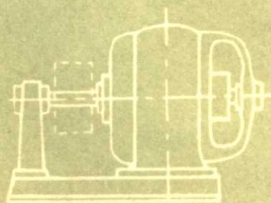


电机工人適用

电 工 学

第三分册 磁和电磁

章炎福 刘申永著



电力工业出版社

內 容 提 要

电机工人适用“电工学”，是專为具有高小至初中文化程度的电机技术工人編写的电工学的基础讀物，也可供非电机專業人員和轉業工作人員作为学习电工学的参考資料。內容由淺入深，从一般到具体，沒有高深的数学和理論，文字通俗易懂。

在第三分册里敘述了磁鉄的特性，通电导綫产生的磁場和电磁的特性，使讀者在学了这本书以后，对电磁感应和发电机、电动机的作用原理得到一个比較完整的認識，給繼續学习“交流电路”、“交流发电机”和“交流电动机”等几个分册打下基础。

电 工 学

第三分册 磁和电磁

章炎福 刘申永著

*

263D96

电力工業出版社出版（北京西郊科學路二里壽）

北京市書刊出版業營業許可証出字第 082 號

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店发行

*

787×1092 $\frac{1}{8}$ 开本 * 1 $\frac{4}{9}$ 印張 * 34千字

1955年11月北京第1版

1958年4月北京第7次印刷（108,811—138,830册）

統一書号：T15036·13 定价（第7类）0.19元

目 錄

第六章 磁	3
一、磁鉄	3
二、磁鉄的一般性質	4
三、磁場和磁力線	5
四、磁分子學說	7
五、剩磁	8
六、衛磁鉄	9
七、磁通和磁感應	10
第七章 電磁	12
一、通電導線周圍的磁場	12
二、電流和磁場的方向	12
三、單導線右手定則	14
四、線圈所產生的磁場	15
五、磁動勢和安培匝	18
六、磁化力	20
七、磁飽和	21
八、磁阻和磁導	23
九、磁滯	24
十、電磁鉄的应用	26
十一、在磁場中的通電導線	29
十二、電動機左手定則	31
十三、平行載流導線的相互作用	33
第八章 電磁感應	35

一、电磁感应概說	35
二、感应電動勢的方向	36
三、感应電動勢的大小	37
四、楞次定律	38
五、自感	39
六、互感	42
七、感应線圈	44
八、脈動电流和交變电流	45
九、導線切割磁力線產生感应電動勢	46
十、發电机右手定則	49

第六章 磁

一、磁 鐵

能够吸引鉄屑或鉄塊的物体叫做**磁鉄**。磁鉄分**天然磁鉄**和**人造磁鉄**两种。

天然磁鉄是具有磁性的礦物，如圖 1 所示。磁鉄在我國的發現是很早的，根据可靠的歷史記載，我們的祖先在兩千多年以前，就已經知道磁鉄能吸引鉄了。随着科学的发展，現在我們能造出各种式样的人造磁鉄，磁性比天然磁鉄强得多，所以，在現代工業上天然磁鉄已經毫無用处。

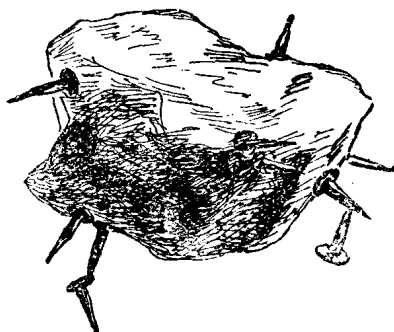


圖 1 天然磁鉄

將天然磁鉄放在鉄釘附近，鉄釘就被磁鉄吸住。

人造磁鉄的主要材料是鋼鉄，其次是鎳、鈷等金屬。

人造磁鉄又可以分为**永久磁鉄**和**暫時磁鉄**两种：永久磁鉄是經磁化後能長期保留磁性的磁鉄。最普通的人造永久磁鉄常製成条形、U 字形和馬蹄形，如圖 2 所示。暫時磁鉄只在被磁化時才有磁性；磁化停止後，所有的磁性就跟着消失。



圖 2 人造永久磁鉄

一般所說的磁鉄，多是指的永久磁鉄。

二、磁鉄的一般性質

磁鉄的一般性質有下列兩點：

(1) 北極和南極 把一根条形或蹄形磁鉄移近一堆鉄屑，磁鉄會吸引很多鉄屑。這些被吸引的鉄屑大部分集中在磁鉄的兩端，中段很少或完全沒有，如圖 3 所示。這說明磁鉄的兩端對鉄屑的吸引力最大，這兩端稱為磁極。



