

驱动未来科普书系

刘清廷◎编著

探秘神奇的 磁场

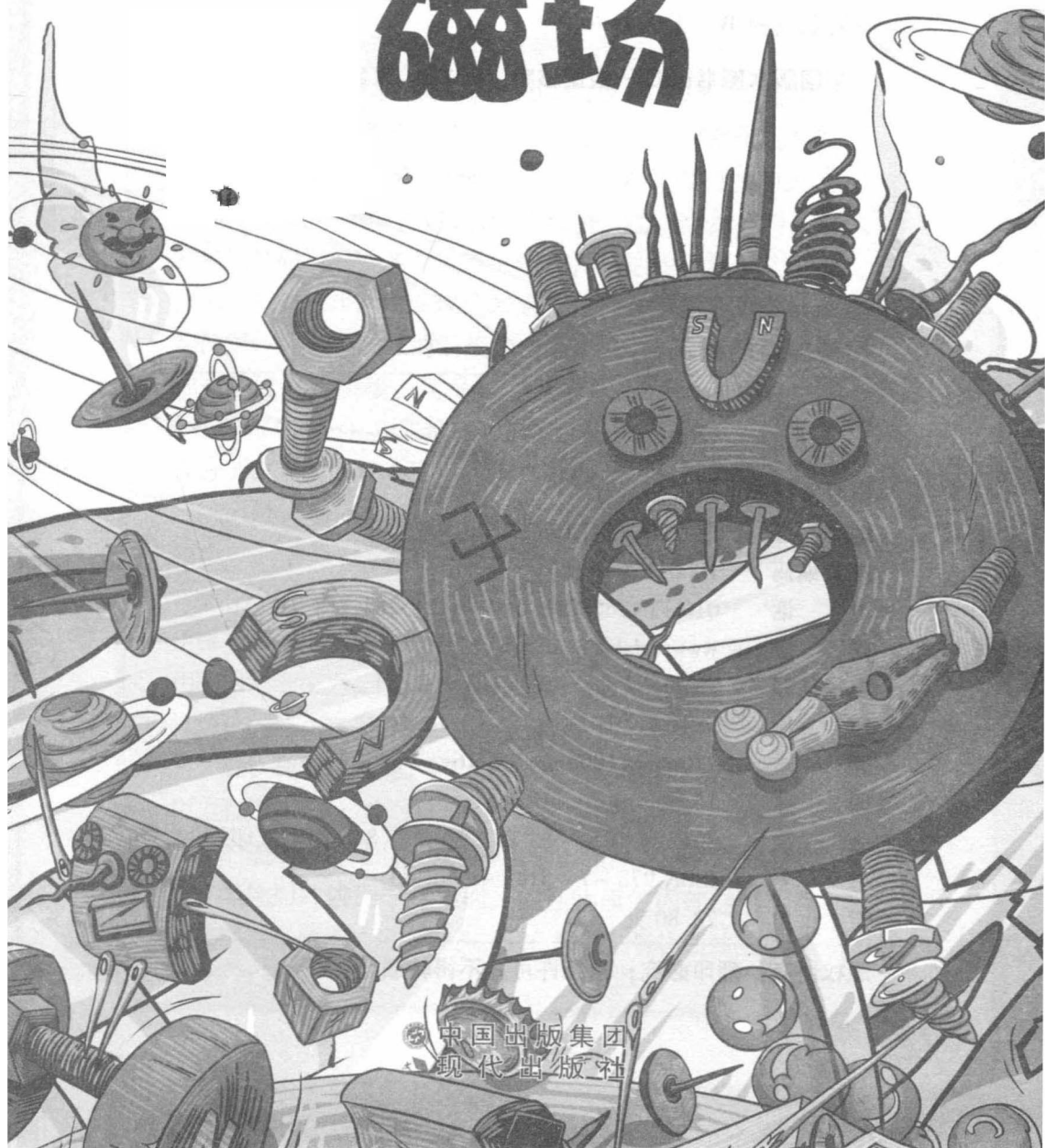


中国出版集团
现代出版社

驱动未来科普书系

刘清廷◎编著

探秘神奇的 磁场



中国出版集团
现代出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

探秘神奇的磁场 / 刘清廷编著. — 北京: 现代出版社, 2012. 9

ISBN 978 - 7 - 5143 - 0748 - 1

I. ①探… II. ①刘… III. ①磁场 - 普及读物②磁能 - 普及读物 IV. ①O441 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 203990 号

探秘神奇的磁场

- | | |
|------|-------------------------------------|
| 编 著 | 刘清廷 |
| 责任编辑 | 吕志贵 |
| 出版发行 | 现代出版社 |
| 地 址 | 北京市安定门外安华里 504 号 |
| 邮政编码 | 100011 |
| 电 话 | 010 - 64267325 010 - 64245264 (兼传真) |
| 网 址 | www.xdcs.com |
| 电子信箱 | xiandai@cnpitc.com.cn |
| 印 刷 | 北京嘉业印刷厂 |
| 开 本 | 710mm × 1000mm 1/16 |
| 印 张 | 14.5 |
| 版 次 | 2012 年 10 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷 |
| 书 号 | ISBN 978 - 7 - 5143 - 0748 - 1 |
| 定 价 | 28.80 元 |
-

版权所有, 翻印必究; 未经许可, 不得转载

前言 PREFACE

探秘神奇的磁场

