



深圳职业技术学院  
SHENZHEN POLYTECHNIC

# 传感器技术 Sensor Technology

梁长垠 教授  
Professor Liang

# Self Introduction

as a:

**Professor (not famous)**

**Senior Technician**

**Senior Engineer**

**Visiting Scholar (NJIT,USA)**

**Professional leader**

**National Quality Courses (TV technology & Intelligent electronic product design and production )**

**Technical Experts (for national professional skills competition)**

# 教学内容

第一章 课程引导与传感器概述

第二章 温敏传感器及应用

第三章 光敏传感器及应用

第四章 力敏传感器及应用

第五章 超声波传感器及应用

第六章 磁敏传感器及应用

第七章 其他新型传感器及应用

# 第一章 课程引导与传感器概述

## 第一节 课程引导

- 课程目标
- 教学设计
- 课程考核

## 第二节 传感器概述

- 传感器定义与作用
- 传感器组成与分类
- 传感器的性能指标
- 传感器发展趋势与重点方向

## 第三节 测量与误差

- 测量与有效数字
- 测量误差分类与特性

# 第一节 课程引导

## Course Introduction

----Course objectives

----Course requirements

----Course examination

## Office hours

Tuesday: 14:00~16:30

Wednesday: 14:00~16:30

Tel: 26731194 13612830566

# 课程目标(Course objectives)

- (1) 了解常用传感器的分类与特性;
- (2) 掌握常用传感器工作原理、使用方法及应用环境;
- (3) 熟悉设计配合传感器应用各类调理电路并能调试;
- (4) 能够达到独立选择传感器、设计测量电路及各种显示记录电路,完成符合实际工程需要的简单测量应用系统的设计、制作及调试的目标。
- (5) 培养学生初步形成服务现代电子制造及相关产业所需要的基本技能,为后续课程学习打下坚实的基础,并具备良好的职业生涯发展能力。

# 知识目标:

- (1) 熟悉**传感器**的定义、分类与基本特性。
- (2) 了解**测量与误差**基本概念
- (3) 熟悉**常用仪器仪表功能**与工作原理，掌握电子电路常规参数的测试方法。
- (4) 掌握**温度传感器**种类、特性、工作原理及应用电路分析、制作与测试方法。
- (5) 掌握**光电传感器**种类、特性、工作原理及应用电路分析、制作与测试方法。
- (6) 掌握**压力传感器**种类、特性、工作原理及应用电路分析、制作与测试方法。
- (7) 掌握**超声传感器**种类、特性、工作原理及应用电路分析、制作与测试方法。
- (8) 掌握**其他新型传感器**的特性及应用方法。
- (9) 具备设计、制作和调试小型传感器测试系统的综合能力。

# 能力目标:

(1) **方法能力**: 能根据需要使用工具、媒体独立搜集信息并正确评价信息; 能根据工作任务要求制定工作计划并有步骤地开展工作; 能独立学习、主动获取新知识, 具备分析问题与解决问题的能力; 能进行职业生涯规划, 具备一定的决策能力。

(2) **社会能力**: 具有良好的人际交流能力及团队协作精神; 具有良好的公共关系处理能力与接受新事物的能力; 具有一定的心理自我调整能力; 具有社会责任心、道德意识和法律知识运用能力。具有产品的质量意识、成本意思和安全意识。

(3) **专业能力**: 能够识别与检测常用传感器; 能够正确选用仪器仪表对传感器应用电路的参数进行测量、调整及简单故障排查; 能以团队形式用专业方法完成小型传感器测试系统的设计、制作、调试, 并对整机性能进行综合测试。

# 教学设计

序号	学习情境名称	学时	学习任务单元划分	教学形式
1	传感器认知与测量系统搭建	4	课程引导 任务1 传感器认知 任务2 测量与误差 任务3 温度测量系统搭建	引导文法学中做做中学
2	恒温控制系统设计、制作与调试	16	任务1 温敏传感器种类、特性、工作原理与选用 任务2 PN结温度传感器测量系统设计、制作与调试 任务3 热电偶温度传感器种类、特性、原理、应用电路制作与测试 任务4 热电阻温度传感器种类、特性、原理、应用电路制作与测试 任务5 热敏电阻温度传感器种类、特性、原理、应用电路制作与测试 任务6 电脑机箱恒温控制系统设计、制作与调试	引导文法学中做做中学
3	光电脉搏测量系统设计、制作与测试	12	任务1 光敏传感器种类、特性、工作原理与应用 任务2 光敏电阻种类、特性、工作原理、应用电路制作与测试 任务3 光敏晶体管种类、特性、工作原理、应用电路制作与测试 任务4 光电池等光敏器件特性、工作原理、应用电路分析 任务5 光电脉搏测量系统设计、制作与测试	引导文法学中做做中学
4	电子秤测量系统设计、制作与调试	8	任务1 力敏传感器种类、特性、工作原理与应用 任务2 金属应变片力敏传感器结构、特性、原理及应用电路分析 任务3 压阻式力敏传感器结构、特性、原理及应用电路分析 任务4 电子秤测量系统电路设计、制作与调试	引导文法学中做做中学
5	超声波测距仪系统设计、制作与调试	12	任务1 超声波传感器特性、结构、工作原理与应用 任务2 超声波发射电路设计、制作与调试 任务3 超声波接收电路设计、制作与调试 任务4 超声波测距仪系统设计、制作与调试	引导文法学中做做中学
6	磁敏接近开关系统设计、制作与调试	8	任务1 磁敏传感器种类、特性、工作原理与应用 任务2 霍尔传感器结构、特性、原理、应用电路制作与测试	引导文法学中做做中学
7	传感器类型拓展	4	任务1 其他传感器简介 任务2 课程总结、复习	引导文法

