

TMI-119V/C1

73985

农村电工教材

上册

河北人民出版社



农村电工教材

上册

河北工学院电机系
河北任丘县“五七”学校 编
河北大城县“五七”学校

河北人民出版社

一九七二年·石家庄

农村电工教材

上册

河北工学院电机系
河北任丘县“五七”学校 编
河北大城县“五七”学校

河北人民出版社出版
河北省新华书店发行
河北人民印刷厂印刷

1972年10月第1版

1972年10月第1次印刷

书号 15086·121 每册 0.66 元

前 言

电力工业是社会主义建设的“先行官”，电在工农业生产、国防建设和人民生活中起着重要作用。解放后，特别是无产阶级文化大革命以来，批判了刘少奇一类骗子的“洋奴哲学”、“爬行主义”等反革命修正主义办电路线，在毛主席革命路线的光辉照耀下，我省广大农村与全国一样，办电事业得到了迅速发展。

我们河北工学院电机系、河北任丘县“五七”学校和大城县“五七”学校革命师生，遵照伟大领袖毛主席“教育要革命”、“教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合”的伟大教导，坚持走《五·七》指示的道路，深入农村，在阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动的实践中，接受工人阶级和贫下中农的再教育，进行调查研究，使我们深刻地感受到，由于农村办电事业的迅速发展，广大贫下中农迫切需要培养自己的电工技术队伍。为此，我们编写了这本《农村电工教材》。

这本《教材》，是我们经过举办“农村电工培训班”，边实践，边总结，吸收了广大工农群众的经验编写成的。全书分为上、下两册。上册共分四篇十九章，介绍了电工基础知识，变压器、电动机、有线广播和磁石电话机的基本构造原理以及使用和维修方面的常识；下册介绍了架空线、室内

布线和安全用电方面的常识。可做为培训农村电工的教材，也可供县、社电机、变压器修理厂（站）和农村电工人员学习参考。

本《教材》在编写过程中，河北省革命委员会电力局，河北省电信局，河北人民广播电台，大城县革命委员会水电局、广播站，任丘县拖拉机站、变电站、广播站、电信局和天津电机变压器修试厂，天津市和平区电器安装修配厂，天津市农机研究所等单位给了大力的支持，提出了很多宝贵意见，我们表示感谢。

由于我们水平所限，《教材》中可能有缺点和错误，希望广大读者指正。

一九七二年七月

目 录

前言

第一篇 电工基础知识.....(1)

第一章 直流电路.....(1)

第一节 电路 电流 导体 绝缘体(1)

第二节 电压 电动势(4)

第三节 电阻 欧姆定律(6)

第四节 电阻的串联和并联(10)

第五节 电功和电功率 电流热效应(14)

第二章 电磁感应和磁路概念.....(18)

第一节 电与磁 磁场(18)

第二节 磁场对通电导体的作用(22)

第三节 电磁感应定律(24)

第四节 铁磁材料 磁路(29)

第五节 自感现象 涡流(36)

第三章 单相正弦交流电路.....(40)

第一节 交流电阻电路 交流电的有效值(42)

第二节 日光灯的工作原理.....(46)

第三节 只具有电感的电路.....(48)

第四节 电阻和电感串联电路.....(53)

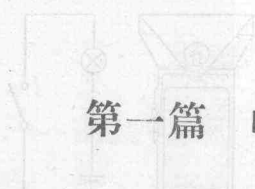
第五节 电容电路(62)

第四章 三相交流电路	(68)
第一节 三相交流电动势的产生	(68)
第二节 三相电源的联接	(71)
第三节 星形联接的三相电路	(74)
第四节 三角形联接的三相电路	(78)
第五节 三相交流电路的功率	(81)
第五章 电工仪表	(82)
第一节 电工仪表的分类	(82)
第二节 直流电流表	(83)
第三节 直流电压表	(85)
第四节 交流电流表与电压表	(86)
第五节 钳形电流表	(89)
第六节 万用电表	(90)
第七节 电度表	(93)
第八节 兆欧表	(99)
第九节 功率表	(102)
第二篇 变压器	(104)
第一章 油浸自冷式电力变压器的结构	(104)
第二章 变压器的运行原理	(108)
第一节 单相变压器的空载运行	(109)
第二节 单相变压器的负载运行	(112)
第三节 三相变压器	(115)
第四节 单——三相变压器	(124)
第五节 电流互感器	(126)
第三章 变压器的运行维护和故障分析	(128)

