

教学目标	知识目标：掌握接近开关的基本工作原理，了解各种接近开关的环境特性及使用方法，掌握应用接近开关进行工业技术检测的方法 能力目标：对不同接近开关进行敏感性检测，使用霍尔接近开关完成转动次数的测量。 素质目标：
教学重点	接近开关的应用
教学难点	接近开关的基本工作原理
教学手段	理实一体 实物讲解 小组讨论、协作
教学学时	10

教 学 内 容 与 教 学 过 程 设 计

注 释

项目一 开关量检测

〔理论学习〕

任务一 认识接近开关

一、霍尔效应型接近开关

1. 霍尔效应

霍尔效应的产生是由于运动电荷在磁场作用下受到洛仑兹力作用的结果。如图 1-2 所示，把 N 型半导体薄片放在磁场中，通以固定方向的电流 i 图 1-2 霍尔效应（从 a 点至 b 点），那么半导体中的载流子（电子）将沿着与电流方向相反的方向运动。

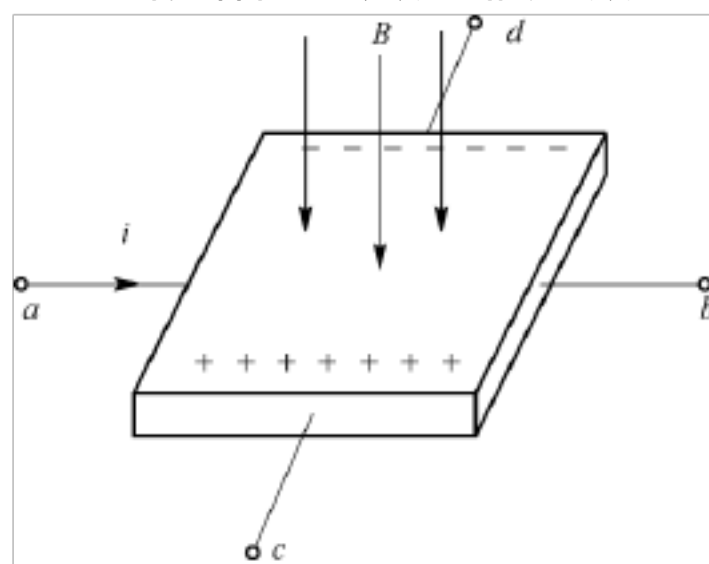


图 1-2 霍尔效应

2. 霍尔元件

霍尔元件的结构简单，由霍尔片、四根引线和壳体组成，如图 1-3 所示。

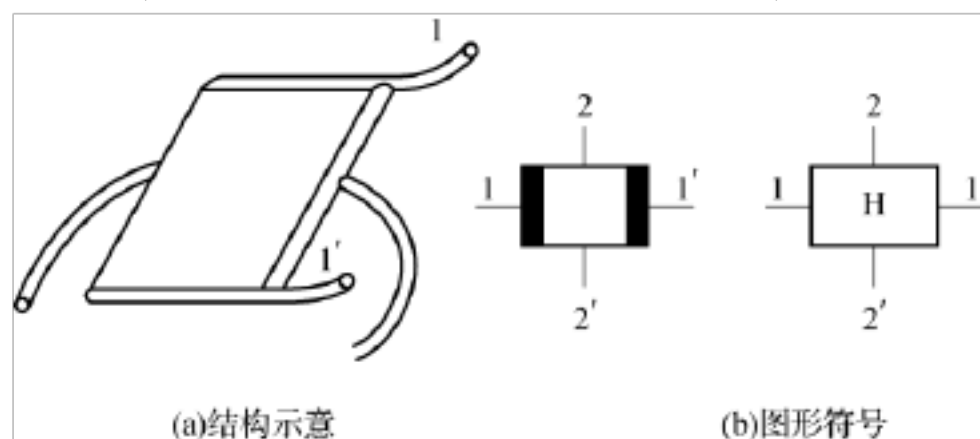


图 1-3 霍尔元件

讲解霍尔效应基本原理，及霍尔电动势。

3. 霍尔原件的性能参数

- 1) 额定激励电流
- 2) 灵敏度 KH
- 3) 输入电阻和输出电阻
- 4) 不等位电动势和不等位电阻
- 5) 寄生直流电动势
- 6) 霍尔电动势温度系数

4. 霍尔开关

霍尔开关是在霍尔效应原理的基础上，利用集成封装和组装工艺制作而成，可把磁输入信号转换成实际应用中的电信号，同时具备工业场合实际应用易操作和可靠性的要求。



图 1-6 霍尔开关

5. 霍尔传感器的应用

1) 霍尔式位移传感器

霍尔元件具有结构简单、体积小、动态特性好和寿命长的优点，它不仅用于磁感应强度、有功功率及电能参数的测量，也在位移测量中得到广泛应用。

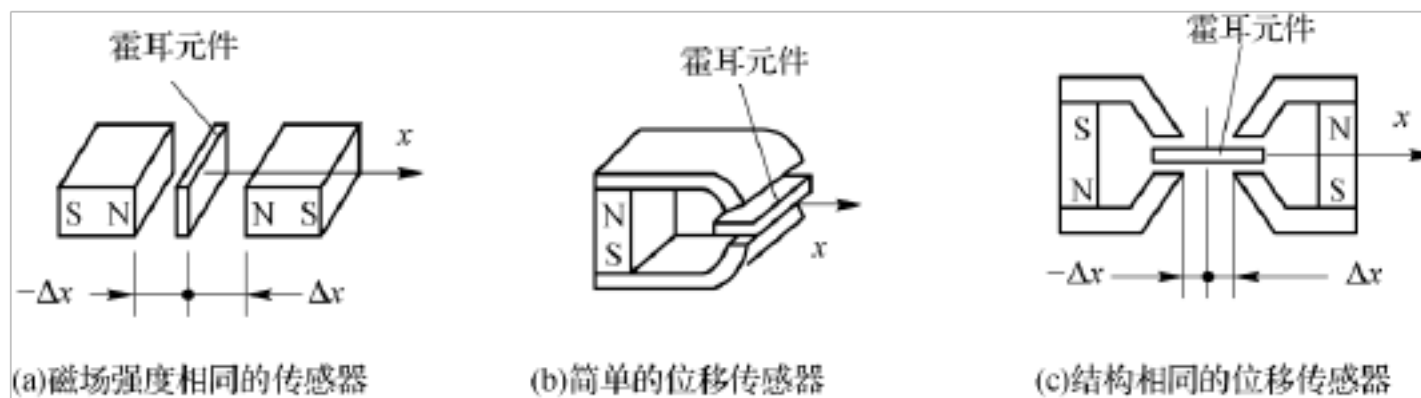


图 1-7 霍尔式位移传感器的工作原理图

2) 霍尔式转速传感器

图 1-8 所示的是几种不同结构的霍尔式转速传感器。

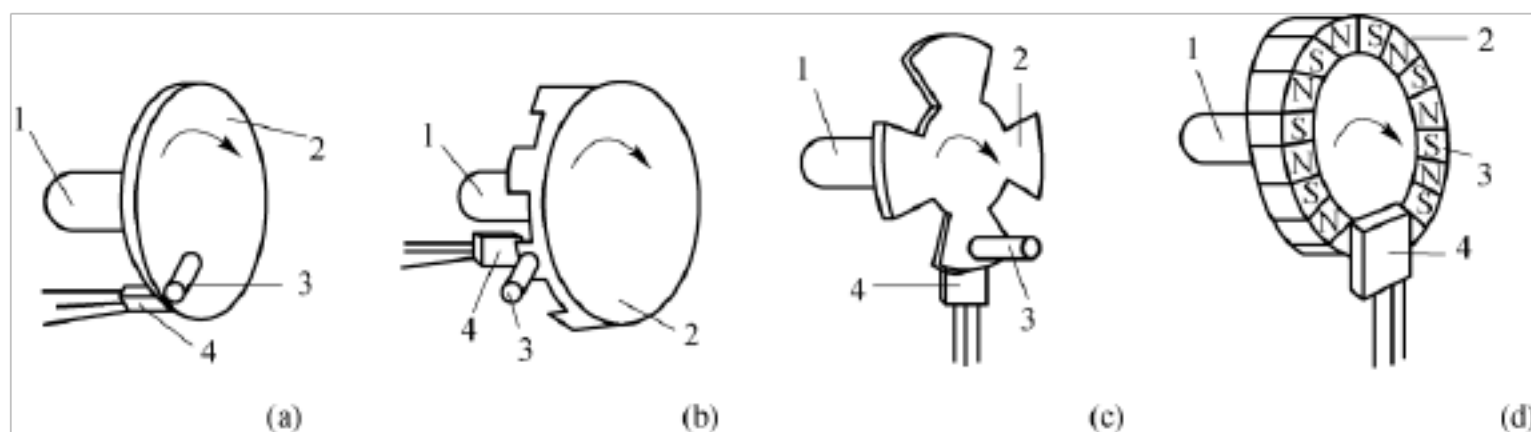


图 1-8 几种霍尔式转速传感器的结构

3) 霍尔计数装置

图 1-9 所示的是对钢球进行计数的工作示意图和电路图。当钢球通过霍尔开关传感器时，传感器可输出峰值 20 mV 的脉冲电压，该电压经运算放大器 ($\mu A741$) 放大后，驱动半导

