

一、电源基本参数与测试方法

(一) 标准测试接线图: (图 1)

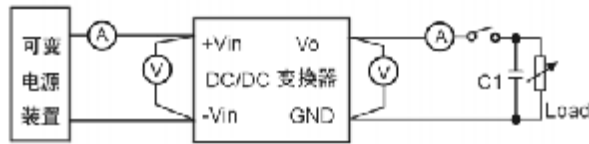


图 1

测试说明:

1. 可变电调装置:

电压调节范围要能满足DC/DC变换器的最大输入电流和最大输出功率。

$$\begin{aligned} & \text{DC/DC 变换器的最大输入电流} \\ &= \frac{\text{被测电源变换器最大输出功率}}{\text{典型效率} \times \text{电源变换器最低输入电压}} \end{aligned}$$

2. 示波器:

带宽为0-20MHz, 如使用50MHz以上带宽示波器, 请使用带宽限制位置(0-20MHz)。

3. 示波器探头:

选用带有地线环(如因距离过长而无法靠接被测变换器输出管脚, 可自制地线套)的20MHz示波器探头, 如图2, 测量纹波和噪声的方法为直接靠接输出端子, 以避免辐射和共模噪声对测量的干扰。

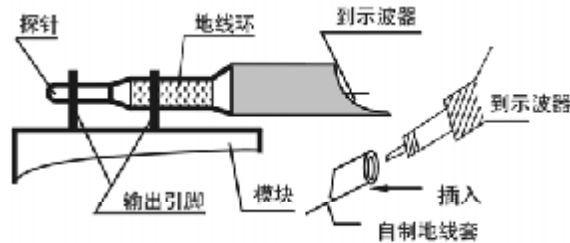


图 2

4. 电压表:

用于测量输出电压的电压表应是在计量有效期内的四位半或四位半以上精度的数字电压表。电压表应直接与电源输出端子连接, 且连接线上不能有负载电流通过, 否则会产生测量误差。

5. 电流表:

在计量有效期内的三位半或四位半数字电流表。

6. 变阻器:

VR选用无感变阻器或电子负载, 如选用有感变阻器, 则要并联电容C1。

C1一般取10 μF的钽电解电容, 耐压大于模块变换器的输出电压。

(二) 基本参数与测试方法

1. 输出电压精度:

在标称的输入电压和额定负载下, 用高精度的直流电压表来测量输出电压。测量值与标称值之间的差值以百分比来表示就是输出电压精度, 其计算公式为:

其中 U_0 为标称值, U 为测量值。

$$\text{电压精度} = \frac{(U - U_0) \times 100\%}{U_0}$$

2. 源效应 V_{ov} : 输入电压变化引起的输出电压变化率。

$$V_{ov} = \frac{\Delta V_o}{V_{onom}} \times 100\% = \frac{\text{输出电压变化量}}{\text{标称输出电压}} \times 100\%$$

输入电压的变化量应不超出指标书给定的条件。

3. 负载效应 V_{OL} : 负载变化引起的输出电压变化率。

$$V_{OL} = \frac{\Delta V_o}{V_{onom}} \times 100\% = \frac{\text{输出电压变化量}}{\text{标称输出电压}} \times 100\%$$

负载电流的变化量不超出指标书给定的条件。

注意:

在测量这一参数时, 应排除引线电阻所引起的误差。引线电阻引起的误差往往可能大于电源本身的负载调整率。例如: 假定引线电阻为 $2\text{m}\Omega$, 那么, 5A 的负载电流引起的电压降为 $\Delta V = 2 \times \Delta I_o = 10\text{mV}$ 。如果变换器的负载效应为: 0.2% (max), 即 5V 输出允许 $\pm 10\text{mV}$ 变化, 引线的电压降已与此相当。为了保证较高的负载调整率, 应将 +S 端接 V_o 正端, -S 端接 V_o 负端。 $1\text{m}\Omega$ 电阻相当于直径 1.16mm (截面积为 1mm^2), 长度为 60mm 铜导线的电阻。

