

图书在版编目 (CIP) 数据

无所不在的磁场 / 《无所不在的磁场》编写组编
—广州：广东世界图书出版公司，2010.4
ISBN 978 - 7 - 5100 - 2005 - 6

I. ①无… II. ①无… III. ①磁场 - 青少年读物
IV. ①O441.4 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 049878 号

无所不在的磁场

责任编辑：李翠英

责任技编：刘上锦 余坤泽

出版发行：广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编：510300)

电 话：(020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E-mail: pub@gdst. com. cn, edksy@sina. com

经 销：各地新华书店

印 刷：北京燕旭开拓印务有限公司

(北京市昌平马池口镇 邮编：102200)

版 次：2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：13

书 号：ISBN 978 - 7 - 5100 - 2005 - 6/G · 0640

定 价：25.80 元

若因印装质量问题影响阅读，请与承印厂联系退换。



前 言

提到磁，恐怕许多人都会觉得它是一种相当少见的现象，其实这是一种误解。“百姓日用而不知”，磁是一种极为普遍的现象，它是任何一种物质都具有的一种基本属性。从物质的微观结构层次看，各种层次的物质都具有磁性。从更大的宏观形态看，我们生活的地球以及地球以外的天体，如月球、太阳等也都具有磁性。物质的磁性是物质的一种普遍性质。

现代人们更是离不开磁，我们的生活每时每刻都和磁性有关。没有它，我们就无法看电视、听收音机、打电话；没有它，连夜晚甚至都是一片漆黑。我们家庭生活中用到的电风扇、吸尘器、吹风机、洗衣机、果汁机、搅拌机、电冰箱等等无一不是利用了磁的原理；学校里，我们上下课时听到的电铃也是因为利用了磁才能够发声；我们到医院去，进行 X 光检查，这更需要磁技术的支持。可以说，磁已被应用于社会的方方面面；如果没有磁，我们的生活就不会这样丰富多彩。

我们居住的地球其实就是一个大磁场，我们每时每刻都在受着地球磁场的影响。了解了地球磁场，我们就可以对美丽的极光有更深入的认识。

信鸽为什么能够飞行数千千米而不至迷失方向呢？它们靠什么辨认方向？“磁性细菌”为什么又被称为“活的指南针”？同心脑电图相比较，心脑磁图在医学应用上有哪些优点？接触过生物磁的知识以后，这些问题我们就可以迎刃而解。

现代战争中，电磁武器和磁性材料在决定战争胜负方面发挥着越来越



重要的作用。它们与常规武器有什么不同呢？现代医学中核磁共振如何诊断人体异常组织，判断疾病呢？为什么说磁悬浮列车的出现有可能使未来的交通发生彻底的革命呢？通过对这些内容的了解，您将领略到磁在现代文明社会中发挥着多么重要的作用。

在享受诸多磁带给我们方便和乐趣的同时，我们也要注意电磁辐射带来的危害，并积极加以防护。这样，我们才能更好地健康成长。

磁单极子是否存在呢？神秘的百慕大三角是否同磁有关？这些都是大自然的未解之谜，需要我们去努力揭示。

在磁学领域，我国古代人民做出了很大的贡献。国内外公认是中国最早发明了指南针，并且也是最早把指南针应用于航海。中国在古代磁现象的观测和应用中，在许多方面都是世界上最早的，从这一意义上说，中国是磁的故乡。



目 录

Contents

揭开“磁”的神秘面纱	▼	库仑定律的发现	51
关于磁的传说	1	电流的发现	52
我国古代对磁的认识与应用	2	欧姆定律的发现	56
认识磁：从磁极开始	6	几页纸的论文轰动了欧洲——	
磁铁只能“吸”铁吗	9	奥斯特的发现	57
磁场与磁力线	11	“电学中的牛顿”——安培	60
是否存在磁单极子	14	“初生的婴儿有什么用”——	
永磁体	16	法拉第电磁感应的发现	64
铁钉变磁铁：物质的磁化	18	经典物理学的第一次伟大综合——	
电与磁	▼	麦克斯韦电磁场理论	68
形影不离的电和磁	21	电磁波的实验验证——赫兹的	
电流产生磁场	22	实验	71
电磁感应	25	电磁波家族	
涡流及其应用	27	从无线电波到高能射线——	
电动机和发电机	29	电磁波六兄弟	75
电磁铁	35	无线电技术的发展历程	77
直流电与交流电	39	无线电大家庭	80
交流电的发明与爱迪生的		应用广泛的红外线	86
固执	43	五颜六色可见光	89
科学简史：经典电磁学的建立	▼	让人“爱恨交加”的紫外线	92
对磁和电的早期研究	46	X射线与放射性物质的发现	96



