

ICS 45.020
S 61

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3498—2018

铁路通信信号设备雷击试验方法

**Lightning test method for
railway telecommunication & signaling system equipment**

2018-01-11 发布

2018-07-01 实施

国家铁路局 发布

目 次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

4 雷击试验的基本要求和程序 3

5 试验波形和模拟雷击发生器 5

6 试验严酷等级 7

7 试验电路和雷击试验要求 9

参考文献 19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由西安全路通号器材研究有限公司提出并归口。

本标准起草单位：中国铁道科学研究院通信信号研究所。

本标准主要起草人：付茂金、阮小飞、王州龙、肖桐、邱传睿、李永毅。

铁路通信信号设备雷击试验方法

1 范围

本标准规定了工作电压在1 000 V(AC)或1 500 V(DC)及以下的铁路通信信号系统电子设备和电源设备模拟雷击试验的试验条件、试验电路、试验要求、试验严酷等级、试验程序以及试验结果的判定条件。

本标准适用于通过金属导线直接连接到设备端口的通信信号设备(包括室内和室外设备)受传导雷电干扰的模拟雷击试验,不考虑车载设备。不适用雷电直击设备和雷电在机房内的空间电磁干扰的检验。其他铁路电气电子设备的雷击试验可以参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅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 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验(IEC 61000-4-5:2005,IDT)

GB/T 17627.1 低压电气设备的高电压试验技术 第一部分:定义和试验要求(IEC 61180-1:1992,EQV)

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

过电压过电流 over-voltage and over-current

出现在设备上的超过设备本身正常工作电压和电流的外来电压和电流。

[YD/T 993—2006,定义3.1.2]

3.1.2

模拟雷击冲击 simulating lightning surge

模拟线路设施或线路设施附近遭受雷击所引起的对设备的冲击。

[YD/T 993—2006,定义3.1.3]

3.1.3

平衡传输线 balanced transmission line

传输线体系中的均匀信号传输线,由两条结构相同对地对称的并行线条合并组成。

注:平衡传输线也称对称线。

3.1.4

非平衡传输线 unbalanced transmission line

传输线体系中的非均匀信号传输线,由单条(或多条)信号传输线和单条信号回线组成,信号传输线和信号回线对地不对称。

注:非平衡传输线也称非对称线。

3.1.5

物理端口 physical ports

设备对外连接的物理通道终端。

3.1.6

外部端口 external ports

特定设备的一个特定端口,该端口直接与延伸到建筑物(构筑物)配线的金属导体相连接。

[YD/T 993—2006,定义 3.1.11]

3.1.7

内部端口 internal ports

特定设备的一个特定端口,该端口未直接与延伸到建筑物(构筑物)配线的金属导体相连接,它主要同连接互连设备的电缆连接。

[YD/T 993—2006,定义 3.1.12]

3.1.8

铁路通信信号电子设备的电源端口 power ports of electronic equipment in railway communication and signaling equipment

铁路通信信号电子设备中与外线连接,为电子设备提供电源的物理端口。

3.1.9

铁路通信信号设备的通信端口 communication ports in railway communication and signaling equipment

铁路通信信号电子设备或电源设备中支持一个点对点连接并传输模拟或数字信号的物理端口。

3.1.10

铁路通信信号电源设备端口 ports of power equipment in railway communication and signaling equipment

电源设备对外连接,输入电源或输出电源的物理端口。

3.1.11

外部保护 external protection

用浪涌保护装置来保护设备端口的一种方法,该方法可以防止过电压过电流进入设备端口。

注:这些浪涌保护装置能方便获得、安全移出并且能保持等电位连接。

3.1.12

内部保护 inherent protection

在设备端口处提供保护的一种保护方法,该保护可以通过设备的内在特性、具体的结构设计或合适的保护元件来得以实现。

3.1.13

互连线 interconnecting cable

I/O 线缆(输入/输出线路)和通信线。

[GB/T 17626.5,定义 3.15]

3.1.14

共模试验 common-mode test

模拟冲击电压或电流施加在电气、电子设备输入(出)端线与地之间的试验。

注:共模试验也称纵向试验。

3.1.15

差模试验 differential-mode test

模拟冲击电压或电流施加在电气、电子设备输入(出)端线与线之间的试验。

注:差模试验也称横向试验。

3.1.16

耦合网络 coupling network

将冲击能量从一个电路传送到另一个电路的电路。

[GB/T 17626.5,定义 3.5]

3.1.17

去耦网络 decoupling network

用于防止施加到受试设备上的浪涌(冲击)能量影响其他未被试验的装置、设备或系统的电路。

[GB/T 17626.5, 定义 3.6]

3.1.18

电流波形 current waveform

模拟雷电冲击发生器输出短路时(负载小于或等于 $0.1\ \Omega$)的电流波形,也可以是经耦合电路输出至短路的受试设备端子的电流波形。

3.1.19

电压波形 voltage waveform

模拟雷电冲击发生器输出开路时(负载大于或等于 $10\ \text{k}\Omega$)的电压波形,也可以是发生器接上受试设备端子时的电压波形。

3.2 缩略语

以下缩略语适用于本文件:

EUT:受试设备(Equipment Under Test)

GDT:气体放电管(简称放电管)(Gas Discharge Tube)

MOV:金属氧化物压敏电阻器(简称压敏电阻)(Metal Oxide Varistor)

PE:保护接地(Protective Earth)

SPD:浪涌保护器(Surge Protective Device)

4 雷击试验的基本要求和程序

4.1 试验条件

铁路通信信号设备(包括电子设备和电源设备)的雷击试验,应在下列条件下进行:

a) 气候环境条件:

- 1) 温度: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$;
- 2) 相对湿度: $30\%\text{RH} \sim 70\%\text{RH}$;
- 3) 大气压力: $86\ \text{kPa} \sim 106\ \text{kPa}$ 。

b) EUT 条件:除有特殊说明,试验前 EUT 应处于正常工作状态,EUT 应与现场典型配置一致。

试验应在 EUT 的各种重要状态(例如继电器的吸合、断开状态)下分别进行。

4.2 试验设备

雷击试验的基础设备包括能提供相应的雷击波形、电压电流及幅值的模拟雷电冲击发生器、耦合网络、去耦网络、辅助设备及测量系统(如存储示波器)等。

4.3 对 EUT 资料的要求

4.3.1 电子设备电源端口资料

试验前应确定 EUT 的下列资料:

- a) 供电方式(交流、直流);
- b) 电源端口输入电压值;
- c) 根据本标准 6.1 确定的电源端口与馈线的连接情况。

4.3.2 电源设备外线端口资料

试验前应确定 EUT 的下列资料:

- a) 供电方式(交流、直流);
- b) 电源端口输入、输出电压值;

- c) 输入、输出端口位置;
- d) 根据本标准 6.3 确定的电源设备端口与馈线的连接情况。

4.3.3 通信信号设备通信端口资料

试验前应确定 EUT 的下列资料:

- a) 端口性质(外部端口/内部端口)及使用定义;
- b) 互连线性质(平衡传输线/非平衡传输线);
- c) 系统保护的方式和位置;
- d) 系统端口传输电压的性质(模拟/数据、交流/直流等)及传输电压最大幅值 U_{\max} ;
- e) 根据本标准 6.2 确定的通信、信号电子设备通信端口与互连线的连接情况。

4.4 试验类型

雷击试验的试验类型如下:

- a) 外部端口—地间共模试验(纵向试验),即线—地间试验;
- b) 内部端口—地间共模试验(纵向试验),即线—地间试验;
- c) 外部线路端子—外部线路端子间差模试验(横向试验),即线—线间试验;
- d) 内部线路端子—内部线路端子间差模试验(横向试验),即线—线间试验。

设备端口通过线路端子与试验线路连接。

4.5 施加试验雷电冲击波

4.5.1 施加雷电冲击波时的耦合方式

施加雷击电压电流,可选用以下耦合方式:

- a) 放电管耦合(优选);
- b) 阻抗耦合(需考虑耦合电路对波形的影响);
- c) 直接耦合(应保证 EUT 和冲击发生器不相互影响);
- d) 电容耦合($9\ \mu\text{F}$ 、 $18\ \mu\text{F}$ 电容等)。

4.5.2 施加雷电冲击波时去耦网络要求

在对电源设备进行雷击试验时,应用去耦网络防止雷电冲击波进入上级电源设备或供电网。去耦网络采用去耦电感,使去耦网络和 EUT 连接处的电源压降,应低于额定值的 10%,但去耦电感不应超过 $1.5\ \text{mH}$ 。去耦电感值可由 EUT 制造商确定。

4.5.3 雷电冲击波的施加方法

所有试验端口应施加最低等级雷击试验,然后根据严酷等级施加雷击试验。

按 4.5.1 选定的耦合方式,并按试验严酷等级将雷电冲击波施加在 EUT 上。试验选择两个或两个以上级别雷击电压、电流时,可按先小后大顺序施加。

4.6 试验次数和时间间隔

4.6.1 试验次数

正负极性各 5 次。如产品标准有更严格规定,按产品标准规定试验。

4.6.2 试验时间间隔

为避免前一次试验的非正常影响,时间间隔选用 $3\ \text{min}$ 。

4.7 试验程序

4.7.1 初始条件

设备制造商应提供功能正常的 EUT。

4.7.2 雷击试验

EUT 相关设备处于正常工作状态,按 4.5 和 4.6 的规定施加雷电电压或电流,每组试验(如某一电压施加正负各 5 次)后,EUT 不能正常工作,则终止试验。

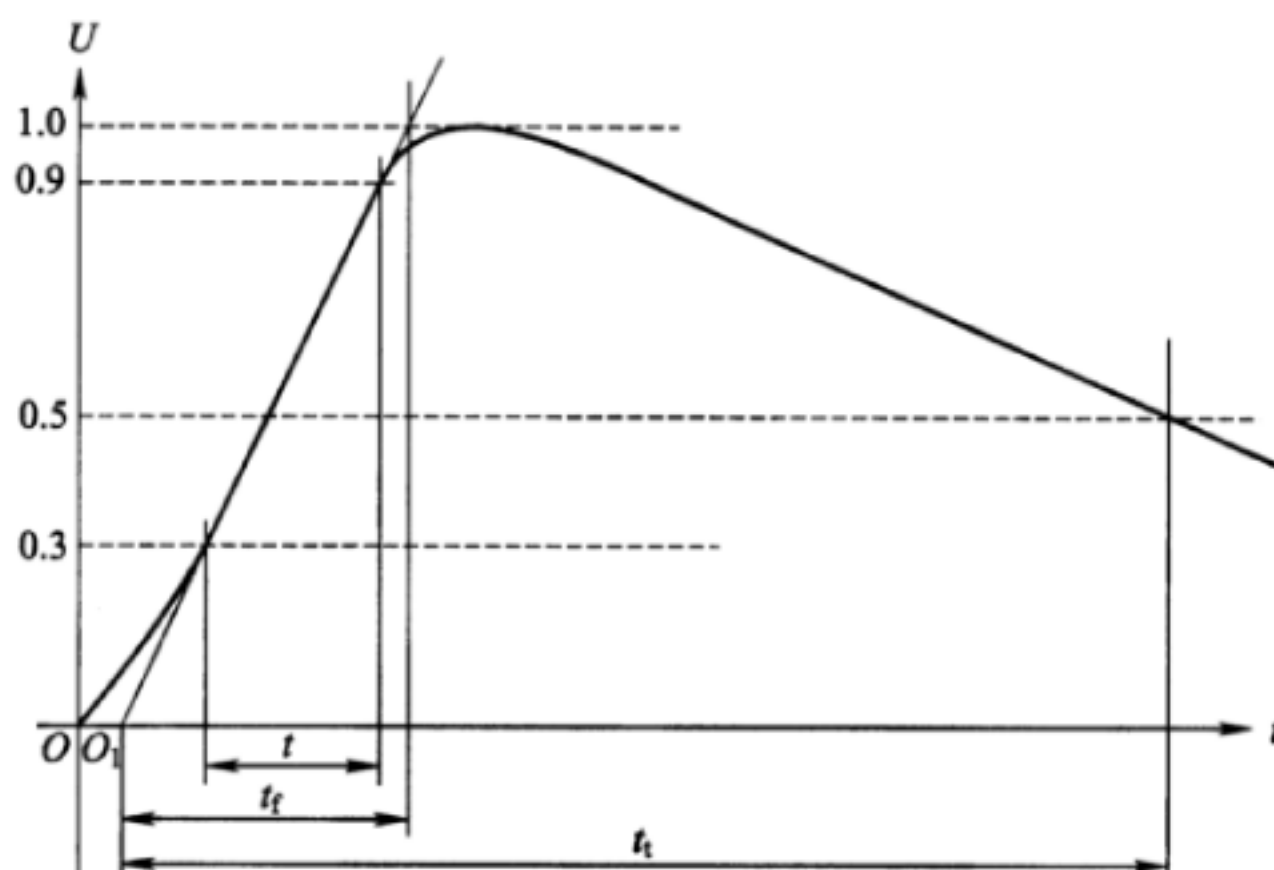
4.7.3 最后检测

雷击试验完成并恢复后,进行产品规定的电气、功能检测和外观检查。

5 试验波形和模拟雷击发生器

5.1 模拟雷击试验冲击电压波形

冲击电压波形应符合 GB/T 17627.1 中规定的冲击电压波的要求,见图 1。



说明:

U 为电压轴,用冲击电压的系数表示, $U=1.0$ 处表示的电压幅值是冲击电压的峰值;