4. 纹波及噪声:

高频开关电源的这项指标不同于线性电源。线性电源的噪声指电源内部有源器件, 如运放、基准、晶体管的固有噪声在电源输出端上的反应。这种噪声主要以白噪声的形式出现, 伴有一定的开关噪声。而纹波主要指电源输出端上 50Hz 或 100Hz (全波或桥式整流) 的成分。开关电源的纹波和噪声则如图3所示。纹波的频率 (f) 取决于电源的开关频率。一般情况下输入电压为上限时纹波幅度为最大。图4为测量纹波及噪声的另一种方法。

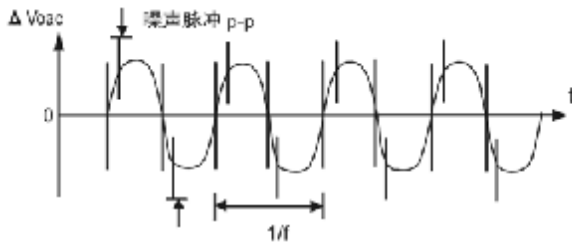


图 3

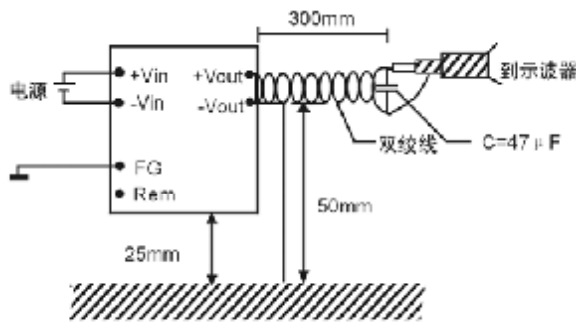


图 4

纹波的频率 (f) 取决于电源的开关频率, 一般输入电压为上限值时纹波幅值最大, 波形如图 3 所示。降低纹波可用增大滤波电容, 增加 LC 滤波器的方法解决。噪声测量一般用示波器来进行。对示波器的要求是: 带宽为 0-20MHz。请注意纹波及噪声的测量方法, 我们推荐图 2 所示的测量方法, 对输出管脚间距大的使用图 4 所示测量方法。

5. 温度稳定性:

输出电压随工作温度变化的表达式为: $T_{COEFF} = (\Delta V_o / V_{onom}) / \Delta T$ 。工作温度范围不应超出指标书给定的范围。一般 DC/DC 变换器从通电开始工作到热平衡需要半小时。在这一过程中, DC/DC 变换器的壳温会有上升。如 SMP-1250 系列 DC/DC 变换器的温升约 25℃, 即: 环境温度 +25℃ = 壳温。在测量温度稳定性时不要忽略这一点。一般测量方法为: 通电半小时后, 测得一输出电压值 V_o (这时的环境温度为 25℃), 而后在给定的最高工作温度点和最低工作温度点各测得 V_o , 然后进行测算。SMP-1250 系列 DC/DC 变换器的典型温度特性曲线如下:

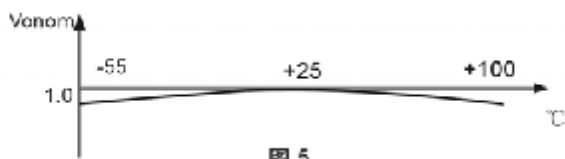


图 5

6. 瞬态响应:

所有电源, 当负载出现突变时, 系统对这个突变的响应有一定的时间, 在这个突变期间, 其输出电压在瞬间会有一个“短暂失控的”过冲和跌落过程, 然后再回到正常输出状态。

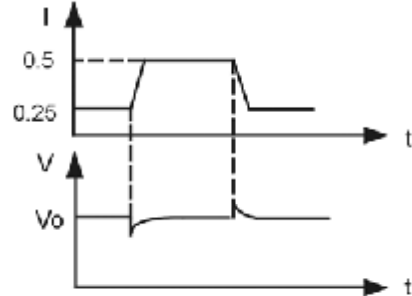


图 6 瞬态响应的波形

过冲和跌落幅度的高低, “失控”的时间长短, 是表示电源性能优劣的一个重要指标, 这就是瞬态响应(动态响应)。

测量的方法:

用电子负载, 在负载电流为额定值的 25%~50%~25%, 50%~75%~50% 阶跃变化时, 用示波器测量输出电压的最大偏差和响应时间。

二. 典型应用:

具体应用应参见相应型号的技术说明或与我公司技术部门联系。

(一) 输入保护:

输入保护电路由保险丝, 反极性保护二极管, 输入电容, 瞬态抑制二极管等组成, 常用的输入保护电路如图 7 所示。

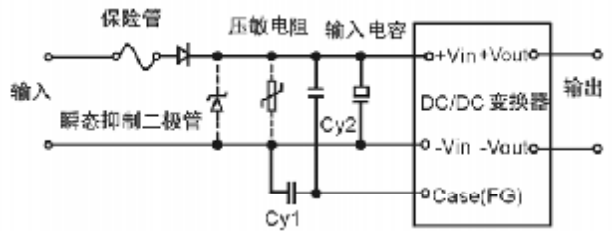


图 7 常用的输入保护电路

1. 保险丝

由于模块内部没有保险丝, 通常要在模块外部使用保险丝提供安全保护, 以满足国际安全规范。一般保险丝规格可选取 1.5-2 倍的额定输入电流, 如果模块工作在一个相当宽的电压范围, 保险丝应该选择大于最大输入电流, 最大输入电流一般是在输入电压最低的时候。连接输入至模块的导线应该能流过 1.5 倍保险丝值的电流而不熔断, 如果输入线中有一条是连到机壳地或保护地, 那么保险丝应连在另一条输入线中。

是否选择一个快速熔断的保险丝取决于具体的应用。一般来说一个普通的保险丝能提供足够的保护，模块内部可以处理短路期间的一些瞬态错误，但在热备份的应用中，我们推荐使用快速保险丝，以防失效的模块将输入母线短路。

2. 输入电容

在模块的输入端应加装一只电解电容，它一方面可降低供电电源的阻抗，使模块能可靠的工作；另一方面可吸收模块输入端的电压尖峰，减小反射干扰。另外在输入母线上出现电压瞬态时（因短路或意外导致的电压瞬间跌落），给模块提供一定时间的持续电压。

选择电容时，除考虑脉动电流、电压和维持时间外，应该选择低等效串联电阻（ESR）的电容，或使用小容量高频电容与大容量低频电容并联使用。

3. 输入瞬间过压保护

输入瞬间过压保护可加装一只瞬态抑制二极管或瞬态吸收器（金属-氧化物压敏电阻），这只二极管或压敏电阻，应放在电解电容前面，瞬态保护在低压时用二极管，高压时用压敏电阻。瞬态抑制二极管的选择可参考下表。

输入电压范围 (V)	9 - 18	18 - 36	36 - 72	70 - 140
标称输入电压 (V)	12	24	48	110
瞬态过压抑制二极管电压 (V)	20-22	37-40	74-85	150-160
推荐的型号如	P6KE20A	P6KE39A	P6KE75A	P6KE150A

4. 反极性保护

为了防止模块在输入线接错时，模块承受反向电压，在输入端安装一只二极管，这只二极管可串联在输入回路，也可并联在输入回路（图中虚线所示位置）。如果使用瞬态抑制二极管作为瞬态过压保护，则省略串联的二极管，同样可起到反极性保护的作用。

5. Y 电容器

推荐安装Y电容，以降低共模噪声，Y电容的中心接模块外壳（FG）并与系统保护地相连。容量一般从几纳法至几十纳法。电容的耐压与漏电流应满足安规中的要求。

(二) 遥测(± S)的使用

遥测功能可使负载两端的稳压精度保持在技术规范要求的范围内，当电源模块与负载之间的距离远，负载电流大，连接回路压降大的情况下，可由遥测(Sense)端直接检测负载两端的电压，来确保其稳定精度。图8为遥测的接线图。遥测端的连接应用屏蔽线或双绞线，另外在紧靠模块的± S和

