



XIANGHUXIYINDENENGLIANG

相互吸引的能量

磁能是一种很神奇的能源，人类生产生活中的很多方面都有磁能的参与，本书从磁能的发现、磁化现象的产生和表现、磁能的研究及应用等方面对磁能进行了较为全面的介绍。本书以图文结合的方式，面向青少年读者，充满了趣味性、知识性，是一本很好的的科普读物。





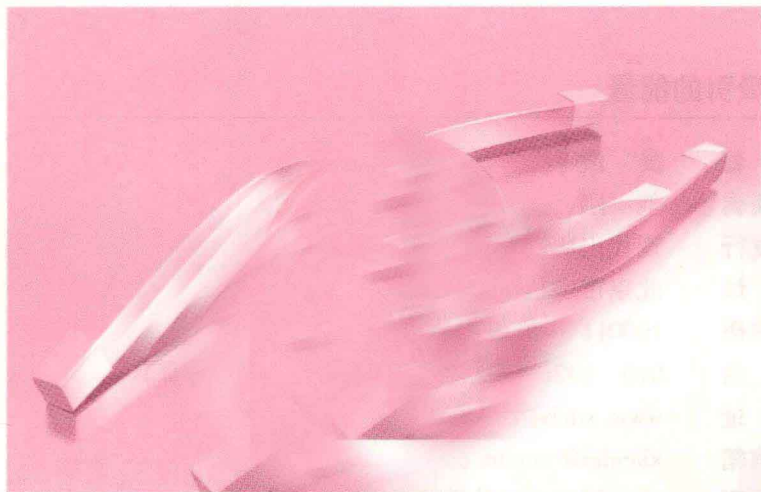
物理能量转换

图文并茂，具有趣味性、知识性

XIANGHUXIYINDENENGLIANG

相互吸引的能量

编著◎吴波



中国出版集团



现代出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

相互吸引的能量 / 吴波编著. —北京: 现代出版社, 2013. 1

(物理能量转换世界)

ISBN 978 - 7 - 5143 - 1044 - 3

I. ①相… II. ①吴… III. ①磁能 - 青年读物②磁能 - 少年读物 IV. ①O441. 2 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 292881 号

相互吸引的能量

编 著 吴 波
责任编辑 刘 刚
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. xdebs. com
电子信箱 xiandai@ cnpitc. com. cn
印 刷 大厂回族自治县祥凯隆印刷有限公司
开 本 710mm × 1000mm 1/16
印 张 12
版 次 2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978 - 7 - 5143 - 1044 - 3
定 价 23. 80 元

版权所有, 翻印必究; 未经许可, 不得转载



前 言

磁是什么？

当我们提起磁的时候，很多人都会觉得磁是较为少见的，好像除了磁石或磁铁吸引铁和指南针指示南北方向外就没有其他例子了。

事实真是这样吗？答案是否定的。现代科学研究和实际应用已经充分证实：任何物质都具有磁性，只是有的物质磁性强，有的物质磁性弱；任何空间都存在磁场，只是有的空间磁场高，有的空间磁场低。物质磁性和空间磁场是普遍存在的。磁具有相当广的范围。

磁铁（磁石）是人类最早认识的磁性物质。其总有两个磁极，一个是N极，另一个是S极。磁极之间有相互作用，即同性相斥、异性相吸。后来，人们利用这个特性发明了指示方向的仪器——司南，同时也将其应用到医学领域治疗某些疾病，这可以说是人类最早对磁的利用了。

人类虽然很早就认识到磁现象并加以简单利用，但直到近代，人们才对磁本质的认识逐渐系统化，尤其是电磁感应现象的发现，对磁学的发展和利用有着更为重要的意义。

电磁感应现象，产生的原因在于电荷运动产生波动，从而形成磁场。这一现象显示了电、磁现象之间的相互联系和转化。麦克斯韦关于变化电场产生磁场的假设，奠定了电磁学的整个理论体系，发展了对现代文明起重大影响的电工和电子技术，深刻地影响着人们认识物质世界的进程。

后来人们在此基础上，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，电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。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。

本书共分为4章。第一章主要介绍自然界中存在的各种磁现象；第二章主要介绍人类对磁的认识历程；第三章主要介绍磁在各个领域的应用；第四章，主要介绍电磁波给人类带来的好处和存在的危害。

