



電力工業技工學校教材試用本

電 工 原 理

沈陽電力技工學校編

水利電力出版社

电 工 原 理

沈阳电力技工学校編

中华人民共和国水利电力部教育司推荐
作为电力工业技工学校教材試用本

水 利 电 力 出 版 社

內 容 提 要

本書敘述直流電的基本定律、電磁現象及單相交流電、三相交流電的基本原理。內容淺顯易懂，每節都有例題和習題，附有插圖 171 幅，可以幫助讀者加深理解書中的原理和定律。

本書是電力技工學校教材試用本，也可作為電廠培訓單位的教材，並可供電業技術工人進修之用。

電 工 原 理

沈陽電力技工學校編

*

423D156

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105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 * 5 號印張 * 111 千字 * 定價（第 9 類）0.70 元

1956 年 10 月北京第 1 版

1959 年 3 月北京第 5 次印刷（59,471—79,506 冊）

序 言

電力工業技工學校教材試用本原是沈陽電力技工學校一九五五年的教材，內包括鍋爐、汽機、電氣三個專業（每一專業分運行和檢修兩班）的22種教材。沈陽電力技工學校編寫這套教材是以本校的教學計劃和教學大綱為根據，這個教學計劃和教學大綱是參照蘇聯技工學校的教學計劃和教學大綱制定的。

由於電力技工學校的學員大都是初中程度的青年，他們都不懂技術，生活經驗也不豐富，因此在編寫這套教材時，盡量使內容淺顯，說理簡明，通俗易懂，並且避免了一些複雜公式的煩瑣推演和證明。另外，因為這些學員在校畢業以後，經過現場短期的實習，就要投入生產，擔負火力發電廠的運行或檢修工作，所以教材的內容就特別注意到貫徹法規和規程，結合現場實際的需要，並在必要的地方作了淺近的解釋，目的是使學員到達現場以後，很快地熟悉生產過程並掌握操作技術。因此，“電力工業技工學校教材試用本”不僅可供電力技工學校的學員學習，而且也可作為各發電廠培訓技術工人的教材，還可作為工人進修的讀物。

本書主要參考麥·伊·庫茲聶佐夫著、沈昌培譯、王鄂韓校訂的“電工學基礎”及 H. H. 曼蘇羅夫和 B. C. 波波夫著、張冠生等譯的“理論電工學”等書，在這裡謹向著譯者致謝。

由於修訂時間短促，雖然修訂教材的同志們在主觀上盡了最大努力，但限於水平，因而不完善的地方無疑是存在的，我們誠懇地希望讀者提出意見和批評，以便再版時修正。

沈陽電力技工學校

1956年5月

目 录

序言

第一章 直流电的基本定律	7
第1节 物質的电子結構	7
第2节 电場	10
第3节 电位和电位差	12
第4节 物体上电荷的分布	13
第5节 电流和电路	14
第6节 电阻	16
第7节 电导	20
第8节 直流电路的欧姆定律	21
第9节 串联电路	26
第10节 并联电路	29
第11节 复联电路	34
第12节 电桥	36
第13节 电池組	37
第14节 克希荷夫定律	44
第15节 电容	47
第16节 电流的功和功率	51
第17节 电能变为热能——焦耳-楞次定律	57
第二章 电磁现象	58
第1节 磁鉄	58

第2节	磁場	60
第3节	通电导体周圍的磁場	63
第4节	通电导体間的相互作用	71
第5节	在磁場中的通电导体	74
第6节	电磁感应	78
第7节	应电势的方向——楞次定律	80
第8节	渦流	88
第三章	單相交流电	89
第1节	單相交流电的产生和正弦曲綫	89
第2节	周期、頻率、角頻率、極对数和轉数	95
第3节	交流电的向量表示法	100
第4节	交流电的相位	103
第5节	交流电路中的自感作用	107
第6节	交流电路中的电容作用	111
第7节	交流的实效值	114
第8节	电阻、感应电抗、电容电抗	115
第9节	阻抗的串联	120
第10节	阻抗的并联	136
第11节	交流电路中的功率	144
第12节	功率因数	153
第四章	三相交流电	161
第1节	三相交流电的产生	161
第2节	三相交流电制	164
第3节	“星形”和“三角形”接法	168
第4节	三相交流电功率的計算	179
第5节	用三相电流造成旋轉磁場	184

第一章 直流电的基本定律

第 1 节 物質的电子結構

科学已經証明，自然界的一切物質，都是分子所組成，而分子又由化学元素的原子所組成。

每一化学元素有它自己的一定特性。現今所知道的化学元素共有 96 种，其中有几种，我們能遇到純粹的形态（如碳、白金、黃金、硫黃、水銀等）；而大多数的元素，却以各种各样簡單或复杂的結合形态存在于自然界中；它們以無數的組合方式，組成各种物質。这样，一切物質的所以彼此相異，仅在于它們分子中所含的各种元素的原子数量和这些原子排列情形的不同。

