



# 传感器原理及故障诊断

鲁世俊

2021.01.28

# 目录

---



**01** | 传感器概述

**02** | 不同类型传感器工作原理

**03** | 传感器常见故障



## 传感器概述

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

01

传感器定义

02

传感器组成

03

传感器分类

04

传感器作用

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

# 传感器定义

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

定义

把特定信息（物理、化学、生物）按一定规律转换成某种可用信号输出的器件和装置。是人类感官（触觉、味觉、嗅觉、听觉、视觉）的延申。

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



## 传感器定义

特点包括：微型化、数字化、智能化、多功能化、系统化、网络化。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。

通常根据其基本感知功能分为热敏元件、光敏元件、气敏元件、力敏元件、磁敏元件、湿敏元件、声敏元件、放射线敏感元件、色敏元件和味敏元件。

## 传感器组成



敏感元件



传感器中能直接感受或响应被测量的部分。



转换元件



将感受到的非电量直接转换为电量的器件。

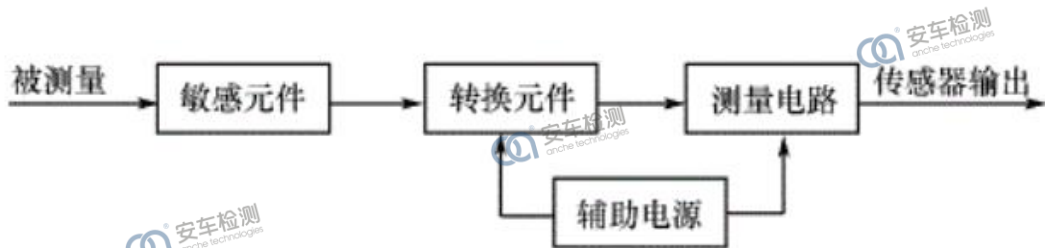
测量电路



将转换元件输出的电量变成便于显示、记录、控制处理的有用信号的电路。



# 传感器组成





## 传感器分类

被测对象

位移传感器、压力传感器

工作原理

电阻应变式、电感式、电容式、压电式

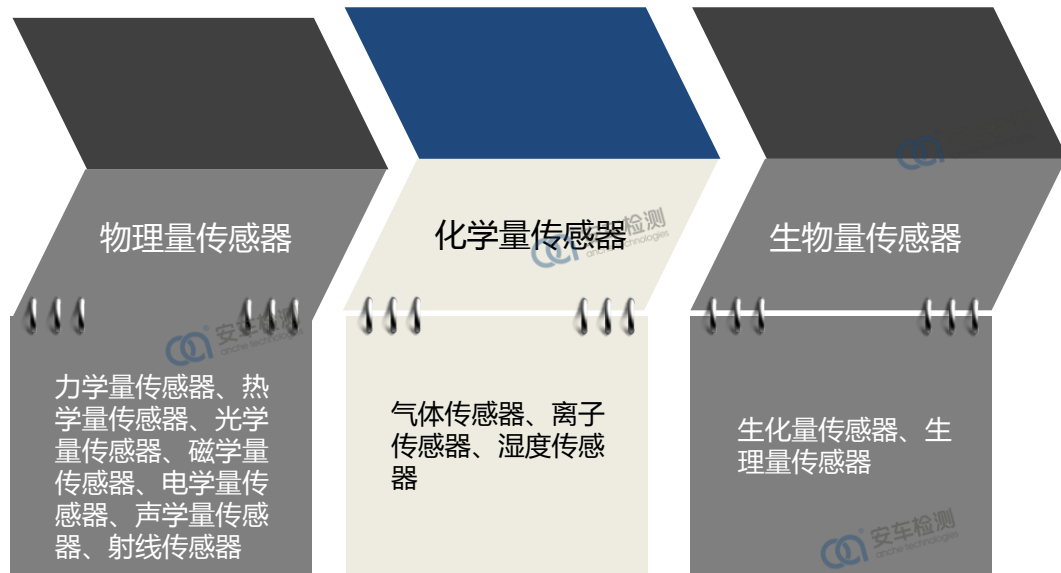
被测量的转换特征

结构型、物性型

被测量范畴

物理量传感器、化学量传感器、生物量传感器

# 传感器分类



# 传感器作用

作用

传感器作用就是测量，没有传感器就没有测量，没有测量就没有科学技术



## 不同类型传感器工作原理

01

电阻式传感器

02

差动变压器  
式位移传感器

03

接近开关

04

光电开关

05

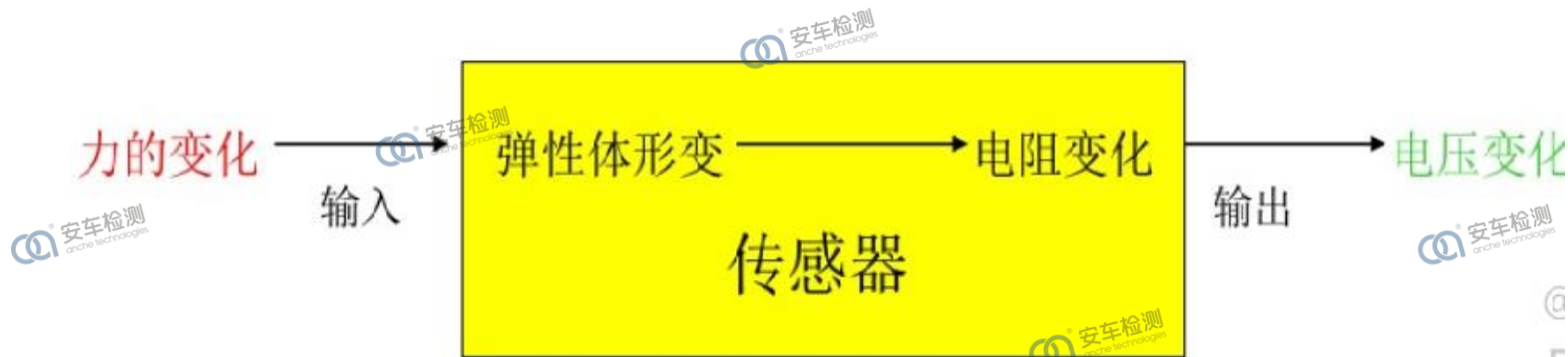
编码器

# 检测线常用传感器

序号	名称	作用	台体
1	应变式传感器	测量轮重、扭力、制动力	轮重台、平板台
2	编码器	测试转速、角度	测功机、转角仪
3	车速传感器	测试转速	车速台
4	光电开关	定位	各种台体
5	接近开关	转速	制动台
6	位移传感器	测量位移	侧滑台

