



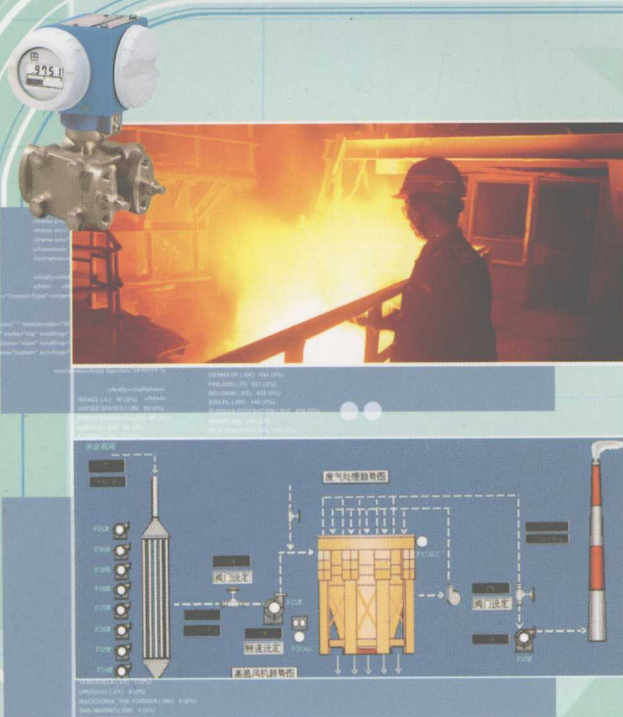
全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

电子·教育

过程控制仪表及装置

丁 炜 主编 曹秀敏 付春仙 副主编
马应魁 主审

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



全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

过程控制仪表及装置

丁 炜 主编

曹秀敏 付春仙 副主编

马应魁 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书注重高等职业教育的应用特色,强调以能力为本位,突出人才应用能力和创新素质的培养,融合理论教学与实践训练为一体,系统地介绍了过程控制仪表及装置的构成原理、使用方法、安装和调试技术。全书编写采用“目标驱动法”,内容共分为10章,涵盖了生产现场的变送器、模拟式控制器、执行器、辅助仪表、数字式控制器、DCS、智能式现场仪表、过程控制仪表及装置的应用系统案例分析。为适应不同行业的需要,案例分析涉及石油、化工、冶金、电力、医药等行业。

本书理论联系实际,工学结合,内容丰富,实用性强。既可作为高职高专院校和本科院校职业技术学院自动化类专业、机电一体化专业、自动控制专业等相关课程的教材,也可作为五年制高职、成人教育生产自动化及相关专业的教材,还可供从事生产自动化技术工作的人员参考使用。

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。

图书在版编目(CIP)数据

过程控制仪表及装置/丁炜主编. —北京:电子工业出版社,2007.8
(全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材)
ISBN 978-7-121-04724-4

I. 过… II. 丁… III. ①过程控制—工业仪表—高等学校:技术学校—教材 ②过程控制—控制设备—高等学校:技术学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第126078号

责任编辑:陈健德 特约编辑:韩玉彬

印 刷: 北京市李史山胶印厂
装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 20 字数: 504 千字

印 次: 2007年8月第1次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 27.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

出版说明

党的十六大提出,走我国新型工业化发展的道路,必须坚持“以信息化带动工业化、以工业化促进信息化”,而且要“积极探索科技含量高、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新型工业化路子”,这表明我国要基本实现工业化,不仅要采用机械化和电气化,而且要充分利用自动化和信息化新技术。因此,以自动化技术为代表的先进生产技术,将在我国产业结构调整、推动传统产业现代化、实现经济及社会持续协调发展的过程中,发挥极其重要的作用。

目前,作为我国高等教育一翼的高等职业教育,已经在招生规模方面取得了巨大的突破,但在教学改革方面与西方发达的职业教育相比,还相对落后。高等职业教育的培养目标是培养企业真正需要的具有实践动手能力的技术工人,这是当前高等职业教育改革的重点,也是一线教师所真正关心的话题。而工业生产自动化技术是高等职业教育中的一个重要领域,承担着为工业生产领域培养一线技术工人的重要作用,而且,无论是社会用人需求还是就业前景,这一领域目前都被广泛看好。

与此相适应,电子工业出版社在进行广泛调查研究的基础上,于2006年3月组织全国数十所高等职业院校的一线教师和企业技术专家,在上海召开了“全国高等职业教育工业生产自动化技术规划教材研讨会”,就相关的课程教学和高等职业教育的培养目标进行了深入探讨,确定了自动化技术主干教材10多种。与会代表多是所在学校的领导和业务骨干,具有丰富的教学经验、实践经验和编写教材的经验。

