

T/GDDY

广东省电源行业协会团体标准

T/GDDY 00X—202X

PV 光伏开关电源

PV switching power supply

(征求意见稿)

202X – – 发布

202X – – 实施

广东省电源行业协会 发布

目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 规格 3

5 技术要求 3

6 试验方法 8

7 检验规则 16

8 标志、包装、运输、贮存 19

参考文献 26

图1 适合小功率≤40 W 的产品 21

图2 适合大功率>40 W 的产品 21

图3 产品基本性能测试接线图..... 22

图4 纹波及噪声测试接线图..... 22

图5 过欠冲幅值和恢复时间测试示意图..... 23

图6 过欠冲幅值和恢复时间（恢复振铃也超精度）测试示意图..... 23

图7 输出过压保护测试接线图..... 23

图8 输入反接保护测试接线图..... 24

图9 Ctrl 远程控制功能测试接线图 24

图10 Sense 远端补偿功能测试接线图 25

表1 输入直流电压变化范围..... 4

表2 输出纹波及噪声..... 5

表3 电磁兼容的各项目推荐要求..... 8

表4 检验项目..... 16

表5 产品不合格质量水平（RQL）值..... 19

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本标准由广东省电源行业协会提出。

本标准由广东省电源行业协会归口。

本标准起草单位：广东省电源行业协会、广州金升阳科技有限公司、广东易事特电源股份有限公司、广东南海能元电气有限公司、威凯检测技术有限公司。

本标准主要起草人：张雷、尹向阳、张军、李振强、陈华文、利新。

PV 光伏开关电源

1 范围

本标准适用于PV光伏开关电源。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12 h+12 h 循环）

GB/T 2423.8—1995 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ed：自由跌落

GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分：试验N：温度变化

GB/T 2423.26—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验Z / BM：高温 / 低气压综合试验

GB/T 2423.50—2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cy：恒定湿热主要用于元件的加速试验

GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）

GB/T 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB/T 9535—1998 地面用晶体硅光伏组件设计鉴定和定型

GB/T 17626.2—2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3—2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰性试验

GB/T 17626.4—2018 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5—2019 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.6—2017 电磁兼容 试验和测量技术 射频电感应的传导骚扰抗扰度

GB/T 26572—2011 电子电气产品中限用物质的限量要求

SJ 3212—1989 电子产品运输包装总技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

标称值 Nominal value

指仅是名义上存在的数值，并非实际数值。

示例1：在电源具有校准输出控制的情况下，其标称输出则为控制调节所指示的数值。对具有固定输出的开关电源而言，其标称输出则为铭牌上所标明的输出值。

对于交流输入电压而言，其标称值通常指设计值。

示例2：220 V \pm 10%的电压标称值为220 V，在远程控制情况下，其标称值则为远程系数所预置的输出值。

3.2

稳态值 Steady-state voltage

所有的非循环瞬变量已衰减到一个规定的最小值之后所保持的量值。

注1：若无其他规定，就直流输入或输出值而言，稳态值可理解为其平均值。

注2：若无其他规定，有关交流稳态值可理解为有效值。

3.3

输出电压精度 Output voltage regulation

开关电源稳定工作时，输出电压稳态值与标称值的偏差程度。

3.4

电压调整率 Voltage regulation

在所有其他影响量保持不变时，由于输入电压的变化，所引起输出电压的相对变化量。

3.5

负载调整率 Load regulation

在所有其他影响量保持不变时，由于负载的变化所引起输出电压的相对变化量。

3.6

交叉调整率 Crossover regulation

多路输出稳压电源的一个输出量由于负载或该开关电源另一路输出的其他输出量之一发生规定变化而产生的变化量。

3.7

温度漂移系数 Temperature coefficient

温度漂移系数是开关电源输出电压的稳定值随环境温度改变的一种稳态变化。

3.8

输出纹波及噪声 Output ripple & noise

输出直流电压中所包括的交流分量峰—峰值。

3.9

过冲幅度 Overshoot

由某一影响量瞬变而引起输出直流电压超过标称值的现象为过冲，过冲幅度为输出电压偏离稳态值的最大瞬变幅度。

3.10

暂态恢复时间 Transient recover time

由某一影响量瞬变，输出电压从第一次离开稳态区到最后进入稳态区的时间间隔。

3.11

打嗝式 Hiccup type

一种关断/开通的间歇性模式。

3.12

过流保护 Over-current protection

保护开关电源与/或其连接的设备防止过大的输出电流（包括短路电流）。

注：可保护稳定电源以防止无限期过流或有限期过流（即绝对过流保护或有限过流保护）。

3.13

（输出）过压保护 （Output） Over-voltage protection

保护开关电源与/或其连接的设备，防止过高的输出电压（包括开路电压）。

3.14

输入欠压保护 Input under-voltage protection

保护开关电源与/或其连接的设备，防止输入电压达不到工作电压而导致设备损坏。

3.15

Ctrl远程控制功能 Ctrl remote control function

通过外部控制量来调节开关电源的输出。

注：通常根据提供的信号或信号量来指明其具体的远程控制方式，例如：

- 电阻控制；
- 电压控制；
- 电流控制；
- 数字控制。

3.16

Sense远端补偿功能 Sense remote compensation function

通过内部补偿电路来使得模块电源的输出升高至一定范围。

注：通常在远距离，大负载条件下应用，以补偿线损压降。

3.17

Trim/ADJ输出可调功能 Trim/ADJ output adjustable function

通过调节电阻或电位器来对模块电源的输出进行一定范围内的调节。

4 规格

PV光伏开关电源综合考虑产品的应用条件、散热方式以及安装形式，宜采用图1～图2封装模式。

5 技术要求

5.1 环境要求

5.1.1 工作温度范围

制造商应规定开关电源工作的温度范围，并宜选取下列范围中的一种：

低温：

- 优选一：-40 ℃；
- 优选二：-25 ℃；
- 优选三：-10 ℃。

高温：

- 优选一：+85 ℃；
- 优选二：+70 ℃；
- 优选三：+55 ℃。

制造商应同时规定开关电源工作时外壳温升，并宜选取下列范围中的一种：

- 优选一：25 K（典型值）；
- 优选二：40 K（典型值）。

5.1.2 存储环境温度范围

制造商应规定开关电源工作的存储环境温度范围，并宜选取下列范围中的一种：

低温：

- 优选一：-55 ℃；
- 优选二：-40 ℃；
- 优选三：-25 ℃；
- 优选四：-10 ℃。

高温：

- 优选一：+125 ℃；
- 优选二：+105 ℃；
- 优选三：+85 ℃；
- 优选四：+65 ℃。

如果由于存在凝露的危险，在使用前需要进行预先处理时，制造商应明确说明需要采取的措施。

5.1.3 环境湿度范围

制造商应规定开关电源工作的环境湿度范围，并宜选取下列范围中的一种：

存储相对湿度：

- 优选一：≤95%RH；
- 优选二：≤85%RH。

工作相对湿度：

- 优选一：≤93%RH；
- 优选二：≤85%RH。

5.2 输入特性要求

5.2.1 输入直流电压变化范围

输入直流电压变化范围应符合表1的要求。

表1 输入直流电压变化范围

优选等级	输入电压变化范围 ^a
优选一	(250~1 500) V DC
注：允许采用其他的标称值和范围，并由制造商自我声明。	
^a 输入标称值推荐 800 V DC。	

