

ADF500W 系列电源模块

应用指导书

文档版本 02
发布日期 2016-01-18

版权所有 © 华为技术有限公司 2016。 保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明



HUAWEI 和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

华为技术有限公司

地址： 深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼 邮编：518129

前言

概述

本文档详细的描述了 ADF500W 系列的原理、使用方法以及具体的操作指导，同时提供了常见的问题解答及故障处理方法。






读者对象

本文档主要适用于以下工程师：

- 硬件工程师
- 软件工程师
- 系统工程师
- 技术支持工程师

符号约定

在本文中可能出现下列标志，它们所代表的含义如下。

符号	说明
 危险	用于警示紧急的危险情形，若不避免，将会导致人员死亡或严重的人身伤害。
 警告	用于警示潜在的危险情形，若不避免，可能会导致人员死亡或严重的人身伤害。
 小心	用于警示潜在的危险情形，若不避免，可能会导致中度或轻微的人身伤害。
 注意	用于传递设备或环境安全警示信息，若不避免，可能会导致设备损坏、数据丢失、设备性能降低或其它不可预知的结果。 “注意”不涉及人身伤害。
 说明	用于突出重要/关键信息、最佳实践和小窍门等。

符号	说明
	“说明”不是安全警示信息，不涉及人身、设备及环境伤害。

修改记录

修改记录累积了每次文档更新的说明。最新版本的文档包含以前所有文档版本的更新内容。

文档版本 02(2016-01-18)

增加第 4 章节中输出滤波电路的 Γ 型滤波电路

文档版本 01(2015-09-28)

第一次正式发布

目 录

前言.....	ii
1 概述.....	1
2 模块结构.....	3
2.1 结构图	3
2.2 引脚说明	5
3 模块时序.....	8
3.1 开机时序特性	8
3.2 关机时序特性	9
3.3 停机、待机、保护及恢复特性.....	10
4 推荐电路.....	13
4.1 ADF10S48B 推荐电路.....	13
4.1.1 输入滤波电路	14
4.1.2 防护电路	14
4.1.3 PFC 母线电路	15
4.1.4 输出滤波电路	17
4.2 ADF18S28B 推荐电路.....	19
4.2.1 输入滤波电路	19
4.2.2 防护电路	20
4.2.3 PFC 母线电路	21
4.2.4 输出滤波电路	22
4.3 ADF42S12B-A 推荐电路.....	24
4.3.1 输入滤波电路	24
4.3.2 防护电路	25
4.3.3 PFC 母线电路	26
4.3.4 输出滤波电路	27
4.4 并机运行推荐电路	29
5 热评估和散热器选择	30
6 故障处理.....	32

1 概述

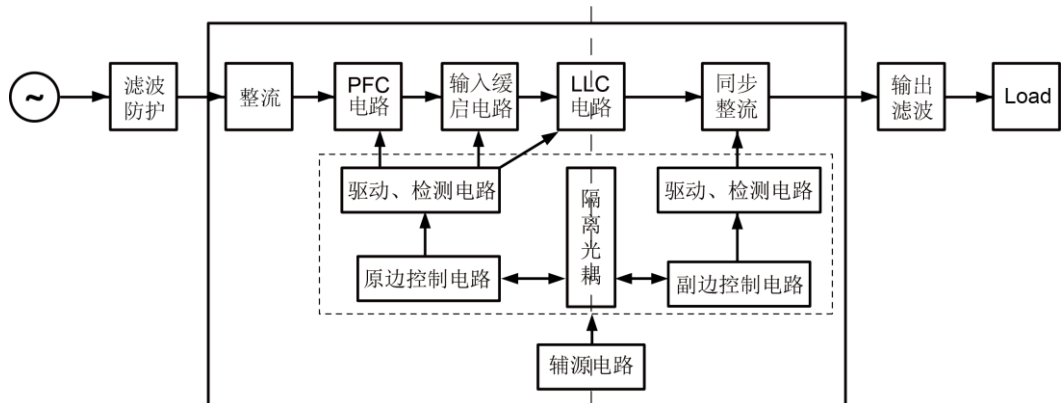
ADF500W 系列全砖电源模块包含三款产品，输出电压涵盖 48V、28V 和 12V，输出功率 500W，输出效率高；支持宽范围交直流输入，支持贴壳和散热器散热，支持多模块并机，并具备 PMBus 通信及相关保护功能，浪涌防护满足 IEC/EN61000-4-5 标准。电源取得 TUV、UL、CE 认证，适合工业、通信、无线、仪器检测、LED 等应用场景。

电气原理图

ADF500W 内部功率变换主要由 PFC 电路和 DC-DC 电路构成，DC-DC 部分隔离带实现输入和输出的隔离。所有功率电路的检测、控制和保护均采用全数字控制。电源模块内部辅源电路为控制电路供电。

电气原理图如图 1-1。

图1-1 电气原理图



型号说明

模块型号如表 1-1。

表1-1 型号

型号	输入电压	额定输出电压	额定输出电流	效率
----	------	--------	--------	----

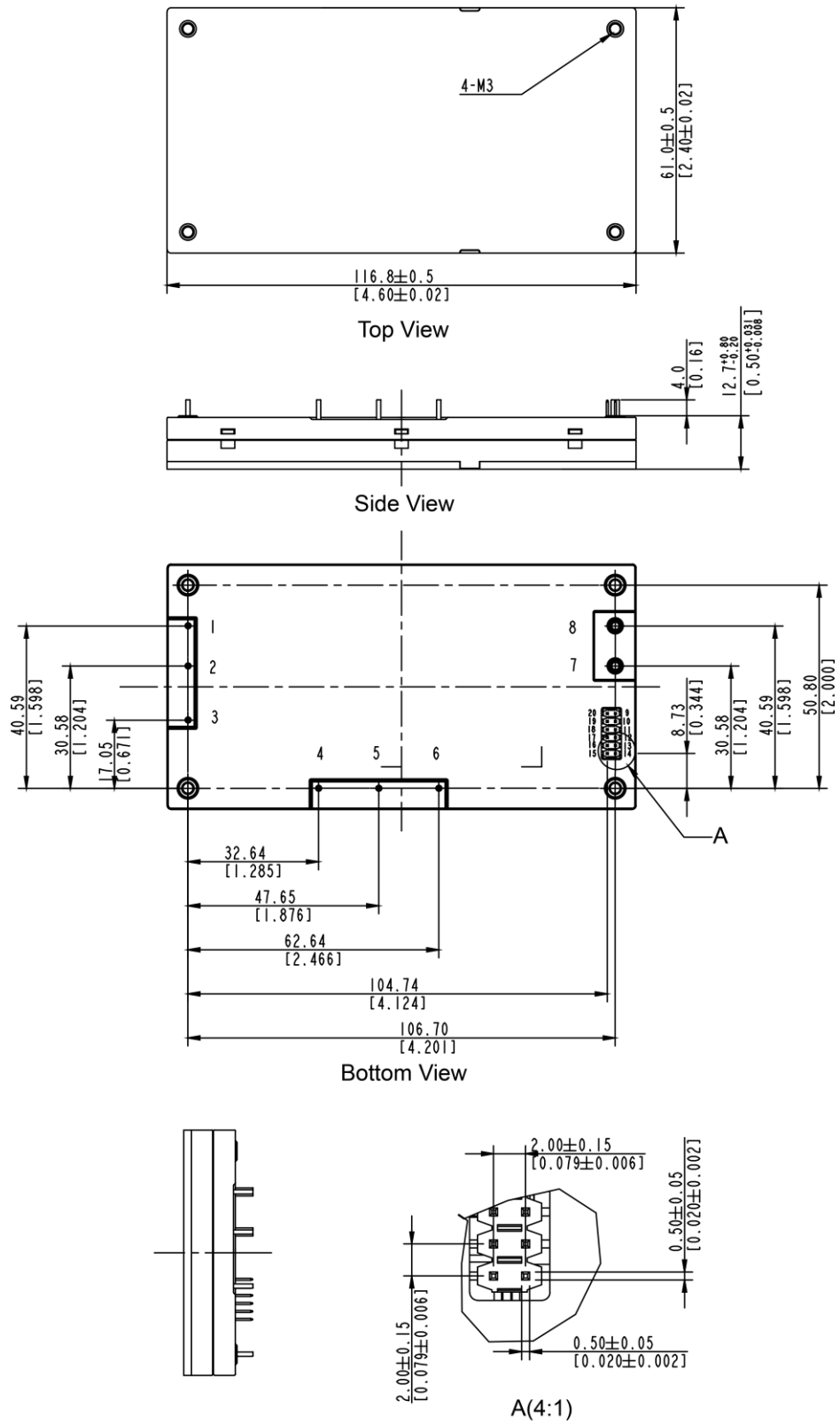
型号	输入电压	额定输出电压	额定输出电流	效率
ADF10S48B	90~290V AC	48V DC	10.5A	92.8%
ADF18S28B	90~290V AC	28V DC	18A	92%
ADF42S12B-A	90~290V AC	12V DC	42A	91%