本套教材体现了高等职业教育改革的方向,以培养岗位技术人员的综合能力为中心,淡化理论,强化应用,突出职业教育的教学特色,并且根据教育部制定的“高职高专教育课程教学基本要求”,将传统课程重新组合,缩短教学课时,力求突出应用性、针对性、岗位性和专业性等特点。

本套教材在内容编排上以能力为单位模块,强调实用原则;书中实例完整,注重原理和方法的应用,以提高对高等职业院校学生操作技能的培养。本套教材将学历课程与资格应试相结合,满足目前大多数高等职业院校学生毕业时对毕业证与资格证或上岗证的要求。本套教材力求内容的新颖性,紧跟国内外工业生产自动化技术的最新进展,同时兼顾国内高职院校相关专业的最新教学内容与方法。本套教材均配有电子教学参考资料,为高等职业院校师生的教与学提供方便和帮助。

本套教材的出版对于高等职业教育的改革和高等职业技能人才的培养将起到积极的推动作用。对于教材中所存在的一些不足之处,将通过今后的教学实践不断修订、完善和充实,以便我们更好地服务于高等职业教育。

本套教材适用于自动化类专业、机电一体化专业、自动控制专业、检测技术及应用专业、液压与气动技术专业等,也适用于企业培训人员和工厂技术员等自学参考。

电子工业出版社
高等职业教育分社

2006年7月

前 言

本教材立足高职高专人才教育培养目标,遵循主动适应社会发展需要、突出应用性和针对性、加强实践能力培养的原则,从高职院校的实际出发,精选内容,突出重点,力求教材本身的实用性和对高职学生的适用性。

过程控制仪表及装置是实现生产过程自动化的工具;是生产过程高效运行的保障,有助于提高生产效率;能够保证产品质量;减少生产过程的原材料与能源损耗。近年来,由于微电子技术、计算机技术和网络技术的发展,过程控制仪表已经进入以 DCS 和智能仪表为主的时代;同时,模拟式控制仪表在我国仍将继续大量使用。因此,重组教学内容,去掉陈旧的,提炼有用的,加强有效的,引入先进的,努力使课程内容体现该领域的先进技术,以提高职业教育的针对性和适应性。具体做法是:摒弃了已经过时的电动 II 型仪表和气动仪表(仅保留气动执行器)内容,加强了目前工业控制的主流控制装置 DCS 的应用,引入具有发展潜力的智能式现场仪表,设置了过程控制仪表应用系统的案例分析等。

本书具有以下特点。

(1) 集理论、实践技能训练与技术应用能力培养为一体,内容体系新颖,体现了新世纪高职高专人才教育的培养模式和基本要求。

(2) 将知识点与技能点紧密结合,注重培养学生实际动手能力和解决工程实际问题的能力,突出了高等职业教育的应用特色,强调以能力为本位。

(3) 全书编写采用“目标驱动法”。每章以知识目标和技能目标为主线,以仪表功能模块剖析为手段,以实际工程应用案例分析为示范,以树状小结为浓缩,结构清晰,深入浅出,便于高职学生学习。

(4) 提出了实训装置的标准配置或最低配置,以方便各校选用。

(5) 案例分析内容覆盖面宽,选择性强,可满足不同行业的需求。

全书共分为 10 章,建议按 78 学时讲授(含实训 18 学时),具体学时安排如下:绪论为 1 学时;第 1 章为 5 学时;第 2 章为 14 学时;第 3 章为 12 学时;第 4 章为 8 学时;第 5 章为 4 学时;第 6 章为 12 学时(选 1 种型号的可编程调节器讲授);第 7 章为 12 学时;第 8 章为 6 学时;第 9 章为 4 学时。

本书绪论,第 1、8、9 章,第 7 章的第 1~3 节,实训 1~6 由丁炜编写;第 2 章由范樱花编写;第 3、4 章由曹秀敏编写;第 5 章、第 6 章的第 3 节由付春仙编写;第 6 章的第 1~2 节、实训 7 由陈晓童编写;第 7 章的第 4 节、实训 8~9 由李红萍编写。丁炜任主编,曹秀敏、付春仙任副主编,丁炜负责全书统稿工作。

本书由马应魁副教授主审。马教授提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

本书在编写过程中,先后得到了许多单位和个人的大力支持与帮助,亦在此表示诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中错漏在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者电子信箱:dw196701@163.com。

