



NEW ! FeSi 新材料, 新结构, 新突破

电力电子用大功率电感器系列方案手册



EMI 解决方案及对策元件套装手册

电网谐波问题及有关标准的提出

随着现代工业的高速发展，电力系统的非线性负荷日益增多。如各种换流设备、变频装置、电弧炉、电气化铁道等非线性负荷遍及全系统，而程控交换机、电视机、高频逆变焊机、电子镇流器等信息设备、办公自动化设备和家用电器的使用越来越广泛。这些非线性负荷产生的谐波电流注入到电网，使公用电网的电压波形产生畸变，严重地污染了电网的环境，威胁着电网中各种电气设备的安全运行。其危害概括起来有以下几个方面：

可能使电力系统的继电保护和自动装置产生误动或拒动，直接危及电网的安全运行。

使交流供电设备(如交流发电机、UPS 等)输出功率的利用率降低，并使输电线上的损耗增大，造成了紧缺资源的严重浪费。

使三相四线制电网中的三次及其倍数次谐波在中线同相位，导致合成后中线电流很大，甚至可能超过相电流。但由于安全标准规定中线无保护装置，因此可能过热起火发生安全事故。

使各种电气设备产生附加损耗和发热、使电机产生机械振动和噪声。

电网中谐波通过电磁感应、电容耦合、以及电气传导等方式，对周围的通讯系统产生干扰、降低信号的传输质量，破坏信号的正常传递，甚至损坏通讯设备。

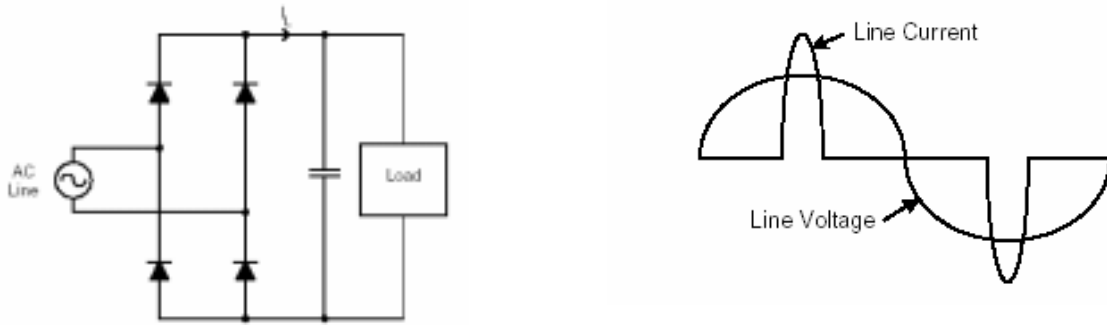
谐波使电网中广泛使用的各种仪表，如电压表、
电流表、有功及无功功率表、功率因数表、
电度表等产生误差。为消除此类误差，会
大大增加制造成本。

增加了电网中发生谐波谐振的可能性，造成很高的过电压或过电流，从而引起安全事故。



由于电网谐波的诸多危害，国际社会已于上世纪八十年代和九十年代初制定了一些与此相关的标准，以期尽量消除或降低其危害，如 IEC1000-3-2、IEEE-519、IEC555-2、EN60555-2、MIL-STD-1399、Bellcore001089 等。我国也为此于上世纪八十年代研究对策，做了很多准备工作，并于 1993 年正式颁布了 GB/T14549-93《电能质量 公用电网谐波》标准，1998 年又制定了 GB17625.1-1998 标准。

在欧洲，从 1992 年开始对 300W 以上设备强制实行 IEC555-2 标准，并于 1994 年对 300W 以下设备也作出同样要求。在美国，早就对 700W 以上设备产生的谐波作出了限制。国际电工委员会于 1998 年对谐波标准 IEC5552 进行修订，另外还制定了 IEC61000-3-2 标准，规定严格的谐波要求。而在我国，但随着现代化进程的加速推进，及绿色电子产品的发展，2003 正式提出强制性“3C 认证”，3C 认证标准中包括有一项新增加的 PFC（谐波电流限制）电路考核指标，它是专门针对谐波电流问题而制定的。



电网谐波抑制

对电力系统这个环境来说，无谐波是绿色环境的主要标志之一。LC 滤波器是传统的无源谐波抑制装置，由滤波电容器、电抗器和电阻器适当组合而成，与谐波源并联，除起滤波作用外，还兼顾无功补偿的需要。这种滤波器出现最早，存在一些较难克服的缺点，但因其结构简单、投资少、运行可靠性较高以及运行费用较低，至今仍是谐波抑制的主要手段。

目前，谐波抑制的一个重要趋势是采用有源电网滤波器(Active Power Filter--APF)。它是一种电力电子装置，其基本原理是从补偿对象中检测出谐波电流，由补偿装置产生一个与该谐波电流大小相等而极性相反的补偿电流，从而使电网电流只含基波分量。这种滤波器能对频率和幅值都变化的谐波进行跟踪补偿，且补偿特性不受电网阻抗的影响，因而受到广泛的重视，并且已在日本等国获得广泛应用。有源电网滤波器的基本思想在 20 世纪六、七十年代就已经形成，80 年代以来，大中功率全控型半导体器件的成熟、脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation--PWM)控制技术的进步以及基于瞬时无功功率理论的谐波电流瞬时检测方法的提出，使有源电网滤波器才得以迅速发展。

