



高职高专“十三五”规划教材

自动检测技术与控制装置 ——信息化教程

第二版

王永红 主编

ZIDONG JIANCE JISHU YU KONGZHI ZHUANGZHI
XINXIHUA JIAOCHENG



化学工业出版社



高职高专“十三五”规划教材

自动检测技术与控制装置 ——信息化教程

第二版

王永红 主编

ZIDONG JIANCE JISHU YU KONGZHI ZHUANGZHI
XINXIHUA JIAOCHENG



化学工业出版社

· 北京 ·

《自动检测技术与控制装置——信息化教程》共分八个主要部分,对生产过程中检测技术及控制装置的技术知识进行了系统叙述。第一章介绍了生产过程中检测及误差的基本概念,传感器(变送器)的基础知识等。第二章到第六章,介绍了生产过程中压力、流量、温度、物位和成分等传感器(变送器)的结构、原理、使用和维护防护等技术知识。第七、第八章介绍了生产过程中应用的基本控制方法及控制、执行装置。书中对新型的智能传感器、控制器、执行机构,也做了相应的介绍。

本书除作为专业教材外,也可供从事其他相关类型行业(石油化工、轻工、林业、电厂等)的自动化工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动检测技术与控制装置——信息化教程/王永红主编.
—2版. —北京:化学工业出版社,2017.7

高职高专“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-29846-1

I. ①自… II. ①王… III. ①自动检测-高等职业教育-教材 IV. ①TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第148408号

责任编辑:廉静

装帧设计:王晓宇

责任校对:吴静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:三河市延风印装有限公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17½ 字数466千字 2017年9月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00元

版权所有 违者必究

前言 Foreword

本书是在 2006 年第一版的基础上修订编写的，教材内容力图更好地体现现代教育所要求的先进性、科学性和教育教学适用性。

新版教材对前一版作了适当的增删。根据高等职业教育培养目标的要求，力图使学习者学习完本教材内容后，获得作为生产一线的自动化技术、管理、维护和运行人员所必须掌握的检测技术与控制装置的技术知识和应用技能。

教材在每一章节的结束环节，除设置了“回顾与练习”外，增加了对下一章节学习的“预习思考”，并在每一章节的开始，通过“思考与交流”，与前一章节的“预习思考”对接。形成“预习—学习—思考—练习”的有效学习路径。书中通过微视频、动画等方式展现出部分仪表装置的工作原理、动作过程、调试拆装步骤等，对教学与学习过程给予辅助。

作为自动化专业的必修内容，在考虑取材深度和广度时，主要着眼于提高高职高专学生的应用能力和知识水平，在介绍各种仪表应用的基础上分析原理特性，使学习者知其所以然。

本书以介绍各种检测、控制、执行的方法及装置为主，突出其基本构成、原理、选用方法及使用等内容。对维护、检修、系统安装等，由相关课程及实训环节完成。

本书可作为高职高专“生产过程自动化技术（工业自动化及仪表）”专业的教材，也可供从事其他相关行业（石油化工、轻工、电厂等）的电类、自动化类、仪表仪器类等自动化工程技术人员阅读参考。参考学时为 80~100 学时。

本书的修订编写由南京科技职业学院王永红主持。参加教材修订编写的有王永红（绪论、第一、第六、第七章）、刘玉梅（第八章）、秦补枝（第二章）、惠园园（第三章）、梁晓明（第四章）、丁炜（第五章）、朱玉奇（回顾与练习）。微视频主讲王琪（压力表）、王欢（变送器）、王恒强（无纸记录仪）、张华（执行器）、朱丽琴（可编程控制器）、秦补枝（控制系统）。夏鸿儒、刘慧敏对教材的修订编写提供了大量支持。全书由王永红统稿、辅助教学 PPT 制作。扬子石化电仪分公司王长军对书稿内容提出宝贵意见。

在编写过程中，得到了南京科技职业学院、辽宁石化职业技术学院、榆林职业技术学院、河北化工医药职业技术学院、兰州石化职业技术学院、扬子石化电仪分公司等单位的支持，融入许多宝贵意见，我们在此表示感谢。在编写过程中，参考和引用了大量的文献，对这些参考文献的作者和单位表示感谢。在制作教学动画、教学微视频中，对相关制作公司给予的支持表示感谢。本教材电子资源建设获得化学工业出版社教材发展基金的资助。

