

Q/HMA

海马汽车有限公司企业标准

Q/HMA 3371-2017 (V1)

代替Q/HMA 3371-2017

电子电器部件抗电磁干扰要求

2017-11-22 发布

2017-12-28 实施

海马汽车有限公司 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 2
- 4 电子电器部件电磁兼容要求 6
 - 4.1 电子电器部件功能重要性等级分类 6
 - 4.2 电子电器部件功能失效状态等级 8
 - 4.3 电子电器部件抗电磁干扰测试项目适用性 8
- 5 试验要求 9
 - 5.1 一般试验要求 9
 - 5.1.1 试验计划 9
 - 5.1.2 验证标准与试验报告 9
 - 5.1.3 复测 10
 - 5.1.4 抗扰度测试参数 10
 - 5.2 试验装置 11
 - 5.2.1 试验电源 11
 - 5.2.2 试验台 11
 - 5.2.3 人工网络 (AN) 12
 - 5.2.4 相互连接 12
 - 5.2.5 接地平板 13
 - 5.3 试验条件 13
 - 5.3.1 尺寸 13
 - 5.3.2 公差 13
 - 5.3.3 环境测试条件 13
 - 5.3.4 试验场地 13
 - 5.4 样品数量 13
 - 5.5 测试结果要求 14
- 6 试验方法 14
 - 6.1 电子电器部件辐射抗扰测试 (RS) 14
 - 6.1.1 一般要求 14
 - 6.1.2 试验布置 15
 - 6.1.3 试验程序 19
 - 6.2 电子电器部件传导抗扰测试 (大电流注入 BCI 法) 19
 - 6.2.1 一般要求 19
 - 6.2.2 试验布置 20
 - 6.2.3 试验程序 23
 - 6.3 电子电器部件沿电源线瞬态传导抗扰测试 (CS) 23
 - 6.3.1 一般要求 23
 - 6.3.2 瞬态抗扰性试验 24
 - 6.3.3 试验仪器及试验规范 26
 - 6.3.4 试验脉冲 1 28

6.3.5	试验脉冲 2a 和 2b	29
6.3.6	试验脉冲 3a 和 3b	31
6.3.7	试验脉冲 4	33
6.3.8	试验脉冲 5a 和 5b	34
6.4	电子电器部件沿非电源线瞬态传导抗扰测试 (CS)	36
6.4.1	一般要求	36
6.4.2	试验设备	37
6.4.3	试验程序	37
6.4.4	试验脉冲	41
6.5	静电放电标准	43
6.5.1	断电状态下静电测试	44
6.5.2	工作状态下静电测试	45
6.6	磁场抗干扰标准	47
6.6.1	测试等级要求	47
6.6.2	测试布置要求	47
6.7	发射器射频抗扰标准	48
6.7.1	测试等级要求	48
6.7.2	测试布置要求	49
6.8	连续抗干扰标准	50
6.8.1	测试等级要求	50
6.8.2	测试布置要求	50
6.8.3	试验脉冲	51
附录 A	(规范性附录) 人工网络	52
附录 B	(资料性附录) 改善装置电磁兼容性的一般技术	53

前 言

本标准按照 GB/T 1.1 给出的规则起草。

本部分（本标准）代替 Q/HMA 3371-2017，与 Q/HMA 3371-2017 相比，主要有以下变化：

——辐射抗扰试验要求频段 80MHz~3100MHz 改为 200MHz~3100MHz。

本标准由海马汽车有限公司研发本部智能互联部提出。

本标准由海马汽车有限公司研发本部设计质量部归口。

本标准起草单位：智能互联部智能开发室

本标准主要起草人：余意 王绥山

本标准批准人：尹春山

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——Q/HMA 3371- 2013；

——Q/HAG JC-002-2015；

——Q/HMA 3371- 2016；

——Q/HMA 3371- 2017。

电子电器部件的电磁干扰要求

1 范围

本标准规定了海马汽车电子电器部件的抗电磁干扰要求。

本标准适用于海马汽车所使用的电子电器部件及子系统部件，为保证整车内电器设备之间，以及整车和周围环境之间的电磁兼容性，满足电磁兼容法规而制定的。供应商所开发的产品需在测试批准之前完成部件功能等级分类，并输出符合海马汽车要求的验证标准规范。测试之后符合本标准的要求，同时后续任何影响零部件电磁兼容性能的更改都需要增加相应的EMC测试进行重新验证。

本标准不适用于整车的电磁兼容性测试。

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

GB/T 18509 电磁兼容 电磁兼容标准起草导则 (GB/Z 18509-2001, neq IEC Guide 107:1998)

CISPR25 保护车载接收器所用的无线电干扰特征测量方法和范围

GB/T 18655 车辆、船和内燃机——无线电骚扰特性——用于保护车载接收机的限值 and 测量方法

ECE R10.03:2010 关于就电磁兼容性方面批准车辆的统一规定

ISO 7637-1 道路车辆-传导和耦合造成的电气干扰第一部分-定义和一般考虑事项

ISO 7637-2 道路车辆-传导和耦合造成的电气干扰第二部分-车载12V或24V标称电压的车辆通过电源线的电容或电感应耦合进行电气瞬变传输

ISO 7637-3 由传导和耦合引起的电骚扰第3部分：除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射

ISO 16750-2 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷

ISO 11452-1 道路车辆-窄带辐射电磁能量电气干扰的部件测试方法-第一部分：总则和定义)

ISO 11452-2 道路车辆-窄带辐射电磁能量电气干扰的部件测试方法-第二部分：吸收器-带护衬屏蔽式外壳

ISO 11452-4 道路车辆-窄带辐射电磁能量电气干扰的部件测试方法-第四部分：大电流注入

GB/T 17619 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰度限值和测量方法

GB/T 21437.2 沿电源线的电瞬态传导

GB/T 19951 道路车辆 静电放电引起的产生的电骚扰试验方法

ISO 10605 道路车辆—静电放电的电骚扰试验方法

ISO 17025 检测和校准实验室能力认可准则

CISPR 16-1-1 无线电干扰和抗扰测量仪器的规格和方法-第一部分：无线电干扰和抗扰测量仪器

CISPR 16-2-3 无线电干扰与抗干扰测量仪器和方法的规范. 第2-3部分:干扰与抗干扰测量方法-辐射干扰测量

GB/T 6113.203-2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范

Q/HMA 2033-2017 电子元件

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

电磁兼容性

Electromagnetic compatibility, 简称EMC, 即车辆、电气电子系统/部件在车辆电磁环境中能正常工作且不影响其它车辆、系统/部件正常工作的能力。

3.2

车辆电磁环境

Vehicle electromagnetic environmengt, 存在于车辆内外所有电磁现象的总和。

3.3

电磁骚扰

Electromagnetic Interference, 简称EMI, 可能引起车内或车外电气电子部件/系统性能降低或产生不良影响的电磁现象。

3.4

电磁抗扰

Electromagnetic susceptibility, 简称EMS, 即车辆、电气电子部件/系统抵御电磁骚扰、避免性能降低的电磁现象。

3.5

骚扰电压

Disturbance voltage, 在规定条件下测得的由电磁骚扰引起的导体上两点间的电压。

3.6

(发射或信号) 带宽

任一带外频谱分量的电平都不超过参考电平的规定百分比的频带宽度。

3.7

等级

Class, 由双方同意, 并在试验计划中备案的执行级别。

3.8

发射限值

规定的电磁骚扰源的最大发射电平。

3.9

抗扰度限值

规定的最小抗扰度电平。

3.10

辐射发射

Radiated emission, 简称 RE, 即电磁能以电磁波的形式由源发射到空间和/或在空间传播的电磁现象。

3.11

窄带辐射

Narrow band emissions, 简称NB, 带宽小于特定测量设备或接收机带宽的电磁发射。若信号的脉冲重复频率大于仪器的测量带宽, 也视作窄带发射。一般来自微处理器、数字逻辑、振荡器或时钟信号发生器等窄带辐射所引起的骚扰。

3.12

宽带辐射

Broad band emissions, 简称 BB, 带宽大于特定测量设备或接收机带宽的电磁发射, 若信号的脉冲重复频率小于仪器的测量带宽, 也视作宽带发射。

3.13

传导发射

Conducted emission, 简称 CE, 即通过一个或多个导体传递能量的电磁现象。

3.14

瞬态传导发射

Transient Conducted emission, 简称 TCE, 即瞬态传导发射测试。

3.15

辐射抗扰度

Radiated immunity, 简称 RI, 即辐射抗扰度测试。

3.16

大电流注入

Bulk Current Injection, 简称 BCI, 是一种将共模无线电频率电流耦合到线束的方法。

3.17

瞬态传导抗扰度

Transient Conducted immunity, 简称 TCI, 即瞬态传导抗扰度测试。

3.18

静电放电

Electrical static discharge, 简称 ESD, 即具有不同静电电位的物体相互靠近或直接接触引起电荷转移的电磁现象。

3.19

接触放电方法

试验发生器的电极保持与受试设备的接触并由发生器内的放电开关激励放电的一种方法。

3.20

空气放电方法

试验发生器的电极靠近受试设备, 并由火花对受试设备激励放电的一种方法。

3.21

被测设备

Devices under test, 简称 DUT, 即电器部件, 带有相关电气连接且能实现一项或多项规定功能的电气/电子设备或组件, 可能是任何的电器部件。

3. 22

辅助设备

Auxiliary equipment, 简称 AE, 即辅助测试的设备。

3. 23

带吸波材料的屏蔽室

Absorber-lined shielded enclosure, 简称 ALSE, 即内部顶面和墙壁上装有射频吸波材料的屏蔽室。屏蔽室通常采用金属板, 也可在地板上安装吸波材料。

3. 24

峰值检波器

Peak detector, 输出电压为所施加信号峰值的检波器。测试的是峰值, 为周期内干扰脉冲的最大值, 仅与脉冲幅值有关, 于重复频率无关。

3. 25

准峰值检波器

Quasi-peak detector, 具有规定的电气时间常数的检波器。当施加规定的重复等幅脉冲时, 其输出电压是脉冲峰值的分数, 并且此分数随脉冲重复率增加趋向于 1。测试的是准峰值, 为具有规定时间常数的检测值, 它不但与脉冲的幅度有关, 还与脉冲重复频率有关。

3. 26

平均值检波器

Average detector, 输出电压为信号包络线的平均值的检波器, 平均值需采用特定的时间间隔。

3. 27

电流注入探头

Current injection probe, 在不断开导体且不明显改变相应电路阻抗的情况下, 对导体注入电流的装置。

3. 28

耦合

电气回路之间相互作用, 将能量从一个回路传递到另外一个回路的电磁现象。

3. 29

去耦合网络

De-coupling network, 为减弱或消除电路能量由一个电路转移到另一个电路的电路。

3. 30

耦合钳

具有一定尺寸和电磁特性, 且在无电连接的情况下, 把骚扰瞬态共模耦合到被测试电路的装置。

3. 31

天线因子

用于将策略接收机输入端获得的电压, 转换为天线处测得的场强值。天线校正因子由天线系数和电

缆系数组成。

3.32

天线系数

Antenna factor, 将测量仪表输入端获得的电压转换为天线处场强值的系数。

3.33

天线匹配单元

Antenna matching unit, 用于与阻抗为 50Ω 的测量仪表在天线测量频率范围内达成阻抗匹配的器件。

3.34

人工电源网络

LISN, 串接在被试设备电源进线处的网络, 它为骚扰电源的测量提供规定的负载阻抗, 并把被试设备与电源相互隔离。

3.35

半电波暗室

除地板以外, 其余内表面均装有吸波材料的屏蔽室。

3.36

人体ESD模型

Human ESD model, 用电容、电压和电阻来表征人体在汽车环境下作为静电电荷源特性的模型。

3.37

接收机终端电压

由无线电骚扰源产生的电压, 由符合 CISPR16 规定的无线电骚扰测量仪器测量, 以 dBuV 表示。

3.38

接地参考平面（接地平板）

一块导电平面, 其电位用作公共参考电位。

3.39

RF 边界

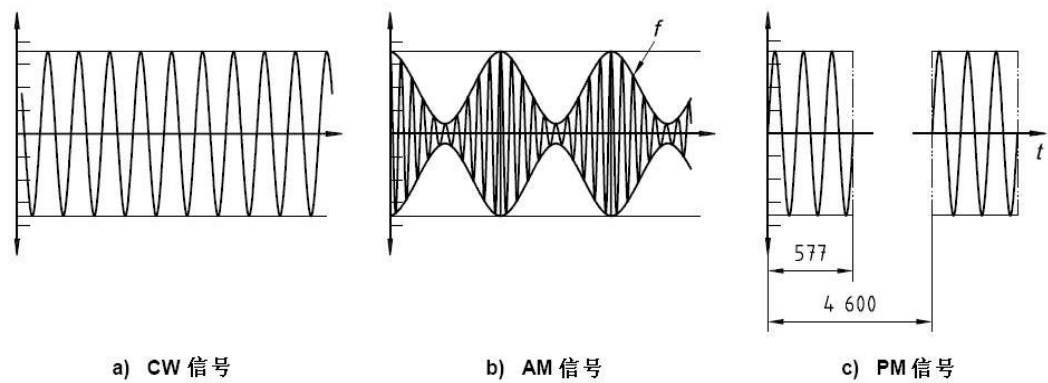
一个 EMC 试验布置的要素, 决定线束和外设的哪一部分应该包括在 RF 环境中, 哪些不应该包括。例如它可以包括有 AN、滤波器管脚、RF 吸波涂层或 RF 屏蔽构成。

3.40

调制方式

调制信号的类型和频率由DUT的特性决定, 如无其它规定, 应使用下列信号:

- a) 未调制正弦波 (CW) ;
- b) 调制频率为 1 kHz, 调制深度为 0.8 的调幅正弦波 (AM) ;
- c) 脉冲宽度为 577 μ s, 周期为 4600 μ s 的脉冲调制正弦波 (PM) 。



f 频率: 1 kHz

t 时间: μs

4 电子电器部件电磁兼容要求

4.1 电子电器部件功能重要性等级分类

汽车电磁兼容技术关乎汽车特定电子系统及其周围电子系统运行的安全可靠, 关乎电子控制功能的运行的安全可靠。诸如电子控制汽车制动系统、电子控制传动系统、电子控制转向系统。乃至影响汽车整车的安全可靠。因此对于现代汽车而言, 汽车电磁兼容技术与汽车排放技术、汽车安全技术同为汽车共性技术。参照美国汽车工程师协会根据电器部件在汽车行驶过程中的重要性, 海马汽车将电器部件的功能划分为以下 4 类。从而根据此功能等级分类决定其测试等级和限值要求。

- A 类: 提供操作便利的功能;
- B 类: 能够增强或帮助驾驶员驾驶或控制车辆, 但并非驾驶员驾驶或控制车辆所必须的功能, 且失效后不会影响车辆的行驶安全;
- C 类: 会影响驾驶员驾驶或控制车辆、影响驾驶员和乘客主观感受或会影响道路其它使用者, 或者具有挑战 D 类功能的潜力, 可以给顾客带来安全感的功能;
- D 类: 车辆的操作和控制所必须的功能, 或者控制被动安全系统的爆炸装置的功能。

表 1 电气功能等级分类

A 类功能	B 类功能	C 类功能	D 类功能
辅助加热功能 (座椅加热功能)	内部照明稳定性及调节系统 (变阻器)	MOST 和 D2B 数据总线系统	安全气囊系统、被动安全系统 (安全带等)
车内照明系统 (室内灯、阅读灯控制模块)	座椅调节控制模块	CAN、LIN 和其它串行数据总线、诊断功能	防抱死系统 (ABS 执行器)
	电动后视镜功能 (不含总线控制)	雨量传感器功能	任何可能启动由爆炸装置激活的被动安全系统的功能
	流媒体播放功能 (SD、USB、AUXin)	通讯模块 GSM/CDMA 通讯功能、通信模块安防功能	机油压力、温度传感器功能

	天线功能	轮胎压力监测系统	发动机加速控制（节气门、ECU 等）
	玻璃升降器电机	组合仪表（变速器档位指示、转向指示、制动系统故障指示等）	发动机故障指示灯功能
	组合仪表上的非法要求的功能和显示	前大灯自动调节	发动机熄火控制
	逆变器	故障码存储稳定性	发动机转速稳定性
	风窗刮水器功能、风窗玻璃清洗器功能	空调功能、空调控制稳定性	车辆碳管电磁阀稳定性
	电动车门、车门控制模块、电动天窗	组合开关	电子点火装置
		喇叭	远程无钥匙进入系统（启动稳定性、智能钥匙、PEPS ECU、行李箱稳定性、IMMO）
		驻车辅助系统（倒车摄像头、泊车雷达及其控制单元）	车辆充电系统功能（交流发电机）
		雾灯和远光灯互锁功能	起动功能
		电子防眩内后视镜	车辆转向系统稳定性
		日间行车灯控制功能、自动大灯功能	电子稳定控制程序（ESP），含转角传感器稳定性
		网关	刹车功能
		车身控制功能	电子传输控制
		电动压缩机功能	传动系统设置-2 驱或 4 驱
		娱乐系统声音稳定性、娱乐系统及显示功能、娱乐系统功能（收音机、DVD、CD、蓝牙）、导航功能、	风窗玻璃除霜系统功能
			前照灯（前位置灯 LED 模组）、高位制动灯、制动灯、停车和位置灯功能
			自适应巡航功能系统（驾驶员优先或带有失效保护功能）
			车联网防盗系统（RKE）