現代科学已經証明，每一个原子是由一个帶正电的原子核和帶負电的若干电子組成的；电子以極大的速率（每秒鐘达几百米）圍繞着原子核不断地运动，正像行星繞着太陽运动一样。

物質平常不显示任何电的性能（即中和的），但这并不表示其中沒有电，只是因为各个原子核所帶正电的总量和各个电子所帶負电的总量相等。

不同的化学元素的原子重量（原子量），因原子核所帶陽电的多少和繞着原子核运动的电子数目的不同而異。例如：氫原子（元素中最輕而結構最簡單的）只有一个电子圍

繞着原子核運動(圖1a); 氦原子有二個電子圍繞着原子核運動(圖16)銅原子有29個電子; 金原子有79個電子。

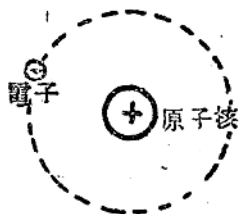


圖1a 氫原子的結構概圖



圖16 氦原子的結構概圖



在圍繞着原子核轉動着的電子中，那些在邊緣軌道上的電子，與原子核的聯繫比較弱；那些在靠近原子核的軌道上的電子，聯繫比較強。所以在邊緣上的電子，因受鄰近原子的作用或其他原因，可能被迫離開它們自己的軌道，而向其他方向運動。

一切金屬的原子，都有上述不穩固的外周電子，這些電子容易離開自己的軌道，這也就說明金屬為什麼有良好的導電性能，這種電子叫自由電子。

還有其他許多物質的原子，把電子堅固地保持靠近原子核，不讓它們自由地離開原子。這樣的物質，就不善于導電。

上面已經提到，原子中的正負二種電荷，通常是彼此相等的。但若某物體的原子開始失去電子時(例如由於摩擦)，那麼，它的正電荷變成太多了，我們就說這物體帶有正電。又若某物體獲得了電子，那麼，電子成為過剩，而物體帶有負電。這樣就可以說明：用皮擦玻璃，玻璃因

为失去了电子而帶正电(陽电)用“+”表示,皮就因为从玻璃上得到了电子而帶負电(陰电)用“-”表示。电荷的实用單位叫做“庫倫”。

能显示出电的性質的物体,叫做“帶电体”或“有电荷的物体”。使物体显示出电的性質,叫做“使物体帶电”。

导电性能良好的物体,叫做导体。各种金屬、碳、鹽类、酸类、鹼类的溶液以及潮湿的土地,都属于这一类。

导电性能不良的物体,叫做“非导体”、“絕緣体”或“介質”。在正常状态下,气体、許多液体和除金屬及碳質以外的大部分固体,都是不易导电的,如硬橡膠、火漆、玻璃、瀝青、云母、絲、石臘、瓷質、硫黃等。但是非导体不是絕對不能导电的,在某种情况下,仍能导电,不过与导体比較,导电的性能相差很多,自然界中沒有絕對不能导电的物質。此外,还有导电性能介乎导体和非导体之間の物質叫做半导体,如酒精、紙張、硒及氧化銅等。

如果帶电体和另一不帶电体接触,不帶电体便从帶电体上获得一部分电荷,这种現象,叫做电的傳导。若帶电体是帶正电荷的,那么,帶电体因为缺少电子,从不帶电体上取得部分电子,使不帶电体也同样缺少电子而成为帶正电的;若帶电体是帶負电荷的,那么,它的多余的电子一部分移送到不帶电体上,使不帶电体也同样帶負电荷。

以上說明,帶正电荷的物体要吸取电子,帶負电荷的物体要送出电子。因此,帶異号电荷的二个物体,一个要吸取电子,一个要送出电子,就互相吸引,帶負电荷的物体將使一部分电子傳到帶正电的物体上,如果兩物体的異

号电荷数量相等，就成为中和。

第 2 节 电 场

由实验证明，两个物体带有同性电时，就互相排斥，带有异性电时，就互相吸引。任何电荷靠近一带电体时，总要受到这带电体的电力作用。科学家庫倫重复实验，得出结论说：在空气中，兩帶电物体間相互作用力的大小和它們的电荷量的大小成正比，和它們之間的距离的平方成反比。这定律叫庫倫定律，可用下式来表示：