有源电网滤波器经多年的使用发展后，产生了与 LC 滤波器混合使用方式。其基本思想是利用 LC 滤波器来分担有源电网滤波器的部分补偿任务。由于 LC 滤波器比之有源电网滤波器有结构简单、易实现且成本低的优点，而有源电网滤波器则有补偿性能好的优点，两者结合使用时，既可克服有源电网滤波器容量大、成本高的缺点，又可使整个系统获得良好的性能。这以后，为了降低有源电网滤波器的容量，又产生了有源滤波器的其他使用方式，如 LC 并联谐振型注入电路方式以及与旋转电机并用方式。

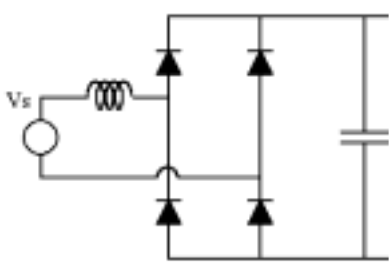


图 1 在整流前加入谐波抑制电感器

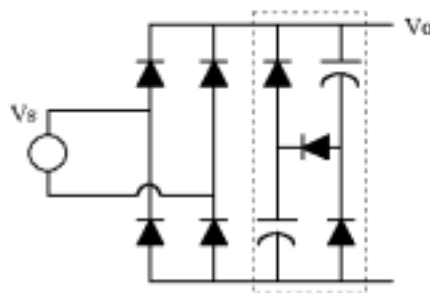


图 2 通过二极管和电容组成的电路加在整流桥后

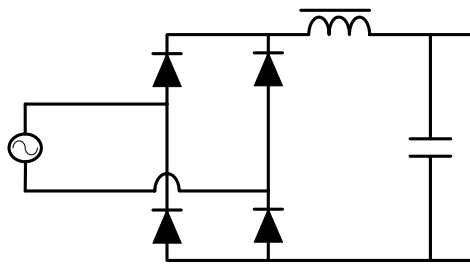


图3 整流后加 PFC 电感器

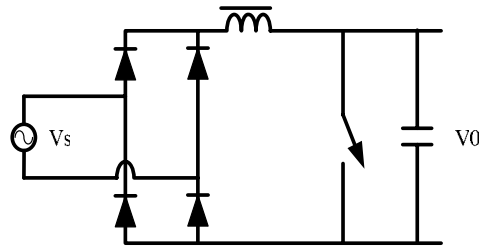
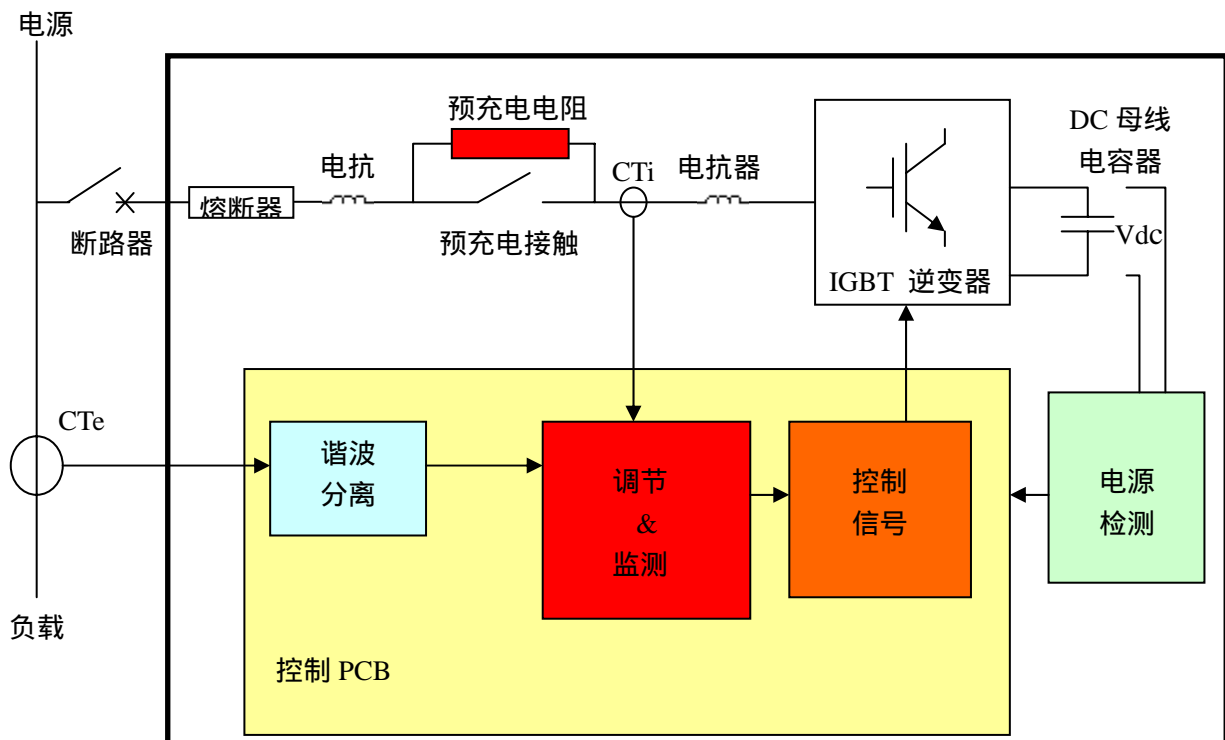


