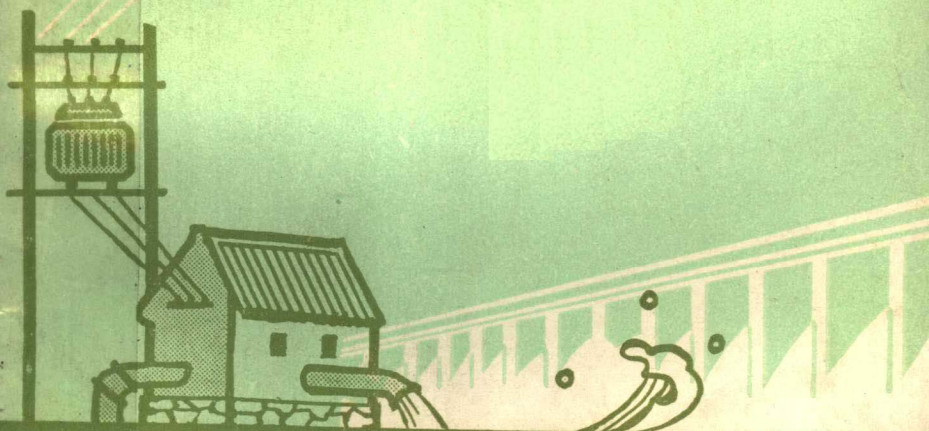


# 农村电工基础

南京大学物理系《农村电工基础》编写组



人民教育出版社

工农知识青年自学读物

# 农村电工基础

南京大学物理系《农村电工基础》编写组

人民教育出版社

1978年·北京

工农知识青年自学读物

《农业机械化丛书》

**农村电工基础**

南京大学物理系《农村电工基础》编写组

\*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

国营五二三厂印装

\*

1978年2月第1版 1978年11月第1次印刷

书号 15012·071 定价 0.81 元

# 前 言

在英明领袖华主席提出的抓纲治国的战略决策鼓舞下，我国农村的广大干部、贫下中农和知识青年以极大的社会主义积极性开展农业学大寨、普及大寨县的革命群众运动，为实现农业现代化而奋斗。随着农业现代化的发展，农村用电日益广泛，贫下中农、农村电工和知识青年迫切需要掌握农村用电的基本知识。我们根据前几年来我校物理系一些教师在江苏省盐城地区举办多期“电工培训班”的经验，又对农村电工、知识青年要求掌握电工基础知识的情况作了一些调查，在此基础上编写了这本《农村电工基础》。

伟大的领袖和导师毛主席教导我们：“感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西才更深刻地感觉它。”农村电工以及从事电工的知识青年具有一定的实践经验，需要在掌握电工原理上提高一步，以便更好地指导实践。本书用较多的篇幅讲述电工原理，并简要地介绍一些农村中常见的电气设备及其安装、操作和维修知识。我们在初等数学的基础上，力图深入浅出地讲清物理本质，使具有初中文化水平的读者能够阅读。本书作为上山下乡知识青年的自学读物出版，也可供农村电工训练班和农村中学师生参考。

我们在编写过程中得到有关部门的支持，特别是得到了盐城地区各县水电局的指导和帮助，在此表示衷心感谢。

由于我们水平所限，书中一定有不少缺点和错误，诚恳地希望广大读者提出宝贵意见。

南京大学物理系

《农村电工基础》编写组

一九七七年十月

# 目 录

<b>第一章 电和导电</b> .....	1
第一节 电荷 .....	1
第二节 电流 .....	3
第三节 电压 .....	5
第四节 电源, 电动势 .....	9
第五节 电阻 .....	12
第六节 导体和绝缘体 .....	16
第七节 气体导电和绝缘体的击穿 .....	18
复习题 .....	21
<b>第二章 直流电路</b> .....	23
第一节 电路 .....	23
第二节 部分电路的欧姆定律 .....	24
第三节 串联电路和并联电路 .....	29
第四节 全电路欧姆定律 .....	37
第五节 电功和电功率 .....	40
第六节 短路及熔断保护的意義 .....	44
复习题 .....	45
<b>第三章 磁场与电磁感应</b> .....	48
第一节 磁现象 .....	48
第二节 磁场和磁通密度 .....	51
第三节 磁场对电流的作用 .....	59
第四节 电磁感应 .....	62
第五节 自感、互感和涡流 .....	69
复习题 .....	74
<b>第四章 单相交流电</b> .....	77
第一节 交流电的产生 .....	78
第二节 正弦交流电的基本量 .....	81

