

磁性材料 在应用位置的关键参数报告

CHINA Amorphous Technology Report_FY18

中研非晶
应用研发中心
07. 2018 V1.0

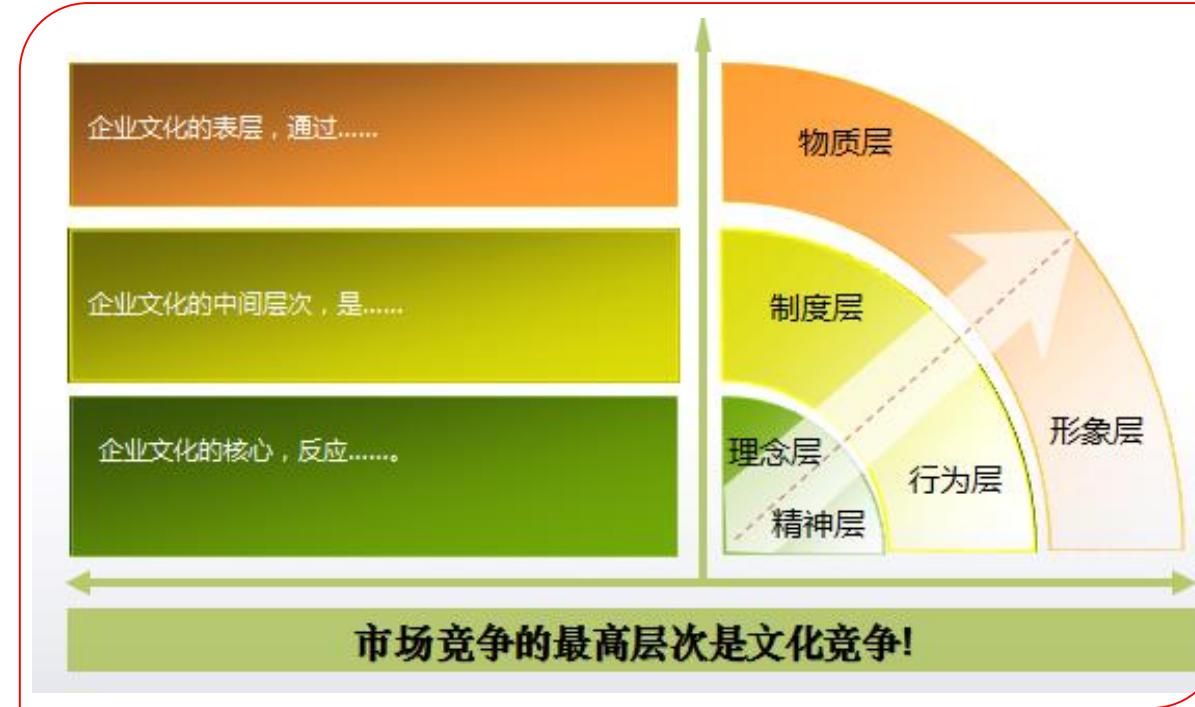


Energy conservation changes the world

总纲

产品定位

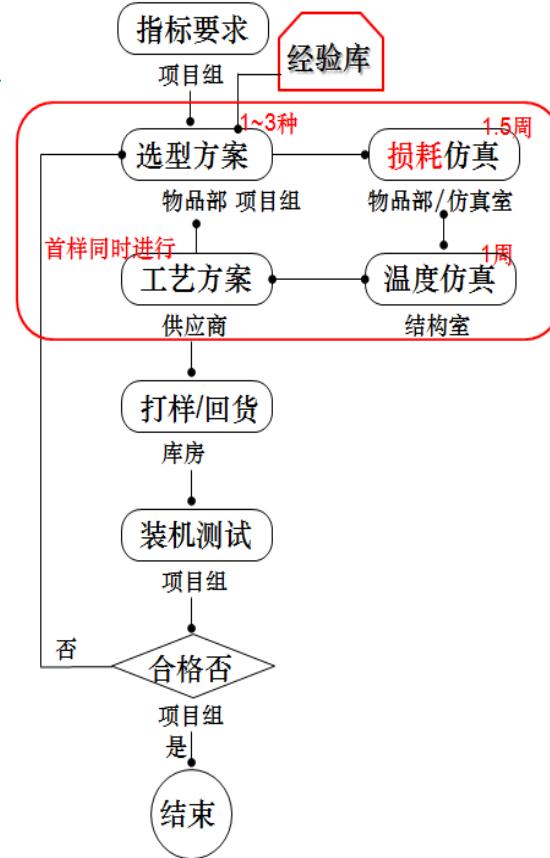
技精于专，做于细；
业成于勤，守于挚。



持续以高可靠安全之产品，以应用场景方式发展材料，服务于社会

发展方向

轻重量化--相对原方案低成本构造
高性能化--材料先进性和可复合性
车载化--TS16949 AEC-Q200 & Q100
标准化--磁芯规格标准 元件模型 模板 视频
环保化--环境改善材料 环保作业材料 净化
整机化--整机产品带入材料新应用



提纲

- 1 分类划分
 - 2 技术特点
 - 3 寿命与可靠性
 - 4 位置与磁材关键点
-



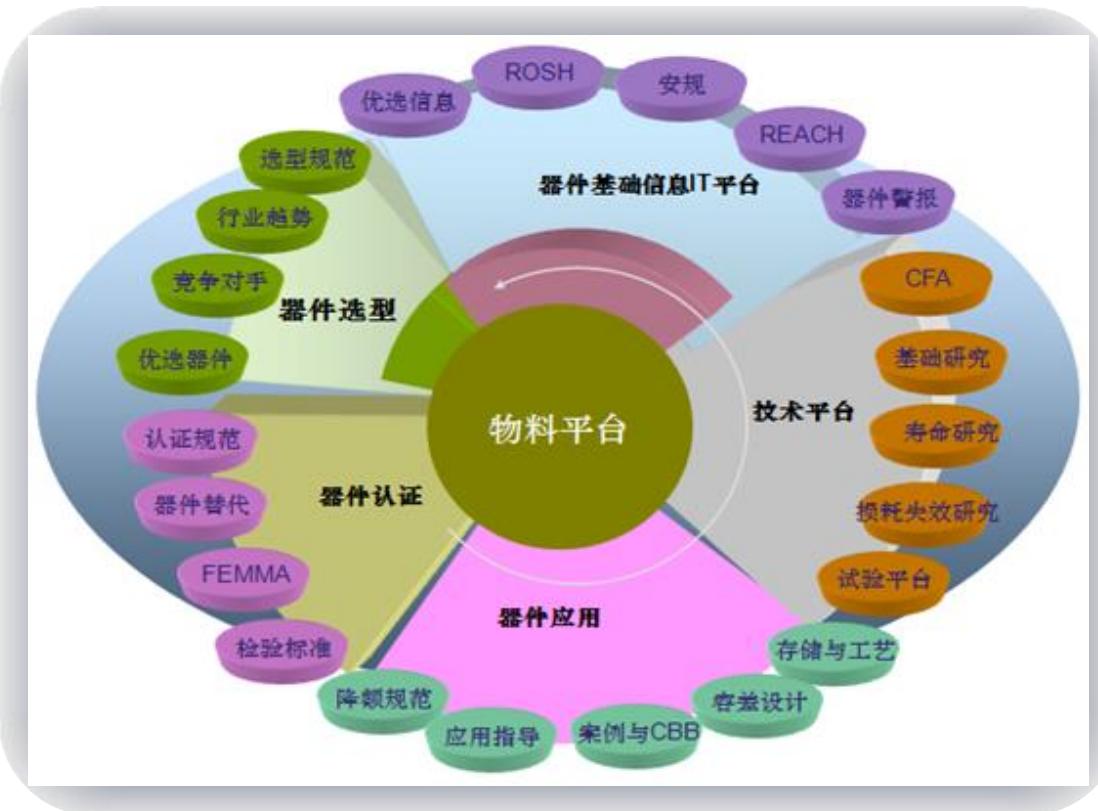
提纲

1 分类划分

2 技术特点

3 寿命与可靠性

4 位置与磁材关键点



1 分类划分

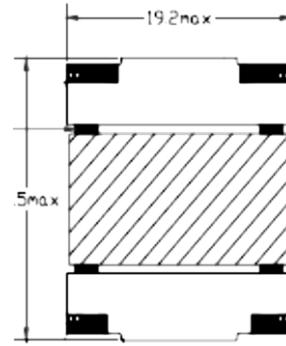
磁性元件分类主要划分方式

1. 电气联接工艺
2. 磁性材料
3. 工作位置
4. 应用市场

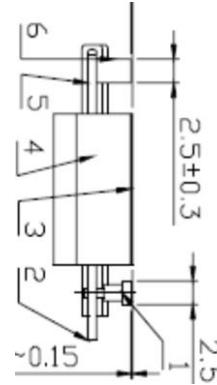
1 分类划分

1. 电气联接工艺

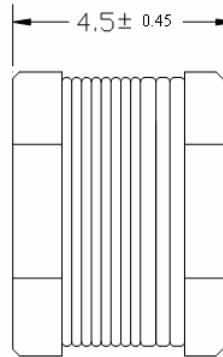
贴装类



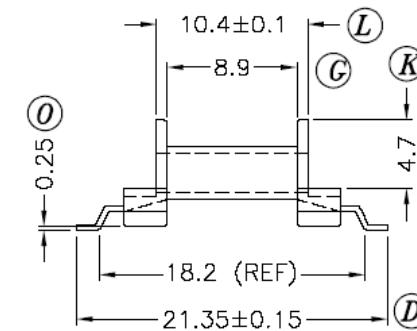
多层PCB类



平板类

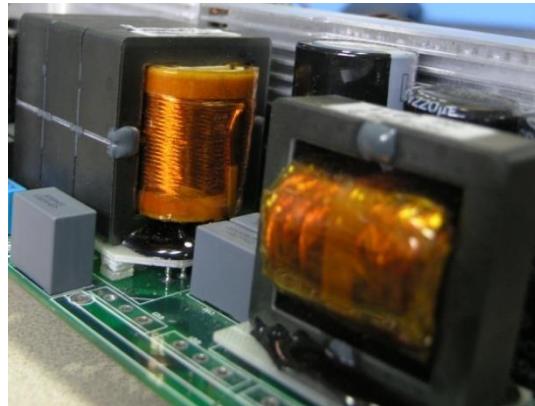
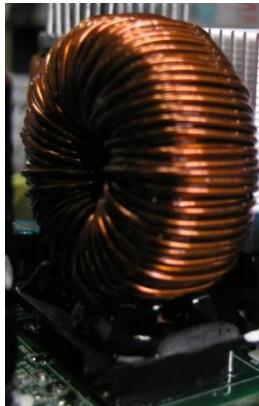


