

电子元器件系列知识-----电感

电感元件的分类

概述：凡是能产生电感作用的原件统称为电感原件，常用的电感元件有固定电感器，阻流圈，电视机永行线性线圈，行，帧振荡线圈，偏转线圈，录音机上的磁头，延迟线等。

- 1 固定电感器：一般采用带引线的软磁工字磁芯，电感可做在 10-22000uh 之间，Q 值控制在 40 左右。
- 2 阻流圈：他是具有一定电感得线圈，其用途是为了防止某些频率的高频电流通过，如整流电路的滤波阻流圈，电视上的行阻流圈等。
- 3 行线性线圈：用于和偏转线圈串联，调节行线性。由工字磁芯线圈和恒磁块组成，一般彩电用直流电流 1.5A 电感 116-194uh 频率：2.52MHZ
- 4 行振荡线圈：由骨架，线圈，调节杆，螺纹磁芯组成。一般电感为 5mh 调节量大于+/-10mh.

电感线圈的品质因数和固有电容

(1)电感量及精度

线圈电感量的大小，主要决定于线圈的直径、匝数及有无铁芯等。电感线圈的用途不同，所需的电感量也不同。例如，在高频电路中，线圈的电感量一般为 0.1uH—100Ho

电感量的精度 即实际电感量与要求电感量间的误差 对它的要求视用途而定 对振荡线圈要求较高，为 0.2-0.5%。对耦合线圈和高频扼流圈要求较低，允许 10—15%。对于某些要求电感量精度很高的场合，一般只能在绕制后用仪器测试，通过调节靠近边沿的线匝间距离或线圈中的磁芯位置来实现。

(2)线圈的品质因数

品质因数 Q 用来表示线圈损耗的大小，高频线圈通常为 50—300。对调谐回路线圈的 Q 值要求较高，用高 Q 值的线圈与电容组成的谐振电路有更好的谐振特性；用低 Q 值线圈与电容组成的谐振电路，其谐振特性不明显。对耦合线圈，要求可低一些，对高频扼流圈和低频扼流圈，则无要求。Q 值的大小，影响回路的选择性、效率、滤波特性以及频率的稳定性。一般均希望 Q 值大，但提高线圈的 Q 值并不是一件容易的事，因此应根据实际使用场合、对线圈 Q 值提出适当的要求。

线圈的品质因数为：

$$Q = \omega L / R$$

式中：

ω ——工作角频；

L——线圈的电感量；

R——线圈的总损耗电阻线圈的总损耗电阻，它是由直流电阻、高频电阻(由集肤效应和邻近效应引起)介质损耗等所组成。"

为了提高线圈的品质因数 Q，可以采用镀银铜线，以减小高频电阻；用多股的绝缘线代替具有同样总裁面的单股线，以减少集肤效应；采用介质损耗小的高频瓷为骨架，以减小介质损耗。采用磁芯虽增加了磁芯损耗，但可以大大减小线圈匝数，从而减小导线直流电阻，对提高线圈 Q 值有利。

(3)固有电容

线圈绕组的匝与匝之间存在着分布电容，多层绕组层与层之间，也都存在着分布电容。这些分布电容可以等效成一个与线圈并联的电容 Co，如图示。

此主题相关图片如下：

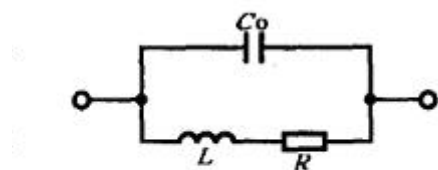


图 电感线圈的等效电路

这个电容的存在，使线圈的工作频率受到限制，Q 值也下降。图示的等效电路，实际为一由 L、R、和 Co 组成的并联谐振电路，其谐振频率称为线圈的固有频率。为了保证线圈有效电感量的稳定，使用电感线圈时，都使其工作频率远低于线圈的固有频率。为了减小线圈的固有电容，可以减少线圈骨架的直径，用细导线绕制线圈，或采用间绕法、蜂房式绕法。

