

化工工人中级技术培训试用教材

化工电气和化工仪表

苗天宇 主编



化学工业出版社

化工工人中级技术培训试用教材

化工电气和化工仪表

苗天宇 主编

化学工业出版社

内 容 提 要

本书是根据“化工工人中级技术理论培训教学计划和教学大纲”中的“化工电气和仪表”部分编写的教材。

全书共分三篇，第一篇讲述了电工学基本知识，第二篇介绍了常用的电气设备，第三篇是化工仪表与自动化的基本知识。书中对电机和仪表内部的结构只作了概括性的介绍，重点放在对基础知识，基本概念的了解和电气设备、化工仪表的应用上，很适合化工中级工阅读。

每章后均附有思考题，供自学者参考。

化工工人中级技术培训试用教材 化工电气和化工仪表 苗天宇 主编

责任编辑：刘 哲

封面设计：许 立

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本787×1092¹/₃₂印张11¹/₈字数253千字

1986年10月第1版 1988年4月北京第2次印刷

印 数 25,171—45,170

ISBN 7-5025-0221-1/TQ·183

定 价 2.40 元

前 言

为了更好地落实中共中央、国务院“关于加强职工教育的决定”，搞好化工工人中级技术培训工作，我们根据化工部教育司、劳资司颁布试行的“化工工人中级技术理论培训教学计划和教学大纲”中的“化工电气和仪表”部分编写了此书。

全书分三篇共十四章，第一篇介绍电工学的基本知识，第二篇讲述常用的电器设备，第三篇是化工仪表与自动化的基本知识。总讲课时数为100~110学时，各企业可按实际需要对其内容适当增减。

在编写过程中，我们认真考虑了化工中级工人培训的特点，在保证本学科的科学性、系统性的前提下，坚持“少而精”的原则。在编写方法上注意少写抽象的理论，增加实际知识；少写定量的，多写定性的；对公式少推导，多叙述；在文字上力求通俗易懂，由浅入深，尽量符合工人的特点。在每章后附有思考题。

为了执行国务院“关于在我国统一实行法定计量单位的命令”，考虑到我国目前化工企业中的仪表和设备还是工程单位制和其它单位制，在本书附录中列出了国际单位制与其它单位制的转换关系。

此书由天津化工厂、大沽化工厂编写。第一、二章由王吉羊执笔，第四章由王之桐执笔，第五至八章由葛树田、张风云、张如柏执笔，第三、九至十三章由苗天宇执笔，第十

ABC94/07

目 录

第一篇 基础电工学

第一章 直流电路	(1)
第一节 电路的组成	(1)
第二节 电动势、电压、电位和电流	(2)
一、电动势	(2)
二、电压和电位	(2)
三、电流	(3)
第三节 电阻	(4)
一、电阻	(4)
二、导体和绝缘体	(5)
第四节 欧姆定律和克希荷夫定律	(7)
一、部分电路的欧姆定律	(7)
二、全电路的欧姆定律	(7)
三、克希荷夫定律	(8)
第五节 电阻的串、并联电路和混联电路	(11)
一、串联电路	(11)
二、并联电路	(14)
三、混联电路	(15)
第六节 电路的功和功率	(16)
一、电源内部的能量关系	(16)
二、电源外部的能量关系	(16)
三、电源内部的能量损耗	(17)
第二章 电和磁的关系	(19)
第一节 磁现象和磁场	(19)

一、磁力现象的重要性	(19)
二、磁场	(19)
第二节 电流的磁效应	(20)
第三节 磁通和磁感应强度	(21)
一、磁通	(21)
二、磁感应强度	(21)
第四节 磁场对载流导体的作用	(22)
第五节 电磁感应	(23)
第六节 自感现象和涡流	(27)
一、自感现象	(27)
二、涡流	(28)
第三章 交流电路	(31)
第一节 单相交流电的产生	(31)
第二节 交流电的基本量	(33)
一、瞬时值、最大值和有效值	(33)
二、角频率	(35)
三、相位和相位差	(36)
第三节 几种简单参数的交流电路	(38)
一、正弦量的矢量表示法	(38)
二、纯电阻电路	(39)
三、纯电感电路	(42)
四、电阻与电感串联的交流电路	(44)
五、电容器的电容和充放电	(46)
六、纯电容电路	(48)
七、交流电路中的功率	(51)
第四节 三相交流电路的连接	(53)
一、三相电源绕组的连接	(54)
二、三相负载的连接	(57)
三、三相电路的有功功率计算	(62)

