

中華民國二十一年十一月初版

(二〇二七)

工學小叢書 直流電機 一冊

每冊定價大洋伍角

外埠酌加運費匯費

編著者 尤 佳 章

發行人 王 雲 五

印刷者 商 務 印 書 館

發行所 商 務 印 書 館

版 翻
權 印
所 必
有 究

第六節 二層線捲……………四九

第七節 同位連接線……………五〇

第四章 磁化作用……………五二

第一節 磁化曲線……………五三

第二節 磁化曲線之測定……………五五

第三節 發電子之磁化……………五八

第四節 交磁化與反磁化……………六二

第五節 磁場之分佈……………六四

第五章 發電機之運用……………六六

第一節 發電機之業務……………六六

第二節 特性曲線……………六九

第三節 他勵發電機之特性曲線……………七〇

第四節	連列發電機之特性曲線·····	七六
第五節	並列發電機之特性曲線·····	七八
第六節	複式發電機之特性曲線·····	八一
第七節	發電機之並列運用·····	八六
第八節	三線發電機·····	八九
第六章	電動機之運用·····	九一
第一節	電動機之業務·····	九二
第二節	反電動力旋力及工力·····	九三
第三節	他勵電動機之特性曲線·····	九六
第四節	並列電動機之特性曲線·····	一〇一
第五節	連列電動機之特性曲線·····	一〇二
第六節	複式電動機之特性曲線·····	一〇四

第七節 連列電動機之應用.....一〇七

第七章 效率定額及發熱.....一〇九

第一節 法定效率與計量效率.....一〇九

第二節 耗損之種類.....一一一

第三節 最高效率與全日效率.....一一五

第四節 定額與容量.....一一八

第五節 發熱限度.....一二〇

第八章 其他各式電機.....一二二

第一節 電動發電機.....一二三

第二節 臥輪發電機.....一二三

第三節 整流磁極機.....一二六

第四節 單極機.....一二六

第九章 附屬電器

第五節	升壓機	一二七
第六節	均壓機	一二一
第七節	羅森堡電機	一三三
第八節	三刷發電機	一三四
第九章 附屬電器		一二六
第一節	電壓表	一三六
第二節	電流表	一三七
第三節	瓦特表	一三七
第四節	電阻器	一三八
第五節	熔線	一三九
第六節	斷路器	一四〇
第七節	起動器	一四一
第八節	整壓器	一四二

直流電機

第一章 基本觀念及定律

第一節 導言

近世應用最廣而發達最速者，孰有甚於電學者乎？電之觀念甚古，希臘人於西元前六百年時已識其端倪，所謂以絲巾擦琥珀能吸引輕物如燈草球者是已。降至西元後一六〇〇年，乃有吉爾伯特爵士（Sir William Gilbert）者，發見具此性質之物非止琥珀一種，他若玻璃、黑橡皮、火漆、松脂等，以絲綢絨布等擦之，亦能具此吸引之力。物因摩擦而生吸力者，謂之感電。感電之性質可分二類，昔人以火漆與玻璃爲此二類之代表。緣感電之玻璃與感電之火漆對於另一感電之物，往往一

吸一拒，適成相反。於是有息姆涅 (Symner) 者，倡「流質」之說，以解釋此現象。所謂「流質」者，蓋以電爲流質，有陰陽二性之區別，故昔人以絲巾擦玻璃所生之電，稱曰玻璃電，後以陽電或正電名之；以獸皮或絨布擦火漆所生者，稱曰火漆電，後以陰電或負電名之。

十八世紀之初年，有佛蘭克林「卡雅明」 (Benjamin Franklin) 者，世所通認爲電學鼻祖者也。佛蘭克林不特爲電學家而已，抑亦美國傑出之政治家與外交家，其於電之本體，主單流質之說，與二流質成敵對。佛氏此說頗與今之電子說暗合，所異者電子爲陰性，而單流質爲陽性而已。其說謂凡物皆含此質，各有定量，逾此量則感陽電，不及則感陰電。

