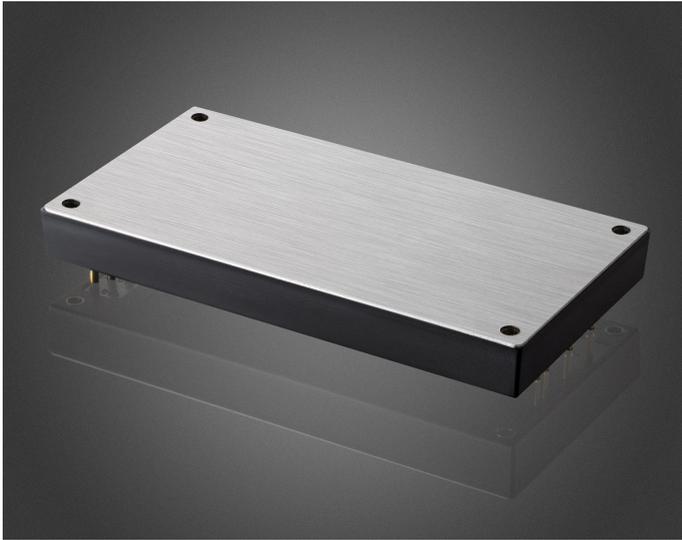


概述



FPF 系列功率因数校正模块是 AC/DC 电源中的一个基本组成部分。该功率因数校正模块可与滤波器、母线电容、DC/DC 模块等部件组成功率因数 0.96 以上的高性能 AC/DC 电源。FPF 模块内部功率器件安装在铝基板上,以达到高效散热的目的。

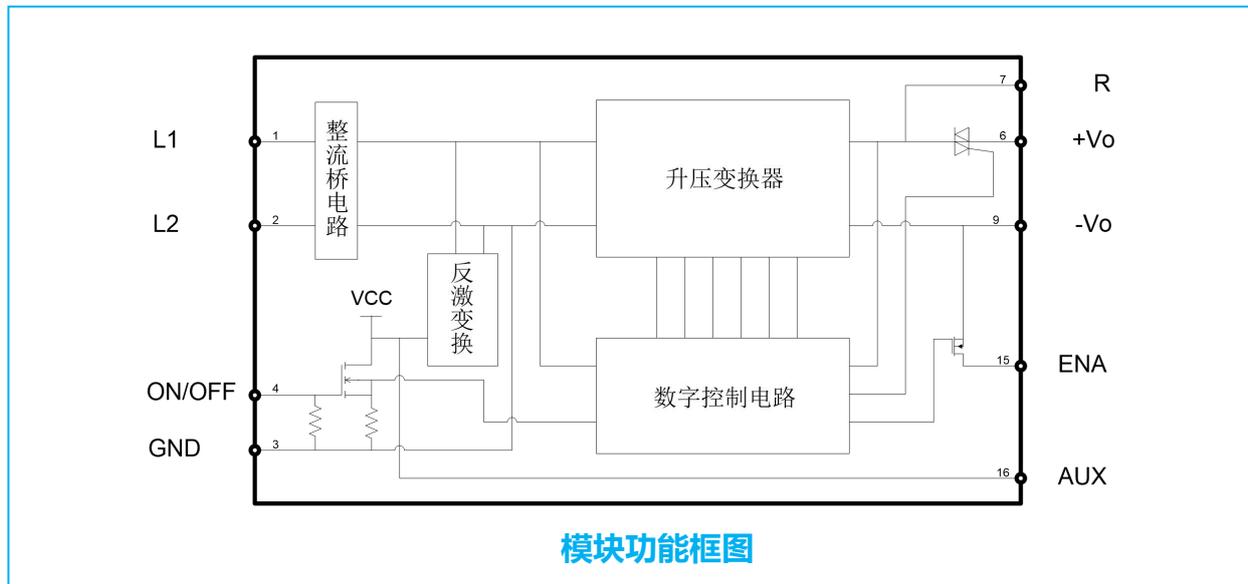
FPF 系列功率因数校正模块具有高功率因数、高效率、高功率密度等特点。

主要特性

- 输入电压范围: (85-264) Vac
- 输入频率范围: (45-65) Hz
- 最高效率: $\geq 96\%$ (230Vac, 1600W)
 $\geq 93\%$ (115Vac, 1000W)
- 功率因数: ≥ 0.99 (230Vac/50Hz, 1600W)
 ≥ 0.99 (115Vac/50Hz, 1000W)
- 输入欠压保护、输出过压保护、过温保护
- 内置浪涌电流抑制电路
- PFC 使能控制、负载使能控制
- 12V 辅助电源输出
- 标准全砖封装: 61.0mm×116.8mm×12.7mm

应用领域

- 工业控制系统
- 地面通信设备
- 分布式电源系统
- 车载系统
- 舰船系统
- 机载系统



**产品订购编码**

系列	额定功率	-	输入电压/频率	输出电压	温度等级	安装方式	内部编码
FPF	1600	-	UG	390	I	T	XX
FPF	1600: 1600W	-	UG: (85-264)Vac,(45-65)Hz	390:390V	I 档 : -40℃ ~+100℃	T: 通孔	XX
	1000: 1000W		LG: (85-140)Vac,(45-65)Hz	270:270V		L: 螺纹孔	

产品选型列表

型号	输入电压	输出电压	输出电流		空载额定 输入电流	纹波 与噪声 (峰峰值)	额定效率 (%)	容性负载
			最小	最大				
FPF1600-UG390□□	(85-264)Vac	390V	0 mA	4.1A	600 mA	30V	96.0	(680-2200)μF
FPF1000-LG270□□	(85-140)Vac	270V	0 mA	3.7A	600 mA	30V	93.0	(680-2200)μF



FPF 系列规格

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
极限参数					
持续输入电压	—	—	290	Vac	持续通电
瞬间输入电压	—	—	300	Vac	瞬间 (<100ms)
ENA pin 电压	-0.3	—	35	V	参考地: GND 或 -Vo
ENA pin 吸收电流	0	—	100	mA	
AUX pin 输出电流	0	—	100	mA	12V 辅助电源
ON/OFF pin 电压	-0.3	—	15	V	
工作环境温度(I 档)	-40	—	+85	°C	
工作温度(I 档)	-40	—	+100	°C	基板温度
贮存温度(I 档)	-55	—	+125	°C	环境温度
湿度范围	10	—	90	%	相对湿度
一般特性					
开关频率	—	130	—	kHz	
开机延时	0.3	3	5	s	外接 20Ω 限流电阻、1000μF 电解电容
过温保护温度	100	105	110	°C	基板温度, 自恢复
过温保护恢复温度	85	90	95	°C	基板温度
输入欠压保护电压	60	70	80	Vac	自恢复
输入欠压保护恢复电压	75	80	85	Vac	
平均无故障时间 MTBF	100	—	—	k Hours	T _c =25°C, I _o =80%I _o 根据 MIL-HDBK-217F 计算
重量	—	—	300	g	
尺寸	61.0×116.8×12.7			mm	公差: ±0.5mm
外壳材料	铝基板加塑料外壳				
散热方式	铝基板传导散热				

注: 除非特别说明, 本文档所有规格均在 25°C 环境温度、额定输入、满载输出条件下测得。



FPF 系列规格

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
绝缘性能					
隔离电压	未隔离				
输入-输出	未隔离				
输入-基板	—	2250	—	Vdc	<10 毫安, 60 秒
输出-基板	—	2250	—	Vdc	<10 毫安, 60 秒
绝缘电阻	未隔离				
输入-输出	未隔离				
输入-基板	100	—	—	MΩ	直流 500V
输出-基板	100	—	—	MΩ	直流 500V
安全性	符合 GB 4943.1-2011 信息技术设备 安全 第 1 部分: 通用要求				
信号规格					
PFC 使能信号 (ON/OFF)	常开漏极输出				
关机使能电压	0	—	0.3	Vdc	参考地: GND 或 -Vo
开机使能电压	5	—	15	Vdc	参考地: GND 或 -Vo
内部下拉电阻	—	10	—	kΩ	
负载使能信号 (ENA)	常开漏极输出				
加载/启动使能电压	与 GND、-Vo 连通				
卸载/关闭使能电压	悬空				
最大吸收电流	100	—	—	mA	



FPF 系列规格

项目	技术条件	备注
环境适应性		
扫频振动	(20-2000-20)Hz 20g 每轴向 4 次 每次 4min	GJB548B-2005 方法 2007 条件 A
冲击	半正弦波 1000m/s ² 6ms 每轴向 3 次, 共 18 次。	GJB360B-2009 方法 213 条件 C
稳态湿热	40℃, 95%, 240h	GJB360B-2009 方法 103 等级 A
高温贮存	最高贮存温度; 保温 48h	GJB150.3A-2009
高温工作	最高工作温度; 输入低压、标压、高压各 8h	
低温贮存	最低贮存温度, 保温 48h	GJB150.4A-2009
低温工作	最低工作温度; 输入低压、标压、高压各 8h	
温度循环	-55℃~+125℃; 保持时间: 30min; 循环次数: 10 次; 高低温切换时间小于 1min	GJB548B-2005 方法 1010.1 条件 B
稳态寿命	标称输入电压, 最高工作温度, 1000h	GJB548B-2005 方法 1005.1
盐雾	NaCl: (5±1)%; PH:6.5~7.2 ((35±2)℃); 96h	GJB360B-2009 方法 101 条件 A
电磁兼容性¹		
传导发射	GB9254, B 类限值	
辐射发射	GB9254, A 类限值	
射频场感应传导抗扰度	GB/T17626.6 射频场感应传导抗扰度	
射频电磁场抗扰度	GB/T17626.3 射频电磁场抗扰度试验, 等级 3	
静电放电抗扰度	GB/T17626.2 静电放电抗扰度试验, 等级 4	
谐波电流	GB17625.1 低压电气及电子设备发出的谐波电流限制, B 类限值	
电压跌落	GB/T17626.11 电压跌落	
电快速瞬变脉冲群抗扰度	GB/T17626.4 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验, 等级 3	
电压波动和闪烁	GB17625.2 低压供电系统中产生的电压波动和闪烁的限制	

