

## DC/DC（定压）模块电源应用指南--2020 年版

## 目录

1. 电源模块选型指导.....	2
1.1 确定电源的规格.....	2
1.2 系统配电设计.....	3
2. 电源模块的测试.....	5
2.1 电源模块的测试电路与方法.....	5
2.2 电源模块的基本性能测试.....	6
3. 电源模块的应用.....	11
3.1 串联使用.....	11
3.2 并联使用.....	12
3.3 输入反接保护.....	13
3.4 输入欠压保护.....	14
3.5 输入过流过压保护.....	14
3.6 输入输出滤波电路.....	15
3.7 电磁干扰和电磁兼容.....	17
3.8 容性负载.....	19
4. 常见疑问.....	20
4.1 模块能否支持热插拔.....	20
4.2 模块能否空载、轻负载应用.....	20
4.3 模块的启动不良可能的原因.....	20
4.4 模块输入、输出端接钽电容是否有影响.....	20

## 1. 电源模块选型指导

### 1.1 确定电源的规格

首先确定电源的规格，按照需求的指标进行筛选，确定使用标准电源模块还是需要定制电源。  
第一步，选择电源模块的输入电压。

3.3V, 5V, 9V, 12V, 15V, 24V 输入电压变化范围为 $\pm 10\%$ ，选择 A、B、E、F、G、H 系列非稳压输出的产品。输入电压变化范围为 $\pm 5\%$ ，选择 IB、IE、IF 系列稳压输出的产品。该系列产品供电一般为开关电源、线性稳压器、稳压二极管等输出电压较为稳定的电源。

第二步，选择电源模块的输出电压及功率。

电源模块最好应用在标称满负荷的 30%-80% 功率条件下，前提条件是在常温情况，如果设计中考虑到高温环境和低温环境，还需要考虑到温度降额要求。选择合适的输出功率是设计成功的关键因素之一，过大或过小的电流均会导致较低的可靠性和过高的成本。输出电压常见规格有 3.3V, 5V, 9V, 12V, 15V, 24V,  $\pm 5V$ ,  $\pm 12V$ ,  $\pm 15V$  等。

第三步，选择输出负载类型。

输出电压的类型是由输出负载决定，如 485、CAN 通信总线 IC 对电源精度要求不高的场合，可选择非稳压输出系列的模块（如 A、B、E、F、G、H 系列）；对于传感器、高精度的运放、A/D、D/A 等芯片对电源精度和纹波噪声较敏感的器件应选择稳压输出系列的模块（IB、IE、IF 系列）。

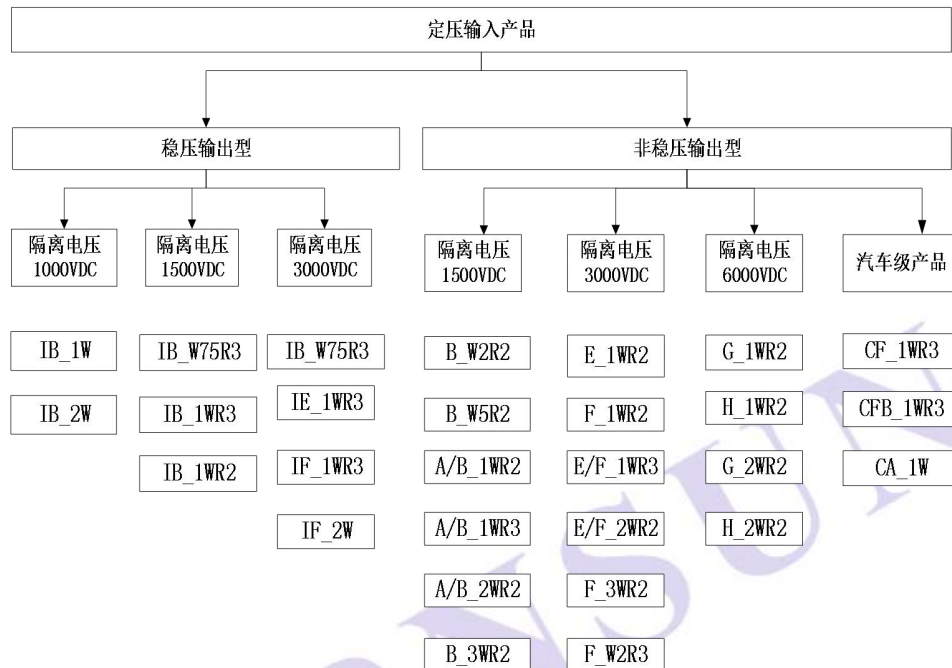
第四步，选择电源模块的隔离性质。

隔离特性，使模块的输入与输出完全为两个独立的（不共地）电源。在工业总线系统中，面临恶劣环境（雷击、电弧干扰）时进行安全隔离，也能起到消除接地环路的作用；在混合电路中，实现敏感模拟电路和数字电路的噪声隔离；在多电压供电系统中实现电压的转换。对于双路输出的产品，需确定输出的两路是否需要隔离，如果需要隔离，需要选用双隔离双输出产品。按照隔离强度，电源分为 1000VDC/1500VDC/2000VDC/3000VDC/3500VDC/4200VDC/6000VDC 隔离等。

第五步，选择电源模块的封装尺寸。

目前常见的封装分为 SIP、DIP、SMD 三种，尺寸大小详见各产品的技术手册。选择哪种类型主要由系统设计的实际空间尺寸、采用的生产工艺和现场使用环境来决定，如使用在汽车系统上，应选择 DIP 或者 SMD 封装的产品，其抗振动的性能更好。

DCDC-DC定压产品选型框图



注：1、B/F/H为单路输出，  
A/E/G为±双输出；  
2、带I字母为稳压输出

表 1-1 定电压输入产品分类布局

## 1.2 系统配电设计

系统配电的设计往往要结合产品的特性和电路的需求进行多次优化，准确评估实际电路的工作参数和环境参数，有助于我们更为精确地选择合适的模块电源。

### 第一步，外界因素

环境温度会对电源模块及其外接元件有一定的影响，电源模块在应用时可能处于高温、低温或高低温循环变化环境中（如：机舱、船舱等），我们应详细了解在环境条件变化情况下电源模块相应参数的变化，以便保证在实际环境中满足其要求。需要注意的是：电源模块工作的环境温度，不是指当时的气温，而是设备机壳内的空间温度；由于存在许多发热器件，通常机壳内温度比周边环境气温要高。

