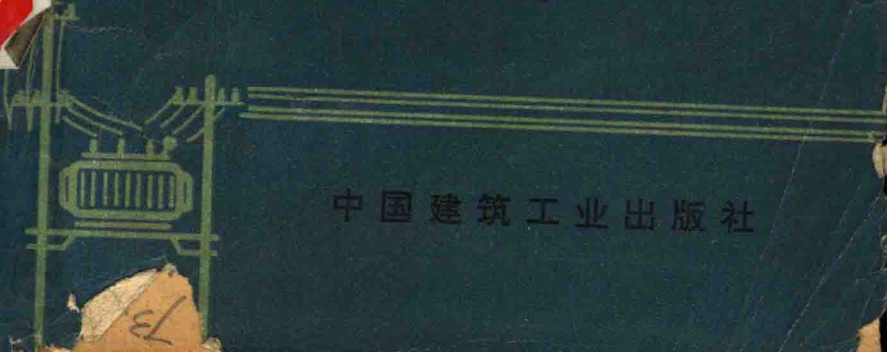


建筑应用电工

增订版

北京建筑工程学院电工教研组 编



中国建筑工程出版社

建筑应用电工

(增订版)

北京建筑工程学院电工教研组 编

中国建筑工业出版社

本书是以土建工程施工用电为主要内容编写成的。对于电工技术的基础理论只从物理概念方面作了适当的介绍，未作过多的数学推导与分析，而把重点放在“用电”这一应用技术知识方面。书中编入的思考题和习题，可供读者在学习过程中进行复习。

本增订版增加了有关电和磁的基础知识及电气施工等方面的内容，对其他各章节也做了增改。

本书可供具有初中以上文化程度的从事土建工程施工的工人和技术人员参考。

■ 筑 应 用 电 工

北京建筑工程学院电工教研组 编

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092毫米1/32 印张: 7 11/16 字数: 173 千字

1978年5月增订版 1978年5月第二次印刷

印数: 150,816—266,395册 定价: 0.57元

统一书号: 15040·3169

前 言

本书自出版以来，得到广大读者的热情支持，特别是许多单位和读者来信来访，提供了不少宝贵的意见。据此，我们对本书进行了修改和补充，着重增添了电磁部分和一些应用知识，各章节也做了增改。由于我们业务知识有限，缺乏实践经验，书中肯定还会有不少缺点、错误，希望读者批评指正。

北京建筑工程学院电工教研组

1977年11月

目 录

复 习 电与磁	1
0-1 电的一些基本概念	1
0-2 磁的基本概念	11
0-3 电和磁的关系	13
0-4 磁场对载电流导体的力效应	19
第一章 交流电源	21
1-1 交流电的基本概念	21
1-2 交流电的周期	28
第二章 单相负载	35
2-1 白炽灯负载	35
2-2 日光灯负载	46
2-3 单相交流电路概要	53
第三章 三相负载	69
3-1 三相负载接入三相电源	69
3-2 负载星形连接的三相电路	71
3-3 负载三角形连接的三相电路	79
第四章 感应电动机及其控制	85
4-1 概述	85
4-2 感应电动机的转动原理与工作特性	88
4-3 感应电动机的名牌	93
4-4 感应电动机的起动	97
4-5 感应电动机的反转	102
4-6 感应电动机的电路计算	103

4-7	感应电动机的维护与常见故障	106
4-8	感应电动机的控制与保护	108
第五章	施工供电	31
5-1	输配电概说	1
5-2	配电变压器	2
5-3	施工现场的电力供应	41
5-4	施工照明	158
5-5	电弧焊电源	167
第六章	建筑电气施工	72
6-1	建筑电气设备概说	172
6-2	电气施工识图	179
第七章	安全用电	207
7-1	概述	207
7-2	安全电压	213
7-3	触电急救	214
7-4	安全用电措施	217
7-5	保护接地与保护接零	218
7-6	防雷保护	220
附录一	500 伏铜芯绝缘导线长期连续负荷允许 载流量表	226
附录二	500 伏铝芯绝缘导线长期连续负荷允许 载流量表	228
附录三	500 伏橡皮与塑料绝缘电力电缆及裸导 线载流量表(安)	230
附录四	500 伏塑料绝缘塑料护套线(BVV、 BLVV)在空气中敷设长期连续负荷 允许载流量表(安)	230
附录五	500 伏单芯绝缘导线允许穿管根数及相	