此主题相关图片如下：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC_0}}$$

(4)线圈的稳定性

电感量相对于温度的稳定性，用电感的温度系数 α_L 表示

此主题相关图片如下：

$$\alpha_L = \frac{L_2 - L_1}{L_1(t_2 - t_1)} (1/^\circ\text{C})$$

式中：L2 和 L1 分别是温度为 t2 和 t1 时的电感量。

对于经过温度循环变化后，电感量不再能恢复到原来值的这种不可逆变化，用电感的不稳定系数表示

此主题相关图片如下：

$$\beta_L = (L - L_1)/L$$

式中：L 和 L₁，分别为原来和温度循环变化后的电感量。

温度对电感量的影响，主要是因为导线受热膨胀，使线圈产生几何变形而引起的。减小这一影响的方法，可采用热法(绕制时将导线加热，冷却后导线收缩，以保证导线紧紧贴合在骨架上)温度增大时，线圈的固有电容和漏电损耗增加，也会降低线圈的稳定性。改进的方法是，将线圈用防潮物质浸渍或用环氧树脂密封，浸渍后由于浸渍材料的介电常数比空气大，其线匝间的分布电容增大。同时，还引入介质损耗，影响 Q 值。

(5)额定电流

主要是对高频扼流圈和大功率的谐振线圈

电感器、变压器检测方法与经验

1、 色码电感器的检测

将万用表置于 R×1 挡，红、黑表笔各接色码电感器的任一引出端，此时指针应向右摆动。根据测出的电阻值大小，可具体分下述三种情况进行鉴别：

- A、 被测色码电感器电阻值为零，其内部有短路性故障。
- B、 被测色码电感器直流电阻值的大小与绕制电感器线圈所用的漆包线径、绕制圈数有直接关系，只要能测出电阻值，则可认为被测色码电感器是正常的。

2、 中周变压器的检测

A、 将万用表拨至 R×1 挡，按照中周变压器的各绕组引脚排列规律，逐一检查各绕组的通断情况，进而判断其是否正常。

B、 检测绝缘性能

将万用表置于 R×10k 挡，做如下几种状态测试：

- (1)初级绕组与次级绕组之间的电阻值；
- (2)初级绕组与外壳之间的电阻值；
- (3)次级绕组与外壳之间的电阻值。

上述测试结果分出现三种情况：

- (1)阻值为无穷大：正常；
- (2)阻值为零：有短路性故障；
- (3)阻值小于无穷大，但大于零：有漏电性故障。

3、 电源变压器的检测

A、 通过观察变压器的外貌来检查其是否有明显异常现象。如线圈引线是否断裂，脱焊，绝缘材料是否有烧焦痕迹，铁心紧固螺杆是否有松动，硅钢片有无锈蚀，绕组线圈是否有外露等。

B、 绝缘性测试。用万用表 R×10k 挡分别测量铁心与初级，初级与各次级、铁心与各次级、静电屏蔽层与初级、次级各绕组间的电阻值，万用表指针均应指在无穷大位置不动。否则，说明变压器绝缘性能不良。

C、 线圈通断的检测。将万用表置于 R×1 挡，测试中，若某个绕组的电阻值为无

穷大，则说明此绕组有断路性故障。

D、 判别初、次级线圈。电源变压器初级引脚和次级引脚一般都是分别从两侧引出的，并且初级绕组多标有 220V 字样，次级绕组则标出额定电压值，如 15V、24V、35V 等。再根据这些标记进行识别。

E、 空载电流的检测。

(a)、 直接测量法。将次级所有绕组全部开路，把万用表置于交流电流挡(500mA，串入初级绕组。当初级绕组的插头插入 220V 交流市电时，万用表所指示的便是空载电流值。此值不应大于变压器满载电流的 10%~20%。一般常见电子设备电源变压器的正常空载电流应在 100mA 左右。如果超出太多，则说明变压器有短路性故障。

(b)、 间接测量法。在变压器的初级绕组中串联一个 10 Ω /5W 的电阻，次级仍全部空载。把万用表拨至交流电压挡。加电后，用两表笔测出电阻 R 两端的电压降 U，然后用欧姆定律算出空载电流 I 空，即 $I_{\text{空}}=U/R$ 。