第一节 变压器的运行维护	(128)
第二节 变压器的故障分析	(129)
第四章 变压器线圈的修理	(132)
第一节 变压器线圈计算	(134)
第二节 变压器线圈绕制工艺	(154)
第三节 变压器试验	(158)
第三篇 异步电动机	(168)
第一章 三相异步电动机的构造和原理	(168)
第一节 鼠笼式异步电动机的构造	(168)
第二节 异步电动机的工作原理	(172)
第二章 电动机的选择和安装	(183)
第一节 电动机的铭牌	(184)
第二节 电动机的选择	(186)
第三节 传动装置的选择和计算	(194)
第四节 电动机安装	(206)
第三章 三相异步电动机的起动和保护	(208)
第一节 异步电动机的起动和保护方式	(208)
第二节 直接起动设备	(210)
第三节 降压起动设备	(217)
第四节 保险丝的选择	(220)
第五节 绕线式异步电动机及其起动	(222)
第四章 异步电动机的维护及故障检查	(225)
第一节 异步电动机的维护	(225)
第二节 异步电动机的故障分析	(226)
第三节 异步电动机的故障处理	(232)

第四节 异步电动机轴承的拆装	(235)
第五章 三相异步电动机绕组的修理	(237)
第一节 异步电动机的绕组	(238)
第二节 电动机绕组修理工艺	(255)
第三节 三相异步电动机绕组重绕计算	(263)
第六章 单相异步电动机	(282)
第一节 单相异步电动机的特点和起动	(282)
第二节 单相异步电动机的定子绕组布置与接线	(288)
第四篇 有线广播和磁石电话机	(300)
第一章 有线广播的主要设备	(300)
第一节 扩音机的使用	(300)
第二节 喇叭	(304)
第三节 话筒	(306)
第二章 扩音机的负载配接	(308)
第一节 定压式扩音机的负载配接	(309)
第二节 定阻式扩音机的负载配接	(316)
第三章 有线广播设备的安装和维护	(332)
第一节 机房	(332)
第二节 广播线路及用户设备安装	(333)
第三节 载波广播线路	(335)
第四节 扩音机的维护与安全注意事项	(343)
第五节 扩音机和广播线路的检修	(344)
第四章 磁石电话机的原理与维修	(348)
第一节 磁石电话机的简单工作原理及结构	(349)
第二节 磁石电话机的电路	(358)

第三节	磁石电话机的故障检修	(362)
附录	录	(367)
附录一	变压器容量估算公式 4—1 的推导	(367)
附录二	电动机计算公式 5—1 和 5—17 的推导	(368)
附录三	电动机计算公式 5—2 的推导	(370)
附录四	单相电动机计算公式 6—1 的推导	(372)
附录五	矩形截面光导线的标准尺寸及计算截面积	(374)
附录六	圆铜线（铝线）的标准直径、截面和 Q、QQ、QZ漆包线最大外径	(376)
附录七	常用算尺	(378)



第一篇 电工基础知识

通过生产与科学实践，人们对电已经比较熟悉了。电和其它物质的运动形式一样，也有它自身的运动规律。我们虽不能用肉眼直接看到电，但是，通过各种现象，能知道它的存在，了解它的本质，并掌握和运用它的规律为社会主义建设服务。

本篇从分析一些常见的用电设备出发，由直流电到交流电，由电到磁阐明基本的电磁规律。它是学习以后各篇和在用电中解决各种疑难问题的基础。

第一章 直流电路

直流电已经比较广泛地应用于工、农业生产和人民生活等各方面，如电解、电镀、直流电动机、汽车和拖拉机照明、半导体收音机等都是使用直流电。本章介绍直流电路的一些基本规律。

第一节 电路 电流 导体 绝缘体

一、电路 大家知道，手电筒能够发光。观察一下铁皮手电筒的结构，就会看到它有一个金属外壳，一个按钮和一

一个小灯泡并装有几节电池，如图 1—1 (1) 所示。如果把这几部分间的联接关系用简单的图表示出来，就可画成图 1—1 (2) 的样子。这就是一个简单的电路图。手电筒所以能发光，就是因为按下按钮时，按钮将电路接通，于是在电池电动势的作用下，电路中产生了电流。电流流过小灯

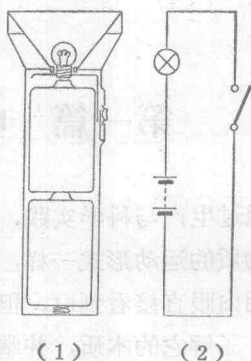


图 1—1 手电筒及其电路

泡，灯丝就发出光来。在这个电路中，电池是供给电能的，叫做电源；灯泡是消耗电能的，叫负载；金属外壳起着联接电源和负载的作用，相当于导线；按钮则是用来断开和接通电路的，叫做开关。通常情况下，一个电路必须包括电源、负载、开关和导线几部分。

