

	编号 Code	VS-00. 35. 00-T-11001-A1-2017
	代替 Instead	
	发布日期 Release date	2017-06-15

电器部件电磁兼容测试规范

Electromagnetic Compatibility Requirements and Test Procedures for
Electrical/Electronic Components and Subsystems

前 言

本规范由汽车工程研究总院智能化开发中心编制。

本规范主要起草人：吴仁钢、熊荣飞、郭迪军、陈渝、李旭。

本规范历次发布情况：

——VS-00. 35. 00-T-11001-A1-2017 于 2017 年 06 月 15 日首次发布。

数据发放给 中国汽车工程研究院股份有限公司，请保密

目 录

1. 范围	3
2. 规范性引用文件	4
3. 术语和定义	6
3.1 规范引用术语	6
3.2 器件功能和性能等级定义	8
3.3 电器部件分类	9
3.4 电器部件测试项目选择	9
3.5 零部件电磁兼容试验通用测试条件	10
4. 辐射发射测试	12
4.1 试验条件	12
4.2 试验准备	12
4.3 试验步骤	13
4.4 数据处理及分析	13
4.5 评价标准	14
5. 电源线传导发射测试	15
5.1 试验条件	15
5.2 试验准备	15
5.3 试验步骤	16
5.4 数据处理及分析	16
5.5 评价标准	16
6. 控制与信号线传导发射	17
6.1 试验条件	17
6.2 试验准备	17
6.3 试验步骤	18
6.4 数据处理及分析	18
6.5 评价标准	18
7. 低频磁场发射	19

7.1 试验条件.....	19
7.2 试验准备.....	19
7.3 试验步骤.....	20
7.4 数据处理及分析.....	20
7.5 评价标准.....	21
8. 瞬态传导发射测试	21
8.1 试验条件.....	21
8.2 试验准备.....	22
8.3 试验步骤.....	23
8.4 数据处理及分析.....	24
8.5 评价标准.....	24
9. 辐射抗扰度测试	24
9.1 试验条件.....	24
9.2 试验准备.....	25
9.3 试验步骤.....	25
9.4 数据处理及分析.....	25
9.5 评价标准.....	26
10. 大电流注入测试	26
10.1 试验条件	26
10.2 试验准备.....	26
10.3 试验步骤.....	27
10.4 数据处理及分析.....	27
10.5 评价标准.....	27
11. 发射器射频抗扰度测试	28
11.1 试验条件.....	28
11.2 试验准备.....	28
11.3 试验步骤.....	29
11.4 数据处理及分析.....	30
11.5 评价标准.....	30
12. 低频磁场抗扰度测试	31

12.1 试验条件	31
12.2 试验准备	31
12.3 试验步骤	32
12.4 数据处理及分析	32
12.5 评价标准	33
13. 电源线瞬态传导抗扰度测试	33
13.1 试验条件	33
13.2 试验准备	33
13.3 试验步骤	35
13.4 数据处理及分析	36
13.5 评价标准	36
14. 信号线瞬态传导抗扰度测试	40
14.1 试验条件	40
14.2 试验准备	40
14.3 试验步骤	41
14.4 数据处理及分析	42
14.5 评价标准	42
15. 静电放电测试	43
15.1 试验条件	43
15.2 试验准备	43
15.3 试验步骤	45
15.4 数据处理及分析	47
15.5 评价标准	47
附录	49

电器部件电磁兼容测试规范

1. 范围

本规范为指导整车所使用的电器部件满足电磁兼容法规以及用户使用体验需求而制定。本规范规定了电器部件电磁兼容的测试方法、容许发射的电磁干扰限值以及抗电磁干扰的要求，以保证车内电器设备之间、以及整车和周围环境之间的电磁兼容性。整车电器部件均满足本规范的要求之后方可按照《整车电磁兼容测试规范》开展整车电磁兼容试验。本规范自发布之日起，新签定的产品技术开发要求须按照本规范执行。

本规范适用于重庆长安汽车股份有限公司所有汽车电子电气部件和子系统，混合动力、纯电动汽车专用高压电器部件除了满足本规范要求之外还需满足 ECE R10.05 以及 CISPR 25 Ed. 4.0 中 Table I.1 高压屏蔽电源端口传导发射限值等级 4 的要求，涉及高压、低压、交流电的部件在不同电压等级之间的耦合衰减和屏蔽衰减应满足 9kHz~150kHz 屏蔽衰减高于 60dB 且符合 CISPR 25 Ed. 4.0 中 Table I.4 耦合衰减的等级 A3 要求（CISPR 25 Ed. 4.0 等级 4 由高压系统的耦合衰减和低压电源线传导发射限值确定）。

除满足本规范规定的要求外，供应商提供的电器部件在装车后还必须满足国家最新电磁兼容法规及整车使用环境对电磁兼容性能的要求。

供应商根据本规范制订测试方案与计划，并提交给长安电磁兼容小组审核。供应商需在长安认可的电磁兼容试验室完成测试方案与计划中规定的所有测试内容，且测试结果应满足本规范要求。若零部件测试过程中出现功能状态不满足长安 EMC 规范而供应商试图验证整改措施的情况，第三方实验室必须在测试前取得长安 EMC 部门的邮件确认，报告中应包含整改前后的测试结果、整改方案的详细描述，包含整改前后的照片对比、元器件参数变化。应由长安 EMC 部门、可靠性部门判断因为设计变更工装件需要重新验证的试验项目。

供应商所供应电器部件的电磁兼容性能获得长安认可后，不能未经长安电磁兼容部门允许作任何可能影响其产品电磁兼容特性的更改，若有相应变更，必须将变更前后的元器件参数、电路原理图、PCB 布置、实物照片和测试报告提交给电磁兼容部门对其电磁兼容性能进行重新评估，必要时必须再次进行试验验证。若产品在 PCB 布置、元器件选型、结构设计、材料选择和制作工艺等方面均未曾发生变更，其电磁兼容性能不会有改变，无须再进行电磁兼容试验。

过程控制试验（In Process Testing，简称 IPT）按照技术开发要求的规范版本测试，

被测件对外发射骚扰最多允许高于限值 2dB，抗干扰试验性能不允许降低。

本规范规定的测试样品数最小数量为 1 个。若对外发射测试的裕量小于 3dB，则长安公司有权要求供应商增加对外发射测试样件数量，任一样件超出限值则判定不合格。

自动驾驶汽车上安装的高级驾驶辅助系统(ADAS)相关部件的抗干扰性能除满足本规范要求之外，还应在超出本规范要求的极端电磁环境下维持整车安全状态。

长安公司保留为进一步确定电磁兼容问题而追加相关测试的权利，有权随时到测试现场对测试过程进行评估。

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。

CISPR 16-1-1	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus-measuring apparatus
CISPR 25 Ed. 4.0	Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers
ECE R10.05	Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility
IEC 60050-161	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility
ISO 7637-2	Road vehicles, Electrical disturbance by conduction and coupling Part 2-Vehicles with nominal 12V or 24V supply voltage-Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via supply lines
ISO 7637-3	Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling — Part 3: Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines
ISO 11452-2	Road vehicles, Electrical disturbances by narrowband

radiated electromagnetic energy- Component test methods

Part 2- Absorber-lined shielded enclosure

- ISO 11452-4 Road vehicles--component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy -- part 4: harness excitation methods
- ISO 11452-8 Road vehicles — Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy — Part 8: Immunity to magnetic fields
- ISO 11452-9 Road vehicles - Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy - Part 9: Portable transmitters
- ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- ISO 10605 Road vehicles - Test methods for electrical disturbances from ESD
- ISO 16750-2 Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 2: Electrical loads
- 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和测量方法
- GB/T 18387 电动车辆的电磁场发射强度的限值和测量方法
- GB/T 21437.2 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第 2 部分：沿电源线的电瞬态传导
- GB/T 21437.3 道路车辆 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
- GB/T 19951 道路车辆 静电放电引起的产生的电骚扰试验方法
- GB/T 29259 道路车辆 电磁兼容术语
- GB/T 6113.1 无线电骚扰和抗扰度测量设备规范
- GB/T 33014.1 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第 1 部分：一般规定

GB/T 33014.2	道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分：电波暗室法
GB/T 33014.4	道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第4部分：大电流注入（BCI）法
GB/T 27476.1	检测实验室安全 第1部分：总则
GB/T 27476.2	检测实验室安全 第2部分：电气因素
GB/T 27476.3	检测实验室安全 第3部分：机械因素
GB/T 27476.4	检测实验室安全 第4部分：非电离辐射
GB/T 27476.5	检测实验室安全 第5部分：化学因素
GB 8702	电磁环境控制限值
QC/T 1037-2016	道路车辆用高压电缆
YF-SJ08-2016	电磁兼容开发管理程序
VS-00.00-T-11001-A1-2015	整车电磁兼容测试规范

3. 术语和定义

3.1 规范引用术语

本规范采用以下术语和定义，其余采用 GB/T 29259 的术语和定义。

- 3.1.1 ALSE: Absorber-lined shielded enclosure, 电波暗室，带吸波材料的屏蔽室。
屏蔽室是专门设计用来隔离内外电磁环境的网状或薄板金属壳体。
- 3.1.2 BB: Broad band emissions, 宽带辐射，带宽大于特定测量设备或接收机带宽的电磁辐射。信号脉冲重复频率（Hz）小于仪器的测量带宽，也视作宽带发射。
- 3.1.3 NB: Narrow band emissions, 窄带辐射，带宽小于特定测量设备或接收机带宽的发射。信号的脉冲重复频率（Hz）大于仪器的测量带宽，也视作窄带发射。
- 3.1.4 BCI: Bulk Current Injection, 大电流注入。一种将共模射频电流耦合到线束的测试方法。
- 3.1.5 CE: Conducted emission, 传导发射测试。
- 3.1.6 CI: Conducted immunity, 传导抗扰度测试。
- 3.1.7 DUT: Devices under test, 被测物，可能代指任何汽车电器部件。
- 3.1.8 EMI: Electro Magnetic Interference, 电磁干扰，任何会影响电气/电子设备正常工作的电磁现象。

- 3.1.9 ESD: Electrical static discharge, 静电放电。
- 3.1.10 I/O: Input and Output, 输入和输出。
- 3.1.11 PCB: Printed Circuit Board, 印刷电路板。
- 3.1.12 RE: Radiated emission, 辐射发射。
- 3.1.13 RI: Radiated immunity, 辐射抗扰度。
- 3.1.14 短时工作设备: 需要人为控制, 工作时间短的电器部件, 专指车窗电机、车锁、EPBi、后视镜调节电机、洗涤器电机、座椅调节电机、风门执行器电机。
- 3.1.15 自动循环设备: 不需要人为控制输入, 能够自动循环工作的电器部件, 如散热器风扇、ABS、AMT、油泵。对于电磁兼容性, 将这类部件看作长时工作设备。
- 3.1.16 断电状态: 被测设备未与蓄电池连接, 断开所有接头, 所有可开启功能未开启。
- 3.1.17 空气放电: ESD-Air Discharge, 将静电发生器的电极靠近被测件, 通过向测试区域放出电弧来完成放电过程的测试方法。
- 3.1.18 接触放电: ESD-Contact Discharge, 先将静电发生器的电极接触试验件, 再按下发生器上的开关以向试验件放电来产生放电过程的一种测试方法。
- 3.1.19 绝缘体: 相对介电常数 <2.5 , 相对磁导率 <2 的非传导材料。
- 3.1.20 人工电源网络: 串接在 DUT 电源线上的网络, 它在给定频率范围内提供规定的负载阻抗, 并使 DUT 与电网相互隔离。
- 3.1.21 失效: 被测设备性能偏离设计要求或偏离测试计划中规定要求的现象。
- 3.1.22 替代法: 一种确定在实验室内规定参考点产生需要的无线电场强所需要的能量的办法。被测设备放置到实验室后, 使用先前确定的能量来产生需要的场强。
- 3.1.23 稳定性: 存在激励时, 被测设备的某一功能维持在要求指标内的能力。响应: 处于某种激励下时, 发生的可观测的 DUT 性能变化。
- 3.1.24 故障安全模式: 一种可预测的工作模式, 它的作用是: 当重大激励源导致工作可靠性降低时, 通过限制或停止正常工作, 尽可能地减少不良影响。激励源移除之后, 应能恢复正常工作, 同时不会导致功能的永久性损坏, 也不能破坏存储数据/诊断信息。除非是同频干扰导致通信失效, 任何电器部件的故障安全模式会导致部件/系统/整车工作状态发生改变的功能都不应被电磁兼容测试所施加的激励信号所触发或取消。
- 3.1.25 《美国自动驾驶汽车政策指南》对系统安全的要求: 厂商及其他机构应该以高度自动驾驶系统不存在不合理的安全性风险为目标, 并基于系统工程方法上进行鲁

棒性设计和验证过程。该过程应该包含当车辆在电力、电子、机械失效或者软件错误时维持安全状态的功能。

3.2 器件功能和性能等级定义

3.2.1 功能分类：根据电器部件在汽车安全行驶过程中的重要性，将电器部件的功能划分为以下 3 类：（附录 A 给出了功能类型划分的例子）

表 1 电器部件功能分类

功能	描述
D 类	主动安全系统、被动安全系统、高级驾驶辅助系统(ADAS)、定速巡航、驱动电机或发动机转速限制、电动助力转向系统、发动机转速稳定性、变速器档位稳定性、底盘稳定系统、刹车系统及其相关的功能及其总线通讯。
C 类	会影响驾驶员驾驶或控制车辆或者会影响道路其它使用者判断的功能及其总线通讯； 驾驶员和乘客能主观感受的功能及其总线通讯，涉及产品说明书中所有功能； 车辆数据采集和记录功能及其总线通讯；
B 类	D 类和 C 类未定义的功能，非永久安装在车内的电器部件；

3.2.2 性能状态：将 DUT 置于一定外部干扰下，DUT 功能的性能要求划分为 5 级：

表 2 电器部件性能状态分类

等级	描述
I 级	装置或系统在施加骚扰期间和之后，能执行其预先设计和测试前的所有功能，性能表现和施加骚扰之前的工作状态无任何区别。 高级驾驶辅助系统(ADAS)遇到电力、电子、机械失效或者软件错误时也应保持整车安全状态。
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，可能有一项或多项功能的性能表现在不影响安全驾驶且不应影响乘客主观舒适性的限度内超出产品开发技术要求规定的范围，所有功能在停止施加骚扰之后，能自动恢复到正常工作范围内。不允许永久性存储器或临时存储器存储的数据在骚扰期间被改变。例如车内照明因电源电压升高而亮度变亮。
III 级	装置或系统在施加骚扰期间，在不影响安全驾驶且不应影响乘客主观舒适性的限度内，不执行其预先设计的一项或多项功能，但在停止施加骚扰之后能自动恢复到测试前工作状态或按照设计的故障安全模式恢复工作。例如收音机扬声器发出啸叫。
IV 级	装置或系统在施加骚扰期间，在不影响安全驾驶且不应影响乘客主观舒适性的限度内，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，并通过简单的重新上电、更换保险丝

	等操作或使用复位动作，才能自动恢复到正常工作状态。
V 级	装置或系统在施加骚扰期间和之后，不能出现永久性的损坏或任何性能降低；所有 I/O 端口的频率-阻抗特性、电阻、电容、漏电流等电气参数变化不能超出技术规范要求或额定值的 10%。

3.3 电器部件分类

根据电器部件的工作原理和组成，分为以下 9 类：

表 3 电器部件类别

类别	描述
P	仅包含无源器件的电器部件或模块。 例如：电阻、电容、防反/钳位二极管、热敏电阻、压敏电阻、PTC 发热器、触点开关 LED 背光(测试 BCI、CTI、ESD)、无控制电路的 LED 灯具。
R	电感、电磁继电器、电磁阀、线圈和电喇叭（内部含有有源器件的电喇叭属于 AX 类器件）。
BM	电刷整流电动机。
EM	内部带有控制电路的电机。
A	含有有源器件的电器模块。 例如：开关电源、控制器、放大器、显示器、LED 灯具(内置控制电路)。
AS	由其它模块中的稳压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输入信号的传感器。
AM	包含磁敏感元件的模块或者是外部连接有磁敏感元件的模块。 例如：电磁传感器、霍尔传感器、收发信号频率在 50Hz~300kHz 的器件。
AX	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。 例如：BCM、EPS、PEPS、TCU、BMS、VCU、DC/DC、IPU、OBC 等。
AW	无外部线束的模块，例如遥控钥匙、智能钥匙、TPMS 发射器。

3.4 电器部件测试项目选择

并非所有电器部件要进行本规范中规定的所有测试。对于不同类型的电器部件需要进行的测试内容见表 4（“★”表示需要测试，☆表示视其工作原理、工作频率、安装位置、相关测试结果，经过《长安电器部件电磁兼容试验偏离许可申请审批表》确定是否测试）。
例：若 BM 器件的电源线传导发射测试结果全频段内峰值检波结果低于平均值限值 6dB 且 FM 频段骚扰峰值低于 20dBμV，综合之前其他数据和内部滤波电路对比，则可确定不必测试辐射发射。

对于测试计划中规定要测试的测试项目，每个工作状态都应单独测试。电器部件的电磁兼容试验从需要测试的项目中优先级最高的依次测试，优先级从高到低排序：静电放电

→ 电源线瞬态传导抗扰度 → 瞬态传导发射 → 其他测试项目。

表 4 电器部件 EMC 测试项选择表

测试内容	ID	电器部件类别								
		无源模块	感性装置	电机		有源模块				
		P	R	BM	EM	A	AS	AM	AX	AW
辐射发射	RE01		☆	☆	★	★	★	★	★	★
电源线传导发射	CE01			★	★	★	☆	★	★	
控制与信号线传导发射	CE02				★	★	★	★	★	
低频磁场发射	ME01				☆	☆			☆	
瞬态传导发射	CTE01		★	★	☆				★	
辐射抗扰度	RI01				★	★	★	★	★	
大电流注入	RI02	☆			★	★	★	★	★	
发射器射频抗扰	RI03				★	★	★	★	★	★
低频磁场抗扰度	RI04				☆	☆	☆	★	☆	★
电源线瞬态传导抗扰度	CI01	★			★	★		★	★	
信号线瞬态传导抗扰度	CI02				★	★	☆	★	★	
静电放电	ESD	★	☆		★	★	★	★	★	★

3.5 零部件电磁兼容试验通用测试条件

职业健康：抗扰度测试设备可能会产生超过安全限度的电磁场，实验室应采取措施保证试验人员工作环境满足 GB 8702 的要求。

试验安全：试验人员应按照 GB/T 27476 系列标准的要求审视试验样品、试验设备的风险，保证试验过程安全。实验室应至少每年组织安全风险因素的识别培训，并做好记录。

3.5.1 试验样本状态：

符合《电器性能试验/评价样件（样车）准入检查管理程序》的试验样件，供应商填写准入条件中的《零部件出入库检查成绩单》。测试前，供应商需提交《长安电器部件 EMC 测试方案和计划》和《电器部件 EMC 方案自查评估报告》给长安 EMC 部门审核。

供应商依据长安 EMC 部门审核通过的测试方案与计划到长安指定的第三方检测机构进行零部件电磁兼容测试。测试之前，供应商应依据长安审核的测试方案与第三方检测机构预约试验时间等相关事宜。

3.5.2 负载模拟器：

负载模拟器是一个模拟 DUT 在实车上工作时负载和环境的屏蔽壳体，它能够对 DUT 的功能进行检测并监控被测件在测试中的工作状态，测试中应使用模拟汽车系统的负载模拟器来使得 DUT 正常工作。负载模拟器由供应商负责制作，如果可以的话，尽量使用汽车上的实际部件来作为模拟负载，尤其对于感性和脉宽调制电路。在实际负载难以实现的情

况下,才选择负载模拟器。负载模拟器的外壳和测试桌的接地平板相连与否应在测试方案中明确规定。供应商提供的模拟器必须能够正确模拟 DUT 的负载特性和输入/输出端口在远端的电平状态、频率-阻抗特性,如等效的电阻、电容、电感和其他控制器接口等效电路。简单的电阻不能作为负载模拟器,除非能够说明实车条件下 DUT 的负载与之一致。若供应商不能确定外部接口特性,则按照经过长安 EMC 部门确定的最大对外骚扰和最容易受到外部干扰的连接方式实施测试。用于指示负载工作状态的 LED 灯应具备一定的滤波措施;CAN 总线设备接口应对 CANH 和 CANL 使用双向 TVS、Y 电容、磁珠作滤波处理;模拟信号输出应提供接口便于连接模拟信号光纤转换器。

