

文件审批表

QR-QP-001-01A

文件名称	汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验标准 第 3 部分 汽车电器电子组件 EMC 试验方法及要求		文件编号	Q/BYDQ-A1901.70 6.3—2015		版本号	2015	
审批类型	<input type="checkbox"/> 初版发行 <input checked="" type="checkbox"/> 换版发行 <input type="checkbox"/> 废止							
修改内容说明	修改了辐射骚扰、射频电流注入抗干扰、射频辐射抗干扰试验的试验方法等；增加了手持式发射机抗干扰试验项目。							
发 放 范 围	接收部门		份数		接收部门		份数	
	汽车工程研究院		1					
	公司品质处		1					
	十三部		1					
	十四部		1					
	十五部		1					
	十六部		1					
编制部门	EMC 试验部		培训需求	<input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 无		培训部门	/	
会签需求	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 无		会签发起人		臧尔刚			
会签记录	<input checked="" type="checkbox"/> 文件会签表 <input type="checkbox"/> 会议记录 <input type="checkbox"/> 电子会签记录							
拟稿	臧尔刚	审核	周学奎	品质处 审核	/	批准	李一丹	
日期	2015.06.17	日期	2015.06.23	日期	/	日期	2015-6-25	

Q/BYDQ

比亚迪汽车工业有限公司

企 业 标 准

Q/BYDQ-A1901.706.3—2015

代替 Q/BYDQ-A1901.706.3—2012

汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验
标准 第 3 部分：
汽车电器电子组件 EMC 试验方法及要求

2015-06-01 发布

2015-06-25 实施

比亚迪汽车工业有限公司 发布

第3部分 汽车电器电子组件 EMC 试验方法及要求

批准:  日期: _____

[illegible]



文件会签表

文件名称	汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验标准 第3部分 汽车电器电子组件EMC试验方法及要求		
文件编号	Q/BYDQ-A1901.706.3—2015	版本号	2015
会签方式	<input type="checkbox"/> 会议讨论 <input type="checkbox"/> 电子会签 <input checked="" type="checkbox"/> 书面会签		
会签发起人	臧永洲	联系方式	18938863893
相关部门会签	会签部门 (由会签发起人确定)	会签意见	会签人
	EMC技术部	同意	喻晓云
	十五部实验中心	同意	丁鹏
	十四综合部测试科	同意	姜磊
	标准法规部	同意	陈建
	开发品质部	同意	罗经纬
	验证评价测试部	同意	张金林
	EV电器部	同意	王洪军
	总体部	同意	刘明
	车电电部	同意	周军成
	零部件试验部	同意	陆磊
	品质处	同意	王
	EMC试验部	同意	周军成

目 录

前言..... II

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义1

4 传导骚扰试验1

5 辐射骚扰试验6

6 射频电流注入抗干扰试验14

7 射频辐射抗干扰试验17

8 瞬态传导骚扰试验22

9 瞬态传导抗干扰试验24

10 瞬态耦合抗干扰试验.....32

11 静电放电抗干扰试验.....38

12 低频磁场骚扰试验.....42

13 低频磁场抗干扰试验.....44

14 手持式发射机抗干扰试验.....47

附录 A（规范性附录）零部件试验屏蔽暗室的校准过程..... 51

附录 B（规范性附录）试验脉冲发生器验证程序..... 52

附录 C（规范性资料）CCC、DCC、ICC 试验设备校准方法..... 54

附录 D（资料性附录）道路车辆电气系统中的瞬态的来源56

附录 E（资料性附录）抑制骚扰的说明58

附录 F（资料性附录）电流探头要求59

前 言

Q/BYDQ-A1901.706—2015《汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验标准》包括4个部分：

- 第1部分：总体要求
- 第2部分：汽车整车 EMC 试验方法及要求
- 第3部分：汽车电器电子组件 EMC 试验方法及要求
- 第4部分：电动车电器电子组件 EMC 试验方法及要求

本标准的编制按照 GB/T 1.1—2009 的要求编制。

本标准在 Q/BYDQ-A1901.706.3—2012 基础上进行修订，对原有的测试项目和测试方法进行了扩充和修改，主要技术差异如下：

——本标准代替了 Q/BYDQ-A1901.706.3—2012 的汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验标准 第3部分：汽车电器电子组件 EMC 试验方法及要求部分；

——本标准参照 CISPR 25 Ed4.0 CDV，增加了辐射骚扰试验基本限值及 GPS 频段的限值要求；

——本标准参照 ISO 11452-4—2011，修改了射频电流注入抗干扰试验的测试步进及试验等级要求；

——本标准参照 ISO 11452-2—2004，增加了射频辐射抗干扰试验雷达波频段的试验布置；

——本标准增加了手持式发射机抗干扰试验项目。

本标准附录 A～C 为规范性附录，附录 D～F 为资料性附录。

本标准由汽车工程研究院提出。

本标准由汽车工程研究院产品规划及标准法规部归口。

本标准起草部门：汽车工程研究院 EMC 试验部。

本标准主要起草人：周宇奎、臧永利、王艳、王金超、何露、张林才、梁国飞、齐林剑。

本标准所代替标准的历次版本发布情况。

——Q/BYDQ-A1901.706.3—2012。

汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验标准

第3部分：汽车电器电子组件 EMC 试验方法及要求

1 范围

本标准规定了汽车整车及电器电子组件电磁兼容性的试验方法及相关要求。

本标准适用于比亚迪汽车工业有限公司开发的燃油车、纯电动汽车、混合动力车的车载电器电子组件。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

CISPR 25 Ed4.0 CDV 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

ISO 7637-2—2011 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

ISO 7637-3—2007 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第3部分：除电源线以外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射

ISO 16750-2—2012 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷

ISO 10605—2008 道路车辆 由静电放电引起的电骚扰的测试方法

MIL-STD-461F 对子系统和设备的电磁干扰特性的控制要求

ISO 11452-1—2005 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

ISO 11452-2—2004 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

ISO 11451-3—2007 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3部分：车内手持发射机

ISO 11452-4—2011 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：线束激励法

ISO 11452-8—2007 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8部分：磁场抗干扰法

ISO 11452-9—2012 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9部分：手持发射机

Q/BYDQ-A1901.706.1—2015 汽车整车及电器电子组件电磁兼容试验标准 第1部分：总体要求

3 术语和定义

Q/BYDQ-A1901.706.1—2015 中确立的术语和定义适用于本标准。

4 传导骚扰试验

4.1 参考标准

本部分参考 CISPR 25 制定。

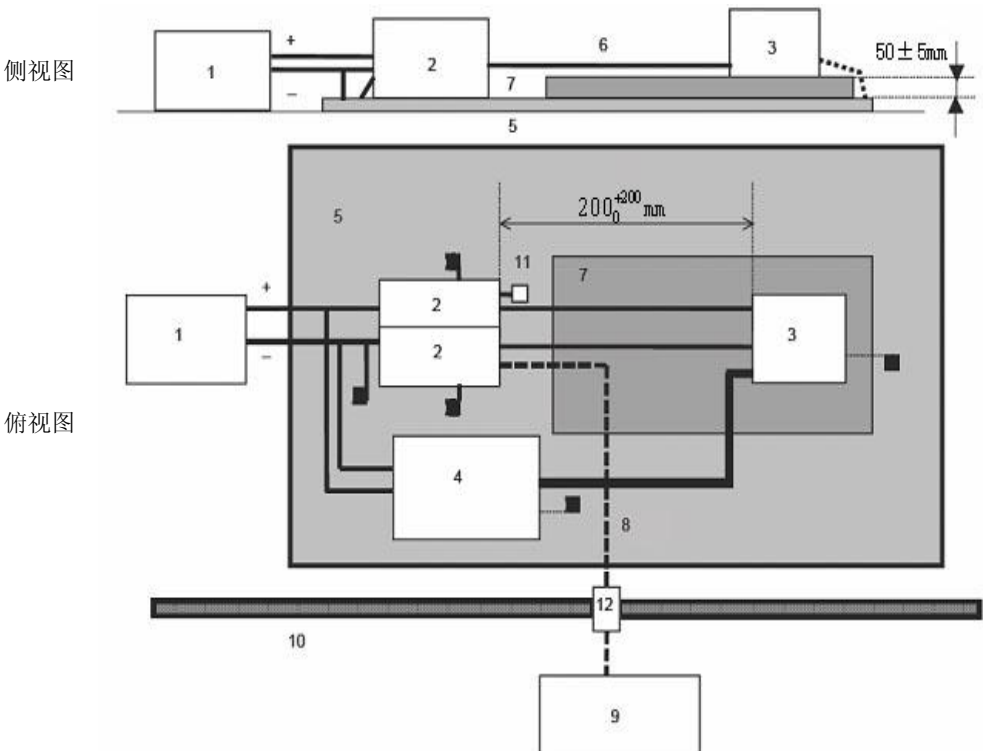
4.2 适用范围

传导骚扰测试方法包括电压法和电流探头法。电压法可以用于考核沿电源线传播的骚扰信号的特性，仅测试电源线。电流探头法可以用于考核沿信号线或控制线传播的骚扰信号的特性，仅测试信号线、控制线。

4.3 电压法

4.3.1 试验布置

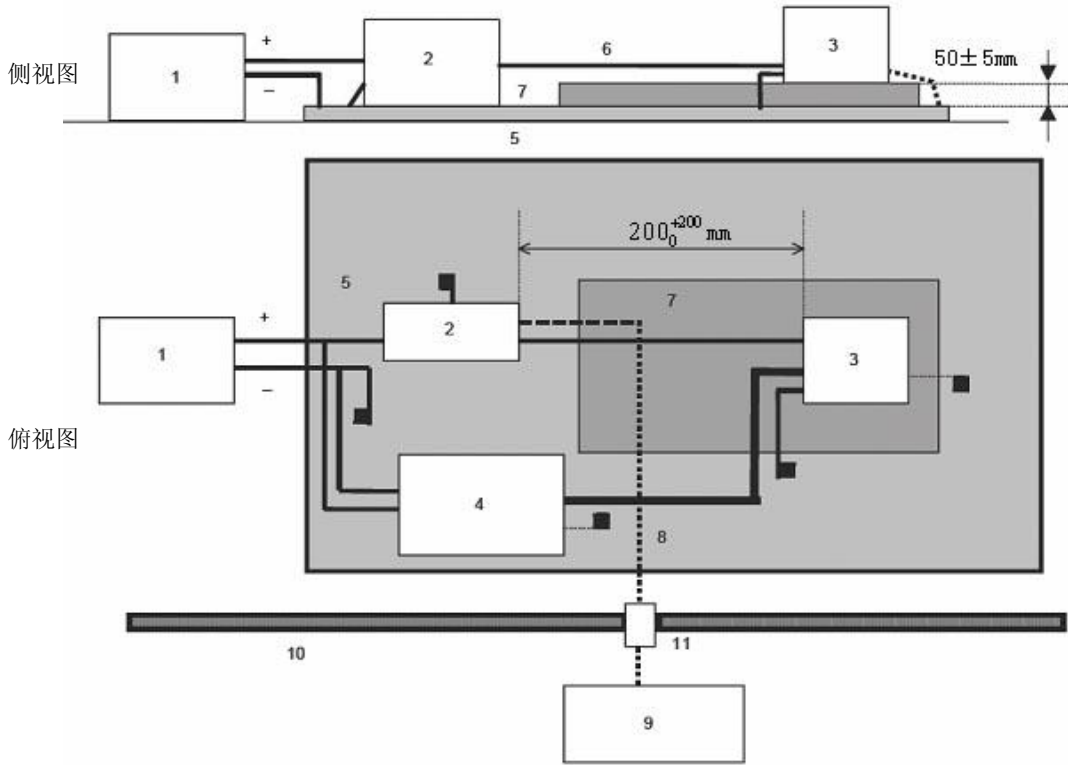
- a) 被测件应置于介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 的绝缘板上，且被测件应在接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$;
- b) 被测件、线束和辅助设备等的边缘应距接地平板边缘至少 100mm;
- c) 被测件和人工电源网络间的电源线长度为 200_0^{+200}mm ，且被测件线束也应是用绝缘板置接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$;
- d) 辅助设备应直接置于接地平板上，若辅助设备过大则将其通过线束与接地平板相连接；辅助设备应直接与电源相连，无需通过人工电源网络；
- e) 被测件应与真实负载连接并且应在最强的骚扰状态下工作；
- f) 被测件远端接地（电源回线超过 200mm）时，按图 1 进行布置；需要对电源线和电源回线分别进行测试；



注：1) 电源； 2) 人工电源网络； 3) 被测件； 4) 辅助设备； 5) 接地平板； 6) 电源线； 7) 绝缘板； 8) 双层屏蔽电缆； 9) 接收机； 10) 屏蔽室； 11) 50Ω 负载； 12) 墙壁连接器。

图 1 传导骚扰-被测件远端接地布置示意图

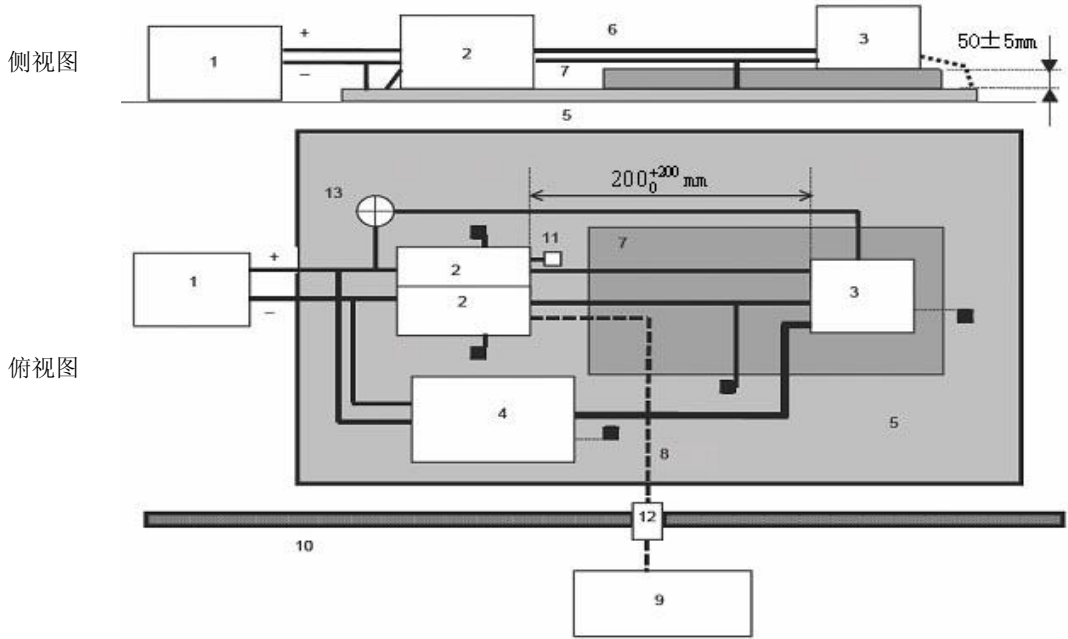
- g) 被测件近端接地（电源回线不超过 200mm）时，按图 2 进行布置；只需要对电源线进行测试；



注：1) 电源； 2) 人工电源网络； 3) 被测件； 4) 辅助设备； 5) 接地平板； 6) 电源线； 7) 绝缘板； 8) 双层屏蔽电缆； 9) 接收机； 10) 屏蔽室； 11) 墙壁连接器。

图2 传导骚扰-被测件近端接地布置示意图

h) 发电机/交流发电机测试时，应按照图 3 进行布置；



注：1) 电源； 2) 人工电源网络； 3) 被测件（发电机或交流发电机）； 4) 辅助设备； 5) 接地平板； 6) 电源线； 7) 绝缘板； 8) 双层屏蔽电缆； 9) 接收机； 10) 屏蔽室； 11) 50Ω 负载； 12) 墙壁连接器； 13) 测试指示灯/控制电阻器。

图 3 传导骚扰-发电机测试布置示意图

Q/BYDQ-A1901. 706. 3—2015

i) 当被测件包含多根电源线及电源回线，需要将全部电源线或电源回线捆绑起来并进行测试。

4.3.2 基本限值及试验限值

所有被测件需满足基本限值的要求。

传导骚扰电压法试验限值见表 1 和表 2，表中所列限值对 Q/BYDQ-A1901. 706. 1—2015 表 7 中规定的带宽有效。

表 1 电压法传导骚扰限值（峰值或准峰值检波器）

限值 / dBμV																
基本限值																
频带（MHz）			PK						QP							
30～110			70						—							
试验限值																
等级	0.15～0.53		0.53～5.9		5.9～26		26～41		41～54		54～68		68～88		88～108	
	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP
I	110	97	86	73	77	64	68	55	58	55	58	—	58	49	62	49
II	100	87	78	65	71	58	62	49	52	49	52	—	52	43	56	43
III	90	77	70	57	65	52	56	43	46	43	46	—	46	37	50	37
IV	80	67	62	49	59	46	50	37	40	37	40	—	40	31	44	31
V	70	57	54	41	53	40	44	31	34	31	34	—	34	25	38	25
注：（1） 频率的单位为 MHz；																
（2） PK 表示峰值，QP 表示准峰值。																

表 2 电压法传导骚扰限值（平均值检波器）

限值 / dBμV								
基本限值								
频带（MHz）					AV			
30～110					60			
试验限值								
等级	0.15～0.53	0.53～5.9	5.9～26	26～41	41～54	54～68	68～88	88～108
	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV
I	90	66	57	48	48	48	42	42
II	80	58	51	42	42	42	36	36
III	70	50	45	36	36	36	30	30
IV	60	42	39	30	30	30	24	24
V	50	34	33	24	24	24	18	18
注：（1） 频率的单位为 MHz； （2） AV 表示平均值。								

4.4 电流探头法

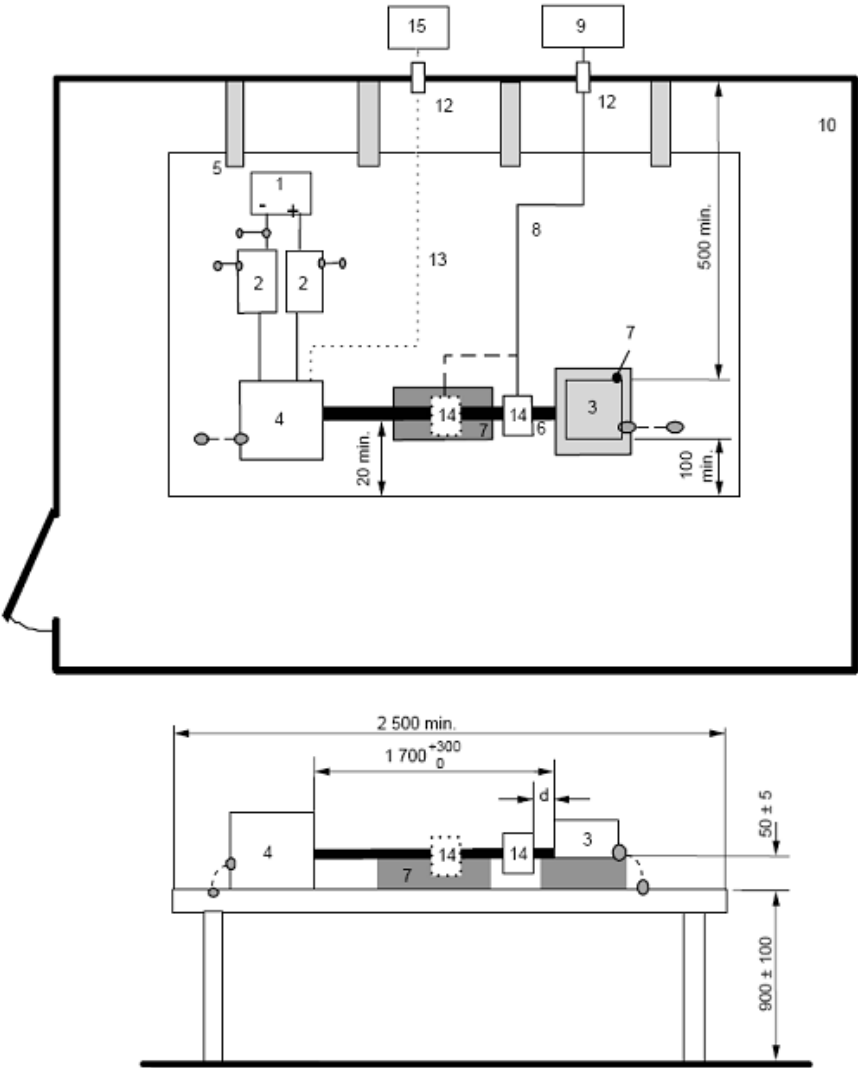
4.4.1 试验布置

- 被测件将会被放置于介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 的绝缘板上，且被测件应在接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ；
- 被测件和全部测试布置的边缘应距接地平板边缘至少 100mm；
- 被测线束长度为 1700^{+300}_{-0} mm，且被测件线束也应是用绝缘板放置接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ；
- 辅助设备应直接置于接地平板上，若辅助设备过大则将其通过线束与接地平板相连接；
- 被测件应与真实负载连接并且应在最强的骚扰状态下工作；

f) 探头的摆放位置（见表 3 和图 4）。

表 3 探头摆放位置

频率	距离
0. 15MHz～108MHz	距被测件 50mm
	距被测件 750mm



注：1) 电源； 2) 人工电源网络； 3) 被测件； 4) 辅助设备； 5) 接地平板； 6) 被测线束； 7) 绝缘板； 8) 双层屏蔽电缆； 9) 接收机； 10) 屏蔽室； 12) 墙壁连接器； 13) 光纤； 14) 电流探头； 15) 监控系统。

图 4 传导骚扰-电流探头法测试布置示意图

4.4.2 基本限值及试验限值

所有被测件需满足基本限值的要求。

传导骚扰电流探头法试验限值见表 4 和表 5。

表 4 电流探头法传导骚扰限值（峰值或准峰值检波器）

限值 / dBμA																		
基本限值																		
频带（MHz）			PK								QP							
30～110			36								—							
试验限值																		
等级	0.15～ 0.53		0.53～ 5.9		5.9～26		26～30		30～41		41～54		54～68		68～88		88～108	
	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP	PK	QP
I	90	77	58	45	43	30	34	21	34	21	24	21	24	—	24	15	28	15
II	80	67	50	37	37	24	28	15	28	15	18	15	18	—	18	9	22	9
III	70	57	42	29	31	18	22	9	22	9	12	9	12	—	12	3	16	3
IV	60	47	34	21	25	12	16	3	10	3	6	3	6	—	6	—3	10	—3
V	50	37	26	13	19	6	10	—3	4	—3	0	—3	0	—	0	—9	4	—9
注： （1）频率的单位为 MHz； （2）PK 表示峰值，QP 表示准峰值。																		

表 5 电流探头法传导骚扰限值（平均值检波器）

限值 / dBμA									
基本限值									
频带（MHz）			AV						
30～110			26						
试验限值									
等级	0.15～0.53	0.53～5.9	5.9～26	26～30	30～41	41～54	54～68	68～88	88～108
	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV
I	70	38	23	14	14	14	14	8	8
II	60	30	17	8	8	8	8	2	2
III	50	22	11	2	2	2	2	-4	-4
IV	40	14	5	-6	-6	-6	-6	-10	-10
V	30	6	-1	-10	-10	-10	-10	-16	-16
注： （1） 频率的单位为 MHz； （2） AV 表示平均值。									

