

學工電等初

原著者 [蘇聯] 席烈勃卓夫
譯者 張仲真

上海中外書局出版

初 等 電 工 學

原著者 [蘇聯] 席 烈 勃 卓 夫

譯 者 張 仲 眞

上 海 中 外 書 局 出 版

書號0032 25開本 112用紙面 定價：¥7,700

原書名	ЭЛЕМЕНТАРНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
書名	初等電工學
原著者	[蘇聯]席烈勃卓夫
譯者	張仲真
出版者	中外書局
發行	上海中山東一路十八號
印刷者	協興印刷廠
	上海海寧路七八八號
經售者	全國各地公私營書店

1954年1月初版(印數)0001—3000冊

原 序

要研究電力工程和電訊工程，必須首先很好地精通電工學。但一般電工學的教本，通常包含的材料太多，敘述也不夠簡明。在本書中，著者企圖用通俗的句法儘可能簡顯地闡明電工學的基本原理，這些原理是每一個從事電訊工作人員所必需的。讀者祇須具有初中程度的數理知識，即可完全明瞭本書中所敘述的全部理論。

在這本書現在的第二版中，新增了“電工測定儀表”及“電池和蓄電池”兩章。這兩章對農村電訊工作人員具有特殊的意義。在其他各章中，也做了一系列的增訂工作。

本書祇包含學習電訊工程所需要的初步基本原理。

因為本書的篇幅不大，所以未曾涉及電工學的某些特殊部份，特別是各式電機（發電機、電動機、旋轉變流機）的部份。依據同樣的理由，也未曾列入考驗學習精通程度的問題和習題。

著者希望，本書對初學電工學者和電訊工作人員可以有些幫助，並可能應用本書作為各種電訊學校和訓練班的教學用書。

對本書的一切批評和意見，著者表示衷心的感謝，懇請惠寄到下列地址：莫斯科中心，清水塘街2號，國立電訊書籍出版社。

席烈勃卓夫

1953年3月

目 錄

第一章 電流

§ 1.1. 電子和電荷	1
§ 1.2. 電流	2
§ 1.3. 電流的量度	3
§ 1.4. 電壓	4
§ 1.5. 電壓的量度	4
§ 1.6. 電源	5

第二章 直流電路

§ 2.1. 電路	8
§ 2.2. 電阻	9
§ 2.3. 歐姆定律	10
§ 2.4. 串聯	14
§ 2.5. 歐姆定律在整個電路中的應用	16
§ 2.6. 並聯	19
§ 2.7. 電功率	23
§ 2.8. 電流的熱效應	27
§ 2.9. 電阻器和電位計	30

第三章 電磁現象

§ 3.1. 永久磁鐵和它的特性	34
------------------	----

§ 3.2.	電磁鐵和它的應用	37
§ 3.3.	電磁感應	40

第四章 交變電流和它的應用

§ 4.1.	交變電流的概念	43
§ 4.2.	交變電流的週期和頻率	45
§ 4.3.	脈動電流	46
§ 4.4.	兩個交變電流間的相位差	48
§ 4.5.	非正弦波形的交變電流	49
§ 4.6.	感應線圈	50
§ 4.7.	變壓器和自耦變壓器	59
§ 4.8.	電容器	63

第五章 電工測定儀表

§ 5.1.	電工測定儀表的一般特性	74
§ 5.2.	電工測定儀表的種類	77
§ 5.3.	電阻的測定	82

第六章 電池和蓄電池

§ 6.1.	伽伐尼電池的工作原理	86
§ 6.2.	電池的型類	88
§ 6.3.	電池的聯接法	90
§ 6.4.	蘇聯出品的電池	91
§ 6.5.	B.電池或陽極電池	92
§ 6.6.	酸性蓄電池	94
§ 6.7.	碱性蓄電池	99

第一章 電 流

§ 1.1. 電子和電荷

所有物質都是由很小的稱做分子的質點所組成；即使是最強有力的顯微鏡下，分子還是不能被看到的。分子則又由更小的質點——原子所組成。在任意物質的原子內，還有更小的、運動得很快的質點——電子。每一電子帶有一定大小的負電荷。