5.3 输出特性要求

5.3.1 输出电压标称值

制造商应规定开关电源工作的输出电压标称值，推荐优选数值：5 V、12 V、15 V、24 V、48 V。

注：允许采用其他的标称值，并由制造商自我声明。

5.3.2 输出电压精度

制造商应标明在规定的输入电压和输出负载条件下输出电压精度，按6.3.2条进行试验，输出电压

精度宜符合以下优选数值：

- 优选一：±0.5%；
- 优选二：±1%；
- 优选三：±2%；
- 优选四：±5%。

5.3.3 电压调整率

制造商应标明在规定的输入电压和输出负载条件下的输出电压调整率。按6.3.3条进行试验，电压调整率宜符合以下优选数值：

- 优选一：±0.5%；
- 优选二：±1%；
- 优选三：±2%；
- 优选四：±5%。

5.3.4 负载调整率

制造商应标明每路输出在规定的输入电压和输出负载条件下的输出电压的调整率。按6.3.4条进行试验，负载调整率宜符合以下优选数值：

- 优选一：±0.5%；
- 优选二：±1%；
- 优选三：±2%；
- 优选四：±5%。

5.3.5 交叉调整率

制造商应说明在规定的负载范围内，对多路输出开关电源，若一路输出的负载变化引起其他各路电压变化。按6.3.5条进行试验，交叉调整率宜符合以下优选值：

- 优选一：±2%；
- 优选二：±5%；
- 优选三：±10%。

5.3.6 转换效率

按6.3.6条进行试验，额定负载下转换效率应≥80%（典型值）。

5.3.7 输出纹波及噪声

按6.3.7条进行试验，输出纹波及噪声应满足表2的要求。

表2 输出纹波及噪声

优选等级	输出纹波及噪声（20 MHz带宽）	
	$U_o \leq 5\text{ V}$	$U_o > 5\text{ V}$
优选一	120 mV	1% U_o
优选二		5% U_o
优选三		10% U_o

注： U_0 为输出电压标称值。表中数值均为典型值。

5.3.8 温度漂移系数

按6.3.8条进行试验，输出电压的温度漂移系数宜符合以下优选值：

- 优选一： $\pm 0.02\%/^{\circ}\text{C}$ ；
- 优选二： $\pm 0.03\%/^{\circ}\text{C}$ ；
- 优选三： $\pm 0.05\%/^{\circ}\text{C}$ ；
- 优选四： $\pm 0.1\%/^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.9 输出电压开机（关机）波形与过冲幅度

按6.3.9条进行试验，输出电压的开机（关机）波形应满足：

——常温、高温：

- 启动和关断过程中，输出电压波形在 $10\% U_0 \sim 90\% U_0$ 过程中单调上升；
- 启动和关断过程中，输出电压无掉电和重启等现象；
- 启动和关断过程中，输出电压无超出过欠冲规格的振荡产生。

——低温：

- 启动和关断过程中，输出电压无二次启动现象；
- 启动和关断过程中，输出电压无超出过欠冲规格的振荡产生。

输出电压的过冲幅度宜符合以下优选值：

- 优选一： $\pm 5\% U_0$ ；
- 优选二： $\pm 10\% U_0$ ；
- 优选三： $\pm 20\% U_0$ 。

5.3.10 动态负载过冲幅度与暂态恢复时间

按6.3.10条进行试验，动态负载过冲幅度与暂态恢复时间宜满足：

由于输出负载阶跃变化引起的输出过冲幅度符合以下优选值：

- 优选一： $\pm 2\% U_0$ ；
- 优选二： $\pm 5\% U_0$ ；
- 优选三： $\pm 10\% U_0$ 。

由于输出负载阶跃变化引起暂时偏离稳态值的暂态恢复时间符合以下优选值：

- 优选一： 0.5 ms ；
- 优选二： 3 ms ；
- 优选三： 10 ms 。

注：如对振铃有要求，可由制造商自我声明。

5.3.11 启动延迟时间

产品的启动延迟时间（输入电压上升至90%开启到输出电压上升至90%之间的时间）应 $\leq 3 \text{ s}$ 。

5.3.12 Trim/ADJ 输出可调功能

输出电压调节范围应为输出电压标称值的10%（典型值）。

5.3.13 Ctrl 远程控制

对于有Ctrl功能的产品，给定设定值，输出可实现开通或关断动作。

5.3.14 Sense 远端补偿

对于有Sense 远端补偿功能的产品，其补偿能力应满足设计要求。

5.4 保护特性要求

5.4.1 输出过流保护

按6.4.1条进行试验，具有输出过流保护功能的开关电源，不管是限流型保护机制、过载型保护机制还是关断型保护机制，都应使输出过电流在额定负载的110%~300%范围内。

异常解除后，开关电源各项指标应满足本标准要求。

5.4.2 输出过压保护

按6.4.2条进行试验，具有输出过压保护功能的开关电源，应使输出电压达到标称值的110%~170%范围内时自动打嗝或者自动关断或者嵌位保护。

5.4.3 输出短路保护

按6.4.3条进行试验，具有输出短路保护功能的开关电源在输出短路保护试验完成后各项指标应满足本标准要求。

5.4.4 输入欠压保护

按6.4.4条进行试验，输入欠压保护应满足：

- 具有输入欠压保护功能的开关电源，在进入欠压保护的电压范围内，开关电源不应出现重启，打嗝等现象；
- 开关电源保护后，再缓慢抬升输入电压，在进入恢复电压范围内，开关电压应能够自动恢复工作，且各项指标应满足本标准要求。

5.4.5 过温保护

按6.4.5条进行试验，具有过温保护功能的开关电源，当温度（环境温度/器件温度）达到保护范围内时，开关电源应自动打嗝或者自动关断。

温度低于保护温度时，开关电源应自动恢复工作，且各项指标应满足本标准要求。

5.4.6 输入反接保护

按6.4.6条进行试验，具有输入反接保护功能的开关电源，当输入端口反接时，开关电源应不工作不损坏。

异常解除后，正常上电，开关电源应正常工作，且各项指标应满足本标准要求。

5.5 安全特性

5.5.1 隔离耐压

按6.5.1条进行试验，输入与输出之间以及输入与地线/外壳之间应能承受相应的耐压值，持续时间为1 min，无击穿，无飞弧现象且漏电流不大于10 mA。隔离耐压宜符合以下优选值：