5 辐射骚扰试验

5.1 参考标准

本部分参考 CISPR 25 制定。

5.2 适用范围和试验目的

本测试的目的是评估由于被测件并经由线束辐射造成的电磁骚扰。本部分规定了从 150kHz 到 2500MHz 频率范围内的无线电骚扰限值和测量方法。

5.3 试验布置及试验方法

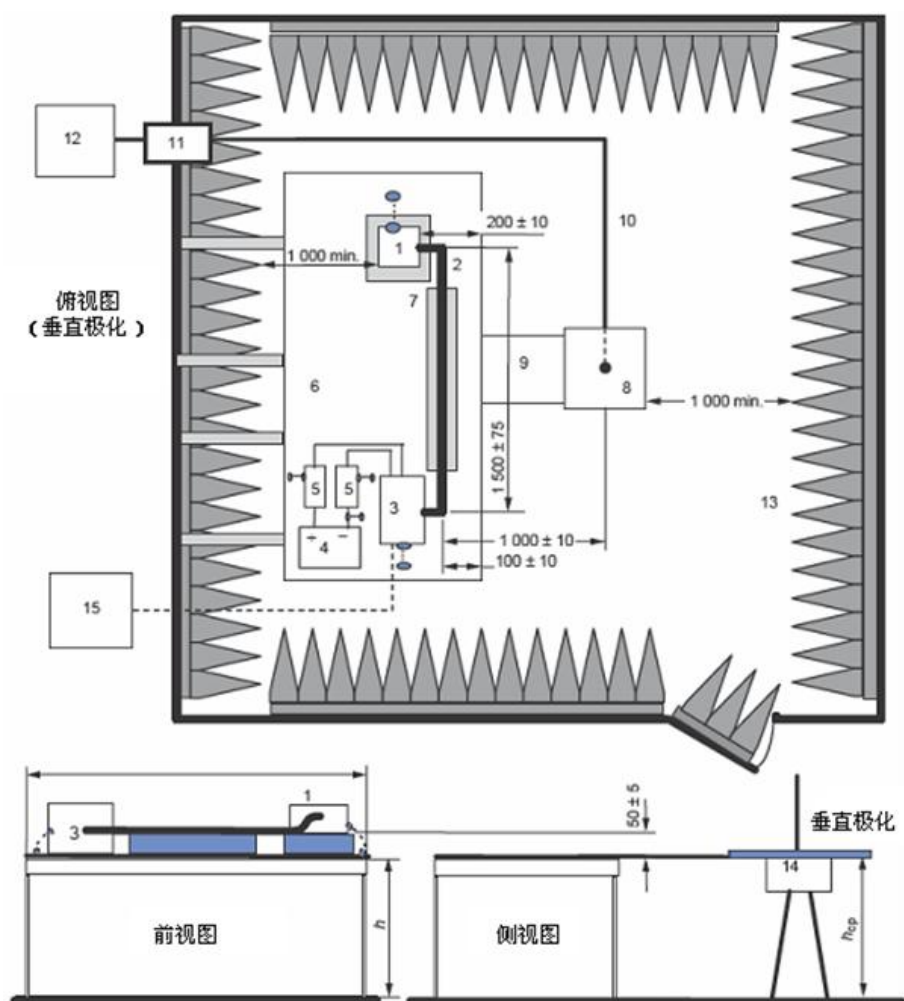
- a) 被测件将会被放置于介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 的绝缘板上，且被测件应在接地平板上 50mm±5mm；
- b) 接地平板应与屏蔽室地面或墙面电气搭接。此外接地铜带间的距离不得大于 300mm，接地铜带最大长宽比应为 7:1；

- c) 被测线束应距接地平板边缘 $100\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。被测件和负载的位置要保证线束的弯曲角度在 90° 至 135° 范围内；
- d) 被测线束总长 $\leq 2000\text{mm}$ ，其中与测试台边缘平行的部分被测线束长度为 $1500\text{mm} \pm 75\text{mm}$ ，且被测件线束也应是用绝缘板置接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ；
- e) 辅助设备应直接置于接地平板上，若辅助设备过大则将其通过线束与接地平板相连接；
- f) 被测件应与真实负载连接并且应在最强的骚扰状态下工作；
- g) 天线参考点与被测线束之间的距离为 $1000\text{mm} \pm 10\text{mm}$ ，天线（单极天线除外）参考点应位于接地平板上 $100\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 处；
- h) 天线参考点选择见表 6；

表 6 参考点选择表

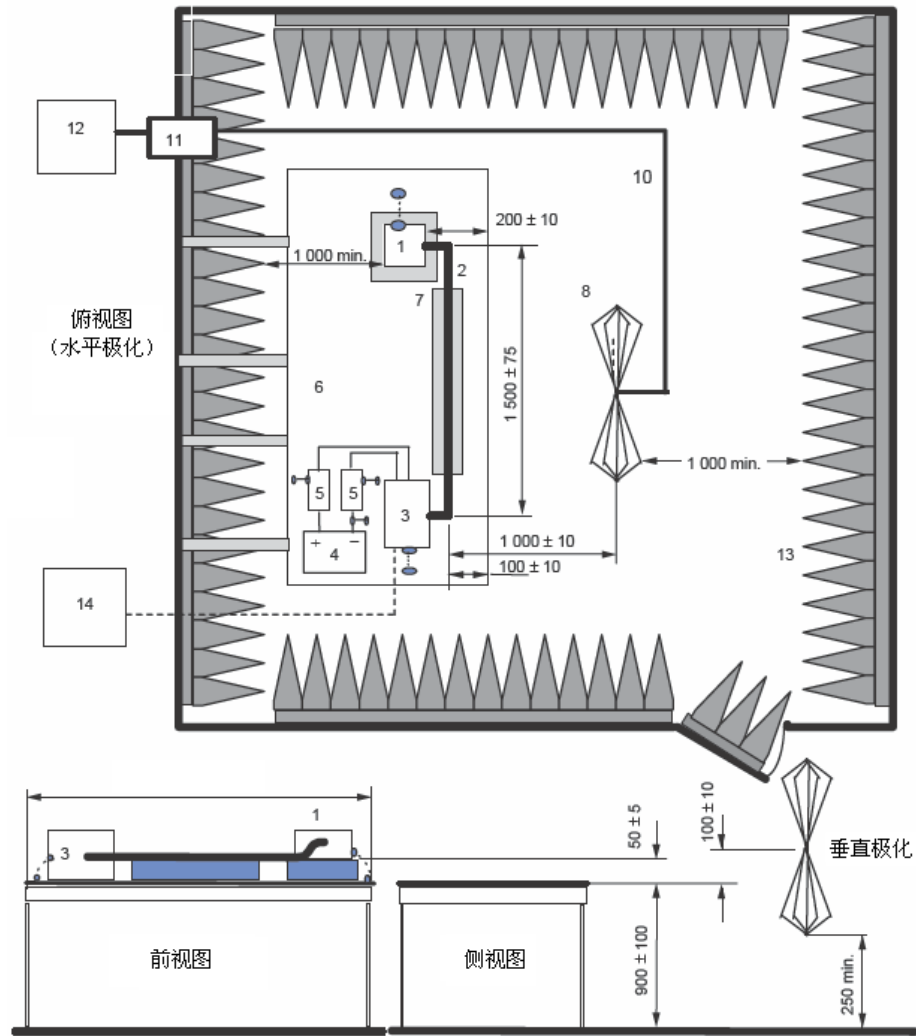
天线	参考点	天线	参考点
单极天线	单极垂直部分	双锥天线	天线中心点/相位中心
对数周期天线	天线尖端	喇叭天线	天线前部平面

- i) $150\text{kHz} \sim 30\text{MHz}$ 只进行垂直极化方向测试， $30\text{MHz} \sim 2.5\text{GHz}$ 进行垂直和水平极化方向测试；对于频率 $\leq 1000\text{MHz}$ ，场接收天线应该定位于被测线束中央的前面；对于频率 1000MHz 以上，天线的中央应该直接定位于被测件而不是被测线束的中央；
- j) 零部件辐射骚扰试验布置示意图见图 5、图 6、图 7 和图 8。



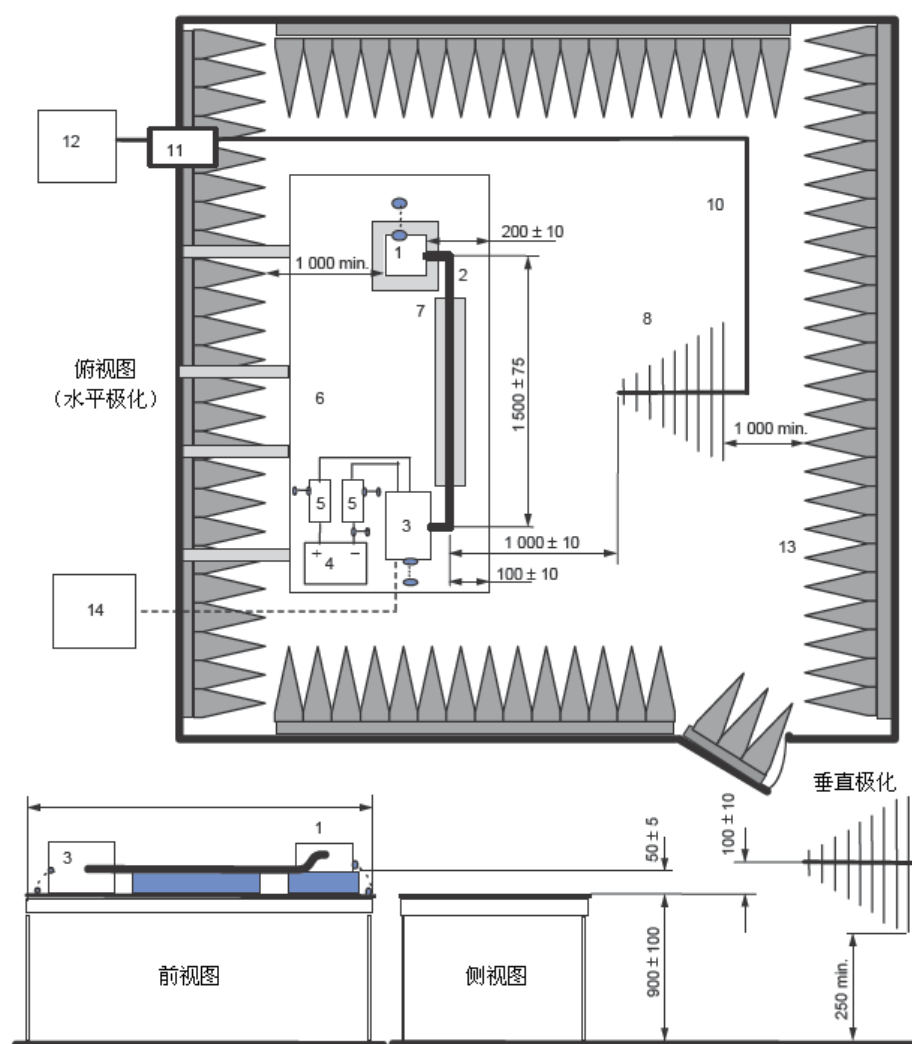
注：1) 被测件（必要时需近端接地）； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板； 8) 单极天线（包含 600cm×600cm 接地平板， $h=900\pm 50\text{mm}$ ， $h_{cp}=h\pm 10\text{mm}$ ）； 9) 接地搭接板； 10) 双层屏蔽电缆； 11) 墙壁连接器； 12) 接收机； 13) 半电波暗室； 14) 天线匹配单元； 15) 监视系统。

图 5 辐射骚扰试验-单极天线布置示意图



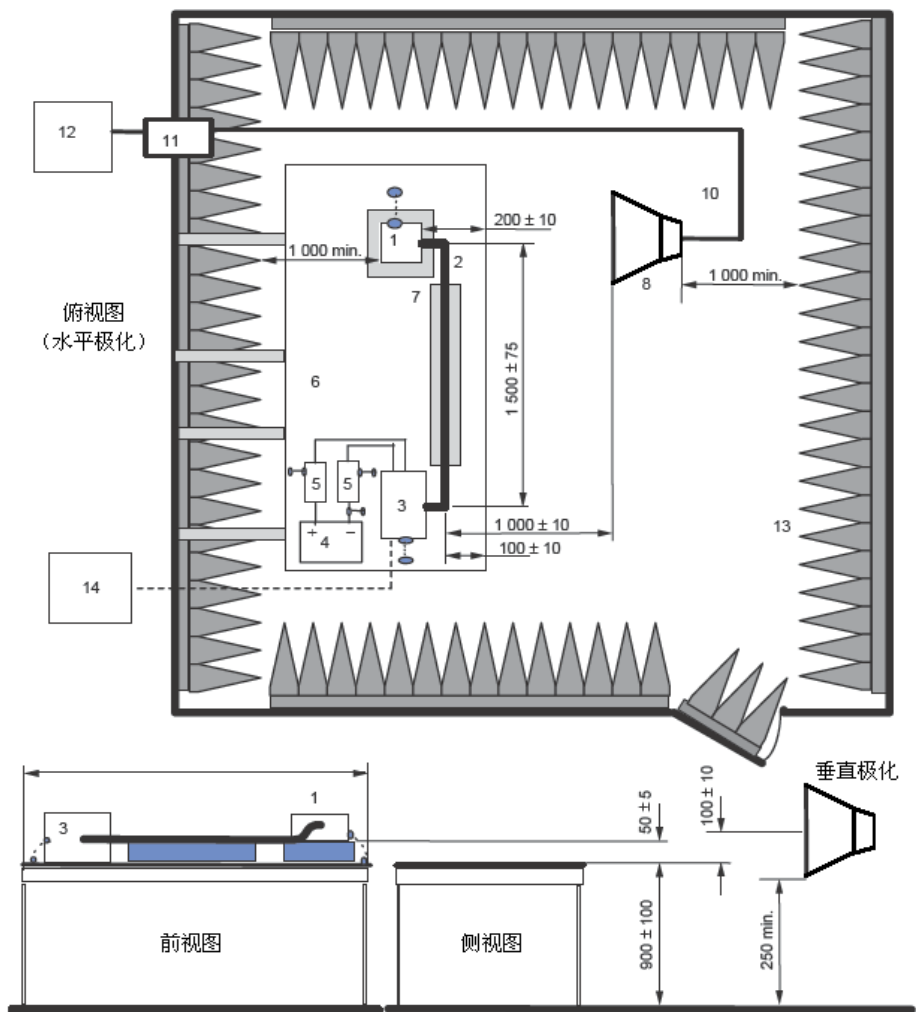
注：1) 被测件 (必要时需近端接地)； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板； 8) 双锥天线； 10) 双层屏蔽电缆； 11) 墙壁连接器； 12) 接收机； 13) 半电波暗室； 14) 监视系统。

图 6 辐射骚扰试验-双锥天线布置示意图



注：1) 被测件（必要时需近端接地）； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板； 8) 对数周期天线； 10) 双层屏蔽电缆； 11) 墙壁连接器； 12) 接收机； 13) 半电波暗室； 14) 监视系统。

图 7 辐射骚扰试验-对数周期天线布置示意图



注：1) 被测件（必要时需近端接地）； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板； 8) 喇叭天线； 10) 双层屏蔽电缆； 11) 墙壁连接器； 12) 接收机； 13) 半电波暗室； 14) 监视系统。

图 8 辐射骚扰试验-喇叭天线布置示意图

5.4 基本限值及试验限值

所有被测件需满足基本限值的要求。

辐射骚扰试验限值见表 7 和表 8。

表 7 辐射骚扰限值（峰值和准峰值）

限值 dBμV/m										
基本限值										
频带 (MHz)	峰值					准峰值				
30~75	68 - 25.13lg(f/30)					-				
75~400	58+15.13lg(f/75)					-				
400~1000	69					-				
试验限值										
频带 (MHz)	等级 I		等级 II		等级 III		等级 IV		等级 V	
	峰值	准峰值	峰值	准峰值	峰值	准峰值	峰值	准峰值	峰值	准峰值
0.15~0.53	86	73	76	63	66	53	56	43	46	33
0.53~5.9	72	59	64	51	56	43	48	35	40	27

表 7 (续) 辐射骚扰限值 (峰值和准峰值)

频带 (MHz)	限值 dB μ V/m									
	等级 I		等级 II		等级 III		等级 IV		等级 V	
	峰值	准峰值	峰值	准峰值	峰值	准峰值	峰值	准峰值	峰值	准峰值
5.9~26	64	51	58	45	52	39	46	33	40	27
26~30	64	51	58	45	52	39	46	33	40	27
30~41	64	51	58	45	52	39	46	33	40	27
41~54	52	51	46	45	40	39	34	33	28	27
54~68	52	—	46	—	40	—	34	—	28	—
68~87	52	46	46	40	40	34	34	28	28	22
87~88	52	49	46	43	40	37	34	31	28	25
88~108	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
142~171	59	46	53	40	47	34	41	38	35	22
171~245	50	—	44	—	38	—	32	—	26	—
300~330	56	—	50	—	44	—	38	—	32	—
380~420	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
420~450	56	49	50	43	44	37	38	31	32	25
450~512	62	49	56	43	50	37	44	31	38	25
512~820	65	—	59	—	53	—	47	—	41	—
820~944	65	55	59	49	53	43	47	37	41	31
944~960	68	55	62	49	56	43	50	37	31	24
1447~1494	52	—	46	—	40	—	34	—	28	—
1803~1992	68	—	62	—	56	—	50	—	44	—
2010~2025	68	—	62	—	56	—	50	—	44	—
2108~2172	68	—	62	—	56	—	50	—	44	—
2320~2345	58	—	52	—	46	—	40	—	34	—
2400~2500	68	—	62	—	56	—	50	—	44	—
注：我国的广播和移动通讯所使用的频段与欧美及日本不同，所以在测试频段扩展方面应该针对国内的实际情况和车辆的实际用途规定需要的控制频段和限值。										

表 8 辐射骚扰限值 (平均值)

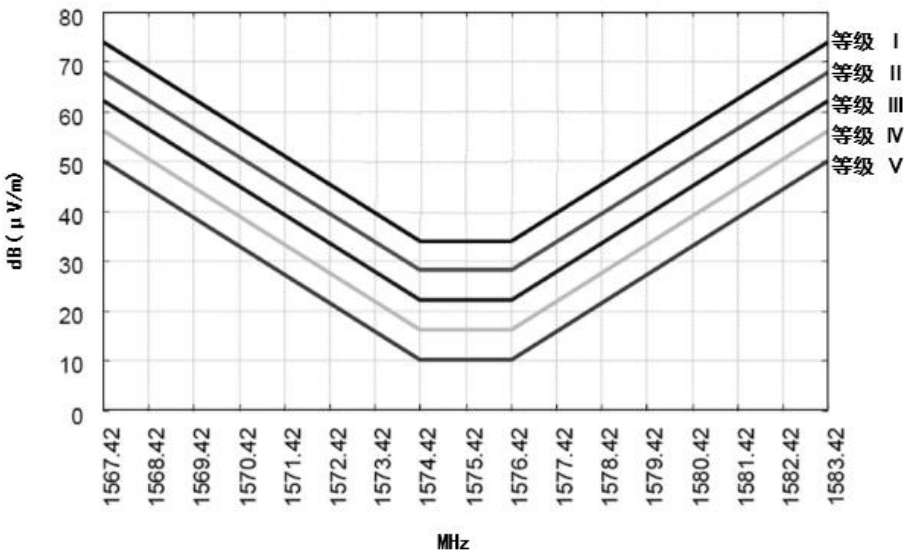
基本限值					
频带 (MHz)	限值 dBμV/m				
30~75	58 - 25.13lg(f/30)				
75~400	48+15.13lg(f/75)				
400~1000	59				
试验限值					
频带 (MHz)	等级 I	等级 II	等级 III	等级 IV	等级 V
0.15~0.53	66	56	46	36	26
0.53~5.9	52	44	36	28	20
5.9~26	44	38	32	26	20

表 8（续） 辐射骚扰限值（平均值）

频带（MHz）	限值 dB μ V/m				
	等级 I	等级 II	等级 III	等级 IV	等级 V
26~30	44	38	32	26	20
30~41	44	38	32	26	20
41~54	42	36	30	24	18
54~68	42	36	30	24	18
68~87	39	33	27	21	15
87~88	42	36	30	24	18
88~108	42	36	30	24	18
142~171	39	33	27	21	15
171~245	40	34	28	22	16
300~330	42	36	30	24	18
380~420	42	36	30	24	18
420~450	42	36	30	24	18
450~512	42	36	30	24	18
512~820	55	49	43	37	31
820~944	48	42	36	30	24
944~960	48	42	36	30	24
1447~1494	42	36	30	24	18
1803~1992	48	42	36	30	24
2010~2025	48	42	36	30	24
2108~2172	48	42	36	30	24
2320~2345	48	42	36	30	24
2400~2500	48	42	36	30	24

注：我国的广播和移动通讯所使用的频段与欧美及日本不同，所以在测试频段扩展方面应该针对国内的实际情况和车辆的实际用途规定需要的控制频段和限值。

表 8（续） 辐射骚扰限值-GPS 频段（平均值）



6 射频电流注入抗干扰试验

6.1 参考标准

本部分参考 ISO 11452-1—2005 、 ISO 11452-4—2011 制定。

6.2 适用范围和试验目的

本部分利用电流注入方式模拟电磁辐射环境，适用于所有在实车状态下可能受到电磁辐射影响的所有含有线束的车载电子装置，尤其是与行车安全有关的电子装置。

本部分测试目的是考核电子装置对来自线束耦合的电磁辐射能量的抗干扰能力。

6.3 试验要求

- a) 试验频率范围覆盖 0.1~400MHz。
- b) 测试时，试验频率步进值不得大于表 9 中列出的数值。

表 9 BCI 测试步进频率及调制类型

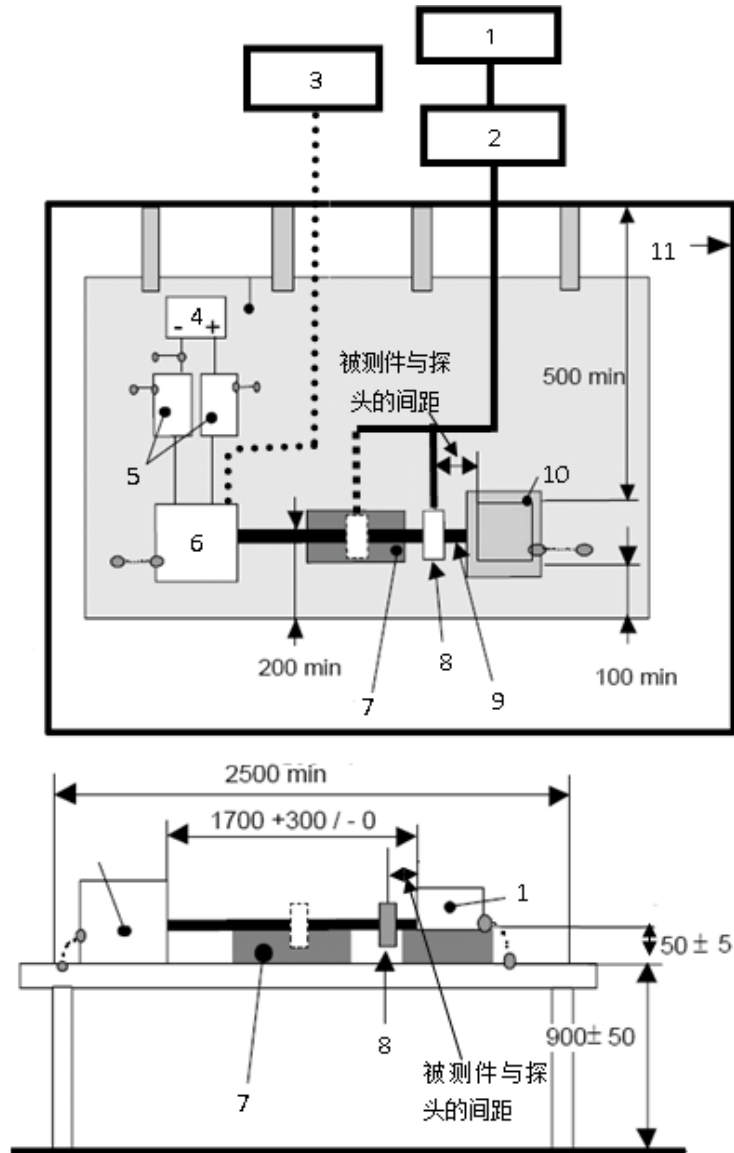
频率范围（MHz）	步进频率（MHz）	调制类型
0.1~1	0.1	CW, AM 80%
1~10	1	CW, AM 80%
10~200	5	CW, AM 80%
200~400	10	CW, AM 80%

6.4 试验布置及试验方法

本测试是利用电流注入探头通过将电流直接感应到连接线束进行抗干扰试验的一种方法。该注入探头由一个耦合钳组成，被测系统的电缆从耦合钳中穿过。然后通过改变感应信号的频率进行抗干扰试验。

6.4.1 试验设备的安置

在试验过程中，试验设备按照图 9 进行布置。



注：1) 信号源； 2) 功率放大器； 3) 监视系统； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 辅助设备； 7) 绝缘板； 8) 电流注入探头； 9) 被测线束； 10) 被测件； 11) 屏蔽室。