编 者

2007 年 3 月

目 录

绪论	(1)
第 1 章 过程控制仪表的基本知识	(4)
1.1 过程控制仪表的信号制式	(4)
1.1.1 信号制式	(4)
1.1.2 信号标准	(4)
1.2 电动仪表信号标准的使用	(5)
1.2.1 采用 4~20 mA DC 电流信号传送	(5)
1.2.2 采用 1~5 V DC 电压信号实现控制室内部仪表间联络	(6)
1.2.3 控制系统仪表之间的典型连接方式	(6)
1.3 过程控制仪表防爆的基本知识	(6)
1.3.1 防爆仪表的标准	(7)
1.3.2 控制仪表防爆措施	(8)
1.3.3 安全火花防爆系统的构成	(9)
1.4 过程控制仪表的型号命名	(10)
1.4.1 DDZ-Ⅲ型仪表的型号及命名	(10)
1.4.2 QDZ 型仪表的型号及命名	(10)
1.5 过程控制仪表的分析方法	(11)
1.5.1 过程控制仪表的总体分析思路	(11)
1.5.2 采用单个放大器的分析方法	(11)
1.5.3 采用集成运算放大器的分析方法	(12)
本章小结	(15)
思考与练习题 1	(16)
第 2 章 变送器	(17)
2.1 概述	(17)
2.1.1 变送器的构成原理	(17)
2.1.2 变送器的量程调整、零点调整和零点迁移	(18)
2.2 电容式差压变送器	(19)
2.2.1 电容式差压变送器的结构与工作原理	(19)
2.2.2 差压变送器的选用、安装和维护	(30)
实训 1 差压变送器的认识与校验	(32)
2.3 其他差压变送器	(34)
2.3.1 扩散硅式差压变送器	(34)
2.3.2 振弦式差压变送器	(35)
2.3.3 DELTAPI K 系列电感式变送器	(38)
2.4 温度变送器	(40)

2.4.1	热电偶温度变送器	(40)
2.4.2	一体化热电偶温度变送器	(47)
2.4.3	热电阻温度变送器	(50)
2.4.4	一体化热电阻温度变送器	(52)
实训 2	DDZ-III 型温度变送器的校验	(53)
本章小结	(56)
思考与练习题 2	(56)
第 3 章	模拟式控制器	(58)
3.1	控制器的控制规律	(58)
3.1.1	基本控制规律	(58)
3.1.2	工程常用控制规律	(60)
3.2	DDZ-III 型控制器	(62)
3.2.1	主要功能	(62)
3.2.2	基型控制器的构成	(64)
3.2.3	控制功能的实现方法	(66)
3.3	基型控制器的运行方式	(79)
3.3.1	自动运行方式	(79)
3.3.2	手动运行方式	(79)
3.3.3	手动/自动无扰动切换	(81)
3.4	基型控制器的操作	(82)
3.4.1	基型控制器的外部结构	(82)
3.4.2	基型控制器的使用方法	(83)
实训 3	基型控制器的认识与使用方法	(85)
实训 4	基型控制器的 δ 、 T_I 和 T_D 测试	(87)
本章小结	(89)
思考与练习题 3	(90)
第 4 章	执行器	(91)
4.1	概述	(91)
4.1.1	执行器的种类及特点	(91)
4.1.2	执行器的构成	(92)
4.1.3	执行器的作用方式	(93)
4.2	执行机构	(94)
4.2.1	气动执行机构	(94)
4.2.2	电动执行机构	(97)
4.3	调节机构	(99)
4.3.1	调节机构的结构和特点	(99)
4.3.2	控制阀的流量系数	(102)
4.3.3	控制阀的可调比	(103)
4.3.4	控制阀的流量特性	(105)

4.4	阀门定位器	(108)
4.4.1	气动阀门定位器	(108)
4.4.2	电/气阀门定位器	(110)
4.5	执行器的选择	(111)
4.5.1	执行器结构形式的选择	(111)
4.5.2	控制阀的流量特性选择	(113)
4.5.3	控制阀口径选择	(114)
4.6	气动薄膜控制阀性能测试	(117)
4.6.1	气动薄膜控制阀主要性能指标	(117)
4.6.2	性能指标的测试方法	(118)
4.7	执行器的安装与维护	(120)
4.7.1	执行器的安装	(120)
4.7.2	执行器的维护	(121)
	实训5 执行器与电/气阀门定位器的认识与校验	(122)
	本章小结	(125)
	思考与练习题 4	(126)
第5章	辅助仪表	(127)
5.1	安全栅	(127)
5.1.1	齐纳式安全栅	(127)
5.1.2	变压器隔离式安全栅	(129)
5.2	信号分配器	(131)
5.3	变频器	(132)
5.4	电源箱及电源分配器	(133)
5.4.1	电源箱	(133)
5.4.2	电源分配器	(134)
	本章小结	(135)
	思考与练习题 5	(135)
第6章	数字式控制器	(136)
6.1	概述	(136)
6.1.1	数字式控制器的分类	(136)
6.1.2	数字式控制器的特点	(137)
6.1.3	数字式控制器的构成原理	(138)
6.2	SLPC 可编程调节器	(139)
6.2.1	SLPC 可编程调节器的性能	(139)
6.2.2	SLPC 可编程调节器的硬件结构	(141)
6.2.3	SLPC 可编程调节器的指令系统	(145)
6.2.4	SLPC 可编程调节器的控制功能指令	(156)
6.2.5	SLPC 可编程调节器的程序输入方法	(163)
6.2.6	SLPC 可编程调节器的投运与维护	(167)

