

水利水电工程

自动化元件

主 编◎张向东 副主编◎谷立伟 赵云亮



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水利水电工程 自动化元件

主 编◎张向东

副主编◎谷立伟 赵云亮



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

·北京·

内 容 提 要

自动化元件是指在自动化系统中结构紧凑、功能单一的能够完成信息的获取、转换、显示、传送、处理和执行等功能的部件，是自动化系统中基础的部分，在元件与仪表之间并没有严格的界限。目前发展出越来越多的能同时集成多种功能的智能化自动化元件。本书详细介绍了水利工程中常见的自动化元件，内容共分为10部分，其中获取信息的元件按常见的测量物理量压力、液位、流量、温度、位移、转速、数显仪表、电动阀、电磁阀、全自动滤水器分类。

本书可为从事水利水电信息机电自动化的建设人员、运行维护人员及各级管理人员学习、工作提供指导和帮助。

图书在版编目(CIP)数据

水利水电工程自动化元件 / 张向东主编. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2017. 12
ISBN 978-7-5170-6236-3

I. ①水… II. ①张… III. ①水利水电工程—自动化
元件 IV. ①TV734

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第327624号

书 名	水利水电工程自动化元件 SHUILI SHUIDIAN GONGCHENG ZIDONGHUA YUANJIAN
作 者	主 编 张向东 副主编 谷立伟 赵云亮
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京中献拓方科技有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 6.75印张 160千字
版 次	2017年12月第1版 2017年12月第1次印刷
印 数	001—500册
定 价	30.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

前言

编委会

主 编：张向东

副主编：谷立伟 赵云亮

编写人员：苗志强 王 耿 姚 红 张向宇 王晓晨

宋云鹏 付清凯 刘卫其 闫 浩 苑金勇

刘芳浩 孙铭超 马金全 邢志友 王文斌

范迎春 武彦东 巩 伟 李同宇 武尧卿

董 帅 李 萌 郭 江 乔卫斌 张 静

张志华 黄 燕 高学臣 雷 亮 李小龙

刘红旺 王 心 王树新

编 者

2017年10月

前言

FOREWORD

基础自动化元件(装置)是监视水利水电工程设备运行工况、判断和处理异常状态、执行控制操作的耳目和手脚,其运行状况直接影响着工程和主要设备的自动控制和保护性能。

我国跨进世界科技强国离不开自动化水平的提升与完善。自动化不仅能保证产品的质量,提高经济效益,降低能耗,改善生态环境,而且能确保生产的安全与效率。

随着现代科学技术的不断进步,传统的生产方式已经不能满足现代化的需要。为了有效地减少生产过程中的人身事故及设备损坏,自动化元件(装置)的出现为此提供了有效的途径。在化工生产过程中由于实现了自动化,不但降低了工人的劳动强度,降低了设备损耗,更有效地提高了设备的利用率。因此,对于从事生产运行、维护、检修及管理的工作人员来讲,要想更好地做好本职工作并有所发展,必须学习自动化元件(装置)以及仪表方面的知识。

自动化元件按功能可大致分为6类:

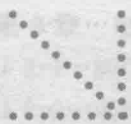
- (1) 获取信息的元件(传感器)。
- (2) 转换信息的元件(转换器)。
- (3) 显示信息的元件(显示器)。
- (4) 传送信息的元件(通信装置)。
- (5) 处理信息的元件(控制器)。
- (6) 执行信息的元件(执行器)等。

本书在编写过程中参阅了大量的技术文献和技术成果,特向其作者表示感谢。在编写的过程中得到了水利部机电研究所的大力协助,在此表示感谢。

由于编者的水平有限,缺点和错误难免,希望广大读者批评指正。

编者

2017年10月



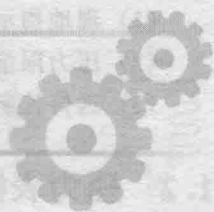
目 录

CONTENTS

前言	
第 1 章 压力监测元件	1
1.1 概述	1
1.2 压力表概述	2
1.3 电接点压力表	4
1.4 压力开关 (压力控制器)	6
1.5 压力变送器	8
第 2 章 液位监测元件	13
2.1 概述	13
2.2 玻璃管 (板) 液位计	16
2.3 浮球液位开关	16
2.4 磁翻柱液位计	17
2.5 浮球连续式液位计	18
2.6 浮子重锤式液位计	19
2.7 压力式液位计	20
2.8 超声波液位计	23
2.9 雷达液位计	25
第 3 章 流量监测元件	26
3.1 概述	26
3.2 分类	26
3.3 电磁流量计	30
3.4 超声波流量计	34
第 4 章 温度监测元件	39
4.1 概述	39
4.2 温度变送器的分类	39
4.3 玻璃管温度计	40

