

● 乐嘉谦 主编

仪表工 手册

第二版



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

仪 表 工 手 册

第 二 版

乐嘉谦 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

仪表工手册/乐嘉谦主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2003. 7
ISBN 7-5025-4506-9

I. 仪… II. 乐… III. 仪表-手册 IV. TH7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 045248 号

仪表工手册

第二版

乐嘉谦 主编

责任编辑: 刘 哲 陈逢阳

加工编辑: 麻雪丽 吴 俊

责任校对: 顾淑云

封面设计: 于 兵

*

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

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 57½ 字数 2039 千字

2004 年 1 月第 2 版 2004 年 1 月北京第 5 次印刷

ISBN 7-5025-4506-9/TH·118

定 价: 118.00 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

京工商广临字 2003-003 号

第二版前言

《仪表工手册》第一版基本上将企业过程自动化技术人员和仪表工人所关心的问题编写成册，并力求将最新知识编入其中。

自《仪表工手册》出版以来，除仪表自动化领域变化快之外，人们环保意识不断增强，对环境保护与监测也越来越关心和重视，石油、化工企业废气、废水的排放和监测也受到人们普遍的关注；大型传动机械和设备的安全运行直接关系到企业安全生产和经济效益，旋转机械的保护和监测在石油、化工、电力、冶金等行业越来越受到各级领导和管理人员的关心和重视。基于这些情况，《仪表工手册》第二版增加了环保和旋转机械保护与监测的内容。

现场总线逐渐走向成熟，这几年发展方兴未艾，2000年通过了现场总线国际标准 IEC 61158。现场总线系统（FCS）将改变过程自动化“孤岛”状态，将自动化、信息化结合成一体，预示着过程自动化发展的方向。《仪表工手册》第二版简要地介绍了基金会总线 FF、Profibus、WorldFIP 4 种现场总线。

有关检测仪表和 DCS，在《仪表工手册》第二版中做了相当大的调整和补充，删去相对落后的产品介绍，诸如数字显示仪表、自动平衡电桥和 DDZ-Ⅲ 调节器，增加智能变送器和先进控制技术等内容。对于 DCS 系统，以浙大中控 SUPCON WebField ECS-100 为重点，做比较系统的介绍，删去 SUPCONJX-300 内容；用 Honey Well 公司 Plant Scape 应用于批量处理、过程控制、数据采集与控制系统替代 TDC-3000；增加 Rosemount 公司新产品 Delta V 系统，力求将 DCS 最新成果编入其中。

手册中第 4 篇仪表检定与校准和第 5 篇仪表安装，由于这两部分技术比较成熟，近年来变化不太大，所以第二版不做大的改动。

仪表日常维护与常见故障处理作为《仪表工手册》独立一篇，深受广大仪表工的欢迎。第二版增加了控制系统与 DCS 故障处理，以及联锁系统故障处理的内容。

参加编写的人员如下。

第 1 篇 乐嘉谦；第 2 篇 方卫东；第 3 篇 蔡亚吉、乐嘉谦、金建祥、俞海斌、童剑青；第 4 篇 章顺增；第 5 篇 严言友；第 6 篇 乐嘉谦。参加第 6 篇第 2 章编写的还有冯宝罗、涂勇、张会国、何谦、鞠晓程。

全书由乐嘉谦统稿和定稿。

由于编辑时间仓促，信息和水平有限，难免有不妥之处，敬请指正。

编者

2003 年 5 月

第一版前言

《仪表工手册》是仪表工的朋友，应当成为仪表工得心应手的工具。在化学工业出版社的组织下，编者以此为宗旨进行编写。

仪表工在生产过程中对检测与过程控制仪表进行日常维护和故障处理，涉及知识面十分广泛，不但要精通检测仪表、调节器和执行器等工作原理和结构特点，而且还要有一定的过程控制（自动化）知识。在故障现象中不仅有仪表故障，而且混杂有工艺和设备故障，仪表工要分析与判断故障，必须要有一定的化工工艺知识和化工设备知识。对于化工、石油化工等行业，易燃、易爆和有毒是行业的特点，仪表工在处理故障时，对这类问题绝对不能掉以轻心。

除日常维护外，企业有不少技改项目，既有仪表专业技改项目，亦有工艺技改项目，需要仪表配合实施，这些大大小小的项目，需要设计（大项目可以委托设计）、施工准备、安装、开车等一系列工作，仪表施工、安装知识是和日常维护同样重要的知识。对于安装公司仪表工而言，仪表安装是他们的专业，当然就更重要了。

中华人民共和国计量法颁布实施有10余年了，检测与过程控制仪表绝大部分属于计量器具，对于计量器具要根据计量法规要求实施法制管理。每一个仪表工都应有很强的法制观念，使用法定计量单位对计量器具进行周期检定，建立企业最高计量标准等。

