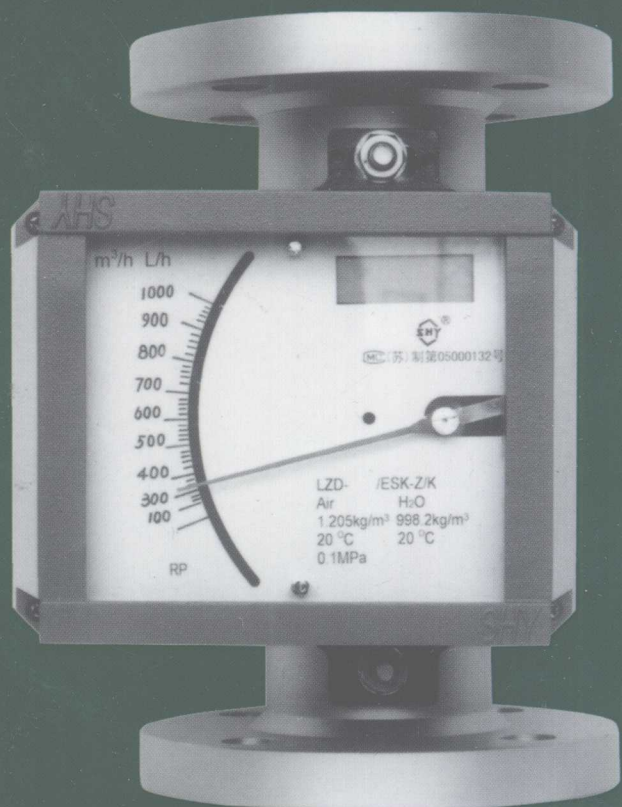


中等职业学校化工类专业课程改革试验教材

化工仪表及自动化

纪绍青 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

中等职业学校化工类专业课程改革试验教材

化工仪表及自动化

纪绍青 主编

高等教育出版社

内容简介

本书根据教育部颁发的中等职业学校现行化工类相关专业教学指导方案,结合中等职业学校化工类专业课程改革,并参照化工行业相关技能鉴定标准编写。

本书对过程检测仪表、过程控制仪表、生产过程自动化的基本知识和基本操作等传统知识作了详细的介绍,并融入了智能化测控仪表、可编程控制器、集散控制系统、现场总线控制系统等新技术方面的内容,以适应当代科学技术发展的趋势。

本书以培养技能应用型人才为目标,内容深入浅出、突出实际、选材新颖,重在提高学生应用能力。

本书采用出版物短信防伪系统,用封底下方的防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作,可查询图书真伪并可赢得大奖。登录 <http://sv.hep.com.cn>,可获得图书相关信息及资源。

本书可作为职业院校化学工艺及相关专业的教材,也可供石油化工、轻工、制药、冶金和电力等行业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化工仪表及自动化/纪绍青主编. —北京:高等教育出版社,2009.5

ISBN 978-7-04-025978-0

I. 化… II. 纪… III. ①化工仪表-专业学校-教材②化工过程-自动控制系统-专业学校-教材
IV. TQ056

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 038434 号

策划编辑 李新宇 责任编辑 李葛平 封面设计 张楠 责任绘图 尹莉
版式设计 陆瑞红 责任校对 金辉 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京新华印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 850×1168 1/16
印 张 8
字 数 190 000

版 次 2009年5月第1版
印 次 2009年5月第1次印刷
定 价 14.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25978-00

前 言

本书根据教育部颁发的中等职业学校现行化工类相关专业教学指导方案,结合中等职业学校化工类专业课程改革,并参照化工行业相关技能鉴定标准编写。

本书根据培养化学工艺专业生产一线中初级专门人才的实际需要,以满足工艺专业岗位人员的实际能力需要为出发点,从适应当今自动化技术的发展、适应各种新技术所带来的变化的需要出发,针对化学工艺专业生产一线中初级专门人才的特点,从实际出发,从实用出发而编写,力求直观、简洁。全书从“过程检测仪表”、“过程控制仪表”、“过程控制系统”等方面精选内容,分三篇介绍。第一篇主要介绍自动化仪表,在第二篇中除了对生产过程自动化的基本知识和基本操作等传统知识作了介绍外,还融入了新型智能仪表、可编程控制器、新型集散控制系统、总线控制系统等新技术方面的内容,以适应当代技术发展的趋势。