了解霍尔传感器的应用。

体三极管 VT (2N5812) 工作，输出端便可接计数器进行计数，并由显示器显示检测数值。

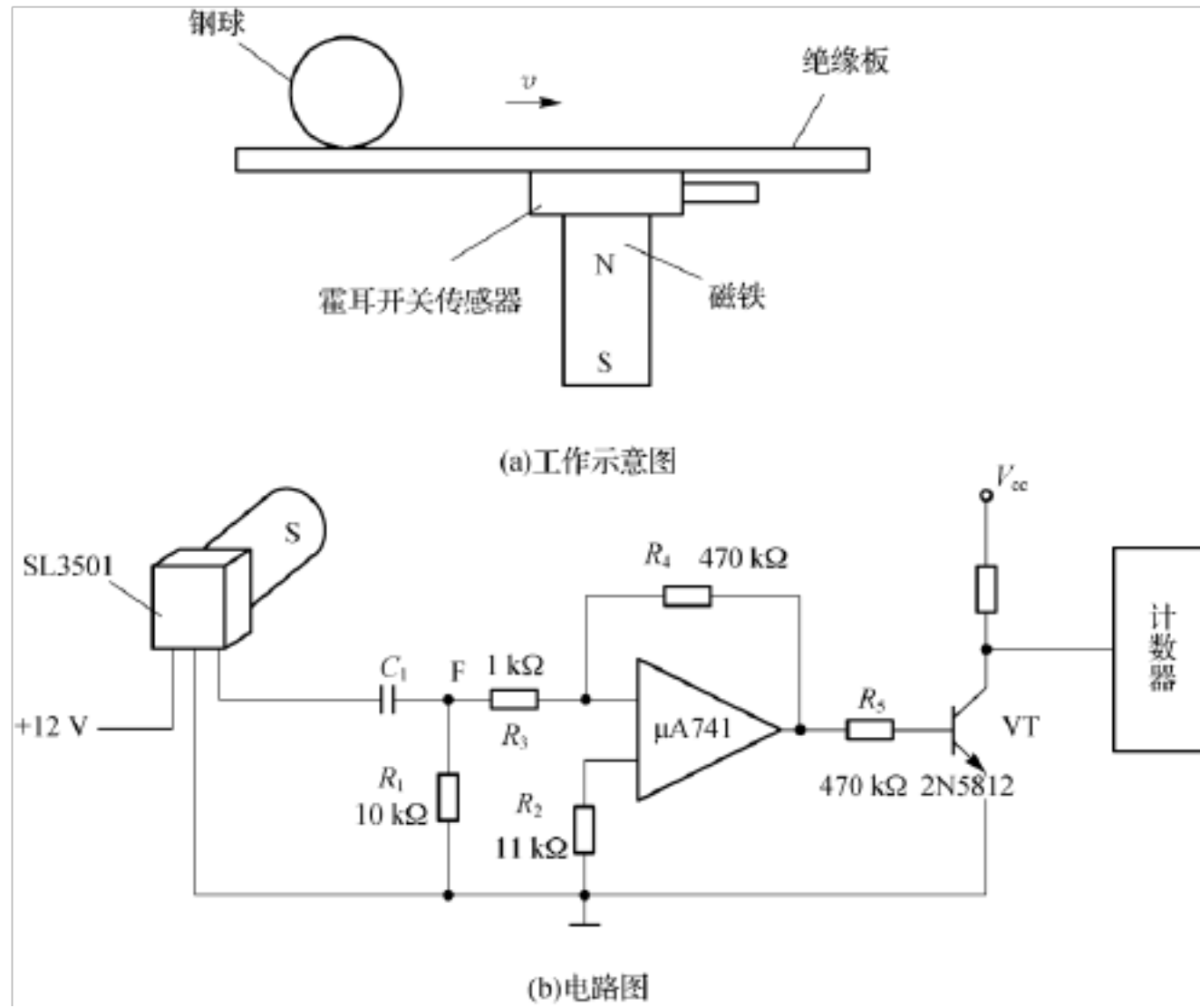


图 1-9 霍尔计数装置

二、光电效应型接近开关

1. 光电效应

光照射到某些物质上，引起物质的电性质发生变化，这类光致电变的现象统称为光电效应，如图 1-10 所示。

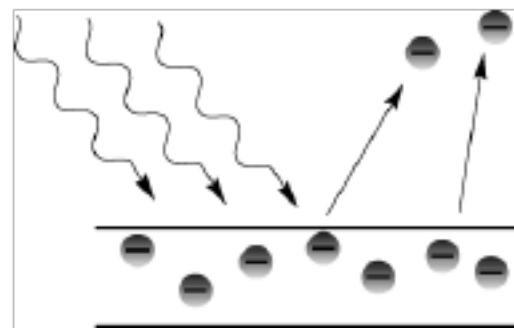
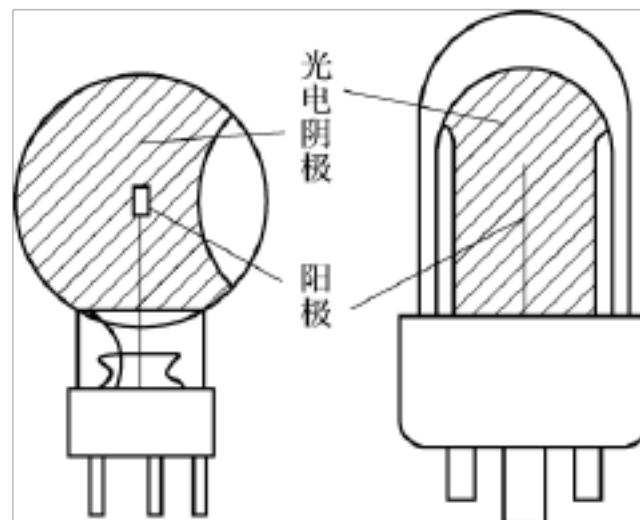


图 1-10 光电效应

2. 光电管

光电管的典型结构如图



1-11 所示。

掌握光电管的街头，区分两种光电管的伏安特性曲线。

图 1-11 光电管的典型结构

3. 光电倍增管

电倍增管是一种常用的灵敏度很高的光探测器，顾名思义是把微弱光信号转变成电信号且进行放大的器件，光电倍增管的典型结构和工作原理如图 1-14 所示。

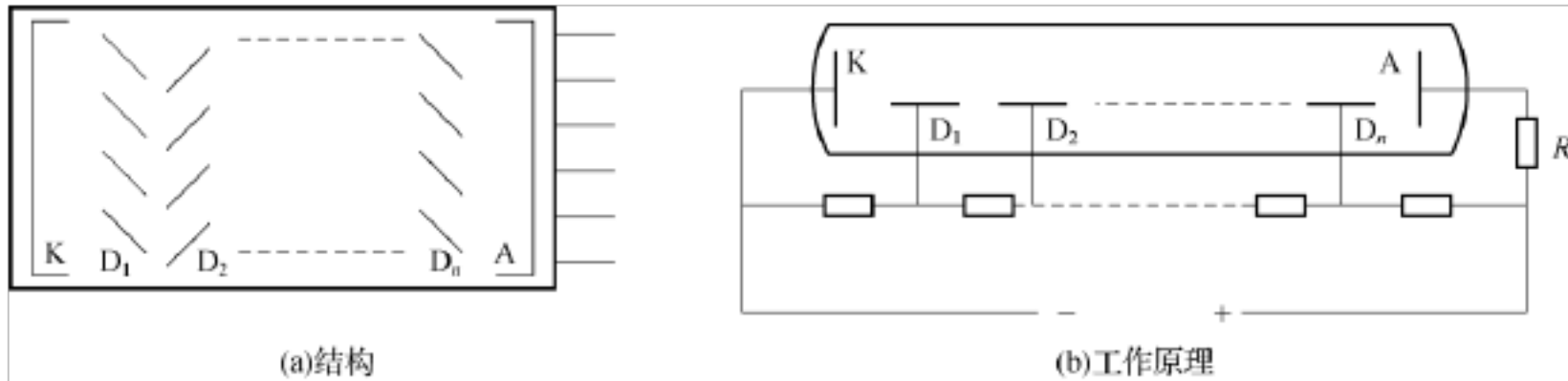


图 1-14 光电倍增管的典型结构和工作原理

结合图片讲解电倍增管的典型结构和工作原理。

4. 光敏电阻

光敏电阻是一种基于光电效应制成的光电器件，光敏电阻没有极性，相当于一个电阻器件。光敏电阻的测量原理如图 1-16 所示。

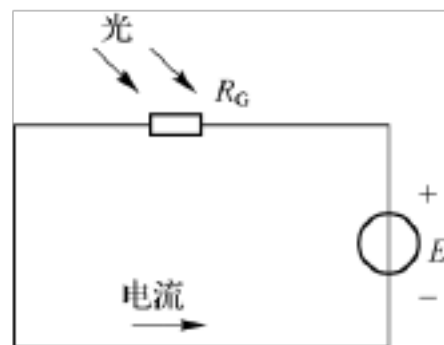


图 1-16 光敏电阻的测量原理

5. 光电二极管和光电三极管

光敏二极管的结构与一般的二极管相似，其 PN 结对光敏感。将其 PN 结装在管的顶部，上面有一个透镜制成的窗口，以便使光线集中在 PN 结上。光敏二极管是基于半导体光生伏特效应的原理制成的光电器件。光敏二极管的结构和工作原理如图 1-18 所示。

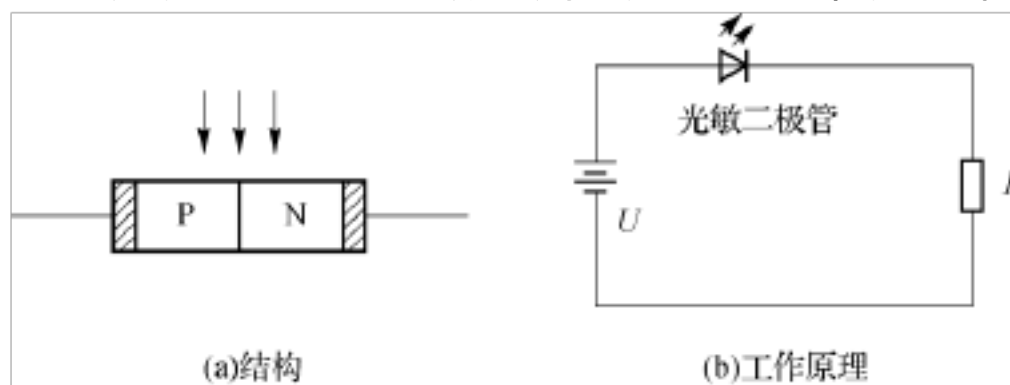


图 1-18 光敏二极管的结构和工作原理

6. 光电耦合器件

1) 光电耦合器

光电耦合器的发光和接收元件都封装在一个外壳内，一般有金属封装和塑料封装两种。光电耦合器常见的组合形式如图 1-21 所示。

结合图片讲解光电耦合器常见的组合形式。

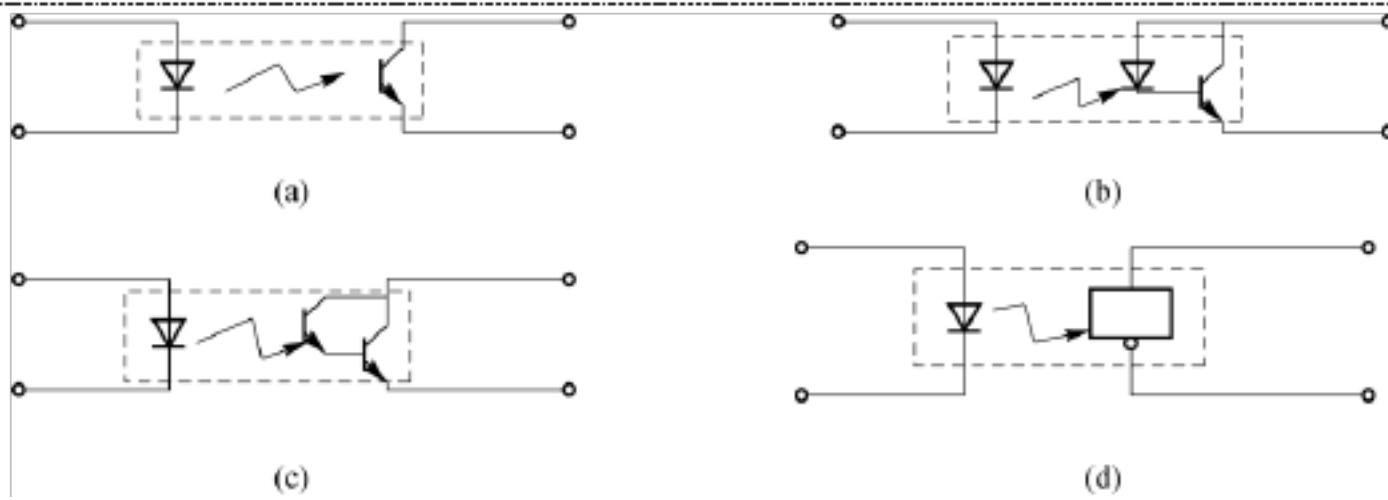


图 1-21 光电耦合器常见的组合形式

2) 光电开关

光电开关（光电传感器）是光电接近开关的简称，它是利用被检测物对光束的遮挡或反射，由同步回路选通电路，从而检测物体有无的。

三、感应型接近开关

感应式传感器也称为涡流式传感器，由振荡器、开关电路及放大输出电路三部分组成。振荡器产生一个交变磁场，当金属目标接近这一磁场，并达到感应距离时，在金属目标内产生涡流，涡流反作用于接近开关，使接近开关振荡能力衰减，内部电路的电磁感应参数发生变化，由此识别出有无金属物体接近，进而控制开关的通断。

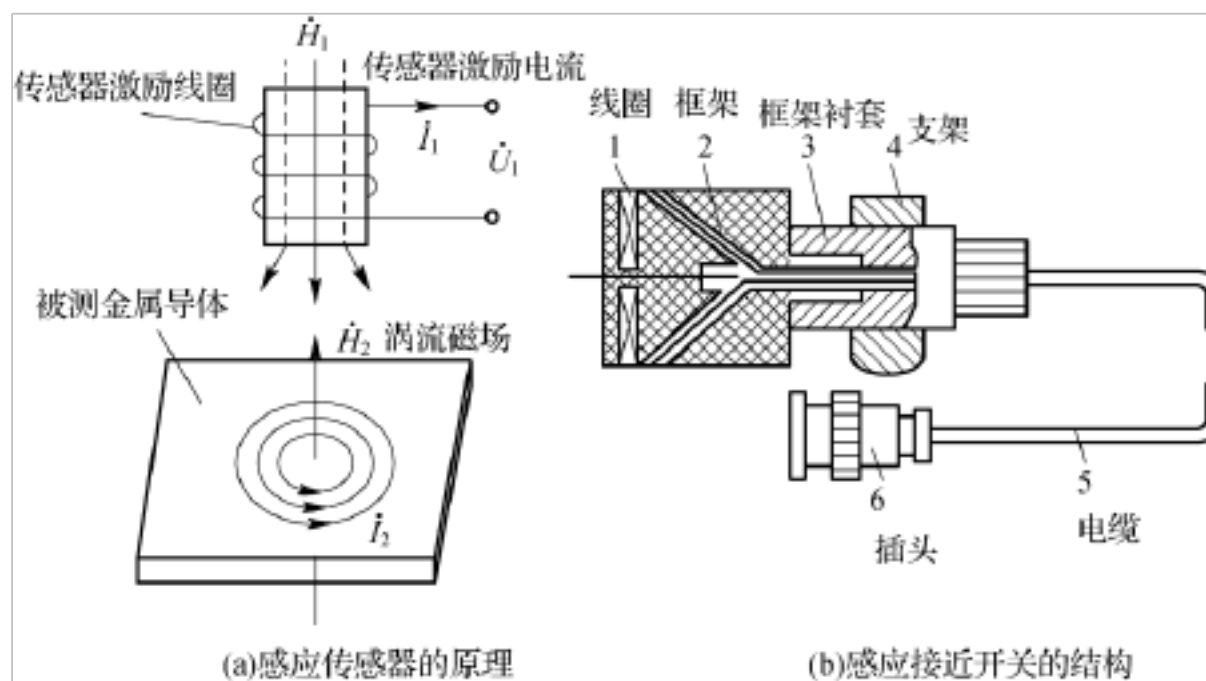


图 1-24 感应接近开关原理

任务二 接近开关的应用（一）

一、开关电源的基础知识

1. 主电路

主电路包含的主要功能模块如下。

- (1) 冲击电流限幅。限制接通电源瞬间输入侧的冲击电流。
- (2) 输入滤波器。其作用是过滤电网存在的杂波及阻碍本机产生的杂波反馈回电网。
- (3) 整流与滤波。将电网交流电源直接整流为较平滑的直流电。
- (4) 逆变。将整流后的直流电变为高频交流电，这是高频开关电源的核心部分。
- (5) 输出整流与滤波。根据负载需要，提供稳定可靠的直流电源。

