

化工工人中级技术培训教材

第四版

化工电气和 化工仪表

庄绍君 陈云明 主编



化学工业出版社

化工工人中级技术培训教材 第四版

化工电气和化工仪表

庄绍君 陈云明 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是化工工人中级技术培训教材（第四版）的一个分册。全书分化工电气和化工仪表两篇，主要内容为电磁感应、交流电路、工业电子学基础知识、电气照明、变压器、交流电动机、三相交流电动机的控制、电热设备、电气测量指示仪表、化工企业供电、电气安全、化工自动化基本知识、化工生产过程参数检测及仪表、对象特性、控制规律和调节器、调节阀、简单控制系统、复杂控制系统、计算机控制系统、自动信号报警与连锁保护系统、旋转机械状态监测系统等内容。全书内容针对中级工特点，注重介绍基础知识、基本概念及应用实例等必须掌握的知识。

本书可供化工中级技术工人培训之用，也可供操作工和中、初级技术工人自学，还可供电气和仪表专业的相关人员阅读。

图书在版编目（CIP）数据

化工电气和化工仪表/庄绍君，陈云明主编。—4版。
北京：化学工业出版社，2012.7

（化工工人中级技术培训教材）

ISBN 978-7-122-14288-7

I. 化… II. ①庄…②陈… III. ①化学工程-电工学-技术培训-教材②化工仪表-技术培训-教材 IV. ①TQ056②TQ083

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 094450 号

责任编辑：袁海燕 陈 丽
责任校对：顾淑云

装帧设计：关 飞

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 装：北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 14¼ 字数 395 千字
2012 年 8 月北京第 4 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：35.00 元

版权所有 违者必究

前 言

为了适应市场经济发展对目前职工教育培训的需要，积极配合化工技术工人进行培训和职业技能鉴定，根据《化工特有工种职业技能鉴定规范》（讨论稿）对中级工应该掌握和了解的有关技术理论知识（应知）和工艺操作能力（应会）的内容，我们对2008年出版的《化工工人中级技术培训教材》进行了修订。

在本套书编写过程中，编者多次学习讨论了《化工特有工种职业技能鉴定规范》（讨论稿），在对其内容范围和深浅程度有了充分理解的基础上，兼顾中、高级技术工人在操作技能上的差别及其在基本技术理论知识上的共性特点，并考虑到成人学习的特点，注重理论联系实际，紧紧围绕化工生产的实际和检修维护的特点，由浅入深、由易到难地提出问题、分析问题、解决问题，并列出了生产或计算实例。在文字表述方面注意做到用语通俗易懂；图表清晰；术语、名词及符号符合新规定。

此次再版，我们在内容和文字上做了一些修改和补充。并按照国家新颁布的规范和标准，对其中的部分内容进行了修订。根据目前电气和仪表技术的不断发展和进步，结合工厂的实际情况，增加了电气防爆、有毒和可燃气体报警器、火灾报警系统以及旋转机械状态监测系统的相关知识，充实了化工过程控制中常用的分析仪表的应知内容，使其更符合当前的技术要求，内容更新更能有效地满足工作的需要。

本书由庄绍君、陈云明主编，参加编写和修订工作的有张丹、

张绍波、吴奕轩、庄绍君、冯立坤、李守忠、陈云明等，全书由庄绍君统稿，陆志强、有杰审稿。在编写过程中，李守忠、刘建中、王锡玉、陈云明、刘勃安等进行了全套书的审稿工作。全套书由刘勃安组织，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2012年4月

目 录

第一篇 化工电气

第一章 电磁感应	1
第一节 电流的磁场	1
一、电流产生的磁场	1
二、右手螺旋定则	2
第二节 描述磁场的几个物理量	3
一、磁通量	3
二、磁感应强度	3
三、导磁系数（导磁率）	4
四、磁场强度	4
第三节 铁磁材料及其用途	5
第四节 磁场对载流导体的作用力	7
第五节 电磁感应	8
一、电磁感应现象	8
二、楞次定律及应用	9
三、法拉第电磁感应定律	10
第六节 自感、互感、涡流	10
一、自感现象	10
二、互感	11
三、涡流	12
第二章 交流电路	13
第一节 正弦交流电的产生	13
一、交流电和正弦交流电	13
二、正弦交流电的产生	13

