

Q/BYDQ

比亚迪汽车 企业标准

Q/BYDQ-AF01.706.3—2010

代替 Q/BYDQ-J01.328.2—2008

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

2010-02-13 发布

2010-02-28 实施

比亚迪汽车有限公司 发布

第3部分 汽车电器电子组件 EMC 试验方法及要求

编制: 马从明 林志根 日期: 2010.02.08
 校核: 周宇李 日期: 2010.02.08
 审查: 张子丹 日期: 2010.02.08
 标准检查: 林 翔 日期: 2010.02.09
 批准: 林 翔 日期: 2010.02.09

[illegible]

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	12
7 射频辐射抗干扰试验	16
8 瞬态传导骚扰试验	20
9 瞬态传导抗干扰试验	22
10 瞬态耦合抗干扰试验	29
11 静电放电抗干扰试验	35
附录 A (规范性附录) 零部件试验屏蔽暗室的校准过程	40
附录 B (规范性附录) 试验脉冲发生器验证程序	41
附录 C (规范性资料) CCC、DCC、ICC 试验设备校准方法	43
附录 D (资料性附录) 道路车辆电气系统中的瞬态的来源	45
附录 E (资料性附录) 抑制骚扰的说明	47
附录 F (资料性附录) 电流探头要求	48

前 言

QBYDQ-AF01.706—2010《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-J01.328.2—2008 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-J01.328.2—2008 的中 6.3、6.4、6.5、6.6、6.7、6.8 部分；
- 本标准对试验项目的论述结构进行了统一，依次包括参考标准、适用范围和试验目的、试验要求、试验布置和试验方法、试验等级（或试验限值）和判定标准；
- 本标准参照 ISO 10605—2008，修改了零部件静电放电试验标准，主要修改了零部件静电放电的试验方法和严酷等级；
- 本标准参照 CISPR 25—2008，修改了零部件传导骚扰和辐射骚扰试验标准，主要修改了测试流程图和骚扰限值；

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。

本标准由汽车产业群总工程师办公室标准法规情报部归口。

本标准起草部门：汽车工程研究院检测中心。

本标准主要起草人：周宇奎、马从海、林志根、胡鹏博。

本标准于 2010 年 02 月 13 日首次发布。

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有限公司开发的燃油车、电动车、混合动力车的车载电器电子组件。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

CISPR 25—2008 用于保护车载接收机的无线电骚扰特性的测量方法及限值

ISO 11452-1—2005 道路车辆 用窄带发射的电磁能量进行电子干扰 部件试验方法 第1部分 总则和定义

ISO 11452-2—2004 道路车辆 用窄带发射的电磁能量进行电子干扰 部件试验方法 第2部分 半电波暗室

ISO 7637-2—2004 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 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 除电源线以外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射

GB/T 21437.2—2008 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第2部分：沿电源线的瞬态传导

ISO 10605—2008 道路车辆 静电放电产生的电骚扰试验方法

Q/BYDQ-AF01.706.1—2010 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-AF01.706.1—2010 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—2008 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。