威力强大的 γ 射线	102	磁与现代文明——磁的广泛	
地球科学的综合：磁性的地球		应用	
地球是个大磁场	106	磁与工业	159
地球磁场的起源	109	磁与通讯	159
地球磁场和地球生命	111	磁与现代交通：磁悬浮	
磁暴现象	113	列车	163
美丽的极光	118	磁与现代生活	167
磁极的倒转：地球磁场“翻		磁与信息存储	173
跟头”	125	军事领域的磁应用	178
地磁与大陆漂移	129	地质、考古和采矿等领域的	
百慕大三角之谜	131	磁应用	181
宇宙磁现象	138	磁与现代医学	182
有趣的生物磁		警惕身边的电磁污染	
动物为什么不会迷失方向	144	看不见的杀手——电磁辐射	186
磁场对植物的影响	146	家用电器与室内电磁波	188
磁性细菌的“磁导航”	148	手机与电磁辐射	191
人体磁场	150	电脑辐射预防之道	194
生物磁疗	153	小心微波危害	196
心磁图和脑磁图	154	地球磁场与人类健康	199
神奇的脑电波	156		



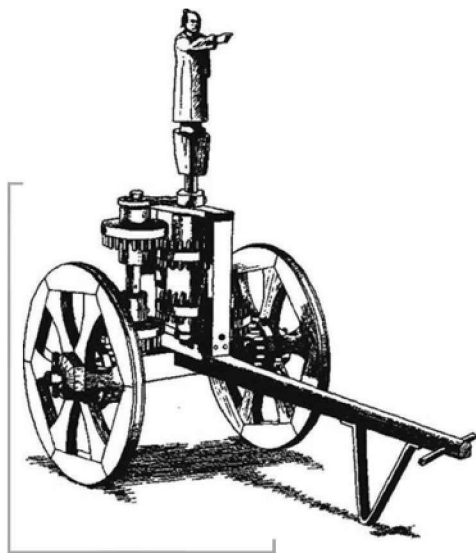
揭开“磁”的神秘面纱

关于磁的传说

大约在公元前 2000 多年，辽阔的中原大地上，中华民族的祖先正经历着一个巨大的社会变迁。原始公社逐渐瓦解，奴隶制社会已在襁褓之中了。相传在这个时候，黄河流域的一些部落，由于治水和对外战争的需要，结成了一些部落联盟，黄帝就是一个部落联盟的首领。不久，黄帝统率大军，讨伐以蚩尤为首领的另一部落联盟。

在一场追击战中，突然，浓厚的大雾漫天盖地而来，黄帝的军队顿时迷失了方向。危难之中，黄帝的军队中有人推出了一辆马车，车上站立着一塑女像。不论马车朝哪个方向前进，这个女像总是用手指向南方。黄帝的军队靠着她的指引，终于冲破迷雾，化险为夷。

在古代的欧洲，也有一些神奇



中国古代指南车复原图



的故事。例如，古罗马有一位博物学家叫做普林尼，就曾给后人留下了这样一个传说：

在中国的南面，有一个三面环海的国家，就是现在的印度。很早很早以前的某一天，许多水手驾驶着一艘巨型的木制帆船，从远洋中向岸边驶来。当陆地上的瑰丽景色映入眼帘的时候，水手们禁不住欢呼跳跃起来，帆船就要靠在岸边上一座小山的脚下了。不料，帆船上所有铁钉突然都被那座小山拔去。顷刻之间，庞大的帆船散落成了一块块零乱的木板。水手们惊慌失色地向岸边游去……

