

AC/DC 电源（模块类）应用指南——2026 版

目录

1.前言	3
1.1.警告	3
1.2.注意事项	3
2.电源模块选型指导	4
3.AC-DC 模块电源应用说明	6
3.1.基本测试电路连接	6
3.2.产品典型应用电路	6
3.3.EMC 推荐电路	7
3.4.多路输出的负载要求	7
4.基本性能测试	8
4.1.输出电压精度	8
4.2.线性电压调节率	8
4.3.负载调节率	8
4.4.转换效率	9
4.5.纹波噪声	9
4.6.隔离及绝缘特性	11
5.常见疑问	11
5.1.接地——输入和输出	11
5.2.浪涌电流	12
5.3.漏电流	12
5.4.交直流输入	12
5.5.I 类、II 类设备和保护地 FG 的关系	12
5.6.输入瞬变	13
5.7.输出空载使用	13

5.8.工作温度	13
5.9.产品外壳电压丝印标示	13
5.10.防辐射干扰	13
5.11.EMC 外围推荐电路	13
5.12.电源时序要求	14
6.AC-DC 模块电源应用安全设计	14
6.1.标志要求	14
6.2.材料要求	14
6.3.电气间隙和爬电距离	14
6.4.输入端电容	14
7.电源模块应用的热设计	15
7.1.采用自然风冷	15
7.2.加强制性散热器	15

1.前言

在使用模块电源前，需特别注意以下警告及注意事项，不正确的安装操作、使用产品可能会发生电击、模块损坏或者着火等危险情况，请仔细阅读并确认相关警告及注意事项。

1.1.警告

- (1) 模块电源需轻拿轻放，避免撞击或跌落造成产品损坏；
- (2) 禁止打开产品外壳或触摸电源内部器件，以避免产品遭受静电、器件应力等易损坏的情况；
- (3) 禁止掰弯产品的引脚，以避免内部 PCB 断裂造成电气连接断路，产品工作异常；
- (4) 当模块电源工作时，不要靠近模块或触摸散热器和外壳，避免在模块异常时可能对身体造成伤害。

1.2.注意事项

- (1) 在产品上电之前，请确认已按照产品技术手册中的“设计参考”和“外观尺寸图”，正确连接产品的输入、输出和信号引脚，以及必要的外围器件；
- (2) AC-DC 电源模块属于一次电源，在应用时需确认符合相应的安全规范要求；
- (3) 使用时为了满足安规要求，需在输入端 L 线（火线）上接入保险丝，保险丝选型请参考对应技术手册；
- (4) 模块电源的输入端有高压危险，必须保证终端用户无法接触到，设备制造商还必须保证模块输入、输出不易被操作人员短路或被遗落的金属部件短路；
- (5) 相关应用电路和参数仅供参考，在完成应用电路设计之前必须对参数和电路进行验证；
- (6) 如模块电源（或者使用 AC-DC 电源模块的设备）存储或者不工作超过半年以上，建议客户每半年空载老化 1 小时，以保证产品的使用寿命和应用可靠性；
- (7) 常规 AC-DC 产品不适合长期工作在高温环境下，如必须这样使用，建议每一、两年定期更换新品。电源模块附近不应有大的发热器件，如 CPU、电机等；
- (8) 模块电源在空载或轻载工作状态时，模块内部如有轻微响声，属于正常现象；
- (9) 模块电源属于元器件，安装和使用必须有专业设计人员进行设计和指导；