# 电阻式传感器

基本原理： 将被测非电量转换成电阻值，通过对电阻值的测量来达到测量非电量的目的。





## 电阻式传感器

组成材料：

例如有导体、半导体、绝缘体和电解质溶液等；

引起导体、半导体电阻变化的物理原因：长度变化、内应力变化、温度变化等。



## 电阻式传感器



## 金属应变式传感器



目前应用最广泛的传感器之一



## 电阻式传感器

### 金属应变式传感器：

将电阻应变片粘贴在各种弹性敏感元件上，可构成测压、测力、称重、测位移、测加速度、测温度等测试系统。



## 电阻式传感器

缺点:

在大应变状态下具有较大的非线性，半导体的非线性更为明显；应变计的输出信号较微弱，抗干扰能力较差，因此测试连接线需要采取屏蔽。



## 电阻式传感器

### 电阻应变片的工作原理：

欧姆定律  $R = \rho L/S$ ，金属丝的电阻与材料的电阻率及其几何尺寸有关，而金属丝在承受机械变形的过程中，这三者都要发生变化，因而引起金属丝的电阻变化。通过转换电路将其变为电压输出。



## 电阻式传感器

### 电阻应变传感器的技术参数：

灵敏度、线性度、漂移、迟滞、精度等级、输入阻抗、输出阻抗、绝缘电阻等。其中灵敏度大小与电路设计参数密切相关。



## 电阻式传感器



### 主要技术单项指标

灵敏度 (2.000 ± 0.002) mv/v

精度等级 C3及以下级别

输入阻抗 (400 ± 20) Ω

输出阻抗 (352 ± 3) Ω

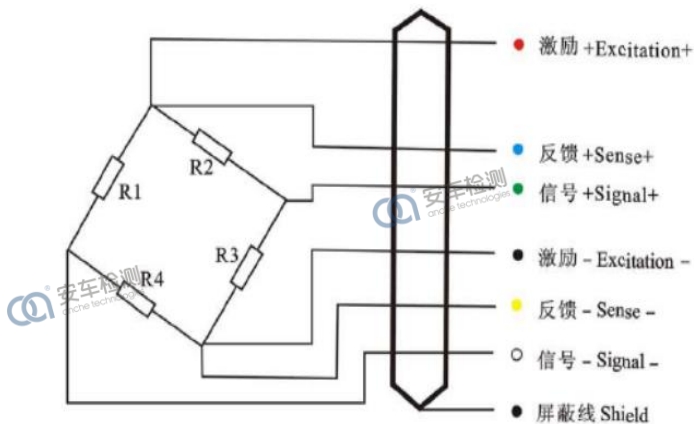
绝缘电阻 ≥ 5000MΩ





## 电阻式传感器

### 电阻应变传感器结构：



传感器弹性体采用优质专用金属材料，在应变敏感区域表面上粘贴 R1、R2、R3及R4 四片应变计，组成惠斯通电桥，当受外力F作用时，弹性体变形，引起应变计R1、R3受拉伸，电阻值变大；R2、R4受压缩，电阻值减少，使电桥失去平衡，输出与外力F成正比的电压信号。



## 电阻式传感器

### 判断称重传感器好坏的方法

序号	检查项目	判定方法
1	外观检查	<ul style="list-style-type: none"><li>• 观察传感器外观是否有变形，裂纹等情况。</li><li>• 观察传感器密封盖有无脱落。</li><li>• 检查传感器的导线有无断裂、搭线等现象。</li><li>• 检查轮重台的每角有无四角误差，如果有的话经调整还有四角误差，则更换传感器。</li><li>• 将台体的传感器一只一只分别脱开，观察示值变化情况。</li></ul>

# 电阻式传感器

## 判断称重传感器好坏的方法

序号	检查项目	判定方法
	测量传感器连接电路	<ul style="list-style-type: none"><li>• 正常情况下，激励电压（EXC+到EXC-之间）是5-10V，输出电压（SIG+到SIG-之间）在设备空载时接近于0，小于传感器最大输出量。（传感器最大输出量=激励电压*传感器灵敏度，称重传感器灵敏度以3mV/V居多），超出此范围传感器坏，需更换。</li></ul>



## 电阻式传感器



### 判断称重传感器好坏的方法

序号	检查项目	判定方法
	测量传感器阻值	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 输入电阻 <math>\geq</math> 输出电阻 <math>&gt;</math> 桥阻</li> <li>● 一般情况下桥阻之间相等或者两两相等（注：输入电阻为EXC+到EXC-之间的电阻，输出电阻为SIG+到SIG-之间的电阻，桥阻为EXC+到SIG+, EXC+到SIG-, EXC-到SIG+, EXC-到SIG-之间的电阻。）</li> </ul> <p>电阻值：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\pm</math> EX之间 <math>(382 \pm 4) \Omega</math></li> <li><math>\pm</math> SI之间 <math>(350 \pm 1) \Omega</math></li> <li><math>\pm</math> SE之间 <math>(382 \pm 4) \Omega</math></li> </ul>



## 电阻式传感器



### 判断称重传感器好坏的方法

序号	检查项目	判定方法
4	测电压值	● $\pm$ SI之间一般为0~25mV
5	测传感器绝缘性能	● 将万用表置在20M $\Omega$ 档上，表棒一头搭在外壳或屏蔽线上，另一头在{ $\pm$ EX、 $\pm$ SI、 $\pm$ SE}中任一根上，如果万用表显示1，则说明绝缘电阻无穷大，则传感器是好的，反之是坏的。

称重传感器在正常使用情况下并非那么容易损坏，很多故障都是因为台体使用不当使称重传感器过载造成的



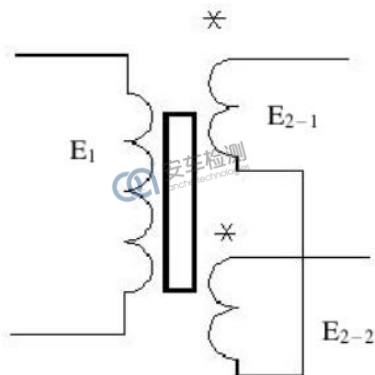
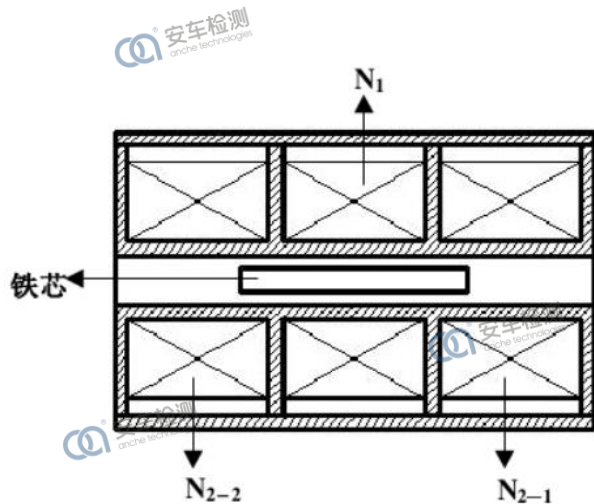
## 差动变压器式位移传感器