圖 3 磁鉄的兩極

如果用細線把条形磁鉄懸在空中，使它能在水平位置自由地轉動，我們可以看到：磁鉄旋轉到一定的方向就會停止；這時磁鉄的兩極有一極指南，另一極指北。如果再把它撥向其他方向，条形磁鉄的兩端還會自動地回到原來的方向：指南的一極仍舊指南；指北的一極還是指北。指南的一極叫作磁鉄的南極（或 S 極）；指北的一極叫作磁鉄的北極（或 N 極）。在地球上，其實只有在少數地區磁鉄才指向正南和正北。在大部分地區，磁鉄所指的方向多少總有些偏差：有的偏東，有的偏西（磁針所指方向的偏差，以磁針和正北方向的偏差為標準），但是大體上還是指南南北的。指南針就是小型的永久磁鉄。

(2) 同極性相斥，異極性相吸 在磁鉄指北的一極上寫一個北字（或 N ），指南的一極上寫一個南字（或 S ）。如果把另一根磁鉄的北極移近上述懸空磁鉄的北極，就見這兩個北極互相推斥，使懸空磁鉄的北極旋轉遠避，如圖 4 所示。要是把另一根磁鉄的南極輪流移近懸空磁鉄的兩極，就見兩個南極也互相推斥；但是一根磁鉄的南極和另一根磁鉄的北極則互相吸引。由此可知同性的磁極互相推斥，異性的磁極互相吸引。因此，我們只要有一個小型的指南針，就可以辨別任何磁鉄的南北極。當

指南針移近磁鐵的一端時，如果指南針的南極被吸引，那末磁鐵的這一端就是北極，另一端是南極。

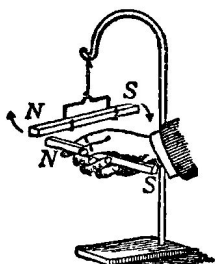


圖 4 磁鐵同極性相斥，異極性相吸

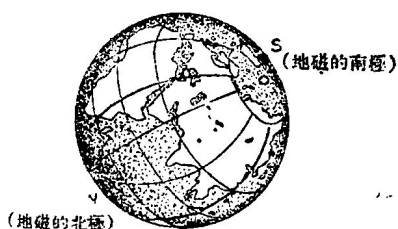


圖 5 地磁的南北極

地球是一個極大的磁體。地磁南極接近地球的北極；地磁北極則接近地球的南極，如圖 5 所示。這就是指南針所以會指向南北的原因。

三、磁場和磁力線

在条形磁鐵上放一塊玻璃片或紙板，再撒上一些鐵屑，鐵屑因受到磁鐵的吸力，就排成如圖 6 甲所示的線條，這些線條可以當作是圖 6 乙所示的那樣。雖然鐵屑並沒有和磁鐵接觸，但是在磁鐵周圍的一定範圍內，鐵屑仍受到磁鐵磁性的影響。磁鐵所能影響的範圍叫做磁鐵的磁場。

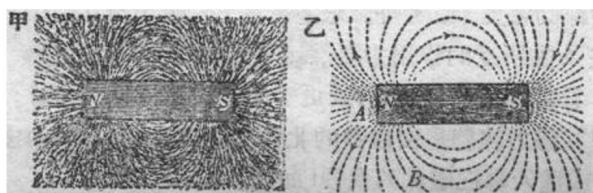


圖 6 条形磁鐵的磁場

為了便於分析磁場的分佈情況和特性，我們在研究時假定磁場內沿圖 6 乙所示鐵屑排列的方向有磁力線存在。鐵屑或指南針在磁場中所以會有規則地排成線條是因為受到磁力線的作用。

要是把一些指南針放在一磁鐵的磁場內，我們可以根据指南針所指的方向來確定磁場或磁力線的方向。圖 7 中，每一個圓圈內的小箭代表一個指南針，習慣上我們總是以箭頭代表北極，尾羽代表南極。根據指南針所指的方向，我們規定磁力線的方向是由磁鐵的北極出發，回到南極。