虽然很早以前，人类就已知道磁石和其奥妙的磁性，最早出现的几个学术性论述之一，是由法国学者皮埃·德马立克（Pierre de Maricourt）于公元 1269 年写成的论文《Epistola de magnete（磁石书信）》。德马立克仔细标明了铁针在块型磁石附近各个位置的定向，从这些记号，又描绘出很多条磁场线。他发现这些磁场线相会于磁石的相反两端位置，就好像地球的经线相会于南极与北极。因此，他称这两位置为磁极。几乎 3 个世纪后，威廉·吉尔伯特（William Gilbert）主张地球本身就是一个大磁石，其两个磁极分别位于南极与北极。出版于 1600 年，吉尔伯特的巨著《论磁石》（De Magnete）开创磁学为一门正统科学学术领域。

在电磁学里，磁石、磁铁、电流、含时电场，都会产生磁场。处于磁场中的磁性物质或电流，会因为磁场的作用而感受到磁力，因而显示出磁场的存在。磁场是一种矢量场；磁场在空间里的任意位置都具有方向和数值大小。

磁铁与磁铁之间，通过各自产生的磁场，互相施加作用力和力矩于对方。运动中的电荷会产生磁场。磁性物质产生的磁场可以用电荷运动模型来解释。

当施加外磁场于物质时，磁性物质的内部会被磁化，会出现很多微小的磁偶极子。磁化强度估量物质被磁化的

程度。知道磁性物质的磁化强度，就可以计算出磁性物质本身产生的磁场。创建磁场需要输入能量。当磁场被湮灭时，这能量可以再回收利用，因此，这能量被视为储存于磁场。

电场是由电荷产生的。电场与磁场有密切的关系；含时磁场会生成电场，含时电场会生成磁场。麦克斯韦方程组可以描述电场、磁场、产生这些矢量场的电流和电荷，这些物理量之间的详细关系。根据狭义相对论，电场和磁场是电磁场的两面。设定两个参考系 A 和 B，相对于参考系 A，参考系 B 以有限速度移动。从参考系 A 观察为静止电荷产生的纯电场，在参考系 B 观察则成为移动中的电荷所产生的电场和磁场。

在量子力学里，科学家认为，纯磁场（和纯电场）是虚光子所造成的效应。以标准模型的术语来表达，光子是所有电磁作用的显现所依赖的媒介。对于大多数案例，不需要这样微观的描述，在本文章内陈述的简单经典理论就足足有余了；在低场能量状况，其中的差别是可以忽略的。

