

電工學

中國人民空軍雷達兵學校訓練部編印
解放軍

一九五九年一月

電工學講義

電工學是研究如何獲得電能，以及怎樣將電能應用到生產和生活
中去的一門科學。人們把現時稱為電的世紀，是非常確切的。革命領
袖和導師列寧同志曾說過：「共產主義就是蘇維埃政鼓加上全國電氣
化」這句名言，清楚的表明了電氣化在建設社會主義及共產的偉大事
業中所具有的巨大意義。我國的電氣化事業在解放後已有很大的發展
，特別是今年在三大「元帥」的帶動下，電氣化事業更是不可估量的
飛躍前進。

電的應用在現代化兵器中，也是非常重要的。雷達兵部隊就是利
用雷達兵器來搜索和監視空中目標，導引我機消滅敢於侵犯的敵人，
以保衛祖國的安全。為了研究無線電、雷達兵器，以及通訊方面的理
論問題，和掌握實際操作技能，必須具備電工知識，因為它是專業課
程的必備基礎。

第一章 電場和直流電路

§1—1. 電的概念

兩個不同質的物體，如貓皮與火漆棒，或絨布與琥珀；相互摩擦
後，能夠吸引輕微的物體，如通草球和紙屑等，這種現象我們稱為帶
電現象。帶電的物體叫做帶電體。用以衡量物體帶電多少的量稱為電
荷或電量，它的單位庫侖。物體所帶的電有兩種，即正電和負電。火
漆棒與貓皮摩擦後，火漆棒上所帶的電荷是負電荷，貓皮上所帶的電
荷是正電荷；玻璃棒與絲帕摩擦後，玻璃棒上所帶的電荷是正電荷，
絲帕上所帶的電荷為負電荷。

帶同號電荷的物體互相排斥，帶異號電荷的物體互相吸引；兩電
荷互相作用的力，稱為電力。

物質是由許多微小的顆粒組成的，這些顆粒，稱為分子；分子是由更小的微粒——原子組成，而原子又由原子核及電子組成。原子核中含有帶正電的質子與不帶電的中子，質子與中子被「核力」緊緊的束縛在一起，電子帶負電，以不同的軌道圍繞着原子核高速旋轉。在每一個原子核中帶正電的質子數目和帶負電的電子數目是相等的，而且每一個質子和電子所帶的電量也是相等的，因此在平常情況下原子不顯帶電現象；當在外力作用下，電子由某一物體遷移到另一物體上，則少電子的原子帶正電，而多電子的原子帶負電。

總之，電荷是不能創造也不能消滅的，物體帶電的根本原因只是由於電子的遷移，而使物體內正負電荷不等的結果。

在由電荷遷移的過程中，同時伴随着能量的轉換。如欲使物體帶電，就必需用去某一種形式的能量，以反抗異性電荷的吸引力，這種能量轉變的電能；反之，當兩種電荷互相中和時，電能則轉為其他形式的能量。

根據物質結構的電子學說，所有物體可分為兩類：導體和絕緣體。帶電的質點（電子或離子），能在物體的內部自由移動的物體稱為導體。導體又可分為兩類：第一類導體是金屬，在金屬內，位於外層軌道的電子與核的聯繫較弱，容易脫離本原子在原子之間游動，這種電子通常稱為自由電子；第二類導體是電解液，如酸、鹼、鹽等水溶液，在這種溶液內物質的分子分解為正離子與負離子（即帶電的原子），這些離子，正象金屬中的自由電子一樣，能夠在整個物體的體積內移動。絕緣體如氣體、橡膠、雲母等，在這些物質內有很少的自由電子，因此在這種物體內也不可能有顯著的電荷移動。

另外還有一種半導體，它的導電性能是在導體與絕緣體之間。

§1—2. 庫倫定律

兩個點電荷之間相互作用力，與兩帶電體所帶的電量 q_1 與 q_2

的乘積成正比，而和它們之間的距離的平方成反比。用公式表示，如

$$f = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中 K 表示比例常数，與帶電體周圍的介質及所取的單位有關；在 $MKSA$ （合理化）單位制中，上式寫為

$$f = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-2)$$

式中： f ——兩帶電體間相互作用的力。單位：牛頓。

q_1 、 q_2 ——帶電體所帶的電量。單位：庫侖。

r ——兩帶電體間的距離。單位：米。

ϵ 是介質的介電係數（或電容率），其值隨物質不同而不同，實驗測定的結果，真空的介電係數 ϵ_0 在 $MKSA$ 單位制中的數值為

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} = 8.86 \times 10^{-12} \frac{\text{法拉}}{\text{米}}$$