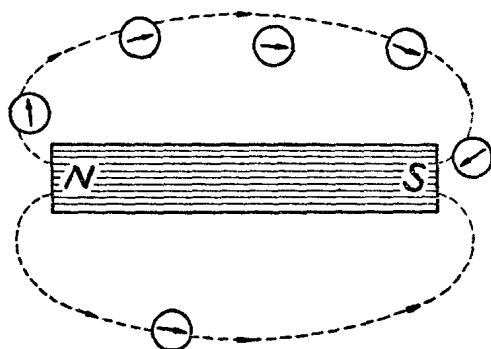


圖 7 用指南針來確定磁力線的方向

由實驗可知，磁針或鐵塊在磁場內所受到的吸力或推斥力和磁力線的密度（或者叫做磁通密度）有關。圖 6 乙中，磁針或鐵塊在 A 點所受的作用力顯然比 B 點為強。

再看圖 8，我們可以看到更多的關於磁力線的特性：

(1) 磁力線總是由磁鐵的北極出發，回到本身的南極（如圖 8 甲），或進入鄰近磁鐵的南極（如圖 8 乙）。

(2) 在磁鐵的內部，磁力線是由南極到北極的（如圖 8 甲）。

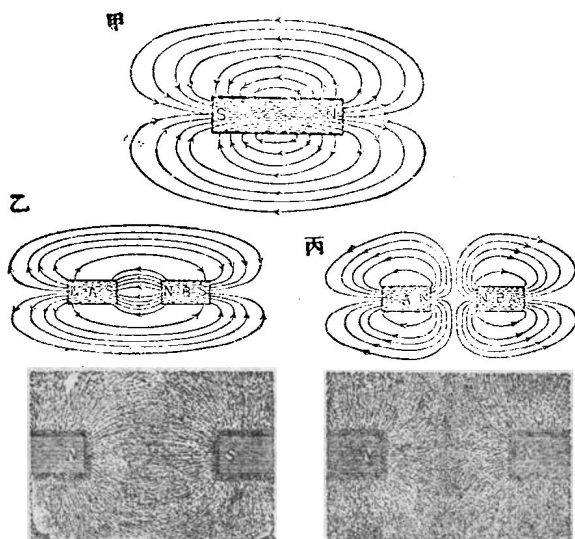


圖 8 磁力線的特性

(3) 磁力線具有縮短長度的傾向。這就是異性磁極相吸的原因(如圖 8 乙)。

(4) 磁力線並不互相交叉，並且具有互相向側面排擠的傾向。這就是同性磁極相斥的原因(如圖 8 丙)。

四、磁分子學說

雖然到現在為止，科學家們對於磁的認識還不能說是已經完全明白，但是一般磁的現象，可以比較簡明地用磁分子學說來解釋。

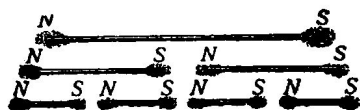


圖 9 磁鐵分成多段

圖 9 表示把一根已經磁化了的鋼針或条形磁鐵折斷，所以分成兩根完全的磁鐵；每段磁鐵

各有一个南極和北極。如果把這兩段鋼針再折斷，也將得到同樣結果。由此可見任何磁鐵不可能只有一個單獨的南極或北極。磁分子學說就是假定凡是可以被磁化的磁性物質都是由許多很小的分子磁鐵所組成。在未經磁化的鐵塊或鋼塊裏，分子



圖 10 磁鐵未經磁化，分子磁鐵排列混亂



圖 11 磁鐵經磁化後，分子磁鐵排列整齊

磁鐵排列得非常混亂。這些分子磁鐵也可能互相牽連成許多小集團，如圖 10 所示。鐵塊或鋼塊經磁化後，分子磁鐵就排列整齊，如圖 11 所示。如果將一根磁鐵的一極（例如北極）在另一根未經磁化的鋼條上順着一定的方向摩擦，如圖 12 所示，分子磁鐵就開始有一些整齊的排列，於是鋼條也呈現磁性。圖中鋼條右端成為南極，左端成為北極。

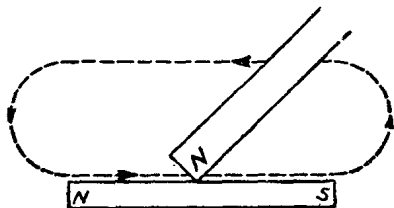


圖 12 用摩擦法磁化鋼條

如果永久磁鐵受到震擊，它的磁性會減弱。要是

加熱到 750°C 左右，它所帶的磁性會全部消失。這是因為排列整齊的分子磁鐵被攪亂了。另一方面，在磁化鋼塊時，加熱或震擊却有助於它的磁化，因為加熱或震擊可以幫助折散分子磁鐵的小集團。

