



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

过程检测仪表

王克华 主编

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

全国高等职业教育工业生产自动化技术系列规划教材

过程检测仪表

王克华 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

全书共分七章，其内容主要包括四个部分。

第一部分为检测技术基础。包括测量的概念及测量误差，检测仪表的组成、分类与基本技术性能。第二部分为化工参数检测及仪表。包括压力、物位、流量、温度的检测方法，各参数检测仪表的结构组成、测量原理、特点及应用。第三部分为显示仪表。包括模拟显示仪表、数字显示仪表、无纸记录仪的基本组成、工作原理、特点及应用。第四部分为分析仪表。包括热导式气体分析仪、红外线式气体分析仪，氧化锆氧分析仪、气相色谱分析仪、可燃气体报警仪、含水分析仪、振动式密度计等分析仪表的工作原理、组成、特点及应用。

本书可作为高职高专的石油、炼油、化工、燃气输配、轻工、热电、供热、制药及冶金等专业的仪表自动化教学，也可以作为函授学校、成人教育学校、企业培训学校的相关专业教材，并可供相关行业工艺技术人员参考。

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

过程检测仪表/王克华主编. —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 978-7-121-04663-6

I. 过… II. 王… III. 自动化仪表—高等学校: 技术学校—教材 IV. TH86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 121797 号

责任编辑: 陈健德 左雅

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

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: 21.25 字数: 544 千字

印 次: 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 29.00 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”,而且要达到“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”等五个具体目标,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。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。高职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,这是当前高职教育改革的重点,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职教育中的一个重要领域,承担着为工业生产培养一线技术工人的重要作用,而且,无论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职培养目标进行了深入的探讨,确定了相关的主干教材十余种。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,突出职业教育的教育特色,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,以提高对高职学生技能的培养。本套教材将学历课程与资格应试结合,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。本套教材力求内容新颖,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。本套教材均配套教学参考资料,为高职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专门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尽如人意之处,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。

本套教材适用于生产过程自动化技术、计算机控制技术、工业网络技术、液压与气动技术、检测技术及应用等专业,也适用于机电类专业。

电子工业出版社
高等职业教育分社
2006年7月

前 言

本书主要介绍了石油、化工、燃气输配、热电、供热、冶金及轻工、制药等行业常用过程检测仪表的结构、原理及应用知识,为学生将来从事相关专业的过程检测及自动化管理打下基础。

本书力图适应高职高专职业教育的培养目标,突出高等职业教育特点,力求以典型性、针对性、实用性、先进性的原则按仪表功能组织教材。内容设置上,从各行业职业的需要出发,以应用为目的,够用为原则,适当拓宽知识范围,尽量照顾各专业的需要。内容比较系统全面,介绍了目前国内常用的检测仪表,反映了当今最新技术动态和仪表。

本书内容力求深入浅出,着眼于为实际应用服务,重视仪表的安装、应用知识。本书给出了部分仪表外形图、实物图片等,以配合实验和技能训练,增强读者的感性认识。

为便于学习,每章末附有习题与思考题,以帮助读者学习时练习与参考。另外各章后附有一二个实训课题,结合各章内容,给出具体型号仪表的校验步骤和使用要求,各学校可参考其中的内容,组织实训操作训练。

全书共分七章,其内容主要包括四个部分。第一部分为检测技术基础,包括测量的概念及测量误差,检测仪表的组成、分类与基本技术性能;第二部分为化工参数检测及仪表,包括压力、液位、流量、温度的检测方法,检测仪表的结构组成、测量原理、特点及应用;第三部分为显示仪表,包括模拟显示仪表、数字显示仪表、无纸记录仪的基本组成、工作原理、特点及应用;第四部分为分析仪表,包括热导式、红外线式气体分析器,氧化锆氧分析器、气相色谱分析仪、可燃气体报警仪、含水分析仪、振动式密度计等分析仪表的工作原理、组成、特点及应用。

全书按总学时 72 学时编写,各学校可根据专业与学时情况,适当选择、增减教学内容。

本书由山东胜利职业学院王克华副教授负责全书的通稿与修改,以及编写绪论、第 1 章、第 2 章、第 3 章 3.1、3.2 节、第 4 章 4.1、4.2、4.11 节、第 6 章 6.1 节、第 7 章 7.6、7.7、7.8 节。第 3 章、第 6 章分别由兰州石化职业技术学院刘超美和于秀丽编写,第 4 章由山东胜利职业学院姜月红编写,第 5 章由山东工业职业学院李文森编写,第 7 章由解放军总装备部工程设计研究总院张晓萍编写。洛阳工业高等专科学校赵旻、山东胜利职业学院孙翔分别参与了第 2 章、第 7 章初稿部分内容的编写。由王舒完成了全书校对及部分插图的整理工作。