- ## 2.电源模块选型指导

图 2-1 是我司 AC-DC 电源（模块类）产品的基本选型框图。

AC-DC产品选型框图

输入电压范围					
85-264VAC		85-305VAC		21.6-305VAC	80-305VAC
LD/LDE (10-60W)	LHE (5-20W)	LD (3-90W)	LH (5-25W)	LD (10W)	LD (90W)
LD10-20BXXR2-AU	LHE05-20DXX	LD03-23BxxR2	LH05-23BxxR2	LD10-2WBX	LD90-23BxxR2
LDE45-20Bxx	LHE10-20Axx	LD03-23BXXR2P	LH10-23B05/12R2-C		
LDE60-20BXX	LHE10-20Cxx	LD03-23BXXWR2	LH10-23BXXR2		
	LHE10-20DXX	LD05-23BxxR2	LH15-23BxxR2	90-528VAC	176-528VAC
	LHE10-20DXXER2	LD05-23BXXR2-M	LHE15-23BXXR2		
	LHE15-20Axx	LD05-23BXXR2P	LH20-23BxxR2	LD (10-20W)	LD (30W)
	LHE15-20Cxx	LD05-23BXXWR2	LHE20-23BXXR2	LD10-26Bxx	LD30-26BxxR2
	LHE15-20Dxx	LD10-23BxxR2	LH25-23B05/12R2-C	LD20-26BXX	
	LHE20-20AXX	LD10-23Bxx-DW	LH25-23BxxR2		
	LHE20-20Cxx	LD10-23BXXR2-RC		90-600VAC	
	LHE20-20Dxx	LD15-23BxxR2			
		LD15-23BXXR2-M	LBF (750-1000W)	LD (20W)	
		LD40-23BXXR2	LBF750-13Bxx	LD20-26BxxR2	
		LD60-23BXXR2	LBF750-13BxxG		
		LD90-23BXXR2	LBF1000-13Bxx-NS		
		LBH (150-300W)	LPF (2500W)		
		LBH150-13Bxx	LPF2500-10Bxx		
		LBH150-13BxxG			
		LBH300-13Bxx			
		LBH300-13BxxG			

图 2-1 AC-DC 电源（模块类）选型框图

注：因公司持续发展和技术突破创新，新产品的推出必然会导致选型框图的更新。

第一步，先确定输入源类型。

确认模块的输入源是交流还是直流；一般情况下，交流输入选用 AC/DC 模块，直流输入选用 DC/DC 模块。（我司 AC-DC 电源模块也可以工作在直流输入电压条件下）。

第二步，根据输入电压范围选定标准的参考电压，输入电压范围可以参考图 2-1。

第三步，根据负载大小选择产品的功率和封装类型，我司产品的封装形式有单列直插 SIP 封装、双列直插 DIP 封装、小型卧式封装和导轨封装（DIN）。此外，产品还有封装拓展，后缀为 A2 是接线式封装，A4 是导轨式封装，后缀为 A2S 是接线式封装（在 A2 基础上，缩小尺寸），后缀为 A4S 是导轨式封装（在 A4 基础上，缩小尺寸），A3 是接线式封装（与 A2 的区别，接线端口可拆卸式）；针对 LH40、LH60 系列产品也有封装拓展，后缀为 A5 是接线式封装（在 A2 基础上，增大尺寸），A6 是导轨式封装（在 A4 基础上，增大尺寸）。如：LH15-10B05A2 或 LH40-10B05A5 的封装形式均为接线式。LHE 产品同样有类似的拓展封装。具体封装对应的功率段可以参考图 2-1。

第四步，根据负载的类型选择合适的输出电压，我司产品输出电压一般为 3.3V，5V，9V，12V，15V，18V，24V，48V，±5V，±12V，±15V，±24V。也可通过串联组合实现非常规电压需求，例如：采用 LH05-10A05 产品能实现 10VDC 的输出电压；采用 LD10-23B05R2 与 LD10-23B12R2 串联组合实现 17VDC 的输出电压，输出电流最大为 LD10-23B12R2 的满载电流（注：输出带载最大只能是几个串联型号中的满载值最小的）。

第五步，选择模块的隔离性质。

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。我司 AC-DC 产品的隔离电压为 2000VAC、2500VAC，3000VAC 和 4000VAC。

建议尽量采用标准规格模块电源，可以确保产品具有较高的性价比和可靠性，以及样品交期快等优势。对于更高隔离、超宽输入电压范围、高温环境、EMC 认证等特殊性能需求，则建议咨询我司技术服务人员。

