

58.27
X2M
102726

物理基本知识

地磁知识

徐 靜 明



科学普及出版社

本書提要

地磁是一門發展得最早的科学，我們祖國的古代科学家，在很早以前就发明了指南針，并对磁針的偏角和磁偏角也有过研究。靠着这一知识，我們的祖先曾經远航到南洋，最远的曾經到过非洲东海岸，并傳到了欧洲大陆，哥伦布利用了它，才发现了新大陆。从19世纪以来，随着世界航海事业的發展，对于罗盘和地磁知識的要求也日益提高。直到現在，这門知識仍在不断的發展中，并且应用的范围更广，如磁力探矿、航空磁测，在国民經济建設中都起了很大作用。在今年的国际地球物理年的觀測項目中，对于地磁的觀測和研究，也是其中重要的項目。

在本书小冊子里，对有关磁的一般性質、地球的磁場、地磁变化、地磁測量及地磁知識的应用等，都作了較詳細的介紹。

本書引用了苏联雅諾夫斯基和卡拉什尼科夫等地磁專家的理論和資料。本书是我社物理基本知識叢書之一，全書通俗易懂，可供一般干部及地質、勘探方面的干部及技術人員閱讀，也可作为高中學生的課外輔助读物。

書号:503

地磁知識

著者：徐 靜 明

出版者：科学普及出版社

(北京市西便門外大街)

（中国科学院物理研究所图书馆藏）

發行者：新华书店

印刷者：崇文印刷厂

开本：787 × 1092 5/8
1957年6月第1版
1958年4月第2次印刷

印张：12
字数：10,000
4,321—5,723

統一書号：13051·43

定 价：(9)1角1分



C0005269





C0005269



磁的基本知識

在兩千多年以前，我們的祖先發現了一種礦石，它能夠吸鐵，就給它起個名字叫“慈石”（因為它吸鐵像慈母愛子一樣）。後來發現，普通的鋼鐵，經過處理，也能具有吸鐵的本領。這種能吸鐵的鋼鐵，叫做磁鐵，通常人們把它叫做“吸鐵石”。

如果在桌面上撒層鐵屑，再把磁鐵棒放到上面，當你再拿起磁鐵棒的時候，就會見到棒上吸着好些鐵屑，中間少，越往兩頭越多。可見磁鐵的兩頭磁性最強，人們就管這兩頭叫“磁極”（圖1）。



圖1 磁石吸引鐵屑。

你把磁鐵棒的兩頭，分別作上記號，然後把它水平挂着，讓它能够自由轉動，當它靜止的時候，一頭指南，另一頭指北。無論你怎樣撥弄，當它靜止下來，指北的一頭仍舊指北，指南的一頭還是指南。可見兩個磁極的性質是不一樣的，我們就管指北的一頭叫“北極”（或N極），指南的一頭叫“南極”（或S極）。

這種吸鐵和指南北的性質叫做磁性。凡是有磁性的物體，就叫做磁體。

如果把磁鐵棒的一頭，移近能自由轉動的磁針，就會發現北極跟北極（或南極跟南極）互相推斥（磁針跑開），北極跟南極互相吸引（磁針靠攏）。人們發現，磁體在相互作用時，總是同性磁極互相推斥，異性磁極互相吸引。

普通的鐵釘，並不吸鐵。但當它被磁鐵吸起時，這鐵釘又能吸起第二個鐵釘，第二個又能吸第三個，這樣吸着一串，可見鐵釘這時也有磁性了。這種現象叫“磁感應”，由於磁感應，鐵釘被“磁化”了。鐵釘在磁鐵的近旁就能磁化，所以一般手錶千萬別放

41m26/09

在磁鐵的旁邊。

如果把磁鐵棒移向可以轉動的磁針，磁針就要擺動，离得越近，作用力越大。無論中間隔着什么东西——玻璃、木头、牆等等，磁針依然要受磁鐵的吸引。就是把兩個磁體放到真空中，也可以發現它們还在相互作用，這証明磁鐵的周圍，是有磁力在作用着。我們把磁體周圍有磁力作用的空間，叫做“磁場”。

磁極磁性的強弱，一般是不一样的，磁極磁性的強弱叫做磁極的磁極強度。把兩個相等的磁極放在真空中，相距1厘米远，如果它們間相互作用的力是1达因时，我們就說它們的磁極強度是單位磁極強度。

