

APPLIED ELECTROLOGY

應用電學

陳學弘 合譯
王殿生

五洲出版社印行

序 言

電工學是與電子有關的一切科學技術的基礎學科，如電子工程中的通訊測量、燬接、整流、電腦、遙控技術、電子醫療儀器以及太空科學等等的研究及應用，都不能缺少這一基本課程。在中學物理科裏，電學也是非常重要的一章。

本書用顯淺通俗的文字介紹電學的基本知識和電氣用具的維修知識。筆者根據多年授課經驗，深切認識到要使學生打好電學這一科的基礎，教材必須有較強的系統性和全面性，內容絕不能枯燥乏味，因此本書的章節內容都是循序漸進，選材盡量趕上時代，既重理論，也重實際，因此，除解說必要的原理和公式外，也着重介紹電能與各方面的關係，以及普通電氣用具的應用和維修知識，適合有志進修無綫電科的同學作基礎教材，也適宜高工專學生作電工科優良教材。

由於科學技術發展神速，電的用途日漸廣濶，日常生活中的很多用具，也漸趨電氣化。電究竟是什麼東西呢？由於它看不見，摸不得；對人類有好處，但又能禍人，使很多人感到迷惑。其實，電並不神秘，只是在我們還未了解它的“脾氣”以前，我們還不能任意地使用它而已。本書編寫的目的，除供學生作教材之外，也希望能夠為社會人士提供一些實際有用的電學知識。

本書利用課餘時間編寫，時間匆迫，錯誤難免，望高明加以匡正。

王暇生識

應用電學

目次

第一章 電 (Electricity)	1
第一節 電的正確認識	1
第二節 電子學說	3
第三節 電的傳導情況	4
第四節 電的用途	5
第二章 電的幾個重要單位 (The Units in Electricity)	7
第一節 電流	7
第二節 電壓	10
第三節 電阻	11
第四節 電功率	
第五節 電壓、電流、電阻和電功率的關係	18
第六節 計算方法	19
第七節 測量法	21
第三章 導綫 (Conductors)	26
第一節 綫的名稱	26
第二節 導綫質料選擇	26
第三節 導綫切面計算	27
第四節 導綫內部的電壓降	31

第五節	包裹導線的絕緣層	32
第六節	戶內電纜鋪設法	32
第七節	戶外導線的鋪設	34
第八節	非金屬導體	35
第四章	電 纜 (Cable)	36
第一節	電纜的用途	36
第二節	電纜綫間的電容量	36
第三節	入地電纜的鋪設	37
第四節	電纜接駁的弊端	37
第五節	電纜綫號選擇	38
第五章	保 險 綫 (Fuse)	39
第一節	保險綫的用途	39
第二節	設計上的分類	39
第三節	製造保險綫的金屬	40
第六章	電動力來源 (The Sources of E. M. F.)	43
第一節	電動力的意義	43
第二節	摩擦產生的電動力	43
第三節	熱力產生的電動力	44
第四節	化學作用產生的電動力	45
第五節	光力產生的電動力	46
第六節	壓力產生的電動力	46
第七節	磁感產生的電動力	47
第七章	觸 電 (Electric Shock)	48
第一節	觸電的原因	48
第二節	救護法	51

第三節	射頻對人體的危害	52
第八章	發電機 (Generator)	54
第一節	交流發電機	54
第二節	直流發電機	72
第三節	變流機	75
第四節	手搖發電機	76
第五節	小型發電機	77
第六節	交直流電的比較	78
第九章	電動機 (Motors)	79
第一節	電動機的動能	79
第二節	直流電動機	82
第三節	交流電動機	93
第四節	電動機常見的障礙	98
第五節	電動機的保險開關	99
第六節	普通電動機	100
第十章	電池 (Batteries)	101
第一節	乾電池的構造	101
第二節	乾電池的分類	102
第三節	乾電池運用法	103
第四節	電池的內路電壓和內阻	107
第五節	乾電池的極化	107
第六節	鉛蓄電池的構造	108
第七節	鉛蓄電池的充電和放電	111
第八節	鉛蓄電池的電液	112
第九節	鉛蓄電池病因和修理	112
第十節	鉛蓄電池保養法	114