第四章 工业电子学的基本知识	(65)
第一节 半导体材料及其特性	(65)
一、半导体及其特性	(65)
二、P型半导体和N型半导体	(66)
三、PN结	(66)
四、二极管的伏安特性	(68)
五、二极管的参量	(70)
第二节 单相整流电路及滤波	(71)
一、半波整流电路	(71)
二、全波整流电路	(74)
三、桥式整流电路	(77)
四、滤波器	(79)
第三节 晶体三极管及其放大	(80)
一、三极管的电流放大作用	(81)
二、三极管的特性曲线与参数	(83)
第四节 放大电路	(89)
一、基本放大电路的组成及工作原理	(89)
二、静态工作点的设置	(90)
三、多级放大器	(93)
第五节 放大器中的反馈电路介绍	(96)

第二篇 电器设备

第五章 变压器和低压配电装置	(99)
第一节 变压器	(99)
一、变压器的基本构造	(99)
二、变压器的工作原理	(100)
三、几种常用的变压器	(104)
四、电力变压器的运行	(105)
五、电力变压器的铭牌	(106)

第二节	低压配电装置	(106)
一、	开关	(109)
二、	磁力起动器	(112)
三、	熔断器和熔丝	(114)
第六章	电动机	(118)
第一节	概述	(118)
第二节	三相异步电动机的分类和结构	(118)
一、	三相异步电动机的分类	(118)
二、	电动机的结构	(119)
三、	电动机的铭牌	(121)
第三节	三相异步电动机的工作原理	(123)
一、	旋转磁场的产生	(123)
二、	异步电动机的转动原理	(127)
第四节	三相异步电动机的运行特性	(128)
一、	转差率	(128)
二、	转差率与转子电路各量的关系	(129)
三、	三相异步电动机的电磁转矩	(131)
四、	三相异步电动机的机械特性	(132)
五、	三相异步电动机的损耗和效率	(133)
第五节	三相异步电动机的起动	(134)
一、	直接起动	(136)
二、	降压起动	(137)
第六节	三相异步电动机的常见故障和维护	(138)
第七节	同步电动机	(141)
第七章	电气安全知识	(145)
第一节	安全电压与安全电流	(145)
一、	安全电流	(145)
二、	人体电阻	(145)
三、	安全电压	(145)

第二节 触电急救与人工呼吸	(146)
一、触电急救常识	(146)
二、人工呼吸	(147)
第三节 电气设备的保护接地与保护接零	(148)
一、保护接地	(148)
二、保护接零	(149)
第四节 静电保护	(152)
一、采用静电接地保护的必要性	(152)
二、静电接地保护的场所	(152)
三、接地的范围	(152)
四、接地电阻的阻值	(153)
第八章 电工仪表介绍	(154)
第一节 电工仪表的分类及代表符号	(154)
一、电工仪表的分类	(154)
二、电表的文字符号及说明	(155)
第二节 磁电式仪表的测量机构	(155)
一、结构	(155)
二、工作原理	(156)
三、技术特点	(158)
第三节 常用的电工仪表	(159)
一、万用表	(159)
二、兆欧表	(165)
三、单相电度表的基本结构	(167)

第三篇 化工仪表与自动化基础知识

第九章 化工参数的测量与变送	(170)
第一节 概述	(170)
第二节 压力测量	(172)
一、压力的定义、单位及换算	(173)

