

SPEMF

团 体 标 准

T/SPEMF 0009-2020

开关电源性能通用规范

Power Supply Performance General Specification

2020-08-28 发布

2020-08-28 实施

深圳市卓越绩效管理促进会 发 布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 要求 4

 4.1 外观和标识 4

 4.2 安全要求 4

 4.3 电气性能 5

 4.4 舒适性 7

 4.5 环境适应性 8

 4.6 环路稳定性 9

 4.7 电磁兼容性 9

 4.8 工艺 9

 4.9 电解电容器寿命 10

 4.10 电子组件降额 10

5 试验方法 14

 5.1 一般要求 14

 5.2 外观和标识 14

 5.3 安全 14

 5.4 电气性能 15

 5.5 舒适性 22

 5.6 环境适应性 25

 5.7 环路稳定性 26

 5.8 电磁兼容性 26

 5.9 工艺 27

 5.10 电解电容器寿命 27

 5.11 电子组件降额 27

6 试验项目表 29

附 录 A （规范性附录） 故障判据 33

 A.1 故障定义和解释 33

 A.2 故障分类 33

 A.2.1 关联性故障 33

 A.2.2 非关联性故障 33

 A.3 关联性故障判据 33

 A.4 非关联性故障判据 33

 A.5 判定 34

附 录 B （资料性附录） 接触不良打火	35
B.1 测量工装原理图	35
B.2 试验方法	36
附 录 C （规范性附录） 近场射频电磁场抗扰度	37
C.1 试验目的	37
C.2 试验原理	37
C.3 试验等级	37
C.4 试验场地	38
C.5 试验设备	39
C.5.1 射频信号产生设备	39
C.5.2 发射天线	39
C.5.3 射频功率监测设备	39
C.5.4 操控天线的执行器和监测设备	39
C.6 试验布置	40
C.7 试验程序	41
C.8 场校准	42
C.9 试验结果的评定	43
附 录 D （资料性附录） 金相切片样品制备流程和方法	44
参考文献	46

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由深圳市卓越绩效管理促进会（深圳标准认证联盟秘书处）提出并归口。

本标准参与起草单位：中国质量认证中心深圳分中心、深圳市瓦特源检测研究有限公司、深圳市航嘉驰源电气股份有限公司、中国长城科技集团股份有限公司、东莞铭普光磁股份有限公司、深圳市共进电子股份有限公司、深圳市卓越绩效管理促进会（深圳标准认证联盟秘书处）、深圳市铁甲科技有限公司、太仓市同维电子有限公司、深圳电酷网络科技有限公司、深圳市标准技术研究院。

本标准主要起草人：王雅斌、罗勇进、涂建华、伍金铨、龙小明、姚凯文、唐镇平、刘圣文、王莹、钟云东、汪火根、于洪峰、王宇、姚伦慧、王梦桢、肖永舒、叶有权。

本标准首次发布。

开关电源性能通用规范

1 范围

本标准规定了开关电源（以下简称开关电源或电源）的术语和定义、性能要求、试验方法、检验规则等。

本标准适用于信息技术、音视频设备、通信终端设备、家用和类似用途设备、照明设备供电的开关电源，如：计算机及外围设备、电子书、数字照（摄）相机、电视机、显示器、手机、路由器、LED灯具、无人机、电动自行车等设备用开关电源，其它开关型电源也可参考使用本技术规范。

本标准适用于交流电网电源供电的单路或多路直流输出电压的I类、II类开关电源。

本标准适用于带防护外壳或不带防护外壳的开关电源。

本标准适用于额定功率5000 W以下单相输入的开关电源。

本标准适用于室内型开关电源，室外型开关电源也可参考使用本技术规范。

本标准不适用于直流电网电源供电的开关电源，不适用于III类开关电源。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2423.1 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 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 电工电子产品基本环境试验规程 试验Ca：恒定湿热试验方法
- GB 4706.1 家用和类似用途电器的安全 通用要求
- GB 4943.1 信息技术设备的安全 第1部分：通用要求
- GB/T 5271.14 信息技术 词汇 第14部分：可靠性、可维修性与可用性
- GB/T 6882-2016 声学 声压法测定噪声源声功率级 消声室和半消声室精密法
- GB 8898 音频、视频及类似电子设备 安全要求
- GB/T 9254 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
- GB/T 12190—2006 电磁屏蔽室屏蔽效能的测量方法
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB 19510.14 灯的控制装置 第14部分：LED模块用直流或交流电子控制装置的特殊要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

开关电源 switching power supply

由电源变压器、整流电路及其他元件组成的供电变换设备。

3.2

直插式开关电源 direct plug-in switching power supply

预定不使用输入电源线，电源插头和设备外壳构成一整体，其重量是靠墙上插座来承载的供电变换设备。

3.3

内置式开关电源 switching power supply for building-in

预定安装在预先准备好的凹座内的电源，例如装在墙壁内或类似安装位置内的供电变换设备。

3.4

外置式开关电源 external switching power supply

使用输入电源线或电源插头和设备外壳构成整体，放置在外部的供电变换设备。

3.5

维持时间 hold up time

从交流电源断电到输出电压下降至额定值 95%的时间。

3.6

过冲幅度 overshoot

输出电压由于某一影响量瞬变而偏离额定输出值的最大瞬变幅度。

3.7

负载稳定度 load stability

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。

3.8

电压稳定度 voltage stability

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。

3.9

纹波和噪声 ripple & noise

直流输出电压中所包含的交流分量峰-峰值。

3.10

输入冲击电流 inrush current

当接通交流电源时，输入回路中最大瞬间电流值。

3.11

共模噪声 common mode noise

电源连接到使用系统正常工作时，输出负端对地的最大电压差值。

3.12

环路稳定性 loop stability

由不同电子元器件组成的电流环路，当受到干扰后，能保持在有限边界的区域内且能恢复到原平衡状态的性能。

3.13

相位裕度 phase margin

系统波特图上增益为0dB时对应的相位值与 0° 之间的差值。

3.14

增益裕度 gain margin

系统波特图上相位为 0° 时对应的增益值与0dB之间的差值。

3.15

半短路 half-short circuited

元件在失效条件，存在一定的不同于本身参数阻值的工作状态。

3.16

脉冲调制 pulse modulation

脉冲载波的脉冲持续时间(脉宽)随调制波的样值而变的调制方式。

3.17

电子组件 electronic assembly

组成开关电源的元器件，包括电阻器、电容器、二极管、晶体管、微型集成电路、光电子器件、磁性器件、连接器、印制电路板、线材、保险丝、外壳等。

3.18

额定值 rating

元器件允许的最大使用应力值。

3.19

降额 derating

元器件使用中承受的电压、电流、功率和温度应低于其额定值，以达到延缓其参数退化，提高样品可靠性的目的，通常用降额比表示。

3.20

金相切片 metallographic analysis

用特制液态热固性树脂将样品镶嵌包裹固封，并对镶嵌的样品研磨抛光，然后在金相显微镜下观察检测样品剖面的一种失效分析技术。

4 要求

4.1 外观和标识

4.1.1 电源的外壳表面不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和脏污等；金属零部件不应有锈蚀及其他机械损伤。

4.1.2 电源的外壳接口处缝隙应不大于 0.5 mm，段差应不大于 0.3 mm。

4.1.3 产品包装或铭牌上说明功能的文字、符号应清晰端正，并应符合有关标准规定。

4.2 安全要求

4.2.1 一般安全

产品应符合有关产品安全标准的规定，如信息技术电源应符合GB 4943.1安全标准的规定，音视频电源应符合GB 8898安全标准的规定，灯的控制装置电源应符合GB 19510.14安全标准的规定，家用和类似用途电源应符合GB 4706.1的安全标准的规定，或后期相应的替代标准。

4.2.2 熔断电阻半短路

使用熔断电阻的开关电源应符合表1的要求。

表1 熔断电阻半短路

项目	等级	
	1级	2级
熔断电阻半短路	熔断电阻熔断，外壳未变形	熔断电阻熔断，外壳最大变形区域直径不得超过10 mm

4.2.3 吸收回路贴片电容半短路

吸收回路贴片电容半短路试验应符合表2的要求。

表2 吸收回路贴片电容半短路

项目	等级	
	1级	2级
吸收回路贴片电容半短路	抗电强度试验通过，外壳未变形	抗电强度试验通过，外壳最大变形区域直径不得超过10 mm

4.2.4 棉被覆盖

使用塑胶外壳的开关电源应符合表3的要求。

表3 棉被覆盖

项目	等级	
	1级	2级
棉被覆盖	抗电强度试验通过，外壳未变形	抗电强度试验通过，外壳最大变形区域直径不得超过10 mm

4.2.5 接触不良打火

直插式开关电源产品应符合表4的要求。

表4 接触不良打火

项目	等级	
	1级	2级
接触不良打火	电气性能正常，抗电强度试验通过，外壳未变形	抗电强度试验通过，外壳最大变形区域直径不得超过10 mm

4.2.6 接触电流

针对给手机或平板电脑供电的Ⅱ类开关电源，从交流电源通过开关电源到达输出端口的接触电流应不超过250 μ A，推荐不超过20 μ A。

4.3 电气性能

4.3.1 输入特性

4.3.1.1 电源适应能力

电源的适应能力应符合表5的要求。

表5 电源适应能力

项目	等级	
	1级	2级
额定输入 (Vac)	100~240	220
输入电压范围 (Vac)	90~264	198~242
额定输入频率 (Hz)	50/60	50
输入频率范围 (Hz)	47~63	47~53
输入电流 (A)	在额定输入电压，额定负载条件下，不得超过额定电流的 1.1倍	

4.3.1.2 输入冲击电流

电源在额定工作电压范围内，输入冲击电流应符合表6的要求。

表6 输入冲击电流

项目	等级	
	1级	2级
输入冲击电流	最大值应小于70 A或满足测试电流的 I^2t 值小于冲击电流回路上器件规格的25% (如:熔断器、整流桥等)	最大值应小于150 A或满足测试电流的 I^2t 值小于冲击电流回路上器件规格的50% (如:熔断器、整流桥等)

4.3.2 输出特性

4.3.2.1 稳压范围

电源的输出稳压范围应不大于额定输出电压值的 $\pm 5\%$ 。

4.3.2.2 负载稳定度

电源的负载稳定度应符合表7的要求。

表7 负载稳定度

项目	等级		
	1级	2级	3级
负载稳定度	$\leq \pm 3\%$	$\leq \pm 4\%$	$\leq \pm 5\%$

4.3.2.3 电压稳定度

电源的电压稳定度应符合表8的要求。

表8 电压稳定度

项目	等级		
	1级	2级	3级
电压稳定度	$\leq \pm 1\%$	$\leq \pm 3\%$	$\leq \pm 5\%$

4.3.2.4 纹波和噪声

电源在额定输入电压范围内,为手机或类似带电池设备供电的电源应符合表9的要求,其他电源应符合表10的要求。

表9 纹波和噪声

等级	纹波和噪声 mV		
	输出电压 $\leq 5V$	$5V < \text{输出电压} \leq 15V$	输出电压 $> 15V$
1级	< 120	< 150	小于输出电压的1.0%
2级	< 150	< 200	小于输出电压的1.5%
3级	< 200	< 250	小于输出电压的2.0%
注:适用于手机或类似带电池设备的供电电源			

表10 纹波和噪声（其他电源）

等级	纹波和噪声 mV		
	输出电压≤5V	5V<输出电压≤15V	输出电压>15V
1级	小于额定输出电压的1.0%	小于额定输出电压的1.0%	小于额定输出电压的1.0%
2级	小于额定输出电压的1.5%	小于额定输出电压的1.5%	小于额定输出电压的1.5%
3级	小于额定输出电压的2.0%	小于额定输出电压的2.0%	小于额定输出电压的2.0%

4.3.2.5 过冲幅度

电源的过冲幅度应不大于额定输出电压 10%。

4.3.2.6 维持时间

额定输入，输出额定负载时，电源的输出电压维持时间应符合表11的要求。

表11 维持时间

项目	等级		
	1级	2级	3级
维持时间	>20 ms	>10 ms	>5 ms

4.3.2.7 输入开关机

电源输入开关机应符合表12的要求。

表12 输入开关机

项目	等级		
	1级	2级	3级
输入开关机	5000次	4000次	3000次
注：试验后，产品无损坏，功能正常工作。			

4.3.2.8 保护功能

电源应具有过载、过压和短路等保护功能，异常移除后能正常工作。

4.4 舒适性

4.4.1 可听噪声

带散热风扇的开关电源的噪声应符合表13的要求。

表13 带散热风扇的开关电源的噪声要求

负载	声压级 dB					
	等级					
	1 级		2 级		3 级	
	功率<500W	功率≥500W	功率<500W	功率≥500W	功率<500W	功率≥500W
20%额定负载	30	35	35	40	40	45
50%额定负载	35	40	40	45	45	50
额定负载	40	45	45	50	50	55
注1：声压级对应基准声压为20 μPa。 注2：传声器与待测产品测试距离为50 cm。 注3：没有温控电路的电源产品可听噪声应符合额定负载要求。						