± Vo端之间可连接0.1 μ F左右的去耦电容，防止噪音干扰。与负载线相比，遥测端连线上的电流很小。

★ 请注意：遥测连线不能用来传输负载电流，否则电源模块会被损坏。使用时必须确保负载连线可靠后才可通电。

当负载两端的电压下降时，遥测端检测的信号会使电源模块产生一个电压上升的响应，因而补偿了负载两端电压的下降。通过这种方式模块可自动补偿线路的压降约为0.5V，如果回路压降超过0.5V，负载调整率将降低。

当不用遥测功能时，应将各遥测端与相应的输出端在模块出针的根部短接。+S脚应连到模块的+Vo，-S脚应连到模块的-Vo。

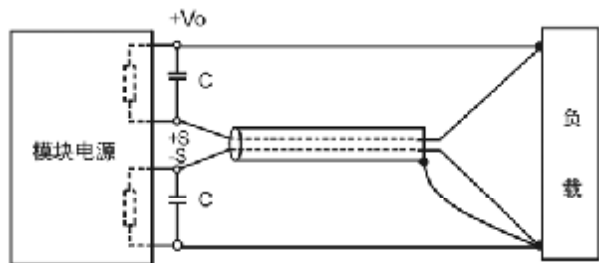


图8 遥测端的使用

(三) 输出电压调节

用户可以通过在Trim端外接电阻器，使输出电压在标称值的± 10%的范围内微调。外接电阻器的数值一般在几千欧至几百千欧之间，或使用电位器。Trim端的上下调方式有两种版本，上下调的方向是相反的，具体调整方法以相应产品的说明书为准。

1. 输出电压上调

通过Trim端与-S端或-Vout (+S端或+Vout)接一电阻可使输出电压升高。电阻为零欧姆时上调电压为最大值。电阻值越大，输出电压越接近标称输出电压。

2. 输出电压下调

通过Trim端与+S端或+Vout (-S端或-Vout)接一电阻可使输出电压降低。电阻为零欧姆时下调电压为最小值。电阻值越大，输出电压越接近标称输出电压。

3. 输出电压上下调

通过Trim端接电位器中点，电位器两固定端接+S（或+Vout）和-S（或-Vout），可使输出电压上下调节。使用时为防止上下调节范围相差太大，可分别在电位器两端至± S端连一电阻。

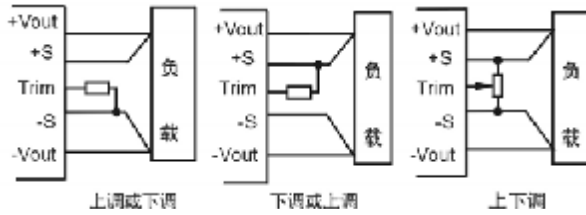


图 9

对于没有 +S、-S 端的模块，调节时使用 Trim 和 +Vout、-Vout。

对于有 +S、-S 端的模块，为了避免使用调节功能时影响调整率，调节电阻一定要连到遥测端（+S、-S 端），不要连到输出线或负载端。

使用 Trim 端时应注意以下几点：

1. 输出功率不要超过最大额定输出功率。如果输出电压高于其标称值，应降低输出电流，使输出功率不超过额定输出功率。

2. 使用时输出电压不要超过 +10% 的标称输出电压。在输出电压为 110% 的标称输出时，输入电压在最低值附近时，电源模块的调整率等指标不能满足。

3. 使用时输出电压下调最好不要超过 10%。如果输出电压低于标称值，应降低输出功率使用，使输出电流不要超过最大输出电流。有些型号模块可能输出在超出 -10% 时仍可工作，但系统的响应会有改变，使用时最好参考技术指标书的要求或与技术人员联系。

