

过程控制原理应用I

(检测技术与过程控制原理)

主讲人：安剑奇 教授

中国地质大学（武汉） 自动化学院

2020年9月

第2章 过程参数检测与变送仪表

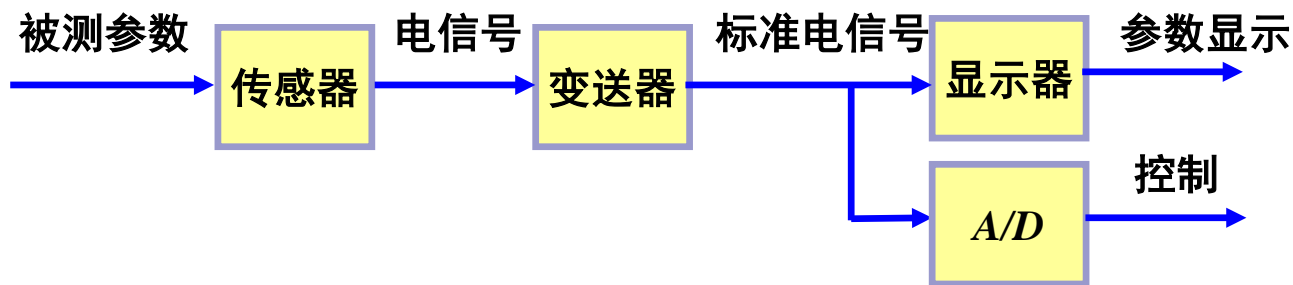


过程参数检测与变送仪表

- 2.1 概述
- 2.2 温度检测与变送
- 2.3 压力检测与变送
- 2.4 流量检测与变送
- 2.5 物位检测与变送
- 2.6 智能检测仪表
- 2.7 检测系统数据处理方法
- 2.8 软测量与先进检测的应用

2.1 概述

- 检测仪表是过程控制系统的重要组成部分，实现对**温度、压力、流量、物位、成分**等过程参数的**实时可靠检测**
- 包括**敏感元件**和**变送单元**
 - ❑ **敏感元件（传感器）**：直接感受被测参数变化，并转换为相应的物理量提供给变送单元
 - ❑ **变送单元（变送器）**：将敏感元件检测的物理量转换为标准信号输出



2.1 概述

➤ 检测仪表的工作特性

□ 量程：被测参数上限值与下限值之差

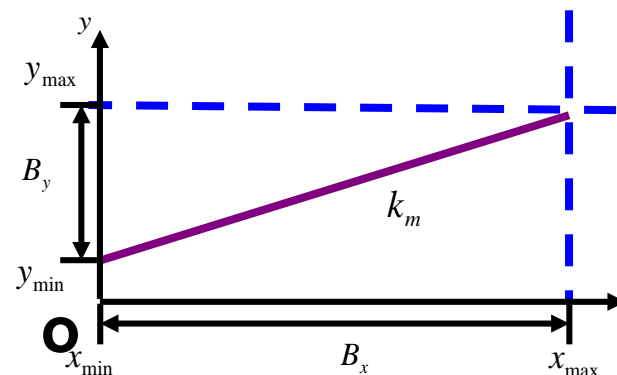
□ 零点：被测参数的下限值 x_{min}

□ 工作特性：输入是被测参数，输出是变送器的标准化输出信号，反映输出与输入关系，即

$$k_m = \frac{y_{max} - y_{min}}{x_{max} - x_{min}} = \frac{B_y}{B_x}$$

□ 量程调整：零点不变情况下，将 y_{max} 与 x_{max} 相对应

□ 零点迁移：将 y_{min} 所对应的测量参数下限值由0迁移到某一数值



2.1 概述

➤ 测量误差

- 因仪表精度和检测技术水平限制、实验手段不完善、环境干扰的存在，会导致仪表测量值与真实值之间存在一定的差值，即测量误差

➤ 测量误差分类

- 按表达方式不同分类：绝对误差和相对误差
- 按性质不同分类：系统误差，随机误差和粗大误差

2.1 概述

➤ 测量误差分类

- ❑ **绝对误差**：测量值与被测参数真实值之间的差值
- ❑ **相对误差**：绝对误差与真值的百分比
- ❑ **系统误差**：检测仪表本身或其他原因引起的有规律的误差
- ❑ **随机误差**：相同条件下同一被测参数多次测量值之间存在的差异
- ❑ **粗大误差**：由于故障、操忽或较大外界干扰所引起的显著偏离实际值

2.1 概述

➤ 检测仪表的性能指标 (1)

- **允许误差**：在国家规定的标准使用条件下,仪表应满足的相对误差
- **仪表精度**：描述测量结果的可靠程度，精度等级以一定符号内的数字标明。我国仪表精度等级为：0.005，0.02，0.05，0.1，0.2，0.4，0.5，2.0，2.5，2.5，4.0。**级数越小，精度越高**
- **灵敏度**：反映检测仪表对被测参数变化的灵敏程度

2.1 概述

➤ 检测仪表的性能指标 (2)

- **动态误差**：当被测参数随时间迅速变化时，由于检测元件的各种运动惯性和能量转换，使检测仪表的测量值不能及时跟随被测参数的变化而产生的误差
- **可靠性**：反映检测仪表在规定条件下、规定时间内是否耐用的一种综合质量指标
 - ✓ **平均无故障工作时间**：两次故障间时间差的平均值
 - ✓ **平均修复时间**：排除故障所花费时间的平均值
 - ✓ **有效度**：平均无故障时间与平均无故障时间及平均修改时间之和的比值

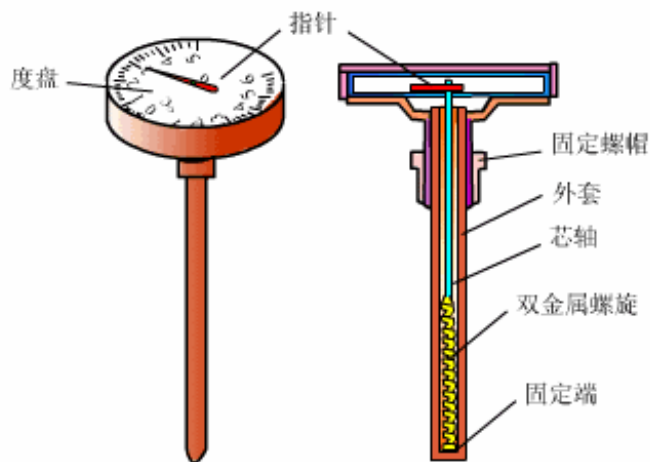
过程参数检测与变送仪表

- 2.1 概述
- 2.2 温度检测与变送
- 2.3 压力检测与变送
- 2.4 流量检测与变送
- 2.5 物位检测与变送
- 2.6 智能检测仪表
- 2.7 检测系统数据处理方法
- 2.8 软测量与先进检测的应用

2.2 温度检测与变送

➤ 温度检测方法

- 接触式测温：通过测温元件与被测物体的接触而感知物体的温度
- 非接触式测温：通过接受被测物体发出的热辐射热来感知温度



接触式测温



非接触式测温

2.2 温度检测与变送

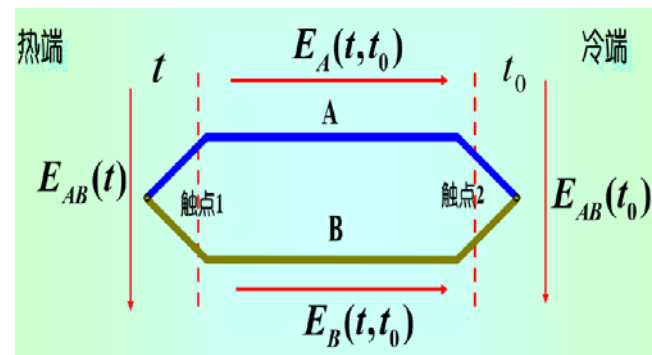
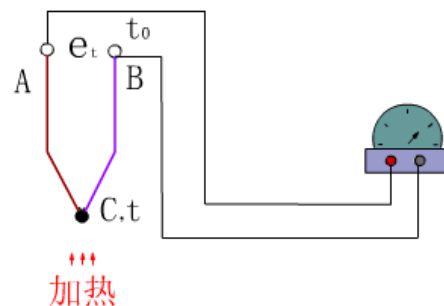
类型	型式	原理	测温范围(°C)	准确度(°C)	特点	常用种类
接触式	膨胀式	膨胀	-200~650	0.1~5	结构简单, 响应速度慢, 适于就地测量	汞温度计 双金属式温度计
	压力式	压力	-20~600	0.5~5	具有防爆能力, 响应速度慢, 测量精度低, 适远距离传送	液体压力温度计 蒸汽压力温度计
	热电阻	热阻效应	-200~850	0.01~5	响应速度较快, 测量精度高, 适于低、中温度测量, 输出信号能远距离传送	铂电阻温度计 铜电阻温度计 热敏电阻温度计
	热电偶	热电效应	-200~1800	2~10	响应速度快, 测量精度高, 线性度差, 适于中、高温测量, 输出信号能远距离传送	N型、K型、E型、 J型、T型、B型
非接触式	辐射式	热辐射	100~3000	1~20	响应速度快, 线性度差, 适于中、高温测量, 测量精度易受环境影响	辐射温度计 光电高温计 红外测温计

