

电动机

浙江省水利电力厅水利局編

浙江人民出版社

电 动 机

浙江省水利电力厅水利局編
陈 树 棠 执 笔

浙 江 人 民 出 版 社

1963年·杭州

电 动 机

浙江省水利电力厅水利局编

※

浙江人民出版社出版

杭州武林路 196 号

浙江省书刊出版业营业许可证出字第001号

浙江日报印刷厂印刷·浙江省新华书店发行

※

开本787×1092毫米 1/32 印张3 3/4 字数 90,000

1960年3月 第 一 版

1965年4月第五次印刷

印数: 17,001—37,000

统一书号: 15103·135

定 价: (6)三角一分

目 录

第一章 电工学的基础知識	1
一、电的基本概念	1
二、电流、电压和电阻	4
三、导体和絕緣体	6
四、电路和欧姆定律	6
五、电阻的联接和电压降	8
六、电流的热效应	11
七、电流的功和功率	12
八、磁和电磁	13
九、电磁感应	17
十、交流电路	21
第二章 感应电动机 (異步电动机)	29
一、感应电动机的类型	29
二、感应电动机的工作原理	29
三、短路轉子感应电动机 (即鼠籠式) 的構造	30
四、短路轉子感应电动机的工作性能	31
五、繞綫轉子異步电动机的構造	33
六、繞綫轉子異步电动机的工作性能	34
七、双鼠籠式感应电动机	34
八、感应电动机的起动方法	36
九、感应电动机轉速的調节	38
十、感应电动机旋轉方向的变換	40
十一、感应电动机功率因数的改善方法	41

十二、單相感應電動機	42
第三章 同期電動機（同步電動機）	43
一、同期電動機的構造和作用原理	43
二、同期電動機的特性和用途	45
三、同期電動機的起動	46
第四章 直流電動機	48
一、直流電動機的構造和工作原理	48
二、直流電動機的性能	52
三、直流電動機的維護	54
第五章 感應電動機的檢修與維護	55
一、感應電動機運行時應注意的事項	55
二、感應電動機運行中的監視和維護	57
三、感應電動機的定期維護保養	66
四、感應電動機的故障檢修	71
五、感應電動機的干燥	78
第六章 感應電動機的附屬設備	84
一、起動設備	84
二、開關設備	87
三、引入綫（皮綫）	90
四、接地綫	93
五、儀表設備	93
第七章 安全用電常識	96
一、安全技術的一般規則	96
二、電氣設備的防護措施	97
三、電氣設備金屬外殼的保安裝置	97

四、常用的安全工具.....	99
五、触电后的紧急救护方法.....	100
附表	102
一、电功计算公式.....	102
二、A型和J型三相交流感应电动机的规格.....	103
三、AO型和JO型三相交流感应电动机的规格.....	106
四、JQ型双鼠笼式三相交流感应电动机.....	109
五、JR型绕线式三相交流感应电动机.....	110
六、TM型变压器规格.....	111
七、导线长期容许负载电流表.....	112
八、保险丝额定电流表.....	113
九、电压和周率变动对异步电动机性能的影响.....	114
十、负载与功率因素的关系.....	115

电动机

电动机又叫馬达，是把电能变换为机械能的机器。它能轉动的简单道理，就是把电流通入綫圈后，产生很强的磁性，由于磁性有相互推吸的作用，就产生了轉动，可以帶动水泵、碾米机、机床或其他工作机械进行生产。

第一章 电工学的基础知識

現代化的工业、农业、交通运输业和通訊等各方面，都需要电；在日常生活中也到处需要用电，如照明用的电灯、通訊用的电话、电报，还有无线电、电风扇、有线广播等。工农业愈发达，用电的范围就愈广。电气化事业又是我国社会主义建設的一个重要部分，因此必須多懂得一些电的知識，多掌握一些电的技术。

一、电的基本概念

很早以前人們已經发现許多物体磨擦能生电。如毛皮、絲綢、毛織品和琥珀、玻璃、硬橡皮等磨擦后，能够吸引灯草球、

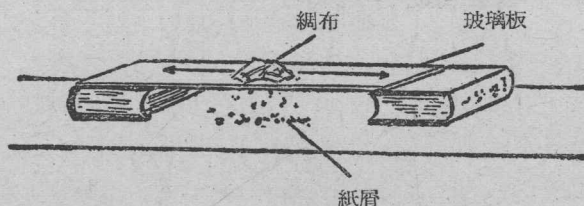


图1 綢布擦玻璃能吸引紙屑

紙屑和絨毛等輕微物体（图 1），这种吸引物体的能力称为电的能力。能够有电力表示的物体叫做带电体，它所带的电称为电荷。使物体具有电力的过程叫做起电。电力存在的空間叫做电場。