ϵ 的單位推導如下：

$$[\epsilon] = \left[\frac{q^2}{r^2 \cdot f} \right] = \frac{\text{庫}^2}{\text{米}^2 \cdot \text{牛頓}} = \frac{\text{庫} \cdot \text{安} \cdot \text{秒}}{\text{焦} \cdot \text{米}} = \frac{\text{庫} \cdot \text{安} \cdot \text{秒}}{\text{伏} \cdot \text{安} \cdot \text{秒} \cdot \text{米}} = \frac{\text{庫}}{\text{伏} \cdot \text{米}}$$

• $\left[\frac{\text{庫}}{\text{米}} \right]$ 的專用名詞為法拉。

某一物質的介電係數 ϵ 與真空介電係數的比值，叫做這物質的相對介質係數。

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (1-3)$$

ϵ_r 是個無名數。

如果兩點電荷是同號的，公式（1-2）中的力是正的，表示兩電荷相互排斥；如果兩電荷是異號的，力就是負的，表示兩電荷相互吸引。

表 1—1 几种常用物質的相对介質系数

物	質	ϵ_r
臘	紙	4.3
蒸	餡	80
空	气	1.00
大	理	8.3
云	母	6—7.5
橡	皮	2.7
玻	璃	5.5—8
	瓷	5.8

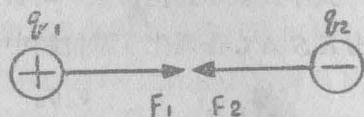


圖 1—1 異号电荷的相互作用

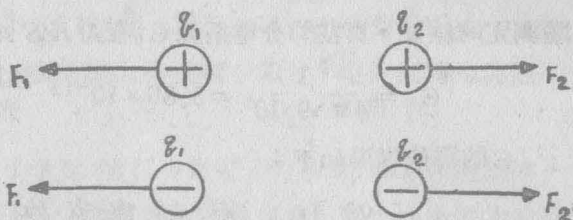


圖 1—2 同号电荷的相互作用

§ 1—3. 電場. 電場强度

帶电体周圍表現有电力作用的空間，称为電場。電場的存在，有如下两个特征：第一，当任何其他电荷被引入電場中时，將受到电力的作用；第二，任何電場都貯有一定能量，所貯电能的大小，决定形成此電場底电荷的大小、相互位置及介質性質，帶电体就是用这种能量而相互發生作用的。

电荷之間以电力互相作用着，这是電場的基本物理現象；从这个現象出發，我們來進一步研究電場，为此，我們引入一个叫電場強強 (ϵ) 的量。設在电荷 Q 的電場里的某点，放置着另一电荷 q (q 往往被称为試驗电荷)， q 所受的电力为 F ，比值

$$\varepsilon = \frac{F}{q} \quad (1-4)$$

被称为电场强度。由(1-4)可知，电场强度 ε 在数值上等于电场作用单位正电荷的力，电场强度是个矢量，其方向就是正电荷受力的方向。

电场强度的单位：伏特/米。其来源如下：

$$[\varepsilon] = \frac{\text{牛顿}}{\text{库}} = \frac{\text{焦耳}}{\text{米} \cdot \text{库}} = \frac{\text{伏} \cdot \text{库}}{\text{米} \cdot \text{库}} = \frac{\text{伏}}{\text{米}}$$

电场的方向可以用假想的电力线来表示，电力线上每一点的切线方向就是该点电场强度的方向，电力线是从正电荷出发而终止于负电荷。图1-3表示孤立点电荷的电场；图1-4表示两带相等的点电荷的电场。