F、 空载电压的检测。将电源变压器的初级接 220V 市电，用万用表交流电压挡依次测出各绕组的空载电压值(U_{21} 、 U_{22} 、 U_{23} 、 U_{24})应符合要求值，允许误差范围一般为：高压绕组 $\leq \pm 10\%$ ，低压绕组 $\leq \pm 5\%$ ，带中心抽头的两组对称绕组的电压差应 $\leq \pm 2\%$ 。

G、 一般小功率电源变压器允许温升为 $40^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，如果所用绝缘材料质量较好，允许温升还可提高。

H、 检测判别各绕组的同名端。在使用电源变压器时，有时为了得到所需的次级电压，可将两个或多个次级绕组串联起来使用。采用串联法使用电源变压器时，参加串联的各绕组的同名端必须正确连接，不能搞错。否则，变压器不能正常工作。

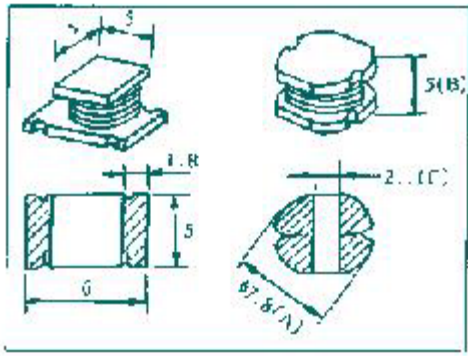
I、电源变压器短路性故障的综合检测判别。电源变压器发生短路性故障后的主要症状是发热严重和次级绕组输出电压失常。通常，线圈内部匝间短路点越多，短路电流就越大，而变压器发热就越严重。检测判断电源变压器是否有短路性故障的简单方法是测量空载电流(测试方法前面已经介绍)。存在短路故障的变压器，其空载电流值将远大于满载电流的 10%。当短路严重时，变压器在空载加电后几十秒钟之内便会迅速发热，用手触摸铁心会有烫手的感觉。此时不用测量空载电流便可断定变压器有短路点存在。

大功率片状绕线型电感

大功率片状绕线型电感器主要用于 DC/DC 变换器中，用作储能元件或大电流 LC 滤波元件(降低噪声电压输出)。

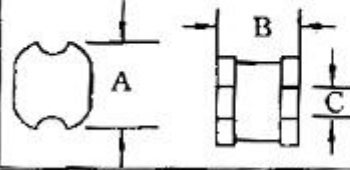
它以方形或圆形工字型铁氧体为骨架，采用不同直径的漆包线绕制而成，如图所示：老式 DC/DC 变换器的工作频率仅几十 kHz(如 30—50kHz)，如今新型 DC/DC 变换器的频率高于 200kHz，老式低频电感不适用了。在铁氧体底部沉积导电材料，经烧结后形成焊接的电极。

此主题相关图片如下：



大功率片状绕线型电感器型号不统一，尺寸也不相同，这里仅介绍一种圆形工字形铁氧体骨架构成的电感器，其尺寸、电感量范围及直流电阻范围如表所示：由表可以看出，同一尺寸的骨架可以采用不同直径漆包线来绕制、绕的匝数不同，故其电感量及直流电阻值是一个范围 电阻越小，线径越大尺寸也越大，这是个矛盾。

此主题相关图片如下：

外形图	尺寸(MM)			电感量 (μH)	直流电阻 (Ω)
	A	B	C		
	4.5	3.2	1.2	1.0~68	0.049~1.117
	5.8	4.5	1.3	10~220	0.10~1.57
	7.8	3.5	1.2	10~470	0.08~1.50
	7.8	5.0	2.1	10~470	0.07~1.96
	10.0	4.0	2.1	10~560	0.07~1.90
	10.0	5.4	2.1	10~820	0.06~2.55

标准的大功率电感量基数为 1 2.2 3.3 4.7 5.6 6.8 8.2。常用的电感量范围为 1——330 μH 。有时需要在试验中调整电感量，以获得最佳数值。