行业分类	环境温度
商业级产品	0~70℃
工业级产品	-40~85℃
车载设备	-40~105℃
野外作业设备	-55~85℃
军用领域	-55~125℃

表 1-2 行业工作环境温度分布

特别在高温时模块大幅度降额，设计时要考虑足够余量，且外围器件应选择高低温特性较好的电解电容为宜。因为在高温下，电容的内压增大，容易导致失效，请参照所使用电容的规格书正确使用。

在有电弧、静电放电、不稳定交流电网、启动开关、继电器、雷击等干扰的环境，输入电压和电流可能会远远超过模块的承受范围，导致模块永久性损坏和负载电路的瘫痪，这时要适当添加保护电路，确保电源安全工作。

传输距离对系统供电电源也有影响，一般选型时注意以下几点：

- (1) 室内线短、温差小、干扰小，一般采用非隔离或小功率型的模块；
- (2) 市外远距离传输时，除了考虑防雷隔离保护以外，还要精确计算传输损耗，选择宽电压输入且功率足够的隔离电源模块。
- (3) 若传输距离过长、损耗较大时，模块的供电电源必须提供足够的功率，才能保证模块正常工作，考虑到模块的启动电流，一般建议供电电源提供的电流为模块启动电流的 1.3-1.6 倍。
- (4) 建议在模块的输入引脚旁并接一电容，以提高产品启动性能。

## 第二步，工作环境

所有功率转换产品都会有一定的损耗转变为本身的热能，使自身发热，并影响周围环境升温，引起数据干扰（热敏传感器件）和器件性能下降，甚至会引起短路起火，布局时一定要要有充足气流空间，或增加散热面积来降低温升，保证安全。

由于开关电源是采用开关技术来实现的，其自身的开关振荡电路及内部的磁性元件会对周围的器件以传导和辐射的方式产生电磁干扰和污染。电磁干扰（EMI）是指通过电磁辐射传播和信号线、电源线传导的电磁能量对环境所造成的污染。电磁干扰不能完全被消除，但可以采取一些方法使其降低到安全的等级。

## 第三步，模块的布局

不合理的接地和电源布局往往会引起系统出现不稳定，高噪声和其它恶劣现象。

在许多应用中，数字电路和模拟电路共用同一电源，在这类设计中其实是要对模拟电路和数字电路分开使用或完全隔离电源、接地回路，避免数字直流电平的变化和逻辑瞬态过程干扰到敏感的模拟电路。

在高速或动态模拟电路、数字电路中，负载通过较长的线路配电时，电源配线的分布电阻和等效电感变得明显且极易因为负载电流的迅速变化引起噪声干扰，这就需要对负载去耦，同时消除线路上的串联阻抗和分布参数引起的谐振。

## 2. 电源模块的测试

合适的电源选定后，仍然非常重要的重要是应用于实际单元电路中的电气性能，使用前产品要经过严格测试合格才能使用，下面简单介绍模块电源的一般测试方法。

### 2.1 电源模块的测试电路与方法

电源模块采用标准的开尔文测试法，如图 2-1 所示，测试条件：室温  $T_a = 25^\circ\text{C}$  湿度  $< 75\%$ 。

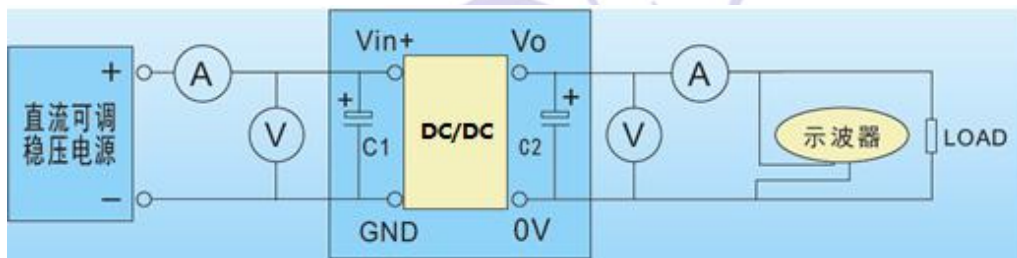


图 2-1 开尔文测试法

测试仪器：输入电压范围足够大的直流可调稳压电源，电流表 A（精度在 0.001A），电压表 V（精度在 0.001V），负载电阻：额定负载： $\frac{V_o^2}{P}$ ，轻载： $10\% \times \frac{V_o^2}{P}$ 。

注意：

(1) 连线：线损越小越好，以直径为 1mm 多股铜线最佳，以免造成过大压降。当负载电流较大时，应缩短输出引脚与各负载间的距离，增加连接导线截面积来减小过大的压降。

(2) 在测量时建议采用单通道探头直接测量法测量输出，避免输入输出共地和外界干扰产生的测量误差（具体参见“纹波和噪声”）。

(3) 测试时确保前级的供电电源限流点设置合理，在负载 10%-100%之间，为保证有准确的电压和纹波，输出容性负载不能大于技术手册规定值，体技术参数请参考产品对应的技术手册。

## 2.2 电源模块的基本性能测试

连接好电源模块就可以进行性能的测试和判定，确认性能参数是否达标。

### 2.2.1 输出电压精度

标称输入电压、满载输出条件下，输出设定电压为 $V_{outnom}$	输出电压精度 = $\frac{V_{out} - V_{outnom}}{V_{outnom}} \times 100\%$
标称输入电压下测试输出电压 $V_{out}$	

例如模块 B1212LS-1WR2，输出设定电压为  $V_{outnom} = 12V$ ，额定负载为  $144\Omega$ ，实测输出电压  $V_{out} = 12.039V$ ，输出电压精度 =  $\frac{12.039 - 12.000}{12.000} \times 100\% = 0.325\%$ 。

