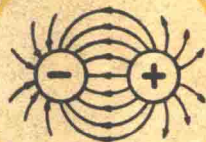


电工学基础知识

严秉南 刘慶宇 編著

农村发电厂小丛书之一



水利电力出版社

TMI

內 容 提 要

在全國實現農業合作化以後，農村中有條件的地方將逐步建設一些小
型發電廠，技工的數目將逐漸增加。“農村發電廠小叢書”就是為農村發
電廠培養技工用的。叢書內容包括火電廠和水電廠部分，有電工學基礎知
識，蒸汽鍋爐，汽輪機，蒸汽機，內燃機，農村電廠電氣設備，電機常
識，內外綫工作常識，農村安全用電常識和有關水力發電廠的基本技術知
識等。文字通俗易懂，沒有高深的理論。能使具有高小文化程度的電廠工
人從叢書中比較系統地得到電業生產的基本知識。

本書是農村發電廠小叢書之一，它以通俗的文字敘述電工學中的電磁
現象及簡單電路的計算方法。本書是專為農村小型電廠電氣工人編寫的，
也可供電業技術工人自修參考之用。

農村發電廠小叢書之一

電工學基礎知識

嚴秉南 劉慶宇 編著

612T225

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第106號

水利電力出版社印刷廠印刷 新華書店發行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 3 $\frac{1}{8}$ 印張 * 78 千字

1957 年 8 月北京第 1 版

1958 年 8 月北京第 4 次印刷（20,841—33,660 冊）

統一書號：T15143·49 定價（第 9 類）0.40 元

序 言

本書是為在农村小型电站中工作的工人而編写的。适合高小及初中文化程度的工人自修用。本書簡單的敘述了电磁現象、直流及交流电路的簡單計算，它能帮助讀者进一步學習电的專業打下基础。

書中插圖的一部分采自苏联艾·依·拉索夫斯基著的：电工学圖解第一部：“电工基础”。本書某些習題采自“物理學習題集”一書。

作 者

1957年3月14日

目 录

第一章 电与电流	4
第一节 电能的应用	4
第二节 电能的优越性	5
第三节 电荷	6
第四节 电流	8
第五节 导体和绝缘体	9
第六节 电阻	10
第七节 电路	11
第八节 电压、电势	12
第九节 欧姆定律	13
第十节 电路内电阻的串联与并联	15
第十一节 电压损失	17
第十二节 电路里的电能和电功率	18
第十三节 电流的发热——焦耳—楞次定律	21
第一章 习题	24
第二章 磁和电磁感应	26
第一节 磁的产生和它的特性	26
第二节 磁感应强度和磁通量	29
第三节 电磁力的产生、电动机的简单作用原理	30
第四节 电磁铁及其应用	31
第五节 电磁感应	32
第六节 导体感应电势的方向的决定	35
第七节 线圈内感应电势方向的决定——楞次定律	36
第八节 自感应、互感应和电感	37
第九节 涡流	38
第十节 发电机的作用原理、交流电的产生	39
第十一节 直流发电机的作用原理	40
第十二节 变压器的作用原理	42

第二章 習題	43
第三章 單相交流电路	44
第一節 交流电的产生	44
第二節 正弦函数和正弦曲线(交流电路中所用到的 一些数学概念)	45
第三節 正弦形变化的交流电势交流电的 周期与频率	51
第四節 瞬时值、最大值、有效值	53
第五節 初相角、超前、滞后、同相位、相位差	55
第六節 交流电势、电压及电流的向量表示法	57
第七節 两个同频率的交流电势、电压或 电流的相加	59
第八節 两个同频率的交流电势、电压或 电流的相减	62
第九節 交流电路概述	63
第十節 純电阻交流电路	63
第十一節 純电感交流电路	65
第十二節 电容器、电容	68
第十三節 电容电路	69
第十四節 具有电阻、电感的交流电路	72
第十五節 具有电阻、电容的交流电路	79
第三章 習題	84
第四章 三相交流电路	86
第一節 三相交流电势的产生	86
第二節 三相交流的优点(与單相比較)	89
第三節 三相发电机的星形联接	93
第四節 三相交流发电机的三角形联接	95
第五節 三相負載的星形联接	96
第六節 三相負載的三角形联接	101
第七節 高压輸电和它的优点	106
第八節 三相有功功率的測定	109
第四章 習題	112

