

职业技能鉴定培训用书

化工仪表维修工

乐嘉谦 主编 王立奉 邵勇 副主编



化学工业出版社

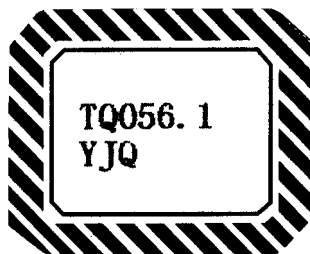
工业装备与信息工程出版中心

职业技能鉴定培训用书

化工仪表维修工

乐嘉谦 主编

王立奉 邵 勇 副主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工仪表维修工/乐嘉谦主编, 王立奉, 邵勇副主编. —北京: 化学工业出版社, 2004

职业技能鉴定培训用书

ISBN 7-5025-5966-3

I. 化… II. ①乐… ②王… ③邵… III. 化工仪表-维修-职业技能鉴定-教材 IV. TQ056.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 081869 号

职业技能鉴定培训用书

化工仪表维修工

乐嘉谦 主编

王立奉 邵 勇 副主编

责任编辑: 刘 哲 宋 辉

责任校对: 凌亚男

封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 32 $\frac{3}{4}$ 字数 811 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5966-3/TH·218

定 价: 68.00 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

为了落实在制造业加快培养企业急需的技术技能型、复合技能型、知识技能型等技能人才的精神,满足企业自动化仪表技术工人培训的需要,不断提高自动化仪表人员的理论知识、技术水平和实际操作技能,增强自动化仪表技术工人和技术人员在自动化技术飞速发展的信息时代的技术素质和竞争能力。中国石油和化工自动化应用协会受中国石油和化学工业协会的委托,组织浙江巨化股份有限公司、中国石化燕山石化公司等单位编写了《化工仪表维修工》培训教材。本教材根据《中华人民共和国劳动法》的有关规定,以《中华人民共和国职业分类大典》和《化工仪表维修工职业标准》为依据进行编写。

本培训教材力争做到以下特点。

1. 先进性。由长期在生产一线从事自动化仪表工作、具有丰富实际操作经验的自动化仪表专家编写。培训教材以目前石油和化工企业所采用的自动化仪表的现状为基础,同时考虑了国际自动化技术的发展,注重提高技术工人的理论水平和实际操作能力。

2. 实用性。教材以仪表原理、结构、性能、应用中注意事项为重点,注重理论与技能的紧密结合,突出技能,强调实际操作与运用。

3. 广泛性。既能满足以现场仪表维修为主的维修工需要,也能满足侧重维护DCS的维修工的要求;既合乎自动化技术较高的大型企业的培训技能人才的要求,也适合中、小企业提高仪表工素质的需要。

本教材考虑到化工仪表工和技师需要掌握的内容相当广泛,要想将所有要掌握的内容都编入培训教材,篇幅将太大,因此本教材主要介绍当前企业常用的现场仪表、典型控制系统、PLC和DCS控制系统、安全仪表系统及故障处理,编写内容有所侧重。

参加编写人员有:第1章 乐嘉谦、王立奉;第2章 徐忠良、徐建平;第3章 顾丽丹、周彬、周志华;第4章 张伟民、邵勇;第5章 张伟民;第6章 宋永军;第7章 陶荣华、宋永军、邵勇;第8章 祝怀聪、邵勇;第9章 乐嘉谦;第10章 王立奉;第11章 乐嘉谦;第12章 王立奉;第13~15章 乐嘉谦。