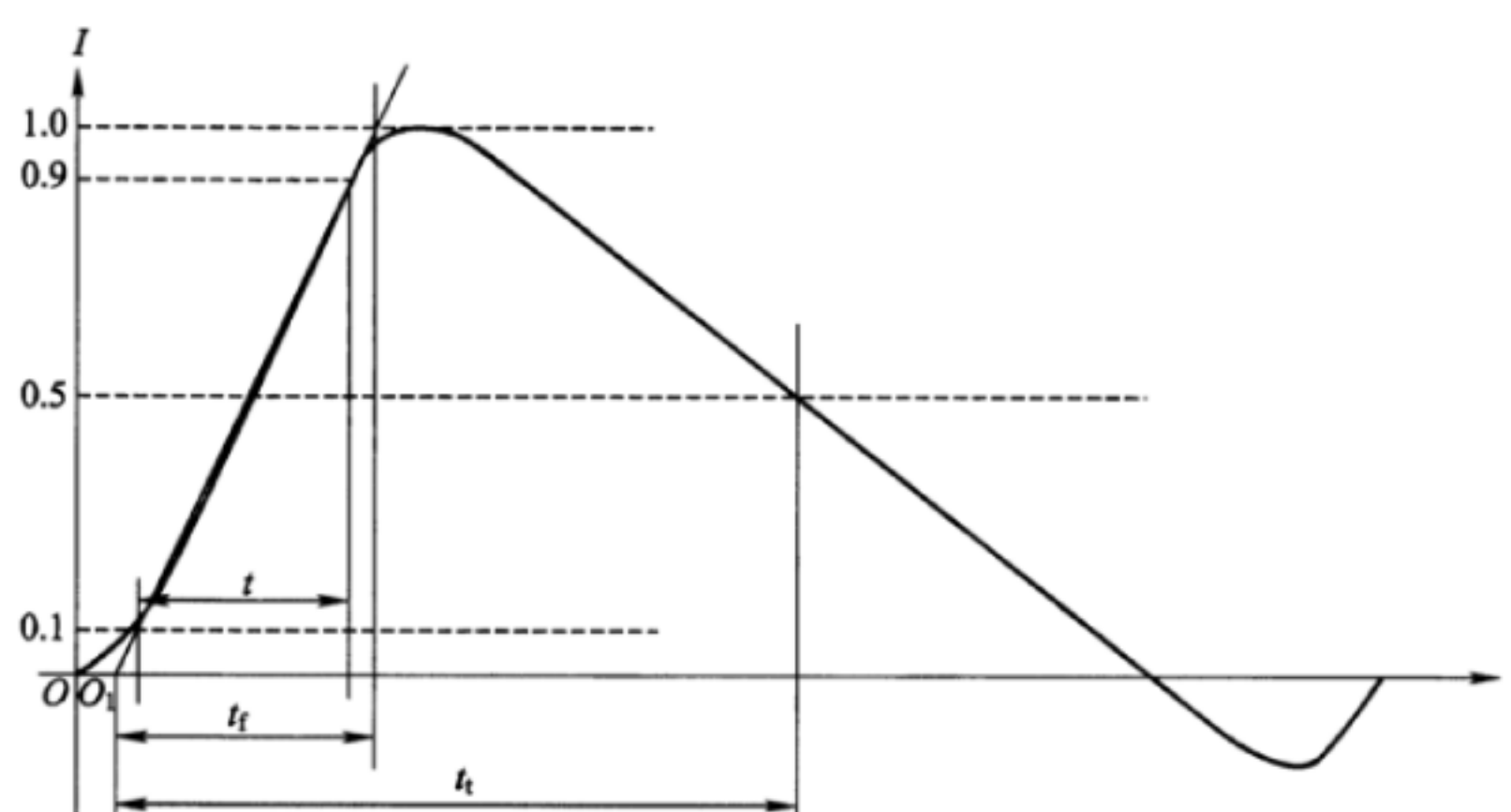
t 为时间轴,单位为 μs , t_f 为冲击波的视在波头时间(简称波头时间), $t_f=1.67t$;

t_t 为视在半峰值时间(简称峰尾时间),它是冲击波幅值由视在起点 O_1 升至最大值后降到 1/2 峰值的时间(视在起点 O_1 是在冲击电压波形的前沿 0.3 U 和 0.9 U 处所画直线与时间轴的交点)。

图 1 冲击电压波形图

5.2 模拟雷击试验冲击电流波形

冲击电流波形应符合 GB/T 17627.1 中规定的冲击电流波的要求,见图 2。



说明:

I 为电流轴,用冲击电流的系数表示, $I=1.0$ 处表示的电流幅值是冲击电流的峰值;

t 为时间轴,单位为 μs , t_f 为冲击波的视在波头时间(简称波头时间), $t_f=1.25t$;

t_t 为视在半峰值时间(简称峰尾时间),它是冲击波幅值由视在起点 O_1 升至最大值后降到 1/2 峰值的时间(视在起点 O_1 是在冲击电流波形的前沿 0.1 I 和 0.9 I 处所画直线与时间轴的交点)。

图 2 冲击电流波形图

5.3 组合波发生器

5.3.1 总则

本标准规定了两种类型的组合波发生器,根据 EUT 端口的类别分别采用。1.2/50 μs -8/20 μs 组合波发生器,用于电子设备电源端口的雷击试验,10/700 μs -5/320 μs 组合波发生器用于一般信息传输电缆端口的雷击试验。发生器的特性应符合 GB/T 17626.5—2008 的规定。

5.3.2 1.2/50 μs -8/20 μs 组合波发生器

5.3.2.1 发生器波形

1.2/50 μs -8/20 μs 组合波发生器在未连接 EUT 时测量输出波形,应保证输出波形符合下列规定:

- 开路电压峰值允许误差: $\pm 10\%$,短路电流峰值允许误差: $\pm 10\%$;
- 开路电压波形 1.2/50 μs ,见图 1。波前时间误差: $\pm 30\%$,半峰值时间误差: $\pm 20\%$;
- 短路电流波形 8/20 μs ,见图 2。波前时间误差: $\pm 20\%$,半峰值时间误差: $\pm 20\%$;
- 允许电流波形有过零的反极性震荡,该震荡值小于波形峰值的 20%。

当连接 EUT 时,不要求发生器输出端和耦合/去耦网络的输出端波形同时满足以上要求。

5.3.2.2 发生器波形的幅值范围、极性、重复率和相移

发生器应满足以下要求:

- 开路电压幅值范围:0.5 kV 起至所需测试电压;
- 短路电流幅值:与设定开路电压幅值对应的电流值;
- 发生器开路电压峰值和短路电流峰值的关系见表 1;
- 输出极性:正负极性可变换;
- 重复率:间隔 1 min 或更快;
- 相移:相对于 EUT 交流线电压的相位在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 变化,可调。

5.3.2.3 发生器有效输出阻抗

发生器有效输出阻抗为开路输出电压峰值和短路输出电流峰值之比,1.2/50 μs -8/20 μs 组合波发生器有效输出阻抗为 $2(1 \pm 10\%) \Omega$ 。

5.3.3 10/700 μs -5/320 μs 组合波发生器

5.3.3.1 发生器波形

10/700 μs -5/320 μs 组合波发生器在未连接 EUT 时测量输出波形,应保证输出波形符合下列规定:

- 开路电压峰值允许误差: $\pm 10\%$;
- 开路电压波形 10/700 μs ,见图 1。波前时间误差: $\pm 30\%$,半峰值时间误差: $\pm 20\%$;
- 短路电流波形 5/320 μs ,见图 2。波前时间误差: $\pm 20\%$,半峰值时间误差: $\pm 20\%$ 。

当连接 EUT 时,不要求发生器输出端和耦合/去耦网络的输出端波形同时满足以上要求。

5.3.3.2 发生器波形幅值、极性和重复率

发生器应满足以下要求:

- 开路电压幅值:0.5 kV 起至所需测试电压;
- 短路电流幅值:与设定开路电压幅值对应的电流值;
- 发生器开路电压峰值和短路电流峰值的关系和幅值要求见表 2;
- 输出极性:正负极性可变换;
- 重复率:间隔 1 min 或更快。

5.3.3.3 发生器有效输出阻抗

发生器有效输出阻抗为开路输出电压峰值和短路输出电流峰值之比,10/700 μs -5/320 μs 组合波

发生器的有效输出阻抗为 $40(1 \pm 10\%) \Omega$ 。

5.4 8/20 μs 冲击电流波发生器

8/20 μs 冲击电流波发生器在未连接 EUT 时测量输出波形,应保证输出波形符合下列规定:

- 短路电流峰值允许误差: $\pm 10\%$;
- 短路电流波形 8/20 μs , 见图 2。波前时间误差: $\pm 20\%$, 半峰值时间误差: $\pm 20\%$;
- 允许波形有过零的反极性震荡, 该震荡值小于波形峰值的 20%。

当连接 EUT 时, 发生器输出端和耦合/去耦网络输出端波形不必同时满足上述要求。

5.5 10/200 μs 冲击波发生器

10/200 μs 冲击波发生器在未连接 EUT 时测量输出波形, 应保证输出波形符合下列规定:

- 开路电压峰值允许误差: $\pm 10\%$;
- 开路电压波形见图 1, 波前时间误差: $\pm 30\%$, 半峰值时间误差: $\pm 20\%$ 。

当连接 EUT 时, 发生器输出端和耦合/去耦网络输出端波形不必同时满足上述要求。

6 试验严酷等级

6.1 电子设备电源端口雷击试验严酷等级

1.2/50 μs -8/20 μs 组合波试验用于与交流或直流电源线连接的电子设备电源端口的模拟雷击试验, 严酷等级见表 1。不同试验严酷等级对应的连接情况应符合以下规定:

- 1 级: 通信信号电子设备电源端口通过经多级防护后的 UPS 供电的电源馈线连接;
- 2 级: 通信信号电子设备电源端口与经机房入口处电源防雷箱防护后并由电源屏输出的电源馈线连接, 以及由电源防雷箱(柜)引出的电压监测设备端口;
- 3 级: 通信信号电子设备电源端口直接与埋地长度长于 15 m 的埋地电缆连接;
- 4 级: 通信信号电子设备电源端口直接与埋地长度短于 15 m 的埋地电缆连接;
- 5 级: 通信信号电子设备电源端口直接与架空电源馈线连接;
- X 级: 根据用户要求施加更高等级的冲击电压和冲击电流。

表 1 电子设备电源端口雷击试验严酷等级

严酷等级	试验波形		试验端口	
	1.2/50 μ s-8/20 μ s 2 Ω 组合波		线对地 kV	线对线 kV
	发生器开路电压峰值 \pm 10% kV	发生器短路电流峰值 \pm 10% kA		
1	1.0	0.5	1.0	0.5
2	2.0	1.0	2.0	1.0
3	4.0	2.0	4.0	2.0
4	6.0	3.0	6.0	3.0
5	10.0	5.0	10.0	5.0
X	根据需要选择			
注:短路电流峰值是指定了组合波发生器开路电压值后该发生器对应的短路电流值。				

6.2 通信信号电子设备通信端口雷击试验严酷等级

10/700 μs -5/320 μs 组合波用于通信信号电子设备与信息数据传输线连接的通信端口的传导雷模拟雷击试验, 10/200 μs 冲击波用于与钢轨连接的信号设备通信端口的传导雷模拟雷击试验, 严酷等级见表 2。不同试验严酷等级对应的连接情况应符合以下规定:

- 1 级: 机房内通信、信号设备通信端口与机房防雷分线柜等有串联外部保护的输出电缆连接。

机房内部与其他联锁、列控设备连接的端口(RJ45/串口/视频),与继电器驱动采集(I/O)连接的端口,并连接电缆小于10 m;

- b) 2级:机房内通信、信号设备通信端口与机房防雷分线柜等有并联外部保护的输出电缆连接;
- c) 3级:机房内通信、信号设备通信端口直接与埋地通信或信号电缆连接;
- d) 4级:机房内通信、信号设备通信端口直接与未埋入土壤中的通信或信号电缆连接;
- e) 5级:机房外通信、信号设备通信端口外部保护与埋地通信或信号电缆连接;
- f) 6级:信号设备通信端口与钢轨连接;
- g) X级:机房外通信、信号设备通信端口直接与未埋入土壤中的通信或信号电缆连接。

6.3 电源设备雷击试验的严酷等级

8/20 μ s 电流波适用于铁路通信信号系统的交(直)流电源等设备电源输入、输出端口模拟雷击试验,严酷等级见表3。不同试验严酷等级对应的连接情况应符合以下规定:

- a) 1级:机房内电源设备输入端口与机房内三级电源防雷设备的第三级馈线串联;
- b) 2级:机房内电源设备输出端口与机房内三级电源防雷设备第三级馈线并联;
- c) 3级:机房内电源设备输入端口与机房内三级电源防雷设备第二级馈线并联;
- d) 4级:机房内电源设备输入端口与机房内三级电源防雷设备第一级馈线并联。

表2 通信信号电子设备通信端口雷击试验严酷等级

严酷等级	试验波形		试验端口	
	10/700 μs -5/320 μs 40 Ω 组合波		线对地 kV	线对线 kV
	发生器开路电压峰值 $\pm 10\%$ kV	发生器短路电流峰值 $\pm 10\%$ A		
1	0.5	12.5	0.5	0.5
2	1.0	25	1.0	0.5
3	2.0	50	2.0	1.0
4	4.0	100	4.0	2.0
5	6.0	150	6.0	3.0
6	10.0	—	10.0	5.0
X	根据用户要求施加更低或高等级或 1 ~ 5 等级间的任何值的冲击电压和冲击电流			
平衡传输线不施加横向试验。 注:用 10/700 μs -5/320 μs 组合波雷击试验时,短路电流峰值是指定了组合波发生器开路电压值后该发生器对应的短路电流值。用 10/200 μs 冲击波雷击试验时,发生器未接入 EUT 时的电压值即开路电压值。				