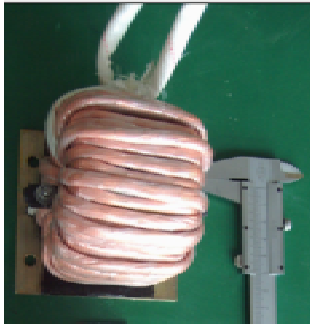
图4 有源功率因数校正电路

新型电网主动滤波器电路原理

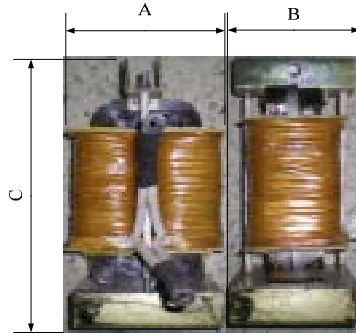


如上图所示，断路器合闸后，APF 首先通过预充电电阻对 DC 母线的电容器充电，这个过程会持续 10 秒钟，防止上电后对 DC 母线电容器的瞬间冲击。当母线电压 V_{dc} 到达额定值后，预充电接触器闭合。当 APF 失电时，接触器才会打开。控制板 PCB 通过 CT_i 采集负载电流信号，谐波分离模块将其中的基波成分移去后，所得到的谐波成分送到调节和监控模块。该模块有两个功能，一是可以产生调节谐波电流给控制信号模块；二是对系统所有功能进行监测。控制信号模块产生驱动信号触发 IGBT 变换器，向系统反送补偿谐波电流。

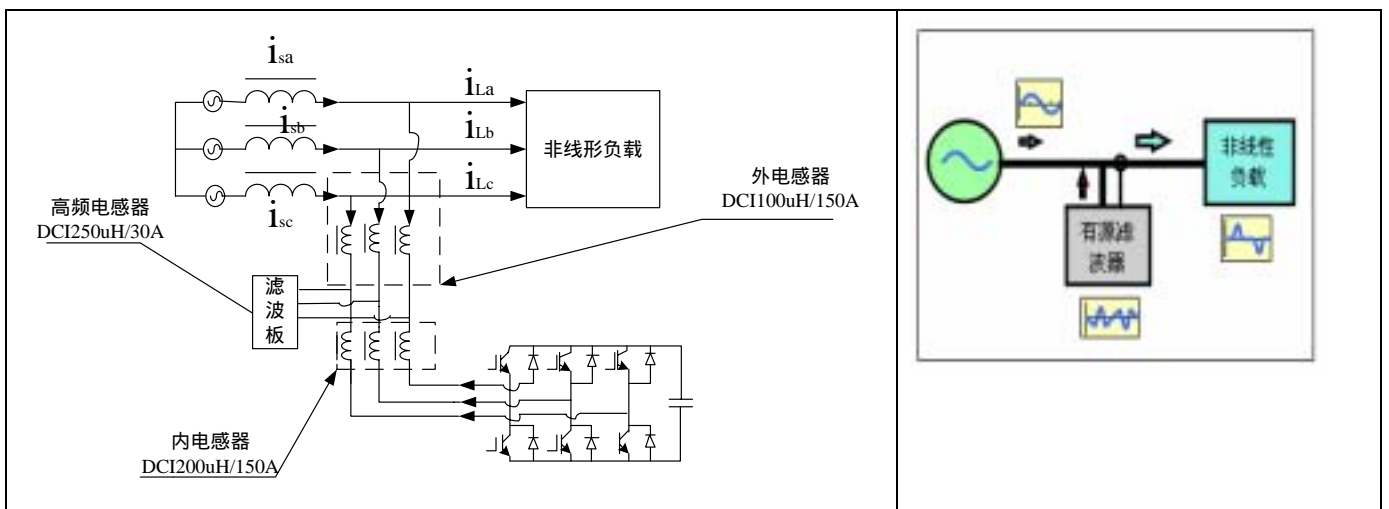
其关键器件是 9 个大功率电感器，我公司已经研制出符合要求的电感器解决方案



DCI260uH/30A



DCI100uH/150A、DCI200uH/150A



应用原理框图

DCI260uH/30A

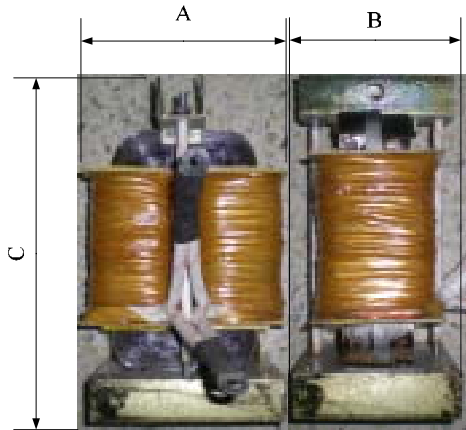
	A	B	C	D
	135	75	140	54
	E	F	G	H
	74	Φ6	90	90

