



教育部高职高专规划教材

附光盘

工业电器与自动化

► 陆建国 主编



化学工业出版社

教材出版中心

教育部高职高专规划教材

工业电器与自动化

陆建国 主编

开俊 主审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

工业电器与自动化/陆建国主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 4

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-6828-X

I. 工… II. 陆… III. 电器-自动化-高等学校: 技术学院-教材 IV. TM5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 023405 号

教育部高职高专规划教材

工业电器与自动化

陆建国 主编

开 俊 主审

责任编辑: 王丽娜

文字编辑: 陈 敏

责任校对: 顾淑云 宋 玮

封面设计: 于 兵

化学工业出版社
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

[http:// www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16¼ 字数 397 千字

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6828-X/G · 1748

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分,改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,立足高职高专教育人才培养目标,本教材依据“必需、够用”为度的职业教育理念,打破原有的学科型课程体系,对工艺类专业传统开设的“电工电子学”和“化工仪表及自动化”两门课程进行整合,以加强实践能力培养为原则,突出应用性和针对性,在内容安排上做了新的尝试,以适应教学改革的需要。

同时教材从表现形式上也有新的突破,本书配有内容丰富动画逼真的多媒体教材,既可方便教师备课,又可提供给学生自学参考。另外,在教学内容的安排上,也希望能方便教师根据教学计划予以取舍。

全书分为两篇共十一章,第一篇主要描述电工电子基础知识及工业电器的使用;第二篇重点介绍工业仪表及过程自动化基本知识。每章后配有习题与思考题,根据职业教育特点,第十一章附有实验与实训。全书集理论阐述、技能培训与应用能力培养为一体,体系较为新颖,知识点与能力点结合较紧,内容可选择性强。

本书由常州工程职业技术学院陆建国主编,南京化工职业技术学院王永红、安徽化工学校吴祚武、河南工业大学化工职业学院张虎、天津渤海职业技术学院吉红、常州工程职业技术学院张中炎、李玮参与编写工作。其中:绪论、第七章由陆建国执笔,第八、九章由王永红执笔,第六、十章由吴祚武执笔,第三、四、五章由张虎执笔,第一、二章由吉红执笔,第十一章由李玮执笔,配套的多媒体教材由张中炎制作完成,光盘中的内容包括各章节的电子教案以及大量的多媒体素材,用图片和动画的形式对知识点进行讲解。全书由安徽化工学校开俊主审。

本书在编写中得到全国化工高职教学指导委员会的支持,常州工程职业技术学院、南京化工职业技术学院、安徽化工学校、河南工业大学化工职业学院、天津渤海职业技术学院的相关领导都对教材编写工作给予热情帮助和指导,在此一并表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错误、不妥之处请批评指正。

编 者

2005年3月于北京

内 容 提 要

本书主要对工艺类专业所涉及的电工学基础、电子学基础、电机与电器、工业检测仪表、过程控制仪表和生产过程自动化基础等内容及一些相关知识进行了较全面的介绍。

本书将传统的“电工学”“过程自动化”整合成一本综合化的教科书，可配合高职高专工艺类专业完成专业学生的培养目标，可作为高职高专石油、化工、轻工、林业冶金、造纸等相关专业的教材，也可作为工艺操作人员的参考用书。

全书分为两篇共十一章，第一篇主要描述电工电子基础知识及工业电器的使用；第二篇重点介绍工业仪表及过程自动化基本知识。每章后配有习题与思考题，根据职业教育特点，第十一章附有实验与实训。全书集理论阐述、技能培训与应用能力培养为一体，体系较为新颖，知识点与能力点结合较紧，内容可选择性强。

