

电机工人适用

电 工 学

上 册

水利电力出版社

TM1

10:1

电机工人适用

电 工 学

上 册

水利电力出版社

电机工人适用
电 工 学
上 册

电机工人适用

电 工 学

上 册

(根据中国工业出版社纸型重印)

*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京印刷六厂印刷

*

1959年5月北京修订第一版

1973年8月北京新1版 1973年8月北京第一次印刷

印数 200,061—400,060册 每册0.80元

书号 15143·3050

再 版 说 明

为了满足广大工农兵群众对电工基本知识学习的迫切要求，我们再版了《电机工人适用电工学》。

《电机工人适用电工学》主要是为具有初中文化程度的电机工人编写的，文字比较通俗，内容也较浅显，有较多的插图，便于读者理解。本书可供初学电工的读者自学，也可作为培训新工人的参考书。

全书共分二十八章，从电的基本概念说起，循序渐进，其中包括交直流电路、直流发电机和电动机、交流发电机和电动机、变压器、电工仪表、整流器、内燃机电气设备等部分。

此书原由罗先植、章炎福、刘申永编著，这次再版时，我们对于书中的一些错误作了改正。

目 录

第一章 电荷和电容器	1
一、电是什么	1
二、电荷	2
三、电位	3
四、电荷的产生	4
五、莱顿瓶	5
六、电容器	5
第二章 电流、电压和电阻	6
一、电流	6
二、电流的方向	7
三、电位差、电动势和电压	7
四、能量的转变	9
五、电动势的产生	9
六、电阻	13
七、电阻率	14
八、电阻的温度系数	16
第三章 电路和欧姆定律	19
一、线路图	19
二、完全电路	19
三、电流的控制	23
四、欧姆定律	23
五、欧姆定律的运算	24
六、欧姆定律的应用	26
第四章 电功率和效率	27
一、力	27
二、功和电功	28
三、功率和电功率	28
四、电功的实用单位	30

五、效率	31
六、电功率的公式	33
七、电流的热效应	34
八、楞次-焦耳定律	35
九、大单位和小单位	36
第五章 直流电路	37
一、串联和并联的定义	37
二、电阻的串联	38
三、变阻器	41
四、电动势和端电压	44
五、电池或发电机的串联	49
六、电阻的并联	51
七、电导	52
八、短路和熔断器	55
九、电池或发电机的并联	56
十、电阻的复联	59
十一、电池的复联	63
十二、接地和电位	63
十三、多电源电路的计算	65
十四、三綫送电制	72
第六章 磁	76
一、磁铁	76
二、磁铁的一般性質	77
三、磁場和磁力綫	78
四、磁分子学說	80
五、剩磁	81
六、卫磁铁	82
七、磁通和磁感应	82
第七章 电磁	84
一、通电导綫周圍的磁場	84
二、电流和磁場的方向	84
三、单导綫右手定則	85

四、綫圈所产生的磁場	86
五、磁动势和安培匝	88
六、磁化力	89
七、磁飽和	90
八、磁阻和磁导	91
九、磁滯	92
十、电磁鉄的应用	94
十一、在磁場中的通电导綫	97
十二、电动机左手定則	98
十三、平行載流导綫的相互作用	100
第八章 电磁感应	101
一、电磁感应概說	101
二、感应电动势的方向	102
三、感应电动势的大小	103
四、楞次定律	104
五、自感	105
六、互感	108
七、感应綫圈	109
八、脉动电流和交变电流	110
九、导綫切割磁力綫产生感应电动势	111
十、发电机右手定則	114
第九章 单相交流电	116
一、交流电和直流电	116
二、交变电动势的产生	117
三、交变电流的頻率	119
四、頻率和周期的关系	120
五、交流发电机頻率和轉速的关系	120
六、正弦波的图示法	122
七、正弦波的相加	124
八、交变电流的有效值和平均值	126
九、有效值与平均值的計算	128
十、純电路	130

38	十一、純电阻的电路	130
88	十二、純电阻电路的功率	131
99	十三、电磁感应和自感系数	132
99	十四、純电感的电路	134
100	十五、純电感电路的功率	136
29	十六、感抗和电阻的串联电路	137
49	十七、阻抗三角形	138
79	十八、感抗和电阻串联电路的功率	140
89	十九、功率因数	142
99	二十、电容器	143
101	二十一、純电容的电路	145
101	二十二、容抗和电阻的串联电路	147
101	二十三、感抗、容抗和电阻的串联电路	149
101	二十四、并联电路	150
101	二十五、提高功率因数	151
101	第十章 三相交流电	154
801	一、三相交流电的产生	154
901	二、星形接法	155
011	三、星形連接时的电压	156
111	四、三角形接法	158
111	五、三相电功率和单相电功率的比較	159
311	六、三相电功率的計算	161
811	七、三相負荷不平衡时的一些性質	163
111	八、三相电功率的測定	165
101	第十一章 直流发电机	171
081	一、直流发电机的原理	171
051	二、直流发电机的构造	173
131	三、直流发电机的类型	177
131	四、自激式发电机	178
051	五、各种直流发电机的特性	182
131	六、直流发电机的損耗和效率	186
081	七、直流发电机的电樞反应	187

