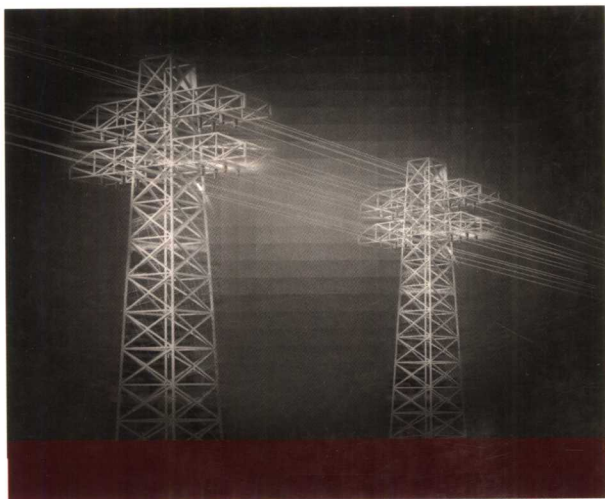


化工工人岗位培训教材

化工电气

耿淑琴 主编



Chemical Industry Press



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

7/2008-3
4
化工工人岗位培训教材

化 工 电 气

耿淑琴 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工电气/耿淑琴主编. —北京: 化学工业出版社,
2004. 5
化工工人岗位培训教材
ISBN 7-5025-5512-9

I. 化… II. 耿… III. 电工技术-技术培训-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 043850 号

化工工人岗位培训教材

化 工 电 气

耿淑琴 主编

责任编辑: 刘 哲 周国庆

责任校对: 陈 静 战河红

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(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>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 351 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5512-9/G · 1438

定 价: 31.00 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

前 言

为适应市场经济发展和行业发展对职工教育培训的需要,积极配合化工企业技术工人进行职业技能鉴定及培训,根据国家有关部门职业技能鉴定标准,结合化工企业技术工人的现状,化学工业出版社组织了一套《化工工人岗位培训教材》,包括《化学基础》、《化工工艺基础》、《机械基础》、《化工安全技术基础》、《化工单元操作过程》、《化工电气》、《化工仪表》和《化工分析》。

《化工电气》是这套教材之一。本书系统地介绍了直流电路、正弦交流电路、磁路、电动机、变压器、电气照明、电热设备、电气测量仪表、工厂供电系统、电气安全、电子线路基础知识、电力电子技术、交流变频调速技术、可编程控制器等内容。针对技术工人的特点,注重在基础知识介绍的基础上,更注重对技术工人的操作技术和能力的培养。本书以化工行业为基础编写,并拓展到其他领域。

本书由耿淑琴担任主编工作,并编写第6、8、9、10章;高文习编写第7、11、13、14章;侯秀荔编写第1、2、3、12章;陈惠荣编写第4、5、15章。

本书由尹宏业担任主审,审阅过程中提出了许多宝贵的意见和建议。

由于编者水平有限,加之时间紧迫,书中难免存在缺点和错误之处,恳请读者提出宝贵的意见。

编 者

2003年2月

内 容 提 要

本书是《化工工人岗位培训教材》之一，依据《国家职业标准》和《职业技能鉴定规范》编写。

本书系统地介绍了直流电路、正弦交流电路、磁路、电动机、变压器、电气照明、电热设备、电气测量仪表、工厂供电系统、电气安全、电子线路基础知识、电力电子技术、交流变频调速技术、可编程控制器等内容。针对技术工人的特点，注重在基础知识介绍的基础上，更注重对技术工人的操作技术和能力的培养。

本书可供化工及相关行业电气技术工人培训之用。

化学工业出版社技术工人培训读物

技术工人岗位培训读本

检修钳工	铆工	维修电工
电焊工	管工	仪表维修工
气焊工	起重工	

工人岗位培训实用技术读本

电镀技术	无损检测技术	工厂供电技术
防腐蚀衬里技术	堵漏技术	仪器分析技术
工业清洗技术	管道施工技术	
热处理技术	电机修理技术	

技术工人岗位培训题库

检修钳工	运行电工	合成橡胶生产操作工
焊工	维修电工	酸生产操作工
铆工	仪表维修工	纯碱生产操作工
管工	化工分析工	氯碱生产操作工
起重工	化肥生产操作工	
防腐蚀工	乙烯生产操作工	

