

HCG32S28SH DC-DC 电源模块

技术手册

发布日期 2022-06-12

前言

概述

本文档详细的描述了HCG32S28SH电源模块的电气规格、推荐电路、引脚描述和应用、散热要求、二次组装和存储要求等。





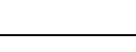
读者对象

本文档主要适用于以下人员：

- 技术支持工程师
- 系统工程师
- 软件工程师
- 硬件工程师

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 |
|---|--|
|  | 表示如不可避免则将会导致死亡或严重伤害的具有高等级风险的危害。 |
|  | 表示如不可避免则可能导致死亡或严重伤害的具有中等级风险的危害。 |
|  | 表示如不可避免则可能导致轻微或中度伤害的具有低等级风险的危害。 |
|  | 用于传递设备或环境安全警示信息。如不可避免则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。 “须知”不涉及人身伤害。 |
|  | 对正文中重点信息的补充说明。 “说明”不是安全警示信息，不涉及人身、设备及环境伤害信息。 |

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 01 (2022-06-12)

第一次正式发布版本。

Draft

目录

| | |
|-------------------------|-----------|
| 前言..... | ii |
| 1 安全注意事项..... | 1 |
| 1.1 通用安全..... | 1 |
| 1.2 人员要求..... | 3 |
| 1.3 电气安全..... | 3 |
| 2 产品概述..... | 4 |
| 3 电气特性..... | 5 |
| 3.1 绝对最大额定值..... | 5 |
| 3.2 输入特性..... | 5 |
| 3.3 输出特性..... | 6 |
| 3.4 保护特性..... | 8 |
| 3.5 效率特性..... | 10 |
| 3.6 动态特性..... | 10 |
| 3.7 绝缘特性..... | 11 |
| 3.8 并机均流..... | 11 |
| 4 推荐电路..... | 14 |
| 4.1 应用电路..... | 14 |
| 4.2 EMC 电路..... | 17 |
| 5 结构概述..... | 19 |
| 5.1 封装尺寸..... | 19 |
| 5.2 引脚分布..... | 20 |
| 5.3 引脚应用..... | 21 |
| 5.3.1 CNT 引脚..... | 21 |
| 5.3.2 TRM 引脚..... | 22 |
| 5.3.3 PG 引脚..... | 23 |
| 5.3.4 SYNC 脚..... | 24 |
| 5.3.5 ADDR 引脚..... | 25 |
| 5.3.6 CANL/CANH 引脚..... | 26 |
| 6 特性曲线..... | 27 |
| 7 典型波形..... | 29 |

| | |
|---------------------|-----------|
| 7.1 开关机..... | 29 |
| 7.2 输出电压动态响应..... | 30 |
| 7.3 输出电压纹波..... | 30 |
| 8 通信协议..... | 32 |
| 8.1 检测精度..... | 32 |
| 8.2 数据格式..... | 32 |
| 8.3 定义..... | 32 |
| 8.4 传输方式..... | 33 |
| 8.5 电源模块与上位机通信..... | 34 |
| 8.6 电源模块间通信..... | 36 |
| 8.7 黑匣子..... | 37 |
| 8.8 通信命令..... | 38 |
| 9 散热要求..... | 42 |
| 10 二次组装..... | 45 |
| 11 存储要求..... | 46 |
| 12 产品包装..... | 47 |
| A EMC..... | 48 |
| B 可靠性..... | 49 |

1 安全注意事项

1.1 通用安全

声明

在安装、操作和维护设备时，请先阅读本手册，并遵循设备上标识及手册中所有安全注意事项。

手册中提到的事项，并不代表所应遵守的所有安全事项，只作为所有安全注意事项的补充。本公司不承担任何因违反通用安全操作要求或违反设计、生产和使用设备安全标准而造成的责任。

本电源模块应在符合设计规格要求的环境下使用，否则可能造成电源模块故障，由此引发的电源模块功能异常、部件损坏、人身安全事故或财产损失等不在电源模块质量保证范围之内。

安装、操作和维护电源模块时应遵守当地法律法规和规范。手册中的安全注意事项仅作为当地法律法规和规范的补充。

发生以下任一情况时，本公司不承担责任。

- 虽然设备已经过安全性和兼容性测试，但从电子设备发射的射频和磁场可能对其他电子设备的操作造成负面影响，从而可能会影响植入式医疗设备或个人医用设备的正常工作，如起搏器、植入耳蜗、助听器等。若您使用了这些医用设备，请向其制造商咨询本设备的限制条件。
- 不在本手册说明的使用条件中运行。
- 安装和使用环境超出相关国际或国家标准中的规定。
- 未经授权擅自拆卸、更改产品或者修改软件代码。
- 未按产品及文档中的操作说明及安全警告操作。
- 非正常自然环境（不可抗力，如地震、火灾、暴风等）引起的设备损坏。
- 客户自行运输导致的运输损坏。
- 存储条件不满足产品文档要求引起的损坏。
- 请勿跌落、挤压或刺穿电源模块。避免让产品遭受外部大的压力，从而导致电源模块内部短路和过热。

- 请勿拆解、改装产品或向电源模块中插入异物，请勿将产品浸入水或其它液体中，以免引起产品短路、过热、起火或造成触电危险。
- 请在规格书规定的温度范围内使用本产品和存放本产品。
- 请勿将电源模块暴露在高温处或发热产品的周围，如日照、取暖器、微波炉、烤箱或热水器等。
- 如果电源模块外观有破损、开裂、进水等情况，请停止使用。继续使用可能会导致触电、短路、起火等危险。
- 请按当地规定处理设备，不可将电源模块作为生活垃圾处理。请遵守本电源模块及其附件处理的本地法令，并支持回收行动。
- 请保持电源模块干燥。请勿在多灰、潮湿的地方使用电源模块，以免引起电源模块故障。请勿对电源模块进行泼水。电源模块应远离火源，不能对电源模块点火。
- 人手潮湿的时候请不要操作模块，这样会导致触电危险。

常规要求

危险

- 在设备上执行作业前，应关断电源，以防止因带电操作发生意外。
- 切勿改装或维修本产品。
- 由于内部有高压，切勿打开本产品。
- 谨慎防止任何异物进入壳体。
- 切勿在冷凝的区域使用本产品（如在冷凝环境中使用，需对模块进行绝缘处理，如喷涂三防漆等，以防止模块内部及引脚之间短路）。
- 电源接通时及刚刚关断后，切勿触碰。灼热的表面可能造成烫伤。
- 禁止使用经过跌落、撞击等大机械应力后的电源模块。
- 本电源模块应由具有相关资质的人员安装和操作。
- 如果安装或运行过程中发生损坏或故障，立即关断电源，并将产品返回厂家检验或维修。
- 严格遵守当地规范，确保接线正确。
- 本电源模块使用过程中不允许冷凝或结霜（如在冷凝环境中使用，需对模块进行绝缘处理，如喷涂三防漆等，以防止模块内部及引脚之间短路）。
- 本电源模块运行时，切勿超环境温度或基板温度范围使用。

人身安全

- 请勿改装、拆解或取下产品外壳。
- 在电源模块操作过程中，如发现可能导致人身伤害或电源模块损坏的故障时，应立即终止操作，向负责人进行报告，并采取行之有效的保护措施。
- 电源模块未完成安装或未经专业人员确认，请勿给电源模块上电。

1.2 人员要求

- 负责安装、操作和维护电源模块的人员，必须先经严格培训，了解各种安全注意事项，掌握正确的操作方法。
- 电源模块的安装、操作和维护过程中，不允许撞件或跌落。
- 在电源模块的二次组装过程中，禁止引入导电异物。

1.3 电气安全

操作要求

警告

不按操作规程操作，可能会造成人身伤害，甚至危及人的生命。

- 安装、拆除电源模块之前，必须先断开电源模块前级供电电源。
- 接通电源模块之前，必须确保电源模块接线已连接正确。
- 若电源模块有多路输入，应断开电源模块所有输入，待电源模块完全下电后方可对电源模块进行操作。
- 操作必须由取得专业资格的人员进行，以防触电。
- 电源模块在电气连接之前，如可能碰到带电部件，必须断开电源模块前级供电电源。
- 切勿打开、改装或维修本产品。
- 禁止裸手操作电源模块，以免导致触电危险。
- 如果安装或运行过程中发生损坏或故障，立即关断电源，并将产品返回厂家检验或维修。
- 遇到紧急情况时，立即切断电源。

防静电要求

- 安装、操作和维护电源模块时，请遵守静电防护规范，应穿防静电工作服，佩戴防静电手套和腕带。
- 手持电源模块时，必须持电源模块边缘不含元器件的部位，禁止用手触摸元器件。
- 拆卸下来的电源模块必须用防静电包材进行包装后，方可储存或运输。
- 满足ESD国际标准IEC61340-5-1或ANSI/ESD S20.20要求。

2 产品概述



产品描述

HCG32S28SH是采用新一代工业级标准的半砖结构、高功率密度的隔离型DC-DC模块，为用户提供额定输出电压28V DC，最大输出电流32.14A。支持宽范围直流电压输入、支持最多8个电源模块并机。

型号说明

$\frac{HCG}{1} \frac{32}{2} \frac{S}{3} \frac{28}{4} \frac{S}{5} \frac{H}{6}$

- 1 — 270V DC输入、灌胶模块
- 2 — 输出电流：32.14A
- 3 — 单路输出
- 4 — 输出电压：28V DC
- 5 — 标准尺寸
- 6 — 半砖

特点

- 效率：94.0% ($T_C=25^{\circ}\text{C}$, $V_{in}=270\text{V DC}$, $V_{out}=28\text{V DC}$, $P_{out}=900\text{W}$)
- 长×宽×高：61.0mm×63.0mm×17.3mm (2.40in.×2.48in.×0.68in.)
- 重量：≤200g
- 输入欠压保护（自恢复）、输入过压保护（自恢复）、输出过流保护（自恢复）、输出短路保护（自恢复）、输出欠压保护（自恢复）、输出过压保护、过温保护（自恢复）
- 通信协议：CAN
- 支持CNT远程开关机
- 符合EN 60950-1、UL 60950-1、IEC 60950-1、EN 62368-1、UL 62368-1和IEC 62368-1标准
- 符合RoHS6标准

应用

- 工业设备

3 电气特性

3.1 绝对最大额定值

表 3-1 绝对最大额定值

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|--------------------|-----|-----|-------|------|--|
| 输入电压范围 | 200 | - | 400 | V DC | 当输入电压为425V DC~450V DC时，电源模块可以不工作，但不能失效 |
| 基板温度 (T_C) | -40 | 25 | 100 | °C | 详见 输出功率与基板温度降额 |
| 存储温度 (T_{stg}) | -40 | 25 | 125 | °C | - |
| 相对湿度 | 5% | - | 95% | RH | 无冷凝 |
| 海拔 | -60 | - | 20000 | m | 在1800m~20000m环境下高温降额，海拔高度每升高220m，基板温度降低1°C。 说明 电源模块在54kPa~80kPa条件应用，若在低于54kPa条件下应用，需增加辅助措施。 |

说明

- 在超过绝对最大额定值使用电源模块可能会对其造成永久性损坏。
- T_C : 基板温度; T_{stg} : 存储温度

3.2 输入特性

测试条件: $T_C=25^{\circ}\text{C}$, $V_{in}=270\text{V DC}$, $V_{out}=28\text{V DC}$, $I_{out}=32.14\text{A}$, 除非另有说明。

