

农村电工



内蒙古人民出版社

农 村 电 工

内蒙古农牧学院农电教研组编

内蒙古人民出版社

一九七三·呼和浩特

前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，随着农业生产的不断发展，我区农村办电事业有了很大发展，农村用电范围日益广泛。广大贫下中农、农村电工迫切需要掌握农电方面的基本知识和技术，培养自己的农村电工人员。为了适应这一新的形势，我院组织我组教师，在经过区内、外的广泛调查和下厂、下乡蹲点劳动的基础上，开办了农村电工训练班，并编写了讲义。本书就是在该讲义的基础上，在教学实践过程中广泛吸取了有关单位的老工人、革命技术人员和训练班学员的意见，经过反复讨论、修改而成。本书可供各地培训农村电工时教学上使用，也可供广大农村知识青年和农村电工人员参考。

参加本书编写工作的有王立英、杨家驹、朱家万、籍明哲等同志。书中插图由张殿忠、郑秀花同志描绘。全书经朱家万同志负责审阅和修改。

由于我们学习毛主席著作不够，业务水平不高，实践经验不多，加之时间仓卒，书中一定还存在缺点和错误，希望广大读者批评指正。

在本书的编写过程中，得到内蒙古第二毛纺织厂、呼和浩特市供电局、内蒙古电机变压器厂以及我院配电室等单位有关同志的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

内蒙古农牧学院农电教研组

1973年1月

目 录

第一篇 电工基础

第一章 直流电路	(1)
第一节 电的基本知识	(1)
第二节 欧姆定律	(10)
第三节 短路	(12)
第四节 电功和电功率	(13)
第五节 负载的串联、并联和混联	(15)
第二章 磁和电磁	(18)
第一节 磁及磁铁的性质	(18)
第二节 电流的磁场	(23)
第三节 磁场对载流导体的作用力	(25)
第四节 电磁感应	(26)
第五节 互感、自感、涡流	(29)
第三章 单相交流电路	(31)
第一节 交流电的基本概念	(31)
第二节 纯电阻电路、纯电感电路、纯电容电路	(39)
第三节 具有电阻和电感的电路、 具有电阻和电容的电路	(47)
第四节 功率因数的意义	(51)
第四章 三相交流电路	(53)
第一节 三相交流电的产生	(53)
第二节 三相发电机绕组和三相负载的联接方式	(54)

第三节 三相交流电的功率	(60)
第四节 旋转磁场	(61)

第二篇 农村常用电工仪表及其测量

第一章 电工仪表的种类、构造和作用原理	(63)
第一节 概述	(63)
第二节 农村常用电工仪表的构造和作用原理	(65)
第二章 配电盘用仪表和检修用仪表	(69)
第一节 配电盘用仪表	(69)
第二节 检修用仪表	(78)

第三篇 农用电动机

第一章 电动机的构造和运行原理	(93)
第一节 电动机的构造	(93)
第二节 电动机的运行原理	(98)
第三节 电动机的转差率和转子转速	(98)
第四节 电动机的转矩和转差率的关系	(99)
第二章 电动机的启动和启动设备	(103)
第一节 电动机的启动	(103)
第二节 电动机的启动设备	(104)
第三节 启动设备的故障和维修	(115)
第三章 电运机的使用和维护	(121)
第一节 电动机的铭牌	(121)
第二节 电动机的选择	(126)
第三节 无铭牌电动机的识别	(130)
第四节 电动机的运行和维护	(137)
第四章 电动机的修理	(148)
第一节 电动机的拆卸和装配	(148)
第二节 电动机的运行故障和处理方法	(151)

第三节	电动机的定子绕组	(154)
第四节	电动机绕组故障的检修	(167)
第五节	电动机绕组的重新绕制	(179)
第六节	电动机绕组的简易计算	(198)

第四篇 农村电力网

第一章	变压器	(210)
第一节	变压器的用途和种类	(210)
第二节	变压器的构造和工作原理	(211)
第三节	变压器的铭牌和容量的选择	(217)
第四节	变压器的并联运行	(220)
第二章	变压器上常用的主要电气设备	(222)
第一节	高压、低压熔断器	(222)
第二节	开关设备	(224)
第三节	防雷保护装置	(228)
第四节	变压器的接地	(230)
第五节	配电变压器及其有关设备的运行维护	(231)
第三章	农村架空线路	(233)
第一节	架空线路的一般知识	(233)
第二节	架空线路的简单设计	(240)
第三节	两线一地制供电	(254)
第四节	架空线路的施工	(257)
第五节	架空线路的运行和维护	(276)

