

	编号 Code	VS-00. 35-L-10008
	代替 Instead	
	发布日期 Release date	2018-12-25

电器部件电磁兼容试验规范

Specification of Electromagnetic Compatibility Test
for Electrical/Electronic Components and Subsystems

前 言

本规范由智能化研究院系统开发所射频&EMC 室编制。

本规范主要起草人：吴仁钢、郭迪军、陈渝。

本规范与上一版本相比，主要技术变化如下：

- 测试计划需产品专责人确认产品信息和功能描述；
- 根据定义优化 C 类和 D 类功能分类；
- 增加瞬态脉冲 8 的种类，增加电气负荷试验术语定义；
- 调整脉冲 1 的时间参数和脉冲数量；
- 调整低频磁场发射测试环形天线的类型；
- 对称部件的测试结果视同；
- 整合接插件线束静电放电要求。

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。
- VS-00.35-L-10008 于 2018 年 08 月 25 日第一次修订。
- VS-00.35-L-10008 于 2018 年 10 月 09 日第二次修订。
- VS-00.35-L-10008 于 2018 年 12 月 20 日第三次修订。

目 录

1. 范围	1
2. 规范性引用文件	1
3. 术语和定义	4
4. 辐射发射测试：RE	12
5. 电源线传导发射测试：CEV	15
6. 控制与信号线传导发射测试：CEC	18
7. 低频磁场发射测试：MFE	21
8. 瞬态传导发射测试：CTE	24
9. 辐射抗扰度测试：RI	27
10. 大电流注入测试：BCI	29
11. 发射器抗扰度测试：PTI	31
12. 低频磁场抗扰度测试：MFI	34
13. 电源线瞬态传导抗扰度测试：CTL	36
14. 信号线瞬态耦合抗扰度测试：CTI—CCC、ICC	51
15. 静电放电测试：ESD	55
附录	61

电器部件电磁兼容试验规范

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。

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器部件和子系统。

若混合动力汽车高压电器部件及线束不满足附录 D 及高压线束屏蔽效能的要求则应满足整车法规和第三方评测要求。

点火线圈以及非防夹车窗升降器电机(BM类)不适用本规范的 RE、CEV、CEC 试验，点火线圈不适用本规范的 CTE 试验，以动力院 EMC 团队在 PLR 节点完成发动机杂合车 EMC 试验并合格，作为整车电磁兼容试验的准入条件。

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、用户使用体验及整车使用环境的要求。

其他一般要求详见本规范第 3.6 章节。

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
ISO/IEC 17025	General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
IEC 60050-161	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility
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

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。

ECE R10.05	Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to 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 16750-2	Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 2: Electrical loads
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 10605	Road vehicles - Test methods for electrical disturbances from ESD
ICNIRP Guidelines 2010	For Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1Hz-100kHz)
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 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/T28046.2	道路汽车 电气和电子设备的环境条件和试验. 第2部分：电气负荷
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 19951	道路车辆 静电放电引起的产生的电骚扰试验方法
GB 34660	道路车辆 电磁兼容性要求和试验要求
GB/T 36282	电动汽车用驱动电机系统电磁兼容性要求和试验方法
QC/T 1037-2016	道路车辆用高压电缆
VS-21.01-L-10001	高压线束屏蔽效能试验规范
GB 8702	电磁环境控制限值
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
ZN-XK001-2018	电磁兼容开发管理程序
VS-00.35-L-10001	整车电磁兼容试验规范

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 DUT: Devices Under Test, 被测物, 可能代指任何汽车电器部件。
- 3.1.5 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。
- 3.1.6 I/O: Input and Output, 输入和输出。
- 3.1.7 PCB: Printed Circuit Board, 印刷电路板。
- 3.1.8 RE: Radiated Emission, 辐射发射。
- 3.1.9 CEV: Conducted Emission - Voltage method, 电源线传导发射。
- 3.1.10 CEC: Conducted Emission - Current probe method, 控制与信号线传导发射。
- 3.1.11 MFE: Magnetic Field Emission, 低频磁场发射。
- 3.1.12 CTE: Conducted Transient Emission, 瞬态传导发射。
- 3.1.13 RI: Radiated Immunity, 辐射抗扰度。
- 3.1.14 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。
- 3.1.15 DBCI: Differential Mode BCI, 差模 BCI。
- 3.1.16 CBCI: Common Mode BCI, 共模 BCI。
- 3.1.17 PTI: Portable Transmitter Immunity, 发射器抗扰。
- 3.1.18 MFI: Magnetic Field Immunity, 低频磁场抗扰度。
- 3.1.19 CTI: Conducted Transient Immunity, 瞬态传导抗扰度。
- 3.1.20 CCC: the Capacitive Coupling Clamp method, 容性耦合钳法。
- 3.1.21 ICC: the Inductive Coupling Clamp method, 感性耦合钳法。
- 3.1.22 DCC: the Direct Capacitive Coupling method, 直接电容器耦合法。
- 3.1.23 ESD: Electrostatic Discharge, 静电放电。

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。

- 3.1.24 Usmin: 最低供电电压, 指在规定的供电电压范围内 DUT 达到 I 级时的最低供电电压。
- 3.1.25 Usmax: 最高供电电压, 指在规定的供电电压范围内 DUT 达到 I 级时的最高供电电压。
- 3.1.26 短时工作部件: 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、调光电机、洗涤器电机、座椅调节电机、风门执行器电机、节气门的电机、开关控制的继电器。
- 3.1.27 自动循环部件: 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、油泵等。对于电磁兼容性, 将这类部件看作长时工作设备。
- 3.1.28 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。
- 3.1.29 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。
- 3.1.30 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。
- 3.1.31 绝缘体: 相对介电常数 <2.5 , 相对磁导率 <2 的非传导材料。
- 3.1.32 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。
- 3.1.33 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。
- 3.1.34 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。
- 3.1.35 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。
- 3.1.36 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、取消或失效。
- 3.1.37 《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。

- 3.1.38 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，测试中应使用同一车型的零部件实物负载或负载模拟器来使得 DUT 正常工作。

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 2 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	高级驾驶辅助系统(ADAS)、主动安全系统、被动安全系统及上述相关的传感器及其总线通讯；
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、传感器及其总线通讯； 底盘稳定系统、刹车系统、发动机转速稳定性、变速器档位稳定性、电动汽车动力系统稳定性、巡航控制功能、驱动电机或发动机转速限制； 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；

- 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 3 个等级：

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，所有功能的性能表现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、未通电/通电的 LED 灯因持续时间超过 500μs、幅值超过或低于点亮电压的电压脉冲/电压跌落而闪烁。
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立即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正常工作。例如显示屏在静电测试中图像闪烁一下立即恢复正常； 电源恢复后 UI 界面提示信息确认。
--	---

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、无控制电路的 PTC 发热器。 机械触点开关的 LED 背光(测试 BCI、CTI、ESD)。
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动机。
A	含有有源器件的电器模块。 例如：车载娱乐系统、开关电源、控制器、放大器、显示器、LED 灯具。
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。 12V 部件：应测试电源线传导骚扰和传导抗扰试验； 5V 部件：不测试电源线传导骚扰和传导抗扰试验。
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、PEU、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。有 AC 电源端口的部件才需要通过附录 C 中的测试，有高压直流电源端口的部件才需要通过附录 D 中的测试。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、安装位置确定是否测试，例如 PEPS 测试 MFE 时豁免有意发射磁场频段）。

电路原理图相同，PCB 走线和元器件布置对称以及模块相同的电器部件其电磁兼容性能可视同。例如：镜片调节器、车窗电机、灯具（功能和电路不相同的尾灯除外）。

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。

表 4a 电器部件电磁兼容测试项目选择表

测试项目	电器部件类别								
	P	R	BM	EM	A	AS	AM	AX	AW
RE		☆	★	★	★	★	★	★	★
CEV		☆	★	★	★	☆	★	★	
CEC				★	★	★	★	★	
MFE				☆	☆			☆	
CTE		★	★	☆				★	
RI				★	★	★	★	★	★
BCI	☆			★	★	★	★	★	
PTI				★	★	★	★	★	★
MFI				☆	☆	☆	★	☆	★
CTI	★			★	★	☆	★	★	
CCC\ICC				★	★	☆	★	★	
ESD	★	☆		★	★	★	★	★	★

表 4b 电器部件电气负荷测试项目选择表

测试项目	电器部件类别								
	P	R	BM	EM	A	AS ^注	AM	AX	AW
直流供电电压试验		☆	★	★	★	☆	☆	★	
长时过电压试验 18V		★	★	★	★	☆	☆	★	
短时过电压试验 24V		★	★	★	★	☆	☆	★	
长时反向电压试验		☆		★	★	☆	☆	★	
短时反向电压试验		☆		★	★	☆	☆	★	
单线开路试验				★	★	☆	☆	★	
单线瞬态开路试验				★	★	☆	☆	★	
多线开路试验				★	★	☆	☆	★	
开关线路开路电压测试				☆	☆	☆	☆	☆	
地线开路测试				★	★	☆	☆	★	
信号电路短路保护试验				★	★	☆	☆	★	
负载电路短路保护试验				☆	☆	☆	☆	★	
开关/继电器触点过电流试验				☆	☆	☆	☆	☆	
电流输出端过电流试验				★	★	☆	☆	★	
击穿强度试验		★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆
绝缘电阻试验	★	★	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆

注：12V 系统的 AS 器件应测试所有其工作原理和设计适用的试验项目，☆按照★执行。

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:

符合附录 E 的试验样件。

3.5.2 负载模拟器的应用要求:

负载模拟器由供应商负责制作,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。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;模拟信号输出应提供接口便于连接模拟信号光纤转换器。

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,需要在 CAN 设备的端口使用 47pF 电容和测试桌金属平板连接以模拟其他控制器的 CAN 接口电路对信号传输阻抗的影响,使用光纤扩展器隔离的需要将光纤扩展器放置在 50mm 厚的绝缘体上。Lin/以太网等总线参考本条按照其技术规范操作。

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:

对外电磁发射测试过程中,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%的机械或电功率负荷。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。

抗干扰测试状态应覆盖 DUT 各种功能的工作、上电但用户未操作状态、休眠模式(若控制器有此模式)。LED 灯断电状态(可能整车上其他部件在工作)也应测试 BCI。

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 外壳与车身金属面可靠连接,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 通过金属支架和车身连接，那么测试时 DUT 应放置在 50mm 厚的绝缘体上，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。

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，测量系统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。可采用 FFT 模式或频谱仪模式测量短时工作部件（锁电机、电喇叭），频谱仪参数设置为 RBW=3MHz，VBW=10MHz，频谱仪测量时间不少于 500 次 sweep count。其余设备按照 CISPR 25 的要求执行。根据市场和配置需求，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

业务	频带	峰值、平均值检波			准峰值检波		
		带宽	步长	驻留时间	带宽	步长	驻留时间
	100Hz~9 kHz	任意	自动	≥100ms	N/A	N/A	N/A
	9~150 kHz	200Hz	100Hz	50ms	N/A	N/A	N/A
	0.15~30 MHz	9kHz	5kHz	50ms	9kHz	5kHz	1s
	30~110MHz	120kHz	50kHz	20ms	N/A	N/A	N/A
(4G) 欧洲	703~821 MHz	1MHz	0.5MHz	50ms	N/A	N/A	N/A
GNSS	1550~1620 MHz	9kHz	5kHz	50ms	N/A	N/A	N/A
3G	1900~2180 MHz	1MHz	0.5MHz	50ms	N/A	N/A	N/A
WiFi/BT	2400~2500 MHz	1MHz	0.5MHz	50ms	N/A	N/A	N/A
4G/5G	2496~2690 MHz	1MHz	0.5MHz	50ms	N/A	N/A	N/A
5G	3300~3800 MHz	1MHz	0.5MHz	50ms	N/A	N/A	N/A
5G	4800~5000 MHz	1MHz	0.5MHz	50ms	N/A	N/A	N/A
WiFi	5150~5825 MHz	1MHz	0.5MHz	50ms	N/A	N/A	N/A
V2X	5850~5925 MHz	1MHz	0.5MHz	50ms	N/A	N/A	N/A
	110 MHz~6GHz (除上述业务频带之外)	120kHz	50kHz	5ms	N/A	N/A	N/A
	BM 器件 1GHz~2.5GHz 宽带干扰快速测量	1MHz	0.5MHz	5ms	N/A	N/A	N/A

3.5.7 抗扰度测试设备应满足 IS011452-1 的要求。

3.5.8 瞬态传导抗扰度设备应满足 IS07637 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/以太网总线报文；测试结束后立即检查其内部 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、AC 电源线谐波发射测试系统、AC 电源线电压变化、波动、闪烁发射测试系统、AC 电源线传导发射测试系统、AC 电源线快速瞬态脉冲群抗扰度测试系统、AC 电源线浪涌抗扰度测试系统、高压直流电源线传导发射测试系统、高压低压耦合衰减测试系统、高压直流电源线大电流注入抗扰度测试系统。

3.6 零部件电磁兼容试验一般要求

本规范自发布之日起，新签定的产品技术开发要求应按照本规范执行。

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电磁环境下维持乘员及整车安全状态。

各控制器或传感器供应商为了保证系统和整车的抗干扰性能，应在软件中对输入信号实施各种软件滤波算法并检查信号幅值的合理性，应从功能逻辑方面完善异常电压、逻辑错误的处理机制，应对存储的数据进行备份、对调用的数据进行正确性和有效性校验。

各控制感性负载的控制器应采用适当的驱动算法或电子元器件，减小感性负载产生的瞬态电压脉冲幅值，避免瞬态脉冲影响各控制器的性能。例如避免电机电流瞬间剧变。

产品测试前、测试中以及测试后应执行的事项如下：

- a) 测试前：供应商根据本规范和测试计划模板制订测试方案与计划，由部件专责人确认产品信息和功能描述并提交给长安 EMC 部门审核试验项目和测试状态要求。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。基于产品的特性，若测试计划与规范有差异，以审核的测试计划为准。
- b) 测试过程中：若零部件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。

- c) 测试后：试验样件在第三方试验室留样，样品由第三方试验室定期邮寄到长安电磁兼容部门做一致性抽检。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和电气负荷性能进行重新评估，必要时必须再次进行工装件电磁兼容和电气负荷试验。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，其电磁兼容和电气负荷性能不会有改变，无须再进行试验。

本规范规定的电磁兼容测试样品数为 2 个，第一个样件做完整的测试，第二个样件做关键性能一致性测试以及第一个样件整改涉及性能有变化的测试项目。若对外发射测试结果的裕量小于 2dB，则长安公司有权根据整车技术方案或规避质量问题要求供应商增加对外发射测试样件数量，任一样件测试结果超出限值则判定不合格。

本规范附录 B.3 规定的电气负荷试验样品数量为 3 个。

过程控制试验（In Process Testing，简称 IPT）由 STA 部门按照技术开发要求签订的 EMC 规范版本组织抽检，IPT 项目在测试计划中选择对外骚扰、抗干扰关键性能指标进行检验，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。

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。

4. 辐射发射测试：RE

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

4.2.1 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。

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。天线对准 AW 器件测试。

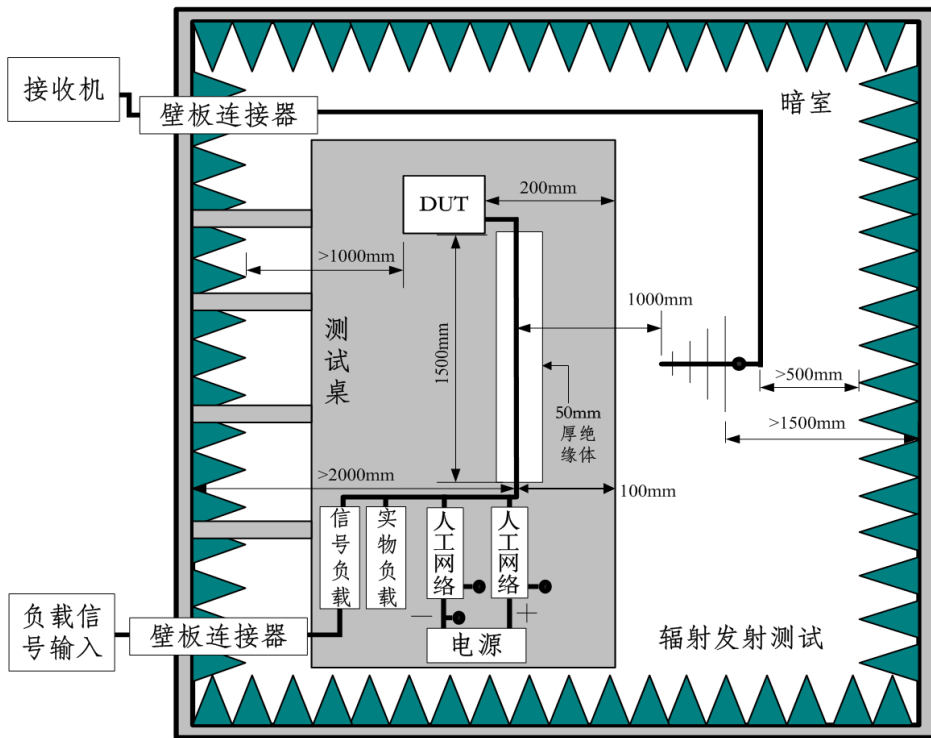


图 1 辐射发射测试布置

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。

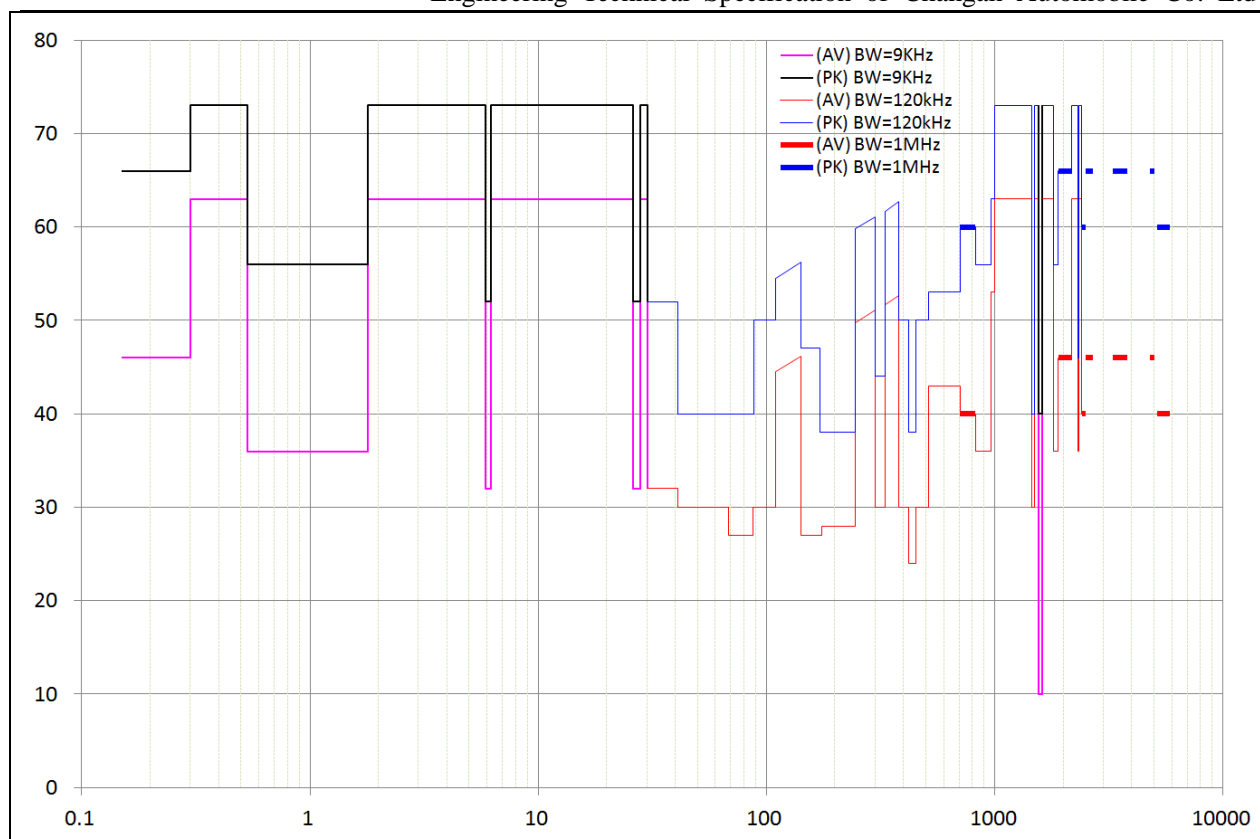
4.4.2 将图表中能表现骚扰频率特征的频点和超出/接近限值线的频点记录在试验报告中。

4.5 评价标准

4.5.1 辐射发射限值要求

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)	带宽 (kHz)
LW	0.15~0.3	46	66	9
MW	0.53~1.8	36	56	9
SW	5.9~6.2	32	52	9
CB	26~28	32	52	9
VHF	30~54	32	52	120
TV Band 1	41~88	30	40	120
VHF	68~87	27	47	120
FM	74~110	30	50	120
VHF	142~175	27	47	120
TV Band 3	174~230	34	44	120
DAB3	171~245	28	38	120
RKE	300~330	30	44	120
RKE、TPMS	420~450	24 (19)	38 (25)	120
Analogue UHF	380~512	30	50	120
DTTV	470~770	47	57	120
TV Band 4/5	468~944	43	56	120
(4G)	703~821	40	60	1000
UHF	820~960	36	56	120
GSM 800	859~895	36	56	120
GSM 900	915~960	36	56	120
DABL Band	1447~1494	30	40	120
GNSS	1550~1620	10	40	9
GSM 1800	1803~1882	36	56	120
GSM 1900	1850~1990	36	56	120
3G / IMT 2000	1900~2180	46	66	1000
SDARS	2320~2345	36	46	120
WiFi/Blue thooth	2400~2500	40	60	1000
4G/5G	2496~2690	46	66	1000
5G / IMT-2020	3300~3800	46	66	1000
5G / IMT-2020	4800~5000	46	66	1000
WiFi	5150~5850	40	60	1000
LTE-V2X	5905~5925	40	60	1000
ECE R10.05 ESA	30~75	52-25.13*log(f/30)	62-25.13*log(f/30)	120
ECE R10.05 ESA	75~400	42+15.13*log(f/75)	52+15.13*log(f/75)	120
ECE R10.05 ESA	400~1000	53	63	120
无业务部分频段	0.15~30	63	73	9
无业务部分频段	1000~2500	63	73	120
ECE R10.05 ESA 和无业务部分频段限值仅适用于本表格未定义无线电业务的频段。				



辐射发射限值如表 6,对于短时工作部件,峰值和平均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。1GHz 以下频段测试结果均低于限值 10dB 以上的 BM 类或 R 类器件在 1GHz~2.5GHz 可采用宽带干扰快速测量方法,设置带宽为 1MHz,步长为 0.5MHz 以加快测量速度。在整车上安装在 RKE 或 TPMS 接收天线周围 200mm 范围内的部件在 420MHz~450MHz 适用于括号内的限值。没有晶振或射频电路的器件不必测试 2.5GHz~6GHz 频段。

5. 电源线传导发射测试: CEV

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。

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~110 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。

电源端口的测试状态:

- 将多路电源线输入端口并联测试;
- 多路独立供电输入或供电输出(例如 BAT、ACC、IGN、ILL、ANT),应对每一路都分别测试,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。