表 3-2 输入特性

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|----------|-----|-----|-----|---------|--|
| 标称输入电压 | - | 270 | - | V DC | - |
| 工作输入电压 | 200 | 270 | 400 | V DC | 输入电压变化斜率: $\leq 2.5V$ DC/ms |
| 输入电压变化斜率 | - | - | 2.5 | V DC/ms | - |
| 输入电流 | - | - | 10 | A | $V_{in}=243V$ DC, $P_{out}=900W$ |
| 空载输入功率 | - | 5 | 30 | W | $T_c=25^\circ C$, $V_{in}=270V$ DC |
| 直流反射纹波 | - | - | 10% | - | $V_{in}=270V$ DC, $P_{out}=900W$, 外接输入滤波电容(容值根据拉远应用场景适配), 详见 4.1 应用电路 |
| 输入冲击电流 | - | - | - | A | 符合 ETSI EN 300 132-3 标准 |
| 输入电容 | 400 | - | - | μF | 低温场景电容容量及 ESR 变化满足输入前级阻抗要求, 详见 4.1 应用电路 |

3.3 输出特性

测试条件: $T_c=25^\circ C$, $V_{in}=270V$ DC, $V_{out}=28V$ DC, $I_{out}=32.14A$, 除非另有说明。

表 3-3 输出特性

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|--|-------|-------|-------|------|--|
| 输出整定电压 | 27.72 | 28.00 | 28.28 | V DC | $T_c=25^\circ C$, $V_{in}=270V$ DC, $I_{out}=50\%I_{omax}$ |
| 输出电流 | - | - | 32.14 | A | $V_{out}=28V$ DC |
| 输出功率 | - | - | 900 | W | 详见 输出功率与输出电压降额 , 输出功率与输入电压降额 , 输出功率与基板温度降额 |
| 输出电压调节范围 (可通过 CAN 通信 或 TRM 引脚调节) | 22.4 | 28.0 | 30.8 | V DC | $V_{out}=80\%V_{onom}\sim 110\%V_{onom}$ ($V_{in}=200V$ DC $\sim 320V$ DC, 输入电压变化斜率: $\leq 2.5V$ DC/ms) |

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|------------------------------------|---------------|------|----------|------|--|
| | 25.2 | 28.0 | 30.8 | V DC | <ul style="list-style-type: none"> $V_{out}=90\%V_{onom}\sim 110\%V_{onom}$ ($V_{in}=320V$ DC~400V DC, 输入电压变化斜率: $\leq 2.5V$ DC/ms) 并机场景, 输出电压调节功能需在 $0.8A \leq I_{out} \leq 1.0A$ 下使用 |
| 输出电压精度 | -2% | - | 2% | - | $200V\ DC \leq V_{in} \leq 400V\ DC$, $I_{out} \geq 0.1A$ |
| 源调整率 | -1% | - | 1% | - | - |
| 负载调整率 | -1% | - | 1% | - | - |
| 温飘系数 | -0.02%/ °C | - | 0.02%/°C | - | - |
| 输出电压纹波和噪声 (峰峰值) 示波器带宽: 20MHz | - | - | 280 | mV | $T_C = -20^\circ C \sim +100^\circ C$, $V_{in} = 200V\ DC \sim 400V\ DC$, 电源模块热机状态, 全负载范围; 输出端并联 $3000\mu F$ 电容, 使用同轴线缆在探头测试端并联1个 $10\mu F$ 陶瓷电容或电解电容和1个 $0.1\mu F$ 陶瓷电容或金属化膜电容。 说明 低温场景下需匹配配置钽电容, 以确保电容容量。 |
| | - | - | 560 | mV | $T_C = -55^\circ C \sim -20^\circ C$, $V_{in} = 200V\ DC \sim 400V\ DC$, 电源模块热机状态, 全负载范围; 输出端并联 $3000\mu F$ 电容, 使用同轴线缆在探头测试端并联1个 $10\mu F$ 陶瓷电容或电解电容和1个 $0.1\mu F$ 陶瓷电容或金属化膜电容。 说明 低温场景下需匹配配置耐低温特性优良的固液混合电容, 大容量陶瓷电容或钽电容, 以确保电容容量。 |

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|------------------------------------|------|-----|-------|---------|--|
| 输出电压纹波和噪声 (RMS) 示波器带宽: 20MHz | - | - | 28 | mV | $V_{in}=200V\ DC\sim 400V\ DC$, 电源模块热机状态, 全负载 范围, 输出端并联 $3000\mu F$ 电容, 使用同轴线缆在探头 测试端并联1个 $10\mu F$ 陶瓷电 容或电解电容和1个 $0.1\mu F$ 陶 瓷电容或金属化膜电容, 详 见4.1 应用电路。 说明 低温场景下需匹配铝电容, 以确保电容容量。 |
| 开机延时时间 | - | - | 1 | s | 单个电源模块场景 |
| 容性负载 | 3000 | - | 15000 | μF | 单个电源模块场景 |
| 输出电压上升时间 | - | - | 100 | ms | 单个电源模块场景 |
| 开关机电压过冲 | - | - | 5% | - | - |
| 噪声 | - | - | 45 | dB | 声压级 |

3.4 保护特性

测试条件: $T_c=25^\circ C$, $V_{in}=270V\ DC$, $V_{out}=28V\ DC$, $I_{out}=32.14A$, 除非另有说明。

表 3-4 输入保护特性

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|---------------|-----|-----|-----|------|---|
| 输入欠压保护 保护点 | - | - | - | - | 自恢复, 详见 输出功率与 输出电压降额, 输出功率 与输入电压降额, 输出功 率与基板温度降额 |
| 恢复点 | - | - | 180 | V DC | |
| 回差 | 5 | - | 200 | V DC | |
| 输入过压保护 保护点 | - | - | - | - | 自恢复, 详见 输出功率与 输出电压降额, 输出功率 与输入电压降额, 输出功 率与基板温度降额 |
| 恢复点 | 425 | - | - | V DC | |
| 回差 | 400 | - | - | V DC | |
| 回差 | 5 | - | - | V DC | |

表 3-5 输出保护特性

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|--------|------|-----|-----|------|---|
| 输出过压保护 | - | - | 37 | V DC | <ul style="list-style-type: none"> 过压范围：$120\%V_{trim} \sim 150\%V_{trim}$，静态最大过压点$\leq 37V$ DC 触发过压保护，电源模块打嗝5次后，输出锁死（每10s打嗝一次，5分钟内触发6次过压保护），可通过CNT、电源模块断电、输入欠压或CAN通讯解锁 <p>说明 当电源模块因异常工作导致输出电压超出稳压精度但无法达到过压保护点时，电源模块将工作在恒压模式</p> |
| 输出欠压保护 | - | - | 18 | V DC | 自恢复，每10s打嗝一次 |
| 输出过流保护 | 110% | - | - | - | 自恢复，每10s打嗝一次，详见 输出功率与输出电压降额 ， 输出功率与输入电压降额 ， 输出功率与基板温度降额 |
| 输出短路保护 | - | - | - | - | 自恢复，每10s打嗝一次 |
| 过温保护 | - | - | - | °C | 自恢复 |
| 内部温度 | 105 | - | - | °C | |
| 回差 | 5 | - | - | °C | |

保护特性介绍

- 输入欠压保护**
 当输入电压低于欠压保护点时，电源模块关闭。当输入电压达到输入欠压恢复点时，电源模块重新开始工作，回差值参见[输入保护规格](#)。
- 输入过压保护**
 当输入电压高于过压保护点时，电源模块关闭。当输入电压达到输入过压恢复点时，电源模块重新开始工作，回差值参见[输入保护规格](#)。
- 输出过压保护**
 当输出电压超过输出过压保护点时，电源模块进入打嗝保护模式（每10s打嗝一次，5分钟内触发6次过压保护后锁死），可通过CNT、电源模块断电、输入欠压或CAN通讯解锁。当故障消除后，电源模块将恢复输出，参见[输出保护规格](#)。
- 输出欠压保护**
 当输出电压低于输出欠压保护点时，电源模块进入打嗝保护模式。当故障消除后，电源模块将恢复输出，参见[输出保护规格](#)。
- 输出过流保护**
 电源模块能提供过流或短路保护。如果输出电流超过输出过流保护设定点，电源模块进入打嗝模式。当故障消除后，电源模块将恢复输出，参见[输出保护规格](#)。

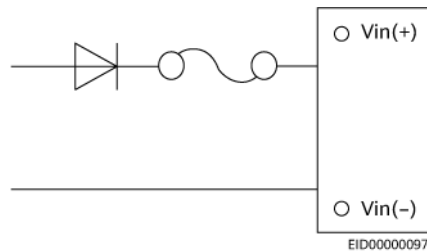
- **过温保护**

电源模块配备温度传感器，检测电源模块的热点温度，避免高温损坏。当温度超过过温保护点时，输出将关闭。当检测到感应位置的温度下降到过温保护恢复点时，电源模块重新启动，回差值参见**输出保护规格**。

- **反极性保护电路**

电源模块的安装和布线时，可能有输入电压接反的情况发生，需要电源模块的应用电路具有防反接保护。

图 3-1 反极性保护电路



说明

电源模块的反极性保护电路需在电源模块外部配置，电源模块内部无反极性保护电路。

3.5 效率特性

$T_C=25^{\circ}\text{C}$, $V_{in}=270\text{V DC}$, $V_{out}=28\text{V DC}$, $P_{out}=900\text{W}$, 除非另有说明。

表 3-6 效率特性

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|--------|-----|-----|-----|----|----|
| 100%负载 | 92 | 94 | - | % | - |

3.6 动态特性

$T_C=25^{\circ}\text{C}$, $V_{in}=270\text{V DC}$, $V_{out}=28\text{V DC}$, $P_{out}=900\text{W}$, 除非另有说明。

表 3-7 动态特性

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|----------|-----|-----|-----|----|---|
| 输出瞬态响应过冲 | - | - | 5% | - | 电流变化率: $0.1\text{A}/\mu\text{s}$, $t=2\text{ms}\sim 2\text{ms}\sim 2\text{ms}$, 负载: $25\%\sim 50\%\sim 25\%$, $50\%\sim 75\%\sim 50\%$ |
| | - | - | 10% | - | 电流变化率: $0.1\text{A}/\mu\text{s}$, $t=2\text{ms}\sim 2\text{ms}\sim 2\text{ms}$, 负载: $10\%\sim 90\%\sim 10\%$ |

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|------------|-----|-----|-----|---------------|--|
| 输出瞬态响应恢复时间 | - | - | 200 | μs | 电流变化率: 0.1A/ μs , t=2ms~2ms~2ms, 负载: 25%~50%~25%, 50%~75%~50% |

3.7 绝缘特性

表 3-8 绝缘强度

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|-------|-----|-----|------|------|-----------------|
| 输入对输出 | - | - | 4242 | V DC | 电源模块单独测试, 外壳接地。 |
| 输入对地 | - | - | 2500 | V DC | |
| 输出对地 | - | - | 1500 | V DC | |

表 3-9 绝缘阻抗

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|-------|-----|-----|-----|------------|---|
| 输入对输出 | 100 | - | - | M Ω | 正常大气压, $V_{in}=500\text{V DC}$, 相对湿度<90%, 无冷凝。 |
| 输入对地 | 100 | - | - | M Ω | |
| 输出对地 | 100 | - | - | M Ω | |

3.8 并机均流

测试条件: $T_c=25^\circ\text{C}$, $V_{in}=270\text{V DC}$, $V_{out}=28\text{V DC}$, $I_{out}=32.14\text{A}$, 除非另有说明。

表 3-10 并机均流

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|------|-----|-----|-----|-----|----|
| 并机数量 | - | - | 8 | pcs | - |