职业技能鉴定培训读本（中级工）

机械制图	热处理工	冷作钣金工
机械制造基础	刨插工	组合机床操作工
金属材料与热处理	钳工	加工中心操作工
车工	模具工	电气设备安装工
铸造工	锻造工	高低压电器装配工
电工	镗工	电机装配工
钎焊复合工	铣工	变电设备安装工

金属切削工

磨工

仪表维修工

职业技能鉴定培训读本（技师）

化学基础

检修钳工

电机修理工

化工基础

检修焊工

维修电工

电工电子基础

检修铆工

仪表维修工

机械基础

检修管工

分析仪器维修工

机械制图

热处理工

制冷工

工程材料

防腐蚀工

污水处理工

检测与计量

分析化验工

数控机床技术工人培训读本

电加工机床

数控车床

数控加工中心

数控铣床

化工工人岗位培训教材

化学基础

化工电气

化工工艺基础

化工仪表

化工单元过程及操作

化工分析

化工机械基础

化工安全技术基础

目 录

第 1 章 直流电路	1
1.1 电路的基本物理量	1
1.1.1 电路的组成及作用	1
1.1.2 电 流	2
1.1.3 电 压	5
1.1.4 电动势	6
1.1.5 电 位	6
1.2 电路的基本定律	7
1.2.1 欧姆定律	7
1.2.2 克希荷夫定律	10
1.3 电阻的串、并联和混联	13
1.3.1 电阻的串联	13
1.3.2 电阻的并联	15
1.3.3 电阻的混联	16
1.4 电功与电功率	17
1.4.1 电 功	17
1.4.2 电流的功率	17
1.4.3 焦耳-楞次定律	18
1.5 等效电压源定理(戴维南定理)	18
1.5.1 二端网络	19
1.5.2 等效电压源定理(戴维南定理)	19
第 2 章 正弦交流电路	21
2.1 正弦交流电的产生和基本概念	21

2.2 正弦量的矢量图表示法	23
2.2.1 正弦量的矢量表示	23
2.2.2 矢量图	24
2.3 单一参数的交流电路	24
2.3.1 纯电阻电路	25
2.3.2 纯电感电路	27
2.3.3 纯电容电路	30
2.4 电阻、电感和电容串联电路	32
2.4.1 RLC 串联电路的电压和电流	32
2.4.2 RLC 串联电路的功率	34
2.5 线圈与电容并联的电路	37
2.5.1 线圈与电容并联的电路	37
2.5.2 功率因数的提高	38
2.6 谐振	39
2.6.1 串联谐振	39
2.6.2 并联谐振	40
2.7 三相交流电路	40
2.7.1 三相交流电动势的产生和表示法	40
2.7.2 三相电源绕组的连接	42
2.7.3 三相电路中负载的连接	43
2.7.4 三相电功率	45
第3章 磁路	47
3.1 概述	47
3.1.1 磁场的基本物理量	47
3.1.2 左、右手定则	49
3.2 铁磁材料的磁化	51
3.3 简单的磁路	54
3.3.1 磁路的基本概念	54
3.3.2 磁路基本定律	55

3.4 自感 互感 涡流	58
3.4.1 自感与互感现象	58
3.4.2 涡流	60
第4章 电动机	61
4.1 直流电动机	61
4.1.1 直流电动机的结构和类型	61
4.1.2 直流电动机的工作原理	64
4.1.3 直流电动机的启动、调速和反转	66
4.2 交流电动机	68
4.2.1 三相异步电动机的构造和类型	68
4.2.2 旋转磁场	71
4.2.3 异步电动机的工作原理	74
4.2.4 三相异步电动机的额定值	75
4.2.5 转差率及其与转子各量之间的关系	76
4.2.6 三相异步电动机的电磁转矩	77
4.2.7 三相异步电动机的启动	79
4.3 三相同步电动机	82
4.3.1 三相同步电动机的结构和工作原理	83
4.3.2 三相同步电动机的启动和励磁方法	84
第5章 电动机的控制	86
5.1 低压电器	86
5.1.1 熔断器	86
5.1.2 交流接触器	90
5.1.3 热继电器	93
5.1.4 新型低压电器	95
5.2 大型机床电气控制线路	99
5.2.1 车床电气控制线路	99
5.2.2 钻床电气控制线路	103
5.3 桥式起重机的电气控制线路	108

