

## 概述



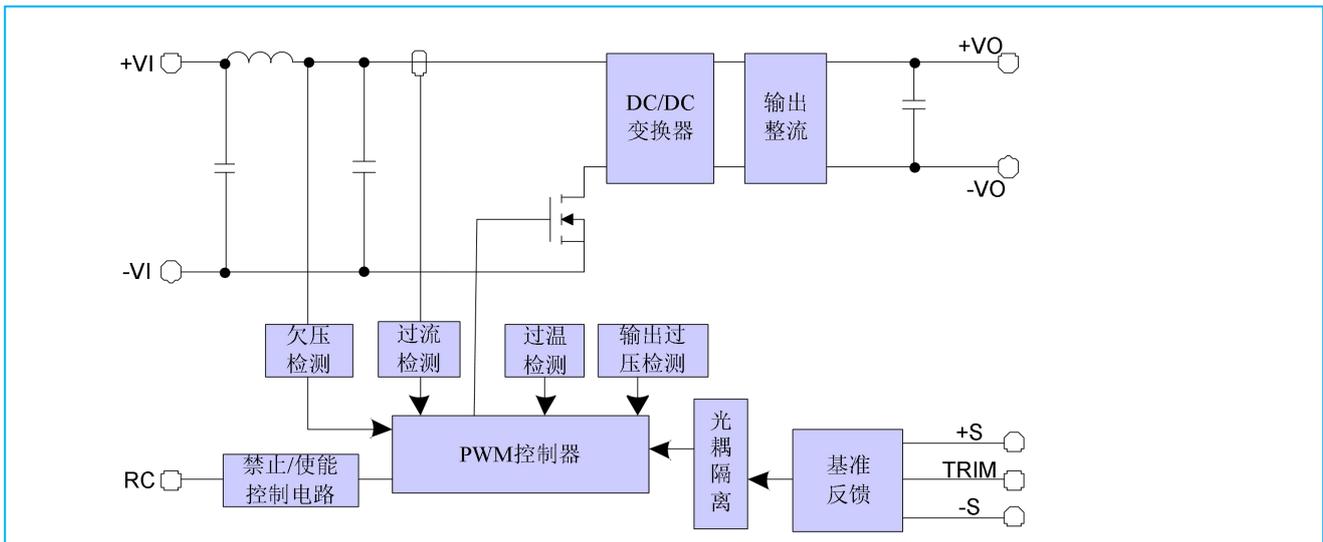
ES50W-24SXX 低压系列十六分之一砖模块电源为宽范围、高可靠、高效率的单路输出隔离 DC/DC 变换器。该系列模块电源输入电压为(9-40)V，最大输出电流为 10A，最大功率 50W。ES50W-24SXX 系列模块提供使能控制，有正逻辑或负逻辑控制可选；工作温度有-40℃~+100℃或-55℃~+100℃可选。

## 主要特性

- 50W 隔离输出
- 额定满载最大效率 ≥89%
- 固定开关频率
- 输入欠压保护
- 输出过压/过流/短路保护
- 过温保护
- 远程禁止/使能控制
- MTBF 50 万小时
- 标准 1/16 砖封装
- 隔离电压 1500VDC

## 应用领域

- 工业控制系统
- 地面通信设备
- 分布式电源系统
- 半导体设备
- 车载系统
- 舰船系统



模块功能框图



## 产品订购编码

系列名	输出功率	输入电压范围	-	额定输入电压	输出路数	输出电压	特征码	控制逻辑	质量等级	散热器安装方式
ES	50	W	-	24	S	15		P	I	F
ES: 1/16 砖	50: 50W	缺省: 2:1 W: 4:1	-	24:24V	S:单路	15: 15V 28: 28V	缺省:	P: 正逻辑 N: 负逻辑	I: -40℃~+100℃	F: 法兰 缺省: 无安装方式

## 产品选型列表

型号	输入电压	输出电压	输出电流		空载额定输入电流	纹波噪声 (峰-峰值)	效率 (%)	容性负载
			最小	最大				
ES50W-24S05□□□	(9-40)V	5V	0mA	10.00A	45mA	100mV	89	(470-5000)μF
ES50W-24S12□□□	(9-40)V	12V	0mA	4.17A	32mA	120mV	89	(150-3300)μF
ES50W-24S15□□□	(9-40)V	15V	0mA	3.33A	20mA	150mV	89	(100-2200)μF
ES50W-24S24□□□	(9-40)V	24V	0mA	2.08A	45mA	200mV	89	(100-1000)μF
ES50W-24S28□□□	(9-40)V	28V	0mA	1.79A	45mA	200mV	89.5	(68-1000)μF



## ES50W-24SXX 系列规格

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
<b>极限参数</b>					
持续输入电压	-0.7		40	V	
瞬间输入电压			50	V	瞬间<100ms
禁止/使能引脚 电压	0		75	V	相对输入负作参考。
禁止/使能引脚 电流	0	1	2	mA	相对输入负作参考
工作温度 (I 档)	-40		+100	°C	基板
工作环境温度 (I 档)	-40		+85	°C	
贮存温度 (I 档)	-55		+125	°C	
针脚焊接温度			260	°C	波峰焊接, 时间小于 10s
			425	°C	手工焊接, 时间小于 5s
<b>输入特性</b>					
输入电压范围	9	24	40	V	
输入欠压保护	7.0	7.5	8.0	V	
输入欠压恢复	8.0	8.5	9.0	V	
最大输入电流			6.8	A	低压输入, 满载输出
空载输入电流		20	60	mA	额定输入
静态输入电流		2	5	mA	使能禁止输出
推荐输入保险丝		10		A	慢速熔断
推荐外部输入电容	47	100		μF	固态电容
输入反射电流纹波		150	300	mA	T <sub>a</sub> =25°C, 额定输入, 输出满载 输入接 1.0μH 电感和 100μF 电容
<b>一般特性</b>					
开关频率		385		kHz	
开机延时		10	20	ms	输入电压上升至欠压恢复点到输出电压上升至 10%
上升时间		18	40	ms	输出电压从 10%上升至 90%



项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
使能开机电压					
正逻辑	2.4		75	V	高电平或悬空不接
负逻辑	0		0.8	V	低电平或接地
使能关机电压					
正逻辑	0		0.8	V	低电平或接地
负逻辑	2.4		75	V	高电平或悬空不接
使能引脚电流	0	1.0	2.0	mA	
过温保护	110	120	130	°C	温敏电阻附近 PCB 温度
过温恢复	100	110	120	°C	温敏电阻附近 PCB 温度
平均无故障时间 MTBF		500		k hours	T <sub>c</sub> =25°C, I <sub>o</sub> =80%额定负载, 根据 MIL-HDBK-217F 计算
重量			40	g	
尺寸 1	36.5×26.3×12.7			mm	无安装方式
外壳材料 1	金属基板加塑料外壳				
尺寸 2	38.1×36.5×12.7			mm	法兰安装方式
外壳材料 2	金属基板加塑料外壳				
<b>安规特性</b>					
绝缘性能					
隔离电压:					
输入-输出		1500		Vdc	
输入-基板		1500		Vdc	
输出-基板		1500		Vdc	
绝缘电阻					
输入-输出	100			MΩ	500 Vdc
输入-基板	100			MΩ	500 Vdc
输出-基板	100			MΩ	500 Vdc
<b>安规特性</b>					
绝缘电容					
输入-输出		1000		pF	
安规标准	符合 IEC/EN60950 要求				

**EMC 特性**

电磁兼容			
传导发射	GJB151B-2013 CE102		需加外部滤波器
辐射发射	GJB151B-2013 RE102		需加外部滤波器
传导敏感度	GJB151B-2013 CS101/CS114		
电场辐射敏感度	GJB151B-2013 RS103		
静电放电敏感度	$\cong 4kV$		GJB548B-2005 方法 3015