该传感器采用了差动变压器原理，实际上和普通变压器一样，有初级绕组 $N_1$ 和两个次级绕组 $N_2 - 1$ ， $N_2 - 2$ 组成，但铁心是可以移动的。



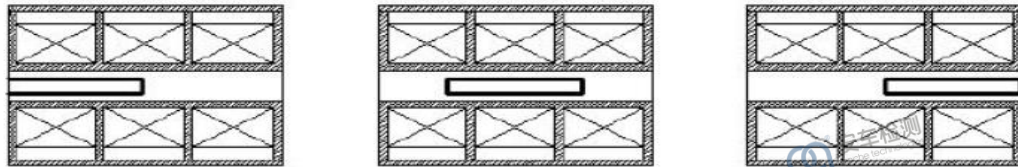
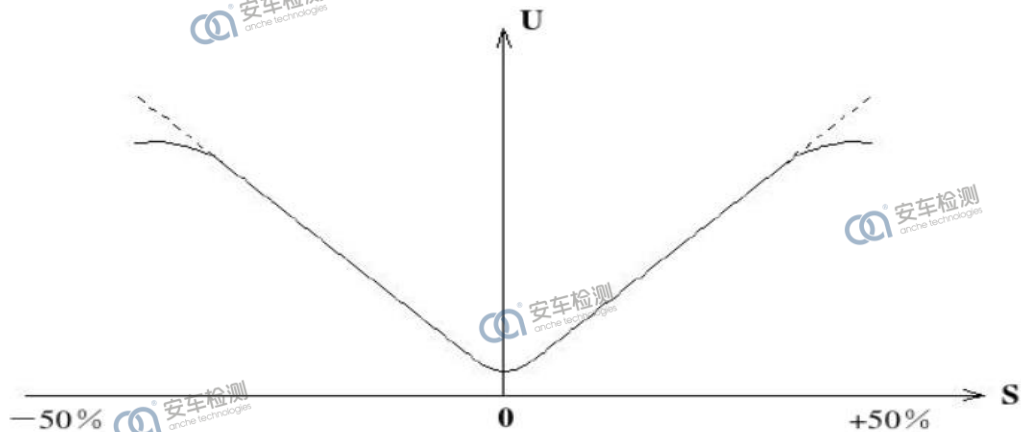
## 差动变压器式位移传感器



当初级线圈供给一定频率的交变电压时，由于互感作用，两个次级线圈分别产生了感应电动势 $E_{2-1}$ 和 $E_{2-2}$ ，两个次级线圈的同名端相接，在另一个同名端之间就可以得到一个铁心位移成线性函数关系的特性曲线。