	应的最小管径表(毫米)	231
附录六	电话及广播线路穿管时配用管径表	232
附录七	异步电动机产品目录(摘录)	232
附录八	配电变压器产品目录(摘录)	237
附录九	几种常用电工仪表的使用	237

复习 电 与 磁

0-1. 电的一些基本概念

在我们日常的工作和生活中，经常要应用电。例如：用电灯来照明，用变压器来送电，用电炉来加热，用电扇来降温、通风；在土建施工中一些施工机具，如搅拌机、振捣器、打夯机、空气压缩机、水泵、电锯等等，大多是用电动机来带动，应用电能来工作的。它们通过一定的电器设备，把电能转变成光能、热能和机械能来照明或做工。在夏季里，我们也常常看到雷电现象，有时雷电会给人们的生命财产造成严重的损失。总之，要想使电能够造福于人类，能够更好地利用它为人民服务，我们就必须学习它，认识它，掌握电的特性与基本规律。正如伟大领袖毛主席教导我们的：“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。”

1. 电荷与电场

那么，究竟什么是电呢？要了解这个问题，就得先从物质的构造谈起。自然界中任何物质都是由很小很小的分子组成的，而分子又是由更小的原子组成的。原子则是由带正电的原子核和围绕原子核按一定轨道运动着的带负电的电子所组成。原子核又是由带正电的质子和不带电的中子组成。一个质子所带正电的电量与一个电子所带负电的电量是相等的。我们把这些组成物质的无数带电微粒（如质子、电子）

称做电荷。带有正电的微粒叫做正电荷(以“+”号表示),带有负电的微粒叫做负电荷(以“-”号表示)。在正常状态下,原子核内所含质子的数目与绕核旋转的电子数目相等,所以原子核所带正电荷的总电量与绕核旋转的电子所带负电荷的总电量是相等的,由于正负电荷所呈电性相反,所以整个原子不呈现电性(称做中性)。

如果由于某种原因(例如用毛皮与玻璃棒摩擦,发电机中电枢导线在磁场中运动)使物体中的原子获得或失去电子以后,整个物体的正负电荷的电量就不再相等,而呈现电性,我们即称该物体为带电体。获得电子的物体带负电,失去电子的物体则带正电。

由实验可知:同性电荷(或带电体)相互排斥,异性电荷(或带电体)相互吸引。即电荷之间(或带电体间)存在着相互的作用力。带电体所带电荷越多,他们之间的相互作用力也就越大。

我们把带电体周围具有特殊性质的这个空间称为电场。把任何一种电荷引入电场中,它必将受到力的作用。而且电场中是充满着能量的。

2. 电位与电压

我们已经知道,带电体所带电荷越多,由它所形成的电场就越强。也就是说,它对电场中电荷的作用力就越大,这个电荷在电场作用下运动时所放出的能量也就越大。我们现在引入“电位”与“电压”这样一种物理量来表示电场的强弱。

当一个物体带有正电荷时,我们就说它具有一定的正电位,而且物体所带正电荷越多,它的电位就越高。而当物体带负电荷时,我们就说它具有一定的负电位,它所带负电荷

越多，它的电位就越低。通常我们把地球的电位当作零，电位的高低（正或负）是以地球的电位为标准的。

任何两个带电体之间（或电场的某两点之间）所具有的电位差就叫做该两带电体（或电场的某两点）之间的“电压”。由此可知，两个带电体之间（或电场的某两点之间）电压越高时，它们之间的作用力就越大，由两个带电体所形成的电场就越强，这个电场在驱使电荷运动时所放出的能量也就越大。

“电压”通常是用符号“ U ”来表示的。它的单位为“伏特”，简称为“伏”，记做“ V ”。

日常生活中所用手电筒的电源电压是3伏；普通照明电源的电压是220伏；电动机大多是用380伏的电压，而输送电能的输电线路电压则是10千伏、35千伏、110千伏、220千伏（ KV ）等；而在暴雨季节所形成的两块带异性电荷的雷云之间的电压，往往高达几百万伏（几兆伏 MV ●）以上。