2. 控制电路

控制电路一方面从输出端取样，与设定值进行比较，然后去控制逆变器，改变其脉宽或脉频，使输出稳定；另一方面，根据测试电路提供的数据，经保护电路鉴别，提供控制电路对电源进行各种保护措施。

3. 检测电路

检测电路提供保护电路中正在运行中的各种参数和各种仪表数据。

结合图片讲解感应接近开关原理。

掌握开关电源的基础知识。

4. 辅助电源

二、开关电源的选择与使用

使用上,开关电源工作效率一般可达到80%以上,远高于一般稳压器35%~60%的转换效率,故在其输出电流的选择上,应准确检测或计算用电设备的最大吸收电流,并且按照此电流的1.5~1.8倍选择开关电源的额定电流或者功率,以使被选用的开关电源具有高的性价比。

任务三 接近开关的应用(二)

一、数显表简介

数显表输入信号一般为开关量和模拟量,信号经过计数电路或者模/数转换(A/D转换),采用数码发光二极管(LED)或液晶屏幕来完成显示功能,作为检测器件的显示终端和人机界面。

二、数显表规格与应用

1. 东崎SV8智能传感器和变送器控制专用数显表

其特点有以下几点。

- (1) 开关电源100~240 V AC供电。
- (2) 输入多种标准信号,有0~50 mV、0~10 V、4~20 mA、可变电阻、TC/RTD等,并能使用软件自动进行调节。
- (3) 具有小数点设定、比率、量程及零点自由调整功能。
- (4) 带隔离变送功能,隔离485通信功能。
- (5) 带24/12 V DC辅助电源,两路报警输出。
- (6) 精度等级为 $\pm 0.3\%FS$ 。
- (7) 应用范围有二线制变送器、压力传感器、四线制称重传感器等,具有mA、mV和V输出或者电阻类检测的传感器检测设备。

2. DTR 600系列智能光柱调节仪

其特点是:有万能输入功能,自动校准和人工校准功能;多重保护、隔离设计、抗干扰能力强;可靠性高;有良好的软件平台;具备二次开发能力,以满足特殊的功能;具有模块化结构,功能组合、系统升级方便。

三、数显表的选用

挑选一个适用、经济和性价比最佳的数显表与设备配套应从以下几个方面考虑。

- (1) 如果旧设备改造,需要了解原来设备的用途、型号、原来使用表头的外形尺寸和型号、配合的传感器等,这是进行设备改造的基础。
- (2) 若是研制新型产品,需要设定检测需要达到的目标值。包括需要检测控制的最小值和最大值;需要达到的控制精度,如果普通试验室的烘箱为 $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,而基准温度使用的恒温槽为 $\pm 0.005\text{ }^{\circ}\text{C}$;结构安装尺寸,在相同条件下,尽可能选用表盘较大的显示仪表,容易观察和读数;考虑传感器情况;考虑工作电源;考虑通信接口等。

【实训】

1. 接近开关的特性检测
2. 接近开关对不同材料的敏感性检测
3. 使用接近开关检测转动次数

【思考与练习】

1. 设想一个使用光电接近开关测量转速的方案。
2. 使用数显表配合接近开关设计一个方案,测量传送带上输运物料的个数。
3. 上网查找一个接近开关的生产厂家,并介绍其生产接近开关的型号和应用场合。

了解不同种类数显表的规格及特点。

能够正确选用数显表。

--	--

教学目标	<p>知识目标：了解位移传感器检测的一般方法，掌握各种位移传感器的量程、精度等检测性能，掌握直线型位移传感器的使用方法，掌握无接触状态下的位移传感器的使用方法</p> <p>能力目标：认识各种位移传感器及其检测适应性，装配使用光栅尺位移传感器应用系统，使用无接触超声波位移传感器实现基本一维定位</p> <p>素质目标：</p>
教学重点	各种位移传感器及其检测适应性
教学难点	光栅尺位移传感器应用系统
教学手段	理实一体 实物讲解 小组讨论、协作
教学学时	11
教 学 内 容 与 教 学 过 程 设 计	
注 释	

项目二 位移检测

〔理论学习〕

任务一 认识位移传感器

一、电阻尺

将被测量转换为电阻变化是电阻传感器的基本思路，电阻式位移传感器由位移转换为电阻的原理如图 2-1 (a) 所示。对于一般的导体电阻有如下公式 $R = \rho l / S$ (2-1) 式中， R 为电阻阻值 (Ω)； ρ 为电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}$)； l 为导体长度 (mm)； S 为导体截面积 (mm^2)。

电刷滑动时，导线是一圈一圈被接入的，长度变化是不连续的，其与电刷滑动量之间呈现阶跃特性。这种跃变限定了变阻器的静态灵敏度，而动态灵敏度则由电刷的质量或转动惯量决定，变阻器的跃变特性如图 2-1 (b) 所示。

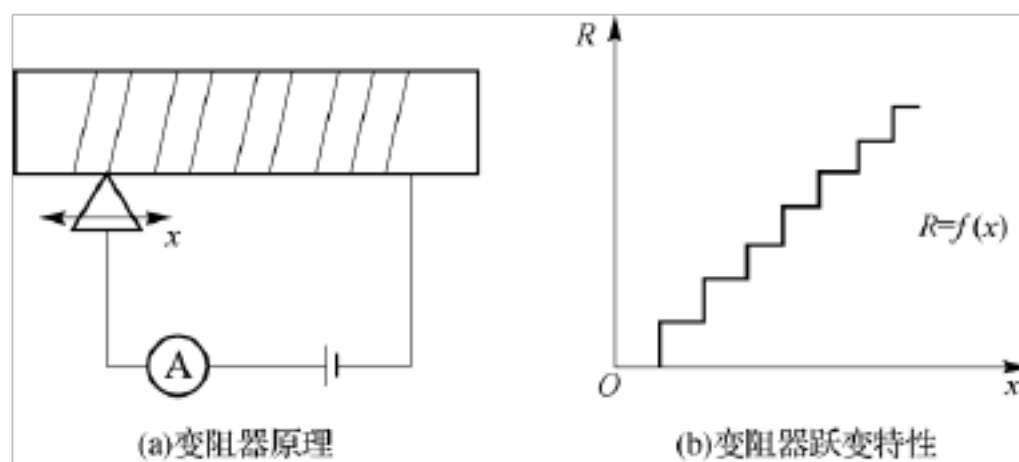


图 2-1 变阻器原理及其特性

需要注意的是，使用滑线变阻器进行位移检测时，电刷滑动时会产生动态接触电阻，接触电阻阻值一般不确定，这会对检测精度产生难以忽略的影响。

为改善以上两个问题，工业中通常使用直线导电塑料作为变阻器材料，消除了阶跃误差效应，将变阻器和电刷施加一定的预紧力装配成一个部件，外加金属封装，形成如图 2-2 所示的电阻尺，又称为导电塑料电位计或电压分配计等。



图 2-2 电阻尺

二、感应同步器

感应同步器是利用电磁原理将位移转换成电信号的一种装置。根据用途可将感应同步器分为直线式和旋转式两种，分别用于检测线位移和角位移。在高精度数字显示系统或数控闭环系统中，圆盘式感应同步器用以检测角位移信号，直线式感应同步器用以检测线位移信号。图 2-5 所示为感应同步器在机床定位中的应用示例。

了解电阻尺的产生过程。

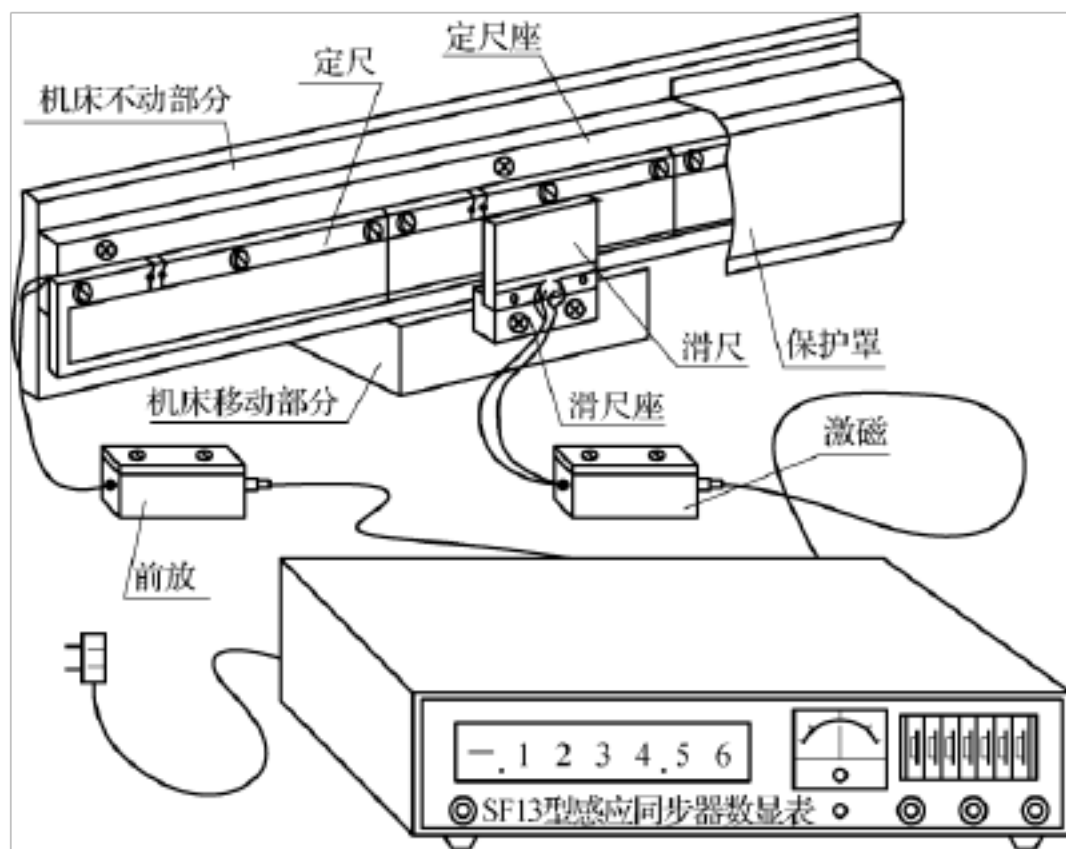


图 2-5 感应同步器

学生分组讨论感应同步器的特点，教师总结。

如图 2-6 所示为感应同步器原理，感应同步器由两个磁耦合部件组成，其工作原理类似于一个多极对的正余弦旋转变压器。

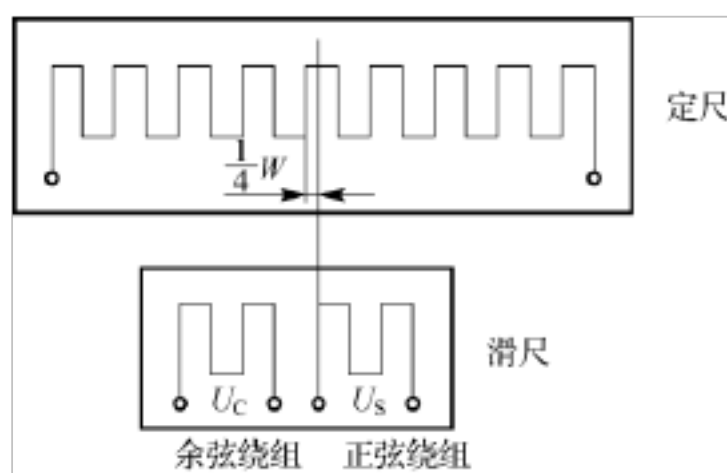


图 2-6 感应同步器原理

如图 2-8 所示，脉冲发生器发出频率一定的脉冲系列，输出参考信号方波和指令信号方波，指令信号方波使励磁供电线路产生振幅频率相同而相位差为 90° 的正弦信号电压和余弦信号电压，供给感应同步器滑尺或者定尺绕组。在定尺上产生感生电动势，经过放大整形后的信号同样为方波信号，反馈至鉴相器与参考信号进行比较。鉴相器输出是感应电动势与参考信号的相位差，即对应的位移值。