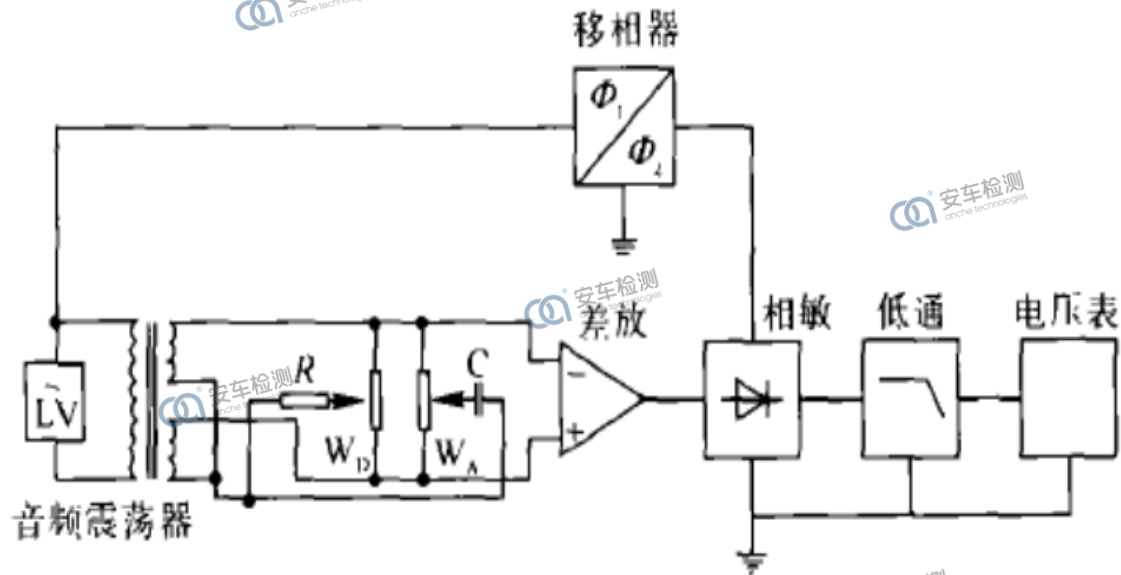


## 差动变压器式位移传感器





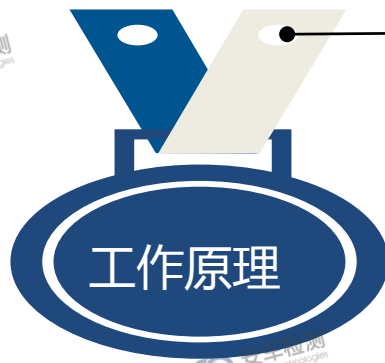
## 差动变压器式位移传感器



# 接近开关

分

类



电感型：用以检测导磁或不导磁金属

电容型：用以检测各种导电或不导电的液体或固体

磁性型：用以检测带磁性的物体

光电型：用以检测所有不透光物体

超声波型：用以检测不透过超声波的物体

直流型、交流型

直流两线值、三线制和四线制；交流两线制和三线制。直流三线式应用最多，其输出有NPN和PNP两种



## 接近开关

### 电感式接近开关：

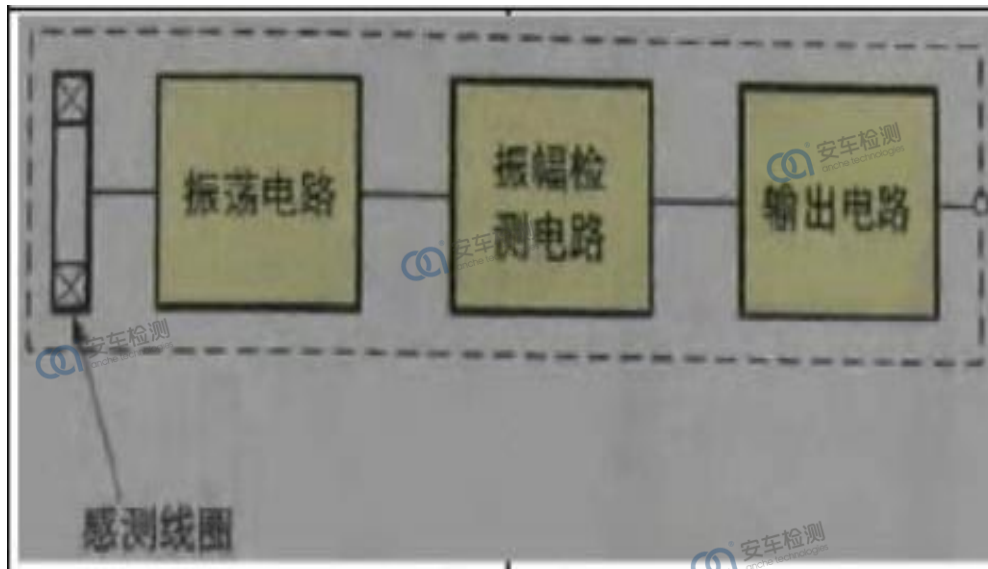
属于一种有开关量输出的位置传感器，它有LC高频振荡器和放大处理电路组成，利用金属物体在接近这个能产生电磁场的感应头时，使物体内部产生涡流。这个涡流反作用于接近开关，使接近开关振荡能力衰减，内部电路参数发生变化，由此识别出有无金属物体接近，进而控制开关的通或断。这种接近开关所能检测的物体必须是接近物体。

# 接近开关

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



## 接近开关

应用：滚筒制动台第三滚筒边缘上，检测第三滚筒转速，以此判断停电机时刻。



PR12-2DN



NBB4-12GM50(NPN 常开)



## 超声波式接近开关：

接近开关以一定的周期发送超声波脉冲，这些脉冲信号遇到物体后产生反射，接近开关通过接收反射信号的时间和发射时间来确定物体到开关的距离。在检测的范围内时，便产生信号输出。



# 接近开关

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

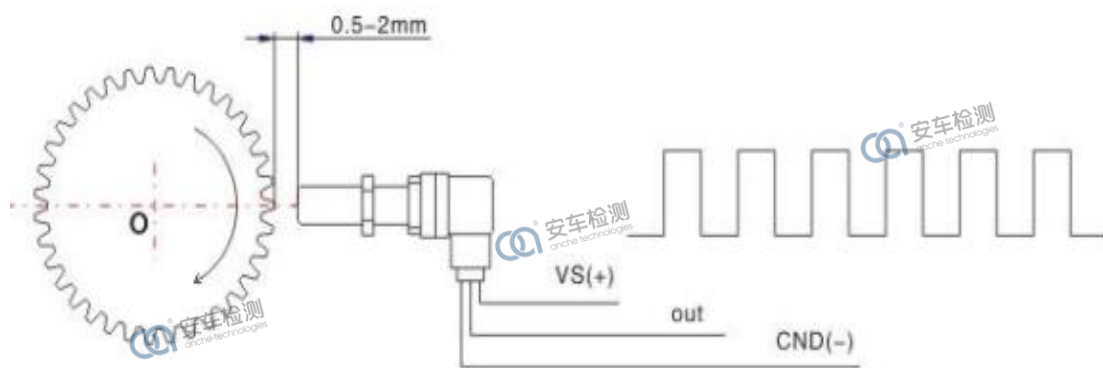


安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

# 接近开关

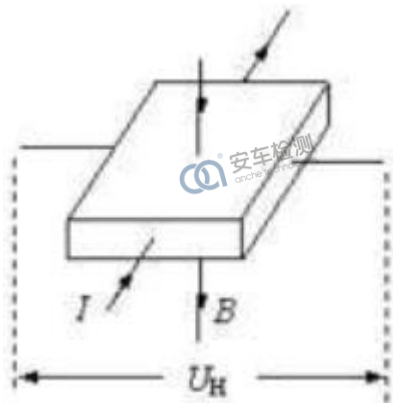


测齿轮转速 直接输出方波信号



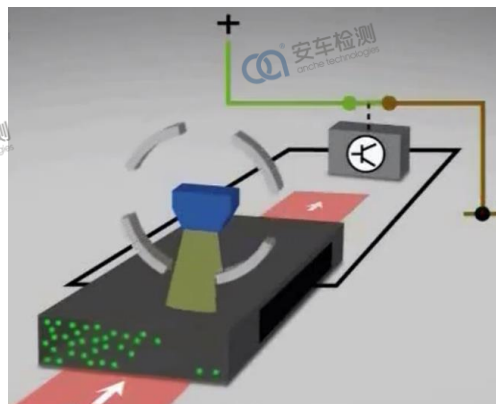
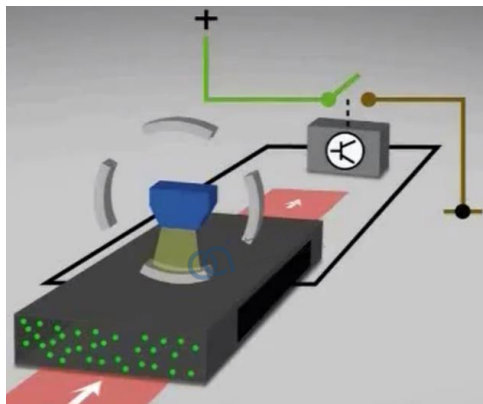
## 接近开关

### 霍尔型接近开关-霍尔效应



在半导体薄片两端通以控制电流 $I$ ，并在薄片的垂直方向施加磁感应强度为 $B$ 的匀强磁场，则在垂直于电流和磁场的方向上，将产生电势差为 $U_H$ 的霍尔电压。