工字型电感类



骨架贴装类

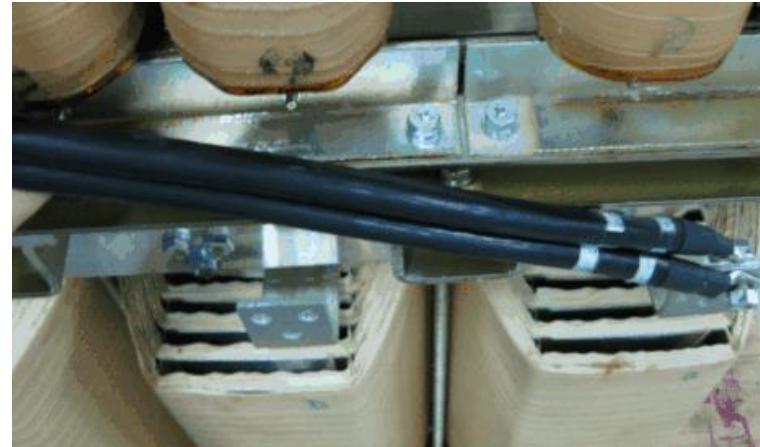
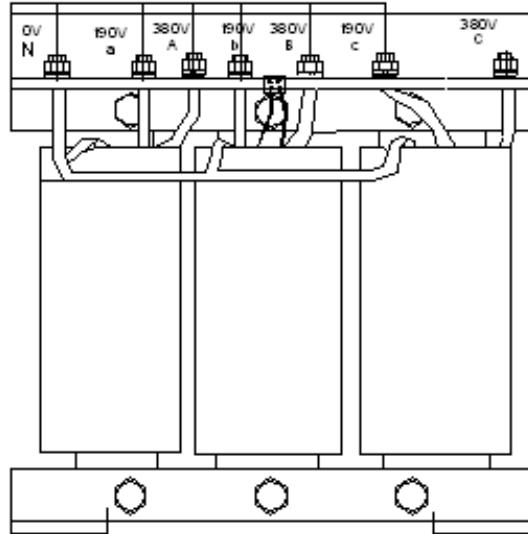
插装类



1 分类划分

1. 电气联接工艺

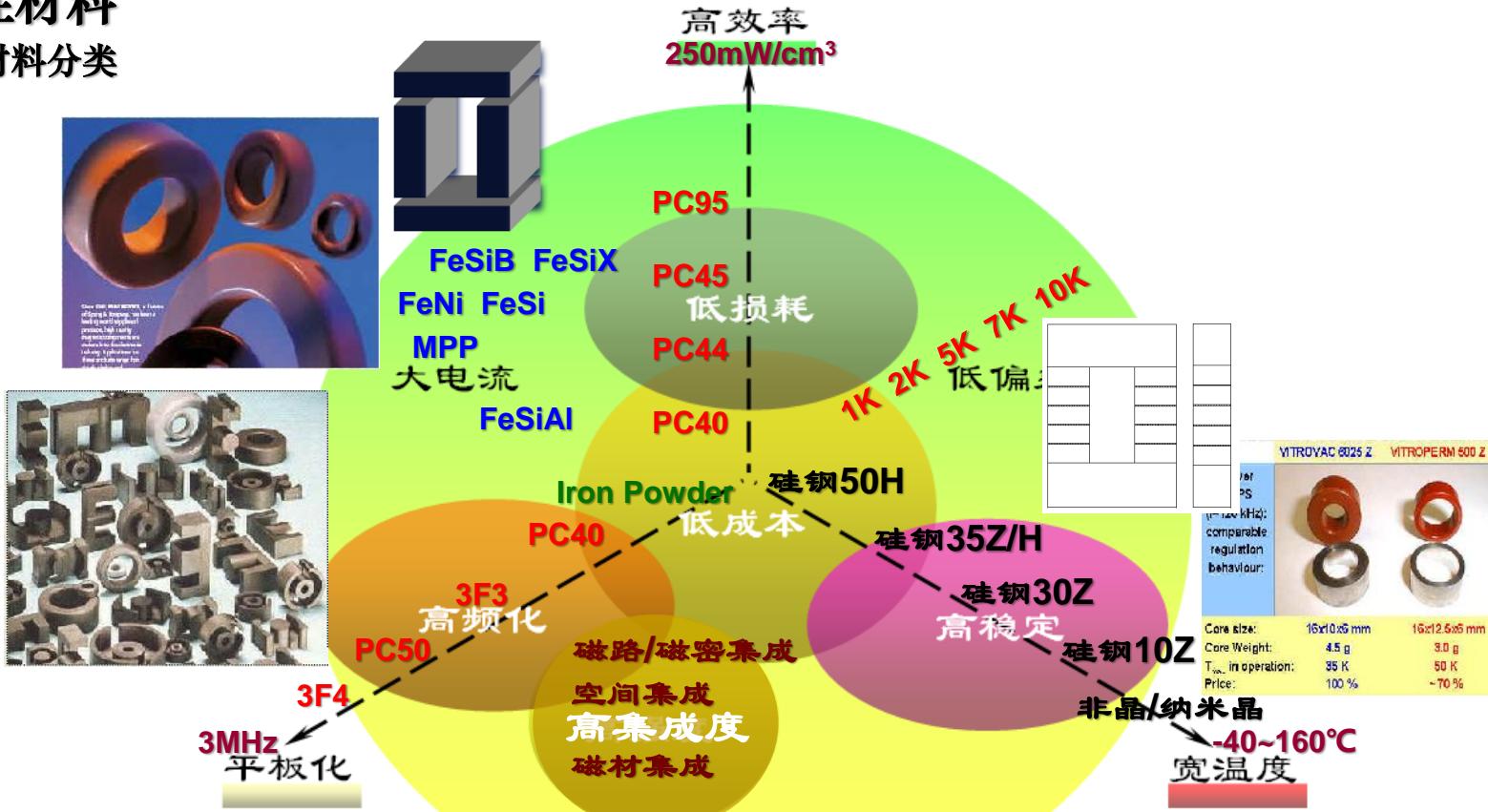
引线联装类或工频类



1 分类划分

2 磁性材料

磁性材料分类



磁材分类	代表厂家	使用磁材号
铁氧体	TDK Ferroxcube	功率PC40 PC44 PC45 PC95 高导5K 7K 10K
铁粉芯	Micrometals	-26 -52 -34
磁粉芯	Magnetics	FeSiAl FeSi FeNi 非晶FeSiB -26 -60 -75 -125
硅钢	New Steel JFE	30Z130 35H250



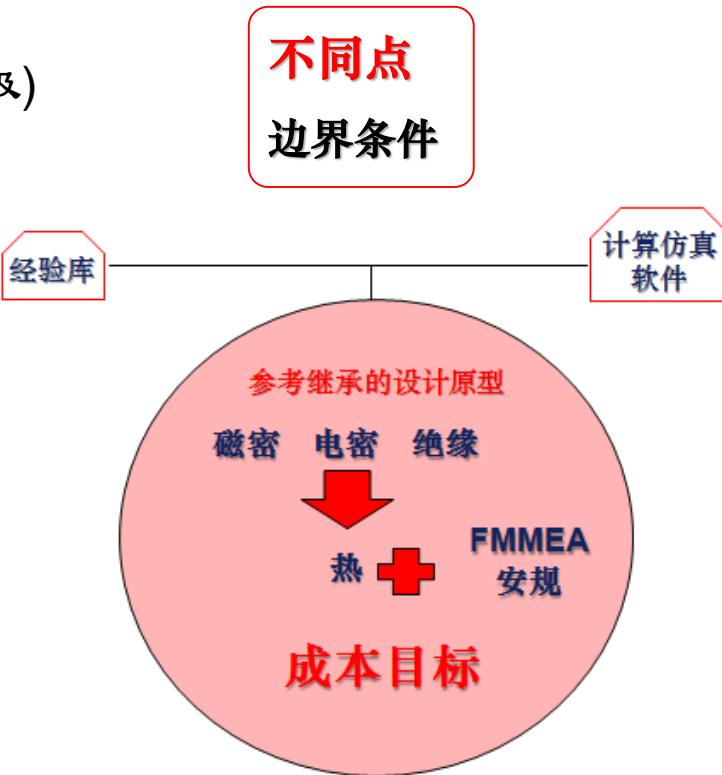
Energy conservation changes the world

1 分类划分

3. 工作位置

按电源应用分类---按工作位置分类

1. 变压器(包括辅助电源变压器)
2. 共模电感器(输入级、输出级、信号级)
3. PFC电感器
4. 谐振电感器
5. 互感器
6. 驱动变压器
7. 漏波电感器(输入差模、输出差模)
8. 磁放大器
9. 尖峰信号抑制用磁珠
10. 工频电抗器
11. 工频变压器



1 分类划分

4 . 应用市场

按电源应用领域分类

1. 通信设备
2. 通信类能源系统
3. 计算机适配电源
4. 汽车工业电源
5. 家电电源
6. 数码终端适配电源
7. 新能源逆变电源
8. APF设备
9. 特种机车电源
10. EPS电源.....

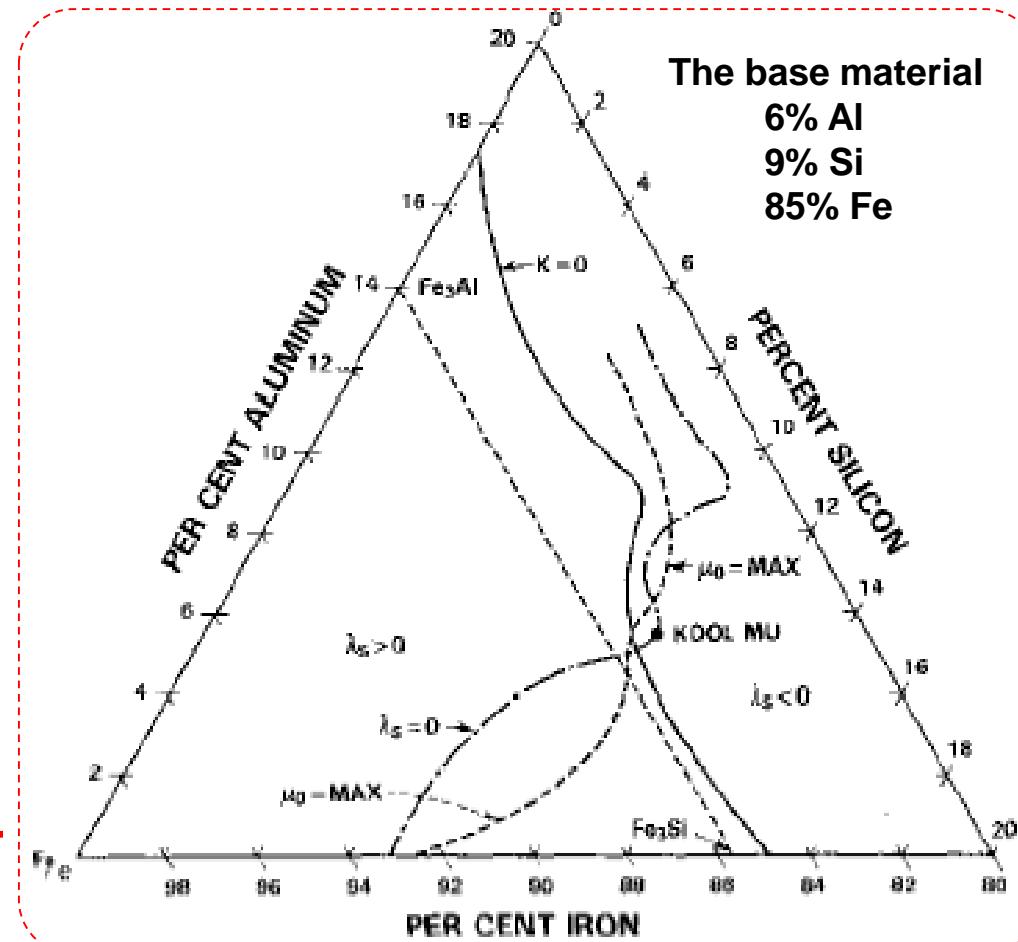


不同点
质量接收度
(参照)标准



提纲

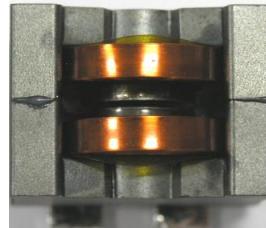
- 1 分类划分
- 2 技术特点
- 3 寿命与可靠性
- 4 位置与磁材关键点