在任何原子內，電子以很快的速度繞着核子運動，核子是比電子較重而不易運動的質點，並且帶有正電荷。

具有過剩電子的物體帶有負電荷(用符號 $-$ 表明)。相反地，電子不足的物體則帶有正電荷(用符號 $+$ 表明)。符號相同的電荷(即正的和正的、或負的和負的)，例如電子和電子，互相排斥；符號相反的電荷則互相吸引。

在兩個相吸或相斥電荷間的媒質，是處於一種特殊狀態之中的。我們說，在這媒質中有電場存在。在每一個電荷四周總是有電場存在的。電場是物質的一種特殊狀態。

通常電場是用電力線來表明的。電力線的方向指出了電力作用的方向。可以當做電力線所指出的，是電場對正的元電荷的作用。換句話說，每一根電力線表示出，受到電場作用後正的元電荷運動所經過的路程。所以，電

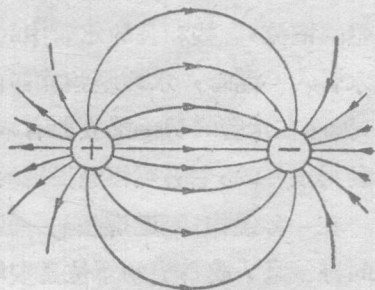


圖1. 兩個符號不同的電荷所致的電場。

力線總是由正電荷發出而終止在負電荷上，如圖 1 所示。

由於電場作用於電荷時電荷要產生運動，因之，電場是具有能量的。按照近代的觀念來講，電荷的能量是集中在它們的電場裏面的。

§ 1.2. 電 流

在某些物質中，電子可以由一個原子移動到另一個原子。這些物質叫做導電體（簡稱導體）；金屬、碳、鹽溶液、酸溶液、鹼溶液、有機細胞、泥土以及所有潮濕的物體，都是導體。凡電子不能在其中移動的其他物質，則叫做絕緣體或介質；空氣、各種氣體、玻璃、瓷器、橡皮、塑料、各種樹脂、油類、乾燥木材、乾燥紙張、乾燥布疋等，都是絕緣體。

固體導體中的電流就是沿導體運動的電子。

電子總是由電子過剩的地方運動到電子不足的地方去的。但在電工學中，大家公認的電流方向，與電子運動的方向相反。這是因為電流的方向，在電子發現以前早已被完全規定了。

必須注意，電子在導體中移動的速度是很小的，祇有每秒幾毫米。這是因為運動的電子須經常與導體的質點碰撞到的緣故。但電流在導體中傳播的速度是很大的，接近於光的速度（300 000 千米/秒）。如果在導體的左端有電流通入，那末在導體的右端幾乎同時即有電流通出。導體的電流，有些和長的水管中的水流相似；當我們用抽水機把水送進水管的一端時，水的壓強立即由一個水的質點傳遞給另一個水的質點，因而在水管的另一端立即有水流出。由抽水機送到水管中的水，是運動得很慢的，它必須經過很長的一段時間才能抵達到水管的另一端。

在一秒鐘內，經過導體某一截面的電子個數愈多，電流就愈大。電流的符號是 I 或 i ，它的單位是安培（簡稱安）。如果在 1 秒鐘內，經過導體某一截面的電子有 63×10^{17} 個，那末這電流的大小是 1 安培。上列的電子數目是大得難以想像的。假如這些電子並不是一起通過這導

體截面的，而每秒鐘內祇能通過一兆個的話，那末須經過 2 000 年才能使它們全部通過！

電燈中通過的電流約十份之幾安培，在電熱用具中的電流是幾安培，而在大型的電力傳輸線路中電流將抵達幾千安。但在許多情形中，特別在無線電機件中，電流是很小的，因而它們須用較小的電流單位——毫安 ($1/1\,000$ 安培) 和微安 ($1/1\,000\,000$ 安培) 來表明。

§ 1.3. 電流的量度

電流是用安培計來量度的。在線路圖中，安培計用符號 $\text{---} \textcircled{A} \text{---}$ 或符號 $\text{---} \textcircled{a} \text{---}$ 來代表 (參閱圖 2. 右邊)。