计算机技术被大量地应用于过程控制中，集散控制系统（DCS）和可编程序控制器方面的知识，仪表工需要了解和掌握。

针对以上仪表工在日常工作中需要和可能涉及到的知识，编者尽可能编入《仪表工手册》。考虑到携带和翻阅方便，在编写过程中，侧重于资料性、实用性和针对性，对于工作原理以及仪表工已经掌握的基本知识一带而过，不再详细介绍。由于检测与过程控制仪表发展很快，知识老化现象比较严重，《仪表工手册》力求将最新知识编入其中。

仪表日常维护与常见故障处理作为《仪表工手册》独立的一篇，是为了加强手册的实用性。这一篇内容主要是编者和广大从事仪表和控制的工程技术人员、仪表工在多年工作中的经验和体会，谨供借鉴和参考。

《仪表工手册》根据中、高级仪表工技能水平和知识范围进行编写。其中一些经验体会和资料可供工程技术人员参考和应用。

参加编写的人员如下：第一篇乐嘉谦；第二篇方卫东；第三篇蔡亚吉；第四篇章顺增；第五篇严言友；第六篇乐嘉谦，其中第二章第二节仪表常见故障处理实例中部分实例由泸天化、张先政、涂勇、何谦、张中华提供。全书由乐嘉谦定稿。

由于编辑时间仓促以及水平有限，肯定会有不少谬误之处，请读者雅正。

编者

1997年4月

内 容 提 要

本书第一版出版后因其内容丰富，实用性、针对性强，深受广大读者的喜爱，并成为仪表工得心应手的工具。

本次修订中，作者针对检测与过程控制仪表发展快的特点，力求将最新知识编入其中。本书主要增加了环境监测仪表和现场总线两大部分。这两部分均呈现在自动控制领域的热点和重点，其他部分去旧增新。

本书主要针对从事自动化工作的工程技术人员及技术工人，对他们有很高的参考价值。

目 录

第1篇 基础知识

第1章 仪表基础知识	1	1.4 控制微电机	62
1 仪表分类	1	1.5 电压互感器与电流互感器	65
2 仪表主要性能指标	2	2 常用测量电路	67
2.1 概述	2	2.1 平衡电桥	67
2.2 精确度	2	2.2 不平衡电桥	68
2.3 复现性	3	3 模拟电路	68
2.4 稳定性	3	3.1 放大电路	68
2.5 可靠性	4	3.2 振荡电路	73
第2章 常用图例符号	5	4 数字电路	75
1 常用仪表、控制图形符号	5	4.1 数制与基本逻辑关系	75
1.1 图形符号	5	4.2 组合逻辑电路	77
1.2 字母代号	10	4.3 时序逻辑电路	79
1.3 仪表位号的表示方法	16	5 稳压电路	81
1.4 HG 20505—92 标准与 ISA、ISO		5.1 整流滤波电路	81
标准比较分析	20	5.2 稳压电路	83
2 常用电工与电子学图例符号	25	5.3 集成稳压电路	84
2.1 图形符号	25	6 集成电路	85
2.2 电气设备基本文字符号	34	6.1 集成电路分类	85
2.3 电气技术中辅助文字符号	34	6.2 半导体集成电路型号命名法	86
3 自控常用英文缩写	35	6.3 集成电路的封装形式	86
第3章 计量知识	37	6.4 集成电路运算放大器	88
1 法定计量单位	37	6.5 TTL 电路	91
1.1 法定计量单位组成	37	6.6 CMOS 数字电路	95
1.2 常用化工计量单位对照	39	6.7 IIL 电路与 ECL 电路	98
1.3 数字修约规则	41	6.8 中外集成电路产品型号对照	99
2 量值传递	41	7 电工电子学常用英文缩写	101
2.1 企业计量标准	41	第5章 工艺与安全知识	106
2.2 量值传递定义	42	1 工艺知识	106
2.3 企业量值传递系统	42	1.1 常用化工介质特性	106
3 常用计量器具	48	1.2 化工企业常用工艺管道标志	117
3.1 直流数字电压表	48	2 常用化工设备特性	118
3.2 标准电压电流源	48	2.1 离心式压缩机	118
3.3 标准气动压力信号源	52	2.2 活塞式压缩机	120
3.4 多功能便携式校准仪	53	2.3 风机	123
第4章 电工与电子学知识	55	2.4 离心泵	124
1 电工知识	55	3 机械保护系统	126
1.1 供电系统	55	3.1 概述	126
1.2 熔断器	59	3.2 3500 监测系统	126
1.3 自动开关	61	3.3 PT2010 多通道保护表	135
		3.4 奥德赛机器状态监测信息系统	