五、剩 磁

將未經磁化的小型軟鐵和硬鋼各一塊分別吸在 U 字形磁

鐵的兩極。它們的分子磁鐵將排列得相當整齊。因此，當鐵屑移近鋼塊和鐵塊的下端時，可發現鋼塊與鐵塊都吸起不少的鐵屑；鐵塊吸引的鐵屑比鋼塊多，如圖 13 所示。把鐵塊和鋼塊由磁鐵下端移去，則發現原來被鐵塊吸住的鐵屑幾乎全部脫落；至於被鋼塊吸住的鐵屑，雖然也有些脫落，但是大部分還能夠保留，並且能長時期地保留。

根據以上現象，可知鐵塊與鋼塊雖然在同樣長短的時間內接觸到強度相等的磁極，但是由於鐵塊的分子磁鐵比鋼塊的容易排列整齊，所以鐵塊能吸引較多的鐵屑。另一方面，在鋼鐵脫離磁鐵的影響後，鐵塊的分子磁鐵又立刻混亂起來，幾乎失去全部磁性。至於鋼塊的分子磁鐵因為有一部分還保持着整齊的排列，所以仍能保留相當強的磁性。當然，這時的磁性比在磁鐵影響下要減弱一些。

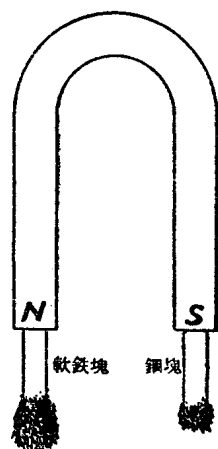


圖 13 用感應法磁化鐵塊和鋼塊

磁化停止後，鋼鐵所保有的磁性叫做剩磁。鐵塊的剩磁很少；鋼塊的剩磁較多。永久磁鐵能保有很多的剩磁；暫時磁鐵的剩磁很少或者基本上沒有。

六、衛 磁 鐵

一塊隨意放着的磁鐵，經過較長的時間，原有的磁性往往會逐漸減弱。尤其是短的磁鐵，減弱得更加迅速。這主要是因磁鐵中相鄰的分子磁鐵所處的方向相同，相互推斥，使整齊的排列逐漸混亂起來，再形成許多極小的集團，尤其是近磁極處。

衛磁鉄(銜鉄)是放在磁鉄兩極之間的軟鉄塊。使用衛磁鉄的目的是使它和磁鉄的分子磁鉄在一个閉合的磁路中互相牽連,如圖 14 所示。圖 15 表示条形磁鉄的正確貯藏或放置方法。

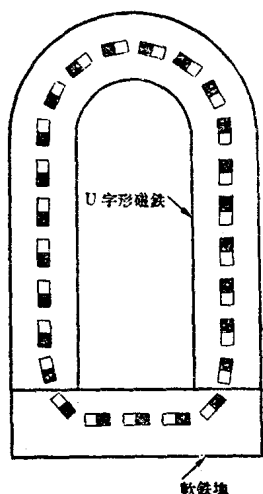


圖 14 衛磁鉄和磁鉄的分子磁鉄互相牽連

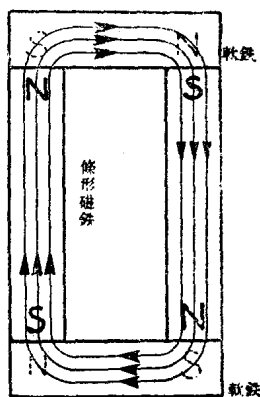


圖 15 条形磁鉄的正確放置方法

七、磁通和磁感應

圖 16 表示兩極間通過許多磁力線。通過某垂直面積 S 的

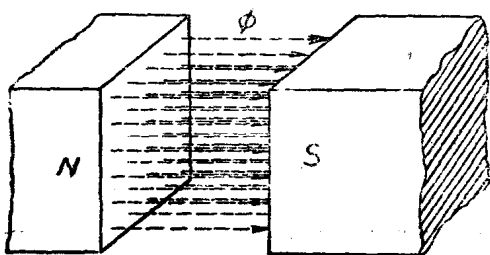


圖 16 磁通

磁力線數叫做磁通，用希臘字母 ϕ (讀如飛) 來代表。磁通以馬克斯威為單位。我們也時常直接用磁力線數(或線數)來說明磁通的多少。1 馬克斯威就是我們平常所稱的一根磁力線。