- 输入-输出：
 - 优选一：4 000 V AC；

- 优选二：3 000 V AC。

注1：允许采用其他的耐压值，并由制造商自我声明。

——输入-地线/外壳：

- 优选一：4 000 V AC；
- 优选二：3 000 V AC。

注2：允许采用其他的耐压值，并由制造商自我声明。

5.5.2 绝缘电阻

按6.5.2条进行试验，绝缘电阻宜符合以下优选值：

- 优选一： $\geq 100\text{ M}\Omega$ ；
- 优选二： $\geq 50\text{ M}\Omega$ 。

5.6 电磁兼容

电磁兼容的各项目宜符合表3推荐要求：

表3 电磁兼容的各项目推荐要求

标准	项目	推荐性能要求
GB/T 9254	传导骚扰度试验	CLASS A/CLASS B
GB/T 9254	辐射骚扰度试验	CLASS A/CLASS B
GB/T 17626.2	静电放电抗扰度试验	Perf.Criteria B
GB/T 17626.3	射频电磁场辐射抗扰度试验	Perf.Criteria B
GB/T 17626.4	电快瞬变脉冲群抗扰度试验	Perf.Criteria B
GB/T 17626.5	浪涌（冲击）抗扰度试验	Perf.Criteria B
GB/T 17626.6	射频电磁场传导骚扰抗扰度试验	Perf.Criteria B
性能说明如下： ——Perf.Criteria A：在测试前后及测试过程中，产品均正常工作； ——Perf.Criteria B：功能或性能暂时降低或丧失，但能自行恢复，存储数据不应丢失； ——Perf.Criteria C：功能或性能暂时降低或丧失，但需操作者干预才能恢复； ——Perf.Criteria D：因设备硬件或软件损坏等因素造成不能恢复的功能丧失或性能降低。 注：以上只对试验结果进行了要求，试验等级由制造商根据产品情况自行定义。		

5.7 环保要求

开关电源的有毒有害物质含量应满足GB/T 26572的限量要求。

6 试验方法

6.1 试验条件

在本标准中，除另外有规定外，所有试验均在下述条件下进行：

- 温度：15℃～35℃；
- 相对湿度：45%～75%；
- 大气压力：86 kPa～106 kPa；

——所有负载均为阻性负载。

注：最小负载一般为0% I_0 或10% I_0 ，其他由制造商自我声明。

6.2 输入特性试验方法

6.2.1 输入直流电压变化范围试验方法

按图3连接好电路，在负载为额定值时测量输入电压、输入电压调整范围。

6.3 输出特性试验方法

6.3.1 输出电压标称值试验方法

检查制造商是否规定开关电源工作的输出电压标称值。

6.3.2 输出电压精度试验方法

输出电压精度试验应按以下方法进行：

- 按图3连接试验电路；
- 调节开关电源的输入电压为输入电压范围（推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值），输出电流为工作负载范围（推荐空载、最小负载、50%额定负载和额定负载）；
- 在不同在输入电压和输出负载的组合条件下，记录每一种状态下的输出电压稳态值；按式（1）计算出电压精度 T_v 。

$$T_v = \frac{V_{\max} - V_0}{V_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T_v ——输出电压精度；

V_0 ——输出电压标称值；

V_{\max} ——与输出电压标称值偏差（正偏差或负偏差）最大的实际输出电压值。

6.3.3 电压调整率试验方法

电压调整率试验应按以下方法进行：

- 按图3连接试验电路；
- 启动开关电源，调节输入电压为标称值，输出负载为额定负载，记录此时的输出电压的稳态值作为参考电压值： V_{a0} ；
- 再调节输入电压分别至允许变化范围的上限值和下限值，并分别记录对应的输出电压稳态值；
- 按式（2）计算出电压调整率 R_v 。

$$R_v = \frac{V_{a1}(V_{a2}) - V_{a0}}{V_{a0}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

R_v ——电压调整率；

V_{a0} ——输出电压参考值；

V_{a1} ——输入电压为允许变化范围上限值时对应的实际输出电压值；

V_{a2} ——输入电压为允许变化范围下限值时对应的实际输出电压值。

注：取 V_{a1} 、 V_{a2} 与 V_{a0} 偏差最大者计算。

6.3.4 负载调整率试验方法

负载调整率试验应按以下方法进行：

- 按图 3 连接试验电路；
- 启动开关电源并调节输入电压为标称值，输出负载为 50% 额定负载，记录此时的输出电压的稳态值作为整定值；
- 保持输入电压为标称值，调节输出负载分别为最小负载和额定负载，分别记录对应的输出电压稳态值；
- 按式 (3) 计算出负载调整率 R_I 。

$$R_I = \frac{V_{b1}(V_{b2}) - V_{b0}}{V_{b0}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

R_I ——负载调整率；

V_{b0} ——输出电压整定值；

V_{b1} ——输出电流最小负载的实际输出电压值；

V_{b2} ——输出电流额定负载时的实际输出电压值。

注1：取 V_{b1} 、 V_{b2} 与 V_{b0} 偏差最大者计算。

注2：多路输出产品测试时每一路需带平衡负载。

6.3.5 交叉调整率试验方法

交叉调整率试验应按以下方法进行：

- 按图 3 连接试验电路；
- 启动开关电源并调节输入电压为标称值，输出负载均为 50% 额定负载（多路输出），记录此时的输出电压的稳态值；
- 保持其中一路输出负载为 10% 额定负载、其余各路输出负载为额定负载，及保持其中一路输出负载为额定负载、其余各路输出负载为 10% 额定负载，记录对应的输出电压值的稳态值；
- 按式 (4) 计算出交叉调整率 R_c 。

$$R_c = \frac{V_1(V_2) - V_0}{V_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

R_c ——交叉调整率；

V_1 ——一路带10%额定负载、其余各路带100%额定负载的实际输出电压值；

V_2 ——一路带100%额定负载、其余各路带10%额定负载的实际输出电压值；

V_0 ——多路均带50%额定负载的实际输出电压值。

注：取 V_1 、 V_2 与 V_0 偏差最大者计算。

6.3.6 转换效率试验方法

转换效率试验应按以下方法进行：

- 按图 3 连接试验电路；
- 调节输入电压为标称值、输出负载为额定负载，待负载电阻达到热平衡，输出电流稳定；

- c) 计算开关电源输出电压与输出电流的乘积为额定输出功率，多路输出的开关电源的功率为每路输出功率之和。用开关电源输入电压与输入电流相乘计算出输入功率。按式（5）计算转换效率 η 。

$$\eta = \frac{V_o \times I_o}{V_{in} \times I_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- η ——转换效率；
 V_o ——输出直流电压；
 I_o ——输出直流电流；
 V_{in} ——输入直流电压；
 I_{in} ——输入直流电流；

6.3.7 输出纹波及噪声试验方法

输出纹波及噪声试验应按以下方法进行：

- 按图 4 连接试验电路；
- 调节开关电源的输入电压为工作电压范围（推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值），输出负载为工作负载范围（推荐空载、最小负载、50%额定负载和额定负载）；
- 在不同在输入电压和输出负载的组合条件下，用 20 MHz 数字示波器选择合适的量程档，扫描速度应低于 0.5 s，记录每一种状态下的输出电压纹波及噪声峰峰值。