本标准要求所有的电子电器部件依照其在车辆整车操作中的重要性进行分类(即功能重要性分类)。在项目批准之前,应完成所有部件功能的分类。在许多情况下,一般功能已经预先分类完毕。但对于某一特定汽车品牌而言,其分类可能有所不同。供应商可联系研发部门,索要现有分类的相关说明信息。如果引入了新的功能,各部门应相互协作,开发并协商制定适当的分类。功能分类确定后,应开发相关的性能要求并将其记录在电子电器部件技术协议中。在 EMC 测试中,电子电器部件的验收标准便是基于这些性能要求。研发部门及其供应商应负责改进这些性能要求。

4.2 电子电器部件功能失效状态等级

根据零部件失效模式严重程度分类,将电器部件置于一定外部干扰下其功能的性能要求划分为 5 级。从而评价其抗扰性能力测试的失效模式结果。

I 级:装置或系统在施加骚扰期间和之后,能执行其预先设计的所有功能(或满足规范图纸上的指定限值);

II 级:装置或系统在施加骚扰期间,能执行其预先设计的所有功能;然而,可以有一项或多项指标超出规定的偏差,但不影响车辆的安全运行。所有功能在停止施加骚扰之后,自动恢复到正常工作范围内。存储功能(永久或临时存储器)应维持 I 级水平;

III 级:装置或系统在施加骚扰期间,不执行其预先设计的一项或多项功能,但不影响车辆的安全运行。且在停止施加骚扰之后能自动恢复到正常操作状态;

IV 级:装置或系统在施加骚扰期间,不执行其预先设计的一项或多项功能,直到停止施加骚扰之后,并通过简单的“操作或使用”复位动作,才能恢复到正常操作状态;

V 级:装置或系统在施加骚扰期间和之后,不执行其预先设计的一项或多项功能,且如果不修理或不替换装置或系统,则不能恢复其正常操作。

4.3 电子电器部件抗电磁干扰测试项目适用性

电子电器部件抗电磁干扰测试项目适用性见表 2。

表 2 电子电器部件抗电磁干扰测试项目适用性

项目	测试内容	依据标准	电器部件类型							
			无源模块	感性设备	电机		有源模块			
			P 型	R 型	BM 型	EM 型	A 型	AS 型	AM 型	AX 型
抗扰度										
5.1	辐射抗扰度 RI （电波暗室法）	IS011452-1-2				√	√	√	√	√
5.2	大电流注入 BCI	IS011452-1-4				√	√	√	√	√
5.3	磁场抗扰	IS011452-1-8				√			√	
5.4	发射器射频抗扰	IS011452-9				√	√	√	√	√
5.5	瞬态传导抗扰度 TCI	IS07637-2 IS016750-2	√			√	√		√	√
5.6	信号/控制线的	IS07637-3	√			√	√	√	√	√

	瞬态传导抗扰度									
5.7	连续抗干扰	ISO16750-2				√	√	√	√	√
5.8	静电放电 ESD	ISO10605	√			√	√	√	√	√

表 3 零部件特性分类表

P 型	仅包含无源器件（被动电子器件）的电器部件或模块 例如：电阻、电容、发光二极管、电发热器、电感、温控开关、LED
R 型	感性装置。例如继电器、电磁阀和喇叭
BM 型	由电刷驱动的电机的。例如电刷式直流马达
EM 型	由电子器件控制的电机。例如：带防夹的玻璃升降器
A 型	含有有源器件（主动电子模块）的电器模块 例如：开关电源、微处理器控制器、模拟放大器和显示器
AS 型	由其它模块中的调节电源供电的电器部件或模块，这类器件通常是向控制器提供信号输入的传感器；带传感器的通过整流电源模块供电的电子器件。
AX 型	内部带有电机、继电器等感性设备的电器部件以及控制外部感性设备的电器部件等其余电器部件
AM 型	带磁性敏感器件或者与磁性敏感器件连接的电子器件或模块
AY 型	带磁性继电器的电子器件或模块(测试内容等同于 AX 部件)

5 试验要求

5.1 一般试验要求

5.1.1 试验计划

所有进行电器部件电磁兼容测试的电磁兼容实验室必须有 CNAS 证书,其测试设备必须根据 ISO/IEC 17025 进行标定，且将测试设备、测试布置和测试程序作为测试实验室的程序中的一部分记录到测试报告中；所有的电器部件在进行测试前必须制定《零部件 EMC 验证标准》计划，试验计划应规定试验频率范围、发射限值、天线类型和安放位置、试验报告要求、电源电压和其他相关参数。该验证标准必须取得海马汽车产品开发部门的认可。

详细的零部件 EMC 验证标准应在测试开始前至少提前 30 天提交给海马汽车进行审核，在测试完成后 15 个工作日内向海马汽车提交相应的 EMC 测试报告。

5.1.2 验证标准与试验报告

零部件 EMC 验证标准中任何与本规范不一致的改动均要在测试前征得海马汽车同意。验证标准至少需要包含以下信息：

- a) 零部件信息：包括制造商、样件照片、电器类型、软硬件版本、机械结构（如连接器类型、PCB板结构）和针对电磁兼容问题所采取措施的说明等；
- b) 工作状态信息：包括测试需要进行的工作状态、可能会影响DUT测试的电气参数（如每个管脚的电压、电流、阻抗信息）、负载要求和负载模拟器信息（如CAN、LIN总线，电机等）；
- c) 测试内容信息：包括试验条件、测试项目、测试等级和限值要求、试验布置、其他相关参数和测试样机数量；
- d) 其它对部件进行合理测试需要的信息；

在测试完成后，供应商必须将测试结果提供给海马汽车。并在测试完成15日内，供应商必须将完整的测试报告提交给海马汽车。测试报告应包含有以下内容：

- a) 产品基本信息；
- b) 保证整个试验过程均符合本规范的声明；
- c) 测试系统和测试过程中使用的所有负载详细文档信息和照片；
- d) 测试过程中DUT工作状态的信息、被测样件的放置位置及放置方向；
- e) 设备型号列表、检波器类型、天线极化方向；
- f) 抗扰度测试时，测试结果应包括骚扰中和骚扰后的现象、产生异常动作的频段和异常动作的详细描述；
- g) 所有测试数据(包括任何出现背离设计要求的现象)、曲线（不满足该频段辐射限值的地方需要明确的标注出来）和实验室背景噪声曲线。

5.1.3 复测

为确保不断地符合EMC要求，当任何电路或PCB设计变动(如新的PCB布局等)都需要增加相应的EMC测试来进行验证。对零件的任何更改都须提供详细的书面的整改报告给海马汽车。最终由海马汽车根据实际情况同意或减少重复测试的程度。

5.1.4 抗扰度测试参数

EMS各项试验参数见表4。

表 4 零部件抗扰度 EMS 的测试参数

测试内容	测试参数	测试参数功能等级要求			
		A	B	C	D
辐射抗扰度	—	50V/m I	50V/m I	100V/m I	100V/m I
大电流注入	—	60mA I	60mA I	100mA I	100mA I
磁场抗干扰	GB/T 33014	I	I	I	I
发射器射频抗扰	GB/T 33014	I	I	I	I
		III	III	III	III
瞬态传导抗扰度	脉冲 1	III	III	III	III
	脉冲 2a	III	III	I	I

		脉冲 2b	III	III	III	III
		脉冲 3a	III	III	I	I
		脉冲 3b	III	III	I	I
		脉冲 4	测试等级 1	II	II	II
			测试等级 2	III	III	III
		脉冲 5a	III	III	III	III
		脉冲 5b	III	III	III	III
信号/控制线的瞬态传导抗扰度		快速瞬态脉冲和低速瞬态脉冲	I	I	I	I
连续抗干扰		Upp=4v	I	I	I	I
静电放电	断电	非导体外壳空气放电±8KV		I	I	I
		导体外壳接触放电±6KV		I	I	I
		管脚接触放电±4KV		I	I	I
	通电	传导位置接触放电	±4KV	I	I	I
			±6KV	I	I	I
			±8KV	III	III	I
		传导与非传导位置空气放电	±6KV	I	I	I
			±8KV	III	III	I
			±15KV	III	III	III
			±20KV	-	-	III
			±25KV（车外）	-	-	I

5.2 试验装置

5.2.1 试验电源

零部件/模块试验：
除非在试验计划中特殊规定，否则应使用以下值进行试验。

$$U_s = (13^{+1}_{-1}) \text{ V}, 12\text{V 电气系统}$$

电源应充分滤波，只有这样通过电源产生的射频噪声才有可能比试验计划规定的限值至少低 6dB。
试验计划应规定，车用蓄电池应该与供电电源并联。

5.2.2 试验台

模拟车辆系统（即负载模拟器）的试验台可用于便利试验件操作。图 1 所示的试验台带有屏蔽外壳，外壳包含所有试验件常配装置的外部电气接口（传感器、负载等）。
尽可能地使用那些将用于生产的部件作为负载。这对于电感和脉冲宽度调制（PWM）电路尤为重要。如果无法使用实际负载，模拟的负载应精确代表产品车中实际的电阻、电容和电感。不可使用简单的电阻负载，除非可证明它确实存在于实际的车辆设备中。
如果试验件的电源来自其他电子模块（如传感器），应能准确反映模块电源的电流极限。试验台中可包含有源装置。应采取适当措施，防止在抗扰测试中对辅助设备造成潜在影响，或影响辐射放射的测

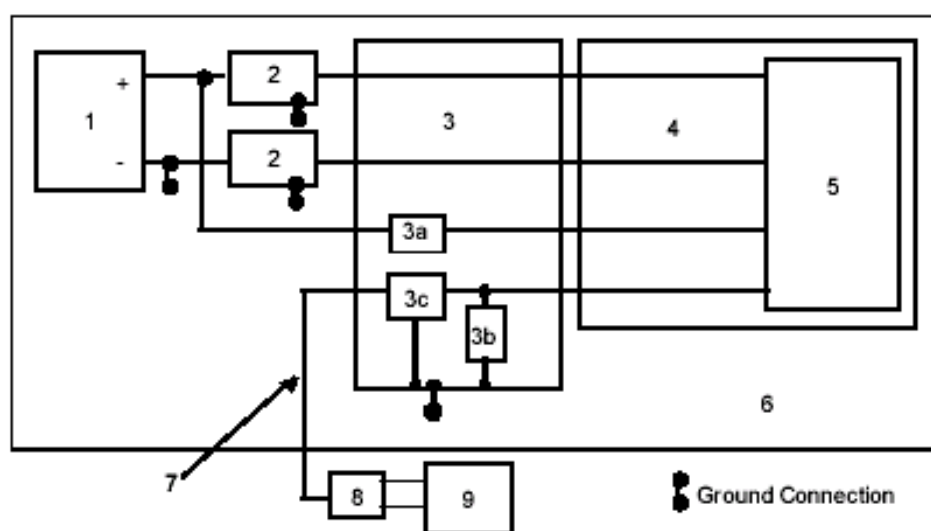
试结果。任何正常连接到车身的电气负载应参考试验台外壳的情况（参见图 1）。

试验台是试验件的射频范围，同时，在抗扰测试中，它也是便利试验件操作、监控试验件关键功能所需的测试辅助设备的接口。一般而言，所有的输入输出应参考位于试验台上的已有电源接地，并连接到试验台外壳（见图 1）。当包装规定要求试验件的局部接地时，可以例外不遵守这个规定。

应尽可能使用光学纤维媒介将试验件输入输出连接到远程测试辅助仪表设备（参见图 1）。光学纤维媒介应选用适当的频宽，以避免联结器到测试辅助仪表之间产生不必要的信号，以及避免因此影响测试辅助仪表。我们不推荐使用屏蔽电缆，但也可使用屏蔽电缆代替光学纤维媒介，此时试验台和测试室壁之间的屏蔽电缆应尽可能短。应密切注意并确认这些电缆不会影响测试结果。应在 EMC 测试计划中记录这些电缆的配置（即路线、屏蔽接地等）。

5.2.3 人工网络 (AN)

本标准中有数个测试要求使用模拟网络。除非另有说明，否则模拟网络的使用与连接应依照图 1 所示设定进行。模拟网络的设计和性能特征应符合 CISPR（国际无线电干扰特别委员会）25（版本 2）。人工网络的阻抗匹配和原理示例详见附录 A。



- 1—电源（可布置在接地平面上）；
- 2—人工电源网络；
- 3—试验台；
- 3a—试验件负载（参考电源）；
- 3b—接地平面；
- 3c—光学纤维接口（可选，可设置于试验台外）；
- 4—低相对介电常数支撑物；
- 5—DUT；
- 6—接地平面；
- 7—光学纤维；
- 8—光学纤维接口；
- 9—辅助/监控设备。

图 1 使用试验台的标准配置

5.2.4 相互连接

应使用标准测试线缆，方便试验件和试验台之间的相互电气连接。除非本规格书另有说明，否则该

线缆的长度应为 $1700_0^{+300}mm$ 。线缆应包括能代表车辆内实际设备的线路。

5.2.5 接地平板

如无特殊要求，接地平板应是最小厚度 1mm 的金属薄板（例如：铜，黄铜或镀锌钢）。接地平板的最小尺寸应是 $2m \times 1m$ ，然而最终尺寸取决于 DUT 和试验导线的尺寸。接地平板应与设备接地连接。

5.3 试验条件

5.3.1 尺寸

除非另有规定，否则本文件中的所有尺寸单位为 mm。

5.3.2 公差

除非另有说明，允许存在表 5 中所述的公差。

表 5 容许公差

供电电压和电流	±5%
时间间隔、长度	±10%
电阻、电容、电感、阻抗	±10%
射频场强度、电场或磁场强度、注入电流、电源、能量、 瞬态电压压振幅(若可调)的测试参数	+10% -0%

5.3.3 环境测试条件

除非另有说明，表 6 中规定了测试的气候条件。

表 6 环境测试条件

温度 (C°)	23±5.0
相对湿度 (RH)	20~80%

5.3.4 试验场地

除非另有说明，测试应在半电波暗室内, 或者符合吸波屏蔽室（ALSE）的要求的场地内进行。试验开始后，半电波暗室内不得放置与试验无关的金属反射物质，测试人员必须离开半电波暗室。

5.4 样品数量

测试至少需要三个样品。每个样品都要通过所有适用的测试。

5.5 测试结果要求

在所测频率范围内，当所有测量结果都低于相应限值时，做出“合格”判定。当测量余量不足 20dB 时，应至少记录 6 个最大的骚扰电平及其所对应的频率点。当测量余量都大于 20dB 时，可以不给出具体数值，但需要有全频段的测试曲线作为证据。

6 试验方法

6.1 电子电器部件辐射抗扰测试（RS）

本试验规定了 200MHz 到 3100MHz 频率范围内电器部件对电磁辐射骚扰的抗扰性限值和测量方法要求。目的在于模拟电器部件对车辆附近的高功率发射机或车内离电器部件较近的低功率发射器辐射到电子元件或线束的电磁能的抗干扰度，从而评价其电磁抗扰性能。

6.1.1 一般要求

本标准中电子电器部件辐射抗扰测试采用 ISO 11452-2 中的 ALSE（电波暗室）法，为了保证整车上获得良好的电磁抗干扰能力，A、B 类零部件抗扰强度等级采用 ISO 11452-2 Table C.1 的 II 级要求，即 50V/m，要求功能失效状态符合 I 级；C、D 类零部件抗扰强度采用 ISO 11451-2 Table C.1 的 IV 级要求，即 100V/m，要求功能失效状态符合 I 级。

试验考核的频率范围要求覆盖 80MHz~3100MHz。

6.1.1.1 测试信号要求

采用调幅方式（AM）时，调制频率为 1KHz，调制等级 80%。采用脉冲调制方式（PM）时，周期为 4600 μs（方波重复频率为 217Hz），高电平持续时间为 577us。在每个频点 DUT 暴露在试验场强下的时间（所有调制方式的驻留时间）不小于 2S（至少大于控制 DUT 所需的最短响应时间）。干扰信号要求如下表所示：

表 7 测试信号要求

频带（MHz）	步长（MHz）	调制方式	测试等级 1（V/m）	测试等级 2（V/m）
200~800	5	CW, 调幅（AM80%）	50	100
800~2000	10	脉冲调制（PM）	50	100
2000~3100	20	脉冲调制（PM）	50	100

6.1.1.2 辐射抗扰度性能等级要求

A 类和 B 类电器部件处于 50V/m 的干扰电场下进行测试，C 类和 D 类电器部件应处于 100V/m 的干扰电场下进行测试，辐射抗扰度的性能等级要求如表 8 所示：

表 8 辐射抗扰度性能等级要求

干扰信号等级	性能等级要求			
	A 类	B 类	C 类	D 类
50V/m	I	I		
100V/m			I	I

6.1.2 试验布置

6.1.2.1 DUT 的位置

DUT 应放置在无导电性、低相对介电常数材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 上，距接地平面上方 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 的位置。
DUT 的外壳不接地，除非用于模拟实际车辆的结构。
DUT 各表面距离接地平面边界至少 $(200 \pm 10)\text{mm}$ 。

6.1.2.2 试验线束的位置

在 DUT 与负载模拟器（或者 RF 边界）之间的试验线束的总长不应该超过 2000mm （或试验计划中规定的长度）。线束类型应该由实际系统的使用和要求确定。
线束沿一条直线放置 在无导电性、低相对介电常数材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 上，距接地平面上方 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 的位置。
DUT 与测试设备之间平行于接地平面边缘部分的试验线束长度应为 $1500\text{mm} \pm 75\text{mm}$ 。
平行线数距接地平面边界的水平距离为 $(100 \pm 10)\text{mm}$ 。