更有甚者，科学幻想小说家库尔特·拉斯维兹竟根据普林尼的传说里的思想，在他的科学幻想小说《在两个地球上》中，描绘了地球上的人和火星上的“人”进行了一场战争：

战斗在空中激烈地展开。若干回合以后，地球上的大军奋不顾身的战斗意志和精湛的武艺终于迫使强悍的火星“人”退却了。一队队威武的骑兵勇猛地追上去。就在这时，一块又宽又大的黑色幕布似的东西飘然而来，骑士们手中的刀剑竟不翼而飞，砰砰啪啪地被吸附在那神秘的“幕布”上。瞬息之间，大队骑兵变得手无寸铁，在一片惊心动魄的嚎叫声中败下阵来。

不用解说，你也会知道，这些经过人们勤于思索的头脑编织出来的故事，不外是一些幻想，或是神话般的传说。

那么，它们难道都是些毫无根据的无稽之谈吗？

我国古代对磁的认识与应用

我国是对磁现象认识最早的国家之一。公元前4世纪左右成书的《管子》中就有“上有慈石者，其下有铜金”的记载，这是关于磁的最早记载。类似的记载，在其后的《吕氏春秋》中也可以找到“慈石召铁，或引之也。”东汉高诱在《吕氏春秋注》中谈到“石，铁之母也。以有慈石，故能引其子。石之不慈者，亦不能引也。”在东汉以前的古籍中，一直将



“磁”写作“慈”。相映成趣的是，磁石在许多国家的语言中都含有慈爱之意。

我国古代典籍中也记载了一些磁石吸铁和同性相斥的应用事例。例如《史记·封禅书》说汉武帝命方士栾大用磁石做成的棋子“自相触击”；而《淮南万毕术》（西汉刘安）还有“取鸡血与针磨捣之，以和磁石，用涂棋头，曝干之，置局上则相拒不休”的详细记载。南北朝（512~518年）的《水经注》（酈道元）和另一本《三辅黄图》都有秦始皇用磁石建造阿房宫北阙门，“有隐甲怀刃入门”者就会被查出的记载。

古代，还常常将磁石用于医疗。《史记》中有用“五石散”内服治病的记载，磁石就是五石之一。晋代有用磁石吸出体内铁针的病案。到了宋代，有人把磁石放在耳内，口含铁块，因而治愈耳聋。

磁石只能吸铁，而不能吸金、银、铜等其他金属，也早为我国古人所知。《淮南子》中有“慈石能吸铁，及其于铜则不通矣”，“慈石之能连铁也，而求其引瓦，则难矣”。

在我国很早就发现了磁石的指向性，并制出了指向仪器司南。《鬼谷子》中有“郑子取玉，必载司南，为其不惑也”的记载。稍后的《韩非子》中有“故先王立司南，以端朝夕”的记载。东汉王充在《论衡》中记有“司南之杓（勺子），投之于地（中央光滑的地盘），其柢（勺的长柄）指南”。

不言而喻，司南的指向性较差。北宋时曾公亮与丁度（990~1053）编撰的《武经总要》（1044年）在前集卷十五记载了指南鱼的使用及其制作方法“若遇天景噎（阴暗）霾，夜色冥黑，又不能辨方向……出指南车或指南鱼，以辨所