凡讀數直接用毫安來表明的安培計，稱做毫安計。

當我們需要量度出通過某一導線中的電流時 (圖 2. 甲)；我們必須把導線切斷 (圖 2. 乙)，再在缺口處接入量度儀器 (安培計或毫安計)，如圖 2. 丙所示。這樣接好之後，全部電流已都通過儀器，因而可以把它量度出來。

接入儀器電流的標度必須大於要量度的電流。我們決不可用一隻 250 毫安的毫

安計來量度幾安培的電流。在這種情形下，毫安計將被“燒”壞。

在許多儀器的接線端，標着“+”和“-”的符號，或祇有一個“+”的符號。在接線時，必須把儀器的“+”端接到電源的“+”端，儀器的“-”端接到電源的“-”端。如果不遵守上述的規則，那末儀器的指針將在反方向偏轉，因而可能遭受損害。

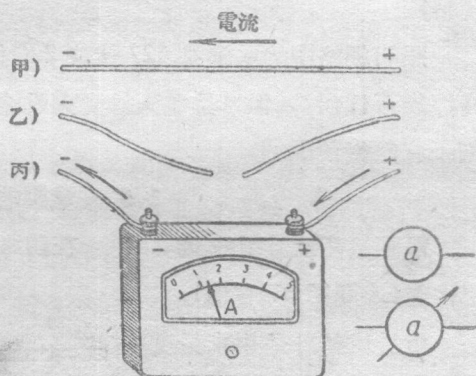


圖 2. 安培計在線路圖中的接法和符號。

§ 1.4. 電 壓

電壓是表明電的現象的第二個基本量。電壓的符號是 U 或 u 。要使任一根導線中產生電流，就是使電子沿導線移動，這導線的兩端必須處於不同的電的狀態下，或像通常所講的、具有不同的電位。在導線的一端必須具有過剩電子，而在另一端則電子不足。導線兩端電的狀態的不同，可用電位差或電壓來說明。因之可以說，電壓就是產生電流的原因。祇在導線的兩端具有電位差時，導線中才會有電流通過。

同樣地，祇在具有壓強差時，氣體或液體才能由高壓強處流到低壓強處；祇在具有溫度差時，熱量才能由高溫度處流到低溫度處。

伏特(簡稱伏)是用來量度電壓的單位。電壓更小一些的單位是毫伏($1/1,000$ 伏特)和微伏($1/1,000,000$ 伏特)，更大一些的單位是仟伏(1000伏特)。

照明網絡中的電壓是 127 伏或 220 伏；高壓傳輸線路中的電壓可高達幾百仟伏。但無線電天線受到電波的作用後所產生的電壓，通常則祇有幾微伏。

§ 1.5. 電壓的量度

電壓是用伏特計來量度的。在線路中，伏特計用符號 $\text{---} \bigcirc \text{---}$ 或 $\text{---} \bigcirc \text{---}$ 來代表(參閱圖 3. 右邊)。

由於伏特計是用來量度電路中兩點之間的電壓的，因之，伏特計的兩個接線端必須接在待測電壓的兩點間。在圖 3 中，示明怎樣可以量度出載流導線點 A 和點 B 間的電壓的接線法。

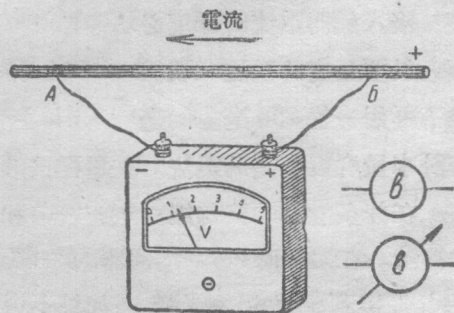


圖 3. 伏特計在線路圖中的接法和符號。

在接入伏特計到電路中時，電壓標尺上的讀數必須大於待測的電壓。決不可用一隻 10 伏的伏特計來量度一個可能是大大地超過 10 的未知電壓，否則儀器將遭受損害。當然，也須同時注意接線端上標有的“+”號和“-”號。