# 接近开关





## 霍尔元件

根据霍尔效应，人们用半导体材料制成的元件叫霍尔元件。

优点：

它具有对磁场敏感、结构简单、体积小、频率响应宽、输出电压变化大和使用寿命长等优点，因此，在测量、自动化、计算机和信息技术等领域得到广泛的应用



## 接近开关

### 霍尔传感器的分类

线性型霍尔传感器

开关型霍尔传感器

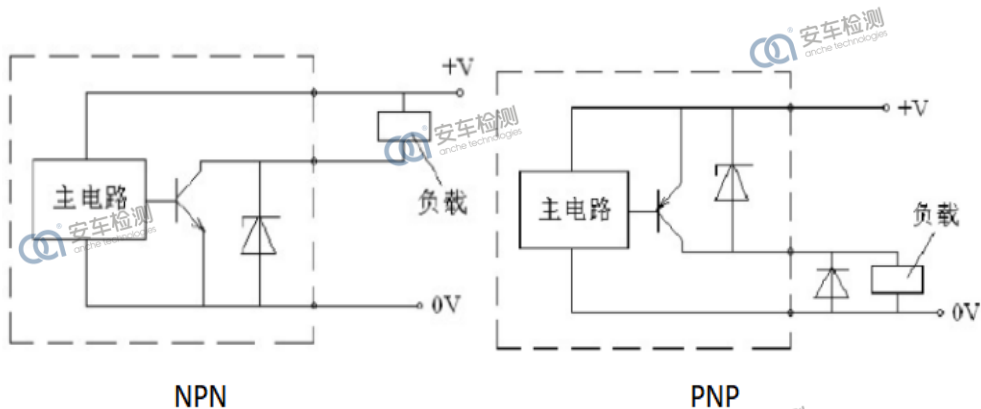
由霍尔元件、线性放大器和射极跟随器组成，它输出模拟量。

由稳压器、霍尔元件、差分放大器，施密特触发器和输出级组成，他输出数字量。



## 接近开关

# 直流三线式接近开关的输出形式



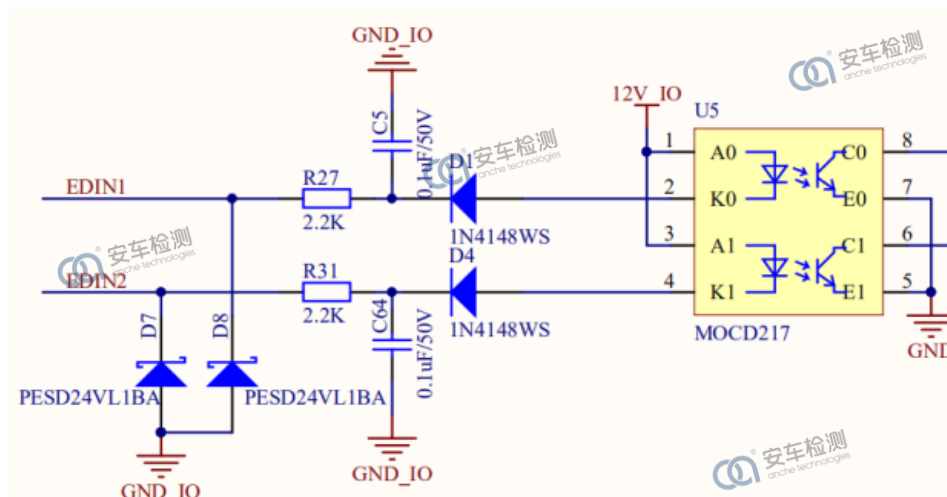
# 接近开关

安车检测  
anche technologies

安车台体上用的型号：PR 1 2 - 2 DN，直径 1 2 mm，集电极开路输出

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



此电路适用于集电极开路输出的传感器



## 接近开关

### 接近开关与霍尔传感器的区别

#### 接近开关

是靠接近金属物时使其内部的振荡电路停振来发出信号的

#### 霍尔传感器

一种能够产生霍尔电动势的半导体传感器

霍尔传感器工作带宽很高，是接近开关无法比拟的。如果用于低速效果区别不大，测量高速信号建议采用霍尔传感器



## 接近开关

### 接近开关选择

检测材料	选择开关种类
金属类物体，如铁镍、A3钢类检测物	电感式接近开关
非金属类物体，如木材、纸张、塑料、玻璃、水等	电容型接近开关
金属体和非金属体进行远距离检测和控制	光电型接近开关或超声波型接近开关。

无论选用那种接近开关，都应注意对工作电压、负载电流、响应频率、检测距离、输出形式等各项指标的要求。

## 光电开关

光电开关是通过把光强度的变化转换成电信号的变化来实现控制的。



## 光电开关

组成：

发送器、接收器和检测电路。发送器对准目标发射光束，发射的光束一般来源于半导体光源，发光二极管（LED）、激光二极管及红外发射二极管。光束不间断发射，或者改变脉冲宽度。接收器有光电二极管、光电三极管、光电池组成。在接收器的前面，装有光学元件如透镜和光圈等。在其后面是检测电路，它能滤出有效信号和应用该信号。



# 关电开关

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

01

槽型光电开关

安车检测  
anche technologies

02

对射型光电开关

安车检测  
anche technologies

03

发光板型光电开  
关

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

04

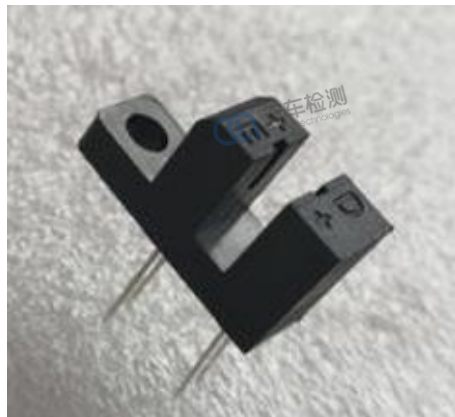
扩散反射型光电  
开关

安车检测  
anche technologies



## 关电开关

特别要求规格	装置	用途
检测距离长	传送带、停车场、电梯	通过检测、
受检测对象物的制约少	塑料加工机械、橡胶加工机械	进入监测、
响应速度快	自动组装机机械、包装机械	位置检测
检测微小物体	半导体制造机械	时刻检测、
可对区域进行检测	冲压机械、无人搬运车	方向辨别、
小型、便携	自动组装机机械	安全确认

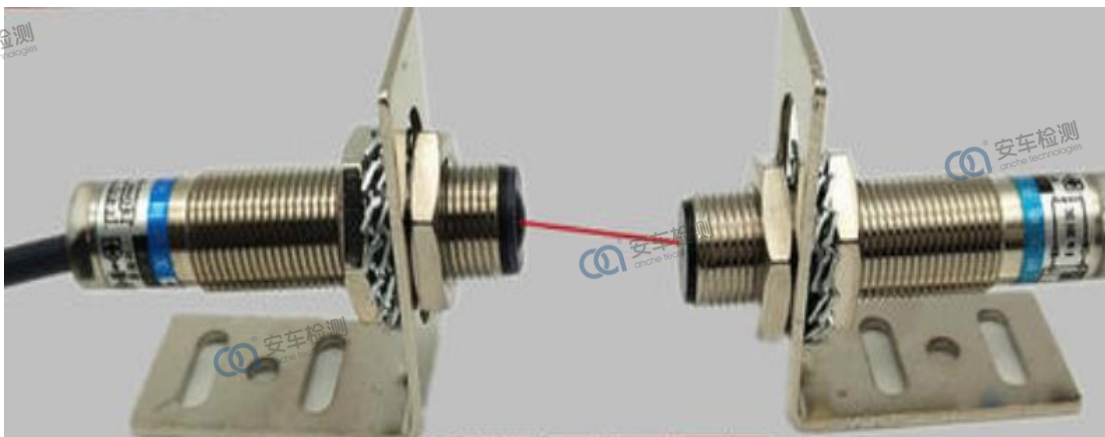


### 槽型光电开关（又叫U型光电开关）

# 关电开关

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



## 对射型光电开关

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

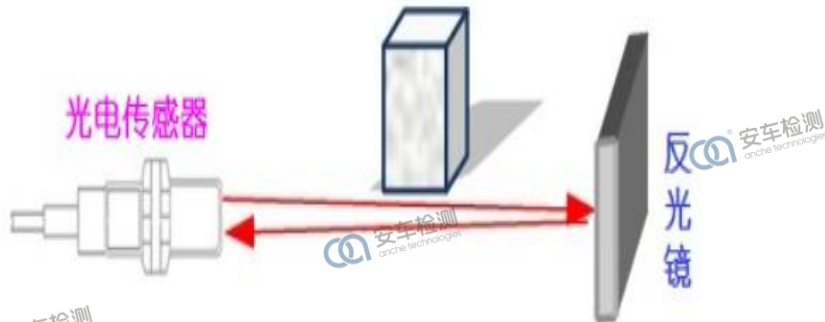
安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