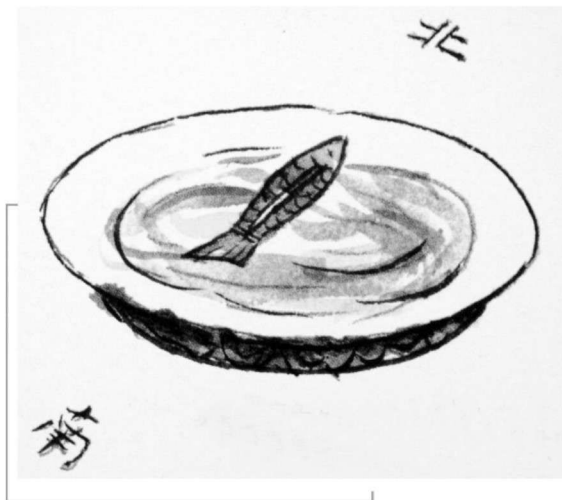


司南



向……鱼法，用薄铁叶剪裁，长二寸阔五分，首尾锐如鱼形，置炭中烧之，候通赤，以铁钤钤鱼首出火，以尾正对子位，蘸水盆中，没尾数分则止，以密器收之。用时置水碗于无风处，平放鱼在水面令浮，其首常南向午也。”需要特别指出的是，这里极为清晰地论述了热退磁现象的应用。当烧至通赤时，温度超过居里点，磁畴瓦解，这时成为顺磁体。再用水冷却，磁畴又重新恢复。这时鱼尾正对子位（北方）。在地磁场作用下，磁畴排列具有方向性，因而被磁化。还应注意，“钤鱼首出火”时“没尾数分”，鱼呈倾斜状，此举使鱼体更接近地磁场方向，磁化效果会更好。从司南到指南鱼，无疑是一个重大进步，但在使用上仍多有不便。

我国古籍中，关于指南针的最早记载，始见于沈括的《梦溪笔谈》。该书介绍了指南针的4种用法：水法，用指南针穿过灯芯草而浮于水面；指法，将指南针搁在指甲上；碗法，将指南针放在碗沿；丝悬法，将独股蚕丝用蜡黏于针腰处，在无风处悬挂。磁针的制作，采用了人工磁化方法。正是由于指南针的出现，沈括最先发现了磁偏现象，“常微偏东，不全南也”。



指南鱼

南宋时，陈元靓在《事林广记》中记述了将指南龟支在钉尖上。由水浮改为支撑，对于指南仪器这是在结构上的一次较大改进，为将指南针用于航海提供了方便条件。

指南针用于航海的记录，最早见于宋代朱彧（yù）的《萍洲可谈》：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”以后，关于指南针的记载极丰。到了明代，遂有郑和下西洋，使用指南针，远洋航行到非洲



东海岸之壮举。西方关于指南针航海的记载，是在 1207 年英国纳肯的《论器具》中。

极光，源于宇宙中的高能荷电粒子，它们在地磁场作用下折向南北极地区，与高空中的气体分子、原子碰撞，使分子、原子激发而发光。我国研究人员在历代古籍中业已发现，自公元前 2000 年到公元 1751 年，有关极光记载达 474 次。在公元 1~10 世纪的 180 余次记载中，有确切日期的达 140 次之多。在西方最早记载极光的，当推古希腊学者亚里士多德，他称极光为“天上的裂缝”。“极光”这一名称，始于法国哲学家伽桑迪。



罗盘针

太阳黑子，也是一种磁现象。在欧洲人还一直认为太阳是完美无缺的天体时，我国先人早已发现了太阳黑子。根据我国研究人员搜集与整理，自前 165~1643 年（明崇祯十六年）史书中观测黑子记录为 127 次。这些古代观测资料为今人研究太阳活动提供了极为珍贵和翔实可靠的资料。

由此看来，我国古代对磁的记载、研究由来已久。黄帝造指南车的传说虽然未必真实，但也能在某种程度上反映出我国很久以前就对磁有所认识并加以利用了。

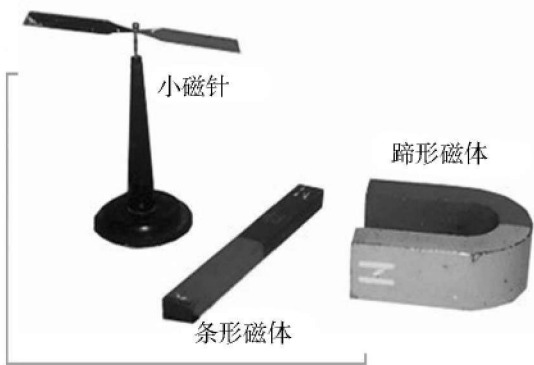
遗憾的是，关于磁的认识尽管极为丰富，而关于磁现象的本质及解释，往往又是含糊的，缺乏深入细致的研究。就连被称作“中国科学史上的坐标”的沈括，对磁现象也认为，“莫可原其理”，“未深考耳”，致使在我国历史上，一直未能产生可与英国吉尔伯特《论磁》媲美的著作。



认识磁：从磁极开始

当人们已经能够随心所欲地用天然磁石制成各式各样的指南器具，并且也能够通过磁化的方法，把铁制品做成各种形状的磁针和磁铁时，人们开始对磁的性质、特点和规律进行初步探索。虽然我国古代有关磁的资料相当丰富，但在对磁现象本质的研究方面，西方是走在我们前面的。