2 技术特点

电磁元件

用途 电磁能转换



遵守 五个定律一个定义

磁材 关键材料

f (频率) 选材 dB (磁密) 损耗

选型/设计 结合所处位置应用要求/特点

定制为主



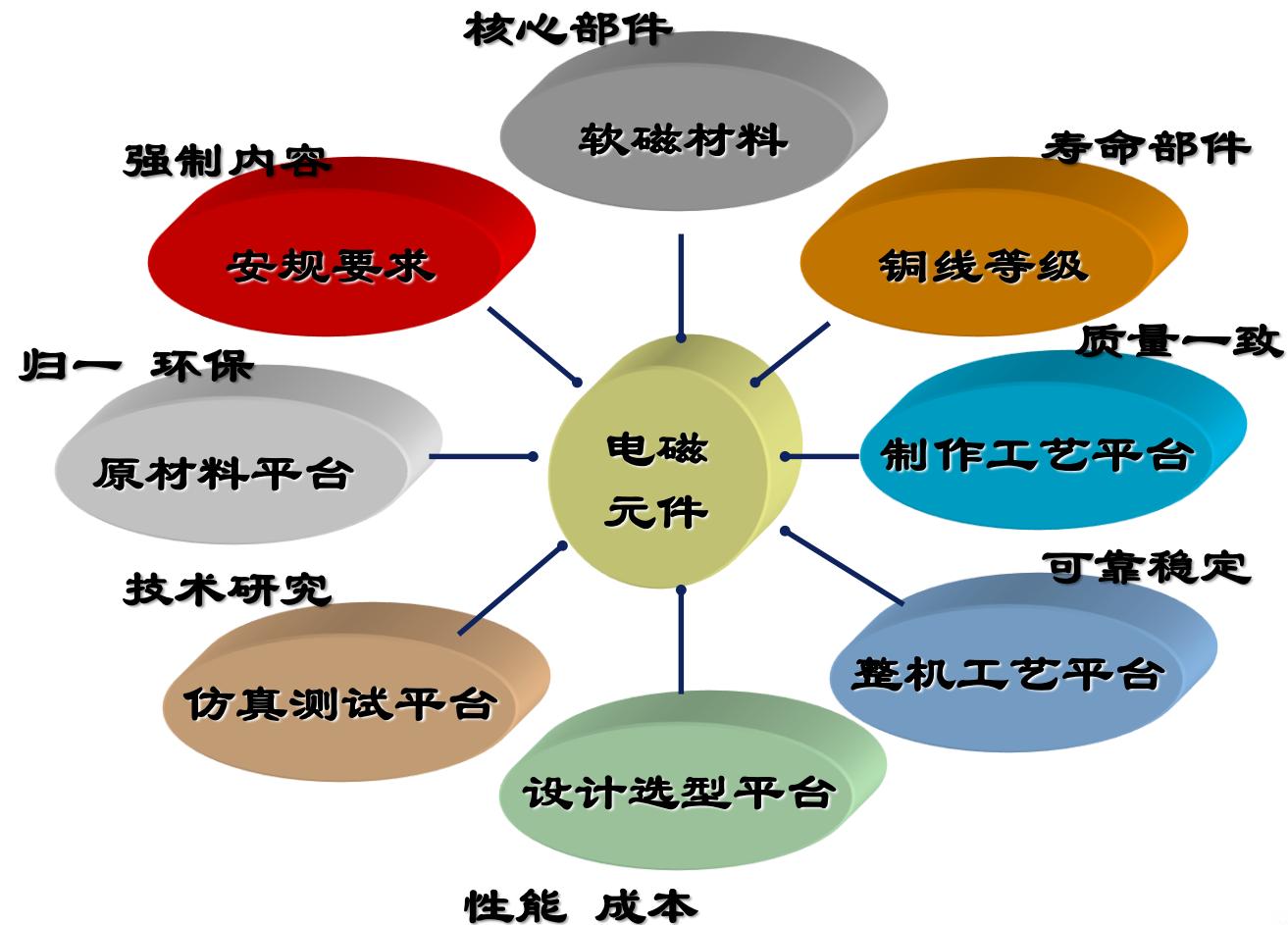
方案建立过程



成本方案--空间/安规要求--性能指标--可实现的方案

2 技术特点

平台要素



2 技术特点

器件选型 基础信息

器新竞器器器器
件器争件件件件
平件对优认安环
台发手选证规保
规展器库规要
划动件范求
态分
析
...

器件
标准

器件
测试
设备

器件
FA分
析

器件应用 技术平台

器器器器器器器
件件件件件件件
降寿应兼工储失
额命用容艺存效
研方设指规机
究案计导范理
...

器件
质量
库

器件
案例
库

器件
警报
库

器件
FMEA库

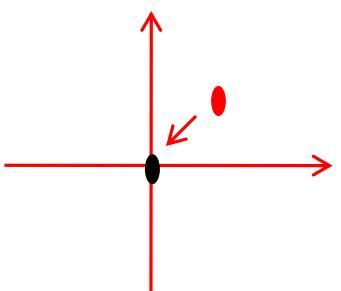


Energy conservation changes the world

2 技术特点

设计模型

1. 建立参考座标 完成
磁通密度 电流密度
2. 由安规要求&FMMEA 满足
绝缘 失效预防
3. 分应用降额 确保
安全 热与寿命
4. 可重复制造能力



**一次电源电磁元件设计选型
指导书**

2. 不同应用场合的电磁元件设计选型指导与实例

A. 电感器设计-输入元件

工作频率	最大工作电压	铁芯材料	线径建议
1MHz	~10V	FeSi	0.05mm
10MHz	~10V	FeSi	0.05mm
100MHz	~10V	FeSi	0.05mm
1MHz	~100V	FeSi	0.05mm
10MHz	~100V	FeSi	0.05mm
100MHz	~100V	FeSi	0.05mm

B. 输出结果

PFC 电感器的输入电流有峰值、峰值、纹波值、占空比、电感量

C. 影响 PFC 电感器性能的因素

电感量在电流下的跌落—跌落越大，正弦波形失真越大，谐振损耗也越大。
损耗—损耗的自身单位损耗越大，器件的温升就越大。

D. 磁性材料分类(功耗系数以 TOK 为标准，厂家因生产环境而异，国外以 AFR)

材料	FeSiAl	FeSi	High Flux	FeSiB
PC40 相当	Magnetics-77		Magnetics-58	
PC44 相当	POCO PF-60	POCO PMF-60	POCO PMF-60	
PC95 相当	CSC CS-60	CSC CK-60	CSC CH-60	Amos APH
成本最低	成本低	成本低	成本最高	成本高

E. 规格分类

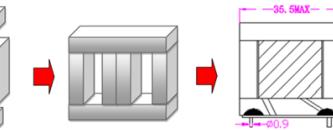
圆形线圈
部分共用 FeSiAl/FeSi 106060 130060 157060 184060
全部共用 FeSiAl 362006 202006
铁氧体盘

文档名称: 高频电磁元件归一化设计指导 | 页数: 第 10 页 共 25 页

5 PFC 电感设计

5.1 设计原则

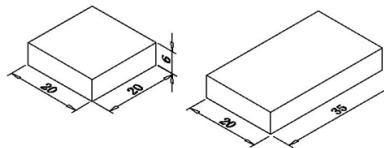
为降低成本，磁芯材质统一采用性价比最优的铸造铝60材质，通过片搭接组合成闭合磁路，以提高磁芯空间利用率，通过这种增加磁芯截面积的方式来弥补铁硅铝材质叠加直流能力不足的缺点；采用铜皮做线组，以降低用铜量和工时，达到降低成本的目标；



5.2 设计方案

5.2.1 磁芯选择

为降低采购成本，磁芯统一采用怕料的NPS60材质，两款片尺寸35×20×6，和20×20×6，并以该两款尺寸的片为基础，进行磁路搭接；



5.2.2 线包选择

通过性能对比验证，铜皮做线组的性能最优，且空间利用率最高。根据电流大小及空间限制，灵活采用0.05mm, 0.075mm, 0.1mm, 0.125mm, 0.15mm等厚度的铜皮与0.03mm聚酰亚胺膜组合做绕组；

5.2.3 工艺要求

- 无骨架绕制，0.13mm NOMEX纸打底，绕组使用“*mm×*mm铜箔绕”T，层间使用0.03mm聚酰亚胺薄膜隔离，要求膜的宽度大于铜箔宽度2mm，铜箔居中放置，两端各留边1mm，防止铜皮中间短路；
- 引脚采用多股线引出，尽量远打散焊接，严格控制焊点厚度，同时做好绝缘，防止与磁芯、与线包短路，外漏部分进线以TFL套管，出线包高温胶带，禁止挤压线包；
- 磁芯由一片35×20×6和一片20×20×6组合，结合紧密，结合处不可有错位，歪斜等现象，结合面用环氧胶固定，组合线包后，磁芯结合处施加（4mm厚度一面）加点少量环氧胶固定，注意气泡；

第 10 页

Copyright by Emerson Network Power Co., Ltd.

本文件之版权属艾默生网络能源有限公司所有，未经书面批准不得随意复制

(1) 线圈体积计算与线型过盈

$$AP = A_p \cdot Ae = \frac{LI^2}{B_{max} \cdot Ae} = \frac{170 \times 10^4 \times 29.04^2}{0.3 \times 8 \times 10^{-4}} = 8.53cm^4$$

PFC 电感磁芯选取两副 EE42/21/15 铁心并用，铁芯材料为 PC40，
单副副脚芯面积 $Ae=176mm^2$ $Le=98.8mm$ $Ve=1730mm^3$ $Apc=183mm^2$
 $Aoc=275mm^2$ $Ai=4460+255nH$. Weight=97.5g,
100°C 时最大磁密不小于 90mT. 实际取 $Bmax=300mT$.

AP 值为

$$AP = A_p \cdot Ae = 176 \times 275 \times 2 = 9.68cm^4$$

2. 圆数 N 计算

$$\text{匝数为 } N = \frac{LI}{B_{max} \cdot Ae} = \frac{170 \cdot 10^4 \times 29.04}{0.3 \cdot 2 \times 176 \cdot 10^{-4}} = 47 \text{ 匝}$$

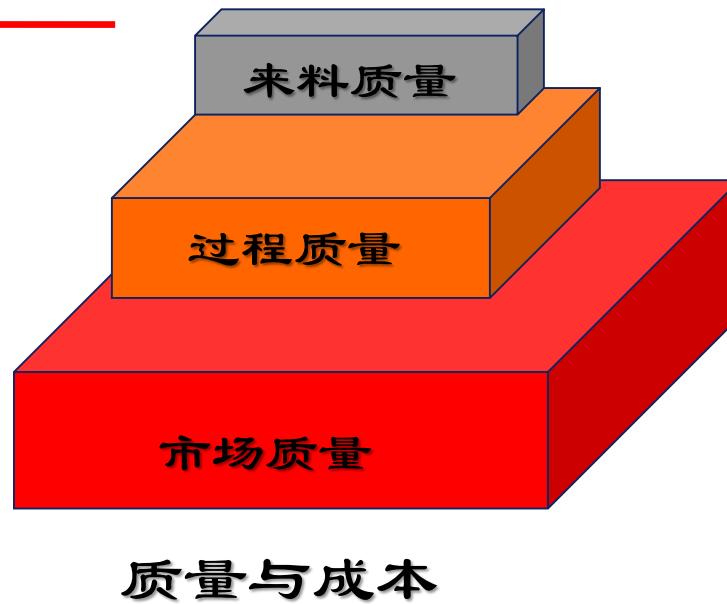
3. 气隙计算

$$\text{气隙为 } \delta = \frac{\mu_0 N^2 \cdot Ae}{L} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \times 47^2 \times 2 \times 176 \cdot 10^{-4}}{170 \cdot 10^{-3}} = 5.74mm$$