二、电流 什么叫电流呢？为了回答这个问题，我们先简单讲一讲物质结构。物质可以分割成分子，分子又可分为原子，原子又由原子核和围绕原子核转动的若干电子组成。电子和原子核都是带电的，只不过它们所带的“电”不同。电子所带的电叫负电（负电荷），原子核带的电叫正电（正电荷）。实践证明，正电与负电相互吸引，而同性电之间则互相排斥。通常情况下，原子核的正电与周围电子的电荷量相等，所以对外部的电荷既不吸引也不排斥，原子对外不显电性。当原子这个统一体破裂，两种电荷分离，就会显出电性。例如摩擦起电现象，就是因为摩擦过程中，一物体失去电子，另一物体得到了电子，而显电性的。失去了电子的

物体就带正电，得到了电子的物体就带负电。

电荷按一定方向运动就形成电流。习惯上规定正电荷运动的方向为电流方向。在单位时间内，通过导线截面的电荷越多，电流越大，通过导线截面的电荷越少，电流越小。电流的符号是“I”。它的大小用电流强度（简称电流）来表示，单位是安培（A）。安培的千分之一称为毫安（mA），即 $1\text{A} = 1,000\text{mA}$ ；安培的百万分之一称为微安（ μA ），即 $1\text{A} = 1,000,000\mu\text{A} = 10^6\mu\text{A}$ 。

三、导体和绝缘体 为什么用金属导线联接电路中能有电流，而用塑料绳联接就没有电流呢？因为金属原子最外层的电子与原子核之间的吸力较小，因而金属中原子的外层电子能脱离各自的原子核的吸引，而在各原子之间自由运动。我们称这种电子为“自由电子”。自由电子受到力的作用朝一定方向运动，就形成电流，这种现象就叫导电。能导电的物体叫导体。除各种金属外，盐的水溶液和碳等也能导电。应该注意的是金属中的电流是自由电子运动产生的，因此电子运动方向与我们规定的电流方向是相反的。

塑料绳为什么不导电呢？因为它的原子核与电子间吸力较大，电子受到原子核吸力的束缚，在通常情况下，不能脱离原子核而自由运动，因此塑料绳不导电。我们称它为绝缘体。绝缘体还有橡胶、煤油、玻璃、云母、瓷器等。

但是，物体的导电性能和绝缘性能也不是绝对的。它们在一定条件下，可以发生变化。例如，空气在一般情况下不导电，但在高电压作用下，也能导电。高压线的放电现象就是空气分子在高电压作用下电离（电子与原子核分离）而导电的。

工农业生产中多用导电性能好的金属，如铜、铝等制成导线，来传送电能。在导线外面常常包一层绝缘物，如塑料或胶皮，使导线与外界绝缘，避免漏电和触电。

有些物质的导电性能介于导体和绝缘体之间，如锗、硅、硒等，称为半导体。用半导体材料制成的各种电子器件，正日益广泛地应用于工农业生产、国防和科学技术中。

第二节 电压 电动势

一、电压 为了说明电压的概念，我们先研究一下水流的情况。图1—2是两个水池，中间用水管连通，可以用水泵将乙池的水抽到甲池中。

甲池水位高，乙池水位低，两池之间有水位差。这时把开关K打开，甲池的水就会往乙池流动，一直到两池的水位相等，水位差等于零时，水就停止流动了。如果用水泵把乙池的水连续不断地抽到甲池，使两池经常保持

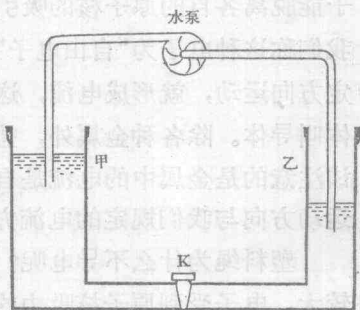


图1—2 水泵打水

持一定的水位差，则甲池的水就会不断向乙池流动。可见要想使水从甲池流到乙池，两池必须有水位差。

在图1—3的电路中，电流的形成情况与上面两水池之间水流的形成很相似。电池的正极集积了很多正电荷，负极集积了很多负电荷。如果在正、负极之间放置正电荷，它将

受到正极的排斥和负极的吸引。如放置负电荷，则受到的作用力与正电荷受力的方向相反。当将导体接于电源的正、负极之间时，导体内的自由电子就会受到负极的排斥和正极的吸引，所以

