

## 第一讲

## 绪论

### 自动化仪表概述

#### 主要内容:

- I. 自动化仪表及其分类;
- II. 电动单元组合仪表及其控制系统的组成;
- III. 仪表的基本技术指标。

### 自动化仪表概述

#### 教学目的:

- ✓ 了解自动化仪表的分类;
- ✓ 熟悉标准信号制度和自动化仪表的基本技术指标;
- ✓ 掌握电动单元组合仪表构成的调节系统。

### 一、自动化仪表及其分类

#### 1. 自动化仪表

在自动化生产中，特别是连续生产过程自动化中必须的一类专门的仪器仪表。

检测仪表、调节仪表、执行器等。

#### 主要作用:

代替人工操作，对生产过程进行测量、控制、监督和保护。

## 一、自动化仪表及其分类

### 2. 自动化仪表的分类

- ✓能源形式（驱动方式）
- ✓信号类型
- ✓功能划分

## 一、自动化仪表及其分类

按能源形式分类主要可分为：

- 电动自动化仪表；
- 气动自动化仪表；
- 液动自动化仪表；
- 机械式自动化仪表。

## 一、自动化仪表及其分类

	电动自动化仪表	气动自动化仪表
能源	电源 220V AC 24V DC	压缩气源 140kPa
传输信号	电信号	气压信号
构成	电子元器件	气动元件
接线	导线，印刷电路板	导管，管路板

## 一、自动化仪表及其分类

按信号类型分类可分为：

- 模拟式自动化仪表；
- 数字式自动化仪表。



## 一、自动化仪表及其分类

按功能划分主要可分为：

- 多功能自动化仪表；
- 单元组合式自动化仪表。

**多功能仪表** 将测量、记录、调节仪表组合在一起的多功能自动化仪表。

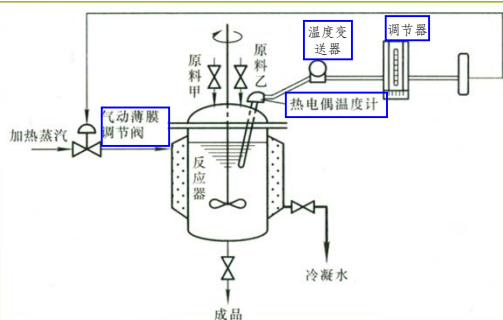
**单元组合式仪表** 若干种能独立完成一定功能的标准单元，根据需要，构成复杂程度不同的控制系统。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

反应器反应  
温度自动调  
节系统



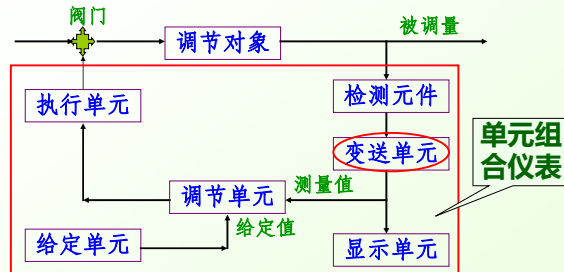
## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成



反应器反应温度自动调节系统

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### 1. 电动单元组合仪表



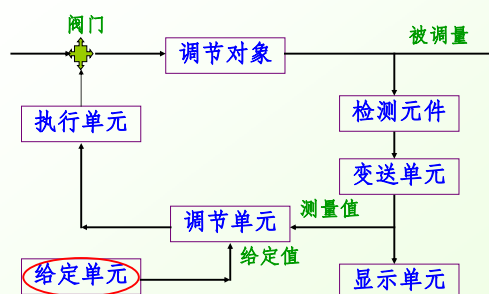
## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### ① 变送单元

变送单元将各种被测参数变换成相应的标准统一信号传送到接受仪表或装置，以供指示、记录或控制。

变送单元有：——温度变送器；  
——压力变送器；  
——差压变送器；  
——流量变送器；  
——液位变送器等。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成