第三节	交流电的有效值	86
第四节	正弦交流电的矢量表示法	89
第五节	纯电阻电路	93
第六节	纯电感电路	95
第七节	电容器	100
第八节	纯电容电路	104
第九节	电阻和电感串联的电路	108
第十节	电阻、电感和电容串联的电路	112
第十一节	交流电路的功率	115
第十二节	提高功率因数的意义和方法	120
复习题		124
<b>第五章</b>	<b>三相交流电路</b>	<b>126</b>
第一节	三相交流电的产生	126
第二节	三相电源的星形连接	128
第三节	电源的三角形连接	131
第四节	负载的星形连接	133
第五节	负载的三角形连接	139
第六节	三相电路的功率	144
复习题		148
<b>第六章</b>	<b>常用电工仪表</b>	<b>150</b>
第一节	交流电流表电压表	150
第二节	仪用互感器和钳形表	152
第三节	万用电表	157
第四节	电度表	158
第五节	兆欧表和频率表	162
第六节	电工仪表的选用	166
复习题		167
<b>第七章</b>	<b>电力照明和室内布线</b>	<b>169</b>
第一节	白炽灯	169
第二节	日光灯	171
第三节	碘钨灯和高压汞灯	179

第四节	接户线和进户线	182
第五节	照明电路的配电板	185
第六节	室内布线	188
复习题		190
<b>第八章</b>	<b>电动机</b>	<b>192</b>
第一节	感应电动机的构造	192
第二节	旋转磁场	195
第三节	感应电动机的运行原理	201
第四节	感应电动机的转矩和机械特性	203
第五节	电动机的铭牌	210
第六节	电动机的选择与安装	214
第七节	电动机的接线	217
第八节	感应电动机的起动与熔丝选择	221
第九节	鼠笼式感应电动机的起动设备	225
第十节	电动机的运行和管理	235
第十一节	电动机常见故障和处理方法	238
第十二节	三相电动机的单相运行及其防止	242
第十三节	电动机的检修	249
复习题		251
<b>第九章</b>	<b>低压配电装置</b>	<b>253</b>
第一节	配电盘	253
第二节	刀开关和熔断器	257
第三节	电压表、电流表和三相电度表的安装	261
复习题		266
<b>第十章</b>	<b>配电变压器</b>	<b>267</b>
第一节	变压器的作用	267
第二节	变压器原理	269
第三节	三相电力变压器的结构	274
第四节	变压器绕组的联接组别	277
第五节	变压器的选择	280
第六节	配电变压器的安装方式	282

第七节	配电变压器的熔断保护	286
第八节	雷电及变压器防雷	289
第九节	接地装置	294
第十节	配电变压器的运行和维护	298
复习题		302
<b>第十一章</b>	<b>配电电力线路</b>	<b>303</b>
第一节	架空线路概述	303
第二节	导线截面的选择	308
第三节	架空线路的敷设	316
第四节	架空线路的运行和维护	321
第五节	两线一地制供电线路	322
第六节	地埋线	327
复习题		330
<b>第十二章</b>	<b>发电机</b>	<b>332</b>
第一节	三相同步发电机的构造与原理	332
第二节	同步发电机的运行特性	338
第三节	同步发电机电压、功率和转速的调整	341
第四节	同步发电机的励磁方式和配电盘	343
第五节	发电机使用常识	348
第六节	发电机的运行和维护	352
第七节	自激异步发电机	354
复习题		366
<b>第十三章</b>	<b>安全用电常识</b>	<b>367</b>
第一节	触电事故的原因和预防措施	367
第二节	触电急救	372
第三节	安全用具	377
复习题		382
<b>附录一</b>	<b>电工系统中常用的图形符号</b>	<b>384</b>
<b>附录二</b>	<b>常用低压熔丝的规格</b>	<b>386</b>
<b>附录三</b>	<b>常用电动机的技术数据</b>	<b>387</b>



附录四 各种配电变压器的主要技术数据.....	400
附录五 异步电动机发电时所需配的激磁电容.....	405
部分复习题答案.....	407

# 第一章 电 和 导 电

谈起电,大家都很熟悉。电灯照明、放电影、听广播、打电报、打电话等,都离不开电。在工农业生产中,电的作用就更大。随着我国农业、工业、国防和科学技术的现代化,电和我们的关系就更加密切了。为了在本世纪内实现农业现代化、电气化,我们必须结合农村用电的特点更多地掌握电的知识。这一章,先介绍一些电的基本概念。

