中华文化撷英

电磁学小知识
(二)

黄兵明　主编

北京银冠电子出版有限公司

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

中华文化撷英/黄兵明主编．—北京：北京银冠
电子出版有限公司，2003

ISBN 7-900060-29-4
Ⅰ．中…　Ⅱ．黄…　Ⅲ．文化知识～普及读物～中国
Ⅳ．Z228527
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007295 号

北京银冠电子出版有限公司发行
(北京海淀区增光路 45 号　100037)
全国各地新华书店经销　北京双青印刷厂印刷
开本：787×1092　1/32　印张：512　字数：4 900 千字
2003 年 12 月第 1 版　　2003 年 12 月第 1 次印刷
印数：1～5 00 册
版号：ISBN 7-900060-29-4/Z·03
定价：9998.00 元(1CD,含配套书)

目 录

◎磁在新型汽车中的应用.....1
◎磁在发电机和电动机中的应用.....2
◎磁在磁浮列车中的应用.....4
◎磁在高能加速器和对撞机中的应用.....7
◎定向能电磁辐射武器和电磁炮.....8
◎功能各异的磁性材料.....9
◎永磁功能材料和软磁功能材料.....10
◎信息磁性功能材料.....14
◎多功能磁性功能材料.....21
◎智能磁性材料.....22
◎中国是磁的故乡.....24
◎司南和指南针的发明.....25
◎指南针在航海中的最早应用.....27
◎磁(慈)石在医药中的应用.....28
◎北极光和太阳黑子的观察记载.....30
◎核磁共振层析成像.....33
◎心磁图和脑磁图.....35
◎鸽子回家和海龟回游.....37
◎磁性细菌的磁导航.....39
◎地球磁场的变化和应用.....40
◎地球磁场的反向.....42
◎地磁与大陆漂移及海底扩张.....43
◎基本粒子磁现象.....45
◎电子磁矩.....46
◎中子的磁性.....47
◎磁单极子.....49

◎基本粒子的磁性.....51
◎宇宙磁现象.....54
◎太阳磁场与太阳黑子.....54
◎阿尔法(?)磁谱仪空间探测.....55
◎“阿波罗”飞船测月磁.....57
◎磁场与空间气象学.....59
◎脉冲星与超强磁场.....60
◎原子核磁现象.....63
◎核磁共振与物质结构研究.....63
◎穆斯堡尔效应与磁结构研究.....65
◎核磁致冷创造最低温度记录.....67
◎核铁磁性和核反铁磁性.....69
◎大气电学.....71
◎力学学科.....72
◎彗星的磁场.....73
◎地球磁场.....73
◎地球磁场是怎样产生的.....75
◎赫兹与电磁波.....87
◎电磁污染.....90
◎电磁波种类.....91
◎电磁波的产生、发送与接收：.....91
◎电磁污染的防止.....93
◎电磁波无所不在 您不可不知.....94
◎电磁波对人体的危害.....96

◎磁在新型汽车中的应用

汽车是现代的一种重要交通工具。一般汽车中使用的电话、收音机和电视机中都要应用到多种的磁性材料和磁性器件。在现代一些新型汽车中磁的应用就更加增多。例如现代一种新型家用小汽车便使用了 32 台小型永磁电动机，它们分别应用于时钟步进电机、录音机走带机械、电子计价器步进电机、电控反光机、车

现代新型汽车使用

高调整泵、自动车速调节泵、起动电机、可伸缩车前灯、车前灯冲洗器、水箱冷却风扇、电容器冷却风扇、活门控制、颈部防损控制、车前灯擦净器、前窗冲洗器、前部擦净器、后窗冲洗器、后部擦净器、电动车窗、油泵、汽车门锁、可调减振器、空气净化器、后部空调器、汽车天线、遮阳车顶、大腿支撑泵、侧面支撑泵、气动腰部支撑泵、座椅斜倚器、座椅升降器、座椅移动器、真空泵、空气调节器、室温传感器、暖风机。这种汽车使用的各种小型永磁电动机的示意图。