八、直流发电机的电刷位置和中間极	188
九、感应电动势的公式	190
十、直流发电机的并列运行	191
十一、三线送电制和三线发电机	194
第十二章 直流电动机	198
一、直流电动机的原理	198
二、直流电动机的构造	200
三、电动机中的反电动势	201
四、直流电动机的起动力	204
五、各种直流电动机的特性	211
六、直流电动机的电枢反应	214
七、直流电动机轉向的变换	215
八、直流电动机的速度控制	216
九、直流电动机的制动	218
第十三章 交流发电机	221
一、交流发电机的基本型式	221
二、交流发电机的构造	225
三、交流发电机的定額	229
四、損耗和效率	229
五、交变电动势的大小和波形	232
六、交流发电机的繞組	237
七、交流发电机繞組的絕緣	247
八、交流发电机的电压調整率	250
九、交流发电机的电压調整器	255
十、发电机的冷却	262
十一、发电机的通风	263
十二、交流发电机的并列运行	264
十三、交流发电机在运行中的保护	267
第十四章 变压器	270
一、变压器概說	270
二、变压器的自感电动势和互感电动势	273
三、变压器的原线圈电流和副线圈电流	277

188	四、变压器的输入和输出	279
161	五、变压器的损耗	282
161	六、变压器的容量	283
161	七、变压器的构造	283
188	八、三相变压器	294
881	九、自耦变压器	296
300	十、恒流变压器	298
103	十一、感应式电压调节器	300
408	十二、三相变压器的接线法	302
111	十三、三相变六相的接线法	305
172	十四、变压器运行中副电压的调节	309
218	十五、变压器的极性	312
216	十六、变压器的并列运行	313
218	十七、变压器的短路电压	313
231	十八、并列运行的变压器间负荷电流的分配	314
231	十九、相序的测定	316

231	..... 变压器本机的容量测定	一
232	..... 变压器的容量测定	二
232	..... 变压器的容量测定	三
232	..... 变压器的容量测定	四
232	..... 变压器的容量测定	五
232	..... 变压器的容量测定	六
232	..... 变压器的容量测定	七
232	..... 变压器的容量测定	八
232	..... 变压器的容量测定	九
232	..... 变压器的容量测定	十
232	..... 变压器的容量测定	十一
232	..... 变压器的容量测定	十二
232	..... 变压器的容量测定	十三
232	..... 变压器的容量测定	十四
232	..... 变压器的容量测定	十五
232	..... 变压器的容量测定	十六
232	..... 变压器的容量测定	十七
232	..... 变压器的容量测定	十八
232	..... 变压器的容量测定	十九
232	..... 变压器的容量测定	二十
232	..... 变压器的容量测定	二十一
232	..... 变压器的容量测定	二十二
232	..... 变压器的容量测定	二十三
232	..... 变压器的容量测定	二十四
232	..... 变压器的容量测定	二十五
232	..... 变压器的容量测定	二十六
232	..... 变压器的容量测定	二十七
232	..... 变压器的容量测定	二十八
232	..... 变压器的容量测定	二十九
232	..... 变压器的容量测定	三十
232	..... 变压器的容量测定	三十一
232	..... 变压器的容量测定	三十二
232	..... 变压器的容量测定	三十三
232	..... 变压器的容量测定	三十四
232	..... 变压器的容量测定	三十五
232	..... 变压器的容量测定	三十六
232	..... 变压器的容量测定	三十七
232	..... 变压器的容量测定	三十八
232	..... 变压器的容量测定	三十九
232	..... 变压器的容量测定	四十
232	..... 变压器的容量测定	四十一
232	..... 变压器的容量测定	四十二
232	..... 变压器的容量测定	四十三
232	..... 变压器的容量测定	四十四
232	..... 变压器的容量测定	四十五
232	..... 变压器的容量测定	四十六
232	..... 变压器的容量测定	四十七
232	..... 变压器的容量测定	四十八
232	..... 变压器的容量测定	四十九
232	..... 变压器的容量测定	五十