Energy conservation changes the world

提纲

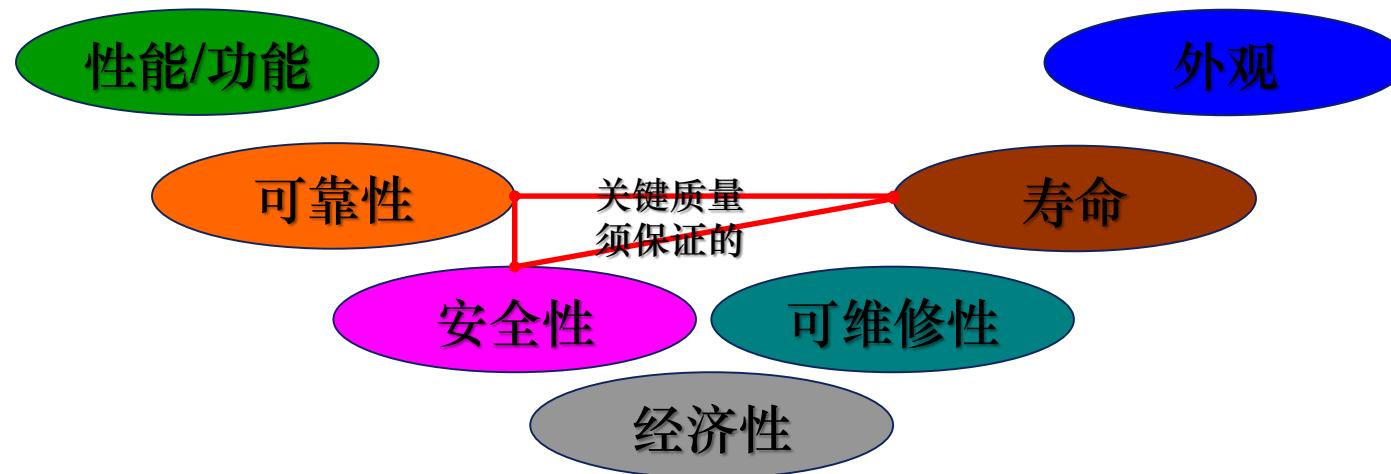
- 1 分类划分
 - 2 技术特点
 - 3 寿命与可靠性
 - 4 位置与磁材关键点
-



3 寿命与可靠性

质量定义

反映实体满足明确和隐含需要的能力的特性特征的总和



3 寿命与可靠性

可靠性的定义

产品在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的能力

10°C法则热降额(抗电强度/绝缘依据安规选型)

规定的条件一般分为气候环境和机械环境

气候环境是指元器件所处环境的气候条件，如温度、湿度、气压、气氛、盐雾、霉菌、辐射等；

机械环境是指元器件是否经常受到外界机械应力的影响，如振动、冲击、碰撞、跌落、离心、

摇摆等。环境对电路所施加的应力可能是恒定的，也可能是变化的和交变的；

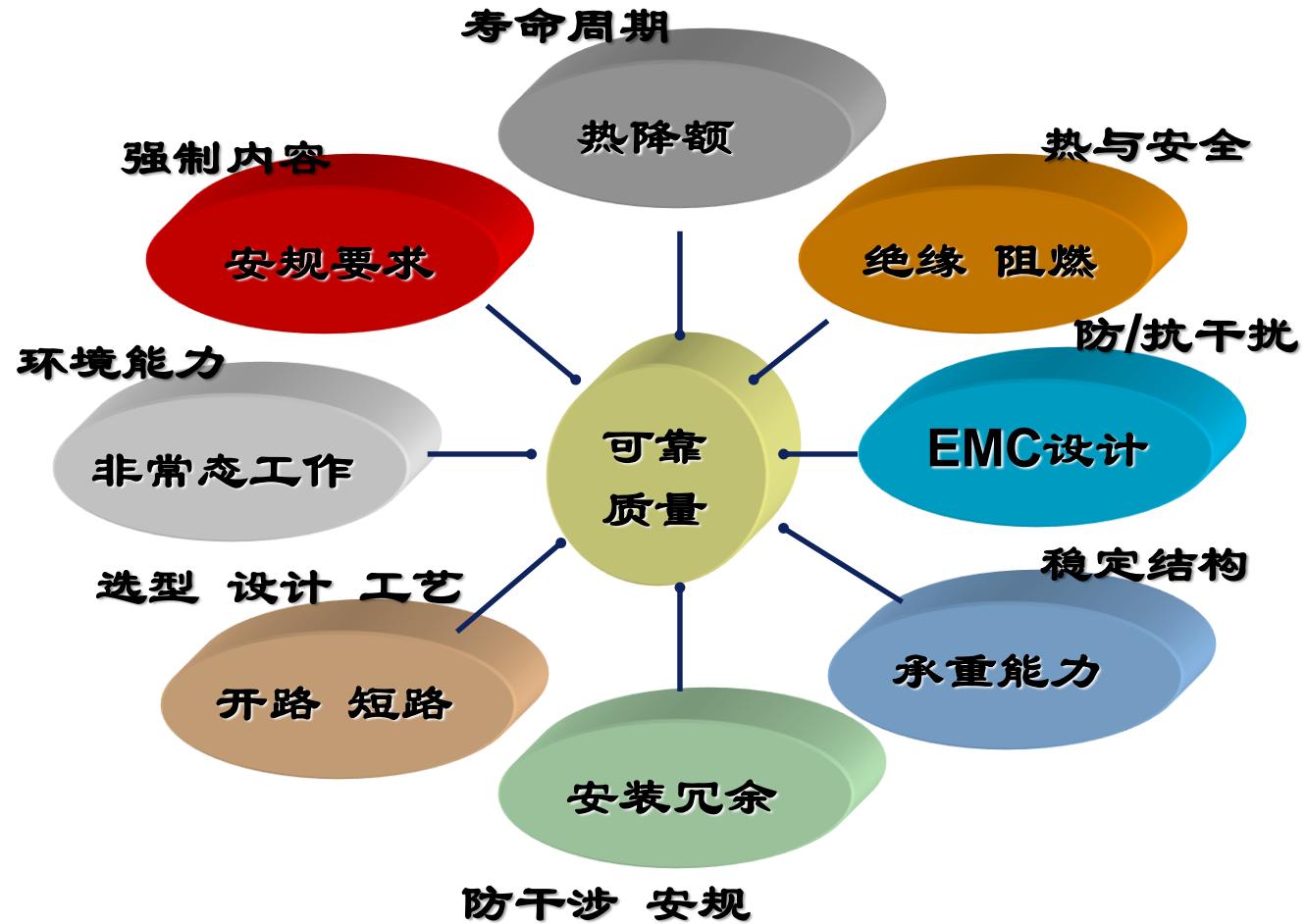
负荷条件是指元件所承受的电、热、力等应力的条件，目前主要是指加在电子元器件上的电压、电流和功率等条件。工作方式一般分为连续工作或间断工作，不工作的情况属于存贮状态

10年或者20年

规定的时间是指评价元件的可靠性和规定的时间有关

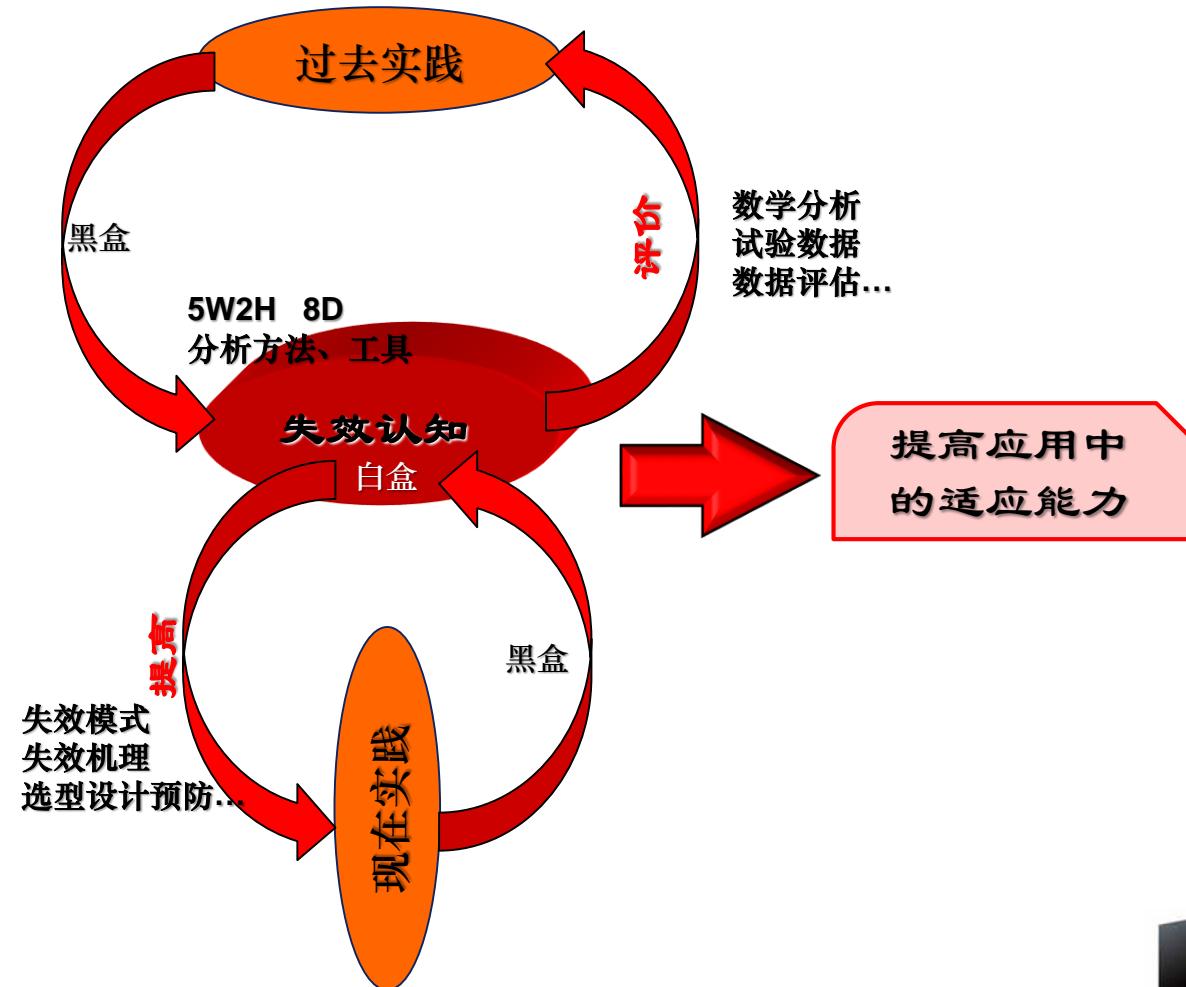
可靠性本身就是时间的函数，要保持电子元器件全部性能处于良好的工作状态，时间长比时间短更困难。在同一工作条件下，保持的时间越长可靠性越高。所以，在讨论电子元器件可靠性时，必须指明在多长时间内的可靠性