本书配套有多媒体电子光盘，光盘中的内容包括书中各章节的电子教案以及大量的多媒体素材，用图片和动画的形式对各知识难点深入讲解。有助于教学和学生的自学。

目 录

绪论	1
一、本课程的性质与任务	1
二、课程框架与内容	1
三、过程控制系统简介	2
四、关于本课程的学习方法	5

第一篇 工业电器基础

第一章 电工基础	9
第一节 直流电路	9
一、电路的组成及物理量	9
二、欧姆定律	12
三、基尔霍夫定律	13
四、电路中电位的计算	15
第二节 电磁特性	15
一、电流的磁场	16
二、描述磁场的物理量	17
三、铁磁材料	18
四、磁路	19
五、自感、互感和涡流	19
第三节 交流电路特性	20
一、正弦交流电	20
二、单相正弦交流电路	24
三、三相正弦交流电路	26
习题与思考题	29
第二章 常用电子器件及其应用	31
第一节 常用电子器件	31
一、半导体二极管及其特性	31
二、半导体三极管及其特性	32
三、场效应管的结构和特性	34
四、可控硅	34
五、集成电路和集成运算放大器	35

第二节 基本电子电路	36
一、整流与滤波电路	36
二、三极管交流放大电路	38
三、多级放大器	40
四、数字电路	41
第三节 应用举例	45
一、直流稳压电路	45
二、运算放大器的应用	45
三、计数器与寄存器	47
四、模/数与数/模转换	47
习题与思考题	48
第三章 常用电机与电器	49
第一节 常用低压电器	49
一、低压电器的分类	49
二、手控电器	50
三、接触器	52
四、继电器	52
五、熔断器	53
第二节 异步电动机	53
一、三相异步电动机的基本结构	53
二、三相异步电动机的工作原理	55
三、三相异步电动机的铭牌	56
四、三相异步电动机的启动、正反转控制和制动控制	57
五、单相异步电动机	63
六、电动机的保护	64
第三节 变压器	65
一、变压器的结构	65
二、变压器的工作原理	66
三、变压器的分类	67
四、变压器的铭牌数据	69
习题与思考题	70
第四章 电工测量与安全用电	71
第一节 电工测量	71
一、概述	71
二、电流、电压和功率的测量	72
三、万用表	74
第二节 安全用电	76
一、供电系统	77
二、触电事故	77
三、雷电危害及防护	80

四、静电危害及防护	80
五、节约用电	81
习题与思考题	81

第二篇 工业控制基础

第五章 检测仪表	85
第一节 概述	85
一、测量的基本知识	85
二、检测仪表的基础知识	86
第二节 压力检测及仪表	88
一、压力检测仪表的分类	88
二、弹簧管压力表	89
三、DDZ-Ⅲ型力矩平衡式压力变送器	90
四、其他差压变送器	90
五、压力检测仪表的选择及安装	92
第三节 物位检测及仪表	93
一、物位检测的基本概念	93
二、差压式液位计	94
三、浮力式液位计	95
四、其他物位检测仪表	96
第四节 流量检测仪表	97
一、流量检测的基本概念	97
二、差压式流量计	98
三、其他流量仪表	99
四、各种流量检测元件及仪表的选用	102
第五节 温度检测仪表	103
一、温度的基本概念	103
二、热电偶温度计	103
三、热电阻温度计	106
四、温度变送器	107
五、常用的温度显示仪表	108
六、测温仪表的选择与安装	111
第六节 成分自动检测及仪表	112
一、分析仪器的基本知识	112
二、热导式气体分析器	113
三、氧分析器	114
四、工业电导仪	116
五、工业酸度计	116
六、红外线气体分析器	117

