

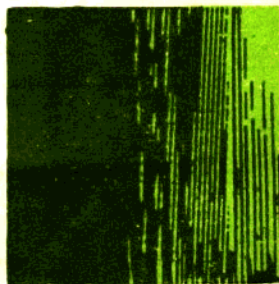
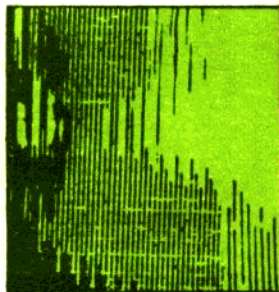
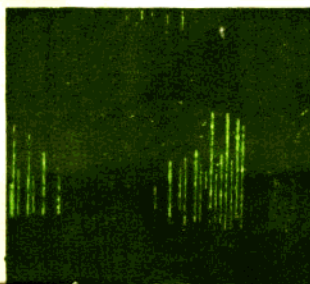
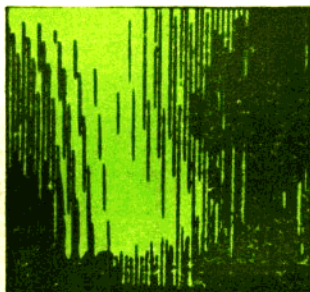
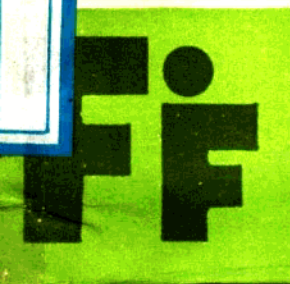
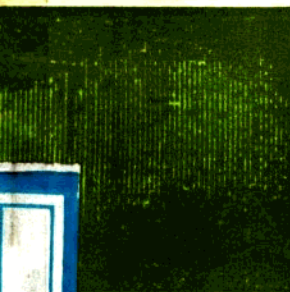
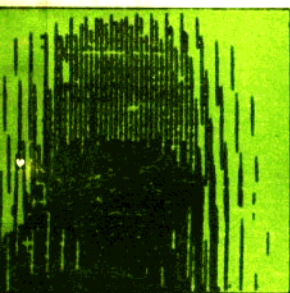
周金生 编

电工基础

化工防腐工人中级技术培训教材

成都科技大学出版社

HUGONG FANGFU
GONGREN ZHONGJI JISHU
PEIXUN JIAOCAI



化工防腐工人中级技术培训教材

电 工 基 础

周金生 编

成都科技大学出版社

一九八八年八月·成都

化工防腐工人中级技术培训教材

电工基础

周金生 编

成都科技大学出版社出版发行

四川省新华书店经销

大丰甫家印刷厂印刷

开本: 787 × 1092毫米 1/32 印张: 3

1988年8月第1版

1988年8月第1次印刷

印数: 1—10000册

字数: 60千字

ISBN7—5616—0143—3/TM·2 (课)

定价: 1.20元

内 容 提 要

本书分两篇共七章。第一篇讲授电工学的基础知识，主要内容有：电路的基本概念、电和磁的关系、交流电路。第二篇讲授电气设备，常用测量仪表及安全用电知识，主要内容有：变压器、交流电动机、常用检测仪表、安全用电等。

本书可作为培训防腐中级技术工人的基础课教材。

前 言

本套教材是受全国化工技术培训教材编审委员会的委托，根据一九八七年一月化工部教育司颁发的《化工防腐工人中级技术理论培训教学计划、教学大纲》，由吉林化学工业公司组织编写的。

这套教材共六本书：包括《化学基础》、《电工基础》、《机械制图与板全展开》、《化工机械基础》、《化工企业管理及安全与环保》和《化工腐蚀与防护技术》。

《电工基础》分两篇。第一篇介绍电工学的基础知识；第二篇介绍电气设备、常用测量仪表及安全用电知识。通过本课程学习，学员可了解常用电气设备和常用测量仪表的基本结构、原理及主要特点，以及安全用电的一般知识，为学习专业课打好基础。

本书由周金生编写，吉林化学工业公司尚志奇审订。全国化工技术教材编审委员会东北、华北组的同志、吉林化学工业公司的有关领导和防腐专业技术人员参加了审稿会，对本书的编写工作提出了宝贵意见。在此谨向以上有关同志致以衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，缺点错误在所难免，不当之处，请读者提出宝贵意见。

