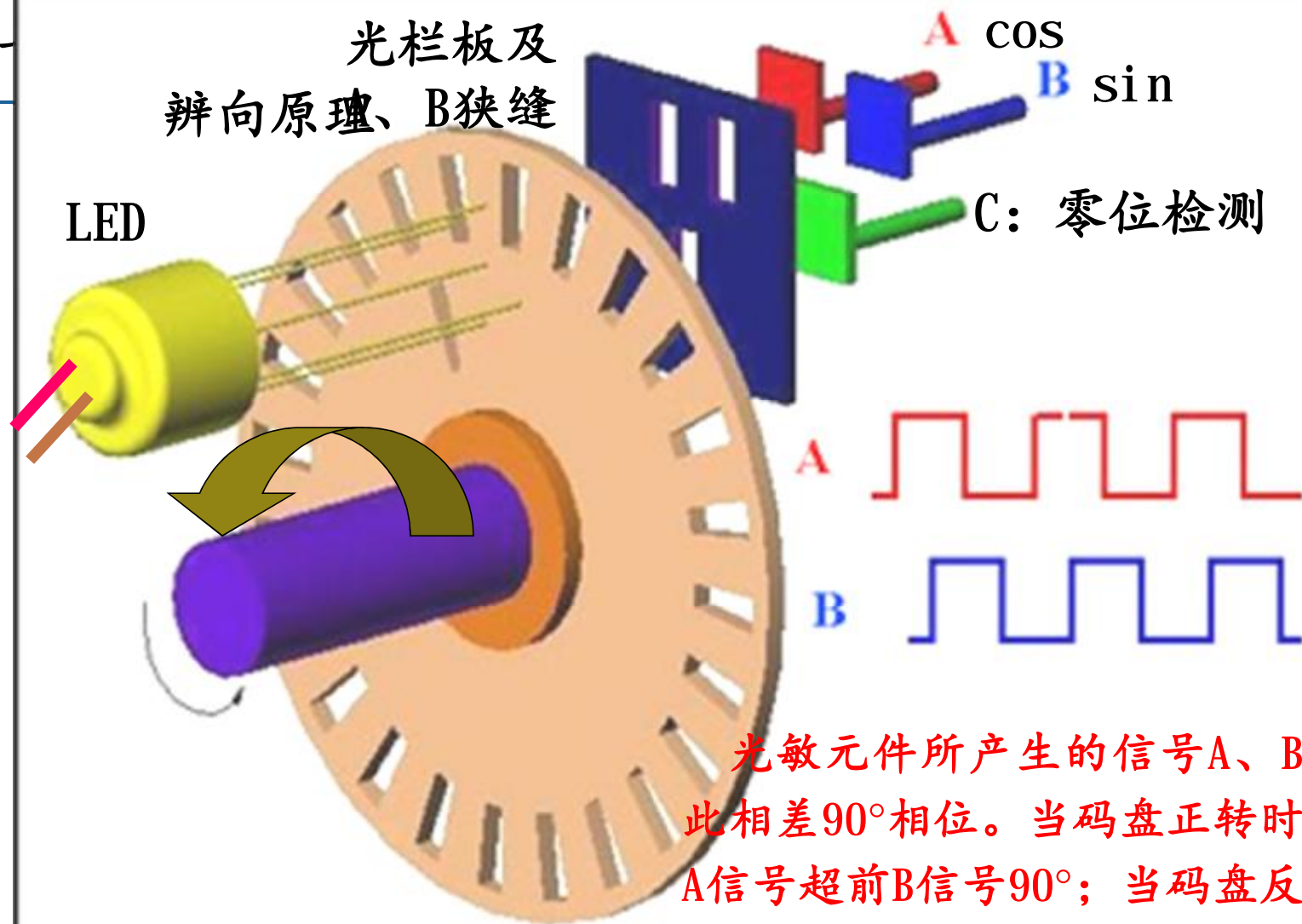
$$a = 360^\circ / 1024 = 0.352^\circ$$

一个脉冲对应一个分辨角 a



1—转轴 2—LED 3—光栏板 4—零标志 5—光敏元件 6—码盘 7—印制电路板

光栏板及 辨向原理、B狭缝

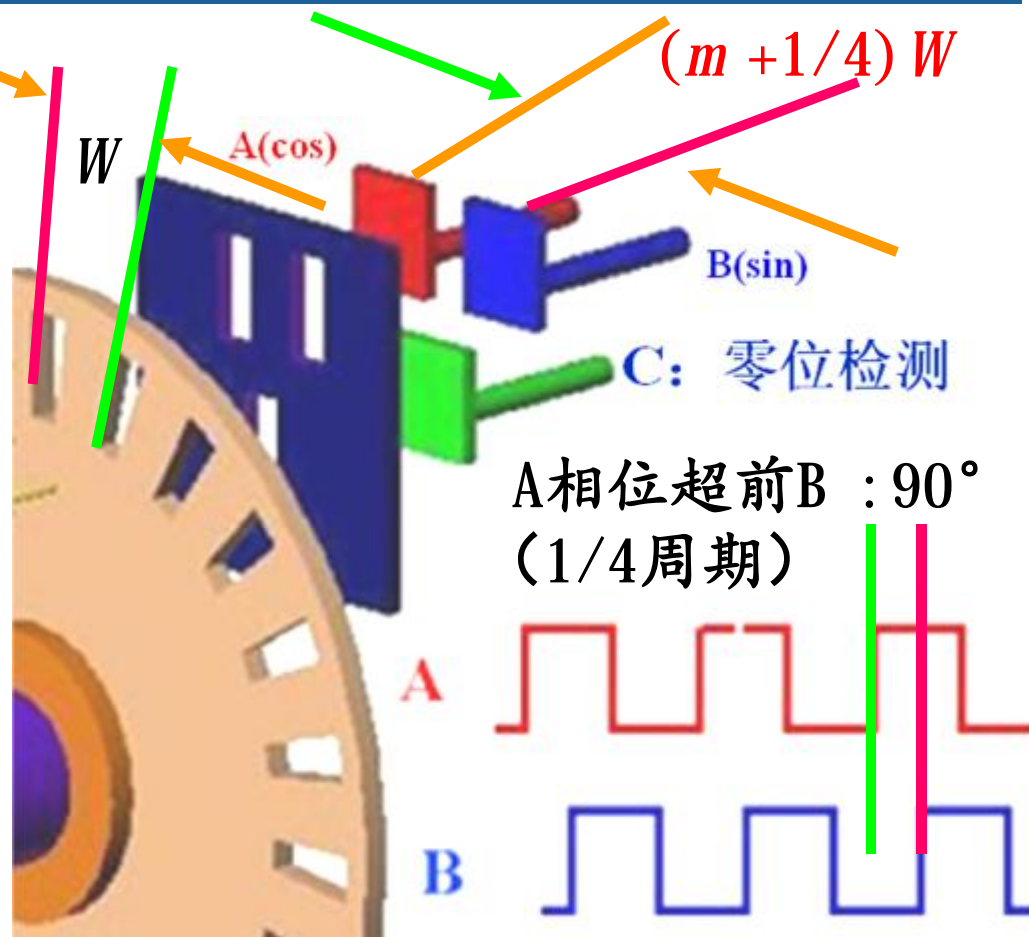


光敏元件所产生的信号A、B彼此相差90°相位。当码盘正转时，A信号超前B信号90°；当码盘反转时，B信号超前A信号90°。

光电编码器的两个“辨向元件”

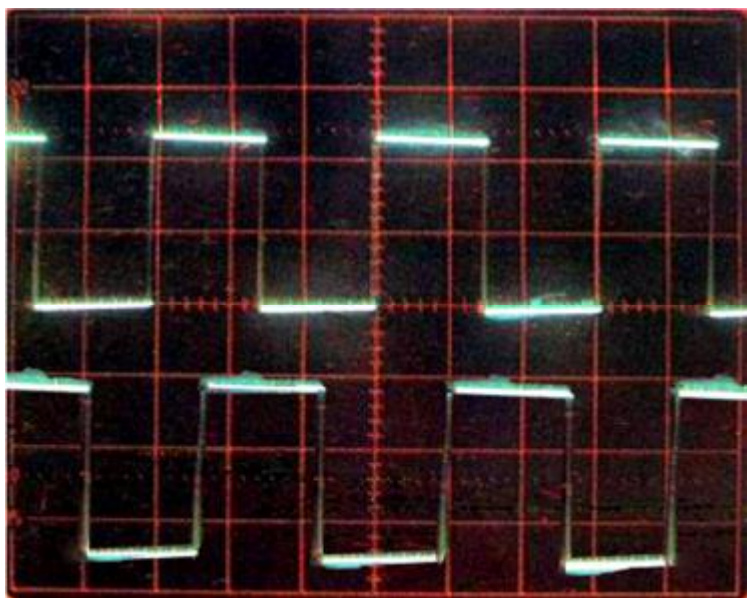
光栏板上的两个狭缝距离是码盘上的两个狭缝距离 W 的 $(m + 1/4)$ 倍, m 为正整数, 并设置了两组光敏元件 A、B, 有时又称为 cos、sin 元件。

例: $W=1\text{mm}$, cos 与 sin 元件的距离可以是 6.25 或 8.25mm 等

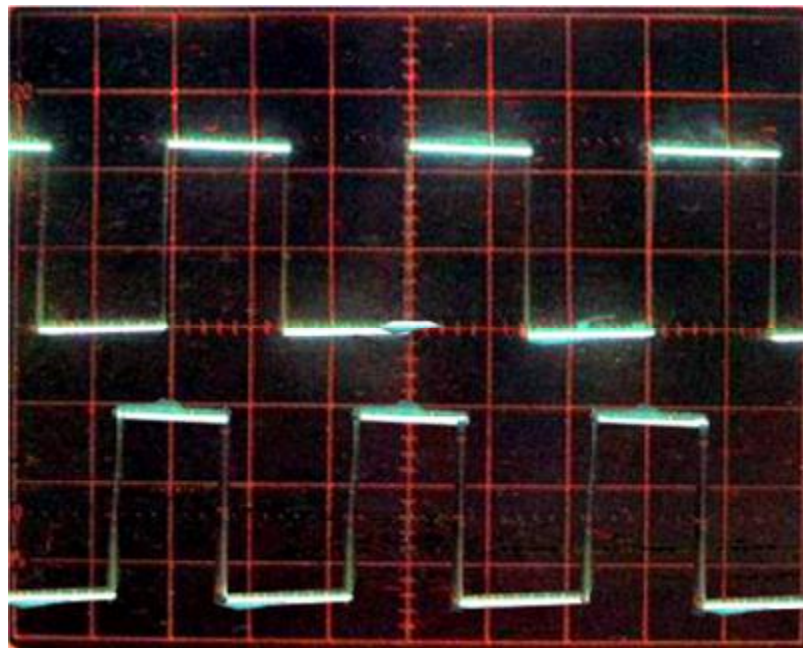


两路光电信号判断旋转方向

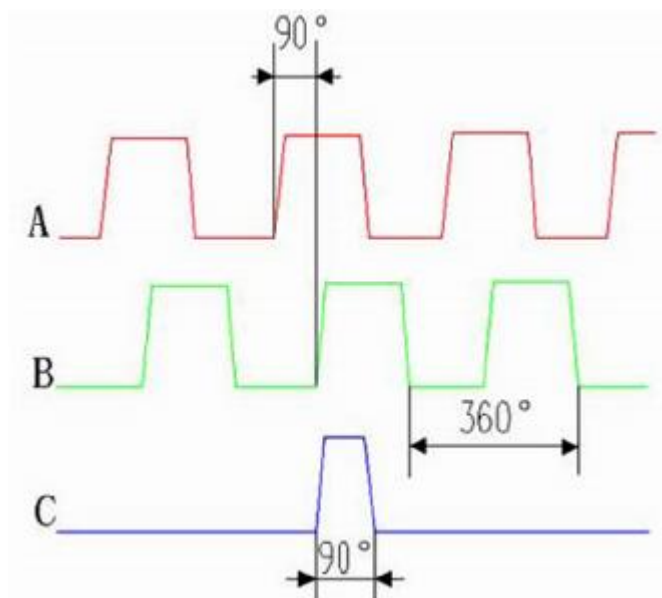
A超前于B，判断为正向旋转，
A也称为cos信号；
B也称为sin信号。



A滞后于B，判断为反向旋转



辨向信号和零标志

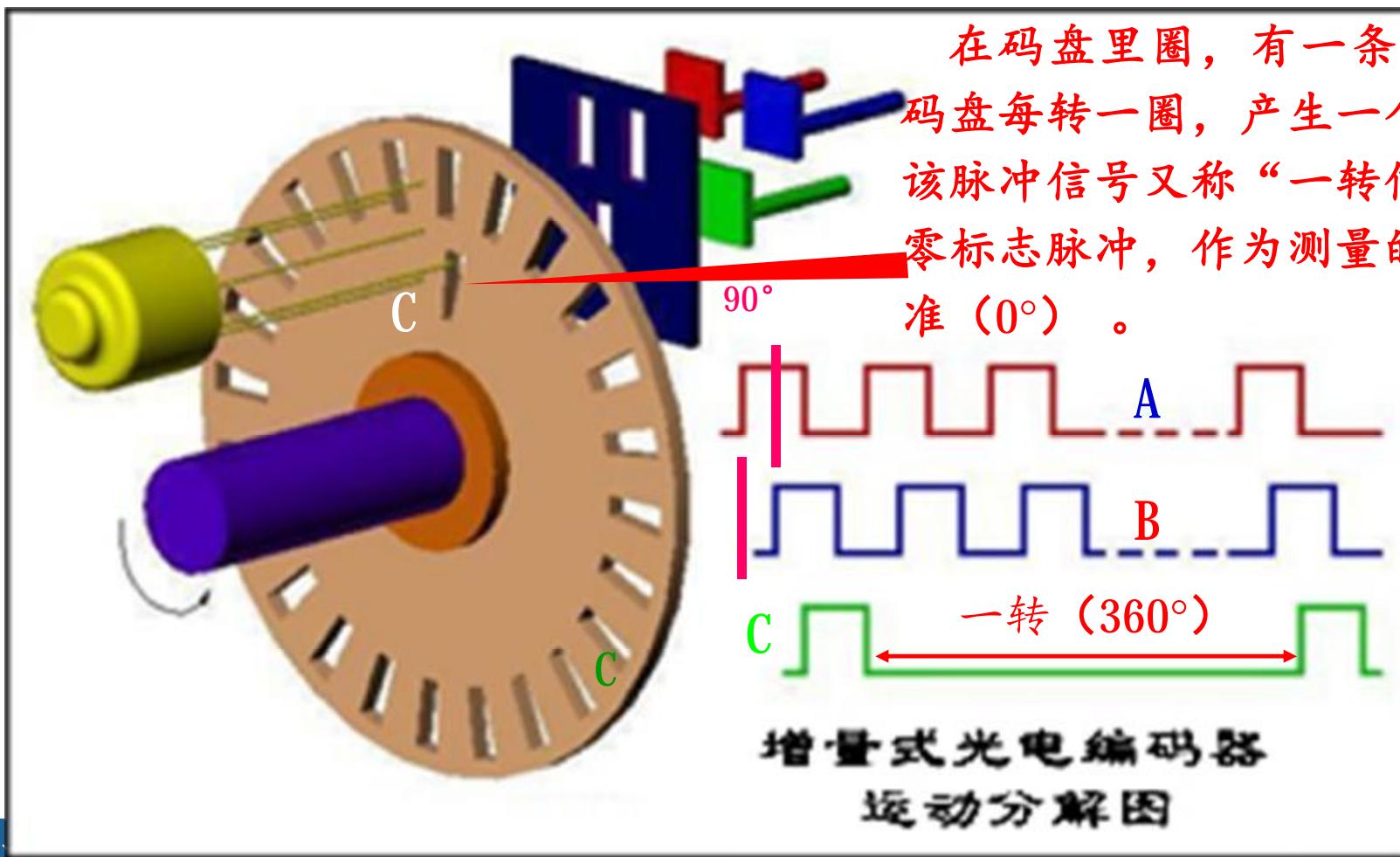


光电编码器的光栏板上有A与B两组狭缝，彼此错开1/4节距，两组狭缝相对应的光敏元件所产生的信号A、B彼此相差 90° 相位，用于辨向（辨别旋转方向）。当码盘正转时，A信号超前B信号 90° ；当码盘反转时，B信号超前A信号 90° 。

（请画出反转时信号B的波形）

在码盘里圈，还有一根狭缝C，每转能产生一个脉冲，该脉冲信号又称“一转信号”或零标志脉冲，作为测量的起始基准。

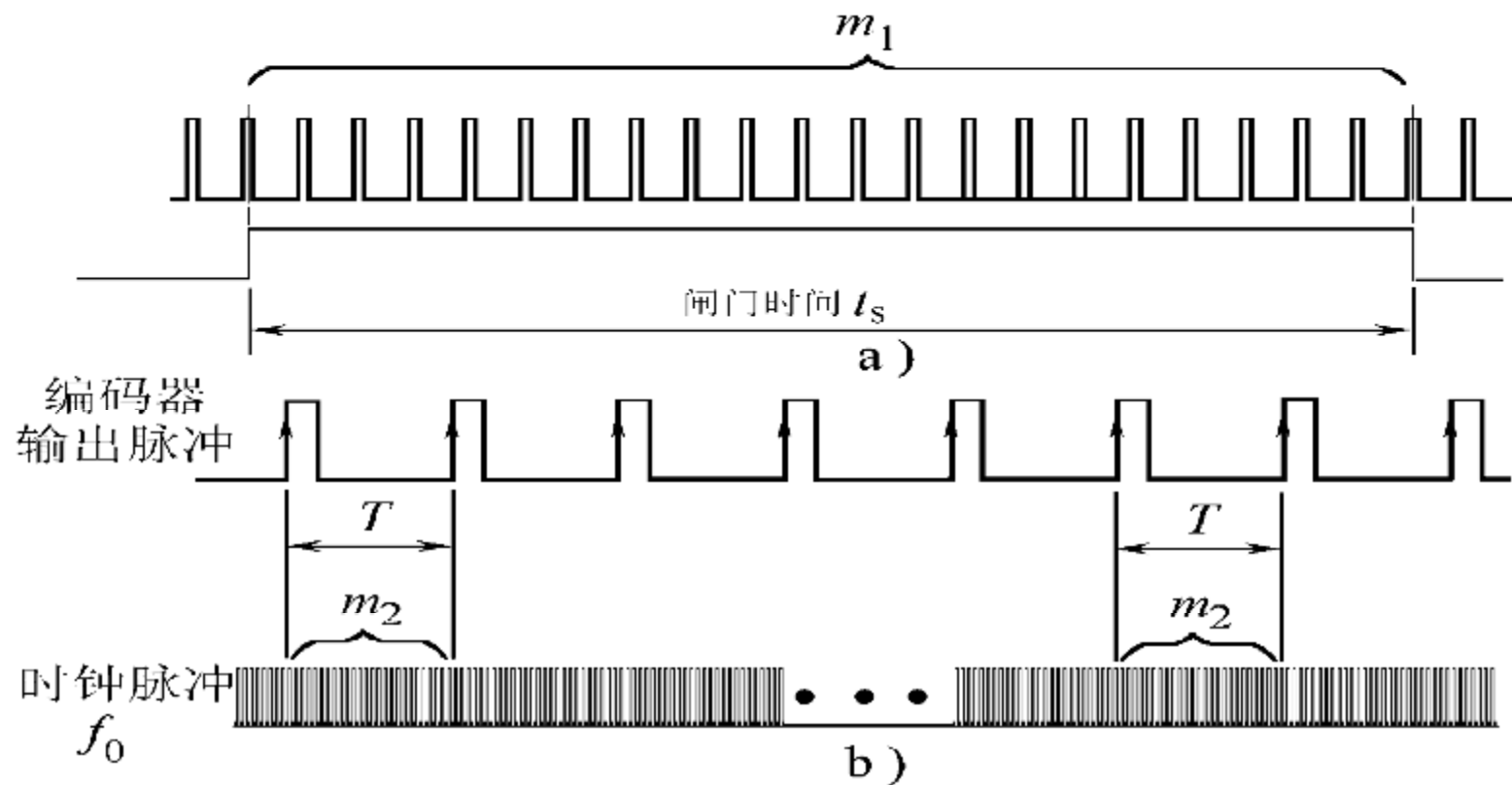
零标志（一转脉冲）波形及作用



三、角编码器的应用

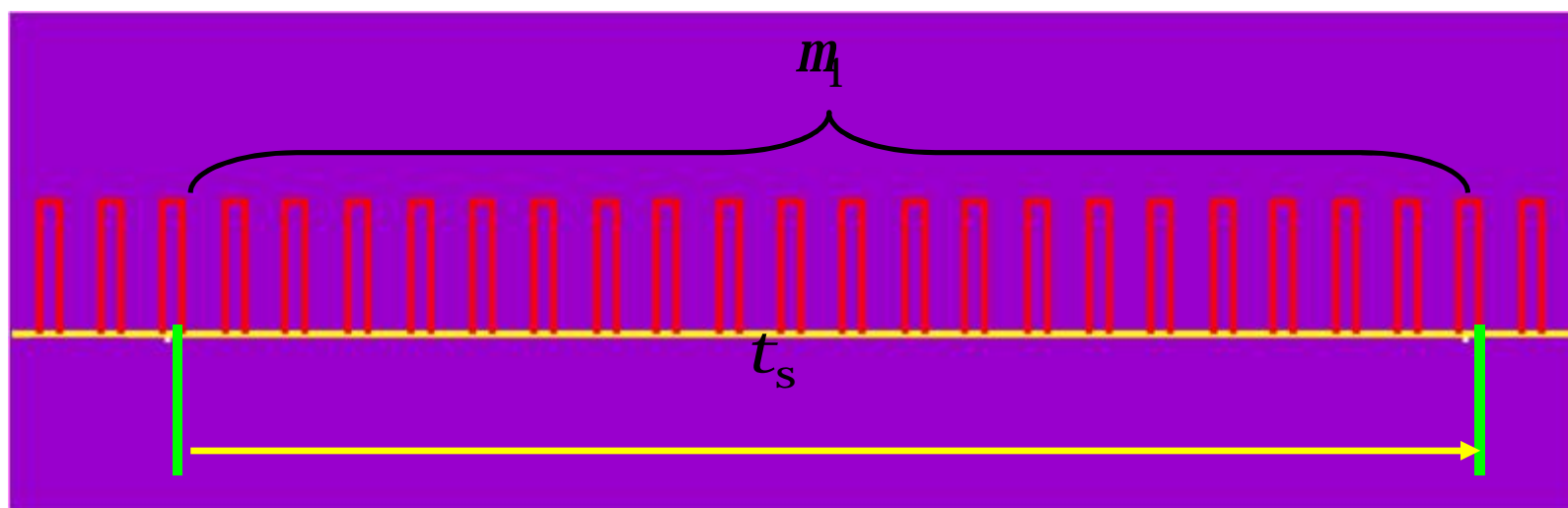
角编码器除了能直接测量角位移或间接测量直线位移外，还可用于数字测速（转速、直线位移速度）、工位编码、伺服电机控制等。