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|--------|-----|-----|-----|----|---|
| 均流不平衡度 | - | - | 5% | - | <ul style="list-style-type: none"> $V_{in}=200V$ DC~400V DC, $I_{out}=50\% \sim 100\%$ (单个电源模块输出电流) <p>说明 输入电压宽范围变化时, 负载电流需满足对应输入电压范围段内功率降额要求。</p> <ul style="list-style-type: none"> 电流变化率: $0.1A/\mu s$, $t=2ms \sim 2ms \sim 2ms$, 负载: $25\% \sim 50\% \sim 25\%$, $50\% \sim 75\% \sim 50\%$ 均流动态不掉电, 电流变化率: $0.1A/\mu s$, $t=2ms \sim 2ms \sim 2ms$, 负载: $20\% \sim 90\% \sim 20\%$ |

说明

- 电源模块间的均流功能是通过CAN通讯实现, 电源模块均流时, 需各电源模块通讯正常, 共同输出。
- 并机支持N+X (N: 长期工作电源模块数量, X: 备份电源模块数量, $N+X \leq 8$, $X \geq 1$), 最大额定功率: N倍额定功率。
- 1+1冗余并机场景: 启机时序参照单机场景。
- N+X并机场景: 最大带N倍载启机。启机时序: 多并机场景下待所有电源模块输入上电后, 各个电源模块发出SYNC信号到SYNC总线进行逻辑处理, SYNC信号总线获取同步启机信号送至各个电源模块, 当所有电源模块接收到SYNC信号总线信号后进行同步启机, 收到同步启机信号后, 电源模块在5s内完成。由于各电源模块上电时序依赖于前级电源系统的供电时序, 因此在未收到同步启机信号前时序不考核, 具体应用详见[5.3.4 SYNC脚](#)。
- 多电源模块并机同步起机, 若电源模块CNT接收到关机信号时, 该电源模块的同步信号主动退出同步总线, 不能影响其它电源模块启机。

并机供电输出

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 备注 |
|-------------|-----|-----|-----|------|---|
| 并机多倍载启机母排电压 | - | 28 | - | V DC | <ul style="list-style-type: none"> 并机场景 (N+1 ($N \leq 7$)), 多倍载启机进入稳态后母排电压需考虑后级滤波电路及故障隔离电路压降, 典型母排参考电压 (输出电压值-Oring电路的输入电压与输出电压差值)。 |

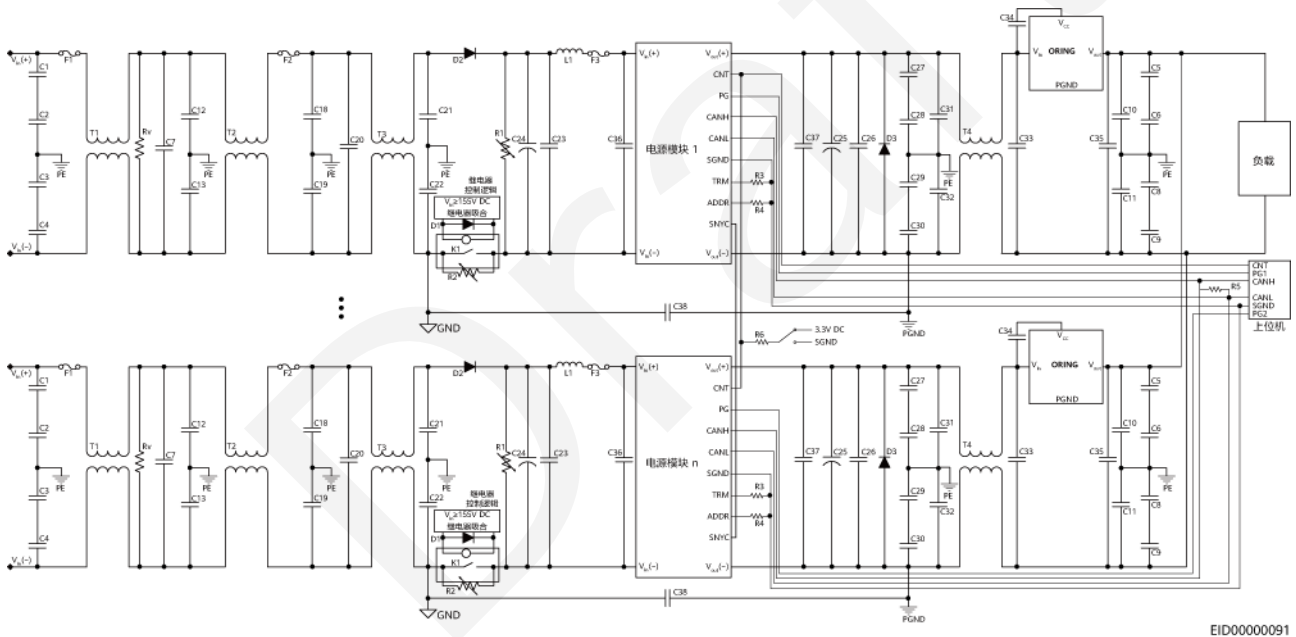
| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 备注 |
|----------------|------|-----|-----|----|--|
| 故障模式母排电压瞬态响应过冲 | -10% | - | 10% | - | <ul style="list-style-type: none">并机场景 (N+1 (N≤7))，其中任意一路电源模块故障 (输入掉电、输入线插拔、输入欠压、输入过压、过温，输出慢过压或短路)，母排电压不得超出动态范围，即 ±10%。 <p>说明 N+1均流场景下总负载不大于N倍单台额定负载。</p> |

Draft

4 推荐电路

4.1 应用电路

图 4-1 应用电路图



说明

- 并行场景下，最大可并联8个电源模块。
- 电源模块外壳需保证可靠接地。无论外壳是否连接PE，外壳都需要连接输出地。
- 若涉及供电转换中断场景，母线电容（C24）需根据中断转换时间，输入电压，负载大小进行选型匹配。可参考公式计算选型。【C：输入母线电容，P：输出功率（参考降额曲线带载），U₁：供电中断前电压，U₂：供电中断后

$$C = \frac{2pt}{U_1^2 - U_2^2}$$

电压，t：供电中断时间】

- 针对电源模块输入母线短路场景，需要在输入母线电容（C24）后端增加电感（L1），限制短路电流以防止故障扩散。电感（L1）的选型根据输入母线电容短路电流大小确定。
- 在低内阻输入源上下电场景、输入DIP场景、多并行场景某一个或多个电源模块内部异常或母板上挂在输入母线两端的器件异常场景，导致电源模块前端母线电压出现大斜率变化，若此时输入电压变化斜率大于50V/ms，则必须增加（D2）二极管和保险丝（F3），防止导致母线电容电压被快速拉低。

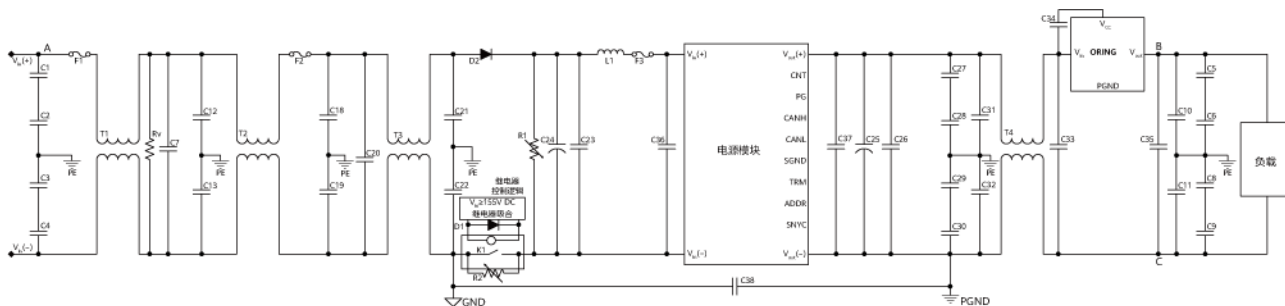
表 4-1 推荐器件参数

| 位号 | 名称 | 参数 |
|---|------------|-----------------------------------|
| C1、C2、C3、C4、C5、C6、C8、C9、C27、C28、C29、C30 | 贴片陶瓷Y电容 | 250V~1nF~±10% |
| T1 | EMI共模电感 | AC/7A~100MΩ~1500V |
| F1 | 保险管套件（慢熔断） | 500V AC~10A~190A ² sec |
| F2 | 保险管套件（快熔断） | 500V AC~10A~150A ² sec |
| F3 | 保险管套件（快熔断） | 500V AC~10A~150A ² sec |
| Rv | 压敏电阻器 | 620V~385V~12,000A |
| R1 | 贴片电阻器 | NC（母线放电电阻，根据输入母线电压及电容选型） |
| R2 | 缓启电阻 | 50Ω~PTC~DIP |
| R3 | 电阻器 | NC（输出电压调节，详见5.3.2 TRM引脚） |
| R4 | 电阻器 | NC（电源模块通讯地址，详见5.3.5 ADDR引脚） |
| R5 | 电阻器 | 0.25W~120Ω~±5% |
| R6 | 电阻器 | NC（远程开关机，详见5.3.1 CNT引脚） |
| C7、C20 | 薄膜电容 | 305V~1.5μF~±20% |
| C10、C11 | 陶瓷Y电容 | 630V-10nF~±5% |
| C12、C13 | 插装陶瓷Y电容 | 300V~0.001μF~±20% |

| 位号 | 名称 | 参数 |
|---------|-----------|--|
| C18、C19 | 插装陶瓷Y电容 | 300V~0.0047 μ F~ \pm 20% |
| C21、C22 | 插装陶瓷Y电容 | 300V~0.01 μ F~ \pm 20% |
| T2 | 共模电感 | 220V/10A~100M Ω ~500V |
| T3 | 共模电感 | 220V/10A~100M Ω ~500V |
| K1 | 电磁继电器 | 720 Ω ~12V DC~1A~250V AC/30V DC~8A |
| D1 | 开关二极管 | 200V~200mA~1.25V~50ns |
| D2 | 快恢复二极管 | 600V~30A~1.35V~200ns |
| D3 | 二极管 | 100V~10A~0.85V~50ns |
| L1 | 贴片电感器 | 0.2 μ H~ \pm 10%-0.00029 Ω ~43A |
| C23 | 薄膜电容 | 450V~1.5 μ F~ \pm 10% (由2颗推荐型号电容并联) |
| C24 | 电解电容 | 450V~68 μ F~ \pm 20% (由5颗推荐型号电容并联) |
| C36 | 陶瓷电容 | 630V~47nF~ \pm 10% (由10颗推荐型号电容并联) |
| C37 | 陶瓷电容 | 50V~4.7 μ F~ \pm 20% (由20颗推荐型号电容并联) |
| C26 | 非固体SMD铝电容 | 50V~680 μ F~ \pm 20% (由20颗推荐型号电容并联) |
| C25 | 电解电容 | 63V~680 μ F~ \pm 20% (由4颗推荐型号电容并联) |
| C31、C32 | 陶瓷电容 | 630V~10nF~ \pm 5% |
| T4 | 共模电感 | 50V DC/60A~100M Ω ~1000V |
| C33 | 陶瓷电容器 | 50V~47nF~ \pm 20% (由5颗推荐型号电容并联) |
| C34 | 陶瓷电容器 | 50V~47nF~ \pm 20% (由5颗推荐型号电容并联) |
| C35 | 陶瓷电容 | 100V~10nF~ \pm 10% |
| C38 | 原副边Y电容 | 250V~1nF~ \pm 10% (由3颗推荐型号电容串联) |

