



技工系列工具书

编著 / 焦小澄 姜大纯

仪器仪表维修工 实用技术手册

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

技工系列工具书

仪器仪表维修工 实用技术手册

焦小澄 姜大纯 编 著

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

仪器仪表维修工实用技术手册/焦小澄编著. —南京:江苏科学技术出版社, 2007. 7

(技工系列工具书)

ISBN 978 - 7 - 5345 - 5605 - 0

I. 仪… II. 焦… III. ①仪器—维修—技术手册②仪表—维修—技术手册 IV. TH707 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 080420 号

仪器仪表维修工实用技术手册

编 著 焦小澄 姜大纯

责任编辑 宋 平

责任校对 刘 强

责任监制 曹叶平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.pspress.cn>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京展望文化发展有限公司

印 刷 通州市印刷总厂有限公司

开 本 850 mm×1168 mm 1/32

印 张 20.125

插 页 4

字 数 485 000

版 次 2007 年 7 月第 1 版

印 次 2007 年 7 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978 - 7 - 5345 - 5605 - 0

定 价 40.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

内 容 简 介

根据实际工程中控制系统所面对的问题,从使用和维护角度出发介绍过程生产中常用的各类自动化仪表的工作原理和使用,以及仪表故障判断和维护一般方法。手册还从工程应用角度介绍了系统安全防护有关技术、常用控制系统类型和参数整定方法。

手册共十一章,介绍执行器、温度、压力、流量、物位及分析等各种仪表常见的分类、检测原理、组成和适用性等内容,还介绍了仪表所涉及的物理原理和基本术语,仪表常用基本变换电路原理。

本手册以实用为目的,以浅显易懂的原理性介绍为主,可供自动化仪器仪表维修工、相关工程技术人员学习,也适合自动化及仪表专业学生参考。

前 言

现代工业生产过程日趋复杂化、大型化,因此生产过程自动化已是必不可少的重要部分。温度、压力、流量、液位(界面)、成分等过程参数的检测是实现生产过程自动化的基础。在一个生产过程中,这几类工业参数可能多达上千个。此外,执行器是体现控制的最后执行环节,在一个生产过程中可能多达上百套。许多生产过程还往往具有高温、高压、易燃、易爆、有毒、强腐蚀性等特点。过程参数检测仪表和执行器安装在生产现场,它直接与生产过程和被测介质相接触,要经受更恶劣的环境条件。因此,提高自动控制系统的可靠性的关键是提高过程参数检测仪表和执行器的可靠性。

温度、压力、流量、液位(界面)等参数的检测仪表不仅种类繁多,而且测量同一类参数的仪表基本原理也不尽相同。此外,仪表的使用条件、适用范围、选用和安装要求等也都不相同,并且随着仪表的测量原理的不同,价格悬殊。而这些都是设计生产过程自动化系统时必须考虑的因素。

本书共分十一章。第一章和第二章介绍了本书涉及的一些术语、定义和组成仪表线路的最基本单元电路知识。第三章介绍了常用的阀门的构造和特点、适用环境、选用注意事项等。第四章到第八章分别介绍了目前常用的温度、压力、流量、物位(界面)和过程分析仪表的基本测量原理、特点、适用对象,以及型号和安装要求等方面内容,便于在系统设计、仪表维护、更换时作参考。由于自动化仪表所处工作环境的特点,第九章介绍系统防火防爆、防雷和防干扰三个方面的知识。第十章介绍实际过程控制系统中所采用的调节规律。第十一章介绍了仪表维护的一些基本知识。目前

在过程控制系统中,绝大多数是单参数单回路系统,以及串级、比值、前馈、分程、自动选择性控制等复杂系统。这些调节规律也是智能化控制仪表的调节规律。本书对这些调节规律作了原理性的介绍,并介绍了它们的参数整定过程。这些内容同样适用于数字控制器的算法设计和参数整定。