**其他特性**

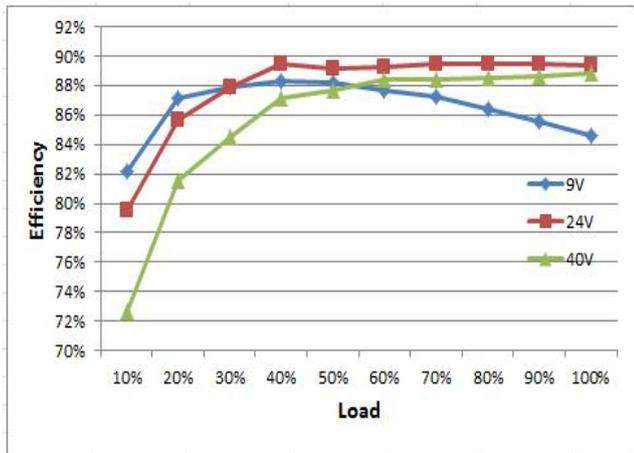
扫频振动	(20-2000-20)Hz 20g 每轴向 4 次 每次 4min		GJB548B-2005 方法 2007 条件 A
冲击	半正弦波 1000m/s <sup>2</sup> 6ms 每轴向 3 次, 共 18 次。		GJB360B-2009 方法 213 条件 C
稳态湿热	40°C, 95%, 240h		GJB360B-2009 方法 103 等级 A
高温贮存	最高贮存温度; 保温 48h		GJB150.3A-2009
高温工作	最高工作温度; 输入低压、标压、高压各 8h		
低温贮存	最低贮存温度, 保温 48h		GJB150.4A-2009
低温工作	最低工作温度; 输入低压、标压、高压各 8h		
温度循环	-55°C ~ +125°C; 保持时间: 30min; 循环次数: 10 次; 高低温切换时间小于 1min		GJB548B-2005 方法 1010.1 条件 B
稳态寿命	标称输入电压, 最高工作温度, 1000h		GJB548B-2005 方法 1005.1
盐雾	NaCl: (5±1)%; PH:6.5~7.2 ((35±2)°C); 96h		GJB360B-2009 方法 101 条件 A

注: 除非特别说明, 所有规格均在 25°C 环境温度、额定输入、满载输出条件下测得。

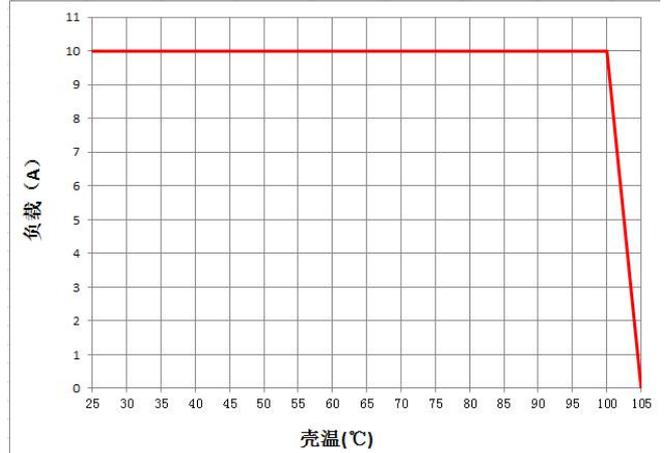
**ES50W-24S05 电气特性**

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
<b>输出特性</b>					
输出电压设定值	4.95	5.00	5.05	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		+0.02	%/°C	
输出电压范围	4.88		5.12	V	
额定输出电流			10.00	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		50	100	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	470		5000	μF	阻性负载; 固态电容
负载动态跳变					
电压变化值			±5	%	负载变化 75%~50%~75%额定负载, di/dt=1A/μs,输出电容: 470μF
恢复时间			500	μs	
输出电压调节范围	-10		+10	%	Trim 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		150	%	打嗝方式
输出过流保护	110		180	%	打嗝方式
<b>效率</b>					
半载效率	86.0	88.0		%	T <sub>a</sub> =+25°C, 额定输入, 参考效率曲线
满载效率	87.0	89.0		%	

## ES50W-24S05 典型曲线和波形



效率曲线

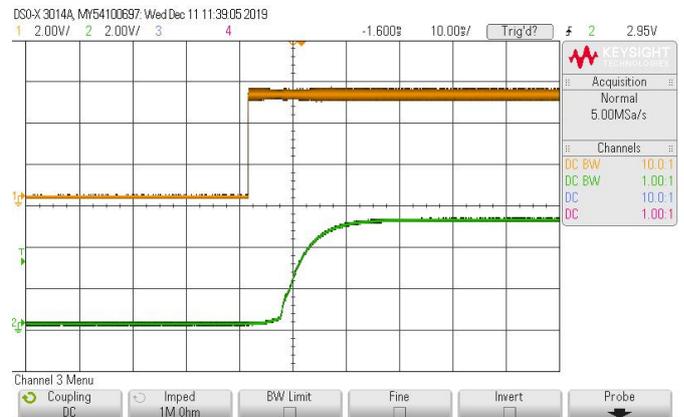


降额曲线



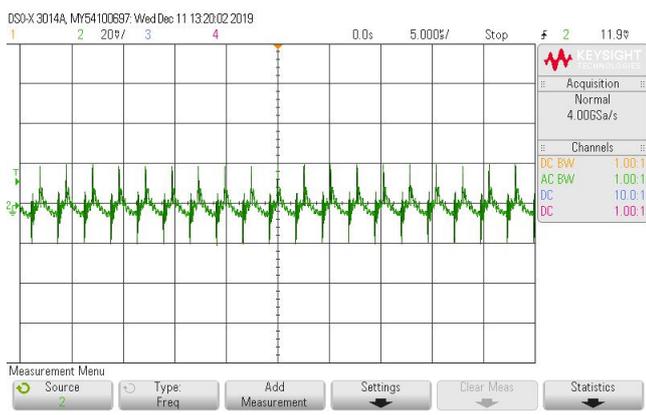
启动波形(额定输入,满载)

CH1: 输出电压 CH2: 输入电压

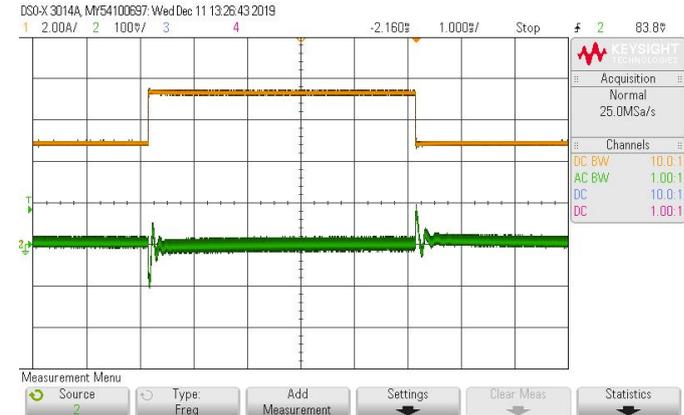


使能起机波形 (正逻辑)

CH1: 输出电压 CH2: 使能引脚电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)

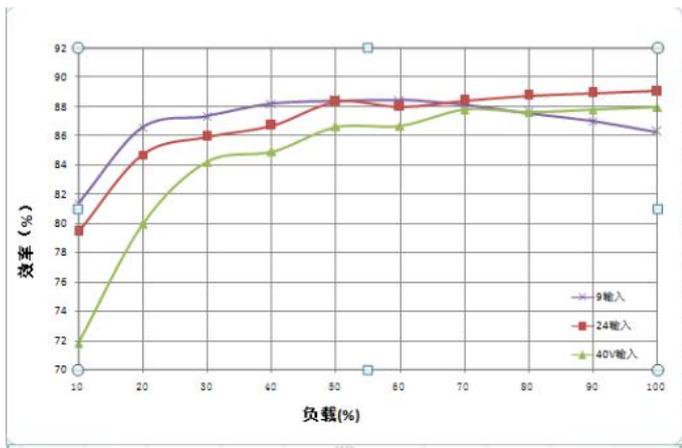


输出电压动态波形 (75%~50%~75%Iout)