无散热风扇开关电源的空气噪声应符合表14的要求。

表14 无散热风扇开关电源的空气噪声要求

分类	声压级 dB					
	等级					
	1 级		2 级		3 级	
	推荐	符合	推荐	符合	推荐	符合
外置式开关电源	19	21	22	25	25	27
内置式开关电源	25	27	27	30	30	33
注4：声压级对应基准声压为20 μPa。 注5：外置式开关电源测试时，传声器与待测产品测试距离为10 cm；内置式开关电源测试时，传声器与待测产品测试距离为50 cm。 注6：全负载范围内应符合要求。						

4.4.2 共模噪声

电源产品连接负载正常工作时，共模噪声峰-峰值应小于2 V。

4.5 环境适应性

4.5.1 温度下限

4.5.1.1 工作温度下限

依据GB/T 2423.1 “试验Ad”进行，应能正常工作。

4.5.1.2 贮存温度下限

依据GB/T 2423.1 “试验Ab”进行，试验恢复后应能正常工作。

4.5.2 温度上限

4.5.2.1 工作温度上限

依据GB/T 2423.2 “试验Bd”进行，应能正常工作。

4.5.2.2 贮存温度上限

依据GB/T 2423.2 “试验Bb”进行，试验恢复后应能正常工作。

4.5.3 恒定湿热

4.5.3.1 工作条件下恒定湿热

依据GB/T 2423.3 “试验Ca”进行，应能正常工作。

4.5.3.2 贮存条件下恒定湿热

依据GB/T 2423.3 “试验Ca”进行，试验恢复后应能正常工作。

4.5.4 快速温度变化

受试产品应进行初始检测，然后将不工作的受试产品放入环境试验箱中，环境试验箱以10℃/min的速率升至贮存温度上限值，存放1 h，然后以相同的速率降至贮存温度下限值，存放1 h，为1个周期；共进行12个循环周期，恢复时间为2 h，试验恢复后应能正常工作。

4.6 环路稳定性

输入电压为额定输入电压，输出额定负载条件下，开关电源的反馈环路稳定性应符合相位裕度大于30°、增益裕度小于-6dB。

4.7 电磁兼容性

4.7.1 无线电骚扰限值

开关电源的无线电骚扰限值应符合GB/T 9254或有关产品标准的规定。

4.7.2 静电放电抗扰度

试验依据GB/T 17626.2进行，应符合性能判据B。

4.7.3 浪涌抗扰度

试验依据GB/T 17626.5进行，应符合性能判据B。

4.7.4 近场射频电磁场抗扰度

近场射频电磁场抗扰度试验依据附录C中表C.1等级，试验结果符合C.9的等级a评定。

4.8 工艺

器件应无空焊、虚焊、孔洞、裂纹等缺陷；PCB铜箔厚度以及孔铜质量应满足表15的要求。

表15 PCB铜厚要求

铜厚规格	单面板	双面板及多层板	
	铜箔厚度最小值	外层铜箔厚度 (铜箔加镀铜)	内层铜箔厚度
1/2 OZ(17 μm)	≥12 μm	≥33 μm	≥12 μm
1 OZ(35 μm)	≥26 μm	≥46 μm	≥25 μm
2 OZ(70 μm)	≥57 μm	≥76 μm	≥56 μm

表15 PCB铜厚要求（续）

铜厚规格	单面板	双面板及多层板	
	铜箔厚度最小值	外层铜箔厚度 (铜箔加镀铜)	内层铜箔厚度
3 OZ(105 μ m)	≥91 μ m	≥107 μ m	≥91 μ m
孔壁内的铜厚	最小值≥20 μ m，孔壁光滑均匀。		
注：“OZ” 是指盎司单位。			

4.9 电解电容器寿命

电解电容器寿命应不少于30000 h。

4.10 电子组件降额

电子组件的降额等级应符合表16～表23的要求。

4.10.1 电阻器降额

电阻器降额等级见表16。

表16 电阻器降额等级

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
碳膜/金属膜电阻器	电压	$<75 \%$	$<85 \%$	$<90 \%$
	功率消耗	$<70 \%$	$<75 \%$	$<80 \%$
	温度低于额定值	$>30 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>25 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>20 \text{ }^{\circ}\text{C}$
金属氧化膜电阻器	电压	$<75 \%$	$<80 \%$	$<90 \%$
	功率消耗	$<70 \%$	$<75 \%$	$<80 \%$
	温度低于额定值	$>35 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>30 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>25 \text{ }^{\circ}\text{C}$
线绕电阻器	电压	$<75 \%$	$<80 \%$	$<90 \%$
	功率消耗	$<70 \%$	$<75 \%$	$<80 \%$
	温度低于额定值	$>20 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>15 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
表面贴装电阻器	电压	$<75 \%$	$<80 \%$	$<90 \%$
	功率消耗	$<70 \%$	$<75 \%$	$<80 \%$
	温度低于 PCB 额定值	$>10 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
热敏电阻器	功率消耗	$<70 \%$	$<80 \%$	$<90 \%$
	温度低于额定值	$>20 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>15 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$>10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
注：如果器件为卧式，即平贴在 PCB 上，那么温度降额为低于 PCB 额定温度 $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。				

4.10.2 电容器降额

电容器降额等级见表17。

表17 电容器降额等级

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
陶瓷电容器	直流电压 温度低于额定值	<75 % >10 ℃	<80 % >7 ℃	<85 % >5 ℃
塑胶膜电容器	直流电压 温度低于额定值	<80 % >10 ℃	<85 % >7 ℃	<90 % >5 ℃
铝电解电容器	直流电压			
	额定电压 <200 V	<90 %	<93 %	<95 %
	额定电压 ≥200 V	<95 %	<98 %	<100 %
	直流电压（冲击）	<100 %	<100 %	<100 %
固体电解质铝电容器	温度低于额定值	>10 ℃	>7 ℃	>5 ℃
	直流电压	<90 %	<93 %	<95 %
	直流电压（冲击）	<95 %	<98 %	<100 %
固体钽电容器	温度低于额定值	>10 ℃	>7 ℃	>5 ℃
	直流电压	<50 %	<60 %	<70 %
	纹波电流	<70 %	<80 %	<100 %
	反向电压（峰值）	<2 %	<2 %	<2 %
	温度低于额定值	>15 ℃	>13 ℃	>10 ℃

4. 10. 3 光电子器件降额

光电子器件降额等级见表18。

表18 光电子器件降额等级

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
光电耦合器	输入			
	正向导通电流	<75 %	<80 %	<85 %
	反向电压	<75 %	<80 %	<85 %
	输出			
	电压	<80 %	<85 %	<90 %
	集极电流	<80 %	<85 %	<90 %
	温度低于额定值			
	（带风扇散热产品）	>20 ℃	>15 ℃	>10 ℃
发光二极管	（无风扇散热产品）	>15 ℃	>10 ℃	>5 ℃
	正向导通电流	<75 %	<80 %	<85 %
	温度低于额定值	>10 ℃	>8 ℃	>6 ℃

4. 10. 4 晶体管降额

晶体管降额等级见表19。

表19 晶体管降额等级

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
三极管	集电极-发射极电压			
	工作中	<85 %	<90 %	<95 %
	瞬态	<95 %	<98 %	<100 %
	发射极-基极电压			
	工作中	<85 %	<90 %	<95 %
	瞬态	<95 %	<98 %	<100 %
	集电极电流	<80 %	<80 %	<80 %
	温度低于额定值	>35 ℃	>30 ℃	>25 ℃
金属-氧化物-半导体场效应管	漏极-源极电压			
	工作中	<95 %	<98 %	<100 %
	瞬态	<98 %	<100 %	<100 %
	栅极-源极电压			
	工作中	<80 %	<85 %	<90 %
	瞬态	<90 %	<95 %	<100 %
	漏极电流	<80 %	<85 %	<90 %
	漏极电流脉冲	<90 %	<95 %	<100 %
	温度低于额定值	>20 ℃	>18 ℃	>15 ℃
注：如果器件为卧式，即平贴在 PCB 上，那么温度降额为低于 PCB 额定温度 10 ℃。				

4.10.5 二极管降额

二极管降额等级见表20。

表20 二极管降额等级

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
普通二极管	正向导通电流	<80 %	<85 %	<90 %
	反向电压			
	工作中	<85 %	<90 %	<95 %
	瞬态	<90 %	<95 %	<100 %
	温度低于额定值	>35 ℃	>30 ℃	>25 ℃
肖特基二极管	正向导通电流	<80 %	<85 %	<90 %
	反向电压			
	工作中	<90 %	<93 %	<95 %
	瞬态	<95 %	<98 %	<100 %
	温度低于额定值	>20 ℃	>18 ℃	>15 ℃
整流二极管	正向导通电流	<80 %	<85 %	<90 %
	反向电压			
	工作中	<80 %	<90 %	<95 %
	瞬态	<95 %	<98 %	<100 %

	温度低于额定值	>20 ℃	>18 ℃	>15 ℃
--	---------	-------	-------	-------

表20 二极管降额等级（续）

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
瞬态吸收二极管	正向导通电流	<80 %	<85 %	<90 %
	反向电压			
	工作中	<80 %	<90 %	<95 %
	瞬态	<95 %	<98 %	<100 %
	温度低于额定值	>35 ℃	>30 ℃	>25 ℃

4.10.6 微型集成电路器件降额

微型集成电路器件降额等级见表21。

表21 微型集成电路器件降额等级

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
驱动、脉冲宽度调制、运算 放大器、微分比较器	供电电压	<90 %	<93 %	<95 %
	温度低于额定值	>35 ℃	>30 ℃	>25 ℃

4.10.7 磁性器件降额

磁性器件降额等级见表22。

表22 磁性器件降额等级

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
变压器绕线	最高温度			
	等级 A (105 ℃)	85 ℃	88 ℃	90 ℃
	等级 E (120 ℃)	100 ℃	103 ℃	105 ℃
	等级 B (130 ℃)	105 ℃	108 ℃	110 ℃
	等级 F (155 ℃)	125 ℃	128 ℃	130 ℃
	等级 H (180 ℃)	150 ℃	153 ℃	155 ℃
电感绕线	最高温度			
	等级 A (105 ℃)	90 ℃	100 ℃	105 ℃
	等级 E (120 ℃)	105 ℃	115 ℃	120 ℃
	等级 B (130 ℃)	110 ℃	120 ℃	130 ℃
	等级 F (155 ℃)	135 ℃	145 ℃	155 ℃
	等级 H (180 ℃)	155 ℃	165 ℃	180 ℃
铁粉芯磁芯	最高温度	100 ℃	103 ℃	105 ℃
铁氧体磁芯	最高温度	115 ℃	118 ℃	120 ℃
钼皮合金粉末、高磁通密度 铁镍磁粉芯、非晶态磁芯	最高温度	115 ℃	118 ℃	120 ℃

4.10.8 熔断器、USB 母座器件降额

熔断器、USB母座器件降额等级见表23。

表23 熔断器、USB母座器件降额等级

类型	参数	等级		
		1 级	2 级	3 级
熔断器	电流	<90 %	<95 %	<100 %
	开机浪涌电流能量(I^2t)	<25 %	<50 %	<50 %
USB 母座	最高温度	75 ℃	80 ℃	85 ℃

5 试验方法

5.1 一般要求

5.1.1 试验环境条件

本标准中除部分试验对环境有特定要求以外，其他试验应在下述测试用标准大气条件下进行：

- a) 温度：15 ℃ ～ 35 ℃；
- b) 相对湿度：25% ～ 75%；
- c) 气压：86 kPa ～ 106 kPa。

5.1.2 产品准备

试验前，产品应在额定输入、输出额定负载条件下预热15分钟。

5.1.3 试验对交流稳压源要求

要求如下：

- a) 稳定度小于 1%；
- b) 波形失真小于 5%；
- c) 频率变化范围为 ±1 Hz。

5.1.4 试验用负载设备要求

应使用电流性电子负载，如果测试产品为多路输出，应使用一体化的可编程式多路电子负载仪。

5.2 外观和标识

用目测、放大镜检查，涉及尺寸的用游标卡尺或塞规检查。

5.3 安全

5.3.1 一般安全

按照产品对应标准规定的试验方法进行。

5.3.2 熔断电阻半短路

在产品的整流桥之后的电解电容两端并联一个功率为500 W、阻值为100 Ω 的电阻，调节输入电压使流过熔断电阻的电流为额定电流并稳定工作 20 min，并观察熔断电阻发热时对外壳的影响。以5 V