磁感應量或磁通密度表示穿過單位面積(與磁力線方向垂直)的磁力線多少，用字母 B 來代表。我們常用每平方公分穿過幾根磁力線來說明磁感應的大小；這個單位叫做高斯。磁感應(或磁通密度) 1 高斯表示每平方公分有一根磁力線穿過，也就是每平方公分 1 馬克斯威。如果每平方公分有 5000 根磁力線垂直穿過，那末磁感應量或磁通密度就是 5000 高斯。

在磁場或鐵心中，我們常需要計算某一面積 S 內所有的磁通。在計算時，只要將磁感應量(或磁通密度) B 與面積 S 相乘，就可以算出通過該面積磁通或磁力線的總數。圖 17 中，假定磁感應量(或磁通密度) $B=8000$ 高斯(每平方公分有 8000 根磁力線穿過)，截面積 $S=90$ 平方公分，那末磁力線總數 $\phi=8000 \times 90=720\,000$ 線(或 720 000 馬克斯威)。

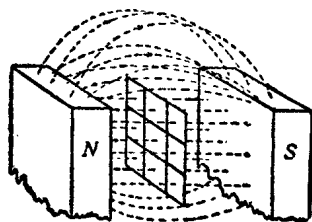


圖 17 磁通的計算

地磁的磁通密度是 0.5 高斯左右(每平方公分有半根磁力線，也就是每 2 平方公分有 1 根)。永久磁鐵的磁通密度約在 4000 至 7000 高斯之間；發電機或變壓器鐵芯的磁通密度約在 10 000 至 12 000 高斯之間。

習 題

1. 怎樣用指南針來辨認磁鐵的南北極，為什麼？
2. 磁力線具有那些性質？

3. 磁分子學說的內容是什麼？

4. 銻磁鐵有什麼作用？

5. 什麼叫做磁通和磁感應？

第七章 電 磁

一、通電導線周圍的磁場

當電流在導線中通過時，導線的周圍就有磁場產生。我們可以用鐵屑來做下面的試驗：

將導線穿過一塊紙板，如圖 18 所示，並使電流通過這根導線，

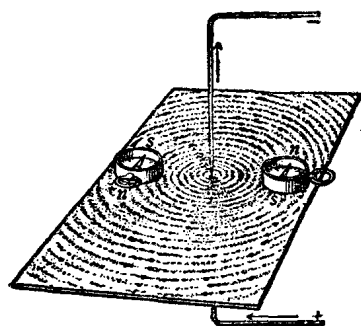


圖 18 通電導線周圍的磁場

然後在紙板上撒上一些鐵屑。我們可以發現，鐵屑會有規則地團團圍住導線，形成許多同心圓環。如果把紙板上下移動，並不會影響鐵屑的排列。這說明整根導線的周圍都有磁場存在。

這些圓環似的磁力線好像在靜水中投下石塊時所產生的波紋，近導線處，磁力線排列得很密，是磁場最強的的地方。離導線愈遠，磁力線排列得愈稀，磁場也愈弱。

在另一方面，如果導線中通過的電流愈大，所產生的磁場也愈強。這和石塊的大小影響水波高低的情形也有些相似。

二、電流和磁場的方向

假定在上述導線的周圍放置幾個指南針，把導線的上端聯

接到電池的正極，下端聯接負極，使電流由上而下時，指南針北極所指方向是順時針方向。如果將導線所接電池兩極互換，使電流由下而上，所有指南針的北極便一律轉為逆時針方向（參看圖 18）。可知導線四周磁力線的方向決定於電流的方向。

我們常用箭符號來表示電流的方向。在一般線路圖中所畫的導線，如果用箭頭來表示電流的方向，當然十分明顯；但是有時也需要畫一些截面圖，用來表示與書本垂直的導線，就必須用兩個適當的符號來表示流向讀者或是離開讀者的電流。

比較圖 19 甲、乙兩圖，甲圖明顯地指出電流的方向是向外，即向着讀者的。如果把導線的近處截斷，我們可以設想能看到箭頭的尖端。因此就用一個圓圈來表示導線的截面，在圓圈中加一點來表示「向讀者」的電流。相反地，乙圖明顯地指出電流的方向是向內，即離開讀者的。如果把導線的近處截斷，我們可以設想能看到箭尾的羽毛。因此，在圓圈中加一個“×”來表示「離讀者」的電流。

