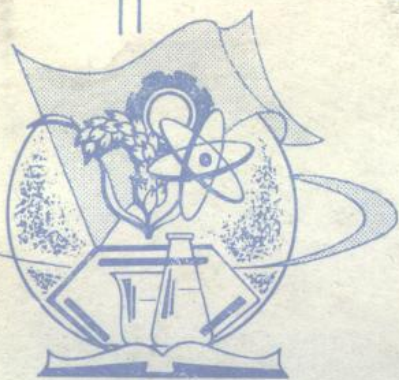


中等专业学校试用教材



# 化工仪表 及自动化

(工艺类专业适用)

兰州化学工业公司化工学校等合编  
杜效荣主编

化学工业出版社

21.18  
257

中等专业学校试用教材

# 化工仪表及自动化

(工艺类专业适用)

兰州化学工业公司化工学校等合编

杜效荣主编

化学工业出版社

## 内 容 简 介

本书主要叙述化工检测仪表、调节器和化工自动调节原理基础知识。第一部分介绍化工生产中的压力、流量、物位、温度、成分等常规检测仪表的工作原理、结构、使用方法等。第二部分叙述化工自动化的基本概念、调节规律、调节器的工作原理和参数工程整定，以及调节系统的投运和操作方法等有关问题。

本书是中专化工工艺类专业试用教材，可作为其他专业的教学参考书，也可供从事化工生产的有关人员参考。

中等专业学校试用教材

**化工仪表及自动化**

(工艺类专业适用)

兰州化学工业公司化工学校等合编

杜效荣主编

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

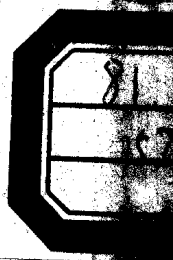
化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ 印张 $13\frac{1}{2}$ 字数335千字印数1-22,150

1980年6月北京第1版1980年6月北京第1次印刷

书号15063·3161(K-204)定价1.10元



## 编写说明

本书是根据化工部教育司决定组织编写的化工中专教材，供工艺类专业学习化工仪表及自动化基础知识之用。

全书共两篇十一章。第一至五章讲述压力、流量、物位、温度、成分的测量方法和常用的检测仪表。第六、七章从定性角度讲述化工自动化基本概念和基本调节规律。第八章介绍常用单元组合仪表的特点、主要单元，以及显示调节仪的操作。第九章介绍气动薄膜调节阀及调门定位器。第十章介绍基本调节系统的组成、投运和调节器参数整定的方法。第十一章简介复杂调节系统。

每章后面附有复习题，书末附有附录，以供教学参考和查阅。

在编写中，加强了新型仪表和自动化的份量，注意兼顾我国化工仪表及自动化的现状和发展方向。考虑中专生将到生产第一线工作，所以对主要显示调节仪的操作也作了一般性介绍。

编写大纲规定本课程学时数为60~80。由于各地区各工艺专业对本课程的要求不完全相同，因此，各地在采用本教材时可以根据具体情况适当增删。

本书由兰州化学工业公司化工学校、泸州化工专科学校、吉林省石油化工学校编写。第一至四章由熊德仙同志执笔，第五章由崔浩范同志执笔，第六至十一章由杜效荣同志执笔。最后由杜效荣同志汇总定稿。初稿完成后组织了有关单位进行审稿。

由于我们水平不高、学识浅陋、时间仓促，本书的缺点错误一定不少，深切希望读者批评指正。

编者

一九七八年十二月

# 目 录

## 绪 论

一、化工自动化的意义 .....	1
二、化工仪表及自动化的发展概况 .....	1
三、化工仪表及自动化系统的分类 .....	1
四、课程的目的要求和基本内容 .....	2