(EMONITOR ODYSSEY)	141	6 环保知识	175
4 防腐	146	6.1 石油、化工企业废气排放情况	175
4.1 腐蚀介质及相应防腐材料		6.2 石油、化工企业废水排放情况	178
(金属和合金)	146	6.3 污水排放标准	182
4.2 常用非金属材料	155	6.4 主要污染物的理化性质和毒性	188
4.3 隔离	156	7 环保监测仪表	198
5 安全	159	7.1 S700 模块式气体分析系统	198
5.1 石油、化工企业火灾危险性及其危险场所分类	159	7.2 500 型气体检测系统	201
5.2 爆炸性物质和爆炸危险场所等级划分	163	7.3 电化学传感器	202
5.3 爆炸性气体、易燃易爆粉尘和易燃纤维特性	165	7.4 流程液体分光计	203
5.4 易燃易爆场所对防爆电气设备的要 求	173	7.5 TOCOR 200 在线 TOC 分析仪	205
5.5 易燃易爆场所仪表操作注意事项	174	附录 1-1 自控专业标准体系表标准代号含义	208
		附录 1-2 自控专业标准明细表	209
		参考文献	215

第 2 篇 仪表与控制系统

第 1 章 检测仪表	216	第 2 章 分析仪表	264
1 温度检测与仪表	216	1 概述	264
1.1 温度测量的基本概念	216	1.1 过程分析仪表的组成	264
1.2 温度测量仪表的分类	217	1.2 取样与预处理系统	264
1.3 热电偶	218	1.3 过程分析仪表的主要技术特性与选择	269
1.4 热电阻	224	1.4 过程分析仪表的选用	270
1.5 智能温度变送器	227	2 工业色谱仪	271
2 压力检测与变送	228	2.1 色谱分析的基本原理	271
2.1 概述	228	2.2 工业色谱仪的组成	272
2.2 压力的测量与压力计的选择	228	2.3 SQG 系列工业气相色谱仪	272
2.3 压力传感器	230	3 氧量分析仪	276
2.4 智能压力变送器	232	3.1 概述	276
3 流量检测与变送	235	3.2 氧化锆分析仪	276
3.1 概述	235	3.3 DH-6 型氧化锆氧分析仪	279
3.2 差压式流量计	237	3.4 磁式氧分析器	280
3.3 容积式流量计	239	4 热导式气体分析器	281
3.4 智能式漩涡流量计	241	4.1 测量基本原理	281
3.5 电磁流量计	243	4.2 热导式分析仪的测量线路	283
3.6 超声波流量计	245	4.3 热导池的结构	284
3.7 转子流量计	246	4.4 热导式分析仪的应用及使用条件	285
3.8 冲板式流量计	247	4.5 RD 型热导式气体分析仪	285
3.9 质量流量计	249	4.6 几种国外热导式分析器简介	287
4 物位检测仪表	253	5 红外线分析器	288
4.1 概述	253	5.1 红外线分析器的检测原理	288
4.2 浮力式液位计	254	5.2 红外线分析器的结构组成	289
4.3 差压式液位计	255	5.3 取样系统	289
4.4 电容式物位计	256	5.4 红外线气体分析器的型号与功能	290
4.5 其他物位计	258	5.5 QGS-08 型红外线分析器	290
4.6 D·K 系列电感式变送器	262		

