

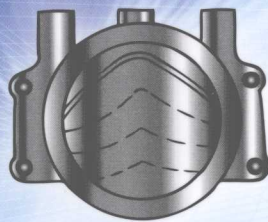
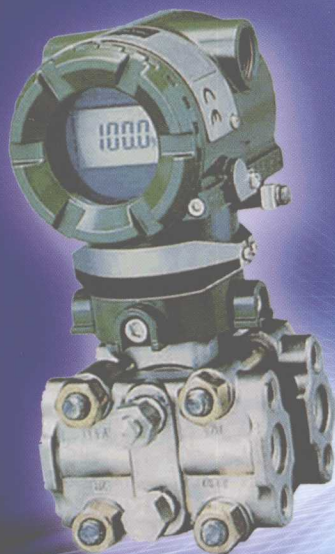
中等职业学校规划教材·化工中级技工教材

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI  
HUAGONG ZHONGJI JIGONG JIAOCAI

# 过程控制仪表

GUOCHENG KONGZHI YIBIAO

张红翠 主编 李保健 主审



化学工业出版社

中国矿业大学北京百年华诞 · 理工中德联合出版

中国矿业大学北京百年华诞 · 理工中德联合出版

# 过程控制仪表

GUOCHENG KONGZHIGUAN BIAO

中国矿业大学北京 百年华诞 · 理工中德联合出版



中国矿业大学北京百年华诞 · 理工中德联合出版

中等职业学校规划教材·化工中级技工教材

# 过程控制仪表

张红翠 主编

李保健 主审



化学工业出版社

·北京·

本书主要介绍过程控制仪表中的三大块，即：变送器、控制器和执行器。其中变送器部分主要介绍了电容式差压变送器和新型智能差压变送器；控制器介绍了基型控制器、智能控制器和可编程控制器三种类型的控制器的使用；执行器介绍了气动、电动和智能执行器打击安装等。

本书可以作为中等职业学校仪器仪表、自动控制专业的教材，也可以作为职工培训和从事仪表自动化工作人员的参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

过程控制仪表/张红翠主编. —北京: 化学工业出版社, 2008.7

中等职业学校规划教材·化工中级技工教材  
ISBN 978-7-122-03349-9

I. 过… II. 张… III. 过程控制-工业仪表-专业学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 099722 号

责任编辑: 张建茹  
责任校对: 陶燕华

文字编辑: 吴开亮  
装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 6 $\frac{1}{4}$  字数 150 千字 2008 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 12.00 元

版权所有 违者必究

中等职业学校规划教材  
全国化工中级技工教材编审委员会

主任 毛民海

副主任 (按姓名笔画排列)

王黎明 刘 雄 苏靖林 张文兵 张秋生  
律国辉 曾繁京

委员 (按姓名笔画排列)

马武飏 王 宁 王跃武 王黎明 毛民海  
刘 雄 米俊峰 苏靖林 李文原 李晓阳  
何迎建 宋易骏 张 荣 张文兵 张秋生  
陈建军 林远昌 周仕安 郑 骏 胡仲胜  
律国辉 郭养安 董吉川 韩 谦 韩立君  
程家树 曾繁京 雷 俊

## 前言

本书是根据中国化工教育协会批准颁布的《全国化工中级技工教学计划》，由全国化工高级技工教育教学指导委员会领导组织编写的全国化工中级技工教材，也可作为化工企业工人培训教材使用。

本书根据中等职业技术教育的特点和要求，采用任务引领的教学方式，旨在培养学生的动手能力和学习兴趣。其中主要介绍了三方面的内容，即：变送器、控制器和执行器。每一部分的内容既可独立存在，又可前后呼应。其中变送器部分主要介绍了电容式差压变送器和新型智能差压变送器；控制器介绍了基型控制器、智能控制器和可编程控制器的使用；执行器介绍了气动、电动和智能执行器等。

为了体现中级技工的培训特点，本教材内容力求通俗易懂、涉及面宽，突出实际技能训练。

本书由张红翠任主编，李保健主审。其中内容一、内容二由张红翠编写，内容三由冉隆毅编写。全书由张红翠统稿。

本教材在编写过程中得到中国化工教育协会、全国化工高级技工教育教学指导委员会、化学工业出版社及相关学校领导和同行们的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者和同行们批评指正。