# 课程考核

## 成绩评定

- 平时成绩50分
- 期末考试50分

## 平时考勤

- 无故迟到或早退1次扣1分
- 旷课一次扣2分

## 第二节 传感器概述

2.1

传感器的定义与作用

2.2

传感器的组成与分类

2.3

传感器的性能指标

2.4

传感器发展趋势与重点方向

## 2.1

# 传感器的定义与作用

## 一. 定义

国家标准（GB7665-87）中传感器（Transducer/Sensor）定义：

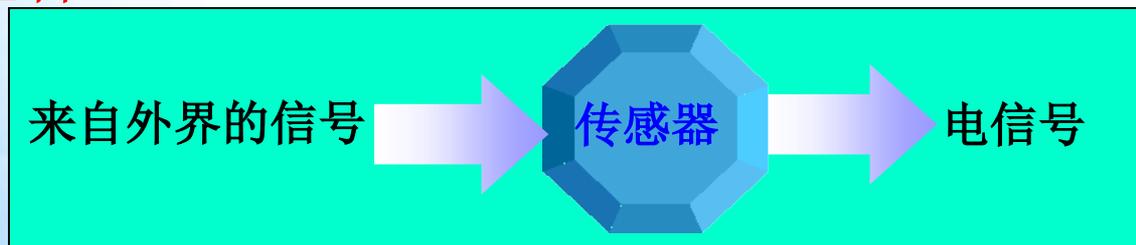
能够感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。

- ①传感器是检测器件或测量装置，能完成检测任务；
- ②输入量是某一被测量，可能是物理量，也可能是化学量、生物量等；
- ③输出量是某种物理量，便于传输、转换、处理、显示等，可以是气、光、电量，主要是电量；
- ④输出输入有对应关系，且应有一定的精确程度。

**\* 传感器又称为变换器、换能器、探测器、检知器等**

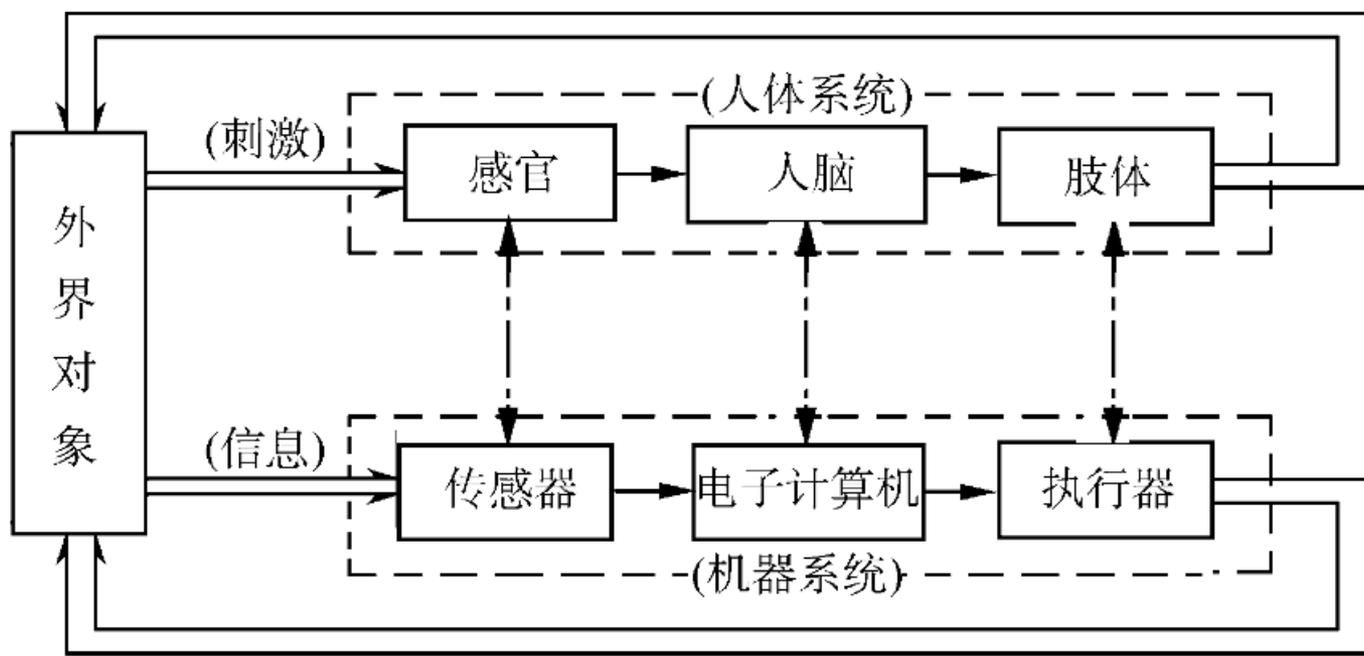
- 传感器实际上是一种功能块，其作用是将从外界的各种信号转换成电信号。
- 传感器所检测的信号品种极其繁多。为了对各种各样的信号进行检测及控制，就必须获得尽量简单易于处理的信号，这样的要求只有电信号能够满足。电信号能较容易地进行放大、反馈、滤波、微分、存贮、远距离操作等。

传感器的狭义定义：**将外界输入信号变换为电信号的一类元件。**



## 二. 作用

- 人通过五官（视、听、嗅、味、触）接受外界的信息，经过大脑的思维（信息处理），作出相应的动作。
- 用计算机控制的自动化装置来代替人的劳动，则可以说电子计算机相当于人的大脑（一般俗称电脑），而传感器则相当于人的五官部分（“电五官”）。