图 9 射频电流注入抗干扰试验布置示意图

6.4.2 试验前射频电流注入探头的标定

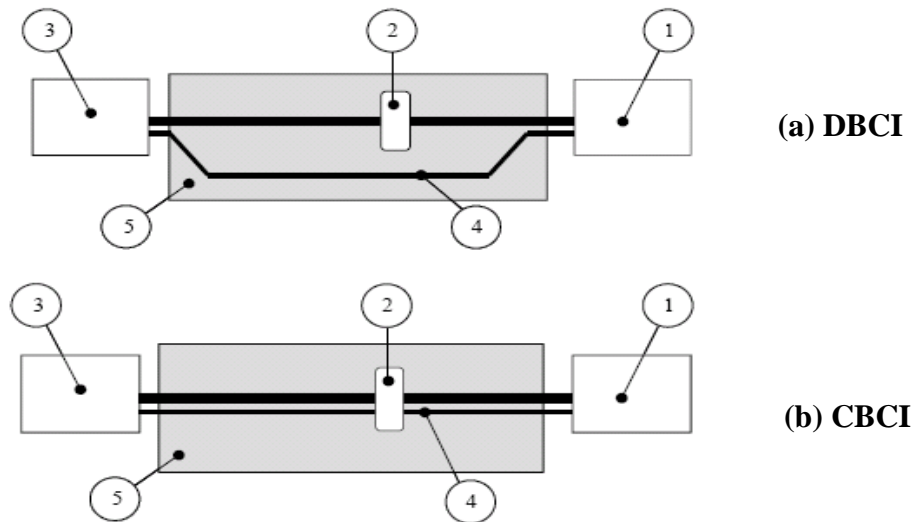
注入探头应安装在一个标定架上、在扫描全频率范围时，监测表 10 中规定的电流所需要的功率。这种方法标定了试验前射频电流注入系统预定功率和电流的关系。当用标定时所用电缆连接被测件时，正是这个预定功率将施加到注入探头里。应注意，监测到的用于注入探头的功率为正向功率。

6.4.3 被测件的安装

如果被测件的外壳是金属的，并且当安装到车上时能够接地，那么在测试台测试期间应将被测件安装并与接地平板搭接。如果被测件外壳在车上没有接地，那么将被测件放在一个高出接地平板 50mm、介电常数 $\epsilon_r \leq 1.4$ 的绝缘板上。如果对此不确定的话，那么应在两种布置下测试被测件。

- 在 0.1MHz~30MHz 频率范围内，如果被测件布线全部是电源线，则接地线应布置在大电流注入探头（DBCI）的外部，如图 10(a)所示。注意，如果被测件是一个使用专用电源返回到另一个模块的传感器，那么其相关的所有布线应布置在大电流注入探头的内部；
- 在 30MHz~400MHz 频率范围内，被测件布线的导线应布置在大电流注入探头（CBCI）的

内部，如图 10 (b) 所示。



注：1) 被测件； 2) 电流注入探头； 3) 辅助设备； 4) 电源地线； 5) 绝缘板。

图 10 BCI 测试布置示意图

6.4.4 电源线、信号线和控制线

- 对于安装在接地平板上的被测件，连接线束应连于人工电源网络（AN）和主电控单元（ECU）之间。该线束应平行于接地平板的边缘，并且距离至少 200mm。该线束应包括连接汽车蓄电池到 ECU 的电源馈给线，如果汽车上用到的话，还应包括电源回线；
- 从 ECU 到 AN 的距离应为 $1.0\text{m} \pm 0.1\text{m}$ 或者为主电控单元（ECU）和蓄电池之间在车上使用线束的长度。如已知线束使用长度，那么选择两者中较短者。如果使用车辆线束，那么在其长度上存在的任何支线应沿接地平板走线，并且应和接地平板边缘垂直，否则被测件在该长度上的导线应在人工电源网络处断开。

6.4.5 测试程序

- a) 正向功率应该作为校准和实际被测件测试期间的基准参数使用；
- b) 使用表 9 中列出的测试频率步进和调制进行测试；
- c) 在 0.1MHz~30MHz 频率范围内，电流注入探头应放置于以下二个位置并分别测试：
 - 距被测件 $150\text{mm} \pm 10\text{mm}$ ；
 - 距被测件 $450\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。
- d) 在 30MHz~400MHz 频率范围内，电流注入探头应放置于以下二个位置并分别测试：
 - 距被测件 $450\text{mm} \pm 10\text{mm}$ ；
 - 距被测件 $750\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。
- e) 电流注入探头应与接地平板绝缘；
- f) 如果试验过程中用到电流监测探头，应将探头放置于距被测件 50mm 处，并与接地平板绝缘；
- g) 测试过程中，被测件应处于正常工作模式下。

6.5 试验等级和判定标准

- a) 试验等级要求见表 10 和图 11。
- b) 试验判定标准见表 11。

表 10 试验等级要求

频率范围 (MHz)	等级 I (mA)	等级 II (mA)
0.1~400	100	200

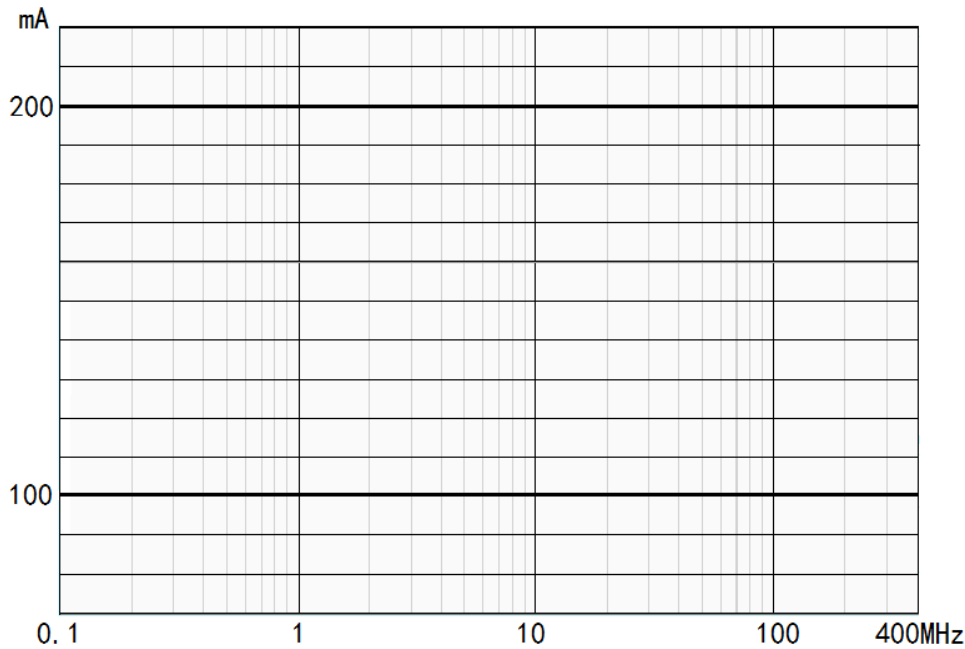


图 11 射频电流注入抗干扰试验等级要求图

表 11 射频电流注入抗干扰试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	B	B	A	A
II	C	B	A	A

7 射频辐射抗干扰试验

7.1 参考标准

本部分参考 ISO 11452-1—2005、ISO 11452-2—2004 制定。

7.2 适用范围

本部分适用于所有在实车使用状态下可能受到辐射电磁场干扰的车辆电子装置，尤其是与行车安全有关的电子装置。试验目的：考核车辆电子装置对辐射电磁场的抗干扰能力。

7.3 试验要求

- a) 试验频率范围覆盖 400~2000MHz、2700~3100MHz。
- b) 测试时，试验频率步进值不得大于表 12 中列出的数值。

表 12 射频辐射抗干扰试验频率步进

频率范围 (MHz)	步进频率 (MHz)
400~1000	10
1000~2000	20
2700~3100	40

7.4 试验布置及试验方法

该试验方法是将被测件暴露于由天线产生的辐射电磁场中进行试验。测试可按照下列任一方法进行：1) ALSE 法 (ISO 11452-2)，2) 混响室法 (IEC 61000-4-21)。混响室法是将天线发射的射频电磁波经过大型搅拌器和内反射体的多次反射，在屏蔽体的有效测试区域内产生很强的动态场强，对被测件进行动态场强的干扰，适合于 1200MHz~1400MHz、2700MHz~3100MHz 频段雷达波的测试。

7.4.1 ALSE 方法测试确认和测试装置

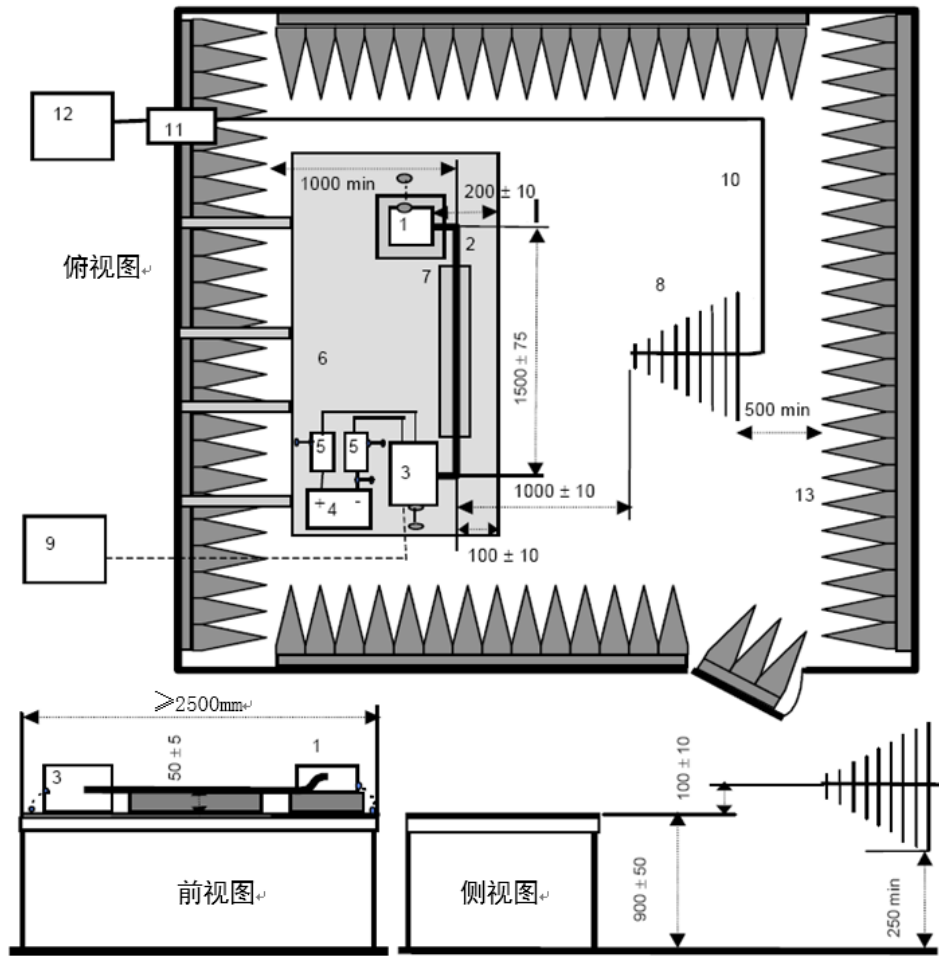
- a) 被测件及其连接线束（总长度 $\leq 2000\text{mm}$ ，被测部分长度为 $1500\text{mm} \pm 75\text{mm}$ ）应置于介电常数 $\epsilon_r \leq 1.4$ 的绝缘板上，且应在接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 。被测线束应平行于接地平板前边缘，距离为 $100 \pm 10\text{mm}$ ；
- b) 天线的相位中心应位于被测件放置的接地平板之上至少 $100\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。天线辐射体的任何部位至暗室地面的距离 $\geq 250\text{mm}$ 。天线辐射体的任何部位距吸波材料 $\geq 500\text{mm}$ ，距屏蔽室墙壁 $\geq 1000\text{mm}$ 。在天线和被测件之间不能放置吸波材料；
- c) 对于频率 $\leq 1000\text{MHz}$ ，天线应该定位于被测线束主要部分中点 1m 处（见图 12）；对于频率 1000MHz 以上，天线的中心应该直接定位于被测件上而不是被测线束的中央（见图 13）；
- d) 被测件和所有其它导电结构之间的最小距离应为 1.0m （被测件下的接地平板除外），导电结构可以是屏蔽室的侧壁。接地平板的面积应 $\geq 2.25\text{m}^2$ ，其短边 $\geq 750\text{mm}$ ，接地平板用连接线与屏蔽室相连，连接直流电阻 $\leq 2.5\text{m}\Omega$ ；
- e) 对于安装在金属试验台架上的大设备，试验时，金属台架应被看作接地平板的一部分，它应该距台架接地平板 5mm 之内并进行相应搭接。被测件的表面应放在距接地平板边缘至少 200mm 处。所有导线和电缆距接地平板边缘的最小距离为 100mm ，且在接地平板（从线束的最低点）以上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 。电源应通过一个人工电源网络（AN）加到被测件；
- f) 包括一个附加接地平板的被测件放入实验室中，并施加要求的场强。如果要用到第二块接地平板，那么它应该距台架接地平板 5mm 之内，并且与台架接地平板搭接。

7.4.2 试验前的标定

- a) 用替代法进行试验时，在每个要求的试验频率，向天线输入一定等级的功率以使在参考点（被测件不存在的情况下）产生所需场强。应测量并记录下该预定功率等级或与确定场强所需预定功率相关的其它参数。这些参数将用于被测件测试，除非实验室或设备发生变化时，才有必要重复这一程序；
- b) 校准时需要用未调制信号进行校准，场强探头的相位中心需置于接地平板上方 $150 \pm 10\text{mm}$ ，且距接地平板前边缘 $100 \pm 10\text{mm}$ ：
 - $400\text{MHz} \sim 1000\text{MHz}$ 频段，场强探头的相位中心应置于 1500mm 被测线束中心处；
 - 1000MHz 以上频段，场强探头的相位中心应置于被测件位置。

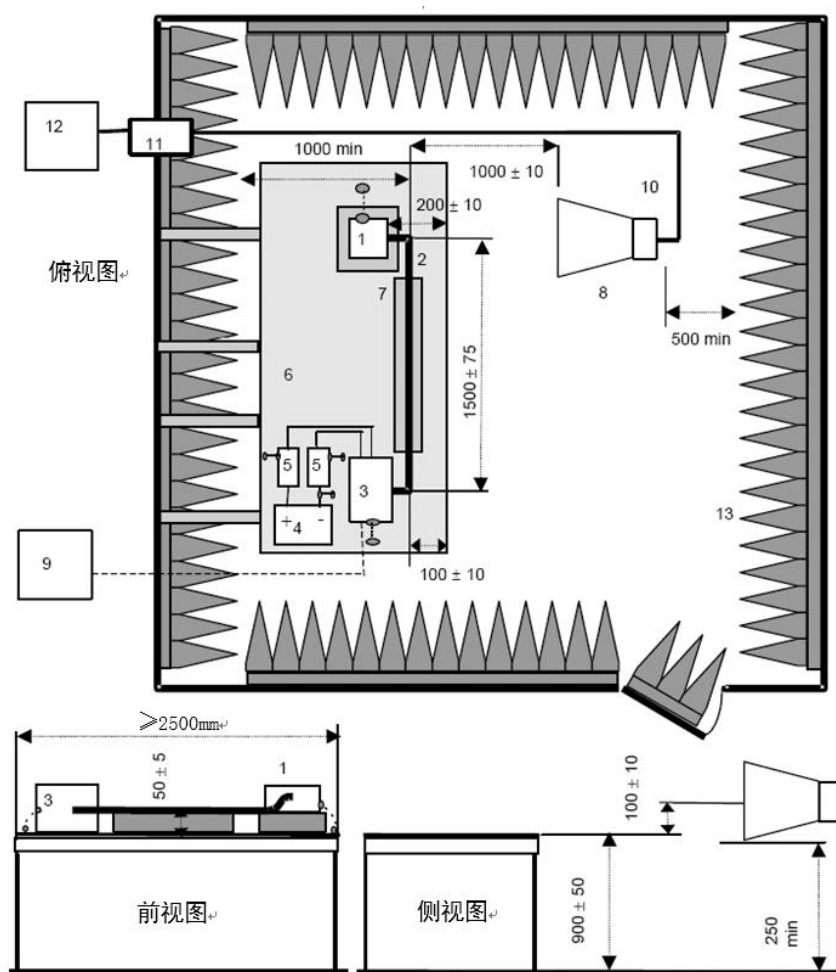
7.4.3 ALSE 法测试程序

- a) 正向功率应该作为校准和实际被测件测试期间的基准参数使用；
- b) 使用表 12 所出的测试频率步进和表 13 规定的脉冲调制类型进行测试；
- c) 所有调制停留时间（即：每一调制类型，RF 施加的时间）应不少于 2s ；
- d) 测试应该使用水平和垂直两种天线极化方式进行；
- e) 测试过程中，被测件应处于正常工作模式下。



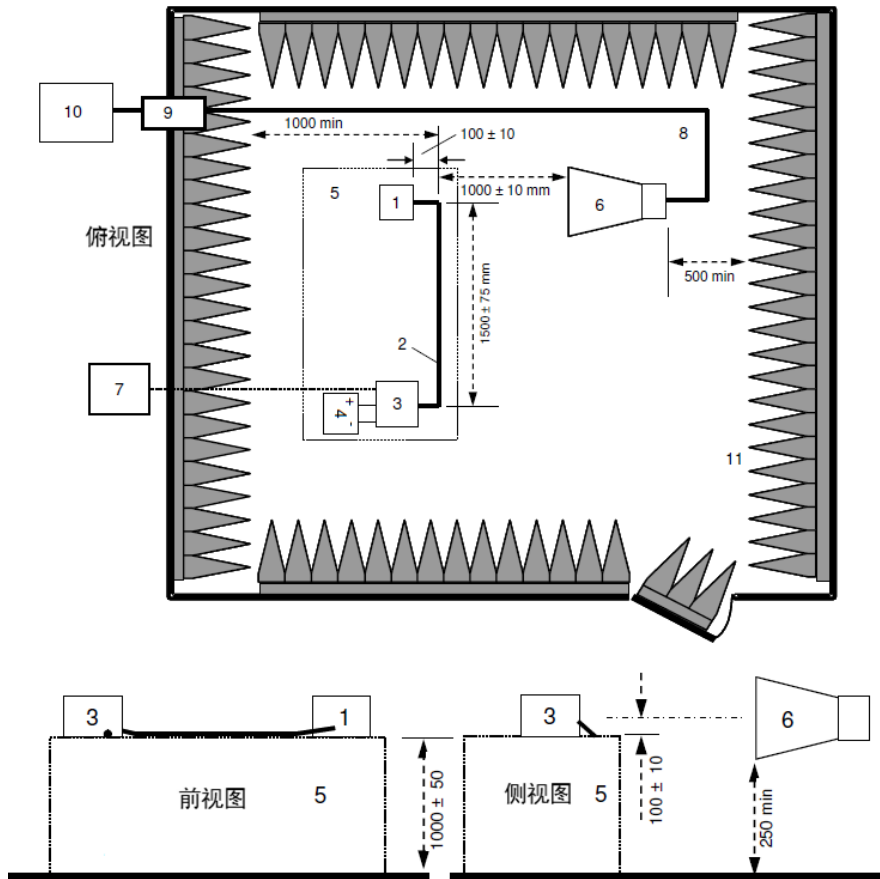
注：1) 被测件； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板； 8) 对数周期天线； 9) 监视系统； 10) 双层屏蔽电缆； 11) 接口板； 12) 射频信号发生器； 13) 半电波暗室。

图 12 ALSE 抗干扰试验布置示意图 (频率 ≤ 1000 MHz)



注：1) 被测件； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板； 8) 喇叭天线； 9) 监视系统； 10) 双层屏蔽电缆； 11) 接口板； 12) 射频信号发生器； 13) 半电波暗室。

图 13 ALSE 抗干扰试验布置示意图 (频率 > 1000 MHz)



注：1) 被测件； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 绝缘板； 6) 发射天线； 7) 监视系统； 8) 双层屏蔽电缆； 9) 接口板； 10) 射频信号发生器； 11) 半电波暗室。

图 13 (续) ALSE 抗干扰试验布置示意图 (频率 1200~1400 MHz、2700~3100 MHz)

7.4.4 混响室法测试确认和测试装置

- 混响室应该足够大，以使被测件可在室内工作体积中测试。机械调谐器应该相对室内空间尽可能大（至少最小室内尺寸的四分之三）并考虑工作体积。每一调谐器的形状应该使得在调谐器旋转一周得到不重复的场；
- 电场探测器应该能够读取和反馈三个相互垂直的轴。RF 发生器应该能够覆盖规定的频段和调制。发射天线应该是线性极化的，并且能够满足频率覆盖范围要求。发射天线应不直接辐射测试体积。接收天线应该是线性极化的，并且能够满足频率覆盖范围要求。接收天线应不直接在测试体积中。功率放大器应该能够放大 RF 信号以产生要求的场强；
- 被测件应该离室内墙壁、调谐器、发射天线和接收天线至少 250mm。被测线束总长度应该为 1700^{+300}_{-0} mm。连接线与被测件和辅助装置一起位于测试体积中部以内的绝缘支架上。绝缘支架的介电常数 $\epsilon_r \leq 1.4$ ；
- 来自被测件的电源回线应该直接连接到电池负端。如果被测件外壳是金属的，并且当安装到车上时能够接地的话，那么应该使用铜编织接地带连接被测件外壳到电池负端。接地带应该为 1700^{+300}_{-0} mm 长，宽度不超过 13mm。如果被测件电源返回局部接地，也应使用此方法。

7.5 试验等级和判定标准

- 试验等级要求见表 13；
- 试验判定标准见表 14。

表 13 射频辐射抗干扰 400MHz~3100MHz 试验等级要求

频段	频率范围 (MHz)	等级 I (V/m)	等级 II (V/m)	调制类型
1	400~800	50	100	CW, AM 80% 1kHz
2	800~2000	50	100	CW, PM 脉冲 PRR=217Hz, PD=0. 57ms
3	1200~1400	—	300 600 ⁽¹⁾	脉冲 PRR=300Hz, PD=3μs ⁽²⁾ 限定每秒输出 50 个脉冲 ⁽¹⁾
4	2700~3100	—	300 600 ⁽¹⁾	
注：1） 600V/m 仅适用于特定的零部件，可由客户和供应商共同商定，进行此等级试验的产品应在技术条件里明确说明； 2） 当使用混响反射法进行测试时，PD 应扩大到 6μs。				

表 14 射频辐射抗干扰试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	B	B	A	A
II	C	B	A	A

8 瞬态传导骚扰试验

8.1 参考标准

本部分参考 ISO 7637-2—2011 制定。

8.2 适用范围

该测试项目的目的是评价车载电气/电子组件的电瞬态脉冲。该测试项目只适用于开启或关断感性负载（如发动机等）的设备或装置。

8.3 测试仪器及要求

a) 并联电阻 R_s

为了模拟最坏的情况，将图 14 的 R_s 断开。

b) 开关 S

根据实际应用，如图 14 所示，开关装置 S 可以安装在人工网络的任何一侧。为了测量快速瞬态（ $t_d \approx \mu s \sim ns$ 范围），应使用人工网络与被测件一侧的开关动作。为了测量慢速瞬态（ $t_d \approx ms$ 范围），应使用人工网络与电源一侧的开关动作。在试验过程中，仅让图 14 所示的开关装置之一动作（其他的开关装置的触点应闭合）。在试验前，应将选择的开关装置在试验计划中写明，并写进试验报告中。

由于开关 S 在很大程度上影响瞬态骚扰特性，推荐的开关装置描述如下：

① 测量高电压瞬态（幅度超过 400V）时，安装被测件的车辆，推荐使用开关装置为标准的产品开关。如果没有此类装置，应使用具有下列特性的汽车继电器：

- 触点电流额定值 I=30A；连续电阻性负载；
- 高纯度银制触点材料；
- 继电器触点无抑制；
- 与线圈电路绝缘的单/双（位置）触点；
- 带瞬态抑制的线圈。