本书由南京大学工程管理学院、南京自动化及仪表协会理事长焦小澄和金陵石化公司姜大纯合作完成,其中姜大纯提供了大量的基本资料,焦小澄执笔撰写。在编写过程中,得到了南京自动化及仪表协会、江苏省化工设计院朱有龄、扬子石化沈守谦、东南大学自动化学院赵仲宣等人支持,谨表示衷心的感谢。

编 者

2007 年 6 月

目 录

第一章 基础知识	1
第一节 基本概念与基本定律	1
第二节 化工控制工艺识图	12
一、工艺流程图	12
二、仪表位号表示	19
三、回路编号	29
第三节 检测控制技术语	30
一、基本术语	30
二、传感器特性	31
三、仪表的零点迁移和量程迁移	35
四、标准仪表信号	36
五、变送器	36
六、调节器(控制器)	37
七、执行器	37
八、仪表的防爆等级与标志	38
第四节 电容传感器原理	38
一、差动式电容传感器	39
二、变介质电容传感器原理	41
三、转换电路	42
第五节 电感式传感器	45
一、电感式传感器的主要特点	45
二、自感式电感传感器	46
三、差动电感传感器	48
四、差动变压器式传感器	49
五、相敏检波电路	50
六、差动整流电路	52

第二章 仪表常用测量变换电路	54
第一节 传感器电路的基本要求	54
一、传感器输出信号的特点	54
二、信号的二次变换	54
第二节 基本运算放大器电路分析	55
一、负反馈放大电路的四种基本形式	55
二、负反馈对输入电阻的影响	61
三、负反馈对输出电阻的影响	62
第三节 基本运算电路	63
一、积分运算电路	63
二、微分运算电路	64
三、对数运算电路	65
四、指数运算电路	66
五、差动比例运算电路	67
六、三运放精密差动放大电路	68
第四节 有源滤波器	70
一、无源滤波电路	71
二、有源低通滤波电路	72
三、有源高通滤波电路	74
四、有源带通滤波电路	76
五、有源带阻滤波电路	77
第五节 变换电路	78
一、电压-电流转换	78
二、恒流源与恒压源	80
三、电阻-电压转换	81
四、电感-电压转换	81
五、交流电桥对称激励电路	83
第六节 数字线性化简介	84
第三章 执行器	86
第一节 阀门特性	88

一、理想流量特性	88
二、阀门特性参数	91
第二节 阀座的基本结构与特点	95
一、调节阀的工作原理	95
二、常见调节阀结构	95
三、调节阀的选择	96
第三节 电动执行器(调节阀)	97
一、伺服电动机	99
二、伺服电动机控制电路	100
三、数字式电动执行器和智能电动执行器	102
第四节 气动执行器与电气变换器	103
一、气动执行器的结构和原理	103
二、电—气变换器	105
三、电—气阀门定位器	106
四、气动阀门定位器	108
五、阀门定位器传递函数	108
六、阀门定位器的主要特性	109
七、阀门定位器的选择	110
第五节 调节阀的选择和安装原则	111
一、固有流量特性选择	111
二、调节阀形式的选择	112
三、阀门材料选择	114
四、调节阀泄漏量考虑	116
五、上阀盖形式的选择	116
六、调节阀口径的确定原则	116
七、执行机构的选择	117
八、调节阀附件的选择	119
九、调节阀气开、气关特性选择原则	121
十、调节阀安装要求	121
十一、调节阀配管和配线	123
第四章 温度测量与变送技术	124
第一节 温度标准	124

第二节 温度测量	128
一、温度仪表的分类	129
二、温度仪表的选择	130
第三节 接触式温度测量仪表	131
一、热膨胀式温度计	131
二、工业常用温度检测元件	134
第四节 金属热电阻	136
一、铂热电阻	136
二、铜热电阻	137
三、热电阻分度表	137
四、金属热电阻的主要参数	140
五、工业用金属热电阻	142
六、热电阻引线方式	148
第五节 半导体热敏电阻	149
一、半导体陶瓷的热敏特性	149
二、热敏电阻的基本参数	151
第六节 热电偶测温	157
一、热电偶原理和类型	157
二、各类热电偶参考模型和系数表	160
三、热电偶装配形式	172
四、热电偶基本参数	174
五、热电偶的保护	178
六、补偿导线	180
七、冷端补偿	185
第七节 一体化温度变送器	189
第八节 其它温度计简介	192
一、光学高温计	192
二、红外辐射温度计	193
三、辐射高温计	194
四、光电高温计	194
五、光导纤维红外辐射温度计	196