2 模块结构

2.1 结构图

ADF500W 系列模块结构图如[图 2-1](#)。

图2-1 结构图



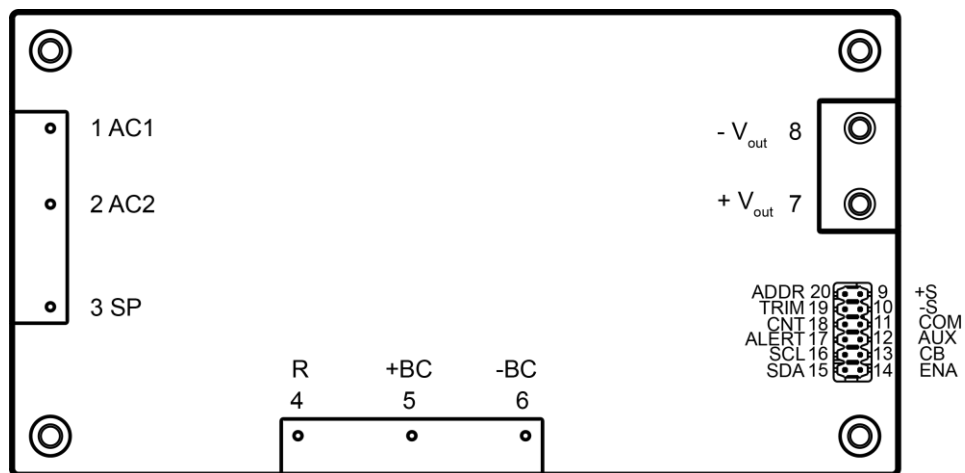
 说明

1. 所有尺寸单位为毫米[英寸]。除有特殊说明，误差为 $\times.\times\pm 0.5\text{mm}$ [$\times.\times\pm 0.02\text{in.}$] $\times.\times\pm 0.25\text{mm}$ [$\times.\times\pm 0.010\text{in.}$]。
2. 1-6 引脚的直径为 $1.00\pm 0.05\text{mm}$ [$0.039\pm 0.002\text{in.}$]，7-8 引脚的直径为 $2.0\pm 0.05\text{mm}$ [$0.079\pm 0.002\text{in.}$]。

2.2 引脚说明

ADF500W 引脚分布如图 2-2。

图2-2 引脚分布图



ADF500W 引脚定义如表 2-1。

表2-1 引脚定义

引脚编号	引脚名称	功能说明
1	AC1	AC 输入
2	AC2	AC 输入
3	SP	浪涌保护引脚
4	R	外接输入冲击电流保护电阻
5	+BC	Boost 输出 (+)
6	-BC	Boost 输出 (-)
7	+V _{out}	DC 输出 (+)
8	-V _{out}	DC 输出 (-)
9	+S	电压补偿 (+)

引脚编号	引脚名称	功能说明
10	-S	电压补偿 (-)
11	COM	公共地
12	AUX	辅助源输出
13	CB	均流共享引脚（并联引脚）
14	ENA	使能信号引脚
15	SDA	PMBus 数据信号
16	SCL	PMBus 时钟信号
17	ALERT	PMBus 恢复引脚
18	CNT	远程开关机控制引脚
19	TRIM	输出电压调节引脚
20	ADDR	模块地址引脚

主要引脚使用说明

说明

引脚的具体使用可参考 4 [推荐电路](#)。

- TRIM

TRIM 引脚用于调节输出电压。在电源模块输出电压可调节范围内，将 TRIM 引脚通过电阻与+S 引脚或-S 引脚连接，实现输出电压调节。

说明

- TRIM 调节和数字调节方式只能二选一，根据实际场景，两种方案可自行选择。
- TRIM 电阻的选择请参考各模块手册，须注意 TRIM 调节不允许超出各模块的输出电压范围。

- ADF42S12B-A 模块未使用该引脚。

- ENA

ENA 引脚输出 ENA 信号，该信号是指示输出电压正常或输入掉电告警的信号。ENA 信号为集电极开路输出。

- AUX

AUX 引脚提供 12V、最大 20mA 的电源，仅用于配合 ENA 信号使用。

说明

AUX 辅助源输出不能过载和短路，否则会损坏模块。

- CB

CB 引脚用于连接 CB 信号，并机时使用。

 说明

并机运行时，该引脚对-S 就近连接 16V，1 μ F 电容，实现对均流信号的滤波；即使单机运行时，建议该引脚对-S 就近连接 16V，0.1 μ F 电容，避免信号干扰，参考 4 [推荐电路](#)。

- CNT

CNT 引脚用于控制 ON/OFF 状态，当 CNT 引脚与 COM 引脚短接时，模块开机，断开则停机。

3 模块时序

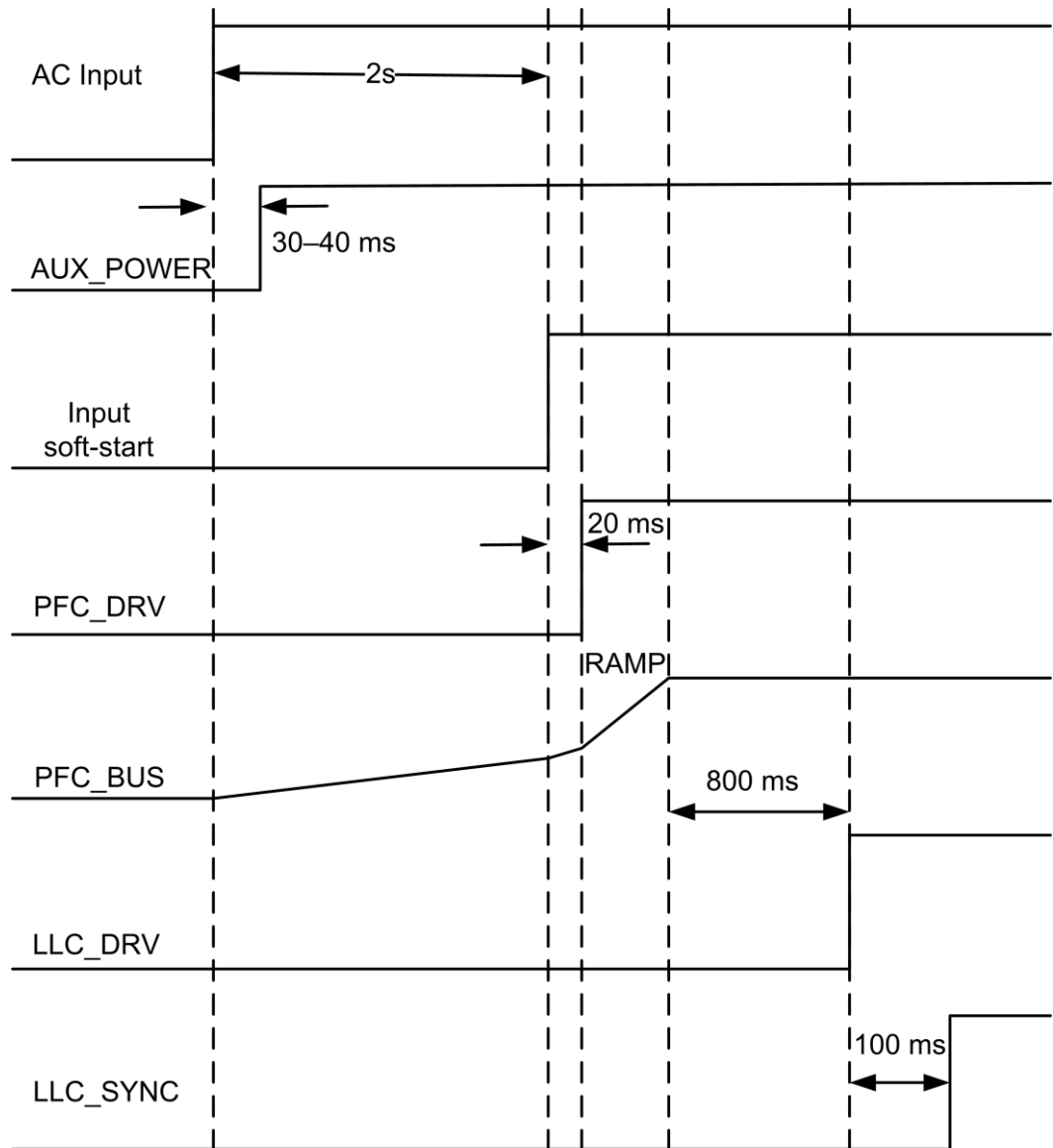
3.1 开机时序特性

ADF500W 系列电源模块正常的上电开机顺序为：

输入上电→辅源工作正常→缓启电路开通→PFC 电路启动→判断 PFC 电压正常→副边信号正常→LLC 电路启动→输出电压建立，发出 ENA 信号（→同步整流开启）。

