

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

直流電機

尤佳章著

商務印書館發行





直 流 電 機

尤 佳 章 著

工 學 小 叢 書

編主五雲王  
庫文有萬

種千一集一第

# 機電流直

著章佳尤

號一〇五路山寶海上

五雲王

人 行 發

路山寶海上

館書印務商

所 刷 印

埠各及海上

館書印務商

所 行 發

版初月十年九十國民華中

究必印翻權作著有書此

---

The Complete Library

Edited by

Y. W. WONG

---

DIRECT-CURRENT MACHINERY

BY YOU CHIA CHANG

PUBLISHED BY Y. W. WONG

THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China

1930

All Rights Reserved

萬有文庫

第一集一千種

總編纂者

王雲五

商務印書館發行

# 直流電機

## 目錄

|     |         |    |
|-----|---------|----|
| 第一章 | 基本觀念及定律 | 一  |
| 第一節 | 導言      | 一  |
| 第二節 | 電子論     | 四  |
| 第三節 | 磁鐵與磁場   | 八  |
| 第四節 | 電磁感應    | 一〇 |
| 第五節 | 電壓電流電阻  | 一三 |
| 第六節 | 電路及磁路   | 一六 |
| 第二章 | 直流電機之構造 | 二四 |

|     |            |    |
|-----|------------|----|
| 第一節 | 構造大要       | 二四 |
| 第二節 | 軛及磁極       | 二六 |
| 第三節 | 發電子        | 二八 |
| 第四節 | 發電子之作用     | 三〇 |
| 第五節 | 整流子及其作用    | 三二 |
| 第六節 | 刷子         | 三四 |
| 第三章 | 發電子線捲      | 二六 |
| 第一節 | 環式線捲       | 三六 |
| 第二節 | 迴繞式線捲      | 三七 |
| 第三節 | 波式線捲       | 四〇 |
| 第四節 | 環式迴繞式波式之比較 | 四一 |
| 第五節 | 複式線捲       | 四二 |

|     |      |    |
|-----|------|----|
| 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 | 發電子之磁化作用 | 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 | 九二 |
|-----|--------|----|

|     |        |    |
|-----|--------|----|
| 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.....一二三

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

|              |     |
|--------------|-----|
| 第五節 升壓機..... | 一二七 |
|--------------|-----|

|              |     |
|--------------|-----|
| 第六節 均壓機..... | 一三一 |
|--------------|-----|

|                |     |
|----------------|-----|
| 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 (Symmer) 者倡二流質之說，以解釋此現象。所謂二流質者，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，佛蘭克林製絲薦一具，以金屬線爲其纜，俟雷雨之日，升於空際，驚感天空之閃電，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，蛙之肌肉卽起劇烈之收縮，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，線中卽有繼續流行之動電，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，則金屬線中卽有電流感生，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，息謨涅輩，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。當管中空氣未盡時，空氣電解為離子，善於導電，故有火花發生兩極間；迨管中空氣抽盡，則前之火花變為慘淡之螢光，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，故克魯克司稱為第四態之物質。且此線方向，可用磁石偏移之，此亦為電性之證。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) 之羅琴 (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為大，皮肉金石，不為所阻，人目不能見，惟照相片可以感之。

羅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)、銻 (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：一為甲種光線 ( $\alpha$ -ray)，二為乙種光線 ( $\beta$ -ray)，三為丙種光線 ( $\gamma$ -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 $2 \times 10^{-13}$ 公分，即十兆（萬萬為億，萬億為兆）分之二公分；其質量（mass）為 $8.8 \times 10^{-28}$ 公分（格蘭姆），即十萬兆兆分之八十八公分；其電量或電荷（charge）為 $1.59 \times 10^{-19}$ 庫隆（coulomb 電量之單位）①。

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

①欲知此等數值之求法，可參看 J. J. Thomson: *Conduction of Electricity through Gases*。



(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）原子爲例，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  $10^{-10}$  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，如氮原子有電子二，鈉（sodium）原子有十一，氖（neon）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