

高压输出电源模块应用指南--2020 年版

目录

1. 高压输出电源选型指导.....	2
2. 电源模块的测试.....	4
2.1 电源模块的测试电路与方法.....	4
2.2 电源模块的基本性能测试.....	4
3. 电源模块的应用.....	7
3.1 输入反接保护.....	7
3.2 输入输出滤波电路.....	8
3.3 电磁干扰和电磁兼容.....	8
3.4 功能引脚的使用.....	9
4. 常见疑问.....	10
4.1 模块能否支持热插拨.....	10
4.2 模块能否空载、轻负载应用.....	10
4.3 模块的输出模式.....	10
4.4 模块损坏的原因.....	11

1. 高压输出电源选型指导

高压输出电源模块，主要分为非隔离型和隔离型，在产品选型方面可以按照如下的流程选择：

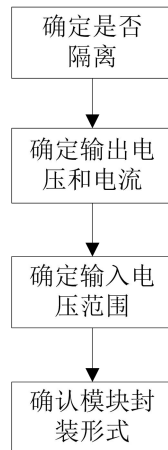


图 1-1 产品选型流程

1.1 非隔离型高压输出电源选型步骤

第一步，确定输出电压和电流。

选择一个模块，当然首先是需要考虑输出电压与输出电流；针对非隔离高压输出电源，我司目前主要的输出有：600V、1000V、1250V、1500V、2000V、-1250V、-1500V 等。

对于我司现有的非隔离高压输出电源，通常产品型号名称后缀里的数字表示输出电流的大小，例如：HO1-P1251H-0.5C 的后缀里的数字为 0.5，表示其输出额定电流为 0.5mA，目前我司拥有的输出电流大小有：0.5mA、2mA、20mA 等。负载选定后，输出电流就基本已经确定，负载电流的大小是决定功率的关键，同时也直接影响到模块的可靠性和价格。

第二步，确定输入电压范围。

非隔离高压输出电源通常采用定电压输入设计，因此需要确保输入电压在规定的范围内，常见的输入有 5V、12V、15V、24V 等，对应的输入范围通常分别为：4.75-5.25V、10.8-13.2V、13.5-16.5V、21.6-26.4V。产品型号的最后一位字母代表输入电压：B 代表 5V 输入，C 代表 12V 输入，D 代表 15V 输入，F 代表 24V 输入，例如 HO1-P1251H-0.5C 的最后一位字母为 C，则表示该型号为 12V 输入。