6 工业 pH 计	292	2 调节阀的选型	373
6.1 检测原理	292	2.1 气动薄膜调节阀型号编制说明	373
6.2 参比电极	293	2.2 调节阀结构形式的选择	374
6.3 工作电极	293	2.3 调节阀气开、气关的选择和调节器 正反作用的确定	374
6.4 仪器的维护与检修	294	2.4 调节阀流量特性的选择	374
7 工业电导仪	294	2.5 调节阀结构材料的选择	376
7.1 工业电导仪的检测原理	294	2.6 气动执行器常见故障及原因	380
7.2 电导检测器	295	3 气动调节阀的性能测试	380
7.3 DDD-32B 型工业电导仪	297	3.1 气动调节阀的性能指标	380
8 工业黏度计	300	3.2 气动薄膜调节阀性能测试方法	381
8.1 旋转式黏度计	300	3.3 气动薄膜调节阀的简单误差分析	382
8.2 振动式黏度计	300	4 阀门定位器	383
第 3 章 显示仪表	302	4.1 阀门定位器的作用与应用	383
1 模拟显示仪表	302	4.2 电-气阀门定位器	384
1.1 ER180 显示仪表的组成原理	302	第 6 章 控制系统	386
1.2 输入检测单元	303	1 概述	386
1.3 伺服放大单元	306	1.1 控制系统的工作原理及组成	386
2 数字式显示仪表	307	1.2 控制系统的分类	386
2.1 数字式显示仪表的主要技术指标	307	2 简单控制系统	388
2.2 基本工作原理	307	2.1 简单控制系统的组成	388
2.3 热电偶预处理电路	307	2.2 简单控制系统的投运和调节器参数的 工程整定	389
2.4 3½ 位模/数转换器	308	3 复杂控制系统	392
2.5 EPROM27128	308	3.1 串级控制系统	392
3 无纸记录仪	309	3.2 比值控制系统	394
3.1 无纸记录仪的基本结构	309	3.3 选择性控制系统	396
3.2 输入处理单元	310	3.4 分程控制系统	398
3.3 画面显示和按键操作	312	3.5 前馈控制系统	400
3.4 组态操作	314	3.6 三冲量控制系统	403
3.5 安装与接线	315	4 新型控制系统	404
第 4 章 控制仪表	316	4.1 自适应控制	404
1 概述	316	4.2 双重控制系统	405
1.1 模拟式控制仪表	316	4.3 模糊控制	408
1.2 可编程调节器	318	4.4 故障检测、诊断与容错控制	410
1.3 安全火花防爆型仪表及系统	318	5 先进控制技术 ^[22]	410
1.4 安全栅	319	5.1 软测量技术	411
2 数字单回路调节器	322	5.2 内模控制	412
2.1 SLCD 指示调节器	322	5.3 模型预测控制	414
2.2 SLPC 可编程调节器	328	5.4 神经网络控制	418
2.3 KMM 可编程调节器	345	5.5 专家控制	420
第 5 章 执行器	365	附录 2-1 常用热电偶分度表	424
1 概述	365	附录 2-2 常用热电阻分度表	441
1.1 执行器在自动控制系统中的作用	365	参考文献	444
1.2 执行器的分类	365		
1.3 执行器的构成	366		

第 3 篇 可编程控制器和集散控制系统

第 1 章 可编程控制器	445	1.1 可编程控制器的特点	445
1 概述	445	1.2 可编程控制器的基本组成	445

1.3	可编程控制器的分类	447	6.1	系统概述	531
1.4	国外主要可编程控制器系列产品	447	6.2	FB-2000NS 系统的通信网络	533
2	MODICON984 系列可编程控制器	451	6.3	FB-2000NS 系统构成及配置	534
2.1	主机(控制器)	451	6.4	工业控制软件 ControlX	536
2.2	MODICON 通讯网络	451	6.5	FB-2000NS 系统硬件及组件说明	539
2.3	可选模块	452	7	DCS 系统的接地	541
2.4	800 系列 I/O 模块	453	7.1	接地	541
2.5	800 系列远程 I/O 适配器和 远程 I/O 站	455	7.2	接地处理方法	541
2.6	控制器机架和 800 系列 I/O 机架	456	7.3	DCS 系统接地举例	542
2.7	编程与支持软件	457	8	DCS 系统的故障诊断	543
2.8	使用环境和电源要求	458	8.1	DCS 系统故障的分类	543
2.9	984-685PLC 硬件构成举例	458	8.2	故障的分析诊断	543
3	富士 T40 可编程控制器	458	第 3 章 现场总线	545	
3.1	构成	458	1	概述	545
3.2	地址指定范围	460	1.1	现场总线简介	545
3.3	内部数据存储器的构成和分配	460	1.2	现场总线的特点	547
3.4	指令系统	461	1.3	现场总线国际标准 (IEC 61158) 综述	549
3.5	编程操作	471	2	开放系统互连参考模型	551
3.6	T40 外部接线图	480	2.1	OSI 参考模型的结构	551
3.7	T40 应用举例	480	2.2	物理层协议	552
第 2 章 集散控制系统	490	2.3	数据链路层协议	553	
1	概述	490	2.4	应用层协议	554
1.1	DCS 的基本构成	490	2.5	OSI 参考模型与现场总线通信模型	554
1.2	DCS 的特点	490	3	基金会现场总线	555
1.3	国内外 DCS 生产厂家一览	491	3.1	基金会现场总线的主要技术	555
1.4	国内外主要 DCS 产品性能比较	492	3.2	通信系统主要组成部分及相互关系	556
2	SUPCON WebField ECS-100 控制系统	495	3.3	网络通信中的虚拟通信关系	557
2.1	系统硬件	495	3.4	基金会现场总线物理层	558
2.2	系统软件综述	508	3.5	基金会现场总线数据链路层	562
3	CENTUM-XL 系统	510	3.6	现场总线访问子层	563
3.1	系统构成	510	3.7	现场总线报文规范层	564
3.2	EOPS 操作站	510	3.8	用户层	566
3.3	EFCD 双重化现场控制站	513	3.9	网络管理代理	572
3.4	通信系统	516	3.10	系统管理内核	573
3.5	应用举例(带 Smith 补偿的中温 串级调节系统的组态)	517	3.11	设备描述	573
4	Plantscape 系统	519	3.12	系统组态	575
4.1	系统简介	519	3.13	基金会现场总线仪表——EJA 现场 总线变送器简介	576
4.2	系统组成及功能概述	520	3.14	基金会现场总线仪表部分目录	590
4.3	混合控制器结构描述	521	3.15	现场总线系统安装	591
4.4	PlantScape 监视系统	523	4	PROFIBUS 现场总线	595
5	Delta V 系统	527	4.1	概述	595
5.1	简介	527	4.2	PROFIBUS 基本特性	596
5.2	Delta V 系统的构成	528	4.3	PROFIBUS-DP 简介	600
5.3	Delta V 系统的软件	530	4.4	PROFIBUS-PA 简介	605
6	FB-2000NS 分散型控制系统	531	4.5	PROFIBUS-FMS 简介	607