表3 8/20 μ s 电流波试验严酷等级

严酷等级	试验端口	
	线对地 kA	线对线 kA
1	1	—
2	5	1
3	10	5
4	20	10

7 试验电路和雷击试验要求

7.1 铁路通信信号电子设备端口雷击试验

7.1.1 电子设备电源端口雷击试验

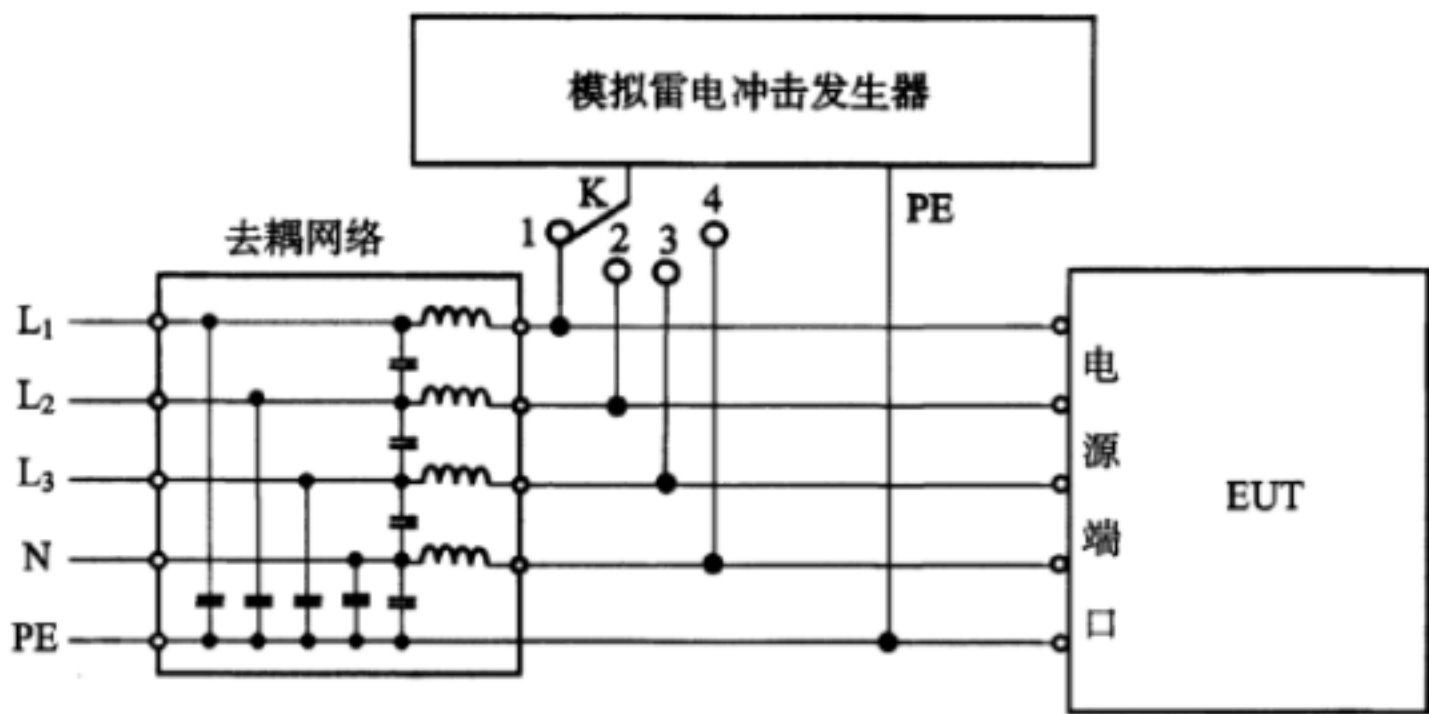
7.1.1.1 基本要求

通信信号电子设备电源端口是直接连接到直流或交流电源的物理端口。
对于没有地线或外部接地连接的绝缘产品,不进行线—地间试验。

7.1.1.2 试验电路

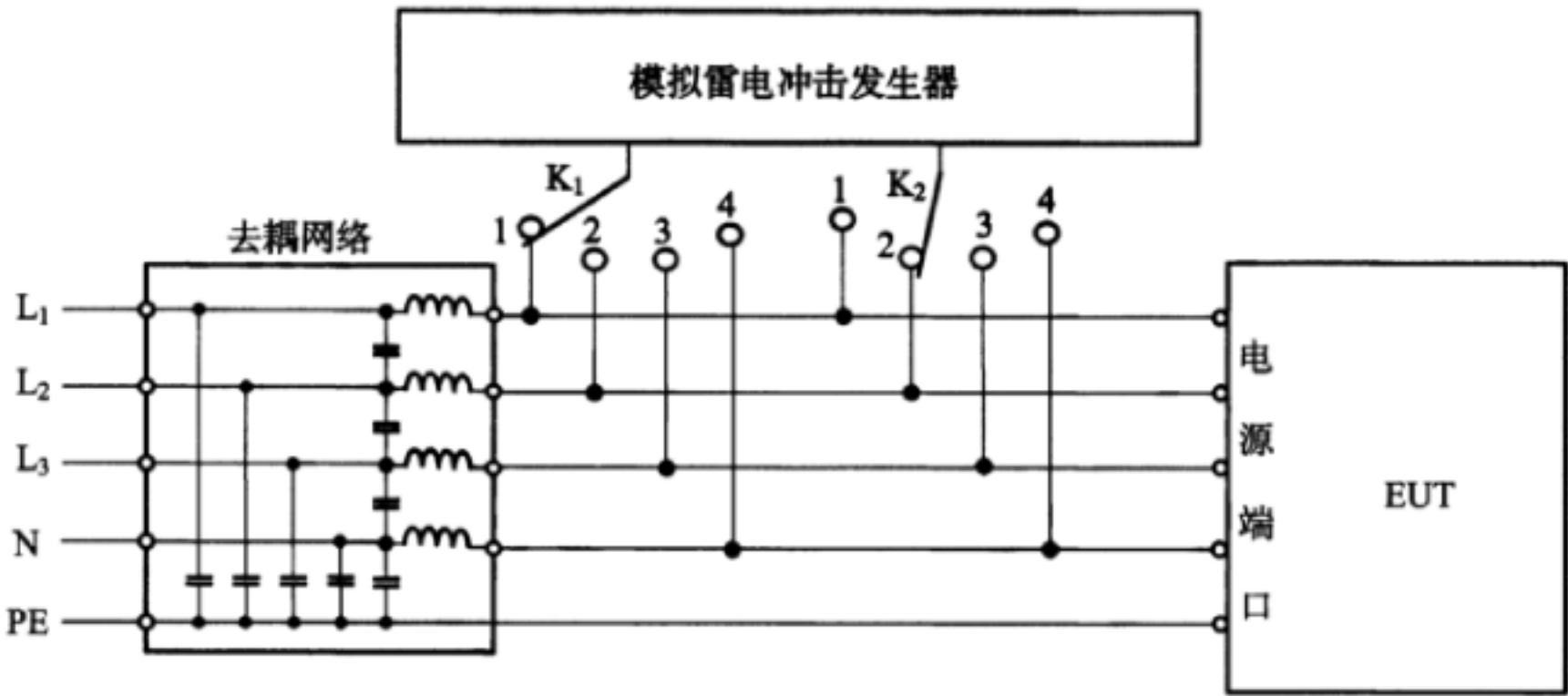
铁路通信信号电子设备电源端口雷击试验电路如下:

- a) 冲击发生器和 EUT 端口采用直接耦合的三相五线制(TN-S)电源线—地间线路端口试验电路如图 3a)所示,线—线间线路端口试验电路如图 3b)所示。



说明:线—地间试验,冲击波分别施加在 L_1 -PE、 L_2 -PE、 L_3 -PE、N-PE 间。

a) 线—地间试验电路图

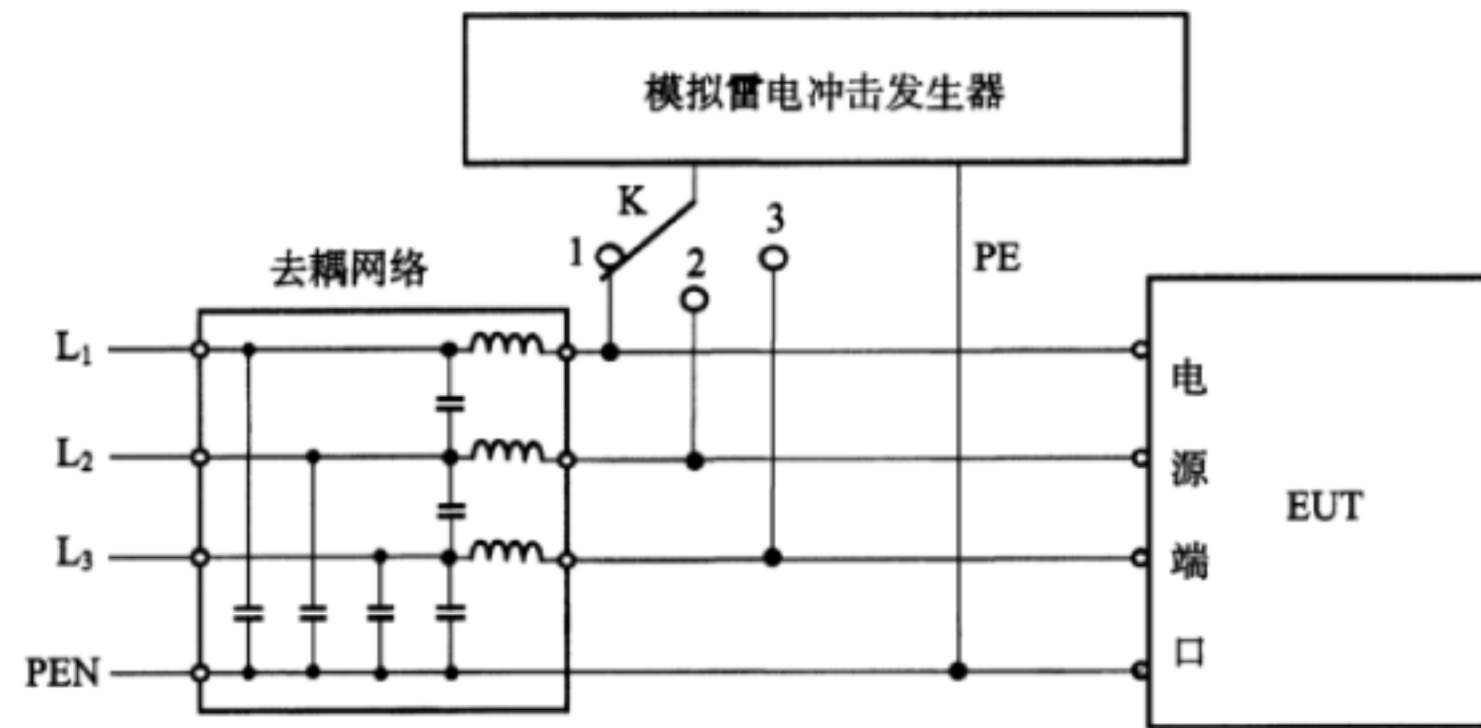


说明:线—线间试验,冲击波分别施加在 L_1 - L_2 、 L_2 - L_3 、 L_3 - L_1 间和 L_1 -N、 L_2 -N、 L_3 -N 间。

b) 线—线间试验电路图

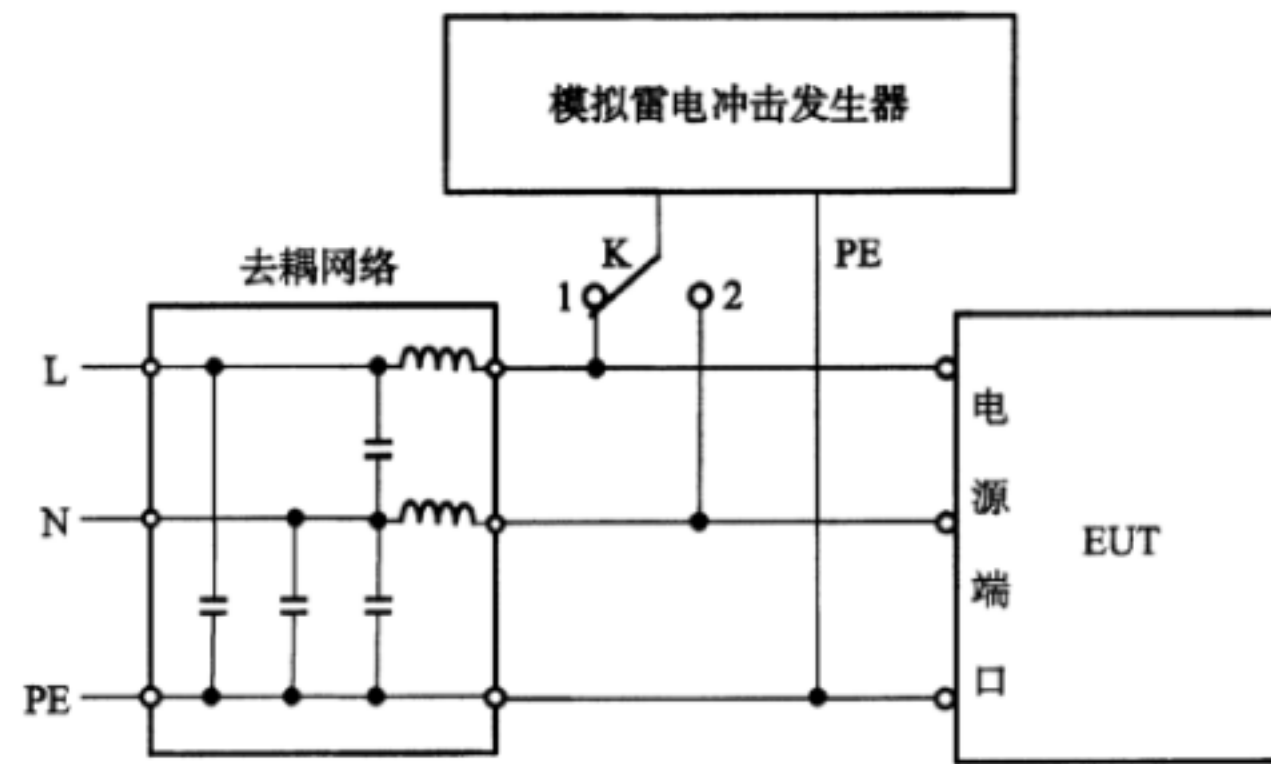
图 3 三相五线制电源馈电端口雷击试验电路图(直接耦合)