由于检测技术与控制装置发展较快，本书内容难免存在遗漏和不妥之处，敬请读者批评指正，在适当的时候进一步修正提高。

编者
2017.1

绪论

自动化是人类文明进步和现代化的标志。自动化不仅可以部分或全部代替人的体力或脑力劳动,而且可以完成人类依靠自身的体力和脑力劳动无法直接完成的任务。自动化科学与技术主要研究对象是工业、农业、交通、商业、国防和社会领域的各类系统,涉及控制理论与控制工程、模式识别与智能系统、系统工程、检测技术与自动化装置、导航制导与控制、生物信息学、企业信息化系统与工程等。计算机科学与电子通讯科学的发展推动了自动化科学的发展。

生产过程的自动控制是指在石油、化工等连续性工业生产中对生产过程中的温度、压力、流量、物位及物性等变量按生产要求进行自动调整的物理过程。它是自动化技术的重要组成部分。石油化工生产过程的主体一般是化学反应过程。其特点是产品从原料加工到产品完成,流程都较长而复杂,并伴有副反应。工艺内部各变量间关系复杂,操作要求高。关键设备停车会影响全厂生产。大多数物料是以液体或气体状态,在密闭的管道、反应器、塔与热交换器等内部进行各种反应、传热、传质等过程。这些过程经常在高温、高压、低温、低压、易燃、易爆、有毒、有腐蚀、有刺激性臭味等条件下进行。自动化是保证生产处于最佳工作状态、优质、高产、低耗的必要条件;在减轻劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率和设备利用率等方面起着越来越重要的作用;自动化程度的高低是衡量企业现代化水平的一个重要标志。而自动化仪表是在工业生产过程中,对工艺参数进行检测、显示、记录及控制的仪表,自动化仪表是实现生产过程自动化所必需的工具,是生产过程自动控制的基础,因此又称为过程检测与控制装置。

一、检测与控制装置在工业生产过程中的作用

自动化系统由生产装置和自动化装置两大部分构成。

1. 生产装置

在自动化系统中,将需要控制其工艺参数的生产设备或机器叫做被控对象。如化工生产中的各种塔器、反应器、换热器、泵和压缩机以及各种容器、储槽都是常见的被控对象,而输送流体用的管道也可以是一个被控对象。在复杂的生产设备中,如精馏塔、吸收塔等,在一个设备上可能有多个控制系统。这时在确定被控对象时,就不一定是生产设备的整个装置。如一个精馏塔,往往塔顶需要控制温度、压力,塔底又需要控制温度和塔釜液位等,而塔中部还需要控制进料量,在这种情况下,就只有将塔的某一与控制有关的相应部分作为该控制系统的被控对象。

