



一、电感器的定义。

1.1 电感的定义：

电感是导线内通过交流电流时，在导线的内部及其周围产生交变磁通，导线的磁通量与产生此磁通的电流之比。

当电感中通过直流电流时，其周围只呈现固定的磁力线，不随时间而变化；可是当在线圈中通过交流电流时，其周围将呈现出随时间而变化的磁力线。根据法拉弟电磁感应定律——磁生电来分析，变化的磁力线在线圈两端会产生感应电势，此感应电势相当于一个“新电源”。当形成闭合回路时，此感应电势就要产生感应电流。由楞次定律知道感应电流所产生的磁力线总量要力图阻止原来磁力线的变化的。由于原来磁力线变化来源于外加交变电源的变化，故从客观效果看，电感线圈有阻止交流电路中电流变化的特性。电感线圈有与力学中的惯性相类似的特性，在电学上取名为“自感应”，通常在拉开闸刀开关或接通闸刀开关的瞬间，会发生火花，这就是自感现象产生很高的感应电势所造成的。

总之，当电感线圈接到交流电源上时，线圈内部的磁力线将随电流的交变而时刻在变化着，致使线圈不断产生电磁感应。这种因线圈本身电流的变化而产生的电动势，称为“自感电动势”。

由此可见，电感量只是一个与线圈的圈数、大小形状和介质有关的一个参量，它是电感线圈惯性的量度而与外加电流无关。

1.2 电感线圈与变压器

电感线圈：导线中有电流时，其周围即建立磁场。通常我们把导线绕成线圈，以增强线圈内部的磁场。电感线圈就是据此把导线（漆包线、纱包或裸导线）一圈靠一圈（导线间彼此互相绝缘）地绕在绝缘管（绝缘体、铁芯或磁芯）上制成的。一般情况，电感线圈只有一个绕组。

变压器：电感线圈中流过变化的电流时，不但在自身两端产生感应电压，而且能使附近的线圈中产生感应电压，这一现象叫互感。两个彼此不连接但又靠近，相互间存在电磁感应的线圈一般叫变压器。

1.3 电感的符号与单位

电感符号：L

电感单位：亨(H)、毫亨(mH)、微亨(uH)， $1H=103mH=106uH$ 。

1.4 电感的分类：

按电感形式分类：固定电感、可变电感。

按导磁体性质分类：空芯线圈、铁氧体线圈、铁芯线圈、铜芯线圈。

按工作性质分类：天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、陷波线圈、偏转线圈。

按绕线结构分类：单层线圈、多层线圈、蜂房式线圈。

按工作频率分类：高频线圈、低频线圈。

按结构特点分类：磁芯线圈、可变电感线圈、色码电感线圈、无磁芯线圈等。

二、电感的主要特性参数

2.1 电感量 L

电感量 L 表示线圈本身固有特性，与电流大小无关。除专门的电感线圈（色码电感）外，电感量一般不专门标注在线圈上，而以特定的名称标注。

2.2 感抗 XL

电感线圈对交流电流阻碍作用的大小称感抗 XL，单位是欧姆。它与电感量 L 和交流电频率



f 的关系为 $X_L=2\pi fL$

2.3 品质因素 Q

品质因素 Q 是表示线圈质量的一个物理量，Q 为感抗 X_L 与其等效的电阻的比值，即： $Q=X_L/R$ 。线圈的 Q 值愈高，回路的损耗愈小。线圈的 Q 值与导线的直流电阻，骨架的介质损耗，屏蔽罩或铁芯引起的损耗，高频趋肤效应的影响等因素有关。线圈的 Q 值通常为几十到几百。采用磁芯线圈，多股粗线圈均可提高线圈的 Q 值。

2.4 分布电容

线圈的匝与匝间、线圈与屏蔽罩间、线圈与底板间存在的电容被称为分布电容。分布电容的存在使线圈的 Q 值减小，稳定性变差，因而线圈的分布电容越小越好。采用分段绕法可减少分布电容。

