

高级技工学校教材

过程检测 仪表

李保健 主编
解西钢 主审



化学工业出版社
教材出版中心

高级技工学校教材

过 程 检 测 仪 表

李保健 主编
解西钢 主审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

过程检测仪表/李保健主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.12

高级技工学校教材

ISBN 7-5025-8051-4

I. 过… II. 李… III. 自动化仪表-技工学校-教材
IV. TH86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 151476 号

高级技工学校教材

过程检测仪表

李保健 主编

解西钢 主审

责任编辑: 张建茹 唐旭华

文字编辑: 陈 敏

责任校对: 边 涛

封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14¼ 字数 366 千字

2006 年 2 月第 1 版 2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8051-4

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

《过程检测仪表》是根据劳动和社会保障部颁布的高级技工学校电仪专业教学计划，由全国化工高级技工教育教学指导委员会组织编写的全国化工高级技工电仪专业的统编教材。

本书共分六章。第一章为检测的基本知识；第二章为压力检测仪表；第三章为流量检测仪表；第四章为物位检测仪表；第五章为温度检测仪表；第六章为显示仪表。考虑到工厂的生产实际和检测仪表的发展现状，本书对一些内容进行了删减，同时又增加了一些新的检测仪表，如智能化的屏幕显示仪表等。本书的每章都有实训课题和练习题，用以提高读者的技能操作水平并加深对理论知识的理解。

本书的编写原则是：第一，注重理论联系实际，理论知识以必需、够用为度；第二，对仪表工作原理以框图分析为主，尽量回避对复杂电路的分析和计算；第三，增加了仪表校准、安装和维护内容，提高读者观察、分析和解决实际工程问题的能力。

参加本书编写的人员都是从事教学研究的一线教学人员。其中：绪论、第四章和第五章由李保健执笔；第一章（第一、二节）由王建平执笔；第一章（第三节）、第二章、第三章由屈安心执笔；第六章由解丽华执笔。本书由李保健任主编，解西钢任主审。

本书在编写过程中得到了中国化工教育协会、化学工业出版社、全国化工高级技工教育教学指导委员会及有关学校的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编者的实践经验和水平有限，不妥之处在所难免，敬请使用本书的老师和读者给予批评指正。

编 者
2005 年 9 月

内 容 提 要

本书内容分为六章。第一章主要介绍检测的基本知识；第二章介绍了几种压力检测仪表，包括液柱式压力计、弹性式压力计、电气式压力表以及压力检测仪表的选用、校准、安装和维护等内容；第三章重点讲述了几种流量检测仪表，包括差压式流量计、容积式流量检测仪表、电磁流量计、漩涡流量计以及质量流量计；第四章讲述了物位检测的详细知识；第五章介绍了温度检测仪表；第六章介绍了显示仪表。每章内容都配有实训和练习题。

本书可作为高级技工学校、技工学校电仪类专业教材及成人继续教育的化工类专业相关课程的教材，也可作为化工、炼油、冶金、轻工、林业等院校及有关企业、单位的职工培训、函大等教材，并可供相关行业的工程技术人员参考。

目 录

绪论	1
第一章 检测的基本知识	3
概述	3
第一节 检测误差的基本知识	3
第二节 检测仪表的质量指标	6
第三节 新检测技术	8
实训 仪表示值误差的校准	11
练习题	11
第二章 压力检测仪表	12
概述	12
第一节 液柱式压力计	13
第二节 弹性式压力计	14
第三节 电气式压力表	18
第四节 压力检测仪表的选用、校准、安装和维护	25
实训一 弹簧管压力表的校准	27
实训二 压力检测仪表的安装	29
练习题	32
第三章 流量检测仪表	33
概述	33
第一节 差压式流量计	35
第二节 容积式流量检测仪表	50
第三节 电磁流量计	58
第四节 漩涡流量计	60
第五节 涡轮流量计	63
第六节 质量流量计	65
实训一 孔板的设计	68
实训二 差压式流量检测系统的安装及投运	70
实训三 流量检测系统故障判断和日常维护	71
实训四 涡街流量计的校准	73
练习题	74
第四章 物位检测仪表	75
概述	75
第一节 物位检测的主要方法和分类	75
第二节 静压式物位检测	76