2. 自动化装置

自动化装置是实现化工生产过程自动化的主要工具,它包括现场仪表、控制装置和显示装置三大部分。

(1) 现场仪表

现场仪表指安装在生产装置上的检测仪表和执行器。

目录 CONTENTS

绪论

1

一、检测与控制装置在工业生产过程中的作用 / 1

二、检测技术与控制装置的工程应用 / 2

三、检测技术与控制装置的展望 / 3

四、本课程的特点及学习方法 / 4

回顾与练习 / 4

第一章 检测与控制基础

5

思考与交流 / 5

第一节 自动检测与控制 / 5

一、自动检测技术与检测仪表 / 5

二、自动控制技术与控制装置 / 7

第二节 测量误差与仪表质量指标 / 8

一、测量过程的误差分析 / 8

二、仪表质量指标的确定 / 10

第三节 技术拓展——现场仪表使用中的防护 / 12

一、防爆问题 / 12

二、防腐蚀问题 / 12

三、防冻及防热问题 / 13

四、现场仪表接地 / 16

五、防尘及防震问题 / 17

回顾与练习 / 17

第二章 压力检测及仪表

18

思考与交流 / 18

第一节 概述 / 18

一、压力检测的工程概念 / 18

二、压力标准量值的传递 / 19

三、压力检测仪表的类型 / 20

第二节 就地指示型压力测量仪表 / 20

一、弹性元件的基本特性 / 21

二、弹簧管压力表 / 22

第三节 电远传型压力测量仪表 / 24

一、压力（差压）变送器的构成与特性 / 25

二、电容式压力（差压）变送器 / 27

三、扩散硅式压力（差压）变送器 / 31

四、智能变送器 / 32

第四节 压力检测仪表的使用 / 35

一、压力表的选用 / 35

二、压力表的安装 / 36

三、压力（差压）变送器的使用与维护 / 38

四、压力表的校验 / 39

第五节 技术拓展——现场总线变送器 / 40

一、现场总线的概念 / 40

二、现场总线变送器 / 41

三、现场总线变送器的多变量测量 / 41

四、现场总线智能变送器的日常维护 / 41

回顾与练习 / 42

第三章 物位检测及仪表

44

思考与交流 / 44

第一节 概述 / 44

一、物位测量的工程特性 / 44

二、物位检测仪表的类型 / 45

第二节 接触式液位测量仪表 / 45

一、静压式液位检测仪表 / 45

二、浮力式液位检测仪表 / 49

第三节 非接触式物位测量仪表 / 55

一、超声波液位计 / 55

二、雷达物位计 / 57

第四节 物位检测系统的仪表应用 / 59

一、物位仪表的选用 / 59

二、油罐的液位测量 / 61

第五节 技术拓展——光电检测技术 / 63

一、光源 / 63

二、光电器件 / 64

三、技术应用 / 67

回顾与练习 / 70

第四章 流量检测与仪表

72

思考与交流 / 72

第一节 概述 / 72

一、流量检测的工程知识 / 72

二、流量检测仪表的类型 / 73

第二节 速度式流量测量仪表 / 73

一、差压式流量检测仪表 / 73

二、转子流量计 / 81

三、电磁流量计 / 85

四、涡街流量计 / 92	
第三节 质量式流量测量仪表 / 96	
一、工作原理 / 97	
二、微动流量计的性能特点 / 100	
三、安装和调整 / 100	
第四节 容积式流量仪表 / 101	
一、椭圆齿轮流量计 / 101	
二、腰轮流量计 / 102	
三、煤气表 / 102	
四、水表 / 104	
第五节 流量检测系统的仪表选用 / 106	
第六节 技术拓展——光纤检测技术 / 108	
一、光纤传感器的组成 / 108	
二、光纤传感器的类型 / 109	
三、光纤传感器的应用 / 110	
回顾与练习 / 114	

第五章 温度检测与仪表

117

思考与交流 / 117	
第一节 温度与温标的热力学特性 / 117	
一、温度的概念 / 117	
二、温标 / 118	
三、温度检测的主要方法 / 120	
第二节 接触式温度测量仪表 / 121	
一、热电偶温度仪表 / 121	
二、热电阻温度仪表 / 132	
三、热敏电阻传感器 / 136	
四、温度变送器 / 138	
第三节 非接触式温度测量仪表 / 144	
一、辐射测温原理 / 144	
二、辐射测温方法 / 145	
三、光学高温计 / 146	
四、辐射温度计 / 147	
五、比色温度计 / 147	
第四节 温度检测系统仪表的选用 / 148	
一、常用测温仪表的测量范围及特点 / 148	
二、常用测温仪表的选用 / 149	
第五节 技术拓展——显示技术 / 150	
一、模拟式显示仪表 / 151	
二、数字式显示仪表 / 153	
三、屏幕显示 / 158	
回顾与练习 / 163	