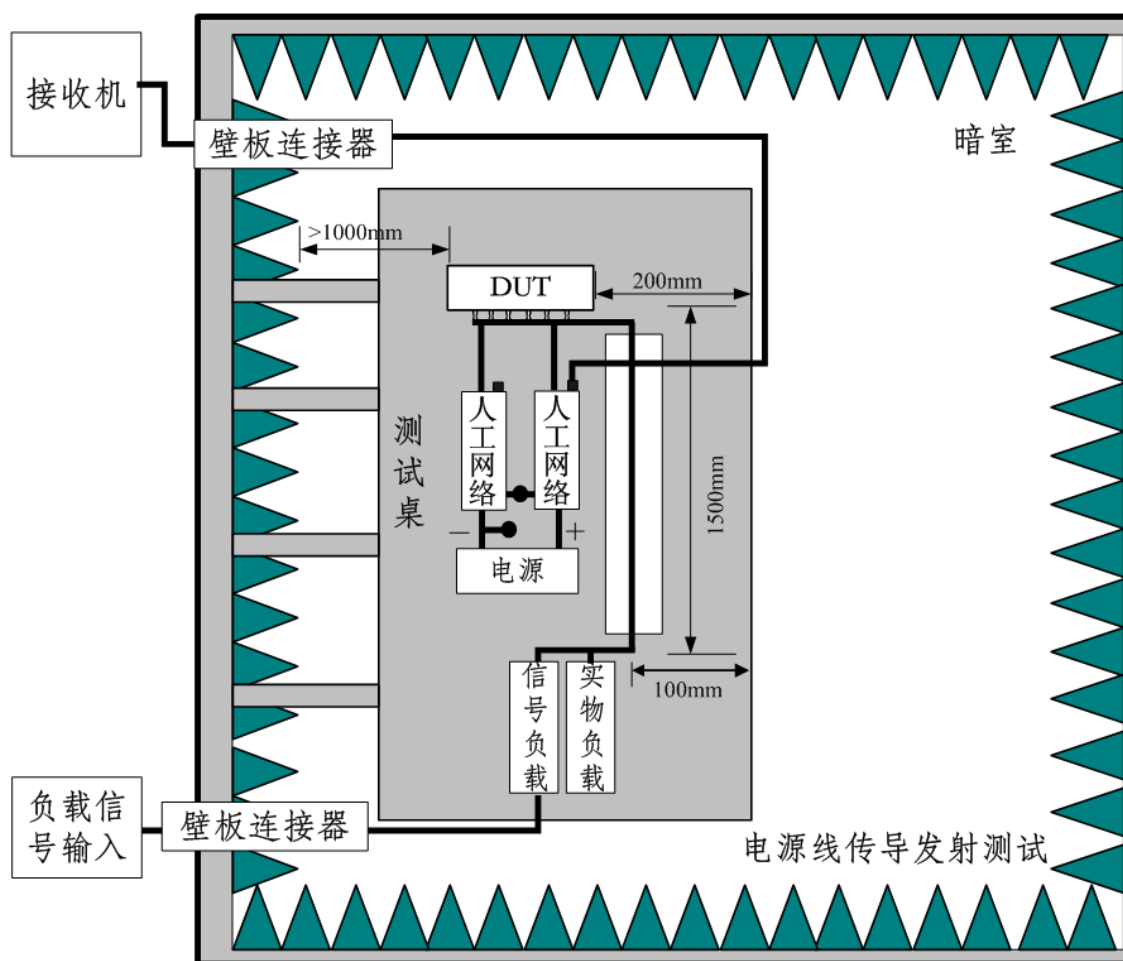


图 2 电源线传导发射测试布置

5.3 试验步骤

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。

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

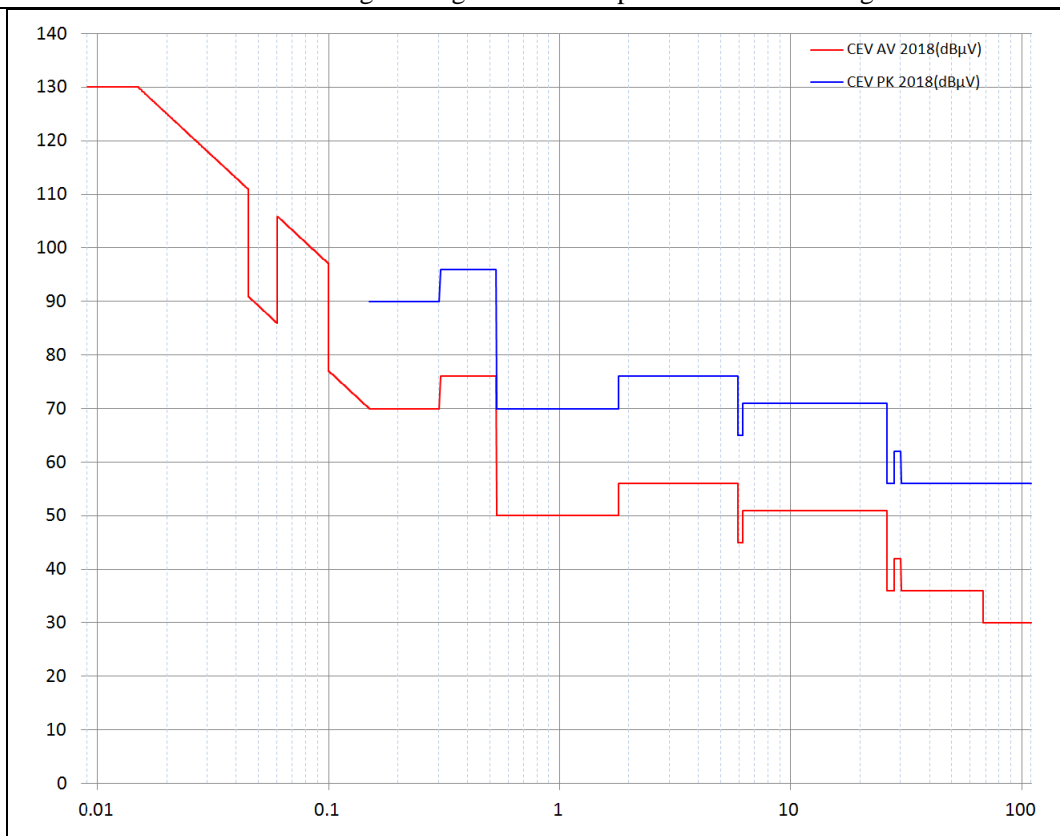
5.5.1 传导发射限值要求

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。

对于短时工作部件，要求频率范围为 150 kHz~30 MHz，峰值和平均值检波的限值可增加 6dBμV/m，但应在整车上验证短时工作部件工作时对图像、声音、收音等性能没有任何影响。

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 (dBμV)	限值 B，峰值检波 (dBμV)
Audio	0.009~0.015	130	N/A
	0.015~0.045	130-40*Log(f/0.015)	N/A
Ultrasonic Radar	0.045~0.06	110-40*Log(f/0.015)	N/A
	0.06~0.1	130-40*Log(f/0.015)	N/A
PEPS	0.1~0.15	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	56
VHF	68~87	30	56
FM	74~110	30	56



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，如果骚扰幅值低于限值线则测试结果合格，高于限值线则测试结果不合格。

6. 控制与信号线传导发射测试：CEC

6.1 试验条件

详见本规范 3.5 节与 4.1 节。

6.2 试验准备

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。

6.2.2 试验布置

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。测试布置见图 3。

信号线传导发射线束状态：

- 应将除天线馈线以外所有信号线束卡在电流探头内，DUT 电源线以及 PWM 驱动的负载电源线不放在电流钳内，例如节气门体的电机电源线；

- b) 屏蔽电缆单独测试传导发射电流法, 和其他电源线束距离 100mm;
- c) 对于不同走向的接插件应分别测试;
- d) 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。

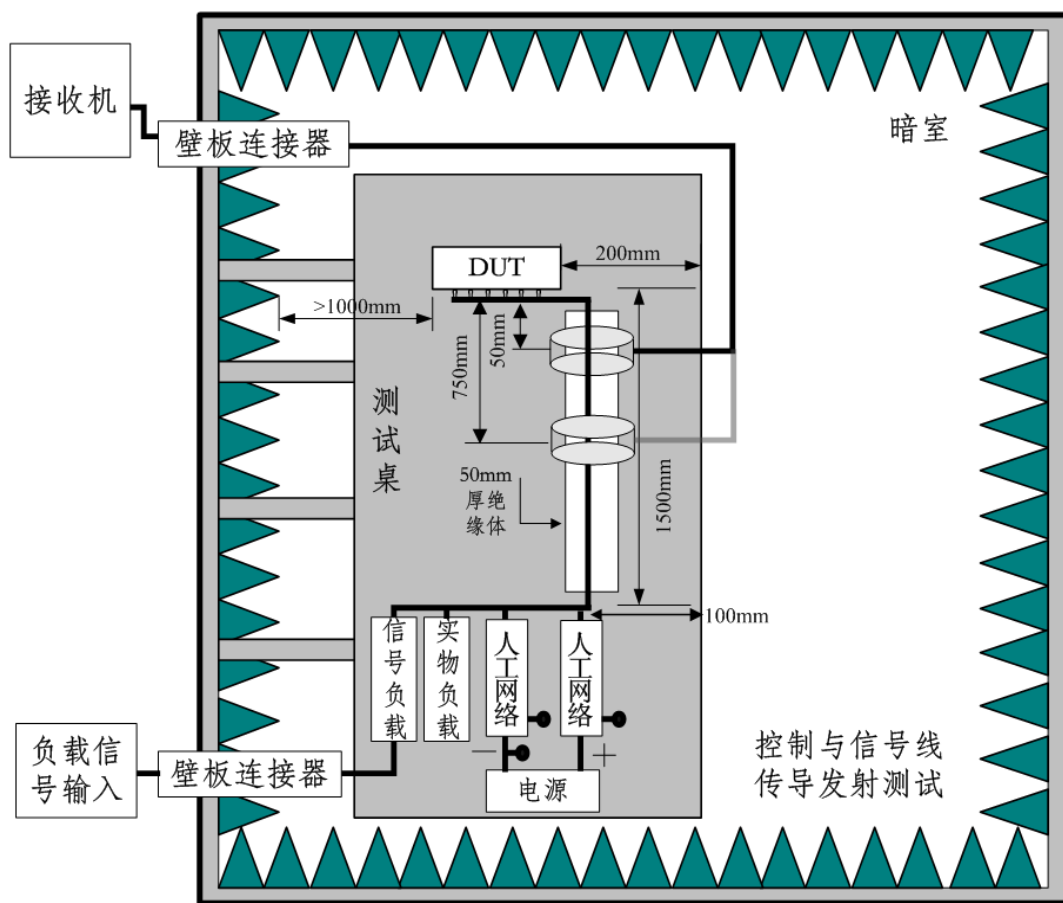


图 3 控制控制与信号线传导发射测试布置

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

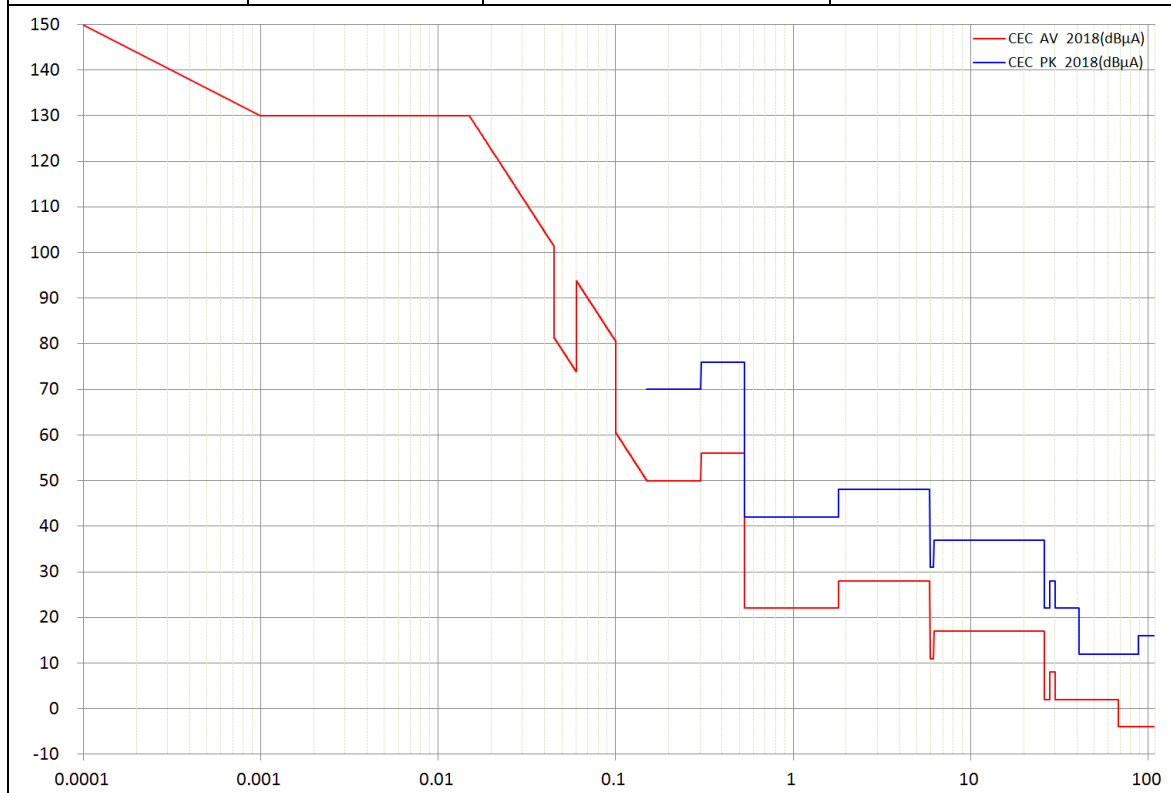
除 AS 类器件只需满足平均值检波限值要求之外，其余要求测试控制与信号线传导发射的器件应同时满足峰值检波和平均值检波要求，见表 8。需将电流探头在 100Hz~110MHz 的校正因子输入测试软件中。

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, 对于短时工作部件, 峰值和平均值检波的限值可增加 6dBμA/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。若 30MHz~110MHz 频段设备噪声不满足要求，则测试此频段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	$150-20*\log(f/0.0001)$	N/A
Audio	0.001~0.015	130	N/A
	0.015~0.045	$130-60*\log(f/0.015)$	N/A
Ultrasonic Radar	0.045~0.06	$110-60*\log(f/0.015)$	N/A
	0.06~0.1	$130-60*\log(f/0.015)$	N/A
PEPS	0.1~0.15	$110-60*\log(f/0.015)$	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

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。

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. 低频磁场发射测试：MFE

电动汽车充电机、开关电源、PWM 调速的风扇、PWM 调速的油泵控制器等工作频段在此范围且外壳没有采用完全屏蔽措施的部件应满足此项要求。（例如车载娱乐信息终端测试未屏蔽的接插件和天线开口面，其余屏蔽面不必测试。）

7.1 试验条件

详见本规范 3.5 节与 4.1 节。

7.2 试验准备

7.2.1 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。

7.2.2 试验布置

可参照 GJB 151B 标准中的测试布置，将近场磁场探头（使用 FESP 5133-7/40 型直径 133mm 的环形天线）置于距被测件表面或线束 70mm 处，并使环形天线的平面平行于被测件表面或平行于线束的轴线。测试布置见图 4。取决于测量设备的底噪，可能要使用到低噪声的前置放大器。

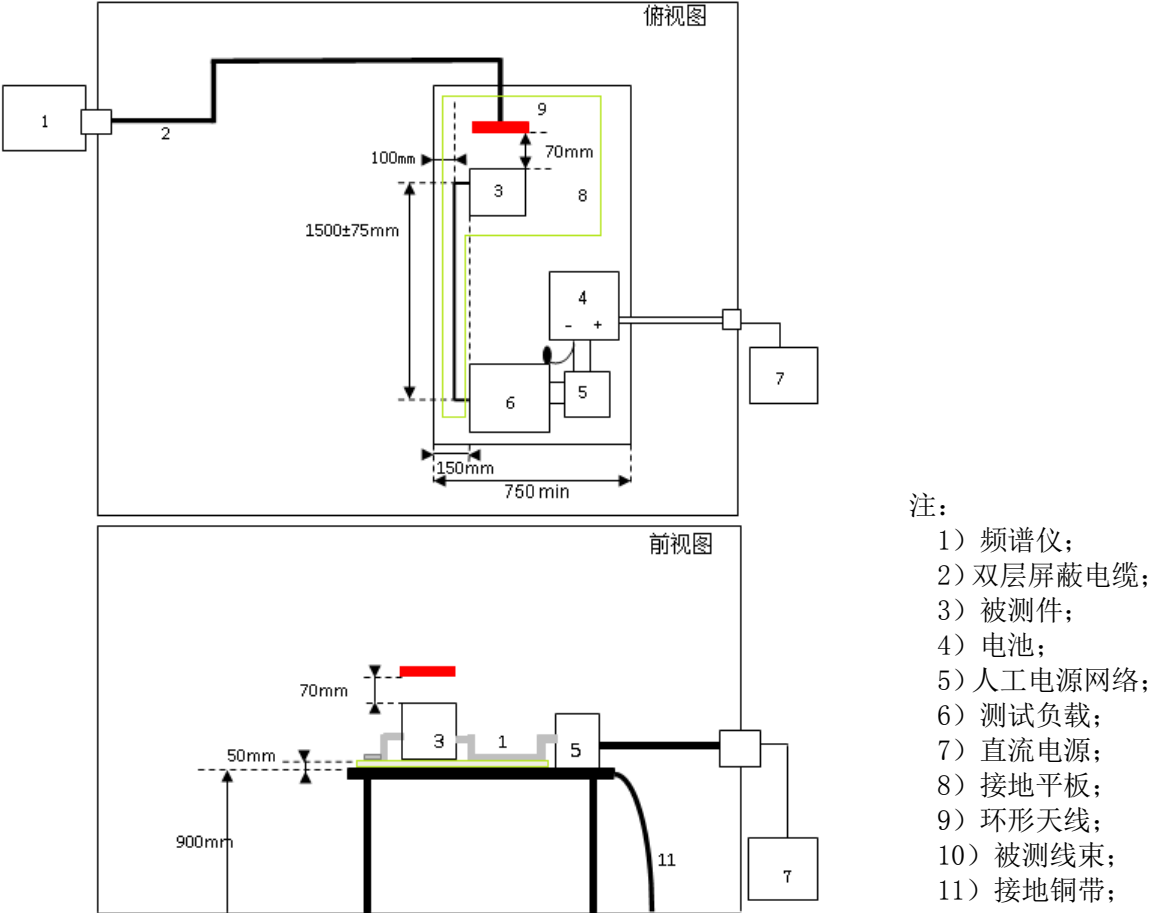


图 4 低频磁场发射测试布置

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. 可以用多次扫描替代：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。

7.3 试验步骤

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。

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 非屏蔽面，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非屏蔽面缓慢移动环形天线（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值；
- 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) 对被测件的每个非屏蔽表面和接插件位置均要进行 a)～c) 的操作。

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。

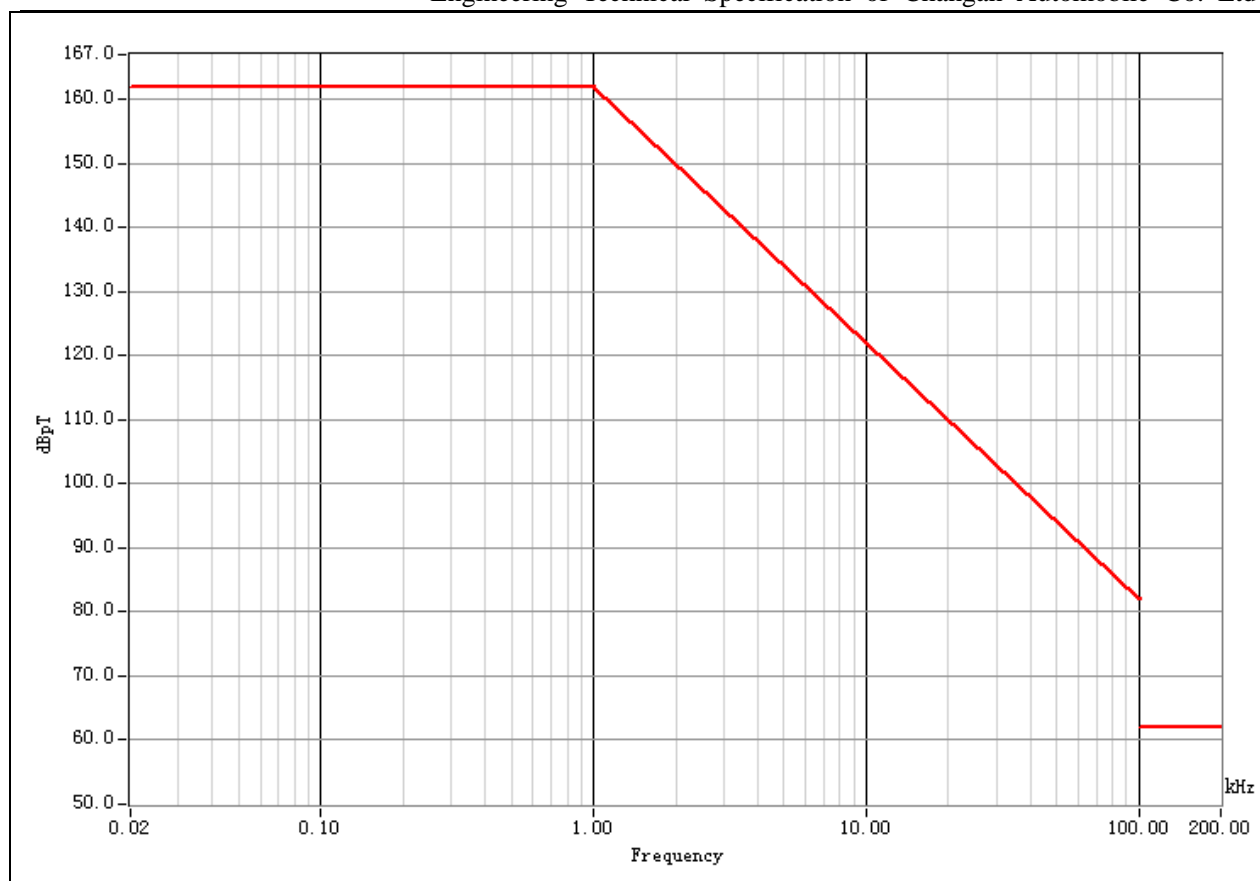
7.5.2 测试结果评价

有意的低频磁场发射豁免：PEPS 系统在 120kHz～140kHz 豁免限值要求，Qi 无线充电器在 110kHz～205kHz 豁免限值要求，整车无线充电系统在 80kHz～90kHz、160～180kHz 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。

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



8. 瞬态传导发射测试：CTE

8.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

8.1.1 试验仪器

8.1.1.1 继电器

长安 EMC 部门指定如下的汽车继电器作为开关（如图 5 所示）：

- a) DUT 堵转或峰值电流低于 40A 的使用 HFV4 012-1H1GR 型继电器，
- b) DUT 堵转或峰值电流高于 40A 但低于 70A 的使用 HFV7 012-HT-R 型继电器。

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。

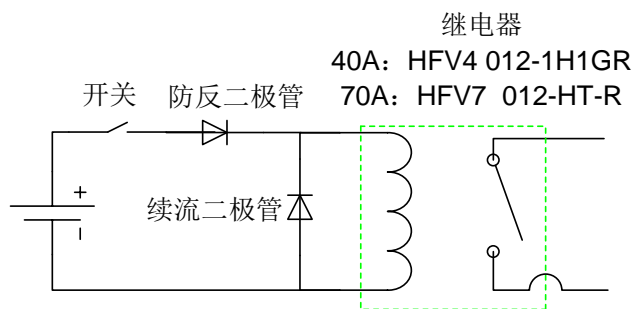


图 5 瞬态传导发射测试用继电器开关

8.1.1.2 电源

12V 系统 DUT 供电的电压应为 $13.5(+0.5/-0.3)V$ ，直流电源和蓄电池并联供电。

8.1.1.3 示波器

- a) 示波器类型：数字示波器；
- b) 采样率： $\geq 2GSa/s$ ；
- c) 存储深度： $\geq 2M$ 个采样点
- d) 带宽： $\geq 500MHz$ 。

8.1.1.3 电压探头

- a) 衰减比率：1:100；
- b) -3dB 带宽：250MHz；
- c) 电容： $< 4\text{ pf}$ ；
- d) 上升时间： $< 2ns$ 。

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 IS07637-2 标准中的电压瞬态发射试验的快变脉冲测试方法，按照图 6 所示的布置实施测试，LISN 应符合 IS07637-2 要求。

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，否则应仅在堵转条件下测试。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，则应强制冷却 DUT 以避免 PTC 或保护措施的影响。

对于安装在整车上使用继电器或者用户操作机械开关触点控制的 DUT，需要在继电器
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。

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。

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; DUT 工作过程中产生的瞬态电压(例如电喇叭),应在开关 S 闭合的状态下进行。