3 寿命与可靠性



3 寿命与可靠性

所有的可靠预警(可靠性提高)方案都来自于FMMEA的总结



3 寿命与可靠性

寿命定义

电磁元件的**寿命主要取决于是热效应下的绝缘材料龟化或老化时间**

绝缘材料的寿命随温度成对数线性反比关系，公式如下：

$$Ln\lambda \sim \frac{1}{T}$$

耐热等级的划分是以一定厚度的绝缘材料**在规定等级温度下和要求耐压下长期工作 \geq 2万小时**，耐压性能(包括漏电流)仍大于规定值为标准

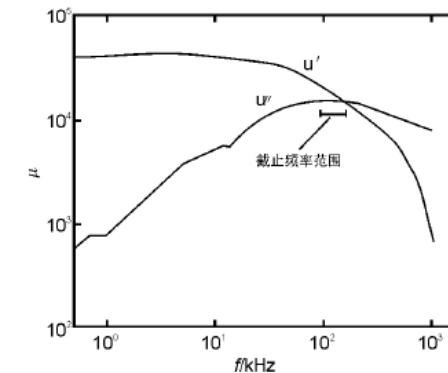
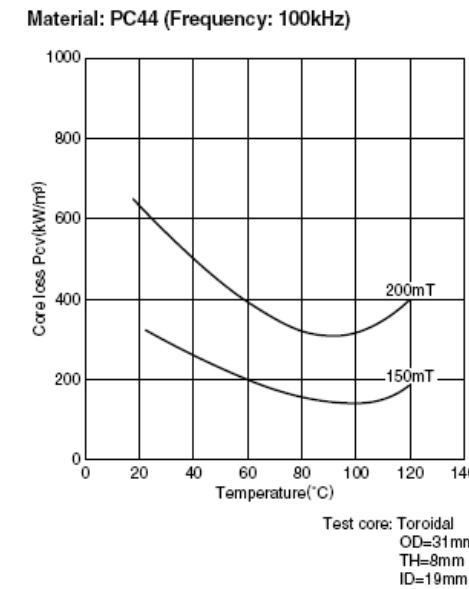
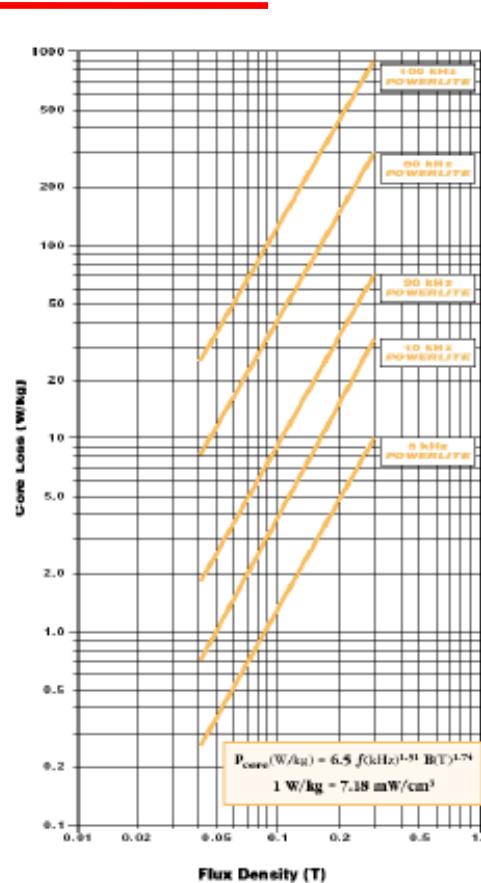
故此，电磁元件的降额是以其内部绝缘材料的热降额作为判定标准

1. 降额要求

10°C法则热降额(抗电强度/绝缘依据安规选型)

提纲

- 1 分类划分
- 2 技术特点
- 3 寿命与可靠性
- 4 位置与磁材关键点



4 位置与磁材关键点

电磁结合公式

结合安培环路定律、电磁感应定律、楞次定律、自感定义

可总结出以下等式

$$Hl = NI$$

$$Vdt = NdBAe = LdI$$

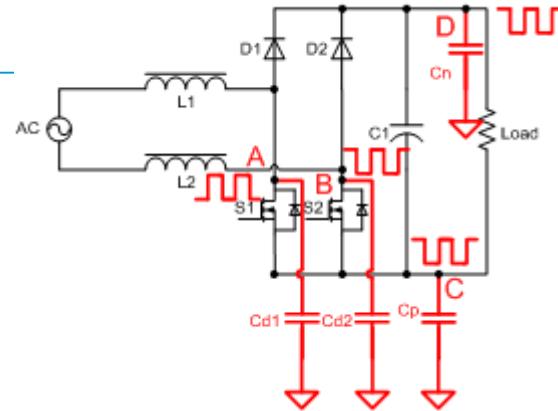
4 位置与磁材关键点

按开关电源应用分类---按工作位置分类

1. 共模电感器(输入级、输出级、信号级)
2. PFC电感器
3. 谐振电感器
4. 互感器
5. 变压器(包括辅助电源变压器)
6. 驱动变压器
7. 滤波电感器(输入差模、输出差模)
8. 磁放大器
9. 尖峰信号抑制用磁珠
10. 工频电磁元件

4 位置与磁材关键点

1. 共模电感器(输入级、输出级、信号级)



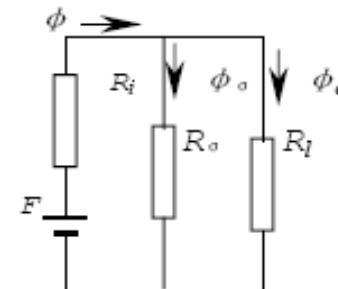
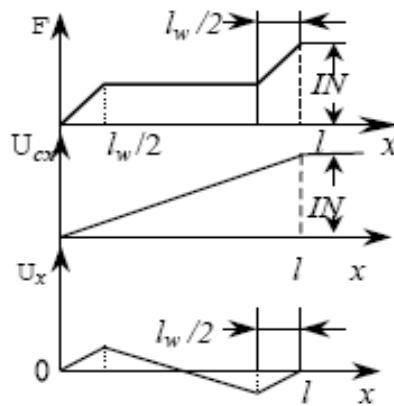
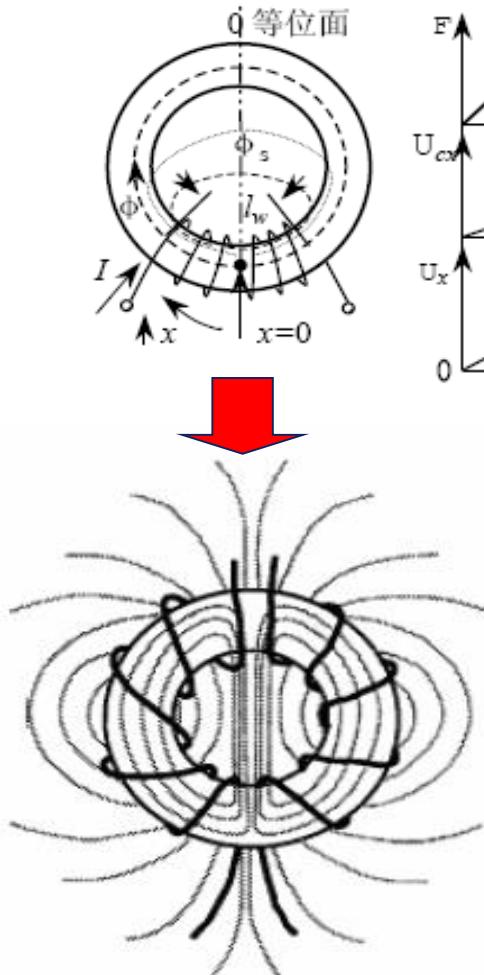
共模电感器是抑制传导干扰共模噪声的主要器件之一，

在共模噪声通过时，二绕组的磁通相互增加(振幅磁导率)，
绕组阻抗(电感量)增大，从而起到抑制共模噪声的效果

利用同相位的二~多个绕组绕制在同一磁芯上。

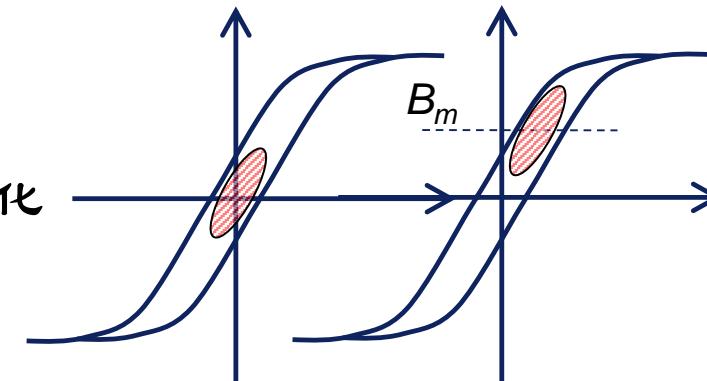
4 位置与磁材关键点

1. 共模电感器(输入级、输出级、信号级)



工作磁密将变化

$$B_m = \frac{L_{cm} I}{N A e}$$



4 位置与磁材关键点

1. 共模电感器(输入级、输出级、信号级)

磁材性能---要控制低于居里温度，工作磁密中有差模分量磁密；
(铁氧体:0.20T&100°C, 纳非晶:1.0T@ >150°C)

磁材性能控制方案

铁氧体: 最高工作温度<110°C

纳米晶: 最高工作温度<105°C (外壳的温度影响)

4 位置与磁材关键点

1. 共模电感器(输入级、输出级、信号级)

共模电感器的损耗

主要以铜损为主

温升的估算公式(自然冷)

$$\Delta T = [P_{Cu}/Aw]^{0.833};$$

ΔT :温升($^{\circ}$ C); P_{Cu} :铜损(mW); Aw :绕组表面积(cm^2)

采用高导铁氧体当出现高温、满载等情况下出现共模抑制劣化，需更改磁芯为纳米晶高导磁芯，以减少匝数与改善频响特性来满足EMC要求；或采用超薄带纳米晶(16~18um)提高频宽；或采用立绕线圈方案减少匝间电容提高频宽；

4 位置与磁材关键点

1. 共模电感器(输入级、输出级、信号级)

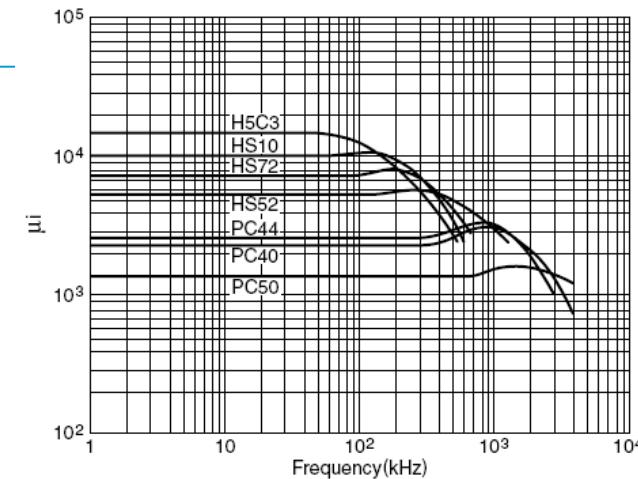
由于本土的材料在高频拐点后下降快，所以我们在承认书增加对高频电感量的测试，以起到材料控制的用途。

MnZn: 100kHz(10K材质); 200kHz(5K、7K材质);
400kHz(2K材质)作为控制关键指标，合格判定要求

电感量L:>1kHz条件下电感量最小值×65%~70%;

NiZn: 1MHz测试点作为控制关键指标，合格判定要求
电感量L:>1kHz条件下电感量最小值×70%~80%;

μ_i vs. frequency Characteristics



4 位置与磁材关键点

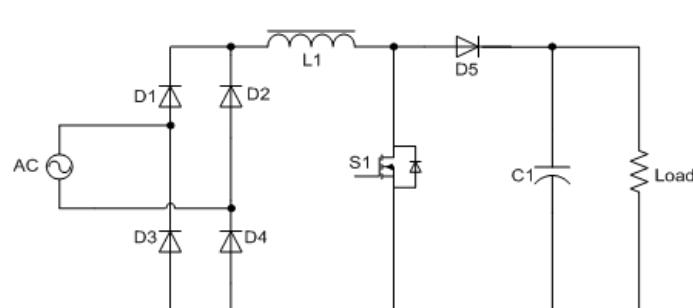
2. PFC电感器(逆变电感器)