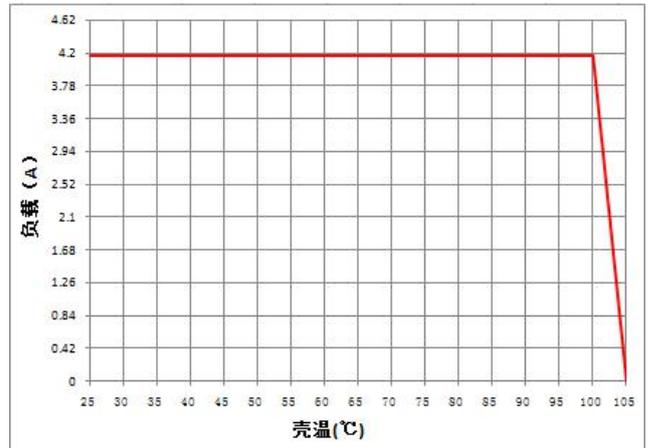
**ES50W-24S12 电气特性**

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
<b>输出特性</b>					
输出电压设定值	11.88	12.00	12.12	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		+0.02	%/°C	
输出电压范围	11.7		12.3	V	
额定输出电流			4.17	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		60	120	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	150	220	3300	μF	阻性负载; 固态电容
负载动态跳变					
电压变化值		±2	±5	%	负载变化 75%~50%~75%额定负载, di/dt=1A/μs,输出电容: 220μF
恢复时间		200	500	μs	
输出电压调节范围	-10		+10	%	Trim 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		150	%	打嗝方式
输出过流保护	110		180	%	打嗝方式
<b>效率</b>					
半载效率	86.0	88.0		%	参考效率曲线
满载效率	87.0	89.0		%	参考效率曲线

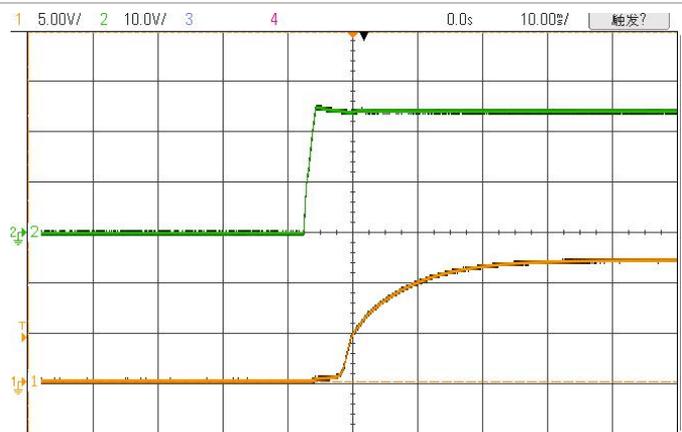
## ES50W-24S12 典型曲线和波形



效率曲线

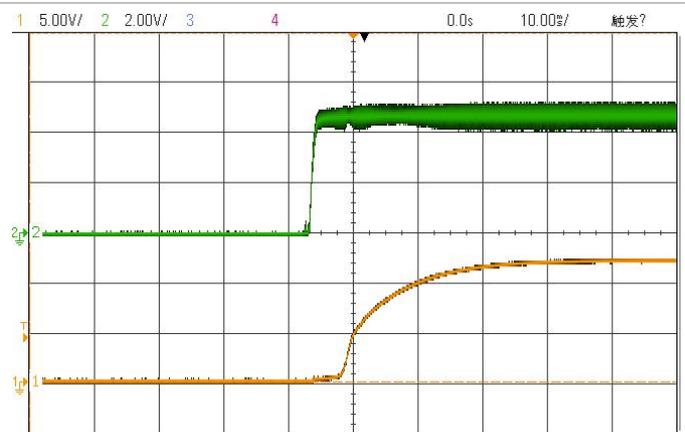


降额曲线



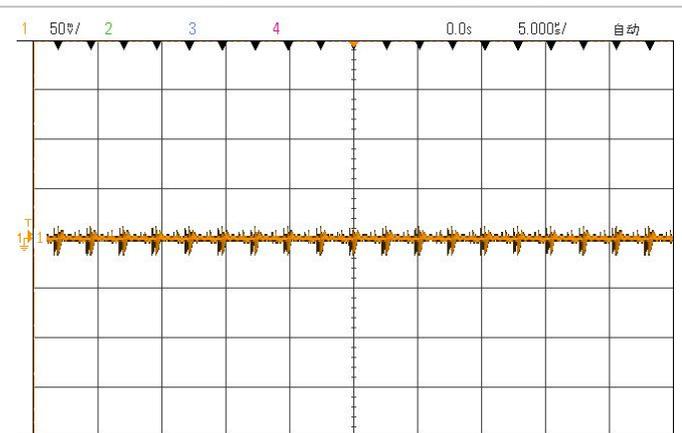
启动波形(额定输入,满载)

CH1: 输出电压 CH2: 输入电压

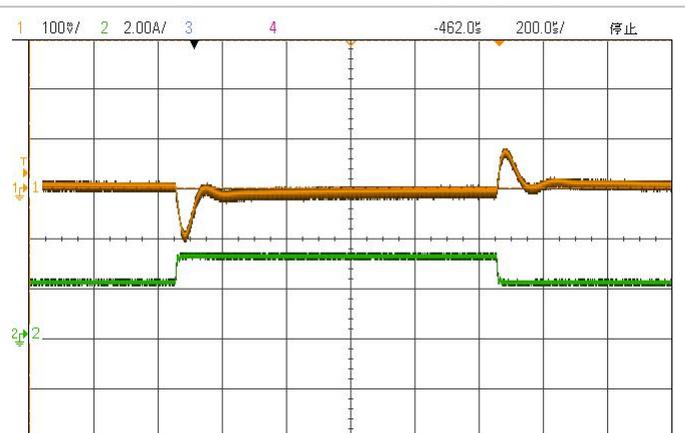


使能起机波形 (正逻辑)

CH1: 输出电压 CH2: 使能引脚电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)

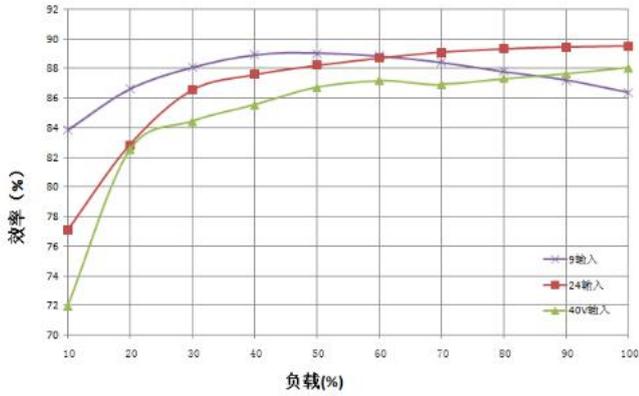


输出电压动态波形 (75%~50%~75%Iout)

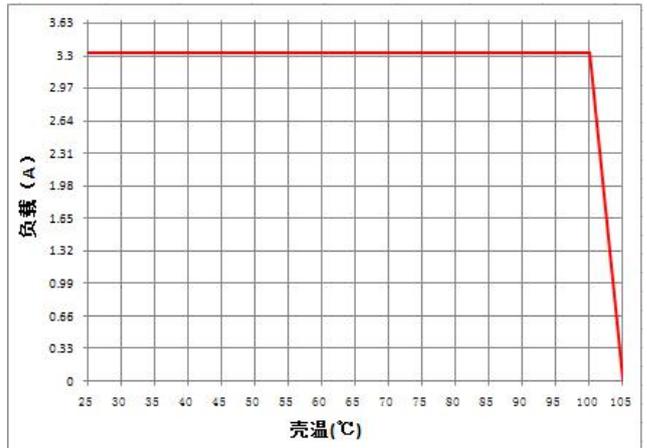
**ES50W-24S15 电气特性**

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
<b>输出特性</b>					
输出电压设定值	14.85	15.00	15.15	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		+0.02	%/°C	
输出电压范围	14.63		15.37	V	
额定输出电流			3.33	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		75	150	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	100	150	2200	μF	阻性负载; 固态电容
负载动态跳变					
电压变化值		±2	±5	%	负载变化 75%~50%~75%额定负载, di/dt=1A/μs,输出电容: 150μF
恢复时间		200	500	μs	
输出电压调节范围	-10		+10	%	Trim 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		150	%	打嗝方式
输出过流保护	110		180	%	打嗝方式
<b>效率</b>					
半载效率	86.0	88.0		%	参考效率曲线
满载效率	87.0	89.0		%	参考效率曲线