6.3.8 温度漂移系数

温度漂移系数试验应按以下方法进行：

- 将开关电源放置在恒温箱中，按图 3 连线试验电路；
- 启动开关电源，调节输入电压为标称值，输出负载为额定负载、控制恒温箱内的温度为 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，待开关电源达到热平衡稳定工作后，记录此时的输出电压的稳态值；
- 控制恒温箱内温度为工作温度下限值 $(t_L \pm 2)^\circ\text{C}$ （5 min 内变化平均不大于 $1^\circ\text{C}/\text{min}$ ）。开关电源在恒温箱状态下工作 2 h 或者更长时间，待开关电源达到热平衡稳定工作后，记录此时的输出电压的稳态值；
- 控制恒温箱内温度从工作温度下限值开始上升（上升至 0°C 时保持 30 min，5 min 内变化平均不大于 $1^\circ\text{C}/\text{min}$ ）到工作温度上限值 $(t_H \pm 2)^\circ\text{C}$ ，开关电源在恒温状态下工作 2 h 或者更长时间，待开关电源达到热平衡稳定工作后，记录此时的输出电压的稳态值；
- 按式（6）和式（7）分别计算出开关电源在上升时的温度漂移系数 C_u 与温度下降的温度漂移系数 C_d 。

$$C_u = \frac{V_{tH} - V_{t0}}{V_{t0} \times (t_H - t_0)} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- C_u ——温度漂移系数（上升）；
 V_{tH} ——工作温度下限时实际输出电压值；
 V_{t0} —— 25°C 的实际输出电压值；
 t_H ——工作温度的上限值；
 t_0 —— 25°C 。

$$C_d = \frac{V_{tL} - V_{t0}}{V_{t0} \times (t_L - t_0)} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中：

C_d ——温度漂移系数（下降）；

V_{tL} ——工作温度下限时的实际输出电压值；

V_{t0} ——25℃的实际输出电压值；

t_L ——工作温度的下限值。

6.3.9 输出电压开机（关机）波形与过冲幅度试验方法

输出电压开机（关机）波形与过冲幅度试验应按以下方法进行：

- 按图3连接试验电路；
- 调节开关电源的输入电压为工作电压范围（推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值），输出负载为工作负载范围（推荐空载、最小负载、50%额定负载和额定负载）；
- 在不同在输入电压和输出负载的组合条件下，用数字存储示波器观察开关电源输出电压的开机（关机）波形，并从波形中测量输出电压的过冲幅度。

6.3.10 动态负载过冲幅度与暂态恢复时间试验方法

动态负载过冲幅度与暂态恢复时间试验应按以下方法进行：

- 按图3连接试验电路；
- 调节开关电源的输入电压为输入电压范围（推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值），使输出负载以25%和90%的额定负载幅度进行阶跃式突变（推荐额定负载的25%→50%→25%、50%→75%→50%、10%→90%→10%进行阶跃式突变）；
- 在不同在输入电压和变化负载的组合条件下，用数字存储示波器观察并记录开关电源输出电压随时间变化的波形；
- 从波形中测量输出电压过冲幅度和暂态恢复时间；
- 过冲幅度超出精度上限，或者欠冲幅度超出精度下限：输出电压过冲（欠冲）幅度和暂态恢复时间测试方法参照图5；
- 过冲幅度超出精度上限后紧接着恢复振铃也超出精度下限：输出电压过冲幅度和暂态恢复振铃时间测试方法参照图6（也适用于欠冲幅度超出精度下限后紧接着恢复振铃也超出精度上限的情况）。

6.3.11 启动延迟时间试验方法

启动延迟时间试验应按以下方法进行：

- 按图3连接好电路；
- 启动开关电源，调节开关电源的输入电压为工作电压范围（推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值），输出负载为额定负载；
- 测试启动延迟时间。

6.3.12 Trim/ADJ 输出电压可调试验方法

Trim/ADJ输出电压可调试验应按以下方法进行：

- 按图3连接试验电路；

- b) 启动可调稳压电源，调节其输出电压至标称值，开关电源的输入电压为标称值，输出负载为额定负载（或按模块具体要求）。此时对开关电源输出电压进行调节的操作。

6.3.13 Ctrl 远程控制试验方法

Ctrl远程控制试验应按以下方法进行：

- a) 按图 9 连接试验电路；
- b) 启动开关电源，调节开关电源的输入电压为工作电压范围（推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值），输出负载为工作负载范围（推荐空载、最小负载、50%额定负载和额定负载）；
- c) 慢慢调节电压源，观察开关电源的工作情况，记录开关电源关断/开启时的电压源电压。

6.3.14 Sense 远端补偿试验方法

Sense 远端补偿试验应按以下方法进行：

- a) 按图 10 连接试验电路（将 Sense 引脚悬空）；
- b) 启动开关电源，调节开关电源的输入电压为工作电压范围（推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值），输出负载为工作负载范围（推荐空载、最小负载、50%额定负载和额定负载），观察开关电源的工作情况。

6.4 保护特性试验

6.4.1 输出过流保护试验方法

输出过流保护试验应按以下方法进行：

- a) 按图 3 连接试验电路；
- b) 启动开关电源，调节输入电压为标称值、输出负载为额定负载；
- c) 待产品工作热稳定后，调节负载电阻使输出电流逐步上升直至进入保护状态，然后再逐步恢复到正常值，检查开关电源的工作状态，记录产品进入保护时输出电流；
- d) 在不同的输入电压条件下，重复 c) 步骤。

6.4.2 输出过压保护试验方法

输出过压保护试验应按以下方法进行：

- a) 按图 7 连接试验电路；
- b) 启动开关电源（半成品测试），调解输入电压为标称值、输出负载为额定负载（或按开关电源具体要求）；
- c) 调节电位器 RP 时输出电压逐步升高直至开关电源进入过压保护；
- d) 在不同在输入电压和输出负载的组合条件下，用数字存储示波器观察并记录开关电源输出电压的波形、最大值和保护形式。

6.4.3 输出短路保护试验方法

输出短路保护试验应按以下方法进行：

- a) 按图 3 连接试验电路；
- b) 启动开关电源，调节开关电源的输入电压为工作电压范围（推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值），输出负载为工作负载范围（推荐输入空载、最小负载、50%额定负载和额定负载），开关电源在稳定工作时，人为模拟输出短路；

- c) 在不同输入电压和变化负载的组合条件下,用数字存储示波器观察并记录开关电源输出电压的波形和保护形式:
 - 若产品要求长时间短路保护,应使开关电源在短路状态下,最高工作环境温度中工作至少4 h;
 - 若产品要求短时间短路保护,应使开关电源在规定时间内短路保护。

6.4.4 输入欠压保护试验方法

输入欠压保护试验应按以下方法进行:

- a) 按图3连接试验电路;
- b) 启动开关电源,调节输入电压至工作电压下限、输出负载为工作负载范围(推荐空载、最小负载、50%额定负载和额定负载);
- c) 调节输入电压至欠压保护点,再恢复到正常输入电压值;
- d) 在不同输入电压和输出负载的组合条件下,用数字存储示波器观察并记录开关电源输出电压的波形、保护形式和状态。