6.1.2.3 模拟负载的位置

最好将负载模拟器直接固定在接地平面上。如果负载模拟器外壳为金属，则外壳应与接地平面直接搭接。
注：两者选其一，负载模拟器可以放置在靠近接地平面的位置（当负载模拟器与接地平面搭接时或者负载模拟器安装在 ALSE 的外面，DUT 的试验线束通过 RF 边界连接到接地平面上）。
当模拟负载放置在接地平面上时，模拟负载的直流电源线应该直接与电源相连而不应再通过人工网络。

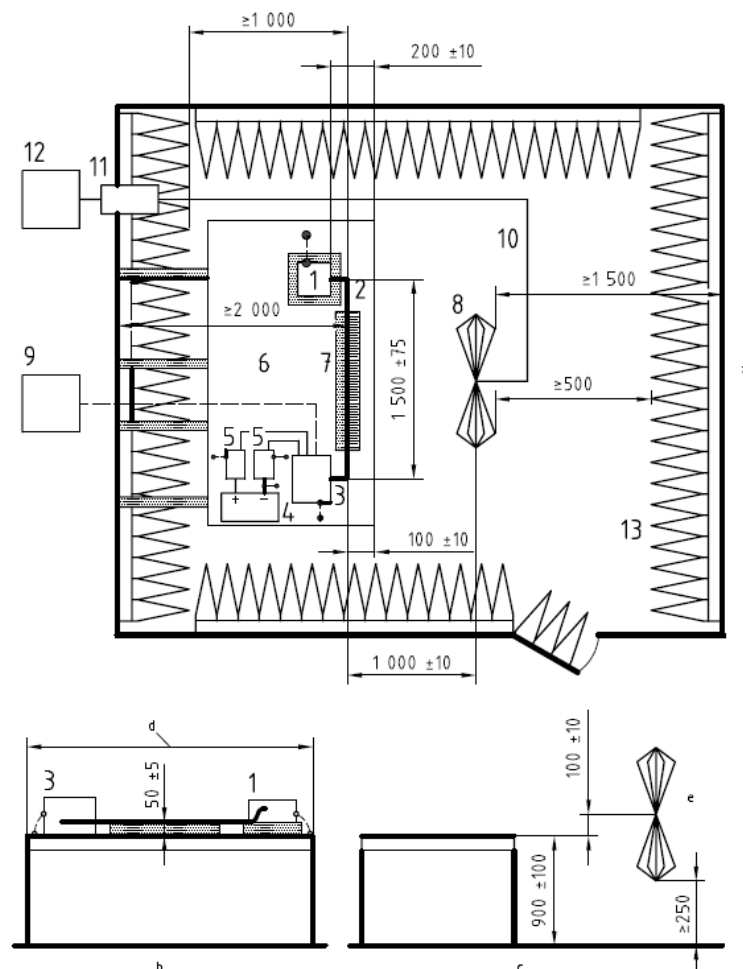
6.1.2.4 场发生装置位置（天线）

天线的相位中心到相对接地平面高度应为 $(100 \pm 10)\text{mm}$ 。
对于辐射发射抗扰试验，暗室 ALSE 应有足够大的尺寸保证 DUT 及试验天线距离墙壁和天花板，或距离吸波材料表面，不小于 1m 。场发生装置的辐射部分距离吸波材料不应小于 500mm ，距离屏蔽室墙壁不应小于 1500mm ，天线辐射振子的任何部分距离地面不小于 250mm 。
线束（长度 1500mm ）测量长度部分与天线参考点之间距离应是 $(1000 \pm 10)\text{mm}$ 。
天线的参考点定义如下：
——双锥天线的相位中心（中点）；
——对数周期天线的末端（包括双锥对数复合天线）；
——喇叭天线的开口处前端。

频率从 80MHz 到 1000MHz 的天线，其相位中心应与线束纵向部分的中心成一条直线。

频率在 1000MHz 以上的天线，其相位中心应与 DUT 成一条直线。

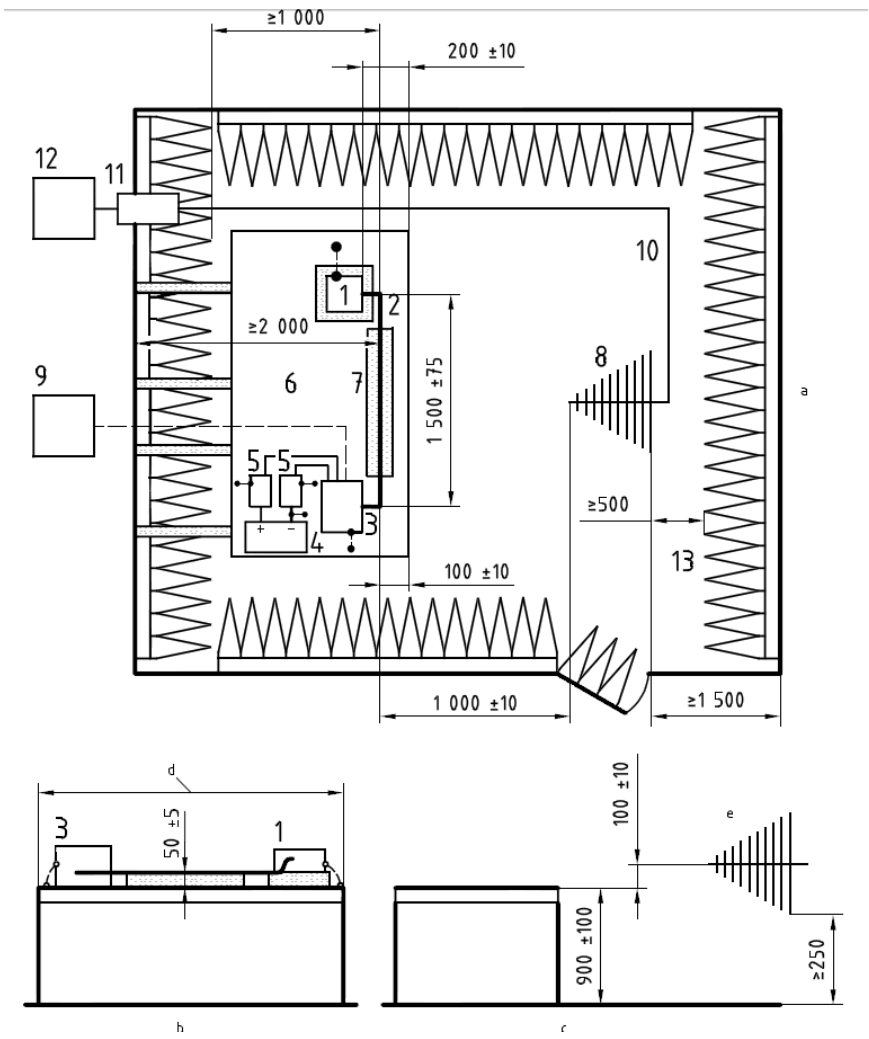
三种天线布置示例如图 2~图 4。



- 1—DUT（如果试验计划要求则应将金属外壳接地）；
- 2—测试线束；
- 3—模拟负载（如果试验计划要求则应将金属外壳接地）；
- 4—电源（可布置在接地平面上）；
- 5—人工网络（AN）；
- 6—接地平面；
- 7—低相对介电常数支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）；
- 8—双锥天线；
- 9—模拟及检测系统；
- 10—优质同轴电缆（ 50Ω ），例如双层屏蔽；
- 11—壁板连接器（接头）；
- 12—射频信号发生器和放大器；
- 13—射频吸波材料；
- a—俯视图；
- b—正视图；
- c—侧视图；
- d—见 5.2.2；

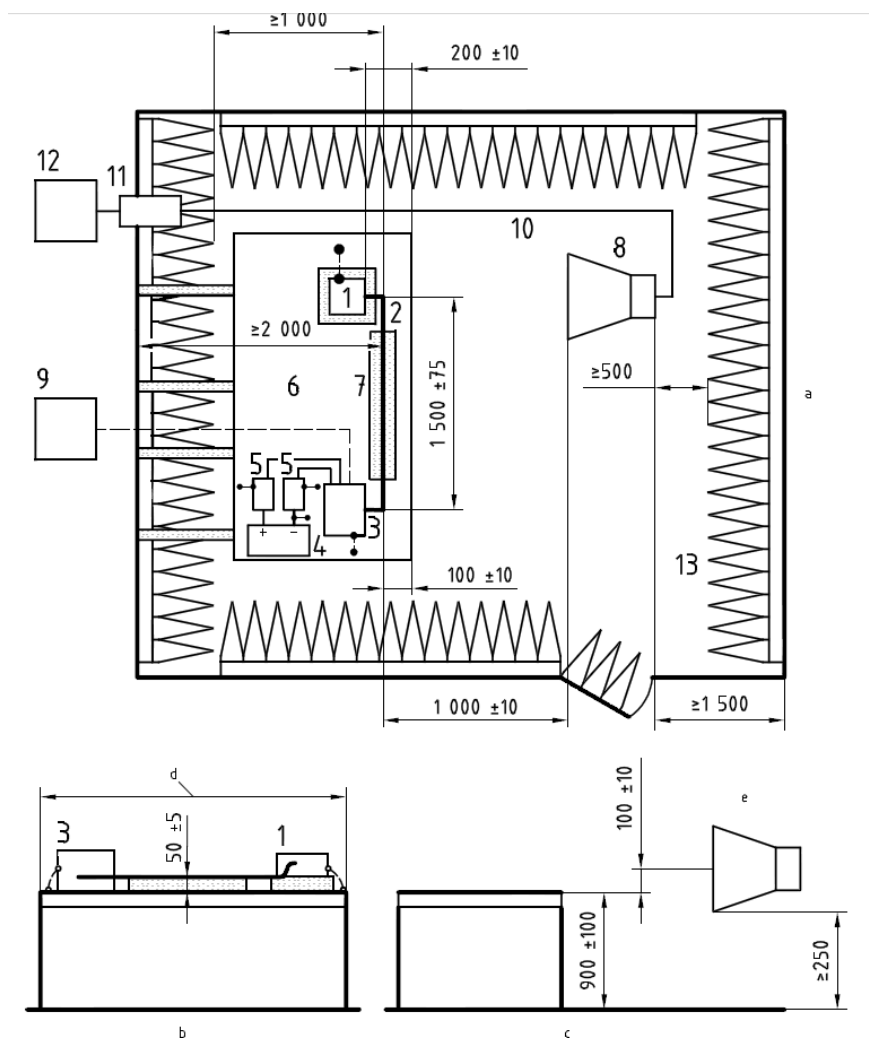
e—垂直极化。

图 2 示例测试设置—双锥天线



- 1—DUT（如果试验计划要求则应将金属外壳接地）；
- 2—测试线束；
- 3—模拟负载（如果试验计划要求则应将金属外壳接地）；
- 4—电源（可布置在接地平面上）；
- 5—人工网络（AN）；
- 6—接地平面；
- 7—低相对介电常数支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）；
- 8—对数周期天线；
- 9—模拟及检测系统；
- 11—壁板连接器（接头）；
- 12—射频信号发生器和放大器；
- 13—射频吸波材料；
- a—俯视图；
- b—正视图；
- c—侧视图；
- d—见 5.2.2；
- e—垂直极化。

图3 示例测试设置—对数周期天线



- 1—DUT（如果试验计划要求则应将金属外壳接地）；
 2—测试线束；
 3—模拟负载（如果试验计划要求则应将金属外壳接地）；
 4—电源（可布置在接地平面上）；
 5—人工网络（AN）；
 6—接地平面；
 7—低相对介电常数支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）；
 8—喇叭天线；
 9—模拟及检测系统；
 10—优质同轴电缆（ 50Ω ），例如双层屏蔽；
 11—壁板连接器（接头）；
 12—射频信号发生器和放大器；
 13—射频吸波材料；
 a—俯视图；
 b—正视图；
 c—侧视图；
 d—见 5.2.2；
 e—垂直极化。

图 4 示例测试设置—对数周期天线

6.1.3 试验程序

骚扰源和连接线束等的整体布局表征规范化的试验条件。若线束长度与标准试验线束长度存在偏差，要在试验前得到认可并在试验报告中记录下来。

DUT 应该能够在典型负载下操作。这些操作条件必须清楚地规定在试验计划中，以确保供应商和客户能完成相同试验。

DUT 的测试计划中应界定极化方向和测试次数。

——从 400MHz~3100MHz 的测量应在水平极化。

——从 200MHz~3100MHz，测量应在垂直极化。

试验采用 ISO 11452-2 中的 ALSE（电波暗室）替换法进行测试，测试设备及现场校准详见 ISO11452-2。测试步骤如下：

- 1) 测试应利用替换法来执行。
- 2) 正向功率可以用作电磁场特性的参考参数，并用于试验件的实际测试中。
- 3) 测试频率范围 200MHz~3100MHz，步长见表 7，200MHz~800MHz CW、AM 调制，800MHz~3100MHz CW、PM 调制。
- 4) 全部的调制度停留时间(即射频应用于调制类型的时间)应至少为 2 秒。
- 5) 进行测试时，应使用到水平与垂直的天线极化。
- 6) 当测试频率≥1000MHz，试验件应在最少三个直角的方向接受测试。
- 7) 如果观察到了偏差，应减小场强，直到试验件正常运行为止。然后应增加场强，直到偏差发生。这个级别应被作为偏差数极限报告。

6.2 电子电器部件传导抗扰测试（大电流注入 BCI 法）

6.2.1 一般要求

本标准中电子电器部件辐射抗扰测试采用 ISO 11452-4 中的 BCI（电流注入）法，为了保证整车上获得良好的电磁抗干扰能力，A、B 类零部件抗扰强度等级采用 60mA，要求功能失效状态符合 I 级；采用 100mA，要求功能失效状态符合 I 级。

试验考核的频率范围要求覆盖 1MHz~400MHz。

6.2.1.1 试验频率步长要求

试验中的频率步长（对数或线性步长）不得大于表 9 规定。

表 9 试验频率步长

频带（MHz）	线性步长(MHz)	对数步长（%）
1~10	1	10
10~200	5	5
200~400	10	5

6.2.1.2 大电流注入性能等级要求

功能为 A 类和 B 类电器部件处于 60mA 的干扰电流下进行测试，C 类和 D 类电器部件应处于 100mA

的干扰电流下进行测试，DUT 大电流注入的性能等级要求如表 10 所示：

表 10 大电流注入性能等级要求

干扰信号等级	性能等级要求			
	A 类	B 类	C 类	D 类
等级 1 (60mA)	I	I		
等级 2 (100mA)			I	I

6.2.2 试验布置

6.2.2.1 DUT 的位置

DUT 应放置在不导电性、低相对介电常数材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 上，距接地平面上方 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 的位置。

DUT 的外壳不接地，除非用于模拟实际车辆的结构。

DUT 各表面距离接地平面边界至少 $(200 \pm 10)\text{mm}$ 。

DUT 到屏蔽室各表面边界至少 500mm。

6.2.2.2 试验线束的位置

在 DUT 与负载模拟器（或者 RF 边界）之间的试验线束的总长为 $(1000 \pm 10)\text{mm}$ ，或试验计划中规定的长度。线束类型应该由实际系统的使用和要求确定。

试验线束在起整个长度范围内沿直线方向布置，并沿直线方向通过电流注入探头。连接模拟器段的线束相对于整个线束长度为较短一端，模拟器内的线束应固定。

试验线束放置在不导电性、低相对介电常数材料 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 上，距接地平面上方 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 的位置。

6.2.2.3 模拟负载的位置

最好将负载模拟器直接固定在接地平面上。如果负载模拟器外壳为金属，则外壳应与接地平面直接搭接。

注：两者选其一，负载模拟器可以放置在靠近接地平面的位置（当负载模拟器与接地平面搭接时或者负载模拟器安装在 ALSE 的外面，DUT 的试验线束通过 RF 边界连接到接地平面上。

当模拟负载放置在接地平面上时，模拟负载的直流电源线应该直接与电源相连而不应再通过人工网络。

6.2.2.4 电流注入探头的位置（替换法）

替换法中，电流注入探头到 DUT 连接头的距离为 d ， d 值为：

—— $d = 150\text{mm} \pm 10\text{mm}$ ；

—— $d = 450\text{mm} \pm 10\text{mm}$ ；

—— $d = 750\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。

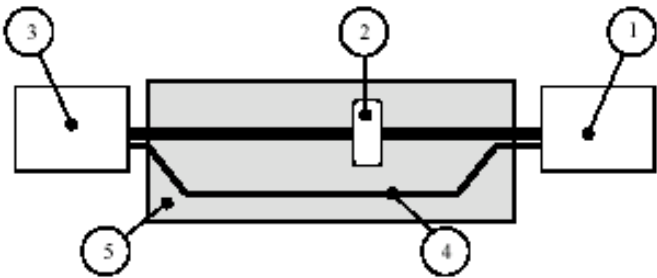
如果在测试过程中使用检测探头，则它到 DUT 连接头的距离为 $(50 \pm 10)\text{mm}$ 。

