

## 准确理解模块电源各项技术指标及实用技巧



## 【前言】

每个模块电源的厂家都会为它们的产品提供一个规格书，其中至少会罗列出最基本的性能指标、参数，尺寸和引脚定义等。模块电源的品牌和种类繁多，由于厂家能力的参差不齐及各种原因，同样的参数指标，各家的定义和测试方法各有不同，导致不同厂家规格书上体现的参数指标无法直观地比较孰优孰劣。有的厂家的技术规格书只有 1-2 页，而专业的模块电源厂家的技术规格书多达十几页。

有些不负责任的厂家甚至利用模块电源技术指标缺乏标准性和统一性来美化自己的产品。典型的例子如输出纹波与噪声，一个标称纹波噪声为 50mVp-p 的模块电源一定优于标称为 75mVp-p 的模块电源吗？答案是未必！这时需要确认其纹波噪声的测试条件，比如标称 50mVp-p 的模块电源是在外接 47uF 电解电容与 0.1uF MLCC 条件下测试的，而标称 75mVp-p 的模块电源是在外接 10uF 电解电容与 0.1uF MLCC 条件下测试的。不同的测试条件和测试方法直接

影响测量的结果有。用户在选择和对比技术指标时，只有深入地了解具体的测试条件和方法后，再作比对才有实际的意义。

本文结合笔者多年的行业经验，详细的阐述模块电源主要关键性能指标的定义、测试方法及实用技巧，希望能帮助客户在准确地理解模块电源性能指标的同时，并正确地甄别和选择合适的模块电源产品。

## 【模块电源的测试】

模块电源的应用非常广泛、应用环境非常复杂，为确保模块电源的可靠性、稳定性，需要充分地测试和验证模块电源在不同应用环境和条件下的性能和指标。正规的模块电源厂家会严格地进行 4 象限性能测试 (4-Corners)，其中包括不同输入电压、工作环境温度、输出负载以及容性负载等多种组合条件下测试和验证模块电源的性能指标。



另外，为了保证模块电源的性能一致性、稳定性和可靠性，模块电源从研发到量产，至少需要经过工程验证测试（EVT），设计验证测试（DVT），生产验证与测试（PVT）等三个测试验证阶段。



## 【模块电源的输入性能指标】

### 输入电压范围

模块电源的输入电压范围定义为最小输入电压  $V_{inmin}$  和最大输入电压  $V_{inmax}$ ，在这个范围内模块电源能正常工作并保证稳定的输出电压，而超出正常输入电压范围的应用，不能保证模块电源的性能指标符合规格书定义的要求。

### 实用技巧：

规格书给出的输入电压范围是模块电源连续工作的正常电压。除了正常工作电压范围外，正规的模块电源厂家还会定义模块电源输入的绝对最大值，绝对最大值规定的是电源内部器件所能承受的最高输入电压。

另外，模块电源的输入电压[因雷击浪涌或线路开关的切换会存在瞬间的高压冲击](#)，标称 24V 输入的模块电源需要承受 50V/100mS 的瞬态电压，标称 48V 输入的模块电源需要承受 100V/100mS 的瞬态电压，标称 110V 输入的模块电源需要承受 180V/100mS 的瞬态电压的能力。

还有一个需要关注的是输入欠压保护和欠压保护滞环（UVL），特别是对于功率较大的模块电源，输入欠压保护电路是非常必要的，输入欠压保护电路可以有效地防止输入电压在关机点附近时模块电源反复启动和工作，从而导致模块电源的损坏和系统工作的不稳定。

### 输入电流

DC/DC 模块电源的输入电流由两部分组成，直流分量和交流分量。直流分量的输入电流，一般技术规格书中会定义最大输入电流、空载电流和静态电流。交流分量的输入电流主要包括反射纹波电流（Reflected Ripple Current）和输入冲击电流（Inrush Current）。

**最大输入电流：**模块电源在最低输入工作电压，满载条件下的输入电流。用户在确定输入线 PCB Layout 走线宽度和输入保险丝额定电流的选择时，必须要考虑模块电源的最大输入电流；

**空载电流：**模块电源在额定输入电压，空载条件下的输入电流。相同功率等级的模块电源，空载电流的越小越好，一定程度上对应的效率也更高、待机功耗越低。特别对于模块电源长时间处于轻载条件下的工作的系统和应用场合，更小的空载电流对提升系统的整体效率和节能有着重要的意义。