2.5 允许误差：电感量实际值与标称之差除以标称值所得的百分数。

2.6 标称电流：指线圈允许通过的电流大小，通常用字母 A、B、C、D、E 分别表示，标称电流值为 50mA、150mA、300mA、700mA、1600mA。

三、常用电感线圈

3.1 单层线圈

单层线圈是用绝缘导线一圈挨一圈地绕在纸筒或胶木骨架上。如晶体管收音机中波天线线圈。

3.2 蜂房式线圈

如果所绕制的线圈，其平面不与旋转面平行，而是相交成一定的角度，这种线圈称为蜂房式线圈。而其旋转一周，导线来回弯折的次数，常称为折点数。蜂房式绕法的优点是体积小，分布电容小，而且电感量大。蜂房式线圈都是利用蜂房绕线机来绕制，折点越多，分布电容越小

3.3 铁氧体磁芯和铁粉芯线圈

线圈的电感量大小与有无磁芯有关。在空芯线圈中插入铁氧体磁芯，可增加电感量和提高线圈的品质因素。

3.4 铜芯线圈

铜芯线圈在超短波范围应用较多，利用旋动铜芯在线圈中的位置来改变电感量，这种调整比较方便、耐用。

3.5 色码电感线圈

是一种高频电感线圈，它是在磁芯上绕上一些漆包线后再用环氧树脂或塑料封装而成。它的工作频率为 10KHz 至 200MHz，电感量一般在 0.1uH 到 3300uH 之间。色码电感器是具有固定电感量的电感器，其电感量标志方法同电阻一样以色环来标记。其单位为 uH。

3.6 阻流圈（扼流圈）

限制交流电通过的线圈称阻流圈，分高频阻流圈和低频阻流圈。

3.7 偏转线圈

偏转线圈是电视机扫描电路输出级的负载，偏转线圈要求：偏转灵敏度高、磁场均匀、Q 值高、体积小、价格低。

四、电感在电路中的作用

基本作用：滤波、振荡、延迟、陷波等

形象说法：“通直流，阻交流”

细化解说：在电子线路中，电感线圈对交流有限流作用，它与电阻器或电容

器能组成高通或低通滤波器、移相电路及谐振电路等；变压器可以进行交流耦合、变压、变流和阻抗变换等。

由感抗 $X_L=2\pi fL$ 知, 电感 L 越大, 频率 f 越高, 感抗就越大。该电感器两端电压的大小与电感 L 成正比, 还与电流变化速度 $\Delta i/\Delta t$