2.2 温度检测与变送

➤ 热电偶

- 测温范围：-200~1800 °C
- 优点：结构简单，准确度高，测温范围广
- 适用：远距离测量和自动控制
- 工作原理：基于热电效应，实现温度检测

如图，两种不同材质导体或半导体A和B的两端可靠接触，构成闭合回路；当回路两端温度不同时，回路中产生热电动势，称为热电效应



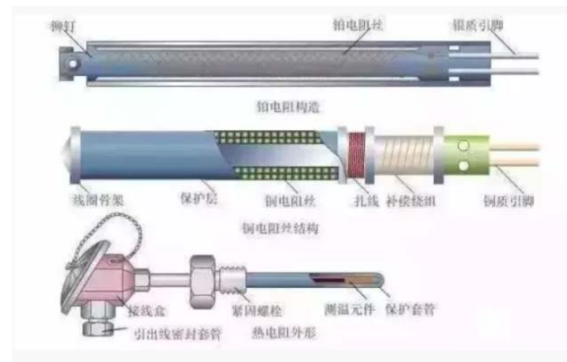
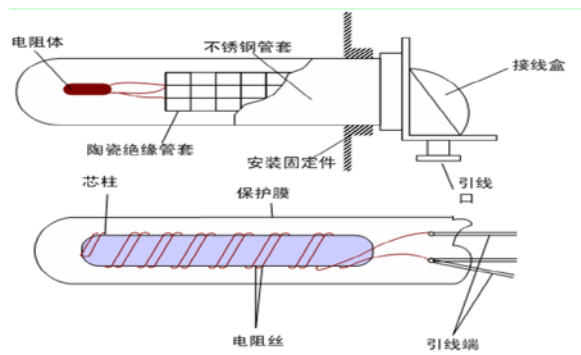
2.2 温度检测与变送

热电偶名称	分度号	测温范围 (°C)	特点	适用场合
铂铑 ₁₀ -铂	S	0~1700	热电性能稳定, 抗氧化性强, 测温范围广, 测量精度高, 线性差, 价格高	精密测量; 有氧化性、惰性气体环境
铂铑 ₃₀ -铂铑 ₆	B	0~1700	测温上限高, 稳定性好, 抗氧化性强, 线性较差, 价格高	高温测量; 不适用于还原性气体环境
镍铬-镍硅	K	-200~+1300	测温范围宽、线性好、热电动势大, 价格低, 但稳定性较B型或S型热电偶差	中高温测量
镍铬-康铜	E	-200~+1000	热电动势较大, 耐磨蚀, 价格低, 中低温测量稳定性好	中低温测量; 有氧化性、惰性气体环境
铁-康铜	J	-200~+1300	价格便宜, 热电动势较大	化工过程温度测量
铜-康铜	T	-200~+400	精度高, 价格低, 但铜易氧化	低温测量
镍铬硅-镍硅	N	-200~+1300	在相同条件下, 尤其在1100~1300°C的高温条件下, 高温稳定性及使用寿命较K型热电偶好, 性能与S型热电偶近似, 但价格较小	在测温范围内, 有全面代替廉价金属热电偶和部分S型热电偶的趋势
铂铑 ₁₃ -铂	R	0~1700	与S型热电偶性能相似, 热电动势较大	S型热电偶相似环境

2.2 温度检测与变送

➤ 热电阻

- 组成：感温元件，绝缘体，保护套管和接线盒
- 热电阻的感温元件，热电阻丝按照中间对折双绕方式缠绕在由陶瓷或琉璃构成的绝缘骨架上
- 常用的引线方式有：二线制，三线制和四线制
- 电阻丝在支架上绕制，由玻璃或陶瓷作外保护层，防止有害气体腐蚀和氧化。绕制中采用中间对折双绕方式，避免感应电动势



2.2 温度检测与变送

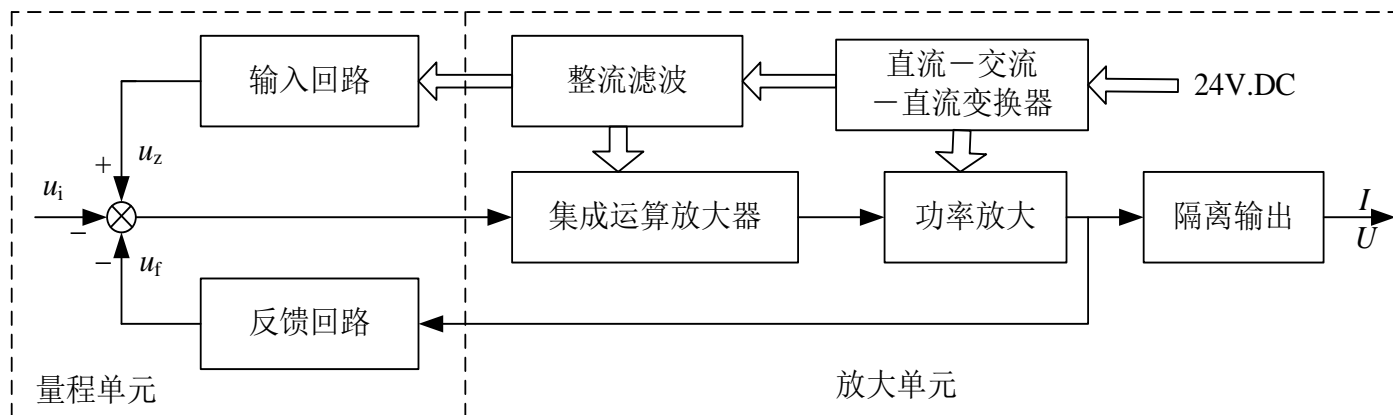
- **适用场合**：小于500 °C的中低温度测量
- **特点**：测量精度高，性能稳定，灵敏度高，不需要进行冷端补偿；输出为电信号，可实现远距离传送和自动控制
- **工作原理及其特点**：利用金属导体或半导体的电阻值随温度变化而改变的性质来实现温度测量

热电阻	热电偶
较大空间的平均温度	点温度
与桥式电路配接	冷端温度补偿
中低温区稳定性好，准确性高	测温上限高
不适用于测量体积小和温度瞬变的物体	

2.2 温度检测与变送

➤ 温度变送器

- **作用：**将敏感元件的输出信号转换为统一标准信号
- **量程单元：**热电偶，热电阻和毫伏输入三种形式
- **放大单元：**由集成运放，功率放大和隔离输出构成，具有通用性



2.2 温度检测与变送

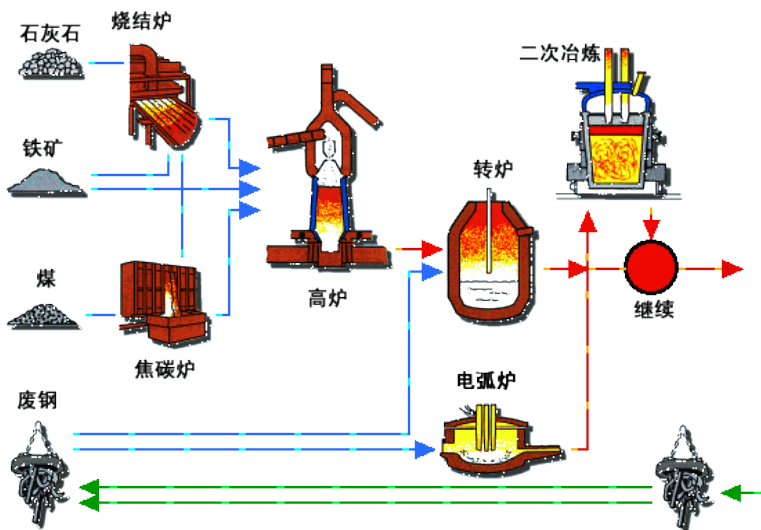
➤ 温度检测仪表的选型

- 精度等级应符合工艺参数的误差要求
- 应操作方便，运行可靠，经济，合理，一工程尽可能减少品种和规格
- 测温范围应大于工艺要求
- 热电偶是温度检测仪器的首选，低温时多选用热电阻
- 测温元件的保护套管耐压等级应不低于所在管线或设备的耐压等级

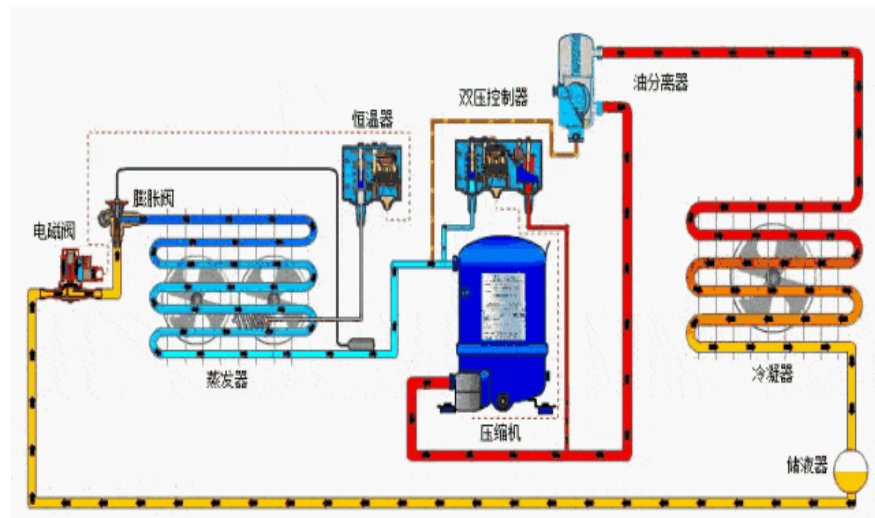


2.2 温度检测与变送

➤ 温度检测仪表的应用



高炉炼铁



焚烧炉

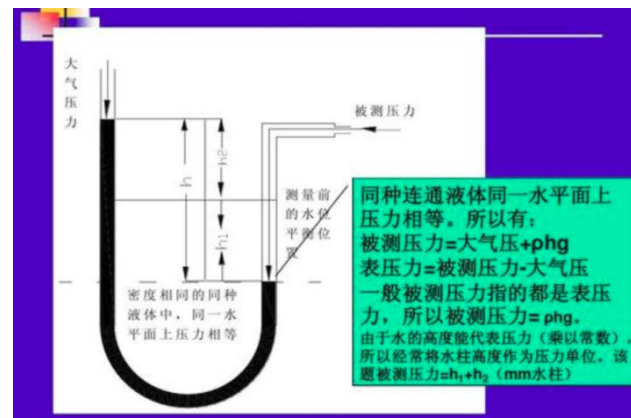
过程参数检测与变送仪表

- 2.1 概述
- 2.2 温度检测与变送
- 2.3 压力检测与变送
- 2.4 流量检测与变送
- 2.5 物位检测与变送
- 2.6 智能检测仪表
- 2.7 检测系统数据处理方法
- 2.8 软测量与先进检测的应用