除上述的几种家用电器需要使用多种的磁性材料和磁性器件外，还有许多家用电器也要应用到磁，例如，电冰箱中的磁门封条和电动机，洗衣机、空调

需要全本请访问 www.ertongbook.com

器、除尘器和电唱机中用的电动机，微波炉中用的磁控管，电门铃中用的电磁继电器，电子钟表中用的小型微型电动机等。可以看出，现代生活离不开磁。

◎磁在发电机和电动机中的应用

我们生活在电气化时代。但是电能是如何得到的？一般说来，电能是从其他能量如热能、水的动能、原子能等转换成电能的，即先将这些能量通过热机或水力机转换为机械(动)能，再把机械能转换为电能。这种将机械能转换为电能的机械称为发电机。为了减少电能在长途传送途中的损失，必须将电能的电压提高、电流减小，这就需要把电压升高的升压变压器，或称高压变压器。当电能经高压输送到使用地后，为了使用方便和用电安全，又必须把高压电的电压降低。这就需要把电压降低的降压变压器，或称低压变压器。不论升压变压器或降压变压器都离不开磁的应用。在电能应用中，很多是应用于动力机械，这就是将电能转换为机械(动)能。将电能转换为机械动能的机械称为电动机。

发电机是由磁铁系统、在磁性材料上绕有电流线圈的电枢和使电枢转动的转动机械构成的。发电机工作时，转动机械使电枢旋转，电枢上的线圈在磁铁系统产生的磁场中旋转，切割磁场的磁力线时，根据电

磁感应作用原理，便会在线圈中产生感应电动势，在这电流线圈为通路时便会产生电流。

电动机的构造是同发电机的构造相似的，也是由磁铁系统、在磁性材料上绕有电流线圈的电枢和使电枢转动的转动机械构成。但电动机工作时，是从外部电源在电枢的电流线圈中通过电流，根据电动机作用原理，电枢便会受磁场作用而转动。变压器的构造是在磁性材料制成的磁芯上绕上两组通电流的线圈，称为绕组，其中一组是输入电流，称为输入绕组或称初级绕组；另一组是输出电流，称为输出绕组或称次级绕组。输入电压和电流通过电磁感应使变压器磁芯磁化，磁化的变压器磁芯又通过电磁感应使次级绕组产生输出电压和电流。根据电磁感应原理，输入电压与输出电压之比同输入绕组匝数与输出绕组匝数成正比，而输入电流与输出电流之比则同输入绕组匝数与输出绕组匝数成反比。

从发电机、电动机和变压器的结构和工作原理都可以看出：磁的使用都是十分重要和不可缺少的。但同时也应特别注意，磁的作用只是在发电机、电动机和变压器的能量变换和转移中起着重要的作用，它并没有产生能量。

◎磁在磁浮列车中的应用

当前许多国家都在为提高陆地交通运输的速度、减少甚至消除汽车燃料对环境的污染而进行着多方面的研究和试验。磁浮列车和磁储氢汽车的研究、试验和初步应用便是其中之一。

目前一般火车的速度只有每小时约几十公里到上百公里，在多方面采取一些改善措施后可以提高到每小时约 100～200 公里或稍高一些。但是由于火车速度越高，火车车轮与铁轨之间的摩擦也越大，这就限制了火车速度的进一步提高。如果能够使火车从铁轨上浮起来，消除了火车车轮与铁轨之间的摩擦，不就能很大地提高火车的速度吗？但是如何使火车从铁轨上浮起来呢？一般说来有两种可能的浮起方法。一种是气浮法，就是使火车向铁轨下的地面大量高速喷气而利用其反作用力把火车从铁轨道上浮起，但这样会激扬起大量尘土和产生很大噪声，都会对环境造成尘土和噪声污染而不能采用。另一种是磁浮法，就是利用火车与铁路轨道之间的磁作用力使火车从铁轨上浮起来，这样既不会场起尘土，也不会产生喷气噪声，因而是一种提高火车速度的好方法。那么磁浮列车(也称磁悬浮列车)是怎样工作的呢？