3.AC-DC 模块电源应用说明

3.1.基本测试电路连接

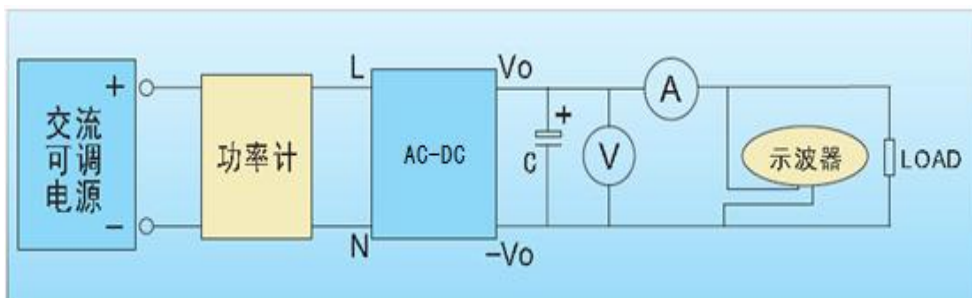


图 3-1 基本测试电路连接

3.2.产品典型应用电路

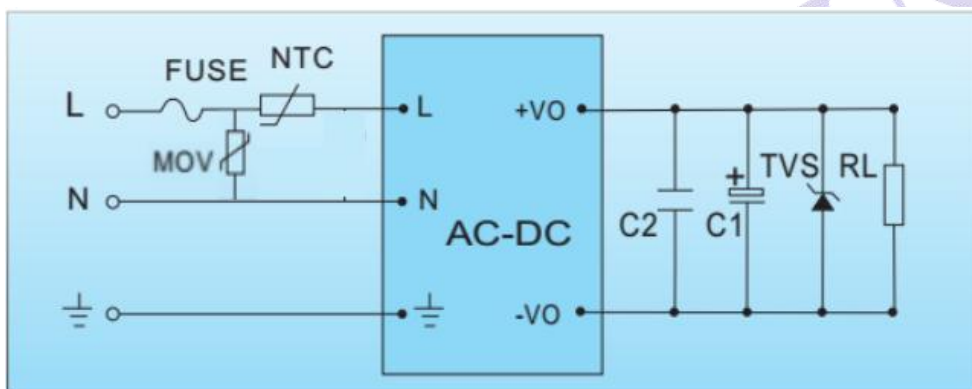


图 3-2 常规 AC-DC 典型应用电路

(1) FUSE 是输入侧保险丝，应选择具有安规认证的慢断保险丝，推荐值为：5W 以下产品选择 1A/250V、10W-15W 产品选择 2A/250V、20W-60W 产品选择 3.15A/250V（额定电压可视输入电压范围进行增减），具体选型请参考技术手册推荐值。

注意：保险丝的额定电流取值过大则起不了保护作用，过小则容易因起机时输入电容充电引起误熔断，除了考虑产品功率以外，还需考虑瞬态浪涌等环境因素。

(2) MOV 是压敏电阻，对产品输入端的浪涌电压进行防护，压敏电阻规格选型建议参考相应技术手册参数。

(3) NTC 是负温度系数热敏电阻，可以减少产品在启动过程中的冲击电流。如果产品的输入功率较大，推荐选择绕线电阻（具体阻值请参考产品技术手册）。

(4) C1 是输出滤波电解电容，建议使用高频低阻电解电容，容值选择建议参照技术手

册的推荐规格值，电容耐压降额大于 80%。

(5) C2 是陶瓷电容，去除高频噪声，容值参考技术手册。

(6) TVS 管在模块异常时保护后级电路，建议使用。

注：对双路或三路输出模块，原边应用电路相同，副边可以看作两个或三个独立变换器来选择滤波参数。

3.3. EMC 推荐电路

当应用于电磁兼容比较恶劣的环境时，需要加入更高要求的 EMC 滤波电路。图 3-3 为一种典型输入 EMC 滤波电路，仅供参考。具体推荐的 EMC 滤波电路、参数请参考对应型号产品的技术手册资料。