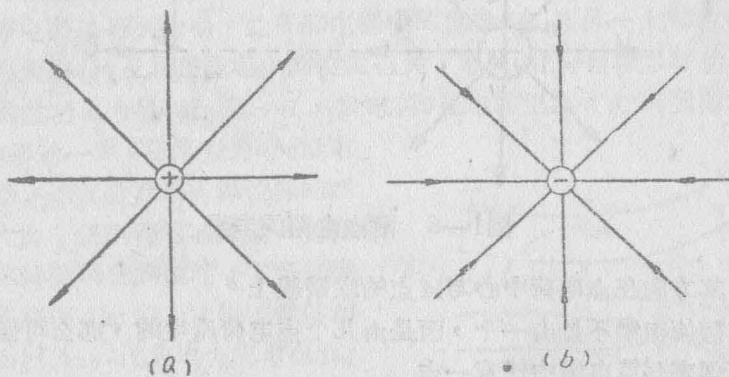


图1-3 孤立点电荷的电场

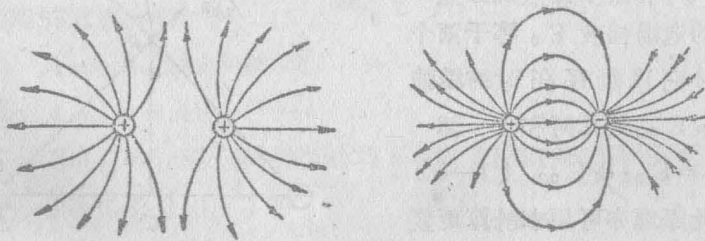


图1-4 两带相等点电荷的电场

§1—4. 點電荷的電場

我們來研究距離帶電體 Q 為 r 的一點 A 的電場；如圖 1—5。當帶電體的尺寸比距離 r 小得多的時候，我們可以把電荷看成是集中於帶電體的中心。在 A 點放置一已知量的電荷 q ，根據庫倫定律電荷 q 上所受到電場的力為：

$$F = \frac{Qq}{4\pi\epsilon r^2}$$

則在 A 點的電場強度為

$$\epsilon = \frac{F}{q} = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} \text{ 伏/米} \quad (1-5)$$

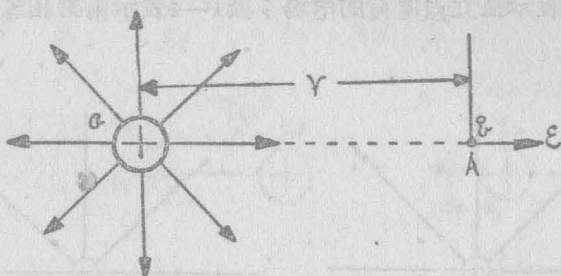


圖1—6 兩點電荷的電場

其方向在點電荷中心與 A 點的連接線上。

假使電場不是由一個，而是由幾個點電荷產生的，那麼可運用迭加原理來計算電場中任意一點電場強度；如圖 1—6，電荷 Q_1 、 Q_2 各置於 A 點及 B 點， D 點的電場強度 ϵ_0 等於兩個電荷分別單獨存在時的場強 ϵ_{01} 、 ϵ_{02} 的幾何和，即

$$\epsilon_0 = \epsilon_{01} + \epsilon_{02} \quad (1-6)$$

此原理亦可用來計算更複雜的帶電系統的場強。

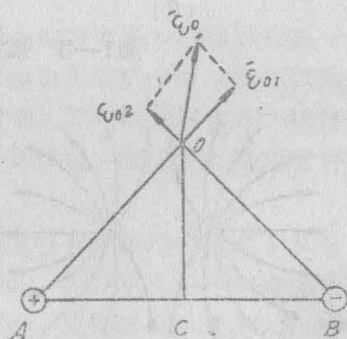


圖16 兩個點電荷的電場

§1—5. 電位. 電位差

在物理学中，我們談到過引力場。任何物体的周圍都存在着引力，也就是說它的周圍存在引力場，引力場里貯存着位能，引力場就是用一種能量對其他物体發生引力。地球是個很大的物体它周圍的引力場最顯著。

处在引力場中的物体都具有一定位能（势能），位能的大小與物体的質量及其位置有關。同一物体在引力場中不同點的位能不同，因此物体在引力場里由一點移至另外一點必須作功，如果是在引力的作用下移動，則引力場對物体作功；如果是反抗引力而移動，則外力對物体作功。如物体由某一點出發，經過一閉合路徑回至原來位置，則物体的位能沒有變化，閉合路徑上引力與外力所作的總功為另。