M法测速和T法测速



a) M法测速 b) T法测速

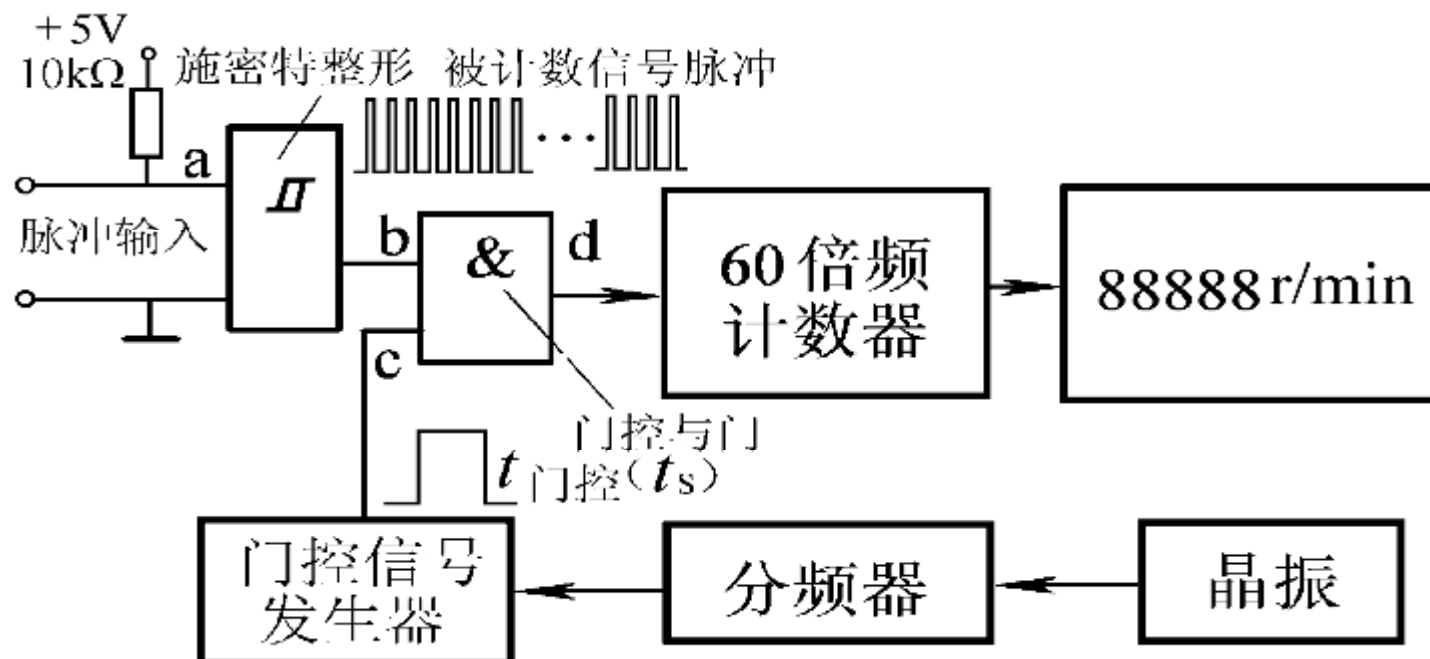
M法测速 (适合于高转速场合)



编码器每转产生 N 个脉冲, 在 t_s 时间段内有 m_1 个脉冲产生, 则转速 (r/min) 为 :

$$n = 60m_1 / (NT) \pm 1$$

M法门控测速电路



先利用施密特触发器将角编码器的输出脉冲三角波转换为矩形波。当与门的C端为高电平时，b端的信号可以通过与门，到达d端，然后单片机进行计数，得到 m 个计数结果。

M法测速的计算

在一定的时间间隔 t_s 内（ $t_s = t_{\text{闸门}} = t_{\text{门控}}$ ，如10s、1s、0.1s等），用编码器所产生的脉冲数来确定速度的方法称为M法测速。

若编码器每转产生 N 个脉冲，在 t_s 的闸门时间间隔内得到 m_1 个脉，则编码器所产生的脉冲频率为

$$f = \frac{m_1}{t_s}$$

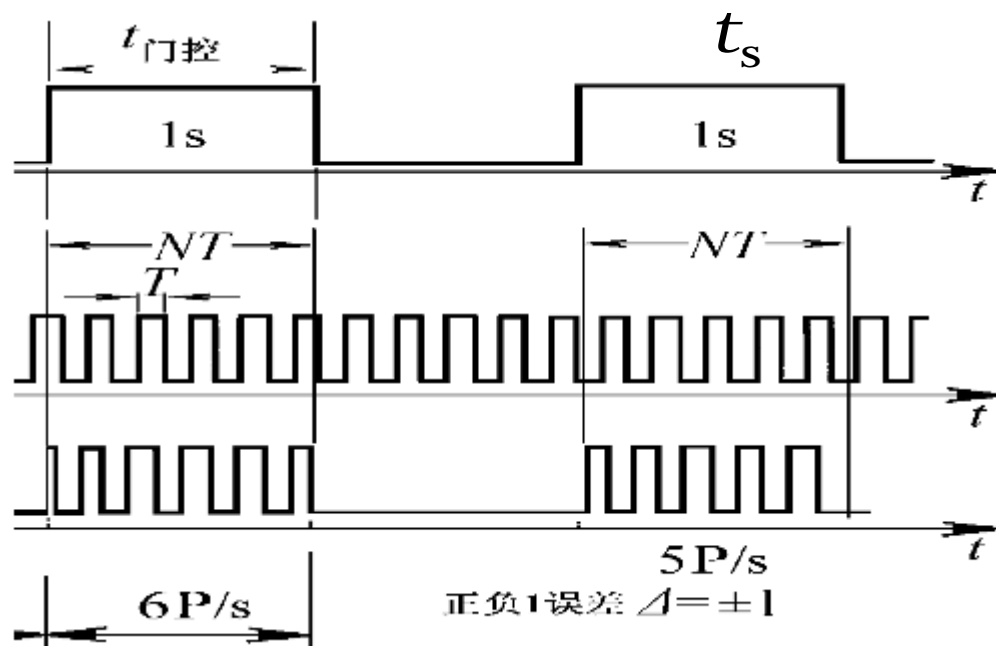
则转速 n （单位为r/min）为

$$n = 60 \frac{f}{N} = 60 \frac{m_1}{t_s N}$$

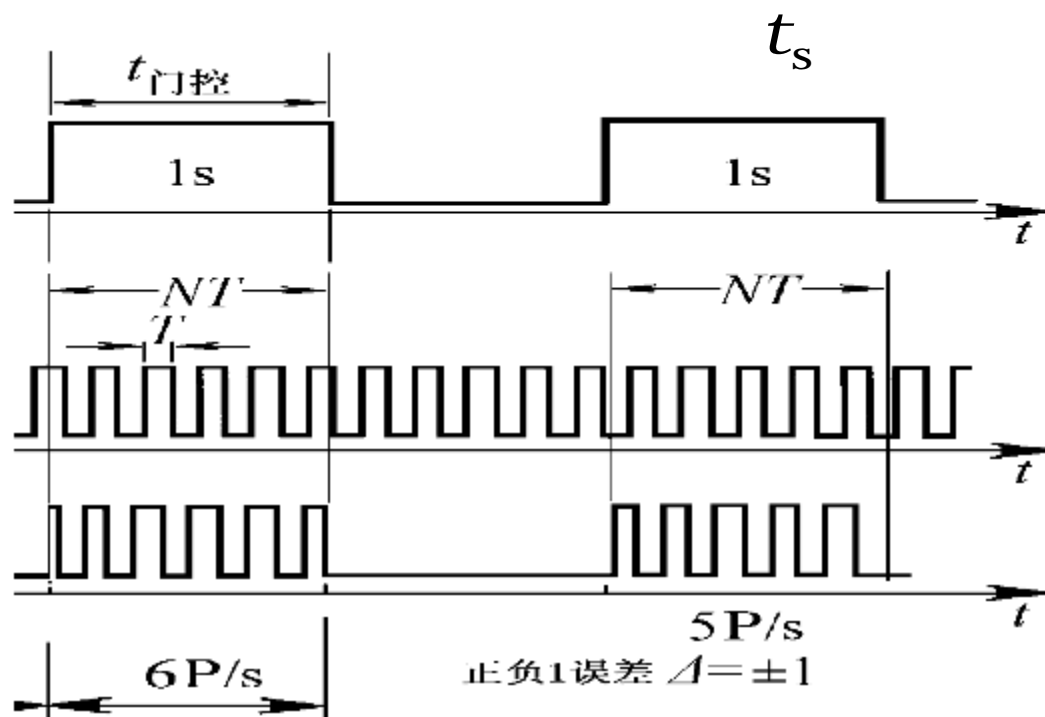
±1误差简述

M法测速的本质是测频。误差主要由两个因素决定：

一是闸门时间 t_s 的误差，可以使用晶振来提高闸门时间的准确性；
二是量化误差，又称为±1误差，见下图，原理见后述。



2) 产生 ± 1 误差的原因：测频时，计数脉冲通过闸门进入计数器。由于闸门开启时刻（秒信号的上升沿）和被测计数脉冲上升沿到来的时刻之间的关系是随机的，有可能在第二个 $t_{\text{闸门}}$ 时间里，比在第一个 $t_{\text{闸门}}$ 时间多计数了一个脉冲，或少计数了一个脉冲，就造成了 ± 1 误差。



例 某角编码器的技术指标为1024个脉冲/r（即 $N=1024P/r=1K$ ），在0.2s时间内，测得100个脉冲，即 $t_s=0.2s$ ， $m_1=100$ ，求：

- 1) 转速 n ;
- 2) ± 1 误差引起的转速测量误差为多少r/min。
- 3) 如果将 t_s 延长到1s，求 ± 1 误差引起的转速测量误差为多少r/min。

解 1) 角编码器轴的转速 n 为

$$n = 60 \frac{m_1}{t_s N} = 60 \frac{100}{0.2 \times 1024} \text{r/min} = 29.3 \text{r/min}$$

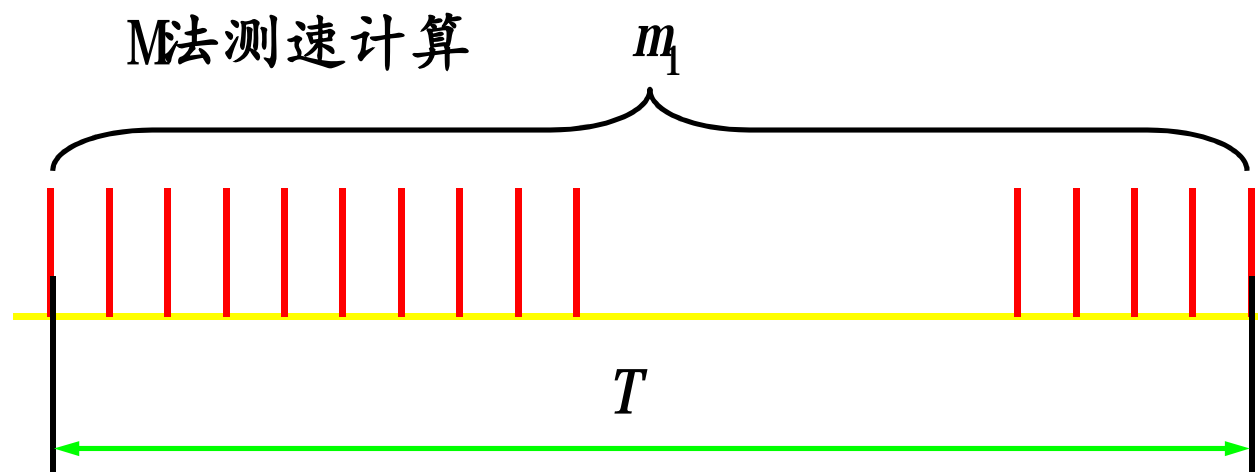
2) 由于 ± 1 误差, 在 t_s 时间段里, 计数得到的脉冲数 $m_1 = 100 \pm 1$ 个脉冲, 则

$$n = 60 \frac{100 \pm 1}{0.2' 1024} \text{ r/min} = 29.3 \pm 0.29 \text{ r/min}$$

3) 如果将 t_s 延长到1s, m_1' 必然增加到500, 则

$$n = 60 \frac{500 \pm 1}{1' 1024} \text{ r/min} = 29.3 \pm 0.06 \text{ r/min}$$

结论: 采样时间为1s时计算得到的转速, 与在0.2s时间内测得的转速相同, 但 ± 1 个脉冲引起的误差显然缩小。

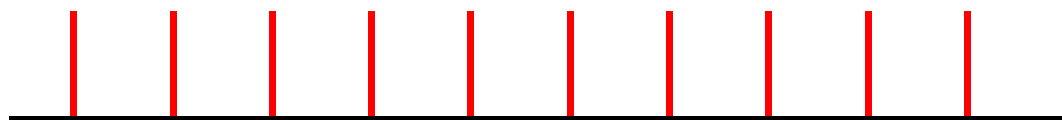
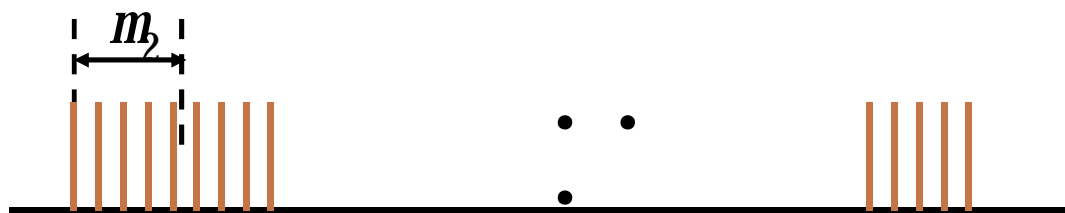


例：有一增量式光电编码器，其参数为1024p/r，在5s时间内测得65536个单向脉冲，求：转速 n (r/min)

解： $n = 60 \times 65536 \div 1024 \div 5 = 768 \text{ r/min}$

T法测速（适合于低转速场合）

编码器输出脉冲

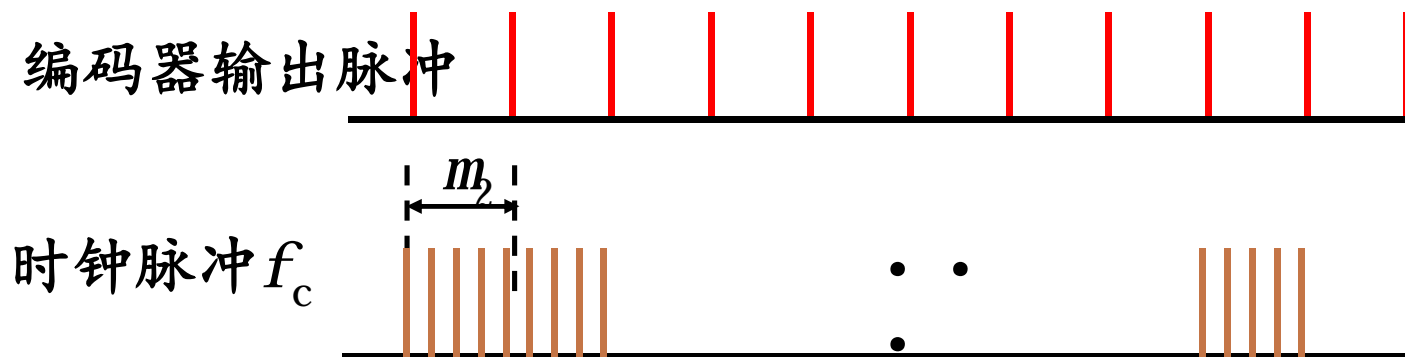
时钟脉冲 f_c 

编码器每转产生 N 个脉冲，用已知频率 f_c 作为时钟，填充到角编码器输出的两个相邻脉冲之间的脉冲数为 m_2 个，则转速 (r/min) 为

$$n = 60f_c / (Nm_2)$$

T法测速举例

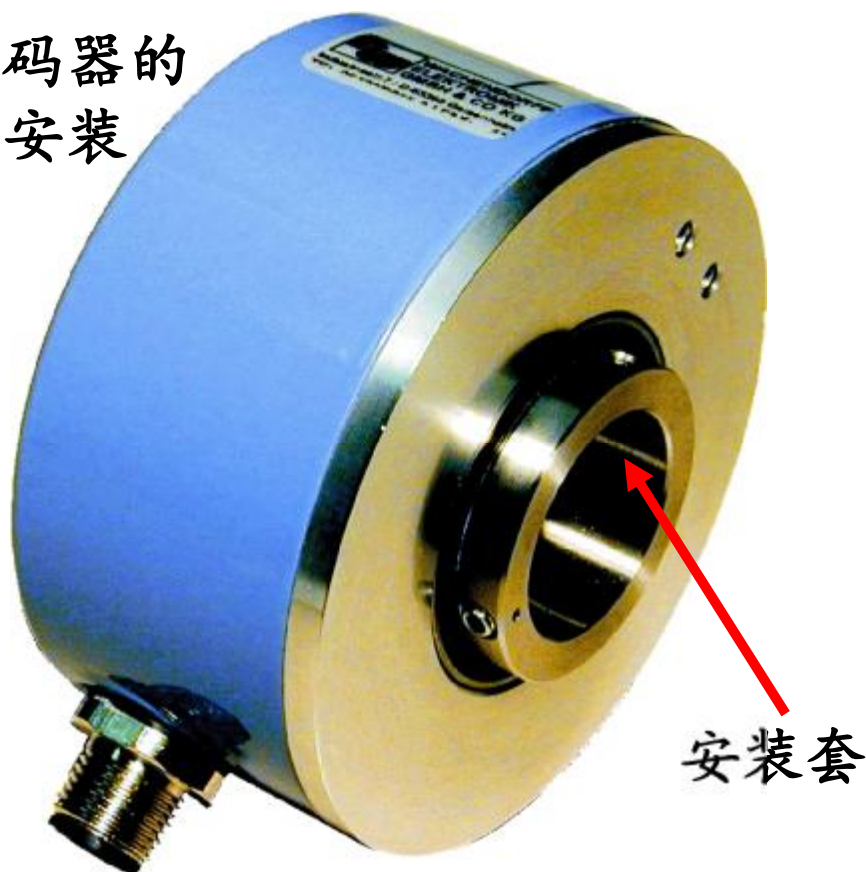
例：有一增量式光电编码器，其参数为1024p/r，插入时钟频率 f_c 为1MHz。测得输出两个相邻脉冲之间的脉冲数为3000，求转速 n (r/min)



$$\text{解： } n = 60f_c / (Nm_2) = 60 \times 10^6 \div (1024 \times 3000) = 19.53 \text{ r/min}$$