首先，人们发现，把一个磁铁放入一堆细小的铁钉中，当把它再拿出来时，磁铁的两端吸附了很多铁钉，而磁铁的中间部分则几乎没有吸附什么铁钉。这就是说，一块磁铁的两端磁性最强，而在磁铁的中间部分几乎没有磁性。

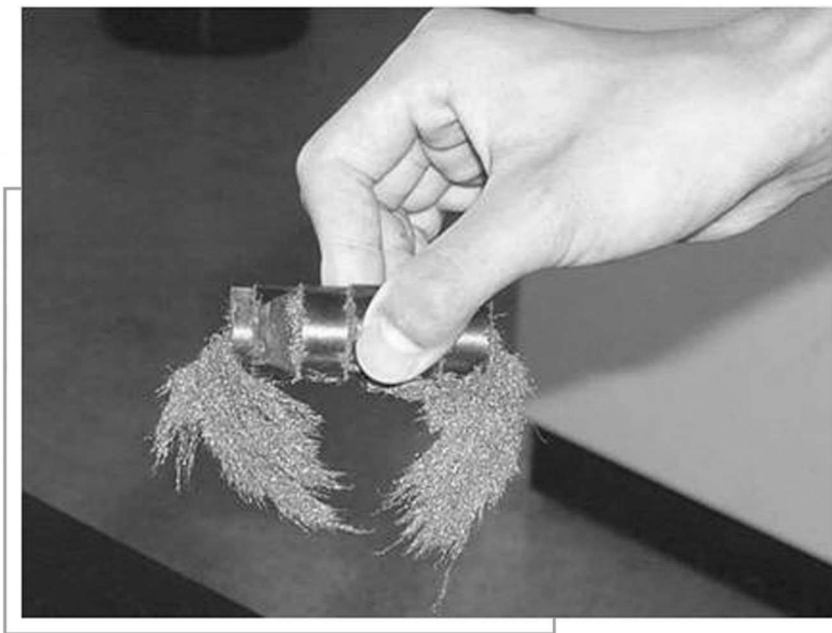


各种形状的磁体

磁铁两端磁性最强的区域称为磁极。当把一个磁铁自由地悬挂起来时，它会自动地指向南北方向。指向北方的一极叫做北极，用字母 N 表示；指向南方的一极叫做南极，用字母 S 表示。

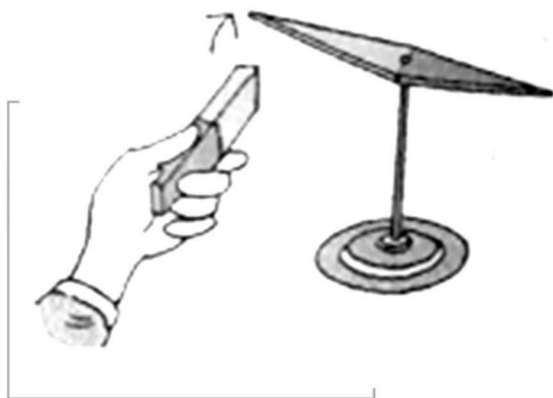
其次，当用磁铁的北极靠近另一悬挂着的磁铁的南极时，那个磁铁会被吸引过来；用磁铁的北极去靠近那悬挂着的磁铁的北极时，那磁铁则会被推斥开去。若再拿磁铁的南极去分别靠近悬挂着的磁铁的南极和北极，看到的现象恰恰和上述情况相反，即南极被推斥开，而北极却被吸引过去。这个实验表明了磁铁（包括天然的磁石），还具有另外一种重要性质，那就是任何磁体的磁极与磁极之间存在着相互作用力，而且是同名磁极相排斥，异名磁极相吸引。

