

电感类别及特性

引言

电感器 (Inductor) 是一种电磁感应组件, 用绝缘的导线在绕线支架或铁芯上绕制一定匝数的线圈而成, 电感器又称扼流器、电抗器、动态电抗器等, 一般简称电感。

电感器种类繁多, 按电感的铁芯材质分有铁氧体、铁粉芯、铁硅铝、铁镍钼等类型; 按电感器的焊接方式可以分为插件电感和贴片电感, 其中, 插件电感中有磁环电感、工字型电感、E 字型电感、色环电感等类型。贴片电感中有非屏蔽、半屏蔽、屏蔽电感, 一体成型电感, 叠层型电感等类型。了解电感的各种类别及不同电感的特性有助于电路设计人员更好的选择合适的电感, 保证系统的可靠性。

按铁芯材质分类

铁芯材质		优点	缺点
铁氧体	铁氧体 (Ferrite): 一般高频电感所用的铁氧体铁芯是含有镍锌 (NiZn) 或锰锌 (MnZn) 的铁氧化物化合物, 属于矫顽磁力低的软磁类铁磁材料。锰锌及镍锌铁氧体具有较高的相对磁导率, 分别为约 1500~15000 及 100~1000。铁氧体的饱和磁通密度等于或小于 5000 高斯 (25℃)。	锰锌及镍锌铁氧体具有较高的相对磁导率, 其高导磁特性使得铁芯在一定体积下可有较高的电感量; 当用于功率电感时, 会在主磁路留气隙, 可降低磁导率、避免饱和及储存较多能量。	其可耐受的饱和电流较低, 且铁芯一旦饱和, 磁导率会急剧下降。
粉末铁芯	铁粉芯 (Iron power): 通常由碳基铁磁粉及树脂碳基铁磁粉构成, 通常用于低频的开关电源及 DC/DC 变换器的输出滤波电路。铁粉芯的相对磁导率约 10~75。饱和磁通密度高, 约 15000 高斯	在粉芯中价格最低, 初始磁导率随频率的变化稳定性好, 直流电流叠加性能较好。	在高频工作时磁芯损耗较大。
	铁硅铝粉芯 (Sendust): 由 85%Fe、9%Si 和 6%Al 粉构成。铁硅铝粉芯主要应用于交流电感、输出电感、线路滤波器、功率因数校正等电路中。相对磁导率约 26~125, 饱和磁通密度约 10500 高斯。	损耗比铁粉芯低 80%, 可在 8kHz 以上频率下使用, 磁致伸缩系数接近零, 在不同频率下工作时无噪声产生, 比铁镍钼粉芯 (MPP) 有更好的 DC 偏置特性, 具有最佳的性价比。	温度稳定性及饱和电流特性比 MPP 及铁镍合金稍微逊色, 但较铁粉芯及铁氧体铁芯为佳。
	铁镍钼粉芯 (MPP): 由 17%Fe、81%Ni 及 2%Mo 粉构成。主要应用于 300kHz 以下的高品质因数 (Q) 滤波器、谐振电路、对温度稳定性要求较高的 LC 电路、输出电感、功率因数补偿电路等。相对磁导率约 14~500, 饱和磁通密度约 7500 高斯。	MPP 具有最小的铁损, 在粉末铁芯中, 温度稳定性最好。当外加直流电流达饱和电流 I_{SAT} 时, 电感值缓慢降低, 不会急剧衰减其磁致伸缩系数接近零, 在不同的频率下工作时无噪声产生。	在粉芯中价格也最为昂贵。

表 1. 不同铁芯材质介绍

在选择功率电感器磁芯材料时, 部分电路设计人员会首先考虑铁粉芯, 这样可以使电感器成本降到最低, 但是铁粉芯材料磁芯损耗较大, 当铁粉芯不能满足设计要求时, 可以选择铁硅铝粉芯, 以便得到较好的性能价格比。只有在电感器尺寸和损耗要求十分苛刻的时候, 才需要选择铁镍钼粉芯。

插件电感分类

分类	描述
磁环电感	环形电感，是电感理论中很理想的形状。磁环材料通常为铁粉芯、铁硅铝粉芯或者铁镍钼粉芯。磁环电感是闭磁路，很少 EMI 的问题，且具有高初始导磁率、高饱和磁感应强度、温升小、大感量等优点，缺点是绕线不好，制程用人工处理。通常用于输出电流较大的开关电源中。
工字型电感	工字电感形状类似于汉字“工”字，它是一种插件电感，在工字磁芯上根据实际需要进行线圈绕制，一般有两个针脚，常规的是外套热缩套管，也有含浸，涂装的。工字电感具有高功率、高饱和性、低阻抗、高 Q 值，可以自动插件，价格低廉等特点，在电感市场中占有率较高，多用于电源场合，而非信号处理场合，最大的缺点仍是开磁路，有 EMI 的问题。
E 字型电感	具有杂散电容小，纹波系数低，电感偏差小等特点，广泛应用电视机电源、电脑电源、打印机电源、电子镇流器等场合。
环形带固定底座电感	只是在普通环形电感上安装了固定底座，以便提高电感的抗震动与抗冲击能力。
空芯电感	没有磁芯，通常线圈绕制的匝数较少，电感量小，常用在高频电路中，如电视机的高频调谐器。通常，在微调空芯电感器的电感量时，可以调整线圈之间的间隙大小，即改变电感线圈的疏密程度。
磁棒电感	是一种在磁棒上绕制线圈的电感元件。这使得线圈的电感量大大增加，可以通过线圈在磁芯上的左右移动（调整线圈间的疏密程度）来调整电感量的大小。
色环电感	色环电感器是一种具有磁芯的线圈。它是将线圈绕制在软磁性铁氧体的基体上，再用环氧树脂或塑料封装而成的，在色环外壳上标以色环表明电感量的数值，因其可承载电流较小，一般应用于信号电路。

表 2. 插件电感分类

贴片电感分类

分类	描述
非屏蔽电感	非屏蔽电感的磁力线完全暴露在空气中，没有任何磁屏蔽，会带来明显的 EMI 问题。
半屏蔽电感	半屏蔽电感是在非屏蔽电感的基础之上，将磁屏蔽材料结合在电感外围。由于导磁材料的磁阻小，磁力线基本上被锁定在材料中。只有一小部分磁场会从气隙中溢出。因此，这种电感的外部漏磁较小。
屏蔽电感	通过将铁氧体屏蔽磁芯覆盖在鼓芯周围，形成接近闭合磁路结构的类型。但磁屏蔽并不完美，屏蔽磁芯与鼓芯结合部的气隙以及端子部会发生漏磁通。
一体成型	一体成型电感并非使用了鼓芯的绕组型，而是制作空芯线圈，并将其埋设在与粘合剂（耦合材料）混合的软磁性金属粉中进行一体成型的类型。由于没有气隙，因此其减少漏磁通的效果优于全屏蔽型电感，但其表面等会发生极少的漏磁通。
叠层型	即非绕线式电感，例如普通贴片陶瓷电感和贴片铁氧体电感。外形尺寸小，闭合电路，无交互干扰，适合于高密度安装；无方向性，规范化的自动贴片安装外形；可焊性和耐焊性好，适合于流焊和再流焊。

表 3. 贴片电感分类