夫上述電象之發見，始於希臘，固矣，不知電象之表現於自然界中而爲吾人類所熟觀者，實不知其幾千萬年之前於希臘也。在佛氏以前，人徒知天空之閃電爲一物，而摩擦之靜電爲又一物。氏由精密之觀察，遂疑及二者之爲一物，且思打破其界限而證實之。某夏，佛蘭克林製絲鳶一具，以金屬線爲其纜，俟雷雨之日，升於空際，鳶感天空之閃電，由線下導，充於來丁瓶 (Leyden jar) 中，放之則發火花，可燃酒精，直與摩擦所得者無異。自此人類不啻征服天空之怪物，得儲之於瓶而考其體

用焉。

雖然，靜電之智識猶未足以供用，必有動電之學而其用乃廣。十八世紀之末葉，意大利教授弗打（Volta）發明電瓶，通稱曰弗打電瓶（Voltaic cell），是爲有動電之始。初有波倫亞（Bologna）大學解剖學教授賈法尼（Galvani）者，以二種異金屬相接，將一端觸一蛙腿，又一端觸蛙之神經，蛙之肌肉即起劇烈之收縮，雖死蛙亦然。弗打鑒於賈法尼之試驗，遂依據其理，用異金屬片二枚，浸入一溶液中，復以金屬線連接二片，線中即有繼續流行之動電，是名電流（current）。今日之乾電瓶及蓄電池（storage battery）等，咸濫觴於此。

電流之取給於電瓶，限於少量，不足以備工業界之取用，且價值昂貴，勢難望其發展。一八一九年，丹麥教授厄斯忒德（Oersted）作一著名之試驗，示磁針之方向，爲一附近之電流所偏移，電磁學之基礎於以奠立。同時有英人法拉第（Michael Faraday）者，於一八三一年發明磁石感應電流之理。蓋磁石四周有磁力線，名曰磁場（magnetic field），以金屬線運動於磁場，使磁線爲之割截，則金屬線中即有電流感生，今之發電機（generator）、電動機（motor），皆依據此電磁感應之

基本原理而製。法氏家世微賤，父業鐵匠，氏少時習裝書術於某書肆，暇則展卷自讀，其刻苦奮勵，世所罕見。既而聞化學名家德斐爵士 (Sir Humphry Davy) 之演講，遂喜斯學。至一八一三年爲德斐助理員，從事試驗，後十餘年遂有此偉大之發明，開科學界之新紀元；近世工商業之發達，法拉第之功誠不可掩矣。

第二節 電子論

電之本體若何？此問殊難置答。今所欲言者，亦惟有假設的理論而已。先哲若佛蘭克林，息謨涅，咸主電爲流質，惟不若油、水之可見。厥後學者於電之現象，知之益審，同時物理學者與化學者，於物質之本原，漸得窺見其蘊奧，如分子 (molecule)，原子 (atom)，放射性 (radioactivity)，原子價 (valency)，離子 (ion) 等根本觀念，漸次成立。由是知舊說之不足，乃欲另立一說，以解釋繁複紊亂之種種電象，並冀其與已立之基本觀念，適相符合。能具足上述之條件者，曰惟電子學說而已。然則何爲而知電之本體爲電子乎？是有實驗在，非憑空虛構者也。

初，英人克魯克司爵士 (Sir William Crookes) 製有真空管一具，置兩電極於管中，而通電於兩極之間。常管中空氣未盡時，空氣電解爲離子，善於導電，故有火花發生兩極間；迨管中空氣抽盡，則前之火花變爲慘淡之螢光，是名陰極（即射出電子之極）光線 (cathode ray)。此種光線得用電表量之，因知此線純屬電性，迥異於尋常光線及普通三態（氣體、液體、固體）之物質，故克魯克司稱爲第四態之物質。且此線方向，可用磁石偏移之，此亦爲電性之證。其透射力甚大，能透過薄片金屬如鋁片等。繼克氏而起者，有發明愛克司光線 (X rays) 之樂琴 (Röntgen) 氏。愛克司光線即從陰極線取得者也。當陰極線射一金屬片上，突被阻止，遂生愛克司線，其透射力尤較陰極線爲大，皮肉金石，不爲所阻，人目不能見，惟照相片可以感之。