为了使书中内容更加直观、充实，我们配了大量精美的插图，做到了图文并茂，通俗易懂，是一本难得的介绍磁知识的书籍。

磁，其现象在我们身边随处可见，其应用范围十分广泛，其理论深奥而复杂，其发展更是日新月异。所以，书中可能会出现一些过时或讹错之处，欢迎读者朋友们批评指正。



目 录

大自然中的磁

| | |
|-----------|----|
| 地球的磁场 | 1 |
| 地球磁场和地球生命 | 7 |
| 地球磁场与动植物 | 10 |
| 磁暴现象 | 14 |
| 美丽的极光 | 20 |
| 太阳磁场 | 25 |
| 充满磁场的宇宙 | 29 |
| 奇特的磁极倒转现象 | 32 |
| 人体磁场 | 37 |

人类认识磁的历程

| | |
|-------------|----|
| 我国古代对磁的认识 | 43 |
| 西方早期对磁的研究 | 47 |
| 奥斯特与电磁感应的发现 | 52 |
| 安培的贡献 | 56 |
| 法拉第与发电机 | 60 |
| 麦克斯韦与电磁场理论 | 66 |
| 电磁波的实验验证 | 71 |
| 探索磁单极子与永磁体 | 75 |



神通广大的磁

| | |
|--------------------|-----|
| 电报与电话 | 81 |
| 磁悬浮列车 | 86 |
| 磁与现代生活 | 91 |
| 磁与信息存储 | 97 |
| 磁与军事 | 100 |
| 地质、采矿等领域的磁应用 | 105 |
| 磁与现代医学 | 110 |
| 物质磁化的应用 | 115 |
| 涡流的应用 | 119 |
| 电动机和发电机 | 123 |
| 电磁铁的应用 | 130 |
| 走向大众的交流电 | 135 |
| 趋磁细菌的应用 | 141 |

电磁波的功与过

| | |
|-------------------------|-----|
| 电磁波大家族 | 146 |
| 离不开的无线电通讯 | 150 |
| 微波的应用 | 155 |
| 人类对红外线的认识 | 161 |
| 紫外线的利害 | 165 |
| “火眼金睛” X 射线 | 169 |
| 威力强大的 γ 射线 | 175 |
| 电磁辐射的危害 | 180 |



大自然中的磁

DAZIRAN ZHONG DE CI

放飞的鸽子离家千里也会飞回原地；即使相隔再远，海龟也会洄游到原地产卵；候鸟更是每年迁徙而不会迷航……这些看似难以让人理解的事情，经科学家们研究之后发现，都与磁有关。

磁，广泛地存在于我们身边。科学家们还指出，磁性是物质的一种属性，所有物质都或强或弱地具有磁性。具有磁性的物体称为磁体，磁体以各种各样的形式存在，小到分子、原子，大到地球、星际天体。磁体的周围存在磁场，我们生活在充满磁的世界里，生活在看不到、摸不着的磁场中，磁以极其普遍的形式存在于大自然的每一个角落。

地球的磁场

众所周知，在地球上任何地方放一个小磁针，让其自由旋转，当其静止时，磁针的N极总指向地理北极，这是因为地球本身是一个大磁体，在地球周围存在地磁场。

科学家指出，整个地球类似于一个巨大的条形磁铁，地磁的S极在地理北极附近，地磁的N极在地理南极附近。地球周围的磁场方向由南指向北。据此，地球表面上，赤道附近地磁场方向呈水平指向北，北极附近呈竖直向下，

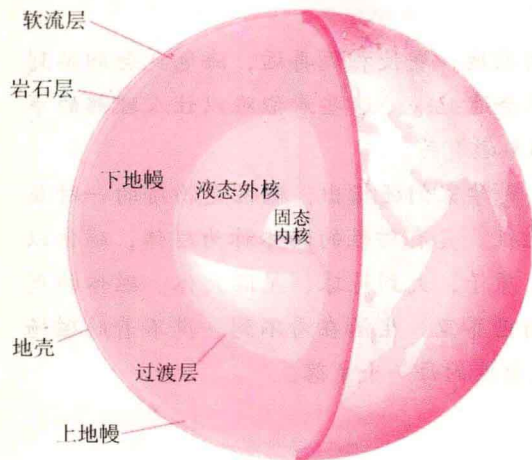


南极附近呈竖直向上。地磁场分布广泛，从地核到空间磁层边缘处处存在。

地磁场的形成具有一定特殊性，按照旋转质量场假说，地球在自转过程中产生磁场。但是，从运动相对性的观点考虑，居住在地球上的人是不应该感受到地磁场的，因为人静止于地球表面，随地球一同转动，所以地球上的人是无法感觉到地球自转产生的磁场效应的。