# 关电开关

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



安车检测  
anche technologies

E3Z-R61  
E3Z-R81



安车检测  
anche technologies

## 反光板型光电开关

# 关电开关

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



安车检测  
anche technologies



安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

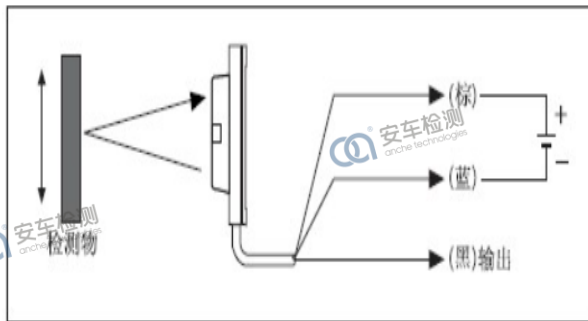
安车检测  
anche technologies

## 扩散反射型光电开关

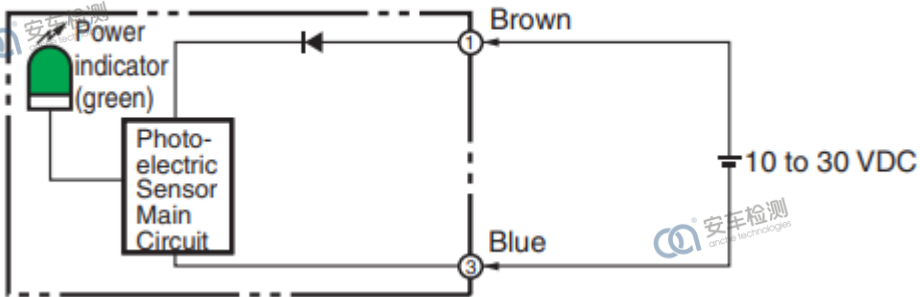
安车检测  
anche technologies

# 安车检测 关电开关

## 工作方式

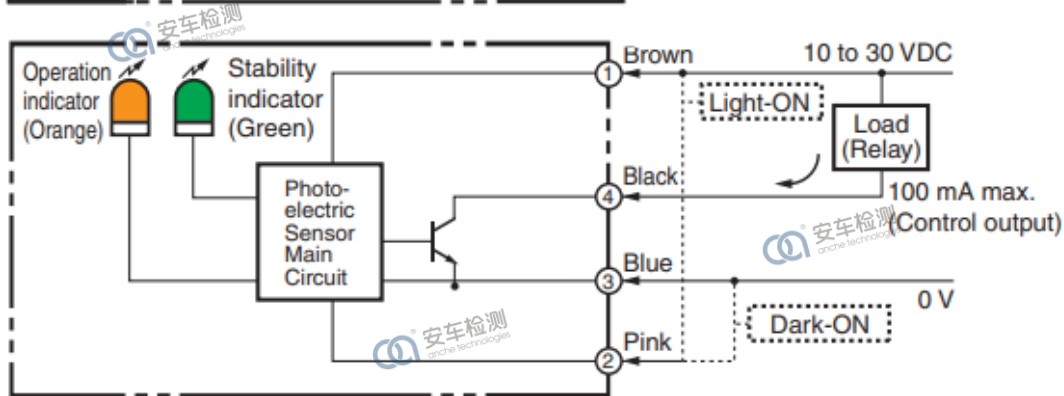
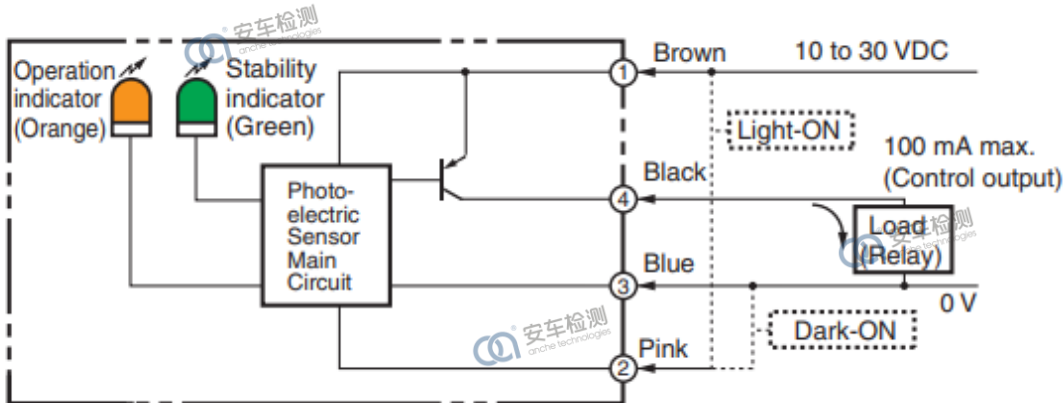


## Through-beam Emitter



# 关电开关

安车检测  
anche technologies



安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



## 编码器



光电编码器是利用光电效应原理，将角度、位置、转速等物理量转化为电气信号并加以输出的一种传感器。

适用于测量的物理量有：速度、长度、角度、位置。



 编码器

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

增量式

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



绝对式

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

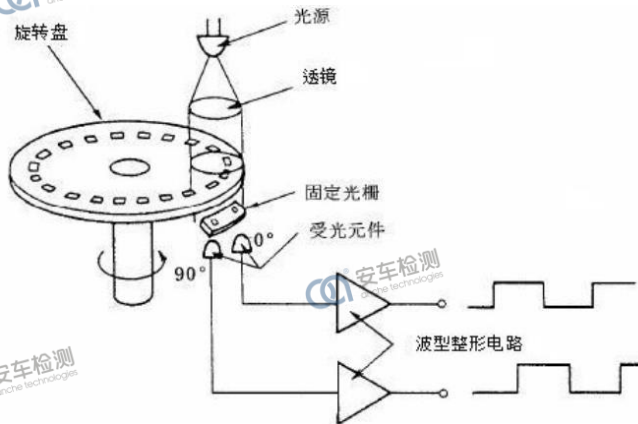
安车检测  
anche technologies

## 编码器

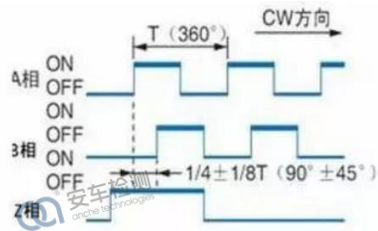
增量式编码器特点：增量式编码器转轴旋转时，有响应的脉冲输出，其计数起点任意设定，可实现多圈无限累加和测量。编码器轴转一圈会输出固定的脉冲，脉冲数由编码器光栅的线数决定。需要提高分辨率时，可利用90度相位差的A、B两路信号进行倍频或更换高分辨率编码器。