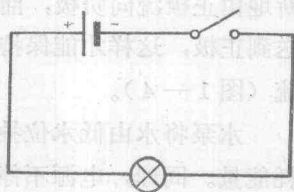


图 1—3

它将在力的作用下由负极向正极运动，形成在电源外部由正极向负极的电流（与电子运动方向相反）。这种情况和前面讲的水由高水位流向低水位的情况相似。因此称电源的正极比负极的电位高。两极间的电位差称为电压。电压的方向是由高电位向着低电位。

电压的符号是“U”，单位是“伏特”，简称“伏”（V）。工程上有时用1,000伏作单位，称为“千伏”（KV）；有时也用“毫伏”（mV）为单位， $1\text{mV} = \frac{1}{1,000}\text{V} = 10^{-3}\text{V}$ 。

二、电动势 电压又是怎样保持的呢？在图1—2的例中，要使甲池的水按一定的流量不断地流向乙池，必须开动水泵，不停地将乙池的水抽回到甲池，使两池保持一定的水位差。同样，要维持图1—3电路中的灯泡有一定的电流通过，灯泡的两端必须保持一定的电压。这个工作通常由电源（如干电池、蓄电池、发电机）来完成。

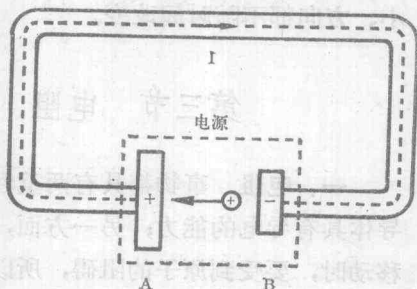


图 1—4 电动势

在电源的外部正电荷不

断地由正极流向负极，而电源又把正电荷从负极经电源内部送到正极，这样才能保持两极间的电位差，维持电路中的电流（图1—4）。

水泵将水由低水位抽到高水位，就要做功，水泵就要消耗能量。同理，电源不停地将正电荷由低电位（负极）送到高电位（正极）也要做功和消耗能量。这个能量是由其它形式的能量转化来的。例如在干电池内部，由于化学变化使正、负电荷不断分离，并分别送到正、负极，使两极间保持着电位差。电池在这个过程中不断做功，做功的能量是由化学能转变来的。电源将单位正电荷从负极经电源内部移动到正极时，电源所作的功，称为电源的电动势。

电动势用“ $\mathcal{E}$ ”表示，单位是伏特。它的方向是由低电位到高电位（即由负极到正极）。它的数值等于电源未和外电路接通时，电源两端的电压。

干电池的电动势通常是1.5伏；汽车、拖拉机上用的铅蓄电池，每个电池的电动势为2伏。

以上讲的电流、电压、电动势，都是直流。它们的大小、方向都不随时间改变。

第三节 电阻 欧姆定律

一、电阻 事物都具有两重性，导体也是如此。一方面导体具有导电的能力；另一方面，电子在导体内向一定方向移动时，要受到原子的阻碍，所以导体又有阻碍电流通过的作用。这种阻碍作用叫做导体的电阻。电阻用符号“ R ”表

示。电阻的大小，与导体的长度 l 成正比，与截面积 S 成反比，即导体越长电阻越大，截面越大电阻越小，并与导体材料的性质有关。这个关系可用公式表示为

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-1)$$

电阻的单位是欧姆(Ω)，简称欧。此外，还有千欧($K\Omega$)、兆欧($M\Omega$)。1千欧 = 1,000欧 = 10^3 欧；1兆欧 = 1,000,000欧 = 10^6 欧。

式1—1中， ρ 叫做“电阻率”或“电阻系数”。它表示长度为1米、截面积为1平方毫米的导体具有的电阻。电阻率与温度有关。一般金属导体的电阻率随温度升高而增大，随温度降低而减小。表1—1是几种常见的金属导体在 20°C 时的电阻率。

金属的电阻率

表 1—1

材 料 名 称	ρ 欧·平方毫米/米 (20°C)
铜	0.0175
铝	0.028
钢	0.13—0.25
铁	0.1—0.3
镍 铬 合 金	1.0

例 某生产队在架设照明线路时，为节省铜线，要把长1千米、截面积 S 为6平方毫米的铜线换成铝线，但电阻保持不变，应选用多大截面的铝导线？

解

因为 $R_{\text{铜}} = R_{\text{铝}}$ ，根据式1—1，则

$$\rho_{\text{铜}} \frac{l}{S_{\text{铜}}} = \rho_{\text{铝}} \frac{l}{S_{\text{铝}}},$$

所以