4.4	压力式温度计	40
4.5	双金属温度计	41
4.6	热电阻 RTD	42
4.7	热电偶 (T/Cs)	43
4.8	温度开关	45
4.9	一体化温度变送器	45
4.10	智能温度变送器	46
4.11	温度显示仪表	46
4.12	非接触式温度计	47
第 5 章	位移监测元件	48
5.1	概述	48
5.2	位移传感器	48
5.3	位移传感器的分类	49
5.4	应用	49
5.5	电位器式位移传感器	50
5.6	电感式位移传感器	50
5.7	电容式传感器	51
5.8	磁致伸缩位移传感器	52
5.9	激光位移传感器	53
5.10	闸门开度测控仪	53
第 6 章	转速监测元件	57
6.1	概述	57
6.2	转速测量原理分类	57
6.3	转速传感器分类及测量方式	60
第 7 章	数显仪表	68
7.1	概述	68
7.2	分类	68
7.3	数显仪表的构成及原理	69
7.4	智能式数字显示仪表	69
7.5	数显仪表的性能特点	69
7.6	数显仪表的技术指标	70
7.7	数显仪表的技术参考标准	71
7.8	数显仪表的安装	71
7.9	数显仪表的故障维修	72
7.10	数显仪表的选型	73
7.11	选型示例	74

第 8 章 电动阀	76
8.1 阀门电动装置简介	76
8.2 电动阀门分类	77
8.3 电动阀门功能及电气控制	78
8.4 角行程电动执行器 (转角小于 360°)	78
8.5 多回转电动执行器 (转角大于 360°)	79
8.6 直行程电动执行器 (直线运动)	79
8.7 智能型电动阀门控制器工作原理和功能	80
8.8 电动阀门控制器的调整与安装	81
8.9 电动阀门的常见故障处理	82
第 9 章 电磁阀	84
9.1 电磁阀作用	84
9.2 电磁阀工作原理	84
9.3 电磁阀结构	85
9.4 电磁阀分类及图形符号介绍	85
9.5 电磁阀的选型指导	89
9.6 电磁阀的安装须知	90
9.7 电磁阀使用和维修	91
9.8 电磁阀故障分析与排除方法	91
第 10 章 全自动滤水器	93
10.1 概述	93
10.2 基本组成	94
10.3 工作原理	94
10.4 不同结构形式滤水器的特点	95
10.5 主要配件	96
10.6 工作流程	96
10.7 常见故障及排除方法	97



1.1 概述

1.1.1 压力的概念

压力是垂直均匀地作用在单位面积上的力。

压力的法定计量单位是帕斯卡（简称帕），符号为 Pa，常用法定计量单位还有 kPa、MPa。1 帕斯卡就是 1 牛顿（N）的力作用在 1 平方米（ m^2 ）面积上所产生的压力。

1.1.2 压力测量分类

压力测量分为表压、绝压、差压 3 种。表压、绝压和大气压的关系如图 1.1 所示。

(1) 地球表面存在大气压强，科学上规定 1 标准大气压为 1.013×10^5 Pa。

(2) 绝对压强，指作用于物体表面积上的全部压强。以绝对零压强作零点所计算的压强称为绝对压强。

(3) 表压就是以大气压强做零点所计算的压强，又称为相对压强。绝压等于表压加大气压。

表压分为密封表压和通气表压，密封表压是以一个标准的大气压为零点，通气表压则以当地实时气压为零点。高于大气压的压力为正压，低于大气压的压力为负压。负压又可用真空度表示，负压的绝对值称为真空度。