試驗証明，所有的带电体只有两种性質：一种是与用綢摩擦玻璃后在玻璃上所产生的电相似；一种是与用毛皮或毛呢摩擦硬橡皮后在硬橡皮上所产生的电相似。前一种带电体所带的电叫做正电或阳电，用“+”符号表示（图 2）；后一种带电体所带的电叫做負电或阴电，用“-”符号表示（图 3）。試驗还証明：



图 2 摩擦生电

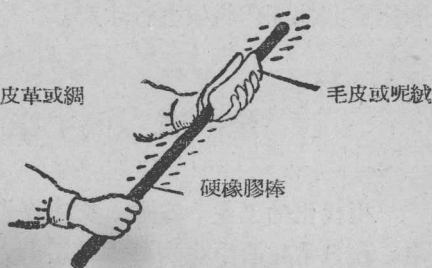


图 3 摩擦生电

一切物体带有相同符号的电时（即性質相同的电）就互相排斥；带有不同符号的电时（即性質不同的电），就互相吸引（图 4）。正負两种不同的带电体紧密接触时，由于相互吸引而很快地合在一起，如果所带的电荷相等，則因正、負电荷中和而不再互相吸引或排斥。如果其中有一个带电体上的电荷比另一个带电体上的

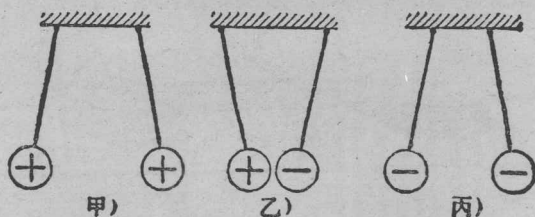


图 4 电的吸引和排斥

电荷多，在两种电荷中和之后，这个带电体上的多余电荷就会傳一些到另一带电体上去，使两个带电体具有相同性质的电荷，而产生互相排斥的现象。同样当带电物体和不带电的物体紧密接触时，因带电体上的电荷之间有排斥力，要使同性电荷分布得愈远愈好，因此一部分电荷就赶到不带电的物体上去，使这两个物体所带的电荷性质相同，而又要互相排斥了。

科学已经证明，自然界中一切物质都是由极小的质点——分子组成，而分子又由更小的质点——原子所组成。原子的组织是很复杂的，每一原子都是由一个带有正电荷的原子核，和以极大的速度（每秒钟达数百米）在它周围不断旋转着的带有负电的电子所组成，形状正象太阳系中的行星（如地球、火星、木星等），围绕太阳运动一样。物质元素不同，原子核的重量和所带电荷的多少也不同，围绕旋转的电子数目也不同。氢是最轻的原素，它的原子结构最简单，原子核所带的正电荷最少，围绕旋转的也只有一个电子（如图5）。别的元素原子结构都比较复杂，原子核比它重，原子核所带正电荷比它多，而核周围所带的电子有几个以至几十个。例如铜有29个电子，金有79个电子，铀有92个电子。无论那种元素在正常状态下，原子核所带的正电荷跟周围电子的数目相等。即每一个电子带有一个负电荷和原子核所带的正电荷相等。这时正负电荷的作用互相抵消，不显示带电的现象。

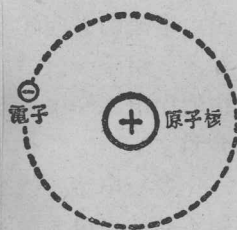


图5 氢原子的结构

在比较复杂的原子里，各个电子绕行的轨道，距离原子核并不一样，有近有远。距离远的电子受原子核的吸引力比较小，因此当它们受到外界的影响时（例如摩擦），就可能离开它们原来的原子而跑到另一个物体上去。物质失去电子后，原来的平衡遭到破坏，就显示出正电；得到电子的物质，就显示出负电。例如

毛皮摩擦硬橡胶，皮毛上的电子跑到硬橡胶上去，因而硬橡胶带有负电，而皮毛带有正电。

二、电流、电压和电阻

有两个带电的金属球，甲球带有正电，乙球带有负电。如果用金属导线把两个球连接起来，就有电流从甲球流到乙球，这就是电荷的流动。电荷的流动叫做电流。电流的强弱，是以带电质点在某一方向下移动的电强度来衡量的，它的实用单位叫做“安培”，简称“安”，常用符号“A”来表示。电流的大小可用电流表（安培表）来测量。