第三步，确定模块封装形式。

非隔离高压输出电源模块主要以插件式封装为主，2019 年年底上市了 H 系列和 V 系列两种

不同脚位的插件式系列产品。例如 HO1-P1251H-0.5C 和 HO1-P1251V-0.5C，产品型号名称中间的字母就是表示其引脚脚位。

1.2 隔离型高压输出电源选型步骤

第一步，确定输出电压和电流（功率）。

目前隔离型高压输出电源只有两款产品，分别为 5V/200V 双路 4W 输出以及 5V/500V 双路 3W 输出。

第二步，确定输入电压范围。

目前隔离型的高压输出电源为 24V 输入。

第三步，确定模块封装形式。

目前我司两款隔离型的高压输出电源模块均为插件式封装。

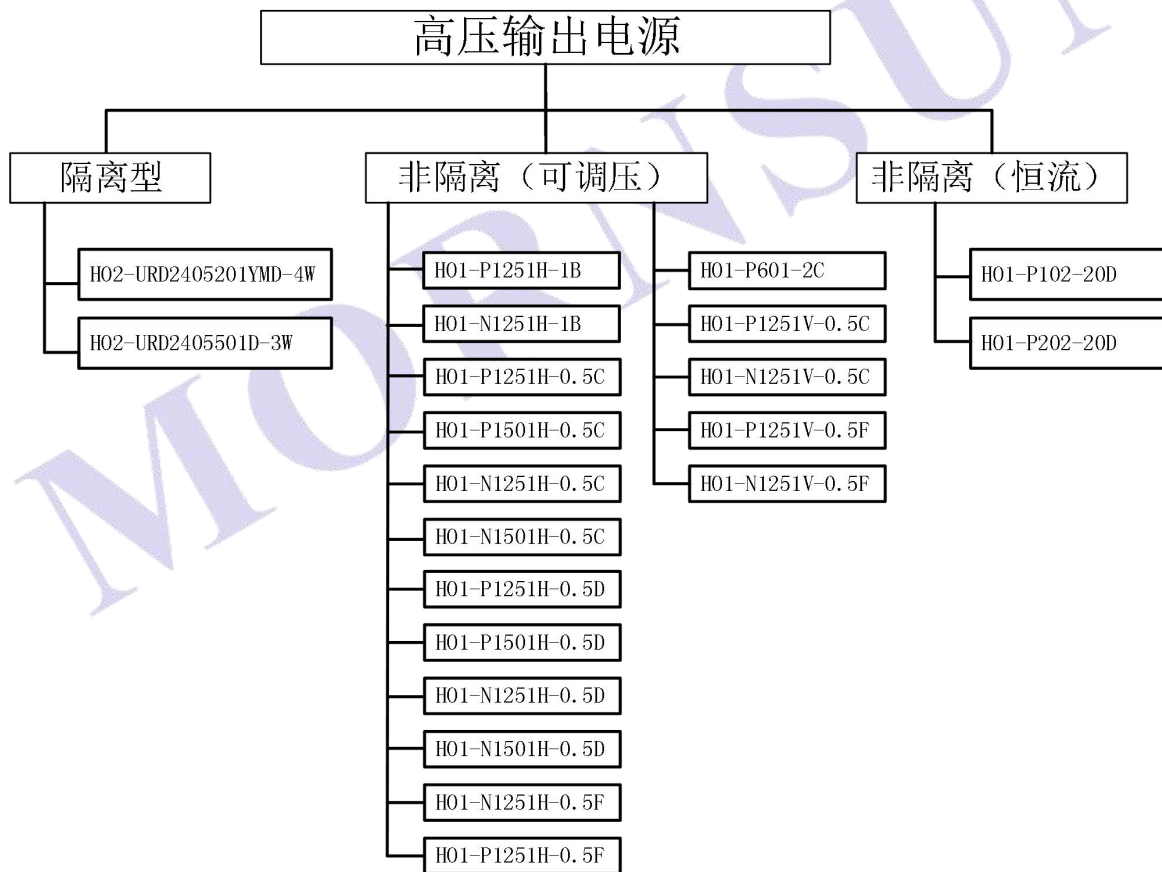


图 1-2 产品选型表

备注：HO1-P102-20D 和 HO1-P202-20D 是两款恒流输出模块，主要用于高压电容充电。

2. 电源模块的测试

选定合适的电源模块后，需要重视电源模块在实际应用中的电气性能，使用前需要经过严格测试，测试合格后才能正式使用。下面介绍模块电源的一般测试方法。

2.1 电源模块的测试电路

电源模块采用的测试电路示意图如图 2-1 所示，测试条件：室温 $T_a=25^\circ\text{C}$ 湿度 $<75\%$ 。

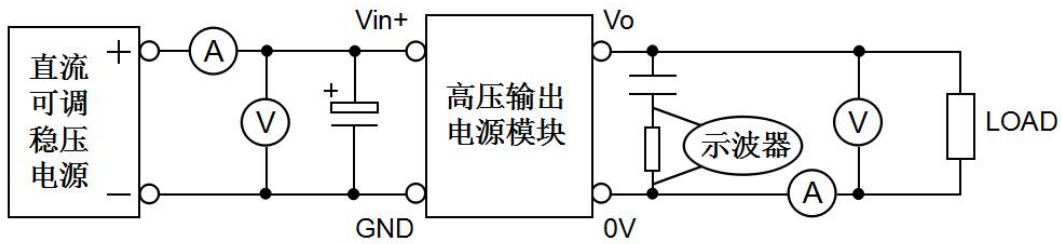


图 2-1 高压输出电源测试电路

测试仪器：直流可调稳压电源，电流表 A，电压表 V，示波器。

注意：

- (1) 连线需尽量短，线损越小越好；
- (2) 具体技术参数请参考模块对应的技术手册。

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}

标称输入电压下测试输出电压 V_{out}

$$\text{输出电压精度} = \frac{V_{out} - V_{outnom}}{V_{outnom}} \times 100\%$$

例如模块 HO1-P1501H-0.5C，输出设定电压为 $V_{outnom} = 1500V$ ，额定负载为 $0.5mA$ ，实测输出电压 $V_{out} = 1503V$ ，输出电压精度 $= \frac{1503 - 1500}{1500} \times 100\% = 0.2\%$ 。

2.2.2 线性调节率

标称电压输入、额定负载下，测得输出电压记为 V_{outn}

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_{outl}

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