第一章 电与电流

第一节 电能的应用

随着我国工业与农业技术装备的改进，电对我国国民经济的发展和日常生活的改善的关系愈来愈密切了。电能不但是工业的原动力，而且在农业、交通运输业、通讯、医疗、照明、取暖等方面都有巨大作用。电可以驱动各种巨型的机械来制造机器设备，可以冶炼金属，可以带动运输工具，像电车，电梯。电可以使夜晚像白天一样光亮，可使我们听到在遥远地方的人物的声音和看到他们的面貌，并且还能治疗疾病。

随着我国农业合作化和集体化的高潮到来，改进农业技术装备的任务愈来愈迫切了，所以电能将要在农村里广泛地应用。电能可以带动车床加工和修理拖拉机及收获机的零件与附件，将来拖拉机也要由电来开动。用电来耕作和收获谷物、播种、打谷。在农村的畜牧工作中，电将帮助农民切割饲料、洗牲口、剪羊毛、挤牛奶和孵小鸡等等。

随着农民的物质生活的改善，农村将逐步使用电灯、收音机、电话、电炉、电熨斗等。所以农业的技术改进和农民物质生活的提高与农村的逐步走上电气化是分不开的。

农村电气化在1956—1967年全国农业发展纲要里已经有明确的规定，并且在今后将逐步实现。

在纲要第十条里这样规定“……凡是有水源可以利用的地方，从1956年开始，在12年内，基本上做到每一个乡或者几个乡建设起一个小型的水力发电站，以便结合国家大型

的水利建設和電力工程建設，逐步地實現農村電氣化”。

第三十一條里還這樣規定“從1956年開始，按照各地情況，分別在7年或者12年內，完成鄉和大型合作社的電話網。在必要的地方，設置無線報話器……”。

由此證明農村電氣化是農業社會主義改造計劃里很重要的內容之一，它將成為我國農民的美好願望和奮鬥目標。

第二節 電能的優越性

電能所以能在工業上、農業上、交通運輸業上應用得這樣廣泛，是因為電能具有幾個顯著的優點。

一、電能很容易轉換成其他形式的能，也很容易由其他形式的能轉換成電能。

電動機轉動車床，鑽床，鉋床，和別的工具機，就可把電能變成動能；電供給我們照明取暖（電燈，電爐），因此就把電能變成了熱能；電用來冶煉金屬（電解鋁，鋸鑄鑄鋼），就把電能變成化學能。

我們知道電能是由發電廠來的，發電廠有火力發電廠、水力發電廠、地熱發電廠和原子能發電廠等。在這些發電廠里，我們把煤的熱能，水的動能及原子能轉換成電能。

二、電能很容易傳送，發電廠離用戶有幾十里幾百里，甚至幾千里遠，但仍可將電能傳送給用戶。用戶只要把開關合上，或按一下按鈕，用戶就立刻得到電能，這樣用戶用電就非常方便，並且由發電廠給用戶送電也非常經濟，比把燃料運給用戶而用戶自己發電的費用便宜得多。

三、電能很容易分配，它可以供給電燈、電爐、電話、收音機的用電，可以供給大小電動機的用戶，可以拖動製造巨型車床的工作母機，也可以帶動做小零件的工具機，這樣

就能使电能所有的部門得到应用。

第三节 电 荷

我們在夏季的夜晚常会听到雷声和看見閃电；在断开电灯或电風扇开关时，有时会看見火花，这些現象怎样解釋呢？

經過仔細的实际观察，我們認為这些現象的本質是一样的，就是放电現象。那么，放电現象是怎么一回事呢？要解釋放电現象，我們先簡單說明一下物質的最小構造。根据近代科学家的研究，知道一切物質都由分子組成，而分子又由原子組成，例如氫气由氫原子組成，氧气由氧原子組成，而水由水分子組成，水分子由氫原子和氧原子組成。

