

ICS 45.020
S 61

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2311—2008

代替 TB/T 2311—2002

铁路信号设备用浪涌保护器

Surge protective devices for Railway signal system

2008-09-06 发布

2008-09-06 实施

中华人民共和国铁道部 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 使用环境条件	4
5 SPD 的结构和分类	4
6 技术要求	7
7 试验的一般要求	12
8 试验方法	13
9 检验规则	23
10 标志、包装、运输和贮存	26
附录 A(规范性附录) 浪涌保护器派生产品的绝缘要求	28

前 言

本标准参考了 IEC 61643-1:2005《低压供电系统浪涌保护器 第一部分:性能及试验方法》、IEEE Std C 62.36—2000《数据、通信、信号电路用浪涌保护器的试验方法》、ITU-T(国际电信联盟—通信) K.36:1998《保护装置的选择》等国外标准。

本标准代替 TB/T 2311—2002 铁路电子设备用防雷保安器。

本标准与 TB/T 2311—2002 比较主要变化如下:

——增加了热稳定性试验、冲击开路试验、耐热试验、着火危险性试验(灼热丝试验)、动作负载试验。

——增加了电源 SPD 的暂时过电压(TOV)特性试验等安全测试项目。

本标准附录 A 为规范性附录。

本标准由西安全路通号器材研究所提出并归口。

本标准起草单位:中国铁道科学研究院通信信号研究所、铁道部标准计量研究所、西安全路通号器材研究所。

本标准主要起草人:邱传睿、付茂金、郭丽梅、吴仑、王州龙、魏建国、安乾栋。

本标准所代替的历次版本发布情况:

——TB/T 2311—1992

——TB/T 2311—2002

铁路信号设备用浪涌保护器

1 范 围

本标准规定了铁路信号设备用浪涌保护器(Surge protective device 简称 SPD)的定义、分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于铁路信号设备为防止雷电电磁脉冲感应损害的浪涌保护器制造、维修、检验与评定。铁路系统其他电子设备(通信设备、计算机信息系统设备)的浪涌保护器可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方面研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2423.1—2001 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温(idt IEC 60068-2-1:1990)

GB/T 2423.2—2001 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温(idt IEC 60068-2-2:1974)

GB/T 2423.4—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Db:交变湿热试验方法(eqv IEC 60068-2-30:1980)

GB/T 2423.10—1995 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc 和导则:振动(正弦)(idt IEC 60068-2-6:1982)

GB/T 2423.21—1991 电工电子产品基本环境试验规程 试验 M:低气压试验方法(neq IEC 60068-2-13:1983)

GB 4208—1993 外壳防护等级(IP代码)(eqv IEC 60529:1989)

GB/T 5169.10—2006 电工电子产品着火危险试验 第10部分:灼热丝/热丝基本试验方法灼热丝装置和通用试验方法(IEC 60695-2-10:2000, IDT)

GB/T 10193—1997 电子设备用压敏电阻器 第1部分:总规范(idt IEC 61051-1:1991)

GB/T 17627.1—1998 低压电气设备的高电压试验技术 第1部分:定义和试验要求(eqv IEC 61180-1:1992)

GB/T 18802.311—2007 低压电涌保护器元件 第311部分:气体放电管(GDT)规范(IEC 61643-311:2001, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

浪涌保护器 surge protective device, SPD

用以限制瞬态过电压以及泄放浪涌电流的装置,它至少包含一个非线性元件。

3.2

电压限制型 SPD voltage limiting type SPD

在无浪涌时呈高阻态,但随着浪涌的增大,其阻抗不断降低的一种 SPD。用作这类非线性装置的常

见器件有压敏电阻、箝位二极管、瞬态二极管等。这类浪涌保护器有时也称为“箝位型”。

3.3

电压开关型 SPD voltage switching type SPD

在无浪涌时呈高阻抗,当出现电压浪涌时其突变为低阻抗。通常采用放电间隙,气体放电管,晶闸管(可控硅整流器)和三端双向可控硅等元件作这类 SPD 的组件。有时称这类 SPD 为“开关型”。

3.4

组合型 SPD combination type SPD

由电压开关型器件和限压型器件组合而成的一种 SPD。依据所加电压的特性,它可呈现出电压开关的特性或电压限制的特性或者这两者都有的特性。

3.5

保护模式 modes of protection

用于描述 SPD 在线路接入方式的术语。分共模保护(又称纵向保护)、差模保护(又称横向保护)和全模保护。共模保护:SPD 接入线路与地间。差模保护:SPD 接入线路与线路间。全模保护:既有共模保护又有差模保护的一种保护模式。

3.6

标称电压 U_N nominal voltage U_N

供电系统向用电设备提供的电压。我国工频交流电源相线对中性线的标称电压为 220V(r.m.s)。其余系统根据工作电压的性质和幅值,用直流或交流有效值表示。

3.7

最大持续运行电压 U_C maximum continuous operating voltage U_C

允许持久地施加在 SPD 的各种保护模式上的最大交流电压有效值或直流电压。该值由制造商设定,又可称为“SPD 设定电压”。

3.8

标称导通电压 U_n Nominal conductive voltage U_n

在施加恒定 1mA 直流电压时,不含串联间隙的两端或三端 SPD(仅含压敏电阻 SPD)两受试端间的电压。含串联间隙的两端或三端 SPD,在增加直流电压时若发生电压跌落,将直流电流调整到 1mA 时两受试端间的电压。

3.9

直流点火电压 U_G d.c. spark-over voltage U_G

用直流电压测试时,放电管的放电电压,用 U_G 表示。

3.10

压敏电压 U_v aristor voltage U_v

在规定温度和直流参考电流下测得的压敏电阻两端的电压值,也称为直流参考电压。仅含压敏电阻 SPD 的标称导通电压即为压敏电压。

3.11

标称放电电流 I_n nominal discharge current I_n

SPD 不发生实质性破坏而能通过规定次数具有 8/20 μ s 波形的电流峰值。

3.12

最大放电电流 I_{max} maximum discharge current I_{max}

能够流过 SPD 的、具有 8/20 μ s 波形的最大放电电流峰值; I_{max} 大于 I_n 。

3.13

残压 U_{res} residual voltage U_{res}

放电电流通过 SPD 时,在其端子间的电压峰值。

3.14

限制电压 **measured limiting voltage** U

在规定波形和幅值作用下在 SPD 端子间测量到的残压最大值。本标准中,电源 SPD 用 8/20 μs 电流波形 3 kA 测试时、铁路信号设备用 SPD 用 10/700 μs 电压波形 5 kV 测试时、模拟和数字信号用 SPD 用 10/700 μs 电压波形 1 kV 测试时的限制电压,为基础限制电压 U_B 。

3.15

电压保护水平 U_P **voltage protection level** U_P

表征 SPD 浪涌抑制能力的一个参数。它由制造商从规定的优选值系列中选取。

3.16

冲击放电电压 U_{imp} **sparkover voltage with voltage impulse** U_{imp}

含间隙 SPD 的线路端子与接地端子间施加上升速率为 1 kV/ms 的电压波冲击时,SPD 击穿时的峰值电压。

3.17

续流 I_f **follow current** I_f

冲击放电电流通过后,由电源系统流入 SPD 的电流。续流使 SPD 继续导通,它与持续工作电流有明显的区别。

3.18

额定负载电流 I_L **rated load current** I_L

串联型电源 SPD 的输出端能为被保护负载提供的最大持续交流有效值或直流电流值。

3.19

电压调整率(用百分比表示) **voltage drop, $\Delta U\%$**

串联型电源 SPD 接入电源线路后,SPD 电压降落和输入电压之比的百分数。

$$\Delta U\% = [(U_{\text{in}} - U_{\text{out}}) / U_{\text{in}}] \times 100\%$$

注: U_{IN} 和 U_{OUT} 分别是串联型 SPD 在电阻性的额定负载电流条件下,同时测得的输入端电压值与输出端电压值。

3.20

暂时过电压(TOV) U_T **temporary overvoltage** U_T

具有一定幅值和持续相对长时间的工频过电压。

3.21

暂时过电压(TOV)特性 **temporary overvoltage(TOV) characteristic**

SPD 承受一个暂时过电压 U_T 至规定持续时间 t_r 时的工作状况。

3.22

热崩溃 **thermal runaway**

SPD 承受的功率损耗超过外壳和连接器件的散热能力,引起内部元件温度逐渐升高,最终导致其损坏的过程。

3.23

热稳定性 **thermal stability**

描述 SPD 在动作负载试验时引起温度上升后,在规定的持续运行电压和规定的环境条件下,SPD 温度随时间而下降的情况。

3.24

劣化 **degradation**

由于浪涌、使用或不利环境影响造成 SPD 原始性能参数变坏的现象。

3.25

动作负载试验 operating duty test

按照所规定的试验程序和条件,在规定幅值的电源电压下向 SPD 施加规定次数和幅值的冲击电流,以考核 SPD 在实际运行条件下浪涌耐受能力的一种试验。

3.26

SPD 的脱离器 SPD disconnecter

当 SPD 劣化或损坏时,使其从电源或信号系统断开的一种装置(内部的和/或外部的)。

注:这种断开装置不需要具有隔离能力,它防止系统持续故障并可用来给出 SPD 故障的指示。除了具有脱离器功能外,还可具有其他功能,例如过电流保护功能和热保护功能。这些功能可以组合在一个装置中或由几个装置来完成。

3.27

外壳防护等级(IP 代码) degrees of protection provided by enclosure(IP code)

外壳提供的防止触及危险的部件、防止外界固体异物进入和/或防止水进入壳内的保护程度(见 GB 4208—1993)。

3.28

插入损耗 α_e insertion loss α_e

在传输系统中插入一个 SPD 所引起的损耗。它是 SPD 插入前,后面的系统部分的功率与插入后传递到同一部分的功率之比。通常用分贝(dB)表示。

3.29

最大数据传输速率 maximum data transmission rate

用于数据传输系统的 SPD,接入传输数字信号的被保护系统传输线后,插入损耗不大于规定值的上限数据传输速率。

3.30

误码率 bit error ratio

用于数据传输系统的 SPD,在给定时间内,误码数与所传递的总码数之比。

3.31

传输频率 f_G transmission frequency f_G

通道 SPD 介入传输模拟信号的被保护系统传输线后,插入损耗不大于规定值的上限模拟信号频率。

3.32

绝缘电阻

模拟和数字信号用 SPD 的指定端子之间施加最大持续运行电压 U_c 时呈现的电阻。

4 使用环境条件

4.1 正常使用条件

SPD 在下列环境条件下应当可靠工作:

环境温度:不受控环境 $-40\text{ }^\circ\text{C} \sim +70\text{ }^\circ\text{C}$,受控环境 $-5\text{ }^\circ\text{C} \sim +40\text{ }^\circ\text{C}$;

周围空气相对湿度:不受控环境 5%~96%,受控环境 10%~80%;

大气压力:不低于 70.1 kPa(相当于海拔高度 3 000 m 以下)。

4.2 非正常使用条件

将应用于非正常使用条件下的 SPD,须做特别的考虑,应用于海拔 3 000 m 以上低气压环境的交流电源 SPD、交流 110 V 以上(不含 110 V)铁路信号用 SPD 应当通过低气压试验。