测试在 1MHz~30MHz 的频率范围内时，试验件配线的所有动力返回（即接地）线布置在注入管口外面，如图 5 所示。

注：如果试验件带有专用电源且该专用电源返回到另一个模块的传感器，那么与之相关的所有配线应配置在注入

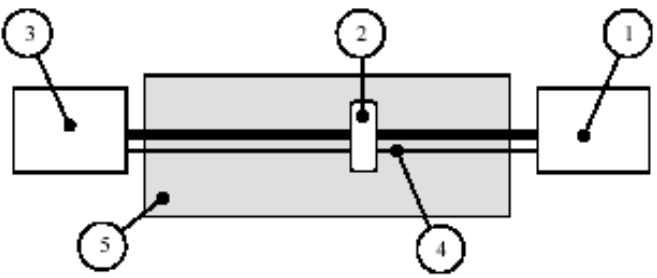
探头内部。

测试在 30MHz~400MHz 的频率范围内时，试验件配线的所有线应布置在注入探头内部，如图 6 所示。电流注入探头应与地面层绝缘。



- 1—DUT（如果试验计划要求则应将金属外壳接地）；
- 2—电流注入探头；
- 3—试验台；
- 4—DUT 接地线；
- 5—低相对介电常数支撑物。

图 5 BCI 测试导线配置 1



- 1—DUT（如果试验计划要求则应将金属外壳接地）；
- 2—电流注入探头；
- 3—试验台；
- 4—DUT 接地线；
- 5—低相对介电常数支撑物。

图 6 BCI 测试导线配置 2

替换法试验布置示例如图 7 所示：

- 10—接地平面；
 11—低相对介电常数支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$)；
 12—屏蔽室；
 a—主视图；
 b—侧视图。

图 7 BCI 大电流注入-替换法布置示例

6.2.3 试验程序

骚扰源和连接线束等的整体布局表征规范化的试验条件。若线束长度与标准试验线束长度存在偏差，要在试验前得到认可并在试验报告中记录下来。

DUT 应该能够在典型负载下操作。这些操作条件必须清楚地在试验计划中规定，以确保供应商和客户能完成相同试验。

根据 ISO 11452-2 的 BCI（大电流注入）法中的替换法进行测试，测试校准详见 ISO 11452-2。测试步骤如下：

- a) 正向功率可以作为校准和试验件实际测试过程的参考系数；
- b) 测试频带 1MHz~15MHz，调制度为 CW，AM 80%，调制参数详见表 8；
- c) 测试频带 15MHz~30MHz，调制度为 CW，AM 80%，调制参数详见表 8；
- d) 测试频带 30MHz~400MHz，调制度为 CW，AM 80%，调制参数详见表 8；
- e) 测试频带 1MHz~30MHz，测试应在两个固定的电流注入探头位置 150mm、450mm 处进行；
- f) 测试频带 30MHz~400MHz，测试应在两个固定的电流注入探头位置 450mm、750mm 处进行；
- g) 如果观察到了偏差，应减少感生电流，直到试验件正常运行为止。然后，应增加感生电流，直到偏差发生。这个水平应作为偏差数极限进行报告。
- h) 所有在测试期间运行的试验件的操作模式都要遵守电磁兼容性测试计划的规定。
- i) 如果使用了监控探头，测量值仅供参考，并可以记录到测试报告中。

6.3 电子电器部件沿电源线瞬态传导抗扰测试 (CS)

本试验规定了电器部件对耐瞬时脉冲电压冲击的抗扰性能力，从而评价电器部件对伴随着被搭载在车辆上的其他电力、电子仪器的活动而产生的过渡电压的电磁抗扰性能。

6.3.1 一般要求

测试采用 ISO 7637.2 中的瞬态抗扰性试验方法，所涉及的电源线瞬态发射测量和装置的瞬态抗扰性试验均为“台架试验”，在试验室中进行。

一些试验方法中要求使用人工网络，这就提供了试验室之间试验结果的可比性。这些方法还可以作为装置和系统的开发依据，并可在生产阶段使用（见附录 B）。

评估装置的电源线瞬态抗扰性的台架试验，可以采用试验脉冲发生器的方法，但这种方法并没有涵盖所有可能出现在车辆上的各种瞬态，因此，6.3.3.5 条所描述的试验脉冲只是典型脉冲的特性。

在特殊情况下，应用附加试验脉冲是必要的。不过，如果某一装置取决于其功能或连接状况，而不受车辆内相类似的瞬态的影响，那么一些脉冲可以被忽略。车辆制造商有权对特定的装置定义试验脉冲。

除非另有规定，否则变量允许误差 $\pm 10\%$ 。

6.3.1.1 测试等级要求

由其它模块中电源供电的 DUT，必须将 DUT 与供电模块（或等效的电源）作为一个系统进行测试。

具体性能等级要求如下表所示：

表 11 瞬态传导抗扰度性能等级要求

脉冲类型		性能等级要求			
		A 类	B 类	C 类	D 类
脉冲 1		III	III	III	III
脉冲 2a		III	III	I	I
脉冲 2b		III	III	III	III
脉冲 3a		III	III	I	I
脉冲 3b		III	III	I	I
脉冲 4 ¹	测试等级 1	II	II	II	I
	测试等级 2	III	III	III	III
脉冲 5a		III	III	III	III
脉冲 5b		III	III	III	III

注 1：对于启停过程中影响驾驶者主观感受的功能，需同时进行脉冲 4 的测试等级 1 和等级 2 测试，其他功能无测试等级 1 要求；对于在发动机启动过程中需要正常工作的功能，在测试脉冲 4 的测试等级 2 时电器件功能必须满足性能等级 I 的要求。

6.3.2 瞬态抗扰性试验

电子电器部件的瞬态抗扰性测量试验应按照图 8 布置。
对于试验脉冲 3a 和 3b，试验脉冲发生器端口与 DUT 之间的导线应平行布置在接地平板上方 $50_0^{+10}mm$ 处，长度应为 $0.5m \pm 0.1m$ 。

在 DUT 和电阻 R_V 断开状态下，调整试验脉冲发生器（见 6.3.3.5），以产生特定的脉冲极性、幅度、宽度和阻抗，选择合适的值。然后使 DUT 与脉冲发生器连接（见图 8b），同时断开示波器。
根据实际情况，可在施加试验脉冲和/或之后的期间，对 DUT 的功能进行评价。
为了准确产生所需的试验脉冲，需要将电源闭合和断开。如果试验脉冲发生器自带电源，那么这种转换过程可由试验脉冲发生器完成。

模拟具有集中抛负载抑制的交流发电机波形的方法之一（见图 18），是将一抑制二极管（或二极管桥）与试验脉冲发生器的输出端子连接起来（见图 8a 和 8b）。由于单个二极管之间一般会有波动变化，有可能无法承受发电机的强电流，因此建议使用二极管桥型布置（如图 8c 示例）。对于试验脉冲 5a 和 5b 应使用同样的脉冲发生器。

汽车制造商使用的抑制二极管和抑制电压电平（钳位电压）是非标的。因此，供应商（零部件制造

商) 必须从制造商处获得二极管和钳位电压的使用说明书以便完成本试验。在二极管桥上, 需要增加多个单二极管, 以提供特定的钳位电压。

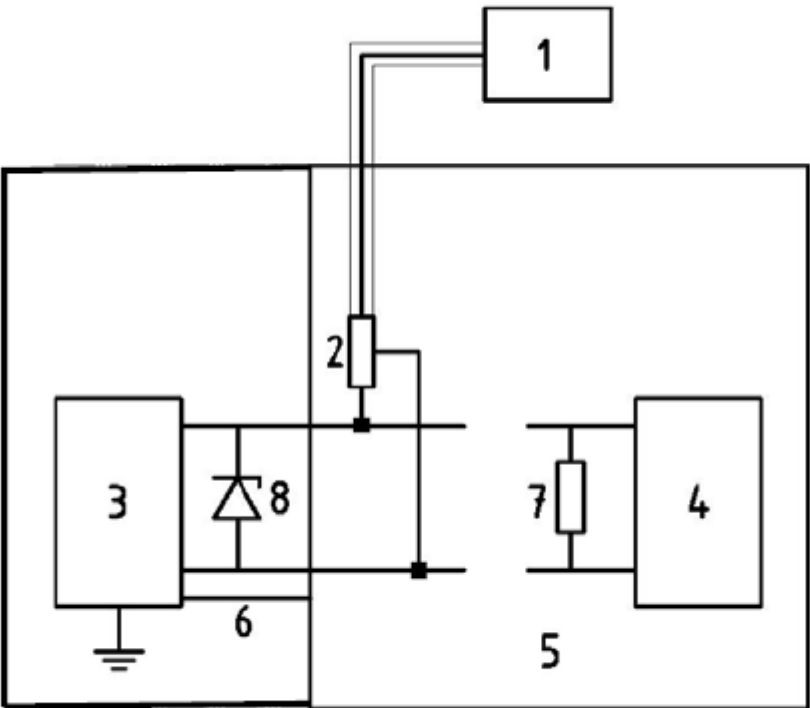


图 8a) 脉冲调整

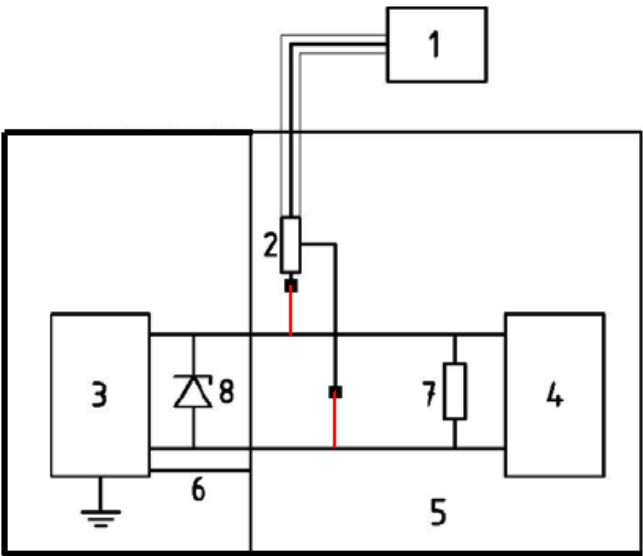


图 8b) 脉冲注入

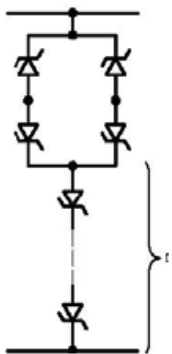


图 8c) 只用于试验脉冲 5b 的抑制二极管桥的示例

- 1—示波器或等效设备；
- 2—电压探头；
- 3—电源内阻为 R_i 的试验脉冲发生器；
- 4—DUT；
- 5—接地平板；
- 6—接地线（试验脉冲 3 的最大长度为 100mm）；
- 7—电阻（ R_v^a ）；
- 8—二极管桥^b；

注：

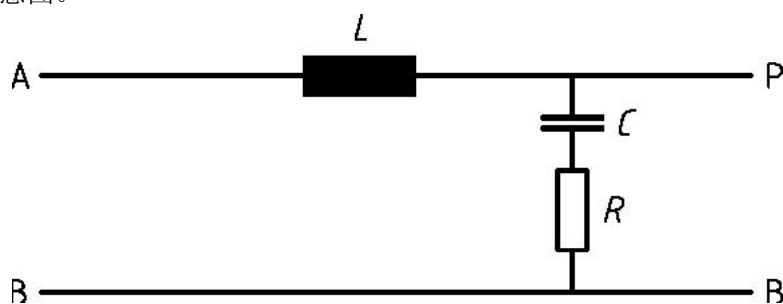
- a 用于模拟车辆系统负载的抛负载试验脉冲 5a 和 5b。采用 R_v 时，其大小应在试验计划中指明（典型值介于 0.7 Ω 与 40 Ω 之间）；
- b 用于模拟具有集中抛负载抑制的交流发电机抛负载波形的脉冲 5b（见图 8c）；
- c 增加正向偏压二极管以便达到最大开路（抑制）电压。

图 8 瞬态抗扰性试验装置

6.3.3 试验仪器及试验规范

6.3.3.1 人工网络

人工网络代替车辆线束的阻抗，在试验室中用作参考标准，以测定设备及电气和电子装置的性能。图 9 为人工网络示意图。



注 1：

- A—电源端；
- B—公共端（可以接地）；
- C—电容；
- L—电感；
- P—DUT 端；
- R—电阻。

注 2：各种元件的主要特性：

$L = 5\mu H$ （空心线圈）；

P 端和 A 端之间的内阻： $< 5m\Omega$ ；

$C = 0.1\mu F$ 在交流电 200V 工作电压和直流电 1500V 工作电压时;

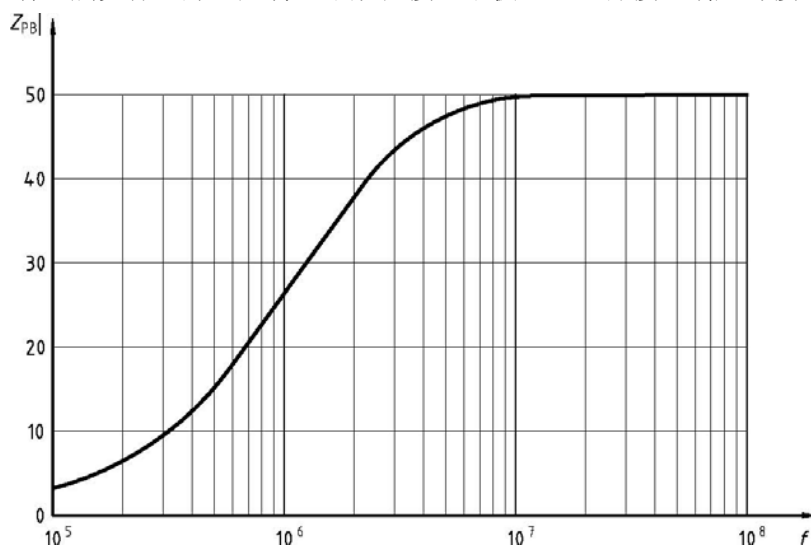
$R = 50\Omega$ 。

图 9 人工网络示意图

人工网络应能承受与 DUT 要求相一致的连续负载。

图 10 给出了在理想的电气元件情况下, 当 A 端和 B 端短路时, 在 P 端和 B 端之间测得的阻抗 $|Z_{PB}|$ 值随频率变化的曲线。实际上, 一个人工网络的阻抗不应偏离图 10 所示曲线的 10% 以上。

如果人工网络有金属壳体, 那么应将它平放在接地平板上。电源接地端应与接地平板连接。



$|Z_{PB}|$ —阻抗 (Ω) ;

f—频率 (Hz) 。

图 10 频率从 100Hz 到 100MHz 的阻抗 $|Z_{PB}|$ 作为频率的函数变化曲线 (A 端和 B 端短路)

6.3.3.2 示波器

最好使用数字示波器 (最小单行程扫描采样频率为 2GHz/s, 带宽为 400MHz, 输入灵敏度至少为 5mV/刻度)。如果没有数字示波器, 可使用模拟长余辉同步示波器。当使用此种示波器时, 应具有下列最低技术要求:

- 带宽: 直流, 至少 400MHz;
- 记录速度: 至少 100cm/ μs ;
- 输入灵敏度: 至少 5mV/刻度。

可以使用示波器照相记录仪或任何其它合适的记录装置进行记录。

6.3.3.3 电压探头

电压探头的特性如下:

- 衰减: 100/1;
- 最大输入电压: 至少 1kV;
- 输入阻抗 Z 和电容 C, 按照表 11 规定;
- 电压探头电缆线最大长度: 3m;
- 电压探头接地线最大长度: 0.13m。

各线的长度会影响测量结果, 应在试验报告上标明。

表 12 电压探头参数

f	Z	C
MHz	KΩ	pF
1	>40	<4
10	>4	<4
100	>0.4	<4

6.3.3.4 波形采集设备

可以使用能够采集快速上升时间的瞬态波形的设备，以代替示波器。

6.3.3.5 抗扰性测试的试验脉冲发生器

试验脉冲发生器应能在 $|U_s|$ 为最大值时产生 6.3.4 至 6.3.8 条描述的开路试验脉冲。此外， U_s 应在表 12 至表 19 所给的限值内可调。

峰值电压 U_s 应调节至规定的试验电平（详见标准 ISO 7637-2。），误差为（ $^{+10}_0\%$ ）。除非另有规定，否则计时(t)误差和内阻（ R_i ）的误差应为 $\pm 20\%$ 。

试验脉冲发生器的误差和性能验证程序见详见标准 ISO 7637-2。

6.3.4 试验脉冲 1

本试验是模拟电源与感性负载断开连接时所产生的瞬态现象。它适用于各种 DUT 在车辆上使用时，与感性负载保持直接并联的情况（详见标准 ISO 7637-2）。

脉冲形式见图 11。相应的参数见表 13。

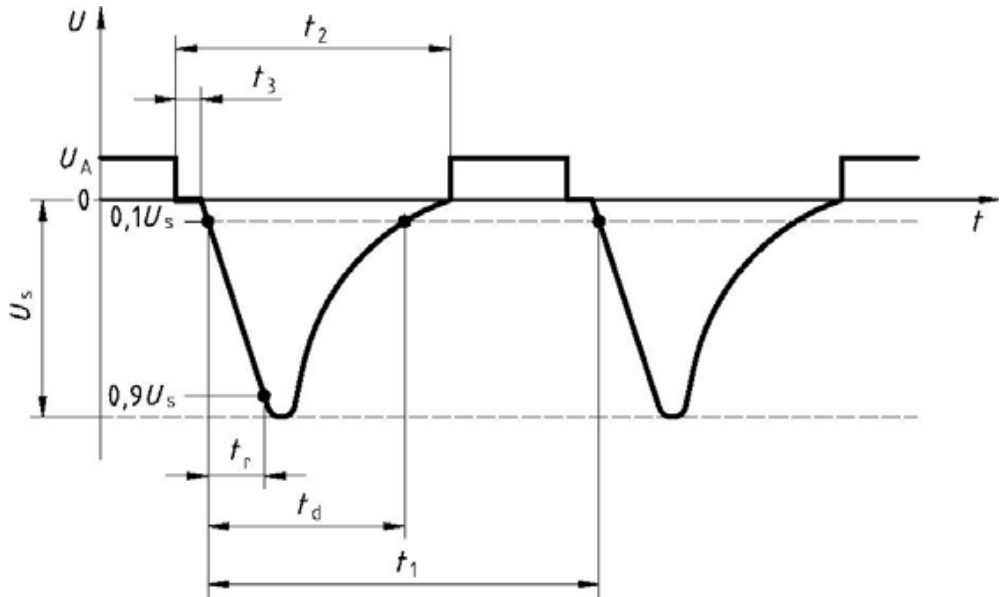


图 11 试验脉冲 1

表 13 试验脉冲 1 参数

参数	12V 系统
U_A (v)	13.5
U_S (v)	-100
t_r (us)	1
t_d (ms)	2
t_1 (s)	5
t_2 (ms)	200
T_3 (us)	50
R_i (Ω)	10
脉冲数	5000

