

趙曾珏主編

應用科學
叢書

用電淺說

戴紹曾著

浙江省抗日
自衛委員會

戰時教育文化事業委員會發行

應用科學小叢書

說 淺 電 用

戴紹曾著

通習環主編

浙江省教育廳 戰時教育文化事業委員會 發行
浙省抗戰委員會 日會

世道人心
道心
心
心
心

中華民國二十八年四月初版

應用科學
小叢書
用電淺說 一冊

每冊定價國幣二角

外埠酌加運費

著者 戴紹曾

主編者 趙健

發行者 胡中

印刷者

麗水：樂皇廟
浙江省手工業指導所印刷廠

電話：六十三號

發行處

浙江省抗日戰時教育文化事業委員會
自衛委員會

應用科學小叢書刊行介紹

我國科學的輸入，早在明朝末葉，至今已有一百六十年的歷史。初期注重在天算和歷法方面，直到鴉片戰爭，英法聯軍諸役，我國大大失敗以後，纔想到武器的研究和製造，爲國防上刻不容緩的大事；因而物理化學等書籍，有相當大量的編譯。至於各項科學的普遍灌輸，有待于辛亥革命共和成立之後，人民受了新刺激，有新知識的深切的追求；其中五四的啓蒙運動，尤其值得說及：它在這方面充分地介紹沙先生，與德先生兄弟並稱（沙先生即科學，全名沙因斯；德先生即民治主義，全名德蒙克拉西）。等到國民政府成立，尤注意于高等教育，全國各地遍設大學及專門學院，私立的學府，也蠶起潮湧；對於理工學科，多方的添設。商務印書館，中華書局等大規模印刷機關，有大學叢書等高深科學典籍的刊行。中央研究院與工業試驗所等都盡力科學和工業的研究。我國過去的科學運動，不能不承認其成績。

現在又來一種科學小叢書，是否要在大海裏增些泡沫，大山上加些泥沙，把舊調重溫一下呢？不然，科學小叢書是經過浙省戰時教育文化事業委員會，鄭重考慮以後，決定刊行，推筆者負責主編，邀請有學識經驗的學者，從事撰述。其目的在適應大時代之需要，

提高一般民衆對於應用科學的常識和方法，彌補以前科學未能普遍化的缺陷，以增加抗建的力量。現在抗戰是全面的，建國也是全面的；全面的意義，不僅說地域的廣大，尤重要的，是全民的參加，一切軍事、政治、經濟、文化各方面，都應注意，都要民衆參加。「軍事第一，勝利第一」無疑地已成爲共同的信仰，然而軍事第一，却要我們在軍事以外，有關長期抗戰的生產建設，比從前更加努力；在努力推進的過程中，要比從前更加能科學化和民衆化。這樣，不但不失軍事第一的意義，且更能促進它的成功。現在前方不論如何緊湊，後方秩序安定，民衆努力工作，服兵役的熱烈地自告奮勇，捐財帛的樂于踴躍輸將，其利益于軍事，非常重大，而其功績在于政治工作的普遍推動，深入民間。其他經濟、文化各方面，在軍事第一的共信以下，亦應熱烈策動，其情形正與政治方面同樣重要。

本叢書的刊行，其意義即在：以文化方面的活動，輔助經濟的建設，其力量影響于政治，即在安定民生；影響于軍事，即在充實資源。我國過去的經濟政策，不能不承認其失敗，似乎太缺乏了中心規劃，任民間隨意自動，不知領導民衆，用科學方法，開發吾國天賦的寶藏，以求自給自養。於是一般但求近利的人，祇知輸入各國機製品，或運用外來的半熟品，改頭換面，博取個人的收益。至于立在國防或民生的見地，力圖戰時或平時的自給，是抗戰前不到幾年的發動，且祇有少數有遠見的人的努力。抗戰以來，痛定思痛，深深感覺過去的錯誤，造成不少抗戰上現在的阻力和困難，故利用廣大民衆的工作力，企圖