3. 电路与电流

通常我们应用电能时，总是使电荷沿着一定的路径流动的，我们把电荷流动时所经过的路径称为电路。最简单的电路一般都是由电源、负载、导线和开关等四部分组成的。见图0-1。

- 我们在这里介绍几个用文字来表示数量大小的方法：当我们要把一个数放大一千倍或一百万倍时，则用“千”或“兆”来表示。当我们要把一个数缩小一千倍或一百万倍时，则用“毫”或“微”来表示。以后我们将经常用到它。

$$\text{千} = 1000 = 10^3 \quad \text{记做} K$$

$$\text{兆} = 1000000 = 10^6 \quad \text{记做} M$$

$$\text{毫} = \frac{1}{1000} = 10^{-3} \quad \text{记做} m$$

$$\text{微} = \frac{1}{1000000} = 10^{-6} \quad \text{记做} \mu$$

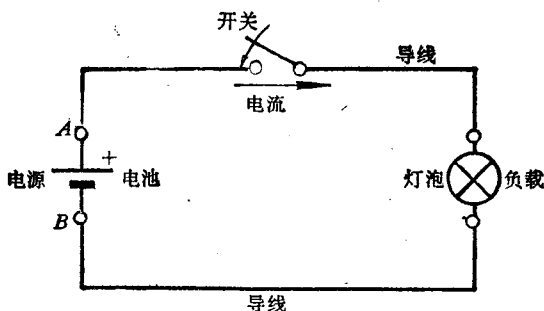


图 0-1 最简单的电路

把化学能或机械能等其它形态的能量转换成电能的设备叫做电源。如干电池、蓄电池、发电机等。凡用电的设备，我们都把它叫做负载。如灯泡、电炉、电动机等。

在电路中，我们把电荷的流动（运动）叫做电流。

那么，电荷究竟是怎样会运动而形成电流的呢？请看图 0-1。大家知道一个电源（如一节电池）总是有两个电极（正极 A 、负极 B ），而且电极上堆积着大量的电荷，正极 A 具有正电位，负极 B 具有负电位。换句话说 $A B$ 两电极间具有一定的电压。由于正负电荷总是相互吸引的，这些正电荷总是在电压的作用下，企图流向负极与负电荷中和。当开关未把电路接通（称断路或开路）时，正极的正电荷是无法从空间流向负极的，这时没有电荷流动，也就是没有形成电流。当开关把电路接通（称通路或闭路）后，由于导线（电线）很容易传电，也就是电荷很容易在电线中流动，因而就有正电荷在电压的作用下，不断地由正极 A 通过导线，经过开关与灯泡，流向负极 B 。这时在电线中就形成了电流。运动的

电荷把能量交给了灯泡，灯泡发出了亮光，实现了能量的转换，把电能变成了光能。

电流的强弱（大小）通常是以每秒钟通过导体截面的电量（电荷的数量）来计算的。亦即单位时间内流过导体截面的电荷数量越多，我们说电线中的电流强度就越大。

“电流”通常是用符号“ I ”来表示的。它的单位为“安培”，简称“安”，记作“A”。

日常生活中所用手电筒内灯泡的电流是0.3安左右；220伏40瓦电灯的电流是0.182安；电动机的电流一般是几安至几百安；半导体收音机内的电流一般只有几个至几十个毫安；而雷电流则在几十千安至几百千安以上。

人们规定电流的方向是从高电位流向低电位的。也就是把正电荷移动的方向定为电流的方向。

4. 导体与电阻

所有物质按其传导电流的能力，一般可分成三类：导体，绝缘体和半导体。

导体这类物质的特点是它们的原子核中的正电荷与原子外层的电子间吸引力比较小，电子比较容易脱离原子而自由运动，平时这类物质中就存在着相当数量的自由电子。当导体两端加上电压（电位差）时，这些自由电子便会在电场力的作用下，由低电位流向高电位，而在导体内形成“电子流”。因为正电荷被束缚在原子核里，而原子核在固体物质中是极难移动的，因此导体内的电荷流动主要是“电子流”。但是人们最初研究电流时，总认为电流是由正电荷的移动而形成的，所以把电流的方向就定为正电荷移动的方向。但是，这种规定恰恰与导体中真正的电子流的方向相反。由于这一规定沿用已久，已为世界所通用，也就无需更正，只要