第十一節	乾電池和鉛蓄電池的比較	115
第十二節	水銀電池	116
第十一章	電鍍 (Electro-plating)	119
第一節	電鍍的類別	119
第二節	電鍍前油垢除去法	120
第三節	電鍍時要點	121
第四節	電鍍液的成份	122
第十二章	電燈和電光管 (Electric Lighting and Fluorescent Lamp)	123
第一節	電燈的用途	123
第二節	電燈泡的演變	123
第三節	電燈的燈絲	124
第四節	電燈的電壓	124
第五節	燈泡的瓦特和計算法	125
第六節	氙時表的結構	127
第七節	氙時表的讀法	128
第八節	電燈開關	129
第九節	電燈的自動開關	131
第十節	電光管	133
第十一節	電光管配件的作用	133
第十二節	電光管的保養	137
第十三節	電光管的通常障礙	137
第十四節	室外的光管	138
第十三章	絕緣材料 (Insulators or Dielectric)	140
第一節	絕緣的意義	140
第二節	物質對電阻的關係	140

第三節	絕緣的有效程度	142
第四節	絕緣物的電阻測量	144
第五節	導綫外的絕緣層	146
第十四章	電磁鐵 (Electro-magnets)	147
第一節	磁鐵和電磁鐵的比較	147
第二節	電磁鐵的型式	147
第三節	交流和直流的電磁鐵	149
第四節	電磁鐵的吸力計算	150
第十五章	鐵芯變壓器 (Iron-core Transformer) ...	154
第一節	鐵芯變壓器的設計	154
第二節	變壓器設計的步驟	156
第三節	自耦變壓器	162
第四節	變壓器的效率	163
第五節	鐵芯變壓器的類別和用途	163
第六節	變壓器的連接	167
第七節	變壓器的相位變換	173
第十六章	電的測量儀器 (Electric Test Equipments)	174
第一節	電路的測量	174
第二節	電表的工作原理	174
第三節	電流表結構的類別	174
第四節	動圈式電流表	175
第五節	動鐵式電流表	177
第六節	熱絲式電流表	178
第七節	熱電耦式電流表	180
第八節	直流電表	182

第九節	直流電壓表	184
第十節	歐姆表	186
第十一節	整流動圈式電流表	188
第十二節	萬用電表	192
第十三節	梅格表	193
第十四節	瓦特表	195
第十五節	瓦時表	198

第十七章 普通電工具 (Electrical Instrument) ... 202

第一節	電鈴	202
第二節	電烙鐵	206
第三節	電鑽	207
第四節	電鋸	208
第五節	試電筆	210
第六節	電力乾髮機	210
第七節	電動髮剪	212
第八節	電鐸機	213
第九節	電鐘	216
第十節	升降機	218

第十八章 家庭電氣用具 (Household Appliance) 219

第一節	電灶和電爐	219
第二節	電暖爐	221
第三節	電熱水器	223
第四節	電熨斗	226
第五節	電風扇	230
第六節	被褥溫暖器	234
第七節	吸塵機	236
第八節	地板刷蠟機	237

第九節	洗衣機	238
第十節	電冰箱	240
第十一節	冷氣機	243
第十九章	避雷器 (Lightning Arresters)	246
第一節	起因和處理	246
第二節	避雷器的功用	246
第二十章	電車 (Electric Railways)	248
第一節	直流的後輪推動法	248
第二節	交流輸送變流法	248
第三節	三相交流供電法	249
第四節	單相交流供電法	249
第五節	單軌電車	249
第二十一章	有綫電話 (Telephone)	251
第一節	電話的用途	251
第二節	有綫電話的原理	251
第三節	電話的主要配件	252
第四節	永久磁式話機	256
第五節	共電式話機	258
第六節	電話的交換機	259
第七節	自動電話的優點	259
第八節	自動電話運用原理	259
第二十二章	有綫電報 (Telegraphic Message)	260
第一節	有綫電報的功用	260
第二節	閉合式電路通報法	260
第三節	開放式電路通報法	261
第四節	複式電路通報法	263