注：触点明显劣化时，应替换开关继电器。

② 要对骚扰进行精确评价，只能使用具有再现特性的开关，建议使用电子开关，使用这种开关时，其骚扰幅度可能高于使用传统开关（起电弧），应在评价试验结果时将其考虑进去。电子开关尤其适用于控制抑制器的使用功能。测量低电压（幅度低于 400V）瞬态时，例如低电压瞬态是由具有瞬态抑制

的源产生的，应使用具有下列特性的电子开关：

- 在 25A 时，最高电压 $U_{\max}=400\text{V}$ ；
- 持续最大电流 $I_{\max}=25\text{A}$ ， $\Delta t \leq 1\text{s}$ 时 100A；
- 在 25A 时，电压降 $\Delta U \leq 2\text{V}$ ；
- 试验电压 $U_{A1}=13.5\text{V}$ ， $U_{A2}=27\text{V}$ ；
- 在 13.5V 时， $R=0.6\Omega$ ， $L=50\mu\text{H}$ （1kHz），切换时间 $\Delta t_s=300\text{ns} \pm 20\%$ ；
- 触发器，外部和内部；
- 电压探头：1：100；
- 开关应具有短路的能力。

c) 电源

当使用电池时，需要并联充电电源以达到规定的标准电平（分别为 13.5V 和 27V）。

表 15 标准电平参数表

电源系统	12V 系统	24V 系统
标准电平	13.5V	27V

d) 示波器

最好使用数字示波器，如果没有数字示波器，可使用带有电压探头可显示相同波形的设备，应满足下列最低要求：

- 带宽：从直流到至少 400MHz；
- 采样速率：最小单行程扫描采样频率为 2GHz/s。

e) 电压探头

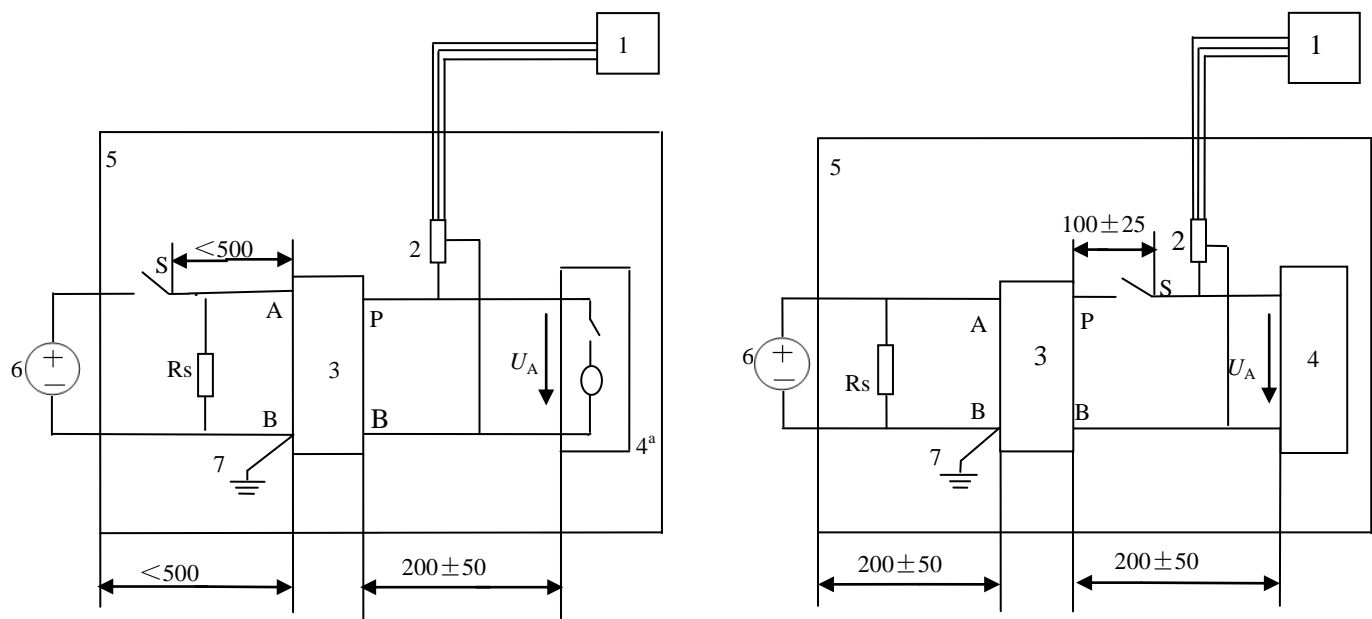
电压探头的特性如下：

- 衰减：10/1（如果需要，100/1）；
- 最大输入电压：至少 500V（如果需要，1000V）；
- 带宽：从直流到至少 400MHz；
- 输入阻抗：直流时， $Z \geq 1\text{M}\Omega$ 。

8.4 试验布置及试验方法

试验时，试验设备和被测件的布置及线束的长度按照图 14 进行。

- a) 人工网络、开关和被测件之间的所有连接配线均应置于金属接地平板上方 50^{+5}_{-5}mm 处。电缆长短应按照车辆的实际使用情况选择，即配线应能承受被测件的工作电流，并在车辆制造商和供应商达成一致后确定。被测件的放置方式应根据其安装在整车上的实际情况：在试验中选择放在非导电材料（材料厚度 50^{+5}_{-5}mm ）上或直接放在接地铜板上；
- b) 除不能堵转的电机除外，其余电机在进行此项试验时，应在电机不同的工况（包括堵转）下测试电机的最大瞬态发射电压；
- c) 采用电压探头和示波器或波形采集设备测量骚扰电压时，应尽可能靠近被测件的接线端。重复性的瞬态应在开关 S 闭合时测量，如果瞬态是由电源线断开引起的，测量应该在 S 断开时测量；
- d) 被测件应该在断开、闭合以及在不同工作模式下进行测量。应将被测件准确的工作情况在试验计划中指明。应对取样率和触发电平进行选择，以便获得显示完整瞬态宽度的波形，并具有足够高的分辨率以显示瞬态的最大正、负值部分。应使用合适的取样率和触发电平，按照试验计划操作被测件，并记录电压幅度。其它的瞬态参数，如上升时间、下降时间、脉宽以及试验电流也应记录下来。除非另有规定，要求采集 10 个波形。记录含有最大正幅度和负幅度（及与之相关的参数）的波形。



a) 慢脉冲（毫秒级或更慢）b) 快速脉冲（纳秒至微秒级）

注：1) 示波器或等同设备； 2) 电压探头； 3) 人工网络； 4) 被测件（瞬态源）； 5) 接地平板； 6) 电源； 7) 接地线，长度小于 100mm。

图 14 瞬态传导骚扰试验布置图

8.5 测试等级和瞬态传导骚扰试验限值

表 16 瞬态传导骚扰试验限值

电源系统	脉冲极性	脉冲限值 (V)			
		I	II	III	IV
12V	正慢速脉冲	*	+75	+37	+25
	负慢速脉冲	*	-100	-75	-50
	正快速脉冲	*	+100	+75	+50
	负快速脉冲	*	-150	-112	-75
24V	正慢速脉冲	*	+75	+37	+25
	负慢速脉冲	*	-200	-150	-100
	正快速脉冲	*	+200	+150	+100
	负快速脉冲	*	-200	-150	-100

注：*由汽车整车厂和零部件供应商协商确定；

9 瞬态传导抗干扰试验

9.1 参考标准

本部分参考 ISO 7637-2—2011、ISO 16750-2—2012 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 ISO 7637-2—2011、ISO 16750-2—2012 要求。

9.2 适用范围和试验目的

本部分适用于标称电压为 12V、24V 电气系统的道路车辆，凡是涉及 P 类、A 类、MS 类、Y 类、BCM 类、ECM 类的电子组件，均需要进行该项试验。试验目的：考核被测件对来自电源线干扰信号的抗干扰能力。

9.3 试验要求

- a) 试验设备应符合 ISO 7637-2—2011、ISO 16750-2—2012 要求。
- b) 试验脉冲产生原理见附录 D，试验脉冲发生器校准要求见附录 B。
- c) 根据实际情况，可以在施加试验脉冲期间和/或之后，对被测件的功能进行评价。

9.3.1 试验脉冲参数如下：

- a) 试验脉冲 1。脉冲波形及参数见图 15 和表 17。

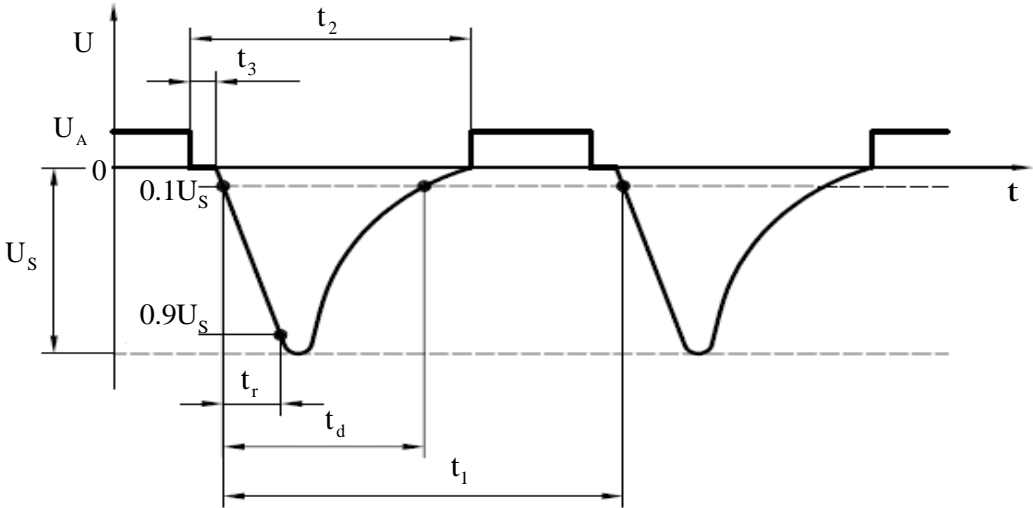


图 15 试验脉冲 1

表 17 试验脉冲 1 参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_A	$13.5V\pm0.5V$	$27V\pm1V$
U_S	$-75V\sim-150V$	$-300V\sim-600V$
R_i	10Ω	50Ω
t_d	2ms	1ms
t_r	$1_{-0.5}^0\mu s$	$3_{-1.5}^0\mu s$
t_1	$\geq 0.5s$	
t_2	200ms	
t_3	$<100\mu s$	
注：1) t_1 应保证在施加下一个脉冲前，被测件被正确初始化； 2) t_3 为断开电源与施加脉冲之间所需的最短时间。		

- b) 试验脉冲 2a、2b。2a 脉冲波形及参数见图 16 和表 18，2b 脉冲波形及参数见图 17 和表 19。

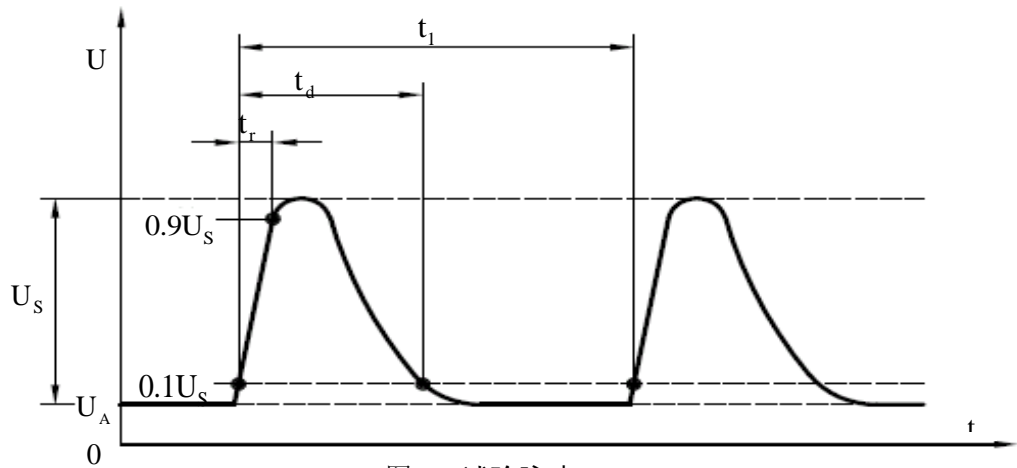


图 16 试验脉冲 2a

表 18 试验脉冲 2a 参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_A	$13.5V \pm 0.5V$	$27V \pm 1V$
U_S	$37V \sim 112V$	
R_i	2Ω	
t_d	$0.05ms$	
t_r	$(1_{-0.5}^0) \mu s$	
t_1	$0.2 s \sim 5s$	

根据开关的情况，重复时间 t_1 可短些。使用短的重复时间可以缩短试验时间。

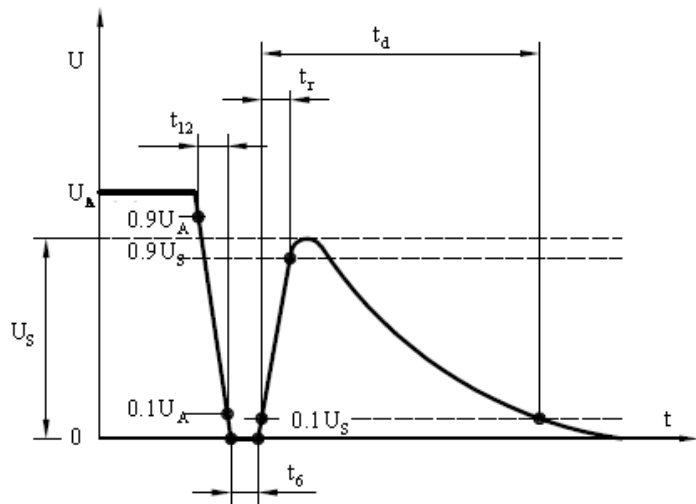


图 17 试验脉冲 2b

表 19 试验脉冲 2b 参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_A	$13.5V \pm 0.5V$	$27V \pm 1V$
U_S	10V	20V
R_i	$0\Omega \sim 0.05\Omega$	
t_d	$0.2s \sim 2s$	
t_r	$1ms \pm 0.5ms$	
t_{12}		
t_6		

c) 试验脉冲 3a、3b。3a 脉冲波形及参数见图 18 和表 20，3b 脉冲波形及参数见图 19 和表 21。

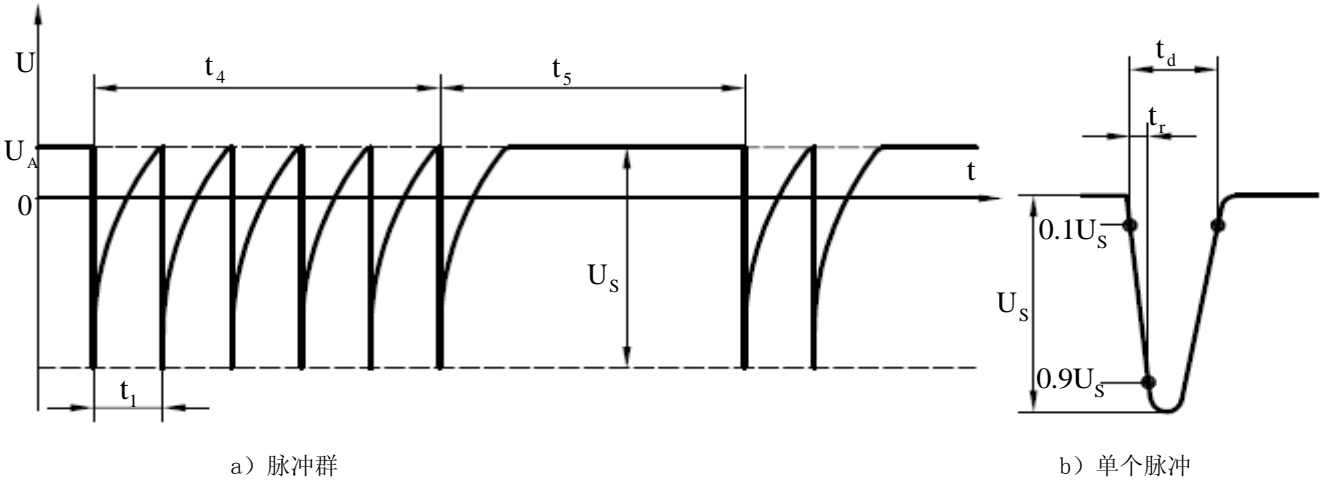


图 18 试验脉冲 3a

表 20 试验脉冲 3a 参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_A	$13.5V \pm 0.5V$	$27V \pm 1V$
U_S	$-112V \sim -220V$	$-150V \sim -300V$
R_i	50Ω	
t_d	$150ns \pm 45ns$	
t_r	$5ns \pm 1.5ns$	
t_1	$100\mu s$	
t_4	$10ms$	
t_5	$90ms$	

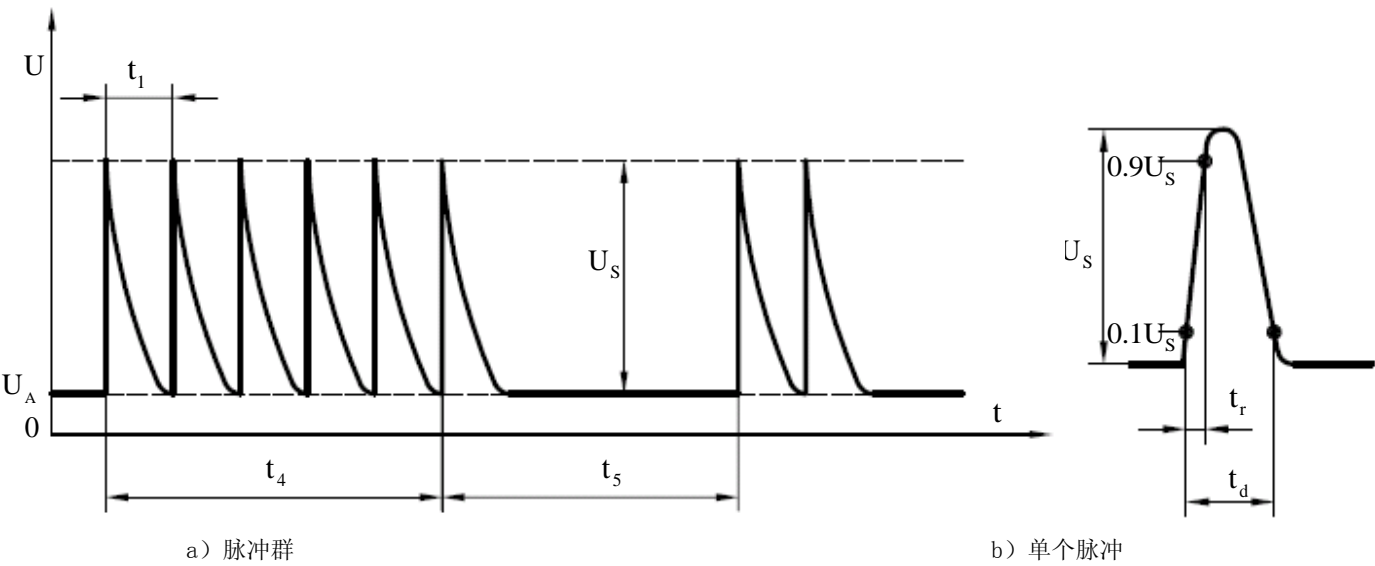
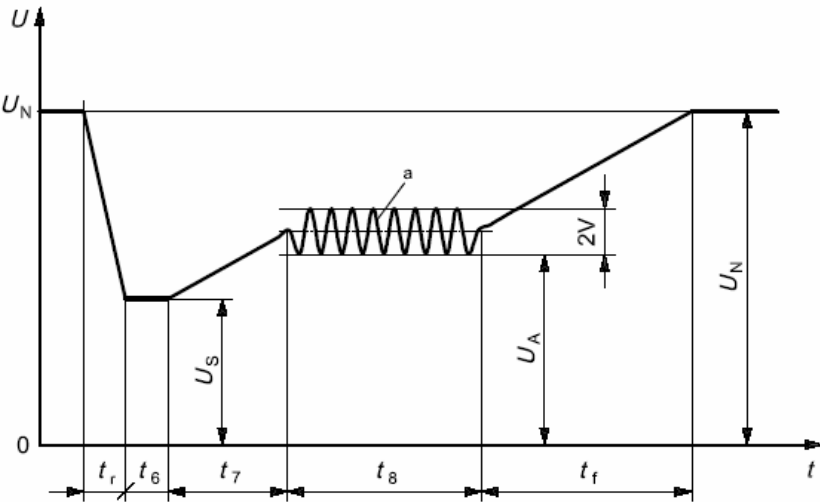


图 19 试验脉冲 3b
表 21 试验脉冲 3b 参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_A	$13.5V \pm 0.5V$	$27V \pm 1V$
U_S	$+75V \sim +150V$	$+150V \sim +300V$
R_i	50Ω	
t_d	$150ns \pm 45ns$	
t_r	$5ns \pm 1.5ns$	
t_1	$100\mu s$	
t_4	$10ms$	
t_5	$90ms$	

d) 试验脉冲 4（启动电压扰动试验）。脉冲波形参数及等级见图 20 和表 22a、表 22b。



注：1) U 电压，V；2) t 时间，s；3) a $f=2Hz$ 。

图 20 试验脉冲 4

表 22a 试验脉冲 4 参数——12V 系统

表 2-2-2 试验条件与参数					
测试等级 参数	I（典型常温启动）	II（严寒地区冷启动）	III（带档异常启动）	IV（一般北方地区冷启动）	公差
U_s （V）	8	4.5	3	6	-0.2V
U_A （V）	9.5	6.5	5	6.5	
U_N （V）	12				$\pm 0.2V$
t_r （ms）	5				$\pm 10\%$
t_6 （ms）	15				
t_7 （ms）	50				
t_8 （s）	1	10	1	10	
t_f （ms）	40	100	100	100	
产品类别	性能等级				/
1	A	B	C	A	
2	B	C	C	B/C ²⁾	
注：1）产品类别1：对于在发动机启动期间应具有功能的产品，如电动总成系统、变速控制系统、发动机控制系统、电控系统、动力电池系统、制动控制系统、转向控制系统、电源动力系统、整车配电系统、中控系统等；产品类别2：对于在发动机关闭期间需要具有功能的产品；					
2）仪表、车外照明灯具类产品需达到性能等级B，其他产品需达到性能等级C；					
3）因启动扰动试验模拟的为不同的工况，故所有启动中可能工作的产品需进行全部的不同级别的启动扰动试验。					

表 22b 试验脉冲 4 参数——24V 系统

测试等级			I (典型常温启动)	II (寒冷地区冷启动)	III (带档异常启动)	公差
参数						
U _s (V)			10	8	6	-0. 2V
U _A (V)			20	15	10	
U _N (V)			24			±0. 2V
t _r (ms)			10			±10%
t ₆ (ms)			50			
t ₇ (ms)			50			
t ₈ (s)			1	10	1	
t _f (ms)			40	100	40	
产品 类别	端电压 (V)		性能等级			/
	U _{Smin}	U _{Smax}				
3	10	32	A	B	B	
4	16	32	A	B	C	
5	22	32	B	C	C	
6	18	32	B	C	C	
注：1) 产品类别3：对于在发动机启动期间应具有功能的产品；产品类别4：对于在发动机启动期间不需要具有功能的产品；产品类别5：对于在发动机运行期间应具有功能的产品；产品类别6：在发动机关闭时需要具有功能的产品； 2) 因启动扰动试验模拟的为不同的工况，故所有启动中可能工作的产品需进行全部的不同级别的启动扰动试验。						