编者  
2008年5月

# 目 录

引言	1
第一部分 变送器	2
一、任务概述	2
二、完成任务必备的知识点	3
三、任务的实施	15
四、结合任务的知识拓展	20
习题一	23
第二部分 控制器	26
一、任务概述	26
二、完成任务必备的知识点	28
三、任务的实施	51
四、结合任务的知识拓展	53
习题二	54
第三部分 执行器	56
一、任务概述	56
二、完成任务必备的知识点	59
三、任务的实施	86
四、结合任务的知识拓展——智能执行器	91
习题三	92
参考文献	94

# 引言

在日常生活及工业领域中，当想知道某些参数的具体值时，总需要借助一些仪器仪表才能测到。如想了解温度的高低最简单方便的是使用水银温度计；而要想知道水的流量就要借助各种各样的流量计测量。但这其中的一些仪表是不适宜于工业生产中的连续及远距离测量和控制的。一般来说，在工业上对某个参数的连续或远距离测量变量的方法更多更基本的是用各类变送器构成的自动检测和自动控制系统。具体可看一个流量测量及控制的示例。

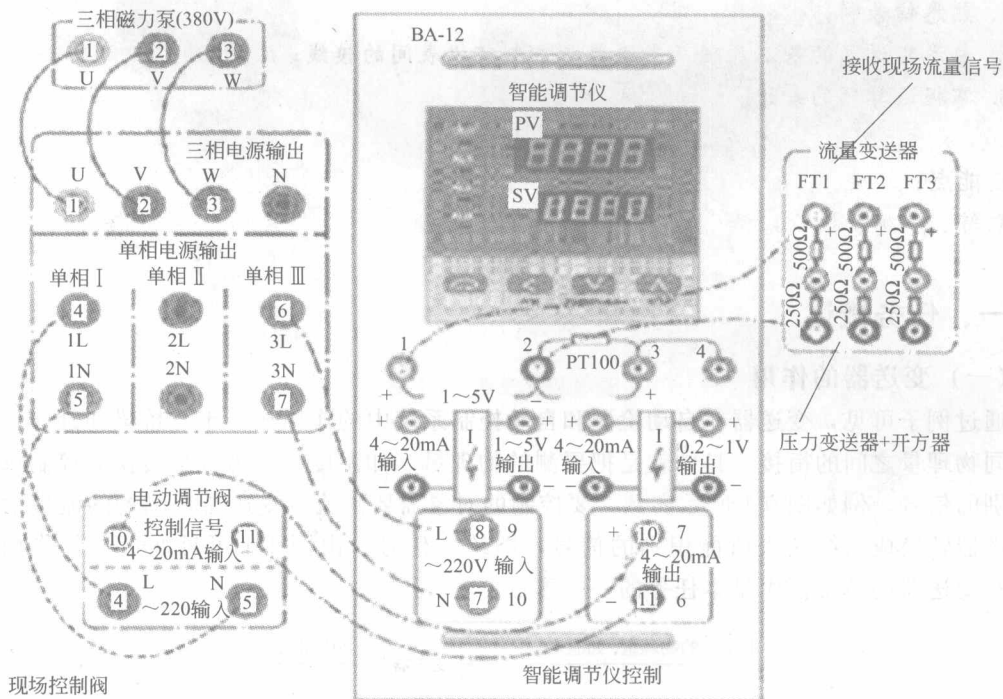


图 0-1 流量控制示意图

由图 0-1 可见，一个简单控制系统由四个部分：变送器、控制器（调节器）、执行器及被控对象组成。那么变送器、控制器、执行器在简单控制系统中起什么作用？如何完成控制呢？本书就是结合上例来学习变送器、控制器、执行器这三部分的知识及应用。



# 第一部分 变送器

## 能力目标：

1. 能对变送器进行校验、安装与维护，包括零点、量程、线性校验及迁移；
2. 能看懂不同类型变送器的说明书；
3. 能根据要求选择变送器。

## 知识点：

1. 熟悉信号制；
2. 熟悉变送器的基本原理及变送器与控制室仪表间的接线；
3. 掌握运算器的知识。

## 技能点：

熟练、准确地校验。

## 一、任务概述

### （一）变送器的作用

通过例子可见，变送器在自动检测和自动控制系统中的作用相当于是桥梁和翻译，连接着不同物理量之间的衔接。具体就是把要测的物理量（如温度、压力等）转换成控制仪表所能识别的信号。例如图 0-1 所示实例，要控制的对象需要由流量变送器将现场的流量信号通过变送器转换成后续仪表所能识别的信号，即统一信号。由图 1-1 可见变送器的作用。因此，对变送器的熟练使用是本任务的一个重点。