4.6 PROFIBUS 协议芯片	611	5.5 网络管理	620
5 WORLDFIP 现场总线	612	5.6 安全性	623
5.1 概述	612	5.7 WorldFIP 设备	624
5.2 WorldFIP 现场总线物理层	613	6 现场总线常用英文缩写	632
5.3 WorldFIP 现场总线数据链路层	614	参考文献	633
5.4 应用层	618		

第4篇 仪表检定与校准

第1章 概述	634	4 显示仪表现场校准	643
1 检定	634	4.1 工具与仪器	643
1.1 检定 (Verification) 的定义	634	4.2 接线	643
1.2 检定的基本要求	634	4.3 操作步骤	643
2 校准	635	5 调节阀 (附阀门定位器) 现场校准	645
2.1 校准与检定的异同	635	5.1 工具与仪器	645
2.2 校准的基本要求	635	5.2 接线及校准步骤	646
第2章 就地校准	636	6 调节器现场校准	646
1 概述	636	6.1 工具和仪器	646
2 差压变送器就地校准	636	6.2 接线与校准	647
2.1 工具与仪器	636	第3章 在检定室检定	659
2.2 接线	636	1 检定对环境的要求	659
2.3 操作步骤	637	1.1 温度检定室	659
3 压力变送器就地校准	640	1.2 电学检定室	659
3.1 工具与仪器	640	1.3 力学检定室	659
3.2 接线	640	1.4 几何量检定室	659
3.3 操作步骤	640	2 仪表检定	660

第5篇 仪表安装

第1章 概述	662	2.1 仪表用绝缘导线	674
1 安装术语与符号	662	2.2 仪表用电缆	674
1.1 安装术语	662	2.3 控制电缆	676
1.2 仪表安装常用图形符号和文字代号	663	2.4 屏蔽电线和屏蔽电缆	677
2 仪表安装程序	665	2.5 补偿导线	677
2.1 施工准备阶段	665	3 仪表安装常用型钢	678
2.2 施工阶段	667	4 仪表阀门	680
2.3 试车、交工阶段	668	4.1 阀门型号的标志说明	680
3 仪表安装技术要求	669	4.2 常用阀门的选用	682
4 常用仪表施工机具及标准表	670	4.3 气动管路用阀	683
4.1 常用仪表施工机具	670	4.4 仪表测量管路用阀	683
4.2 常用校验标准表	670	4.5 仪表用阀组	687
第2章 仪表常用安装材料	671	5 常用仪表保温材料	689
1 仪表安装常用管材	671	5.1 对保温材料的基本要求	689
1.1 导压管	671	5.2 常用保温材料的特性	689
1.2 气动管路	671	第3章 仪表加工件	693
1.3 电气保护管	671	1 仪表接头	693
1.4 伴热管	673	1.1 卡套式管接头 (YZG1 系列)	693
2 仪表电缆	673	1.2 铜制卡套式气动管路接头 (铜管、 尼龙管用) (YZG2 系列)	694