开机时序如[图 3-1](#)。

图3-1 开机时序



3.2 关机时序特性

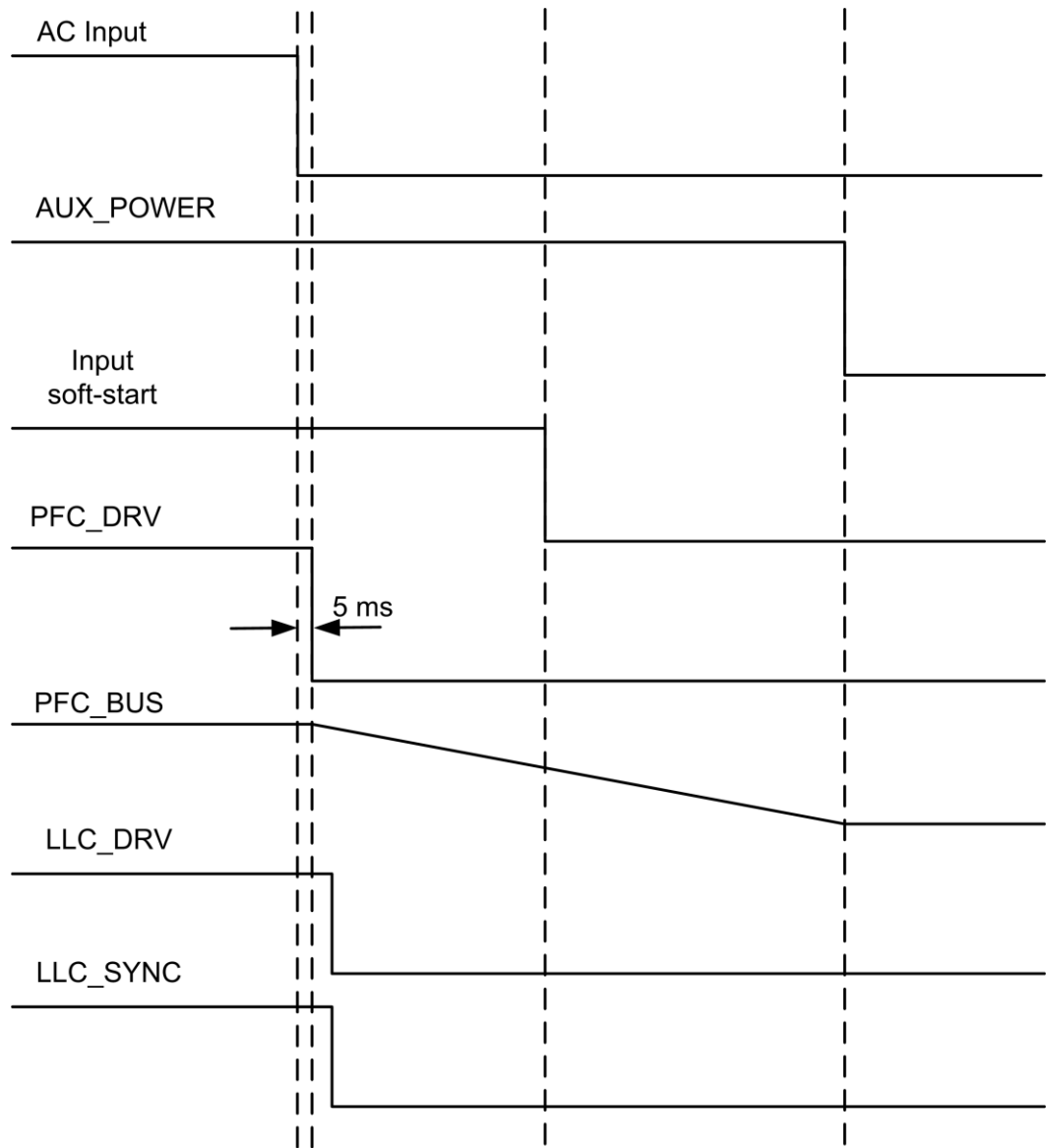
ADF500W 系列电源模块正常下电关机顺序为：

输入下电→PFC 电路关闭→缓启电路关闭→发出 AC lose 信号→判断 PFC 电压低于欠压点→关闭 LLC 电路，输出下电（关闭同步整流）→辅源掉电→模块下电。

如果使用推荐的外围电路，掉电保持时间在满载输出时大于 10ms（全温度范围，热机状态）。在其他情况下，掉电保持时间会根据 PFC 母线电容的容量变化。

关机时序如图 3-2。

图3-2 关机时序



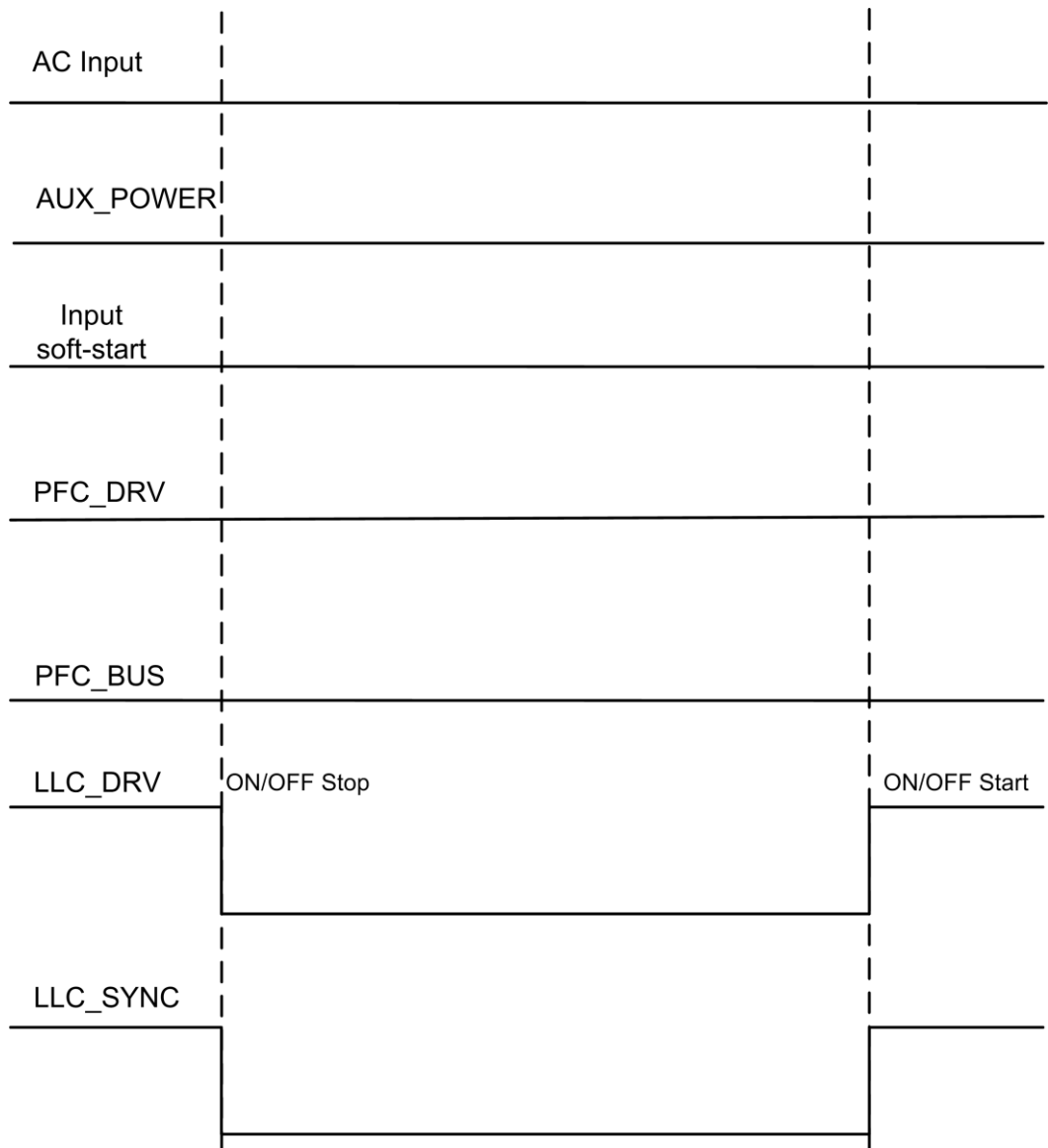
3.3 停机、待机、保护及恢复特性

ADF500W 系列电源模块具备停机和待机功能：

停机功能只关闭 LLC 电路，辅助电源和 PFC 电路正常开启；通过 ON/OFF 引脚控制，再次开机时只执行 LLC 启动之后的时序；用户希望短暂停机后快速开机时使用。