传感器是获取自然领域中信息的主要途径与手段

# 三.传感器的重要性与应用

## 1.重要性

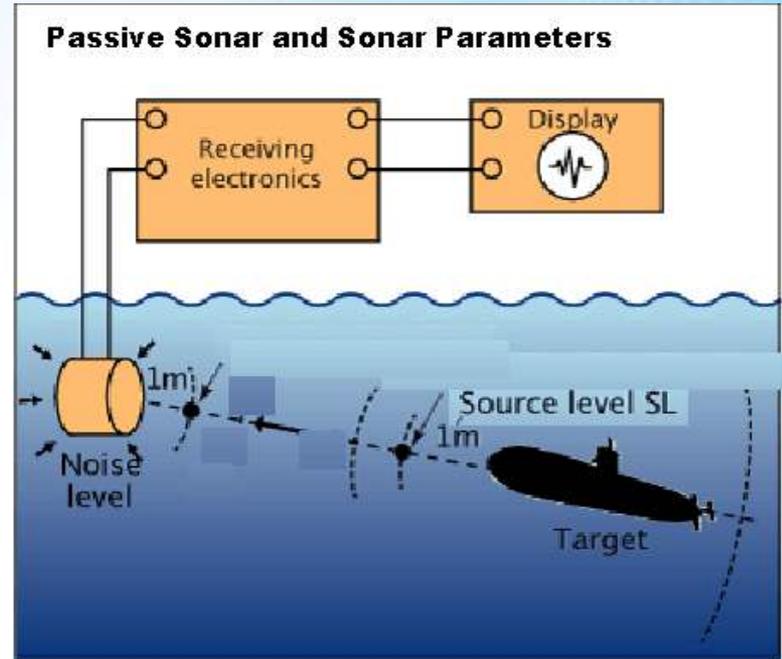
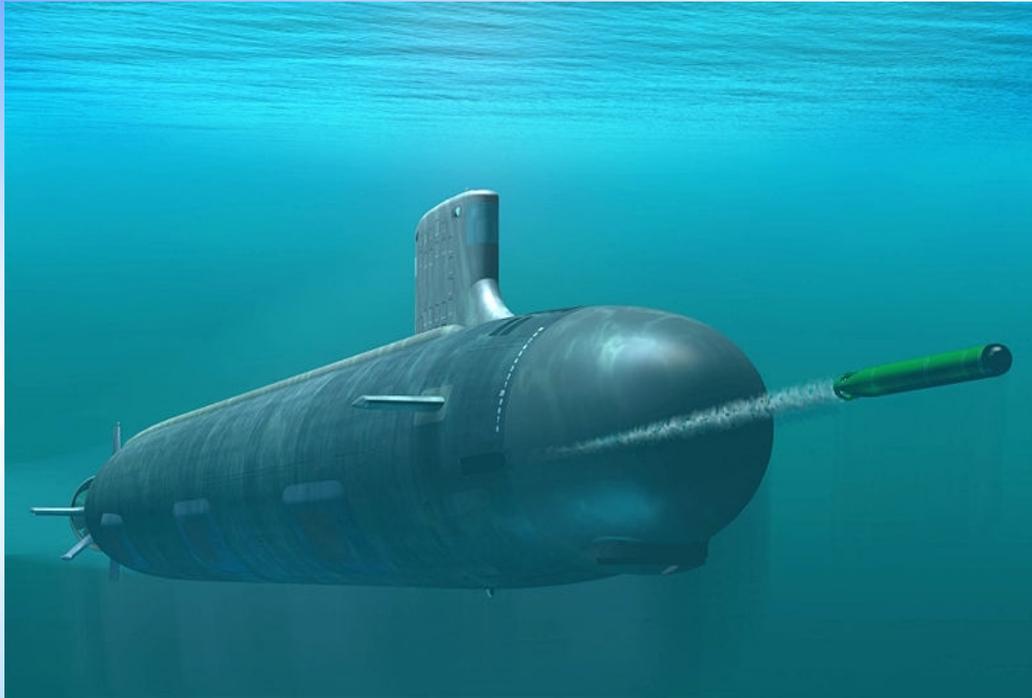


- 20世纪30年代传感器的研究开始起步。
- 20世纪80年代日本将传感器技术列为优先发展的十大技术之首。
- 美国学术界认为20世纪80年代是传感器的时代。
- 近几十年来，与科学仪器密切相关的诺贝尔奖获得者达38人。

“没有传感器就没有现代科学技术”的观点已为全世界所公认。

## 2. 传感器技术的应用

- 传感器技术在军事国防、工业自动化和以宇宙开发、海洋开发为代表的尖端科学与工程等重要领域有广泛应用。
- 同时，它正以自己的巨大潜力，向着与人们生活密切相关的方面渗透：生物工程、医疗卫生、环境保护、安全防范、家用电器、网络家居等方面的传感器已层出不穷，并在日新月异地发展。



## 美国的维吉尼亚级潜艇

- **1991年海湾战争 精确制导炸弹和导弹占8%**
- **1994年美国国防部建立自动测试系统执行局**
- **2003年伊拉克战争，90%精确制导炸弹和导弹**



