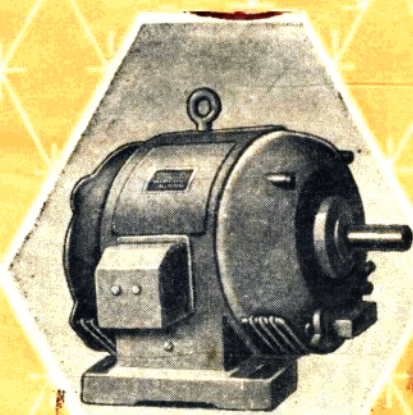


現代工程小叢書

直流發電機與電動機

劉 體 乾 著



商 務 印 書 館

前 言

這本‘直流發電機與電動機’是把直流發電機和電動機(即馬達)一般的常識,作一廣泛的介紹,其內容多半偏重實際,高深的理論談得很少;至於文字方面,也力求通俗易解,因此不僅一般技術學校可用為教材,就是一般技工同志或業餘大眾們也可以看得懂。

書中的專門名詞,採用日常通用的俗名或譯名,其中常見的‘線’字,是表示一種金屬導線,以別於非金屬的‘線’字;又有‘線圈’的‘圈’字,是代表單一的線圈,而‘線卷’的‘卷’字,則含有多數線圈的意思。

假如你看了這本書之後,對直流電機發生了興趣,要想作進一步研究的話,那就可以另找高深的專門電工書籍看看。

寫這本書時,因時間匆促,錯誤一定難免,尚望讀者多多指教。

劉體乾於上海

目次

第一章 用電的範圍及電的供給.....	1
一、用電的範圍 二、電的供給	
第二章 應用磁學常識.....	3
一、磁鐵 二、磁極和磁力定律 三、磁場和磁力線 四、磁場強度 五、磁化 六、其他磁性物質	
第三章 簡單的電學常識.....	9
一、電的大概 二、電流、電阻、電位 三、電阻的串聯和並聯 四、電池 五、導體和絕緣體 六、電流的磁效應	
第四章 直流發電機的原理.....	18
一、磁場、運動、電流的關係 二、旋轉線圈產生的電壓	
第五章 直流發電機的構造.....	23
一、構造的大概 二、直流發電機的外形 三、機殼的構造 四、磁 極 五、磁場線卷 六、發電子 七、換向器 八、發電子線卷 九、電刷 一〇、軸承和末端架	
第六章 直流發電機的種類和性質.....	50
一、他激發電機 二、分激發電機 三、串激發電機 四、複激發電 機	
第七章 直流發電機的運用和控制.....	58
一、普通的應用 二、幾只發電機同時運用 三、發電機的電壓調	

節 四、三線佈電法

第八章 其他各式直流發電機.....70

一、單向發電機 二、車輛用發電機 三、電動發電機 四、分路磁極發電機 五、透平發電機

第九章 電動機的原理.....77

一、電流、磁場和運動 二、電動機的力矩 三、電動機的反電壓和轉動速率 四、功率和效率 五、發熱限度 六、定額

第一〇章 直流電動機的種類、性質和用途..... 85

一、他激電動機 二、分激電動機 三、串激電動機 四、複激電動機 五、各種外形不同的電動機 六、各種保護法不同的電動機 七、各種不同散熱法的電動機 八、其他特種直流電動機

第一一章 直流電動機的運用和控制.....98

一、電動機的裝置 二、拖動負載的方法 三、電動機的開動和停止 四、速率控制 五、鼓式控制器 六、煞車 七、保險絲和斷路器 八、熱控負載替換器 九、電阻器

第一二章 電動機的檢驗..... 109

一、速率測驗 二、馬力和效率的測驗 三、絕緣電阻試驗 四、發熱測驗 五、電動機故障試驗

中英名詞對照表..... 116

第一章

用電的範圍及電的供給

一 用電的範圍

不論是個人，是團體，是消費，是生產，差不多都不能離開了‘電’，許許多多的事，是人力所不容易做到的，常靠電來完成。而尤其是在發展生產建設祖國的今天，電更是不可少的。現在且把電的用場，大略的說一說：