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。

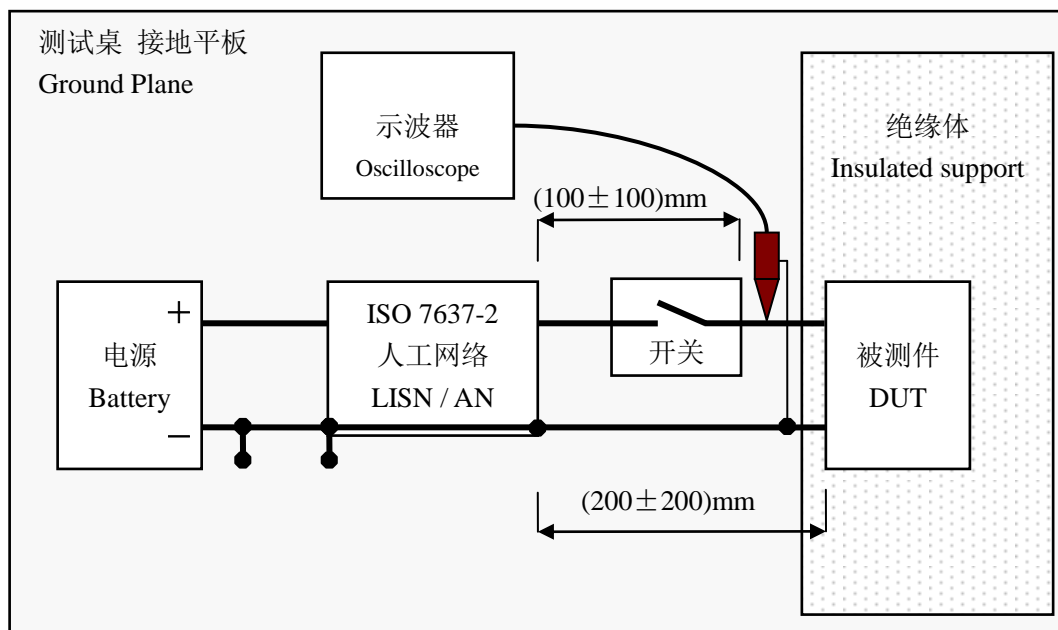


图 6 瞬态传导发射测试布置

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。

- 闭合开关使 DUT 上电,确认 DUT 正常工作。
- 设置示波器时基分辨率为 1ms/div,以便观察整个脉冲过程,不能仅将时基 1ms/div 测试的数据作为判断依据。
- 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),时基(s/div)的选择以最大脉冲上升沿和下降沿之间的脉冲宽度占示波器时基 1 格为宜,幅值(V/div)的设置以脉冲波形高度占示波器显示屏的 50%高度以上为宜。
- 调整示波器的触发电平为-100V 若能触发脉冲则将触发电平设置为当前测得最低电压,断开/闭合开关 30 次,测试记录最大峰值。
- 调整示波器的触发电平为+75V 若能触发脉冲则将触发电压设置为当前测得最高

电压，断开/闭合开关 30 次，测试记录最大峰值。

f) 如果 d)、e)步骤中设置示波器触发脉冲为-100V/+75V 不能触发示波器记录数据，则需在 d)、e) 步骤执行时不断向 0V 调触发电平，在试验报告中记录其最大瞬态脉冲电压幅值。

g) 测试后，检查并记录 DUT 是否有电子元器件烧焦气味。

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、脉冲宽度、最大电压、最小电压记录在试验报告中，若测试电喇叭通电工况、继电器线圈通电 20ms 立即断开或者堵转的情况，也应记录在报告中。

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
最大电平	+75 V
最小电平	-100 V

继电器线圈通电 20ms 立即断开、堵转断电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 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,若在测试中出现 DUT 散发电子元器件烧焦气味则判定为不合格。若瞬态电压满足上述要求则合格。

9. 辐射抗扰度测试：RI

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

9.2.1 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

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。

所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

9.2.2 试验布置

可参照 ISO 11452-2 标准中的 ALSE 测试方法，按照图 7 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。

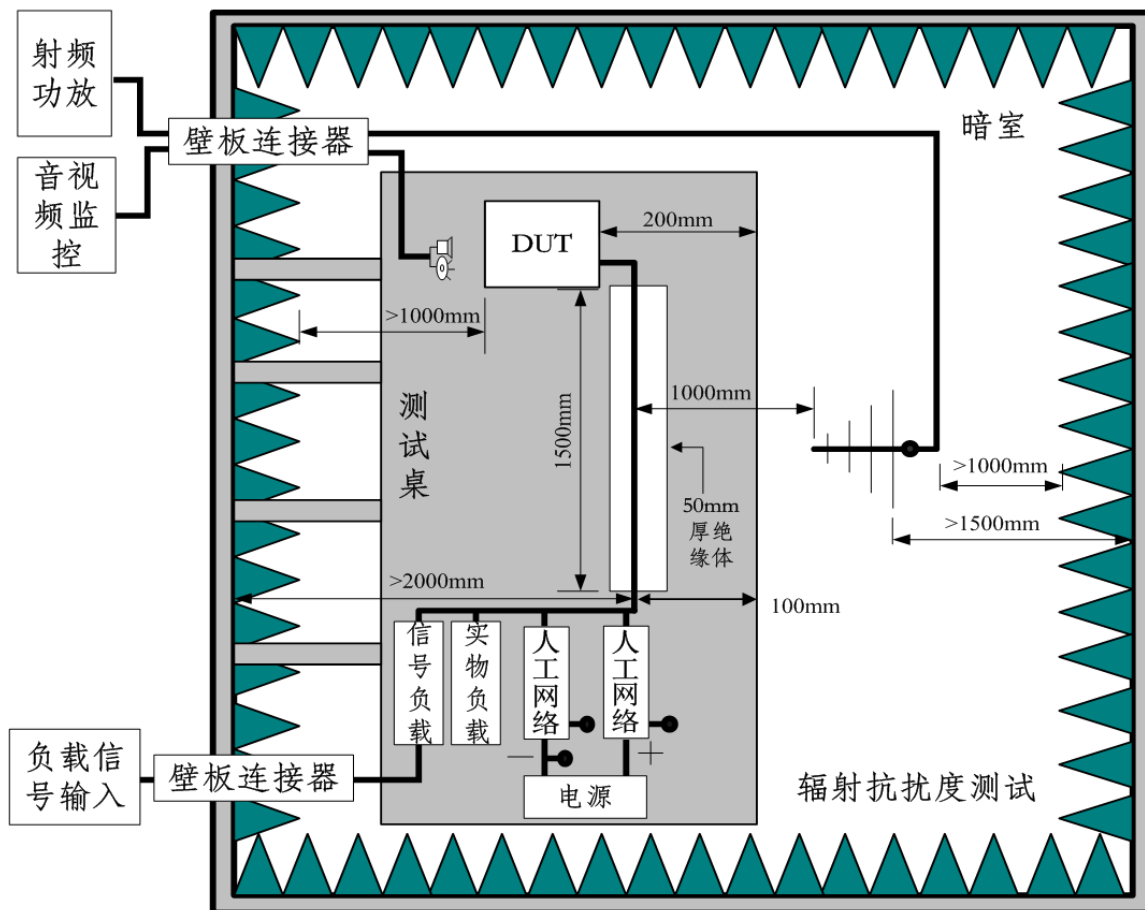


图 7 辐射抗扰度测试布置

9.3 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；
- 按照布置图将测试天线、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/Lin/以太网通信监测数据、模拟信号测量值等）。

9.4 数据处理及分析

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、销售市场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)
80~200	5	CW; AM 80%	垂直	80	100
200~400	5	CW; AM 80%	垂直	100	150
400~800	5	CW; AM 80%	垂直、水平	100	150
800~2000	10	CW; Pulsed PRR= 217.39 Hz, PD=577μs,周期 4600μs	垂直、水平	100	150
1200~1400	10	Pulsed PRR=300Hz, PD=3μs 周期 3333μs, 每秒 50 个脉冲	垂直	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	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	
	C 类	D 类
等级 1	I	
等级 2		I

10. 大电流注入测试：BCI

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

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。

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 8a 和图 8b 所示布置实施测试。

电流注入钳距离 DUT 为 150mm、450mm;

对于包含传感器、摄像头、显示屏等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 位置和注入钳距离传感器 450mm 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。

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。

不对摄像头、发动机传感器、麦克风、开关面板等采用屏蔽电缆或双绞线传输信号、或远端没有接地且所有电缆均连接到一个控制器的 DUT 测试 DBCI。

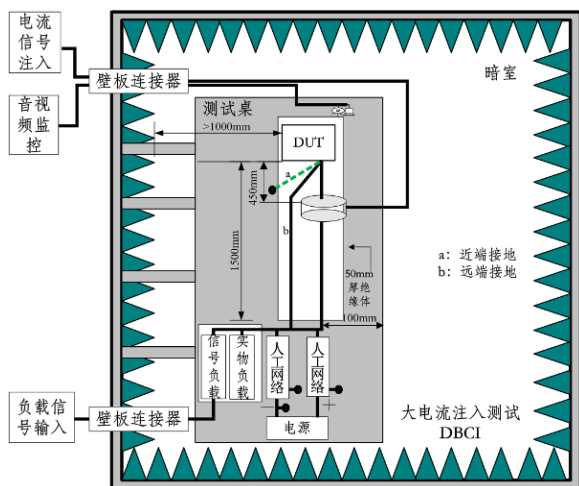


图 8a 大电流注入测试布置（差模）

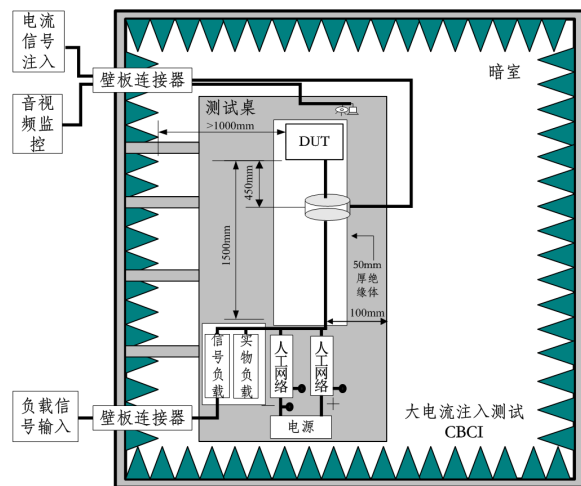


图 8b 大电流注入测试布置（共模）

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/Lin/以太网通信监测数据、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。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。

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。

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)
差模 (DBCI)	0.1~1	0.05	CW; AM 80%	40	40
	1~30	1	CW; AM 80%	60	60
共模 (CBCI)	1~200	1	CW; AM 80%	100	200
	200~400	2	CW; AM 80%	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	
	C 类	D 类
等级 1	I	N/A
等级 2	N/A	I

11. 发射器抗扰度测试：PTI

11.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。测试没有线束的模块(如智能钥匙、RKE 钥匙)时，测试布置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~3000MHz 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+422NJ 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

参照 ISO 11452-9 标准中的测试方法，按照如图 9、图 10 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。完全屏蔽的金属表面不必测试 PTI。

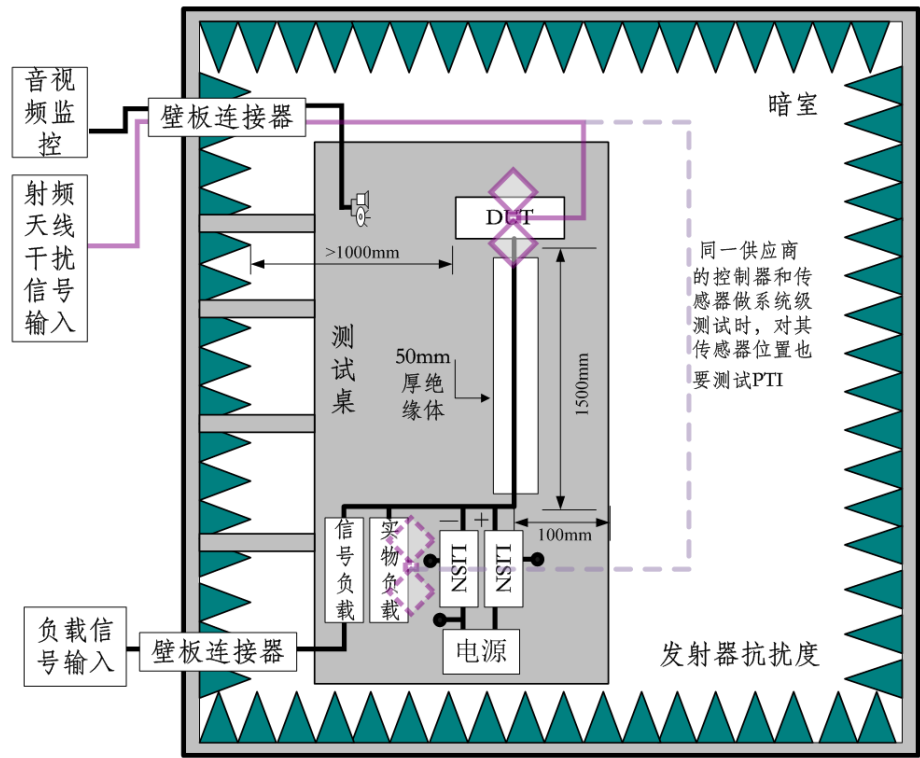


图 9 发射器抗扰度测试布置

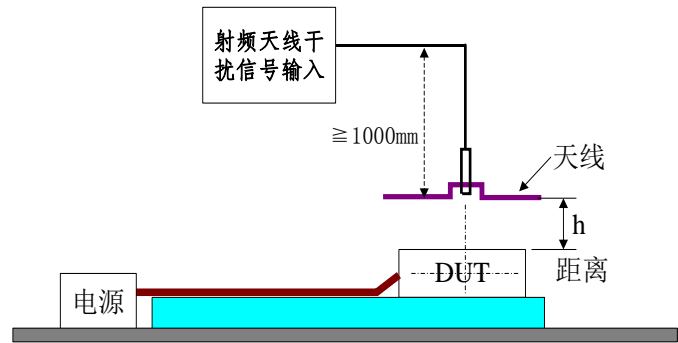


图 10 发射器抗扰度测试天线与 DUT 相对位置

表 16 发射器抗扰度测试天线与 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 外壳及线束距离发射器 200mm 以内或用户可能接触到的位置	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；
- 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/Lin/以太网通信监测数据、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发射器抗扰测试位置，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 11 所示。

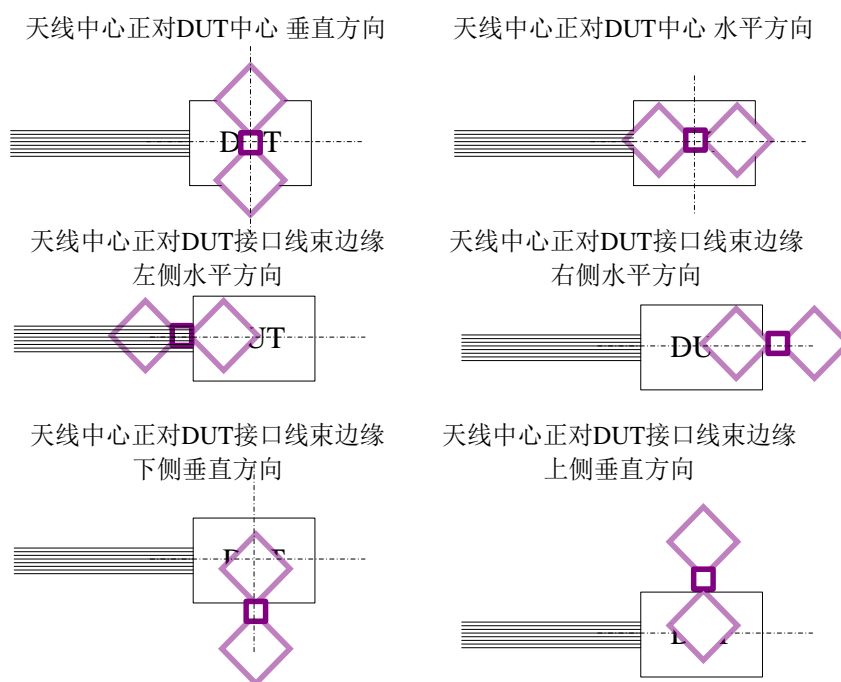


图 11 发射器抗扰度天线测试位置示意图

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 车载发射器抗扰度限值要求

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 11452-9 第 8.2 节的步骤实施校准，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。

11.5.2 测试结果评价

若 DUT 在等级 2 测试中功能等级符合状态 I 的要求，则不必再测试等级 1，发射器抗扰度测试结果评价见表 18：

表 17 发射器抗扰度测试信号参数

序号	频段用途	测试频段 (MHz)	发射净功率 (W)		调制方式	步长 (MHz)
			等级 1	等级 2		
1	对讲机	360~480	5.0	10	PM, 18Hz, 50%	10
2	GSM	800~1000	7	14	PM, 217Hz, 12.5%	10
3	GSM	1600~1950	1.5	3	PM, 217Hz, 12.5%	20
4	3G	1900~2200	0.75	1.5	PM, 217Hz, 12.5%	20
5	4G 室内	2300~2400	0.25	0.5	PM, 217Hz, 12.5%	20
6	WiFi/BT	2400~2500	0.1	0.25	PM, 1600Hz, 50%	20
7	4G/5G	2500~2700	0.5	1.5	PM, 217Hz, 12.5%	20
8	5G	3300~3800 4800~5000	0.5	1.5	PM, 100Hz, 50%	20
9	WiFi、V2X	5150~5925	0.5	1	PM , 1600Hz, 50%	20

表 18 发射器抗扰度测试功能状态要求

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

12. 低频磁场抗扰度测试：MFI

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。

使用固有共振频率高于 300 kHz、120mm 直径的磁场辐射环。

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)。

12.2 试验准备

12.2.1 检查试验样件

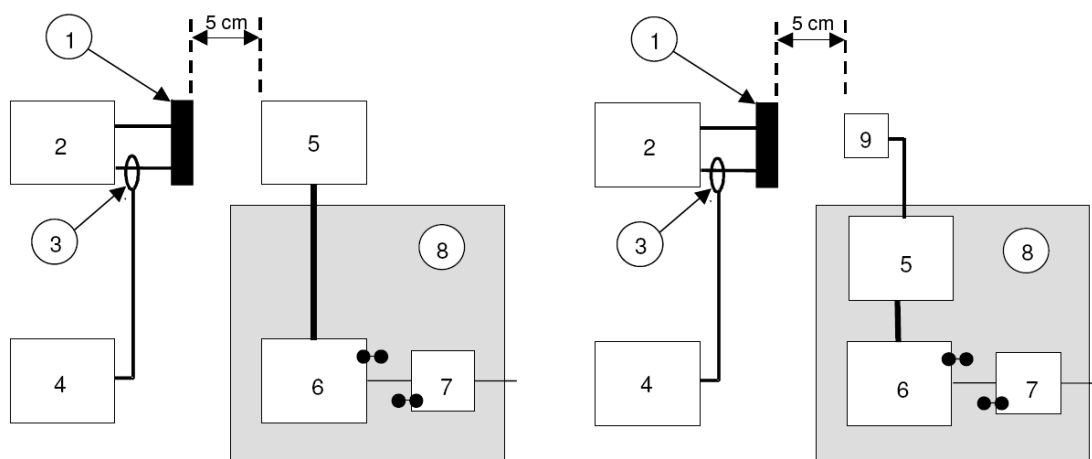
测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

12.2.2 试验布置

除将有可能连接到 DUT 的电磁传感器暴露在规定磁场中之外，测试布置应便于 DUT 直接接受磁场照射。测试布置如图 12 所示。

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 12 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/Lin/以太网通信监测数据、模拟信号测量值等)。

12.4 数据处理及分析

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)。

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。

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

在 100kHz~150 kHz 频率范围内，PEPS 系统应能承受 135dBpT 磁场干扰而保持正常认证智能钥匙，钥匙依次以 6 个面紧贴低频天线，辐射线圈距离钥匙 5cm。

布置在发电机、PWM 驱动的电机电、无线充电器、PEPS 天线周围 100mm 以内的部件应在 100 kHz~150 kHz 频段 147 dBpT 磁场强度测试等级下满足功能状态等级 I。

若 DUT 在 100 kHz~150 kHz 满足 143 dBpT 磁场强度等级 I，则可不必要测试 135 dBpT。

倒车雷达在其发射的超声波频段豁免同频段干扰，但应能承受低于限值 6dB 的干扰保持正常工作。

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	
			C 类	D 类
0.05~1	0.05	$165-20*\log(f/0.05)$	I	I
1~10	0.5	139	I	I
10~100	5	$139-20*\log(f/10)$	I	I
100~150	5	135	I	I
100~150	5	143	III	III

13. 电源线瞬态传导抗扰度测试：CTI

若供应商具备 4a、4b、4c、4d、7a、7b、7c、7d、8a、8b、8c、8e、9、10a、10b、10c、10d 以及附录 B.3 中的电气负荷试验设备，可由供应商自行组织上述试验并单独出具报告。

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、ISO 16750 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 13 的测试布置实施测试。