分向新工業、小工業、手工業各路綫，系統地研究和廣大地組織起來，務求利用自產的原料，開發自己的資源，充實全國的給養；一面抗戰，一面建國。這種大時代的廣泛並深切的運動，一面要求民衆力量的組織化，一面要求科學智識的普遍化，因爲民衆若對於科學的應用方面，毫無頭緒，其熱心是一個單純的熱心，不能發爲力量。所以浙省戰時教育文化事業委員會邀請專門學者，各就其本門，純從應用方面着想，寫成文字淺顯，篇幅不大的冊子，先刊行第一集的十冊：羅時察先生的染色淺說，陳慶堂先生的紡織淺說，袁吉先生的製糖淺說，林天驥先生的榨煉植物油淺說，姜乙棣和劉驥才二先生的製造火柴洋燭淺說，戴紹曾先生的用電淺說，裘穎蘅先生的內燃機淺說，徐培英先生的碾米磨麥淺說，張文輝先生的製造乾電池淺說，和童子鏗先生的電訊淺說，以後當續刊第二第三集。這些小冊子，不是要擺在學者的書架上，而要擺在民衆工衣的口袋裏，做民衆參加抗建的武器，使民生建設的推動，增加新的力量——因爲科學知識的運用，就是力量。這種冊子所說及的科學方法，大規模做便成爲新工業；小規模做便成爲小工業；以家庭爲基礎可以成爲模範的手工業。我們盼望這文化與經濟組合起來的東西，一面輔助軍事，一面輔助政治，使後方的繭手胼足，與前線的浴血力戰相呼應，攜手邁進於抗建的坦途。我們更希望這種運動，可使農村增加副業，使農產品可以科學方法去加工。進而言之，要使農民的經濟逐漸的充裕。在整個國家的立場，要將農業的國家，變成一個現代化的工業國家。

筆者於本刊的發行，除了對熱心參加寫成各冊的諸位先生深致欽仰外，又手工業指導所的戴紹曾、許乃茂、周庠、林瓊、楊朗垣諸先生，在徵集稿件，整理內容，印刷校勘，設計裝幀各方面，各盡相當的助力，也應在此聲明致謝。並深盼讀者和各方的不吝指教。

趙曾珏于麗水，

二十八年四月。

目錄

第一章

電之基本認識

..... (一)

電子學說——電動力——電量與電流——導體與絕緣體——電阻——
電能與工率——直流電與交流電——週率——交流電之有效值——歐
姆定律

第二章

電之效應

..... (二)

電之熱效應——電之磁效應——磁電感應——載負電流之導體在磁場
內所受之力——佛蘭明定律——電之化學效應

第三章

電之發生及輸送

..... (二五)

交流發電機——直流發電機——發電機之原動力——電路——電能之

目錄

二

輸送

第四章 重要電具 (三二)

電燈——電動機——家庭電具

第五章 用電線路 (四八)

用電線路之材料——用電線路之裝置——用電線路之設計

第六章 用電常識 (六〇)

電之危害——用電之安全方法——電度表——電價制度——竊電之損害

用電淺說

第一章

電之基本學識

第一節 電子學說

吾人所飲之水，所衣之布，所居之地，所呼吸之空氣，以及吾人之身體，有重量，容積，及其物理的特性者，均謂之物體。物體分至不可再分，所得最細小而爲最高度之顯微鏡所不能見之質點，謂之分子。如物體由單純一種原質（世上共有九十二種不同的原質）所組成，則其不可再分之最小質點，謂之原子。故分子爲二種或二種以上不同之原子化合而成者。各種原子，雖各有其一定繁簡之結構，然皆包含一個或數個帶有定量陽電之質點於其中心，（若干物質之原子，其中心亦有少數帶陰電之質點。）更有若干帶陰電之質點被陽電所吸引，循一定之軌道，以極大之速度環繞中心旋轉，如行星之繞太陽者然。此種帶陰電之質點，謂之電子。平時原子中心所帶之陽電，與其四周電子所帶之陰電，量適相等，彼此抵消，故物體無電之現象表露於外。但以兩種不同之物體相磨擦，使甲乙兩種原子有密切接觸之機會，因其結構之不同，及其中心對於電子吸引力之大小，遂使甲原子內