编码器的安装方式

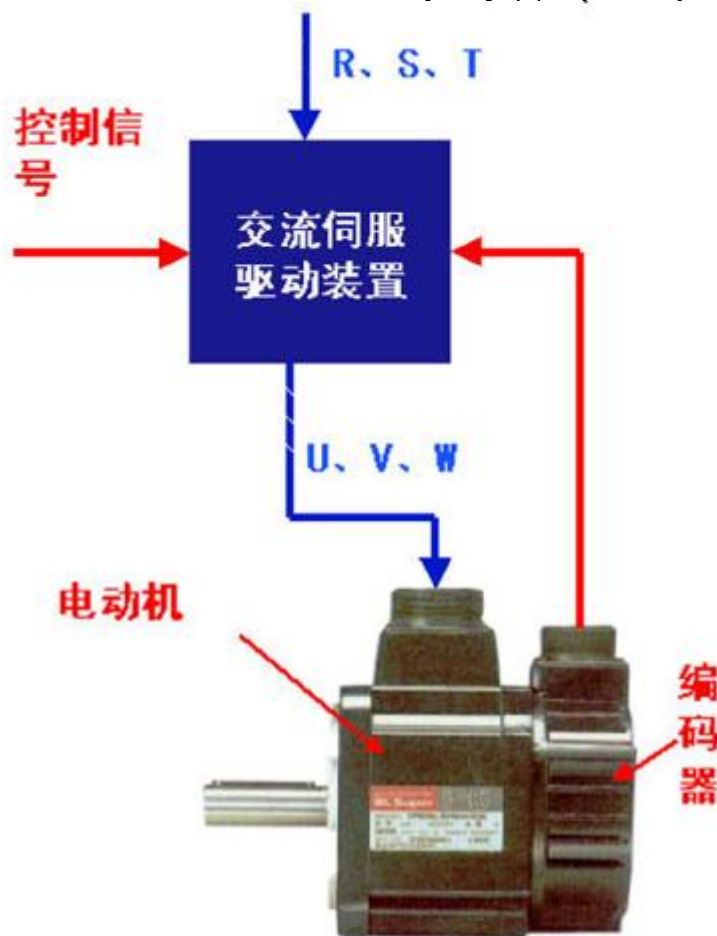
1. 编码器的套式安装



2. 编码器的轴式安装



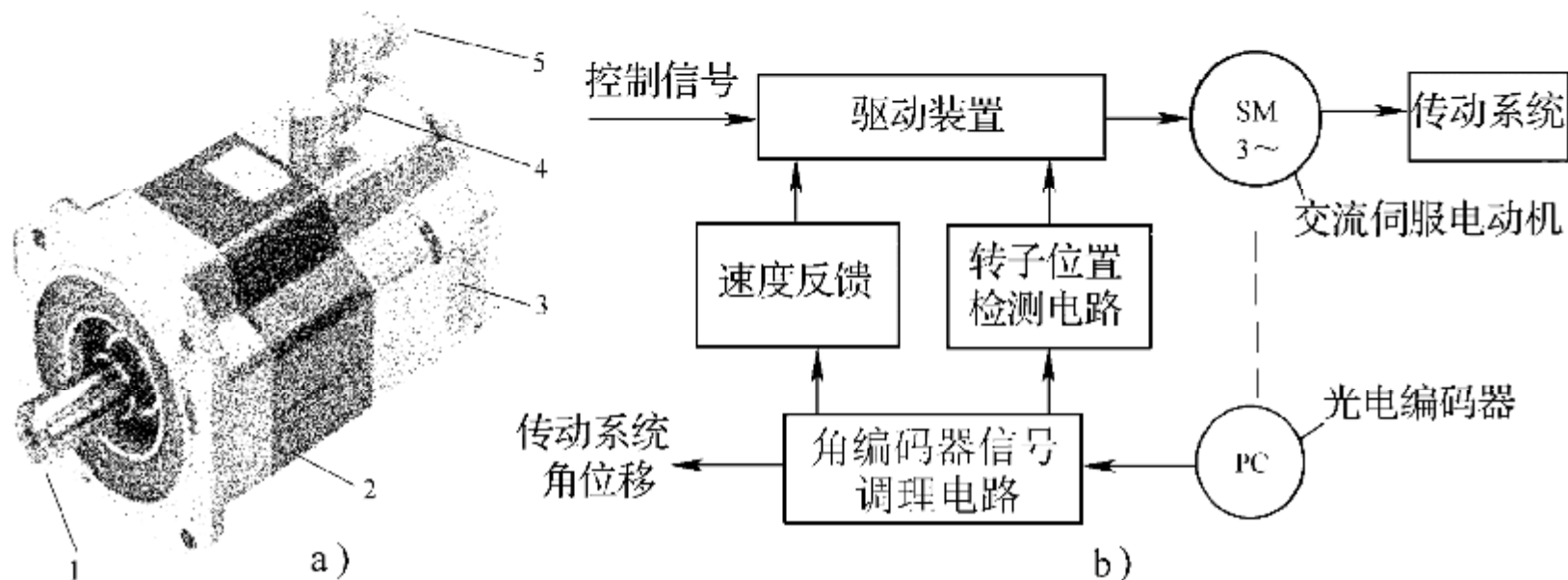
编码器在伺服电机中的应用



利用编码器测量伺服电机的转速、转角，并通过伺服控制系统控制其各种运行参数。

- 转速测量
- 转子磁极位置测量
- 角位移测量

编码器在伺服电机中的应用

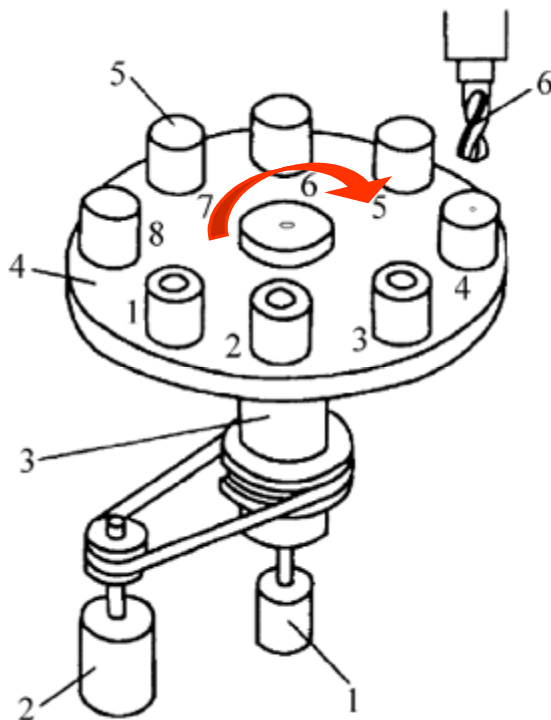


a) 外形 b) 控制系统框图

1 —电动机转子轴 2—电动机本体 3—光电编码器
4—三相电源连接座 5—光电角编码器输出（航空插头）

增量式编码器在定位加工中的应用 (例1, 增量式)

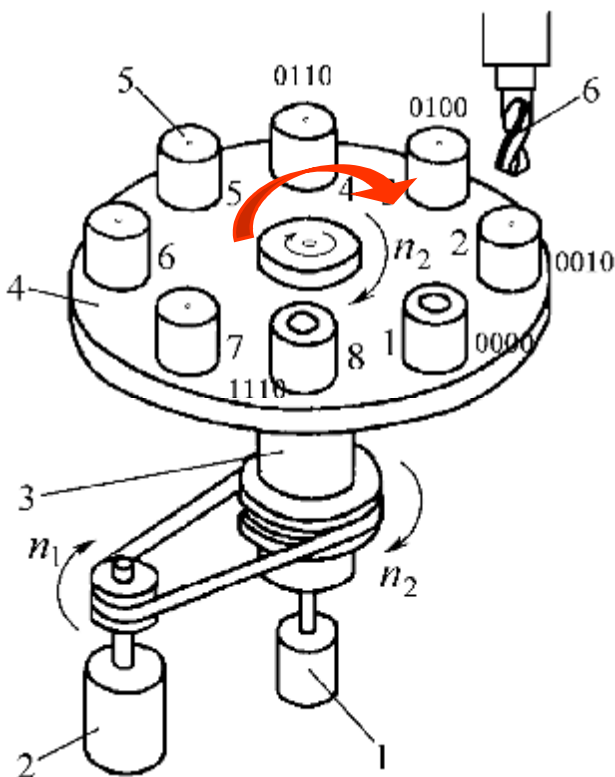
- 1—绝对式
编码器
2—电动机
3—转轴
4—转盘
5—工件
6—刀具



设该增量式光电编码器的参数为 1024 p/r , 大、小皮带轮的传动比为 5, 若希望当加工好元件 3 后紧接着加工元件 4, 则电动机应转动多少分之几圈? 应等待角编码器给出多少脉冲数时, 电动机停转?

绝对式编码器在定位加工中的应用 (例 2, 绝对式计算)

- 1—绝对式编码器
- 2—电动机
- 3—转轴
- 4—转盘
- 5—工件
- 6—刀具



设工位1刚已完成加工，要使处于工位2上的工件转到加工点等待钻加工，计算机就控制电动机，使带轮带动转盘逆时针旋转。与此同时，绝对式角编码器（假设为4码道）输出的编码不断变化。当输出从0000变为0010时，表示转盘已将工位2转到图中的加工点，电动机停转，并急刹车。