测试线束用于连接 DUT 和负载模拟器、人工电源网络或蓄电池电源、测试设备、监测设备,线束长度为 1.7 米~2.0 米。测试线束两端使用连接器连接 DUT 和负载箱/模拟负载,无法使用连接器的情况应保证线束的规整,保证连接可靠。线束中各电缆长度一致、捆扎整齐,测试电缆的线材和实车使用的线材保持一致。

3.5.3 测试负荷:

测试过程中,需要确保 DUT 发射出正常工况下可能产生的最大的骚扰能量,根据 DUT 在汽车上的实际工作条件设置不小于额定负荷 80%的机械或电气负荷。为保证 DUT 在测试过程中正常工作,测试过程中 DUT 所有连接传感器、执行器等负载的接口需连接能够模拟整车负载条件的负载模拟器。

若输入外部模拟音频信号或数字(MP3 等)音频信号给 DUT,音频信号的频率应是 400Hz。影音娱乐系统在 FM 模式抗扰度测试中收听 87.5MHz 底噪,不允许输入 FM 信号。

3.5.4 被测物负极与金属外壳的连接:

如果 DUT 外壳为金属,且在实车上 DUT 外壳与车身可靠连接,那么测试时 DUT 应直接放置在测试桌面上,外壳通过接地线和水平参考地平板连接;如果 DUT 外壳在实车上与车身无可靠的电连接,那么测试时 DUT 应放置在 50mm 厚的绝缘体上。如果不能确定 DUT 在实车上的安装情况,那么两种情况均要进行测试。

3.5.5 被测件的摆放方向:

辐射发射、辐射抗扰度测试中,不同方向的电磁发射和抗干扰性能有差异的部件(组合仪表、车载多媒体信息终端、空调控制器、开关……等)朝向用户接触方向的一面和接插件一面分别测试。没有前面板的部件和金属外壳部件只测试天线对准接插件方向。

3.5.6 RE、CE 测试接收机的参数设置:

按照 CISPR 25 第 4.4 节的规定,测量接收机应符合 CISPR16-1-1 的要求,手动和自

动频率扫描方式均可。扫描接收机最小驻留时间应符合 CISPR16-2-3 的要求，测量仪器的本底噪声值至少比所选限值低 6dB。要求的驻留时间、最大步长和带宽如表 5 所示。测量短时工作设备(锁电机、电喇叭)的时候，可采用 FFT 模式或频谱仪模式。其余设备按照 CISPR 25 的要求执行。根据市场和配置需求，FM、DAB 等频段的电磁骚扰测量采用与本规范不同的检波带宽应在测试方案中明确规定。

表 5 接收机的参数设置

频带	峰值检波			平均值检波		
	带宽	步长	驻留时间	带宽	步长	驻留时间
100Hz~ 400 Hz 9 kHz	任意	自动	1s	任意	自动	1s
0.4~9 kHz	200Hz	100Hz	50ms	200Hz	100Hz	50ms
9~150 kHz	200Hz	100Hz	50ms	200Hz	100Hz	50ms
0.15~30 MHz	9kHz	5kHz	50ms	9kHz	5kHz	50ms
>30 MHz (除 GNSS 以外的频带)	120kHz	50kHz	5ms	120kHz	50kHz	5ms
GNSS: 1550~1615 MHz	9kHz	5kHz	20ms	9kHz	5kHz	20ms

3.5.7 RI 抗扰度测试设备应满足 ISO11452-1 的要求。

3.5.8 CI 抗扰度设备应满足 ISO7637 的要求。

3.5.9 抗干扰测试过程中，需要监测零部件技术开发要求中定义的所有功能和性能参数，包括但不限于：I/O 端口的电压电流、PWM 信号、CAN/LIN 总线报文；测试结束之后立即检查其内部 FLASH 存储的数据是否被意外修改。

3.5.10 试验设备：CISPR 25 汽车电磁兼容暗室、辐射发射测试系统、传导发射测试系统、低频磁场发射测试系统、瞬态传导发射测试系统、辐射抗干扰测试系统、大电流注入测试系统、发射器射频抗干扰测试系统、低频磁场抗干扰测试系统、瞬态传导抗干扰测试系统、静电放电测试系统。

4. 辐射发射测试

4.1 试验条件

4.1.1 温湿度：常温，相对湿度低于 95%。

4.1.2 实验室背景噪声：测试之前，应检查背景噪声(即打开除 DUT 之外的所有设备，包括输入信号)至少应低于测试项目相应限值线 6dB，如果背景噪声不能满足上述要求，则在排除测试布置的问题之前不得进行测试。在某些输入脉冲或转速信号的测试中，可能需要在信号发生器输出端串联带通滤波器或衰减器或者延长脉冲上升下降时间以满足背景噪声要求。测试布置背景噪声的图表应包含在测试报告中。

4.2 试验准备

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

4.2.1 检查试验样件

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能,只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

4.2.2 试验布置

可参照 CISPR 25 标准中的 ALSE 方法进行,测试布置见图 1 所示。

被测件应放在接地平板上 50mm 厚的绝缘体上。对于外壳为金属,且技术要求中明确规定其金属外壳必须与车身电气连接的 DUT,将其金属外壳与接地平板相连接。DUT 的接地方式应记录在测试计划与测试报告中。

若测试频率小于 30MHz 时,采用垂直极化方式进行测试;测试频率在 30MHz 以上时,应分别采用垂直和水平极化方式进行测试;测试频率大于 1GHz 则天线正对 DUT 中心,若有前面板,则分别测试天线正对前面板和接插件两个位置。

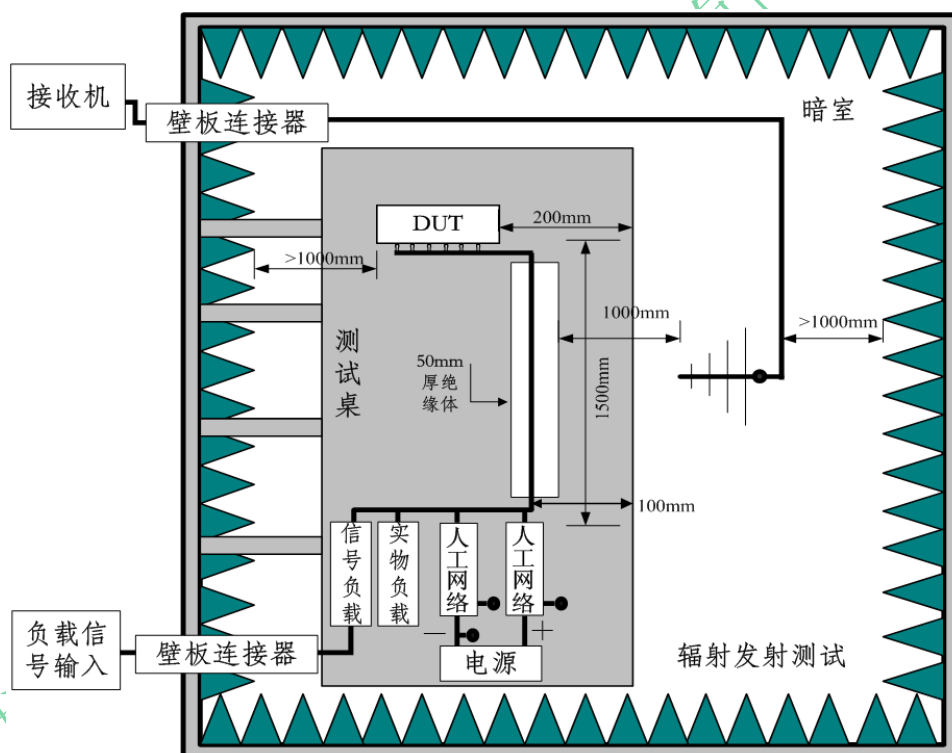


图 1 辐射发射测试布置

4.3 试验步骤

对被测物（DUT）上电测试,测试过程中记录测试频段及测试数据。

4.4 数据处理及分析

4.4.1 测试软件自动将测试数据绘制成频谱图表,可按测试频段分多张图表。

4.4.2 将图表中能表现骚扰频率特征的频点和超出/接近限值线的频点记录在试验报告

中。

4.5 评价标准

4.5.1 辐射发射限值要求

辐射发射限值线如下表 6，对于短时工作设备，峰值检波的限值可增加 6dB μ V/m，但应在整车上验证此器件工作时对图像、声音、收音等性能没有任何影响。在整车上安装在 RKE 或 TPMS 接收天线周围 200mm 范围之内的部件适用于括号内的限值。

表 6 辐射发射限值要求

频带	频率范围 f (MHz)	限值 A, 平均值检波 (dB μ V/m)	限值 B, 峰值检波 (dB μ V/m)
LW	0.15~0.3	46	66
MW	0.53~1.8	36	56
SW	5.9~6.2	32	52
CB	26~28	32	52
VHF	30~54	32	52
TV Band 1	41~88	30	40
VHF	68~87	27	47
FM	74~110	30	50
VHF	142~175	27	47
TV Band 3	174~230	34	44
DAB3	171~245	28	38
RKE	300~330	30	44
RKE、TPMS ^注	420~450	24 (19)	38 (25)
Analogue UHF	380~512	30	50
DTTV	470~770	47	57
TV Band 4/5	468~944	43	53
UHF	820~960	36	56
GSM 800	860~895	36	56
GSM 900	925~960	36	56
DABL Band	1447~1494	30	40
GNSS	1550~1615	10	40
GSM 1800	1803~1882	36	56
GSM 1900	1850~1990	36	56
3G / IMT 2000	1900~2180	36	56
SDARS	2320~2345	36	46
Blue thooth	2400~2500	36	56
5G / IMT-2020	3300~3800	36	56
5G / IMT-2020	4800~5000	36	56
ECE R10.05 ESA	30~75	52-25.13*log(f/30)	62-25.13*log(f/30)
ECE R10.05 ESA	75~400	42+15.13*log(f/75)	52+15.13*log(f/75)
ECE R10.05 ESA	400~1000	53	63
	0.15~30	63	73
	1000~2500	63	73

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

5. 电源线传导发射测试

5.1 试验条件

详见本规范 3.5 节与 4.1 节。

5.2 试验准备

5.2.1 检查试验样件

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能,只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

5.2.2 试验布置

可参照 CISPR 25 标准中车辆零部件和模块的电压测量方法,测试布置见图 2。

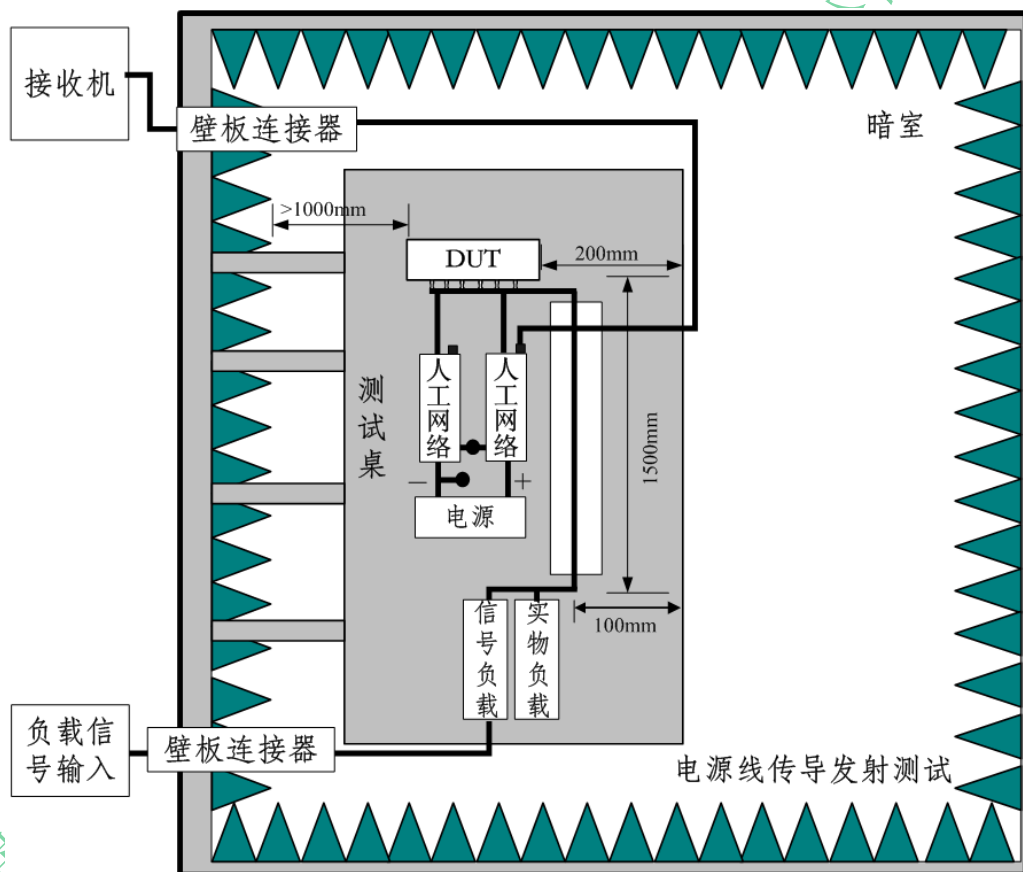


图 2 电源线传导发射测试布置

若技术要求规定 DUT 安装在汽车上的电源负极线长度小于 200mm,将 DUT 电源负极线直接与接地平板相连接,可不使用电源负极 LISN。若 DUT 的电源线负极长度大于 200mm 则电源正负极均与 LISN 连接。DUT 的接地方式应记录在测试计划与测试报告中。需将人工电源网络在 9 kHz~108 MHz 的校正因子输入测试软件中,注意检查校正因子在对数坐标上的平滑程度。

如果零部件有多路独立供电输入或供电输出(例如 BAT、ACC、IGN、ILL、ANT),应对

本文件内容属于长安公司机密,无长安公司正式书面授权,任何单位或个人不得扩散或泄露。

每一路都分别测试。当前未测试的电源输入端应直接连接汽车蓄电池，当前未测试的输出端接模拟负载。当测试电源输出端的时候，LISN 原来接蓄电池的端子连接该端子的模拟负载(参考 GB/T 18655 所规定的发电机测试布置)。同一个功能定义的电源在使用多条线路并联供电才能满足零部件工作电流需求的情况下，应将所有供电线路并联接到人工网络。

5.3 试验步骤

对被测物（DUT）上电测试，测试过程中记录测试频段及测试数据。

5.4 数据处理及分析

5.4.1 测试软件自动将测试数据绘制成频谱图表。

5.4.2 将图表中能表现骚扰频率特征的频点和超出/接近限值线的频点记录在试验报告中。

5.5 评价标准

5.5.1 传导发射限值要求

测试电源线传导发射的器件应同时满足峰值检波和平均值检波要求，见表 7。测试频率范围为 9kHz~110 MHz，对于表中有重叠的频段，限值按严格的要求执行。

表 7 电源线传导发射限值要求

频带	频率范围 f (MHz)	限值 A, 平均值检波 (dB μ V)	限值 B, 峰值检波 (dB μ V)
Audio	0.009~0.015	110	N/A
PEPS	0.015~0.15	110-40*Log($f/0.015$)	N/A
LW	0.15~0.3	70	90
	0.3~0.53	76	96
MW	0.53~1.8	50	70
	1.8~5.9	56	76
SW	5.9~6.2	45	65
	6.2~26	51	71
CB	26~28	36	56
	28~30	42	62
VHF	30~54	36	56
TV Band 1	41~88	36	46
VHF	68~87	30	50
FM	74~110	30	50

5.5.2 测试结果评价

根据测试数据和图表，检查测试数据是否处于表 7 的限值线以下，如果骚扰幅值低于

6.1 试验条件

详见本规范 3.5 节与 4.1 节。

6.2.1 检查试验样件

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能,只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

可参照 CISPR 25 标准中车辆零部件和模块的电流探头测量方法，电流探头距 DUT 距离 50mm 和 750mm，最少进行 50mm 位置的测试。应将除天线馈线以外所有线束卡在电流探头内，屏蔽电缆和其他电源线束距离 100mm 单独测试传导发射电流法，FM 天馈线不测试传导发射电流法；对于新能源汽车部件不同电压等级接插件线束应分别测试；对于不同走向的接插件应分别测试。因为低频骚扰可能包含差模和共模信号，测试 100Hz~0.15MHz 时，需要测试将电源负极、同轴信号线置于电流探头之外、将除同轴电缆之外的所有线束置于电流钳之内两种状态；对于外壳接地的被测件，分别测试将同轴电缆置于电流探头之外、将同轴电缆和电源负极置于电流钳之外两种状态。测试布置见图 3。

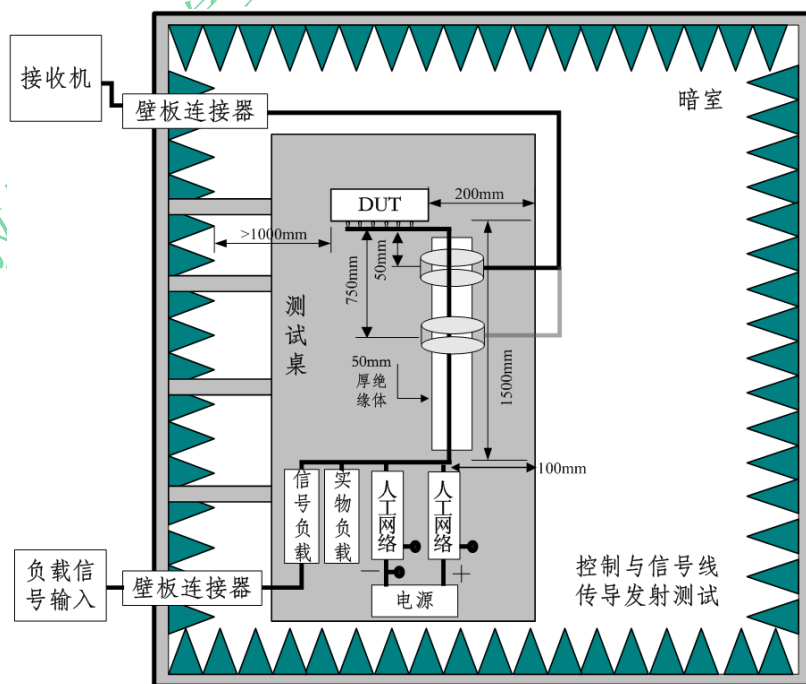


图 3 控制控制与信号线传导发射测试布置

6.3 试验步骤

对被测物（DUT）上电测试，测试过程中记录测试频段及测试数据。

6.4 数据处理及分析

6.4.1 测试软件自动将测试数据绘制成频谱图表。

6.4.2 将图表中能表现骚扰频率特征的频点和超出/接近限值线的频点记录在试验报告中。

6.5 评价标准

6.5.1 传导发射限值要求

除 AS 类器件只需满足平均值检波限值要求之外，其余要求测试控制与信号线传导发射的器件应同时满足峰值检波和平均值检波要求，见表 8。需将电流探头在 100Hz~110MHz 的校正因子输入测试软件中。

测试频率范围为 100Hz~110MHz，对于表中有重叠的频段，限值按严格的要求执行。若被测件测试中需要使用前置放大器。

表 8 控制与信号线传导发射限值要求

频带	频率范围 f (MHz)	限值 A，平均值检波 (dBμA)	限值 B，峰值检波 (dBμA)
Audio	0.0001~0.001	$130-20*\log(f/0.0001)$	N/A
Audio	0.001~0.015	110	N/A
PEPS	0.015~0.15	$110-60*\log(f/0.015)$	N/A
LW	0.15~0.3	50	70
	0.3~0.53	56	76
MW	0.53~1.8	22	42
	1.8~5.9	28	48
SW	5.9~6.2	11	31
	6.2~26	17	37
CB	26~28	2	22
	28~30	8	28
VHF	30~54	2	22
TV Band 1	41~88	2	12
VHF	68~87	-4	16
FM	74~110	-4	16

6.5.2 测试结果评价

根据测试数据和图表，检查测试数据是否处于表 8 的限值线以下，如果骚扰幅值低于限值线则测试结果合格，高于限值线则测试结果不合格。

7.2.3 频谱仪设置

测量带宽为最大不超过 3kHz；最小扫描时间不超过 100ms；PK 检波器设置为最大值保持模式。将环形天线、放大器、电缆在 20Hz~150kHz 频段的校准因子输入频谱仪或接收机中，测试前需检查修正参数是否正确启用。