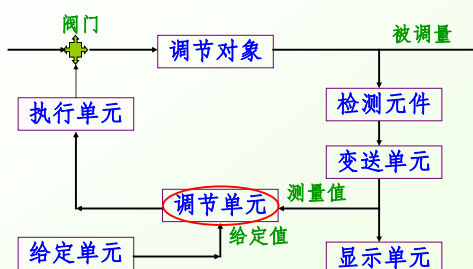
## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### ② 给定单元

给定单元输出标准信号，作为被控变量的给定值送到调节单元，实现定值调节。

给定单元有：——恒流给定器；  
——比值给定器；  
——时间程序给定器等。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成



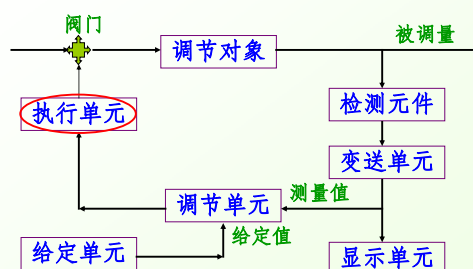
## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### ③调节单元

调节单元将来自变送单元的测量信号与给定信号进行比较，按照偏差以一定的调节规律给出调节信号，去控制执行器的动作。

调节单元有：——比例积分微分调节器；  
——比例积分调节器；  
——比例微分调节器；  
——具有特种功能的调节器等。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成



## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### ④ 执行单元

执行单元将按照调节单元发出的信息改变阀门的开度，控制进入调节对象的工艺介质流量。

执行单元有：——角行程电动执行器；  
——直行程电动执行器；  
——气动薄膜调节阀等。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### ⑤辅助单元

计算单元、转换单元、安全单元等。

阻尼器、限幅器、安全栅等。



## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

我国目前的四代电动单元组合仪表：

- **DDZ-I**：电子管和磁放大器为主要放大元件；
- **DDZ-II**：晶体管作为主要放大元件；
- **DDZ-III**：集成线路为主要放大元件；
- **DDZ-S**：微处理器为核心。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### 2. 标准信号制度

**国际电工委员会规定：**

过程控制系统的模拟标准信号为直流电流4~20mA，直流电压1~5V。

**我国DDZ型仪表采用的标准信号：**

**DDZ-I型和DDZ-II型仪表：** 0~10mA

**DDZ-III型和DDZ-S型仪表：** 4~20mA

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

我国的**DDZ**型仪表采用的是**直流电流**信号作为标准信号。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### 采用电流信号的优点：

- ✓ 电流不受传输线及负载电阻变化的影响，适于远距离传输；
- ✓ 电动单元组合仪表很多是采用力平衡原理构成，使用电流信号可直接与磁场作用产生正比于信号的机械力；
- ✓ 对于要求电压输入的仪表和元件，只要在回路中串联电阻便可得到电压信号。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

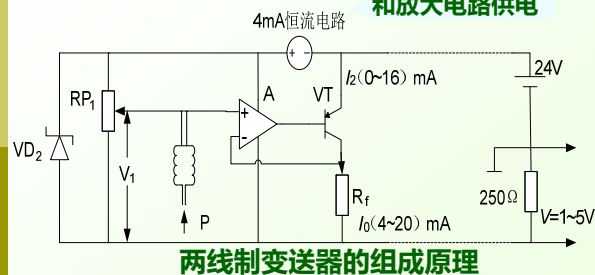
### 采用直流信号的优点:

1. 直流信号传输过程中易于和交流感应干扰相区别, 且不存在移相问题;
2. 直流信号不受传输线中电感、电容和负载性质的限制。

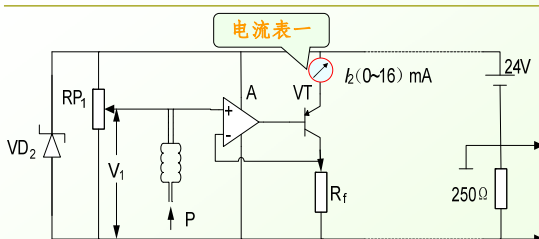
## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### 3. 活零点