### 2.2.2 线性电压调节率

(1) 定电压输入隔离非稳压输出系列 (A、B、E、F、G、H 开头的产品)：

输入电压标称值的+10% 为输入电压上限 $V_{in+10\%}$	$\Delta V_{out} = \frac{V_{out+10\%} - V_{out-10\%}}{V_{outnom}} \times 100\%$
输入电压标称值的-10% 为输入电压下限 $V_{in-10\%}$	
满载条件下， $V_{in+10\%}$ 输入测得的输出电压为 $V_{out+10\%}$	$\Delta V_{in} = \frac{V_{in+10\%} - V_{in-10\%}}{V_{innom}} \times 100\%$
满载条件下， $V_{in-10\%}$ 输入测得的输出电压为 $V_{out-10\%}$	
输入电压的额定值为 $V_{innom}$	线性调节率 = $\left  \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} \right $
输出电压的额定值为 $V_{outnom}$	

例如模块 B0505LS-1WR2，额定负载为  $25\Omega$ ， $V_{in+10\%} = 5.5V$ ， $V_{in-10\%} = 4.5V$ ， $V_{innom} = 5V$ ， $V_{outnom} = 5V$ ， $V_{out+10\%} = 5.32V$ ， $V_{out-10\%} = 4.2V$ ，

$$\Delta V_{out} = \frac{5.32V - 4.2V}{5V} \times 100\% = 22.4\%， \quad \Delta V_{in} = \frac{5.5V - 4.5V}{5V} \times 100\% = 20\%$$

$$\text{线性电压调节率} = \left| \frac{\Delta V_{out}}{\Delta V_{in}} \right| = 1.12$$

(2) 定电压输入隔离稳压输出 (IB、IE、IF 开头的产品)：

标称电压输入、额定负载下，测得输出电压记为 $V_{outnom}$	线性调节率 = $\frac{V_{mdev} - V_{outnom}}{V_{outnom}} \times 100\%$
输入电压上限、额定负载下，测得输出电压记为 $V_{outh}$	

输入电压下限、额定负载下，测得输出电压记为  $V_{out}$

$V_{mdev}$  取  $V_{outh}$ 、 $V_{outl}$  中偏离  $V_{outn}$  最大值计算

例如模块 IB2405S-3WR2，额定负载为 600mA， $V_{outh} = 5.01V$ ， $V_{outl} = 5.00V$ ， $V_{outnom} = 5.01V$ ，线性电压调节率 =  $\frac{5.00 - 5.01}{5.01} \times 100\% = -0.2\%$ 。

### 2.2.3 负载调节率

(1) 定电压输入隔离非稳压输出系列 (A、B、E、F、G、H、开头的产品)：

标称电压输入、10%负载下，测得输出电压记为  $V_{outnl}$

$$\text{负载调节率} = \frac{V_{outnl} - V_{outfl}}{V_{outfl}} \times 100\%$$

标称电压输入、100%负载下，测得输出电压记为  $V_{outfl}$

例如模块 B0505S-1WR2 为例，额定负载为 25Ω，实测  $V_{outnl} = 5.29V$ ， $V_{outfl} = 4.77V$ ，

$$\text{负载调节率} = \frac{5.29V - 4.77V}{4.77V} \times 100\% = 10.9\%$$

(2) 定电压输入隔离稳压输出系列 (IB、IE、IF 开头的产品)：

标称电压输入、10%负载下，测得输出电压记为  $V_{b1}$

标称电压输入、100%负载下，测得输出电压记为  $V_{b2}$

标称电压输入、50%负载下，输出电压标称值记为  $V_{b0}$

$V_b$  取  $V_{b0}$ 、 $V_{b1}$  中偏离  $V_{b2}$  最大值

$$\text{负载调节率} = \frac{V_b - V_{b2}}{V_{b2}} \times 100\%$$

### 2.2.4 效率

标称输入电压  $V_{in}$ 、满载  $I_{out}$  下，测试输出电压记为

$V_{out}$ ，输入电流记为  $I_{in}$

$$\text{效率 } \eta = \frac{I_{out} \times V_{out}}{I_{in} \times V_{in}} \times 100\%$$

例如模块 B1212LS-1WR2， $V_{in} = 12V$ ，满负载下测得输出电压为  $V_{out} = 11.951V$ ，输出电流  $I_{out} = 83.6mA$ ，输入电流  $I_{in} = 100.7mA$ ， $\eta = \frac{0.0836 \times 11.951}{0.1007 \times 12.000} \times 100\% = 82.68\%$ 。

## 2.2.5 纹波和噪声

纹波和噪声是叠加在直流输出上的周期性和随机性交流成分，它也影响着输出精度，一般对纹波和噪声采用峰-峰值计量(mV<sub>P-P</sub>)。

第一步，先将示波器带宽设置为 20MHz，可以有效防止高频噪声；

第二步，采用平行线测试法、双绞线法或靠测法。

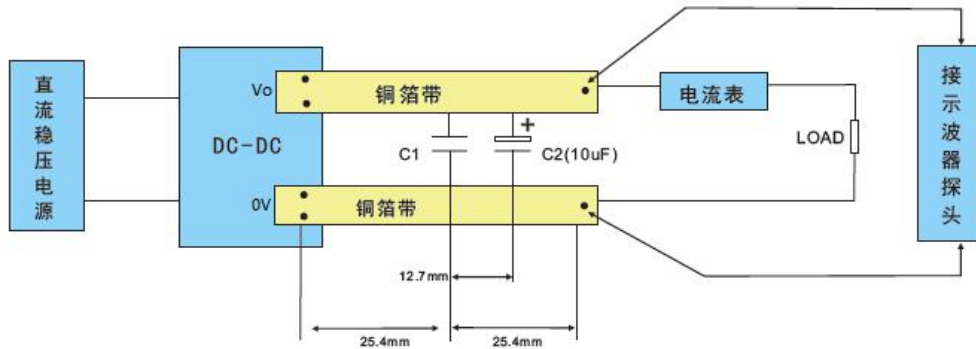


图 2-2 平行线测试法

注意：

- (1) C1：高频陶瓷电容 C1 容值为 1uF；
- (2) C2：定电压输入系列产品（A、B、E、F、G、H、或是 IB、IE、IF 系列）根据技术手册推荐的电容值选择相应电容。
- (3) 两平行线铜箔带之间的距离为 2.5mm，两平行铜箔带的电压降之和应小于输出电压值的 2%。