也可以在即将到达设定的二进制编码时，预先断电，再刹车。

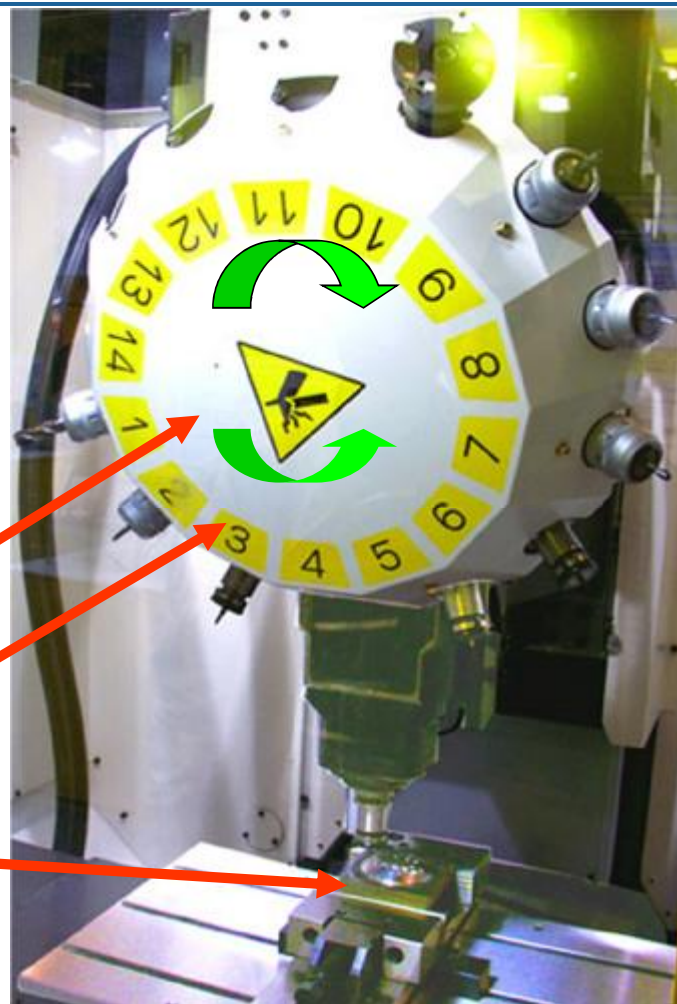
数控加工中心



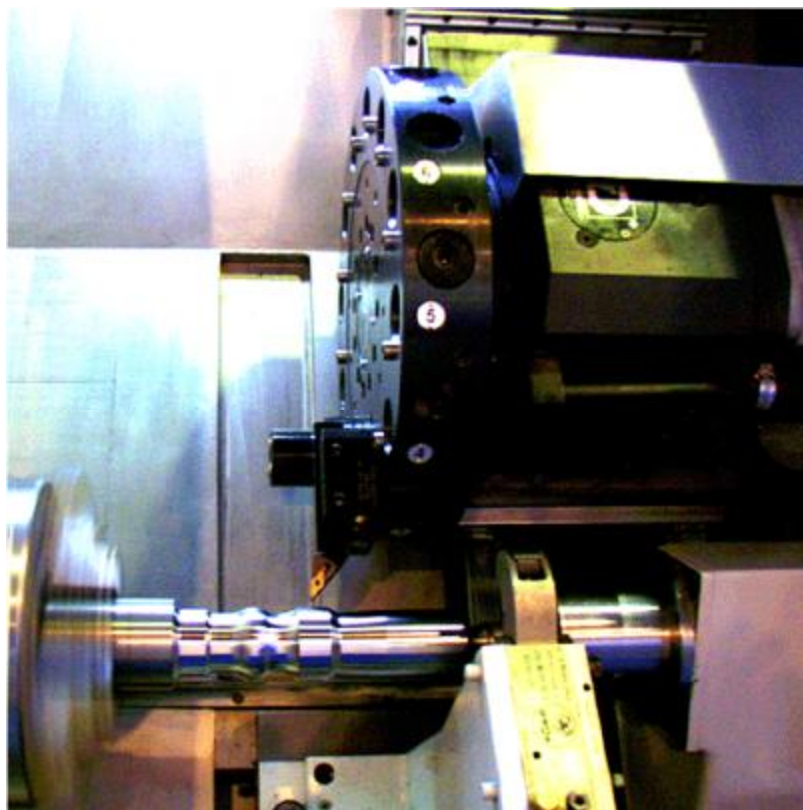
编码器在数控加工中心的 刀库选刀控制中的应用

角编码器与 旋转刀库连接

刀具
旋转刀库
角编码器的输出为当
前刀具号
被加工工件



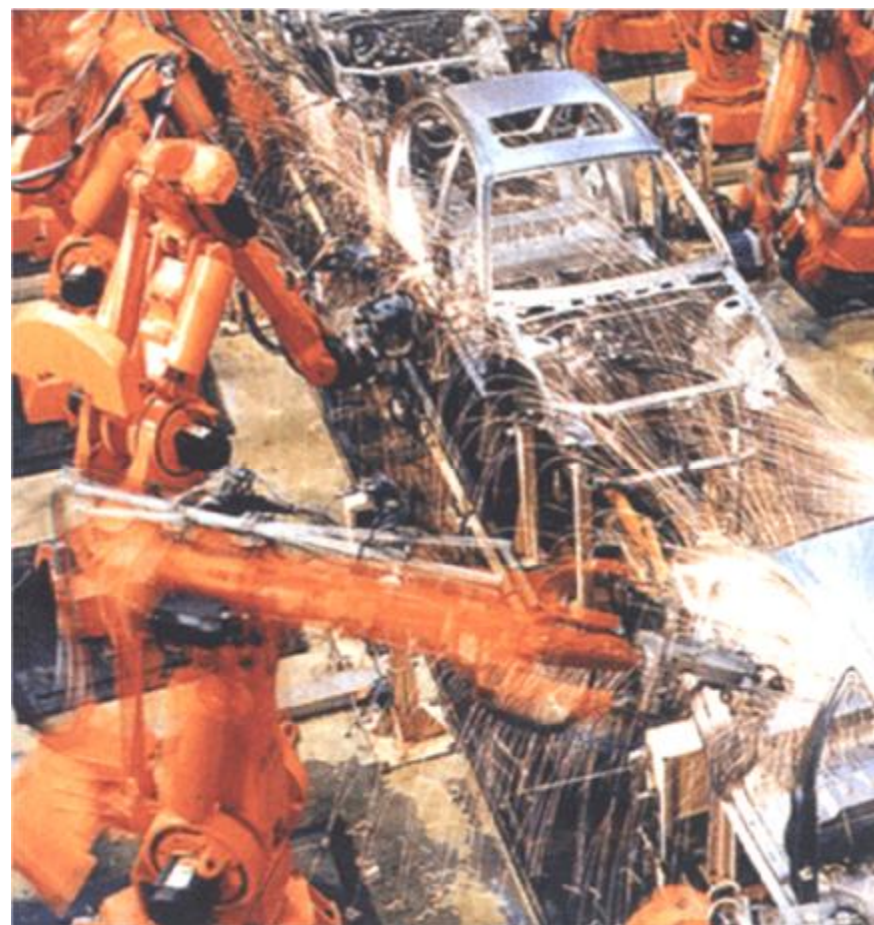
用不同的刀具完成不同的加工



皮带式刀库

角编码器用于汽车壳体焊接机械手

绝对式角编码器安装于机械手的各个关节，角度变化与设定值对比，步进电机控制。





13.3 光栅传感器

第三节 光栅传感器

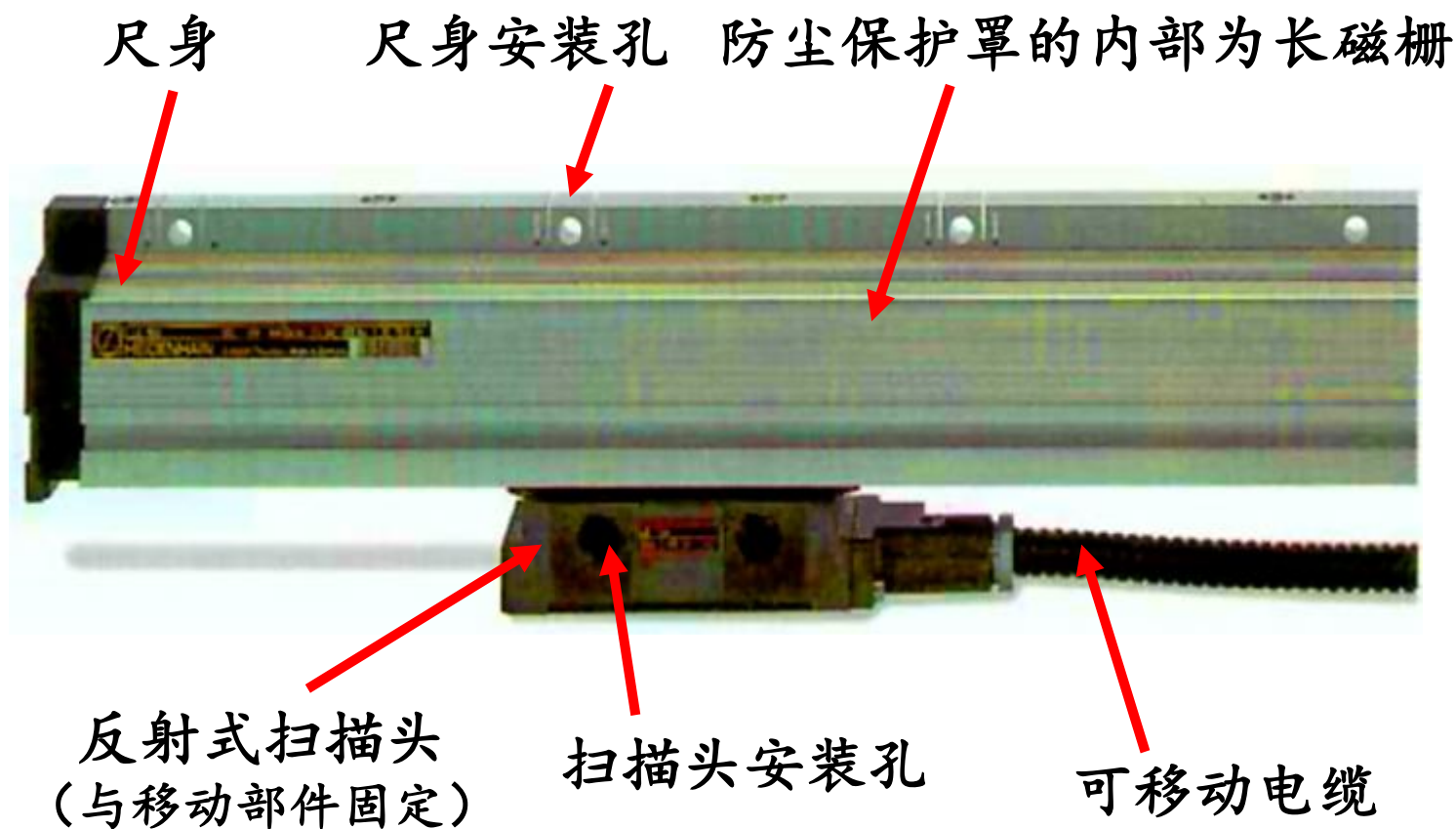
一、光栅的类型和结构

计量光栅可分为透射式光栅和反射式光栅两大类，均由光源、光栅副、光敏元件三大部分组成。计量光栅按形状又可分为长光栅和圆光栅。

光栅副由光栅尺和光电扫描头组成。

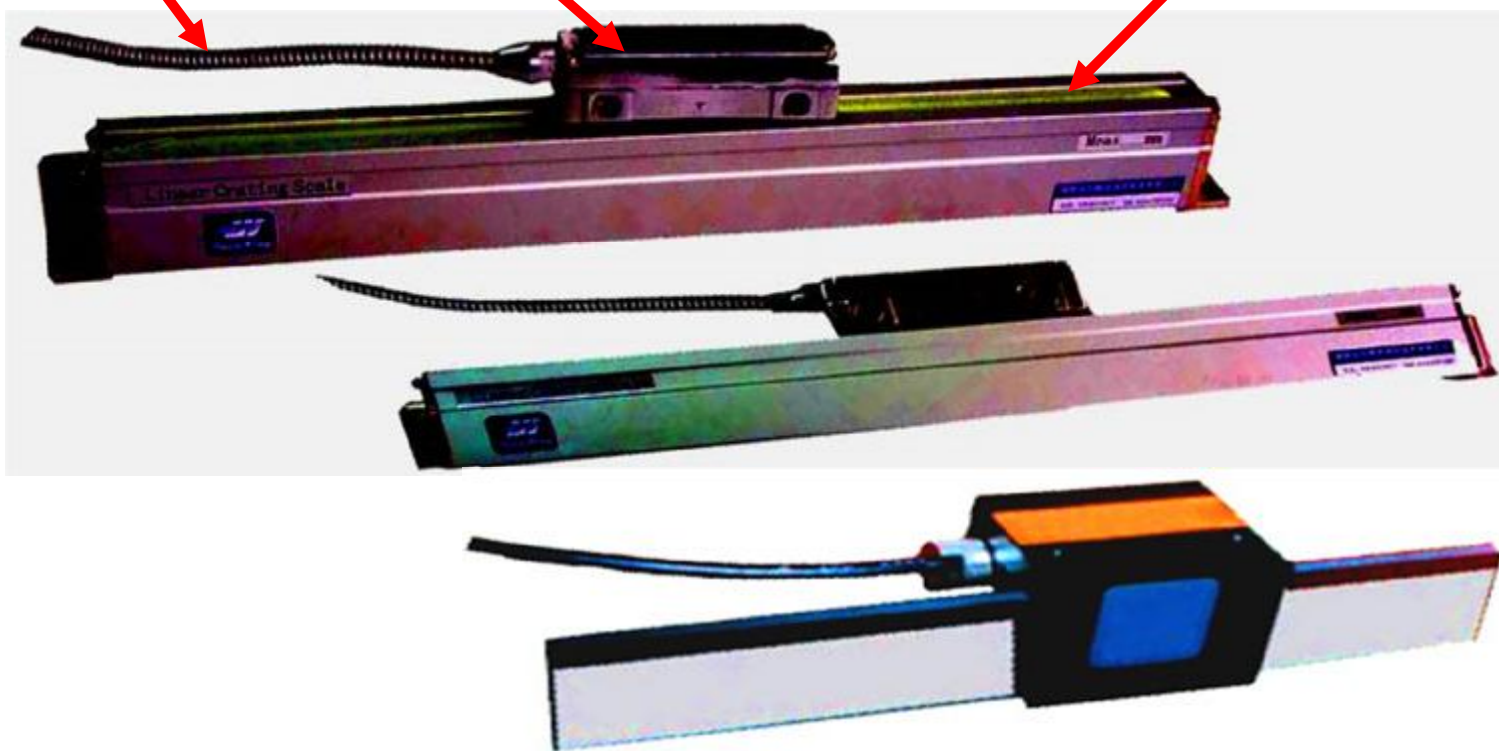
光电扫描头由细分辨向用光敏元件（2路或4路）、零位光敏元件等组成。

光栅的外形及结构



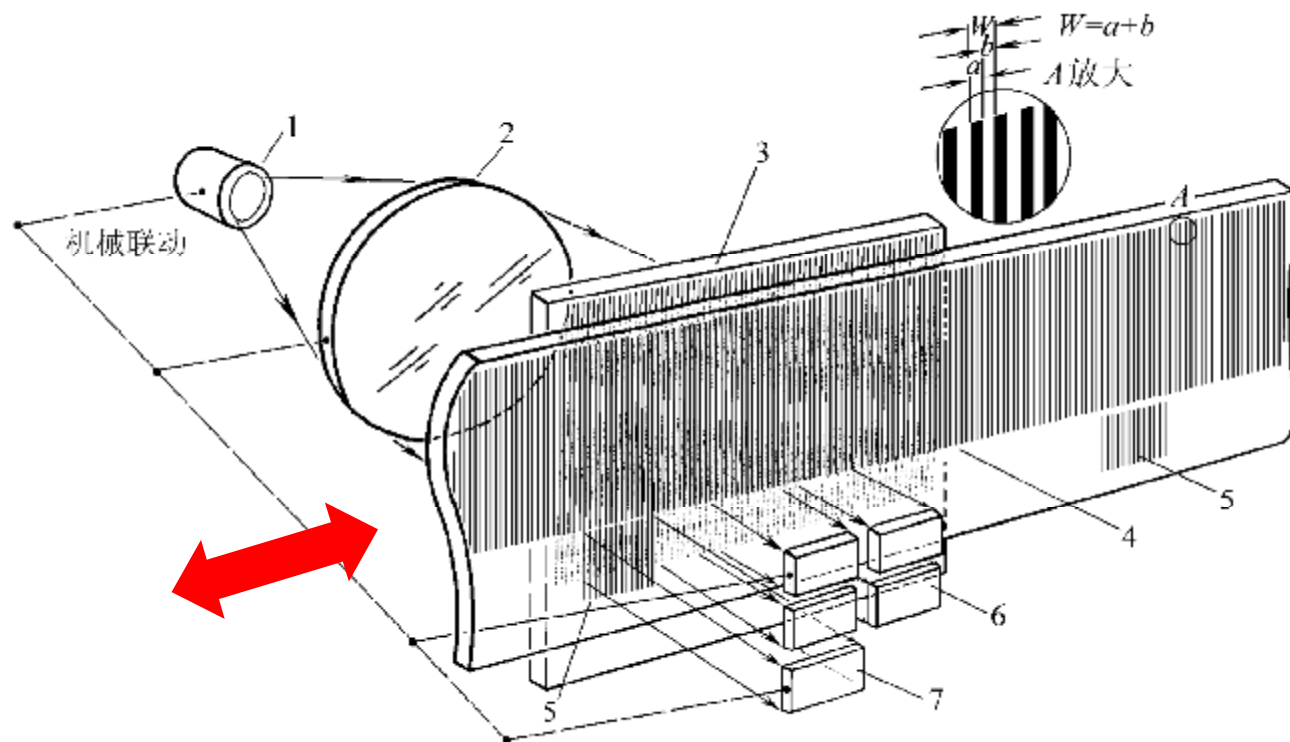
光栅的外形及结构（续）

可移动电缆 扫描头（与移动部件固定） 光栅尺



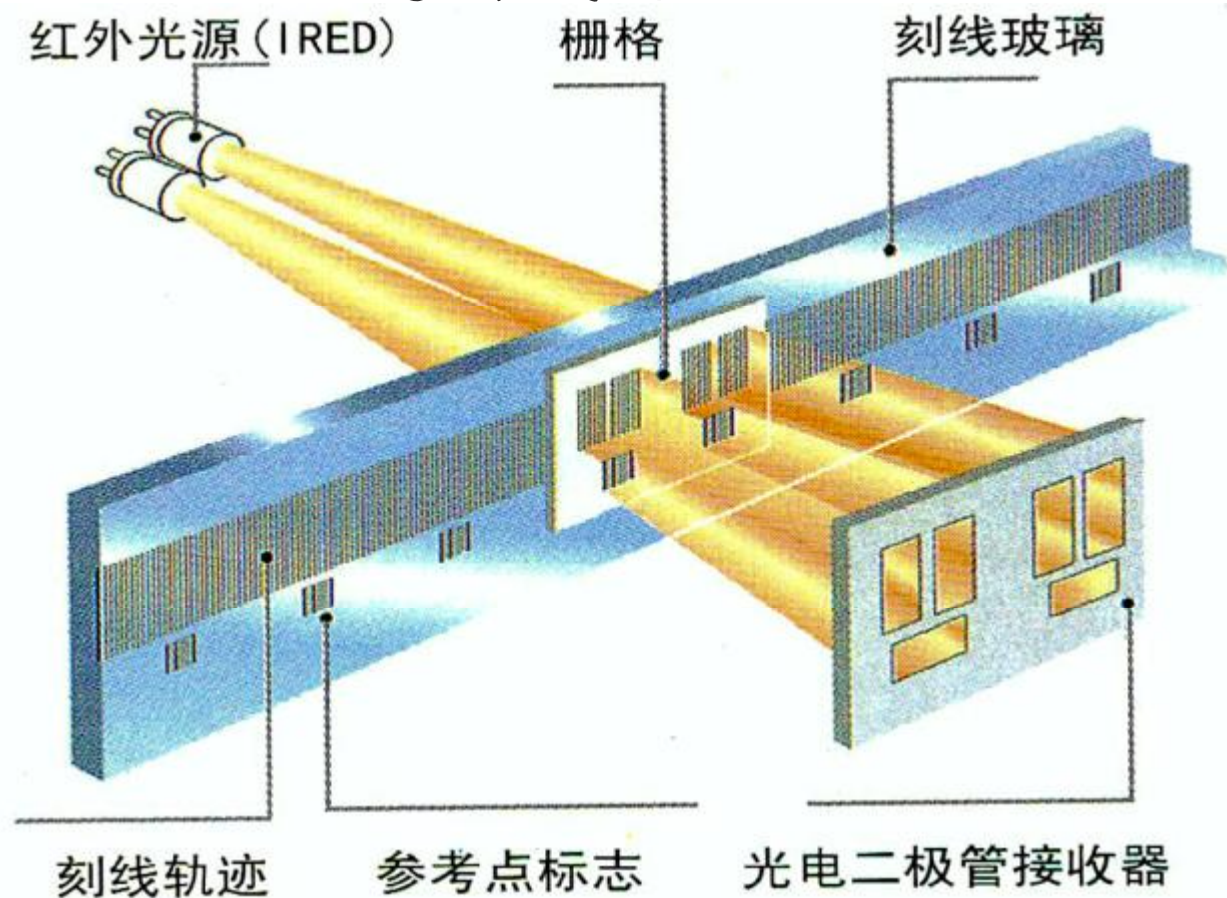
透射式直线光栅结构及组成

光源、透镜、指示光栅及光敏元件均固定在扫描头内，随扫描头一起联动。

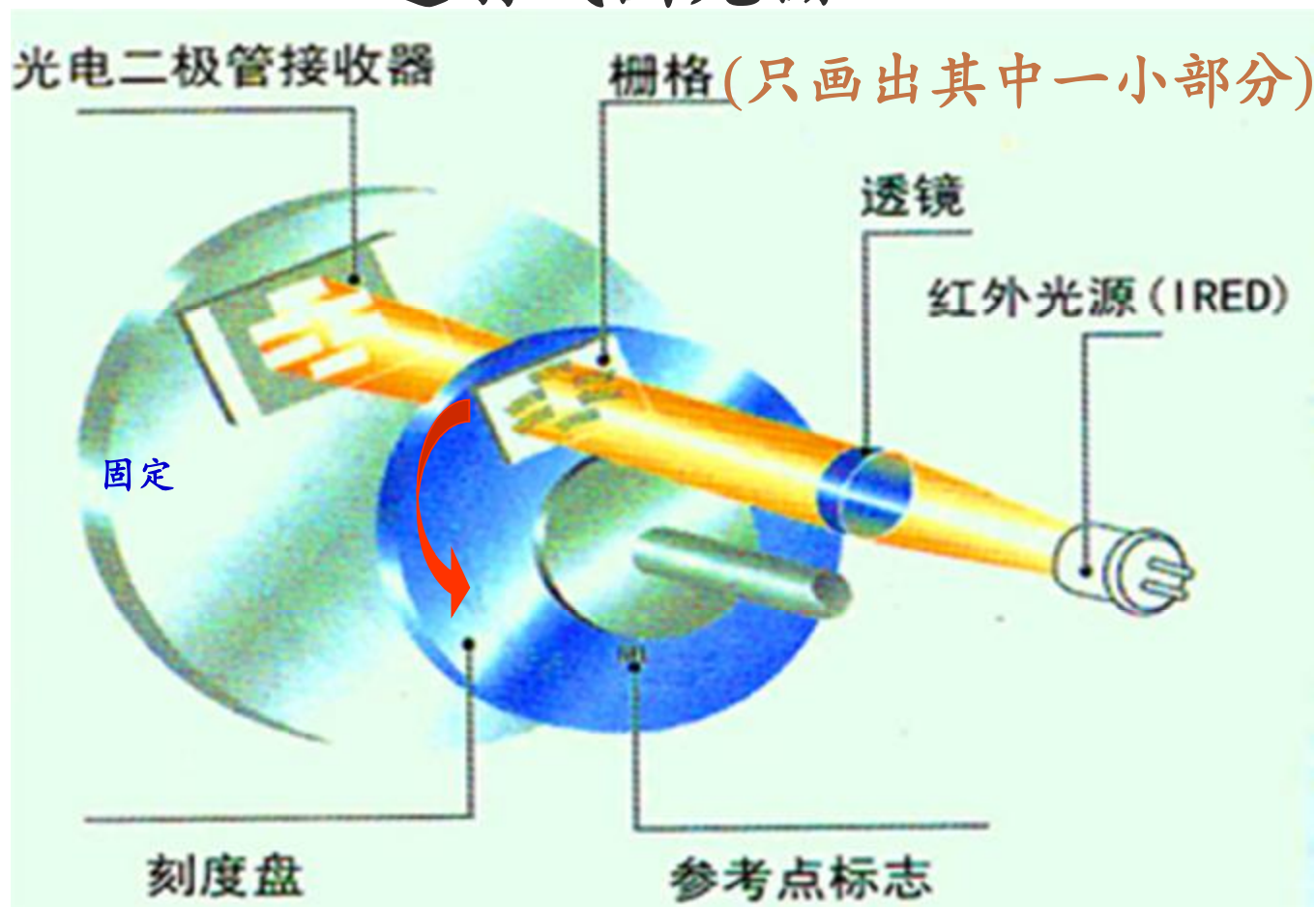


1—光源 2—透镜 3—指示光栅 4—主光栅（标尺光栅） 5—零位光栅
6—细分辨向用光敏元件（2路或4路） 7—零位光敏元件

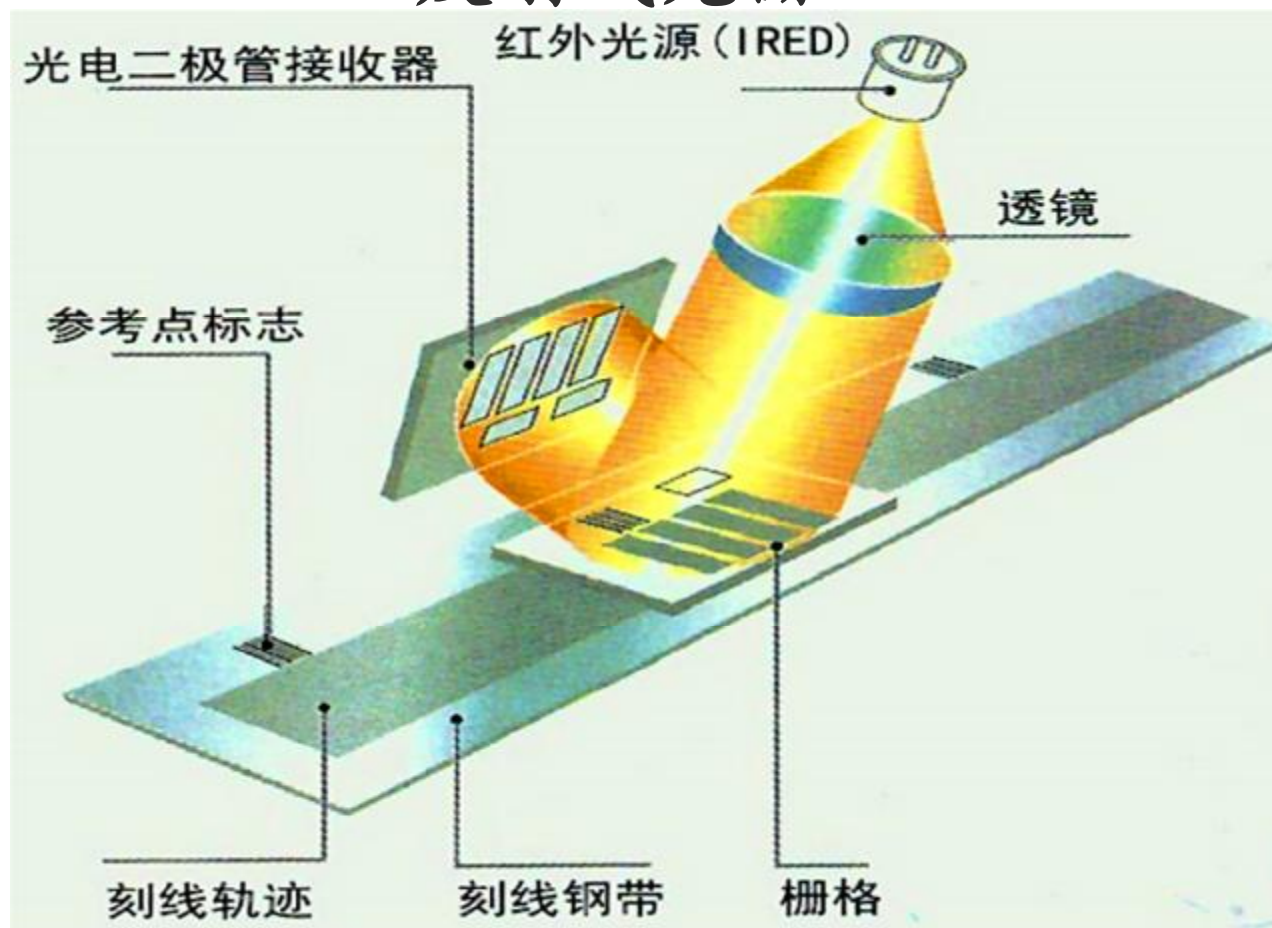
透射式光栅



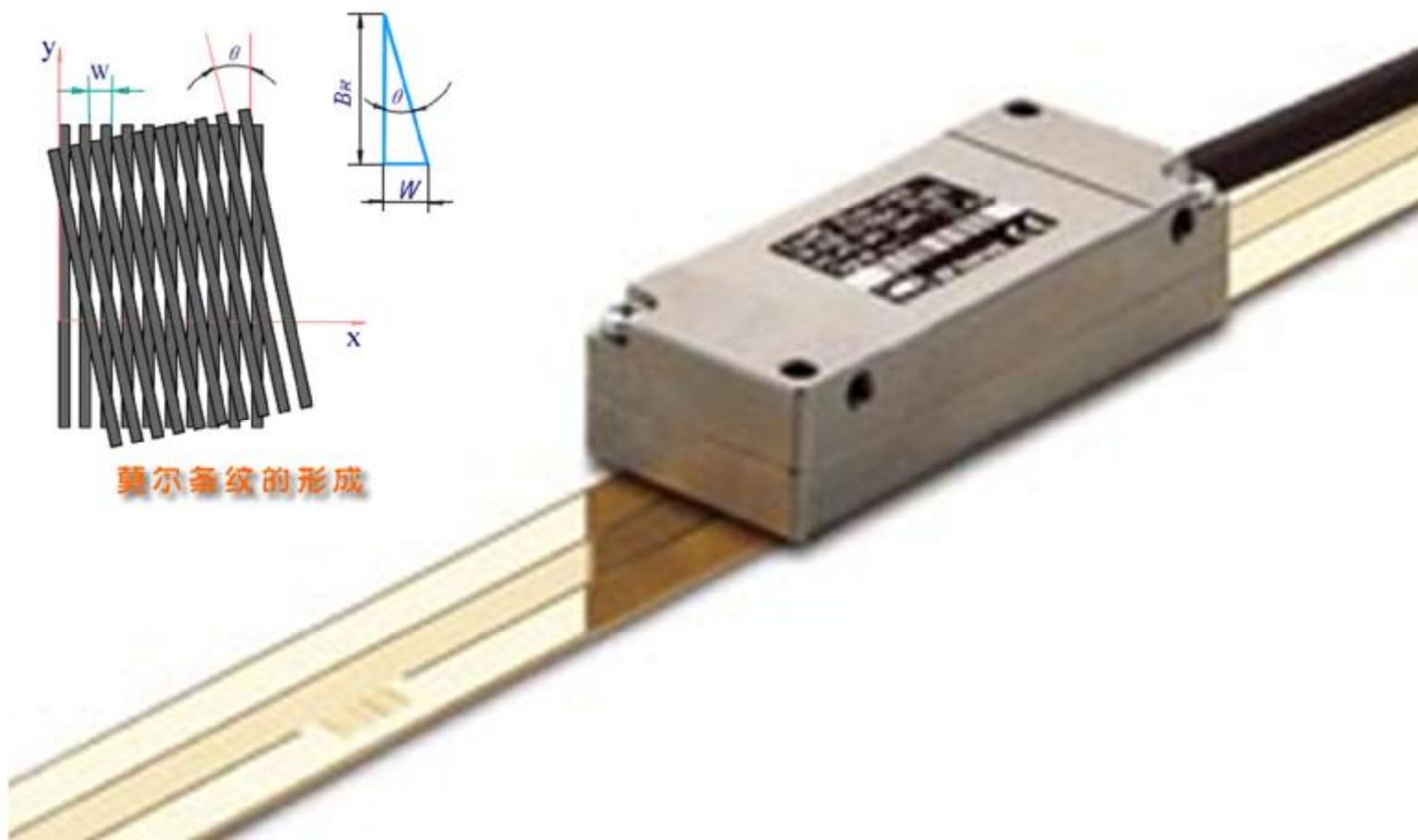
透射式圆光栅



反射式光栅

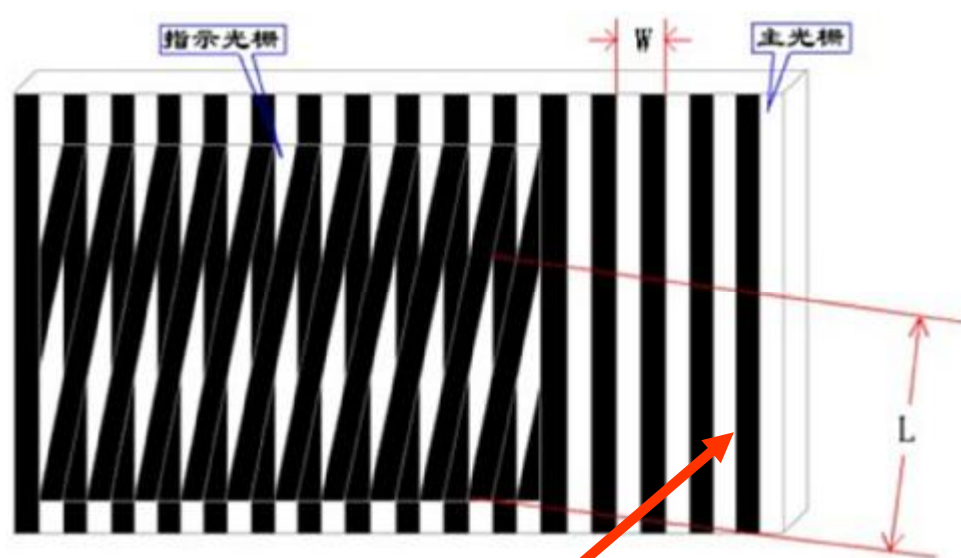


反射式光栅及读出光电信号莫尔条纹演示



莫尔条纹的光学放大作用

在透射式直线光栅中，把主光栅与指示光栅的刻线面相对叠合在一起，中间留有很小的间隙，并使两者的栅线保持很小的夹角 θ 。在两条光栅的透光线的重合处，光从缝隙透过，形成亮带；在两光栅刻线的不透光处，由于相互挡光作用而形成暗带。