(4) 差压（压差）就是两个压强之间的相对差值。

1.1.3 压力监测元件应用

几种压力监测元件如图 1.2 所示。

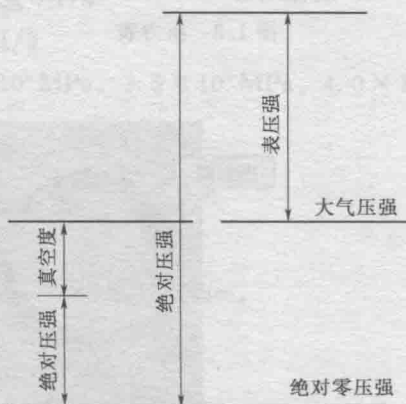


图 1.1 表压、绝压和大气压的关系



(a) 压力表



(b) 电接点压力表



(c) 压力开关



(d) 压力变送器

图 1.2 几种压力监测元件

- (1) 现地指示：压力表。
- (2) 压力限值检测：电接点压力表、压力开关。
- (3) 远传控制：压力变送器。

1.2 压力表概述

1.2.1 工作原理

压力表表内的弹性敏感元件在压力作用下产生与压力呈线性关系的弹性变形，通过传动机构进行放大，由指针在刻有法定计量单位的分度盘上指示出被测的压力（图 1.3~图 1.5）。



图 1.3 压力表

1.2.2 分类

1. 按测量范围

压力表可分为压力表、真空表、压力真空表。

- (1) 压力表用于测量大于大气压力的压力值。
- (2) 真空表用于测量小于大气压力的压力值。
- (3) 压力真空表用于测量小于和大于大气压力的压力值。

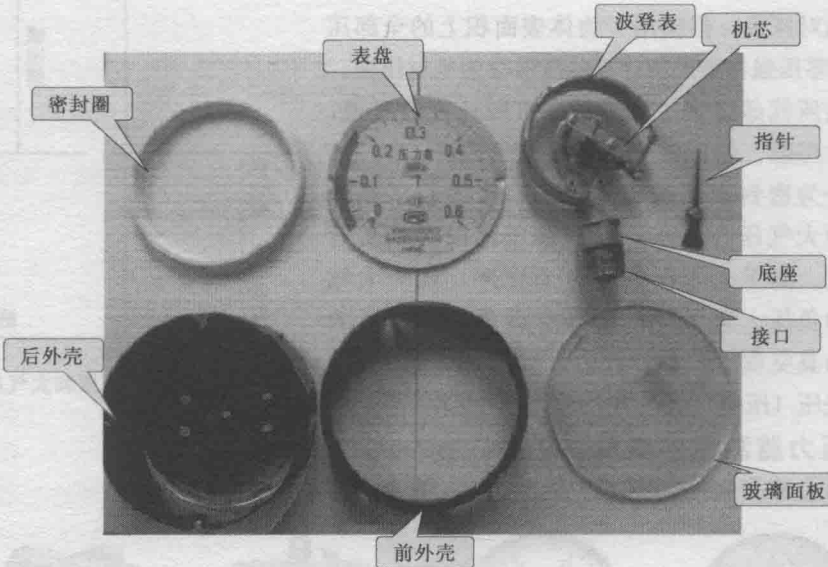


图 1.4 压力表结构

2. 按安装方式分

压力表可分为直接安装压力表、嵌装（盘装）压力表、凸装（墙装）压力表。

3. 按精度等级分

- (1) 一般压力表的精度等级分为 1.0 级、1.6 级、2.5 级、4.0 级。
- (2) 精密型压力表的精度等级分别为 0.1 级、0.16 级、0.25 级、0.4 级。

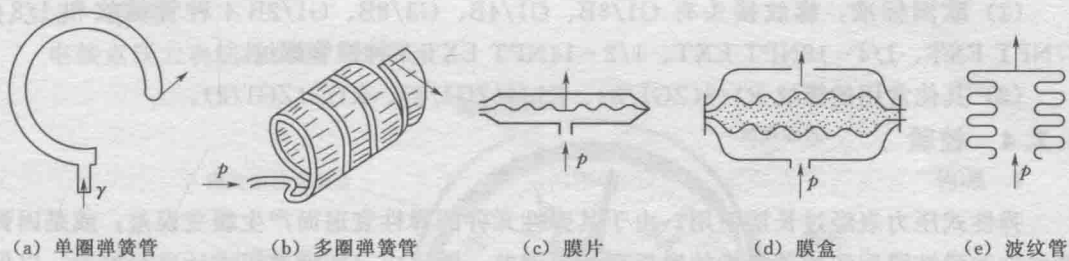


图 1.5 常用的弹性元件

1.2.3 选择类型

1. 选用因素

- (1) 按介质性质：腐蚀介质用不锈钢型。
- (2) 按输出信号：防爆要求时必须选用防爆型。
- (3) 按使用环境：腐蚀性气体环境用不锈钢型。振动场合的选用耐震型。