把一個單位磁極，放在磁場里的不同各点，它所受的作用力的大小和方向，一般都是不一样的；但对磁場固定的一点來說，却是一定的。作用力大，我們說那里的磁場強；作用力小，就說那里的磁場弱。我們就用單位磁極在磁場里所受作用力的大小和方向，來說明磁場各点強弱不同的性質，这个量叫做磁場強度，当單位磁極在磁場某点所受的作用力为1达因时，这点的磁場強度叫1奧斯忒，它是磁場強度的單位。如果單位磁極，在某点所受的作用力是5达因时，該点的磁場強度就是5奧斯忒，这5达因力的方向，就是該点磁場強度的方向。从實驗知道，一根細長的導線，通上10安培的电流，在跟導線垂直距离2厘米远的地

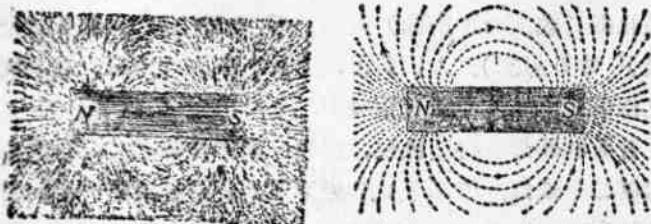


圖 2 条形磁鐵的的磁場和磁力線。

方，磁場強度就等於1奧斯忒。磁場強度既然是以力的大小來表示，力是矢量、所以磁場強度也是矢量，當然也要用矢量運算的法則來運算它。例如磁場強度就可以在立體座標中，把它分解成三個垂直方向的分強度。

研究磁場，主要是為知道磁場各點的磁場強度的大小和方向。磁場的方向，可以用小磁針顯示出來。把小磁針放在磁場中，當它靜止的時候，它北極所指的方向，就是該點磁場強度的方向。把磁針在各處靜止時的方向聯結起來所成的綫，叫做磁力綫。不用磁針而用鐵屑實驗時，磁場的磁力綫如圖2。

大約在兩千多年以前（春秋戰國的時候），我們的祖先，發現了磁石有指南北的性質，就利用它來作指示方向的工具（圖3）。到戰國後期，就有了“司南”（圖4）。它是在24方位的銅盤上（天地盤），放一個用天然磁鐵做成像湯匙樣的杓子，柄的一頭是

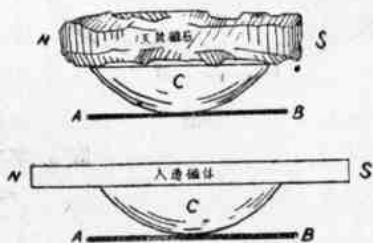


圖3 天然磁石和人造磁石。

南極，杓的一頭是北極。當時得到了廣泛的應用。到漢代又把它叫“指南”。在10世紀的時候，就利用人造磁鐵製造指南魚（圖5）。它是把鐵片剪成魚的樣子，四邊翹起，所以能

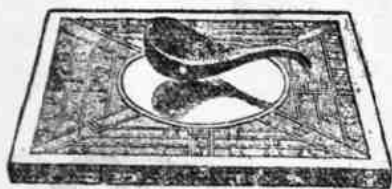
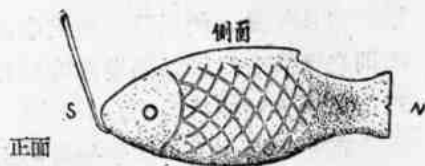
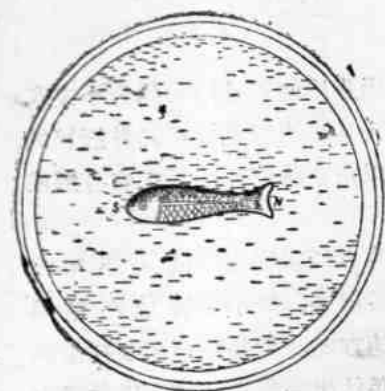


圖4 司南。

浮在水面；因為它和水面的摩擦很小，可以自由轉動，能很靈敏地指示南北。到宋代才出現了用針尖頂着的磁針叫做“指南針”。它的原理，就是現代羅盤的原理，不過現代航空、航海用的羅盤，比它精密複雜得多了（圖6）。