全部教材由乐嘉谦统稿,由清华大学自动化系徐用懋教授审稿。

编写过程中得到广大自动化及仪表工程技术人员和自动化仪表公司的支持,在此一并致谢。由于时间匆忙,有不妥之处,敬请广大读者指正。

中国石油和化工自动化应用协会
2004年8月

目 录

第1章 基础知识	1
1.1 仪表基础知识	1
1.1.1 测量误差	1
1.1.2 仪表主要性能指标	2
1.1.3 仪表分类	4
1.2 过程自动化基础知识	5
1.2.1 控制系统的工作原理及组成	5
1.2.2 控制系统的分类	6
1.2.3 闭环控制系统的过渡过程及其品质指标	7
1.3 化工工艺知识	8
1.3.1 化工生产特点	8
1.3.2 常用化工介质特性	8
1.3.3 化工企业常用工艺管道标志	11
1.3.4 常用化工设备特性	12
1.4 防腐知识	16
1.4.1 概述	16
1.4.2 腐蚀介质与相应的防腐材料	18
1.4.3 隔离	24
1.5 安全知识	26
1.5.1 概述	26
1.5.2 易燃易爆场所对防爆电气设备的要求	32
1.5.3 易燃易爆场所仪表操作注意事项	34
1.5.4 安全栅	35
1.5.5 石油、化工企业火灾危险性及危险场所分类	37
1.5.6 爆炸性物质和爆炸危险性场所等级划分	41
1.6 环保知识	42
1.6.1 概述	42
1.6.2 石油、化工企业废气排放情况	45
1.6.3 石油、化工企业废水排放情况	49
1.7 企业集成信息管理系统	55
1.7.1 概述	55
1.7.2 企业资源系统 (ERP)	56
1.7.3 制造执行系统 (MES)	56
1.7.4 过程控制系统 (PCS)	58
第2章 检测仪表	59

2.1 温度检测仪表	59
2.1.1 温标	59
2.1.2 温度测量仪表的分类	60
2.1.3 热电偶温度计	61
2.1.4 热电阻温度计	65
2.1.5 高温检测仪表	69
2.2 压力测量仪表	72
2.2.1 概述	72
2.2.2 压电式压力传感器	73
2.2.3 压阻式压力传感器	75
2.2.4 应变式压力传感器	76
2.2.5 电容式压力传感器	79
2.2.6 谐振式压力传感器	83
2.3 流量测量仪表	86
2.3.1 概述	86
2.3.2 节流式流量计	87
2.3.3 容积式流量计	104
2.3.4 流体振动式流量计	110
2.3.5 电磁流量计	113
2.3.6 超声波流量计	119
2.3.7 转子流量计	120
2.3.8 质量流量计	122
2.4 物位测量	127
2.4.1 概述	127
2.4.2 浮力式液位计	127
2.4.3 差压式液位计	134
2.4.4 电容式物位计	136
2.4.5 超声波物位计	138
2.4.6 放射性料位计	143
第3章 显示仪表	146
3.1 模拟显示仪表	146
3.2 数字显示仪表	157
3.2.1 数字式显示仪表的构成	157
3.2.2 模拟/数字转换 (A/D)	158
3.2.3 非线性补偿 (线性化)	162
3.2.4 信号的标准化及标度变换	169
3.3 无纸记录仪	171
3.3.1 无纸记录仪的基本结构	172
3.3.2 输入处理单元	173
3.3.3 画面显示和按键操作	175

3.3.4 组态操作	177
第4章 调节器	179
4.1 DDZ-Ⅲ型电动单元组合仪表	179
4.1.1 DDZ-Ⅲ型仪表的特点	179
4.1.2 调节单元	180
4.2 数字单回路调节器	191
4.2.1 数字单回路调节器的特点	191
4.2.2 数字单回路调节器的构成	191
4.2.3 数字单回路调节器的功能	195
4.2.4 数字单回路调节器的编程方法	200
4.3 SIPART DR20 单回路数字调节器	202
第5章 执行器	205
5.1 概述	205
5.1.1 现代工业对执行器的使用要求	205
5.1.2 调节阀的组成及分类	205
5.1.3 执行机构	207
5.1.4 传统的阀	211
5.2 调节阀的选择	215
5.2.1 调节阀计算的理论基础	215
5.2.2 调节阀作用方式的选择	219
5.2.3 调节阀流量特性的选择	219
5.2.4 调节阀口径的选择	222
5.3 调节阀的测试及其装置	227
5.3.1 调节阀的测试	227
5.3.2 测试装置	233
5.3.3 其他测试及检验规定	234
5.4 调节阀的故障分析	235
5.5 调节阀的附件	236
5.5.1 阀门定位器	236
5.5.2 电-气转换器	239
第6章 典型控制系统	241
6.1 概述	241
6.2 简单控制系统	241
6.2.1 系统构成	241
6.2.2 控制器控制规律的选择及参数整定	241
6.2.3 控制系统的投运	245
6.2.4 控制系统操作中的常见问题	248
6.3 复杂控制系统	251
6.3.1 串级控制系统	251
6.3.2 均匀控制系统	255

