



# 電學與磁學

裘維裕編譯

電工圖書出版社發行

中國科學社贊助

電工技術叢書

電學與磁學

ELECTRICITY AND MAGNETISM

一九四五年六月初版

一九五一年五月五版

版權所有 翻印必究

原著者 I. C. S. Staff

編譯者 裘維裕

出版社 電工圖書出版社

發行人 張惠康

經銷處  
印刷所

中國科學圖書儀器公司  
上海延安中路五三七號

# 電工技術叢書

## 第一集

編輯委員會：楊孝述(總編輯)

楊肇燦 毛啓爽 丁舜年 趙富鑫

電學與磁學	裘維裕
交流電學	裘維裕
直流電動機與發電機	毛啓爽
交流電動機與發電機	丁舜年
發電廠與配電站	毛啓爽 吳玉麟
蓄電池	毛啓爽
保護替續器	丁舜年
磁鐵及電磁鐵設計	丁舜年
司路機鍵	壽俊良
電壓調整	壽俊良
電工儀器及量度	楊肇燦
瓦特小時計	莊標文 楊肇燦
電照學	趙富鑫
電熱	趙富鑫
實用電工敷線法	莊標文
線路傳輸及計算(印刷中)	曹鳳山
電燈線路之電子管控制(印刷中)	李志熙
工用電子管理論(校訂中)	史鍾奇
變壓器(校訂中)	周琦
電動機運用與電機試驗(編譯中)	胡汝鼎
整流機與換流機(編譯中)	胡汝鼎
電動升降機(二冊)(編譯中)	吳沈鈺

## 凡 例

- (一)本叢書編譯之目的，係爲訓練電機工程事業各項中級工程師及高級技工之用；職業學校，函授學校等採作課本，最爲適合；卽爲有志自修者，亦極合用；而大學生備作參考，以補大學教本略於實用之不足，裨益亦非淺鮮。
- (二)本叢書係用美國國際函授學校 (International Correspondence School) 所編之教本爲依據，延聘專家，從事編譯；原書優點爲 (1) 注重實用，(2) 說理淺顯；(3) 插圖豐富詳明，尤以插圖多經精心繪製，與正文相得益彰，最爲特色。
- (三)本叢書一面採用國外已見成效之書籍爲藍本，一面力求適合國情，盡量加入國內已有之材料及法規，庶免隔閡之弊。
- (四)本叢書對於原書之優點，力爲發揮，惟原書若有舛誤或欠妥，亦不事盲從，而惟求其至是，不憚加以修正，以免遺誤。
- (五)本叢書側重中級電工教育，對於高深精確之理論，大都從略，間有必須牽涉之處，亦祇能取譬於日常切近之事物，出以通俗近似之陳述，精確之度難免犧牲，讀者諒之。
- (六)本叢書中所用各項單位，均取國際制，凡原書用英美制之處，則加註國際制之當量值。

- (七)本叢書在原則上遵用教育部頒之名詞。凡名詞若爲部頒所無者，或部頒名詞在實用上有窒礙者，則有編輯會議商定之。
- (八)本叢書各冊名詞力求統一。惟卷帙甚繁，編輯部同人校訂難免疏漏，所望讀者發現矛盾或不一致之處，惠予指正，以期再版時收統一之效。
- (九)本叢書中重要名詞後均附註英文名詞，並於每冊後附英漢對照名詞彙。
- (十)本叢書爲普及起見，用語體文撰述。
- (十一)本叢書第一集共二十三冊，電工各門大致俱備，其他門類，如電信等，擬陸續另出第二集補成之。
- (十二)本叢書編輯同人均以業餘之暇從事撰述，疏誤在所難免，所望海內方家，不吝見教，俾於再版時得以更正，不獨同人個人之幸，亦中國電工教育之幸也。