图 1-1 变送器的作用

### （二）变送器的定义

变送器是将各种工艺变量（如温度、压力、流量、液位）转换成相应的统一标准信号的仪器。

### （三）变送器的分类

变送器分类的方式有多种，在此主要介绍以下两种分类方式。

#### 1. 根据能源形式

根据能源形式可分为气动变送器和电动变送器。气动变送器转换后的统一标准信号是

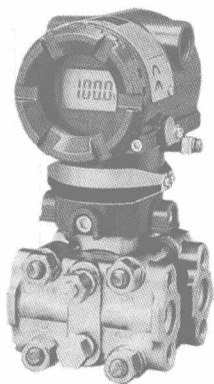
20~100kPa；电动变送器Ⅱ型转换的统一信号是0~10mA直流电流；电动变送器Ⅲ型转换的统一标准信号是4~20mA直流电流或1~5V直流电压。

## 2. 根据所转换的物理量的形式

根据所转换的物理量的形式可分为差压变送器和温度变送器。差压变送器是将液体、气体或蒸汽的压力、液位、流量等工艺变量转换成统一标准的信号，作为指示记录仪、控制器或计算机装置的输入信号，以实现对上述变量的显示、记录或自动控制；温度变送器与测温元件配合使用，将温度信号转换成统一标准信号，作为指示仪、记录仪或控制器的输入信号，以实现温度的显示、记录或自动控制。

差压变送器是本任务的学习重点，而温度变送器根据现在的仪表发展状况，用得较少，故不做能力要求。对差压变送器的任务要求是正确的校验和使用，包括零点、量程、线性校验及迁移。

以下是几款变送器的外形图，如图1-2、图1-3所示。



(a) 1151DR微差压变送器



(b) 2088系列扩散硅变送器

图 1-2 变送器外形图



图 1-3 一体式温度变送器

## 二、完成任务必备的知识

### (一) 信号制的知识

信号制指在成套仪表系列中，各个仪表的输入输出间采用何种统一联络信号来进行信号传输的问题。其不仅是为方便同一系列的各类仪表组成系统，而且还可以通过各种变送器或转换器将不同系列的仪表连接起来，混合使用，扩大仪表的应用范围，且能满足各类仪表同工业控制机等先进技术工具配合使用。

#### 1. 联络信号的类型

控制仪表和装置常用以下几种联络信号。

对于气动仪表，已统一使用20~100kPa的气压信号，作为仪表之间的联络信号。

对于电动仪表，分为模拟信号和数字信号，作为仪表之间的联络信号。其中电模拟信号

是学习的重点，而不同的仪表系列，所取信号的上、下限是不一样的，在此重点学习的是：

- ① 电动Ⅲ型仪表，4~20mA(DC) 电流信号及 1~5V(DC) 电压信号；
- ② 电动Ⅱ型仪表，0~10mA(DC) 电流信号（了解）。

## 2. 电信号的传输方式

电信号的传输方式指的是电流信号和电压信号的传输。用电流信号传输时，仪表是串联连接的；用电压信号传输时，仪表是并联连接的。

### (二) 变送器与控制室仪表间的信号传输

变送器是现场仪表，其输出信号送到控制室，而它的供电又来自控制室。变送器的信号传输和供电方式有两种。

#### 1. 四线制传输

供电和信号分别用两根导线传输，即控制室与现场之间是四根线，两根电源线，两根信号线，如图 1-4 所示。

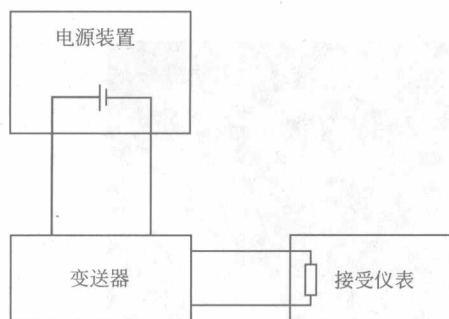


图 1-4 四线制传输

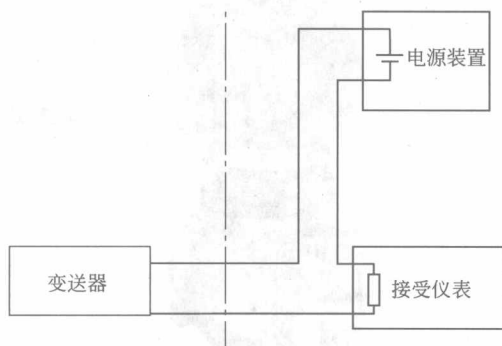


图 1-5 两线制传输

其特点是：电源与信号分别传输，故对电流信号的零点及元器件的功耗无严格要求。

#### 2. 两线制传输

变送器与控制室之间用两根导线传输，控制室与现场之间是二根线，这两根线既是电源线又是信号线，如图 1-5 所示。

其特点是：两根导线既是电源线又是信号线，故可节省许多电缆线和安装费用，但变送器必须是零点不为零的电流或电压信号以满足功率要求。如图 1-5 所示的连接方式即为两线制。