- b) 冲击发生器和 EUT 端口采用直接耦合的三相四线制电源线—零间线路端口雷击试验电路如图 4 所示。
c) 冲击发生器和 EUT 端口采用直接耦合的单相电源线—地间线路端口雷击试验电路如图 5 所示。
d) 冲击发生器和 EUT 端口采用直接耦合的单相电源线—零间线路端口雷击试验电路如图 6 所示。



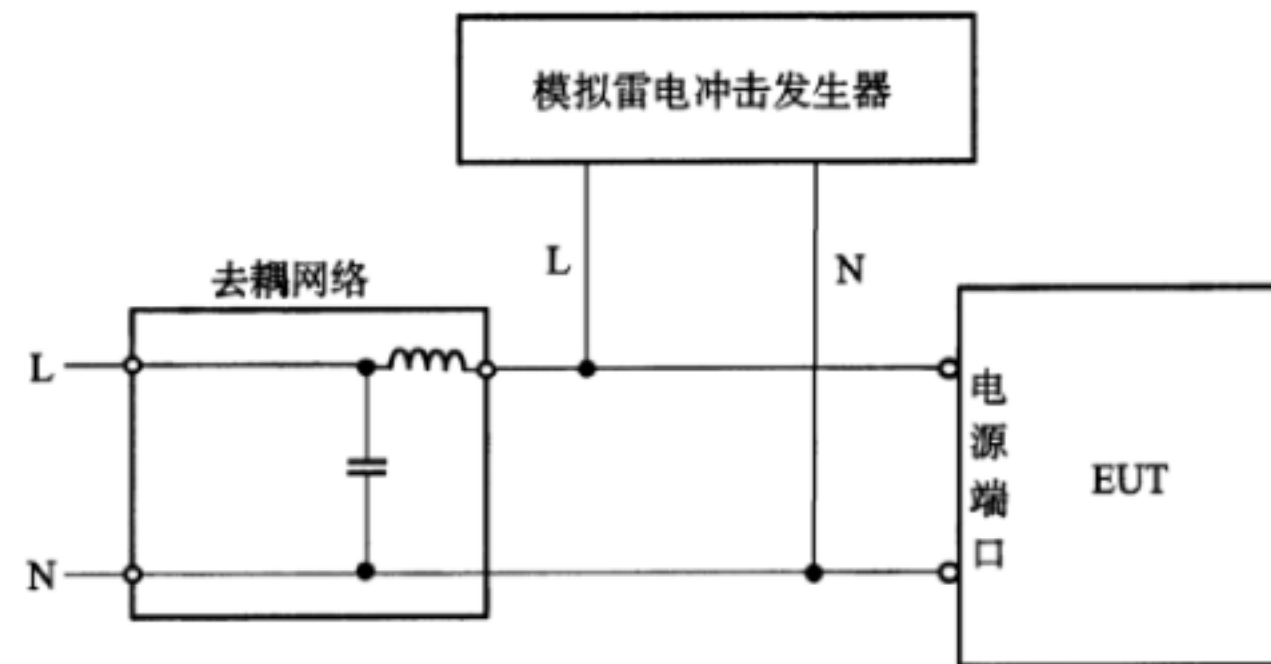
说明：线—零间试验，冲击波分别施加在 L_1 -N、 L_2 -N、 L_3 -N 间。

图4 三相四线制电源线线—零间雷击试验电路图(直接耦合)



说明：线—地间试验，冲击波分别施加在 L-PE、N-PE 间。

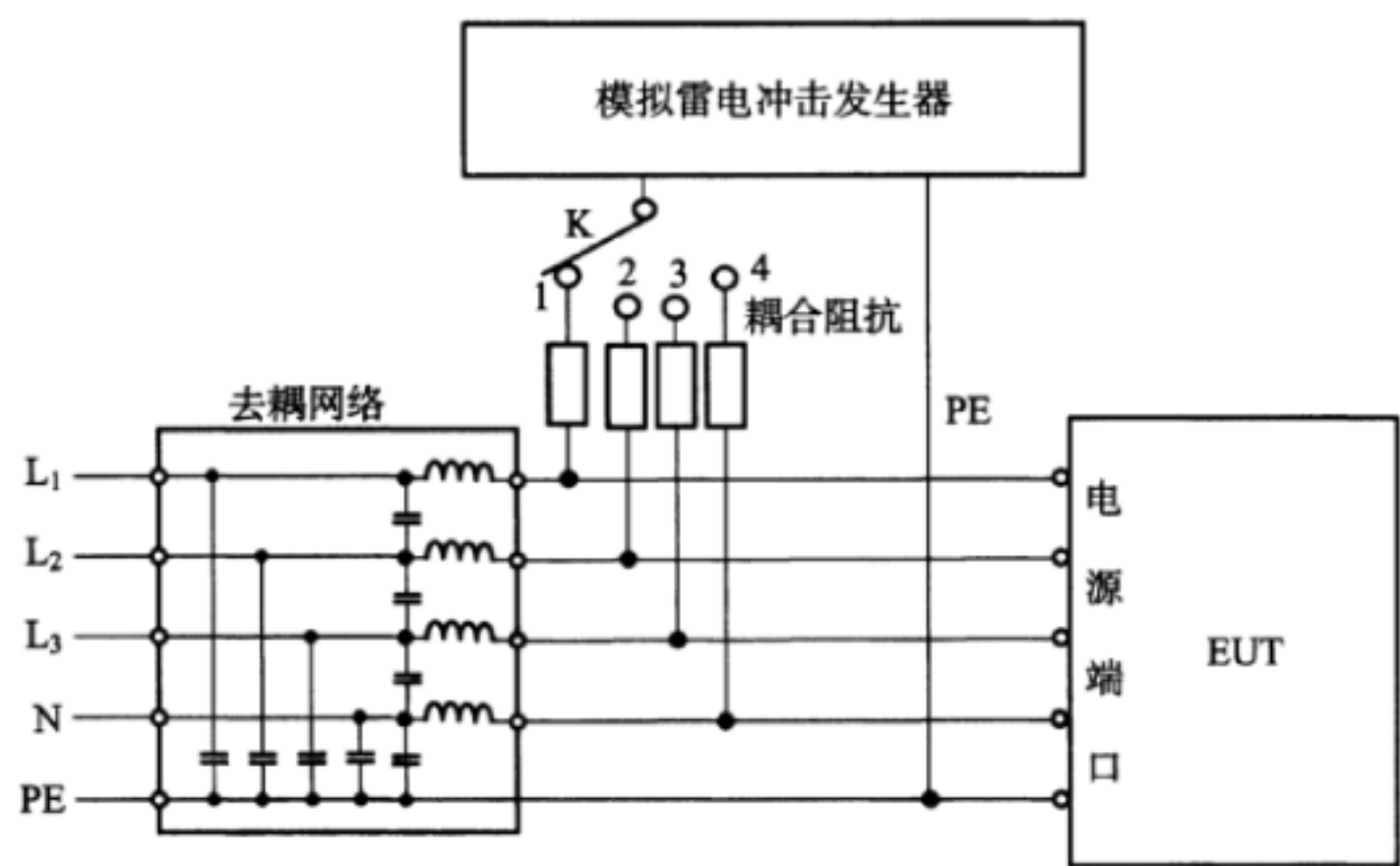
图5 单相电源线线—地间雷击试验电路图(直接耦合)



说明：线—零间试验，冲击施加在 L-N 间。

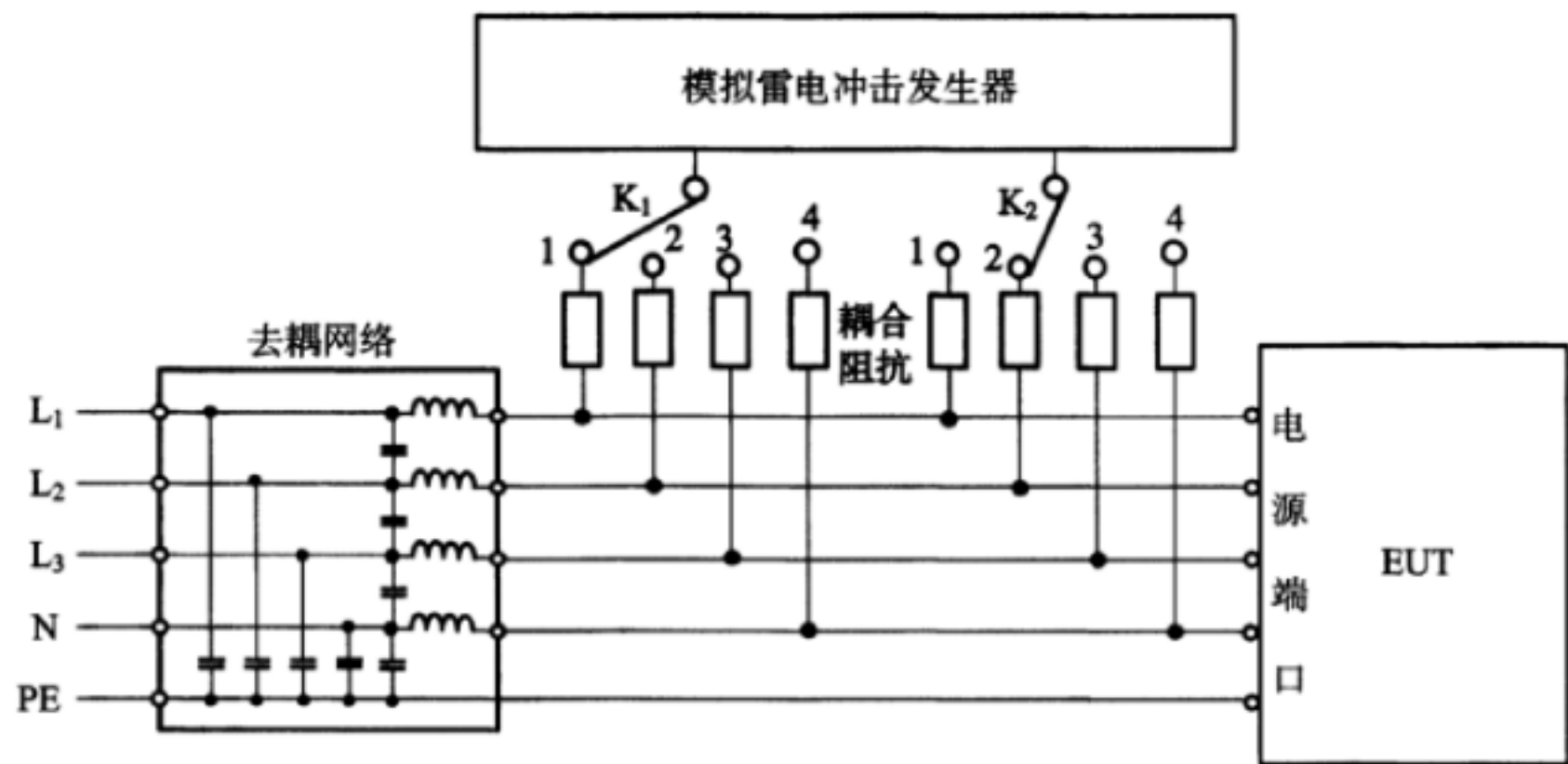
图6 单相电源线线—零间雷击试验电路图(直接耦合)

- e) 冲击发生器和 EUT 端口采用阻抗耦合的三相五线制电源线—地间线路端口雷击试验电路如图 7a) 所示,电源线—线间线路端口雷击试验电路如图 7b) 所示。耦合阻抗可以是电容如 $9\ \mu\text{F}$ 、 $18\ \mu\text{F}$,或是非线性元件如放电管等。