思考与交流 / 165

第一节 成分检测的工程知识 / 165

一、成分检测的特点 / 165

二、成分检测的过程 / 166

三、成分检测的静态特性和影响静态特性的误差因素及排除措施 / 167

四、成分检测的动态特性 / 167

五、分析仪表的主要技术特性 / 168

第二节 生产过程在线分析系统的构成与特性分析 / 168

一、单一组分气体含量的在线分析 / 168

二、多组分气体含量的在线分析 / 173

第三节 环保监测系统的构成与特性分析 / 177

一、环保监测的工程特点 / 177

二、半导体气敏传感器 / 180

三、温差火灾报警传感器 / 182

四、烟雾传感器 / 182

五、瓦斯检测仪 / 182

第四节 技术拓展——软测量技术 / 184

一、辅助变量的选择 / 185

二、输入数据的处理 / 185

三、软测量模型的建立 / 186

四、软测量模型的在线校正 / 187

回顾与练习 / 187

思考与交流 / 189

第一节 自动控制系统 / 189

一、自动控制系统的构成特性 / 189

二、自动控制系统的联络信号与传输方式 / 190

三、基本控制规律的特性分析 / 191

第二节 控制装置 / 197

一、模拟式控制装置 / 197

二、PLC 可编程控制器 / 199

三、集散控制系统 / 203

第三节 技术拓展——虚拟仪器技术 / 208

一、虚拟仪器技术的组成 / 208

二、虚拟仪器技术的特点 / 209

回顾与练习 / 210

思考与交流 / 212

第一节 执行装置的组成及分类 / 212

第二节 执行机构 / 215

一、气动薄膜式执行机构 / 215

二、气动活塞式执行机构 / 216

三、电动执行机构 / 216

第三节 调节机构 / 219

一、阀体的结构类型 / 220

二、阀芯结构型式 / 225

三、上阀盖型式 / 226

第四节 执行装置的选用 / 227

一、控制阀的作用方式及选用 / 227

二、调节机构的流量特性及选用 / 229

三、控制阀口径的计算 / 232

第五节 辅助装置 / 245

一、电/气转换器与电/气阀门定位器 / 245

二、安全栅 / 247

三、配电器 / 250

第六节 技术拓展——检测与控制装置的应用 / 251

回顾与练习 / 253

附录 / 255

附录一 控制阀选择资料 / 255

附录二 常用热电偶、热电阻分度表 / 268

参考文献 / 271

绪论

自动化是人类文明进步和现代化的标志。自动化不仅可以部分或全部代替人的体力或脑力劳动,而且可以完成人类依靠自身的体力和脑力劳动无法直接完成的任务。自动化科学与技术主要研究对象是工业、农业、交通、商业、国防和社会领域的各类系统,涉及控制理论与控制工程、模式识别与智能系统、系统工程、检测技术与自动化装置、导航制导与控制、生物信息学、企业信息化系统与工程等。计算机科学与电子通讯科学的发展推动了自动化科学的发展。

生产过程的自动控制是指在石油、化工等连续性工业生产过程中对生产过程中的温度、压力、流量、物位及物性等变量按生产要求进行自动调整的物理过程。它是自动化技术的重要组成部分。石油化工生产过程的主体一般是化学反应过程。其特点是产品从原料加工到产品完成,流程都较长而复杂,并伴有副反应。工艺内部各变量间关系复杂,操作要求高。关键设备停车会影响全厂生产。大多数物料是以液体或气体状态,在密闭的管道、反应器、塔与热交换器等内部进行各种反应、传热、传质等过程。这些过程经常在高温、高压、低温、低压、易燃、易爆、有毒、有腐蚀、有刺激性臭味等条件下进行。自动化是保证生产处于最佳工作状态、优质、高产、低耗的必要条件;在减轻劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率和设备利用率等方面起着越来越重要的作用;自动化程度的高低是衡量企业现代化水平的一个重要标志。而自动化仪表是在工业生产过程中,对工艺参数进行检测、显示、记录及控制的仪表,自动化仪表是实现生产过程自动化所必需的工具,是生产过程自动控制的基础,因此又称为过程检测与控制装置。

一、检测与控制装置在工业生产过程中的作用

自动化系统由生产装置和自动化装置两大部分构成。

1. 生产装置

在自动化系统中,将需要控制其工艺参数的生产设备或机器叫做被控对象。如化工生产中的各种塔器、反应器、换热器、泵和压缩机以及各种容器、储槽都是常见的被控对象,而输送流体用的管道也可以是一个被控对象。在复杂的生产设备中,如精馏塔、吸收塔等,在一个设备上可能有多个控制系统。这时在确定被控对象时,就不一定是生产设备的整个装置。如一个精馏塔,往往塔顶需要控制温度、压力,塔底又需要控制温度和塔釜液位等,而塔中部还需要控制进料量,在这种情况下,就只有将塔的某一与控制有关的相应部分作为该控制系统的被控对象。

2. 自动化装置

自动化装置是实现化工生产过程自动化的主要工具,它包括现场仪表、控制装置和显示装置三大部分。

(1) 现场仪表

现场仪表指安装在生产装置上的检测仪表和执行器。

检测仪表是获得生产过程中各种信息的工具,利用声、光、电、磁、热辐射等手段来实现对温度、压力、流量、物位、成分等工艺参数的测量。包括各种变量的传感器和变送器。

执行器是执行改变生产变量信息的工具。它依据控制仪表的调节信息或操作人员的指令,将信号或指令转换成位移,以实现生产过程中的某些参数的控制。执行器由执行机构与调节阀两部分组成,执行机构按能源划分有气动执行机构、电动执行机构和液动执行机构。

