



化工技工学校试用教材

化工测量仪表

天津市化工局技工学校

吴天送 编

化学工业出版社

化工技工学校试用教材

化工测量仪表

天津市化工局技工学校

吴天送 编

化学工业出版社

内 容 提 要

《化工测量仪表》是化工系统技工学校仪表专业的教材，内容包括压力、流量、液位、温度及成分等参数的测量及其典型仪表。针对技工学校的特点，本书除深入介绍基本知识、工作原理外，并注重实际应用，力求理论和实践的密切结合。

本教材也可作为仪表工人培训及自修的参考用书。

化工技工学校试用教材

化工测量仪表

天津市化工局技工学校

吴天送 编

责任编辑：陈逢阳

封面设计：任 辉

*

化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $17 \frac{1}{2}$ 插页 1 字数426千字 印数1—18,670

1986年11月北京第1版 1986年11月北京第1次印刷

统一书号15063·3885(K-307) 定价2.25元

前 言

为了适应我国化学工业现代化对仪表工人技术素质的要求,提高技工教育质量,在化工部统一组织下,仪表专业教材编委会编写了《电工学》、《化工测量仪表》、《气动单元组合仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化基础》等第一批统编教材,供化工技工学校 and 中级技术工人培训使用。

本书是根据化工部颁发的技工学校《化工测量仪表教学大纲》编写的,全书分为六章:包括化工测量仪表基本知识、压力测量、流量测量、液位测量、温度测量、自动成分分析仪表。每章都附有一定数量的复习思考题。本书采用中华人民共和国法定计量单位。

本书内容着重理论结合实践,突出技工学校教材的特点。

1. 理论基础有足够深度——针对中级仪表工的需要,理论上有比较深入的探讨,并注重科学性,目的在打下坚实的理论基础上,提高仪表工对实际问题的分析能力。

2. 保持系统性和完整性——对一些不常用的仪表采用简介形式,以兼顾仪表专业教材的系统性和完整性,开阔学生认识上的广度。

3. 突出仪表教材的实用性——对典型仪表除介绍原理、结构和安装要求外,也涉及到一些必要的调校、维护以及常见故障的分析处理,对学生在今后工作中发现问题处理问题有一定实用意义。

4. 先简后繁,深入浅出——编排上考虑到学生未接触过仪表,先从简单仪表着手,逐渐深入复杂仪表,以求适应学生接受能力。

本书由天津市化工局技工学校吴天送编写。由上海吴泾化工厂技校余国华主审,兴平化工技校牛连和、开封化工技校李清修、北京前进化工技校李鲁南、盘锦化工技校孙捷、天津化工局技校高继群参加审议。

限于编者水平,错误和欠妥之处在所难免,敬希批评指正。

编 者

1985年10月

目 录

第一章 化工测量仪表的基本知识	1
概 述	1
一、测量过程和测量误差	1
二、测量仪表的品质指标	2
三、测量仪表的分类和构成	6
复习题	7
第二章 压力测量	8
概 述	8
一、压力的基本概念	8
二、压力的单位及不同单位制的换算	8
三、大气压力、表压力、绝对压力、负压力(真空度)	9
四、压力测量仪表的分类	11
第一节 液柱式压力计	11
一、U形管液柱压力计	12
二、单管液柱压力计	13
三、斜管压力计	14
第二节 弹性式压力计	14
一、单圈弹簧管压力表	14
二、多圈弹簧管压力计	17
三、膜式微压计	17
四、波纹管式压力计	18
五、电接点信号压力表	19
第三节 电气式压力计	19
一、霍尔片式弹簧管远传压力表	19
二、应变式压力计	21
三、热电真空计	21
第四节 活塞式压力计	22
一、活塞式压力计的工作原理	22
二、活塞式压力计的应用	22
第五节 弹簧管压力表的调校与故障分析	23
一、弹簧管压力表的调校	23
二、弹簧管压力表的故障分析	24
第六节 压力表的选用与安装	25
一、压力表的选用	25
二、压力表的安装	25