## 第一篇 化工测量仪表

<b>基本知识</b> .....	3
一、测量过程和测量误差 .....	3
二、测量仪表的品质指标 .....	4
三、测量仪表的分类和构成 .....	6
<b>第一章 压力测量</b> .....	8
一、压力的基本概念 .....	8
二、压力测量单位 .....	8
三、大气压力、表压力、绝对压力、负压力（亦称真空度）.....	8
四、压力测量仪表的分类 .....	9
<b>第一节 液柱式压力计</b> .....	9
一、U型液柱压力计 .....	10
二、单管液柱压力计 .....	10
<b>第二节 弹性式压力计</b> .....	11
一、单圈弹簧管压力表 .....	11
二、膜式微压计 .....	13
三、波纹管式压力计 .....	14
四、多圈弹簧管压力计 .....	14
五、电接点信号压力表 .....	15
<b>第三节 电气式压力计</b> .....	15
一、霍尔片式弹簧管远传压力表 .....	15
二、应变片式压力计 .....	17
<b>第四节 压力表的选择与安装</b> .....	18
一、压力表的选用 .....	18
二、压力表的安装 .....	18
附1-1 弹簧管的测压原理.....	20
附1-2 应变片的测压原理.....	21
<b>第二章 流量测量</b> .....	23
<b>第一节 差压式流量计</b> .....	23
一、节流装置的流量测量原理 .....	23
二、流量基本方程式 .....	25
三、标准节流装置 .....	25
四、差压计 .....	27

五、节流式流量计的安装 .....	29
第二节 转子流量计 .....	31
一、转子流量计的工作原理 .....	31
二、转子流量计的结构与类型 .....	31
三、远传式转子流量计 .....	32
四、转子流量计的使用 .....	34
第三节 其他流量计 .....	36
一、靶式流量计 .....	36
二、椭圆齿轮流量计 .....	37
三、涡轮流量计 .....	39
四、电磁流量计 .....	40
附2-1 差动变压器式自动平衡转子流量计的流量显示原理 .....	42
<b>第三章 物位测量</b> .....	44
第一节 几种常见的液位测量方法 .....	45
一、玻璃液位计 .....	45
二、浮力式液位计 .....	45
第二节 差压式液位计 .....	47
一、差压式液位计的工作原理 .....	47
二、零点迁移问题 .....	48
三、用法兰式差压变送器测量液位 .....	49
第三节 其他液位计 .....	50
一、电容式液位计 .....	50
二、放射性液(物)位计 .....	50
三、电极式液位计 .....	51
四、超声波液位计 .....	51
<b>第四章 温度测量</b> .....	53
第一节 温度测量的基本概念 .....	53
一、温度的概念 .....	53
二、温标的概念 .....	53
三、测温仪表的分类 .....	55
第二节 热电偶 .....	56
一、热电偶测温的基本原理 .....	56
二、常用热电偶的种类 .....	59
三、热电偶的构造及结构型式 .....	60
四、补偿导线的选用 .....	62
五、热电偶的自由端温度补偿 .....	64
第三节 热电阻 .....	65
一、热电阻的测温原理 .....	65
二、热电阻材料 .....	66
三、对热电阻支架的要求 .....	67
四、常用热电阻 .....	67
五、热电阻的构造、型号及基本特性 .....	69
第四节 动圈式显示仪表 .....	70
一、动圈式仪表测量机构的作用原理 .....	71

二、动圈式仪表测量机构的组成 .....	71
三、动圈阻值的温度影响及其补偿方法 .....	72
四、XCZ-101型动圈仪表的测量线路 .....	73
五、XCZ-102型动圈仪表的测量线路 .....	74
<b>第五节 电子自动电位差计 .....</b>	<b>76</b>
一、手动电位差计 .....	77
二、电子自动电位差计 .....	77
<b>第六节 电子自动平衡电桥 .....</b>	<b>84</b>
一、平衡电桥 .....	85
二、电子自动平衡电桥 .....	85
三、电子自动平衡电桥的调整 .....	86
四、电子自动平衡电桥与热电阻的连接 .....	87
五、电子自动平衡电桥与电子电位差计的比较 .....	87
<b>第七节 测温仪表的选用与安装 .....</b>	<b>87</b>
一、温度计的选用原则（包括二次仪表） .....	87
二、测温元件的安装 .....	38
三、连接导线与补偿导线的安装 .....	89
四、测量温度时的注意事项 .....	89
附4-1 UJ22-1型携带式电位差计 .....	90
附4-2 JF-12型晶体管放大器中的无耦功放级 .....	91
<b>第五章 自动成分分析仪表 .....</b>	<b>93</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>93</b>
<b>第二节 热导式气体分析器 .....</b>	<b>94</b>
一、基本原理 .....	94
二、测量方法 .....	96
<b>第三节 磁氧分析器 .....</b>	<b>97</b>
一、基本原理 .....	97
二、测量方法 .....	98
<b>第四节 红外线气体分析器 .....</b>	<b>100</b>
一、基本知识 .....	100
二、红外线分析器的分类和工作原理 .....	101
<b>第五节 气相色谱分析仪 .....</b>	<b>103</b>
一、气相色谱分析原理 .....	103
二、气相色谱仪的一般流程和工作原理 .....	104
<b>第六节 工业酸度计 .....</b>	<b>106</b>
一、基本知识 .....	106
二、pH值测量原理 .....	107