第一章 電 (Electricity)

第一節 電的正確認識

什麼是電？相信到今天還有很多人不大清楚，對它總是有些疑惑，似乎多少帶點神秘感。電到底是一種怎樣的東西呢？這一章要討論的就是有關這方面的問題。

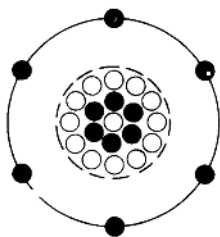
電被人類發現已有兩千六百多年的歷史了。當時有一個希臘人名叫 THALES 在偶然的場合裏，發現了電的存在。那是用一枝琥珀摩擦絲質衣服後，可以吸緊一些羽毛；雖然是屢試屢驗，却沒有繼續作深刻的研究，只是當作一種有趣的小玩意罷了。

經過了一千多年，人們不大注意這一個問題，沒有人繼續去研究。到了十八世紀有些學者重視這一現象，進行研究，可是進步還是很慢。直到十九世紀末，科學家對電的性能有比較深一步了解，為本世紀的電氣工業奠下了基礎。

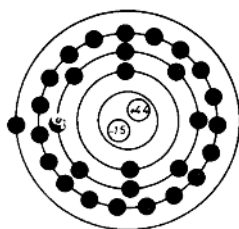
到底電是什麼呢？它是一種無聲無色，無嗅和俗眼看不見的能量；說它是萬能的，相信沒有人會反對吧！

電被人發現的初期，被認為一種可怕的东西，稱它做瘴癘氣 (Effluvium)，又有人稱它叫做電大氣 (Electrical Atmosphere)，好像對它有“敬鬼神而遠之”的態度。到了 1733 年，才由杜菲 (Dufay) 解說電是由兩種電氣組成的，一種叫做陽電氣 (Vitreous)；另一種叫做陰電氣 (Resinous)。這兩種電氣如果屬同性，就會互相排斥；異性就會互相吸引。他研究到這裏，再沒有什麼發現和解說。不過對電已經有了進一步的認識。到了 1747 年，

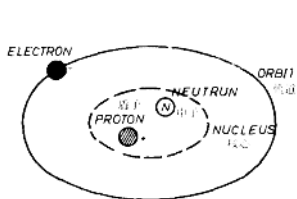
富蘭克林 (Benjamin Franklin) 認為一切電氣現象，是屬於流體，不過在通常狀態下，由於兩者等量組成各種物質，結果沒有帶電現象。他認為：假使兩種物體摩擦，那兩種流體，就會被強逼流到他種物體表面，結果一方面多，另一方面就缺少，形成有荷電跡象，所謂一流體說 (One Fluid Theory)。到了1759年，羅拔 (Robert Symmer) 根據富蘭克林的學說，再創立二流體說 (Two Fluids Theory)，補充闡明這些流體是沒有重量的，兩者性質剛相反，這一種是正，那一種是負的。倘若將兩種等量混合，就可以構成中和。但是將這兩種流體分離，就會形成一帶正電荷，其他一種就帶負電荷。到十九世紀末期，再由法拉第 (Farady)、麥斯維爾 (Maxwell)、赫芝 (Hertz) 等研究結果，綜合起來，得到更進一步的解釋，產生了電子學說 (Electron Theory)，確定了電的合理解釋。所謂一切物質都是電子構成。電子流動就可以工作，我們叫做電子流，簡稱就是電流。由於在應用上要配合電壓，通常我們叫電能，或者叫做電力，簡稱就叫做電。