表 9 低频磁场发射频谱仪设置要求

频率范围	6dB 带宽 kHz	最小测量时间 ^a
0.02kHz~1kHz	0.01	0.015s/Hz
1kHz~10kHz	0.1	0.2s/kHz
10kHz~150kHz	1	0.02s/kHz
150kHz~200kHz	3kHz	0.02s/kHz
a. 可选的扫描技术：在使用最大值保持功能且总扫描时间不小于以上规定的最小测量时间时，可以用多次扫描速度更换的扫描替代。		

7.3 试验步骤

对被测物（DUT）上电，按如下步骤获取测试数据：

- a) 将探头的环形轴心对准 DUT 一个面，对于 DUT 每个面，均需要测量接收机或频谱仪在整个频率段内扫描，取整个频段内的峰值保持作为结果，找出最大辐射的频率点和幅值裕量最小的频率点；
- b) 并将测量接收机或频谱仪设置于最大频率点或幅值裕量最小的频率点，频谱分析仪在峰值检波器最大值保持模式下沿被测件一个面或沿着线束缓慢移动环形天线（保持 70mm 距离），监测测量接收机或频谱仪的输出，记录下该频率点的最大读数；
- c) 在距最大辐射点或幅值裕量最小的频率点 70mm 处，调整环形天线平面的方向，使测量接收机或频谱仪得到一个最大的读数并记下此读数；
- d) 对被测件的每个表面和每条线束均要进行 a) ~c) 的操作。

注：推荐快速扫描以发现最大磁场干扰源位置。可用较大的带宽（例如 100kHz 或者更大）来完成快速扫描过程，一旦发现 DUT 所有面的最大发射源（在探头的每个方向），降低测量带宽集中在 DUT 的该区域进行准确的测量。

7.4 数据处理及分析

7.4.1 报告中应记录 DUT 六个表面的 XYZ 探头方向的最终最大峰值、最小裕量和频率的图表。

7.4.2 将图表中能表现骚扰频率特征的频点和超出/接近限值线的频点记录在试验报告中。

7.5 评价标准

7.5.1 低频磁场发射的限值要求

测试之前需将环形天线、放大器、电缆在 0.02kHz~150kHz 频段的校准因子输入频谱仪或接收机中。限值公式中的频率 f 单位为 kHz，限值见表 10。

表 10 低频磁场发射限值要求

频率 f (kHz)	峰值检波限值 (dBpT)
0.02~1	162
1~100	$162-40*\text{Log}(f/1)$
100~200	62

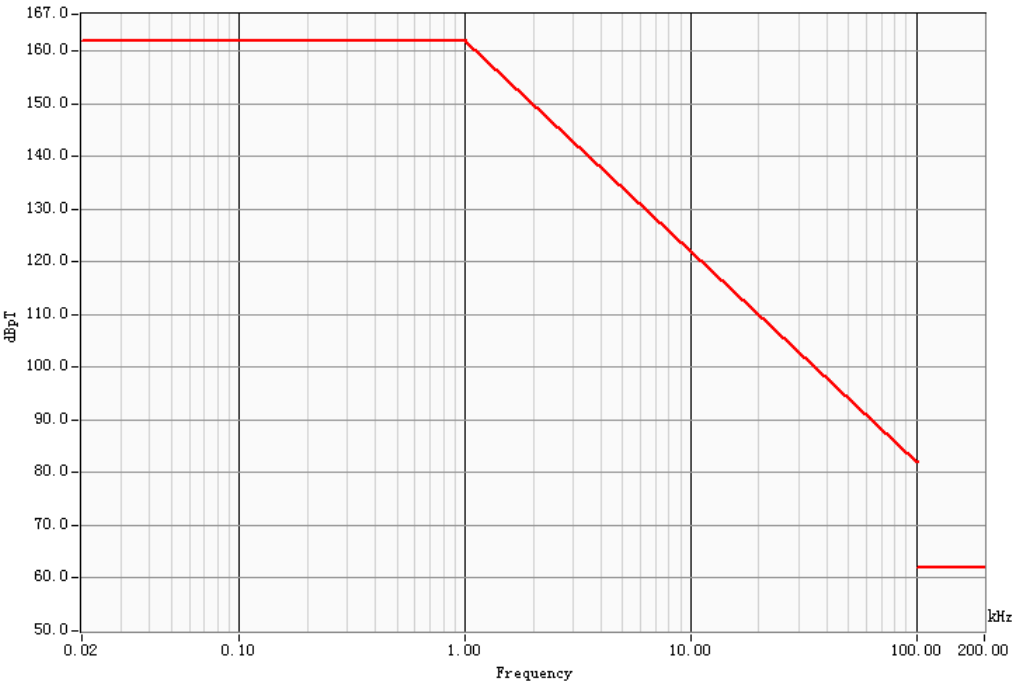


图 5 磁场发射试验限值（0.02kHz~200kHz）

7.5.2 测试结果评价

PEPS 系统在 100kHz~150kHz 豁免限值要求。
根据测试数据和图表，检查测试数据是否处于表 10 的限值线以下，如果骚扰幅值低于限值线则测试结果合格，高于限值线则测试结果不合格。

8. 瞬态传导发射测试

8.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

8.1.1 试验仪器

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

应在瞬态传导发射测试中使用继电器或与零部件应用条件一致的机械开关进行测试。长安 EMC 部门指定如下的汽车继电器作为开关（如图 6 所示）：DUT 堵转或峰值电流低于 40A 的使用 HFV4 012-1H1GR 型或等效的继电器，DUT 堵转或峰值电流高于 40A 但低于 70A 的使用 HFV7 012-HT-R 型或等效的继电器。可使用电子开关自动循环接通、断开继电器，以提高重复精度。EMC 测试报告中应明确注明测试所使用的开关型号参数。

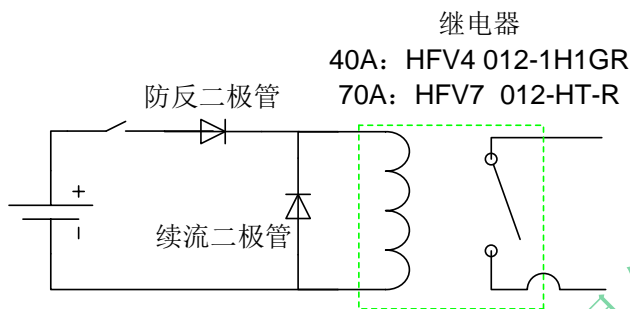


图 6 瞬态传导发射测试用继电器开关

DUT 供电的蓄电池电压应为 12.8 (+0.1/-0.3)V，应具备提供 100A 瞬时电流或两倍 DUT 堵转电流的能力。使用数字示波器进行电压测量，示波器采样率至少 2GSa/s，存储深度至少 2M 个采样点，带宽 500MHz。使用 1:100 的探头测量电压，例如 Agilent 10076B，-3dB 带宽 250MHz，探头电容小于 4 pF，上升时间小于 2ns。详见 ISO 7637-2 中的规定。

如果 DUT 是电机或执行器，除非分析表明不会出现堵转的情况，否则应在堵转条件下测试。为避免电机过热，每次堵转持续时间为 50ms~500ms 范围内。如果电机内部有过热保护措施（例如 PTC），将有可能限制或切断堵转条件下的电流，则应在避免 PTC 或保护措施影响的条件下测试。

如果 DUT 有多条电源线，则仅对连接感性电路的电源线测试瞬态传导发射，其余电源线连接蓄电池。

8.2 试验准备

8.2.1 检查试验样件

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

8.2.2 试验布置

可参照 ISO7637-2 标准中的电压瞬态发射试验的快变脉冲测试方法，按照图 7 所示的布置实施测试。LISN 应符合 ISO7637-2 要求，测试布置距离测试桌边缘至少 200mm。DUT 与人工网络之间的线缆长度为 (200±50)mm，开关与人工网络之间的线缆长度为 (100±

25) mm, 探头与 DUT 之间的线缆长度为 (50 ± 10) mm。

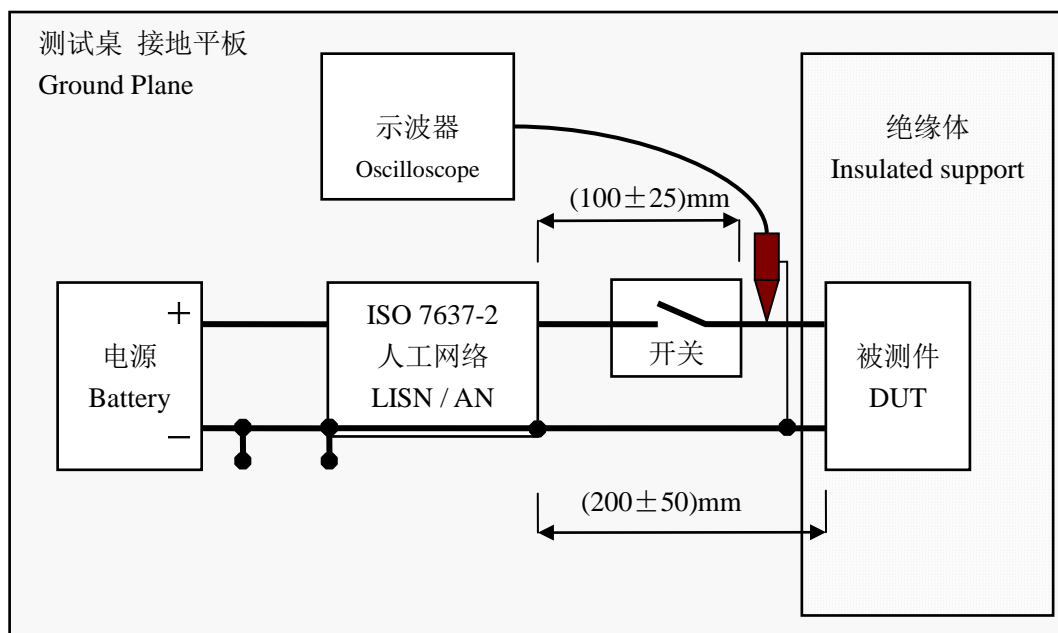


图 7 瞬态传导发射测试布置

8.3 试验步骤

测试前，通电工作一段时间，使用阻抗分析仪、LRC 电桥测量并记录 DUT 电源端口的电容、频率-阻抗特性、暗电流。

- 1) 闭合开关使 DUT 上电，确认 DUT 正常工作。
- 2) 设置示波器时基分辨率为 1ms/div。
- 3) 设置示波器触发模式为单个触发 (single shot)，设置触发电压为+10V。
- 4) 不断的断开闭合开关，检查示波器的触发功能是否正常。
- 5) 将示波器触发电压修改为+40V。
- 6) 将时基分辨率修改为 100us/div~1us/div，同时将示波器采样率调整到所选择时基能够实现的最高等级(至少 2GSa/s)，重复步骤 4。时基 (s/div) 的选择以最大脉冲上升沿和下降沿之间的脉冲占示波器时基 1 格为宜，幅值 (V/div) 的设置以脉冲波形占示波器显示屏的 50%高度以上为宜。
- 7) 断开/闭合开关，测试记录最大峰值。进行 30 次测试。
- 8) 调整示波器的触发脉冲为-40V，重复以上第 6~7 步。
- 9) 调整示波器的触发脉冲为-80V、+60V，重复以上第 6~7 步。

如果设置示波器触发脉冲为 $\pm 40V$ ，电压数据不能触发示波器记录数据，则认为电器部件符合瞬态传导发射要求。但也需不断下调触发电平，在试验报告中记录其最大瞬态脉

冲电压。电源线断开引起的瞬态电压，应在 DUT 稳定工作的状态下，断开开关 S 时刻开始测量。重复性的瞬态电压，应在开关 S 闭合的状态下进行。

10) 对于安装在整车上使用继电器或者机械开关触点控制的 DUT，需要在继电器线圈通电 20ms 立即断开的情况下测量因为机械触点接触不良所导致的 DUT 短时通电即断电所产生的瞬态电压。

测试后，使用阻抗分析仪、LRC 电桥测量并记录 DUT 电源端口的电容、频率-阻抗特性、暗电流。

8.4 数据处理及分析

8.4.1 将含有最大正幅度和最大负幅度的瞬态电压波形及相关参数记录在试验报告中。继电器线圈通电 20ms 立即断开的情况下测量数据单独记录。

8.4.2 将测试前后 DUT 端口的阻抗特性测试结果记录在试验报告中。

8.5 评价标准

8.5.1 瞬态传导发射限值要求

开关闭合和断开瞬间，DUT 在其任何电源线上产生的瞬态电压幅值应满足表 11 要求。

表 11 瞬态传导发射限值要求

DUT 电压等级	12V 系统	24V 系统
最大电平	+75 V	+150 V
最小电平	-100 V	-450 V

继电器线圈通电 20ms 立即断开的情况下零部件在其任何电源线上产生的瞬态电压不应导致 DUT 端口的阻抗、电气特性变化超过 10%；DUT 不应在测试过程中损坏。

8.5.2 测试结果评价

根据测试数据统计，若出现的最大正幅度和最大负幅度的瞬态电压超出本规范 8.5.1 节规定的限值则测试结果不合格。若瞬态电压满足上述要求则合格。

9. 辐射抗扰度测试

9.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

9.1.1 试验仪器

参照 GB/T6113.1 无线电骚扰和抗扰度测量设备规范执行。

9.2 试验准备

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

可参照 ISO 11452-2 标准中的 ALSE 测试方法,按照图 8 所示的布置实施测试。辐射抗扰度测试频率范围为 80MHz~2000MHz。测试频率大于 1000MHz 时,天线中心应正对 DUT 中心。分别用水平极化和垂直极化方向测试。

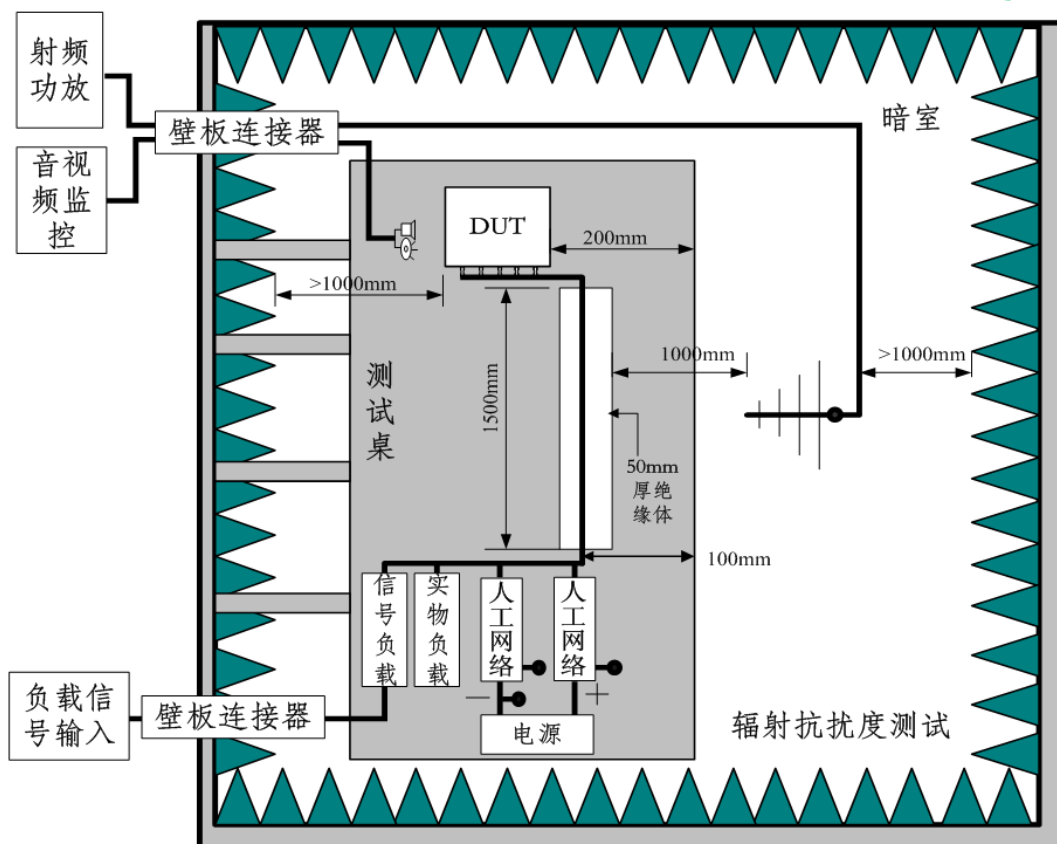


图 8 辐射抗扰度测试布置

9.3 试验步骤

- a) 将 DUT 和负载等连接，线束长度按照布置图要求执行；
- b) 按照布置图将测试天线、功放、功率计及信号源布置在相应位置；
- c) 接通 DUT 电源，按照测试计划的规定调整 DUT 的状态；
- d) 对测试计划中规定的每种测试状态分别测试，测试过程中记录出现异常现象的频段及相应测试数据(CAN 通信监测数据、模拟信号测量值等)。

9.4 数据处理及分析

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

9.4.1 上述测试过程中的试验记录、场强校准数据应包含在测试报告中。

9.5 评价标准

9.5.1 辐射抗扰度限值要求

调幅方式调制频率为 1kHz，调制深度 80%。每个频率点的驻留时间不小于 2s。辐射抗扰度测试信号设置详见表 12 所示。DUT 的雷达波抗扰度适用性由长安公司 EMC 部门根据零部件的安装环境和其功能重要性而确定。

表 12 辐射抗扰度骚扰信号参数

频率范围 (MHz)	步长 (MHz)	调制方式	天线极化 方向	等级 1 (V/m)	等级 2 (V/m)	等级 3 (V/m)
80~200	5	CW; AM 80%	垂直	80	80	100
200~400	5	CW; AM 80%	垂直	100	100	200
400~800	5	CW; AM 80%	垂直、水平	100	100	200
800~2000	10	CW; Pulsed PRR= 217.39 Hz, PD=577μs,周期 4600μs	垂直、水平	100	100	200
1200~1400	10	Pulsed PRR=300Hz, PD=3μs 周期 3333μs, 每秒 50 个脉冲	垂直	N/A	N/A	300V/m
2700~3100	20	Pulsed PRR=300Hz, PD=3μs 周期 3333μs, 每秒 50 个脉冲	垂直	N/A	N/A	300V/m

9.5.2 测试结果评价

根据测试过程中的结果，结果评价如下表。

表 13 辐射抗扰度功能状态要求

干扰等级	功能等级要求		
	B 类	C 类	D 类
等级 1	I		
等级 2		I	
等级 3			I

10. 大电流注入测试

10.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

10.1.1 试验仪器

参照 ISO 11452-4 的要求执行。

10.2 试验准备

10.2.1 检查试验样件

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有

所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

10.2.2 试验布置

可参照 ISO 11452-4 线束激励法标准中的 BCI 测试方法中的替代法,按照图 9a 和图 9b 所示布置实施测试。电流注入钳距离 DUT 为 450mm;对于包含传感器、多个电器部件组成的系统,测试位置还包括注入钳距离 DUT 750mm 位置。应将除天线馈线以外所有线束夹在注入钳之内,对于新能源汽车部件不同电压等级接插件线束应分别测试。对于附属于控制器的传感器或开关面板,若采用屏蔽电缆传输信号、远端没有接地且所有电缆均连接到一个控制器,则可不对此传感器或开关面板测试 DBCI。差模注入法测试中,若 DUT 在整车上是近端接地的,则将 200mm 负极电源线直接与接地平板搭接;若 DUT 在整车上是远端接地的,则将负极电源线放在电流钳外。