为贯彻以人为本、以能力培养为本的教育指导思想,本书在教学内容的安排中,对理论知识部分,本着以够用为度的原则,尽可能减少理论推导分析及电路分析,着力降低理论要求;同时为提高学生的动手能力和综合应用能力,特将仪表及自动化部分典型综合实验单独列出,作为全书的第三篇内容。

本书采用出版物短信防伪系统,用封底下方的防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作,可查询图书真伪并可赢得大奖。登录 <http://sv.hep.com.cn>,可获得图书相关信息及资源。

本书由陕西省石油化工学校纪绍青主编,陕西省石油化工学校崔峰老师参与编写工作。第1章1.1、1.2、1.3节由崔峰老师执笔,其余部分由纪绍青执笔。陕西省石油化工学校乐建波老师担任主审。

本书在编写过程中,参考了大量资料,在此对参考资料的作者一并表示衷心的感谢。

由于编写者水平有限,书中难免有错误和疏漏,殷切希望广大读者批评指正。

编 者
2008年12月

绪论	1
----------	---

第一篇 自动化仪表

第 1 章 过程检测仪表	7	习题	28
1.1 过程检测仪表的分类	7	第 2 章 过程控制装置	29
1.1.1 过程检测仪表的构造	7	2.1 过程控制仪表概述	29
1.1.2 过程检测仪表的分类	7	2.1.1 过程控制仪表的分类与特点	29
1.2 压力、物位检测仪表	8	2.1.2 控制仪表的信号制与信号 传输方式	30
1.2.1 压力检测仪表概述	8	2.2 过程控制仪表的使用	31
1.2.2 弹簧管压力表	8	2.2.1 DDZ-Ⅲ基型调节器的使用	31
1.2.3 压力表的使用	9	2.2.2 数字式调节器	33
1.2.4 物位检测仪表	11	2.2.3 其他单元仪表	36
1.3 流量检测仪表	13	2.3 可编程控制器 (PLC) 概述	37
1.3.1 差压式流量计	13	2.3.1 可编程控制器的发展过程	37
1.3.2 其他流量计	15	2.3.2 可编程控制器的功能与特点	38
1.4 温度检测仪表	18	2.3.3 可编程控制器的基本构成及工作 原理	39
1.4.1 概述	18	2.4 执行器	44
1.4.2 热电偶温度计	19	2.4.1 气动执行器	45
1.4.3 热电阻温度计	22	2.4.2 电动执行器	47
1.4.4 温度显示仪表	22	2.4.3 电气转换器与阀门定位器	48
1.5 变送器	25	本章小结	50
1.5.1 差压变送器	25	习题	51
1.5.2 温度变送器	26		
本章小结	27		

第二篇 工业自动化系统

第 3 章 过程控制系统	55	3.2 过程控制系统的品质指标	60
3.1 过程控制系统的作用及组成	55	3.2.1 环节的特性	61
3.1.1 过程控制系统的作用及特点	55	3.2.2 过程控制系统的品质指标	63
3.1.2 过程控制系统的组成	55	3.2.3 环节特性对过程质量的影响	65
3.1.3 过程控制系统的符号与图例	56	3.3 控制系统中控制器的选择	66

目 录

3.3.1 控制器类型的选择	66	4.2.1 报警系统	91
3.3.2 控制器控制规律的选择	66	4.2.2 选择性控制系统	92
3.3.3 简单控制系统中控制器正、反作用 的判断	71	4.2.3 联锁保护系统	93
3.4 简单控制系统的投运及 参数整定	73	本章小结	95
3.4.1 控制器参数的工程整定	73	习题	95
3.4.2 简单控制系统的投运	75	第5章 集散控制系统	97
3.5 简单控制系统实例	77	5.1 计算机控制与计算机控制 系统的组成	97
3.5.1 无相变换热器的温度控制	77	5.1.1 计算机控制系统的组成	97
3.5.2 载热体冷凝加热器的温度控制	78	5.1.2 计算机控制系统的组成	97
3.5.3 精馏塔的控制	78	5.1.3 计算机控制系统的类型	98
本章小结	80	5.1.4 计算机控制系统的发展趋势	100
习题	81	5.2 集散控制系统的构成及特点	101
第4章 复杂控制系统	82	5.2.1 集散控制系统的基本构成	101
4.1 复杂控制系统简介	82	5.2.2 集散控制系统的特点	102
4.1.1 串级控制系统	82	5.3 现场总线控制系统	103
4.1.2 比值控制系统	85	5.3.1 现场总线控制系统的产生和 特征	103
4.1.3 前馈控制系统	88	5.3.2 现场总线国际标准化	104
4.1.4 均匀控制系统	89	本章小结	105
4.1.5 分程控制系统	90	习题	105
4.2 安全保护系统	91		