给仪表内的检测和放大电路供电

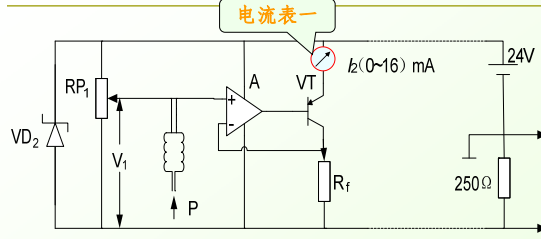


## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成



请同学们讨论造成电流表一显示为零的原因

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成



1. 被测压力为零;
2. 仪表的某个位置断线;
3. 仪表断电。

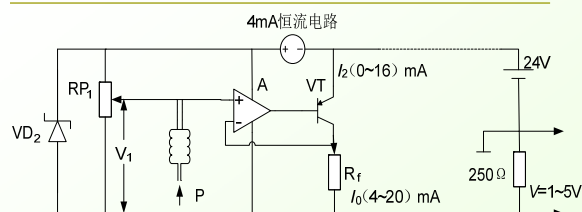
## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成

### 3.活零点

在DDZ-III型仪表中，以20mA表示信号的满度值，而以此满度值的20%即4mA表示零信号。这就称为活零点安排。

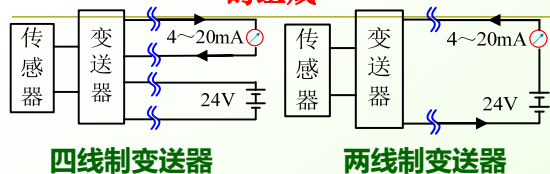
有利于识别仪表断电、断线等故障，且为现场变送器实现两线制提供可能性。

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成



两线制变送器的组成原理

## 二、电动单元组合仪表及其控制系统的组成



### 说明

在目前的元器件水平下，起点电流小于4mA时仪表工作将会发生困难。因此，目前国际上采用4~20mA作为标准信号。

## 三、仪表的基本技术指标

- 精确度；
- 灵敏度和灵敏限；
- 变差。



### 三、仪表的基本技术指标

#### 1. 精确度

什么是绝对误差？

什么是相对误差？

绝对误差 = 测量值 - 真实值

相对误差 =  $\frac{\text{最大绝对误差}}{\text{该点真实值}}$

### 三、仪表的基本技术指标

例：一只满量程为100mA的电流表，在测量零电流时，由于机械摩擦使表针的示数偏离零位而得到0.2mA的读数，请计算它的绝对误差和相对误差。

绝对误差 =  $0.2mA - 0mA = 0.2mA$

相对误差 =  $\frac{0.2mA}{0mA} = ?$

### 三、仪表的基本技术指标

相对百分误差 =  $\frac{\text{最大绝对误差}}{\text{仪表测量范围}}$

例：某温度计的刻度由-50°C 到+150°C，若在这个范围内，最大误差不超过3°C，求其相对百分误差。

$$\delta = \frac{3}{150 + 50} = 1.5\%$$

### 三、仪表的基本技术指标

仪表工业规定：

去掉相对百分误差中的“%”，称为仪表的精确度。精确度是按照等级划分的，上述温度计的精确度为1.5级。

仪表的精确度数值越低，测量的值越精确。

### 三、仪表的基本技术指标

#### 2. 灵敏度和灵敏限

灵敏度表示测量仪表对被测参数变化的敏感程度。

$$\text{灵敏度} = \frac{\Delta a}{\Delta x}$$

仪表指示装置的直线位移或角位移

被测参数的变化值

### 三、仪表的基本技术指标

例：电流表读数从 1mA 变化到 11mA，电流表的指针变化的角度为 20°，则

$$\text{灵敏度} = \frac{20^\circ}{10\text{mA}}$$

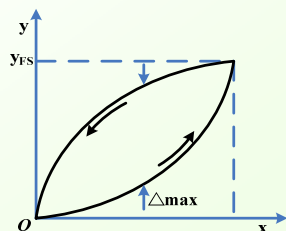
仪表的**灵敏限**，是指仪表能感受并发生动作的输入量的最小值。

灵敏度越高，灵敏限越低，仪表越灵敏。

### 三、仪表的基本技术指标

#### 3. 变差

变差是指在外界条件不变的情况下，使用同一仪表对被测参量(正行程和反行程)进行反复测量时，所产生的最大差值与测量范围之比。



### 三、仪表的基本技术指标

例：某一传感器的测量范围为 0~1，按照正行程和反行程测量得的数据如下表所示，求它的变差。

正行程	0.0020	0.2015	0.4005	0.6000	0.7995	1.0000
反行程	0.0030	0.2020	0.4020	0.6010	0.8005	1.0000