一、家用方面：例如電燈、電爐、電風扇、電冰箱、電冷管等。

二、工商方面：如電影、電解、電鍍、電鋸、電光、電照像、電力測探礦苗、電氣冶金、電火花開動，以及最重要的工廠電動力的供給等。

三、農業方面：如電力戽水、電氣孵育、電氣除蟲、電氣暖土、電機耕種和收穫等。

四、醫藥方面：如 X 光、太陽燈、紅外線、紫外線殺菌治病等，更有一種特別製造的電椅，可使人體的過度肥胖減瘦。

五、交通方面：如電車、電氣火車、電報、電話、無線電、汽車的電火花開動等。

六、文化方面：如印刷、廣播、教育電影等。

七、國防方面：如軍用電訊作海陸空連繫、防空察聽、雷達探視等。

二 電 的 供 給

上面所說的這些用途，不過是一個大概，其他還有若干用電的地方，此地不必一一細說，總之它的用途太廣，地位也太重要了。現在我們要研究的，到底這些電是從什麼地方產生出來的？

電的來源，是從一種叫做‘發電機’的機器裏產生出來的，電由發電機裏發出來之後，把它引到一種叫做‘電動機’或是叫做‘馬達’的機器裏，馬達就可以轉動，去拖動其他的機器；或者把它引到別的地方，也可做出各式各樣的工作來。

普通我們所稱的‘電機’，是發電機和電動機兩種機器的總稱。電動機的英文名字是 Motor，所以俗稱馬達。電機中又分‘直流電機’和‘交流電機’兩種，這本書所要談的，是直流電機的部分。

第二章

應用的磁學常識

一切的電機，都少不了‘磁’；所以要研究電機，就不得不研究磁。

一 磁 鐵

磁的現象，就是日常我們所曉得的，有一種鋼鐵，它能吸着其他的小鐵片的現象。這種特別的鋼鐵，我們常稱它為‘吸鐵石’，因為它的天然產品，是一種礦石；當初發現的吸鐵石，以產在小亞細亞馬格里西 (Magnesia) 省的最為有名；因此當時人就稱它為‘Magnet’，我國人就譯成‘磁鐵’。後來經化學家研究出來，這種天然的磁鐵，是鐵礦的一種，它的成分是鐵三氧四 (Fe_3O_4)，因為它有吸鐵的磁性，所以叫它‘磁鐵礦’。

天然磁鐵，形式不定，性質也不均勻，取得也不便利，因此就發明了‘人造磁鐵’。製造的方法，是用一塊天然的磁鐵或其他的人造磁鐵，沿着一鋼條或鐵條，順着一個方向摩擦，摩擦到相當的時間以後，這被摩擦的鋼條或鐵條就自然地變成磁鐵了；再有一法是把鐵條放在南北的方向上，用槌敲擊多次，這鐵條也會變成磁鐵的；更有一法，是用‘電’通過鋼條的周圍，久之，也能使它變成磁鐵。