5 SPD 的结构和分类

5.1 SPD 的结构

本标准所述 SPD 的结构如图 1 所示。每种 SPD 由一个或几个限压元件组成,并可包含限流元件。

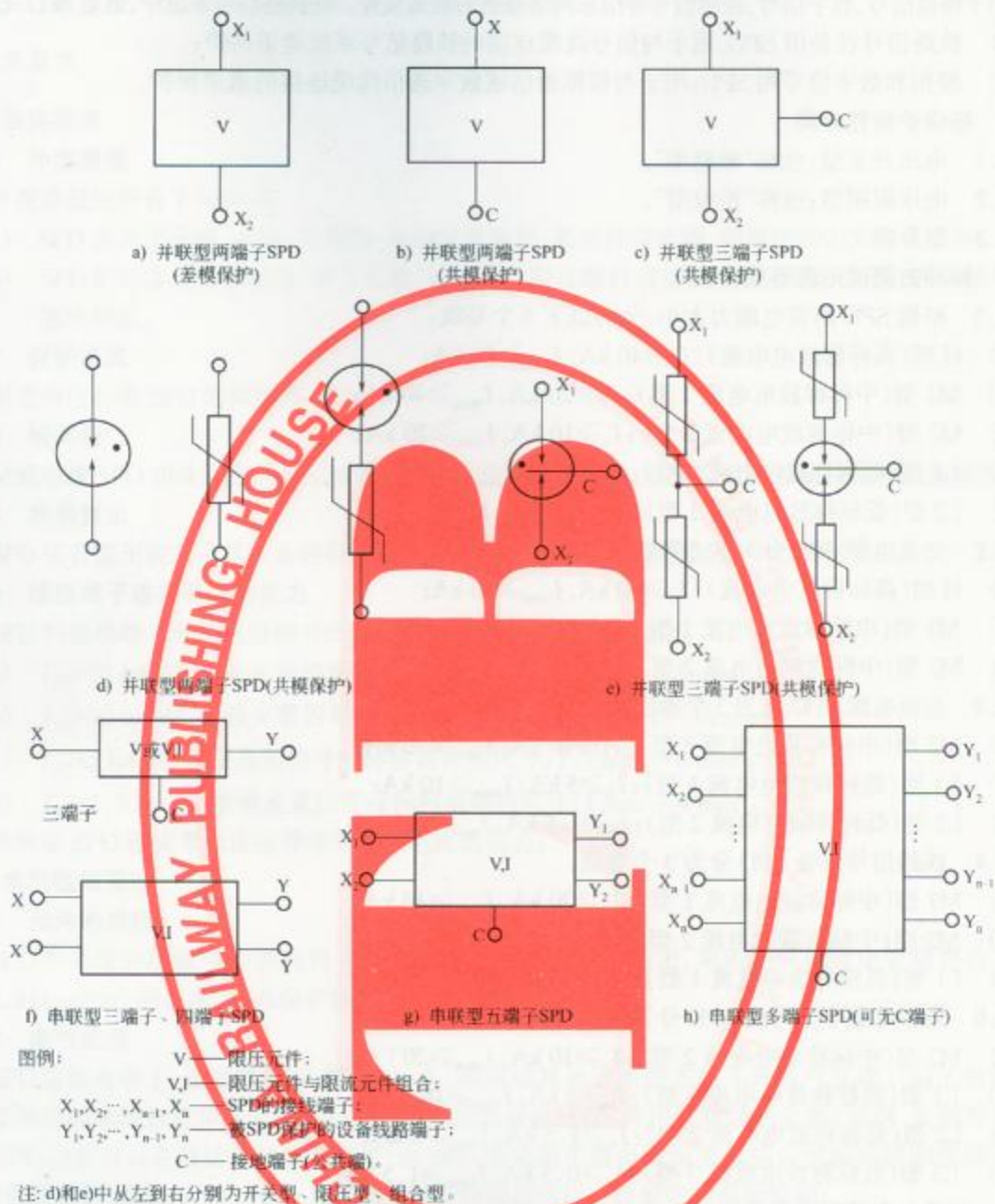


图1 SPD的结构示意图

5.2 SPD 的分类

5.2.1 按用途分类

5.2.1.1 电源 SPD

用于频率为 48 Hz 至 62 Hz 的工频低压电源及直流电源的 SPD 有：

- 单相交流 SPD: 用于单相交流工频电源相线-地线、中性线-地线的保护,有时也包括相线-中性线的保护。
- 三相交流 SPD: 用于三相交流工频电源的相线-地线、中性线-地线、相线-相线间或相线-中性线间的保护。
- 直流 SPD: 用于直流电源各馈线对地线间的保护。

5.2.1.2 通道 SPD

用于模拟信号、数字信号、控制信号等信息网络通道的防雷装置。在铁路信号系统中,通道 SPD 又分为:

- a) 铁路信号设备用 SPD:用于与信号线缆连接的铁路信号系统通道保护;
- b) 模拟和数字信号用 SPD:用于与模拟通信或数字通信线缆连接的通道保护。

5.2.2 按保护特性分类

5.2.2.1 电压开关型:也称“短路型”。

5.2.2.2 电压限制型:也称“箝位型”。

5.2.2.3 组合型

5.2.3 按冲击测试电流等级分类

5.2.3.1 根据 SPD 耐雷电能力大小,分为以下 5 个等级:

- a) H 型(高标称放电电流): $I_n \geq 40 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 80 \text{ kA}$;
- b) M1 型(中标称放电电流 1 型): $I_n \geq 20 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 40 \text{ kA}$;
- c) M2 型(中标称放电电流 2 型): $I_n \geq 10 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 20 \text{ kA}$;
- d) L1 型(低标称放电电流 1 型): $I_n \geq 5 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 10 \text{ kA}$;
- e) L2 型(低标称放电电流 2 型): $I_n \geq 1.5 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 3 \text{ kA}$ 。

5.2.3.2 交流电源 SPD 分为 3 个等级:

- a) H 型(高标称放电电流): $I_n \geq 40 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 80 \text{ kA}$;
- b) M1 型(中标称放电电流 1 型): $I_n \geq 20 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 40 \text{ kA}$;
- c) M2 型(中标称放电电流 2 型): $I_n \geq 10 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 20 \text{ kA}$ 。

5.2.3.3 直流电源 SPD 分为 3 个等级:

- a) M2 型(中标称放电电流 2 型): $I_n \geq 10 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 20 \text{ kA}$;
- b) L1 型(低标称放电电流 1 型): $I_n \geq 5 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 10 \text{ kA}$;
- c) L2 型(低标称放电电流 2 型): $I_n \geq 1.5 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 3 \text{ kA}$ 。

5.2.3.4 铁路信号设备 SPD 分为 3 个等级:

- a) M1 型(中标称放电电流 1 型): $I_n \geq 20 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 40 \text{ kA}$;
- b) M2 型(中标称放电电流 2 型): $I_n \geq 10 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 20 \text{ kA}$;
- c) L1 型(低标称放电电流 1 型): $I_n \geq 5 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 10 \text{ kA}$ 。

5.2.3.5 模拟和数字信号用 SPD 分为 4 个等级:

- a) M2 型(中标称放电电流 2 型): $I_n \geq 10 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 20 \text{ kA}$;
- b) L1 型(低标称放电电流 1 型): $I_n \geq 5 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 10 \text{ kA}$;
- c) L2 型(低标称放电电流 2 型): $I_n \geq 1.5 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 3 \text{ kA}$;
- d) L3 型(低标称放电电流 3 型): $I_n \geq 0.5 \text{ kA}$, $I_{\text{max}} \geq 1.5 \text{ kA}$ 。

5.2.4 按接入电路方式分类

5.2.4.1 并联型:与被保护电路并联连接的 SPD。它可以有分离的输入和输出端子(如凯文接法),但在输入与输出端子之间无专用的串联阻抗接入。

5.2.4.2 串联型:与被保护电路串联连接的 SPD。它有分离的输入和输出端子,且输入与输出端子之间接入专用的串联阻抗。

5.2.5 按保护模式分类

按保护模式分为:

- a) 共模保护;
- b) 差模保护;
- c) 全模保护。

5.2.6 按安装位置分类

5.2.6.1 室内型:安装在建筑物内的 SPD。

5.2.6.2 室外型:安装在建筑物外的 SPD。

6 技术要求

6.1 整体要求

6.1.1 外观质量

外观质量应符合下列要求:

- SPD 表面应平整、光洁、无划伤、无裂痕及变形,紧固件应牢固,颜色应均匀无明显差异。
- SPD 的标志应完整清晰、耐久可靠,标志不应附在螺钉或垫圈上,且铭牌不应出现移动和任何翘曲现象。

6.1.2 保护模式

制造商应标明 SPD 的保护模式。

6.1.3 脱离器

交流电源 SPD 和铁路信号 SPD 的脱离器,在故障或失效时,应能与电源系统或信号设备永久断开。

6.1.4 状态显示

SPD 应有能正确表示其状态的标志或指示,宜具备远程集中监测或集中告警的接口。

6.1.5 接线端子连接导线的的能力

SPD 的接线端子允许连接铜导线的标称截面积应符合下列规定:

- $I_n \geq 20$ kA 时,能被夹紧的导线标称截面积尺寸:4 mm²—25 mm²;
- $I_n \geq 10$ kA 时,能被夹紧的导线标称截面积尺寸:2.5 mm²—16 mm²;
- $I_n \geq 5$ kA 时,能被夹紧的导线标称截面积尺寸:1.5 mm²—6 mm²;
- $I_n \geq 1.5$ kA 时,能被夹紧的导线标称截面积尺寸:1 mm²—4 mm²。

串联型 SPD 还应考虑连接导线的负载电流的能力。

6.2 电气性能要求

6.2.1 元件的选择

SPD 中采用的压敏电阻器应符合 GB/T 10193—1997 的要求,采用的气体放电管应符合 GB/T 18802.311—2007 的要求,其他保护器件应符合相关标准的要求。

6.2.2 电气连接

SPD 应装有端子,通过螺丝钉、螺母、插头、插座或其他等效的方法实现电气连接。端子的设计应能承受相应的电流数值和适应最大和最小截面积的导线连接,并用耐腐蚀的金属(如铜、黄铜等)制成;并联 SPD 应是可以在线插拔的模块结构;由 SPD 组成的串联电源防雷箱应设置断路器和故障旁路装置;所有防雷箱、防雷柜中的 SPD 及其他易损器件应是可以在线插拔的模块结构。

6.2.3 标称导通电压 U_n

6.2.3.1 制造商应标出 SPD 的标称导通电压。若 SPD 为压敏电阻(MOV)与放电管(GDT)串联的组合型,制造商可以分别标出压敏电阻(MOV)的压敏电压 U_v 和放电管(GDT)的直流放电电压 U_G 。

6.2.3.2 组合型 SPD 标称导通电压的容许偏差为 $\pm 20\%$ 。将放电管和压敏电阻分开测试时,放电管(GDT)直流放电电压 U_G ,容许偏差为 $\pm 20\%$;压敏电阻的压敏电压 U_v ,容许偏差为 $\pm 10\%$ 。

6.2.3.3 仅含压敏电阻的 SPD 标称导通电压即压敏电压 U_v ,容许偏差为 $\pm 10\%$ 。同时应测试漏电流,压敏电阻的漏电流应符合表 5 的要求。

6.2.3.4 模拟和数字信号用 SPD 的标称导通电压,应符合制造商标明的值,容许偏差为 $\pm 10\%$ 。

6.2.4 含间隙 SPD 的冲击放电电压 U_{imp}

含间隙 SPD 在输入端子与接地端子间施加上升速率为 1 kV/ms 的电压波冲击时,SPD 的冲击放电电压 U_{imp} 应符合表 1、表 2、表 3 及表 4 的要求。