脉冲 A1、A2、C 的测试布置按照图 14a、14b、14c 实施布置，测试线束应捆在一起，脉冲 A1、A2、C 的相关信息见附录 B 要求。

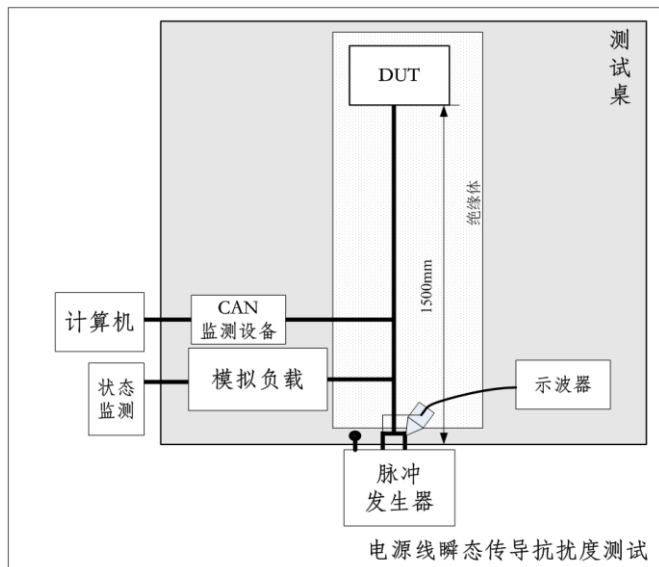


图 13 电源线瞬态传导抗扰度测试布置

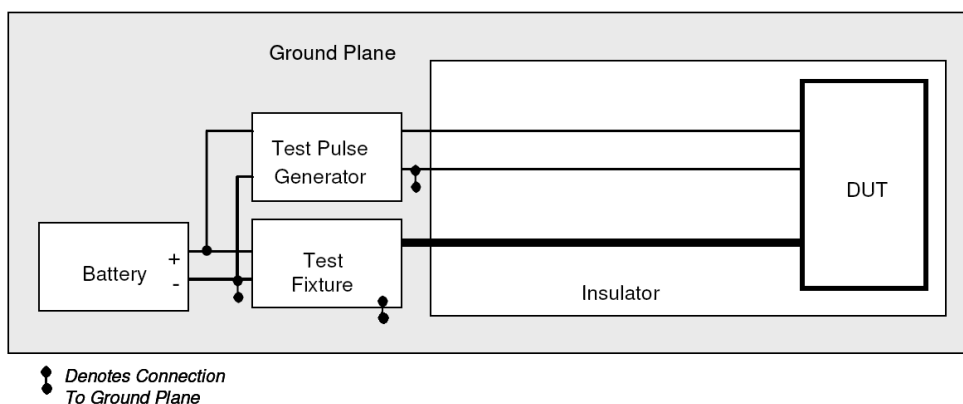


图 14a 远端接地的单个电源线路 DUT 的测试布置

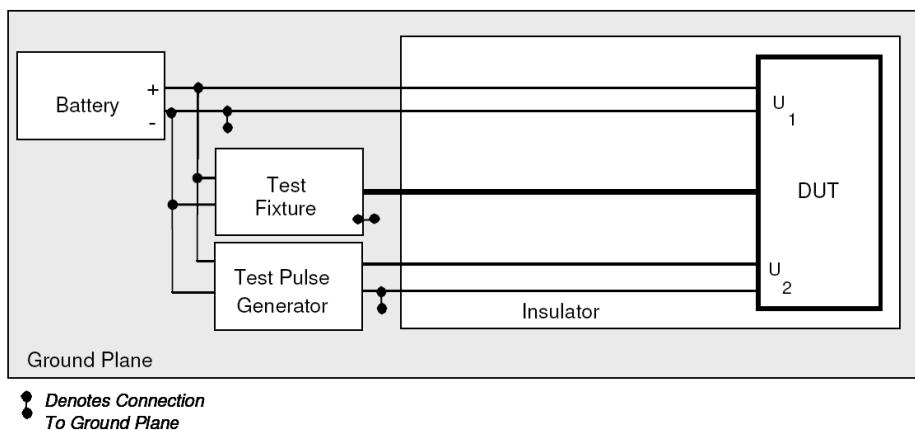


图 14b 有两条电源线路 DUT 的测试布置

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。

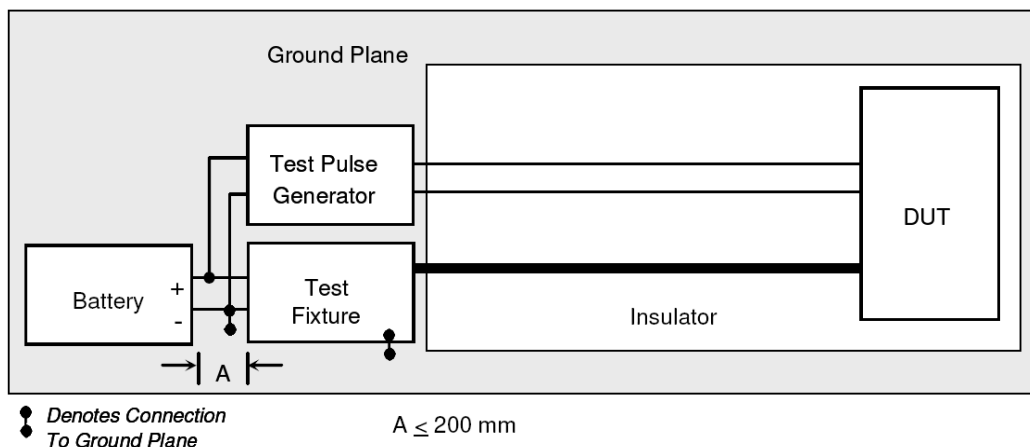


图 14c 输入信号线路的测试布置

这些线路应直接或通过开关间接与蓄电池相连。

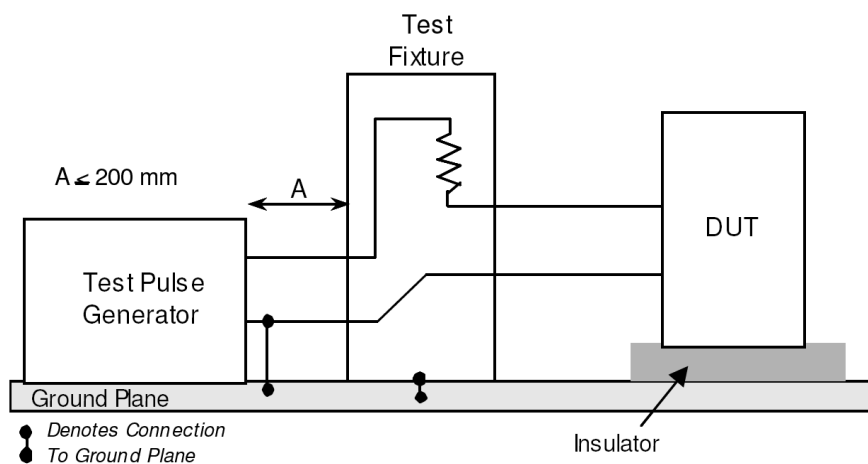


图 14d 控制线路通过一个其他模块内部的拉高电阻间接与蓄电池相连的特例

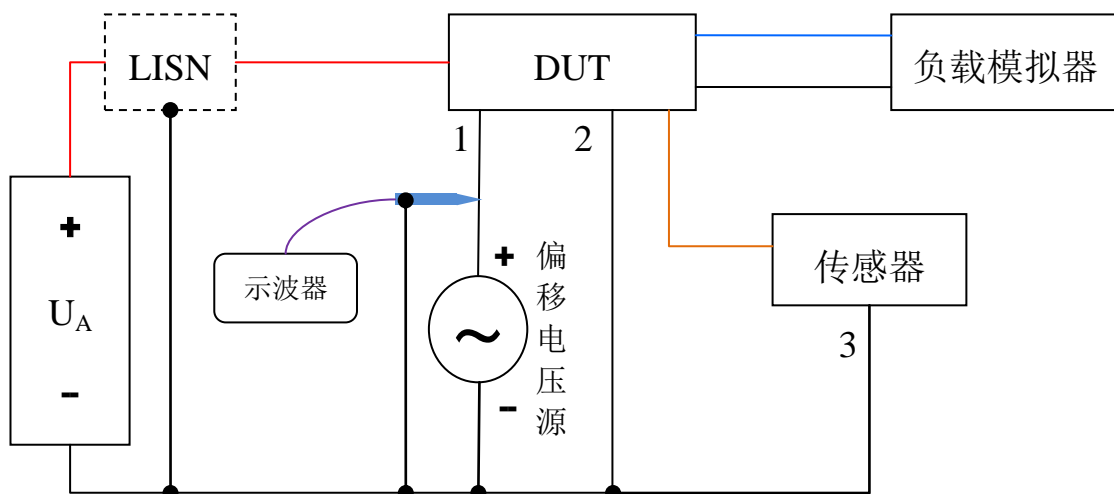


图 14e 接地电压偏移测试布置

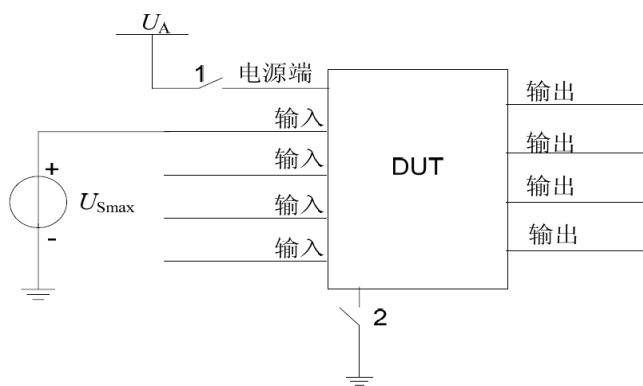


图 14f 电源线、信号线短路测试布置

13.3 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) 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；
- c) 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；
- d) 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/Lin/以太网通信监测数据、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/以太网总线通信是否中断，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。
- 13.4.2 应使用示波器监测测试脉冲、输出负载或信号和 CAN/Lin/以太网总线波形，用示波器记录上电后输出信号、CAN/Lin/以太网报文恢复的时间间隔，并将波形附加在报告中。

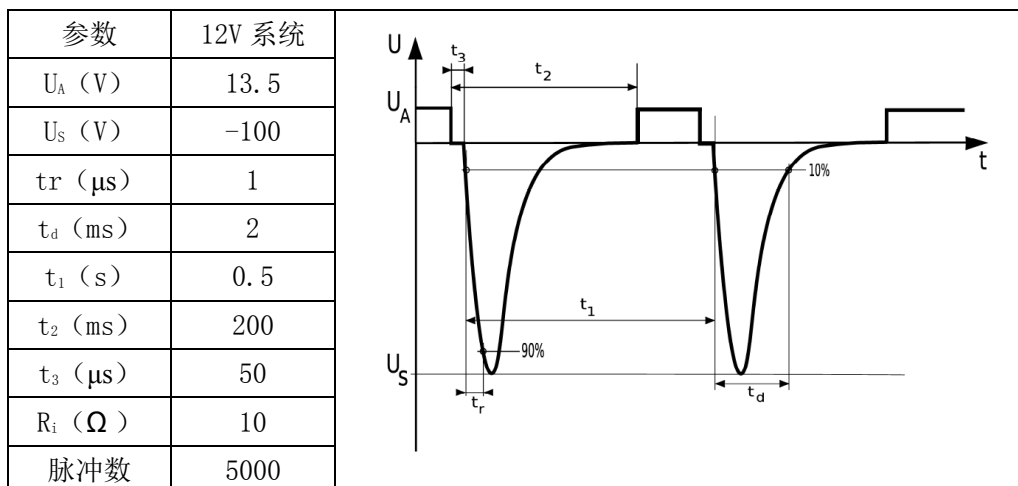
13.5 评价标准

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 1~10、A1、A2、C、电气负荷测试要求。脉冲 A1、A2、C 及部分电气负荷的脉冲波形参数要求见附录 B，其余测试脉冲要求分别如下：

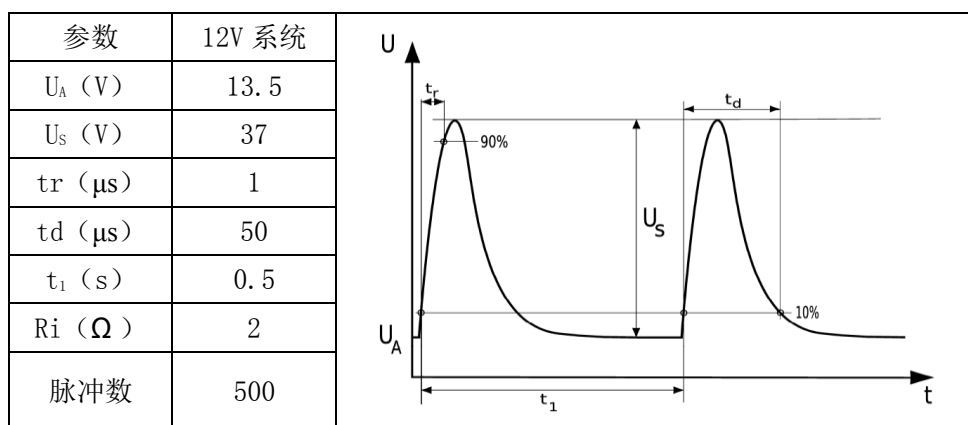
测试脉冲 1：模拟电源与感性负载断开连接时所产生的瞬态现象，适用于各种 DUT 在车辆上使用时与感性负载保持直接并联的情况。表 20 对脉冲 1 进行了定义。

表 20 测试脉冲 1 波形参数



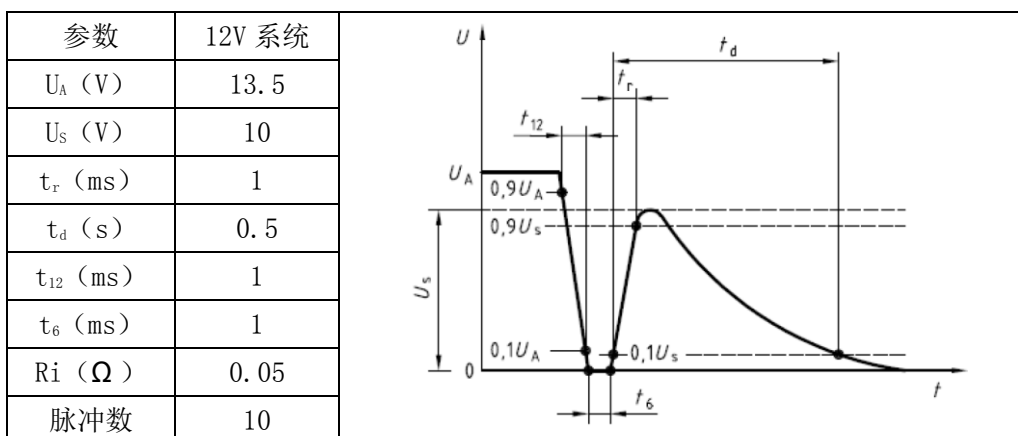
测试脉冲 2a: 模拟由于线束电感使与 DUT 并联的装置内电流突然中断引起的瞬态现象。表 21 对脉冲 2a 进行了定义。

表 21 测试脉冲 2a 波形参数



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。

表 22 测试脉冲 2b 波形参数



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。产生这类脉冲的典型器件是机械电喇叭。表 23 对脉冲 3a 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 23 测试脉冲 3a 波形参数

参数	12V 系统
U_A (V)	13.5
U_S (V)	-112
t_r (ns)	5
t_d (μs)	0.1
t_l (μs)	100
t_4 (ms)	10
t_5 (ms)	90
R_i (Ω)	50
脉冲时间 (分钟)	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

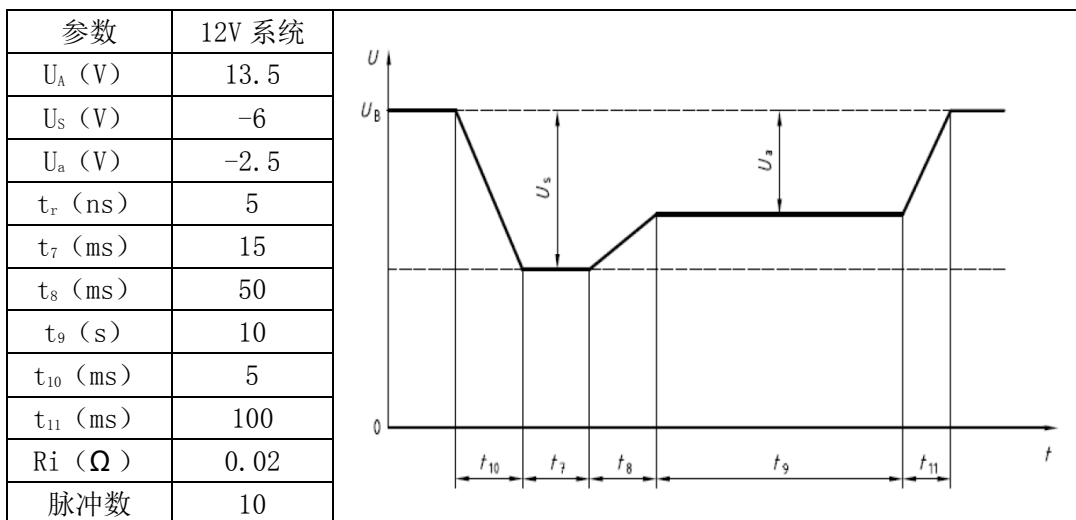
参数	12V 系统
U_A (V)	13.5
U_S (V)	75
t_r (ns)	5
t_d (μs)	0.1
t_l (μs)	100
t_4 (ms)	10
t_5 (ms)	90
R_i (Ω)	50
脉冲时间 (分钟)	10

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, 对于 12V 系统应测试脉冲 4a~4f。表 25 对脉冲 4 进行了定义。

表 25a 测试脉冲 4 波形参数

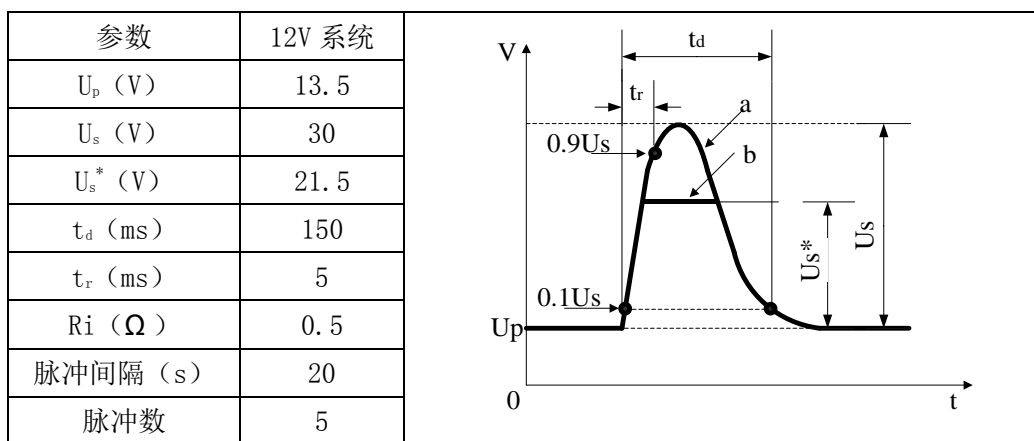
参数	12V 系统			
	4a	4b	4c	4d
U_s (V)	8	4.5	3	6
U_c (V)	9.5	6.5	5	6.5
t_r (ms)	5	5	5	5
T_6 (ms)	15	15	15	15
T_7 (ms)	50	50	50	50
T_8 (s)	1	10	1	10
T_f (ms)	40	100	100	100
R_i (Ω)	0.02	0.02	0.02	0.02
脉冲数	10	10	10	10

表 25c 测试脉冲 4e 波形参数



测试脉冲 5b：模拟抛负载瞬态现象。对于仅用 DC/DC 给整车低压电器供电的电动车专用部件， U_s^* 电压设置为 13.5V。

表 26 测试脉冲 5b 波形参数



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。

表 27 测试脉冲 6 波形参数

参数	DC-DC 供电的系统	12V 系统
U_{smax} (V)	14.0	14.5
U_{pp} (V)	1	2
频率范围	30~300kHz	30 Hz~30K Hz
电源内阻	低于 100 mΩ	
扫频类型	三角型，对数	
试验周期	120s/循环	
脉冲数	5 个循环	

The figure consists of two vertically stacked graphs. The top graph plots voltage U against time t . It shows a periodic sinusoidal waveform. A horizontal line marks the peak voltage U_{smax} . The peak-to-peak voltage U_{pp} is indicated by a vertical double-headed arrow between the maximum and minimum voltage levels. The bottom graph plots frequency $f/\text{频率}$ against time $t/\text{时间}$. It shows a triangular waveform. The frequency starts at 50 Hz at $t=0$, increases linearly to a peak of 20,000 Hz at $t=60$ s, and then decreases linearly back to 50 Hz at $t=120$ s. The total duration of 120 s is labeled as '1个循环' (1 cycle) with a horizontal double-headed arrow.

测试脉冲 7：模拟蓄电池电极、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；模拟其他部件熔断器熔化造成电压瞬间下降的条件；模拟智能发电机调节发动机负荷的电压变化过程。脉冲 7 每一种 T_d 、 U_{drop} 脉冲都应测试。在 12V 系统 DUT 的电源端口并联 2 欧姆电阻，5V 系统 DUT 端口并联 100 欧姆电阻。

表 28a 测试脉冲 7a 波形参数

参数	5V 系统	12V 系统
U _A (V)	5	13.5
U _{drop} (V)	0 V、4V	0V、5V
t _r (μ s)	≈10μ s	
T _d	100μ s、400μ s	
脉冲序列	通电 1T _d ~10T _d 间隔 1T _d 电压跌落	
脉冲间隔 (s)	20	
脉冲数	10	

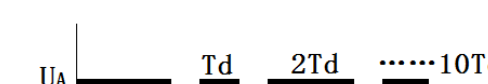
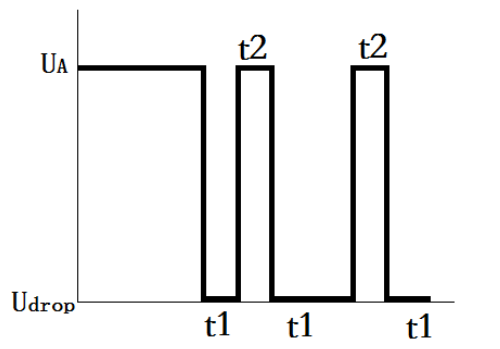


表 28b 测试脉冲 7b 波形参数

参数	5V 系统	12V 系统
U _A (V)	5	13.5
U _{drop} (V)	0	0
t _r (μ s)	≈10μ s	
t1	10μs~ 100μs 100μs~ 0.4ms	
t1 每次增加	10μs (t1=10μs~ 100μs) 100μs (t1=100μs~ 0.4ms)	
t2 脉冲间隔 (s)	10 (若 DUT 启动时间长可延长间隔)	
脉冲数	2	



The diagram illustrates the test pulse sequence. The vertical axis represents voltage, with levels U_A and U_{drop}. The horizontal axis represents time. Two pulses are shown, each with a duration t₂ and a pulse width t₁. The voltage is high at U_A and drops to U_{drop} during the pulse duration t₁. The diagram shows two such pulses separated by a long interval.

表 28c 测试脉冲 7c 波形参数

参数	5V 系统	12V 系统
U_A (V)	5	13.5
U_{drop} (V)	0V、4.5V	0V、5V
t_r (μs)	$\approx 10\mu s$	
T_d	1ms、2ms、3ms ~ 49ms、50ms	
脉冲序列	电压跌落 $1T_d \sim 10T_d$ 间隔 $1T_d$ 通电	
脉冲间隔 (s)	10 (若 DUT 启动时间长可延长间隔)	
脉冲数	10	

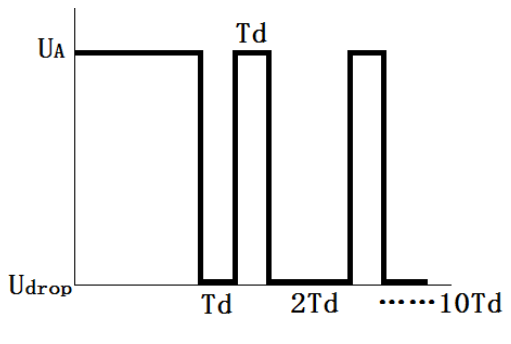


表 28d 测试脉冲 7d 波形参数

参数	5V 系统	12V 系统
U_A (V)	5	13.5
U_{drop} (V)	0	0
t_r (μs)	$\approx 10\mu s$	
t_1	0.5ms ~ 1ms 1ms、2ms、3ms ~ 2s	
t_1 每次增加	100 μs ($t_1=0.5ms \sim 1ms$) 1ms ($t_1=1ms、2ms、3ms \sim 500ms$) 10ms ($t_1=510ms、520ms \sim 2s$)	
t_2 脉冲间隔 (s)	10 (若 DUT 启动时间长可延长间隔)	
脉冲数	2	

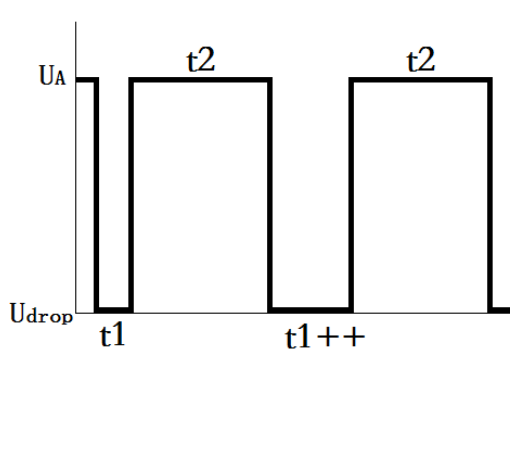
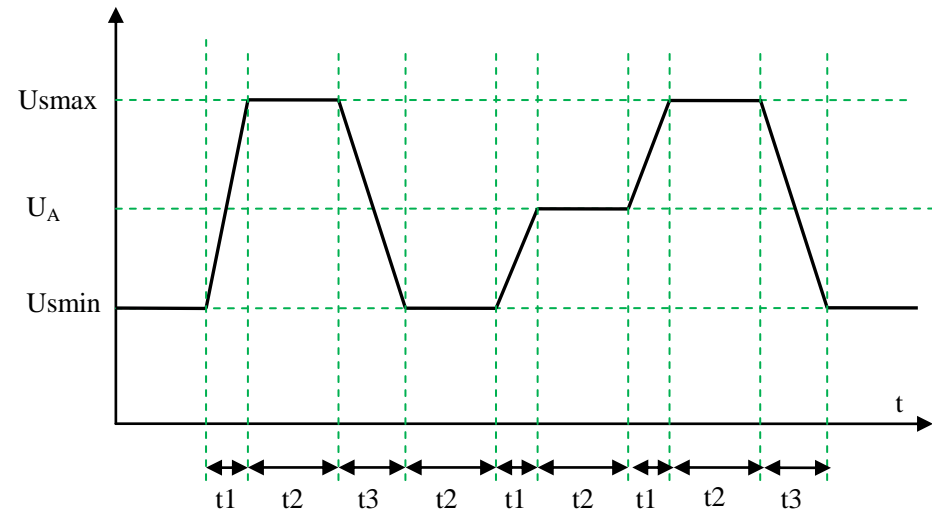


表 28e 测试脉冲 7e 波形参数

参数	12V 系统
U_A (V)	13.5
U_{smax} (V)	16.0
U_{smin} (V) 起动相关功能	6.0V
U_{smin} (V) 非起动相关功能	9.0V
t_1 (s)	0.2
t_2 (s)	2.0
t_3 (s)	0.4
脉冲间隔 (s)	2.0
脉冲数	10



测试脉冲 8：电压缓降缓升试验的目的是检测 DUT 因蓄电池逐渐放电和充电引起电压变化情况下的功能状态。脉冲 8a 模拟恒定负载或恒流充电过程；脉冲 8b、8c 模拟电压上升和下降过程中触发用户开启或自动有条件开启的负载通电导致蓄电池电压变化的过程；脉冲 8d 模拟整车电压下降到 0V 再更换蓄电池突然上电的过程。测试过程中监控 DUT 的功能变化、是否有故障代码或报错，记录现象发生时的电压值、消耗电流值，记录测试前后