二、液柱式压力计	(177)
三、弹性式压力计	(179)
四、压力变送器介绍	(182)
五、压力表的选用与安装注意事项	(184)
第三节 流量测量	(186)
一、流量测量的意义、单位及流量计的分类	(186)
二、差压式流量计	(189)
三、玻璃转子流量计	(201)
第四节 液位测量	(207)
一、几种常见的液位测量方法	(207)
二、应用静压原理测量液位——差压式液位计	(214)
第五节 温度测量	(216)
一、温度测量的基本概念	(217)
二、热电偶	(218)
三、热电阻	(228)
四、测温元件的安装	(232)
第十章 常用的显示仪表	(236)
第一节 显示仪表的分类	(236)
第二节 动圈式显示仪表	(237)
一、动圈式显示仪表的作用原理	(237)
二、动圈表的测量线路	(238)
第三节 电子自动电位差计	(242)
一、电位差计的工作原理	(242)
二、电子电位差计的测量线路	(244)
三、电子放大器的方块图	(247)
第四节 电子自动平衡电桥	(250)
一、平衡电桥的测温原理	(251)
二、电子自动平衡电桥	(252)
三、电子自动平衡电桥的调整	(254)

四、电子自动平衡电桥与电子电位差计的比较	(254)
第五节 气动显示仪表	(255)
一、气动单针和双针记录仪	(255)
二、气动三针记录仪介绍	(257)
三、色带指示仪	(259)
第十一章 化工自动化的基本概念	(262)
第一节 人工调节与自动调节	(264)
第二节 自动调节系统的组成	(265)
一、自动调节系统的内容	(265)
二、自动调节系统的方块图	(265)
三、负反馈的概念	(267)
四、对调节参数、被调参数、给定值、偏差、干扰的 解释	(268)
第三节 自动调节系统的过渡过程和品质指标	(269)
一、系统的静态和动态	(269)
二、自动调节系统的过渡过程及其基本形式	(270)
三、自动调节系统的品质指标	(272)
第四节 调节对象的特性	(273)
一、化工操作工人了解调节对象的意义	(273)
二、描述对象特性的几个物理量	(274)
第五节 基本调节规律	(279)
一、双位调节	(280)
二、比例调节	(282)
三、积分调节	(287)
四、微分调节介绍	(291)
第十二章 自动调节仪表和执行机构	(293)
第一节 概述	(293)
第二节 DDZ-Ⅱ型电动单元调节器	(294)
一、DDZ-Ⅱ型调节器的工作原理	(295)

二、表内各按钮的作用	(296)
三、手动 \rightleftharpoons 自动切换	(297)
四、反馈运算回路	(299)
第三节 DDZ-III型电动调节器介绍	(300)
一、DDZ-III型调节器的特点	(300)
二、DDZ-III型调节器的操作(以DEL-3110型指示调节器为例)	(300)
第四节 气动调节器介绍	(303)
一、气动调节器的概况和基本结构	(303)
二、气动比例调节器的工作原理	(305)
第五节 气动定值器与遥控板	(308)
一、气动定值器	(308)
二、遥控板	(311)
第六节 气动薄膜调节阀	(312)
一、气动薄膜调节阀的结构和工作原理	(312)
二、调节阀体的主要类型	(314)
三、调节阀的流通能力与流量特性	(316)
四、气动薄膜调节阀的安装与故障处理	(319)
第十三章 调节系统	(321)
第一节 简单调节系统	(321)
一、基本调节系统的典型方案举例	(322)
二、被调参数与调节参数的选择	(325)
三、简单调节系统的投运	(328)
四、自动调节系统参数的工程整定	(330)
第二节 复杂调节系统	(332)
一、什么是串级调节系统?	(333)
二、串级调节系统的特点	(335)
三、串级调节系统的适用场合和参数的工程整定	(336)
四、串级调节系统的投运	(338)

第十四章	电子计算机在化工生产中的应用	(341)
第一节	计算机控制系统的基本组成	(342)
一、	工业控制计算机的硬件系统	(342)
二、	工业控制计算机的软件系统	(345)
第二节	计算机控制系统的种类及功能	(346)
一、	数字程序控制系统	(346)
二、	开环计算机监督控制系统	(346)
三、	直接数字控制系统(简称DDC系统)	(347)
四、	监督计算机控制系统(简称SCC或SPC系统)	(348)
五、	分级控制系统	(349)
附录一	单位换算表	(352)
附录二	热电阻温度与电阻值对照表	(353)
附录三	热电偶温度与毫伏对照表	(356)

第一篇 基础电工学

第一章 直流电路

第一节 电路的组成

在日常生活中，我们经常遇到直流电路。如图1-1所示。它是由干电池、开关、灯泡、导线所组成。如果将开关K闭合，则出现灯泡ZD发光的现象，这说明干电池通过导线、开关有电流流过灯泡而使其发光。当流过导线和灯泡的电流向一个方向流动，就叫直流电流。有直流电流流过的电路叫直流电路。