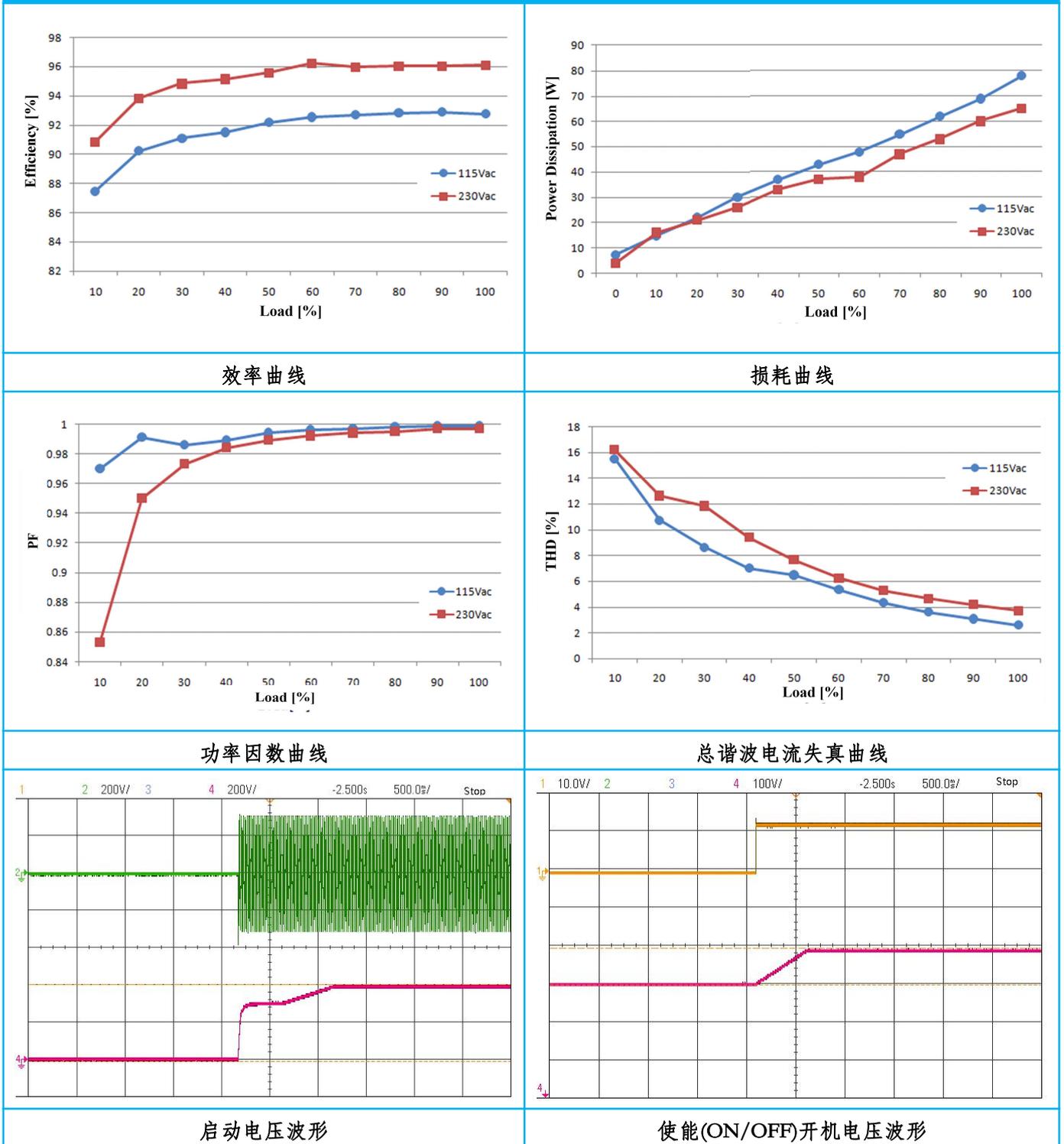
¹ 配合“典型应用接法”中滤波器电路、电阻负载。



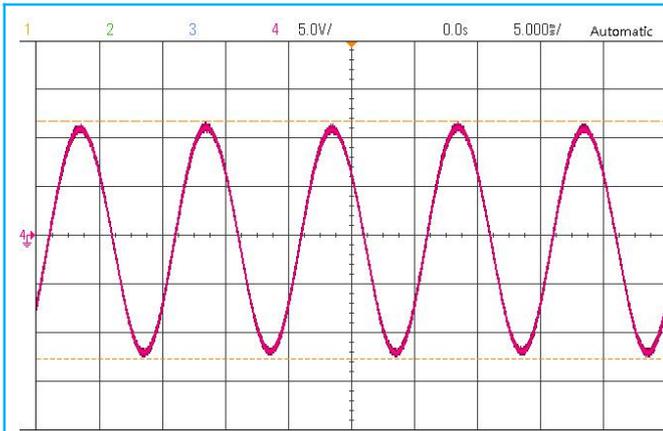
FPF1600-UG390 电气特性

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输入特性					
工作电压范围	85	115/230	265	Vac	推荐工作电压范围：90~250Vac
工作频率范围	45	60/50	65	Hz	
功率因数	0.98	0.99	—	—	输入 230Vac, 额定输出 1600W
	0.98	0.99	—	—	输入 115Vac, 额定输出 1000W
总谐波电流失真	—	5	8	%	输入 115Vac, 额定输出 1000W
	—	5	8	%	输入 230Vac, 额定输出 1600W
最大输入电流 (有效值)	—	—	12.5	A	输入 100Vac, 额定输出 1000W
空载输入电流	—	—	600	mA	输入 115 Vac /230Vac, PFC 使能: ON
空载功耗	—	—	10	W	输入 115 Vac /230Vac, PFC 使能: ON
待机输入电流	—	—	500	mA	输入 115 Vac /230Vac, PFC 使能: OFF
待机功耗	—	—	5	W	输入 115 Vac /230Vac, PFC 使能: OFF
最大输入功率	—	—	1750	W	输入电压(180~264)Vac
	—	—	1250	W	输入电压 (85~180)Vac
限流电阻	10	—	20	Ω	推荐 5-10W 可熔断型线绕电阻
浪涌电流	—	—	25	A	230Vac,输出电容 1000μF,典型应用线路
输出特性					
效率	95	96	—	%	输入 230Vac, 满载 1600W
	92	93	—	%	输入 115Vac, 满载 1000W
输出电压设定值	370	390	400	Vdc	
电压调整率	-1.5	—	+1.5	%	
负载调整率	-2.5	—	+2.5	%	
温度调整率	-1.5	—	+1.5	%	
最大输出电流	4.1	—	—	A	输入电压(180~264)Vac
	2.6	—	—	A	输入电压(85~180)Vac
输出纹波噪声 ² (峰峰值)	—	—	30	V	由外接电解电容决定
输出过压保护	410	420	430	Vdc	打嗝, 设计保证
输出保持电容	680	—	2200	μF	电解电容
12V 辅助输出电压	10	12	15	Vdc	参考地: GND 或 -Vo
12V 辅助输出电流	0	—	100	mA	

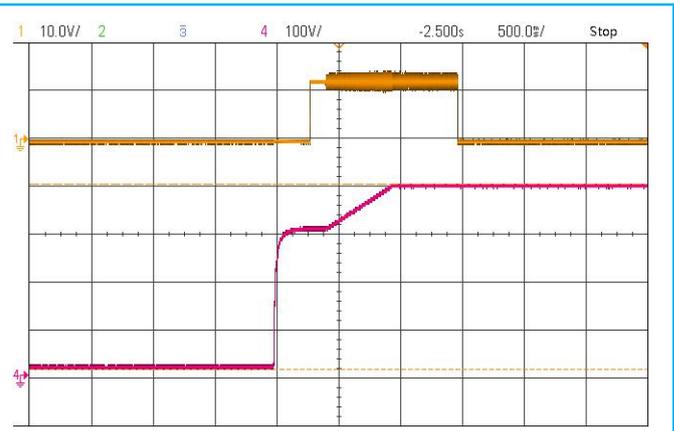
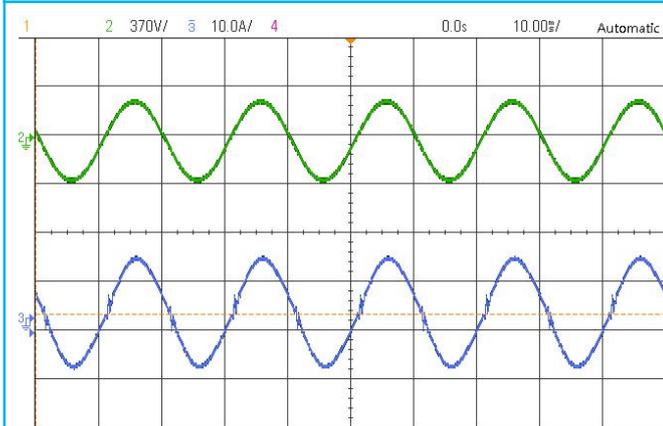
². 外接 1000μF 电解电容, 常温下测得。

