# 磁性材料的研讨和应用

**摘要：**材料是现代文明的重要支撑。生活中的处处都缺少不了材料。磁性材料是现代材料的一部分，新材料的开发及应用促进了人类社会文明的发展。该文章简要介绍了磁性材料的概述和分类等，简明阐述了磁性材料的在材料科学和其他科学领域的广泛应用。

磁这个神奇的特性，神秘而又奇妙，一个不同寻常的存在，促使我有强烈的欲望去了解探索它。因此，在这篇报告中我选择了磁性材料，并想借此能够更深层次的了解磁的一般原理，学习磁性材料在当今生活的分类与应用。

## 磁性材料的概述

能对磁场作出某种方式反应的材料称为磁性材料。实验表明，任何物质在外[磁场](https://baike.baidu.com/item/%E7%A3%81%E5%9C%BA" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%A3%81%E6%80%A7%E6%9D%90%E6%96%99/_blank)中都能够或多或少地被磁化，只是[磁化](https://baike.baidu.com/item/%E7%A3%81%E5%8C%96" \t "https://baike.baidu.com/item/%E7%A3%81%E6%80%A7%E6%9D%90%E6%96%99/_blank)的程度不同。根据物质在外磁场中表现出的特性，物质可地分为五类：[顺磁性](http://www.baike.com/sowiki/%E9%A1%BA%E7%A3%81%E6%80%A7?prd=content_doc_search" \o "顺磁性)物质，[抗磁性](http://www.baike.com/sowiki/%E6%8A%97%E7%A3%81%E6%80%A7?prd=content_doc_search" \o "抗磁性)物质，[铁磁性](http://www.baike.com/sowiki/%E9%93%81%E7%A3%81%E6%80%A7?prd=content_doc_search" \o "铁磁性)物质，[亚磁性](http://www.baike.com/sowiki/%E4%BA%9A%E7%A3%81%E6%80%A7?prd=content_doc_search" \o "亚磁性)物质，[反磁性](http://www.baike.com/sowiki/%E5%8F%8D%E7%A3%81%E6%80%A7?prd=content_doc_search" \o "反磁性)物质。磁性物质的性质主要有顺磁性物质和[抗磁性物质](http://www.baike.com/sowiki/%E6%8A%97%E7%A3%81%E6%80%A7%E7%89%A9%E8%B4%A8?prd=content_doc_search" \o "抗磁性物质)，又称弱磁性物质，以及铁磁性物质又称为强磁性物质。通常所说的磁性材料是指强磁性物质。磁性材料按磁化后去磁的难易可分为软磁性材料和[硬磁性材料](http://www.baike.com/sowiki/%E7%A1%AC%E7%A3%81%E6%80%A7%E6%9D%90%E6%96%99?prd=content_doc_search" \o "硬磁性材料)。磁化后容易去掉磁性的物质叫软磁性材料，不容易去碰的物质叫硬磁性材料。一般来讲软磁性材料剩磁较小，硬磁性材料剩磁较大。磁性材料包括钕铁硼、硅钢、非晶、纳米晶、铁氧体、磁粉芯等磁性材料。

