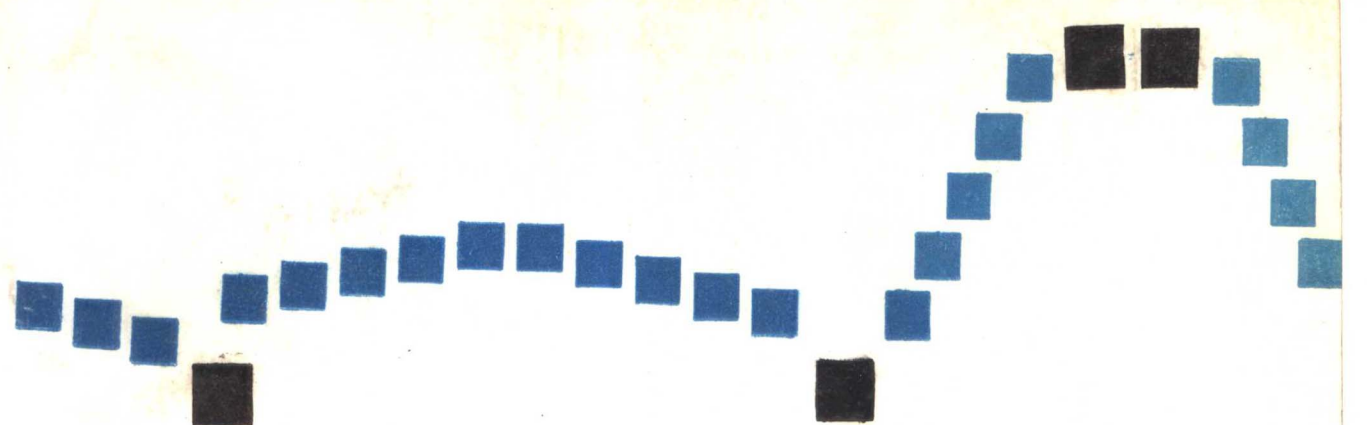
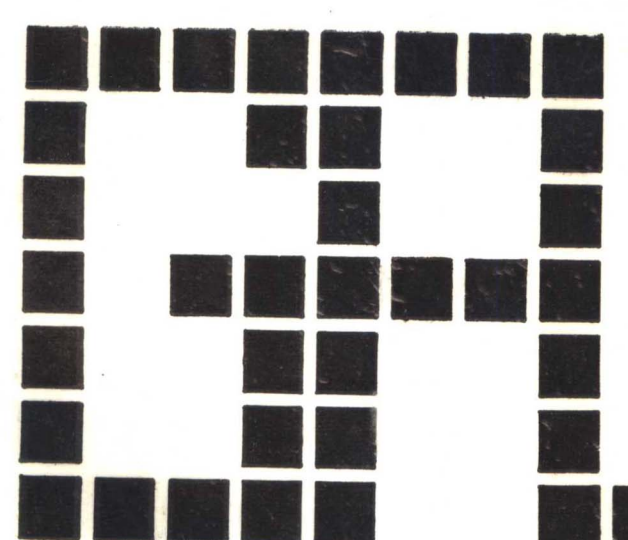




仪表维修工

姜仁杰 主编



工人岗位技术培训读本

化学工业出版社



工人岗位技术培训读本

仪表维修工

姜 仁 杰 主编

化学工业出版社

(京)新登字039号

内 容 提 要

本书以新编《中华人民共和国工人技术等级标准》为基础,结合实际,着重培养在岗工人的操作及维修技能、应变和事故处理能力以及基本计算和管理能力。

全书分三篇。第一篇化工测量仪表,着重介绍仪表结构、测量原理、误差计算、维护修理及常见故障处理。第二篇电动调节仪表,着重介绍 DDZ-Ⅲ 型仪表各单元的原理、结构及组成、维护检修和试验检定。第三篇化工过程自动化,着重介绍自动调节原理、概念、系统分析及其应用、化工单元典型自动控制方案确定,并介绍了 DCS 系统和单回路数字控制系统。

工人岗位技术培训读本

仪 表 维 修 工

姜仁杰 主编

责任编辑:刘 哲

封面设计:郑小红

*

化学工业出版社出版

(北京市朝阳区惠新里3号)