原子还不是物質構成的最小單位，它是由原子核和电子所組成。根据實驗，一切原子核都帶有电，并且是正的（以后用 $\oplus$ 表示正电荷），各种元素的原子核所帶的电量是各不相同的。原子核几乎具有原子的全部重量，在原子核周圍有环繞原子核旋轉的电子，大致情况如圖 1-1。电子具有極其微小的質量，它也帶电，并且与原子核所帶的电在性質上不同，我們叫它負电荷（用 $\ominus$ 表示）。在原子中，所有电子所帶的負电量之和与原子核所帶的正电量是相等的。所以在正常时原子是不帶电的，因为正負电荷具有互相抵消的作用。根据近代科学研究，确定电子是一切物質構成的最小單位。例如氫原子，就是由一个帶正电的原子核和一个环繞原子核运动的电子組成的。如圖 1-1 甲。

氧原子比較复杂，它的核里有 8 个正电荷，而外面有 8 个电子沿着不同軌道环繞核运动，如圖 1-1 乙。

那么，电子运动时为什么不飞出去呢？因为正电荷和負电荷間是具有吸引力的。根据實驗，兩個放得很近的物体，

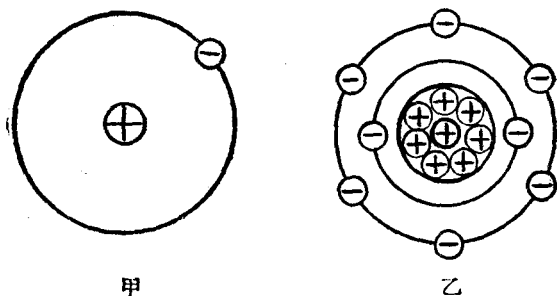


圖 1-1

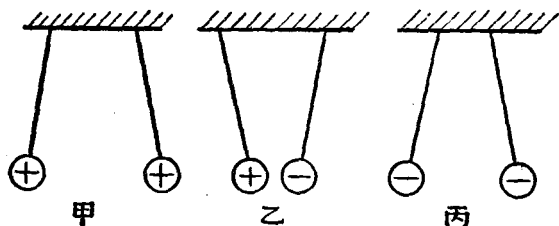


圖 1-2

甲、丙—同种电荷相斥；乙—異种电荷相吸。

如果一个帶正电荷，另一个帶負电荷，那么他們相互間便有相吸的力，如圖 1-2 乙所示。相反，如果两个物体都帶正电荷或負电荷，兩物体便有互相排斥的力，如圖 1-2 甲、丙所示。就可以解釋云層閃电时的火花了。云層閃电是由于云層間的摩擦而引起的，摩擦使物体(云)里的电子得到能量而从这个原子跑到另一个原子去，这个失去了电子的原子就帶正电，而得到这个电子的原子就帶負电。我們明瞭了这些，云層和云層摩擦使一个云上帶正电，而另一个云上帶負电。

当两个帶不同电荷的物体的电荷量很大时，就会由于正

負电荷的吸引力而产生在兩物体間大量电荷的流动，同时發生閃光，这种現象叫做放电，电子重新回到自己的原子。我們看到的閃电和火花都是放电現象。

电量的最小單位應該是电子所帶的电量，因为沒有比电子所帶的电量更小的了。但电子的电量实在太小了，而我們所看到的一般帶电体的电量远比电子的电量大，所以我們确定以一个实用的單位“庫侖”来作为电量的單位。电量單位之所以取名庫侖，是为了紀念物理学家庫侖。

什么是1庫侖的电量呢？如果把这电量通过硝酸銀溶液就可从溶液里分解出1.118毫克的銀（毫克是千分之一克）。

一个电子所帶的电量只有 $\frac{1.59}{1000\text{亿亿}}$ 庫侖，所以电子的帶电量是非常微小的。

第四节 电 流

上面所說到的云層的放电現象，事实上就是电子的流动現象。电子受力后的运动称为电流，电流的大小是以每秒流过多少电量来計算的，正如水流以每秒流过多少水的体积来計算一样，所以电流的單位是庫侖/秒，以安培表示。1安培的电流就是每秒流过1庫侖的电量，有时电流的單位安培太大或太小，就可用毫安和千安来表示。而 $1\text{毫安} = \frac{1}{1000}$