6.3.5 试验脉冲 2a 和 2b

脉冲 2a 模拟由于线束电感的原因，使与 DUT 并联的装置内电流突然中断引起的瞬态现象。
脉冲 2b 模拟直流电机充当发电机，点火开关断开时的瞬态现象。
脉冲形式分别见图 12 和图 13。参数分别见表 13 和表 14。

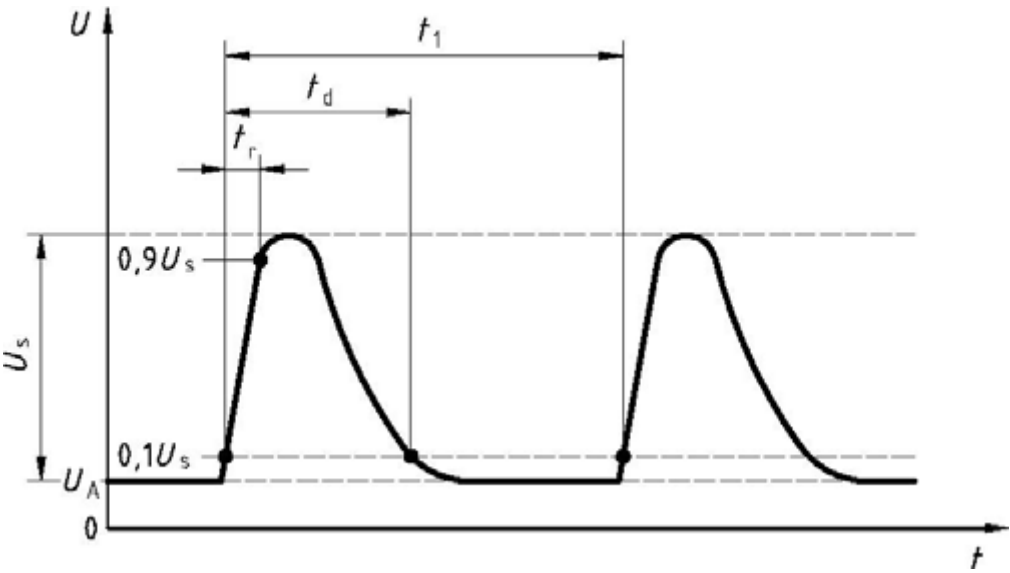


图 12 试验脉冲 2a

表 14 试验脉冲 2a 参数

参数	12V 系统
U_A (v)	13.5
U_s (v)	+50
t_r (us)	1
t_d (us)	50
t_l (s)	0.5
R_i (Ω)	2
脉冲数	5000

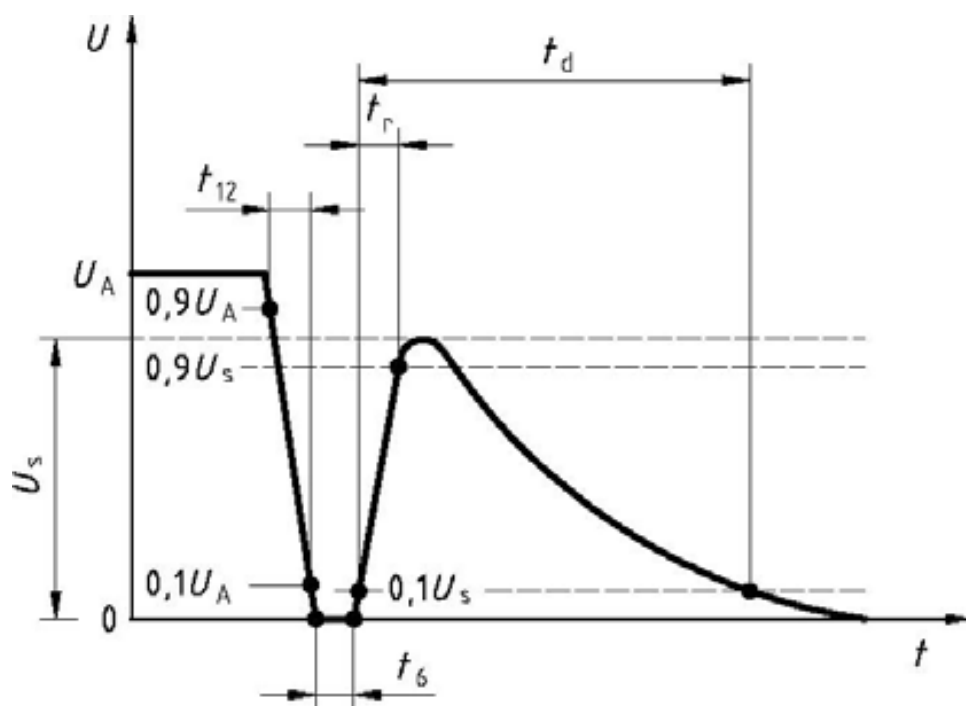


图 13 试验脉冲 2b

表 15 试验脉冲 2b 参数

参数	12V 系统
UA(v)	13.5
Us(v)	+10
tr (ms)	1
td (s)	0.5
t12 (ms)	1
t6(ms)	1
Ri (Ω)	0.05
脉冲数	10

6.3.6 试验脉冲 3a 和 3b

这些试验脉冲模拟由开关过程引起的瞬态现象。这些瞬态现象的特性受线束的分布电容和分布电感的影响（详见标准 ISO 7637-2）。

3a 和 3b 的试验脉冲形式分别见图 14 和图 15。参数分别见表 16 和表 17。

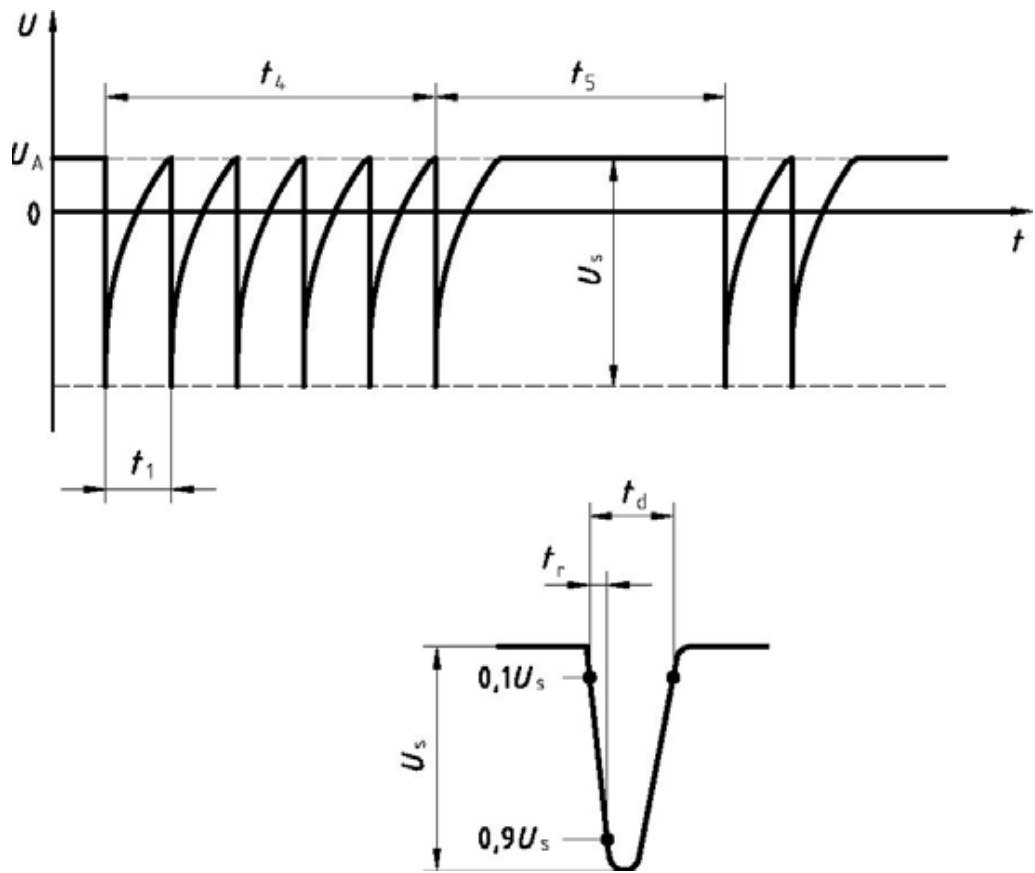


图 14 试验脉冲 3a

表 16 试验脉冲 3a 参数

参数	12V 系统
UA(v)	13.5
Us(v)	-150
tr (ns)	5
td (ns)	150
t1(us)	100
t4(ms)	10
t5(ms)	90
Ri(Ω)	50
脉冲时间 (分钟)	60

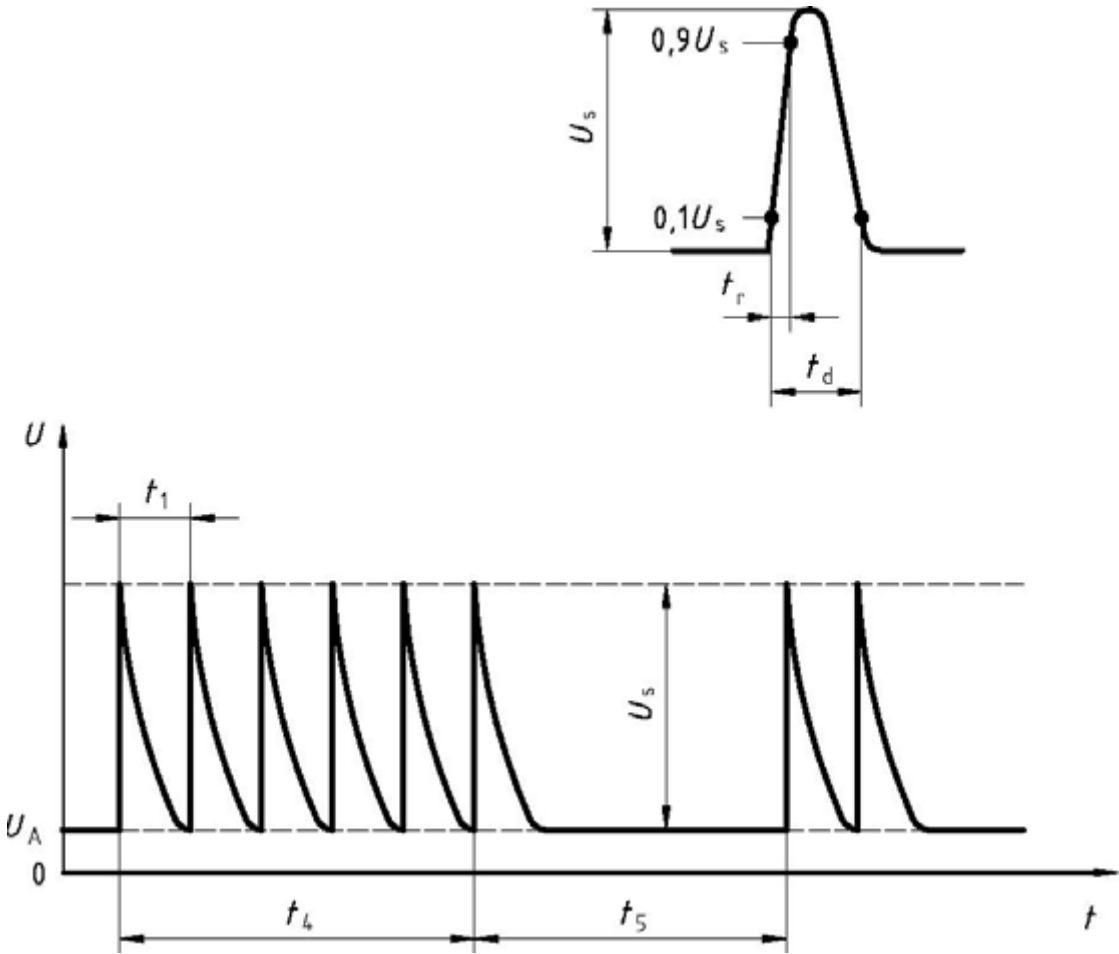


图 15 试验脉冲 3b

表 17 试验脉冲 3b 参数

参数	12V 系统
UA (v)	13.5
Us (v)	+100V
tr (ns)	5
td (ns)	150
t1 (us)	100
t4 (ms)	10
t5 (ms)	90
Ri (Ω)	50
脉冲时间 (分钟)	60

6.3.7 试验脉冲 4

试验脉冲 4 模拟内燃机的起动电机电路通电时产生的电源电压的降低，不包括起动时的尖峰电压。脉冲的形式和参数见图 16 和表 18。

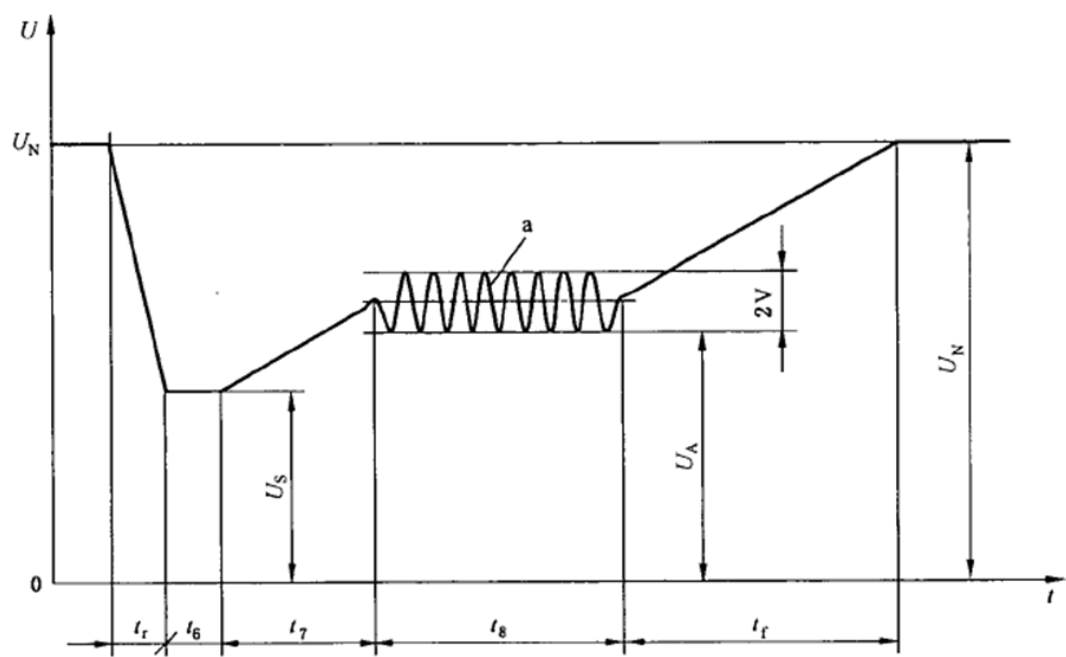


图 16 试验脉冲 4

表 18 试验脉冲 4 参数

参数	12V 系统	
	测试等级 1	测试等级 2
UN (v)	12	12
Us (v)	8	6
UA (v)	9.5	6.5
tr (ms)	5	5
t6 (ms)	15	15
T7 (ms)	50	50
T8 (s)	1	10
tf (ms)	40	100
Ri (Ω)	0.02	0.02
脉冲数	3	3

6.3.8 试验脉冲 5a 和 5b

本试验是模拟抛负载瞬态现象。即模拟在断开电池（亏电状态）的同时，交流发电机正在产生充电电流，而发电机电路上仍有其它负载时产生的瞬态；抛负载的幅度取决于断开电池连接时，发电机的转速和发电机的励磁场强的大小。抛负载脉冲宽度主要取决于励磁电路的时间常数和脉冲幅度。大多数新型交流发电机内部，抛负载幅度由于增加限幅二极管而受到抑制（箝位）。

抛负载可能产生的原因是：因电缆腐蚀、接触不良或发动机正在运转时，有意断开与电池的连接。

具有非集中抛负载抑制（脉冲 5a）的交流发电机的脉冲形式和参数见图 17 和表 19。具有集中抛负载抑制（脉冲 5b）的交流发电机的脉冲形式和参数见图 18 和表 20。

呈现指数规律分布的脉冲，其曲线的递减部分理论上应减至 0V，但实际上只减至 U_A 处。

在应用抛负载时，对发电机的动力性能的基本考虑如下：

a) 在抛负载的情况下，交流发电机的内阻主要取决于发电机的转速和激励电流。

b) 抛负载试验脉冲发生器的内阻 R_i 应从下列关系式计算得出：

$$R_i = \frac{10 \times U_{nom} \times N_{act}}{0.8 \times I_{rated} \times 12000_{min}}^{-1}$$