樂琴發見此怪特之光線而後，一般科學家咸注意於放射性之物質如鈾 (uranium) 與鉀 (potassium) 之硫化物等，因是而有居禮夫人 (Madame Curie) 發見之釷 (thorium)、鐳 (polonium)、銣 (radium 亦作鐳) 三原質，皆具有放射之特性者。放射之光線可分三種，一爲甲種光線 (α -ray)，二爲乙種光線 (β -ray)，三爲丙種光線 (γ -ray)。甲種線係氦 (helium) 原子流所成，乙種即陰

極線，丙種即愛克司線。自有上述之種種發見而後，關於物質之構造及電之本體，於以大明。乃知陰極線（即乙種線）係電子流所成，電子者，陰性之電體，而萬物之所由構成也。

科學家既知電子為電體之最小單位——亦即萬物之最小單位——乃復進而推求電子之大小、重量、電量，以及各原子之如何由電子組成。據精密之實驗所得，電子之形狀當為球體，具有彈性；其半徑為 2×10^{-13} 公分，即十兆（萬萬為億，萬億為兆）分之二公分；其質量（mass）為 8.8×10^{-38} 公分（格蘭姆），即十萬兆分之八十八公分；其電量或電荷（charge）為 1.59×10^{-19} 庫隆（coulomb 電量之單位）。

世間萬物，皆由九十二種原質（已發見者尚不及此數，約八十餘種）互相化合或混合而成。分析原質至最後一步時得最小之微塵曰原子。昔人以為原子乃最小之個體，不可復分。今知原子仍是一組合之體，非不可分者。原子之中心有一陽核，核之周圍有若干陰電子（其數目各原子不

一、依一定之軌道而旋轉，故電子之於陽核（陽電子集合之體），猶行星之於太陽，是微小之原子亦一太陽系也。以質量論，陽核重於陰電子約二千倍；以直徑論，陽核小於陰電子亦約二千倍。陰電子直徑與其軌道直徑之比，正如地球之於其軌道。今試以氫（即輕氣）原子為例，其中心有陽核一，繞核旋轉者有陰電子一，軌道作圓形，其直徑爲 10^{-8} 公分。陽核之電量，適與陰電子之電量相等而相消，是爲中性狀態。電子之數，各原子不一，如氫原子有電子二，鈉（sodium）原子有十一，氦（Heon）原子十，銅原子二十九。然數目雖異，而與陽核相消成爲中性，則一也。若從原子中固有之電子，減去若干，則原子現陽性；反之，如加增若干，則現陰性。陰性原子與陽性者常有相吸之勢，此化學愛力（chemical affinity）所由來也。

電子之理既明，則昔之視摩擦生電爲神怪者，可以悟矣。當以絲巾擦玻璃時，絲巾奪去玻璃之電子，故現陰性；玻璃以失去陰性電子故，遂成陽性。苟以絲巾觸玻璃，則電子歸至玻璃，二物皆成中性矣。又若以陰性之火漆桿引一燈草球，前者之過量電子欲躍至後者之上，二者遂成相吸，及桿與球相觸，則電子已至球上，二者皆成陰性，遂變吸引而爲抵拒。類此種種變化，以及自然界之電象，工