实训 6	SLPC 可编程调节器的结构与使用方法	(169)
实训 7	SLPC 可编程调节器编程与仿真程序运行	(172)
6.3	KMM 可编程调节器	(174)
6.3.1	KMM 可编程调节器的硬件结构	(174)
6.3.2	KMM 可编程调节器的软件结构	(177)
6.3.3	KMM 可编程调节器的功能模块	(178)
6.3.4	控制类型和无扰动切换	(190)
6.3.5	KMM 可编程调节器的控制数据表及填写方法	(193)
6.3.6	KMM 可编程调节器的应用案例分析	(200)
6.3.7	KMM 可编程调节器的操作和维护	(205)
本章小结		(210)
思考与练习题 6		(210)
第 7 章	集散控制系统	(212)
7.1	概述	(212)
7.1.1	集散控制系统的基本概念	(212)
7.1.2	集散控制系统的特点	(212)
7.1.3	集散控制系统的发展趋势	(214)
7.2	DCS 的硬件结构	(215)
7.2.1	现场控制站 (FCS)	(216)
7.2.2	操作员站 (OPS)	(218)
7.3	DCS 的软件系统	(223)
7.3.1	现场控制站软件系统	(223)
7.3.2	操作员站软件系统	(228)
7.3.3	DCS 控制回路组态	(228)
7.3.4	流程图生成	(231)
7.3.5	历史数据库及报表生成	(231)
7.3.6	OPC 技术	(232)
7.4	DCS 应用系统组态方法	(234)
7.4.1	水箱液位装置流程及控制要求	(235)
7.4.2	系统控制方案	(236)
7.4.3	系统组态方法	(237)
实训 8	DCS 系统的认识与操作	(246)
实训 9	水箱液位串级控制系统的组态	(252)
本章小结		(253)
思考与练习题 7		(254)
第 8 章	智能式现场仪表	(255)
8.1	现场总线技术	(255)
8.1.1	现场总线技术的产生和发展	(255)
8.1.2	HART 协议	(256)

8.1.3	现场总线协议	(258)
8.2	智能式差压变送器	(260)
8.2.1	EJA 智能式差压变送器	(260)
8.2.2	ST3000 智能式差压变送器	(267)
8.2.3	LSIII-PA 智能式差压变送器	(273)
8.3	智能式温度变送器	(275)
8.3.1	智能式温度变送器的特点	(275)
8.3.2	TT302 智能式温度变送器	(275)
8.4	智能式电动执行机构和智能式阀门定位器	(278)
8.4.1	智能式电动执行机构	(278)
8.4.2	智能式阀门定位器	(279)
	本章小结	(285)
	思考与练习题 8	(285)
第 9 章	过程控制仪表及装置应用系统案例分析	(286)
9.1	基型控制器在安全火花型防爆系统中的应用	(286)
9.1.1	温度控制系统原理图	(286)
9.1.2	温度控制系统接线图	(287)
9.2	SLPC 可编程调节器在压缩机防喘振控制中的应用	(287)
9.2.1	工艺流程及控制要求	(287)
9.2.2	防喘振方案分析	(288)
9.2.3	用 SLPC 实现防喘振方案	(289)
9.3	KMM 可编程调节器在加热炉温度控制中的应用	(290)
9.3.1	控制方案分析	(290)
9.3.2	用 KMM 实现前馈-串级控制方案	(291)
9.4	用 DCS 实现结晶器钢水液位的控制	(291)
9.4.1	结晶器钢水液位控制系统原理	(292)
9.4.2	结晶器钢水液位控制方案	(293)
9.4.3	用 DCS 实现结晶器钢水液位控制方案	(294)
9.5	用 DCS 实现发电机组热电阻的故障检测	(298)
9.5.1	概述	(298)
9.5.2	测温元件加装断路(断阻)保护	(298)
9.6	现场总线功能模块的应用	(299)
9.6.1	概述	(299)
9.6.2	温压校正流量测量(FF-H1 协议)	(300)
9.6.3	串级控制系统	(301)
9.6.4	锅炉三冲量水位控制系统	(302)
	本章小结	(303)
	思考与练习题 9	(303)
	参考文献	(304)

绪 论

1. 过程控制仪表与控制系统

自动控制是指在没有人直接参与的情况下，利用外加的设备或装置（称为过程控制仪表或装置），使被控对象的工作状态或参数（压力、物位、流量、温度、pH 值等）自动地按照预定的程序运行。自动控制技术是生产过程高效运行的技术保障，对企业生产过程起着显著的提升作用，有助于提高生产效率；能够保证产品质量；减少生产过程的原材料、能源损耗；提高生产过程的安全性。