安培， $1\text{千安} = 1000\text{安培}$ 。

电流的大小可以用安培計来測量，安培計是一种可动指針，能指示电流大小的仪表，它的外形如圖1-3所示，联接时必须把它串接在电路里。

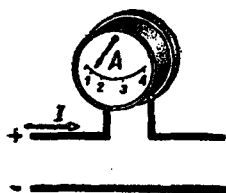


圖 1-3 安培計

假如电流的大小和方向在每一时间里都是恒定不变时，这电流就叫做直流。

第五节 导体和绝缘体

一切物体在电的特性上可分为三种：一种是导体，一种是绝缘体，另一种是介于导体与绝缘体间的半导体。

能够让电子自由通过的物体叫做导体，不能讓电子自由通过的物体叫做绝缘体。它们的主要区别是前者本身具有自由电子，而后者没有。所谓自由电子就是在原子外围的电子，它与原子核结合较为松弛，原子核对这种电子的吸引力较小，所以它很容易从原子中跑出来。而半导体是自由电子比导体少的一种物体，并且有的半导体只能单方向导电，也就是自由电子只能向单一方向流动，而另一方向对电子有阻挡。一般的金属如铜、铝、铁等都是导体，一般的非金属（不是金属）都是绝缘体（除碳），如瓷器、油类、云母、橡胶、玻璃、空气等等。而锗、铋、镓、铟等是目前正被利用的半导体元素。

我们把导体用作导线和电气设备的载流部分，而绝缘体用作导线的绝缘和载流部分的绝缘。所谓导体的绝缘是对我们人身和大地来说的，因为人身和大地也是导体。电流通过人身就叫“触电”，人触了电就有生命危险。

在某些情况下，绝缘体也能失去它的绝缘性质，而成为导体，例如当绝缘体温度过高其内部电子受力过大时，绝缘体失去绝缘本领而成为导体的现象叫绝缘击穿。绝缘体被击穿时会产生大量的热和光烧坏绝缘体，所以应尽量避免绝缘击穿的现象。

上面我们所谈到的在大气中的闪电现象，就是大气中的空气被击穿后成为导体而放电的现象。

圖 1-4 表示导体与絕緣体的不同用途。銅导体为电纜的芯通电流用，而硬橡皮和棉布包裹着电纜芯作为絕緣材料，

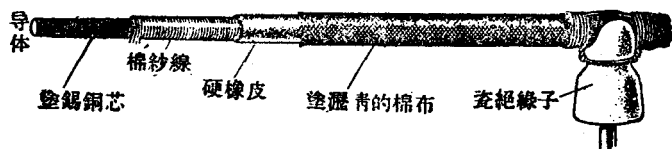


圖 1-4 导体与絕緣体

外面支持导綫的瓷絕緣子也作为絕緣用。

第六节 电 阻

导体虽然具有自由电子且允許电子通过，但对电子的运动还是有一些阻力的，这种阻力我們称它为电阻。

那么，导体对电子的流动为什么具有阻力呢？根据詳細的觀察，我們知道电子在导体里并不是从起端一直移动到末端的，而是原子里的自由电子跑出原子后撞击另一个原子，把它的自由电子撞了出来，而这些自由电子又繼續运动，又撞击另一原子的电子使它跑出来繼續的撞击其它原子，当自由电子在原子里的相繼撞击是沿着同一方向时，就形成了电子的流动，也就形成了电流。自由电子在导体里相繼撞击时遇到原子的阻力，这就是导体具有电阻的原因。

导体的电阻的單位是欧姆(常用 Ω 符号来表示)。

根据实验，我們知道导体的电阻与导体的材料有关，同一长度和截面积的銅、鋁、鉄三种导綫，銅的电阻比鋁小，而鋁的电阻比鉄小。

为了比較各种金屬的电阻，把攝氏 20° 时，長 1 公尺、

截面积是1平方公厘(1公厘是千分之一公尺)的导体的电阻称为电阻率。各种材料的电阻率如表1所示:

各种材料的电阻率 (ρ)