为了减少谐波对用电设备的危害，使用功率因数校正器(PFC)

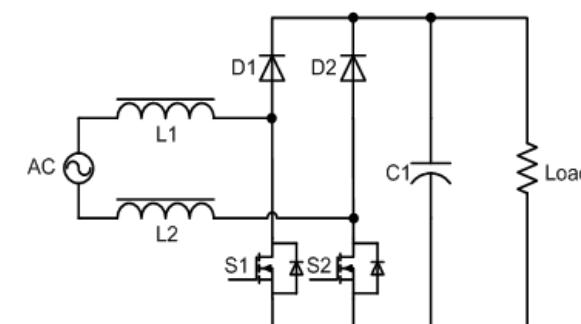
其中有无源LC低通滤波器和有源斩波型滤波器

有源滤波器输入电流被PWM调制后，通过PFC电感器及控制，

调制成电压与电流波形同相位



Conventional boost PFC



Bridgeless PFC

4 位置与磁材关键点

2. PFC电感器(逆变电感器)

无源低通滤波器可采用Butterworth(巴特沃斯)归一化LPF设计

归一化低通滤波器设计数据，指的是特征阻抗为 1Ω ，

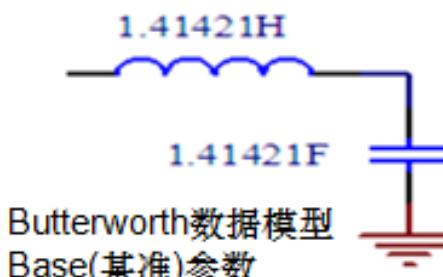
且截止频率为 $\frac{1}{2\pi} \approx 0.159\text{Hz}$ 的基准低通滤波器的数据

$$M = \frac{\text{待设计滤波器的截止频率}}{\text{基准滤波器的截止频率}}$$

$$K = \frac{\text{待设计滤波器的特征阻抗}}{\text{基准滤波器的特征阻抗}}$$

$$L_{(\text{new})} = \frac{K \cdot L_{(\text{base})}}{M}$$

$$C_{(\text{new})} = \frac{C_{(\text{base})}}{M \cdot K}$$



4 位置与磁材关键点

2. PFC电感器(逆变电感器)

无源低通滤波器可采用Butterworth(巴特沃斯)归一化LPF设计

基准滤波器的特征阻抗为 1Ω , 以往数据参考, 待设计的特征阻抗为 10.5Ω

基准滤波器的截止频率为 $\frac{1}{2\pi} \approx 0.159\text{Hz}$

待设计的截止频率为 40kHz

$$M = 2.516 \times 10^5$$

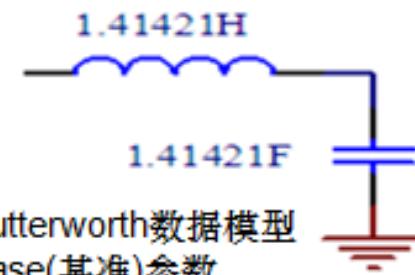
$$K = 10.5$$

$$L_{new} = 1.4142 \times 10.5 \times 10^{-5} / 2.516 = 59\mu\text{H}$$

$$C_{new} = 1.4142 \times 10^{-5} / (10.5 \times 2.516) = 0.53\mu\text{F}$$

最关键的参数

计算的电感量是在电流峰值偏置下需保持的电感量



Butterworth数据模型
Base(基准)参数

4 位置与磁材关键点

2. PFC电感器(逆变电感器)

有源斩波型滤波器

电感量计算---输入条件

模块工作最小输入电压

输出电压与电流

PFC工作频率/占空比范围(16~75kHz)

模块效率

纹波电流

输出结果

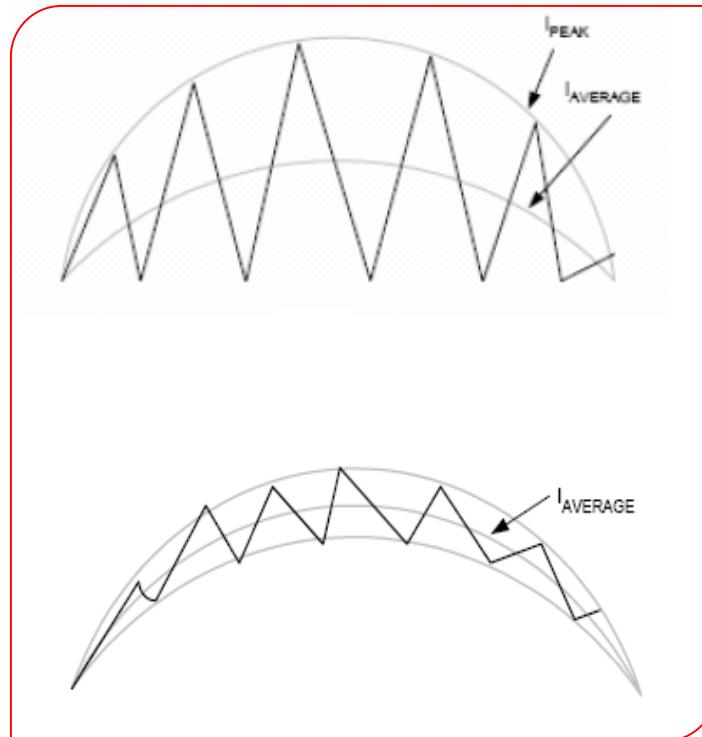
PFC电感器的输入电流有效值、峰值、纹波值

占空比、电感量

最关键的参数

最大Vton值 dl 工作有效电流值 峰值电流值

计算的电感量是带直流偏置下的电感量



4 位置与磁材关键点

2. PFC电感器(逆变电感器)

有源斩波型滤波器

最关键的参数

最大V_{ton}值 \propto dB (N.Ae 可相互调) 决定磁芯损耗

平均 dB<0.15T(铁氧体) <0.20T(合金粉芯)

工作磁密点或磁场强度控制点建议

Bm Oe	铁氧体 PFC电感	FeSiAl 电感	FeSiX 电感
自然冷	<0.20T	<1200e	<1400e
风冷	<0.25T	<1200e	<1400e
峰值	<0.35T	<1500e	<2000e

计算的电感量是带直流偏置下的电感量

\propto 设计环路稳定状态需保持的电感量

4 位置与磁材关键点

2. PFC电感器(逆变电感器)

有源斩波型滤波器

最关键的参数

计算的电感量是带直流偏置下的电感量

∞设计环路稳定状态需保持的电感量

Property	APC APH™	High Flux	MPP	Sendust KoolM μ	Iron	Ferrite
Bs(Gauss) Saturation Flux Density	15,000	15,000	7,500	10,000	10,000 ~12,000	3,000 ~4,500
Core Loss Pc(mW/cm³) @100kHz, 0.1T	600	1,300 ~1,800	500 ~1,500	850 ~1,200	1,300 ~1,800	Dep. Gap
% Ldc @100Oe(60 μ)	70%	70%	50%	45%	40%	Dep. Gap
Composition	Fe-Si-B	Fe-Ni	Fe-Ni-Mo	Fe-Al-Si	Fe	Mn-Zn-Fe

4 位置与磁材关键点

2. PFC电感器(逆变电感器)

设计指标

75kHz 40%maxDuty lin: 17Apk 12Arms dI 4A 120uH(23A 偏置下 电压跳变)

整机最高效率>97% 空间尺寸要求 33(H)35(L)32(W)mm

磁场强度假定按 120 Oe >35% L_0

计算初始电感量 $L_0=120\mu H/0.35=342\mu H$

$$\text{所需匝数为 } N = \sqrt{\frac{L}{Al}} = \sqrt{\frac{342 * 10^{-6}}{224 * 10^{-9}}} = 39Ts$$

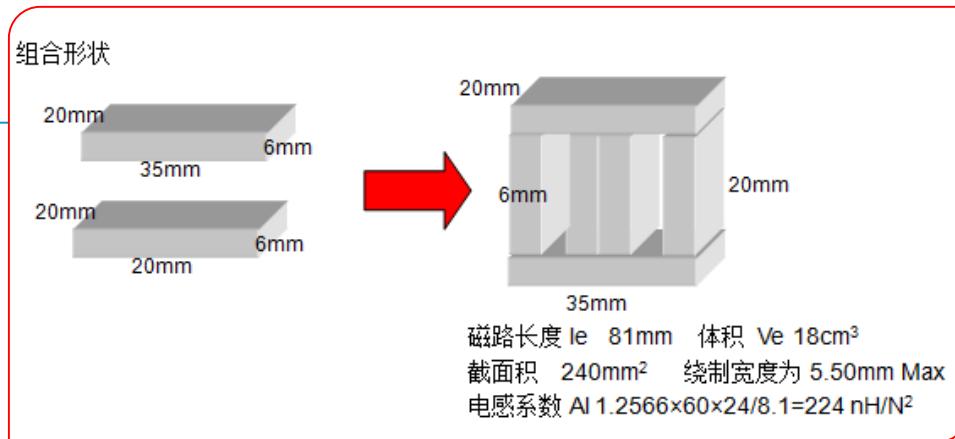
实际采用 0.075*17mm 铜皮绕制最大匝数为 38Ts

实现电感为 $L_0=N^2\cdot Al=38^2\cdot 224nH/N^2=323\mu H$ 直流电阻为 50mohm

由于气隙的部份影响在 23A 偏置下电感量为 128uH

工作磁密最大值为 Bm 0.11T

$$dB_{Max} = \frac{VinTon}{NAe} = \frac{380V \times 5.33\mu s}{38 \times 240mm^2} = 0.22T$$



4 位置与磁材关键点

3. 谐振电感器

用于无损吸收电路，或者通过LC谐振磁通双向工作的电感器

谐振电感要通过可能大的交变电流，又要能储存可能多的能量

- 1 要求额定直流偏置的电感量变化小
- 2 损耗要求最严酷，要求元件的损耗都低

要求工作最高温度 $< 120^{\circ}\text{C}$ 或工作温升 $< 40\text{~}60^{\circ}\text{C}$

4 位置与磁材关键点

3. 谐振电感器

强制进行工作磁密控制

工作磁密点或磁场强度控制点建议

dB	铁氧体类
自然冷	<0.10T
风冷	<0.15T
峰值	<0.20T

设计需求---输入条件

模块工作最小输入电压

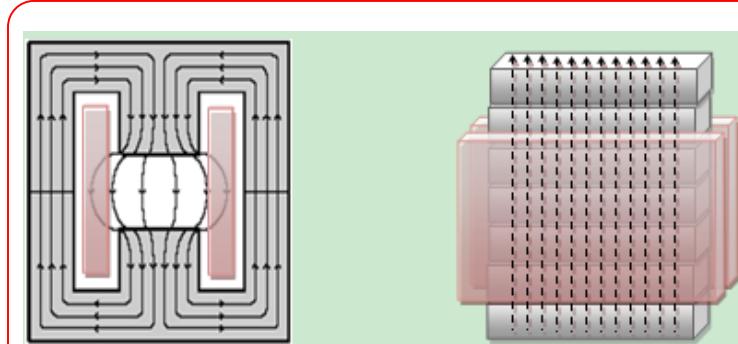
通过电感电流有效值与峰值

工作频率

电感量

输出结果

电感器的输入电流有效值、峰值、纹波值



磁芯气隙引起线圈的涡流效应非常大
气隙分段>7段
气隙长度<0.15mm

4 位置与磁材关键点

工作磁密点或磁场强度控制点建议

3. 谐振电感器

设计实例

dB	铁氧体类
自然冷	<0.10T
风冷	<0.15T
峰值	<0.20T

设计指标

100~300kHz 19Apk 13.4Arms 19.0uH

整机最高效率>97% 空间尺寸要求 32(H)28(L)20(W)mm

匝数假定 16Ts 线材为 0.10*50 2股丝包线(空间占满)