我们通常所说的地磁场只能算作地球表面磁场，并不是地球的全球性磁场（又称空间磁场），它是由地核旋转形成的。

我们知道，地球的内部结构可分为地壳、地幔和地核。美国科学家在试验中发现，地球内外的自转速度是不一样的，地核的自转速度大于地壳的自转速度。也就是说，地球表面的人虽然感觉不到地球的自转，但却能感觉到地核旋转所产生的质量场效应，就是它产生了地球的表面磁场。



地球内部结构示意图

科学家在研究中还发现，地核的自转轴与地球的自转轴不在一条直线上，所以由地核旋转形成的地磁场两极与地理两极并不重合，这就是地磁场磁偏角的形成原因。

地球磁场是偶极性的，近似于把一个磁铁棒放到地球中心，使它的N极大体上对着南极而产生的磁场形状。当然，地球中心并没有磁铁棒，而是通过电流在

导电液体核中流动的发电机效应产生磁场的。

地球磁场不是孤立的，它受到外界扰动的影响，比如太阳风的影响。宇宙飞船就已经探测到太阳风的存在。太阳风是从太阳日冕层向行星际空间抛射出的高温高速低密度的粒子流，主要成分是电离氢和电离氦。

因为太阳风是一种等离子体，所以它也有磁场。太阳风磁场对地球磁场施加作用，好像要把地球磁场从地球上吹走似的。尽管这样，地球磁场仍有效地阻止了太阳风的长驱直入。在地球磁场的反抗下，太阳风绕过地球磁场，继续向前运动，于是形成了一个被太阳风包围的、彗星状的地球磁场区域，这就是磁层。

地球磁层位于地面 600 ~ 1 000 千米高处，磁层的外边界叫磁层顶，离地面 5 万 ~ 7 万千米。在太阳风的压缩下，地球磁力线向背着太阳一面的空间延伸得很远，形成一条长长的尾巴，称为磁尾。在磁赤道附近，有一个特殊的界面，在界面两边，磁力线突然改变方向，此界面称为中性片。中性片上的磁场强度微乎其微，厚度大约有 1 000 千米。中性片将磁尾部分成两部分：北面的磁力线向着地球，南面的磁力线离开地球。

1967 年，人们发现在中性片两侧约 10 个地球半径的范围里，充满了密度较大的等离子体，这一区域称作等离子体片。当太阳活动剧烈时，等离子片中的高能粒子增多，并且快速地沿磁力线向地球极区沉降，于是便出现了千姿百态、绚丽多彩的极光。

由于太阳风以高速接近地球磁场的边缘，便形成了一个无碰撞的地球弓形激波的波阵面。波阵面与磁层顶之间的过渡区叫做磁鞘，厚度为 3 ~ 4 个地球半径。

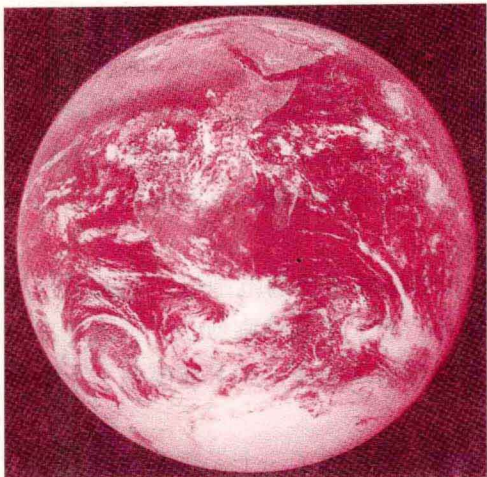
地球磁层是一个颇为复杂的问题，其中的物理机制有待于深入研究。磁层这一概念近来已从地球扩展到其他行星。甚至有人认为中子星和活动星系核也具有磁层特征。