型号	静态电感量 (uH) 公差为 ± 15%	工作电流下最小电感量 (uH)	直流电阻最大值 (m)	工作频率范围 (kHz)	温升 ()
DCI260uH/30A	260	280	17	50	50

有源电网滤波器用电感器(非晶磁芯)系列一

针对有源电网滤波器(APF)在大功率领域应用的要求,尚新融大工程师专门设计该系列电感,并成功应用到客户产品中,替代客户长期使用的进口电感器。

该系列电感特点:优良的交直流叠加特性,大电流负载能力强;低高频损耗;

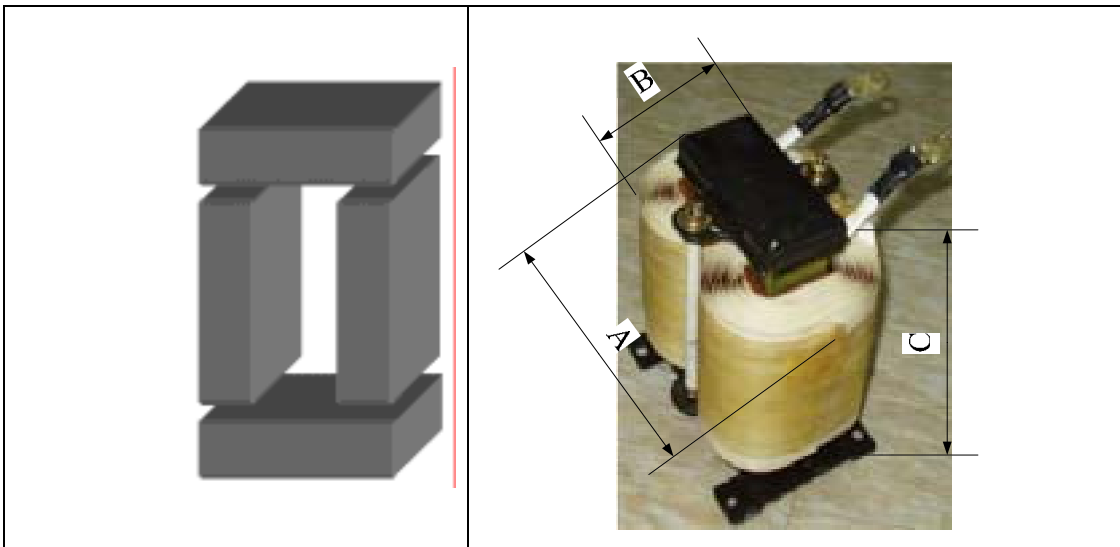


尺寸图号	A	B	C
a	168MAX	143MAX	303MAX
b	178MAX	173MAX	338max

型号	静态电感量 (uH) 公差为 ±10%	工作电流下最小电感量 (uH)	工作频率范围 (kHz)	温升 ()	用途	重量 (kg)	尺寸图号
100uH/150A	100	80	50	50	有源电网滤波器电感、PFC 电感器、逆变输出滤波电感器、开关电源电感器	12	a
200uH/150A	200	160	50	50		22	b

可以根据客户要求订做,电感量、电流等可根据实际做相应调整。我们也将不断完善产品系列,以便于客户直接选型。

有源电网滤波器用电感器(方块金属磁粉心)系列二

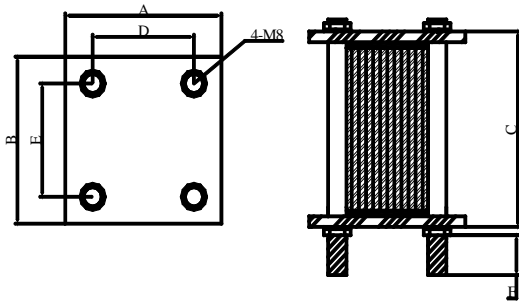


尺寸图号	A	B	C
a	108MAX	100MAX	135MAX
b	110MAX	160MAX	135MAX

型号	静态电感量 (μH) \pm 10%	工作电流下 最小电感量 (μH)	工作频率范围 (kHz)	温升()	用途	重量 (kg)	尺寸图号
80 μH /100A	80	60	50	50	有源电网滤波器 电感、PFC 电感 器、逆变输出滤波 电感器、开关电源 电感器	4.8	a
160 μH /100A	160	120	50	50		8.5	b



电力电子用大功率滤波电感器 (环型金属磁粉心) 系列三



具体尺寸列表

尺寸图号	A	B	C	D	E	F
a	100 ± 1	100 ± 1	115max	70 ± 0.8	70 ± 0.8	25min
b	100 ± 1	100 ± 1	125max	70 ± 0.8	70 ± 0.8	25min
c	120 ± 1	120 ± 1	160max	90 ± 0.8	90 ± 0.8	25min
d	120 ± 1	120 ± 1	170max	90 ± 0.8	90 ± 0.8	25min