靜電場也是引力場。处在靜電場中的電場 q 也具有一定的位能，位能的大小與 q 及其在電場中的位置有關，電荷 q 在靜電場里移動一周所作的總功也為另。如圖1—7，設電荷 q 在電場里從 a 點出發循方向 $abcd$ 移動一周，在路程的 abc 段電力作功，這部分功以電場位能的減少為代價；在路程的 cda 段外力作功，這部分功變成位能，它恰好抵償了在路程 abc 段上電場位能的消耗。如以 A_{abc} 代表電力使電荷 q 由 a 經 b 至 c 所作的功； A_{cda} 代表外力使電荷 q 由 c 經 d 至 a 所作的功，根據上面說的意思，得

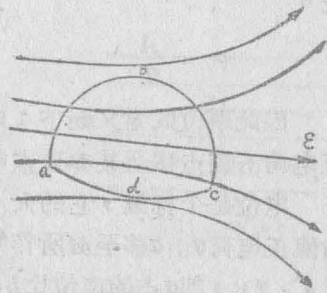


圖1—7

$$A_{abc} + A_{cda} = 0 \quad (1-7)$$

或 $A_{abc} = -A_{cda}$

外力使電荷 q 由 c 經 d 至 a 所作的功，與電力使電荷 q 由 a 經 b 至 c 的作的功大小相等但符號相反；即

$$-A_{cda} = A_{abc}$$

由是得到

$$A_{abc} = A_{cda} \quad (1-8)$$

公式(1-8)告訴我們，電場 q 在電場中由一點移至另一點電力所作的功是與路徑無關，而決定於電荷 q 的始點與終點的位置，這是靜電場的最根本特征。

由於這個特征的存在，我們可引進一個叫電位的物理量來描述電場；電位這個概念，實際上就是比較電場中各點位能的大小。

在電場里，取任一點 M 為參攷點，即規定這點的電位為另（因為要比較，就必須要有參攷點）；設正電荷 q 在電力作用下，由 a 點移至 M 點所作的功為 A ，比值 $\frac{A}{q}$ 就稱為 a 點電位用 φ 代表。

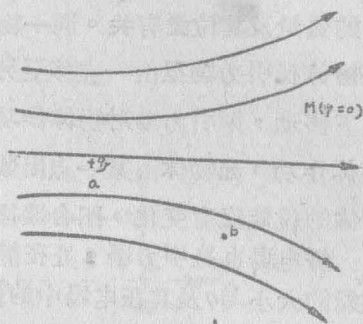


圖1-8

$$\varphi = \frac{A}{q} \quad (1-9)$$

因此電位的定義如下：電場中某點的電位，在數值上就等於單位正電荷由該點移至某參攷點電力所作的功。

電位是個標量，它的大小與 q 無關，因而它表示電場的性質。如電力使正電荷 q 由 a 移至 M 所作的功，大於使電荷 q 由 b 移至 M 所作的功，則 $\varphi_a > \varphi_b$ ，即 a 點的電位比 b 點高，同一電荷置於 a 點時的位能比置於 b 點時的大。在電場里，電力總是使正電荷由高電位向低電位移動。

電場中某點電位的值是相對的，它隨參攷點的選擇而定。在理論上常將無窮遠處作為參攷點，即規定無窮遠處的電位為另，在這樣的規定下，電位的定義可敘述如下：電場中某點的電位，在數值上等於單位正電荷在電力作用下由該點移至無窮遠處所作的功。在實用上往往規定大地的電位為另電位。

電位的值雖然是相對的，但電場中任意兩點間的電位差卻是一定

的，而与参考点的选择无关。在圖1—8中， a 、 b 二点間的电位差

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = \frac{A_a - A_b}{q} \quad (1-10)$$

因此，电场里任意兩点 a 、 b 間的电位差（电压） U_{ab} ，在数值上等于單位正电荷在电力作用下由 a 点移至 b 点所作的功。

电位和电位差的單位都是伏特（ V ），其来源如下：

$$[\varphi] = \frac{A}{q} = \frac{\text{焦}}{\text{庫}} = \frac{\text{庫} \cdot \text{伏}}{\text{庫}} = \text{伏}$$