为步进增大输入电压，时间间隔 1min，直至熔断电阻熔断，记录输入电流，并观察熔断电阻发热时对外壳的影响。

注1：试验时，负载电流为空载。

注2：试验时，产品不得有明火产生，塑胶外壳不可有熔壳现象，导致危险带电部件外露，且应满足耐压试验的要求。

5.3.3 吸收回路贴片电容半短路

在产品的吸收回路的贴片电容两端并联一个75 Ω 的电阻，调整输入电压为额定电压的上限，负载电流为额定负载，工作2 h。试验时，产品不得有明火产生，如果产品发热导致着火，火焰不得蔓延至产品外部，如是无防护外壳的电源产品，应不能点燃覆盖的纱布。

注1：该纱布为 40g/m² 的漂白纱布。

注2：塑胶外壳不可有熔壳现象，导致危险带电部件外露，且应满足耐压试验的要求。

5.3.4 棉被覆盖

产品输入电压为额定电压下限，负载电流为额定负载，用棉被把受试产品本体完全覆盖，放置在最高工作温度环境下，工作4 h。

按照上述方法，在额定电压上限条件下进行试验。

试验后，在2 h内应对产品进行抗电强度试验。

注1：该棉被使用 100%棉纤维制成，棉被规格为使用重量 1.5 kg 的棉做成尺寸宽 1.5 m 长 2 m。

注2：塑胶外壳不可有熔壳现象，导致危险带电部件外露，且应满足耐压试验的要求。

注3：试验过程中需注意着火安全风险，全程需在人员监控中进行。

5.3.5 接触不良打火

试验方法参见附录B。

5.3.6 接触电流

试验方法按照产品对应标准规定的试验方法进行。

5.4 电气性能

5.4.1 输入特性

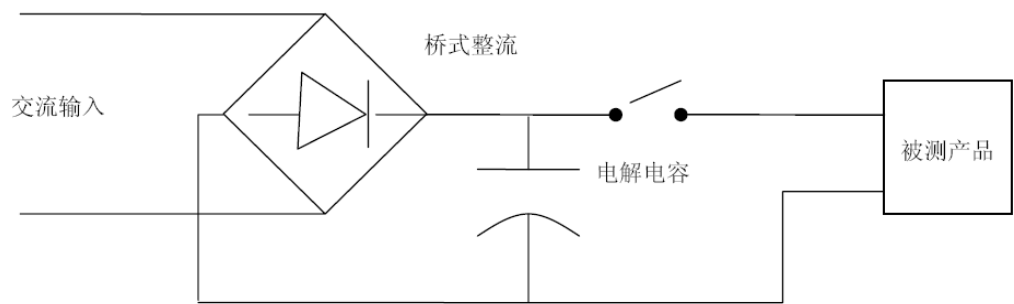
5.4.1.1 电源适应能力

电源应能在额定输入电压 $\pm 10\%$ 、额定频率 $\pm 3\text{Hz}$ 的任意组合条件下正常工作，通常分别取电压和频率的最大、最小值组合来测量。

5.4.1.2 输入冲击电流

5.4.1.2.1 冲击电流测试工装原理图

测试工装原理，如图1所示。



注1：冲击电流测试工装将输入交流电经过整流对电解电容充电，然后闭合开关对被测产品瞬间放电，从而实现对被测产品输入端交流电在90° 相位与低阻抗条件。

注1：电解电容应能够提供足够的能量，推荐额定功率1000 W对应电解电容容量不小于6000 μF。

图 1 冲击电流测试工装原理示意图

5.4.1.2.2 测量示意图

测量示意图，如图2所示。

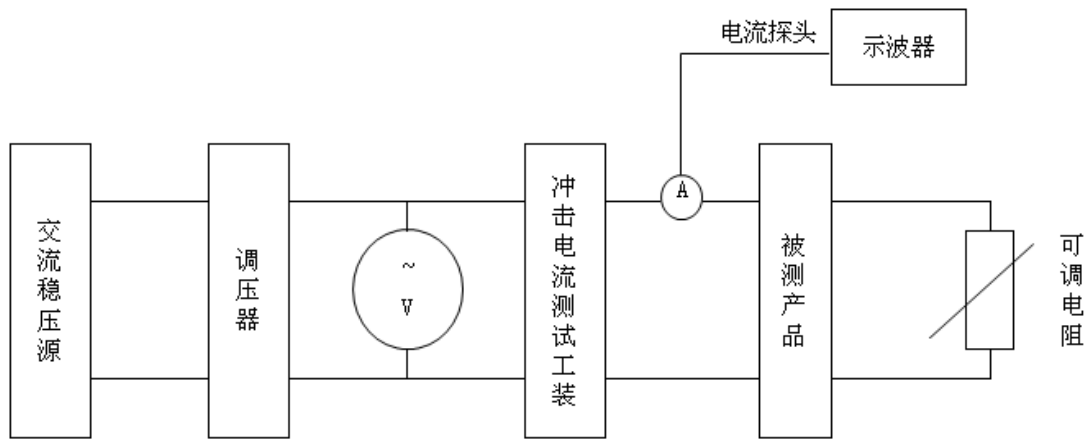


图 2 输入冲击电流测量示意图

5.4.1.2.3 测量步骤

测试前，被测产品处于断电状态。

将输入电压调到额定输入电压，将负载电流调到额定负载，用示波器测量输入回路中峰值电流波形，读出输入冲击电流最大值并计算波形的 I^2t 值，重复测量时应对电路中储能器件进行放电后再做测量。

若输入电压为额定输入范围时，选取范围内最大输入电压进行上述测量。

5.4.1.2.4 冲击电流 I^2t 计算

依据冲击电流波形的形状计算对应能量（ I^2t ）。

图3所示冲击电流波形可依据公式（1）计算对应能量：

$$I^2t = 1/3 \times (I_p^2 \times t) \dots\dots\dots (1)$$

图4所示冲击电流波形可依据公式（2）计算对应能量：

$$I^2t = 1/3 \times (I_a^2 + I_a \times I_b + I_b^2) \times t \dots\dots\dots (2)$$

图5所示冲击电流波形可依据公式（3）计算对应能量：

$$I^2 t = I_p^2 \times t \dots\dots\dots (3)$$

图6所示冲击电流波形可依据公式（4）计算对应能量：

$$I^2 t = 1/2 \times (I_p^2 \times t) \dots\dots\dots (4)$$

图7所示冲击电流波形可依据公式（5）计算对应能量：

$$I^2 t = 1/2 \times (I_p^2 \times t) \dots\dots\dots (5)$$

式（1）～式（5）中：
 I_p ——冲击电流；
 t ——冲击电流持续时间。

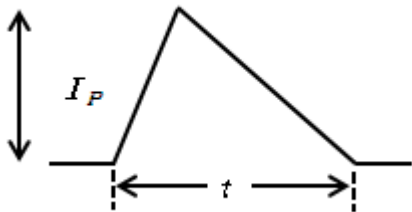


图 3 冲击电流尖形波

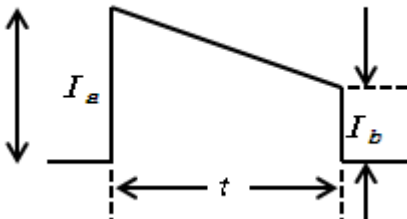


图 4 冲击电流梯形波

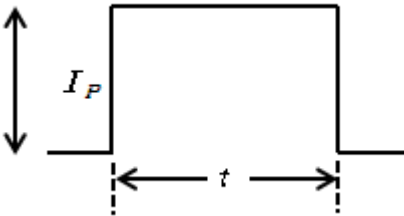


图 5 冲击电流矩形波

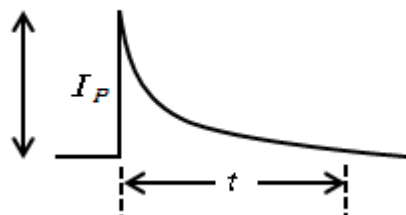


图6 冲击电流脉冲波

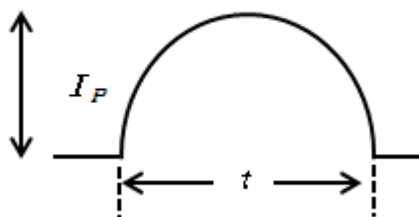


图7 冲击电流拱形波

5.4.2 输出特性

5.4.2.1 稳压范围

5.4.2.1.1 测量示意图

测量示意图，如图8所示。

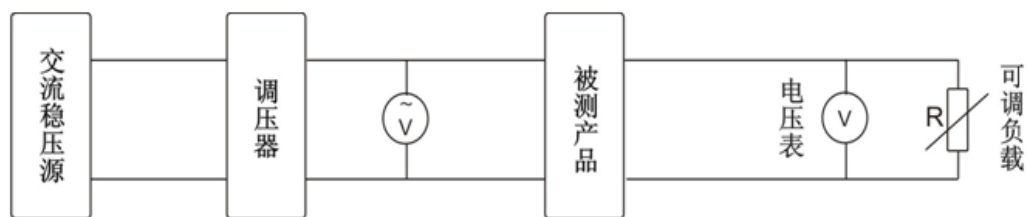


图8 测量示意图

5.4.2.1.2 测量步骤

将输入电压调到额定输入电压，将负载电流由最小值调整到额定负载，在上述要求的负载范围内任意一点（推荐负载：空载、25%额定负载、50%额定负载、75%额定负载、额定负载），当输出电压达到稳态后 10 s内测量出输出电压 U_x ，然后将输入电压调到额定输入电压 $\pm 10\%$ ，重复上述测量步骤。

按式(6)计算出电压相对变化量 ΔU ，取其最大值。

$$\Delta U = |U_x - U_o| \cdots \cdots \cdots (6)$$

按式(7)计算出输出稳压范围 S 。

$$S = \left| \frac{\Delta U}{U_o} \right| \times 100\% \cdots \cdots \cdots (7)$$

式中：

U_o ——额定输出电压值；

若额定输入电压为范围时，选取范围内的最大值和最小值分别进行上述试验。

注1：产品带线或有配线时，测量输出电压以线末端电压为准。

注2：产品无自带线或无配线时，测量输出电压以板端电压为准。

5.4.2.2 负载稳定度

5.4.2.2.1 测量示意图

测量示意图，如图8所示。

5.4.2.2.2 测量步骤

将输入电压调到额定输入电压，将负载电流调到额定负载，测量输出电压 U_o 。然后调整负载电流到额定负载电流的50%和空载，待输出电压稳定后，测量输出电压 U_x 。

按式(8)计算出电压相对变化量 ΔU ，取其最大值。

$$\Delta U = |U_x - U_o| \cdots \cdots \cdots (8)$$

按式(9)计算出负载稳定度 S_i 。

$$S_i = \left| \frac{\Delta U}{U_o} \right| \times 100\% \cdots \cdots \cdots (9)$$

若额定输入电压为范围时，选取范围内的最大值和最小值分别进行上述试验；

注1：负载为恒压或恒流模式。

注2：产品带线或有配线时，测量输出电压以线末端电压为准。

注3：产品无自带线或无配线时，测量输出电压以板端电压为准。

5.4.2.3 电压稳定度

5.4.2.3.1 测量示意图

测量示意图，如图8所示。

5.4.2.3.2 测量步骤

将输入电压调到额定输入电压，将负载电流调到额定负载，测量输出电压 U_o 。然后将输入电压调到额定输入电压 $\pm 10\%$ ，待输出电压稳定后，分别测量输出电压 U_x 。

