



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 19951—2019  
代替 GB/T 19951—2005

## 道路车辆 电气/电子部件对静电放电 抗扰性的试验方法

Road vehicles—Disturbances test methods for electrical/electronic component  
from electrostatic discharge

(ISO 10605:2008, Road vehicles—Test methods for electrical disturbances  
from electrostatic discharge, MOD)

2019-06-04 发布

2020-01-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
道路车辆 电气/电子部件对静电放电  
抗扰性的试验方法  
GB/T 19951—2019

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2019年6月第一版

\*

书号: 155066·1-61609

版权专有 侵权必究

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 19951—2005,本标准与 GB/T 19951—2005 的主要差异如下:

- 对术语进行了调整(见第 3 章,2005 年版的第 3 章);
- 增加了试验条件和试验场地、放电模式(见第 4 章、第 5 章和第 7 章);
- 对试验设备的规定上有较大的修改(输出电压、放电电阻,规定的设备品种减少)(见第 6 章,2005 年版的第 4 章);
- 对试验方法做了较大调整,包括零部件带电试验方法和整车试验方法(见第 8 章和第 10 章,2005 年版的第 5 章和第 6 章);
- 对试验结果评价和试验报告的要求做了调整(见第 8 章、第 9 章和第 11 章,2005 年版的第 5 章~第 7 章);
- 增加了“电流靶设计指南”“零部件放电试验方法选择指南”和“零部件通电试验的可选试验布置和试验程序”,对设备的校准和试验方法、试验程序进行具体说明(见附录 B、附录 D 和附录 E);
- 将功能特性状态分类改为资料性附录(见附录 C,2005 年版的附录 B)。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 10605:2008《道路车辆 静电放电产生的电骚扰试验方法》。

本标准与 ISO 10605:2008 相比结构调整如下:

- 6.3 下不再设条;
- 9.3.3 下不再设条;
- 增加 9.3.7;
- 删除 C.3 和 C.4;
- 原文附录 F 的内容调整为附录 E。

本标准与 ISO 10605:2008 存在技术差异,这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线( | )进行了标示。

本标准与 ISO 10605:2008 的技术性差异及原因如下:

- 关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中,具体调整如下:
  - 删除 ISO 7637-1 和 ISO 11452-1;
  - 增加引用 GB/T 29259—2012。
- GB/T 29259—2012 中已包含了静电放电、人体静电放电模型、参考平面和静电放电模拟器(发生器)术语,将原文 3.5、3.6、3.7 和 3.10 内容删除。
- 为清晰描述接触放电电流波形,也为便于理解表 2 中  $t_1$  和  $t_2$  的含义,参照有关标准在表 2 下面增加图 3“接触放电电流波形参数示意图”,后续图号按顺序变化。
- 增加了部件试验后的功能要求,作为试验后的结果判定,见 9.3.7。
- 原文 6.3.2 内容为不必要赘述,且易引起误解,因此给予删除。

本标准做了下列编辑性修改:

- 修改了标准名称;
- 纳入了 ISO 10605:2008/Amd 1:2014 和 ISO 10605:2008/Cor.1:2010 的修正内容,这些修正内容涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直双线( || )进行了标示;

- 为便于理解,对表 2 中电流/试验电压(A/kV)给出了注释说明;
- 原文中 8.4.5 对试验电压的描述与 8.3.6 相同,本标准不再重复描述,改为引用 8.3.6,9.3.3、9.3.4、9.3.5、9.3.6、10.3.3 都按此方式处理;
- 删除原文附录 B 中图 B.1c)剖面图中对“1”的注释,同时将“1”修改为“M3 螺丝孔”;
- 为保持电磁抗扰系列若干标准之间对功能特性状态分类(FPSC)表述和理解的统一,对附录 C 的功能特性状态分类(FPSC)内容直接引用 GB/T 33014.1;
- 原文的附录 E“空气放电发生器的验证原理”与标准的技术要求和试验方法都没有直接关系,且原文编写极不规范,给予删除。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准负责起草单位:中国汽车技术研究中心有限公司、苏州泰思特电子科技有限公司、中国电子技术标准化研究院、长春汽车检测中心、上海大众汽车有限公司、襄阳达安汽车检测中心、上海电器科学研究院、延锋伟世通电子科技(上海)有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、郑州宇通客车股份有限公司、上海汽车集团乘用车公司、上海汽车商用车技术中心、华晨汽车集团控股有限公司、泛亚汽车技术中心有限公司、华测检测技术股份有限公司、安徽江淮汽车股份有限公司、深圳市航盛电子股份有限公司、一汽大众汽车有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、广汽本田汽车有限公司、长城汽车股份有限公司、广州广电计量检测股份有限公司。

本标准参加起草单位:博世汽车部件(苏州)有限公司、丰田汽车技术中心(中国)有限公司、宝马(中国)服务有限公司、梅赛德斯-奔驰(中国)汽车销售有限公司、大众汽车(中国)投资有限公司、福特汽车(中国)有限公司、捷豹路虎中国、戴姆勒大中华区投资有限公司、标致雪铁龙(上海)管理有限公司。

本标准主要起草人:许秀香、胡小军、崔强、刘欣、林艳萍、刘新亮、刘克涛、刘媛、崔卫东、邓福启、卢长军、吴定超、曹尚贵、邹爱华、楚艳钢、李铮、刘英莉。

# 道路车辆 电气/电子部件对静电放电 抗扰性的试验方法

## 1 范围

本标准规定了车辆电气/电子部件对装配、维修过程中及驾乘人员在车内外可能产生的静电放电(ESD)耐受性能的试验方法,包括部件和整车层面试验。

本标准适用于 M、N、O、L 类车辆(不限定车辆动力系统,例如火花点火发动机、柴油发动机、电动机)用电气电子部件。

## 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 29259—2012 道路车辆 电磁兼容术语

## 3 术语和定义

GB/T 29259—2012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**被测设备 device under test; DUT**

接受试验的电气电子单个组件或组合件。

### 3.2

**空气放电 air discharge**

将试验发生器的充电电极靠近 DUT、由作用在 DUT 上的电弧进行放电的一种试验方法。

### 3.3

**接触放电 contact discharge**

试验发生器的电极保持与 DUT 接触、通过触发发生器内的放电开关对 DUT 进行放电的一种试验方法。

### 3.4

**直接放电 direct discharge**

直接对 DUT 实施放电的试验方法。

### 3.5

**间接放电 indirect discharge**

对 DUT 附近的耦合板实施放电的试验方法。一般用来模拟人体对 DUT 附近的物体进行放电。

### 3.6

**表面 surface**

DUT 无缝外壳、缝隙或开口。例如:翘板开关、触点、通风孔、扬声器出声口。

### 3.7

**保持时间 holding time**

放电前因泄漏而引起试验电压下降 10%所持续的时间。

## 3.8

**水平耦合平板 horizontal coupling plane; HCP**

位于水平方向、用来模拟对 DUT 附近物体进行放电的金属平板。

## 4 试验条件

试验时的环境条件如下,当采用其他试验条件时,应记录在试验报告中:

——环境温度:(25±10)℃;

——相对湿度:20%~60%(推荐 20℃ 和 30% 相对湿度)。

用户应指定试验电平,参见附录 C。

## 5 试验场地

应在满足环境条件的实验室进行,可使用专用场地,如屏蔽室或电波暗室。

注:ESD 试验会产生瞬态场,会干扰几米远的敏感电子设备或接收机,选择试验位置时,要给予考虑。

## 6 试验设备

## 6.1 ESD 发生器

ESD 发生器应能产生重复频率至少为 10 次/s 的放电,无论自动还是手动控制,都不应影响放电电流波形。当 2m 长的放电回线不够时(例如,高大的 DUT),可以使用长度不超过 3 m 的电线,要确保放电电流波形符合要求。ESD 发生器的特性参数见表 1。

注:当 ESD 发生器通过外部电源供电或通过独立单元控制时,连接电缆与 ESD 发生器的放电回线保持距离,避免非预期的电流会流过这些电缆。

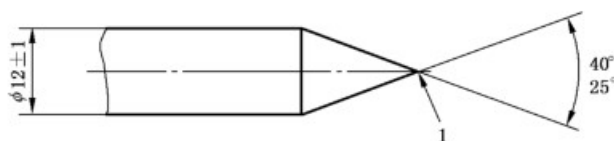
表 1 ESD 发生器的特性参数

特性	参数
接触放电输出电压	2 kV~15 kV(或按试验计划 <sup>a</sup> )
空气放电输出电压	2 kV~25 kV(或按试验计划 <sup>a</sup> )
输出电压精度	≤5%
输出极性	正极和负极
接触放电短路电流上升时间	0.7 ns~1.0 ns
保持时间	≥5 s
储能电容	150 pF、330 pF
放电电阻	330 Ω、2 000 Ω
<sup>a</sup> 参见附录 C 示例。	

## 6.2 放电电极

## 6.2.1 接触放电电极

接触放电所用电极一般采用不锈钢材料,如图 1 所示。



说明:

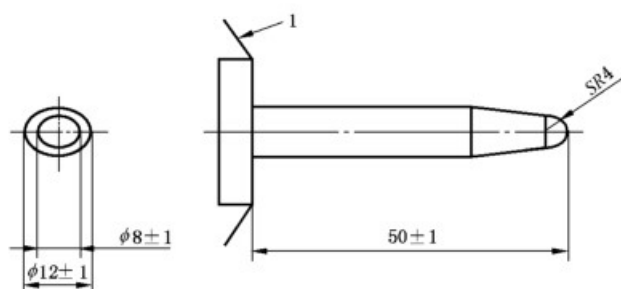
1——尖端点。

图 1 ESD 发生器的接触放电电极

### 6.2.2 空气放电电极

空气放电所用电极如图 2 所示。当空气放电的试验电压大于 15 kV 时,可使用较大的放电电极(例如,直径为 20 mm~30 mm)以避免预放电。

单位为毫米



说明:

1——ESD 发生器的机身。

图 2 ESD 发生器的空气放电电极

### 6.3 接触放电电流验证

接触放电电流应按附录 A 进行验证。接触放电波形参数应满足表 2 规定。按表 2 计算的接触放电波形如图 4a)和 b)所示。

表 2 接触放电波形参数

典型电容/ 电阻值	峰值电流/试验电压 A/kV	允差 %	$t_1$ 时的电流/试验电压 A/kV	允差 %	$t_2$ 时的电流/试验电压 A/kV	允差 %
150 pF/330 $\Omega$	3.75	$\pm 10$	2 ( $t_1=30$ ns)	$\pm 30$	1 ( $t_2=60$ ns)	$\pm 30$
330 pF/330 $\Omega$	3.75	$\pm 10$	2 ( $t_1=65$ ns)	$\pm 30$	1 ( $t_2=130$ ns)	$\pm 30$
150 pF/2 000 $\Omega$	3.75	+30 0	0.275 ( $t_1=180$ ns)	$\pm 30$	0.15 ( $t_2=360$ ns)	$\pm 50$