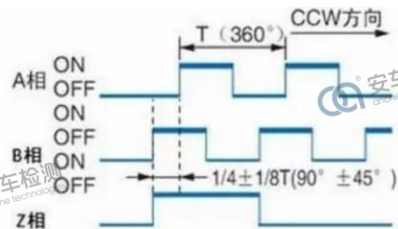
# 编码器



正转 (CW)

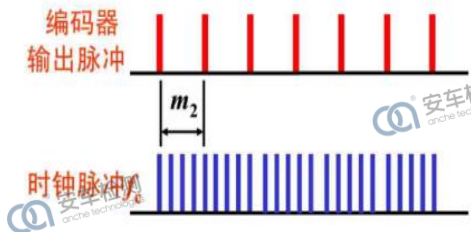


反转 (CCW)



# 编码器

增量式光电编码器在测速中应用：



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

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

有一增量式光电编码器，其参数为100p/r，在5s内测得6550个脉冲，则其转速 ( r/min ) 为：

$$n = 60 \times 6550 / 5 / 100 = 786 \text{ r/min}$$

假设滚筒直径为218mm，

则滚筒线速度：

$$v = 60 \times 786 \times 3.14 \times 0.218 / 1000 = 32.28 \text{ km/h}$$

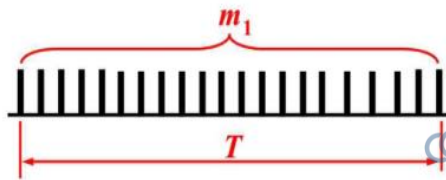
M法测速（适用于高转速场合）

# 编码器

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies



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

$$n = 60m_1 / (NT)$$

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

有一增量式光电编码器，其参数为 1024p/r，测得两个相邻脉冲之间的脉冲数3000，时钟频率fc为1MHz，则转速 (r/min) 为：

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

安车检测  
anche technologies

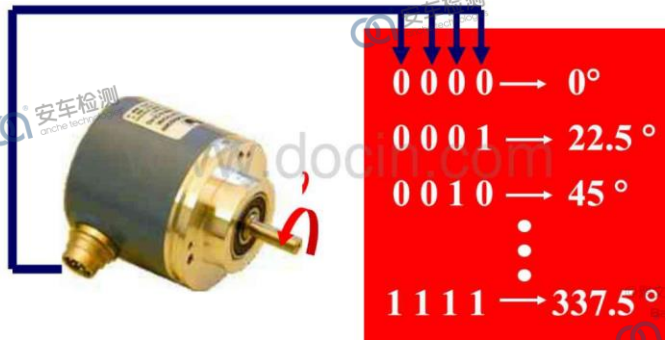
安车检测  
anche technologies

T法测速 (适用于低转速场合)

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

# 编码器



绝对式编码器特点：绝对式编码器有与位置相对应的代码输出，通常为二进制码或BCD码。从代码大小的编码可以判别正反方向和位移所处的位置，绝对零位代码开可以用于停电位置记忆。



## 编码器参数

光栅线数

5 - 10000

输出方式

集电极开路输出（通用型），互补输出，电压输出，长线驱动输出，U V W 输出

工作电压

5V、12V、24V、5 - 24V、10 - 30V

防护性能

防油、防尘、抗震型

弹性联轴器

编码器与用户轴联接时，存在同轴误差，严重时损坏编码器。要求采用弹性联接器（编码器厂家提供选件），解决偏心问题，一般可以做到允许扭矩  $< 1 \text{ Nm}$ ，不同轴度  $< 0.2 \text{ mm}$ ，轴向偏角  $< 1.5$  度。

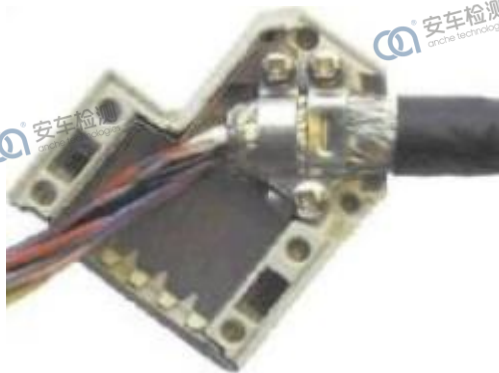


## 编码器

安装使用及注意事项：

编码器属于高精密仪器部件，安装时不得敲击和碰撞。轴端联接避免刚性联接，而应采用弹性联轴器、尼龙齿轮或同步带联接传动。使用转速不要超过标称转速，否则会影响电气信号。

# 编码器屏蔽线的安装





# 传感器常见故障

- 1、编码器
- 2、称重传感器



## 安装注意事项：

- 1) 不得对编码器本体和轴进行任何形式的机械加工。安装过程中，不得对编码器本体及轴进行敲砸、拆卸等，会造成编码器机械损伤。
- 2) 轴型编码器安装时，编码器本体采用刚性支架固定，应采用弹性联轴器联接编码器轴和驱动轴。联轴器固定时应保持自然状态，以保证具有弹性能力。
- 3) 轴套型编码器安装时，编码器套装在驱动轴上，必须采用弹性支架固定编码器本体。弹性形变区域内不得有干涉。
- 4) 拧紧联轴器顶丝，否则会造成信号不稳，车速回弹，严重的造成测功机惯量误差超标，影响其他参数超差。



## 编码器



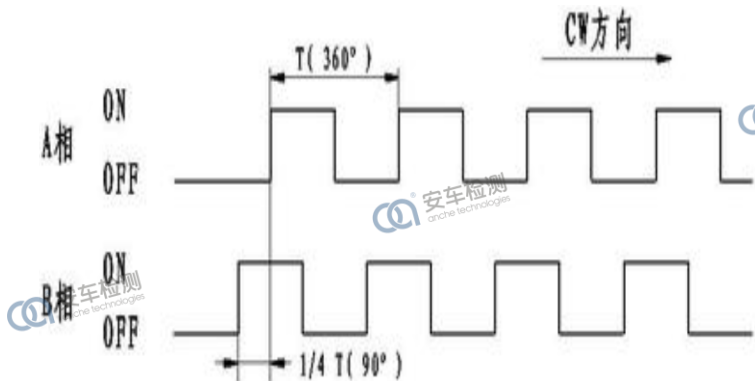
电气接线

- 1、电气接线应按照编码器接线色标和信号的对应关系正确联接，不得将编码器信号线短接到电源端，电源线接线时应避免短路现象。
- 2、未使用信号线应进行单独绝缘处理，防止发生短路。
- 3、电缆对接处应采用接线端子连接，接线应牢靠，避免发生电气意外。
- 4、编码器信号电缆布线应避免与动力线缆混布于同一电缆槽架，这样会对编码器信号造成干扰。