## 第二篇 化工自动化

<b>概述 .....</b>	<b>110</b>
<b>第六章 化工自动化基本概念 .....</b>	<b>111</b>
<b>第一节 化工生产过程的调节 .....</b>	<b>111</b>
一、什么是生产过程的调节 .....	111
二、人工调节和自动调节 .....	111

三、自动调节的类型 .....	112
第二节 自动调节系统的组成 .....	112
一、自动调节系统的组成 .....	112
二、自动调节系统的方块图 .....	113
三、负反馈概念 .....	114
第三节 自动调节系统的过渡过程及品质指标 .....	114
一、调节系统的静态、动态和干扰作用 .....	114
二、自动调节系统的过渡过程及其基本形式 .....	114
三、自动调节系统的品质指标 .....	115
第四节 调节对象的特性 .....	116
一、对象的负荷和自衡 .....	117
二、放大系数和时间常数 .....	117
三、对象的容量和容量系数 .....	119
四、对象的滞后 .....	120
<b>第七章 基本调节规律</b> .....	123
第一节 双位调节 .....	123
第二节 比例调节 .....	124
一、比例调节规律及其特点 .....	124
二、比例度及其对调节过程的影响 .....	126
第三节 积分调节 .....	128
一、积分调节规律及其特点 .....	128
二、比例积分调节规律(PI调节规律) .....	130
三、PI调节的积分时间及其对调节过程的影响 .....	130
第四节 微分调节 .....	131
一、什么是微分调节 .....	131
二、实际的微分调节规律及微分时间 .....	132
三、比例积分微分调节 .....	134
<b>第八章 单元组合仪表</b> .....	136
第一节 概述 .....	136
第二节 变送单元 .....	138
一、气动差压变送器(QBC) .....	138
二、气动温度变送器(QBW) .....	140
三、电动差压变送器(DBC) .....	143
四、电动温度变送器(DBW) .....	143
第三节 调节单元 .....	145
一、QTL-500型比例积分调节器 .....	145
二、QTW-200型微分器 .....	149
三、QTM-23型PID调节器 .....	150
附8-1 UTQ-II型气动液位调节器 .....	151
四、DDZ-II型调节器 .....	152
五、DDZ-III型调节器 .....	153
第四节 显示单元 .....	154
一、气动色带指示仪 .....	155
二、QDZ-II型三针记录调节仪 .....	156