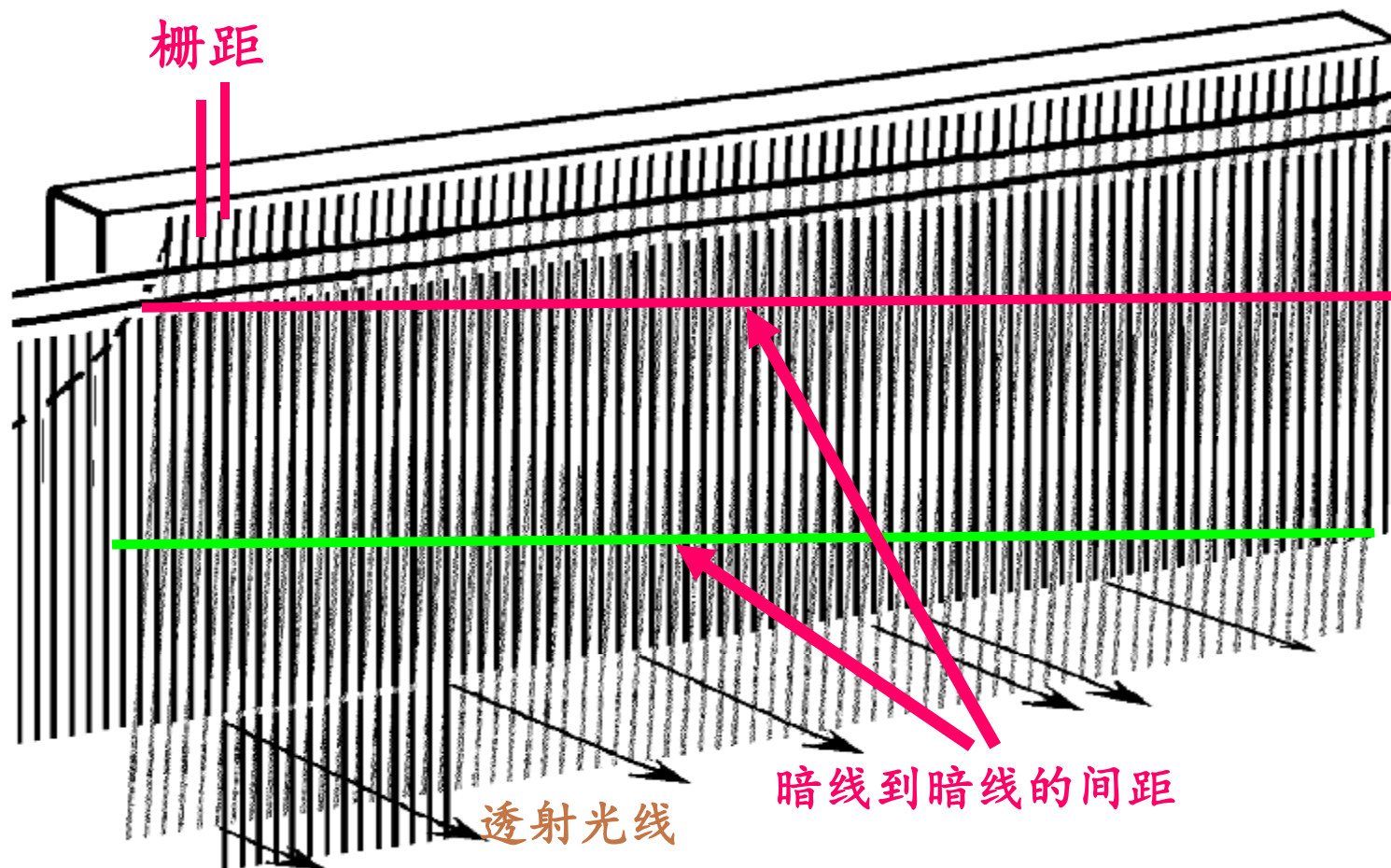


光栅的刻线宽度 W

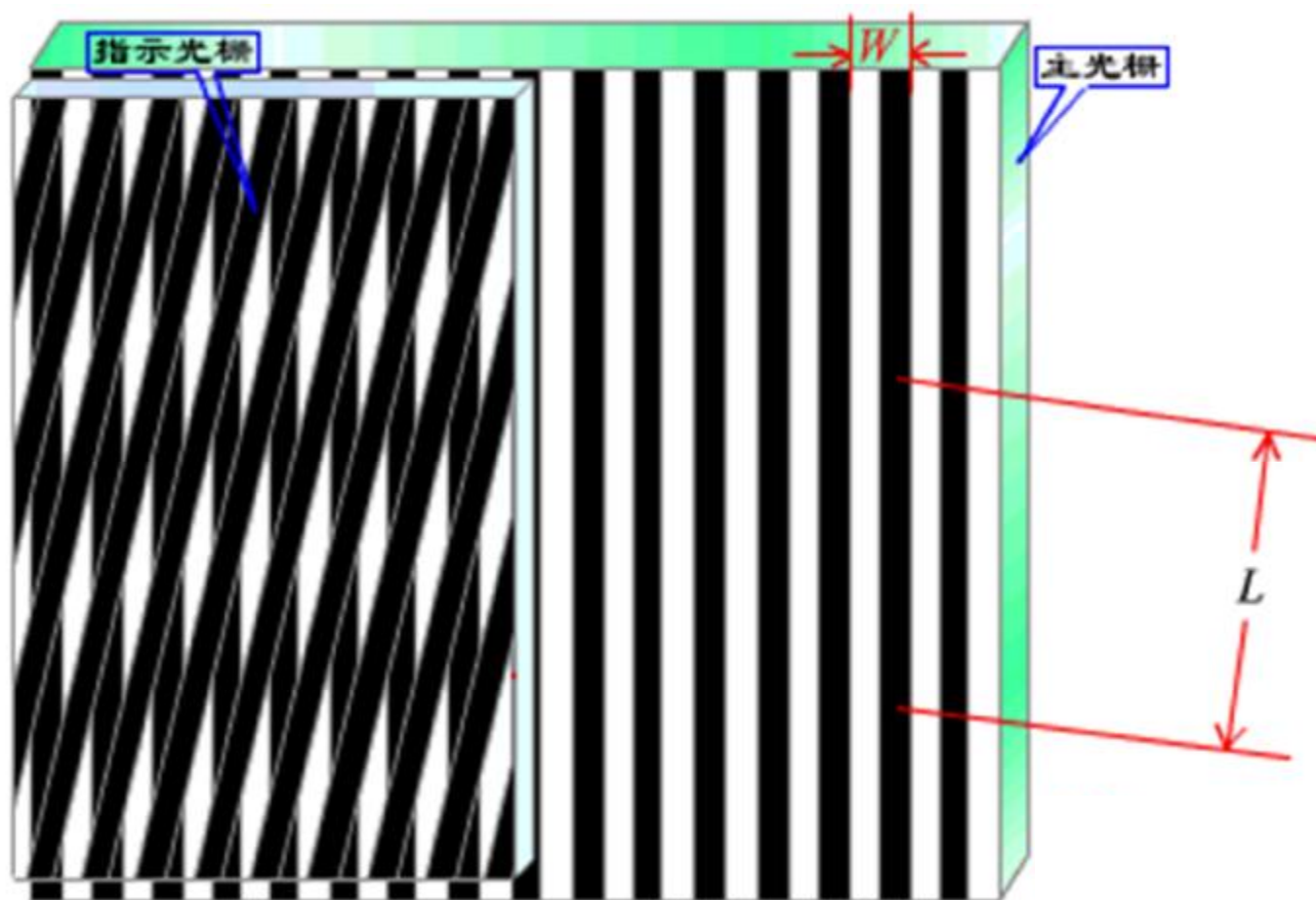
莫尔条纹的宽度 L

暗线到暗线
的间距 $L \approx W / \theta$,
(θ 为主光栅和指
示光栅刻线的夹角,
弧度)

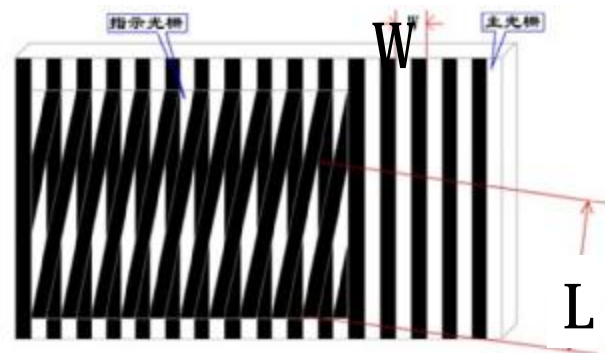
莫尔条纹的光
学放大作用
(暗线到暗线
的间距大于刻
线的间距)



莫尔条纹演示



莫尔条纹光学 放大作用的计算



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 $q = 1.8^\circ = 1.8^\circ \times 3.14/180^\circ$ 弧度，求：分辨力

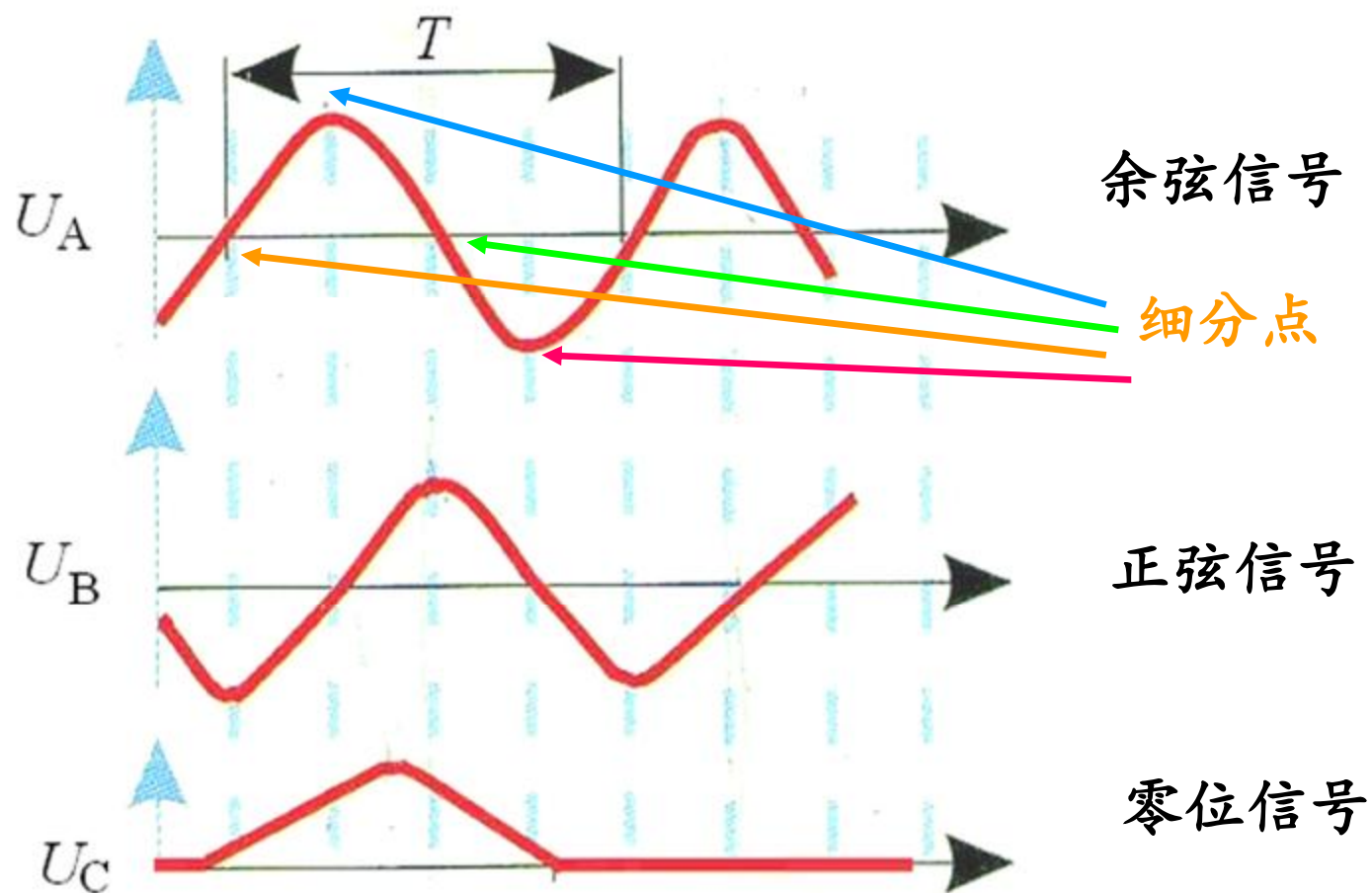
解：分辨力 $D = \text{栅距} W = 1\text{mm} \div 50 = 0.02\text{mm} = 20\mu\text{m}$ （由于栅距很小，因此无法观察光强的变化）

由以下计算可知，莫尔条纹的宽度是栅距的32倍：

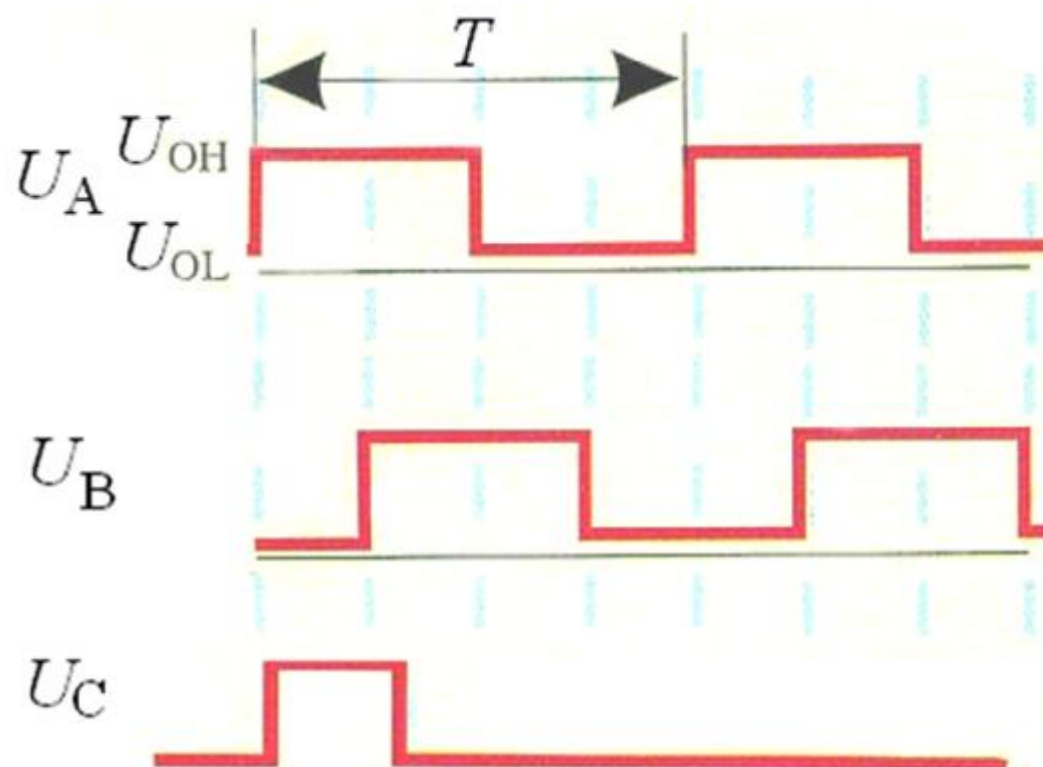
$$\begin{aligned} L &\approx W / \theta = 0.02\text{mm} / (1.8^\circ \times 3.14/180^\circ) \\ &= 0.02\text{mm} \div 0.0314 = 0.02\text{mm} \times 32 = 0.64\text{mm} \end{aligned}$$

由于莫尔条纹间距有0.64mm，因此可以用小面积的光电池，通过“狭缝”来“观察”莫尔条纹光强的变化。

光栅输出信号
(正弦波, 1V)

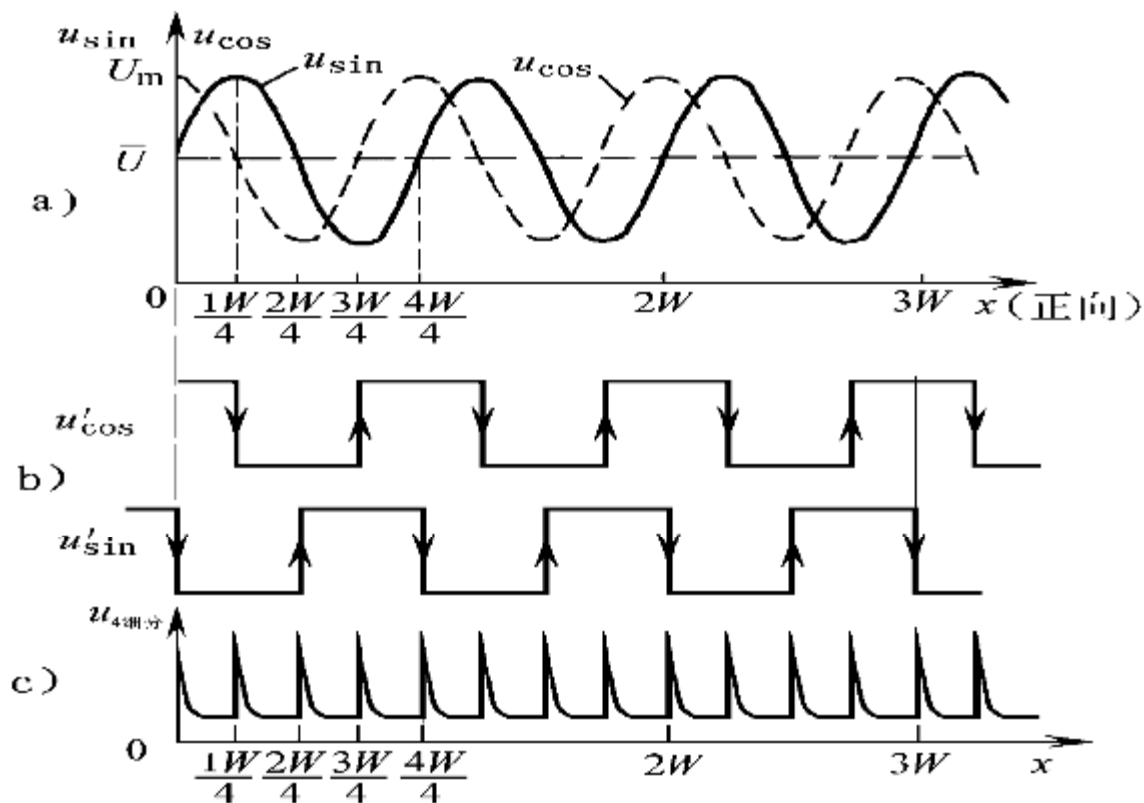


光栅输出信号整形后转换为TTL电平

整形后的余弦信号
(超前 90°)整形后的正弦信号
(滞后 90°)

零位信号

sin和cos光敏元件的输出电压波形及细分脉冲



a) 光栅位移与光强及输出电压的关系

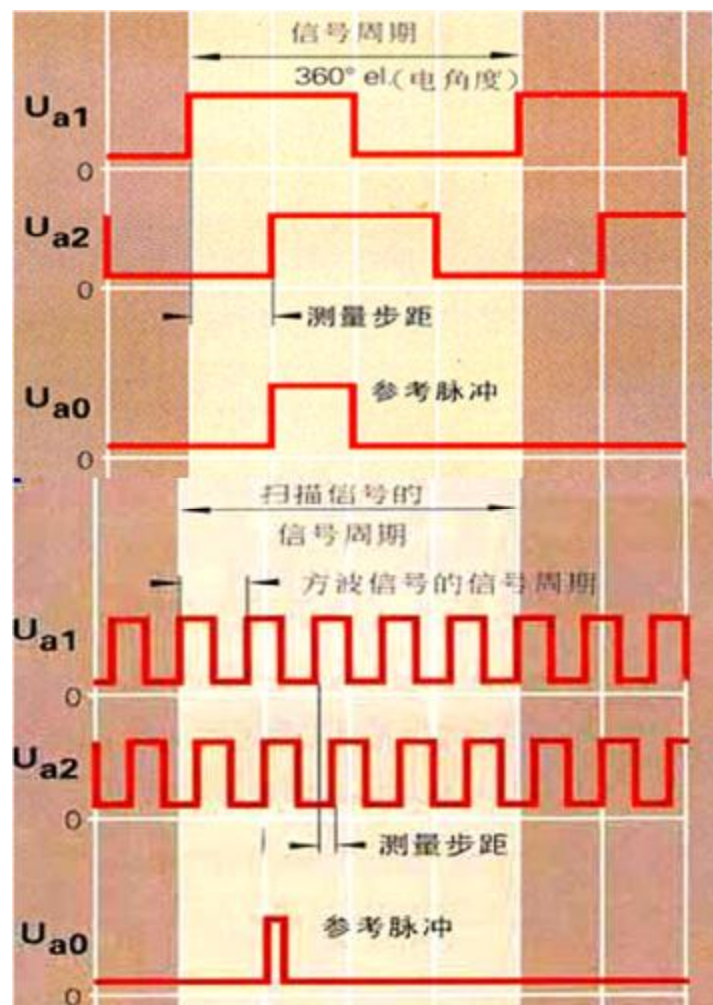
b) 整形后方波的上升沿和下降沿 c) 4细分脉冲

脉冲细分

细分前

细分技术能在不增加光栅刻线数及价格的情况下提高光栅的分辨力。

细分前，光栅的分辨力只有一个栅距的大小。



细分后

采用4细分技术后，计数脉冲的频率提高了4倍，相当于原光栅的分辨力提高了3倍，较大地提高了测量准确度。

光栅细分举例20200601

例：有一直线光栅，每毫米刻线数为50，采用4细分技术，求：细分前后的分辨力D。

解：分辨力 $D = W / 4 = (1\text{mm}/50) \div 4 = 0.02\text{mm} \div 4 = 0.005\text{mm} = 5\mu\text{m}$