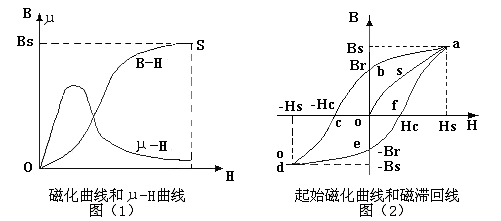
## 磁性物质的基本原理

首先我们来了解了解三种主要的磁质：

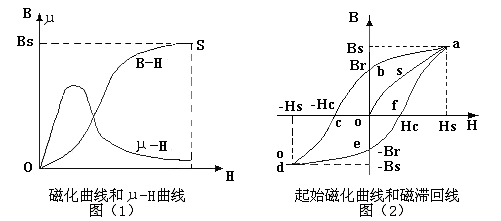
1. **[顺磁质](https://www.baidu.com/s?wd=%E9%A1%BA%E7%A3%81%E8%B4%A8&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "https://zhidao.baidu.com/question/_blank)**是一类磁性较弱的磁介质。它的结构特点是分子的固有[磁矩](https://www.baidu.com/s?wd=%E7%A3%81%E7%9F%A9&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "https://zhidao.baidu.com/question/_blank)不等于零。当磁介质进入磁场,受磁场感应,也会产生一个小磁场，如果小磁场和原磁场同方向,就会加强(加强较小)原磁场.这种磁介质就是[顺磁质](https://www.baidu.com/s?wd=%E9%A1%BA%E7%A3%81%E8%B4%A8&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "https://zhidao.baidu.com/question/_blank)。
2. **抗磁质**是磁介质中的一类，其[相对磁导率](https://www.baidu.com/s?wd=%E7%9B%B8%E5%AF%B9%E7%A3%81%E5%AF%BC%E7%8E%87&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "https://zhidao.baidu.com/question/_blank)是常数，略小于1，对外磁场的影响较小，属于弱[磁性材料](https://www.baidu.com/s?wd=%E7%A3%81%E6%80%A7%E6%9D%90%E6%96%99&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "https://zhidao.baidu.com/question/_blank)。无外磁场时，抗磁质没有未配对的自由电子，所以它的分子固有[磁矩](https://www.baidu.com/s?wd=%E7%A3%81%E7%9F%A9&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "https://zhidao.baidu.com/question/_blank)m=0，对外不显磁性。有外磁场时，抗磁质分子受磁场作用生成感应[磁矩](https://www.baidu.com/s?wd=%E7%A3%81%E7%9F%A9&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "https://zhidao.baidu.com/question/_blank)m，且磁矩方向和外磁场方向相反。于是就在磁介质内部产生与外磁场方向相反的附加磁场，从而使总磁场减弱。这就是所谓的抗磁效应。
3. **[铁磁质](https://www.baidu.com/s?wd=%E9%93%81%E7%A3%81%E8%B4%A8&tn=SE_PcZhidaonwhc_ngpagmjz&rsv_dl=gh_pc_zhidao" \t "https://zhidao.baidu.com/question/_blank)**是一类磁性很强的磁介质。凡是附加磁场H’与外磁场H的方向相同，而且磁化后产生的附加磁场H'远远大于所施加的外磁场H，也就是能使总磁场强度比原外磁场强度大大加强的磁质。

除此之外，据相关资料显示还有**反铁磁质**和**亚铁磁质**。这两个在大学物理书上并未出现。通过查阅资料，得知我们生活中的磁性材料多用的是铁磁质，因此就在此主要谈谈铁磁质及其基本原理：

由铁钴镍及其合金等都有明显特殊的磁性，他们的相对磁导率*μr*都较大，随着磁场强弱变化都有明显的磁滞效应。线圈中通过电流后，铁磁质被磁化。在多次改变电流的情况下，可以得到磁场强度*H*和磁感应强度*B*的关系，得到一条曲线又称磁化曲线。



如图，可以看到*H*较小时，*B*随着*H*成正比增大，*H*再大一些，*B*仍增大，但是增大变慢。最后*B*达到一个最大值，即铁磁质的磁饱和状态，此时磁化强度*M*也达到了最大值。又相对磁导率*μr=B/*μ0*H,*对应关系也如图所示，其峰值在中间某个值达到。



如上图，当I=0时，H=0，B并不等于0，这种现象称磁滞效应。其中Hc称铁磁质的矫顽力，也就是使其中B完全消失的H。在磁学性能中，矫顽力的大小受晶粒尺寸变化的影响最为强烈。对于大致球形的晶粒，矫顽力随晶粒尺寸的减小而增加，达到一最大值后，随着晶粒的进一步减小矫顽力反而下降。对应于最大矫顽力的晶粒尺寸相当于单畴的尺寸，对于不同的合金系统,其尺寸范围在十几至几百纳米。当晶粒尺寸大于单时尺寸时，矫顽力Hc与平均晶粒尺寸D的关系为：