第一章 电荷和电容器

一、电是什么

在现代的日常生活中，几乎到处都要用电，如照明用的电灯，通讯用的电话和电报，还有无线电、电冰箱、电风扇、电炉等，都是我们熟悉的电器；至于发电机、电动机和变压器等，更是工业上不可缺少的动力设备。所以，工业愈是发达，用电的范围就愈广，数量也愈多。

虽然我们可以从许多现象中来证明电的存在，例如：把电接到灯泡里，灯泡就会发光；把电接到电炉里，电炉就会发热；把电接到电风扇里，电风扇就会转动。但是要说明电究竟是什么，却不是很容易的事。几百年来，人们收集了自然界各种有关电的现象，从这些现象中，假设了一些学说，企图说明电是什么。但是由于科学的进步，有很多学说已经被证明是不正确的了。目前世界上公认最适当的学说，就是电子学说。

根据这个学说，凡是占有空间和具有重量的东西，都叫做物质。物质是由许多叫做分子的微粒所组成。分子由原子组成。原子由电子和质子组成。这些电子和质子就是我们平常所说的电。

举个例子来说明：如果我们从一杯开水中，取出一滴很小的水点，很明显地，这一滴水点丝毫没有改变它原来的性质。假使我们把这滴水点继续再分成千千万万个更小的微粒，直到不能再分为止，这种细小的微粒，就叫做分子。这分子虽然很小，但仍旧是水，和杯里的水的性质相同。物质的分子能够单独存在。分子是保持物质原有性质的最小单位。

分子并不是构成物质的最小单位。它还可以分裂成更小的微粒，叫做原子。原子的性质，不再和原来物质的性质相同。例如分裂水的分子，可以得到两种不同的原子：一种是氧，一种是

氢，不论氧原子或氢原子的性质，都不再和水的性质相同。世界上所有的物质，有的是由一种原子构成的，如金、银、铜、铁，有的是由两种或几种原子组成的，如橡皮、木材、纸张、油漆等。

现代科学工作者还能使原子分裂成更小的粒子——质子和电子。质子和电子都具有一定数量的电荷。这些电荷在适当的情况下，能够表现出我们能看到或觉察到的各种“电”的现象。质子和电子所带的电荷彼此不同。习惯上，规定把质子所带的电荷叫做正电荷（用“+”来表示），电子所带的电荷叫做负电荷（用“-”来表示）。我们平常所说的“电”也就是指电荷所表现的各种现象。

二、电 荷

根据电子学说，不论那一种物质都具有分子、原子，因而也具有电子和质子。换句话说，各种物质都带有很多的正电荷和负电荷。假使一种物质的负电荷多于正电荷时，它就呈现“负电”的性质，叫做“带负电”的物质。要是一种物质的正电荷多于负电荷时，它就呈现“正电”的性质，叫做“带正电”的物质。如果一种物质的正电荷和负电荷相等时，这两种电荷就彼此抵消，不呈现带电的性质，叫做“中和”的物质。

电荷的单位是库伦^①，简称库。

从实验中，我们知道凡是同性的电荷（即正电荷和正电荷，或负电荷和负电荷）互相排斥，而凡是异性的电荷（即正电荷和负电荷）互相吸引。这两种作用是电学中最基本的定律。

因此我们可以想象，每一物质中的质子和电子都是彼此相吸引着的。假使要从一物质中取出一些电子，就必须用一些方法来克服质子和电子间的吸力。一个简单的例子就是：摩擦任何两个不同的物体时，能够或多或少地把电子从一物体移到另一物体，

① 库伦：电荷的“自然”单位应该是一个电子或一个质子所带的电荷；1库伦电荷约等于 6.24×10^{18} 个电子所带的总电荷。

使得两个物体都产生带电荷的现象。当我们用丝绸摩擦玻璃棒时，我们就发现丝绸带负电而玻璃棒带正电。

当一物质带有微弱的电荷时，它能够吸引很细小的纸片。这样，我们用胶木钢笔杆在绒线衫(羊毛衫)上摩擦几次，然后把笔杆的摩擦部分移近小块的纸屑，就可以把纸屑吸起。这就证明，当笔杆和绒线衫摩擦时可以使笔杆带电。

天空中的云层往往带有大量的电荷，这些电荷是由高空下降的雨点和地面上的热空气互相摩擦时所产生的，通过潮湿的空气，发出我们所看见的闪电和听到的雷声。刚刚着陆的飞机往往也带有很多的电荷，因此，为了避免可能引起的危险，当飞机着陆时，常拖带一根放电的接地线，让电荷跑入地中。同样，在装载汽油的车辆上也要拖带一根放电的接地链条。