2.3 压力检测与变送

➤ 液柱式压力检测

- 根据**流体静力学原理**，把被测压力转换成液柱高度，用液柱产生或传递的压力来平衡被测压力的方法进行测量
- 适用场合：实验室的**低压、负压或压力差的检测**
- 优点：**结构简单，使用方便**
- 缺点：量程受液柱长度的限制，且只能就地显示，**不能远传**

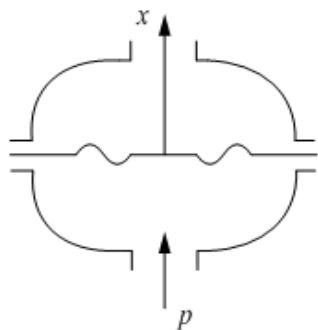


2.3 压力检测与变送

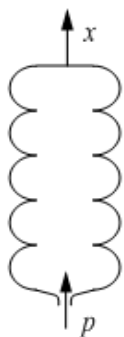
➤ 弹性式压力检测仪表

□ 特点：结构简单，价格低廉，准确度高，测量范围广，应用广泛

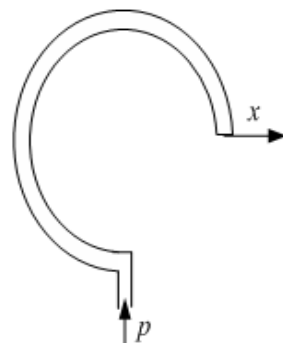
□ 常用类型：弹性膜片（膜盒），波纹管，弹簧管等



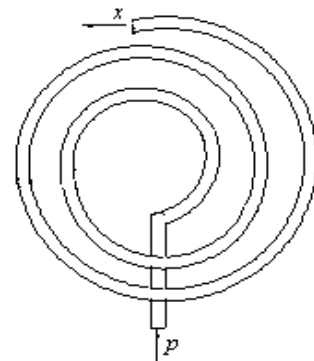
弹性膜片



波纹管



弹簧管

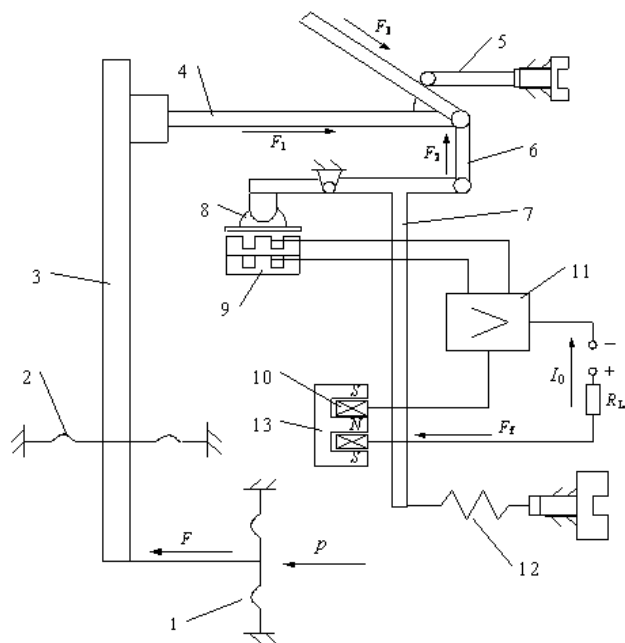


多圈弹簧管

2.3 压力检测与变送

► 力矩平衡式压力变送器

- 力矩平衡原理，由测量部分，杠杆系统，位移检测放大器，波纹管（气动压力变送器）或电磁反馈机构（电动压力变送器）等构成

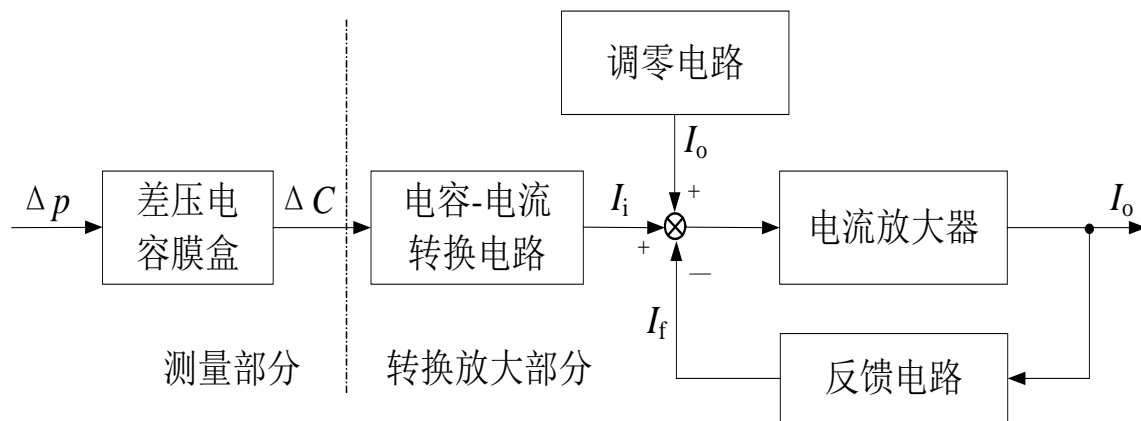


- | | |
|----------|---------|
| 1—测量膜片 | 8—衔铁 |
| 2—轴封膜片 | 9—差动变压器 |
| 3—主杠杆 | 10—反馈绕组 |
| 4—矢量机构 | 11—放大器 |
| 5—量程调整螺钉 | 12—调零弹簧 |
| 6—连杆 | 13—永久磁钢 |
| 7—副杠杆 | |

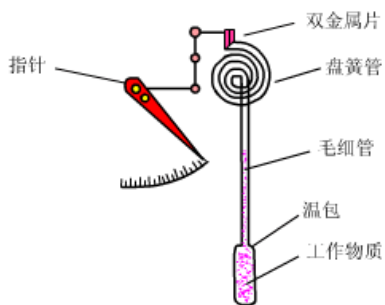
2.3 压力检测与变送

➤ 电容式差压变送器

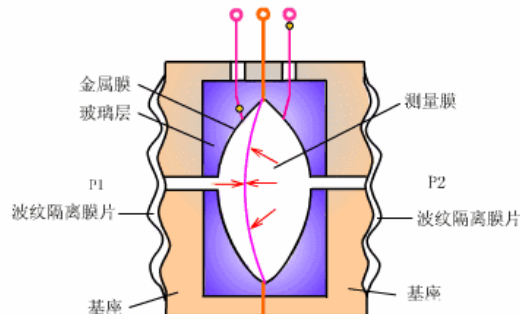
- 组成：测量部件，转换放大电路
- 特点：采用差动电容作为检测元件，无机械传动和调整装置，结构紧凑，体积小，重量轻，稳定性好，抗震性好，精度高



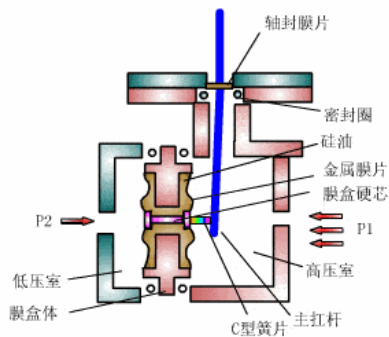
2.3 压力检测与变送



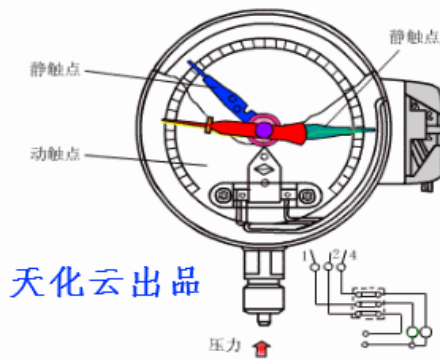
弹簧管式压力表



电容式压力传感器



膜盒式压力传感器



电接点式压力仪表

过程参数检测与变送仪表

2.1 概述

2.2 温度检测与变送

2.3 压力检测与变送

2.4 流量检测与变送

2.5 物位检测与变送

2.6 智能检测仪表

2.7 检测系统数据处理方法

2.8 软测量与先进检测的应用

2.4.1 流量的概念及其检测

➤ 流量的概念

- 单位时间内流过工艺管道流体数量.
- 瞬时流量 q : 单位时间内流过工艺管道某截面的流体数量
- 累积流量 Q : 某段时间内流过工艺管道某截面的流体总量

$$Q = \int_0^t q dt$$

$$q = \int_A v dA = \bar{v} A$$

- ✓ v 为某一微元面积 dA 上的流体速度
- ✓ \bar{v} 为截面A上的平均流速

2.4.1 流量的概念及其检测

➤ 流量的表示方法

- **体积流量**：体积瞬时流量 q_v ，单位 m^3/s ；体积累积流量 Q_v ，单位 m^3
- **重量流量**：重量瞬时流量 q_g ，单位 N/h ；重量累积流量 Q_g ，单位 N
- **质量流量**：质量瞬时流量 q_m ，单位 kg/s ；质量累积流量 Q_m ，单位 k

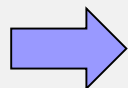
$$q_g = r q_v = \rho g q_v = g q_m$$

- ✓ γ 为流体的**重度**
- ✓ ρ 为液体的**密度**
- ✓ g 为重力**加速度**

2.4.1 流量的概念及其检测

➤ 体积流量检测法

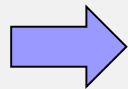
□ **容积法**：在单位时间内以标准固定体积对流动介质连续不断进行测量，以排出流体固定容积数来计算流量



椭圆齿轮流量计，旋转活塞式流量计，刮板式流量计等

- ✓ 测量高粘度流体
- ✓ 测量精度高

□ **速度法**：先测量管道内流体的平均流速，再乘以管道截面积求得流体的体积流量



差压式流量计，靶式流量计，转子式流量计，电磁式流量计

2.4.1 流量的概念及其检测

➤ 质量流量检测法

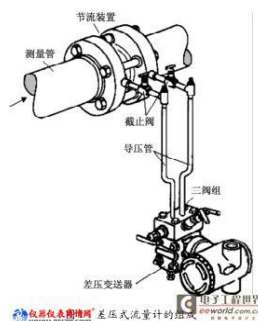
- 直接法：包括角动式流量计，量热式流量计，科里奥利流量计
 - ✓ 优点：精度不受流体温度，压力，密度等变化的影响