结合图片讲解感应同步器原理。

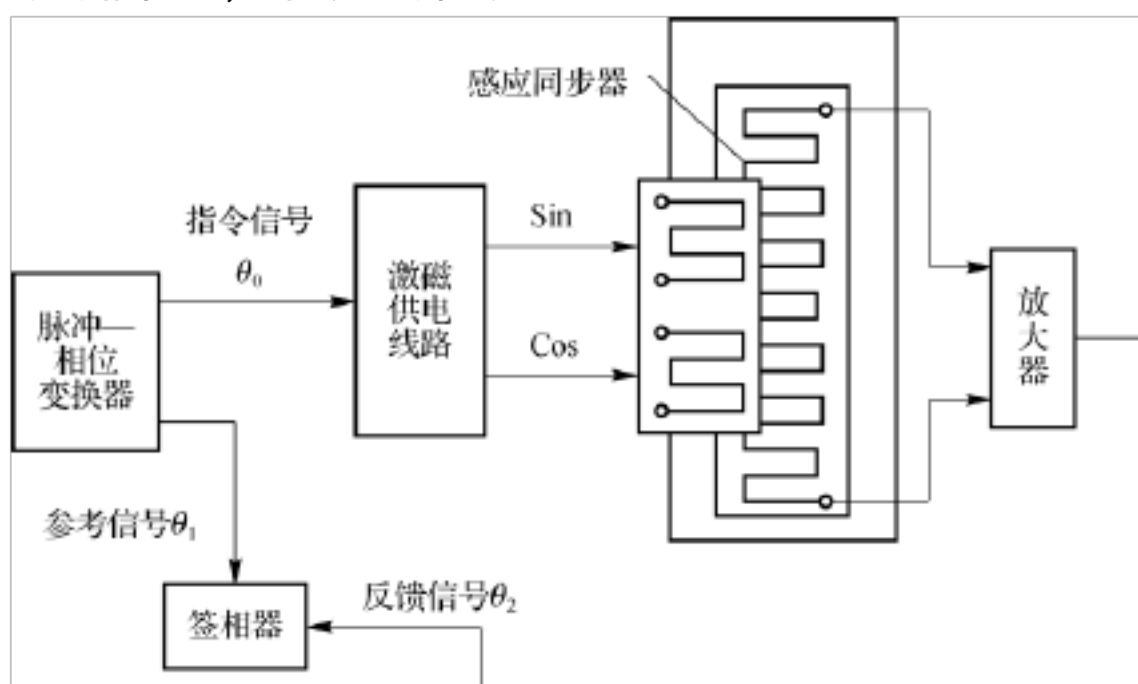


图 2-8 感应同步器的鉴相控制示例

三、磁栅尺

与录音技术相似，通过记录磁头在磁性尺（或盘）上录制出间隔严格相等的磁波，称为磁栅。

磁栅的一个重要特点是磁栅尺与磁头处于接触式的工作状态。磁栅的工作原理是磁电转换，为保证磁头有稳定的输出信号幅度，考虑到空气的磁阻很大，磁栅尺与磁头之间不允许存在较大和可变的间隙，最好是接触式的。因此，带型磁栅在工作时磁头是压在磁带上的，这样即使带面有些不平整，磁头与磁带也能良好的接触。线型磁栅的磁栅尺和磁头之间约有 0.01 mm 的间隙，由于装配和调整不可能达到理想状态，故实际上线型磁栅也处于准接触式的工作状态。



图 2-9 磁栅尺

四、光电编码器

1. 增量式光电编码器

增量式光电编码器由光栅盘（码盘）和光电检测装置组成。光栅盘是在一定直径的圆板上等分地开通若干个长方形孔。由于光电编码盘自身有旋转轴，当旋转轴旋转时，经光电二极管等电子元件组成的检测装置检测输出若干脉冲信号，通过计算每秒光电编码器输出脉冲的个数就能反映编码器轴的转速或者加速度。光电编码器系统结构如图 2-12 所示。为判断旋转方向，码盘提供相位差 90° 的两组透光孔，组成辨向系统，通过电路判断正转还是反转，在一般的光电编码系统中，这两组编码称为 A、B 相，如图 2-13 外圈和中圈虚线所示。另外，为了实现定位，增加了 Z 相作为基准，由 Z 相发出零位脉冲，作为转动的起始点，如图 2-13 内圈虚线所示。

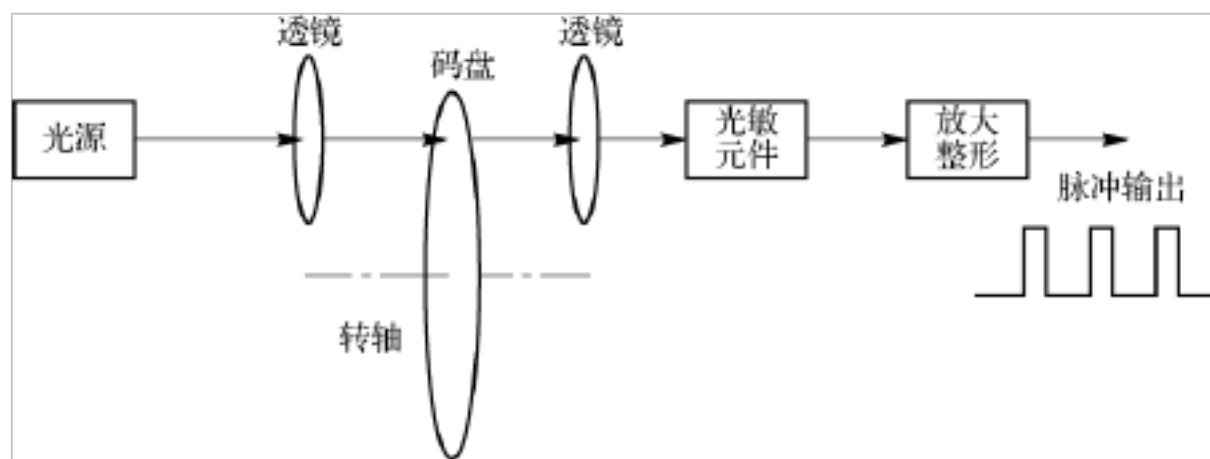
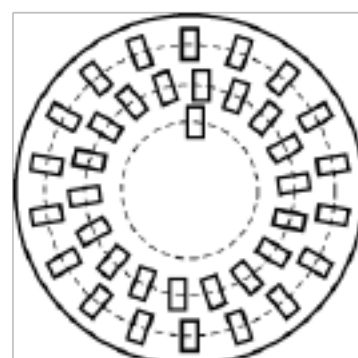