**静态电流:** 带有 Enable 使能控制的模块电源, 在额定输入电压和 Enable 使能关机时的输入电流。静态电流总是小于空载电流。

**输入反射纹波电流:** 模块电源因其工作在高频开关模式, 决定了其输入电流包含了交流分量。输入反射纹波电流的定义为在额定输入电压、满载条件下, 模块电源输入电流的交流分量。一般正规的模块电源厂家都会在技术规格中标明该项技术指标并说明具体的测试方法和条件。

**输入冲击电流 (Inrush Current) :** 模块电源在输入电源接通瞬间, 流入模块电源的峰值电流。输入冲击电流产生的主要原因是输入电压接通瞬间对模块电源内部的电容快速充电而产生的电流。因此, 不同的输入电压上升速率和幅值下, 输入冲击电流大小是不一样的。一般技术规格书中定义的输入冲击电流测试条件为最大额定输入电压、输出满载时, 输入电压通过快速开关 (如空开) 瞬间加电开启时测量的输入最大峰值电流。通常技术规格书上会以  $A^2\text{-Sec}$  表示。

**短路输入电流:** 模块电源在额定输入电压条件下, 输出短路时对应的输入电流。短路电流的大小与模块电源短路的保护方式及短路保护的响应速度、时间有关。

#### 实用技巧

输入反射纹波电流是指模块电源的 AC 电流分量, 如果这个反射电流回路越大, 那么输入反射纹波电流产生 EMI 问题越明显。为了尽量减小 EMI, 一方面要尽可能减小模块电源反射纹波电流的电源回路或增加适当的滤波电路, 另一方面尽量选择输入反射纹波电流小的电源模块。



另外，在多个模块电源并联使用时，需要特别注意反射纹波的作用。并联使用的模块电源输入反射纹波电流会相互叠加，这种情况下有可能导致系统的干扰增大，严重的情况可能会出现器件或产品损坏。

输入冲击电流（Inrush Current）通常比稳态输入电流大几倍乃至十几倍，这可能会导致 DC 输入线路产生瞬时的电压降落，从而影响连接在同一 DC 线路上的其他设备的正常运行，甚至会导致 DC 供电线路上的保险丝烧断或开关跳闸等。如果前级供电为开关电源的话，过大的冲击电流会造成前级电源的工作不稳定甚至触发过流保护，进而影响系统的正常工作。

如何降低和抑制模块电源的输入浪涌电流（Inrush Current）？具体的方法和分析，将会在后续的文章中作详细的阐述。敬请期待。

用户在选择模块电源输入保险丝时，需要充分考虑模块电源的输入冲击电流，确保选择的保险丝既可以承受输入冲击电流（Inrush Current）瞬间能量冲击，同时又满足模块电源最大输入电流的要求，并保证一定的降额和安全裕量。一般推荐输入的保险丝选择慢熔断型的保险丝，保险丝的额定电流为模块电源最大输入电流的 1.5~2 倍。

### 使能开关 (Enable)

大部分的模块电源都带有 Enable 控制功能（使能开关），既方便用户根据系统实际的应用控制模块电源输出的开启或关闭，同时通过 Enable 关闭模块电源进入待机模式，可以有效降低损耗，提高系统效率。

Enable 电路一般分为正逻辑有效和负逻辑有效。大部分的模块电源厂家会同时提供正逻辑或负逻辑控制可选的型号。Enable 电路的主要技术指标包括：

Enable 电路承受的最高电压、Enable 开启电压范围、Enable 关断电压范围，Enable 电路的 Source Current 和 Sink Current 电流能力。

### 实用技巧

用户在选择模块电源时，应注意 Enable 的控制逻辑类型。正逻辑表示高电平有效，Enable 为高电平是模块电源启动工作，在低电平时关闭。一般对于正逻辑控制的模块电源，Enable 控制输入引脚悬空时，模块电源始终处于开启状态。负逻辑有效表示 Enable 为低电平有效，在 Enable 为高电平时模块电源关闭，在低电平时开启工作。对于负逻辑的模块电源，如果 Enable 引脚浮空的话，模块电源始终处于关闭状态。模块电源的 Enable 功能特别在安全性要求较高的场合非常有用，只有在 Enable 引脚满足特定的条件时，模块电源才被正常开启。

对于隔离的模块电源，规格书中应当说明 Enable 控制引脚的电位是相对哪个引脚定义的。一般情况下，参考电压为初级电路的负端，当然有一些模块电源的 Enable 控制在输出端，那么参考电压是次级输出电压  $V_{o-}$ 。如果 Enable 控制在输出端，而控制信号在输入端，就必须使用隔离元件（比如光耦）来控制输出端的 Enable 信号。