七、工业气相色谱仪	117
第七节 传感器	118
一、传感器的组成及分类	118
二、常见传感器的应用	120
习题与思考题	122
第六章 控制规律及控制仪表	124
第一节 常用控制规律	124
一、双位控制	124
二、比例 (P) 控制	125
三、比例积分 (PI) 控制	127
四、比例微分 (PD) 控制	129
五、比例积分微分 (PID) 控制	130
第二节 基本控制器及其应用	131
一、电动控制器	131
二、数字控制器	134
第三节 执行器	138
一、气动执行器的组成及工作原理	138
二、调节阀的类型及工作方式	139
三、调节阀的流量特性	141
四、调节阀的选择与安装	143
五、电/气转换器与电/气阀门定位器	144
习题与思考题	144
第七章 工业控制系统	146
第一节 概述	146
一、过程自动检测系统	146
二、过程自动控制系统	146
三、过程自动控制系统的过渡过程和品质指标	148
第二节 对象特性	150
一、与对象有关的两个基本概念	150
二、描述对象特性的三个参数	150
三、扰动通道特性对控制质量的影响	151
四、控制通道特性对控制质量的影响	152
第三节 简单控制系统及其控制方案的确定	152
一、简单控制系统的组成	152
二、控制符号图	153
三、简单控制系统控制符号图识图初步	156
四、控制方案的确定	156
第四节 控制器的参数整定	158
一、经验试凑法	158
二、衰减曲线法	158

三、临界比例度法·····	159
第五节 简单控制系统的投运及应用举例·····	160
一、准备工作·····	160
二、手动投运·····	161
三、切换到自动状态·····	161
四、控制系统的停车·····	161
五、系统的故障分析、判断与处理·····	161
第六节 复杂控制系统·····	163
一、串级控制系统·····	163
二、均匀控制系统·····	165
三、比值控制系统·····	167
四、三冲量控制系统·····	168
五、分程控制系统·····	168
六、选择性控制系统·····	170
七、前馈控制系统·····	171
第七节 控制流程图识图·····	172
一、常规控制流程图的识图·····	172
二、计算机控制流程图的识图初步·····	175
习题与思考题·····	176
第八章 计算机控制基础 ·····	178
第一节 计算机控制系统概述·····	178
一、计算机控制系统的组成及特点·····	178
二、过程通道·····	179
三、信号处理、控制算法及人机联系设备·····	182
第二节 集散型控制系统·····	183
一、集散控制系统的基本组成和特点·····	184
二、集散控制系统的结构与功能·····	186
三、集散控制系统的通信网络·····	189
四、集散控制系统的软件体系·····	190
五、常见集散控制系统的简介·····	190
第三节 现场总线控制系统·····	193
一、基本概念·····	193
二、现场总线控制系统及其应用·····	195
三、以现场总线为基础的企业信息系统·····	198
第四节 可编程控制器及控制技术·····	199
一、可编程控制器的主要特点·····	199
二、可编程控制器的构成·····	200
三、可编程控制器的分类·····	201
四、可编程控制器的工作过程·····	202
五、可编程控制器与其他顺序逻辑控制系统的比较·····	202

六、可编程控制器的应用	204
习题与思考题	207
第九章 信号报警与联锁保护系统	208
第一节 继电保护基础知识	208
一、信号报警和联锁保护系统组成	208
二、信号报警和联锁保护系统的技术要求	209
第二节 自动信号报警及电路	209
一、自动信号的类型	209
二、信号报警系统的组成	210
三、信号报警系统的功能	212
第三节 自动联锁保护及电路	214
一、联锁保护的内容	214
二、联锁保护电路	214
习题与思考题	216
第十章 典型过程控制系统	218
第一节 锅炉的过程控制	218
一、单冲量液位控制系统	219
二、双冲量液位控制系统	220
三、三冲量液位控制系统	221
第二节 精馏塔的过程控制	221
一、精馏塔的控制要求	221
二、精馏塔的主要扰动	222
三、精馏塔的控制方案	222
习题与思考题	224
第十一章 实验与实训	225
实验一 常用电工仪器使用、安全用电知识及变压器测试	225
实验二 三相异步电动机的认识及控制	227
实验三 弹簧管压力表的识别及校验（或压力、差压变送器识别）	229
实验四 显示仪表校验	231
实训一 控制系统的基本操作	233
实训二 集散控制系统的认识与操作（实物或仿真）	234
实训三 认识实践	235
附录	236
附录一 常用压力表的规格及型号	236
附录二 标准化热电偶电势-温度对照表	237
附录三 热电阻欧姆-温度对照表	241
附录四 热电偶、热电阻型号与主要规格	246
主要参考文献	248