第三节	沉筒式液位检测	82
第四节	其他物位检测方法及仪表	86
实训一	用差压变送器组成一液位自动检测及报警系统	93
实训二	沉筒式液位变送器的校准	94
练习题		96
第五章	温度检测仪表	97
概述		97
第一节	温度检测的基本知识及测温仪表的分类	97
第二节	膨胀式温度检测仪表	98
第三节	热电偶.....	101
第四节	热电阻.....	116
第五节	其他温度检测方法及仪表.....	122
实训	热电偶的检定.....	124
练习题		124
第六章	显示仪表.....	126
概述		126
第一节	显示仪表的构成、基本原理及分类.....	126
第二节	模拟式显示仪表.....	129
第三节	数字式显示仪表.....	141
实训一	配热电阻动圈显示仪表的校准.....	166
实训二	电子自动电位差计的校准.....	168
实训三	XMZ 数字显示仪表的校准	170
实训四	LED 光柱式显示仪表的校准	171
综合实训		173
练习题		174
附录一	相关参数附表.....	176
附表 1-1	管壁等效绝对粗糙度 K 值 (参考件)	176
附表 1-2	饱和气体的水分含量	176
附表 1-3	节流件和管道常用材质的线膨胀系数	177
附表 1-4	气体性质	178
附表 1-5	干燥空气的密度 $\rho/(\text{kg}/\text{m}^3)$	180
附表 1-6	水和水蒸气的密度	182
附表 1-7	水和水蒸气的动力黏度 $\mu \times 10^6/(\text{Pa} \cdot \text{s})$	188
附表 1-8	液体性质	190
附表 1-9	空气的 C^* 值	191
附录二	附图.....	192
附图 2-1	天然气的压缩系数	192
附图 2-2	气体的黏度	193
附图 2-3	液体的膨胀系数	194

附图 2-4 节流件压力损失	194
附图 2-5 (a) 角接取压标准孔板速算图	195
附图 2-5 (b) 角接取压标准孔板速算图	196
附录三 热电偶分度表	197
附表 3-1 铂铑 10-铂热电偶 (S 型) 分度表.....	197
附表 3-2 铂铑 30-铂铑 6 热电偶 (B 型) 分度表	201
附表 3-3 镍铬-镍硅热电偶 (K 型) 分度表.....	206
附表 3-4 镍铬-铜镍合金 (康铜) 热电偶 (E 型) 分度表	210
附录四 热电阻分度表	214
附表 4-1 工业用铂电阻温度计 (Pt100) 分度表	214
附表 4-2 铜电阻 (Cu100) 分度表	216
参考文献	218

绪 论

一、课程性质与任务

随着科学技术的不断发展，现代工业生产中的自动化程度越来越高，同时由于化工企业多为连续化的大规模生产，整个生产过程都是在密闭的管道和容器中进行的，一般都具有高温、深冷、高压、易燃、易爆、有毒、腐蚀等特点，只有借助检测仪表、控制仪表来对生产装置和生产过程中的压力、流量、物位、温度以及成分量等变量进行实时检测和控制，才能保证安全、稳定、高效的连续化生产，保证产品的质量。化工检测仪表就是对化工生产过程中出现的各种参数进行检测的“自动化工具”，是化工生产的“耳目”。

本课程是化工仪表及自动化专业的主干课程，是一门理论性和实践性很强的专业技术课。通过学习理论知识和进行实训操作练习，了解、掌握工艺参数的检测原理和方法，并掌握检测仪表的安装、使用和维护方面的知识，为今后判断、分析和解决实际工程问题打下良好基础。

二、课程内容与要求

本课程主要介绍压力检测仪表、流量检测仪表、物位检测仪表、温度检测仪表以及显示仪表的结构、基本原理、使用、维护、校准、安装等内容。在内容安排上突出实用性和技能性，力求取材科学，具有代表性、先进性和通用性。在表达形式上注重实际应用、定性分析；对公式推导、定量分析和对复杂电路的分析从简。全书分为六章，第一章主要介绍检测的基本知识，包括检测误差的基本知识、检测仪表的质量指标及新检测技术等内容。第二章主要介绍压力检测的基本概念，几种常用压力检测仪表的结构、工作原理、选用原则、安装和校准方法等内容。第三章主要介绍流量检测的基本知识，常用和新型流量检测仪表的结构、工作原理、特点和使用方法等内容。第四章主要介绍常用物位检测仪表的结构、组成原理、安装和使用等内容。第五章主要介绍热电偶、热电阻的结构、测温原理、检定方法、安装和使用中应注意的问题等内容。第六章主要介绍模拟式显示仪表和数字式显示仪表的工作原理和使用方法等内容。