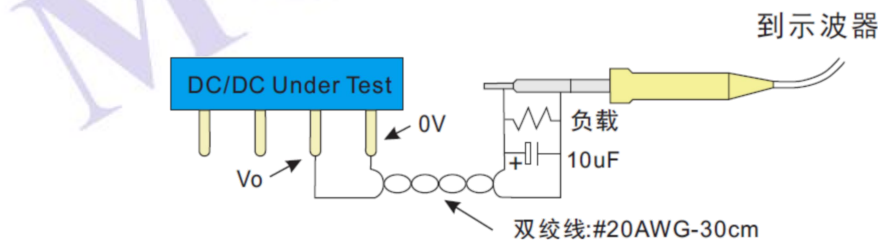


图 2-3 双绞线测试法

另一种测试方法如图 2-3 所示双绞线测试法，采用 30cm 长、#20AWG 线规组成的双绞线与被测开关电源的 Vo 及 0V 连接，在 Vo 与 0V 之间接上阻性负载（假负载）。在双绞线末端接一个 10μF 电解电容，在测量点连接时，一端接在 Vo 上，另一端接到地平面端。

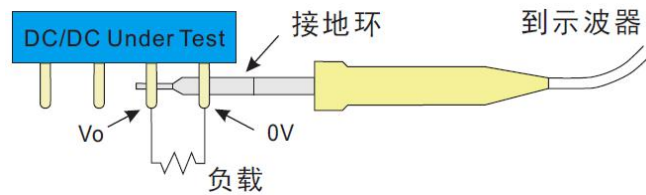


图 2-4 示波器靠测法

由于示波器的地线夹会吸收各种高频噪声干扰测量结果，为了屏蔽干扰可采用靠测法测试，如图 2-4 所示。在测试双路或是双路以上模块的输出纹波噪声时，测试方法与单路输出一样，示波器探头接在每路的输出端测试。实际测试的纹波和噪声会因电路和外接元件的不同而有所差异，图 2-5 为实际测试的纹波噪声波形。

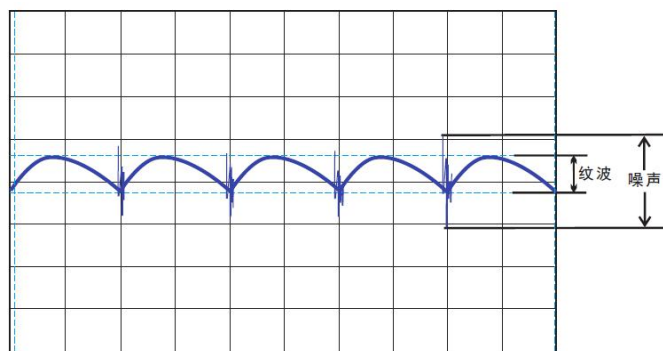


图 2-5 纹波噪声测试波形

### 2.2.6 启动时间

启动时间为输入开启后输出相对于输入达到目标电压值时相应延迟的时间。一般在额定满载下测得，外接滤波器（包括输入输出电容）均会大大延迟启动的时间，实际设计要与纹波噪声要求权衡考虑。定压产品采用开环设计，启动建立很快，具体的产品及应用疑问请咨询技术人员。图 2-6 为启动延迟时间测试波形。

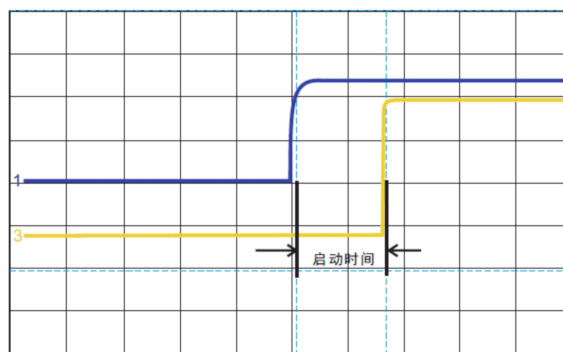


图 2-6 启动时间测试波形

## 2.2.7 隔离及绝缘特性

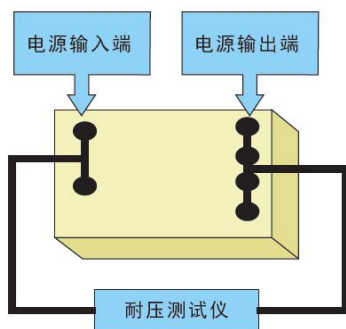


图 2-7 耐压测试方法

耐压测试方法：按照耐压的测试标准，将耐压值从 0 开始慢慢往上调，将耐压值调至设定的最高耐压并在最高耐压值维持一分钟时间。

绝缘强度：在输入输出间加隔离电压（直流或交流的峰值）测试 1 分钟。

绝缘电阻：在输入输出间加 500VDC，测的输入输出间绝缘电阻大于 1GOhm。

在产品技术手册中的隔离电压仅在一分钟的快速测试内有效，如果需要更长的耐压时间或在长期的高耐压状态下工作，额定工作电压就必须参考相关标准。根据 IEC950 的标准，隔离电压与额定工作电压之间的转换关系可以通过以下的曲线图 2-8 所示（纵坐标：隔离测试电压；横坐标：额定工作电压），IEC950 标准的典型击穿电压等级参考表 2-1 所示。

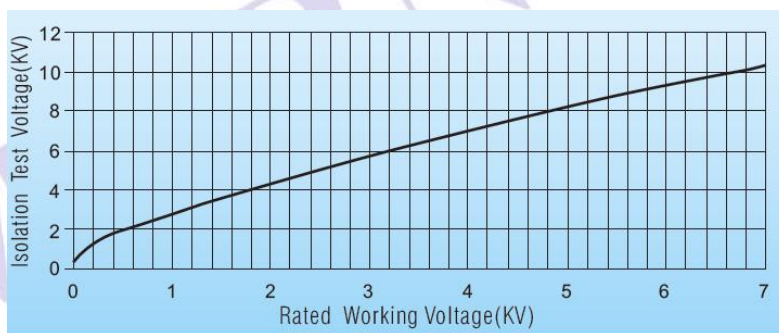


图 2-8 隔离测试电压与额定工作电压的关系

隔离测试电压 (Vrms)	额定工作电压 (Vrms)
1000	130
1500	230
3000	1100
6000	3050

表 2-1 IEC950 标准典型击穿电压等级参考表

## 2.2.8 电源模块外壳温升测试

测试外壳温升可以用热成像仪或是热电偶测试，由于发射率对红外热成像仪测量的结果有影响，从而会导致测量结果存在一定的偏差，一般推荐用热电偶测试。

如环境温度  $T_a = 25^{\circ}\text{C}$ ，实际用热电偶测的电源模块的外壳温度  $T_c = 50^{\circ}\text{C}$ ，那么模块的温升是  $\Delta T = T_c - T_a = 50 - 25 = 25^{\circ}\text{C}$ 。其中  $T_c$ ——壳温， $T_a$ ——环境温度， $\Delta T$ ——温升。