2. 量程

- (1) 被测压力较稳定时： $P_{0\max} \div 3/4 \leq P_{\max} \leq P_{0\min} \div 1/3$
- (2) 被测压力波动较大时： $P_{0\max} \div 2/3 \leq P_{\max} \leq P_{0\min} \div 1/3$
- (3) 测量脉动压力时： $P_{0\max} \div 1/2 \leq P_{\max} \leq P_{0\min} \div 1/3$

说明，国内量程系列为： 1.0×10^n MPa、 1.6×10^n MPa、 2.5×10^n MPa、 4.0×10^n MPa、 6.0×10^n MPa。

3. 精度等级的确定

根据实际要求允许的最大测量误差来确定仪表的精度等级。

4. 仪表外壳公称直径

公称直径分别为 40mm、50mm、100mm、150mm、200mm、250mm。

5. 安装方式

安装方式分为直接安装、嵌装（盘装）（图 1.6）、凸装（墙装）。

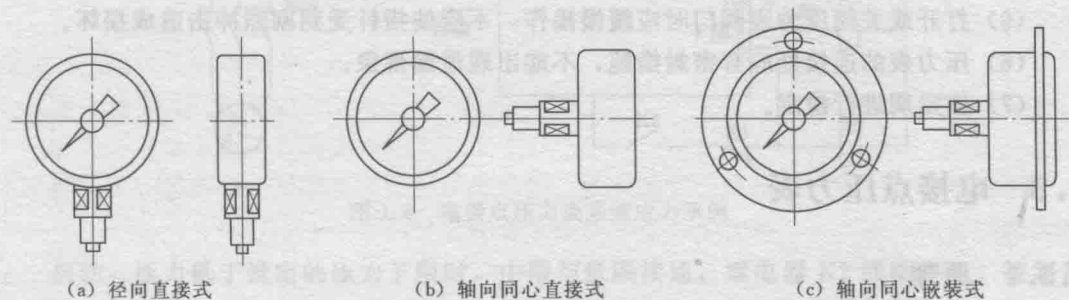


图 1.6 安装方式

6. 连接螺纹

- (1) 国内标准，Y-40 压力表的连接螺纹为 M10×1，Y-60 压力表的连接螺纹为 M14×1.5，Y-100、Y-150、Y-200、Y-250 压力表的连接螺纹为 M20×1.5。

(2) 欧洲标准, 螺纹接头有 G1/8B、G1/4B、G3/8B、G1/2B 4 种管螺纹和 1/8 - 27NPT EXT、1/4 - 18NPT EXT、1/2 - 14NPT EXT 3 种锥管螺纹。

(3) 其他常用的螺纹 R1/8(ZG1/8)、R1/4(ZG1/4)、R1/2(ZG1/2)。

1.2.4 校验

1. 原因

弹性式压力表经过长期使用, 由于其弹性元件的弹性衰退而产生缓变误差; 或是因弹性元件的弹性滞后和传动机构的磨损而产生误差。所以应定期地对压力计进行校验, 以保证测量的可靠性。

2. 校验方法

校检是将被校压力表与标准压力表通以相同的压力, 用标准表的示值作为真值, 比较被校表的示值, 即可确定被校表的误差, 以校验被校表的精度、变差等性能。标准表的最大允许误差绝对值 Δ_{\max} 应不大于被校表最大允许误差绝对值 Δ_{\max} 的 1/4, 即

