



高等院校电气信息类专业“互联网+”创新规划教材

智能仪表技术

杨成慧 主编



教材预览、申请样书



微信公众号: pup6book



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

高等院校电气信息类专业“互联网+”创新规划教材

智能仪表技术

主 编 杨成慧

副主编 李玉梅 赵春霞



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书基于生产实际和工程应用,介绍了工业上最常用的参数检测仪表、控制仪表、主机电路设计、过程输入/输出通道设计、现场总线技术、通信接口技术、虚拟仪器技术、PC 联网等的工作原理与应用方案,并且重点讨论了以单片机为主机电路的仪表设计步骤、规则、方法、实例,以及蓝牙通信技术、常用仪表应用实例的特点和功能,同时对智能仪表的组成、特点及发展趋势,智能仪表各组成部分的软件、硬件设计方法及智能仪表设计过程中的测量与控制算法,虚拟仪器的概念及特点进行了详细的论述,还结合简单的实例流程分析了某些典型过程控制方案的确定方法,阐明了智能仪表设计控制方案时的一般原则和思路,并列举了部分智能仪表调解系统在生产过程控制中的应用实例。

本书可作为高等院校自动化相关专业的本科教材,也可供各工业部门从事过程控制工作的工程技术人员及相关专业研究生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

智能仪表技术/杨成慧主编. —北京:北京大学出版社, 2017. 9

(高等院校电气信息类专业“互联网+”创新规划教材)

ISBN 978-7-301-28790-3

I. ①智… II. ①杨… III. ①智能仪器—高等学校—教材 IV. ①TP216

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 228889 号

书 名	智能仪表技术 Zhineng Yibiao Jishu
著作责任者	杨成慧 主编
策划编辑	程志强
责任编辑	黄红珍
数字编辑	刘 蓉
标准书号	ISBN 978-7-301-28790-3
出版发行	北京大学出版社
地 址	北京市海淀区成府路 205 号 100871
网 址	http://www.pup.cn 新浪微博: @北京大学出版社
电子信箱	pup_6@163.com
电 话	邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667
印 刷 者	北京鑫海金澳胶印有限公司
经 销 者	新华书店
	787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 456 千字
	2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷
定 价	45.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

图书如有印装质量问题,请与出版部联系,电话: 010-62756370

序

信息科学技术的迅速发展和广泛应用,深深地改变着人类生产、生活的各个方面。我们所处的时代被称为信息时代。人类社会生产力的发展和人们生活质量的提高越来越得益和依赖于信息科学技术的发展。自动化科学技术涉及信息的检测、分析、处理、控制和应用等各个方面,是信息科学与技术领域的重要组成部分。面对全面建设小康社会的发展目标,党和国家提出走新型工业化道路的战略决策,这是我国当代工业化进程的必由之路。在我国经济建设的进程中,工业化是不可逾越的发展阶段。实现新型工业化,就是要坚持走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的可持续发展的科学发展之路。在这个过程中,自动化科学技术起着不可替代的作用,高等学校的自动化学科肩负着人才培养和科学研究的光荣历史使命。

我国高等教育中工科在校大学生人数占在校大学生总人数的 35%~40%,其中自动化类专业学生是工科各专业中学生人数较多的。在我国高等教育已走进大众化阶段的今天,人才培养模式多样化已成为必然的趋势,其中应用型人才是我国经济建设和社会发展需求最多的一大类人才。为了促进自动化领域应用型人才培养,发挥院校之间相互合作的优点,北京大学出版社策划了“21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材”,并且在此基础上添加了一些数字资源,即“高等院校电气信息类专业‘互联网+’创新规划教材”,确定了教材的使用范围,也为“实用教材”的定位找到了落脚点。本系列教材具有如下特点:

(1) 注重实用性。工科院校的人才培养规格大多定位在高级应用型,对这一大类人才的培养要注重面向工程实践,培养学生理论联系实际、解决实际问题的能力。从这一教学原则出发,本系列教材注重实用性,注意引用工程中的实例,培养学生的工程意识和工程应用能力,因此将更适合工科院校的教学要求。

(2) 体现新颖性。编者更新了教材内容,跟进时代,加入一些先进实用的知识,同时淘汰一些陈旧过时的内容。

(3) 教材反映出各教师教学时积累的一些好的经验和做法。

(4) 数字化资源的运用,使得教材的信息量更大,能更加直观地看到更多的数字信息。

(5) 教材几乎涵盖了自动化类专业常用智能仪表方向的各类常见仪表,内容翔实、丰富、生动、有趣。

地方工科院校在我国高等院校中所占比例最大。本系列教材可以供民族院校、地方工科院校自动化类专业教学之用,将拥有广大的读者朋友。教材专家编审委员会深感教材的编写质量对于教学质量的重要性,在审纲会上强调了“质量第一,明确责任,统筹兼顾,严格把关”的原则,要求各位主编加强协调,认真负责,努力保证和提高教材质量。