停机时序如图 3-3。

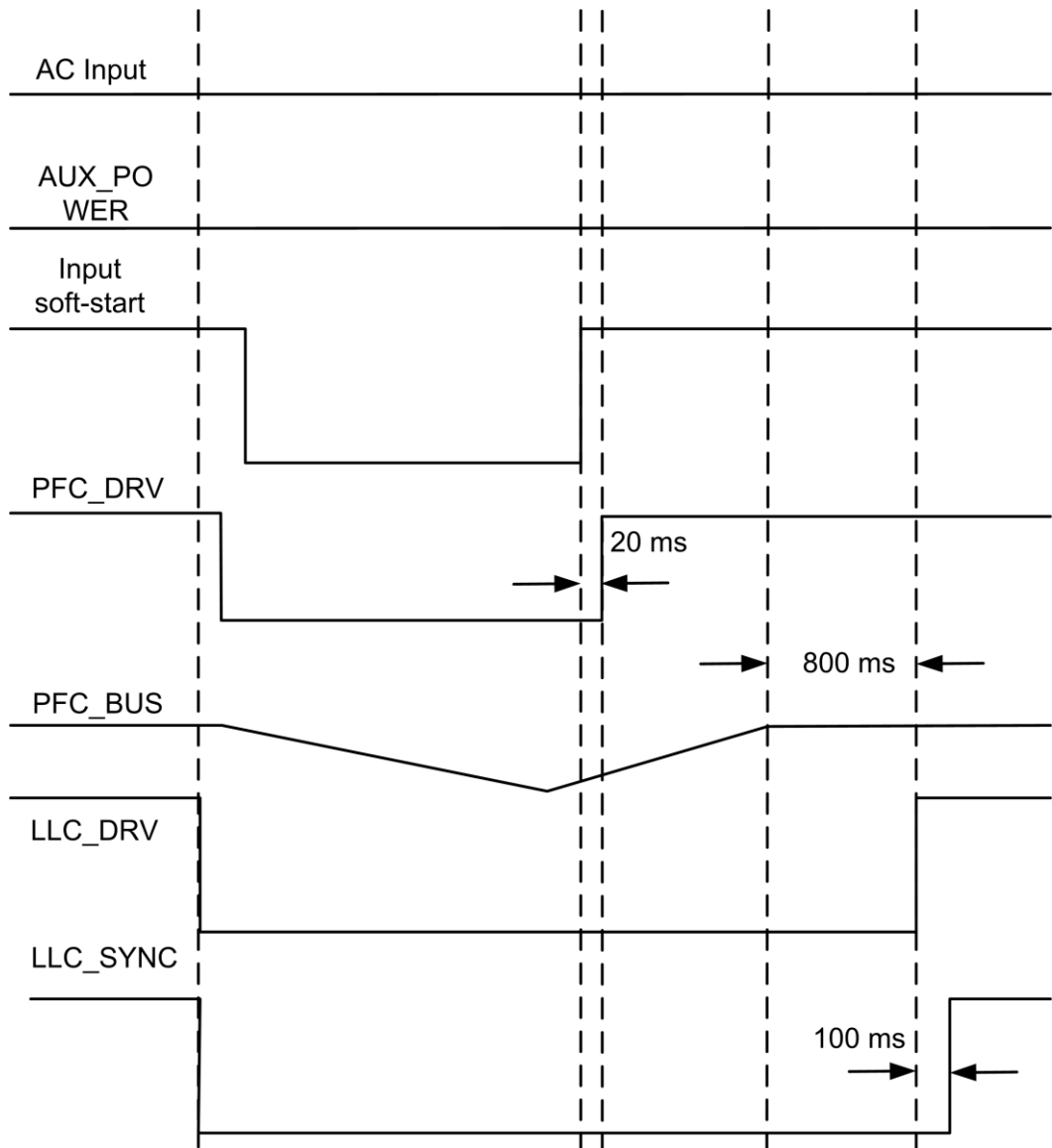
图3-3 停机时序



待机功能关闭 PFC 电路和 LLC 电路，只保留辅助电源工作，通过下发待机指令实现，再次开机时执行正常上电的时序。

待机时序如图 3-4。

图3-4 待机时序



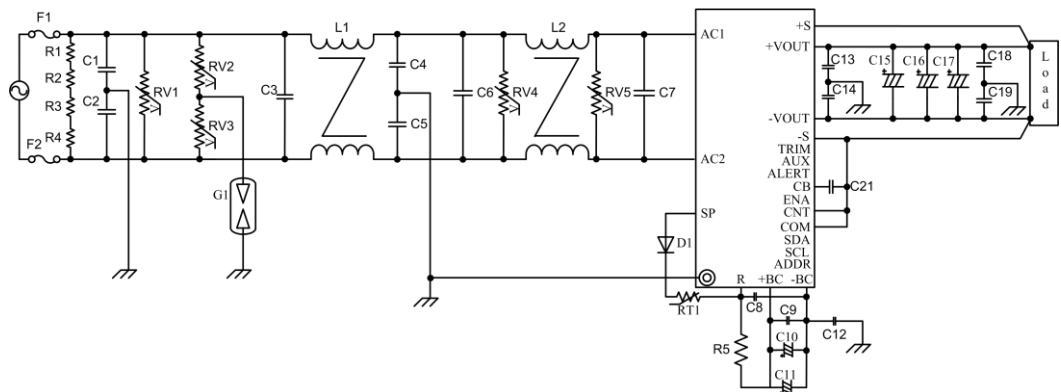
当 ADF500W 系列电源模块检测到故障，则启动保护功能，此时会根据故障类型关闭不同的功率电路，模块恢复输出时，仍然按照开机时序执行。

4 推荐电路

4.1 ADF10S48B 推荐电路

ADF10S48B 模块推荐电路如图 4-1。按照图中推荐电路进行合理的布局布线，可获得最佳的 EMC 滤波、浪涌和雷击防护效果。

图4-1 推荐电路



采用推荐电路可实现的标准如表 4-1。

表4-1 EMC

项目	测试条件	认证标准
Conducted emission (CE)	6dB	EN55022; class B
Radiated emission (RE)	6dB	EN55022; class B
Surge (CM/DM)	6kV/6kV 2Ω	IEC61000-4-5; criterion B
Impulse Current (CM/DM)	5kA/5kA (8/20 综合波)	YD/T944-2007

4.1.1 输入滤波电路

输入滤波电路由两级共模滤波（L1 及 C1、C2 构成第一级、L2 及 C4、C5 构成第二级）和三级差模滤波构成（C3、C6、C7 及放电电阻 R1~R4）。

输入滤波电路的元器件规格如表 4-2。

表4-2 输入滤波电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
L1	3.5mH, 10A	金川 HL25R-27	海光 LB25H5812R	共模滤波电感
C1、C2	1nF, 250V AC	muRata DE2E3KH102 MN3A	TDK CS80- E2GA102MYV S	陶瓷电容, Y 电容
L2	5-12mH, 3.5A	金川 HL25R-54	海光 LB22H7223R	共模滤波电感
C4、C5	10nF, 250V AC	WALSIN YV0AC103M1 40DAMD7B	muRata DE2F3KY103 MN3AM02	陶瓷电容, Y 电容
C3、C6、C7	1 μ F, 275V AC	厦门法拉 C42P2105K9S C000	-	薄膜电容, X 电容
R1~R4	0.25W, 100k Ω	-	-	-

说明

- 表 4-2 选型仅针对 220V AC 输入。
- 推荐电路仅针对 220V AC 电网应用场景，如输入电压为其他等级，则需根据输入电流大小评估共模电感的额定电流，重新进行选型。
- 实际使用时，EMC 电路滤波效果与布局、布线及接地相关，滤波后电路与滤波器前电路尽可能空间隔离，避免耦合。通常“一”字型布局优于“U”型布局。为达到 EMC 验收标准，部分元器件可能需要调整。如需较好的 EMC 滤波效果，还需要母线和输出滤波电路配合。
- 当 EMC 要求降低时，可以考虑减少第一级共模滤波电路以及第一级差模滤波电路。
- 差模滤波电容需要选择耐高频纹波电流的金属化聚丙烯薄膜电容；其中，最末级差模滤波电容 C7 必须靠近模块输入端放置，当多模块并机使用时，该电容必须独立配置不可共用。

4.1.2 防护电路

防护电路由三级差模防护（RV1、RV4、RV5）、一级共模防护（RV2、RV3、G1）和抗饱和电路（D1、RT1）组成，输入端保险管（F1、F2）用于短路故障后隔离。

防护电路元器件规格如表 4-3。

表4-3 防护电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
RV1、RV4	620V-385V- 20kA	EPCOS B72220P3381K 101	-	压敏电阻
RV5	620V-385V- 4.5kA	风华 FNR- 14K621H&1	EPCOS B72214S381K5 51	压敏电阻
RV2、RV3	750V-460V- 12kA	EPCOS B72220P3461K 101	兴勤 TVR20751KS2 05R	压敏电阻
G1	10kA-1.5kV	EPCOS B88069X2180S 102	武进江南 2R1500A5L	气体放电管
F1、F2	15A, 250VAC	威可特 UTE-A015	-	保险管
D1	1kV, 3A	VISHAY UF5408-E3/54	乐山无线电厂 UF5408	快速恢复二极 管
RT1	1Ω	兴勤 SCK15018MF Y501	EPCOS B57237S	热敏电阻



注意

- D1 不能反接，否则电源模块会损坏。
- 推荐的防护电路可实现抗浪涌和防雷标准，当 ADF500W 电源模块应用环境较好时，可适当降低防护要求，此时可适当简化和调整元器件选型。但需注意，抗饱和电路不能省略，且快速恢复二极管不能反向，否则模块有损坏风险。

4.1.3 PFC 母线电路

PFC 母线电路为 PFC 电路输出储能，用户可以根据实际应用需求选取合适的母线电容。

ADF500W 电源模块的输出纹波和掉电保持时间与母线电容的容量相关。尤其是低温环境下使用时，需要选取高性能母线电容（容量和 ESR 受温度影响小的电容）。此外，

吸收电容必不可少，吸收电容可限制 PFC 输出冲击电压、减少母线电容纹波，并利于低温启机。

母线电容的选取是模块应用关键部分之一，其型号应根据实测的纹波电流有效值和实际掉电保持时间要求来决定。

PFC 母线电路元器件规格如表 4-4。

表4-4 PFC 母线电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
R5	75Ω, 5W	四川永星 RX911H-5W- 75Ω J	-	水泥绕线电阻
C10、C11	450V DC	NCC ELXS451VSN3 91MR50S	Nichicon UCS2W680MN Y9	铝电解电容
C8、C9	450V DC, 1.5μF	厦门法拉 C222S155K60 C000	-	薄膜电容
C12	2.2nF, 250V AC	TDK CS11- E2GA222MYV SA	muRata DE2E3KH222 MN3A	陶瓷电容, Y 电容