第三篇 综合实验

综合实验1 温度检测系统组成实验	109	综合实验3 换热器控制系统操作 实验	115
综合实验2 控制系统参数整定和投 运实验	111		
参考文献	120		

绪 论

20 世纪 80 年代开始,随着计算机技术、通信技术、显示技术等各种高新技术的发展,仪器仪表技术也得到了飞速的发展。我国引进和生产的以微型计算机为核心,控制功能分散、显示操作集中,集控制、管理于一体的集散控制系统(DCS),将过程控制仪表及装置推向了更高的阶段。同时,可编程控制器(PLC)以优良的技术性能和良好的性价比在控制领域得到了广泛使用。此外,现场总线(Field Bus)这种用于现场和控制室之间的一种开放式、全分散、全数字化、智能、双向、多变量、多点、多站的通信系统,使现场设备除能完成过程控制的功能外,还增加了非控制信息监视的功能,在工业中得到了广泛的应用。

化工生产过程通常具有高温、高压、深冷、易燃、易爆、有毒、有腐蚀性等特点,它通常是由生产设备、自动化仪表设备来构成的。工艺操作人员除了要掌握必要的工艺生产专业知识外,还必须了解生产中一些动力装置的正确操作方法,熟悉和掌握化工生产中控制装置的性能和使用;具有控制系统开、停车的能力,掌握判断和分析系统故障的简单方法,确保工艺生产的正常进行,完成工艺岗位的操作任务。

一、过程控制仪表的分类

过程控制仪表是实现过程控制的工具,种类繁多,功能强大,结构各异,从不同的角度看有不同的分类方法。

(1) 按仪表的功能不同分

可分为检测仪表、显示仪表、控制仪表和执行器。

检测仪表 包括各类变量的检测元件、传感器和变送器。

显示仪表 模拟显示、数字显示和屏幕显示。

控制仪表 包括气动、电动控制仪表和计算机控制装置。

执行器 有气动、电动、液动等类型。

(2) 按仪表使用的能源不同分

可分为气动仪表和电动仪表。

气动仪表 以压缩空气为能源,具有性能稳定、可靠性高、防爆性能好、结构简单等优点,其缺点是信号传输速度慢、传输距离短、仪表精度低等。目前化工生产中已基本淘汰除气动调节阀外的所有气动仪表。

电动仪表 以电为能源,信号传送快、传输距离远,能够实现集中控制。

(3) 按结构不同分

可分为基地式仪表、单元组合仪表、组件组装式仪表。

基地式仪表 集检测、显示、记录和控制功能于一体,价格低廉,适合就地控制系统。

单元组合仪表 根据检测系统和控制系统组成环节的不同,将仪表分成若干不同的单元。一般有变送、控制、显示、执行、设定、计算、转换、辅助八个单元,仪表之间用统一的信号传输,气动为