直流电阻 Rdc 22.0mohm

工作磁密最大值为

$$dB_{Max} = \frac{LIpk}{NAe} = \frac{19uH \times 19A}{16Ts \times 132mm^2} = 0.17T$$

单位体积磁损最大值为(满载条件下工作频率 f 100kHz)

查 PC95 损耗曲线 100kHz 0.17T 100°C下单位损耗值为 250mW/cm³

总体损耗最大值(磁损增加气隙损耗系数 1.10)为

$$P_{Total} = P_{Cu} + P_{Fe} = 13.4^2 \times 0.022 + \frac{250 \times 8.87}{1000} \times 1.1 = 6.39W$$

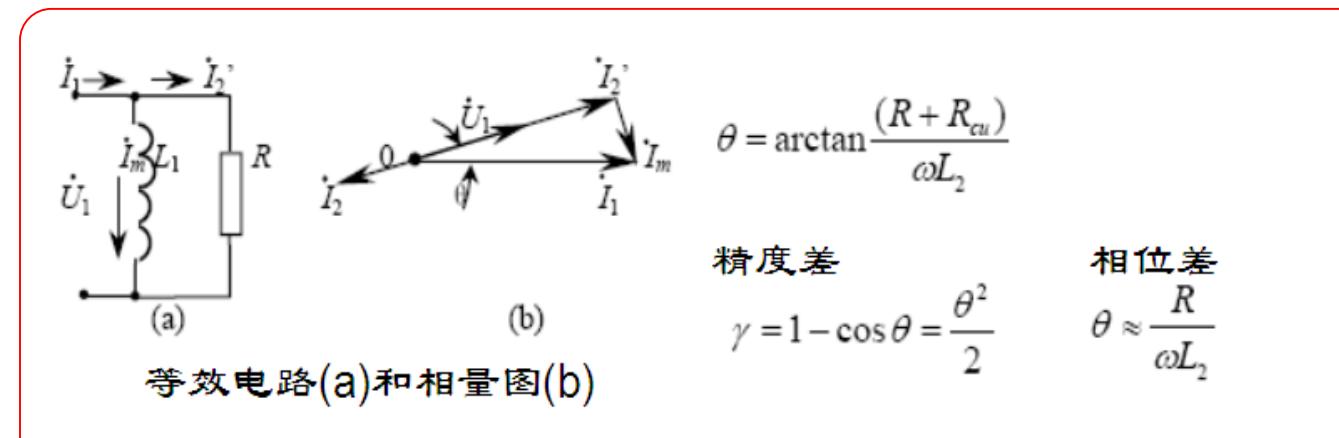
4 位置与磁材关键点

4. 互感器

互感器其实是一种计量元件，测量电量不带直流分量

主要分为电流互感器(CT) 电压互感器(PT) 漏电保护器

按工作频率又为工频互感器&高频互感器



4 位置与磁材关键点

4. 互感器

工频电流互感器(CT)&电压互感器(PT)
一般采用有取硅钢

零序互感器&漏电保护器
一般采用纳米晶
<50mA或高灵敏度要求时采用高矩形比的钴基非晶磁芯

高频互感器
通常采用铁氧体(高磁导率或功率型) 不做校正

为保障互感器采样的精度，需要管理磁密

工作磁密点或磁场强度控制点建议

Bm	铁氧体 互感器	FeSiX 带材(50/60Hz)
自然冷	<0.10T	<0.15T
风冷	<0.15T	<0.20T
峰值	<0.20T	<0.25T

4 位置与磁材关键点

4. 互感器

工作磁密点或磁场强度控制点建议

Bm	铁氧体 互感器	FeSiX 带材(50/60Hz)
自然冷	<0.10T	<0.15T
风冷	<0.15T	<0.20T
峰值	<0.20T	<0.25T

$$Ae = \frac{Is(R_0 + R_S) \times 10^4}{K_f N_{Sec} f B_m} = \frac{V_0 + V_{DF}}{K_f N_{Sec} f B_m} \times 10^4 (cm^2)$$

设定匝数1000Ts，35kHz工作频率，输出电压 V_0 为5V，二极管压降 V_{DF} 1V；电流峰值为50A。
磁芯截面积

$$Ae = \frac{V_0 + V_{DF}}{K_f N_{Sec} f B_m} \times 10^4 = \frac{5 + 1}{4 \times 1000 \times 35 \times 10^3 \times 0.2} \times 10^4 = 2mm^2$$

UU9.8/7.1/2.9（材料 R7K）磁芯设计电流互感器， $Ae = 7.84mm^2$ 。

若绕线空间可完成线圈匝数，则可不作调整，若不可以完成线圈匝数，需要调整到 UU10.5 规格。

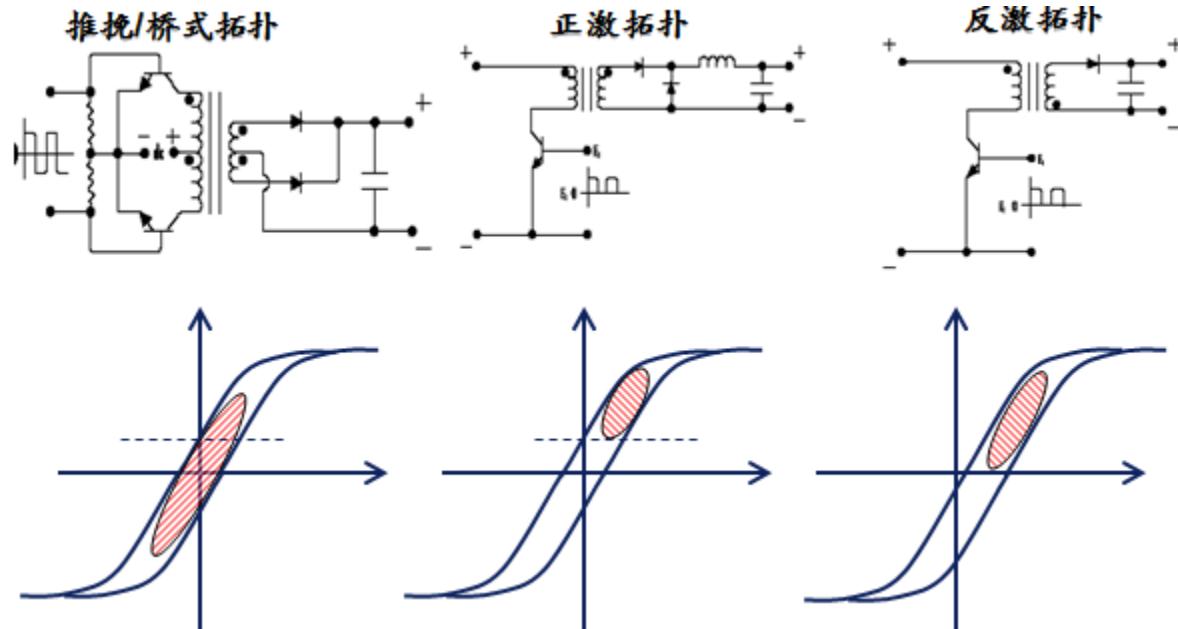
由于插入损耗非常低，铜损与磁损可不作计算。

4 位置与磁材关键点

5. 变压器(包括辅助源变压器)

利用电磁感应原理来改变输出交流电压的产品，主要由初级线圈、次级线圈和磁芯组成

开关型变压器，分为插装、贴装和平板三类
以Vt为主线设计



4 位置与磁材关键点

5. 变压器(包括辅助源变压器)

变压器一般设计过程

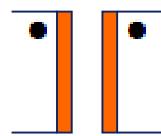
- 1). 按拓朴结构得到匝比
- 2). 磁密控制 V_{ton} 得到 N Ae 关系 获得磁芯规格
- 3). 原副边夹绕绕制方案解决邻近效应
- 4). 原边串联副边并联解决内部散热问题
- 5). 多股线线圈减少磁芯气隙引入的涡流效应
- 6). 增加原副边屏蔽解决原副边电容问题; 改变线圈电场分布解决线圈寄生电容问题
- 7). 增加磁芯外屏蔽或磁屏蔽材料解决漏磁干扰邻近元器件

4 位置与磁材关键点

5. 变压器(包括辅助源变压器)

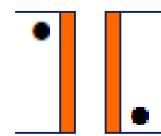
正激

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_{in}}{V_{out}} \bullet \frac{T_{on}}{T}$$



反激

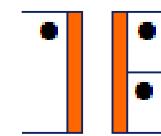
$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_{in}}{V_{out}} \bullet \frac{T_{on}}{T_{off}}$$



(移相)全桥/LLC

$$\frac{N_p}{N_s} \cong \frac{V_{in}}{V_{out}}$$

$$V_o = \frac{(V_i \times T_{on})^2}{2LI_oT}$$



4 位置与磁材关键点

5. 变压器(包括辅助源变压器)

磁芯选择

$$dB = \frac{Vdt}{NAe}$$

V 是线圈二端输入电压, dt 是导通时间

通过选择不同的磁芯, 得出对应的 Ae
从而计算出 dB 与匝数 N 的关系

工作磁密点或磁场强度控制点建议

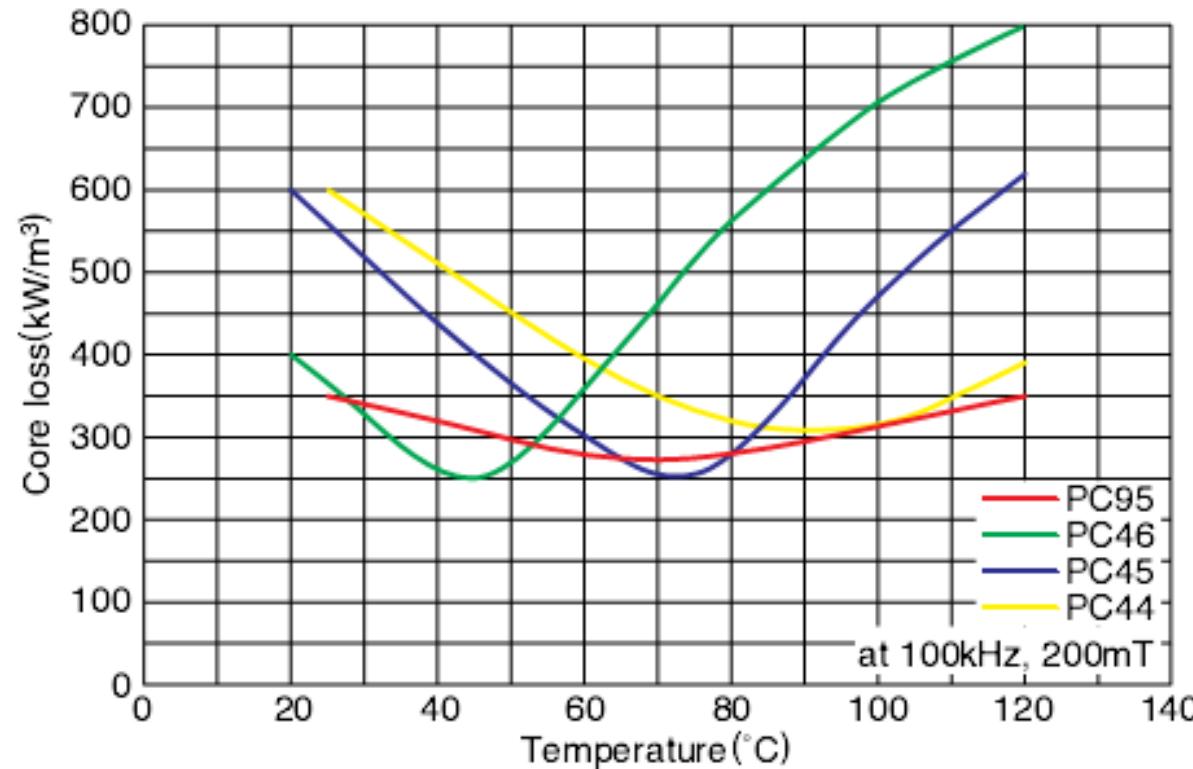
Bm	反激	正激	桥式 全桥	推挽
自然冷	<0.15T	<0.15T	<0.15T	
风冷	<0.15T	<0.20T	<0.20T	