说明：线—地间试验，冲击波分别施加在 L_1 -PE、 L_2 -PE、 L_3 -PE、N-PE 间。

a) 线—地间试验电路图

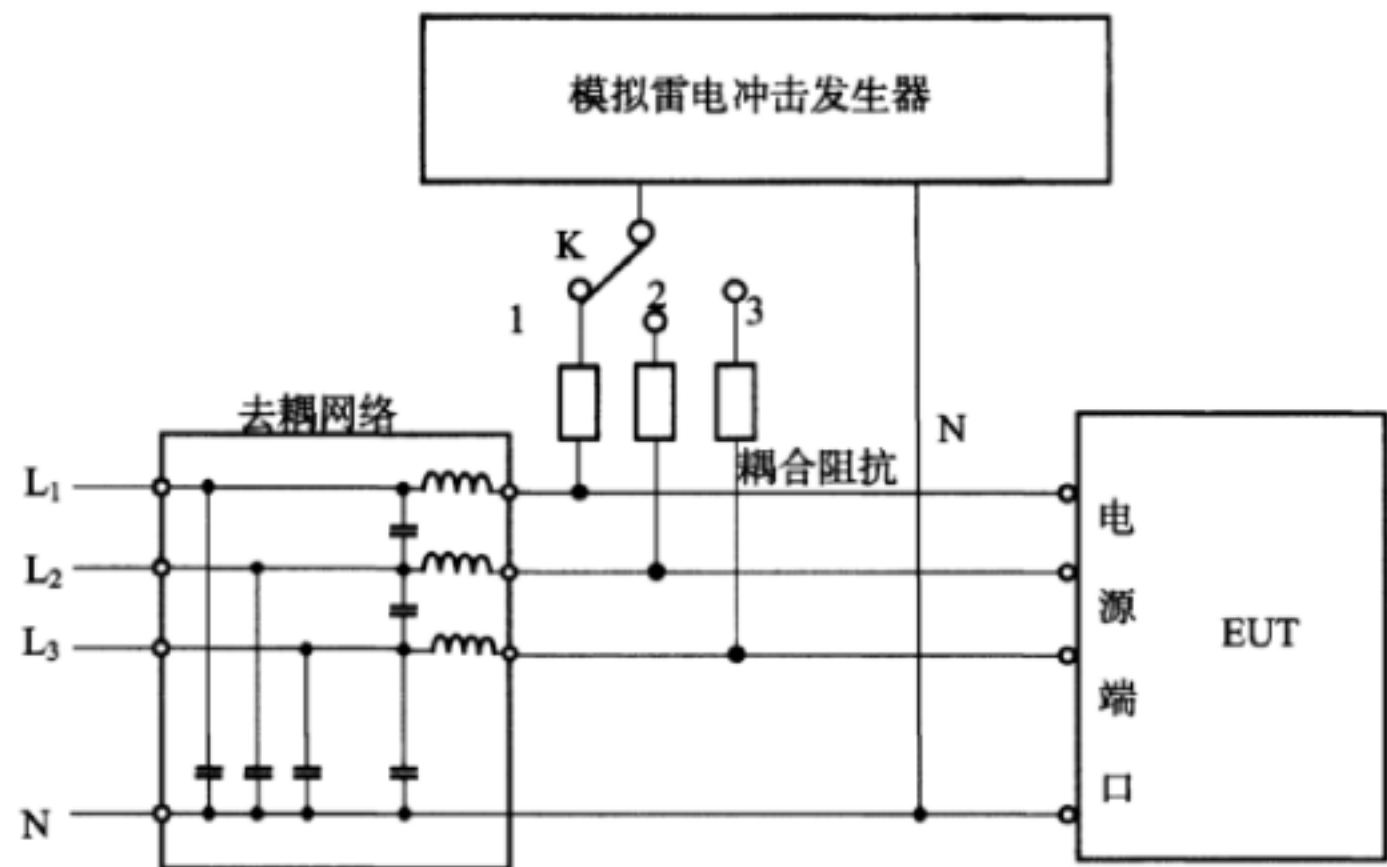


说明：线—线试验，冲击波分别施加在 L_1 - L_2 、 L_2 - L_3 、 L_3 - L_1 间和 L_1 -N、 L_2 -N、 L_3 -N 间。

b) 线—线间试验电路图

图 7 三相五线制线路雷击试验电路图(阻抗耦合)

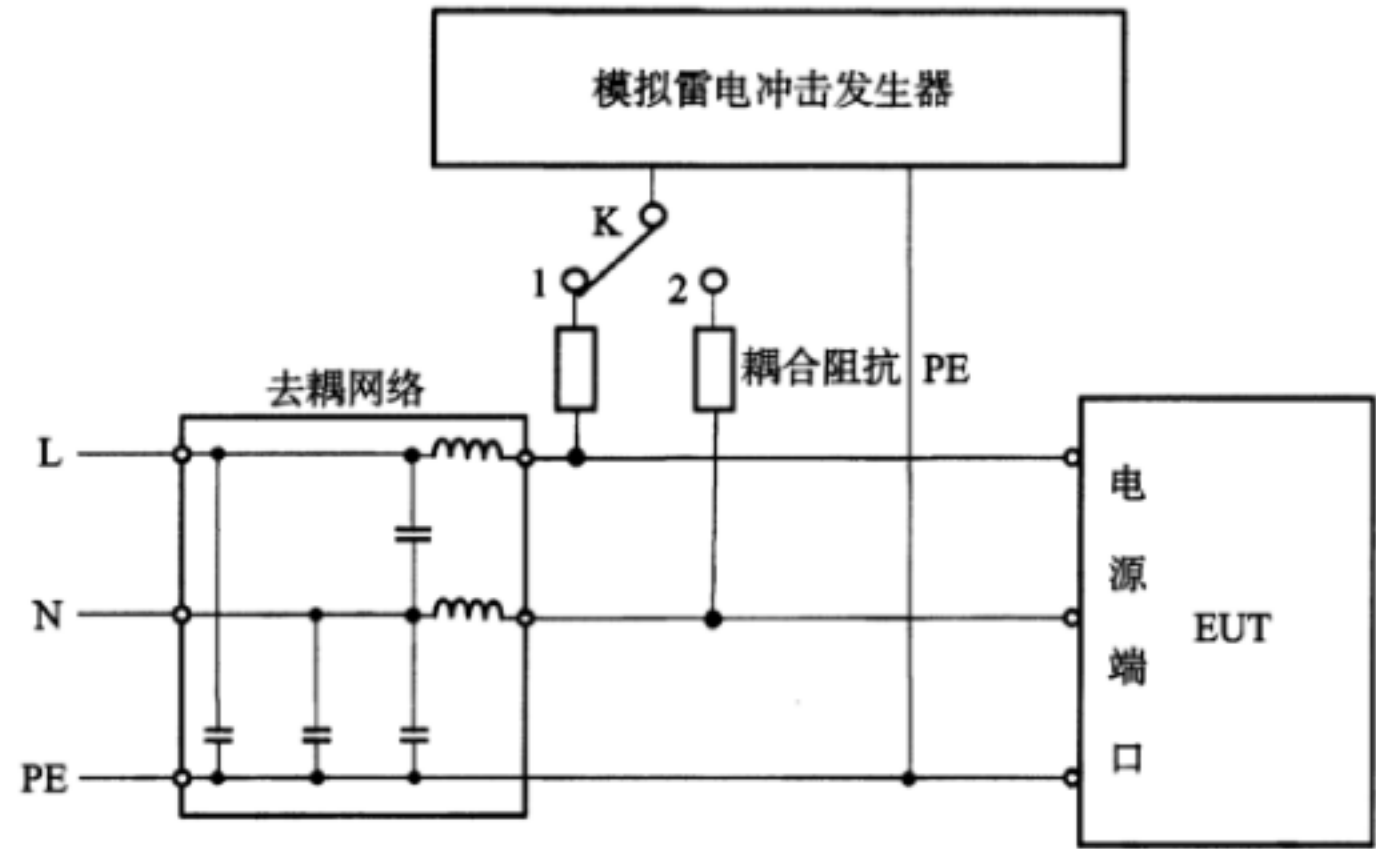
f) 冲击发生器和 EUT 端口采用阻抗耦合的三相四线制电源线—零间线路端口雷击试验电路如图 8 所示。耦合阻抗可以是电容如 $9\ \mu\text{F}$ 、 $18\ \mu\text{F}$ ，或是非线性元件如放电管等。



说明：线—零试验，冲击波分别施加在 L_1 -N、 L_2 -N、 L_3 -N 间。

图 8 三相四线制电源线线—零间雷击试验电路图(阻抗耦合)

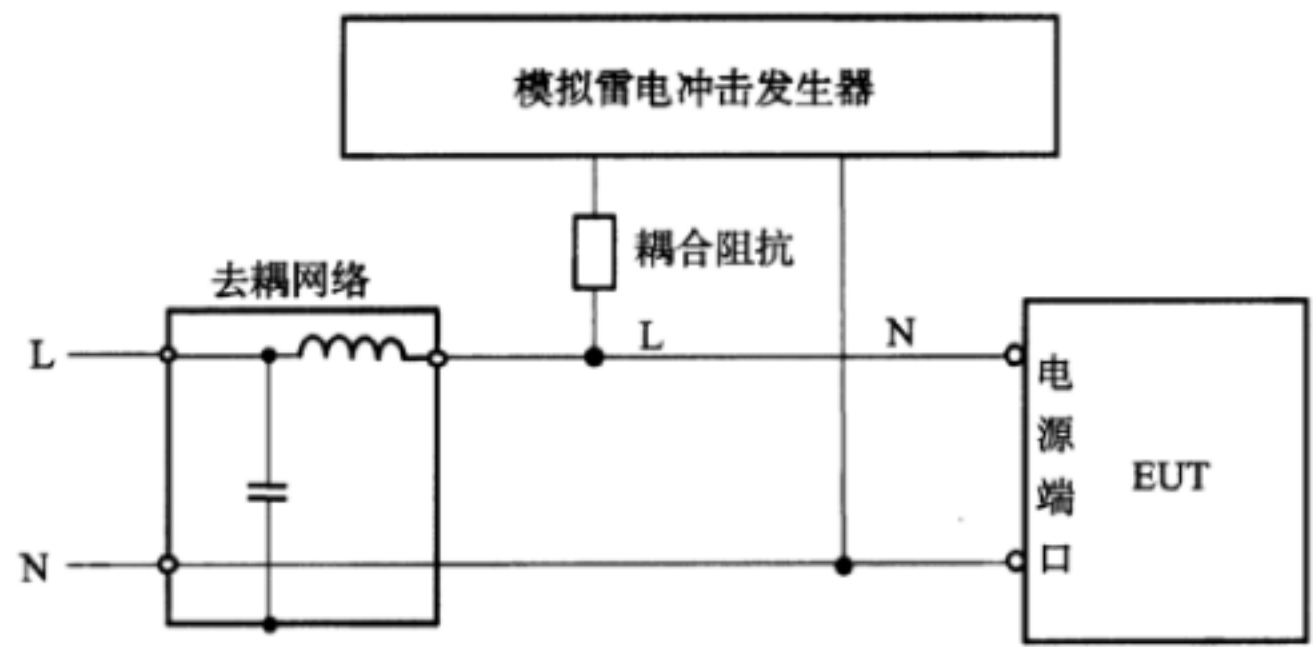
- g) 冲击发生器和 EUT 端口采用阻抗耦合的单相电源线—地间线路端口雷击试验试验电路如图 9 所示。耦合阻抗可以是电容如 $9\ \mu\text{F}$ 、 $18\ \mu\text{F}$ ，或是非线性元件如放电管等。



说明：线—地试验，冲击波分别施加在 L-PE、N-PE 间。

图 9 单相电源线线—地间雷击冲击试验电路图(阻抗耦合)

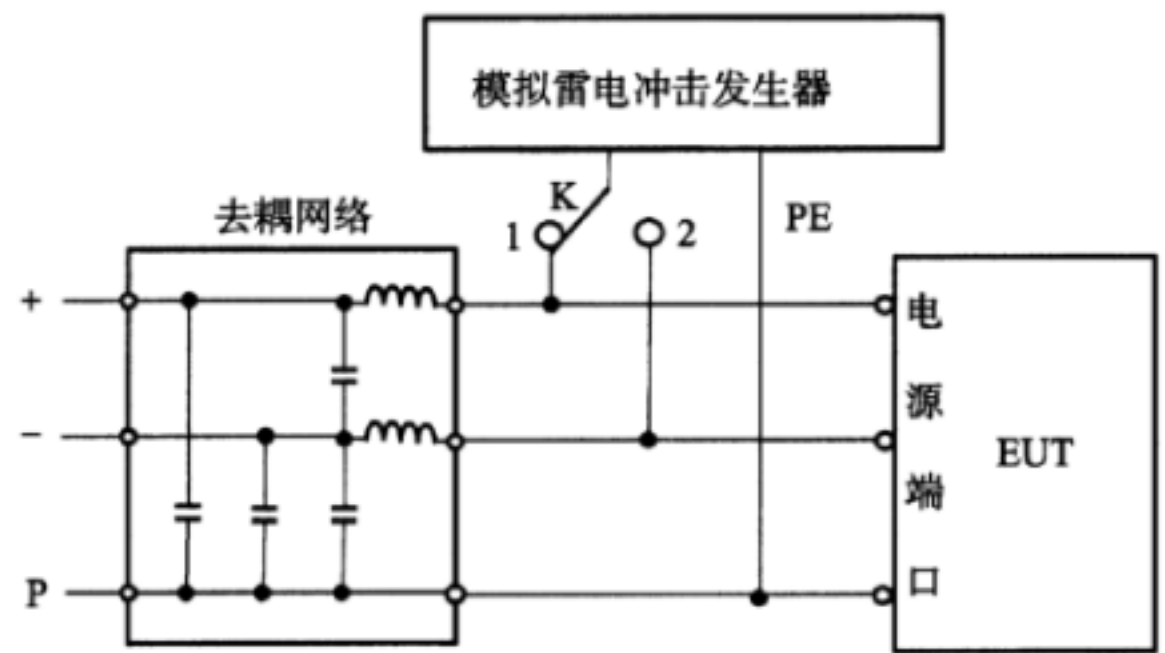
- h) 冲击发生器和 EUT 端口采用阻抗耦合的单相电源线—零间线路端口雷击试验电路如图 10 所示。耦合阻抗可以是电容如 $9\ \mu\text{F}$ 、 $18\ \mu\text{F}$ ，或是非线性元件如放电管等。



说明：线—零试验，冲击波施加在 L-N 间。

图 10 单相电源线线—零冲击试验电路图(阻抗耦合)