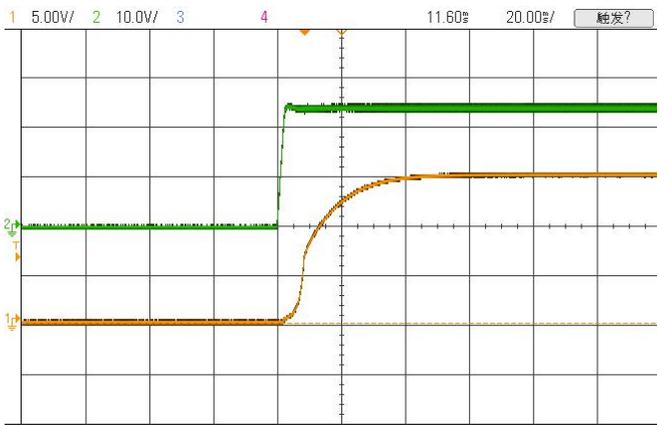
## ES50W-24S15 典型曲线和波形



效率曲线

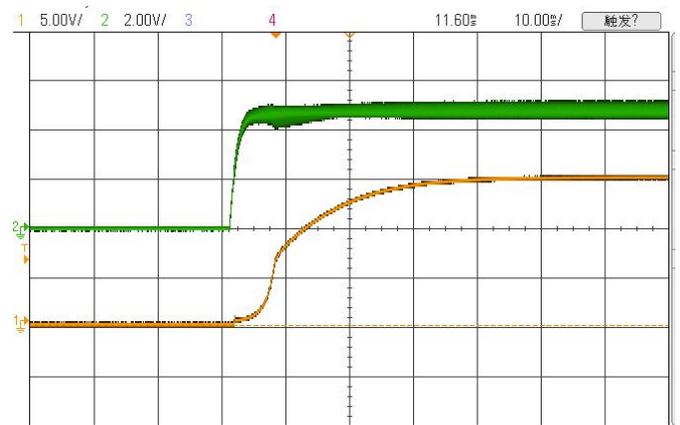


降额曲线



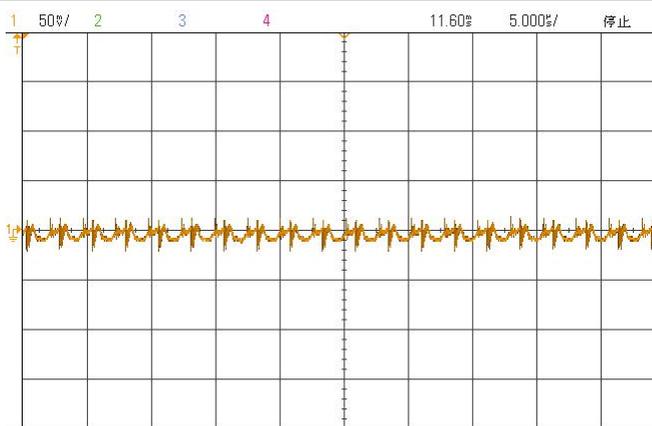
启动波形(额定输入,满载)

CH1: 输出电压 CH2: 输入电压

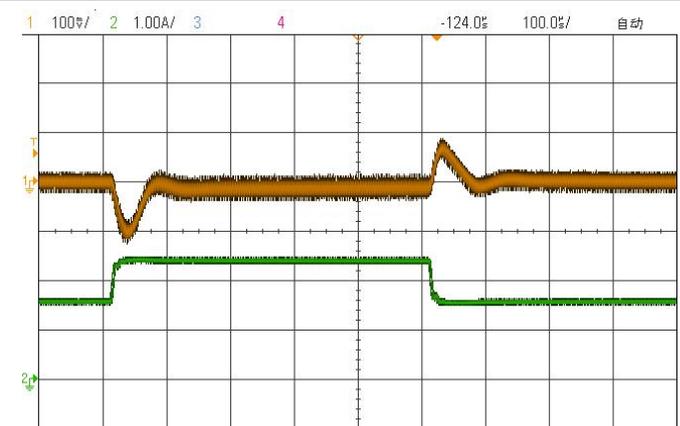


使能起机波形 (正逻辑)

CH1: 输出电压 CH2: 使能引脚电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)

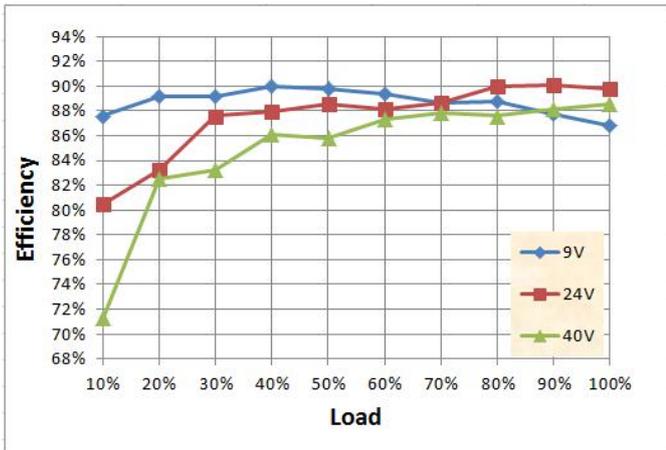


输出电压动态波形 (75%~50%~75%Iout)

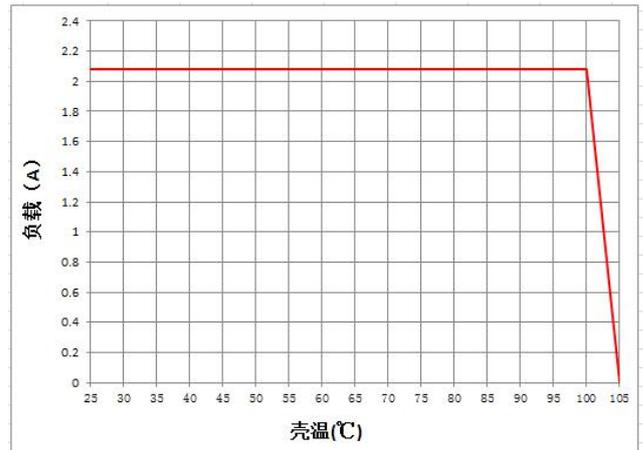
**ES50W-24S24 电气特性**

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
<b>输出特性</b>					
输出电压设定值	23.76	24.00	24.24	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		+0.02	%/°C	
输出电压范围	23.40		24.60	V	
额定输出电流			2.08	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		80	200	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	100		1000	μF	阻性负载; 固态电容
负载动态跳变					
电压变化值		±2	±5	%	负载变化 75%~50%~75%额定负载, di/dt=1A/μs,输出电容: 100μF
恢复时间		200	500	μs	
输出电压调节范围	-10		+10	%	Trim 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		150	%	打嗝方式
输出过流保护	110		180	%	打嗝方式
<b>效率</b>					
半载效率	86.0	88.0		%	额定输入, 参考效率曲线
满载效率	87.0	89.0		%	额定输入, 参考效率曲线