各位主编和编者也将尽职尽责，密切合作，努力使自己的作品受到读者的认可和欢迎。尽管如此，由于编者之间的差异性，教材中还是难免存在一些问题和不足，欢迎选用本系列教材的教师、学生提出批评和建议。

编审委员会
2016 年 11 月

前 言

新技术的不断涌现,特别是先进检测技术、现代传感器技术、计算机技术、网络技术和多媒体技术的出现,给传统的自动控制系统带来了新的挑战,并由此催生许多新的技术,如虚拟仪器、软测量技术、数据融合理论与方法及最新发展的传感器网络技术等。现代工业控制系统中,智能仪表检测技术和仪表控制系统是实现自动控制的基础。

“自动化仪器与仪表”是在学完电子技术基础、自动控制理论、微机原理及应用等课程后开设的自动化类专业课程。本书是针对智能仪表的基础理论和应用技术的教材,可作为高等院校自动化专业的必修课及选修课教材,也可供各工业部门从事过程控制工作的工程技术人员及相关专业研究生参考使用。

全书共分 17 章。第 1 章介绍智能仪表发展概况和仪表系统的基础知识,智能仪表的组成、特点及发展趋势;第 2 章介绍传统仪表和智能仪表的相关知识;第 3 章介绍智能仪表的主机电路设计、单片机系统;第 4 章主要介绍过程输入/输出通道;第 5 章主要介绍智能仪表中的人机接口部件;第 6 章主要介绍智能仪表串行总线;第 7 章主要介绍通用串行总线;第 8 章主要介绍典型的现场总线技术与蓝牙技术;第 9 章主要介绍智能仪表的软件程序设计;第 10 章主要介绍连续调节器;第 11 章主要介绍软件测量算法;第 12 章主要介绍智能控制算法;第 13 章主要介绍硬件与软件的抗干扰技术;第 14 章主要介绍智能仪表设计实例;第 15 章主要介绍虚拟仪器技术及应用;第 16 章主要介绍 PC 网络;第 17 章主要介绍智能仪表产品。

本书以传统仪表和智能仪表的对比展开介绍智能仪表,包括智能仪表所用的主机电路、模拟量输入/输出通道、开关量输入/输出通道、人机联系部件、通信接口技术原理、通用串行总线技术、现场总线技术、智能仪表的软件测量算法和控制算法、软件和硬件的抗干扰技术、智能仪表设计实例、虚拟仪器技术及应用、PC 网络、智能仪表产品,以及智能仪表应用实例。在内容上,以理论联系实际为原则,特别注重简明扼要、通俗易懂,努力使系统性与典型性相统一,使技术先进性与工程实用性相融合;在知识结构的安排上,考虑与前修课程知识的合理衔接,使各部分内容的安排次序顺理成章。

本书由西北民族大学电气工程学院杨成慧担任主编,李玉梅和赵春霞担任副主编,具体编写分工如下:杨成慧编写第 1、4、6、7、9、11、13、14、15 章(约 25 万字),李玉梅编写第 2、3、16、17 章(约 12.5 万字),赵春霞编写第 5、8、10、12 章(约 8.5 万字)。和文江、安小强和江润等人进行文档的整理工作。