按图20及表22a～表22b给出的启动特性参数同时加到被测件的所有相关输入端(指在启动过程中一直带电的与蓄电池同时工作的相关输入端，测试时需结合各车型具体定义将其他相关输入端提前断电，如ACC档电、IG2档电)，共进行10次，建议启动循环之间间隔1～2s。

e) 试验脉冲 5a、5b(抛负载试验)。5a 脉冲波形及参数见图 21 a) 和表 23，5b 脉冲波形及参数见图 21 b) 和表 23。

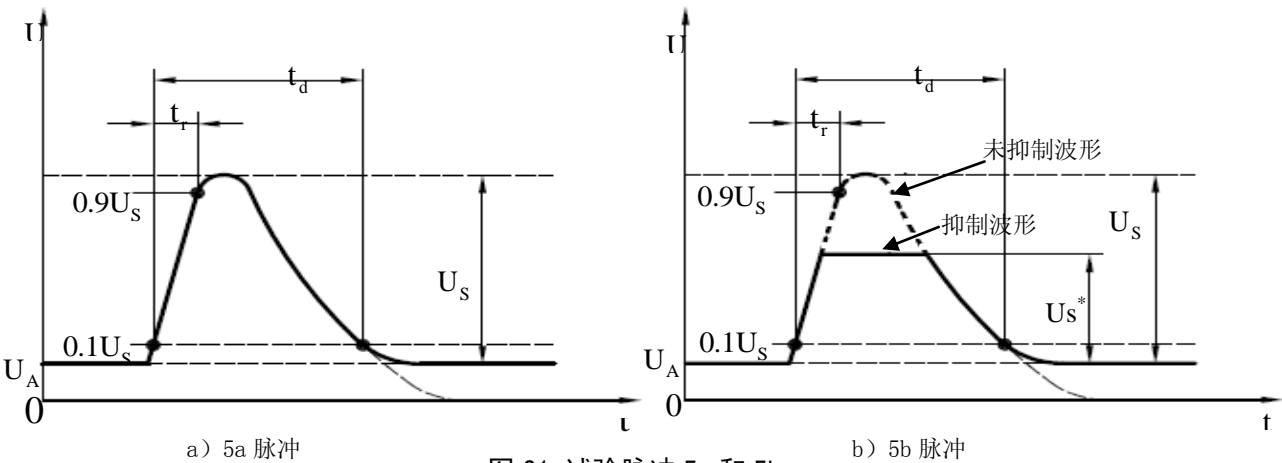


图 21 试验脉冲 5a 和 5b

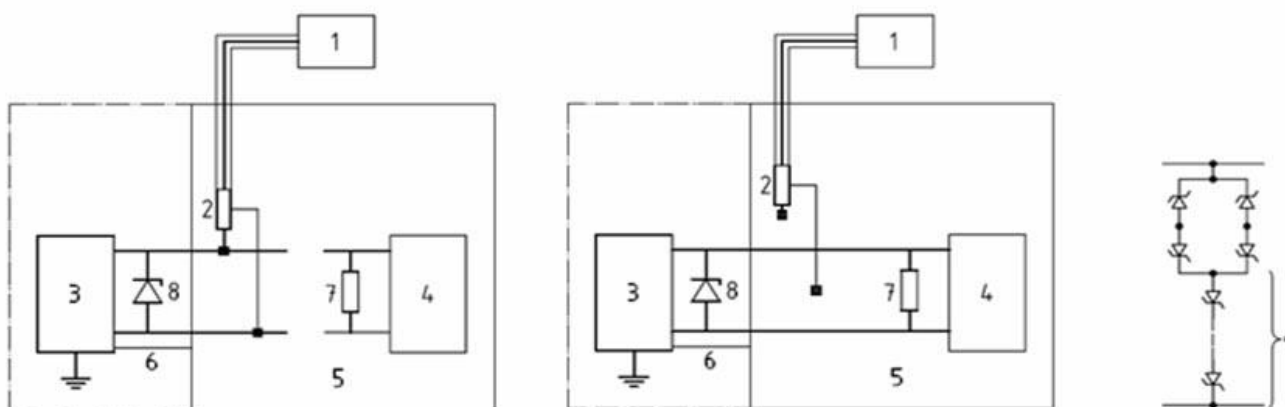
表 23 试验脉冲 5a 和 5b 参数

参数	5a		5b	
	12V 系统	24 V 系统	12V 系统	24 V 系统
U _A	14V±0.2V	28V±0.2V	14V±0.2V	28V±0.2V
U _S	65V~87V	123V~174V	65V~87V	123V~174V
U _S *	/		25V	37V
R _i	0.5Ω~4Ω	1Ω~8Ω	0.5Ω~4Ω	1Ω~8Ω
t _d	40ms~400ms	100ms~350ms	40ms~400ms	100ms~350ms
t _r	10 ⁰⁻⁵ ms			

9.4 试验布置

- a) 瞬态传导抗干扰试验设备布置见图 22。
- b) 在被测件和电阻 Rv 断开的状态下，调整试验脉冲发生器（见图 22a），以产生特定的脉冲极性、幅度、宽度和阻抗，然后将被测件与脉冲发生器连接（见图 22b）。实际测试时，统一取消并联电阻 Rv。对 Rv 阻值有特殊要求的产品，应在技术条件中明确；
- c) 模拟具有集中抛负载抑制的交流发电机波形，建议使用二极管桥（见图 22c），将其与试验脉冲发生器的输出端子连接起来。对试验脉冲 5a 和 5b 应使用同样的脉冲发生器；
- d) 对试验脉冲 3a 和 3b，试验脉冲发生器端口与被测件之间的导线应平行布置在接地平板上方 50⁺⁵₋₅ mm 处，长度应为 0.5m±0.1m。考虑到规范本部分试验线束要求，建议本部分其它各项试验线束也参考 3a、3b 要求布置；
- e) 1、2b 脉冲仅适用于带开关的电源端口，对于包含多路电源的产品，建议对每个电源端口（不含常电端口）独立施加干扰脉冲；2a、3a、3b、5a、5b 脉冲适用于全部电源端口，对于包含多路电源的产品，建议对每个电源端口同时施加干扰脉冲；考虑到产品在车辆上的电气连接和电源逻辑关系，若产品电源端口的脉冲施加方法与上述存在差异，应在技术条件中明确说明。
- f) 针对纯电动汽车的系统及零部件产品，不需要进行 4、5a 和 5b 脉冲测试。

g) 如果非纯电动汽车的交流发电机采用了瞬态电压抑制措施, 则针对于该车型的系统及零部件产品, 需要进行 5b 脉冲测试, 否则进行 5a 脉冲测试。



a) 脉冲调整

b) 脉冲注入

c) 二极管桥

注：1) 示波器或等效设备；2) 电压探头；3) 电源内阻为 R_i 的试验脉冲发生器；4) 被试件；5) 接地平板；6) 接地线；7) 电阻 R_v ($0.7\Omega \leq R_v \leq 40\Omega$)；8) 二极管桥（为满足特定的抑制电压电平，可能需要增加多个单二极管）。

图 22 瞬态抗干扰试验布置图

9.5 试验等级和判定标准

a) 试验严酷等级见表 24;

b) 性能判定标准见表 25。

表 24 瞬态传导抗干扰试验严酷等级

测试脉冲	试验等级						最少脉冲数 或试验时间	脉冲重复时间	
	12V			24V				最小	最大
	I	II	III	I	II	III			
1	-75	-112	-150	-300	-450	-600	5000 个	0.5s	1)
2a	37	55	112	37	55	112	5000 个	0.2s	5s
2b	10	10	10	20	20	20	10 个	0.5s	5s
3a	-112	-165	-220	-150	-200	-300	1 小时	90ms	100ms
3b	75	112	150	150	200	300	1 小时	90ms	100ms
5a	65	87	87	123	174	174	5 个	2)	2)
5b	65	87	87	123	174	174	5 个	2)	2)

注：1) 最大脉冲重复时间和最小脉冲重复时间的选择都要确保在下一个脉冲到来之前能够正确的被初始化，而且最大脉冲重复时间 $\geq 0.5s$ ；

2) 由于试验脉冲数的最小数为 1, 因此未给出脉冲循环时间, 当施加多个脉冲时, 脉冲之间应允许 1min 的最小延迟时间。

表 25 瞬态传导抗干扰试验性能判定标准

测试脉冲		非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
1	I	C	C	C	C
	II	C	C	C	C
	III	C	C	C	C
2a	I	C	B	A	A
	II	C	C	A	A
	III	C	C	A	A
2b	I	C	C	C	C
	II	C	C	C	C
	III	C	C	C	C
3a	I	C	B	A	A
	II	C	C	A	A
	III	C	C	A	A
3b	I	C	B	A	A
	II	C	C	A	A
	III	C	C	A	A
5a	I	C	C	A	A
	II	C	C	B	A
	III	C	C	B	A
5b	I	C	C	A	A
	II	C	C	B	A
	III	C	C	B	A

10 瞬态耦合抗干扰试验

10.1 参考标准

本部分参考 ISO 7637-3—2007 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 ISO 7637-3—2007 要求。

10.2 适用范围和试验目的

本部分适用于标称电压为 12V、24V、42V 电气系统的道路车辆，凡是涉及 A 类、S 类、MS 类、Y 类、ECM 类的电子组件，均要进行该项试验。如果被测件依靠自身的功能或结构而不受车内某类电瞬态脉冲的影响（如本部分定义的脉冲），则可以不进行此类脉冲试验。试验目的：考核被测件对耦合到非电源线路的快速和慢速瞬态骚扰脉冲的抗干扰能力。

10.3 试验要求

- a) 试验设备应符合 ISO 7637-3—2007 要求。
- b) 本部分提供了三种耦合试验方法，各种方法的适用性见表 26，慢速和快速瞬态试验均仅需选择一种适用的方法即可：
 - 容性耦合钳法 (CCC)；
 - 直接电容器耦合法 (DCC)；
 - 感性耦合钳法 (ICC)。

表 26 试验方法适用性

瞬态类型	CCC 方法	DCC 方法	ICC 方法
慢速脉冲	不适用	适用	适用
快速脉冲	适用	适用	不适用

c) CCC、DCC、ICC 试验设备校准方法见附录 C；

d) 试验脉冲参数：

——快速瞬态脉冲波形见图 23 和图 24，相关参数见表 27；

——慢速瞬态脉冲波形见图 25 和图 26，相关参数见表 28。

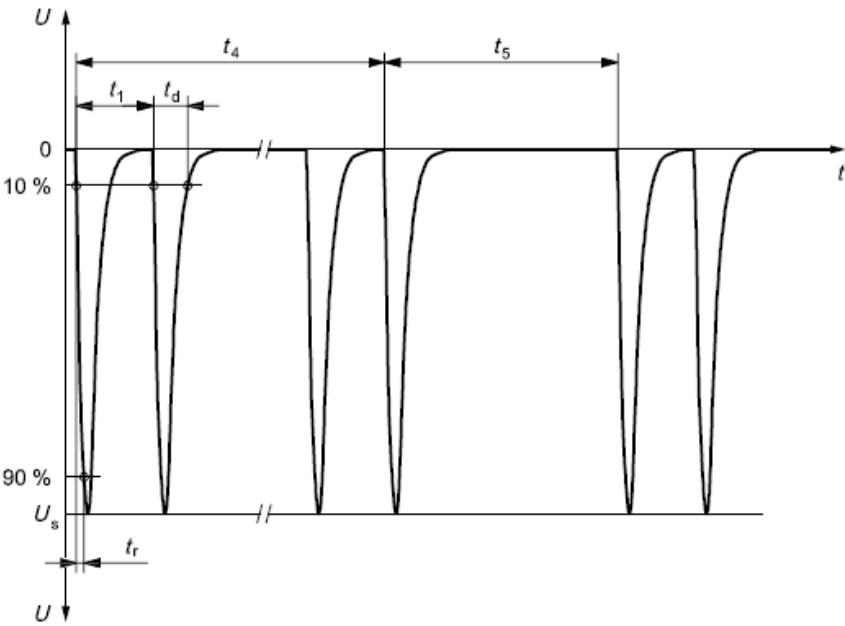


图 23 快速瞬态脉冲 a

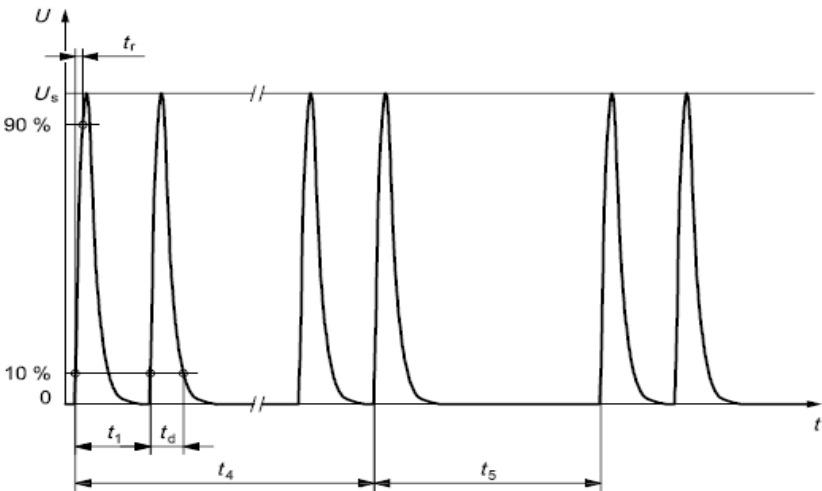


图 24 快速瞬态脉冲 b

表 27 快速瞬态脉冲参数

参数		12V系统	24V系统	42V系统
Us (V)	快速脉冲a	-10V~-60V	-14V~-80V	-10V~-60V (-20V~-120V)
	快速脉冲b	+10V~+40V	+14V~+80V	+10V~+40V (+20V~+80V)
tr		5ns		
td		0.1μs		
t1		100μs		
t4		10ms		
t5		90ms		
Ri		50Ω		

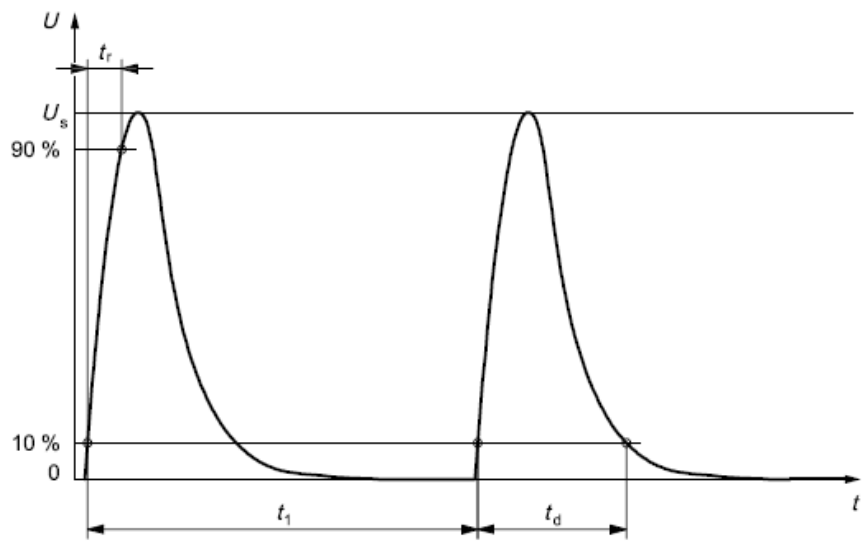


图 25 慢速瞬态脉冲 — 正脉冲

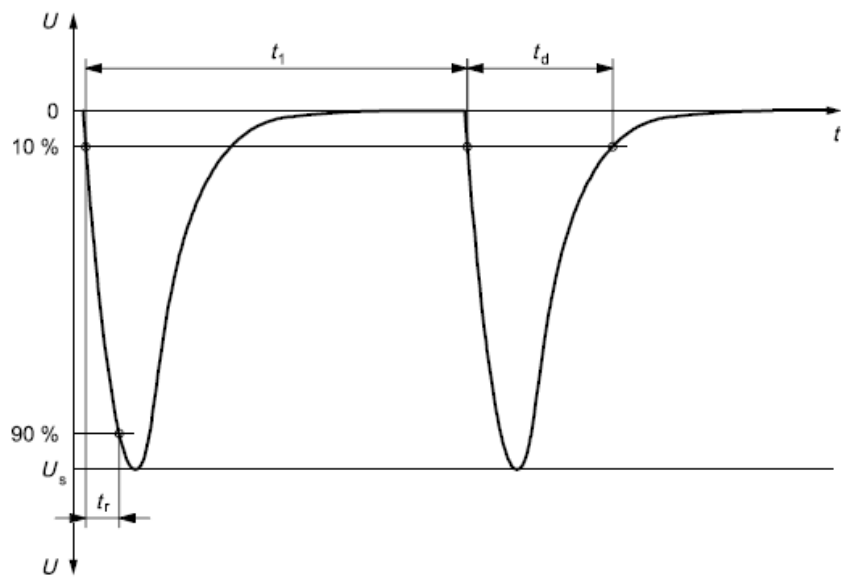


图 26 慢速瞬态脉冲 — 负脉冲

表 28 慢速瞬态脉冲参数

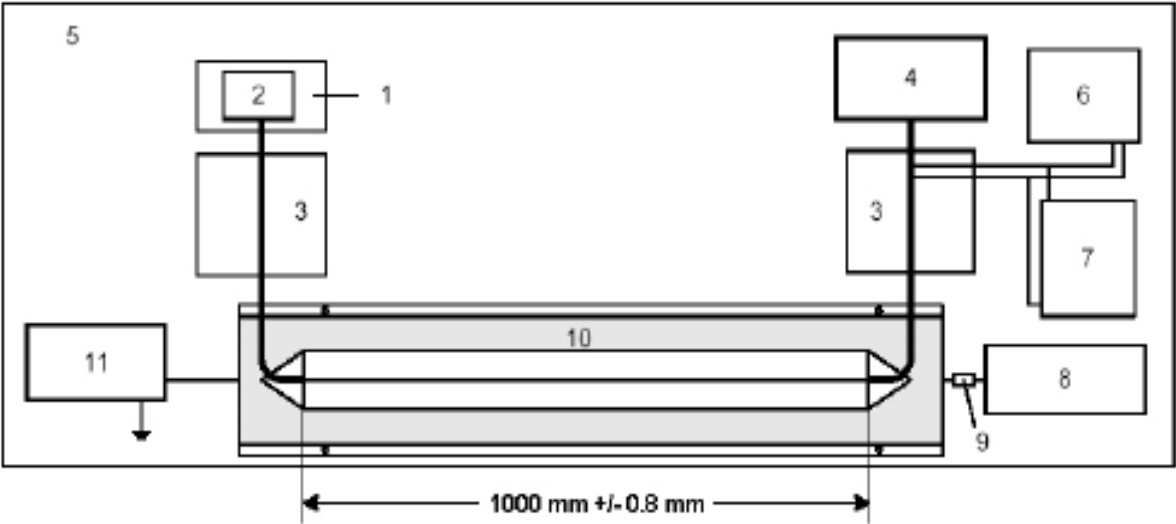
参数			12V系统	24V系统	42V系统
U _s （V）	慢速脉冲+	DCC	+8V～+30V	+15V～+45V	+8V～+30V
		ICC	+3V～+6V	+4V～+10V	+3V～+6V
	慢速脉冲-	DCC	-8V～-30V	-15V～-45V	-8V～-30V
		ICC	-3V～-6V	-4V～-10V	-3V～-6V
t _r			≤1μs		
t _d			0.05ms		
t _l			0.5s～5s		
R _i			2Ω		

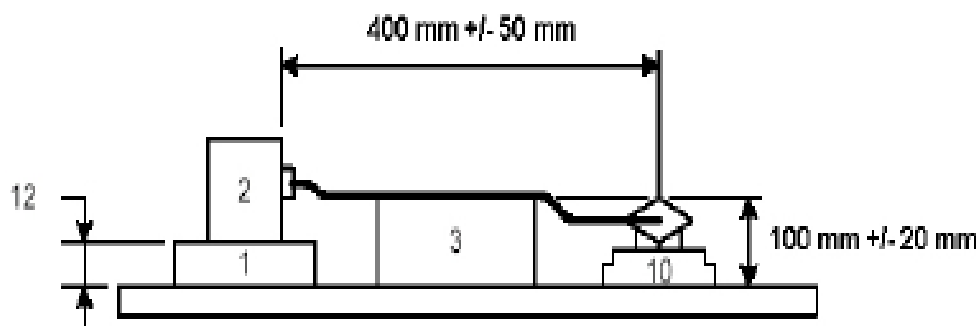
10.4 试验布置和试验方法

- 接地平板是最小厚度 1mm 的金属薄板。接地平板的最小尺寸为 2m×1m，然而最终尺寸取决于被测件和试验线束的尺寸。接地平板应与试验设施的地连接；
- 被测件按照要求布置并连接。应使用试验线束或产品线束将被测件与正常运行的辅助装置（负载，传感器等等）连接；
- 除非被测件外壳与底盘连接并且有自身的接地，否则应使用 0.05m~0.1m 厚的绝缘支撑板将被测件与接地平板分开。被测件应根据制造商的安装说明连接到接地系统，不允许其它的接地连接。所有的负载、传感器等尽可能使用最短的导线连接到接地平板；
- 为了最小化被测件无关的容性耦合，被测件和所有其它的传导结构，例如屏蔽室的墙壁（试验布置下方的接地平板除外）的最短距离应大于 0.5m。

10.4.1 电容耦合钳（CCC）法

- 试验设备布置见图 27。
- 本方法适用于耦合快速瞬态脉冲，特别适用于带有中等数量或大量待测导线的被测件。此方法不适用于耦合慢速瞬态脉冲；
- 在耦合钳外的供电线应有 1m 长；试验线束耦合长度应是 1m 长；被测件和 CCC 之间的距离以及辅助装置和 CCC 之间的距离应为 400mm±50mm；被测线束在 CCC 之外的部分，应置于接地平板上方 100mm±20mm，并且和 CCC 纵向轴的夹角为 90±15°；
- 为了提高试验结果的可信度，试验线束的总长度限制到 2m。若所用产品线束长度超过 2 m，连线不得盘绕，且线束应尽可能平放；
- CCC 的铰链盖和试验线束应尽可能放平，以确保二者的接触。





注：1) 绝缘板（如果被测件没有与车辆接地连接）；2) 被测件；3) 试验线束的绝缘支撑板；4) 辅助装置（如传感器，负载，配件），与在车辆上安装相同；5) 接地平板；6) 电源；7) 蓄电池；8) 示波器；9) 50Ω衰减器；10) CCC；11) 试验脉冲发生器。所选尺寸应在试验计划中规定并记录在试验报告中。

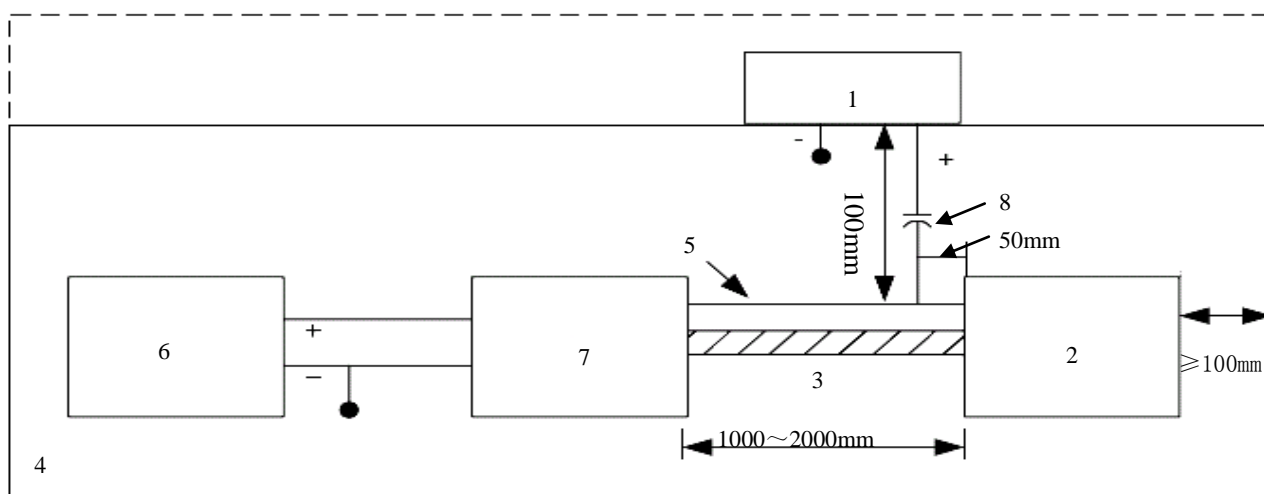
图 27 电容耦合钳 (CCC) 法试验布置示意图

10.4.2 直接电容耦合 (DCC) 法

- a) 试验设备布置见图 28;
- b) 本方法使用推荐电容值的高电压陶瓷电容对被测件导线耦合快速瞬态脉冲和慢速瞬态脉冲。
推荐的电容器值是：快速瞬态脉冲采用 100pF，慢速瞬态脉冲采用 0.1μF；
- c) 线束的长度应在 1000mm 和 2000mm 之间，试验线束均布置在接地平板上方 50mm±5mm；
- d) 当采用本方法时，要注意保证信号不失真（例如总线系统中的通信信号）；
- e) 本方法不适用于对称线（例如双绞线），对于快速瞬态试验，每根导线需要分别试验。