## 编码器

现场判断编码器好坏的方法：



示波器测量正常信号波形

**万用表检测方法**：用万用表测量编码器（12V供电）A、B信号与信号地（GND）之间的电压，当编码器旋转时，电压约直流为6V时（约为供电电压的1/2），表示编码器通道有输出，编码器正常工作。如果编码器轴停止转动，电压可能是0V，亦可能是12V。



## 称重传感器

### 安装注意事项及存在隐患

注意事项	存在隐患
<p>安装面的底座面积应大于称重传感器安装面积</p>	<p>安装底座会发生弯曲，计量不准确，甚至可能造成安全事故。</p>
<p>安装、更换称重传感器时，必须选择合适的力矩扳手，调整至称重传感器所紧固的力矩要求。</p>	<p>力矩过松，导致称重传感器计量不准确，重复性不好 力矩过紧，导致称重传感器紧固螺栓拉伸、变形，起不到紧固作用。</p>
<p>严禁称重传感器电缆线在多称重传感器称量系统中，随意加长或剪短某一部分称重传感器电缆。</p>	<p>剪短电缆后称重传感器灵敏度发生变化，导致角差偏大甚至无法调整。 屏蔽线不连接或不合理，易受到周围其他强电设备干扰。</p>
<p>称重传感器安装时，严禁采用电焊方式。 称重设备需要电焊时，最好将称重传感器取下与设备分离。 如称重传感器不能与设备分离，电焊前需确保设备有良好接地。</p>	<p>大电流通过称重传感器会导致内部电路或电子元器件烧毁</p>



## 称重传感器

传感器故障造成称重设备故障的现象：

- 1) 空载或称重过程中，显示数据不稳定、跳变。
- 2) 零位漂移
- 3) 加载后无显示
- 4) 空载时显示数据过大
- 5) 称重后不回零
- 6) 重复性、线性、灵敏度差



## 故障检测方法和步骤

### 1、系统结构判断

从称重系统中拆除称重传感器前应该仔细慎重地判别系统的结构和传感器是否存在下列问题：

- 检查是否是系统传力故障，可能由于灰尘，机械部位未对准，元件传力延缓等原因，而非称重传感器故障；
- 检查系统在传力部位是否有损伤，锈蚀或者明显的磨损；冬季应注意传感器传力部位是否有结冰现象，影响系统的传力和复位；
- 检查传感器电缆线与接线盒和显示仪表联接是否正确，有无断线或链接导线接触不良的情形；

### 2、阻抗判断

切断工作电源，逐个将传感器的输出、输入线拆开，若用万用表测量输出、输入阻抗和信号电缆各芯与屏蔽层的绝缘性能下降，即可判断出该只传感器有故障。

### 3、输出信号判断

称重仪表上电后，逐个将传感器的输出线拆掉，用万用表直流mV档测其mV值。

# 万用表

安车检测  
anche technologies



安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

安车检测  
anche technologies

地址：深圳市南山区学府路63号高新区联合总部大厦35楼  
电话：(0755) 86182188 传真：(0755) 86182379  
邮箱：anche@anche.cn 网址：www.anche.cn



## 三位半什么意思

万用表的三位半、四位半什么意思？

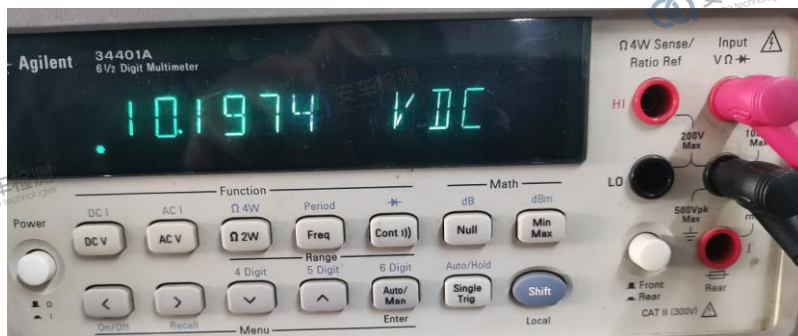
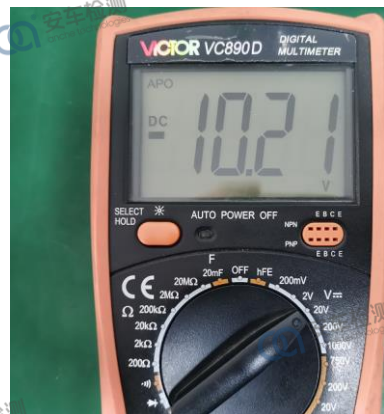
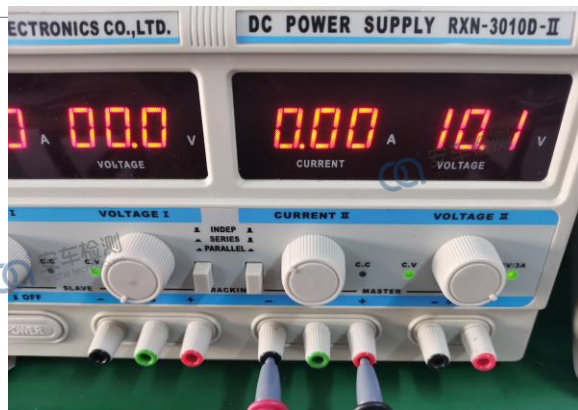
VC890D万用表，直流20V挡位，最高测量显示4位数字19.99V。最高位只有0和1两个数字，称为3又1/2位。3又2/3位最高位可显示0、1和2三个数字，最大可显示2999。



最早的国产数字万用表可显示9999，根据量程不同，可显示.9999，也可以是9.999V，或99.99V，但是这样的表有个很不方便的缺陷，就是测量常用的1V或10V时，稍微一超过，就要换量程，比如10.01V，只能用99.99V，造成误差加大，很不方便。

国外的表做了改进，把设计的量高一倍，最多显示19999，这就是4位半，当接近10V时，实际上等于浪费一半的量程，我们知道当读数接近满量程时才最准确，HP/Agilent的做法又进了一步，把量程选为11999，只比10的整数幂超过20%。比如Agilent的34401A，1199999最大，也叫6位半。

选择安车 选择放心







# 谢谢聆听

地址：深圳市南山区学府路63号高新区联合总部大厦35楼  
电话：(0755) 86182188      传真：(0755) 86182379  
邮箱：anche@anche.cn      网址：www.anche.cn