### 三、仪表的基本技术指标

例：某一传感器的测量范围为 0~1，按照正行程和反行程测量得的数据如下表所示，求它的变差。

正行程	0.0020	0.2015	0.4005	0.6000	0.7995	1.0000
反行程	0.0030	0.2020	0.4020	0.6010	0.8005	1.0000

$$\text{变差} = \frac{0.4020 - 0.4005}{1 - 0} = 0.0015$$

仪表的变差越小，其输出的重复性和稳定性越好。

### 小结

#### 1. 自动化仪表与一般仪表的区别

#### 2. 精确度与灵敏度的关系



## 第2章 检测仪表

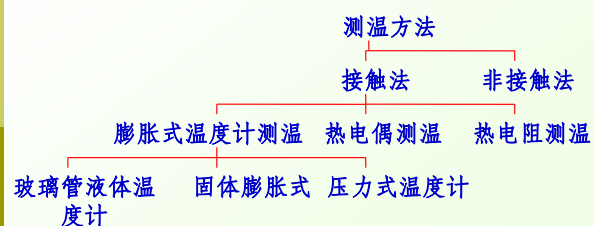
要控制一个生产过程，首先必须实时检测生产过程中的有关参数。例如温度、压力、流量、液位等。用来检测这些参数的工具称为**检测仪表**，其中包括测量指示仪表及将被测参数转换成标准信号输出的**测量变送器**。

## 第二章检测仪表

### 主要内容：

- 1.1 温度检测仪表
- 1.2 压力检测仪表
- 1.3 流量检测仪表
- 1.4 液位检测仪表
- 1.5 成分分析仪表

## 一、温度测量方法的分类



## 一、温度测量方法的分类



## 一、温度测量方法的分类

1. 接触法测温：敏感元件直接与被测对象接触，通过传导或对流达到热平衡，反映被测对象的温度。

□ 优点：直观、可靠。

□ 缺点：

①存在负载效应，

②受到测量条件的限制，不能充分接触，使检测元件温度与被测对象温度不一致。

③热量传递需要一定时间造成测温滞后现象。（动态误差）

## 一、温度测量方法的分类

2. 非接触法测温：检测部分与被测对象不直接接触，不破坏原有温度场。通常用来测量1000℃以上的移动、旋转、或反映迅速的高温物体。

## 一、温度测量方法的分类

### 1 膨胀式温度计

测温敏感元件在受热后尺寸或体积发生变化，采取一些简便方法，测出它的尺寸或体积变化的大小。

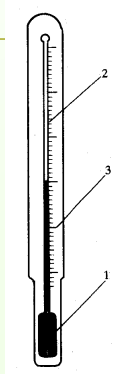
分类：液体膨胀式、固体膨胀式、压力式

## 一、温度测量方法的分类

### 1.1 玻璃管液体温度计

#### (一) 工作原理

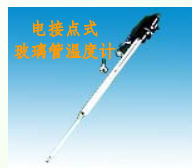
- ◆ 利用玻璃管内液体的体积随温度的升高而膨胀的原理。
- ◆ 组成：液体存储器、毛细管、标尺、安全泡四部分。
- ◆ 液体可为：水银、酒精、甲苯等。
- ◆ 当温度超过 $300^{\circ}\text{C}$ 时，应采用硅硼玻璃， $500^{\circ}\text{C}$ 以上要采用石英玻璃。