式中：

U_{nom} ——发电机的额定电压；

I_{rated} ——交流发电机 6000r/min 时的规定电流（与 ISO 8854 所给值相同）；

N_{act} ——交流发电机的实际转速（单位：r/min）。

c) 脉冲由下列因素确定：峰值电压 U_s ，箝位电压 U_s^* ，内阻 R_i ，脉冲宽度 t_d 。在任何情况下， U_s 的值越小，

对应的 R_i 和 t_d 的值也越小； U_s 的值越大，对应的 R_i 和 t_d 的值越大。

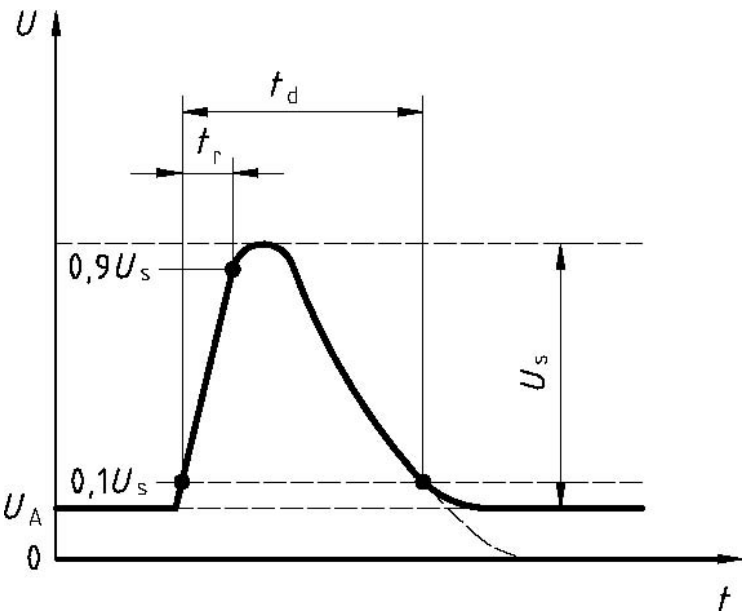
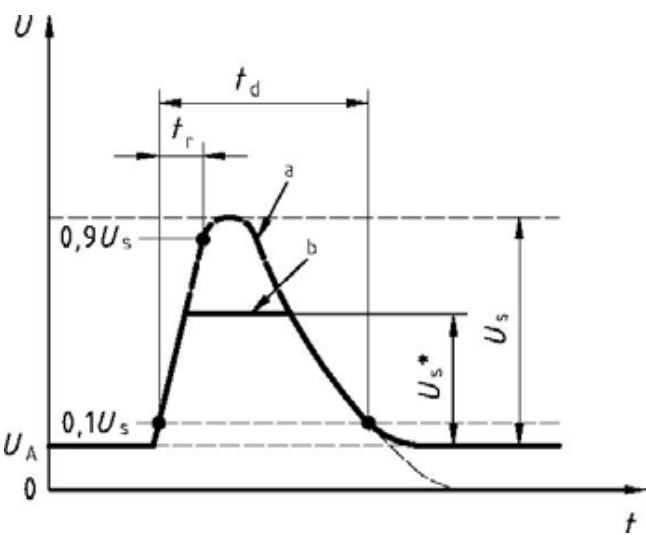


图 17 试验脉冲 5a

表 19 试验脉冲 5a 参数

参数	12V 系统
UA (v)	13.5
Us (v)	79
tr (ms)	5
td (ms)	300
Ri (Ω)	0.5
脉冲数（每脉冲间隔 1 分钟）	10



a—未抑制的波形；
b—抑制的波形；

图 18 试验脉冲 5b

表 20 试验脉冲 5b 参数

参数	12V 系统
UA (v)	13.5
Us (V)	79
Us* (V)	35
tr (ms)	5
td (ms)	300
Ri (Ω)	0.5
脉冲数（每脉冲间隔 1 分钟）	5

6.4 电子电器部件沿非电源线瞬态传导抗扰测试 (CS)

本试验规定了电器部件对电容或电感耦合到非电源线线路上的瞬态耦合干扰的抗扰性能力要求,从而评价其电磁抗扰性能。

6.4.1 一般要求

本部分建立一种试验方法,以评价 DUT 对耦合到非电源电路的电瞬态的抗扰度。试验脉冲模拟快速瞬态骚扰和慢速瞬态骚扰,例如电感负载转换、继电器触点跳起等引起的瞬态骚扰。

本部分采用 ISO 7637.3 提供的三种方法:电容耦合钳 (CCC) 方法、直接电容耦合 (DCC) 方法和电感耦合钳 (ICC) 方法。它们的适用性如表 21 所示。慢速电瞬态试验和快速瞬态试验仅需选择一种方法。

表 21 试验方法适用性

瞬时类型	CCC 方法	DCC 方法	ICC 方法
4.3.2 的慢速脉冲	不适用	适用	适用
4.3.1 的快速脉冲 a 和 b	适用	适用	不适用

信号线信号/控制线的瞬态传导抗扰度性能等级要求如下表所示：

表 22 信号线信号/控制线瞬态传导抗扰度性能等级要求

脉冲	性能等级要求			
	A 类	B 类	C 类	D 类
快速瞬态脉冲 a	I	I	I	I
快速瞬态脉冲 b	I	I	I	I
低速瞬态脉冲正脉冲	I	I	I	I
低速瞬态脉冲负脉冲	I	I	I	I

6.4.2 试验设备

DUT 根据规格布置并连接。根据车辆厂商和供应者之间的协议，DUT 应连接到使用试验导线或产品线束的本来的控制设备（负载，传感器等等）。如果 DUT 实际操作信号源不可用，则可模拟该信号源。被测器件应使用 0.05m~0.1m 厚的绝缘支架与地面分离，除非 DUT 外壳连接底盘而且有自己的接地。

根据厂家的安装说明 DUT 应连接到接地系统；可以没有另外的接地连接。

所有的负载、传感器等使用尽可能短的导线连接到接地平面。

注意：为了最小化 DUT 无关的电容耦合，DUT 和其他的传导设备（例如屏蔽室的墙壁，除了试验装备下的接地面）的最短距离应大于 0.5m。

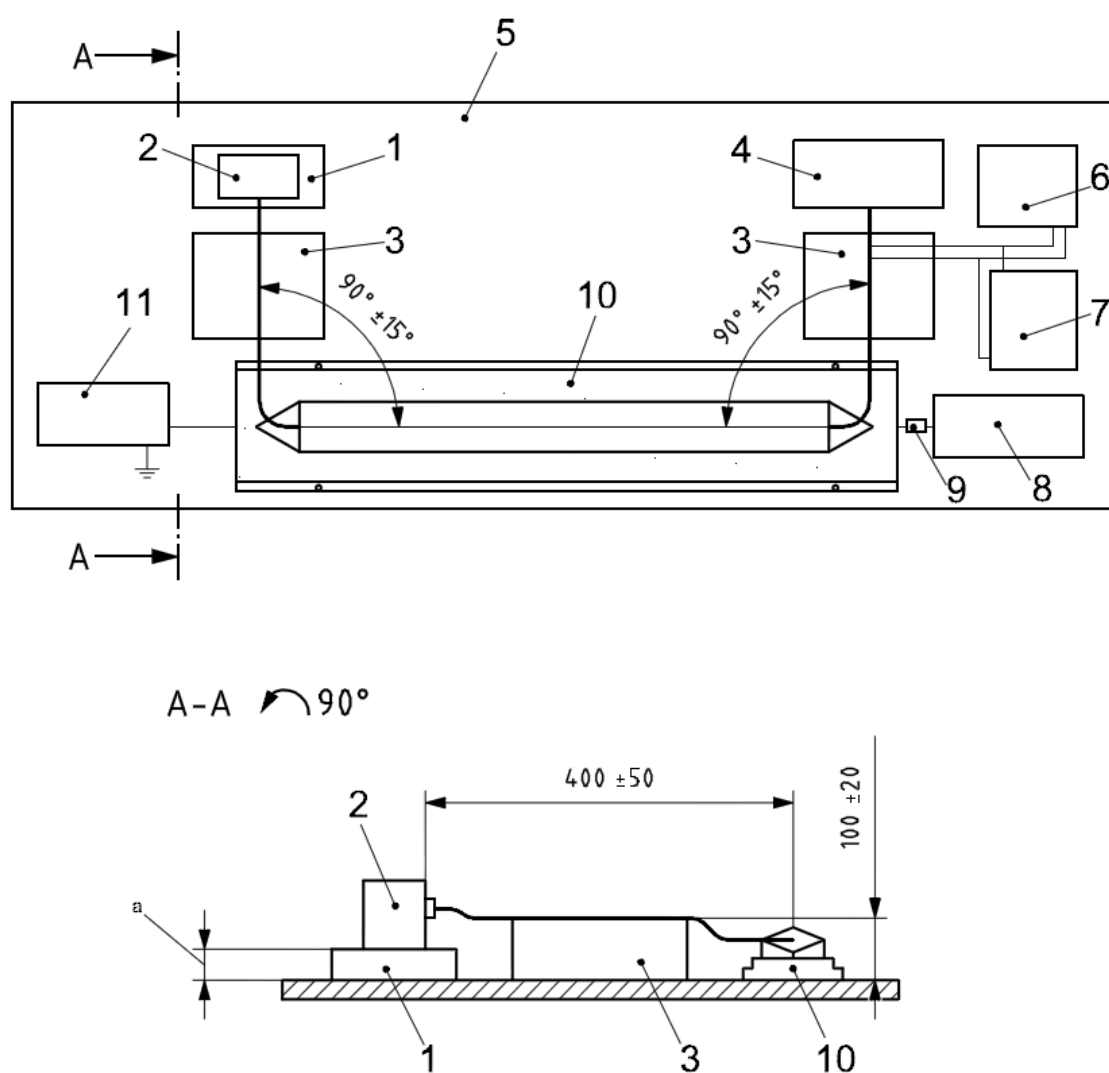
6.4.3 试验程序

6.4.3.1 电容耦合钳（CCC）方法

CCC 方法适用耦合快速瞬时试验脉冲，特别适用于有中等数量或大量待测导线。此方法不耦合低速瞬时测试脉冲。

CCC 试验方法如图 19 所示。耦合电路包括 CCC，穿过其中的 DUT 所有导线的安装由车辆制造商和供应商协商决定（不包括或包括电源电路）。耦合长度是 1m。

试验可以如图 19 所示进行，或者按照 ISO 11452-4 使用一条直导线。



1—绝缘支架（如果 DUT 不能被连接到车辆上）；

2—DUT；

3—测试线束的绝缘支支架；

4—辅助设备（比如传感器，负载，配件）；

5—接地平面；

6—电源；

7—电池；

8—示波器；

9—50Ω 衰减器；

10—安装在车辆上的 CCC；

11—测试脉冲发生器；

a—所选尺寸应在测试计划中规定并记录于试验报告。

图 19 CCC 方法试验布置

就试验导线的使用而言，电源电路到耦合钳的接线应该有 1m 长。DUT 和 CCC 之间的距离，外围设备和 CCC 之间的距离应在 (400 ± 50) mm。导线的被测部分，即 CCC 之外的部分应置于接地面以上距离 (100 ± 20) mm 并且和 CCC 纵向轴的夹角为 $90^\circ \pm 15^\circ$ 。

CCC 的铰链盖应尽可能放平以确保同放平的试验线束接触。

DUT 应放在作为脉冲发生器的 CCC 的同一端。

注：为了加强结果的可靠性，推荐线束的长度限制到 2m。

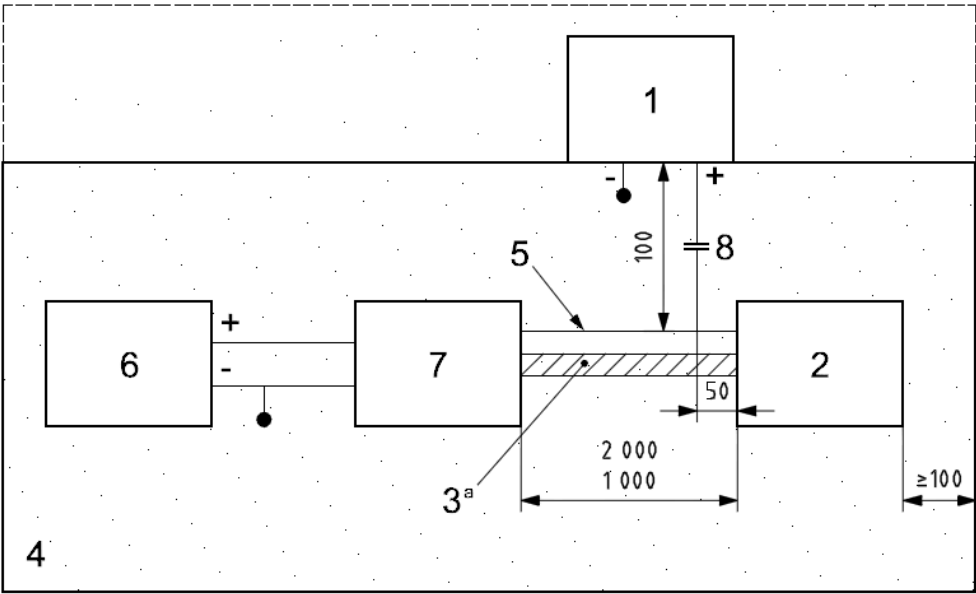
若所用产品导线长度超过 2m，连线不得盘绕，且束线应尽可能平放，应按照试验报告的规定布置。
DUT 和 CCC 之间应保持最大距离 0.45m。

6.4.3.2 直接电容耦合（DCC）方法

使用推荐电容值的 DCC 方法中快速瞬态试验脉冲可以向 DUT 导线耦合同样电压。另外，使用推荐电容值时 DCC 方法耦合低速瞬态试验脉冲是有效的。

DCC 方法示意图如图 20。

当使用 DCC 方法时，当然要注意保证信号不失真（例如总线系统通信信号）。对于快速瞬态试验，DCC 方法的不利条件是导线需要分别试验。



- 1—试验脉冲发生器；
- 2—DUT；
- 3—试验线束；
- 4—接地平板；
- 5—测试中的 I/O 线；
- 6—电源；
- 7—DUT 辅助装置；
- 8—额定电压不小于 200V 的陶瓷电容。

注：所有的线束应在放置在地面以上（50±5）mm 平面上。

图 20 DCC 试验总体配置

试验中陶瓷电容的电容值见表 23。

表 23 DCC 试验方法中电容器的值

试验脉冲	电容器值
快速瞬时试验脉冲	100pF
低速瞬时试验脉冲	0.1μ F

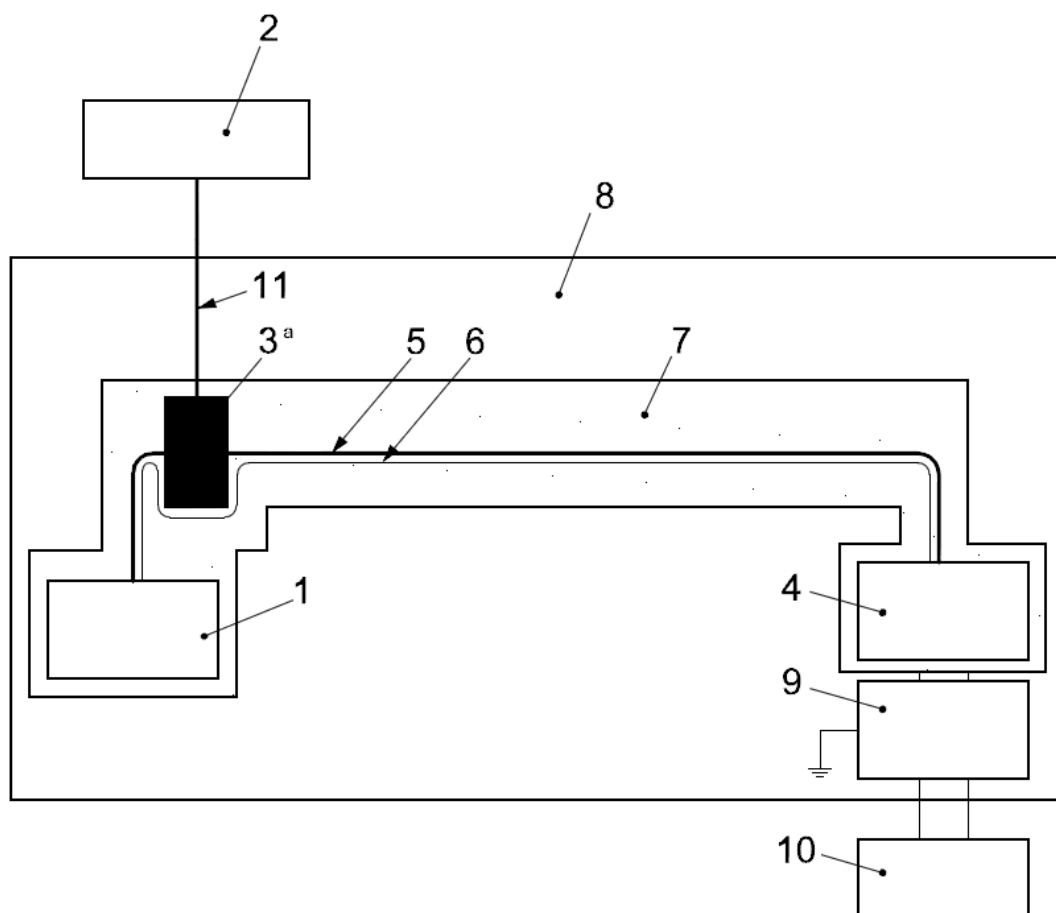
6.4.3.3 电感耦合钳 (ICC) 方法

ICC 方法适用于耦合低速瞬态试验脉冲, 特别适用于有中等数量或大量待测导线的 DUT。

ICC 试验方法如图 21 所示。耦合电路包括 ICC, ICC 包进 DUT 所有的非接地线。一般说来接地线在 ICC 外, 如果 DUT 在车辆上使用时有一条单独的接地线则应穿过 ICC。接地线的放置应记录于试验报告。