然后把负载降到额定负载的50%和空载，重复上述测量步骤。

按式(10)计算出电压相对变化量 ΔU ，取其最大值。

$$\Delta U = |U_x - U_o| \cdots \cdots \cdots (10)$$

按式(11)计算出电压稳定度 S_v 。

$$S_v = \left| \frac{\Delta U}{U_o} \right| \times 100\% \cdots \cdots (11)$$

若额定输入电压为范围时，选取范围内的最大值和最小值分别进行上述试验。

- 注1：产品带线或有配线时，测量输出电压以线末端电压为准。
- 注2：产品无自带线或无配线时，测量输出电压以板端电压为准。

5.4.2.4 纹波和噪声

5.4.2.4.1 测量示意图

测量示意图，如图9所示。

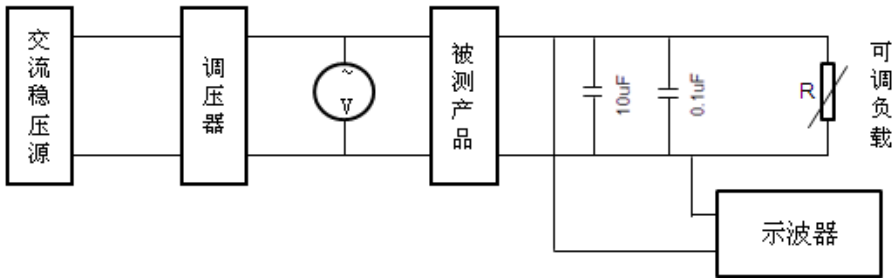


图9 纹波和噪声测量示意图

5.4.2.4.2 测量步骤

额定输入电压，负载电流调为最小负载、50%额定负载和额定负载，在示波器上分别观测输出电压上叠加的交流成分的峰-峰值。

输入电压在额定输入电压±10%时，负载电流分别为最小负载、50%额定负载和额定负载，重复上述测量步骤，取其最大值。

测量纹波电压所用示波器带宽应不小于20 MHz，50 MHz以上带宽为宜；测量带宽应设定为20 MHz。接地线长度不应超过12 mm。

测量电路中10μ F应为钽电容器或等同电容器，0.1μ F应为陶瓷电容器或等同电容器，滤波电容器及探头并接在开关电源输出端口5 cm以内。

5.4.2.5 过冲幅度试验

5.4.2.5.1 测量示意图

测量示意图，如图10所示。

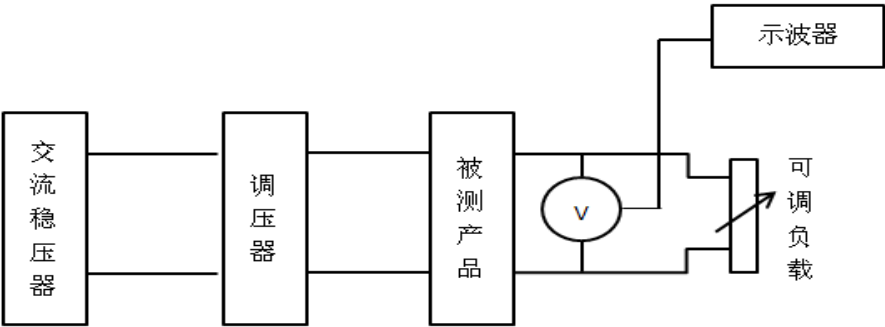


图10 过冲幅度测量示意图

5.4.2.5.2 测量步骤

输入电压为额定输入电压条件下，负载电流分别为空载和额定负载条件下开机，用示波器测量产品的输出电压过冲幅度。

5.4.2.6 维持时间

5.4.2.6.1 测量示意图

测量示意图，如图11所示。

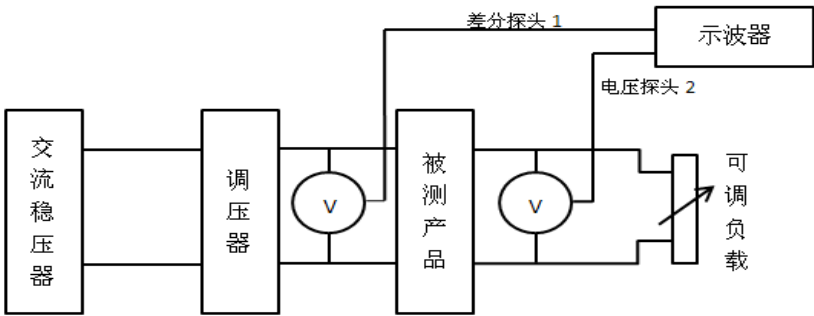


图11 维持时间测量示意图

5.4.2.6.2 测量步骤

输入电压为额定输入电压，负载电流为额定负载条件下，在0° 相位切断交流输入电压，用示波器测量从切断交流输入电压到直流输出电压下降到额定值95%的时间间隔。维持时间示意图，如图12所示。

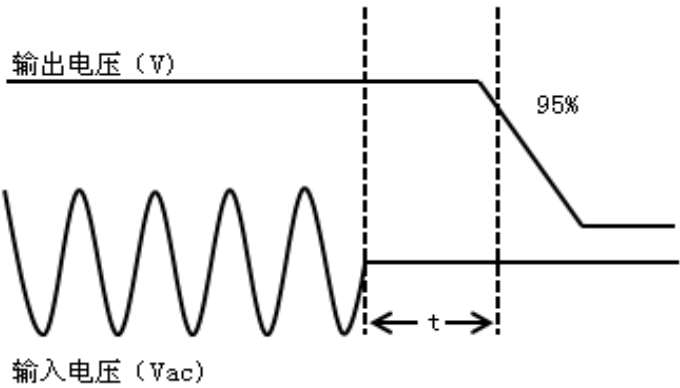


图12 维持时间示意图

5.4.2.7 输入开关机

5.4.2.7.1 测量示意图

测量示意图，如图13所示。

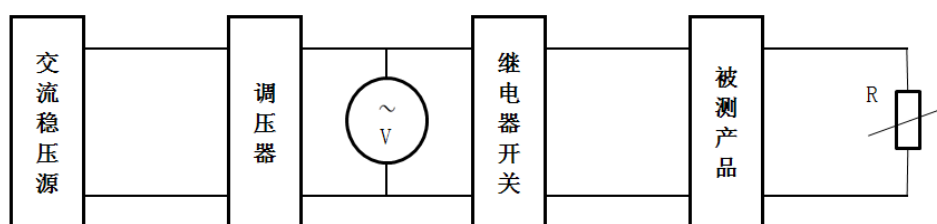


图13 输入开关机测量示意图

5.4.2.7.2 测量步骤

输入电压在额定输入电压 $\pm 10\%$ ，负载电流为额定负载，开关机总次数依据表11进行，分别测试一半次数。

注1：开关机时间间隔依据产品的实际情况设定，推荐不低于5 s。

注2：继电器开关内阻小于1 Ω 。

5.4.2.8 保护功能

5.4.2.8.1 输出过载保护

输入电压为额定输入电压，初始负载电流为额定负载电流，然后增加负载电流，直到产品过载保护，异常移除后产品应能正常工作。

5.4.2.8.2 输出短路保护

输入电压为额定输入电压，负载电流为额定负载，产品正常工作，然后人为将输出电压短路，短路阻抗小于100 m Ω 并持续2 h，异常移除后产品应能正常工作。

5.4.2.8.3 输出过压保护

输入电压为额定输入电压，负载电流分别为空载和额定负载条件下，调节输出电压使之产生过压，当输出电压超出过压保护值时，异常移除后产品应能正常工作。

5.5 舒适性

5.5.1 可听噪声

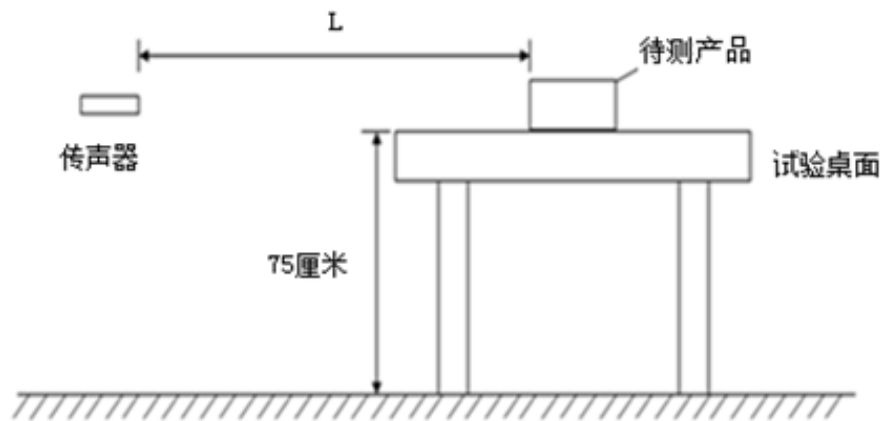
5.5.1.1 半消声室

可听噪声在半消声室中测量，半消声室应符合GB/T 6882—2016要求。实际测量时，背景噪声与被测声源工作时的声压级差应至少6 dB，差值大于15 dB时，测量值可不作修正。

注：充电器、适配器等无散热风扇电源产品的噪声，推荐在本底噪声小于10 dB，有效测量区域尺寸长 ≥ 4 m、宽 ≥ 4 m、高 ≥ 4 m的半消声室中测量。

5.5.1.2 测量示意图

测量示意图如图14所示。



注1：对于带散热风扇开关电源，测量电源风扇面；无散热风扇电源产品，测量电源产品所有面。
注2：测试前，电源应在额定负载条件下预热 15 min。

图14 噪声测试示意图

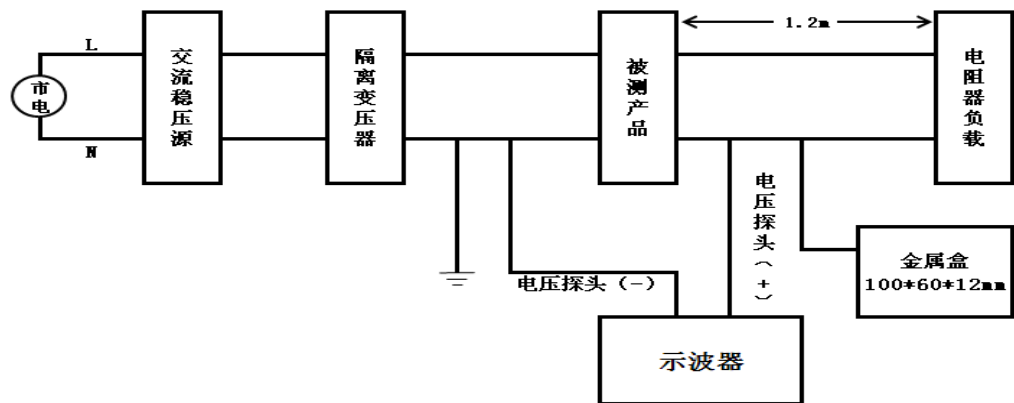
5.5.1.3 测量步骤

频率带宽：100 Hz ~ 20 kHz，使用1/3倍频带；
频率计权网络：A计权；
测试时间：30 s；
待测产品输入条件：依据产品宣称的额定电压值、频率设定；
待测产品负载条件：依据4.4.1的要求设定，无散热风扇开关电源负载以10%额定负载递增。

5.5.2 共模噪声

5.5.2.1 测量示意图

测量示意图如图15所示。



注：金属盒适用于为手机充电的电源产品。

图15 共模噪声测量示意图

5.5.2.2 测量条件

- a) 输入电压应为242Vac/50Hz。
- b) 产品输出负载电阻为10 Ω ，或满载条件下相应的电阻值。

5.5.2.3 测量步骤

a) 将待测产品输入端N线对大地短接，示波器探头“+”极接待测产品输出端负极；探头“-”极接地，调节示波器抓取被测产品输出端对地浮地电压波形，即为低频条件下的共模噪声，如图16所示。