成正比, 这关系也可用下式表示: $u=L\frac{\Delta i}{\Delta t}$

电感线圈也是一个储能元件, 它以磁的形式储存电能, 储存的电能大小可用下式表示: $W_L=1/2 Li^2$ 。

可见, 线圈电感量越大, 流过越大, 储存的电能也就越多。



电感的符号

电感量的标称: 直标式、色环标式、无标式

电感方向性: 无方向

检查电感好坏方法: 用电感测量仪测量其电感量; 用万用表测量其通断, 理想的电感电阻很小, 近乎为零。

五、电感的型号、规格及命名。

国内外有众多的电感生产厂家, 其中名牌厂家有 SAMUNG、PHI、TDK、AVX、VISHAY、NEC、KEMET、ROHM 等。

5.1 片状电感

电感量: 10NH~1MH

材料: 铁氧体 绕线型 陶瓷叠层

精度: J=±5% K=±10% M=±20%

尺

寸: 0402 0603 0805 1008 1206 1210 1812 1008=2.5mm*2.0mm 1210=3.2mm*2.5mm

个别示意图: 贴片绕线电感

贴片叠层电感



5.2 功率电感

电感量: 1NH~20MH

带屏蔽、不带屏蔽

尺寸：SMD43、SMD54、SMD73、SMD75、SMD104、SMD105；
RH73/RH74/RH104R/RH105R/RH124；CD43/54/73/75/104/105；

个别示意图：贴片功率电感

屏蔽式功率电感



5.3 片状磁珠

种类：CBG（普通型） 阻抗： $5\Omega \sim 3K\Omega$

CBH（大电流） 阻抗： $30\Omega \sim 120\Omega$

CBY（尖峰型） 阻抗： $5\Omega \sim 2K\Omega$

个别示意图：贴片磁珠

贴片大电流磁珠

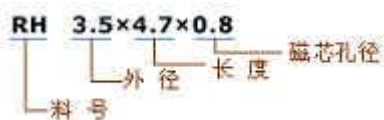


规格：0402/0603/0805/1206/1210/1806（贴片磁珠）

规格：SMB302520/SMB403025/SMB853025（贴片大电流磁珠）

5.4 插件磁珠

规格：RH3.5



规格	A	B	C	阻抗值(Ω)	
				10mHz	100mHz
RH3.5X4.7X0.8	3.5 ± 0.15	4.7 ± 0.3	62 ± 2	20	45
RH3.5X6X0.8	3.5 ± 0.15	6 ± 0.3	62 ± 2	25	65
RH3.5X9X0.08	3.5 ± 0.15	9 ± 0.3	62 ± 2	40	105

5.5 色环电感

电感量：0.1 μ H~22MH

尺寸：0204、0307、0410、0512

豆形电感：0.1 μ H~22MH

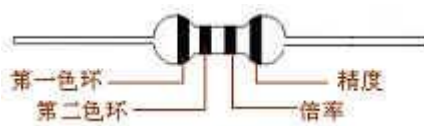
尺寸：0405、0606、0607、0909、0910

精度：J=±5% K=±10% M=±20%

精度：J=±5% K=±10% M=±20%

插件的色环电感

读法：同色环电阻的标示



5.6 立式电感

电感量：0.1 μ H~3MH

规格：PK0455/PK0608/PK0810/PK0912

5.7 轴向滤波电感

规格：LGC0410/LGC0513/LGC0616/LGC1019

电感量：0.1 μ H~10mH。

额定电流：65mA~10A。



Q 值高，价位一般较低，自谐振频率高。

5.8 磁环电感

规格：TC3026/TC3726/TC4426/TC5026

尺寸（单位 mm）：3.25~15.88

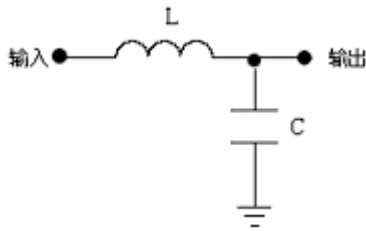
5.9 空气芯电感



空气芯电感为了取得较大的电感值，往往要用较多的漆包线绕成，而为了减少电感本身的线路电阻对直流电流的影响，要采用线径较粗的漆包线。但在一些体积较少的产品中，采用很重很大的空气芯电感不太现实，不但增加成本，而且限制了产品的体积。为了提高电感值而保持较轻的重量，我们可以在空气芯电感中插入磁心、铁心，提高电感的自感能力，借此提高电感值。目前，在计算机中，绝大部分是磁心电感。

六、电感在电路中的应用

电感在电路最常见的功能就是与电容一起，组成 LC 滤波电路。我们已经知道，电容具有“阻直流，通交流”的本领，而电感则有“通直流，阻交流”的功能。如果把伴有许多干扰信号的直流电通过 LC 滤波电路（如图），那么，交流干扰信号将被电容变成热能消耗掉；变得比较纯净的直流电流通过电感时，其中的交流干扰信号也被变成磁感和热能，频率较高的最容易被电感阻抗，这就可以抑制较高频率的干扰信号。



LC 滤波电路

在线路板电源部分的电感一般是由线径非常粗的漆包线环绕在涂有各种颜色的圆形磁芯上。而且附近一般有几个高大的滤波铝电解电容，这二者组成的就是上述的 LC 滤波电路。另外，线路板还大量采用“蛇行线+贴片钽电容”来组成 LC 电路，因为蛇行线在电路板上来回折行，也可以看作一个小电感。