§ 1.6. 電 源

在工程上，必須用到直流電。在任意時間，這種電流的大小和方向都是不變的。要獲得恆定的直流電，必須具有一個恆定的電壓。這種電壓是由電源或電動勢源所產生的。

電動勢（符號是 $\mathcal{E}$ 或 $\mathcal{e}$ ）是表明電源所產生的電位差的原因。電動勢也可同樣地應用電壓的單位來表明。

電源的工作情況可與抽水機的工作情況相比擬。可用抽水機來產生壓力使水在水管中流動。相似地，可用電源來使電子在導線中流動。

電池、蓄電池和發電機以及其他的某些裝置，都可以用做電源。它們有時也稱做電能源。

在無線電收訊機中，時常要用到電池和蓄電池。每一個電池具有通常用碳和鋅所做成的兩個電極，這些電極是放在稱做電解液的某種化學物品中的。由於電池中發生的化學反應，在一個電極上將獲得過剩的電子，而在另一個電極上則電子不足。因之，化學反應使電池的兩極間產生了一個恆定的電動勢。在所有電池中，鋅是負極而碳是正極（有幾種電池中，銅是正極）。

乾電池是一種最常用的電池。它的鋅極做成了容器的形狀，在這個容器中放着碳極，並在碳極的周圍加進碳粉和二氧化錳的混合物。所用的電解液是做成漿糊狀的氯化銨。這樣做好的乾電池是裝在硬紙匣內的。匣的頂上灌入松香，祇有聯接到碳和鋅電極的兩根導線露出在松香層的外面。

圖 4 示一個乾電池的外形以及它在電路中所用的符號——兩根線段；粗的一根代表正極，而細的一根則代表負極。

每一個乾電池的電動勢約為 1.5 伏。電池的尺寸愈大，它所供給的電流也愈大。實際上應用的電池，須供給幾十至幾百毫安的電流。

爲了要增大電池的電動勢，可把幾個電池串聯起來。在串聯時，第一個電池的正極是聯接到第二個電池的負極上，而第二個電池的正極則聯接到第三個電池的負極上，如圖 5 所示。第一個電池的負極和最後一個電池的正極，就是這電池組的負極和正極。

電池組各個電池間的聯接，可以不必在線路圖中畫出（即可以採用圖 6. 乙來代替 6. 甲）。如果電池組中含有很多的電池，那末祇須畫出第一個和最後一個電池，而其間的電池則用虛線來代替（參閱圖 6. 丙）。

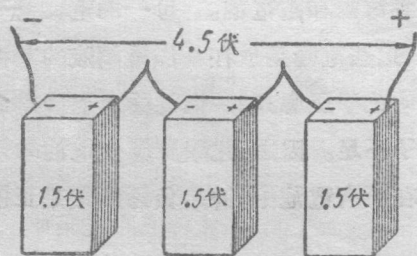


圖 5. 電池的串聯。

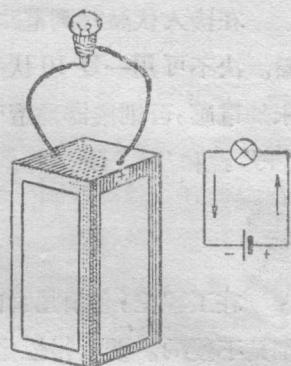


圖 4. 左邊：由乾電池和電珠所組成的電路。右邊：代表這電路的線路圖。

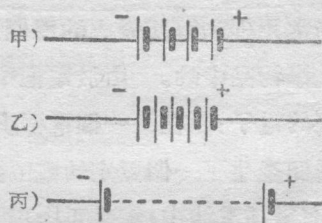


圖 6. 代表串聯電池組的符號。

串聯電池組的電動勢，等於每一電池的電動勢和電池個數的乘積。例如，對由三個電池串聯而成的電池組，如果每一電池的電動勢是 1.5 伏，那末，這電池組的電動勢就等於 $3 \times 1.5 = 4.5$ 伏。