- 间接法：用测得的体积流量乘以流体的密度自动计算得到质量流量
 - ✓ 存在问题：当流体密度随流体的温度，压力等变化时，计算繁琐，存在累计误差，测量精度受限

2.4.2 典型流量检测仪表

➤ 差压式流量计

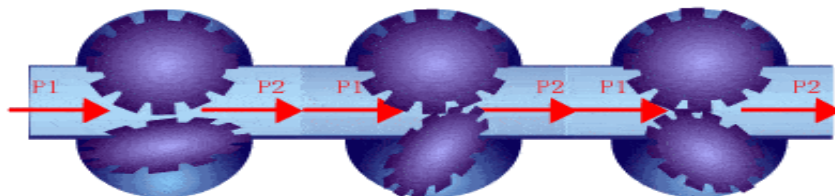
- 原理：基于伯努利方程和连续性原理，在管道上安装节流元件，当流体通过时会产生流速变化，进而在节流元件前后产生压力差，通过差压测量即可求得被测流量
- 优点：结构简单，运行可靠，与差压变送器直接配合，适用于多种介质流量检测，在工业过程中应用广泛



2.4.2 典型流量检测仪表

➤ 容积式流量计

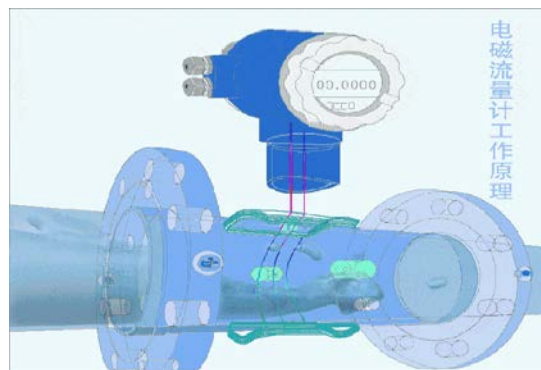
- ❑ 流体在流量计进出口之间产生一定的压力差
- ❑ 转动部件（转子）在压力差作用下产生旋转，将流体由入口排向出口
- ❑ 流体一次次地充满“计量空间”，然后又不断地被送往出口
- ❑ 计量空间体积确定，根据转子转动次数，得到流体体积的累积值



2.4.2 典型流量检测仪表

➤ 电磁式流量计

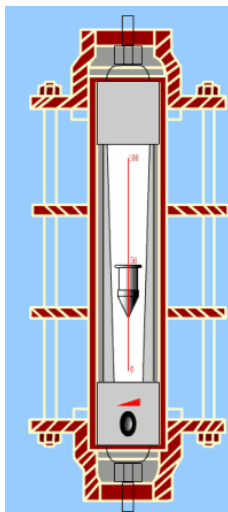
- 原理：基于**电磁感应定律**工作的测量导电流体体积流量的仪表
- 优点：反应**灵敏**，精度**高**，线性度好且不受流体**温度**，**压力**，**密度**，**黏度**等影响
- 缺点：用于**导电液体**测量，对气体，蒸汽或导电率低的液体**不适用**



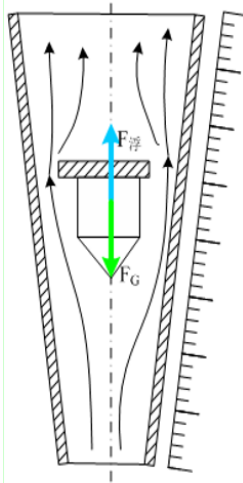
2.4.2 典型流量检测仪表

➤ 转子式流量计

- **原理**：采用恒压变截面原理。适用于 $\Phi < 200\text{mm}$ ，垂直小流量测量
- **适用于**中小流量测量，由一个自下向上的垂直锥管和一个可沿锥管轴向上下自由移动的浮子组成



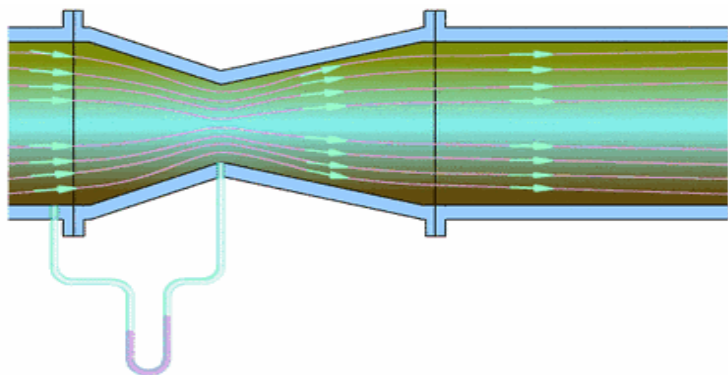
流体流经的玻璃管，是一个下小上大的锥形管，转子上升得越高，转子与锥形管的圆环面积越大，则流量越大。



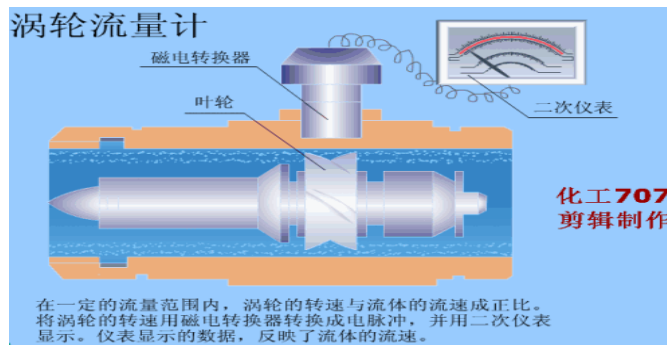
- **$F_{浮}$** ：转子上下侧压力不同 ΔP 造成上托力
- **FG** ：转子材质 ρ 高于流体 ρ ，转子重力等于转子受到浮力

若 $F_{浮} > FG$ ，则转子上升，流通面积增加。 ΔP 下降， $F_{浮}$ 下降，使 $F_{浮}$ 与 FG 趋于平衡

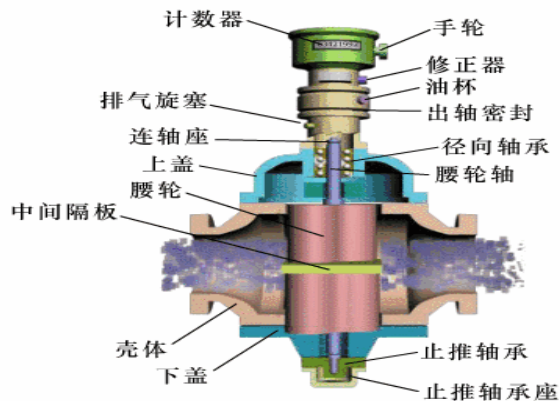
2.4.2 典型流量检测仪表



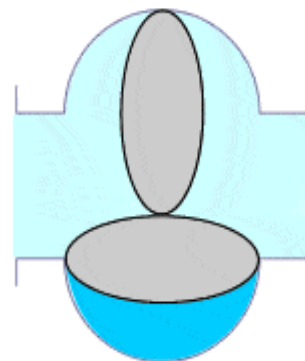
文丘里流量计



涡轮流量计



立式腰轮流量计



椭圆齿轮流量计

过程参数检测与变送仪表

- 2.1 概述
- 2.2 温度检测与变送
- 2.3 压力检测与变送
- 2.4 流量检测与变送
- 2.5 物位检测与变送
- 2.6 智能检测仪表
- 2.7 检测系统数据处理方法
- 2.8 软测量与先进检测的应用

2.5.1 物位检测的基本方法

➤ 物位指物料的高度，通常包括：

- 液位：即液体的液面高度，如锅炉锅筒内水位，油罐或水塔液位等
- 料位：容器中固体或颗粒状介质的堆积高度，如煤仓中的煤位等
- 界位：液体与液体，液体与固体之间分界面的高度

➤ 液位是过控中最常见的被测量

- 直读式液位计
- 静压式液位计
- 差压式液位计
- 超声波液位计

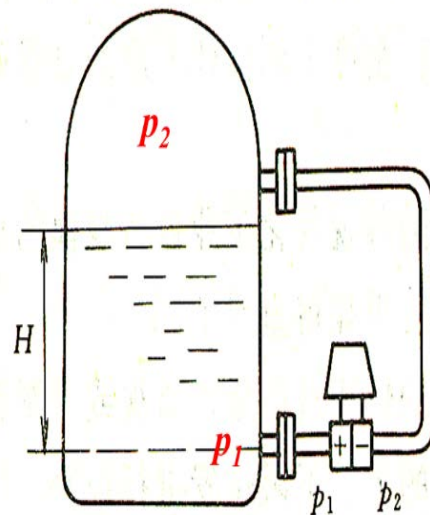
2.5.1 物位检测的基本方法

➤ 差压式液位计

□ **原理：**容器内被测介质密度一定时，**压差与液位高度成正比**，通过测量该压力差可得到液位高度

$$p_1 = H\rho g + p_2$$
$$\Delta p = p_1 - p_2 = H\rho g$$

- ✓ H —液位高度
- ✓ ρ —介质密度
- ✓ g —重力加速度



特殊情况：若被测容器是敞口的，则气相压力为大气压，只需将差压变送器的**负压室**通大气即可测量

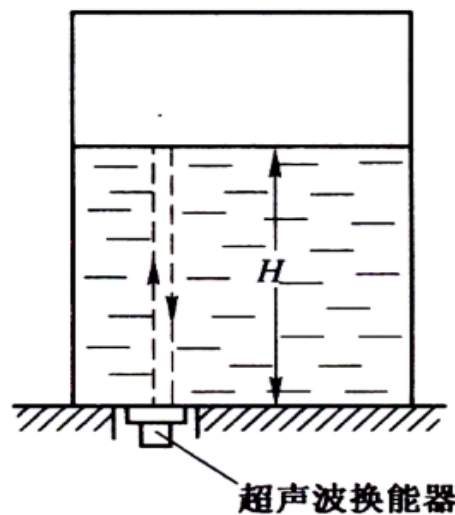
2.5.1 物位检测的基本方法

➤ 超声波液位计

- **原理：**利用**回声测距**的原理，测定超声波发射后**遇液面反射**回来的时间，以确定液面的高度

$$H = \frac{1}{2}vt$$

✓ v —超声波在液体中的传播速度



过程参数检测与变送仪表

- 2.1 概述
- 2.2 温度检测与变送
- 2.3 压力检测与变送
- 2.4 流量检测与变送
- 2.5 物位检测与变送
- 2.6 智能检测仪表
- 2.7 检测系统数据处理方法
- 2.8 软测量与先进检测的应用