复习题	27
附 录	27
第三章 流量测量	29
概 述	29
一、流量测量的意义	29
二、流量的单位	29
三、流量测量仪表的分类	29
第一节 差压式流量计	29
一、节流现象及其原理	30
二、流量基本方程式	31
三、实用流量方程式	33
四、流量和压差的换算关系	33
五、流量方程式中有关系数的确定	35
六、标准节流装置及非标准化节流装置	45
七、标准节流装置的计算	46
八、节流装置计算实例	50
第二节 差压计	54
一、双波纹管差压计	54
二、膜片式差压计	59
三、差压式流量计的安装	64
四、差压式流量计使用中的测量误差	68
五、差压式流量计的使用和维护	69
六、流量测量的故障分析	71
第三节 转子流量计	71
一、转子流量计的工作原理	71
二、流量方程式	72
三、转子的特性	73
四、LZD系列电远传式转子流量计	74
五、LZQ系列气远传式转子流量计	74
六、转子流量计的使用	75
第四节 其它流量计	77
一、靶式流量计	77
二、椭圆齿轮流量计	80
三、涡轮流量计	81
四、电磁流量计	83
复习题	84
附 录	85
第四章 液位测量	88
概 述	88

第一节 简单液位计	89
一、玻璃液位计	89
二、浮力式液位计	89
第二节 浮筒式液位计	91
一、基本原理	91
二、BYD-Ⅲ型浮筒式液位变送器	92
三、浮筒液位计的校验	94
第三节 差压式液位计	97
一、差压式液位计的工作原理	97
二、用气动差压变送器测量液位	97
三、用法兰式差压变送器测量液位	98
四、零点迁移问题	100
五、差压式液位计的校验和迁移实例	102
第四节 其它液位计	104
一、电容式液位计	104
二、放射性液(物)位计	105
三、电极式液位计	105
四、超声波液位计	105
复习题	106
附 录	106
第五章 温度测量	107
概 述	107
一、温度的概念	107
二、温标的概念	107
三、测量仪表的分类	108
第一节 简单测温仪表	109
一、膨胀式温度计	109
二、压力表式温度计	113
第二节 热电偶	113
一、热电偶测温的基本原理	114
二、热电偶的几点结论及其应用	115
三、常用热电偶的种类	118
四、热电偶的构造及结构型式	120
五、热电偶自由端的温度补偿	122
六、热电偶的校验	126
附 录	128
第三节 热电阻	131
一、热电阻的测温原理	131
二、热电阻的材料和要求	132

三、常用热电阻	132
四、热电阻的构造、型号、主要规格及技术特性	135
五、热电阻的校验和故障	135
六、半导体点温计	136
附 录	138
第四节 动圈式指示仪表	142
一、XCZ-101型动圈式指示仪表	142
二、XCZ-102型动圈仪表	148
附 录	153
第五节 电子电位差计	154
一、手动电位差计	155
二、电子电位差计的工作原理	157
三、测量桥路的分析、计算和故障	157
四、晶体管放大器	163
五、平衡机构和走纸机构	169
六、电子电位差计的调校和故障分析	172
七、干扰问题和防止措施	176
八、电子电位差计的某些改进	178
附 录	180
第六节 电子平衡电桥	180
一、手动平衡电桥	180
二、电子平衡电桥原理	181
三、电子平衡电桥的计算	182
四、电子平衡电桥的调校与故障	185
五、电子平衡电桥与电子电位差计的比较	187
附 录	187
第七节 测温仪表的选用与安装	187
一、温度计(包括二次仪表)的选用原则	188
二、测温元件的安装	188
三、连接导线与补偿导线的安装	189
四、测量温度时的注意事项	190
附 录	190
复习题	199
第六章 自动成分分析仪表	201
概 述	201
第一节 热导式气体分析器	202
一、基本知识	202
二、RD-004型热导式H ₂ 分析器	205
第二节 热磁式氧分析器	209