绪 论

一、本课程的性质与任务

现代化工工业作为一个技术密集性行业，生产过程的电气化和自动化程度日益提高，各种电器设备及工业自动化仪表得到广泛应用。由于化工生产的整个过程都是在密闭的管道和设备中进行的，通常具有高温、深冷、高压、易燃、易爆、有毒、腐蚀等特点，借助于自动检测、控制仪表对生产装置和生产过程的温度、压力、流量、物位以及物体成分等变量进行实时检测和控制，将能保证安全稳定的连续生产，保证合格的产品质量。

化工生产过程无一例外都是由生产设备、动力装置、自动化仪表设备来构成的，工艺操作人员要维持生产的安全稳定进行，必须通过正确操作有关自动化仪器设备来实现。作为工艺专业技术人员，除掌握必要的工艺生产专业知识外，应了解一些动力装置的正确操作方法，了解日常供电和用电的基本常识，熟悉、掌握化工厂中常见电器设备和检测控制仪表的性能以及操作方法，具有工业电器的使用能力、工程识图的能力、操作自控仪器仪表的能力、自动控制系统开停车能力、判断分析及初步处理系统故障的能力等。只有正确的使用和操作这些设备和仪表，才能确保工艺生产的安全正常进行，完成工艺岗位的任务。

本课程属工艺专业的主干课程，是高职工艺类专业学生必修的、具有较强综合性的一门技术课程。通过理论学习、实验、实训，了解掌握化工厂中常用电气设备、检测控制仪表以及生产过程自动化的基础知识，为今后正确使用和操作电气设备、仪器仪表打下基础。

本课程的内容涉及电工学基础、电子学基础、电机与电器、工业检测仪表、过程控制仪表和生产过程自动化基础等课程内容，将传统的“电工学”、“过程自动化”整合成一门技术基础课。为配合高职高专工艺类专业完成专业学生和培养目标，本书在以往教材的基础上进行了一些调整，从形式上也进行了创新，随文字教材附带光盘版电子教材，以适应学制缩短后高职高专教学改革和教学信息化的需要。

二、课程框架与内容

根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神，为满足高职化学工艺类专业教学的需要，本教材在吸取传统教材精华的基础上，突破学科体系结构，从工艺专业岗位人员实际能力需要为出发点，对相关教学内容进行优化整合。具体说来，主要有以下几个方面的考虑。

① 教材框架上分为理论和实践两大部分，着力降低理论要求，减少微观分析和理论公式推导，注重特性和实用技术介绍。实践部分设置了较多的实验内容，注重实践性和实用性。内容阐述上力求简明扼要，通俗易懂，深入浅出，启发性与实用性体现明显。内容选择上力求与生产实际相结合，适应高职高专教育培养岗位型、实用型、应用型人才的改革思想。同时，充分利用多媒体教学这种既直观，又易懂的教学方式。附带光盘版电子教材力求围绕文字教材主线，动画逼真形象。

② 教材内容力求去旧立新，删减工厂少用或现已不用的过程控制仪表等陈旧内容，突出新知识、新技术、新工艺和新方法的介绍。

③ 对于基础电工学和电子学部分，仅介绍基本概念和简单电路计算方法，不在深层次上作进一步分析，主要使学生了解和熟悉电工学和电子学的基础知识内容。

④ 对教材中所涉及的电器设备和仪表，一般均不进行内部电路分析，对工作原理和机器结构仅作介绍，重点放在常用电器设备和仪表的正确使用及操作方面，突出实际操作能力的培养。

⑤ 生产过程自动化方面的内容，以满足正确使用电器设备和检测控制仪表的知识需要为前提，从满足教学的“必需、够用”出发，选择整合教学内容，不再考虑学科体系的完整性。

⑥ 可编程控制器和集散控制系统在现代化工生产中的应用日益增多，发展日新月异，但各企业所用的产品类型却不统一。本教材选用有代表性的集散控制系统和可编程控制器做介绍。

