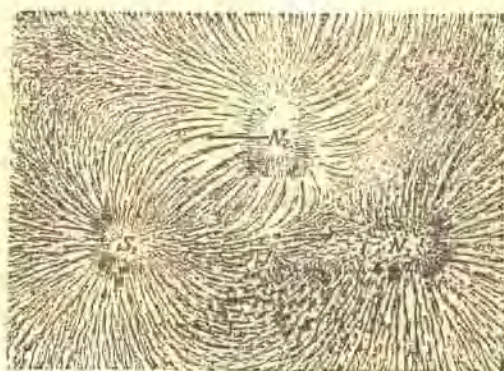


自然科學小叢書

電 及 磁

三枝彥雄著
周 斌譯

王雲五 周昌壽主編



商務印書館發行

自然科學小叢書 電及磁

50.81

126

20

自然科學小叢書

電 靜 及 磁

三枝彥雄 著

周 斌 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館 發行

目次

第一章 磁

第一節 磁

第二節 磁感應

第三節 磁場

第四節 磁力線

第五節 電磁石

第六節 磁的性質

第七節 磁化現象

目次

一
一〇
一一
一二
一七
二二
三三

第八節 磁之量度.....三八

第九節 地磁.....五五

第二章 電.....七五

第一節 靜電.....七五

第二節 電場.....一〇六

第三節 電容.....一二九

磁及靜電

第一章 磁

第一節 磁

1. 磁學小史

從前希臘有七個哲人，其中的一個名叫退利斯（Thales 公元前六四〇——五四六年）發見指路石（loadstone）有吸引鐵片的能力，這件事要算是磁學最早的歷史。圖1所表示的是一塊指路石，後來叫做磁石（magnet），放在鐵粉中，周圍吸引着不少的鐵粉。

當時的人對於指路石會有這樣奇怪性質，很不可解，所以也就留下了不少的傳說。其中有一說，說是古時曾有一人名叫馬格內斯（Magnēs）在克利特島（Crete Island）的愛達山（Mount



Ida) 上游覽的時候，忽然腳上穿著的靴子，被地面吸住，不能移動；於是就將手中拿著的手杖，用力撐住地面，以便將腳拔起，不意手杖也被地面一同吸住。後來用盡平生的氣力，好不容易纔能離開這塊奇怪的地面。當時詳加檢查，方纔發見其處地面上有一塊能吸引鐵片的指路石在那裏作怪。



圖 1.

所以就用本人的名字，加在這塊石頭上，這就是磁石所以名為 *magnet* 的原委。又有一說，在當時鐵的主要出產地為亞細亞海沿岸及地中海內的諸島。磁鐵礦也出產在小亞細亞的馬格尼西亞 (*Magnesia*) 的近傍，所以就用地名的馬格尼西亞，來表磁鐵的這種特性。此一說略近情理。

最初研究磁學的人，當推意大利的琉克利喜阿斯 (*Titus Lucretius Carus* 公元前九五——五一年) 曾經研究過磁石吸引鐵粉，又曾實驗過同名的磁極互相推斥，並有記載留下。他的筆記內還有一段事，說是將黃銅做成的箱子，放在磁

石上面，放入鐵粉，鐵粉就會在箱內跳舞起來。

磁石的製造究竟始於何年何月，已不可考。當中世紀時，已經知道利用磁石做成羅盤（compass），對於文明有過非常的貢獻。由此推測磁石的製造，當然還在中世紀以前，是不成問題的了。一方面在我國的記錄上，十三世紀時代已經有了羅盤，至於用在陸地上，則更遠在十一世紀時代。據當時的記載，若用磁石擦鐵針，針即向南。究竟磁石的製造始自歐洲，還是從我國開始，尙無法證明。

據歐洲方面的記載，則當十二世紀時，英國人亞歷山大·內卡姆（Alexander Neckam）最初造成航海用的羅盤。又一二六九年八月十二日法國彼得·得·馬利科特（Peter de Maricourt）地方的人，名叫柏累格利那斯（Peregrinus），寫過一封信，信中有關於磁性的議論。據他說：若將大磁石切成兩段，各段都會有兩個磁極。又說：異種的兩磁極，彼此互相吸引；同種的兩磁極，彼此互相排斥。較強的磁極，能使較弱的磁極發生變化。他又自己造成很精密的羅盤。又在意大利的那不勒斯（Naples）地方，曾替夫雷維奧·佐雅（Flavio Gioja）造了一個銅像，因為他是一三〇二