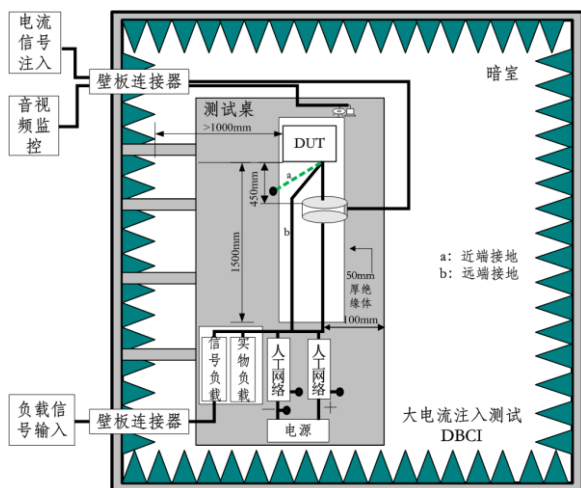


图 9a 大电流注入测试布置（差模）

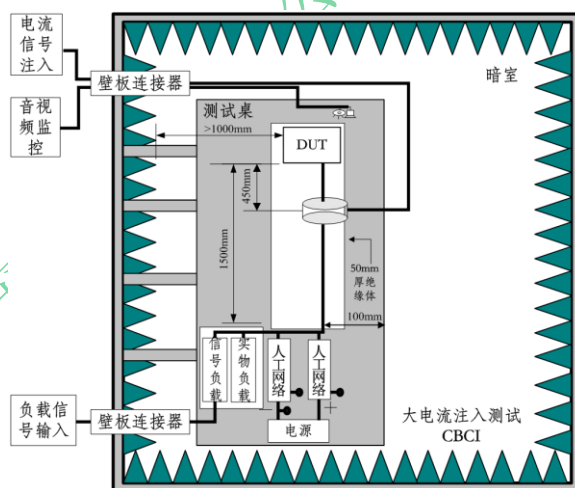


图 9b 大电流注入测试布置（共模）

10.3 试验步骤

- 将 DUT 和负载等连接,线束长度按照布置图要求执行;
- 按照布置图将电流注入钳、功放、功率计及信号源布置在相应位置;
- 接通 DUT 电源,按照测试计划的规定调整 DUT 的状态;
- 对测试计划中规定的每种测试状态分别测试,测试过程中记录出现异常现象的频段及相应测试数据(CAN 通信监测数据、模拟信号测量值等)。

10.4 数据处理及分析

10.4.1 上述测试过程中的试验记录、替代法注入电流校准数据应包含在测试报告中。

10.5 评价标准

10.5.1 大电流注入限值要求

调幅方式调制频率为 1kHz，调制深度 80%。每个频率点的驻留时间不小于 2s。大电流注入测试信号要求见表 14 所示。

表 14 大电流注入测试信号参数

注入方式	频带 f (MHz)	步长 (MHz)	调制方式	等级 1 (mA)	等级 2 (mA)	等级 3 (mA)
差模	0.1~1	0.05	CW; AM 80%	100	100	200
	1~30	1	CW; AM 80%	100	100	200
共模	1~200	1	CW; AM 80%	100	100	200
	200~400	2	CW; AM 80%	100	100	$200 \times 200/f$ (MHz)

10.5.2 测试结果评价

大电流注入测试结果要求见表 15 所示。

表 15 大电流注入功能状态要求

干扰等级	功能等级要求		
	B 类	C 类	D 类
等级 1	I		
等级 2		I	
等级 3			I

如果使用了电流监视探头，测得的数值应包含在测试报告中，仅限用于对比测试布置寄生参数、线束阻抗。

11. 发射器射频抗扰度测试

11.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。对于没有线束的模块(如智能钥匙、RKE 钥匙)，图中涉及到的线束和 LISN 不适用。

11.1.1 试验仪器

参照 ISO 11452-9 要求执行。因测试使用的天线型号对近场辐射抗扰度测试结果影响极大，故 360MHz~2700MHz 仅允许使用 Schwarzbeck 生产的 SBA9113+420NJ 型天线用于本测试。3GHz~6GHz 只允许使用 SBA 9119+420NJ 天线，且只允许天线和 DUT 距离 10mm。

11.2 试验准备

11.2.1 检查试验样件

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

11.2.2 试验布置

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

参照 ISO 11452-9 标准中的测试方法，按照如图 10、图 11 所示布置实施测试。天线距离 DUT 距离见表 16。

对于有前面板的部件，测试正面和背面；若零部件侧面距离可能接触到便携发射器位置的距离在 100mm 以内，则需测试侧面。

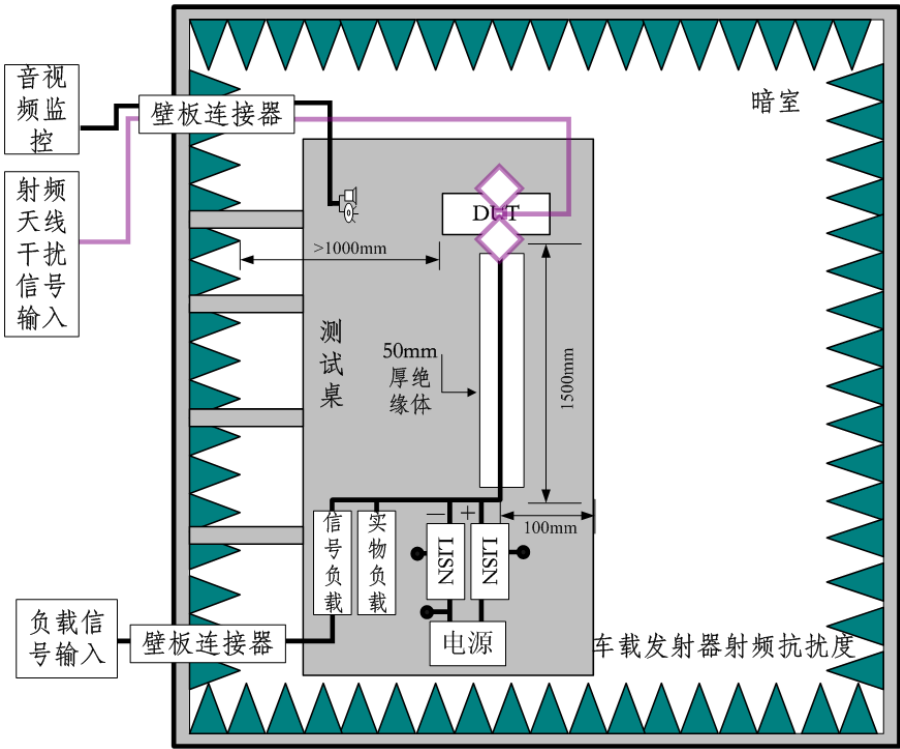


图 10 车载发射器射频抗扰度测试布置

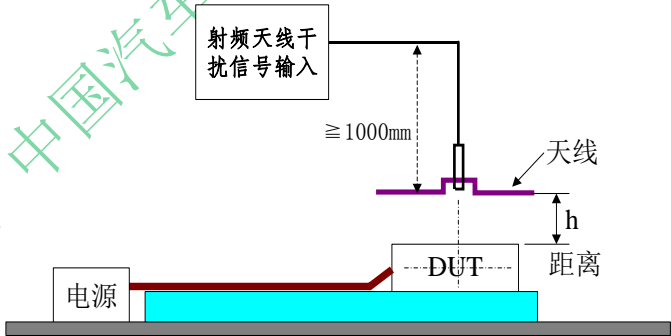


图 11 车载发射器射频抗扰度测试天线与 DUT 相对位置

表 16 车载发射器射频抗扰度测试天线与 DUT 相对位置

DUT 外壳及线束描述	射频天线与 DUT 距离要求 (h)
DUT 外壳及线束距离车载发射器或距离用户可接触位置直线距离 200mm 以上	50mm
DUT 外壳及线束距离车载发射器 200mm 以内或用户可能接触到	10mm

11.3 试验步骤

a) 将 DUT 和负载等连接，线束长度按照布置图要求执行；

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

- b) 按照布置图将测试天线、功放、功率计及信号源布置在相应位置;
- c) 接通 DUT 电源, 按照测试计划的规定调整 DUT 的状态;
- d) 对测试计划中规定的每种测试状态分别测试, 测试过程中记录出现异常现象的频段及相应测试数据 (CAN 通信监测数据、模拟信号测量值等)。

e) 由长安 EMC 部门根据零部件的结构、外壳材质、内部 PCB 上元器件布置位置在测试方案中规定车载发射器射频抗扰测试位置, 例如全金属外壳且屏蔽接地的部件、外形相比测试天线较小的部件只测试接插件线束位置, 典型测试位置详见图 12 所示。

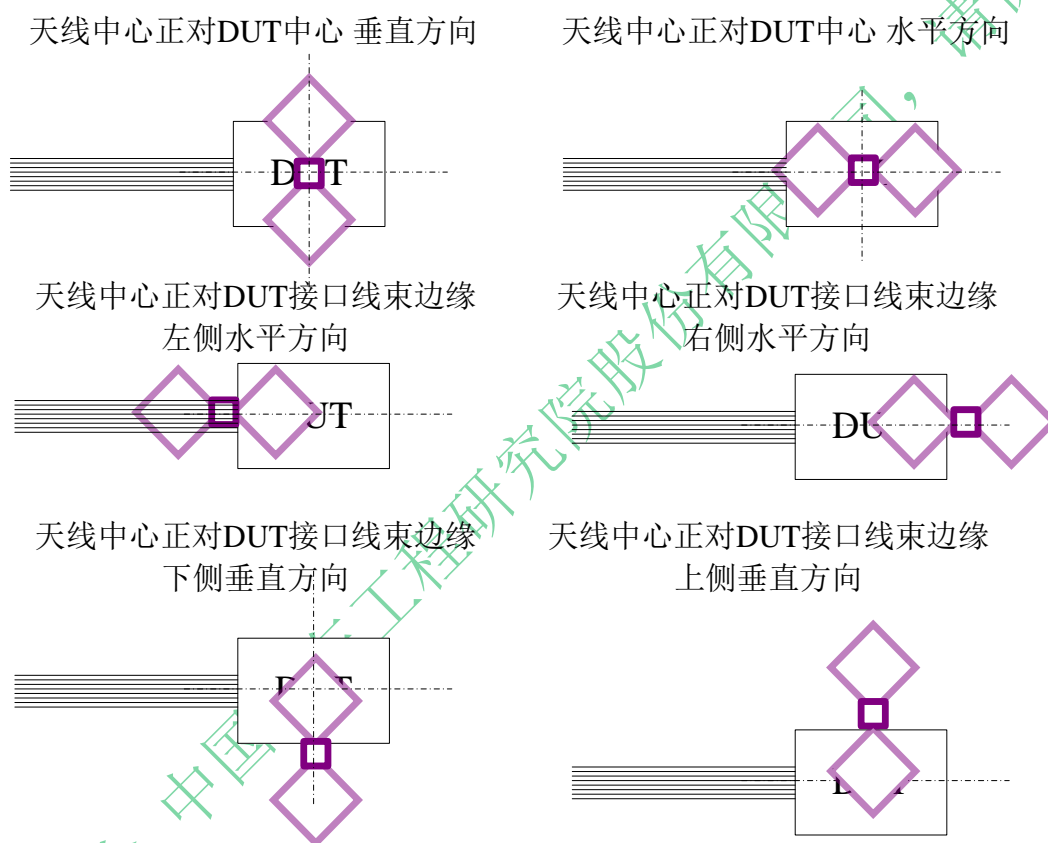


图 12 车载发射器射频抗扰度天线测试位置示意图

11.4 数据处理及分析

11.4.1 上述测试过程中的试验记录、功率校准数据应包含在测试报告中。

11.5 评价标准

11.5.1 车载发射器射频抗扰度限值要求

频率 5GHz 以上的频段根据销售市场或整车配置选测; 测试强度如表 17 所示, 表中列出的强度为输入到天线输入端子的净功率, 应预先按照 ISO 11451-3 的步骤实施校准, 实验室应定期检查天线的电压驻波比 (VSWR) 与厂家发布的参数是否一致。

表 17 车载发射器射频抗扰度测试信号参数

序号	频段用途	测试频段 (MHz)	试验强度 (W)		调制方式	步长 (MHz)
			等级 1	等级 2		
1	RKE、对讲机	360~480	4.5	9	PM, 18Hz, 50%	10
2	GSM800/900	800~1000	7	14	PM, 217Hz, 12.5%	10
3	GSM1800/1900	1600~1950	1.5	3	PM, 217Hz, 12.5%	20
4	3G	1950~2200	0.75	1.5	PM, 217Hz, 12.5%	20
5	LTE	2300~2400	0.25	0.5	PM, 217Hz, 12.5%	20
6	蓝牙、WIFI	2400~2500	0.1	0.25	PM, 1600Hz, 50%	20
7	LTE	2500~2700	0.25	0.5	PM, 217Hz, 12.5%	20
8	5G/IMT-2020	3300~3800 4800~5000	0.25	0.5	PM, 700kHz, 50%	20
9(选测)	802.11a、V2X	5150~5350 5725~5850	0.5	1	PM, 1600Hz, 50%	20
10(选测)	802.11p、V2X	5850~5925	0.5	1	PM, 1600Hz, 50%	20

11.5.2 测试结果评价

若 DUT 在等级 2 测试中符合状态 I 的要求，则不必再测试等级 1，发射器射频抗扰度测试结果评价见表 18：

表 18 车载发射器射频抗扰度测试功能状态要求

干扰等级	功能等级要求		
	B 类	C 类	D 类
等级 1	I	I	I
等级 2	II	II	II

12. 低频磁场抗扰度测试

12.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

12.1.1 试验仪器

参照 ISO 11452-8 的要求执行。

12.2 试验准备

12.2.1 检查试验样件

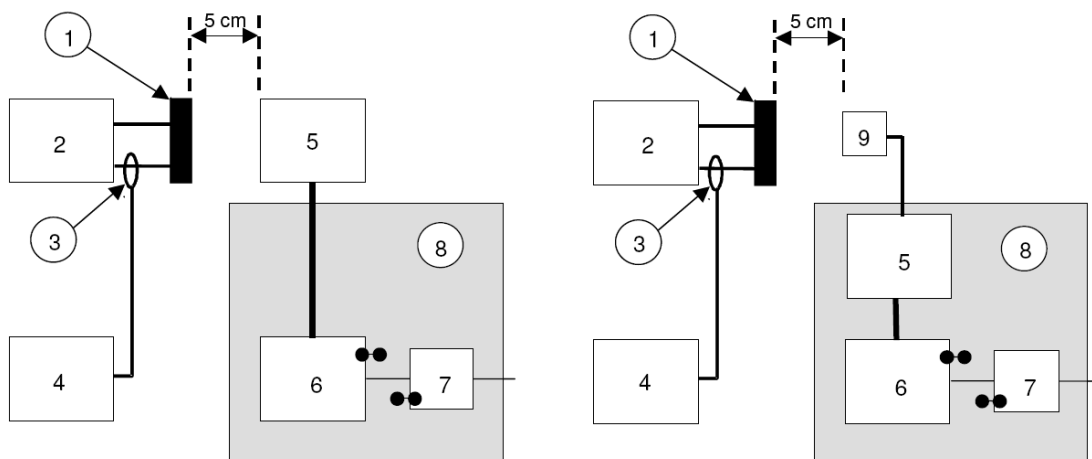
测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

12.2.2 试验布置

低频磁场抗扰度测试使用固有共振频率高于 300 kHz、120mm 直径的磁场辐射环。除将所有可能连接到 DUT 的电磁传感器暴露在规定的磁场中之外，测试布置应便于 DUT 直接接受磁场照射。各自测试布置如图 13 所示。仅允许使用带宽足够宽的电流探头监测回路

电流(禁止使用分流器)。

应使用汽车蓄电池为 DUT 以及所有负载模拟器中的电子器件供电。蓄电池或电源应置于测试桌下的地板上或测试桌附近, 负极应与接地平板相连。应将 DUT 置于木桌或绝缘桌之上。负载模拟器及相关支持设备应安装在接地平板上, 然而负载模拟器或接地平板的任意一部分都不应距离发射环小于 200mm。



DUT 测试布置

DUT 及其磁传感器测试布置

1. 发射环 (Radiating Loop); 2. 信号源; 3. 电流探头; 4. 测量接收机;
5. DUT; 6. 负载模拟器 7. 人工网络; 8. 接地平板; 9. 磁传感器

图 13 低频磁场抗扰度测试布置

12.3 试验步骤

- 实施测试之前, 先根据 ISO 11452-8 第 7.3.1 节所规定的步骤进行校准。
- 将 DUT 的每个表面分为 100×100 mm 的方格, 将辐射环对准方格的中心。如果 DUT 表面小于 100×100 mm, 则将辐射环对准 DUT 表面的中心。辐射环与 DUT 表面的间距为 50mm。环形传感器应与 DUT 表面平行且与所有接插件的轴向平行。
- 对每一个测试位置, 在表 19 规定的每一个频点向辐射环提供足够的电流以产生符合要求等级的磁场。
- 驻留时间不少于 2s。如果 DUT 响应时间长于 2s, 则应适当延长驻留时间。驻留时间应记录在测试计划中。
- 若 DUT 有附属的电磁传感器, 需要将传感器暴露在磁场中检验 DUT 能否正常工作。
- 对测试计划中规定的每种测试状态分别测试, 测试过程中记录出现异常现象的频段及相应测试数据 (CAN 通信监测数据、模拟信号测量值等)。

12.4 数据处理及分析

本文件内容属于长安公司机密, 无长安公司正式书面授权, 任何单位或个人不得扩散或泄露。

12.4.1 上述测试过程中的试验记录、磁场校准数据应包含在测试报告中。

12.5 评价标准

12.5.1 低频磁场抗扰度限值要求

依据磁场辐射环法，磁场抗扰度测试频段为 50 Hz~150 kHz。测试基于可预见的车内电磁干扰源(如充电系统、无线充电器、PWM 源)和车外电磁干扰源(如交流电力线)。任何包含有关电磁传感器的零部件暴露在表 19 规定的磁场等级条件下工作性能不应出现偏离。

12.5.2 测试结果评价

低频磁场抗扰度测试结果评价如下表 19。

表 19 低频磁场抗扰度测试等级及功能状态要求

频率 f (kHz)	步长 (kHz)	磁场强度等级 (dBpT rms)	功能状态要求		
			B 类	C 类	D 类
0.05~1	0.05	$165-20*\log(f/0.05)$	I	I	I
1~10	0.5	139	I	I	I
10~100	5	$139-20*\log(f/10)$	I	I	I
100~150	5	147	I	I	I

13. 电源线瞬态传导抗扰度测试

13.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

13.1.1 试验仪器

参照 ISO 7637-2 及附录 B 的要求执行。

13.2 试验准备

13.2.1 检查试验样件

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

13.2.2 试验布置

电源线瞬态脉冲抗扰度参照 ISO 7637-2 标准中的测试方法，按照图 14-1 的测试布置实施测试。自定义脉冲 A1、A2、C 的测试布置按照图 14-2a、14-2b、14-2c 实施布置，测试线束应捆在一起，脉冲 A1、A2、C 的脉冲波形参数见附录 B 要求。

