

铁基纳米晶合金共模电感 设计及应用

江西大有科技有限公司——周国华





1

铁基非晶/纳米晶软磁合金

2

几种软磁材料的性能对比

3

共模电感特性与设计要点

4

纳米晶共模电感应用案例

5

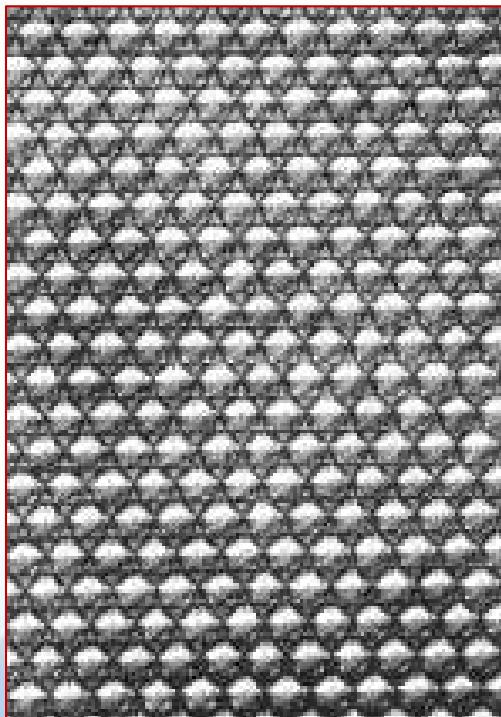
大有科技共模电感系列化



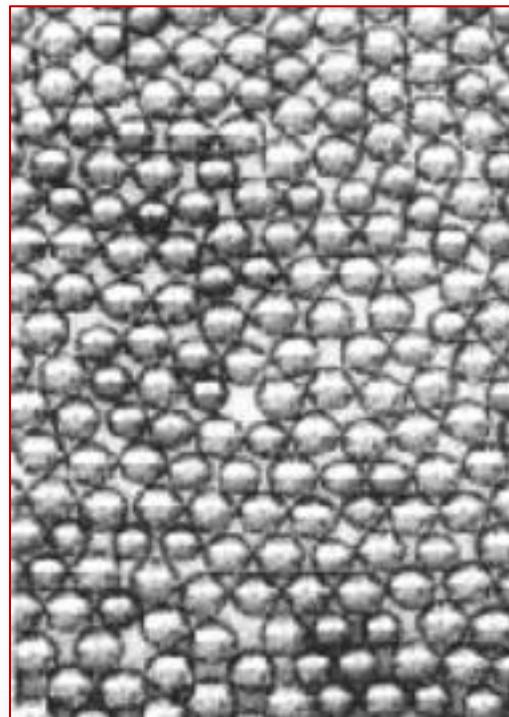
一、铁基非晶/纳米晶软磁合金

※晶体（态）：原子、有序的、规则的

※非晶体（态）：快速凝固、“冻结”、无序的、玻璃态



晶体



非晶体



一、铁基非晶/纳米晶软磁合金

主要“非晶”合金软磁材料

A

铁基非晶
(1K101)

B

铁基纳米晶
(1K107)

C

钴基非晶
(1K201)

D

铁镍基非晶
(1K501)

1K107B
1K107F
1K107G



铁基非晶合金（1K101）

- 主要组成元素：Fe、Si、B。

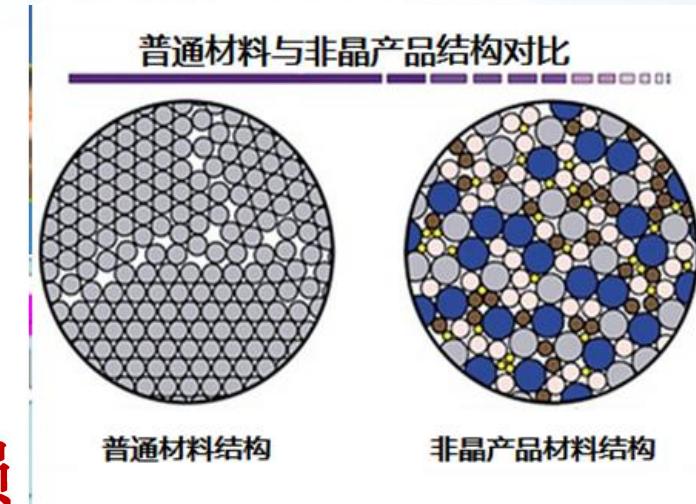
- 性能：

1. 高 Bs(约1.56T);

2. 低损耗、与硅钢片相比优势

明显，特别是用于变压器（**空载损耗**为取向硅钢片的1/3—1/5）。

- 应用：广泛应用于配电变压器、脉冲变压器、低频逆变变压器、汽车音响滤波电感、电抗器等。



一、铁基非晶/纳米晶软磁合金

铁基纳米晶合金（1K107）

经快速凝固工艺形成一种非晶态材料。热处理后获得直径为10—20 nm的微晶，弥散分布在非晶态的基体上，被称为**微晶、纳米晶材料**。

- 主要组成元素：Fe、Si、B、**Nb**、Cu
- 性能：具有高Bs值(约1.2T)、高初始磁导率、低Hc，高频损耗低，经不同磁场热处理工艺，可得到**高Br**（软磁开关）或**低Br**（共模电感、逆变变压器）。
- 应用：广泛应用于计算机、通讯等开关电源、汽车电子、家用电器、电力与工业自动化控制、精密测量（计量）、新能源等领域。

一、铁基非晶/纳米晶软磁合金

铁基纳米晶合金（1K107）

主要用途分类

- 共模滤波电感 PC电源、通讯电源、汽车充电桩、家用电器等领域
- 精密互感器 计量、检测、智能家居等领域
- 逆变变压器 太阳能、风能等逆变系统中
- 磁放大器 开关电源
- 尖峰抑制器 功率开关管



一、铁基非晶/纳米晶软磁合金



熔 融

喷 铸

Melt Spinning Process

In-Line
Process
Control

In-Line Winding



送 带

在线测量及卷绕

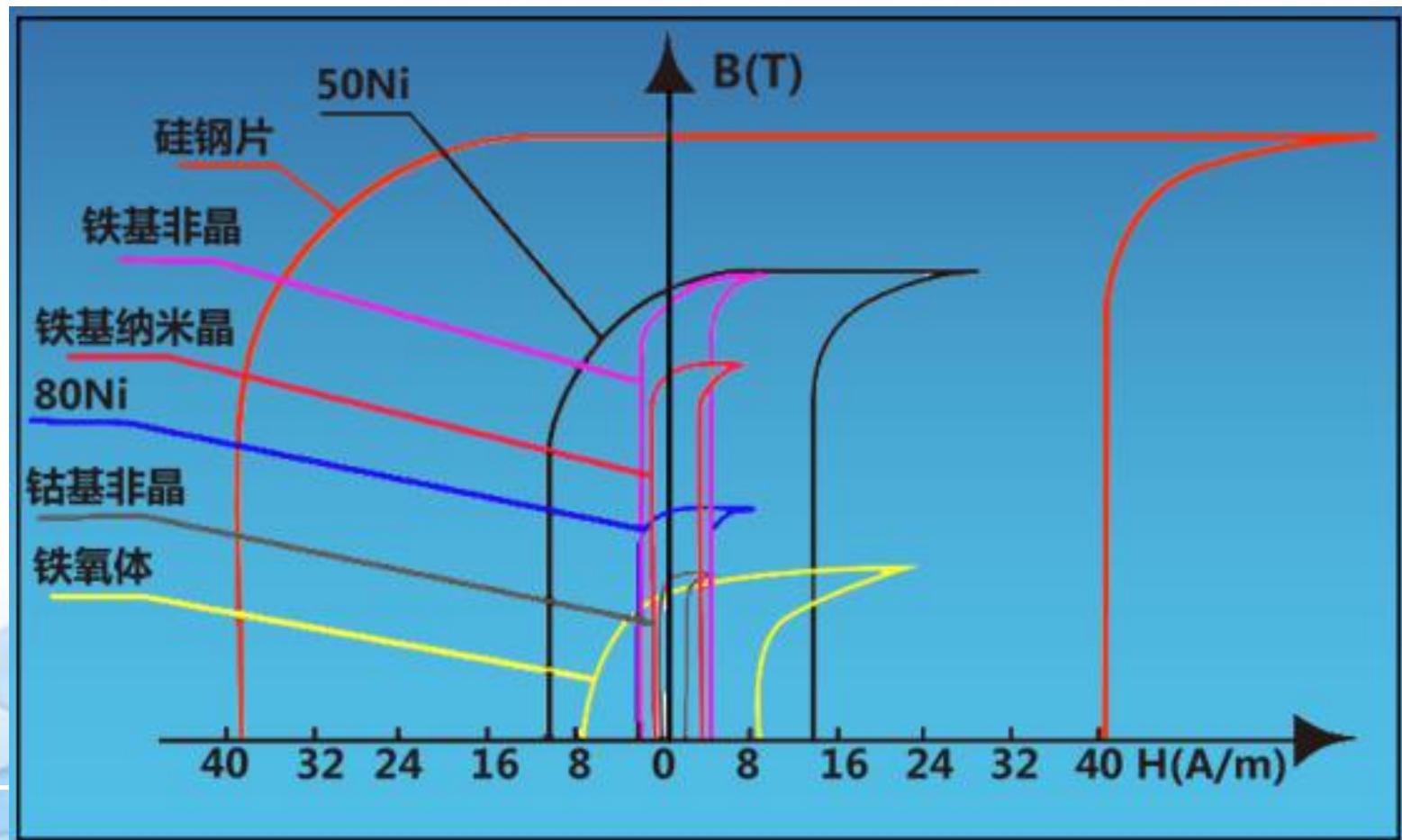
※ 超急冷 (10^6°C/S) , 带材厚度在 $18\text{-}36\mu\text{m}$