6.3.3 比值控制系统	258
6.3.4 前馈控制系统	264
6.3.5 自动选择性调节系统	267
第7章 可编程控制器 (PLC)	272
7.1 概述	272
7.1.1 引言	272
7.1.2 可编程控制器的特点	272
7.1.3 可编程控制器的一般组成	272
7.1.4 可编程控制器 (PLC) 分类	275
7.1.5 可编程控制器的发展趋势	275
7.2 可编程控制器的硬件系统	276
7.2.1 可编程控制器工作原理	276
7.2.2 可编程控制器的硬件配置	279
7.2.3 可编程控制器的基本技术指标	287
7.2.4 可编程控制器的通信系统	290
7.3 可编程控制器的软件系统	294
7.3.1 可编程控制器软件的发展过程	294
7.3.2 可编程控制器的软件编制	295
7.4 可编程控制器应用实例	300
第8章 集散控制系统 (DCS)	301
8.1 概述	301
8.1.1 DCS 的概念	301
8.1.2 DCS 的发展概况	301
8.1.3 DCS 的主要特点	303
8.1.4 DCS 的发展趋势	305
8.2 DCS 的构成	307
8.2.1 DCS 的构成方式	307
8.2.2 DCS 各层的功能	308
8.3 DCS 的硬件结构	309
8.3.1 DCS 的结构分类	309
8.3.2 DCS 控制站的组成	310
8.3.3 DCS 操作站和工程师站	312
8.3.4 DCS 的通信系统	314
8.4 DCS 的软件体系	314
8.4.1 DCS 的系统软件	315
8.4.2 DCS 的组态软件	315
8.4.3 DCS 控制站的软件结构	316
8.5 集散控制系统的应用	318
第9章 现场总线	322
9.1 概述	322

9.1.1	现场总线简介	322
9.1.2	现场总线的特点	324
9.1.3	现场总线国际标准 (IEC 61158) 综述	326
9.2	开放系统互连参考模型	328
9.2.1	OSI 参考模型的结构	328
9.2.2	物理层协议	329
9.2.3	数据链路层协议	330
9.2.4	应用层协议	330
9.2.5	OSI 参考模型与现场总线通信模型	331
第 10 章	安全仪表系统	332
10.1	概述	332
10.1.1	安全仪表系统 (SIS) 的定义	332
10.1.2	安全仪表系统 (SIS) 的分类	333
10.1.3	安全仪表系统 (SIS) 的特点	334
10.2	安全仪表系统 (SIS) 的组成	334
10.2.1	SIS 系统的组成	334
10.2.2	SIS 与 DCS 的区别	335
10.2.3	SIS 系统的配置方案	336
10.3	工艺过程的风险评估及安全功能 SIS 等级的确定	337
10.3.1	DIN V 19250/IEC 61508 标准风险分析图	338
10.3.2	综合安全级别确定 (实例分析)	338
10.4	SIS 安全仪表系统常用术语	341
10.4.1	故障 (Failure)	341
10.4.2	可用性 (利用率) (Availability)	341
10.4.3	可靠性 (Reliability)	342
10.4.4	牢固性 (Integrity)	342
10.4.5	冗余及冗余系统	342
10.4.6	冗余逻辑表决方式	342
10.4.7	容错、容错技术及容错系统	344
10.4.8	故障安全	344
10.4.9	故障性能递减	344
第 11 章	大型旋转机械保护系统	346
11.1	概述	346
11.2	旋转机械检测参数与常见故障特征	346
11.2.1	旋转机械常用检测参数	346
11.2.2	旋转机械常见故障特征	347
11.3	电涡流传感器系统	350
11.3.1	电涡流传感器系统的组成	350
11.3.2	电涡流传感器工作原理	350
11.3.3	电涡流传感器特征	352