年最初造成功羅盤的。

最初使用磁石的極 (pole) 的名稱，是由英國之吉爾伯特 (William Gilbert, 1540-1603) 他曾經發現磁石要是燒紅了以後，就會失掉磁性。又發現如何能使鐵片變成磁石。至於他對地磁 (terrestrial magnetism) 的研究，更是劃時代的大貢獻。他得到的結論是：地球好像一個大磁石。所以就指路石來造成一個地球儀，做種種關於地磁的研究。

此後很長久的時期中，都是電學方面的研究在進步，關於磁學方面，都寂無所聞。法國的安培 (Ampere, 1775-1835) 發見有電流流過的導線，對於磁針有作用，即是磁針受着電流的影響，會發生方向的偏轉 (deflection)。因此想到磁性應是電流的作用。他以爲或許磁石內部的各微粒，成爲一個通路 (closed circuit)，電流從此流過，於是造成磁極。所以只要能够使這種想像上的分子電流成爲同一的方向，物質就應當表現出帶磁的現像。照此推論起去，地球之所以有磁性，也是因爲內部有電流存在，沿着內部周流而過所致。自安培以後，關於磁的研究，又復中斷。其後到得法拉第 (Michel Faraday, 1791-1867) 的時代，磁學的研究又呈顯著的進步。一八二一年法拉第想

到安培研究的反對的一方面，以爲若是磁石的周圍，有了電流的線路，就應該自行轉動起來，並會照着這個意思去做過實驗，可惜沒有成功。但磁針在電流的周圍的轉動，則於一八二一年實現成功。接着在一八三一年發現——應電流（induced current）。後來更由此成爲電動機（motor）和發電機（dynamo）的發明。當時用過的一個鐵環，周圍纏繞着許多匝的導線，送電流入其中，造成強有力的磁場，這就是後來發現電磁石（electromagnet）的導火線。同年，法拉第爲要說明磁的感應（magnetic induction）設想了磁力線（magnetic lines of force）。一八二五年，紐斯特仲（William Sturgeon, 1783-1850）造成第一個電磁石，用的是馬掌釘形狀的軟鐵，能够將九磅重的物件吊起來。其後更經荷蘭的摩爾（Moll）美國的亨利（Mary A. Henry, 1797-1878）等，逐漸改良。至一八五一年，由德國魯謨科夫（Heinrich Daniel Ruhmkorff, 1803-1877）造成魯謨科夫式的電磁石，通稱爲魯謨科夫線圈（Ruhmkorff's coil）爲斷磁路（open magnetic circuit）式的電磁石，成爲後來發明變壓器（transformer）的端緒。

一八四五年，法拉第在強有力的磁場裏，放下玻璃等類透明的物質，然後使光線由其中通過，

發見光波的振動方向，有了變動。這個現象，就是後來所謂偏極面之旋轉 (rotation of plane of polarization)，通稱爲法拉第效應 (Faraday effect)，要算是關於光與磁的關係的第一個發見。法拉第對於順磁質 (paramagnetic substance) 和反磁質 (diamagnetic substance) 的區別，也有不少的貢獻。

再後又有馬克士威 (Clark Maxwell, 1831-1879) 出來，在一八六一年至一八六二年，出版一篇論文，題爲物理的力線。內容是用數學上的言語，將法拉第的實驗表示出來。接着又於一八七三年，出版一部電磁學，主張電磁現象和光現象同等，遂成爲光的電磁說 (electromagnetic theory of light)。其說更於一八八八年，經赫芝 (Heinrich Rudolph Hertz, 1857-1894) 由實驗爲之證明。

最初說明磁化現象 (magnetization) 的人，是伯松 (Simeon Denis Poisson, 1781-1842) 和韋柏 (Wilhelm Edward Weber, 1804-1891)。伯松以爲將磁質 (magnetic substance) 放到磁場 (Magnetic field) 裏面，因受磁場的影響，各分子都受磁化，所以全體也就變成磁石。韋柏