二、几种软磁材料的性能对比

几种常用软磁材料特性对比

——磁滞回线

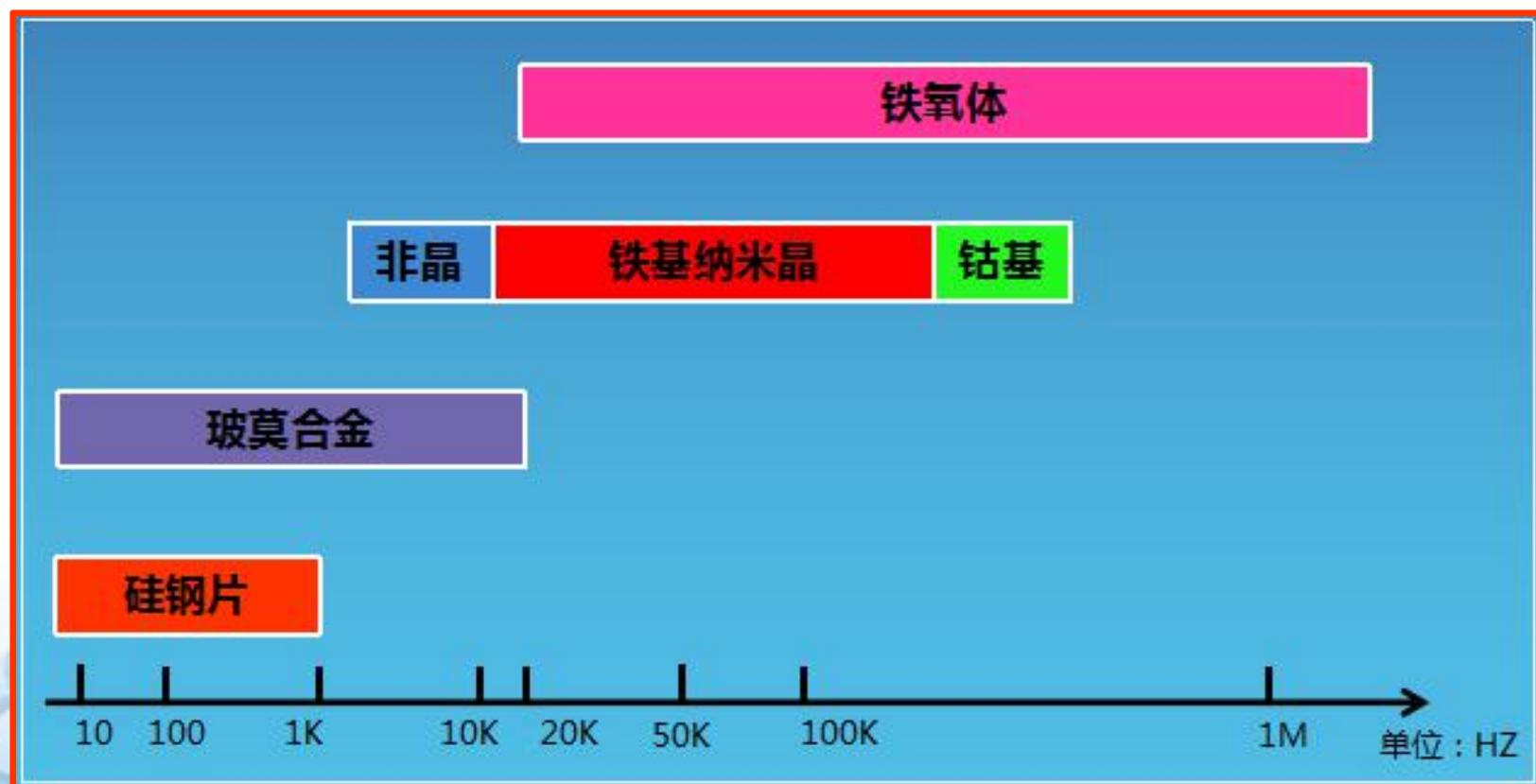




二、几种软磁材料的性能对比

几种常用软磁材料特性对比

---主要应用频段





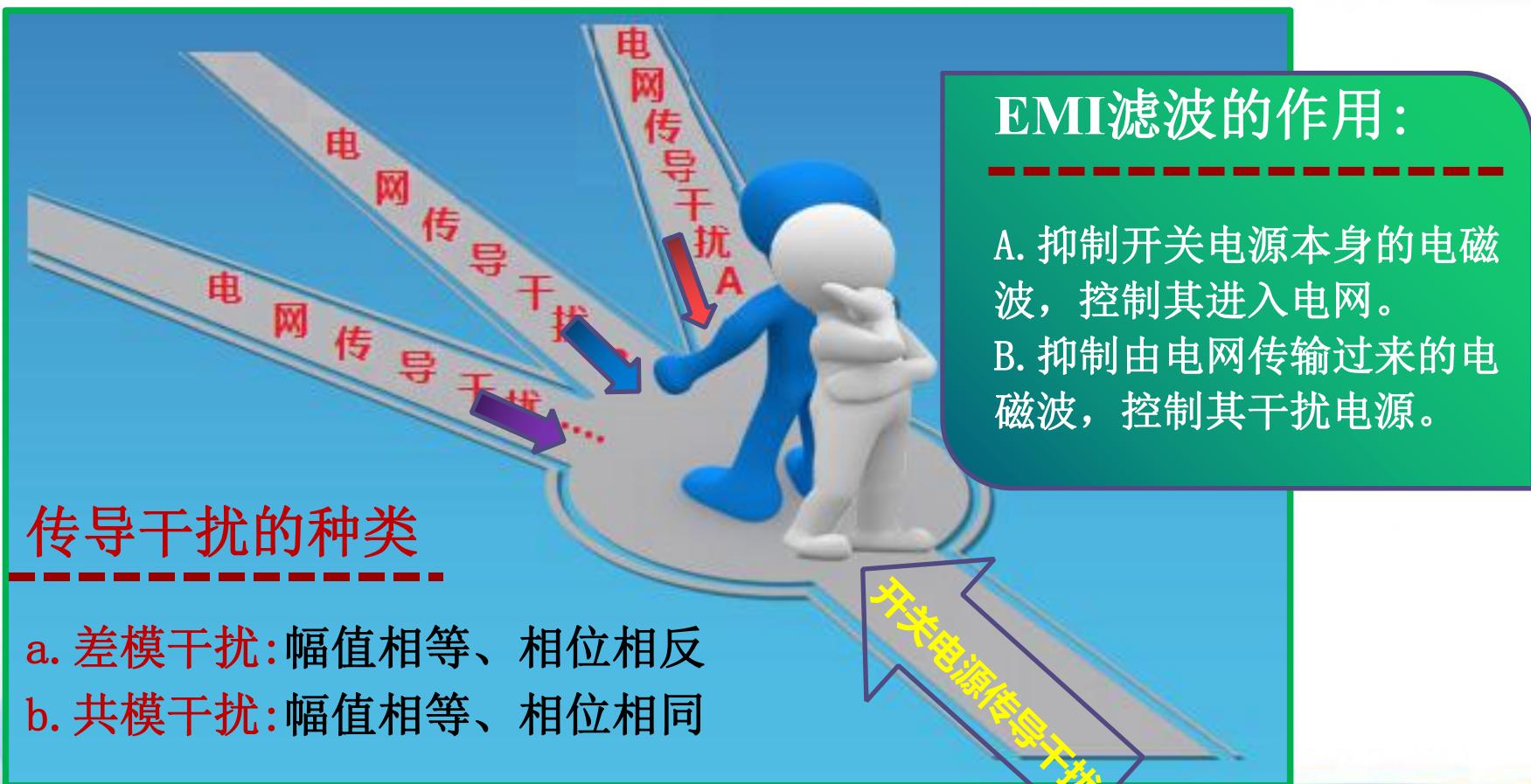
二、几种软磁材料的性能对比

几种常用软磁材料特性对比

---主要性能参数

材料名称		硅钢片	铁氧体	坡莫合金		非晶合金		纳米晶合金
磁特性			Mn-Zn	50Ni	80Ni	钴基非晶	铁基非晶	铁基纳米晶
饱和磁感应强度	Bs(T)	2.03	0.48	1.55	0.74	0.58	1.56	1.2
矫顽力	Hc(A/m)	40	8	12	2.4	0.4	2.4	1.2
起始磁导率	$\mu_i \times 10^4$	0.15	0.3	0.6	4	10	0.5	8
最大磁导率	$\mu_m \times 10^4$	2	0.6	6	20	100	5	40
电阻率	$\frac{\rho}{\mu\Omega \cdot cm}$	50	5×10^7	30	60	120	130	90
居里温度	Tc(°C)	750	220	500	450	250	415	570