一、基本知识	210
二、热磁式氧分析器的工作原理	211
三、CD系列热磁式氧分析器	212
第三节 红外线气体分析器	216
一、基本知识	216
二、红外线分析器的工作原理、分类和组成	217
三、HW-001型红外线气体分析器	219
第四节 气相色谱仪	224
一、基本知识	224
二、气相色谱仪的组成	228
三、工业气相色谱仪	229
第五节 工业酸度计	257
一、基本知识	257
二、PHG-21A(B)型工业酸度计	262
复习题	271
参考书目	271

第一章 化工测量仪表的基本知识

概 述

化工生产的特点是高温、高压、易燃、易爆、易腐蚀，并且多是在密闭的设备或管道中进行，看不见、摸不着，因此要借助于仪表来自动测量设备内部的温度、压力、流量、液面、成分等各种参数的变化情况，以指导操作人员进行最优化的生产控制，从而取得优质、高产、安全、低耗的生产效果，这些仪表就称为化工测量仪表。人们常说：化工厂没有仪表是不准开工的。可见化工测量仪表在化工生产中具有重要的意义。

在现代化的化工厂，化工测量仪表已不局限于自动测量参数，而与调节器和执行机构配合实现化工生产自动化。由于科学技术的不断发展，化工测量仪表已与计算机联合使用，实现大规模的化工生产控制，使生产效益成倍地增加。所以，我们必须学好仪表，目的是为了将来更好地为社会主义现代化建设服务打下良好的基础，故意义重大。

一、测量过程和测量误差

1. 测量过程

测量是用比较的方法来确定一个未知参数。例如，要确定一个储罐内的液位高度，可用米尺作为单位，与储罐连通玻璃管内基准面至液面高度进行比较，从所得测量单位数值，就能直接确定液位的高度。这种测量方法称为直接测量法。而在化工生产过程中需要测量的参数通常在设备内部，不便采用直接测量法而采用间接测量法。间接测量过程是：参数变化的信号，通过能量转换传送到仪表使指针偏转，并和标有测量单位的刻度进行比较，测出参数的数值。例如，用热电偶测量合成塔反应层温度，参数信号通过热电偶的热电效应转变为电能——直流毫伏信号，然后转换为毫伏计指针的偏转(机械能)，再与带有温度测量单位的标尺比较，给出温度读数。

上述直接和间接两种测量方法的共同点是：测量参数都和带有相应测量单位的工具进行比较，可见测量仪表实际上就是实现比较的工具。

2. 测量误差

在测量过程中所得到的测量值和参数的真实值是不一致的，其间的差值就是测量误差。测量误差是客观存在的事实，我们主观愿望是要测得真实值，但是，即使我们对测量原理和方法力求完善，测量工具极度精确，操作和观察非常仔细，仍然得不到绝对准确的真实值，而只是比较接近真实值而已。通常用精确度较高的标准压力表来校验工业用压力表是因为标准表的精确度较高，测量值比较可靠，权且作为被测参数的真实值来使用，实际上它与真实值也存在一定的差距。因此，也可以说测量误差是普遍存在的。

测量误差如按误差本身的性质，可分为系统误差、疏忽误差和偶然误差。

(1) 系统误差：是指经过多次重复测量时，出现相同数值或正负符号的误差，或虽不相同而却有一定规律性。因此，系统误差又称为规律误差。系统误差产生的原因，或由于仪表本身缺陷，调整不良或使用不当，或外界条件变化的影响等等，一般是找出原因即可消除。如一个毫伏温度计各主要刻度点都高出 5°C 左右，通过重新调整就可加以消除；又如测量蒸汽

流量时因实际蒸汽压力低于设计压力，指示偏高，即可按实际压力的相应密度加以修正。

(2) 疏忽误差：是指在测量过程中，由于工作人员观察时的疏忽大意或记录错误，出现个别无规律的较大误差，这种误差对测量的结果毫无参考的意义，一般是剔除不计。要避免这类误差的发生，主要应加强责任感，认真对待工作。