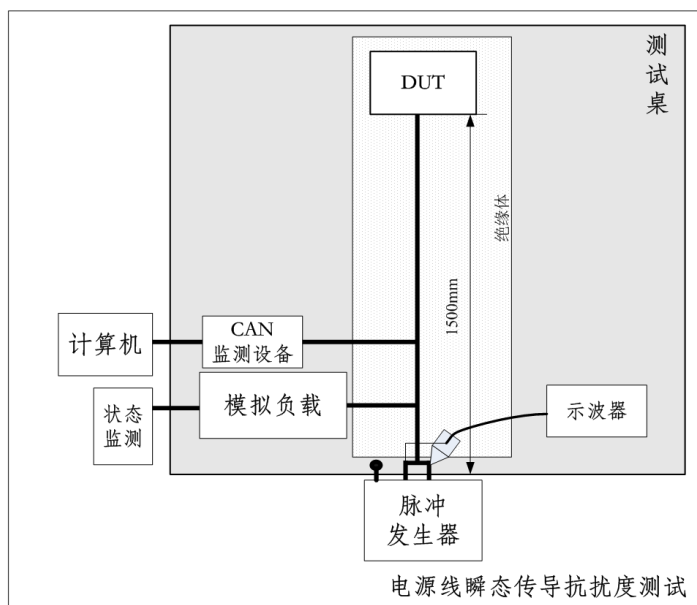


图 14-1 电源线瞬态传导抗扰度测试布置

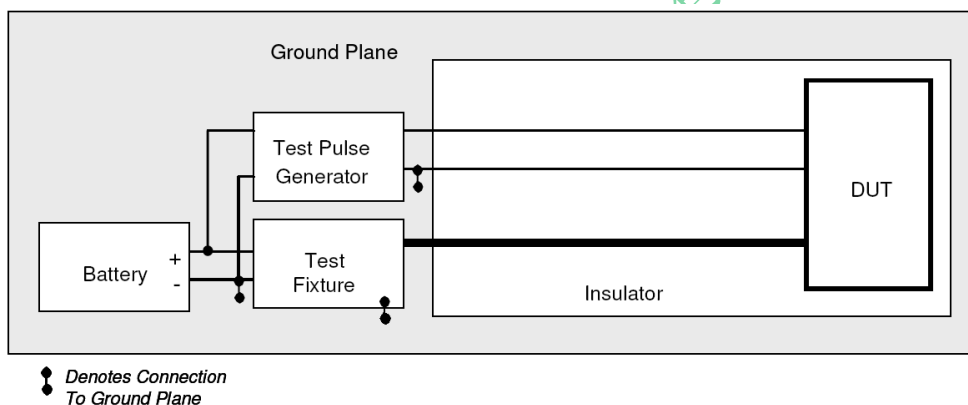


图 14-2a 远端接地的单个电源线路 DUT 的测试布置

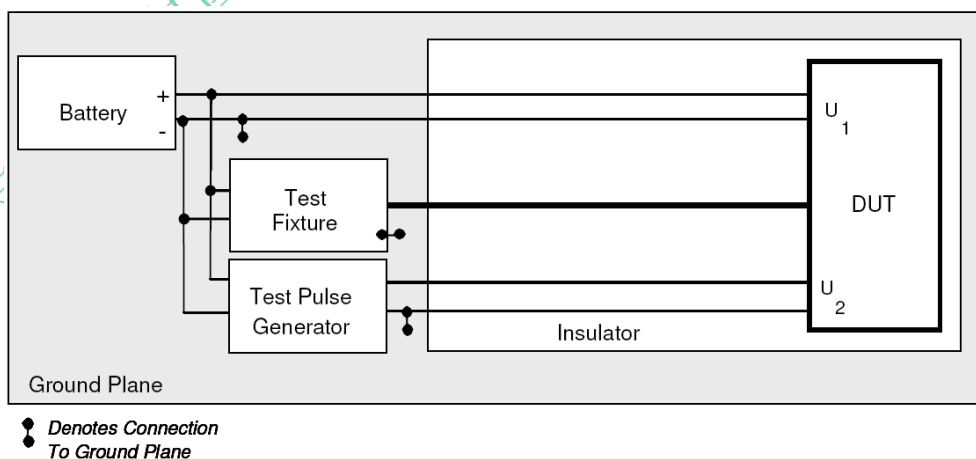


图 14-2b 有两条电源线路 DUT 的测试布置

在这个布置中，未测试的电源线（U1）直接与蓄电池相连。如果 DUT 有另外的电压相同的电源线，这些电源线应直接与蓄电池相连。

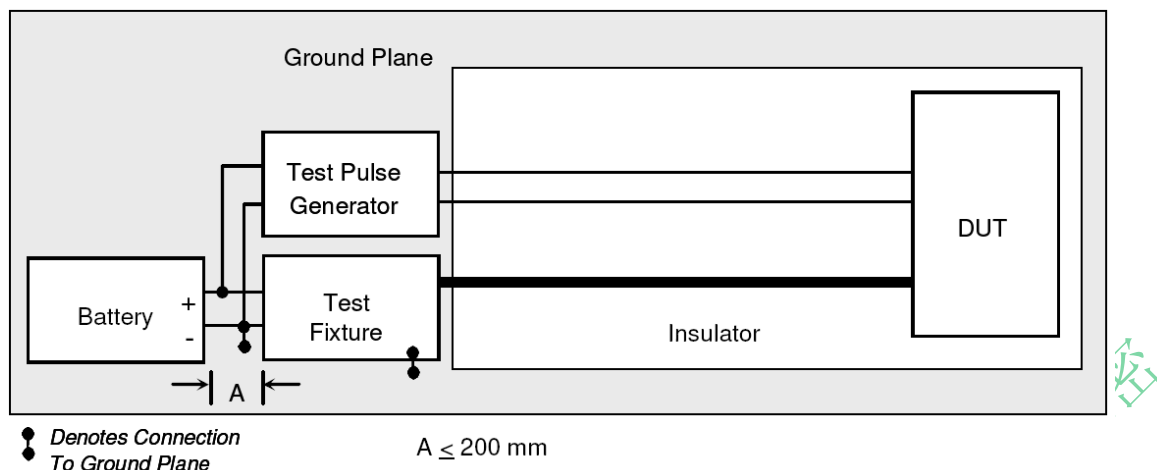


图 14-2c 输入信号线路的测试布置

这些线路应直接或通过开关间接与蓄电池相连。

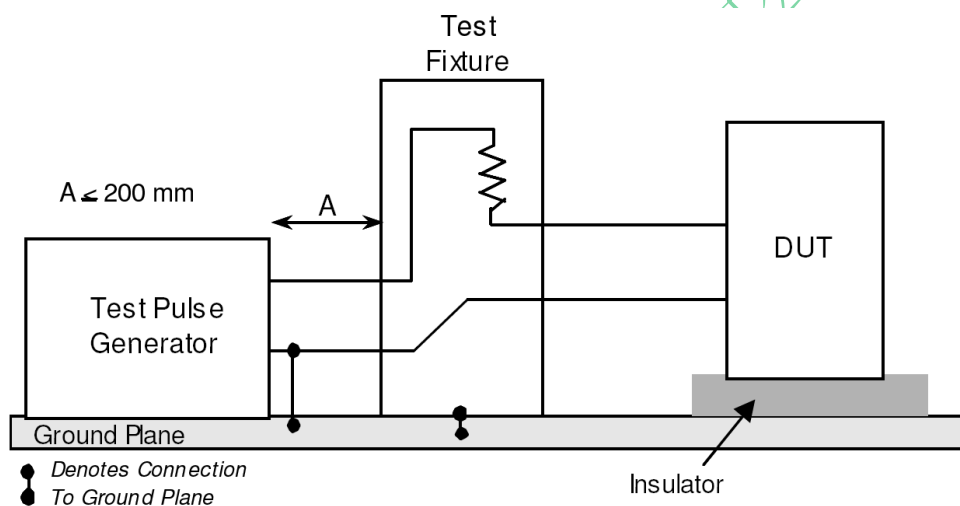


图 14-2d 控制线路通过一个其他模块内部的拉高电阻间接与蓄电池相连的特例。

13.3 试验步骤

- 将 DUT 和负载等连接，线束长度按照布置图要求执行；
- 调节瞬态脉冲发生设备，产生本规范要求的瞬态脉冲，使用示波器验证脉冲输出是否在正常范围之内；
- 将 DUT 电源线连接至瞬态脉冲发生设备的正负极处，按照测试计划的规定调整 DUT 的状态；
- 按照本规范要求的脉冲数量和脉冲特性依次对测试计划中规定的每种测试状态分别测试，测试过程中记录出现异常现象的频段及相应测试数据（CAN 通信监测数据、模拟信号测量值等）。脉冲后检查各项功能、性能是否正常，CAN/LIN 总线通信是否中断，恢复总线通信的时间。

13.4 数据处理及分析

13.4.1 上述测试过程中的试验记录、脉冲幅度校准数据应包含在测试报告中。

13.5 评价标准

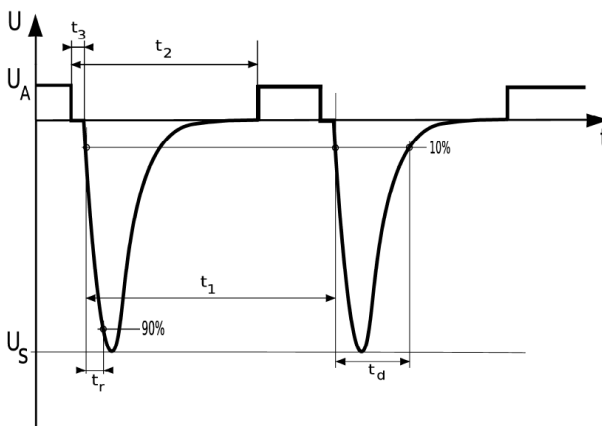
13.5.1 电源线瞬态传导抗扰度限值要求

电源线瞬态传导抗扰度测试包含脉冲 1、2a、2b、3a、3b、4、5b、6、7、A1、A2、C。，脉冲 A1、A2、C 的脉冲波形参数见附录 B 要求，其余测试脉冲要求分别如下：

测试脉冲 1：模拟电源与感性负载断开连接时所产生的瞬态现象，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。应使用示波器监测测试脉冲、输出负载或信号和 CAN 总线波形，用示波器记录上电后输出信号、CAN 报文恢复的时间间隔，并将波形附加在报告中。表 20 对脉冲 1 进行了定义。

表 20 测试脉冲 1 波形参数

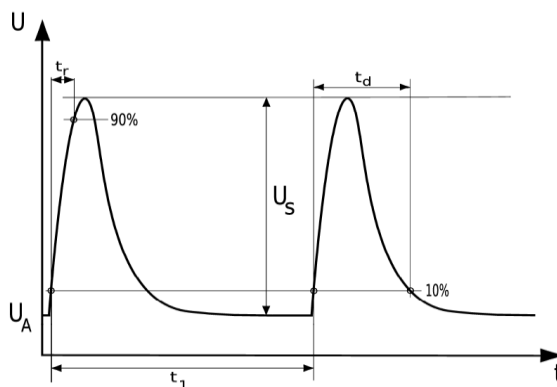
参数	12V 系统	24V 系统
U_A (V)	13.5	27
U_S (V)	-100	-450
t_r (μ s)	1	3
t_d (ms)	2	2
t_1 (s)	5	5
t_2 (ms)	200	200
t_3 (μ s)	50	100
R_i (Ω)	10	50
脉冲数	500	500



测试脉冲 2a：模拟由于线束电感使与 DUT 并联的装置内电流突然中断引起的瞬态现象。表 21 对脉冲 2a 进行了定义。

表 21 测试脉冲 2a 波形参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_A (V)	13.5	27
U_S (V)	37	50
t_r (μ s)	1	1
t_d (μ s)	50	50
t_1 (s)	0.5	0.5
R_i (Ω)	2	2
脉冲数	500	500

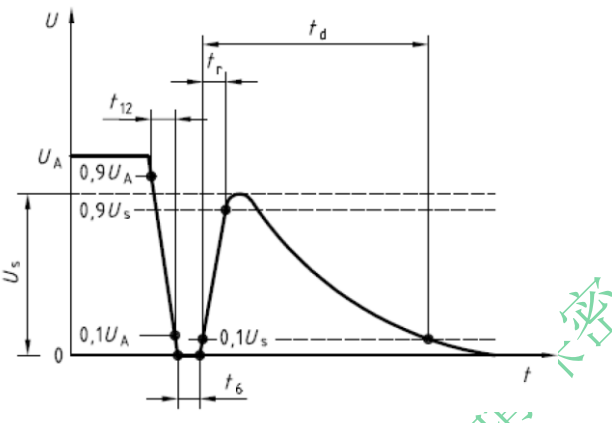


测试脉冲 2b：用于模拟点火开关断开后，直流电机成为发电机而产生的瞬态现象。表 22 对脉冲 2b 进行了定义。

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

表 22 测试脉冲 2b 波形参数

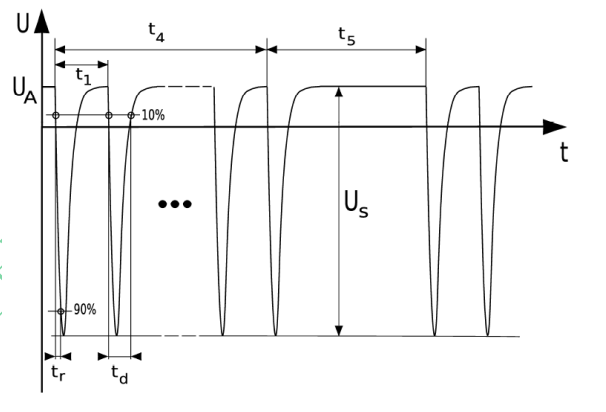
参数	12V 系统	24V 系统
U_A (V)	13.5	27
U_S (V)	10	20
t_r (ms)	1	1
t_d (s)	0.5	1
t_{12} (ms)	1	1
t_6 (ms)	1	1
R_i (Ω)	0.05	0.05
脉冲数	10	10



测试脉冲 3a: 用于模拟开关过程产生的负脉冲, 其脉冲特性受线束分布电容和分布电感的影响。表 23 对脉冲 3a 进行了定义。

表 23 测试脉冲 3a 波形参数

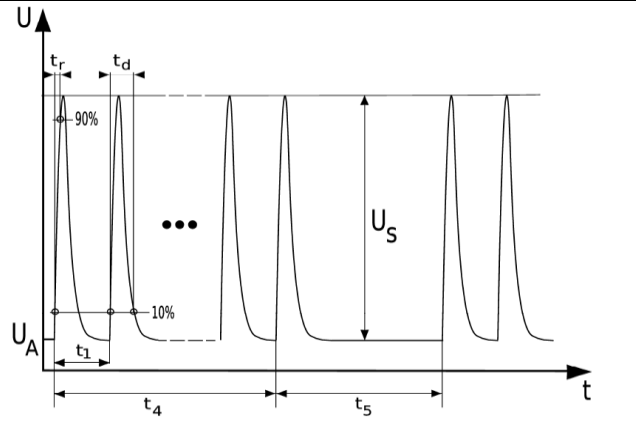
参数	12V 系统	24V 系统
U_A (V)	13.5	27
U_S (V)	-112	-200
t_r (ns)	5	5
t_d (μ s)	0.1	0.1
t_1 (μ s)	100	100
t_4 (ms)	10	10
t_5 (ms)	90	90
R_i (Ω)	50	50
脉冲时间 (分钟)	10	10



测试脉冲 3b: 用于模拟开关过程产生的正脉冲, 其脉冲特性受线束分布电容和分布电感的影响。表 24 对脉冲 3b 进行了定义。

表 24 测试脉冲 3b 波形参数

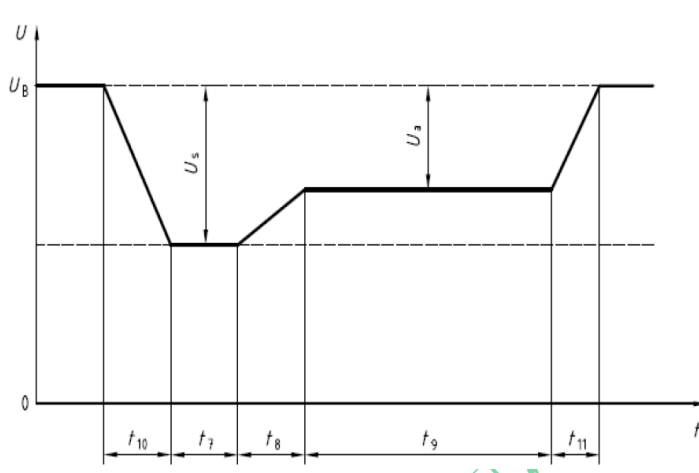
参数	12V 系统	24V 系统
U_A (V)	13.5	27
U_S (V)	75	200
t_r (ns)	5	5
t_d (μ s)	0.1	0.1
t_1 (μ s)	100	100
t_4 (ms)	10	10
t_5 (ms)	90	90
R_i (Ω)	50	50
脉冲时间 (分钟)	10	10



测试脉冲 4: 模拟内燃机的起动机电路通电时形成的电源电压的降低, 不包括启动时的尖峰电压。表 25 对脉冲 4 进行了定义。

表 25 测试脉冲 4 波形参数

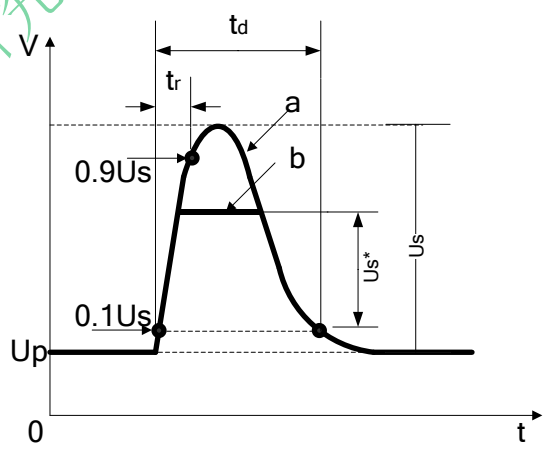
参数	12V 系统	24V 系统
U_A (V)	13.5	27
U_S (V)	-6	-16
U_a (V)	-2.5	-5
t_r (ns)	5	5
t_7 (ms)	15	100
t_8 (ms)	50	50
t_9 (s)	10	20
t_{10} (ms)	5	10
t_{11} (ms)	100	100
R_i (Ω)	0.02	0.02
脉冲数	10	10



测试脉冲 5b: 模拟抛负载瞬态现象, 即模拟断开电池(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他负载时产生的干扰。抛负载可能产生的原因: 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。表 26 对具有集中抛负载抑制的交流发电机的脉冲进行了定义。

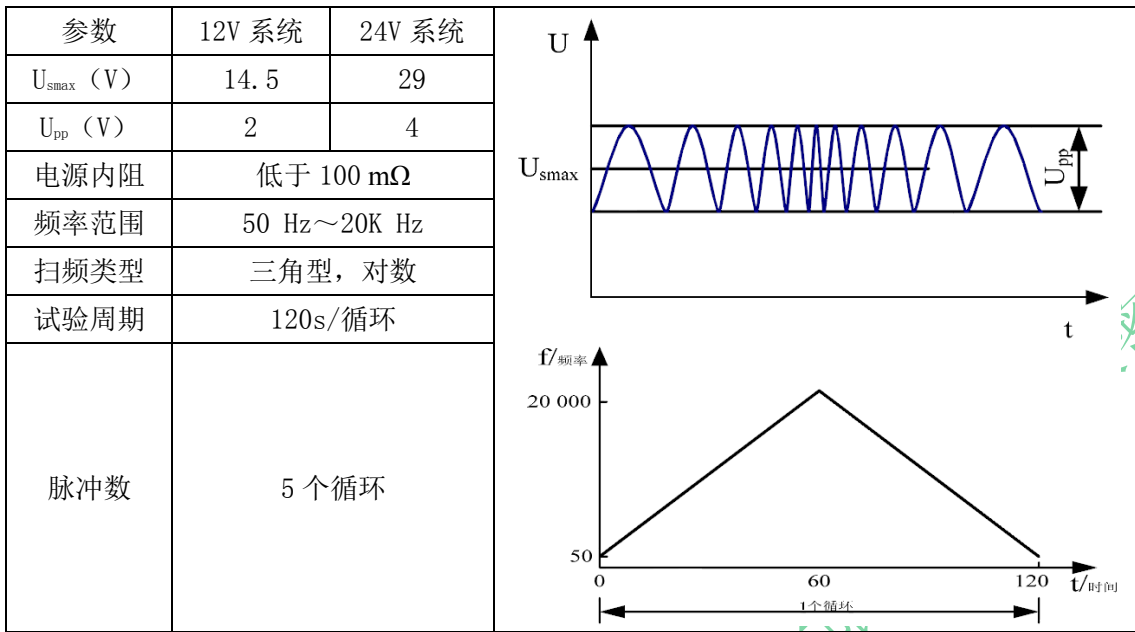
表 26 测试脉冲 5b 波形参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_p (V)	13.5	27
U_s (V)	30	123
U_s^* (V)	21.5	60
t_d (ms)	150	350
t_r (ms)	5	5
R_i (Ω)	0.5	1
脉冲间隔 (s)	20	20
脉冲数	5	5



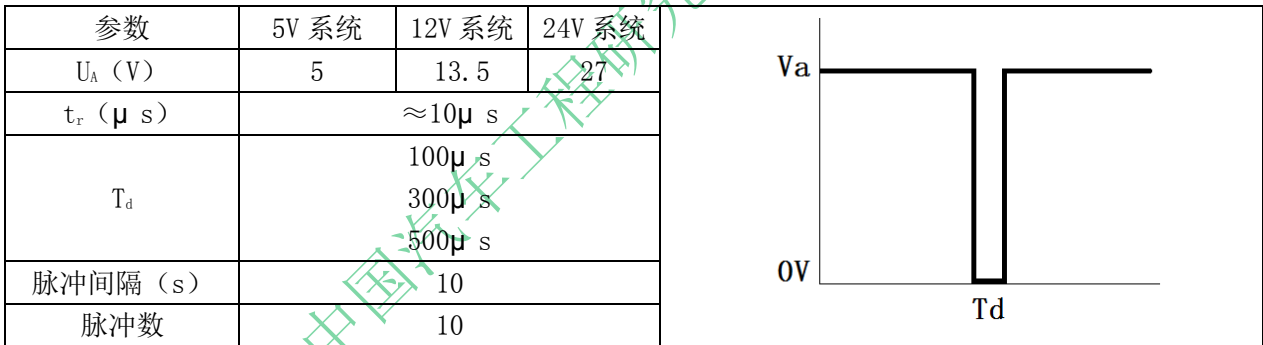
测试脉冲 6: 模拟交流发电机整流桥产生的电压纹波干扰。脉冲 6 测试过程中要排除环境的噪声干扰(可适当延长电源线, 用示波器监测距离 DUT 1.5 米位置的电压波形是否符合要求), 注意监听主机内部及负载是否出现音频噪声。其脉冲波形和参数见表 27。