第五章 压力测量仪表及选用	198
第一节 概 述	198
一、压力测量基础	198
二、压力量值传递	198
三、压力仪表的分类	199
第二节 液柱式压力计	201
一、液柱式压力计分类	201
二、液柱式压力计工作原理及结构	201
第三节 弹性压力表	204
一、弹性压力表分类	204
二、弹簧管压力表	205
三、膜片压力表和隔膜式压力表	208
四、膜盒压力表	210
五、波纹管压力表	211
六、专用压力表	212
七、压力开关	217
八、基地式压力调节器	218
第四节 压力传感器和变送器	218
一、电位器式远传压力传感器	220
二、应变电阻传感器	220
三、电容式压力传感器	223
四、电感式压力传感器	225
五、霍尔式压力传感器	229
六、霍尔式微压力传感器	230
第五节 压力测量仪表选择	231
一、量程选择	232
二、仪表类型和型号的选择	233
三、仪表精度等级的选择	234
第六章 流量测量仪表及选用	236
第一节 概 述	236

一、流量测量的意义	236
二、流量仪表的分类	237
第二节 流量测量仪表的选用	241
一、流体特性	241
二、仪表性能	245
三、安装条件	248
四、环境条件	250
五、经济因素	251
第三节 差压式流量计	253
一、差压式流量计工作原理	253
二、差压式流量计分类与结构	255
三、差压式流量计的主要特点	262
四、差压式流量计选用注意事项	263
第四节 浮子流量计	264
一、浮子流量计基本工作原理	264
二、浮子流量计分类与结构	265
三、浮子流量计的主要特点	267
四、选用注意事项	268
第五节 容积式流量计	268
一、基本工作原理	269
二、容积式流量计分类与结构	270
三、容积式流量计的主要特点	274
四、选用注意事项	275
第六节 涡轮流量计	276
一、工作原理	276
二、分类与结构	278
三、涡轮流量传感器主要特点	282
四、选用注意事项	283
第七节 电磁流量计	284
一、工作原理	285
二、电磁流量计结构与分类	285
三、电磁流量计主要特点	288

四、选用注意事项	289
第八节 涡街流量计	290
一、工作原理	291
二、涡街流量计分类与结构	293
三、涡街流量计主要特点	296
四、选用注意事项	298
第九节 超声流量计	298
一、工作原理	299
二、超声流量计分类与结构	301
三、超声流量计主要特点	303
四、选用注意事项	304
第十节 质量流量计	304
一、间接式质量流量计	304
二、直接式质量流量计	306
三、直接式质量流量计的主要特点和选用	312
第十一节 插入式流量计	314
一、插入式流量计工作原理	314
二、插入式流量传感器分类与特点	318
三、选用注意事项	319
第十二节 流量显示仪	321
一、基本工作原理	322
二、流量显示仪主要技术参数和功能	322
第十三节 其它流量测量方法	324
一、混相流流量测量	324
二、固体流量测量	327
第十四节 流量仪表的校验	329
一、校验目的和方法	329
二、流量标准装置的作用与分类	330
三、流量标准装置结构	332
第七章 物位测量	336
第一节 物位测量仪表类型和选择	336