5.3.1	桥式起重机的主要结构与运动形式	108
5.3.2	电力拖动特点与控制要求	109
5.3.3	10t 桥式起重机典型电气控制线路分析	110
5.4	载货电梯的电气控制线路	114
5.4.1	电梯的基本结构	115
5.4.2	电梯的控制方式	117
5.4.3	KP 型客货两用电梯的电气控制线路	117
第 6 章	变压器	123
6.1	变压器的构造和工作原理	123
6.1.1	变压器的基本构造和铭牌数据	123
6.1.2	变压器的工作原理	129
6.2	三相变压器	134
6.2.1	变压器的连接组别	134
6.2.2	变压器的并联	136
6.3	电力变压器	138
6.3.1	电力变压器的试验与检查	138
6.3.2	变压器分接开关的调整与检查	141
6.3.3	变压器的绝缘检查	142
6.3.4	变压器初次投入运行的要求和巡视检查	143
6.4	变压器运行	145
6.4.1	变压器的过负荷运行	145
6.4.2	变压器的异常运行及处理	146
6.5	变压器的检修与验收	148
6.5.1	变压器的检修	148
6.5.2	检修周期	149
6.5.3	变压器大修后的验收	149
第 7 章	电气照明	151
7.1	电气照明的一般知识	151
7.1.1	电光源的分类及选择	151

7.1.2	照明种类	153
7.1.3	照度及照度标准	155
7.1.4	照明质量标准	157
7.2	照明灯具的选择	158
7.2.1	工厂灯具的型号意义	158
7.2.2	灯具的特征	159
7.2.3	灯具的选择	160
7.3	电气照明的配电系统	161
7.3.1	电气照明的供电方式	161
7.3.2	电压选择	161
7.3.3	布线方式	162
7.4	电气照明的控制线路	163
7.4.1	白炽灯的控制线路	163
7.4.2	日光灯的控制线路	164
7.4.3	探照灯、碘钨灯的控制线路	166
7.4.4	高压水银灯（汞灯）	166
7.4.5	高压钠灯的控制线路	166
7.4.6	氙灯的控制线路	167
第8章	电热设备	168
8.1	概述	168
8.2	电阻炉	169
8.2.1	结构	169
8.2.2	炉衬	171
8.2.3	炉子功率的确定	171
8.2.4	加热元件	173
8.3	感应炉	177
8.3.1	概述	177
8.3.2	无芯感应熔炼炉	179
8.3.3	有芯感应熔炼炉	180

8.3.4	感应炉工频电源主回路	180
8.3.5	感应炉的导线	181
第9章	电气测量指示仪表	183
9.1	概述	183
9.1.1	电工仪表的分类	183
9.1.2	仪表的级别和电工仪表系列代号	183
9.1.3	对仪表的主要技术要求	184
9.2	磁电系仪表	185
9.2.1	磁电系仪表的原理与结构	185
9.2.2	电流表、电压表	186
9.2.3	兆欧表	187
9.3	电磁系仪表	189
9.3.1	电磁系仪表的原理与结构	189
9.3.2	钳形表	190
9.3.3	钳形表的使用	191
9.4	电动系仪表	191
9.4.1	电动系仪表的原理与结构	191
9.4.2	电动系功率表	192
9.4.3	功率因数表	195
9.5	感应系仪表	196
9.5.1	电度表的种类及接线	196
9.5.2	三相电度表及其接线	198
9.6	便携式电工仪表	201
9.6.1	万用表	201
9.6.2	使用万用表的注意事项	205
9.7	接地电阻测试仪和电桥	208
9.7.1	接地电阻的概念	208
9.7.2	接地电阻测量仪的使用	208
9.7.3	直流单臂电桥	209

9.7.4 直流双臂电桥	211
第 10 章 化工企业供电系统	214
10.1 概述	214
10.1.1 基本概念	214
10.1.2 对化工企业供电的基本要求	217
10.1.3 化工企业主接线变配电所的一次系统	217
10.2 高压电器及成套装置	220
10.2.1 常用灭弧法	220
10.2.2 高压熔断器	220
10.2.3 高压开关电器	224
10.2.4 电压、电流互感器	233
10.2.5 高压成套设备	241
10.3 短路电流的计算	243
10.3.1 三相短路电流的有关参数	243
10.3.2 三相短路电流的计算	245
10.4 短路电流的效应	255
10.4.1 短路电流的热效应	255
10.4.2 短路电流的电动效应	256
10.5 高压电器的选择和校验	258
10.5.1 高压电器的选择与校验	258
10.5.2 电力变压器的选择	261
10.5.3 互感器的选择与校验	262
10.6 继电保护装置	263
10.6.1 继电保护装置基本要求	263
10.6.2 常用继电器	264
10.6.3 10kV 变、配电所的继电保护	271
10.7 供电线路自动重合闸装置 (ARD)	286
第 11 章 电气安全	289
11.1 人身触电的危害及触电方式	289