试验可以如图 21 所示进行, 或者按照 ISO 11452-4 使用一条直导线进行试验。

多路连接器的 DUT 试验条件 (所有的分支单独试验或个别分支试验) 应规定于测试计划。



- 1—DUT;
- 2—试验脉冲发生器;
- 3—ICC;
- 4—辅助装置;
- 5—试验线束 (长度 $\leq 2\text{m}$);
- 6—接地线;
- 7—绝缘板 ($50\text{mm} \pm 10\text{mm}$);
- 8—接地平板;
- 9—蓄电池;
- 10—直流电源;
- 11— 50Ω 同轴电缆 ($\leq 0.5\text{m}$);
- a—ICC 到 DUT 的距离为 150mm 。

图 21 ICC 试验总体配置

6.4.4 试验脉冲 6.4.4.1 快速脉冲 a、b (DCC 和 CCC)

测试快速脉冲（和 ISO7637-2 中规定的试验脉冲 3a 和 3b 对应）是模拟开关过程产生的电瞬态，电瞬态的特性受线束的分布电容和电感的影响；快速脉冲 a 和 b 应用 CCC 方法测试：

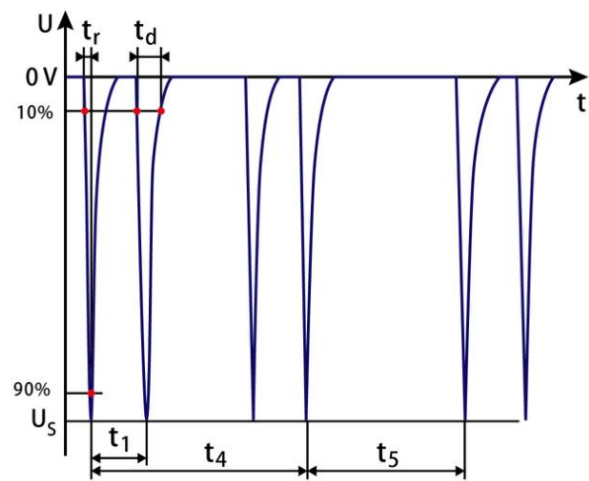


图21 快速瞬时试验脉冲a

表 24 快速瞬时测试脉冲 a 参数

参数	12V 系统
U_p (V)	13.5
U_s (V)	-60
t_r (ns)	5
t_d (us)	0.1
t_1 (us)	100
t_4 (ms)	10
t_5 (ms)	90
R_i (Ω)	50
脉冲时间 (min)	10

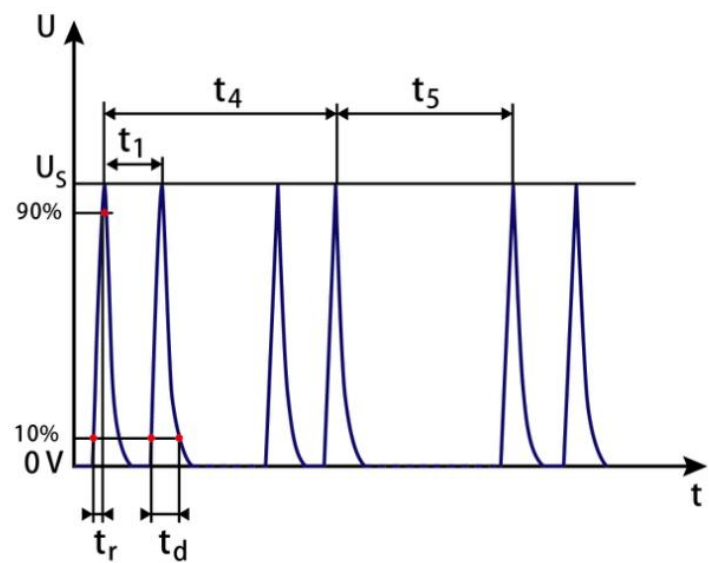


图22 快速瞬时试验脉冲b

表 25 快速瞬时测试脉冲 b 参数

参数	12V 系统
U_p (V)	13.5
U_s (V)	+40
t_r (ns)	5
t_d (us)	0.1
t_1 (us)	100
t_4 (ms)	10
t_5 (ms)	90
R_i (Ω)	50
脉冲时间 (min)	10

6.4.4.2 低速瞬态试验脉冲

低速瞬态试验脉冲（和 IS07637-2 中规定的试验脉冲 2a 和 2b 类似）模拟大电感负载电路中断出现的电瞬态，比如散热片马达，空调压缩机离合器等负载电路。

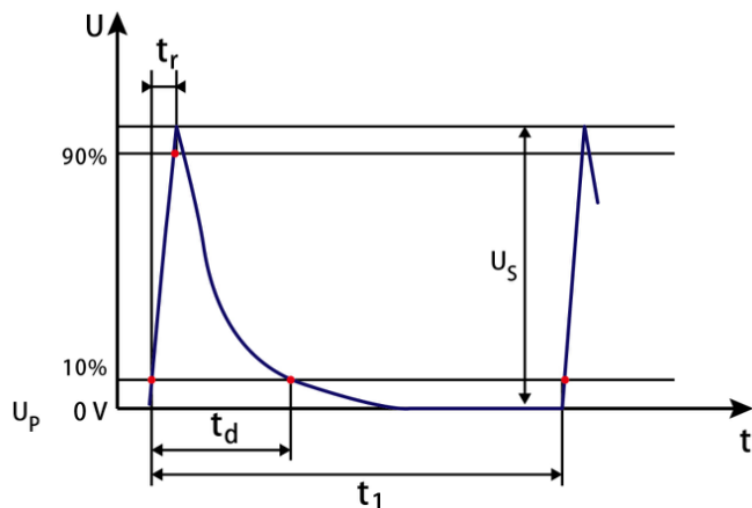


图23 低速瞬时脉冲-正脉冲

参数:

$U_s=6\text{V}$ 、 $R_I=2\Omega$ 、 $t_1=0.5\text{s}\sim 5\text{s}$ 、 $t_d=0.05\text{ms}$ 、 $t_r\leq 1\mu\text{s}$ 、脉冲时间: 5min

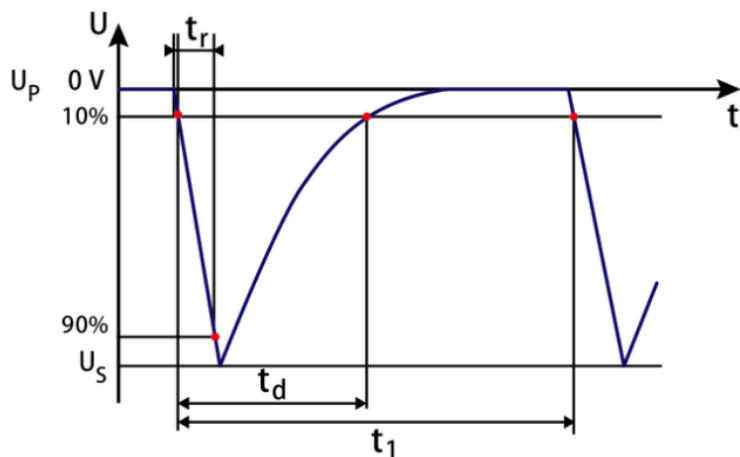


图24 低速瞬时脉冲-负脉冲

参数:

$U_s=-6\text{V}$ 、 $R_I=2\Omega$ 、 $t_1=0.5\text{s}\sim 5\text{s}$ 、 $t_d=0.05\text{ms}$ 、 $t_r\leq 1\mu\text{s}$ 、脉冲时间: 5min

6.5 静电放电标准

本试验规定了电器部件对静电放电抗扰性能力和测试方法要求。包括模拟装运和现场操作过程中可能受到的静电损坏，从而判定其静电放电抗扰性能。施加放电的时候，发生器的放电回路电缆与 DUT 距离至少保持 0.2m。每个等级检测过后都检查 DUT 的功能，根据实际情况，对 DUT 的功能进行评价。

接触放电（使用尖头静电枪）:

针对 DUT 上所有导电表面作检测，需使用尖头静电枪，于电压指示达到要求值时将放点针“垂直”接触检测点后，按控制按钮放电，等待电压指示再次达到要求值时再次按键放电，如此反复执行直到检测完成，检测点在待测物本体上，放电枪直接在待测物上放电。测试针对所有的金属壳体、按键、PIN 脚等。

空气放电（使用圆头静电枪）：

将待测物置于绝缘板上，将静电放电发生器垂直地置于距 DUT15mm 的距离，以 $\leq 5\text{mm/S}$ 的速度接近 DUT 直到放电。针对 DUT 所有缝隙、孔洞等。

6.5.1 断电状态下静电测试

6.5.1.1 测试等级要求

断电状态下静态测试要求 DUT 功能未产生任何损害，测试完成后，DUT 功能符合设计要求，DUT 存储的数据正常。静电放电测试条件如下表所示：

表 26 静电放电测试条件表（断电状态）

DUT 外壳为非导体 空气放电 (KV)	DUT 外壳为导体 接触放电 (KV)	管脚 接触放电 (KV)
±8	±6	±4

电器部件应达到的性能等级要求如下表所示：

表 27 静电放电测试性能等级要求（非工作状态）

测试电压 (KV)	A 类	B 类	C 类	D 类
±8	I	I	I	I
±6	I	I	I	I
±4	I	I	I	I

6.5.1.2 测试布置要求

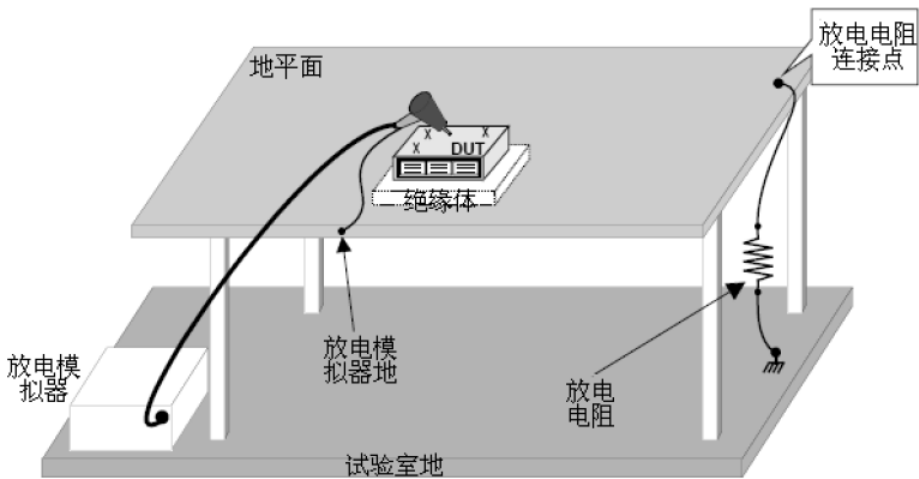


图 25 断电状态下静电测试布置图

- a) DUT放置在接地平板上，如果DUT是安装在底盘的电器部件，则将其直接放置在接地平板上并相连。如果DUT安装时是与地绝缘的，则DUT与接地平板之间布置绝缘块。

- b) 静电放电发生器的参数为150pF和330Ω；
- c) 静电发生器主体距离DUT的距离不小于200mm，可放置在试验室地上；
- d) DUT应放置在50mm厚的绝缘体上；
- e) 地平面要足够大，以保证DUT任何一个边缘距离地平面的边缘距离不小于100mm；
- f) 放电电阻连接点距离DUT的距离不小于500mm；
- g) 放电电阻为1MΩ。

6.5.1.3 测试过程要求

- a) 在进行测试前，需要对静电放电发生器的放电电压进行标定；
- b) 对DUT外壳进行放电：要对包装、安装、拆除过程中任何可能接触到的位置进行测试。要在《零部件EMC验证标准》中说明测试位置；
- c) 对DUT管脚进行放电：如果由于结构原因，很难直接对单个DUT管脚进行测试，那么可以采用电缆连接管脚，而在电缆另一端进行放电测试。电缆长度不大于100mm；
- d) 检测电压值由正到负极性，由低到高依次测试，在每个放电位置、每个放电电压和每个电压极性至少进行5次放电，两次放电之间的间隔不小于5s；
- e) 完成一次放电后，需要利用放电电阻接触放电位置释放电荷；
- f) 完成一个放电电压的所有放电测试后，需要对DUT功能进行检测，在测试报告中需要说明DUT功能情况。

6.5.2 工作状态下静电测试

6.5.2.1 测试等级要求

工作状态下静电放电测试信号如下表所示：

表 28 静电放电测试条件（工作状态）

电器类型	传导与非传导位置	传导位置
	空气放电（KV）	接触放电（KV）
仅具备 A 或 B 类功能的电器部件	±6、±8、±15	±4、±6、±8
具备 C 类功能的电器部件 ¹	±6、±8、±15、±20	±4、±6、±8、±15
具备 D 类功能的电器部件 ²	±6、±8、±15、±20、±25	±4、±6、±8、±15

注1：对于能够被驾驶员或乘客接触到的DUT空气放电需做到±20KV，接触放电需做到±15KV。

注2：仅对于从车外能直接接触到的位置而不接触汽车的任何部分（例如，门锁开关、头灯开关、仪表）的装置实施±25KV静电放电测试。

电器部件应达到的性能等级要求如下表所示：

表 29 静电放电测试性能等级要求（工作状态）

测试电压（KV）	A 类	B 类	C 类	D 类
±25	--	--	--	I
±20	--	--	III	I
±15	III	III	III	I
±8	III	III	I	I
±6	I	I	I	I
±4	I	I	I	I

6.5.2.2 测试布置要求

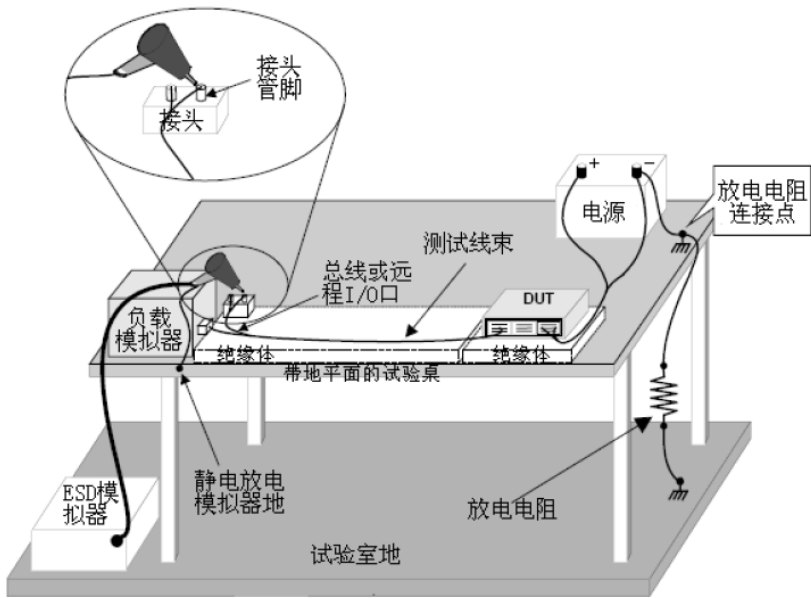


图 26 工作状态下静电放电测试布置图

- a) 静电放电测试台距离其它传导结构至少500mm;
- b) 测试前需要对放电电压进行标定;
- c) 测试台地平面应足够大, 使得DUT的任何边缘距离地平面边缘的距离不小于10mm;
- d) 如果DUT外壳为金属外壳, 且装配在实车上与车身搭接, 则DUT应直接放置在测试桌上保证良好接地; 否则DUT应放置在50mm厚的绝缘体上, 连接DUT和负载模拟器的线束长度为1500mm±75mm;
- e) 放电电阻为1MΩ。

6.5.2.3 测试过程要求

- a) 如果DUT存在远端接头, 且该接头可能被驾驶员接触到, 那么在测试过程中, 需要对这些接触点进行放电测试;

- b) 测试过程中把EUT电源端子通电,并给其他端子提供输入信号,使其处于工作模式,确保DUT 至少工作于待机允许模式。应尽可能将DUT与实车状态下的负载进行连接;
- c) 测试过程中需要对DUT的功能状态进监测;
- d) 对于能够被车内驾驶员或乘客接触到的DUT的,在放电测试时采用的放电网络参数数据为: 330PF和2000Ω ,对于在发动机舱或行李箱内能够被接触到的DUT放电测试时放电网络参数为: 150pF和2000Ω ;
- e) 完成安装后,分别使DUT工作在各种标准工作模式(包括待机状态),对其任何可能被使用者接触到的位置均需要进行放电测试,包括DUT的开关、显示器、线束、接头、外壳等在运输、搬运、移动和拆除过程中能接触到的部位。在测试计划中需指明静电放电的测试点;
- f) 对于每个放电位置、放电电压和每个电压极性,至少进行5次放电。两次放电之间的时间间隔最小1s;
- g) 仅对于从车外能直接接触到的位置而不接触汽车的任何部分(例如,门锁开关、头灯开关、仪表)的装置实施±25KV静电放电测试,放电网络使用150pF和2000Ω , 25KV静电放电测试结束后,测试后性能无下降。
- h) 完成一次放电后,需使用放电电阻接触放电位置以释放积累的电荷。