11.4 本特利内华达 3500 机械保护系统	354
11.4.1 系统特点	354
11.4.2 组件	355
11.4.3 三重冗余 (TMR) 系统	356
11.4.4 3500/92 通信网关	357
11.4.5 3500/45 差胀/轴向位置监视器	358
11.5 PT2010 多通道保护表	361
11.5.1 特点	361
11.5.2 系统的基本组成	363
11.5.3 PT2010/22 双通道轴向位置监测表	365
11.5.4 PT2010/21 双通道 XY 振动监测表	366
第 12 章 石油化工储运自动化系统	368
12.1 概述	368
12.2 储运自动化系统 (MAS)	369
12.2.1 概述	369
12.2.2 BICS 定量输送控制系统	371
12.2.3 BSCS 定量顺序调和控制系统	371
12.2.4 BRCS 定量比例调和控制系统	371
12.2.5 DAMS 数据采集管理系统	371
12.2.6 RMCS 远程计量系统	374
12.2.7 PVCS 泵控制系统	374
12.3 油品调和、输送自动化系统 (OMC)	374
12.3.1 概述	374
12.3.2 TIM 3000 油罐罐存监测	376
12.3.3 BLEND 3000 批量在线调和控制	376
12.3.4 BPC 3000 调和和质量控制	376
12.3.5 TRANS 3000 油品输送控制	376
12.3.6 PATH 3000 管道选择列表	376
第 13 章 仪表安装	379
13.1 概述	379
13.1.1 安装术语与符号	379
13.1.2 仪表安装程序	382
13.1.3 仪表安装技术要求	385
13.1.4 常用仪表施工机具及标准表	386
13.2 仪表常用安装材料	386
13.2.1 仪表安装常用管材	386
13.2.2 仪表电缆	387
13.2.3 仪表阀门	389
13.2.4 常用仪表保温材料	391
13.3 仪表加工件	396

13.3.1	仪表接头	396
13.3.2	法兰	399
13.4	常用仪表安装	406
13.4.1	温度仪表安装	407
13.4.2	压力仪表安装	409
13.4.3	常用流量仪表的安装	411
13.4.4	物位仪表安装	421
13.5	集散系统的安装	424
13.6	执行器安装	426
13.6.1	气动薄膜调节阀的安装	426
13.6.2	气缸式气动执行器的安装	428
13.6.3	电磁阀的安装	429
13.7	恶劣环境下的仪表安装	430
13.7.1	易燃易爆环境下的仪表安装	430
13.7.2	其他恶劣环境下的仪表安装	433
第14章	计量和检定	435
14.1	概述	435
14.1.1	计量的概念	435
14.1.2	计量的范畴	435
14.1.3	计量的特点	436
14.2	法定计量单位	437
14.2.1	法定计量单位的构成	437
14.2.2	常用化工计量单位对照	439
14.3	计量器具与量值传递	441
14.3.1	计量器具及其分类	441
14.3.2	量值传递	443
14.3.3	企业计量标准	445
14.4	仪表检定与校准	447
14.4.1	检定 (Verification) 的定义	447
14.4.2	检定的基本要求	448
14.4.3	检定对环境的要求	448
14.4.4	校准与检定的异同	449
14.4.5	校准的基本要求	449
14.5	仪表就地校准	450
14.5.1	差压变送器就地校准	450
14.5.2	压力变送器就地校准	455
14.5.3	调节阀 (附阀门定位器) 现场校准	458
第15章	仪表日常维护与故障处理	460
15.1	过程检测与控制仪表日常维护	460
15.1.1	巡回检查	460

15.1.2	定期润滑	461
15.1.3	定期排污	461
15.1.4	保温伴热	463
15.2	开停车注意事项	463
15.2.1	仪表停车	463
15.2.2	仪表开车	464
15.3	常见仪表故障分析与处理	465
15.3.1	概述	465
15.3.2	温度检测故障判断分析与处理	466
15.3.3	流量检测故障判断分析与处理	469
15.3.4	压力检测故障判断分析与处理	475
15.3.5	液位检测故障判断分析与处理	478
15.3.6	简单控制系统故障判断分析与处理	482
15.3.7	调节阀故障处理	497
15.3.8	信号联锁系统故障处理	501
参考文献		507