北京东方印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 460 千字

1993 年 12 月第 1 版 1993 年 12 月北京第 1 次印刷

印 数 1—5000

ISBN 7—5025—1264—0/G·329

定 价:13.50 元

前 言

本书根据劳动部“关于制定工人岗位规范的通知”中对专业知识和操作技能的要求,以新编的《中华人民共和国工人技术等级标准》为基础,结合化工生产特点,由吉化公司职工教育处组织学校、科研、生产单位的教师和技术人员编写的。

仪表自动化系统范围很广,本书力求从实际出发,着重培养在岗工人的操作及维修技能、应变和事故处理能力、基本计算和管理能力。

全书共分三篇。第一篇化工测量仪表,着重介绍仪表结构、测量原理、误差计算、维护修理及常见故障处理。第二篇电动调节仪表,着重介绍 DDZ-Ⅲ 型仪表各单元的原理、结构及组成、维护检修和试验检定。第三篇化工过程自动化,着重介绍自动调节原理、概念、系统分析及其应用、化工单元典型自动控制方案确定,并介绍了当代最新技术 DCS 系统和单回路数字控制系统。

本书由吉化公司职工教育处毛忠福组稿,高级工程师姜仁杰、高级技师邬立忠和金延珍、工程师冯丽坤和高子义联合编写。姜仁杰任主编。其中第一篇一~五章由邬立忠编写,第六章由金延珍编写。第二篇一~三章由金延珍编写,四、五章由邬立忠编写。第三篇一~十章由姜仁杰、冯丽坤合写,其中第九章第四节由高子义编写。全书编写中得到了陈玉明同志许多帮助,在此谨致谢意。

本书可作仪表维修工岗位培训教材,也可供大专学生工厂实习时参考。由于编者业务造诣、教学经验和思想水平有限,错误或不当之处在所难免,殷切期望广大读者批评指正。

编 者

1993 年 2 月

目 录

第一篇 化工测量仪表

概 述	1
一、测量过程和测量误差	1
二、测量仪表的品质指标	1
三、测量仪表的分类及构成	3
第一章 压力测量	5
第一节 压力测量的基本知识	5
一、压力的基本概念	5
二、压力测量仪表的分类	6
第二节 弹性式压力计	7
一、弹簧管压力表	7
二、电接点弹簧管压力表	8
三、活塞式压力计	8
第二章 液位测量	10
第一节 浮筒式液位计	10
一、气动式浮筒液位计	10
二、电动式浮筒液位计	13
三、浮筒式液位计的调校	15
四、浮筒式液位计的故障处理	17
五、浮筒式液位计日常维护注意事项	19
第二节 差压式液位计	19
一、差压式液位计的工作原理	19
二、零点迁移	20
三、应用差压式液位计测量界面	21
第三章 流量测量	23
第一节 流量测量的基本知识	23
一、基本概念	23
二、流量测量仪表的分类	24
第二节 容积法测量流量	24
一、椭圆齿轮流量计的结构及工作原理	24
二、椭圆齿轮流量计的安装	25
三、椭圆齿轮流量计常见故障	26

第三节 应用动压能和静压能转换的原理测量流量	26
一、动压能和静压能的相互转换	26
二、节流元件测量流量的原理	27
三、静压差和流量的关系	27
四、差压式流量计的安装	29
第四节 应用改变流通面积的方法测量流量	31
一、转子流量计结构及工作原理	31
二、转子流量计指示值的修正	32
三、转子流量计的安装	33
四、转子流量计使用注意事项	34
第五节 涡轮流量计	34
一、涡轮变送器的的工作原理	34
二、涡轮流量计的显示仪表	35
三、涡轮流量计的安装	35
四、涡轮流量计投运时注意事项	35
五、涡轮流量计常见故障	35
第四章 温度测量仪表	37
第一节 热电偶的测温原理	37
一、热电偶测温的基本原理	37
二、热电偶材料	38
三、热电偶冷端温度补偿法	40
四、热电偶的故障及其修复	43
五、热电偶的校验	43
第二节 热电阻的测温原理	45
一、热电阻的测温原理	45
二、常见的几种热电阻体	46
三、电阻体的校验	46
第五章 显示仪表	48
第一节 电子电位差计	48
一、组成及工作原理	48
二、测量桥路	49
三、JF-12 放大器	50
四、可逆电机	56
五、电子电位差计的校验	57
六、电子电位差计故障及处理	58
七、JF-12 放大器的故障及处理	59
第二节 电子平衡电桥	61
一、结构及工作原理	61
二、测量桥路各电阻的计算	61
三、电子平衡电桥的校验	68