## 第一节 电 荷

要了解什么是电,先要了解什么是电荷。

物体是由原子和分子组成的。原子和分子都是极微小的粒子。每个原子或分子的直径只有几个埃\*或几十个埃。原子由原子核和一些电子组成,这些电子沿着不同轨道绕原子核作高速运转。整个原子结构与太阳系的行星绕太阳转动很相似。不同物质的原子具有的电子数目是不一样的,例如氢原子只有1个电子,而铜原子则有29个电子。氢原子和铜原子的结构如图1-1所示。

大家知道,淋湿的雨伞快速旋转时水滴会向四方飞溅。为什么围绕原子核高速转动的电子却不脱离原子核呢?原来,原子核和电子之间存在着一种特殊的吸引力。这种吸引力是因为原子核和电子分别带有不同性质的电荷引起的。人们称原子核所带的电荷为正电荷(阳电)\*\*,用符号“+”表示;电子所带的电荷为负电荷

---

\* 1埃等于一厘米的一亿分之一。

\*\* 原子核实际上是由一些质子和中子组成的。质子带正电荷;中子不带电荷。

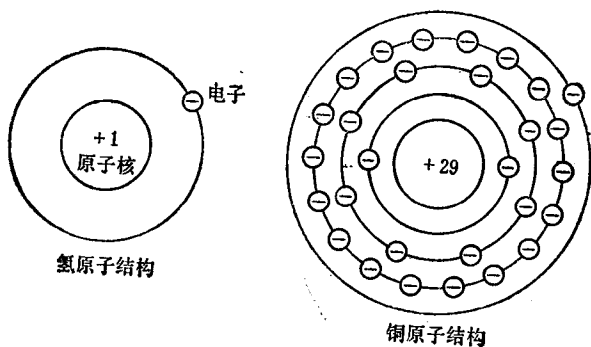


图 1-1 原子结构示意图

(阴电),用符号“ $-$ ”表示。正电荷与负电荷之间是相互吸引的,就是这个吸引力使电子不脱离原子核。但是,正电荷与正电荷之间,负电荷与负电荷之间是相互排斥的。同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引,这是电荷的基本特性。

电荷的多少叫做电量。原子核所带的正电荷电量恰好跟它周围所有电子的负电荷总电量相等,正、负电荷的效果相互抵消了,所以整个原子并不显出带电特性。例如氢原子核的正电荷电量正好等于一个电子的负电荷电量;铜原子核所带的正电荷电量是氢原子核的 29 倍,即等于铜原子核周围全部 29 个电子所带的负电荷总电量。因此,整个氢原子、铜原子并不显出带电特性来。不带电的原子或分子分别叫做中性原子或中性分子。如果原子失去了一些外层电子或得到一些电子,就成为带电的离子。原子失去一些电子带正电,叫正离子;得到一些电子带负电,叫负离子。

物体是由大量原子和分子组成的,物体内部有大量的电荷。当物体内部正电荷总电量等于负电荷总电量时,正、负电荷的效果相互抵消了,整个物体也就不显出带电特性。正、负电荷的效果相互抵

消的作用叫做中和作用，简称中和。物体不显出带电特性时，叫做中性状态。当物体内正、负电荷总电量不等，失去了一些电子或得到了一些电子时，整个物体就显出带电特性。物体失去一些电子，正电多于负电，物体带正电；物体得到一些电子，负电多于正电，物体带负电。两个不同材料的物体相互摩擦，能或多或少地使一些电子从一个物体转移到另一个物体上去，使这两个物体分别带正电和负电。这种现象叫做摩擦起电。刚梳过头发的塑料梳子能吸引轻小的纸屑和灰尘，就是梳子上带电的表现。

可见电荷不能凭空产生，物体带电是失去一些电荷或得到一些电荷的结果。电荷不会凭空产生或消灭，它只能从一个物体转移到另一个物体。

电量用符号 $Q$ 表示，实用上用库仑作为电量的单位。1库仑的电量相当于625亿亿(写作 $6.25 \times 10^{18}$ )个电子所带的电量。

## 第二节 电 流

### 一、电流是什么

电器都要通上电流才能工作，电灯通了电流就能发光；电动机通了电流就能转动。那么电流是什么呢？

大家都知道，河道里的水朝一个方向流动就成为水流。与水流相似，电荷向一个方向移动就形成电流。

虽然物体内部存在着大量电荷，但并不是所有电荷都能自由移动的。金属原子的原子核和被原子核紧紧束缚的内层电子是不能自由移动的，只有金属原子中的一部分外层电子受原子核的吸引比较弱，有可能脱离原子核的束缚，在金属中自由运动。这些能自由运动的电子叫做自由电子。金属中的电流就是由这些自由电子的定向移动形成的。金属以及其他能传导电流的物质叫做导体。另外还有一类物质，如橡胶、塑料、陶瓷、玻璃、油类、干燥的木材、