通常，Enable 控制电压范围定义为 0~0.8V 为低电平，3.0V 以上为高电平，也就是说对于负逻辑有效的模块电源，Enable 的电平低于 0.8V 时，模块电源开启工作，反之，Enable 的电平高于 3.0V 时，模块电源关断。需要注意的是，除了高低电平的阈值外，同时要注意外部控制电流的电流能力，如果外部控制电路的电流能力不能满足 Enable 电路的 Source Current 和 Sink Current 的

要求时，即使其控制电压达到规定的值，也不能保证模块电源能正常开启或关断。

### 【模块电源的输出性能指标】

#### 输出电压设定精度

输出电压设定精度，通常也称为稳压精度（Setpoint），该指标表述了输出电压的允许误差。通常是在常温，半载和额定输入电压的条件下测得的，定义如下的：

$$V_{sp} = \frac{V_{out} - V_{o.Norm}}{V_{o.Norm}} * 100\% \leftarrow$$

 DensityPower

$V_{sp}$  为输出电压精度，单位为%

$V_{out}$  为额定输入电压，50%负载，常温 25°C测量的输出电压，单位 V

$V_{o.Norm}$  为标称额定输出电压，单位为 V。如 5V 输出电源，请标称额定电压为 5V。

输出电压产生误差是由于元器件本身存在误差所导致的，特别是输出端反馈分压电阻的精度、反馈比较器的基准电压精度以及 PWM 芯片内部参考电压的精度。模块电源内部反馈回路，通过输出端的分压电阻得到一定的值后和比较器的参考电压进行比较，从而调节并控制输出电压达到设定的值。分压电阻、比较器的电压精度等的误差累计都会决定输出电压的精度。一般的，如果标称的输出电压精度为 1%的话，那分压电阻的精度为 1‰，参考电压的精度为 0.5%。否则无法保证 1% 的稳压精度。

#### 实用技巧



通常 DC/DC 模块电源具有输出电压远端补偿功能 (Sense Pin) , 业界标准一般为±10%的补偿范围。实际测量时, 建议将 Sense Pin 悬空或就近跟输出端链接。( +Sense 接输出正, -Sense 接输出负)

定电压输入非稳压的模块电源的输出电压是随着负载而变化的。如果设定输出电压在满载时是额定值, 那么当负载低于满载时, 输出电压会高于额定输出电压, 特别在空载的情况下, 有的 DC/DC 模块电源的输出电压是不稳定或远远超出标称电压范围的, 在使用时一定要注意不同负载条件下的输出电压以便正确应用, 满足实际负载的电压范围要求。通常, 定电压输入非稳压的模块电源的额定输出电压定义为 60%~80%负载范围内的输出电压。

### 负载调整率 (Load Regulation)

负载调整率的定义为: 额定输出电压时, 输出电压在最小负载 (ML) 与满载 (FL) 之间的最大输出电压或最小输出电压与半载时的输出电压差值并与半载时的输出电压之比, 结果以百分比表示。测量负载调整率时, 由于输出电压随负载大小的变化不一定呈线性变化, 所以除了额定负载条件下的输出电压外, 严格意义上需要测量不同输出负载条件下对应的输出电压, 综合考虑测试精度和测试效率, 业界通常以模块电源正常工作负载范围的 10%为步长测试, 从而计算得到负载调整率。

$$REG_{Load} = \frac{V_{omax} - V_{osp}}{V_{osp}} * 100\% \quad \text{或} \quad REG_{Load} = \frac{V_{omin} - V_{osp}}{V_{osp}} * 100\%$$

Vomax: 为模块电源在最小负载与满载之间最高的输出电压值;

Vomin: 为模块电源在最小负载与满载之间最低的输出电压值;

Vosp: 为额定输入电压, 50%负载, 常温 25°C测量的标称输出电压

**实用技巧：**

负载调整率标称为 $\pm 2\%$ 的模块电源一定比标称为 $\pm 4\%$ 的模块电源要负载调整率要好吗？答案是不一定！特别提醒注意是，有的模块电源厂家标称的负载调整率有最小负载要求的，比如标称的是负载从 $10\% \sim 100\%$ 或 $20\% \sim 100\%$ 范围内的负载调整率。这时候，用户在选择模块是就要特别注意该模块电源在最小负载以下时的电压精度，是否能满足实际的应用电压范围和需求。

负载调整率标称为 $\pm 2\%$ 和标称为 $4\%$ 的模块电源？那个输出电压的精确性更高？根据负载调整率的定义，输出电压调整率是与 $50\%$ 负载时的输出电压作比较的。比如输出电压为 $5V$ 的模块电源，标称为 $\pm 2\%$ 的负载调整率，模块电源在全负载范围内的最大输出电压为 $5.1V$ ，最低输出电压为 $4.9V$ ，而标称为 $4\%$ 的负载调整率，其在全负载范围内的最大输出电压为 $5.2V$ 。事实上，负载调整率为 $\pm 2\%$ 的模块电源，其电压精确性比负载调整率 $4\%$ 的要高出一倍。正规的厂家的负载调整率都会以 $\pm\%$ 表示。