本书参考教学时数为 54 学时左右,可增加课程内或课程外实验。

限于编者的水平和能力,书中难免存在不足或不妥之处,衷心希望广大读者批评指正。

编 者

2017 年 4 月

目 录

第 1 章 智能仪表技术概述..... 1	第 6 章 智能仪表数字化通信技术 103
1.1 智能仪表及其发展概述..... 2	6.1 数字化通信技术概述 104
1.2 电动单元组合式仪表..... 4	6.2 串行总线通信 104
1.3 智能仪表测控系统..... 7	思考与练习 113
1.4 智能仪表的基本技术指标..... 9	第 7 章 通用串行总线..... 114
1.5 智能仪表的未来趋势..... 14	7.1 通用串行总线概述 115
思考与练习..... 15	7.2 USB 的特点与系统结构 124
第 2 章 传统仪表和智能仪表..... 16	思考与练习 128
2.1 传统仪表概述..... 17	第 8 章 现场总线技术与蓝牙技术 129
2.2 智能仪表概述..... 19	8.1 现场总线概述 130
2.3 传统仪表与智能仪表的比较..... 22	8.2 典型的现场总线 133
思考与练习..... 23	8.3 现场总线智能仪表 135
第 3 章 主机电路设计 24	8.4 蓝牙技术通信 136
3.1 主机电路微处理器——单片机概述... 25	8.5 蓝牙技术应用实例——程序设计 ... 143
3.2 单片机的语言程序设计方法..... 41	思考与练习 146
3.3 主机电路应用程序设计实例..... 51	第 9 章 软件程序设计..... 147
3.4 嵌入式开发技术..... 56	9.1 软件设计方法 148
3.5 MCS-51 单片机 62	9.2 监控程序设计 151
3.6 ARM 66	思考与练习 163
思考与练习..... 70	第 10 章 连续调节器..... 164
第 4 章 过程输入/输出通道设计 71	10.1 调节器的调节规律 165
4.1 模拟量输入通道..... 72	10.2 PID 调节器的阶跃响应和 频率特性 166
4.2 模拟量输出通道..... 76	10.3 PID 实例..... 168
思考与练习..... 85	思考与练习 169
第 5 章 人机接口电路介绍..... 86	第 11 章 测量算法 170
5.1 显示器..... 87	11.1 测量算法概述 171
5.2 键盘接口..... 89	11.2 数字滤波算法 171
5.3 打印机接口..... 101	
思考与练习..... 102	

11.3 校正算法.....	177
思考与练习.....	181
第 12 章 智能控制算法	182
12.1 模糊控制系统.....	183
12.2 人工神经网络控制.....	184
12.3 专家系统.....	188
思考与练习.....	194
第 13 章 硬件与软件的抗干扰技术	195
13.1 干扰和噪声源.....	196
13.2 抗干扰措施.....	200
13.3 软件抗干扰技术.....	214
思考与练习.....	218
第 14 章 智能仪表设计实例	219
14.1 设计准则.....	220
14.2 设计实例.....	221
14.3 仪表调试.....	239
思考与练习.....	243
第 15 章 虚拟仪器技术及应用	244
15.1 虚拟仪器概述.....	245
15.2 虚拟仪器系统的组成与结构	251
15.3 虚拟仪器软件开发平台	260
15.4 虚拟仪器系统的设计及应用实例 ...	272
思考与练习	274
第 16 章 PC 网络介绍	276
16.1 计算机监控网络的组成	277
16.2 智能仪表与 PC 联网	281
16.3 现场总线系统与计算机联网	282
思考与练习	293
第 17 章 智能仪表产品	294
17.1 智能仪表的设计特点	295
17.2 智能仪表的选型	295
17.3 智能仪表的特点	296
17.4 智能仪表的发展方向	297
思考与练习	298
参考文献	299

第1章

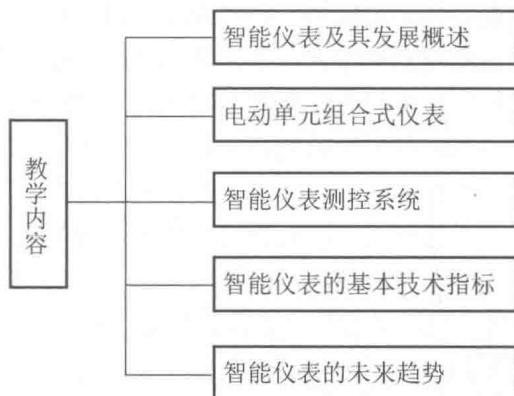
智能仪表技术概述

自动化的概念是一个动态发展过程。过去,人们认为自动化过程是以机械的动作代替人力操作,自动地完成特定的作业为功能目标的过程。这实质上是自动化代替人的体力劳动的观点。后来随着电子和信息技术的发展,特别是随着计算机的出现和广泛应用,自动化的概念已扩展为用机器(包括计算机)不仅代替人的体力劳动,而且代替或辅助脑力劳动,以自动地完成特定的作业。

自动化的广义内涵至少包括以下几点:在形式方面,制造自动化有3个方面的含义,即代替人的体力劳动,代替或辅助人的脑力劳动,制造系统中人机及整个系统的协调、管理、控制和优化。在功能方面,自动化代替人的体力劳动或脑力劳动仅仅是自动化功能目标体系的一部分。自动化的功能目标是多方面的,已形成有机体系。在范围方面,制造自动化不仅涉及具体生产制造过程,而且涉及产品生命周期的所有过程。

教学要求:熟悉智能仪表发展的动态过程,掌握智能仪表的特点。

教 学 内 容





1.1 智能仪表及其发展概述



【常见五种智能仪表】

智能仪表是工业企业实现自动化的必要手段和技术工具,任何一个工业控制系统都必然包含智能仪表控制单元,各种控制方案和算法都必须借助自动化工具才能实现。随着自动化技术的广泛应用,智能仪表的需求量很大,已形成一个专门的仪表门类。自动化工程师要设计自动控制系统就必须掌握各种智能仪表的工作原理和性能特点,只有这样才能合理地选择和正确地使用它们,组成性能价格比高的控制系统。