11.1.1	电流对人体的危害	289
11.1.2	人体电阻	291
11.1.3	安全电压	291
11.1.4	触电方式	291
11.2	绝缘、屏护和间距	293
11.2.1	绝缘	293
11.2.2	屏护	295
11.2.3	间距	296
11.3	接地和接零	300
11.3.1	接地和接零的类型、特点及作用	301
11.3.2	接地装置的选择	303
11.3.3	接地装置的安装	306
11.4	配电系统的接地方式	306
11.4.1	TN 系统	307
11.4.2	TT 系统的组成	308
11.4.3	IT 系统	309
11.5	静电的危害和防护	310
11.5.1	静电的产生和特点	310
11.5.2	静电的危害	311
11.5.3	静电的防护	312
11.6	节约用电	314
第 12 章	工业电子学基础知识	316
12.1	二极管及其整流滤波电路	316
12.1.1	半导体材料的基本知识	316
12.1.2	半导体二极管的结构和导电特性	317
12.1.3	二极管的参数	318
12.1.4	二极管整流滤波电路	320
12.2	三极管及其交流放大电路	323
12.2.1	晶体三极管的结构和类型	323

12.2.2	三极管的电流放大作用	324
12.2.3	三极管的特性曲线及工作状态	325
12.2.4	单管交流放大电路	327
12.2.5	多级放大电路	330
12.2.6	功率放大器	331
12.3	场效应管的结构和特征	332
12.4	线性集成运算放大器	334
12.4.1	运算放大器工作原理	334
12.4.2	运算放大器的线性与非线性应用	335
12.5	数字电路	336
12.5.1	基本概念	337
12.5.2	基本门电路	337
12.5.3	集成门电路	340
12.5.4	编码器、译码器及其显示电路	345
12.5.5	触发器	347
12.5.6	计数器	350
第 13 章	电力电子技术	352
13.1	概述	352
13.1.1	电力电子技术发展概况	352
13.1.2	电力电子技术的应用	353
13.2	电力电子器件	354
13.2.1	晶闸管 (SCR)	354
13.2.2	电力晶闸管 (GTR)	358
13.2.3	可关断晶闸管 (GTO)	358
13.2.4	电力场效应晶体管 (MOSFET)	359
13.2.5	绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)	360
13.2.6	智能功率模块 (IPM) 及其他新型电力电子器件	361
13.3	晶闸管可控整流电路	362
13.3.1	单相可控整流电路	362

13.3.2	三相可控整流电路	371
13.4	晶闸管交流调压电路	384
13.4.1	单相交流调压电路	384
13.4.2	三相交流调压电路	387
第14章	交流变频调速技术	388
14.1	概述	388
14.1.1	交流调速系统的特点和分类	388
14.1.2	交流调速系统的发展趋势	391
14.1.3	变频器的分类和特点	392
14.2	脉宽调制 (PWM) 型变频器	396
14.2.1	PWM 型变频器的主要特点和基本控制方式	396
14.2.2	PWM 型变频器的工作原理	400
14.2.3	单极性和双极性正弦波脉宽调制 (SPWM)	401
14.2.4	功率晶体管 (GTR) 通用型 PWM 变频器的主电路	404
14.3	现代变频器的运行功能	405
14.3.1	变频器的主要运行功能	405
14.3.2	变频器的外接控制功能和通信功能	410
14.3.3	变频器的保护、显示功能	413
14.4	变频器的选择和使用	414
14.4.1	变频器类型的选择	414
14.4.2	变频器容量的选择	416
14.4.3	变频器外部设备及其选择	419
14.4.4	变频器的维护	420
第15章	可编程控制器	424
15.1	概述	424
15.1.1	可编程控制器的特点	424
15.1.2	可编程控制器的性能指标	426
15.1.3	可编程控制器的应用	426
15.2	可编程控制器的硬件、软件	427