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。

电流变化。DUT 在 $U_{smin} \sim U_{smax}$ 之间应保持正常功能，脉冲 8d 在 U_{smin} 期间检查 DUT 功能状态。

表 29a 测试脉冲 8a 波形参数

试验电压	电压变化速率	脉冲数
Usmax~0V 连续变化	0.5V/s	10
0V~Usmax 连续变化	0.5V/s	

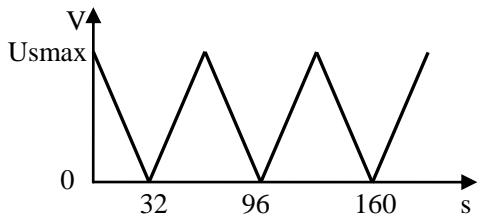


表 29b 测试脉冲 8b 波形参数

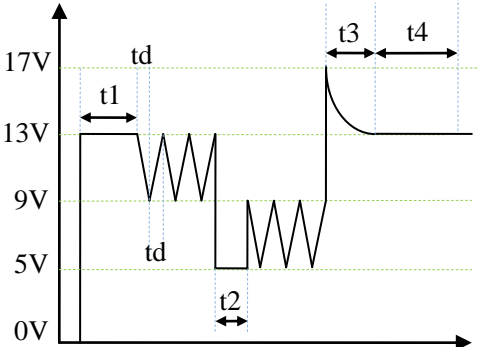
参数	12V 系统	
t1 (ms)	500	
t2 (ms)	150	
t3 (ms)	230	
td (ms)	25	
t4 (min)	1	
tr (μs)	≈10	
脉冲数	5	

表 29c 测试脉冲 8c 波形参数

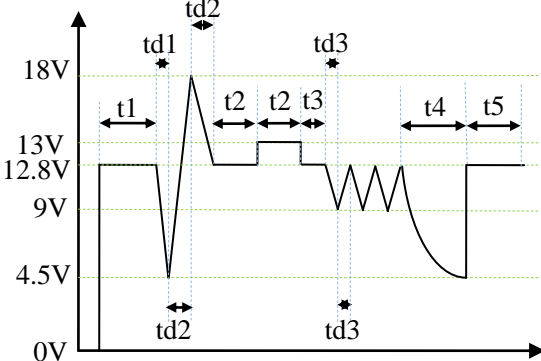
参数	12V 系统	
t1 (ms)	200	
td1 (ms)	30	
td2 (ms)	60	
t2 (ms)	180	
t3 (ms)	100	
td3 (ms)	25	
t4 (ms)	260	
t5 (min)	1	
tr (μs)	≈10	
脉冲数	5	

表 29d 测试脉冲 8d 波形参数

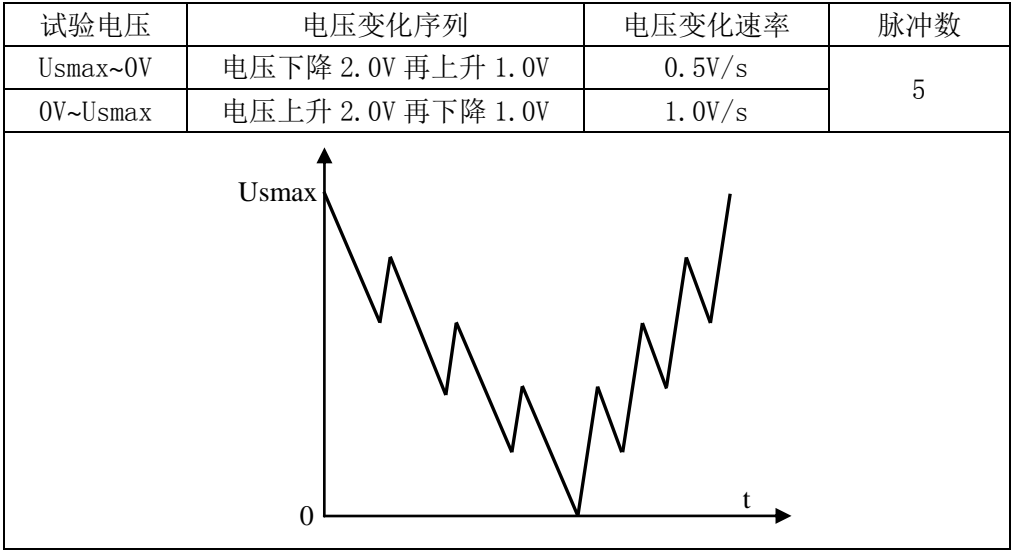
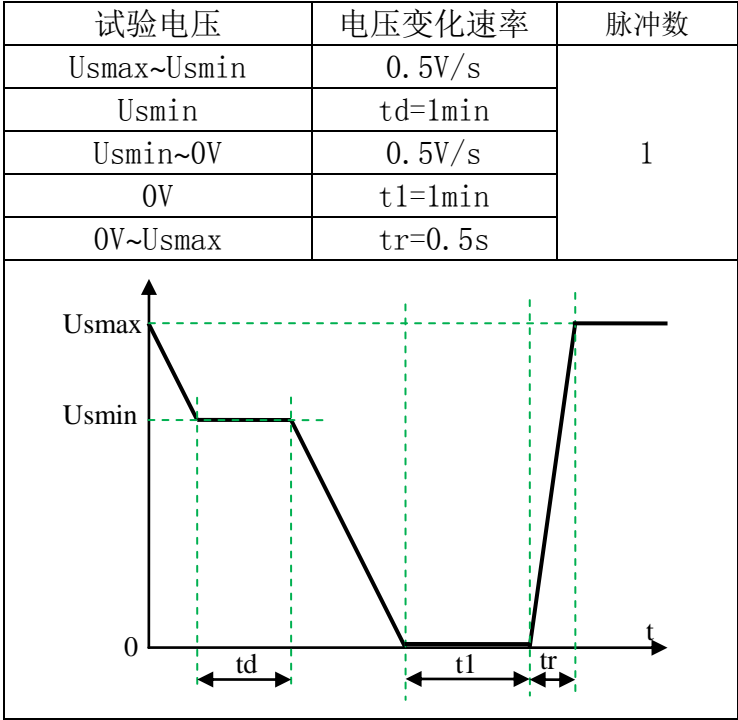


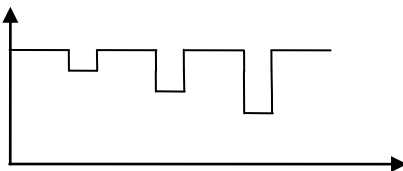
表 29e 测试脉冲 8e 波形参数



测试脉冲 9: 电压骤降复位试验的目的是检测 DUT 在不同电压骤降条件下的复位功能, 适用于具有复位功能的设备(如装有一个或多个微控制器的设备, 在不同供电电压条件下, 其功能状态可能有差别, 并且设计了错误处理软件以便于电压恢复正常的时候自检并安全地恢复到正常功能)。DUT 在 Usmin 应保持正常功能, 脉冲 9 在 Usmin 期间检查 DUT 功能状态。

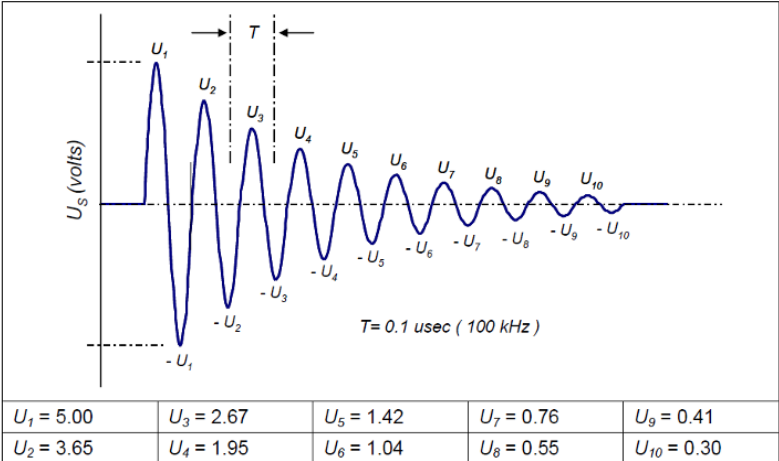
表 30 测试脉冲 9 波形参数

U _{smin} 保持时间	10s	供电电压每次下降 0.2V，在低电压状态保持 5 s，再上升到 U _{Smin} ，至少保持 10 s 并进行功能试验。 直到降到 0V，然后再将电压升到 U _{Smin} 。
低电压保持时间	5s	
每次下降梯度	0.2V	



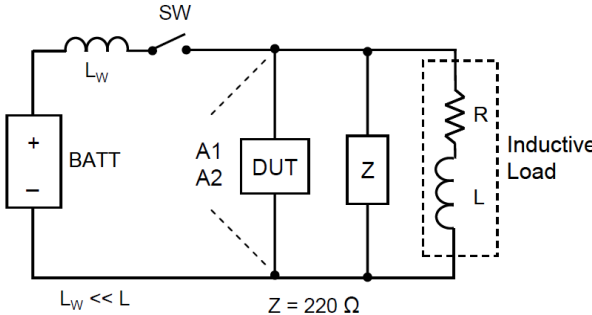
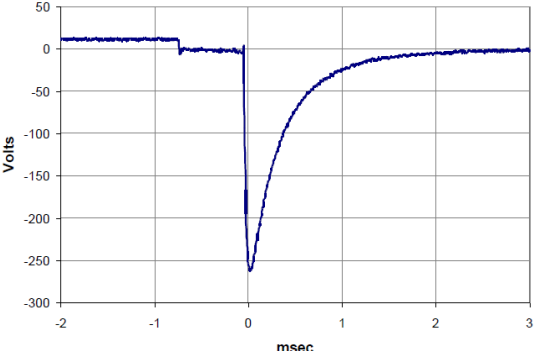
测试脉冲 10：接地电压偏移试验的目的是检测 DUT 存在多条供电线路，如 DUT 不同信号地之间或传感器地与控制器地不同造成电压偏移时的功能状态。脉冲 10a 模拟大功率持续负载提升地电压，脉冲 10b、10c 模拟开关电源的干扰，脉冲 10d 模拟开关负载产生的干扰。对 DUT 所有信号地做接地电压偏移试验，功率地不进行此项试验。

表31 测试脉冲10波形参数

	脉冲 10a	脉冲 10b	脉冲 10c	脉冲 10d										
电源	13.5V	13.5V	13.5V	13.5V										
频率	DC	2kHz~100kHz, 正弦波	2kHz~100kHz, 方波, 占空比 10%	阻尼震荡, 震荡波频率 2kHz~100kHz, 每个阻尼震 荡脉冲间隔为 d (ms)										
幅值	-1V、+1V	-1V ~ +1V	2kHz ~10kHz : 1.0+1.14log (f/10) 10kHz ~100kHz: -1V ~ +1V	-5V ~ +5V										
时间	1min	1min	1min	-										
d 的序 列(ms)	d1=0.1;0.5;0.2;0.7;0.5;0.4;0.3;0.4;0.6;0.6;0.2;0.3;0.6;0.5;0.3;0.1;0.1;0.3;0.4;0.2 d2=0.2;1;0.4;1.4;1;0.8;0.6;0.8;1.2;1.2;0.4;0.6;1.2;1;0.6;0.2;0.2;0.6;0.8;0.4 d3=0.5;2.5;1;3.5;2.5;2;1.5;2;3;3;1;1.5;3;2.5;1.5;0.5;0.5;1.5;2;1 d4=1;5;2;7;5;4;3;4;6;6;2;3;6;5;3;1;1;3;4;2 注：d1 为随机数列，d2=d1*2，d3=d1*5，d4=d1*10													
阻尼震 荡波形	<div data-bbox="486 1433 1268 1892">  <table border="1"> <tr> <td>U₁ = 5.00</td><td>U₃ = 2.67</td><td>U₅ = 1.42</td><td>U₇ = 0.76</td><td>U₉ = 0.41</td></tr> <tr> <td>U₂ = 3.65</td><td>U₄ = 1.95</td><td>U₆ = 1.04</td><td>U₈ = 0.55</td><td>U₁₀ = 0.30</td></tr> </table> </div>				U ₁ = 5.00	U ₃ = 2.67	U ₅ = 1.42	U ₇ = 0.76	U ₉ = 0.41	U ₂ = 3.65	U ₄ = 1.95	U ₆ = 1.04	U ₈ = 0.55	U ₁₀ = 0.30
U ₁ = 5.00	U ₃ = 2.67	U ₅ = 1.42	U ₇ = 0.76	U ₉ = 0.41										
U ₂ = 3.65	U ₄ = 1.95	U ₆ = 1.04	U ₈ = 0.55	U ₁₀ = 0.30										

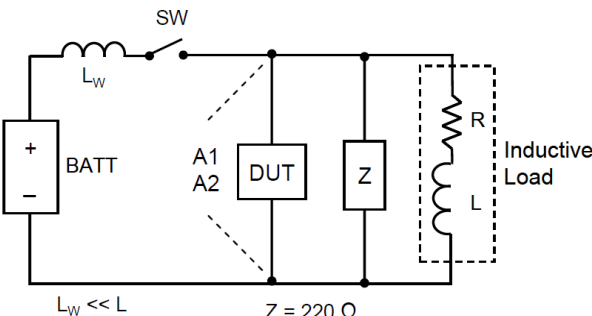
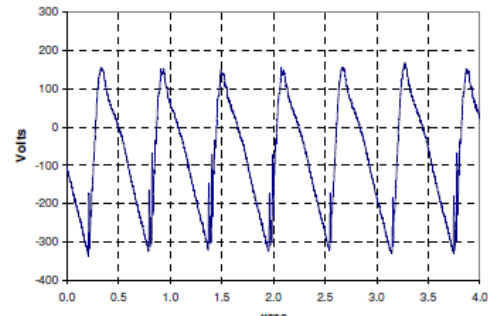
测试脉冲 A1：脉冲 A1 代表在切换高电流（1A~5A）时产生的电压瞬态，感性负载和 DUT 在同一个线路中。测试模式的定义详见附录 B。

表32 测试脉冲A1波形参数

	脉冲 A1
脉冲产生设备	RCD200N1 或者 NSG5071 或者等效设备，设备外壳接地
设备设置	模式 1: (SW1: 闭合; SW2: 闭合; SW3: 闭合; SW4: 闭合;) 模式 2: (SW1: 闭合; SW2: 闭合; SW3: 闭合; SW4: 闭合;)
脉冲峰值电压	约-250V
<div>   </div>	

脉冲 A2 模拟在切换低电流（小于 1A）时产生的电压瞬态，感性负载和 DUT 在同一个线路中。两个独立的条件包含在脉冲 A2 中：

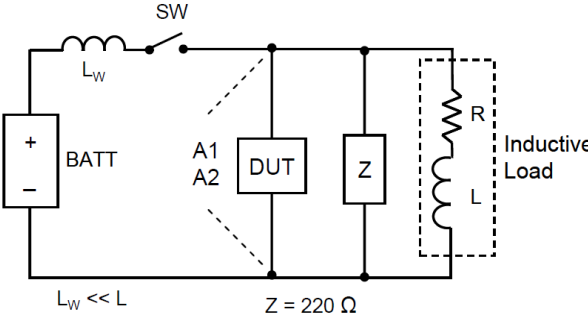
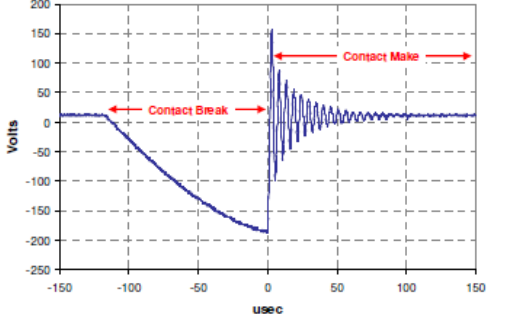
表33 测试脉冲A2-1波形参数

	脉冲 A2-1
脉冲产生设备	RCD200N1 或者 NSG5071 或者等效设备
设备设置	模式 1: (SW1: 闭合; SW2: 断开; SW3: 断开; SW4: 断开;) 模式 2: (SW1: 闭合; SW2: 断开; SW3: 断开; SW4: 断开;) 模式 3: (SW1: 断开; SW2: 断开; SW3: 断开; SW4: 断开;)
脉冲峰值电压	约-300V
<div>   </div>	

脉冲 A2-1 模拟在当线路只包含 DUT 和可关断的感性负载时触点电弧放电的瞬态。当开关触点断开时，产生阻尼正弦瞬态（f_{res}~2kHz）。当开关触点闭合震荡时，产生阻尼正弦瞬态（f_{res}~180kHz）。在这种情况下，存在对应的幅度大约为 30A_{p.p} 的电流瞬态。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。

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，还包含其他容性的电器负载（例如雨刮电机滤波电容）。

表34 测试脉冲A2-2波形参数

	脉冲 A2-2
脉冲产生设备	RCD200N1 或者 NSG5071 或者等效设备
设备设置	模式 2 (SW1: 闭合; SW2: 断开; SW3: 闭合; SW4: 断开;) 模式 3 (SW1: 断开; SW2: 断开; SW3: 闭合; SW4: 断开;)
脉冲峰值电压	约-250V
<div><div></div><div></div></div>	

测试脉冲 C：模拟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。

脉冲 C-1 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（fres~10MHz）。该正弦瞬态脉冲持续时间约为 100ns~1us。

脉冲 C-2 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（fres~180kHz）。该正弦瞬态脉冲持续时间约为 50us。

表35 测试脉冲C-1波形参数

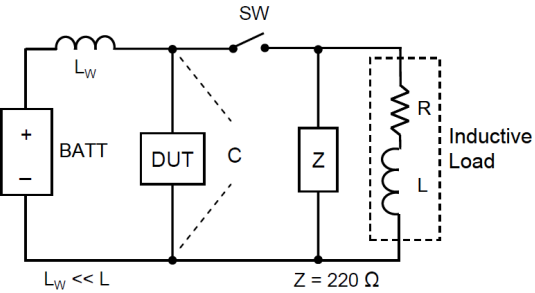
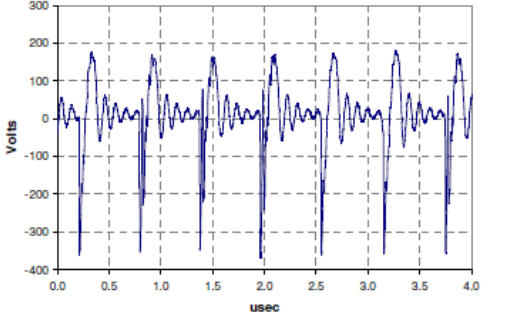
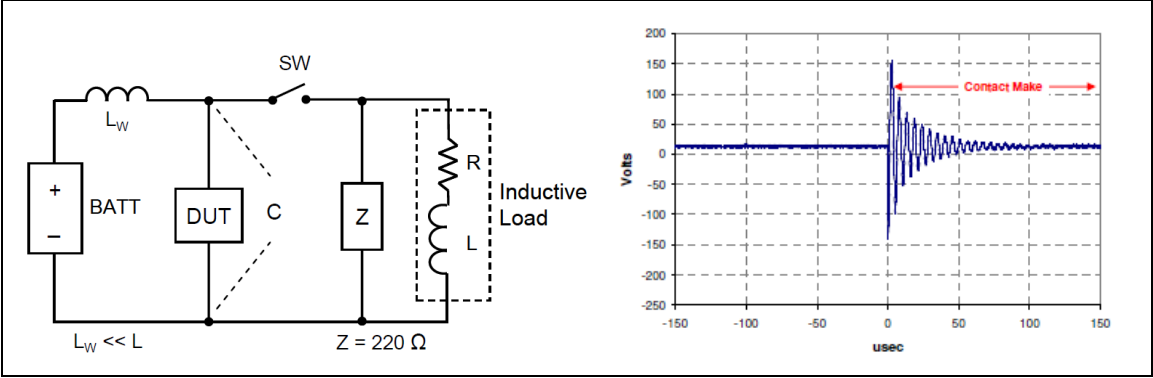
	脉冲 C-1
脉冲产生设备	RCD200N1 或者 NSG5071 或者等效设备
设备设置	模式 2 (SW1: 闭合; SW2: 断开; SW3: 断开; SW4: 断开;) 模式 3 (SW1: 断开; SW2: 断开; SW3: 断开; SW4: 断开;)
脉冲峰值电压	约±150V
<div><div></div><div></div></div>	

表36 测试脉冲C-2波形参数

	脉冲 C-2
脉冲产生设备	RCD200N1 或者 NSG5071 或者等效设备
设备设置	模式 2 (SW1: 闭合; SW2: 断开; SW3: 闭合; SW4: 断开;) 模式 3 (SW1: 断开; SW2: 断开; SW3: 闭合; SW4: 断开;)
脉冲峰值电压	约±150V



附录 B.3 列出了其余电气负荷性能测试要求。

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 37 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 4e 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 37a 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	
				C 类	D 类
脉冲 1	电源线	/	/	III	III
脉冲 2a	电源线	/	/	I	I
脉冲 2b	电源线	/	/	III	III
脉冲 3a	电源线	/	/	I	I
脉冲 3b	电源线	/	/	I	I
脉冲 4e	电源线	/	/	III (I)	I
脉冲 5b	电源线	/	/	III	I
脉冲 6	电源线	/	/	I	I
脉冲 7a	电源线	/	/	I	I
脉冲 7b	电源线	/	/	I	I
脉冲 7c	电源线	/	/	III	III
脉冲 7d	电源线	/	/	III	III
脉冲 7e	电源线	/	/	I	I
脉冲 8a	电源线	/	/	III (I)	III (I)
脉冲 8b	电源线	/	/	III	III
脉冲 8c	电源线	/	/	III	III
脉冲 8d	电源线	/	/	III (I)	III (I)
脉冲 8e	电源线	/	/	III (I)	III (I)
脉冲 9	电源线	/	/	III (I)	III (I)
脉冲 10a	电源负极	/	/	I	I
脉冲 10b	电源负极	/	/	I	I
脉冲 10c	电源负极	/	/	I	I
脉冲 10d	电源负极	/	/	I	I

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。

脉冲 A1	I≤5A 的电源开关电路	模式 1	120s	III	III
脉冲 A1	输入	模式 2	30s	III	III
脉冲 A2-1	I≤5A 的电源开关电路	模式 1	120s	III	III
脉冲 A2-1 脉冲 A2-2	输入/输出	模式 2 模式 3	30s	III	III
脉冲 C-1 脉冲 C-2	I≤15A 电源和 输入/输出	模式 2 模式 3	30s	III	III
注：脉冲 4e 括号内为发动机起动过程中应正常工作的 DUT 的要求。 脉冲 8a、8d、8e、9 括号内为电压在 U _{min} ~U _{max} 之间时的工作性能要求。					

表 37b 由工作电压范围确定的功能等级要求

工作电压 U _{min} ~U _{max}	功能状态		
	6. 0V~16. 0V	9. 0V~16. 0V	10. 8V~16. 0V
脉冲 4a	I	III	III
脉冲 4b	III	III	III
脉冲 4c	III	III	III
脉冲 4d	I	III	III

14. 信号线瞬态耦合抗扰度测试：CTI—CCC、ICC

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

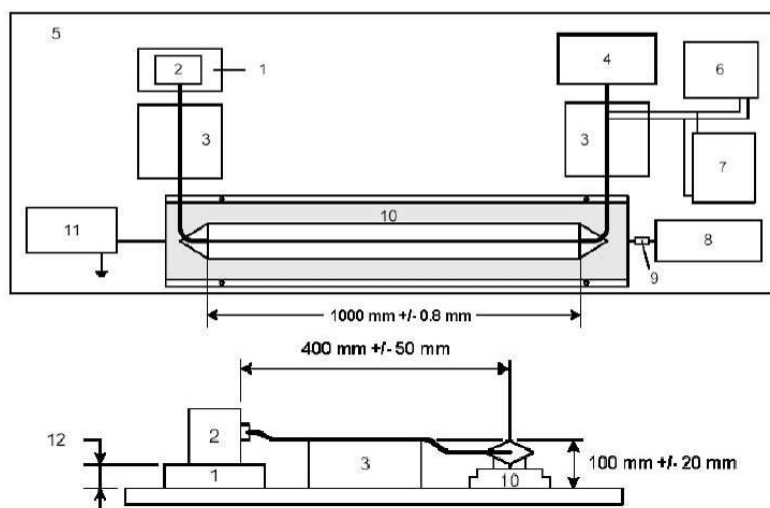
本部分有两种方法：电容耦合钳（CCC）法和电感耦合钳（ICC）法。例如电感负载转换、继电器触点跳起等引起的瞬态骚扰，用以评价被测物（DUT）对耦合到非电源电路的电瞬态的抗扰度。其的适用性如表30所示。