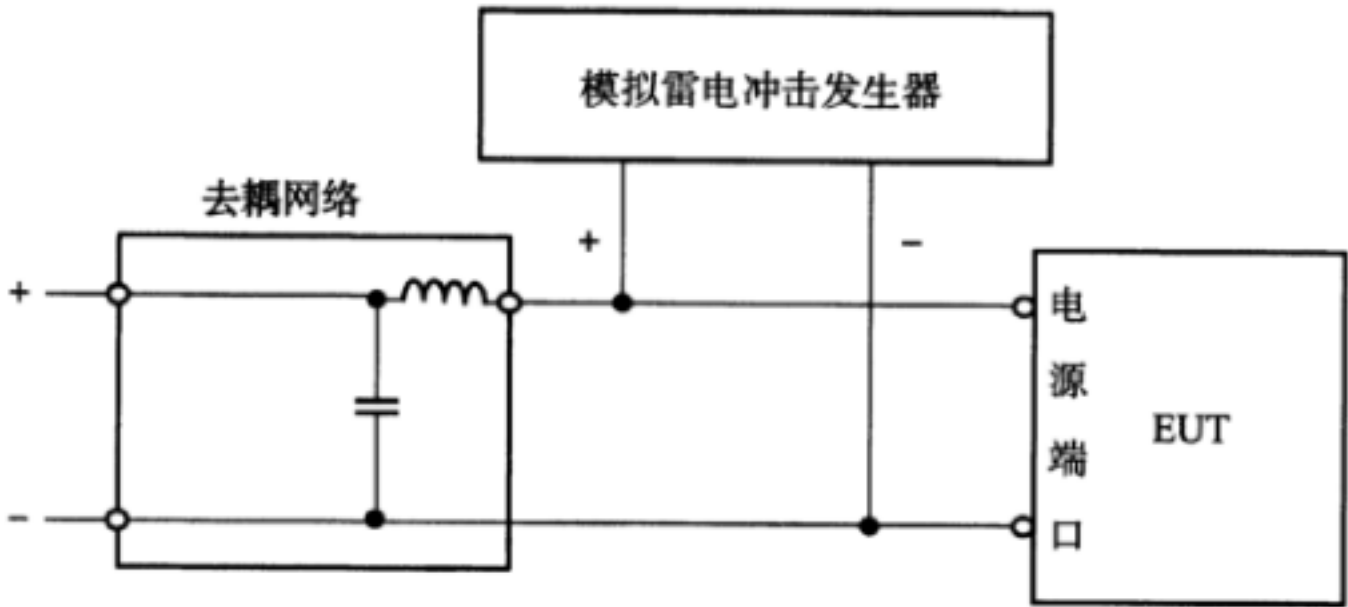
- i) 冲击发生器和 EUT 端口采用直接耦合的直流电源线—地间线路端口雷击试验电路如图 11 所示。



说明：线—地间试验，冲击波分别施加在 + -PE、- -PE 间。

图 11 直流电源线线—地间冲击试验电路图(直接耦合)

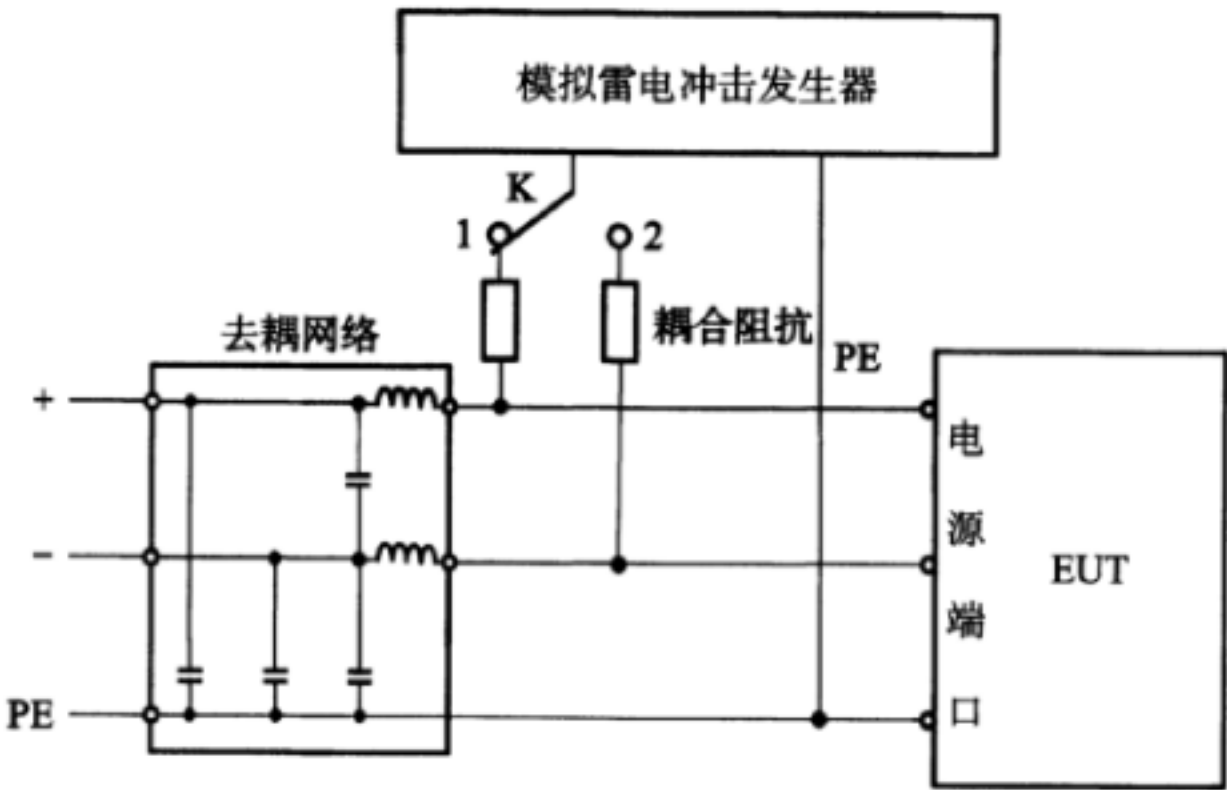
j) 冲击发生器和 EUT 端口采用直接耦合的直流电源正—负间线路端口雷击试验电路如图 12 所示。



说明：线—线间试验，冲击施加在 + - 间。

图 12 直流电源线正—负间雷击试验电路图(直接耦合)

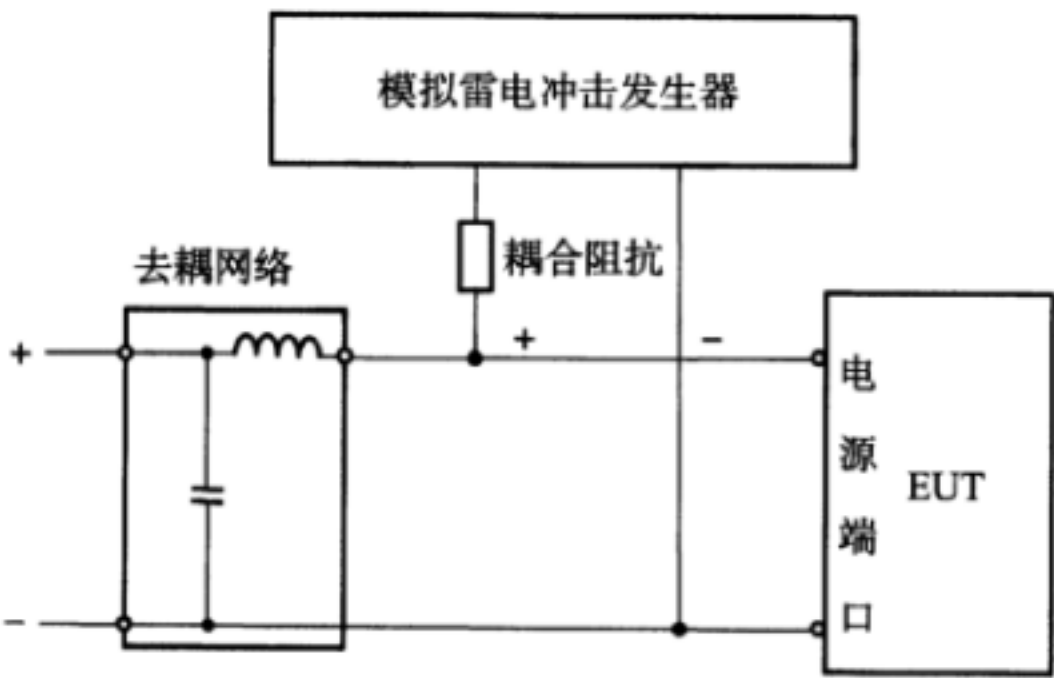
k) 冲击发生器和 EUT 端口采用阻抗耦合的直流电源线—地间线路端口雷击试验电路如图 13 所示。耦合阻抗可以是电容如 9 μF 、18 μF ，或是非线性元件如放电管等。



说明：线—地试验，冲击波分别施加在 + -PE、- -PE 间。

图 13 直流电源线—地间雷击试验电路图(阻抗耦合)

l) 冲击发生器和 EUT 端口采用阻抗耦合的直流电源正—负间线路端口雷击试验电路如图 14 所示。耦合阻抗可以是电容如 9 μF 、18 μF ，或是非线性元件如放电管等。



说明：正—负间试验，冲击波施加在 + - 间。

图 14 直流电源线正—负间雷击试验电路图(阻抗耦合)

7.1.1.3 试验要求

铁路通信、信号电子设备电源端口雷击试验项目及技术要求应满足以下要求：

- a) 所有通信、信号电子设备电源端口都应进行基本要求试验和加强要求试验。
 - b) 交流电源端口的纵、横向基本要求试验选择电压为 1 kV,纵向加强要求试验根据制造商提供的 EUT 资料,按照本标准 6.1 确定的交流电源端口与馈线的连接情况,选择表 1 要求的试验等级。横向加强要求试验选择的试验等级应比纵向试验降低一个等级。
 - c) 直流电源端口的基本要求试验选择电压为 0.5 kV,纵向加强要求试验根据制造商提供的 EUT 资料,按照本标准 6.1 确定的直流电源端口与馈线的连接情况,选择表 1 要求的试验等级。横向加强要求试验选择的试验等级应比纵向试验降低一个等级。
 - d) 通信、信号设备电源端口加装有防雷器并作为通信信号设备不可分的一部分提供给用户时,加装的防雷器应参与试验。
 - e) 应用户要求,可以进行表 1 中其他等级试验,或从低电压到高电压的多等级试验。施加的最小电压应大于 2 倍的设备交流工作电压和 1.2 倍设备直流工作电压。
 - f) 如无其他规定,EUT 和耦合/去耦网络之间的线路不应超过 2 m。
- 通信、信号电子设备电源端口雷击试验项目及技术要求见表 4。

表 4 电子设备电源端口雷击试验项目

试验项目		试验电路图	施加电压等级		试验次数	判定条件
			基本要求	加强要求		
三相交流电源端口	纵向试验	直接耦合:图 3 阻抗耦合:图 7	1 kV	根据 6.1 中表 1 要求选择	正负冲击各 5 次, 每次间隔 3 min	见 7.3
	横向试验	直接耦合:图 4 阻抗耦合:图 8	1 kV	比表 1 要求降低一个等级		
单相交流电源端口	纵向试验	直接耦合:图 5 阻抗耦合:图 9	1 kV	根据 6.1 中表 1 要求选择		
	横向试验	直接耦合:图 6 阻抗耦合:图 10	1 kV	比表 1 要求降低一个等级		
直流电源端口	纵向试验	直接耦合:图 11 阻抗耦合:图 13	0.5 kV	根据 6.1 中表 1 要求选择		
	横向试验	直接耦合:图 12 阻抗耦合:图 14	0.5 kV	比表 1 要求降低一个等级		

7.1.2 电子设备通信端口雷击试验

7.1.2.1 总则

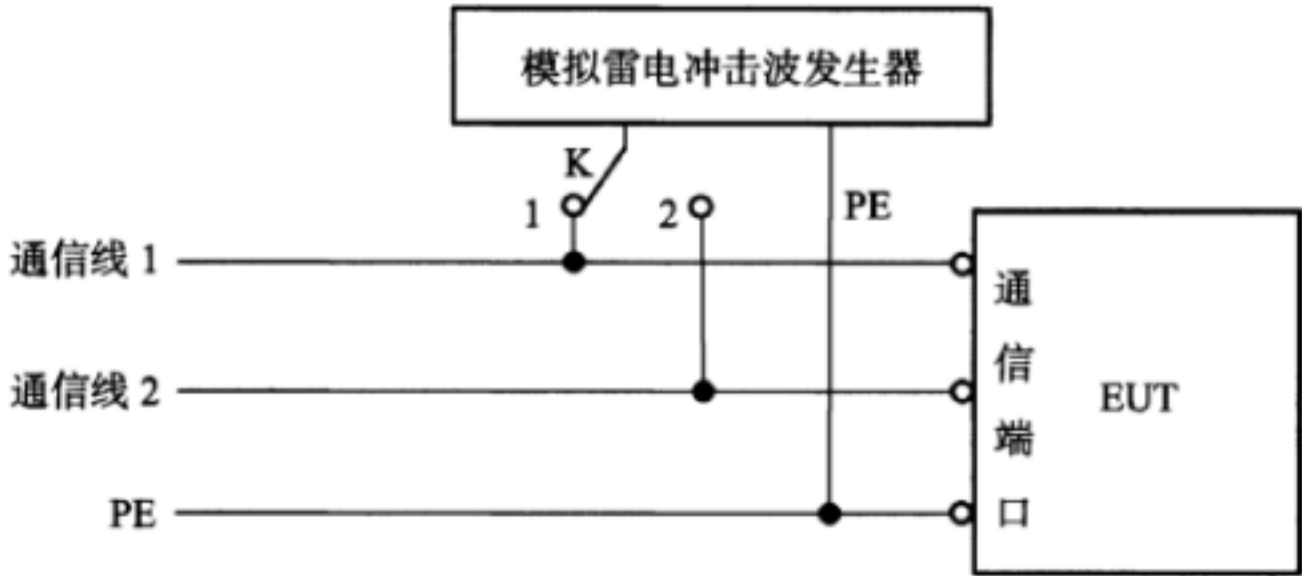
铁路通信、信号电子设备与金属线连接,支持一个点对点连接并传输模拟或数字信号的通信端口,需进行雷击试验。