表 1 交流电源 SPD 的雷电防护技术要求

电源 SPD 类别		标称放电电流 I_n (测试波形 8/20 μ s) kA	3 kA 时的限制电压 U_B (测试波形 8/20 μ s) V	I_n 时的限制电压 U_{In} (测试波形 8/20 μ s) V	标称导通电压 U_n	含间隙的 SPD		电压调整率 $\Delta U\%$
						冲击放电电压 U_{imp} (测试波形 1 kV/ μ s) V	续流	
并联型单相交流电源	高标称放电电流	40	≤ 1000	≤ 2100	应符合本标准 6.2.3	≤ 1000	动作负载特性试验应无续流	—
	中标称放电电流 1 型	20	≤ 1000	≤ 1500				
	中标称放电电流 2 型	10	≤ 1000	≤ 1200				
并联型三相交流电源 (用于相线—相线间)		40	≤ 1500	≤ 2800	应符合本标准 6.2.3	≤ 1500	动作负载特性试验应无续流	—
		20	≤ 1200	≤ 2000				
串联型单相交流电源	中标称放电电流 1 型	20	≤ 700	≤ 1200	应符合本标准 6.2.3	≤ 1500	动作负载特性试验应无续流	3%
	中标称放电电流 2 型	10	≤ 700	≤ 1000				

表 2 并联型直流电源 SPD 的雷电防护技术要求

标称电压 U_N V	限制电压 (测试波形 8/20 μ s) V				标称导通电压 U_n	含间隙的 SPD	
	中标称放电电流 2 型 (3 kA) 时的限制电压 U_B	中标称放电电流 2 型 I_n (10 kA) 时的限制电压 U_{In}	低标称放电电流 1 型 I_n (5 kA) 时的限制电压 U_{In}	低标称放电电流 2 型 I_n (1.5 kA) 时的限制电压 U_{In}		冲击放电电压 U_{imp} (测试波形 1 kV/ μ s) V	续流
24	≤ 425	≤ 600	≤ 450	≤ 250	应符合本标准 6.2.3	≤ 600	—
36	≤ 450	≤ 600	≤ 450	≤ 275			
48	≤ 500	≤ 600	≤ 500	≤ 325			
60	≤ 550	≤ 600	≤ 550	≤ 350			
110	≤ 600	≤ 700	≤ 600	≤ 450			

表 3 铁路信号 SPD 的雷电防护技术要求

SPD 类别	标称电压 U_N V	限制电压 U_B (测试波形 10/700 μ s, 幅值 5 kV) V		标称导通电压 U_n	冲击放电电压 U_{imp} (测试波形 1 kV/ μ s) V
		并联	串联		
交流	48	≤ 600	≤ 110	应符合本标准 6.2.3	≤ 700
	110	≤ 650	≤ 220		≤ 700
	220	≤ 1000	≤ 500		≤ 1000
	380	≤ 1500	—		≤ 1500
直流	24	≤ 500	≤ 60	应符合本标准 6.2.3	≤ 450
	36	≤ 500	≤ 80		≤ 450
	48	≤ 500	≤ 100		≤ 500
	60	≤ 500	≤ 100		≤ 600
	110	≤ 550	≤ 220		≤ 700
	220	≤ 800	≤ 500		≤ 1000
	380	≤ 1200	—	≤ 1500	

并联型交流 SPD 的标称放电电流 I_n (测试波形 8/20 μ s) 分别为 20 kA、10 kA 和 5 kA。并联型直流 SPD 标称放电电流 I_n (测试波形 8/20 μ s) 分别为 10 kA 和 5 kA。

表4 模拟和数字信号用SPD的雷电防护技术要求

SPD类别	标称电压 U_N V	限制电压 U_B (测试波形 10/700 μ s, 幅值 1 kV) V				标称导通电压 U_n V	冲击放电电压 U_{imp} (测试波形 1 kV/ μ s) V	最大数据传输速率或最大传输频率 f_G	插入损耗 α_c dB
		中标称放电电流 2型 10 kA	低标称放电电流 1型 5 kA	低标称放电电流 2型 1.5 kA	低标称放电电流 3型 0.5 kA				
串联型 (非同轴)	5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	应符合本标准 6.2.3	≤ 500	应符合制造商标明的值	制造商标明的最大传输速率或频率时 ≤ 0.5
	10	≤ 40	≤ 40	≤ 40	≤ 40		≤ 500		
	24	≤ 60	≤ 60	≤ 60	≤ 60		≤ 500		
	48	≤ 100	≤ 100	≤ 100	—		≤ 500		
	120	≤ 190	≤ 190	≤ 190	—		≤ 500		
串联型 (同轴)	24	≤ 500	≤ 60	—	—	≤ 500			
	48	≤ 500	≤ 100	—	—	≤ 500			

标称放电电流的测试波形为 8/20 μ s。

表5 压敏电阻器直流漏电流 I_l 的要求

名义等效直径/mm	14	20	25	32	40	50
25℃下直流漏电流 I_l 小于或等于 μ A	15	20	25	35	40	40

6.2.5 电压保护水平 U_p

SPD的限制电压不应超过制造商选定的电压保护水平。电源SPD的限制电压应符合表1、表2的要求,铁路信号用SPD的限制电压应符合表3的要求,模拟和数字信号用SPD的限制电压应符合表4的要求。

电压保护水平 U_p 优选值如下:

- 交流电源SPD: 220 V、330 V、400 V、500 V、600 V、700 V、800 V、900 V、1 000 V、1 200 V、1 500 V、1 800 V、2 100 V、2 800 V;
- 直流电源SPD: 80 V、90 V、100 V、120 V、150 V、220 V、330 V、400 V;
- 铁路信号用SPD: 80 V、100 V、150 V、220 V、330 V、400 V、500 V、600 V、700 V、800 V、900 V、1 000 V、1 200 V、1 500 V;
- 模拟和数字信号用SPD: 10 V、20 V、40 V、60 V、80 V、100 V、150 V、220 V、330 V、400 V、500 V、600 V。

6.2.6 放电电流

6.2.6.1 标称放电电流 I_n

交流电源SPD的标称放电电流 I_n 分别为 40 kA、20 kA 和 10 kA。直流电源SPD的标称放电电流 I_n 分别为 10 kA、5 kA 和 1.5 kA。铁路信号用SPD的标称放电电流 I_n 分别为 20 kA、10 kA 和 5 kA。模拟和数字信号用SPD的标称放电电流 I_n 分别为 10 kA、5 kA 和 1.5 kA。

6.2.6.2 最大冲击放电电流 I_{max}

SPD的最大冲击放电电流 I_{max} 应为制造商标明的值, $I_{max} > I_n$ 。

6.2.7 最大持续运行电压 U_c

6.2.7.1 交流电源SPD和铁路信号用SPD的最大持续运行电压 U_c

6.2.7.1.1 制造商应根据下列 U_c 优选值选定交流电源SPD和铁路信号用SPD的最大持续运行电压 U_c 。

交流电源SPD的 U_c 优选值为:

- a) 工频电源电压标称值为 220 V 时,选 230 V、240 V、250 V、260 V、275 V、280 V、320 V;
 b) 工频电源相间电压标称值为 380 V 时,选 420 V、440 V、460 V、510 V。

铁路信号用 SPD 的 U_c 优选值为:52 V、63 V、75 V、95 V、110 V、130 V、150 V、175 V、230 V、240 V、250 V、260 V、275 V、280 V、320 V、420 V、460 V。

6.2.7.1.2 交流电源 SPD 和铁路信号用 SPD 经最大持续运行电压 U_c 试验后,将试品冷却至环境温度,交流电源 SPD 再重复进行 I_0 时的限制电压试验,铁路信号用 SPD 再重复进行 5 kV、10/700 μ s 时的冲击限制电压试验。试验前后的限制电压均应小于 U_p ,且限制电压的变化率不应大于 $\pm 5\%$ 。试验过程中,SPD 的脱离器不应动作,SPD 不应有可见的损坏。

6.2.7.2 模拟和数字信号用 SPD 的最大持续运行电压 U_c

模拟和数字信号用 SPD 经最大持续运行电压 U_c 试验后,其 U_c 值大于或等于制造商标明的值;试验电压 U_c 除以测量电流得到的绝缘电阻值应大于 1.5 M Ω 。

6.2.8 数字信号用 SPD 的误码率

数字信号用 SPD 插入数字传输系统时,不应引起系统误码。

6.2.9 模拟和数字信号用 SPD 的插入损耗 α_c

模拟和数字信号用 SPD 的插入损耗 α_c 应符合表 4 的要求。

6.2.10 串联型电源 SPD 的电压调整率 $\Delta U\%$

串联型电源 SPD 电压调整率 $\Delta U\%$ 应符合表 1 的要求。

6.2.11 串联型电源 SPD 的额定负载电流 (I_L)

串联型电源 SPD 的负载功率应符合制造商标明的值。

6.3 安全要求

6.3.1 交流电源 SPD 的动作负载特性

在施加最大持续电压 U_c 时,SPD 应能耐受规定波形、幅值和次数的冲击电流。

6.3.2 电气间隙和爬电距离

用于电压大于 110V(包括交、直流)的 SPD,接线端子各无直接连接的带电导体之间,接线端子带电导体与接地端子之间,接线端子带电导体与固定 SPD 的金属螺钉、外壳、机箱、面盖或其他金属之间的电气间隙和爬电距离应符合表 6 的要求。

表 6 电气间隙和爬电距离

SPD 的 U_c V	电气间隙和爬电距离 mm
<100	≥ 2
100—200	≥ 4
200—450	≥ 6
450—600	≥ 11

6.3.3 电源 SPD 的暂时过电压(TOV)耐受特性

安装在 L-PE 或 L-N 之间的电源 SPD 应能耐受表 7 规定的暂时过电压 U_T ,SPD 应具有安全的失效模式,试验期间不应点燃薄绵纸或粗棉布。

表 7 电源 SPD 的 TOV 耐受特性

保护模式	暂时过电压 U_T V _{ms}	试验持续时间 s
L-PE、L-N	1.45 U_0	5

6.3.4 热稳定性

电源 SPD 和铁路信号用 SPD 持续通过规定试验电流时,应能达到热平衡或使其脱离器动作。当电

流持续通过 SPD 时,10 min 内脱离器未动作,这时,其温度的增加值若小于 2 K,则达到了热平衡。在试验期间,SPD 的表面温升应始终低于 120 K,脱离器动作后 5 min 内,SPD 的表面温度不应高于环境温度 80 K。

6.3.5 铁路信号用并联型 SPD 的冲击开路

铁路信号用并联型 SPD 的脱离器,应在冲击电流大于 SPD 所能承受的最大放电电流时使电路开路。

6.3.6 阻 燃

电源 SPD 和铁路信号用 SPD 应有阻燃或自熄能力,并应满足 GB/T 5169.10—2006 中灼热丝试验要求。

6.3.7 外壳防护

SPD 的外壳防护等级应符合 GB 4208—1993 中规定的 IP2X(X=0 或 1、2、3,室外型 X=2 或 3)。

6.3.8 防直接接触

最大持续工作电压高于交流有效值 50 V 的 SPD,其带电部件应设计成不易直接接触,按正常条件安装和接线后带电部件也不易触及,即使不用工具,可拆卸部件拆卸后也应符合要求。


6.3.9 耐 热

电源 SPD 和铁路信号用 SPD 所有与防直接接触有关的部件应有足够的耐热性。将 SPD 置于 $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的加热箱中保持 1 h 后,SPD 内任何密封化合物不应流出,冷却至环境温度后,试品按正常使用条件安装,应不可触及任何带电部件,即使使用标准试指施加一个不超过 5 N 的力也不可触及。