業界之用電，無不可以電子之說爲之析疑剖難也。

第三節 磁鐵與磁場

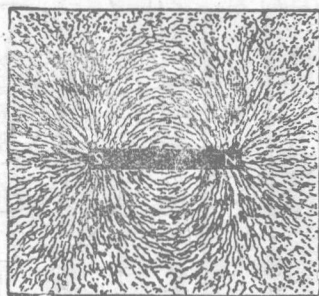
電子之爲萬物最小單位，已爲物理學界所公認，而與電子關係最切者，莫如磁；然電與磁二者，吾人祇知其現象上之關係，至於二者之本體，爲一爲二，爲同爲異，則猶未之知也。磁之一字，初指一種氯化鐵之礦石（ Fe_3O_4 ），爲天然具有磁性之物。設以鐵針與此天然磁石相摩，則針亦感磁性；此法知之甚早。迨夫十九世紀，始發明以電流感磁之法，即以銅線繞於鐵棒上，再令電流通入線圈中，未幾而鐵棒化爲磁性矣。無論人造磁或天然磁，無論其形式若何，必有二部爲吸力最強之點，其性相反，是爲磁極，兩極之間爲中性部分。但磁性雖顯現於兩極，而實磁石之各部無不具此；卽分析至極微，亦自成一完具兩極之磁石。在未經磁化之鋼鐵，此等原磁紛亂無序，其磁力互相抵消，故此鋼鐵不呈磁性；倘能設法使大多數之原磁，排列齊整，則磁力顯現，卽成磁化。

設取一磁針，支其重心，俾能自由旋轉，則其兩極所指必爲南北向，卽一端指南，一端指北；指北

之端爲地球（乃天然之一大磁石）之北極所吸，此端實爲南極，而通稱曰北極；指南之端，實爲北極，而通稱曰南極。若以另一磁針置此針之旁，則見同極相拒，異極相吸，與電性同。

吾人若以鐵屑灑紙上，而以磁鐵置紙下，則鐵屑因感應而磁化，異極相吸，連成無數細線，綜其端於兩端，是爲磁力線（magnetic lines of force），此線所經之處，謂之磁場（magnetic field）。

自一八一九年厄斯忒德發見電流吸引磁針之現象，於是知電流導線之周圍有磁力線環。若電流之方向爲前進，則磁線之方向爲右旋，故二者方向之關係，可以右旋螺釘代表之——即通稱爲右旋螺定則（right-hand-screw rule）者是也。將導線旋繞成筒狀，而通以電流，則導線四周之磁線環互相聯合，如第二圖， P_1 爲磁線發出之端，等於磁石之北極，另一端爲南極。磁線與電流之方向關係，與前例相類——即筒內力線之方向，即係螺釘進行之方向，而此釘之右旋即係電流之方



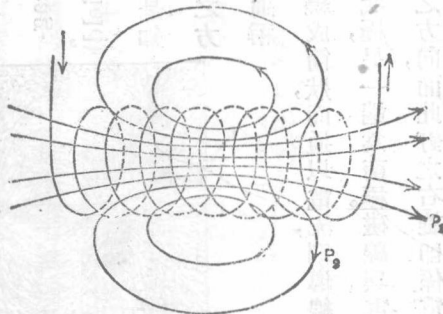
第一圖 磁場中之力線

向也。

吾人若以鐵心納入上圖之線筒中，則鐵受磁化，而此磁之磁場，乃遠較未有鐵心時之磁場為強，此以鐵之導磁率(permeability)高於空氣(導磁率為一)數千百倍也。導磁率者，即物質傳導磁力線之能力。凡為磁性之物質(即能為磁石所吸引者，如鐵，鎳，鈷等)，其導磁率大都甚高；至反磁性之物質(即為磁石兩極所拒者，如銻，銻，銅，銀等)，其導磁率則每在空氣之下。

第四節 電磁感應

法拉第於一八三一年，發明電磁感應之理，是為發電機(generator)與電動機(motor)之基本原理。法氏用一銅線環，置於不均等之磁場中，使磁力線穿入環內(如第三圖)，然後將環移動



第二圖 電流綫筒中之磁力線