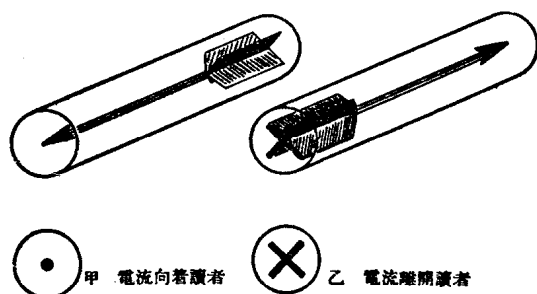


圖 19 表示電流方向的兩個符號

圖 20 表示兩根與書本垂直的導線。這裏除了表示電流的方向之外，還表示出所產生的磁力線的方向。

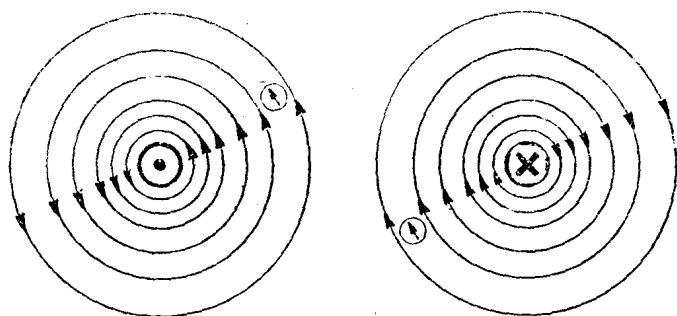


圖 20 導線電流方向和磁力線方向

三、單導線右手定則

單導線中通过的電流和電流通過時所產生的磁力線方向，可以假想用握住導線的右手來幫助記憶。如圖 21 所示，用右手握住導線，使拇指符合電流的方向，那末，其餘四指所指的方向就

磁力線方向

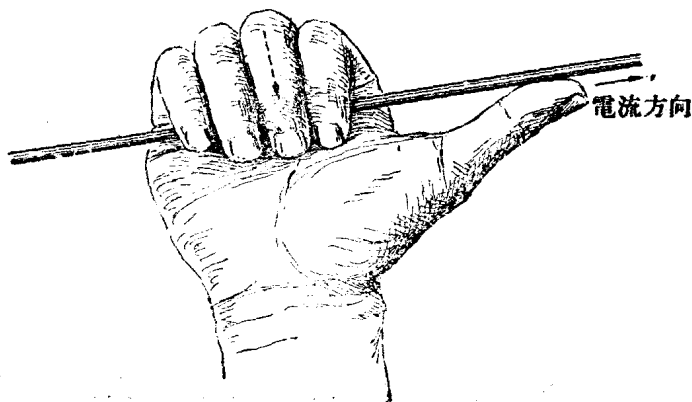


圖 21 單導線的右手定則

是磁力線的方向，這叫做單導線的右手定則^①。如果我們已知導線周圍磁力線的方向，也可以用這個定則來確定電流的方向。

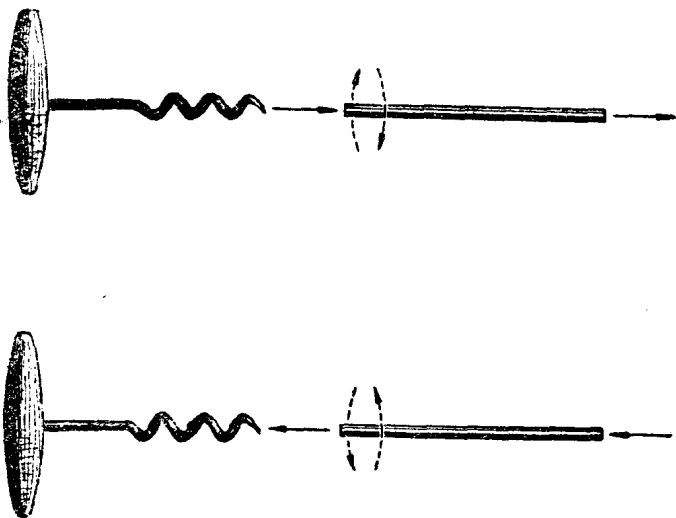


圖 22 單導線的右螺旋定則

在圖 20 中，我們可以用右手定則來核對磁力線的方向。在核對右圖時，右手的拇指向上，表示電流由書本中流出。在核對左圖時，右手的拇指向下，表示有電流進入書本。核對時必須用右手。

四、線圈所產生的磁場

把導線彎成圓圈，同時使電流通過導線，如圖 23 所示。這時我們不論用鐵屑，指南針或者應用單導線右手定則，都可以知

^① 導線磁場的右手定則也可以用右螺旋定則來代替，如圖 22 所示。如果螺旋前進或後退的方向是沿著電流的方向，那末螺旋柄旋轉的方向，即表示導線周圍磁力線的方向。