空气等,它们的原子或分子中的电子都受到原子核的强烈吸引,不能自由运动。这一类物质基本上不存在自由电荷,不能传导电流,是绝缘体。

## 二、电流的方向

水移动的方向就是水流方向。对于电流,由于存在着正、负两种电荷,情况要复杂一些。负电荷的移动在效果上完全等同于同样大小的正电荷朝反方向的移动。例如图 1-2 所示,物体  $A$  和  $B$  本来都不带电,若将电量为  $-Q$  的负电荷从  $B$  移动到  $A$ , 结果使  $B$  带有  $+Q$  的正电荷,使  $A$  带有  $-Q$  的负电荷。这也可以看成是将电量为  $Q$  的正电荷从  $A$  移动到  $B$ , 二者所得的结果是等同的。可见,电流的方向可以用一种电荷的移动方向来表示。习惯上规定:正电荷移动的方向为电流的方向。金属中的电流,实际移动的是自由电子(负电荷),电流的方向与自由电子定向移动的方向相反(图 1-3)。

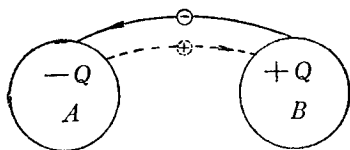


图 1-2 负电荷的移动在电的效果上等同于同样电量的正电荷朝相反方向的移动

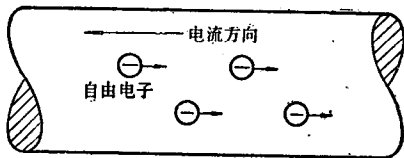


图 1-3 金属中的电流方向跟自由电子的定向移动方向相反

## 三、电流的大小

电流是看不见摸不着的,但是电流通过导体能发热,通过电灯能发光,通过电表能使指针偏转,通过线圈能产生磁性。人们根据

这些现象可以觉察到电流的存在。电流是有强弱之分的。同一盏电灯通的电流强就亮，电流弱就暗。表示电流强弱程度的物理量叫做电流强度，简称电流，用符号  $I$  表示。导线里的电流强度等于单位时间内通过导体横截面的电量。若在时间  $t$  内通过导体横截面的电量为  $Q$ ，那么：

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

电流强度的单位叫做安培，简称安，写作  $A$ 。如果每秒钟内有 1 库仑电量通过导体的横截面，这时导体内的电流强度就是 1 安培。测量小电流时通常用毫安或微安做单位。千分之一安培叫做 1 毫安 ( $mA$ )；百万分之一安培叫做 1 微安 ( $\mu A$ )。即

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = \frac{1}{1000} \text{ 安培} = 10^{-3} \text{ 安培 (A)}$$

$$1 \text{ 微安 (}\mu A\text{)} = \frac{1}{1000} \text{ 毫安} = 10^{-6} \text{ 安培 (A)}$$

导体内的电流强度通常用电流表测量。一般照明电灯的电流大约是  $0.1 \sim 0.5$  安，较大的电动机的电流可达数十安培。

电流有直流和交流两种。方向和大小不随时间变化的电流叫直流。手电、半导体收音机，一些自动控制系统用的是直流电。方向和大小随时间不断反复变化的电流叫交流。电灯、电动机使用的电流大多是交流电，电力网中输送的也是交流电。

### 第三节 电 压

要在导体内产生电流，光存在自由电荷还不行，还得有一定的外界条件，通常是把导体接上电源，使自由电荷定向移动。为什么电源能迫使自由电荷定向移动？为了弄清这个问题，先谈谈电场、电压和电位。

## 一、电场的概念

我们在第一节里谈过,电荷之间相互作用着排斥力或吸引力。自然会提出这样的问题:两个电荷并没有接触,为什么互相有力作用呢?人们经过深入研究才明白:在电荷的周围空间里总是存在着一种叫做电场的特殊物质,其他电荷在电场里就会受到电场的作用力。电场对电荷的作用力叫做电场力。电荷之间相互作用的力实际上是通过电场传递的。

我们虽然不能直接看到或接触到电荷周围的电场,但是可以探测到电场的存在。如果在电场里放置电荷,电荷就会受到电场力的作用。电荷周围的电场是客观存在的。

如果空间中存在着两个电荷(或两个带电体),则空间里的电场是由这两个电荷共同产生的。如果这两个电荷属于同种电荷,则电场力使它们分离,表现出同种电荷相互排斥的现象;如果属于异种电荷,则电场力使它们相互靠拢,表现出异种电荷相互吸引的现象。