图 2-12 光电编码器系统结构



教师讲解磁栅的工作原理，学生分析其特点。

教师讲解增量式光电编码器和绝对式光电编码器原理，学生分组讨论两者的不同。

图 2-13 A、B、Z 三相光电编码盘

2. 绝对式光电编码器原理

除了增量式光电编码器之外，还有一种绝对式光电编码器，其原理如图 2-14 所示。

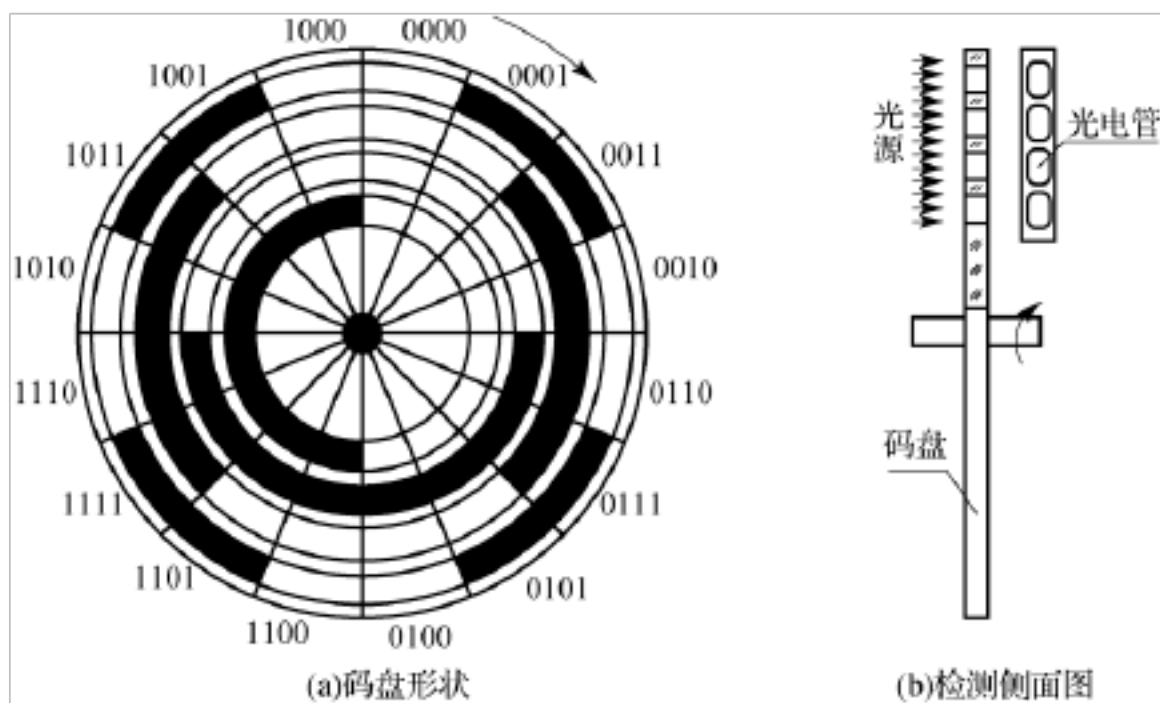


图 2-14 绝对式光电编码器原理

任务二 直线型光栅位移传感器的应用

一、光栅尺

光栅是一种在基体上刻制有等间距均匀分布条纹的光学元件，用于位移检测的光栅称为计量光栅。光栅尺外形如图 2-16 所示，

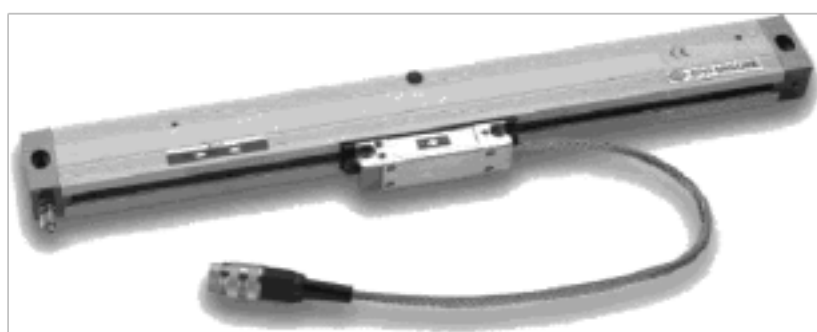


图 2-16 光栅尺

透射光栅的光路如图 2-17 所示，从上向下透过两个光栅在光电传感器上产生莫尔条纹，通过光电传感器的明暗变化次数实现检测。

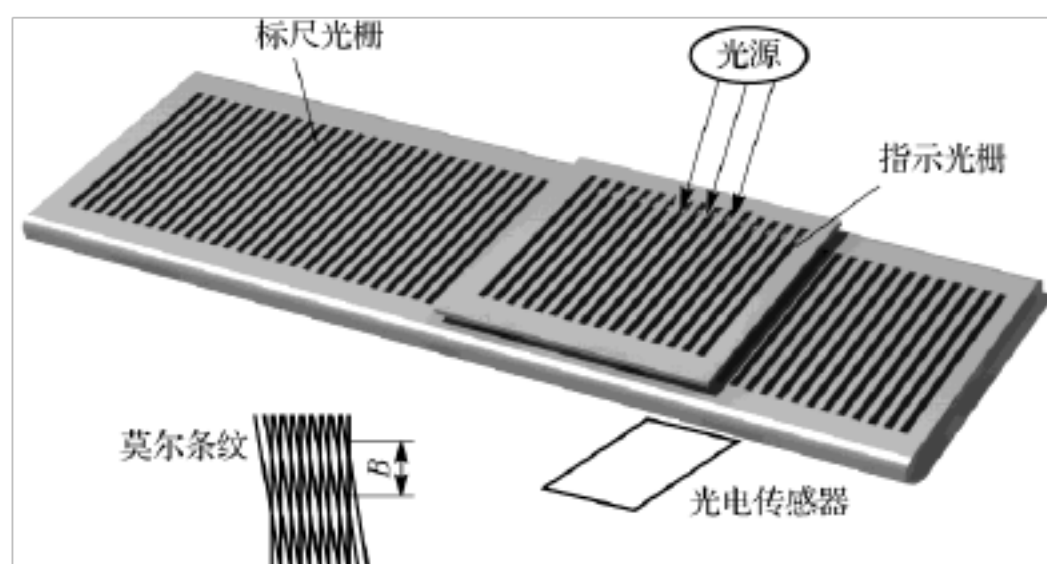


图 2-17 透射光栅的光路

1. 光栅检测原理

莫尔条纹有如下重要特性。

- (1) 莫尔条纹由光栅的大量刻线共同形成，对线纹的刻画误差有平均抵消作用，能在很

掌握光栅传感器

大程度上消除短周期误差的影响。也就是说，光栅上刻画的条纹误差对明暗条纹的影响相对降低，这样可更容易制造光栅。

(2) 两个光栅相对运动时（光栅条纹的垂直方向），莫尔条纹也在上下运动，移动一个栅距（两个光栅条纹之间的距离），在光电传感器上某一点的光强也变化一个周期。

(3) 莫尔条纹的间距与两个光栅条纹夹角的关系为 $B=W^2 \sin \theta \approx W \theta$ (2-5) 式中，B 为莫尔条纹的间距 (m)；W 为光栅栅距 (m)； θ 为两个光栅之间的夹角 ($^\circ$)。

光电元件接收莫尔条纹移动时光强的变化，则将光信号转换为如图 2-18 所示的光强信号，图 2-18 光栅位移明暗位置与光强之间的关系在光电传感器的固定位置上，光强弱的信号实际上是由明暗位置关系决定的（如图 2-18 上部所示某一光电器件部位的光接收信号，黑色代表无光，白色代表有光）。

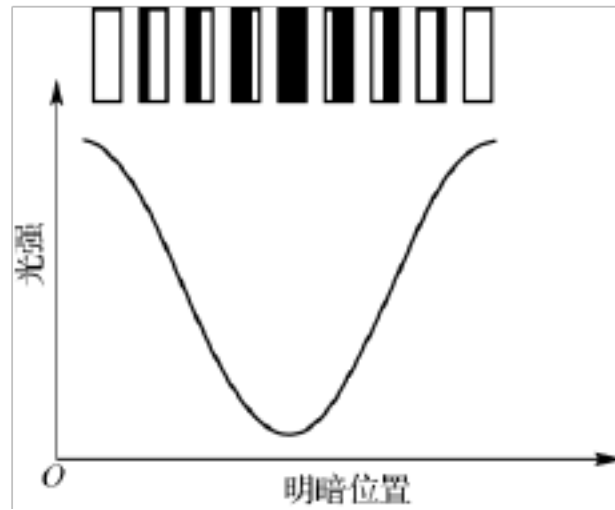


图 2-18 光栅位移明暗位置与光强之间的关系

2. 辨向原理

为了判断方向，可以使用两套光电转换装置。令它们在空间的相对位置有一定的关系，从而保证它们产生的信号在相位上相差 $1/4$ 周期，如图 2-19 所示，标尺光栅可分为上下两个部分，两个部分栅距相同，下光栅比上光栅错后 $1/4$ 栅距，即 $1/4$ 周期。同样，在接收光强的地方设置两个光电传感器，分别为光敏元件 1 和光敏元件 2。

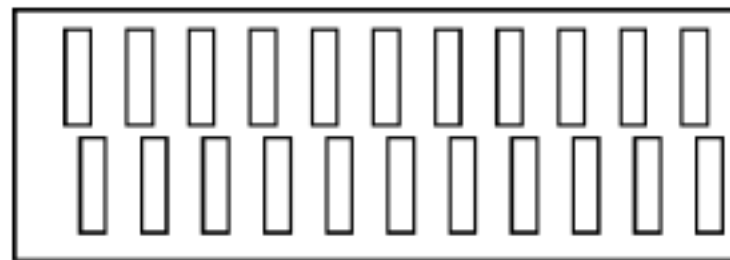


图 2-19 两个相位差 $1/4$ 周期的标尺光栅

如图 2-20 所示，当光栅正向移动时，光敏元件 2 比光敏元件 1 先感光，此时，与门 Y1 有输出，它控制加减触发装置，使可逆计数器的加法母线为高电位。

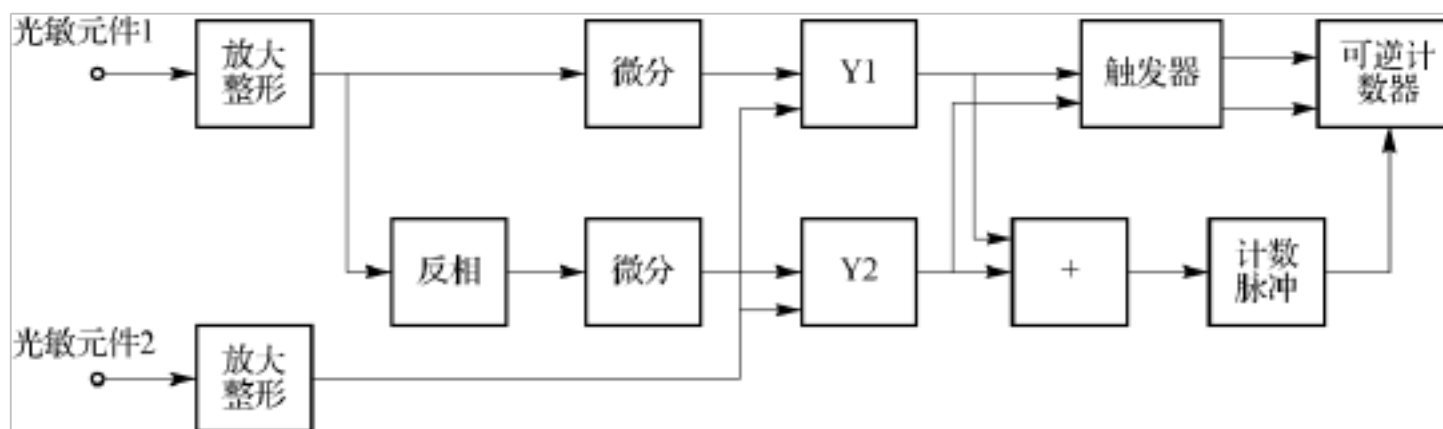


图 2-20 辨向系统流程

3. 细分技术简介

二、光栅检测系统的几个关键问题

1. 检测精度

的组成及原理。

结合图 2-20 讲解辨向系统流程。

光栅线位移传感器的检测准确度，首先取决于标尺光栅刻线划分度的质量和指示光栅扫描的质量（栅线边沿清晰至关重要），其次才是信号处理电路的质量和指示光栅沿标尺光栅方向的误差。影响光栅尺检测准确度的因素主要是在光栅整个检测长度上的位置偏差和光栅一个信号周期内的位置偏差。

2. 信号处理

为了保证检测的精度，除了对光栅的刻划质量和运动精度有要求外，还必须对光栅的莫尔条纹信号的质量加以要求，因为这影响电子细分的精度，也就是影响光栅检测信号的细分数（倍频数）和检测分辨力（检测步距）。栅距的细分数和准确性也影响光栅检测系统的准确度和检测步距。对莫尔条纹信号质量的要求主要是信号的正弦性和正交性要好，信号直流电平漂移要小。对读数头中的光电转换电路和后续的数字化插补电路要求频率特性好，才能保证检测速度大。

3. 光栅的参考标记和绝对坐标

1) 光栅绝对位置的确立

为了缩短回零位的距离，一般设计了在检测全长内按距离编码的参考标记，每当经过两个参考标记后就可以确定光栅尺的绝对位置。

2) 绝对坐标传感器

4. 光栅制作材料及热性能

光栅尺在 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境中制造，光栅的热性能直接影响到检测精度，在使用上，光栅尺的热性能最好和检测的对象的热性能一致。考虑到不同的使用环境，光栅尺刻度的载体具有不同的热膨胀系数。

5. 光栅尺故障及处理

三、光栅尺专用数显表头

图 2-22 所示为机床常用的光栅尺专用数显表，光栅尺指示光栅所处位置显示到如图所示的左上部分，分为 x、y 和 z 三个方向，据此可实现空间上三个坐标的定位。

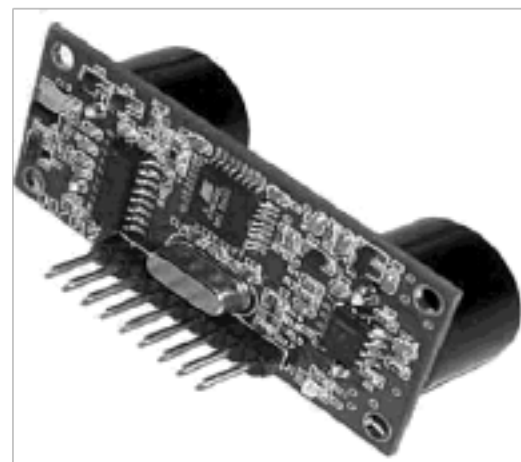


图 2-22 光栅尺数显表

任务三 超声波位移传感器的工作特性

超声波位移传感器

如图 2-28 所示为超声波传感器。



学生分组讨论光栅尺在使用过程中经常出现的问题及解决方法。

图 2-28 超声波传感器

工业上，多将超声波传感器制成一体封装，类似于接近开关，输出模拟量，如图 2-29 所示。超声波传感器的检测范围取决于其使用的波长和频率。波长越长，频率越小，检测距离越大，如具有毫米级波长的紧凑型传感器的检测范围为 300~500 mm。波长大于 5 mm 的传感器检测范围可达 8 m。一些传感器具有较窄的 6° 声波发射角，因而更适合精确检测较小的物体；另一些声波发射角在 12°~15° 的传感器能够检测具有较大倾角的物体。



图 2-29 工业测距超声波传感器

由于风、鼓风机、气动设备或其他来源的气流可以使超声波的传播方向偏转或扰乱其路径，如图 2-30 所示，这样传感器将不能识别目标物体的正确位置。在某些情况下，可以加装防风挡板以减小影响。

还需要注意的是，一个垂直于声波轴的平直的目标物体将把大部分的能量反射回传感器。随着角度的变大，传感器接收到的能量将减少。在某一点上，传感器将不能“看到”目标物体，如图 2-31 所示。因此，在检测过程中，需要注意调整超声波传感器检测头对检测面的姿态。

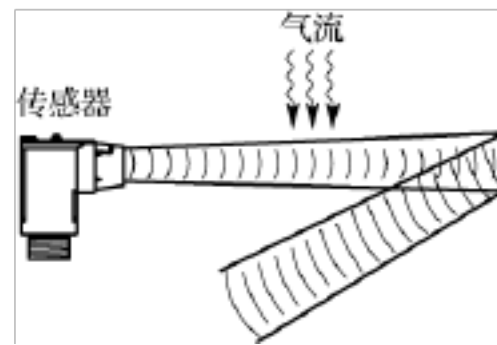


图 2-30 气流对超声波检测的影响

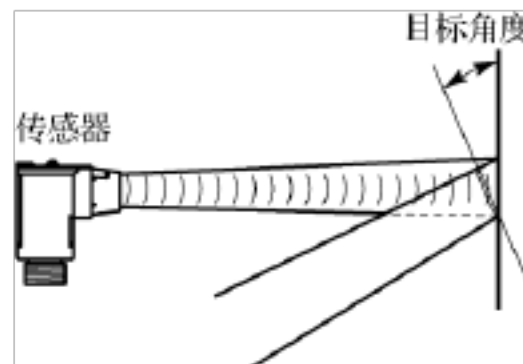
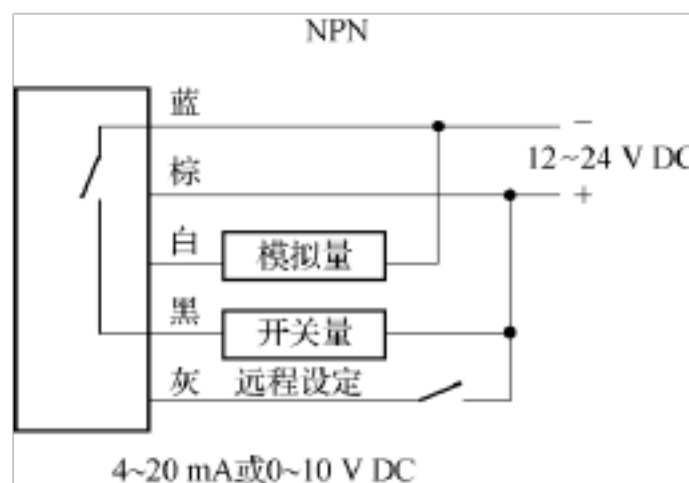