本书由王克华任主编,于秀丽、张晓萍任副主编。全书由中国石油大学田学民教授主审,在此深表感谢。

本书部分内容与插图来源于有关仪表厂的产品说明书,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,书中错误、不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2007 年 5 月

目 录

绪 论	(1)
0.1 生产过程自动化与检测仪表	(1)
0.1.1 生产过程自动化的概念	(1)
0.1.2 过程检测仪表	(1)
0.2 过程检测仪表的作用与发展前景	(2)
0.3 课程的性质、任务及要求	(3)
第1章 过程检测技术基础	(4)
1.1 测量的概念	(4)
1.1.1 测量的定义	(4)
1.1.2 测量方法	(5)
1.2 测量误差及处理	(5)
1.2.1 测量误差的形式	(6)
1.2.2 测量误差的分类	(7)
1.2.3 测量误差的分析与处理	(8)
1.3 检测仪表的组成与分类	(11)
1.3.1 检测仪表的基本组成	(11)
1.3.2 检测仪表的分类	(12)
1.4 检测仪表的性能指标	(13)
1.4.1 精确度	(13)
1.4.2 线性度	(14)
1.4.3 灵敏度及分辨率	(15)
1.4.4 变差	(16)
1.4.5 可靠性	(17)
1.4.6 动态特性	(17)
习题与思考题	(18)
第2章 压力检测仪表	(20)
2.1 压力检测仪表概述	(20)
2.1.1 压力的概念与压力单位	(20)
2.1.2 压力测量仪表的分类	(22)
2.2 弹性式压力计	(23)
2.2.1 弹性元件	(23)
2.2.2 弹簧管压力表	(24)
2.2.3 电接点压力表	(27)
2.3 霍尔式压力计	(28)
2.3.1 霍尔效应	(28)

2.3.2 霍尔片式压力传感器	(29)
2.4 电感式压力计	(30)
2.4.1 差动变压器	(30)
2.4.2 电感式压力传感器	(31)
2.5 应变式压力计	(33)
2.5.1 应变效应	(33)
2.5.2 应变片	(34)
2.5.3 应变电阻测量桥路	(35)
2.5.4 应变片式压力传感器	(36)
2.5.5 压阻式压力传感器	(38)
2.6 压电式压力计	(42)
2.6.1 压电效应与压电材料	(42)
2.6.2 压电传感器的测量电路	(44)
2.6.3 压电式压力传感器的典型结构	(45)
2.7 电动力平衡式差压变送器	(46)
2.7.1 电动力平衡式差压变送器的结构组成	(46)
2.7.2 电动力平衡式差压变送器的工作原理	(49)
2.8 电容式差压变送器	(50)
2.8.1 电容式差压变送器的检测部分	(50)
2.8.2 电容式差压变送器的转换部分	(52)
2.8.3 电容式差压变送器的特点及应用	(55)
2.9 智能型压力(差压)变送器	(55)
2.9.1 智能差压变送器的典型结构	(56)
2.9.2 智能差压变送器的特点	(56)
2.9.3 智能差压变送器典型产品简介	(58)
2.10 压力计的选择、校验与安装	(60)
2.10.1 压力计的选择	(60)
2.10.2 压力计的校验	(62)
2.10.3 压力表的安装	(63)
习题与思考题	(65)
实训课题一: 弹簧管压力表的拆装与校验	(66)
实训课题二: 电容式差压变送器的调校	(67)
第3章 物位检测仪表	(70)
3.1 物位测量概述	(70)
3.1.1 物位测量的内容及意义	(70)
3.1.2 物位检测方法 & 仪表分类	(71)
3.2 直读式液位计	(71)
3.2.1 玻璃管液位计	(71)
3.2.2 玻璃板液位计	(72)