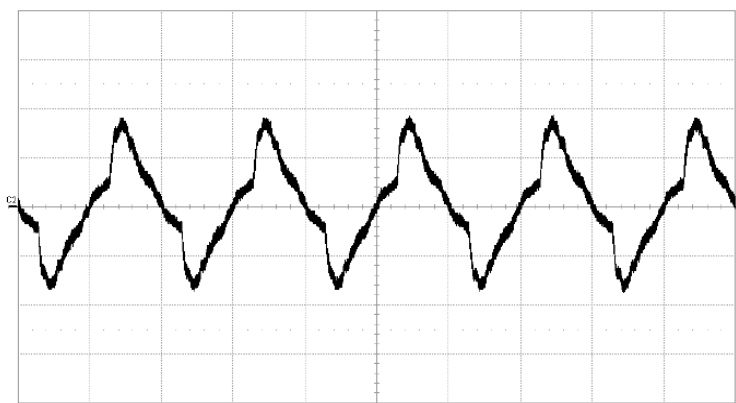


图 16 共模噪声波形示意图（一）

b) 将图16低频共模噪声波形展开一个周期的任意位置，直到出现明显的高低电压波形，如图17所示，测量整个周期中的电压波形，选取最大值。

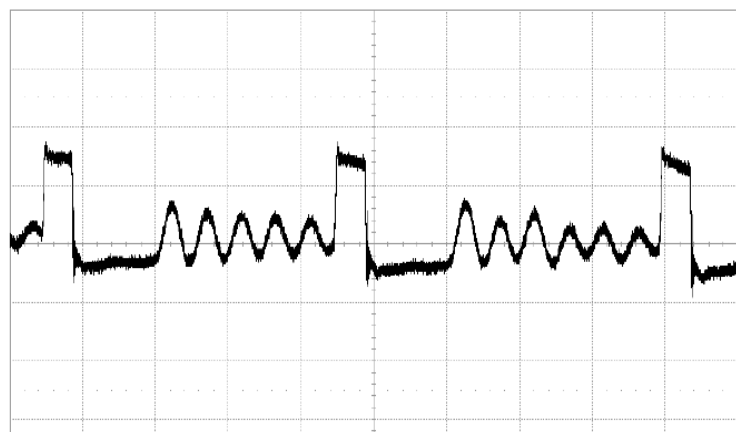


图 17 共模噪声波形示意图（二）

c) 对于脉冲周期小于或等于250 ns的尖峰可忽略,用示波器光标测量高低平台值，所得 Δy 即为共模噪声值。如图18所示。

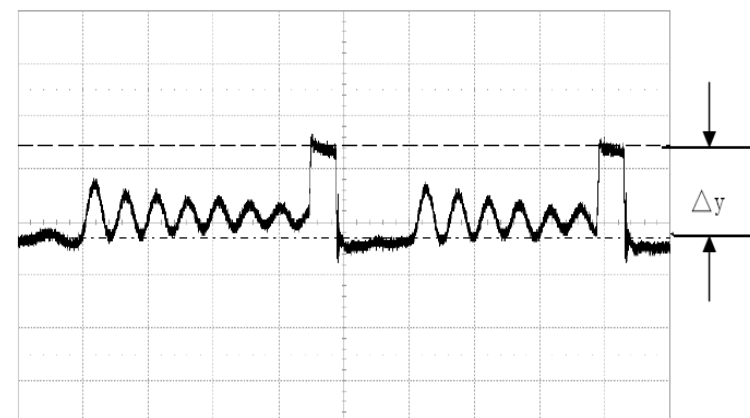


图 18 共模噪声波形示意图（三）

5.6 环境适应性

5.6.1 温度下限

5.6.1.1 工作温度下限

依据GB/T 2423.1 “试验Ad”进行。受试产品须进行初始检测，在温度达到规定工作温度下限值时，接通电源满载工作，持续工作时间16 h，恢复时间为2 h，并进行最后检测。

5.6.1.2 贮存温度下限

依据GB/T 2423.1 “试验Ab”进行。受试产品须进行初始检测，在温度达到规定贮存温度下限值时，受试产品在不工作条件下存放72 h，恢复时间为2 h，然后进行最后检测。

注：为防止试验中试验产品结霜和凝露，允许将受试产品用聚乙烯薄膜密封后进行试验，必要时还可以在密封套内装吸潮剂。

5.6.2 温度上限

5.6.2.1 工作温度上限

依据GB/T 2423.2 “试验Bd”进行。受试产品须进行初始检测，在温度达到规定工作温度上限值时，接通电源满载工作，持续工作时间16 h，恢复时间为2 h，并进行最后检测。

5.6.2.2 贮存温度上限

依据GB/T 2423.2 “试验Bb”进行。受试产品须进行初始检测，在温度达到规定贮存温度上限值时，受试产品在不工作条件下存放72 h，恢复时间为2 h，然后进行最后检测。

5.6.3 恒定湿热

5.6.3.1 工作条件下恒定湿热

依据GB/T 2423.3 “试验Ca”进行。受试产品须进行初始检测，在温度达到规定工作温度、湿度达到规定湿度上限值时，接通电源满载工作，持续时间24 h，恢复时间为2 h，并进行最后检测。

5.6.3.2 贮存条件下恒定湿热

依据GB/T 2423.3 “试验Ca”进行。受试产品须进行初始检测，受试产品在不工作条件下按规定上限贮存温度和湿度存放72 h，恢复时间为2 h，并进行最后检测。

5.6.4 快速温度变化试验

受试产品须进行初始检测，然后将不工作的受试产品放入环境试验箱中，环境试验箱以10 ℃/min的速率升至贮存温度上限值，存放1 h，然后以相同的速率降至贮存温度下限值，存放1 h，为1个周期；共进行12个循环周期，恢复时间为2 h，并进行最后检测。

5.7 环路稳定性

5.7.1 测量示意图

测量示意图，如图19所示。

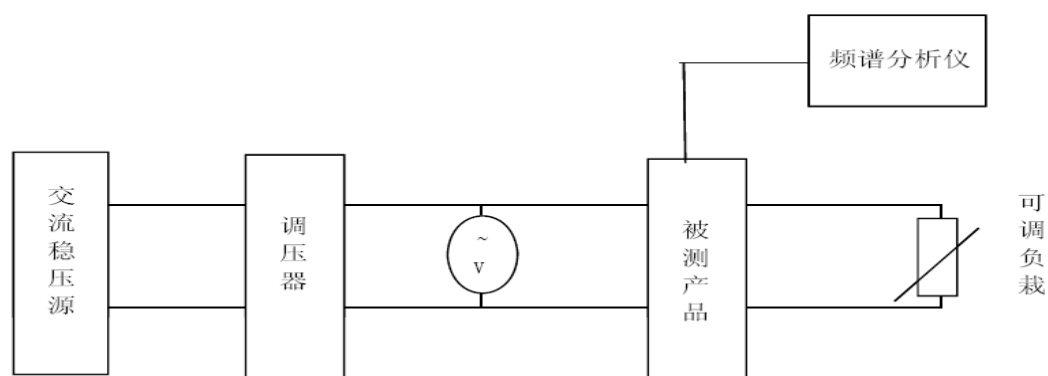


图19 环路稳定性测试示意图

5.7.2 测量步骤

先断开产品的输出端与三端可调分流基准源之间的调整电阻，在调整电阻位置串接一个10Ω至50Ω的电阻，频谱特性分析仪的扫频噪音信号通过此电阻注入到产品的反馈环路中，频谱特性分析仪通过一定的运算后，计算出环路的增益和相位值。

测试应在额定输入电压，输出额定负载条件下进行。

5.8 电磁兼容性

5.8.1 无线电骚扰限值

开关电源的无线电骚扰限值应符合GB/T 9254或有关产品标准的规定。

5.8.2 静电放电抗扰度

试验依据GB/T 17626.2进行，应符合性能判据B。

试验要求：

- a) 对于接触放电，应能通过±2 kV、±4 kV 和±6 kV 的试验等级；
- b) 对于空气放电，应能通过±2 kV、±4 kV 和±8 kV 的试验等级。

5.8.3 浪涌抗扰度

试验依据GB/T 17626.5进行，应符合性能判据B。

试验要求：

- a) 对于AC电源端口试验电平应为 2 kV(线对地)，1 kV(线对线)；
- b) 对于DC电源线上的试验电平应为 1 kV(线对地)，0.5 kV(线对线)；
- c) 试验波形为1.2/50(8/20) μs组合波。

5.8.4 近场射频电磁场抗扰度

近场射频电磁场抗扰度试验依据附录C中表C.1等级，试验结果符合C.9的等级a评定。

5.9 工艺

通过金相切片方法进行测量，具体步骤方法参考附录D。

5.10 电解电容器寿命

5.10.1 测试电解电容器表面温度

电源在额定输入电压、输出80%额定负载、试验温度为(25±3)℃的条件下，对电容器表面温度 T_c 进行测量。

5.10.2 预估电解电容器寿命

电解电容器寿命依据如下公式(12)进行推算。

注：公式中纹波电流系数为推荐系数，温度系数为符合系数。

$$L_x = L_o \times 2^{(T_o - T_c)/10} \times 2^{\Delta T_o \times (1 - (I_x/I_o)^2)/5} \dots\dots\dots (12)$$

- 式中：
- L_x ：电解电容器的预估寿命；
 - L_o ：基准寿命；
 - T_o ：最高额定工作温度(℃)；
 - T_c ：电容器表面温度(℃)；
 - ΔT_o ：施加允许额定纹波电流时的芯子中心发热温升；
 - I_o ：电容器额定纹波电流；
 - I_x ：电容器实际工作纹波电流。

5.11 电子组件降额

5.11.1 电子组件降额试验要求

5.11.1.1 试验环境条件

试验环境条件符合以下要求：

- a) 温度：15℃ ~ 35℃；
- b) 相对湿度：25% ~ 75%；
- c) 气压：86 kPa ~ 106 kPa。

5.11.1.2 样品准备

产品试验前一般应预热15 min。

5.11.1.3 试验用交流稳压电源要求

稳压电源符合以下要求:

- a) 稳定度小于1 %;
- b) 波形失真小于5 %;
- c) 频率变化范围为 ± 1 Hz。

5.11.1.4 试验用示波器要求

示波器符合以下要求:

- a) 带宽不小于500 MHz;
- b) 采样率不小于4 GS/s。

5.11.1.5 试验用负载设备要求

试验应使用可编程电子负载, 如果测试产品为多路输出, 应使用一体化的可编程多路电子负载。

5.11.2 电压、电流、功率降额试验步骤

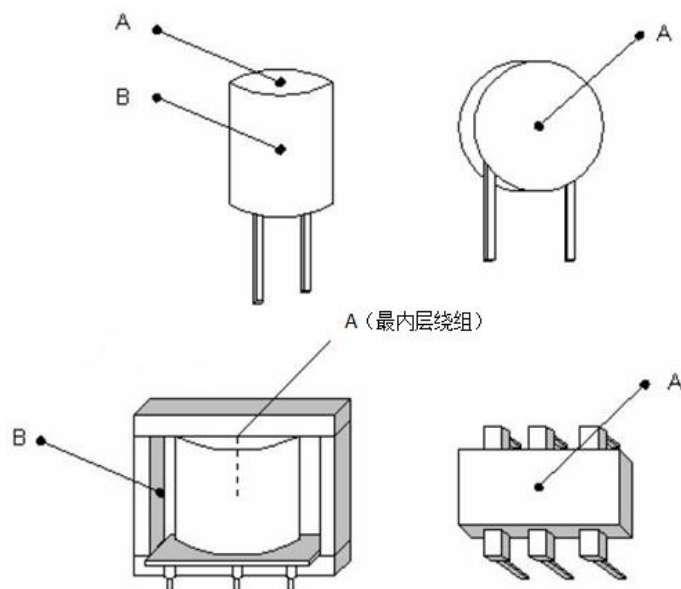
在额定输入电压 $\pm 10\%$ 、负载电流为额定值的条件下, 分别测试在工作状态、开机状态、关机状态下上述电子组件降额。

确保给被测电源提供交流电为单独隔离电源, 不能与测试设备共用一个电源网络, 测试前探头必须做校准归零。电压降额测试时, 示波器带宽应设置为全带宽; 电流降额测试时, 示波器带宽设置为20 MHz。每次应使用一个探头测试一个器件, 不直接与地相连的器件应使用差分探头。