表 2 (续)

典型电容/ 电阻值	峰值电流/试验电压 A/kV	允差 %	$t_1$ 时的电流/试验电压 A/kV	允差 %	$t_2$ 时的电流/试验电压 A/kV	允差 %
330 pF/2 000 $\Omega$	3.75	+30 0	0.275 ( $t_1=400$ ns)	$\pm 30$	0.15 ( $t_2=800$ ns)	$\pm 50$

注 1: 峰值电流由实际测量得到。

注 2:  $t_1$  和  $t_2$  为电流脉冲下降沿的两个时间,  $t_1=R \times C(1-40\%)$ ,  $t_2=R \times C(1+20\%)$ , 如图 3 所示。用于确定  $t_1$  和  $t_2$  所对应的电流脉冲幅值是否符合 GB/T 17626.2 的要求。

注 3: 电流/试验电压(A/kV)为比例因子, 不同测试电压下的电流与比例因子相乘。

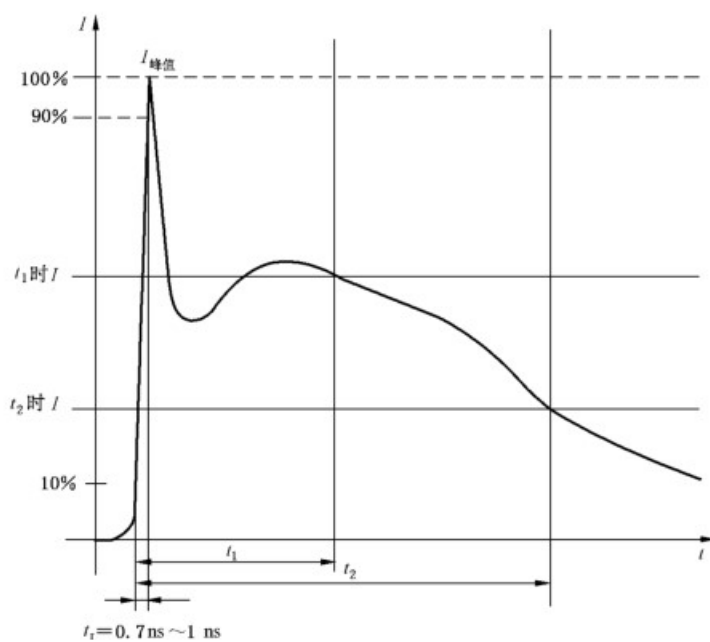


图 3 接触放电波形参数示意图



说明:

X —— 时间, ns;

Y —— 电流, A;

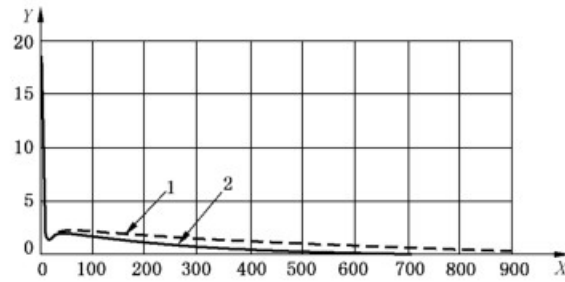
1 —— 330 pF/330  $\Omega$ ;

2 —— 150 pF/330  $\Omega$ 。

a) 150 pF/330 pF, 330  $\Omega$

图 4 计算出的接触放电波形示例(5 kV 试验电压)





说明:

X —— 时间, ns;

Y —— 电流, A;

1 —— 330 pF/2 k $\Omega$ ;

2 —— 150 pF/2 k $\Omega$ 。

b) 150 pF/330 pF, 2 k $\Omega$

图 4 (续)

#### 6.4 水平耦合平板和接地/参考平面

水平耦合平板 (HCP) 和接地/参考平面 (GRP) 应为金属板 (例如, 紫铜, 黄铜或铝), 最小厚度为 0.25 mm。当使用铝板时, 应注意避免铝板因氧化导致导电连接性变差, GRP 应放置于非导电桌的下面。

HCP 的尺寸应比 DUT 的投影尺寸 (包括连接电缆) 至少大 0.1 m, 且不小于 1.6 m $\times$ 0.8 m。HCP 应位于 GRP 上边, 高度为 0.7 m~1.0 m。GRP 的尺寸至少应与 HCP 的尺寸相同。

#### 6.5 绝缘块

如使用绝缘块, 应采用洁净无吸湿性的材料制成 (例如聚乙烯材料), 相对介电常数在 1~5 之间。绝缘块的厚度为 (50 $\pm$ 5) mm, 其每侧至少比试验布置的尺寸大 20 mm。

#### 6.6 绝缘垫

如使用绝缘垫, 应采用洁净无吸湿性的材料制成 (例如聚乙烯材料), 相对介电常数在 1~5 之间。绝缘垫的厚度为 2 mm~3 mm, 其每侧至少比试验布置的尺寸大 20 mm。应确保放电电压为 25 kV 时绝缘垫不会被击穿。

### 7 放电模式

#### 7.1 一般规定

试验时有两种放电方式: 接触放电和空气放电。附录 D 给出了空气放电和接触放电的试验指南。

#### 7.2 接触放电

在接触放电中, 发生放电之前, ESD 发生器的放电电极的尖端应与 DUT 接触。

#### 7.3 空气放电

在空气放电中, 放电电极充电到试验电压, 然后以规定的速度接近 DUT, 当放电尖端足够接近 DUT 时, 放电尖端和试验点之间的电介质材料被击穿, 通过电弧放电。

空气放电过程中,放电电极的接近速度影响注入电流上升时间和幅度,接近的速度应为 0.1 m/s~0.5 m/s。实际操作时 ESD 发生器应尽可能快地接近 DUT 直到放电发生或放电尖端接触放电点,且不会损坏 DUT 或发生器。

## 8 部件试验方法(DUT 通电)

### 8.1 一般规定

对 DUT 试验应采用直接放电和间接放电:

——直接放电可采用接触或空气放电直接施加于 DUT 或可接触的远端连接部件,例如开关和按键;

——间接放电为模拟 DUT 附近导电物体出现的放电,通过外部金属(例如水平耦合板)施加。间接放电仅采用接触放电方式。

注:附录 E 给出了使用直接放电试验方法可选的试验布置和程序。

按 DUT 在车辆上的安装位置,ESD 发生器的电容可选择 330 pF 或 150 pF,电阻为 330  $\Omega$ 。如不能确定 DUT 的位置,应仅使用 330 pF 的电容。

对导电表面应使用图 1 所示的接触放电电极进行接触放电。如试验计划中有要求,也可对导电表面施加空气放电。对非导电表面应使用图 2 所示的空气放电电极进行空气放电。

在对 DUT 进行放电之前,应按附录 A 对 ESD 发生器进行定期验证。

### 8.2 试验计划

在试验前,应编制试验计划,内容包括:

——详细的试验布置;

——试验点;

——DUT 的工作模式;

——任何不同于标准试验的特殊说明和变化。

### 8.3 直接放电试验程序

#### 8.3.1 一般规定

直接放电施加于设备正常工作状态下所有规定的试验点上。产品的响应与放电极性有关,应使用两种极性放电。

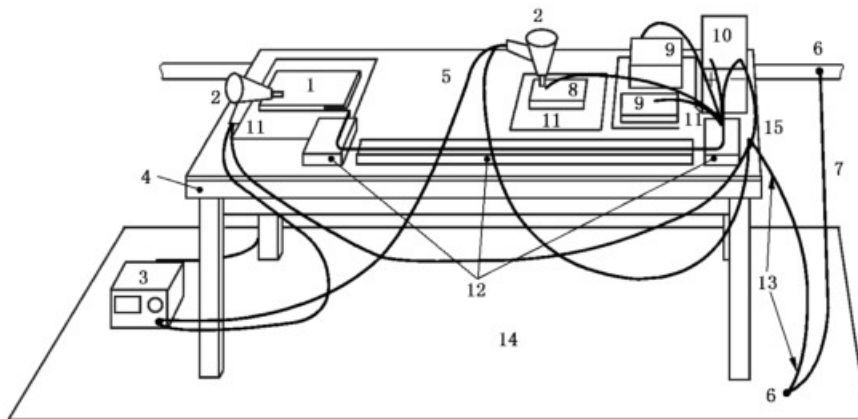
#### 8.3.2 试验布置

按图 5 将 DUT 放置在水平耦合板(HCP)上。如 DUT 安装时直接与车身连接,试验时将其直接放置在 HCP 上进行。如安装时与车身不连接,试验时 DUT 与 HCP 间应放置绝缘垫。

试验时 DUT 应与完成其功能测试的必要外围设备相连接,试验线束的长度应为 1.50 m~2.50 m。如不能使用实车中的外围设备,在试验计划中应说明替代的外围设备和放电试验点。

试验桌上所有部件之间的最小距离为 0.2 m。试验线束应沿着 HCP 的边缘平行放置,距离 HCP 的边缘为 0.1 m。试验线束应捆扎并放置在绝缘块上。电线规格应按实车进行选定。供电蓄电池应放置在试验桌上,其负极直接与 HCP 进行连接。注意蓄电池有爆炸危险,应采取适当的保护措施。

直接放电时 ESD 发生器的放电回线应与 HCP 相连,发生器的放电回线应距 DUT 和其电缆至少 0.2 m(以减小对电缆的耦合,避免影响试验结果)。ESD 的试验桌(试验表面)应距其他导电结构(例如,屏蔽室的表面)至少 0.1 m。



说明:

- |                     |                |
|---------------------|----------------|
| 1—DUT;              | 9——外围设备;       |
| 2—ESD 发生器;          | 10——蓄电池;       |
| 3—ESD 发生器主机;        | 11——绝缘垫(如需要);  |
| 4——非导电桌;            | 12——绝缘块;       |
| 5——HCP;             | 13——470 kΩ 电阻; |
| 6——接地点;             | 14——GRP;       |
| 7——接地连接;            | 15——HCP 的接地连接。 |
| 8——可触及的 DUT 远端连接部件; |                |