综合上述原则考虑，本课程的内容有以下几方面的内容。

(1) 电工学、电子学知识 以岗位操作中所必备的电工学、电子学基础知识为要点，介绍一般电路的组成、简单电路的基本计算方法、电磁感应现象、基本电子元器件的特性与作用、简单放大电路的组成及作用等电工学、电子学和电磁学的一些常用术语和一些常识性概念。掌握此部分内容对后续的常用电器和仪表部分的学习有重要作用。

(2) 常用工业电器设备 此部分内容包括变压器原理及作用、电动机的使用与控制、常见电工量测量方法及常用电工测量仪表的使用、常用低压电器的使用、安全用电和节约用电常识等。

(3) 工业检测及控制仪表 此部分主要介绍工业生产过程中温度、压力、物位、流量、物质成分等工业参数测量方法，同时介绍相关检测仪表的特性、结构及使用方法，讲述常用工业控制仪表的作用原理、结构及同工业检测仪表的配合使用。重点放在仪表的操作使用上。

(4) 生产过程自动化基础 结合工艺变量测量和检测仪表、控制仪表的使用，讲述生产过程自动控制系统的常用术语、系统一般构成、过程控制系统的动作过程，简述常见工业生产过程的基本特性和常用调节控制方法，重点讲述过程控制仪表对控制系统的作用及其操作方法。介绍工程常用图符及带检测点工艺流程图和常见信号报警电路的读图识图方法。

(5) 新型控制仪器和新型控制系统介绍 此部分内容为选修内容，旨在通过对一些新型控制仪表和新型控制系统的介绍，拓宽学生的知识面，达到素质培养的目的。通过对典型可编程控制器（PLC）的特性、组成、发展与操作使用的介绍和对典型集散控制系统（DCS）的特性、组成、操作使用的介绍，使学生基本了解新型控制仪表和新型控制系统的一般操作使用方法与发展趋势。

三、过程控制系统简介

化工生产过程中，为保证产品质量，保证生产正常、安全、高效、低耗地进行，就必须将能影响产品质量和生产过程的压力（ p ）、物位（ L ）、流量（ F ）、温度（ T ）及物质成分（ A ）等几大热工变量控制在规定的范围内，但由于化工生产过程的容器和设备常常是密闭的，生产条件也多处于高温、深冷、高压或真空等超常状态，且多数工艺介质还具有易燃、易爆、有毒、有腐蚀性等性质。因此，化工生产过程的控制多数情况下需借助于电气化和自

自动化手段，在生产设备上配备一些自动控制装置，取代操作人员的手工作业，使生产在一定程度上自动地进行。这种用自动控制装置来管理生产过程的办法，称为生产过程的自动控制，简称过程自动化。

1. 过程控制系统的分类

过程控制系统一般分为生产过程的自动检测、自动控制、自动报警联锁、自动操纵四大类。

(1) 过程自动检测系统 利用各种检测仪表自动连续地对相应的工艺变量进行检测，并能自动指示或记录的系统，称为过程检测系统。

(2) 过程自动控制系统 用自动控制装置对生产过程中的某些重要变量进行自动控制，使受到外界干扰影响而偏离正常状态的工艺变量自动地回复到规定的数值范围的系统。

过程的自动控制系统可分为：定值控制系统、程序控制系统、随动控制系统三种，生产过程中“定值控制系统”使用最多，因此常以定值控制系统为例来讨论过程自动控制系统。

(3) 过程自动报警与联锁保护系统 对一些关键的生产变量，应设有自动信号报警与联锁保护系统。当变量接近临界数值时，系统会发出声、光报警，提醒操作人员注意。如果变量进一步接近临界值、工况接近危险状态时，联锁系统立即采取紧急措施，自动打开安全阀或切断某些通路，必要时紧急停车，以防止事故的发生和扩大。