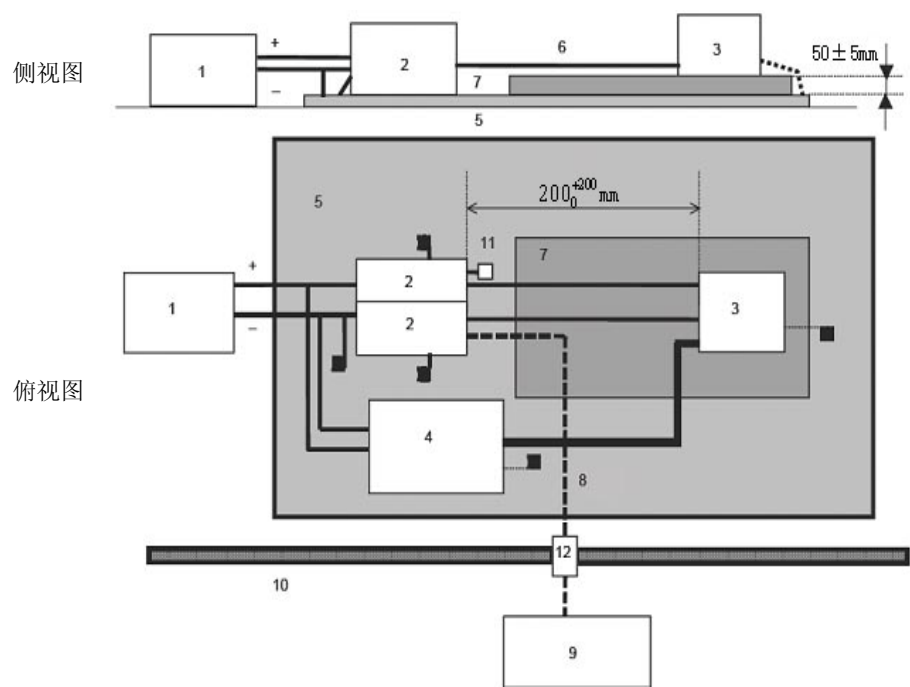
电压法可以用于考核沿电源线传播的骚扰信号的特性。电流探头法可以用于考核沿信号线或控制线传播的骚扰信号的特性。

4.3 电压法

4.3.1 试验布置

a) 被测器件应置于介电常数 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 的绝缘板上，且被测器件应在接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ；

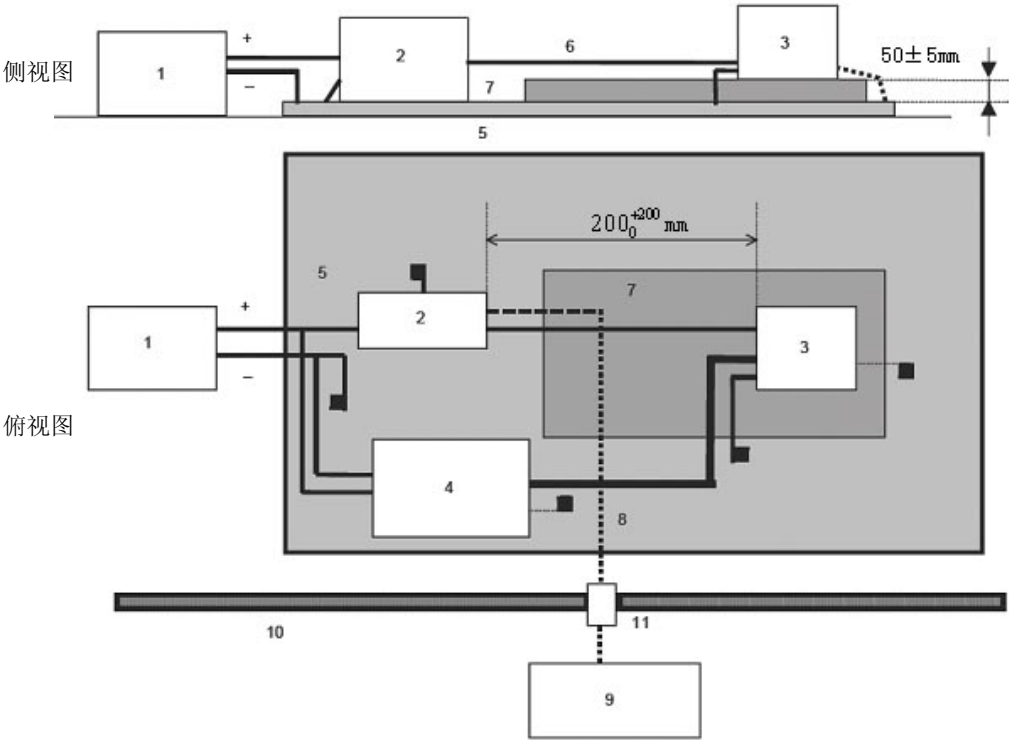
- b) 被测器件、线束和辅助设备等的边缘应距接地平板边缘至少 100mm;
- c) 被测器件和人工电源网络间的电源线长度为 200_0^{+200} mm, 且被测器件线束也应是用绝缘板置接地平板上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$;
- d) 辅助设备应直接置于接地平板上, 若辅助设备过大则将其通过线束与接地平板相连接; 辅助设备应直接与电源相连, 无需通过人工电源网络;
- e) 被测器件应与真实负载连接并且应在最强的骚扰状态下工作;
- f) 被测器件远端接地 (电源回线超过 200mm) 时, 按图 1 进行布置; 需要对电源线和电源回线分别进行测试;