图 5 直接放电试验布置

### 8.3.3 直接放电时的电极连接

#### 8.3.3.1 接触放电

接触放电之前,ESD 发生器的放电电极的尖端应与 DUT 接触。

对于表面涂漆的导电层,如设备制造厂家未说明涂膜为绝缘层,电极尖端应穿透漆膜,与导电层接触。

#### 8.3.3.2 空气放电

空气放电过程中,放电电极的尖端应尽可能快地接近 DUT。

注:当壳体是非导电面,或是导电表面喷涂了绝缘层并做了相应声明,则作为绝缘面,只进行空气放电。

#### 8.3.4 ESD 发生器的方向

对直接放电,ESD 发生器的放电尖端应垂直于 DUT 的表面。如做不到,可与 DUT 的表面至少成 45°角。

#### 8.3.5 ESD 的放电次数和时间间隔

对每一个规定的试验电压和极性(参见附录 C),所有的直接放电试验点应至少施加 3 次放电。连续单次放电之间的时间间隔应足够长(不小于 1 s),确保新的放电之前使电荷消除。可以使用以下方法消除电荷:

——DUT 的残余电荷应按下列顺序、采用连接不低于 1 MΩ 的泄放线方法接触泄地:(1)放电位置和地之间;(2)DUT 接地点与地之间。如有证据表明串接 1 MΩ 导线不会影响试验结果,可连接到 DUT 上。

——延长连续两次放电之间的时间间隔,由于自然的电荷衰减,聚集的电荷将消失。

——使用空气离子发生器加快 DUT 的自然放电过程。当施加空气放电时,应关闭离子发生器。

### 8.3.6 试验电压

试验电压增加到最大试验电平之前,应至少施加两个电压。

注:有些产品在施加特定试验电压时,会出现敏感响应,不需要在其他试验电压下再进行测试。

## 8.4 间接放电试验程序

### 8.4.1 一般规定

通过 ESD 发生器对水平耦合板施加接触放电,以模拟放置或安装在 DUT 附近的物体进行放电。接触放电应施加在 DUT 每侧的水平耦合板上(ESD 脉冲应施加在水平耦合板的边沿)。DUT 应放置在水平耦合板上,其表面应距水平耦合板上最近的放电点为 0.1 m。对 HCP 的边沿施加放电时,要调整 DUT 的位置以保持其表面和水平耦合板的边沿之间的距离为 0.1 m。

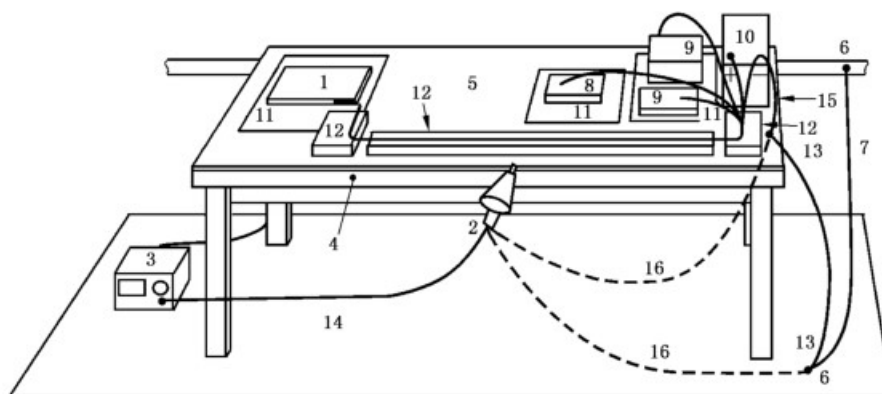
### 8.4.2 试验布置

按图 6 将 DUT 放置在水平耦合板(HCP)上。如 DUT 安装时直接与车身连接,试验时将其直接放置在 HCP 上进行。如安装时与车身不连接,试验时 DUT 与 HCP 间应放置绝缘垫。

试验时 DUT 应与完成其功能测试的必要外围设备相连接,试验线束的长度应为 1.50 m~2.50 m。如不能使用实车中的外围设备,在试验计划中应说明替代的外围设备和试验放电点。

试验桌上所有部件之间的最小距离为 0.2 m。试验线束应沿着 HCP 的边缘平行放置,距离 HCP 的边缘为 0.1 m。试验线束应捆扎并放置在绝缘块上。电线规格应按实车进行选定。供电蓄电池应放置在试验桌上,其负极直接与 HCP 进行连接。注意蓄电池有爆炸危险,应采取适当的保护措施。

间接放电时 ESD 发生器的放电回线应与 HCP 或 GRP(根据试验计划)相连,发生器的放电回线应距 DUT 和其试验线束至少 0.2 m(以减小对电缆的耦合,避免影响试验结果)。ESD 的试验桌(试验表面)应距其他导电结构(例如,屏蔽室的表面)至少 0.1 m。



说明:

- |                     |  |
|---------------------|--|
| 1——DUT;             | 9 —— 外围设备;                             |
| 2——ESD 发生器;         | 10—— 蓄电池;                              |
| 3——ESD 发生器主机;       | 11—— 隔离支撑物(有要求时放置);                    |
| 4——非导电桌;            | 12—— 绝缘块;                              |
| 5——HCP;             | 13—— 470 kΩ 电阻;                        |
| 6——接地点;             | 14——GRP;                               |
| 7——接地连接;            | 15——HCP 的接地连接;                         |
| 8——可触及的 DUT 远端连接部件; | 16——ESD 发生器的接地连接(根据试验计划连接到 HCP 或 GRP)。 |

图 6 间接放电试验布置

### 8.4.3 ESD 的放电次数和时间间隔

对每一个规定的试验电压和极性(参见附录 C),所有的间接放电试验点应施加放电 50 次。对 HCP 的放电,连续单次放电之间的时间间隔应大于 50 ms。

### 8.4.4 ESD 发生器的方向

对 HCP 进行放电时,当放电电极接触 HCP 的边缘,应和 HCP 位于同一平面内。HCP 的水平平面内不进行放电。

### 8.4.5 试验电压

按 8.3.6 规定。

## 9 部件试验方法(DUT 不通电)

### 9.1 一般规定

模拟在装配过程中或维修时人体对 DUT 的直接放电。

在对 DUT 施加放电之前,应按照附录 A 的规定对 ESD 发生器进行定期验证。ESD 发生器的电容应为 150 pF,电阻值在试验计划中规定。

### 9.2 试验计划

在试验前,应编制试验计划,内容包括:

- 详细的试验布置;
- 试验点;
- DUT 的工作模式;
- 任何不同于标准试验的特殊说明。

### 9.3 试验程序

#### 9.3.1 一般规定

接触放电施加在装配过程中或维修时可能会接触到的所有管脚和面,空气放电施加在所有的表面和点上。

对搬运时容易触及的(但不限于)每一个连接管脚(包括 DUT 凹形连接管脚)、壳体、按钮、开关、显示屏、壳体上的螺母和开口施加放电。用截面积为  $0.5 \text{ mm}^2 \sim 2 \text{ mm}^2$ 、长度不大于 25 mm 的绝缘实心金属丝引出凹形连接管脚。

如果一个连接器内有多个密集管脚,难以逐个施加放电时,使用横截面积为  $0.5 \text{ mm}^2 \sim 2 \text{ mm}^2$ 、长度不大于 25 mm 的绝缘实心金属丝引出。

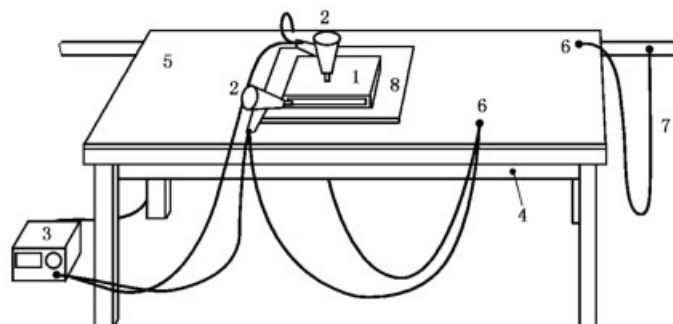
直接放电应施加在试验计划规定的所有试验点上。产品的响应与放电极性有关,应使用两种极性进行放电。

#### 9.3.2 试验布置

图 7 给出了 ESD 试验的布置,接地连接中应包括 2 个  $470 \text{ k}\Omega$  的电阻(图 6 中 7)。DUT 试验时不接外围设备,按供应商交付样品状态进行。

当试验计划中有要求时,DUT 和 HCP 之间应使用静电耗散垫。静电耗散垫的尺寸应大于 DUT 的水平投影尺寸,材料的表面电阻率应为  $10^7 \Omega/\text{平方单位} \sim 10^9 \Omega/\text{平方单位}$ 。

直接放电时 ESD 发生器的放电回线应与 HCP 相连,发生器的放电回线应距 DUT 和其电缆至少 0.2 m(以减小对电缆的耦合,避免影响试验结果)。ESD 的试验桌(试验表面)应距其他导电结构(例如,屏蔽室的表面)至少 0.1 m。



说明:

- 1——DUT;
- 2——ESD 发生器;
- 3——ESD 发生器主机;
- 4——非导电桌;
- 5——HCP;
- 6——接地点;
- 7——接地连接(包括 2 个 470 kΩ 的电阻);
- 8——耗散材料(有要求时放置)。

图 7 DUT 试验的布置示例(DUT 不通电)

### 9.3.3 直接放电时的电极连接

按 8.3.3 规定进行。

### 9.3.4 ESD 发生器的方向

应符合 8.3.4 规定。

### 9.3.5 ESD 的放电次数和时间间隔

应符合 8.3.5 规定。

### 9.3.6 试验电压

应符合 8.3.6 规定。

### 9.3.7 试验后功能要求

试验后,应对 DUT 进行完整的功能试验,其各项功能应正常,没有永久的损坏。此外,还应验证电磁兼容保护电路的有效性(例如,分别确保电磁抗扰和发射的输入电容)。

## 10 整车试验方法

### 10.1 一般规定

对仅可在车内触及的部件进行放电,发生器的电容为 330 pF,电阻为 330  $\Omega$  或 2 k $\Omega$ ,最大试验电压为 15 kV。对仅可在车外触及的部件进行放电,发生器的电容为 150 pF,电阻为 330  $\Omega$  或 2 k $\Omega$ ,最大试验电压为 25 kV。对于车内和车外都可触及的部件,使用两种电容,最大试验电压分别为 15 kV 和 25 kV。

在对部件施加放电之前,应按照附录 A 的规定,对 ESD 发生器进行定期验证。

对导电表面使用接触放电电极进行接触放电。如试验计划中有要求,空气放电也应施加到导电表面。对非导电表面使用空气放电电极进行空气放电。

### 10.2 试验计划

在试验前,应编制试验计划,内容包括:

- 试验点;
- 部件的工作模式;
- 车辆的工作模式(例如,驾驶、怠速、巡航);
- 任何不同于标准试验的特殊说明和变化。

### 10.3 试验程序

#### 10.3.1 一般规定

试验时部件应处于正常工作状态,放电施加于规定的所有试验点上。产品的响应与放电极性有关,应使用两种极性放电。

#### 10.3.2 试验布置

对仅可在车内触及的部件,ESD 发生器的放电回线应直接连接到车身的金属接地上(例如座椅导轨、门锁)。图 8a)给出了车内试验布置的例子。

对仅可在车外触及的部件,ESD 发生器的放电回线应直接连接到车身的最近金属接地上或直接连接到距离放电点最近的车轮下金属板上。图 8b)给出了车外试验布置的例子。

对车内、车外均可触及的部件,分别按图 8a)和 b)进行布置。

试验时发动机运行在驱动或怠速模式。如被测系统(例如巡航控制)需按一定车速行驶要使用测功机时,应在试验计划中规定速度。



说明：

- 1——DUT；
- 2——ESD 发生器；
- 3——ESD 发生器的主机(位于车内或车外)；
- 4——ESD 发生器的放电回线。

a) 内部点



说明：

- 1——DUT；
- 2——ESD 发生器；
- 3——ESD 发生器的主机；
- 4——ESD 发生器的放电回线。

b) 外部点

图 8 车辆的 ESD 试验布置

### 10.3.3 直接放电的电极连接

#### 10.3.3.1 接触放电

按 8.3.3.1 规定。



#### 10.3.3.2 空气放电

按 8.3.3.2 规定。

#### 10.3.4 ESD 发生器的方向

按 8.3.4 规定。

#### 10.3.5 ESD 的放电次数和时间间隔

按 8.3.5 规定。

#### 10.3.6 试验电压

按 8.3.6 规定。

#### 10.3.7 试验点的选取

应对乘员可触及的车辆内外的所有部件(例如,开关、显示屏、车身表面、转向锁、控制器、天线)进行放电。

### 11 试验报告

试验报告应包括:试验设备(特别是放电网络)、试验等级、试验地点、受试设备、放电点、环境条件、接地条件、DUT 的工作模式、DUT 的监测条件、系统的互相作用以及其他与试验有关的信息。

**附录 A**  
(规范性附录)  
**ESD 发生器的验证**

### A.1 电流靶的输入阻抗

用于测量 ESD 发生器放电电流的电流靶,在内部电极和地之间测得的直流输入阻抗应不大于 2.1  $\Omega$ 。

注 1: 电流靶可用于 ESD 电流流进理想接地平面的测量。为了尽可能地减小理想导电平面和电流靶的输入阻抗之间的差异所导致的误差,输入阻抗的限值设定为 2.1  $\Omega$ 。当电流靶的输入阻抗太小时,输出信号也非常小,耦合到电缆和示波器会导致测量误差。此外,当电阻值越小时,寄生电感越大。

注 2: 附录 B 给出了电流靶的详细描述。

### A.2 ESD 发生器的验证

#### A.2.1 一般规定

ESD 评估结果的相关性非常重要,在使用不同制造商的发生器进行试验或者试验持续时间很长情况下尤其重要。评估中重复性是重要因素。ESD 发生器应按已确认的质量保证系统在规定时间周期内进行验证。ESD 发生器应在所要求的重复率下满足所有技术指标。

#### A.2.2 验证设备

ESD 发生器的校准需要以下设备:

- 模拟带宽至少为 1 GHz 的示波器。
- 电流靶。
- 能够测量至少 25 kV,精度至少为 5% 的高压表;为避免影响高压输出,可使用静电电压表。
- 尺寸至少为 1.2 m $\times$ 1.2 m 的参考平面;同轴电流靶安装在参考平面上,电流靶距平面的任何边缘至少为 0.6 m。
- 衰减器(当需要时)。

#### A.2.3 接触放电模式下发生器的验证程序

A.2.3.1 在验证放电电流之前,应使用高压表在电极尖端确定 ESD 发生器试验电压的幅值。试验电压测量精度见表 1。

注: 为确保测量准确,电极输出电压的验证考虑 ESD 发生器的电气结构(例如,电路结构)和高压表的技术指标(例如,输入阻抗和输入寄生电容)。

A.2.3.2 进行验证时环境条件应符合第 4 章规定。

A.2.3.3 电流靶应安装在尺寸至少为 1.2 m $\times$ 1.2 m 的垂直参考平面中心(见图 A.1)。ESD 发生器的放电回线应直接连接到验证参考平面电流靶的下方,距电流靶 0.5 m。放电回线应在其中点向后拉伸,形成一个等腰三角形。在验证过程中,放电回线不应位于地面上。

A.2.3.4 表 A.1 给出了放电电流的验证程序。为验证 ESD 发生器的电流波形是否满足规范,应测量以下参数:

- $I_p$ , 放电电流的峰值,单位:A;

—— $I_1, t_1$ 时的电流值,单位:A(见表2);

—— $I_2, t_2$ 时的电流值,单位:A(见表2);

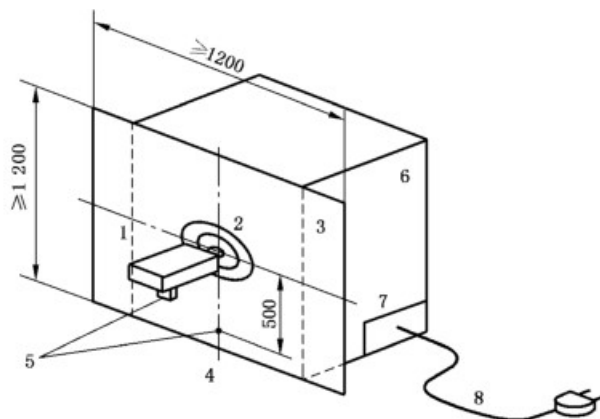
—— $t_r$ ,电流的上升时间,单位:ns。

参数  $X_X$  的平均值为  $\bar{X}_X$ , 如  $\bar{I}_p$  表示电流峰值的平均值。

**A.2.3.5** 如测量结果能够证明测量系统的间接耦合路径不会影响验证结果时,不需要屏蔽室(尺寸至少为  $1.2\text{ m} \times 1.2\text{ m}$ 、安装电流靶、带 GRP)来保护所使用的示波器。当示波器的触发电平设定为不大于第一个峰值电流对应的峰值输出电压的 10%, ESD 发生器放电到电流靶的外环(代替内环), 示波器无触发时,则认为验证系统具有足够的抗扰度,也不需要屏蔽室。

表 A.1 接触放电电流波形的验证程序

步骤	电阻				说明
	330 $\Omega$		2 k $\Omega$		
	电容		电容		
	150 pF	330 pF	150 pF	330 pF	
ESD 发生器在给定试验电压下放电 10 次,记录每次试验结果					因每次放电都有差异,应进行多次测量。取 10 次放电测量参数的平均值
测量每个波形的 $I_p, I_1, I_2$ 和 $t_r$					每个试验等级都应测量这些参数。
计算 $I_p, I_1, I_2$ 和 $t_r$ 测量值的平均值					取参数的平均值,而不是平均波形。触发上的任何抖动不会影响平均值
检查 $t_1$ 时的电流/试验电压(A/kV)	是否满足表 2	是否满足表 2	是否满足表 2	是否满足表 2	使用参数的平均值验证 ESD 发生器的符合性
检查 $t_2$ 时的电流/试验电压(A/kV)	是否满足表 2	是否满足表 2	是否满足表 2	是否满足表 2	使用参数的平均值验证 ESD 发生器的符合性
检查峰值电流/试验电压(A/kV)	是否满足表 2		是否满足表 2		使用参数的平均值验证 ESD 发生器的符合性
检查:上升时间	是否满足 $0.7\text{ ns} \leq \bar{t}_r \leq 1\text{ ns}$				



说明：

- 1——垂直于 GRP 的 ESD 发生器；
- 2——电流靶；
- 3——GRP；
- 4——接地点；
- 5——从中点向后拉伸的放电回线；
- 6——放置示波器和连接电缆的屏蔽室；
- 7——电源滤波器；
- 8——电源线。

图 A.1 验证 ESD 发生器的典型布置

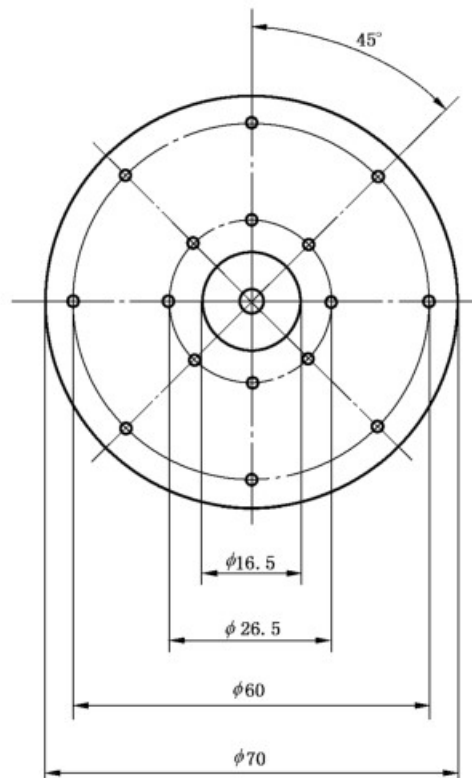
**附录 B**  
(资料性附录)  
**电流靶设计指南**

**B.1 标准靶**

图 B.1~图 B.5 给出了满足附录 A 要求的电流靶设计方法。

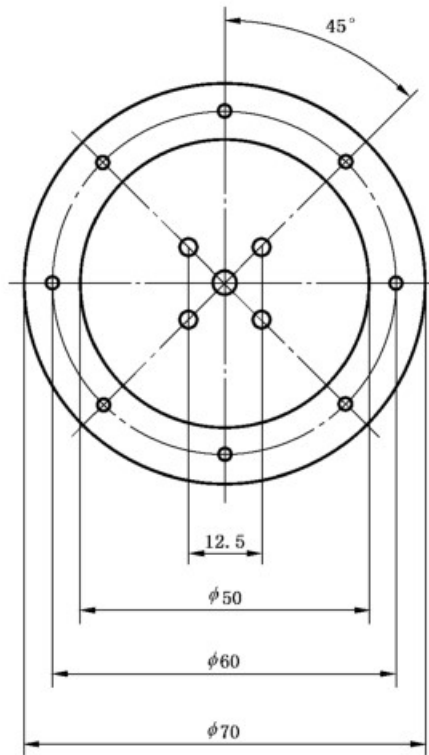
当使用 1 m 长的 RG400 电缆时,电流靶应具有平坦的插入损耗。建议在电流靶的输出端口连接一个至少为 6 dB 的衰减器,以避免多次反射。电流靶可以与图 B.1~图 B.5 所示不一致。