0.02 ~ 0.1 MPa, 电动为 4 ~ 20 mA DC。

组件组装式仪表 是功能分离、结构组件化的套装仪表。

(4) 按信号形式不同分

可分为模拟仪表和数字仪表。

模拟仪表 模拟仪表的外部、内部传输信号均为连续变化的模拟量。

数字仪表 仪表的外部传输信号有模拟和数字两种, 内部传输信号为数字量。

(5) 按形态不同分

可分为实体仪表和虚拟仪表(或软仪表)。

实体仪表 具有硬件实体的仪表, 如 DDZ-III 控制器。

虚拟仪表(或软仪表) 以软件的方式在计算机中完成其功能的仪表, 如计算机中的控制程序。

二、过程控制系统的分类

按照生产过程的类型, 过程控制系统一般可分为自动检测系统、自动报警与联锁保护系统、顺序控制系统、自动控制系统四大类, 如图 0-1 所示。

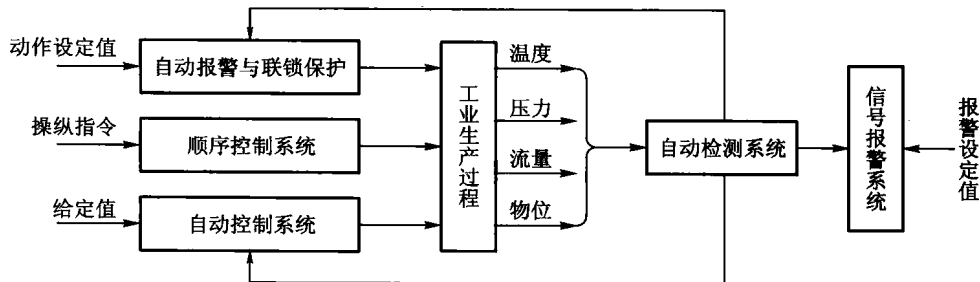


图 0-1 过程控制系统的种类

自动检测系统 自动测量系统就是对各种过程变量自动地进行检测, 并且把检测的结果随时指示或记录下来的自动化系统。例如, 储水罐水位自动控制系统中, 液位变送器代替玻璃液位计和人的眼睛, 测量储水罐水位的高度, 并把水位高度值变换成对应的测量信号送给控制器, 即把水位高度告诉给控制器。

自动报警与联锁保护系统 当某些工艺生产中的关键变量接近临界值时, 系统发出声、光报警, 或采取紧急措施自动打开安全阀、切断某些通路, 必要时紧急停车, 防止事故的发生与扩大。例如, 用乙炔鼓风机输送乙炔气时, 如果鼓风机的入口压力低于某个量值时, 入口管道内就有可能被抽成负压, 漏进空气而引起爆炸。这就要设置一个压力报警及自动保护系统, 对鼓风机的入口压力进行测量。当入口压力低于下限值时, 自动发出警报或自动切断电源使鼓风机停止运转等保护性措施, 避免事故发生。

顺序控制系统 在工业生产过程中, 往往会有一些周期循环重复的操作。这种操作单调乏味容易使人疲劳。例如, 在用煤造气的生产过程中, 有吹风、上吹、下吹、回收这四个步骤组成一组单调的、周期重复的操作。为了摆脱这种单调的重复操作, 人们设置了由自动机(顺序控制器)和执行器组成的自动控制系统去自动地完成这组操作。这种能够按照人们事先规定好的操作顺序自动

地进行单调的、周期性重复操作的自动化系统称为顺序控制系统。

自动控制系统 在工业生产中,常常要求通过操作某些工艺介质,使得被控变量相对地稳定在生产工艺要求的数值上。例如,在精馏塔的操作中,提馏段的温度是否稳定在某个量值上将直接影响到精馏塔工作状况的好坏和产品质量的优劣,通常设置一个自动控制系统对提馏段温度进行自动控制。这种操纵某种物料量或能量的大小,使得某个过程变量保持在生产工艺要求的设定值上的自动化系统,称为自动控制系统。

第一篇

自动化仪表

第 1 章 过程检测仪表

在工业生产中,为了有效地进行生产操作,保证生产优质、高效和安全地进行,需要对生产过程中各工艺变量进行检测。在石油、化工生产中,主要是对生产过程中的压力、物位、流量、温度和成分等工艺变量进行检测。

1.1 过程检测仪表的分类

1.1.1 过程检测仪表的结构

由于生产工艺及其生产条件各不相同,生产过程中工艺变量的种类繁多,因此,过程检测仪表的具体结构也具有多样性。但是,从检测仪表的本质结构来看,又有其共性,一般是由检测元件、放大与变送环节和显示环节三个部分组成,如图 1-1 所示。

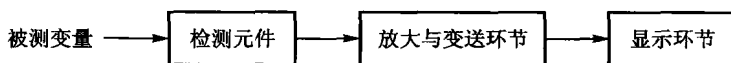


图 1-1 过程检测仪表的结构组成

(1) 检测元件

通常与被测介质直接接触,将被测变量转换成与之有对应关系的便于处理的信号。

(2) 放大与变送环节

将来自于检测元件、代表被测变量大小的信号进行放大或变送成标准的统一信号,以便传送。

(3) 显示环节

将来自于放大与变送环节的信号,以指针偏转或数字形式将被测变量显示出来。

1.1.2 过程检测仪表的分类

工业生产中所使用的过程检测仪表种类繁多,分类方法也多种多样,常用的分类有:

(1) 按检测仪表检测变量的不同分

可分为压力、流量、物位、温度和成分检测仪表,如用于检测压力变量的仪表,称为压力检测仪表。

(2) 按检测仪表的精确度与使用场合分

可分为实验室鉴定用的标准检测仪表和在一般工业生产中用于过程工艺变量测量的工业检测仪表。

(3) 按检测仪表的功能分

可分为检测仪表、控制仪表、显示报警保护仪表和执行器。

(4) 按检测仪表与被测介质接触的情况分

可分为接触式检测仪表与非接触式检测仪表。

1.2 压力、物位检测仪表

1.2.1 压力检测仪表概述

(1) 压力的定义及表示方法

工业生产过程中,将垂直均匀地作用在单位面积上的力称为压力,即物理学中的压强,用字母 P 表示。压力 P 的单位为帕斯卡,简称为帕(Pa),工程上常用的单位有千帕(kPa)、兆帕(MPa),其换算关系为

$$1 \text{ MPa} = 1 \times 10^6 \text{ Pa}$$

(1-1)

生产过程中将被测介质的实际压力称为绝对压力,使用压力检测仪表测量时所得到的压力通常只是被测压力高于大气压力的部分,此压力被称为表压,一般情况下所说的压力均指表压。

被测压力低于大气压力的部分则被称为真空度。绝对压力、表压和真空度的关系如图 1-2 所示。

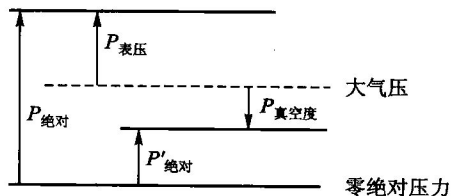


图 1-2 绝对压力、表压和真空度的关系

(2) 常用压力检测仪表

常用的压力检测仪表根据原理的不同分为四大类:

- ① 液柱式压力计 将被测压力转换成液柱高度或高度差进行测量,常在实验室中用于低压的测量。
- ② 弹性式压力计 将被测压力通过弹性元件转换为弹性变形进行测量,作为一般的工业用表,广泛用于生产中的高、中、低压力的检测。
- ③ 电气式压力计 将被测压力转换成各种电量进行测量,用于控制室的集中显示和控制。
- ④ 活塞式压力计 将被测压力转换成活塞上所加平衡砝码的质量进行测量,因精度较高,常在实验室中作为标准表使用。

1.2.2 弹簧管压力表

常见的弹簧管压力表类型如图 1-3 所示。

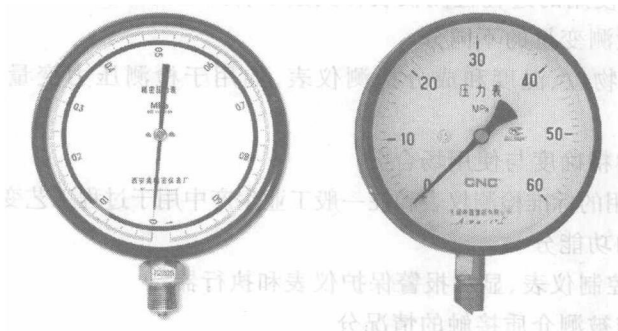




图 1-3 常见弹簧管压力表

弹簧管压力表的主要测压元件是弹簧管,常分为单圈和多圈,其形状及测压范围见表1-1。

表1-1 常见弹簧管

名称	图例	测压范围/kPa	
		最小值	最大值
单圈弹簧管		$0 \sim 10^{-1}$	$0 \sim 10^6$
多圈弹簧管		$0 \sim 10^{-2}$	$0 \sim 10^5$

弹簧管压力表是工业生产中应用最为广泛的一种压力检测仪表,并以单圈弹簧管压力表的使用最多。弹簧管压力表具有结构简单、测量精度高、测量范围广、面板为线性刻度、使用方便以及价格低等特点。