第五篇 低压配电 照明 安全用电

第一章	低压配电盘和进户装置	(278)
第一节	低压配电盘(箱)	(278)
第二节	进户装置和屋内动力装置	(282)
第二章	照明	(287)

第一节	照明灯具	(287)
第二节	照明配线	(294)
第三节	电灯照明的故障和检修	(299)
第三章	安全用电	(303)
第一节	造成触电事故的原因及其预防措施	(304)
第二节	触电的急救	(307)

附 录

表 1	电工仪表盘面符号名称及其意义	(312)
表 2	农村常用电工仪表的规格和技术数据	(313)
表 3	电流互感器规格	(314)
表 4	电压互感器规格	(315)
表 5	低压闸刀开关规格	(316)
表 6	QC ₁ 型磁力启动器技术数据	(316)
表 7	QX ₁ 星三角启动器技术数据和配用导线截面表	(317)
表 8	QJ ₂ 、QJ ₃ 自耦降压启动器规格	(317)
表 9	常用电动机的技术数据	(318)
表10	常用电动机铁芯和线圈的技术数据	(332)
表11	漆包线和纤维绕包铜线的规格、型号和用途	(353)
表12	各种配电变压器的主要技术数据	(360)
表13	跌落式熔断器及熔丝的规格	(370)
表14	低压熔断器规格	(371)
表15	熔丝的规格	(371)
表16	户外式高压隔离开关规格	(373)
表17	户外高压柱上油开关的规格	(374)
表18	阀型避雷器的规格	(375)
表19	各种裸导线的规格	(375)
表20	各种绝缘子规格	(376)
表21	各种绝缘导线的规格	(380)
表22	拉丁字母、希腊字母读音表	(383)

第一篇 电工基础

第一章 直流电路

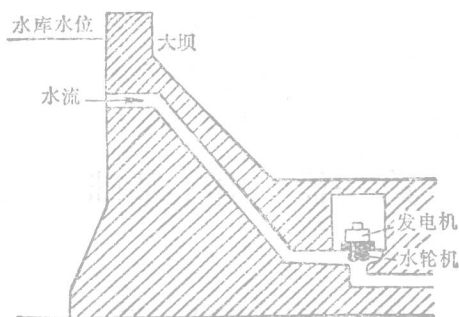
第一节 电的基本知识

一、电能的应用和生产

在我们日常生活和工农业生产中，电能的应用非常广泛，诸如电气照明、电热、电力排灌、用电力进行粮食加工、电焊、电镀、无线电技术（无线电通讯、广播、电视等）等等，几乎都用到电。由于电能具有转换比较容易，传输比较方便，容易实现自动控制等优越性，电能现代化技术中，在我国社会主义建设、社会主义工业化、农业电气化、国防现代化和改善人民生活中，起着重要的作用。

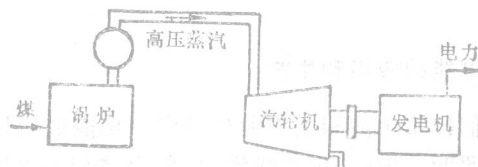
那么，电能是怎样生产出来的呢？常用的电能是由其他能量（如热能、化学能、机械能、原子能等）转换来的。用其他能量转换成电能的场所就叫发电厂（站）。目前，我国工农业用电主要是水力发电站和火力发电厂发出的。