半个多世纪以来,智能仪表经历了从气动液动仪表、电动仪表、电子式模拟仪表、数字智能仪表,到计算机集散控制系统(Distributed Control System, DCS)等发展阶段,为各行各业的现代化大规模生产提供了强大的支持。近年来,随着网络通信等相关技术的快速发展,智能仪表正处于一场意义重大的变革中,以仪表的全数字化、开放化、网络化为特征的现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)正在迅猛发展。现场总线把从检测端到执行端的所有智能仪表通过数字通信方式互相连接起来,从而使控制系统网络化,十分有利于工业企业实现高层次的自动化。

智能仪表与控制理论一样,都是自动化科技工作者的研究内容。自动化技术工具的进步不仅会促进工业企业自动化水平的提高,还会影响控制理论的研究方向和内容。

看到“仪表”两个字,人们很容易想到电流表、电压表、示波器等实验室中常用的测试仪器。需要注意的是,智能仪表不是研究这些通用仪表,而是讨论生产过程自动化中,特别是连续生产过程自动化中必需的一类专门的仪器仪表。其中包括对工艺参数进行测量的检测仪表、根据测量值对给定值的偏差按一定的调节规律发出调节命令的调节仪表及根据调节仪表的命令对进生产装置的物料或能量进行控制的执行器等。这些仪表代替人们对生产过程进行测量、控制、监督和保护,是实现生产过程自动化必不可少的技术工具。

对于没有实践经历的自动控制初学者,往往以为控制工程师的工作是先画出控制方案图,然后自己动手,设计制作一定的测控装置去实现要求的控制算法。不难想象,如果大家都按自己的思路为各种系统制作专用的测控装置,则其规格品种必将五花八门,互不兼容。这对于用户来说,其维护和备品、备件将是难以解决的问题。为减少仪表品种,便于互换和维护,人们把智能仪表的外部功能和联络信号进行规范化,即规定若干通用的标准化功能模块,其内部原理和电路可以不同,但外部功能必须相同,此外,它们之间的互连信号标准必须统一。这些规范促进了智能仪表向通用化方向发展,大大方便了用户。这样,对于控制工程师来说,主要的工作不是自己去制作仪表,而是要熟悉和精通各种现成的智能仪表的工作原理和性能特点,以便根据不同的测控要求和应用环境,从大量系列化生产的通用型智能仪表中,合理地选择和正确地使用它们,组成经济、可靠、性能优良的自动控制系统。

自 20 世纪 30 年代以来,自动化技术获得了惊人的成就,在工业生产和国民经济各行



业中起着关键的作用。自动化水平已成为衡量各行各业现代化水平的一个重要标志。

过程控制通常是指石油、化工、电力、冶金、轻工、建材、核能等工业生产中连续的对按一定周期程序进行的生产过程自动控制，它是自动化技术的重要组成部分。在现代工业生产过程中，过程控制技术正在实现各种最优的技术经济指标、提高经济效益和劳动生产率、改善劳动条件、保护生态环境等方面起着越来越大的作用，而智能仪表是生产过程自动控制的“灵魂”。



【常用智能仪表种类、现状、市场】

智能仪表建立在微电子技术发展的基础上，超大规模集成电路的嵌入，将 CPU、存储器、A/D 转换、输入/输出等功能集成在一块芯片上，甚至将 PID 控制组件也置入其中。加之现场总线的应用，智能仪表与控制系统之间的数字通信将替代以往的模拟传递，大大提高传递的精度和可靠性，避免模拟信号在传输过程中的衰减，长期难以解决的干扰问题得到解决。此外，由于数字通信，节省了大量的电缆、安装材料和安装费用。

1. 智能仪表及其技术的发展历程

历经以模拟技术为特征的电动单元组合仪表、以数模混合技术为特征的 DDZ-S 系列仪表的开发后，1983 年，美国霍尼韦尔公司向制造工业率先推出了新一代智能型压力变送器，这标志着模拟仪表向数字化智能仪表的转变。当时的这种智能变送器已具有高精度、远距离校验和灵活组态的特点，尽管初期购置费用较高，但会被较低的运行和维护费用所补偿。其后十年里，国外其他公司的智能压力变送器也陆续在一些生产线上被采用，它们包括：Rosemount、Foxboro、YOKOGAWA、Siemens、E&H、Bailey、Fuji 和 ABB 等。但由于缺少高速的智能通信标准、用户对于高精度的监控要求并不突出、培训等服务机制相对薄弱，使得当时的智能应用并不乐观，只占到了约 20% 的市场。