6.3.10 机械强度

SPD 所有与防直接接触有关的部件应有足够的机械强度,使其能承受安装和使用过程中遭受的机械应力。

6.3.11 保护接地

SPD 在按正常使用条件安装和连接时,其非带电的易触及的金属部件(用于固定基座、罩盖、铆钉、铭牌等以及带电部件绝缘的小螺钉除外)应连接成一个整体后与保护接地端子可靠连接;保护接地端子螺钉的尺寸应不小于 M4;保护接地应采用符合国标的标记加以识别,如:字母标记 PE,图形符号  等。

6.4 环境适用性

6.4.1 耐振动性能

SPD 经振动试验后,SPD 的外观质量应符合本标准 6.1.1 的要求;试验前后 SPD 的限制电压值均应小于 U_p ,零件应无松动和机械损伤,且脱离器不应误动。

6.4.2 耐高温性能

SPD 经高温试验后,外观质量应符合本标准 6.1.1 的要求;试验前后 SPD 的限制电压值均应小于 U_{p0} 。

6.4.3 耐低温性能

SPD 经低温试验后,外观质量应符合本标准 6.1.1 的要求;试验前后 SPD 的限制电压值均应小于 U_{p0} 。

6.4.4 耐交变湿热性能

SPD 经交变湿热试验后,外观质量应符合本标准 6.1.1 的要求;试验前后 SPD 的限制电压值均应小于 U_{p0} 。

6.4.5 低气压性能

SPD 经低气压试验后,外观质量应符合本标准 6.1.1 的要求;试验前后 SPD 的限制电压值均应小于 U_{p0} 。

6.5 派生产品的绝缘要求

浪涌保护器的派生产品的绝缘要求见附录 A。

7 试验的一般要求

7.1 试品布置和连接

SPD 应按照产品说明或与实际使用相当的安装方式布置和连接。试验应在 SPD 的连接器或接线端子处进行。对带有基座或连接器的 SPD, 这些基座或连接器应是试品的组成部分参与试验。多接线端子的 SPD, 若有接地端(公共端), 试验应在每个接线端子与接地端(公共端)间进行。

7.2 试验波形及容许偏差

7.2.1 试验波形

试验波形如下:

- a) 1.2/50 μs 冲击电压波: 视在波前时间为 1.2 μs , 半峰值时间为 50 μs 的冲击电压波, 见图 2;
- b) 8/20 μs 冲击电流波: 视在波前时间为 8 μs , 半峰值时间为 20 μs 的冲击电流波, 见图 3;
- c) 10/700 μs 冲击波: 视在波前时间为 10 μs , 半峰值时间为 700 μs 的冲击波; 兼有电流和电压的性质;
- d) 斜角波: 1 kV/ μs 波形, 见图 4。

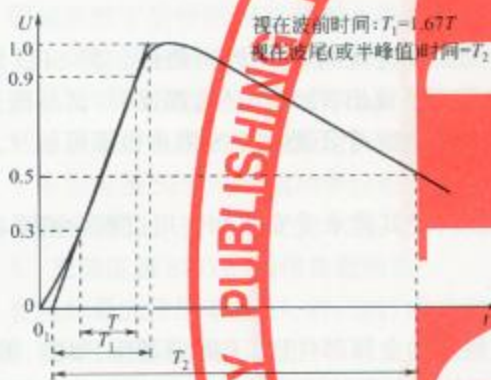


图 2 1.2/50 μs 冲击电压波形图

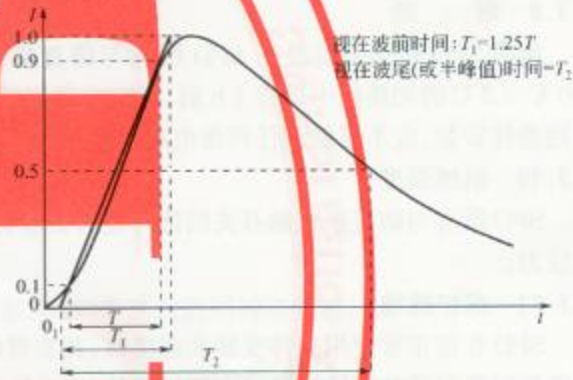


图 3 8/20 μs 冲击电流波形图

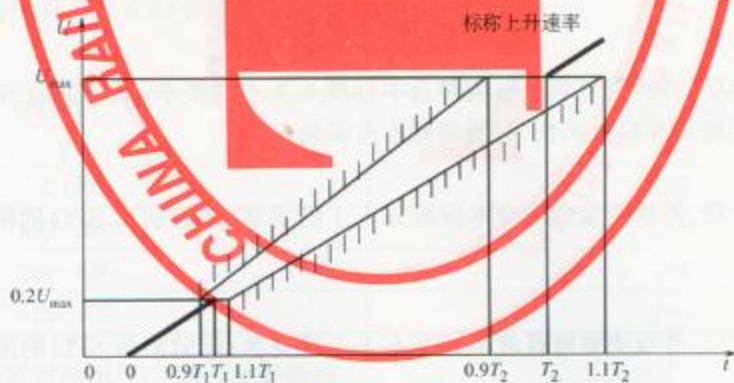


图 4 1 kV/ μs 斜角波偏差图

7.2.2 测试波形的容许偏差

试验波形如下:

- a) 8/20 μs 电流波形的容许偏差为:
 - 峰值 $\pm 10\%$;
 - 波前时间 $\pm 10\%$;
 - 半峰值时间 $\pm 10\%$ 。

可以容许小的过冲和振荡,但任何振荡的峰值不应大于波形峰值的5%。电流归零后,任何极性的翻转不应大于波形峰值的20%。

b) 1.2/50 μ s 电压波的容许偏差为:

——峰值 $\pm 3\%$;

——波前时间 $\pm 30\%$;

——半峰值时间 $\pm 20\%$ 。

在冲击电压峰值处可以发生过冲和振荡。

c) 1 kV/ μ s斜角波形的容许偏差为:

——峰值 $\pm 3\%$;

——斜率 电压上升速率应在图4的阴影区域内。

7.2.3 测试仪表

数字存储示波器:带宽不应小于25 MHz。在冲击电压峰值处可发生振荡或过冲,如果振荡的频率大于500 kHz或过冲的持续时间小于1 μ s,应画出平均线,曲线的最大幅值即确定了试验电压的幅值。

8 试验方法

8.1 一般要求

除另有规定外,试验程序应按 GB/T 17627.1—1998 的规定进行。

试验时,SPD 按照产品说明或与实际使用相当的安装方式进行固定和电气连接,不应外部冷却和加热。SPD 内所有导线和脱离器,均应作为 SPD 的一部分进行试验。

试验中不应进行维修和拆卸试品;电源 SPD 所有外部开关、断路器、熔丝等装置应按照制造商标称的正常使用情况进行试验。

8.2 试验环境

试验应在以下条件下进行:

温度:15 $^{\circ}$ C ~ 35 $^{\circ}$ C;

相对湿度:45% ~ 75%;

气压:86 kPa ~ 106 kPa。

8.3 整体检查

8.3.1 外观检查

用目测法进行检查,其结果应符合本标准 6.1.1 的规定。

8.3.2 保护模式检查

通过目测法检查交流电源防雷箱的保护模式,三相电源防雷箱应具备 L-PE、N-PE 和 L-L 的保护模式。

8.3.3 接线端子连接导线的的能力检查

检查 SPD 的接线端子允许连接铜导线的标称截面积,应符合本标准 6.1.5 的规定。

8.3.4 电气间隙和爬电距离检查

测量 SPD 的任意两个不同电位的金属部件间距离,应符合本标准 6.3.2 的规定。

8.4 保护性能试验

8.4.1 标称导通电压 U_n 测试

8.4.1.1 并联型 SPD 标称导通电压 U_n 测试

并联型 SPD 标称导通电压 U_n 测试电路如图 5 所示,试验方法如下:

a) 含串联间隙(组合型)的两端或三端 SPD,在增加直流电压时若发生间隙击穿而电压下降,将直流电流调整到1 mA时,对 SPD 线路端子(图中的 X)与接地端子(图中的 C)间进行正、反两个方向的测量,每一方向测量两次,每次时间间隔为15 min,测试结果应符合本标准 6.2.3.2 的

规定。

- b) 限压型 SPD(仅含压敏电阻)在规定的 1 mA 测量电流条件下对 SPD 线路端子(图中的 X)与接地端子(图中的 C)间进行正、反两个方向的测量,每一方向测量两次,每次时间间隔为 15 min,测试结果应符合本标准 6.2.3.3 的规定。
- c) 含串联间隙的两端或三端 SPD(组合型 SPD)还可单独测量压敏电阻器的压敏电压和放电管的直流点火电压(须预留测试点)。压敏电阻的压敏电压 U_V 的测试电路如图 5 所示,放电管直流点火电压 U_G 的测试电路如图 6 所示,测试结果应符合 6.2.3.2 和 6.2.3.3 的规定。
- d) 模拟和数字信号用 SPD 若含有瞬态二极管,用防雷元件测试仪的 H 挡测其击穿电压。采用阻放管时,用放电管挡测试。测试结果应符合本标准 6.2.3.4 的规定。

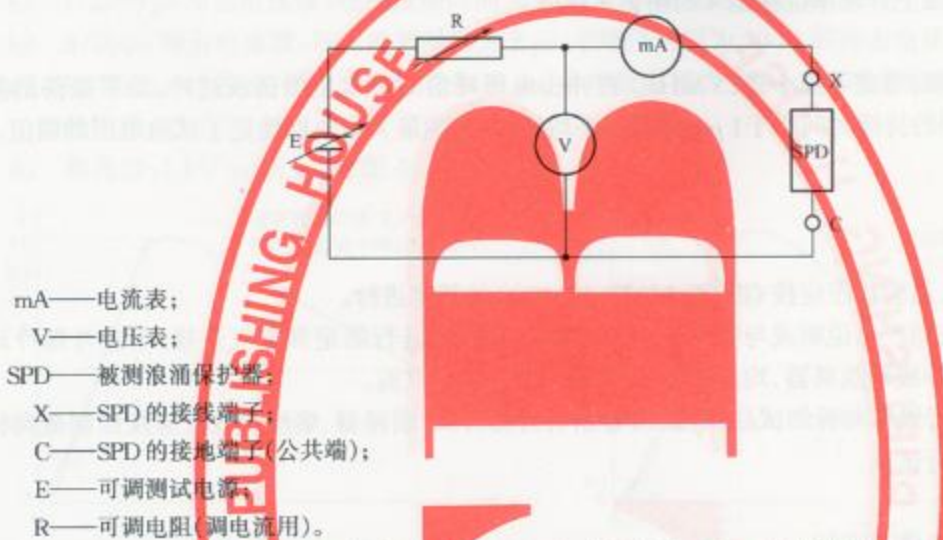


图 5 并联型(两端子)SPD 标称导通电压 U_n 测试电路图

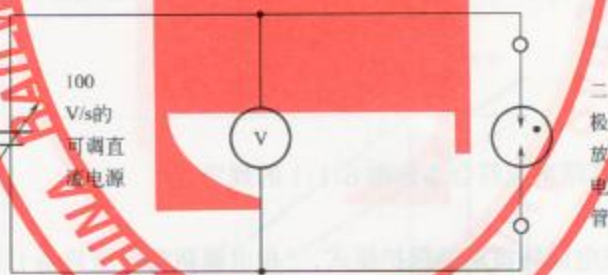


图 6 放电管直流点火电压测试电路图

8.4.1.2 串联型电源 SPD 标称导通电压 U_n 测试

串联型电源 SPD 标称导通电压 U_n 测试电路如图 7 所示,应分别在两条外线端子(图中 X1、X2 端子)与接地端子(图中 C 端子)间测试,测试方法同本标准 8.4.1.1。