(3) 偶然误差：是指偶然原因引起的误差，即使在相同条件下经过多次重复测量结果仍有差异，它既非系统误差，又非疏忽误差，大多是由于仪表本身存在不足之处的缘故。在通常情况下精确度越高的仪表，发生偶然误差就少，误差值也小。客观条件也能引起偶然误差，如电子线路中的噪声干扰等，测量时要适当考虑。

参数值的测量误差常用绝对误差和相对误差来表示。

绝对误差——测量值与真实值之间的差值，即绝对误差 = 测量值 - 真实值。

相对误差——绝对误差和真实值之比，即相对误差 = $\frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}}$ 。

二、测量仪表的品质指标

衡量测量仪表品质优劣，通常用下述指标来比较。

1. 仪表的精确度：精确度可以看作是仪表制造加工的精密程度和指示的准确程度，常称为精度或准确度。

采用仪表测量生产工艺的某一参数时，往往由一个或多个因素造成测量误差，而仪表本身的精确度则是直接影响测量结果的因素。仪表精确度越高，指示值越接近真实值，测量误差就越小，所以首先应对仪表的误差有所了解。

衡量仪表的误差大小，通常是将它和标准表同时测量同一个参数值，所得两个表读数的差值，就是仪表的误差，也用绝对误差和相对误差来表示，即：

$$\text{绝对误差} = |a - b|;$$

$$\text{相对误差} = \frac{|a - b|}{b}。$$

式中 a ——测量仪表的示值(我们把它当成测量值)；

b ——标准表的示值(我们把它当成真实值)。

用仪表的一个刻度点的绝对误差和相对误差来评价一个仪表的精确度是不够的，因为没有结合仪表的标尺范围(即测量范围)，不能全面的、合理的反映仪表的精确度。对于工业测量仪表的误差，通常采用折合成仪表标尺范围的百分数来表示，称为相对百分误差、相对引用误差或折合误差，如下式所示：

$$\Delta = \frac{|a - b|_{\max}}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\%$$

式中 Δ ——相对百分误差；

a ——被测参数的测量值；

b ——被测参数的标准值；

$|a - b|_{\max}$ ——标尺范围内最大绝对误差。

举例来说：有A、B两个热电阻温度计，A表的量程为0~100℃，B表的量程为0~200℃，各主要刻度点的测量值如下：

A表	标准值	b	0℃	25℃	50℃	75℃	100℃
	测量值	a	0℃	25℃	48℃	74℃	101℃
	绝对误差值	$ a-b $	0℃	0℃	2℃	1℃	1℃
	最大绝对误差值	$ a-b _{\max}$	2℃				
	相对百分误差		$\Delta A = \frac{2}{100} \times 100\% = 2\%$				
B表	标准值	b	0℃	50℃	100℃	150℃	200℃
	测量值	a	0℃	48℃	98℃	148℃	201℃
	绝对误差值	$ a-b $	0℃	2℃	2℃	2℃	1℃
	最大绝对误差值	$ a-b _{\max}$	2℃				
	相对百分误差		$\Delta B = \frac{2}{200} \times 100\% = 1\%$				

通过上述例子可以看到：

(1) 两表最大绝对误差虽然同是2℃，但因量程范围不同，它们的相对百分误差也不同。量程大的B表比量程小的A表为小， $\Delta B < \Delta A$ ，所以B表的精度较高。

(2) 计算相对百分误差，必须用标尺的最大绝对误差，而不能用任意一个刻度点的绝对误差来计算，这点必须加以注意。

我国就是利用这一办法来统一规定仪表的精度等级的，我国常用仪表的准确度等级大致有：

I 级标准表	II 级标准表	工业测量仪表
0.005、0.02、0.05	0.1、0.2、0.35、0.5	1.0、1.5、2.5、4.0
高精度 ←————→ 低精度		