PPF1600-UG390 典型曲线和波形³


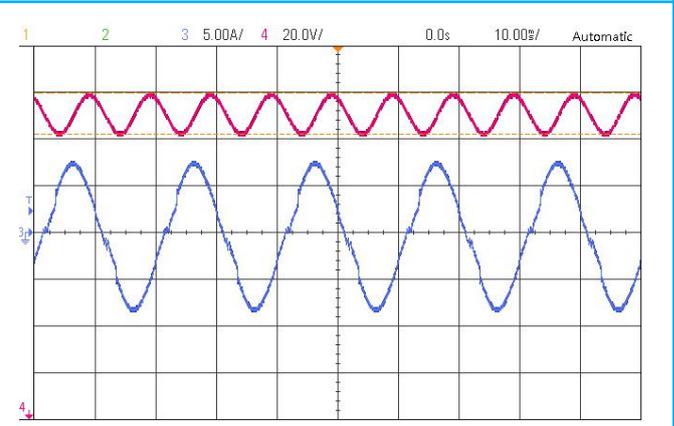
³ 如无特别说明，曲线或波形应为额定输入电压（230Vac/50Hz）时，常温（25℃）下测得。



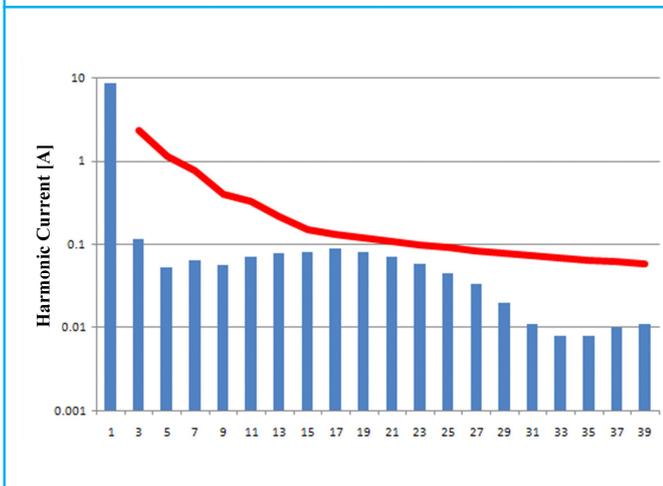
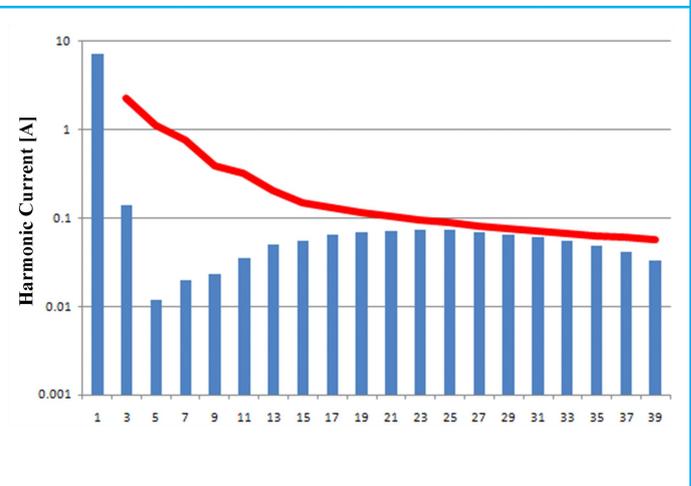
输出电压纹波波形


 负载使能信号 (ENA) 波形⁴


满载输入电流和输入电压波形



半载输入电流和输出电压纹波波形


 谐波电流⁵ (115Vac)


谐波电流 (230Vac)

⁴ . 此处 ENA 信号连接方式为应用说明中“ENA 控制负载主功率回路接通/断开参考示意图”，需注意 ENA 信号为开漏极输出；

⁵ . 谐波电流：奇次谐波电流限制值依据为 GB 17625.1 中 A 类标准。

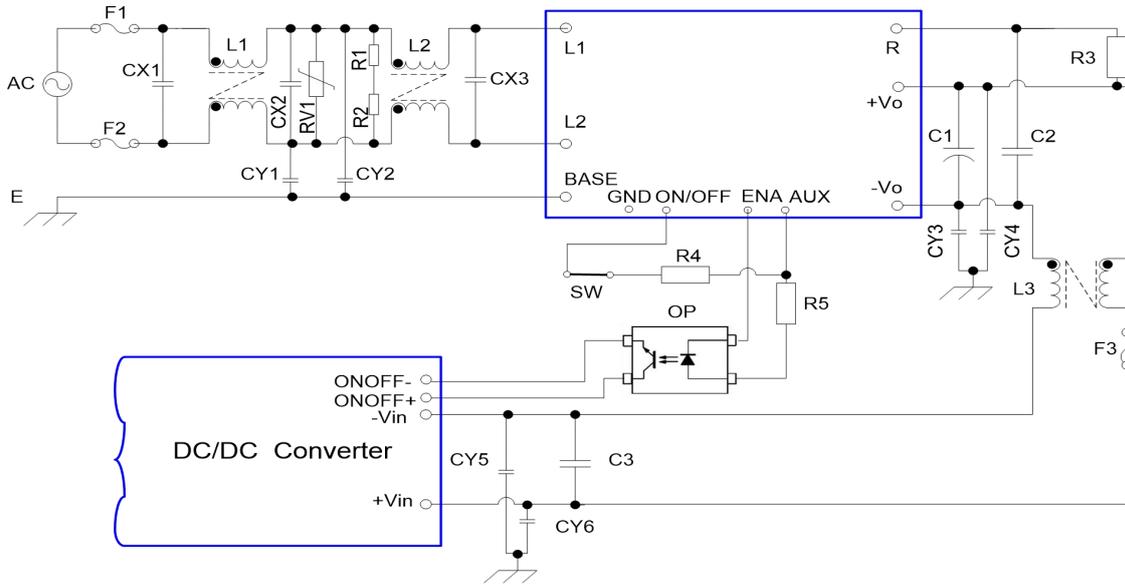
典型应用接法


图 1 典型应用线路

图 1 给出了模块典型的使用接法。FPF 模块电源搭配本公司高压系列 DC/DC 模块典型应用如上图 1 所示，单相交流电源经过 EMI 滤波后供给模块电源，模块电源内部通过 PFC 变换器将单相整流电压转换成 390V 直流电压输出给 DC/DC 模块。建议线路参数如下表 1 所示：

表 1. 元件参数

位号	规格	合派料号	厂商	备注
F1/2	15A,250V, 缓熔式熔丝	GBP_A(15A)_CONQUER	CONQUER	
CX1/2/3	2.2 μ F /275VAC, X2	C42P2225M9FC000_FALA	FALA	
CY1/2/3/4	4700pF/250VAC, Y2	F2GA472MYGS_TDK	TDK	
L1	5.5mH*2, 非晶共模环	QI7013-1502-A2	HEPAI	自制
L2	3.5mH*2, 铁氧体共模环	QI7013-1501-A2	HEPAI	自制
R1/2	470K,1/4W	RC4703F1206KI_YAGEO	YAGEO	
RV1	D20,510V	TVR20511KSY_TKS	兴勤	
R3	20 Ω /10W 水泥电阻	RX911B-10W	四川永星	
C1	470 μ F /450VDC*2, 铝电解	CAE477V450MD35L30L45T2E_SEACON	SEACON	2个
C2	2.2 μ F /450VDC, 薄膜电容	CCBB225V450K1T3C1_FALA	FALA	
R5	330 Ω 电阻	RC3303F1206KI_YAGEO	YAGEO	
OP	光耦			
R4	100 Ω 电阻	RC1000F1206KI_YAGEO	YAGEO	
SW	开关			
其它	参考实际 DC/DC 模块应用参考电路			