5.11.3 温度降额试验步骤

5.11.3.1 测试位置示意图

器件温度测试位置示意图, 见图20。



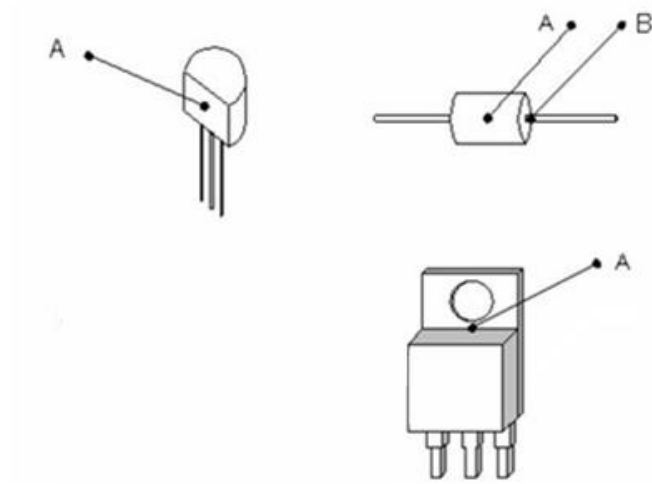


图20 器件温度测试位置示意图

5.11.3.2 测试步骤

在额定输入电压±10 %，输出为额定负载电流条件下测试。

环境温度为制造厂商技术规范允许的最高环境温度或35℃，两者中取较高者。样品的放置与布局尽量接近电源实际的工作场景。

在上述条件下，记录器件温度变化曲线，直到曲线平稳，30 min内温度变化小于1℃，记录上述电子组件的温度。

6 试验项目表

6.1 通用要求试验项目按表 24 规定进行。

表 24 试验项目表

检验项目	要求	试验方法	试验规则		备注
			等级判定	符合性判定	
外观和标识	4.1	5.2	—	●	
一般安全	4.2.1	5.3.1	—	●	
熔断电阻半短路	4.2.2	5.3.2	●	—	适用于熔断电阻产品
吸收回路贴片电容半短路	4.2.3	5.3.3	●	—	
棉被覆盖	4.2.4	5.3.4	●	—	不适用于金属外壳产品
接触不良打火	4.2.5	5.3.5	●	—	仅适用于直插式开关电源产品
接触电流	4.2.6	5.3.6	—	●	适用于给手机或平板电脑供电的II类开关电源
电源适应能力	4.3.1.1	5.4.1.1	●	—	

表 24 试验项目表（续）

检验项目	要求	试验方法	试验规则		备注
			等级判定	符合性判定	
输入冲击电流	4.3.1.2	5.4.1.2	●	—	
稳压范围	4.3.2.1	5.4.2.1		●	不适用于充电器产品
负载稳定度	4.3.2.2	5.4.2.2	●	—	
电压稳定度	4.3.2.3	5.4.2.3	●	—	
纹波和噪声	4.3.2.4	5.4.2.4	●	—	
过冲幅度	4.3.2.5	5.4.2.5	—	●	
维持时间	4.3.2.6	5.4.2.6	●	—	
输入开关机	4.3.2.7	5.4.2.7	●	—	
输出过载保护	4.3.2.8	5.4.2.8.1	—	●	
输出短路保护	4.3.2.8	5.4.2.8.2	—	●	
输出过压保护	4.3.2.8	5.4.2.8.3	—	●	
可听噪声	4.4.1	5.5.1	●	—	适用于家用、办公及类似环境下使用的产品
共模噪声	4.4.2	5.5.2	—	●	适用于为具有触摸屏产品供电的开关电源
工作温度下限	4.5.1.1	5.6.1.1	—	●	
贮存温度下限	4.5.1.2	5.6.1.2	—	●	
工作温度上限	4.5.2.1	5.6.2.1	—	●	
贮存温度上限	4.5.2.2	5.6.2.2	—	●	
工作条件下恒定湿热	4.5.3.1	5.6.3.1	—	●	
贮存条件下恒定湿热	4.5.3.2	5.6.3.2	—	●	
快速温度变化	4.5.4	5.6.4	—	●	
环路稳定性	4.6	5.7	—	●	
无线电骚扰限值	4.7.1	5.8.1	—	●	
静电放电抗扰度	4.7.2	5.8.2	—	●	
浪涌抗扰度	4.7.3	5.8.3	—	●	
近场射频电磁场抗扰度	4.7.4	5.8.4	●	—	
工艺	4.8	5.9	—	●	
电解电容寿命	4.9	5.10	—	●	
注：“●”表示适用，“—”表示不适用。					

说明：当检测结果仅做符合性判断时，应满足技术规范要求；当检测结果需要进行等级判定时，应依据检验规范的要求进行等级判定。

6.2 电子组件试验项目按表 25 规定进行。

表 25 电子组件降额试验表

电子组件	试验规则		备注
	必测	推荐	
碳膜/金属膜电阻器	—	●	—
金属氧化膜电阻器	—	●	—
线绕电阻器	—	●	—
表面贴装电阻器	—	●	—
热敏电阻器	—	●	—
陶瓷电容器	—	●	—
塑胶膜电容器	—	●	—
铝电解电容器	●	—	输入高压滤波功能的铝电解电容器为必测，其它为推荐
固体电解质铝电容器	●	—	—
固体钽电容器	—	●	—
光电耦合器	—	●	—
发光二极管	—	●	—
三极管	●	—	功率转换功能
金属-氧化物-半导体场效应管	●	—	功率转换功能
普通二极管	—	●	—
肖特基二极管	●	—	功率转换功能
整流二极管	●	—	功率转换功能
瞬态吸收二极管	—	●	—
驱动、脉冲宽度调制、运算放大器、微分比较器	●	—	主电路控制功能
变压器绕线	●	—	功率转换功能
电感绕线	●	—	功率转换功能、EMI 滤波

铁粉芯磁芯	●	—	功率转换功能、EMI 滤波
-------	---	---	---------------

表 25 电子组件降额试验表（续）

电子组件	试验规则		备注
	必测	推荐	
铁氧体磁芯	●	—	功率转换功能、EMI 滤波
钼皮合金粉末、高磁通密度铁镍磁粉芯、非晶态磁芯	—	●	—
熔断器	●	—	—
USB母座	—	●	—

附录 A

(规范性附录)

故障判据

A.1 故障定义和解释

依据GB/T 5271.14规定的定义，出现以下情况之一均视为故障：

- a) 试验产品在规定的条件下，出现一个或几个性能参数超过规定要求；
- b) 试验产品在规定的应力范围内工作，由于机械零件、结构件的损坏或失灵，或出现了元器件的失效，而使试验产品不能完成其规定的功能。

A.2 故障分类

A.2.1 关联性故障

关联性故障是试验产品预期会出现的故障，通常都是由产品本身条件引起的。它是在解释试验结果时必须计入的故障。

A.2.2 非关联性故障

非关联性故障是试验产品出现非预期的故障，这类故障不是由产品本身条件引起的，而是试验要求之外引起的，非关联性故障在解释试验结果和计算可靠性特征值时不计入。但应在试验中做记录，以便于分析与判断时参考。

A.3 关联性故障判据

以下故障为关联性故障：

- a) 必须更换元器件、零部件、外围设备等才能使系统恢复正常运行；
- b) 必须修理、调整接插件、电缆、插头和消除短路及接触不良，才能恢复正常运行；
- c) 不是由同一因素引起的，而同时发生两个以上（含两个）的故障，应记为两个或两个以上的关联性故障。若由同一因素引起，则不论出现几次故障，均记为一次关联性故障；
- d) 由于试验产品本身原因，试验中出现危及测试、维护和使用人员的安全，或造成试验产品设备严重损坏的故障。一旦出现，应立即拒收或判定不合格。

A.4 非关联性故障判据

以下故障为非关联性故障：

- a) 因试验条件变化超出规定范围（电网波动太大、温度波动太大、严重电磁干扰和机械冲击、振动等）所引起的故障；
- b) 因人为操作失误而使样机出现故障；
- c) 由于误判而更换元器件、零部件，或在检修过程中，由于人为因素而造成的故障；
- d) 根据产品有关技术规定，允许调整的部位（零部件、元器件等）未调整好而引起的故障；
- e) 被确定是软件程序差错而造成的故障；
- f) 若出现不正常情况，不需修理，停机0.5 h后能自动恢复正常运行，每发生累积三次此类事件，则记为一次非关联性故障；

g) 有寿命指标要求的部件，在寿命期以外出现的故障。

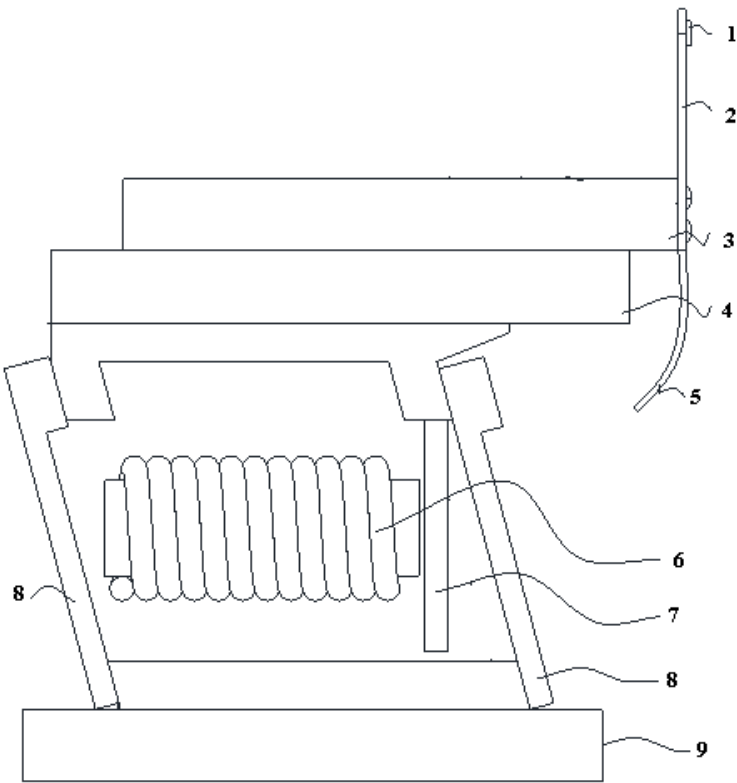
A.5 判定

承担试验检测的单位，根据失效分析和产品标准及相关标准可以做出关联性故障或非关联性故障的判定。

附 录 B
(资料性附录)
接触不良打火

B.1 测量工装原理图

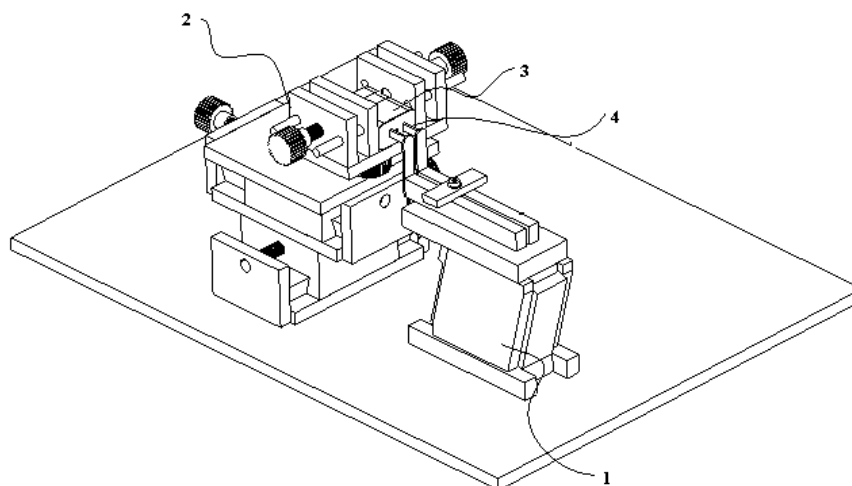
测量工装原理，如图 B.1 和图 B.2 所示。



说明：

- | | |
|-------------|---------|
| 1——铂金接触点； | 6——电磁铁； |
| 2——弹片； | 7——磁吸件； |
| 3——绝缘固定杆； | 8——板弹簧； |
| 4——绝缘板； | 9——底座。 |
| 5——输入电源连接线； | |