表 27 测试脉冲 6 波形参数



测试脉冲 7：模拟点火开关、继电器触点因为接触不良在接通时产生的电压跌落过程，用于检验当接触不良时总线通讯和功能的恢复/动作时间是符合系统功能定义的要求。其脉冲波形和参数见表 28。脉冲 7 每一种 Td 脉冲都应测试。

表 28 测试脉冲 7 波形参数



13.5.2 测试结果评价

电源线瞬态传导抗扰度结果评价要求见表 29 所示。对于在发动机机起动过程中需要正常工作的功能，在测试脉冲 4 时电器件功能必须满足功能等级 I 的要求。

在脉冲 1、脉冲 2b 测试中若出现多个电源线接在一起测试不满足要求的情况，可将 BAT 接蓄电池，单独测试 IGN 等电源线满足要求则判定为合格。

表 29 电源线瞬态传导抗扰度功能状态要求

测试脉冲	适用性	开关模式	持续时间	功能状态要求		
				B 类	C 类	D 类
脉冲 1	电源线	/	/	III	III	III
脉冲 2a	电源线	/	/	I	I	I
脉冲 2b	电源线	/	/	III	III	III
脉冲 3a	电源线	/	/	I	I	I
脉冲 3b	电源线	/	/	I	I	I
脉冲 4	电源线	/	/	III	III (I)	I
脉冲 5b	电源线	/	/	III	III	I
脉冲 6	电源线	/	/	I	I	I
脉冲 7	电源线	/	/	I	I	I
脉冲 A1	$I \leq 5A$ 的电源开关电路	模式 1	120s	II	II	II
脉冲 A1	输入/输出	模式 2	30s	II	II	II
脉冲 A2-1、A2-2	$I \leq 5A$ 的电源开关电路	模式 1	120s	II	II	II
脉冲 A2-1、A2-2	输入/输出	模式 2、3	30s	II	II	II
脉冲 C-1、脉冲 C-2	$I \leq 15A$ 电源和输入/输出	模式 2、3	30s	I	I	I

14. 信号线瞬态传导抗扰度测试

14.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

14.1.1 试验仪器

参照 ISO 7637-3 要求执行。

14.2 试验准备

14.2.1 检查试验样件

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

14.2.2 试验布置

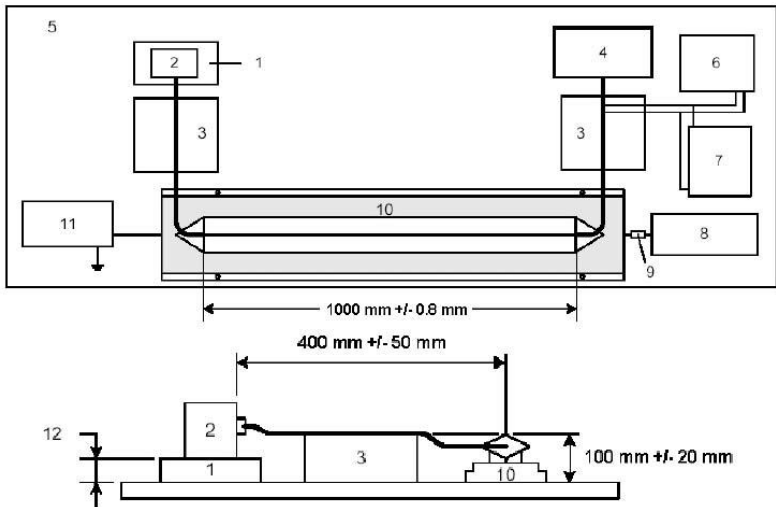
本部分有两种方法：电容耦合钳（CCC）法、电感耦合钳（ICC）法，试验脉冲模拟快速瞬态骚扰和慢速瞬态骚扰，例如电感负载转换、继电器触点跳起等引起的瞬态骚扰，用以评价被测物（DUT）对耦合到非电源电路的电瞬态的抗扰度。其的适用性如表30所示。

表30 信号线瞬态抗扰度适用性

瞬时类型	CCC 方法	ICC 方法
14.5.1中 慢速脉冲	不适用	适用
14.5.1中 快速脉冲	适用	不适用

CCC方法适用耦合快速瞬时试验脉冲，CCC 试验布置如图15所示。所有连接线束（包

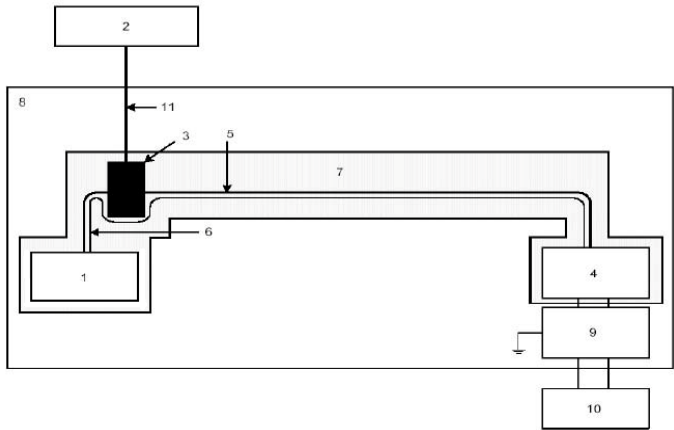
括电源线) 穿过CCC耦合钳, 测试线束长度1m。



- 1、绝缘体（如DUT外壳不接地） 2、被测物（DUT） 3、测试线束的绝缘支架
4、模拟负载（如传感器，负载） 5、接地平板 6、电源 7、蓄电池
8、示波器 9、50Ω 衰减器 10、CCC电容耦合钳 11、测试脉冲发生器

图15 CCC方法试验布置图

ICC 方法适用于耦合低速瞬态试验脉冲, ICC 试验方法如图16所示。DUT所有的非地线束穿过ICC钳, 若需要对单个接插件或安装在整车上之后不同走向的线束单独测试则应在测试计划中明确提出要求。



- 1、DUT 2、测试脉冲发生器 3、ICC距离DUT 150mm 4、模拟负载
5、测试线束1.5m 6、接地线 7、50mm厚绝缘体 8、接地平板
9、电池 10、直流电源 11、50Ω 同轴线缆

图16 ICC 试验总体布置

14.3 试验步骤

- a) 将 DUT 和负载等连接, 线束长度按照布置图要求执行;
- b) 根据布置图, 调节瞬态脉冲发生设备, 产生规范要求的瞬态脉冲;
- c) 将被测物 (DUT) 线束布置图要求穿过瞬态脉冲耦合钳, 按照本规范要求的脉冲数

本文件内容属于长安公司机密, 无长安公司正式书面授权, 任何单位或个人不得扩散或泄露。

量和脉冲特性依次对测试计划中规定的每种测试状态分别测试,测试过程中记录出现异常现象的频段及相应测试数据(CAN 通信监测数据、模拟信号测量值等)。

14.4 数据处理及分析

14.4.1 上述测试过程中的试验记录、脉冲幅度校准数据应包含在测试报告中。

14.5 评价标准

14.5.1 信号线瞬态传导抗扰度限值要求

1) 电容耦合钳（CCC）方法：

CCC法进行快速瞬态脉冲a和b两个脉冲试验，快速瞬态试验脉冲是模拟开关过程产生的电瞬态，脉冲形状和参数参见表31和表32。

表31 快速瞬时试验脉冲a

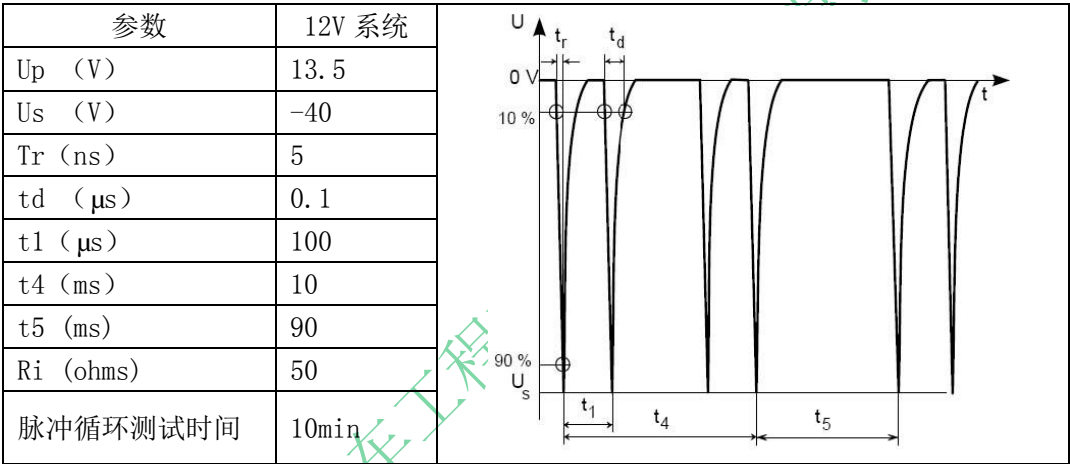
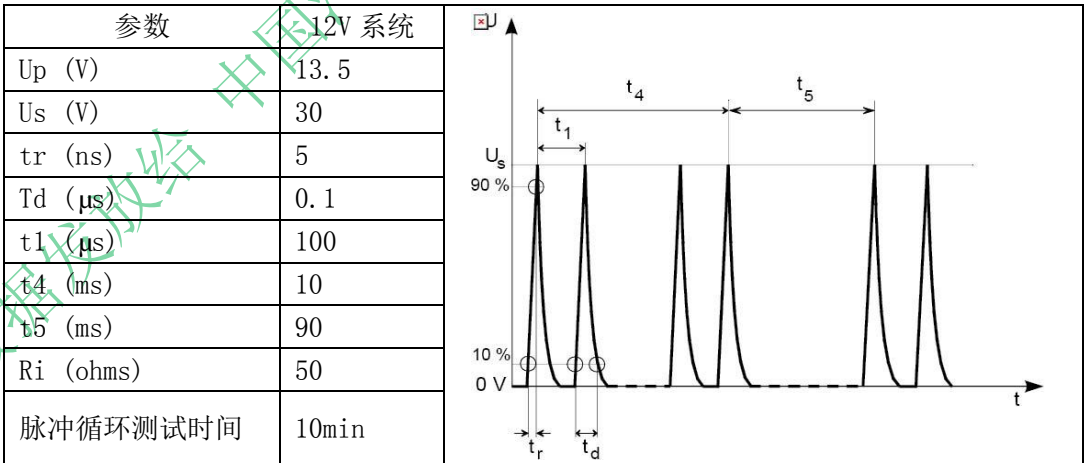


表32 快速瞬时试验脉冲b



2) 电感耦合钳（ICC）方法：

ICC法低速瞬态试验脉冲模拟大电感负载电路中断出现的电瞬态，包含脉冲c和d，比如散热风扇马达，空调压缩机离合器等为负载。脉冲形状和参数参见表33和表34。

表33 低速瞬时脉冲c-正极

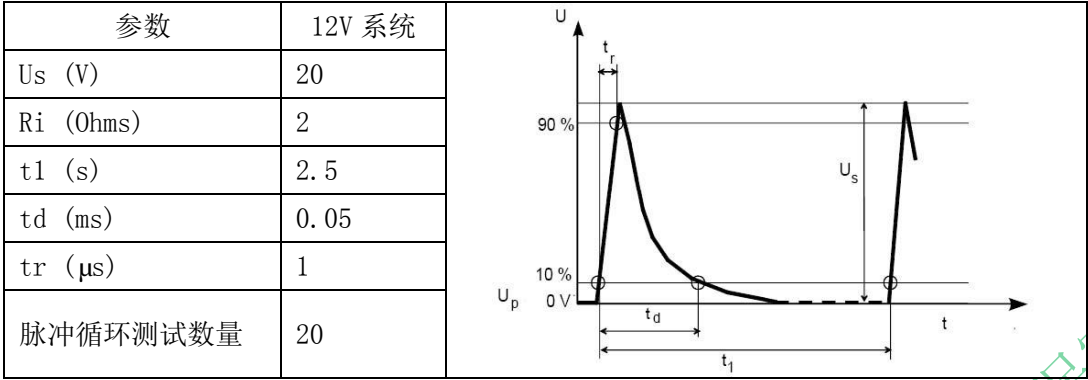
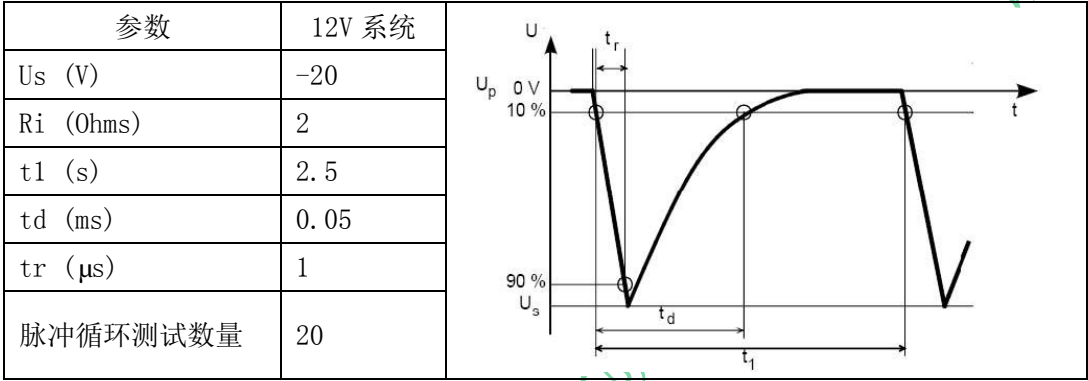


表34 低速瞬时脉冲d-阴极



14.5.2 测试结果评价

信号线瞬态抗扰度结果评价要求见表 35 所示。

表 34 电源线瞬态传导抗扰度功能状态要求

测试脉冲	功能状态要求		
	B 类	C 类	D 类
脉冲 a	I	I	I
脉冲 b	I	I	I
脉冲 c	I	I	I
脉冲 d	I	I	I

15. 静电放电测试

15.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

试验室环境温度和湿度应满足 ISO 10605 要求。推荐在室温 (23±5)℃，相对湿度 20%~40%的环境中实施测试。

15.1.1 试验仪器

参照 ISO 10605 要求执行。

15.2 试验准备

15.2.1 检查试验样件

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

15.2.2 试验布置

静电放电测试分为两部分：断电状态静电放电测试和通电状态静电放电测试。断电状态引脚接触放电检验所有接口电路元器件和芯片的抗静电性能，断电状态外壳静电放电测试模拟零部件在正常装卸与装配过程中出现的静电放电现象。工作状态静电放电模拟用户使用、技术人员调试、维修或拆装过程中出现的静电放电现象，刺破线束放电模拟用户接触开关等部件的传导、线束间耦合的静电脉冲对 DUT 内部电路的影响。

静电放电模拟器主机距离 DUT 的距离大于 200mm，可放置在试验室地上。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。放电电阻连接点距离 DUT 的距离不小于 500mm。放电电阻为 $1M\Omega$ 左右，可将两个 $470k\Omega$ 电阻串联得到，放电刷可用导电布粘贴在导线末端得到。

(a) 断电状态静电放电测试布置：

参照 ISO 10605 标准中的测试方法，按照图 17 的测试布置实施测试。DUT 应放置在符合 GB/T 19951 要求的静电消耗材料上。断电状态接触放电的放电网络为 150pF 和 330Ω 。当实施引脚静电放电时，将 DUT 所有负极/地线通过接地母线或不长于 200mm 的导线连接到接地平板。如果 DUT 有多个接地线并且在内部没有相互连接，则应将逻辑地线与接地平板相连接，剩下的地线应和其他引脚一样接受静电放电。对于没有接地线的零部件（例如：低端输出或者附加在控制器上的、内部有 LED 的开关等），将低端输出（通常与控制器 I/O 连接的）连接到接地平板。

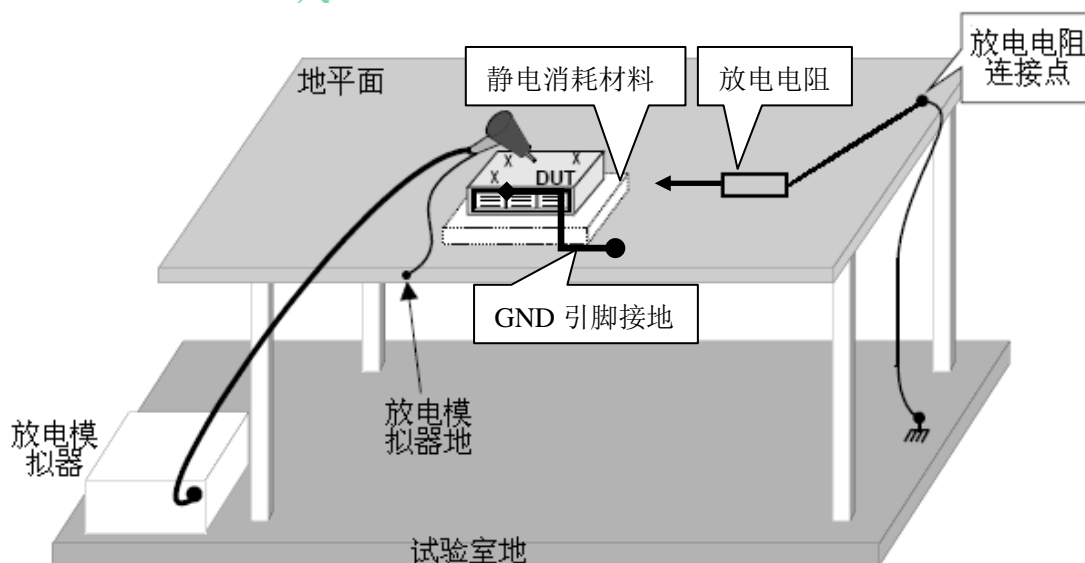


图 17 断电状态静电放电测试布置

(b) 通电状态静电放电测试布置:

参照 ISO 10605 标准中的测试方法,按照图 18 的测试布置实施测试。DUT 应放置在 50mm 厚的绝缘体上,若 DUT 外壳为金属外壳,且与车身地有直接电气连接,则应将 DUT 外壳与接地平板直接连接。测试线束应放置在 50mm 厚的绝缘体上,连接 DUT 和负载模拟器的线束长度为 $1500 \pm 75\text{mm}$ 。

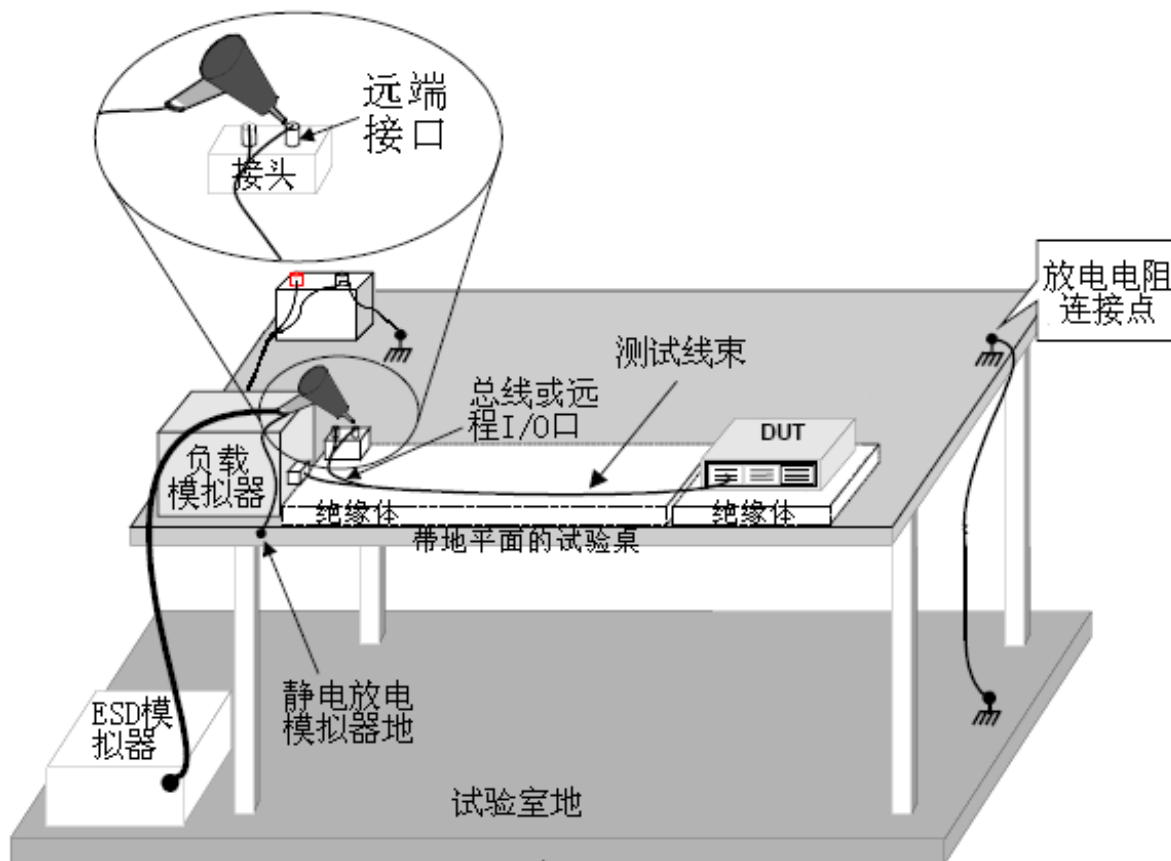


图 18 通电工作状态静电放电测试布置

15.3 试验步骤

静电放电应在其他 EMC 测试项目之前测试,以便于发现静电可能导致零部件内部电子元件的损害对其 EMC 性能的影响。在测试计划中标明静电放电测试位置,对于以点标注的点实施放电,这些点通常标注在金属部件、孔;对线条标注的位置,在线条上间隔 10mm 为一个放电测试点,这些线条通常标注在外壳缝隙;对于方框标注的表面,划分为长宽均为 10mm 的小方格,每一个方格的交叉点为放电位置,这些标注的表面通常是显示屏;对于按键或前面板,每一个按键的中心以及按键周围缝隙为放电位置。对塑料外壳空气放电测试中若无电弧放电现象,则继续移动静电模拟器放电端直至与放电测试点接触。ESD 测试前后根据测试方案中要求刺破线束静电放电的引脚对其参考零电位点/功率负极的 LRC 值。