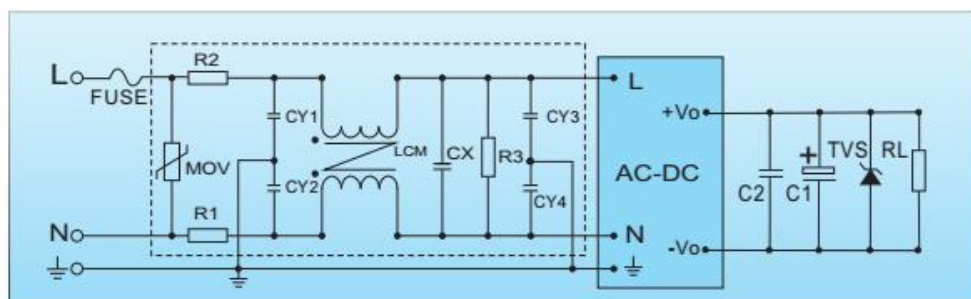


图 3-3 典型输入 EMC 滤波电路

3.4. 多路输出的负载要求

对于常规多路输出的模块电源，一般只对主路进行稳压设计，各个辅路输出电压精度受负载影响较大，因此建议产品的各路均带等比例的平衡负载（负载差距应在 5% 以内）。

例如：

型号为 LHE05-20D0505-01 的双路输出产品，主路满载电流为 900mA，辅路满载电流为 100mA，如果客户在实际使用中主路的负载为 90mA，那么根据负载比例平衡，辅路所需要带的电流应为 10mA。

若客户对辅路电压的精度要求较高时，请在辅路后面加一个低压差的线性稳压器（主要应用于辅路负载较轻，导致输出电压升高的场合），如图 3-4 所示。

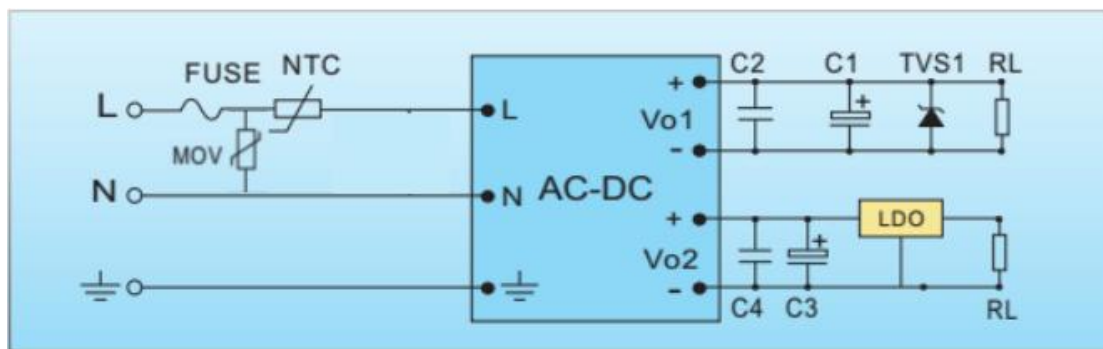


图 3-4 双路输出典型应用图

4. 基本性能测试

注意：我司 AC-DC 模块电源产品的输入标称电压为 115VAC 或 230VAC。

4.1. 输出电压精度

标称输入电压、满载输出条件下，规格要求的输出标称电压为 V_{nom}

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

标称输入电压、满载输出条件下，实测的输出电压 V_{out}

4.2. 线性电压调节率

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} 最大的值

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

4.3. 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} 最大的值

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

4.4.转换效率

AC-DC 模块电源的转换效率：输入端不能直接采用万用表测试电压和电流的乘积值作为输入的功率，考虑无功功率影响，一般采用功率计直接读取输入功率 P_{in} ；输出端通过实际输出负载值 I_{out} 和输出电压值 V_{out} 计算输出功率。