总的来说，传输方式为进出控制室的传输信号采用电流信号，控制室内部各仪表间联络信号采用电压信号。

### (三) 电容式差压变送器

图 0-1 中的流量变送器是由压力（差压）变送器和开方器组成。因此压力变送器是最基本的，而开方器是运算器中的一种，在实际中与变送器结合起来使用是常见的，故需要分别学习这两类仪表的基本知识。

电动Ⅲ型压力（或差压）变送器种类较多，其中电容式差压变送器应用较广泛，故本书以电容式差压变送器为例。

压力（或差压）变送器根据测压范围可分成一般压力（差压）变送器（0.001~20MPa）

和微差压变送器（0~30kPa）两类。

### 1. 组成框图

电容式差压变送器是没有杠杆机构的变送器，其整个结构特点是无机械传动与调整装置。采用差动电容作为检测元件，并且用全封闭焊接的方式将测量部分进行固体化。因此，仪表结构简单，整机性能稳定、可靠，具有较高的精度。其框图如图 1-6 所示。

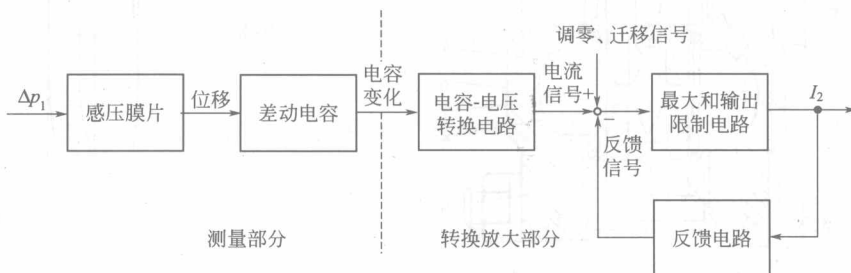


图 1-6 电容式差压变送器组成方框图

被测介质的高、低两个压力分别通入高（H）、低（L）压力室，作用在敏感元件的两侧隔离膜片上，通过隔离膜片经填充液传送到测量膜片两侧。测量膜片与两侧绝缘体上的电极各组成一个电容器，在无压力通入或两侧等压时测量膜片处在中间位置，两侧的电容量相等，当两侧压力不一致时，致使测量膜片产生位移，其位移量和压力差成正比，这种位移转变为电容极板上形成差动电容，通过电子线路的检测放大转换，输出 4~20mA(DC) 两线制信号。压力变送器相同，所不同的是低压室为大气压或真空。

变送器的主要性能指标如下。

基本误差：有 ±0.25%、±0.35% 和 ±0.5% 三种。

负载电阻：0~600Ω（在 24V 直流供电时），0~1650Ω（在 45V 直流供电时）。

信号传输：0~20mA(DC) 两线制。

电源电压：12~45V(DC)，一般为 24V(DC)。

#### (1) 测量部分的说明

测量部件的作用是把被测差压  $\Delta p_i$  转换成电容量的变化。它由正（高）、负（低）压测量室和差动电容敏感元件等部分组成。测压部件的结构如图 1-7 所示。

差动电容敏感元件包括中心感压膜片（可动电极），正、负压侧弧形电极（固定电极），电极引线，正压侧、负压侧隔离膜片和基体等。在差动电容敏感元件的空腔内充有硅油，用以传递压力。中心感压膜片和其两边的正、负压侧弧形电极形成电容  $C_{11}$  和  $C_{12}$ 。当作用在正、负压侧隔离膜片上的压力相等时， $C_{11} = C_{12}$ 。