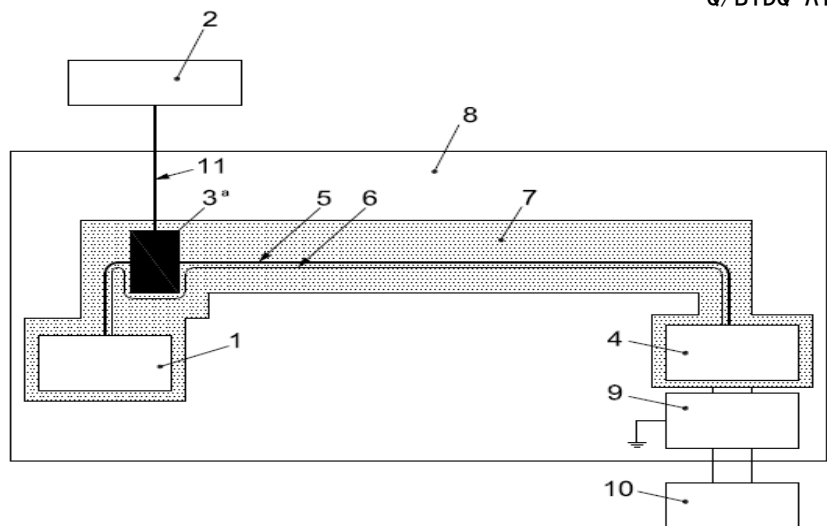
10.4.3 电感耦合钳 (ICC) 法

- a) 试验设备布置见图 29;
- b) 本方法适用于耦合慢速瞬态脉冲, 特别适用于带有中等数量或大量待测导线的被测件。此方法不适用于耦合快速瞬态脉冲;
- c) ICC 内应包含所有的信号线。被测件供电线(接地线和电源线)不应包括在 ICC 中。其它从被测件到辅助装置(传感器, 执行机构)的任何地线或电源线均应包含在 ICC 中。若辅助装置接地, 接地线应置于 ICC 之外。任何包含在 ICC 中特殊的接地线和电源线都应在试验计划中指明。



注：1) 试验脉冲发生器；2) 被测件；3) 线束；4) 接地平板；5) 被测 I/O 线；6) 电源；7) 辅助装置；8) 高压（最小 200V）陶瓷电容。所有线束均应放置在接地平板上 $50 \pm 5\text{mm}$ 处。

图 28 直接电容耦合 (DCC) 法试验布置示意图



注：1) 被测件；2) 试验脉冲发生器；3) ICC（距离被测件 150mm）；4) 辅助装置；5) 试验线束（长度≤2m）；6) 接地线；7) 绝缘板（50 mm±10mm）；8) 接地平板；9) 蓄电池；10) 直流电源；11) 50Ω同轴电缆（≤0.5 m）。

图 29 电感耦合钳（ICC）法试验布置示意图

10.5 试验等级和判定标准

- a) 试验严酷等级见表 29；
- b) 性能判定标准见表 30。

表 29 试验严酷等级

测试脉冲	电气系统	测试电压（V）				测试时间（min）	脉冲循环时间（ms）
		I	II	III	IV	最小值	
快速脉冲 a (DCC 和 CCC)	12 V	-10	-20	-40	-60	10	100
	24 V	-14	-28	-56	-80		
	42 V	-10(-20)	-20(-40)	-40(-80)	-60(-120)		
快速脉冲 b (DCC 和 CCC)	12 V	+10	+20	+30	+40	10	100
	24 V	+14	+28	+56	+80		
	42 V	+10(+20)	+20(+40)	+30(+60)	+40(+80)		
DCC 慢速脉冲 +	12 V	+8	+15	+23	+30	5	*
	24 V	+15	+25	+35	+45		
	42 V	+8	+15	+23	+30		
DCC 慢速脉冲 -	12 V	-8	-15	-23	-30	5	*
	24 V	-15	-25	-35	-45		
	42 V	-8	-15	-23	-30		
ICC 慢速脉冲 +	12 V	+3	+4	+5	+6	5	*
	24 V	+4	+6	+8	+10		
	42 V	+3	+4	+5	+6		
ICC 慢速脉冲 -	12 V	-3	-4	-5	-6	5	*
	24 V	-4	-6	-8	-10		
	42 V	-3	-4	-5	-6		

注： 1) *由汽车整车厂和零部件供应商协商确定。

2) 表中幅值为每一试验脉冲所确定的 U_s 值；对于 CCC 方法为 CCC 的输出端参考电压，或者对于 DCC 方法为发生器的输出端开路参考电压。

表 30 性能判定标准

测试脉冲		非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
快速脉冲 a (DCC 和 CCC)	I	C	B	A	A
	II	C	B	A	A
	III	C	B	A	A
	IV	C	B	A	A
快速脉冲 b (DCC 和 CCC)	I	C	B	A	A
	II	C	B	A	A
	III	C	B	A	A
	IV	C	B	A	A
DCC 慢速脉冲+	I	C	B	A	A
	II	C	B	A	A
	III	C	B	A	A
	IV	C	B	A	A
DCC 慢速脉冲-	I	C	B	A	A
	II	C	B	A	A
	III	C	B	A	A
	IV	C	B	A	A
ICC 慢速脉冲+	I	C	B	A	A
	II	C	B	A	A
	III	C	B	A	A
	IV	C	B	A	A
ICC 慢速脉冲-	I	C	B	A	A
	II	C	B	A	A
	III	C	B	A	A
	IV	C	B	A	A

11 静电放电抗干扰试验

11.1 参考标准

本部分参考 ISO 10605—2008 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 ISO 10605—2008 要求。

11.2 适用范围和试验目的

本部分适用于所有可能在下述情况下引起静电放电的道路车辆电子装置：

- 生产装配过程；
- 搬运、维修、服务过程；
- 客户使用过程。

试验目的：考核车辆电子装置对静电放电的抗干扰能力。

11.3 试验要求

- a) 试验设备应符合 ISO 10605—2008 要求；
- b) 环境要求：温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，湿度 $(30\% \sim 50\%) \text{RH}$ (推荐 20°C 、 $30\% \text{RH}$)。ESD 产生的电磁场可能会对周围的敏感电子设备造成不良影响，如果实验室需要考虑这些因素，建议测试场所在屏蔽室内进行；
- c) 对于接触放电，应使用接触放电头，对于空气放电模式，应使用空气放电头；
- d) 被测件表面为金属材料时，应使用接触放电模式测试，当然，根据测试计划要求，也可以使用

空气放电模式测试：被测件表面为非金属材料时，应使用空气放电模式测试。当金属壳体有涂层时，如果供应商没有明确说明涂层是用于绝缘用途，应采用接触放电模式，把测试点的涂层去掉，使放电端可以与金属壳体接触；当金属壳体有涂层，如果供应商明确说明涂层是用于绝缘用途，应采用空气放电模式；

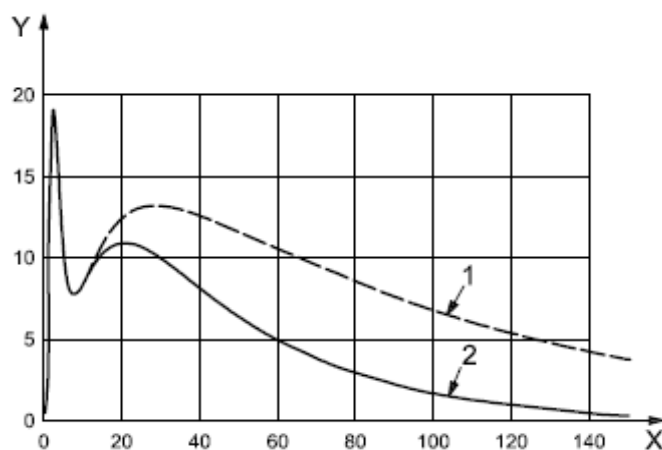
- e) 对于直接放电，当接触放电时，ESD 发生器放电端应先接触到被测件上的测试点，然后再激活放电开关开始放电；当空气放电时，应先让充电电容充电至测试电压等级，然后以要求的速度接近被测件，当放电端接近被测件测试点时，放电端和测试点之间的电介质被击穿，形成电弧放电。接近测试点的速度应在 0.1m/s 和 0.5m/s 之间，它是影响空气放电注入电流波形上升时间和幅度的关键因素，然而，考虑到实际操作时的不确定和难以测量，在试验时，ESD 发生器应尽可能快地接近被测件直到放电发生，当然也有可能直至接触到测试点也没有发生放电现象，因此在整个操作过程要注意不要损坏被测件或发生器；
- f) 对于直接放电，对每一个可能被人接触到的接插件针脚、外壳、按钮、开关、显示、外壳上的螺丝以及外壳上的缝隙都要进行 ESD 试验。对于间接放电，应在被测件的每一边对应的 HCP 边缘上施加接触放电。在各类放电过程中，ESD 放电端应垂直于被测件测试点所在的平面，考虑到实际操作可行性，至少应与被测件测试点所在平面保持 45°；
- g) 对接插件针脚进行试验时，如果接近针脚进行试验比较困难，可以使用带有绝缘外套且 0.5mm²—2 mm² 线径、长度不超过 25mm 的导线分别引出再进行试验。对外壳为非金属接插件内可接触到的点只需施加空气放电试验，若外壳为金属接插件，则只需对接插件外壳施加接触放电；
- h) 对于直接放电，两次成功的放电间隔应确保被测件上的静电可以完全释放，为了确保被测件上的静电能量已经释放，可以采取下述方法：
 - 采用串接 1M Ω 的导线，其一端接地，另一端先连接到被测件的放电点，然后再连接到被测件的地，如果能确认此导线不会影响测试结果，也可以把它一直连接在被测件上；
 - 连续的两次放电间隔时间长于被测件上电荷的自然衰减所需时间；
 - 使用加速被测件电荷自然泄放到环境中的“空气离子发生器”，当施加空气放电时应关闭离子发生器。
- i) 各类放电试验相关参数设置见表 31。ESD 发生器接触放电电流参数及波形定义见表 32、图 30、图 31。

表 31 各类放电试验相关参数

测试类型			储能电容	放电电阻	放电次数	放电间隔	放电极性
通电测试	直接放电	空气放电	装置位于车内 330pF	330 Ω	≥ 3 次	≥ 1 s	正极性和 负极性
		接触放电	装置位于车外 150pF				
	间接放电	接触放电	位置不确定： 330pF		50 次	≥ 50 ms	
断电测试	直接放电	空气放电	150pF		≥ 3 次	≥ 1 s	
		接触放电					

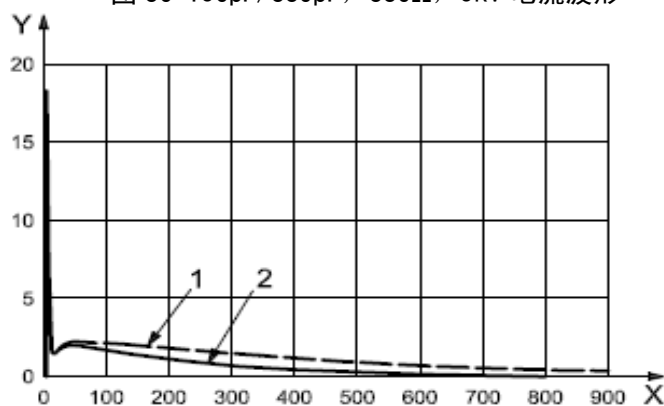
表 32 接触放电模式电流波形参数

典型储能电容 /放电电阻	峰值电流 A	误差%	T1 电流 A	误差%	T2 电流 A	误差%
150pF/330 Ω	3.75	± 10	2, (T1=30ns)	± 30	1, (T2=60ns)	± 30
330pF/330 Ω	3.75	± 10	2, (T1=65ns)	± 30	1, (T2=130ns)	± 30
150pF/2k Ω	3.75	0---+30	0.275, (T1=180ns)	± 30	0.15, (T2=360ns)	± 50
330pF/2k Ω	3.75	0---+30	0.275, (T1=400ns)	± 30	0.15, (T2=800ns)	± 50



注：X，时间，ns；Y，电流，A；1) 330pF/330Ω，2) 150pF/330Ω。

图 30 150pF/330pF，330Ω，5kV 电流波形



注：X，时间，ns；Y，电流，A；1) 330pF/2kΩ，2) 150pF/2kΩ。

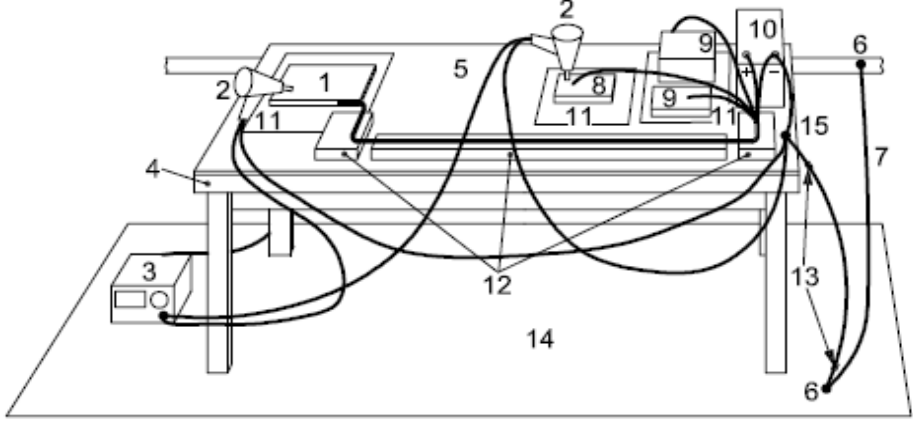
图 31 150pF/330pF，2kΩ，5kV 电流波形

11.4 试验布置和试验方法

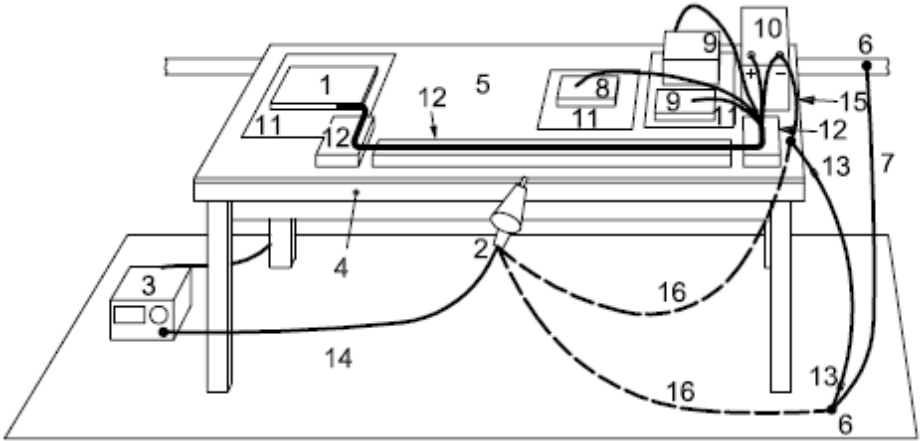
- 试验中可能使用的绝缘板由非吸湿性材料构成，相对介电常数在 1 到 5 之间（如：聚乙烯），绝缘板厚度为 (50 ± 5) mm；绝缘块应覆盖被测件在其上垂直投影外扩 20mm 的大小；试验中可能使用的绝缘支架由非吸湿性材料构成，相对介电常数在 1 到 5 之间（如：聚乙烯），支架高度在 2mm~3mm 之间，尺寸应覆盖被测件在其上垂直投影外扩 20mm 的大小，当进行 25kV 的试验时，要注意支架电介质有被击穿的可能。试验测试桌应是非金属的。然而，考虑到实际测试时的可操作性，本部分提及的绝缘支架、静电消耗材料均统一由绝缘块代替，建议高度统一为 $(50 \text{ mm} \pm 5) \text{ mm}$ ；
- 对于通电测试，与被测件功能测试必须的辅助装置（如负载、控制器等）应与被测件连接，考虑到实际操作的可行性，可以使用其它装置模拟这些辅助装置，其连接线束长度应在 1.50m 到 2.50m 之间；对于断电测试，则不需要连接上述装置；
- 水平耦合板(HCP)和接地参考平面(GRP)是金属平板（如：铜、黄铜、铝），它的厚度不小于 0.25mm。HCP 的几何尺寸应不小于 $1.6 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$ ，并且不小于被测件在其上垂直投影外扩 0.1m 的大小，HCP 应放置在 GRP 上方 0.7m~1.0m 的位置，GRP 应放置在地板上，并且它的几何尺寸应不小于 HCP 的几何尺寸；
- ESD 测试桌距离金属结构体（如屏蔽室）至少 0.1m 距离。供电电池应放置在测试桌上，电池负极应连接到 HCP 上。测试桌上各模块间距不小于 0.2m 并且据 HCP 边缘不小于 0.1m；线束布置应遵循下述规则，捆扎后放置于绝缘板上，平行 HCP 边缘且据 HCP 边缘不小于 0.1m。ESD 发生器放电回路电缆应连接到 HCP 上，放电回路电缆距离被测件和所有与被测件相连的线束、

装置不小于 0.2m 的距离，以降低电缆耦合作用影响到测试结果。安全地连接包括 $2 \times 470\text{k}\Omega$ 电阻。如果在被测件和 HCP 之间使用静电消耗材料，则其应覆盖被测件在其上的垂直投影面积且表面电阻率在 $(10^7 \sim 10^9) \Omega/\text{mm}^2$ ；

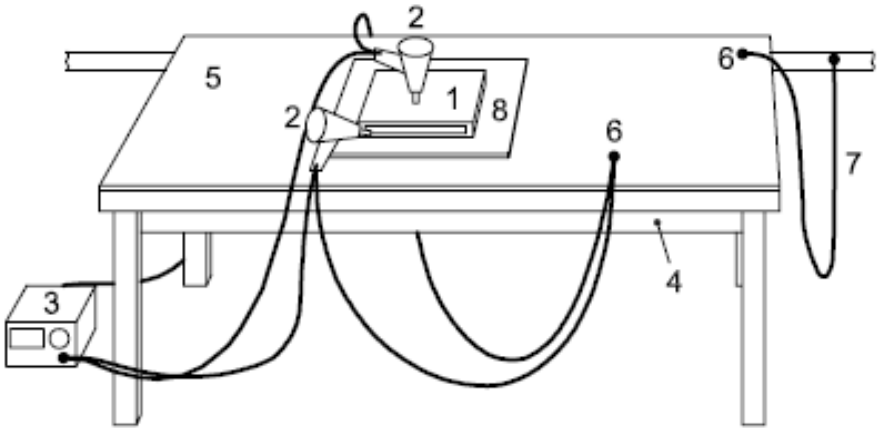
- e) 通电状态下，直接放电测试时设备布置图见图 32 a)，间接放电测试时设备布置图见图 32 b)；断电状态下，直接放电测试时设备布置图见图 32 c)。



a) 通电状态下，直接放电测试时设备布置图



b) 通电状态下，间接放电测试时设备布置图



c) 断电状态下直接放电测试时设备布置图

注：1) 被测件；2) 静电枪；3) ESD 模拟器；4) 非金属测试桌；5) HCP；6) 接地点；7) 接地带；8) 图 a、b 中为被测件远端敏感部件；图 c 中为静电消耗材料（需要时）；9) 辅助装置；10) 电源；11) 绝缘支架（需要时）；12) 绝缘板；13) $470\text{k}\Omega$ 电阻；14) GRP；15) HCP 接地点；16) ESD 发生器接地点连接到 HCP 或 GRP（根据测试计划）。

图 32 设备布置图

11.5 试验等级和判定标准

- a) 试验严酷等级见表 33。
- b) 性能判定标准见表 34。
- c) 对于具体产品适用的试验严酷等级应在其产品技术条件上明确定义。

表 33 试验严酷等级

放电类型			严酷等级， kV				
			I	II	III	IV	V
通电测试	直接放电	接触放电	±4	±6	±8	-	-
		空气放电	±4	±6	±8	±15	±25
	间接放电	接触放电	±4	±6	±8	±15	±25
断电测试	直接放电	接触放电	±4	±6	-	-	-
		空气放电	±4	-	±8	-	-

注：1) 关于断电模式下的接插件测试：最高进行等级 I 测试，具体适用等级和判定标准也可由客户和供应商商定；
2) 等级 IV 仅适用于在车内可直接接触到的车载电子产品部位；
3) 等级 V 仅适用于在车外可直接接触到的车载电子产品部位。

表 34 性能判定标准

测试等级		非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
通电状态	I	C	B	A	A
	II	C	C	A	A
	III	C	C	B	A
	IV	D	C	B	A
	V	D	D	B	A
断电状态	I	D			
	II				
	III				

12 低频磁场骚扰试验

12.1 参考标准

本部分参考 MIL-STD-461F 制定。

12.2 适用范围和试验目的

本要求适用于限制潜在的低频干扰（LF，一般为200kHz以下），以保护无钥匙系统等不受电气/电子产品（如带有典型开关电源供电或PWM控制器）的干扰。在20Hz~200kHz的频率范围内规定了被测件及其被测线束的磁场发射限值和测试方法。

12.3 试验布置及试验方法

12.3.1 校准

- a) 校准布置图如图33，施加一个频率为50kHz 的校准信号，信号电平至少低于测试限值(限值电平减去环形天线的校准因子)6dB，将接收机或频谱仪中心频率调整到50kHz，记录测得的电平；
- b) 确定接收机指示电平是否在注入信号电平±3dB的范围之内；
- c) 如果接收机或频谱仪的指示电平偏离±3dB，则要找出引起误差的原因并纠正；
- d) 用欧姆表测试环形天线的线圈电阻，保证该电阻在10Ω左右。

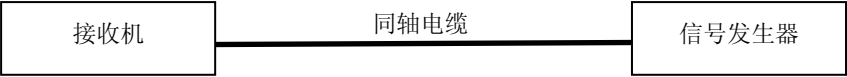
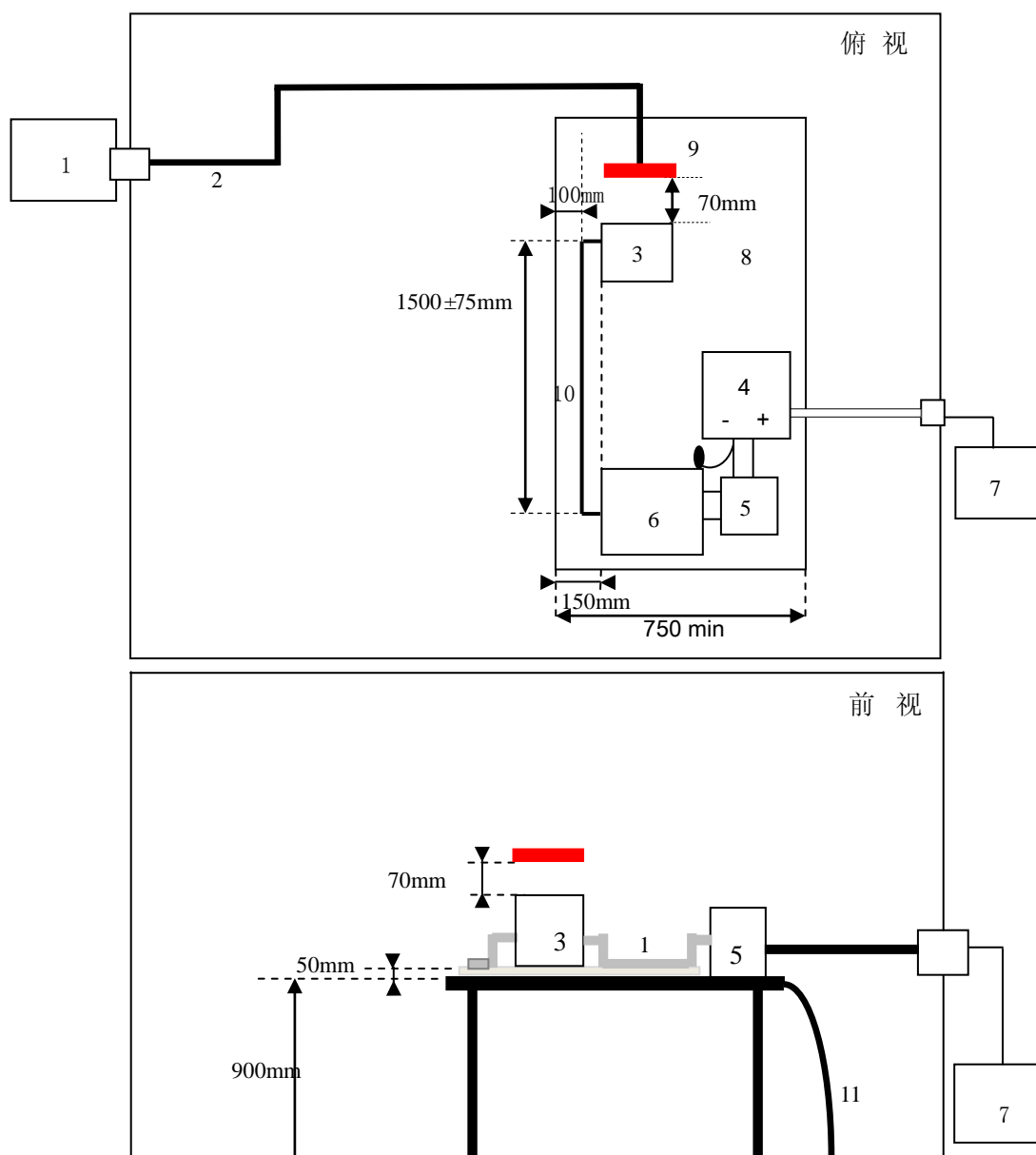