## 編譯者序

從事電工事業的人，常感到講述電學基本原理書籍的缺乏，所以要閱讀這一類書籍，困難很多。

本冊是電工叢書的一種，是美國國際函授學校教員編著的『電學與磁學』（“Electricity and Magnetism” by I. C. S. Staff; International Textbook Co. 印行），講述電學與磁學的基本現象和定律。說理扼要而簡明，切合於實用。有了這種基本的知識，方纔可以修習本叢書的其它小冊。

原書說理欠妥或者不十分明瞭的地方，都已由譯者改正並且加以補充。

原子的構造在電學和磁學上，很是重要，所以本冊裏也大略講些。尤其是磁性，自感，互感，電阻，和電導係數數節，補充得很多，大部分是完全寫過的，希望這幾種現象，可以稍為明晰一些。

原書附表很少，搜集的材料也不多，譯者根據最近的手冊和國際電工技術委員會公佈的數據，儘量採入，使這本小冊非但可以用作基本知識之研習，也可以當做一本有用的參考書。

我國已經採用米制，但是在習慣上，英美制還是使用。所以原書裏的量度，或者改成米制或者添註米制，原書裏的例題和習題都是用英美制的，本冊於可能範圍內，例題和習題裏已增加了米制的演算。

本冊付印倉卒，難免有錯誤之處，希望海內明達不吝指教，使再版的時候，可以更正。

本冊曾經楊季凡和楊允中兩位先生閱過，他們給譯者許多的建議；英漢對照名詞索引，是張鳳君女士代為編列的，特此誌謝。

中華民國三十四年六月

序於上海

裘維裕

# 目 錄

## 第一編 電學通論

### 第一章 電子論大意..... 1

1.1 概論 1.2 分子和原子 1.3 電子和質子 1.4 離子 1.5 電離

### 第二章 電勢電流和導體..... 7

2.1 電場 2.2 電勢 2.3 零電勢, 正電勢和負電勢 2.4 等勢面  
2.5 電動勢 2.6 電勢差和電動勢的比較 2.7 電流 2.8 電子流  
和電流的方向 2.9 導體 2.10 絕緣體或非導體 2.11 電阻

## 第二編 動電學

### 第三章 發生動電的方法..... 17

3.1 電學的分類 3.2 發生動電或者電流的各種方法 3.3 原電池  
3.4 局部作用 3.5 常流和暫流電池 3.6 丹聶爾電池 3.7 勒克  
蘭社電池 3.8 乾電池 3.9 標準電池 3.10 蓄電池 3.11 溫差  
電偶

### 第四章 電學上用的單位..... 26

4.1 電的量度 4.2 電流的單位 4.3 電量的單位 4.4 電阻的單  
位 4.5 電勢差, 電壓和電動勢的單位 4.6 電導 4.7 電能, 電



功,和電功率的單位

## 第五章 熱學和電學的關係.....36

5.1 熱的單位, 功的單位, 和功率的單位的關係 5.2 熱功當量

5.3 熱功和電功 5.4 機工功量和熱工功量 5.5 機工功率和電工  
功率

## 第三編 電路

### 第六章 電路上用的名詞.....48

6.1 簡單電路 6.2 通流和斷流電路 6.3 通地, 通地電路, 和地  
回電路 6.4 捷路

### 第七章 串聯並聯和混聯電路.....52

7.1 串聯接法 7.2 串聯的電阻 7.3 並聯接法 7.4 並聯的電阻

7.5 不同導體並聯的總電阻 7.6 混聯接法

### 第八章 歐姆定律.....58

8.1 歐姆定律 8.2 水壓降落和電勢降落 8.3 電路裏的電勢降落

8.4 歐姆定律的擴義 8.5 支路電路

## 第四編 靜電學

### 第九章 電荷.....70

9.1 概論 9.2 靜電定律 9.3 摩擦電序 9.4 靜電感應 9.5 靜電

感應的電子論 9.6 靜電感應引起的電閃現象 9.7 絕緣介質的

擊穿

## 第十章 容電器.....77

10.1 概論 10.2 輸電線路的電容 10.3 容電器的原理 10.4 容電器的水力唧筒類喻 10.5 容電器的構造 10.6 容電器的電容 10.7 關於電容的幾個條件 10.8 介質和絕緣物的區別 10.9 介質常量 10.10 介質的吸收本領 10.11 固體物質的介質強度 10.12 變壓器用絕緣油的介質強度 10.13 空氣的介質強度 10.14 電容的單位 10.15 容電器的並聯接法 10.16 容電器的串聯接法