三、QXJ-213型气动记录调节仪 .....	158
第五节 其它单元 .....	158
一、气动定值器 .....	158
二、遥控板 .....	159
附8-2 电动调节器工作原理 .....	160
<b>第九章 气动薄膜调节阀</b> .....	<b>164</b>
第一节 气动薄膜调节阀的结构和工作原理 .....	164
一、结构 .....	164
二、作用形式 .....	164
三、调节阀阀体的主要类型 .....	165
四、调节阀的流量特性 .....	166
第二节 阀门定位器 .....	167
一、阀门定位器的工作原理 .....	167
二、阀门定位器的作用 .....	167
第三节 气动薄膜调节阀的安装 .....	168
<b>第十章 基本调节系统</b> .....	<b>170</b>
第一节 基本调节系统的特点及典型的调节方案 .....	170
一、基本调节系统的组成 .....	170
二、几种基本调节系统的典型方案 .....	170
第二节 方案的合理性对调节的影响 .....	174
第三节 调节系统的投运 .....	175
一、调节器的作用方向问题 .....	175
二、自动调节系统的投运 .....	176
三、故障判别方法 .....	177
第四节 调节器参数的工程整定 .....	178
一、临界比例度法 .....	178
二、衰减曲线法 .....	178
三、经验试凑法 .....	179
四、几种整定方法的比较 .....	180
<b>第十一章 复杂调节系统简介</b> .....	<b>181</b>
第一节 串级调节系统 .....	181
一、什么是串级调节系统 .....	181
二、串级调节系统的特点 .....	182
三、串级调节系统的适用场合和参数整定 .....	182
四、串级调节系统的切换操作 .....	183
第二节 均匀调节 .....	184
第三节 比值调节 .....	185
一、开环比值调节 .....	185
二、单闭环比值调节 .....	185
第四节 其他复杂调节系统 .....	186
一、多冲量调节 .....	186
二、前馈调节 .....	187
三、计算机调节 .....	187

<b>附录</b> .....	190
一、常用弹簧管压力表及真空表规格 .....	190
二、霍尔压力变送器规格 .....	191
三、CW型双波纹管差压计规格 .....	192
四、靶式流量计规格 .....	192
五、椭圆齿轮流量计规格 .....	192
六、电磁流量计规格 .....	193
七、涡轮流量变送器规格 .....	193
八、沉筒液位变送器规格 .....	193
九、我国常用热电偶及补偿导线 .....	194
十、热电偶补偿电桥(自由端温度补偿器)规格与技术数据 .....	194
十一、热电偶温度与毫伏对照表 .....	195
十二、热电偶的规格与型号 .....	199
十三、热电阻温度与电阻值对照表 .....	201
十四、热电阻的型号及主要规格 .....	203
十五、动圈仪表型号命名 .....	204
十六、自动平衡式显示仪表型号命名 .....	205
十七、部分测温二次仪表规格 .....	205
十八、气动薄膜调节阀命名 .....	206
十九、自控设计图例 .....	207

# 绪 论

## 一、化工自动化的意义

化工生产过程，往往是在密闭的容器和设备中，在高压、真空、高温、深冷的情况下连续进行的。此外，不少介质还具有有毒、易燃、易爆、有腐蚀的性质。因此，为使化工生产正常地、高效地进行，就必须把各项工艺参数维持在某一最佳范围之内，并尽量使生产过程自动化、现代化。

化工生产过程自动化，就是在化工设备上，配置一些自动化装置，替代操作人员的部分直接劳动，使生产在不同的程度上自动地进行。这种用自动化装置来管理化工生产过程的办法，就称为化工生产过程自动化，简称化工自动化。

实现化工自动化以后，不仅可以提高产品的产量和质量，降低能量、原材料的消耗定额，延长设备的使用寿命，获得最好的技术经济指标；而且能充分保证工人和设备的安全，减轻操作人员的劳动强度，改善工作环境，有效地监视、控制和调节生产过程。

## 二、化工仪表及自动化的发展概况

化工仪表及自动化，最早出现在四十年代，那时的仪表体积大、精度低。但随着科学技术的不断发展和电子技术的不断进步，在五十年代就出现采用 $0.2\sim 1.0\text{kgf/cm}^2$ 统一气压信号的气动仪表。接着，又出现了采用 $4\sim 20\text{mA}$ 直流信号的电动仪表，从而实现了集中控制，并使仪表体积大为缩小，可靠性和精度也有很大提高。六十年代后半期，随着半导体和集成电路的进一步发展，自动化仪表便向着小体积、高性能的方向迅速发展，并实现了用计算机作数据处理的各种自动化方案。