6.4.5 过温保护试验方法

过温保护试验应按以下方法进行:

- a) 按图3连接试验电路,并将产品放置高温试验箱中;
- b) 将测温仪器对准测温点,或用热电偶与被测电紧密连接;
- c) 启动开关电源,调节输入电压为工作电压范围(推荐输入电压最小值、输入电压标称值和输入电压最大值)、输出负载为额定负载;
- d) 开关电源在稳定工作时,将环境温度逐渐升高,每次热稳定后,将环境温度上升5℃,当温度(环境温度/器件温度)达到保护范围内时,检查产品是否能够自动保护,排除故障后产品是否能够恢复工作。

6.4.6 输入反接保护试验方法

输入反接保护试验应按以下方法进行:

- a) 按图8连接试验电路;
- b) 将供电电源与开关电源的正负极反接,启动稳压电源并持续1 min,观察开关电源工作情况,然后将供电电源与开关电源的正负极正接,启动稳压电源,观察开关电源工作情况。

6.5 安全特性试验方法

6.5.1 隔离耐压试验方法

用耐压测试仪对被测试开关电源进行隔离耐压试验。输入端对输出端、输入端对外壳施加相应的试验电压。从小于试验电压值的50%并以 ≤ 500 V/s的速率逐步升高,达到规定试验电压值1 min。

6.5.2 绝缘电阻试验方法

在常温条件下,用绝缘电阻测试仪直流500 V的测试电压对输入与输出之间、输入与地线/外壳之间以及输出与地线/外壳之间的绝缘电阻分别进行测试。

6.6 电磁兼容试验方法

根据本标准表3, 按GB/T 9254、GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6中相应项目试验方法进行试验。

注: 应外加符合制造商要求的滤波器

6.7 环保试验方法

开关电源的环保试验应按GB/T 26572的检验方法进行。

6.8 环境条件试验方法

以下的温湿度数值为一个典型应用。

6.8.1 低温试验方法

6.8.1.1 低温存储试验方法

按GB/T 2423.1—2008中“试验Ad”的要求进行试验, 产品无包装, 不通电, 试验温度为 $(-30\pm3)^{\circ}\text{C}$, 试验持续时间为12 h。

6.8.1.2 低温工作试验方法

按GB/T 2423.1—2008中“试验Ae”的要求进行试验, 产品无包装, 通电加额定负载, 试验温度为 $(-25\pm3)^{\circ}\text{C}$, 试验持续时间为12 h。

6.8.2 高温试验方法

6.8.2.1 高温存储试验方法

按GB/T 2423.2—2008中“试验Bd”的要求进行试验, 产品无包装, 不通电, 试验温度为最低工作温度, 持续时间为12 h。

6.8.2.2 高温工作试验方法

按GB/T 2423.2—2008中“试验Be”的要求进行试验, 产品无包装, 通电并按要求加负载, 试验温度为最高工作温度, 试验持续时间为1000 h。

6.8.3 恒定湿热试验方法

按GB/T 2423.3—2016中“试验Cab”的要求进行试验, 产品无包装, 通电并按要求加负载, 温度为 $(40\pm3)^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 $(95\pm2)\%$, 试验持续时间为12 h。

6.8.4 高温高湿试验方法

按GB/T 2423.50—2012中“试验Cy”以及GB/T 9535—1998中10.13的要求进行试验, 产品无包装, 通电并按要求加负载, 温度为 $(85\pm2)^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 $(85\pm5)\%$, 试验持续时间为1 000 h。

6.8.5 交变湿热试验方法

按GB/T 2423.4—2008中“试验Db”的要求进行试验, 产品无包装, 通电并按要求加负载, 试验持续时间为1个循环。

6.8.6 温度循环试验方法

按GB/T 2423.22—2012中“试验Nb”以及GB/T 9535—1998中10.11的要求进行试验，产品无包装，通电并按要求加负载，试验持续时间为50~200个循环。

6.8.7 温度冲击试验方法

按GB/T 2423.22—2012中“试验Nb”的要求进行试验，产品无包装，不通电，试验持续时间为2个循环。

6.8.8 高温低气压试验方法

按GB/T 2423.26—2008中“试验Z / BM”的要求进行试验，产品无包装，通电并按要求加负载，温度为(70±3)℃，试验持续时间为12 h。

6.8.9 低温低气压试验方法

按GB/T 2423.26—2008中“试验Z / BM”的要求进行试验，产品无包装，通电并按要求加负载，温度为(-25±3)℃，试验持续时间为12 h。

6.8.10 盐雾试验方法

按GB/T 2423.17—2008中“试验Ka”的要求进行试验，产品无包装，不通电，温度为(35±3)℃，NaCl浓度为(5±1)%（质量比），试验持续时间为16 h。

6.8.11 振动试验方法

被测开关电源在不带包装的条件下按GB/T 2423.10—2019中“试验Fc和导则”的要求与方法进行试验（需要预处理的可先进行预处理），频率为10 Hz~55 Hz，10 g，X、Y、Z三个方向各30 min。

注：制造商可在产品说明书上说明是否需要进行振动试验。

6.8.12 跌落试验方法

按GB/T 2423.8—1995“试验Ed”的要求进行试验。试验前应对产品外观、性能等进行初始检测。

6.9 外观检验试验方法

按4.1节外观尺寸、公差要求检验。

7 检验规则

7.1 出厂检验

7.1.1 检验方式

出厂前，所有产品均应进行电气性能检测和外观检验。检验项目见表4。

表4 检验项目

序号	项目	不合格判定		出厂检验	型式试验	要求	试验方法
		B	C				
1	输入直流电压变化范围		○	√	√	5.2.1	6.2.1
2	输出电压精度	○		√	√	5.3.2	6.3.2

3	电压调整率	○		√	√	5.3.3	6.3.3
4	负载调整率	○		√	√	5.3.4	6.3.4
5	交叉调整率	○			√	5.3.5	6.3.5
6	转换效率	○		√	√	5.3.6	6.3.6
7	输出纹波及噪声	○		√	√	5.3.7	6.3.7
8	温度漂移系数		○		√	5.3.8	6.3.8
9	输出电压开机（关机）波形与过冲幅度	○			√	5.3.9	6.3.9
10	动态负载过冲幅度与暂态恢复时间	○			√	5.3.10	6.3.10
11	启动延迟时间	○			√	5.3.11	6.3.11
12	Trim/ADJ 输出可调功能	○		√	√	5.3.12	6.3.12
13	Ctrl远程控制	○		√	√	5.3.13	6.3.13
14	Sense 远端补偿	○		√	√	5.3.14	6.3.14
15	输出过流保护	○			√	5.4.1	6.4.1
16	输出过压保护	○			√	5.4.2	6.4.2
17	输出短路保护	○			√	5.4.3	6.4.3
18	输入欠压保护		○		√	5.4.4	6.4.4
19	过温保护	○			√	5.4.5	6.4.5
20	输入反接保护	○			√	5.4.6	6.4.6
21	隔离耐压	○		√	√	5.5.1	6.5.1
22	绝缘电阻	○		√	√	5.5.2	6.5.2
23	电磁兼容	○			√	5.6	6.6
24	低温 存储 试验	电压精度	○		√	5.1.2 5.3.2	6.8.1.1 6.3.2
		电压调整率	○		√	5.1.2 5.3.3	6.8.1.1 6.3.3
		负载调整率	○		√	5.1.2 5.3.4	6.8.1.1 6.3.4
		输出纹波及噪声	○		√	5.1.2 5.3.7	6.8.1.1 6.3.7
		隔离耐压	○		√	5.1.2 5.5.1	6.8.1.1 6.5.1
25	低温 工作 试验	电压精度	○		√	5.1.1 5.3.2	6.8.1.2 6.3.2
		电压调整率	○		√	5.1.1 5.3.3	6.8.1.2 6.3.3
		负载调整率	○		√	5.1.1 5.3.4	6.8.1.2 6.3.4