测试条件：电源模块工作在标称电压输入，额定功率输出的情况下。

注意事项：不同模块由于功率、外壳材质、内部设计等的不同，外壳温度会有很大的差异。相同环境条件下，金属外壳比塑料外壳散热好，内部元件的结温更低，可靠性更好。对于密闭的使用环境，因无自然通风，建议将电源模块与温度敏感元器件尽量远离或是隔离为两个空间。

## 3. 电源模块的应用

### 3.1 串联使用

直流输出的隔离模块允许多个模块将其中一个模块的“正输出”与另一模块的“负输出”串联起来使用，这样可以获得一些非常规或较高的电压值。如下图 3-1：

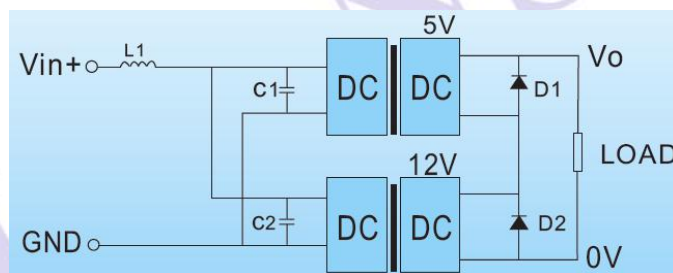


图 3-1 模块的串联应用接法 1

第一个模块为 5V 输出，第二个模块为 12V 输出，串联得到 17V 非常规电压，总输出电流即负载的功耗不能超过输出额定电流最小的模块的标称值。一般情况下，两个模块输出纹波电压不会同步，串联工作将会有附加的纹波，输出噪声也会变大，应用中应采取更多的滤波措施。

图中每个模块的输出端都并联一只反偏二极管（一般采用 0.3V 左右低压降肖特基二极管，压降过大会损坏产品），以免反向电压加到另一个模块上。模块的输入端加 LC 滤波电路，防止模块之间互相串扰，电感一般取 2.2-6.8uH 之间，电容一般取 1.0-4.7uF 之间，根据应用实际电路确定参数。

也可以通过双输出产品得到更高输出电压，例如下图 3-2 输出 10V。

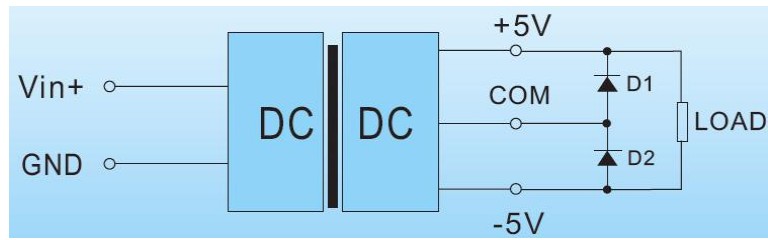


图 3-2 模块的串联应用接法 2

### 3.2 并联使用

为提高系统的可靠性，采用冗余设计的方法，将多个相同的模块进行并联应用，以降低失效不良率。需要提醒的是，并联应用提升功率的方法不可取，原因为两个模块的输出电压不可能完全相等，输出电压高的电源模块有可能会提供全部负载电流。其次假设两个电源的输出电压调整为完全相等，由于两者不同的输出阻抗及其它们随时间和温度不同的变化，将会造成两个电源的负载电流不平衡，这样应用可能会造成其中某一电源模块因为过载应用而损坏。以下简单介绍几种冗余设计的方法：

#### (1) 对于高压、低电流输出的模块

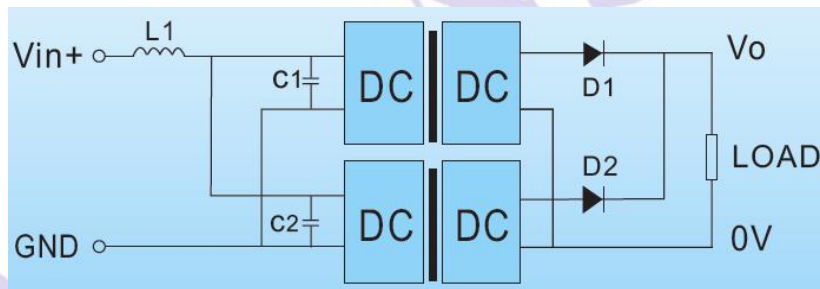


图 3-3 模块的并联冗余应用接法 1

图 3-3 建议使用低压降的肖特基二极管，以避免二极管的压降影响后端系统的工作，并注意选取二极管的耐压值要高于输出电压。这种方法会产生额外的纹波噪声，需外接电容或是加滤波电路来减小纹波。

#### (2) 对于低压、大电流输出的模块

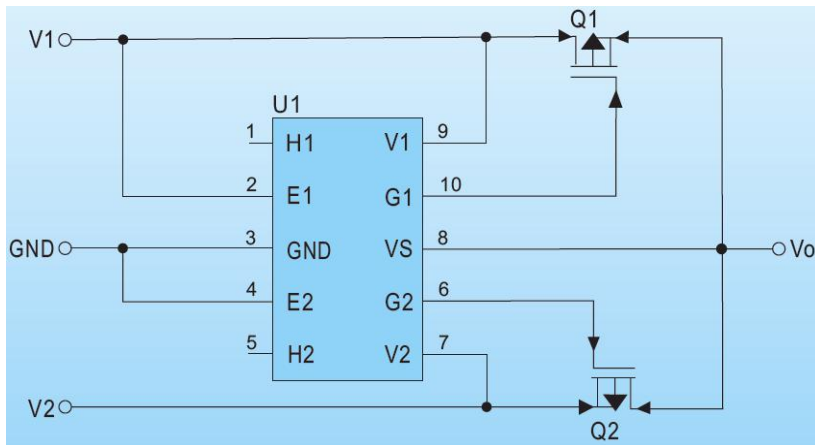


图 3-4 模块的并联冗余应用接法 2

二极管的冗余设计功耗大，低压大电流场合不太实用，在这种场合一般采用大功率 MOS 管和芯片来代替二极管方案，方便地实现冗余电源的供电设计。电路中的 MOS 管一方面是降低了导通压降，另一方面在输入电流较大时，降低了器件的损耗，使产品能够更有效地工作。