長1公尺, 截面积1平方公厘的导线的欧姆数 表 1

材 料	电 阻 率 (ρ)
銀	0.016
銅	0.017
鋁	0.032
鎳	0.078
鉄	0.120
水銀	0.941
鎳克洛	1.130
碳絲电灯里的碳絲	40.000

从表1可以看出鎳克洛的电阻率較大, 因为它是合金。一般合金的电阻率都是較大的。金屬中的銅、鋁、鉄、电阻很小, 可用作导线的材料。

由实验知道金屬导体的电阻不仅和材料有关, 而且和导体的长度和截面积也有关, 长度愈長, 电阻也愈大; 而截面积愈大, 电阻反而减小。如截面积不变长度由1米增至10米, 电阻也增加10倍, 如果长度不变, 而截面由10平方公厘增至100平方公厘, 电阻反而减小为原来的1/10。

所以得出結論, 导体的电阻和它的长度成正比和它的截面积成反比, 并且和导体的材料有关。如果一平方公厘的截面积和一公尺長的导体的电阻为 ρ (即电阻率), 那么 l 公尺長, s 平方公厘截面积的导体电阻可由下式求出:

$$r = \rho \frac{l}{s} \text{ (欧姆)}, \quad r \text{ 表示电阻.}$$

第七节 电 路

电流通过电阻所形成的迴路称为电路。在閉合路徑里,

必須有电源(如發电机, 電池等)。在電學上, 我們常以一些簡單的符号來代表電路里的各个部分。如圖 1-5。

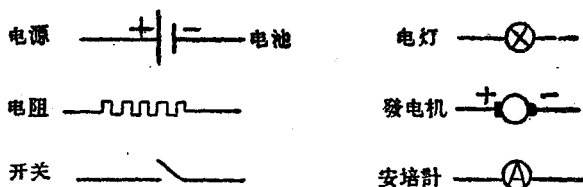


圖 1-5 電路中 常見 的代表符号

第八节 电压、电势

导体对电子的流动具有一定的阻力, 所以必須克服在导体內的电阻才有电子流动, 就像水要流动必須克服管子对水的阻力一样, 要使水通过具有摩擦阻力的水管, 就必须加水压, 同样要使电子通过具有电阻的导体, 就必须加电压。在电路里电压是由电源来供給的, 电源使电路产生电流所供給的电压叫做电势。在一个水管里各段水压的和应等于水泵(抽水机)的水压, 同样閉合电路的各段电压的总和也就等于电源的电势。圖 1-6 是水流和电流的比較。

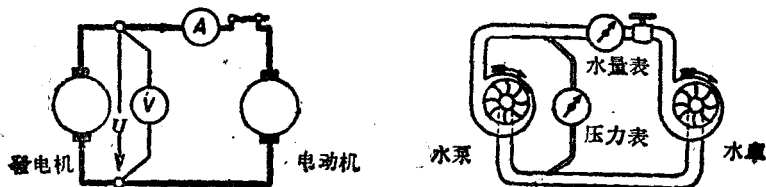


圖 1-6 水流和电流的比較

电压和电势的实用單位是伏特, 那么, 伏特是多大呢?

因为电流在电路里流动会放出能量来(例如电流通过电灯, 就使灯泡发热发光), 所以1伏特是1库仑的电量流过电路而在电路里放出一焦耳的能量时的电路两端的电压。电压的单位伏特, 有时太大或太小, 所以另有仟伏和毫伏的单位:

1 仟伏 = 1000 伏特,

1 毫伏 = 0.001 伏特.