		输出纹波及噪声	○			√	5.1.1 5.3.7	6.8.1.2 6.3.7
		隔离耐压	○			√	5.1.1 5.5.1	6.8.1.2 6.5.1
26	高温 存储 试验	电压精度	○			√	5.1.2 5.3.2	6.8.2.1 6.3.2
		电压调整率	○			√	5.1.2 5.3.3	6.8.2.1 6.3.3
		负载调整率	○			√	5.1.2 5.3.4	6.8.2.1 6.3.4
		输出纹波及噪声	○			√	5.1.2 5.3.7	6.8.2.1 6.3.7
		隔离耐压	○			√	5.1.2 5.5.1	6.8.2.1 6.5.1
27	高温 工作 试验	电压精度	○			√	5.1.1 5.3.2	6.8.2.2 6.3.2
		电压调整率	○			√	5.1.1 5.3.3	6.8.2.2 6.3.3
		负载调整率	○			√	5.1.1 5.3.4	6.8.2.2 6.3.4
		输出纹波及噪声	○			√	5.1.1 5.3.7	6.8.2.2 6.3.7
		隔离耐压	○			√	5.1.1 5.5.1	6.8.2.2 6.5.1
28	高温 高湿 试验	电压精度	○			√	/ 5.3.2	6.8.4 6.3.2
		电压调整率	○			√	/ 5.3.3	6.8.4 6.8.3
		负载调整率	○			√	/ 5.3.4	6.8.4 6.3.4
		输出纹波及噪声	○			√	/ 5.3.7	6.8.4 6.3.7
		隔离耐压	○			√	/ 5.5.1	6.8.4 6.5.1
29	振动 试验	电压精度	○			√	/ 5.3.2	6.8.11 6.3.2
		电压调整率	○			√	/ 5.3.3	6.8.11 6.3.3
		负载调整率	○			√	/ 5.3.4	6.8.11 6.3.4

		输出纹波及噪声	○			√	/	6.8.11 6.3.7
		隔离耐压	○			√	/	6.8.11 6.5.1
30	外壳		○		√			
31	脚位		○		√			
32	印字		○		√			
注：表中“○”和“√”表示选择该项。								

7.1.2 质量判定

- 7.1.2.1 被检产品的无不合格项，判断该批产品为合格。
- 7.1.2.2 被检产品无 B 类不合格项，C 类不合格项小于或等于 1 项时，判断该批产品为合格。
- 7.1.2.3 被检产品出现 B 类不合格项，判断该批产品为不合格。

7.1.3 重复检验与判定

- 7.1.3.1 对于 B 类不合格项，如果可以用调整方式进行修复的，允许在调整修复后再进行一次重复检验。
- 7.1.3.2 若重复检验项目不合格，则判断该批产品不合格。

7.2 型式检验

- 7.2.1 型式检验按周期检验进行，一般为 1~2 年进行一次。具有下列情况之一的均需要做型式检验：
- 产品停产一个周期以上又恢复生产；
 - 转厂生产再试制定型；
 - 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变；
 - 产品投产前鉴定或质量监督机构提出。
- 7.2.2 型式检验按 GB/T 2829—2002 中表 6 判别水平 II 的二次抽样方案。产品质量以不合格数表示。产品的不合格判定分为 B 类和 C 类。产品的不合格质量水平（RQL）值见表 5。

表5 产品不合格质量水平（RQL）值

不合格类别	RQL 及抽样方案
B 类	65 $\left[\begin{array}{l} 3; 0, 2 \\ 3, 1, 2 \end{array} \right]$
C 类	80 $\left[\begin{array}{l} 3; 0, 3 \\ 3; 3, 4 \end{array} \right]$

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

产品表面应有相关标识，包括公司商标、产品型号、出厂日期、产品主要参数等。

注：内容应能满足产品的最小包装。

8.2 包装

8.2.1 产品包装应防潮、防振，并符合 SJ 3212—1989 的规定。

8.2.2 产品随带文件：

——送货单；

——产品说明书。

8.2.3 产品外包装箱上应有公司名称、相应的型号及数量等信息，储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.3 运输

