

## 磁珠 Ferrite Bead 与电感 inductance 的区别

磁珠由氧磁体组成，电感由磁心和线圈组成，磁珠把交流信号转化为热能，电感把交流存储起来，缓慢的释放出去。磁珠对高频信号才有较大阻碍作用，一般规格有 100 欧/100mMHZ，它在低频时电阻比电感小得多。电感的等效电阻可有  $Z=2X3.14xf$  来求得。

铁氧体磁珠 (Ferrite Bead) 是目前应用发展很快的一种抗干扰元件，廉价、易用，滤除高频噪声效果显著。

在电路中只要导线穿过它即可（我用的都是象普通电阻模样的，导线已穿过并胶合，也有表面贴装的形式，但很少见到卖的）。当导线中电流穿过时，铁氧体对低频电流几乎没有什么阻抗，而对较高频率的电流会产生较大衰减作用。高频电流在其中以热量形式散发，其等效电路为一个电感和一个电阻串联，两个元件的值都与磁珠的长度成比例。

磁珠种类很多，制造商应提供技术指标说明，特别是磁珠的阻抗与频率关系的曲线。有的磁珠上有多个孔洞，用导线穿过可增加元件阻抗（穿过磁珠次数的平方），不过在高频时所增加的抑制噪声能力不可能如预期的多，而用多串联几个磁珠的办法会好些。

铁氧体是磁性材料，会因通过电流过大而产生磁饱和，导磁率急剧下降。大电流滤波应采用结构上专门设计的磁珠，还要注意其散热措施。

铁氧体磁珠不仅可用于电源电路中滤除高频噪声（可用于直流和交流输出），还可广泛应用于其他电路，其体积可以做得很小。特别是在数字电路中，由于脉冲信号含有频率很高的高次谐波，也是电路高频辐射的主要根源，所以可在这种场合发挥磁珠的作用。

铁氧体磁珠还广泛应用于信号电缆的噪声滤除。

以常用于电源滤波的 HH-1H3216-500 为例，其型号各字段含义依次为：

HH 是其一个系列，主要用于电源滤波，用于信号线是 HB 系列；

1 表示一个元件封装了一个磁珠，若为 4 则是并排封装四个的；

H 表示组成物质，H、C、M 为中频应用（50—200MHz），

T 低频应用（<50MHz），S 高频应用（>200MHz）；

3216 封装尺寸，长 3.2mm，宽 1.6mm，即 1206 封装；

500 阻抗（一般为 100MHz 时），50 ohm。

其产品参数主要有三项：

阻抗[Z]@100MHz (ohm) : Typical 50, Minimum 37;

直流电阻 DC Resistance (m ohm): Maximum 20;

额定电流 Rated Current (mA): 2500.

磁珠有很高的电阻率和磁导率，他等效于电阻和电感串联，但电阻值和电感值都随频率变化。他比普通的电感有更好的高频滤波特性，在高频时呈现阻性，所以能在相当宽的频率范围内保持较高的阻抗，从而提高调频滤波效果。磁珠主要用于高频隔离，抑制差模噪声等。

磁珠有很高的电阻率和磁导率，他等效于电阻和电感串联，但电阻值和电感值都随频率变化。他比普通的电感有更好的高频滤波特性，在高频时呈现阻性，所以能在相当宽的频率范围内保持较高的阻抗，从而提高调频滤波效果。

作为电源滤波，可以使用电感。磁珠的电路符号就是电感但是型号上可以看出使用的是磁珠在电路功能上，磁珠和电感是原理相同的，只是频率特性不同罢了。磁珠由氧磁体组成，电感由磁心和线圈组成，磁珠把交流信号转化为热能，电感把交流存储起来，缓慢的释放出去。

磁珠对高频信号才有较大阻碍作用，一般规格有 100 欧/100mMHZ，它在低频时电阻比电感小得多。

铁氧体磁珠 (Ferrite Bead) 是目前应用发展很快的一种抗干扰组件，廉价、易用，滤除高频噪声效果显著。

在电路中只要导线穿过它即可 (我用的都是象普通电阻模样的，导线已穿过并胶合，也有表面贴装的形式，但很少见到卖的)。当导线中电流穿过时，铁氧体对低频电流几乎没有什么阻抗，而对较高频率的电流会产生较大衰减作用。高频电流在其中以热量形式散发，其等效电路为一个电感和一个电阻串联，两个组件的值都与磁珠的长度成比例。磁珠种类很多，制造商应提供技术指标说明，特别是磁珠的阻抗与频率关系的曲线。