（四）遥控开关机：

是指对模块输出电压的“ON”（允许）、“OFF”（禁止）操作。控制端一般叫 REM 端。模块的控制有两种标准的方式。（下面低电平和高电平的具体电平范围参照各模块指标）。部分模块的遥控高电平可达到输入电压，但是建议用户在使用时不要把 REM 端连到正输入端，以防在输入端串入浪涌电压、正负高压脉冲串、雷击残压等对模块产生影响。

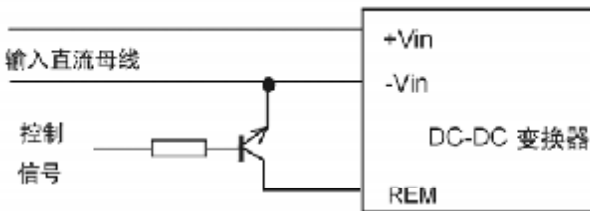


图 10 常规控制方式

1. 正逻辑控制

REM 端子与 -VIN 直接相连或接低电平，输出 OFF；
REM 端子悬空或接高电平，输出 ON。

2. 负逻辑控制

REM 端子与 -VIN 直接相连或接低电平，输出 ON；
REM 端子悬空或接高电平，输出 OFF。

至于具体选用哪一种控制方式，可由用户自己决定。同时，我们推荐其中第一种常用的控制方式，如图 10 所示，详细情况可查阅具体型号的产品规格表。

在一些特殊的应用中，可能要用到隔离控制的方式。这里推荐一种隔离控制的电路供参考，如图 11。其中光耦一般选用传输比较高的三极管型而不采用达林顿型的。

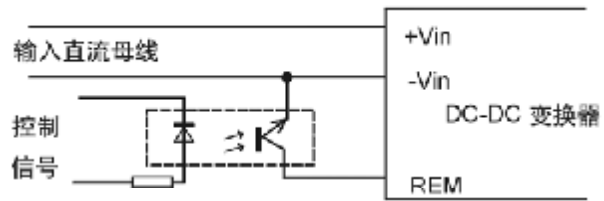


图 11 隔离控制方式

（五）电源的保护功能

1. 输入欠压保护

为了防止电源模块的输入电压在超出正常范围时输出异常或损坏模块，我公司的模块绝大多数具有输入欠压保护，具体型号参数参见技术要求。大功率电源的输入欠压保护尤其重要。这是由于电源模块的效率基本上是恒定（在恒定负载的条件下，效率随输入电压只有很小变化），随着输入电压的降低，输入电流增大，如果输入供电电源的电压建立时间比较长，在模块没有欠压保护的条件下会使模块输出电压的建立时间较长，此时间与输入电压建立时间有关，这样会使用户电路在上电时工作在异常状态，有可能会引起故障或烧毁用户电路；而且在这种状态的情况下模块的输入电流较大，输入电压很低，很容易损坏电源模块。

如果电源模块具备欠压保护功能，无论输入电压如何建立，只有在输入电压达到一定值时电源模块才启动工作，保证输出电压的建立时间不变。由于欠压保护有回差控制，保证了在开启和关闭时的稳定和可靠。即使输入端引线过长线压降过大，使电源在上电和掉电引起输入电压在欠压点附近的跌落和上升，也不会使输出产生异常。欠压保护的回差控制是保证输入开启电压高于关闭电压，一般情况开启电压高于关闭电压 0.5Vdc~3Vdc 左右，这与具体型号有关。

用户的电源盘要实现热插拔，一般都在输入端加入了缓启动电路，使输入电压缓慢上升，因此用户在选择电源模块时应注意此项功能。

2. 输出限流和短路保护

我公司所有电源模块都具备输出限流和短路保护功能，

当输出短路或过载状态消除后，输出可以自动恢复正常。输出过流点是模块内部设定的，用户不能从外部改变。

用户须注意在过热的条件下，如果长期工作在过载或短路状态下，电源模块有可能损坏，这取决于模块的壳温和散热条件及型号，尤其对没有过温保护的电源模块。

输出短路和过载时电源模块的功耗是决定其能否长期工作于此种状态的主要条件。输出短路时绝大多数型号的电源模块工作在间歇模式，输入的平均功耗很低；输出过载时电源模块工作在限流方式，一般条件下限流保护点在120%标称输出电流附近，此时的输出功率最大，模块的功耗也很大，应注意避免长期工作于此状态，输出限流保护点的电流值会随输入电压和温度而有些变化，一般情况下会随输入电压降低而减小，随输入电压升高而增大，不同系列的型号产品会有差异，在使用时须注意。