图 B.1 接触不良打火测试原理示意图（电磁振动部件）



说明：

1——电磁振动部件；

3——待测产品；

2——产品夹持部件；

4——待测产品输入插头插片。

图 B.2 接触不良打火测试工装示意图

工作原理：

a) 接触不良打火测试工装的电磁铁通过电流时，吸合磁吸件，磁吸件与绝缘板、绝缘杆、弹片等固定在一起，从而实现连动，继电器断电时，在板弹簧的作用下恢复原位，如此往复；

b) 图 B.1 中的1（铂金接触触点）与图 B.2 中的4（待测产品输入插头插片）之间产生电弧打火现象；

c) 接触不良打火测试工装，通过改变通过电磁铁电流的频率、强弱来改变接触打火的频率、触点的位移幅度；

d) 测试工装打火频率应包含0~100 Hz，幅值0~1 mm且连续可调；

e) 此装置的打火实现方式为推荐性，功能实现即可。

B.2 试验方法

试验方法如下：

a) 在环境温度为 $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ 条件下，将待测产品夹持到测试工装，输入电压为额定输入电压上限的110%，输出为额定负载；

b) 设置测试频率为0 Hz，通电1 h；

c) 设置测试频率为5 Hz，调整到合适幅度，使交流输入插头的插片与工装的接触触点出现明显打火现象；

d) 以5 Hz为步进提高频率，持续打火工作0.5 h；

e) 重复上述步骤，如果产品损坏或测试频率达到50 Hz，则试验结束。

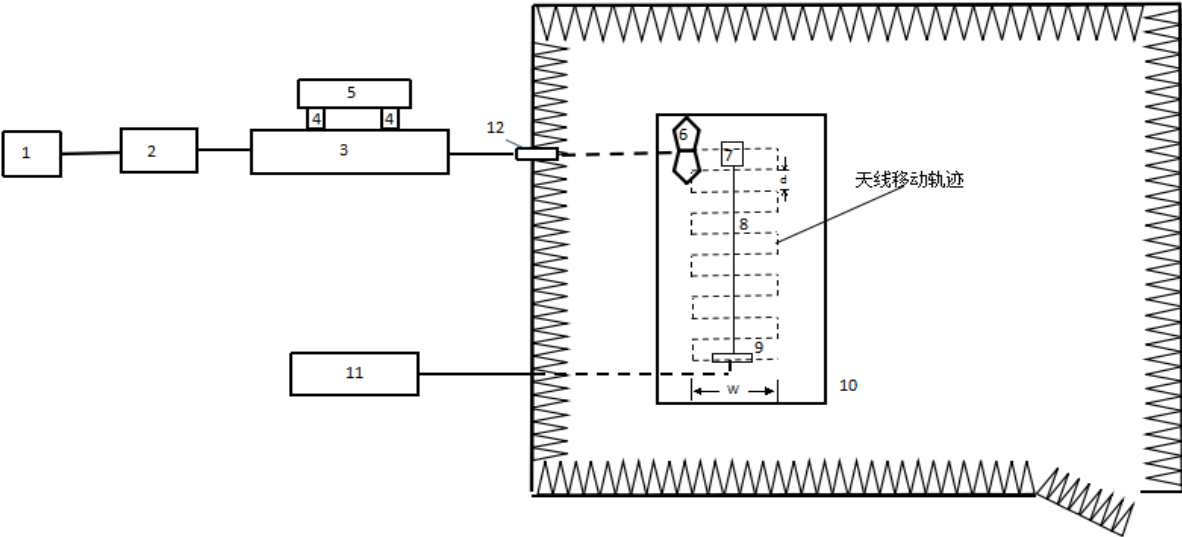
附录 C
(规范性附录)
近场射频电磁场抗扰度

C.1 试验目的

随着对讲机、手机、蓝牙产品、无线路由器等射频产品的日益普及，开关电源通常与射频终端在近距离条件下共同使用。本部分的目的主要是建立评估开关电源在近距离受到射频终端所产生的射频电磁场干扰时的抗扰性能的试验方法和评定依据。

C.2 试验原理

本试验的基本原理，主要是通过一个小型天线模拟产生如对讲机、手机、蓝牙产品、无线路由器等射频终端所产生的射频电磁场，然后将天线靠近待测品，监测待测品的工作状态，评估待测品在近距离靠近射频产品时的抗干扰能力。试验原理框图如图C.1所示。



- 说明：
- | | |
|-----------|---------------------|
| 1——信号发生器； | 7——待测物； |
| 2——功率放大器； | 8——待测物至辅助设备连接线； |
| 3——定向耦合器； | 9——辅助设备（模拟负载或终端系统）； |
| 4——功率传感器； | 10——非导电测试平台； |
| 5——功率分析仪； | 11——监测设备； |
| 6——天线； | 12——穿墙连接器。 |

图C.1 测试原理框图

C.3 试验等级

设定试验等级如表C.1所示：

表C.1 近场抗扰度试验等级

频段	频带 MHz	步进 MHz	测试严酷等级		调制类型
			W		
			等级		
			1级	2级、3级	
1	360~480	5	9.0	4.5	PM, 18 Hz, 50%
2	600~1000	10	14.0	7.0	PM, 217 Hz, 12.5%
3	1400~1950	20	3.0	1.5	PM, 217 Hz, 12.5%
4	1950~2200	20	1.5	0.75	PM, 217 Hz, 12.5%
5	2400~2500	20	0.2	0.1	PM, 1 600 Hz, 50%
6	2500~2700	20	0.5	0.25	PM, 217 Hz, 12.5%
7	3300~4200	20	0.5	0.25	PM, 217 Hz, 12.5%
8	4400~5000	50	0.5	0.25	PM, 217 Hz, 12.5%
9	5150~5850	50	0.5	0.25	PM, 217 Hz, 12.5%
注：具体测试频点可参考待测物靠近的发射源（如手机）工作频率点进行适当调整，更有效的模拟真实场景。					

C.4 试验场地

由于试验所产生的信号场强高，应在全电波暗室中进行试验，以便遵守有关禁止对无线通信干扰的规定。全电波暗室屏蔽性的主要要求如下：

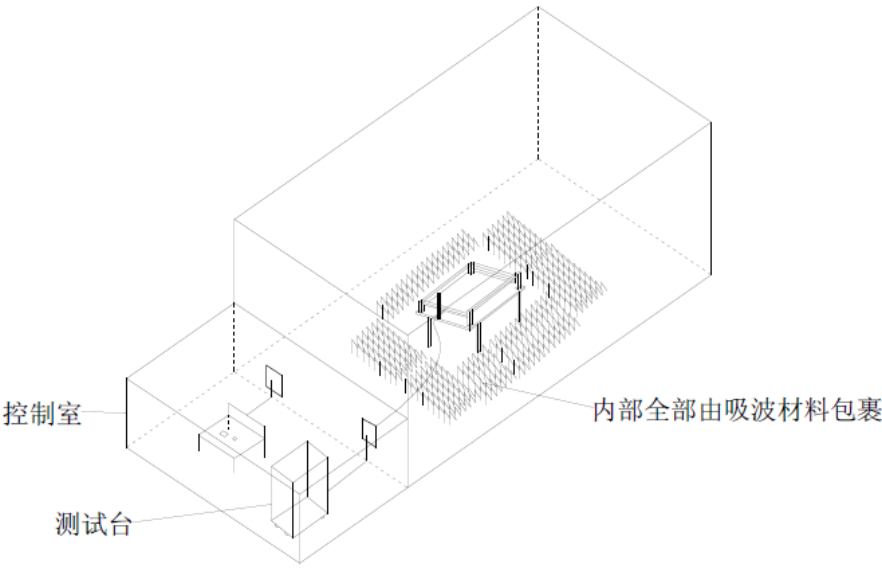
a) 依据GB/T 12190—2006，其屏蔽性能指标满足如表C.2 要求：

表 C.2 屏蔽性能指标

场	频率	屏蔽性能 dB
磁场	14 kHz	60
磁场	200 kHz	80
电场	15 MHz	100
平面波	450 MHz	100
平面波	1 000 MHz	100
微波	1 GHz ~ 6 GHz	90

b) 入射最大反射率 (dB) : > -10 dB。

全电波暗室应具有足够的空间以适应待测物尺寸和对试验场强的充分控制。相关全电波暗室应适合安放发生场强的设备、监视设备。试验设备如图C.2 所示。



图C.2 典型的测试设备举例

- c) 电波暗室：推荐尺寸如图C.6所示，其中：
- 无论是被测物还是测量天线都能保证：
 - 天线和被测物与吸波材料之间最小距离：0.5 m；
 - 天线和被测物与屏蔽墙之间最小距离：1.5 m。

C.5 试验设备

C.5.1 射频信号产生设备

- 信号源：能满足表C.1中的频段要求和调制要求。
- 功率放大器：放大信号及提供天线输出所需要的场强电平，要覆盖试验的频率范围，放大器产生的谐波和失真电平应比载波电平至少低15 dB。

C.5.2 发射天线

天线选用需满足表C.1中的频段要求，电压驻波比小于4:1，天线的电压驻波比必须与射频源的设计相匹配。

C.5.3 射频功率监测设备

应使用功率计测量输入给天线的功率，测量并记录前向功率和反射功率。

C.5.4 操控天线的执行器和监测设备

- 操纵天线的执行器应尽量不影响待测物的电磁特性。
- 监测待测物对电磁干扰响应的监测设备应使用光纤或高阻抗导线连接。如使用其它类型的连接，应尽量减少线间的相互作用，并记录导线的布置方向、长度和位置以确保试验结果的可复现性。
- 应避免监测设备同待测物之间的任何电连接可能引起的待测物误动作。

C.6 试验布置

待测物应摆放在0.8 m高的绝缘试验平台上，并尽可能在实际工作状态下运行。
待测物与辅助设备的布线应按照厂商推荐的规程进行。若无规定，应使用非屏蔽的平行导线。
待测物至辅助设备的最大距离为0.8 m，待测物与辅助设备连接线按如下要求处理：

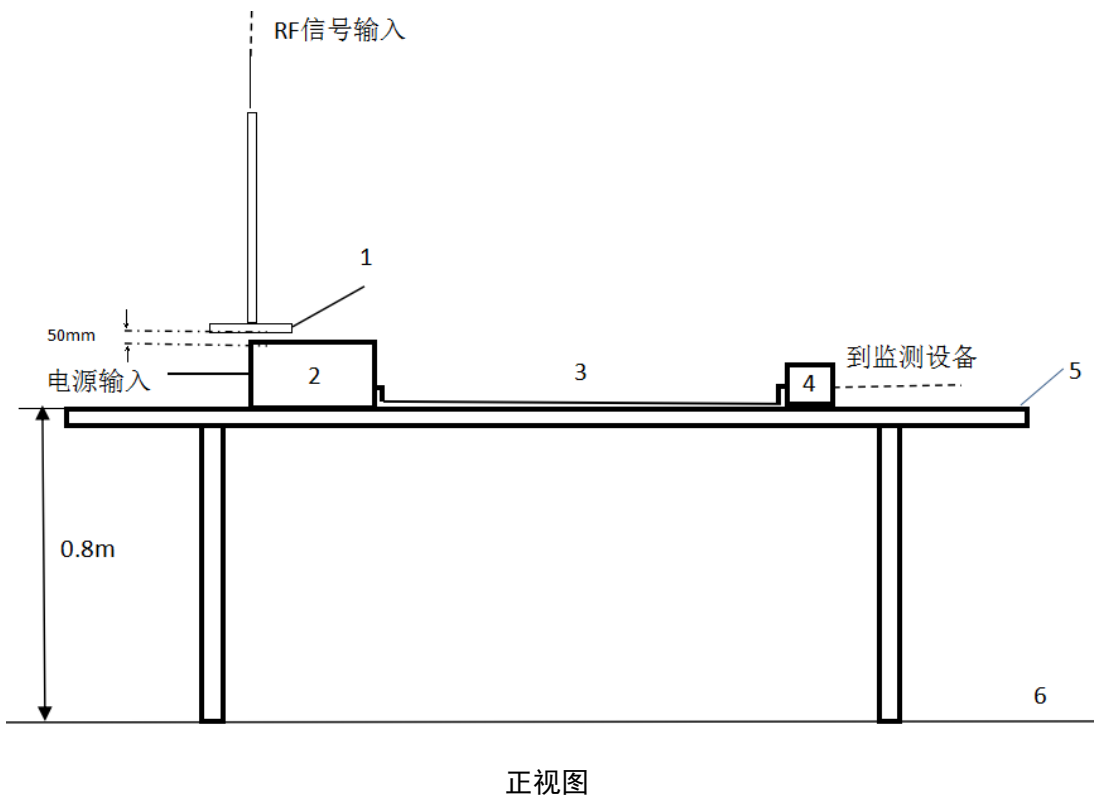
- a) 使用生产厂规定的导线类型和连接器；
- b) 如果生产厂规定导线长度不大于0.8 m，则按生产厂规定长度用线，导线需拉直摆放；
- c) 如果生产厂规定导线长度大于0.8 m，或未规定，导线捆扎成0.8 m长的无感线束。