## 一、温度测量方法的分类

### (二) 结构与类型

- 棒式玻璃温度计
- 内标式玻璃温度计
- 电接点式温度计



利用水银的热胀冷缩和水银的导电性。

功能：(1) 指示温度，  
(2) 恒温自动控制。



## 一、温度测量方法的分类

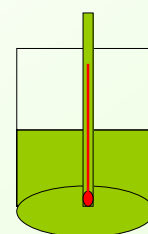


玻璃棒温度计

## 一、温度测量方法的分类

### (三) . 误差分析

- (1) 玻璃材料有较大的热滞后效应。
- (2) 温度计插入深度不够将引起误差，
- (3) 非线性误差
- (4) 工作液的迟滞性
- (5) 读数误差



## 一、温度测量方法的分类

### 1.2 固体膨胀式温度计

#### (一) 类型及工作原理

利用固体受热膨胀原理制成的温度计

#### 1) . 杆式温度计

利用固体（一般采用膨胀系数较大的金属）材料构成

## 一、温度测量方法的分类

### 2) 双金属温度计

- 它的感温元件是由膨胀系数不同的两种金属片牢固地结合在一起制成。

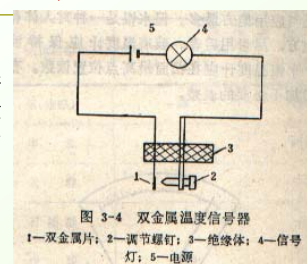
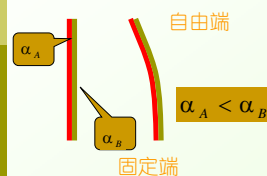
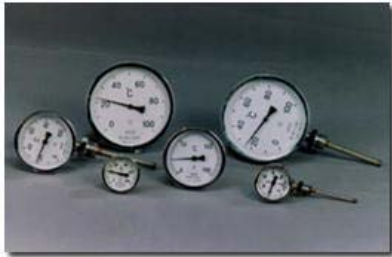


图 3-4 双金属温度信号器  
1—双金属片；2—调节螺钉；3—绝缘体；4—信号灯；5—电源

- 可作温度继电控制、极值温度控制信号

## 一、温度测量方法的分类



双金属温度计

## 一、温度测量方法的分类

### 1.3. 压力式温度计

#### (一) 工作原理与结构形式

##### 1) 原理

压力式温度计是利用密封系统中测温物质的压力随温度变化来测温；

##### 2) 分类

- 按所充物质相态分充气式、充液式、蒸发式
- 按功能分：指示式、记录式、报警式和温度调节式等

## 一、温度测量方法的分类

### 3) 组成

温包、毛细管、感压元件（弹簧管、波纹管等）

#### (二) 使用方法与特点

- 对毛细管采取保护措施，防止损坏；注意安装方式与位置对精度的影响。
- 特点：结构简单，价格便宜，刻度清晰，防爆。精度差，示值滞后时间长，毛细管易损坏。

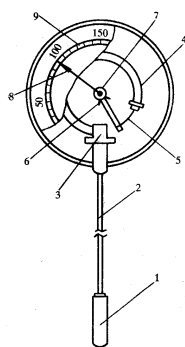


图 3-4 压力式温度计  
1—温包；2—毛细管；3—基座；4—弹簧管；5—拉杆；6—扇齿轮；7—柱齿轮；8—指针；9—刻度值

## 一、温度测量方法的分类

### 2. 热电偶温度计

#### 热电效应



标准热电偶

是温度测量仪表中常用的测温元件，它直接测量温度，并把温度信号转换成热电动势信号，通过电气仪表（二次仪表）转换成被测介质的温度。

## 一、温度测量方法的分类

### 3、电阻式温度计

利用金属电阻值或半导体电阻值随温度变化的性质测温。

### 4、半导体温度计

利用半导体PN结的结电压随温度变化的特性，通过测量感温器元件（结）电压变化来测量温度。

## 一、温度测量方法的分类

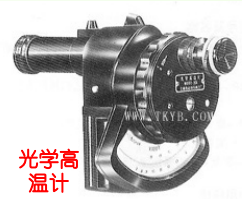
非接触式测温的具体方法有：

### 1、辐射式温度计

通过测量物体热辐射功率来测量温度。

### 2、红外式温度计

通过测量物体红外波段热辐射功率来测量温度。



谢谢！