有的磁珠上有多个孔洞，用导线穿过可增加组件阻抗 (穿过磁珠次数的平方)，不过在高频时所增加的抑制噪声能力不可能如预期的多，而用多串联几个磁珠的办法会好些。

铁氧体是磁性材料，会因通过电流过大而产生磁饱和，导磁率急剧下降。大电流滤波应采用结构上专门设计的磁珠，还要注意其散热措施。

铁氧体磁珠不仅可用于电源电路中滤除高频噪声 (可用于直流和交流输出)，还可广泛应用于其它电路，其体积可以做得很小。特别是在数字电路中，由于脉冲信号含有频率很高的高次谐波，也是电路高频辐射的主要根源，所以可在这种场合发挥磁珠的作用。

铁氧体磁珠还广泛应用于信号电缆的噪声滤除。

以常用于电源滤波的 HH-1H3216-500 为例，其型号各字段含义依次为：

HH 是其一个系列，主要用于电源滤波，用于信号线是 HB 系列；

1 表示一个组件封装了一个磁珠，若为 4 则是并排封装四个的；

H 表示组成物质，H、C、M 为中频应用 (50—200MHz)，

T 低频应用 (50MHz)，S 高频应用 (200MHz)；

3216 封装尺寸，长 3.2mm，宽 1.6mm，即 1206 封装；

500 阻抗 (一般为 100MHz 时)，50 ohm。

其产品参数主要有三项：

阻抗[Z]@100MHz (ohm) : Typical 50, Minimum 37;

直流电阻 DC Resistance (m ohm): Maximum 20;

额定电流 Rated Current (mA): 2500.

回答了什么磁珠

### 磁珠的原理

磁珠的主要原料为铁氧体。铁氧体是一种立方晶格结构的亚铁磁性材料。铁氧体材料为铁镁合金或铁镍合金，它的制造工艺和机械性能与陶瓷相似，颜色为灰黑

色。电磁干扰滤波器中经常使用的一类磁芯就是铁氧体材料，许多厂商都提供专门用于电磁干扰抑制的铁氧体材料。这种材料的特点是高频损耗非常大，具有很高的导磁率，他可以是电感的线圈绕组之间在高频高阻的情况下产生的电容最小。对于抑制电磁干扰用的铁氧体，最重要的性能参数为磁导率  $\mu$  和饱和磁通密度  $B_s$ 。磁导率  $\mu$  可以表示为复数，实数部分构成电感，虚数部分代表损耗，随着频率的增加而增加。因此，它的等效电路为由电感  $L$  和电阻  $R$  组成的串联电路， $L$  和  $R$  都是频率的函数。当导线穿过这种铁氧体磁芯时，所构成的电感阻抗在形式上是随着频率的升高而增加，但是在不同频率时其机理是完全不同的。

在低频段，阻抗由电感的感抗构成，低频时  $R$  很小，磁芯的磁导率较高，因此电感量较大， $L$  起主要作用，电磁干扰被反射而受到抑制，并且这时磁芯的损耗较小，整个器件是一个低损耗、高  $Q$  特性的电感，这种电感容易造成谐振因此在低频段，有时可能出现使用铁氧体磁珠后干扰增强的现象。

在高频段，阻抗由电阻成分构成，随着频率升高，磁芯的磁导率降低，导致电感的电感量减小，感抗成分减小 但是，这时磁芯的损耗增加，电阻成分增加，导致总的阻抗增加，当高频信号通过铁氧体时，电磁干扰被吸收并转换成热能的形式耗散掉。

铁氧体抑制元件广泛应用于印制电路板、电源线和数据线上。如在印制板的电源线入口端加上铁氧体抑制元件，就可以滤除高频干扰。铁氧体磁环或磁珠专用于抑制信号线、电源线上的高频干扰和尖峰干扰，它也具有吸收静电放电脉冲干扰的能力。