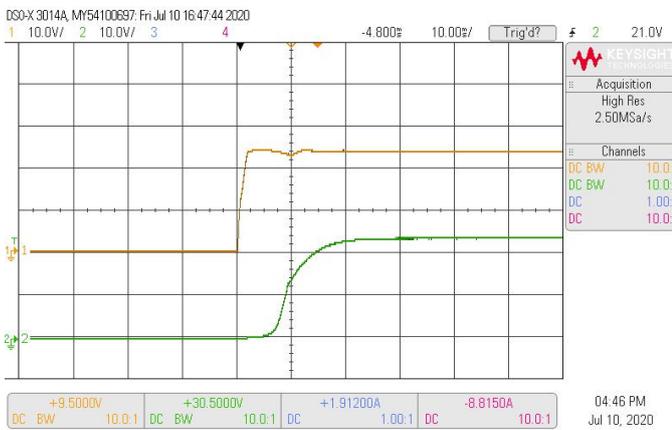
## ES50W-24S24 典型曲线和波形



效率曲线

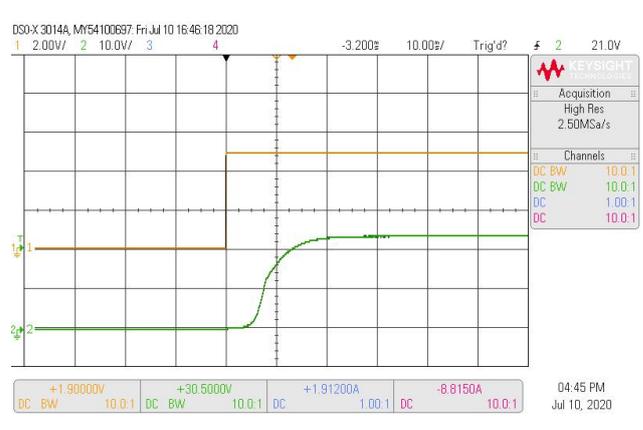


降额曲线



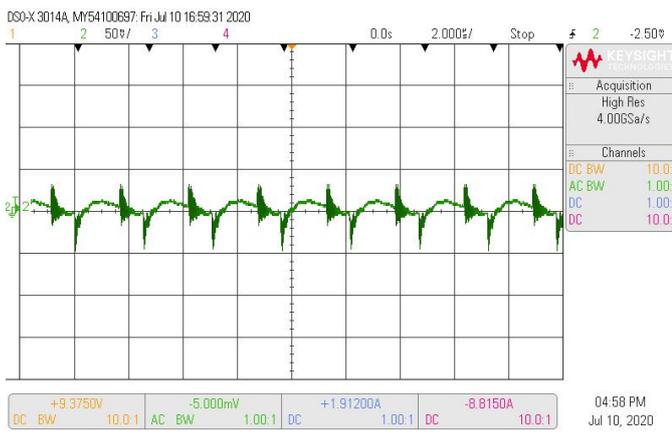
启动波形(额定输入,满载)

CH1: 输出电压 CH2: 输入电压



使能起机波形(正逻辑)

CH1: 输出电压 CH2: 使能引脚电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)

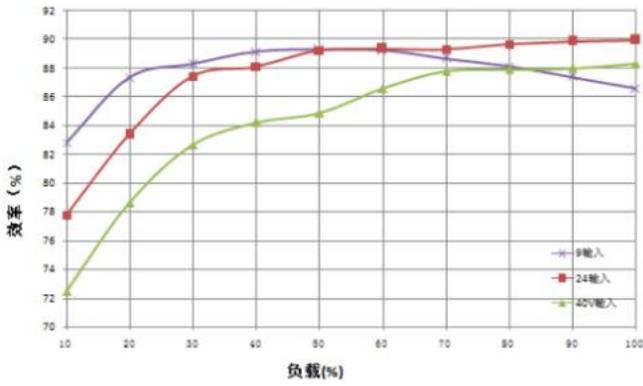


输出电压动态波形 (75%~50%~75%Iout)

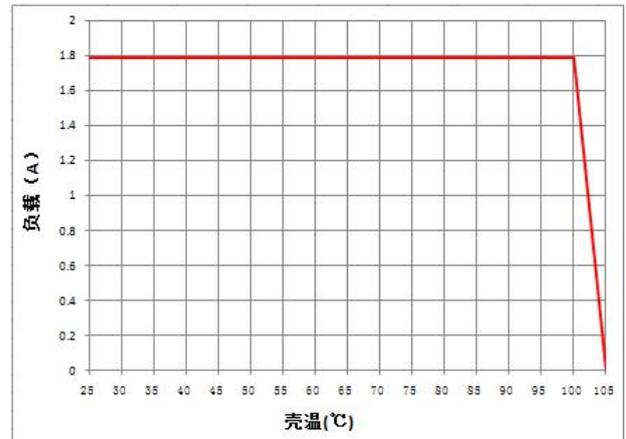
**ES50W-24S28 电气特性**

项目	最小值	典型值	最大值	单位	备注
<b>输出特性</b>					
输出电压设定值	27.72	28.00	28.28	V	额定输入, 半载输出
电压调整率	-0.2		+0.2	%	全电压输入
负载调整率	-0.5		+0.5	%	全负载输出
温度系数	-0.02		+0.02	%/°C	
输出电压范围	27.3		28.7	V	
额定输出电流			1.79	A	
输出纹波与噪声(峰峰值)		80	200	mV	20MHz 参考纹波测试方法
容性负载电容值	68	100	1000	μF	阻性负载; 固态电容
负载动态跳变					
电压变化值		±2	±5	%	负载变化 75%~50%~75%额定负载, di/dt=1A/μs,输出电容: 100μF
恢复时间		200	500	μs	
输出电压调节范围	-10		+10	%	Trim 端调节
远端补偿电压			10	%	
输出过压保护	115		150	%	打嗝方式
输出过流保护	110		180	%	打嗝方式
<b>效率</b>					
半载效率	87.0	89.0		%	参考效率曲线
满载效率	87.5	89.5		%	参考效率曲线

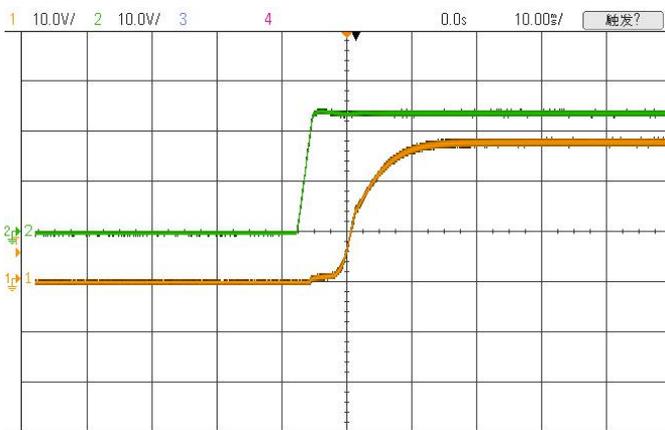
## ES50W-24S28 典型曲线和波形



效率曲线

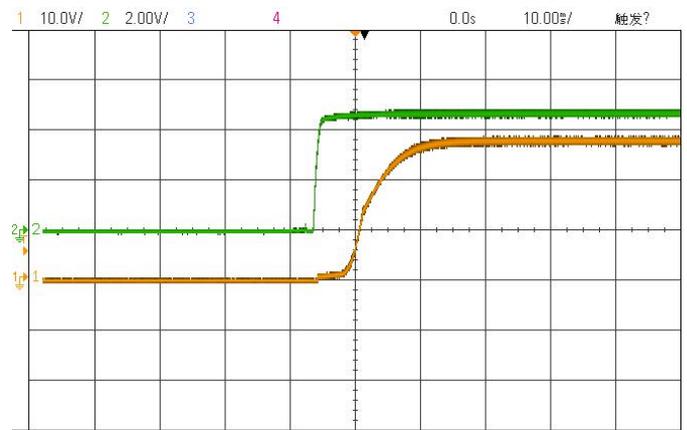


降额曲线



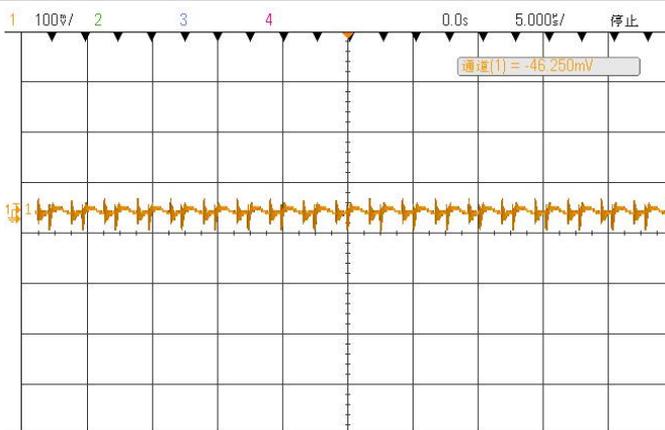
启动波形(额定输入,满载)

CH1: 输出电压 CH2: 输入电压

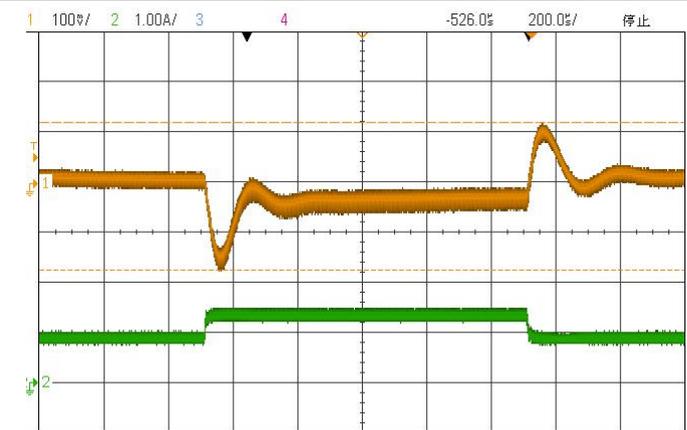


使能起机波形 (正逻辑)