需要说明的是，地理的南北方和地磁的南北极并不是一个概念。物理南北极是指一个磁体的磁性最强的两端，任何一个磁体都有两极，物理南极或物理北极不能单独存在。地球也就是这样一个磁体，两极位于地球两端。地理南北极位于地球两端，是最南最北端，而习惯上人们把指南针北极指的方向称为北方，南方反之。

根据物理中异名磁极相吸引的道理，指南针北极指的方向实际上是地球这个大磁体的南极。因此，我们所说的地理北极是地磁南极，地理南极是地磁北极。

另外，在地面上静止的小磁针并不指向正南北方向，说明地磁的 N、S 极与地理的南、北极并不完全重合，即存在磁偏角。我们把小磁针静止时的指向与地理上的南北方向所成的角度，叫做磁偏角。例如上海的磁偏角是 $3^{\circ}13'$ ，即在上海，地磁场的方向与地理上的南北方向成 $3^{\circ}13'$ 的角度。不同的地理位置，磁偏角不同，在北京的磁偏角是 $4^{\circ}18'$ ，在广州的磁偏角是 $0^{\circ}47'$ 。

历史上，第一个提出地磁场理论概念的是英国人吉尔伯特。他在 1600 年提出一个论点，认为地球自身就是一个巨大的磁体，它的两极和地理两极相重合。这一理论确立了地磁场与地球的关系，指出地磁场的起因不应该在地球之



地球

外，而应在地球内部。

1893年，数学家高斯在他的著作《地磁力的绝对强度》中，从地磁成因于地球内部这一假设出发，创立了描绘地磁场的数学方法，从而使地磁场的测量和起源研究都以用数学理论来表示。但这仅仅是一种形式上的理论，并没有从本质上阐明地磁场的起源。

现在科学家们已基本掌握了地磁场的分布与变化规律，但是，对于地磁场的起源问题，学术界却一直没有找到一个令人满意的答案。

通常物质所带的正电和负电是相等数量的，但由于地球核心物质受到的压力较大，温度也较高，约 $6\,000^{\circ}\text{C}$ ，内部有大量的铁磁质元素，物质变成带电量不等的离子体，即原子中的电子克服原子核的引力，变成自由电子，加上由于地核中物质受着巨大的压力作用，自由电子趋于朝向压力较低的地幔，使地核处于带正电状态，地幔附近处于带负电状态，情况就像是一个巨大的“原子”。

科学家相信，由于地核的体积极大，温度和压力又相对较高，使地核的导电率极高，使得电流就如同存在于没有电阻的线圈中，可以永不消失地在其中流动，这使地球形成了一个磁场强度较稳定的南北磁极。

另外，电子的分布位置并不是固定不变的，并会因许多的因素影响而发生变化，再加上太阳和月亮的引力作用，地核的自转与地壳和地幔并不同步，这会产生一强大的交变电磁场，地球磁场的南北磁极因而发生一种低速运动，造成地球的南北磁极翻转。

太阳和木星亦具有很强的磁场，其中木星的磁场强度是地球磁场的20~40倍。



高斯

太阳和木星上的元素主要是氢和少量的氦、氧等这类较轻的元素，与地球不同，其内部并没有大量的铁磁质元素，那么，太阳和木星的磁场为何比地球还强呢？

木星内部的温度约为 $30\,000^{\circ}\text{C}$ ，压力也比地球内部高得多，太阳内部的压力、温度还要更高。这使太阳和木星内部产生更加广阔电子壳层，再加上木星的自转速度较快，其自转 1 周的时间约 10 小时，故此其磁场强度自然也要比地球的强。

事实上，如果天体的内部温度够高，则天体的磁场强度与其内部是否含有铁、钴、镍等铁磁质元素无关。由于太阳、木星内部的压力、温度远高于地球，因此，太阳、木星上的磁场要比地球磁场强得多。而火星、水星的磁场比地球磁场弱，则说明火星、水星内部的压力、温度远低于地球。