定电压输入非稳压的模块电源，其输出电压随负载的偏离，测量时为额定输入电压 $V_{IN,NOM}$ 条件下，测量其输出电压随负载变化的关系，一般规格书中会以输出电压的包络线来表示。定电压输入非稳压模块电源，原则上不定义负载调整率和线性调整率。

### 线性调整率 (Line Regulation)

线性调整率是指由输入电压从最小( $V_{in,min}$ )变化到最大( $V_{in,max}$ )所引起的输出电压的偏离。通常负载设定为 $50\%$ 。线路调整率是输出电压值相对于额定电压值 ( $V_{oset}$ ) 的偏差百分比。与测量负载调整率一样，由于输出电压随输

入电压的变化是非线性的，所以除了额定输出电压外，严格意义上需要测量不同输入电压点的对应输出电压，业界通常按模块电源正常工作中电压范围的 10% 为步长测试。从而计算得到线性调整率。线性调整率以  $\pm\%$  表示。

$$REG_{Line} = \frac{V_{omax} - V_{osp}}{V_{osp}} * 100\% \quad \text{或} \quad REG_{Line} = \frac{V_{omin} - V_{osp}}{V_{osp}} * 100\%$$

$V_{omax}$ : 为电源在最小输入电压与最大输入电压之间的最大输出电压值；

$V_{omin}$ : 为电源在最小输入电压与最大输入电压之间的最低输出电压值；

$V_{osp}$ : 为额定输入电压, 50%负载, 常温 25°C 条件下测量的标称输出电压。

#### 实用技巧:

如果规格书上给出的线性调整率为  $\pm 1\%$ ，那么当输入电压从  $V_{in.max}$  与  $V_{in.min}$  之间变化时，其输出的最高电压为相应的额定输出增加 1%，其输出的最低电压为相应的额定输出降低 1%。

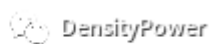
定压输入非稳压的模块电源没有上述定义的线性调整率。在负载固定的条件下，输出电压随着输入电压的增加而增加，或者随着输入电压的减小而减小。但是两者变化的关系通常不是 1:1 的关系，输入电压变 1% 时，其输出电压不一定相应地变化 1%。一般，输入电压对输出电压的影响在输出满载条件下，以“x%/1% 的 VIN”的形式给出。如果规格书上给出一个定压输入非稳压的模块电源的线性调整率为 1.2%/1%，那么输入电压每增加 1%，输出电压就会相应的增加 1.2%。

#### 输出电压的温度系数

众所周知，一般的电子元器件都有一定的温度系数，也就是说在一定的温度范围内，随着温度的变化，其精度也相应的会有变化。虽然 DC/DC 模块电源内

部的带隙基准电压源可以在工作温度范围内保持非常稳定的电压，但事实上还是会有一些浮动。输出电压的温度系数 ( $T_c$ ) 定义为极端温度下的输出电压与室温下的输出电压在它们温度差之间的相对偏差。通常单位用  $\%V_o/^\circ\text{C}$ 。通常，低于室温时温度系数通常为正值，高于室温时为负值。

为了得到准确输出电压的温度系数，需要一个可以产生所需环境温度的高低温箱设备。在室温  $T_{amb}$  和 50% 负载的条件下，DC-DC 模块电源先工作 30 分钟，当到模块电源到达热稳定后，测得室温下的额定输出  $V_{o.amb}$ 。类似的，在保证输入电压和负载条件不变的情况下，通过改变模块电源的工作环境温度，测得其不同温度下的输出电压  $V_{ot}$ 。综合考虑测试精度和测试效率，业界通常以每  $10^\circ\text{C}$  测试一次。输出电压温度系数计算公式如下：

$$T_c = \frac{V_{o.amb} - V_{ot}}{V_{o.amb} * |T_{set} - T_{amb}|} * 100\% \leftarrow$$