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) 50 Ω 负载; 12) 墙壁连接器。

图 1 传导骚扰-被测器件远端接地布置示意图

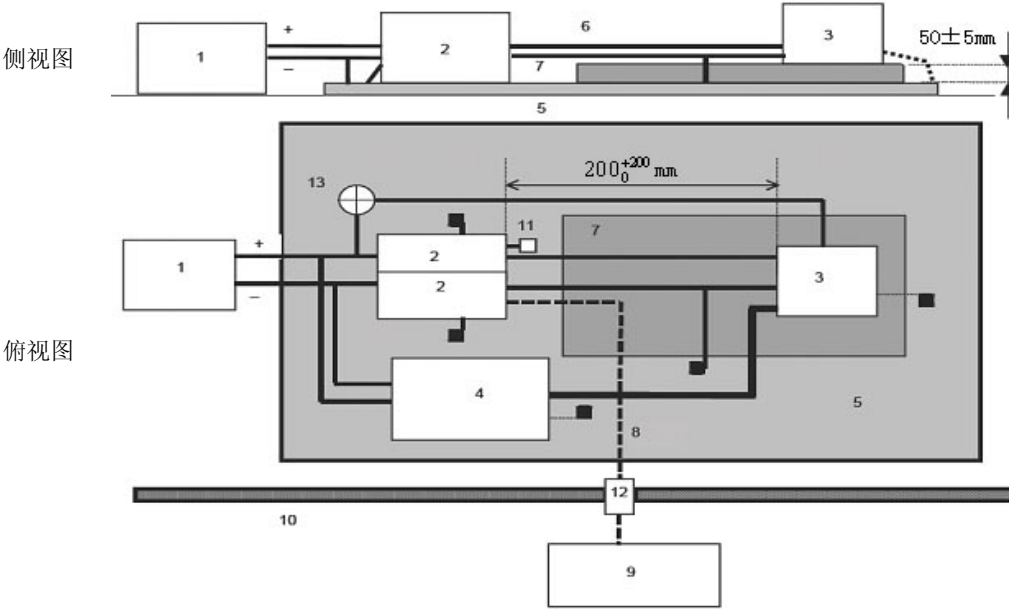
- g) 被测器件近端接地 (电源回线不超过 200mm) 时, 按图 2 进行布置; 只需要对电源线进行测试;



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-被测器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

i) 当被测器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 试验限值

传导骚扰电压法试验限值见表 1 和表 2，表中所列限值对 QBYDQ-AF01. 706. 1—2010 表 4 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）

等级	限值 / dB μ V																	
	0.15~0.3		0.53~1.8		5.9~6.2		26~28		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
1	110	97	86	73	77	64	68	55	68	55	58	55	58	—	58	49	62	49
2	100	87	78	65	71	58	62	49	62	49	52	49	52	—	52	43	56	43
3	90	77	70	57	65	52	56	43	56	43	46	43	46	—	46	37	50	37
4	80	67	62	49	59	46	50	37	50	37	40	37	40	—	40	31	44	31
5	70	57	54	41	53	40	44	31	44	31	34	31	34	—	34	25	38	25
注：（1）表中等级 1 为强制性测试等级，其余等级为推荐性测试等级； （2）频率的单位为 MHz； （3）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）