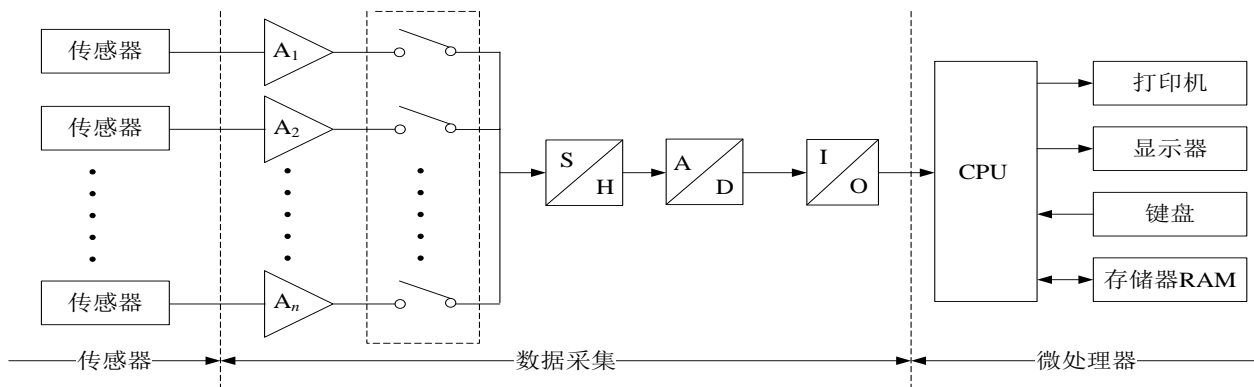
2.6.1 智能检测仪表的概述

➤ 智能检测仪表

- 原理：采用微处理器和先进传感器，可靠，紧凑，灵活，维护方便
- 特点：输出模拟和数字信号，与上位机连接，满足集散控制系统要求

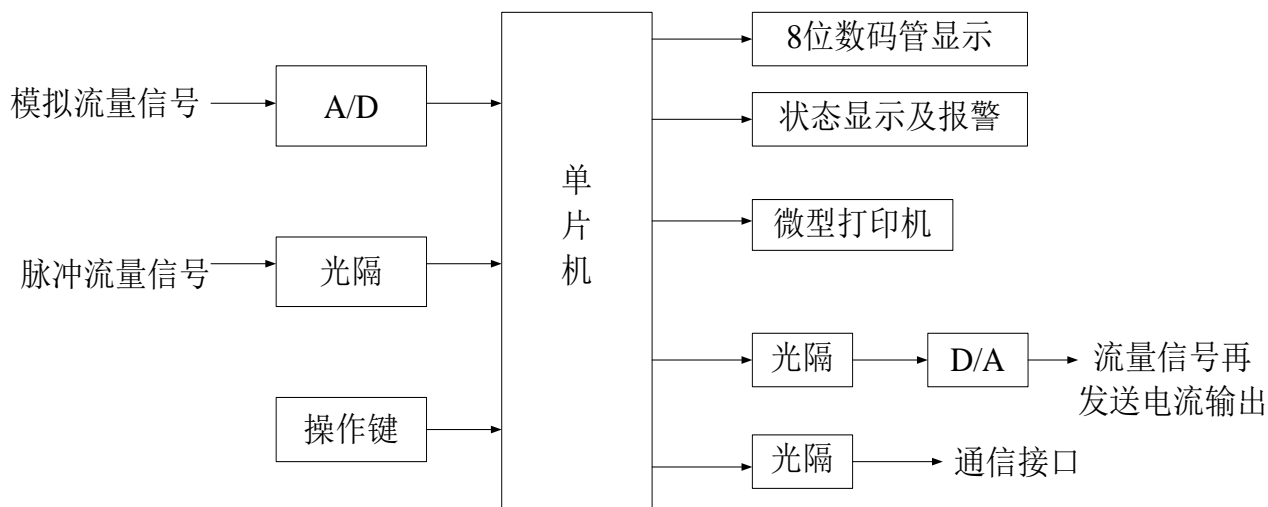
➤ 智能检测仪表结构

- 构成：微处理器，存储器
- 核心：微处理器控制单元，控制数据采集，处理及显示等过程



2.6.2 智能流量计算机

- **原理**：对脉冲或模拟信号处理，得到瞬时流量值和累积流量值
- **组成**：单片机，操作键，显示器，通信接口和过程通道
- **主要功能**：计算瞬时流量和累积流量，小信号切除，断电保护，定时抄表功能，实时时钟，自诊断功能，密码设置，面板清零有效性选择，累积速率设置，仿真功能，远程通信功能



2.6.3 智能温度变送器

➤ 功能

□ 输出信号能够包括:

标准电流信号, 环境温度, 温度传感器类型, 量程, 控制设定值, 偏差, PID参数, 报警信息, 自检信息, 运行情况, 设备类型, ID号及软硬件版本号等监控数字信号

□ 主机可将指令下达给温度变送器, 从而改变其性能, 适应不同的工作状况

2.6.3 智能温度变送器

➤ 软件结构

- 测控部分：完成数据采集，数据处理，数据分析，控制计算，显示控制，输出控制 and 自我诊断等功能
- 通信部分：上电 or 看门狗复位后，主程序要对通信部分进行初始化，初始化完成后，通信部分一直处在准备接收状态

➤ 硬件结构

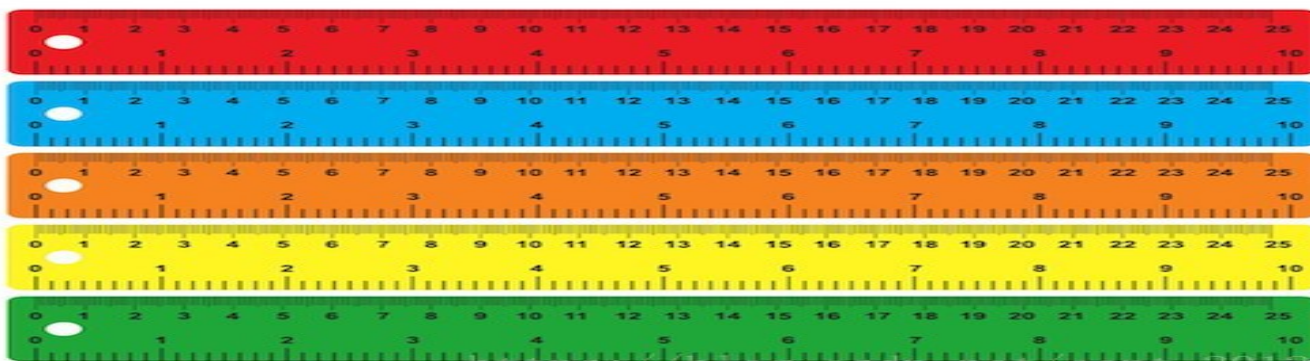
- 测控部分：通过传感器完成被测变量的检测，以标准信号输出测量值 or 控制值
- 通信部分：保证上、下位机按通信协议进行正常通信

过程参数检测与变送仪表

- 2.1 概述
- 2.2 温度检测与变送
- 2.3 压力检测与变送
- 2.4 流量检测与变送
- 2.5 物位检测与变送
- 2.6 智能检测仪表
- 2.7 检测系统数据处理方法
- 2.8 软测量与先进检测的应用

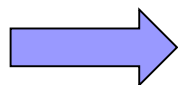
2.7 检测系统数据处理方法--最小二乘法

➤ 来看一个生活中的例子：



(单位：cm)