知识点

关于电子的几个概念

电子、中子和质子三者共同组成了物质的基本构成单位——原子。中子不带电，质子带正电，电子带负电，原子对外不显电性。相对于中子和质子组成的原子核，电子的质量极小。质子的质量大约是电子的 1 840 倍。

当电子脱离原子核束缚，在其他原子中自由移动时，其产生的净流动现象称为电流。

各种原子束缚电子能力不一样，于是就由于失去电子而变成正离子，得到电子而变成负离子。

静电是指当物体带有的电子多于或少于原子核的电量，导致正负电量不平衡的情况。当电子过剩时，称为物体带负电；而电子不足时，称为物体带正电。当正负电量平衡时，则称物体是电中性的。

自由电子，是指从原子中逃逸出来的电子，能够在导体的原子之间轻易移动，但它们在绝缘体中不行。



延伸阅读

电离层和磁层

电离层是地球大气的一个电离区域。由于受地球以外射线（主要是太阳辐射）对中性电离层与磁层原子和空气分子的电离作用，距地表 60 千米以上的整个地球大气层都处于部分电离或完全电离的状态。在电离作用产生自由电子的同时，电子和正离子之间碰撞复合，以及电子附着在中性分子和原子上，会引起自由电子的消失。大气各风系的运动、极化电场的存在、外来带电粒子不时入侵，以及气体本身的扩散等因素，引起自由电子的迁移。在 55 千米高度以下的区域中，大气相对稠密，碰撞频繁，自由电子消失很快，气体保持不导电性质。在电离层顶部，大气异常稀薄，电离的迁移运动主要受地球磁场的控制，称为磁层。

1899 年，尼古拉·特斯拉试图使用电离层进行远距无线能量传送。他在地面和电离层所谓的科诺尔里亥维赛层之间发送极低频率波。他在试验的基础上进行了数学计算，他对这个区域的共振频率的计算与今天的试验结果相差不到 15%。20 世纪 50 年代学者确认这个共振频率为 6.8 赫兹。

1901 年 12 月 12 日，古列尔莫·马可尼首次收获跨大西洋的信号传送。马可尼使用了一个通过风筝竖起的 400 英尺长的天线。在英国的发送站使用的频率约为 500 千赫，其功率为到那时为止所有发送机的 100 倍。收到的信号为摩尔斯电码中的 S（三点）。要跨越大西洋，这个信号必须两次被电离层反射。根据理论计算和今天的试验有人怀疑马可尼的结果，但是 1902 年马可尼无疑地做到了跨大西洋传播。

1902 年奥利弗·黑维塞提出了电离层中的科诺尔里亥维赛层的理论。这个理论说明电波可以绕过地球的球面。这个理论加上普朗克的黑体辐射理论可能阻碍了射电天文学的发展。事实上一直到 1932 年人类才探测到来自天体的无线电波。

1902 年亚瑟·肯乃利还发现了电离层的一些电波特性。

1912 年美国国会通过 1912 年广播法案，下令业余电台只能在 1.5 兆赫以上工作。当时政府认为这以上的频率无用，致使 1923 年使用电离层传播高频

无线电波的发现。

1947年爱德华·阿普尔顿因于1927年证实电离层的存在获得诺贝尔物理学奖。莫里斯·威尔克斯和约翰·拉克利夫研究了极长波长电波在电离层的传播。维塔利·金兹堡提出了电磁波在电离层这样的等离子体内传播的理论。

1962年加拿大卫星 Alouette 1 升空，其目的是研究电离层。其成功驱使了1965年 Alouette 2 卫星的发射和1969年 ISIS 1号及1971年 ISIS 2号的发射。这些卫星全部是用来研究电离层的。

电离层的发现，不仅使人们对无线电波传播的各种机制有了更深入的认识，并且对地球大气层的结构及形成机制有了更清晰的了解。

地球磁场和地球生命

地球有一个磁场强度变动于0.35~0.7奥斯特之间的偶极磁场。它像一把保护伞，对地球生命呵护备至。如果没有这个磁场，很难想象地球生命是否能够得到像今天这样的发展。而我们的近邻月球和金星之所以没有生命的孕育，也许就与它们没有或几乎没有磁场存在有一定的关联。