对于没有地线或外部接地连接的绝缘产品,不做线—地间试验。

7.1.2.2 试验电路

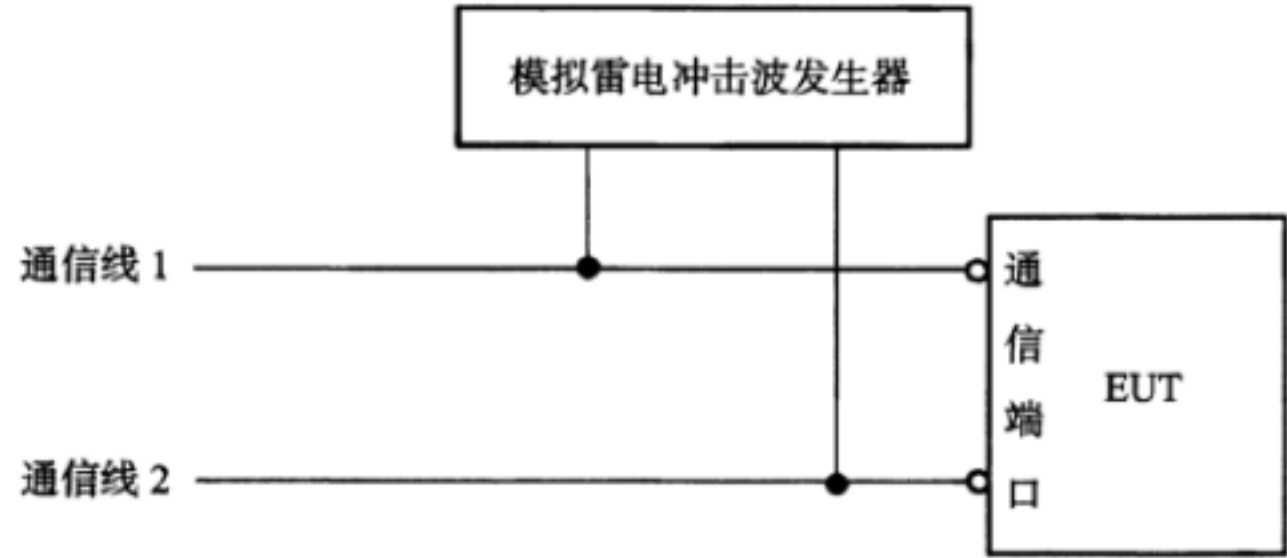
铁路通信、信号电子设备通信端口雷击试验试验电路如下:

- a) 冲击发生器和 EUT 端口直接耦合的平衡通信传输线线—地间线路端口雷击试验电路如图 15 所示。
- b) 冲击发生器和 EUT 端口直接耦合的平衡通信传输线线—线间线路端口雷击试验电路如图 16 所示。
- c) 冲击发生器和 EUT 端口放电管耦合的平衡通信传输线线—地间线路端口雷击试验电路如图 17 所示。



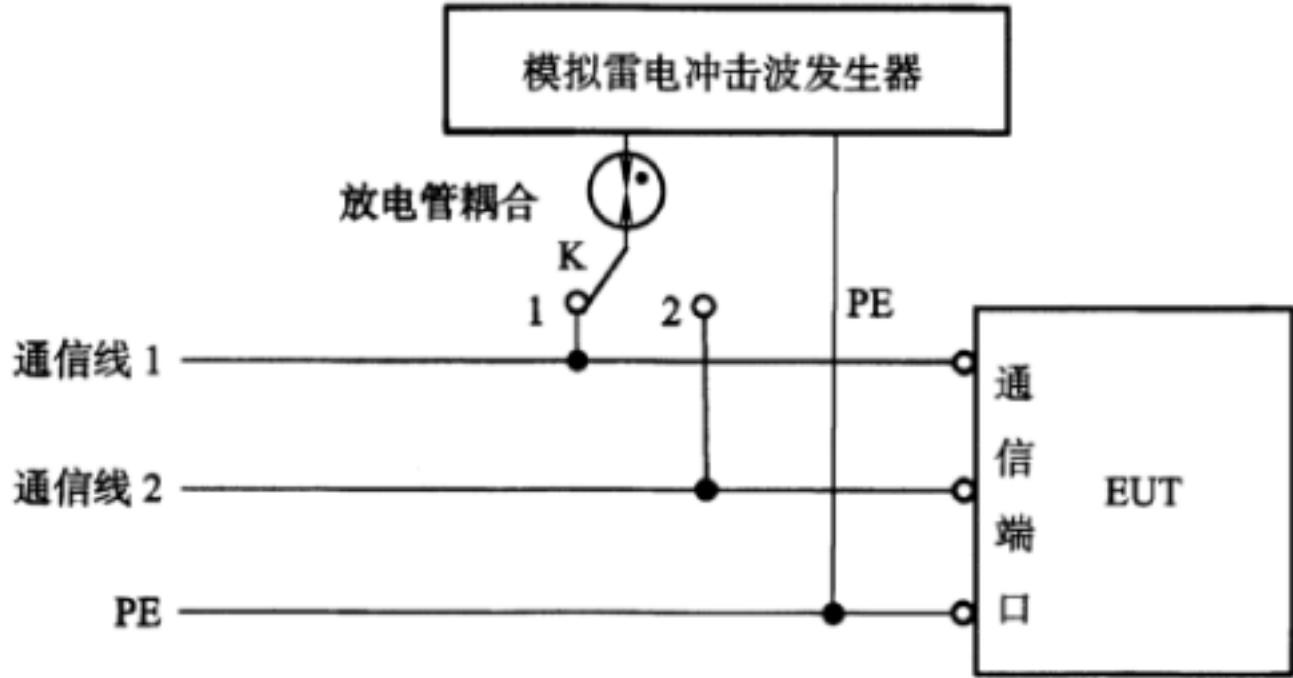
说明：线—地试验，冲击波分别施加在通信线—地线间。

图 15 平衡通信传输线线—地间雷击试验电路图(直接耦合)



说明：线—线试验，冲击波施加在平衡通信线两线线间。

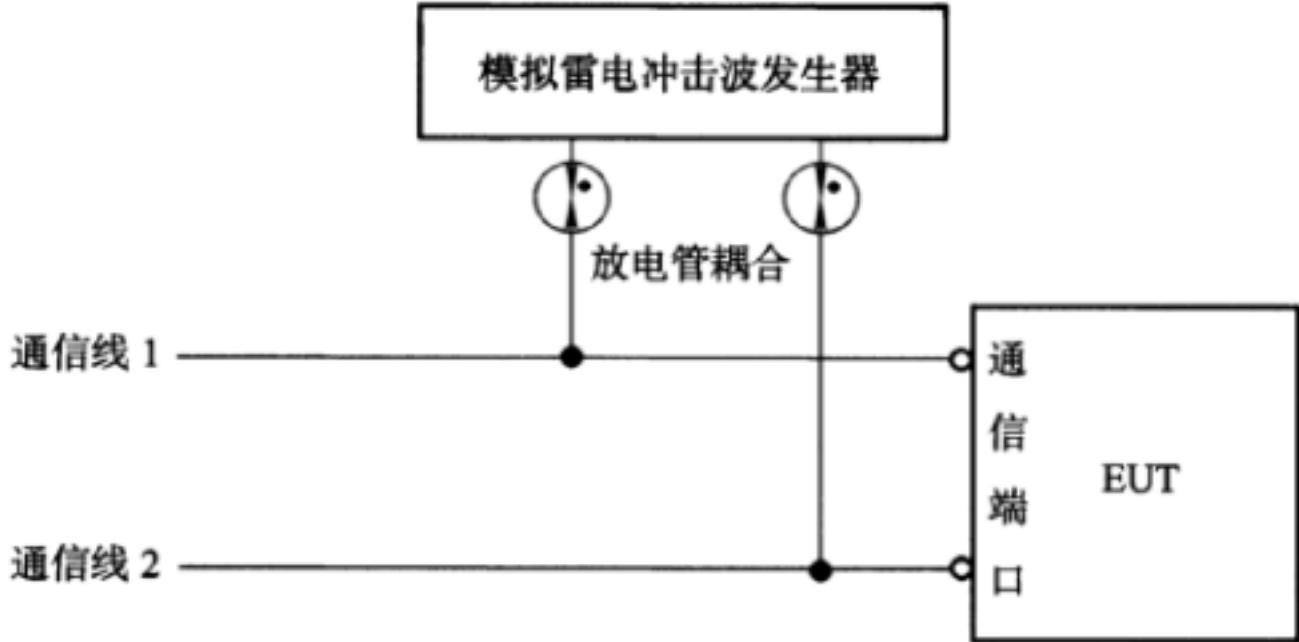
图 16 平衡通信传输线线—线间雷击试验电路图(直接耦合)



说明：线—地试验，冲击波分别施加在通信线—地线间。

图 17 平衡通信传输线线—地间雷击试验电路图(放电管耦合)

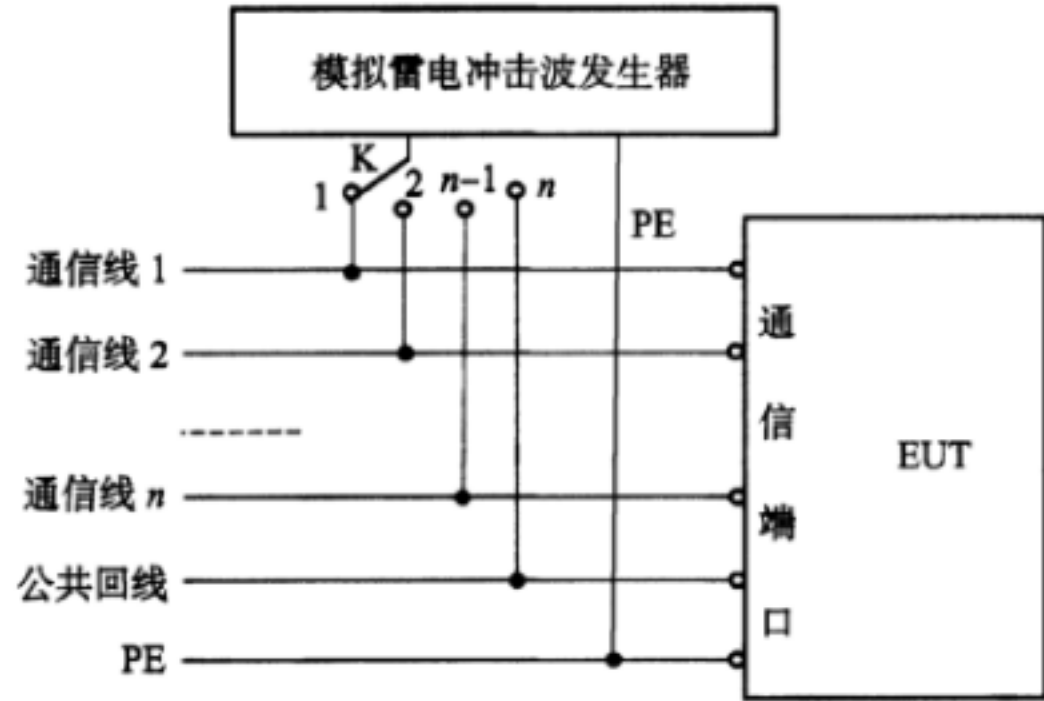
d) 冲击发生器和 EUT 端口放电管耦合的平衡通信传输线线—线间端口雷击试验电路如图 18 所示。



说明：线—线试验，冲击波施加在平衡通信线两线线间。

图 18 平衡通信传输线线—线间雷击试验电路图(放电管耦合)

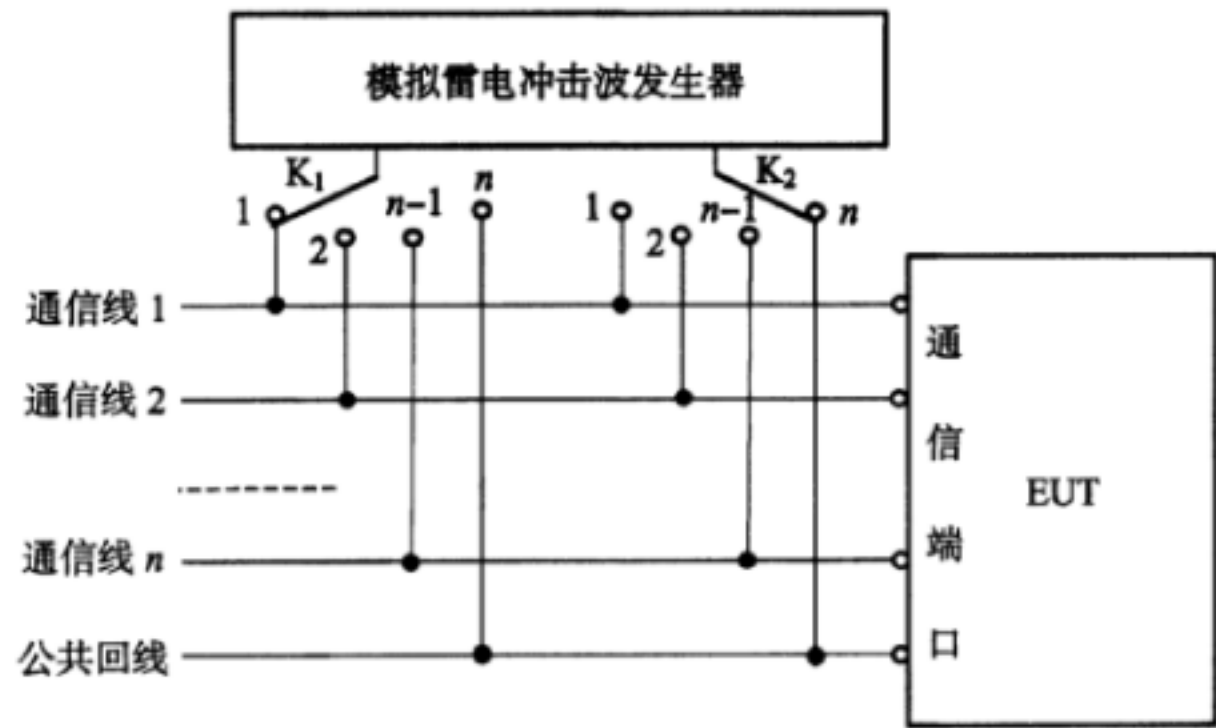
- e) 冲击发生器和 EUT 端口直接耦合的非平衡通信传输线线—地间线路端口雷击试验电路如图 19 所示。