(3)对于单路输出模块并联得到正负双输出的应用

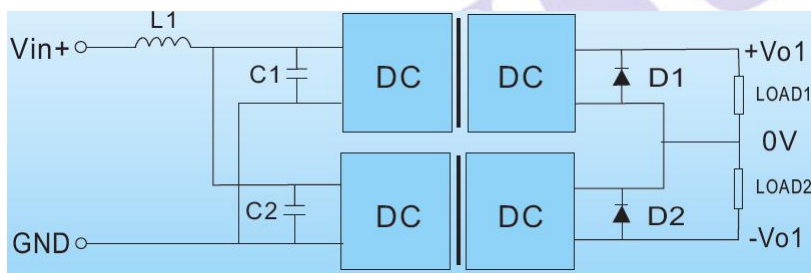


图 3-5 模块的并联冗余应用接法 3

如果实际应用时需要的输出正负（如：主路带重载，辅路带轻载）相差很大时，双路输出的模块容易出现负载不平衡使用，导致电压精度超标影响应用，不推荐使用，建议根据实际负载要求选型两个模块，按照上图的接法使用。

若多个模块电源共母线电压输入时，为了防止产品在客户的系统中形成一个反射的纹波到输入端，可能导致电源工作异常，建议在每个电源模块的输入端加一个 LC 滤波电路。

### 3.3 输入反接保护

输入反接电路如下图所示，值得注意的是在负电压电源（如通讯-48VDC）接入时，输入电压的“0V”接模块的输入“Vin+”，“-48V”接输入“GND”，保证输入端正向的电势差。图 3-6 中二极管 D1 的压降也要尽可能的小，以避免在线路上造成太多的损耗，同时反向耐压值要大于输入电压值且留有余量。

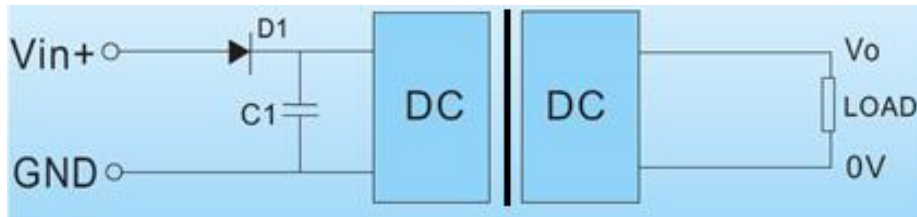


图 3-6 输入防反接电路

### 3.4 输入欠压保护

当模块同时与其他电路共享供电电源时，由于外界短路或过载引起的输入电压大幅跌落会引起模块输出不稳定而造成误动作，这时可以采取欠压保护电路在输入低于某一设定电压值时关断电路，保证模块的正常工作，如图 3-7:

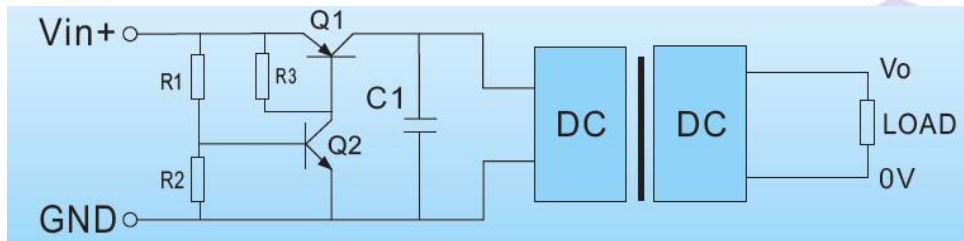


图 3-7 低电压关断电路

R1、R2 阻值设置为低电压关断门限，其中 PNP 的三极管 Q1 可采用 P 沟道 MOS，例如 5V 输入模块，可设置欠压保护为 4-4.5V 之间。注意：以上电路会形成 0.7V 上下的压降，对于低电压输入的模块需要关注是否会存在其他影响。