等级	限值 / dB μ V								
	0.15~0.3	0.53~1.8	5.9~6.2	26~28	30~41	41~54	54~68	68~88	88~108
	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV
1	90	66	57	48	48	48	48	42	42
2	80	58	51	42	42	42	42	36	36
3	70	50	45	36	36	36	36	30	30
4	60	42	39	30	30	30	30	24	24
5	50	34	33	24	24	24	24	18	18
注：（1）表中等级 1 为强制性测试等级，其余等级为推荐性测试等级。 （2）频率的单位为 MHz； （3）AV 表示平均值。									

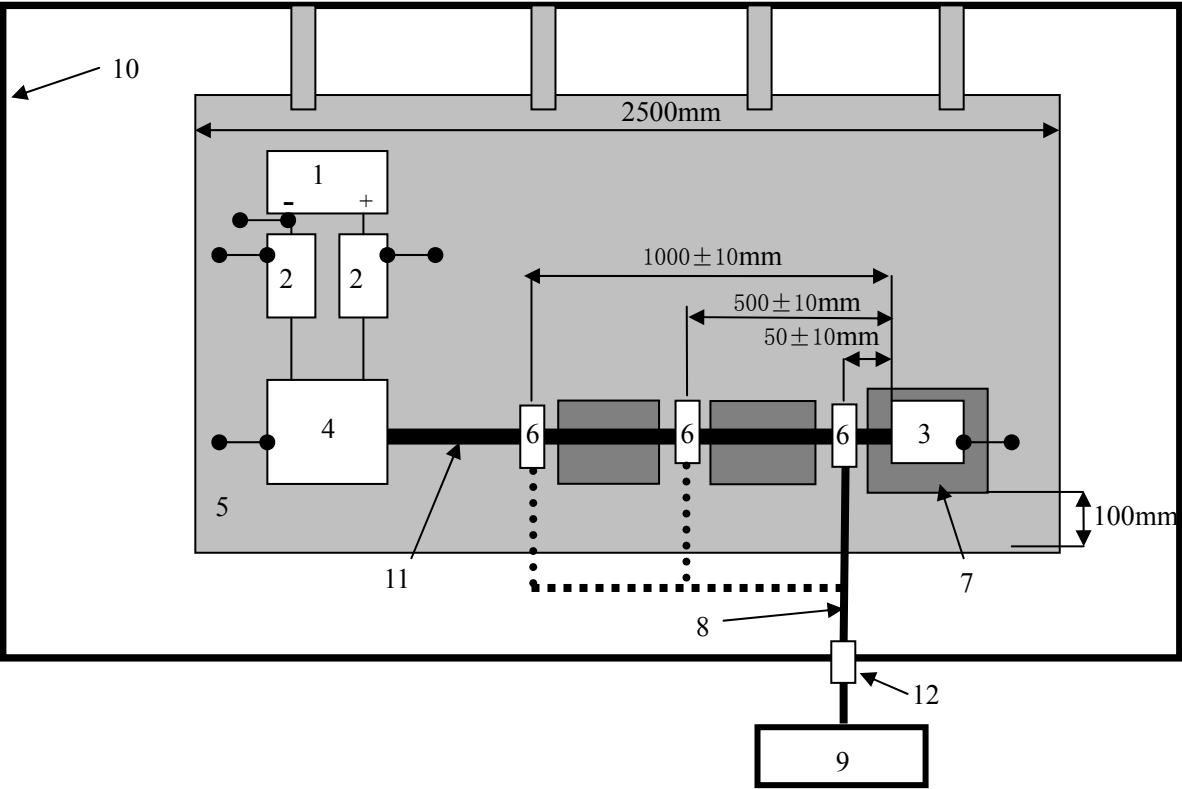
4.4 电流探头法

4.4.1 试验布置

- a) 被测器件将会被放置于介电常数（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）的绝缘板上，且被测器件应在接地平板上 50mm ± 5mm；
- b) 被测器件和全部测试布置的边缘应距接地平板边缘至少 100mm；
- c) 被测线束长度为 1500mm ± 75mm，且被测器件线束也应是用绝缘板置接地平板上 50mm ± 5mm；
- 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；
- e) 被测器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	距被测器件 50mm ± 10mm
30MHz~108MHz	距被测器件 500mm ± 10mm
	距被测器件 1000mm ± 10mm