在古今社会里，很多对世界文明有重大贡献的发明都涉及到磁场的概念。地球能够产生自己的磁场，这在导航方面非常重要，因为指南针的指北极准确地指向位置在地球的地理北极附近的地磁北极。电动机和发电机的运作都依赖因磁铁转动而随着时间改变的磁场。通过霍尔效应，可以给出物质的带电粒子的性质。磁路学专门研讨，各种各样像变压器一类的电子元件，其内部磁场的相互作用。

C CONTENTS

目录

探秘神奇的磁场

TANMISHENQIDECHANG

揭开“磁”的神秘面纱

关于磁的传说 2

我国古代对磁的认识与应用 3

认识磁：从磁极开始 7

磁铁只能“吸”铁吗 11

磁场与磁力线 13

是否存在磁单极子 16

永磁体 18

铁钉变磁铁：物质的磁化 20

电与磁

形影不离的电和磁 24

电流产生磁场 25

电磁感应 28

涡流及其应用 30

电动机和发电机 32

电磁铁 38

直流电与交流电 43

交流电的发明与爱迪生的固执 46

科学简史：经典电磁学的建立

对磁和电的早期研究 52

库仑定律的发现 57

电流的发现 59

欧姆定律的发现 63

几页纸的论文轰动了欧洲
——奥斯特发现 65

“电学中的牛顿”——安培 68

“初生的婴儿有什么用”——法拉第
电磁感应的发现 72

经典物理学的第一次伟大综合
——麦克斯韦电磁场理论 77

电磁波实验验证——赫兹
的实验 80

电磁波家族

从无线电波到高能射线
——电磁波六兄弟 86

无线电技术的发展历程 87

无线电大家庭 91

应用广泛的红外线 97

五颜六色可见光 101

让人“爱恨交加”的紫外线 104

X射线与放射性物质的发现 ... 107

威力强大的 γ 射线 ... 114

地球科学的综合：磁性的地球

地球是个大磁场 ... 120

地球磁场的起源 ... 123

地球磁场和地球生命 ... 125

磁暴现象 ... 127

美丽的极光 ... 132

磁极的倒转：地球磁场
“翻跟头” ... 140

地磁与大陆漂移 ... 144

百慕大三角之谜 ... 146

宇宙磁现象 ... 153

有趣的生物磁

动物为什么不会迷失方向 ... 162

磁场对植物的影响 ... 164

磁性细菌的“磁导航” ... 166

人体磁场 ... 168

生物磁疗 ... 171

心磁图和脑磁图 ... 172

神奇的脑电波 ... 174

磁与现代文明——磁的广泛应用

磁与工业 ... 178

磁与通讯 ... 178

磁与现代交通：磁悬浮
列车 ... 183

磁与现代生活 ... 188

磁与信息存储 ... 195

军事领域的磁应用 ... 200

地质、考古和采矿等领域的
磁应用 ... 203

磁与现代医学 ... 205

警惕身边的电磁污染

看不见的杀手——电磁辐射 ... 210

家用电器与室内电磁波 ... 212

手机与电磁辐射 ... 215

电脑辐射预防之道 ... 219

小心微波危害 ... 221

地球磁场与人类健康 ... 225

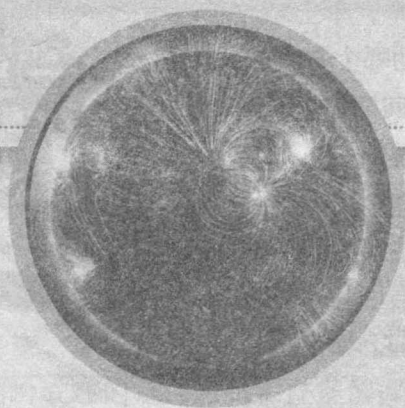
探秘神奇的磁场

揭开“磁”的神秘面纱

◀ TANJI SHENQI DE CICHANG ▶

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。

人类虽然很早就认识到磁现象，但直到了现代，人们对磁现象的认识才逐渐系统化，发明了不计其数的电磁仪器，像电话、无线电、发电机、电动机等。如今，磁技术已经渗透到了我们的日常生活和工农业技术的各个方面，我们已经越来越离不开磁性材料的广泛应用。