实用上常有仟伏（ KV ）和毫伏（ mV ）

$$1KV = 1000V = 10^3V,$$

$$1mV = \frac{1}{1000}V = 10^{-3}V,$$

§1—6. 均匀电场

在电工中，常遇到均匀电场，在这电场內所有各点的电场强度都相等，而电力綫則互相平行。

根据对称条件可以得出結論：帶电的无限大平板所產生的电场是均匀电场，其电力綫互相平行，且垂直于帶电平板，如圖1—9(a)。

这个結論，可解釋如下：假如电场不是均匀的，則电力綫將与平板成某一夾角，这样就產生电场强度沿平板的切綫分量，在这切綫分量的作用下，电荷將發生移动，直到电力綫与平板垂直时为止；可見当平板上电荷静止时，电力綫一定是垂直于平板的，而且由于同性电荷相排斥的作用，电荷在平板上是均匀分布的。

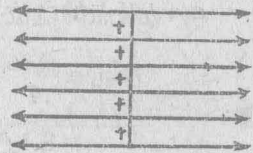


圖1—9(a)

根据計算可知无限大帶电平板所產生的电场场强

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{2\epsilon} \quad (1-11a)$$

式中： σ ——是帶电平面上的电荷面密度（即每單位面積上的电荷），其單位是庫/米²。

ϵ ——是周圍物質的介電係數。

兩個帶有等量異性電荷的平行板，如果它們之間的距離比它們本身的尺寸小許多，則它們產生的合成電場也可認為是均勻電場，如圖1—9(b)所示。在面板之外的空間，因正負電荷產生的場強大小相等方向相反，互相抵消，所以場強為零；而在兩板之間，兩場強方向相同，所以兩板間之場強為

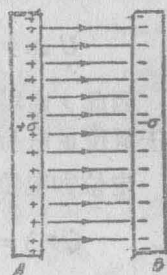
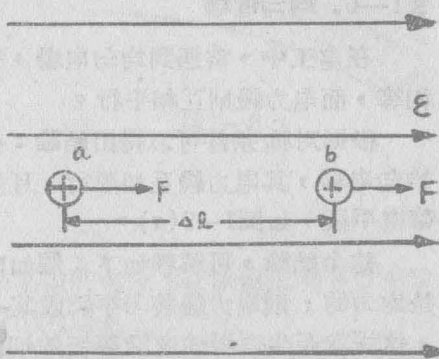


圖1—9(b)

$$\epsilon = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (1-11b)$$

對於均勻電場，電壓與電場強度間存在着下列關係：

設有正電荷 q 在電力作用下由 a 移至 b ，這對電力完成的功



$$A_{ab} = F \cdot \Delta l \\ = q\epsilon \cdot \Delta l,$$

a 、 b 兩點的電位差

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q} \\ = \epsilon \cdot \Delta l$$

於是得

圖1—10

$$\epsilon = \frac{U_{ab}}{\Delta l} = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{\Delta l} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta l} \quad (1-12)$$

也就是說電場強度在數值上等於電位沿電力綫的變化率。

在不均勻的電場里 Δl 必須取得這樣小，以致可將 Δl 之內的電場看作是均勻的。

§1—7. 等位面

在電場內電位相等的諸點所組成的面，叫做等位面。根據這個定義，等位面上，任意兩點間的電位差電零，電場強度在等位面上應該

沒有切綫分量，于是我們可以断定等位面与电力綫是互相垂直的。

圖 1—11 畫出了点电荷的等位面，根据上面的定义，可知点电荷的等位面是以电荷所在点为中心的許多同心球面。同时等位面是这样画的：任意两个等位面間的电压是相等的，因此随半径 r 的增大，等位面間的距离也增大。

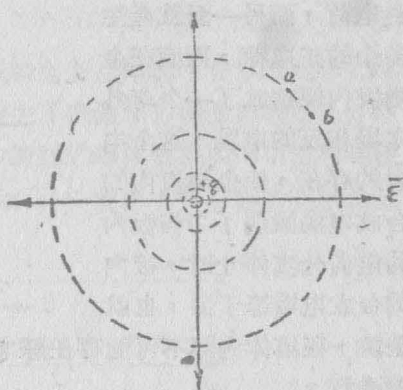


圖 1—11 点电荷的等位面

当电場的分布不对称时，等位面的分布也是不对称的，場強越大的地方，等位面越密；圖 1—12 是偶極子的电力綫与等位面；圖 1—13 是不規則帶电体附近的电力綫与等位面。