CH1: 输出电压 CH2: 使能引脚电压



输出电压纹波波形(额定输入,满载)



输出电压动态波形 (75%~50%~75%Iout)

## EMI 性能

在该系列模块外部加入 EMI 滤波器, 传导限值能够符合 GJB151B-2013 CE102 的要求。下图为典型应用线路, 直流输入电压经 EMI 滤波器滤波后给模块供电, 模块最大输出功率为 50W。

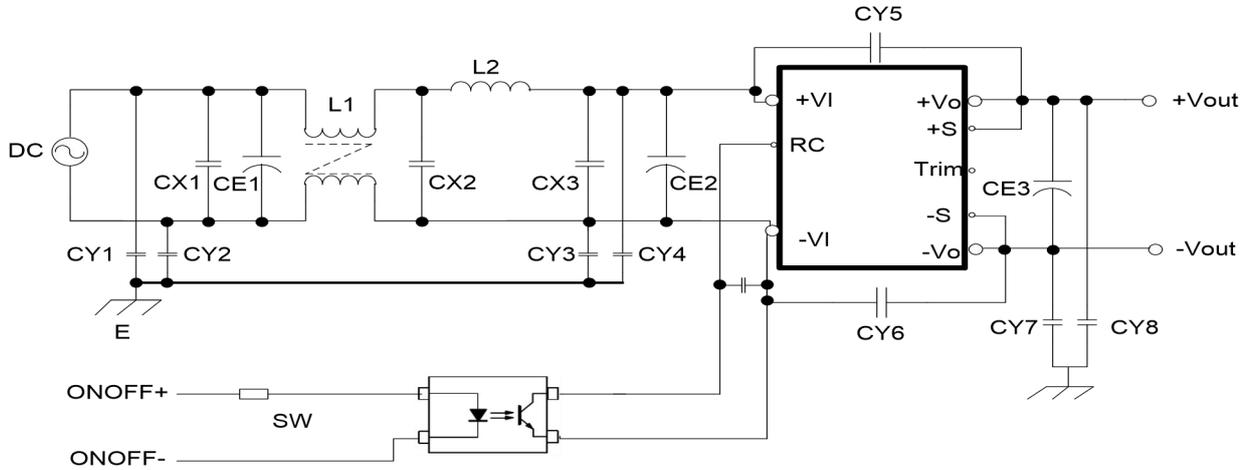


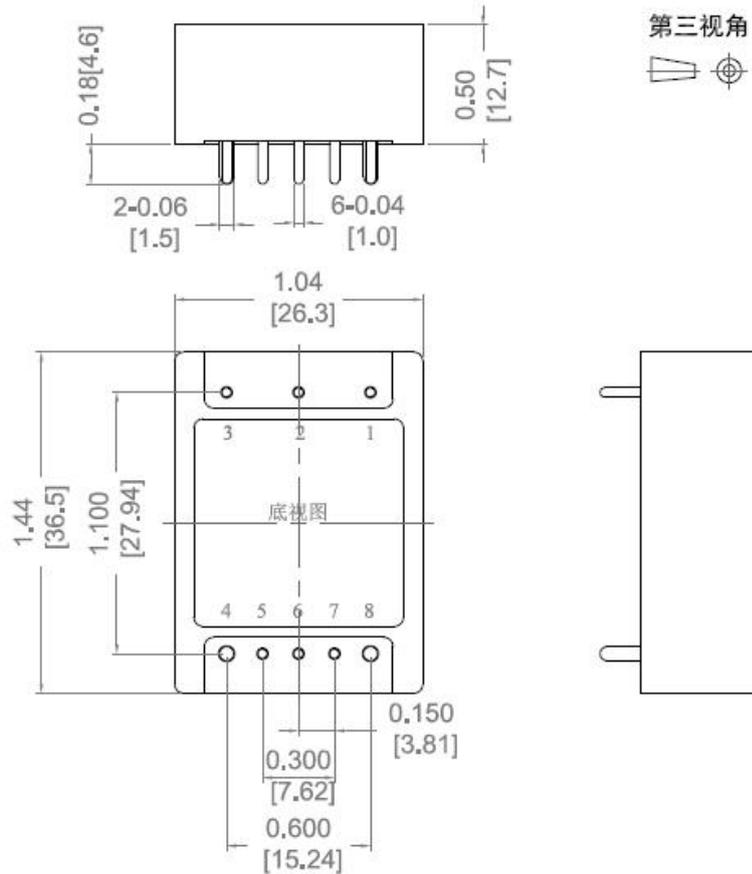
表 1. EMI 滤波器元器件参数

位号	规格	位号	规格
L1	TBD	CE1,CE2	电解电容: 220 $\mu$ F/50V 型号: EEEHA1H221P 品牌: Panasonic
L2	差模电感: 1.0 $\mu$ H 型号: :IHLP2525CZRZ2R2M01 品牌: VISHAY	CE3	(见表 2)
CX1,CX2,CX3	陶瓷电容: 10 $\mu$ F/50V, 1210 型号: GRM32ER71H106KA12L 品牌: MURATA	CY1,CY2, CY5	NC
CY3,CY4,CY6	Y 电容: 4700PF/250VAC Y2 型号: 5SF472MT252A76E 品牌: SEC(成功电子)	CY7,CY8	Y 电容: 1000PF/250VAC Y2 型号: 5SF102MT252A76E 品牌: SEC(成功电子)

表 2.CE3 参数

位号	输出外接电容规格参数				
	5V	12V	15V	24V	28V
CE3	电解电容: 470 $\mu$ F/25V 型号: UPL1E471M0812 品牌: UNICON	电解电容: 220 $\mu$ F/25V 型号: EEEHA1H221P 品牌: Panasonic	电解电容: 150 $\mu$ F/35V 型号: EEH2C1V151P 品牌: Panasonic		电解电容: 100 $\mu$ F/50V 型号: EEH2C1H101P 品牌: Panasonic

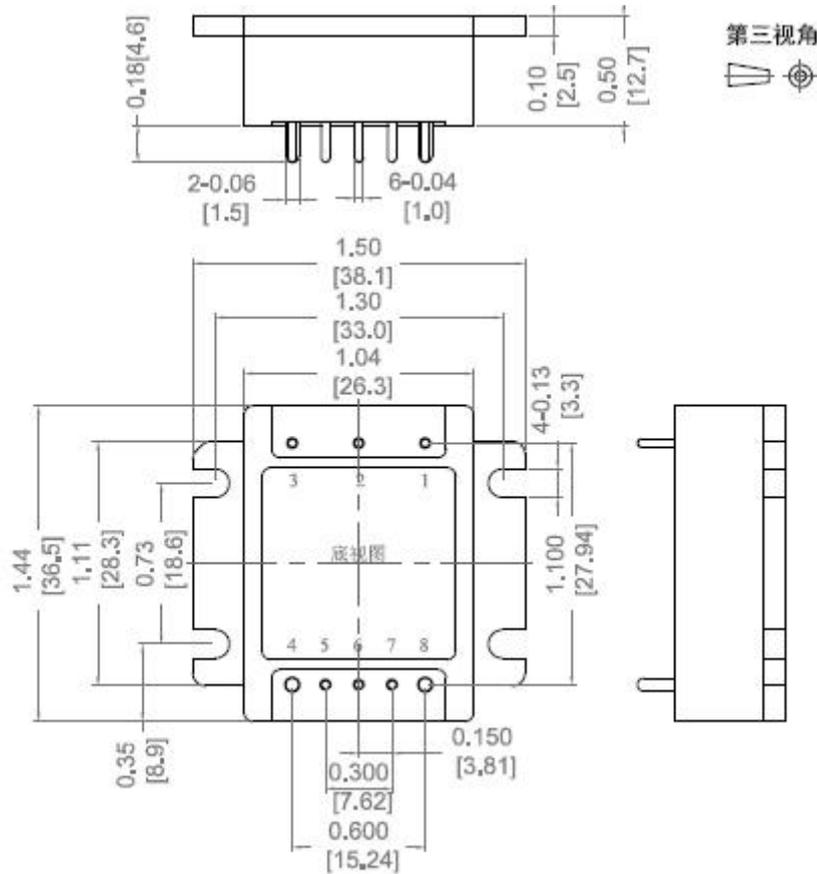
## 外形尺寸及引脚定义 1(无安装方式)