剖面

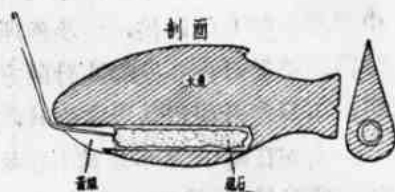


圖 5 我国古代指南魚。

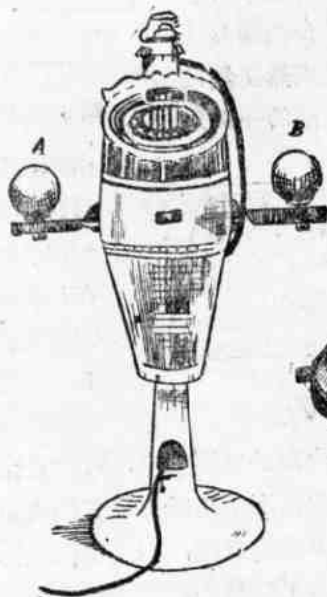
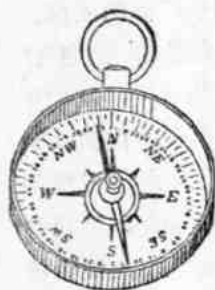


圖 6 左—普通古代罗盤；右—現代航海罗盤。

地球的磁場

在地球上的任何地方，磁針都指示着一定的方向。這證明地球是一塊大磁體，地球的周圍有一個磁場，這個磁場就叫做“地磁場”。

我們試用一個普通的小磁鐵尺來做實驗，它的兩頭的磁極強度為40個單位磁極，長約10厘米，把它放在一個直徑為20厘米的皮球里，這時球面各處的磁場強度，跟地球表面上相應各點的地磁場強度來比較，大小和方向幾乎完全一樣，只不過球的規模大小有所不同罷了。

早在16世紀，英國有個醫生叫做吉伯的，他在一個均勻磁化

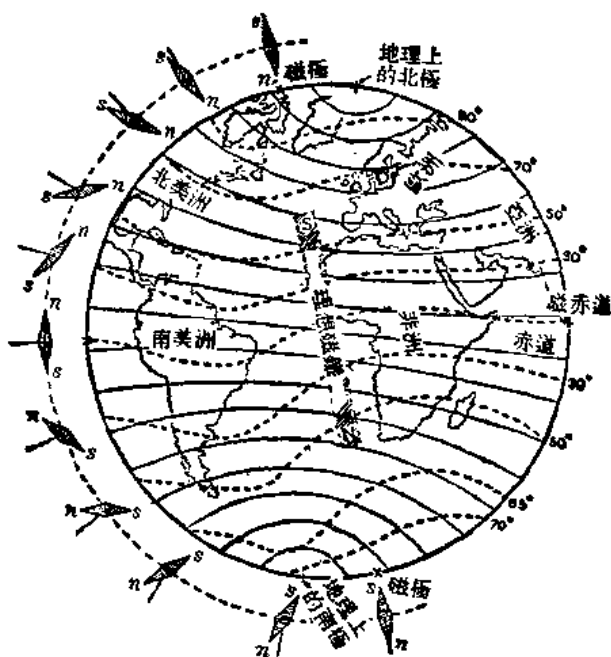


圖7 地球是一個大磁體。

后的磁鉄球四周用一根小磁針試驗測量，發現磁鉄球表面磁場跟地磁場完全一樣，因此他推斷地球本身是一個巨大的磁體（圖7）。這種推想後來為實際測量所証實。他並且根據同名磁極相排斥，異名磁極相吸引的道理，知道地球的南北磁極，和地理的南北極恰好是相反的。由於對地磁場的測量，又發現了地理上的子午綫和磁針軸綫延長方向的地磁子午綫並不一致，而是有一定的夾角，這個夾角叫做磁偏角（圖8）。地面上各處磁偏角的大小並不是完全一樣的。

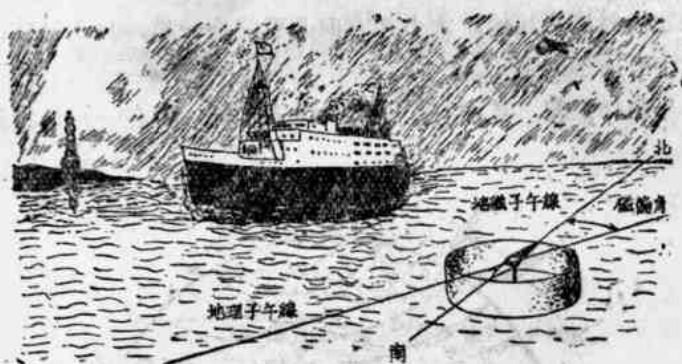


圖8 磁偏角——地磁子午綫和地理子午綫間的夾角。

磁偏角也是我國最早發現的。遠在唐代和宋代就有人知道磁針所指的方向和地理上所指的方向，是存在着一些偏差的，如宋代學者沈括所著的“夢溪筆談”和其他史冊都有記載。

關於磁針性質的認識，在歐洲要晚得多。離現在400—500年前，歐洲還有人認為磁針是指向北極星的，並且說是它的尾巴被北極星拉住了。直到15世紀末，哥倫布作環球航行以後，才發覺磁偏角在各處是不同的。因此被北極星吸住的謬說才沒有人相信了。