随着微电子、计算机、网络和通信技术的飞速发展及综合自动化程度的不断提高，目前广泛应用于工业自动化领域的智能仪表，其技术也同样在过去的二十多年里得到了迅猛的发展。目前国外智能仪表占据了国际应用市场的绝大部分，如何把目前智能仪表的工业应用经验并快速跟踪国际智能前沿技术应用于我国智能仪表的开发研究成为振兴民族智能仪器仪表的一大突出问题。

2. 智能仪表的优势和特点

智能仪表在工业自动化领域的广泛应用得益于其突出的技术优势和特点，诸如其高稳定性、高可靠性、高精度、易维护性。以智能变送器为例，智能仪表具备如下优点：

(1) 精度高。智能变送器具有较高的精度，利用内装的微处理器，能够实时测量出静压、温度变化对检测元件的影响，通过数据处理，对非线性进行校正，对滞后及复现性进行补偿，使得输出信号更精确。一般情况下，精度为最大量程的 $\pm 0.1\%$ ，数字信号可达 $\pm 0.075\%$ 。

(2) 功能强。智能变送器具有多种复杂的运算功能，依赖内部微处理器和存储器，可以执行开方、温度压力补偿及各种复杂的运算。

(3) 测量范围宽。普通变送器的量程比最大为 10:1，而智能变送器可达 40:1 或 100:



1, 迁移量可达 1900%和-200%, 减少了变送器的规格, 增强了通用性和互换性, 给用户带来诸多方便。

(4) 通信功能强。智能变送器均可实现手操器操作, 既可在现场将手操器插到变送器的相应插孔, 也可以在控制室将手操器连接到变送器的信号线上, 进行零点及量程的调校及变更。有的变送器具有模拟量和数字量两种输出方式(如 HART 协议), 为实现现场总线通信奠定了基础。

(5) 完善的自诊断功能。通过通信器可以查出变送器自诊断的故障结果信息。

3. 智能仪表技术及其应用未来发展方向的建议

(1) 智能仪表的智能化程度有待进一步提高。智能仪表的智能化程度表征着其应用的广度和深度, 目前的智能仪表还只是处于一个较低水平的初级智能化阶段, 但某些特殊工艺及应用场合则对仪表的智能化提出了较高的要求, 而当前的智能化理论, 如神经网络、遗传算法、小波理论、混沌理论等已经具备潜在的应用基础, 这就意味着我们有必要也有能力结合具体的应用下大气力开发高级智能化的仪表技术。

(2) 智能仪表的稳定性、可靠性有待长期和持续的关注。仪表运行的稳定性、可靠性是用户首要关心的问题, 智能仪表也不例外。智能仪表技术的不断拓展, 新型智能仪表的陆续投放市场, 需要我们始终把握一个原则: 安全性、可靠性技术的并行开发。因为每一项智能新技术的应用都有待实践的检验。

(3) 智能仪表的潜在功能应用有待最大化。目前工业自动化领域的实际应用尚未将智能仪表的功能发挥最大化, 而更多的只是应用了其总体功能的半数左右, 而造成这一应用现状的主要原因是, 控制系统的总体架构忽略了诸如现场总线的技术优势, 这需要仪表厂商与用户建立良好的合作伙伴关系。

1.2 电动单元组合式仪表



【电动单元组合仪表】

我国生产的电动单元组合式仪表, 到目前为止已有三代产品。它们分别为, 20 世纪 60 年代中期生产的以电子管和磁放大器为主要放大元器件的 DDZ-I 型电动单元组合式仪表, 20 世纪 70 年代初开始生产的以晶体管作为主要放大元器件的 DDZ-II 型电动单元组合式仪表, 以及 20 世纪 80 年代初开始生产的以线性集成电路为主要放大元器件、具有安全火花防爆性能的 DDZ-III 型电动单元组合式仪表。这里的“DDZ”是文字中电(Dian)、单(Dan)、组(Zu) 3 个字的汉语拼音第一个字母的组合。这 3 代产品虽然电路形式和信号标准不同, 性能指标和单元划分的方法也不完全一样, 但它们实现的控制功能和基本的设计思想是相同的, 只要掌握其中一种, 其他产品便不难分析。

下面将主要对较有代表性的 DDZ-III 型电动单元组合式仪表进行讨论。如图 1.1 所示是使用电动单元组合式仪表构成简单调节系统的例子, 从中可以看到单元划分的原则和各单元的功能。图 1.1 中, 被测量一般是非电的工艺参数, 如温度、压力等, 必须经过一定