什么是电磁干扰：



三、共模电感特性与设计要点

• 共模电感的工作原理

※ 电路中**正常电流**流过共模电感时，电流在同相位绕制的电感线圈中产生**反向的磁场**而相互抵消，此时**电感近似为零**，对输入电流阻抗非常小，所以共模电感对输入电流的**损耗非常小**。

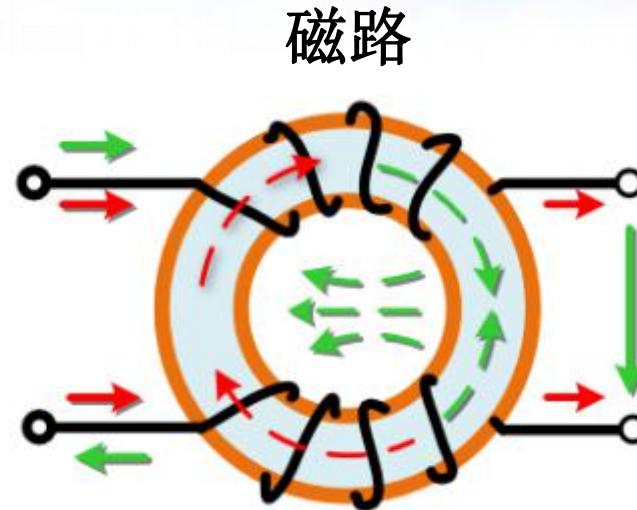
※ 当**共模信号**电流流经线圈时，由于共模电流的同向性，会在线圈内产生**同向的磁场**而增大线圈的感抗，使线圈表现为**高阻抗**，产生较强的阻尼效果，以此衰减共模电流，达到滤波的目的。



三、共模电感特性与设计要点

• 共模电感的工作原理

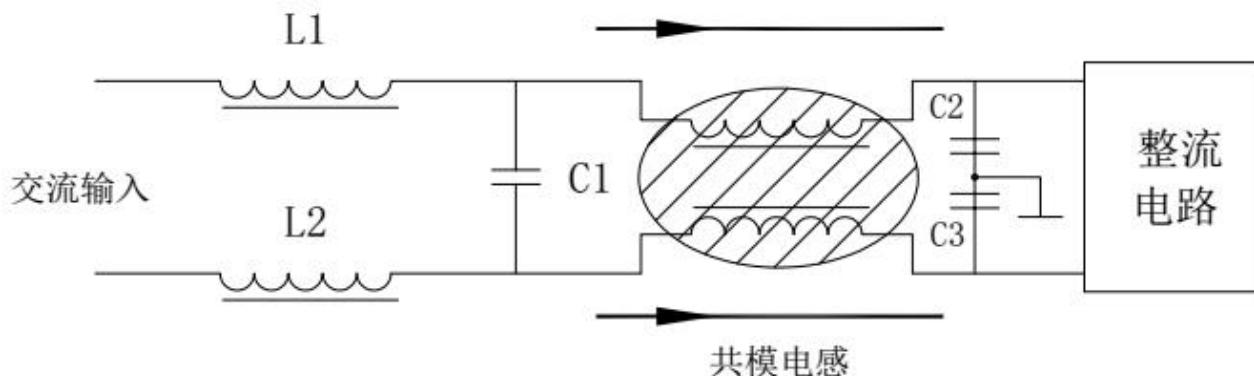
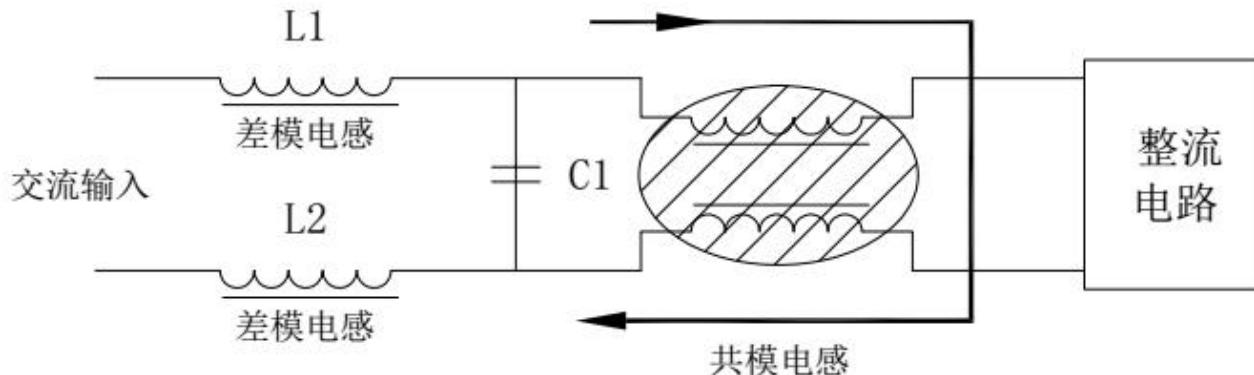
- 差模电流
- 共模电流
- 差模磁通
- 共模磁通



- ★ 对共模信号呈高阻抗、进行抑制；
- ★ 差模信号产生的磁场相互抵消。



• 共模电感的工作原理

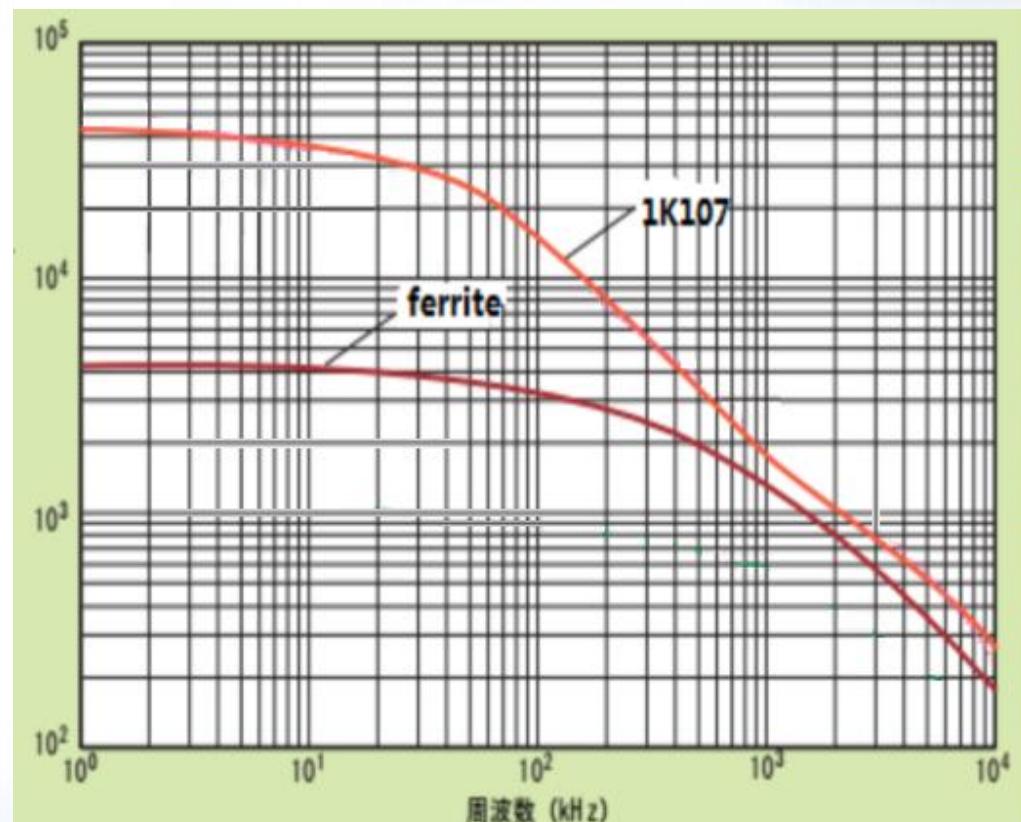




- 共模电感关键参数--电感特性

决定电感感量的因素：

1. 磁芯的磁导率
 2. 线圈的圈数
- ※ 传统材料铁氧体（锰锌、镍锌）
- ※ 纳米晶初始磁导率远高于铁氧体（约为铁氧体的15倍）；
- ※ 同样尺寸的磁芯磁导率越高，可以用更少的绕线圈数获得相同的电感量。