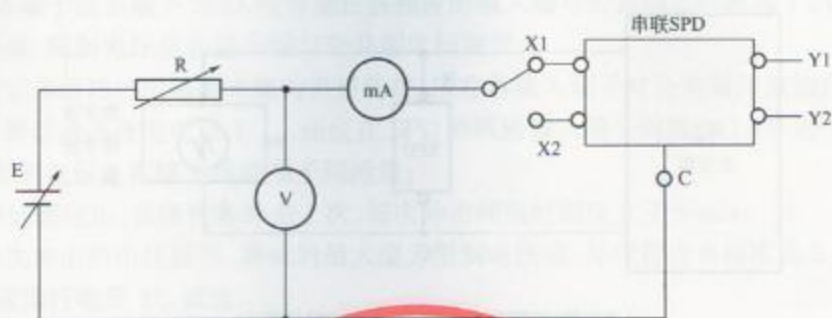
8.4.2 含间隙 SPD 的冲击放电电压 U_{imp} 测试

含间隙 SPD 的冲击放电电压 U_{imp} 测试电路如图 8、图 9 所示,冲击波形为 $1 \text{ kV}/\mu\text{s}$,每一线路端子与接地端子间分别进行正、负极性各 5 次冲击,每次间隔应大于 5 min,测试结果应分别符合表 1、表 2、表 3、表 4 的要求。

8.4.3 限制电压测试

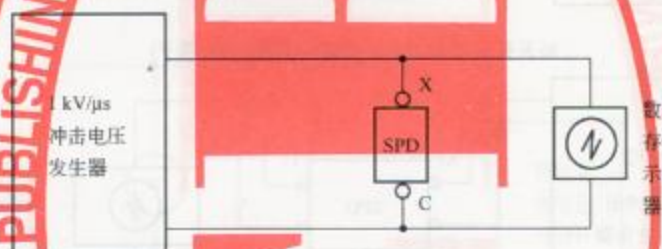
8.4.3.1 测试电路

SPD 的限制电压测试电路如图 10 所示。



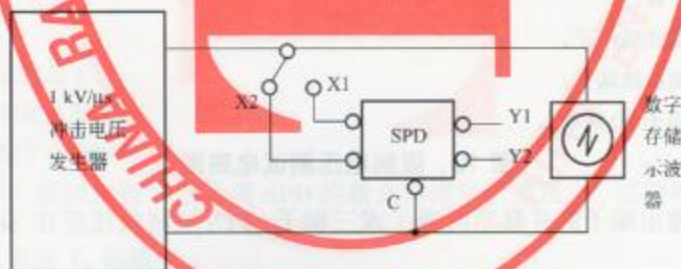
- mA——电流表；
 V——电压表；
 SPD——被测浪涌保护器；
 X1、X2——SPD的外线侧接线端子；
 C——SPD的接地端子(公共端)；
 E——可调测试电源；
 R——可调电阻(调电流用)；
 Y1、Y2——被保护侧的接线端子。

图7 串联型(五端子)SPD标称导通电压 U_n 、漏电流 I_l 测试电路图



- SPD——被测浪涌保护器；
 X——SPD的外线侧接线端子；
 C——SPD的接地端子(公共端)。

图8 含间隙并联型SPD冲击放电电压 U_{imp} 测试电路图



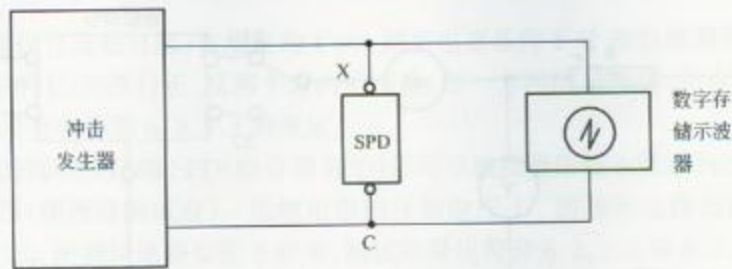
- SPD——被测浪涌保护器；
 X1、X2——SPD的外线侧接线端子；
 Y1、Y2——SPD的被保护侧接线端子；
 C——SPD的接地端子(公共端)。

图9 含间隙串联型电源SPD冲击放电电压 U_{imp} 测试电路图

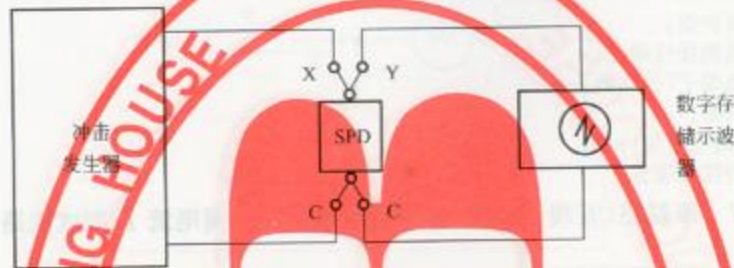
8.4.3.2 用 $8/20 \mu\text{s}$ 冲击电流波测量电源SPD限制电压的方法

试验方法如下：

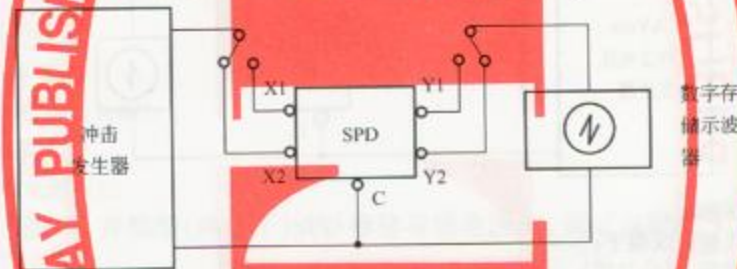
- a) 没有独立线路输入、输出端子的并联型两端子或三端子SPD：测试限制电压 U_B 应施加幅值为 3 kA 的 $8/20 \mu\text{s}$ 的冲击波，正、负极性各冲击 1 次；测试 I_n 时的限制电压 U_n 应施加幅值为 I_n 的 $8/20 \mu\text{s}$ 的冲击波，正、负极性各冲击 1 次，限制电压应在 SPD 线路端与公共端之间测量；



a) 并联型SPD限制电压测试图(无独立输出端子)



b) 并联型SPD限制电压测试图(有独立输出端子)



c) 串联型SPD限制电压测试图

SPD——被测浪涌保护器;

X1、X2——SPD的外线侧接线端子;

Y1、Y2——SPD被保护侧接线端子;

C——SPD的接地端子(公共端)。

图 10 限制电压测试电路图

- b) 有独立输入、输出端子的并联型两端子或三端子 SPD:限制电压应在 SPD 输出端与公共端之间进行测量;
 - c) 有分离的输入、输出端子的串联型 SPD:限制电压应在 SPD 输出端与公共端之间进行测量;
 - d) 冲击电流应施加在 SPD 线路输入端与公共端间。
 - e) 相邻冲击的时间间隔应足以使 SPD 试品恢复到环境温度,但最长不应超过5 min。
 - f) 记录每次冲击的电压波形,每次测试的电压值即为限制电压值。
- 测试后的限制电压数值应符合本标准表 1、表 2 的规定。

8.4.3.3 用 10/700 μ s 冲击波测量通道用 SPD 限制电压的方法

试验方法如下:

- a) 铁路信号用 SPD 应在输入端与输出端之间施加幅值为 5 kV 的 10/700 μ s 冲击电压波,限制电压应在 SPD 输出端与公共端之间进行测量;
- b) 三端子模拟和数字信号用 SPD 应在输入端与公共端间施加幅值为 1 kV 的 10/700 μ s 冲击电

压波,五端子或多端子 SPD,应分别在各相应的输入端与公共端之间施加 1 kV 的 10/700 μ s 冲击电压波,限制电压应在输出端与公共端之间测量;

- c) 若五端子多级防护电路的末级为差模防护,应在各输入端子对公共端间施加 1 kV/ μ s 的斜角波并同时测试冲击放电电压 U_{imp} ,还应在 SPD 两线路输入端子间施加 1 kV 的 10/700 μ s 冲击电压波,限制电压在两输出线路端子间测量;
- d) 以上测试都应正、负极性各冲击 1 次,每次冲击间隔时间应大于 5 min;
- e) 记录每次冲击的电压波形,测试的最大值为限制电压值,并应符合本标准表 3、表 4 的规定。

8.4.4 最大持续运行电压 U_c 试验

8.4.4.1 交流电源 SPD 和铁路信号用 SPD 的最大持续运行电压 U_c

将已测 I_n 时限制电压的交流电源 SPD 或已测限制电压 U_B 的铁路信号用 SPD 放置在温度试验箱中,对其施加制造商标明的最大持续运行电压 U_c ($\pm 0.2\%$),同时将试验箱内温度上升至 $70\text{ }^\circ\text{C} \pm 3\text{ }^\circ\text{C}$,持续时间为 48 h。试验过程中,SPD 应能稳定地正常工作,试验结果应符合本标准 6.2.7.1 的规定。

允许采用“温度每增高 5 $^\circ\text{C}$,试验时间减至 0.6 倍”的加速试验方法,但最高温度不应超过 115 $^\circ\text{C}$ 。

8.4.4.2 模拟和数字信号用 SPD 的最大持续运行电压 U_c

按照图 11 接线,在 SPD 的两个线路端子施加制造商标明的 U_c ,测量流过被测端子间的电流,两种极性分别各测一次,试验结果应符合本标准 6.2.7.2 的规定。