我們知道水总是从高处流向低处, 同样, 电流总是从高电位流向低电位。电位就相当于水位, 兩点間电位的相差就是电压(相当于水位差), 所以当电流流过的电路內的各点时, 电位便愈来愈低, 也就是电压愈来愈小, 因此电路里的电压有时也叫做电压降落。

电路兩端电压的大小, 可以用伏特计来测量。伏特计是一种指针能指示电压大小的仪器, 測量电压时, 必須把伏特计与电路并联, 如图1-7所示。在电路中的伏特计以符号 V 表示。

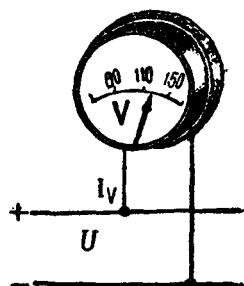


圖 1-7 伏特計及其联接

第九节 欧姆定律

把一个100欧姆的电阻接在100伏特的电源上, 結果安培計指示1安培的电流, 如图1-8所示。假如把一个200欧姆的电阻接在100伏特的电源上, 安培計便指示0.5安培的电流。如果把100欧姆电阻换接在200伏特的电源上, 安培計就指在2安培上。

从以上的实验就可知道: 如果电压不变, 电阻愈大, 电流便愈小。如果电阻不变, 电压愈高, 电流便愈大。也就是說:

通过电阻的电流与电阻两端的电压成正比，与电阻的大小成

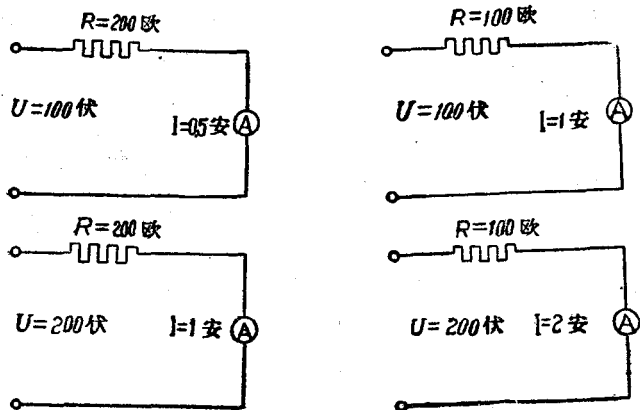


圖 1-8 欧姆定律的实验证明

反比。这个定律是德国科学家欧姆先得出的，所以称为欧姆定律。

如以 I 代表电流， U 代表电阻两端的电压， r 代表电阻，那么，

$$I = \frac{U}{r}.$$

下面我们举例来说明欧姆定律的应用。

例题 1 一个电炉的电阻是 44 欧姆，接在 220 伏特的电源上，问电流是多少？（图 1-9）

解 由欧姆定律

$$I = \frac{U}{r} = \frac{220}{44} = 5 \text{ 安}.$$

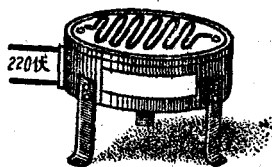


圖 1-9

例题 2 如果一个电灯接在 110 伏特的电源上，量出的

电流是 1 安，那么这个电灯的电阻是多少？

解 电阻 $r = \frac{U}{I} = \frac{110}{1} = 110$ 欧姆。

第十节 电路内电阻的串联与并联

把两个或几个电灯串联，然后接到电源上去的联接法叫做串联如图 1-10 所示。在串联时，流过每一电灯的电流是一样的，因为电灯本身就是一个电阻，所以也就是电阻的串联。

如果有三个电灯串联，电阻各为 r_1, r_2, r_3 ，那么，电路里的总电阻是 $r_1 + r_2 + r_3$ 。如图 1-11 所示。

根据欧姆定律，如果电源的电压是 U 时，电流就可由 $I = \frac{U}{r_1 + r_2 + r_3}$ 求出。

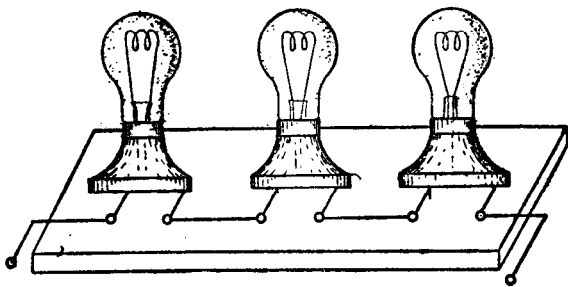


图 1-10 电灯的串联

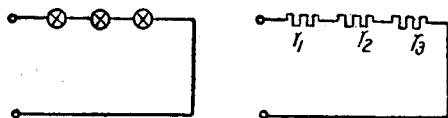


图 1-11 串联电路图