四、电子平衡电桥的故障及处理	68
五、显示仪表的日常维护及注意事项	69
第六章 过程分析仪器	70
第一节 概述	70
一、过程分析器的概念、分类及特点	70
二、过程分析仪表的组成	70
第二节 热导式气体分析器	71
一、基本原理	71
二、RD-004 型氢分析器	72
三、使用、维护及故障处理	74
第三节 磁氧分析器	75
一、基本原理	75
二、测量方法	76
三、QZS 型磁氧分析器	77
四、仪器的使用与维护及故障处理	78
第四节 ZO-112 型氧化锆分析仪	79
一、技术指标	79
二、工作原理	80
三、测量线路及集成电路引线排列图	80
四、仪器的安装与接线	83
五、仪器的使用与维护及故障处理	85
第五节 红外线气体分析器	88
一、基本原理	88
二、QGS-08 型红外线气体分析器	89
三、仪器的起动力	91
四、仪器的维修、故障处理	91
第六节 色谱分析仪	93
一、色谱柱原理	93
二、HZ3151 型微机工业色谱仪	96
三、日常维护与故障处理	100
第七节 工业电导仪	101
一、测量原理	101
二、DDD-32B 型电导仪	104
三、维护与检修	107

第二篇，电动调节仪表

第一章 DDZ-Ⅲ型仪表总体概述	108
第一节 Ⅲ型仪表的型号及规格编号	108
一、型号命名	108
二、规格编号	108

第二节 III型仪表简介	108
一、III型仪表的特点	108
二、系统构成及简单说明	109
第三节 安全火花型防爆仪表的基本知识	110
一、基本概念	110
二、安全火花型仪表的防爆系统	110
三、仪表防爆等级标志	111
四、防爆电气设备的类型及标志	111
第四节 安全栅	111
一、电阻式安全栅	111
二、齐纳式安全栅	111
三、隔离式安全栅	112
第二章 调节单元	120
第一节 基型调节器线路分析	120
一、输入电路	120
二、比例微分电路	122
三、比例积分电路	123
四、输出电路	123
五、指示电路	124
第二节 DTL-3110型全刻度指示调节器	124
一、用途	124
二、调整与检定	125
三、故障处理	128
四、集成电路元件简介	129
第三章 温度变送器	131
第一节 概述	131
第二节 放大单元的工作原理	131
一、集成运算放大器及其运算电路	131
二、功率放大器	133
三、隔离输出与隔离反馈	133
第三节 直流毫伏变送器量程单元	134
第四节 热电偶温度变送器量程单元	135
一、非线性反馈回路	135
二、热电偶冷端自动补偿	137
第五节 热电阻温度变送器量程单元	137
一、线性化原理	137
二、引线补偿	138
第六节 DDZ-III型 DBW	139
一、概述	139
二、调整与检定	139

三、仪器主要故障及处理方法	141
第四章 差压变送器	143
第一节 差压变送器	143
一、概述	143
二、差压变送器的结构及工作原理	143
三、低频位移检测放大器	146
第二节 差压变送器的调校及故障处理	149
一、差压变送器的调校	149
二、差压变送器的故障及处理	150
三、安全火花型差压变送器端子接线	151
第五章 运算单元	153
第一节 加减器	153
一、概述	153
二、加减器的工作原理	153
三、线路分析	154
四、加减器的调校	158
五、加减器的故障处理	159
第二节 乘除器	159
一、概述	159
二、乘除器的工作原理	160
三、线路分析	161
四、乘除器的调校	167
五、乘除器的一般故障及处理	167
第三节 开方器	168
一、概述	168
二、开方器的工作原理	169
三、线路分析	170
四、开方器的调校	173
五、开方器的故障及处理	174
第四节 比例积算器	175
一、工作原理	176
二、线路分析	178
三、比例积算器的校验	180
四、比例积算器的故障及处理	181