精度等级的表示法是去掉相对百分误差的百分数符号%后，若其数字正好在国家统一规定的仪表精度等级上，将数字标在圆圈或三角形内如(1.0)或△15，否则，将其数字向下一级圆整后再标在圆圈或三角形内，印在仪表面板上，以资识别。如上例中的B表，相对百分误差为1%，即可定为1.0级，而A表的相对百分误差为2.0%，统一规定的仪表等级中并无2.0级，故向下一级圆整定为2.5级。

可见，只要知道仪表的最大绝对误差和量程范围，就能很容易知道该仪表的精度等级。反之，知道一个仪表的精度等级和量程范围，也能很容易求知该仪表的最大允许误差，这一点在调校仪表时是很有用处的。

既然仪表精度高，测量结果准确，那么，为什么测量化工参数不采用精度高的标准表？这是因为标准表的制造工艺复杂，加工精密，选材精良，成本非常昂贵，对于重要的生产参数，应该选用0.5级或1.0级仪表，而对于次要生产参数，则可采用较低精度仪表，这样就照顾到生产的合理性和经济性两个方面。

仪表由于制造质量等内在因素，在正常条件下(如周围介质的温度、湿度、振动、电源电压和频率、外磁场干扰等等)所允许的最大误差，也用相对百分误差来表示，称为基本误差。如果仪表不在规定的正常条件下工作，就将引起额外误差，称为附加误差。附加误差的大小很难估计，有时可能非常之大，致使仪表无法测量，因此必须密切注意。

2. 测量仪表的变差

用仪表测量参数时，虽然处在同一环境条件下，并且使用同一个仪表，但是在由小到大的正行程中和由大到小的反行程中对同一个参数却指示出不同的数值，两读数之差即称为该

点变差。造成变差的原因很多，如传动机构间隙过大、运动部件不够光洁、或配合过紧形成摩擦、弹性元件本身弹性滞后的影响等。

测量仪表变差的表示法是用仪表对同一参数的正、反行程中所测得的最大绝对误差值，如图1-1中所示的 $\Delta''_{\max}$ 与仪表标尺范围之比的百分数来表示：

$$\text{变差} = \frac{\Delta''_{\max}}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\%$$

变差也是衡量仪表的品质指标，工业测量仪表的变差规定不得超过该仪表本身的精确度等级，否则应予检修。

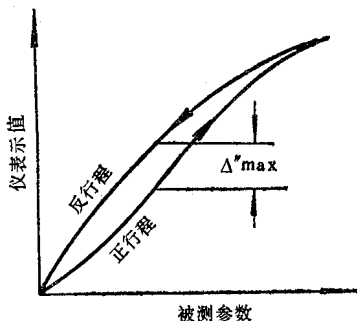


图1-1 测量仪表的变差

3. 测量仪表的灵敏度与灵敏限

灵敏度是指测量仪表反映被测参数变化的灵敏程度，以仪表指针的直线位移或角位移 $\Delta\alpha$ 与引起位移的被测参数的变化量 Δx 之比来表示：

$$\text{灵敏度 } S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x}$$

式中 S ——灵敏度；

Δx ——被测参数变化量；

$\Delta\alpha$ ——指针的角位移或直线位移。

例如，有A、B两个毫伏计，输入10mV时，A表指针偏转角为 90° ，而B表指针偏转角只有 45° ，则

$$A \text{ 表灵敏度 } S_A = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x} = \frac{90^\circ}{10\text{mV}} = 9^\circ/\text{mV};$$

$$B \text{ 表灵敏度 } S_B = \frac{\Delta\alpha}{\Delta x} = \frac{45^\circ}{10\text{mV}} = 4.5^\circ/\text{mV}.$$

可见A表灵敏度比B表高。进行测量时一般希望采用灵敏度高的仪表，这是因为灵敏度高，角位移大，对参数的指示值比较明确清晰，容易辨认。

仪表的灵敏限又称始动灵敏度，是指引起仪表指示值发生可见的变化所需被测参数的最小变化量。例如，A和B两个毫伏计，标尺范围及精度等级等条件均相同，当A表输入0.5mV时，指针开始偏转，而B表则在输入1.5mV时，指针才开始移动，则A表的灵敏限优于B表。通常仪表的灵敏限的数值，以不大于仪表允许误差绝对值的一半为合格。