4.2 EMC 电路

图 4-2 EMC 电路图



EID00000096

说明

- 验收标准参考附录A EMC。
- 电源模块内部无保险丝。为满足安全要求，建议选用10A的保险丝（快熔型）。
- 防护电路、EMI滤波器靠近端口放置。
- EMI滤波器采用“一”字型布局，前后级电感保持一定距离，电源模块和滤波器分腔屏蔽，避免耦合。
- 输入电容用输出电容放置在功率电流流经的线路上，电容走线不宜过长，防止旁路耦合。
- 防护器件接地布线要短，泄放螺钉靠近防护器件放置。
- 电源模块基板保证可靠接地。
- 若直接跨接电源模块两端的原副边Y电容需区分信号地与功率地，容值满足：200pF~470pF。
- 电源模块需要配合电源系统测试，以通过EMC标准。

表 4-2 推荐器件参数

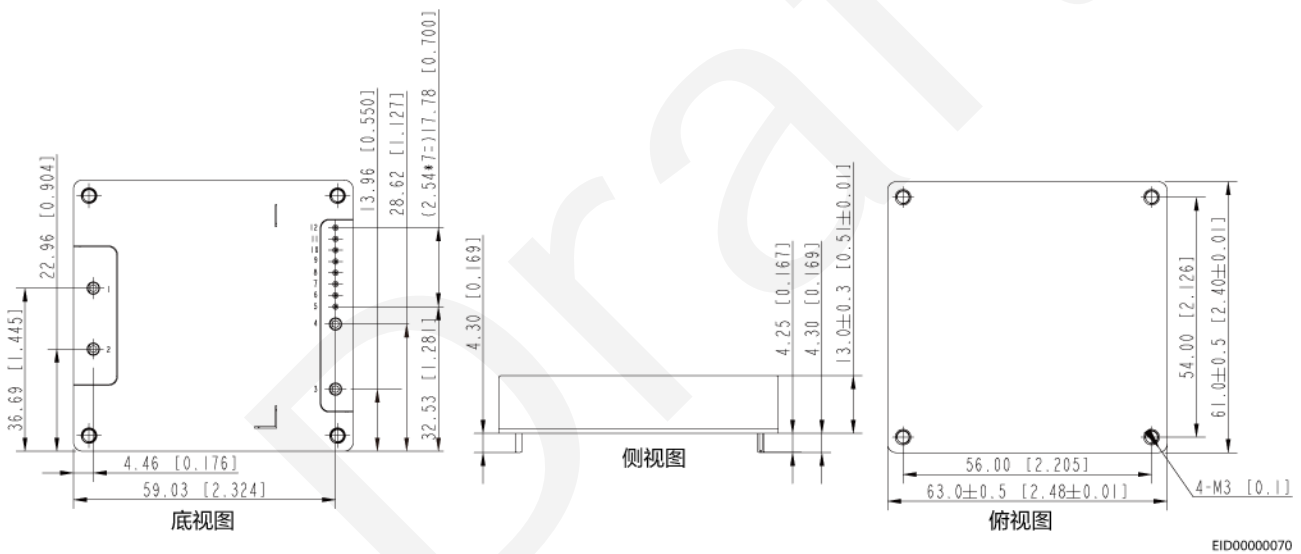
| 位号 | 名称 | 参数 |
|---|------------|-----------------------------------|
| C1、C2、C3、C4、C5、C6、C8、C9、C27、C28、C29、C30 | 贴片陶瓷Y电容 | 250V~1nF~±10% |
| T1 | EMI共模电感 | AC/7A~100MΩ~1500V |
| F1 | 保险管套件（慢熔断） | 500V AC~10A~190A ² sec |
| F2 | 保险管套件（快熔断） | 500V AC~10A~150A ² sec |
| F3 | 保险管套件（快熔断） | 500V AC~10A~150A ² sec |
| Rv | 压敏电阻器 | 620V~385V~12,000A |

| 位号 | 名称 | 参数 |
|---------|-----------|----------------------------------|
| R1 | 贴片电阻器 | NC (母线放电电阻, 根据输入母线电压及电容选型) |
| R2 | 缓启电阻 | 50Ω~PTC~DIP |
| R3 | 电阻器 | NC (输出电压调节, 详见5.3.2 TRM引脚) |
| R4 | 电阻器 | NC (电源模块通讯地址, 详见5.3.5 ADDR引脚) |
| R5 | 电阻器 | 0.25W~120Ω~±5% |
| R6 | 电阻器 | NC (远程开关机, 详见5.3.1 CNT引脚) |
| C7、C20 | 薄膜电容 | 305V~1.5μF~±20% |
| C10、C11 | 陶瓷Y电容 | 630V-10nF~±5% |
| C12、C13 | 插装陶瓷Y电容 | 300V~0.001μF~±20% |
| C18、C19 | 插装陶瓷Y电容 | 300V~0.0047μF~±20% |
| C21、C22 | 插装陶瓷Y电容 | 300V~0.01μF~±20% |
| T2 | 共模电感 | 220V/10A~100MΩ~500V |
| T3 | 共模电感 | 220V/10A~100MΩ~500V |
| K1 | 电磁继电器 | 720Ω~12V DC~1A~250V AC/30V DC~8A |
| D1 | 开关二极管 | 200V~200mA~1.25V~50ns |
| D2 | 快恢复二极管 | 600V~30A~1.35V~200ns |
| D3 | 二极管 | 100V~10A~0.85V~50ns |
| L1 | 贴片电感器 | 0.2μH~±10%-0.00029Ω~43A |
| C23 | 薄膜电容 | 450V~1.5μF~±10% (由2颗推荐型号电容并联) |
| C24 | 电解电容 | 450V~68μF~±20% (由5颗推荐型号电容并联) |
| C36 | 陶瓷电容 | 630V~47nF~±10% (由10颗推荐型号电容并联) |
| C37 | 陶瓷电容 | 50V~4.7μF~±20% (由20颗推荐型号电容并联) |
| C26 | 非固体SMD铝电容 | 50V~680μF~±20% (由20颗推荐型号电容并联) |
| C25 | 电解电容 | 63V~680μF~±20% (由4颗推荐型号电容并联) |
| C31、C32 | 陶瓷电容 | 630V~10nF~±5% |
| T4 | 共模电感 | 50V DC/60A~100MΩ~1000V |
| C33 | 陶瓷电容器 | 50V~47nF~±20% (由5颗推荐型号电容并联) |
| C34 | 陶瓷电容器 | 50V~47nF~±20% (由5颗推荐型号电容并联) |
| C35 | 陶瓷电容 | 100V~10nF~±10% |
| C38 | 原副边Y电容 | 250V~1nF~±10% (由3颗推荐型号电容串联) |

5 结构概述

5.1 封装尺寸

图 5-1 封装尺寸



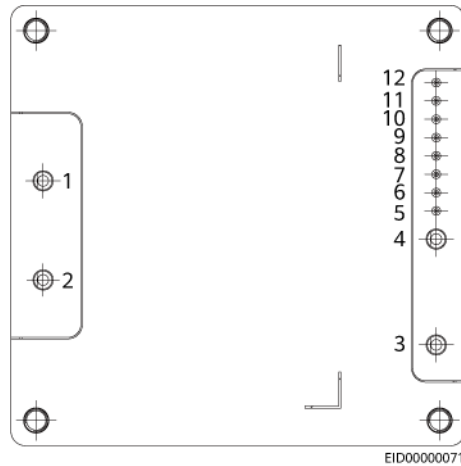
说明

公差尺寸信息:

1. 单位: mm [in.]; 公差: $x.x \pm 0.5\text{mm}$ [$x.xx \pm 0.02\text{in.}$]; $x.xx \pm 0.25\text{mm}$ [$x.xxx \pm 0.010\text{in.}$]
2. 引脚1~引脚2和引脚11~引脚12的直径: $1.50 \pm 0.05\text{mm}$ [$0.059 \pm 0.002\text{in.}$], 凸台的直径: $2.50 \pm 0.05\text{mm}$ [$0.098 \pm 0.002\text{in.}$]
3. 引脚3~引脚10的直径为: $0.64 \pm 0.02\text{mm}$ [$0.025 \pm 0.001\text{in.}$]

5.2 引脚分布

图 5-2 引脚分布



说明

电源模块在使用过程中其各个引脚电压均不能超过如表5-1所规定的值，若超过下表数值，可能导致电源模块损坏。

表 5-1 引脚功能描述

| 引脚编号 | 引脚名称 | 功能描述 | 绝对耐压值 |
|------|--------------|----------------------------------|---|
| 1 | $V_{in} (+)$ | 直流输入正极引脚 (+) | 0V DC~420V DC (420V DC@10ms)；以 $V_{in} (-)$ 为参考 |
| 2 | $V_{in} (-)$ | 直流输入负极引脚 (-) | - |
| 3 | $V_o (+)$ | 直流输出正极引脚 (+) | 0V DC~37.0V DC；以 $V_o (-)$ 为参考 |
| 4 | $V_o (-)$ | 直流输出负极引脚 (-) | - |
| 5 | CNT | 远程开机或关机引脚，应用方法参见5.3.1 CNT引脚 | -0.3V DC~3.6V DC；以SGND为参考 |
| 6 | PG | 输出电压正常信号引脚，应用方法参见5.3.3 PG引脚 | -0.3V DC~3.6V DC；以SGND为参考 |
| 7 | CANH | 高电平CAN总线，应用方法参见5.3.6 CANL/CANH引脚 | - |
| 8 | CANL | 低电平CAN总线，应用方法参见5.3.6 CANL/CANH引脚 | - |
| 9 | SGND | 信号地 | - |

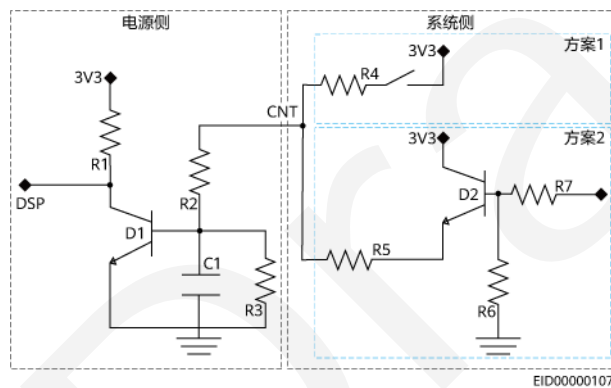
| 引脚编号 | 引脚名称 | 功能描述 | 绝对耐压值 |
|------|------|---------------------------------------|---------------------------|
| 10 | TRM | 输出电压调节，应用方法参见5.3.2 TRM引脚 | - |
| 11 | ADDR | 电源模块通信地址引脚，应用方法参见5.3.5 ADDR引脚 | - |
| 12 | SYNC | 电源模块同步启机信号引脚，应用方法参见，应用方法参见5.3.4 SYNC脚 | -0.3V DC~3.6V DC；以SGND为参考 |

5.3 引脚应用

5.3.1 CNT 引脚

电源模块输出可通过CNT信号开机或关机。

图 5-3 推荐 CNT 引脚控制方式



| 位号 | 名称 | 参数 |
|----------|--------|---|
| R1、R2、R7 | 贴片电阻器 | 0.0625W~5110Ω~±1% |
| R3、R6 | 贴片电阻器 | 0.0625W~10000Ω~±1% |
| R4、R5 | 贴片电阻器 | 0.1W~1000Ω~±1% (R4、R5阻值≤1000Ω且保证外部3V3灌电流≤4mA) |
| C1 | 贴片陶瓷电容 | 16V~100nF~±10% |
| D1、D2 | 三极管 | NPN~40V~1000mA~300mW@1A |