(a) 断电状态静电放电测试步骤

- 1) 在进行测试前, 需要对静电放电发生器的放电电压进行检查, 误差不大于 0.1KV。
- 2) 在进行测试前, 用阻抗分析仪、LRC 表测量测试方案中要求刺破线束静电放电的引脚的 I/O 接口参数(例如: 电阻、电容、电感、电流等), 记录在试验报告中。
- 3) 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。
- 4) 对 DUT 引脚进行放电: 测试之前确认将 DUT 所有负极/地线通过不长于 200mm 的导线连接到接地平板, 金属外壳的零部件也应将金属外壳与接地平板连接。如果由于结构原因, 很难直接对单个 DUT 引脚进行测试, 可将长度小于 25mm 的插针安装到单个引脚上以便于测试。对于一个系统由几个模块组成的, 且模块之间通过线束接插件连接, 则分别对各模块实施引脚静电放电, 每个模块放电测试后立即检查此模块的功能状态是否满足技术要求。可使用放电枪内置开关在放电 0.2s 后自动泄放电荷 0.2s。
- 5) 在每个放电位置和每个放电电压至少进行 3 次放电, 完成一次放电后, 需要利用放电电阻接触放电位置泄放电荷, 两次放电之间的间隔不小于 1s。
- 6) 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, 并将检查结果和现象记录在试验报告中。
- 7) 实施断电状态静电放电测试之后, 立即检查并记录零部件的 I/O 参数。

(b) 通电状态静电放电测试步骤

- 1) 在开始测试前, 应对静电放电发生器的放电电压进行检查, 误差不大于 0.1KV。
- 2) 完成安装后, 任何可能被用户、维修人员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、接头等。
- 3) 对于直接从车外能直接接触到以及安装在乘客舱内但能直接从车外接触到的 DUT 表面实施 $\pm 25\text{KV}$ 静电放电, 例如后视镜、logo 灯、摄像头、门把手内部的天线或开关、后备箱裸露的的电器或开关、发动机舱的电器部件、LED 灯具外表面缝隙、方向盘上的功能按键、转向灯手柄、小灯开关、钥匙、车外可接触到的主动安全和被动安全系统部件、倒车雷达探头、车外天线等, 才实施 $\pm 25\text{KV}$ 静电放电测试。

- 4) 测试过程中需要对 DUT 的功能状态进行监测。
- 5) 测试过程中应尽可能将 DUT 与实车状态下的负载进行连接。
- 6) 如果 DUT 存在远端的接头或通过开关控制的信号输入端，且该接头可能被驾驶员接触到(USB、CAN、AUX、车载逆变器输出端)，那么在测试过程中，需要对这些接触点进行放电测试。
- 7) 对于通过开关控制的 LED 灯具，在闭合、断开开关的状态下分别对 LED 灯具接插件引脚实施空气放电测试。
- 8) 对于每个放电位置和放电电压，至少进行 10 次放电，对于测试计划中规定的高风险测试点放电次数为 30 次，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。两次放电之间的时间间隔最小为 1s。
- 9) 接口电路：对接插件中 CAN 总线、开关输入、驱动感性器件、电流输出引脚的线束放电时，需要在距离接插件 100mm 以内线束上刺破绝缘层，对刺破点实施空气放电。在测试方案中列出要放电的引脚。注意保护测试设备，CAN 光纤转换器应置于绝缘体上，对 CAN 引脚放电时应断开 CAN 光纤转换器。
- 10) 实施通电状态静电放电测试之后，立即检查并记录线束刺破引脚的 I/O 接口参数。

15.4 数据处理及分析

15.4.1 测试过程中详细记录静电放电每个等级的测试结果和现象，测试方案中要求刺破线束静电放电的引脚在非工作状态放电、工作状态放电测试前后的 I/O 接口参数(例如：电阻、电容、电感、电流等)应记录在报告中。

15.5 评价标准

15.5.1 静电放电限值要求

静电放电测试限值要求如表 36 所示：

控制器静电放电测试后，持续工作 30 分钟，观察是否有发热、烧焦、功能异常等现象发生。对 LED 灯的所有端子实施 4kV 接触放电 10 次，引脚放电前、放电后测试测量 LED 灯静态电阻、工作电流、LED 灯两端的电压降，通电工作 24 小时后再次测量，结果记录在报告中。若测试后通电工作 24 小时内被测件损坏，则判定不合格。

接口电路在断电状态引脚接触放电测试后，零部件的 I/O 接口参数(例如：电阻、电容、电感、电流等)应在技术要求的容差范围之内，技术要求中没有明确规定误差的默认为标称值的 10%。

表 36 静电放电测试等级与功能状态要求

工作状态	放电类型	放电网络	电压等级	功能状态要求		
				B 类	C 类	D 类
断电	引脚接触放电	C=150pF, R=330Ω	±4KV	I	I	I
	导体外壳接触放电	C=150pF, R=330Ω	±6KV	I	I	I
	非导体外壳空气放电	C=330pF, R=2kΩ	±8KV	I	I	I
通电	传导位置 接触放电	C=150pF, R=330Ω	±4KV	I	I	I
		C=150pF, R=330Ω	±6KV	I	I	I
		C=150pF, R=330Ω	±8KV	I	I	I
	传导与非传导位置 空气放电	C=330pF, R=2kΩ	±6KV	I	I	I
		C=330pF, R=2kΩ	±8KV	I	I	I
		C=330pF, R=2kΩ	±15KV	III	II	I
		C=330pF, R=2kΩ	±20KV	N/A	II	I
	车外可接触位置 空气放电	C=150pF, R=2kΩ	±25KV	V	III	I
	接插件线束 100mm 刺破 点空气放电	C=330pF, R=2kΩ	±15KV	III	N/A	N/A
		C=330pF, R=2kΩ	±20KV	N/A	II	I

15.5.2 测试结果评价

静电放电测试结果评价要求见表 36。

对于 LCD 显示屏静电放电测试，放电端在充电后，缓慢靠近显示屏表面或边沿缝隙直至放电，若无放电电弧产生，则继续移动放电端直至放电端与放电测试点接触。若出现异常条纹、闪烁、亮度或色彩变化现象，判定标准如表 37 所示。

对 LCD 测试静电放电过程中，若出现异常现象，则不能使用静电刷泄放表面电荷，应等待 LCD 屏自动恢复正常为止，记录从出现异常到恢复正常显示之间的时间。待下次测试静电放电前再使用静电刷泄放表面静电荷。

表 37 LCD 屏的抗静电要求

静电放电等级	放电网络	LCD 屏异常条纹自动恢复时间
±6KV 空气放电	C=330pF, R=2kΩ	应不受任何影响
±8KV 空气放电	C=330pF, R=2kΩ	5 秒自动恢复到正常工作状态
±15KV 空气放电	C=330pF, R=2kΩ	15 秒自动恢复到正常工作状态
±20KV 空气放电	C=330pF, R=2kΩ	20 秒自动恢复到正常工作状态

附录

附录 A 功能类型划分例子

B 类功能:

非永久安装在车内的电器部件, 例如电动轮胎充气泵、车用吸尘器;

C 类功能:

前大灯清洗功能;

座椅和方向盘加热功能;

车内照明;

车内照明稳定性;

雨量、环境光传感器;

汽车防盗功能、防盗功能稳定性;

无钥匙进入功能;

无钥匙进入系统起动稳定性;

电动车门、行李箱稳定性;

天窗;

后雨刮;

紧急求助系统;

远程控制;

行驶记录仪;

故障指示;

故障码存储稳定性;

CAN、LIN、以太网和其它数据总线误码率、负载率;

组合仪表的功能和显示;

信息系统及信息显示;

娱乐和显示: DVD 或其它仅用于娱乐和显示及声音的功能;

娱乐系统声音稳定性;

LVDS、MOST 和 D2B 数据总线系统;

电压变换器 (12V 直流转化为 220V 交流、12V 直流转化为 5V 直流等);

轮胎压力监测;

喇叭控制;

大灯自动调节, 大灯随动转向控制 (APS)、大灯自动高度调节 (ALS);

雾灯和远光灯互锁功能;

转向灯、制动灯、示廓灯、后位灯、危险警告灯;

车身控制器;

汽车稳定性控制系统;

发动机加速控制;

电控的传动系统;

变速器档位指示 (法规要求功能);

座椅和方向盘加热稳定性;

方向盘、座椅位置稳定性;

起动稳定性;

驻车辅助系统 EPB;;
汽车转向稳定性;
悬架系统稳定性;
汽车制动稳定性;
四驱系统;
挡风玻璃除雾;
挡风玻璃清洗;
挡风玻璃雨刮控制;
开关类器件;
电子转向管柱锁 (ESCL);
车道偏离预警系统 (LDW/LKP);
新能源汽车专用部件不属于 D 类功能的所有功能;

D 类功能:

安全气囊系统;
主动安全带 (ASB);
主动安全系统;
被动安全系统;
高级驾驶辅助系统 (ADAS);
自适应巡航控制 (ACC);
电动助力转向系统;
发动机转速稳定性;
制动防抱死系统 (ABS);
车身电子稳定系统 (ESP);
刹车系统及其相关的功能;
车道保持辅助 (LKA);
低速/高速自动紧急刹车与行人保护 (AEB);
自动泊车等。

附录 B 瞬态波形规定

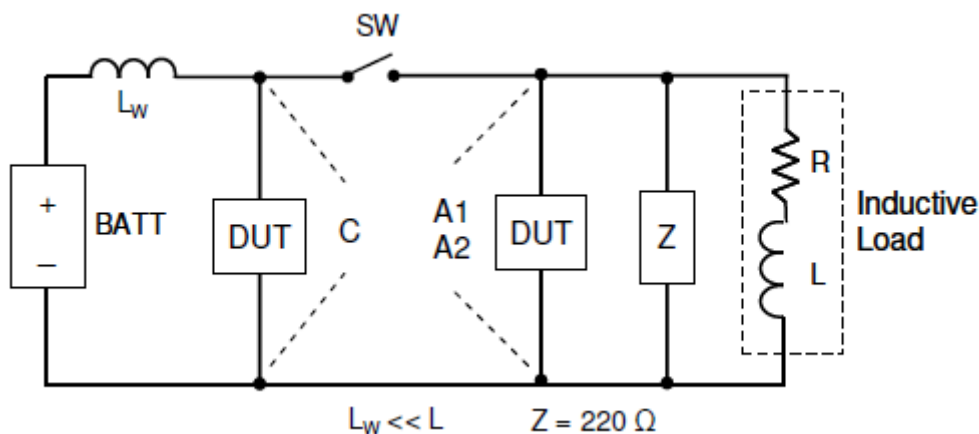
瞬态抗扰度测试包含了标准 ISO7637-2 的脉冲和无标准参照的波形,其中无标准参照的波形是由电子开关感性负载产生的。这些无标准参照的脉冲在 ISO7637-2 中是没有的,但在实际车辆电气供电分布系统是普遍存在的。以这种方式产生的无标准参照的脉冲,很大程度上会受到一些因素的影响,包括但不限于阻性/容性负载存在同一个电路作为感性负载的因素。虽然以这种方式产生的连续的脉冲相对于 ISO 标准测试波形可重复性不好,但经验表明如果仅仅使用 ISO 标准可重复波形,这种偶然的脉冲经常会导致产品失效。

本附录提供本标准中瞬态脉冲抗扰度测试的脉冲特性规定。

B.1 无参照标准测试脉冲 A1、A2、C

图 B-1 描述了一个简化的包含了点火开关接通或断开感性负载的汽车线路(例如车门锁)。L_w 代表在电池和点火开关之间串联的线束电感。这个负载电感“L”比串联线束电感大很多(例如 1uH/m)。

图 B-1: 简化的脉冲抗扰度的汽车线路



脉冲 A1 代表在切换高电流（1A~5A）时产生的电压瞬态，感性负载和 DUT 在同一个线路中。“Z”代表这个线路中的其他电器负载的阻抗。“Z”的值设置为 220Ω ，模拟最小的负载电路。图 B-2 描述脉冲 A1。脉冲峰值电压变化范围为-250V~-300V。

脉冲 A2 代表在切换低电流（小于 1A）时产生的电压瞬态，感性负载和 DUT 在同一个线路中。脉冲 A2 的特性很大程度上取决于在该线路中的其他负载的阻抗。两个独立的条件包含在脉冲 A2 中：

脉冲 A2-1 发生在当线路只包含 DUT 和可关断的感性负载

脉冲 A2-2 发生在当线路中除了包含 DUT 和可关断的感性负载外，还包含其他的电器负载。其他电器负载大多是容性的（例如雨刮电机滤波电容）。

本文件内容属于长安公司机密，无长安公司正式书面授权，任何单位或个人不得扩散或泄露。

图 B-3 和 B-4 描述的是 A2-1 和 A2-2 的波形。当不考虑外围线路的影响, 该瞬态主要是触点电弧放电的结果 (脉冲 A2-1)。该瞬态的特性包含+100~+300V 正向峰值电压和-280~500V 负向峰值电压的高频重复脉冲。每个脉冲持续时间约为 100ns~1us。图 B-3 描述的是触电断开时的特性, 而在开关闭合震荡时也会产生类似的瞬态。A2-1 瞬态通常是考虑“触点电弧放电瞬态”。当外围线路主要表现为容性时, 所产生的瞬态与 A2-1 有很大不同。当开关触点断开时, 产生阻尼正弦瞬态 ($f_{\text{res}} \sim 2\text{kHz}$)。当开关触点闭合震荡时, 产生阻尼正弦瞬态 ($f_{\text{res}} \sim 180\text{kHz}$)。在这种情况下, 存在对应的幅度大约为 $30\text{A}_{\text{p-p}}$ (见图 B-4c) 的电流瞬态。当使用示波器测量脉冲 A2-2 时, 推荐采用瞬态电流触发。

图 B-2 脉冲 A1 的波形

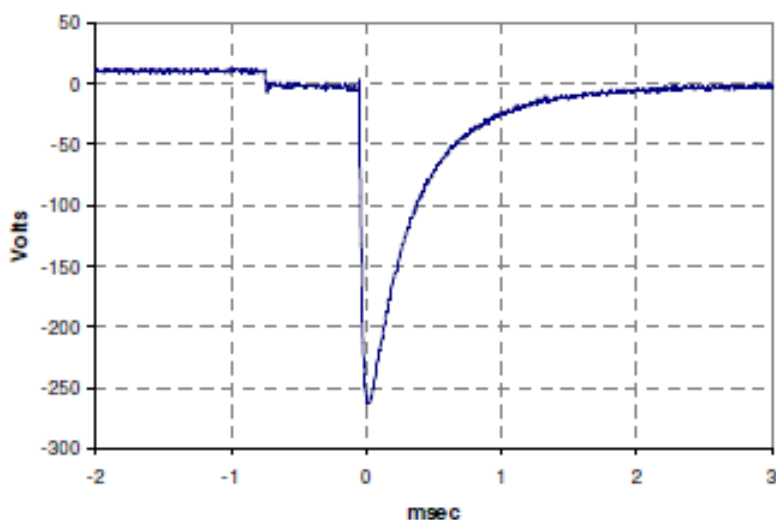
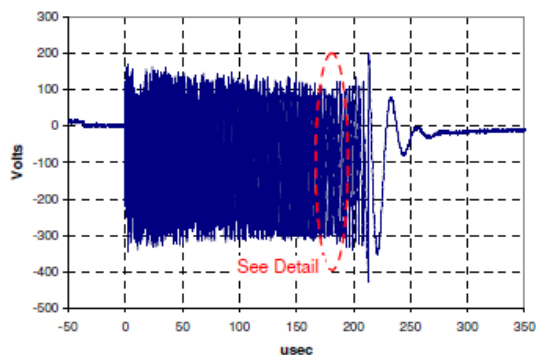
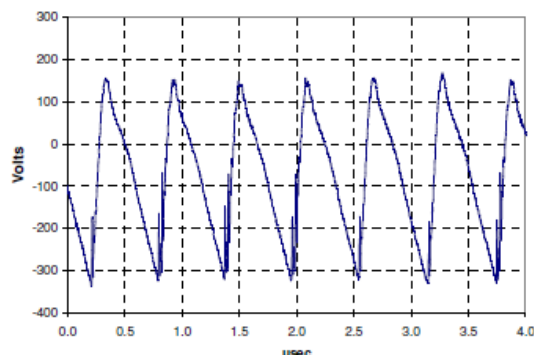


图 B-3 脉冲 A2-1 的特性

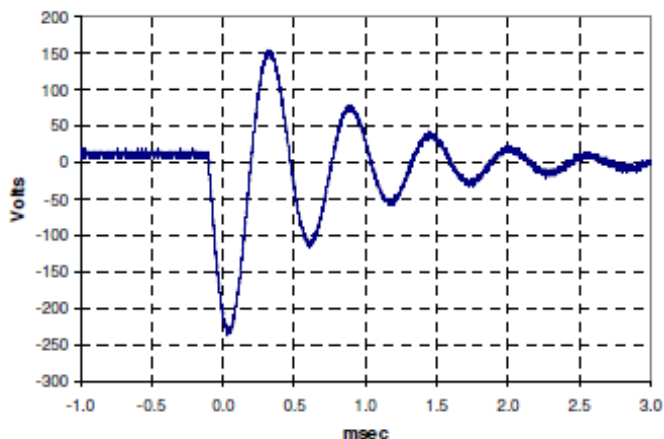


a) 触点断开和震荡

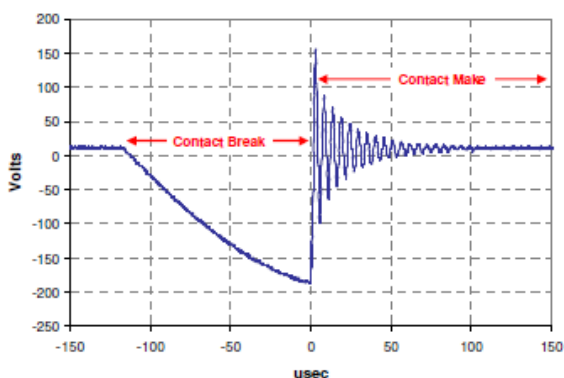


b) 触点断开和震荡 (细节)