IMG_256

式中，C是与材料有关的常数。可见,纳米材料的晶粒尺寸大于单畸尺寸时，矫顽力亦随晶粒尺寸D的减小而增加。

## 磁性材料的分类

磁性材料具有磁有序的强磁性物质，广义还包括可应用其磁性和磁效应的弱磁性及反铁磁性物质。磁性是物质的一种基本属性。我们知道，物质按照其内部结构及其在外磁场中的性状可分为抗磁性、顺磁性、铁磁性、反铁磁性和亚铁磁性物质。按使用又分为软磁材料、永磁材料和功能磁性材料。功能磁性材料主要有[磁致伸缩材料](http://www.baike.com/sowiki/%E7%A3%81%E8%87%B4%E4%BC%B8%E7%BC%A9%E6%9D%90%E6%96%99?prd=content_doc_search" \o "磁致伸缩材料)、[磁记录材料](http://www.baike.com/sowiki/%E7%A3%81%E8%AE%B0%E5%BD%95%E6%9D%90%E6%96%99?prd=content_doc_search" \o "磁记录材料)、[磁电阻材料](http://www.baike.com/sowiki/%E7%A3%81%E7%94%B5%E9%98%BB%E6%9D%90%E6%96%99?prd=content_doc_search" \o "磁电阻材料)、[磁泡材料](http://www.baike.com/sowiki/%E7%A3%81%E6%B3%A1%E6%9D%90%E6%96%99?prd=content_doc_search" \o "磁泡材料)、磁光材料，旋磁材料以及[磁性薄膜材料](http://www.baike.com/sowiki/%E7%A3%81%E6%80%A7%E8%96%84%E8%86%9C%E6%9D%90%E6%96%99?prd=content_doc_search" \o "磁性薄膜材料)等，反应磁性材料基本磁性能的有磁化曲线、磁滞回线和磁损耗等。下面借助资料主要了解四钟常见磁性材料。

1、永磁材料

磁化方向的磁性。对这类材料的要求是剩余磁感应强度*Br*高，矫顽力*BHC*(即抗退磁能力)强，磁能积(*BH*)磁性材料(即给空间提供的磁场能量)大。相对于软磁材料而言,它亦称为硬磁材料。

永磁材料有合金、[铁氧体](http://www.baike.com/sowiki/%E9%93%81%E6%B0%A7%E4%BD%93?prd=content_doc_search" \o "铁氧体)和[金属间化合物](http://www.baike.com/sowiki/%E9%87%91%E5%B1%9E%E9%97%B4%E5%8C%96%E5%90%88%E7%89%A9?prd=content_doc_search" \o "金属间化合物)三类。①合金类:包括铸造、烧结和可加工合金。铸造合金的主要品种有:AlNi(Co)、FeCr(Co)等；烧结合金有：Re－Co（Re代表稀土元素）等；可加工合金有：FeCrCo、PtCo等，后两种中*BHC*较低者亦称半永磁材料。②铁氧体类：主要成分为MO·6Fe2O3,M代表Ba、Sr、Pb或SrCa、LaCa等复合组分。③金属间化合物类：主要以MnBi为代表。

2、软磁材料

它的功能主要是导磁、电磁能量的转换与传输。因此，对这类材料要求有较高的磁导率和磁感应强度，同时磁滞回线的面积或磁损耗要小。与永磁材料相反，其Br和*B*H*C*越小越好,但饱和磁感应强度B*s*则越大越好。

软磁材料大体上可分为四类。①合金薄带或薄片：FeNi(Mo)等。②非晶态合金薄带:Fe基、Co基等配以适当的Si、B、P和其他掺杂元素,又称磁性玻璃。③[磁介质](http://www.baike.com/sowiki/%E7%A3%81%E4%BB%8B%E8%B4%A8?prd=content_doc_search" \o "磁介质)（铁粉芯）:FeNi(Mo)等粉料，经电绝缘介质包覆和粘合后按要求压制成形。④铁氧体：包括尖晶石型──M++ O·Fe2O3 (M++ 代表NiZn、MnZn、等),磁铅石型──Ba3Me2Fe24O41(Me代表Co、Ni、Mg、Zn、Cu及其复合组分)。

3、旋磁材料

具有独特的微波磁性，如导磁率的张量特性、法拉第旋转、共振吸收、场移、相移、双折射和自旋波等效应。据此设计的器件主要用作微波能量的传输和转换，常用的有隔离器、环行器、滤波器、衰减器、[相移器](http://www.baike.com/sowiki/%E7%9B%B8%E7%A7%BB%E5%99%A8?prd=content_doc_search" \o "相移器)、调制器、开关、限幅器及延迟线等，还有尚在发展中的磁表面波和静磁波器件（见[微波铁氧体器件](http://www.baike.com/sowiki/%E5%BE%AE%E6%B3%A2%E9%93%81%E6%B0%A7%E4%BD%93%E5%99%A8%E4%BB%B6?prd=content_doc_search" \o "微波铁氧体器件)）。常用的材料已形成系列，有Ni系、Mg系、Li系等铁氧体材料；并可按器件的需要制成单晶、多晶、非晶或薄膜等不同的结构和形态。

4、压磁材料

这类材料的特点是在外加磁场作用下会发生机械形变，故又称磁致伸缩材料，它的功能是作磁声或磁力能量的转换。常用于超声波发生器的振动头、通信机的机械滤波器和电脉冲信号延迟线等，与微波技术结合则可制作微声（或旋声）器件。由于合金材料的机械强度高，抗振而不炸裂，故振动头多用Ni系和NiCo系合金；在小信号下使用则多用Ni系和NiCo系铁氧体。非晶态合[金中新](http://www.baike.com/sowiki/%E9%87%91%E4%B8%AD%E6%96%B0?prd=content_doc_search" \o "金中新)出现的有较强压磁性的品种，适宜于制作延迟线。