之電子流入乙原子內，於是電子加增之物體陰電較多，乃帶陰電；失去一部份電子之物體，陽電較強，乃帶陽電。一切電之現象，皆由電子之移動而發生。

第二節 電動力

設甲乙兩帶電體，甲帶陽電，即其電子缺少；乙帶陰電，即其電子過剩。今以銅線連此二物體，則電子立即從乙物體循銅線流入甲物體，直至二物體之電位相等為止。何謂電位？可以水位比例之：設以橡皮管吸去空氣，以其兩端灌入兩瓶水內；提高一瓶，使其水面高出另一瓶之水面，則水自此瓶緩緩流入另一瓶內；非俟兩瓶之水面同在一水平綫上，決不停止。一瓶提升愈高，兩瓶水面之差愈大，則水流愈速，而流過之量亦愈大。電子因電位差而移動，其情形亦復如是，雖不能見，可想像得之。欲水川流不息，勢必繼續維持水位之差度，水位既有高低，即其壓力不等，故水之流動，係壓力使然。例如幫浦之打水，即所以增水之壓力也。欲驅電子依一定之路綫而流動，亦須借助於外加之力量，——統稱電動力，簡稱電壓。——電動力之產生，除兩物體之磨擦已不適實用外，有下列數種方法：（一）發電機之轉動；（二）乾電池之化學作用；（三）蓄電池之放電；（四）加熱於兩種金屬之接合處。關於第一種方法，當於本書詳論之。

電動力之單位曰伏爾脫，簡稱爲伏。以一歐格之功能，移動一庫倫之電量，所需之電

動力，等於一伏。

第三節 電量與電流

上述電流過銅線，乃係無數電子依複雜之路線急劇運動，從此原子至彼原子而經過銅線。因電子帶有陰電，故電流亦可認為多數微小之陰電之集體流動。惟此項微小之陰電，吾人不能以五官感覺之，更不能以普通計量標準與方法測量之。故欲知電量之大小，須於標準情形之下，視其相互間之吸力或斥力而間接測定。例如二同性等量之電，在其空內，相距一釐，如其間之斥力為一達因（力之單位，一磅約等於四四四。八二七達因），則此電量為一單位量。但此單位過小，計量極不方便，通用之單位曰庫倫，約等於上述單位之三萬萬倍，亦即 3×10^{18} 電子所帶之電量。

電量與電流不同：電量指電之多寡；電流指電流動之快慢，亦即每秒鐘流動之電量。例如吾人稱水若干加侖，指其量而言；又稱水每秒若干加侖，指其流速而言。觀於此，可見電量與電流之分別。吾人用電，着重其流速，單講電量，則覺無甚意味，因不明瞭其效應至若何程度也。例如一百庫倫之電量，流過銅線，可緩至一時，亦可速至一秒；經過銅線所生之熱量，其流緩者隨時消散，其流速者可熱銅線至極高溫度。故電之效應之強弱，須視電流而決定。

電流之通用單位曰安培，簡稱曰安。每秒鐘經過電路內某點之電量爲一庫倫，或每秒一庫倫電量之流速，謂之一安培電流。

以言電流之方向，適與電子流動之方向相反。蓋在電子學說未發明以前，研究電學之士，以爲電流與水流相同：假定從電池之陽極或高電位，流向其陰極或低電位。實則電子係從陰極流向陽極，徒以學者積習相沿，未便更改。吾人祇須牢記所稱電流之方向，乃係電子流動之反方向，與用電之實際並無問題也。

第四節 導體與絕緣體

金屬如金銀銅鐵等，溶液如鹽水等，易於傳導電流者，謂之良導體。其他物質如橡皮膠木陶瓷絲布等，極難傳導電流，稱爲不良導體或絕緣體。二者傳電之難易，由於其原子內電子活動情形不同所致。蓋良導體原子內之電子受核心吸引之力較弱，得以自由活動，並易受外力之吸引，越出範圍，而侵入其他原子之內。不過其活動之方向，漫無規律。但若電動力加於良導體之兩端，電子雖仍繼續其縱橫錯雜之活動，但受電動力之影響，多少依照一定之方向，循導體之陰極而趨向於陽極，電流因而發生。至於絕緣體內之電子，則受原子核心之束縛，不能輕易動彈，雖加以電動力，亦不易驅使循一定方向流動，故無電流發生，或雖發生而極微細。