仪表的灵敏度是由仪表本身的结构特性所决定，仪表精度等级高，灵敏度也较高，灵敏限较小。一般在仪表的放大环节设有调节灵敏度的装置，可以提高灵敏度，但是为了提高读数的清晰，而无限提高灵敏度，将导致仪表精确度的下降，因此，通常规定仪表标尺上的分度值最小不得小于仪表允许误差的绝对值。

4. 测量系统的动态误差

在测量过程中，信号(能量)形式的转换和传输，由于各种运动惯性和时间上的滞后，使得仪表不能即时反映被测参数值而造成的误差称为动态误差。被测参数变化越快，动态误差越显著，所以进行测量时要尽可能创造有利条件，以减少动态误差。

动态误差的大小，常用时间常数、滞后时间和阻尼时间来表示。

(1) 时间常数

当用热电偶和显示仪表测量温度时，由于保护套管的热惯性，使得仪表不能马上反映出

温度的实际变化值,而要经过几秒或几分钟时间,这就是测量系统的时间常数。通常以参数值作阶跃变化后仪表指示值到达参数变化值的63.2%时所需的时间 T 来表示,如图1-2所示。又如用带保护套管的热电阻测量温度时,除了保护套管的热惯性外,还由于热电阻本身体积较大,存在很大的热容,表现出的时间常数就更大,达到十几分钟甚至数十分钟,这些动态误差对测量的真实性和及时性是很不利的。

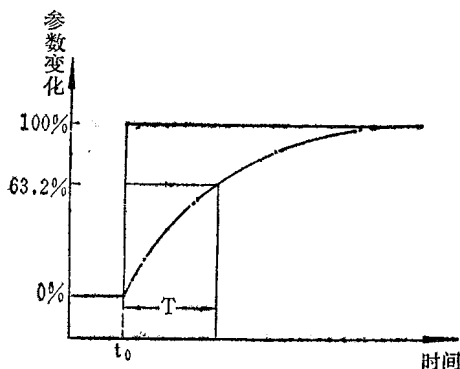


图1-2 测量仪表的时间常数

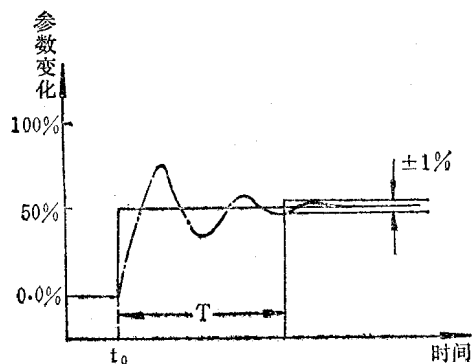


图1-3 测量仪表的阻尼时间

对于显示仪表的动态特性,习惯上不用时间常数而用全行程时间或惰性时间(响应时间)来表达,以输入满量程阶跃信号时,指针由刻度下限移至刻度上限,或反行程移动所需要的时间。通常以全量程的5%作为下限值,以全量程的95%作为上限值。例如一个0~100℃毫伏温度计,输入对应100℃的毫伏值,在到达5℃时记为零秒,至95℃时记为0.7秒,即此仪表的响应时间为0.7秒。

仪表动态过程中,因为存在时间常数,造成仪表指示值的动态误差。为提高测量的准确性,必须设法减小仪表的时间常数,例如在测量某些变化较快的温度时,采用无保护套管的热电偶,就是这个目的。

(2) 滞后时间

在化工参数测量中,滞后时间对成分分析影响最为显著,因为多数气体分析器的样气,必须通过工艺设备或管道取出,再流经预处理装置的各个环节,然后进入分析器的心脏部件传感器,其间的气路长短、流速快慢、阻力大小等等都是形成滞后时间的因素,滞后时间少者数十秒,多者数十分钟,形成很大的动态误差,严重时甚至使测量失去对生产的指导意义,必须引起足够重视,原则上要尽可能地缩短取样管路的距离,传感器尽可能靠近预处理器,以减少滞后时间。