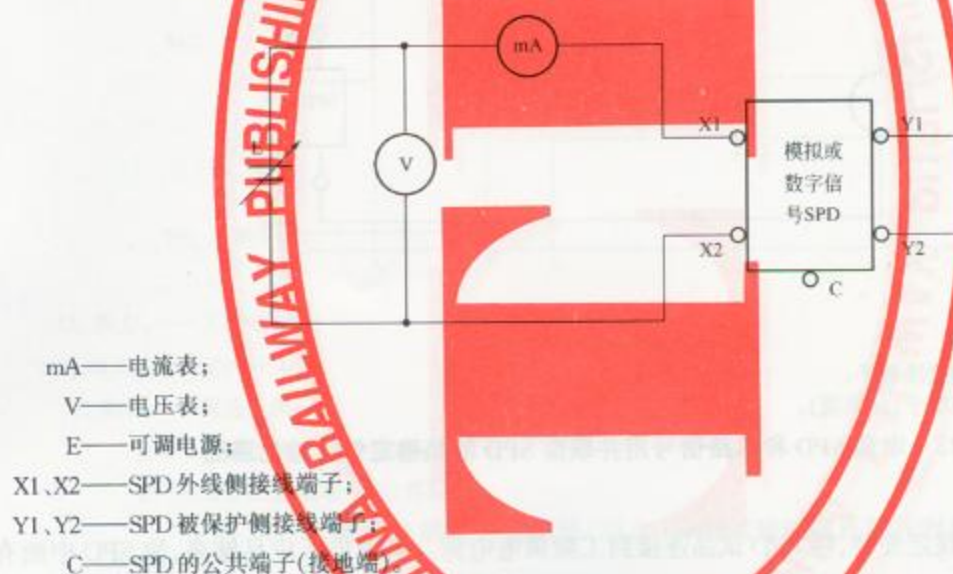


图 11 模拟和数字信号用 SPD 的最大持续运行电压 U_c 试验电路图

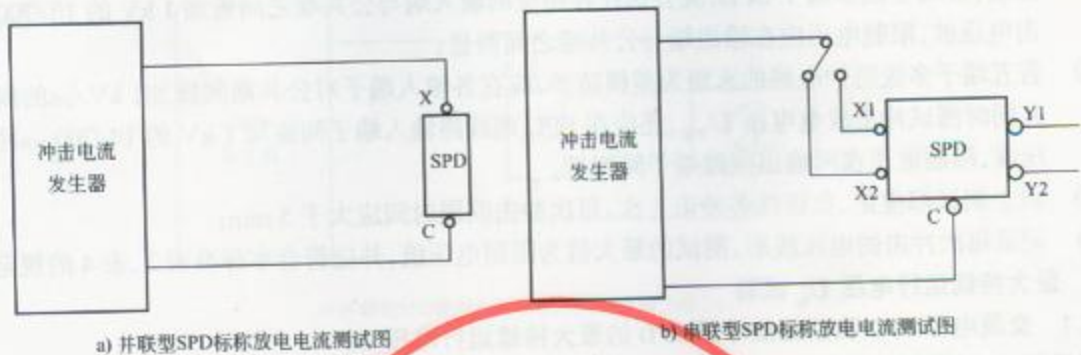
8.4.5 SPD 标称放电电流 I_n 测试

SPD 标称放电电流 I_n 的测试电路如图 12 所示,冲击电流波形为 8/20 μ s,按照表 1、表 2、表 3、表 4 选取冲击试验电流,若制造商标明的 I_n 优于本标准表 1、表 2、表 3、表 4 数值时,应按照制造商标明的 I_n 值进行试验;冲击电流幅值在负载短路的情况下测试;对 SPD 每一线路端子与接地电极间同一极性进行 5 次冲击,每次间隔大于 5 min。冲击后在常温下恢复 2 h 后复测限制电压 U_B ,试验结果应符合本标准表 1 至表 4 规定,模拟和数字 SPD 还应在标称放电电流 I_n 测试后复测 U_n ,并应符合 6.2.3 的要求。

8.5 安全试验

8.5.1 电源 SPD 和铁路信号用并联型 SPD 的热稳定性试验

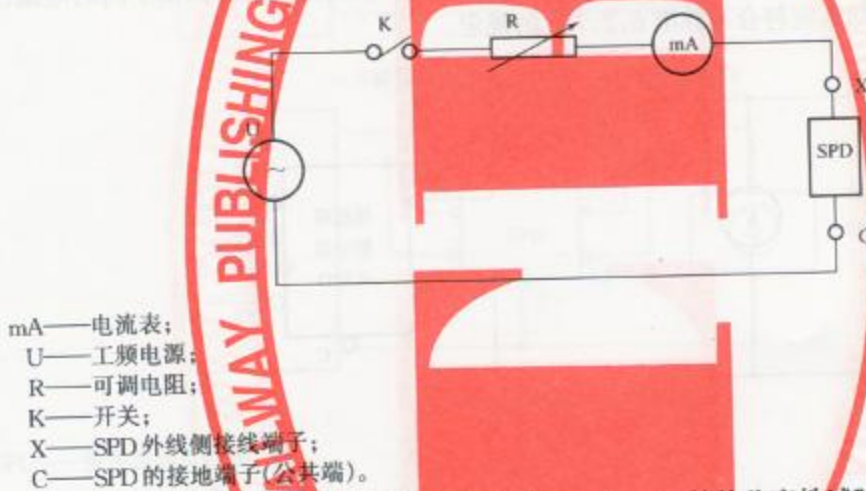
应对每种保护模式进行试验。如果电源 SPD 仅含电压限制元件,应按 a) 试验程序进行;如果 SPD 含电压限制元件和电压开关元件,应按 b) 试验程序进行。



SPD——被测浪涌保护器；
 X(X1、X2)——SPD的外线侧接线端子；
 Y(Y1、Y2)——SPD被保护侧接线端子；
 C——SPD的接地端子(公共端)。

图 12 SPD 标称放电电流测试电路图

试验电路如图 13 所示。



mA——电流表；
 U——工频电源；
 R——可调电阻；
 K——开关；
 X——SPD 外线侧接线端子；
 C——SPD 的接地端子(公共端)。

图 13 电源 SPD 和铁路信号用并联型 SPD 的热稳定性试验电路图

试验方法如下：

- a) 按制造商的规定安装，将 SPD 试品连接到工频供电电源。电源电压应足够高，使 SPD 中能有电流持续流过。每次试验将电流调整到一个恒定值，容许偏差为 $\pm 10\%$ 。试验从 2 mA (r.m.s.) 开始，每次增加 2 mA 或上次数值的 5%。

如果已知最大功率相应的电流值，起始点可以在 2 mA 试验后直接施加最大功率相应的电流值。在 SPD 持续通过每一挡试验电流等级时，不断监测 SPD 的最高表面温度(通过多点测试确定最高表面温度)和 SPD 中流过的电流。

如果 SPD 脱离器动作，就中止该电流值的试验。为避免脱离器的任何故障，不应再增加电压。

为验证脱离器动作，应对 SPD 施加 U_c 的工频电压，持续 1 min，此时应无超过 0.5 mA(r.m.s.) 的电流流过 SPD。

在试验期间，SPD 应符合本标准 6.3.4 的规定。

- b) 将电压开关元件用铜导线短路，短路线的直径应保证其在试验时不会被熔化。然后，使用 a) 试验程序完成含电压限制元件和电压开关元件的 SPD 测试。

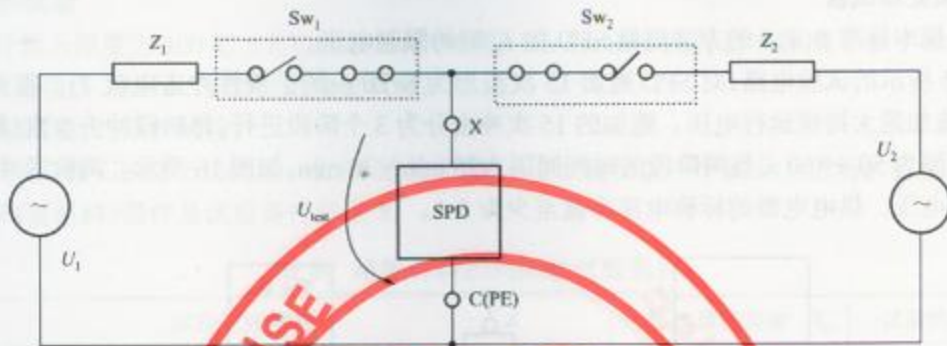
8.5.2 交流电源 SPD 的暂时过电压(TOV)特性试验

8.5.2.1 试验方法

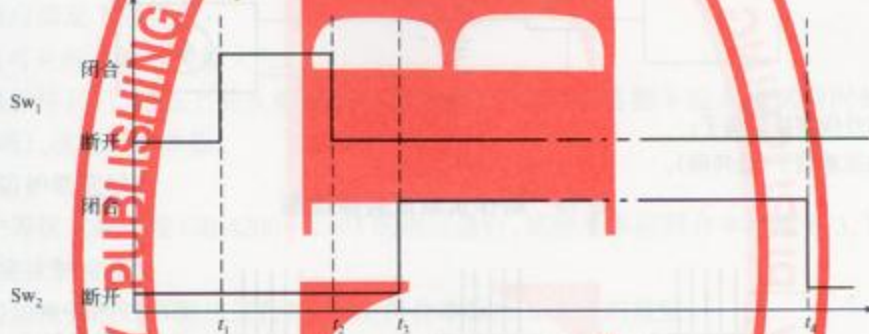
本试验仅适用于安装在 L 与 PE 间、L 与 N 间的 SPD。

试验应在未经过任何试验的试品上进行。

试验电路如图 14 所示。



$$U_1 = U_2 = 1.45U_0; U_2 = U_c; t_1 = 0; t_2 = 5\text{ s}; t_3 \leq t_1 < (t_2 + 100\text{ms}); t_4 = 15\text{ min}$$



U_1 和 U_2 ——工频电源;

Sw_1 和 Sw_2 ——定时开关;

Z_1 和 Z_2 ——限流电阻;

X——SPD 的线路侧接线端子;

C——SPD 的接地端子(公共端)。

图 14 电源 SPD 的暂时过电压(TOV)特性试验的电路图和 timing 图

将 SPD 置于立方体的木盒子中,木盒子的内侧面与 SPD 的外表面相距 $50\text{ cm} \pm 5\text{ cm}$ 。木盒子的内表面覆盖薄绵纸或纱布,木盒子的一侧(不是底部)开口,将电源线引入,并按照图 14 进行连接。将工频电压 U_T (-5%) 连接到 SPD,持续时间为 5 s,电源应能输出足够容量的电流,以确保在试验过程中 SPD 端子上的电压不会跌落到 U_T 的 95% 以下,或能输出规定的 SPD 的短路耐受电流,两者取其小值。试验期间,SPD 应符合本标准 6.3.3 的规定。

在施加 U_T 5 s 后的 100 ms 或更短的时间内,应在试品上施加等于 U_c 并和上述电源有同等电流能力的电压 30 min。

将试品从木盒子中取出,冷却至环境温度,再进行 I_n 时的限制电压试验。

8.5.2.2 试验结果的判据

试验结果的判据如下:

- 在施加 U_c 期间 SPD 应能达到热平衡。如果在施加 U_c 的最后 15 min 内,SPD 的功耗或温度或流过 SPD 的阻性电流分量能稳定地降低,则认为 SPD 达到热平衡。
- SPD 的辅助电路,如状态指示灯等在试验过程中应能正常工作。

- c) I_n 时的限制电压应小于 U_p 。
- d) 试验中不能点燃薄棉纸。

8.5.3 交流电源 SPD 的动作负载试验

8.5.3.1 预处理试验

首先根据本标准 8.4.3 的方法测量 SPD 在 I_n 时的限制电压。

按图 15 所示的试验电路,对 SPD 施加 15 次波形为 8/20 μs 的正极性冲击电流 I_n 。在施加冲击波的同时,应施加最大持续运行电压。施加的 15 次冲击分为 3 个阶段进行,每阶段冲击 5 次;相邻两次冲击的时间间隔为 50 s~60 s,每两阶段的时间间隔为 25 min~30 min,如图 16 所示。两阶段冲击之间,试品无需施加电压。供电电源的标称电流容量至少为 5 A。