(2) 控制装置

控制装置是生产过程信息处理的工具。它将检测仪表获得的信息,根据工艺要求进行各种运算,然后输出控制信号。控制装置包括气动电动模拟量控制器、可编程调节器、可编程控制器、计算机控制装置等多种类型。

(3) 显示装置

显示装置是显示被测变量数据信息的工具。它通过图表、数字、指示等方式将被测变量显示出来,供操作人员了解生产过程状态。由于显示仪表处于控制系统的闭环回路之外,所以在分析、描述及绘制自动化系统时,常常不涉及。

显示装置根据功能不同,可以分为记录装置和指示装置;模拟装置、数字装置和计算机

显示器;记录装置又分为有纸记录与无纸记录等。

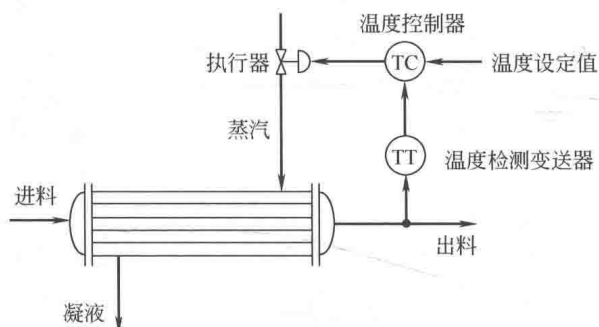


图 0-1 蒸汽加热器温度控制系统

如图 0-1 所示的自动化系统为蒸汽加热器温度控制系统。图中蒸汽加热器为生产装置,温度检测变送器、温度控制器、执行器等构成自动化装置。当进料流量或温度等因素引起出口物料温度变化时,通过温度检测变送器将该温度变化测量后送至温度控制器,温度控制器根据出口物料温度变化的特性输出一个控制信号给执行

器,以改变加热蒸汽量来维持出口物料的温度不变。

为了便于形象地研究自动化系统,系统各环节之间的联系可用方框图形式表示出来。自动化系统的方框图是由传递方块、信号线(带有箭头的线段)、综合点、分支点构成的表示自动化系统组成和作用的图形。因此图 0-1 所示的蒸汽加热器温度控制系统可用图 0-2 的方框图表示。可见,自动化装置是自动化系统中不可缺少的组成部分。

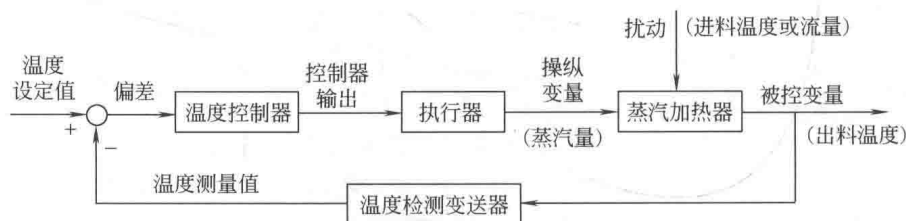


图 0-2 蒸汽加热器温度控制系统方框图

二、检测技术与控制装置的工程应用

流程工业中应用到大量的检测与控制装置,从流程工业过程的连续性生产的角度,选择的重要因素是性价比高、能够满足工况要求、长期稳定、生产质量具有可追溯性。

① 长期稳定性:包括产品性能的稳定性和制造工艺的稳定性;

- ② 市场占有率：市场占有率不作为考核的依据，但能说明该产品的品质与地位；
- ③ 价格合理性：关注产品的综合性价比，特别是在大批量检测与控制装置的选择上；
- ④ 安全可靠：检验证书、检测报告和检验手段是否符合基本安全的要求。

三、检测技术与控制装置的展望

1. “检测技术与控制装置”的进展

随着现代化工业生产和微型计算机的开发应用，不断地提出新的检测与控制要求，而科学技术的发展，特别是新材料，以及光纤传感技术的日益成熟，检测技术与控制装置的发展达到了一个新的水平。以微处理器为核心的新型智能仪表的问世，使仪表在提高检测系统的测量精度、扩大测量范围、延长使用寿命、提高可靠性的同时，具有自校准、自调零、自选量程、自动测试及信息变换、统计处理数据等多种功能，仪表与计算机之间的直接联系极为方便，计算机在自动化中发挥越来越巨大的作用。逐步出现了整个车间，甚至整个企业无人或很少有人参与操作管理、过程控制最优与现代化的集中调度管理相结合的全盘自动化方式。