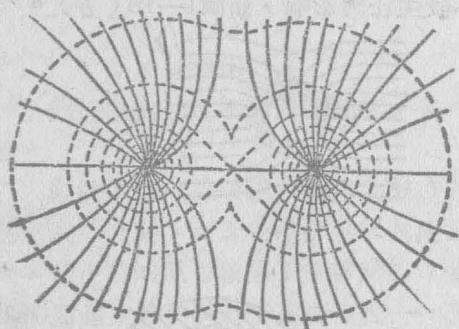


圖 1—12 偶極子等位面

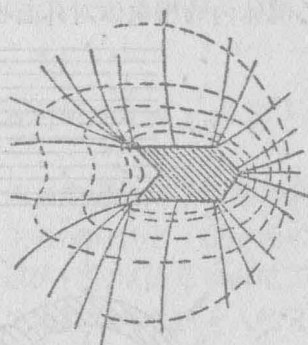


圖 1—13 不規則帶电体的等位面

当帶电体上的电荷靜止时，帶电体本身也是一个等位面。

§1—8. 電場中的導體與靜電屏蔽

圖 1—14 表示一金属板置于電場中，在電場力的作用下，金属板的自由电子將向着与電場相反的方向移动；因此在板的一面有多余的

負電荷，而另一面就產生多餘的正電荷，因而在金屬板內便造成了一個與外電場相反的电場，這個電場的存在，使金屬板內的合成電場減弱了；當板內的電荷分離停止時，板內的合成電場等於零，也就

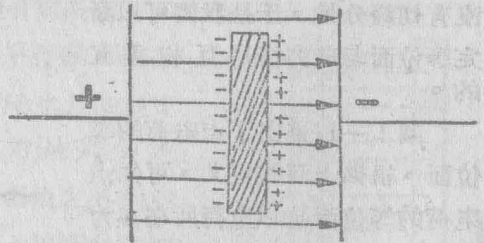


圖 1—14 電場中的導體

是說，在導體內部不可能存在靜電場，否則導體中負電荷的移動將繼續進行。

根據以上所述，將任何空心導體放在電場中時，電綫將終止於導體的表面，而不能穿過導體進入內部，導體內部電場為零，如圖 1—15 (a)；如將任一物體置於其中，則該物體不受外界電場的影響，這種作用叫靜電屏蔽。反之，若將帶電體放在空心導體內，則空心導體的內表面和外表面感應等量的異性電荷，再將空心導體接地，則空心導體外表面的電荷將和地上來的電荷中和，外部的電場消失，這樣空心導體內的帶電體對外面也不發生任何影響，如圖 1—15 (b)。

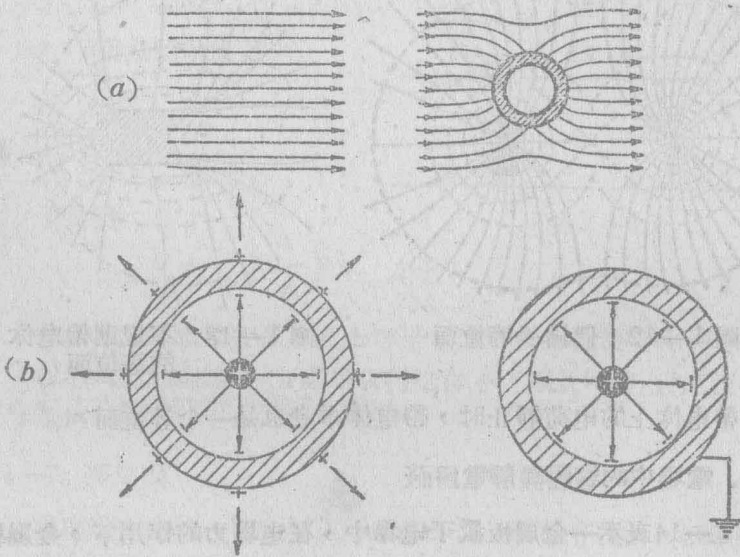


圖 1—15 靜電屏蔽

§1—9. 電流強度. 電流密度

導線的兩端接上電源，則導線里就會產生電場，在電場的作用下導線的自由電子就開始移動，這就產生了電流；為衡量電流的大小，我們引入一個叫電流強度的量，每秒鐘通過導體橫截面的電量叫電流強度（有時簡稱電流），用 I 代表。如在 t 秒鐘內，有 Q 庫倫的電量流過導體的橫截面，則電流強度