图 2-31 反射面角度对超声波检测的影响

在检测时，超声波传感器引线为 5 条，如图 2-33 所示。电源引线为棕线和蓝线，其中蓝线为共地线，检测中，如果仅需要知道是否达到规定的距离，可以采用开关量检测，即黑色引线和棕色引线；如果需要采用白色引线和蓝色图 2-34 所示的传感器中的灯亮则表示为模拟量为开关量输出。



要检测具体的距离，则需要白色引线和蓝色引线。具体的设置可在如通过按键进行设置，左侧输出，右侧的灯亮则表示

分组讨论气流对超声波检测的影响。

图 2-33 超声波传感器引线



图 2-34 设置检测输出端口

【实训】

1. 认识电阻式位移传感器。
2. 光栅尺精密位移检测系统。
3. 超声波位移传感器的特性检测。

【思考与练习】

1. 从网上查找生产电阻尺的生产厂家，试述各厂家的技术优势。
2. 请设计一套光栅尺的检查规程，以保证光栅尺可以正常使用。
3. 根据超声波传感器的实训过程，请设计超声波传感器的使用说明书。

教学目标	知识目标：了解位移传感器检测的一般原理和使用条件，掌握各种位移传感器的量程和精度等检测性能； 能力目标：了解工业中常用的位移检测特点及位移传感器的基本选用原则， 素质目标：
教学重点	各种位移传感器的量程和精度等检测性能
教学难点	各种位移传感器的量程和精度等检测性能
教学手段	理实一体 实物讲解 小组讨论、协作
教学学时	6
教 学 内 容 与 教 学 过 程 设 计	
注 释	

项目三 精密位移检测系统

〔理论学习〕

任务一 高精度位移传感器的应用

一、电容式传感器

电容式传感器实质上是利用电容自身性质进行检测的传感器，如图 3-1 所示。电容式传感器原理基于以下公式 $C = \epsilon A/d$ 。

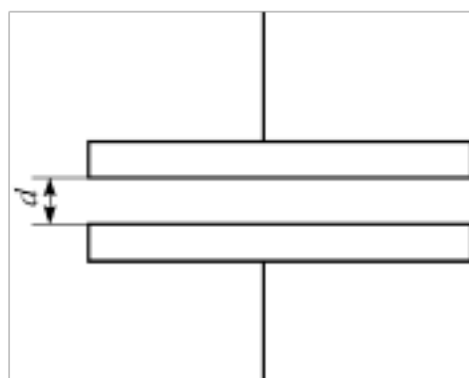


图 3-1 电容式传感器

1. 电容式传感器的分类

1) 变面积型电容传感器

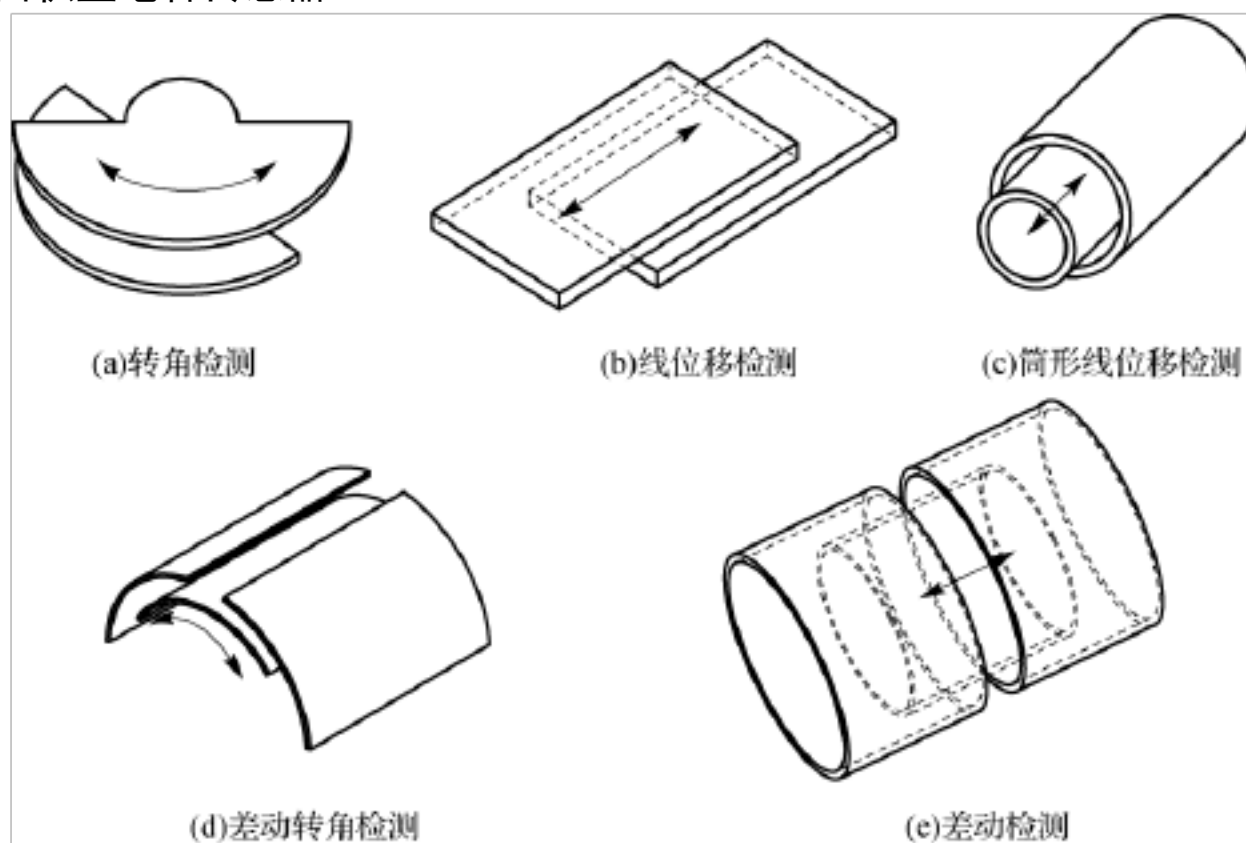


图 3-2 电容传感器的形式

2) 极距变化型电容传感器

如图 3-3 (a) 所示，如平行电容器两个极板间覆盖面积和极间介质不变，则其电容量 C 与极距呈现非线性关系。灵敏度与极距二次方成反比，极距越小则灵敏度越高，如图 3-3 (b) 所示。

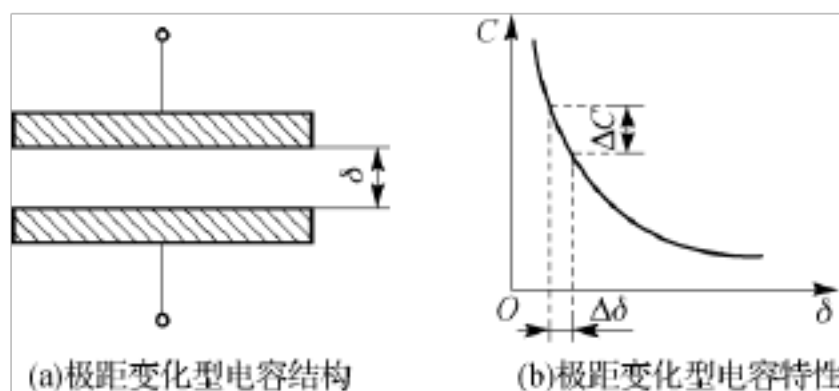


图 3-3 极距变化型电容传感器结构与特性

讲解电容式传感器原理及常见介质的相对介电常数。

结合图片讲解各种形式的传感器及其特点。

根据图 3-3 引导学生讨论电容的变化量及灵敏度。

在实际应用中，为了提高传感器的灵敏度和稳定性，常常采用差动式结构，如图 3-4 所示。

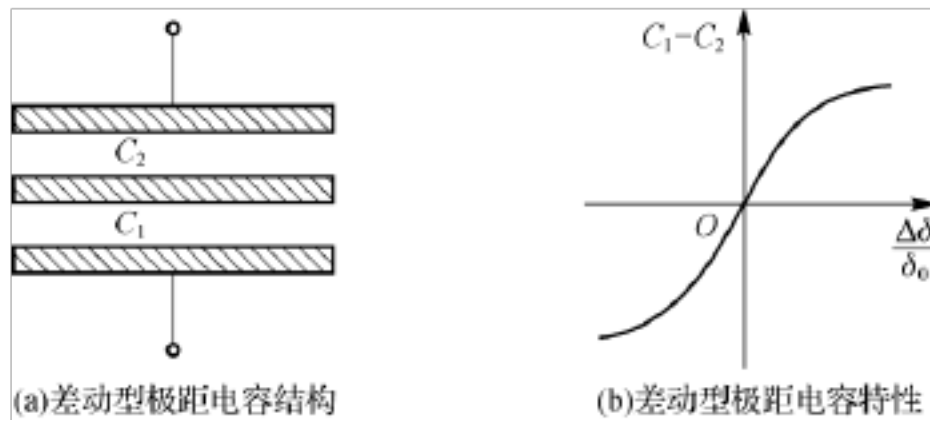


图 3-4 差动型极距电容传感器结构与特性

2. 电容式传感器的测量电路

1) 等效电路

电路电容式传感器的等效电路如图 3-5 所示。图中考虑了电容器的损耗和电感效应， R_p 为并联损耗电阻，它代表极板间的泄漏电阻和介质损耗。这些损耗在低频时影响较大，随着工作频率增高，容抗减小，其影响就减弱。 R_s 代表串联损耗，即代表引线电阻、电容器支架和极板电阻的损耗。电感 L 由电容器本身的电感和外部引线电感组成。