(3) 阻尼时间

阻尼时间一般表现在显示仪表上(如动圈表、电子电位差计等)当参数值变化后,仪表指针要经过多次摆动才能稳定地指示出参数准确值。这种指针经过多次摆动至稳定的时间称为阻尼时间,以输入仪表标尺一半的相应参数时开始,到仪表指示值与输入参数值之差为该仪表标尺范围的 $\pm 1\%$ 时为止的时间间隔,如图1-3所示。阻尼特性良好的仪表其阻尼时间短,比如划线条型电子电位差计,记录笔尖摆动两次半周期稳定下来;指示型及多点打印记录型电子电位差计三次半周期稳定下来,即为阻尼正常;如果摆动超过三次半周期,则为阻尼不足,常称为欠阻尼;反之,当阻尼过度时,指针行动缓慢,常称为过阻尼。

阻尼时间是由仪表的结构特性所决定的，它与仪表的灵敏度有一定关系，如片面追求灵敏度的提高，阻尼特性会变坏，阻尼时间延长，以致指针摆动不停，无法准确读数。

三、测量仪表的分类和构成

1. 测量仪表的分类

化工生产过程中所用测量仪表的类型很多，分类的方法也不同，现介绍常见的几种分类方法。

(1) 按被测参数的性质分类：可分为压力(包括差压、负压)测量仪表、流量测量仪表、物位测量仪表、温度测量仪表和成分分析仪表。

(2) 按仪表显示方式分类

指示型——有指针、刻度，能及时反映参数的瞬时值。

记录型——有记录笔和记录纸，能反映参数瞬时值以及随时间变化的瞬时值情况。

累积型——带积算装置，能将参数的瞬时值按时间累加，能反映出一定间隔时间内被测参数的总和，如带累积器的流量计。

信号型——带有电接点，能和信号装置配合在给定的条件下发出声响和灯光信号，如电接点温度计、电接点压力表。

远传指示型——带有信号转换组件，能远距离传送指示值。

此外，尚有混合结构的仪表，并有二种以上的功能等等，以后在生产实践中将会接触到。

(3) 按仪表安装场合分类

就地仪表——直接安装在工艺对象上，只能就地观察读数，如水银温度计、U型差压计，就地安装压力表。

有些就近安装在操作岗位表盘上的基地式仪表，也常称为就地仪表。

远传仪表——把一种测量参数的信号转换为另一种便于远距离传送的电的或气的信号后，再送到远方的控制室仪表盘上进行显示读数。通常把安装在工艺对象上以感受测量参数的敏感测量元件，称为传感器或传送器，常称为一次仪表，而把装在仪表盘上的显示仪表称为二次仪表。

(4) 按使用场合对精度要求的不同，可分为工业用仪表、范型仪表和标准仪表。

2. 测量仪表的构成

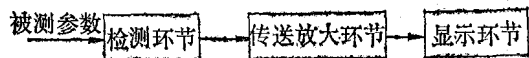


图1-4 测量仪表的构成

化工生产过程中，需要测量的参数为数甚多，生产条件各不相同，所用测量仪表种类繁多，但从仪表的构成来看，是具有共同点的，即都是由三个主要部分所组成，即测

量环节、传送放大环节和显示环节，如图1-4所示。

测量环节直接感受测量参数的变化，并转换为便于测量的信号；传送放大环节用以进行信号的放大或传送；显示环节用以指示或记录参数值。有的仪表将这三个环节组合在一起成为一个完整的测量仪表，如弹簧管压力表。有些仪表即是三个环节互相独立的，如热电偶测温系统中，热电偶是测量环节，常称为一次仪表，电子电位差计的放大器即为传送放大环节，而指针和刻度标尺即为显示环节，统称为二次仪表。