第三篇 化工过程自动化

第一章 概述	183
第一节 自动调节系统的组成	183
第二节 自动调节系统的特点	184
第三节 自动调节系统的分类	185

第四节 自动调节系统的品质衡量	186
第五节 传递函数及其方块图变换	187
一、常用环节的拉氏变换	187
二、传递函数和方块图	188
三、方块图运算法则	188
第二章 调节器的作用规律	190
第一节 比例调节规律	190
一、比例调节的物理意义	190
二、比例作用闭环特性	191
三、比例调节的过渡过程	191
四、比例度对调节过程的影响	192
第二节 积分作用规律	193
一、积分作用的物理意义	193
二、积分作用闭环特性	193
三、积分调节的过渡过程	193
四、积分饱和现象	194
五、积分时间对调节过程的影响	194
第三节 微分作用规律	195
一、微分作用的物理意义	195
二、微分作用闭环特性	195
三、微分时间对调节过程的影响	196
第四节 PI组合调节规律	197
第五节 PD组合调节规律	197
第六节 PID组合调节规律	198
第三章 被调对象	201
第一节 概念	201
第二节 对象特性	202
第三节 对象特性对调节质量的影响	204
一、调节通道对象特性对调节质量的影响	204
二、干扰通道对象特性对调节质量的影响	205
第四章 调节阀的特性	206
第一节 调节阀的类型	206
第二节 几种主要类型的调节阀	207
一、直通单座调节阀	207
二、直通双座调节阀	207
三、角形调节阀	208
四、套筒形调节阀	208
第三节 调节阀流量特性的选择	208
一、理想特性	209
二、工作特性	210

三、流量特性的选择	210
四、调节阀选型举例	211
第四节 阀门定位器	212
一、工作原理	212
二、阀门定位器的作用	212
第五章 简单调节系统	214
第一节 概述	214
第二节 简单调节系统调节器的参数整定	214
一、临界比例度法	214
二、衰减曲线法	215
三、反应曲线法	215
第六章 复杂调节系统	217
第一节 串级调节系统	217
一、概述	217
二、串级调节系统构成	217
三、串级调节系统的特点	218
四、调节器正反作用确定	219
第二节 均匀调节系统	220
一、均匀调节系统的特点	220
二、均匀调节方案	221
第三节 比值调节系统	222
一、比值调节方案	223
二、比值调节系统的比值计算法	224
第四节 多冲量调节系统	226
一、锅炉水位调节	227
二、锅炉双冲量自动调节	227
三、锅炉三冲量自动调节	227
第七章 特殊(先进)调节系统	231
第一节 前馈补偿调节系统	233
第二节 大纯滞后补偿控制系统——Smith补偿	233
一、等效纯滞后和变纯滞后	233
二、DCS系统对大纯滞后对象的处理	233
第三节 采样值PI控制	234
第四节 自选(超驰)调节系统	237
第五节 分程调节系统	240
第八章 DCS 系统简介	241
第一节 计算机控制系统的发展过程	241
第二节 DCS 系统的特点	242
第三节 DCS 系统的结构组成及其功能	242
一、操作站	242

二、现场控制站	244
三、通信总线	249
第四节 组态/维护	251
第九章 单回路数字控制系统简介	252
第一节 运算控制功能	252
第二节 数字通信和组成计算机网络的功能	253
第三节 单回路数字控制系统举例之一——YS-80	253
一、基本控制仪表	253
二、批量和混合控制仪表	259
三、通信和集中监视、操作仪表	261
第四节 单回路数字控制系统举例之二——PMK单回路可编程调节器	261
一、总体介绍	261
二、PMK编程实例	266
第十章 化工单元控制系统典型方案设计	271
第一节 流体输送设备的控制	271
一、工艺分析	271
二、控制系统方案确定	271
第二节 传热设备的控制	272
一、工艺分析	272
二、控制系统方案确定	272
第三节 精馏塔控制	273
一、工艺分析	273
二、控制系统方案确定	273
第四节 反应器控制	274
一、合成氨生产过程工艺分析	274
二、氢氮比工艺概述	274
三、控制系统方案选择	275