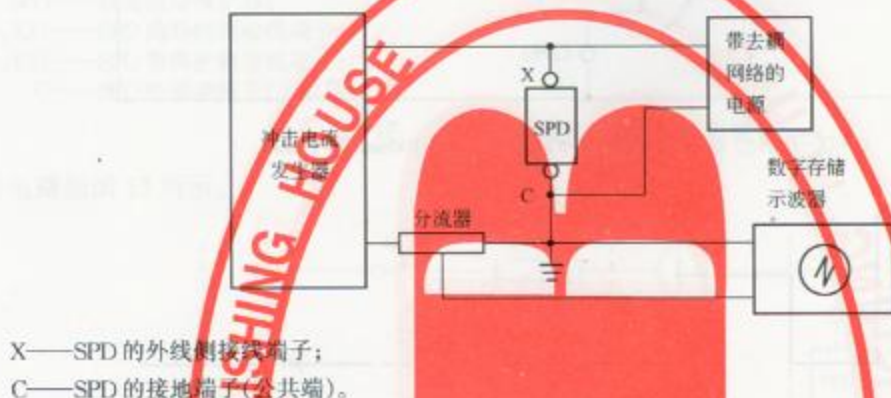


图 15 动作负载试验原理图

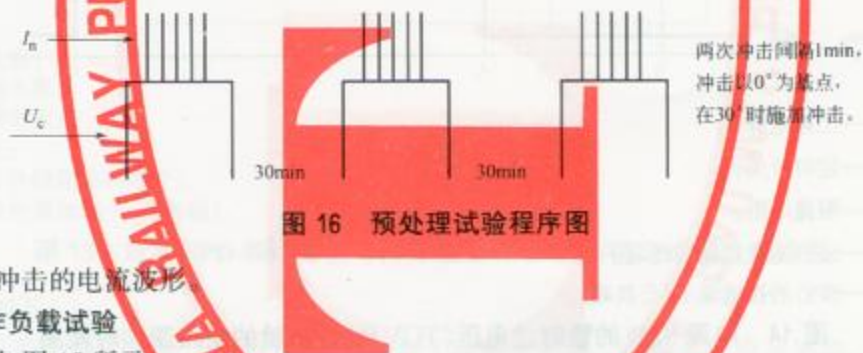


图 16 预处理试验程序图

记录每次冲击的电流波形。

8.5.3.2 动作负载试验

试验电路如图 15 所示。

对通电的试品,应按下列步骤在相应于工频电压的正峰值时,施加正极性冲击电流:

- a) $0.5 \times I_{\text{max}}$ 电流冲击一次,检验其热平衡性,冷却至环境温度;
- b) $0.75 \times I_{\text{max}}$ 电流冲击一次,检验其热平衡性,冷却至环境温度;
- c) $1.0 \times I_{\text{max}}$ 电流冲击一次,检验其热平衡性,冷却至环境温度。

在上述试验完成 1 h 后,再重复测试 I_n 时的限制电压。

8.5.3.3 试验结果的判据

试验结果的判据如下:

- a) 在试验中 SPD 无击穿、闪络或机械故障发生,并无续流发生;
- b) 告警或脱离器在试验过程中不应动作;
- c) 试验前后 I_n 时的限制电压均应小于表 1 的规定。

8.5.4 铁路信号用并联型 SPD 的冲击开路试验

冲击电流大于 SPD 所能承受的最大放电电流前 SPD 应脱扣,以保证 SPD 的故障模式为开路模式。

如图 10a) 接线,对铁路信号用并联型 SPD 施加制造商标明的 I_{max} 两次,第一次脱离器不应脱扣,第

二次脱离器可以脱扣,若未脱扣可依次按 $1.2I_{max}$, $1.4I_{max}$, $2I_{max}$ 进行冲击,直至 SPD 开路。每次间隔 1 min,每次冲击完后,测试 SPD 的 U_0 ,SPD 不应发生实质性破坏,若 SPD 已损坏,而 SPD 仍未开路,则 SPD 不合格。

8.5.5 耐热试验

将 SPD 置入温度为 $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的加热箱中保持 1 h 后,SPD 应符合本标准 6.3.9 的规定。即使 SPD 的脱离器动作,也可认为 SPD 已通过试验。

8.5.6 阻燃试验(灼热丝试验)

阻燃试验应按 GB/T 5169.10—2006 的规定进行,该试验仅在一个试品上进行。需试验的绝缘材料(不包括陶瓷材料)部件及试验条件见表 8。

表 8 绝缘材料的灼热丝试验条件

试验绝缘零件	灼热丝顶端温度 $^{\circ}\text{C}$	试验持续时间 s
支持或固定接线端子各相载流部件和保护电路部件的外部绝缘零件	850 ± 15	30 ± 1
不支持或固定载流部件的绝缘外壳、其他外部绝缘零件	650 ± 10	30 ± 1

试验结果应满足下述要求:

- 没有可见的火焰或持续火光;
- 灼热丝移开后,试品上的火焰或火光自行熄灭,并且滴落物不应点燃试验时的铺底层薄绵纸(绉纸)、或烧焦松木板。

8.5.7 外壳防护等级试验

外壳防护等级试验应按 GB 4208—1993 的规定进行,试验结果应符合本标准 6.3.7 的规定。

8.5.8 防直接接触检查

防直接接触检查通过目测法进行检查,应符合本标准 6.3.8 的规定。

8.5.9 保护接地检查

保护接地通过目测法进行检查,应符合本标准 6.3.11 的规定。

8.6 电气性能试验

8.6.1 串联型电源 SPD 的电压调整率 $\Delta U\%$

试验电路如图 17 所示,将额定纯阻性负载接至串联型 SPD 的负载侧,在 SPD 的输入端施加标称电压 U_0 ,使得负载中流过的电流为额定负载电流 I_L 。在接通负载的同时,测量 SPD 的输入端电压 U_{in} 和输出端电压 U_{out} 。电压调整率(用百分比表示)由下式确定:

$$\Delta U\% = \left[\frac{(U_{in} - U_{out})}{U_{in}} \right] \times 100\%$$

试验结果应符合本标准 6.2.10 的规定。

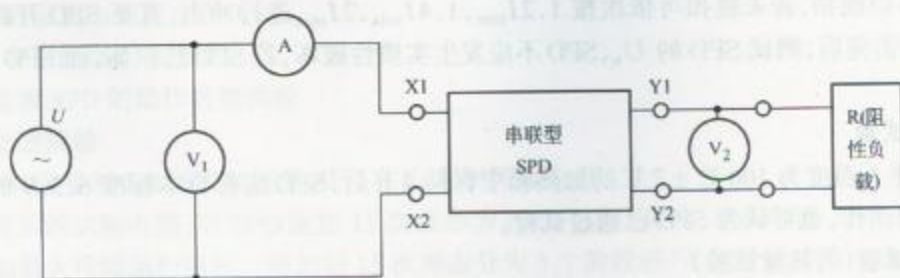
8.6.2 串联型电源 SPD 的额定负载电流(I_L)

按照图 17 接线,在环境温度下对 SPD 通电。负载电流应调整为制造商标明的额定负载电流。不允许对 SPD 进行强迫冷却。

如果外壳达到热稳定,且在正常使用时可接触的部件温升不超过 40 K,则 SPD 试验合格。

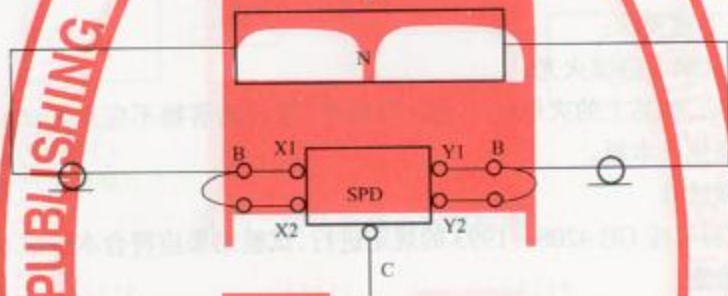
8.6.3 插入损耗试验

插入损耗以 dB 为单位,参与测试的导线最长 1 m,并具有合适的特性阻抗。测试时按图 18 接线。先用短路导线代替 SPD,测量测试线与平衡—不平衡转换器的综合损耗,该损耗不应大于 3 dB,然后插入 SPD 后再测插入损耗。SPD 的插入损耗是两次测量间的向量差。表 9 列出了特性阻抗、频率范围和电缆的类型,应使用制造商标明的 SPD 应用频率范围测试和记录插入损耗;其试验结果应符合本标准 6.2.9 的规定。



- A—电流表;
- V—电压表;
- U—工频电源;
- R—阻性负载(满负荷);
- X1、X2—SPD外线侧接线端子;
- Y1、Y2—SPD被保护侧接线端子;

图 17 串联型电源 SPD 的电压调整率 $\Delta U\%$ 试验电路图



- N—网络分析仪;
- B—平衡—不平衡转换器;
- X1、X2—SPD外线侧接线端子;
- Y1、Y2—SPD被保护侧接线端子;
- C—公共端子(接地端)。

图 18 插入损耗试验电路图

表 9 插入损耗试验电路图使用的标准参数

频率范围	特性阻抗 Z_0 Ω	传输电缆类型
300 Hz~4 kHz	600	双绞线
4 kHz~300 MHz	100、120、150	双绞线
≤ 1 GHz	50、75	同轴电缆
> 1 GHz	50	同轴电缆

8.7 环境适用性试验

8.7.1 振动试验

按 GB/T 2423.10—1995 的规定进行,并应符合以下规定:

- a) 按本标准规定,对 SPD 进行外观检查、限制电压 U_B 试验。
- b) SPD 按照产品说明或与实际使用相当的安装方式固定在振动台上,进行试验。
- c) 试验条件:
 - 1) 频率范围:10 Hz~55 Hz;
 - 2) 加速度:20 m/s^2 ;

3) 振动方向:产品垂直的 x, y, z 三个方向;

4) 持续时间:在 10 Hz~55 Hz 频率范围内,循环扫频 5 次,出现共振频率时,在该频率上持续 10 min \pm 0.5 min。

d) 试验结束后,进行外观检查、限制电压 U_B 试验,试验结果应符合本标准 6.4.1 的规定。

8.7.2 高温试验

按 GB/T 2423.2—2001 的规定进行,并应符合以下规定:

a) 按本标准的规定,对 SPD 进行外观检查、限制电压 U_B 试验;

b) 将 SPD 在正常的大气条件下放置 2h,然后按正常工作位置放置在试验箱内;

c) 将试验箱内温度上升到 70 $^{\circ}$ C,当 SPD 内部温度达到均衡后保持 2 h;

d) 将试验箱温度恢复到常温,然后将 SPD 从试验箱内取出,在正常的试验大气条件下放置 2 h,进行外观检查、限制电压 U_B 试验。

试验结果应符合本标准 6.4.2 的规定。

8.7.3 低温试验

按 GB/T 2423.1—2001 的规定进行,并应符合以下规定:

a) 按本标准的规定,对 SPD 进行外观检查、限制电压 U_B 试验;

b) 将 SPD 在正常的试验大气条件下放置 2 h,然后按正常工作位置放置在试验箱内;

c) 将试验箱内温度降低到 -40 $^{\circ}$ C,当 SPD 内部温度达到均衡后保持 2 h;

d) 将试验箱温度恢复到常温,然后将 SPD 从试验箱内取出,在正常的试验大气条件下放置 2 h,进行外观检查、限制电压 U_B 试验。

试验结果应符合本标准 6.4.3 的规定。

8.7.4 交变湿热试验

按 GB/T 2423.4—1993 的规定进行,并应符合以下规定:

a) 按本标准的规定,对 SPD 进行外观检查、限制电压 U_B 试验;

b) 将 SPD 按正常工作位置放置在试验箱内;

c) 严酷等级:高温温度 +40 $^{\circ}$ C,试验周期 2 d;

d) 将 SPD 从试验箱内取出,在正常的试验大气条件下放置 2 h,进行外观检查、限制电压 U_B 试验。试验结果应符合本标准 6.4.4 的规定。

8.7.5 低气压试验

低气压试验按 GB/T 2423.21—1991 的规定进行,并应符合以下规定:

a) 对电气试验合格的 SPD 进行外观检查,确定外观无瑕疵后在常温下放置 2 h,然后按正常工作位置放置在试验箱内;

b) 使箱内气压以 10 kPa/min 的速率降至 61.3 kPa,保持 2 h 后,对其施加制造商标明的最大持续运行电压 U_c (\pm 0.2%),持续时间 48 h。