(A) Carbon Atomic Model
炭原子模型圖

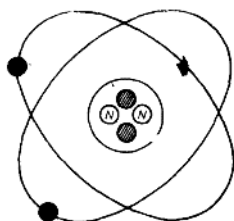


(B) Copper Atomic Model
銅原子模型圖



(C) Hydrogen Atomic Model

氫原子模型圖



(D) Helium Atomic Model

氦原子模型圖

圖 1 原子模型圖 Atomic Models

第二節 電子學說

地球上的物體，雖是難以數計，可是它們底外形總離不開固體、液體或者是氣體三種形態。有時同一種物質，可能具有此三種形態或者是其中的兩種。例如液體的水，將溫度變化，被化做氣體，或凝結做固體。當將水加熱煮到攝氏一百度（沸點），就漸漸化成蒸氣（氣體）；如果逼使冷卻到攝氏表零度（冰點），它就形成固體的冰塊。又如固體的鐵加熱到攝氏 1,100 度外，它可以變成流質的液體。酒精放在空氣裏，由於慢性揮發變做氣體，很多物體都可以變換形態，但它的原有性質，仍沒有變化。假使用化學方法去分析，它們就可以分作幾種元素。譬如，水可分作氫和氧；食鹽可分成鈉和氯；當然有些屬單質元素，分裂到最小的質點，仍屬同一類的，好像金、銀、銅、鐵等。所以，一切物質，分析到最小的微粒，就是元素。原子（Atom）就是元素的分子。所謂原子，它底性質和原有的元素，仍然沒有分別，不過在普通情況下，認為分到不易再分的境界罷了。以前原子論（Atomic

Theory) 的論調，就是針對這一個問題而發的。認為物質最小的微粒是原子，這些微粒幾百萬在一條直線上排列起來，也不過是幾公厘的長度。我們的肉眼，怎樣可以看到這種小過微塵的小點呢！

科學是進步的，到了1819年，經 PROF JOHN STONE發明電子說 (Electron Theory)，證明各種原子，是由兩種主要微粒組成的，就是質子 (Proton) 和電子 (Electron)。

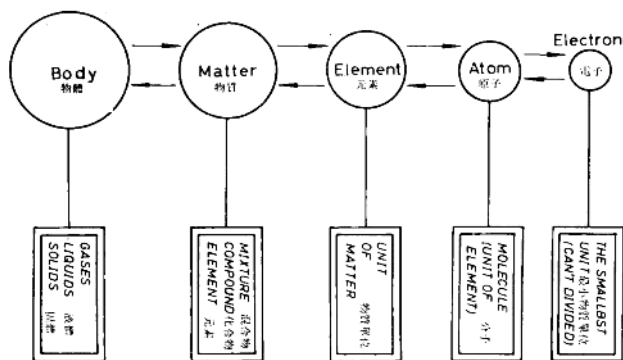


圖 2 物體的組織分析

第三節 電的傳導情況

由於電子非常微小，我們人類是目無所見的。並不是小量就瞧不見，其實大量電子通過，也是見不到它們的動向和存在。根據電子學說，原子外圍軌道上的電子是永遠動的，在無形軌道循環運動，它的速度已經達到 $\frac{1}{134}$ 的光速，如果受外力壓迫，它們直線前進速度增加到和光速一般。所以附着導綫通過的電流，我

們總沒有機會看見，只有它們表現為一種功能，我們才發覺它們的存在。

電子既然是具有這樣高的速度，到底它們是怎樣通過導體呢？

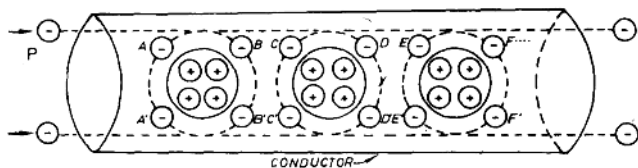


圖 3 電子傳導圖

上圖假設外間有一粒電子 E，受壓力 P 壓迫，使加上在導體 A 點位置，A 點原有的電子，受到這些衝力突撞過來，無法站立在原有位置，被逼向前推進，於是 E 佔有 A 點位置，A 點脫離的電子，又向前再佔據了另一個原子外圍軌道上另一點的電子位置。這樣連續不斷的交替，就是長度達到 186,000 哩，霎眼間就可由 A 點到 Z 點。Z 點逼出的電子，就移交到需要電子的地方去。大量電子，也是同一般的情形移到用電的場合；在導綫上這一端加上一粒電子，隨即在另一端取回一粒電子。這樣對導綫的原子組織，沒有影響它的完整。這樣的替換傳遞法，它的迅速進行和光速相同。所以利用電子控制一切機器運動，都會感到方便和快捷，電的速率， $\frac{1}{7}$ 秒就可以環繞地球一週。