测量同一线段的长度



	长度
红	10.2
蓝	10.3
橙	9.8
黄	9.9
绿	9.8

2.7 检测系统数据处理方法--最小二乘法

➤ 出现不同的值可能因为：

- 不同厂家的尺子的生产精度不同
- 尺子材质不同，热胀冷缩不一样
- 测量的时候心情起伏不定
-

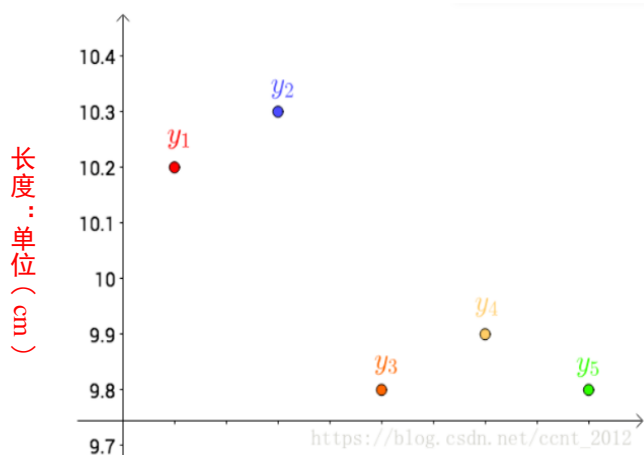
总之就是有误差，这种情况下，一般取平均值来作为线段的长度：

$$\bar{y} = \frac{10.2 + 10.3 + 9.8 + 9.9 + 9.8}{5} = 10(cm)$$

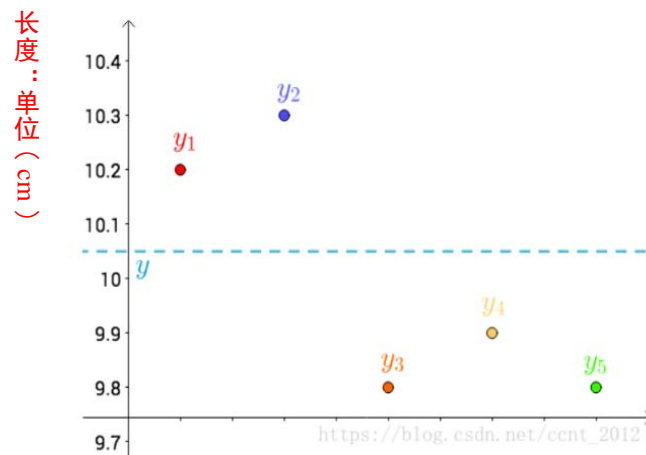
2.7 检测系统数据处理方法--最小二乘法

➤ 换一种思路来思考刚才的问题

□ 把测量得到的值画在笛卡尔坐标系中，分别记做 y_i

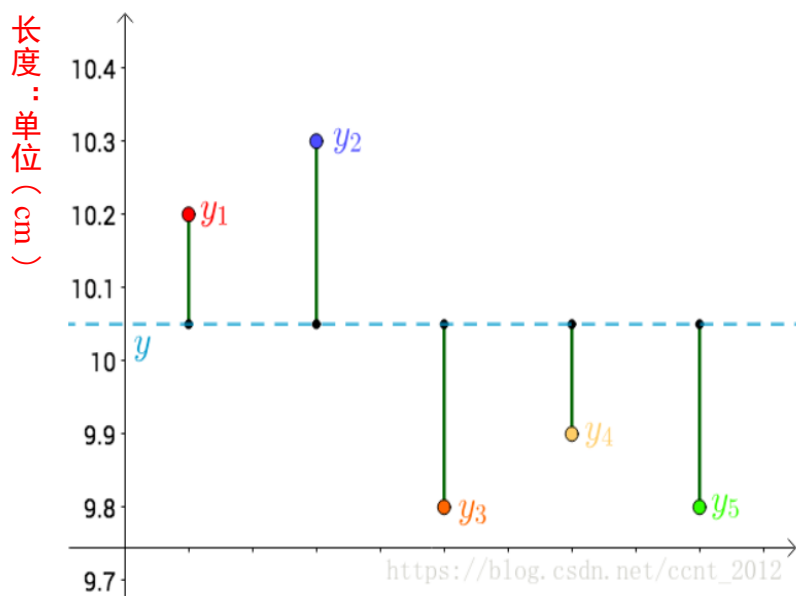


□ 把估计的真实值用平行于横轴的直线来表示，记做 y



2.7 检测系统数据处理方法--最小二乘法

□ 每个点都向 y 做垂线，垂线的长度 $|y - y_i|$ 就是也可以理解为测量值和真实值之间的误差：



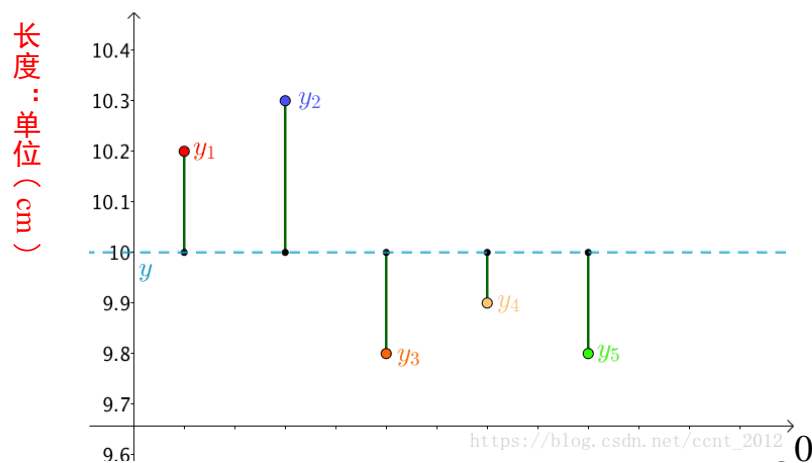
□ 用平方来代表误差：

$$|y - y_i| \rightarrow (y - y_i)^2$$

总的误差平方就是：

$$\varepsilon = \sum (y - y_i)^2$$

因为 y 是估计的，所以可以不断变换



2.7 检测系统数据处理方法--最小二乘法

- 法国数学家阿德里安·马里·勒让德（1752-1833）提出让总的误差的平方最小的 y 就是真值，这是基于：如果误差是随机的，应该围绕真值上下波动，这就是最小二乘法，即：

$$\varepsilon = \sum (y - y_i)^2 \text{最小} \quad \longrightarrow \quad \text{真值 } y$$

✓ 问题：那我们为什么习惯选用算术平均数来减小误差？

- 这是一个二次函数，对其求导，导数为0的时候取得最小值：

$$\frac{d}{dy} \varepsilon = \frac{d}{dy} \sum (y - y_i)^2 = 2 \sum (y - y_i)$$

$$\text{即：} 2((y - y_1) + (y - y_2) + (y - y_3) + (y - y_4) + (y - y_5)) = 0$$

$$\longrightarrow 5y = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 \quad \longrightarrow \quad y = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}$$

算术平均数是最小二乘法的一个特例

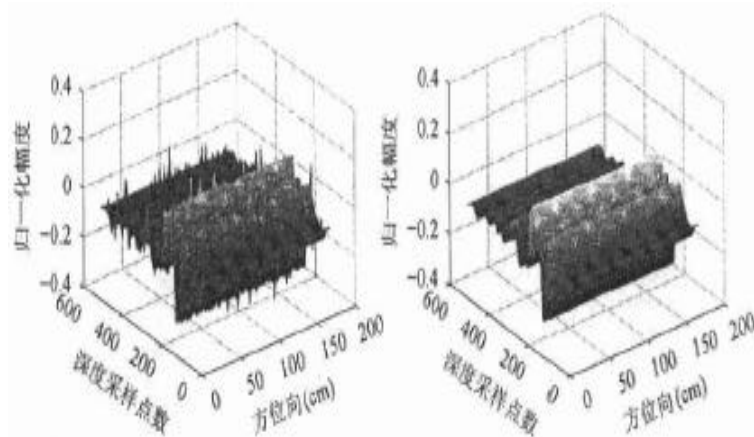
2.7 检测系统数据处理方法

➤ 数字滤波

- **原因：**过程环境较恶劣，干扰源较多，如强电磁场干扰、环境温度变化较大等，需要减少对采样值的干扰，提高系统的性能
- **定义：**通过一定的计算程序减少干扰信号在有用信号中的比重

➤ 常见算法：

- 限幅滤波
- 中值滤波
- 算数平均值滤波
- 加权平均值滤波
- 复合滤波



2.7 检测系统数据处理方法

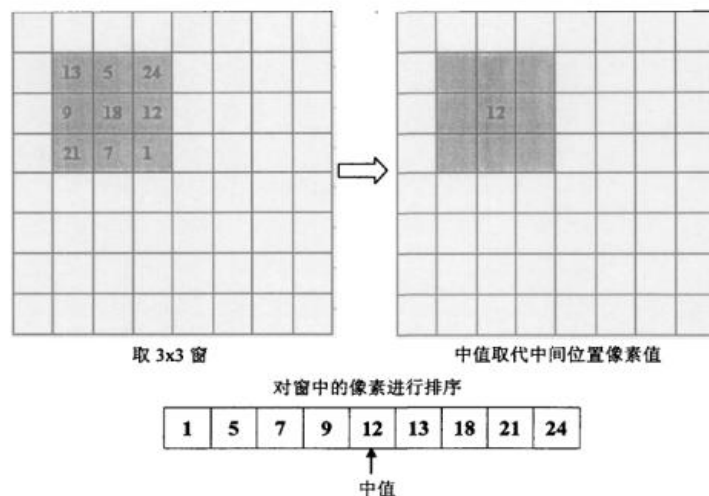
➤ 限幅滤波

- **原理**：把相邻两次采样值增量的绝对值，与最大允许偏差 ΔY 进行比较，如果小于或等于 ΔY ，则取为本次采样值；若大于 ΔY ，则仍取上一次的采样值作为本次的采样值
- 主要用于变化比较缓慢的参数（温度、物位等）
- **优点**：克服因偶然因素引起脉冲干扰
- **缺点**：无法抑制周期性干扰，平滑度差

2.7 检测系统数据处理方法

➤ 中值滤波

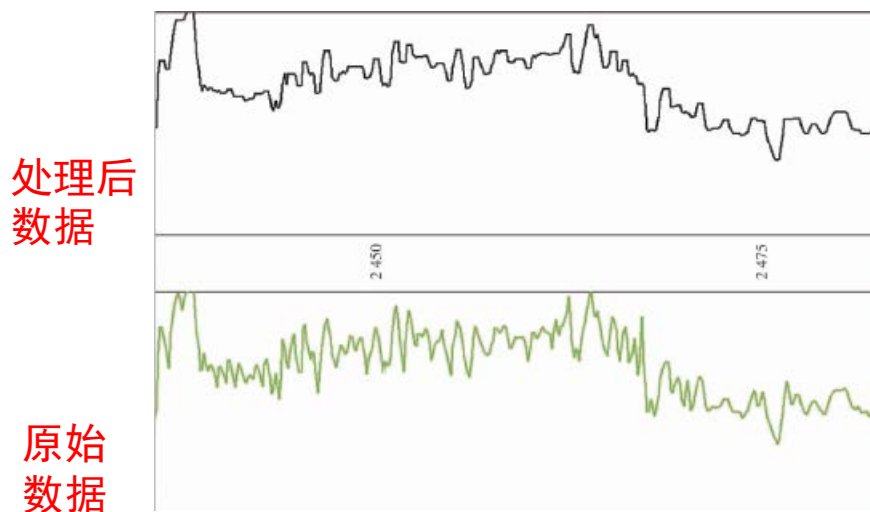
- 连续采样 n 次($n \geq 3$, 且为奇数), 将这 n 个采样值从小到大(或从大到小)排序, 最后取中间值作为本次采样值
- 有效地滤去脉动性质的干扰, 对变化缓慢的被测参数有良好的滤波效果, 但对快速变化过程的参数则不宜使用(如流量)