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。

基本
小知识

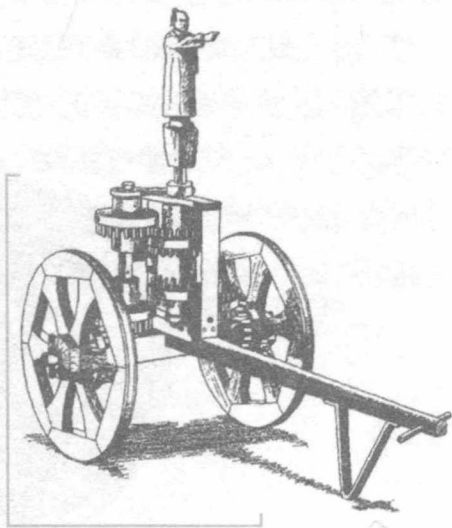
部落联盟

原始社会后期形成的部落联合组织,通常由若干近亲或近邻部落组成,结成联盟的主要目的在于共同合作出征或自卫等军事行动。

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,车上站立着一个木人。不论马车朝哪个方向前进,这个木人总是用手指向南方。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,也有一些神奇的故事。例如,古罗马有一位博物学家叫作普林尼,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



中国古代指南车复原图



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，帆船上的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《在两个星球上》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赶上去。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，乒乒乓乓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》中谈道：“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”。

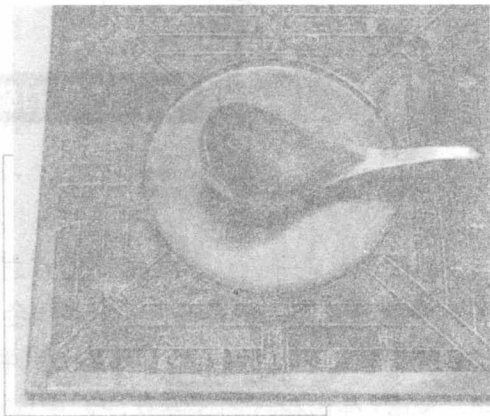
在我国很早就发现了磁石的指向性，并制出了指向仪器司南。《鬼谷子》中有“郑子取玉，必载司南，为其不惑也”的记载。稍后的《韩非子》中有“故先王立司南，以端朝夕”的记载。东汉王充在《论衡》中记有“司南之杓（勺子），投之于地（中央光滑的地盘），其柢



拓展阅读

磁石

磁石（药用名亦作慈石）为氧化物类矿物磁铁矿的矿石。形态：等轴晶系。晶体呈八面体、十二面体。晶面有条纹。多为粒块状集合体。铁黑色，或具暗蓝靛色。条痕黑，半金属光泽。不透明。



司南

(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）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，夜色暝黑，又不能辨方向……出指南车或指南鱼，以辨所向……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。还应注意到，“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四种用法：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”。



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。

知识小链接

梦溪笔谈

《梦溪笔谈》是北宋科学家沈括所著的笔记体著作。大约成书于1086—1093年，收录了沈括一生的所见所闻和见解。被西方学者称为中国古代的百科全书，已有多种外语译本。

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。

基本
小知识



太阳黑子

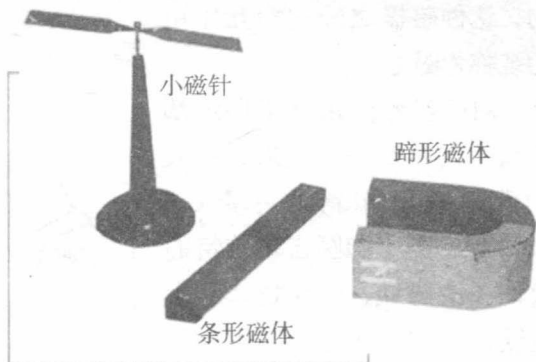
太阳黑子 (sunspot) 是在太阳的光球层上发生的一种太阳活动，是太阳活动中最基本、最明显的。一般认为，太阳黑子实际上是太阳表面一种炽热气体的巨大漩涡，温度大约为 4500°C 。因为其温度比太阳的光球层表面温度要低 $1000^{\circ}\text{C} \sim 2000^{\circ}\text{C}$ (光球层表面温度约为 6000°C)，所以看上去像一些深暗色的斑点。