过程控制系统是实现生产过程自动化的平台，而过程控制仪表及装置是过程控制系统不可缺少的重要组成部分，从图 1 中可以看出其重要性。图 1 为某储罐液位自动控制系统。要求储罐液位保持一定，以满足生产需要；图中液位变送器、控制器和执行器构成了一个单回路控制系统。储罐液位由液位变送器转换成相应的标准信号传送到控制器，与给定值相比较，控制器按比较得到的偏差，以一定的控制规律发出控制信号，控制执行器的动作，通过改变储罐液体出料的流量，从而使储罐液位保持在与给定值基本相等的数值上。

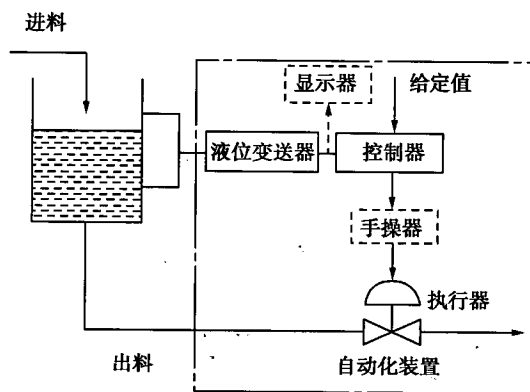


图 1 储罐液位自动控制系统

为提高控制系统的性能，还可增加一些仪表，如手操器、显示器等。这些仪表可以是电动仪表、气动仪表等各种系列的仪表，也可以是各种控制装置，所有这些仪表及装置都属于控制仪表及装置的范畴。如果没有这些仪表及装置，就不可能实现自动控制。

2. 过程控制仪表的发展和分类

1) 过程控制仪表的发展

过程控制仪表的主体是气动控制仪表和电动控制仪表，它们的产生和发展分别经历了基地式、单元组合式（I 型、II 型、III 型）、组装式及数字智能式等几个阶段。

在 20 世纪 60 年代初, 当时国内使用的单元组合式仪表是采用气动放大元件的 QDZ-I 型仪表和以电子管为放大元件的 DDZ-I 型仪表。70 年代中期, 采用集成运算放大器为主要放大元件, 具有国际标准信号制 (4~20 mA DC, 1~5 V DC) 和安全防爆功能的 DDZ-III 型仪表研制成功, 并开始投入使用。同时 QDZ-I 型仪表也发展到 II 型、III 型阶段。所以, DDZ-II 型、III 型仪表和 QDZ-II 型、III 型仪表同时并存了二十几年, 它们为我国工业生产自动化起到了促进作用。

20 世纪 80 年代以来, 由于各种高新技术的飞速发展, 我国开始引进和生产以微型计算机为核心, 控制功能分散, 显示与操作集中的集散控制系统 (DCS)。从而将过程控制仪表及装置推向高级阶段。二十几年来在现场变送器方面也有了突飞猛进的发展, 它经历了双杠杆式、矢量机构式、微位移式 (电容式、扩散硅式、电感式、振弦式)、现场总线式几个阶段, 使过程检测的稳定性、可靠性、精度都有很大的提高, 为过程控制提供了可靠的保证。

可以断定, 以现场总线技术为基础的数字式智能仪表及装置代表着过程控制仪表的发展方向。

2) 过程控制仪表的分类

控制仪表可按应用能源、信号类型和结构形式来分类。

(1) 按应用能源分类: 可分为气动、电动、液动等几类。工业上通常使用气动控制仪表和电动控制仪表。气动控制仪表的发展和应用已有数十年的历史, 电动控制仪表的出现要晚一些, 但这类仪表的应用更为广泛。由于采取了安全火花防爆措施, 电动控制仪表的防爆问题, 也得到了很好的解决, 它同样能应用于易燃易爆的危险场所。

(2) 按信号类型分类: 可分为模拟式和数字式两大类。模拟式控制仪表的传输信号通常为连续变化的模拟量。这类仪表线路比较简单, 操作方便, 价格较低, 在我国已经历多次升级换代, 在设计、制造、使用上均有较成熟的经验。长期以来, 它广泛地应用于各种工业部门。

数字式控制仪表的传输信号通常为断续变化的数字量。这些仪表和装置以微型计算机为核心, 其功能完善, 性能优越, 它能解决模拟式控制仪表难以解决的问题, 满足现代化生产过程的高质量控制要求。

(3) 按结构形式分类: 可分为基地式控制仪表、单元组合式控制仪表、组装式综合控制装置、数字式控制仪表、集散控制系统和现场总线控制系统。

① 基地式控制仪表是以指示、记录为主体, 附加控制机构组成的。它不仅能对某变量进行指示或记录, 还具有控制功能。由于基地式控制仪表的结构比较简单, 价格便宜, 又能一机多用, 常用于单机自动化系统。我国生产的 XCT 系列控制仪表和 TA 系列电子控制器均属于基地式控制仪表。