三、共模电感特性与设计要点

- 共模电感关键参数——阻抗特性

※ 共模电感必须要有高的阻抗、更宽的频率特性

噪声源是由开关电源基波（10K以上）所产生，加上其高次谐波，表示噪音的频率在几百KHZ甚至更高频率。

※ 阻抗越大，共模电感的插入损耗越大，共模滤波效果越好

铁基纳米晶材料在一定频率范围内，比传统材料——铁氧体有更高的阻抗值。

可以用体积更小的纳米晶磁芯替代铁氧体；甚至一级替代二级。

三、共模电感特性与设计要点

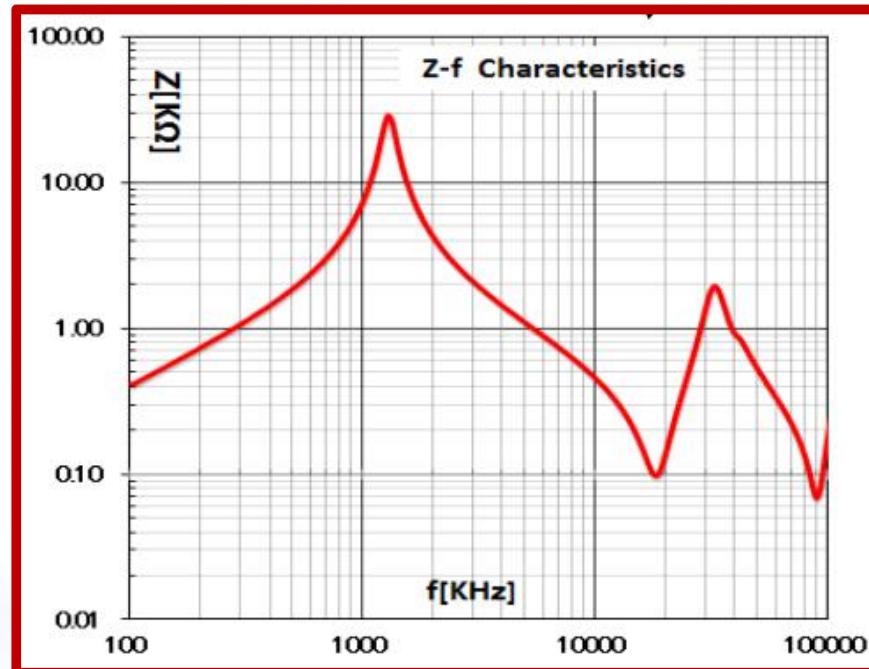
- 阻抗特性

※ 线圈减少 \longrightarrow 分布电容小 \longrightarrow 阻抗持性更好 \longrightarrow 谐振频率点后移

※ 所谓谐振, $XL=Xc$

$$XL = 2\pi f L$$

$$Xc = 1 / (2\pi f C)$$





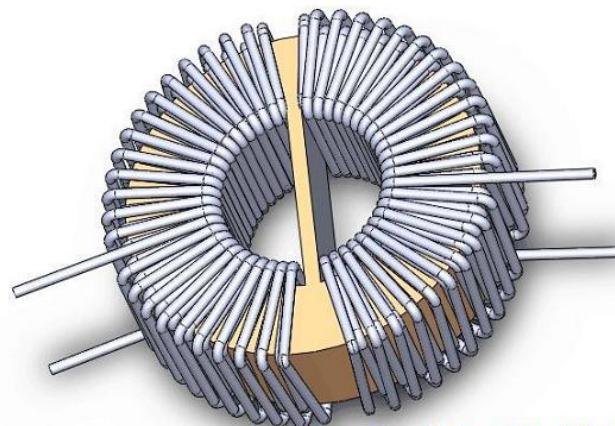
三、共模电感特性及设计要点

- 纳米晶共模设计要点 ——**绕线方式**

- 1、两绕组匝数相等、同进同出（否则产生磁场 抵消）
- 2、十字绕法、扁平铜线（减少分布电容）



常规绕线法
(分层较多)



十字共模绕法

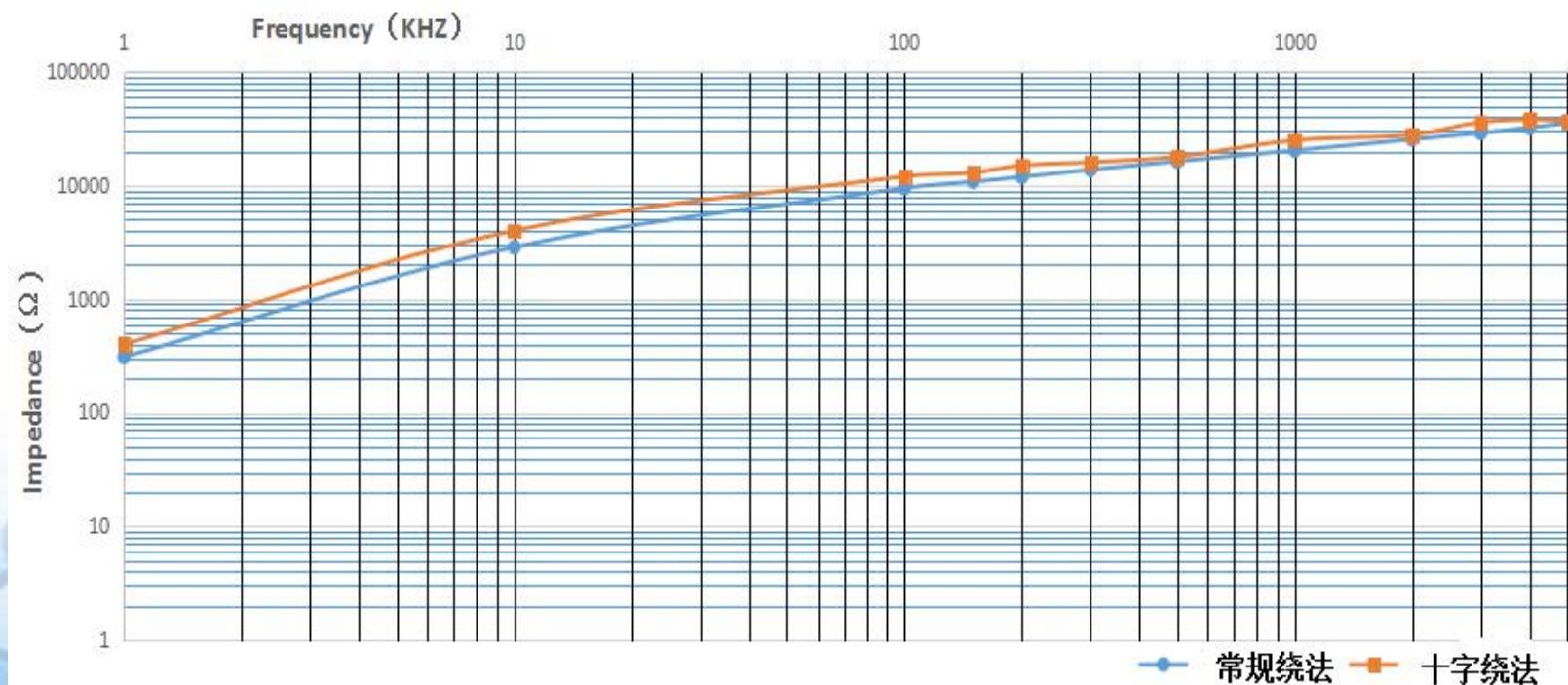
十字绕法（时钟绕法）

三、共模电感特性与设计要点

※ 纳米晶共模设计要点 -- 绕线方式

相同磁芯DY281810HB-20K绕23TS 不同绕法阻抗差异较大

DY281810HB-20K Impedance vs Frequency (23TS)