表 5-2 CNT 引脚控制方式

| 项目 | 状态 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|----------|----|------|-----|-----|------|-----|
| CNT电压低电平 | 开机 | -0.3 | - | 0.4 | V DC | 负逻辑 |
| CNT电压高电平 | 关机 | 2.4 | - | 3.6 | V DC | - |
| 关机信号脉宽 | | 200 | - | - | ms | - |
| 开机信号脉宽 | | - | - | 5 | s | - |

5.3.2 TRM 引脚

电源模块输出电压可以通过CAN命令或TRM引脚外部连接电阻调节，两种调节方式不可同时使用且不支持并机场景下带负载调压。

- 当使用CAN命令调压时，输出电压变化速度： $\geq 1V\ DC/10ms$ ($I_{out} \geq 0.8A$ ，电压变化斜率为： $10\%V_{out}$ 至 $90\%V_{out}$)。
- 当使用TRM引脚压时，输出电压可通过在TRM引脚和SGND之间串联外部电阻 (R_{adj}) 调节 ($I_{out} \geq 0.8A$)。此方式不支持并机场景下带负载调压。当不使用此功能时，使此引脚悬空。
- 输出电压调节范围，详见3.3 输出特性。
- V_{TRM} 与输出调压目标值 V_{out} 的关系：
 $V_{out} = 7.0588 \times V_{TRM} + 16.471$ ；详见：表5-3。
- 调压电阻参考计算公式：

$$R = \frac{0.1417 \times V_{out} - 2.3333}{3.3 - (0.1417 \times V_{out} - 2.3333)} \times 10000 (\Omega)$$

图 5-4 TRM 配置原理图

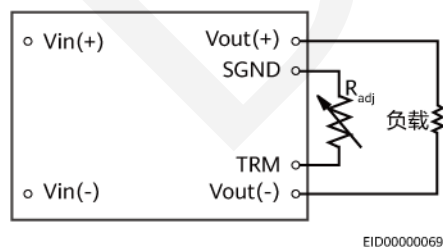


表 5-3 输出电压对应的 TRM 电阻值

| 输出电压 (V) | V_{TRM} (V) | R_{adj} 电阻 (Ω) |
|----------|---------------|---------------------------|
| 22.4 | 0.841 | 3418.89 |
| 22.8 | 0.897 | 3735.46 |
| 23.2 | 0.954 | 4067.34 |

| 输出电压 (V) | V _{TRM} (V) | R _{adj} 电阻 (Ω) |
|----------|----------------------|-------------------------|
| 23.6 | 1.011 | 4415.64 |
| 24 | 1.068 | 4781.63 |
| 24.4 | 1.124 | 5166.70 |
| 24.8 | 1.181 | 5572.35 |
| 25.2 | 1.238 | 6000.31 |
| 25.6 | 1.294 | 6452.45 |
| 26 | 1.351 | 6930.89 |
| 26.4 | 1.408 | 7437.99 |
| 26.8 | 1.464 | 7976.40 |
| 27.2 | 1.521 | 8549.12 |
| 27.6 | 1.578 | 9159.54 |
| 28 | 1.634 | 9811.49 |
| 28.4 | 1.691 | 10509.38 |
| 28.8 | 1.748 | 11258.23 |
| 29.2 | 1.804 | 12063.84 |
| 29.6 | 1.861 | 12932.91 |
| 30 | 1.918 | 13873.25 |
| 30.4 | 1.974 | 14894.01 |
| 30.8 | 2.031 | 16005.96 |

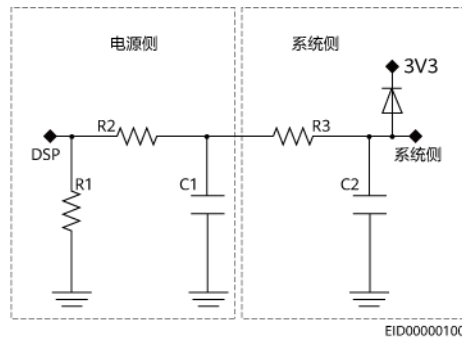
📖 说明

- 电源模块开机前优先判断TRM引脚是否生效，若TRM引脚电压高于2.2V DC，调压功能不生效，输出电压默认为额定28V DC；否则TRM引脚调压生效，电源模块按照TRM引脚调压输出，输出电压调节范围：22.4V DC~30.8V DC。
- V_{out}：目标输出电压；R精度：±1%

5.3.3 PG 引脚

PG信号为电源模块输出正常信号，外围需要增加RC滤波电路。

图 5-5 推荐 PG 引脚控制方式



| 项目 | 状态 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|------------------------------------|--------|------|-----|-----|---------------|----|
| 低电平 | 主路输出异常 | -0.3 | - | 0.8 | V DC | - |
| 高电平 | 主路输出正常 | 2.4 | - | 3.6 | V DC | - |
| 信号上升/下降时间 | - | - | - | 100 | μs | - |
| 灌电流 (Sink current) , PG=低电平 | - | - | - | 4 | mA | - |
| 拉电流 (Source current) , PG=高电平 | - | - | - | 4 | mA | - |

说明

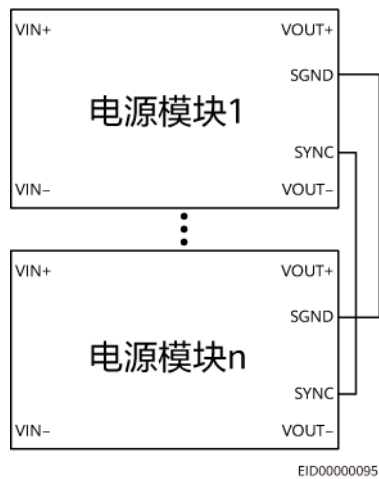
- 告警类型将通过CAN命令上报并可以重置。
- 输出电压高于 $0.9V_{\text{out}}$ 设定值，50ms内，PG信号为高电平；输出电压低于 $0.8V_{\text{out}}$ 设定值，延时10ms内，PG信号为低电平。
- 当电源模块触发输出过流、短路、欠压等电压快速跌落的场景，对PG动作时间不做要求。
- 对可预见停机的故障（如输入过压故障、输入欠压故障、输出过压故障或输出过流故障等），PG信号可提前转换电平状态。

5.3.4 SYNC 脚

SYNC引脚为并机场景下的并机同步信号引脚，单个电源模块场景可悬空，不处理，在并机场景将各个电源模块的SYNC引脚连接在一起，保证各电源模块同步启机。

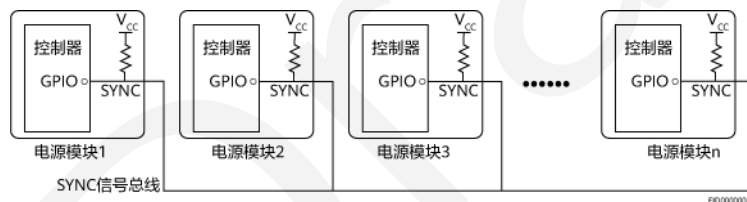
| 项目 | 状态 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|-----------|----|------|-----|-----|------|----|
| SYNC电压低电平 | 关机 | -0.3 | - | 0.8 | V DC | - |
| SYNC电压高电平 | 开机 | 2.4 | - | 3.6 | V DC | - |

图 5-6 推荐 SYNC 引脚控制方式



- 同步信号在电源模块内部上拉，外部连接SYNC信号总线。
- 电源模块因故障、初始化未启机时，SYNC信号为低电平；电源模块准备启动时，SYNC信号为高电平。
- 若电源模块检测到同步总线为低电平时，不启动。当电源模块检测到同步总线电平为高电平时，所有电源模块同时启机。
- 同步信号仅在电源模块启机阶段生效，若运行中的某一电源模块故障或关机，SYNC信号总线转换为低电平，但不影响正在运行的其他电源模块。

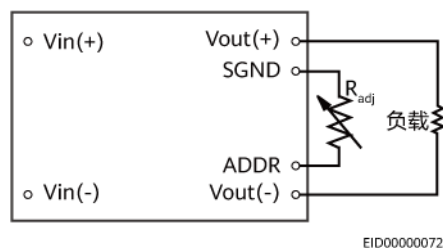
图 5-7 并机同步信号



5.3.5 ADDR 引脚

电源模块的通信地址可以通过改变ADDR和SGND之间连接的电阻调整。

图 5-8 推荐 ADDR 引脚控制方式



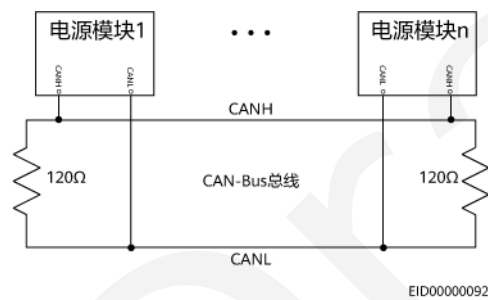
| R_{adj} 电阻 (k Ω) / $\pm 1\%$ | 电源模块地址 |
|--|--------|
| 0 | 0X18 |

| R _{adj} 电阻 (kΩ) /±1% | 电源模块地址 |
|-------------------------------|--------|
| 33 | 0X19 |
| 61.9 | 0X1A |
| 113 | 0X1B |
| 180 | 0X1C |
| 301 | 0X1D |
| 560 | 0X1E |
| 10000 | 0X1F |

5.3.6 CANL/CANH 引脚

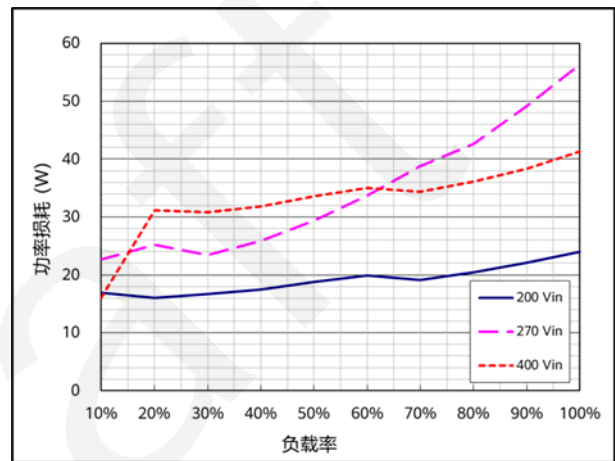
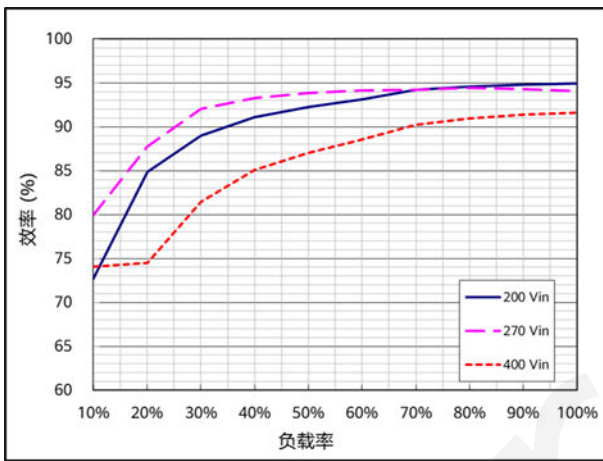
电源模块与系统之间双向通信，多个电源模块并联使用时，需在处于总线两个远端的电源模块的CANH和CANL之间接入120Ω终端电阻。CAN通信总线速度：1Mbit/s。