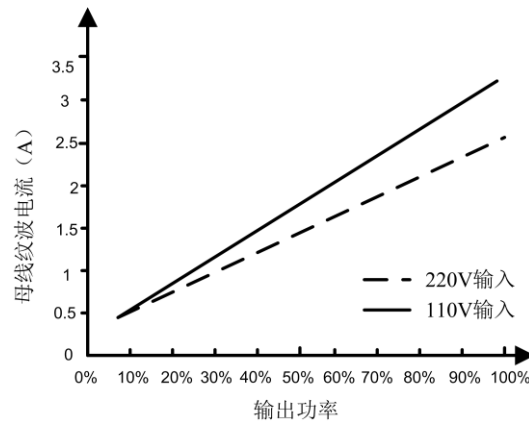
 说明

- R5 为缓起电阻，需要耐冲击电流，承受瞬间大功耗。
- C10、C11 为 PFC 母线电容，母线电容容量和数量需要根据用户实际场景选取，总容量小于 780μF。母线电容的容量可依据输出功率及掉电保持时间估算：

$$C_{bus} = \frac{P_{out} \cdot t_{hold_up}}{28.8}$$

C_{bus} 表示母线电容容量 (单位 μF)， P_{out} 表示输出功率 (单位 W)， t_{hold_up} 表示保持时间 (单位 ms)，实际选取母线电容容量需要考虑一定裕量，掉电保持时间以实际测试结果为准。此外，母线电容的纹波电流也要满足器件规格的要求。ADF500W 系列模块 PFC 母线纹波电流与输出功率的关系参考如图 4-2：

图4-2 母线纹波电流与输出功率的关系

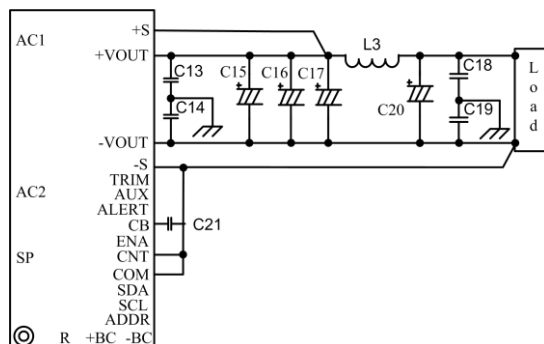


- 实际布局时，吸收电容 C8、C9 要与模块尽量靠近，其连接引脚 R、BC+和 BC-的走线尽量短。C8 电容容量不能过小，否则会引起 PFC 电路起机时冲击电压过高。
- 由于在浪涌电压或雷击电流冲击瞬间，母线电压会在短暂时间升高，因此需要母线电容和吸收电容具有短时耐高压的能力。

4.1.4 输出滤波电路

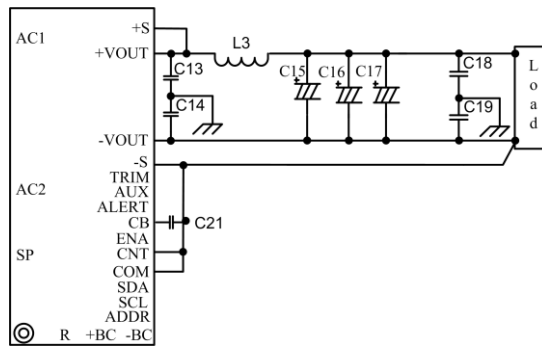
输出滤波电路主要由差模滤波电容（C15~C17）和共模滤波电容（C13、C14、C18、C19）构成。其中差模滤波电路可以根据用户对纹波电压的要求灵活调整，增加滤波电容（C20）和滤波电感（L3），如图 4-3；或仅增加滤波电容或滤波电感（L3），如图 4-4。此外，选取低 ESR 的铝电解电容也有助于减小纹波。在低温环境下使用时，需要选取高性能输出电容（容量和 ESR 受温度影响小）。

图4-3 输出滤波电路（增加 C20 和 L3）



选取输出电容时，除需要考虑纹波电压外，还需要评估实际纹波电流是否满足铝电解电容的使用要求，避免电容超规格使用而带来风险。可通过Γ型滤波电路减小铝电解电容的纹波电流。

图4-4 输出滤波电路（Γ型滤波电路，增加 L3）



输出滤波电路元器件规格如表 4-5。

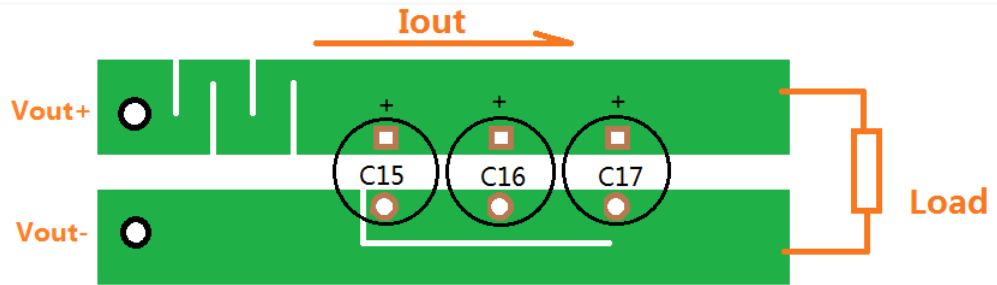
表4-5 输出滤波电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
C15~C17、 C20	63V, 470 μ F	NCC EKY630ELL47 1MK25S	-	铝电解电容
L3	0.3 μ H	海光 LB06R7175R	金川 LGBJ-A-0R3	高频电感
C13、C14	100nF, 1kV	muRata GRM55DR73A 104KW01L	AVX 2220AC104KA T1A	瓷片电容
C18、C19	22nF, 1kV	muRata GRM32DR73A 223KW01L	YAGEO CC1210KKX7 RCBB223	陶瓷电容
C21	16V, 0.1 μ F	-	-	-



注意

- 当使用滤波电感抑制纹波电压时，+S 信号只能接在电感的电源侧，不能接在负载侧，否则将引起纹波增加及电源稳定性问题。
- 纹波电流超出电容规格会使电容工作温度过高而缩短寿命；通常铝电解电容的 ESR 越小其可耐受的纹波电流越大。此外，输出滤波电路的 PCB 走线需要考虑滤波回路的对称性，从而保证电容纹波电流的均流，参见示意图：

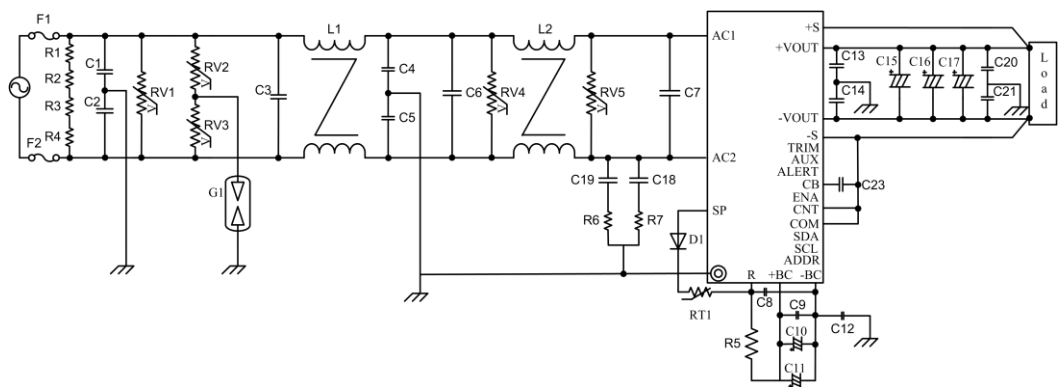


- 采用Γ型滤波电路时，滤波电感量不应超过 0.5 μH(含模块输出端子至滤波电容之间 PCB 线路寄生电感)。

4.2 ADF18S28B 推荐电路

ADF18S28B 模块的推荐电路如图 4-5，该电路可实现的 EMC 标准与 ADF10S48B 模块相同。实际电路的布局布线要点可参考 ADF10S48B 模块相关内容。本节主要介绍 ADF18S28B 模块推荐电路。

图4-5 推荐电路



4.2.1 输入滤波电路

ADF18S28B 模块的输入滤波电路与 ADF10S48B 输入滤波电路有少量区别，但布局布线原则相同，尽量将滤波前和滤波后的电路隔离。

输入滤波电路的元器件规格如表 4-6。

表4-6 输入滤波电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
L1、L2	3.5mH, 10A	金川 HL25R-27	海光 LB25H5812R	共模滤波电感
C1、C2、 C18、C19	1nF, 250V AC	muRata DE2E3KH102 MN3A	TDK CS80- E2GA102MYV S	陶瓷电容, Y 电容
C4、C5	10nF, 250V AC	WALSIN YV0AC103M1 40DAMD7B	muRata DE2F3KY103 MN3AM02	陶瓷电容, Y 电容
C3、C7	1 μ F, 275V AC	厦门法拉 C42P2105K9S C000	-	薄膜电容, X 电容
C6	0.68 μ F, 275V AC	厦门法拉 C42P2684K9S CC3A	-	薄膜电容, X 电容
R1~R4	0.25W, 100k Ω	-	-	-
R6、R7	0.25W, 22 Ω	-	-	-