磁场对地球生命的保护，主要表现在以下两个方面：

首先，地磁场为我们阻挡了来势汹汹的太阳风。在地球附近，太阳风的风速可以达到300~450千米/秒，甚至更高。相比之下，我们地球上的12级台风的风速仅为33米/秒以上，约是太阳风风速的1/10 000，因此你可以想象到太阳风是多么强劲。

太阳风不仅强劲，它还是一种带电的物质流，所以若让它长驱直入地吹向地球，势必给地球生命带来严重的威胁。幸好地磁场为我们组成一道道有效的防线，就像一个巨大的防护伞一般，把强劲的太阳风阻挡在地球的磁层之外。一些侥幸冲破防线进入磁层之内的太阳风粒子，也往往被磁场所设下的另一关卡——地球的高空电离层所俘获，并被囚禁起来。

地磁场不仅为地球生命组织了高空的太阳风防线，而且它也是地球“逃兵”的重要关卡。

我们知道，地球的大气层一直可延伸到上千千米的高空。在那里，地球的引力已大大减弱，同时温度急剧升高，这使这里的物质有可能获得足够的动能，以逃脱地球引力的束缚。但地磁场的存在，使一些在太阳紫外线辐射下已



被电离的物质，受到了束缚，使它很难逾越磁层这一关卡。

由此，我们可以想象到，若是没有地磁场的存在，在经过漫长岁月的演化以后，地球的大气层未必还会具有今天这样的密度。而在过分稀薄的大气层里，生命，至少是高等生命是难以生存的。

我们赞美造物主的伟大，庆幸赖于地磁场的保护，使我们免遭辐射之灾，能在地球这片绿洲上繁衍生息，安居乐业。可是科学家根据 400 年来的地磁台测量记录告诉我们：地磁场强度正以每百年 5% 的速度逐年减弱。预测再过 2 000 年左右地磁场会完全消失一段时期。

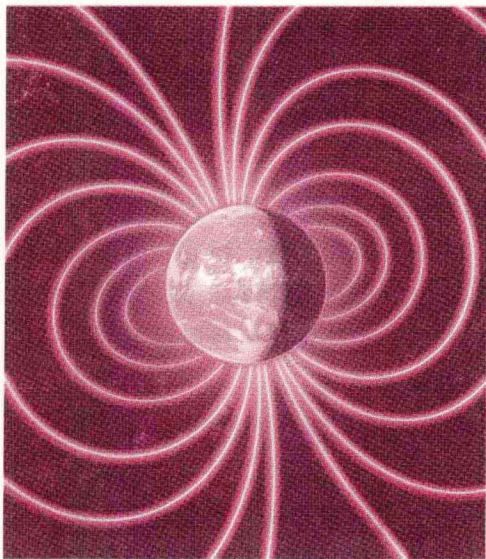
人类失去地磁场的庇护，完全暴露在太阳风的辐射之下，将会出现什么样的情况呢？加拿大威斯丹昂塔利奥大学的阿尔芬教授忧心忡忡地说：“在没有磁场的日子里，人类外出就必须身穿铅做的放射线防护铠甲，手拿盖革计数器（一种计量放射线强度的仪器）。

这些话倒不是危言耸听，因为地磁变化、减弱和消失的趋势已经为古地磁学揭示的地磁变化史所证实。原来地壳中的火山岩石清楚地“记载”了地磁的变化历史。这些火山熔岩上的剩磁是当时地磁留下来的烙印。

美国发射的地磁卫星对地球磁场进行了 8 个月的精密测量和仔细分析，认为到公元 33 世纪来临之前（即在 1 200 年后），地磁将消失殆尽。

加拿大的阿尔芬教授认为 7 000 万年前，也就是上一次的地磁消失期，恰好是恐龙灭绝的时间。这是因为恐龙庞大的躯体无法躲避放射性辐射，丧失了繁衍后代的能力，灭了种。

言下之意，在下一一次的地磁消失将给人类带来巨大的灾难。我们且不去分析这种观点有几分正确。即使 1 200 年后，地磁消失期真的降临，此时人类早已到了“可上九天揽月，可下五洋捉鳖”的境地。所以我们现在是不必去杞人忧天的。