② 单元组合式控制仪表是根据控制系统中各个组成环节的不同功能和使用要求, 将系统划分成能独立地完成某种功能的若干单元, 各单元之间用统一的标准信号来联络。将这些单元进行不同的组合, 可构成多种多样、复杂程度各异的自动检测和控制系统。

我国生产的电动单元组合仪表 (DDZ) 和气动单元组合仪表 (QDZ) 经历了 I 型、II 型、III 型三个发展阶段, 以后又推出了较为先进的数字化的 DDZ-S 系列仪表。这类仪表使用灵活, 通用性强, 适用于中、小型企业的自动化系统。

③ 组装式综合控制装置是在单元组合式控制仪表的基础上发展起来的一种功能分离、结构组件化的成套仪表装置。目前组装式综合控制装置在实际工程中已很少使用。

④ 数字式控制仪表是以数字计算机为核心的数字控制仪表。其外形结构、面板布置保

留了模拟式仪表的一些特征，但其运算、控制功能更为丰富，通过组态可完成各种运算处理和复杂控制。可和计算机配合使用，以构成不同规模的分级控制系统。

⑤ 集散控制系统是将集中于一台计算机完成的任务分派给各个微型过程控制计算机，再配上数字总线以及上一级过程控制计算机，组成各种各样的、能适应于不同过程的、积木式分级分布式计算机控制系统。它将生产过程分成许多小系统，以专用微型计算机进行现场或设备的各种有效控制，实现了“控制分散”或“危险分散”，但整个控制系统的管理高度集中，因此被称为集中分散型控制系统，简称集散控制系统（DCS）。

⑥ 现场总线控制系统是 20 世纪 90 年代发展起来的新一代工业控制系统。它是计算机网络技术、通信技术、控制技术和现代仪器仪表技术的最新发展成果。现场总线控制系统的出现引起了传统控制系统结构和设备的根本性变革，它将具有数字通信能力的现场智能仪表连成网络系统，并同上一层监控级、管理级连接起来成为全分布式的新型控制网络。

3. 本课程的任务和学习方法

1) 本课程的任务

过程控制仪表及装置是自动控制专业的一门专业课。其任务是将生产过程控制中常用仪表的结构、工作原理、选用方法、安装与使用方法、校验方法传授给学生。使学生从中学到利用过程控制仪表构成控制系统的方法和实现手段，理解各控制仪表的工作原理与结构，获得控制仪表的安装、使用、校验、维护方面的基本知识和技能。

2) 本课程的学习方法

本课程实践性很强，在学习过程中，要认真听课，注意老师对问题的分析，通过案例分析和实训环节获得过程控制仪表的使用、校验和维护方法；理论联系实际，带着问题学，在学习理论的同时还要多动手；对所学的仪表，要做到“面熟”、“手熟”；学习某一块仪表不是最终目的，而是通过某一部分内容的学习，总结出共性的知识，举一反三；最终学会应用学过的仪表构成实际的控制方案。

第 1 章 过程控制仪表的基本知识

知识目标:

- (1) 掌握控制仪表的信号标准及使用方法。
- (2) 掌握控制仪表的防爆知识。
- (3) 理解 DDZ-Ⅲ型仪表的型号含义和命名方法。
- (4) 掌握 DDZ-Ⅲ型仪表的分析方法。

技能目标:

- (1) 能够对典型的控制仪表进行简单连接。
- (2) 能识别控制仪表铭牌上关于型号、防爆等级的含义。

过程控制仪表是实现生产过程自动控制的基础,在冶金、石油、化工、电力等各种工业生产中应用极为广泛。控制仪表种类也多种多样,生产控制仪表的厂家更是成百上千,但它们都遵守国际信号的标准,故不同厂家生产的控制仪表可以组合在同一控制系统中。只是处于不同工业现场的仪表,防爆等级的要求是不同的;功能相同的仪表,内部的核心部分往往是相似的,因此学习控制仪表有着共性的基础知识。本章主要介绍控制仪表的信号标准、防爆知识、分类方法、型号命名和分析方法。

1.1 过程控制仪表的信号制式

1.1.1 信号制式

信号制式即信号标准,是指仪表之间采用的传输信号的类型和数值。控制仪表及装置在设计时,应力求做到通用性和相互兼容性,以便不同系列或不同厂家生产的仪表能够共同使用在同一控制系统中,彼此相互配合,共同实现系统的功能。要做到通用性和相互兼容性,首先必须统一仪表的信号制式。在现场总线控制系统中,现场仪表与控制室仪表或装置之间采用双向数字通信方式,其标准将在第 9 章中介绍,这里介绍模拟信号标准。