## 第五編 磁學

## 第十一章 磁體和磁性.....96

11.1 天然磁鐵 11.2 永久磁鐵 11.3 吸引和推斥 11.4 磁極強度 11.5 磁矩和磁化強度 11.6 地球是一個很大的磁體 11.7 磁場和磁力線 11.8 磁通量 11.9 磁力線的方向和磁路 11.10 磁極 11.11 磁質 11.12 非磁質

## 第十二章 磁路..... 106

12.1 概論 12.2 磁感應 12.3 磁感應強度和磁通量密度 12.4 磁通勢 12.5 磁阻和磁導 12.6 導磁係數和磁阻係數 12.7 鐵磁質, 順磁質和反磁質 12.8 磁路定律

## 第六編 電磁

## 第十三章 電流的磁效應..... 117

- 13.1 概論 13.2 用羅盤針來定電流磁力線的方向 13.3 試驗電流方向的方法 13.4 兩個平行電流的互效應 13.5 螺線管  
 13.6 極性 13.7 電磁鐵的種類 13.8 電磁鐵的構造 13.9 永久磁和電磁鐵所用的材料 13.10 電磁鐵和磁通勢 13.11 有鐵心和沒有鐵心的電磁鐵 13.12 起磁力場 13.13 剩磁效應和頑磁性 13.14 磁滯和磁滯迴線 13.15 去磁 13.16 磁性的分子磁論 13.17 磁性的電子論

## 第十四章 電磁感應..... 133

- 14.1 概論 14.2 發電機和變壓器作用 14.3 用條形磁鐵發生的應電流 14.4 由電流的變更而發生的應電流 14.5 一個簡單的變壓器 14.6 楞次定律 14.7 用截割的說法來講應電流的發生 14.8 用磁通量的變更率來講應電流 14.9 應電流的阻尼作用 14.10 自感 14.11 自感係數 14.12 自感效應的一個表演 14.13 無感電阻 14.14 互感 14.15 互感係數

## 第十五章 錄規和錄表..... 149

- 15.1 截面面積 15.2 長度的單位 15.3 截面面積的單位 15.4 錄規 15.5 電阻係數和導電係數 15.6 導體電阻的計算方法 15.7 電阻的溫度係數

表一 摩擦電序表.....72

表二 各種物質的介質常數.....87

表三	<u>國際電工技術委員會</u> 1935年公佈球隙電花電壓	90
表四	磁感應數據平均值	110
表五	各種錄規直徑密爾數比較表	154
表六	實體銅錄表:米制規號,米制單位和圓密爾數	156
表七	實體銅錄表:英國標準錄規,英制單位。	157
表八	實體銅錄表:美國錄規或稱 <u>白朗夏泊</u> 錄規,英制單位	158
表九	實體銅錄表:美國錄規或稱 <u>白朗·夏泊</u> 錄規,米制單位	159
表十	各種金屬物在溫度20°C.時候的電阻	164

# 電 學 與 磁 學

## 第一編 電學通論

### 第 一 章

#### 電子論大意

1.1 概論 關於電的性質的假說，最初有卡雅明佛蘭克林 (Benjamin Franklin) 的單流體說 (Single fluid theory)，和 羅伯昔摩 (Robert Symmer) 的兩流體說 (two fluid theory)。自從閏遜 作用說出世以後，又認電做傳佈電磁作用的以太 (ether) 裏的形變 (strain)。後來法拉第 (Faraday) 發明了電解定律，已有電是原子性 (atomicity) 的暗示。但是電是微粒的電子論 (electron theory) 直到十九世紀的末年，有了實驗的證明，經過羅倫徹 (H. A. Lorentz.) 和湯卜遜 (J. J. Thompson) 許多人的提倡，方才確定。利用電子論，非但可以解釋電學上各種現象，並且可以用來說明物體的磁性，實在是一個重要的學說。