电参数列表

型号	静态电感量 (uH) 公差为 ± 15%	工作电流下最小电感量 (uH)	直流电阻最大值	工作频率范围 (kHz)	温升 ()	用途	重量 (kg)	尺寸图
9.0mH/10A	9000.0	6300	608	50	50	PFC 电感器、逆变输出滤波电感器、开关电源电感器	2.2	a
2.3mH/20A	2300.0	1600	152	50	50			
1.0mH/30A	1000.0	800	67	50	50			
580uH/40A	580.0	400	38	50	50			
370uH/50A	370.0	250	24	50	50			
250uH/60A	250.0	200	15	50	50			
180uH/70A	180.0	125	13	50	50			
120uH/80A	120.0	80	9	50	50			
100uH/90A	100.0	70	8	50	50			
80uH/100A	80.0	55	6	50	50			
11.0mH/10A	11000.0	7700	720	50	50	PFC 电感器、逆变输出滤波电感器、开关电源电感器	2.6	b
2.8mH/20A	2800.0	1900	190	50	50			
1.2mH/30A	1200.0	800	80	50	50			
700uH/40A	700.0	500	45	50	50			
440uH/50A	440.0	300	28	50	50			
300uH/60A	300.0	200	20	50	50			
200uH/70A	200.0	140	15	50	50			
150uH/80A	150.0	105	11	50	50			
120uH/90A	120.0	85	9	50	50			
100uH/100A	100.0	70	7	50	50			



型号	静态电感量 (uH)	工作电流下最小电感量 (uH)	直流电阻最大值	工作频率范围 (kHz)	温升 ()	用途	重量 (kg)	尺寸图
3.7mH/30A	3700.0	2500	170	50	50	PFC 电感器、逆变输出滤波电感器、开关电源电感器	5.7	c
2.0mH/40A	2000.0	1400	94	50	50			
1.2mH/50A	1200.0	840	59	50	50			
720uH/60A	720.0	500	34	50	50			
0.6mH/60A	600.0	450	34	50	50			
560uH/70A	560.0	390	26	50	50			
0.34mH/80A	340.0	260	20	50	50			
330uH/90A	330.0	230	16	50	50			
0.2mH/100A	200.0	150	12	50	50			
150uH/125A	150.0	105	7	50	50			
5.4mH/30A	5400.0	3200	215	50	50	PFC 电感器、逆变输出滤波电感器、开关电源电感器	6.8	d
3.0mH/40A	3000.0	1800	121	50	50			
1.5mH/50A	1500.0	1000	69	50	50			
850uH/60A	850.0	590	39	50	50			
600uH/70A	600.0	420	28	50	50			
470uH/80A	470.0	330	22	50	50			
360uH/90A	360.0	250	17	50	50			
280uH/100A	280.0	195	14	50	50			
180uH/125A	180.0	125	8	50	50			
33.0mH/10A	33000.0	6600	1000	300	50	PFC 电感器、逆变输出滤波电感器、开关电源电感器	2.4	b
8.3mH/20A	8300.0	1600	250	300	50			
3.7mH/30A	3700.0	740	115	300	50			
2.0mH/40A	2000.0	400	64	300	50			
800uH/50A	800.0	240	33	300	50			
600uH/60A	600.0	180	21	300	50			
400uH/70A	400.0	120	15	300	50			
300uH/80A	300.0	90	11	300	50			
220uH/90A	220.0	65	9	300	50			
180uH/100A	180.0	55	7	300	50			
80uH/125A	80.0	32	4	300	50			