人造磁鐵的形狀也是種種不一，普通有棒形的、馬蹄形

的、環形的、針形的，或其他因需要的不同而造成各種不同的形式。圖 1 中就是常見的幾種。

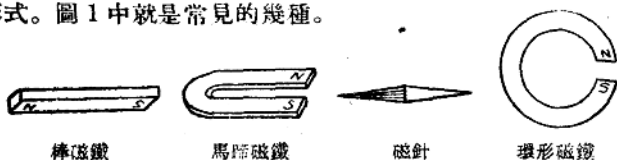


圖 1. 各式的磁鐵。

人造磁鐵若是用硬性鋼製成的，它的磁性就不容易消失，因此這種磁鐵就稱為‘永久磁鐵’；若用軟性鋼或鐵製成時，磁性就很容易失掉。

二 磁極和磁力定律

如果用一根磁鐵，插到鐵屑中，就看見磁鐵的兩端吸着的鐵屑最多，愈到中間愈少。因此我們就想到，磁鐵兩端的磁性最強，中間最弱。這兩端，我們就稱之為‘磁極’。

若在磁棒的中點，用一根線掛住，使它能自由旋轉，當其靜止不動時，它總是取南北的方向。若將其指南的一端註以‘南極’（或 S 極），指北的一端註以‘北極’（或 N 極）；再用手將它扭轉，使原來向南的一端向北，一鬆手以後，就見它仍然轉回，

依舊是 S 極向南， N 極向北，若用其他的磁棒作同樣的試驗，所得的結果完全相同。所以我們知道，不論哪一根磁棒上，總有一 S 極和一 N 極。

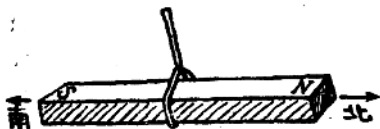


圖 2. 懸掛磁棒指示南北。

再用兩根磁棒，使一棒的 N 極和另一棒的 S 極靠近時，

則見它們很快的吸在一起；若用兩個 N 極，或兩個 S 極靠近時，它們不但不吸，反而互相推拒，隔開遠遠地。因此就發現了磁力的定律：同性磁極相拒，異性磁極相吸。不過它們之間或吸或拒的力量，要看它們的距離和磁極的大小，距離愈小，力量就愈大，磁極愈大，力量也愈大。

三 磁場和磁力線

一個磁鐵的周圍有一定的範圍，在這個範圍內，鐵屑或其他磁極才能受到它或推或吸的力量，如果在這範圍以外那就沒有什麼影響了。這個範圍，就是這磁鐵所能控制的區域；這個區域就稱為‘磁場’。

假使用一張紙，紙下放一條磁鐵，紙上灑許多鐵屑，輕輕振動後，則見紙上的鐵屑排成很多的細線如圖 3 的形狀，而這

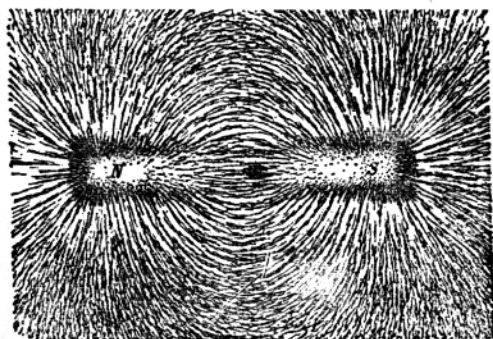


圖 3. 磁場中鐵屑排列形狀。

許多細線，以兩極最多最密，中部則很疎鬆。這些細線我們就稱之為‘磁力線’。這許多磁力線要是不用鐵屑來作這樣的試

驗時，用眼睛是看不出來的。雖然用眼睛看不出，但是事實上它們還是存在的。這些磁力線所達到的範圍，也就是磁場的範圍。

若在這磁場中，放許多小的磁針，就見磁針都是和這些磁力線的方向一致的，在幾何學中，就稱為相切。而磁針的 N 極都是循着磁力線而指向磁鐵的 S 極的。因此我們就可假定以 N 極為標準，用箭頭來註出磁力線的起訖方向，如圖 4。這就是說，磁力線是由磁鐵的 N 極出發，到 S 極進入。這一點應當特別記牢，後面用到的地方很多。