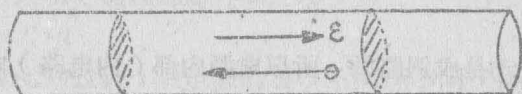


圖 1—16

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-13)$$

電流強度的單位為安培；在 1 秒鐘內，如有 1 庫倫電量通過導體橫截面，則該導體內的電流強為 1 安培，安培用 A 表示。

實用上常用到毫安 (mA) 和微安 (μA)

$$1 mA = 10^{-3} A$$

$$1 \mu A = 10^{-6} A$$

假使電流強度不隨時間而變，這種電流叫恆定電流，或簡稱直流。

電流的方向是取正電荷移動的方向，或者說導體內電場的方向就是電流的方向，因此在電源外部電流是由正極流向負極。在金屬導體內，帶正電的原子核是不能移動的，金屬導體內的電流是自由電子的移動而產生的，但由於歷史原因——在規定電流方向之前，人們還沒有發現金屬中的正電不能移動，我們仍沿用原來的規定。

在有些情況下，我們對電流在導體截面上的分布感到興趣，因此我們引入電流密度的概念，垂直通過每單位面積內的電流叫電流密度，用 δ 表示。如在截面 S 內，有電流 I 流過，則

$$\delta = \frac{I}{S} \quad \text{單位：安培/米}^2 \quad (1-14)$$

在電路無分支路的情況下，不管導體截面如何變化，電路內各處

的电流强度是相等的（这是因为在电路里不能发生电荷堆积），但电流密度可以有不同的值。

§ 3—10. 電動勢. 原電池

在導電閉合迴路中，与电流流过的同时恆伴随着能量的消耗，所消耗的這些能量，是由电源裝置用其他形式的能量（例如机械能、化学能、热能等）來抵償的，因此要想电流在迴路里流动，必須要有电源。

电流的流动是成迴路的，所以电源内部（内电路）电流方向应与外电路电流方向相反；在外电路电流是由电源正極流向負極，而在电源内部电流則是由負極流向正極，如圖 1—17 所示。外电路里，电荷是在电力作用下而發生移动的，也就是說在外电路电流方向与電場方向相同；而在内电路电流流动方向恰好与電場方向相反，也就是說在电源内部电荷的移动不是由于电力作用的結果，而是由于某种与电力方向相反的外力作用的結果。存在于电源内部并与電場方向相反的外力叫局外力，作用于單位正电荷的局外力，叫局外場強。即

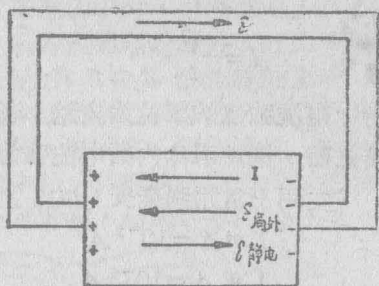


圖 1—17 局外場強与荷電場強的方向

$$\epsilon_{\text{局外}} = \frac{F_{\text{局外}}}{q} \quad (1-15)$$

当电路开断时，电路里沒有电荷移动，此时电源内靜電場強与局外場強之和应为另。

$$\text{即 } \epsilon_{\text{靜電}} + \epsilon_{\text{局外}} = 0 \quad (1-16)$$

$$\text{或 } \epsilon_{\text{靜電}} = -\epsilon_{\text{局外}}$$

局外力將單位正电荷在电源内部由負極移至正極所作的功，叫电源的电动势或簡称电势，用 E 代表。

單位正電荷在電力作用下，由正極移至負極電力所作之功，與單位正電荷在局外力作用下，由負極移至正極所作之功，大小相等符號相反。因為前者就是當外電路開斷時電極間的電壓（開路端電壓），所以我們可以說：電源的電動勢與其開路端電壓大小相等，方向相反。即