1.1.2 信号标准

1. 气动仪表的信号标准

国家标准 GB/T 777—1985《工业自动化仪表用模拟气动信号》规定了气动仪表信号范围为 20~100 kPa,该标准与国际标准 IEC 382 是一致的。

2. 电动仪表的信号标准

国家标准 GB/T 3369—1989《工业自动化仪表用模拟直流电流信号》规定了电动仪表的信号范围为 4~20 mA DC, 负载电阻为 250~750 Ω , 该标准与国际标准 IEC 381A 是一致的。DDZ-II 系列单元组合仪表信号范围为 0~10 mA DC, 负载电阻为 0~1 000 Ω 或 0~3 000 Ω , 目前随着 DDZ-II 系列单元组合仪表的逐渐淘汰, 这种信号标准已很少使用。

1.2 电动仪表信号标准的使用

1.2.1 采用 4~20 mA DC 电流信号传送

1. 采用直流电流信号的优点

(1) 直流电流信号比交流电流信号的干扰小。交流电流信号容易产生交变电磁场的干扰, 对附近仪表和电路有影响, 并且如果混入的外界交流干扰信号和有用信号形式相同时将难以滤除, 直流电流信号克服了这个缺点。

(2) 直流电流信号对负载的要求简单。交流电流信号有频率和相位问题, 对负载的感抗或容抗敏感, 使得影响因素增多, 计算复杂, 而直流电流信号只需要考虑负载电阻。

(3) 电流比电压更利于远传信息。如果采用电压形式传送信息, 当负载电阻较小且进行远距离传送时, 导线上的电压降会引起误差; 采用电流传送就不会出现这个问题, 只要沿途没有漏电流, 电流的数值始终一样。而低电压的电路中, 即使只采用一般的绝缘措施, 漏电流也可以忽略不计, 所以接收信号的一端能保证和发送端有同样的电流。由于信号发送仪表输出具有恒流特性, 所以导线电阻在规定的范围内变化时对信号电流不会有明显的影响。

2. 采用 4~20 mA DC 电流信号的理由

(1) 仪表的电气零点为 4 mA, 不与机械零点重合。这种“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。所谓两线制的变送器就是将供电的电源线与信号的输出线合并为两根导线。由于信号为零时变送器仍要处于工作状态, 总要消耗一定的电流, 所以零电流表示零信号时是无法实现两线制的。

(2) 在现场使用两线制变送器不仅节省电缆, 布线方便, 而且还便于使用安全栅, 有利于安全防爆。

3. 采用直流电流信号要注意的问题

(1) 采用电流传送信息, 接收端的仪表必须是低阻抗的。如果有多个仪表接收同一电流信息, 它们必须是串联的。

(2) 串联连接的任何一个仪表在拆离信号回路之前首先要把该仪表的两端短接, 否则其他仪表将会因电流中断而失去信号。

(3) 各个接收仪表一般皆应悬空工作, 否则会引起信号混乱。若要使各台仪表有自己的接地点, 则应在仪表的输入、输出之间采取直流隔离措施。

1.2.2 采用 1~5 V DC 电压信号实现控制室内部仪表间联络

(1) 用电压信号传送的信息可以采用并联连接方式,使同一个电压信号为多个仪表所接收。在控制室内部,各仪表之间的距离不远,适合采用 1~5 V DC 电压作为仪表之间的互相联络信号。

(2) 任何一个仪表拆离信号回路都不会影响其他仪表的运行。

(3) 各个仪表既然并联在同一信号线上,当信号源负极接地时,各仪表内部电路对地有同样的电位,这不仅解决了接地问题,而且各仪表可以共用一个直流电源。

但需要注意:用电压传送信息的并联方式要求各个接收仪表的输入阻抗要足够高,否则将会引起误差,其误差大小与接收仪表输入电阻高低及接收仪表的个数有关。

1.2.3 控制系统仪表之间的典型连接方式

电流传送适合于远距离对单个仪表传送信息,电压传送适合于把同一信息传送到并联的多个仪表。在实际应用中,4~20 mA DC 电流信号主要在现场仪表与控制室仪表之间相连时应用;在控制室内,各仪表的互相联络采用 1~5 V DC 电压信号。控制系统仪表之间的典型连接方式如图 1.1 所示。图中 I_0 为发送仪表的输出电流; R 为电流/电压转换电阻,通常 I_0 为 4~20 mA DC 时, R 取 250 Ω 。