参考以上图 1 应用电路滤波器接法及参数配置，输入电压 230Vac/50Hz、接电阻负载时，按 GB9254 标准 B 类限值进行传导测试波形如下，

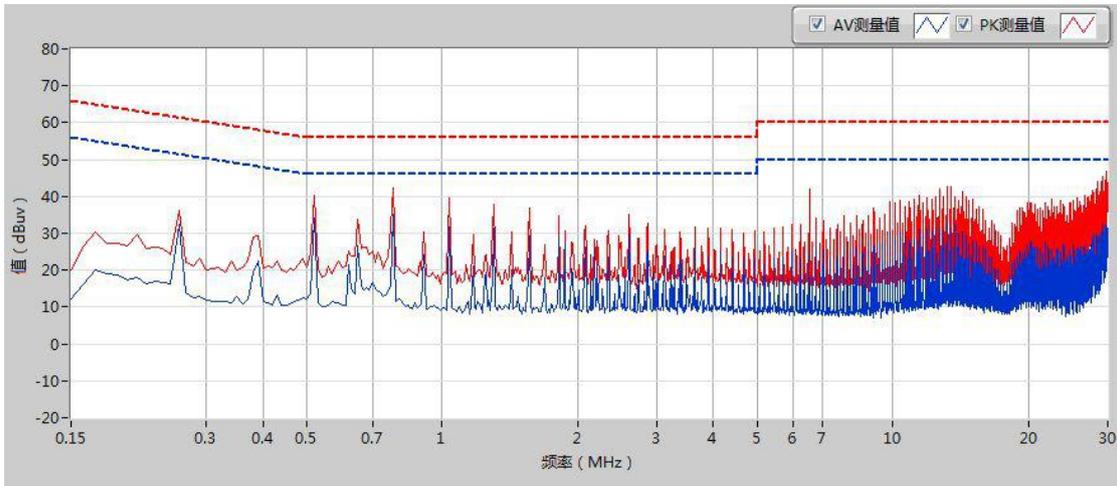


图 2 半载 (800W) 传导测试波形

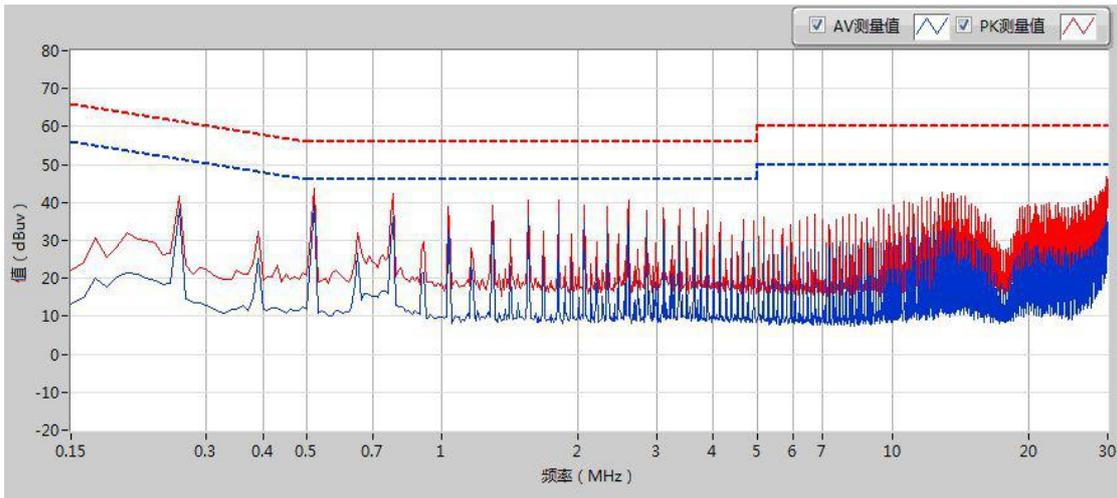


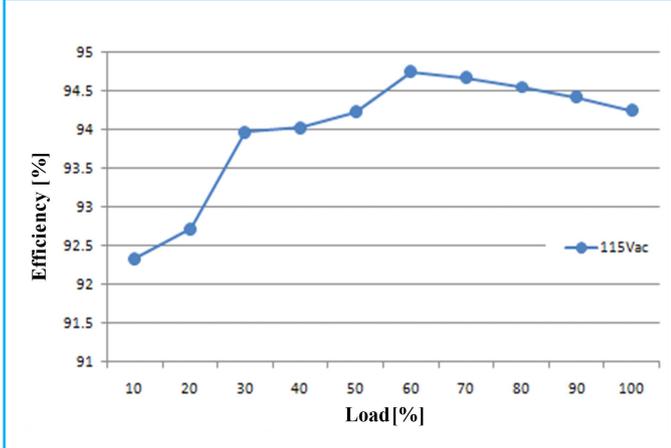
图 3 满载 (1600W) 传导测试波形



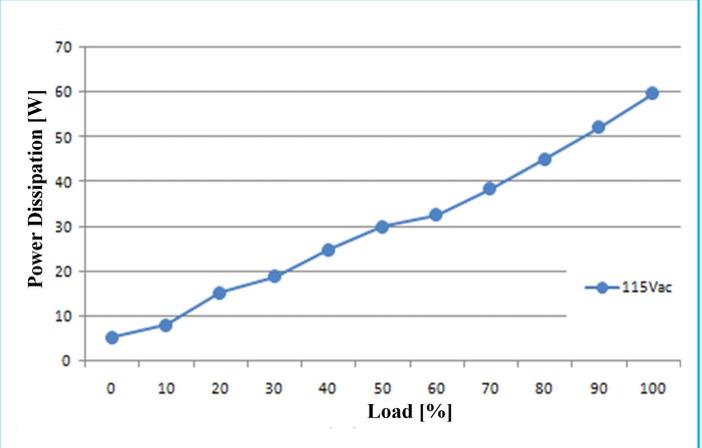
FPF1000-LG270 电气特性

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输入特性					
工作电压范围	85	115	140	Vac	
工作频率范围	45	50/60	65	Hz	
功率因数	0.98	0.99	—	—	输入 115Vac, 额定输出 1000W
总电流谐波失真	—	5	8	%	输入 115Vac, 额定输出 1000W
最大输入电流 (有效值)	—	—	12.5	A	输入 85Vac, 额定输出 1000W
空载输入电流	—	—	600	mA	115Vac, PFC 使能: ON
空载功耗	—	—	10	W	115Vac
待机输入电流	—	—	500	mA	115Vac, PFC 使能: OFF
待机功耗	—	—	5	W	115Vac
最大输入功率	—	—	1250	W	
限流电阻	10	—	20	Ω	(5-10)W 可熔断型线绕电阻
浪涌电流	—	—	15	A	115Vac, 母线电容 1000 μ F, 典型应用线路
输出特性					
效率	92	93	—	%	输入 115Vac, 额定输出 1000W
输出电压设定值	255	270	285	Vdc	
电压调整率	-1.5	—	+1.5	%	
负载调整率	-2.5	—	+2.5	%	
温度调整率	-1.5	—	+1.5	%	
最大输出电流	3.7	—	—	A	
输出纹波噪声 ⁶ (峰峰值)	—	—	30	V	由外接电解电容决定
输出过压保护	290	305	320	Vdc	打嗝, 设计保证
输出保持电容	680	—	2200	μ F	电解电容
12V 辅助输出电压	10	12	15	Vdc	参考地: GND 或 -Vo
12V 辅助输出电流	0	—	100	mA	