第一篇 化工测量仪表

概 述

在化工生产中,为了更好地进行生产操作和自动调节,需要对工艺生产中的压力、液面、温度、流量四大参数进行自动检测。用来检测这些参数的仪表,称为化工测量仪表。

一、测量过程和测量误差

1. 测量过程

所谓的测量,就是用实验的方法求出某个量的大小。如要测量一段导线的长度,就用一把米尺与它比试一下,即可测知该段导线的长度。这种测量方法叫直接测量法。

还有间接测量法和联立测量法。如测量温度采用电位计(电桥)来测量,即先把温度变成电势值(或改变电阻),测出电势值(或电阻值),再换算成温度,就属于间接测量法。如果将直接测量和间接测量结合在一起进行测量,就叫联立测量法。如对某一个容器内混合气体的重量进行测量,既要用直接测量法测出它的容积,又要用间接测量法测出混合气体各组分的含量,最后算出混合气体的重量。

2. 测量误差

测量的目的,就是希望能正确地反映客观实际,也就是要测量参数的“真实值”。但是无论怎样努力(包括从原理、测量方法、仪表精度等方面的努力)都无法测得“真实值”,而只能尽量接近“真实值”,也就是说,测量值与真实值之间始终存在着一定差值。这个差值就是测量误差。测量误差按其产生原因不同,可以分为三类。

(1)系统误差(又称规律误差):即大小和方向均不改变的误差。产生这种误差的原因,主要是仪表本身的缺陷、观测者的习惯或偏向、单因素环境条件的变化等。这种误差在测量中是容易消除和修正的,因为它是有规律的。

(2)疏忽误差:产生这类误差的原因,是由于测量者在测量过程中疏忽大意造成的。它比较容易被发觉,可以避免。

(3)偶然误差:就是在同样条件下反复多次,每次结果均不重复的误差。这种误差是由偶然的原因引起的,不易被发觉和修正。

测量误差通常有两种表示方法:绝对误差和相对误差。

(1)绝对误差:测量值与真实值之间的差值,即:

$$\text{绝对误差 } \Delta = \text{测量值 } x - \text{真实值 } x_0 \quad (1-0-1)$$

(2)相对误差:测量的绝对误差和真实值之比,即:

$$\text{相对误差 } \delta = \frac{\text{绝对误差 } \Delta}{\text{真实值 } x_0} \quad (1-0-2)$$

二、测量仪表的品质指标

一台仪表的好坏,可用它的品质指标来衡量,常见的品质指标如下。

1. 仪表的准确度(亦称精度)

在测量中,由仪表引起的误差叫仪表的误差,它也常用绝对表示法和相对表示法来表示:

$$\text{绝对误差 } \Delta = x - x_0 \quad (1-0-3)$$

$$\text{相对误差 } \delta = \frac{\Delta}{x_0} \quad (1-0-4)$$

式中 x —— 测量仪表的示值;

x_0 —— 标准仪表的示值。

仪表的绝对误差在测量范围内的各点上是不相同的,常说的绝对误差指的是绝对误差的最大值。

评价一台仪表准确与否,单凭绝对误差和相对误差是不够的,因为仪表精度不仅与绝对误差有关,而且还与仪表的标尺范围有关。例如两台测量范围不同的仪表,如果它们的绝对误差相等,测量范围大的仪表较测量范围小的仪表精度要高。因此为了便于仪表之间的相互比较,实际上采用相对百分误差来衡量仪表的准确度。

相对百分误差又称相对引用误差或折合误差:

$$\text{相对百分误差 } \delta = \frac{x - x_0}{\text{标尺上限} - \text{标尺下限}} \times 100\% \quad (1-0-5)$$

实际上,就是利用相对百分误差去掉%号来确定仪表的精度等级。如相对百分误差为0.5%,那么去掉%号,即精度等级为0.5级。

国家规定的仪表精度等级有:

$0.05, 0.02, 0.05;$	$0.1, 0.2, 0.35, 0.5;$	$1.0, 1.5, 2.5, 4.0$
I 级标准表	I 级标准表	一般工业用仪表

例 用一台精度等级为0.5,测量范围为0~1600℃的仪表去测量发生炉温度,求允许的最大绝对误差?