 说明

表 4-6 选型仅针对 220V AC 输入。关于输入滤波电路配置、布局及关键元件选型，可参考 4.1.1 输入滤波电路。

4.2.2 防护电路

ADF18S28B 模块的防护电路与 ADF10S48B 模块相同。防护电路由三级差模防护 (RV1、RV4、RV5)、一级共模防护 (RV2、RV3、G1) 和抗饱和电路 (D1、RT1) 组成，输入端保险管 (F1、F2) 用于短路故障后隔离。

防护电路元器件规格如表 4-7。

表4-7 防护电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
RV1、RV4	620V-385V- 20kA	EPCOS B72220P3381K 101	-	压敏电阻
RV5	620V-385V-	风华	EPCOS	压敏电阻

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
	4.5kA	FNR-14K621H&1	B72214S381K551	
RV2、RV3	750V-460V-12kA	EPCOS B72220P3461K101	兴勤 TVR20751KS205R	压敏电阻
G1	10kA-1.5kV	EPCOS B88069X2180S102	武进江南 2R1500A5L	气体放电管
F1、F2	15A, 250VAC	威可特 UTE-A015	-	保险管
D1	1kV, 3A	VISHAY UF5408-E3/54	乐山无线电厂 UF5408	快速恢复二极管
RT1	1Ω	兴勤 SCK15018MFY501	EPCOS B57237S	热敏电阻



注意

- D1 不能反接，否则电源模块会损坏。
- 推荐的防护电路可实现抗浪涌和防雷标准，当 ADF500W 电源模块应用环境较好时，可适当降低防护要求，此时可适当简化和调整元器件选型。但需注意，抗饱和电路不能省略，且快速恢复二极管不能反向，否则模块有损坏风险。

4.2.3 PFC 母线电路

ADF18S28B 模块的 PFC 母线电路与 ADF10S48B 模块相同。PFC 母线电路为 PFC 电路输出储能，用户可以根据实际应用需求合理选取合适的母线电容。

ADF500W 电源模块的输出纹波和掉电保持时间与母线电容的容量相关。尤其是低温环境下使用时，需要选取高性能母线电容（容量和 ESR 受温度影响小的电容）。此外，吸收电容必不可少，吸收电容可限制 PFC 输出冲击电压、减少母线电容纹波，并利于低温起机。

母线电容的选取是电源模块的关键，其型号应根据实测的纹波电流有效值和实际掉电保持时间要求来决定。

PFC 母线电路元器件规格如表 4-8。

表4-8 PFC 母线电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
R5	75Ω , 5W	四川永星 RX911H-5W- 75Ω J	-	水泥绕线电阻
C10、C11	450V DC	NCC ELXS451VSN3 91MR50S	Nichicon UCS2W680MN Y9	铝电解电容
C8、C9	450V DC, 1.5 μF	厦门法拉 C222S155K60 C000	-	薄膜电容
C12	2.2nF, 250V AC	TDK CS11- E2GA222MYV SA	muRata DE2E3KH222 MN3A	陶瓷电容, Y 电容

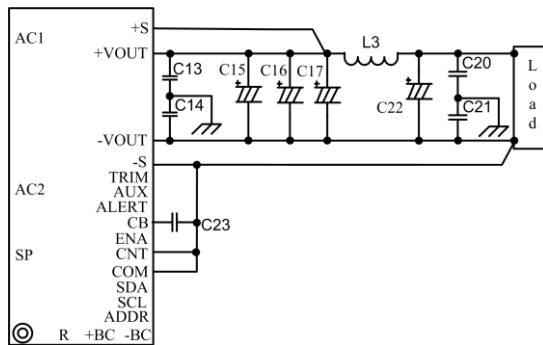
 说明

- R5 为缓起电阻，需要耐冲击电流，承受瞬间大功耗。
- C10、C11 为 PFC 母线电容，母线电容容量和数量需要根据用户实际场景选取，总容量小于 780μF。母线电容容量可依据输出功率及掉电保持时间估算，此外，母线电容的纹波电流也要符合器件规格要求，相关内容请参考 4.1.3 PFC 母线电路。
- 实际布局时，吸收电容 C8、C9 要与模块尽量靠近，其连接引脚 R、BC+ 和 BC- 的走线尽量短。C8 电容容量不能过小，否则会引起 PFC 电路起机时冲击电压过高。
- 由于在浪涌电压或雷击电流冲击瞬间，母线电压会在短暂时间升高，因此需要母线电容和吸收电容具有短时耐高压的能力。

4.2.4 输出滤波电路

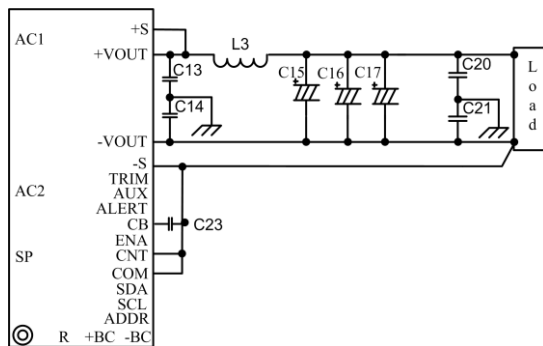
ADF18S28B 模块的输出滤波电路与 ADF10S48B 模块相同。输出滤波电路主要由差模滤波电容 (C15~C17) 和共模滤波电容 (C13、C14、C20、C21) 构成。其中差模滤波电路可以根据用户对纹波电压的要求灵活调整，增加滤波电容 (C22) 和滤波电感 (L3)，如图 4-6；或仅增加滤波电容或滤波电感 (L3)，如图 4-7。此外，选取低 ESR 的铝电解电容也有助于减小纹波。在低温环境下使用时，需要选取高性能输出电容 (容量和 ESR 受温度影响小)。

图4-6 输出滤波电路（增加 C22 和 L3）



选取输出电容时，除需要考虑纹波电压外，还需要评估实际纹波电流是否满足铝电解电容的使用要求，避免电容超规格使用而带来风险。可通过Γ型滤波电路减小铝电解电容的纹波电流。

图4-7 输出滤波电路（Γ型滤波电路，增加 L3）



输出滤波电路元器件规格如表 4-9。

表4-9 输出滤波电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
C15~C17、 C22	63V, 470 μ F	NCC EKY630ELL47 1MK25S	-	铝电解电容
L3	0.3 μ H	海光 LB06R7175R	金川 LGBJ-A-0R3	高频电感
C13、C14	100nF, 1kV	muRata GRM55DR73A 104KW01L	AVX 2220AC104KA T1A	瓷片电容
C20、C21	22nF, 1kV	muRata GRM32DR73A 223KW01L	YAGEO CC1210KKX7 RCBB223	陶瓷电容

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
C23	16V, 0.1 μ F	-	-	-



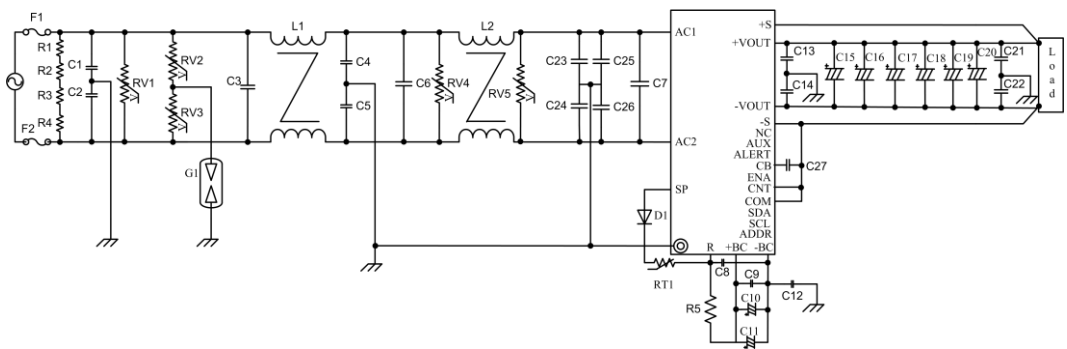
注意

- 当使用滤波电感抑制纹波电压时，+S 信号只能接在电感的电源侧，不能接在负载侧，否则将引起纹波增加及电源稳定性问题。
- 纹波电流超出电容规格会使电容工作温度过高而缩短寿命；通常铝电解电容的 ESR 越小其可耐受的纹波电流越大。此外，输出滤波电路的 PCB 走线需要考虑滤波回路的对称性，从而保证电容纹波电流的均流，可参考 4.1.4 输出滤波电路。
- 采用 Γ 型滤波电路时，滤波电感量不应超过 0.5 μ H(含模块输出端子至滤波电容之间 PCB 线路寄生电感)。

4.3 ADF42S12B-A 推荐电路

ADF42S12B-A 模块推荐电路如图 4-8，该电路可实现的 EMC 标准与 ADF10S48B 模块相同。实际电路的布局布线要点可参考 ADF10S48B 模块相关内容。本节主要介绍 ADF42S12B-A 推荐电路。