第1章 基础知识

1.1 仪表基础知识

1.1.1 测量误差

石油化工生产过程中的各种参数和变量，需要各种检测仪器仪表测量，并以此有效地进行工艺操作和稳定生产。测量的准确性关系到工艺操作的平稳和正确，因此，总是希望测量的结果能准确无误。但是测量结果都具有误差，任何先进的测量方法，任何准确的测量仪器，均不可能使测量的误差等于零。误差自始至终存在于一切科学实验和测量的过程之中。

(1) 测量误差的定义 测量误差是指测得值与被测量的真值之差。它有绝对误差和相对误差两种表达方式。

① 绝对误差 绝对误差 Δx 是测得值 x 与其真值 x_0 之差，即

$$\Delta x = x - x_0$$

绝对误差是带符号的， Δx 有可能是正号，也可能是负号。

② 相对误差 相对误差 δ_x 是测得值 x 的绝对误差 Δx 与其真值 x_0 之比，即

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x_0} = \frac{x - x_0}{x_0}$$

③ 引用误差 引用误差指绝对误差与测量范围的上限值或量程之比值，以百分数表示，即

$$\delta'_x = \frac{\Delta x}{x_{\max} - x_{\min}} \times 100\%$$

式中， δ'_x 为引用误差， $x_{\max}$ 为测量范围上限值， $x_{\min}$ 为测量范围下限值。

引用误差也称相对折合误差或相对百分误差，它用来表示仪表的准确度。

(2) 测量误差的来源

- ① 测量器具（仪器仪表）本身的结构、工艺、调整以及磨损、老化等因素引起的误差。
- ② 测量方法（或理论）不十分完备，采用近似测量方法和近似计算方法所引起的误差。
- ③ 测量环境的各种条件，如温度、湿度、气压、电场、磁场与振动引起的误差。
- ④ 由于观测者的主观因素和实际操作，诸如眼睛的分辨能力、视差和反应速度、个性和情绪等引起的误差。

(3) 测量误差的分类 测量误差可分为3类：系统误差、随机误差和粗大误差。

① 系统误差 系统误差指在偏离测量规定条件时或由于测量方法所引入的因素，按某确定规律所引起的误差。当造成系统误差的某项因素发生变化时，系统误差本身也按一定的规律随之变化，系统误差与引起的原因之间存在着某种内在的联系。

系统误差大小的程度，可以用“正确度”来衡量，正确度的定量指标为系统误差限。

系统误差产生在测量之前，具有确定性，系统误差与测量次数无关，亦不能用增加测量次数的方法使其消除或减小。

消除系统误差的基本方法有以下几种：

- a. 在测量前设法消除可能消除的误差源；
- b. 在测量过程中，采用适当的实验方法，如替代法、补偿法、对称法，将系统误差消除。

② 随机误差 随机误差是指在实际测量条件下，多次测量同一量时，误差的符号和绝对值以不可预定的方式变化的误差。

随机误差是由尚未被认识和控制的规律或因素所导致的，它不能修正，也不能完全消除，但可以用增加测量次数的方法加以限制和减小。一般测量中，10次~12次就够了。

随机误差通常采用概率统计方法来研究，估计出随机误差区间，亦称随机误差的置信区间，称随机误差置信限为随机不确定度。

常用“精密度”来表示测量结果中的随机误差的大小。

绝大多数随机误差分布属于正态分布（高斯曲线）。用标准偏差 σ （亦称均方极差）作为衡量随机误差分散性的指标。测量结果越分散，说明随机误差越大；测量结果越集中，说明随机误差越小。

标准偏差 σ 用下列公式表示

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1-1)$$

式中 n ——测量次数；

x_i ——第 i 次测量值；

$\bar{x}$ —— $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^N x_i$ 即为 n 次测量值的算术平均值；

$(x_i - \bar{x})$ ——第 i 次测量值与平均值的偏差。

当测量次数 n 足够大时，测量平均值相当于真值 x_0 ，则理论上的标准偏差 σ 应为下式：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2} \quad (1-2)$$

③ 粗大误差 粗大误差是指超出在规定条件下所预期的误差。粗大误差的特点是使测得值明显地偏离被测量的真值，其原因是有关工作人员的失误、计量器具的失准以及影响量超出所规定的值或范围等。对于粗大误差，必须随时或在进行数据处理时予以鉴别，并将相应的数据剔除。