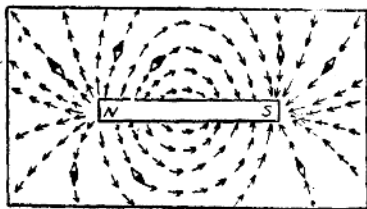


圖 4. 磁力線方向。

一個磁鐵的磁力線，多半由其 N 極出發，經過空氣而入 S 極，但也有一部分是失散到空氣裏去的。假如在兩個磁極間，用一塊鐵片相連，則多數的磁力線就經過鐵片中走到 S 極，散到空氣中去的就減少了。可見得磁力線是喜歡通過鐵質的。也就是說，鐵容易傳磁。是凡磁力線所走的路徑，就稱為‘磁路’，鐵就是構成磁路最好的物質。

四 磁 場 強 度

在磁場中，磁力線愈密的地方，磁力的作用也就愈大，就是這地方的磁場強度愈大。所以要知道某一點的磁場強度如何，就要看經過這一點磁力線的密度如何。普通都是假定在這一點上，有一平方厘米的一塊面積與磁力線垂直，看在這個垂直面積中有若干條磁力線穿過，這通過一平方厘米面積中

的磁力線數，就稱為該點之‘磁力線密度’或‘磁通密度’。這個數目常用‘ B ’來作為記號。

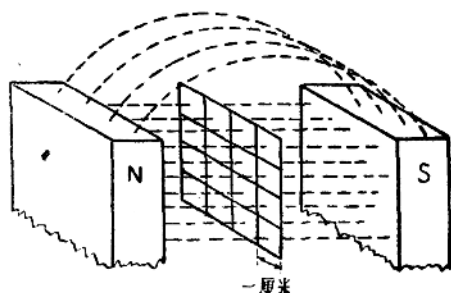


圖 5. 每平方厘米面積中的磁力線。

由一個 N 極所發出的磁力線總數，就是‘磁通’，或稱為‘磁流’；總磁通的符號用‘ ϕ ’來代表。

五 磁 化

用一根普通鐵棒和一塊磁鐵相近或相觸時，這根鐵棒立刻就變成一根臨時的磁棒。其與原來磁鐵靠近的一端，成為與原磁極不同的一極；其較遠的一端，變成相同的一極。這種現象，稱之為‘磁化’或‘磁感應’。

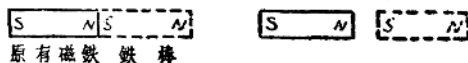


圖 6. 磁感應：（左）接觸；（右）接近。

六 其他磁性物質

能被磁鐵所吸引的物質，或能變成磁鐵的物質，統稱為磁

性物質，磁性物質，除鋼和鐵之外，尚有鈷、鎳和液體空氣等。又有許多由幾種金屬合併而成的‘合金’，也能有很好的磁性。例如好斯勒合金（銅、錳、鋁）、坡莫合金（鐵、鎳）、亞爾立古合金（鐵、鎳、鋁）、波明法爾合金（鐵、鈷、鎳）、庫普立克合金（鐵、鎳）、哈普立克合金（鐵、鎳）等，它們都以不同的成分配合而成，而得到磁性大小不同的物質。

第三章

簡單的電學常識

一 電的大概

電，雖然是我們不可少的一種東西，但是我們要曉得，它也是一種很危險的東西。稍一不留心，就能造成生命財產的損失；所以有人說：‘電，好比是馬戲團裏的猛獸，玩得好，五花八門，無奇不有；玩得不好，就要被它吞噬。’猛獸還有一副兇狠的面目，可以使你警惕；電就不然了，它的真面目，至今還不曾有人見過，它能在不知不覺間，剝奪了人們的生命。

以前有人假設，‘電’是兩種不同的‘流質’；後來又有人說，它是一種性質的流質；可是這兩種說法，都不能把電的現象完全全的解釋出來。直到現在，才經過若干學者，用實驗的方法來證明，‘電’是一種‘電子’。所有一切的物質，都是由無數最小的‘原子’組織成功的。‘原子’中間有一個核子，稱為‘原子核’，核帶有一種陽性的電，核的周圍，繞有若干極小極小的顆粒，那就是‘電子’。它們是帶有陰電的。所謂‘陽電’‘陰電’，不過是表示它們的性質不同而已，所以也有人稱它們為‘正電’‘負電’。