$T_c$ : 为输出电压温度系数，单位为  $\%V_o/^\circ\text{C}$ ；

$V_{o.amb}$ : 为额定输入电压、输出 50% 负载、室温 ( $25^\circ\text{C}$ ) 条件下的输出电压，单位为 V；

$T_{amb}$ : 为室温 ( $25^\circ\text{C}$ )，单位为  $^\circ\text{C}$ ；

$T_{set}$ : 为设定的温度，单位为  $^\circ\text{C}$ ；

$V_{ot}$ : 为设定温度条件下，额定输入电压、输出 50% 负载时测试的输出电压，单位为 V。

输出电压温度系数标称为  $\pm 0.02\%V_o/^\circ\text{C}$  的模块电源，那么在  $+85^\circ\text{C}$  时其输出电压会下降 1.2%，而在  $-40^\circ\text{C}$  时会上升 1.3%。

### 交叉调整率 (Cross Regulation)

交叉调整率的参数定义只适用于有两路或者多路输出的模块电源。交叉调整技术指标表征的是其中一路负载的变化对另外一路输出电压精度的影响，结果以%表示。

交叉调整率的定义为：在额定输入电压条件下，第一路的输出负载为 50% 额定负载，另外一路的输出负载从最小负载到满载变化，测量第一路输出电压的变化，测量得到的最高输出电压值减去额定输出电压或最低输出电压值减去额定输出电压值，再除以额定输出电压值，得到的结果以%表示。

#### 实用技巧：

严格意义上，根据交叉调整率的定义，测试时需要将第二路的输出负载从空载一直变化到满载。综合考虑测试精度和测试效率，实际操作时，一般会将第二路的负载从最小负载到满载范围的 10% 为一个步长，测试第一路输出的相应的输出电压值并计算结果。有的模块电源厂家在标注交叉调整率时，第二路的负载是从 25% 到满载变化，相应地其标称的交叉调整率比从最小负载到满载变化条件下的标称值要好。用户在实际选用时，需要注意交叉调整率的测试条件并结合实际应用情况，特别是每路的输出负载不平衡或变化较大时，确认规格书标称的测试条件和指标是否符合实际应用的电压精度要求。

### 最坏情况下的输出电压精度 (Total Regulation)

最坏的情况下输出电压是由输出电压精确度、负载调整率、线性调整率以及温度系数等共同决定的。因为误差具有累积效应，不同的计算顺序对结果也有一定的影响，但是一般而言，可以把误差分别单独处理，得到近似的输出电压极值。

比如说，如果额定输出电压是 5V，输出电压的精确度为  $\pm 2\%$ ，负载调整率为  $\pm 0.5\%$ ，线性整率为  $\pm 0.3\%$ ，在整个工作温度范围内的温度系数为  $+1.2\%/-1.3\%$ ，那么：

$$V_{\min} = 5 * (1 - 0.02 - 0.005 - 0.003 - 0.013) = 4.795V$$

$$V_{\max} = 5 * (1 + 0.02 + 0.005 + 0.003 + 0.012) = 5.200V$$

### 效率

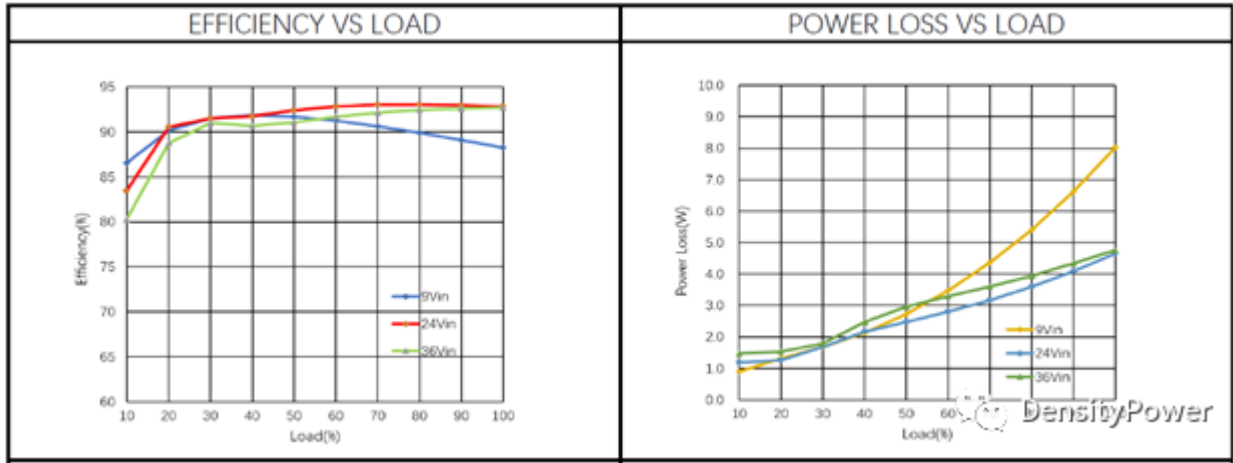
模块电源的效率指的是输出功率与输入功率之比。在空载时，效率总是零。通常效率是以百分比的形式表示。效率的高低直接决定模块电源的损耗和发热，相同尺寸的模块电源，其效率越低，内部电路的损耗越大，相应的模块电源的温升越高。而器件温升与模块电源的可靠性密切相关，根据统计资料表明，电子元器件的温度每升高  $2^{\circ}\text{C}$ ，可靠性下降  $10\%$ ；温升  $50^{\circ}\text{C}$  时的寿命只有温升  $25^{\circ}\text{C}$  时的  $1/16!$