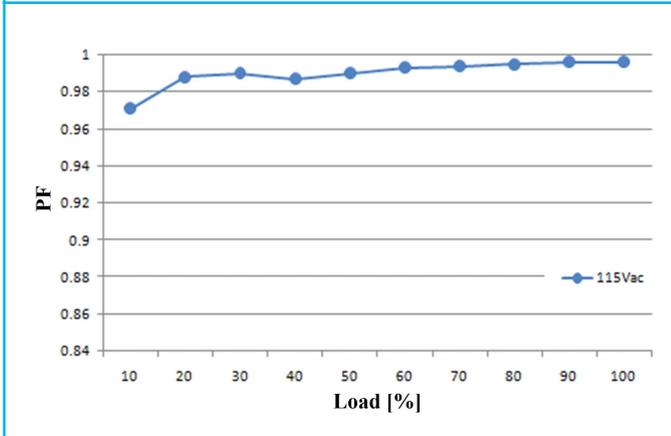
⁶ 外接 1000 μ F 电解电容, 常温下测得。

FPF1000-LG270 典型曲线和波形⁷


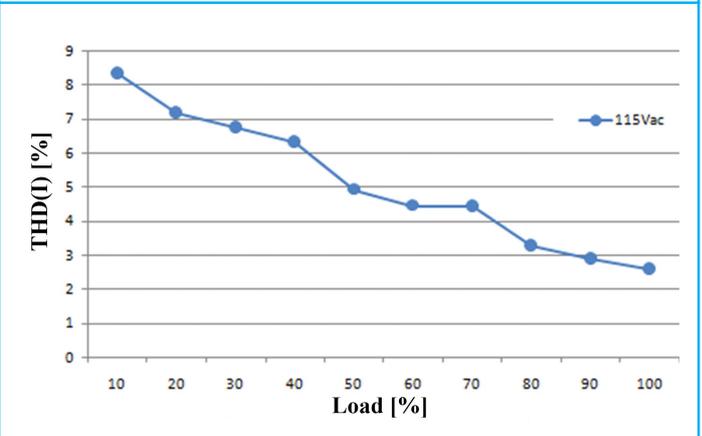
效率曲线



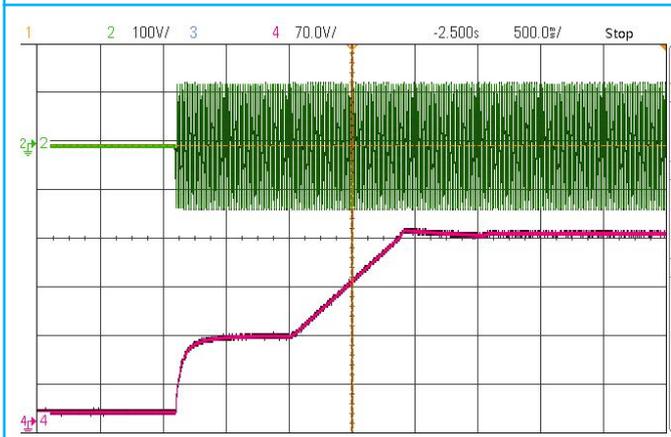
损耗曲线



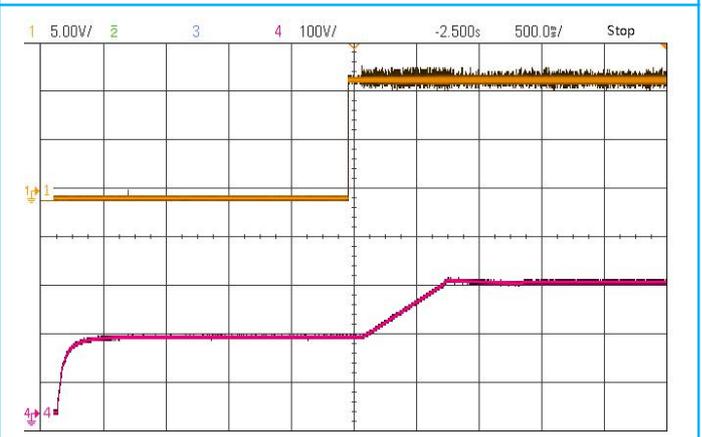
功率因数曲线



总谐波电流失真曲线

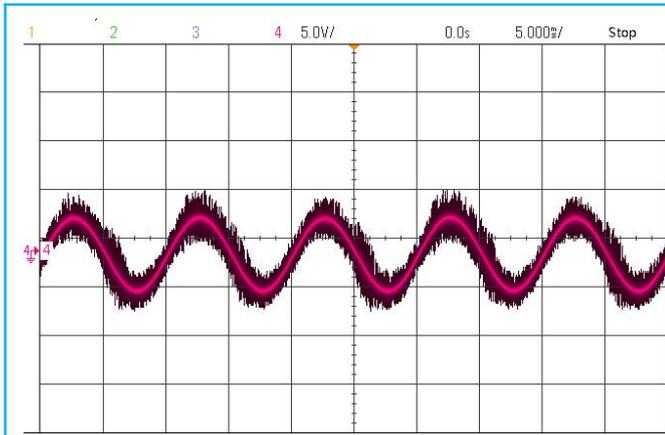


启动电压波形

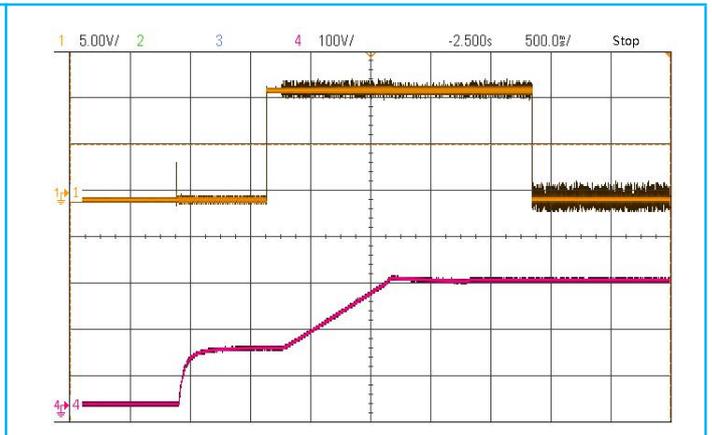


使能(ON/OFF)开机电压波形

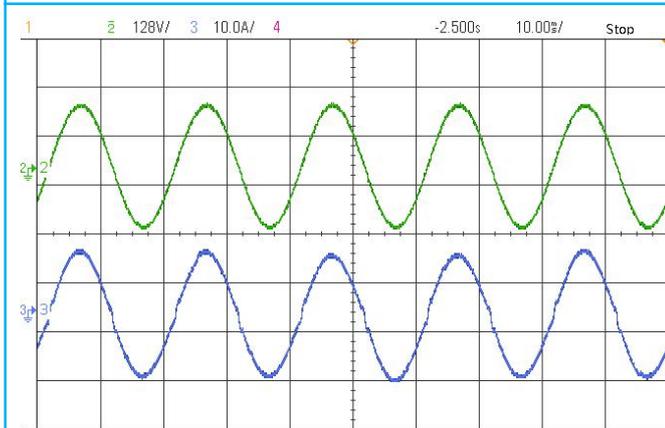
⁷ 如无特别说明, 曲线或波形应为额定输入电压 (230Vac/50Hz) 时, 常温 (25°C) 下测得。



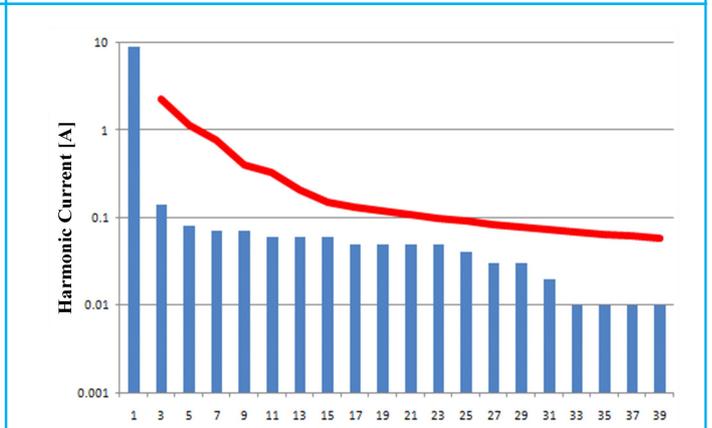
输出电压纹波波形



负载使能信号 (ENA) 波形⁸



满载输入电流和输入电压波形



谐波电流⁹ (115Vac)

⁸. 此处 ENA 信号连接方式为应用说明中“ENA 控制负载主功率回路接通/断开参考示意图”，需注意 ENA 信号为开漏极输出；

⁹. 谐波电流：奇次谐波电流限制值依据为 GB 17625.1 中 A 类标准。

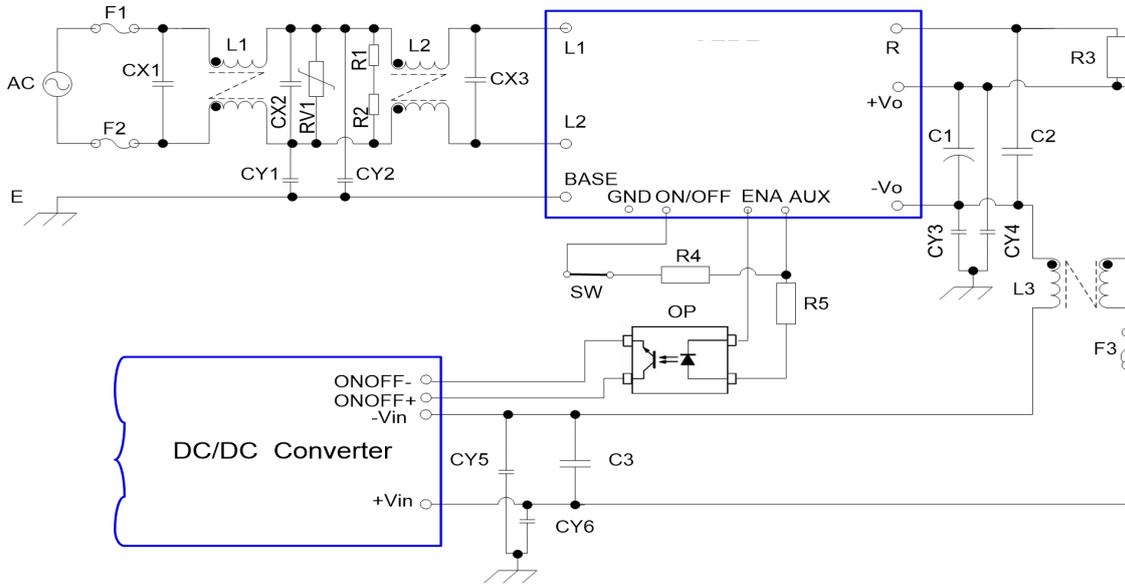
典型应用接法


图 4 典型应用线路

图 1 给出了模块典型的使用接法。PPF 模块电源搭配本公司高压系列 DC/DC 模块典型应用如上图 4 所示，单相交流电源经过 EMI 滤波后供给模块电源，模块电源内部通过 PFC 变换器将单相整流电压转换成 270V 直流电压输出给 DC/DC 模块。建议线路参数如下表 2 所示：

表 2. 元件参数

位号	规格	合派料号	厂商	备注
F1/2	15A,250V, 缓熔式熔丝	GBP_A(15A)_CONQUER	CONQUER	
CX1/2/3	2.2 μ F /275VAC, X2	C42P2225M9FC000_FALA	FALA	
CY1/2/3/4	4700pF/250VAC, Y2	F2GA472MYGS_TDK	TDK	
L1	5.5mH*2, 非晶共模环	QT7013-1502-A2	HEPAI	自制
L2	3.5mH*2, 铁氧体共模环	QT7013-1501-A2	HEPAI	自制
R1/2	470K,1/4W	RC4703F1206KI_YAGEO	YAGEO	
RV1	D20,510V	TVR20511KSY_TKS	兴勤	
R3	20 Ω /10W 水泥电阻	RX911B-10W	四川永星	
C1	470 μ F /450VDC*2, 铝电解	CAE477V450MD35L30L45T2E_SEACON	SEACON	2个
C2	2.2 μ F /450VDC, 薄膜电容	CCBB225V450K1T3C1_FALA	FALA	
R5	330 Ω 电阻	RC3303F1206KI_YAGEO	YAGEO	
OP	光耦			
R4	100 Ω 电阻	RC1000F1206KI_YAGEO	YAGEO	
SW	开关			
其它	参考实际 DC/DC 模块应用参考电路			