## 美军研制的未来单兵作战武器——OICW



夜视瞄准机系统：非冷却红外传感器技术

激光测距仪：可精确的定位目标。在发射20毫米高爆弹时，激光测距仪可将目标的距离信息自动传输至高爆弹的爆炸引信，以便精确的设定引爆时间。

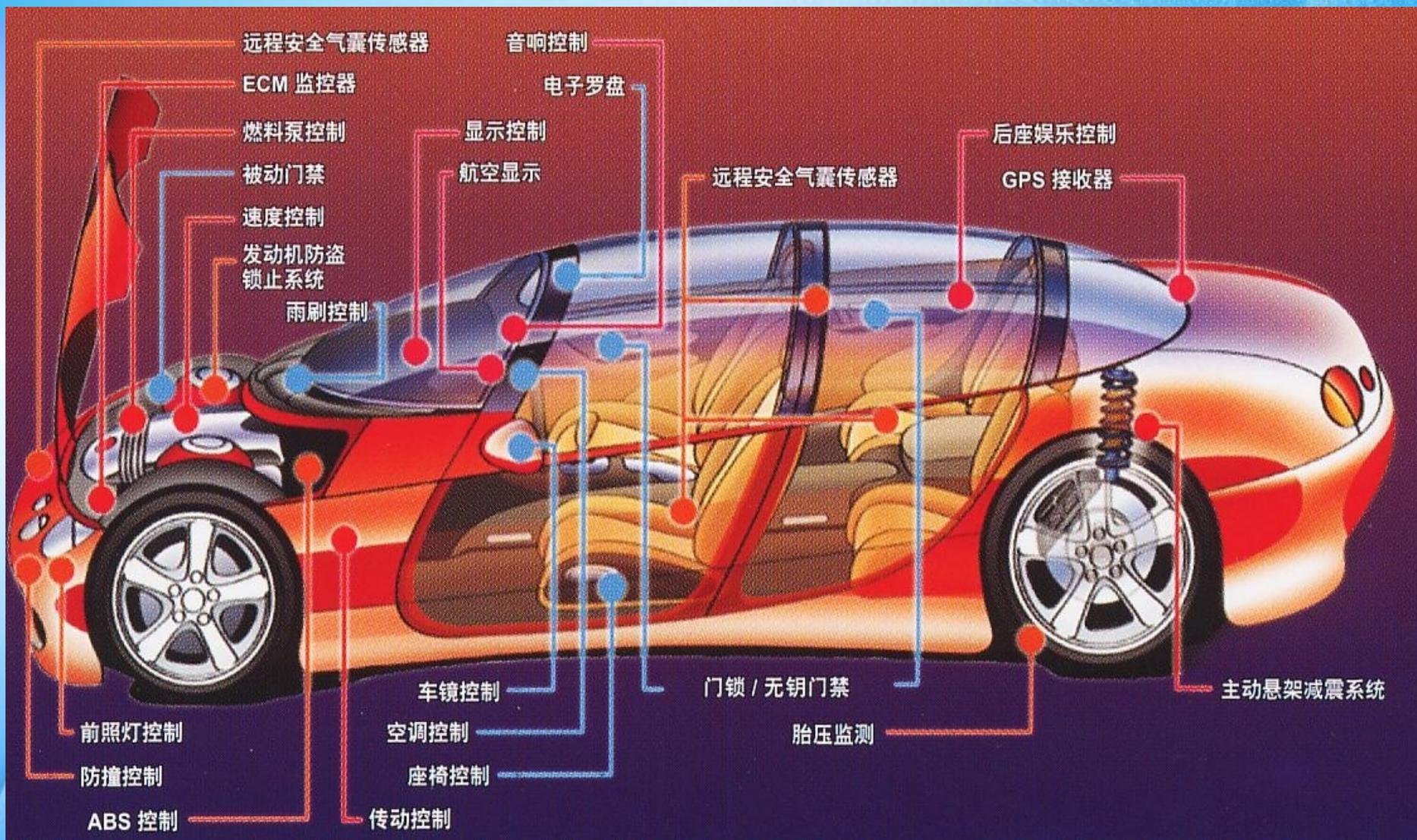
# 美国国家导弹防御计划——NMD



1. 地基拦截器
2. 早期预警系统
3. 前沿部署(如雷达)
4. 管理与控制系统
5. 卫星红外线监测系统

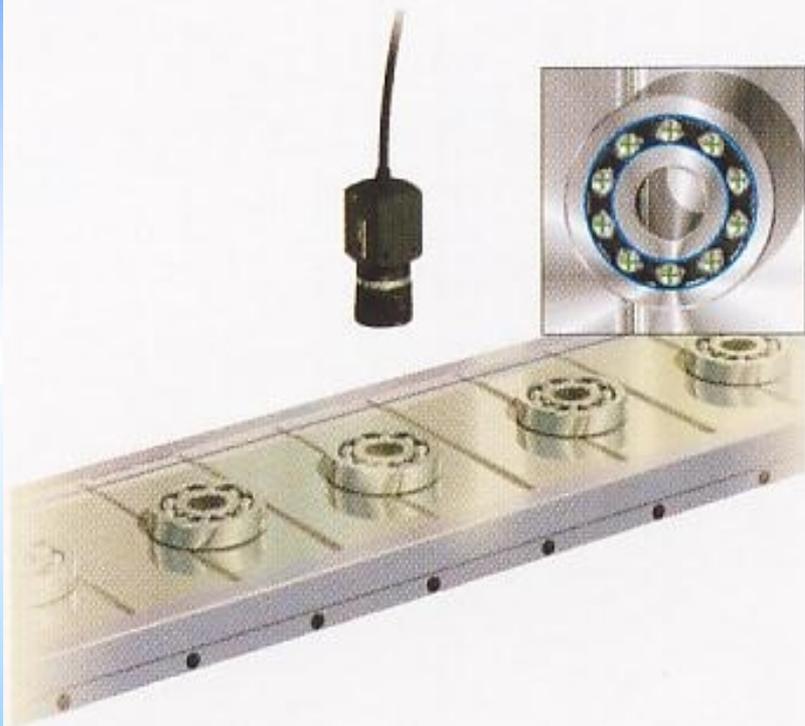
监测系统：探测和发现敌人导弹的发射并追踪导弹的飞行轨道；

拦截器：能识别真假弹头，敌友方

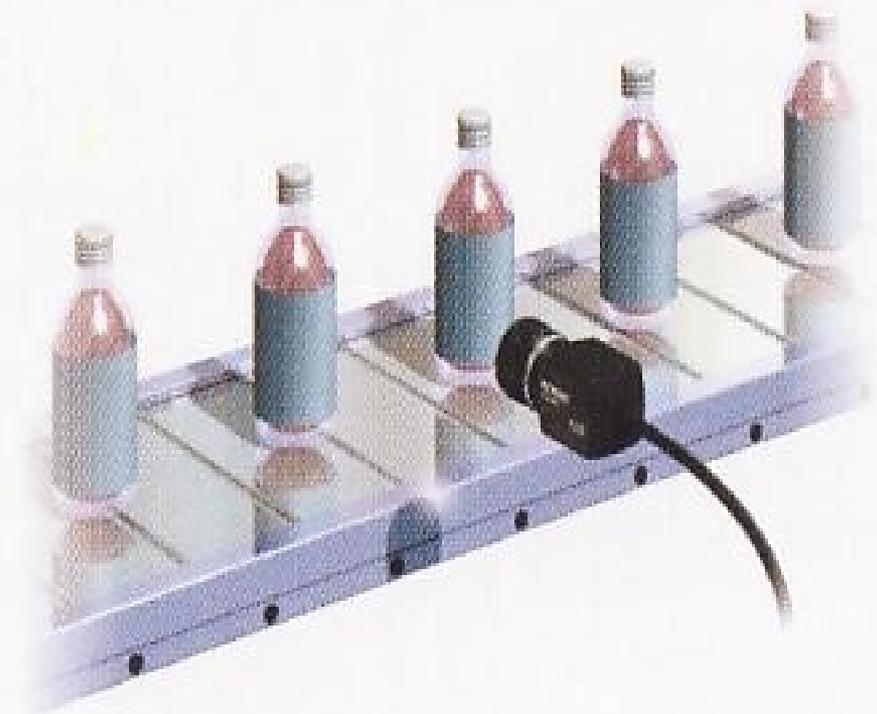




## Distance measurement



检查轴承 / 滚珠是否脱漏



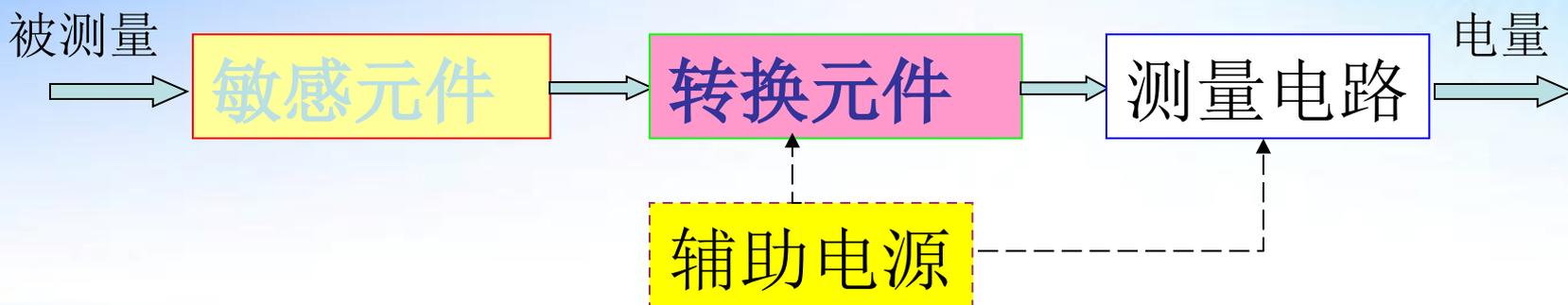