当正、负压室引入的被测压力  $p_1$ 、 $p_2$  作用于正、负压侧隔离膜片上时， $p_1$  和  $p_2$  通过硅油的传递，分别引入到中心感压膜片的两侧。 $p_1$  和  $p_2$  之差，即  $\Delta p_i$  使中心感压膜片产生位移，从而使中心感压膜片与其两边弧形电极的间距不相等，结果使一个电容（ $C_{11}$ ）的容量减小，另一个电容（ $C_{12}$ ）的容量增加。其原理图如图 1-8 所示。

由于膜片的位移微小，因此，膜片在差压  $\Delta p_i$  作用下的位移量  $\Delta S$  与差压  $\Delta p_i$  之间具有良好的线性关系，即为

$$\Delta S = K_1 \Delta p_i \quad (1-1)$$

式中  $K_1$ ——位移-差压转换的比例系数，取决于膜片材料特性和结构变量。

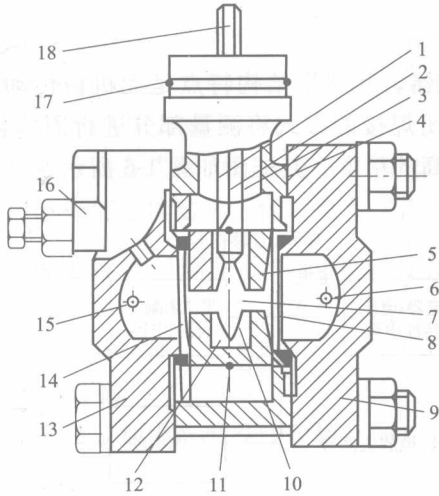


图 1-7 测压部件结构

1~3—电极引线；4—差动电容膜盒座；5—差动电容膜盒；  
6—负压侧导压口；7—硅油；8—负压侧隔离膜片；9—负压室  
基座；10—负压侧弧形电极；11—中心感压膜片；12—正压侧弧形  
电极；13—正压室基座；14—正压侧隔离膜片；15—正压  
侧导压口；16—放气排液螺钉；17—O形密封环；18—插头

图 1-8 差动  
电容变化示意图

这样，设测量膜片与两弧形电极间的距离分别为  $S_1$  和  $S_2$ ，则有以下结论。

①  $\Delta p_i = 0$  时，测量膜片与两弧形电极间的距离相等，设其间距为  $S_0$ ，则有  $S_1 = S_2 = S_0$ 。

②  $\Delta p_i \neq 0$  时，则测量膜片与两弧形电极间的距离将由原来的  $S_0$  分别变为

$$S_1 = S_0 + \Delta S, S_2 = S_0 - \Delta S$$

若不考虑边缘电场影响，测量膜片与两边弧形电极构成的电容  $C_{i1}$  和  $C_{i2}$ ，可近似地看作平行板电容器，其电容量可分别表示为

$$C_{i1} = \frac{\epsilon A}{S_1} = \frac{\epsilon A}{S_0 + \Delta S} \quad (1-2)$$

$$C_{i2} = \frac{\epsilon A}{S_2} = \frac{\epsilon A}{S_0 - \Delta S} \quad (1-3)$$

式中  $\epsilon$ ——电容  $C_{i1}$  和  $C_{i2}$  内介质的介电常数；

$A$ ——电容  $C_{i1}$  和  $C_{i2}$  的弧形电极板的面积。

两电容之差为

$$\Delta C = C_{i2} - C_{i1} = \epsilon A \left( \frac{1}{S_0 - \Delta S} - \frac{1}{S_0 + \Delta S} \right) \quad (1-4)$$

由式(1-4)可知，两电容量的差值与测量膜片的位移  $\Delta S$  成非线性关系，显然不能满足高精度的要求。若取两电容量之差与两电容量和的比值，则有

$$\frac{C_{i2} - C_{i1}}{C_{i2} + C_{i1}} = \frac{\epsilon A \left( \frac{1}{S_0 - \Delta S} - \frac{1}{S_0 + \Delta S} \right)}{\epsilon A \left( \frac{1}{S_0 - \Delta S} + \frac{1}{S_0 + \Delta S} \right)} = \frac{\Delta S}{S_0} = K_2 \Delta S \quad (1-5)$$

式中， $K_2 = \frac{1}{S_0}$  为比例常数。

由式(1-5)可知以下结论。

① 差动电容的相对变化值  $\frac{C_{i2} - C_{i1}}{C_{i2} + C_{i1}}$  与  $\Delta S$  呈线性关系，因此转换电路就是将这一相对变化量变换为直流电流信号。