地球磁場的另一個要素就是磁傾角。關於磁傾角原理，早在16世紀人們就知道了。例如懸挂的磁針，並不正是水平的，而

和水平面形成一定傾斜的角度，这个角度就叫做磁傾角（圖9）。磁針在磁赤道上是完全水平的，它的傾斜角等于零；在地磁兩極，磁針是直立的，磁傾角等于 90° 。

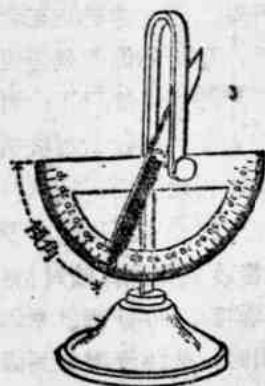


圖 9 磁傾儀。



圖 10 地磁場強度的水平部分和垂直部分。

磁針如果不放在地球的磁極或者磁赤道上，磁針就不跟水平面平行，也不垂直，而跟水平面呈一定的傾斜。為了便於表示該地的地磁場強度，通常把它分成水平強度和垂直強度（圖10）。地面上的磁場水平強度，在兩極的地方等于零，在磁赤道處最大。而垂直強度剛好相反，在兩極的地方最大，在磁赤道地方等于零。

實際測量的結果，在磁赤道地磁總強度約等于0.3—0.4 奧斯忒，這裡垂直強度几乎等于零，水平強度就等于該點總強度。在兩磁極處總強度比0.6 奧斯忒稍大一些，這裡水平強度几乎等于零，垂直強度就等于該點總強度。這跟上面作比較的皮球表面的磁場強度，差不多一樣。

以上談的是地球磁場的基本知識。但是地磁場是變化的，變化的情形很複雜，我們在後面就要談到。

地磁知識的应用

上面已經提到，地磁各个要素的数值在地球上的各个地方是不一样的(实际上即使在同一地点各要素也随时在变动中)。讓我們来作一次世界旅行吧！从天津乘船向东行駛，罗盤磁針比正北方向偏西 5 度；当轉过山东半島向西南前进，磁針的偏差就慢慢地减小，經上海、台灣到香港时竟由偏西 3 度降到 1 度以下；当船在南中国海的时候，磁針就变成偏东一点点；經過新加坡进入印度洋，到达錫蘭科倫坡的时候，磁針又慢慢地偏西；进入紅海通过苏伊士运河的时候，磁針又稍稍偏东；經地中海出直布罗陀海峡，磁針又偏西 10 度左右；船經倫敦橫渡到美洲大陆时，竟偏西 24 度左右；在美洲古巴地区磁偏角为零度；向南到巴拿馬运河，磁針又开始偏东 4 度左右；过檀香山时，先逐漸增加到偏东 12 度后又逐漸地减小到几乎零度；最后經過日本橫濱回到我国天津港口的时候，磁針方位又恢复到偏西 5 度左右了。

在这里所說的只不过是一个大概的情况，实际上各地磁場强度的測量并不是那样簡單。为了便于明白地磁的分布，研究磁場时，常用各要素的等值綫来表示。就是把地面上同要素同数值的各点用曲綫連接起来。这种地圖叫“地磁等值圖”。如磁偏角同一数值的各点连成的曲綫，叫做等偏綫圖(圖 11)。水平强度数值相同的曲綫，叫做水平等力綫圖。垂直强度数值相同的曲綫，叫做垂直等力綫圖(圖 12, 13)。其他如等傾綫圖、向北强度等力綫圖、向东强度等力綫圖和总强度等力綫圖等。

前面已經講到，地磁在地表各点的数值是随时在变动的。因此，各要素的地磁等值圖的繪編，必須有一定的時間。通常采用在一年的中期(7 月 1 日)为特定时期，这个时期就叫做年代。近代地磁等值圖通常是間隔五个年代繪編一次。如 1940 年代、1945 年代的地磁等值圖，以及苏联編制的 1950 年代的地磁等值