的意見又不同，他以為磁質的各個分子，都是永久磁石 (permanent magnet)。

後來一八九一年，攸因 (J. A. Ewing) 又將韋柏的理論，略加變更，來說明磁化現象。他以為磁質的各個分子，都是可以自由轉動的小磁針。在通常的狀態時，各個分子因為相互的作用，受到一種阻力，排列得漫無秩序。一旦受到磁場的作用，多少就照着磁場的方向排列起來，表現成為磁性體，所以成為磁化現象。這就是分子磁說 (Theory of molecular magnets)。

磁場的強度增大，照着磁場方向排列成功的磁分子數目跟着增加，磁化的程度也就提高。可是磁分子的方向轉動，有一定的角度，超過這個限度以後，磁分子就不穩定 (unstable)。所以磁化程度雖然跟着磁場的強度激增，但是到了一定的限度以後就不能更進一步了。這就是磁化現象達到了飽和 (saturation) 的說明。同時還說明了剩磁 (residual magnetism) 和循環磁化時所起的滯後現象 (hysteresis)。

對於磁力和磁化強度的關係，最初使用鐵和鎳來做精密的實驗，是一八七三年羅郎德 (Henry A. Rowland, 1848-1902) 發表的論文。接着又將法拉第和亨利所發見的應電流等類電

磁現象，發展到應用方面去。一八三六年，經西門子 (Ernst Werner Siemens, 1816-1892) 將發電機加以改良，其後發電機的研究盛行於世，更經西門子的兄弟 (Sir Wilhelm Siemens, 1823-1883) 布拉什 (Charles Francis Brush, 1849-1929) 愛迪生 (Thomas A. Edison, 1847-1931) 和其他諸人，逐加改良，遂成現今使用的機械。

由十九世紀末葉至二十世紀，曾在各種物理條件下，對於磁性加以研究，所得的結果，亦頗豐富。其中木多光太郎的研究，尤為精細。發見磁性和溫度的變化，又造成合成鋼，用來製造永久磁石，極為有效。

2. 磁石

磁石可分為永久磁石 (permanent magnet) 和電磁石 (electromagnet) 兩種。

現今使用的永久磁石，多係用鋼棒製成，也有形狀和馬掌釘一樣的。像棒的磁石，稱為條形磁石 (bar magnet)；像馬掌釘一樣的，稱為蹄形磁石 (horseshoe magnet)，其受磁化的方法，有下列各種：

最簡單的方法，是用永久磁石去摩擦鐵片，這鐵片就會變成磁石。或者在鐵片的周圍，纏繞電線，使電流從電線中流過，鐵片也就成為磁石。前一種方法只適於製造小的條形磁石時使用，第二種方法則適於製造蹄形磁石，或大的磁石時使用。圖2所示的就是第一種方法，摩擦時沿着一一定的方向，如圖中箭頭所示。圖3所示的是第二種磁化方法，製造蹄形磁石時使用。照着上述方法製造成功的磁石，兩端的作用最強，是為磁石的極（pole）。試取一磁針，支住其中夾一點，使其取水平位置，並能在鉛直軸上自由轉動。當此磁針停止不動時，其方

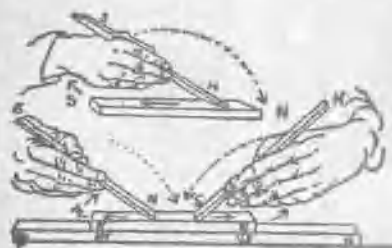


圖 2

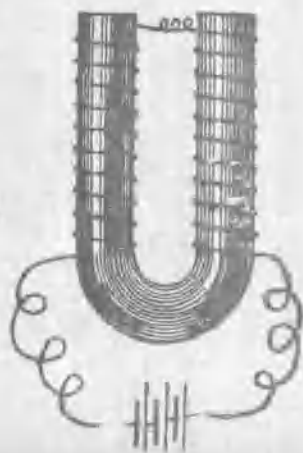


圖 3

向大致和地球的南北方向一致。指着地球南極的一端，稱爲磁石的指南極 (south seeking pole)，或簡稱南極 (south pole)，通常用 S 來表示。反對的一端，稱爲磁石的指北極 (north seeking pole)，或簡稱爲北極 (north pole)，通常用 N 來表示。同種的兩磁針，互相接近時，同名的極相斥，異極則相引。