地址：唐山市滦南县松鹤大街33号

web : www.creativemix.cn

Tel : 0315-4166301/2

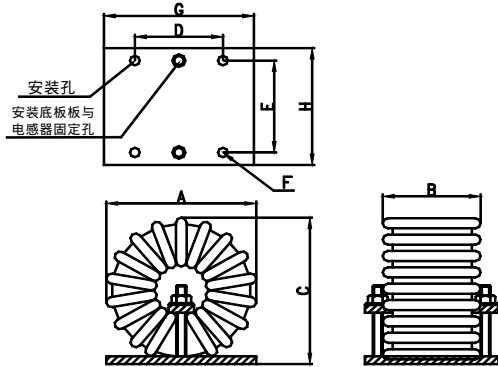
msn: creativemix@126.com

Fax : 0315-4166301

E-mail: creativemix@126.com



电力电子用大功率滤波电感器 (环型金属磁粉心) 系列四



具体尺寸列表

A	B	C	D	E	F	G	H
135	75	140	54	74	Φ6	90	90

电参数列表

0.28mH/60A	0.20	0.09	7	300	50		
型号	静态电感量 (mH) 公差为 ± 15%	工作电流下最小 电感量 (mH)	直流电阻最 大值 (m)	工作频率范 围 (kHz)	温升 ()	用途	重量 (kg)
16.9mH/5A	16.90	14.50	2200	50	50	PFC 电感器、逆 变输出滤波电感 器、开关电源电 感器、电网滤波 电感器	2.85
13.0mH/10A	13.00	9.10	946	50	50		
5.8mH/15A	5.80	4.00	420	50	50		
3.3mH/20A	3.30	2.30	240	50	50		
2.1mH/25A	2.10	1.47	151	50	50		
1.5mH/30A	1.50	1.00	105	50	50		
1.1mH/35A	1.10	0.77	78	50	50		
0.8mH/40A	0.80	0.56	59	50	50		
0.65mH/45A	0.65	0.44	47	50	50		
0.33mH/50A	0.33	0.25	24	50	50		
0.28mH/55A	0.28	0.21	21	50	50		
0.24mH/60A	0.24	0.18	17	50	50		
15.7mH/5A	15.70	9.47	910	300	50	PFC 电感器、逆 变输出滤波电感 器、开关电源电 感器、电网滤波 电感器	1.56
11.6mH/10A	11.60	4.20	400	300	50		
3.9mH/15A	3.90	1.17	150	300	50		
2.9mH/20A	2.88	1.00	100	300	50		
1.9mH/25A	1.87	0.70	67	300	50		
1.3mH/30A	1.29	0.45	50	300	50		
0.9mH/35A	0.94	0.33	34	300	50		
0.7mH/40A	0.73	0.26	26	300	50		
0.6mH/45A	0.58	0.20	20	300	50		
0.3mH/50A	0.30	0.13	11	300	50		
0.24mH/55A	0.24	0.11	9	300	50		



电力电子用大功率滤波电感器 (铁氧体磁心) 系列五

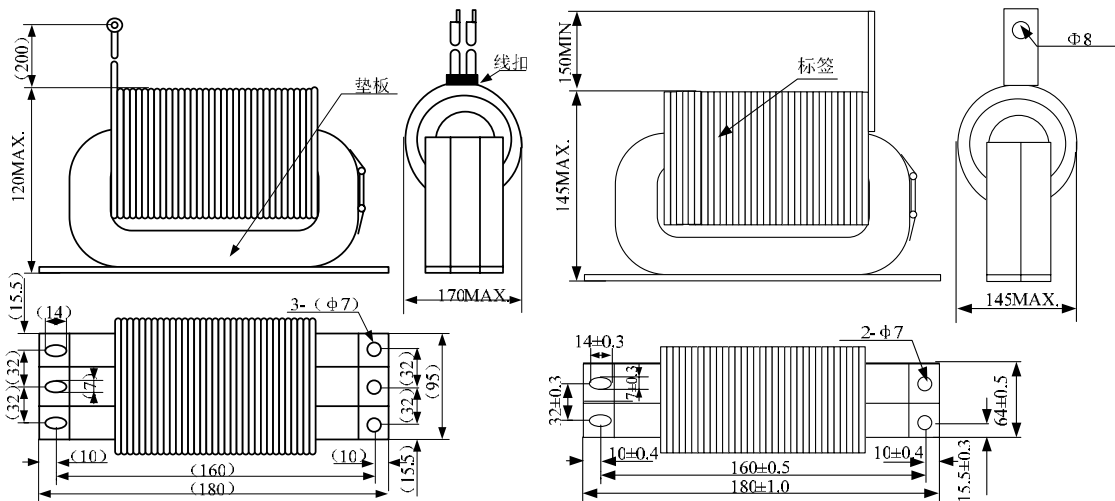


图 a

图

b

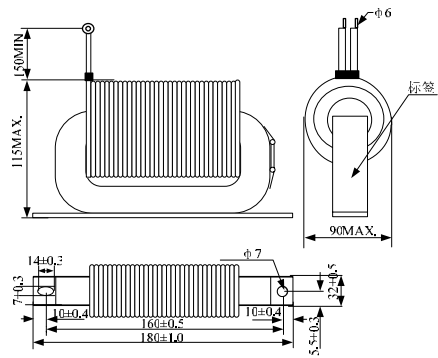


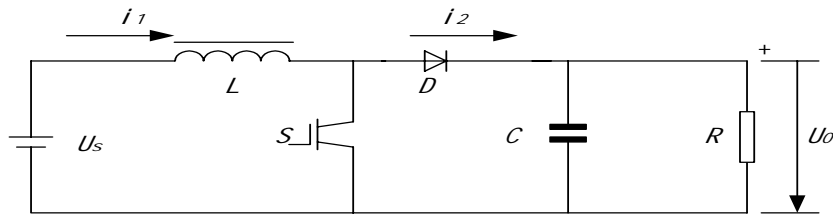
图 c



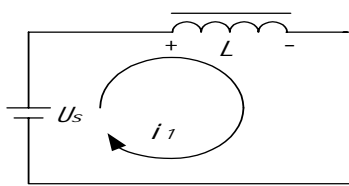
型号	静态电感量 (μH) 公差为 $\pm 15\%$	工作电流下最 小电感量 (μH)	直流电阻 最大值 (m)	工作频率 范围 (kHz)	温升 ($^{\circ}\text{C}$)	用途	尺寸图号	重量 (kg)
1.2mH/40A	1200	720	120	20-300	60	逆变电源 滤波电感 器、电网滤 除谐波电 感器、PFC (功率因 数校正)电 感器,其他 适用频率 滤波电感 器	图 a	6.6
520 μH /60A	520	312	52	20-300	60			6.6
300 μH /80A	300	180	30	20-300	60			6.6
250 μH /100A	250	150	11	20-300	60			7.4
960 μH /40A	960	670	96	20-300	60	图 b	图 c	5.9
400 μH /60A	400	280	41	20-300	60			5.9
240 μH /80A	240	168	24	20-300	60			5.9
180 μH /100A	180	120	9	20-300	60			6.6
15.7mH/10A	15700	1100	1459	20-300	60	图 c	图 c	2.5
4.0 mH/20A	4000	2800	370	20-300	60			2.5
3.0 mH/30A	3000	2100	160	20-300	60			2.5
1.2 mH/40A	1200	840	90	20-300	60			2.5