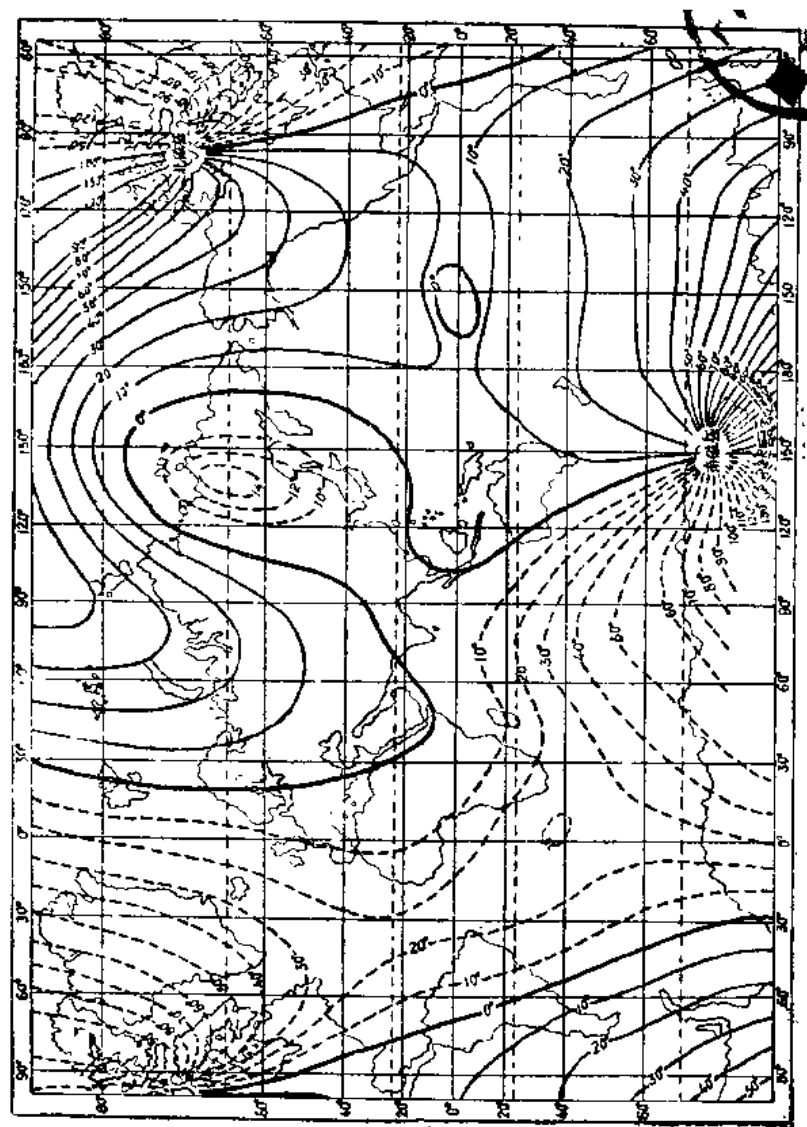


图 11 1950 年代等温线图。

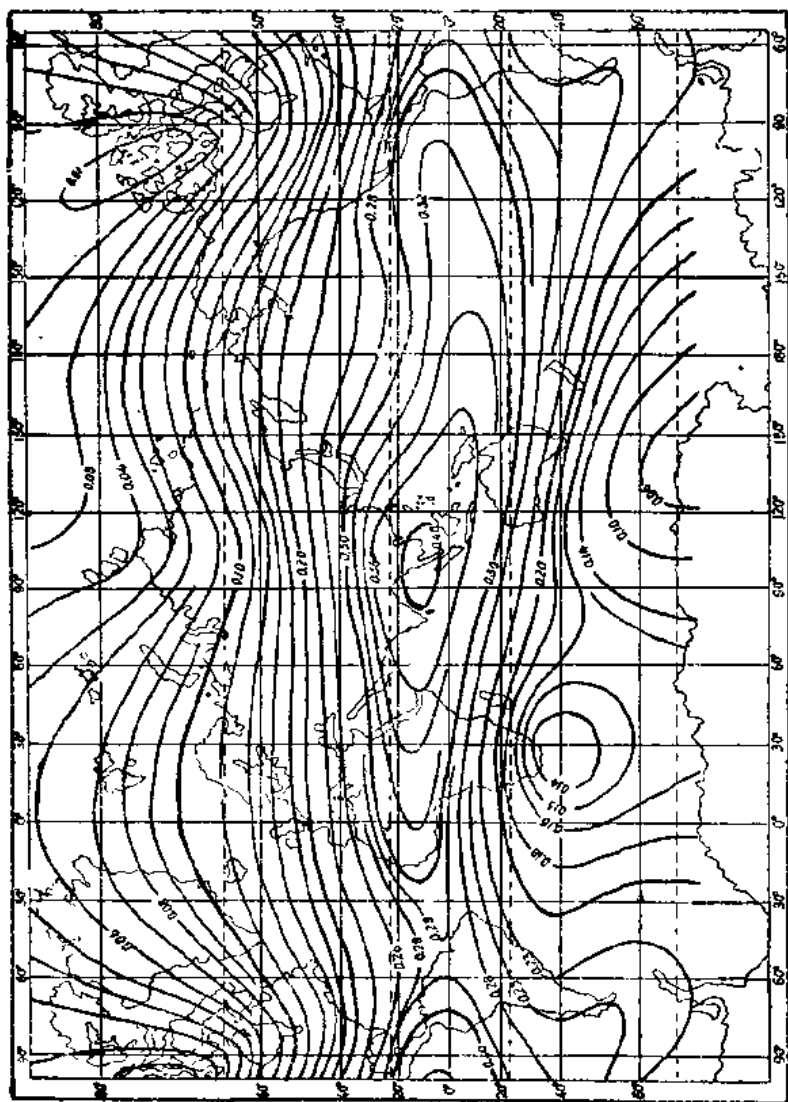


圖 12 1950 年代地盤等水平分力綫圖。

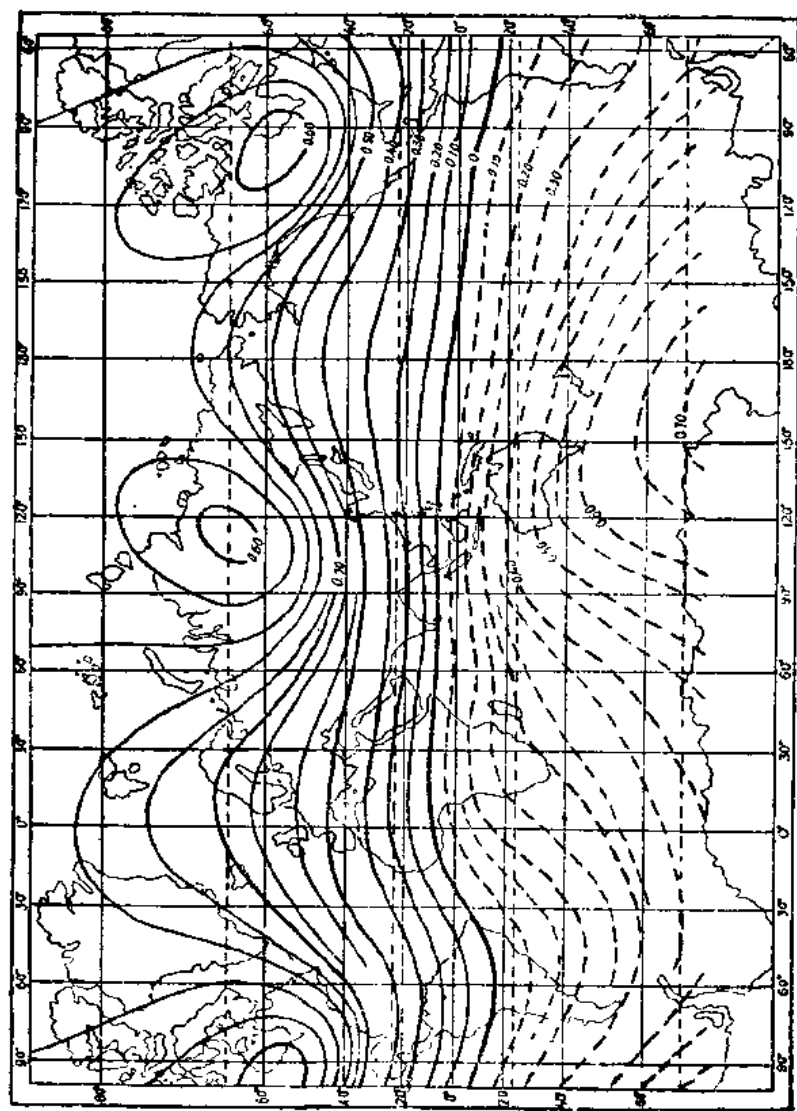


圖 13 1950 年代地磁等垂直分力綫圖。

圖（如圖 11、12、13 為 1950 年代地磁圖）。

地磁等值圖一般可分為地區性、全國性和全世界性的。這些地磁圖的繪編，對於國防和國民經濟建設方面如航海、航空、通訊、磁法探礦等，都有極密切的關係。

我們細看一下這些地磁圖，顯然地這些曲綫是合乎某種規律的。例如從 1950 年的世界等偏錢圖看來，許多等值的曲綫都是由地球上一端出發，伸到對蹠的另一個端，像地理子午綫一樣，那對蹠的兩端，叫做地球磁極。一個叫磁南極，一個叫磁北極。