电场中,不同地方的电场强弱是不相同的。同一个电荷在电场中受到的电场力越大,就表示那里的电场越强。实验表明,靠近带电体的地方电场强,离带电体越远电场越弱。同一带电体,带的电荷越多,它周围的电场越强。

导体中出现电流,就是当导体中存在电场时自由电荷在电场力作用下作定向移动。

## 二、电压的意义

大家知道,水库与农田之间存在水位差,水流就可以从水库流向农田。如果在分别带有正、负电荷的两个带电体  $a$ 、 $b$  之间用导线连接,导线内就有电流从  $a$  向  $b$  流动,如图 1-4 所示。仿照水位差,我们就说电流从  $a$  流向  $b$  是因为带电体  $a$  的电位比带电体  $b$  的电位高,即  $a$ 、 $b$  之间存在着电位差。电位差也就是我们平常所

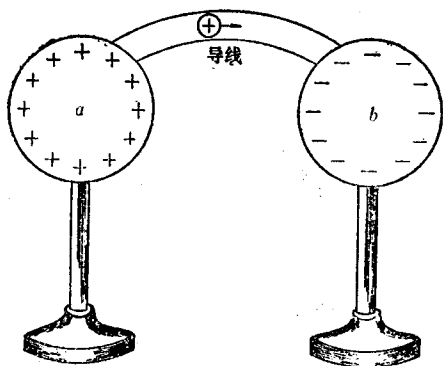


图 1-4 两带电体间存在电位差时,电荷便从一个带电体向另一个带电体移动

说的电压。

虽然电流和水流有着相似的地方,但它们的本质是不一样的。任何运动形式,其内部都包含着本身特殊的矛盾。这种特殊的矛盾,就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。水从水位高的地方流向水位低的地方是由于水受到地球的引力作用,而电流从电位高的物体向电位低的物体流动则是由于电荷受到电场力的作用。电场力的方向是由电荷的分布情况决定的,它不像地球的引力那样总是竖直向下。因此带电体的电位高低也不像水位那样由水面的高度来决定。在图 1-4 中不管带电体 *a* 和带电体 *b* 的位置怎样,也不管连接它们的导线怎样弯曲,如果 *a* 带正电、*b* 带负电,那么导线中的自由电子(负电荷)受到的电场力方向必然由 *b* 指向 *a*,因而电流从 *a* 向 *b* 流动,表明 *a* 的电位比 *b* 的电位高。换句话说,导体两端加上一定电压时,导体中的电荷就会受到电场力作用,形成从高电位一端向低电位一端流动的电流。

大家一定有这样的经验:不管电灯离开电源多远,只要与电源一接通,电灯就立即亮了。这是因为导线各处本来就存在着大量



自由电荷,当线路两端一加上电压,所有电荷都几乎同时受到电场力作用,整个导线内就立即出现了电流,使电灯点亮。

上面我们引进了电压这个概念,但是电压的真实意义是什么呢?

水从高水位的地方向低水位的地方流动可以作功。水力碾米、水力发电就是利用水作功。水位差越大,水作功的本领也越大。电也有类似的特性。电流从电位高的地方向电位低的地方流动时,随着电荷的移动,作用在电荷上的电场力就要作功。电流通过导体时发出的热,通过电灯时发的光,通过电动机时使电动机转动,都是电荷移动时电场力作了功的结果。电荷受到电场力的大小是与电荷的电量成正比的。值得注意的是,从一个位置移动同样电量的电荷到另一个位置时,不管电荷走什么路径电场力作的功总是相同的。这是电场在作功方面表现出来的重要特性。两个带电体之间的电压(电位差),数值上等于单位电量(例如一库仑电量)的正电荷在电场力作用下从一个带电体移动到另一带电体时电场力作的功。设想电量为 $Q$ 的电荷从一个带电体移动到另一带电体时,作用在电荷上的电场力作的功是 $W$ ,那么这两带电体间的电压 $U$ 就是:

$$U = \frac{W}{Q} \quad (1-2)$$

电压常用的单位是伏特,简称伏,用V表示。上式中,功的单位是焦耳,电量的单位是库仑,电压的单位是伏特。

照明用的电灯的电压通常是220伏,一般三相电动机两相线之间的电压是380伏。对于高电压,常用千伏(写作kV)做单位;电压很低时用毫伏(mV)做单位。它们之间的关系是

$$1 \text{ 千伏(kV)} = 1000 \text{ 伏(V)}$$

$$1 \text{ 伏(V)} = 1000 \text{ 毫伏(mV)}$$