②  $\frac{C_{i2} - C_{i1}}{C_{i2} + C_{i1}}$  与介电常数  $\epsilon$  无关，这一点非常重要，因为  $\epsilon$  是随时变化的，现  $\epsilon$  不出现在式中，无疑可减小温度对变送器的影响，从原理上消除了灌注液介电常数的变化给测量带来的误差。

③  $\frac{C_{i2} - C_{i1}}{C_{i2} + C_{i1}}$  的大小与  $S_0$  有关， $S_0$  减小，差动电容的相对变化量越大，即灵敏度越高。

## (2) 转换放大部分的说明

转换放大电路的作用是将上述差动电容的相对变化值，转换成标准的电流输出信号，此外，还需要实现零点调整、正负迁移、量程调整等功能。其原理框图如图 1-9 所示。

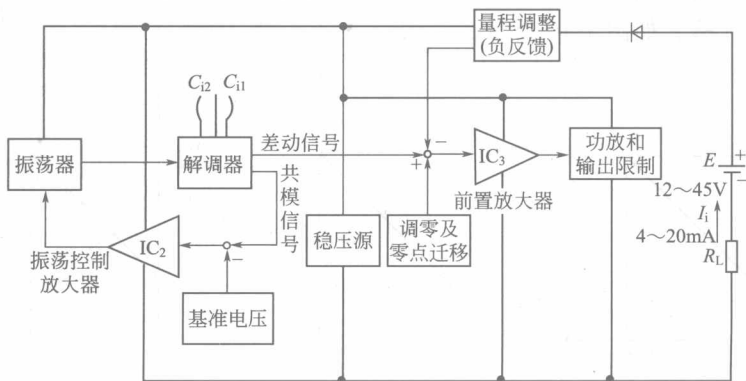


图 1-9 转换放大部分电路原理框图

该电路包括电容-电流转换电路及放大电路两部分。电容-转换部分主要有振荡器、解调器、振荡控制放大器，这部分的作用是将差动电容的相对变化量  $\frac{C_{i2} - C_{i1}}{C_{i2} + C_{i1}}$  成比例地转换成差动电流信号  $I_i$ ，并实现非线性补偿功能。放大电路部分主要有前置放大器、调零与零点迁移电路、量程调整电路、功放与输出限制电路等组成，该部分电路的作用是将差动电流  $I_i$  进行放大，并输出 4~20mA 的直流电流。

其整机的工作原理为：被测差压  $\Delta p$  作用到测量膜片两侧，使它产生位移，于是低压侧测量膜片和固定电极间的距离减少，电容  $C_{i2}$  增加；高压侧测量膜片和固定电极间的距离增加，电容  $C_{i1}$  减少。由于该差动电容是接在高频振荡器的输出回路上，因此电容的变化就被转换为高频电流  $I_L$  和  $I_H$  的变化，经解调后输出两组信号：一组为差动信号  $I_L - I_H$ ，另一组为共模信号  $I_L + I_H$ 。

共模信号  $I_L + I_H$  去振荡控制器输出端的两对基准电阻上，产生输入电压  $U_1$ ，以和基准电压源在这两对电阻上产生的电压  $U_2$  相比较，差值  $\Delta U$  经放大后去振荡器。由于振荡器、解调器和振荡控制放大器组成深度负反馈电路，所以共模电流  $I_L + I_H$  的值保持不变，从而使振荡器的输出电压幅值  $U_{PP}$ 、频率  $f$ 、和  $I_L + I_H$  三者的乘积不变，以提高仪表的稳定性。

差动电流  $I_L - I_H$  与被测压差成正比，它进入电流控制放大器，经放大与处理后，输出

4~20mA 电流信号。

零位和正负迁移调节是改变加在电流放大器输入端的偏置电流，量程调节则是改变电流负反馈系数，限流器是不让输出电流超过规定范围，以免损坏电子元件和保证本质安全的实现，反极性保护是在电源极性接反的情况下不使仪表损坏。

### (3) 与控制室仪表的接线

该仪表与控制室仪表为两线制的接线方式，具体如图 1-5 所示。

## 2. 零点迁移

差压变送器可以测量和转换的参数主要有压力、流量、液位等。而在实际工程测量这些参数时，常常需要将测量的起始点迁移到某一数值（正值或负值），即所谓的零点迁移。零点调整和零点迁移的目的，是使变送器输出信号的下限值  $y_{\min}$  与测量信号的下限值  $x_{\min}$  相对应。