产品在运输过程中，外包装不应有剧烈震动，撞击和跌落等。

8.4 贮存

产品贮存应满足温、湿度的相关规定。

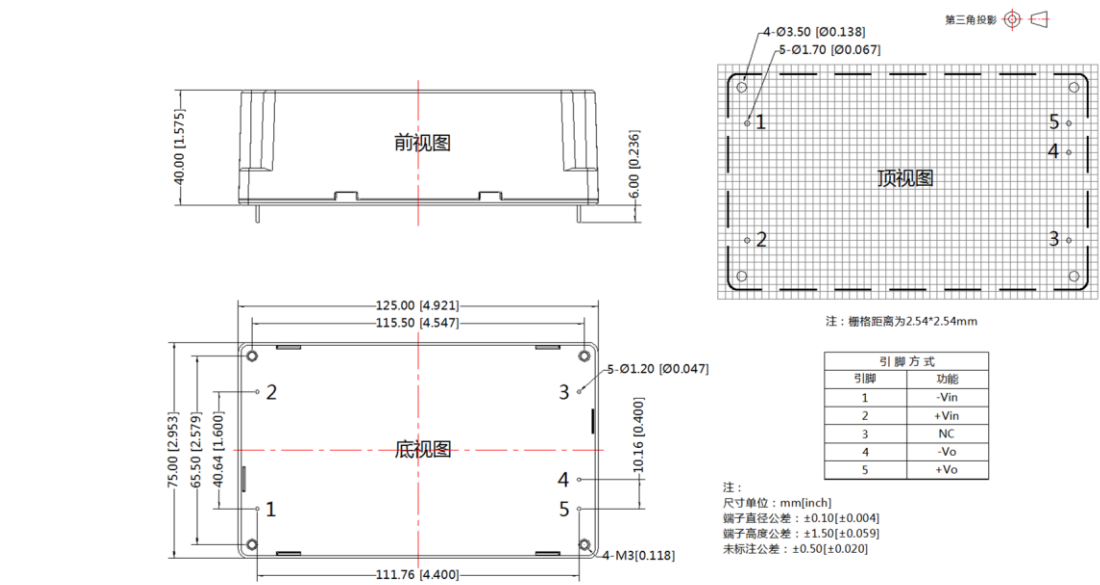


图1 适合小功率 ≤ 40 W 的产品

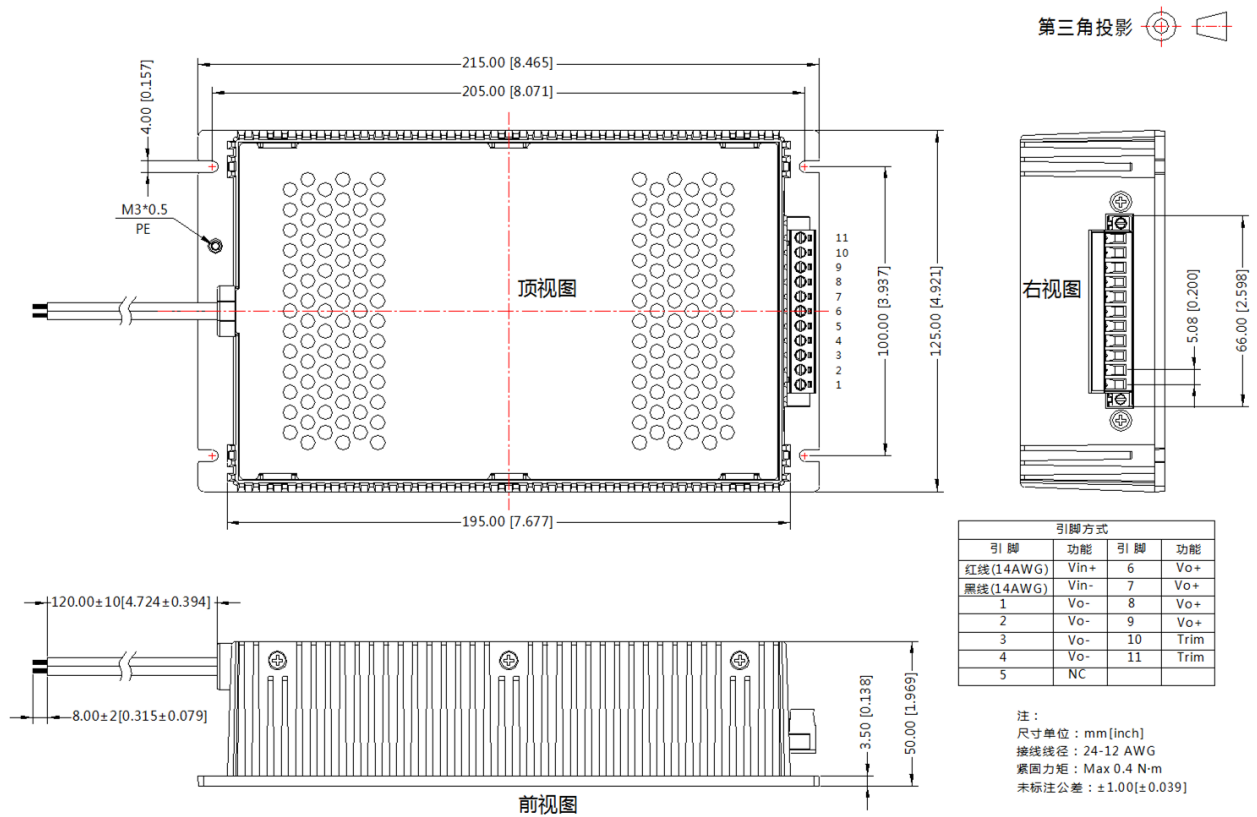
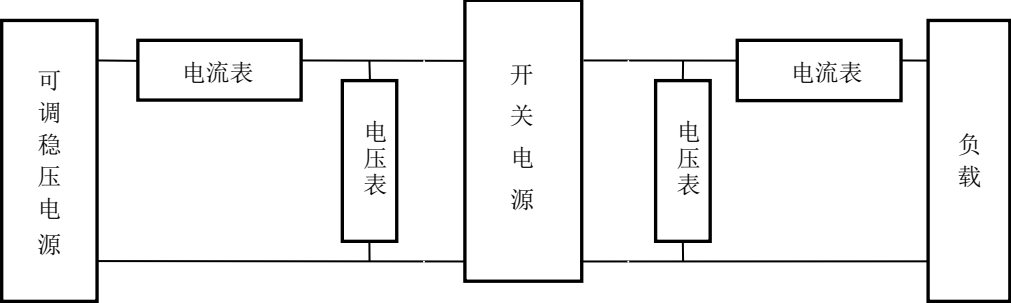