第二节 正弦交流电的几个基本物理量	15
一、正弦量及其三要素	15
二、瞬时值、最大值和有效值	15
三、周期、频率和角频率	16
四、初相、相位、相位差	16
五、正弦量的表示法	17
第三节 几种简单参数的交流电路	18
一、纯电阻电路	18
二、纯电感电路	20
三、纯电容电路	21
四、交流电路中的功率	24
第四节 电阻和电感串并联	26
第五节 三相交流电路	27
一、三相交流电动势的产生和表示法	27
二、三相电源绕组的连接	29
三、三相电路中负载的连接	31
四、三相功率	33
第三章 工业电子学基础知识	34
第一节 半导体材料及其导电特性	34
一、半导体材料锗和硅的导电特性	34
二、PN 结的单向导电性	35
第二节 二极管和直流电源	36
一、半导体二极管的结构和特性	36
二、二极管的参数	37
三、二极管整流的工作原理	38
四、直流电源	38
第三节 三极管和交流放大电路	40
一、半导体三极管的结构和类型	40
二、三极管的电流放大作用	41
三、三极管的特性曲线	42
四、三极管的各种工作状态	45
五、单管交流放大电路	46

六、多级放大器	48
第四节 场效应管和可控硅	49
一、场效应管的结构和特征	49
二、可控硅和可控整流	50
第五节 脉冲数字电路	51
一、概述	51
二、三极管工作在开关状态	52
三、脉冲数字电路的工作原理及应用	52
第四章 电气照明	54
第一节 电气照明的一般知识	54
一、电光源的分类及选择	54
二、照明种类	55
三、照明及照度标准	56
四、照明质量标准	58
第二节 照明灯具的选择	58
一、工厂灯具的型号意义	58
二、灯具的特征	59
三、灯具的选择	60
第三节 电气照明的配电系统	60
一、电气照明的供电方式	60
二、电压选择	61
三、布线方式	61
第四节 电气照明的控制线路	62
一、白炽灯的控制线路	62
二、日光灯的控制线路	63
三、探照灯、碘钨灯的控制线路	65
四、高压水银灯（汞灯）	65
五、高压钠灯的控制线路	66
六、氙灯的控制线路	66
第五节 绿色新光源	67
一、LED 新光源	67
二、无极灯	70

第五章 变压器	72
第一节 概述	72
一、变压器的构造和铭牌数据	72
二、单相变压器的工作原理	74
第二节 三相变压器	77
第三节 特殊用途的变压器	80
一、自耦变压器	80
二、仪用互感器	80
三、电焊变压器	81
第六章 交流电动机	83
第一节 概述	83
一、交流电动机及类型	83
二、交流电动机的构造	83
三、旋转磁场	85
四、异步电动机工作原理	87
第二节 三相异步电动机	88
一、转差率	88
二、转子各参数与转差率的关系	89
三、三相异步电动机的电磁转矩	89
四、三相异步电动机的额定值	91
第三节 三相同步电动机	91
第四节 电动机的运行管理和维护	94
一、电动机的运行管理	94
二、电动机轴承的维护和润滑	95
第七章 三相交流电动机的控制	96
第一节 低压电器	96
一、开关	96
二、熔断器	98
三、交流接触器	98
四、按钮	98
五、热继电器	99