要明瞭電子論，先要把物質 (matter) 和它的構造簡略的談一談。無論什麼東西佔有空間的都叫做物質<sup>體</sup>。無論什麼物體都是一種物質做成的。物質有三種狀態，就是固體 (solid)，液體

(liquid) 和氣體 (gas), 這叫做物質三態 (three states of matter)。鐵, 石, 木, 等是固體物質; 水, 油, 水銀, 等是液體物質; 空氣和它的主要成分氧和氮是氣體物質的例子。一個物體, 如果溫度和氣壓變更, 可以從一態變成另一態。例如水在一個大氣壓力之下, 平常溫度之中是液體, 假使溫度降到百分溫度計 (Centigrade thermometer) 零度 ( $0^{\circ}\text{C}.$ ) 以下, 凝結成冰, 變成固體。假使溫度增加到百分溫度計一百度 ( $100^{\circ}\text{C}.$ ) 以上, 蒸發成汽 (vapor), 變成氣體。水銀在一個大氣壓力之下, 平常溫度之中, 是液體, 但是溫度降到百分溫度計零度以下  $40^{\circ}\text{C}.$  凝結成固體, 溫度增加到  $360^{\circ}\text{C}.$  以上, 變成汞汽, 成爲氣體。

1.2 分子和原子 物體的物質, 都是分子 (molecules) 組成的。分子是原子 (atoms) 組成的。一個水的分子是兩個氫原子和一個氧原子組成的。

分子可以說是物質最小的部分, 但是它的性質和原來的物質完全是一樣的。原子是分子的一部分; 它是物質最小的質點 (particle), 用化學的方法方才可以得到。原子併合起來成分子, 分子集合起來成物體。現在知道的, 大約有九十種化學性質不同的原子。化學性質相同的原子組成的物質叫做元素 (element)。金, 鐵, 和氫等都是元素。化學性質不同的原子組成的物質叫做化合物 (compound)。木, 水, 和平常吃的鹽都是化合物。

1.3 電子和質子 西文 “electricity” (電) 這個字是從希臘字 “electron” 變化出來的。 “electron” 原來的意義是琥珀

(amber)。古時的人已經發現琥珀和乾的絲織品或別種東西摩擦以後，能夠吸引輕小的物質，像紙屑，木屑等。物體有了這種特性就叫做帶電(electrified 或 charged)物體。

以前的人把原子當做物質最小的質點，沒有方法把它再分成較小的部分。現在知道物體裏面還有比原子更小的東西存在，這就是電子(electron)。

電子論假設原子的中心有一羣帶陽電的質點叫做質子(protons)和一羣帶陰電的質點叫做電子，質子和電子組成原子核(nucleus)。但是原子核裏質子的數目比電子的數目多，所以原子核的電荷(charge)是陽的。繞着原子核而轉動的，還有幾個帶陰電的電子，好像行星繞着太陽一般的轉動。中和(neutral)或是不帶電的原子，沒有電性的顯示，那末繞着原子核轉動的電子的總陰電荷和原子核本身的陽電荷恰正相等。氫的原子核是一個帶陽電荷的質子，在外邊繞着轉動的有一個帶陰電荷的電子。氦(Helium)的原子核共有四個質子和二個電子，外邊繞着轉動的有兩個電子。鋰(Lithium)的原子核有七個質子，四個電子，外邊繞着轉動的有三個電子。原子量(atomic weight)最大的鈾(Uranium)的原子核有二百三十八個質子和一百四十六個電子，外邊繞着轉動的有九十二個電子。近來又有中和子(neutron)和陽電子(positron)的發現，這也是物質構造中的一部分。物質究竟是怎樣構造成功的，現在還沒有確定，上面講的，不過是一種假設罷了。