图 33 校准布置图

12.3.2 试验

- a) 测试布置图如图34, 将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;
- b) 接收机或频谱仪在整个频率段内扫描, 找出最大辐射的频率点;
- c) 将接收机或频谱仪调整到12.3.2 b) 条确定的频率点或频率范围;
- d) 在沿着被测件一个面或沿着线束缓慢移动环形天线 (保持70mm距离) 的同时, 监测接收机或频谱仪的输出, 对12.3.2 c) 条确定的每个频率记下读数最大的点;
- e) 在距最大辐射点70mm处, 调整环形天线平面的方向, 使接收机或频谱仪得到一个最大的读数并记下此读数;
- f) 在整个频率段内, 至少选择三个最大辐射频率点重复进行12.3.2 c) ~12.3.2 e) ;
- g) 对被测件的每个表面和每条线束均要进行12.3.2 a) ~12.3.2 f) 。



注：1) 接收机； 2) 双层屏蔽电缆； 3) 被测件； 4) 电池； 5) 人工电源网络； 6) 辅助装置； 7) 电源； 8) 接地平板； 9) 环形天线； 10) 被测线束； 11) 接地带；

图 34 低频磁场骚扰测试布置图

12.4 试验限值

低频磁场骚扰试验限值见表35和图35。

表 35 低频磁场骚扰试验限值

频率 (kHz)	磁场骚扰限值/dBpT
0.02~1	162
1~100	$162-40\lg\text{Freq (kHz)}$
100~200	62

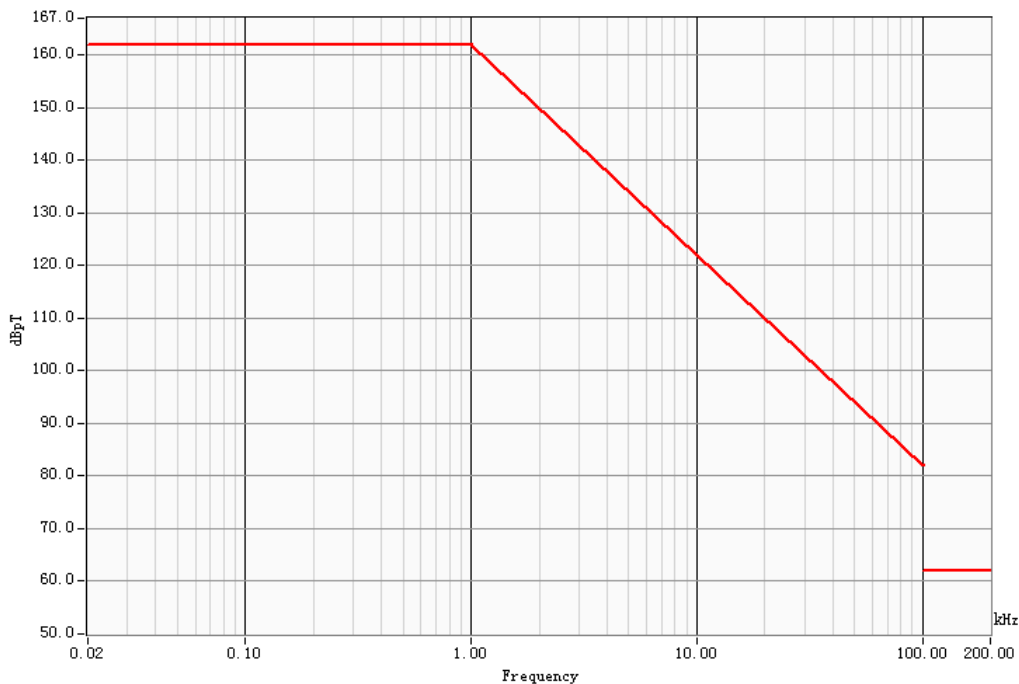


图 35 低频磁场骚扰试验限值

13 低频磁场抗干扰试验

13.1 参考标准

本部分参考 ISO 11452-8—2007 制定。

13.2 适用范围和试验目的

本部分适用于考核磁敏感器件对低频磁场的敏感度。在 15Hz~150kHz 的频率范围内规定了被测件磁场抗干扰的测试方法。

13.3 试验要求

- a) 线束最大长度是2000mm，如果有必要可以采用实车上的线束；
- b) 被测件必须放置在绝缘板上离辐射环50mm的距离，或者在Helmholtz线圈中间。

13.4 试验布置及试验方法

13.4.1 试验方法

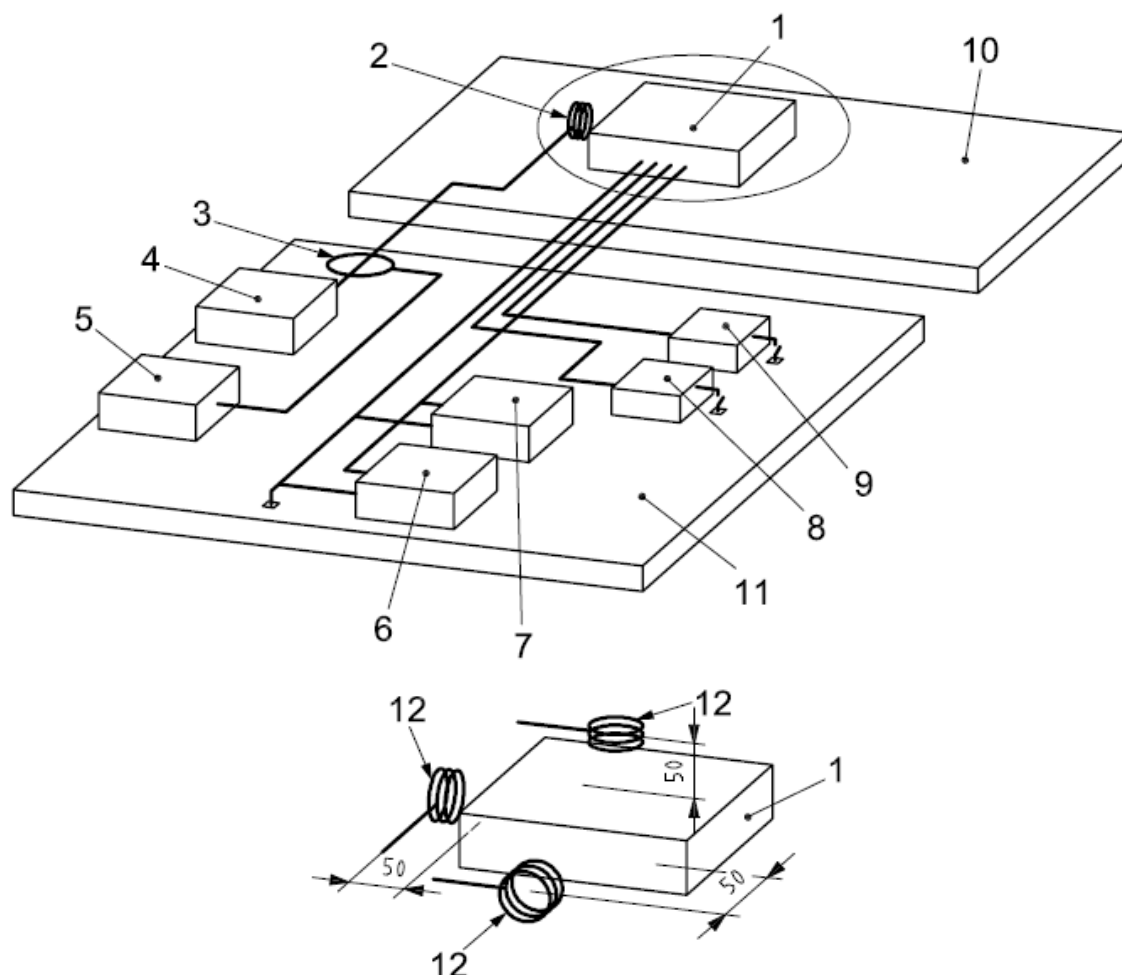
13.4.1.1 校准

- a) 将磁场传感器置于距辐射环中心50mm处的地方，或者Helmholtz线圈的中心；
- b) 利用低频磁场传感器测试场强并注意观察由功率放大器传递的用于产生磁场强度的电流流向。

13.4.1.2 试验

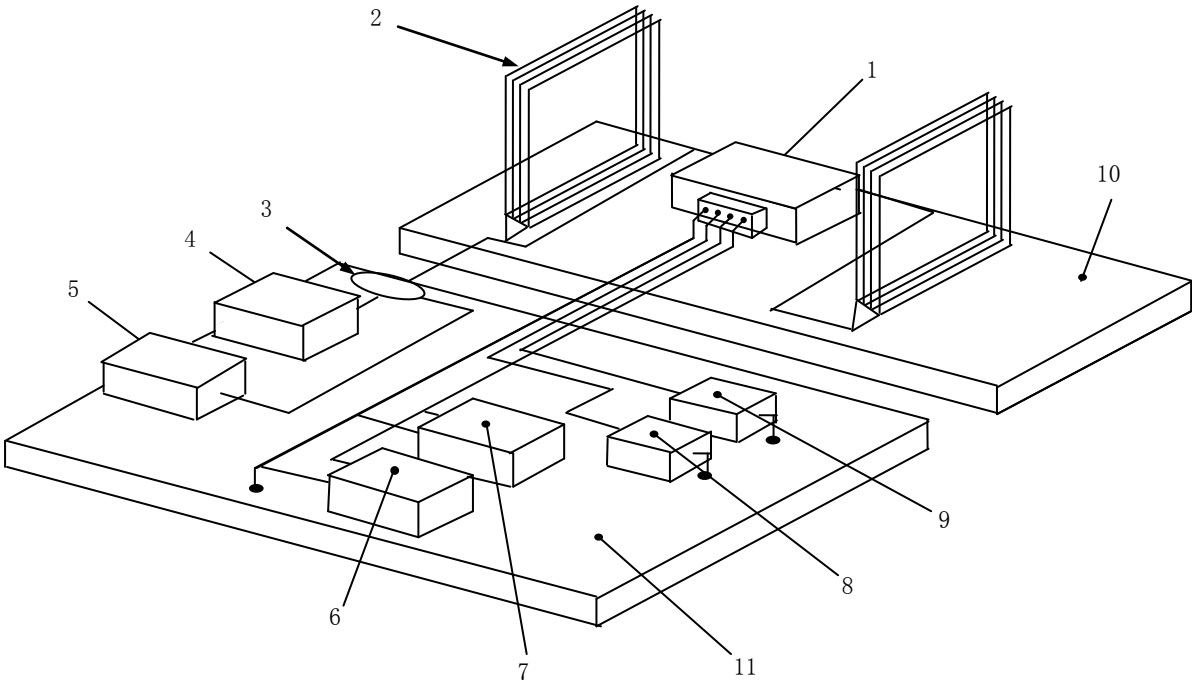
- a) 使被测件正常工作，最短时间为10分钟；
- b) 在监控被测件时，逐渐增大传递到辐射环或者Helmholtz线圈的电流，直到达到校准时的电流；

- c) 保持校准时的电流一定时间, 观察被测件的工作状态是否发生变化, 并记录现象;
- d) 逐渐减小传递到辐射环或是Helmholtz线圈的电流;
- e) 在三个轴向重复测试;
- f) 若采用辐射环进行测试应测试被测件的所有表面。若对被测件的一面或一条线缆进行全频段的测试, 那么只需记录一个面或一条线缆的数据即可;
- g) 辐射环法测试时, 辅助设备及接地平板与辐射环距离大于200mm, 将被测件的每一面划分成 $100 \times 100\text{mm}$ 方形区域, 辐射环定位到这些区域的中心。如果被测件的面小于 $100 \times 100\text{mm}$, 则将辐射环定位在被测件该面的中心。辐射环平行于被测件表面和端口的轴线, 与被测件表面间距为50mm。
- h) Helmholtz 法测试时, 若被测件小于线圈半径, 线圈分别距被测件表面至少50mm。反之若被测件大于线圈的半径, 线圈分别距被测件表面至少50mm且线圈间距不超过半径的1.5倍。线圈平行于被测件表面。
- i) 试验驻留时间不小于2s, 如果被测件功能反应时间较长, 则需要设定足够的驻留时间(在EMC测试计划中注明)。如果被测件一项或多项功能的指标出现偏差, 则应当降低磁场强度直至被测件的功能恢复正常, 然后渐进提高磁场强度直至偏差现象重现, 该磁场强度应当作为偏差门限值记录在报告中。如果被测件附有磁敏感器件, 应当分别对磁敏感器件施加干扰, 验证被测件是否能够正常工作。



注: 1) 被测件; 2) 辐射环; 3) 电流探头; 4) 信号源和放大器; 5) 示波器; 6) 电源; 7) 电池; 8) 传感器; 9) 执行器; 10) 绝缘支架; 11) 接地平板(需要时); 12) 三轴向位置;

图36 辐射环法测试布置图



注：1) 被测件； 2) Helmholtz线圈； 3) 电流探头； 4) 信号源和放大器； 5) 示波器； 6) 电源； 7) 电池； 8) 传感器； 9) 执行器； 10) 绝缘板； 11) 接地平板（需要时）；

图37 Helmholtz线圈测试布置图

13.5 试验等级和判定标准

- a) 频率步进要求见表 36。
- b) 试验严酷等级要求见表 37、表 38。
- c) 性能判定标准见表 39。

表36 低频磁场抗干扰试验频率步进要求

频带 (kHz)	对数频率步进 (%)
0.015~150	10

表37 低频磁场抗干扰试验等级要求（内）

频带 (kHz)	等级 I (A/m)	等级 II (A/m)	等级 III (A/m)	等级 IV (A/m)	等级 V (A/m)
0.015~1	30	100	300	1000	*
1~10	$30/(\text{Freq (kHz)})^2$	$100/(\text{Freq (kHz)})^2$	$300/(f \text{ (kHz)})^2$	$1000/(f \text{ (kHz)})^2$	*
10~150	0.3	1	3	10	*

*: 由汽车整车厂和零部件供应商协商确定。

表 38 低频磁场抗干扰试验等级要求（外）

频带 (kHz)	等级 I (A/m)	等级 II (A/m)	等级 III (A/m)	等级 IV (A/m)	等级 V (A/m)
0.015~0.06	30	100	300	1000	*
0.06~0.18	$30/(\text{Freq (kHz)} 100 0/60)$	$100/(\text{Freq (kHz)} 10 00/60)$	$300/(\text{Freq (kHz)} 10 00/60)$	$1000/(\text{Freq (kHz)} 1 000/60)$	*
0.18~0.6	10	10	10	10	*
0.6~1.8					*
1.8~6					*
6~150					*

*: 由汽车整车厂和零部件供应商协商确定。

表39 低频磁场抗干扰试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	A	A	A	A
II	C	B	A	A
III	C	C	B	A
IV	D	C	B	A
V	*	*	*	*
*: 由汽车整车厂和零部件供应商协商确定。				

14 手持式发射机抗干扰试验

14.1 参考标准

本部分参考 ISO 11452-9—2012、ISO 11451-3—2007、ISO 11452-1—2005 制定。

14.2 适用范围和试验目的

本部分适用于所有在实车状态下可能受到手持式发射机干扰的车辆电子装置，尤其是与行车安全有关的电子装置。在 26~5850MHz 的频率范围内规定了手持式发射机抗干扰的测试方法。

14.3 试验要求

a) 试验频率范围覆盖 26~5850MHz。

b) 测试时，执行测试的频点取各波段上下边缘频点，和其中中心频点，且这些频点的步进不大于表 40 中列出的步进。

表 40 手持式发射机抗干扰试验频率步进

频率范围 (MHz)	步进频率 (MHz)
10~200	5
200~400	10
400~1000	20
1000~18000	40

14.4 试验布置及试验方法

14.4.1 试验布置

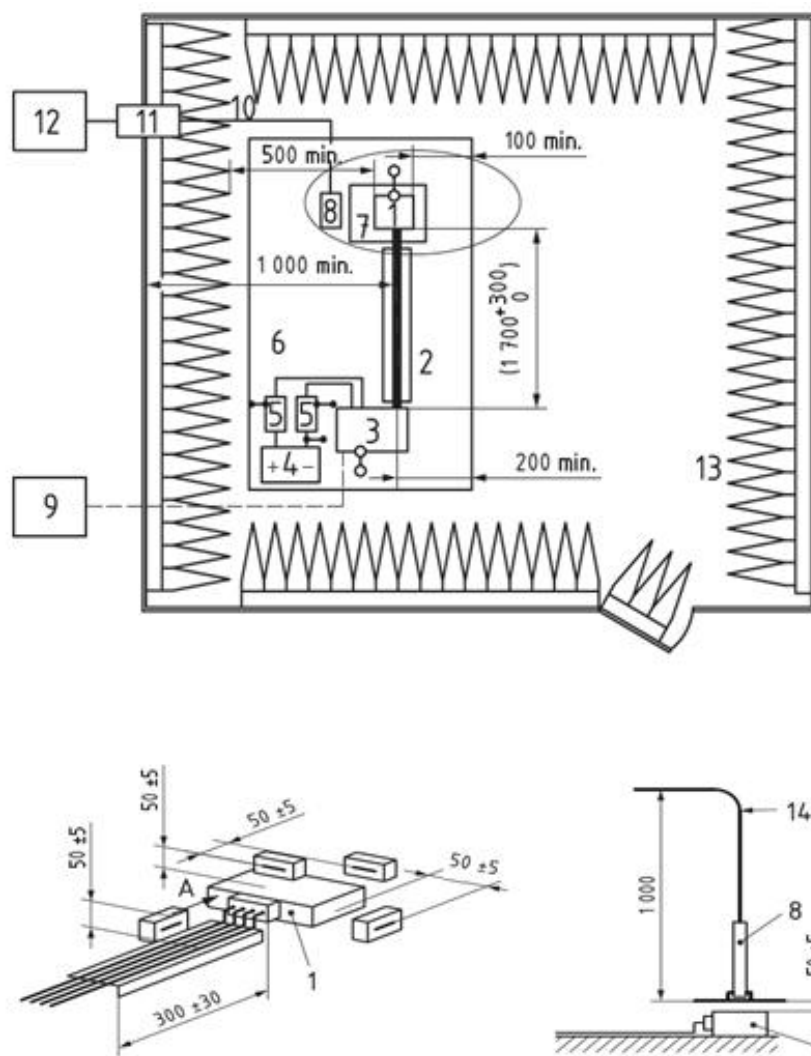
a) 将被测件放置于指定位置，被测件放置于介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 的绝缘板上，且被测件应在接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ，距桌边至少 100mm，距吸波材料至少 500mm。

b) 被测件距辅助设备的线束为 1700 mm (+ 300/- 0mm)，且线束距暗室墙面至少 1000mm，距桌边至少 200mm。

c) 辅助设备应直接置于接地平板上，若辅助设备过大则将其通过接地带与接地平板相连接。

d) 接地平板应为 0.5mm 厚的铜板或镀锌钢板，边缘距离暗室的墙壁至少 500mm，距地面高 $900 \pm 100\text{mm}$ 。

e) 人工电源网络置于接地平板上，且终端接上 50Ω 阻抗。



注：1) 被测件； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板($\epsilon \leq 1.4$)； 8) 发射天线； 9) 监视设备； 10) 双屏蔽同轴电缆(线缆水平部分与天线的距离 $\geq 1000\text{mm}$)； 11) 接口板； 12) 射频信号发生器； 13) 半电波暗室； 14) 同轴电缆。

图38 手持式发射机抗干扰试验布置图

14.4.2 试验方法

14.4.2.1 校准

前向功率应该作为校准和实际测试期间的基准参数使用；表 41 中规定的净功率是基于测量到的前向功率，天线驻波比和线缆衰减，依据如下公式：

$$\frac{P_{anti,NET}}{P_{meas,FWD}} = A - \frac{1}{A} \times \left(\frac{k_{VSWRmeas} - 1}{k_{VSWRmeas} + 1} \right)^2$$

$$\Delta P' = 10 \times \lg \left(\frac{P_{ant, NET}}{P_{meas, FWD}} \right)$$

其中:

$P_{\text{ant. NET}}$ =表41中规定的传输给天线的净功率

$P_{\text{meas. FWD}}$ =测得的前向功率

$k_{VSWR, meas}$ = 发射天线驻波比

A = 线缆衰减

14.4.2.2 测试步骤

当发射天线采用 SBA9113+420NJ 时, 发射天线距被测件的距离为 50mm, 天线的测试区域为 100mm*100mm, 步进为 100mm。被测件的待测表面应划分为 100*100mm 的方格, 每个方格的中心应暴露在天线的中心和振子的两个正交方向上实施测试(总共四次测试)。由于电场与磁场的位置随测试频率变化, 有必要将每个方格暴露在天线的中心以及天线的振子位置。

a) 发射天线应置于各方格的中心, 发射天线与被测线束保持平行, 对准第一个方格的中心, 如图 39(a) 所示, 施加表 41 所规定强度等级的辐射干扰;

b) 发射天线水平旋转 90 度后重复步骤 a), 如图 39(b) 所示;

c) 将发射天线对准第二个方格, 如图 39(c) 所示, 重复步骤 a) 和步骤 b) 直到所有方格都在两个垂直方向上都接受了辐射;

d) 将发射天线移动到第一个方格, 将天线振子对准被测方格的中心(天线振子的边沿对准方格的中心), 如图 39(d) 所示, 对被测件施加表 41 所规定强度等级的辐射干扰;

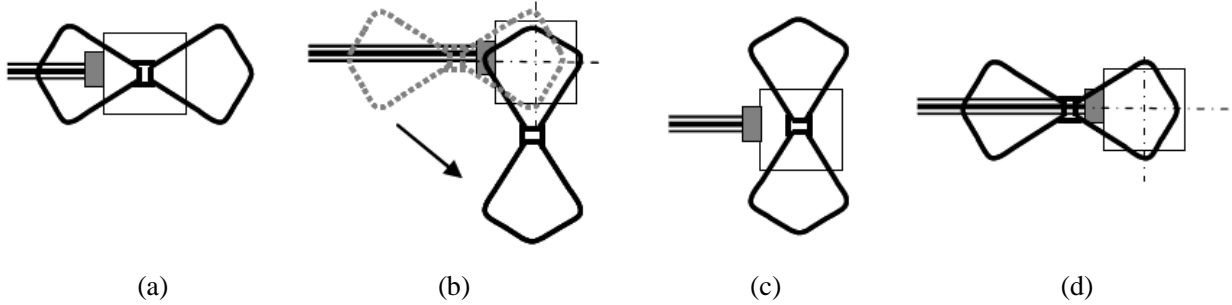


图39 被测件测试步骤示意图

e) 水平旋转 90 度再重复步骤;

f) 重复步骤 d) 和 e) 直到所有方格都接受了辐射。对于多个方格的被测件, 在实施步骤 a) 到 c) 的测试过程中可能会将天线振子对准相邻方格的中心, 故, 不必实施步骤 d) 和 e) 以免重复;

g) 将天线中心置于被测接插件上方, 与线束平行, 如图 40(a) 所示。将发射天线中心与接插件最外端对齐, 如图 40(b) 所示。对 DUT 施加表 41 所规定强度等级的辐射干扰。如果 DUT 有多个连接器或者连接器比要求的方格宽 100mm*100mm, 测试应重复多次。