第二节	三相异步电动机开停的常见控制电路	101
一、	点动控制线路	101
二、	接触器自锁控制线路	101
三、	具有过载保护的自锁控制线路	102
四、	按钮连锁的正反转控制	103
五、	接触器连锁的正反转控制	103
六、	限位控制	105
七、	自动循环控制	105
第三节	三相异步电动机的启动	105
一、	全压直接启动	106
二、	降压启动	106
三、	软启动器启动	108
第四节	三相异步电动机的调速	108
一、	变极调速	108
二、	改变转差率调速	109
三、	变频调速	110
第八章	电热设备	112
第一节	概述	112
第二节	电阻炉	113
一、	结构	113
二、	炉衬	115
三、	炉子功率的确定	116
四、	加热元件	117
第三节	感应炉	120
一、	概述	120
二、	无芯感应熔炼炉	122
三、	有芯感应熔炼炉	123
四、	感应炉工频电源主回路	124
五、	感应炉的导线	126
第四节	电伴热	126
第九章	电气测量指示仪表	129
第一节	概述	129

一、仪表的分类	129
二、仪表的级别	129
三、电工仪表常用符号及其意义	130
四、仪表的灵敏度及仪表常数	132
第二节 磁电系仪表	132
一、磁电系仪表的原理与结构	132
二、磁电系仪表的应用	133
第三节 电磁系仪表	135
一、电磁系仪表的原理与结构	135
二、电磁系仪表特点及应用	136
三、电磁系钳形表	137
第四节 电动系仪表	138
一、原理与结构	138
二、电动系仪表的特性与应用	138
三、电动系功率表	139
四、功率因数表	140
第五节 感应系仪表	141
一、结构原理	141
二、感应系仪表的特征	141
三、瓦时表	141
第六节 万用表	145
一、结构特点	145
二、使用万用表应注意的问题	145
第十章 化工企业供电	147
第一节 发电和输电	147
一、发电概述	147
二、输电概述	148
第二节 化工企业供电	150
一、化工企业供电特点	150
二、化工企业供电	150
三、UPS	153
第十一章 电气安全	155

第一节 人身触电的危害及触电方式	155
一、电流对人体的危害	155
二、人体电阻	156
三、安全电压	157
四、触电方式	157
第二节 绝缘、屏护和间距	158
一、绝缘	158
二、屏护	161
三、间距	161
第三节 接地和接零	166
一、接地和接零的类型、特点及作用	166
二、接地装置的选择	168
三、接地装置的安装	169
第四节 配电系统的接地制式	171
一、TN 系统	171
二、TT 系统	172
三、IT 系统	173
第五节 静电的危害和防护	174
一、静电的产生和特点	174
二、静电的危害	175
三、静电的防护	176
第六节 防雷保护	178
一、概述	178
二、防雷装置	179
三、避雷装置的材料及安装	181
四、防雷措施	183
第七节 电气防爆	186
一、电气设备的防爆原理	186
二、爆炸性气体环境	186
三、爆炸性粉尘环境	189
四、火灾危险场所	190

第二篇 化工仪表

第十二章 化工自动化基本知识	193
第一节 化工自动控制系统的组成及分类	193
一、化工生产过程的控制	193
二、自动控制系统的组成	195
三、自动控制系统的分类	198
第二节 自动控制系统的过渡过程及其质量指标	198
一、系统的静态、动态和干扰作用	198
二、自动控制系统的过渡过程及其质量指标	200
第三节 化工自动化仪表简介	202
一、自动化仪表的分类	202
二、常用的自动化仪表	202
第十三章 化工生产过程参数检测及仪表	204
第一节 概述	204
一、测量过程及测量误差	204
二、精度等级、变差和灵敏度	205
三、检测仪表的组成	206
第二节 温度检测及仪表	206
一、概述	206
二、常用测温元件及变送器	208
三、常用温度显示仪表	215
四、温度仪表的选择及安装	227
第三节 压力检测及仪表	228
一、概述	228
二、常用测压方法及仪表	229
三、压力检测仪表的安装及选择	236
第四节 流量检测及仪表	238
一、概述	238
二、节流式流量计	239
三、其他检测方法简介	249