本课程的学习必须建立在物理课程、电工电子学课程、化工原理课程和化工工艺课程学习的基础上。坚持理论和实践相结合的学习原则，切忌采用死记硬背的方法，应在理解的基础上注重实际操作。每章中都安排有实训内容，以加深理解理论知识并提高动手能力。

三、过程检测仪表的现状和发展趋势

过程检测仪表的发展，经历了一个由简单到复杂，由低级到高级的过程。由早期的只包括检测元件和显示部分的就地仪表发展成由检测元件、传感器、显示部分构成的体积小、功能强、精度高、故障率低、使用维护方便的新型仪表。特别是随着电子技术、计算机技术、通信技术和屏幕显示技术的发展，数字化、智能化、网络化、微型化的检测仪表将逐渐成为主流。

过程检测仪表的发展趋势如下。

① 检测信息的数字化，这种方法使信息的传输、存储、运算、判断、显示等更方便，大大提高了检测的稳定性和可靠性。

② 仪器仪表向智能化方向发展，产生智能化仪表，如近年来在检测仪表中引入微处理机进行数据分析、计算、处理、校验、判断及储存等工作，实现了原来单个仪表根本无法实现的许多功能，大大提高了检测效果、检测精度和检测的经济性。

③ 测控技术的 PC 化，虚拟仪器技术将迅速发展。

④ 仪器仪表的网络化，产生网络仪器与远程测控系统。

第一章 检测的基本知识

概 述

在生产过程自动化系统中,检测系统是重要的组成部分。为了确保生产的安全及正常运行,并且保证产量和质量,就必须准确、及时地检测出生产过程中各个有关的参数。

在工业生产过程中必不可少又极其重要的参数为压力、物位、流量和温度四大热工参数。根据工业生产特点,绝大多数情况下对它们的检测是通过间接检测手段来完成的。因此检测是借助于一定的工具、设备利用数学和物理的方法,通过比较找出检测量的值。

过程检测仪表基本上由三部分组成:检测环节、信号处理环节和显示环节,如图 1-1 所示。由传感器借助于检测元件接受物理量形式的信息,按一定规律将它转换成同种或其他形式的物理量信号,再经信号处理,变换成标准或非标准信号,最后传送到显示仪表,完成显示和存储。

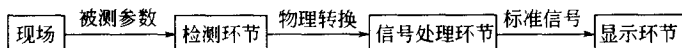


图 1-1 过程检测仪表的组成

因此,间接测量的过程,实质上就是被测参数信号能量形式的一次或多次不断变换和传送并将被测参数与其相应的检测单位进行比较的过程,而过程测量仪表就是实现变换、比较的工具。

第一节 检测误差的基本知识

一、检测误差的基本概念

在检测过程中,始终存在着各种各样的因素影响检测的准确性,例如:环境、检测手段、工具的不完善、操作人员技能的规范程度等,都会使检测结果与真实值之间出现偏差。这里把这个偏差叫检测误差。设检测值为 X ,真实值为 T_0 ,则检测误差 ΔX 为

$$\Delta X = X - T_0 \quad (1-1)$$

理论上,只有通过计算来获取一个被测参数的真实值,但在实际工作中通常用约定真值来代替真实值。那么,约定真值常用被测量的多次测量结果来确定,即在一定测量条件下,采用算术平均值求得近似真实值。

设 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 是 n 次测量值,则近似真实值 $\bar{X}$ 为

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1-2)$$

误差有大有小,但总希望检测值尽可能接近于真实值。误差过大,会直接影响到生产过程的正常运行,使产品质量下降,甚至导致事故的发生。因此需对检测过程中的检测误差规定一个合理的范围,这对今后的选表和用表有指导作用。

二、检测误差的分类

(一) 绝对误差、相对误差和引用误差

根据误差表示方式不同,误差分三种。

1. 绝对误差

检测值与真实值的差值叫绝对误差。

$$\Delta X = X - T_0$$

该误差所表示的是检测值与真实值之间的偏差大小，直接说明了检测值的准确程度。

2. 相对误差

它是绝对误差除以被检测的真实值，用百分数表示

$$\delta = \frac{\Delta X}{T_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