图 5-9 推荐 CANL/CANH 引脚控制方式



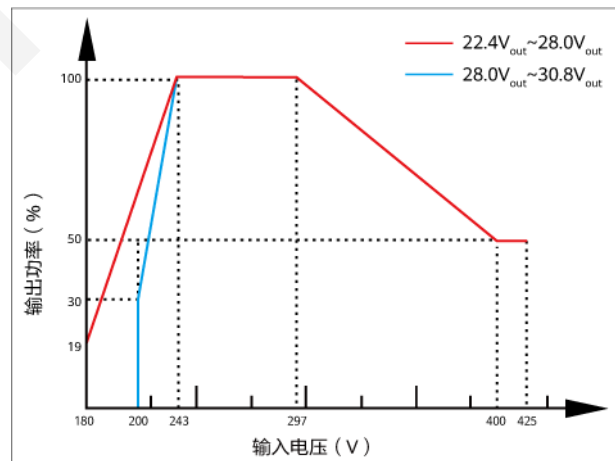
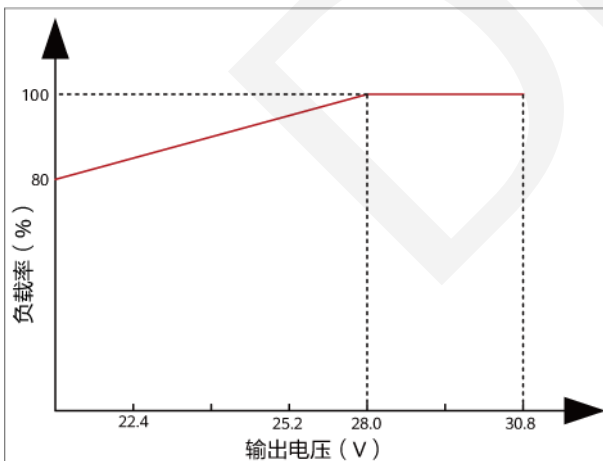
| 名称 | 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-------|----------|------|-----|------|------|
| - | 数据空闲时间间隔 | 10 | - | - | ms |
| 差分高电平 | CANH | 2.75 | - | 4.50 | V DC |
| | CANL | 0.50 | - | 2.25 | V DC |
| 差分低电平 | CANH | 2 | - | 3 | V DC |
| | CANL | 2 | - | 3 | V DC |

6 特性曲线



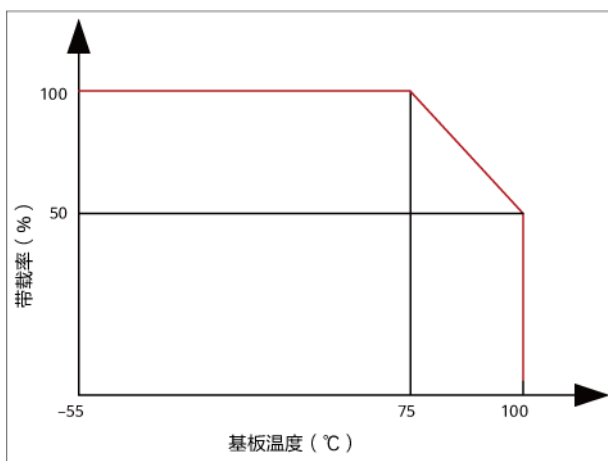
效率

功率损耗



输出功率与输出电压降额
 (输出电压28V以上恒功率, 输出电压28V以下恒电流)

输出功率与输入电压降额



输出功率与基板温度降额

说明

热降额曲线:

- 当电源模块平放安装时, 推荐非引脚侧散热, 推荐散热器要求 (长×宽×高): 310.0mm×135.0mm×58.00mm; 基板厚度: 8.0mm; 齿厚: 2.0mm; 齿间距: 9.20; 材质: Al6063-T5
- 当电源模块基板温度大于75°C时, 电源模块推荐采用双面散热, 详见图9-4。

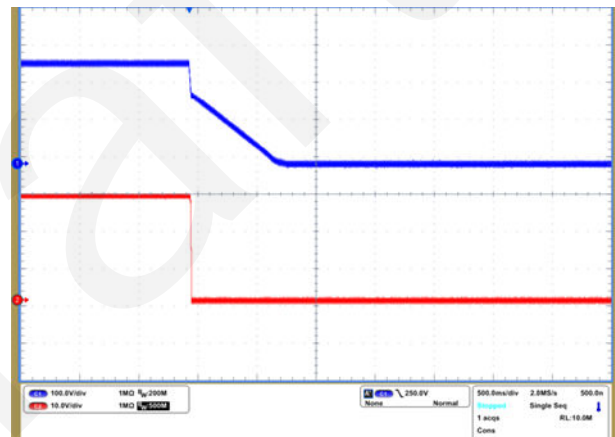
7 典型波形

7.1 开关机

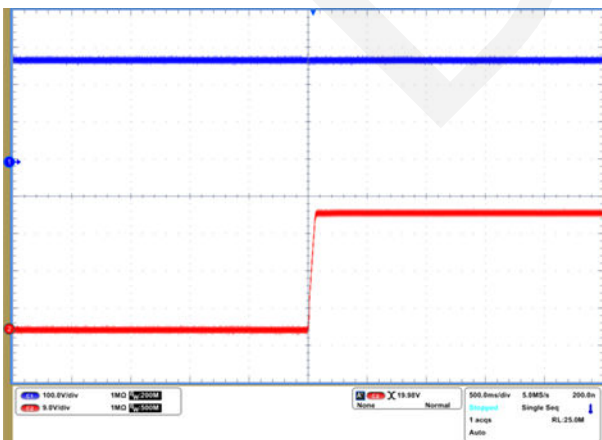
测试条件: $T_c=25^\circ\text{C}$, $V_{in}=270\text{V DC}$, $V_{out}=28\text{V DC}$, $I_{out}=32.14\text{A}$, 除非另有说明。



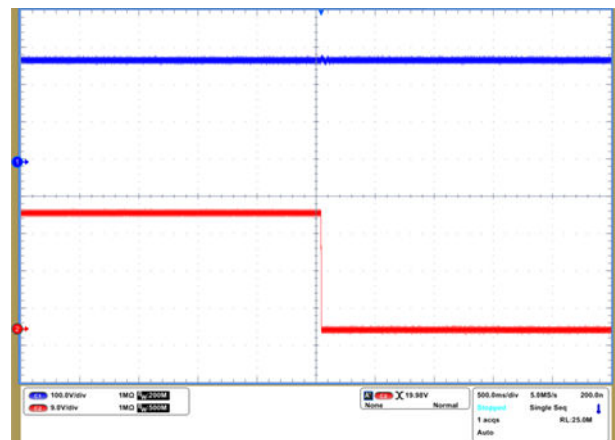
开机 (Power-On)



关机 (Power-Off)



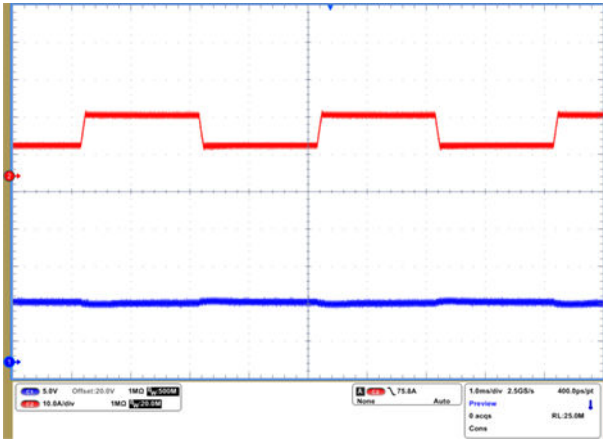
远程开机 (CNT)



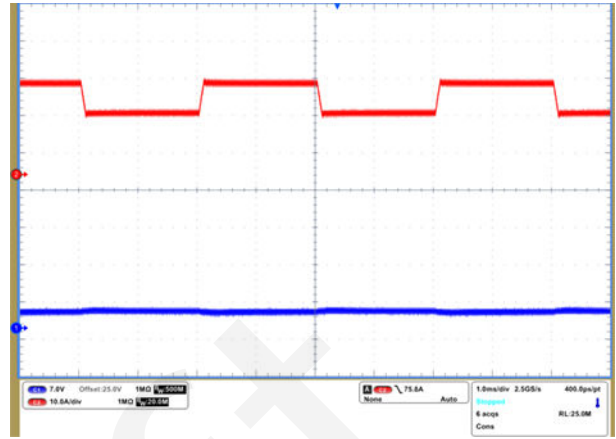
远程关机 (CNT)

7.2 输出电压动态响应

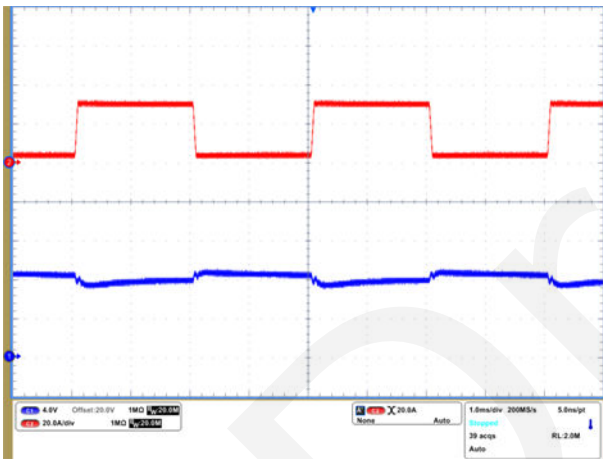
测试条件: $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $V_{in}=270\text{V DC}$, $V_{out}=28\text{V DC}$, $I_{out}=32.14\text{A}$, 除非另有说明。



负载: 25%-50%-25%, $di/dt=0.1\text{A}/\mu\text{s}$, $t=2\text{ms}$



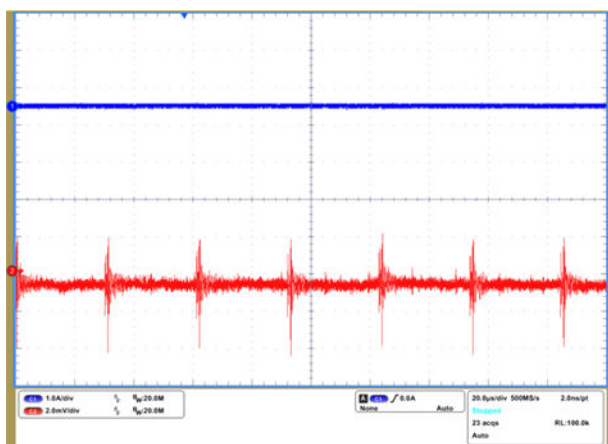
负载: 50%-75%-50%, $di/dt=0.1\text{A}/\mu\text{s}$, $t=2\text{ms}$



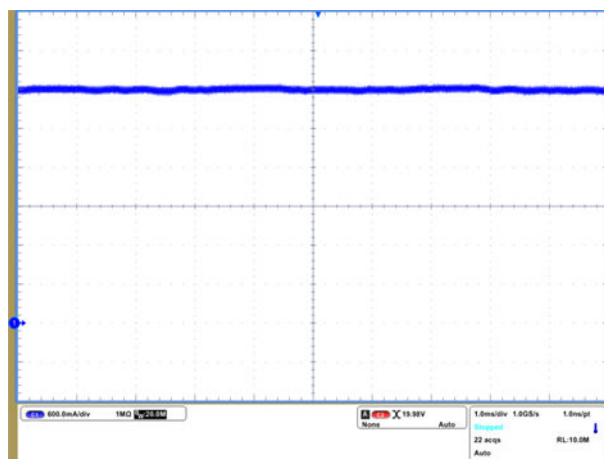
负载: 10%-90%-10%, $di/dt=0.1\text{A}/\mu\text{s}$, $t=2\text{ms}$