水力发电是由高水位的水力冲动水轮机，将水的位能变成机械能，再带动发电机旋转，机械能就变成电能输出，如图 1-1 (a) 所示。



水的位能 → 机械能 → 电能

(a) 水力发电



化学能 → 热能 → 机械能 → 电能

(b) 火力发电

图 1-1 发电过程示意图

火力发电是由锅炉燃烧煤，产生高压蒸汽，将化学能变成热能，推动汽轮机旋转，变成机械能，带动发电机旋转，机械能变成电能输出，如图 1-1 (b) 所示。

发电厂(站)发出的电力可以通过送变电装置将电能输送到远方用户。我们目前所用的交流电就是这样传送来的。

二、电路

1. 电路的构成：前面谈到各种电的用途，它们的运行都是

依靠电流的作用。为要产生电流，需要构成电路。最简单的用电电路如图 1-2 所示。从图中可以看到，一个电路主要由电源、负载、导线三部分组成。

(1) 电源：它的内部具有推动电流流动的原动力，是电路中电能的来源。干电池、蓄电池、直流发电机等都是最常用的直流电源。

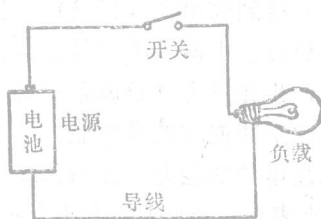


图 1-2 电路的组成

(2) 负载：负载也叫负荷。它是将电能转换成其他形式的能量的受电设备。譬如：灯泡、电炉、电动机等都是负载。

(3) 联接导线：导线也叫电线，它把电源和负载联成一个通路，使电流通过导线流通。常用的导线是用铜或铝做的。

除以上三个主要部分外，还有断开和接通电路用的开关。

要使电路中电流流通，需要具备两个条件，即：电源能正常供电和电路必须是一个闭合的通路。

2. 电路中电流的产生，电压与电势：有了电源，又构成了闭合的通路，为什么就能产生电流呢？这是由于电源的存在，使电路中产生电位差，因而导线中的电荷向一个方向移动，从而形成电流。例如当如图 1-3 接成电路时，和电池正极相接的导线 A 处于高电位，和电池负极相接的导线 B 处于低电位，因而电

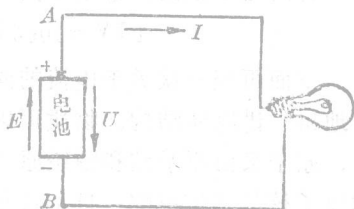


图 1-3

路中产生了电位差，导线中的正电荷就会从 A 处经负载向 B 处移动。但是要使电流连续不断，就需要依靠电源内部的力（这种力通常称为非静电力）的作用，使正电荷不断地从低电位（负极）推到高电位（正极），从而能始终保持 A 点电位比 B 点的电位高。电池之所以具有这种能力，是由于它内部的化学作用，能产生化学力（这就是一种非静电力），推动正电荷移动。这时化学能就转变成电能。电源内部这种能把正电荷从低电位推到高电位的能力，我们称之为电动势（或简称电势），用符号 $\mathcal{E}$ 来表示。电势 $\mathcal{E}$ 的大小表示能把电荷提高多少电位，即等于单位正电荷在电源内部力的作用下通过电源时所获得的能量。 $\mathcal{E}$ 的单位是伏特，或简称伏，符号是 V 。电势的方向是指从负极（低电位）到正极（高电位）的方向，即电位升高的方向。电源内部有了电势，就能在正极和负极之间保持一定的电位差，这个电位差又叫电压，用符号 U 来表示，单位和电势一样，也是伏。电压 U 的方向是指正极（高电位）到负极（低电位）的方向，即电位降低的方向，在这一点上和电势 $\mathcal{E}$ 是电位升高 的含义刚好相反。图 1-3 中，分别用箭头代表 U 和 $\mathcal{E}$ 的方向。

有的电压很低，常用毫伏（ mV ）作单位：

$$1\text{ mV} = -\frac{1}{1000}\text{ V} = 10^{-3}\text{ V}$$

有的电压很高，常用千伏（ kV ）作单位：

$$1\text{ kV} = 1000\text{ V} = 10^3\text{ V}$$

下面再谈一谈关于电流的问题。为了说明这个问题，先简单地讲一讲物质结构。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。如原子这个统一体因某种原因而破裂，两种电荷分离，物体就会显出电性。电路中的电流就是因电源内部力的作用，破坏了原子这个统一体，在金属导线中带有负电荷的电子按一定方向移动而形成的。照理应该把电子流动的方向，定做电流方向，但是习惯上规定正电荷运动的方向作为电流的方向，即和电子运动的方向相反。电流通常用符号 I 来表示，在图1-3中也用箭头标出了电流的方向。电流的大小是以单位时间内导体截面上移过多少电量来衡量的。如果单位时间内在导体截面上移过的电量多，电流 I 就大。

如果在足够长的时间里，电流的大小和方向都不变，则这种电流叫做直流电流。对于直流电流来说，若以 Q 表示在时间 t 内移过导体截面的总电量，则电流的大小为：

$$I = \frac{Q}{t}$$

电量 Q 的单位是库仑。电流的单位是安培，或简称安，用字母 A 或 a 来表示。如果在导线截面上每秒钟有1库仑的电量移过，那末这电流的大小就是1安：

$$1 \text{ 安} = \frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}}$$

有时电流很小，如在电子线路中电流就常用毫安(mA)或微安(μA)作单位。

$$1 \text{ 安} = 1000 \text{ 毫安} = 10^3 \text{ 毫安}$$

$$1 \text{ 安} = 1,000,000 \text{ 微安} = 10^6 \text{ 微安}$$

或

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}, \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