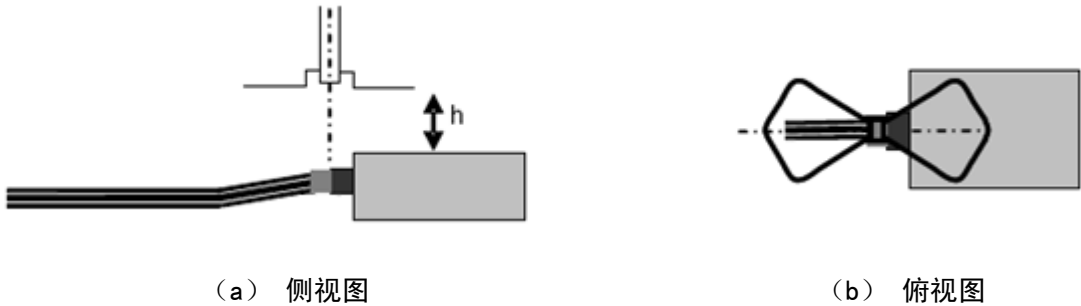


图40 接插件测试示意图

14.5 试验等级和判定标准

a) 试验严酷等级要求见表 41。

b) 性能判定标准见表 42。

表 41 手持式发射机的测试要求

频段 (MHz)	输出功率 (W)	调制方式
26~30	10 (RMS)	AM1kHz, 80%
146~174	10 (RMS)	CW
410~470	10 (RMS)	CW
380~390 410~420 450~460 806~825 870~876	10 (Peak)	PM217Hz, 50%占空比
824~849	10 (Peak)	CW
876~915	16 (Peak)	PM217Hz, 50%占空比
893~898 925~958 1429~1453	0.8 (Peak)	PM50Hz, 50%占空比
1710~1785 1850~1910	2 (Peak)	PM217Hz, 50%占空比
1885~2025	1 (Peak)	PM1600Hz, 50%占空比
2400~2500	0.5 (Peak)	PM1600Hz, 50%占空比
5725~5850	1 (Peak)	PM1600Hz, 50%占空比

表 42 手持式发射机抗干扰试验判定标准

测试等级	非安全功能 A	非安全功能 B	安全功能 A	安全功能 B
I	C	B	A	A

附录 A

(规范性附录)

零部件试验屏蔽暗室的校准过程

A.1 屏蔽暗室反射试验和校准过程

用于辐射发射测量的屏蔽暗室的校准,推荐采用下述试验过程进行,其尺寸 $\geq 7.0\text{m} \times 6.5\text{m} \times 4.0\text{m}$ (长 \times 宽 \times 高)。

A.2 标准噪声源

用规定输出特性的标准噪声源进行校准。在开阔试验场地,使用相同试验布置,诸如天线、校准过的线束、人工电源网络等,距离标准噪声源 1m 处测量,获取 1m 场强校准曲线。

A.3 标准噪声源特性

标准噪声源在测量频率范围内应有稳定的输出幅频特性。

A.4 校准过程

A.4.1 在图 5~图 8 的试验布置中,标准噪声源安置在被测件位置。噪声源用 1500 mm 长的导线线束,与人工电源网络相连。导线线束应放在接地平板上 50 mm 高的支架上。

A.4.2 测量中使用的频率和天线应与其后进行被测件试验使用的频率和天线相同。画出场强相对频率的曲线。

A.4.3 在开阔试验场地和 ALSE 中获得的两条曲线的差别用于检查 ALSE 的反射特性是否符合 QBYDQ-A1901.706.1-2012 第 5.2.8 条的规定,但不能用作校准因子。为了保证试验的一致性,要采取措施减少屏蔽暗室的反射可能引起的测量偏差。

注:采用合适的射频吸波材料,可以减少较高频率的反射。

附录 B

（规范性附录）

试验脉冲发生器验证程序

B. 1 范围

本附录提供了一种验证试验脉冲发生器输出特性的方法。

B. 2 一般规定

测量仪器要求如下：

a) 示波器

最好使用数字示波器，如果没有数字示波器，可使用带有电压探头可产生相同波形的设备，应满足下列最低要求：

- 带宽：从直流到至少 400MHz；
- 采样速率：最小单行程扫描采样频率为 2 GHz/s。

b) 电压探头

电压探头的特性如下：

- 衰减：10/1（如果需要，100/1）；
- 最大输入电压：至少 500V（如果需要，1000V）；
- 带宽：从直流到至少 400MHz；
- 输入阻抗：直流时， $Z \geq 1M\Omega$ 。

B. 3 给出的验证测量应在两种不同的负载状态下进行，以确定试验脉冲发生器的特性。

- a) 无负载状态；
- b) 有匹配负载状态。

B. 4 脉冲验证

应验证脉冲发生器，以确保在开路 and 负载状态时，验证结果与以下所给的参数一致。脉冲能量会明显影响试验结果。实际使用的脉冲能量应在试验报告中写明。

本验证程序的 U_A 和 U_B 应为0V。

应合理选择电阻。用于评定脉冲以及直流电源的电阻应有足够的耗散功率。电阻应是无感的。匹配电阻的误差应为 $\pm 1\%$ 。电源阻抗应与每个试验脉冲所确定的负载电阻相匹配。

试验脉冲4的脉冲校验不适用，其它各类脉冲校准参数见表B. 1-表B. 6。

B. 4. 1 试验脉冲1

见表B. 1 。

表 B. 1 试验脉冲 1

试验脉冲 1		U_s (V)	t_r (μs)	t_d (μs)
12V 系统	无负载	-100 ± 10	$1^0_{-0.5}$	2000 ± 400
	10 Ω 负载	-50 ± 10	--	1500 ± 300
24V 系统	无负载	-600 ± 60	$3^0_{-1.5}$	1000 ± 200
	50 Ω 负载	-300 ± 60	--	1000 ± 200

B. 4. 2 试验脉冲2a 和2b

见表B. 2和表B. 3。

表 B.2 试验脉冲 2a

试验脉冲 2a		U_S (V)	t_r (μ s)	t_d (μ s)
12V 系统	无负载	$+75 \pm 7.5$	$1_{-0.5}^0$	50 ± 10
	2 Ω 负载	$+37.5 \pm 7.5$	--	12 ± 2.4
24V 系统	无负载	$+75 \pm 7.5$	$1_{-0.5}^0$	50 ± 10
	2 Ω 负载	$+37.5 \pm 7.5$	--	12 ± 2.4

表 B.3 试验脉冲 2b

试验脉冲 2b		U_S (V)	t_r (ms)	t_d (s)	t_{12} (ms)
12V 系统	无负载	10 ± 1	1 ± 0.5	2 ± 0.4	1 ± 0.5
24V 系统	无负载	20 ± 2			

B.4.3 试验脉冲3a 和3b

见表B.4 和表B.5。应使用同轴测量装置进行试验脉冲3a、3b 的验证。脉冲频谱覆盖至200MHz 的频率范围。在该频率范围内，无法使用高阻抗的电压探头。探头接地电缆会产生明显的衰减振荡并导致测量错误。因此，应使用同轴测量装置。

表 B.4 试验脉冲 3a

试验脉冲 3a		U_S (V)	t_r (ns)	t_d (ns)
12V 系统	无负载	-200 ± 20	5 ± 1.5	150 ± 45
	50 Ω 负载	-100 ± 20	5 ± 1.5	150 ± 45
24V 系统	无负载	-200 ± 20	5 ± 1.5	150 ± 45
	50 Ω 负载	-100 ± 20	5 ± 1.5	150 ± 45

表 B.5 试验脉冲 3b

试验脉冲 3b		U_S (V)	t_r (ns)	t_d (ns)
12V 系统	无负载	$+200 \pm 20$	5 ± 1.5	150 ± 45
	50 Ω 负载	$+100 \pm 20$	5 ± 1.5	150 ± 45
24V 系统	无负载	$+200 \pm 20$	5 ± 1.5	150 ± 45
	50 Ω 负载	$+100 \pm 20$	5 ± 1.5	150 ± 45

B.4.4 试验脉冲5

见表B.6。

表 B.6——试验脉冲 5

试验脉冲 5		U_S (V)	t_r (ms)	t_d (ms)
12V 系统	无负载	$+100 \pm 10$	10_{-5}^0	400 ± 80
	2 Ω 负载	$+50 \pm 10$	--	200 ± 40
24V 系统	无负载	$+200 \pm 20$	10_{-5}^0	350 ± 70
	2 Ω 负载	$+100 \pm 20$	--	175 ± 35

注：1) 在试验电平 100V，脉冲宽度 400ms， $R_i=2\Omega$ 的电源内阻转化为 2 Ω 的终端电阻下进行脉冲校准，2 Ω 的终端电阻为最佳值（没有因电缆和连接器引起的损耗的影响）。

附录 C

(规范性资料)

CCC、DCC、ICC 试验设备校准方法

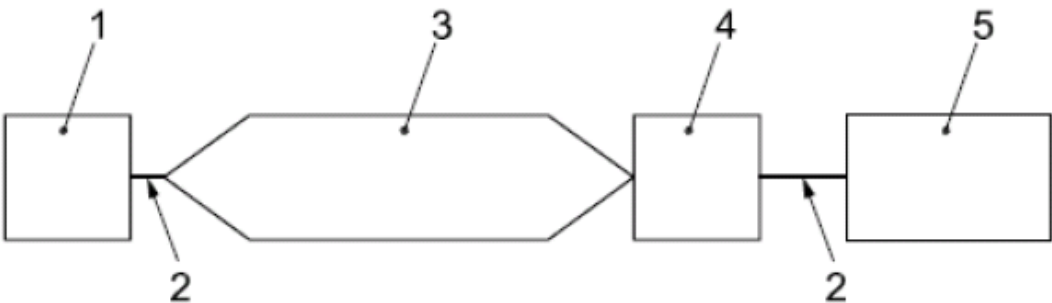
C.1 CCC 校准方法

校准期间不允许导线穿过耦合钳。

验证脉冲发生器的特性，先测量发生器的开路电压，然后将脉冲发生器输出端接阻抗（阻抗值应与测量波形的源阻抗匹配），再测发生器的电压。

使用50Ω同轴电缆连接试验脉冲发生器和CCC，CCC端接50Ω衰减器，使用50Ω同轴电缆连接衰减器和50Ω示波器，同轴电缆长度不超过1m。用示波器进行电压测量。

使用图C. 1中校准试验布置，调节脉冲发生器输出以得到试验电平。



注： 1) 试验脉冲发生器；2) 50Ω 同轴电缆；3) CCC；4) 50Ω 衰减器；5) 示波器。

图C. 1 试验脉冲幅值校准布置- CCC方法

C.2 DCC 校准方法

验证脉冲发生器的特性，先测量发生器的开路电压，然后将脉冲发生器输出端接阻抗（阻抗值应与测量波形的源阻抗匹配），再测发生器的电压。

脉冲发生器的输出与耦合电容器串联，使用高阻抗示波器测量电容器输出端的开路峰值电压。

调节脉冲发生器输出以得到试验电平。

C.3 ICC 校准方法

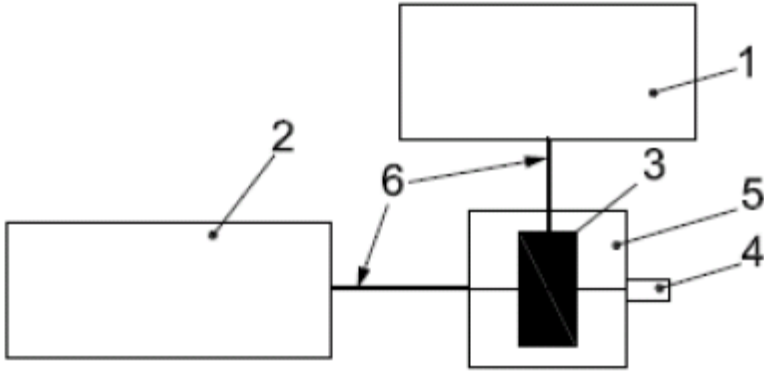
试验脉冲发生器应通过单条电缆或多条电缆与感性耦合钳连接，电缆长度不超过0.5 m。

示波器测量的耦合脉冲应满足表C. 1的要求。

使用图C. 2中校准试验布置，测量输出电压来规定试验电平。

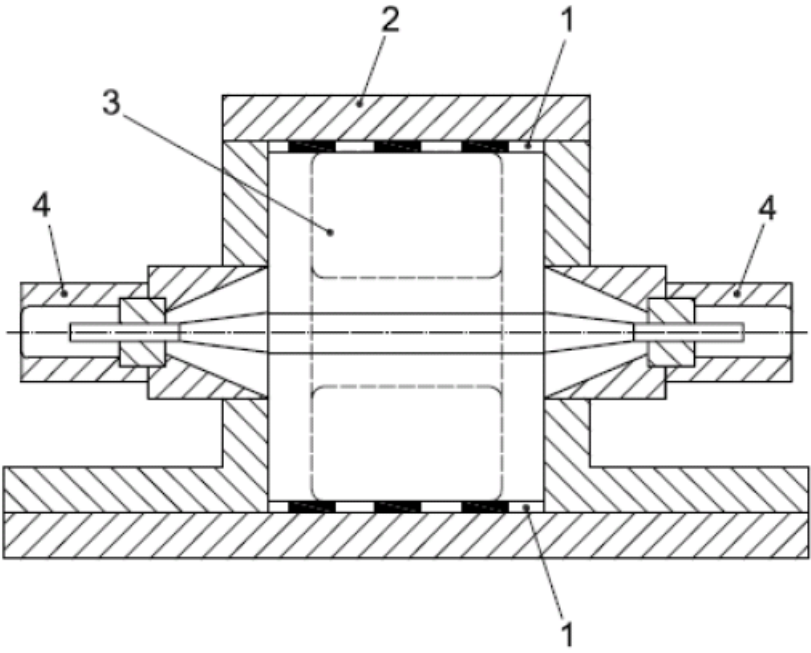
表C. 1 耦合脉冲的特性

参数	12V 电气系统	24V 电气系统
td (μs)	7 ± 30%	
tr (μs)	≤1. 2	



注： 1) 试验脉冲发生器；2) 示波器（1M Ω 输入）；3) ICC；4) 短路；5) 校准夹具（校准夹具见图C.3）；6) 50 Ω 同轴电缆。

图C.2 ICC校准试验布置



注： 1) 绝缘体；2) 可移动金属盖；3) 电流注入探头；4) 同轴连接器；

图C.3 校准夹具示例

附录 D

(资料性附录)

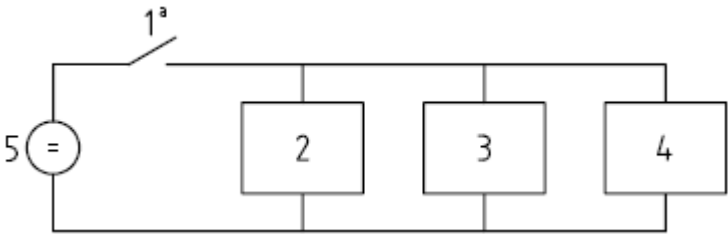
道路车辆电气系统中的瞬态的来源

D. 1 一般规定

本部分所使用的试验脉冲是在一定条件下在车辆电气系统中测得的脉冲，以及由电气电路基本配置所产生的脉冲。以下各示意图表示了脉冲 1 到脉冲 5 产生的原因。

D. 2 典型脉冲

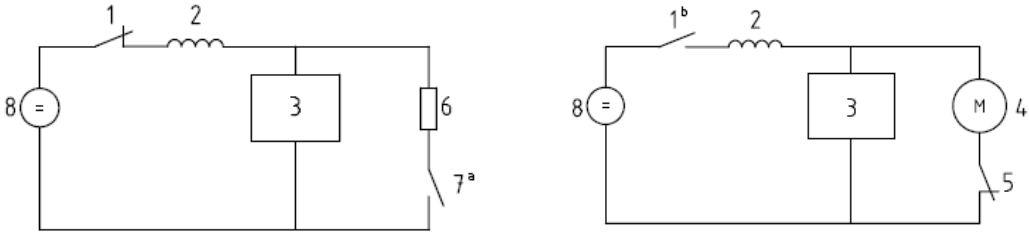
D. 2. 1 脉冲 1，示意电路图如图 D. 1 所示。脉冲 1 是由于电源与感性负载断开连接产生的，它影响与感性负载并联的装置。



注：1) 点火开关；2) 感性负载；3) 电阻 R_s ；4) 被测件；5) 电源；a) 当开关断开时脉冲 1 产生。

图 D. 1 试验脉冲 1 示意电路图

D. 2. 2 脉冲 2，2a 示意电路图如图 D. 2 中 a) 所示；2b 示意电路图如图 D. 2 中 b) 所示。2a 是当点火开关闭合，负载开关断开时产生的；2b 是当电机运行时，点火开关断开时产生的。



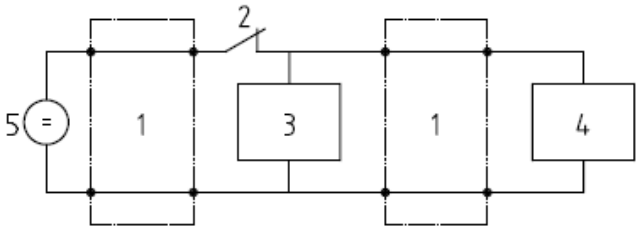
a) 2a 脉冲示意电路图

b) 2b 脉冲示意电路图

注：1) 点火开关；2) 线束(感性的)；3) 被测件；4) 感性直流电机；5) 电机开关；6) 负载；7) 负载开关；8) 电源；a) 当点火开关(1)闭合，负载开关(7)断开时，脉冲 2a 产生；b) 当电机运行、点火开关(1)断开时，脉冲 2b 产生。

图 D. 2 试验脉冲 2 示意电路图

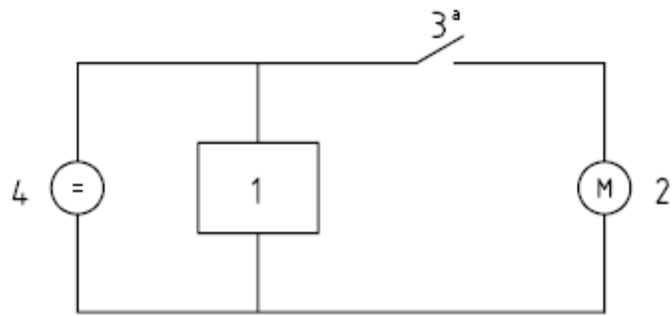
D. 2. 3 脉冲 3，包括 3a 和 3b，示意电路图如图 D. 3 所示。3a 和 3b 是电路开/关过程中产生的，此脉冲的特性受线束的分布电容和分布电感的影响。



注：1) 具有分布电感和分布电容的线束；2) 开关；3) 被测件；4) 感性负载；5) 电源。

图 D. 3 试验脉冲 3 示意电路图

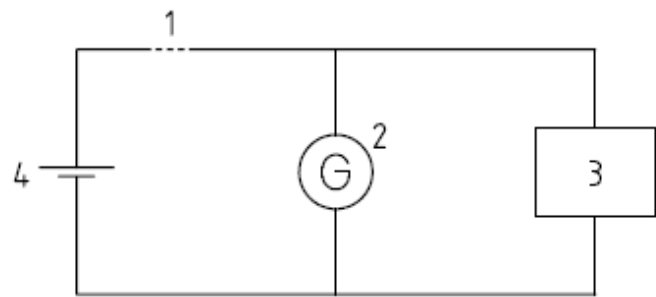
D. 2. 4 脉冲 4，示意电路图如图 D. 4 所示。脉冲 4 是当内燃机起动机通电时引起电源电压降低。



注：1) 被测件；2) 起动机；3) 开关；4) 电源；a) 当起动机通电时，脉冲 4 产生。

图 D. 4 试验脉冲 4 示意电路图

D. 2. 5 脉冲 5，包括 5a 和 5b，示意电路图如图 D. 5 所示。脉冲 5 是当交流发电机产生充电电流时，断开与电池(亏电状态)的连接，其它负载仍然与交流发电机保持连接时产生的。



注：1) 缺陷连接；2) 交流发电机；3) 被测件；4) 电池；

图 D. 5 试验脉冲 5 示意电路图

附录 E

(资料性附录)

抑制骚扰的说明

E. 1 简介

E. 1.1 为了成功抑制车内无线电骚扰，需要通过扬声器识别骚扰源，进行系统地研究。骚扰本身可以通过各种途径进入接收机和扬声器：

- a) 耦合到天线的骚扰；
- b) 耦合到天线电缆的骚扰；
- c) 通过电源供电电缆侵入接收机壳体内；
- d) 直接辐射侵入接收机（汽车无线电接收机对辐射骚扰的敏感度）；
- e) 耦合到与汽车接收机连接的其他所有电缆。

E. 1.2 在开始研究之前，接收机外壳、天线机座和天线电缆屏蔽末端都必须正确接地。

E. 2 耦合到天线的骚扰

大多数类型的骚扰都是通过天线进入接收机的。针对电磁骚扰的抑制器可有效地减少影响。

E. 3 耦合到天线电缆的骚扰

为最大程度减小耦合，天线电缆不应与导线线束或其他电气电缆平行布置，而应尽可能远离布置。

E. 4 时钟振荡器

车载电子模块的辐射 / 传导可能影响车内其他零部件。时钟振荡器的有效谐波不应与双工无线电收发两用机的工作间隔相同，也不应与接收机的频道频率相同。汽车模块 / 零部件的振荡器的基波频率不应干扰邻近车辆的收发。即：振荡器频率不应是任何国内汽车移动无线电收发系统双工频率的整数。

E. 5 其他骚扰源介绍

在其他标准中，介绍了通过导线和直接辐射侵入接收机的骚扰的正确测量方法，与此类似，评估接收机对传导和直接辐射骚扰的抗扰度的试验也在其他标准中介绍了(例如 GB/T 9383—1999)。

附录 F

(资料性附录)

电流探头要求

F.1 总则说明

射频电流探头是一钳型射频电流互感器，通过功率转换，用校准过的 EMI 表（接收机），示波器，或其他电压敏感仪器指示当前导体或电缆中的电流强度。探头夹紧在试验导体上，试验导体做单匝原边，探头做多匝副边。探头未与导体直接相连。探头的铁芯的设计，应保证测量的导线在有大电流通过时也不会饱和。铁芯的饱和会产生读数错误。

F.2 电气特性

- a) 电路：电流互感器；
- b) 传输阻抗：见 F.3；
- c) 频率范围：0.15 MHz～108 MHz；
- d) 饱和电流：应大于最大预期电流的 1.25 倍；
- e) 最大原边电压：取决于电缆的绝缘能力；
- f) 额定输出负载阻抗：(50 + j0) Ω；
- g) 输出连接器：同轴；
- h) 电流钳孔尺寸：足以进行电缆的试验。

F.3 传输阻抗

F.3.1 试验中，导体的微安级射频电流 (I_p) 按下列公式求得：

$$I_p = E_s / Z_t$$

式中：

E_s ——电流探头的电磁骚扰仪的微伏级读数；

Z_t ——电流探头的传输阻抗，Ω。

F.3.2 在整个频率范围内，电流探头的传输阻抗 (Z_t) 按下列公式求得：

$$Z_t = E_s / I_p$$

式中：

E_s ——50Ω 负载上的电压；

I_p ——试验导体原边施加的已知射频电流。

F.4 传输因子

F.4.1 实际上，术语“传输导纳”比传输阻抗使用率更高。传输导纳的对数是：

$$y_t [dB(1/\Omega)] = 20 \lg Y_t = 20 \lg (1/Z_t)$$

F.4.2 电流 dBμA 按下述公式从电压 dBμV 获得：

$$I (dB\mu A) = V (dB\mu V) + y_t [dB(1/\Omega)]$$