复 习 题

1. 什么叫测量？通常用哪几种方法测量。
2. 什么叫测量误差？误差形式有哪几种？测量误差如何表示？
3. 指出仪表的绝对误差、相对误差、相对百分误差、变差、基本误差、附加误差的意义及其表达方法。
4. 仪表为什么有一定的精度和灵敏度？两者之间有何关系和区别？
5. 仪表精度等级与相对百分误差有何关系？
6. 什么是仪表的动态特性？试举出几种动态误差。
7. 某反应器温度控制指标为 120°C ，要求指示误差不超过 2°C ，现用一个刻度范围为 $0\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，精度等级为1.5级的电阻温度计测量，问能否满足要求？为什么？应选用什么级别的仪表？
8. 温度测量范围为 $0\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，使用后重新校验，发现最大绝对误差为 6°C ，问此表定为什么等级的仪表？
9. 有一台 $0\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，1.0级毫伏温度计，正行程和反行程各值如下，问此表是否合格？

标准值， $^{\circ}\text{C}$	0	50	100	150	200
正行程， $^{\circ}\text{C}$	0	48	98	148	201
反行程， $^{\circ}\text{C}$	0	49	101	151	201

第二章 压力测量

概 述

在化工生产中,工艺条件要求很不一样,有的要求在高压下进行,如氢气和氮气合成氨气的压力为32MPa;高压聚乙烯的压力为150MPa。压力过高要发生严重事故;压力过低,则产品的质量、产量达不到指标。有的产品则要在真空中进行,如液体烧碱要在几十个kPa的真空下蒸发,真空度不够,蒸发速度缓慢,生产效率变低,可见压力测量对化工生产有一定的重要性。

测量压力的仪表常称为压力表或压力计。测量真空度的仪表称为真空表或负压计。有的压力表既有压力刻度标尺,又有真空度刻度标尺,称为联成计。

一、压力的基本概念

压力就是垂直作用在物体单位面积上的力,在物理学中称为压强。它由受力的面积和垂直作用力的大小所决定,方向指向受压物体,可用下式表示:

$$p = \frac{F}{S} \quad (2-1)$$

式中 p ——压力,帕(Pa);

F ——垂直作用力,牛(N);

S ——受力面积,米²(m²)。

二、压力的单位及不同单位制的换算

压力以及以后所述的流量测量中的计量单位,除了长度、质量和时间这三个基本单位外,其它如压力、力、密度、粘度等等均为导出单位。我国法定计量单位,以国际单位制为主,又允许某些并用单位。过去工厂所用仪表多是工程单位制和绝对单位制,均应改为法定单位,为便于改制时参考,在表2-1中列出不同单位制单位及相互换算关系。

在国际单位制中,压力的单位是帕斯卡,简称帕(符号为Pa),这是一个导出单位,定义为:

$$1 \text{ 帕} = 1 \text{ 牛顿/米}^2$$

即1牛顿的力垂直均匀作用在1米²的面积上所形成的压力值叫1帕,它的基本单位表示如下:

$$1 \text{ 帕} = 1 \frac{\text{牛顿}}{\text{米}^2} = 1 \frac{\text{公斤} \cdot \text{米} \cdot \text{秒}^{-2}}{\text{米}^2} = 1 \text{ 公斤} \cdot \text{米}^{-1} \cdot \text{秒}^{-2}$$

过去经常使用的压力单位还有:物理大气压、工程大气压、毫米汞柱、毫米水柱等,在表2-2中列出的是一些常见压力单位及其定义。

各种压力单位可以按照定义互相换算,例如:

$$\begin{aligned} 1 \text{ 工程大气压} &= 1 \frac{\text{公斤力}}{\text{厘米}^2} = \frac{1 \text{ 公斤} \times 9.80665 \text{ 米} \cdot \text{秒}^{-2}}{10^{-4} \text{ 米}^2} \\ &= 9.80665 \times 10^4 \frac{\text{牛顿}}{\text{米}^2} = 9.80665 \times 10^4 \text{ 帕} \end{aligned}$$