第二節 磁感應

如使鐵塊和磁石的一端接近，則被磁石吸引。此時鐵塊也就變成了一塊磁石。假使其接近的磁石的一端，原是南極，則和此南極接近的鐵塊的那一端，就變成北極，較遠的一端則成爲南極。假如鐵塊是和磁石的北極接近，那麼鐵塊和磁石相隔最近的一端，就成爲南極，最遠的一端成爲北極。這是因爲鐵塊內的分子，受着磁石的作用，沿着其方向排列起來，成爲磁化所致。這樣的現象，通稱爲磁感應 (magnetic induction)。受了感應而成功的磁極，恆與引起感應的磁極相反。

通常的條形磁石，在同名極間作用的排斥力，總要比在異名極間作用的吸引力，略微小些。這

也是因爲磁感應的作用，卽是同名的極互相接近時，彼此都有使對方的一極變成度對的極的作用，結果遂將極的強度減弱。反之，要是異名的兩極互相接近，則同樣由感應作用，彼此都可使對方極的強度加強。

第三節 磁場

在磁石周圍的空間中，均當受磁力的作用，這個磁力作用的範圍，叫做磁場(magnetic field)。要表示出磁場內某一點的磁狀態必須知道在這一點的磁場方向和磁場的強度。今先就磁石的一極所造成的磁場來說，在這種磁場內的任意一點的磁場強度和距離的平方成反比例，和磁極的強度成正比例，其方向則和以磁極作中心所劃的球面垂直。以上是就一個單獨的磁極而言，要是同時有數個的磁極存在，或是對一個磁石的兩極而論，磁場的狀態就很複雜。

在磁場內任意一點上的磁場方向，是通過這一點，由一極引至他一極的曲線上，在此一點所引的切線的方向，其強度則用通過此一點所引的和磁場方向垂直的平面上，單位面積卽一平方

釐米內包含的磁力線數來表示。

第四節 磁力線

沿着磁場的方向，即由N極發出向着S極而去的方向引曲線，所引的曲線數則和磁場的強度成一定的比例，這樣得到的曲線，稱為磁力線（magnetic lines of force），這是一八三七年由法拉第題名的。

在磁石上面放一張平滑的紙，或玻璃板，再在其上輕輕的撒布鐵粉，各鐵粉受磁化後，均將其較長的一方，排列成爲磁場的方向。用這個方法，可以做成種種情況的磁場的圖，表示磁力線分佈的狀態。圖4爲單獨一個磁極造成的磁場，圖5爲兩個同名極合成的磁場。因爲兩極的中間，互相排斥的結果，磁場強度成爲零。所以在這裏的鐵粉，排



圖 4.

列不齊。圖6爲兩個異名極合成的磁場圖7和圖8，爲兩個同樣強度的條形磁石平行排列時合成的磁場。圖9爲兩磁石互相垂直一方的磁極，正對他一方的磁石的中央所成的磁場。圖10爲一蹄形磁石和一條形磁石合成的磁場，蹄形磁石的截而爲圓形，條形磁石則放在蹄形磁石的兩極之間。

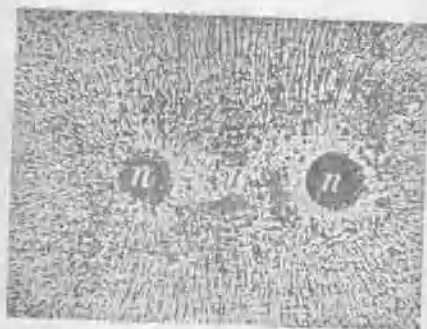


圖 6

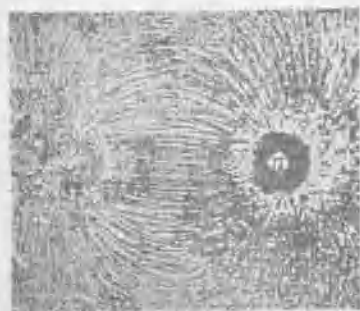


圖 7