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

其中 Q_1 和 Q_2 是互相作用的兩电荷量， r 是它們之間的距离，而 K 是一比例常数。

若把一个帶电的物体①（圖 2），移近不帶电的物体②，則②也將帶电，在面對帶电体①的一面發生和①異性的电荷，而在②的另一面發生和①同性的电荷。

这是由于任何物体都含有分量相等的正电和負电，在

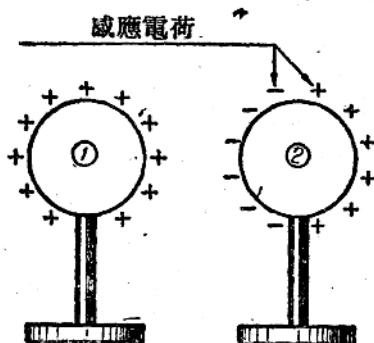


圖 2 靜電感應

平常情形下，这两种电互相中和而彼此平衡。

但是，当平常不表現帶电的物体②靠近帶电体①时，由于受到帶电体①的影响，物体②的电子就發生移动。若物体①帶有正电（圖 2），那么，物体②中的自由电

子，被它吸引，聚集在接近①的一側，而有過剩的电子（即負電荷），而在②的另一側，电子將變成不足（即正電荷）。這樣，物体在另一帶電体的影响下發生電荷的現象，叫做靜電感應。在物体②上發生的異性電荷，叫做感應電荷。

這時，若把帶電体①移去，那麼，物体②中原来聚集在靠近帶正電荷的物体①的一側的电子，因為失去了吸引力，又重新均勻地分布在物体①的全部分上，也就是說，感應電荷互相中和而致消失。

在帶電体周圍具有電力作用的空間，叫做電場。

若在帶電的球上，貼有許多細長的紙條，那麼這些紙條就各向輻射方面伸開（圖3），這是因為它們從球上得到同一種的電荷，所以互相排斥。由此可見，帶電球周圍的電力是沿着它的半徑方向發出的，如同發自球心。

電力作用的空間，習慣上用電力綫表示。電力綫的方向，就是帶正電的質点在電場中運動的方向，發自正電荷而終止于負電荷。

圖4表示電場的電力綫：（1）帶正電体；（2）帶負電体；（3）帶異性電的二物体；（4）帶同性電的二物体。

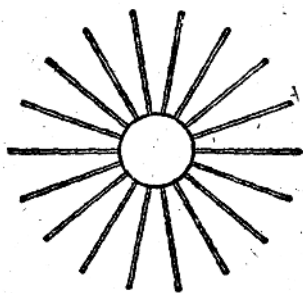


圖3 帶電球的電力綫方向

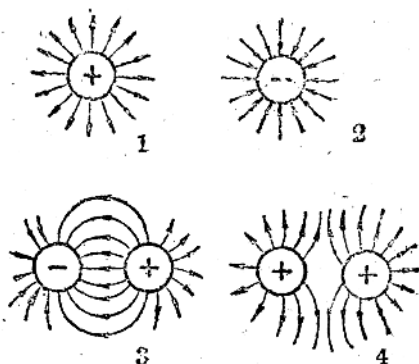


圖 4 帶電體電場的電力綫

第 3 节 电位和电位差

電場是物質的一種特殊形式，它存在于電荷的周圍。電場是具有能量的，至于電場中各個區域里能量的大小，可由被搬進這區域中的電荷需用的能量的大小來判定。

假設我們有一由正電荷所產生的電場，將一正試驗電荷搬到電場中任意一點，我們就要作某些功，以抵抗電場對試驗電荷的作用力。這功用于增加試驗電荷的位能；如在地面上舉起重物至某一高度時，所用的功是用于增加重物對於地面的位能。

在物理學中，要決定一物體在重力場中的位能的大小，就得規定一個能量為零的水平面，再根據這水平面來決定各物體的位能。這個水平面可以是海面、地面、或桌面等等。只有在這種情形下，位能的大小才可以完全確定。同樣，我們現在假定地球上電荷的能量作為位能為零

的水平。这样一来，电場中任何一点上的电荷的位能的大小就等于将这电荷从地面移到这点所做的功。若有一正試驗电荷，大小为 Q ，它在电場中某点的位能为 A ，它們之間的比值 $A/Q = U$ 。 U 的数值就等于單位正电荷的位能，叫做电場中該点的电位。

电場中某点的电位的大小，等于把單位正电荷从地面移到电場中該点所要作的功。如將正試驗电荷往正电場移动所作的功为正，那么，往負电場移动所作的功便为負，因此，靠近正电荷的电位为正，靠近負电荷的电位为負。地球的电位当作零，無穷远处的电位也当作零。

如果在电場中把一單位正試驗电荷由 A 点移至 B 点所作的功为 U_{AB} ，我們就把 U_{AB} 叫做 AB 兩点間的电位差。所以兩点間的电位差表示單位正电荷由一点至另一点所作的功。