3.2.3 双色水位计	(73)
3.3 浮力式物位计	(74)
3.3.1 恒浮力式液位计	(74)
3.3.2 变浮力式物位计	(79)
3.4 静压式液位计	(83)
3.4.1 静压式液位计的测量原理	(83)
3.4.2 差压式液位计的迁移问题	(84)
3.4.3 法兰式差压变送器测量液位	(85)
3.4.4 吹气法测量液位	(86)
3.4.5 投入式液位变送器	(87)
3.4.6 静压式液位计的安装	(87)
3.5 电容式物位计	(88)
3.5.1 电容式物位计的测量原理	(88)
3.5.2 电容式物位计的测量方式	(89)
3.5.3 电容量检测	(91)
3.5.4 电容式液位传感器的类型	(92)
3.5.5 分段电容式液位计的特点及应用	(93)
3.6 雷达式物位计	(94)
3.6.1 雷达式物位计的测量原理	(94)
3.6.2 雷达液位计的系统构成	(97)
3.6.3 雷达液位计的安装与应用	(97)
3.7 超声波式液位计	(98)
3.7.1 超声波式液位计的测量原理	(98)
3.7.2 超声波的发射和接收	(99)
3.7.3 超声波液位计的组成与安装	(100)
3.8 磁致伸缩液位计	(101)
3.8.1 磁致伸缩传感器的工作原理	(101)
3.8.2 磁致伸缩液位计的组成及特点	(102)
习题与思考题	(102)
实训课题一: 电动浮筒液位变送器的调校	(104)
实训课题二: 射频电容式物位变送器的调校	(106)
第4章 流量检测仪表	(108)
4.1 流量检测仪表概述	(108)
4.1.1 流量的概念	(108)
4.1.2 流量测量仪表的分类	(109)
4.2 差压式流量计	(110)
4.2.1 节流装置的流量测量原理	(110)
4.2.2 基本流量方程式	(112)
4.2.3 标准节流装置	(114)

4.2.4	非标准节流装置	(117)
4.2.5	差压式流量计的安装及应用	(119)
4.3	转子流量计	(121)
4.3.1	转子流量计的工作原理	(121)
4.3.2	转子流量计的结构类型与特点	(124)
4.3.3	转子流量计指示值的修正	(127)
4.3.4	转子流量计的安装与应用	(129)
4.4	容积式流量计	(130)
4.4.1	椭圆齿轮流量计	(130)
4.4.2	腰轮流量计	(133)
4.4.3	刮板流量计	(135)
4.4.4	容积式流量计的安装与应用	(137)
4.5	漩涡流量计	(140)
4.5.1	涡街流量计	(140)
4.5.2	旋进漩涡流量计	(144)
4.5.3	漩涡流量计的特点及应用	(146)
4.6	质量流量计	(148)
4.6.1	质量流量计的类型	(149)
4.6.2	热式质量流量计	(149)
4.6.3	科氏力质量流量计	(151)
4.7	靶式流量计	(155)
4.7.1	靶式流量计流量测量原理	(155)
4.7.2	靶式流量变送器的类型及结构	(157)
4.7.3	靶式流量计的安装与应用	(159)
4.8	电磁流量计	(160)
4.8.1	电磁流量计流量测量原理	(160)
4.8.2	电磁流量计的结构类型与特点	(163)
4.8.3	电磁流量计的安装与应用	(165)
4.9	叶轮式流量计	(166)
4.9.1	涡轮流量计	(166)
4.9.2	叶轮流量计的分类与特点	(169)
4.10	超声波流量计	(171)
4.10.1	超声波流量计的测量原理	(171)
4.10.2	超声波流量计的结构类型、特点及应用	(174)
4.11	流量计的校验	(175)
4.11.1	流量计的校验方法	(175)
4.11.2	液体流量计的校验	(176)
4.11.3	气体流量计的校验	(180)
	习题与思考题	(182)