$$(\Delta_{\max})_{\text{标准}} \leq \frac{(\Delta_{\max})_{\text{被校}}}{4}$$

1.2.5 正确使用与维护

(1) 压力表必须相对于地面垂直安装。

(2) 检定合格且合格证在有效期内的压力表才能安装使用。

(3) 外观检查。

1) 压力表的零部件装配应牢固, 无松动现象。

2) 压力表安全孔上应有防尘装置, 当发现防尘橡胶盖脱落时要重新安好。

3) 压力表按其所测量介质不同, 在压力表上应有相应规定的色标, 并注明特殊介质的名称, 氧气表还必须标有红色“禁油”字样。

4) 玻璃应无色透明, 不应有妨碍读数的缺陷和损伤。

5) 分度盘应平整光洁, 各标志应清晰可辨。

6) 如发现压力表本身有渗漏情况, 应关闭压力表根部阀门, 汇报处理。

(4) 严禁超量程使用。

(5) 打开或关闭压力表阀门时应缓慢操作, 不应使指针受到剧烈冲击造成损坏。

(6) 压力表的连接处应有密封措施, 不能出现泄漏现象。

(7) 应定期进行检定。

1.3 电接点压力表

1.3.1 原理

电接点压力表仪表由测量系统、指示系统、磁动电接点装置、外壳、调整装置和接线盒(插头座)等组成, 是在标准压力表的基础上添加了两组电接点, 电接点与压力表指针联动, 可以在压力表量程内任意导通触点和关断触点, 可以实现一定的压力区间的恒压控制。电接点压力表是在普通压力表上增加了电接点信号装置, 除电接点信号装置外与普通压力表相同。

1.3.2 结构

电接点压力表结构如图 1.7 所示。

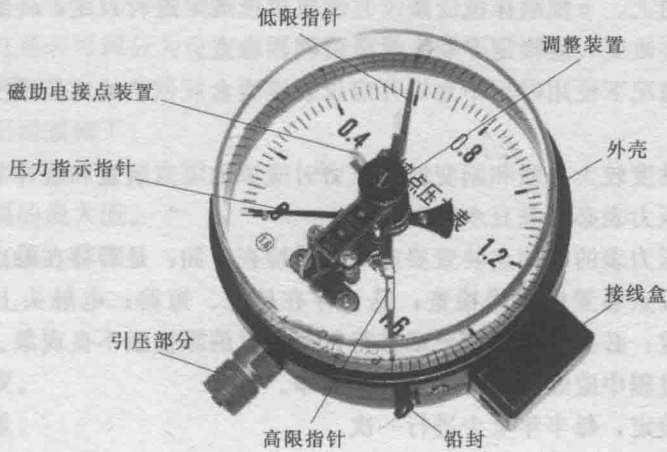


图 1.7 电接点压力表结构图

1.3.3 应用示例

消防泵房内电接点压力表采集消防管网的压力示例，通过压力的变化，来控制稳压泵的启动、停止，如图 1.8 所示。

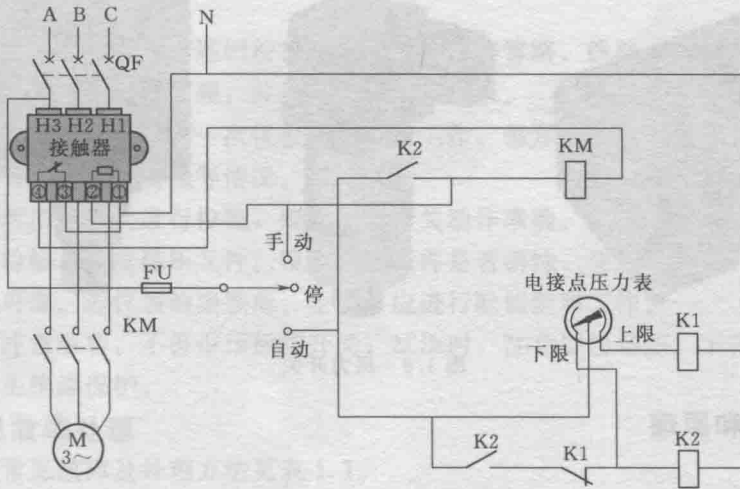


图 1.8 电接点压力表采集应力示例

启动：压力低于设定的压力下限，中限与低限接通，继电器 K2 线圈得电，控制常开触点 K2 闭合并自锁，使得接触器 KM 线圈得电，使得接触器常开触点闭合，主路得电，从而启动稳压泵。