弹簧管压力表的结构如图1-4所示,主要由弹簧管、传动机构、指针和面板组成。

弹簧管是截面为扁圆或椭圆形、一端封闭的空心管,用来感受被测压力的变化,是压力表的检测元件。

传动机构由拉杆、扇形齿轮和中心齿轮等部件组成,用来传递和放大弹簧管的位移,是压力表的传动与放大环节。

指针和面板是用指针的偏转将被测压力值在面板上显示出来,是压力表的显示环节。工作时,被测压力通过连接设备与压力表的引压管连接,并从压力表的接头处引入。假定被测压力变化,迫使弹簧管产生形变,被封闭的自由端向外或向内位移,再通过拉杆、扇形齿轮与中心齿轮的传递与放大,带动指针偏转,从而在压力表面板的刻度尺上显示出被测压力的数值。

1.2.3 压力表的使用

(1) 压力表的选择

压力表的选择主要从以下三个方面考虑:

类型的选择 根据被测介质的性质、现场的使用条件来确定压力表的类型。例如,测量氨气压

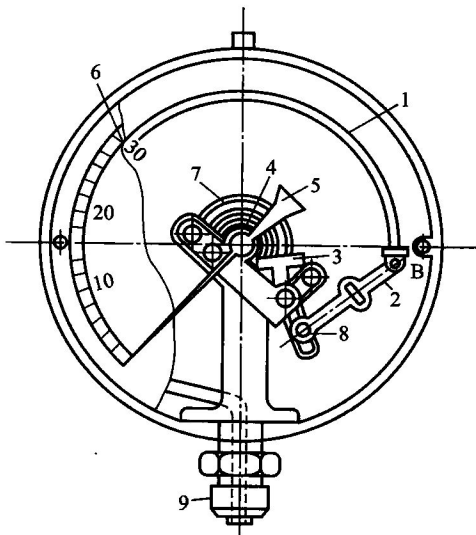


图1-4 弹簧管压力表

1—弹簧管;2—拉杆;3—扇形齿轮;4—中心齿轮;
5—指针;6—面板;7—游丝;8—调整螺丝;9—接头

力时,应选用不锈钢弹簧管结构的氨专用压力表;测量氧气压力时,应选用不沾油脂的氧专用压力表,以保证生产安全。

测量范围(量程)的选择 根据被测压力的大小来确定压力表的测量范围,具体选择时应留有充分的余地。

在测量稳定压力时,一般压力表最大量程选择在接近或大于正常压力测量值的 1.5 倍。

在测量脉动压力时,一般压力表最大量程选择在接近或大于正常压力测量值的 2 倍。

在测量高压时,一般压力表最大量程应大于最大压力测量值的 1.7 倍。

在测量机泵出口处压力时,一般压力表最大量程选择为机泵出口处最大压力值。

为保证压力测量的精度,一般被测压力的最小值应大于仪表刻度上限的 1/3。

目前,国内厂家生产的弹簧管压力表的量程为 0.1 MPa、0.16 MPa、0.25 MPa、0.4 MPa、0.6 MPa 以及其 10ⁿ 的倍数。

精度等级的选择 根据工艺生产允许的最大检测误差来确定,即 $|\delta_{\text{表最大}}| \leq |\delta_{\text{工允}}|$ 。选择时,应在满足生产要求的情况下尽可能选用精度低、价廉、耐用的压力表。

例 1-1 某反应器的压力范围为 4~6 MPa,工艺要求测量误差不得大于 0.17 MPa,要求压力就地指示。试正确选择压力表的量程、精度等级和型号。

解:首先确定压力表的种类,根据要求就地指示和被测值的大小,选择单圈弹簧管压力表。

其次确定压力表的量程,设量程为 M ,反应器的压力一般属于稳定压力,根据量程选择的方法, M 应满足下列关系:

$$1.5p_{\max} \leq M \leq 3p_{\min} \quad \text{即} \quad 1.5 \times 6 \text{ MPa} \leq M \leq 3 \times 4 \text{ MPa}$$

量程选择为 0~10 MPa 后,再确定压力表的精度。

然后确定精度:工艺允许最大误差 $\delta_{\text{工允}} = \frac{\Delta_{\max}}{M} \times 100\% = \frac{0.17}{10} \times 100\% = 1.7\%$