利用列车上磁铁与铁轨上磁铁的不同磁极性之

间的磁吸引力而浮起，利用列车上磁铁与铁轨上磁铁的相同磁极性之间的磁排斥力而浮起。又列车上磁铁与铁轨两侧的相同磁极性之间的磁排斥力则使列车保持居中位置，不致左右偏移。我国已建成的有四川都江堰市青城山旅游区和上海市浦东的磁浮列车等。还可能建设北京至天津的长途磁浮列车。磁浮列车所用的产生磁场的磁体或称磁铁可以采用永磁体，一般由磁体或超导磁体或它们组合的复合磁体等。磁浮列车的优点较多，例如运行平稳，舒适性好；安全性高；速度调节范围宽，可适用于不同的距离和不同的要求；噪声低，既无铁轨与车轮的摩擦噪声，又无传动和滚动噪声；平时由计算机对电力和电子设备进行检测，不需要一般火车的机械等例行检修，故维护费用低。但是，修建磁浮铁路和制造磁浮列车的初投经费却是很高的。

目前尚处于研究和试验中的磁储氢汽车是另一类具有土特优势的磁交通设备。因为目前使用的汽车所用的燃料汽油在燃烧时产生的废气会造成环境污染，汽油的来源石油在地球上是有限的，因此研究和应用在汽车上既无污染、来源又丰富的新的汽车燃料便成为当前的一个重要问题。这问题是否也可以从磁科学技术来解决呢？利用磁储氢材料作汽车燃料就

是一个重要的解决途径。什么是磁储氢材料？磁储氢材料有什么特点？从科学研究知道，氢是一种无污染或严格说污染极微小的燃料，可供燃烧的单位质量的能量密度很高。根据科学推算，地球上的石油储量只够用较短时期，但氢含有的作为燃料的化学能和作为热核聚变能源的核聚变能却可供使用约1千亿(1011)年，这比地球的年龄还要长，大约相当于宇宙演化年龄，甚至更长。但是要在汽车中使用氢的化学能，却不能简单地使用纯气态氢或纯液态氢作燃料。这是因为纯气态氢的体积太大，而且纯气态氢和纯液态氢都有易燃烧爆炸的安全问题。如果使用固态储氢材料，即将氢以固态化合物的组元形态存储在固态材料中，然后在一定的条件下释放出气态氢用作汽车燃料。在固态储氢材料中，磁性材料和含强磁性元素的化合物的磁储氢材料占有重要的地位。例如常用的储氢材料就有镍～镁～氢化物(NiMgH4)、铁～钛～氢化物(FeTiH195)和镧～镍～氢化物(LaNi5H7)等。目前已经进行过在汽车中应用磁储氢器的许多试验。这些磁储氢器在使用一定时间后，又需要在一定条件下进行再充氢气。这就像蓄电池在使用一定时间后需要进行再充电一样。不过目前的磁储氢器的不足之处是磁储氢材料的重量还较大，还需要进一步减轻磁储氢材料

的重量。还有即将在汽车中应用的氢燃料电池，虽未用到磁，却也是值得关注的。

◎磁在高能加速器和对撞机中的应用

在科学研究和高新技术中，磁的应用是多种多样和十分重要的。这里仅以基本粒子物理学、原子核物理学和高能物理学中应用的高能加速器和高能粒子对撞机中磁的一些应用为例加以说明。

在对物质微观结构研究中，研究的物质结构越深入，所需要的能量也越高。高能加速器和高能粒子对撞机可以把微观物质如氢原子核(质子)和带电的基本粒子如电子等加速到很高的速度，使它们得到很高的能量，像炮弹一样进入所要研究的微观物质或粒子内部，或将这些微观物质轰击成碎片，以便研究其内部构造。但是，如何约束带电的高能粒子束，使它们能沿着预定的轨道去轰击目标？或者使两束带电粒子沿着预定的轨道相互碰撞(称为对撞)，从而研究它们的微观结构呢？这就需要磁场了。