该误差表示的是绝对误差相对于真实值所占的百分比，说明了误差的大小与被检测的真实值有关。

3. 引用误差

它是绝对误差除以引用值，对于仪表，引用值就是其量程。用百分数表示

$$\begin{aligned} \delta_{引} &= \frac{\Delta X}{X_{\max} - X_{\min}} \times 100\% \\ &= \frac{\Delta X}{M} \times 100\% \end{aligned} \quad (1-4)$$

式中 $X_{\max}$ ——仪表检测范围的上限值；

$X_{\min}$ ——仪表检测范围的下限值；

M ——仪表的量程。

该误差表示的是在仪表检测中，绝对误差在仪表量程范围内所占的百分数。在工程中，最大的引用误差规定了仪表的精确等级。

(二) 基本误差和附加误差

根据误差测试条件的不同，误差分为以下两种。

1. 基本误差

仪表在规定工作条件下的误差。最大基本误差值称仪表的允许误差。

2. 附加误差

在仪表偏离正常工作条件时，增加的额外误差。

(三) 随机误差、系统误差和粗大误差

根据误差本身的性质分三种。

1. 系统误差

对同一被检测的值在同一条件下进行多次检测时的误差值，这个误差保持常数或按一定规律变化。系统误差通常是由于在检测中仪表使用不当或检测时外界条件变化等原因所引起的。

2. 随机误差

在对同一被检测进行多次重复检测时，误差的变化是不可预计的。但是随机误差总体上是服从统计规律的（正态分布）。

3. 粗大误差

误差数值很大，超过规定的预计值。粗大误差一般是由于检测者的疏忽大意造成的。如：检测方法错误、仪表操作错误、读数计算错误等造成的误差。

三、检测系统误差处理方法

(一) 系统误差分析处理

因为系统误差是固定或按一定规律变化，可以对其进行修正。但由于引起的原因很多，因此只能是有限程度的补偿，而不能完全消除，为了消除或减弱系统误差的影响，首

先判断出检测数据中存在的系统误差,采用实验对比法求出系统误差 Q 。

$$Q = \bar{X} - \bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n} \quad (1-5)$$

式中 $\bar{X}$ ——被校仪表的检测平均值;

$\bar{T}$ ——标准表的检测平均值。

用这种方法,不仅能发现检测中是否存在系统误差,而且能获得其数值大小。为了提高检测准确度,尽可能消除系统误差,可以采用下述两种方法。

① 消除系统误差产生的根源,合理选择检测方法、检测仪表,确保检测的环境条件。

② 检测结果进行修正,在工程检测中常采用机械调零、公式修正、自动补偿等方法来消除系统误差。

(二) 随机误差的分析处理

在任何检测过程中,只要仪表有足够的灵敏度,就会出现随机误差。在实践中,随机误差的分布是正态分布型,如图 1-2 所示。图中函数 $f(x)$ 表示的是随机误差, $X - T$ 是误差, σ 是标准误差(均方根误差)。

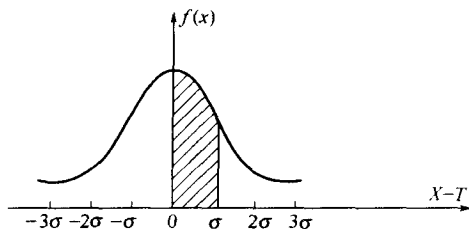


图 1-2 分布曲线

在重复条件下,对某一个量 X 进行无限多次检测,所得的随机误差的均方根值 σ 叫标准误差。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - T)^2} \quad (1-6)$$

在实际检测中,检测是有限次的,且真实值用约定值 σ 表示为

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (1-7)$$

$\bar{X}$ 见式 (1-2)。

由均方差的定义可知,检测值变化越大,方差越大。因而标准误差的大小是表述检测误差的分散性,即 σ 越大分布曲线越平,意味着大误差出现的概率小,小误差出现的概率大。所以习惯上认为 $\pm 3\sigma$ 是极限误差。