在电子学说发明以前，电流现象早已发现，当时假定电流方向由正到负。这个假定许多年来已为人们所熟用，而根据现代的电子学说，电流的方向实际是由负到正（图6）。由于一直沿用习惯用法，所以在实用电工学中，至今仍假定为由正到负。

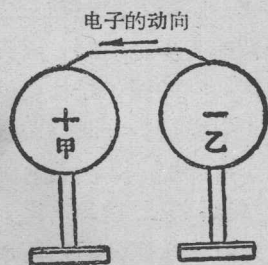


图6 电子的实际动向

要使电流在导线中继续流动，必须不断地在电源的两极间保持着一定的电位差。譬如用管子连接两个器皿，器中盛有水平面高低不同的水，打开开关，水即从高水面的器皿中，流向低水面的容器中，直至二个水平面高低相等为止。由此可见水要不断的流动，必须有一定的水位差。电也同样，要使电流在导线中流动，必须具有一定的电位差。能够产生和维持电位差，克服内外阻力使电流通过导线的能力，叫做电动势（简称电势）；克服电路中某一段对电流的阻力所耗费的能力，称为这一段的电压。电动势和电压的本质是一样的，都用同样单位来衡量，它的实用单位是“伏特”，简称“伏”，用符号“V”来表示。电压的大小可用电压表（伏特

表)来測量。

电子在綫路內順着一定的方向运动时产生电流，但是运动的电子不免要和綫路內振動着的原子或其他电子碰撞，和克服电荷間的吸力，这样就产生了一定的阻力，这种阻力叫做电阻。导綫的材料不同，电阻的大小也不同。同样材料的导綫，截面积大，长度短，电阻小；截面积小，长度长，电阻就大。导綫的溫度也能影响它的电阻。溫度升高，金属的电阻加大，但液体和碳的电阻却随溫度的升高而降低，只有某些特殊材料如錳銅、康銅、鎳合金等溫度虽加高，而电阻几乎不变。由此可見，导綫的电阻决定于：①导綫的长度，②导綫的截面积，③导綫的材料，④导綫的溫度。电阻的实用单位是“欧姆”，簡称“欧”，常用符号“Ω”来表示。导綫的电阻可由下列公式計算：

$$R = \frac{P \times L}{S}$$

式中：R = 导綫的电阻（欧姆）

P = 导綫的电阻系数，因不同的材料而異（常用物質的电阻系数見附表）。

L = 导綫的長度（米）

S = 导綫的截面积（平方毫米）

常用物質的电阻系数表

导 綫 的 材 料	电 阻 系 数 (P)
銀	0.016
銅	0.0175
鋁	0.03
鎢	0.05
鉄	0.13
鉛	0.20
鎳合金（銅、鎳、鋅的合金）	0.42
錳銅（銅、鎳、錳的合金）	0.43
康銅（銅、鎳、錳的合金）	0.50
水銀	0.94
鎳鉻（鎳、鉻、鉄、錳的合金）	1 10

例：試計算截面积为 2 平方毫米，長为 1 公里的銅質导綫的电阻，

$$R = \frac{P \times L}{S} = \frac{0.0175 \times 1000}{2} = 8.75 \text{ 欧姆。}$$

三、导体和絕緣体

凡是容易通过电流的物体，叫做“导体”。有些金属如銀、銅、鋁，通过电流比較容易，叫良导体；有些金属通过电流比較困难，就叫非良导体，如鋼、生鉄等。

有些物質具有很大的电阻，在一般日常应用的电压下，电流不能通过，这种物体叫做“絕緣体”，如紙、絲綢、布、橡皮、云母、瓷、玻璃、油类等。为了防止走电，往往用这些絕緣体包裹起来或支持着，使电沿着我們需要的道路上走。否則就会走电，发生意外的危險。

四、电路和欧姆定律

一切正常的电路都是完全电路。完全电路是說电流能从电源出发，經過导綫和負荷，再經過另一导綫回到电源。如图 7 所示的电池組就是电源。它具有一个正极和負极，經常有电位差存在，能够产生电动势使电流从电池組的正极出发，經過导綫和灯泡