七、常见的磁芯磁环

铁粉芯系列

材质有：-2 材（红/透明）、-8 材（黄/红）、-18 材（绿/红）、-26 材（黄/白）、-28 材（灰/绿）、-33 材（灰/黄）、-38 材（灰/黑）、-40 材（绿/黄）、

-45 材（黑色）、-52 材（绿/蓝）；尺寸：外径大小从 30 到 400D（注解：外径从 7.8mm 到 102mm）。

铁硅铝系列

主要 μ 值有：60、75、90、125；尺寸：外径大小从 3.5mm 到 77.8mm。



两种产品的规格除了主要的环形外，另有 E 形，棒形等，还可以根据客户提供的各项参数定做。它们广泛应用于计算机主机板，计算机电源，电源供应器，手机充电器，灯饰变压调光器，不间断电源（UPS），各种家用电器控制板等

八、电感与磁珠的联系与区别

电感和磁珠的什么联系与区别

- 1、电感是储能元件，而磁珠是能量转换（消耗）器件
- 2、电感多用于电源滤波回路，磁珠多用于信号回路，用于 EMC 对策
- 3、磁珠主要用于抑制电磁辐射干扰，而电感用于这方面则侧重于抑制传导性干扰。两者都可用于处理 EMC、EMI 问题。

EMI 的两个途径，即：辐射和传导，不同的途径采用不同的抑制方法。前者用磁珠，后者用电感。

4、磁珠是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 SDRAM，RAMBUS 等）都需要在电源输入部分加磁珠，而电感是一种蓄能元件，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。

5、电感一般用于电路的匹配和信号质量的控制上。一般地的连接和电源的连接。

在模拟地和数字地结合的地方用磁珠。对信号线也采用磁珠。

磁珠的大小（确切的说应该是磁珠的特性曲线）取决于需要磁珠吸收的干扰波的频率。磁珠就是阻高频，对直流电阻低，对高频电阻高。比如 1000R@100MHz 就是说对 100M 频率的信号有 1000 欧姆的电阻。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 上一般会附有频率和阻抗的特性曲线图。一般以 100MHz 为标准，比如 2012B601，就是指在 100MHz 的时候磁珠的 Impedance 为 600 欧姆。

九、部分电感的计算公式



9.1 环形电感

针对环形 CORE，有以下公式可利用：(IRON)

$L=N^2*AL$ L=电感量(H) AL= 感应系数

$H-DC=0.4\pi NI / l$ N=绕线匝数(圈)

H-DC=直流磁化力 I= 通过电流(A) l= 磁路长度(cm)

l 及 AL 值大小，可参照 Micrometa 对照表。例如：以 T50-52 材，绕线 5 圈半，其 L 值为 T50-52(表示 OD 为 0.5 英寸)，经查表其 AL 值约为 33nH

$L=33*(5.5)^2=998.25nH \approx 1\mu H$

当通过 10A 电流时，其 L 值变化可由 $l=3.74$ (查表)

$H-DC=0.4\pi NI / l = 0.4 \times 3.14 \times 5.5 \times 10 / 3.74 = 18.47$ (查表后)

即可了解 L 值下降程度($\mu i\%$)

9.2 电感计算

介绍一个经验公式

$L=(k*\mu_0*\mu_s*N^2*S)/l$

其中

μ_0 为真空磁导率= $4\pi *10^{-7}$ 。(10 的负七次方)