### 实用技巧

综上所述，选择高效率的模块电源，不仅仅提升系统的效率和降低能耗，更重要的是，在相同的应用环境和条件下，高效率的模块电源比低效率的模块电源的可靠性会显著提高。

模块电源的效率，一般的规格书知会给出最高的效率。但是，从实际的应用角度，最高的效率的参数并不能完全准确地反应实际应用条件下的效率。专业的模块电源厂家会在规格书中给出详细的效率对负载的曲线和损耗曲线。用户在选择模块电源时，根据实际的负载大小和应用条件，参考效率曲线对比更具有实际的应用意义。

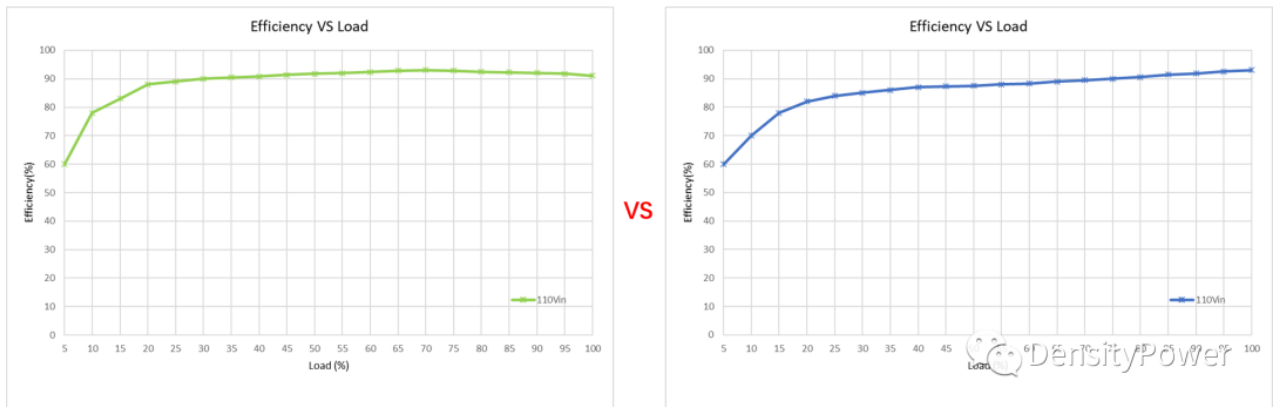




模块电源效率和损耗曲线 (DNC60W24S05)

另外需要注意的是，同样标称最高效率为 93% 的模块电源，其效率曲线图如下，你会如何选择呢？

Right or Left?