化工防腐工人中级技术
理论培训教材编写组
一九八八年四月

目 录

第一篇 基础电工学	(1)
第一章 电路的基本概念	(1)
第一节 电路图	(1)
第二节 欧姆定律	(3)
第三节 电功和电功率	(7)
第四节 电流的热效应及导线和熔断器的选择	(10)
第五节 电阻	(12)
习题	(17)
第二章 电和磁的关系	(18)
第一节 磁的一般性质	(18)
第二节 电流的磁效应	(22)
第三节 磁场的几个物理量	(25)
第四节 电磁铁简介	(27)
第五节 磁场对电流的作用	(28)
第六节 电磁感应	(30)
第七节 自感、互感和涡流	(31)
习题	(33)
第三章 交流电路	(35)
第一节 概述	(35)
第二节 正弦交流电动势的产生	(36)
第三节 三相交流电的产生	(37)
第四节 三相制电源	(39)

第五节 三相负载的联接·····	(41)
习题·····	(43)
第二篇 电气设备、常用测量仪表及安全用电知识··	(44)
第四章 变压器·····	(44)
第一节 概述·····	(44)
第二节 变压器的基本结构·····	(46)
第三节 变压器的工作原理·····	(48)
第四节 配电装置·····	(49)
第五节 化工厂的供、配电简介·····	(52)
第五章 交流电动机·····	(56)
第一节 概述·····	(56)
第二节 三相鼠笼式异步电动机的起动方法·····	(57)
第三节 异步电动机的使用、维护及故障处理··	(60)
第六章 常用检测仪表·····	(65)
第一节 常用检测仪表·····	(65)
第七章 安全用电·····	(73)
第一节 概述·····	(73)
第二节 安全电压·····	(78)
第三节 安全用电措施·····	(80)
第四节 保护接地与保护接零·····	(80)
第五节 触电急救·····	(83)

第一篇 基础电工学

第一章 电路的基本概念

第一节 电路图

一、电路的组成和作用

电路就是电流所流经的路径。它由电源、负载（用电器）、连接导线和辅助设备四大部分组成。图1-1是一个最简单的电路。

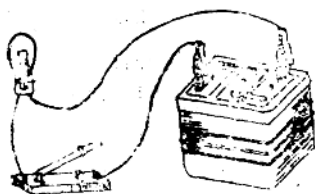


图1-1

电源是把其它形式的能量转换为电能的设备。常用的直流电源有电池、发电机等,图1-1电路以蓄电池作为电源,它将化学能转换为电能供给负载。而发电机则是把机械能转换为电能供给负

载的。

负载就是用电器。它的作用是将电能转换为其它形式的能量,常见的负载有电灯、电热设备和电动机等。

连接导线把电源、负载及辅助设备联结成一个闭合回路,起着传输电能的作用。常用的导线由铜、铝等材料制成。

辅助设备被用来实现对电路的控制和保护等作用。常用的辅助设备有开关、熔断器和各种测量仪表。如电压表和电流表等。

整个电路又可分为外电路和内电路两部分。由负载、连接导线和辅助设备组成的部分电路叫外电路，电源内部的部分电路叫内电路。

二、电路图

实际应用的电路要比上述电路复杂得多，如果每个电路都用语言去说明它的结构和工作情况，是很难表述清楚的。

尽管电源和负载的形式多，但由于用途的不同，组成的电路千差万别，但其本质来说都是相同的。

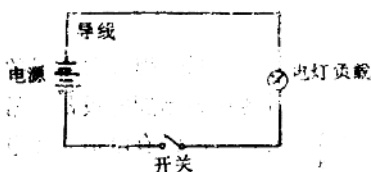


图1-2

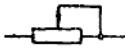
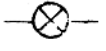
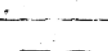
为了便于分析计算，突出其本质，人们常用一些规定的电工符号以代替具体的电路，这种图叫做电路图。图1-2就是将图1-1用电工符号表示的电路图。电

路常用设备与元件符号见表1-1。

表1-1 电工设备图形符号表

名 称	图形符号	名 称	图形符号
直流电源		导 线	
电 阻		交叉并相联接的导线	

续表

可变电阻		交叉并不相联接的导线	
电 灯		熔 断 器	
信 号 灯		电 压 表	
电 感		接机壳点	
电 容		接 地 点	
正 极		二极自动开关	
负 极		三极自动开关	
动合(常开)触点		热继电器	
动断(常闭)触点		动合(常开)触点	
继电器线圈		动断(常闭)触点	

第二节 欧姆定律

一、部分电路的欧姆定律

图1-3是只有电阻，不含有电源的电路，称为部分电路。
这个电阻代表用电器，如电灯、电炉等。在这个部分电路

里，如果电阻两端加上电压，并改变电压，电流也会随着改变；如果导体的电阻变了，电流也会随着改变。那么，电流、以及外加电压和电阻三者之间的关系是怎样的呢？1827年科学家欧姆从实验发现：电阻中的电流与加在电阻两端的电压值成正比，与电阻值成反比。这就是部分电路中电流、电压和电阻的关系，称为部分电路欧姆定律，用公式表示为