实训课题一：流量计的结构认识	(183)
实训课题二：差压流量计的流量系数测定	(184)
第5章 温度检测仪表	(186)
5.1 温度检测仪表概述	(186)
5.1.1 温度的概念	(186)
5.1.2 温标	(187)
5.1.3 测温仪表的分类	(188)
5.2 膨胀式温度计	(189)
5.2.1 膨胀式温度计	(189)
5.2.2 压力式温度计	(191)
5.3 热电偶温度计	(193)
5.3.1 热电偶测温原理	(194)
5.3.2 常用热电偶的类型及结构	(196)
5.3.3 热电偶的冷端补偿	(200)
5.3.4 热电偶常用测温电路	(203)
5.3.5 一体化热电偶温度变送器	(204)
5.4 热电阻温度计	(206)
5.4.1 热电阻的测温原理	(206)
5.4.2 常用热电阻的种类及结构	(207)
5.5 温度测量元件的安装	(209)
5.6 非接触式温度计	(211)
5.6.1 非接触式温度计的测温原理	(212)
5.6.2 辐射温度计的类型	(213)
习题与思考题	(216)
实训课题：一体化热电偶/热电阻温度变送器校验	(217)
第6章 显示仪表	(219)
6.1 自动平衡式显示仪表	(219)
6.1.1 电子电位差计原理	(220)
6.1.2 电子自动平衡电桥原理	(225)
6.1.3 电子放大器	(226)
6.1.4 机械传动机构	(230)
6.2 ER 系列显示记录仪	(231)
6.2.1 ER 系列显示记录仪的组成与原理	(231)
6.2.2 ER 系列显示记录仪的输入测量单元	(232)
6.2.3 伺服放大单元	(236)
6.3 数字式显示仪表	(239)
6.3.1 数字式显示仪表的主要技术指标	(239)
6.3.2 数字式显示仪表的组成	(240)
6.3.3 数字式显示仪表各部分的工作原理	(241)

6.3.4	XMZ 型数字温度显示仪表介绍	(248)
6.4	无纸记录仪	(251)
6.4.1	无纸记录仪的基本组成	(252)
6.4.2	输入处理单元	(254)
6.4.3	无纸记录仪的使用	(256)
6.4.4	无纸记录仪的安装与接线	(260)
	习题与思考题	(260)
	实训课题一: 数字显示仪表表示值校验	(262)
	实训课题二: 无纸记录仪的认识、组态和操作	(265)
第 7 章	分析仪表	(274)
7.1	分析仪表概述	(274)
7.2	热导式气体分析仪	(276)
7.2.1	热导气体分析原理	(276)
7.2.2	检测器	(278)
7.2.3	热导式气体分析仪的测量电路	(280)
7.2.4	RD 型热导式气体分析仪	(282)
7.3	氧化锆氧分析仪	(284)
7.3.1	氧化锆固体电解质导电原理	(285)
7.3.2	氧化锆氧分析仪的构成及原理	(287)
7.4	红外线气体分析仪	(291)
7.4.1	红外线气体分析仪的基本原理	(291)
7.4.2	红外线气体分析仪的类型及原理	(293)
7.4.3	红外线气体分析仪的主要部件	(295)
7.4.4	QGS-08 型红外线分析仪	(296)
7.5	气相色谱分析仪	(298)
7.5.1	气相色谱分析原理	(298)
7.5.2	色谱定性和定量分析	(301)
7.5.3	色谱柱	(302)
7.5.4	检测器	(303)
7.5.5	工业气相色谱仪介绍	(304)
7.6	振动式密度计	(308)
7.6.1	振动管密度测量原理	(308)
7.6.2	振动式密度计的类型与结构	(309)
7.7	含水分析仪	(311)
7.7.1	电容式含水分析仪	(311)
7.7.2	微波式含水分析仪	(312)
7.7.3	辐射式原油含水分析仪	(315)
7.8	可燃气体报警仪	(317)
	习题与思考题	(321)

实训课题一：热导式气体分析仪的校验与投运	(322)
实训课题二：可燃气体报警器的调校	(323)
参考文献	(326)

绪 论

在石油、冶金、化工、电站、供热、燃气输配及轻工、制药、食品等行业的生产过程中，所处理的介质一般是液态、气态流体。对这些流体的处理，往往是在密闭的设备、管道中连续进行的。只有借助于检测仪表与自动化装置进行检测和控制，才能正确地监控设备运行，指导生产操作。由于生产规模不断扩大，需要测控的工艺参数逐渐增多，只靠人工测量、手动操作已经无法适应现代工业生产的要求。为了确保安全生产，提高生产效率，改善劳动条件，必须把生产中的各项工艺参数控制在最佳值，使生产设备在最佳状态下自动地运行，即实现生产过程的自动化，而实现生产过程自动化的基础就是过程参数检测。