## 四．磁性材料的应用

磁性材料在生产生活，国防科技中广泛使用材料。像制造电力技术里的各种电机，变压器，电子技术中各种磁性元件和微波电子管，通信技术上的滤波器和增感器等。这么广泛的应用就细致的谈一谈吧。

1. 传统工业的应用

回旋加速器-用于产生高能粒子的装罝，其结构为金属双D形屏蔽盒，在屏蔽盒上加有磁场和交变的电场.当带电粒子从双D形盘的中心缝隙处释放后，在电场的作用下，粒子不断地被加速.这是利用磁性的一大重要应用，也是人类物理学研究的一大进步吧。

1. 军事领域的应用

磁性材料在军事领域同样有广泛应用。像在水雷地雷上安装磁性传感器，由于坦克军舰都是钢铁制作，在它们接近时，传感器探测到磁场变化使水雷地雷爆炸，提高杀伤力。

若飞机被敌方雷达侦测到，危险是很大的，为了躲避监测，在飞机表面涂一层特殊磁性材料，又称吸波材料，可以吸收雷达发射的电磁波，是的雷达电磁波很少发生反射，因此雷达测不到回波，发现不了飞机，从而诞生“隐形飞机”。

1. 生物医学领域的应用
2. 靶向给药

生物导向-将特定的抗体结合在磁性载体的表面，通过与肿瘤表面的抗原型识别器发生特异性结合，使药物准确运送到肿瘤细胞中。

物理导向-利用外加磁场，使此行药物载体在病变部位富集，减少正常组织的药物暴露，降低毒副作用，降低药物的疗效。

1. 核磁共振成像

此行颗粒外部包裹着特有病毒的抗体，注射入人体进行检测，一旦人体内存在这种病毒，他们将与磁性颗粒上的抗体结合形成大颗粒团，然后通过磁共振成像就能发现病毒的位置。

1. 靶向热疗

利用磁场导向作用，将磁性纳米粒子经由肿瘤的供血动脉引到肿瘤部位，然后在肿瘤周围施加交变磁场，磁性纳米粒子受到交变磁场的作用而产热，从而起到热疗的作用。

1. 日常生活的节能减排
2. 节能的永磁材料

降低现有磁性材料的损耗，研发更低损耗的新材料，便可以在使用磁性材料的各种电机和电器中节约能源。例如，用永磁体代替电流在空间形成1个静磁场，这样，不仅节省了电能，降低了温度，而且省去了一部分电源及控制系统，冷却系统。

1. 磁性节能器件

磁水器在锅炉和热交换系统中的使用，不但提高了热效应，节约了能源，而且还减少了管道和设备的除垢工作。如果采用磁力除垢器或磁水器均可节约能源并提高维护保养水平。

1. 绿色节能磁冰箱

利用“绝热去磁”全新原理工作的磁冰箱，其制冷工作效率为常规气体制冷机的2到4倍，能耗低，节电。由于固体工质，骨体积小，重量轻，无压缩机，很少有零件磨损和挤压现象。即使有运动部件，其转速也十分缓慢，因此省电，易维护，寿命长，无噪音，无氟里昂，有益于环境，又称“绿色冰箱”。

通过对磁性材料的一番学习，主要学习到磁性材料不同于其他材料主要依靠自己各种硬软韧性等特质，它依靠的是无形的磁，借助磁性，可以实现一些材料无法实现的特殊功能。不仅如此，磁性材料在我们日常生活应用广泛，在生产方面更是随处可见。已经对电子信息材料进行两周多的学习，学到了作为计通学院人学不到的一些有趣事物，开阔了眼界。在此，以磁性材料为例，表达对这门课的兴趣与喜爱。

**参考文献**：

1. 百度百科 [www.baike.com/wiki/磁性材料](http://www.baike.com/wiki/磁性材料)
2. 《大学物理学（力学，电磁学）》 张三慧 清华大学出版社
3. 《Magnetism and Magnetic Materials》 (爱)科埃 （J. M. D. Coey） [北京](https://www.dxsbb.com/news/list_98.html" \t "https://www.dxsbb.com/news/_blank)大学出版社
4. 参考网页 wenku.baidu.com/view/9802151226fff705cc170ae6