检查容器内的液位





# 传感器的组成与分类

## 一. 传感器的组成



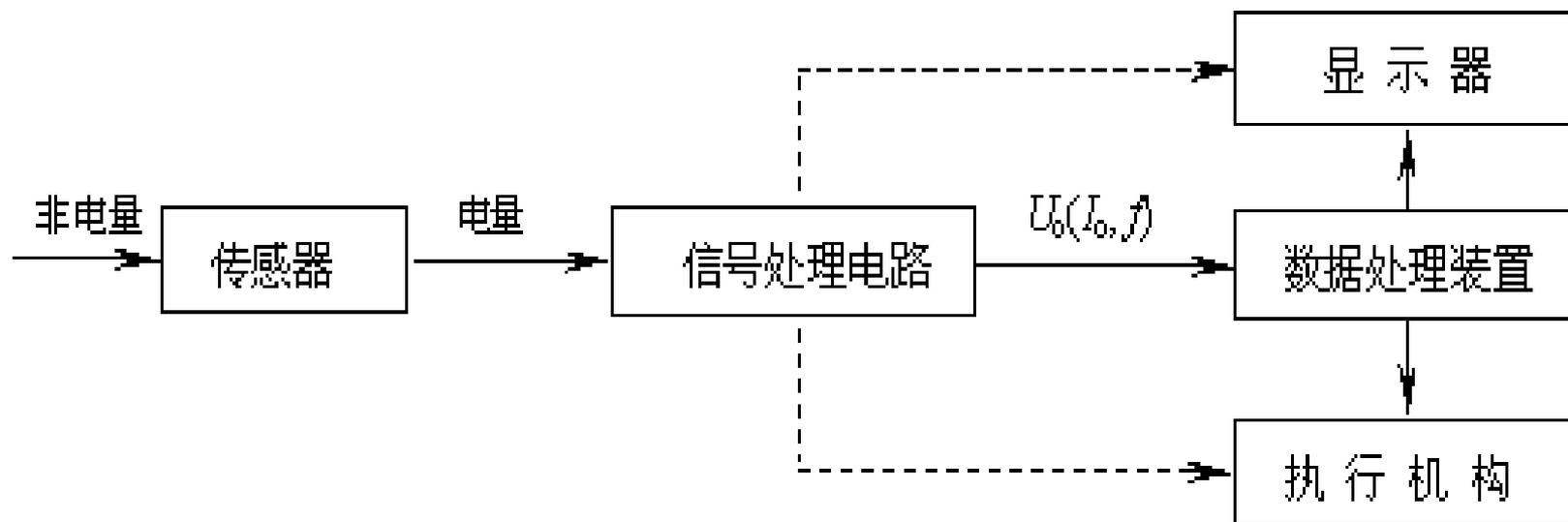
**敏感元件：**是直接感受被测量，并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。如：应变式压力传感器的敏感元件是弹性膜片，其作用是将压力转换成膜片的变形。

**转换元件：**将敏感元件的输出转换成电路参量。如：应变式压力传感器的转换元件是应变片，其作用是将弹性膜片的变形转换为电阻值的变化。

**测量电路：**将其进一步变换成可直接利用的电信号。

➤最简单的传感器由一个敏感元件(兼转换元件)组成,它感受被测量时直接输出电量,如热电偶。有些传感器由敏感元件和转换元件组成,没有转换电路,如压电式加速度传感器,其中质量块是敏感元件,压电片(块)是转换元件。有些传感器,转换元件不只一个,要经过若干次转换。