1.3 铜制卡套式气动管路接头 (塑料管用)(YZG3 系列)	700	3.6 节流元件的安装	748
1.4 扩口式管接头 (YZG4 系列)	700	3.7 差压计的安装	755
1.5 焊接式管接头 (YZG5 系列)	700	4 物位仪表安装	758
1.6 承插焊式管接头 (YZG6 系列)	709	4.1 玻璃板液面计安装	758
1.7 内螺纹式管接头 (YZG7 系列)	710	4.2 浮球式液位计安装	758
1.8 金属软管挠性管接头 (YZG8 系列)	710	4.3 浮标式液位计安装	759
1.9 橡胶管接头 (YZG9 系列)	710	4.4 浮筒液面计安装	759
1.10 电缆(管缆)接头 (YZG10 系列)	710	4.5 放射性液位计安装	759
1.11 接头(管嘴) (YZG11 系列)	710	4.6 光电电子液位计安装	760
1.12 压力表接头 (YZG12 系列)	711	4.7 差压法测量液面	760
1.13 玻璃板液面计接头 (YZG13 系列)	711	5 常用工业分析仪表安装	763
1.14 短节 (YZG14 系列)	711	第 5 章 集散系统的安装与调试	767
1.15 活接头 (YZG15 系列)	712	1 集散系统的安装	767
1.16 堵头 (YZG16 系列)	712	1.1 集散系统安装的外部条件	767
2 法兰	712	1.2 机、柜、盘安装	767
2.1 钢制螺纹法兰 (HG 5008—58)	713	1.3 接地及接地系统的安装	767
2.2 平焊法兰 (HG 5010—58)	715	1.4 接线	767
2.3 棒槽面平焊法兰 (HG 5011—58) ..	718	1.5 电源	768
2.4 凹凸面平焊法兰 (HG 5012—58) ..	721	1.6 基本控制器、多功能控制器的 安全接地与隔离	768
2.5 平焊法兰 (HG 5013—58)	723	2 集散系统的调试	768
2.6 平焊法兰 (HG 5014—58)	724	2.1 调试前的检查	768
2.7 棒槽面对焊法兰 (HG 5015—58) ..	726	2.2 调试的主要方法	769
2.8 凹凸面对焊法兰 (HG 5016—58) ..	729	2.3 调试人机对话	769
2.9 平面法兰盖 (HG 5028—58)	731	2.4 DCS 系统现场调试中的故障 诊断与处理	769
2.10 凸凹面法兰盖 (HG 5028—58)	731	第 6 章 执行器安装	772
2.11 棒槽面法兰盖 (HG 5028—58)	732	1 气动薄膜调节阀的安装	772
3 紧固件	733	1.1 调节阀的安装	772
第 4 章 常用仪表安装	734	1.2 调节阀安装方位的选择	772
1 温度仪表安装	734	1.3 调节阀安装注意事项	773
1.1 温度一次仪表安装方式	734	1.4 调节阀的二次安装	773
1.2 温度仪表安装注意事项	735	2 气缸式气动执行器的安装	774
1.3 常用温度仪表的安装	736	3 电磁阀的安装	774
2 压力仪表安装	738	第 7 章 仪表管道敷设	776
2.1 压力取源部件安装	738	1 概述	776
2.2 压力管路连接方式与相应的阀门	739	2 仪表气动管路敷设	776
2.3 常用压力表的安装	739	3 仪表测量管路敷设	777
2.4 压力变送器的安装	743	3.1 导压管敷设原则	777
3 常用流量仪表的安装	745	3.2 导压管敷设要求	778
3.1 转子流量计安装	745	3.3 管道的弯制	778
3.2 质量流量计安装	746	3.4 管子弯成后的固定	779
3.3 涡轮流量计安装	746	3.5 需要特别注意的问题	779
3.4 靶式流量计安装	746	4 电气保护管敷设	779
3.5 电磁流量计安装	747	4.1 仪表电气保护管配制的一般要求	780
		4.2 管子弯曲要求	780
		4.3 电气保护管加穿线盒的原则	780