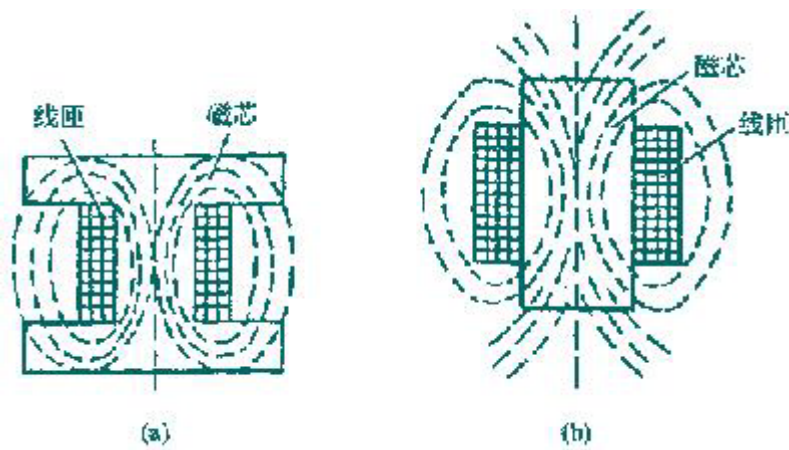
作为大功率片状电感器还有下列两个主要参数：最大电流及工作频率。

电感线圈的使用

(1)磁场辐射的影响

电感线圈装在线路板上有立式与卧式两种方式，要注意其磁场的辐射对邻近器件工作的影响。如卧式电感器的引线是从两端引出，装在线路板上多是横卧着，它的线圈都绕在棒形的磁芯上，它工作时，磁力线在周围散发，见图(a)。不仅有效导磁系数低，而且其磁场辐射会影响邻近部件的工作，特别在高频工作时影响更大。所图(b)示。

此主题相关图片如下：



电感线圈的磁场辐射

立式电感器无此缺点，其线圈都绕在“工”形或“王”形磁芯上，甚至绕在很薄的“工”形的磁芯上，工作时磁力线很少散发，有效导磁系数较高，磁场辐射小，对邻近部件影响小。同时占空系数小，分布电容也小。如图(b)

(2)工作频率与磁芯材料的关系

由于电感器的基体是铁氧体磁芯，其工作频率自然要受磁芯材料工作频率的限制，必须慎重选择。

有关术语及定义

1.初始磁导率 μ_i

初始磁导率是磁性材料的磁导率(B/H)在磁化曲线事始端的极限值，即

$$\mu_i = \lim_{H \rightarrow 0} B/H$$

式中为 μ_0 真空磁导率($4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$)

H 为磁场强度(A/m)

B 磁通密度(T)

2.有效磁导率 μ_e ：

在闭合磁路中，如果漏磁可忽略，可以用有效磁导率来表征磁芯的性能。

$$\mu_e = L / \mu_0 N^2 Le / Ae$$

式中 L 为装有磁芯的线圈的电感量(H)

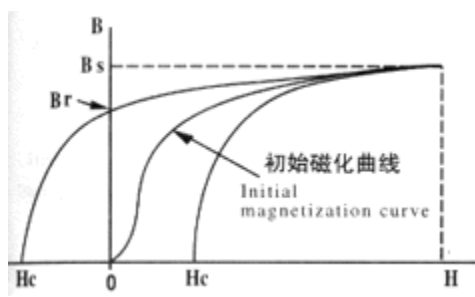
N 为线圈匝数

Le 为有效磁路长度(m)

Ae 为有效截面积(m²)