一、物位测量仪表类型	336
二、物位测量方法选择	341
第二节 直读式液位测量仪表	342
一、基本原理	342
二、玻璃管式液位计	342
三、玻璃板式液位计	343
四、其它系列的玻璃板液位计	344
第三节 静压式液位测量仪表	345
一、测量原理	345
二、带有正负迁移的差压法液位测量	347
三、差压法界面测量	348
四、吹气法液位测量的基本原理	348
第四节 浮力式液位测量仪表	349
一、浮子式液位计	349
二、伺服型浮子液位计	350
三、浮筒式液位计	352
四、磁性翻板式液位计	355
第五节 电气型液位测量仪表	356
一、电接点式液位计	356
二、磁致伸缩式液位计	358
三、电容式液位计	359
第六节 超声波液位测量仪表	363
一、反射式超声波液位计	363
二、超声波液位开关	366
三、超声波液位计安装	367
四、超声波液位计适用范围与注意事项	367
第七节 雷达液位计	368
一、基本原理	368
二、工业控制级雷达液位计(BL—30K 型)的主要技术参数	369
第八节 放射性液位计	372
一、基本原理	372
二、主要技术参数	373

三、放射性防护的基本概念	375
第八章 过程分析仪表及选用	377
第一节 概 述	377
一、对样品预处理系统的要求	378
二、过程分析仪的选用	382
第二节 热导式气体分析仪	383
第三节 红外线分析仪	387
一、工作原理及结构	387
二、主要特性及规格	392
三、选用注意事项	394
四、应用场所	394
第四节 工业色谱仪	395
一、工业色谱仪的分类及结构	395
二、工业色谱仪的主要特性及规格	403
三、选用注意事项	404
四、应用场所	406
第五节 色谱—质谱联用仪	406
一、质谱仪工作原理及分类	407
二、色谱—质谱(GC—MS)联用仪的构成	414
三、色谱—质谱联用仪的优点	417
四、GC—MS联用仪的主要性能指标	417
五、选用注意事项	418
六、GC—MS联用仪的应用	420
第六节 氧分析仪	421
一、磁导式氧分析仪	421
二、磁力机械式氧分析仪	424
三、磁压力式氧分析仪	425
四、氧化锆氧分析仪	427
五、微量氧分析仪	429
第七节 水分析仪	431
一、pH计	431

二、电导仪	438
三、溶解氧分析仪	441
第八节 粘度检测仪表	443
一、超声波式粘度计	444
二、差压式粘度计	445
三、扭矩式粘度计	447
第九节 环保安全检测仪表	448
一、可燃气体报警器	448
二、毒性气体报警器	449
第十节 过程分析仪的取样与预处理系统	452
一、取样装置	452
二、过滤装置	455
三、流量控制装置	457

第九章 系统安全保护 458

第一节 系统安全基本概念	458
第二节 爆炸危险场所的划分	460
一、主要工业国家对危险场所划分规定	461
二、美国对工业危险场所划分的规定	464
三、我国对爆炸危险场所的划分和防爆安全法规	466
四、仪表防护等级标准	469
第三节 电气设备防爆	471
一、防爆电气设备的分类	471
二、本安型防爆仪表的特征	473
三、关联设备	474
四、本安系统分级	479
五、本安电路外部连接电缆的影响	481
第四节 保护接地	483
一、电气设备和线路的保护接地	483
二、防静电保护接地	485
第五节 防雷电技术	487
一、雷电危害的类型及雷电参数	488

二、雷电感应的防护	490
三、常用防雷元器件	492
第六节 控制系统的抗干扰	498
一、噪声与信噪比	499
二、共模信号与差模信号	500
三、抗耦合干扰技术	501
四、抗传导干扰技术	503
五、其它抗干扰技术	504
第十章 过程控制系统分析与设计	507
第一节 控制系统的数学模型	509
一、三大守恒定律	510
二、单容过程模型	512
三、多容过程模型	513
四、不可压缩流体管道流动模型	514
第二节 基本控制算法	515
一、PID 调节器的基本原理	515
二、数字式 PID 控制算式	518
三、改进 PID 控制算式	520
四、数字 PID 控制算法的改进	524
第三节 单回路控制系统设计	526
一、被控参数的选择	527
二、测量反馈	527
三、控制参数的选择	529
四、执行器(调节阀)的选择	530
五、调节器正、反作用的确定	530
六、调节器控制规律的设计	531
七、单回路控制系统分析	531
第四节 单回路控制系统调节器参数的整定	534
一、工程整定法	535
二、单回路控制系统的投运	539
第五节 复杂控制系统	540