5 仪表伴热管的安装	781	3 仪表安装用支架	794
5.1 伴热管的特点	781	3.1 吊装	794
5.2 伴管安装中注意事项	781	3.2 悬臂式支架	795
第8章 仪表电缆敷设	782	3.3 槽形支架	795
1 仪表用电缆桥架	782	3.4 L形支架	796
1.1 电缆桥架的类型代号及意义	782	3.5 抱卡	796
1.2 玻璃钢汇线槽 (BQJ 系列)	783	4 管卡	796
1.3 钢制槽式电缆桥架	783	4.1 U形卡	796
1.4 钢制梯级式电缆桥架	783	4.2 导压管管卡 ($\phi 8 \sim \phi 22$)	797
1.5 钢制托盘式电缆桥架	783	5 仪表盘安装	798
1.6 钢制组合式电缆桥架	783	6 保温 (护) 箱安装	799
2 保护管口径的选择	784	6.1 保温箱底座制作	799
2.1 选择保护管的计算公式	784	6.2 保温箱伴热管安装	799
2.2 电线、电缆、补偿导线穿管	784	6.3 保温箱安装	799
3 电缆敷设的管件	785	7 辅助容器的制作安装	800
3.1 YHX 型铝合金穿线盒	785	7.1 冷凝器制作	800
3.2 铸铁、铸铝管件	786	7.2 隔离容器	801
4 仪表电缆、电线、补偿导线的敷设	786	8 测温扩大管的制作	802
4.1 仪表电缆敷设注意事项	786	第11章 试车、交工	803
4.2 桥架安装注意事项	787	1 自控仪表的单体调校	803
4.3 电缆桥架选择原则	787	1.1 仪表单体调校的必要性	803
第9章 恶劣环境下的仪表安装	788	1.2 仪表单体调校与计量器具检定的区别	803
1 易燃易爆环境下的仪表安装	788	1.3 单体调校内容	803
1.1 在易燃易爆环境下仪表安装注意事项	788	1.4 单体调校方法	804
1.2 易燃易爆环境下导压管的敷设	788	1.5 单体调校的时间安排	804
2 其他恶劣环境下的仪表安装	790	1.6 单体调校后的保管	804
2.1 有剧毒介质的仪表安装	790	1.7 标准仪表的选取	804
2.2 介质是高温、高压的仪表安装	790	2 自控仪表的系统调校	804
2.3 在有氧气介质环境中的仪表安装	790	2.1 系统调校的条件	804
2.4 在潮湿环境下的仪表安装	792	2.2 系统调校方法	804
第10章 仪表辅助设备制作安装	793	3 “三查四定”和“中间交接”	805
1 仪表供电系统安装	793	4 试车	805
1.1 供电设备安装	793	4.1 试车的三个阶段	805
1.2 配电盘 (板) 的制作安装	793	4.2 试车三阶段中施工单位仪表专业的任务	806
2 仪表供气和供液系统的安装	794	5 交工	806
2.1 供气系统	794	6 验收“规范”和评定“标准”	807
2.2 供液系统	794		

第6篇 仪表日常维护与常见故障处理

第1章 日常维护	809	1.4 保温伴热	811
1 过程检测与控制仪表日常维护	809	1.5 开停车注意事项	812
1.1 巡回检查	809	2 分析仪表日常维护	813
1.2 定期润滑	810	2.1 取样装置日常维护	813
1.3 定期排污	810	2.2 样品预处理系统 (装置) 日常维护	815

2.3	工业气相色谱仪日常维护	820	2.4	物位检测与控制系统故障处理	852
2.4	工业酸度计日常维护	826	2.5	分析仪表故障处理	862
2.5	可燃有毒气体检测报警器日常维护 ...	828	2.6	调节阀故障处理	863
第2章	常见故障处理	832	2.7	控制系统及DCS故障处理	868
1	故障判断思路	832	2.8	信号联锁系统故障处理	884
1.1	温度检测故障判断	833	参考文献	888	
1.2	流量检测故障判断	833	附录	889	
1.3	压力检测故障判断	833	附录1	中华人民共和国工人技术	
1.4	液位检测故障判断	833		等级标准(摘选)	889
1.5	简单控制系统故障判断	834		化工仪表维修工	889
2	仪表常见故障处理实例	835		化工分析仪器维修工	892
2.1	流量检测与控制系统故障处理	835	附录2	技能鉴定规范(摘选)	895
2.2	压力检测与控制系统故障处理	842		化工仪表维修工	895
2.3	温度检测与控制系统故障处理	848		化工分析仪器维修工	900

第1篇 基础知识

第1章 仪表基础知识

1 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。

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1-1-1。

检测仪表根据其被测变量不同，根据化工生产5大参量又可分为温度检测仪表、流量检测仪表、压力检测仪表、物位检测仪表和分析仪表（器）。

表 1-1-1 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	液柱式,弹性式,电气式,活塞式	单元组合	电、气	智能
	温度	膨胀式,热电偶,热电阻,光学,辐射	单元组合	电、气	智能
	流量	节流式,转子式,容积式,速度式,靶式,电磁,旋涡	单元组合	电、气	智能
	物位	直读,浮力,静压,电学,声波,辐射,光学	单元组合	电、气	智能
	成分	pH值,氧分析,色谱,红外,紫外	实验室和流程		
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	执行机构和阀可 以进行各种组合	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			直线,对数, 抛物线,快开

显示仪表根据记录和指示、模拟与数字等功能，又可以分为记录仪表和指示仪表、模拟仪表和数显仪表，其中记录仪表又可分为单点记录和多点记录（指示亦可以有单点和多点），其中又有有纸记录或无纸记录，若有纸记录又分笔录和打印记录。