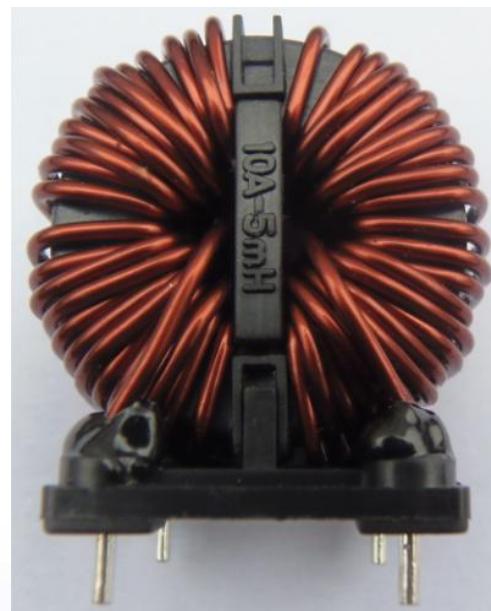
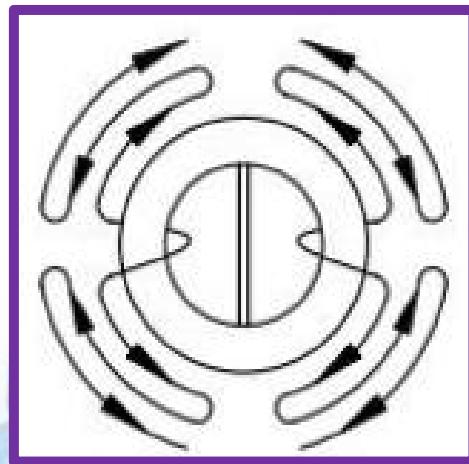


三、共模电感特性及设计要点

- 纳米晶共模设计要点--**安全间距**

两组间保证安全间距（防止两绕组的爬电）

中间需要隔板隔开，（100-240V）安全间距一般2.5mm





三、共模电感特性及设计要点

- 纳米晶共模设计要点 --安全间距

- 不同的工作电压和不同等级 对间距的要求不同

工作電壓(以上與含) V rms or dc	Functional, Basic and Supplementary insulation		
	Pollution degree 2		
	Material group		
	I	II	III
50	0.6	0.9	1.2
100	0.7	1.0	1.4
125	0.8	1.1	1.5
150	0.8	1.1	1.6
200	1.0	1.4	2.0
250	1.3	1.8	2.5
300	1.6	2.2	3.2
400	2.0	2.8	4.0
600	3.2	4.5	6.3



三、共模电感特性及设计要点

- 纳米晶共模设计要点 -- 电流密度和截止频率

- 输入电流----决定着磁芯绕组所需的线径

电流密度j----一般取值3-5A/ mm²

考虑电感温升变化，及电感本身的稳定性

- 截止频率

$$f_o = 1 / (2 \pi \sqrt{LC}) \longrightarrow L = 1 / (2 \pi f_o)^2 C$$

传导干扰 --EMI测试宽频 15KHZ--30MHZ

VDE标准 --10KHZ-30MHZ

更高频--辐射干扰30MHZ-1G



• 纳米晶共模设计要点 -设计举例

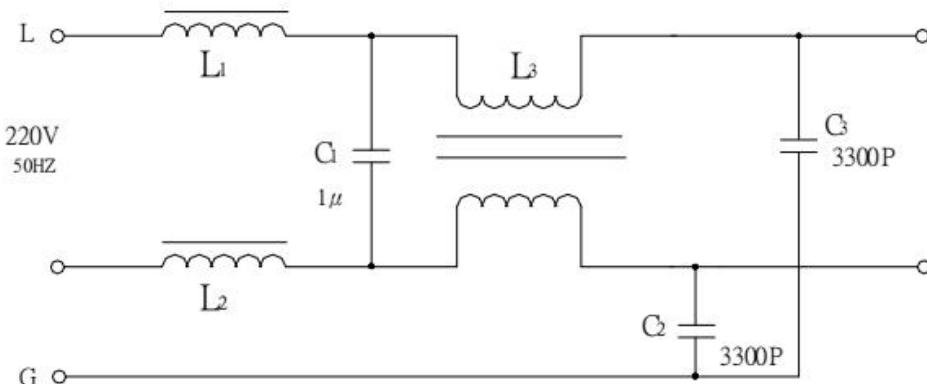
- L3/C2/C3组成共模滤波抑制器,输入电流1A

1、根据公式获得L (截止频率取50KHZ)

$$L = 1 / (2 \pi f_o)^2 C$$
$$= 1 / [(2 \pi 3.14 * 50000)^2 * 3300 * 10^{-12}] = 3.07 \text{mH}$$

2、选择磁芯材料, 确定绕制圈数

比如选用纳米晶DY120805H AL=10uH



EMI 滤波器

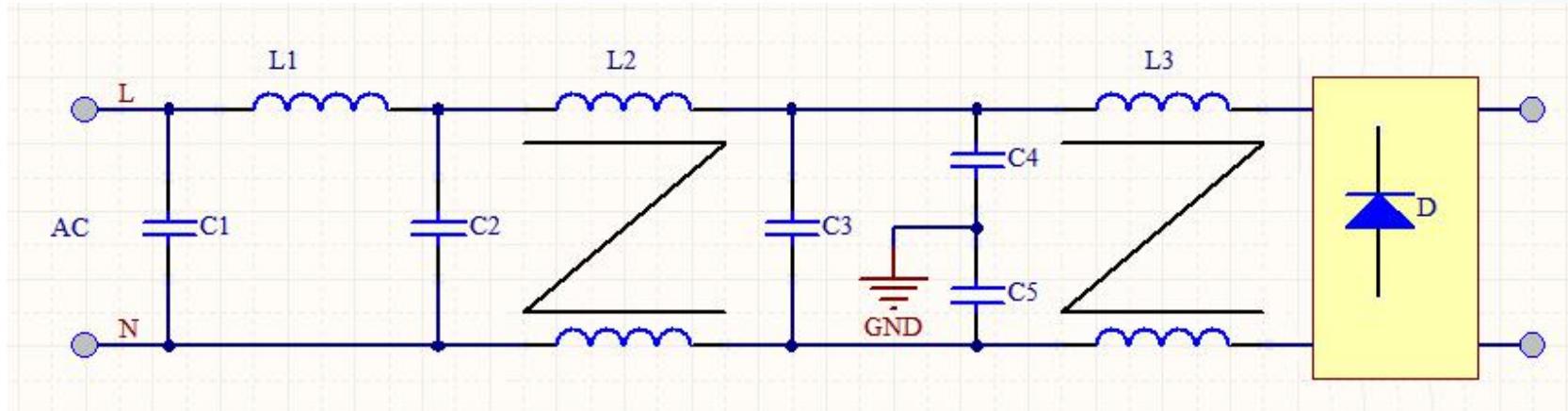
$$N = \sqrt{L / AL} = \sqrt{3.07 \times 1000 / 10} = 18 \text{ts}$$