1.1.2 仪表主要性能指标

(1) 精确度 仪表精确度简称精度，又称准确度。精确度和误差可以说是孪生兄弟，因为有误差的存在，才有精确度这个概念。仪表精确度简言之就是仪表测量值接近真值的准确程度，通常用引用误差表示。

仪表精确度不仅和绝对误差有关，而且和仪表的测量范围有关。绝对误差大，引用误差就大，仪表精确度就低。如绝对误差相同的两台仪表，其测量范围不同，那么测量范围大的仪表引用误差就小，仪表精确度就高。精确度是仪表很重要的一个质量指标，常用精度等级来规范和表示。精度等级就是最大引用误差去掉正负号和%。按国家统一规定划分的等级有0.005、0.02、0.05、0.1、0.2、0.35、0.5、1.0、1.5、2.5、4等。仪表精度等级一般都标志在仪表标尺或标牌上，如 $\diamond 0.5$ ， $\textcircled{0.5}$ ，0.5等，数字越小，说明仪表精确度越高。

(2) 变差 变差是指仪表被测变量（可理解为输入信号）多次从不同方向达到同一数值

时, 仪表指示值之间的最大差值, 或者说是仪表在外界条件不变的情况下, 被测变量由小到大变化 (正向特性) 和被测参数由大到小变化 (反向特性) 不一致的程度, 两者之差即为仪表变差, 如图 1-1 所示。变差大小取最大绝对误差与仪表标尺范围之比的百分比:

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

其中 $\Delta_{\max} = |A_1 - A_2|$

变差产生的主要原因是仪表传动机构的间隙, 运动部件的摩擦, 弹性元件滞后等。随着仪表制造技术的不断改进, 特别是微电子技术的引入, 许多仪表全电子化了, 无可动部件, 模拟仪表改为数字仪表等, 所以变差这个指标在智能型仪表中显得不那么重要和突出了。

(3) 灵敏度 灵敏度是指仪表对被测变量变化的灵敏程度, 或者说是对被测的量变化的反应能力, 是在稳态下, 输出变化增量对输入变化增量的比值:

$$s = \frac{\Delta L}{\Delta x}$$

式中 s ——仪表灵敏度;

ΔL ——仪表输出变化增量;

Δx ——仪表输入变化增量。

灵敏度有时也称“放大比”, 也是仪表静特性曲线上各点的斜率。增加放大倍数可以提高仪表灵敏度, 单纯加大灵敏度并不改变仪表的基本性能, 即仪表精度并没有提高, 相反有时会出现振荡现象, 造成输出不稳定。仪表灵敏度应保持适当的量。

对于仪表用户, 仪表精度固然是一个重要指标, 但在实际使用中, 往往更强调仪表的稳定性和可靠性, 因为化工企业检测与过程控制仪表用于计量的为数不多, 而大量的用于检测。另外, 使用在过程控制系统中的检测仪表, 其稳定性、可靠性比精度更为重要。

(4) 复现性 测量复现性是在不同测量条件下, 如不同的方法, 不同的观测者, 在不同的检测环境中对同一被检测的量进行检测时, 其测量结果一致的程度。测量复现性作为仪表的性能指标, 表征仪表的特性尚不普及, 但是随着智能仪表的问世、发展和完善, 复现性必将成为仪表的重要性能指标。

测量的精确性不仅仅是仪表的精确度, 它还包括各种因素对测量参数的影响, 是综合误差。以电动Ⅲ型差压变送器为例, 综合误差如下式所示:

$$e_{\text{综}} = (e_0^2 + e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + e_4^2 + \dots)^{1/2} \quad (1-3)$$

式中 e_0 ——(25±1)℃状态下的参考精度, ±0.25%或±0.5%;

e_1 ——环境温度对零点 (4 mA) 的影响, ±1.75%;

e_2 ——环境温度对全程 (20 mA) 的影响, ±0.5%;

e_3 ——工作压力对零点 (4 mA) 的影响, ±0.25%;

e_4 ——工作压力对全程 (20 mA) 的影响, ±0.25%。

将 e_0 、 e_1 、 e_2 、 e_3 、 e_4 的数值代入式 (1-3) 得:

$$\begin{aligned} e_{\text{综}} &= [(0.25)^2 + (1.75)^2 + (0.5)^2 + (0.25)^2 + (0.25)^2]^{1/2} \\ &= \pm 1.87\% \end{aligned}$$