目前，利用现代计算机技术、通信技术、图像显示技术及自动控制技术等，把工业控制计算机、微机、顺序控制装置、过程输入输出装置、现场仪表等有机融合在一起的集散型控制系统（DCS）、现场总线控制系统（FCS）已广为应用，因其具有直接数字控制、顺序控制、批量控制、数据采集与处理、多变量相关控制及最佳控制等功能，兼有常规模拟仪表和计算机系统的优点，以其先进性、可靠性、灵活性、适应性、智能化、操作简便及良好的性价比引起了人们的密切关注，已成为大型工业企业的主流自动化控制系统。同时，与机械制造系统中的计算机集成制造系统（CIMS）类似的计算机集成过程系统（CIPS）的出现，将计划优化、生产调度、经营管理和决策引入计算机过程控制系统中，使市场意识与优化控制相结合，管理与控制相结合，促使计算机过程控制系统更加完善，将产生更大的经济效益和技术进步。

2. “检测技术与控制装置”的未来

一是自动化与信息化的融合，为工厂赋予智慧，为市场决策、数据分析、判断、调控、质量管控、售后服务等提供依据和支持。未来企业需要根据市场需求，弹性地调整产能，实现个性化定制，制造出智能的产品。自动化必须与信息化结合才能够发挥最大功效。

二是提高装备智能化。制造装备经历了机械装备到数控装备，目前正在逐步发展为智能装备。智能装备具有的检测功能，可以实现在机检测，从而补偿加工误差，提高加工精度，还可以对热变形进行补偿。智能装备另一个最基本的要求，就是要提供开放的数据接口，能够支持设备通讯联网。

三是提高生产线的智能化。特点是在生产和装配的过程中，能够通过传感器或 RFID 自动进行数据采集，并通过电子看板显示实时的生产状态。能够通过机器视觉和多种传感器进行质量检测，自动剔除不合格品，并对采集的质量数据进行分析，找出成因，灵活柔性处理。

四是提高车间的智能化。一个车间通常有多条生产线，这些生产线要么生产相似零件或产品，要么有上下游的装配关系。要实现车间的智能化，需要对生产状况、设备状态、能源消耗、生产质量、物料消耗等信息进行实时采集和分析，进行高效排产和合理排班，显著提高设备利用率。

五是提高工厂的智能化。仅有自动化生产线和一大堆机器人，并不是智能工厂。作为智能工厂，不仅生产过程应实现自动化、透明化、可视化、精益化，同时，产品检测、质量检验和分析、生产物流也应当与生产过程实现闭环集成。一个工厂的多个车间之间要实现信息

共享、准时配送、协同作业。如大型石化企业设立生产指挥中心，依赖无缝集成的信息系统支撑，主要包括 PLM、ERP、CRM、SCM 和 MES 五大核心系统。对整个工厂进行指挥和调度，及时发现和解决突发问题。这也是智能工厂的重要标志。

四、本课程的特点及学习方法

检测技术与控制装置是生产过程自动化技术专业的一门重要的专业课。涉及多门课程的内容，物理概念是讨论各种检测变换的基础，熟悉和掌握相应的物理现象，分析有关物理效应是对检测仪表工作原理和结构进行讨论的前提。电工电子及计算机技术，在完成信号转换、数据处理、显示以及控制的基本方法上起着重要的作用。

本课程是与生产过程密切相关的实践性较强的课程。强调工程技术和实践技能的训练，只有理论与实际的结合才能学好本课程。



回顾与练习

谈谈自动化的作用与应用。

第一章

检测与控制基础



思考与交流

- ① 什么是自动检测技术？自动检测系统的构成与作用？
- ② 自动化仪表（装置）的作用与构成是怎样的？
- ③ 测量为什么会出现误差？
- ④ 如何提高测量的准确程度？
- ⑤ 现场仪表的防护有哪些？