3. 输出过压保护

电源模块的输出过压保护采用了—个独立的反馈环路，—般的保护值是在标称输出电压的120%至140%。当过压检测电路发现输出端有过压，它给输入侧发出信号使模块关闭输出。但它不是锁存状态不需外部复位，模块在短暂的关闭输出之后再重新启动，输出电压在原边的软启动控制下重新建立。如果过压是外部产生的并已消失，模块将正常运行；如果过压条件还持续，模块将再次关闭输出并重新启动，这样将维持在关闭和启动的重复状态。如果用户要求输出电压的波动较小，不允许上述情况，我们建议在外加—个电压监测，通过模块的遥控端（Rem）来关闭输出。在大多数的应用情况下用户都在输出加—定容量的电容，模块的关闭与开启不会在输出引起太大的变化，输出电压基本上维持在过压门限附近。

小功率的电源模块大多数在输出端并联稳压、吸收二极管之类的保护器件。出现过压时二极管可以吸收部分能量。如果过压维持时间过长，使二极管无法吸收，则二极管被击穿短路，使输出电压变得很低。此种保护是以模块的损坏为代价来保护用户设备的。

输出过压保护门限是模块内部设定的，不能用TRIM端改变。

4. 温度保护

功率为50W以上的铝基板结构电源模块—般都有内部过温保护功能。当基板温度达到100℃~110℃时模块将关闭输出；当基板温度降回正常范围或95℃以下时模块将自动恢复正常输出，而不需要人工复位。

(六) 多路输出

多路输出的模块在选择和应用时要仔细阅读技术手册，

了解各路输出之间的交互调节特性。多路输出的模块有几种。其一，各路都是稳压的且各路均可任意加载，其特性最好；其二，主路输出稳压，其它各路跟随，付路的负载调整率较差且与主路负载有很大关系，如果主路负载轻时，付路加载时可能输出电压会很低；其三，不分主、付路，各路的加载特性相同且都不是很好，但各路可随意加载，如果其中一路空或载很轻时其输出电压会比其它各路都高，加载最重的输出电压最低。用户在使用时应注意，想了解各型号的更多特性，可与本公司联系！

(七) 串联应用

电源模块的输出电压的串联使用是可能的，最多能串联几台运行要看具体的型号和应用。

为了获得高输出电压，两个模块的串联运行如图12所示。每个模块的输出并联了—个反向二极管，它能使反向电压旁路，在上电启动时不会由于启动时间不同而相互影响。此二极管应选肖特基二极管，其反压应大于总输出电压，电流应大于两倍额定输出电流。