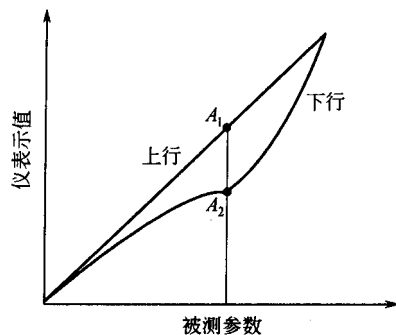


图 1-1 仪表变差特性

这说明 0.25 级电动Ⅲ型变送器测量精度由于温度和工作压力变化的影响，由原来的 0.25 级下降为 1.87 级，说明这台仪表复现性差。它也说明对同一被测量的量进行检测时，由于测量条件不同，受到环境温度和工作压力的影响，其测量结果一致的程度差。

若用一台全智能差压变送器代替上例中电动Ⅲ型差压变送器，对应于式 (1-3) 中的 $e_0 = \pm 0.0625\%$ ， $e_1 + e_2 = \pm 0.075\%$ ， $e_3 + e_4 = \pm 0.15\%$ ，代入式 (1-3) 得 $e_{\text{综}} = \pm 0.18\%$ ，由此可见全智能差压变送器测量综合误差 $e_{\text{综}} = \pm 0.18\%$ ，要比电动Ⅲ型差压变送器 $e_{\text{综}} = \pm 1.87\%$ 小得多，说明全智能差压变送器对温度和压力进行补偿、抗环境温度和工作压力能力强。可以用仪表复现性来描述仪表的抗干扰能力。

测量复现性通常用不确定度来估计。不确定度是由于测量误差的存在而对被测量值不能肯定的程度，可采用方差或标准差（取方差的正平方根）表示。

(5) 稳定性 在规定工作条件内，仪表某些性能随时间保持不变的能力称为稳定性（度）。仪表稳定性是化工企业仪表工十分关心的一个性能指标。由于化工企业使用仪表的环境相对比较恶劣，被测量的介质温度、压力变化也相对比较大，在这种环境中投入仪表使用，仪表的某些部件随时间保持不变的能力会降低，仪表的稳定性会下降。衡量或表征仪表稳定性现在尚未有定量值，化工企业通常用仪表零点漂移来衡量仪表的稳定性。仪表投入运行一年之中零位没有漂移，说明这台仪表稳定性好，相反仪表投入运行不到 3 个月，仪表零位就变了，说明仪表稳定性不好。仪表稳定性的好坏直接关系到仪表的使用范围，有时直接影响化工生产。仪表稳定性不好造成的影响往往比仪表精度下降对化工生产的影响还要大。仪表稳定性不好，仪表维护量增大，是仪表工最不希望出现的事情。

(6) 可靠性 仪表可靠性是化工企业仪表工所追求的另一个重要性能指标。可靠性和仪表维护量是相辅相成的，仪表可靠性高说明仪表维修量小，反之仪表可靠性差，仪表维护量就大。对于化工企业检测与过程控制仪表，大部分安装在工艺管道、各类塔、釜、罐、器上，而且化工生产的连续性，以及多数为有毒、易燃易爆的环境，给仪表维护增加了很多困难。所以化工企业使用检测与过程控制仪表要求维护量越小越好，亦即要求仪表可靠性尽可能地高。

随着仪表更新换代，特别是微电子技术引入仪表制造行业，使仪表可靠性大大提高。仪表生产厂商对这个性能指标也越来越重视，通常用平均无故障时间 MTBF 来描述仪表的可靠性。一台全智能变送器的 MTBF 比一般非智能仪表如电动Ⅲ型变送器要高 10 倍左右，可高达 100~390 年。

1.1.3 仪表分类

检测与过程控制仪表（通常称自动化仪表）分类方法很多，根据不同原则可以进行相应的分类。例如按仪表所使用的能源分类，可以分为气动仪表、电动仪表和液动仪表（很少见）；按仪表组合形式，可以分为基地式仪表、单元组合仪表和综合控制装置；按仪表安装形式，可以分为现场仪表、盘装仪表和架装仪表；随着微处理机的蓬勃发展，根据仪表有否引入微处理机（器）又可以分为智能仪表与非智能仪表；根据仪表信号的形式可分为模拟仪表和数字仪表。现在又出现了现场总线仪表。