调节仪表可以分为基地式调节仪表和单元组合式调节仪表。由于微处理机引入，又有可编程调节器与固定程序调节器之分。

执行器由执行机构和调节阀两部分组成。执行机构按能源划分有气动执行器、电动执行器和液动执行器，按结构形式可以分为薄膜式、活塞式（气缸式）和长行程执行机构。调节阀根据其结构特点和流量特性不同进行分类，按结构特点分通常有直通单座、直通双座、三通、角形、隔膜、蝶形、球阀、偏心旋转、套筒（笼

式)、阀体分离等,按流量特性分有直线、对数(等百分比)、抛物线、快开等。

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序,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,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。

2 仪表主要性能指标

2.1 概述

在工程上仪表性能指标通常用精确度(又称精度)、变差、灵敏度来描述。仪表工校验仪表通常也是调校

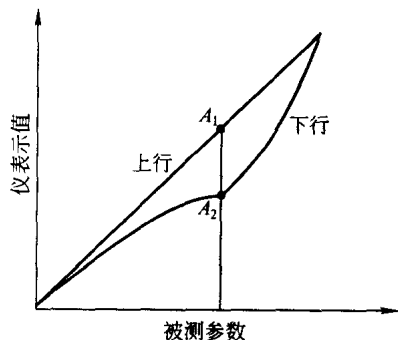


图 1-1-1 仪表变差特性

精确度、变差和灵敏度 3 项。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,被测参数由小到大变化(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 1-1-1 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:

$$\text{变差} = \frac{\Delta_{\max}}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\% \quad (1-1-1)$$

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。

灵敏度是指仪表对被测参数变化的灵敏程度,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:

$$s = \frac{\Delta L}{\Delta x} \quad (1-1-2)$$

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。

然而对于仪表用户,诸如化工企业仪表工来讲,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。

2.2 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,通常用相对百分误差(也称相对折合误差)表示。相对百分误差公式如下:

$$\delta = \frac{\Delta x}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\% \quad (1-1-3)$$

式中 δ ——检测过程中相对百分误差;

(标尺上限值 - 标尺下限值) ——仪表测量范围;

Δx ——绝对误差,是被测参数测量值 x_1 和被测参数标准值 x_0 之差。

所谓标准值是精确度比被测仪表高 3~5 倍的标准表测得的数值。

从式(1-1-3)中可以看出,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,相对百分误差就大,仪表精确度就低。如果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

表相对百分误差就小, 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。精度等级就是最大相对百分误差去掉正负号和%。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 $\diamond 0.5$, $\odot 0.5$, 0.5 等, 数字越小, 说明仪表精确度越高。

要提高仪表精确度, 就要进行误差分析。误差通常可以分为疏忽误差、缓变误差、系统误差和随机误差。疏忽误差是指测量过程中人为造成的误差, 一则可以克服, 二则和仪表本身没有什么关系。缓变误差是由于仪表内部元器件老化过程引起的, 它可以用更换元器件、零部件或通过不断校正加以克服和消除。系统误差是指对同一被测参数进行多次重复测量时, 所出现的数值大小或符号都相同的误差, 或按一定规律变化的误差, 可以通过分析计算加以处理, 使其最后的影响减到最小, 但是难以完全消除。随机误差 (偶然误差) 是由于某些目前尚未被人们认识的偶然因素所引起, 其数值大小和性质都不固定, 难以估计, 但可以通过统计方法从理论上估计其对检测结果的影响。误差来源主要指系统误差和随机误差。在用误差表示精度时, 是指随机误差和系统误差之和。

2.3 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:

$$e_{\text{综}} = (e_0^2 + e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + e_4^2 + \dots)^{1/2} \quad (1-1-4)$$

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 (4mA) 的影响, ±1.75%;

e_2 —— 环境温度对全量程 (20mA) 的影响, ±0.5%;

e_3 —— 工作压力对零点 (4mA) 的影响, ±0.25%;

e_4 —— 工作压力对全量程 (20mA) 的影响, ±0.25%。

将 e_0 、 e_1 、 e_2 、 e_3 、 e_4 的数值代入式 (1-1-4) 得:

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

这说明 0.25 级电动Ⅲ型差压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的量进行检测时, 由于测量条件不同, 受到环境温度和压力的影响, 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 (1-1-4) 中的 $e_0 = \pm 0.0625\%$, $e_1 + e_2 = \pm 0.075\%$, $e_3 + e_4 = \pm 0.15\%$, 代入式 (1-1-4) 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。不确定度的所有分量分为两类:

A 类: 用统计方法确定的分量;

B 类: 用非统计方法确定的分量。

设 A 类不确定度的方差为 s_i^2 (标准差为 s_i), B 类不确定度假定存在的相应近似方差为 u_j^2 (标准差为 u_j), 则合成不确定度为:

$$\sigma = \sqrt{\sum s_i^2 + \sum u_j^2} \quad (1-1-5)$$

2.4 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