磁场为什么能够控制和约束高能带电粒子的运动呢？这就是磁场的洛伦兹力的使用。什么是洛伦兹力？洛伦兹力是磁场对运动的带电粒子的作用力。这作用力的大小和方向与磁场的强弱和方向及带电粒子的电荷量及运动速度的快慢和方向都有关。中国科

需要全本请访问 www.ertongbook.com

学院高能物理研究所建的北京正负电子对撞机的注入器和探测器—北京谱仪，都需要场来控制和约束带电的电子、正电子和其它带电粒子的运动。

◎定向能电磁辐射武器和电磁炮

自由电子激光器和微波激射器

定向能电磁辐射武器是利用高度定向高能量的从电磁波到光波的电磁辐射使敌方的人员和电子武器等受到伤害。自由电子激光器和自由电子微波激射器便是其中一类新的定向能辐射武器，其主要结构所示：由电子束源

(1)产生的自由电子束进入电子加速器。

(2)在加速器中受到高电压的加速作用。被加速的自由电子具有很高的能量。这些高能自由电子束经过磁场。

(3)作用可以改变其运动方向，并进入扭轨磁场

(4)(或称扭摆磁场)中。扭轨磁场是由一组磁场方向不断反向的永磁铁组成，它构成具有特定的强度和方向、一定分布规律和空间周期的磁场系统。高能自由电子在这扭轨磁场中受到这种磁场的作用而作扭摆式运动。同时由主振荡器。

(5)产生的电磁波(光波或微波)通过共振腔与电子束作同向运动。在扭轨磁场的作用下，高能电子束

向这电磁波输送能量，从而使电磁波受到放大作用而使电磁波能量增强。改变扭轨磁场的参量和其他相关参量，便可以改变自由电子激光器和微波激射器的波长和输出功率。这种自由电子激光器和微波激射器具有很高的功率、良好的相干性和超短的脉冲，因而可在高能量高定向电磁辐射(光波和微波)武器中得到应用。

电磁炮

电磁炮是利用强脉冲电磁能来发射炮弹，而一般炮是利用火药的化学能来发炮弹的。电磁炮在发射炮弹时在炮弹中通过强脉冲电流，并在发射架的强脉冲磁场的同时作用下受到强大的推动力而发射出去。也可以利用相同的原理来发射电磁导弹，其费用低于一般火箭发射。但电磁炮和电磁导弹都还处于试验阶段。

◎功能各异的磁性材料

磁性材料的种类是很多的，用途也是十分广泛的，而一般使用最多的是具有强磁性的材料，包括具有铁磁性和亚铁磁性的材料，一般常称磁性材料。这里介绍当前应用多和(或)富有发展前景的永磁功能材料、软磁功能材料、信息磁功能材料、多功能磁性材料和磁智能材料。

◎永磁功能材料和软磁功能材料

永磁功能材料常称永磁材料，又称硬磁材料，而软磁功能材料常称软磁材料。这里的硬和软并不是指力学性能上的硬和软，而是指磁学性能上的硬和软。磁性硬是指磁性材料经过外加磁场磁化以后能长期保留其强磁性(简称磁性)，其特征是矫顽力(矫顽磁场)高。矫顽力是磁性材料经过磁化以后再经过退磁使具剩余磁性(剩余磁通密度或剩余磁化强度)降低到零的磁场强度。而软磁材料则是加磁场既容易磁化，又容易退磁,即矫顽力很低的磁性材料。退磁是指在加磁场(称为磁化场)使磁性材料磁化以后，再加同磁化场方向相反的磁场使其磁性降低的磁场。

永磁材料是发现和使用都最早的一类磁性材料。我国最早发明的指南器(称为司南)便是利用天然永磁材料磁铁矿制成的。现在的永磁材料不但种类很多，而且用途也十分广泛。常用的永磁材料主要具有4种磁特性：