- 公差：英寸：X.XX=±0.02, X.XXX=±0.010，毫米：X.X=±0.5, X.XX=±0.25。
- Pin4、Pin8 为Φ1.5 的圆柱 Pin 针，作用应力应不大于 9.8N。
- Pin1、Pin2、Pin3、Pin5、Pin6、Pin7 为Φ1.0 的圆柱 Pin 针，作用应力应不大于 4.9N。
- 材质：Pin 针材质为红铜 C1100，表面镀金 3~5μm；底板材质为铝板；盒盖材质为塑料。
- 引脚功能说明如下：

序号	引脚符号	引脚定义	功能说明
1	-VI	输入负	模块电源输入负端
2	RC	禁止/使能	远程控制端，控制模块工作/停止。即禁止/使能控制引脚。
3	+VI	输入正	模块电源输入正端
4	+VO	输出正	模块电源输出正端
5	+S	输出正补偿	模块电源输出补偿正端
6	TRIM	输出调节	输出电压调节端
7	-S	输出负补偿	模块电源输出补偿负端
8	-VO	输出负	模块电源输出负端

## 外形尺寸及引脚定义 2(法兰安装方式)



- 公差：英寸：X.XX=±0.02, X.XXX=±0.010，毫米：X.X=±0.5, X.XX=±0.25。
- Pin4、Pin8 为Φ1.5 的圆柱 Pin 针，作用应力应不大于 9.8N。
- Pin1、Pin2、Pin3、Pin5、Pin6、Pin7 为Φ1.0 的圆柱 Pin 针，作用应力应不大于 4.9N。
- 材质：Pin 针材质为红铜 C1100，表面镀金 3~5μm；外壳基板材质为铝；盒盖材质为塑胶。
- 引脚功能说明如下：

序号	引脚符号	引脚定义	功能说明
1	-VI	输入负	模块电源输入负端
2	RC	禁止/使能	远程控制端，控制模块工作/停止。即使能控制引脚。
3	+VI	输入正	模块电源输入正端
4	+VO	输出正	模块电源输出正端
5	+S	输出正补偿	模块电源输出补偿正端
6	TRIM	输出调节	输出电压调节端
7	-S	输出负补偿	模块电源输出补偿负端
8	-VO	输出负	模块电源输出负端

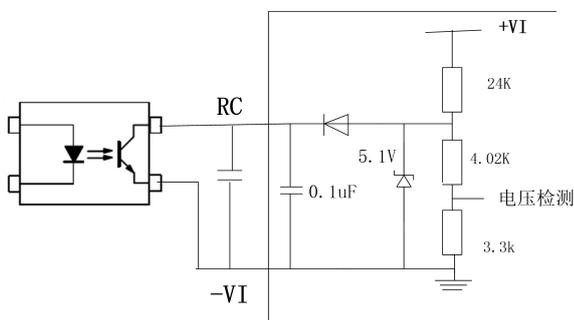
## 应用说明

### 典型应用接法

参考 EMI 滤波器电路图中模块应用接法。

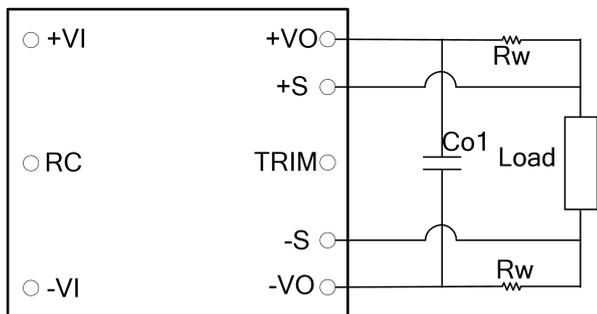
### 遥控功能

模块电源遥控引脚 (Remote Control) 或者叫做禁止/使能引脚供用户对电源输出进行控制。控制采用高低电平控制方式, 一般有两种控制逻辑, 正逻辑或者负逻辑控制方式。



图示为模块遥控引脚连接简图, 引脚输出采用串二极管方式, 可以多个模块直接并联进行控制。为减少外部 PCB 走线干扰, 建议用户使用时在 RC 引脚与输入负之间增加 100~1000PF 的高频滤波电容。

### 远端补偿功能



远端补偿功能可以弥补输出线路上的压降。模块补偿功能不超过 10%, 也就是:

$$[(+VO) - (-VO)] - [(+S) - (-S)] \leq 10\% \times V_{o, SET}$$

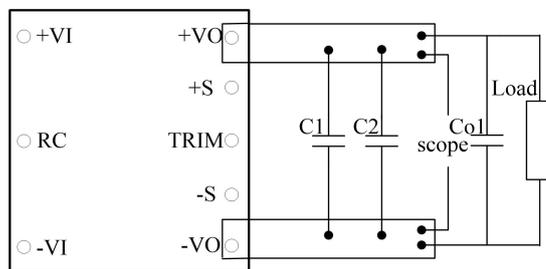
如果远端补偿功能不使用, 需要将 +S 引脚和 +VO,

-S 引脚和 -VO 直接在模块输出端附近短接。

#### 注意:

- 电源模块补偿后电压不能超出模块最大输出电压;
- +S、-S 与输出电压的极性保持一致, 否则电源模块可能会损坏;
- 模块的最大输出功率不变, 如果输出电压增大, 输出电流应相应减小;
- $R_w$  为导线直流阻抗;
- $V_{o, SET}$  为输出电压设定值。

### 输出纹波



纹波测量一般在额定输入和输出情况下测量, 在模块输出 3-5cm 左右的附近接测量。电容采用 10 $\mu$ F 的钽电容并联 0.1 $\mu$ F 的陶瓷电容, 示波器带宽设置为 20MHz。

### 输入欠压保护

电源模块具有输入欠压保护功能, 当输入电压低于欠压保护点, 电源关闭输出电压; 当输入电压回到欠压恢复点时, 电源重新启动工作。

### 输出过流及短路保护

模块输出电流超过过流保护电流或者模块输出处于短路状态时, 模块进入过流保护, 保护方式采用打嗝保护。当外部过流或者短路条件消失, 模块自动恢复正常工作。

### 输出过压保护

当模块输出电压超过过压保护设定值之后, 模块进入过压保护, 保护方式为打嗝保护。当外部过压条件消失之后, 模块自动恢复正常工作。

### 过温保护

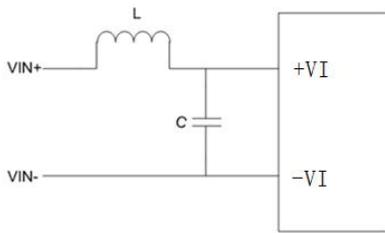
模块基板上有过温保护检测元件,防止模块因工作温度过高而损坏。当基板温度超过设定的过温保护点,模块输出关闭。当模块基板温度低于设置的回滞温度之后,模块重新工作。

### 输入保险丝

电源模块没有内置输入保险丝,应用时推荐在模块输入端非接地线上安装一颗慢速熔断型保险丝。

### 输入滤波器与电容:

电源模块在前端接入 LC 滤波器,降低纹波电流对直流母线的干扰, L 推荐值为 1.0μH, C 推荐值为 100μF;



### 输出电压调节

模块 TRIM 引脚提供输出电压调节功能。输出电压调节范围最大为 -10%~+10%。电阻加在 TRIM 端与 +S 端之间,输出电压增大;电阻加在 TRIM 端与 -S 端之间,输出电压减小。调整过程中,调整电阻尽可能的靠近电源模块的端子;不需要此功能时,TRIM 悬空。

输出上调:在模块 TRIM 和 +S 之间外接电阻,可以实现输出电压上调。

输出上调计算公式如下:

$$R_{TRIM-UP} = \left[ \frac{5.11 * V_{O,SET} * (100 + \Delta)}{2.5 * \Delta} - \frac{511}{\Delta} - 10.22 \right] K\Omega$$

注:

- $R_{TRIM-UP}$  为输出上调外接电阻阻值。

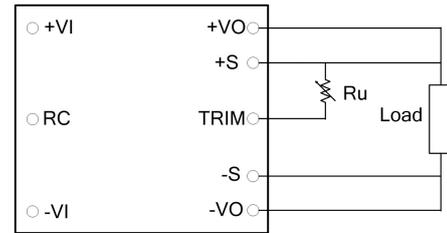
- $V_{O,SET}$  为 TRIM 悬空时输出电压设定值。

- “ $\Delta$ ” 为输出电压的变化率\*100。

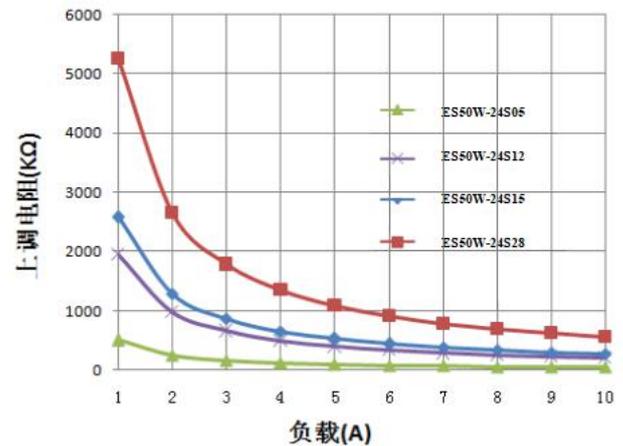
$$\Delta = \left| \frac{V_{DESIRED} - V_{O,SET}}{V_{O,SET}} \right| * 100$$

- $V_{DESIRED}$  为输出调整后的输出电压。

输出上调连接方式如下:



输出电压上调曲线如下:



输出下调:在模块 TRIM 和 -S 之间外接电阻,可以实现输出电压下调。

输出下调计算公式如下:

$$R_{TRIM-DOWN} = \left[ \frac{511}{\Delta} - 10.22 \right] k\Omega$$

注:

- $R_{TRIM-DOWN}$  为输出下调外接电阻阻值。

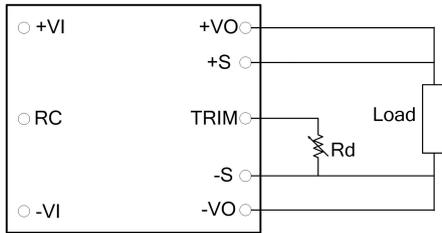
- “ $\Delta$ ” 为输出电压的变化率\*100。

$$\Delta = \left| \frac{V_{DESIRED} - V_{O,SET}}{V_{O,SET}} \right| * 100$$

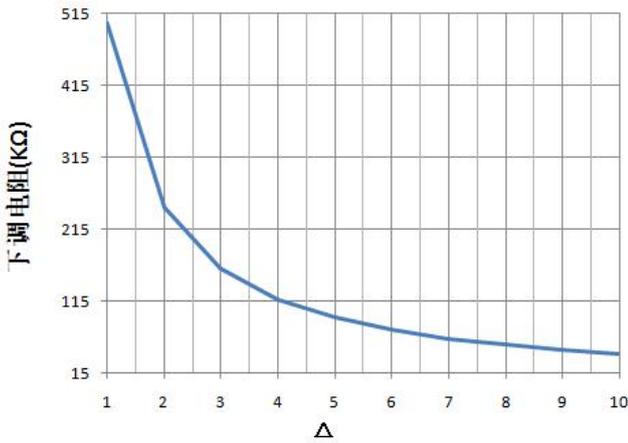
- $V_{DESIRED}$  为输出调整后的输出电压。

- $V_{O,SET}$  为 TRIM 悬空时输出电压设定值。

输出下调连接方式如下：



输出电压下调曲线如下：



“ $V_{O,SET}$ ”为 TRIM 悬空时输出电压设定值，

$V_{DESIRED}$ ”为调整后的输出电压，“ $\Delta$ ”为输出电压的变化率\*100，如：把 15.0V 输出上调为 16.5V，即 $\Delta=(16.5-15.0)/15.0*100=10$ ；把 15.0V 输出下调为 13.5V，即 $\Delta=(15.0-13.5)/15.0*100=10$ 。

例如输出电压 15.0V 上调 10%，即 $\Delta=10$ ，此时输出电压为 16.5V，将 $\Delta=10$ 代入上调电阻计算公式中有：

$$R_{TRIM-UP} = \left[ \frac{5.11 * 15 * (100 + \Delta)}{2.5 * \Delta} - \frac{511}{\Delta} - 10.22 \right] = 275.94k\Omega$$

下调 10%，即 $\Delta=10$ ，此时输出电压为 13.5V，将 $\Delta=10$ 代入上调电阻计算公式中有：

$$R_{TRIM-DOWN} = \left[ \frac{511}{10} - 10.22 \right] = 40.88k\Omega$$

**注意：**

- 模块最大额定功率不变，如果输出电压增大，输出电流应相应减小；
- 模块最大输出电流不变，如果输出电压减小，最大输出电流不变；
- 工作状态调节输出电压时，请缓慢调整相应的电阻阻值；如需快速调整电阻阻值，请务必关机操作。

**引用标准/设计规范**

序号	编号	名称	备注
1	SJ20668-1998	微电路模块总规范	
2	GJB150A-2009	军用装备实验室环境试验方法	
3	GJB548B-2005	微电子器件试验方法和程序	
4	GJB 360B-2009	电子及电气元件试验方法	
5	GJB151B-2013	军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求	

**执行标准**

序号	编号	名称	备注
1	Q/HW01A1-2019	开关电源微电路模块 DC/DC 变换器通用规范	
2	Q/HW-QD-02	试验大纲	

**注：**文件中的有关条款通过引用而成为本规范的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单（不包括勘误的内容）或修订版本都不适用于本规范，但提倡使用本规范的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本规范。

**筛选试验**

序号	试验项目	试验方法	条件	要求
1	封前目检	GJB548B 方法 2017.1		100%
2	高温贮存	GJB150.3	I 档: +125℃ 8h	100%
3	温度循环	GJB548B 方法 1010.1	55℃~+125℃, 保持时间 30min; 转换时间≤1min, 10 次	100%
4	中间电测试	按详细产品规格	T <sub>A</sub> =25℃	100%
5	老炼	GJB548B 方法 1015.1	I 档: 24h	100%
6	最终电测试	按详细产品规格	I 档: -40℃; +25℃; +100℃	100%
7	外部目检	GJB548B 方法 2009.1	1.5~10 倍显微镜下检查	100%

**注：**产品按以上筛选试验项目 100% 执行筛选，除非其他说明。



## 用户须知

使用产品前请注意警告和注意事项部分，不正确的操作可能导致电源模块永久性损坏或引起火灾，使用产品前请确认已阅读警告和注意事项。

## 警告

- ◇ 产品通电时，请保持手部和脸部远离产品，避免受到意外伤害。
- ◇ 请不要改造、分解产品，否则可能会引起触电。若用户加工或改造，后果我司概不负责。
- ◇ 产品内部有高压和高温的地方，若触摸后可能引起触电或烧伤的可能，请不要触摸内部元器件。
- ◇ 产品通电时，请不要触摸产品外壳，避免烧伤的可能。

## 注意事项

- ◇ 确认产品输入/输出终端和信号终端按照产品说明书连接无误；接线时，请切断输入电源。
- ◇ 此电源模块输入端添加适当的慢速熔断型保险丝或其他过流保护装置。
- ◇ 产品的电路图以及参数仅供参考，完成电路设计之前请认真核实电路图及参数的有效性。
- ◇ 请在技术参数范围内使用电源；若超出范围使用，可能会引起产品永久性损坏。
- ◇ 必须考虑产品使用时输出端可能存在电击危险，确认终端产品用户不会接触到产品；终端设备制造商必须设计相应保护方案，确保操作时不会因为工程人员或工具因意外碰触电源端子而导致危险。
- ◇ 我司拥有对此产品说明的最终解释权；未经许可，不能以任何方式进行复制或转载。

## 存放要求

- ◇ 产品未使用应放在包装箱里，仓库的环境温度  $-10\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度不大于 80%，干燥、通风、无腐蚀性气体。
- ◇ 包装箱距离地面应超过 20cm，距离墙壁，热源，通风口，窗口至少 50cm。
- ◇ 本规定条件下，储存期为 2 年，超过 2 年后应重新检验。

## 其他

- ◇ 本规格书最终解释权归本公司所有。