表38 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

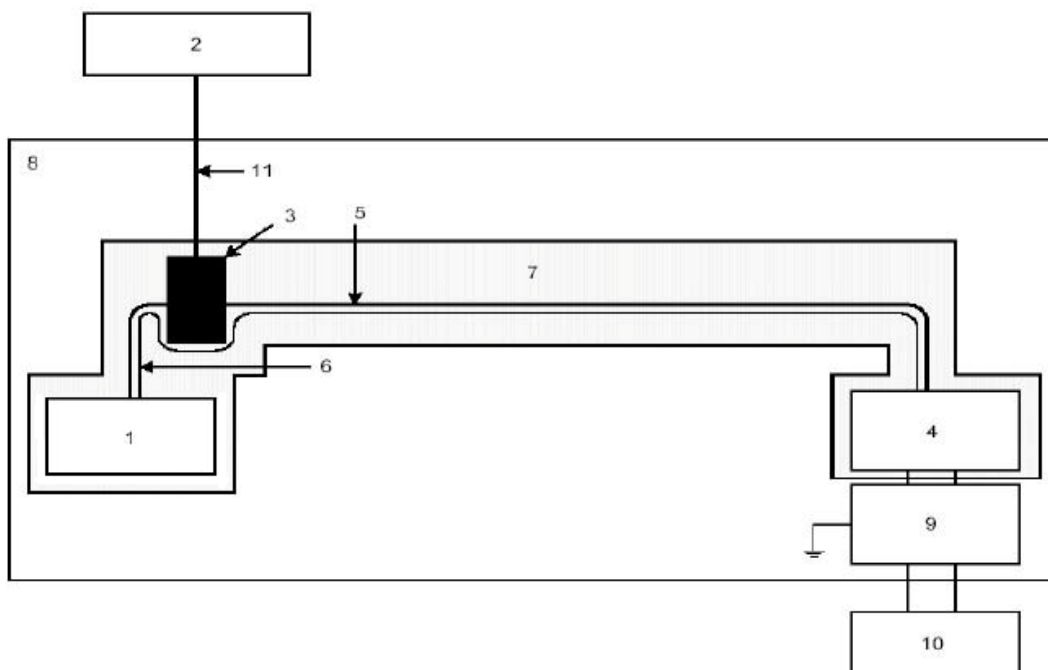
括电源线) 穿过CCC耦合钳, 测试线束长度1m。



- | | | |
|------------------|------------|-------------|
| 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所有的非电源线束穿过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 同轴电缆 | |

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/Lin/以太网通信监测数据、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39和表40。

表39 快速瞬时试验脉冲a

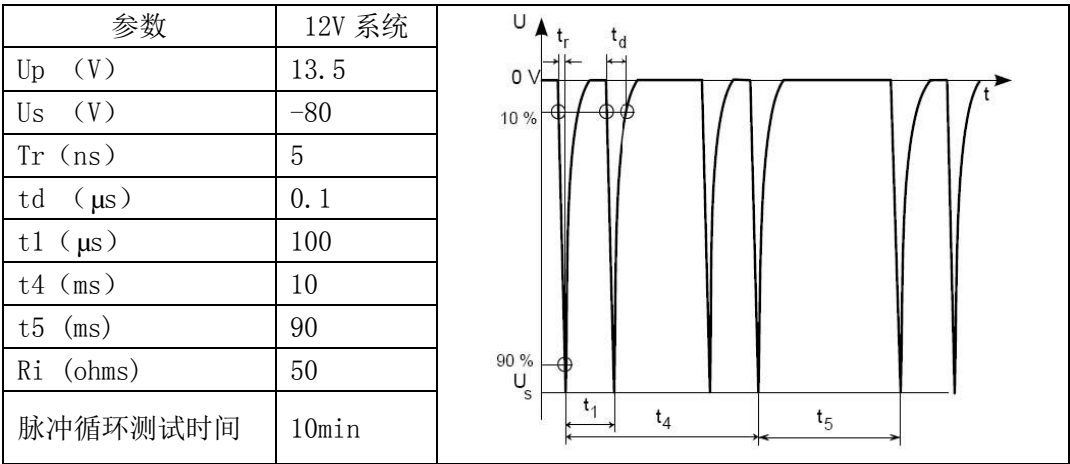
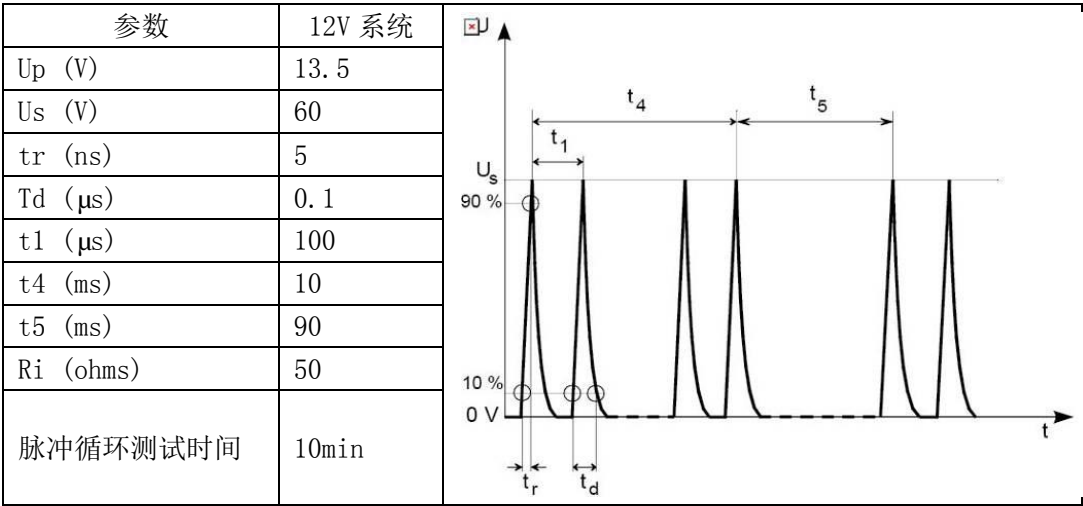


表40 快速瞬时试验脉冲b



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41和表42。

表41 低速瞬时脉冲c-正极

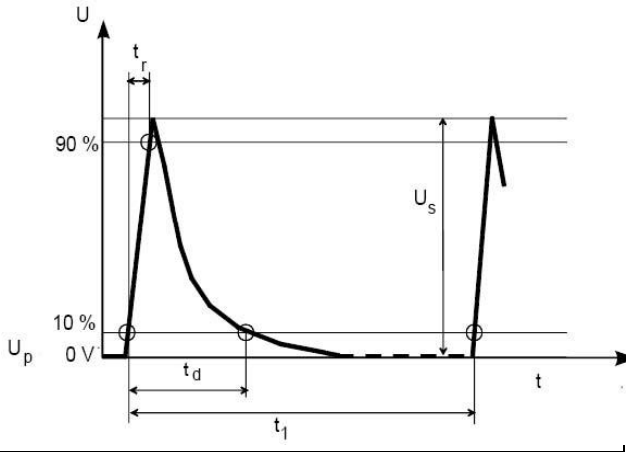
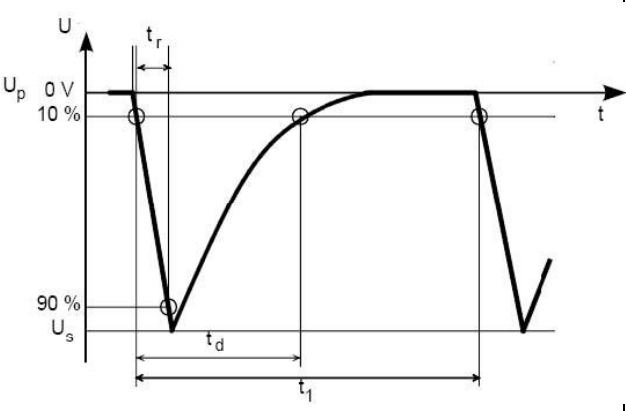
参数	12V 系统	
U _s (V)	5	
R _i (Ohms)	2	
t _l (s)	2.5	
t _d (ms)	0.05	
t _r (μs)	1	
脉冲循环测试数量	20	

表42 低速瞬时脉冲d-阴极

参数	12V 系统	
U _s (V)	-5	
R _i (Ohms)	2	
t _l (s)	2.5	
t _d (ms)	0.05	
t _r (μs)	1	
脉冲循环测试数量	20	

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 43 所示。

表 43 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	
	C 类	D 类
脉冲 a	I	I
脉冲 b	I	I
脉冲 c	I	I
脉冲 d	I	I

15. 静电放电测试：ESD

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 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，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

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正常使用、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 $1\text{M}\Omega$ 左右，可将两个 $470\text{k}\Omega$ 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：Handling & Transport

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。

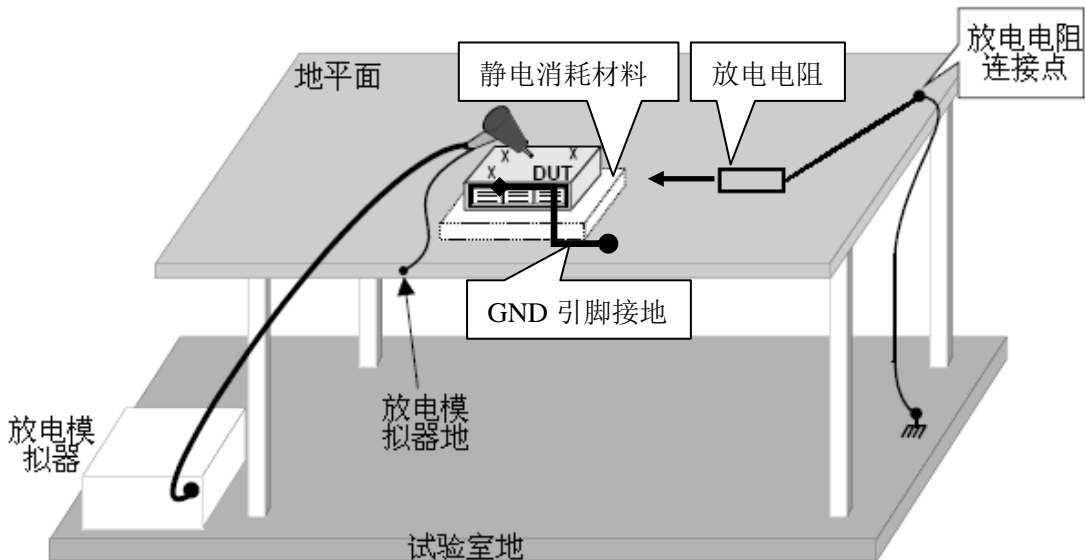


图 17 断电状态静电放电测试布置

(b) 通电状态静电放电测试布置: Powered

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 $1500 \pm 75\text{mm}$ 。

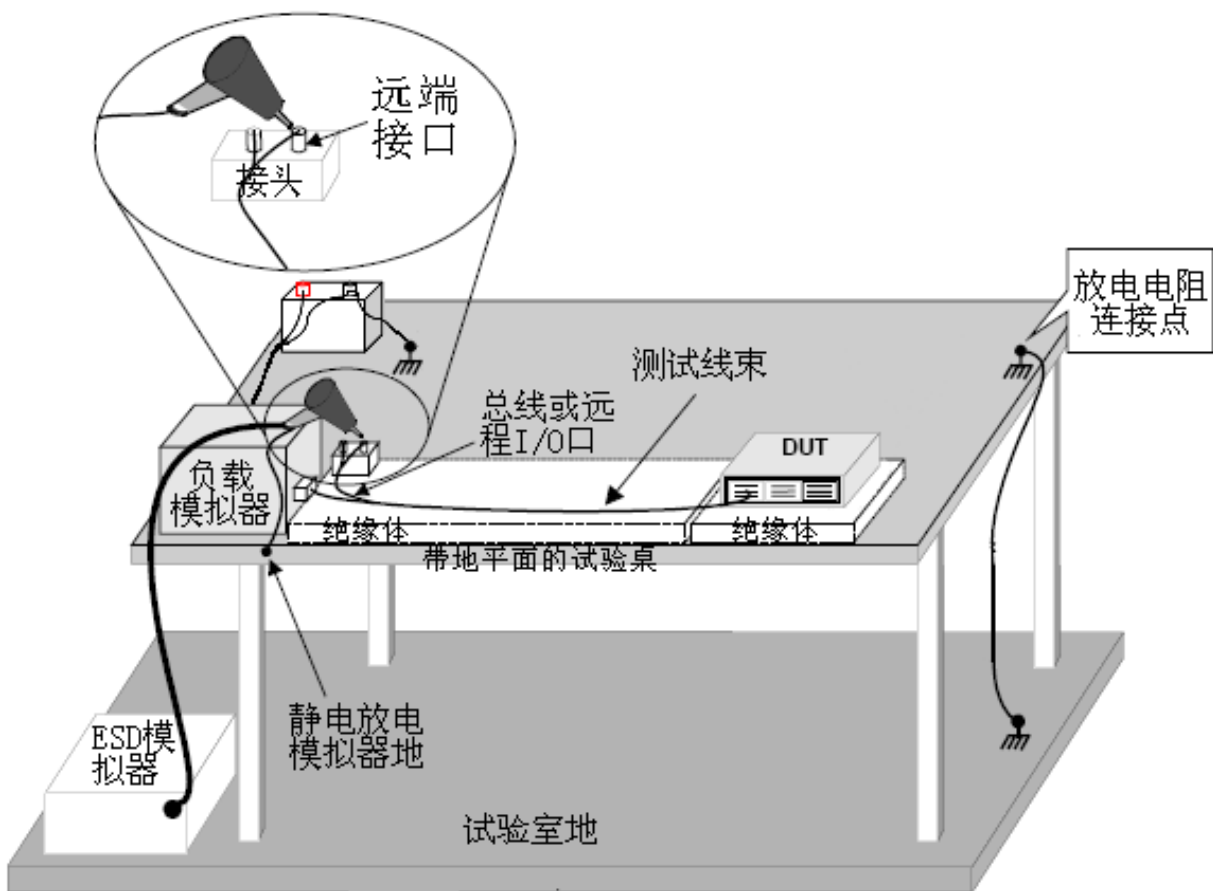


图 18 通电工作状态静电放电测试布置

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。

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 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。
- 4) 对 DUT 外壳进行放电:保持负极接地,对包装、安装、拆除过程中任何可能接触到的位置进行测试。
- 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、接插件的缝隙和接插件的线束表面等。
- 3) 接口电路(I/O): 除了对整个线束接插件放电之外,还需对接插件中 CAN/Lin/以太网等总线(不刺破屏蔽层)、开关输入的引脚 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/Lin/以太网光纤转换器应置于绝缘体上且端口阻抗设置为 120 Ω , 对 CAN/Lin/以太网引脚放电时应断开 CAN/Lin/以太网光纤转换器。
- 4) 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 $\pm 25KV$ 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、激光雷达、毫米波雷达、倒车雷达探头、车外天线等,才实施 $\pm 25KV$ 静电放电测试。
- 5) 测试过程中需要对 DUT 的功能状态进行监测。
- 6) 测试过程中应尽可能将 DUT 与实车状态下的负载进行连接。
- 7) 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/Lin/以太网、AUX、车载逆变器输出端),那么在测试过程中,需要在线束 1.7 米位置对这些总线端口和接触点进行放电测试。
- 8) 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。
- 9) 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约为 1s。
- 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 44 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、放电后测量 LED 灯静态电阻、工作电流，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%。

例外：主要电路板最大尺寸小于 30mm 的零部件，人员不可接触区域静电测试等级为 15kV，车外接触位置需测试到 25KV，车内能接触到的位置需测试到 20KV。

表 44 静电放电测试等级与功能状态要求

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

15.5.2 测试结果评价

静电放电测试结果评价要求见表 44。

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 45 所示。

对 LCD 显示屏及其相关控制器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 45 LCD 屏的抗静电要求

静电放电等级	LCD 屏异常条纹自动恢复时间
±6KV 接触/空气放电	应不受任何影响
±8KV 接触/空气放电	5 秒自动恢复到正常工作状态
±15KV 空气放电	15 秒自动恢复到正常工作状态
±20KV 空气放电	20 秒自动恢复到正常工作状态

安全气囊控制器应包含安全带锁扣位置做接触放电和空气放电, 使用实车安全带卡扣实物。

遥控钥匙除了静电放电测试之外还需根据 VS-00.35-L-10009 《电器部件静电防护试验规范》测试硅胶垫各按钮点、各顶端、缝隙在干燥条件下积累的静电电压值 $\leq \pm 3KV$ 。

附录

附录 A 功能类型划分例子

表A-1 功能类型划分例子

C 类功能		D 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：仅用于娱乐和显示及声音的功能； 娱乐系统声音稳定性； LVDS 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、稳压器、48V DC/DC 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； 起动稳定性； 点火系统稳定性； 喷油系统稳定性； 影响发动机运行的传感器和执行器性能稳定性； 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； 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)； 电动助力转向系统； 发动机转速稳定性； 电动汽车动力系统稳定性； 车身电子稳定系统 (ESP)； 制动防抱死系统 (ABS)； 刹车系统及其相关的功能新能源汽车专用部件不属于 D 类功能的所有功能； 上述 C 类功能未定义但在测试计划中规定为 C 类的功能。	高级驾驶辅助系统 (ADAS)； 交通拥堵辅助 (TJA)； 激光雷达； （图像识别）前摄像头 (FC)； 角毫米波雷达 (C)； 前毫米波雷达 (FR)； 高精地图定位控制器 (HPP)； 智能驾驶中央控制模块 (CAV-DC)； 自适应巡航控制 (ACC、iACC)； 低速/高速自动紧急刹车与行人保护 (AEB)； 前碰撞预警 (FCW)； 驾驶员监测摄像头 (DMS)； 车道偏离预警系统 (LDW/LKP)； 车道保持辅助 (LKA)； 并线辅助模块 (LCDA)； 自动换道 (ALC)； 自动泊车 (APA)； 夜视控制器 (NV)； 主动安全带 (ASB)； 主动安全系统； 安全气囊系统； 被动安全系统等。

附录 B 瞬态波形规定

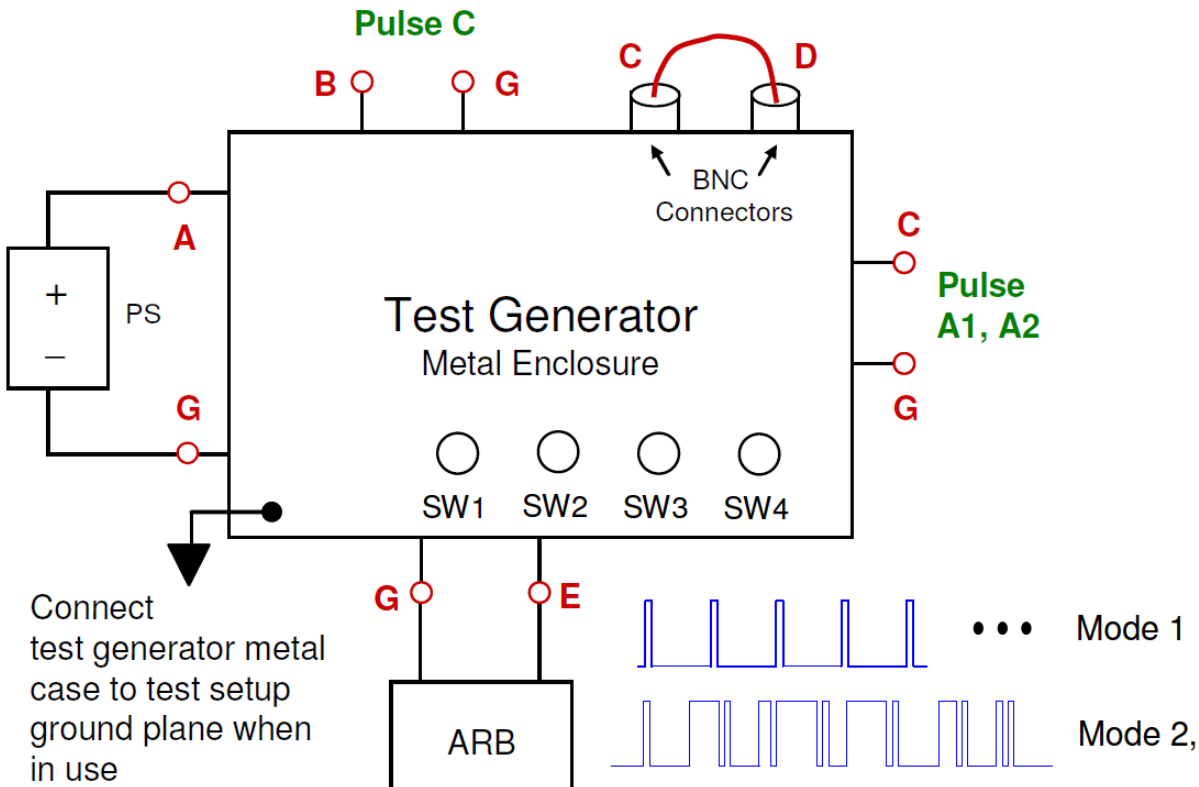
B.1 脉冲 A1、A2、C 的原理

脉冲 A1、A2、C 模拟点火开关接通或断开感性负载时在整车电路中产生的电压电流波动。典型的结构包括点火开关、远程开关 SW2，感性负载 L、DUT 和连接到电源分布系统不同点的外部电子负载 Z，L_w 代表在电池和点火开关之间串联的线束电感。感性负载“L”比串联线束电感大很多（例如 1uH/m）。

表B-1 脉冲A1、A2、C发生器原理

器件	参数要求
Resistor R1	51 ohms, 25W
Resistor R2	220 ohms ± 5%, 2W
Resistor R3	33 ohms ± 5%, 10W
Resistor R4	6 ohms ± 5%, 50W
Capacitor C1	100 nF capacitor, 400V
Inductor L1	5 uH inductor
Inductor L2	100 mH inductor
Diode D1	Zener diode, 39V, 5W
Transistor Q1	NPN transistor
SW0 - SW4	Single Throw Switch
RLY1	12 volt AC relay, normally contact

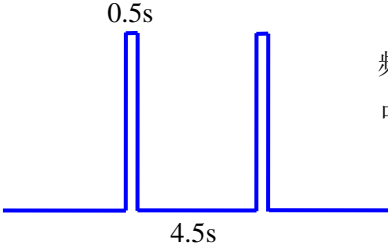
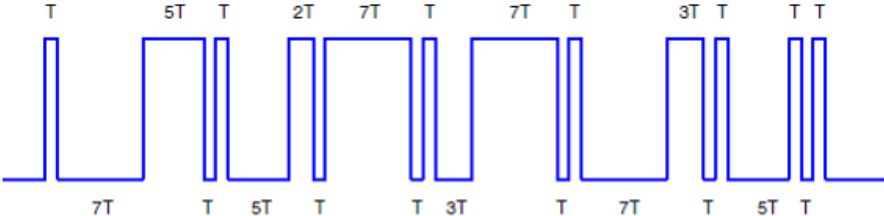
The diagram illustrates the circuit for generating pulses A1, A2, and C. It features a power supply (A) connected through a switch SW0 and inductor L1 to a common ground (G). A relay RLY1 is connected in parallel with the main power line. The relay has a coil and a normally closed (NC) contact. A Zener diode D1 is connected between the power line and ground. A transistor Q1 is connected between the power line and ground, with a resistor R1 in its emitter. A capacitor C1 is connected between the power line and ground. A series combination of a resistor R2, a switch SW2, a capacitor C1, a switch SW3, and a parallel combination of a resistor R3 and a switch SW4 is connected between the power line and ground. A BNC connector is shown with terminals C and D. The diagram also indicates the locations of pulses A1, A2, and C.