μ_s 为线圈内部磁芯的相对磁导率，空心线圈时 $\mu_s=1$

N² 为线圈圈数的平方

S 线圈的截面积，单位为平方米

l 线圈的长度，单位为米

k 系数，取决于线圈的半径(R)与长度(l)的比值。

计算出的电感量的单位为亨利。

K 值表

2R/l	对应的 K	3R/l	对应的 K	3R/l	对应的 K	4R/l	对应的 K
0.1	0.96	0.6	0.79	2	0.52	10	0.2
0.2	0.92	0.8	0.74	3	0.43	20	0.12
0.3	0.88	1	0.69	4	0.37		
0.4	0.85	1.5	0.6	5	0.32		

以上均为理论值，实际的电量以实测为准。

十、电感的测量

电感测量的两类仪器：RLC 测量(电阻、电感、电容三种都可以测量)和电感测量仪。

电感的测量：空载测量(理论值)和在实际电路中的测量(实际值)。

由于电感使用的实际电路过多，难以类举。所以我们就在空载情况下的测量

加以解说。

电感量的测量步骤：（RLC 测量）

- 1、熟悉仪器的操作规则（使用说明），及注意事项。
- 2、开启电源，预备 15~30 分钟。
- 3、选中 L 档，选中测量电感量
- 4、把两个夹子互夹并复位清零
- 5、把两个夹子分别夹住电感的两端，读数值并记录电感量
- 6、重复步骤 4 和步骤 5，记录测量值。要有 5~8 个数据。
- 7、比较几个测量值：若相差不大（0.2uH）则取其平均值，记得电感的理论值；若相差过大（> 0.3 uH）则重复步骤 2~步骤 6，直到取到电感的理论值。

不同的仪器能测量的电感参数都有一些出入。因此，做任何测量前的熟悉你的测量仪器。你的仪器能做什么。然后按照它给你的操作说明去做即可。

比如： 电感测量仪



TH2773A 电感测量仪（国产）

测试频率：100Hz、 1kHz；

测试电平：0.3v

测量参数：LS, Q;

测量准确度：0.3%

测量速度：8 次/秒

主要功能：可设置极限：上超/下超/合格/D 不合格：讯响。

TH2776 电感测量仪（国产）



测试频率：100Hz、120Hz、 1kHz、10kHz、40kHz、100kHz；

测试电平：0.1V、0.3V、1V；

测量参数：Ls-Q、ESR-Q、EPR-Q；

测量准确度：0.05%

测量速度：1.5 次/秒，5.1 次/秒，20 次/秒



主要功能: 四档分选, 信号源监视, 测量值平均, 开机自检等, 接口: RS-232C、HANDLER、PRINTER。

具体仪器的操作详见, 各自产品的说明书。

十一、电感在使用过程中要注意的事项

11.1 电感使用的场合

潮湿与干燥、环境温度的高低、高频或低频环境、要让电感表现的是感性, 还是阻抗特性等, 都要注意。

11.2 电感的频率特性

在低频时, 电感一般呈现电感特性, 既只起蓄能, 滤高频的特性。

但在高频时, 它的阻抗特性表现的很明显。有耗能发热, 感性效应降低等现象。不同的电感的高频特性都不一样。

下面就铁氧体材料的电感加以解说:

铁氧体材料是铁镁合金或铁镍合金, 这种材料具有很高的导磁率, 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。铁氧体材料通常在高频情况下应用, 因为在低频时他们主要程电感特性, 使得线上的损耗很小。在高频情况下, 他们主要呈电抗特性比并且随频率改变。实际应用中, 铁氧体材料是作为射频电路的高频衰减器使用的。实际上, 铁氧体较好的等效于电阻以及电感的并联, 低频下电阻被电感短路, 高频下电感阻抗变得相当高, 以至于电流全部通过电阻。铁氧体是一个消耗装置, 高频能量在上面转化为热能, 这是由他的电阻特性决定的。

11.3 电感设计要承受的最大电流, 及相应的发热情况。

11.4 使用磁环时, 对照上面的磁环部分, 找出对应的 L 值, 对应材料的使用范围。

11.5 注意导线 (漆包线、纱包或裸导线), 常用的漆包线。要找出最适合的线径。

附录 电感器磁芯材料性能比较表