参考以上图 4 应用电路滤波器接法及参数配置，输入电压 115Vac/50Hz、接电阻负载时，按 GB9254 标准 B 类限值进行传导测试波形如下，

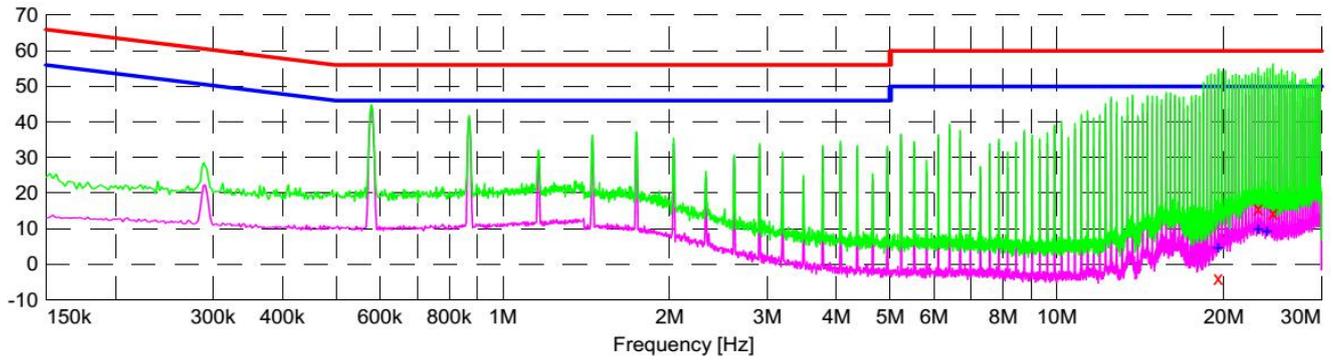


图 5 传导测试波形

**机械结构及引脚定义说明:**

1. 标记英寸尺寸公差: X.XX=±0.02, X.XXX=±0.010; 标记毫米尺寸公差: X.X=±0.5, X.XX=±0.25。
2. 引脚 1、2、6、7、9 为Φ2.0 的圆柱, 作用应力应不大于 9.8N。
3. 引脚 3、4、11、12、13、14、15、16 为Φ1.0 的圆柱, 作用应力应不大于 4.9N。
4. 材质: 引脚材质为红铜 C1100, 表面镀金(3~5)um; 底板材质为铝板; 盒盖材质为塑料。
5. 焊接: 波峰焊接, 温度不超过 260℃, 时长不超过 10 秒; 手工焊接, 温度不超过 425℃, 时长不超过 5 秒。
6. 安装方式: 模块安装通过 M3 或者Φ3 的螺丝, 每个螺丝施加的扭矩不超过 0.7Nm; 模块与散热器之间推荐使用导热硅脂或导热垫片。
7. 重量: 不超过 300g。
8. 引脚定义及功能说明如下:

序号	符号	功能定义	功能说明
1	L1	交流输入	接单相交流输入, 无顺序要求。
2	L2	交流输入	
3	GND	信号参考地	控制信号、辅助源参考地, 与输出低 (-Vo) 等电位。
4	ON/OFF	PFC 使能端	控制PFC工作/停止。
6	+Vo	输出正端	直流输出正。
7	R	浪涌抑制端	与+Vo间接入限流电阻。
9	-Vo	输出负端	直流输出负。
11~14	NC	空	预留, 需悬空。
15	ENA	负载使能端	负载加载/启动信号。
16	AUX	辅助输出端	辅助电源输出, 12Vdc, 最大输出电流100mA。

应用说明

关键时序

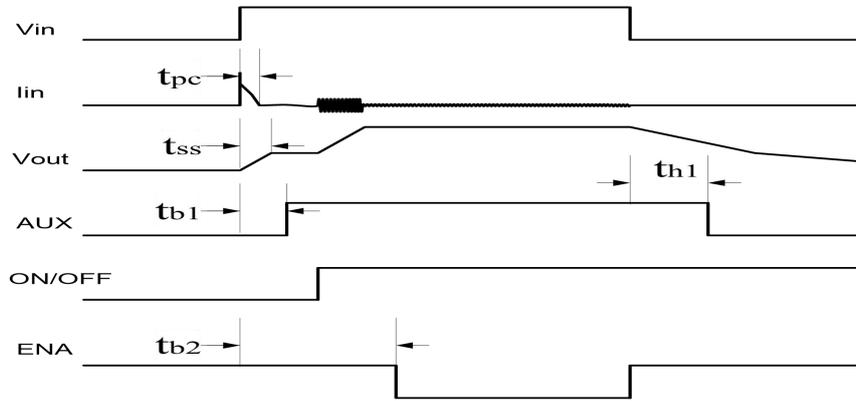


图 7. FPF 模块电源时序

表 3.符号定义说明及参数规格

项目	描述	最小值	最大值	单位
Vin	输入电压，高电平表示输入有效。	—	—	—
Iin	输入电流示意	—	—	—
Vout	输出电压示意	—	—	—
AUX	辅助电源，高电平表示辅助电源有效	—	—	—
ON/OFF	PFC 使能，高电平表示使能有效	—	—	—
ENA	负载使能，低电平表示使能有效	—	—	—
tpc	浪涌电流持续时间，取决于 BUS 电容和限流电阻。	0.5	20	毫秒
tss	软启动时间，取决于输入电压、BUS 电容和限流电阻。	20	300	毫秒
tb1	辅助电源建立时间。	100	1000	毫秒
tb2	BUS 电压建立时间。	100	5000	毫秒
th1	辅助电源保持时间，取决于 BUS 电容和负载。	10	—	毫秒



如上图 7、表 3 所示，当输入电压 (V_{in}) 在有效工作电压范围之内时，FPF 模块通过外接的限流电阻给外接的 BUS 电解电容充电。在输入电压开通的瞬间会产生浪涌电流 I ，浪涌电流持续时间 t_{pc} ，此时需参考参数 $I^2 \cdot t_{pc}$ 来选取输入保险丝规格。随着 BUS 电容电压逐渐升高，当电压电平达到辅助电源最低输入电压要求时，辅助电源供电电路工作，辅助电源 (AUX) 有效。辅助电源有效后，FPF 模块内部主控芯片开始工作，循检 PFC 使能 (ON/OFF) 条件。如果 PFC 使能有效且无其他故障 (输入欠压、过温、输出过压等)，控制芯片启动 BOOST 电路并控制内部开关短接外接限流电阻。当控制芯片检测到输出电压 (V_{out}) 达到设定值时，使能负载使能信号 (ENA)，表示可以进行功率输出。当控制芯片检测到 PFC 使能信号非使能状态或故障 (输入欠压、过温、输出过压等)，立即将负载使能信号置于非使能状态，并关闭 BOOST 电路、接入限流电阻。负载使能信号 (ENA) 未使能时不可输出功率，否则会造成限流电阻、FPF 模块损坏。

负载使能功能（引脚 15: ENA）

负载使能信号 ENA 为开漏极输出，当 ENA 信号状态为低电平时，可输出功率，启动/接通负载电路（模块）；当 ENA 信号状态为悬空，不可输出功率，关闭/断开负载电路（模块）。应用时，可以利用 ENA 信号控制负载功率回路上的功率开关的接通/断开达到功率输出/不输出的目的，如下图 8 所示；也可以利用 ENA 信号控制负载模块的使能信号的启动/关闭达到功率输出/不输出的目的，如下图 9 所示。

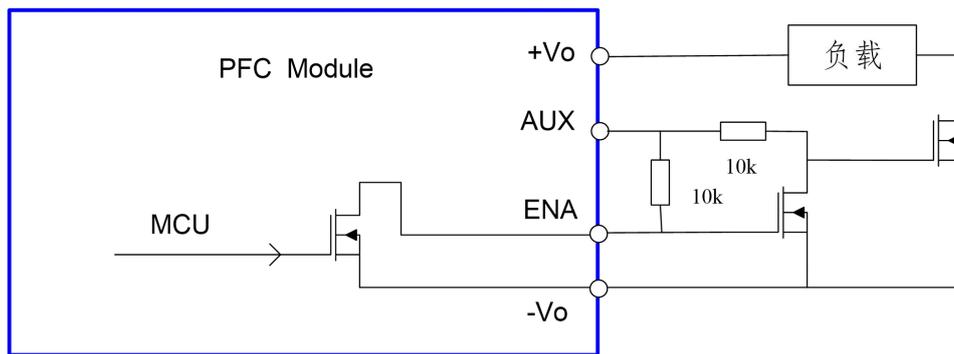


图 8. ENA 控制负载主功率回路接通/断开参考示意图

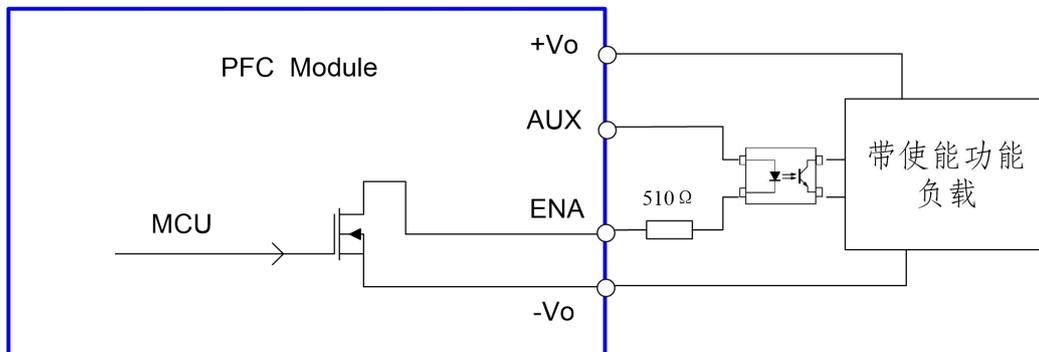


图 9. ENA 控制负载使能型号启动/关闭参考示意图

PFC 使能功能（引脚 4：ON/OFF）

PFC 使能信号 ON/OFF 悬空或与 -Vo (GND) 连通时，PFC 模块 PFC 功能不工作，输出电压为交流不控整流电压，不可输出功率。当 ON/OFF 脚连接到高电平（相对 GND 或 -Vo，3V~15V），PFC 模块 PFC 功能使能，输出 390V（典型值）直流电压，待负载使能信号（ENA）使能（详见“负载使能功能”说明）有效后可以输出功率。若无需控制 PFC 使能功能，可将 ON/OFF 引脚与 AUX 引脚通过(10~100) Ω 限流电阻连接，连接示意如下图 10 所示；若需要控制 PFC 使能功能，可以在 ON/OFF 引脚与 AUX 引脚之间加入可控开关（光耦、小信号 MOS 管等）和(10~100) Ω 限流电阻，连接示意如下图 11 所示。