我们知道就成了。一般的金属大多都是导体，如铜、铝、铁等，此外溶有盐类的水也可以导电。

绝缘体的特性与导体相反，它们的原子核中的正电荷与原子外层电子间的吸引力极大，电子极不容易脱离原子核的束缚而自由运动，所以它们极不容易导电。常见的绝缘体有：橡皮、陶瓷、云母、石蜡、玻璃、棉纱以及干燥的木材、空气等。

半导体的特性则介于导体和绝缘体之间。常见的半导体如锗、硅、氧化铜等。

必须指出，这三类物质是按照它们的导电性能来区分的。但这是相对的，如绝缘体只是导电性能相对地很差，以致通常可以把它看作是不导电的，而导体的导电性能相对地很好，但这是在一定的条件之下才是这样的，如果条件变了，那么它们的这些性能就可能互相转化。比如，在极高电压的作用下，许多平时被认为是绝缘体的物质也会导电。这就是客观事物的辩证法。

即使是导电性能很好的导体，在电流流过时也是有阻力的。我们把物体对电流的阻力叫做“电阻”。

“电阻”通常是用符号“ R ”来表示。它的单位为“欧姆”，简称“欧”，记做“ Ω ”。在电路图中，它的图形符号用“ $\square$ ”表示。

不同的材料对电流的阻力是不相同的。如铜的导电能力就比铝强，铝的导电能力就比铁强，而铁的导电能力又比通常做电炉用的电阻丝要强等等。而且由实验得知，当一个导体的截面积 S 越大时，它的电阻就越小，而导体的长度 l 越长时，它的电阻就越大。如上所述，可把导体的电阻的大小，归结为如下的公式，

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 ρ 叫做导体的“电阻系数”，它是由导体的材料决定的。

5. 电源与电动势

电源就是电流的源泉，也就是产生电能的设备。当我们用导线把灯泡接在电源两电极之间时，就会有电流源源不断地流过灯泡，使灯泡发光。前面已经讲过，电路之所以能有电流产生，那是由于在电源的两个电极上堆积了大量的正负电荷，在正负电极间形成了一定的电位差（电压），导线内的自由电子正是在这一电压的驱动下而在电路中形成电流的。如果电源两电极上的正负电荷不能得到源源不断的补充，那么，电极上的电荷越流越少，最终两极都失去了电荷，两极之间没有了电压，电流也就终止了，电灯也就不能工作了。因此，电源必须具有一种分离电荷的能力，把正电荷源源不断地由负极搬到正极来维持电源两端的电位差（电压）。我们通常把电源内部这种分离电荷的势力、用来维持电位差的能力叫做“电动势”。

“电动势”通常是用符号“ E ”来表示。它的单位也是“伏”。

应该注意的是，电动势总是针对电源的内部而言的，它所表现出来的也就是在电源的两电极之间建立了电位差（电压）。比如一节电池，我们用电压表量得它两端的电压是1.5伏，那么它的电动势也必定是1.5伏。

6. 欧姆定律

我们在前面已经介绍了电的一些基本概念，如电压、电流、电阻等，那么它们之间究竟有没有联系呢？正如毛主席教导的：“一切客观事物本来是互相联系的和具有内部规律的”。电路里的电压、电流和电阻是电路里三个联系非常密

切的量，它们之间的关系具有一定的规律，劳动人民在长期反复地实践中就发现和证明了电压 U 、电流 I 、电阻 R 三者之间有如下的规律：

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = I \cdot R$$

这个规律就叫做欧姆定律。

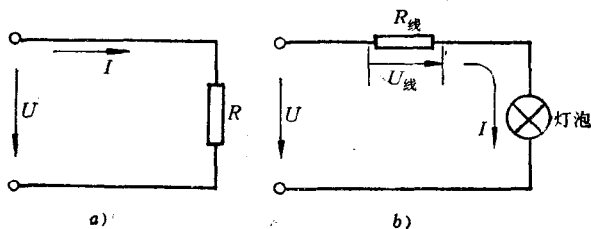


图 0-2 欧姆定律

应该注意的是在欧姆定律中的电压 U 、电流 I 、电阻 R 必须“三位一体”。也就是说（图0-2a），当加在电阻 R 两端的电压为 U 时，流过 R 的电流为 I ，且 $I = \frac{U}{R}$ 。（例如