根据 $|\delta_{\text{表最大}}| \leq |\delta_{\text{工允}}|$,选择精度为 1.5 级。

最后确定型号:查仪表选型样本,选择压力表的型号为 Y-100,量程为 0~10 MPa,精度等级为 1.5 级的弹簧管压力表。

(2) 压力表的使用

校验 压力表使用前必须进行校验,也就是将所用压力表与标准压力表同时通入相同的压力,比较它们的指示数值。如果被校验压力表对于标准压力表的读数误差不大于被校验压力表规定的误差,则被校压力合格。一般校验时取被校验压力表满度的 0%、25%、50%、75% 和 100% 五点作为校验点。

取压点的选择 取压点的选择应能正确反映被测压力的真实大小;要选择被测介质作直线流动的管道部分进行测量。测量介质是气体时,取压点应选在管道上部;测量介质是液体时,取压点应选在管道下侧部。

引压管的敷设 引压管不宜过长;水平安装时,要有 1:10 的倾斜度;在引压管的底部应装有切断阀。另外,还要根据被测介质的不同性质(高温、低温、腐蚀、沉淀、结晶等),采取相应的冷却、保温、伴热、防腐、防堵等措施。

压力表安装 压力表应安装在宜于观察、检修处;压力表接头的连接处应使用适当的垫片密封。

压力表调整 压力表经过一段时间的使用后,需再次校验合格后方可继续使用。校验时,如果压力表的零点不正确,可取下压力表的指针,对准零点重新安装;如果压力表的满度不正确,调整压力表的调整螺钉,改变拉杆的连接位置,重复上述过程,直到零点和满度均满足要求为止。经过调整后的压力表,必须达到原来的精度等级,如果达不到,则应更换新的压力表。

1.2.4 物位检测仪表

工艺生产过程中,常常需要测量界面位置,以确定物料的数量以及是否在规定的范围之内,是正常生产或安全的重要变量。气体与液体之间界面的高度称为液位;气体与固体之间或液体与固体之间界面的高度称为料位,一般统称为物位。工艺生产过程中的物位检测大多指液位高度的检测。

1. 物位检测仪表的类型

生产中用于物位检测的仪表很多,根据检测方式的不同可分为以下几种:

直读式液位计 基于连通器原理工作。结构简单、价格低廉、显示直观、就地指示,如图1-5和图1-6(a)所示。

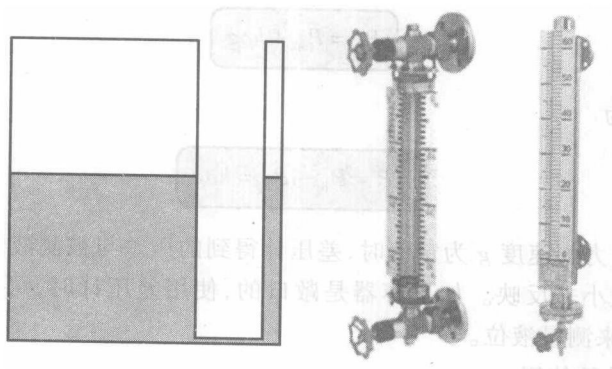


图1-5 连通器和直读式液位计

浮力式液位计 有恒浮力法和变浮力法两种。恒浮力法基于浮子的高度随液位变化而改变,有浮标式和浮球式,其结构简单、就地指示,如图1-6(b)、(c)所示。变浮力法有沉筒式,基于浸于液体中沉筒的浮力随液位变化而变的原理工作,其信号可远传。

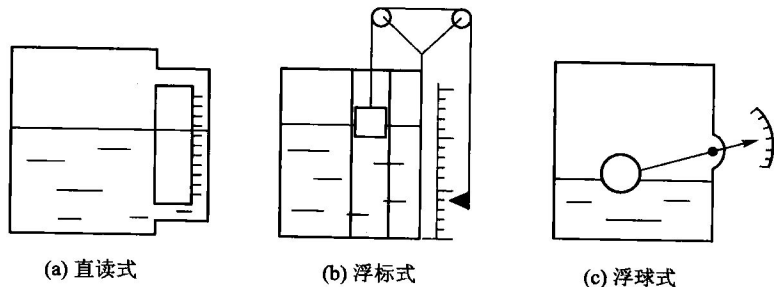


图1-6 就地指示型液位计