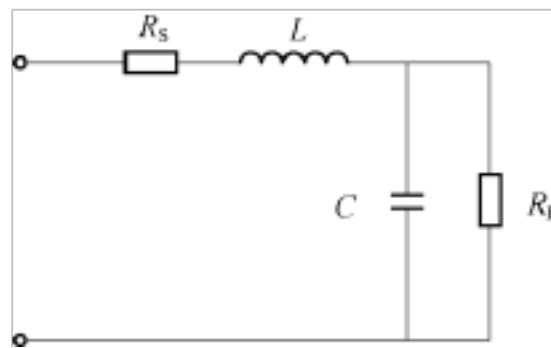


图 3-5 电容式传感器的等效

教师讲解等效电路，引导学生分组讨论电容的实际相对变化量。

2) 测量电路

(1) 调频测量电路。图 3-6 所示的是调频式测量电路原理框图。

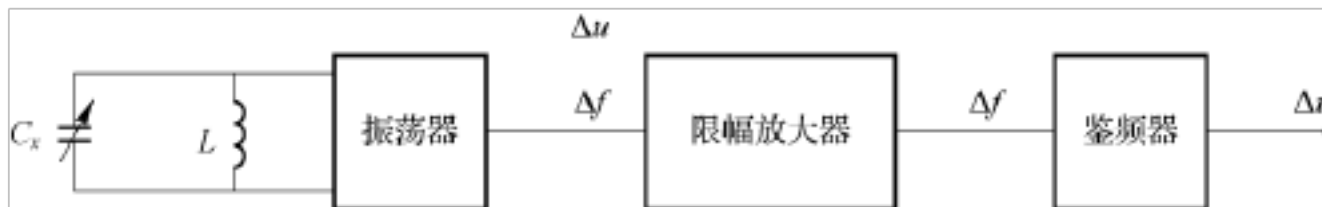


图 3-6 调频电路的测量原理

(2) 运算放大器式测量电路。

运算放大器的放大倍数很大，输入阻抗 Z_i 很高，输出电阻小，所以运算放大器作为电容式传感器的测量电路是比较理想的。

3. 电容式传感器的特点与用途

电容式传感器的特点如下。

(1) 小功率、高阻抗。电容传感器的电容量很小，一般为几十到几百皮法，具有较高的输出阻抗。这种阻抗对后续电路影响很小，从而简化了后续放大电路。

(2) 小的静电引力和良好的动态特性。电容传感器的极板间的引力极小，能量消耗少，其可动质量小，具有较高的固有频率和良好的动态性能。

(3) 自身发热小。

(4) 可以进行非接触检测。

电容式传感器广泛地应用在位移、振动、角度和加速度等机械量的精密检测，而且目前检测范围已经扩大到了压力、液面和成分等方面的检测。

学生分组讨论电容式传感器的特点，教师总结。

图 3-8 所示为差动电容式压力传感器的结构图。图中所示膜片为动电极，两个在凹形玻璃上的金属镀层为固定电极，构成差动电容器。

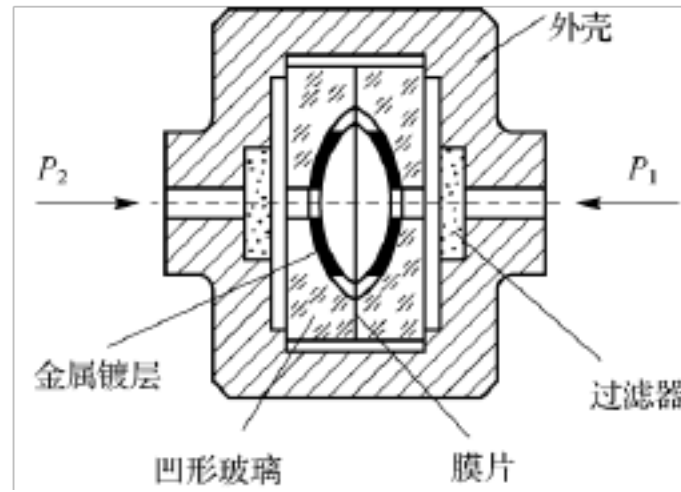


图 3-8 差动电容式压力传感器的结构图

二、电感式传感器

1. 自感型电感传感器

1) 可变磁阻式传感器

可变磁阻式传感器的构造原理如图 3-10 所示，由线圈、铁芯和衔铁组成，铁芯和衔铁由导磁材料如硅钢片或坡莫合金制成，在铁芯和衔铁之间有气隙存在。

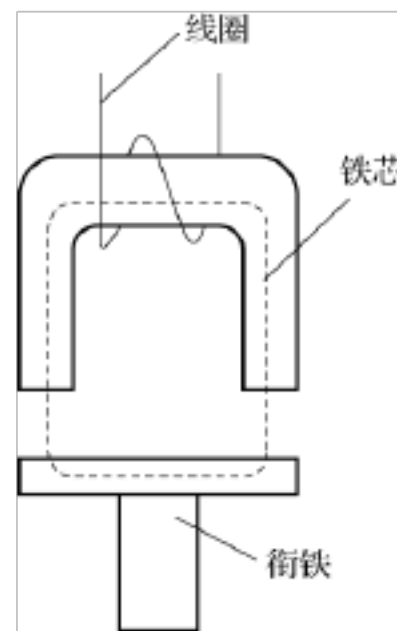
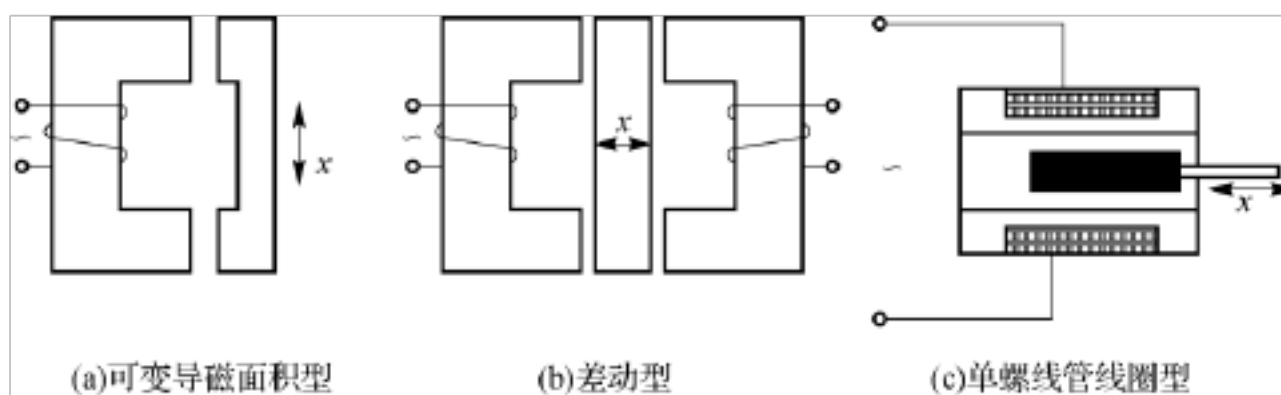


图 3-10 可变磁阻式传感器的构造原理

图 3-11 列出了几种常用可变磁阻位移传感器的典型结构方案。图 3-11 (a) 所示是可变导磁面积型，其自感 L 与 A_0 呈线性关系，但和电容式传感器相类似，由于边缘效应，这种传感器的灵敏度比较低。图 3-11 (b) 所示是差动型位移传感器结构，衔铁位移时，可以使两个线圈的间隙一个变大而另一个相应减小。将两个线圈接入相邻交流电桥桥臂，输出灵敏度将提高一倍，线性度得到改善。图 3-11 (c) 所示是单螺线管线圈型位移传感器结构，当铁芯在线圈中移动时，磁阻改变，使得线圈自感发生改变。这种传感器结构简单，制造容易，灵敏度稍低，适合相对位移较大的检测（数个毫米）。螺线管传感器也可采用差动形式，以提高灵敏度和线性度，在实际检测传感器中经常采用。



结合图片讲解可变磁阻式传感器的构造原理。

学生分组讨论不同结构的可变磁阻传感器。

图 3-11 可变磁阻传感器的结构

2) 涡流式传感器

涡流式传感器的变换原理是利用金属体在交变磁场中的涡流效应。图 3-12 所示为涡流传感器的

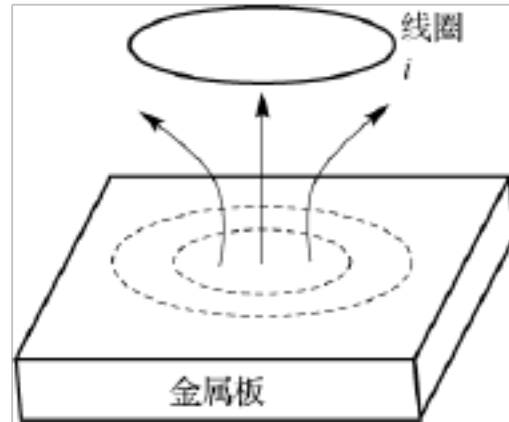


图 3-12 涡流传感器工作原理

透射式涡流厚度传感器的结构原理如图 3-13 所示。

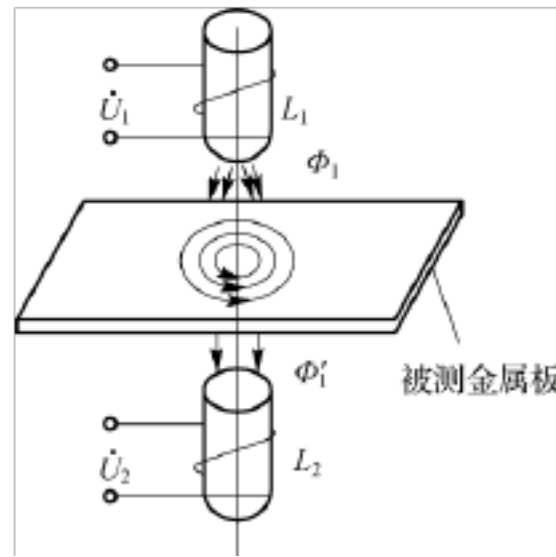


图 3-13 电涡流测量金属板厚度

电涡流式转速传感器工作原理如图 3-14 所示。

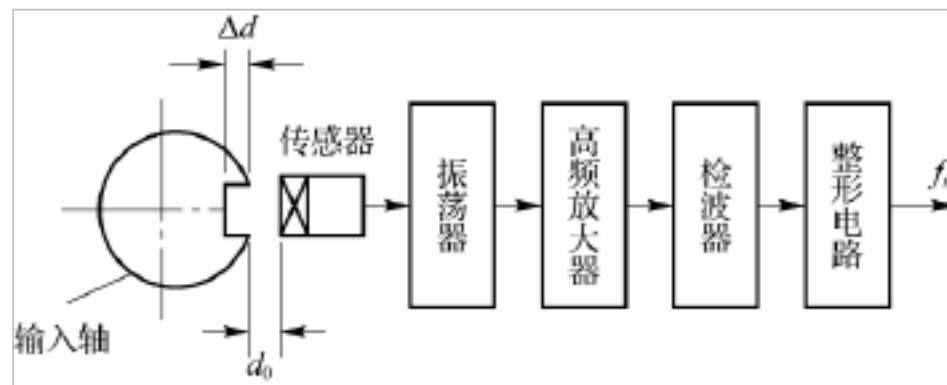
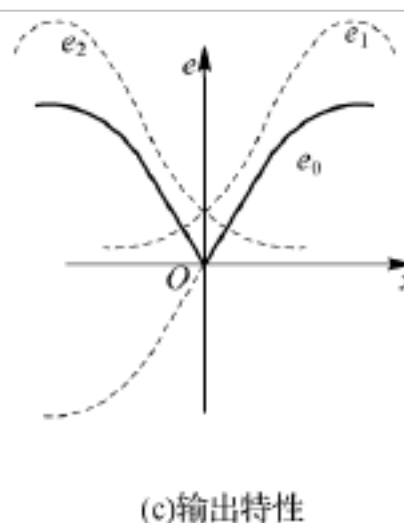
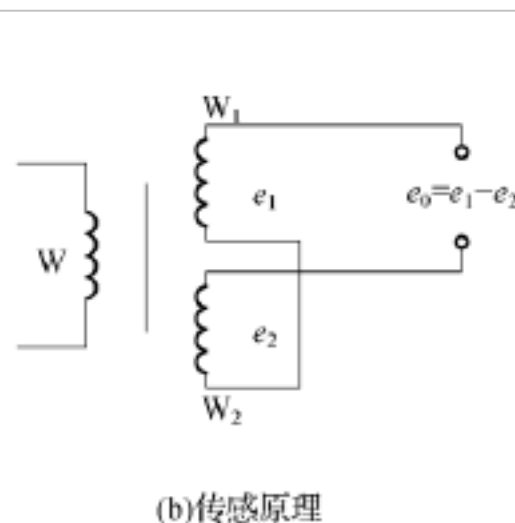
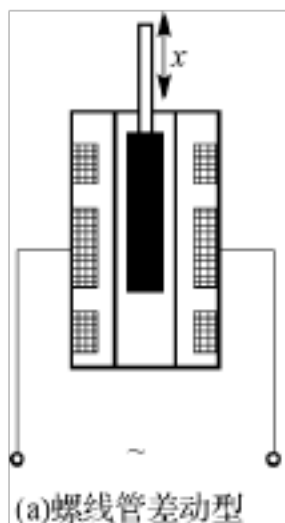


图 3-14 电涡流式转速传感器工作原理图

2. 互感型电感传感器

实际工作中，应用较多的是螺线管式差动变压器传感器，其工作原理如图 3-16 所示，变

压器由
和两个
相同的
W1、W2 组



初级线圈
参数完全
次级线圈
成。

教师讲解差动变
压器传感器原理
及输出特性，学生
分组讨论其使用

特点。

图 3-16 差动变压器传感器

差动变压器式位移传感器的使用具有的特点。

任务二 高精度激光位移传感器

一、图像传感器

图像传感器从功能上讲，是一个能把受光面的光像分成许多小单元（像元），并将它们转换成电信号，然后将其顺序输出的传感器件。在构造上，图像传感器是一种小型固态集成元件，它的核心是 CCD。CCD 由阵列排列在衬底的金属 氧化物 硅（MOS）电容器构成，具有光生电荷、积蓄和转移电荷的功能。