图4-8 推荐电路



4.3.1 输入滤波电路

ADF42S12B-A 模块的输入滤波电路与 ADF10S48B 模块输入滤波电路有少量区别，但布局布线原则相同，尽量将滤波前和滤波后的电路隔离。

输入滤波电路的元器件规格如表 4-10。

表4-10 输入滤波电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
L1、L2	5-12mH, 3.5A	金川 HL25R-54	海光 LB22H7223R	共模滤波电感
C1、C2、 C25、C26	1nF, 250V AC	muRata DE2E3KH102 MN3A	TDK CS80- E2GA102MYV S	陶瓷电容, Y 电容
C3、C7	1 μ F, 275V AC	厦门法拉 C42P2105K9S C000	-	薄膜电容, X 电容
C4、C5	2.2nF, 250V AC	TDK CS11- E2GA222MYV SA	muRata DE2E3KH222 MN3A	陶瓷电容, Y 电容
C6	0.68 μ F, 275V AC	厦门法拉 C42P2684K9S CC3A	-	薄膜电容, X 电容
C23、C24	4.7nF, 250VAC	TDK CD16- E2GA472MYV SA	muRata DE1E3KX472 MN4AN01F	陶瓷电容, Y 电容
R1~R4	0.25W, 100k Ω	-	-	-

 说明

表 4-10 选型仅针对 220V AC 输入。关于输入滤波电路配置、布局及关键元件选型，可参考 4.1.1 输入滤波电路。

4.3.2 防护电路

ADF42S12B-A 模块的防护电路与 ADF10S48B 模块相同。防护电路由三级差模防护 (RV1、RV4、RV5)、一级共模防护 (RV2、RV3、G1) 和抗饱和电路 (D1、RT1) 组成，输入端保险管 (F1、F2) 用于短路故障后隔离。

防护电路元器件规格如表 4-11。

表4-11 防护电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
RV1、RV4	620V-385V- 20kA	EPCOS B72220P3381K 101	-	压敏电阻

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
RV5	620V-385V- 4.5kA	风华 FNR- 14K621H&1	EPCOS B72214S381K5 51	压敏电阻
RV2、RV3	750V-460V- 12kA	EPCOS B72220P3461K 101	兴勤 TVR20751KS2 05R	压敏电阻
G1	10kA-1.5kV	EPCOS B88069X2180S 102	武进江南 2R1500A5L	气体放电管
F1、F2	15A, 250VAC	威可特 UTE-A015	-	保险管
D1	1kV, 3A	VISHAY UF5408-E3/54	乐山无线电厂 UF5408	快速恢复二极管
RT1	1Ω	兴勤 SCK15018MF Y501	EPCOS B57237S	热敏电阻



注意

- D1 不能反接，否则电源模块会损坏。
- 推荐的防护电路可实现抗浪涌和防雷标准，当 ADF500W 电源模块应用环境较好时，可适当降低防护要求，此时可适当简化和调整元器件选型。但需注意，抗饱和电路不能省略，且快速恢复二极管不能反向，否则模块有损坏风险。

4.3.3 PFC 母线电路

ADF42S12B-A 模块的 PFC 母线电路与 ADF10S48B 模块相同。PFC 母线电路为 PFC 电路输出储能，用户可以根据实际应用需求合理选取合适的母线电容。

ADF500W 电源模块的输出纹波和掉电保持时间与母线电容的容量相关。尤其是低温环境下使用时，需要选取高性能母线电容（容量和 ESR 受温度影响小的电容）。此外，吸收电容必不可少，吸收电容可限制 PFC 输出冲击电压、减少母线电容纹波，并利于低温起机。

母线电容的选取是模块应用关键部分之一，其型号应根据实测的纹波电流有效值和实际掉电保持时间要求来决定。

PFC 母线电路元器件规格如表 4-12。

表4-12 PFC 母线电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
R5	75Ω , 5W	四川永星 RX911H-5W- 75Ω J	-	水泥绕线电阻
C10、C11	450V DC	NCC ELXS451VSN3 91MR50S	Nichicon UCS2W680MN Y9	铝电解电容
C8、C9	450V DC, 1.5 μF	厦门法拉 C222S155K60 C000	-	薄膜电容
C12	2.2nF, 250V AC	TDK CS11- E2GA222MYV SA	muRata DE2E3KH222 MN3A	陶瓷电容, Y 电容

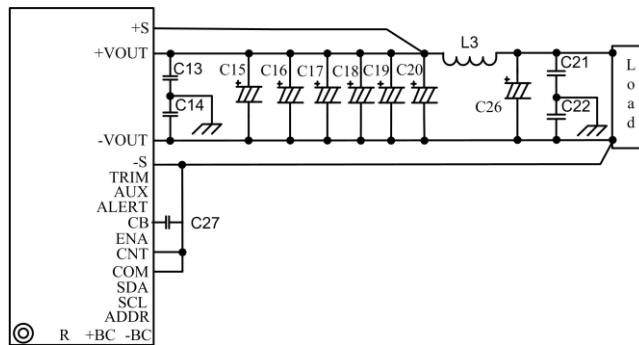
 说明

- R5 为缓起电阻，需要耐冲击电流，承受瞬间大功耗。
- C10、C11 为 PFC 母线电容，母线电容容量和数量需要根据用户实际场景选取，总容量小于 780 μF。母线电容容量可依据输出功率及掉电保持时间估算，此外，母线电容的纹波电流也要符合器件规格要求，相关内容可参考 4.1.3 PFC 母线电路。
- 实际布局时，吸收电容 C8、C9 要与模块尽量靠近，其连接引脚 R、BC+ 和 BC- 的走线尽量短。C8 电容容量不能过小，否则会引起 PFC 电路起机时冲击电压过高。
- 由于在浪涌电压或雷击电流冲击瞬间，母线电压会在短暂时间升高，因此需要母线电容和吸收电容具有短时耐高压的能力。

4.3.4 输出滤波电路

ADF42S12B-A 模块的输出滤波电路与 ADF10S48B 模块相同。输出滤波电路主要由差模滤波电容 (C15~C20) 和共模滤波电容 (C13、C14、C21、C22) 构成。其中差模滤波电路可以根据用户对纹波电压的要求灵活调整，增加滤波电容 (C26) 和滤波电感 (L3)，如图 4-9；或仅增加滤波电容或滤波电感 (L3)。此外，选取低 ESR 的固态铝电容也有助于减小纹波。在低温环境下使用时，需要选取高性能输出电容 (容量和 ESR 受温度影响小)。

图4-9 输出滤波电路（增加 C26 和 L3）



输出滤波电路元器件规格如表 4-13。

表4-13 输出滤波电路元器件规格

元器件	规格	推荐型号 1	推荐型号 2	备注
C15~C20、 C26	16V, 220 μ F	NCC APXE160ARA 221MHA0G	Nichicon PCJ1C221MCL 4GS	固体铝电容
L3	0.3 μ H	海光 LB06R7175R	金川 LGBJ-A-0R3	高频电感
C13、C14	220nF, 1kV	muRata GRM55DR72J2 24KW01L	AVX 2220CC224KA T1A	瓷片电容
C21、C22	22nF, 1kV	muRata GRM32DR73A 223KW01L	YAGEO CC1210KKX7 RCBB223	陶瓷电容
C27	16V, 0.1 μ F	-	-	-

说明

- 当使用滤波电感抑制纹波电压时，+S 信号只能接在电感的电源侧，不能接在负载侧，否则将引起纹波增加及电源稳定性问题。
- 对纹波要求不高的场景，可以减少固体铝电容使用数量，或改用其他型号，此时需要用户进行评估，除纹波指标满足要求外，还需要确保单只电容承受的纹波电流满足规格。此外，输出滤波电路的 PCB 走线需要考虑滤波回路的对称性，从而保证电容纹波电流的均流，相关内容请参考 4.1.4 输出滤波电路。

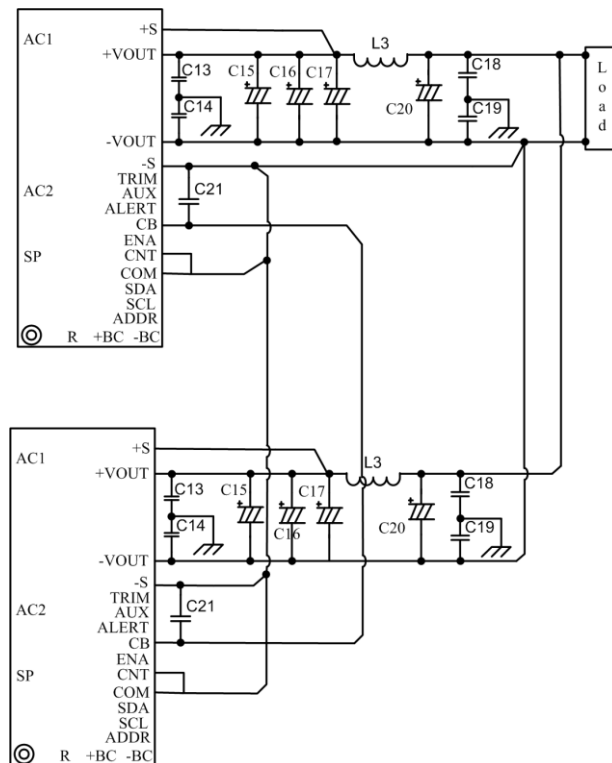
4.4 并机运行推荐电路

ADF500W 系列电源模块最大能够实现 6 台并机，推荐 2 台电源并机使用。并机使用时可以选择冷备份或热备份。总输出功率不超过 90% 满载为宜。

- 并机运行时，两模块的应用电路输入滤波电路可以选择独立使用或共用一套，但须注意最末级差模滤波电容（C7）必须独立使用，且要靠近模块输入端放置。
- 并机运行时，两模块的应用电路的防护电路及母线电路严禁并联和短接，否则会引引起模块损坏和电源短路。
- 并机运行时，两模块的应用电路输出部分， $+V_{out}$ 、 $-V_{out}$ 需要分别连接。
- 并机运行时，两模块的应用电路控制部分，两模块的-S 均与 $-V_{out}$ 汇合点连接，两模块的+S 分别连接各自的输出滤波电感前，两模块的 CB 短接，在端口处需要增加 16V， $1\mu\text{F}$ （C21）的滤波电容。