不管是排斥力，还是吸引力，这种磁极之间的相互作用力统称为磁力。



沾满铁屑的磁铁

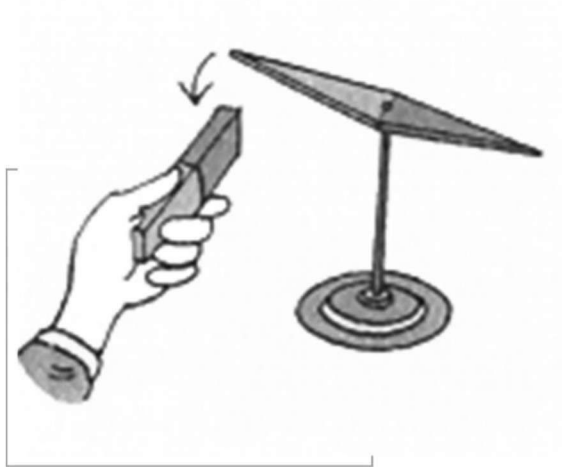
对自然界的每一步探索都丰富了人类知识的宝库，给人们带来鼓舞和新的的好奇心。1600年，英王御医吉尔伯特的著作《论磁铁、磁性物体和大磁铁》一书出版了。书中介绍了作者用磁铁所做的大量实验的结果。他不仅发现了磁体的磁极，而且毫不痛惜地将制作得很好的磁体一折两段，又用磁铁对那两段磁体分别重复了上述实验。实验的结果大大出乎当时人们的意料——每一段磁体仍像



同名磁极相互排斥



一个完整的磁体一样，照样都有自己的南极和北极；而且无论再折成几段，其中任何一段都仍然自成一个新的完整的磁体。由此他第一个确信两个磁极不可分开这一绝妙的事实。磁体的南、北两极的“友情”竟是这样地牢固，以致始终不可分离，简直就像是一对“双胞胎”，它们一同降临人世，同命相依。



异名磁极相互吸引

当然，仅仅知道任何磁体都有磁极，而且磁极之间存在着相互作用力，那还是很不够的。科学需要准确。人们在了解到磁力具有排斥和吸引这两种明显的不同性质之后，自然想要

进一步知道，磁极之间的磁力究竟有多大？

然而，在科学发展的道路上，几乎没有一帆风顺的事情。相反，困难倒是经常的伴侣。由于每一个磁体都具有两个不同的磁极，因此在研究一个磁体的某一磁极与另一磁体的一个磁极之间的相互作用时，就无法排除其余两个磁极的影响。怎样克服这一困难呢？直至18世纪中叶，法国物理学家库仑和英国物理学家卡文迪许才各自独立地想出了一个聪明的办法。为了尽可能地减少其余两个“讨厌”的磁极



卡文迪许



的影响，他们制作了很细很长的磁体，开始了他们的实验。

由于他们使用的磁体既细又长，在研究两个磁体的磁极之间的相互作用时，只要所研究的那两个磁极之间的距离相当近，那么其他两个磁极就离它们很远了，产生的影响自然也就微不足道了。

库仑和卡文迪许的这个办法，实在是一个没有办法的办法。他们不能够改变自然界的“安排”，也不能“抛弃”那“双胞胎”中的某一个。他们的聪明恰恰在于并不去做那些根本不可能做到的事，而是在自然界允许的范围内，巧妙地进行设计，去达到自己的理想。

库仑和卡文迪许的办法的另一妙处是：考虑到细长磁体的磁极比较小，因而磁性非常集中，所以可以把它看成是具有磁性的几何点，习惯上叫做点磁极。这样，最明显的好处是磁极的位置和磁极之间的距离易于明确地表示和量度，正像一粒细砂的位置比一堆砖石的位置更容易说得准确，两个石子之间的距离比两座山的距离更容易度量一样。

显然，不同磁体的磁极的磁性强弱程度一般说来是不相同的。他们把磁极磁性的强弱程度简称为磁极强度，并用字母 m 表示。当库仑和卡文迪许对具有各种不同的磁极强度的磁极之间的相互作用力做了大量的实验研究之后，磁力的规律终于找到了：两个磁极之间的磁力（不管是引力或斥力）的大小，跟它们的磁极强度的乘积成正比，跟它们之间的距离的平方成反比，力的方向在这两个磁极的连线上。这就是著名的磁现象的库仑定律。