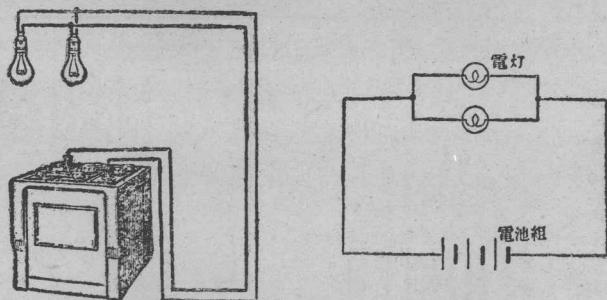


图 7 簡單的完全电路

(或其他負荷)，再經過另一根導綫回到電池組的負極，成為一個完全電路。在電路中必須要有回路才能使電流不斷地循環流通。假使沒有電源與負荷間的回路，燈泡就不會發亮。電池或電池組雖可作為電源，可是電量很小，所以工業上最重要的電源是發電機。不論電池或發電機都具有正、負兩極，經常產生電動勢，使電流在電路中流動。電源是電路中產生電能的部分，負荷則是電路中消耗電能的部分，如電動機、電燈、電爐、電阻等設備，可以把電能變為機械能、熱能、光能和化學能，為我們生產或生活上的需要服務。

把一個小電燈泡用導綫聯接在一個電池的正負極上，發現燈泡並不很亮；如果換接在串聯的兩個干電池上，就要亮一些；如果再加接一個串聯電池就會更加亮些（圖 8）。假如在串聯電池的電路中再串聯一個電流表，並聯一個電壓表，就可以在電流表中看出，電流強度隨着電池串聯數目的增加而增加；從電壓表中看出，電壓隨着電池串聯數目的增多而提高。因此從這裡可以知道，通過導體的電流強度是隨着導體兩端電壓的增加而增大的，也就是說，電壓增加，電流增大，電流強度和導體兩端的電壓成正比。如果將串聯的兩個燈泡代替原來的一個燈泡，這兩個燈泡的亮光就沒有原來的一個燈泡來得亮，這是由於電路里的電阻增加了，電流也減弱了。科學家歐姆，研究了電流、電壓、電阻的關係以後得到了一個結論：在電阻不變的電路中，電壓愈高，電流愈大；電壓高幾倍，電流也大幾倍。電壓不變時，電路中電阻愈小，則電流愈大；電阻小幾倍，電流就大幾倍。簡單的歸納為：電路中電流的大小與電壓成正比，與電阻成反比。這就是歐姆定律，是電流

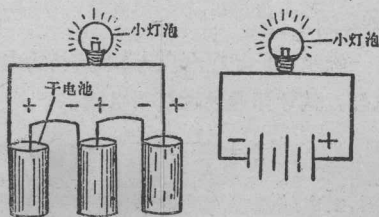


圖 8 三個串聯干電池

的基本定律。

若用符号“ I ”表示电流的安培数，“ U ”为电压的伏特数，“ R ”为电阻的欧姆数，则欧姆定律可以用公式表示如下：

$$I(\text{电流}) = \frac{U(\text{电压})}{R(\text{电阻})}$$

$$\text{因此： } R(\text{电阻}) = \frac{U(\text{电压})}{I(\text{电流})}$$

$$U(\text{电压}) = I(\text{电流}) \times R(\text{电阻})$$

倘在公式 $U = I \times R$ 中，电流等于 1 安培，电阻等于 1 欧姆，那末电压就等于 1 伏特。

$$1 \text{ 伏特} = 1 \text{ 安培} \times 1 \text{ 欧姆}。$$

由此可以得一定义：1 伏特就是能把 1 安培电流通过 1 欧姆电阻的电压。

例题：1. 若在电压为 220 伏特的电路中，接着一盏电阻为 440 欧姆的电灯，试计算通过这灯的电流。

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{440} = 0.5 \text{ 安培}$$

2. 电炉螺旋线的电阻中有 10 安培的电流通过，电炉接在电压为 220 伏特的线路中，试求该电炉螺旋线的电阻。

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{10} = 22 \text{ 欧姆}$$

3. 有一电路中的电阻为 11 欧姆，要通过 20 安培电流，须有电压多少？

$$U = I \times R = 11 \times 20 = 220 \text{ 伏特}。$$

五、电阻的联接和电压降

电路中的各个电阻，可以互相联接成串联、并联和复联。

串联 就是把各个电阻的首尾联接起来，成为图 9 所示的电路。由几个电阻串联着的电路的电阻等于各个电阻之和。

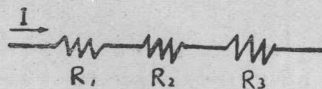


图 9 电阻的串联

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

串联电路中各段的电流都相同，总电阻是各段电阻之和，总电压是各段电压之和。即：

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

并联 各电阻线路的一端接在一点，它们的另一端联接在另一点（图10），这样的联接称为并联。由图可见并联的电路中，电流有几条路可以通过。流向接点A的电流，经过A点后分沿三个电阻继续流去。流过A点的电流，恰等于分向各电阻流去的电流之和。即：