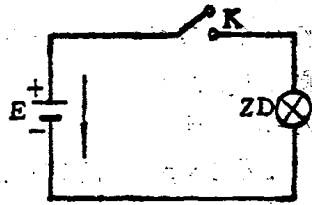


图 1-1 简单直流电路

从以上现象不难看出，有电流流动的闭合电路必须由以下几个部分组成：

1. 电源 它是电路中供给电能的装置，是把非电能转换成电能的设备。例如，发电机把机械能转换成电能，干电池把化学能转换成电能。
2. 负载 它是取用电能的装置，是把电能转换成其它形式能量的设备。例如，电动机把电能转换成机械能，灯泡把电能转换成光能等。
3. 导线 它能把电源、负载连接成一个电路，是传递电能的通路。目前常用的导线有铜、铝等。

4. 开关 电路上的用电设备，有时需通以电流，有时不需通过电流，为了便于控制用电，通常在电路适当的位置上接一个开关，用来控制电流的通断。

导线和开关又称为电路的中间环节。

对于一个完整的电路，我们把负载、导线、开关等叫外电路，把电源内部叫内电路。

第二节 电动势、电压、电位和电流

一、电动势

上一节已经提到，开关K闭合后电路中就有电流通过，灯泡立即发光。为什么会有电流流经负载呢？这主要是电源的存在。如电路图1-1中的干电池，它是把化学能转变成电能的设备，转变后的电能使电源内部存在一种电源力，此种电源力可以把电源内部的单位正电荷从电源的负极，经过电源内部，移到电源的正极，它所做的功，叫这个电源的电动势，用符号 E 表示。它的单位是伏特，简称为伏，用 V 表示，它的正方向规定是由负极指向正极。

二、电压和电位

当电源接在电路中，电动势在电源的正、负极间形成电场。电荷在这种电场的作用下移动，而电荷的移动形成了电路中的电流。这种迫使单位正电荷从电源的正极，经过外电路，流向电源的负极时电场力所作的功，叫电源的端电压，用字母 U 来表示，它的单位也是伏特(V)，它的方向是由正极指向负极。

这里必须强调，电源内部的电动势是由负极指向正极，电源外部的端电压是由正极指向负极。这正好说明电源内部是供给能量，而电源外部是消耗能量的。

正电荷在电场力的作用下移动而作功，必然会有能量的消耗。这种现象表明，单位正电荷在电路中不同的位置具有不同的能量，我们把这一能量称为电位能，电场内某点的电位在数值上等于单位正电荷在该点所具有的能量。凡电位高的地方，那点的正电荷也具有较高的能量。因此外电路中的电流，是从高电位流向低电位。如图 1-1 所示，电流是由电池的正电极出发，经外电路流向电源的负极，这也说明电源的正极电位高，负极电位低。在外电路中，不同的点具有不同的电位，任意两点间的电位差，我们叫电压，电压的正方向规定是由高电位指向低电位。在实际工作中，往往把地定为零电位。电压的单位也是伏。有时在电压很低的情况下用毫伏作单位，以 mV 表示。

$$1 \text{ 毫伏} = \frac{1}{1000} \text{ 伏特} = 10^{-3} \text{ 伏特}$$

如果两点间电位差很大，又用千伏作电压的单位，以 kV 表示。

$$1 \text{ 千伏} = 1000 \text{ 伏特} = 10^3 \text{ 伏特}$$

三、电流

上面提到，正电荷在电场力作用下沿导线移动形成电流。但是我们在中学物理中知道，金属导线中的电流是由带负电荷的电子定向移动而形成的，因此，照理说应把电子移动方向定为电流的方向。但在最早的假设中是把正电荷移动的方向叫电流方向，故一直沿用至今。虽然如此，对电工问题的分析并无妨碍，所以以后如不特殊说明，都把正电荷移动方向叫电流方向，也就是说，电流在电路中（电源外部）是由电源的正极流向电源的负极。

电流用字母 I 表示，它的大小用单位时间内通过导线横