4 位置与磁材关键点

5. 变压器(包括辅助源变压器)

损耗波谷**负反馈管理**

CORE LOSS vs. TEMPERATURE CHARACTERISTICS



4 位置与磁材关键点

5. 变压器(包括辅助源变压器)

安规控制

安规距离的控制部份(按工作电压与绝缘强度划分)

- 1 原副边爬电距离
- 2 磁芯与副边之间的空间与爬电距离
- 3 磁芯与PCB板空间距离
- 4 原副边、原边与磁芯、副边与磁芯电气强度

安规清单

- 1 耐热绝缘等级 (**化学反应**)
- 2 清单中的绝缘材料UL安规信息

安规工艺

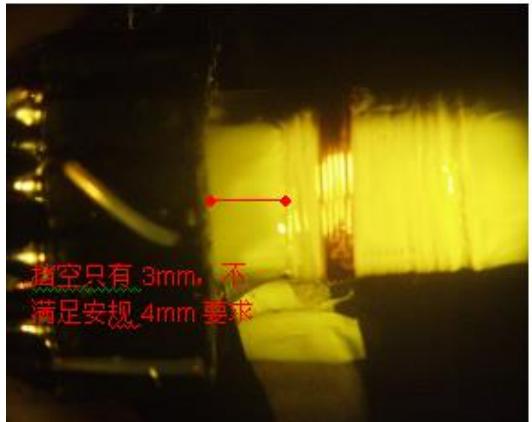
- 1 绕组不应超出档空控制区域
- 2 绕组套管要伸入档空至绕组部

4 位置与磁材关键点

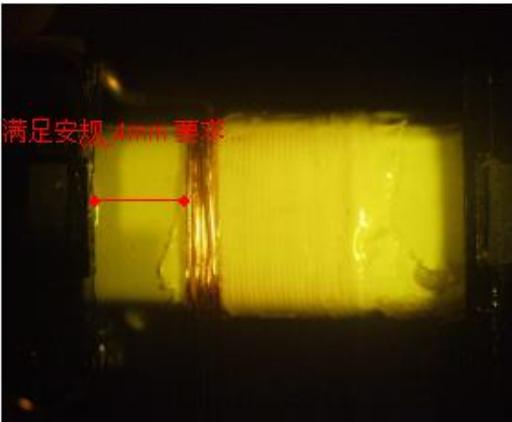
5. 变压器(包括辅助源变压器)

耦合系数管理

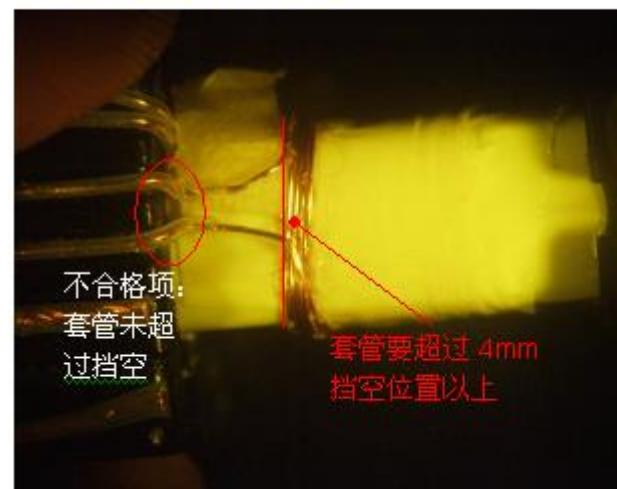
失效品图片



正品图片



不合格的套管安装与要求图:



在绕制区域内

- 1 若能整列排绕为层者须整列排绕;
- 2 若绕组空间不能占满绕制区域的，须均匀分布于一层内；
- 3 若多绕组在同一绕制区域内，要不并列绕制，要不控制绕组的分配空间

说明: 绕制区域是指骨架上下二档空之间的范围。

4 位置与磁材关键点

5. 变压器(包括辅助源变压器)

设计例---单端反激

输入电压 80~460VDC

输出电压 15V/1A, 40V/160mA

输出功率 22W

工作频率: f = 200KHz

最大占空比 D_{max} = 0.45

冷却方式: 强迫风冷

输入功率: 设辅助源效率为70%

$$P_{in} = P_o / 70\% = 22 / 0.7 \approx 31.4W$$

视在功率

$$PT = P_{in} + P_o = 31.4 + 22 = 53.4W$$

取工作磁密Bm为0.18T

磁芯选择EFD20

A_e = 31.0mm²

窗口面积为50.0mm²

原边匝数为 取32Ts

$$N_p = \frac{V_{IN(MIN)}D_{MAX}}{\Delta B_{MAX}A_e f} = \frac{80 \times 0.45}{0.18 \times 0.31 \times 10^{-4} \times 200000} = 32.$$

$$I_{PMAZ} = \frac{2P}{V_{DCMIN} \times D_{MAX} \times \eta} = \frac{2 \times 22}{80 \times 0.45 \times 0.7} = 1.75A$$

$$L_p = \frac{V_{DCMIN} T_{ONMAX}}{I_{PMAZ}} = \frac{80 \times 0.45}{1.75 \times 200000} = 102uH$$

$$N_{S1} = N_p \frac{V_{S1}(1 - D_{max})}{V_N * D_{max}} = \frac{32 \times 16.3 \times (1 - 0.45)}{80 \times 0.45} = 7.95$$

$$N_{S2} = N_p \frac{V_{S2}(1 - D_{max})}{V_N * D_{max}} = \frac{32 \times 41.3 \times (1 - 0.45)}{80 \times 0.45} = 20.2$$

4 位置与磁材关键点

5. 变压器(包括辅助源变压器)

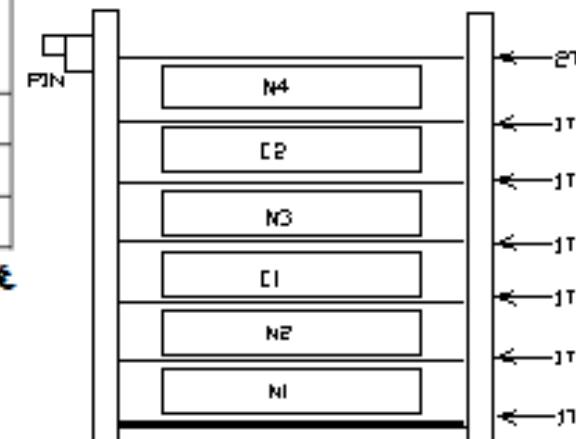
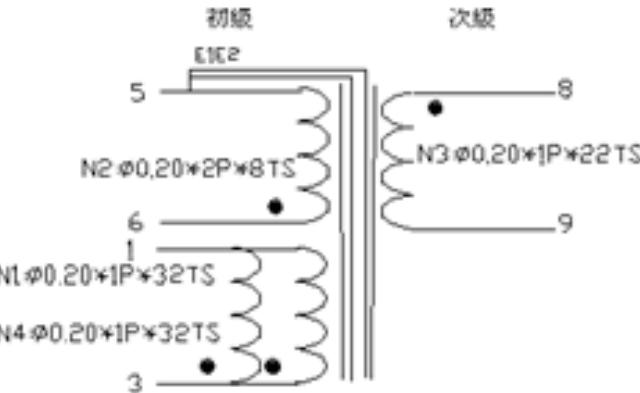
$$I_{PRMS} = I_{PMax} \sqrt{\frac{D_{MAX}}{3}} = 1.22 \times \sqrt{\frac{0.45}{3}} = 0.47A$$

$$I_{SMAX} = \frac{2I_o}{1-D_{Max}}$$

$$I_{Smax} = I_{SMAX} \sqrt{\frac{1-D_{Max}}{3}}$$

输出电压(V)	输出平均电流(A)	输出绕组峰值电流(A)	输出绕组电流有效值(A)	使用漆包线	电流密度(A/mm ²)
原边绕组		1.75	0.68	0.20×2	9.82
15V(风扇电源)	1	3.63	1.55	0.20×2	5.78
40V	0.18	0.66	0.29	0.20	4.18

EFD20磁芯一层可绕制32T TEX-E0.20的三层绝缘线



4 位置与磁材关键点

10. 工频电磁元件--电抗器

与电感器的设计方法一样，不同的是，电抗器有单相外，还有三相的

磁密控制要求：有取向<1.5T 无取向<1.2T

主要设计参数包括

电流值、峰值电流或短路电流

电感量

工作频率

开关型电感量计算

工频类磁通密度核算

$$L = \frac{Vdt}{dI}$$

$$B = \frac{V}{4.44 f N A_e}$$

B:交流磁感应强度(T)

V:交变电压(V)

f:工作频率(Hz)

Ae:磁芯有效截面积(mm^2)



Energy conservation changes the world

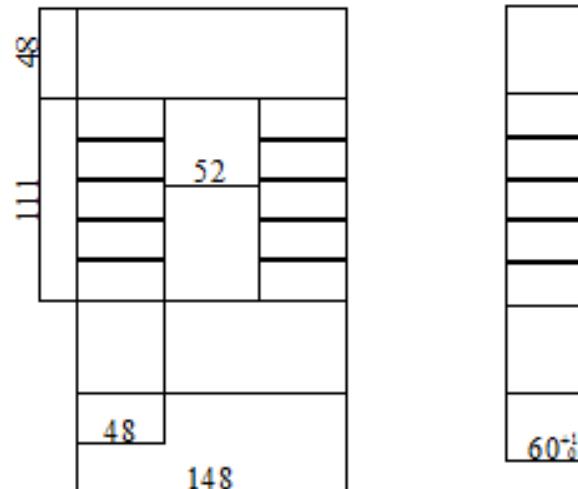
4 位置与磁材关键点

10. 工频电磁元件--电抗器

L:610uH+/-10%

Irms:100A Bm: 取0.5T

f:7.5kHz Ae:2880mm²



$$N = \frac{LI}{B_m Ae} = \frac{610 \times 10^{-6} \times 100}{0.5 \times 2880 \times 10^{-6}} = 42.36 Ts \approx 42 Ts$$

为了降低噪声与涡流损耗
改C型磁芯为叠片的I型，均分4段气隙
磁芯二边各绕42Ts，再并联

4 位置与磁材关键点

10. 工频电磁元件--电抗器

无论单相或三相，作为设计标定

<100uH的电抗器，采用LCR表进行测试

>=100uH的电抗器，在50Hz条件下，采用电抗法进行测试

$$V = IR_L = I \times 2\pi f \cdot L$$

磁性材料在应用位置的关键参数报告

谢谢