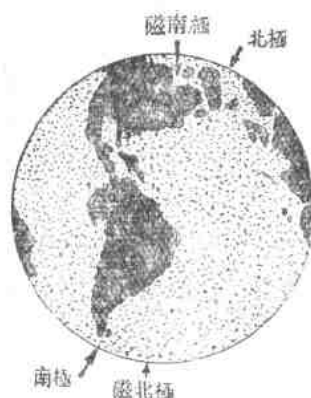


圖 14 地球磁軸與地軸的位置。

磁南極在北緯 72° 西經 96° 的加拿大北面維爾士太子地方附近；磁北極在南緯 70° 東經 150° 的南極洲（圖 14）。可見地磁的兩極跟地理的兩極并不在一塊兒。

由觀測計算的結果，知道二磁極的位置并不是固定不變的（表 1）。

從表 1 看來，在 1922 年到 1950 年的 28 年間，磁北極的位置相差緯度 1° ；而磁南極的位置竟差緯度 2° ，經度也差了 4° 。它的變

表 1 各年代地球二磁極的地理位置

年 代	1600	1700	1770	1829	1885	1900	1922	1950
北極 {	緯度	$78^{\circ}42'$	$75^{\circ}51'$	66°	$73^{\circ}21'$	$69^{\circ}57'$	$69^{\circ}18'$	71°
	經度	$59^{\circ}00'$	$68^{\circ}48'$	104°	$93^{\circ}56'$	$182^{\circ}45'$	$96^{\circ}37'$	96°
南極 {	緯度	$81^{\circ}16'$	$77^{\circ}12'$	—	$72^{\circ}40'$	$73^{\circ}45'$	—	$72^{\circ}25'$
	經度	$169^{\circ}30'$	$155^{\circ}15'$	—	$150^{\circ}45'$	$153^{\circ}00'$	—	$154^{\circ}00'$

動的規律和產生變動的原因，目前還不清楚。

我們從圖上還可以看出一種特殊現象，叫做區域性磁極。如亞洲大陸地區的等偏綫形成了橢圓形的閉口曲綫；它的總強度等於地球磁場總強度的三分之一；它有二個對蹠的磁極，磁南極朝上、磁北極朝下，它比地球的兩大磁極要小得多；它的中心位置，大約在蒙古人民共和國境內。其次，在非洲的西岸、南印度洋、北美洲、北太平洋、澳洲南部等五個地區，也有區域性磁極，不過它們的總強度却小得多，尤其是後面三個，並且磁極的方位也是互不相同的。

地磁場的變化如果從某些幾平方公里到一平方公里的很小塊地方來看，顯得更為複雜。這些地方的磁場總強度，可以相差到幾千伽瑪（1奧斯忒等於10萬伽瑪，因為地表磁場相對變化數值較小，通常採用伽瑪單位來表示），因為這些地區的磁場異變較大，所以常把它叫做磁亂區。

關於磁亂區的研究，在17世紀就已經萌芽了。當時用簡單的磁性儀器——羅盤來找尋埋藏不深的磁鐵礦，因此只有在礦體的附近才能觀測到較明顯的磁亂現象。到了19世紀，隨著科學技術的發展和磁性儀器的改進，又發現許多同樣的磁亂現象，後來這門知識才逐漸豐富起來。

產生磁亂區的原因是什麼呢？經學者們研究，知道地面的礦山有兩種性質：（1）天然礦石在地磁場中會逐漸磁化，但各種礦體磁化的程度是不一樣的，叫做“礦體的磁化率”；（2）磁化後的礦體，有保持磁化的能力，也就是礦體具有剩磁。如果地下埋着大量的天然礦體，在地磁場中受到磁化或具有顯著的剩磁，對靠近該處地面上的磁針，就會發生強烈作用，很快地改變了磁針的正常的正常位置。因此，礦體在地磁場中逐漸受到磁化所形成的磁場，就會重疊在正常的地磁場上面，在該處地面上就產生磁亂現象。利用野外測磁儀器，探測磁性礦體和地下岩層構造，就是