### 3.5 输入过流过压保护

电源模块常常因为开关动作、电弧、雷击感应串入瞬间高能量的浪涌，短路引起过流或由于电网总线不稳定引起过压，造成模块内部元件损坏甚至烧毁模块，保护电路如下：

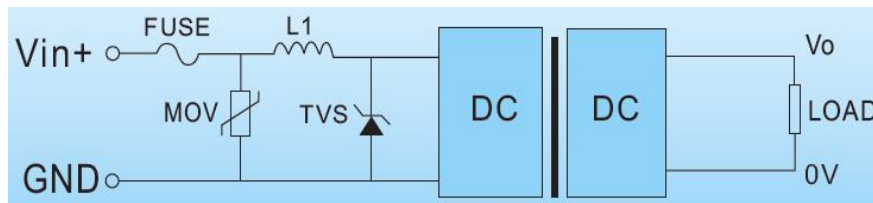


图 3-8 瞬间过压过流保护电路

注意：确保保险丝在上电时能承受浪涌电流的瞬间冲击，具体参数可查看具体保险丝规格书。

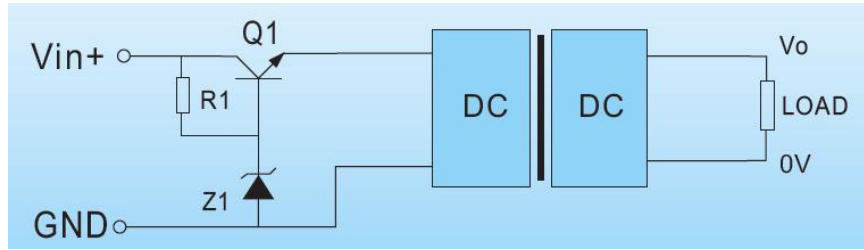


图 3-9 持续过压保护电路

注意：输入过压保护参数设计不能超过模块技术手册中标注的输入电压最大值。

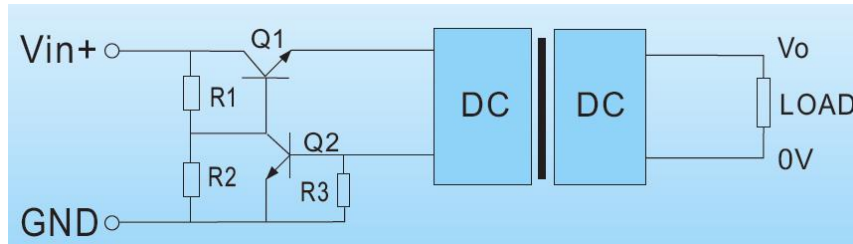


图 3-10 持续过流保护电路。

通过侦测输入电流实现过流保护，选择限制合适的电流  $I_{limt}$ （电路中设置过流保护的电流值），

$$R3 = \frac{0.7V}{I_{limt}}$$

接地电阻 R3 由限制电流  $I_{limt}$  和三极管 Q2 VBE 的导通压降共同决定，具体计算公式  
注意 R3 电阻选取必须考虑其功耗。以上电路会形成一定的压降，对于低电压输入的模块需要关注是否会存在其他影响。

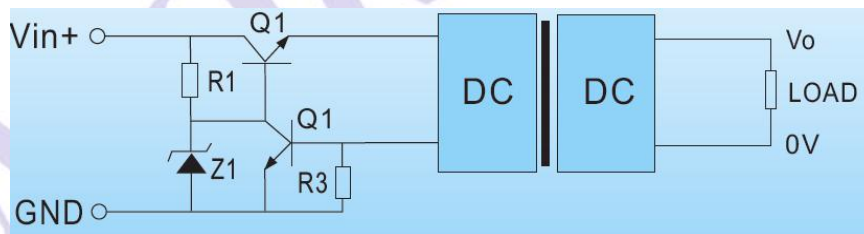


图 3-11 持续过压过流保护电路

### 3.6 输入输出滤波电路

在对纹波和噪声敏感的电路中，可以在模块输入端和输出端外加滤波器，以降低纹波和噪声。

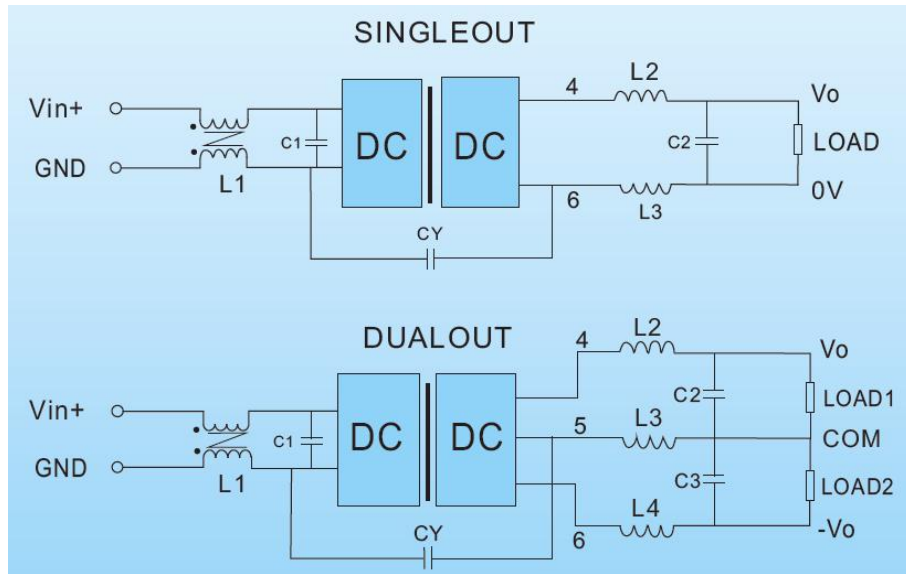


图 3-12 减小纹波噪声推荐图

输入外加电容可以吸收输入端的电压尖峰，储蓄能量，维持电压平稳，输出外加电容可以大大减小输出纹波，但容值过大或 ESR 过低都容易造成启动问题；要求非常低的纹波时，可采用“LC”滤波网络或选用低纹波输出的电源模块。

C1：降低输入纹波，采用电解电容，容值参考技术资料；

L2/L3/L4、C2/C3：组成 LC 滤波网络，降低输出纹波，电容采用陶瓷电容或者低内阻的电解电容，取值可根据实际的纹波大小选取，不能超过最大容性负载；

L1、CY：L1 为共模电感，抑制共模干扰，Y1 为 100-1000pF 的 Y 电容。

#### 注意：

1) 我司定压输入非稳压输出的模块，建议输出接常规的陶瓷电容即可，不建议接钽电容，因为钽电容的 ESR 很小，启动瞬间相当于输出短路，引起输入电流冲击对模块有损伤，通常 10uF 左右的钽电容的冲击电流已经达到内部的器件的冲击电流；

2) 对于滤波电路部分元器件，一般是按照以下公式计算的，频率一般选择为模块开关频率的十分之一。

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

计算出来的滤波器可能会因为应用设计和负载情况有所差异，所以最终的参数必须结合实际的应用情况进行调整。

当选择滤波电容的数值时，特别要注意不能超过技术手册规格说明中的容性负载的最大值。

### 3.7 电磁干扰和电磁兼容

#### 3.7.1 电磁干扰 (EMI)

电磁干扰是指通过空间的电磁辐射传播和通过信号线、电源线传导的电磁能量，对环境所造成的污染。电磁干扰不能完全被消除，但能使之降低到安全的等级。

抑制电磁干扰的有效途径一般有：

- (1) 屏蔽电磁干扰辐射，选择金属屏蔽封装的产品，或外加屏蔽罩可以减少辐射；
- (2) 合理接地；
- (3) 对电源线、信号线进行滤波，以减少电磁干扰的传导，如采用合适的滤波器或滤波网络都可以减小电磁干扰的传导。
- (4) 电源模块供电与小信号电路分开布局，可有效避免电源模块对小信号电路造成的干扰。