一個正常(normal)或是中和原子,它的陽電荷同陰電荷恰

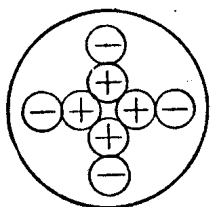


圖1.1 原子裏的陽電荷和陰電荷的數目。

正相等。圖 1.1 是表示原子裏的陽電荷和陰電荷的數目,並不表示原子的構造。陽電荷用正(+ )號來表示,陰電荷用負(- )號來表示。圖內的(+ )號同(- )號是相等的,換一種說法,陽電荷的數目與陰電荷的數目是相等的。

1.4 離子 一個原子有相當數目的電子,在電學上講起來是平衡的。它不顯示電的特性,不吸引別的電子和原子。在這種情形之下,原子的狀態可以說是穩定的。但是物質裏的分子,就是在平常溫度裏,不停的竄動,分子裏的原子也是同樣的竄動。這種竄動,使電子受到擾動(disturbance)。竄動的程度增加還可以使物質的溫度增高。

一個原子,有了擾動或者別個原子的撞擊,或者別的原因,失掉了一個電子,這個原子就不是一個正常原子,電學上講起來,它是不平衡了。這種電學上不平衡的原子叫做離子(ion)。一個原子少了一個電子,它的陽電荷就比陰電荷多,顯示陽電荷的性質。氫原子去了一個外繞的電子,就成功有陽性電荷的氫離子。氫原子去了一個或者兩個外繞的電子,就成功氦離子。這種離子,因為它有陽電荷的顯示,叫做陽離子(positive ion)。圖 1.2 同圖 1.1 是一樣的,只表示原子裏陽電荷和陰

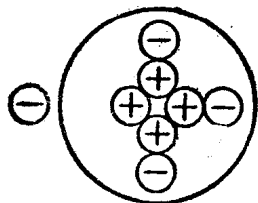


圖 1.2 原子去了一個電子,成功了一個陽離子。



電荷的數目，並不是原子構造的模式。去了一個電子，剩下的陽電荷比陰電荷多，成功了一個陽離子。

一個正常原子受到了擾動，也可以加添一個電子，它的陰電荷就比陽電荷多，顯示陰電荷的性質。這種不正常的原子叫做陰離子(negative ion)。圖 1.3 表示一個多了一個電子的陰離子。因為陰離子帶着的是陰電荷，所以推開附近的電子。但是一個陽離子走到它的附近，就被它吸引攏來，把它多着的一個電子放到陽離子上去，成功了正常原子。

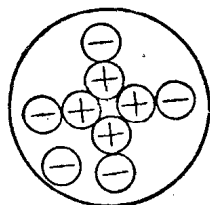


圖 1.3

原子多了一個電子，成功了一個陰離子。

照電子論的講法，陰電荷的流動就是原子間電子的流動，因為電子所帶的是陰電荷。陽電荷是在原子核裏邊的，除非原子可以流動，陽電荷方才可以流動。金屬物質像銅線，電子是假定可以在原子和分子之間自由流動，原子只可不離本位的竄動，不能夠像電子一樣的自由流動。假使說原子可以自由流動，那末，若是把一根銅線和一根鐵線接連起來，通過電流，電流當然通過兩線連接處，銅原子就可以跑到鐵線裏去，或者鐵原子跑到銅裏去。觀察的結果，從沒有見到這種情形，所以說原子在金屬物質裏是不能夠自由流動的。但是電流通過液體的時候，就有電解(electrolysis)的作用，銅原子成功銅離子，隨着電流流動。在這種情形之下，原子和電子都流動，成功了陽電荷和陰電荷的流動。