图2 适合大功率 > 40 W 的产品



注1：多路输出产品的测试图在开关电源的每路输出端接入负载。
注2：由于输入端电压较高，接线时可选择合适的电压、电流测量方式以及测试仪器。

图3 产品基本性能测试接线图

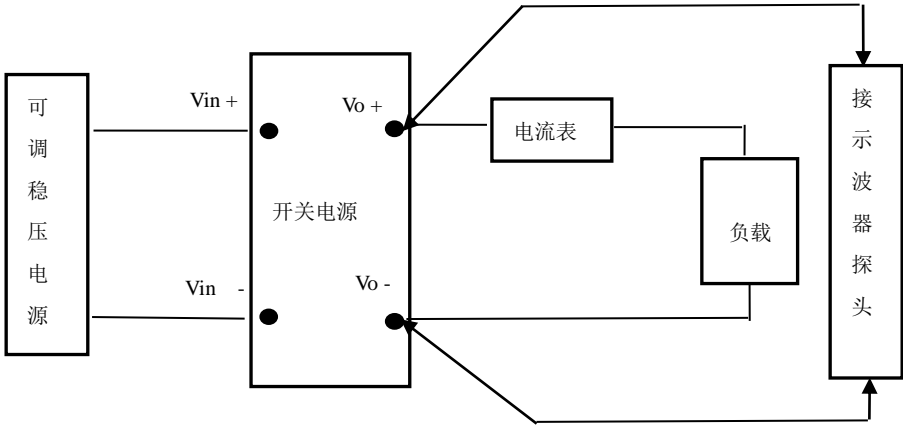


图4 纹波及噪声测试接线图

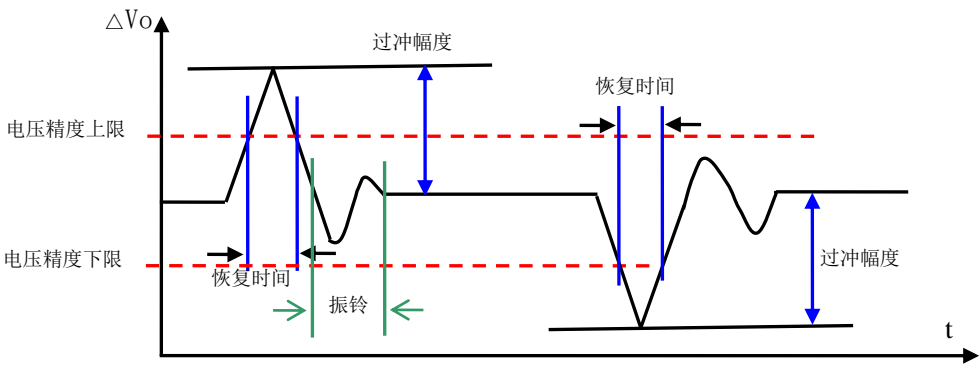


图5 过欠冲幅值和恢复时间测试示意图

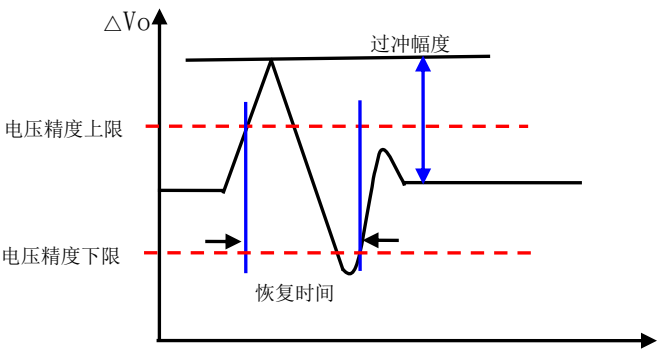


图6 过欠冲幅值和恢复时间（恢复振铃也超精度）测试示意图

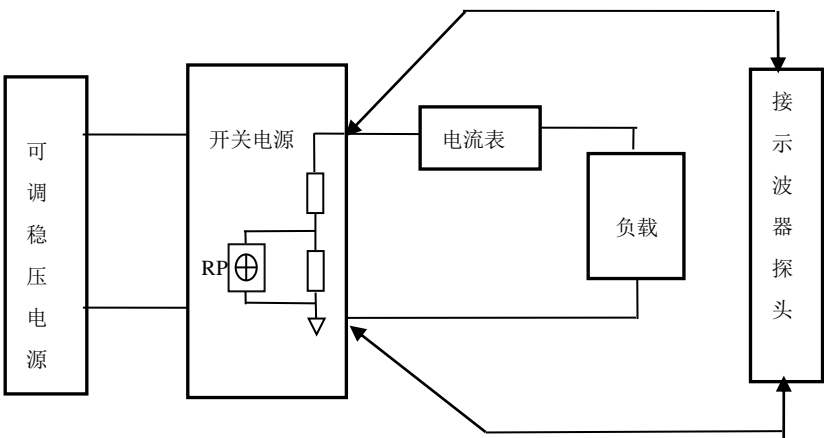


图7 输出过压保护测试接线图

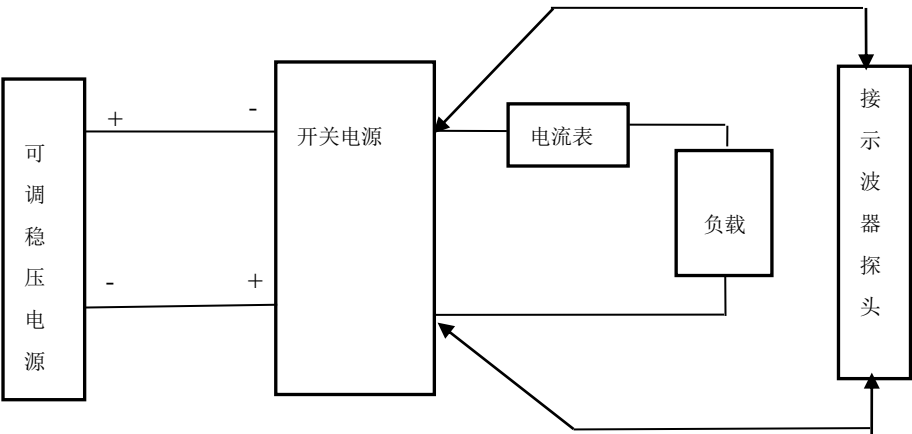
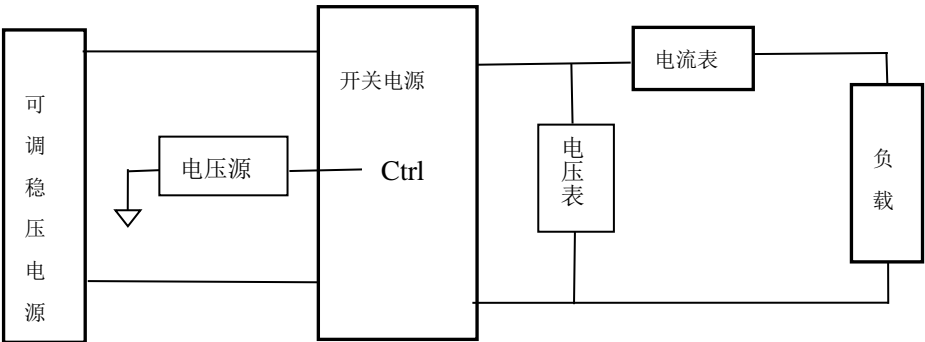
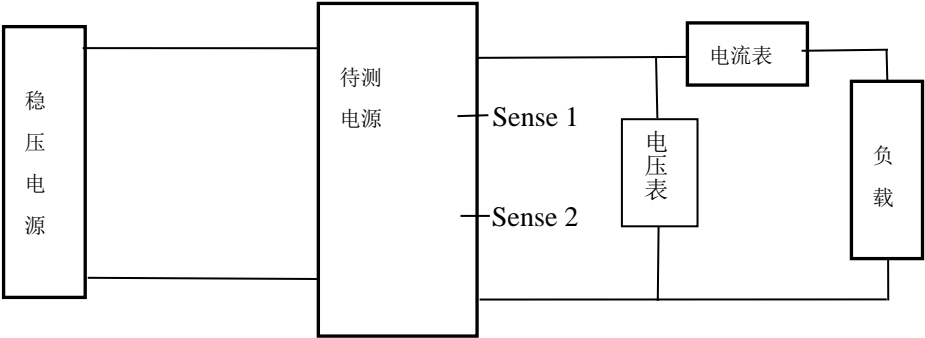


图8 输入反接保护测试接线图



注：此图为电压控制接线图，若采取其他控制方式，可自行调整实验电路图以及测试方法。

图9 Ctrl 远程控制功能测试接线图



注：此图为内部控制接线图，若采取其他控制方式，可自行调整实验电路图以及测试方法。

图10 Sense 远端补偿功能测试接线图

参 考 文 献

- [1] GB/T 2423.35—2019 环境试验 第2部分：试验和导则气候（温度、湿度）和动力学（振动、冲击）综合实验
 - [2] GB/T 14714—2008 微小型计算机系统设备用开关电源通用规范
 - [3] SJ/T 1670—2001 电子电源术语以及定义
 - [4] IEC 62109-1:2010 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems
- Part 1: General requirements
-