電子非絕對不能活動。其活動之程度，又依其所處之環境而定。如玻璃即其一例。故導體與絕緣體，絕對的而為相對的。

第五節 電阻

物體對於傳導電流有難易，既如上述。吾人欲顯示難易之程度，以電阻之大小表示之。換言之，電阻者，即物體對於電流之阻力，如水管之四壁對於水流之磨擦力相彷彿。

電阻之通用單位曰歐姆。一導體之兩端，加以一伏爾脫之電壓，而能傳導一安培之電流，則此導體之電阻，謂之一歐姆。

物體電阻之大小，視其物質、長度、橫切面積及溫度而有差別，分述如左：

(一)長度 譬之水管，長者對於水流之阻力較短者為大，物體之電阻亦與其長度成正比。即同物質同粗細同溫度之二導線，一長五十尺，一長十尺，前者之電阻必五倍於後者。

(二)面積 等量之水流，在同等壓力之下，流過粗水管，較細水管為易。電流通過導體，亦復如是。蓋導體之電阻，與其橫切面積成反比例。例如二根等長等溫之銅線，其直徑為一分及二分，則後者之阻力等於前者之四分之一。

(三)物質 各種物質原子內電子之排列互異，受外加電動力影響之程度亦有差別；即各種物質之電阻互有不同。欲比較其大小，須選擇標準長度及橫切面積，而測定其比阻。例如一吋長一密爾（千分之一英吋）直徑之銅綫，有一 $\odot$ ·三五歐姆之電阻，即為銅之比阻。

(四)溫度 導體因其環境之變更，或電流經過時所發生之熱量，致其溫度難以穩定。純粹金屬及多種合金之電阻，依其溫度之升高而遞增；炭及溶液則因其溫度之升高而遞減。各種物質之電阻，隨溫度變更之程度，互有不同。惟純粹之金屬，每增高攝氏一度，電阻約增千分之四。

第六節 電能與工率

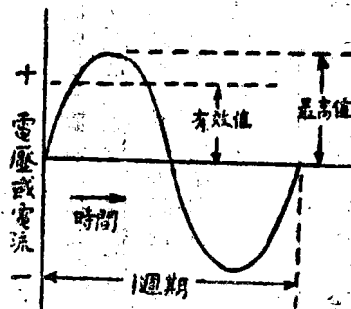
電流通過電燈，能使燈絲發光，通過電動機，能使機件轉動；凡電所到之處，均挾相當功能以俱來。或謂電為功能之傳導者，良有以也。電所表現之功能，稱為電能，與機械能熱能等同為做工作之能力。電能與電動力及電流之關係，可舉水為例以說明之：設吾人自地面提水二磅升高五呎，須做一 $\odot$ 〇〇呎磅之工作；若此水從五呎之高度落於地面，亦能做一 $\odot$ 〇〇呎磅之工作。（諺云「水滴石穿」，即水表現之能力也。）可見此水在五呎呎高之地位，即蘊蓄一 $\odot$ 〇〇呎磅之能力，吾人謂之位置能力。此位置能力之大小，比例於水

量及水位之高度，若能力以呎磅為單位，則等於水量磅數與水位呎數相乘之積。前述電量與水量相似，電動力或電位差，可比之於水位差，依例則電能亦與電量及電動力為比例，故吾人以電動力伏數與電量庫倫數之乘積以計示之。

電能之單位稱為瓦特秒，亦稱喬爾 Joule。但此單位過小，不切實用；通常所用者曰瓦特小時，等於三六〇〇喬爾。千倍於瓦特小時之單位曰基羅瓦特小時，亦稱電度，簡稱曰度。電廠即以電度為計量用電之標準。

每秒鐘所表現之功能，謂之工率。恆等工率或平均工率，可以工作之時間秒數除功能之總量求得之。電工率之單位謂之瓦特，即以電能瓦特秒數被時間秒數所除而得。但瓦特秒為伏數與庫倫數之乘積，庫倫數被秒

用電淺說



圖

數所除，等於電流安培數；故瓦特數等於伏數與安培數之乘積。假定以 W 表示瓦特數， E 表示伏數， I 表示安培數，可得下式：

$$W = EI \dots\dots\dots (1)$$

第七節 直流電與交流電

方向始終不變之電流曰直流電流；其方向不變而強度變動者曰搏動直流電流；其方向強度按一定之規律及時間而循環變動者曰交流電流。通常交流發電機輸出之電流，大抵依正弦定律循環波動，如圖一，波動一周所需之時間曰週期。在一週期內，電流先自零漸增至最高值後，復漸降至零，乃又反向流動漸增至最高值後，復漸降為零，於是完成一個波動；接續開始第二個波動。電流強度變動之程序，列如下表：

時間 自開始波動時起算	電流強度 假定最高額為 1 安培	電流方向 任擇一向為正 反為負
0	0	
$\frac{1}{2}$ 週期	$\frac{1}{2}$	+