两个元件的数值大小与磁珠的长度成正比，而且磁珠的长度对抑制效果有明显影响，磁珠长度越长抑制效果越好。

### 磁珠和电感的区别

电感是储能元件，而磁珠是能量转换（消耗）器件。电感多用于电源滤波回路，侧重于抑止传导性干扰；磁珠多用于信号回路，主要用于 EMI 方面。磁珠用来吸收超高频信号，象一些 RF 电路，PLL，振荡电路，含超高频存储器电路（DDR，[SD RAM](#)，RAMBUS 等）都需要在电源输入部分加磁珠，而电感是一种储能元件，用在 LC 振荡电路、中低频的滤波电路等，其应用频率范围很少超过 50MHz。

1. 片式电感：在电子设备的 [PCB](#) 板电路中会大量使用感性元件和 EMI 滤波器元件。这些元件包括片式电感和片式磁珠，下面就这两种器件的特点进行描述并分析他们的普通应用场合以及特殊应用场合。表面贴装元件的好处在于小的封装尺寸和能够满足实际空间的要求。除了阻抗值，载流能力以及其他类似物理特性不同外，通孔接插件和表面贴装器件的其他性能特点基本相同。在需要使用片式电感的场合，要求电感实现以下两个基本功能：电路谐振和扼流电抗。谐振电路包括谐振发生电路，振荡电路，时钟电路，脉冲电路，波形发生电路等等。谐振电路还包括高  $Q$  带通滤波器电路。要使电路产生谐振，必须有电容和电感同时存在于电路中。在电感的两端存在寄生电容，这是由于器件两个电极之间的铁氧体本体相当于电容介质而产生的。在谐振电路中，电感必须具有高  $Q$ ，窄的电感偏差，稳定的温度系数，才能达到谐振电路窄带，低的频率温度漂移的要求。高  $Q$  电路具有尖锐的谐振峰值。窄的电感偏置保证谐振频率偏差尽量小。稳定的温度系数保证谐振频率具有稳定的温度变化特性。标准的径向引出电感和轴向引出电感以及片式电感的差异仅仅在于封装不一样。电感结构包括介质材料（通常为氧化铝陶瓷材料）上绕制线圈，或者空心线圈以及铁磁性材料上绕制线圈。在功率应用场合，

作为扼流圈使用时，电感的主要参数是直流电阻（DCR），额定电流，和低 Q 值。当作为滤波器使用时，希望宽的带宽特性，因此，并不需要电感的高 Q 特性。低的 DCR 可以保证最小的电压降，DCR 定义为元件在没有交流信号下的直流电阻。

2. 片式磁珠：片式磁珠的功能主要是消除存在于传输线结构（[PCB 电路](#)）中的 RF 噪声，RF 能量是叠加在直流传输电平上的交流正弦波成分，直流成分是需要有用信号，而射频 RF 能量却是无用的电磁干扰沿着线路传输和辐射（EMI）。要消除这些不需要的信号能量，使用片式磁珠扮演高频电阻的角色（衰减器），该器件允许直流信号通过，而滤除交流信号。通常高频信号为 30MHz 以上，然而，低频信号也会受到片式磁珠的影响。

片式磁珠由软磁铁氧体材料组成，构成高体积电阻率的独石结构。涡流损耗同铁氧体材料的电阻率成反比。涡流损耗随信号频率的平方成正比。使用片式磁珠的好处：

小型化和轻量化。在[射频](#)噪声频率范围内具有高阻抗，消除传输线中的电磁干扰。闭合磁路结构，更好地消除信号的串绕。极好的磁屏蔽结构。降低直流电阻，以免对有用信号产生过大的衰减。

显著的高频特性和阻抗特性（更好的消除 [RF](#) 能量）。在高频放大电路中消除寄生振荡。有效的工作在几个 MHz 到几百 MHz 的频率范围内。要正确的选择磁珠，必须注意以下几点：不需要的信号的频率范围为多少。噪声源是谁。需要多大的噪声衰减。环境条件是什么（温度，直流电压，结构强度）。电路和负载阻抗是多少。是否有空间在 PCB 板上放置磁珠。前三条通过观察厂家提供的阻抗频率曲线就可以判断。在阻抗曲线中三条曲线都非常重要，即电阻，感抗和总阻抗。总阻抗通过  $ZR22 \pi fL () 2+:=fL$  来描述。典型的阻抗曲线可参见磁珠的 DATASHEET。