电位差又称电压，也用 U 代表，它的实用單位是“伏特”(V 或 B)或“伏”。1 伏特的电位差等于在电場內移动 1“庫倫”正电荷作 1“焦耳”的功。即 $1 \text{ 伏特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 庫倫}}$ 。

第 4 节 物体上电荷的分布

上节中講述了电位与电位差的意义。在电場中，电位差为零的各点(也就是电位相同的各点)叫做等位点；各等位点所構成的面叫等位面。在帶电物体四周形成的电場距帶电物体愈远，作用力愈小；在均匀电場中，等位面是与电力綫垂直的。在帶有电荷的球体，等位面是个球形面，它与帶电荷球体半徑垂直。从圖 5 中我們也可以看出，电

荷由于互相排斥的作用而达到平均分布在球面；这些电荷也构成一个等位面而不再变动。电荷在球体表面形成等位

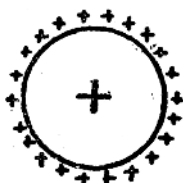


圖 5 在球狀物体上
电荷的分布

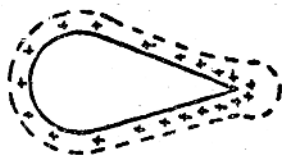


圖 6 在帶有尖端物体上
电荷的分布

面也可理解为有以球心为中心的电力场存在。

如果帶电体不是球狀体，那么，它的表面也必須構成一个等位面，因此，电荷互相排斥的結果，就不能与球狀体一样的分布均匀。經過实验的結果，弯曲面的弯曲度愈大，电荷聚集愈多，因此，在物体的尖端处电荷最多，如圖 6 所示。

上面所述，是假設帶电物体不受其他电場影响的情况，如果帶电物体附近尚有其他帶电物体，那就要按照其他帶电物体的影响而重新分布本身的电荷，以达到新的电位平衡状态。

第 5 节 电流和电路

取金屬球二个(圖 7)其中①帶陽电，另一②帶陰电。若用金屬綫(導綫)把二球联接，則电子將由电子过多的②球移到电子缺少的①球。这种电子沿着导綫的移动，叫做

电流。测量电流用电流表，它的实用单位是“安培”(a或A)，简称“安”，1安就是每秒钟通过导体截面1库伦电荷的电流。导线上的电流如果是2安，就是每秒钟通过的电荷是2库伦；如果是3秒钟通过的电荷是15库伦，电流就是

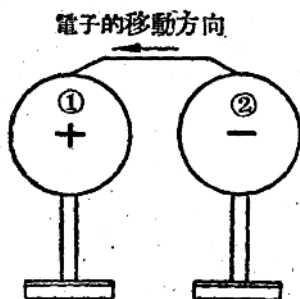


圖 7 电子沿导线的移动

$$15 \div 3 = 5A.$$

一般說来，如果用 I 代表电流， t 代表时间，那么，

$$I = \frac{Q}{t}.$$

有时用“安”做单位太大，使用不便，就用千分之一安做单位，即“毫安”(ma)。

在电工实用上是把电流的方向作为正电移动的方向，就是和电子在导线中移动的方向相反的。

如果能够继续不断地使①球得到正电，②球得到负电，那么，导线中将继续不断地有电子移动。使电子继续流动的能力的来源叫做电源。

电流经过的路线，叫做电路。电路接通，电流才能流动；如果把电路的任何一处截断，电流就将停止。

習 題

1. 安培与库伦两单位有什么关系？

2. 已知某導線上在 6 秒鐘內通過 300 庫倫電荷，問導線中的電流是多少安？

第 6 節 電 阻

在一切導體中，除了與原子核密切聯繫的電子外，總有若干個在外力的影響下可以自由移動的電子。受到外來的電力作用時，與原子核聯繫較弱的電子（自由電子）就將按反對電力的方向而移動。可是導體的分子和原子常在不斷的运动中，因此，電子的流動，勢將被導線中運動的分子和原子攪擾。所以沿導線流動的電子，總是從導線方面受到阻力，阻礙着它的進行。

導線對於電流所顯示的阻力，叫做導線的電阻，用字母 R 來表示。在結線圖中表示電阻的符號如圖 8 所示。



圖 8 電阻的符號

電阻的單位是歐姆（簡稱歐）。歐姆往往用字母 Ω (OM) 來表示；如電阻等於 15 歐姆，可簡寫為： $R=15\ \Omega$ 。

1 000 000 歐姆叫做 1 “百萬歐”或“兆歐”（或 $1M\Omega$ ）。

導線的電阻和導線的長度成比例，和電的截面積成反比，這就是說，導線長，截面積小，對於電流的阻力就大。導線短，截面積大的，對於電流的阻力就小。

有二根導線，它們的材料不同，而長度和截面積都相同，但由於它們的分子構造不同，所以它們的電阻也不相同。