第一节 自动检测与控制

一、自动检测技术与检测仪表

自动检测技术是自动化科学技术的一个重要分支科学，是在仪器仪表的使用、研制、生产的基础上发展起来的一门综合性技术。

检测，是指利用各种物理和化学效应，将物质世界的有关信息通过测量的方法赋予定性或定量结果的过程。而能够获取所需信息的物理和化学效应，就是检测技术。在生产过程中，完成工艺参数检测处理的仪表，称检测仪表。利用各种检测仪表对生产过程中的各种工艺变量自动、连续地进行测量、显示或记录，以供操作者观察或直接自动监督生产情况的系统，称为自动检测系统。它代替了操作人员对工艺参数的不断观察与记录，起到对过程信息的获取与记录作用，这在生产过程自动化中，是最基本的也是十分重要的内容。

自动检测系统由传感器、显示器及数据处理装置构成，如图 1-1 所示。

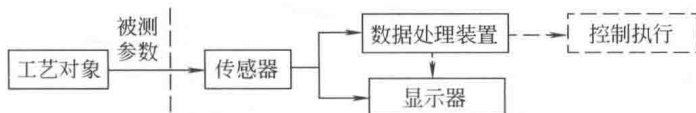


图 1-1 自动检测系统的组成

传感器是用来感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置，它可以将被测参数转换成一定的便于传送的信号（如电信号或气压信号）。当传感器的输出信号为规定的标准信号时（如 $4\sim 20\text{mA DC}$ ），通常称为变送器。由于传感器的基本功能就是“检测”，所以也称为检测仪表。

显示器又称二次仪表，是检测系统显示或输出被测量数值的装置。它的显示方式可以是

指针式（模拟式）、数字式、图形显示等多种。

数据处理装置用来对测量数据进行处理、运算、逻辑判断、线性变换、相关分析等。完成这些工作通常要采用计算机技术。数据处理的结果要送到显示器和控制执行机构中。

此外，自动检测系统还有一个连接输入输出各环节的通道，即传输通道。它是导线（电信号通道）、导管（气信号通道）以及信号所通过的空间。尽管比较简单，但在系统设计、安装时如不按照规范要求进行布置、匹配和选择，则易造成失真或引入干扰等。将影响整个自动控制系统的控制目标，进而影响生产过程。

1. 检测仪表的构成

检测仪表一般包括敏感元件、传感元件（转换元件）和测量转换电路三部分。其中敏感元件是直接感受被测量的元件，习惯上称之为检测元件，其作用是对被测量作出响应，把它转换为适合测量的物理量。如热电偶可将温度转换成毫伏信号；孔板可将流量转换为差压信号。敏感元件的输出信号再经传感元件转换成电（或气压）参数。测量转换电路的作用是将传感元件输出的电（或气）参数转换成易于处理的电压、电流、频率量或气压等，常用的有电桥电路等。并不是所有的传感器都有敏感元件和传感元件之分，有些传感器，敏感元件就是传感元件，如热电偶，它可以将被测温度直接转换成热电势，本身自成一个温度传感器。

2. 检测仪表分类

根据被测变量的种类分：

① 过程量检测仪表 温度检测仪表、压力检测仪表、物位检测仪表、流量检测仪表、成分分析仪表等。

② 电工量检测仪表 电压表、电流表、惠斯顿电桥等。

③ 机械量检测仪表 荷重传感器、加速度传感器、应变仪、位移检测仪表等。

也可分为接触式检测仪表、非接触式检测仪表。还可以分为标准仪表、实验室用仪表、工业用仪表等。

3. 检测方法分类

（1）直接测量、间接测量、组合测量

① 直接测量 这种测量方式是将被测量与度量器的标准量直接比较，或用事先经过校验并刻度好的仪表进行测量，从而测出被测量的数值大小和单位。如用温度表测温度、米尺测长度、电流以及电压表测电压等都属于直接测量。直接测量十分简便，因此被广泛应用。

② 间接测量 这种测量方式是先通过直接测量几个与被测量有函数关系的量，然后通过计算，求出被测量的数值及单位。如没有电功率表的情况下，分别用电压、电流表测出电阻两端的电压、流过电阻的电流，再将电压与电流相乘后获得的电功率值，这种测量方式，就是间接测量。当某些被测量由于某些原因不便于直接测量时，便可以采用间接测量。