各種物質上的電子都相同，並且在某種情形之下，在某一物質中，原子上的電子，可以流到其他的原子上去。這種電子的流動，我們就稱之為‘電流’，也就是‘動電’。如果許多電子聚集在一起，並沒有流動的現象，那就稱為‘靜電’。

靜電沒有多大用途，所以我們也不多去談它；有用的都是

動電。上面說：動電就是電流，電流也就是電子流；電流的方向，照理講，就是電子流的方向，可是當初不知哪位科學家把它們弄反過來了，定成電流的方向與電子流的方向相反；直到現在大家還是這樣的用着。

二 電流、電阻、電位

上節說到電子的流動，就是電流；在什麼時候？什麼情形之下，電子才會流動呢？要明瞭這一點，我們不妨把電比成像水一樣。

假設此地有兩只水桶，如圖7；桶中都盛有水，兩桶的下部有一水管相通，而兩桶又都是放在同一平面上，此時兩桶中的水面必定相平，水管

中就沒有水在流動，這時的水，可算是一種‘靜水’。假如把甲桶向上抬高，則甲桶

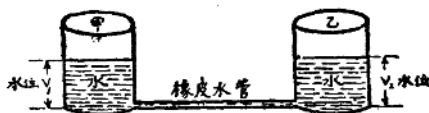


圖7. 用水桶的水流來比喻。

中的水面，也就是水位，就比乙桶中的水位高，因此甲桶中的水就經過水管流向乙桶，這時的水可算是一種‘動水’。水流到乙桶以後，再把乙桶抬高，這時水又經過水管仍流到甲桶裏去，如此若將兩桶輪流抬高，水就交互而流，這樣情形的水，可稱之為‘交流水’。假如單抬高一桶，只讓一桶中的水流向另一桶，這樣情形的水，就可稱為‘直流水’。總之哪一邊的水位高，水就從高的一邊流向低的一邊。因此水在不流動時，兩邊的水位高度必然相等，就是圖中的 $V_1 = V_2$ ；假若 V_1 和 V_2 不相等，水就流動了。 V_1 和 V_2 的差數稱為‘水位差’。這種水位差，就是造成水流動的必要因素。因為水位一有差數，高處的水，就

生出一種壓力，使水向低處流。所以水位差又可稱為‘水壓’或稱‘水動勢’。水位差愈大，則水在管中的流動也愈容易。因此水流的大小，和水位差的大小是成正比的。同時水流與其所經過的水管的長短、粗細，以及管壁的平滑程度也有關係，管愈粗、愈短、愈平滑，水就愈容易流過。

現在若在水管中的某部突然設法塞住。這時兩桶的水位雖有相差，水也是不能流動的，這就是說，此時水管中發生了很大的阻力，使水不能流動。有時塞得不徹底，水還是可以慢慢的流動的。這種能使水不流，或流動不易的阻力，可稱為‘水阻’。水阻愈大，水流就愈小。

電也是的，假設在 A 、 B 兩金屬體上聚有若干的電子，如圖 8，就好比上面兩桶裏盛有水一樣。 A 、 B 之間有一金屬線相連，好比上面的水管。 A 、 B 兩邊各有其電位，好比水有水位。

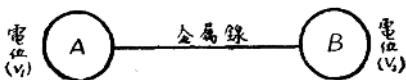


圖 8. 電流表示。

假使兩邊的電位相等，

則金屬線上就沒有電子流動，此時的電就稱為‘靜電’。假使 A 方電位比 B 方高時， A 上的電子即會流向 B 方，這時的電，就稱為‘動電’。如果電流是沿同一方向上流的，就稱為‘直流電’。假如使它在金屬線中交互而流，和水的交互流動一樣時，那麼它就稱為‘交流電’。兩邊電位的差數，就稱‘電位差’，這種電位差也是使電子流動的必要因素，電位差也可以稱為‘電壓’或‘電動勢’，和 water 的情形相同。電位差愈大，電流也愈大。此外金屬線的粗細、長短、性質對電流的大小也有關係；線愈粗、愈短，電流就愈大；如為銀線，電流也就愈大；如為銅線，電流就小一點；如為其他金屬線，又小一點，這是因為不同性質的導