0.1 生产过程自动化与检测仪表

0.1.1 生产过程自动化的概念

所谓生产过程自动化，是指在流程性、连续性的生产过程中，综合运用控制理论、测控仪表、计算机技术和其他技术，实现对生产过程的检测、控制、优化、调度、管理和决策，达到增加产量、提高质量、降低消耗、确保安全等目的的一类综合性技术。简言之，生产过程自动化就是在生产过程中，用自动化仪表来检测、控制生产的方法。由此形成的自动化产业具有技术密集、高投入和高效益等显著特征，是典型的高技术产业。

目前，我国各行业中，生产过程自动化技术已经得到了广泛的应用，仪表自动化已成为生产过程中必不可少的重要技术手段。工业生产对仪表自动化的依赖日益加重，特别是计算机技术、通信技术、微电子技术自动化领域中的应用，提高了自动化系统和仪表的性能，提供了更有效的控制手段。

因此，对于从事生产过程自动化方面的技术人员，除了必须深入了解和熟悉生产工艺外，还必须学习和掌握自动化仪表方面的知识，这对于控制和管理工业生产过程是十分必要的。

一般地说，生产过程自动控制系统，由被控制对象（生产设备及流程）、检测仪表、控制仪表和执行机构（如调节阀）四个基本部分组成。其中检测仪表是过程控制系统的重要组成部分，不管采用何种控制方法、使用何种控制系统，检测仪表的功能是不能被取代的。检测仪表的性能是构成控制系统品质的基本要素。因此，掌握各种检测仪表的结构原理、性能特点是非常重要的学习任务。

0.1.2 过程检测仪表

检测意为检验测定，是指在工业生产过程中，为及时监视、控制生产过程，而对生产工艺参数进行的定性检查和定量测量的过程。因此，检测是意义更为广泛的测量，但通常我们所说的检测一般是指测量。实现生产过程参数检测的装置称为过程检测仪表。

现代工业生产过程中，检测技术几乎无所不在。检测仪表被广泛地应用于石油、化工、

冶金和热电等国民经济各个重要的部门和领域。可以说,现代工业生产离不开现代检测技术。

检测仪表既可以以相对完整的形态出现,专司检测功能,如各种参数的就地指示仪表,能远传信号的变送器、传感器与显示记录仪、数据采集装置、计算机构成的自动检测系统。也可以出现在自动控制系统中,用于为控制器提供测量信号,反映被控参数的变化,或者兼而有之。

0.2 过程检测仪表的作用与发展前景

随着人类社会进入信息时代,以信息的获取、转换、显示和处理为主要内容的检测技术已经发展成为一门完整的技术学科,在促进生产发展和科技进步的过程中发挥着重要的作用。过程检测仪表的作用主要表现在以下几个方面。

(1) 过程检测仪表是现代工业生产过程中产品检验和质量控制的重要工具。在传统检测技术基础上发展起来的在线检测技术,使检测与生产同时进行,并及时地利用检测结果对生产过程进行控制,使之适应生产条件的变化,自动地调整到最佳状态。因而检测的作用不只是检查和监督,还要参与生产过程控制,从而进入质量控制的领域。

(2) 过程检测仪表在生产设备安全运行监测中应用广泛。在石油、炼油、化工、电力、供热等行业的生产设备通常在高温、高压状态下运行,保障生产过程中关键设备的安全运行具有重大意义。为此需要对设备的状态参数进行长期的动态监测,以便及时发现异常情况,达到早期诊断、故障预防的目的,以避免严重的突发事件,保障设备和人身安全,提高经济效益。

(3) 自动检测仪表与系统是自动控制系统中不可缺少的组成部分。在生产过程中,为了对生产过程和设备进行有效的控制,首先必须通过检测系统获取生产工艺参数和设备状态信息,然后才能进行分析、判断和控制。在实现自动化的过程中,对生产参数、设备状态等信息的获取与转换是极其重要的环节。只有准确、及时地将控制对象的各项参数检测出来,并转换成自动化装置及仪表能够识别和处理的信号,整个系统才能正常地工作,技术人员才能通过显示、记录仪了解生产状况。因此自动检测仪表与系统被形象地比喻为自动化系统的“眼睛”。

科学技术的迅猛发展,为检测仪表的现代化创造了条件,也促进了检测技术及仪表的发展。人们不断地将所发现的新的测量原理、新型材料和新的加工工艺用于制造现代检测仪表。随着新技术的不断涌现,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,使传统检测技术及仪表发生了革命性的变化,产生了多传感器复合检测技术、微机械量检测技术、检测信息的融合处理技术,智能传感器和仪表、计算机多媒体化的虚拟仪表、现场总线和网络化仪表也如雨后春笋般不断涌现。检测与控制仪表步入了小型化、集成化、智能化和网络化的时代。