3.饱和磁通密度 Bs(T)：

磁化到饱和状态的磁通密度。见图 1。



4. 剩余磁通密度 $B_r(T)$

从饱和状态去除磁场后，剩余的磁通密度。见图 1。

5. 矫顽力 $H_c(A/m)$

从饱和状态去除磁场后，磁芯继续被反向磁场磁化，直至磁通密度减为零，此时的磁场强称为矫顽力。见图 1。

6. 损耗因素 $\tan \delta$

根据因数是磁滞损耗、涡流损耗和剩余损耗三者之和

$$\tan \delta = \tan \delta_h + \tan \delta_e + \tan \delta_r$$

式中 $\tan \delta_h$ 为磁滞损耗因数

$\tan \delta_e$ 为涡流损耗因数

$\tan \delta_r$ 为剩余损耗因数

7. 相对损耗因数 $\tan \delta / \mu$

相对损耗因数是损耗因数与磁导率之比：

$\tan \delta / \mu_i$ (适用于材料)

$\tan \delta / \mu_e$ (适用于磁路中含有气隙的磁芯)

8. 品质因数 Q

品质因数为损耗因数的倒数：

$$Q = 1 / \tan \delta$$

9. 温度因数 $\alpha_u(1/K)$

温度系数为温度在 T_1 和 T_2 范围内变化时，每变化 1K 相应的磁导率的相对变化量：

$$\alpha_u = (U_2 - U_1) / U_1 \cdot 1 / (T_2 - T_1) \quad (T_2 > T_1)$$

式中 U_1 为温度为 T_1 时的磁导率

U_2 为温度为 T_2 时的磁导率

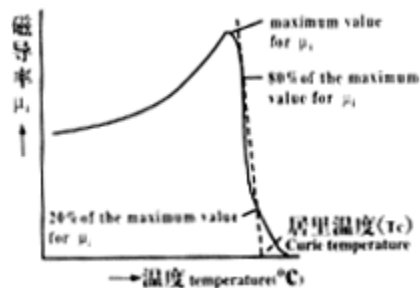
10. 相对温度系数 $\alpha_{ur}(1/K)$

温度系数和磁导率之比，即

$$\alpha_{ur} = (U_2 - U_1) / (U_2^2 \cdot 1 / (T_2 - T_1)) \quad (T_2 > T_1)$$

11. 居里温度 $T_c(^{\circ}C)$

在该温度下材料由铁磁性（或亚铁磁性）转变顺磁性。见图 2。



12. 减落因数 DF：

在恒温下，完全退磁的磁芯的磁导率随时间的衰减变化，即

$$DF = \frac{U_1 - U_2}{\log T_2 - T_1} \cdot \frac{1}{(U_1)^2 (T_2 > T_1)}$$

式中 U_1 为退磁后 T_1 分钟的磁导率

U_2 为退磁后 T_2 分钟的磁导率

13. 电阻率 ρ (Ω/m)

具有单位截面积和单位长度的磁性材料的电阻。

14. 密度 d (kg/m^3)

单位体积材料的重量，即

$$d = W/V$$

式中 W 为磁芯的重量 (kg)

V 为磁芯的体积 (m^3)

15. 功率损耗 P_c (KW/m^3 、 W/KG)

磁芯在高磁场密度下的单位体积损耗或单位重量损耗。该磁通密度可表示为

$$B_m = E / 4.44 f N A_e$$

式中 E 为施加在线圈上的电压有效值 (V)

B_m 为磁通密度的峰值 (T)

f 为频率 (Hz)

N 为线圈匝数

A_e 为有效截面积 (m^2)

目前。功率损耗的常用测量方法包括乘积电压表法和波形记忆法。

16. 电感因数 AL (nH/N^2)

电感因数定义为具有一定形状和尺寸的磁芯上每一匝线圈产生的电感量，即

$$AL = L/N^2$$

式中 L 为装有磁芯的线圈的电感量 (H)

N 为线圈匝数。

电感的检验

普通电感的检验（如：工字电感、色环电感）只需检验其电感量和电流量即可，如果公司对电感的检验有更高的要求，请参阅以下几个国标（别找我要，我也没有），如果那位朋友有这方面的资料，请跟贴，或发到我的信箱：lyh_leo@163.com

GB/T 9623-1988 通信用电感器和变压器磁芯 第一部分: 总规范 (可供认证用)

GB/T 16512-1996 抑制射频干扰固定电感器 第1部分 总规范

GB/T 16513-1996 抑制射频干扰固定电感器 第2部分 分规范 试验方法和一般要求的选择