单位为毫米

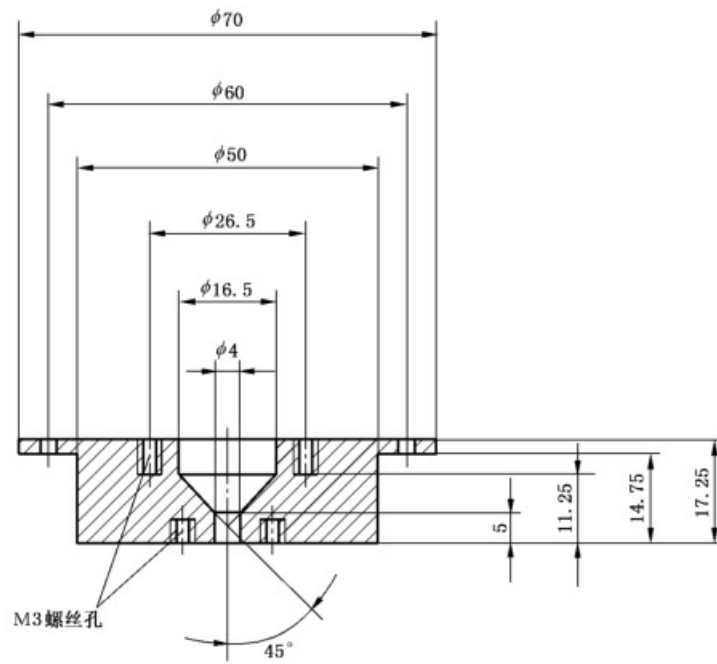


a) 俯视图

图 B.1 电流靶中心黄铜部分

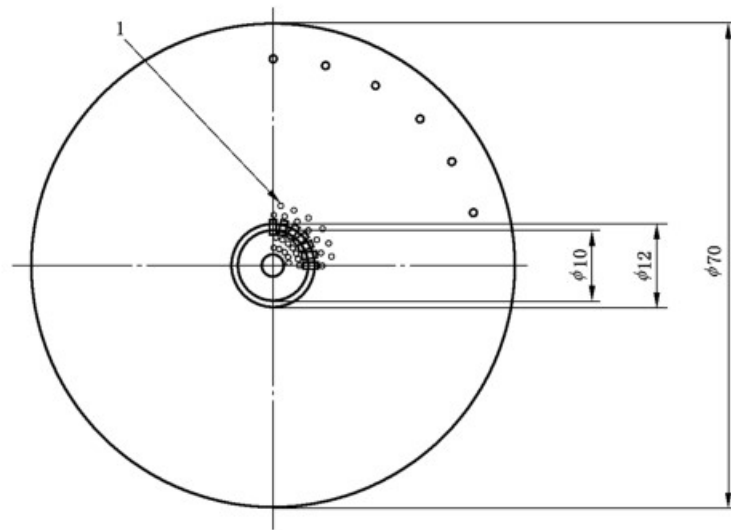


b) 仰视图



c) 剖面图

图 B.1 (续)

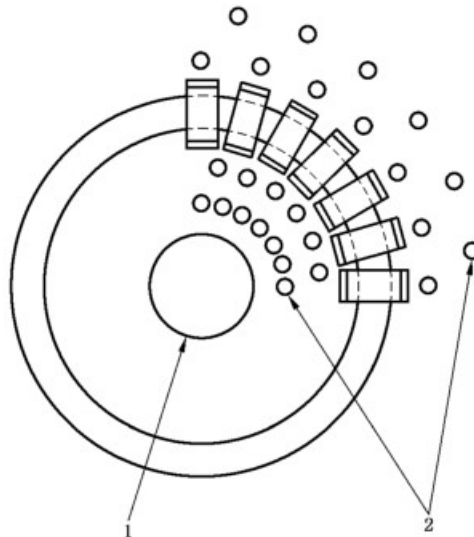


说明:

1——由大约 25 个电阻组成的电阻区(所示角度为  $90^\circ$ ),参数如下:

- 电阻尺寸:0805
- 电阻值:51  $\Omega$
- 安装:接触,精确对称(使用模板)
- 材料:0.5 mm 的 FR4,镀金
- 过孔:电阻两侧的两个环形过孔加上印刷电路板外部边缘附近的一个圆环

a) 印刷电路板



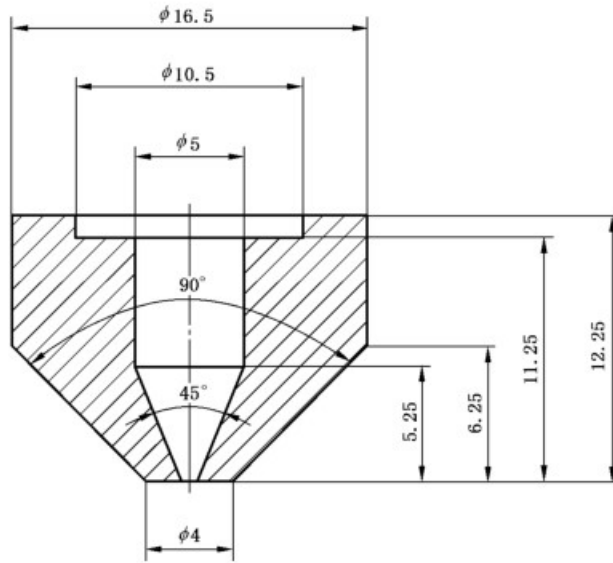
说明:

1——直径为 3.3 mm 的孔;

2——过孔。

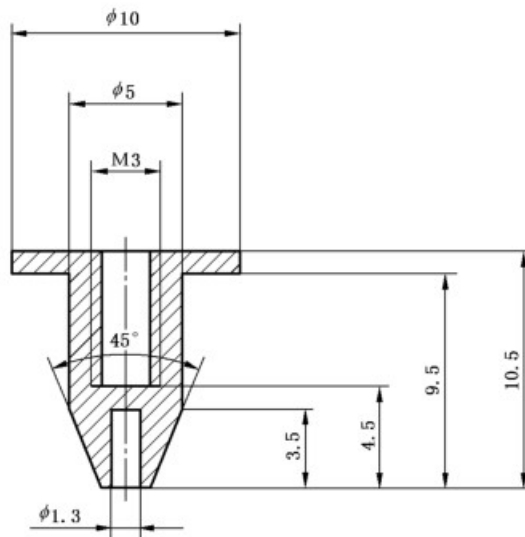
b) 放大的电阻区

图 B.2 电流靶印刷电路板



注：零件有旋转对称性。

a) 聚乙烯塑料(聚四氟乙烯)(PTFE)部件 I

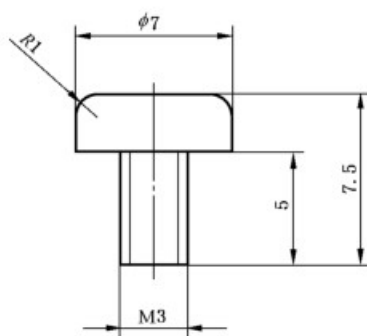


注：零件有旋转对称性。

b) 中心导体(黄铜)

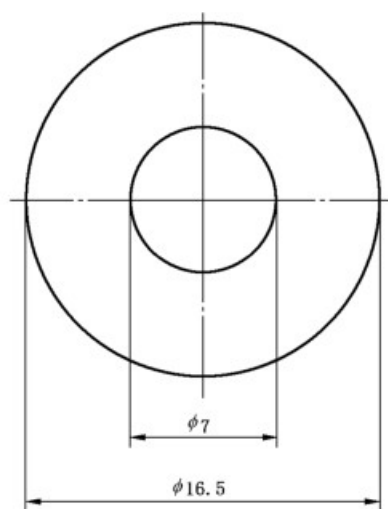
图 B.3 电流靶中心导体及连接附件



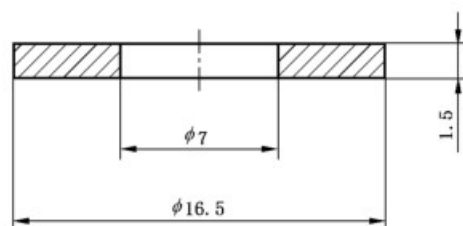


注：零件有旋转对称性。

c) 中心导体的上部(不锈钢)

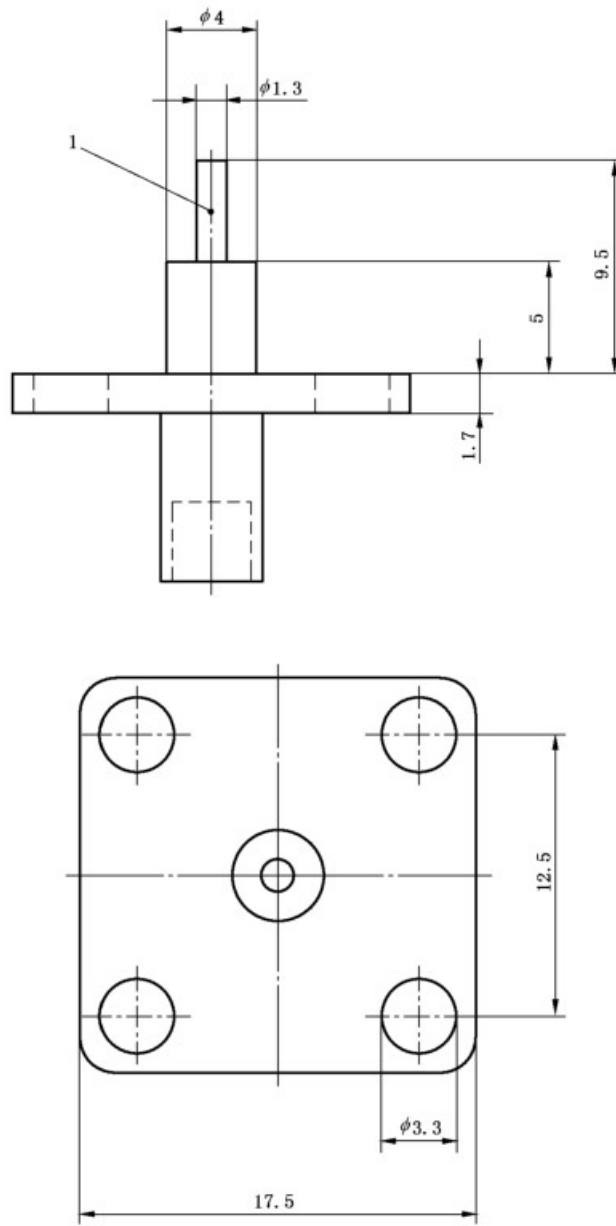


d) PTFE 部件 II 俯视图



e) PTFE 部件 II 切面侧视图

图 B.3 (续)