3、线径确认 AW=1/4 (电流密度取4A/mm²) =0.25 mm² Φ= 0.6mm

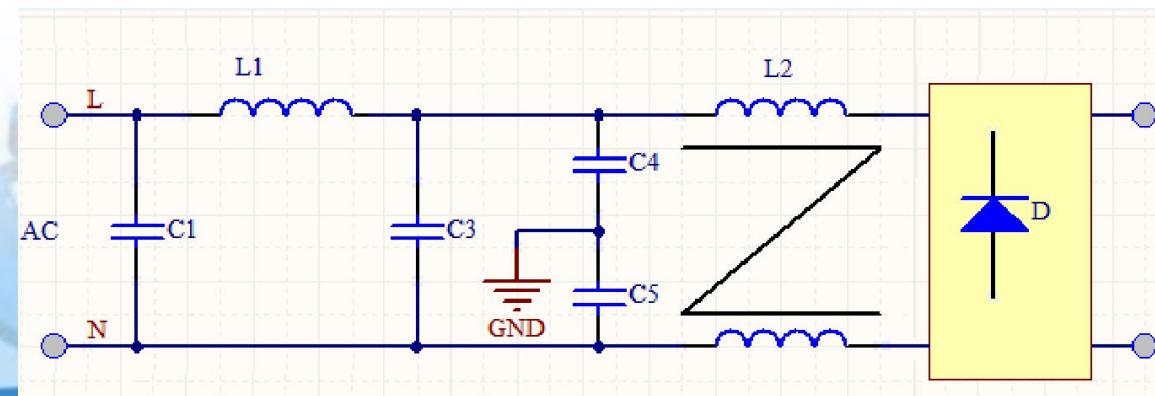
注: 在2、3步骤设计考虑磁芯绕制的窗口面积



原始方案：采用铁氧体（R10K）共模T131604+T151008



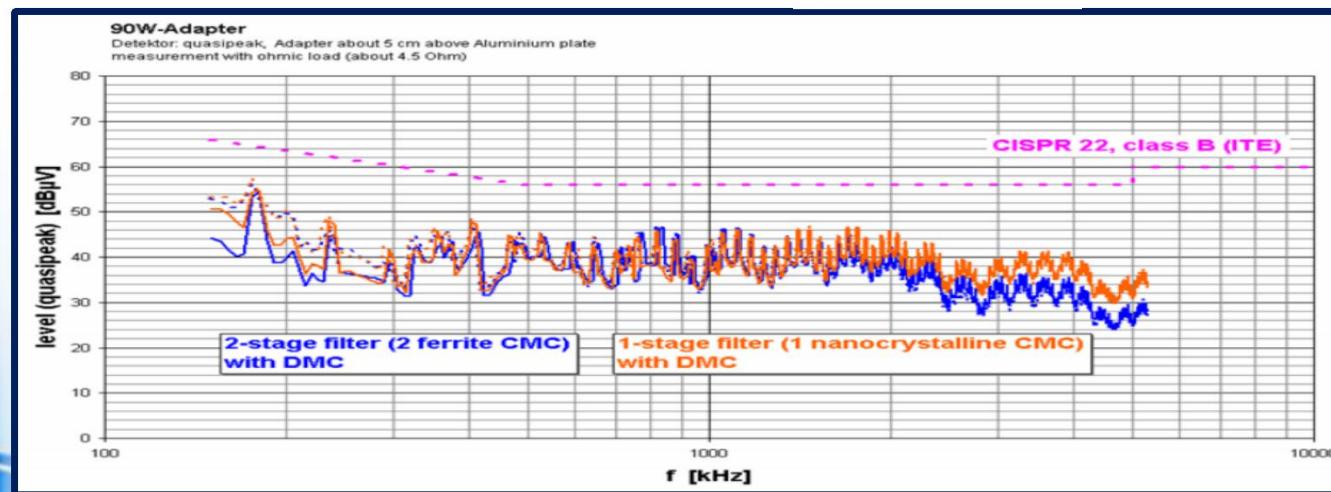
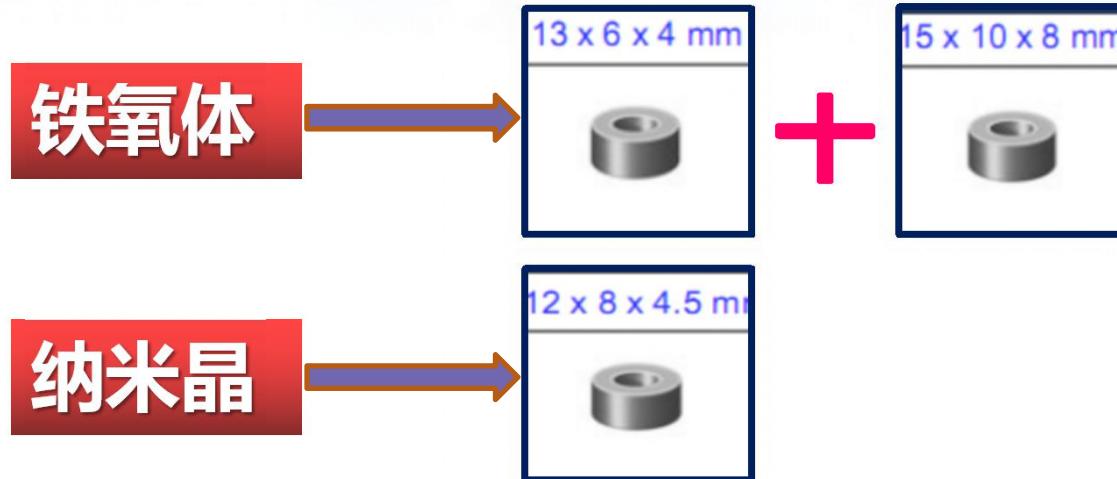
大有方案：采用高导纳纳米晶共模DY120805HB-20K





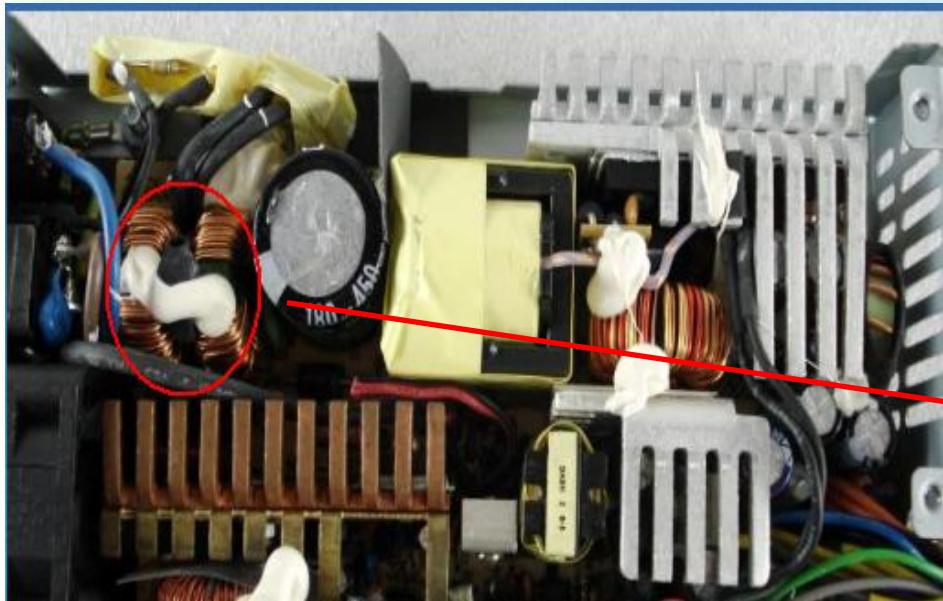
四、应用实例

• 一级代两级案例---90W笔记本电脑适配品





四、应用实例



服务器电源

INPUT SPEC.

Input Voltage Range

110~240Vac

Input Frequency Range

50~60Hz

Leakage Current

3.5mA@120V/60Hz

AC Input Current

8A@100V

PFC (Harmonic)

Meet EN61000-3-2 Class D (100V & 230V/50Hz)

CISPR 22 Class B

Efficiency 50%* @1W standby mode, 115V/50Hz

EMI/RFI

Energy Star

OUTPUT SPEC.

Rated Power

500W

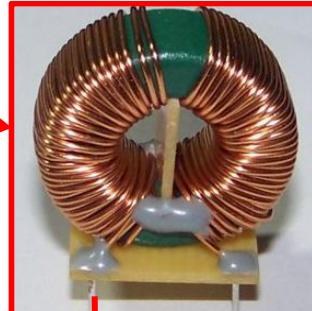
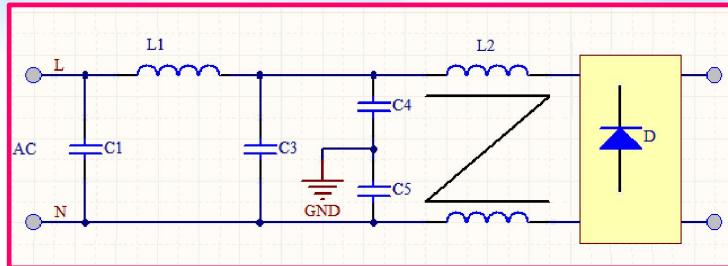
85%* @20%, 88%* @50%, 85%* @100% loads

+3.3V:4.3V,+5V:7V,+12V1/2V/3:15.6V

+3.3V:45A,+5V:45A,+12V1:40A,+12V2/3:35A

Latch off all main outputs if over temperature

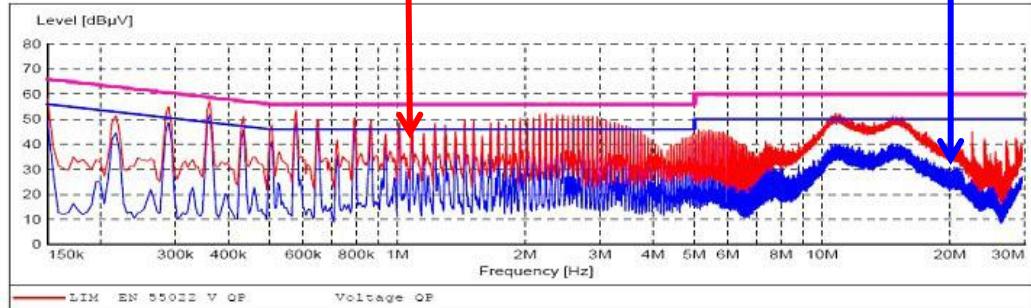
Latch off all main outputs reset by cycling on/off control or AC power