B.2 脉冲 A1、A2、C 的模式

脉冲 A1、A2-1、A2-2、C-1、C-2 的模式 1、2、3 选通信号由试验设备的 E-G 端口注入，在选通信号高电平期间产生脉冲群：

表B-2 脉冲A1、A2、C模式选通信号

	模式 1、2、3 选通信号
模式 1	 <p>频率: 0.2Hz 占空比: 10%</p>
模式 2 模式 3	 <p>$T = 50 \text{ msec}$</p>

B.3 电气负荷性能测试

如下电气负荷测试可由供应商自行安排测试并提交合格报告给长安,电气负荷测试样品数量为3个。

B.3.1 直流供电电压试验:目的是检测 DUT 相关功能在最低和最高工作电压范围内的功能状态。

表B-3 直流供电电压试验参数

适用范围	测试电压 (V)		测试时间 (min)
	Usmin	Usmax	
在发动机起动过程中应保持和获得的功能	6.0	16.0	10
在起动过程期间不必获得的功能	8.0	16.0	10
在发动机关闭情况下必须获得的功能	9.0	16.0	10
在发动机工作情况下必须存在的功能	10.5	16.0	10

B.3.2 过电压试验:目的是检测DUT在发电机调节器失效时引起发电机输出电压上升到高于正常电压及短时间过电压条件下的功能状态。

表B-4 过电压试验参数

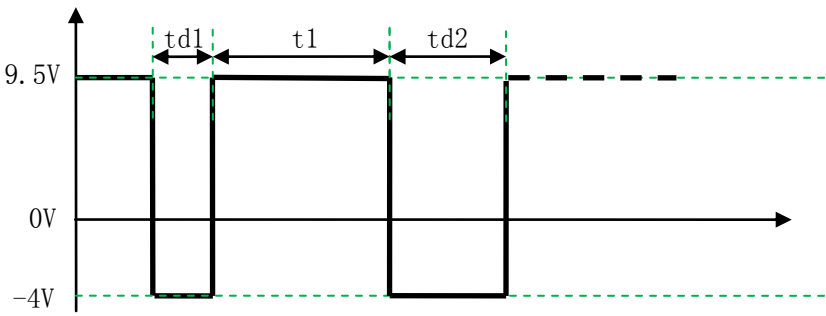
测试电压 (V)	测试时间 (min)	温度条件
18	60	Tmax-20℃ (最高工作温度减 20 度)
24	1	室温

B.3.3 反向电压试验:目的是检测DUT对蓄电池反向连接时的抵御能力,本试验不适用于交流发电机或带有钳位二极管而没有外部反极性保护装置的继电器等感性器件。长时反向电压模拟蓄电池装反的情况,短时反向电压模拟亏电车辆跨接起动时蓄电池正负极接反的情况。

表B-5a 长时反向电压试验参数

初始试验电压	-14.0V±0.1V
每次电压降低 UΔ	1V
试验时间 td	60s±10%
熔断器	DUT 电源正极串联实车相符合的熔断器。 允许更换熔断器。
适用端口	所有电源相关端口,同时施加反向电压

表B-5b 短时反向电压试验参数

初始试验电压	9.5V±0.1V
反向电压	-4V
试验时间 t _d	5ms、6ms、7ms、8ms、9ms、10ms、15ms、20ms、25ms、30ms、60ms
间隔时间 t ₁	1min
保险丝	DUT 电源正极串联实车相符合的熔断器
适用端口	所有电源相关端口，同时施加反向电压
	

B.3.4 开路试验: 目的是检测接插件插针短时间开路期间和恢复连接时的 DUT 的功能状态。

表B-6 开路试验参数

试验类别	参数		试验过程
单线开路试验	试验时间	10s±10%	1. 连接上输入电压，使 DUT 正常运行； 2. 断开 DUT 的一个针脚10s±10%，检查此时DUT的功能状态，开路阻抗不小于10MΩ； 3. 恢复连接，并检查 DUT 的功能状态； 4. 重复对 DUT 的每个针脚进行上述试验。
	开路电阻	≥10MΩ	
单线瞬态开路试验	断路时间	0.1ms±10%	1. 连接上输入电压，使 DUT 正常运行； 2. 断开 DUT 的一个针脚0.1ms±10%，再接通线路1ms，不断重复，开路阻抗不小于10MΩ； 3. 检查并记录脉冲过程中和结束后的功能状态； 4. 重复对 DUT 的每个针脚进行上述试验。
	接通时间	1.0ms	
	持续时间	1min	
多线开路试验	试验时间	10s±10%	1. 断开 DUT 的一个接插件10s±10%，检查DUT的功能状态，断开电阻不小于10MΩ； 2. 恢复连接后，并检查 DUT 的功能状态； 3. 重复对 DUT 的每个接插件进行上述试验。
	开路电阻	≥10MΩ	
开关线路开路电压测试	开路时间	1min	本测试用于检查 IGN、ACC 开关控制的线路可能存在的电源倒灌。 1. 连接上输入电压，使 DUT 正常运行； 2. 断开 DUT 的一个拉高开关（例如IGN、ACC等）输入针脚1min，期间检查此引脚的电压应低于1V； 3. 恢复连接，并检查 DUT 的功能状态； 4. 重复对 DUT 的每个拉高开关针脚进行上述试验。
	输入端口电压	≤1V（20ms内达到）	
地线开路测试	开路时间	1min	本试验适用于多条地线的控制器。 1. 断开一条地线，测量输出 pin 的电压，输出端口电压和地线断开之前相同，负载不应误动作。 2. 重复上述步骤，直到单独断开所有地线。
	端口电压	无变化	

B.3.5 短路保护试验: 目的是检测 DUT 输入端和输出端在电路短路条件下及负载电路短路。

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 B-7 短路保护试验参数

试验类别	参数		试验过程
信号电路 短路保护 测试	试 验 时间	60s±10%	1. 按照图14f连接好试验布置； 2. 将 DUT 的有关输入和输出端依次连接到电压 U_{Smax} ，持续60s±10%，其他输入和输出端保持开路（或协商处理）； 3. 试验结束后，检查其功能，DUT不能被烧坏； 4. 需分别在下述三种工况条件下进行短路试验： 1) 闭合开关1和2使DUT处于上电状态，然后分别在激活输出和停止输出模式进行短路试验； 2) 闭合开关1，断开开关2； 3) 断开开关 1，闭合开关 2
负载电路 短路保护 测试	试 验 时间	10s	1. 试验进行和结束后，DUT表面应无明显起火、冒烟、裂纹等现象； 2. DUT电子保护输出端应满足III 级要求，即能承受短路电流且在切断短路电流后能恢复到正常工作； 3. DUT熔断器保护输出端应满足IV级要求，即能承受短路电流且在恢复熔断器以及切断短路电流后能继续正常工作； 4. DUT无保护输出端应满足 V 级要求，即可以被短路电流损坏，但不能燃烧起来。

B.3.6 过电流试验：目的是检测开关和继电器触点抵御大电流及控制器电流输出端抵御正向大电流的能力。对于电流输出端采用继电器的部件，也应对内部的继电器进行试验。

表 B-8 过电流试验参数

试验类别	参数		试验过程
开关/继 电器触点 过电流试 验	加载电流	$I_{额定} \leq 10A$ 时，加载电流为 $3 \times I_{额定}$ ； $I_{额定} > 10A$ 时，加载电流为 $2 \times I_{额定}$ ， 要求最小 30A，最大 150A；	1. 在室温环境下进行对DUT 输入端输入相应的加载电流； 2. 加载时间为 10min,在加载时完成一次接通和断开的操作； 3. 若 DUT 为多触点开关或继电器时，对每个触点各自单独进行试验。
	试验时间	10 min	
电流输出 端过电流 试验	加载电流	$3 \times I_{额定}$ ，正向	在室温环境下进行对DUT 输出端输入 $3 \times I_{额定}$ 电流
	试验时间	30 min	

B.3.7 击穿强度试验：目的是检测绝缘层的绝缘耐压能力，包含电感元件（如继电器、电机、线圈）或连接到电感负载电路的部件必须进行此项试验。

表 B-9 击穿强度试验参数

	参数值	试验过程
试验时间	60 s	在绝缘端子或绝缘端子与壳体之间，加载上试验电压持续60s
试验电压	12V系统：500V AC，50Hz 高压系统：3000V AC，50Hz	

B.3.8 绝缘电阻试验：目的是检测DUT 绝缘材料的绝缘特性。

表 B-10 绝缘电阻试验参数

	参数值	试验过程
试验时间	60 s	1. 按气候负荷试验中的湿热循环项目进行试验，然后将DUT 在室温环境下放置30min； 2. 在绝缘端子之间或绝缘端子与壳体之间，加载上规定的
试验电压	12V系统： 间距<3.8mm 时，100V DC；	

	间距 $\geq 3.8\text{mm}$ 时, 500V DC。 高压系统: 3000V DC	直流电压60s; 3. 测量绝缘端子之间或绝缘端子与壳体之间电压的电阻值。
--	--	--

表 B-11 电气负荷试验接受准则

试验名称	接受准则	
	统一要求: 试验前和结束后, 应按照功能状态要求进行检查并符合技术开发要求; 试验过程和试验结束后 DUT 表面应无明显起火、冒烟、裂纹等现象!	
	测试过程中	测试结束后
直流供电电压试验	I	I
长时过电压试验 18V	I 允许未通过电压调节电路而直接供电的部件性能发生变化	I 允许未通过电压调节电路而直接供电的部件自动恢复到正常状态
短时过电压试验 24V	III	III
长时反向电压试验	反向电压恢复正向电压过程中不出现误动作。	恢复正常的熔断器和工作电压连接后, DUT 功能状态应满足III级要求
短时反向电压试验	反向电压恢复正向电压过程中不出现误动作。	恢复正常的熔断器和工作电压连接后, DUT 功能状态应满足III级要求
单线开路试验	III	III
单线瞬态开路试验	III	III
多线开路试验	III	III
开关线路开路电压测试	拉高开关(例如 IGN、ACC 等)输入引脚 1min, 期间检查此引脚的电压应低于 1V	III
地线开路测试	III	III
信号电路短路保护试验	DUT 不能被烧坏	III
负载电路短路保护试验	/	1) DUT 电子保护输出端应满足III级要求, 即能承受短路电流且在切断短路电流后能恢复到正常工作; 2) DUT 熔断器保护输出端应能承受短路电流且在恢复熔断器以及切断短路电流后能继续正常工作; 3) DUT 无保护输出端可以被短路电流损坏, 但不应燃烧起来。
开关/继电器触点过电流试验	I	DUT 触点不能有烧蚀痕迹。
电流输出端过电流试验	III	III
击穿强度试验	III 测试过程中不能出现击穿和闪络。	III
绝缘电阻试验	III	试验结束后, 测得的绝缘电阻应大于 $10\text{M}\Omega$

附录 C 交流电源端口测试要求

车载逆变器和车载充电机除了上述测试要求之外,还需测试其交流电源端口的骚扰发射和抗干扰性能,且车载逆变器和车载充电机工作产生的干扰应符合 GB 34660 限值要求。

C.1 AC 电源线谐波发射: AC-Harmonics Emission

C.1.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。逆变器或充电机的输出功率应为额定最大功率的 80%~100% 之间。

C.1.1.1 试验仪器

参照 GB 17625.1、GB/T 17626.7 的要求执行。

C.1.2 试验准备

C.1.2.1 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。

C.1.2.2 试验布置

参照 ECE R10.05 第 7.11 节、GB 17625.1 布置测试仪器和被测件,测试布置如图 C-1a、C-1b 所示。逆变器或充电机均置于 50mm 厚绝缘体上,AC 输入/输出为 $220\text{V} \pm 2\%$ 、 $50\text{Hz} \pm 0.5\%$, L 端接入谐波测试设备测试 L 线电流的谐波分量。**当测试逆变器时注意断开测试设备给被测件供电的外部交流电源,以避免短路。**

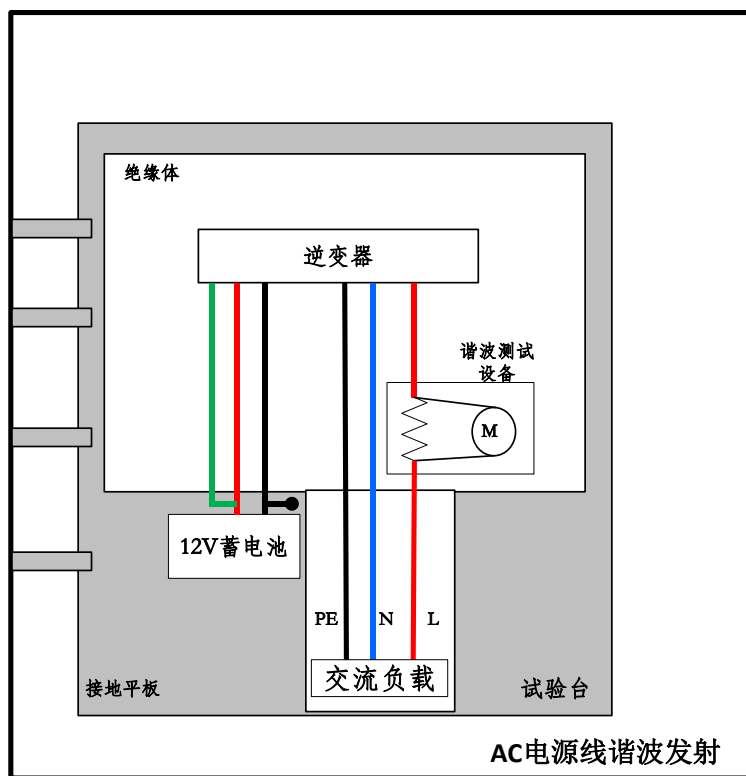


图 C-1a 逆变器 AC 电源线谐波发射

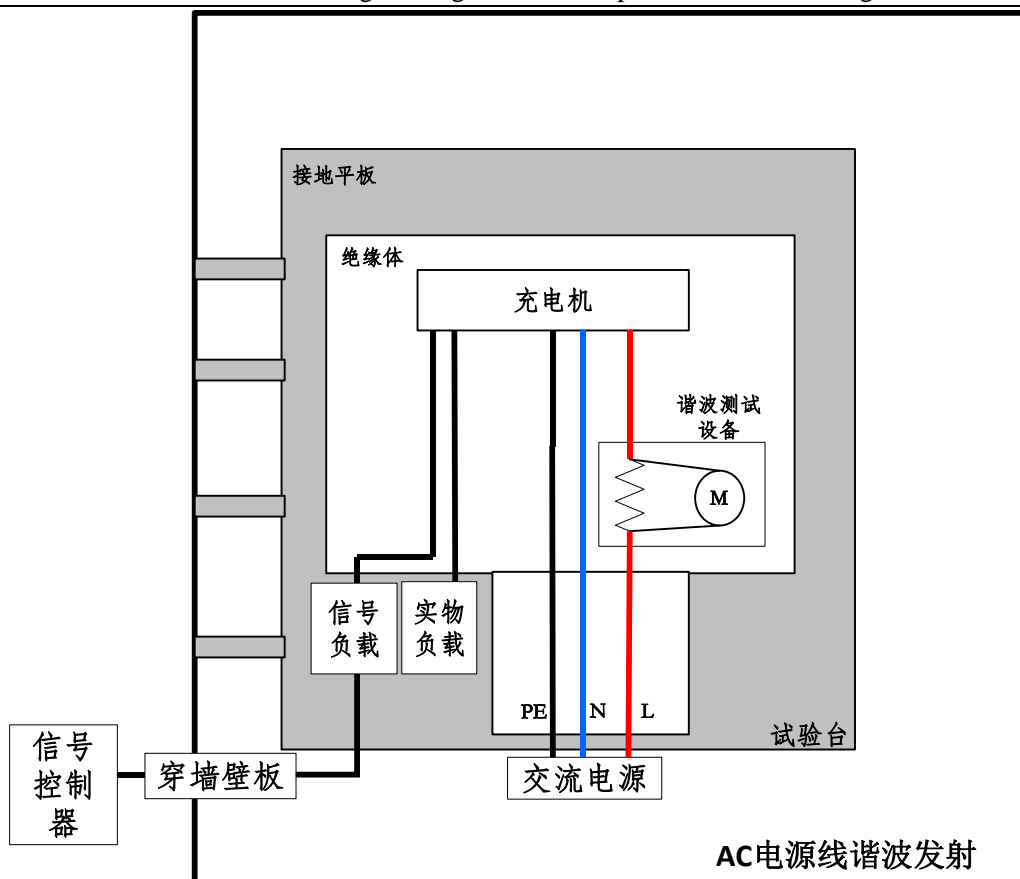


图 C-1b 充电器 AC 电源线谐波发射

C.1.3 试验步骤

- 测试前，开启充电器或逆变器的负载，开关动作后第一个 10s 内的谐波电流和功率不予考虑。
- 设置测量周期不小于 150s 以使得测量的重复性应优于士 5%:
- 对于每一次谐波，在每一个 DFT（离散傅里叶变换）时间窗口内测量 1.5s 的平滑有效值谐波电流；
- 在整个观察周期内，计算由 DFT 时间窗口得到的测量值的算术平均值。
- 用于计算限值的输入功率值应由下列要求确定：在每一个 DFT 时间窗口内测量 1.5s 的平滑有功输入功率（在每一个 DFT 时间窗口内的有功输入功率，平滑即为通过 1.5s 一阶低通滤波器）；在整个试验周期内，由 DFT 时间窗口确定功率的最大测量值。
- 谐波电流和有功输入功率应在相同的试验条件下测量，但不需同时测量。

C.1.4 数据处理及分析

C.1.4.1 有功输入功率应由制造商确定并列入试验报告中。

C.1.4.2 当限值是以功率的形式给出时，该功率值应在试验过程中被用来确定限值。为了避免在规定的功率下限值出现陡然变化，而对采用哪一类限值产生疑惑，制造商可以在实

际测量值的士 10% 范围内规定任意值。

C.1.5 评价标准

C. 1. 5. 1 AC 电源线谐波发射限值要求

谐波电流限值应满足 GB 17625.1 中 A 类限值要求,见表 C-1。

表 C-1 谐波电流 A 类设备限值要求

谐波次数n		最大允许谐波电流A
奇次谐波	3	2.30
	5	1.14
	7	0.77
	9	0.40
	11	0.33
	13	0.21
	15≤n≤39	0.15×15/n
偶次谐波	2	1.08
	4	0.43
	6	0.30
	8≤n≤40	0.23×8/n

C. 1. 5. 2 测试结果评价

根据测试数据统计,若任意谐波次数最大谐波电流超出本规范 C. 1. 5. 1 节规定的限值则测试结果不合格,若所有谐波次数的最大谐波电流满足上述要求则合格。

C. 2 AC 电源线电压变化、波动、闪烁发射: AC-emission of voltage changes, voltage fluctuations and flicker on AC power lines

C.2.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。逆变器或充电机的输出功率应为额定最大功率的 80%~100%之间。

C. 2. 1. 1 试验仪器

参照 IEC 61000-3-3 的要求执行。

C.2.2 试验准备

C. 2. 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。

C. 2. 2. 2 试验布置

参照 ECE R10.05 第 7.12 节、IEC 61000-3-3 布置测试仪器和被测件,测试布置如图 C-2a、C-2b 所示。逆变器或充电机均置于 50mm 厚绝缘体上,AC 输入/输出为 220V±2%、

50Hz±0.5%，L 端、N 端需接参考阻抗，分别为 0.39Ω、0.26Ω；靠近 DUT 的 L 和 N 端接入测试设备。当测试逆变器时注意断开测试设备给被测件供电的外部交流电源。

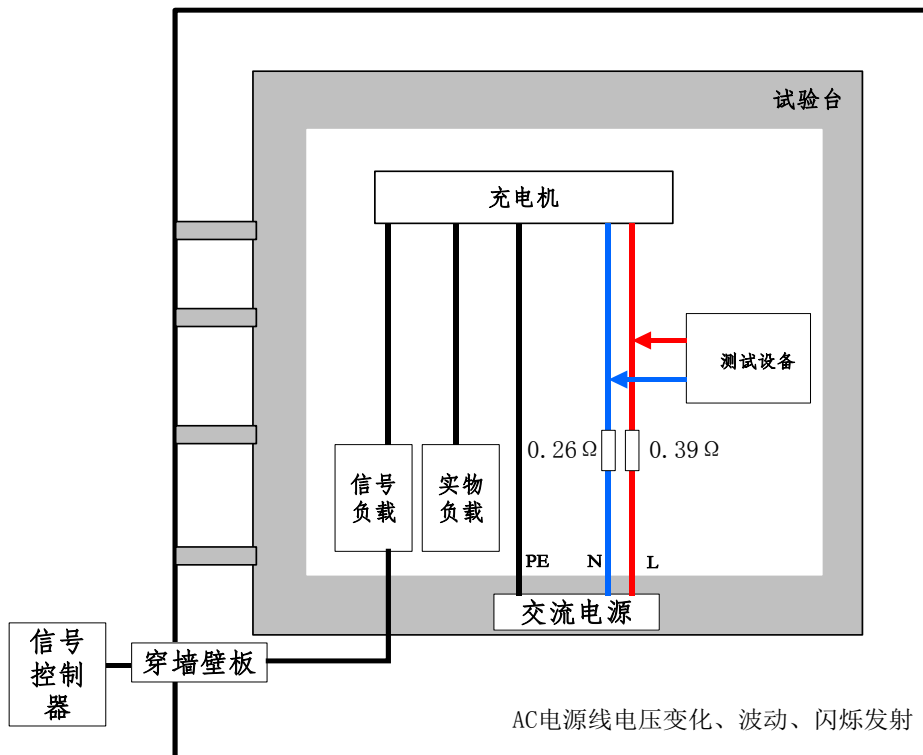


图 C-2a 充电器 AC 电源线电压变化、波动、闪烁发射测试布置

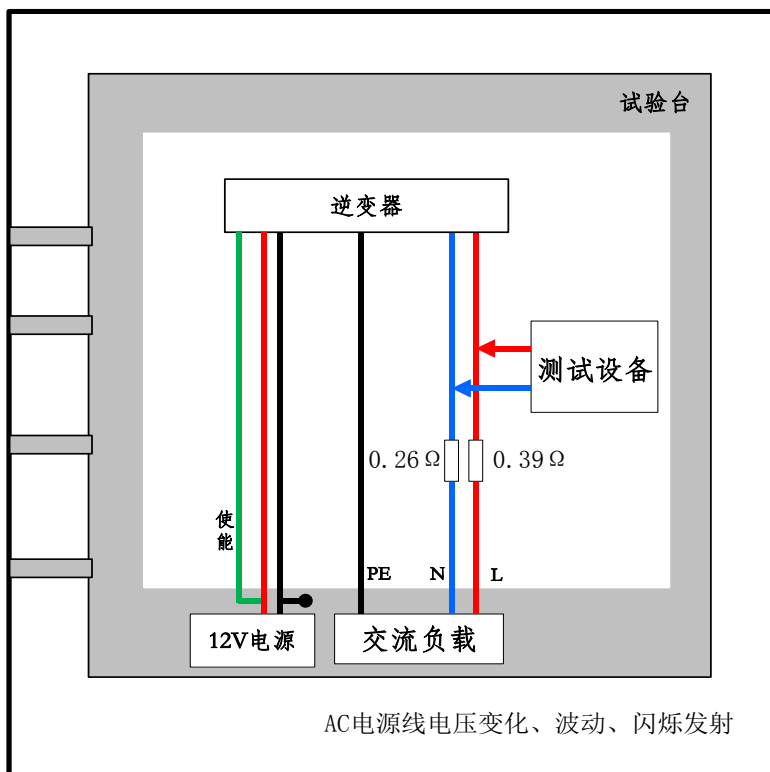


图 C-2b 逆变器 AC 电源线电压变化、波动、闪烁发射测试布置

C.2.3 试验步骤

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。

a) 调节逆变器或充电机输出电流从最小值到最大值，或从最大值到最小值变化时，测试并记录最大有效值电压变化。

b) 按照 IEC 61000-3-3、ECE R10.05 第 7.12 章节的要求进行测试。

C.2.4 数据处理及分析

C.2.4.1 测试数据及结果统计表格应列入试验报告中。

C.2.5 评价标准

C.2.5.1 AC 电源线电压变化、波动、闪烁发射限值要求

AC 电源线电压变化、波动、闪烁发射限值应满足表 C-2 的要求。

表 C-2 AC 电源线电压变化、波动、闪烁发射限值要求

波形参数	限值
短时闪烁	$P_{st} \leq 1.0$
长时闪烁	$P_{lt} \leq 0.65$
d(t)值超过3.3%的时间	$\leq 500ms$
相对稳态电压变化	$dc \leq 3.3\%$
最大相对电压变化	$d_{max} \leq 4\%$

C.2.5.2 测试结果评价

根据测试数据统计，若任意波形参数超出本规范 C.2.5.1 节规定的限值则测试结果不合格，若所有波形参数满足上述要求则合格。

C.3 AC 电源线传导发射：AC-CEV

C.3.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。逆变器或充电机的输出功率应为额定最大功率的 80%~100%之间。

C.3.1.1 试验仪器

参照 CISPR 22 的要求执行。

C.3.2 试验准备

C.3.2.1 检查试验样件

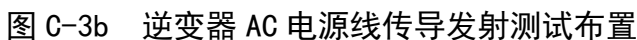
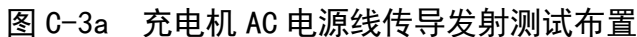
测试前应使用符合本规范 3.5 节中要求的负载模拟器来检查 DUT 的所有功能，只有所有功能满足技术开发要求的电器部件才允许继续测试。