三、电 位

地球上的一切物体，当自由行动时，总是从高处移向低处。成熟的苹果会从树枝上落下来；长江里的水一直从青藏高原流入东海。同样，当一种物体带有正电荷时，这物体就具有某种程度的电位。我们常以大地的电位为标准，也就是把大地的电位作为零。所以任何带正电荷的物体都具有比大地更高的电位。如果这物体所带的正电荷愈多，它的电位就愈高。当一物体带有负电荷时，它的电位就比大地低；如果这物体所带的负电荷愈多，它的电位也愈低。

因此，带有10库伦正电荷的物体甲的电位比大地高，而另一与甲同样大小的物体乙带有5库伦正电荷时，它的电位也比大地高，但却比甲的电位低。依此类推，带有8库伦负电荷的物体丙的电位比大地低，而另一与丙同样大小的物体丁带有3库伦负电荷时，它的电位也比大地低，但却比丙的电位高。

电位的单位是伏特^①，简称伏。我们常用“电位差”或“电压”

^① 伏特：1伏特等于用1焦耳能量移动1库伦电荷所变动的电位，我们在以后还要进一步讨论。

来表示两种物体或两点之间的电位差别。

电位和水位的意义相似。凡是具有较高电位的物体，就会把正电荷推向较低电位的物体，正象水位较高的水，总是向较低处流去一样。

当一物体带有正电荷时，它具有比大地更高的电位。因此当这物体接触大地时，正电荷就从物体流入大地。物体因消失正电荷而和大地同位，它的电位就等于零。同样，当一物体带有负电荷时，它具有比大地更低的电位。因此当这物体接触大地时，大地的正电荷就流到物体上来抵销或“中和”它原先所带的负电荷。物体因消失负电荷而和大地同位。

由此可见，电位的差别是产生电荷流动的原因。如果没有电位的差别，就不可能有电荷的流动。

四、电荷的产生

从第二节中，我们知道摩擦可以产生电荷。但是如果只用摩擦的方法就不能产生大量的电荷。

起电盘(图1)几乎可以无限制地产生电荷。甲是一块硬橡皮板，预先用兽皮摩擦而带有一定数量的负电荷。乙是一块铜板，它具有一个绝缘手柄。当铜板乙放置在硬橡皮板甲上时，甲和乙只在少数的地方相接触，而大部分的地方虽然也很接近但并不互相接触。这样，铜板乙的正电荷就被吸引到靠近橡皮板甲的地方，如图中所示，而铜板乙的负电荷却被推斥到离甲最远的地方。因此，当我们用手指碰触铜板乙时，这铜板的负电荷就被推斥而经过我们的身体，进入大地。然后再用绝缘手柄提起铜板时，铜板乙就带正电荷了。只要这样反复地进行，就可不断地产生电荷。也许有人要问：是不是我们可以不劳而获，白白得到这些无限量的电荷呢？这当然是不可能的。从图1中可以看到，硬橡皮板的负电荷是和铜板乙的正电荷彼此相吸住的。要



图1 起电盘

要

提起銅板就必須克服這吸力。因此，我們必須要化費一定的力，才能獲得這些電荷。

五、來頓瓶

帶電物體的電荷可以儲蓄在來頓瓶里。來頓瓶是一個玻璃瓶（圖2），下半部的裏面和外面各貼有一層錫箔或鋁箔。同時在軟木或橡皮的瓶塞中，插置一根銅棒。銅棒的上端是一個銅球，下端由一根銅鏈與內層的錫箔相接通。

在使用前，先用導線把外層的錫箔和大地接通。導線的作用就是使電荷可以很方便地從錫箔流入大地。然後用帶有負電荷的物體接觸瓶端的銅球，即可使負電荷經過銅棒、銅鏈而到達內層錫箔，分布在靠近玻璃瓶的一面。因為同性的電荷互相排斥，異性的電荷互相吸引，所以外層錫箔的正電荷就被吸引到離內層錫箔最近的一面，而負電荷就被排斥到離內層錫箔最遠的地方。由於內層和外層錫箔是被玻璃所隔絕，並且外層錫箔是和大地相接通，因此外層錫箔的正電荷只能吸引到靠近玻璃的一面，而負電荷則被排斥通過導線而進入大地。於是物體的負電荷就儲蓄在來頓瓶的內層錫箔中。這種過程叫做充電。

在充電後的來頓瓶上，如果用銅綫的一端與外層錫箔相接，而把另一端移近銅球時，在銅球與銅綫之間立刻會發生一個相當強的火花。這個火花便是電荷的流動，這種電荷釋放的过程叫做放電。