通过这一曲线，选择在希望衰减噪声的频率范围内具有最大阻抗而在低频和直流下信号衰减尽量小的磁珠型号。片式磁珠在过大的直流电压下，阻抗特性会受到影响，另外，如果工作温升过高，或者外部磁场过大，磁珠的阻抗都会受到不利的影响。

使用片式磁珠和片式电感的原因：是使用片式磁珠还是片式电感主要还在于应用。在谐振电路中需要使用片式电感。而需要消除不需要的 EMI 噪声时，使用片式磁珠是最佳的选择。片式磁珠和片式电感的应用场合：片式电感：射频（RF）和无线通讯，信息技术设备，雷达检波器，汽车电子，蜂窝电话，寻呼机，音频设备，PDAs（个人数字助理），无线遥控系统以及低压供电模块等。片式磁珠：时钟发生电路，模拟电路和数字电路之间的滤波，I/O 输入/输出内部连接器（比如串口，并口，键盘，鼠标，长途电信，本地局域网），射频（RF）电路和易受干扰的逻辑设备之间，供电电路中滤除高频传导干扰，计算机，打印机，录像机（VCRS），电视系统和手提电话中的 EMI 噪声抑止。

### 磁珠的选用

1. 磁珠的单位是欧姆，而不是亨特，这一点要特别注意。因为磁珠的单位是按照它在某一频率产生的阻抗来标称的，阻抗的单位也是欧姆。磁珠的 DATASHEET 上一般会提供频率和阻抗的特性曲线图，一般以 100MHz 为标准，比如 1000R@100MHz，意思就是在 100MHz 频率的时候磁珠的阻抗相当于 600 欧姆。

2. 普通滤波器是由无损耗的电抗元件构成的，它在线路中的作用是将阻带频率反射回信号源，所以这类滤波器又叫反射滤波器。当反射滤波器与信号源阻抗不匹配时，就会有一部分能量被反射回信号源，造成干扰电平的增强。为解决这一弊病，可在滤波器的进线上使用铁氧体磁环或磁珠套，利用磁环或磁珠对高频信号的涡流损耗，把高频成分转化为热损耗。因此磁环和磁珠实际上对高频成分起吸收作用，所以有时也称之为吸收滤波器。

不同的铁氧体抑制元件，有不同的最佳抑制频率范围。通常磁导率越高，抑制的频率就越低。此外，铁氧体的体积越大，抑制效果越好。在体积一定时，长而细的形状比短而粗的抑制效果好，内径越小抑制效果也越好。但在有直流或交流偏流的情况下，还存在铁氧体饱和的问题，抑制元件横截面越大，越不易饱和，可承受的偏流越大。

EMI 吸收磁环/磁珠抑制差模干扰时，通过它的电流值正比于其体积，两者失调造成饱和，降低了元件性能；抑制共模干扰时，将电源的两根线（正负）同时穿过一个磁环，有效信号为差模信号，EMI 吸收磁环/磁珠对其没有任何影响，而对于共模信号则会表现出较大的电感量。磁环的使用中还有一个较好的方法是让穿过的磁环的导线反复绕几下，以增加电感量。可以根据它对电磁干扰的抑制原理，合理使用它的抑制作用。

铁氧体抑制元件应当安装在靠近干扰源的地方。对于输入 / 输出电路，应尽量靠近屏蔽壳的进、出口处。对铁氧体磁环和磁珠构成的吸收滤波器，除了应选用高磁导率的有耗材料外，还要注意它的应用场合。它们在线路中对高频成分所呈现的电阻大约是十至几百  $\Omega$ ，因此它在高阻抗电路中的作用并不明显，相反，在低阻抗电路（如功率分配、电源或射频电路）中使用将非常有效。

## 结论

由于铁氧体可以衰减较高频同时让较低频几乎无阻碍地通过，故在 EMI 控制中得到了广泛地应用。用于 EMI 吸收的磁环/磁珠可制成各种的形状，广泛应用于各种场合。如在 PCB 板上，可加在 DC/DC 模块、数据线、电源线等处。它吸收所在线路上高频干扰信号，但却不会在系统中产生新的零极点，不会破坏系统的稳定性。它与电源滤波器配合使用，可很好的补充滤波器高频端性能的不足，改善系统中滤波特性。