铁氧体: T251515 (R12K)
绕线: 34TS*2P

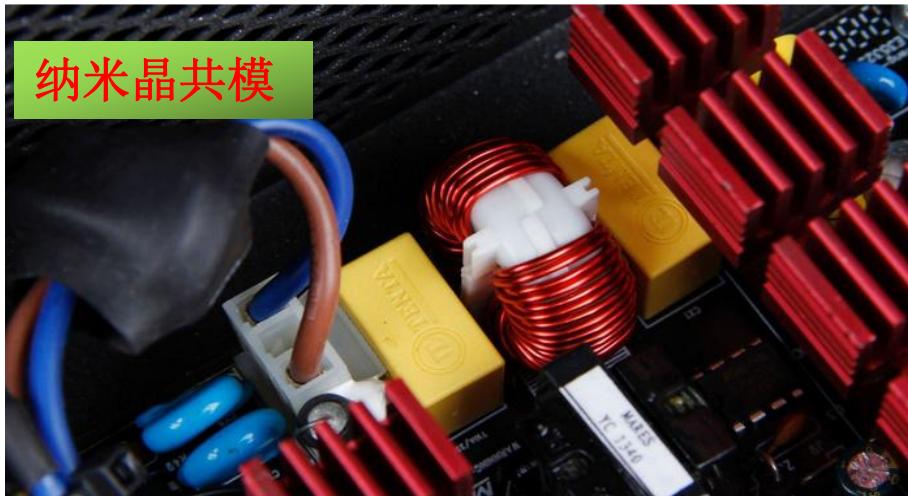
纳米晶: DY251515HB-20K
绕线: 17TS*2P

SCAN TABLE: "Voltage (150K~30M) FIN" Short Description: 150K~30M Disturbance Voltages

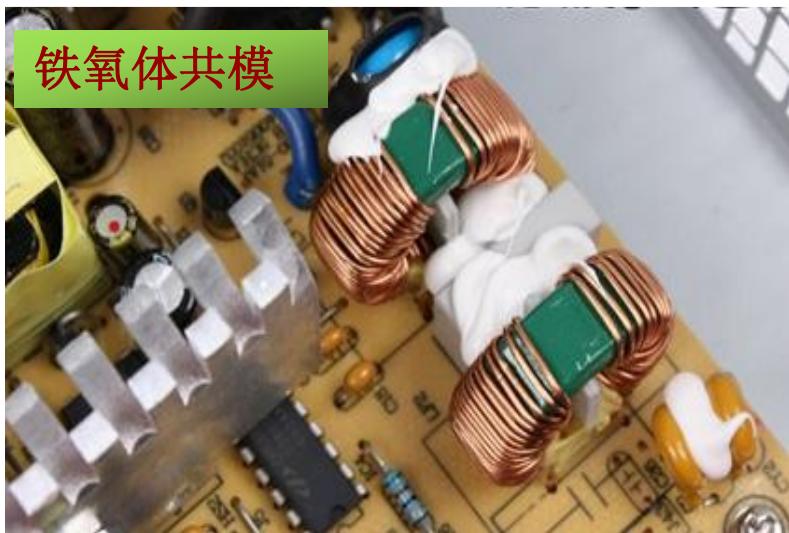




四、应用实例



纳米晶共模



铁氧体共模

选择哪种磁芯？



- 纳米晶共模：
 - * 体积更小---节约空间
 - * 损耗更低---提高效率
 - * 圈数更少---减少分布电容
 - * 阻抗特性更好---插入损耗更高
 - * 滤波效果更明显
- 铁氧体共模：



- * 频率范围更宽
- * 更丰富的外形结构



大有科技
DAYOU SCIENCE & TECHNOLOGY

五、大有科技共模电感系列化

大有科技铁基纳米晶共模电感产品：**护盒型** 和**涂覆型**



五、大有科技共模电感系列化

大有科技铁基纳米晶共模电感产品系列

1K107B系列

1K107B-15K

测试频率10KHZ
有效磁导率在6-9万
测试频率100KHZ
有效磁导率1.5万

1K107B-20K

测试频率10KHZ
有效磁导率6-9万
测试频率100KHZ
有效磁导率在2.0万

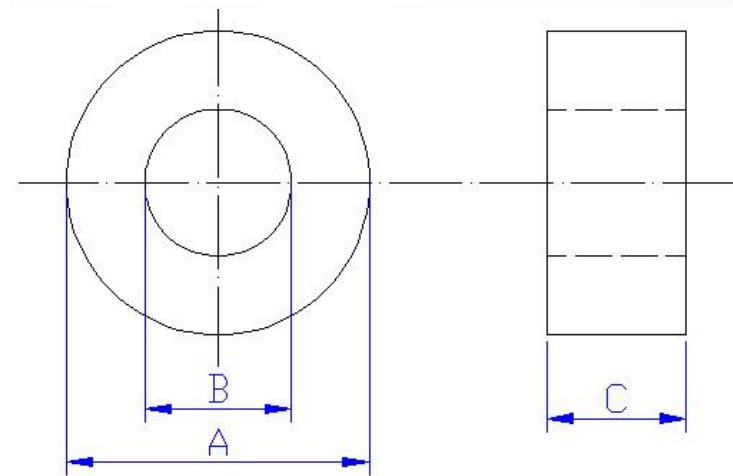
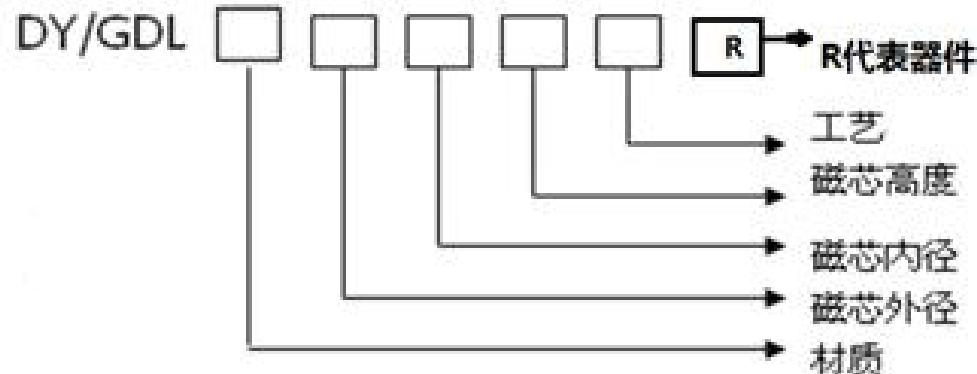
1K107F系列

测试频率10KHZ
有效磁导率在2.0-5.0万
测试频率100KHZ
有效磁导率在2.5万

铁基纳米晶
共模电感



五、大有科技共模电感系列化



DY201208HB-15K/ DY201208HB-20K





五、大有科技共模电感系列化

Product specifications and performance parameters (护盒型)

specifications	Finished dimension(mm)			Ae	Lm	weight	AL value(μH/N ²)		name
	OD Max	ID Min	HT Max	mm ²	mm	g	10KHz +/-25%	100KHZ +/-20%	
10*6.5*4.5	12.0	5.2	7.0	6.3	25.9	1.2	24	6.0	DY100705HB-20K
							16.8	4.6	DY100705HB-15K
12*8*4.5	14.0	6.6	6.2	7.2	31.4	1.6	22.8	6.0	DY120805HB-20K
							15.8	4.3	DY120805HB-15K
16*10*5	18.2	8.4	7.5	12.0	40.8	3.5	29.2	7.8	DY161005HB-20K
							11.8	3.2	DY161005HB-15K
18.5*13*5	21.5	10.6	7.6	11.0	49.4	3.9	22.0	5.8	DY191305HB-20K
							15.4	4.2	DY191305HB-15K
18*11*8	20.8	9.0	10.0	22.4	45.6	7.4	48.8	13.0	DY181108HB-20K
							34.0	9.3	DY181108HB-15K
20*12*8	22.5	9.8	10.6	25.6	50.3	9.3	50.6	13.4	DY201208HB-20K
							35.2	9.6	DY201208HB-15K
18*11*10	20.2	9.1	11.8	28	45.6	9.2	61.0	16.2	DY181110HB-20K
							42.5	11.6	DY181110HB-15K

五、大有科技共模电感系列化

- ※ 涂覆型共模电感的优点: 灵活性强, 不受护盒的约束
- ※ 关键技术: 在涂覆前的软固化, 确保共模电感在100KHZ电感量与涂覆前比较衰减控制在8%以内