➤由于空间的限制或者其他原因,测量电路常装入电箱中。然而,因为不少传感器要在通过测量电路后才能输出电信号,从而决定了测量电路是传感器的组成环节之一。



## 传感器自动检测系统的组成

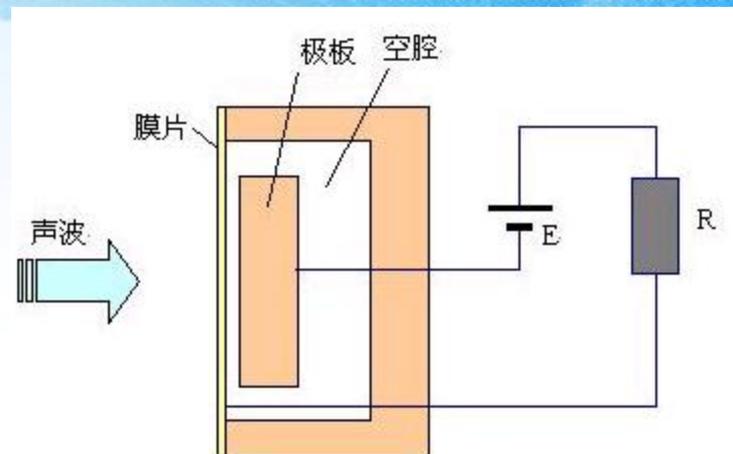
## 二、传感器的分类

- 1、按工作机理（检测范畴）：物理型、化学型、生物型等
- 2、按构成原理：结构型、物性型、复合型
- 3、按能量转换情况：能量控制型、能量转换型
- 4、按物理原理：十种
- 5、按传感器用途：位移、压力、振动、温度传感器等
- 6、按转换过程可逆与否：单向和双向
- 7、按输出信号：模拟信号和数字信号
- 8、按能源：有源传感器和无源传感器

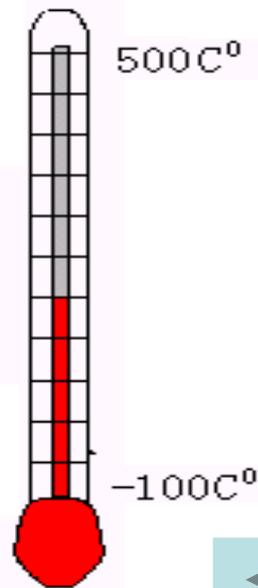
## 按照物理原理分类:

- ★电参量式传感器: 电阻式、电感式、电容式等;
- ★磁电式传感器: 磁电感应式、霍尔式、磁栅式等;
- ★压电式传感器: 声波传感器、超声波传感器;
- ★光电式传感器: 一般光电式、光栅式、激光式、光电码盘式、光导纤维式、红外式、摄像式等;
- ★气电式传感器: 电位器式、应变式;
- ★热电式传感器: 热电偶、热电阻;
- ★波式传感器: 超声波式、微波式等;
- ★射线式传感器: 热辐射式、 $\gamma$ 射线式;
- ★半导体式传感器: 霍尔器件、热敏电阻;
- ★其他原理的传感器: 差动变压器、振弦式等。

◆结构型传感器是利用**传感器本身结构参数的变化来实现信号转换的**。例如：电容式传感器是通过极板间距离发生变化而引起电容量的变化；电感式传感器是通过活动衔铁的位移引起自感或互感的变化等。



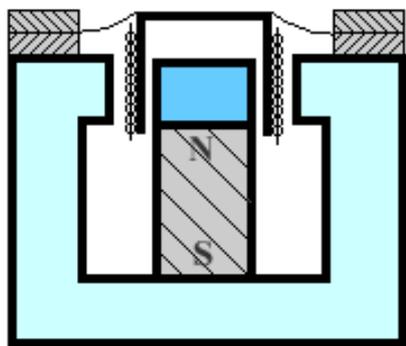
◆物性型传感器是利用**敏感器件材料本身物理性质的变化来实现信号的检测**。如，光电管，它利用了物质法则中的外光电效应。显然，其特性与涂覆在电极上的材料有着密切的关系。又如，所有半导体传感器，以及所有利用各种环境变化而引起的金属、半导体、陶瓷、合金等性能变化的传感器，都属于物性型传感器。



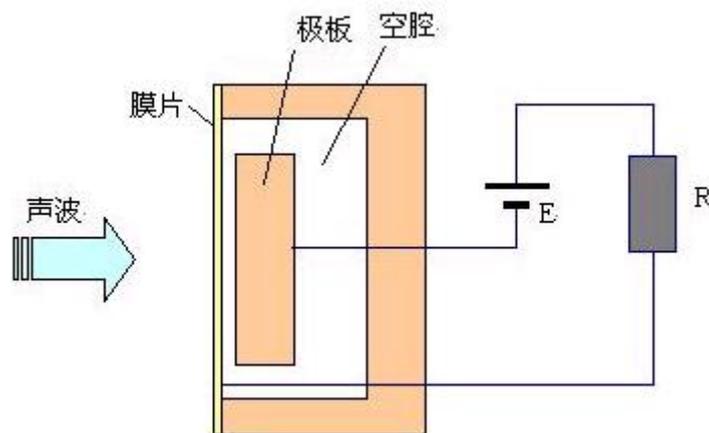
**能量转换型:**直接由被测对象输入能量使其工作.

例如:热电偶温度计,磁电式加速度计.

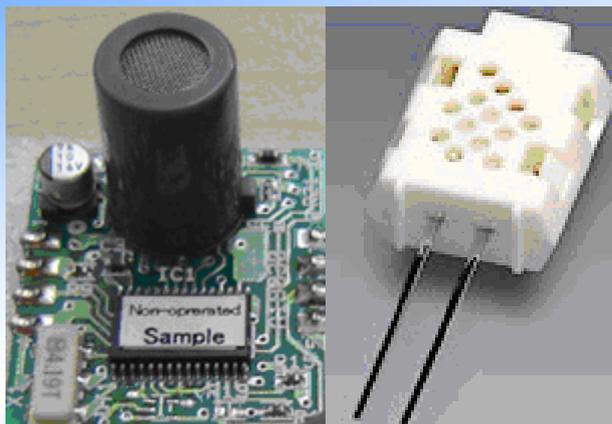
**能量控制型:**从外部供给能量并由被测量控制外部供给能量的变化. 例如:电阻应变片.