在供給幾十伏電壓的電池組中，所用電池的個數很多。爲了也可

能獲得這電池組總電壓的一部份起見，這種電池組通常除了最外邊兩個電池電極上具有兩個出線端外，還具有好幾個分別聯接到中間電池電極上的出線端。

這種電池的工作時期不長（祇有幾個月），並且以後就完全不能再利用。這是它的缺點。

除了這種電池外，在電工中還廣泛地應用着蓄電池。蓄電池與電池在線路圖中都用同一的符號來表明。所不同者，蓄電池可以用其他直流電源來充電，即它所耗掉的電能可以由其他的電源來補足。

蓄電池有兩種：酸性的和碱性的。在酸性蓄電池中，二個電極是由一塊具有二氧化鉛的鉛板 and 另一塊表面上具有海綿狀鉛的鉛板所組成。所用的電解液是硫酸。它的電動勢約等於 2 伏。

在碱性蓄電池中，二個電極是由鍍鎳的鐵格子所做成，在這些格子中放着薄鐵小盒子。盒子中裝有活性物質（正極板上的主要為混有少量石墨的氧化鎳，而負極板上的則是氧化鐵和氧化汞的混合物）。所用的電解液是苛性碱。它的電動勢約等於 1.2 伏。

蓄電池可以較乾電池供給更大的電流，並可在放電完畢後再行充電。這是它的優點。放電和充電可以交替地進行很多次，因之，它的工作時期可達好幾年。

我們將在第六章內再詳細地討論電池和蓄電池。

第二章 直 流 電 路

§ 2.1. 電 路

如果在電源的兩個電極上，用導線來接上某一用電器具，例如電燈（在圖 4 中用符號⊗來表明），那末我們就獲得了一個最簡單的電路。祇要電源在工作情況下，或電池中在進行化學反應時，在電路中總是有電流通過的。如果電路中某一部份中有一缺口，即電路開斷了，那末電路中就不會再有電流通過，雖然其中還是具有電動勢的。

所以，要使電路中不斷地有電流通過，除了其中必須具有電動勢外，這電路還必須是閉合的。

在每一閉合電路中，可以區分為內電路和外電路兩部份：內電路就是含有電源的一部份電路，而外電路則包括接到電源上的所有導線和用電器具。

在閉合電路中，電子羣由電源的負極經外電路（例如電燈）而移動到電源的正極，再通過電源的內部而回到它的負極。但我們上面已經講過，電流在外電路中規定的方向是由電源的正極流向負極的，因之，它的方向與電子羣移動的方向相同。

在研究複雜的電路時，祇須記住，在任意閉合電路中，電流是不斷地由電動勢源地方產生出來的。

也須好好地了解電動勢和電流間的區別。不管電路是閉合着還是開斷着，使電池或其他電源兩個電極間具有電位差的電動勢總是存在的，但電流祇在電路閉合時才會具有一定的數值。因之，電動勢是使電流出現的原因，而電流祇是電子羣移動的結果。相似地，如果在一個給

水系統中，所有水龍頭都是關着的，那末水就不能在水管中流動，雖然其中的水還是具有壓強的。祇要水龍頭一開放，這些水就立即開始流動，因而在水管內就有某一數值的水流。

如果在上述簡單電路(圖4)的不同部份，串接入兩隻安培計，那末每一安培計的讀數是相同的。這種電路稱做串聯電路。在串聯電路中，祇有一個電流值。

這是一個很重要的定律。有人認為，由電源正極流出的電流，在向電源負極的路途中，它的數值會慢慢減小的。這是完全錯誤的，因為電子並不可能在電路中積聚起來。

當串聯電路中串聯地接入了幾個電具時，電流相等律還是適用的。

必須注意，電動勢源總是和外電路串聯起來的。所以，通過電源內部的電流，與通過外電路中的相等。換句話說，電源必須供給外電路中所通過的全部電流。

§ 2.2. 電 阻

現在我們來討論電路的另一個量。

大家知道，各種物質導電的本領是不一樣的，因而它們可以區分為導體和絕緣體(或介質)。導體對電流的影響可以用電阻來算出。導體的電阻與它的尺寸和材料有關。電阻是由於沿導體運動的電子碰到了這導體的各個質點所產生的。