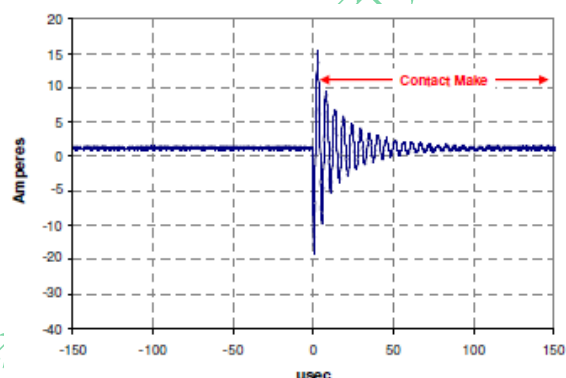
图 B-4 脉冲 A2-2 特性



a) 触点断开



b) 触点震荡（电压）



c) 触点震荡（电流）

测试脉冲 C 代表了在断开感性负载时开关触点电弧放电和触点震荡的电压瞬态。该瞬态反映的是串联线束的感性和电弧放电（开关触点断开）或者触点震荡产生的电流产生的电流。脉冲 C 直接与脉冲 A2 相关，两个脉冲（C-1 和 C-2）分别对应脉冲 A2-1 和 A2-2。

脉冲 C-1 的特性见图(B-5b)。该脉冲的特性包含了+150V 正负向峰值电压的高频阻尼震荡正弦脉冲（ $f_{res} \sim 10\text{MHz}$ ）。该正弦瞬态脉冲持续时间约为 $100\text{ns} \sim 1\mu\text{s}$ 。

脉冲 C-2 的特性见图(B-5d)。该脉冲的特性包含了+150V 正负向峰值电压的低频阻尼震荡正弦脉冲（ $f_{res} \sim 180\text{kHz}$ ）。该正弦瞬态脉冲持续时间约为 $50\mu\text{s}$ 。

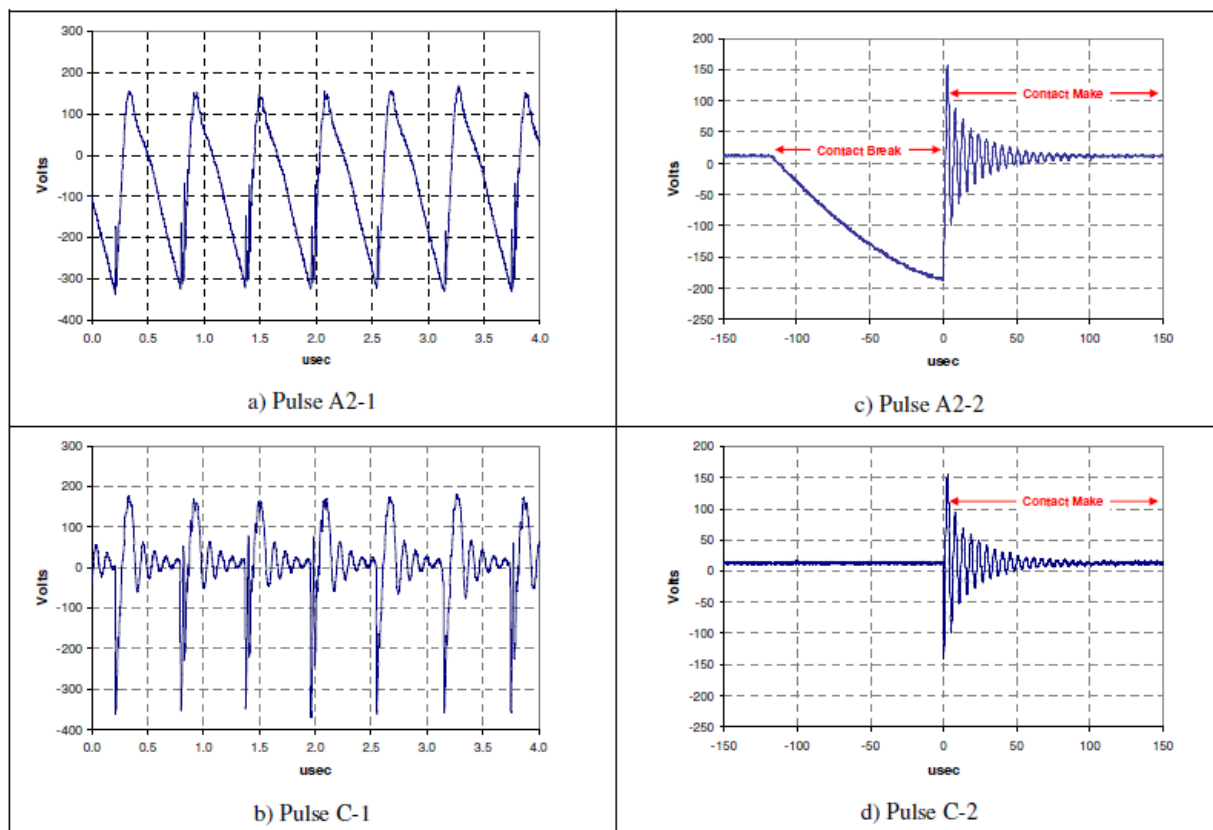


图 B-5：脉冲 C 特性

B.2 瞬态应用模式

瞬态脉冲 A1、A2 和 C 对 DUT 的应用三个不同的模式

模式 1 代表了当测试脉冲以固定的重复率应用的情况，见表 B-1。当应用于 DUT 带开关的电源供电线路，模式 1 只应用于脉冲 A1 和 A2。

表 B-1 模式 1 特性

瞬态脉冲	脉冲重复率 (PRR)	持续时间
A1	0.2Hz 10% 占空比	120sec
A2-1		

模式 2 代表了当测试脉冲以伪随机时间序列应用的情况，见图 B-6。模式 2 只在脉冲 A1 应用于 DUT 输入时使用。时间“T”是 50ms。

模式 3 代表当测试以伪随机脉冲群应用的情况，见图 B-7。该时间序列使用模式 2 中的定义。模式 3 只应用于 A2-1、A2-2、C-1 和 C-2。脉冲群时间“T”为 50ms。

模式 2 和模式 3 在瞬态耦合抗扰度测试时也会使用，产生模式 1、2 和 3 的脉冲发生器电路见图 B-8。

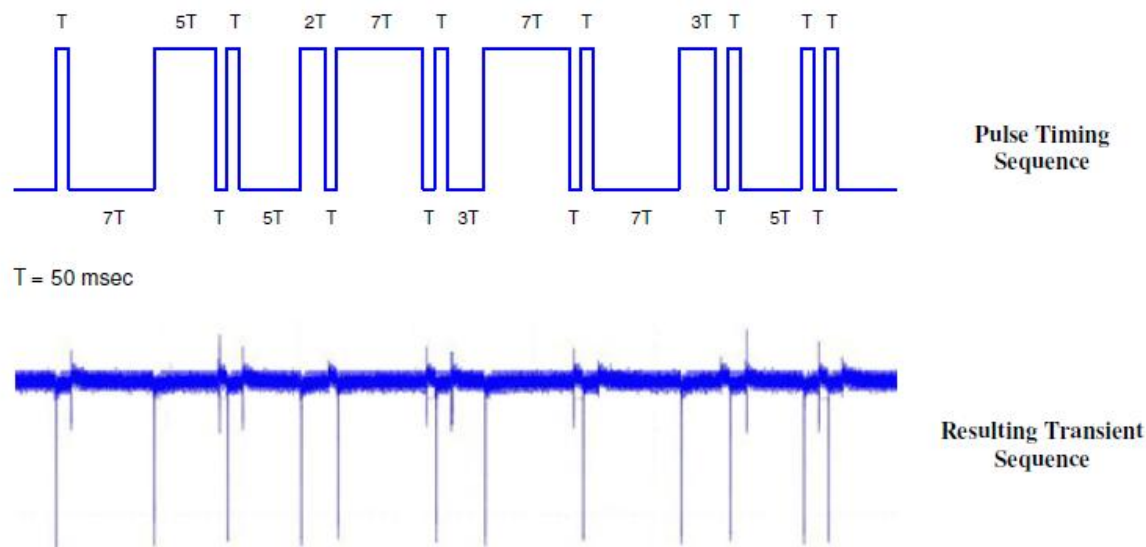


图 B-6 模式 2 特性

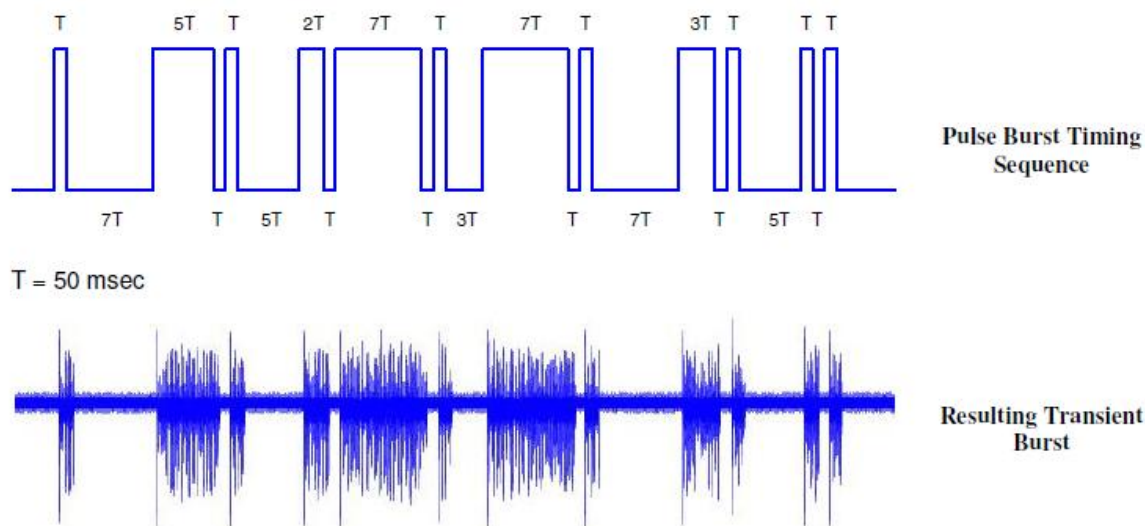


图 B-7 模式 3 特性

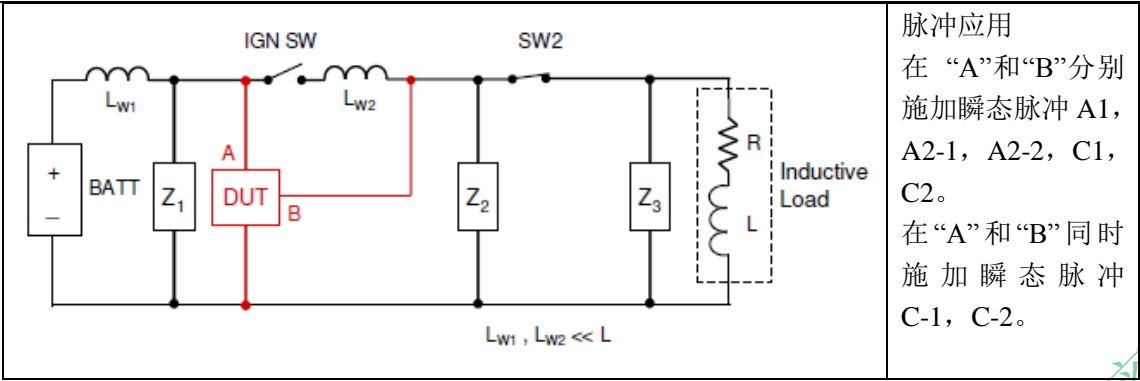
B.2 瞬态波形应用

脉冲 A、C 的应用很大程度上取决于 DUT 是如何连接至电源分布系统。下表 B-2 提供每个脉冲测试应用的基本信息。表 B-2 代表典型的结构，包括点火开关、远程开关 (SW2)，感性负载、DUT 和连接到电源分布系统不同点的外部电子负载“Z”。适当的瞬态脉冲应用要求分析实际的 DUT 将会如何使用。在许多情况下，真实的装置结构是基本结构类的融合。

表 B-2 每个脉冲测试应用的基本信息

结构 1
DUT 电源线“A”与感性负载（例如摇窗电机）在同一电路中。DUT 和感性负载通过开关 SW2 切换。瞬态脉冲 A1, A2 应用于“A”点，如果点火开关（IGN SW）常闭且 SW2 常开。脉冲 C 将会应用于“A”点，当点火开关（IGN SW）和 SW2 常闭。

	<p>脉冲应用</p> <p>在 DUT 电源连接点“A”施加瞬态脉冲 A1, A2-1, A2-2, C1, C2,</p>
<p>结构 2</p> <p>当感性负载通过 SW2 切断时，DUT 电源线“A”点保持通电。DUT 有输入电路“B”与有感性负载的电路相连。瞬态脉冲 A1, A2 在 SW2 断开时施加在“B”点。如果 IGN SW 常闭且 SW2 常开或者震荡，脉冲 C 施加在“A”点。当 IGN SW 和 SW2 闭合，C 施加在“A”和“B”点。</p>	
	<p>脉冲应用</p> <p>在 DUT 电源连接点“A”施加瞬态脉冲 C-1, C-2</p> <p>在“B”点施加脉冲 A1, A2-1, A2-2.</p> <p>同时在“A”和“B”点施加脉冲 C-1, C-2。</p>
<p>结构 3</p> <p>当 SW2 闭合时，DUT 电源线“A”与感性负载处于同一线路中。DUT 和感性负载通过点火开关或继电器进行切换。如果 SW2 常闭且 IGN SW 常开，在“A”点施加瞬态脉冲 A1, A2 和 E。如果 IGN SW 常闭且 SW2 常开或者震荡，在“A”点施加瞬态脉冲 C。当 IGN SW 闭合脉冲，在“A”施加 脉冲 C。</p>	
	<p>脉冲应用</p> <p>在 DUT 电源连接点“A”施加瞬态脉冲 A1, A2-1, A2-2, C-1, C2。</p>
<p>结构 4</p> <p>DUT 电源线“A”直接与电池连接。DUT 有一路辅助电源“B”连接至点火开关电路。如果 SW2 闭合且 IGN SW 常开或震荡，在“A”点施加瞬态脉冲 C。如果 SW2 闭合且 IGN SW 断开，在“B”点施加瞬态脉冲 A1, A2。如果 IGN SW 闭合且 SW2 断开或震荡，在“B”点施加瞬态脉冲 C。当 IGN SW 闭合，同时在“A”和“B”点施加脉冲 C。</p>	



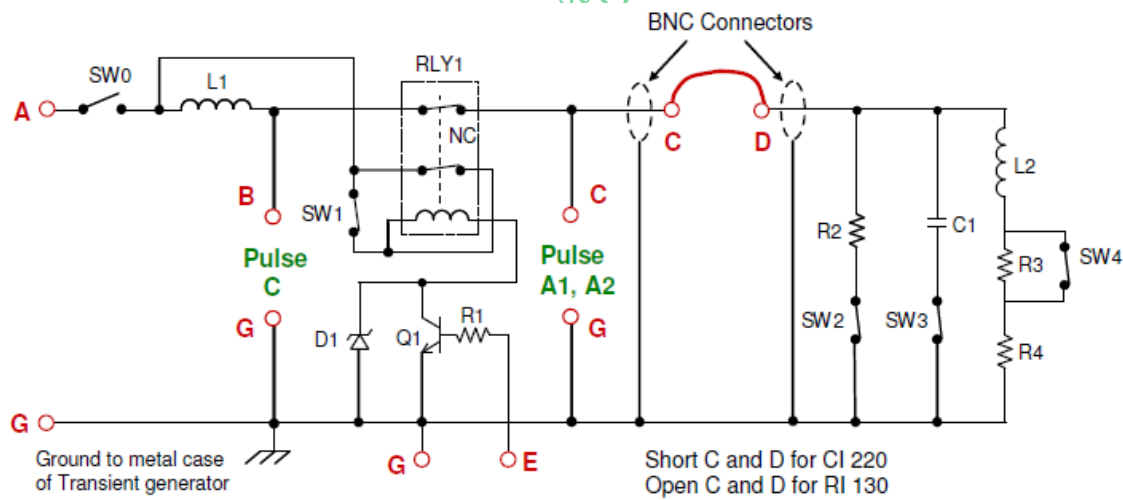
B.3 瞬态试验发生器

本规范规定的试验发生器适用于以下测试：

- 瞬态耦合发生器
- 瞬态传导抗扰度脉冲 A1，A2,和 C

图 B-8 给出了在模式 1、2 和 3 下产生瞬态脉冲 A1，A2,和 C 瞬态发生器电路。该电路包含一些关键的器件，如果没有得到认可，是无效的。这些元件在图中是高亮的。选择测试脉冲和执行模式可使用开关设置。表 B-4 总结了这些开关的结构和与测试脉冲/模式的对应。

图 B-8 瞬态发生器电路



关键参数值：

R1: 51 ohms, 25W	L2: 100 mH inductor (Osborne Transformer Part Number 32416)*
R2: 220 ohms ± 5%, 2W	D1: Zener Diode, 39 V, 5W (IN5366A)
R3: 33 ohms ± 5%, 10W	Q1: NPN transistor (TIP 41)
R4: 6 ohms ± 5%, 50W	SW0 – SW4: Single Throw Switch (10 contact rating)
C1: 100 nF ceramic capacitor, 400V	RLY1: 12 volt AC Relay** Use normally closed (NC) contacts (Potter & Brumfield KUP-14A15-12)*
L1: 5 uH inductor (Osborn Transformer Part Number 8745) *	

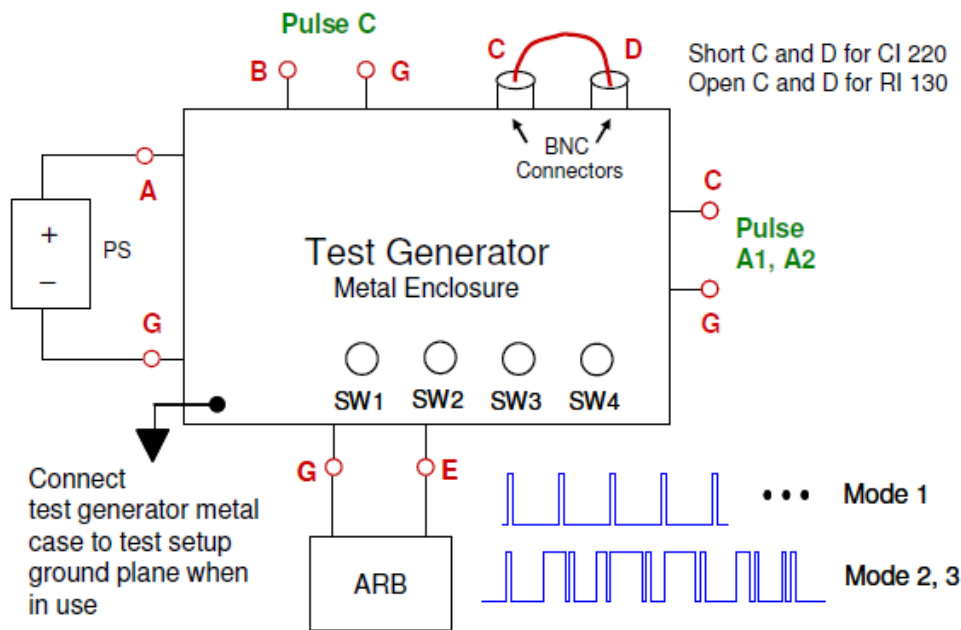


图 B-9 瞬态发生器（外部连接）

表 B-4:瞬态发生器开关设置

Pulse	Mode *	SW1	SW2	SW3	SW4
A1	1, 2	Closed	Closed	Closed	Closed
A2-1	1	Closed	Open	Open	Open
A2-1, C-1	2	Closed	Open	Open	Open
A2-2, C-2	2	Closed	Open	Closed	Open
A2-1, C-1	3	Open	Open	Open	Open
A2-2, C-2	3	Open	Open	Closed	Open

脉冲发生器使用 Potter and Brumfield (P&B) 12VAC 继电器。对于继电器的规定见表 B-5。

然而，几乎所有的 12VAC 继电器都能够应用在本测试中，在使用替代的继电器时，需要测量电压，并确定波形。测量结果需要被认可。

当继电器使用了 100 小时，应该更换继电器。

表 B-5 瞬态发生器（继电器 P&B 规定）

Contact Arrangement:	3 Form C, 3PDT, 3 C/O
Contact Current Rating (Amps.):	10
Coil Magnetic System:	Mono-stable
Coil Selection Criteria:	Nominal Voltage
Actuating System:	AC
Input Voltage (VAC):	12
Coil Suppression Diode:	Without
Coil Resistance (Ω):	18
Coil Power, Nominal (VA):	2.70
Mounting Options:	Plain Case
Termination Type:	.187 x .020 Quick Connect Terminals
Enclosure:	Enclosed
Contact Material:	Silver Cadmium Oxide
Approved Standards:	UL Recognized, CSA Certified