第四節 電的用途

科學愈進步，人類的生活方式，也會愈加改善，在二十世紀的今天，電學進展一日千里。從前人類的操作，主要依靠人力、

風力或利用獸力代勞。現在呢，除部分仍靠人力或熱力，幾乎大部分是運用電力，現在我們所見的交通工具，像電車、纜車和升降機等；通信用的像電報和電話；工業上用的電動機或自動化設備，也是靠電力來操縱機械；醫學上的醫療器械也少不了電氣設備。

現在，城市裏許多家庭用品都電氣化了，小孩子的玩具也不少是電動設計的。電的運用越來越廣泛了，在這一個電世界的二十世紀，人人都應對電有比較明確的認識和運用的知識。

第二章 電的幾個重要單位 (The Units in Electricity)

電是一個總的名稱。在使用方面，就需要分清它的配合因素。正如人類用力扛一些重物一樣，成人氣力大，可以扛起較粗重的東西；小孩子氣力小，輕量的東西，他們可以扛起來，不一定要成人去幹了。總之要配當得宜，才可以作出合理的需求，下面將這幾個要素分別詳細說明。

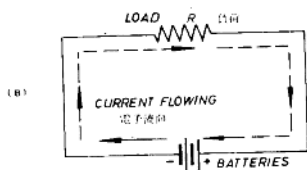
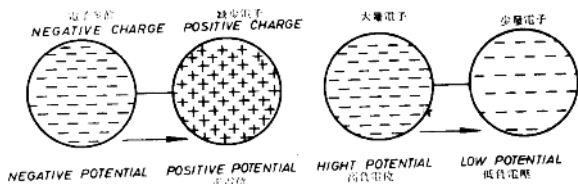
第一節 電 流

電流的解釋

(一) 電子流的產生，無非利用原子核心內部的正電荷和外圍的負電荷對稱的自然趨勢。總要維持它的中心特性。如果失去了均勢，帶陽電的物體，必須吸取失去應有的電子數目；帶陰電的物體一定要排除多餘的電子。由於吸引和排斥的關係，兩者間就產生電位的高低，好像水一定要向低流的趨勢一樣，結果高電位的一方驅使電子跑向缺少的一方，結果電子由負極跑向正極；電子不停運動，就產生電子流，簡稱做電流。

(二) 有電勢差（電位差）（Potential Difference）的兩端，倘若利用導綫來連繫起來，接成一個完整的通路，電子就會由高電位跑到低電位那一方。簡單地說：電子被壓逼，跑的方向就由負極到正極。電子在這一段路上走動，就是電子流，也可說這一條導綫就有電流。

電子流爲什麼總是由負跑到正一方呢？這一點，我們又不能



- (A) 物體帶電荷時，電子流動方向
 (B) 電路上電子流向方向

圖 4 電子流向圖

不談到電荷 (Charge) 和電力綫 (Electric Line of Force) 這兩個問題。

原子的結構，中心有一個核心，含多量的質子 (Proton)，其中或有電子 (Electron)，中子 (Neutron)，反中子 (Anti-Neutron)，介子 (Meson)，正子 (Positron) 等，周圍有無形的軌道環繞着它，軌道上有電子環繞核心不停地運動。若果核心質子的總荷電量 (帶正電) 和繞外圍的電子總荷電量 (帶負電) 相等，便不會呈帶電狀態。假使原子失去了一兩個電子，那麼核心的正電荷比外圍的負電荷多，便是荷正電，它要吸引一兩個電子來補充空缺，才能够平衡；或者是原子外圍電子過多，便就荷負電。由於正負兩種電子的數目不平衡，它們就產生吸引和排斥，由電子活動，來表現它們底力量。

一件物體表面附有多餘的電子，接近的距離又沒有一條通路