3. 电阻：电子在金属导体里运动时会遇到阻力，这种阻力是电子和导体中的原子发生碰撞而产生的。这种阻碍电流通过的阻力称为电阻，用符号 R 或 r 表示。电阻不同，电路中在同一个电压作用下的电流也不同。在画电路图时，常用如图 1-4 所示符号表示电阻。



图 1-4 电阻的符号

电阻的单位是欧姆，或简称欧，用符号 Ω 表示。有时用到很高电阻值，常用千欧 ($k\Omega$) 或兆欧 ($M\Omega$) 作为单位。

$$1k\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$$

$$1M\Omega = 1,000,000\Omega = 10^6\Omega$$

一般说来，任何导体均具有电阻。很多用电设备，必须具有一定的电阻值，才能达到正常用电的目的，如果没有电阻，这些用电设备也就无法使用。由于电阻是电路中的一个重要参数，是决定电路中电流大小的重要因素，因此，下面还要专门讨论这个问题。

4. 电路图：像图 1-2 那样的实物电路图，看起来易懂，但画起来太麻烦，又没有突出电路的本质。例如，我们常用的电烙铁的木柄、烙铁头，与电路没有丝毫关系，电烙铁从本质看，它只是相当于一个电阻。为了突出电路的本质，又为了简便，我们总是用一定的符号来表示电路的各种元件，画出电路图。

应用这个办法画电路图，图 1-2 所示的电路就可用图

1-5表示,其中 $\text{---}|$ 表示直流电源,相当于图 1-2 中的电池。 $\text{---}\square\text{---}$ 表示电阻,相当于图 1-2 中的灯泡(即负载)。图中并标出了电势、电压和电流的方向。

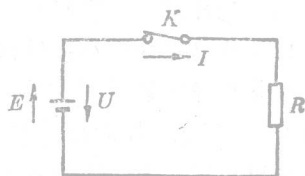


图1-5 电路图

三、导体和绝缘体

一些物质的原子有着不稳固的外围电子,当受到外力的作用时这些电子容易离开自己的轨道,这种物质导电性能很好,称为导体。各种金属,碳,盐类、酸类、碱类的溶液等,都属于这类。还有其他许多物质的原子,其中的电子牢固地吸在原子核周围,不容易自由地离开,这就是导电性能不良的物体,称它为非导体或绝缘体。绝缘是有一定条件的,在低压下应用的绝缘体,用在高压下就会被高压击穿,所以绝缘体都有一个工作限度,这工作限度叫作绝缘强度。在正常状态下的各种气体,很多种液体,以及除了金属和碳以外的大部分固体都属于不良导体,如橡胶、玻璃、塑料、云母、丝、瓷、变压器油等都可以作为绝缘体。

四、导体的电阻

在电路中将大量遇到电阻元件,我们有必要进一步研究电阻这个参数。

在电工实际工作中常用的电阻设备有灯泡、电炉、电烙铁等。除此以外,还有很多可变电阻,如滑线变阻器、电阻箱等。上列这些电阻元件各有各的用处,它们的电阻值可以相差很大,从几欧到几个兆欧。那么导体的电阻大小究竟与哪些因

素有关，怎样进行计算呢？下面分别讨论这些问题。

1. 导体电阻的大小：导体电阻的大小，主要与两个因素有关：一是与导体的材料有关，不同的导电材料，对电流有不同的阻力；二是与导体的尺寸有关，即与导体的粗细和长短有关。导体越粗越短，电流通过时受到的阻力越小，电阻也就越小；导体越细越长，电流通过时受到的阻力越大，电阻也就越大。由此可见，当材料相同时，细长的导体，电阻大，粗短的导体，电阻小。

2. 电阻系数：前面讲过，各种材料的电阻是不一样的，并且电阻的大小和材料的尺寸有关。因此，要比较各种材料的导线的电阻大小，导线的长度和截面都要相等，为此，往往取长度为1米、截面积为1毫米²的导线，以其电阻作为标准进行比较。这样尺寸的导线的电阻值（单位为欧），叫做该导线的电阻系数，它一般用字母 ρ 来表示。几种常用材料的电阻系数列于表1-1。