解: 根据式(1-0-5),变换得:

$$\text{绝对误差} = 1600 \times 0.5\% = 8^\circ\text{C}$$

即最大允许的绝对误差为8℃。

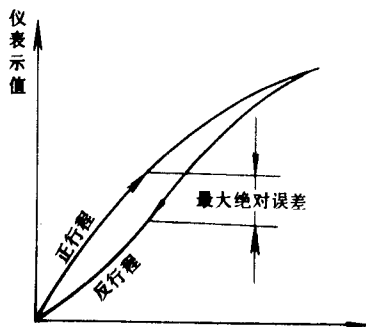


图 1-0-1 仪表变差示意图

2. 测量仪表的恒定度(变差)

在外界条件不变的情况下,用同一仪表对某一参数值进行正、反行程测量时,结果发现同一被测参数值所得到的仪表指示值都不相等。把仪表最大的正、反行程指示值之间的差值与仪表的标尺范围之比的百分数,叫做仪表的变差(如图 1-0-1 所示):

$$\text{变差} = \frac{\Delta'_{\max}}{\text{标尺上限} - \text{标尺下限}} \times 100\% \quad (1-0-6)$$

式中 $\Delta'_{\max}$ —— 正、反行程指示的差值。

变差是由各部件间的摩擦及弹性元件的弹性滞后引起的。

3. 测量仪表的灵敏度与灵敏限

灵敏度:仪表输出的变化量(位移) Δa 与引起此变化的被测参数的变化量 Δx 之比:

$$\text{灵敏度} = \frac{\Delta a}{\Delta x} \quad (1-0-7)$$

灵敏限:能引起仪表指针发生动作的被测参数的最小变化量。灵敏限应小于允许误差的一半。

例 有一台 1.5 级压力表,测量范围 0~25 MPa,在 50%处标准表的上、下行程分别指示 12.53 MPa 和 12.43 MPa,问该表的变差。

解:根据式(1-0-6),得:

$$\text{变差} = \frac{12.53 - 12.43}{25} \times 100\% = 0.4\%$$

4. 测量仪表的反应时间

衡量一台仪表的好坏,除以上三条静态特性外,还要考虑仪表的动态特性,也就是测量仪表的反应时间。

测量仪表的反应时间即被测参数发生阶跃变化后到仪表指针动作稳定之间的时间。

如何测定测量仪表的动态特性(即测量仪表的反应时间),可做如下实验。

第一种情况 当被测参数在 t_0 突然变化时,仪表不能立刻指示出被测参数,而是慢慢增加,经过足够长时间后,才能指示被测参数的准确值。玻璃温度计测量体温就是这种情况。如图 1-0-2 所示。

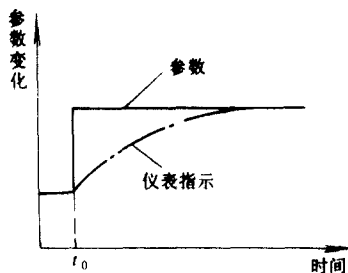


图 1-0-2 第一种情况示意图

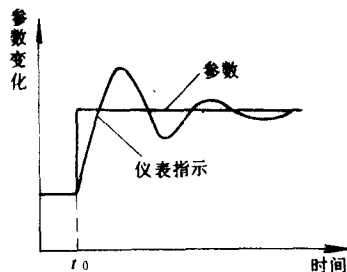


图 1-0-3 第二种情况示意图

第二种情况 当被测参数在 t_0 时刻突然变化后,仪表指示迅速改变,但需要几次摆动后,才指示出被测参数的准确值。电流表测量电流时即可见到此种情况。如图 1-0-3 所示。

为了衡量仪表的动态特性,对于上述两种不同情况,可采用不同的表示方法。第一种情况可用时间常数来衡量,第二种情况可用阻尼时间来衡量。

时间常数:指在被测参数值作阶跃变化后,仪表指示值达到参数变化值的 63.2% 所需要的时间 T ,如图 1-0-4 所示。

阻尼时间:指从仪表突然输入其标尺一半的相应参数值时开始,到仪表指示值与输入参数值之差为该仪表标尺范围的 $\pm 1\%$ 为止所需要的时间,如图 1-0-5 所示。