利用现代微电子技术和微加工技术制作的检测元器件,例如采用扩散硅和蚀刻技术制作的谐振硅压力测量敏感元件,可直接将压力信号转换成电信号,可以取代传统的检测元件及机械传动机构。微处理器在检测仪表中的应用,使检测仪表进一步小型化、电子化,结构更为小巧,功能更为强大。

检测仪表的集成化是另一个重要的发展趋势。将现代半导体制作工艺与集成电路制作技术相结合,更多地利用半导体材料将检测敏感元件和信号处理电路集成在一起,组成所谓的

固态传感器。集成化的前提是电子化,由于可以将诸如信号输入电路、信号调制、功率放大、线性化处理、通信功能等模块都集成在一块芯片上,从而极大地缩小了仪表电子电路的体积,并且使仪表的性能更高、更稳定。

目前,利用单片机等微处理器技术进行信号处理的智能化仪表得到了迅猛发展。智能化仪表具备了数据计算和逻辑分析能力,仪表的功能增加、性能提高,使用更加灵活方便。除具有检测功能外,还具有计算、显示、报警、控制、诊断等功能。

在传统的检测控制系统中,大多采用标准制式的电流信号进行信号的远传,构成各种控制系统。随着网络技术的发展,尤其是现场总线进入到现场测控单元后,改变了常规的连接模式。各种仪表均可挂在一条网络线路上,以数字信号取代模拟电流信号进行传递,这样,既大大节省了线路的连接,同时也使得现场仪表实现了网络化。

改革开放以来,我们国家的仪表技术发展很快,通过引进、消化与吸收,逐步形成了功能先进、种类齐全的自动化仪表生产基地,分布在北京、上海、西安、重庆、宁波等地,并且建成了完善的开发、设计、生产体系。同时智能化仪表等新型仪表的应用日益广泛,价格逐渐下降,但传统的检测控制仪表也还在大量使用。这就要求技术人员既要掌握现阶段普遍使用的检测仪表,又要熟悉与了解先进的仪表知识。

0.3 课程的性质、任务及要求

本课程为高职高专学校生产过程自动化专业的必修课,与物理学、电工技术、模拟电子技术、数字电子技术、流体力学、机械原理、化工原理等课程有密切联系,是一门综合性、实践性较强的专业技术课。

课程的主要内容介绍石油、炼制、化工、冶金、电站、供热、燃气输配及轻工、制药、食品等行业常用过程检测仪器的结构原理及应用知识。通过本课程的学习,要求学生能掌握自动检测方法 with 检测仪器的基础知识,掌握常用压力、流量、物位、温度等化工参数和产品的成分、物性参数检测仪器的基本结构、工作原理、性能特点及应用知识,掌握模拟显示仪表和数字显示仪表的结构原理、功能特性和使用方法。以使学生在实际生产过程中能正确选择和使用常用仪表,并具备仪表简单故障的分析、处理能力,为其将来从事相关专业的过程检测及自动化管理打下基础。

第1章

过程检测技术基础

本章简介

工业生产过程中工艺参数的检测, 是保证生产稳定、经济及安全运行的重要环节。学习与掌握过程检测技术的基本理论和基本检测方法是有效实施测量的基础。本章主要从检测的概念、测量误差理论、检测仪表基础等三方面进行介绍。重点介绍了常用检测方法、检测系统特性, 测量误差及测量数据处理, 检测仪表组成及性能等基本知识。通过对过程检测技术基础知识的学习与研究, 为今后检测仪表的学习打下坚实的基础。

在生产过程中, 为了正确指导生产操作, 提高产品质量, 保证安全生产, 实现生产过程的自动控制, 需要对工艺生产过程中的压力、物位、流量、温度等参数和产品的成分及物性进行自动检测。为满足工业生产过程的检测要求, 尽可能地获得参数的真实值, 需要对检测方法、检测系统的特性、测量误差及测量数据的处理等基础知识进行学习和讨论, 以便有效地实施测量。本章重点介绍测量的概念及过程。