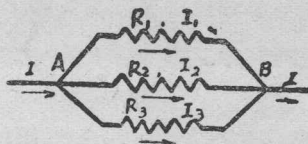


图10 电阻的并联

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

应用欧姆定律可以得出计算并联电阻的公式。流向A点的电流等于 $\frac{U}{R} = I$ ，每一支路中因电压相等，电流值为：

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

$$\text{代入上式: } \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

$$\text{等式两边都除以 } U: \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

倘欲求总电阻，可先从上式求出总电导，再按电阻与电导的关系求出总电阻。如并联电阻都相等，则总电阻R等于一个支路电阻除以支路电阻数。以上公式证明，电阻并联时，总电阻减小，总电导增加。并联电路的特点是：各分路的电压都相同，总电导是分路电导之和，总电流是各分路电流之和。

复联 在一个电路中，电阻的联接既有串联又有并联，



图11 电阻的复联

称为复联。图11是复联的一个例子，日常遇到的电路多半是复联。复联电路的总电阻可先求各组并联电阻，再与各串联电阻相加求得。

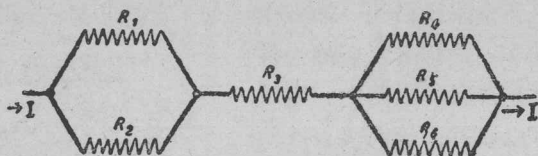


图12 电阻的复联

例题：1. 有一串联电阻的电路，其电阻分别为 3 欧姆，4 欧姆和 8 欧姆，求它的总电阻。

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 3 \text{ 欧姆} + 4 \text{ 欧姆} + 8 \text{ 欧姆} = 15 \text{ 欧姆}.$$

2. 有一并联电阻的电路，电阻分别为 3 欧姆，4 欧姆和 8 欧姆，求它的总电阻。

$$\text{总电导} = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{17}{24}$$

$$\text{总电阻} = R = \frac{24}{17} = 1.41 \text{ 欧姆}$$

3. 如图12的复联电路，设 $R_1 = 2$ 欧姆， $R_2 = 4$ 欧姆， $R_3 = 15$ 欧姆， $R_4 = 3$ 欧姆， $R_5 = 6$ 欧姆， $R_6 = 9$ 欧姆，求此电路的总电阻。

先求第一组并联电阻的总电阻为：

$$\frac{1}{R_{1-2}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

$$R_{1-2} = \frac{4}{3} = 1.33 \text{ 欧姆}$$

再求第二组并联电阻的总电阻为：

$$\frac{1}{R_{4-5-6}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9} = \frac{11}{9}$$

$$R_{4-5-6} = \frac{9}{11} = 0.818 \text{ 欧姆}$$

电路中的总电阻：

$$R = R_{1-2} + R_3 + R_{4-5-6} = 1.33 + 15 + 0.818 = 17.148 \text{ 欧姆}。$$

电压降：根据欧姆定律知道，电流在电阻里通过，需要用电压来克服电阻。从发电站用导线输送电流给用户，从电站到用户有一段距离，但是在一定长度的导线上也有一定的电阻。为了维持电流在导线中不断通过，就需要消耗一定的电压来克服导线内存在的电阻，这个消耗了的电压就叫做电压降。求线路中的电压降的公式如下：

$$U = I \times R。$$

例题：有一电路中，导线的电阻为 0.5 欧姆，通过的电流为 8 安培，求此电路中的电压降。

$$\text{电压降 } U = I \times R = 8 \times 0.5 = 4 \text{ 伏特}。$$

六、电流的热效应

电流通过导线时，因导线内有或多或少的电阻存在，所以会产生一定的热量。导线的发热量决定于导线中电流的大小，导线的截面积和导线所用的材料以及电流通过的时间。电流愈大，发热量愈大；电阻愈大，发热量愈大；电流通过的时间愈长，发热量也愈大。电流通过导体后发生热量的现象叫做电流的热效应。消耗在导线发热上的电能是一种损失，因此应尽力减少。可是电路中的发热现象并不都是不好的。人们可以利用电流的热效应来做各种各样的事，使它具有实际用途，比如常用的白热电灯泡，就是电流通过灯泡中的钨丝，发生了热，温度增加到 2000 度（摄氏）左右时，就发出了白热的灯光。如果电压不足，通过钨丝的电流减小，钨丝的温度降低，灯泡的光亮就比较暗淡而发红。又可利用电流通过电阻丝发热的作用，制造电炉、电熨斗等生产用具。

在电路内，为了防止因短路电流或负荷过大，电流流过多而引起过度发热，产生损坏设备的事故，应当在电路中装设熔断保险丝或保险器。可熔保险器（丝）的线或片，由铜、铅或银的