标称输入电压下 P_{in} 、满载 I_{out} 下，

测试输出电压记为 V_{out}

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

注：输入为交流方式，由于产品内部的感抗和容抗的存在，导致输入的电压和电流出现相位差以及输入电流波形发生畸变。

4.5.纹波噪声

4.5.1.纹波噪声测试方法

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(mVp-p)。

第一步，先将示波器带宽设置为 20MHz，可以有效滤除环境中耦合进的高频干扰；

第二步，采用平行线测试法、双绞线法或靠测法，如图 4-1。

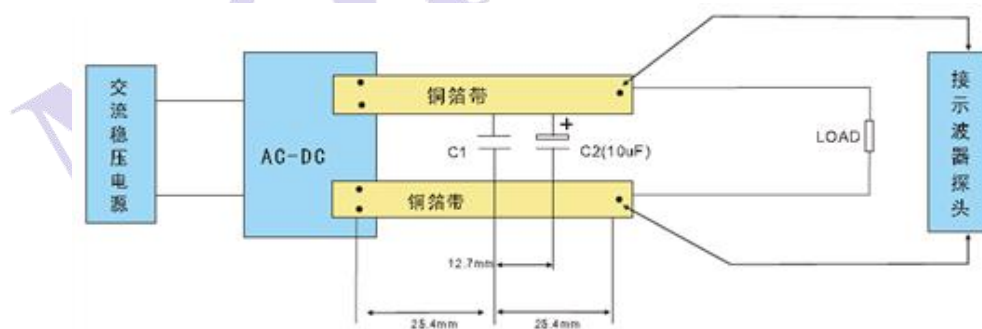


图 4-1 平行线测试法

注意：

- (1) C1=1uF（高频陶瓷电容）。
- (2) C2=10uF（电解电容），耐压值降额 80%以上。
- (3) 不同型号的推荐值不一样，具体参考技术手册推荐值。
- (4) 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%。

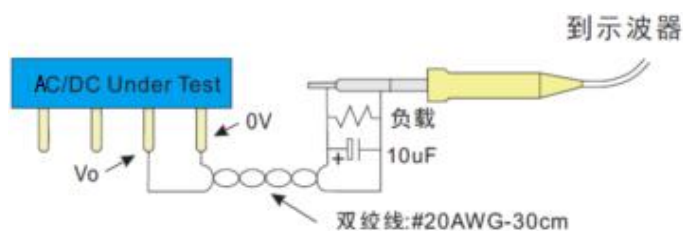


图 4-2 双绞线测试法

另一种测试方法如图 4-2 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 之间接上阻性假负载。在双绞线末端接一个 10 μ F 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。

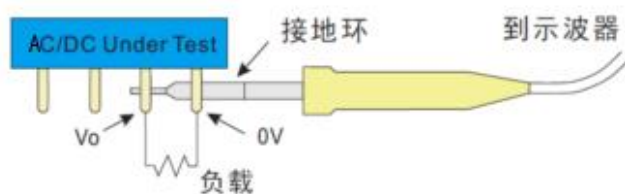


图 4-3 靠测法

由于示波器的地线夹会接收各种高频噪声，干扰测量结果，为了更好削减此类干扰对测试结果的影响，可采用靠测法测试，如图 4-3 所示。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 4-4 为实际测试的纹波噪声波形。

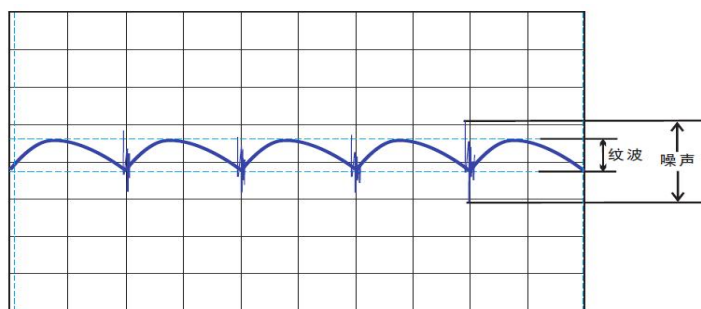


图 4-4 纹波噪声测试波形图

4.6 隔离及绝缘特性

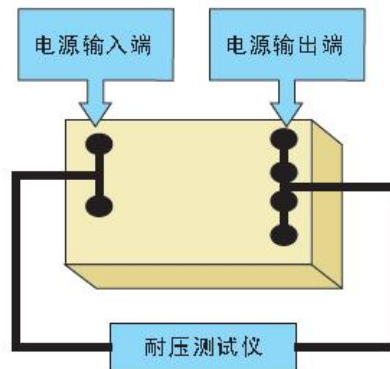


图 4-5 耐压测试图

耐压测试方法：

接线图如图 4-5，按照耐压的测试标准，将耐压值从 0 开始慢慢往上调，当调至设定值时，在设定值处维持一分钟时间。

绝缘强度：

分别短路输入端和输出端的引脚，并在输入、输出端间加隔离电压（直流或交流的峰值，根据产品给出的隔离电压）测试 1 分钟。

5. 常见疑问

5.1. 接地——输入和输出

输入接地：AC-DC 模块电源输入端一般有 3 个引脚，火线 L、零线 N、保护地 PE，PE 通常和设备的机壳或电网中的地线连接。

输出接地：在实际应用中，部分客户将输出地与保护地直接相连，如下左图所示，这样连接可能会由于雷击浪涌、脉冲群等干扰导致产品输出异常或损坏，因此不建议将输出地与保护地直接相连，可以通过 Y 电容连接（一般推荐 1000pF/400V），如下图 5-1 所示。