结论：在不增加光栅刻线数（成本）的情况下，采用细分技术，将分辨力提高了3倍（数值变小）。

辨向电路及波形

如果传感器只安装一套光电元件，则在实际应用中，无论光栅作正向移动还是反向移动，光敏元件都产生相同的正弦信号，无法分辨位移的方向。

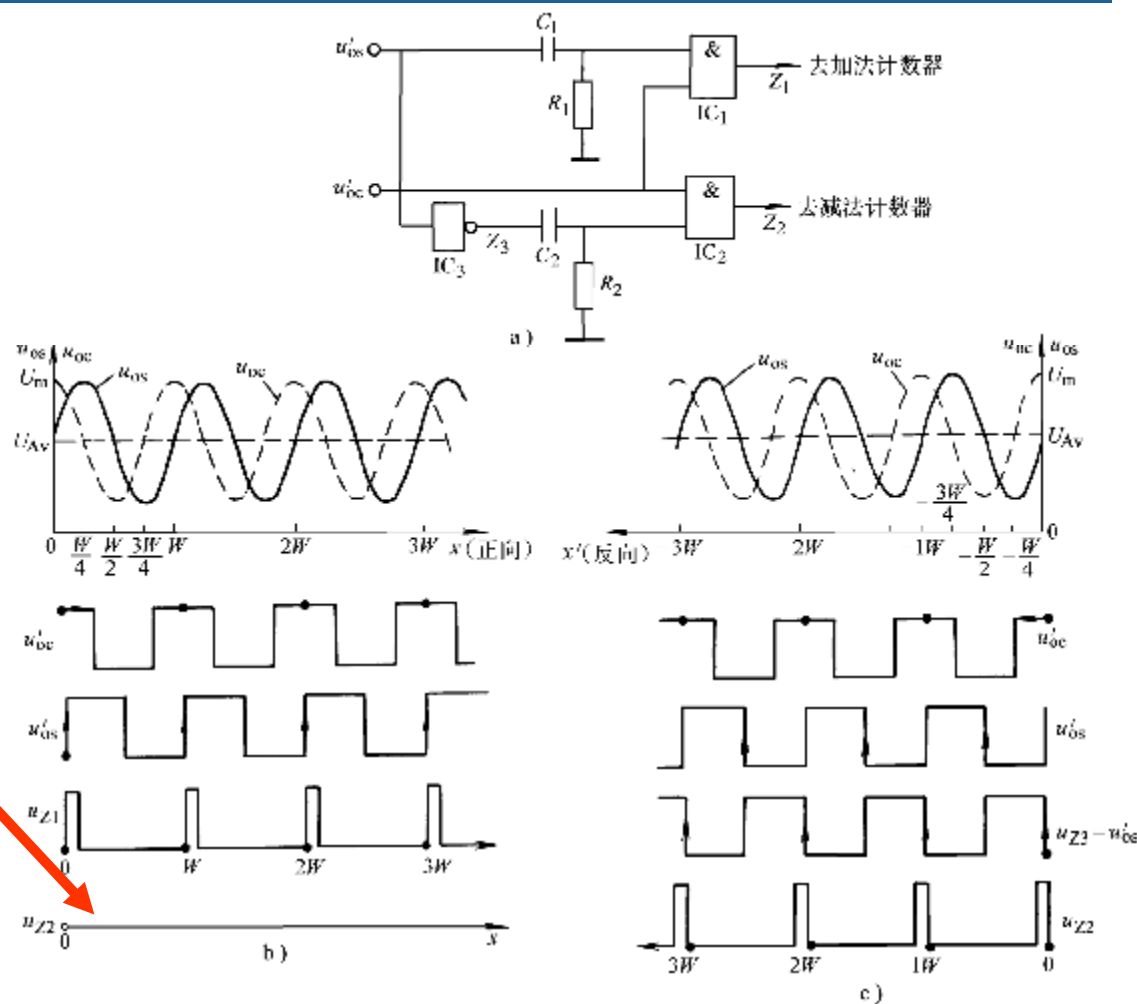
例：某1024p/r 圆光栅，正转10圈，反转 4 圈，若不采取辨向措施，则计数器将错误地得到14336个脉冲。求：采用辨向电路后的计数值。

解：辨向后的计数值为

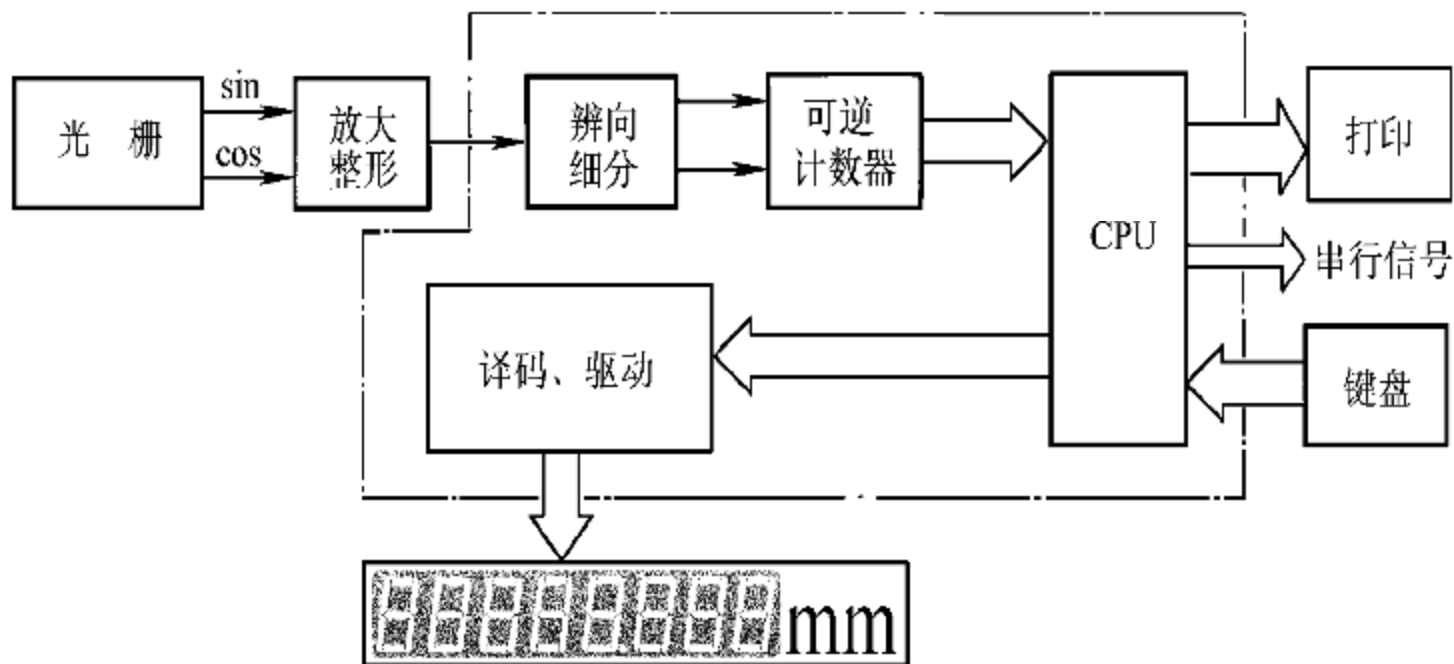
$$N=10 \times 1024 - 4 \times 1024 = 6144 \text{ 个脉冲。}$$

正向运动产生 加法脉冲

正向运动时，只有与门 IC_1 有“加”计数脉冲输出。而与门 IC_2 无“减”计数脉冲输出。反向运动时，情况相反，计算机做减法。



微机光栅数显表的组成框图



在微机光栅数显表中，放大、整形采用传统的集成电路，辨向、细分由单片机来完成。

为光栅设计的专用数据转换器（光栅计数卡）



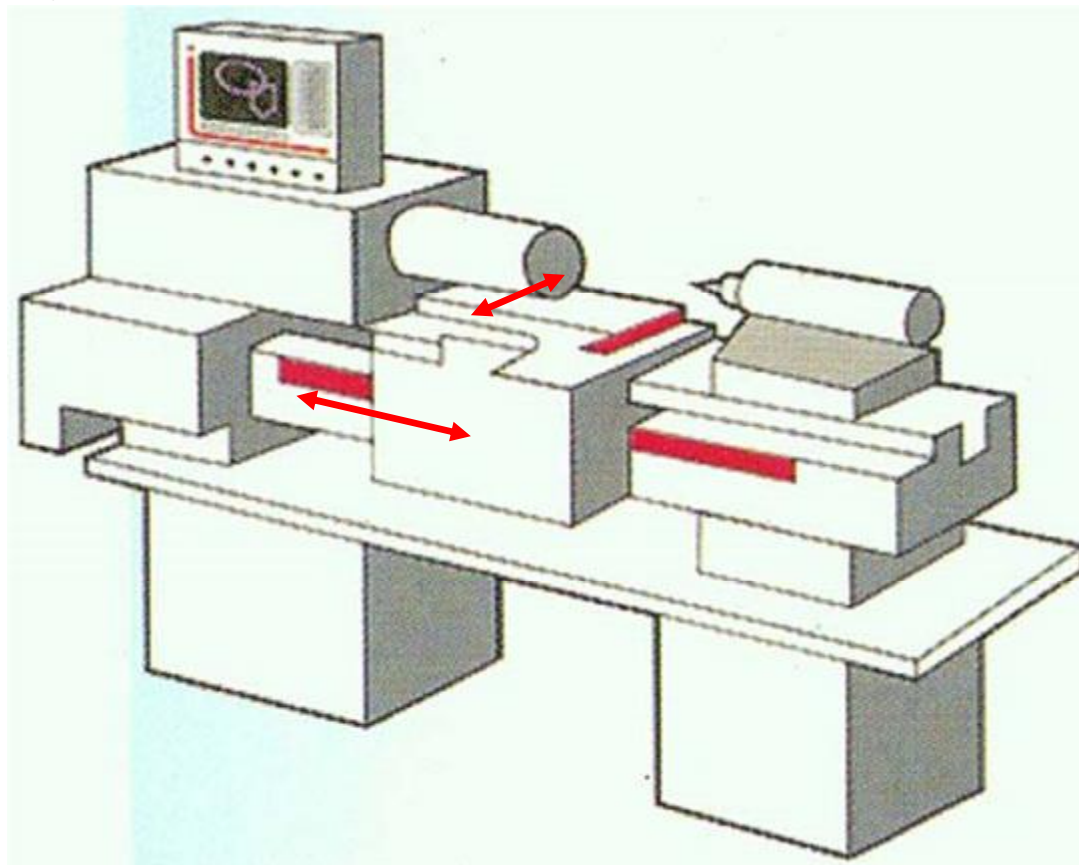
内部包含以下电路：放大、整形、细分、辨向、报警、阻抗变换等。

为光栅设计
的专用信号
处理单元
(光栅插补器)

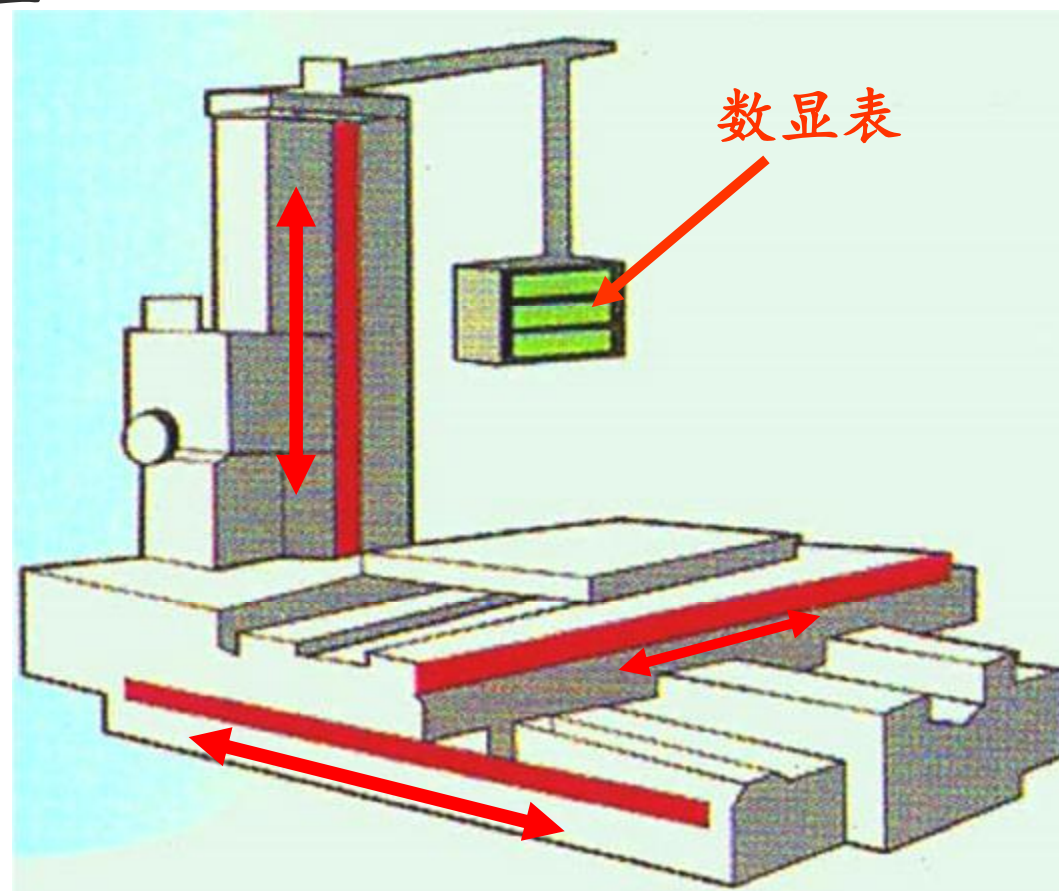
功能：放大、整形、
细分、辨向、报警、
阻抗变换等。



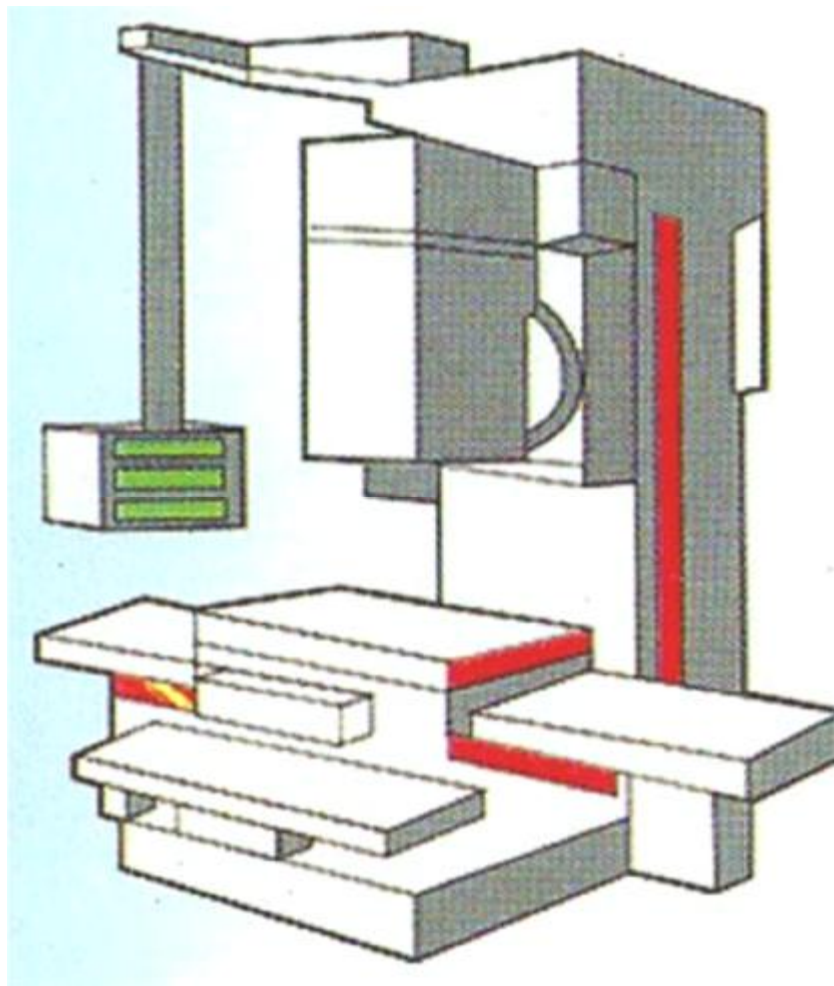
光栅在机床上的安装位置 (2个自由度)



光栅在机床上的安装位置 (3个自由度)



光栅在机床上的 安装位置 (3个自由度) (续)



2自由度光栅数显表

X位移显示

Z或Y位移显示



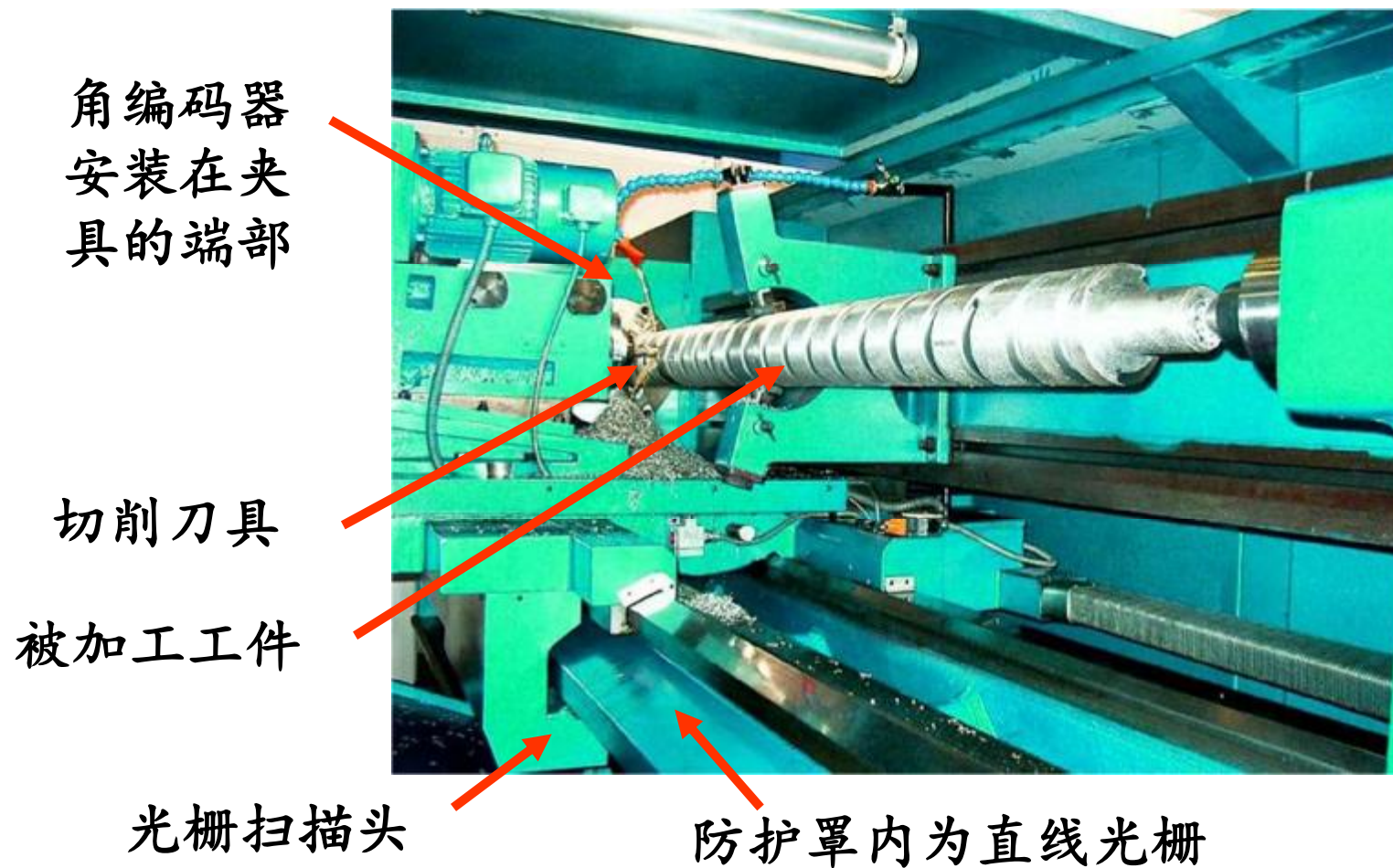
三座标数显表



3自由度光栅数显表



安装有直线光栅的数控机床加工实况





13.4

磁栅传感器



第四节 磁栅传感器

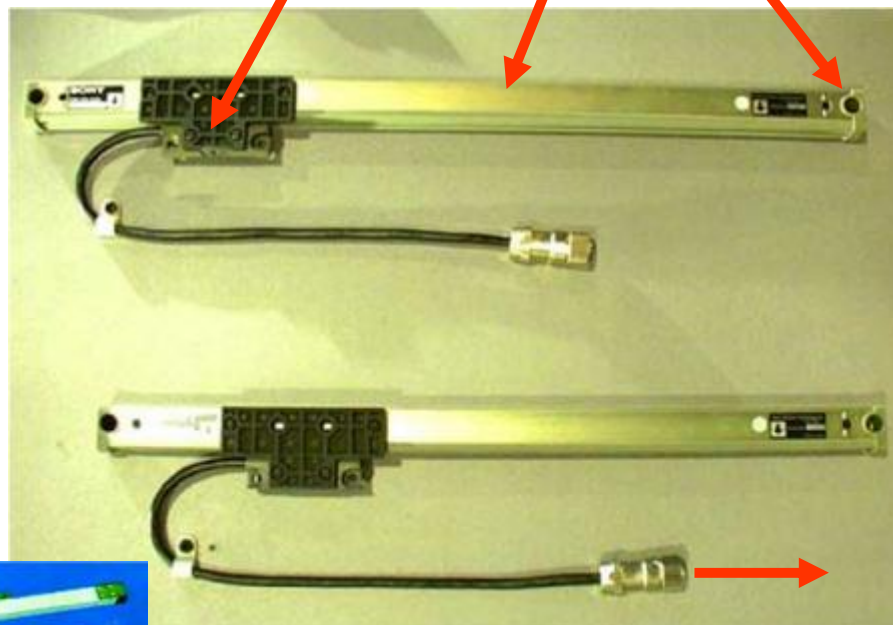
磁栅价格低于光栅，且录磁方便、易于安装，测量范围宽可超过十几米，抗干扰能力强。磁栅可分为长磁栅和圆磁栅。长磁栅主要用于直线位移测量，圆磁栅主要用于角位移测量。磁栅传感器主要由磁尺、磁头和信号处理电路组成。目前还出现了磁敏电阻原理的磁头，可不必设置励磁电路，检测速度也进一步提高。还有一种“空间静磁栅”，在失电→上电后，仍能正确地反映失电前的位置或角度，实现了磁栅的“绝对编码”。