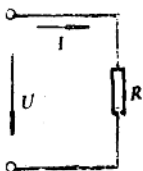


图1-3

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-1)$$

式中 I ——电流，安（A），

U ——电压，伏（V），

R ——电阻，欧姆（ Ω ）。

欧姆定律是电学中最基本的定律之一，应用很广泛。应用部分电路欧姆定律应注意，其中所指电流、电压及电阻必须要在同一电路。

〔例1-1〕 图1-4为一直流接触器的控制电路。设端电压为24V，接触器线圈电阻为200 Ω ，当启动按钮（QA）时，接触器C的动合触头自锁，问通过接触器线圈的电流是多少？

〔解〕 已知： $U = 24V$

$R = 200\Omega$

根据式（1-1）

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{200} = 0.12A$$

二、全电路欧姆定律

图1-5是一个含电源的完整电路，称为全电路。它是由电

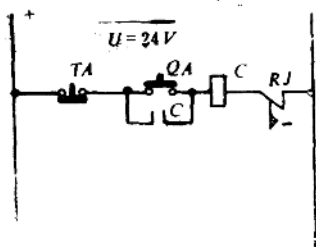


图1-4

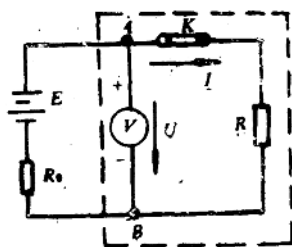


图1-5

源、用电器、开关及导线组成。电源内部也存在电阻，称为内电阻，用 R_0 表示，为了直观将 R_0 画在电源外面。

电源是把其它形式的能量转换为电能，这个电能的大小用电源电动势 E 表示。虚线方框中就是图1-3所说的部分电路，我们已经知道，即

$$I = \frac{u}{R}$$

但由图1-5中可知电压 u 是由电动势 E 产生的。那么，电阻两端的端电压 u 和电动势 E 又是什么关系呢？

在电动势形成过程中，当电源未接通外电路时，电源的端电压在数值上等于其电动势，但方向相反。

就是在开关 K 断开时，电压表测得的电源端电压等于电源的电动势。

即

$$u = E$$

但当开关闭合时，端电压却小于电动势。

即
$$u < E$$

这是由于电源内部也有一定的电阻值，叫做内电阻（简称内阻），用 R_0 表示。当电路闭合时，电路中有电流通过，在电流通过内阻时产生了电压降，用 u_0 表示。电流在内阻上产生电压降的方向和电流的方向一致。

即
$$u = IR_0$$

这样，在电路闭合时

$$u = E - u_0 \quad (1-2)$$

将

$$u_0 = IR_0$$

$$u = IR$$

代入

式 (1-2)，整理得

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-3)$$

式 (1-3) 说明，在图1-5这样的闭合电路中，电路中的电流与电源的电动势成正比，与电路中负载电阻及电源内阻之和成反比。这就叫做全电路欧姆定律。

[例1-2] 如图1-5电路已知负载电阻 R 为 20Ω ，在电路开路时，测得 AB 两端的端电压为 $220V$ ，在电路闭合时，测得电路的电流为 $10A$ 。求电源内阻 R_0 和闭路时电源的端电压各为若干？

[解] 已知： $E = 220V$ （电路开路时电源的端电压等于电源的电动势）

$$I = 10A$$

$$R = 20\Omega$$

电路闭路时电源的端电压

$$u = IR = 10 \times 20 = 200 \text{ V}$$

根据式 (1-2)，得

$$R_0 = \frac{E - IR}{I} = \frac{220 - 200}{10} = 2 \Omega$$

第三节 电功和电功率

一、电功

我们知道，一个力作用在物体上，使物体在力的方向上产生运动，就认为这个力对物体作了功。电路中的电荷受到了电场力的作用，并沿着电场力的方向运动形成电流，说明电场力对电荷作了功，习惯上叫做电流作了功，简称电功。

电流：在单位时间内通过的电荷量多少。它的数学表达式为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-4)$$

式中 Q ——表示电荷量，库仑 (C)；

t ——表示时间，秒 (s)；

I ——表示电流，安培 (A)。

电流做功总是伴随着能量的变化和转换。如电流通过电热设备的电阻，要克服阻力做功，要耗损一些电能，而这损耗的电能却转换为热能；电流通过电动机做功，把电能转换为机械能；电流通过电灯做功，把电能转换为光能和热能，等等。都说明为电功是电能变化的量度。