(三) 粗大误差的分析处理

粗大误差一经发现,可以认为此次检测无效,检测数据作废,消除它对检测结果的影响。判断粗大误差的根据是当 $X_i - \bar{X}$ 满足下式

$$|X_i - \bar{X}| > 3\sigma \quad (1-8)$$

则认为含有粗大误差,应删除该结果,重新计算标准误差 σ ,直到检验结果不满足上述条件,就是消除了粗大误差。

【例 1-1】 检测某溶液的温度,检测结果如下。试判断有无粗大误差。

i	$X_i / ^\circ\text{C}$	$X_i - \bar{X}$	i	$X_i / ^\circ\text{C}$	$X_i - \bar{X}$	i	$X_i / ^\circ\text{C}$	$X_i - \bar{X}$
1	20.42	0.01	5	20.42	0.01	9	20.40	-0.01
2	20.43	0.02	6	20.43	0.02	10	20.43	0.02
3	20.40	-0.01	7	20.39	-0.02	11	20.42	0.01
4	20.43	0.02	8	20.30	-0.11	12	20.41	0

解 求算术平均值：由式 (1-2) 得

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{244.88}{12} = 20.41 (^{\circ}\text{C})$$

求标准误差：由式 (1-7) 得

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} = \sqrt{0.0013} = 0.036 (^{\circ}\text{C})$$

检查有无粗大误差

$$3\sigma = 3 \times 0.036 = 0.108 (^{\circ}\text{C})$$

检查发现 X_8 的检测数据 20.30°C 超过最大可能误差，应作粗大误差处理。将检测值 20.30°C 剔除。

四、仪表示值误差校准

1. 校准方法

仪表在某一检测点上进行多次检测，求得各点的示值误差，并根据正态分布规律，检查其误差结果，舍去无效检测值，确认示值误差范围。

2. 校准步骤

- ① 在检测仪表范围内，选择一检测点。
- ② 在该点进行多次重复检测。
- ③ 记录仪表的示值结果。

3. 误差计算

- ① 先计算该点的算术平均值 ($\bar{X}$)。
- ② 计算每次检测的示值误差 ($|X_i - \bar{X}|$)。
- ③ 计算标准误差 (σ)。

4. 数据处理

利用公式 $|X_i - \bar{X}| > 3\sigma$ 分析数据误差，将满足此式的检测值作为坏值舍去，再检查余下的检测值有无粗大误差，计算新的算术平均值和标准误差，写出检测结果表达式

$$X = \frac{\bar{X} \pm \sigma}{\sqrt{n}}$$

第二节 检测仪表的质量指标

评价和比较一台检测仪表的优劣，由其基本的技术性能指标来反映。下面介绍常用的几种仪表质量指标。

一、仪表的基本误差、允许误差及精度

(一) 仪表的基本误差

仪表的基本误差是指在规定条件下，所有影响仪表检测的因素都在允许偏差范围内，将仪表的指示值与标准表的指示值相比较，在仪表全量程范围内取得的最大绝对误差值与量程之比称为仪表的基本误差。可用下式表示

$$\delta_{\text{基}} = \pm \frac{|\Delta_{\text{max}}|}{M} \times 100\% \quad (1-9)$$

由上式可知： $\delta_{\text{基}}$ 即为仪表的最大引用误差。

(二) 仪表的允许误差

根据仪表设计、制造的要求，由厂家所规定的仪表误差所允许的界限值，称为仪表允许误差。对一台仪表当基本误差小于或等于允许误差时，则该仪表合格，否则仪表不合

格。仪表的允许误差可用绝对误差或引用误差来表示

$$\delta_{允} = \frac{\Delta_{允}}{M} \times 100\% \quad (1-10)$$

(三) 仪表的精度等级

(1) 仪表的准确度 检测结果中, 系统误差与随机误差的综合, 表示某一检测结果与真值相一致的程度, 又称为精度。

(2) 仪表的准确度等级 又称精度等级, 由仪表的允许误差去掉“%”及“+”、“-”号后的数字表示。一般工业仪表的精度等级应符合国家规定的系列值。中国生产的仪表常用的精度等级有: 0.005、0.02、0.05、0.1、0.2、0.4、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0 等。数值越小, 精度越高, 价格相应也越贵。仪表的精度等级常用 $\triangle 1.5$ 、 $\textcircled{1.5}$ 等表示。使用中精度等级较高的仪表常作标准表, 其次是实验室用仪表, 工业用仪表精度相对较低, 大多为 0.5 级以下。使用过程中用户不能按自己检定的基本误差随意给仪表升级使用, 但在某种情况下可降级使用。

【例 1-2】某一测温仪表测温范围 $200 \sim 700^{\circ}\text{C}$, 校验该表得到的最大绝对误差为 -3°C , 试确定该仪表的精度等级。