C.3.2.2 试验布置

参照 ECE R10.05 第 7.13 节、IEC 61000-6-3 布置测试仪器和被测件，测试布置如图 C-3a、C-3b 所示。AC 输入/输出为 $220V \pm 2\%$ 、 $50Hz \pm 0.5\%$ ，靠近 DUT 的 L 和 N 端接入测试设备。图 C-3a 中，12V 系统和充电机外壳的地（浮地，可单独使用一张测试桌）应和交流 AMN、实验室的地隔离，浮地和实验室地之间通过 1 兆欧电阻连接。图 C-3b 中，逆

a) 分别对逆变器/充电桩与 AMN 之间的 L、N 端在 9kHz~110MHz 频段内进行峰值、平均值测试，再对峰值测试结果超出准峰值限值的频段的较高频点进行准峰值测试。

C.3.4.1 测试软件生成的频谱图表和各频段内裕量较小的频率列表应列入试验报告中。

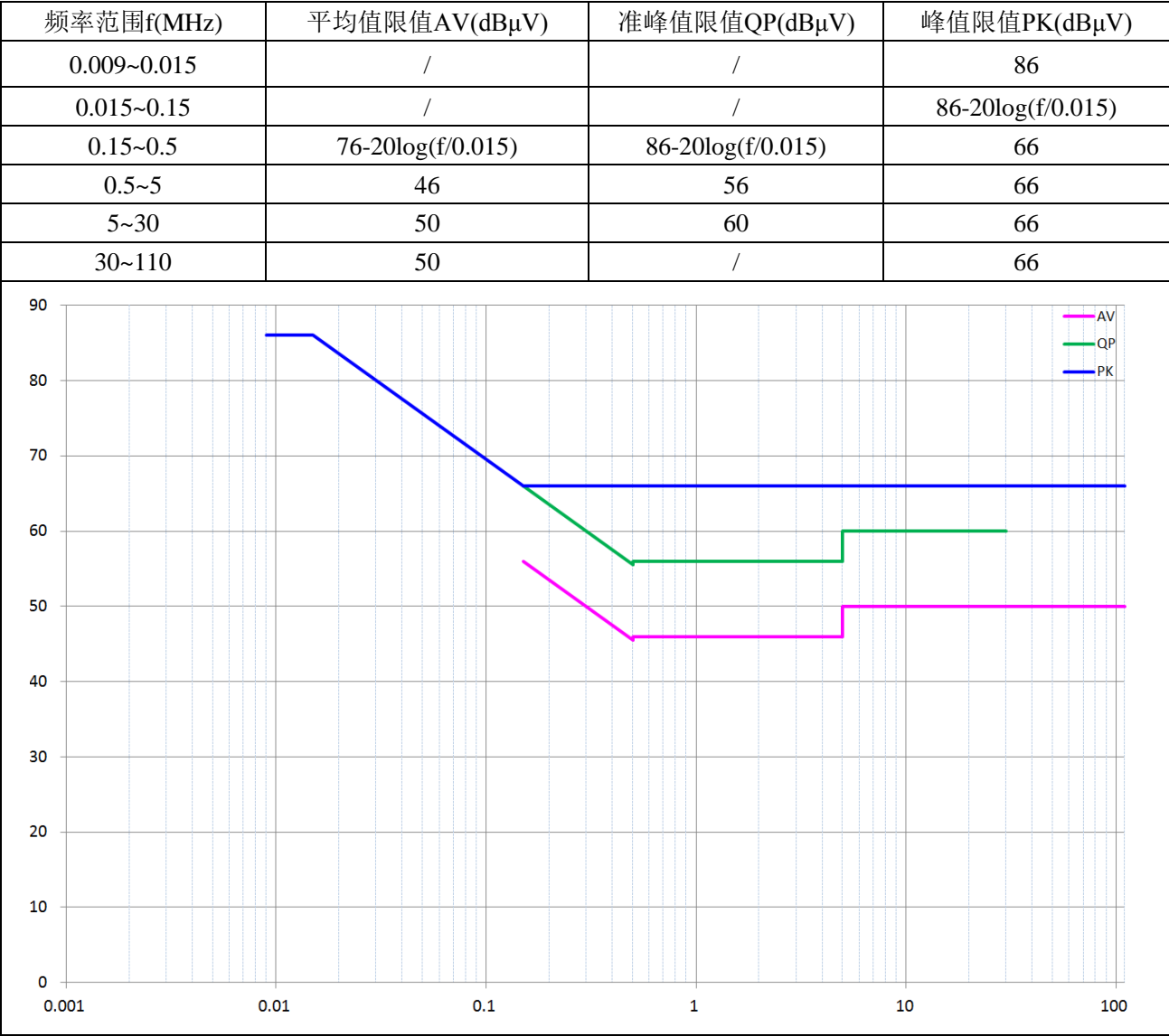


C.3.5.1 AC 电源线传导发射限值要求

73

应满足表 D-1 的要求。

表 C-3 AC 电源线传导发射限值要求



C.3.5.2 测试结果评价

根据测试数据统计,若任意频点的测试结果超出本规范 C.3.5.1 节规定的限值则测试结果不合格,若所有频点的测试结果满足上述要求则合格。

C.4 AC 电源线快速脉冲群抗扰: AC-EFT

C.4.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。充电机的输出电流至少为额定值的 20%。

C.4.1.1 试验仪器

脉冲发生器参照 ECE R10.05 附录 21、IEC 61000-4-4 第 6.1 节的要求执行。

耦合/去耦网络参照 IEC 61000-4-4 第 6.2 节的要求执行。

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。

充电机 AC 电源线快速脉冲群抗扰性能应满足表 C-4 的要求。在测试过程中、测试后 DUT 的功能和性能应不受到任何影响。

表 C-4 AC 电源线快速脉冲群抗扰性能要求

开路电压峰值 (KV)	±2
上升时间 Tr (ns)	5
脉冲持续时间 Td (ns)	50
重复频率 (KHz)	5 或者 100
测试时间 (min)	1
功能状态要求	I

C.5 AC 电源线浪涌抗扰：AC-surge

C.5.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。充电机的输出电流至少为额定值的 20%。

C.5.1.1 试验仪器

脉冲发生器参照 ECE R10.05 Annex 22、IEC 61000-4-5 第 6.1 节的要求执行。

耦合/去耦网络参照 IEC 61000-4-5 第 6.3 节的要求执行。

C.5.2 试验准备

C.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。

C.5.2.2 试验布置

参照 GB-T17626.5、ECE R10.05 第 7.16 节及其附录 22 章节、IEC 61000-4-5 第 7.2 章节布置测试仪器和被测件，测试布置如图 C-5 所示。AC 输入为 220V±2%、50Hz±0.5%，通过 CDN 将 L、N 和 PE 端接入测试脉冲。12V 系统和充电机外壳的地（浮地，可单独使用一张测试桌）应和交流 AMN、实验室的地隔离，浮地和实验室地之间通过 1 兆欧电阻连接。

C.5.3 试验步骤

a) 对充电机与 CDN 之间的 AC 电源线施加 ECE R10.05 第 7.16 节规定的浪涌干扰，观察并记录 DUT 的性能表现。

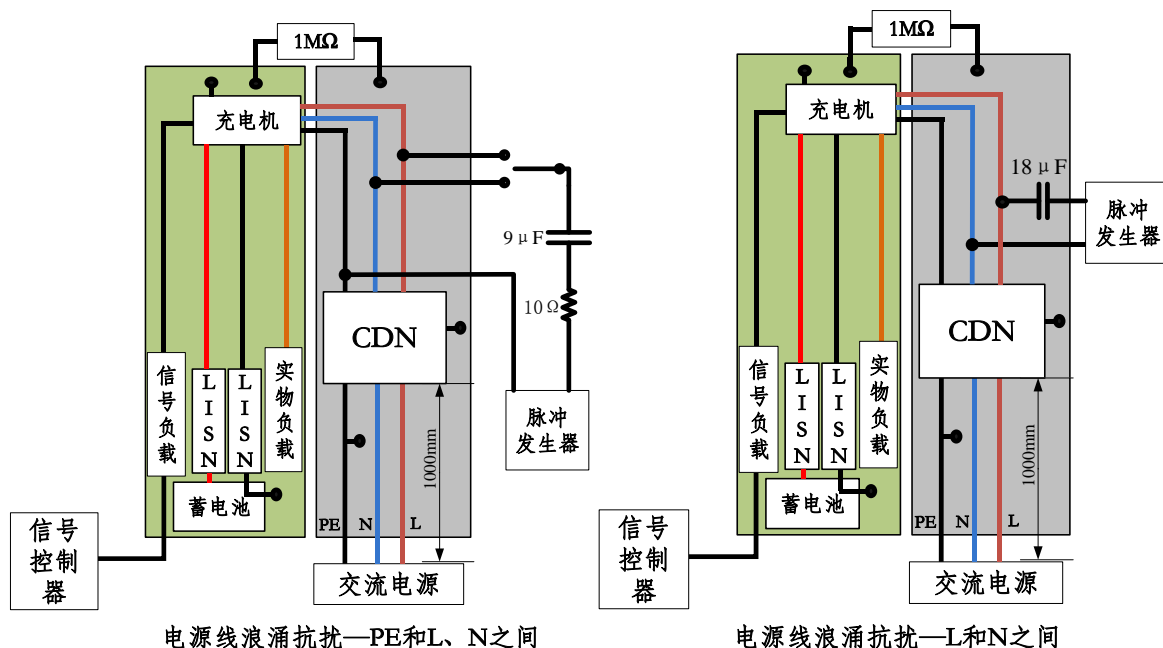


图 C-5 充电机 AC 电源线浪涌抗扰测试布置

C.5.4 数据处理及分析

C.5.4.1 测试过程中的试验等级、试验现象、CAN 总线监测数据记入试验报告中。

C.5.5 评价标准

C.5.5.1 AC 电源线浪涌抗扰

充电机 AC 电源线浪涌抗扰性能应满足表 C-5 的要求。在测试过程中、测试后 DUT 的功能和性能应不受到任何影响。

表 C-5 AC 电源线浪涌抗扰性能要求

	PE 和 L、N 之间	L 和 N 之间
开路电压峰值 (KV)	±2	±1
上升时间 T_r (μs)	1.2	
脉冲持续时间 T_d (μs)	50	
重复次数	5	
脉冲间时间间隔 (min)	1	
测试的相位	0° 、 90° 、 180° 、 270°	
功能状态要求	I	

附录 D 高压直流电源端口测试要求

电机驱动器、直流变换器、车载充电机/高压逆变器、电动压缩机、电加热器、电池包等使用高压直流电源的电动汽车专用部件除了上述测试要求之外,还需测试其高压直流电源端口的骚扰发射和大电流注入抗干扰性能,且各电器部件工作产生的干扰应符合 GB 34660 限值要求。

D.1 高压直流电源线传导发射: HV-CEV

D.1.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。各高压直流电器部件的输出功率应为额定最大功率的 80%~100% 之间,其中电机驱动器的工作状态由检测实验室和整车厂商议确定。

D.1.1.1 试验仪器

参照 CISPR 25 Ed. 4.0 的要求执行。

D.1.2 试验准备

D.1.2.1 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。

D.1.2.2 试验布置

参照 CISPR 25 Ed. 4.0 附录第 I.2.2 节布置测试仪器和被测件,测试布置如图 D-1 所示。电缆置于 50mm 厚绝缘体上,被测件外壳和测试桌地连接。HV 电缆及其接插件应和整车使用的型号一致,因布置空间可将 HV 电缆延长到 0.5~1.7 米, HV 电缆型号和长度应在测试报告中记录。

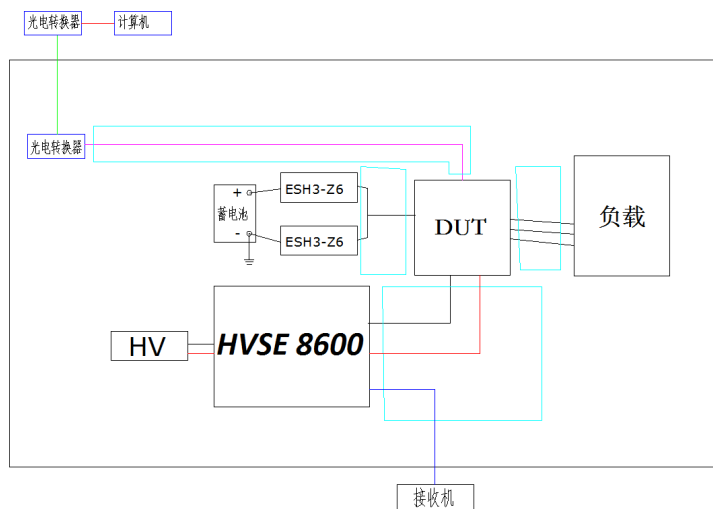


图 D-1 高压直流电源线传导发射测试布置

D.1.3 试验步骤

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。

a) 分别对高压直流电源线正负极在 9kHz~110MHz 频段内进行峰值和平均值测试。

D.1.4 数据处理及分析

D.1.4.1 测试软件生成的频谱图表和各频段内裕量较小的频率列表应列入试验报告中。

D.1.5 评价标准

D.1.5.1 高压直流电源线传导发射限值要求

高压直流电源线传导发射限值应满足表 D-1 的要求。

表 D-1 高压直流电源线传导发射限值要求

频带	频率范围 f (MHz)	平均值限值 AV (dBμ V)	准峰值限值 QP (dBμ V)	峰值限值 PK (dBμ V)
Audio	0.009~0.015	147	/	/
PEPS	0.015~0.15	147-40*Log(f/0.015)	/	/
LW	0.15~0.3	107	114	127
	0.3~0.53	127	/	147
MW	0.53~1.8	80	87	100
	1.8~5.9	100	/	120
SW	5.9~6.2	69	76	89
	6.2~26	89	/	109
CB	26~28	53	60	73
	28~30	71	/	91
VHF	30~54	51	58	71
TV Band 1	41~88	49	/	59
VHF	68~87	43	50	63
FM	74~110	36	43	56

— 高压直流电源线平均值限值AV
— 高压直流电源线准峰值限值QP
— 高压直流电源线峰值限值PK

D.1.5.2 测试结果评价

根据测试数据统计,若任意频点的测试结果超出本规范 D. 1. 5. 1 节规定的限值则测试结果不合格,若所有频点的测试结果满足上述要求则合格。

D.2 高压低压耦合衰减: HV-LV coupling attenuation

D.2.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。各高压直流电器部件不接电源,使用短线束和接插件连接。

D.2.1.1 试验仪器

参照 CISPR 25 Ed. 4.0 的要求执行。

D.2.2 试验准备

D.2.2.1 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。

D.2.2.2 试验布置

参照 CISPR 25 Ed. 4.0 附录第 I.5.3 节布置测试仪器和被测件,测试布置如图 D-2 所示。DUT 和电缆置于 50mm 厚绝缘体上,被测件外壳和测试桌地连接。HV 电缆及其接插件应和整车使用的型号一致,电缆长度不超过 200mm, HV 电缆型号和长度应在测试报告中记录。

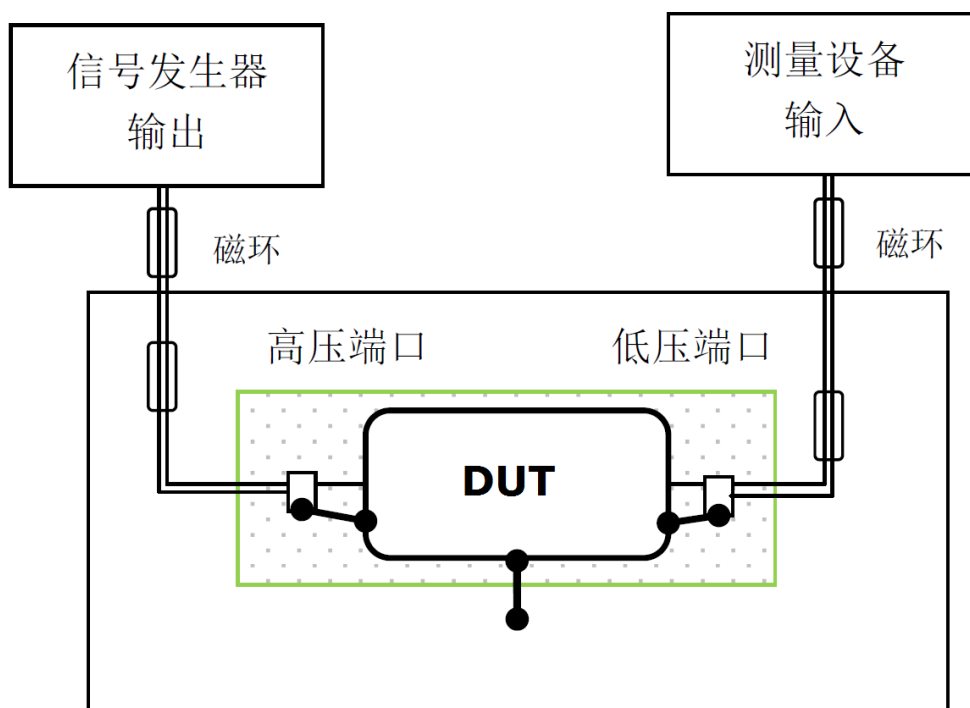


图 D-2 高压低压耦合衰减测试布置

D.2.3 试验步骤

a) 先参照 CISPR25 进行校准;

b) 从高压直流电源线端口在 9kHz~110MHz 频段内注入干扰扫频信号, 在低压端口测量耦合到的信号幅值。

D.2.4 数据处理及分析

D.2.4.1 测得高压电源端口输入信号幅值减去低压端口测得信号幅值即得到高压低压耦合衰减结果;

D.2.4.2 将各频点结果绘制成图表列入试验报告中。

D.2.5 评价标准

对高低压耦合衰减测试结果不做评价, 测试结果仅作为高压端口传导发射、高压线束屏蔽衰减的测试结果参考。

D.3 高压直流电源线大电流注入抗扰度: HV-BCI

高压直流电源线存在直流变换器、电机驱动器等大功率开关器件产生的电磁干扰, 接入高压直流电源但工作时不产生开关电流干扰的器件和系统适用于本试验, 例如电池包 (BMS)、PTC。

D.3.1 试验条件

详见本规范 3.5 节。

D.3.1.1 试验仪器

参照 ISO11452-4 的要求执行。

D.3.2 试验准备

D.3.2.1 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。

D.3.2.2 试验布置

参照 ISO11452-4 的 BCI 布置测试仪器和被测件, 测试布置如图 D-3 所示。电缆置于 50mm 厚绝缘体上, 被测件外壳和测试桌地连接方式与整车保持一致。HV 电缆长 0.5 米~1.7 米, HV 电缆及其接插件应和整车使用的型号一致, HV 电缆型号和长度应在测试报告中记录。HV-LISN 的 50 欧姆端口接 50 欧姆终端电阻。

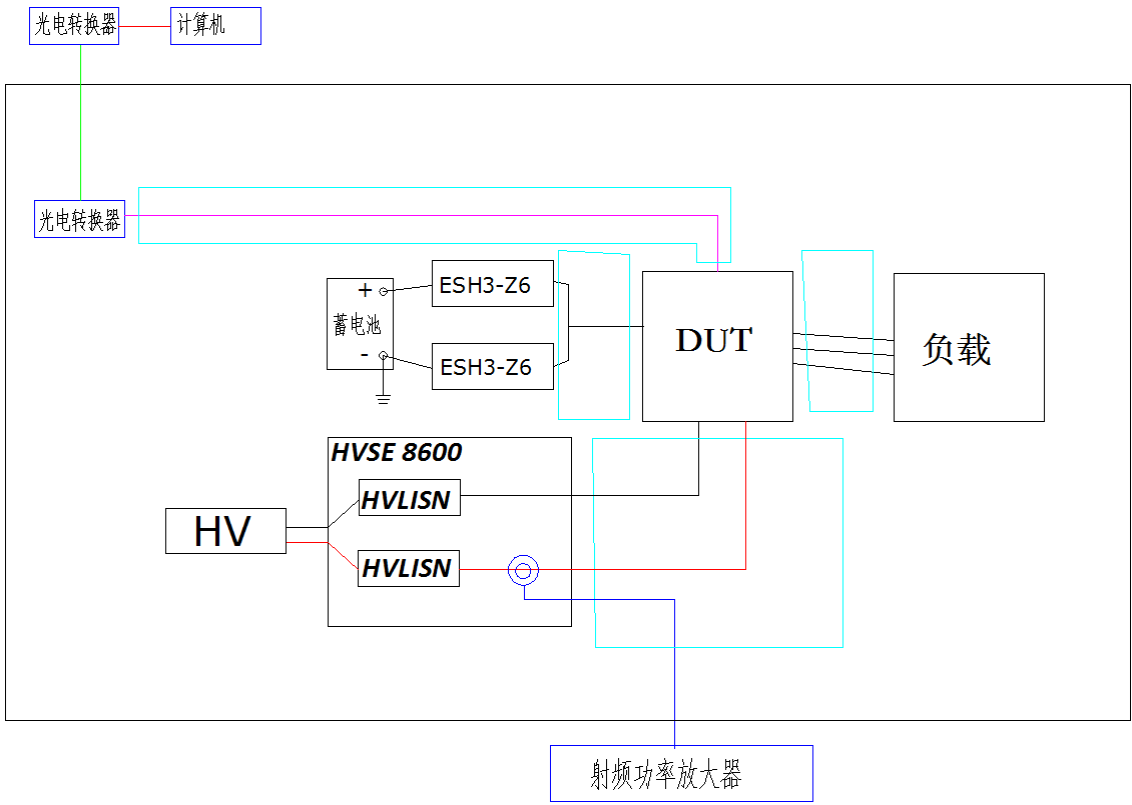


图 D-3 高压端口大电流注入测试布置

D.3.3 试验步骤

- a) 先参照 IS011452-4 进行校准；
- b) 从高压直流电源线端口在 0.1MHz~400MHz 频段内注入干扰信号,测试过程监测 DUT 的总线通讯数据及各项功能是否正常。

D.3.4 数据处理及分析

D. 3. 4. 1 将测试过程总线监测数据、DUT 的性能表现现象列入试验报告中。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。

D.3.5 评价标准

D. 3. 5. 1 高压直流电源线大电流注入抗干扰要求

高压直流电源线大电流注入抗干扰性能应满足表 D-3a 的要求。

表 D-3a 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)
差模 (DBCI)	0.1~1	0.05	CW; AM 80%	40	40
	1~30	1	CW; AM 80%	60	60
	30~200	1	CW; AM 80%	100	200
	200~400	2	CW; AM 80%	100	200×200/f (MHz)

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。

D.3.5.2 测试结果评价

大电流注入测试结果要求见表 D-3b 所示。

表 D-3b 大电流注入功能状态要求

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

附录 E 准入检查表

件号：_____ 试验来源：_____

检查人员：_____ 检查日期：_____年_____月_____日

一、检验项目：见表 1。

注：缺陷是否规避填写规则：缺陷已规避写√，缺陷未规避写×，缺陷不影响试验写\。

表 1. 检验项目、缺陷模式及类型分类表

序号	检查对象	检查项目	缺陷模式及情况说明	缺陷类型	缺陷是否规避
1	外观	静态检查	外观、特别是电气电路是否完好。	致命	
2	功能	静态检查	按照测试计划使用负载模拟器和线束检查各项功能，要求正式试验样件所有功能均正常。 摸底测试则应实现其主要功能。	致命	
3	测试计划	静态检查	经过长安 EMC 部门审核的测试方案和计划。	致命	
4	软硬件版本	静态检查	软硬件版本应和测试计划一致，否则应在试验报告中说明试验样件的软硬件版本。	严重	
5	线束	静态检查	线束材质（线径/屏蔽/非屏蔽/双绞）是否和实车一致。 线束是否符合测试布置要求，不符合则应改制。	严重	

二、扣分标准：

严重问题——扣 1000 分

一般问题——扣 200 分

表 2：样品准入审批级别：

审签流程级别	准许试验	一级	二级	退回试验申请人
状态检查扣分值	≤200	200<扣分值 ≤1000	1000<扣分值 ≤2000	>2000

三、样品扣分，总计_____分

四、检验结论：

☐符合准入条件，安排试验/评价；

☐不符合准入条件，不安排试验/评价，退回样车；

☐不符合准入条件，但有必要安排试验/评价的，需启动试验/评价风险准入签审流程。