$$\text{线性调节率} = \frac{V_{mdev} - V_{outn}}{V_{outn}} \times 100\%$$

例如模块 HO1-P1501H-0.5C，额定负载为 0.5mA， $V_{outh} = 1500.3V$ ， $V_{outl} = 1499.9V$ ， $V_{outn} = 1500V$ ，则线性调节率 = $\frac{1500.3 - 1500}{1500} \times 100\% = 0.02\%$ 。

2.2.3 负载调节率

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_{b1} 、 V_{b2} 中偏离 V_{b0} 最大值

$$\text{负载调节率} = \frac{V_b - V_{b0}}{V_{b0}} \times 100\%$$

例如模块 HO1-P1501H-0.5C，100%负载时， $V_{b2} = 1499.9V$ ，10%负载时， $V_{b1} = 1500.2V$ ，50%负载时， $V_{b0} = 1500V$ ，则负载调节率 = $\frac{1500.2 - 1500}{1500} \times 100\% = 0.013\%$ 。

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 HO1-P1501H-0.5C， $V_{in} = 12V$ ，满负载下测得输出电压为 $V_{out} = 1501V$ ，输入电流 $I_{in} = 92mA$ ， $\eta = \frac{0.5 \times 1501}{92 \times 12} \times 100\% = 67.98\%$ 。

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_{P-P})。

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 RC 高通滤波进行纹波噪声测试，推荐电路如下图 2-2 所示，具体参数请参照电源模块技术手册。

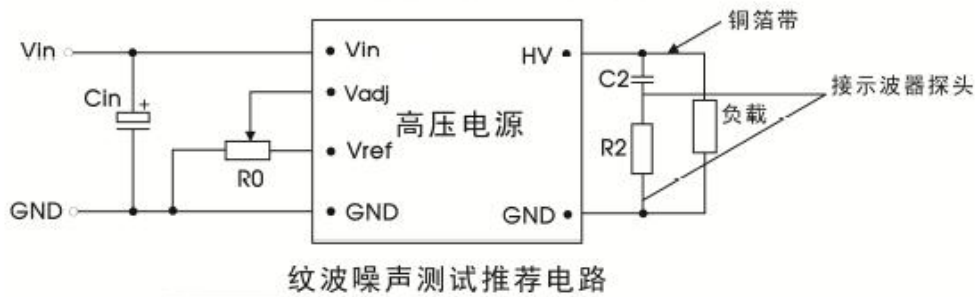


图 2-2 纹波噪声测试法

注意：

- (1) C2: 高耐压电容，耐压需大于模块输出电压值；
- (2) 高压输出端铜箔带与输出地铜箔带之间的距离需特别注意，需满足高低压最小距离 d ，其计算公式为 $d = 0.8 + (V_{out} - 500) * 0.00305mm$ (V_{out} 单位为伏)。通常当输出电压较低时，铜箔带间的距离设定为 2.5mm，但当输出电压较高，两铜箔带之间的距离按照最小距离 d 设计。