$$E = -U_{ab} \quad (1-17)$$

根據上述定義可知：如果有電荷 q 在局外力作用下由負極移至正極，則電源所之功（也就是局外部之功）為

$$A = E \cdot q \quad (1-18)$$

局外力產生的過程，隨電源的種類不同而不同，作為一個例子，我們來研究一下原電池（炭鋅電池）內部的過程。

如圖 1—18 玻璃缸中盛滿氯化銨的溶液，在溶液中插入鋅棒及炭棒作為電極，溶於水中的氯化銨自動解離為帶正電的銨離子與帶負電的氯離子，這些離子都企圖佔據最大的體積，因而對電極有滲透壓力作用；在溶液中的金屬原子，力求成為離子而溶於溶液中，因而對溶液來說，電極有溶解壓力作用，這種溶解壓力與滲透壓力之差，就是上面所說的局外力。在鋅棒表面，溶解壓力大於滲透壓力，鋅的原子成為正離子而進入溶液中，於是溶液帶正電，鋅棒因為多出了鋅離子留下的電子帶負電，而成為電池的負極，這樣在鋅棒與溶液間就產生了電位差，因而也就產生了電場，這電場方向恰好與局外力（就是溶解壓力與滲透壓力之差）的方向相反；當鋅棒與溶液間的電位差達到一定數值時，作用於鋅離子的電力與局外力大小相等，互相抵消，鋅離子停止進入溶液中。如果在溶液中，再插入一根炭棒，則炭棒的電位與溶液相同，而成為電池正極。正、負之間，如用導線連接起來，則電子就會由鋅棒經外電路而移於炭棒上，於是電力與局外力的平衡狀態遂被打破，在溶解壓力的作用下，鋅離子又開始進入溶液中，而與氯離子化合成氯化

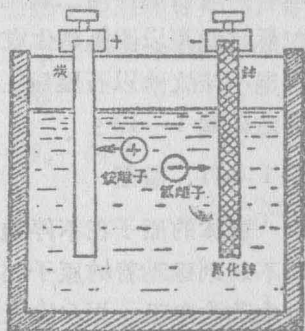


圖 1—18 炭鋅電池

銨。如果將炭棒與鋅棒用導線連接起來，則電子就會由鋅棒經外電路而移於炭棒上，於是電力與局外力的平衡狀態遂被打破，在溶解壓力的作用下，鋅離子又開始進入溶液中，而與氯離子化合成氯化

鋅，溶液中的銨離子由炭棒上獲得電子而解為氨氣與氫氣，到最后當鋅棒或溶液中的氯化銨消耗完了的時候，電池就完全不能生電了（實際上不等鋅或氯化銨消耗完，電池就不能用了）。由此可見，電池輸出電能是以化學能的消耗為代價的，電勢的數值只決定於電極、溶液材料及溶液中離子的濃度，而與其他因素無關；不同的電極與溶液，它們的溶解壓與滲透壓不同，所以產生的電勢大小亦不等，炭鋅電池的電勢約為1.5伏。

註：常用的干電池就是炭鋅電池，它的外殼是鋅筒，中心是炭棒，為攜帶方便，電液氯化銨附着在炭棒上，它妨礙化學作用，因而于電池中，炭棒周圍填有一層石墨粉與二氧化錳的混合物，二氧化錳用以使氫氧化成水，二氧化錳導電不佳故摻以石墨粉，干電池的實體構造如圖 1—19。

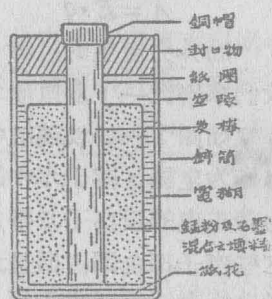


圖 1—19 干電池

§ 1—11. 電阻

導體的原子在不停地振動着，電子在導體里流動時，有可能和這些不規則運動着的原子相碰撞，這樣碰撞形成了對電流的阻力，這種阻力稱為電阻，用 R 代表。

電阻的測量單位是歐姆，用符號「 Ω 」表示。

如果導體兩端的電壓為一伏，而流過它的電流為一安，則此導體的電阻是一歐姆。實用上用到仟歐姆 ($K\Omega$) 與兆歐姆 ($M\Omega$)。

$$1 K\Omega = 1,000\Omega = 10^3\Omega$$

$$1 M\Omega = 1,000,000\Omega = 10^6\Omega$$

導體的電阻與其長度成正比，而與其截面積成反比，用公式表示

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-19)$$

式中： l ——導體長度。單位：米。

S ——導體截面積。單位：毫米²。