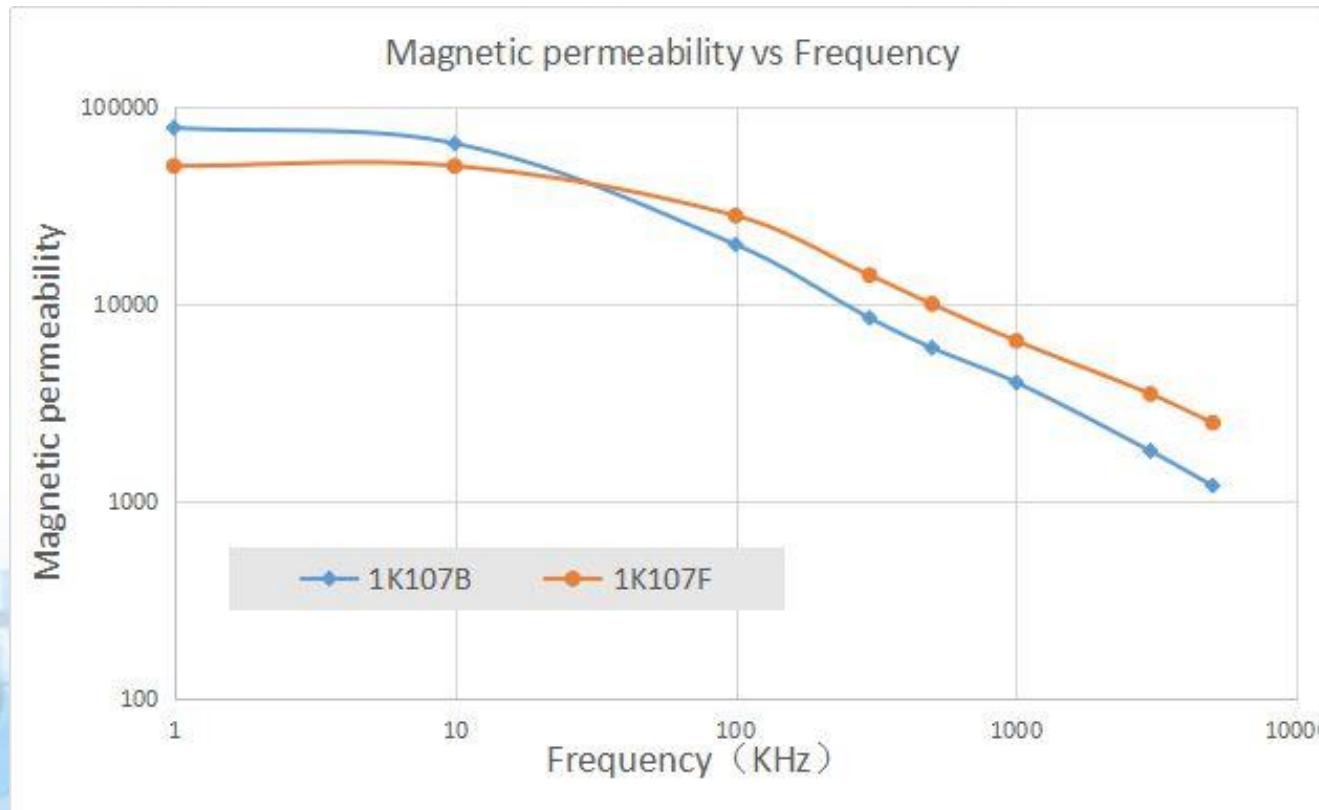
涂覆型

specifications	Finished dimension(mm)			Ae	Lm	weight	AL value(μ H/N ²)		name
	OD Max	ID Min	HT Max	mm ²	mm	g	10KHz +/-25%	100KHZ +/-20%	
6*3*3	6.8	3.0	4.0	3.36	15.4	0.37	16.5	4.4	DY060303HC-15K
8*5*4.5	9.0	4.5	5.2	5.94	20.9	0.90	21.4	5.7	DY080505HC-15K
16*13*6.5	17.0	11.0	7.5	8.58	44.5	2.76	14.6	3.9	DY161306HC-15K
18*13*6.5	18.5	11.5	7.5	12.7	47.3	4.36	20.3	5.4	DY181307HC-15K
19*12.5*5	21.0	11.0	6.0	13.2	50.0	4.78	19.9	5.3	DY191205HC-15K
20*12*8	21.5	10.5	9.5	25.6	50.3	9.32	38.4	10.2	DY201208HC-15K
22*17*8	23.5	15.5	9.5	16	59.7	6.92	20.2	5.4	DY221708HC-15K
25*17*10	26.5	15.5	11.5	32	66.0	15.30	36.6	9.8	DY251710HC-15K



● 产品研发方向

※ 高频领域方向 (1K107F) : 宽频高导磁率

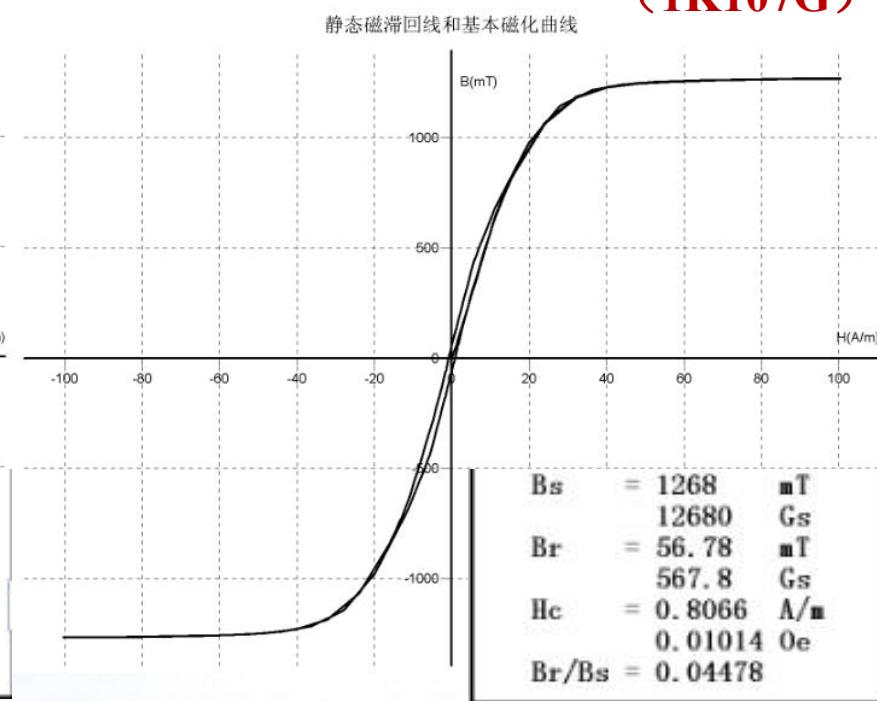
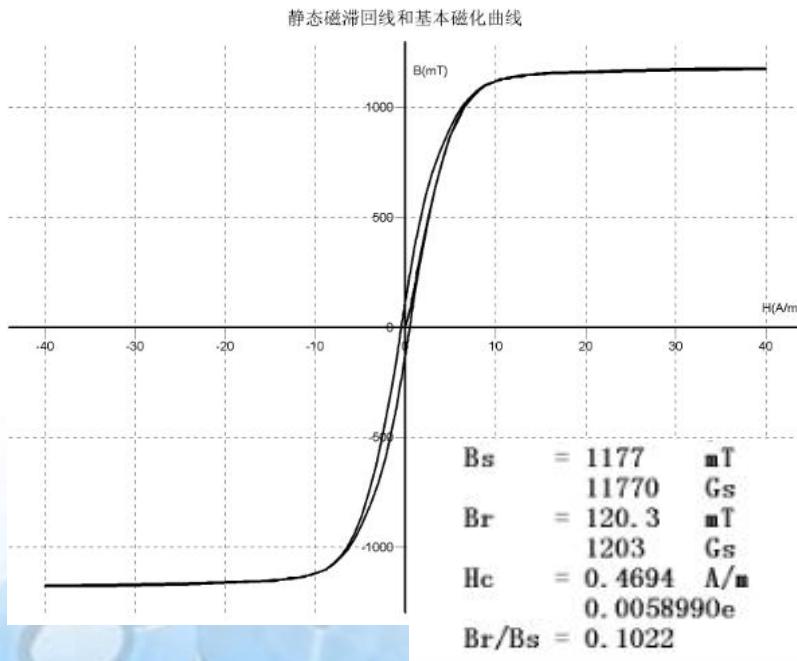




● 产品研发方向

※ 大功率方向 (1K107G) : 高Bs值、抗大的脉冲电流。

(1K107B)



Thank You!

周国华 联系电话18797955054



公司网址: <http://www.dayou-tech.com>