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) 电流探头； 7) 绝缘板； 8) 双层屏蔽电缆； 9) 接收机； 10) 屏蔽室； 11) 被测线束； 12) 墙壁连接器。测试台高 900 mm±100 mm。

图 4 传导骚扰-电流探头法测试布置示意图

4.4.2 试验限值

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）

等级	限值 / dB μ A																	
	0.15~0.3		0.53~1.8		5.9~6.2		26~28		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
1	90	77	58	45	43	30	34	21	34	21	24	21	24	-	24	15	28	15
2	80	67	50	37	37	24	28	15	28	15	18	15	18	-	18	9	22	9
3	70	57	42	29	31	18	22	9	22	9	12	9	12	-	12	3	16	3
4	60	47	34	21	25	12	16	3	10	3	6	3	6	-	6	-3	10	-3
5	50	37	26	13	19	6	10	-3	4	-3	0	-3	0	-	0	-9	4	-9
注：（1）表中等级 1 为强制性测试等级，其余等级为推荐性测试等级； （2）频率的单位为 MHz； （3）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）

等级	限值 / dB μ V								
	0.15~0.3	0.53~1.8	5.9~6.2	26~28	30~41	41~54	54~68	68~88	88~108
	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV	AV
1	70	38	23	14	14	14	14	8	8
2	60	30	17	8	8	8	8	2	2
3	50	22	11	2	2	2	2	-4	-4
4	40	14	5	-6	-6	-6	-6	-10	-10
5	30	6	-1	-10	-10	-10	-10	-16	-16
注：（1）表中等级 1 为强制性测试等级，其余等级为推荐性测试等级； （2）频率的单位为 MHz； （3）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—2008 制定。