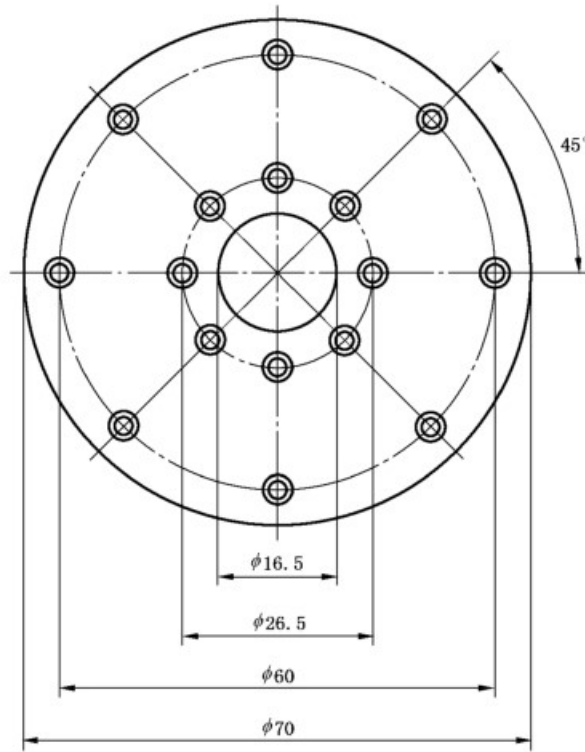
说明：

1——中心导体。

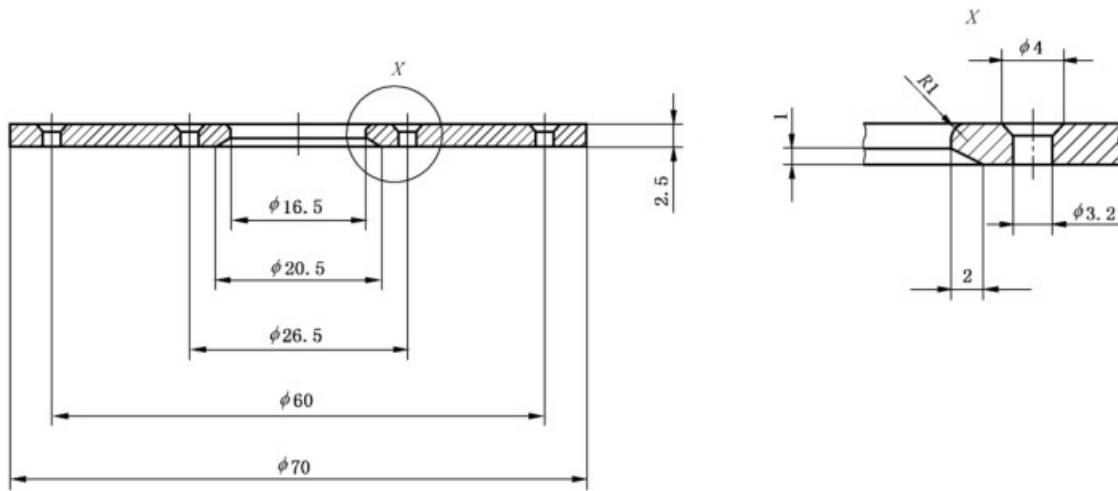
注：可以使用相似的 N 型连接器代替。

f) SMA 同轴射频连接器

图 B.3 (续)

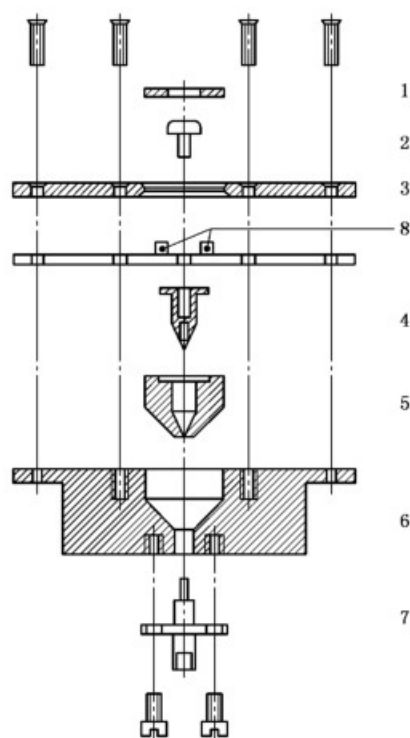


a) 俯视图



b) 切面侧视图

图 B.4 电流靶上盖(不锈钢)



说明：

- 1——PTFE 的部件 II；
- 2——中心导体的上部；
- 3——上盖；
- 4——中心导体；
- 5——PTFE 的部件 I；
- 6——中心黄铜部分；
- 7——SMA 连接器；
- 8——贴片电阻。

图 B.5 电流靶总成结构

## B.2 电流靶技术要求

### B.2.1 电流靶插入损耗

为简化测量系统的特性描述，只规定由电流靶、衰减器和电缆组成测量链的插入损耗，而不规定电流靶本身的插入损耗。仅需描述测量链和示波器的特性，不需单独描述每一个组件的特性。

当频率从直流到 1 GHz 时，电流靶—衰减器—电缆组成的测量链的插入损耗的变化应在  $\pm 0.5$  dB 范围内。

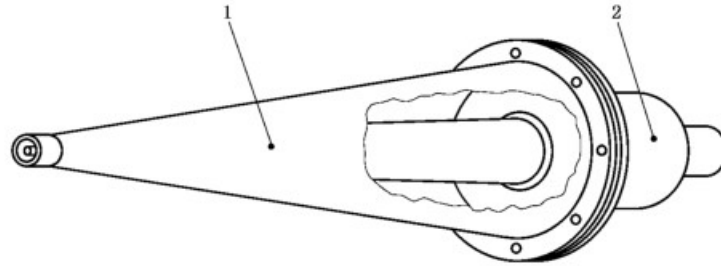
注：不同的时间间隔可用于 DC 转移阻抗的验证，更多用于插入损耗的测量。当重复的直流转移阻抗测量结果和原始的测量结果相比，差值小于 1%，且使用相同的电缆和衰减器，没有别的变化（例如，连接器的松动或损坏）时，使用人员可以认为电流靶—衰减器—电缆链的插入损耗没有变化。

### B.2.2 电流靶的适配线

图 B.6 给出了电流靶的适配线，用于连接电流靶的输入和 50  $\Omega$  电缆。从同轴电缆的直径平滑过渡

到电流靶的直径。当由  $d : D$  (见图 B.7) 的直径比计算的阻抗不等于  $50 \Omega$  时, 电流靶适配线内导体的外直径应等于电流靶内电极的直径。应使用适配线填充材料(通常为空气)的相对介电常数计算阻抗。在  $1 \text{ GHz}$  带宽内, 适配线的阻抗应为  $50 \times (1 \pm 2\%) \Omega$ 。当频率不大于  $1 \text{ GHz}$  时面对面放置的两个靶适配线的反射系数应大于  $30 \text{ dB}$ 。当频率为直流到  $1 \text{ GHz}$  时面对面放置的两个靶适配线的插入损耗应小于  $0.3 \text{ dB}$ 。

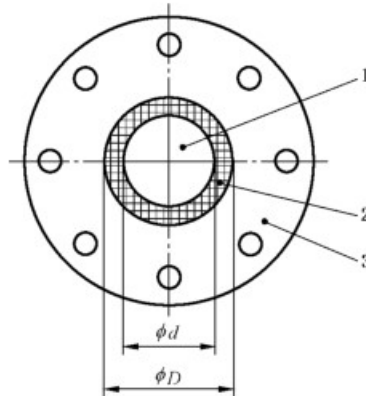
注: 也可使用满足阻抗和损耗要求的其他连接器接口。



说明:

- 1——锥形适配线;
- 2——ESD 电流靶。

图 B.6 连接电流靶的适配线



说明:

- 1——内电极;
- 2——阻性间隙;
- 3——地;
- $d$ ——内电极的外直径;
- $D$ ——外电极的内直径。

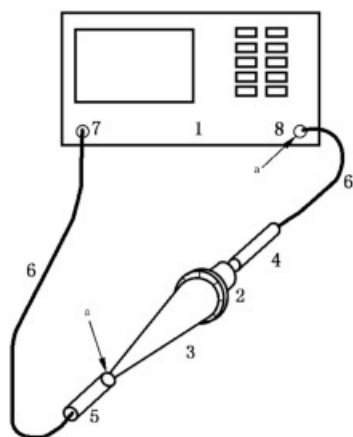
图 B.7 电流靶的主视图

### B.2.3 确定电流靶—衰减器—电缆链的插入损耗

通过比较直接连接和通过测量链连接确定测量链的插入损耗(见图 B.8)。优先使用的测量设备为网络分析仪, 也可使用具有跟踪发生器的频谱分析仪或其他系统测量插入损耗。

为避免匹配的信号源和高反射电流靶之间的反射, 要在信号源和电流靶之间插入匹配优良的衰减器。通常情况下, 两侧使用  $20 \text{ dB}$  的衰减器即可。由于适配器会引入反射, 衰减器和电流靶或靶适配线之间避免使用同轴适配器。通过改变测量系统和电流靶之间的电缆长度, 就能确定反射是否得到充分的抑制。这些反射表现为插入损耗-频率曲线的周期波动。

注: ESD 电流靶、衰减器 A 和同轴电缆为电流靶—衰减器—电缆链, 使用这种布置验证测量链。



说明：

- 1——网络分析仪；
  - 2——ESD 电流靶；
  - 3——50 Ω 圆锥形适配器线；
  - 4——衰减器 A；
  - 5——衰减器 B；
  - 6——同轴电缆(衰减器 A 和网络分析仪之间,衰减器 B 和网络分析仪之间)；
  - 7——网络分析仪的输出连接器；
  - 8——网络分析仪的输入连接器。
- <sup>a</sup> 校准网络分析仪的点。

图 B.8 插入损耗测量

图 B.8 示出了在验证点校准网络分析仪的插入损耗的测量程序。

注 1: 当不使用网络分析仪时,修改程序:

- 如图 B.8 所示,连接电流靶适配器线和电流靶—衰减器—电缆链并将其接入;
- 测量插入损耗。

当频率为直流到 1 GHz 时,电流靶—衰减器—电缆组成的测量链的插入损耗的变化应在 ±0.5 dB 范围内。

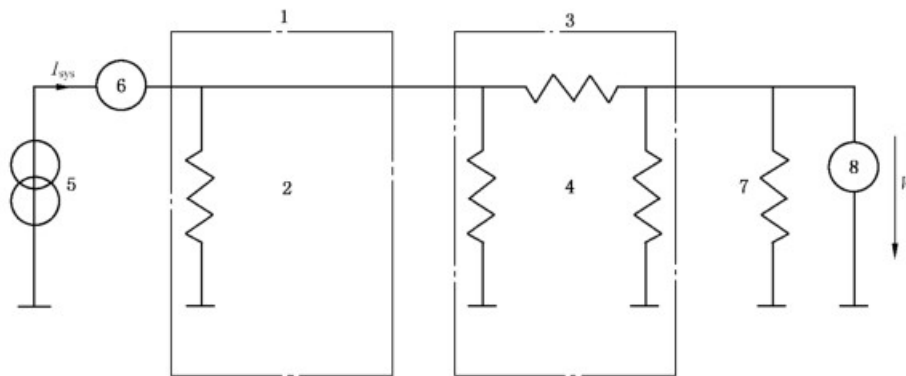
注 2: 使用网络分析仪的最低频率(不包括直流)进行测量。直流特性单独测量。

注 3: 见 B.2.1 的注。

#### B.2.4 确定电流靶—衰减器—电缆链的直流转移阻抗

电流靶—衰减器—电缆链的直流转移阻抗定义为:电缆输出端为 50 Ω 精密负载(即端接在电缆端代替示波器)上的电压和电流靶输入端电流的比值。图 B.9 给出了电路图。

在 ESD 测量中,当电流  $I_{sys}$  注入电流靶时,示波器显示的电压为  $V_{osc}$ 。为了计算显示电压产生的未知电流,用电压除以系统的直流转移阻抗  $Z_{sys}$ 。



说明：

- 1——电流靶；
- 2——电流靶内部电路的例子(其他电路也可以)；
- 3——衰减器；
- 4——衰减器的内部电路；
- 5——直流电流源；
- 6——衰减器 A 和网络分析仪以及衰减器 B 和网络分析仪之间的电流表；
- 7——50 Ω 负载；
- 8——数字电压表。

图 B.9 确定系统直流转移阻抗的电路图

通过以下方法确定电流靶—衰减器—电缆链的系统直流转移阻抗：

——给电流靶的前端注入大约 1A 的电流  $I_{sys}$ ，前端为放电的一端。电流误差为 ±1%。如施加在电流靶上的电流产生的热效应不超过电流靶的技术规定，可使用较大的电流，测量 50 Ω 精密负载上的电压。

——按式(B.1)计算转移阻抗：

$$Z_{sys} = \frac{V}{I_{sys}} \dots\dots\dots (B.1)$$

注：为了验证热电压对结果的影响，可使用正向和反向电流进行测量，测量结果不超过 0.5%。

也可使用其他方法确认整个电流靶—衰减器—电缆链的转移阻抗。

附 录 C  
(资料性附录)

功能特性状态分类(FPSC)和严酷等级示例

C.1 功能特性状态

见 GB/T 33014.1—2016。

C.2 试验信号严酷等级

试验严酷等级由车辆制造商和供应商协商确定。表 C.1~表 C.7 给出了试验严酷等级的示例。

表 C.1 零部件直接接触放电试验严酷等级示例

试验严酷等级	类别 1	类别 2	类别 3
L <sub>4</sub>	±8 kV	±8 kV	±15 kV
L <sub>3</sub>	±6 kV	±8 kV	±8 kV
L <sub>2</sub>	±4 kV	±4 kV	±6 kV
L <sub>1</sub>	±2 kV	±2 kV	±4 kV

表 C.2 零部件直接空气放电试验严酷等级示例

试验严酷等级	类别 1	类别 2	类别 3
L <sub>4</sub>	±15 kV	±15 kV	±25 kV
L <sub>3</sub>	±8 kV	±8 kV	±15 kV
L <sub>2</sub>	±4 kV	±6 kV	±8 kV
L <sub>1</sub>	±2 kV	±4 kV	±6 kV

表 C.3 零部件间接接触放电试验严酷等级示例

试验严酷等级	类别 1	类别 2	类别 3
L <sub>4</sub>	±8 kV	±15 kV	±20 kV
L <sub>3</sub>	±6 kV	±8 kV	±15 kV
L <sub>2</sub>	±4 kV	±4 kV	±8 kV
L <sub>1</sub>	±2 kV	±2 kV	±4 kV



表 C.4 车辆接触放电试验严酷等级示例(仅车内可触及的试验点)

试验严酷等级	类别 1	类别 2	类别 3
L <sub>4</sub>	±6 kV	±8 kV	±8 kV
L <sub>3</sub>	±4 kV	±4 kV	±6 kV
L <sub>2</sub>	±2 kV	±2 kV	±2 kV
L <sub>1</sub>	—	—	—

表 C.5 车辆空气放电试验严酷等级示例(仅车内可触及的试验点)

试验严酷等级	类别 1	类别 2	类别 3
L <sub>4</sub>	±8 kV	±15 kV	±15 kV
L <sub>3</sub>	±6 kV	±8 kV	±8 kV
L <sub>2</sub>	±4 kV	±4 kV	±6 kV
L <sub>1</sub>	±2 kV	±2 kV	±4 kV

表 C.6 车辆接触放电试验严酷等级示例(仅车外可触及的试验点)

试验严酷等级	类别 1	类别 2	类别 3
L <sub>4</sub>	±6 kV	±8 kV	±8 kV
L <sub>3</sub>	±4 kV	±6 kV	±6 kV
L <sub>2</sub>	±2 kV	±2 kV	±4 kV
L <sub>1</sub>	—	—	±2 kV

表 C.7 车辆空气放电试验严酷等级示例(仅车外可触及的试验点)

试验严酷等级	类别 1	类别 2	类别 3
L <sub>4</sub>	±15 kV	±15 kV	±25 kV
L <sub>3</sub>	±8 kV	±8 kV	±15 kV
L <sub>2</sub>	±4 kV	±6 kV	±8 kV
L <sub>1</sub>	±2 kV	±4 kV	±6 kV

## 附录 D

(资料性附录)

### 零部件放电试验方法选择指南

#### D.1 电阻选取

使用 2 k $\Omega$  电阻试验,模拟人体直接通过皮肤放电。使用 330  $\Omega$  电阻试验,模拟人体通过金属部分(例如,工具、钥匙、戒指)放电。使用 330  $\Omega$  电阻试验要比使用 2 k $\Omega$  电阻试验更为严酷。

试验计划中应规定试验中要使用的放电电阻。

#### D.2 试验方法选择

选择空气或接触放电试验方法由 ESD 试验积累的信息分析确定。D.3~D.5 概述了两种方法及其优缺点。

#### D.3 空气放电

##### D.3.1 一般规定

空气放电在实际环境中经常出现,因此空气放电方法更真实复现了 ESD 现象。施加给 DUT 的脉冲电流波形之间允许有明显的差异。

##### D.3.2 空气放电优点

主要优点是 DUT 上阻止 ESD 的任何绝缘表面或空气间隙可通过击穿电压评估。另一个优点是 DUT 的响应将由类似于实际 ESD 的现象产生。意味着,对于给定的试验电压,一个 ESD 脉冲能够引起 DUT 的响应,而另一个 ESD 脉冲则不能。当 DUT 出现响应时,对每个脉冲的响应不同。因此,空气放电模拟实际 ESD 电压幅值与电流的非线性关系。

##### D.3.3 空气放电缺点

主要缺点在于这种方法要进行长时间的连续试验。全面地评估和理解 DUT 的响应和它们出现的概率,需要施加(可能)几百个脉冲给 DUT,因此空气放电试验需要几个小时的时间。此外,DUT 对 ESD 激励的响应也不一致,将产生试验结果严重的复现性问题,从而要求更多的 ESD 试验以最终确定 DUT 的性能。

#### D.4 接触放电

##### D.4.1 一般规定

接触放电模拟 ESD,但不能复现实际 ESD 现象的所有特性。接触放电模拟重复性更强的 ESD 试验。实际上施加给 DUT 的每个脉冲波形基本一致。

当 DUT 的表面不完全是非导电材料时,总体上可以避免放电时与空气间隙有关的变化,这种变化与 DUT 表面的特性无关。

#### D.4.2 接触放电优点

主要优点为,ESD 试验波形的一致性和复现性通常会使得 DUT 产生更好的一致性和重复性。接触放电以较自动的方式进行,脉冲以相对快的重复率(如能确保两次放电时间间隔中积累的电荷已经耗散掉)施加给 DUT,和空气放电相比,不需要很长的时间。实际上,使用接触放电可以显著地减少试验时间以评估 DUT 对 ESD 的敏感度。

#### D.4.3 接触放电的缺点

主要缺点为,要求试验施加点为导电表面。此外,ESD 波形的随机变化不能复现,接触放电试验不能评估 DUT 对实际施加电压的响应。最后,在这些试验中,ESD 电压和电流成比例关系,而实际中出现的 ESD 的电压和电流之间的关系为非线性。

### D.5 DUT 表面

#### D.5.1 一般规定

试验方法的选择一定程度上基于 DUT 的表面是否导电。

#### D.5.2 导电表面

对导电表面和耦合平板可施加空气放电或接触放电。考虑到复现性,对导电表面推荐使用接触放电。

#### D.5.3 非导电表面

对绝缘表面,主要使用空气放电(由于它的固有特性)。空气放电也用来确定覆盖绝缘层的导电板的击穿电压。当通过刺穿绝缘层,对带有绝缘层的导电板进行接触放电时,因没有空气放电的电弧路径阻抗,和空气放电产生的电流相比,接触放电会导致施加给 DUT 的电流较大。对完全绝缘表面,可使用接触放电,但要非导电表面附近的导电平面进行间接放电。

#### D.5.4 间接放电试验

进行间接放电试验,考虑到接触放电具有较好的复现性,放电之间的时间间隔小,仅使用接触放电。

## 附录 E

(资料性附录)

### 零部件通电试验的可选试验布置和试验程序

#### E.1 概述

本附录给出了 ESD 通电试验时的附加方法,详细描述了试验布置、试验程序和推荐的试验严酷等级。特别是和 HCP 试验方法相比较,此方法能给出重复性更好的试验结果并能将车辆级的 ESD 试验和实际环境联系起来。