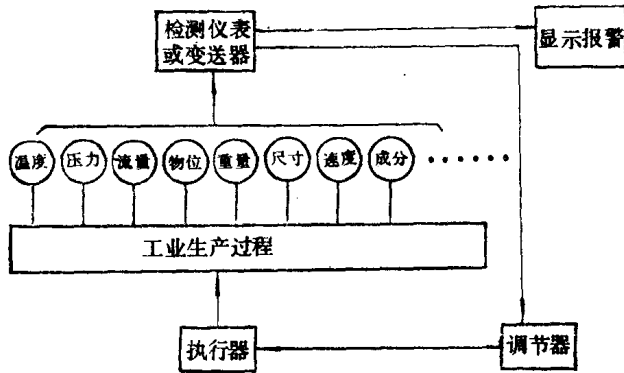
在我国，解放前根本谈不上有仪表制造工业。解放后，在中国共产党的英明领导下，我国的仪表工业从无到有，从小到大，得到了突飞猛进的发展，并且向着标准化、系列化、通用化的方向迅速前进。现在已成批地生产电动Ⅱ型、气动Ⅱ型等自动化仪表，并已开始试生产电动Ⅲ型和气动Ⅲ型等新型仪表，以满足各部门的需要。不少单位还研制了各种类型和各种性能的自动巡回检测装置和工业控制机，为实现“四个现代化”做出了新贡献。

## 三、化工仪表及自动化系统的分类

在化工生产过程中，需要测量和控制的参数是多种多样的，但主要是热工量<sup>①</sup>和分量。因而化工自动化仪表按其功能不同，大致分成四个大类：即检测仪表（包括各种参数的测量和变送）；显示仪表（包括用模拟量显示和数字量显示）；调节仪表（包括气动、电动调节仪表）和执行器（包括气动、电动、液动等执行器）。这四大类仪表之间的关系如下页图所示。

利用上述各类仪表、大致可以构成自动检测、自动操纵、自动保护和自动调节这样四种类型的自动化系统。

① 在科学技术领域中，一般把各种量分为十大类，如时间量（时、分、秒）、光学量、电磁量和力学量等等。在仪表工业中，称热力工程中用的量为热工量（如温度、压力、流量、物位），称电力工程中用的量为电工量，称与物质成分有关的量为成分量。



各类仪表之间的关系

#### 四、课程的目的要求和基本内容

化工自动化在化工生产中不仅有重要的地位和作用，而且也是我们完成新时期总任务的重要技术武器。在任何一个现代化的化工厂里，无一不是由许多的机械、设备和仪表按一定的工艺要求组合而成的。而工艺、设备与仪表之间，既相互区别，又紧密联系。也就是说，工艺生产的实现，要靠设备和仪表来完成。所以，对于从事化工工艺的中等专业技术人员来说，学习和掌握化工仪表及自动化的一些基础知识，对以后的工作是很必要的。

通过本课程的学习，应了解常用化工仪表的作用、结构、基本原理及其主要特点，并能正确地使用它们。此外，还应了解自动调节的基本知识，懂得基本调节规律，熟悉在生产开车过程中自动调节系统的投运和了解调节器参数的整定方法。

本课程主要讲述自动检测和自动调节两大内容。

# 第一篇 化工测量仪表

## 基本知识

在化工生产过程中，为了有效地进行生产操作和自动调节，需要对工艺生产中的压力、流量、物位、温度、物质成分等参数进行自动测量。用来测量这些参数的仪表称为化工测量仪表。现就有关测量和测量仪表的一些基本知识作一简要介绍。

### 一、测量过程和测量误差

#### 1. 测量过程

所谓测量，就是用实验的方法，求出某个量的大小。比如我们要测量一段导线的长度，那就用一把米尺与它比试一下，看它有多少米长，即可测知该段导线的长度。用数学式子表示如下：

$$Q = gV$$

式中  $Q$ ——被测量；  
 $g$ ——测量值，即被测量与所选测量单位的比值；  
 $V$ ——测量单位。

上述这种测量方法，通常叫做直接测量。除此之外，还有间接测量和联立测量两种测量方法。

无论采用哪种方法进行测量的过程，都是将被测参数与其相应的测量单位进行比较的过程。而测量仪表就是实现这种比较的工具。

#### 2. 测量误差

我们进行测量的目的，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，人们无论怎么努力（包括从测量原理、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，这一差值就是测量误差。