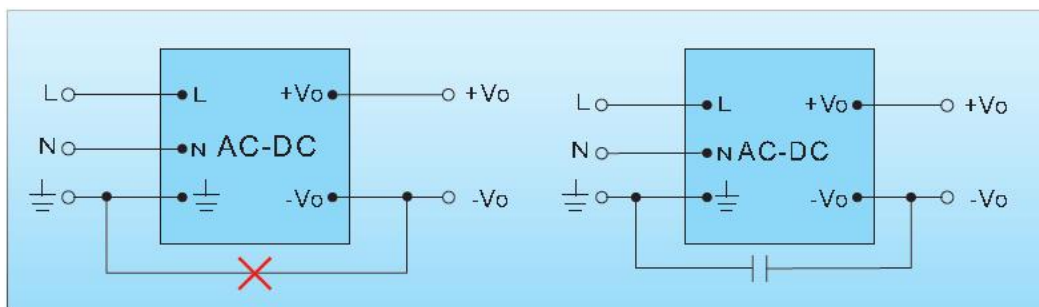


图 5-1 输出负与保护地的接法

5.2.浪涌电流

- 浪涌电流分两种：（1）产品启动瞬间的尖峰电流（习惯上称为产品启动冲击电流）；
（2）工作过程中感应到的巨大的浪涌电压形成的电流。

抑制产品启动瞬间的尖峰电流,主要采取的方案是输入端增加防护器件热敏电阻或绕线电阻,减少浪涌电流;而高压产生的浪涌电流主要通过压敏电阻防护,通过压敏电阻泄放能量。

5.3.漏电流

漏电流有两个概念,一是产品正常工作过程中,输入端对保护地之间的泄漏电流;二是产品在做耐压测试过程中,隔离带之间的漏电流。

5.4.交直流输入

AC-DC 电源输入端一般采取全桥整流,满足交流和直流电压两种供电方式。

5.5.I 类、II 类设备和保护地 FG 的关系

EN62368 中对 I 类、II 类设备有明确的定义:

I 类设备指采用基本绝缘,而且还要装有一种连接装置,使那些在基本绝缘一旦失效就会带危险电压的导电零部件与建筑物配线中的保护接地导体相连。I 类设备带有保护地 FG 引脚,如我司的常规的 LH (E) 系列的产品。

II 类设备指防电击保护不仅依靠基本绝缘,而且还采取附加安全保护措施的设备(例如采用双重绝缘或加强绝缘的设备),这类设备既不依靠保护接地,也不依靠安装条件的保护措施。II 类设备不具有保护地 FG 引脚,如我司的 LS\LD 系列的产品。

5.6.输入瞬变

输入电源线的电压瞬变对电源产品是有破坏性的,假如输入端的电源瞬变大于产品输入的高限值,必须在输入端增加保护电路。

5.7.输出空载使用

空载使用对于多路输出的产品会存在输出电压超规格的情况,可能达到 20%或者更大,在实际应用中建议最小负载为满负载的 10%。

5.8.工作温度

产品在高温的环境下工作,其内部元器件的温度要比环境的要高许多,为保证产品可靠的工作,常规的产品最高的环境工作温度为 70°C或者 85°C,一般当环境温度达到 55°C时就需要降额;而在低温的情况下工作,由于内部电解电容和其他元器件的低温特性,也存在功率降额的要求。同时,输出的纹波噪声会比常温值大,降额曲线具体内容可参考产品型号对应的技术手册。

5.9.产品外壳电压丝印标示

产品丝印标示为 100VAC-240VAC,为什么技术手册是 85VAC-264VAC?