认识磁：从磁极开始

揭开「磁」的神秘面纱

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。

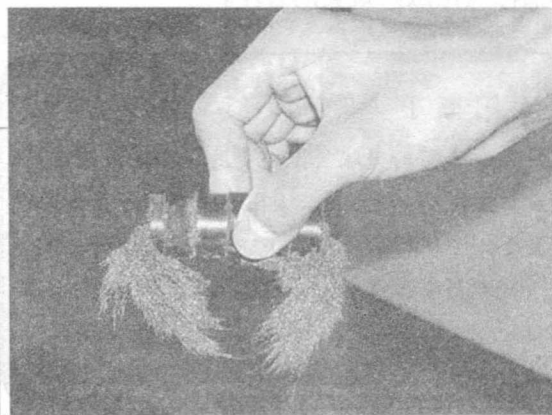
首先，人们发现，把一个磁铁放入一堆细小的铁钉中，当把它再拿出来时，磁铁的两端吸附了很多铁钉，而磁铁的中间部分则几乎没有吸附什么铁钉。这就是说，一块磁铁的



各种形状的磁体

两端磁性最强，而在磁铁的中间部分几乎没有磁性。

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。指向北方的一极叫作北极，用字母 N 表示；指向南方的一极叫作南极，用字母 S 表示。



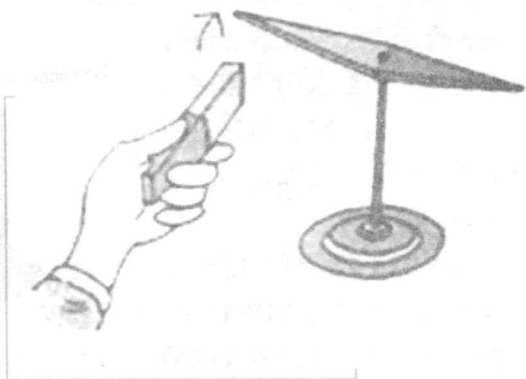
沾满铁屑的磁铁

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。

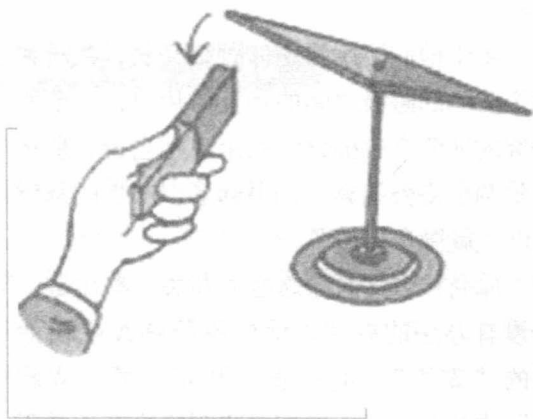
对自然界的每一步探索都丰富了人类知识的宝库，给人们带来鼓舞和新的的好奇心。1600 年，英王御医吉尔伯特的著作《论磁铁、磁性物体和大磁铁》一书出版了。书中介绍了作者用磁铁所做的大量实验的结果。他不仅发现了磁体的磁极，而且毫不痛惜地将制作得很好的磁体一



同名磁极相互排斥



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，以至始终不可分离，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

知识小链接

磁 极

磁体两端吸引钢铁能力最强之处。分为 N 极和 S 极。同性磁极相互排斥，异性磁极相互吸引。

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。



卡文迪许



拓展阅读

卡文迪许

亨利·卡文迪许 (Henry Cavendish, 1731. 10. 10. —1810. 3. 10.) 英国化学家、物理学家。公元 1731 年 10 月 10 日生于法国尼斯。公元 1810 年 3 月 10 日，卡文迪许在伦敦逝世。

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，习惯上叫作点磁极。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