導線愈長和愈細，它的電阻就愈大。在所有的導電物質中，銀和銅的電阻最小，鋁次之，鋼又次之。在某種情形中，我們需要大的電阻。這時所用的材料是特種高電阻合金，例如鎳鉻合金，康銅(銅、鎳、錳合金)、錳銅(銅、錳、鎳合金)和鎳銅(鎳、銅、鋅、鐵、鈷、錳合金)等。碳的電阻是很大的。鎳鉻合金等可以耐受高熱，因而應用於電熱器具中。

電阻的符號是 R 或 r ，它的單位是歐姆(簡稱歐)。

1 仟歐 = 1 000 歐姆；

1 兆歐 = 1 000 000 歐姆。

當銅導線的長度是 1 米，直徑是 0.15 毫米時，它所具有的電阻是 1 歐。銅聯接線的電阻是很小，通常可以略去不計。電熱器具的電阻約為幾十歐；各種電燈絲的電阻為幾十至幾百歐；介質的電阻則有幾百兆歐或幾千兆歐。在無線電裝置中，須應用到幾歐一直到幾兆歐的電阻。

圖 7 上邊示一個無線電裝置中所用的電阻，下面三個圖中所示的，是畫在電路中代表電阻的符號。

各種尺寸導線的電阻值可由第 29 頁的表 1 中查出。

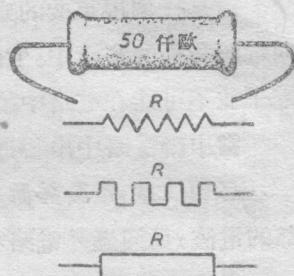


圖 7. 電阻的外表和代表它的符號。

§ 2.3. 歐姆定律

歐姆定律是電工學中的一個基本定律，可以應用它來研究各種的電路問題。這定律規定了電流、電壓和電阻三者的關係。電工學中好幾個定律實際上是由歐姆定律推演出來的。所以我們必須很熟練地掌握這定律，並會應用它來解決各式各樣的實際問題。在電工學和無線電工學的許多問題中，許多人由於不會應用歐姆定律而犯了錯誤。

歐姆定律可以陳述如下：

當施於導線的電壓愈大，和導線的電阻愈小時，其中通過的電流就愈大。

如果把施於導線的電壓增大到兩倍，那末導線的電流也將增大到兩倍。如果把導線的電阻增大到兩倍，那末其中通過的電流將減小到原先數值的一半。這是和水管的水流相似的；當水管中水的壓力增大以及管子對水流動的阻力減小時，水就流得愈快。

用算式來表明，歐姆定律可寫為：

$$\text{電 流} = \frac{\text{電 壓}}{\text{電 阻}}$$

或應用拉丁字母符號，寫為：

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{或} \quad i = \frac{u}{r}$$

爲了使歐姆定律的算式簡化起見，可以選定這樣一個導體的電阻作爲單位電阻（1 歐）：當施於這導體的電壓是 1 伏時，其中通過的電流是 1 安。

這樣選定之後，導體中電流的安數就等於所施電壓的伏數除以導體電阻的歐數。

$$\text{安 (培)} = \frac{\text{伏 (特)}}{\text{歐 (姆)}}$$

請注意，在應用歐姆定律時，電壓的單位必須用伏，電阻的單位必須用歐，而電流的單位必須用安。如果它們是用另外的單位來表明的，例如，毫安、毫伏、兆歐等，那末必須首先把它們化到伏、歐和安。

也可把歐姆定律寫成應用別種單位時的算式。例如當電阻用仟歐來表明，電壓用安來表明時，所得的電流的單位必須是毫安。即：

$$\text{毫 安} = \frac{\text{伏}}{\text{仟 歐}}$$

對無錄電工學，以應用上式更爲便利。

對任意一段電路，歐姆定律都是可以應用的。如果需要算出的是某一段電路中的電流，那末祇須將施於這段電路上的電壓除以這段電路的電阻。

現在舉一個例來說明電流的計算。設某一電珠具有電阻 2.5 歐，施於燈絲的電壓是 5 伏，那末其中的電流即等於：