在充電後的來頓瓶上，如果用銅綫的一端與外層錫箔相接，而把另一端移近銅球時，在銅球與銅綫之間立刻會發生一個相當強的火花。這個火花便是電荷的流動，這種電荷釋放的过程叫做放電。

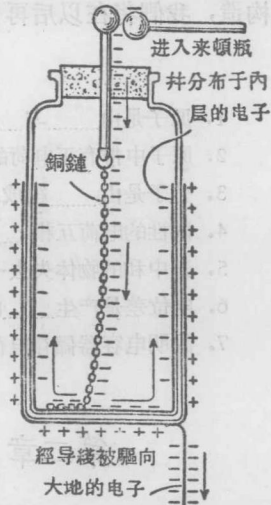


圖2 來頓瓶

六、電 容 器

凡是能夠象來頓瓶一樣可以儲蓄電荷的裝置，叫做電容器。

电容器的主要部分是由两块互相隔絕的金属板所組成。来頓瓶就是一个简单的电容器。它的两块内层和外层錫箔称为极片。电容器的充电，就是在极片中加入电荷；它的放电，就是从极片中放出电荷。在来頓瓶的两块錫箔之間，是一层玻璃。这玻璃称为介質。介質就是不傳电的(絕緣的)物質。它能够使电容器的极片互相絕緣，同时还能够增加儲蓄电荷的作用。关于电容器的种类和构造，我們将在以后再作比較詳細的說明。

习 題

1. 原子是由.....与.....两种微粒所組成。
2. 原子中帶有正电荷的微粒叫做.....，帶有負电荷的微粒叫做.....。
3. 分子是由.....組成。
4. 同性的电荷互相.....；异性的电荷互相.....。
5. 当中和的物体失去一部分电子后，这物体就帶有.....电荷。
6. 电位差是产生.....的原因。
7. 說明电容器儲存电荷的作用。

第二章 电流、电压和电阻

一、电 流

在第一章里，我們曾經談到，凡是具有較高电位的物体就会把正电荷推向电位較低的物体。这就是电荷的流动。电荷的流动就叫做电流。电流的强弱是以每秒鐘通过多少庫倫的电荷来計算的，

即
$$\text{电流} = \frac{\text{电荷}}{\text{時間}}$$
 电荷(或叫做电量)用庫倫来表示；

時間用秒来表示；

电流用安培来表示。安培簡称安，就是电流的单位。

如果在某一点，每秒鐘通过 2 庫倫的电荷，电流的强度就是 2 安培。如果每秒鐘通过 100 庫倫，电流就是 100 安培。如果 2

秒鐘內通過40庫倫，電流就只有20安培了。

二、電流的方向

由於電磁感應的作用，發電機能夠把甲端的負電荷推向乙端：使甲端帶正電荷，稱為正極；乙端帶負電荷，稱為負極（如圖3所示）。於是在甲端和乙端之間，就產生了一定的電位差別。如果我們用導線把電燈泡接在發電機的两端，乙端的負電荷就被甲端的正電荷所吸引，通過導線和燈泡而到達正極，和它的正電荷互相抵銷或中和。但是由於發電機內部的電磁感應作用，它又不斷地將甲端的負電荷推向乙端，而乙端的負電荷又不斷地

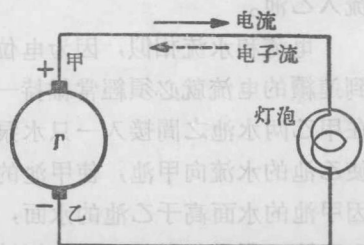


圖3 電流的方向

被甲端的正電荷所吸引，通過導線和燈泡後，互相抵銷。這樣就組成了連續的電子循環，使燈泡一直發亮。

這種電流的方向，原很明顯，而且在其他許多實驗中我們還能證明，在任何電流中，負電荷確實是在移動的。但在科學家們還沒有作出這樣的解釋以前，大家都假定發電機正極的電位高於負極，電流是應該由正極通過燈泡後流向負極。這種說法已經應用很久了，許多有關電流方向的重要定律都是根據這種說法定出的，不便更改，因此，本書所述電流的方向仍按照這個傳統的習慣，即電流由發電機的正極，通過燈泡，流向負極（如圖3實線箭頭方向所示；虛線箭頭的方向表示電子流動的方向）。

三、電位差、電動勢和電壓

在第一章里，我們知道電位的差別，是產生電荷流動（即電流）的原因。沒有電位差就不可能有電流。這可以進一步用水來作比喻。假使有甲、乙兩水池，中間用一根水管 P 將水池接通，在水管的中央有一活門 A ，可以使兩水池的水互相接通或彼此隔絕