主要出于安规认证的考虑。一般认证机构在测试产品时会按照产品丝印标示上的输入电压范围进行 $\pm 10\%$ 、甚至到 $\pm 15\%$ 的波动来测试其性能,因此行业内产品丝印标示一般都会标注是输入电压范围为 100VAC-240VAC。

5.10.防辐射干扰

开关电源内部电路如控制电路、环路调节电路等,遇到强的辐射时会影响到其正常工作。开关电源的辐射抗扰度测试标准是 IEC/EN61000-4-3 10V/m,该条件下测试电源能够稳定工作,而当遇到很强的辐射干扰时,如对讲机等强辐射设备,当靠近开关电源时,产生的辐射强度是实验室测试条件的几倍甚至几十倍以上,因此开关电源使用时需远离强辐射设备。

5.11.EMC 外围推荐电路

AC/DC 电源前端输入为高压,输入端的供电环境相对比较复杂,因此输入端相应的加入 EMC 防护电路是非常必要的,特别是对于小体积的产品,如 LD01/02/03 和 LS01/03/05 产品,由于体积原因,防护电路很难设计在模块内部,需要客户参照技术手册搭建外围电路,

否则在复杂的供电环境下产品有损坏风险。

5.12. 电源时序要求

多个系统或多个功能电路一起启动工作时，一般都会要求控制电路先工作，保证系统能够正常的初始化，后到各个部件正常带电，因此，在选择电源给各个系统或功能电路供电时，若系统对时序要求较高，需要重点关注电源的启动时间；而供电出现异常的情况下，则要求控制电路最后掉电，保证整个系统的正常关闭，因此，电源模块的掉电保持时间也需重点关注。

6.AC-DC 模块电源应用安全设计

6.1. 标志要求

在保险丝、保护地、开关处必须按照安规要求明确标志规格和符号，能够触及的危险电压和能量贴危险警告标识。

6.2. 材料要求

输入的 L、N、FG 连接线分别使用褐色、蓝色和黄绿色导线。属于依靠基本绝缘加保护地防电击的设备（I 类设备），确保接地线（黄绿线）与大地良好连接，接地电阻小于 0.1 Ω 。

6.3. 电气间隙和爬电距离

确保 L 和 N 在保险丝之前电气间隙大于 2mm，爬电距离大于 2.5mm，输入和金属外壳或 SELV 电路之间电气间隙大于 5mm，爬电距离大于 6.4mm（在高海拔环境下应用，需按照相关标准的倍增系数增加爬电距离及电气间隙）。

6.4. 输入端电容

如果在产品输入端接 X 电容用以改善 EMI 性能，如接入的电容过大，则需要并接放电电阻，放电时间常数应小于 2S（放电时间常数等于电容和电阻的乘积），按目前最新安规标准，凡接入输入端电容，若无法满足 2S 之内降至安全电压 60V 以下，均需加泄放电阻--可询问我司安规工程师。

7. 电源模块应用的热设计

7.1. 采用自然风冷

对于一些小型化，高功率密度的电源模块(主要是板载式电源模块)来说，由于受体积，成本等因素的影响，其电源模块大部分采用自然风冷作为主要的散热方式。通常的板载式的电源模块的散热途径主要有以下几种：

- (1) 通过空气自然对流的方式将热量从电源模块外壳和暴露表面传至空气中，如果电源模块与 PCB 之间有间隙，也会通过其中的沟道传到周围环境中；
- (2) 通过辐射由模块的暴露外壳辐射到周围物体表面或从模块的底部辐射到 PCB 板；
- (3) 通过传导方式经模块管脚传到 PCB 板上。

7.2. 加强制性散热器

许多应用系统中，即使加装了散热片，电源的工作条件也得不到很好的改善。在这种散热比较困难的系统中应用，需通过加强制性散热器（如风扇）作为主要的散热方式。

风扇安装的一般指导原则是，形状较长电源模块，风扇吹风方向应该是水平的，沟道内的风扇吹风方向应该是垂直的以便于形成“烟囱效应”而有利于散热。另外还可在风扇与模块之间涂一层导热脂或其他导热填充材料，使风扇与模块电源外壳（或电源金属基板）之间的结合紧密以减少热阻，但不要因过紧而造成模块电源外壳（或电源金属基板）变形。

在高海拔条件下，因空气稀薄及大气压强的影响，系统本身的散热相对较差，为降低系统温升，必须采用强制性散热或者降额使用。