天线及待测物和其他金属性结构除接地平板外之间的距离最小1 m。

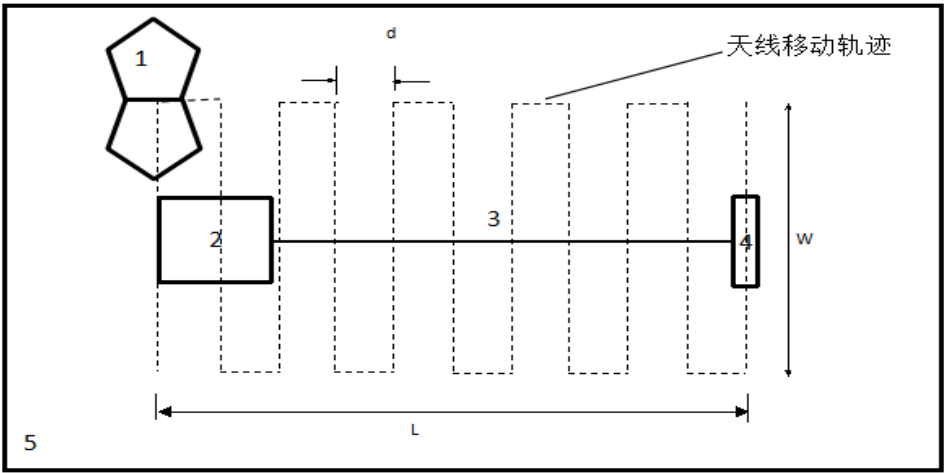
天线在待测物上方，并且发射面平行于接地面。以待测物至辅助测试设备及连接线为中心线做方波匀速运动。测试前要根据待测物与附属设备及其相连接的线束尺寸来确定天线运行所覆盖的面积。

天线到待测物的距离为50 mm。若待测物及附属设备和连接线缆所构成的最简几何图形面积小于100 mm×100 mm，则只需将待测物置于天线正下方即可，无需移动天线；否则，天线移动轨迹的长度L以及宽度W所包围的覆盖面积，应该不小于待测物及附属设备和连接线缆所构成的最简几何图形的面积。此时，天线移动的步进距离为100 mm。

测试布置示意图如图 C.3所示。



图C.3 测试布置示意图



俯视图

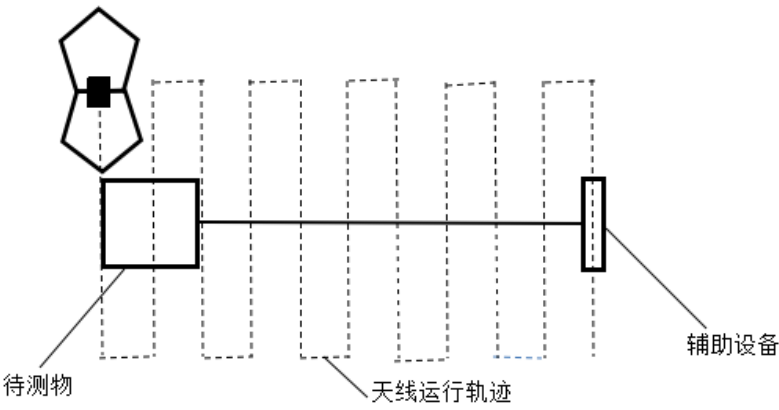
- 说明：
- | | |
|-----------|----------------------|
| 1---天线； | 4---辅助设备（模拟负载或终端系统）； |
| 2---待测物； | 5---绝缘测试平台； |
| 3---连接线缆； | 6---参考地。 |

图C.3 测试布置示意图（续）

C.7 试验程序

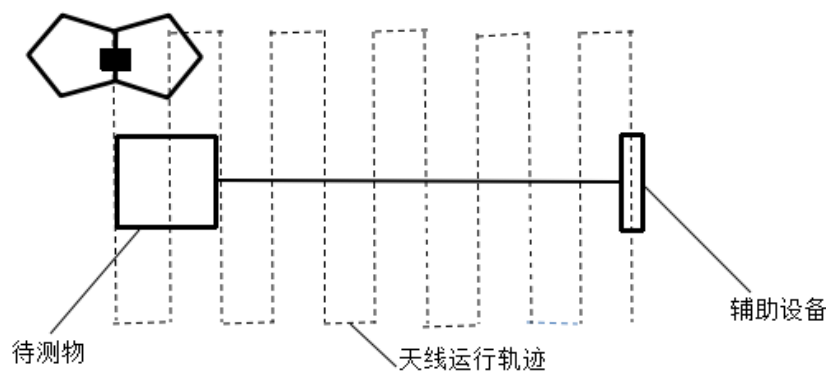
待测物和辅助设备及其连接线束等的整体布局作为试验条件。
待测物应在最典型的条件下进行试验，即至少在待机模式和待测物所有功能处于工作的模式下进行试验。
一般的，对待测物典型放置使用时的各个侧面进行测试，尤其针对待测物内PCB平行于天线平面的侧面进行测试。

- 对于每一个测试面，天线分互相垂直的两个极化进行。
在天线端施加表C.1所示的干扰信号。详细的测试步骤如下所述：
- a) 将待测物按C.6要求进行放置，并使待测物工作在典型条件下；
 - b) 施加试验计划规定的严酷等级，使天线在待测物与附属设备及线束上方沿图C.4中所示虚线移动，虚线尺寸应符合C.6中的覆盖要求；
 - c) 监测天线移动过程中待测物工作状态；



图C.4 垂直极化测试示意图

d) 天线水平旋转90°，如图C. 5所示；



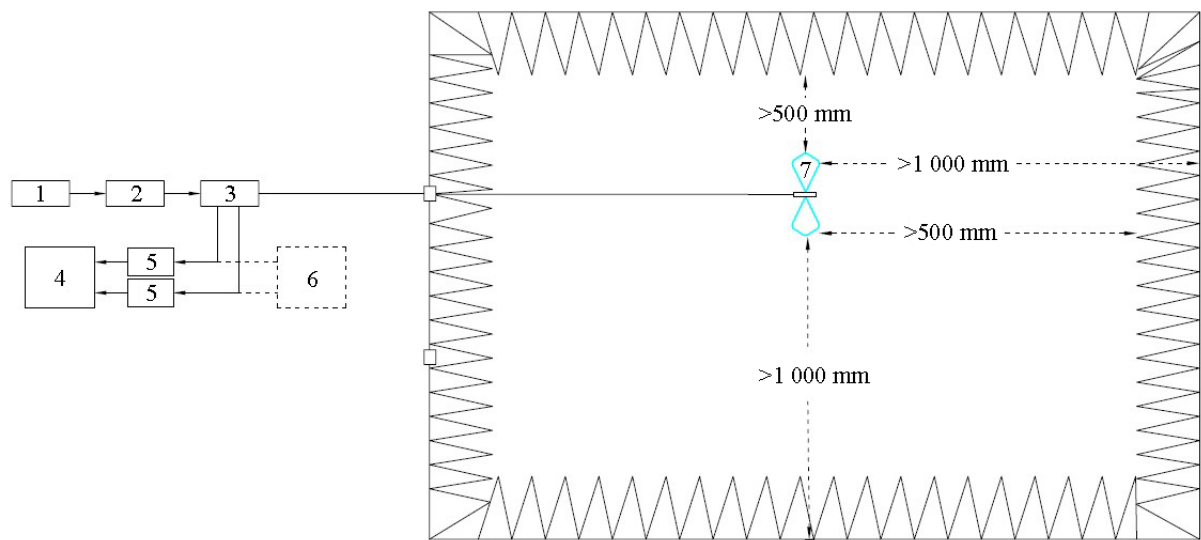
图C. 5 水平极化测试示意图

e) 重复a~c步骤。

C. 8 场校准

场校准的目的是为确保待测物周围的场充分均匀，以保证试验结果的有效性。校准过程中不进行调制，以保证传感器指示正常。

在测试之前，按照图C. 6所示要求进行布置。天线任意一个位置距吸波材料最少500 mm，距离接地平面，天线线缆，试验室屏蔽层最少1000 mm。



说明；

- | | |
|-----------|-----------|
| 1——信号发生器； | 5——功率分析仪； |
| 2——RF放大器； | 6——频谱分析仪； |
| 3——定向耦合器； | 7——天线。 |
| 4——功率传感器； | |

图C. 6 场校准示意图

另外，图C.6所示的试验参数可由式（C.1）和（C.2）计算得来：

$$P_{\text{ant, NET}} = A \cdot P_{\text{meas, FWD}} - \frac{1}{A} \cdot P_{\text{meas, REFL}} \dots\dots\dots (C. 1)$$

$$A = \frac{P_{\text{ant, FWD}}}{P_{\text{meas, FWD}}} \dots\dots\dots (C. 2)$$

式中：

- $P_{\text{ant, NET}}$ ——即表 C.1 中所示的功率，也就是输送给天线的功率；
- $P_{\text{meas, FWD}}$ ——在定向耦合器测得的正向功率；
- $P_{\text{meas, REFL}}$ ——在定向耦合器测得的反射功率；
- $P_{\text{ant, FWD}}$ ——在天线端测得的正向功率；
- A ——线缆衰减（ $A < 1$ ）。

C.9 试验结果的评定

试验结果应按待测物的功能丧失或性能降级进行分类。这些分类与制造商、试验申请者规定的，或制造商与用户之间商定的性能等级有关。推荐的分类如下：

- a) 在制造厂或委托方或客户规定的技术规范限值内性能正常；
 - b) 功能暂时丧失或性能暂时降低，但在骚扰停止后待测物能自行恢复，无需操作者干预；
 - c) 功能暂时丧失或性能暂时降低，但需操作者干预才能恢复正常；
 - d) 因硬件或软件损坏，或数据丢失而造成不能够自行恢复至正常状态的功能降低或丧失。
- 制造商的技术规范中可以规定对待测物的影响哪些可以忽略哪些可以接受。

附 录 D
（资料性附录）
金相切片样品制备流程和方法

D.1 取样

将样品从相应区域切割下来，要预留足够的空间避免损坏所测试的区域（推荐最小区域为2.54 mm）。用90 %以上浓度的异丙醇彻底清洗样品表面，防止样品表面焊剂或油的残留导致灌密封胶和样品贴合度不够而产生间隙。清洗镶样模具表面，然后做干燥处理。在研磨抛光机上去除样品边缘倒刺、边缘，保障与镶样模具表面平行。

D.2 镶嵌

使用样品支撑件使样品直立在镶样模具中心，灌胶过程中同样保持直立状态。

镶样后，切片应达到以下要求：

- a) 灌密封胶是硬质且无粘性的；
- b) 灌胶内气泡尽可能小；
- c) 灌密封胶和样品之间没有间隙；
- d) 通孔被灌胶填满。

D.3 研磨

在粗砂纸上磨掉切片边缘尖锐部分，使试样表面大致平整；研磨抛光机转速为200 rpm~300 rpm，依次使用从粗到细的不同尺寸（比如：180、240、320、400、600 号）的砂纸研磨，每更换一次砂纸，将切片表面旋转90°。研磨过程中保证充足的流动水，以免过热对样品造成损害，细研磨（400、600 号）应进行更多时间。

D.4 抛光

使用粗细不同的（比如：3/1/0.25 μm）金刚石抛光液进行抛光处理，最好用硬质不起绒织布（也可选用硅胶和矾土）进行。

研磨和抛光的过程中，要注意观察切片表面划痕，如划痕处理程度不够再次进行研磨抛光前，要用流动自来水清洗切片表面，过滤风枪吹干，防止表面颗粒残留，影响后续步骤。

研磨抛光后，切片应达到以下要求：

- a) 切片表面没有比最后一次抛光还大的刮痕；
- b) 样品与固定环平齐；
- c) 切片观察部位没有脏污；
- d) 横断面要穿过通孔的中心线；
- e) 不对样品玻璃纤维造成明显损伤。

D.5 微蚀

通过棉棒或浸没的方式对切片表面进行腐蚀，使得不同的镀层之间有一道清晰的分层线，过度的腐蚀会造成界面线不清晰或线条变宽。

D.6 观察

切片后的样品常用体视显微镜或者金相显微镜观察检测，记录相关照片，也可以用扫描电镜或能谱观察形貌与分析成分。应最少测量3个通孔，记录测量镀层厚度和镀层质量，镀层厚度测量不应在镀瘤空洞裂缝处测量。

参 考 文 献

- [1] GB/T 14714-2008 微小型计算机系统设备用开关电源通用规范
 - [2] SJ/T 11530-2015 信息技术 开关型电源适配器通用规范
 - [3] JB/T 12148-2015 家用和类似用途带USB充电接口的插座
 - [4] GB/T 35590-2017 信息技术 便携式数字设备用移动电源通用规范
 - [5] YD/T 1591-2009 移动通信终端电源适配器及充电 / 数据接口技术要求和测试方法
 - [6] IPC-9592B-2012 计算机和电信行业电源转换装置的要求 (Requirements for power conversion devices for the computer and telecommunications industries)
 - [7] NB/T 10297-2019 交流-直流开关电源电子组件降额技术规范
-