5.2 适用范围和试验目的

本测试的目的是评估由于 EUT 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。

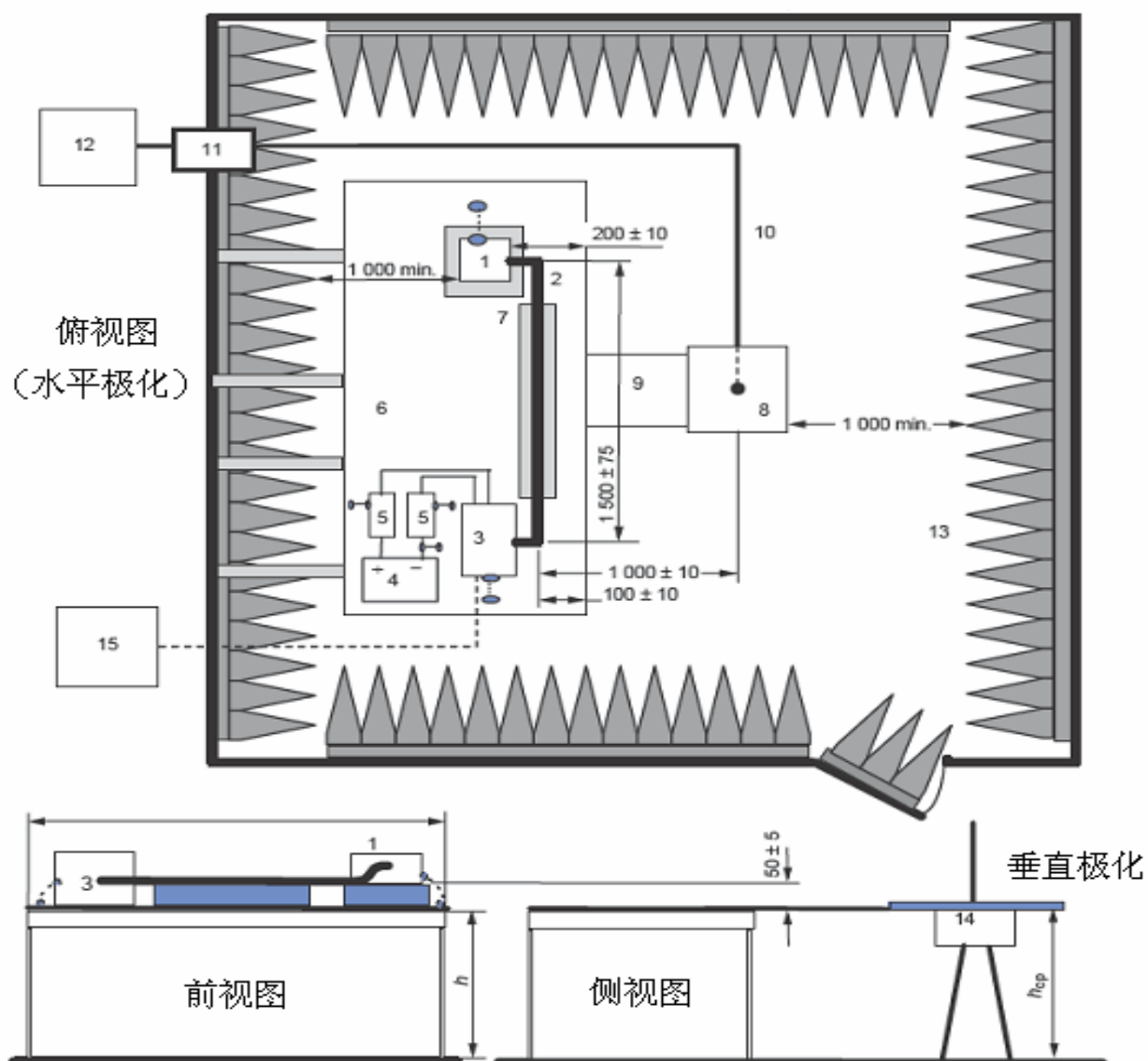
5.3 试验布置及试验方法

- a) 被测器件将会被放置于介电常数（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）的绝缘板上，且被测器件应在接地平板上 50mm \pm 5mm；
- b) 被测线束应距接地平板边缘 100mm \pm 10mm；
- c) 被测线束总长 \leq 2000mm，其中与测试台边缘平行的部分被测线束长度为 1500 mm \pm 75mm，且被测器件线束也应是用绝缘板置接地平板上 50mm \pm 5mm；
- 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；
- e) 被测器件应与真实负载连接并且应在最强的骚扰状态下工作；
- f) 天线参考点与被测线束之间的距离为 1000mm \pm 10mm，天线（单极天线出外）参考点应位于接地平板上 100mm \pm 10mm 处；
- g) 天线参考点选择见表 6；