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(即符号)均不改变的误差。产生这种误差的原因，主要有仪表本身的缺陷，观测者的习惯或偏向，单因素环境条件的变化等。这类误差在测量中是容易消除或修正的，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所致。它比较容易被发觉，并应将它从测量结果中去掉。由此说明，我们在工作中应认真、仔细，加强革命责任感，尽量避免产生这类误差。

(3) 偶然误差 就是在同样的测量条件下，反复多次，每次结果均不能重复的误差。这种误差是由偶然的原因引起的，因而它不易被发觉和修正。偶然误差的大小反映了测量的精度。

测量误差通常有两种表示法，即用绝对表示法和相对表示法来表示。

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——测量的绝对误差和“真实值”之比，即：

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}}$$

如前所述，仪表的测量值不能绝对准确地等于被测参数的真实值，人们只能力求使测量值接近真实值。实际上，往往是利用准确度较高的标准仪表指示值作为被测参数的真实值，而一般测量仪表的指示值与标准仪表的指示值之差就是测量误差，该差值越小，说明测量仪表的可靠性越高。因此，求知测量误差的目的就在于用来判断测量结果的可靠程度。

必须指出：在工业上应用时，测量仪表准确度的要求，应根据生产操作的实际情况和该参数对整个工艺过程的影响程度所提供的误差允许范围来确定，这样才能保证生产的经济性和合理性。

## 二、测量仪表的品质指标

一台测量仪表的好坏，可用它的品质指标来衡量。现将几项常见的品质指标简介如下。

### 1. 测量仪表的准确度（习惯上称精确度）

在测量中，由仪表引起的误差，我们叫做仪表的误差。它也常用绝对表示法和相对表示法来表示。

$$\text{绝对误差} = a - b$$

$$\text{相对误差} = \frac{a - b}{b}$$

式中  $a$  ——测量仪表的示值；

$b$  ——标准仪表的示值（我们把它当成是“真实值”）。

必须注意：仪表的绝对误差在测量范围内的各点上是不同的。因此，必须记住，我们常说的“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，单凭绝对误差或相对误差是不够的。因为每台仪表的标尺范围（即测量范围，又称量程）不同，因而，纵然有同一绝对误差亦可能有不同的准确度。为了更好地反映仪表的准确度，实际上常常采用相对百分误差（亦称相对引用误差或折合误差）来表示，其意义如下：

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

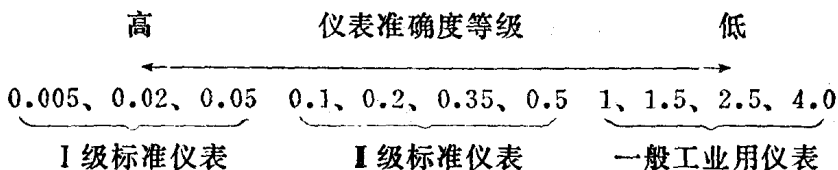
式中  $\Delta$  ——相对百分误差；

$a$  ——被测参数的测量值；

$b$  ——被测参数的标准值。

实际上，国家就是利用这一办法来统一规定仪表的准确度等级的。也就是用仪表的相对百分误差的极限值作为准确度等级，并常用  $\textcircled{1.5}$ 、 $\triangle 0.5$  等符号标注在仪表面板上。

我国常用仪表的准确度等级大致有：



仪表的基本误差，是指仪表在正常（也称标准）工作条件（例如周围介质的温度、湿度、振动、电源电压、频率和磁场等）下的最大相对百分误差。如果仪表不在规定的正常工作条件下使用，则由于外界条件变动的影响将引起额外的误差，我们把这个额外误差叫做附加误差。这个附加误差的数值有时可能会是很大的，因而，千万不可忽视。

由于习惯的原因，准确度常被称为精确度。因此，准确度等级也常被称为精确度等级，简称精度等级。

## 2. 测量仪表的恒定度

测量仪表的恒定度常用变差（又称来回差）来表示。它是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（即逐渐由小到大和逐渐由大到小）测量时，仪表正反行程指示值之间存在的差值，此差值即为变差。如图 0-1 所示。