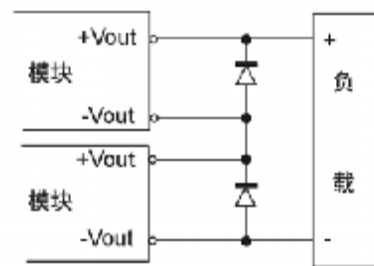


图 12 两个模块串联

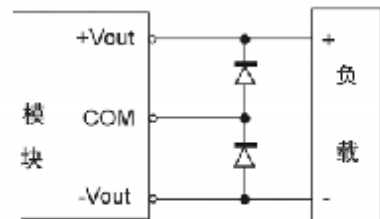


图 13 模块的双输出之间串联

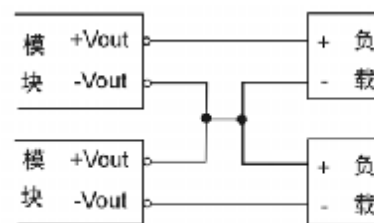


图 14 两组负载分离时的串联

不需加上述二极管，如图14。此应用类似组成正负电源系统。在串联应用时要使两模块的性能尽量匹配，特别是上电启动特性和—些保护特性。我们建议尽量使用同一型号的模块。

(八) 并联使用

电源模块的并联有两方面的作用，一是增加输出功率，二是增加电源系统的可靠性。增加输出功率的使用，一般情况下是单个模块的输出功率不能满足要求，因此需要两个或多个模块并联，这样就要求各模块之间的均流要好，这种均流不能靠输出端并联或把输出电压调为一致实现，因为模块的输出阻抗、温漂等都不相同，会使负载不均衡。这种并联需要模块具有此项功能才能实现，如我公司300W和600W带PC端子和CS端子的模块，有PC端子的可直接并联，PC端连在一起，有CS端子的模块需外加并联均流电路。用户在使用时须注意，输出电路形式为自驱同步整流电路的，输出端不能直接并联！

为了增加电源系统可靠性的并联，我们称之为热备份使用，或冗余并联，如图15。此种并联的要求是，每一个模块都可单独提供100%的负载电流，因此并联使用时不存在均流的要求，两者都在提供电流，相互之间互为热备份。由于两者之间有二极管分离，因此一台的失效不会影响另一台的使用。图中的二极管根据输出电压的大小可选低压降的肖特基二极管，现在已有正向压降为0.2V的肖特基二极管。在使用时应先调节每一个模块至负载端的电压，使两者尽量一致，并且要注意模块输出的动态特性，以防提供较小电流的模块在另一模块失效或关机时无法及时提供全部电流而使输出电压出现瞬时跌落，而影响系统工作，如果需要热备份使用时也要达到一定的均流效果，请与我公司联系！

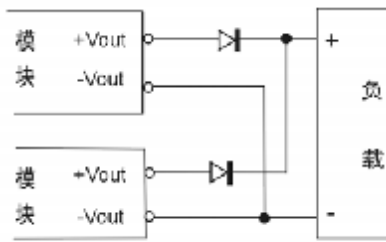


图 15 热备份使用

图 15 热备份使用

(九) 电源模块的散热

电源模块在工作时内部将产生热量，会使壳温上升，因此如何保证壳温在允许的范围内并使其温升尽可能低是提高其可靠性的关键，模块散热主要通过自然对流、强制风冷、安装散热器的方法，或其中几种的组合。对小功率的模块，设计时主要考虑自然散热，功率基本上是40W以下。在使用时主要考虑其安装环境，使其周围有对流的空气，使用功率有一定的降额，并在实际的最高环境温度下监测壳温。对40W以上或有散热器安装孔的模块，必须考虑强制风冷或安装散热器散热。基本方法是：先根据效率 η 计算出模块的

耗散功率 $P_d = P_{out} / \eta - P_{out}$ ，通过最高壳温 T_c 和要求的工作环境温度 T_a ，算出外壳到环境的热阻 $\theta_{c-a} = (T_c - T_a) / P_d$ ，根据算出的热阻选择合适的散热器或风速，然后根据散热器与模块外壳的导热材料，必须把外壳至散热器的热阻也考虑进去。计算只是考虑散热的第一步，由于受众多因素的影响，在选定散热器与风速后必须对外壳温度进行验证，以便进一步的修正。

(十) 电磁兼容

几乎所有的电源模块内部都有 π 型滤波器，但由于体积的限制其滤波效果比较有限。几乎所有品牌型号的电源模块在通过电磁兼容测试时都需要外加电容、滤波器或装置，这也是FCC和CISPR标准所允许的。