表 1-1 几种常用材料的电阻系数（20°C）

材 料 名 称	银	铜	铝	钨	铁	铅
电 阻 系 数 (ρ)	0.016	0.0175	0.028	0.055	0.13	0.20

从表1-1可知，银的电阻系数最小，也就是传导电流的能力最高。铜和铝的电阻系数虽然比银大一些，但是由于铜、铝的价格要比银便宜得多，所以铜、铝都是最常用的导电材料。

3. 如何计算电阻：计算导体的电阻时，可利用下面的公式：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (\text{不考虑温度的因素}) \quad (1-1)$$

式中： R ——导体的电阻（欧），

ρ ——导体的电阻系数，

L ——导体的长度（米）；

S ——导体的截面（毫米²）。

公式（1-1）的意义是：导体的电阻等于这个导体的电阻系数乘上它的长度，并除以它的截面。前面讲过，某一导体的电阻系数 ρ ，是这个导体长度为1米、截面为1毫米²时的电阻数值。如果导体的长度不是1米，比如说是2米或3米，由于导体的电阻和它的长度成正比，所以这时应该将电阻系数乘上2或3，因此公式（1-1）中的电阻系数乘上导体的长度。同理，由于导体的电阻是和截面成反比，截面增大，电阻成比例地减小，因此公式（1-1）中电阻系数除以导体的截面。

【例】有一铝线， $S=2.5$ 毫米²， $L=2,000$ 米，求它的电阻值。

解：按公式（1-1）进行计算。从表1-1中查得铝的电阻系数 $\rho=0.028$ 。

$$R = \rho \frac{L}{S} = 0.028 \times \frac{2000}{2.5} = 20.4 \text{ 欧}$$

【例】已知一根铁线的 $R=6.5\Omega$ ， $S=4$ 毫米²，这根铁线的长度 L 为多少？

解：由表1-1查得铁线的电阻系数 $\rho=0.13$ ，将公式（1-1）移项

后得：

$$L = \frac{RS}{\rho} = \frac{6.5 \times 4}{0.13} = 200 \text{ 米}$$

4. 电阻的温度系数：导体的电阻，除了与导体的材料、尺寸有关外，还与导体的温度有关。一般导体的电阻随温度上升而增大，随温度下降而减小。不同的材料，其电阻受温度的影响是不一样的。为了便于比较，取导体原来的电阻为1欧，以温度每变化1°C时导体电阻的变化值作为比较的标准。这个变化值叫做电阻的温度系数，用字母 α 来表示。几种常用材料的电阻温度系数列于表1-2中。

表 1-2 几种常用材料的电阻温度系数

材 料 名 称	银	铜	铝	钨	铁	铅
电阻的温度系数(α)	0.004	0.004	0.004	0.0046	0.005	0.004

从表中可以看出, 温度对导电材料电阻的影响是比较小的, 例如铜线, 原来的电阻如果是 1 欧, 则当温度升高 1°C 时, 其电阻增加 0.004 欧。

如果某一导体原来的电阻值为 R_1 , 那么温度上升 1°C 时, 其电阻的增加值为 $R_1\alpha$ 。如果温度不只上升 1°C , 假设电阻为 R_1 时温度为 t_1 , 现在温度上升到 t_2 , 温度变化值为 $t_2 - t_1$, 那么这时电阻总共增大的数值应为 $R_1\alpha(t_2 - t_1)$ 。如果要求出这个导体温度为 t_2 时的全部电阻 R_2 , 还应该将原来的电阻 R_1 加进去, 即

$$R_2 = R_1 + R_1\alpha(t_2 - t_1) \quad (1-2)$$

式中: α ——电阻温度系数;

R_1 ——温度为 t_1 时导体的电阻 (欧);

R_2 ——温度为 t_2 时导体的电阻 (欧)。

〔例〕有一电动机, 在 20°C 时其磁场线圈(铜导线)的电阻为 100Ω , 运行一些时间后, 测得电阻为 120Ω , 此时线圈的温度是多少?

解: $R_1 = 100\Omega$, $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$, $R_2 = 120\Omega$, 由表 1-2 查得铜的 $\alpha = 0.004$, 将这些值代入公式 (1-2) 进行运算:

$$120 = 100 + 100 \times 0.004(t_2 - 20)$$

$$t_2 = 70^{\circ}\text{C}$$

第二节 欧姆定律

欧姆定律是电工计算中经常用到的基本定律。它可说明一