2.7 检测系统数据处理方法

➤ 中值滤波的应用

- 测井数据中包含较多与地层信息无关的噪声。中值滤波能有效地去除原始数据中的脉冲噪声并保存细节和边缘信息



处理后的声波曲线在保持原曲线的基本形态的同时，尖锐噪声被有效平滑，测井曲线分辨率得到提高

2.7 检测系统数据处理方法

➤ 算数平均值滤波

□ 取N次采样值算术平均值为本次采样值

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

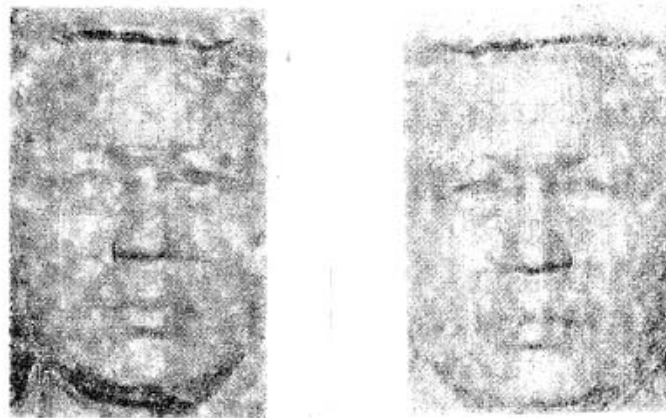
- **优点：**对滤除混杂在被测信号上的随机干扰信号非常有效。被测信号的特点是有一个平均值，信号在某一数值范围附近上下波动
- **缺点：**不易消除脉冲干扰引起的误差。对于采样速度较慢或要求数据更新率较高的实时系统，算术平均滤法是无法使用的

2.7 检测系统数据处理方法

➤ 算数平均值滤波的应用

- 激光成像在对实物样件表面数据采集过程中不可避免地会引入**测量噪声**。为了得到较为精确的曲面模型和好的特征提取效果，有必要对测量数据进行算数平均值滤波处理

通过对原始数据中的噪声点进行算数平均值滤波得到如右图所示的图像。可以看到大部分的**噪声点已经被修正**，得到比较理想的数据图像



2.7 检测系统数据处理方法

➤ 加权平均值滤波

- 在算术平均滤波中， N 次采样值在结果中所占的**比重相等**，这样虽然消除了随机干扰，但有用信号的**灵敏度也随之降低**。
- 为了突出区别，将采样值**取不同的比重**，即：

$$y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i X_i, \quad \left(\sum_{i=1}^N C_i = 1 \right)$$

- **优点**：适用于有较大纯滞后时间常数的对象和采样周期较短的系统
- **缺点**：对于纯滞后时间常数较小，采样周期较长，变化缓慢的信号，不能迅速反应系统当前所受干扰的严重程度，滤波效果差

2.7 检测系统数据处理方法

➤ 防脉冲干扰平均值滤波(复合滤波)

- 先用中值滤波原理滤除由于脉冲引起的干扰，再把剩下的采样值进行算术平均滤波，以得出防脉冲干扰平均值法
- 优点：融合了两种滤波法的优点 这种方法既能抑制随机干扰，又能滤除明显的脉冲干扰
- 缺点：测量速度较慢，和算术平均滤波法一样

2.7 检测系统数据处理方法

作业：对右边该图像进行中值滤波和算数平均值滤波处理

- 写一份报告
- 采用MATLAB编程
- 自己编写一个中值滤波函数
- 下周三交



过程参数检测与变送仪表

- 2.1 概述
- 2.2 温度检测与变送
- 2.3 压力检测与变送
- 2.4 流量检测与变送
- 2.5 物位检测与变送
- 2.6 智能检测仪表
- 2.7 检测系统数据处理方法
- 2.8 软测量与先进检测的应用

2.8.1 软测量技术的概述

➤ 软测量技术原理及特点

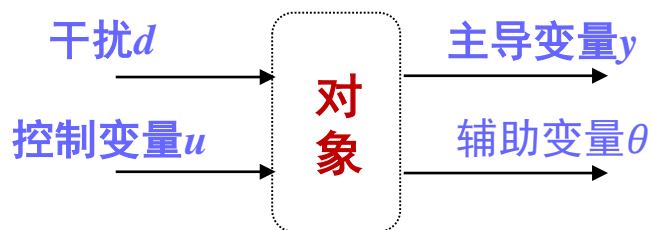
- **原理**：采集过程中比较容易测量的辅助变量，通过构造推断估计器来估计并克服扰动和测量噪声对主导变量的影响
- **特点**：不仅能“测量”主导变量，还可以对反映过程特性的工艺参数做出估计

➤ 软测量技术的要素

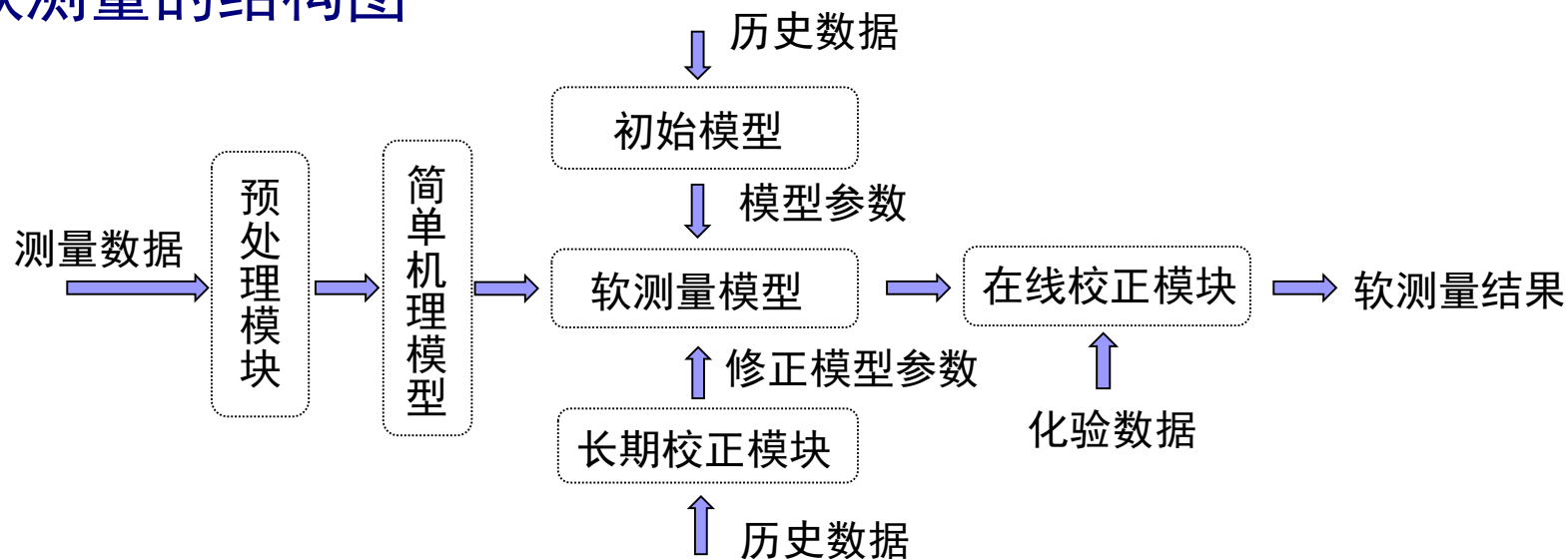
- 中间辅助变量的选择
- 数据处理
- 软测量模型的建立
- 软测量模型的在线校正