根据这个道理。苏联库尔茨克地方就显出較大的磁乱现象（圖15），在那里找出了世界聞名的大磁铁矿。

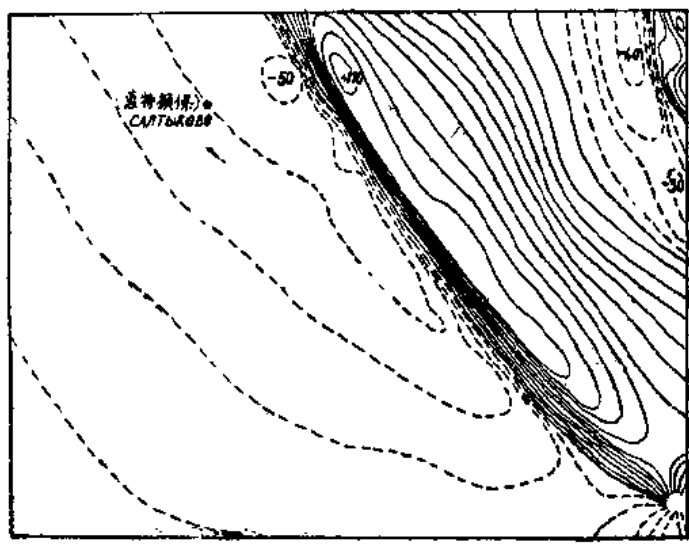


圖 15 庫爾茨克磁乱区等偏綫圖。

地磁的野外測量，最早是在海洋上進行的，主要是測定各處磁偏角的变化。后来由于地磁的实际应用上和地磁理論研究上的需要，才慢慢由海洋轉到大陆。在大陆上的地磁測量，虽然有着日新月異的进步和發展，但是运用飞机磁測，还是最近几年的事。世界上首先应用磁强計进行空中磁測的是苏联地球物理学家A. A. 罗加契夫。他所用的仪器是一个等速旋轉的架子，四周繞着許多电綫，这种絕緣电綫在旋轉时所产生的感应电流和該地点的地磁場强度成正比。地磁場强度愈强所产生的感应电流也就愈大。因此如某一地区地磁場發生了强烈变化，所产生的感应电流也就随着改变。这样在飞机上的观测員只要把飞机所經過各地点的时间 and 感应电流的数值記在圖上，就可以測出某地点在某時刻

的地磁場的強度。用飛機進行地磁測量，可以在廣大地區內，用較短的時間完成。這對於地磁理論研究和磁法探礦，都是較好的方法。尤其在土地廣大、資源情況不明的國家里，特別需要它。

近幾年來，又發展了一種新型的磁力儀器，它是根據核子在未知磁場中旋進的頻率，來測定磁場的強度。這種儀器就叫做“核子旋進式磁力儀”。

核子旋進式磁力儀，不僅可以在實驗室內用來測定磁場，又可以供測量地球磁場強度的絕對數值和磁法探測用。它的性能，不像其他的地磁儀器那樣嬌嫩，對於定向和溫度變化的要求都不很嚴格。靈敏度可達到 $\frac{1}{10}$ —伽瑪，比一般的地磁儀器還靈敏些。它的裝置也比較簡便，是用 500 毫升到 1,000 毫升的蒸餾水裝在一個球形的容器內，容器的外面繞上匝數很多的接收繞圈，使用時垂直於地球總磁場的方向。接收繞圈的外層再繞上一個磁化繞圈，使它能產生一個和地球總磁場相垂直的磁化磁場。如果把這種外加磁化磁場建立起來，經過幾秒鐘以後，水分子內質子磁矩的合量指向，基本上和地球總磁場方向垂直，這種磁化磁場消滅得很快，當它基本上消滅的時候，質子磁矩的合量，仍舊還處在和地球磁場成垂直的方向，這樣質子磁矩就將繞着地球磁場旋進，並在接收繞圈內感應出電流來。

如果我們把接收繞圈內感應出來的電流，通過放大等電訊裝置，把水分子內的質子磁矩在地磁場中旋進的頻率測量出來，按照它們間的數學公式，就可以推算出某處的地磁場的總強度。

在海上的地磁測量，近來也有很大的進步和發展。如古代航海的大船都是木制的，對羅盤在船上的指向，並沒有影響。自 19 世紀以後，鐵質成分在船上愈來愈多，羅盤在船上的指向，除受地磁場作用外，還受船本身磁場的影響。因為鐵船受到地磁場的磁化，形成一個磁體了，在它四周產生了強烈的磁場，重疊在正常的磁場上面，因此使船上羅盤的指向常有較大誤差，這種誤