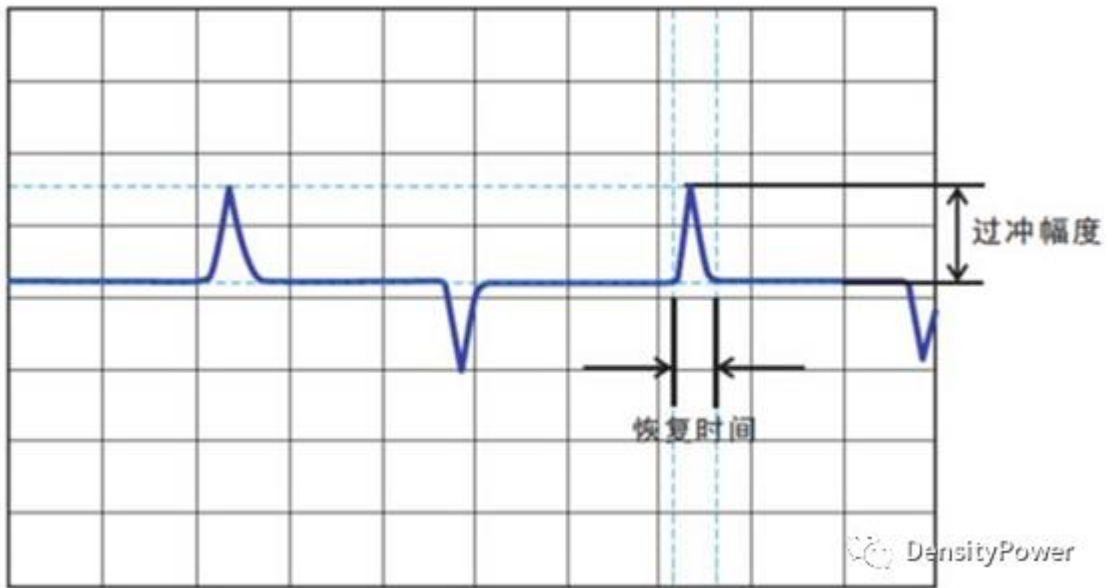


模块电源效率曲线对比

根据上图的效率曲线，左边的最高效率在负载为 60~70% 的时候，而右边的模块最高效率在负载为 100% 的时候。实际应用，模块电源的负载都会作一定的降额，一般在 50~70% 额定负载下工作，很明显，同样标称效率为 93% 的模块电压，在实际 50~70% 的负载应用条件下，左边的模块电源效率比右边模块的效率要高 2~3%。

动态负载响应

动态负载响应 (Dynamic Load Response) 表述了模块电源输出对于负载阶跃变化的响应。主要包括 2 个重要指标：一是动态响应恢复时间，也就是在负载阶跃变化时输出电压回调到规定的其允许偏差范围内所需的时间；二是动态响应幅值，也及时输出电压在负载阶跃变化时，相对于额定输出电压的最大偏差。



### 实用技巧

从动态负载响应的指标和定义可知，不同的负载阶跃跳变幅度和跳变速率 (A/uS) 下，其动态响应幅值和动态响应恢复时间是不同的。但是，部分厂商的规格书只给出了动态响应恢复时间。此外，一些厂商使用 25%到 50%的负载跳变范围，有些使用 50%到 75%的负载范围，还有一些仅仅只是提到“25% 阶跃变化”而并没有说明负载范围和负载跳变速率。导致用户选择模块电源时，不能直接比较不同制造商给出的参数和性能。

一般动态响应的测试条件为：负载跳变速率 1A/uS, 负载跳变幅度为：25%，50%和 100%三种。大部分的规格标注的为 50~75~50%的测试条件，不同的负

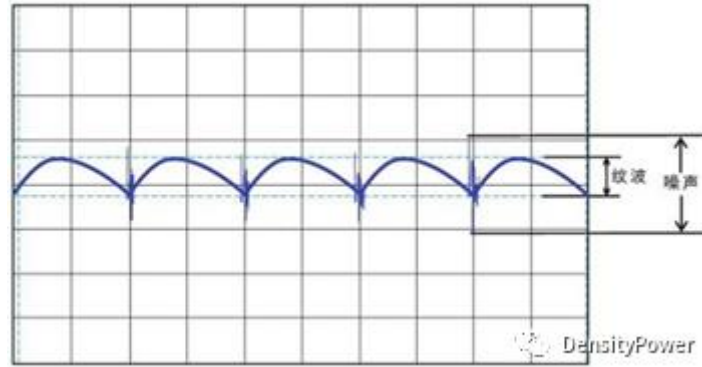
载跳变幅度和负载电流的变化率对模块电源输出动态响应指标有明显影响，实际选型应用时，需考虑实际应用环境的负载跳变幅度和电流变化率。另外，需要关注 0%~100%~0%大动态负载跳变输出电压的变化，不允许过冲超过负载承受的范围或触发模块电源进入保护模式。

众所周知，所有的模块电源，在负载突然变小时会出现过冲，而在负载突然变大时会出现负过冲。动态响应恢复时间和动态响应幅值的大小主要取决于模块电源闭环控制环路设计和参数。控制环路电路必须要对阶跃变化做出快速反应并且不会过度响应而使输出波动，要满足这两个条件，电源控制环路的设计必须折中考虑并做优化。

正如负载的突然变化会引起输出电压的变化，输入电压的突然变化也会引起输出电压的变化。这个参数在规格书上很少被提到，如果实际应用场合会有快速的输入电压变化，用户在选择模块电压时，建议要求厂家提供相关的测试数据或者根据实际应用要求进行测试评估。