#### 3.7.2 电磁兼容 (EMC)

电磁兼容是指电子设备和电源在一定的电磁干扰环境下正常可靠工作的能力，同时也是电子设备和电源限制自身产生电磁干扰和避免干扰周围其它电子设备的能力。

提高电磁兼容可从下列三个方面着手：

- (1) 减小电磁干扰源的辐射；
- (2) 屏蔽电磁干扰的传播途径；
- (3) 提高电子设备和电源的抗电磁干扰能力。

按照传播的方式，电磁干扰被分成下列两种类型：

第一类，传导型干扰

传导型干扰是由系统产生进入直流输入线或信号线的噪音，其频率范围为 150KHz-30MHz。

传导型干扰既有共模方式的，又有差模方式的。LC 网络常用来抑制传导干扰的主要方式。

第二类，辐射型干扰

辐射型干扰以电磁波的方式直接传播，起到了发射天线的的作用，其频率覆盖范围为 30MHz-1GHz。辐射型干扰可通过金属屏蔽的方式抑制。

### 3.7.3 EMC 推荐电路

由于 DC/DC 模块属二次电源，为使整套设备通过 EMS 测试，一般在 DC/DC 端口或者信号端口外接防护电路，在 TVS 管和压敏电阻之间加一个电感进行平衡，使得大部分干扰能量通过压敏电阻泄放，这样就把 TVS 的较低嵌位电压和压敏电阻的较大通流量的优点结合起来，对后级电路进行很好的防护。电感参数的计算，有这样一个公式供大家参考，这里的  $I_{pp}/2$ ，主要是考虑到给 TVS 管一个 50% 的降额。

$$\text{参考公式: } L = \frac{(U_{c1} - U_{c2}) \times (20 - 8)}{I_{pp} / 2}$$

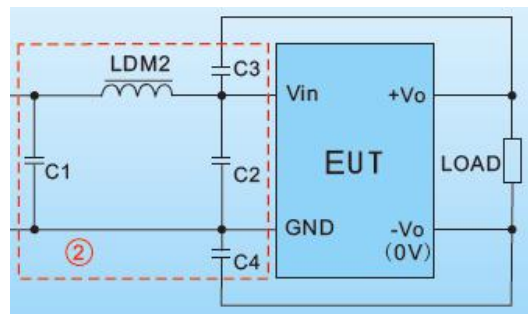


图 3-13 EMC 推荐电路

标号②内的电路用于 EMI 滤波，可依据需求选择。

通常 2 次电源 DCDC 无需增加 EMS 的防护，如无特殊情况可只加 EMI 外围电路，具体的外围推荐电路参数参考对应产品的技术手册，我司的定压产品属于 2 次电源，仅需要做 EMI 防护，EMS 防护放在最前面即可。

### 3.8 容性负载

对于一般的开关电源模块都有最大容性负载的要求，模块电源的输出端可以外加电解电容，但过大的容量和过低的 ESR（等效串联电阻）可能会引起模块工作的不稳定或启动不良现象。具体型号的外接电容值请查看产品技术资料对应的外接电容表。

## 4. 常见疑问

### 4.1 模块能否支持热插拔

“热插拔”简单地说就是在不关闭供电电源的情况下，直接拔下或插上系统中的电源模块。

模块在工作时是不允许热插拔的，这是因为在热插拔瞬间会产生很大的电流、电压尖峰，这个数值可能是模块输入电压、电流的几倍甚至几十倍以上，对模块内部的器件产生很大的冲击，恶劣的情况下可能会损坏模块，因此模块工作时是不允许热插拔的。

### 4.2 模块能否空载、轻负载应用

在空载或低于轻负载条件下，模块是可以使用的，只是在此条件下模块的转换效率相对来说比较低，部分指标可能不满足技术手册要求。从可靠性角度考虑，尽量避免应用在空载或是低于轻负载，模块输出的最小工作电流最好不能低于额定电流的 10%，建议模块应用在 30-80% 的负载条件下或是选用功率小一点的电源模块。

### 4.3 模块的启动不良可能的原因

原因一：实际应用时，容性负载超过模块技术手册的最大容性负载，输出电容过大，开机瞬间需要很大的启动电流，会引起模块的启动不良，建议减小输出端所接电容或是在输出端加缓冲电路以提高模块带容性负载的能力。

原因二：受电流敏感型供电电源如本安电源最大启动电流限制，本安电源提供的最大功率不满足模块的启动功率要求（模块在启动时需要较大的启动功率），建议选择我司启动电流小的产品或者在模块输入端串小电阻或者 NTC 降低模块的启动电流。

原因三：感性负载（一般为电机线圈）在开机瞬间线圈未产生感应电动势，只有线圈的内阻  $r$ ，在整个回路中工作，线圈的内阻很小（一般  $m\Omega$  级  $\sim \Omega$  级），根据  $I = \frac{V}{r}$ ，启动瞬间产生的电流会很大，超过模块的过流保护点或短路保护点，导致模块出现保护现象，启动不良。对于功率小的模块，建议在输出串联一个小电阻，或是选用功率大一点的模块电源。

原因四：负载功率过高，系统实际工作的功率大于电源模块实际能够输出的功率，而且定压产品的输出电压会随着输出负载的变大而降低，会导致系统工作不正常或电源模块烧坏。

### 4.4 模块输入、输出端接钽电容是否有影响

一方面由于钽电容比较容易击穿而呈短路特性，抗浪涌能力差，很可能由于比较大的瞬间电

流或电压导致电容烧毁而形成短路，或是开机瞬间产生一个很高的浪涌电压，容易造成钽电容过压击穿；另一方面钽电容在高温环境下耐压值会变低。因此模块在应用时，输入、输出端最好不要接钽电容，或者使用更高耐压规格的钽电容，一般建议滤波电路用陶瓷电容或是电解电容。

#### 4.5 技术手册中隔离电压指标是否能够代表该系统的隔离要求

技术手册中给出的隔离电压满足的是一分钟的测试时间，如果系统本身存在长期的隔离耐压要求，建议参考图 2-8 中测试电压和工作电压的关系图来选择合适的隔离电源产品，不能简单的以技术手册中给出的隔离电压为整个系统的绝缘等级。

#### 4.6 定压模块一般功率小,输出的容性负载能力也小,是否可以使用电子负载的 CC(电流)模式下测试其基本性能

定压产品技术在不断突破,我司定压 R3 系列的产品可以满足使用电子负载的 CC 模式下测试其基本性能,且 R3 系列的产品较之前系列的产品,容性负载上有很大的提升,如 B0505S-1WR3 的容性负载提上到 2400  $\mu$ F。