三、测量仪表的分类及构成

凡是用来直接或间接将被测参数和测量单位作比较的设备,均称为测量仪表。

测量仪表的分类方法有以下几种:

(1)按被测参数不同,可分为压力测量仪表、物位测量仪表、流量测量仪表、温度测量仪表和成分分析仪表等。

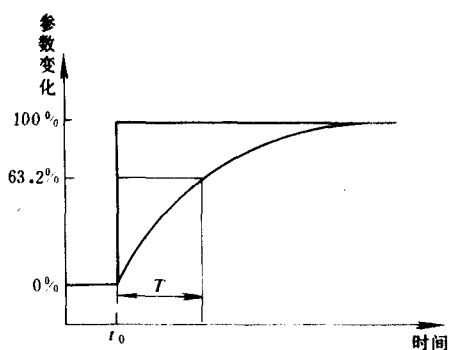


图 1-0-4 测量仪表的时间常数

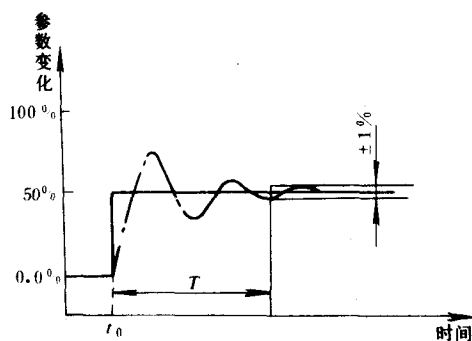


图 1-0-5 测量仪表的阻尼时间

(2)按显示方式不同,可分为指示式、指示记录式、累积式、数字式和屏幕式等。

(3)按用途不同,可分为标准仪表、实验室用仪表和工业用仪表。

(4)按装置地点不同,可分为就地安装仪表和盘装仪表。

化工测量仪表的种类繁多,各种仪表的原理、结构、线路不尽相同,但就其基本组成,大致可分为检测变换部分、传送部分和显示部分。

第一章 压力测量

第一节 压力测量的基本知识

因为压力可以改变化学平衡,影响反应速度,也可以改变物质的性质等,所以压力是化工生产过程中的一个非常重要的参数。为保证生产始终处于高产、稳产、安全、低耗,要对压力进行测量和控制。

测量压力的仪表称压力表或压力计。它根据工艺条件的不同要求,可以有指示、记录、报警、调节等装置。

一、压力的基本概念

压力就是垂直而均匀地作用在单位面积上的作用力。它在数值上由两个因素决定,即受力面积和垂直作用力的大小。用数学式表示为:

$$P = \frac{F}{S} \quad (1-1-1)$$

式中 P ——压力,Pa;

F ——垂直作用力,N;

S ——受力面积,cm²。

压力也可以用相当的液柱高度来表示,如图 1-1-1 所示,即:

$$P = \frac{F}{S} = \frac{S \cdot \rho \cdot h}{S} = \rho \cdot h \quad (1-1-2)$$

式中 h ——液柱高度,cm;

ρ ——液体的密度,g/cm³。

由式(1-1-2)可知,压力等于液柱高度与液体密度的乘积。

压力的单位有如下几种:

1. 物理大气压(又称标准大气压)

国际上规定:在纬度为 45°的海平面上及温度为 0℃,截面积为 1 cm²时的大气柱的重力压力为一个物理大气压,又叫一个标准大气压。

2. 工程大气压

一个工程大气压,就是在 1 cm²的面积上有 1 kg 均匀、垂直的力。

3. 帕斯卡(Pa)

帕斯卡(Pa)是国际制(SI)单位。1 Pa 就是 1N 的力垂直、均匀地作用在 1 m²面积上的压力。

4. 毫米水柱,毫米汞柱

这两种压力单位常用来表示低压。它相当于高度为 1mm 的水或汞液体垂直作用在底面

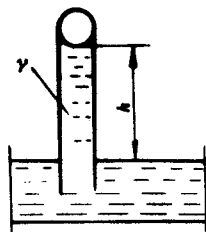


图 1-1-1 液柱高度表示压力