例如，测量液位参数时，因被测介质的性质及变送器安装位置与被测介质的液位不在同一水平面时，就会有零点迁移产生。零点迁移分正迁移和负迁移。在未加迁移时，测量起始点为零；当测量的起始点由零变为某一正值，称为正迁移；反之，当测量起始点由零变为某一负值，称为负迁移。如图 1-10 所示。

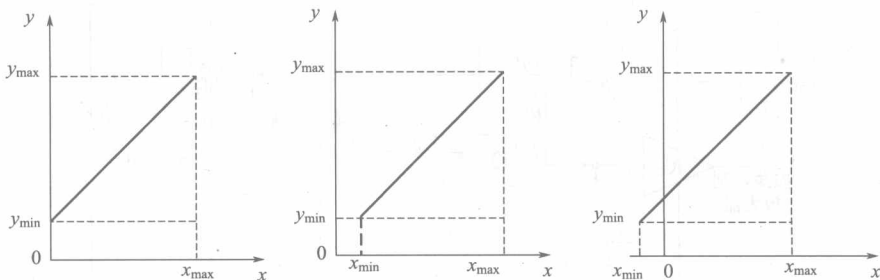


图 1-10 变送器零点迁移前后的输入输出特性

下面通过例题形式说明。

### (1) 不需迁移的情况

用差压变送器测量液位的原理可如图 1-11 所示。图中被测液体蒸发后不易冷凝，差压变送器与液体导压管水平安装。如设液体导压管至液面距离为  $H$ ，液体密度为  $\rho$ ，气相压力为  $p_{\text{气}}$ ，则

$$\text{正压室压力} \quad p_1 = p_{\text{气}} + H\rho g$$

$$\text{负压室压力} \quad p_2 = p_{\text{气}}$$

$$\text{正、负压室的差压为} \quad \Delta p = p_1 - p_2 = H\rho g$$

式中  $g$ ——重力加速度。

由式可知，由于液体密度  $\rho$  一定，故差压  $\Delta p$  与液位高度  $H$  成一一对应关系。这样就把测量液位的问题归结为测量差压的问题，而用差压变送器可以很方便地把差压测量出来，并转换成统一标准信号。即当  $H=0$ 、 $\Delta p=0$ ，从而知差压变送器的输出为  $I=4\text{mA}$ ，故不需迁移。

### (2) 测量液位需迁移问题

用差压变送器或单法兰差压变送器在测量液位时，因变送器安装位置低于零液位，于是就有液体进入变送器正（高）压室或负（低）压室中。因此，在液面处于零液位

时, 虽然被测液位发生的差压为零, 但变送器测量膜盒感受的差压并不为零, 而有一个附加差压存在, 故应进行零点迁移。根据安装测量的具体情况不同, 有正迁移和负迁移两种。

① 正迁移情况 被测介质无腐蚀性, 气相又不冷凝, 差压变送器安装位置低于设备下部取压口, 如图 1-12 所示。

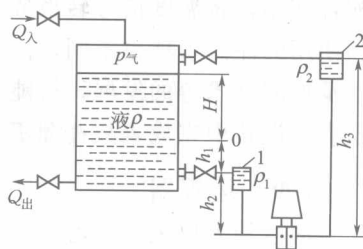
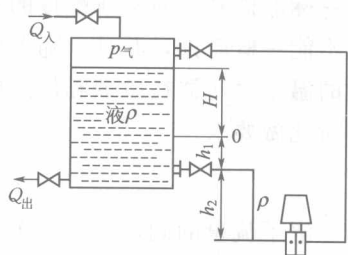
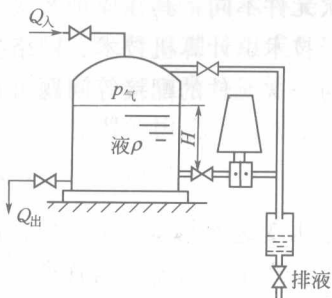


图 1-11 差压变送器测量液位示意图 图 1-12 液位测量正迁移情况

图 1-13 液位测量负迁移情况

在液面处于零位 ( $H=0$ ) 时, 有

正压室压力

$$p_1 = \rho g(h_1 + h_2) + p_{\text{气}}$$

负压室压力

$$p_2 = p_{\text{气}}$$

式中  $\rho$ ——被测介质密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$g$ ——重力加速度,  $g=9.81/\text{s}^2$ ;

$h_1$ ——零液位与下取压口高度差,  $\text{m}$ ;

$h_2$ ——差压变送器安装位置与下取压口高度差,  $\text{m}$ ;