7.3 输出电压纹波

测试条件: $T_c=25^{\circ}\text{C}$, $V_{in}=270\text{V DC}$, $V_{out}=28\text{V DC}$, $I_{out}=32.14\text{A}$, 除非另有说明。



输出电压纹波（B和C测试点，参见图4-2）



直流输入反射纹波（A测试点，参见图4-2）

Draft

8 通信协议

8.1 检测精度

电源模块可以通过CAN命令向上位机报告输出电压和输出电流参数。

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 备注 |
|------|-----|-----|-----|----|------------------------|
| 输出电压 | -2% | - | 2% | - | |
| 输出电流 | -2 | - | 2 | A | $I_{out} \geq 10\%$ 负载 |

8.2 数据格式

8.3 定义

说明

CAN通信数据帧间隔时间： $\geq 10\text{ms}$ 。

表 8-1 帧格式

| | |
|--------|------|
| 29位 | 8字节 |
| CAN ID | 数据字段 |

表 8-2 CAN ID 定义

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|----|---|---|-----|---------------|---|---|---|---|---|-----|
| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 命令ID和消息ID (8位) | | | | | | | | M/S | 预留, 填1 (硬件地址) | | | | | | CNT |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|----|----|----|----|----|------------|----|----|----|----|----|----|
| 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 |
| 协议类型号 (6位) | | | | | | 从节点地址 (7位) | | | | | | |

说明

- **CNT:** 1--连续批处理数据 (上位机下发的如0x40, 0x50批量查询命令, 电源模块上报连续帧信号ID不同的情况, 此时前面帧CNT为1, 最后一帧CNT为0); 0--批处理的最后一帧数据。
- **硬件地址:** 共32个硬件地址 (0~31), 由槽位决定, 用于电源模块与上位机通信。请参见 [5.3.5 ADDR引脚](#)。
- **M/S:** 1--主机查询或配置消息; 0--从机应答。
- **命令ID和消息ID:**
 - 0x80--基于字节的控制命令, 内容自定义
 - 0x81--基于字节的配置命令, 内容自定义
 - 0x82--基于字节的查询命令, 内容自定义
 - 0x40--批量电源模块查询命令
 - 0x50--批量固有查询命令
- **从节点地址 (软件地址):** 电源模块正常工作时, 软件地址不起作用, 当上位机向电源模块下发命令时, 电源模块的识别下发命令, 若电源模块的硬件地址无误, 则电源模块与上位机通信正常, 电源模块加载时, 软件地址固定为126。

表 8-3 数据字段定义

| 4位 | 12位 | 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 错误类型 | 信号ID | 信号内容 | | | | | |

说明

- **错误类型:**
 - 0000--无错误, 响应正常
 - 0001--参数错误
 - 0010--无效命令
 - 0011--正在进行地址识别
 - 0100--电子标签未写入
 - 0101--电子标签读取时硬件故障
- 信号ID和信号内容请参见**通信命令**。

8.4 传输方式

表 8-4 1 字节信号

| 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

| | | |
|---|-------|---|
| 0 | 1字节变量 | 0 |
|---|-------|---|

表 8-5 2 字节信号

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
| 2字节变量 | | 0 | | | |

表 8-6 4 字节信号

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
| 0 | | 4字节变量 | | | |

表 8-7 2 字节和 4 字节组成的信号

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
| 2字节变量 | | 4字节变量 | | | |

表 8-8 2 个 2 字节组成的信号

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
| 2字节变量 | | 2字节变量 | | | |

表 8-9 3 个 2 字节组成的信号

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
| 2字节变量 | | 2字节变量 | | 2字节变量 | |

8.5 电源模块与上位机通信

上位机对每个轮询周期需获取电源模块的信息

上位机通过批量查询命令：0x40，获取单个电源模块每个轮询周期需上报的信号。当电源模块收到0x40命令后，按如下顺序上报。

| 信号ID | 描述 | 备注 |
|--------|-----------|------|
| 0x0173 | 直流输出功率 | 批量查询 |
| 0x0174 | 典型效率 | 批量查询 |
| 0x0175 | 直流输出电压测量值 | 批量查询 |
| 0x0178 | 直流输入电压 | 批量查询 |
| 0x017F | 环境温度 | 批量查询 |
| 0x0182 | 输出电流显示值 | 批量查询 |
| 0x0183 | 当前告警/状态 | 批量查询 |

上位机对电源模块固有信息查询

上位机通过批量查询命令：0x50，获取单个模块的固有信息。电源模块收到0x50命令后，按如下顺序上报。

| 信号ID | 描述 |
|--------|-------------------|
| 0x0001 | 电源模块类型特征数据 |
| 0x0002 | 序列号 (SearialNo) |
| 0x0003 | 条码内容1 |
| 0x0004 | 条码内容2 |
| 0x0005 | 软硬件版本号 |
| 0x0006 | 电源模块硬件地址 |

说明

- 在电源模块加载状态下如收到上位机的0x50命令，则仅回送电源模块类型特征数据并带上电源模块加载中断的错误类型。
- 在Boot中，电源模块仅响应0x50命令和加载命令，其他命令不响应。

表 8-10 错误类型

| 错误类型 | 信号说明 | 备注 |
|------|----------|--------------------|
| 0 | 无错误，正常响应 | 当电源模块正常，能正常响应查询时回送 |
| 1 | 节点地址无效 | - |
| 2 | 命令无效 | - |
| 3 | 地址识别过程中 | - |

| 错误类型 | 信号说明 | 备注 |
|------|------------|-----------------------------|
| 4 | 电子标签没写入 | 当电源模块没有存储电子标签时回送 |
| 5 | 电子标签读取硬件故障 | 当电源模块从Eeprom中读取电子标签失败时回送 |
| 6 | 电源模块加载中断 | 当电源模块处于加载状态时回送PMU 0x50的查询命令 |

说明

错误类型为信号ID高4位，例如：当下发信号ID为0x0001；错误类型为命令无效；则信号ID上报为0x2001

8.6 电源模块间通信

| ID部分 | | | 数据域部分 | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------|----------|----------|---------|-----------|-------|-------|--|
| 协议号 | 命令ID | M/S | 错误类型 | 信号ID | 信号内容 | | | | | | |
| - | | | 4位 | 12位 | 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 | |
| 0x3E 电源模块间的通讯协议号 | 0x10--地址自动识别过程中 | 1--主机查询或配置 | 错误类型, 详见表 8-11 | 0x0001 | 序列号高16位 | | 序列号低32位 | | | | |
| | | 0--从机应答 | | 0x0002 | 序列号高16位 | | 序列号低32位 | | | | |
| | 0x11--软件均流过程中 | - | | 0x0001 | 电源模块状态 | 电源模块已调节量 | | 电源模块带载百分比 | | | |
| | | | | 0x0002 | 电源模块调节属性 | - | | - | | | |

| 命令ID | 信号ID |
|------------------|------------------|
| 0x10 - 地址自动识别过程中 | 0x0001--自动识别发起状态 |
| | 0x0002--自动识别响应状态 |
| 0x11 - 软件均流过程中 | 0x0001--从机均流数据 |

| 命令ID | 信号ID |
|------|------------------|
| | 0x0002--主机均流调压数据 |

 说明

- **电源模块状态**: bit0=1, 电源模块故障 (电源模块发生诸如关机等需退出均流计算的故障)
- **电源调节属性**: = 0, 禁止调节; = 1, 模块根据自身状况调节; = 2, 统一升压; = 3, 统一降压
- **电源模块带载百分比** = 本机电源模块电流/电源模块额定电流 $\times 2^{10}$ (以2900W电源模块为例, 电源模块额定电流: 50A: 2900/58=50A。)

表 8-11 错误类型

| 错误类型 | 信号说明 | 备注 |
|------|------------|-----------------------------|
| 0 | 无错误, 正常响应 | 当电源模块正常, 能正常响应查询时回送 |
| 1 | 节点地址无效 | - |
| 2 | 命令无效 | - |
| 3 | 地址识别过程中 | - |
| 4 | 电子标签没写入 | 当电源模块没有存储电子标签时回送 |
| 5 | 电子标签读取硬件故障 | 当电源模块从Eeprom中读取电子标签失败时回送 |
| 6 | 电源模块加载中断 | 当电源模块处于加载状态时回送PMU 0x50的查询命令 |

 说明

错误类型为信号ID高4位, 例如: 当下发信号ID为0x0001; 错误类型为命令无效; 则信号ID上报为0x2001

8.7 黑匣子

表 8-12 黑匣子数据命令

| ID部分 | | | | 数据域 | | |
|------|------|-----|------|------|------|------|
| 协议号 | 命令ID | M/S | CN/T | 错误类型 | 信号ID | 信号内容 |
| | | | | | | |

| ID部分 | | | | 数据域 | | | | | | | |
|----------|---------------|---|---|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| - | | | | 4位 | 12位 | 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
| 0x3F主机报文 | 0xD9--黑匣子记录请求 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |

表 8-13 黑匣子返回命令

| ID部分 | | | | 数据域 | | | | | | | |
|----------|---------------|-----|-----|------|--------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 协议号 | 命令ID | M/S | CNT | 错误类型 | 信号ID | 信号内容 | | | | | |
| - | | | | 4位 | 12位 | 第2个字节 | 第3个字节 | 第4个字节 | 第5个字节 | 第6个字节 | 第7个字节 |
| 0x1F主机报文 | 0xD9--黑匣子记录上报 | 0 | 1 | - | 0x0001 | 数据长度 | | | | | |
| | | | 1 | | 0x0002 | 信号ID0x0002对应的值 | | | | | |
| | | | ... | | ... | ... | | | | | |
| | | | 0 | | 0x000N | 信号ID0x000N对应的值（最后一帧数据） | | | | | |

 说明

远程关机为CNT关机，上位机关机不记录在黑匣子，仅CNT关机记录在黑匣子。

8.8 通信命令

表 8-14 数据格式

| 数据格式 | 说明 |
|------|-----------------------------------|
| I | 4Bytes定点数 (IQ10:2 ¹⁰) |
| II | 4Bytes整形数 (IQ0:2 ⁰) |
| III | 4Bytes按位定义 |

| 数据格式 | 说明 |
|------|-----------------------------------|
| IV | 6Bytes按位定义 |
| V | 1Bytes整形数 |
| VI | 2Bytes定点数 (IQ10:2 ¹⁰) |
| VII | 2Bytes整形数 (IQ0:2 ⁰) |

表 8-15 通信命令

| 命令 | 描述 | 数据格式 | 数据类型 | 说明 |
|--------|-----------------|-------------|------------|--|
| 0x0001 | 模块类型特征数据 | IV | Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x50命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0002 | 序列号 (SearialNo) | IV | Write/Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x50命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0003 | 条码内容1 | IV | Write/Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x50命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0004 | 条码内容2 | IV | | |
| 0x0005 | 软硬件版本号 | VII/VII/VII | Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x50命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0006 | 模块硬件地址 | VII | Read | <ul style="list-style-type: none"> 范围值：1~100 使用0x50命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0008 | 上位机授时 | II | Write | - |
| 0x0100 | 直流输出电压设定值 | I | Write | 范围值：22.4V DC~30.8V DC |
| 0x012F | 输入电压类型 | V | Read | 支持单独命令查询 |
| 0x0133 | 清除故障状态 | V | Write | 1: 清除故障以及输出过压锁死, 其它命令无效 |

| 命令 | 描述 | 数据格式 | 数据类型 | 说明 |
|--------|----------------------|-------|------|---|
| 0x0173 | 直流输出功率 | I | Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x40命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0174 | 典型效率 | I | Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x40命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0175 | 直流输出电压测量值 | I | Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x40命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0178 | 直流输入电压 | VII/I | Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x40命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x017E | 全桥主管温度 | I | Read | <ul style="list-style-type: none"> 支持单独命令查询 |
| 0x017F | 环境温度 | I | Read | <ul style="list-style-type: none"> 使用0x40命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0180 | SR温度 | I | Read | 支持单独命令查询 |
| 0x0182 | 输出电流显示值 | I | Read | <ul style="list-style-type: none"> 0x40命令码批量读取 支持单独命令查询 |
| 0x0183 | 当前告警/状态 (详见表8-16) | III | Read | <ul style="list-style-type: none"> 0x40命令码批量读取 支持单独命令查询 |