并机电路如图 4-10（以 ADF10S48B 模块为例）。

图4-10 ADF10S48B 并机电路



说明

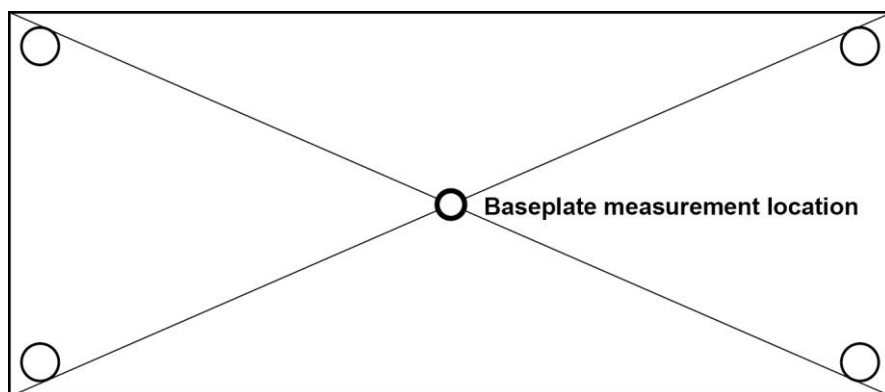
并机通信时，可以使用一台上位机，也可以使用两台上位机。如使用一台，则需分配地址进行区分。详细的通信内容请参考对应电源模块的技术手册。

5 热评估和散热器选择

选择散热器时要保证铝基板表面均温，并且铝基板参考温度点在模块内部最大功耗处，外部最差散热条件下应保持 90℃ 以下。电源模块铝基板的温度需按照技术手册中降额曲线评估，当超过降额曲线范围使用时，模块有损坏风险。

温度测试点为铝基板的中心，如图 5-1。

图5-1 铝基板温度测试点示意图

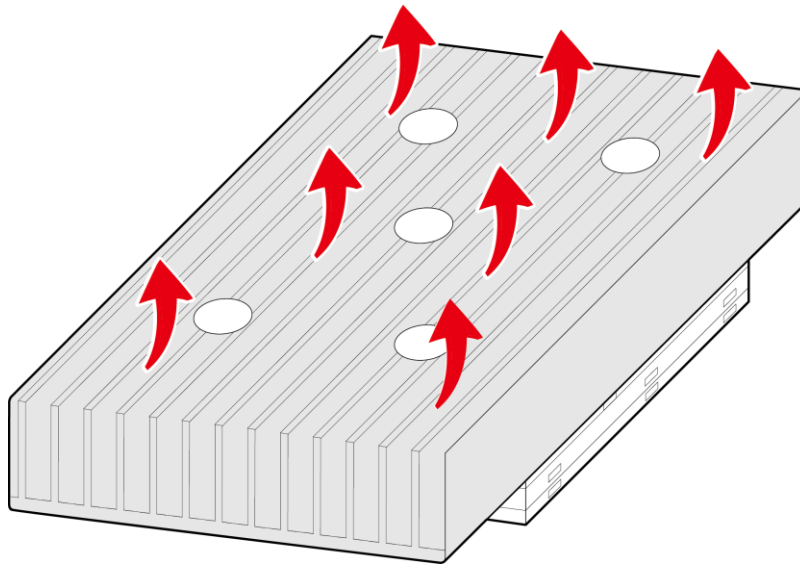


说明

当电源模块并联使用时，可以根据空间尺寸调整布局，两模块共用散热器或分别使用独立的散热器。

散热器安装时，推荐将散热齿向上安装，便于空气对流，热量尽快散出，如图 5-2。散热器与铝基板贴装的表面平整度和导热硅脂的使用应符合相关技术规范，以便达到最佳的散热效果。

图5-2 推荐散热器安装方式



ADF500W 电源模块与散热器及 PCB 在电子装联过程中，要确保电气连接和机械固定可靠，避免震动损坏电路。此外，在电子装联过程中，也要尽可能减小散热器、电源模块及 PCB 之间的机械应力。推荐的安装顺序应为先将模块与 PCB 和散热器机械安装，再焊接，确保焊点不承受机械应力。

 说明

模块使用时，必须通过四个固定孔，采用紧固螺钉固定并接地，避免模块引脚承受机械应力；模块引脚仅用于电气连接用途，不得用于机械固定的目的。

6 故障处理

故障 1

问题描述

模块无输出电压。

解决方法

可能的原因	解决措施
输入电压异常	检查输入电压
保险管损坏	检查保险管
CNT 没有与 COM 连接	检查线路
-S 没有与 $-V_{out}$ 连接	检查线路
输出短路	检查输出阻抗
输出过压锁死	输入下电 60s 后重新上电
过温保护	铝基板温度降低 90℃ 以下，5min 后恢复输出



注意

1. 检查输入电压时，需要正确使用测量仪表，注意人身安全。
2. 保险管损坏，有可能是短路引起，必须确定并排除故障，再安装新的保险管。
3. 大负载跳变场景，建议轻载时保留 10% 以上负载使用。
4. 如果经常发生热保护，建议用户重新评估散热器、风扇风速等配置，确保最恶劣条件下铝基板温度不超过 90°C。
5. 检查其他接线原因时，将输入电压断开并且确认 PFC 母线电压降至 60V 以下再测量。

故障 2

问题描述

低温起机时纹波过大。

解决方法

输出电容和母线电容的性能劣化，需要经过半小时热机（尽量满载输出）后性能恢复正常。这种情况通常需要增加输出电容和母线电容的数量，以改善启机时的容量和 ESR。

故障 3

问题描述

并机运行不能均流。

解决方法

可能的原因	解决措施
CB 信号线没有连接	检查线路
-S 信号线没有连接	检查线路
两模块输出电压差超过 5%	调整输出电压，使两模块输出电压相同

说明

检查线路时，将输入电压断开并且确认 PFC 母线电压降至 60V 以下再进行测量。

故障 4

问题描述

电网质量较差，输入电压波动或闪断，引起输出电压波动或掉电。

解决方法

在电网电压正常波动范围（80%~120%）内，ADF500W 系列电源模块能够保证输出电压在稳压精度范围（3%）内；在电网电压波动或经常出现闪断时，建议用户增加 PFC 母线电容的容量，这样可以改善输出电压的波动，避免掉电。增加 PFC 母线电容的容量除了能够改善纹波电压，还可以提高掉电保持时间。需注意，PFC 母线电容的总容量不能超过最大限制（780 μ F）。

故障 5

问题描述

空载时，能否将功耗降至最低。

解决方法

ADF500W 系列电源模块除正常工作状态，还提供停机和待机两种模式。当用户设备空载时，可以使用停机和待机状态获得较低的功耗。

停机是指使用 CNT 信号关闭电源，停止输出，此时 DC-DC 电路停止工作，但 PFC 母线电路依然保持工作。当使用 CNT 信号再次开启电源模块时，能够实现快速启动。

待机是指通过下发指令的方式，停止输出，此时 DC-DC 电路和 PFC 电路都停止工作。这种方式能够获得最低的功耗（不超过 5W），但再次启机时间较长。

故障 6

问题描述

如何进一步改善纹波。

解决方法

采用推荐电路中的输出滤波电路，纹波能够满足一般场景的使用要求。当用户需要进一步降低纹波时，可以考虑 π 型滤波电路，增大滤波电感，增加滤波电容数量，或再增加一级 LC 滤波电路。

在不超过容性负载限制及满足环路稳定性条件下，ADF500W 系列电源模块的输出滤波电路可灵活配置。

若采用 Γ 型滤波电路，则滤波电感量不应超过 0.5 μ H（包括输出端子至滤波电容之间 PCB 线路寄生电感）。

故障 7

问题描述


如果并机的模块进行冷备份，则两模块在切换时会出现输出电压的短暂跌落。如何避免。

解决方法

冷备份的并机模块在切换瞬间，单机输出会由空载突然增至最大负载，由于环路响应时间的关系，会出现极短时间的电压跌落。

在切换时利用 TRIM 功能对输出电压缓慢微调，将卸载的电源模块输出电压缓慢下调，加载的模块输出电压缓慢上调，这样两模块在切换时可实现平滑过渡，避免单机负载突变引起电压跌落。

一般建议进行热备份，并机总输出功率应小于 $90\% \times N \times 500W$ ，1 台备份机时，并机数量为 $N+1$ 台。

 说明

- 冷备份是备份机设备输出正常但不带载，等常用机出问题再带负载。
- 热备份是备份机和常用机各带 50% 的负载，等正常机出问题，备份机带全部负载。