解 该仪表的最大相对误差根据式 (1-9) 得

$$\delta = \frac{-3}{700-200} \times 100\% = -0.6\%$$

在 δ 中去掉“-”及“%”号, 其数值为 0.6, 因国家规定的精度等级中没有 0.6 级仪表, 而该仪表的误差超过了 0.5 级仪表 ($\pm 0.5\%$), 所以这台检测仪表的精度等级应定为 1.0 级。

二、检测仪表的变差

变差又称为回差, 是指在规定的技术条件下, 使用同一台仪表对某参数值进行正、反行程 (被检测值逐渐由小到大和逐渐由大到小) 检测时, 仪表的指示值不相等, 存在偏差, 如图 1-3 所示。

造成仪表变差的原因很多, 如带机械结构的仪表传动机构间存在间隙和摩擦力、弹性元件的弹性滞后等。仪表变差的大小用标尺范围内仪表正、反行程的最大绝对差值与仪表量程之比的百分数表示

$$\text{变差} = \frac{\text{最大绝对差值}}{M} \times 100\% \quad (1-11)$$

最大绝对差值是指最大正反行程的示值误差。

对一台仪表, 其变差不能超出仪表的允许误差, 否则, 应即时检修。

【例 1-3】有一块 $0 \sim 40\text{kPa}$, 1.5 级的普通弹簧管压力表, 出厂前经校准, 其刻度标尺各点的检测值分别如下表:

被校表读数/kPa		0	10	20	30	40
标准表读数/kPa	正行程示值	0.1	9.6	19.8	30.1	40.2
	反行程示值	0.2	10.2	20.2	30.2	40.3

求 ① 确定该仪表的变差和基本误差, 并判断此表是否合格。

② 若使用一段时间后, 重新校准, 其最大绝对误差为 $\pm 0.7\text{kPa}$, 此时该表是否需要重新定精度等级?

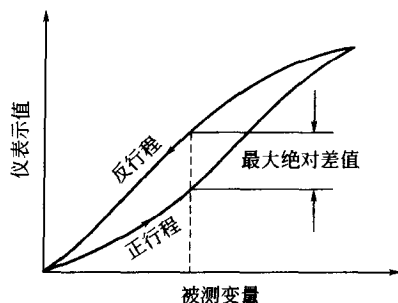


图 1-3 变差

解 ① 从数据表中得到其正、反行程的最大绝对差值为: 0.6kPa, 所以根据式 (1-11)

$$\text{变差} = \frac{0.6}{40-0} \times 100\% = 1.5\%$$

从数据表中得到的最大绝对误差值为 0.4kPa。

$$\text{基本误差} = \frac{0.4}{40-0} \times 100\% = 1.0\%$$

而仪表的允许误差为 1.5%, 所以此表合格。

② 当使用一段时间后

$$\Delta_{\max} = \pm 0.7 \text{ (kPa)}$$

而仪表的允许的最大绝对误差为

$$40 \times (\pm 1.5\%) = \pm 0.6 \text{ (kPa)}$$

显然不符合出厂要求, 此时

$$\text{基本误差} = \frac{\pm 0.7}{40-0} \times 100\% = \pm 1.75\%$$

所以应定为 2.0 级。

三、灵敏度、灵敏限、复现性

(1) 灵敏度 灵敏度是表示检测仪表对被检测量变化反映的能力。对于给定的被检测量, 仪表的灵敏度 S 用被测变量的增量, 如带刻度仪表指针的线位移或角位移 (ΔL 或 $\Delta \alpha$) 与引起此位移的被测参数变化量 ΔX 之比值来表示

$$S = \frac{\Delta L}{\Delta X} \times 100\% \quad (1-12)$$

当仪表在检测范围内各点的灵敏度相同, 则仪表具有线性特性, 否则为非线性仪表。灵敏度 S 数值越大, 说明仪表的灵敏度越高, 也就是当给仪表输入一微小的信号, 则会引起输出量的较大变化。例如: 有两块电压表, 都输入 2V 的电压时, 两块电压表指针产生的偏转角不相同, 偏转角大的, 则灵敏度高, 偏转角小的灵敏度低。通常仪表的灵敏度是通过增大仪表的放大系数来提高的, 如电子线路或机械机构的放大倍数。一般仪表的灵敏度越高越好, 但若只是提高仪表的灵敏度, 而不改变仪表的基本性能, 则会导致仪表的稳定性变差, 从而使检测或控制系统品质指标下降, 为防止该情况的发生, 通常规定仪表标尺的最小分格值不能小于仪表允许的绝对误差值, 所以对带刻度的仪表其最大分格数为

$$\text{最大分格数} = \frac{M}{\text{最小分格值}} \quad (1-13)$$

例如: 测温范围为 200~800℃ 的温度仪表, 其精度为 1.0, 则

$$\text{最大分格数} = \frac{800-200}{(800-200) \times 1.0\%} = \frac{600}{6} = 100 \text{ (格)}$$