的检测元件,将其变换为易于传送和显示的物理量。检测元件还常称为敏感元件、传感器、换能器、一次仪表等。其被称为换能器的理由是工艺参数在检测元件上进行了能量形式的转换,例如,在使用热电偶测温时,热电偶将温度(热能)转换成了电压(电能)。其被称为一次仪表的理由是这些检测元件安装在生产第一线,直接与工艺介质相接触,取得第一次的测量信号。由于检测元件输出的能量很小,一般不能直接驱动显示和调节仪表,必须经过放大或再一次的能量转换,才能将检测元件输出的微弱信号变换为能远距离传送的统一标准信号。图 1.1 中,起上述作用的环节就是变送单元,或称变送器,它有若干不同的类型,与相应的检测元件相配合。

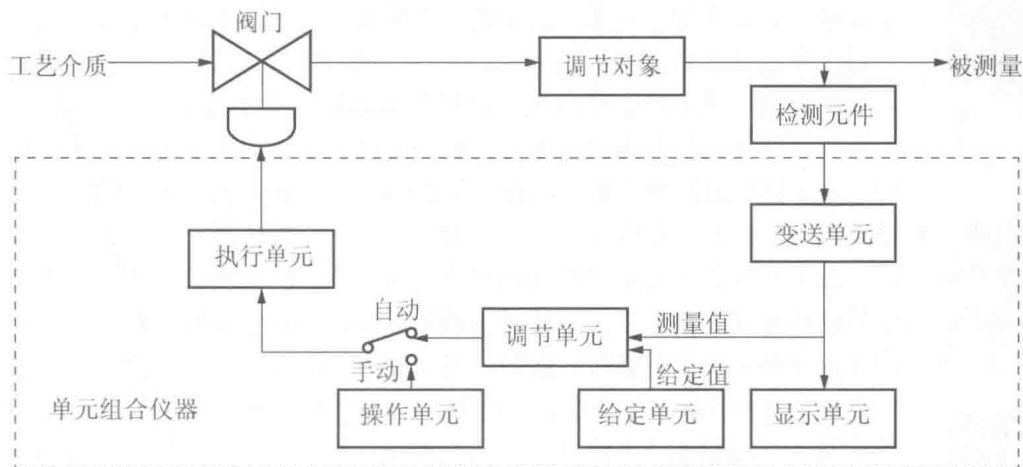


图 1.1 用电动单元组合式仪表构成的调节系统图

由变送单元输出的统一标准信号,送到显示单元供记录或指示,同时还送到调节单元与给定值进行比较。给定值可以由专门的给定单元取得,也可由调节单元内部取得。

目前,多数调节单元内部都有设定给定值的装置。调节单元又称调节器,它按比较得出的偏差,以一定的调节规律,如比例、微分、积分等运算关系发出调节信号,通过执行单元改变阀门的开度,控制进入调节对象的工艺介质流量,达到自动调节的目的。实际上,除了图 1.1 中表示的几种基本单元外,在电动单元组合式仪表中,还有实现物理量转换的转换单元,进行加、减、乘、除、乘方、开方等运算的计算单元,以及为保证安全防爆所需要的安全单元等。其中,转换单元也是常用的单元,由于目前电动执行器无论在结构、性能、价格及安全方面都不如气动执行器,因此大部分使用电动单元组合式仪表构成的调节系统中,其执行器仍然使用气动的。这样,就必须使用电-气转换器,将电动调节仪表输出的电信号转换为气压信号,以推动气动调节阀实现自动调节。安全单元是安全火花型防爆仪表所特有的一种单元,它的作用是在易燃易爆的生产现场周围筑起一道安全栅栏,从电路上对危险场所的线路采取隔离措施,防止高能量电路与现场线路之间的直接接触;同时通过电压、电流的双重限制电路,严格保证进入危险场所的能量在安全范围以内,因而是实现安全火花防爆的关键环节。

如前所述,使用单元组合式仪表必须有统一的联络信号。目前我国电动单元组合式仪表中并存着两种标准信号制度,在 DDZ-I 型和 DDZ-II 型电动单元组合式仪表中采用直流 0~