图 3-24 所示为一维线性图像传感器（PSD）的结构原理，光敏元阵列与 CCD 之间有一层转移控制栅，CCD 作为移位寄存器。每个光敏元通常是一个 MOS 电容，并正对着 CCD 上的电容。在光照射下，光生少数载流子在光敏元中积聚，每个单元所积蓄的电荷量与该单元所收到的光照度和电荷积蓄时间成正比，在光敏元接受光照一定时间后，转移控制栅打开，各光敏元所积蓄的电荷并行地转移到 CCD 读取寄存器上。随后控制栅关闭，光敏元立即开始下一次的光电荷累积过程。与此同时，上一次的一串电荷信号沿移位寄存器顺序地转移并串行输出。

学生分组讨论图形传感器的用途。

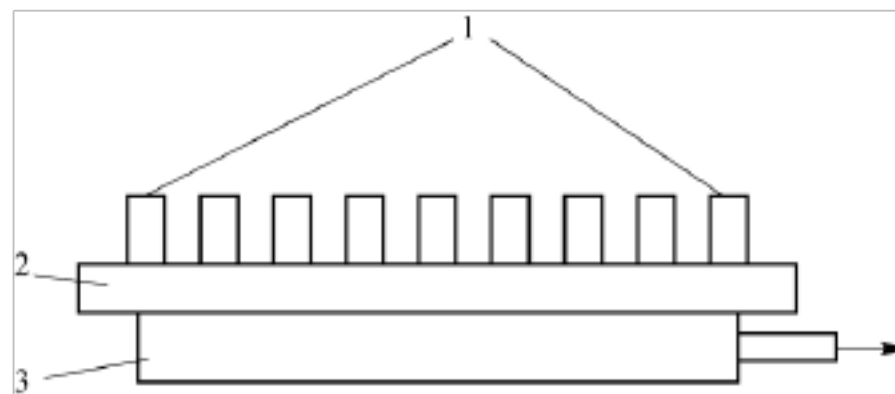


图 3-24 一维线性图像传感器结构原理

图像传感器还可用作光学文字识别装置的“读取头”。其主要由光源、红外滤光片、透镜、图像传感器、后向处理电路等组成。其中，OCR 的光源可用卤素灯，光源与透镜间设置红外滤光片以消除红外光影响，每次扫描时间为 $300 \mu s$ ，因此可做到高速文字识别。把 OCR 的“读取头”传感过来的信号放大后，经 A/D 变换后的二进制信号通过特别滤光片后，文字更加清晰，然后把文字逐个断切出来。以上处理称为前置处理，前置处理后，以固定方式对各个文字进行特征抽取。最后将抽取所得特征与预先置入的诸文字特征相比较，以判断与识别输入的文字。

二、激光传感器

激光的特点在于：（1）激光是单色的，或者说是单频的，有一些激光器可以同时产生不同频率的激光，但是这些激光是互相隔离的，使用时也是分开的；（2）激光是相干光，相干光的特征是其所有的光波都是同步的，整束光就好像一个“波列”；（3）激光是高度集中的，也就是说它要走很长的一段距离才会出现分散或者收敛的现象。

了解激光的特点。

激光器有很多种，尺寸大至几个足球场，小至一粒稻谷或盐粒。气体激光器有氦 氖激光器和氩激光器；固体激光器有红宝石激光器；半导体激光器有激光二极管，像 CD 机、DVD

机和 CD ROM。

由于激光的种种特性，使得激光应用于传感器领域优势极大。如激光光斑极小，可以用来测量很微小的位移，激光对物体没有任何压力，因而也不存在弹性变形问题，所以可以认为激光可以“真实”测量等。

2. 激光三角法测距

基于三角检测原理的激光位移传感器采用激光作为光源投射一个亮点或者直线条纹到被测物体表面，经物体反射的激光通过接收器镜头，被内部的 CCD 线型相机接收，根据不同的距离，CCD 线型相机可以在不同的角度下“看见”这个光点，根据这个角度及已知的激光和相机之间的距离，数字信号处理器就能计算出传感器和被测物体之间的距离。

3. 干涉测量

可见光的干涉测量是干涉测量术中最先发展同时也得到最广泛应用的类别，早期的实际应用如迈克耳孙测星干涉仪对恒星角直径的测量，但如何获取稳定的相干光源始终是限制光学测量发展的重要原因之一。直至二十世纪六十年代，光学干涉测量技术得到了飞速的发展，这要归功于激光这一高强度相干光源的发明，计算机等数字集成电路获取并处理干涉仪所得数据的能力大大提升，以及单模光纤的应用增长了实验中的有效光程并仍能保持很低的噪声。电子技术的发展使人们不必再去观察干涉仪产生的干涉条纹，而可以对相干光的相位差直接进行测量。

三、光纤式传感器

1. 光导纤维的结构和导光原理

光导纤维是用比头发丝还细的石英玻璃丝制成的，每一根光导纤维由一个圆柱形芯子、包层、保护套组成。光导纤维的芯子是用玻璃材料制成的，折射率为 n_1 ；包层是用玻璃或塑料制成的，折射率为 n_2 ；且 $n_1 > n_2$ ，这样可以保证入射到光纤内的光波集中在芯子内传输。当光线以各种不同角度入射到芯子并射至芯子与包层的交界面时，光线在该处有一部分透射，一部分反射。但当光线在纤维端面中心的入射角 θ 小于临界入射角 θ_c 时，光线就不会透射出界面，而全部被反射。光在界面上经无数次反射，呈锯齿形状路线在芯内向前传播，最后从光纤的另一端传出，这就是光纤的导光原理。

2. 光导纤维的主要参数

(1) 数值孔径是光纤的一个重要性能参数，它表示光纤的集光能力。光纤的集光能力越强，光纤与光源之间的耦合越容易。

(2) 光纤的第二个性能参数是色散。当一个光脉冲信号通过光纤时，由于光纤的色散，在输出端的光脉冲被展宽，出现明显失真，这种现象称为色散。色散影响着光纤传输信息的容量。由于光纤的信息容量很大，用其制作传感器，色散不是主要问题。

(3) 光纤的另一个性能参数是传输损耗。当光从光纤的一端射入从另一端射出时，光强将减弱，光在光纤中传播时产生了损耗。导致传输损耗的原因主要是光吸收和光散射。

3. 光纤传感器的工作原理

光纤传感器是一种将被测对象的状态转变为可测的光信号传感器。光纤传感器的工作原理是将光源入射的光束经由光纤送入调制器，在调制器内与外界被测参数的相互作用，使光的性质，如光的强度、波长、频率、相位、偏振态等发生变化，成为被调制的光信号，再经过光纤送入光电器件、经解调器后获得被测参数。整个过程中，光束经由光纤导入，通过调制器后再射出，其中光纤的作用首先是传输光束，其次是起到光调制器的作用。

4. 光纤传感器的分类

1) 功能型光纤传感器

光纤一方面起传输光的作用，另一方面是敏感元件，是靠被测物理量调制或影响光纤的传输特性，把被测物理量的变化转变为调制的光信号。因此，光纤具有“传”和“感”的功

讲解激光三角法检测原理图。

教师讲解功能型光纤传感器及非

<p>能。光纤的输出端采用光电器件，所接受的光信号便是被测量调制后的信号，并使其转变为电信号。此类传感器的优点是结构紧凑、灵敏度高，但是它需用特殊光纤和先进的检测技术，因此，成本高。如光纤陀螺、光纤水听器。</p> <p>2) 非功能型光纤传感器</p> <p>在非功能型传感器中，光纤不是敏感元件，即只“传”不“感。”它是利用在光纤的端面或在两根光纤中间，放置光学材料及机械式或光学式的敏感元件，感受被测物理量的变化。此类光纤传感器无需特殊光纤及其他特殊技术，比较容易实现，成本低，但灵敏度也较低，应用于对灵敏度要求不太高的场合。目前，已实用化的光纤传感器，大都是非功能型的。</p> <p>【实训】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 认识电感式高精度位移传感器 2. 高精度激光位移传感器检测物体高度差 <p>【思考与练习】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 请设想一下如果将位移传感器作为检测物体表面粗糙度的仪器，使用电感式位移传感器检测物体表面，对于检测头需要什么要求，可根据表面粗糙度的国家标准进行检测设计。 2. 高精度激光位移传感器的检测是非接触的，请思考能否使用激光位移传感器作为检测物体表面粗糙度的传感器。 3. 在工业批量生产中有很多项目需要连续检测，要求检测速度能跟得上流水线生产的速度。请思考并论述：在高速度检测过程中，使用激光位移传感器和电感高精度位移传感器在原理上是否可行。 	<p>功能型光纤传感器的原理，学生分析其异同点。</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------

<p>教学 目标</p>	<p>知识目标：了解速度传感器检测的一般原理和使用条件，掌握各种速度传感器的量程、精度等检测性能。 能力目标：认识磁电式速度传感器及其检测适应性，了解工业中常用的速度检测特点及位移传感器的基本选用原则。 素质目标：</p>
<p>教学 重点</p>	<p>各种速度传感器的量程、精度等检测性能</p>
<p>教学 难点</p>	<p>各种速度传感器的量程、精度等检测性能</p>
<p>教学 手段</p>	<p>理实一体 实物讲解 小组讨论、协作</p>
<p>教学 学时</p>	<p>7</p>
<p style="text-align: center;">教 学 内 容 与 教 学 过 程 设 计</p>	
<p style="text-align: right;">注 释</p>	

项目四 速度和加速度检测系统

〔理论学习〕

任务一 认识速度传感器

一、测速发电机传感器的要求

测速发电机(tachogenerator)是一种检测机械转速的电磁装置。它能把机械转速转换成电压信号,其输出电压与输入的转速成正比关系。自动控制系统对测速发电机的要求,主要是精确度高、灵敏度高、可靠性好等,具体如下。

- (1) 输出电压与转速保持良好的线性关系。
- (2) 剩余电压(转速为零时的输出电压)要小。
- (3) 输出电压的极性和相位能反映被测对象的转向。
- (4) 温度变化对输出特性的影响小。
- (5) 输出电压的斜率大,即转速变化所引起的输出电压的变化要大。
- (6) 摩擦转矩和惯性要小。

二、直流测速发电机

直流测速发电机实际上是一种微型直流发电机,按励磁方式可分为两种类型。图 4-2 所示为电磁式测速发电机原理,定子常为二极,励磁绕组由外部直流电源供电,通电时产生磁场。目前,我国生产的 CD 系列直流测速发电机为电磁式。

永磁式测速发电机原理如图 4-3 所示。定子磁极由永久磁钢做成。永磁式测速发电机由于没有励磁绕组,所以可省去励磁电源,具有结构简单、使用方便等特点。

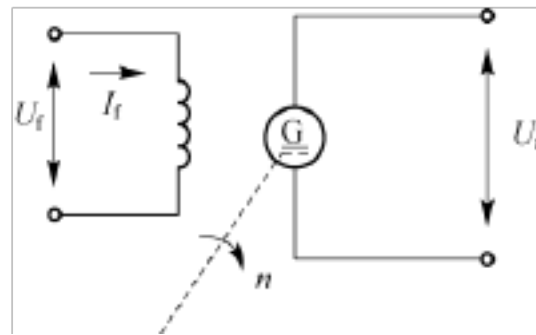


图 4-2 电磁式测速发电机原理

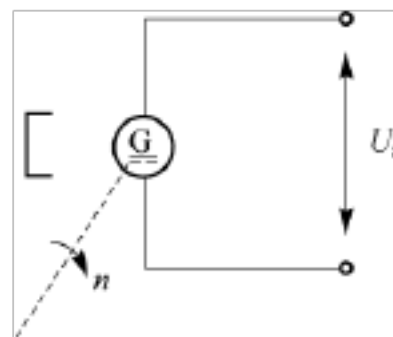


图 4-3 永磁式测速发电机原理

影响直流测速发电机误差的因素有以下几种。

1. 电枢反应的影响

当直流测速发电机带负载时,负载电流流经电枢,产生电枢反应的去磁作用,使电机气隙磁通减小。因此,在相同转速下,负载时电枢绕组的感应电动势比空载时电枢绕组的感应电动势小。负载电阻越小或转速越高,电枢电流就越大,电枢反应的去磁作用越强,气隙磁通减小的越多,输出电压下降越显著,致使输出特性向下弯曲。

2. 电刷接触电阻的影响

了解对测速发电机传感器的要求。

结合图片讲解电磁式测速发电机及永磁式测速发电机原理。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/796154204052010104>