線，對電流的阻力不同的緣故，這種阻力，就稱‘電阻’。電阻愈大，電流就愈小。

如果在金屬線的中間割斷，此時 A 、 B 兩邊雖有電位差，電子也不能流動了。這就是說，此時導線對電流的電阻為最大。這裏應注意的，在上面所說的水管，如果也割斷時，則水反而一擁而出，管中的水阻反是極小。所以把電比成水，比到此地就不能再比下去了。

要解釋斷線使電阻最大的現象時，可再把電流比成道路上的行人，若道路中有一道橋，橋突然一斷，那麼行人就不能通過了。這就是說，此時這條道路中的阻力最大，阻止行人通過。所以電線一斷，電也就不能流過了。

這種用斷線的方法，使電流不能通過，是最徹底的辦法，所以平常我們用電燈電話時，若不履行公司裏的規定時，公司方面就會給與我們一種‘剪線’的處置，使得我們無法用電。現在我們電燈或其他電器上所裝的‘開關’，就是供我們自己做斷路工作的。

道路上的橋梁，如斷的缺口不寬，那麼行人就可一躍而過，不過此時多花費氣力，多出些熱汗。電也是一樣，假如導線斷的兩頭相隔很近，它也是可以躍過，此時我們常常看見在這中間發生火花。電燈開關時，‘開關’中就是有火花發生的。

電位差是電子流動的必要因素，電位差愈大，電流愈大。這是成正比的，而電流又是和電阻成反比，所以用公式把它們的關係表示出來，就是

$$\text{電流}(I) = \frac{\text{電位差}(E)}{\text{電阻}(R)}$$

這個公式，就是有名的歐姆定律，這個定律在電學中用得

很廣。

電流的大小，用‘安培’做單位，或簡稱‘安’。所謂一安的電流，是以每秒鐘內能使硝酸銀的溶液沉積出 0.001118 克銀的電流為標準。安培是一個有名的電學家，用他的名字作為電流的單位，是表示紀念他的。

電阻的單位用‘歐姆’，簡稱‘歐’，是紀念歐姆的。取一根水銀柱，其長度為 106.3 厘米，質量為 14.45 克。在攝氏零度時，它所發生的電阻，就稱一‘歐’。

電壓(或電位差)的單位用‘伏特’，簡稱‘伏’。假設在導線上有兩點，兩點間的電阻正好是一歐，而所通過其間的電流又正好是一安，那麼這兩點間的電位差就是一伏特了。

電流經過導線的電阻時，往往會發生熱，更有時能發生光，電燈、電爐的光熱等就是這樣的情形。

三 電阻的串聯和並聯

表示在一導線中有電阻存在時，常用一符號 $\sim$ 來標明。假使有幾個電阻線，一條接着一條的聯成一串時，就稱為電阻的‘串聯’。聯起來以後，這根線的總電阻就等於各個串聯電阻加起來。如圖 9。

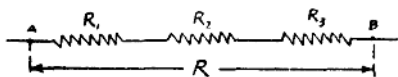


圖 9. 串聯電阻。

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

若各電阻的頭端接在一起，尾端也接在一起，就稱為‘並聯’，如圖 10。在 A、B 兩點間的總電阻，結果比並聯的任何一電阻都來得小。這好比人羣經過一道橋梁時，若一道橋太狹，就必定發生擁擠，阻力必定增大，若在河上加設一道或兩道便