第五节 物位检测及仪表	253
一、概述	253
二、常用的液位检测仪表	254
三、其他物位计简介	260
第六节 过程分析仪表	262
一、概述	262
二、热导式分析器	264
三、热磁式氧分析器	265
四、氧化锆氧分析器	266
五、工业电导仪	278
六、pH 值测定仪	279
七、红外线气体分析器	282
八、工业气相色谱仪	284
第七节 可燃气体报警器和火灾报警器	286
一、有毒、可燃气体报警器	286
二、火灾报警系统	290
第十四章 对象特性	293
第一节 概述	293
第二节 对象的动态特性曲线	293
第三节 描述对象特性的三个参数	294
一、放大系数 K 及其对控制过程的影响	294
二、时间常数 T 及其对控制过程的影响	295
三、滞后时间 τ 及其对控制过程的影响	296
第十五章 控制规律和调节器	299
第一节 双位调节	299
第二节 比例调节	301
一、比例调节规律及其特点	301
二、比例度	304
三、比例度对调节过程的影响	305
第三节 比例积分调节	306
一、积分作用的特点	307
二、比例积分调节作用	308

第四节	比例微分调节	310
一、	微分调节规律的特点	310
二、	比例微分调节	311
三、	比例积分微分调节	312
四、	调节器简介	314
第十六章	调节阀	318
第一节	气动薄膜调节阀的特性及选型	318
一、	气动薄膜调节阀结构和工作原理	318
二、	调节阀的主要类型	319
三、	调节阀的流通能力与流量特性	322
四、	调节阀的选择	325
第二节	阀门定位器	326
一、	阀门定位器的工作原理	326
二、	阀门定位器的作用	326
第三节	电动调节阀	327
一、	电动调节阀概述	327
二、	电动调节阀结构及工作原理	327
第十七章	简单控制系统	329
第一节	简单控制系统的构成	329
一、	简单控制系统的构成	329
二、	被控参数的选择	329
三、	操作变量的选择	330
四、	滞后对控制过程的影响	330
五、	调节器控制规律的选择	331
六、	调节器参数的工程整定	331
第二节	简单控制系统的投运	333
一、	投入运行前的准备工作	333
二、	控制系统的投运	335
第三节	常见化工单元的控制方案	337
一、	流量控制系统	337
二、	温度控制系统	338
三、	精馏塔的控制	339

第十八章 复杂控制系统	341
第一节 串级系统	341
一、概述	341
二、串级控制系统构成	342
三、串级控制系统特点	344
四、调节器正、反作用的确定	344
第二节 其他复杂控制系统	345
一、均匀控制系统	345
二、比值控制系统	346
三、三冲量控制系统	347
第十九章 计算机控制系统	350
第一节 计算机控制系统简介	350
一、概述	350
二、计算机控制系统的构成	350
三、计算机控制系统的分类	352
第二节 集散控制系统	354
一、集散控制系统 (DCS) 的特点	354
二、集散控制系统的构成	355
第三节 集散控制系统举例	359
一、美国霍尼韦尔 (Honeywell) 公司的 TDC 3000 系统	359
二、美国霍尼韦尔公司的 TPS 系统	361
三、日本横河 (Yokogawa) 公司的 CENTUM 系统	367
四、日本横河公司的 CS 3000 系统	370
第四节 可编程逻辑控制器和紧急停车系统	374
一、可编程逻辑控制器	374
二、紧急停车系统	376
第二十章 自动信号报警与连锁保护系统	379
第一节 概述	379
一、自动信号报警系统的基本工作状态	380
二、自动信号连锁图常用符号	380
第二节 自动信号报警回路与连锁保护系统	380

一、自动信号报警回路	380
二、连锁保护回路	381
三、自动信号连锁在生产过程中的应用	381
第二十一章 旋转机械状态监测系统	386
一、旋转机械状态监测系统的基本概念	386
二、乙烯装置压缩机机组采用 Bently 3300 监测系统简介	387
思考题	390
习题	414
习题解答	425