③ 组合测量 如果被测量有多个，它们彼此之间又具有一定的函数关系，并能以某些可测量的不同组合形式表示，那么可先通过直接或间接方式测量这些组合量的数值，再通过联立方程组求得未知的被测量的数值。这种测量方式称为组合测量。在组合测量中，所能列出的方程式的数目应等于未知被测量的数目。在各类大数据处理中，组合测量是获得结果的常用方式。

（2）接触测量、非接触测量

① 接触测量 检测仪表的敏感元件与被测物体直接接触，感受被测变量的变化。如用千分尺测量零件尺寸、体温表放入口腔测量体温。

② 非接触测量 检测仪表的敏感元件不与被测物体相接触，而能感受被测变量的变化。如利用红外测量人体温度、超声波进行无损探伤等。

(3) 直读法测量、平衡法测量、微差法测量

① 直读法测量（偏差法） 将被测量与标准量（标准刻度）比较后，直接根据被测量在标准刻度上的位置，读取读数的测量方法称为直读法。这种方法也称为开环测量。如用水银温度计测量温度的方法。

② 平衡法测量（零位法） 此方法基于天平称重的原理。将被测量与标准量进行比较，不断调整标准量直到等于被测量，读出标准量的数值，就可知道被测量的大小。这种方法也称为闭环测量。如用惠斯顿电桥测量电阻的方法。零位法的优点是测量准确度高。

③ 微差法（二步法） 将零位法与偏差法组合应用，就是微差法。第一步，运用零位法，用标准量平衡被测量的主要部分的数值；第二步，运用偏差法直接读取被测量相对标准量刻度位置的数值；最后，将两步获得的两个数值相加，就可知道被测量的结果。这种方法同样也为闭环测量。如用不平衡电桥测量电阻等就属于微差测量法。

二、自动控制技术与控制装置

化工自动化在石化工业生产中起到相当重要的作用。在没有人直接参与的情况下，利用控制装置使生产过程（被控对象）的某个工作状态或参数（即被控制量）自动地按照预定的规律运行。支撑石化生产运行的就是自动控制技术。从 20 世纪 40 年代起，基于“经典控制理论”控制技术，以 PID 运算控制规律为核心，解决了反馈控制系统中控制器的分析与设计的问题，使整个世界的科学水平出现了巨大的飞跃，几乎在工业、农业、交通运输及国防建设的各个领域都广泛采用了自动化控制技术。60 年代以状态变量概念为基础的“现代控制理论”，利用现代数学方法和计算机对复杂控制系统进行分析、综合，从理论上解决了系统的“能控性、能观测性、稳定性”等许多复杂系统的控制问题，寻求最优控制规律。在这种理论支持下成功开发了智能控制、集散控制、模糊控制、预测控制等多种控制技术，在现代空间技术、现代军事、现代工业、现代经济研究实践等多方面取得了重要的成功。

控制装置是生产过程信息处理的工具。自动控制系统是由生产装置、检测变送器、控制器（装置）、执行器等环节构成。如图 0-1、图 0-2 所示。控制装置的控制过程，是根据检测仪表获得的测量值与控制系统的设定值比较后产生的偏差的正负、大小及变化情况，按预定的 PID 运算控制规律对执行机构实施控制作用，达到生产过程自动化的目的。

1. 控制装置的分类

控制装置按所使用的能源分为液动控制装置、气动控制装置、电动控制装置。

气动控制装置采用 0.14MPa 的压缩空气为能源，它的特点是结构简单、价格便宜、性能稳定、工作可靠、安全防爆、易于维修。

电动控制装置包括模拟量控制器、数字量控制器、可编程控制器、计算机控制装置等多种类型。主要特点是电能源选取方便，信号传送快、无滞后，传输距离远；是实现远距离集中控制的理想仪表，并易于与计算机等现代技术工具联用。

2. 控制装置的信号制与传输方式

为了满足生产要求而构成各种控制系统，需要有统一的标准信号将各类现场仪表与控制室内仪表装置连接起来，进行联络和信号传输，以方便有效地达到控制的目的。因为采取了统一的标准信号，从而扩大了仪表的应用范围，常规仪表与控制用计算机系统的连接也直接方便。

在成套仪表系列中，各个仪表的输入输出之间采用何种统一的标准信号进行联络和传输的问题称为信号制。国际上自动化系统的统一标准信号为：气动控制装置采用 0.14MPa 的压缩空气为能源，信号范围为 0.02~0.1MPa 的标准信号；电动控制装置采用 24V 直流供