说明：线—地试验，冲击波分别施加在通信线（包括公共回线）—地线间。

图 19 非平衡通信传输线线—地间雷击试验电路图（直接耦合）

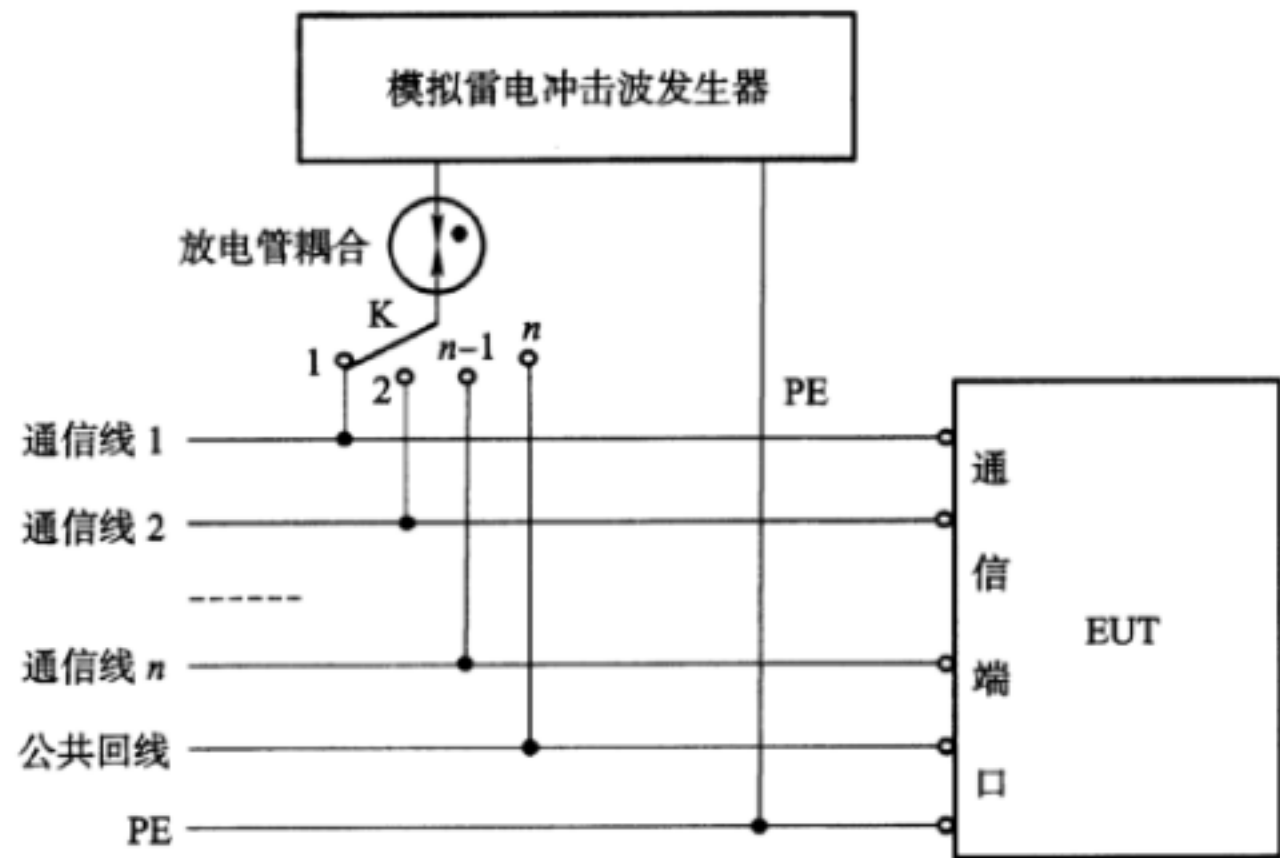
- f) 冲击发生器和 EUT 端口直接耦合的非平衡通信传输线端口线—线间雷击试验电路如图 20 所示，雷电冲击波形分别施加在各通信线和公共回线间和通信回线之间。



说明：线—线试验，冲击波分别加在各通信线—公共回线间和各通信线之间。

图 20 非平衡通信传输线线—线间雷击试验电路图（直接耦合）

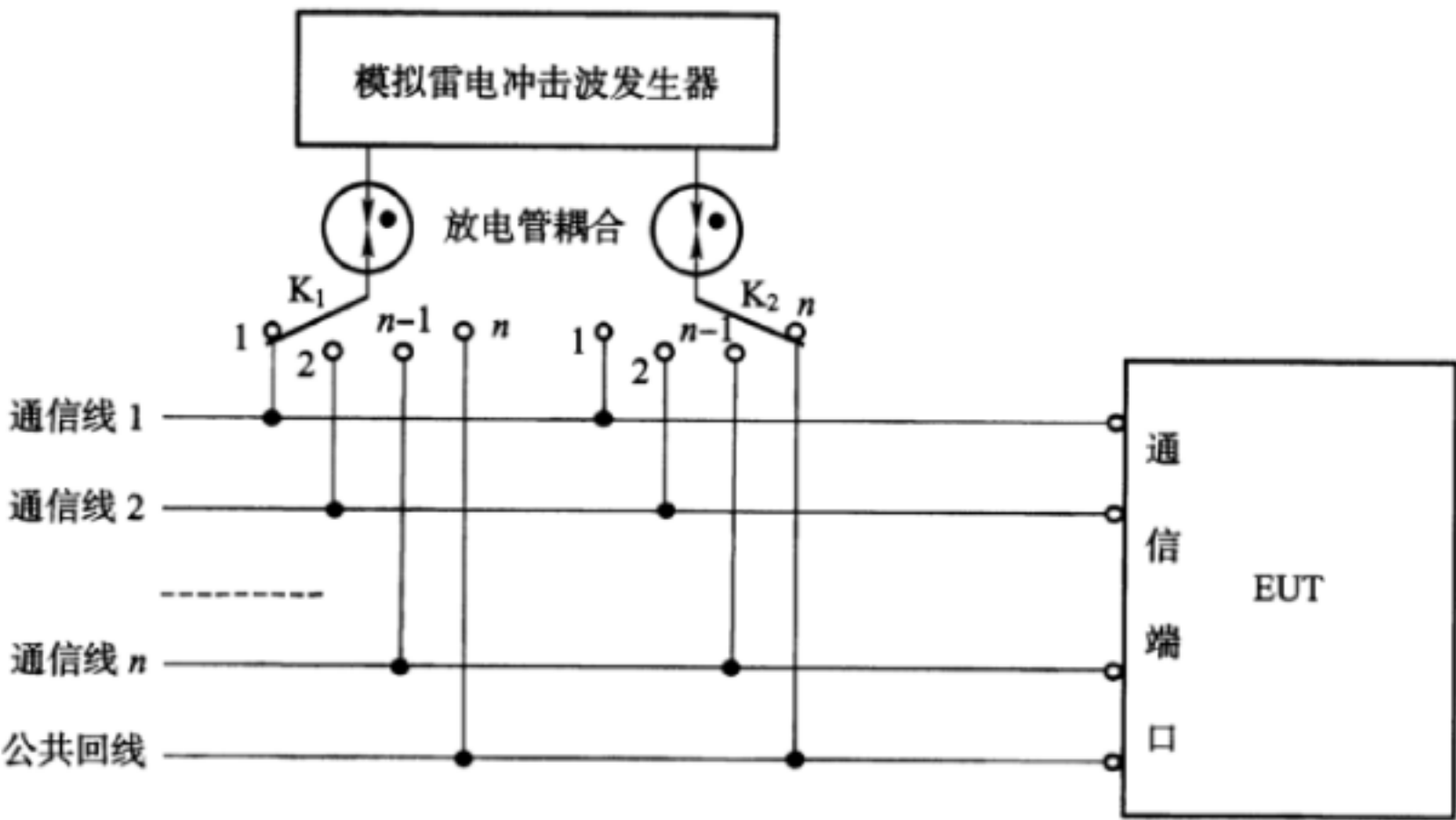
- g) 冲击发生器和 EUT 端口采用放电管耦合的非平衡通信传输线线—地间端口雷击试验电路如图 21 所示。



说明：线—地试验，冲击波分别施加在通信线（包括公共回线）—地线间。

图 21 非平衡通信传输线线—地间雷击试验电路图（放电管耦合）

h) 冲击发生器和 EUT 端口采用放电管耦合的非平衡通信传输线线—线间线路端口雷击试验电路如图 22 所示,雷电冲击波形分别施加在各通信线—公共回线间和通信回线之间。



说明:线—线试验,冲击波分别加在各通信线—公共回线间和各通信线之间。

图 22 非平衡通信传输线线—线间雷击试验电路图(放电管耦合)

7.1.2.3 试验要求

通信信号设备通信端口雷击试验项目见表 5,其技术要求应满足以下规定:

表 5 电子设备通信端口雷击试验项目

试验项目		试验电路图	施加电压等级(表 2 等级)		试验次数	判定条件	备 注
			基本要求	加强要求			
传输线为对称电缆	纵向试验	直接耦合:图 15 阻抗耦合:图 17	0.5 kV	根据 6.2 中表 2 要求选择	正负冲击各 5 次,每次间隔 3 min	见 7.3	必测项
	横向试验	直接耦合:图 16 阻抗耦合:图 18	0.5 kV	比表 2 要求降低一个等级			用户要求时测试项
传输线为非对称电缆	纵向试验	直接耦合:图 19 阻抗耦合:图 21	0.5 kV	根据 6.2 中表 2 要求选择			必测项
	横向试验	直接耦合:图 20 阻抗耦合:图 22	0.5 kV	比表 2 要求降低一个等级			必测项
与钢轨连接的设备	纵向试验	直接耦合:图 15 阻抗耦合:图 17	1 kV	10 kV			必测项
	横向试验	直接耦合:图 16 阻抗耦合:图 18	1 kV	10 kV			
与钢轨连接的设备冲击试验波形采用 10/200 μ s 冲击波,其余试验波形为 10/700 μ s-5/320 μ s 组合波。							

- a) 所有通信、信号电子设备通信外部端口都应进行电压等级最低的基本要求试验和电压等级较高的加强要求试验,内部端口只做基本试验。
- b) 与传输线为对称电缆连接的通信端口,基本要求试验电压为 0.5 kV。按照 6.2 确定的通信端口与对称电缆的连接情况,选择表 2 要求的试验等级。若通信端口(工作电压不大于 12 V)与机房防雷分线柜等有串联外部保护的输出电缆连接时,只做基本要求试验。
- c) 与传输线为非对称电缆连接的通信端口,基本要求试验电压为 0.5 kV。按照 6.2 确定的通信端口与对称电缆的连接情况,选择表 2 要求的试验等级。横向加强要求试验选择的试验等级

应比纵向试验降低一个等级。若通信端口(工作电压不大于 12 V)与机房防雷分线柜等有串联外部保护的输出电缆连接时,只做基本要求试验。

- d) 与以钢轨为传输线(包括钢轨与端口的连接线)连接的信号电子设备端口,基本要求试验电压为 1 kV,纵、横向加强要求试验电压为 10 kV。
- e) 通信、信号设备通信端口加装有防雷器并作为通信、信号设备不可分的一部分提供给用户时,加装的防雷器应参与试验。
- f) 应用户要求,可以按表 2 要求进行从低电压到高电压的多等级试验。
- g) 在有几个相同功能线路端口的情况下,可只进行部分端口的雷击试验。
- h) 如无其他规定,EUT 和耦合/去耦网络之间的线路不应超过 2 m。

7.2 电源设备端口雷击试验

7.2.1 总则

用于铁路通信信号系统的交(直)流电源设备的电源端口应接受 8/20 μ s 电流波冲击试验,测试电源设备电源端口雷击电流耐受能力。

7.2.2 试验要求

电源设备交流、直流电源外线输入端口及与外线连接的电源设备的电源输出端口雷击试验项目及技术要求见表 6。

表 6 电源设备交流、直流电源输入端口雷击电流耐受试验要求

试验项目	EUT 安装位置	试验电路图	施加 电流	试验次数	判定 条件
纵向试验 (8/20 μ s 电流波)	电源设备输入端口与机房第一级电源防雷设备馈线并联	直接耦合:图 3、图 4、图 5、图 6 阻抗耦合:图 7、图 8、图 9、图 10	20 kA	正、负极性各 5 次,每次间隔 3 min	见 7.3
	电源设备输入端口与机房第二级电源防雷设备馈线并联	直接耦合:图 3、图 4、图 5、图 6 阻抗耦合:图 7、图 8、图 9、图 10	10 kA		
	电源设备输出端口与有防雷设备的机房输出馈线并联	直接耦合:交流:图 5、图 6、 直流:图 11、图 12 阻抗耦合:交流:图 9、图 10 直流:图 13、图 14	5 kA		
	电源设备输入端口与机房第三级电源防雷设备馈线串联	直接耦合:交流:图 5、图 6、 直流:图 11、图 12 阻抗耦合:交流:图 9、图 10 直流:图 13、图 14	1 kA		

7.3 判定条件

判定条件应符合以下规定:

- a) A 类:通信信号被测 EUT 在试验过程中和试验后能按预期要求连续工作;
- b) B 类:通信信号被测 EUT 在试验中允许出现短时工作状态变化,但能自动恢复,且不造成设备器件损坏,试验后设备能按预期要求连续工作;
- c) C 类:只要设备功能可自行恢复或通过操作控制器来恢复,允许出现暂时的功能丧失。

参 考 文 献

- [1] GB/T 17626.5—2008 电磁兼容 试验和测量技术 第5部分:浪涌(冲击)抗扰度试验
 - [2] GB/T 24338.1—2009 轨道交通 电磁兼容 第1部分:总则
 - [3] YD/T 993—2006 电信终端设备防雷技术要求及试验方法
 - [4] YD/T 944—2007 通信电源设备的防雷技术要求和测试方法
-