1.1 测量的概念

1.1.1 测量的定义

测量就是用实验的方法, 借助专门仪器或设备把被测量物理量(被测量)与同性质的单位标准量(测量单位)进行比较, 得到被测量相对于标准量的倍数, 从而确定被测量数值大小的过程。用数学公式表示如下

$$X = X_m V \quad (1.1)$$

式中 X ——被测量;

V ——测量单位;

X_m ——倍数。

测量结果——测量值, 包括被测量的大小 X_m 、符号(正或负)及测量单位, 也就是测量单位与倍数值之乘积。

例如, 我们要测量一个物体的长度, 可以将一把测量单位为 mm 的直尺与被测物体的两端比较。看物体两端对应于直尺所包含的 mm 刻度格的数量, 如 100, 则表明物体有 100mm 长。更为直接的方法是让直尺的 0mm 线(零位)对准物体一端, 则物体另一端所对应的直尺的读数就是物体长度所包含的 mm 的倍数, 乘以测量单位 mm 即为测量值。

实际上, 绝大多数被测变量是无法借助于像直尺这样的测量工具直接进行比较而完成测量的。往往需要将被测变量进行转换, 将其转换成另外一个便于比较的量, 并与被测量成正比或具有确定的函数关系。例如, 玻璃体温计是利用下端玻璃泡里水银的热膨胀效应, 将温

度转换成体积，膨胀的水银在温度计上方连通的毛细管里被转换成水银柱高度，与同时被转换成高度的温度测量单位——温度刻度值比较，就可以得到被测温度值。

所有用指针指示测量值的仪表，都必须利用某些物理、化学效应，将被测量转换为便于比较的信号形式（如指针位移），并把单位标准量转换成标尺刻度，指针位置对应的刻度示值就是包含单位标准量的倍数，即为测量值。

所以说，测量过程都是将被测参数与其相应的测量单位进行比较的过程。测量过程实质上就是将测量与体现测量单位的标准量比较，对被测参数信号形式转换的过程，而检测仪表就是实现这种比较的工具。

1.1.2 测量方法

实现测量的方法很多，对于不同的测量参数和检测系统需采用最适合的测量方法，才能取得最佳的测量结果。如果按测量敏感元件是否与被测介质接触，可以将测量方法分为接触测量和非接触式测量；如果按被测变量的变化速度，可分为静态测量和动态测量；按比较方式分类，可以分为直接测量和间接测量；按测量原理分类，可分为偏差法、零位法、微差法测量；按检测系统的结构分类，可分为开环式测量、反馈型闭环测量等。以下仅介绍按测量原理分类的几种测量方法。

1. 偏差法

偏差法是用检测仪表的指针相对于仪表刻度零位的位移（偏差）量直接表示被测量大小，如弹簧秤、压力表、体温计等指示式仪表。偏差法测量方式属于开环测量方式，仪表刻度是预先用标准仪器标定好的，测量结果的好坏取决于测量元件和转换放大环节的性能。偏差法测量的特点是直观、简便、速度快，相应的仪表结构简单，测量精度较低，测量范围小。

2. 零位法

零位法是将测量与已知标准量进行比较，当二者差值为零时，由标准量的值即可确定被测量的大小。零位法属于反馈型闭环检测方法，如用天平测量物体质量的方法就是零位法。在现代仪表中，零位法的平衡操作已经全自动完成了，如电子电位差计等就是如此。零位法测量具有测量精度高、测量过程复杂等特点，不适用于测量快速变化的参数。

3. 微差法

微差法是将偏差法和零位法组合使用的一种测量方法。测量过程中将被测量的大部分用标准量平衡，而剩余部分采用偏差法测量。利用不平衡电桥测量热电阻的变化即是如此，桥路中被测电阻的静态电阻使电桥处于平衡状态，而热电阻的电阻变化量使电桥失去平衡，产生相应的电压输出，被测热电阻的大小等于其静态电阻与用电桥输出电压确定的电阻变化量之和。微差法具有测量精度高、反应速度快等特点。

1.2 测量误差及处理

测量的目的是希望能正确地反映被测参数的真实值。但是，由于测量方法的局限性、检测仪表本身的质量缺陷、测量环境的干扰和测量者主观因素的影响，无论怎样努力，都不可能使测量结果绝对准确，而只能尽量接近真实值。测量值与真实值之间始终存在着一定差值，这一差值就是测量误差。要在测量数据中消除测量误差，甄选出真实结果，需要对测量数据进行处理。