$p$ ——气相压力,  $\text{Pa}$ 。

则迁移量  $B$  为

$$B = p_1 - p_2 = \rho g(h_1 + h_2)$$

可见, 此时为正迁移。

当液位处于测量上限  $H$  时, 被测液体产生的压差为

$$\Delta p_{\text{max}} = \rho g H$$

式中  $H$ ——液位测量范围。

而此时差压变送器测量膜盒承受的差压为

$$A = B + \Delta p_{\text{max}} = \rho g(h_1 + h_2 + H)$$

从以上分析可知, 差压变送器的量程应按  $\Delta p_{\text{max}}$  数值调校, 迁移量应按  $B$  的数值调校。

② 负迁移的情况 当被测介质有腐蚀性时, 采用如图 1-13 所示的测液装置。在工艺设备的上取压口和下取压口安装有隔离装置, 用以防止差压变送器和导压管被腐蚀。

在零位液位时, 正压室压力为

$$p_1 = \rho g h_1 + \rho_1 g h_2 + p_{\text{气}}$$

负压室压力

$$p_2 = \rho_2 g h_3 + p_{\text{气}}$$

式中  $\rho$ ——被测介质密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

此时差压变送器测量膜盒承受的差压  $A$  为

$$A = B + \Delta p_{\text{max}} = (\rho g h_1 + \rho_1 g h_2 - \rho_2 g h_3 + \rho g H)$$



可见,上式表示了差压测量范围的下限值,也就是在零液位时膜盒承受的差压值。

必须指出,用差压变送器或单法兰差压变送器测量液位时,其变送器安装位置不能高于零位液面。另外,变送器进行零点迁移后,其测量的上限值不能超过该表所规定的上限值;迁移后量程不得小于该表的最小量程。

另外,就温度变送器做一简单的说明。模拟式的温度变送器必须与各种热电偶或热电阻配合使用,将温度信号转换成统一标准信号。显然所配接的一次元件不同,其在原理及接线和使用的注意事项也不同,因此不能一概而论,并且,随着电子技术、计算机技术、网络技术 & 控制技术等的发展,智能型的温度变送器在原理和使用中与一次元件的配接等问题可在仪表的设置中完成,故在此不再对此做要求。

#### (四) 运算器

通过检测仪表的学习,已经了解了流量的测定,广泛采用差压变送器与节流装置配套使用的方法。从节流原理知道,流体流经节流装置后,在其两边就会产生压力差。当管道、节流装置和工艺条件确定后,这个差压的大小与流量有一个确定的关系: $Q=K\sqrt{\Delta p}$ 。从此关系式中可知二者并不是线性关系,而若想满足线性关系,就必须利用运算器之一的开方器来实现。图 0-1 中即为这种情况。

运算器接受来自变送器的统一标准信号,对一个或几个输入信号进行加、减、乘、除、平方、开方等运算,以实现各种运算,满足自动检测和控制系统的要求。如上述提到的差压变送器与节流装置测流量需要开方器以实现线性关系;而在采用节流装置测量气体流量时,需利用乘除器对压力、温度进行自动补偿,使所测得的结果成为标准状态下的流量值以方便读取。

##### 1. 乘除器

###### (1) 概述

乘除器可对两个或三个直流电压信号进行下列四种运算,运算结果以 1~5V 直流电压或 4~20mA 直流电流输出。

$$\text{乘除运算} \quad U_o = N \frac{(U_{i1} - 1)(U_{i2} + U_{s2})}{U_{i3} + U_{s3}} + 1$$

$$\text{乘后开方运算} \quad U_o = \sqrt{N(U_{i1} - 1)(U_{i2} + U_{s2})} + 1$$

$$\text{乘法运算} \quad U_o = \frac{N}{4}(U_{i1} - 1)(U_{i2} + U_{s2}) + 1$$

$$\text{除法运算} \quad U_o = 4N \frac{U_{i1} - 1}{U_{i3} + U_{s3}} + 1$$

式中  $U_{i1}, U_{i2}, U_{i3}$  —— 输入信号;

$U_o$  —— 输出信号;

$N$  —— 运算系数;

$U_{s2}, U_{s3}$  —— 可调偏置电压。

在乘除器中设置的附加偏置电路,可使  $U_{s2}$  和  $U_{s3}$  的大小和正负均可根据补偿要求而改变,其运算系数也可根据需要进行调整。

乘除器的主要性能指标如下。

① 输入通道: 3 个。

② 输入信号: 1~5V DC 或 4~20mA DC。