(4) 过程的自动操纵系统 按预先规定的步骤，自动地对生产设备进行周期性操作的系统。

2. 过程控制仪表的分类

过程控制仪表是实现过程控制的工具，种类繁多，功能不同，结构各异。按不同的角度可以有不同的分类方法。

(1) 按功能不同 可分为检测仪表、显示仪表、控制仪表和执行器。

① 检测仪表包括各种变量的检测元件、传感器和变送器；

② 显示仪表有模拟量和数字量及屏幕显示形式；

③ 控制仪表包括气动、电动控制仪表和计算机控制装置；

④ 执行器有气动、电动、液动等类型。

这些仪表之间的关系如图 0-1 所示。

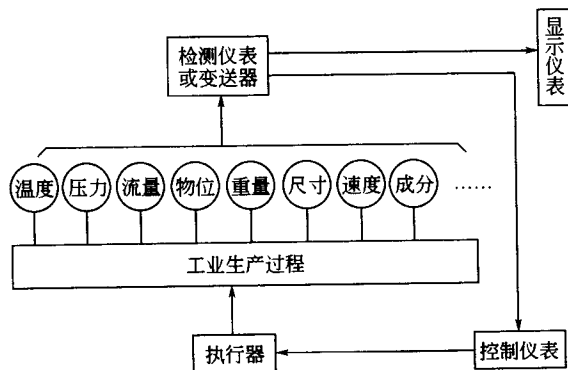


图 0-1 过程控制仪表的关系

习惯上，常将显示仪表列入检测仪表范围，将执行器列入控制仪表范围，在后续章节里

将分别予以介绍。

(2) 按使用的能源不同,可分为气动仪表和电动仪表。

① 气动仪表以压缩空气为能源,性能稳定、可靠性高、防爆性能好,且结构简单。特别适合于石油、化工等有爆炸危险的场所。气信号传输速度慢、传送距离短、仪表精度低,不能满足现代化生产的要求,因此很少使用。但由于其天然的防爆性能,使气动薄膜控制阀的应用仍然非常广泛。

② 电动仪表以电为能源,信息传递快,传送距离远,是实现远距离集中显示和控制的理想仪表。

(3) 按结构形式分 可分为基地式仪表、单元组合仪表、组件组装式仪表等。

① 基地式仪表集检测、显示、记录和控制等功能于一体。功能集中,价格低廉,比较适合于单变量的就地控制系统。

② 所谓单元组合仪表是根据检测系统和控制系统中各组成环节的不同功能和使用要求,将整套仪表划分成能独立实现一定功能的若干单元(分为变送、控制、显示、执行、设定、计算、辅助、转换八大单元),各单元之间采用统一信号进行联系(气动仪表标准信号为 $0.02\sim 0.1\text{MPa}$,电动仪表标准信号为 $4\sim 20\text{mA DC}$)。使用时可根据控制系统的需要,对各单元进行选择 and 组合,从而构成多种多样的、复杂程度各异的检测系统和控制系统。单元组合仪表也称作积木式仪表。

③ 组件组装式仪表是一种功能分离、结构组件化的成套仪表(或装置)。

(4) 按信号形式分 可分为模拟仪表和数字仪表。

① 模拟仪表的外部传输信号和内部处理的信号均为连续变化的模拟量(如 $4\sim 20\text{mA}$ 电流, $1\sim 5\text{V}$ 电压等),前已提及的单元组合仪表均属模拟仪表。