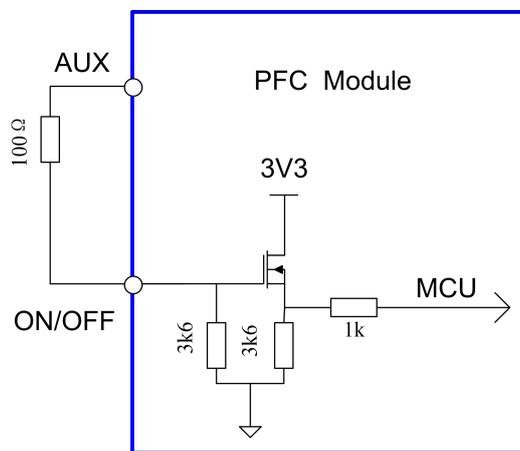


图 10. 不控 PFC 使能功能连接示意图

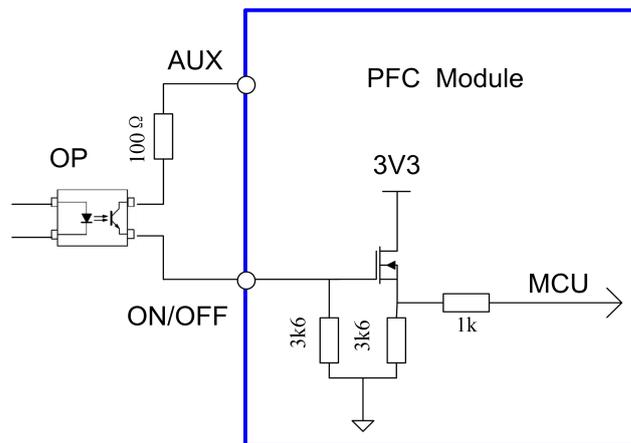


图 11. 可控 PFC 使能功能连接示意图

输入电压降额

输入电压降额曲线如下图 12 所示，最大输出功率应在降额曲线限定范围内，否则 FPF 模块工作可能会发生故障、损坏。

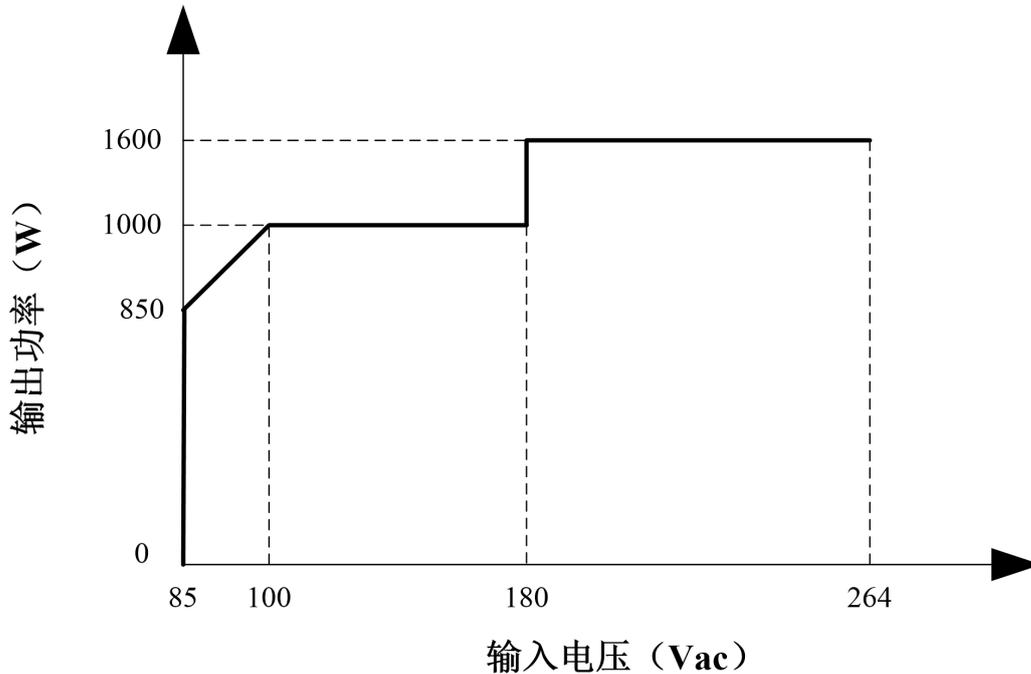


图 12 输入电压降额曲线

输入欠压保护

输入欠压保护功能的作用是在输入电压低于最低允许工作电压时停止工作，避免器件损坏。为了避免模块欠压保护时，因为输入电压处于某临界点，造成模块频繁开关机，通常做法是在开机和关机之间设置一定的回滞。

输出过压保护

输出电压达到输出过压保护限制值时，避免电压过高造成器件损坏或发生安全事故，控制芯片立即关闭PFC功能。发生输出过压保护而关闭模块后，当输出电压下降到输出过压释放值时输出过压保护解除，模块恢复工作。

过温保护

在模块内部铝基板上装有温度采集芯片。当基板温度超过限制温度点（典型值105℃）时，控制芯片会关闭PFC功能，避免由于温度过高造成模块故障或安全事故。当基板温度下降到过温保护释放温度点（典型值85℃）且无其他故障时，模块将重新开始工作。

输入保险丝

模块内部没有安装输入保险丝。为了符合安全规范，建议客户应用此模块时在模块输入端自行安装保险丝。

输出保持电容

为了保证模块正常工作，应在输出端外接(680~2200) μF 铝电解电容。输出电容应尽量靠近模块输出端，理论上输出端到输出电容的路径不应大于50mm。输出电容规格的选定取决于客户对输出电压纹波、输出电压保持时间、输出电容预期寿命等因数的要求。

输出保持电容容值计算公式如下所示，

$$C_{\min} = 2P * T_{\text{hold}} / (V_o^2 - V_f^2)$$

例如，输出功率 $P=1600\text{W}$ ，保持时间 $T_{\text{hold}}=20\text{ms}$ ，输出电压 $V_o=400\text{V}$ ，输出最低电压 $V_f=250\text{V}$ ，由以上公式可以计算得到输出保持电容最小值 $C_{\min}=660 \mu\text{F}$ 。

输出保持电容纹波电流有效值计算公式如下，

$$I_{\text{crms}} = P / (2^{0.5} * V_o)$$

例如，输出功率 $P=1600\text{W}$ ，输出电压 $V_o=400\text{V}$ ，由以上公式可以计算得到电容纹波电流有效值 $I_{\text{crms}}=2.9\text{A}$ 。

输出电压纹波¹⁰计算公式如下所示，

$$V_{\text{pp}} = P / (4\pi * f * C * V_o)$$

例如，输出功率 $P=1600\text{W}$ ，输出电压 $V_o=400\text{V}$ ，输入电压频率 $f=50\text{Hz}$ ，输出电容 $C=660\mu\text{F}$ ，由以上公式可以计算得到输出电压纹波 $V_{\text{pp}}=9.7\text{V}$ 。

¹⁰ 此处输出电压纹波仅指低频纹波，未包含高频纹波（噪声，与实际应用电路相关），实际应用中应综合考虑低频纹波与高频纹波叠加所造成的影响。

浪涌电流抑制

浪涌电流是输入电源接通瞬间对线路中各电容（主要是输出保持电容）充电的峰值较大的电流。浪涌电流峰值过大可能会造成保险丝或其他器件损坏。模块内置浪涌抑制电路，可有效限制浪涌电流峰值。浪涌电流抑制电路中限流电阻需要外接在 R 与 +Vo 之间。限流电阻接线端（R）参考接法如下图 13 所示，