### 输出纹波噪声

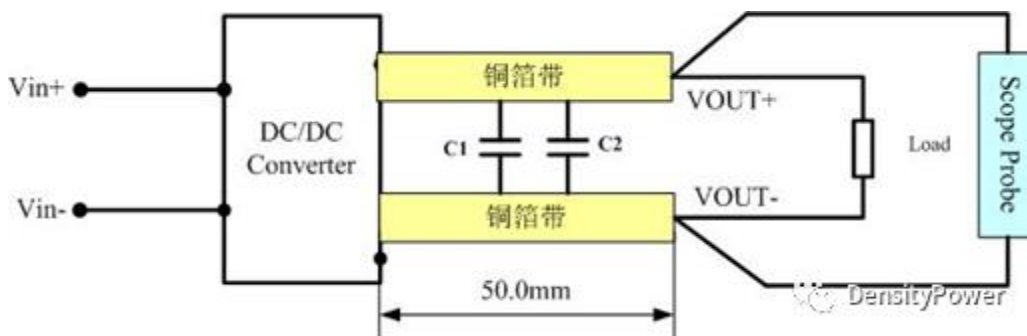
由于模块电源高频开关的工作机理，模块电源的输出都有纹波和噪声。其中纹波分量的频率是由模块电源内部的开关频率决定的，其频率一般等于工作频率或工作频率的 2 倍。叠加在纹波之上的是开关尖峰（噪声），它是由寄生效应在每次开关状态改变时产生的。噪声的频率通常要比波纹频率高好几个数量级。通常纹波噪声以毫伏的峰峰值来表示（mVp-p）。

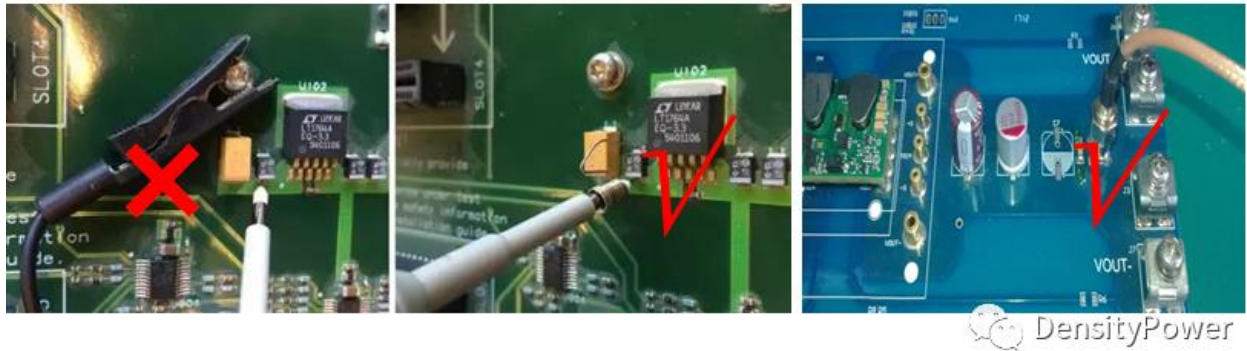


### 实用技巧：

标称纹波噪声为 50mV 的模块电源一定比标称 75mV 的模块电源的指标要好吗？答案是不一定！用户在选择和对比时，一定要注意其标称纹波噪声的测试条件。比如一个标称 50mV 纹波噪声的模块电源是在外接 47uF 和 0.1uF MLCC 电容下测试的结果，标称 75mV 纹波噪声的模块电源在外接 10uF 和 0.1uF MLCC 电容下测试的结果，50mV 的未必比 75mV 的性能要好！另外，有的模块电源因其选用的拓扑和设计原因，其空载时的纹波噪声比满载时的要大，用户在选择是一定要关注其实际的测试条件。

纹波噪声的测量需要特别注意，不同的测量方式测量的结果差异很大。特别需要注意的，测试时一定注意避免示波器探头长地线引入的噪声和干扰。





关于模块电源纹波噪声的测量，请参考微信公众文章《[纹波&噪声的正确测量和抑制](#)》，了解更详细的内容和信息。

限于篇幅，本文未完待续.....续篇将针对模块电源的绝缘耐压、热性能和降额曲线、保护电路、及可靠性指标做详细的阐述。敬请关注微信公众号，以及时获取后续更新内容！

## 往期推荐

[开启正确姿势！工程师如何阅读模块电源 Datasheet？](#)

[从模块电源技术发展角度，看模块电源的统型与选型](#)

[模块电源可靠性应用技术专题系列---浪涌防护设计与 MOV 选型应用](#)

[模块电源可靠性应用技术专题系列---浪涌防护设计与 GDT 选型应用](#)

[模块电源可靠性应用技术专题系列---浪涌防护设计 TSS 与 TVS 选型及应用](#)

[模块电源可靠性应用技术专题系列---纹波&噪声的正确测量与抑制](#)

[模块电源可靠性应用技术专题系列---绝缘耐压的正确理解与测试](#)

[模块电源可靠性应用技术专题系列---模块电源的热性能评估](#)



扫一扫关注我们，  
更多精彩内容等着您！