功率因数
校正

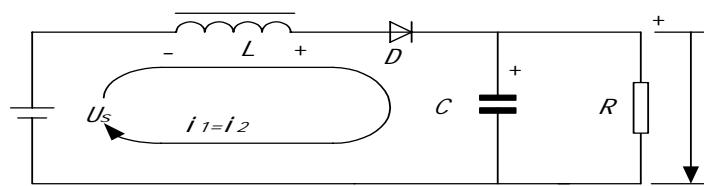
典型电路 (BOOST 电路, 有源功率因数校正电路)



原理电路



储能等效电路



放能等效电路

有源功率因数校正器是在整流器和负载之间接入一个 DC-DC 开关变换器，应用电流反馈技术，使输入端电流波形跟踪交流输入正弦波电压波形，可以使电流接近正弦，从而使输入端 THD 小于 5%，而功率因数可提高到 0.99 或更高。该校正器的优点是可以得到高的功率因数，如 0.97 ~ 0.99，甚至接近 1，THD 小，可以在较宽的输入电压范围和宽频带下工作，体积、重量小，输出电压也可保持恒定。

有源功率因数校正技术广泛应用于 AC-DC 开关电源，交流不间断电源 (UPS)，荧光灯电子镇流器及其他电子仪器中，特别是单项有源功率因数校正技术，由于多种控制芯片简化了电路设计，日趋成熟。

在有源功率因数校正电路中，电感器是必不可少的元件。电感器的设计和磁性材料的选取是否得当，对于发挥电路的特性、效率和作用，能否得到满意的校正结果，是至关重要的。

设计 APFC 电感器可以选用 MnZn 铁氧体材料、非晶材料、金属磁粉心材料，MnZn 铁氧体材料具有高频损耗小、价格低的优势，但是饱和磁通密度 B_s 低，易饱和，非晶材料虽然 B_s 高，磁导率高，但是价格较高，同时两者需要开气隙，会产生 EMI 问题，设计也比较烦琐；

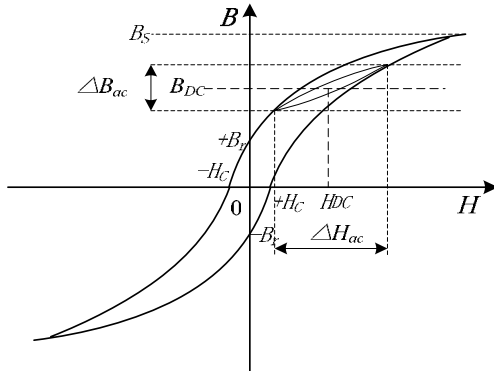
金属磁粉心材料具有高 B_s 的特性，多为环型（也有 E 型磁心）闭和磁路，磁粉心内分布有天然气隙，不易饱和，设计计算简便。适合制作高频 APFC 的金属磁粉心材料现在有三种，铁镍 50 磁粉心、铁镍钼磁粉心、铁硅钼磁粉心。综合考虑，铁硅钼磁粉心最适合制作民用 APFC 电感器；铁镍钼磁粉心最适合制作军用 APFC 电感器。



功率因数校正电感器

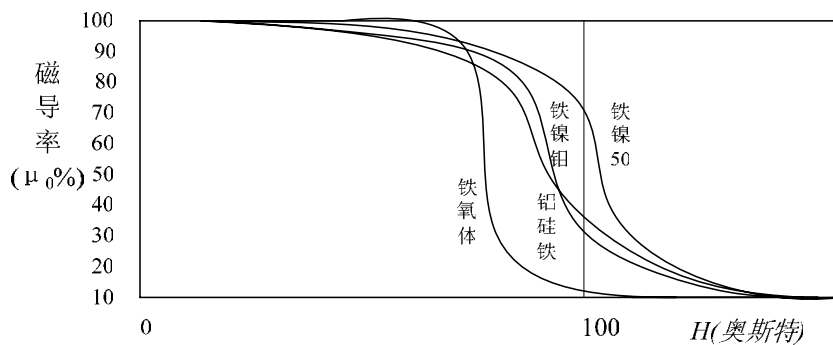
电感器作储能用

电感器电流有直流成分，磁滞回线如下图



用铁氧体磁芯与用金属磁粉心做成 APFC 电感器比较

1) 从下图中看出金属磁粉心的曲线变化缓慢，而铁氧体材料曲线变化更加突然，也就是说用金属磁粉心做成的 APFC 电感器在过载情况下更能提供额外的保护。



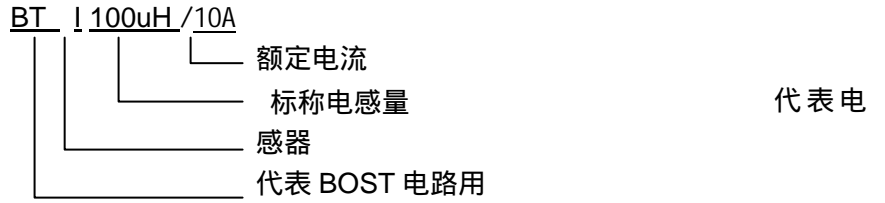
直流偏磁与有效磁导率变化特性曲线示意图 (图中材料的有效磁导率均为 60)