② 数字仪表的外部传输信号有模拟信号和数字信号两种,但内部处理信号都是数字量(0, 1),如可编程调节器等。

3. 过程控制技术及仪表的发展

伴随着过程控制系统的发展,实现过程控制的工具也同样在不断地更新换代,自动化水平不断提高。20世纪70年代中期的DDZ-III型仪表,是继集成电路之后出现的,以集成运算放大器为主要放大元件, 24V DC 为能源,采用国际标准信号制的 $4\sim 20\text{mA DC}$ 为统一标准信号组合型仪表。它在体积基本不变的情形下,大大增加了仪表的功能,工作在现场的DDZ-III型仪表均为安全火花型防爆仪表,配上安全栅,构成安全火花防爆系统,相当安全。因此在化工、炼油等行业得到了广泛的应用,并曾一度占主导地位,至今,一些中小企业及大企业的部分装置仍在使用的。进入20世纪80年代后,由于微处理器的发展,又出现了DDZ-S型智能式单元组合仪表,它以微处理器为核心,能源、信号都同于DDZ-III型,其可靠性、准确性、功能等都远远优于DDZ-III型仪表。

自20世纪80年代开始,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、显示操作集中,集控制、管理于一体的分散型控制系统(DCS),从而将过程控制仪表及装置推向高级阶段。同时,可编程序控制器(PLC)的应用也从逻辑控制领域向过程控制领域拓展,以其优良的技术性能和良好的性能/价格比在过程控制领域中占据了一席之地。此外,现场总线(Field Bus)这种用于现场仪表与控制系统和控制室之间的一种开放式、全分散、全数字化、智能、双向、多变量、多点、多站的通信系统,使现场设备能完成过程的基本控制功能外,还增加了非控制信息监视的可能性,越来越

越受到控制人员的欢迎。

过程控制系统及其实施工具——仪表的发展用“突飞猛进”和“日新月异”来形容毫不过分，新型控制系统和新型控制工具还在不断推出，可以说，生产过程控制技术是极有挑战性的学科领域。

四、关于本课程的学习方法

本课程教学内容的选择是从培养学生具有正确使用常用工业电器，掌握工业控制仪表使用技能这一目标出发来选取整合的，所涉及的知识范围涵盖面较宽，各部分内容本身也未考虑各学科体系的完整性，着重培养和训练学生对各有关电器设备和工业检测控制仪表的操作使用。总体说来，应重点放在技能操作的学习上，但各部分的侧重点又有一些差异和区别。

学习电工学、电子学基础知识时，应结合实验中和日常生活中所见到的各种电现象进行学习，利用所学的基础知识对有关电现象进行解释，学以致用，融会贯通。同时注意常用技术术语的理解和掌握。

对于常用工业电器设备部分（变压器、电动机、常用电工测量仪表），学习时应先弄清各设备结构、基本工作原理和作用，在此基础上继而掌握各设备的使用、控制方法。应结合触电的危害性来理解安全用电的重要性，了解安全用电的常识性规则，掌握安全用电方法。

在学习工业检测控制仪表这部分内容时，重点应放在学习仪表的操作使用上。此部分内容因涉及多种检测仪表和控制仪表，初次接触时可能有零散之感，因此学习中在注意理解各种仪表各自作用的同时，还应注意检测仪表和控制仪表这两类仪表之间的联系，抓住仪表之间的共同性和各自的特殊性，了解各种仪表中的旋钮和开关的功能作用，并掌握其操作方法。

对于控制系统的学习，应从理解典型工艺生产过程的特性着手，站在系统的高度，围绕采用什么方法才能改善系统特性，从而维持系统稳定这一问题，来理解调节规律及具体操作。应熟悉工程常用图符，学会带检测点工艺流程图和信号报警及信号联锁电路图的读图方法。

对教材中可编程控制器和集散控制系统部分的学习，应主要了解可编程控制器的功能、优点，熟悉典型仪器的使用操作方法。了解集散控制系统的框架构成及发展情况，结合典型化工单元的仿真操作实训，熟悉掌握集散控制系统的基本操作方法。

在学习中应注重理解基础上的实际操作。在有条件的情况下，注意观察各种电器设备和仪器仪表的结构，在了解各种设备、仪器仪表的动作原理的基础上，熟悉并掌握设备、仪器或仪表的操作方法。学习过程中，提倡眼、脑、手并用，在条件允许的情况下，提倡多深入工厂观察、了解，建立感性认识，带着问题进入课堂，有目的地学习各部分知识。