动圈式磁电传感器工作原理  
线速度型



# 常用传感器外形:



温度传感器



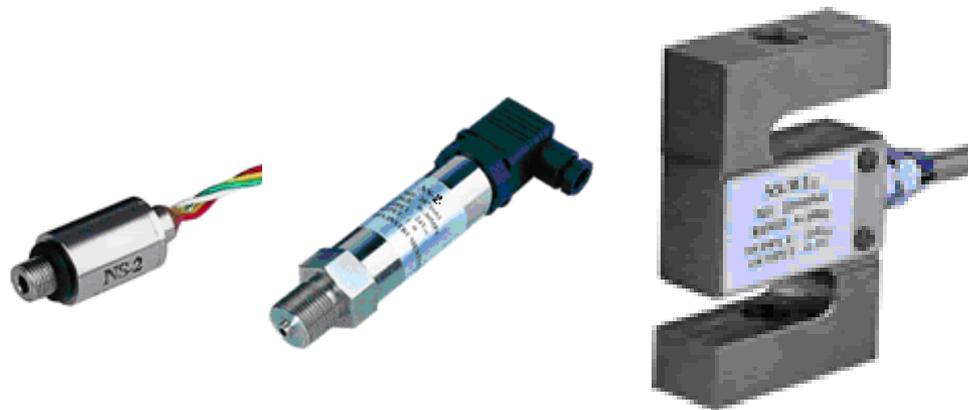
热电偶



超声波传感器



气敏传感器



压电式压力传感器

传感器特性主要是指输出与输入之间的关系。

- ◆当输入量为常量，或变化极慢时，这一关系称为静态特性；
- ◆当输入量随时间较快地变化时，这一关系称为动态特性。

传感器的输出与输入具有确定的对应关系最好呈线性关系。但一般情况下，输出输入不会符合所要求的线性关系，同时由于存在迟滞、蠕变、摩擦、间隙和松动等各种因素以及外界条件的影响，使输出输入对应关系的唯一确定性也不能实现。

# (一) 静态特性技术指标

传感器的输出输入关系或多或少地存在非线性。在不考虑迟滞、蠕变、不稳定性等因素的情况下，其静态特性可用下列多项式代数方程表示：

$$y=a_0+a_1x+a_2x^2+a_3x^3+\dots+a_nx^n$$

式中： $y$ —输出量； $x$ —输入量； $a_0$ —零点输出；  
 $a_1$ —理论灵敏度； $a_2$ 、 $a_3$ 、 $\dots$ 、 $a_n$ —非线性项系数。