检测与过程控制仪表最通用的分类，是按仪表在测量与控制系统中的作用进行划分，一般分为检测仪表、显示仪表、调节（控制）仪表和执行器 4 大类，见表 1-1。

表 1-1 检测与过程控制仪表分类表

按功能	按被测变量	按工作原理或结构形式	按组合形式	按能源	其 他
检测仪表	压力 温度 流量 物位 成分	液柱式,弹性式,电气式,活塞式 膨胀式,热电偶,热电阻,光学,辐射 节流式,转子式,容积式,速度式,靶式,电磁,漩涡 直读,浮力,静压,电学,声波,辐射,光学 pH 值,氧分析,色谱,红外,紫外	单元组合 单元组合 单元组合 单元组合 实验室和流程	电、气 电、气 电、气	智能,现场总线 智能,现场总线 智能,现场总线 智能,现场总线
显示仪表		模拟和数字 指示和记录 动圈,自动平衡电桥,电位差计		电、气	单点,多点,打印,笔录
调节(控制)仪表		自力式 组装式 可编程	基地式 单元组合	气动 电动	
执行器	执行机构	薄膜,活塞,长行程,其他	执行机构	气、电、液	
	阀	直通单座,直通双座,套筒(笼式)球阀,蝶阀,隔膜阀,偏心旋转,角形,三通,阀体分离	和阀可以进行各种组合		直线,对数,抛物线,快开

这类分类方法相对比较合理,仪表覆盖面也比较广,但任何一种分类方法均不能将所有仪表分门别类地划分得井井有条,它们中间互有渗透,彼此沟通。例如变送器具有多种功能,温度变送器可以划归温度检测仪表,差压变送器可以划归流量检测仪表,压力变送器可以划归压力检测仪表,若用静压法测液位可以划归物位检测仪表,所以很难确切划归哪一类。另外单元组合仪表中的计算和辅助单元也很难归并。

1.2 过程自动化基础知识

1.2.1 控制系统的工作原理及组成

在石油、化工等生产过程中,对各个工艺生产过程中的物理量(或称工艺参数)都有一定的控制要求。有些工艺参数直接表征生产过程,对产品的产量和质量起着决定性的作用。如化学反应器的反应温度必须保持平稳,才能使效率达到最佳指标等。而有些参数虽不直接影响产品的产量和质量,然而保持它平稳却是使生产获得良好控制的先决条件。如用蒸汽加热反应器或再沸器,若蒸汽总管压力波动剧烈,要把反应温度或塔釜温度控制好是很困难的。有些工艺参数是决定生产工厂的安全问题,如受压容器的压力等,不允许超过最大的控制指标,否则将会发生设备爆炸等严重事故,危及工厂的安全等。对以上各种类型的参数,在生产过程中都必须加以必要的控制。

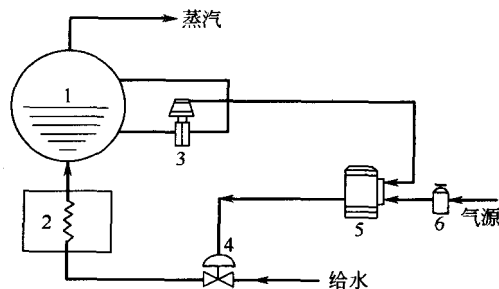


图 1-2 锅炉水位自动控制示意图

1—汽包; 2—加热室; 3—变送器;
4—调节阀; 5—控制器; 6—定值器

图 1-2 设置了一个水位自动控制系统,它由气动单元组合仪表组成。图中检测元件与变送器的作用是检测水位高低,当水位高度与正常给定水位之间出现偏差时,控制器就会立刻根据偏差的大小去控制给水阀门(开大或关小),使水位回到给定值上,从而实现了锅炉水位的自动控制。

自动控制系统由被控对象、检测元件(包括变送器)、控制器和调节阀 4 部分组成。自动控制系统组成的方块图如图 1-3 所示。