表 8-16 电源模块当前告警/状态定义

| 位号 | 描述 | 告警 |
|------|--------|------|
| Bit0 | 输出过压告警 | 告警：1 |
| Bit1 | 模块过温告警 | 告警：1 |
| Bit8 | 输出欠压告警 | 告警：1 |

| 位号 | 描述 | 告警 |
|-------|--------|------|
| Bit17 | 输入欠压告警 | 告警：1 |
| Bit22 | 输入过压告警 | 告警：1 |
| Bit28 | 输出过流告警 | 状态：1 |

 说明

Bit2~Bit7, Bit9~Bit16、Bit18~Bit21、Bit23~Bit27和Bit29~Bit31为预留位。

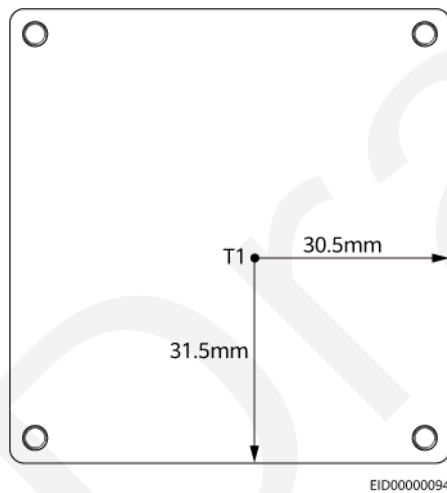
Draft

9 散热要求

测试基板温度定义

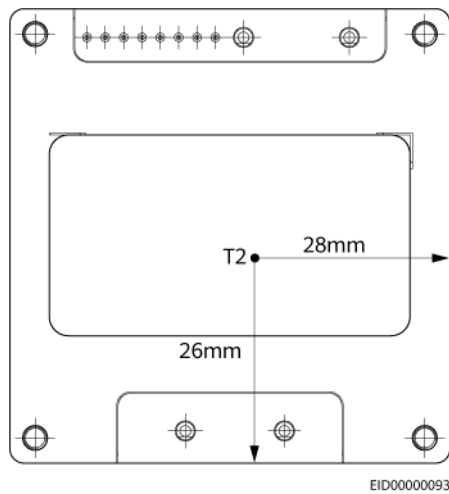
- 电源模块非引脚侧基板温度，使用时需确保 $T1 \leq$ 规格定义的最高基板温度且必须增加侧壁散热措施。

图 9-1 非引脚侧基板温度



- 电源模块推荐使用双面散热，即在引脚侧增加散热器，推荐引脚侧的温度 $T2 \leq T1 + 5^\circ\text{C}$ 。

图 9-2 引脚侧基板温度

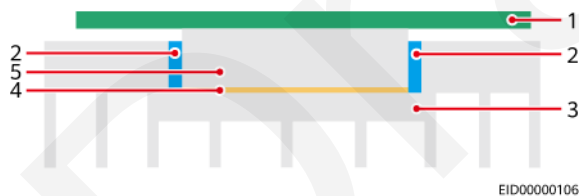


散热方式

电源模块使用液冷散热、自然散热或风冷散热。

电源模块所需散热器根据不同的使用场景而定，保证电源模块的基板温度满足要求（需增加侧壁散热）。如液冷散热场景，通过液冷板控制电源模块的基板温度，无需额外增加散热器；如风冷场景与自然散热场景，皆需要在电源模块散热面安装散热器以确保电源模块基板温度满足要求，自然散热场景所需的散热器面积大于风冷散热场景。

图 9-3 单面散热结构



(1) 电源系统板

(2) 导热凝胶

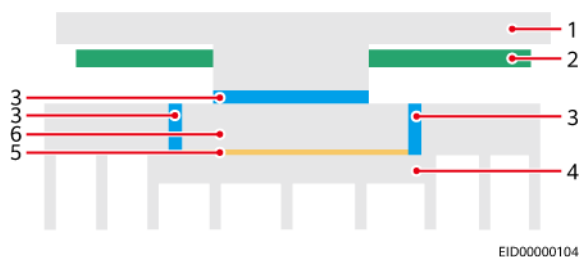
(3) 电源模块非引脚侧散热器或液冷板

(4) 导热硅脂

(5) 电源模块

-

图 9-4 双面散热结构



(1) 电源模块引脚侧散热器或液冷板

(2) 电源系统板

(3) 导热凝胶

(4) 电源模块非引脚侧散热器
或液冷板

(5) 导热硅脂

(6) 电源模块

📖 说明

- 推荐使用GB9074.4-088 M3十字槽盘头螺钉和弹簧垫圈及平垫圈组合螺钉（螺钉需增加螺纹胶，力矩：5.5N.m），螺钉长度根据实际应用环境确定。
- 请根据散热器底板厚度选择合适长度的螺钉，螺钉打入电源模块基板深度建议在2.5mm~8.0mm区间，若螺钉打入电源模块基板深度不在区间内，可能导致电源模块损坏。
- 在进行散热设计时请参考[特性曲线](#)，确保电源模块使用时其工作温度不超过降额曲线给出的最高工作温度。
- 散热基板与电源模块接触面需涂覆一层导热硅脂，导热硅脂涂覆过多将影响电源模块的散热效果，建议涂覆厚度不超过0.1mm；也可采用导热凝胶或导热垫等。

Draft

10 二次组装

电源模块支持标准波峰焊和手工焊。

- 波峰焊：电源模块引脚在最高温度260℃下焊接时间少于7秒。
- 手工焊：烙铁温度应保持在350℃~420℃，且在电源模块引脚上施加时间少于10秒。

📖 说明

- 若长时间在电源模块的引脚上作业，可能导致电源模块内部损坏。
- 若电源模块上有残留的锡渣，可以使用异丙醇（IPA）溶剂或其他合适的溶剂清洗电源模块。

| 类型 | 要求 | 备注 |
|------|---|--|
| 封装类型 | DIP封装 | - |
| 锡膏类型 | 使用干净且无铅的锡膏焊接电源模块。电源模块表面必须清洁干燥。否则，电源模块的组装、测试或可靠性将受到负面影响。 | - |
| 焊接要求 | 满足JEDEC要求 | - |
| 返修要求 | <ul style="list-style-type: none">● 使用锡炉维修● 参照DIP器件维修标准● 电源模块返修，锡渣未污染电源模块 | 不推荐采用热风枪/电烙铁等返修方式（由于输出引脚散热较快不容易将锡融化，并且引脚众多无法同时拆卸）。 |

11 存储要求

1. 根据 IPC J-STD-020/033中规定的MSL1的要求存储和运输电源模块。
2. 电源模块在包装未拆封时，存储期为1年，拆封后为半年。

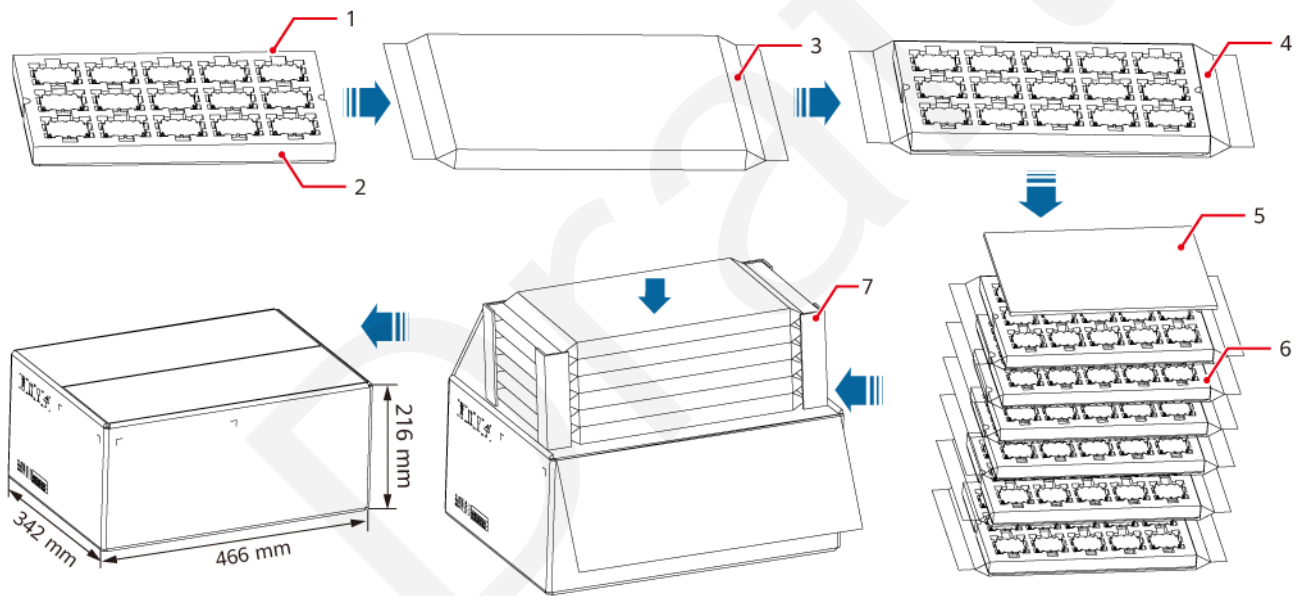
Draft

12 产品包装

说明

产品数量：90pcs/箱。

图 12-1 产品包装示意图



EID00000030

- (1) 电源模块 (15pcs/层) (2) EPE泡棉托盘 (3) PE防静电袋 (4) PE防静电袋抽取真空
(5) EPE泡棉垫 (6) 电源模块层 (6层/箱) (7) 护棱 (4pcs/箱) -

A EMC

| 项目 | 端口 | 标准 |
|--------------|------|--|
| 电快速脉冲群 (EFT) | 直流输入 | IEC 61000-4-4, Level 3, 判据B, $\pm 2\text{kV}$ |
| 浪涌 (Surge) | 直流输入 | IEC 61000-4-5 差模 (P~N) : $\pm 1\text{kV}/2\Omega$ (1.2/50 μs) 共模 (P~PE; N~PE; P\N~PE) : $\pm 2\text{kV}/12\Omega$ (1.2/50 μs) 说明 判据: 电源模块不容许出现任何方式的告警、复位或输出中断; 电源模块不损坏, 测试结束后可正常运行 |

B 可靠性

平均无故障时间 (MTBF)

| 项目 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | 说明 |
|----------------|-----|-----|-----|------|---|
| 平均无故障时间 (MTBF) | - | 1.0 | - | 百万小时 | 参考Telcordia SR-332 Issue 3 Method 1; 80%负载; $V_{in}=270V$ DC; $T_C=25^{\circ}C$ |

可靠性测试

| 项目 | 标准 |
|---------|-----------------|
| 高加速寿命测试 | IPC-9592B 5.2.3 |
| 不带电温循测试 | IPC-9592B 5.2.6 |
| 湿热测试偏置 | IPC-9592B 5.2.4 |
| 高温测试偏置 | IPC-9592B 5.2.5 |
| 带电温循测试 | IPC-9592B 5.2.7 |
| 低温测试偏置 | JESD22-A119 |