(2) 灵敏限 是指能引起仪表示值发生可见变化的被测变量的最小值, 一般来说, 仪表的灵敏限数值应不大于仪表允许绝对误差的一半。

(3) 复现性 稳定性又称仪表的复现性, 是指用同一块仪表在相同条件下检测同一变量时, 仪表指示值的一致程度。一致程度越高, 则仪表的复现性越好。

总之, 对一台检测仪表而言, 精度高、变差小、灵敏度高及指示数值的一致程度高, 仪表质量就好。

第三节 新检测技术

随着控制理论及电子和计算机技术的高速发展, 在检测技术领域中出现了许多新的概

念、新的理论和新的技术。主要包括四种新技术,即虚拟仪器、软测量技术、模糊传感器和多传感器数据融合,下面分别对这些新技术作简单介绍。

一、虚拟仪器

虚拟仪器是通过应用程序将计算机与功能硬件结合起来,形成一种多功能、高精度、可灵活组合并带有通信功能的测试技术平台。特点是:①具有强大运算、存储和通信能力;②通过功能硬件完成信号获取、转换和调理;③把测量和转换能力融为一体。

它一般由计算机、功能模块和应用软件三大部分组成,它们之间通过标准总线进行数据交换。

常用的虚拟仪器系统通常是经过信号调理的数据采集系统,带有通用仪器总线(GPIB)的测试系统,VXI仪器测试系统以及它们三者的任意组合。

一个典型的数据采集虚拟仪器系统由信号获取、信号调理、数据采集和数据处理四部分组成。

二、软测量技术

在现代企业中,为确保生产过程能够安全、环保地运行,就需要对系统的稳定性指标和产品及排放物的质量指标进行实时监测和优化控制。但由于技术和经济方面的原因,这些参数很难通过传感器或仪表进行直接的测量,如化工生产中精馏塔的组分浓度和塔板的效率等。为了解决此类测量问题,以往往往采用两种方法。一是采用间接测量法,即通过对温度、压力、流量、物位等常规的状态参数的测量,来间接反映成分或质量参数的大小,但这种方法往往与实际相差甚远,无法满足生产要求。二是采用在线分析仪表直接进行测量,但这种方式往往投资较大,维护成本高,并且信号滞后大,有很多指标参数无法进行在线分析。因此人们迫切需要找到一种新的技术,来满足生产过程的监测和优化控制的要求。

目前,软测量技术(Soft Sensing Techniques)被认为是最具有吸引力和卓有成效的新方法。软测量就是选择与被测变量(无法直接测量)相关的一组可测变量,构造某种以可测变量为输入、被测变量为输出的数学模型,使用计算机来进行的数值运算,从而得到被测量变量的估计值的过程。被测变量称为主导变量(Primary Variable),可测变量称为二次变量或辅助变量(Secondary Variable)。这类数学模型及相应的计算机软件被称为软测量估计器或软测量仪表。软测量的估计值可作为控制系统的被控变量或反映过程特征的工艺参数,为优化控制与决策提供重要的信息。软测量技术主要包括三部分的内容:一是根据某种最优原则,研究建立软测量数学模型的方法,这是软测量技术的核心;二是模型实时运算的工程化实施技术,这是软测量技术的关键;三是模型自校正(模型维护)技术,这是提高软测量精度的有效方法。

软测量建模方法就是设法由可测变量得到无法直接测量的主导变量的估计值。通常包括以下几种。

1. 机理建模方法

依据生产过程的工艺机理,得到相应的平衡方程式,从而确定不可测的主导变量和可测的二次变量之间的数学关系,建立用来估计主导变量的激励模型。

2. 辨识建模方法

- ① 动态软测量模型的间接辨识。
- ② 静态软测量模型的辨识——回归分析法。
- ③ 非线性软测量模型的建立。

辨识建模方法的特点如下。