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 2-3 为实际测试的纹波和噪声波形。

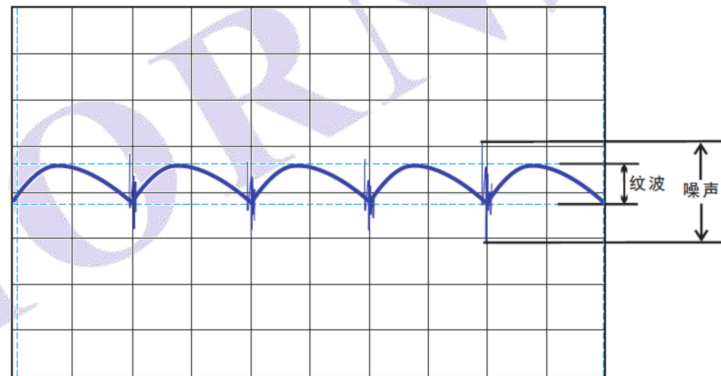


图 2-3 纹波和噪声测试波形

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响应延迟的时间。一般在额定满载下测得，需注意的外接滤波器（包括输入输出电容）会大大延长启动时间。图 2-4 为启动时间的测试波形示意图。

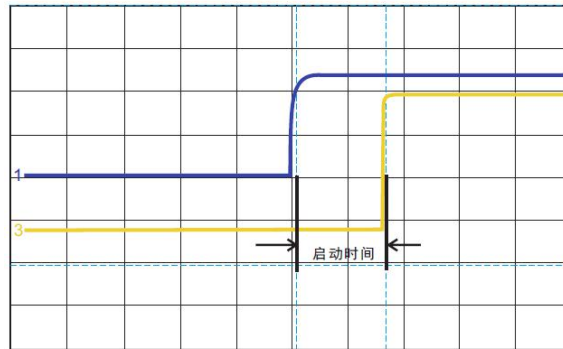


图 2-4 启动时间测试波形

2.2.7 电源模块外壳温升测试

测试外壳温升可以采用热成像仪或是热电偶,由于发射率对红外热成像仪测量的结果有影响,会导致测量结果存在一定的偏差,因此一般推荐采用热电偶测试。

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

注意事项: 不同模块由于功率、外壳材质、内部设计等不同, 外壳温度会有较大的差异。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在两个空间。

3. 电源模块的应用

3.1 输入反接保护

在应用中, 若存在输入端的极性不确定的情况, 建议外接输入反接保护, 通常最简单的方式为串联二极管, 目前 HO1-P/NxxxxH-0.5B/C/D/F 系列产品内部集成了防反接保护, 其他型号的高压输出电源暂无此功能。

输入防反接二极管的选型, 需考虑其功耗、通流量、导通压降等, 并且需确保防反接二极管后端的电压处于模块的输入电压范围内。

3.2 输入输出滤波电路

在对纹波和噪声敏感的电路中，可以在模块输出端外加 RC 滤波器，以进一步降低纹波和噪声。推荐电路如图 3-1 中虚线框内容所示。



图 3-1 减小纹波噪声滤波电路

注：R1、C1 参照技术手册推荐的参数。

3.3 电磁干扰和电磁兼容

3.3.1 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；
- (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。