磁栅的外形及结构

静态磁头

磁尺

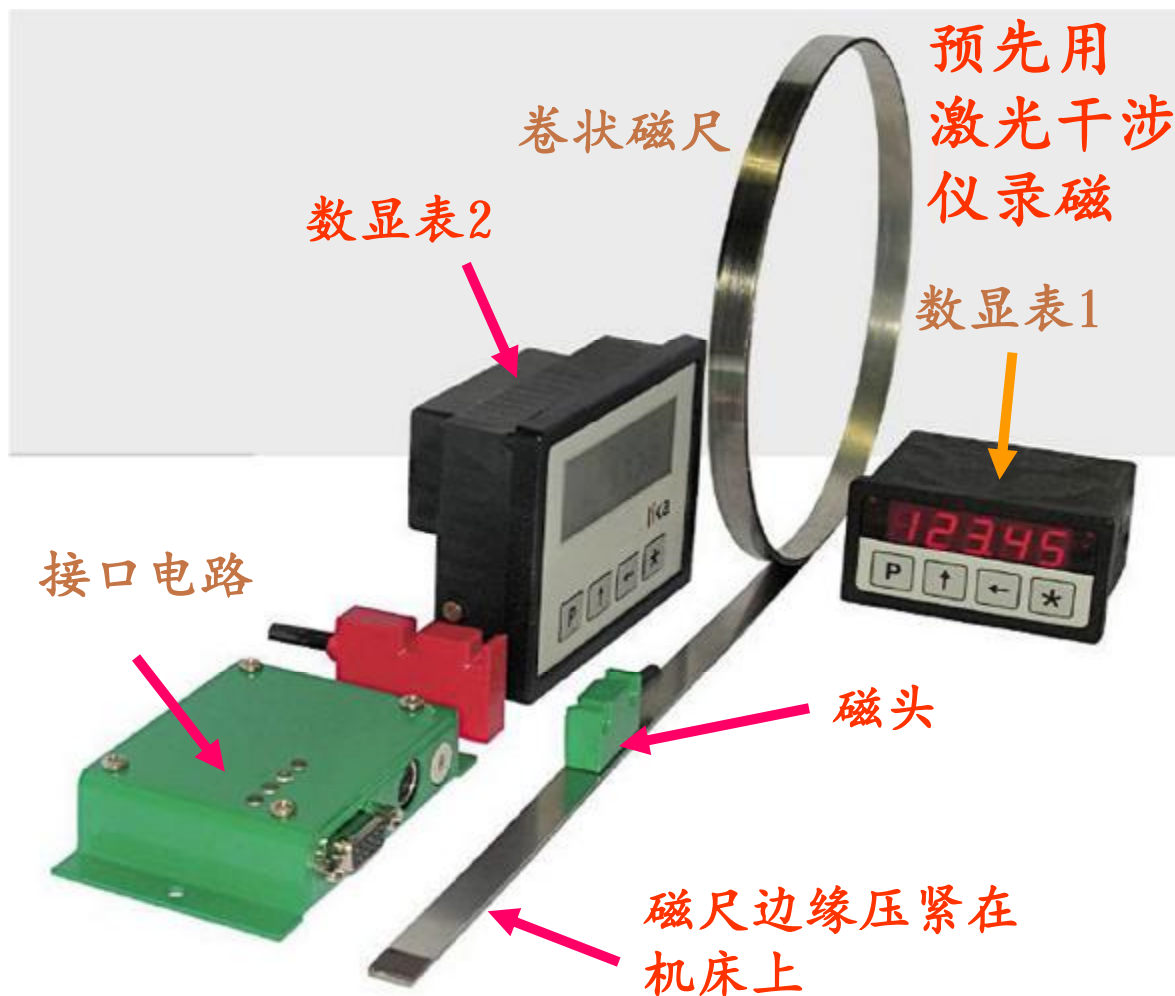
固定孔



去信号处理电路

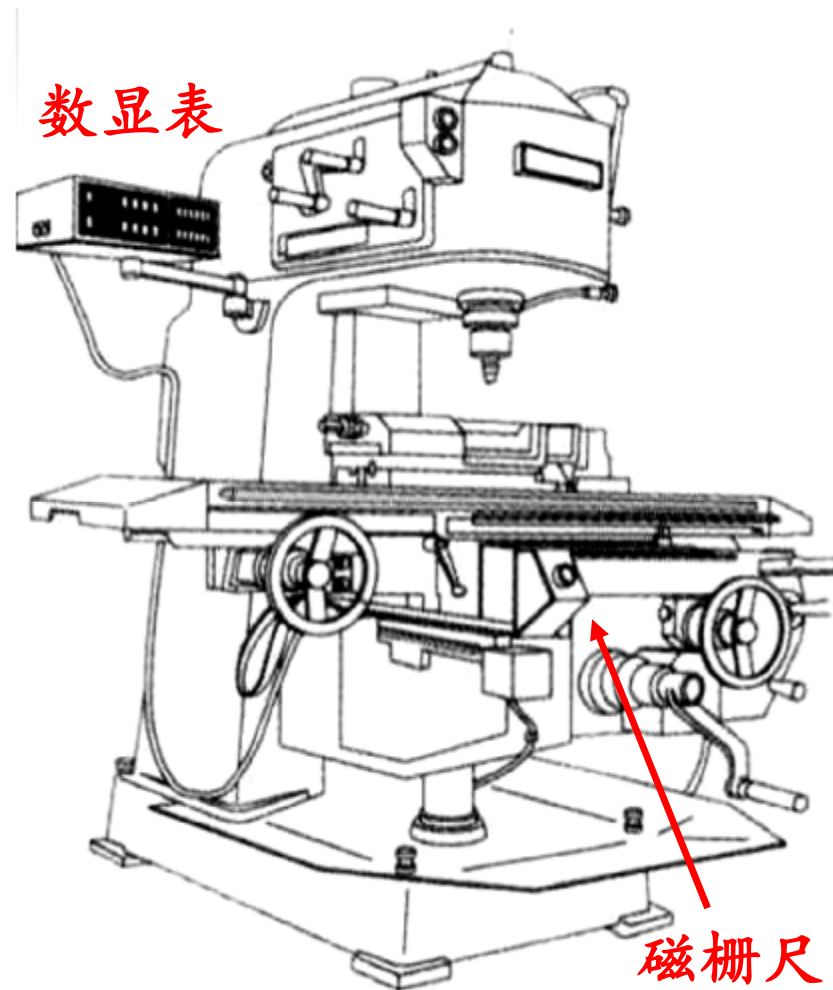


磁栅测量系统

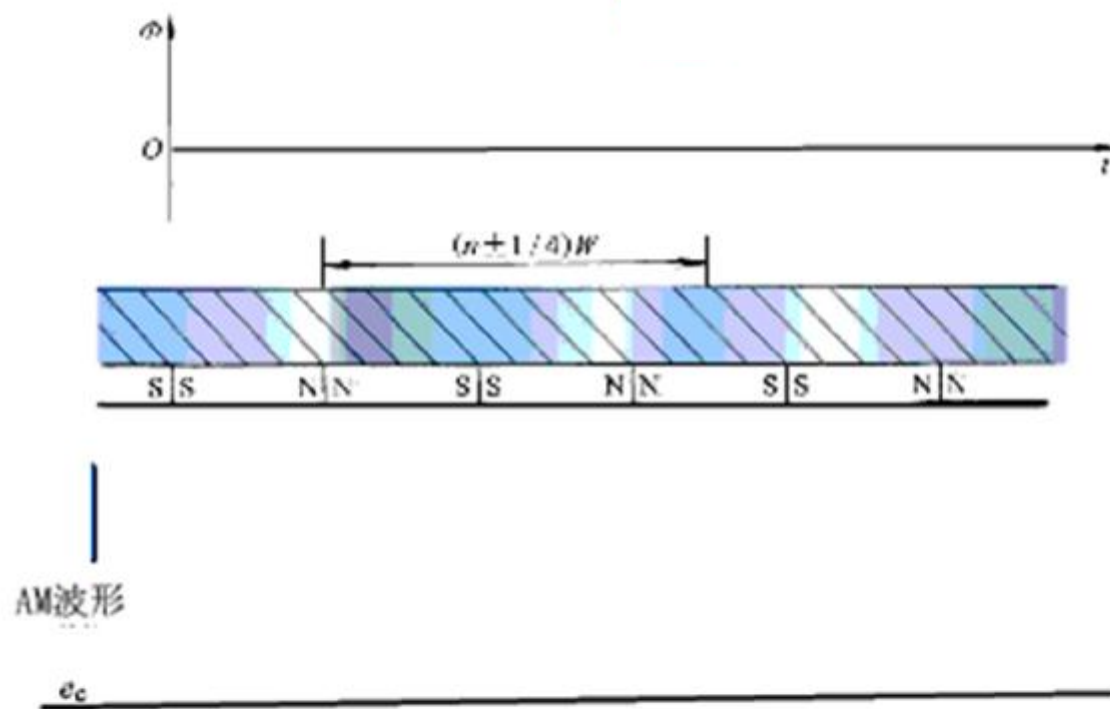


磁栅在机床上的安装

磁栅价格低于光栅，且录磁方便、易于安装，测量范围宽可超过十几米，抗振动和抗冲击能力强。长磁栅主要用于直线位移测量，圆磁栅主要用于角位移测量。磁栅传感器主要由磁尺、磁头和信号处理电路组成。



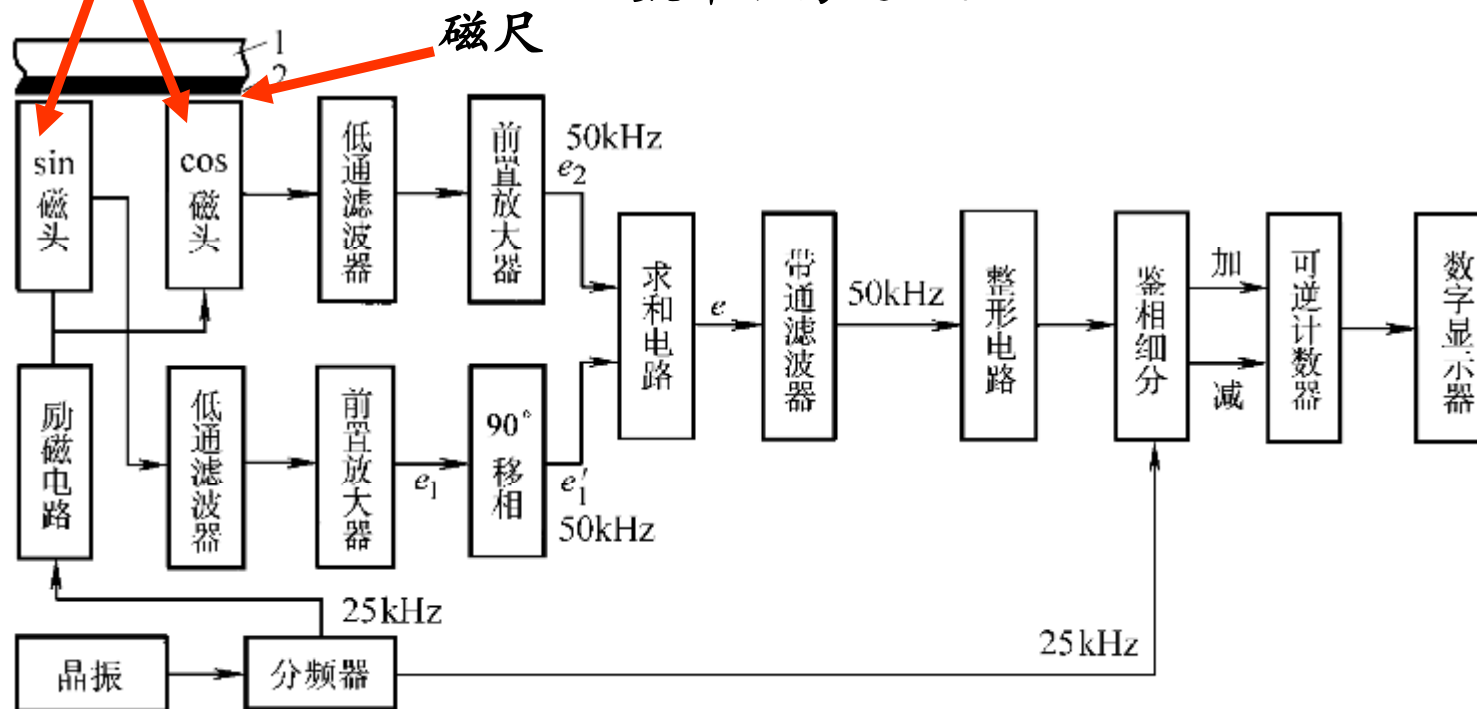
磁头与磁尺相对运动时的输出波形演示



鉴相型磁栅数显表的原理框图

COS、sin磁头相距整
数倍 λ 再加 $1/4$ 栅距

磁尺与磁头属于接触式测量，由
于摩擦等因数，使用寿命不如光栅，
数年后易退磁。



XCCB磁栅传感器的特性参数

刻线数/线 \cdot mm ⁻¹	20
分辨力/ μ m	0.5
最大误差/ μ m	$\pm(5+5L/1000)$
全长/mm	L+143
有效长度L/mm	100~900
最大行程/mm	L+22mm
最大响应速度/m \cdot min ⁻¹	60
激励源	10kHz
脉冲/mm (细分前)	20(TTL电平)
移动寿命/km	9000
电缆最大长度/m	30

例：某磁栅传感器特性见上页，刻线数为每mm20线，现希望分辨力达到1mm，求细分数。

解：XCCB磁栅传感器细分以前的分辨力

$$1\mu\text{m} = 1\text{mm} \div 20 = 50\text{ }\mu\text{m}$$

则：细分数 $n = 50\mu\text{m} \div 0.5\text{ }\mu\text{m} = 100$ 细分

结论：需使用多磁头来组成细分电路，并由专用高速模块进行计算，才能达到100细分的要求。

除此之外，细分后的绝对误差比50 μm 大好几倍，必须通过激光干涉仪标定，才能逐段修正绝对误差。

磁栅测量系统



磁栅在磨床测长系统中的应用



磁尺

磁头安装在何处？

磁栅在铣床直线位移测量中的应用

磁尺



数显表



13.5 容栅传感器

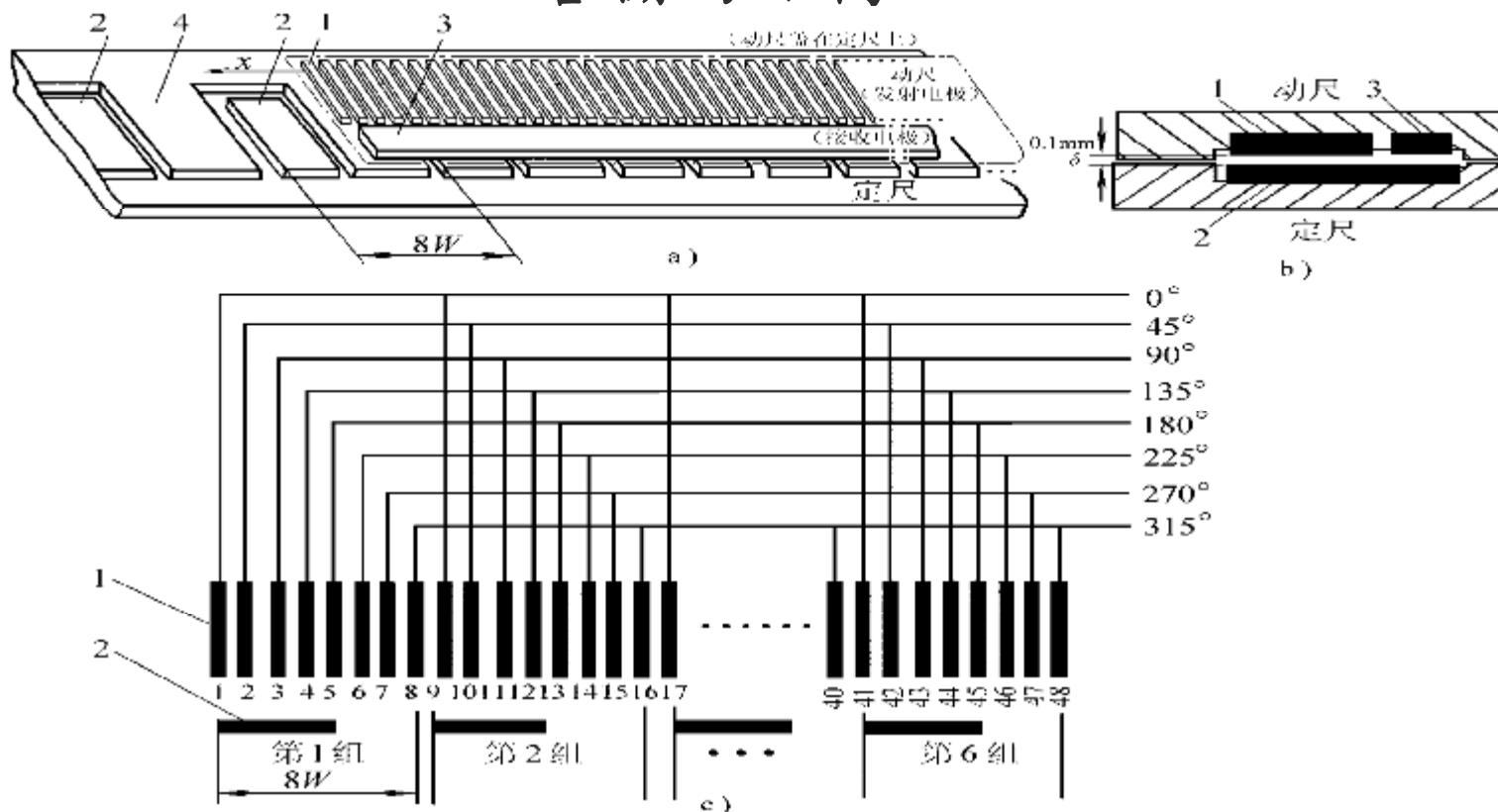
第五节 容栅传感器

容栅传感器是基于变面积工作原理的电容传感器，它的电极排列如同栅状。与其他大位移传感器，如光栅、磁栅等相比，虽然准确度差一个数量级，但体积小、造价低、耗电省，广泛应用于电子数显卡尺、千分尺、高度仪、坐标仪等几百毫米以下行程的测量中，分辨力为 $10\ \mu\text{m}$ 。

结构及工作原理

容栅传感器可分为三类：直线型容栅、圆容栅。其中，直线型容栅传感器用于直线位移的测量，圆形容栅传感器用于角位移的测量。

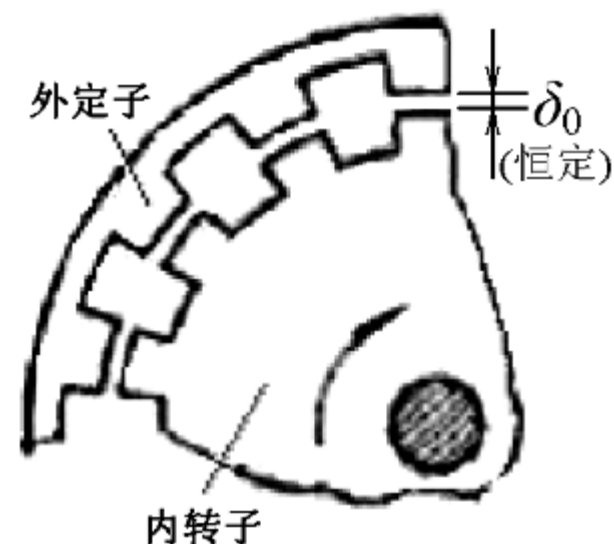
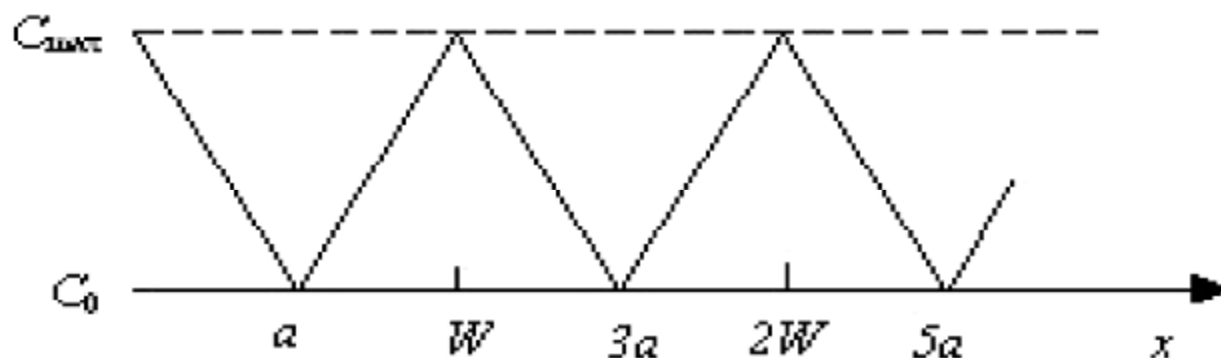
容栅的结构



a) 动尺和定尺上的电极 b) 定尺、动尺的位置关系 c) 发射电极和反射电极的相互关系
 1—发射电极 2—反射电极 3—接收电极 4—屏蔽电极

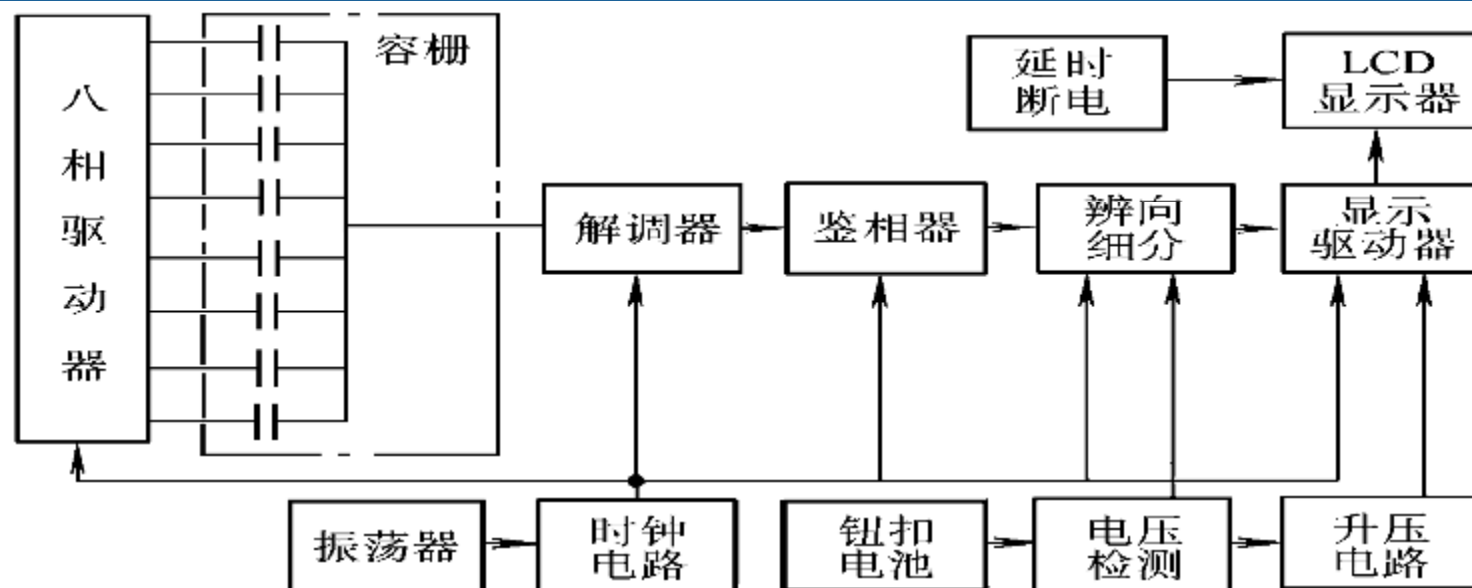
容栅传感器的内部结构及容量变化曲线

节距5.09mm（线路板上导电极板的间距），
分辨力0.01mm，采用8组容栅进行细分。



随着转子与定子电极的重合或分离，电容量周期变化

容栅的结构



当“动尺”相对“定尺”移动 x 距离时，“发射电极”与“反射电极”间的相对面积发生变化，反射电极上的电荷量发生变化，并将电荷感应到“接收电极”上，在接收电极上累积的电荷 Q 与位移量 x 成正比。经运算器处理后进行公/英制转换和BCD码转换，再由译码器将BCD码转变成七段码，送显示驱动单元。容栅传感器使用“锁相环”倍频。