造成变差的原因很多，例如传动机构的间隙，运动件的摩擦，弹性元件的弹性滞后的影响等。变差的大小，用仪表测量同一参数值时，正反行程指示值间的最大绝对差值与仪表标尺范围之比的百分数表示，即：

$$\text{变差} = \frac{\text{最大绝对差值}}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\%$$

必须注意，仪表的变差不能超过其精确度，否则，应及时检修。

## 3. 测量仪表的灵敏度与灵敏限

测量仪表的灵敏度，用仪表输出的变化量（如指针的线位移或角位移） $\Delta\alpha$  与引起此变化的被测参数的变化量 $\Delta x$ 之比来表示，即：

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

所谓仪表的灵敏限（也叫始动灵敏度），是指能引起仪表指针发生动作的被测参数的最小变化量。通常仪表的灵敏限的数值应不大于仪表基本误差绝对值的一半。

必须懂得：精度越高的仪表，固然灵敏度愈高，灵敏限就愈小，但是，最重要的却是它们之间要彼此相适应。

## 4. 测量仪表的反应时间

当用仪表进行测量时，可以看到这样一种现象：仪表指示的被测值总要经过一段时间后，才能准确地指示出来，这是因为仪表本身存在一个“反应时间”的缘故。它可分为图 0-2 所示的两种情形。

第一种情形如图 0-2(a) 所示。当参数在 $t_0$ 时刻突然变化后，仪表不能立刻指示出被测参数，而是慢慢增加，经过足够长的一段时间后，才指示出参数的准确值。如用玻璃温度计测量体温就是这种情形。

第二种情形如图 0-2(b) 所示。当参数在 $t_0$ 时刻突然变化后，仪表指示迅速改变，但需经过几次摆动后，才指示出参数的准确值。如用电流表测量电流时，即可见到此种情形。

一台仪表能不能尽快反应出参数的变化情况，也是很重要的品质指标。我们常常把它叫做仪表的动态特性。

仪表的反应时间长短，反映了仪表动态特性的好坏。为了衡量仪表的动态性能，对于上

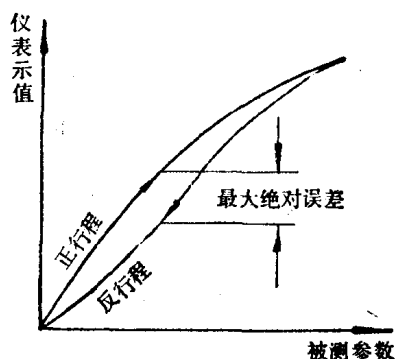


图 0-1 测量仪表的变差

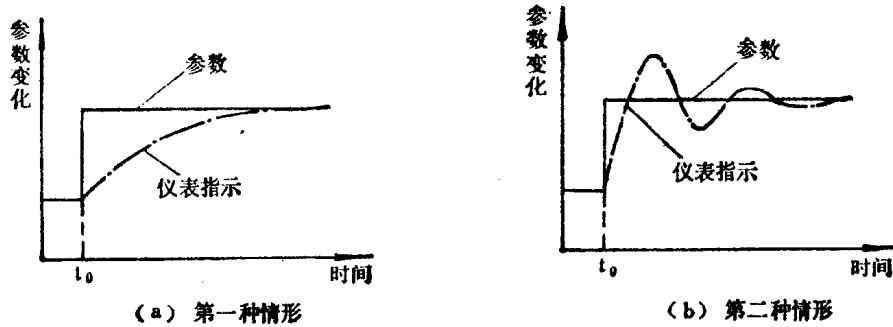


图 0-2 仪表的反应时间 (动态特性)

述两种不同情况，采用了不同的表示方法，第一种情形用“时间常数”来衡量；第二种情形用“阻尼时间”来衡量。

所谓时间常数，就是指在参数值作阶跃变化后仪表指示值达到参数变化值的63.2%时所需的时间，如图 0-3 所示。

仪表指示不能立即反应客观实际变化的上述情况，我们通常叫做仪表的滞后现象。不难理解：时间常数小的仪表滞后就小，也就是反应时间短；反之，时间常数大的仪表滞后就大，仪表的反应时间长。仪表的滞后现象，常常有人称做仪表“不灵敏”，这是不确当的，因为它与我们前面讲的灵敏度的概念是完全不同的，切切不可混为一谈。