【电动单元组合仪表力平衡原理】



【弹性波纹管】

10mA 电流作为标准信号,而在 DDZ-III型电动单元组合式仪表中,采用目前国际上统一的直流 4~20mA 电流作为标准信号。1973 年 4 月国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)通过的标准规定,过程控制系统的模拟信号为直流 4~20mA,电压信号为直流 1~5V,我国关于 DDZ-III型电动组合式仪表的规定,现场传输信号用直流 4~20mA,控制室内各仪表间的联络信号用直流 1~5V。这两种标准都以直流电流作为联络信号。采用直流信号的优点是传输过程中易于和交流感应干扰相区别,且不存在相移问题,可不受传输线中电感、电容和负载性质的限制。采用电流制的优点如下:首先,可以不受传输线及负载电阻变化的影响,适用于信号的远距离传送;其次,由于电动单元组合式仪表很多是采用力平衡原理构成的,使用电流信号可直接与磁场作用产生正比于信号的机械力。此外,对于要求电压输入的受信仪表和元件,只要在电流回路中串联电阻便可得到电压信号,故使用比较灵活。

在这两种信号制度里,零信号和满幅度信号电流大小的选择是这样考虑的:在 DDZ-III型电动单元组合式仪表中,以 20mA 表示信号的满度值,而以此满度值的 20%即 4mA 表示零信号。这种称为“活零点”的安排,有利于识别仪表断电、断线等故障,且为现场变送器实现两线制提供了可能性。所谓两线制变送器就是将供电的电源线与信号的传输线合并起来,一共只用两根导线。为便于理解这种两线制变送器的组成原理,图 1.2 给出了一个简单的示意图。图 1.2 中,被测压力 P 经弹性波纹管转变为电位器 R_{P1} 的滑动触头位移,产生正比于压力 P 的电压 V_1 ,该电压经运算放大器 A 和晶体管 VT 组成的电流负反馈电路,转变为晶体管的输出电流 I_2 ,它在 0~16mA 间随被测压力 P 作正比变化。此外,图 1.2 中还可看到,为了给仪表内的检测和放大电路供电,用了一个 4mA 的恒流电路,它把内部耗电稳定在一个固定的数值上。图 1.2 中,稳压管单向击穿二极管 VD 除用来稳定内部电路的供电电压外,还调剂内部电路的供电电流。这样,上述两部分电流合计,流过该仪表的总电流在 4~20mA 变化,实现了电源线和信号线的合并。

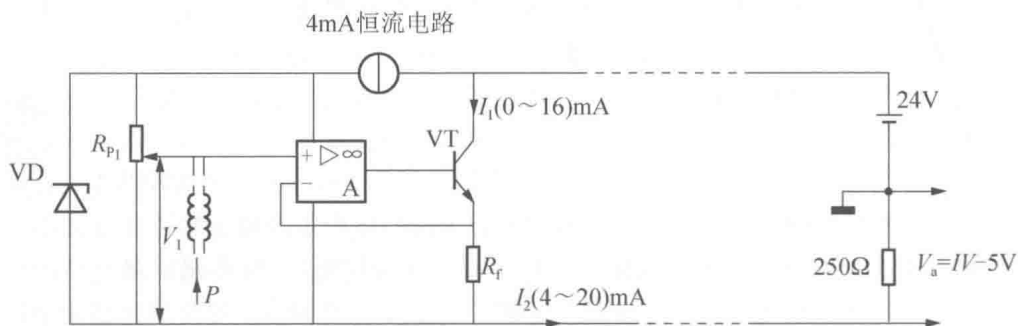


图 1.2 两线制变送器的组成原理图

使用两线制变送器不仅节省电缆,布线方便,且非常有利于安全防爆,因为减少一根通往危险现场的导线,就减少了一个窜进危险火花的门户。由于“活零点”的表示法具有上述优点,因此其受到了普遍的欢迎和广泛的应用。

在上述信号标准里,从安全防爆、减少损耗、节省能量考虑,信号电流的满度值都希

曲刊知

7

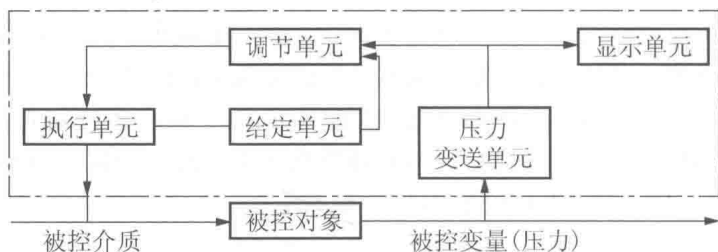


图 1.4 脱硫塔压力控制子系统的结构框图

同理，考虑单独实现脱硫塔流量调节控制的情况，脱硫塔流量控制子系统(FC)的结构框图如图 1.5 所示。其中，流量变送单元是专门用于流量检测信号转换和传输的仪表变送单元，而安全栅的增加是为了实现安全火花防爆特性。