6.6 磁场抗干扰标准

本试验规定了电器部件对磁场干扰的抗扰性能力,从而评价电器部件的磁场抗扰性能。

6.6.1 测试等级要求

DUT 直接暴露于下表所列出的磁场区域,任何可能被连接到被测样件的磁性传感器都应置于磁场领域中。测试应覆盖下表所列的频率,频率步进要求需满足下表的要求,驻留时间应至少为 2s (若 DUT 的功能响应时间很长,驻留时间可做相应延长,并记录在 EMC 测试计划)。

表 30 最大步进频率

频率范围 (KHz)	最大线性步进 (KHz)	测试等级 (A/m)	性能等级要求
0.015~0.1	0.01	300	I
0.1~1	0.1	300	I
1~10	1	$300/(f/1000)^2$	I
10~150	10	3	I

6.6.2 测试布置要求

- a) 测试设备必须满足IS011452-1和IS011452-8标准中的要求, DUT和辅助设备的供电需使用车载蓄电池,该电池或电源的负极,应连接到地平面平板上。推荐使用直径为120mm赫尔姆霍兹圈进行测试。

- b) DUT应放在一个木制平板或绝缘平板上。测试辅助设备和其他支持设备应安装在接地平板上，但测试辅助设备及接地平板与尔姆霍兹圈的距离不应小于200mm。DUT尺寸小于一个线圈半径的，线圈应该离开一个半径的距离。DUT各表面距离相邻线圈至少为50mm；对于DUT尺寸大于一个线圈半径的，线圈的距离应使得DUT面所在平面与两线圈中任一线圈所在平面至少50mm，两线圈之间的距离不超过1.5倍半径。
- c) 如果DUT有附加的磁传感器，应对传感器进行单独的测试以验证DUT能够正常工作。

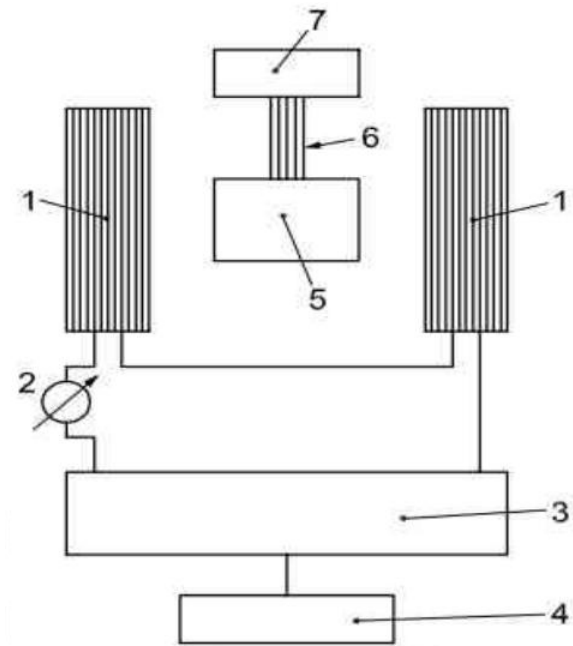


图 27. 赫尔姆霍兹圈法测试布置图

说明：

- 1、线圈 2、电流表 3、低频信号放大器 4、低频信号源 5、DUT 6、线束 7、外围设备

6.7 发射器射频抗扰标准

本实验规定了电器部件对发射器射频干扰的抗扰性能力，从而评价电器设备对发射器射频抗扰度性能。

6.7.1 测试等级要求

干扰信号要求如下表所示：

表 31 射频抗扰强度要求

频段（MHz）	试验强度（瓦）		调制方式	步长（MHz）
	测试等级 1	测试等级 2		
360～480	4.5	9.0	PM, 18Hz, 50%	10
800～1000	7.0	14.0	PM, 217Hz, 12.5%	10
1600～1950	1.5	3.0	PM, 217Hz, 12.5%	20
1950～2200	0.75	1.5	PM, 217Hz, 12.5%	20
2400～2500	0.1	0.2	PM, 1600Hz, 50%	20
2500～2700	0.25	0.5	PM, 217Hz, 12.5%	20

表 32 射频抗扰性能等级要求

频段（MHz）	测试等级1				测试等级2			
	A	B	C	D	A	B	C	D
360～480	I	I	I	I	III	III	III	III
800～1000	I	I	I	I	III	III	III	III
1600～1950	I	I	I	I	III	III	III	III
1950～2200	I	I	I	I	III	III	III	III
2400～2500	I	I	I	I	III	III	III	III
2500～2700	I	I	I	I	III	III	III	III

6.7.2 测试布置要求

测试可参照 ISO11452-9 标准中的测试方法，发射器射频抗扰测试过程中，发射器天线应按要求在不同位置进行变换测试，以测试各个方向的抗扰能力。发射器射频抗扰度测试的一般布置如下图：

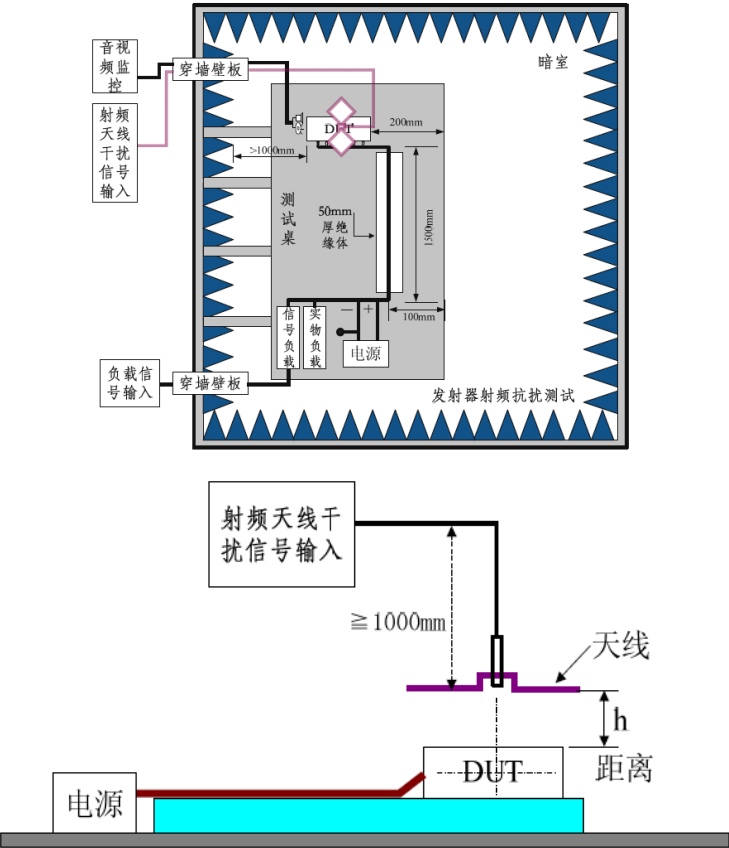


图 28 发射器射频抗扰试验布置图

表 33 射频天线与 DUT 高度距离要求

DUT 外壳及线束描述	射频天线与 DUT 距离要求 (h)	射频天线位移步长
DUT 距离可能放置发射器 50mm 以上	50mm	100mm
DUT 距离可能放置发射器 50mm 以内	10mm	30mm

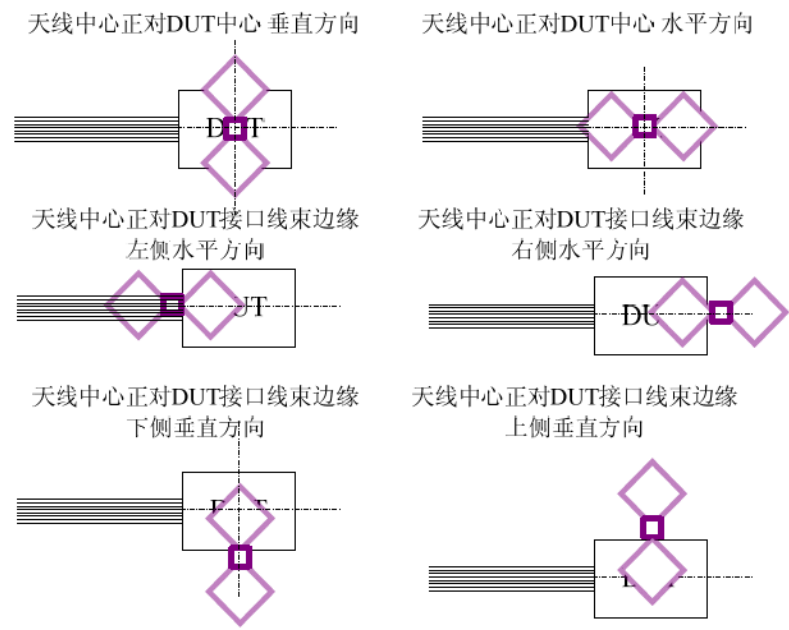


图 29 射频发射器对 DUT 测试位置放置图

6.8 连续抗干扰标准

本试验规定了电器部件对连续的纹波电压抗干扰能力和测试方法要求。模拟直流供电下叠加交流电压对 DUT 的影响，从而评价其连续抗干扰性能。

6.8.1 测试等级要求

具体性能等级要求如下：

表 34 连续抗干扰性能等级要求

干扰信号等级	性能等级要求			
	A 类	B 类	C 类	D 类
等级 (U _{pp} =4v)	I	I	I	I

6.8.2 测试布置要求

DUT 布置要求：DUT 及其线束应置于绝缘支架上，如果 DUT 外壳为金属材料且在实车上为接地安装，则 DUT 应直接连接到接地平板上。

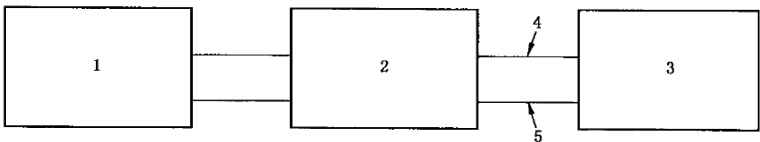


图30 连续抗干扰DUT布置

1、扫描发生器 2、可调制电源 3、DUT 4、电源正极 5、电源负极

6.8.3 试验脉冲

将满足下表的测试波形注入到 DUT 的电源正极线上。测试条件如下：

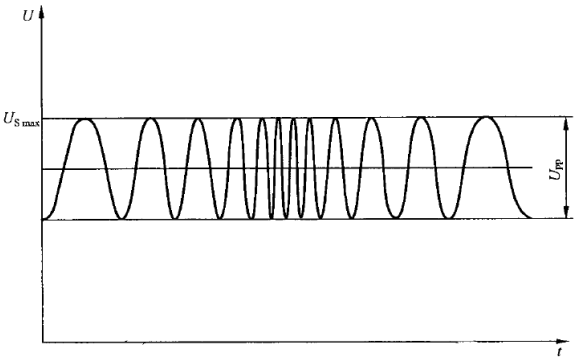


图31 施加电压

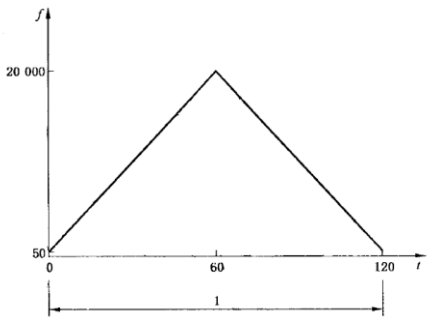


图32 扫频和频率范围

- 1 1个循环；
- f 频率：Hz
- t 时间：s

表 35 连续抗干扰测试波形参数

参数	12V系统
Usmax (v)	16
正弦电压 (v)	4
电源内阻 (mΩ)	50~100
频率范围 (Hz)	50~20000
扫频类型	三角形，对数
扫频持续时间 (s)	120
扫频次数 (连续)	5

附录 A
(规范性附录)

人工网络

图 A.1 所示 0.1MHz~100MHz 测量频率范围的人工网络阻抗 $|Z_{PB}|$ （允差为 $\pm 20\%$ ）。它在 P 端和 B 端（图 A.2）测量，测量时测量端口接 50Ω 负载，且 A 端和 B 端（图 A.2）之间短路。

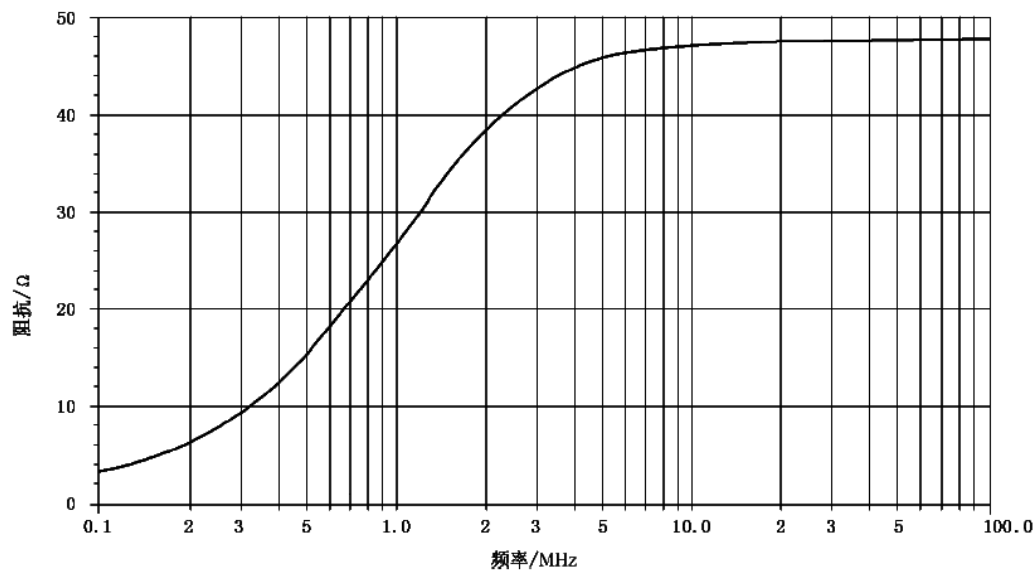
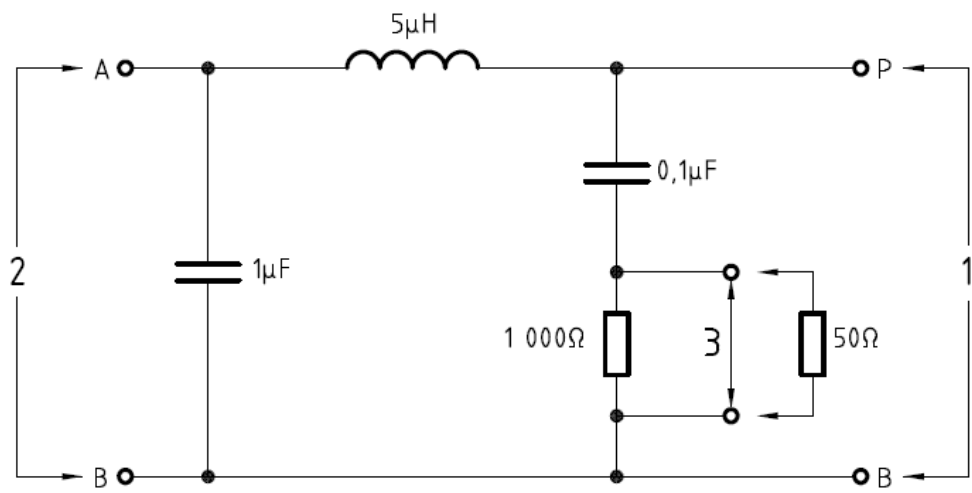


图 A.1 人工网络的阻抗特性



- 1—DUT 的端口；
- 2—电源端口；
- 3—测量端口。

图 A.2 5μH 人工网络原理图示例

附录 B

(资料性附录)

改善装置电磁兼容性的一般技术

B.1 限制来自骚扰源的发射

抑制骚扰发射最有效的方法是抑制骚扰源。

瞬态骚扰应在骚扰源内部或端口进行抑制，可以采用二极管，齐纳二极管，变阻器，阻尼电阻，电容器，抑制滤波器等方法。

如果不可能在骚扰源内部或端口抑制瞬态骚扰，那么抑制元件应尽可能接近骚扰源。

通过在主网络端口采用齐纳二极管，变阻器及其他元器件，可以对未在瞬态源和抑制器间安装切断开关的敏感设备进行充分保护。

B.2 设备抗扰性改善

装置的抗扰性可以通过采用二极管，齐纳二极管，变阻器，电容器，抑制滤波器，阻尼电阻等方法得到改善。这些抑制元件应连接到可能接收瞬态骚扰的端子。此外，正确选择安装位置和连接也可以改善抗扰性。

对于 12V 系统，试验脉冲 4 中 $U_s = -7V$ 的最大值通常只有在螺旋管式起动电机的端子处观测到，或者在励磁线圈螺旋管式起动电机的电池端子处观测到。因此，建议用户在设计其装置前先确定起动系统的类型。为了良好的抗扰性，建议不要将电子设备连接到起动电机的端子上。

B.3 辅助抑制技术

瞬态抑制的实际方法可由以下一种或多种方式获得：

- a) 对敏感设备提供“干净的”独立电源；
 - b) 在线束的关键点处插入集中抑制元件；
 - c) 使用具有低通滤波器性能的线束；
 - d) 合理布线。
-