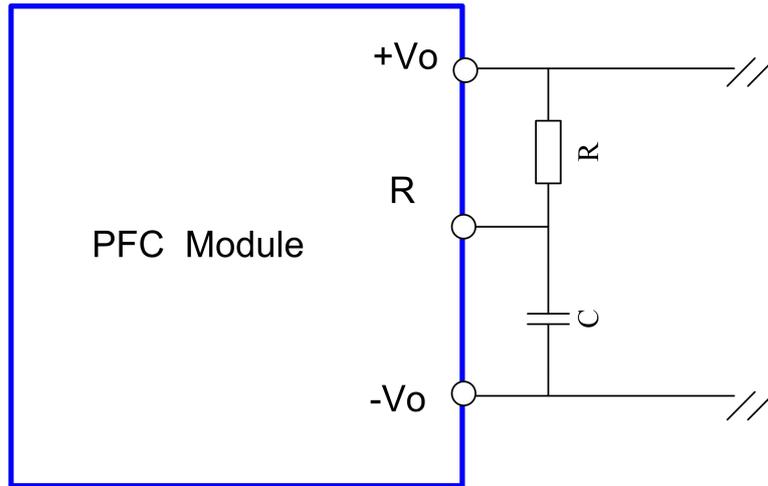


图 13. 限流电阻接线端（R）参考接法

其中 R 为限流电阻，应为 10-20Ω/5-10W 可熔断型线绕电阻；C 为薄膜电容，2.2μF /450V 或以上。

最大浪涌电流可参考以下公式进行计算评估：

$$I_{rush} = (2^{0.5} * V_{ac}) / R$$

因输入为交流电平，所以最大浪涌电流应出现在上电时交流相位处于 90° 或 270° 时。另外还应考虑滤波电路中 X 电容、电感对浪涌电流的影响。

温度降额

在传导冷却下使用（例如，从铝基板向贴附的散热器通过传导进行散热），温度降额曲线如下，

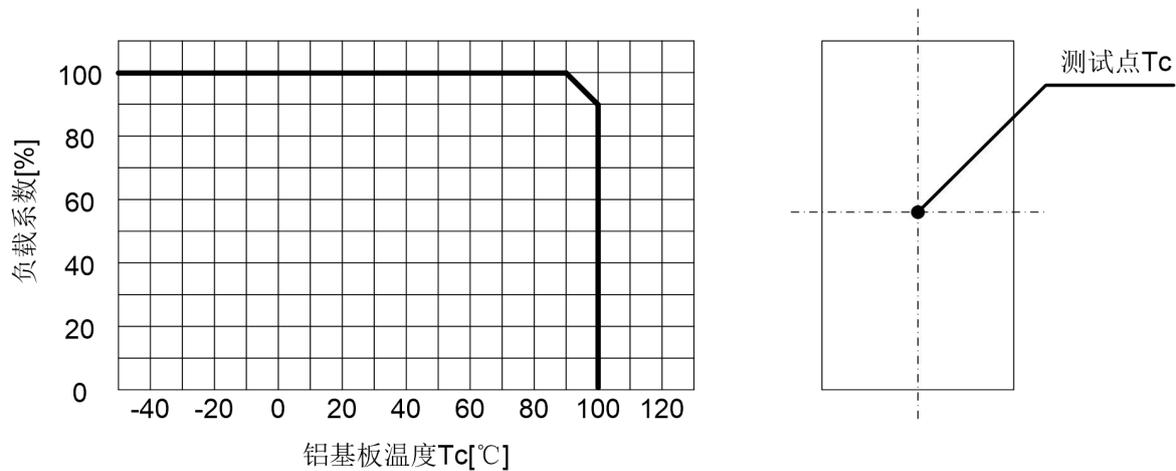


图14. 温度降额曲线

如果无法测量铝基板底部中心点的温度，请测量铝基板边缘的温度。在这种情况下，应在图14的温度降额特性中减去5°C的温度。

应注意功率循环引起的热疲劳寿命，当温度频繁出现上升和下降时，请尽可能降低温度波动范围。

交流输入滤波器

请参考“典型应用电路”推荐接法及建议参数。

电磁兼容性

采用“典型应用电路”推荐接法及建议参数，搭配本公司DC/DC模块或电阻负载，应可通过GB9254中Class B限制要求。

并联均流功能

该模块无并联均流功能，不可并联使用。

包装

采用本公司全砖用吸塑托盘独立包装，能够有效防止搬运、运输过程中产品碰撞造成损伤。包装示意图如下图15所示。

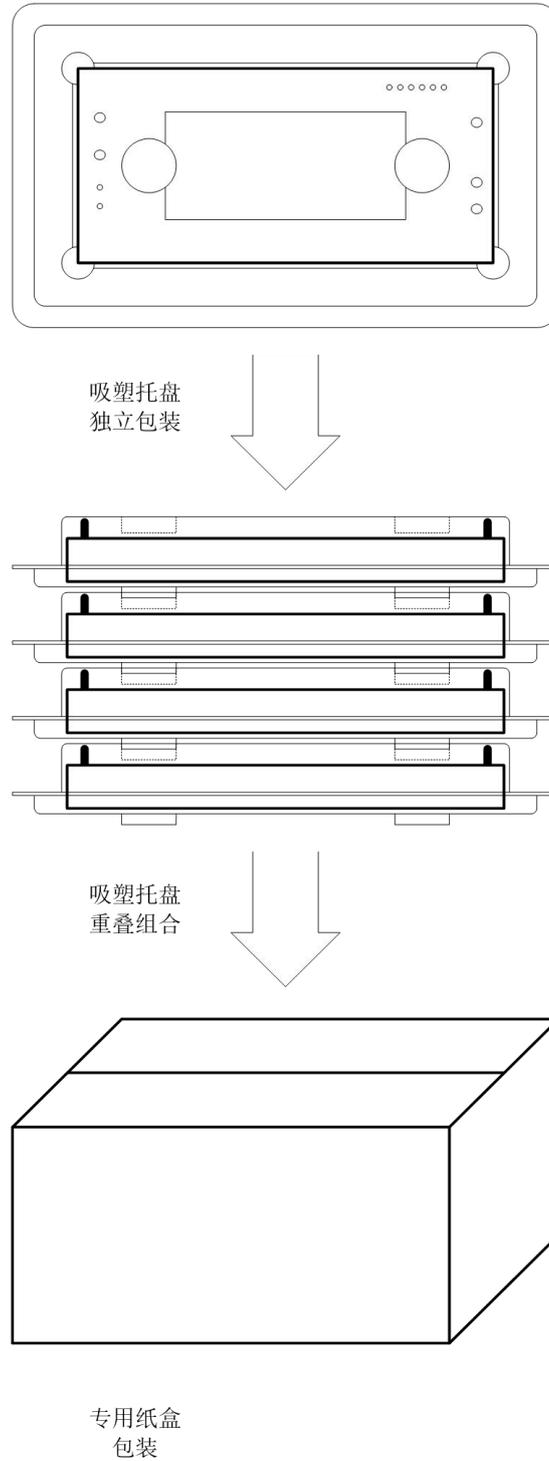


图 15. 包装示意图



模块筛选试验项目

项目	试验条件及方法	引用标准	I档
成品目检	方法 2009.1	GJB548B-2005	100%
高温贮存	高温保温 48h; 恢复 2h	GJB150.3A-2009	125°C
低温贮存	低温保温 24h; 恢复 2h	GJB150.4A-2009	-55°C
温度循环	方法 1010.1 条件 B	GJB548B-2005	100%
初检	方法 2017.1	GJB548B-2005	100%
老炼	方法 1015.1, 最高工作温度	GJB548B-2005	24h
终点电测试	按产品规格	《Q/HW-QD-02 试验大纲》	-40°C, 25°C, 100°C

引用标准/设计规范

序号	编号	名称	备注
1	SJ20668-1998	微电路模块总规范	
4	GJB150A-2009	军用装备实验室环境试验方法	
5	GJB548B-2005	微电子器件试验方法和程序	
6	GJB 360B-2009	电子及电气元件试验方法	
7	GJB151B-2013	军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求	
9	Q/HW01-2019	开关电源微电路模块 DC/DC 变换器通用规范	
10	Q/HW-QD-02	试验大纲	



用户须知

使用产品前请注意警告和注意事项部分，不正确的操作可能导致电源模块永久性损坏或引起火灾，使用产品前请确认已阅读警告和注意事项。

警告

- ◇ 产品通电时，请保持手部和脸部远离产品，避免受到意外伤害。
- ◇ 请不要改造、分解产品，否则可能会引起触电。若用户加工或改造，后果我司概不负责。
- ◇ 产品内部有高压和高温的地方，若触摸后可能引起触电或烧伤的可能，请不要触摸内部元器件。
- ◇ 产品通电时，请不要触摸产品外壳，避免烧伤的可能。

注意事项

- ◇ 确认产品输入/输出终端和信号终端按照产品说明书连接无误；接线时，请切断输入电源。
- ◇ 此电源模块输入端添加适当的慢速熔断型保险丝或其他过流保护装置。
- ◇ 产品的电路图以及参数仅供参考，完成电路设计之前请认真核实电路图及参数的有效性。
- ◇ 请在技术参数范围内使用电源；若超出范围使用，可能会引起产品永久性损坏。
- ◇ 必须考虑产品使用时输出端可能存在电击危险，确认终端产品用户不会接触到产品；终端设备制造商必须设计相应保护方案，确保操作时不会因为工程人员或工具因意外碰触电源端子而导致危险。
- ◇ 我司拥有对此产品说明的最终解释权；未经许可，不能以任何方式进行复制或转载。

存放要求

- ◇ 产品未使用应放在包装箱里，仓库的环境温度(-10~+40)°C，相对湿度不大于 80%，干燥、通风、无腐蚀性气体。
- ◇ 包装箱距离地面应超过 20cm,距离墙壁，热源，通风口，窗口至少 50cm。
- ◇ 本规定条件下，储存期为 2 年，超过 2 年后应重新检验。

其他

- ◇ 本规格书最终解释权归本公司所有。