考虑到试验方法的成熟度,除了在第 8 章规定的 ESD 通电试验外,本试验方法仅供参考。

#### E.2 一般规定

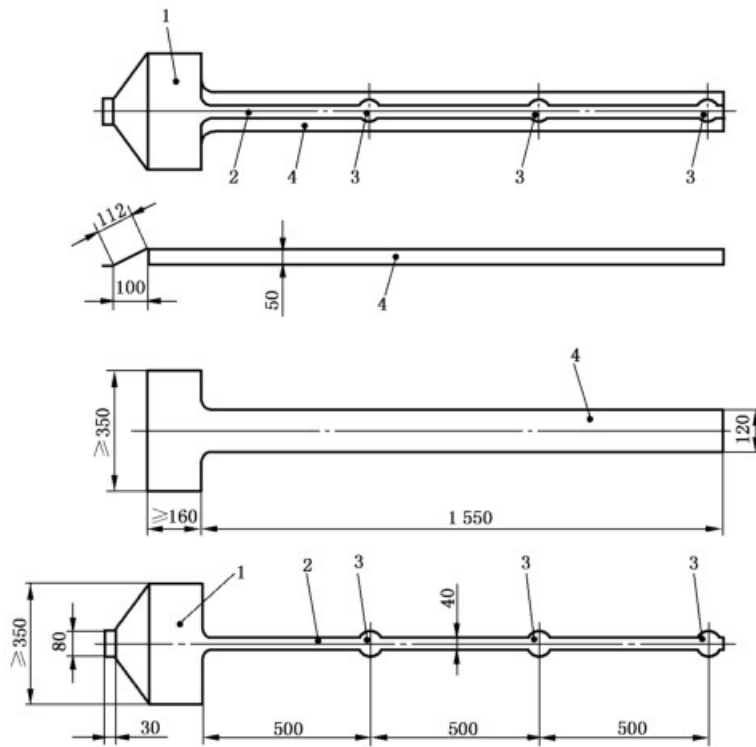
在试验前,应编制试验计划,内容包括:

- 详细的试验布置;
- 试验点;
- 工作模式;
- 任何不同于标准试验的特殊说明。

DUT 的试验包括直接放电和间接放电。直接放电直接施加于 DUT,间接放电模拟 DUT/线束附近导电物体的放电,通过外部的金属施加,如本附录中规定的导电带。

#### E.3 试验布置(直接放电和间接放电)

试验桌的示意图参考图 E.1。直接放电试验布置参考图 E.2,间接放电试验布置参考图 E.3。



说明:

1——场耦合平板(各方向比 DUT 至少大 10 mm、尺寸至少为 160 mm×350 mm,锥形部分连接到 HCP);

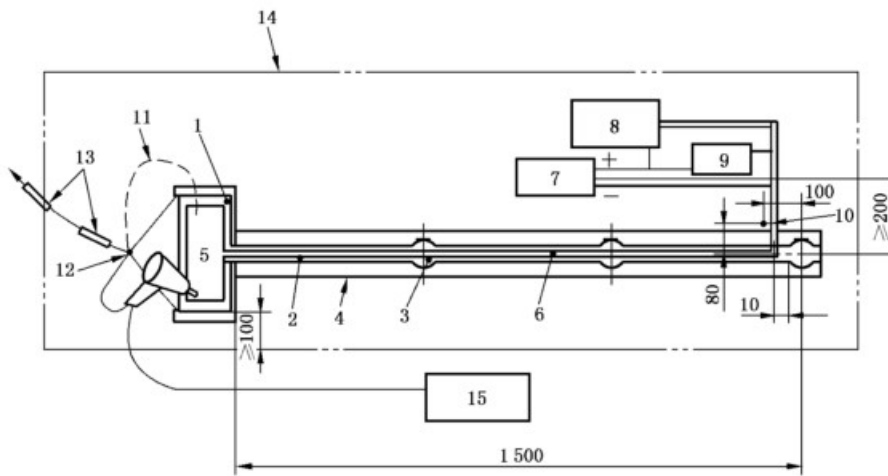
2——支撑线束的场耦合带(宽度 40 mm);

3——放电岛(直径 80 mm);

4——放置 DUT 和线束的非导电块( $\epsilon_r < 2.5$ , 高度为 50 mm)。

注:场耦合平板和场耦合带为紫铜或黄铜,厚度为 0.5 mm~2 mm。尺寸的允差为 $\pm 5\%$ 。

图 E.1 ESD 试验桌布置——俯视图

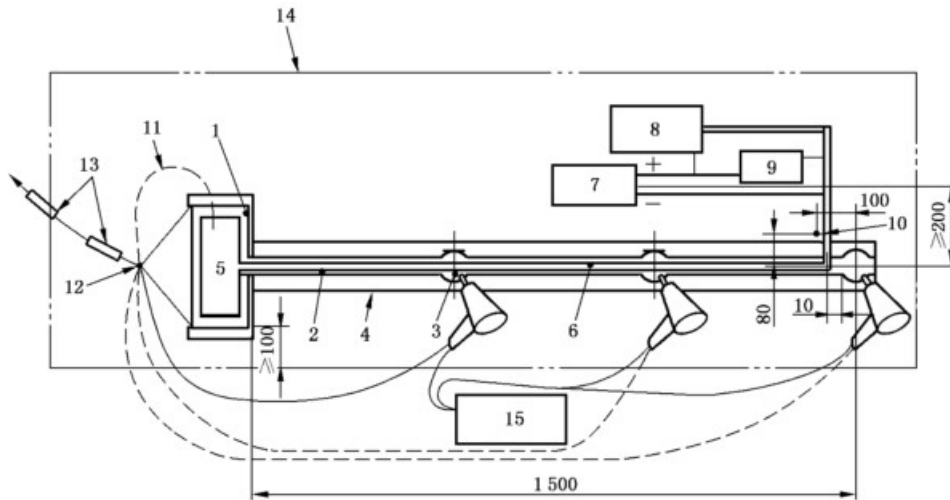


说明：

- 1 —— 场耦合平板；
- 2 —— 场耦合带；
- 3 —— 放电岛；
- 4 —— 放置 DUT 和线束的绝缘块；
- 5 —— DUT；
- 6 —— DUT 的线束；
- 7 —— 蓄电池；
- 8 —— 外围或支持设备；
- 9 —— 人工网络(如果使用)；
- 10 —— 蓄电池和支持设备的接地参考点；
- 11 —— DUT 最近距离接地(如果要求)；
- 12 —— HCP、发生器和 DUT 安全接地位置；
- 13 —— 连接到地的 2 个 470 kΩ 高压电阻；
- 14 —— HCP；
- 15 —— ESD 发生器主机。

注：尺寸的允差为±5%。

图 E.2 直接放电试验布置



说明:

- 1 —— 场耦合平板;
- 2 —— 场耦合带;
- 3 —— 放电岛;
- 4 —— 放置 DUT 和线束的绝缘块;
- 5 —— DUT;
- 6 —— DUT 的线束;
- 7 —— 蓄电池;
- 8 —— 外围或支持设备;
- 9 —— 人工网络(如果使用);
- 10 —— 蓄电池和支持设备的接地参考点;
- 11 —— DUT 最近距离接地(如果要求);
- 12 —— HCP、发生器和 DUT 安全接地位置;
- 13 —— 连接到地的 2 个 470 kΩ 高压电阻;
- 14 —— HCP;
- 15 —— ESD 发生器主机。

注: 尺寸的允差为±5%。

图 E.3 间接放电试验布置

ESD 试验桌上的水平耦合板应距其他导电结构(例如,屏蔽室的表面)至少 0.5 m,应使用带有 2 个 470 kΩ 高压电阻的导线连接到安全地,导线一端连接安全地,另外一端接在图 E.2 和图 E.3 的 HCP 点 12 上。

试验前,ESD 发生器的放电输出电压应按 6.1 进行验证。ESD 发生器应在 HCP 的点 12 接地。

DUT 应放置在 ESD 场耦合平板上,DUT 连接电源和支持设备的线束长度应为  $1700^{+300}_0$  mm,沿着 ESD 场耦合带走线布置。放置在绝缘块上的 DUT 线束末端应与距 DUT 最远的放电岛边缘之间的距离为 10 mm。DUT 的线束和外围设备的接地位于 HCP 点 10 处。

DUT 的耦合平板应足够大,比 DUT 的水平投影尺寸至少大 10 mm。DUT 的接地应按车辆中的预期接地布置进行连接(近地连接到点 12,远地通过线束连接到点 10)。如果 DUT 的壳体导电,实车安装时接地,它应连接到 HCP 的点 12 上。蓄电池地应连接到 HCP 的点 10 上。

支持 DUT 工作的所有开关、显示器、传感器和动作执行器等,应为试验布置的组成部分,尽可能使

GB/T 19951—2019

用实车部件和线束。任何外围支持设备应距场耦合带至少 200 mm。

## E.4 试验程序

### E.4.1 DUT 的运行状态

DUT 应工作在试验计划规定的所有模式。

### E.4.2 通电时的 ESD 试验——直接放电

参考图 E.2 的试验布置。放电应施加在正常工作时可触及的 DUT 上的所有点(表面,触点开关,开关,连接器,天线,显示器,以及诊断时的管脚)。不接地的导电表面,应在要求的试验电压下进行产生电压击穿的试验。试验计划中应规定独立的放电点。

车内乘员易触及的 DUT 应使用放电网络为 330 pF 和 330  $\Omega$  的 ESD 发生器进行试验,其他 DUT 使用 150 pF 和 330  $\Omega$  的放电网络。放电头和试验等级见 C.2。

对每个极性和试验电压,应在 DUT 上规定的放电点进行 10 次接触放电。试验过程中,ESD 发生器的接触放电电极应接触 DUT 进行放电。

对每个极性和试验电压,应在 DUT 上规定的放电点进行 10 次空气放电。试验过程中,ESD 发生器的空气放电电极应尽可能快地移向放电点直到发生放电。

在两次放电之间,应使用约 1 M $\Omega$ (例如,串联 2 个 470  $\Omega$  的电阻)的接地放电电阻接触放电点和壳体消除掉施加的电荷。可采用替换方法消除电荷,两次放电之间至少间隔 2 s。

应按试验计划监测和记录 DUT 的性能。

### E.4.3 通电时的 ESD 试验——间接放电

试验布置见图 E.3。ESD 发生器的放电网络为 330 pF 和 330  $\Omega$ 。应使用接触放电电极。

对每个极性和试验电压,应在三个规定的放电岛上没有被线束覆盖的自由区域的中心施加 10 次接触放电。放电岛见图 E.1 或图 E.3。对具有多个连接器的 DUT,每个连接器对应的支线应分别进行试验,然后再捆扎进行。

不应直接对线束放电。如在捆扎的线束中多于 40 条导线时,应将捆扎的线束翻转 180°,再重复间接耦合试验。

在试验过程中,应监测 DUT 的响应。两次放电之间默认的时间间隔至少为 2 s。

### E.4.4 建议的试验严酷等级

C.2 中给出了试验严酷等级的示例。



GB/T 19951—2019

版权专有 侵权必究

\*

书号:155066·1-61609