- 2) 虽然高级铁氧体磁芯的损耗比金属磁粉心磁芯损耗低，但高直流偏磁场下的铁氧体需要相对较大的气隙才能获得较低的有效磁导率以防止磁芯饱和。而大气隙又会产生间隙损耗。简单来说，由于气隙周围存在边缘通量，间隙损耗会大幅增加损耗量。边缘通量与铜线圈相交，会在导线中产生过量涡流。
- 3) 由于金属磁粉心的饱和磁通量远大于铁氧体，如上图铁硅铝磁粉心的直流偏流特性明显好于开气隙的铁氧体磁芯。这样，在通常衰减 50% 的情况下，如果设计方案使用适度饱和的铁硅铝磁粉心，那么就可以在磁芯体积减少 35% 的情况下获得更佳性能。高温时金属磁粉心与铁氧体材料的饱和磁通量差异会更加明显，因为铁氧体的磁通量会随温度升高而降低，而金属磁粉心则保持相对稳定。

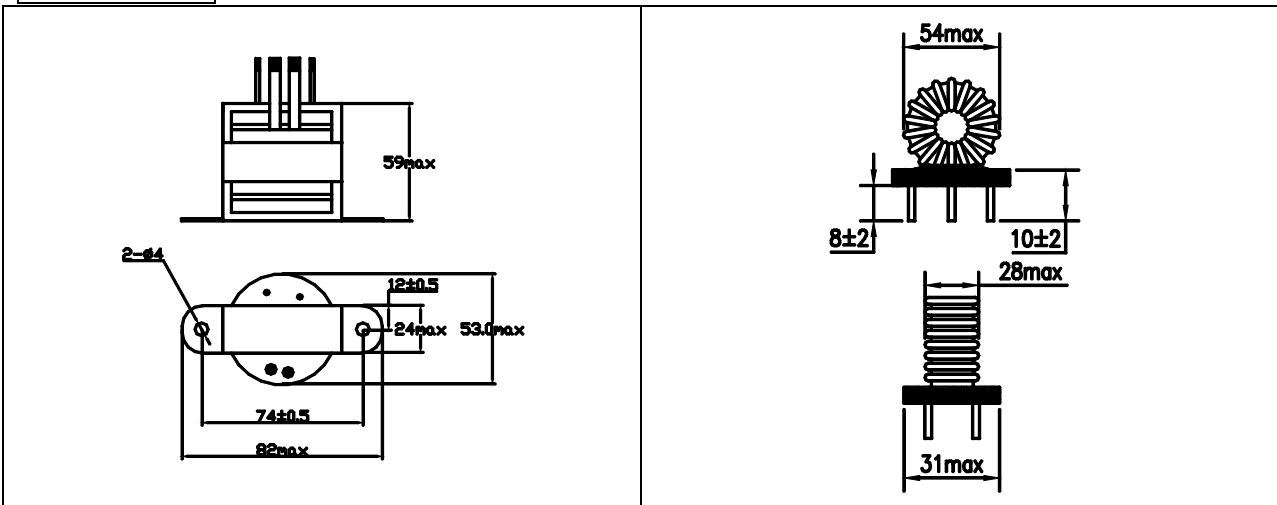
尚新融大工程师推荐

综合比较，民用 APFC 电感器使用铁硅铝磁心和开气隙的软磁铁氧体磁芯设计电感器均可，尚新融大优先推荐用铁硅铝磁心设计 APFC 电感器；军用 APFC 电感器使用铁镍钼金属磁粉心最为合适。

APFC 电感器命名方法



我公司典型应用



图

A

图 B

APFC 电路参数：电路输入电压 50Hz 160 ~ 260V ，电路开关频率 100kHz ，输出电压 380V ，输出功率 1100W ，电路效率为 95%。

型号	额定电流 (A)	电感量 (μH)	最大峰值电流 10A 时电感量 (μH)	25 直流电阻(m)	温升 ()	尺寸 (mm)
BTI480 μ H 10A	10	480 × (1 ± 15%)	360MIN	45MAX	45	图 A
BTI3.0mH /10A	10	3000 × (1 ± 15%)	410 MIN	120MAX	45	图 B

BTI480 μ H /10A 型 APFC 电感器的磁心为铁氧体磁芯，BTI3.0mH /10A 型 APFC 电感器的磁心为铁硅铝金属磁粉心，前者体积约是后者的两倍，电路实际使用效果前者也不如后者，前者由于磁心开气隙也会引入 EMI 问题。