停止：随着稳压泵的启动，压力逐渐上升，中线与高限接通，继电器 K1 线圈得电，控制常闭触点 K1 变常开，控制线路断路，K2 线圈失电，K2 闭合自锁触点变常开，从而使得接触器线圈 KM 失电，KM 闭合触点断开，主路失电停泵。

1.3.4 正确使用与维护

(1) 搬运及安装时应避免碰撞和震动。

(2) 电接点的上、下限动作值应按工艺的要求或规定进行设定，一经设定后就不能让无关人员再去调整改变，应指定专职人员负责调整检查。

(3) 在正常情况下使用时，不允许开启仪表接线盒或调整给定值范围，如果需要须在切断电源后进行。

(4) 在测量黏度较大介质和剧变波动压力时应添加隔离装置和缓冲装置。

(5) 电接点压力表必须垂直水平面安装。

(6) 电接点压力表的电接点装置要定期进行检查，如：是否存在触点位置不正或触点金属杆松动；电接点装置的绝缘检查；是否存在接地、短路；电触头上是否有油污、粉尘；是否氧化严重；必要时应用细砂纸进行打磨，以消除接触不良现象。

(7) 在使用过程中应经常保持其干燥和洁净。

(8) 应定期检定，每半年至少进行一次。

1.4 压力开关（压力控制器）

压力开关如图 1.9 所示。



图 1.9 压力开关

1.4.1 定义和原理

1. 定义

压力开关是一种简单的压力控制装置，通常是与电器开关相结合的装置。当被测压力达到额定值时，压力开关接点动作发出警报或控制信号。

2. 工作原理

当被测压力超过额定值时，弹性元件的自由端产生位移，直接或经过比较后推动开关元件，改变开关元件的通断状态，达到控制被测压力的目的。

1.4.2 分类

(1) 按工作原理分为如下两种。

1) 机械式压力控制器。

2) 电子式压力控制器。

(2) 按感压元件分为弹簧管、膜片、膜盒、活塞式、波纹管等。

(3) 按切换差是否可调分为切换差可调型和切换差不可调型。

(4) 按设定点是否可调分为设定点可调型和设定点不可调型。

1.4.3 选用因素

压力开关选用因素如下。

(1) 精度。

(2) 压力范围的最大值。

(3) 设定点(值)范围。

(4) 满量程。

(5) 切换差。

(6) 工作温度。

(7) 接点数量。

(8) 耐压。

(9) IP(防护等级)。

1.4.4 正确使用与维护

正确使用与维护要做到3个定期:定期维护、定期检修、定期校验。

做到这3个定期,不仅可以提高压力控制器的稳定性,还能延长压力控制器的使用寿命。

(1) 巡回检查:每天进行巡回检查。查看表体连接管路、线路、阀门是否有泄漏、损坏、腐蚀;发现问题应及时处理,并做好巡回检查记录。

(2) 定期维护:每周进行一次仪表外部清洁工作。每月检查一次仪表弹簧管、接线端子、导压管等有无泄漏、腐蚀等情况。

(3) 定期对压力开关进行校验,确保压力开关动作准确。

(4) 定期检修:清洗感压元件;检查感压元件是否锈蚀、变形或损坏;检查微动开关动作是否灵活可靠。若仪表油漆脱落、生锈,应进行除锈防腐工作。

(5) 安全注意事项:不得带压拆卸开关;试压时,注意缓慢加压,不得超压;拆除接线时,注意线头绝缘保护。

1.4.5 常见故障处理

压力开关常见故障及处理方法见表1.1。

表 1.1 压力开关常见故障及处理方法

现象	原因	处理方法
无输出信号	引线断开	重新连接引线使接触良好
	截止阀未打开	打开截止阀
	截止阀或导压管堵塞	清洗阀门、疏通管道
	开关设定值调得过高	调整到适宜的设定值

现象	原因	处理方法
无输出信号	微动开关损坏	检修或更换微动开关
	感压部分装配不良, 有卡滞现象	重新装配, 使动作正常
	感压元件损坏	更换感压元件
灵敏度差	装配不良/传动机构(顶杆或柱塞等)摩擦力过大	重新装配, 使动作灵敏
	微动开关接触行程太长	合理调整微动开关的接触行程
	调整螺钉、顶杆等调节不当	合理调整钉和顶杆位置
	安装不当, 如不平和倾斜安装	改为垂直或水平安装
发信号过快	系统冲击压力太大	增设阻尼设备, 以减弱冲击压力