电源模块的干扰主要有传导干扰和辐射干扰，传导干扰即有共模噪声，又有差模噪声，主要通过电源线传导，可以

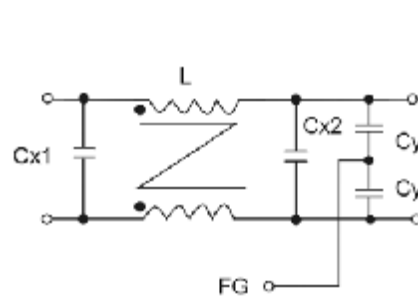


图 16 共模滤波器

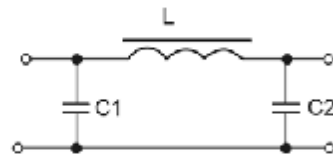


图 17 π 型滤波器

通过共模滤波器（图16）和 π 型滤波器（图17）来抑制。在对EMI有较高要求的场合，可以通过多级或它们的组合来完成。 π 型中的电感L一般取几 μ H到几十 μ H，在输出端滤波时电容C1、C2最好选高频特性好、ESR值低的多个电容并联，可以用电解电容、钽电容或陶瓷电容。共模滤波器中的电感L一般取值几百 μ H到几十mH，取决于功率和电流的大小，用在输出端滤波时可以使用圆柱形、方形或扁圆形磁芯，只要一两匝就可以。Cx1、Cx2可以用电解电容或金属化薄膜电容，Cy可以使用高压陶瓷电容，Cy的容量一般为4700pF到几十nF，其中心接模块外壳FG并与系统保护地相连。为了更有效地抑制共模干扰，在使用时布线一定要十分小心，电流回路包围的走线面积一定要尽量小，Cy电容一定要用最短的走线与FG相连，最好输入、输出端子都采用Cy电容。通过它们的多级组合可以达到更好的效果。

注意事项

1. 警告：模块工作时会产生热量，不要接触模块外壳和散热器以免烫伤，不要打开外壳接触内部元件，可能会有高温或高压以免烫伤或电击。
2. 通电前要保证输入输出引线极性和连接正确。
3. 为了确保安全工作和符合安全规范，模块的输入端需外部连接熔断器。
4. 对小于等于 48V 输入电压，应使用加强绝缘的一次电源或双重绝缘的电源。
5. 电源模块进行绝缘强度测试时，要把输入端的所有引脚连接在一起，输出端的所有引脚连接在一起。
6. 模块承受振动不能超出：频率 10~55Hz、振幅 0.35mm、加速度 50m/S²。
模块承受冲击（半弦波）不能超出：峰值加速度 300m/ S²、持续时间 6mS。
7. 电源应存贮在干燥室温的库房内，避免环境温度的剧变，否则结露会对焊接造成影响，高温、高湿的环境会造成出针氧化，造成焊接困难。
8. 模块使用波峰焊接时，建议波峰区的温度为 260℃，浸入焊锡波峰的时间最好为 3~4 秒，不要超过 10 秒，预热温度为 110℃，30~40 秒。如果用电烙铁手工焊接，烙铁温度为 350℃，焊接时间要小于 3 秒。
9. 本书中提及的各种变换器模块，如无预先特殊声明，均不保证实现完全密封。如焊接后需要清洗的顾客，请在清洗后，进行烘干处理（烘干温度应小于存储温度上限值），例：用水清洗后，请立放于 +70℃ 环境中，烘干 3 小时，或自然风干（常规工业品均已在模块底部设置了排放孔），确保模块内部无液态残留物后，再通电使用。另外，因模块已经过装帧处理，所以使用有机溶剂进行清洗时应避免溶剂进入模块内部或喷射到模块表面，否则将不保证模块外观的完整与美观。
10. 顾客布 PCB 电源板时，请将模块电源的引出脚焊盘孔径设置在大于实际引出脚直径 0.2mm 以上。同时，模块电源的各部分尺寸应保留公差；引出脚间距位置尺寸按 GB/T1804-2000, F 级；外形尺寸按 GB/T1804-2000, C 级，用以确保焊装顺畅可靠。
本应用指南中，所有模块外形尺寸图中标注引脚间距的视图为底视图（从模块出脚面看），用户布 PCB 板时，须特别注意。
11. 本手册中所涉及的内容和指标改动时恕不另行通知，请用户注意我们的最新手册或技术说明书，或与本公司联系！