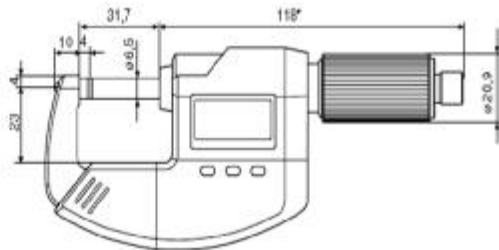
容栅传感器特性指标

特性

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 功能: 0 (相对测量时屏幕置零) ABS (切换绝对测量与相对测量) 公/英制转换 | <ul style="list-style-type: none"> PR (预置) 容栅式测量系统, 电池寿命约2年 高对比度液晶显示屏, 数字高度7.5mm | <ul style="list-style-type: none"> 隔热镀铬钢尺架 测杆及测砧带硬制合金 测杆由不锈钢制成, 并且全面硬化处理 测力整体设计 |
|---|---|---|

技术参数

测量范围	分辨率	允许误差	丝杆螺距
mm (inch)	mm / inch	μm	mm
40 EW 0 - 25 (0-1")	0,001 / .0005"	4	0,635
40 EXL 0 - 25 (0-1")	0,001 / .0005"	4	0,635



量程: 0~25mm; 节距5.09mm; 分辨力: 0.001mm或0.00005"

Micromar. 千分尺

► 新的防水数显千分尺 Micromar 40EW, 即使在最恶劣的工作环境下仍能获得准确可靠的测量结果。

DIN 863

具有专利的高精度测量系统

测力装置和套管为一体设计

IP65

防水测量系统, 防护等级 IP65



盲字母	IP	国际防护等级
第一个数字	6	防尘
第二个数字	5	防喷射

不锈钢淬硬丝杆

尺架镀铬, 坚固防锈



各种容栅测量装置



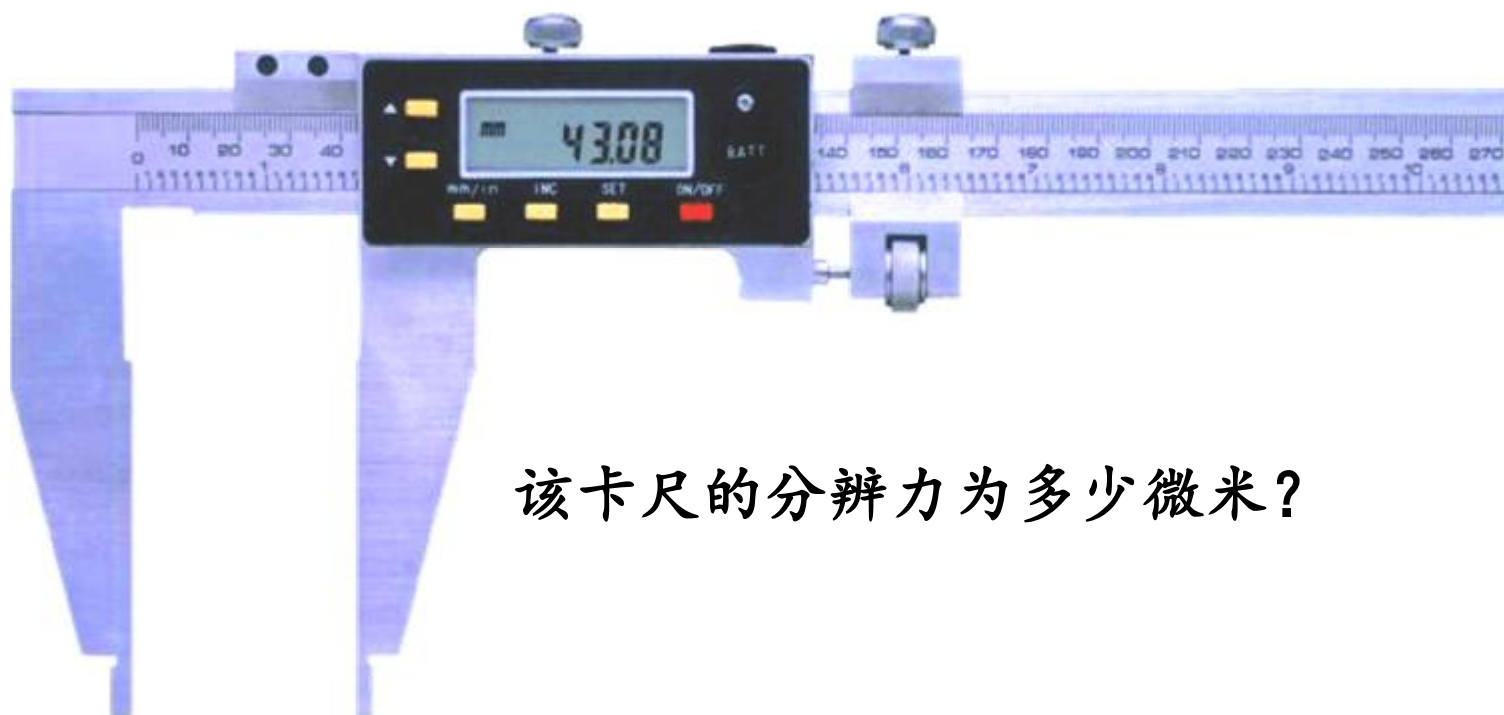
各种容栅数显表



各种容栅数显卡尺

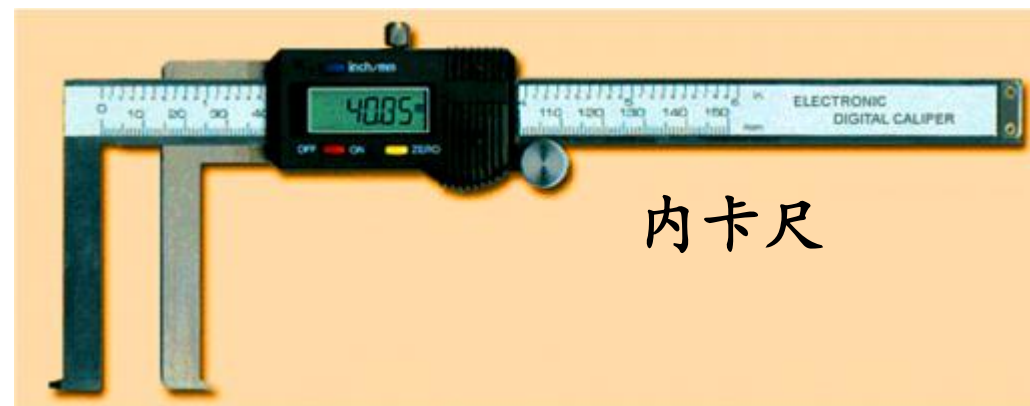
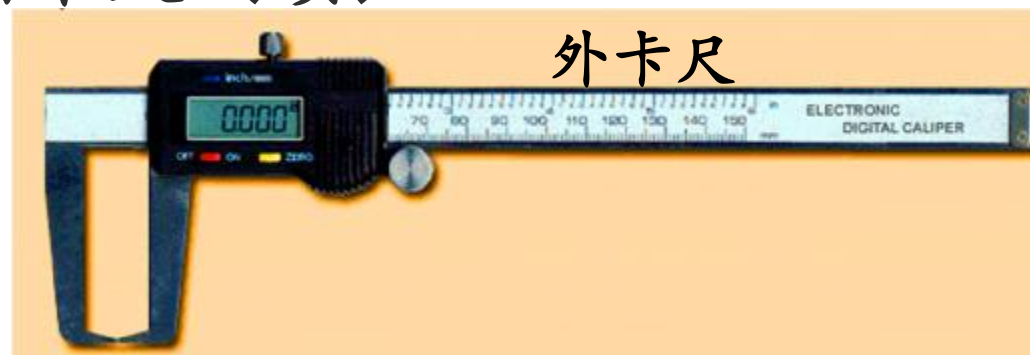
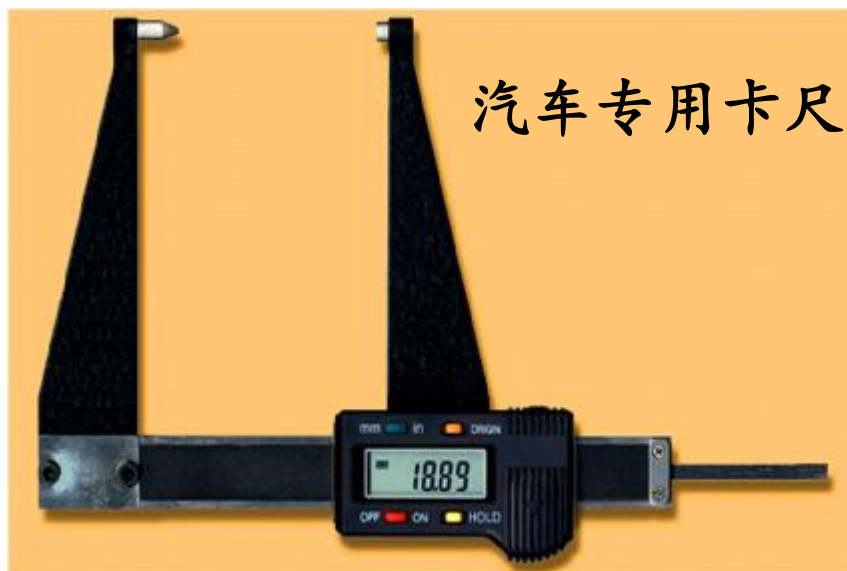


各种容栅数显卡尺（续）

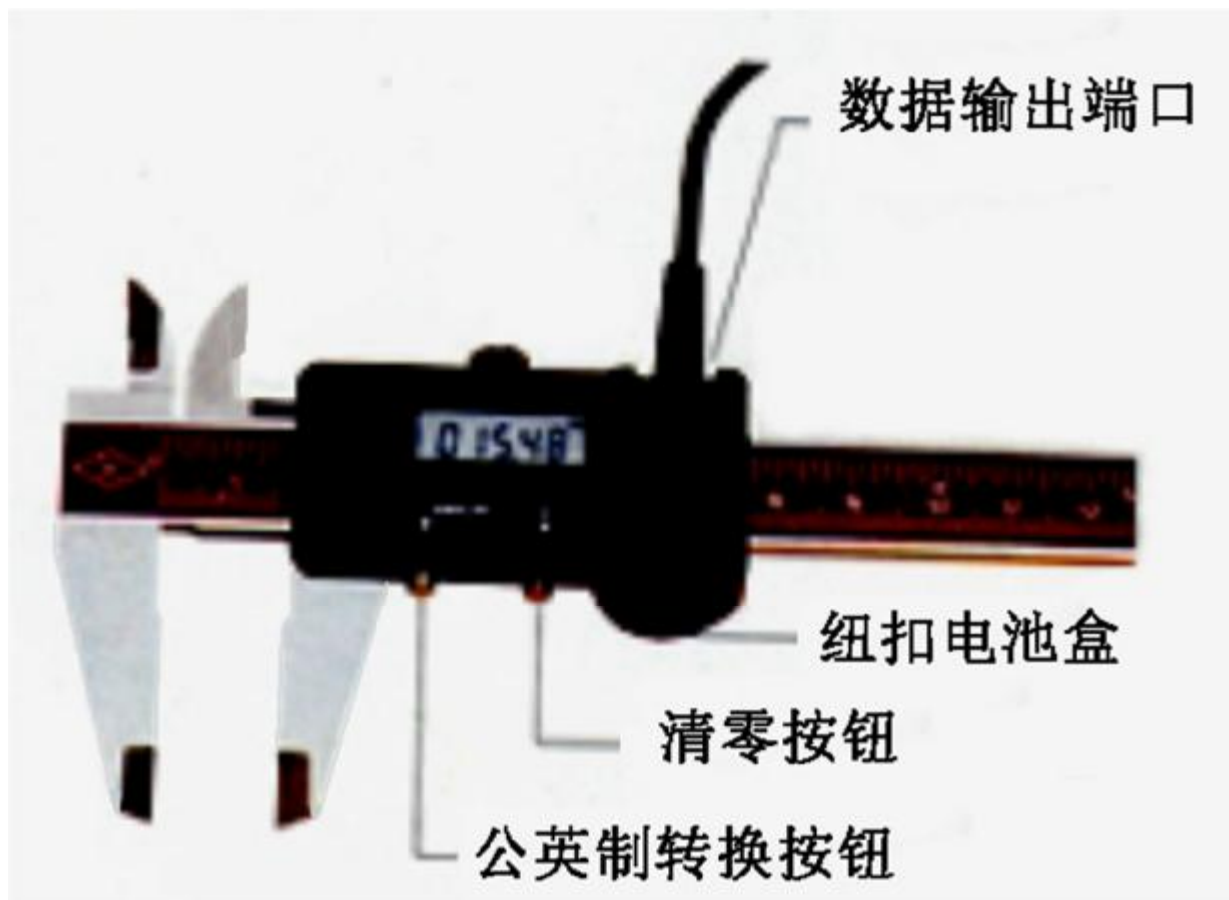


该卡尺的分辨力为多少微米？

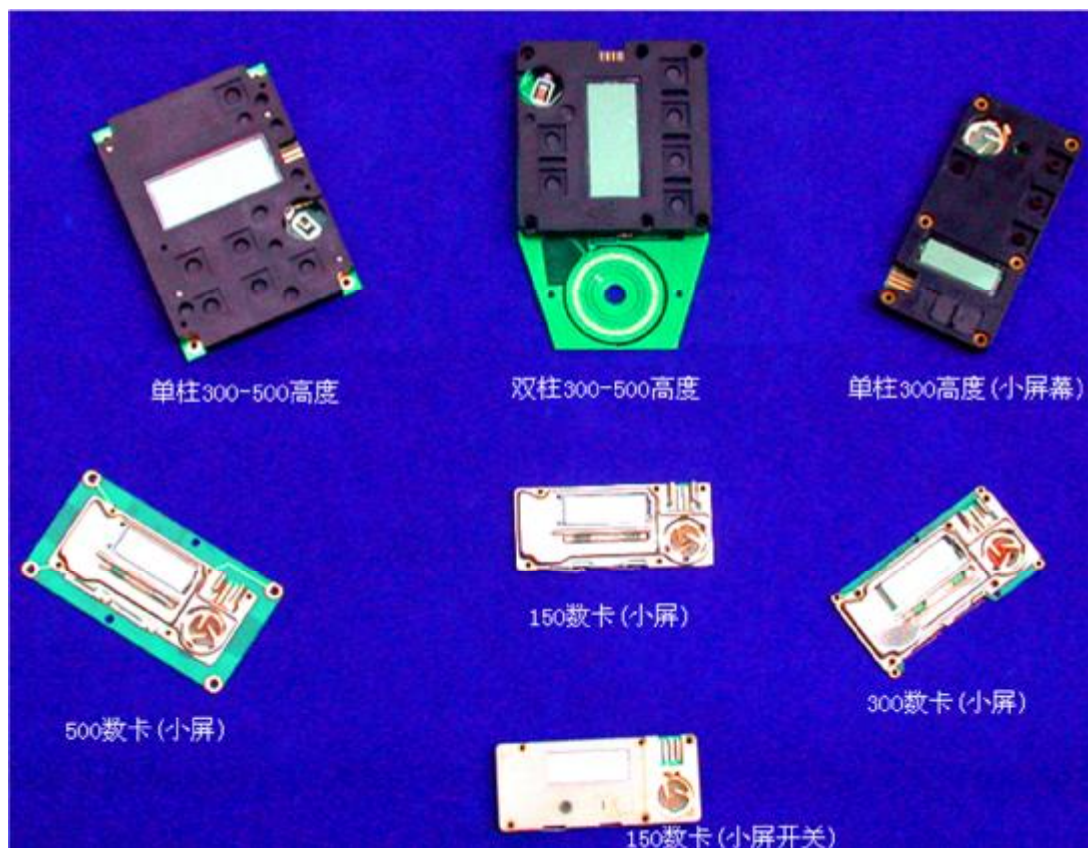
各种容栅卡尺（续）



容栅数显卡尺的结构



容栅数显卡尺内的数据和信号处理组合功能块



数显千分尺



该千分尺的分辨力为多少微米？

数显千分尺（续）



数显外径测量台



数显内螺孔深度尺



容栅数显百分表

红宝石测头



其他容栅数显百分表



容栅数显千分表

可以显示1mm
位移量的千分表

千分表与百分表的
分辨力区别在哪里？



容栅数显测高仪

量程 750mm

分辨率 0.001mm

示值误差 0.0075mm

示值重复性 0.002mm (3σ)

测量力 1~3N 可调

测量滑架的最大速度1 米/秒

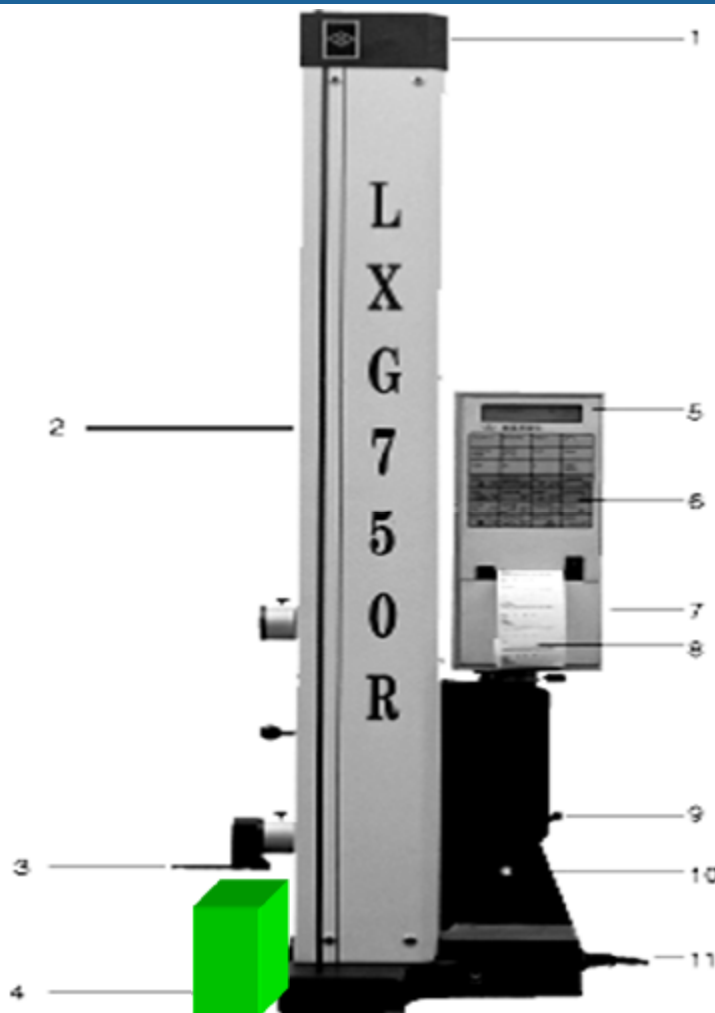


测头

底座

容栅数显测高仪

1. 测力调节
2. 测头导轨
3. 测头
4. 坐垫
5. 液晶屏显示
6. 触摸开关
7. RS-232 输出
8. 打印机
9. 驱动开关
10. 气泵开关
11. 电源线





13

END



THANKS



《传感器技术》

主讲人：李刚