试验过程中,SPD 应能稳定地正常工作,没有可见的损坏,SPD 的脱离器不应动作;试验后,将试品以小于 10 kPa/min 的速度恢复到常压下,再重复进行限制电压试验,试验结果应符合本标准 6.4.5 的规定。

9 检验规则

9.1 检验分类

SPD 产品的检验分出厂检验、交收检验和型式试验三种。

9.2 出厂检验

9.2.1 SPD 应经过制造厂的技术检验部门检验合格后,方能出厂。

9.2.2 出厂检验应符合本标准 6.1、6.2.3 的规定,如仅用压敏电阻器制造的 SPD,还应当测试漏泄电流。

9.3 交收检验

电源 SPD 和铁路信号用 SPD 的交收试验应符合表 10 的要求,模拟和数字信号用 SPD 的交收试验应符合表 11 的要求,抽样方案由供需双方商定。

表 10 电源 SPD、铁路信号用 SPD 的交收试验

序号	检验项目	技术要求	试验方法	合格判定数
1	整体要求	6.1	8.3	0
2	最大持续运行电压(U_c)	6.2.7.1	8.4.4.1	0
3	限制电压(U_B)	6.2.5	8.4.3	0
4	动作负载试验	6.3.1	8.5.3	0

表 11 模拟和数字信号用 SPD 的交收试验

序号	检验项目	技术要求	试验方法	合格判定数
1	整体要求	6.1	8.3	0
2	限制电压(U_B)	6.2.5	8.4.3	0
3	模拟和数字信号用 SPD 的插入损耗(α_i)	6.2.9	8.6.3	0

9.4 型式试验

9.4.1 SPD 有下列情形之一时,应进行型式试验:

- 新产品生产试制、老产品转产试制;
- 正式生产后,如产品结构、材料、工艺有较大更改,可能影响其性能;
- 停产超过三年,当再次生产时;
- 经常生产的产品,每五年进行一次。

9.4.2 型式检验采用计数抽样检验,按 GB/T 2829—2002 有关规定进行,并应符合以下规定:

- 判别水平 II;
- 不合格质量水平: RQL=40;
- 抽样方案类型:一次抽样方案。

样品应从交收检验的合格批次中随机抽取,并应符合表 12、表 13、表 14 的要求。

表 12 电源 SPD 的型式试验

试验项目		技术要求	试验方法	样本大小	合格判定数
1 组	标志	10.2	8.3.1	4	0
	整体要求	6.1	8.3		
	电气间隙和爬电距离	6.3.2	8.3.4		
	外壳防护等级	6.3.7	8.5.7		
	保护接地	6.3.11	8.5.8		
2 组	标称导通电压 U_n	6.2.3	8.4.1	4	0
	含间隙 SPD 的冲击放电电压 U_{imp}	6.2.4	8.4.2		
	限制电压	6.2.5	8.4.3.2		
	标称放电电流 I_n (不含交流电源 SPD)	6.2.6.1	8.4.5		
3 组	最大持续运行电压(U_c)	6.2.7.1	8.4.4.1	3	0
	热稳定性	6.3.4	8.5.1		
	耐热	6.3.9	8.5.5		
	阻燃	6.3.6	8.5.6		

表 12(续)

试验项目		技术要求	试验方法	样本大小	合格判定数
4组	交流电源 SPD 的 TOV 耐受特性	6.3.3	8.5.2	2	0
5组	交流电源 SPD 的动作负载特性	6.3.1	8.5.3	2	0
以下试验根据应用情况进行					
6组	串联型交流电源 SPD 附加要求 电压调整率 $\Delta U\%$	6.2.10	8.6.1	3	0
	额定负载电流 I_L	6.2.11	8.6.2		
7组	环境试验: 振动(用于轨边安装的 SPD)	6.4.1	8.7.1	3	0
	高温(用于不受控环境的 SPD)	6.4.2	8.7.2		
	低温(用于不受控环境的 SPD)	6.4.3	8.7.3		
	交变湿热(用于不受控环境的 SPD)	6.4.4	8.7.4		
	低气压(用于海拔 4 000 m 以上 SPD)	6.4.5	8.7.5		

表 13 铁路信号用并联型 SPD 的型式试验

试验项目		技术要求	试验方法	样本大小	合格判定数
1组	标志	10.2	8.3.1	3	0
	整体要求	6.1	8.3		
	电气间隙和爬电距离	6.3.2	8.3.4		
	外壳防护等级	6.3.7	8.5.7		
	保护接地	6.3.11	8.5.8		
2组	标称导通电压 U_n	6.2.3	8.4.1	3	0
	含间隙 SPD 的冲击放电电压 U_{imp}	6.2.4	8.4.2		
	限制电压	6.2.5	8.4.3.3		
	标称放电电流 I_n	6.2.6.1	8.4.5		
	最大持续运行电压(U_c)	6.2.7.1	8.4.4.1		
	并联型 SPD 的冲击开路试验	6.3.5	8.5.4		
3组	热稳定性	6.3.4	8.5.1	3	0
	耐热	6.3.9	8.5.5		
	阻燃	6.3.6	8.5.6		
以下根据应用情况进行					
8组	环境试验: 振动(用于轨边安装的 SPD)	6.4.1	8.7.1	3	0
	高温(用于不受控环境的 SPD)	6.4.2	8.7.2		
	低温(用于不受控环境的 SPD)	6.4.3	8.7.3		
	交变湿热(用于不受控环境的 SPD)	6.4.4	8.7.4		
	低气压(用于海拔 4 000 m 以上 SPD)	6.4.5	8.7.5		

表 14 模拟和数字信号用 SPD 的型式试验

试验项目		技术要求	试验方法	样本大小	合格判定数
1组	标志	10.2	8.3.1	3	0
	整体要求	6.1	8.3		
	电气间隙和爬电距离	6.3.2	8.3.4		
	外壳防护等级	6.3.7	8.5.7		
	保护接地	6.3.11	8.5.8		

表 14(续)

试验项目		技术要求	试验方法	样本大小	合格判定数
2组	标称导通电压 U_n	6.2.3	8.4.1	3	0
	含间隙 SPD 的冲击放电电压 U_{imp}	6.2.4	8.4.2		
	限制电压	6.2.5	8.4.3.3		
	标称放电电流 I_n	6.2.6.1	8.4.5		
	标称导通电压 U_n	6.2.3	8.4.1		
	最大持续运行电压 U_c	6.2.7	8.4.4.2		
	插入损耗 α_c	6.2.9	8.6.3		
	阻燃	6.3.6	8.5.6		
以下根据应用情况进行					
3组	环境试验:			3	0
	振动(用于轨边安装的 SPD)	6.4.1	8.7.1		
	高温(用于不受控环境的 SPD)	6.4.2	8.7.2		
	低温(用于不受控环境的 SPD)	6.4.3	8.7.3		
	交变湿热(用于不受控环境的 SPD)	6.4.4	8.7.4		
	低气压(用于海拔 4 000 m 以上 SPD)	6.4.5	8.7.5		

如果所有试品都通过试验程序,那么,SPD 针对这个试验程序是合格的。

如制造商同意,上一个试验程序的试品可用于下一程序试验。

9.4.3 型式试验的所有试验项目(或试验程序)都能通过和所有承受试验的被试样品都合格,则认为型式试验合格,只要有一个样品有一项未通过检验,则此次型式试验不合格。

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 编制的文件

制造商至少应用中文提供下列信息:

- a) 制造商名称或商标和型号;
- b) 产品名称;
- c) 标称电压 U_N ;
- d) 制造商设定最大连续工作电压 U_c (每种保护模式有一个电压值,通信和计算机 SPD 还应给出端口绝缘电阻);
- e) 标称放电电流 I_n ;
- f) 最大放电电流 I_{max} ;
- g) 制造商标称电压保护水平 U_p (每种保护模式有一个电压值);
- h) 标称导通电压 U_n ;
- i) 冲击放电电压 U_{imp} ;
- j) 保护模式;
- k) 接线端子;
- l) 产品电路图;
- m) 使用环境(受控环境或不受控环境);
- n) 接入电路方式及安装方法(包括连接、机械尺寸、导线长度等)。

10.2 标志

本标准 10.1 中 a)、c)、d)、e)、g) 等各项数据,以及组合式 SPD 的 k) 应标注在 SPD 的本体上,并易

于识别和不易磨灭。其余各项应标注在编制的文件和包装盒上。中文使用说明书上应当标明放电管的标称导通电压 U_G 、冲击放电电压 U_{imp} 和压敏电阻器的压敏电压 U_V ，还应对所用的略缩语、SPD 的应急处理等加以说明。

10.3 包 装

SPD 的外包装应能防止其运输过程中遭受损坏。

包装箱内应附有装箱单、产品合格证或合格标识和必要的技术文件，如运输、安装、维修、中文使用说明书等。

说明书至少提供如下主要信息：

- a) 本标准 10.1 中各项内容；
- b) 外壳防护等级 (IP 代码)；
- c) 安装方式、方法或指导 (如物理尺寸、连接关系、导线线径和长度、是否需要外置脱离器等)；
- d) 使用条件；
- e) 脱离器动作指示说明。

包装箱上的标志应清楚整齐，保证不因运输和贮存后模糊不清，并应包括如下内容：

- a) 制造商名称或商标；
- b) 产品名称和型号；
- c) 装箱数量、生产批号和制造日期。

10.4 运 输

包装好的产品应适应任何交通工具运输，并且在运输中不受雨水淋袭。

10.5 贮 存

包装好的产品应贮存在通风良好，温度为 $-5\text{℃} \sim +40\text{℃}$ ，相对湿度小于或等于 90% 的库房中；运输过程中不应受强烈的震动和碰撞。

附录 A
(规范性附录)

浪涌保护器派生产品的绝缘要求

A.1 总要求

防雷箱、防雷柜产品的绝缘耐压试验和冲击耐压试验在去除浪涌保护器 SPD 的防护模块下进行。

A.2 防雷箱、防雷柜产品的绝缘耐压要求

在正常使用条件,大气压力不低于 70.1 kPa(海拔高度 3 000 m 以下)时,防雷箱、防雷柜与外部线路的接线端口分别对 PE 端、箱或柜的壳体,应能承受表 A.1 规定的交流 50 Hz 正弦波试验电压(有效值)及规定的施加电压时间和次数,应无闪络或击穿现象。重复试验的试验电压值为表 A.1 规定的 75%。

表 A.1 绝缘耐压试验表

施加电压的部位	试验电压(有效值) V	施加电压的时间和次数			
		出厂检验 s	次数	型式试验 min	次数
外部线路端口与 PE	3 000	1	1	1	1
箱或柜的壳体与 PE	3 000	1	1	1	1

A.3 防雷箱、防雷柜产品的冲击耐压要求

防雷箱、防雷柜与外部线路的接线端口分别对 PE 端、箱或柜的壳体,在施加载表 A.2 规定的 1.2/50 μ s 冲击电压波的幅值、极性和次数,应无闪络或击穿现象。

表 A.2 冲击耐压试验表

施加电压的部位	冲击电压幅值 1.2/50 μ s	施加冲击电压的极性和次数	
		极性	次数
外部线路端口与 PE	6 kV	正、负	各 5
箱或柜的壳体与 PE	6 kV	正、负	各 5