地球磁场

知识点

磁感应强度单位：特斯拉

在国际单位制中，磁感应强度的单位是特斯拉，简称特，符号是T，它是磁通量密度或磁感应强度的国际单位制导出单位。是为表彰美国科学家特斯拉早在1896—1899年实现200千伏、架空57.6米的高压输电成果与制成著名的特斯拉线圈和在交流电系统的贡献，在他百年纪念时（1956年）国际电气技术协会决定用他的名字作为磁感应强度的单位。

国际上规定，垂直于磁场方向的1米长的导线，通过1安培的电流，受到磁场的作用力为1牛顿时，通电导线所在处的磁感应强度就是1特斯拉。

延伸阅读

地球磁场对人类健康的影响

人类赖以生存的地球，是一个硕大无比的磁场，南北两极为它的中心。正是由于这种天然的磁场生物圈环境，才对人类的生长、繁殖和健康产生重大影响。地磁场总强度降低时，人类的性成熟相应要加快，而身高增长则略微减慢，例如巴西里约热内卢出生的小孩比起美国同时出生的小孩要矮一些。

地球上磁场总强度最低值，恰好在南美洲范围内，而非洲地磁场总强度较高，因而中非卢旺达男子的身高，超过欧洲男子。人类如果长期顺地磁方向生活，可使体内各个系统、器官和细胞有序化，从而产生生物磁化效应，使各器官功能得到协调和恢复。人类的一些疾病，如高血压、心脏病、脑卒中等，均与地磁场指数的月平均值紧密相关。地磁异常区发病率较高，如俄罗斯库尔斯克地区磁铁矿引起的局部磁异常区内，高血压发病率比正常磁场区高125%~160%。

近年来，科学家研究发现，某些顽固性头疼、失眠、关节痛等症状的出现

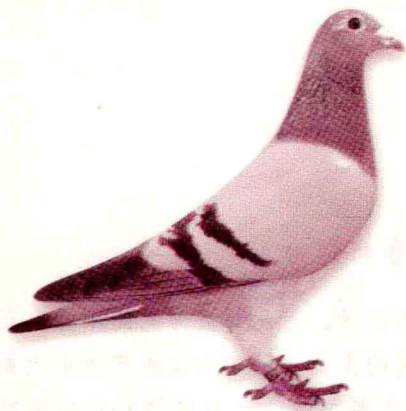


与现代生活中地磁减弱有着密切的关系。现代社会里，越来越多的人工作和生活 在高楼大厦内，加上汽车穿梭，电线、管道如网，扰乱了大自然磁场，造成 人体磁力不足，由此，便出现了各种自主神经功能失调症状。

因此，现代人应补充磁力，调整体内磁平衡。有条件的可常饮磁化水，以 给细胞充磁；也可在饮食中补充各种矿物质。同时加强体育锻炼，这是由于电 解质是产生生物电磁不可缺少的物质，体育运动是促进剂，推动肌体产生生物 电磁，然后通过自身调节，达到磁平衡。

地球磁场与动植物

1991年8月《新民晚报》报道一条消息：“上海的雨点鸽从内蒙古放飞 后，历经20余天，返回市区鸽巢。”



鸽子

信鸽这种惊人的远距离辨认方向的本 领，实在是令人啧啧称奇。据资料记载， 早在古埃及第五王朝的时候（约公元前 2500—前2350年）就有人把鸽子训练成 快速而可靠的通信工具。一直到无线电发 明并得到广泛应用的第二次世界大战期 间，信鸽仍在通讯战线上占有一席之地。 讲一个故事来做例证：

1943年11月18日，英军第56步兵 旅要求空军轰炸德军的防御阵地，来配合 步兵进攻德军。当英军飞机正要起飞时， 一只名叫“格久”的军鸽及时地赶到， 带来了十万火急的信件。原来英军已经冲破了德军的防线，有1000名士兵已 经进入到德军的防御工事阵地中，要求立即撤销轰炸的命令。好样的“格 久”，由于它及时传递了命令，拯救了1000人的生命。英国伦敦市长特授予 “格久”一枚镀金勋章呢！

那么，信鸽究竟是靠什么来判断方向的呢？在很长的一段时间里，人们把 鸽子这种高超的认路本领归结于它的眼力和记忆力。直到20世纪才有人想到， 鸽子会不会是依赖地磁场来判别方向？这种设想被后来的实验所证实。