(1)高的最大磁能积。最大磁能积[符号为(BH)m]是永磁材料单位体积存储和可利用的最大磁能量密度的量度；

(2)高的矫顽(磁)力。矫顽力[符号为(H)c]是永磁材料抵抗磁的和非磁的干扰而保持其永磁性的量

度；

(3)高的剩余磁通密度(符号为 Br)和高的剩余磁化强度(符号为 Mr)。它们是具有空气隙的永磁材料的气隙中磁场强度的量度；

(4)高的稳定性，即对外加干扰磁场和温度、震动等环境因素变化的高稳定性。当前常用的重要永磁材料主要有：

(1)稀土永磁材料，这是当前最大磁能积最高的一大类永磁材　钕铁硼稀土永磁材料料，为稀土族元素和铁族元素为主要成分的金属互化物(又称金属间化合物)。

(2)金属永磁材料。这是一大类发展和应用都较早的以铁和铁族元素(如镍、钴等)为重要组元的合金型永磁材料，主要有铝镍钴(AlNiCo)系和铁铬钴(FeCrCo)系两大类永磁合金。铝镍钴系合金永磁性能和成本属于中等，发展较早，性能随化学成分和制造工艺而变化的范围较宽，故应用范围也较广。铁铬钴系永磁合金的特点是永磁性能中等，但其力学性能可进行各种机械加工及冷或热的塑性变形，可以制成管状、片状或线状永磁材料而供多种特殊应用。

(3)铁氧体永磁材料。这是以 Fe203 为主要组元的复合氧化物强磁材料(狭义)和磁有序材料如反铁

磁材料(广义)。其特点是电阻率高，特别有利于在高频和微波应用。如钡铁氧体(BaFe12019)和锶铁氧体(SrFe12019)等都有很多应用。除上述 3 类永磁材料外，还有一些制造、磁性和应用各有特点的永磁材料。例如微粉永磁材料、纳米永磁材料、胶塑永磁材料(可应用于电冰箱门的封闭)、可加工永磁材料等。

铁-硅系软磁材料的磁和电损耗 P 随年代降低

软磁材料种类多和用途广，具有 5 种主要的磁特性：

(1)高的磁导率。磁导率(符号为μ)是对磁场灵敏度的量度；

(2)低的矫顽力 Hc 显示磁性材料既容易受外加磁场磁化，又容易受外加磁场或其他因素退磁，而且磁损耗也低；

(3)高的饱和磁通密度 Bs 和高的饱和磁化强度 Ms。这样较容易得到高的磁导率μ和低的矫顽力 Hc，也可以提高磁能密度；

(4)低的磁损耗和电损耗。这就要求低的矫顽力 Hc 和高的电阻率；

(5)高的稳定性，这就要求上述的软磁特性对于温度和震动等环境因素有高的稳定性。

当前常用的重要的软磁材料主要有：

(1)铁-硅(Fe-Si)系软磁材料，常称硅钢片，是电机工业广泛使用磁性材料。图 2 示出这一磁性材料系统的非取向 Fe-Si 合金(ⅰ)、单取向 Fe-Si 合金(ⅱ)、双取向 Fe-Si 合金(ⅲ)、特殊处理 Fe-Si 合金(ⅳ)和非晶 Fe-Si-B 材料(ⅴ)的磁和电损耗 P 降低随年代的进展。

(2)铁-镍(Fe-Ni)系软磁合金是磁导率 μ 和矫顽力 Hc 低的性能良好的软磁材料，有着广泛的应用。

(3)铁氧体软磁材料，其突出优点是电阻率极高，可以在高频率和超高频率使用，在通信和多种电子学器件中有着重要的应用。

(4)非晶软磁材料和纳米晶软磁材料，是在 20 世纪后期发展起来的新软磁材料。非晶软磁材料的特点是制造工艺较简单，化学

图 3　非晶软磁材料的低损耗成分变化范围较宽、磁性均匀和良好的各向同性(因无晶粒结构)。从图 3 中可以看出非晶软磁材料的低损耗的优点。将适当成分的非晶软磁材料通过适当的热处理后，可以使非晶状态转变为晶粒直径为纳米量级的结晶态软磁材料，也可以得到良好的软磁材料。

(5)其他软磁材料。选择适当的化学成分和适当的制造工艺，可以得到具有特定软磁等性能的软磁材

需要全本请访问 www.ertongbook.com