3.3.2 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进行抑制。

3.3.3 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，电源部分的防护电路如下图 3-2 所示。

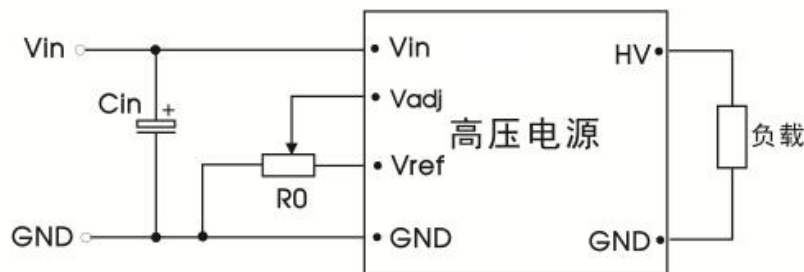


图 3-2 EMC 推荐电路

具体的外围推荐电路参数参考对应产品的技术手册。

3.4 功能引脚的使用

3.4.1 输出电压调节

HO1-P/NxxxxH-0.5C/D/F 等系列产品还提供了输出电压调节的功能，通过调节 Vadj 的电压即可实现调节输出电压的功能。通常有两种调节方式，一种为通过电位器调节，另一种为通过外控电压调节。

如图 3-3 所示为通过电位器调节输出电压的连接方法。Vref 为模块自带基准，Vadj 的电压取自 Vref，调节电位器即可调节 Vadj 的电压，从而实现调节输出电压。

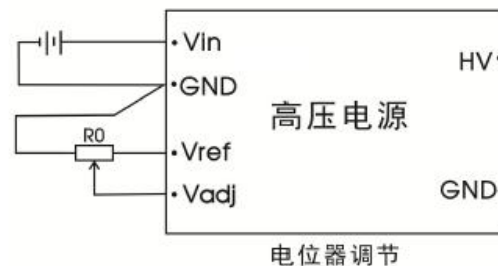


图 3-3 输出电压调节（电位器调节）

除了电位器调节电压之外，还可以通过外控电压引脚直接调节，通常 0-5V 信号对应产品的输出电压为零至额定输出电压。连接方式如下图 3-4 所示，外控电压对应输出电压的关系如图 3-5 所示。

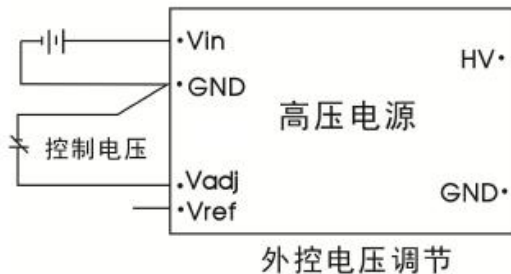


图 3-4 输出电压调节（外控电压调）

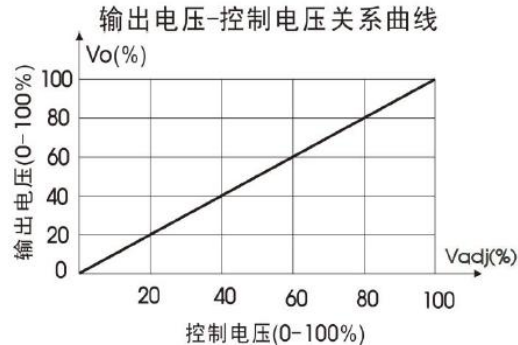


图 3-5 输出电压-控制电压关系曲线

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一个很大的电流、电压尖峰，这个尖峰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（除非特别指出不能空载使用），只是在此条件下模块的转换效率相对来说比较低，且产品空载时环路裕量更小，可能会出现振荡现象，导致部分指标可能不满足技术手册要求。因此从可靠性角度考虑，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%，通常建议模块应用在 30-80% 的负载条件下。

4.3 模块的输出模式

高压输出电源的输出模式分为两种，恒流型和稳压型。恒流型模块的输出电流恒定，输出电压跟随负载阻抗变化，通常用于给高压电容充电。高压输出稳压型模块与我司其他稳压模块一样，输出电压是稳定的，并且部分高压输出稳压型模块的输出电压是可以调节的。

4.4 模块损坏的原因

针对模块损坏的原因，原因可能有如下几点：

原因一：输入电源极性接反（部分型号自带防反接保护）；

原因二：输入电压超出技术手册规定的输入电压范围；

原因三：热插拔产生较大电压尖峰，或者输入电源存在过冲现象；

原因四：严重过载；

原因五：实际工作环境温度超出技术手册规定的温度范围。

MORNSUN