把 100Ω 的电阻器接在电压为 220 伏的电源上，那么流过的电流 $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{100} = 2.2$ 安）。如果在电阻 $R_{\text{线}}$ 上有电流 I 流过（图0-2b），那么在电阻 $R_{\text{线}}$ 两端必定造成一个电压降（即电压） $U_{\text{线}}$ ，且 $U_{\text{线}} = I \cdot R_{\text{线}}$ （例如，已知流过灯泡的电流为 $I = 4.5$ 安，为灯泡送电的导线电阻为 $R_{\text{线}} = 2.2\Omega$ ，那么我们便可得知送电线路上的电压降必为 $U_{\text{线}} = I \cdot R_{\text{线}} = 4.5 \times 2.2 = 9.9$ 伏）。

7. 电功率与电能

我们都知道，任何一个用电设备都是一个能量转换设备，它们都是为了把电能转换成其他形态的能量而为人们服务的。例如电灯泡，它就是把电能转换成光能为我们照明的。电动机是把电能转换成机械能来带动施工机具，为我们完成各项施工任务服务的。换句话说，用电设备在单位时间内消耗的电能越多，那么它转换成其他形态的能量也就越多，也就是它做功的本领越大。

我们把一个用电设备在单位时间内（一秒钟）所消耗的电能叫做“电功率”。因此，用电设备的电功率就表示该用电设备做功的本领。在实际工作中很多用电设备的名牌上给出的数据，往往不是它自电源取用的电流值，而是它所需要的工作电压与电功率。例如，在一只白炽灯泡上标明的是220V、40W或220V、100W。其中的40W或100W，表示的就是该灯泡的电功率。显然100W的灯泡比40W的灯泡的电功率大，所以它做功的本领就大，它就亮得多。

“电功率”通常是用符号“ P ”来表示。它的单位为“瓦特”，简称“瓦”，记作“W”。

实验证明，当用电设备接入的电源电压一定时，它自电源取用的电流越大，它的电功率也就越大。也就是说单位时间内它消耗的电能越多，它做的功就越大。如果用电设备自电源取用的电流都一样，而它们所需电源的电压不同时，电压越大的用电设备，则电功率也就越大，它在单位时间内自电源取用的电能就越多。因此，一个用电设备自电源所取用的电功率 P 与它所接入电源的电压 U 和它从电源取用的电流 I 之间，有如下的关系：

$$P = U \cdot I$$

式中 P ——是用电设备自电源取用的电功率，单位是瓦 (W)；

U ——是用电设备所接入电源的电压，单位是伏 (V)；

I ——是用电设备自电源取用的电流，单位是安 (A)。

注 个别老式的电动机还采用“马力”(符号为 HP)作为功率的单位，

$$\underline{1 \text{ 马力} = 736 \text{ 瓦}}$$

$$\underline{1 \text{ 千瓦} = 1.36 \text{ 马力} (1 \text{ 千瓦} = 1000 \text{ 瓦} = 1 \text{ KW})}$$

电功率是单位时间内所消耗的电能，它可以表示用电设备做功的本领。但是，它并不说明这个用电设备在工作一段时间之后，究竟消耗了多少电能。如果要知道一台用电设备在工作一段时间 t 之后，所消耗的电能 A ，那么应该进行如下的计算：

$$A = P \cdot t$$

当功率 P 的单位用“千瓦”，时间 t 的单位以“小时”计时，电能 A 的单位就是“度”。亦即

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦} \times 1 \text{ 小时} = 1 \text{ 千瓦小时} = 1000 \text{ 瓦小时}$$

例如一台一千瓦的投光灯，点了1个小时，它所消耗的电能即为1度。又如40瓦的灯泡点了25小时，所消耗的电能也是1度（因 $40 \text{ 瓦} \times 25 \text{ 小时} = 1000 \text{ 瓦小时} = 1 \text{ 度}$ ）。

例题 0-1 问一只 $220V$ $100W$ 的白炽灯，正常工作时自电源取用的电流是多少？

解 因功率 P 与电压 U 、电流 I 之间的关系是 $P = U \cdot I$ ，则该灯自电源取用的电流为

$$I = \frac{P}{U} = \frac{100}{220} = 0.455 \text{ 安}$$