阻尼时间是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 $\pm 1\%$ 时为止的时间间隔，如图 0-4 所示。

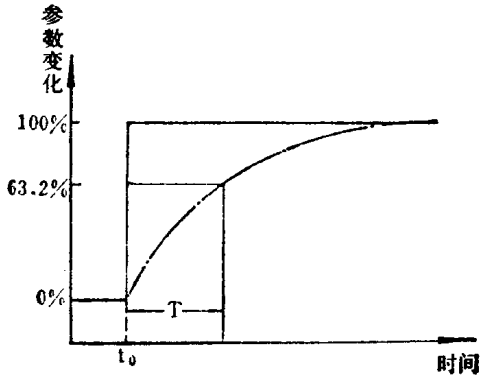


图 0-3 测量仪表的时间常数

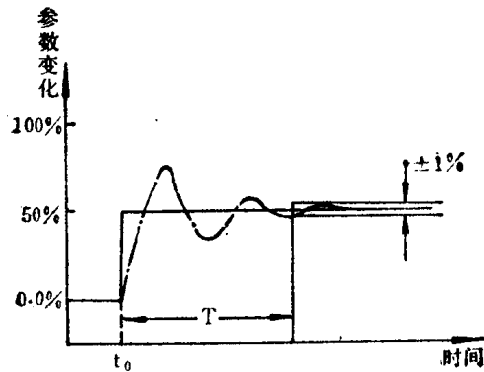


图 0-4 测量仪表的阻尼时间

### 三、测量仪表的分类和构成

#### 1. 测量仪表的分类

化工生产中使用的仪表类型繁多、结构复杂，因而分类方法也不少，现就常见的几种分类方法简介如下。

(1) 依据所测参数的不同，可分成压力（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，物质成分分析仪表等。

(2) 按表达示数的方式不同，可分成指示型、记录型、讯号型、远传指示型、累积型等。

(3) 按使用场合的不同，可分为实用仪表、范型仪表、标准仪表。



## 2. 测量仪表的构成

化工测量仪表品种多, 类型复杂, 结构各异。但是, 它们都肩负着共同的使命——测量出被测参数的值。所以, 它们在构成上, 就有明显的共性。它们大致都由感受(测量)元件部分、中间传送(包括放大)部分和显示(包括变换成其它信号)部分构成。各部分之间的关系如图 0-5 所示。



图 0-5 测量仪表的构成

在生产实际中, 有的仪表把三部分组装在一起, 如弹簧管压力表。也有的则把三部分分别制成各自独立的仪表, 如热电偶温度计, 在这种情况下, 人们又习惯于把感受元件部分叫做“一次仪表”, 把显示部分叫做“二次仪表”。

## 复 习 题

1. 什么叫测量? 通常用哪几种方法进行测量?
2. 什么叫测量误差? 常把它们分成哪几种形式? 怎样表示测量误差?
3. 什么是仪表的误差? 怎样表示? 基本误差与附加误差有何不同? 知道了误差对测量结果有何好处?
4. 仪表为什么有一定的精度和灵敏度? 两者之间有何关系与区别?
5. 何谓相对百分误差? 它与仪表精度等级有何关系?
6. 什么是仪表的动态特性? 怎样描述它?
7. 某反应器压力控制指标为  $150 \text{ kgf/cm}^2$ , 要求指示误差不超过  $\pm 5 \text{ kgf/cm}^2$ , 现在用一只刻度范围为  $0 \sim 250 \text{ kgf/cm}^2$ , 精度为 2.5 级的压力表, 问它可否满足要求? 为什么? 应选用什么级别的表?
8. 某温度表测量范围为  $0 \sim 500^\circ\text{C}$ , 使用后重新校验, 发现最大误差为  $\pm 6^\circ\text{C}$ , 问此表现在应定为几级精度?