磁铁只能“吸”铁吗

磁铁在日常生活中俗称“吸铁石”，将铁块靠近磁铁，很容易就被吸引过去。其实磁铁的吸铁特性很早就被人发现，古代的人称“磁”为“慈”，他们把磁石吸引铁看作慈母对子女的吸引。并认为“石是铁的母亲，但石有慈和不慈两种，慈爱的石头能吸引他的子女，不慈的石头就不能吸引了。”汉以前人们把磁石写做“慈石”，是慈爱石头的意思。



既然磁石能吸引铁，那么是否还可以吸引其他金属呢？我们的先民做了许多尝试，发现磁石不仅不能吸引金、银、铜等金属，也不能吸引砖瓦之类的物品。西汉的时候人们已经认识到磁石只能吸引铁，而不能吸引其他物品。

实际上铁是能被磁铁吸引的元素中的一种。除了铁，钴、镍或铁氧体也是可以被磁体吸引的。我们把它们称为“铁磁类物质”。

为什么大多数物质不能被磁铁吸引呢？

这就要从磁性的来源说起。

物质的磁性来自构成物质的原子，原子的磁性又主要来自原子中的电子。那么电子的磁性又是怎样的呢？从科学研究已经知道，原子中电子的磁性有2个来源：①电子本身具有自旋，因而能产生自旋磁性，称为自旋磁矩；②原子中电子绕原子核作轨道运动时也能产生轨道磁性，称为轨道磁性。我们知道，物质是由原子组成的，而原子又是由原子核和位于原子核外的电子组成的。原子核好像太阳，而核外电子就仿佛是围绕太阳运转的行星。另外，电子除了绕着原子核公转以外，自己还有自转（叫做自旋），跟地球的情况差不多。一个原子就像一个小小的“太阳系”。另外，如果一个原子的核外电子数量多，那么电子会分层，每一层有不同数量的电子。第一层为1s，第二层有两个亚层2s和2p，第三层有三个亚层3s、3p和3d，依此类推。如果不分层，这么多的电子混乱地绕原子核公转，是不是要撞到一起呢？

在原子中，核外电子带有负电荷，是一种带电粒子。电子的自转会使得电子本身具有磁性，成为一个



磁性材料



小小的磁铁，具有 N 极和 S 极。也就是说，电子就好像很多小小的磁铁绕原子核在旋转。这种情况实际上类似于电流产生磁场的情况。

既然电子的自转会使它成为小磁铁，那么，原子乃至整个物体会不会就自然而然地也成为一个小磁铁了呢？当然不是。如果是的话，岂不是所有的物质都有磁性了？为什么只有少数物质（像铁、钴、镍等）才具有磁性呢？原来，电子的自转方向总共有上下两种。在一些物质中，具有向上自转和向下自转的电子数目一样多，它们产生的磁极会互相抵消，整个原子，以至于整个物体对外没有磁性。而低于大多数自转方向不同的电子数目不同的情况来说，虽然这些电子的磁矩不能相互抵消，导致整个原子具有一定的总磁矩。但是这些原子磁矩之间没有相互作用，它们是混乱排列的，所以整个物体没有强磁性。只有少数物质（例如铁、钴、镍），它们的原子内部电子在不同自转方向上的数量不一样，这样，在自转相反的电子磁极互相抵消以后，还剩余一部分电子的磁矩没有被抵消。这样，整个原子具有总的磁矩。同时，由于一种被称为“交换作用”的机理，这些原子磁矩之间被整齐地排列起来，整个物体也就有了磁性。当剩余的电子数量不同时，物体显示的磁性强弱也不同。例如，铁的原子中没有被抵消的电子磁极数最多，原子的总剩余磁性最强。而镍原子中自转没有被抵消的电子数量很少，所有它的磁性比较弱。

磁场与磁力线

磁场是一种看不见，而又摸不着的特殊物质。磁体周围存在磁场，磁体间的相互作用就是以磁场作为媒介的。我们把条形磁体悬挂起来，指南的是南极，指北的是北极。拿小磁针靠近条形磁铁的一端，与小磁针北极相吸的是南极，另一端是北极。

那么，我们把小磁针放到磁体周围将会是什么样？小磁针不再指南北，而是指不同的方向。在物理学中，把小磁针静止时北极所指的方向定为那点磁场的方向。当我们在磁场中放入许多小磁针时，它们的分布情况和北