1.5 压力变送器

1.5.1 定义

压力变送器主要由测压元件传感器(也称作压力传感器)、测量电路组成。它能将测压元件传感器感受到的气体、液体等物理压力参数转变成标准的电信号(如 $4\sim 20\text{mA}$ 等), 以供给指示报警仪、记录仪、调节器等二次仪表进行测量、指示和过程调节, 如图 1.10 所示。



图 1.10 压力变送器

1.5.2 分类

(1) 按压力敏感部件主要类型分为应变片型、扩散硅型、压电型、蓝宝石型、陶瓷型等。

(2) 按性能分模拟型和智能型, 如图 1.11 所示。

1.5.3 原理

(1) 压力变送器: 当压力信号作用于传感器时, 压力传感器将压力信号转换成电信号, 经差分放大和输出放大器放大, 最后经 V/A 电压电流转换成与被测介质(液体)的

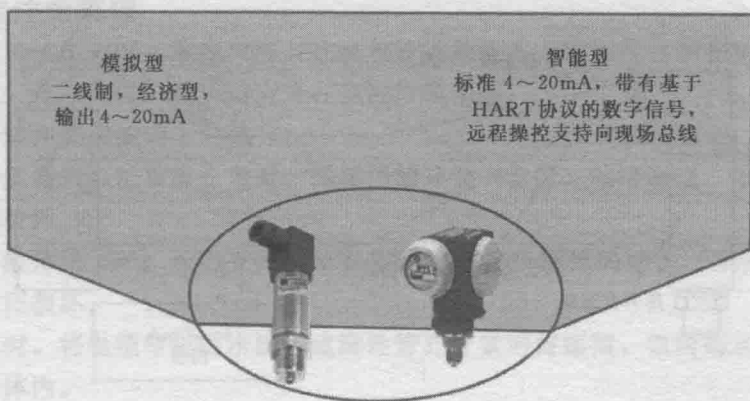


图 1.11 模拟型和智能型压力变送器

液位压力成线性对应关系的 $4\sim 20\text{mA}$ 标准电流输出信号, 如图 1.12 所示。

(2) 差压变送器是测量变送器两端压力之差, 输出标准信号 (如 $4\sim 20\text{mA}$ 、 $0\sim 5\text{V}$)。差压变送器与一般的压力变送器不同的是它们均有 2 个压力接口, 差压变送器一般分为正压端和负压端, 一般情况下, 差压变送器正压端的压力应大于负压段压力才能测量, 如图 1.13 所示。

1.5.4 二线制输出接线

二线制输出接线形式如图 1.14 所示。

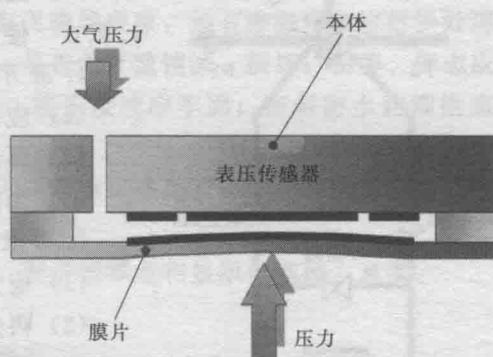


图 1.12 压力变送器工作原理示意图

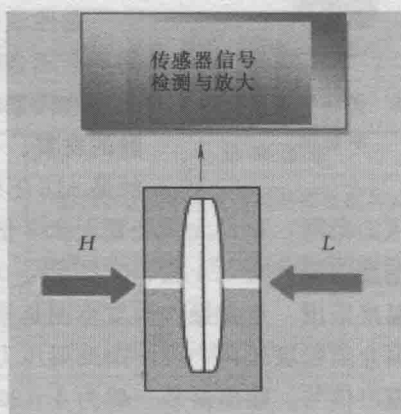


图 1.13 差压变送器及工作原理示意图

1.5.5 差压变送器的应用

- (1) 与节流元件相结合, 利用节流元件前后产生的压差值测得液体流量。
- (2) 利用压力随液位变化而变化原理测得液位 (图 1.15)。