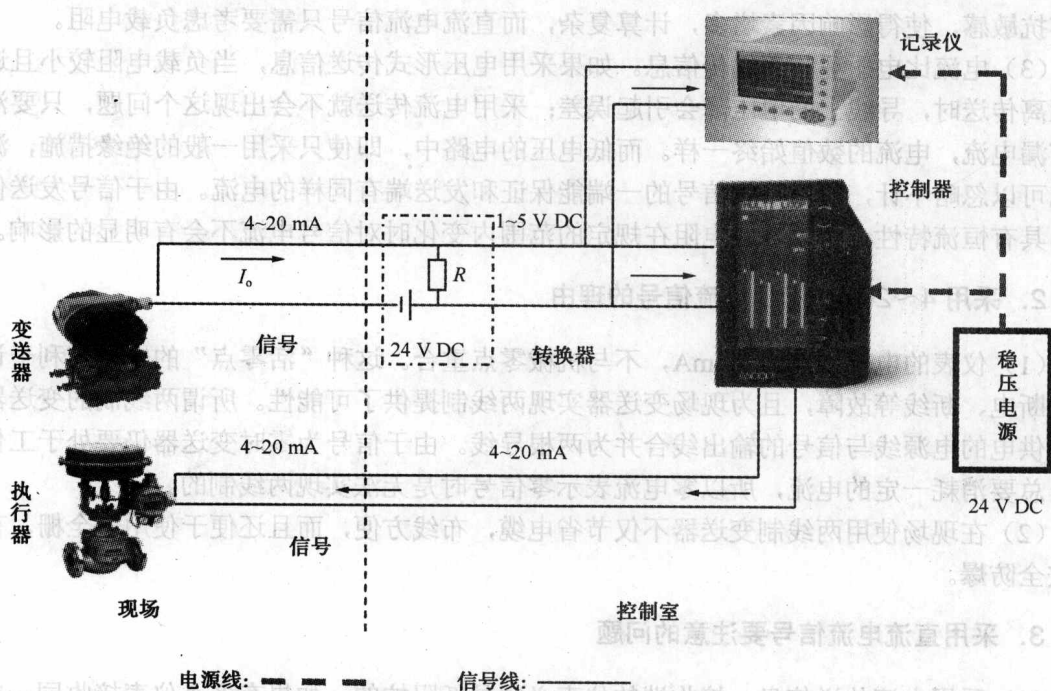


图 1.1 控制系统仪表之间的典型连接方式

1.3 过程控制仪表防爆的基本知识

在石油、化工等工业部门中,某些生产场所存在着易燃易爆的固体粉尘、气体或蒸气,它们与空气混合成为具有火灾或爆炸危险的混合物,使其周围空间成为具有不同程度爆炸危

险的场所。安装在这些场所的检测仪表和执行器，如果产生的火花或热效应能量点燃危险混合物，则会引起火灾或爆炸。因此，用于这些危险场所的仪表和控制系统，必须具有防爆性能。

气动仪表的能源是 140 kPa 的压缩空气，本质上是防爆的。电动仪表只有采取必要的防爆措施才具有防爆性能，下面主要介绍电动仪表的防爆性能。

1.3.1 防爆仪表的标准

防爆仪表必须符合国家标准 GB 3836.1—2000《爆炸性气体环境用电气设备 第一部分：通用要求》的规定。

1. 防爆仪表的分类

按照国家标准 GB 3836.1—2000 规定，防爆电气设备分为两大类。

I 类：煤矿用电气设备。

II 类：除煤矿外的其他爆炸性气体环境用电气设备。

其中 II 类电气设备又分为八种类型。这八种类型及其标志为：d—隔爆型；e—增安全型；i—本质安全型；p—正压型；o—充油型；q—充沙型；n—无火花型；s—特殊型。

电动仪表主要有隔爆型（d）和本质安全型（i）两种。本质安全型又分为两个等级：ia 和 ib。

2. 防爆仪表的分级和分组

在爆炸性气体或蒸气中使用的仪表，有两方面原因可能引起爆炸：①仪表产生能量过高的电火花或仪表内部因故障产生的火焰通过表壳的缝隙引燃仪表外的气体或蒸气；②仪表过高的表面温度。因此，根据上述两个方面对 II 类防爆仪表进行了分级和分组，规定其适用范围。

对隔爆型电气设备，易燃易爆气体或蒸气按最大试验安全间隙（MESG） δ_{\max} 进行分级；对本质安全型电气设备，易燃易爆气体或蒸气按 IEC 79-3 规定测得的其最小点燃电流（MIC）与实验室用甲烷的最小点燃电流的比值 R_{MIC} 进行分级。II 类易燃易爆气体或蒸气分为 A、B、C 三级，如表 1.1 所示。

表 1.1 易燃易爆气体或蒸气的分级

级 别	δ_{\max}/mm	R_{MIC}
II A	$\delta_{\max} \geq 0.9$	$R_{\text{MIC}} > 0.8$
II B	$0.5 < \delta_{\max} < 0.9$	$0.45 \leq R_{\text{MIC}} \leq 0.8$
II C	$\delta_{\max} \leq 0.5$	$R_{\text{MIC}} < 0.45$

根据最高表面温度，防爆仪表的最高表面温度分为 $T_1 \sim T_6$ 六组，如表 1.2 所示。

表 1.2 防爆仪表的最高表面温度分组

温度组别	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
最高表面温度/°C	450	300	200	135	100	85

仪表的最高表面温度 = 实测最高表面温度 - 实测时环境温度 + 规定最高环境温度