电功怎样计算呢？在图1-6电路中，当开关 K 合上时，

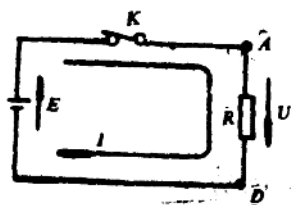


图1-6

正电荷应由 a 点，经负载 R 流向 b 点，在一定时间内通过的电荷量为 Q 。

那么，电荷 Q 在 a 点具有的电位能 $E_a = U_a Q$ ，而在 b 点由电荷 Q 具有的电位能下降为 $E_b = U_b \cdot Q$ ，如前所述，电荷 Q 流经 R 所做的功

等于电位能的变化，即

$$W = E_a - E_b = U_a Q - U_b Q = Q (U_a - U_b)$$

由于

$$U = U_a - U_b$$

$$Q = It$$

所以

$$W = IUt \quad (1-5)$$

据SI制，电流的单位是安培 (A)，电压的单位是伏特 (V)，时间的单位是秒 (s)，功率的单位就是焦耳 (J)。

$$1 \text{ 焦耳 (J) } = 1 \text{ 安培 (A) } \times 1 \text{ 伏特 (V) } \times 1 \text{ 秒 (s)}$$

一般以千瓦小时作为电功的实用单位，1 千瓦小时即通常所讲的1度电。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦} \times 1 \text{ 小时}$$

$$= 1000 \text{ 瓦} \times 3600 \text{ 秒}$$

$$= 3.6 \times 10^6 \text{ 瓦秒}$$

$$1 \text{ kh} = 3.6 \times 10^6 \text{ J (焦)}$$

$$= 3.6 \text{ MJ (兆焦)}$$

二、电功率

各种电器设备，我们不仅要考虑做功的多少，还要考虑

做功的快慢。供电设备的主要任务是发送电功率，而不是输送足够的电流，所以一般电气设备都标有电功率的数值。我们把电场力在单位时间内所做的电功率，用符号 P 表示，即

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-6)$$

将式(1-5)代入上式可得

$$P = UI \quad (1-7)$$

电功率的单位是瓦特(W)，若电流在每秒钟内所做的功为1焦耳，则电功率就是1瓦特。计算大功率用千瓦(kW)，小功率用毫瓦(mW)。它们的换算关系是

$$1\text{kW} = 1000\text{W} = 10^3\text{W}$$

$$1\text{mW} = \frac{1}{1000}\text{W} = 10^{-3}\text{W}$$

注意：电功率单位的马力已被淘汰。

[例1-3] 某化工厂，防腐车间，塑料工段有5只500瓦的塑料焊枪，平均每天用电6小时，问每月（按25天计）用电多少度？

[解] 根据式(1-6)

$$P = \frac{W}{t}$$

$$\text{得 } W = Pt = 500 \times 5 \times 25 \times 6 \times 10^{-3}$$

$$= 375 \text{ 千瓦} \cdot \text{小时}$$

$$= 375 \text{ 度}$$

第四节 电流的热效应及导线和熔丝的选择

一、电流的热效应

电流通过导体时，会使导体发热，这种现象称为电流的热效应。这是因为电流通过导体作了功，热消耗的电能转换为热能，从而使导体温度升高。

英国科学家焦耳和俄国科学家楞次分别通过实验得到一致的结论：电流通过电阻产生的热量与电流的平方、电阻值和通电时间成正比。这个结论称为焦耳-楞次定律。焦耳-楞次定律可用下式表示：

$$Q = I^2 R t$$

式中 Q ——电流产生的热量。

据SI制（热量的单位）统一使用焦耳，单位符号（J），也就是电流的单位是安培（A），电阻的单位是欧姆（ Ω ），时间的单位是秒（s），那么， Q 的单位就是焦耳（J）。

利用电流的热效应可以制造各种电热电器，如电炉、塑料电焊枪等。还可以利用电流的热效应制造电路中的保护电器，如熔断器、热继电器等。然而事物总是一分为二的，电流的热效应也有危害的一面。如各种电气设备通电使用时，由于热效应温度升高，会加速绝缘材料老化、变质。如使橡皮硬化、塑料老化、绝缘纸、布纱带变焦和漆包线漆层脱落等。严重时会使绝缘损坏，造成短路，导致整个设备损坏。为了保证电气设备正常工作，必须限制它的温升，也就是必须把电流限制在一定的范围内。因此，电流的热效应限