在无特殊条件要求下，常规工业智能仪表测控系统的构成基本相同，而与具体采用的仪表类型无关。这里所说的基本构成包括被控对象、变送器、显示仪器、调节器、给定器和执行器等。由于各控制子系统被控变量的不同，各子系统采用的变送器和调节器的控制规律有所不同。

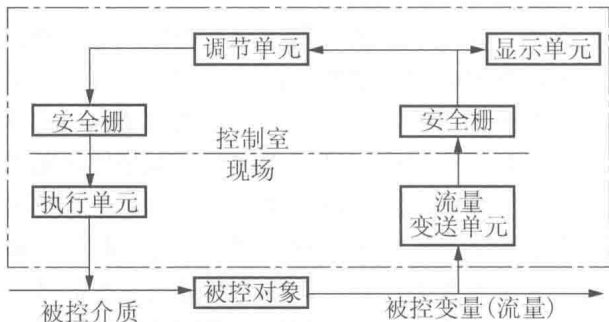


图 1.5 脱硫塔流量控制子系统的结构框图

1.3.2 检测仪表控制系统的结构分析

常规工业检测仪表控制系统的一般结构如图 1.6 所示。

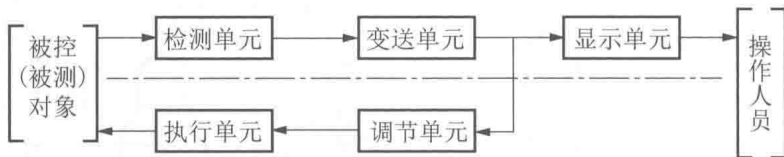


图 1.6 常规工业检测仪表控制系统的一般结构

显然，图 1.6 是一个闭环回路控制系统，只是为了突出被控对象和操作人员在该系统中的地位，对传统意义上的回路结构进行了适当的调整。被控(被测)对象是控制系统的核心，可以是单输入单输出，即常规的回路控制系统；也可以是多输入多输出，此时通常需采用计算机仪表控制系统，如 DDC 系统、DCS 和 FCS。

检测单元是控制系统实现控制调节作用的基础，完成对所有被控变量的直接测量，包



括温度、压力、流量、液位、成分等；同时也可实现某些参数的间接测量，如采用信息融合技术实现的测量。变送单元完成对被测变量信号的转换和传输，其转换结果须符合国际标准的信号制式，即直流 1~5V 或直流 4~20mA 模拟信号或各种仪表控制系统所需的数字信号。

显示单元是控制系统的附属单元，它将检测单元测量获得的有关参数，通过适当的方式显示给操作人员，这些显示方式包括曲线、数字和图像等。调节单元完成调节控制规律的运算，它将变送单元传输来的测量信号与给定值进行比较，并对比较结果进行调节运算，以输出作为控制信号。调节单元采用的常规控制规律包括位式调节和 PID 调节，而 PID 调节又根据实际情况的需要产生了各种不同的改进型。

执行单元是控制系统实施控制策略的执行机构，它负责将调节器的控制输出信号按执行机构的需要产生出相应的信号，以驱动执行机构实现对被控变量的调节作用。通常执行单元分气动执行单元、液动执行单元和电动执行单元三类。

这里需要特别说明的是，图 1.6 所示的只是控制系统的逻辑结构。当采用传统检测和仪表单元构成控制系统时，这种结构与实际系统相同，即图中相关两个单元间采用点对点的连接方式。但是有时检测单元和变送单元及显示单元的界限并不明显，会构成功能组合单元。在网络化的控制回路系统中，多数检测和仪表单元均是通过网络相互连接和传送信息的。

1.4 智能仪表的基本技术指标

智能仪表和其他仪表一样，在保证可靠工作的前提下，有如下一些衡量其性能优劣的基本指标。

本节介绍检测和仪表单元中常用的基本性能指标，包括测量范围及量程、迁移、灵敏度、分辨率、精度等级、可靠性等。

1.4.1 测量范围、上下限及量程



【量程比】

每个用于测量的仪表都有测量范围，它是该仪表按规定的精度进行测量的被测变量的范围。测量范围的最小值和最大值分别称为测量下限和测量上限，简称下限和上限。仪表的量程可以用来表示其测量范围的大小，是其测量上限值与下限值的代数差，如式(1-1)所示，即

$$\text{量程} = \text{测量上限值} - \text{测量下限值} \quad (1-1)$$

使用下限与上限可完全表示仪表的测量范围，也可确定其量程。如一个温度测量仪表的下限值 -50°C ，上限值是 150°C ，则其测量范围可表示为 $-50 \sim +150^{\circ}\text{C}$ ，量程为 200°C 。由此可见，给出仪表的测量范围便知其上下限及量程，反之只给出仪表的量程，却无法确定其上、下限及测量范围。