2.8.1 软测量技术的概述

➤ 软测量的数学描述



➤ 软测量的结构图



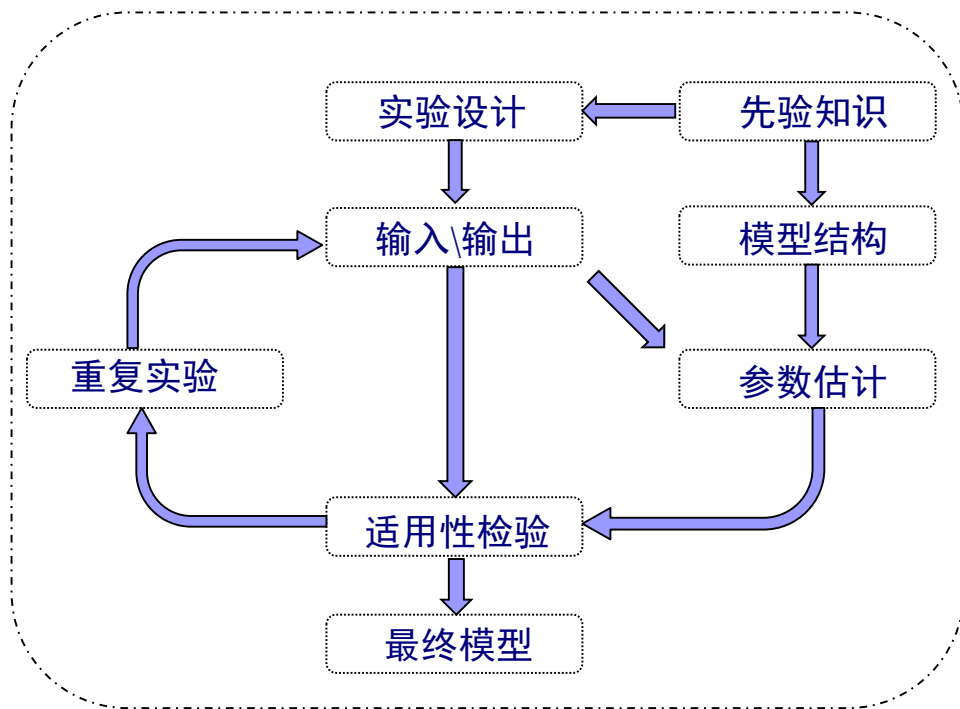
2.8.1 软测量技术—基于参数辨识的软测量方法

➤ 基本原理

- 把软测量转化为对对象的模型辨识，把可获参数作为**辅助变量**，把对象模型参数作为**主导变量**，进行参数辨识得到**参数软测量值**

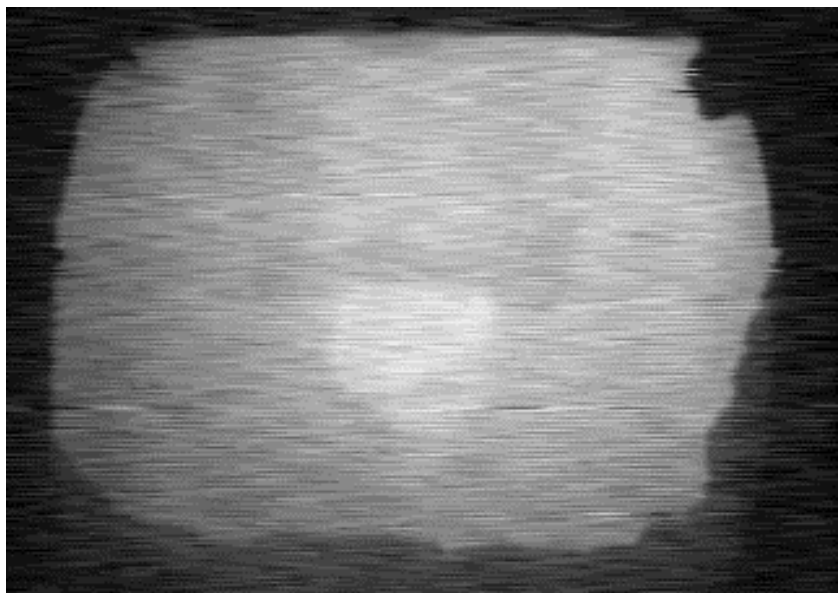
✓ 基于辨识方法的优点：

- 不需要确切的过程模型
- 选择模型方案多
- 模型辨识可以离线进行
- 模型辨识较为简单

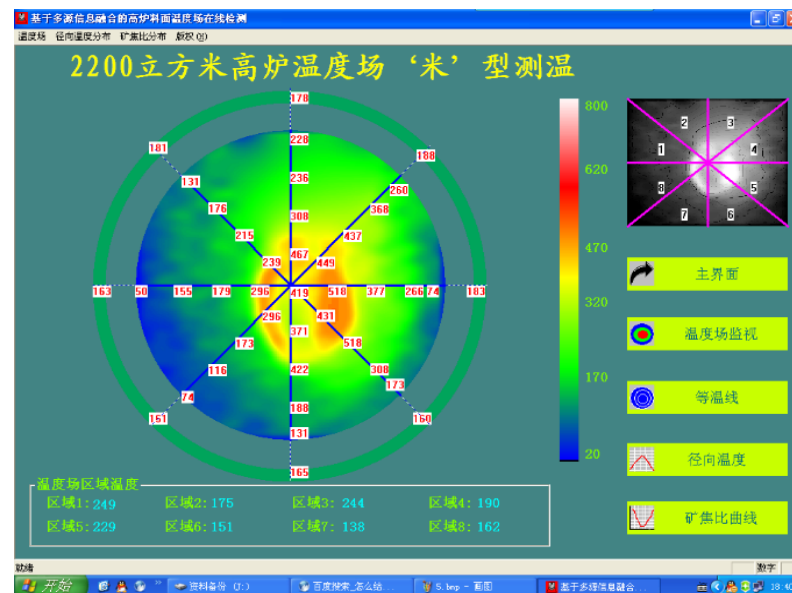


2.8.2 先进检测的应用(1)

➤ 煤气流形态检测[1]



高炉内部



检测系统硬件结构图

[1]安剑奇, 刘洋, 吴敏, et al. 高炉炉喉煤气流形态三维模型重建[J]. 控制理论与应用, 2014, 31(5):000624-631.

2.8.2 先进检测的应用(1)

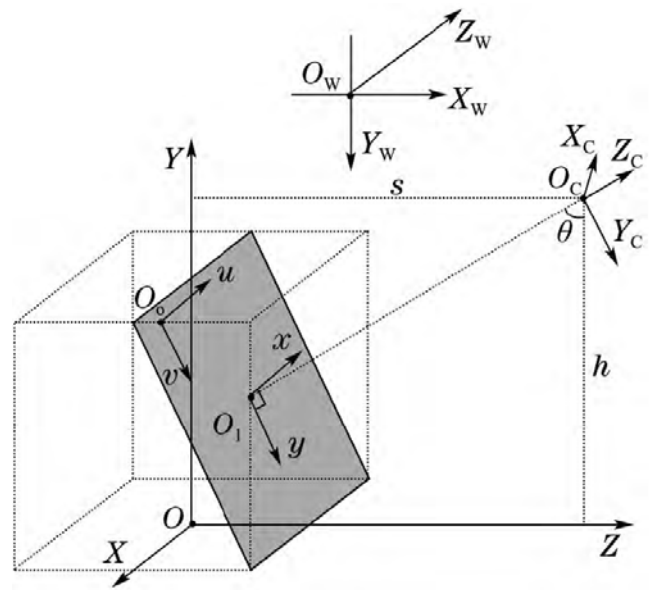
➤ 炉顶摄像机检测模型

- ❑ 在图中建立摄像机坐标系, 由原点 O_C 和 X_C , Y_C , Z_C 坐标轴组成
- ❑ 建立世界坐标系, 由原点 O_W 和 X_W , Y_W , Z_W 坐标轴组成
- ❑ 建立以毫米为单位的图像坐标系, 由原点 O_1 和 x , y 坐标轴组成
- ❑ 建立以像素为单位的图像坐标系, 由原点 O_0 和 u , v 坐标轴组成
- ❑ 建立原物体坐标系, 由原点 O 和 X , Y , Z 坐标轴组成

μ 表示检测煤气流形态的炉顶摄像机的安装角度

h 表示炉顶摄像机与高炉料面的距离

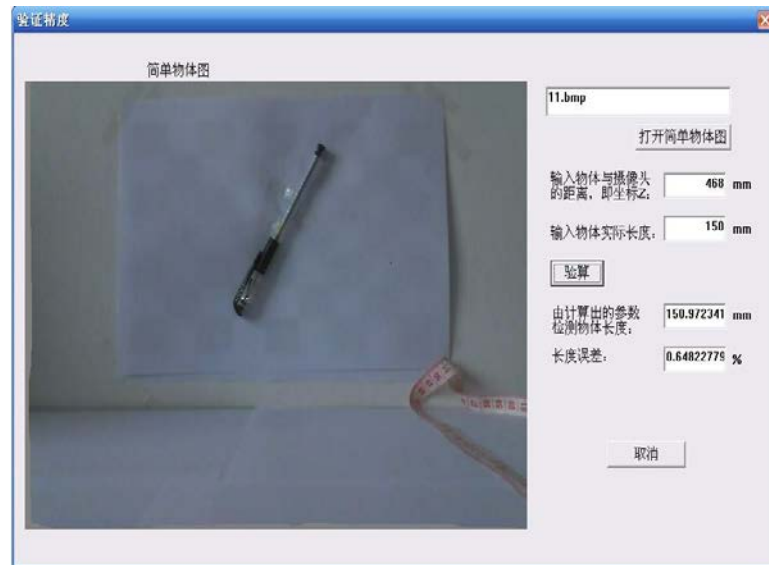
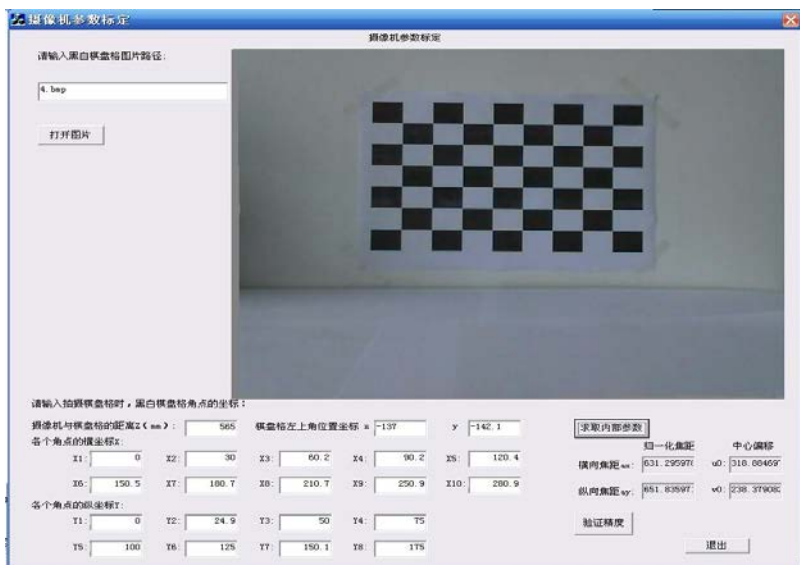
s 表示炉顶摄像机与高炉料面高温圆形区域中心点的横向距离



2.8.2 先进检测的应用(2)

➤ 摄像机内部参数标定

- ❑ 摄像机标定：通过一系列图像处理和数学运算，确定摄像机成像平面中的二维图像与三维空间点之间的映射关系的参数



- ❑ 通过摄像机标定技术，测量得出图中拍摄的物体的长度

2.8.2 先进检测的应用(3)

➤ 多传感器融合检测技术



2.8.2 先进检测的应用(3)

➤ 多传感器融合检测技术



本章小结

- 简要介绍参数检测**基本概念**
- 重点介绍过程控制中常用的工艺参数，包括温度，压力，流量，物位的**检测与变送**
- 重点介绍典型仪表的**基本构成，工作原理，使用方法和选用原则**
- 重点介绍检测数据的处理方法
- 软测量技术及先进检测的应用

致谢

- 感谢研究生彭佳佳、尹枫、郑文国、江博涛、董文佳等同学参与本PPT的制作
- PPT中部分图片和视频来自互联网，感谢原作者的制作