**各项系数不同，决定了特性曲线的具体形式。**

**理想情况下， $y=a_0+a_1x$**

静态特性曲线可实际测试获得。为了标定和数据处理的方便，希望得到线性关系。这时可采用各种方法，其中也包括硬件或软件补偿，进行线性化处理。

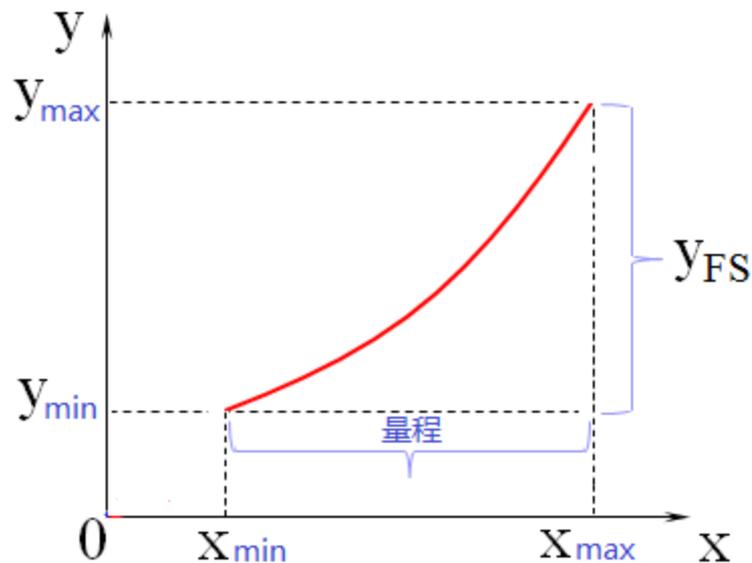
# 1. 测量范围与量程

## (1) 测量范围(measuring range)

传感器所能测量到的最小输入量与最大输入量之间的范围称为传感器的测量范围。

## (2) 量程(span)

传感器测量范围的上限值与下限值的代数差，称为量程。



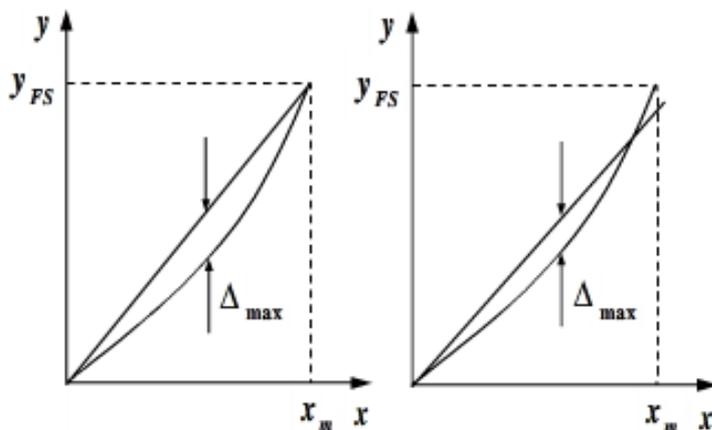
## 2. 线性度

指传感器输出量与输入量之间的实际关系曲线偏离拟合直线的程度。定义为在全量程范围内实际特性曲线与拟合直线之间的最大偏差值与满量程输出值之比。

输出-输入实际曲线与拟合直线之间的最大偏差

$$e_L = \pm \frac{|\Delta_{\max}|}{Y_{FS}} \times 100\%$$

输出满量程值



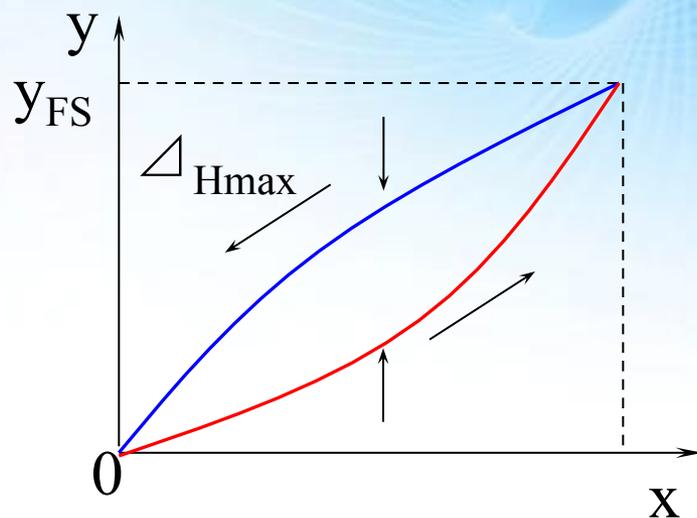
### 3. 迟滞

传感器在输入量由小到大（正行程）及输入量由大到小（反行程）变化期间其输入输出特性曲线不重合的现象成为迟滞。对于同一大小的输入信号，传感器的正反行程输出信号大小不相等，这个差值称为迟滞差值。

**迟滞误差**一般以满量程输出的百分数表示, 即

$$\gamma_H = \pm (1/2) (\Delta_{Hmax} / y_{FS}) \times 100\%$$

式中  $\Delta_{Hmax}$  一正反行程间输出的最大差值。



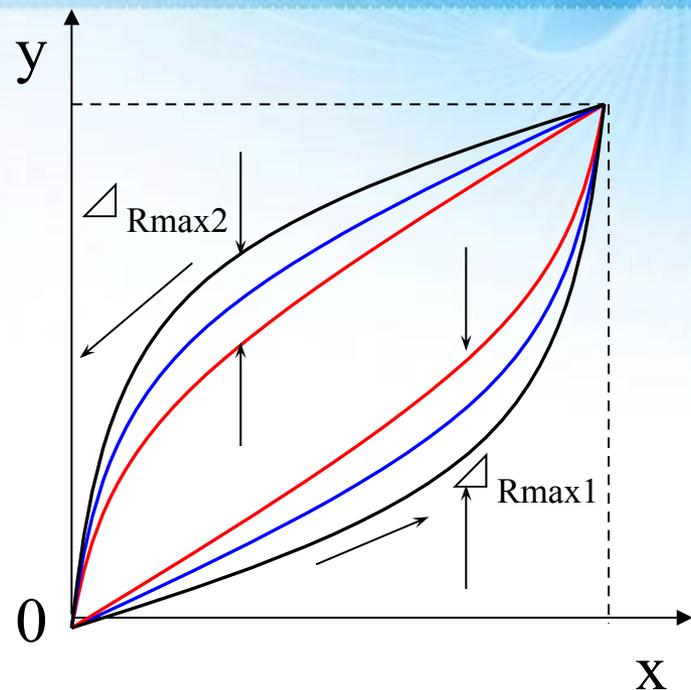
迟滞特性

## 4. 重复性

重复性是指传感器在输入量按同一方向作全量程连续多次变化时，所得特性曲线不一致的程度。

重复性误差可用正反行程的最大偏差表示，即

$$\gamma_R = \pm (\Delta_{R_{\max}} / y_{FS}) \times 100\%$$

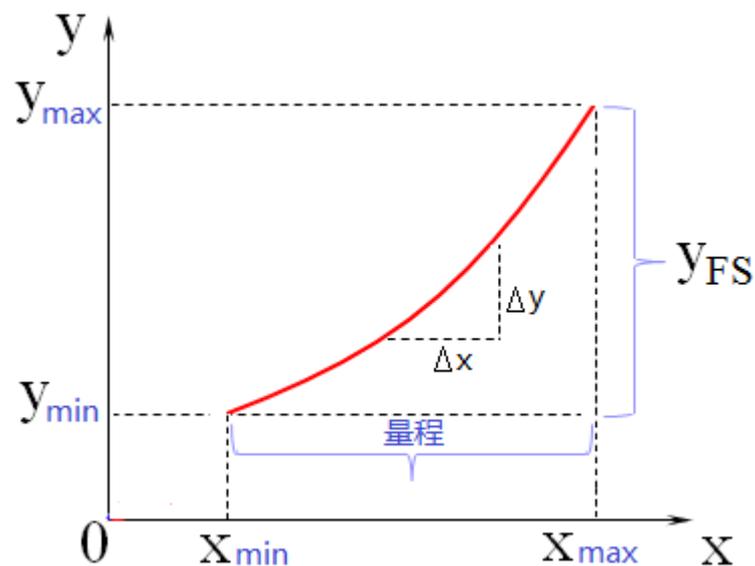


$\Delta_{R_{\max 1}}$  正行程的最大重复性偏差，  
 $\Delta_{R_{\max 2}}$  反行程的最大重复性偏差。

## 5. 灵敏度

灵敏度是传感器静态特性的一个重要指标。其定义为输出量的增量与引起该增量的相应输入量增量之比。用S表示灵敏度。  
传感器输出的变化量  $y$  与引起该变化量的输入变化量  $x$  之比即为其静态灵敏度，其表达式为

$$K = \Delta y / \Delta x$$



## 5. 分辨力与阈值

当传感器的输入从非零值缓慢增加时，在超过某一增量后输出发生可观测的变化，这个输入增量称传感器的分辨力，即最小输入增量。

分辨力是指传感器能检测到的最小的输入增量。

分辨力用绝对值表示，用与满量程的百分数表示时称为**分辨率**。在传感器输入零点附近的分辨力称为**阈值**。

## 6. 稳定性

稳定性是指传感器在长时间工作的情况下输出量发生的变化，有时称为长时间工作稳定性或零点漂移。

测试时先将传感器输出调至零点或某一特定点，相隔4h、8h或一定的工作次数后，再读出输出值，前后两次输出值之差即为稳定性误差。

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/838003122113006070>