表 6 参考点选择表

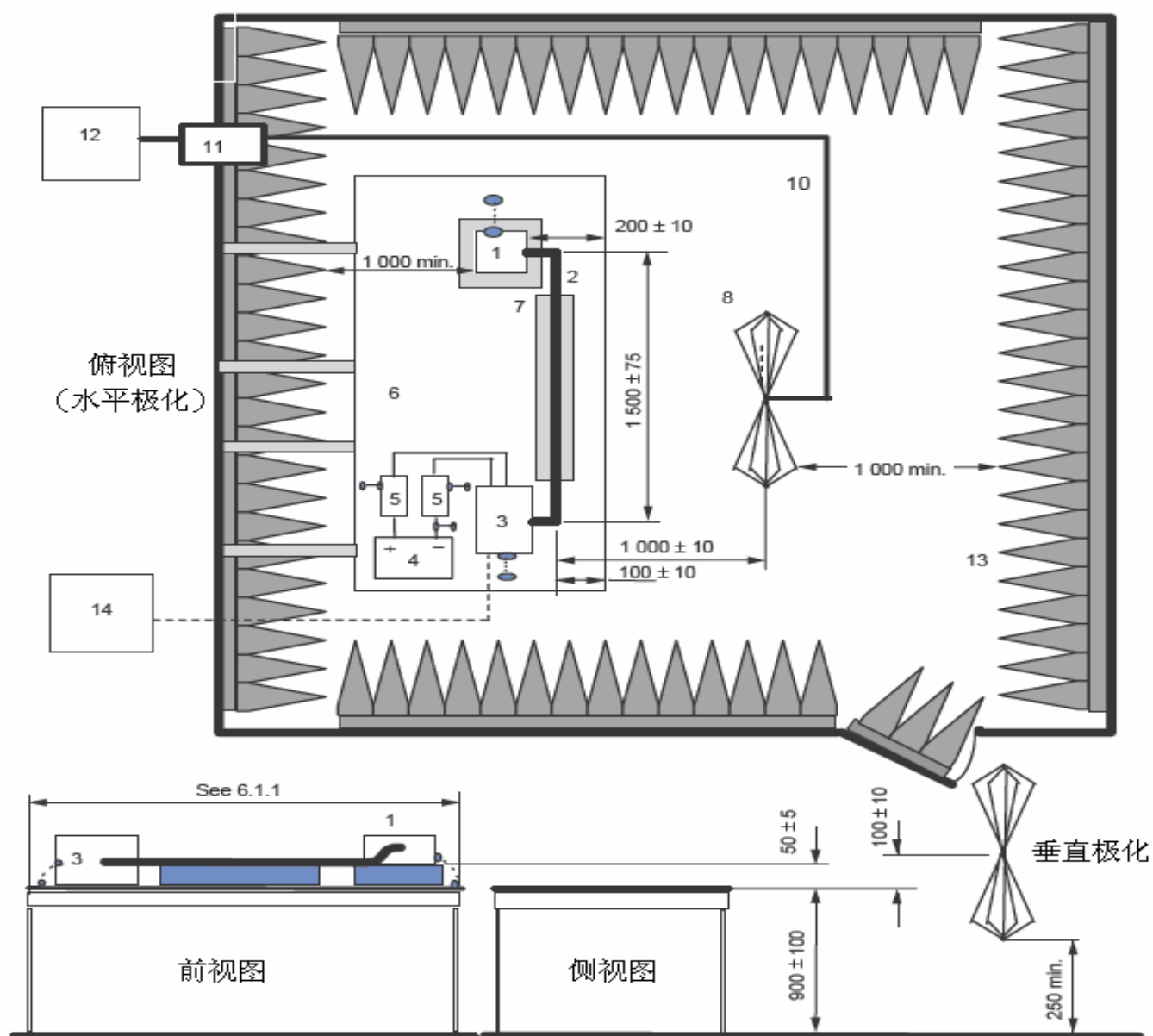
天线	参考点	天线	参考点
单极天线	单极垂直部分	双锥天线	天线中心点/相位中心
对数周期天线	天线尖端	喇叭天线	天线前部平面

- h) 150 kHz~30 MHz 只进行垂直极化方向测试，30 MHz~2.5 GHz 进行垂直和水平极化方向测试；对于频率 \leq 1000MHz，场接收天线应该定位于连接线中央的前面；对于频率 1000MHz 以上，天线应该平行于地面前边朝向 DUT 移动 750mm，天线的中央应该直接定位于 DUT 而不是连接线的中央；
- I) 零部件辐射骚扰试验布置示意图见图 5、图 6、图 7 和图 8。



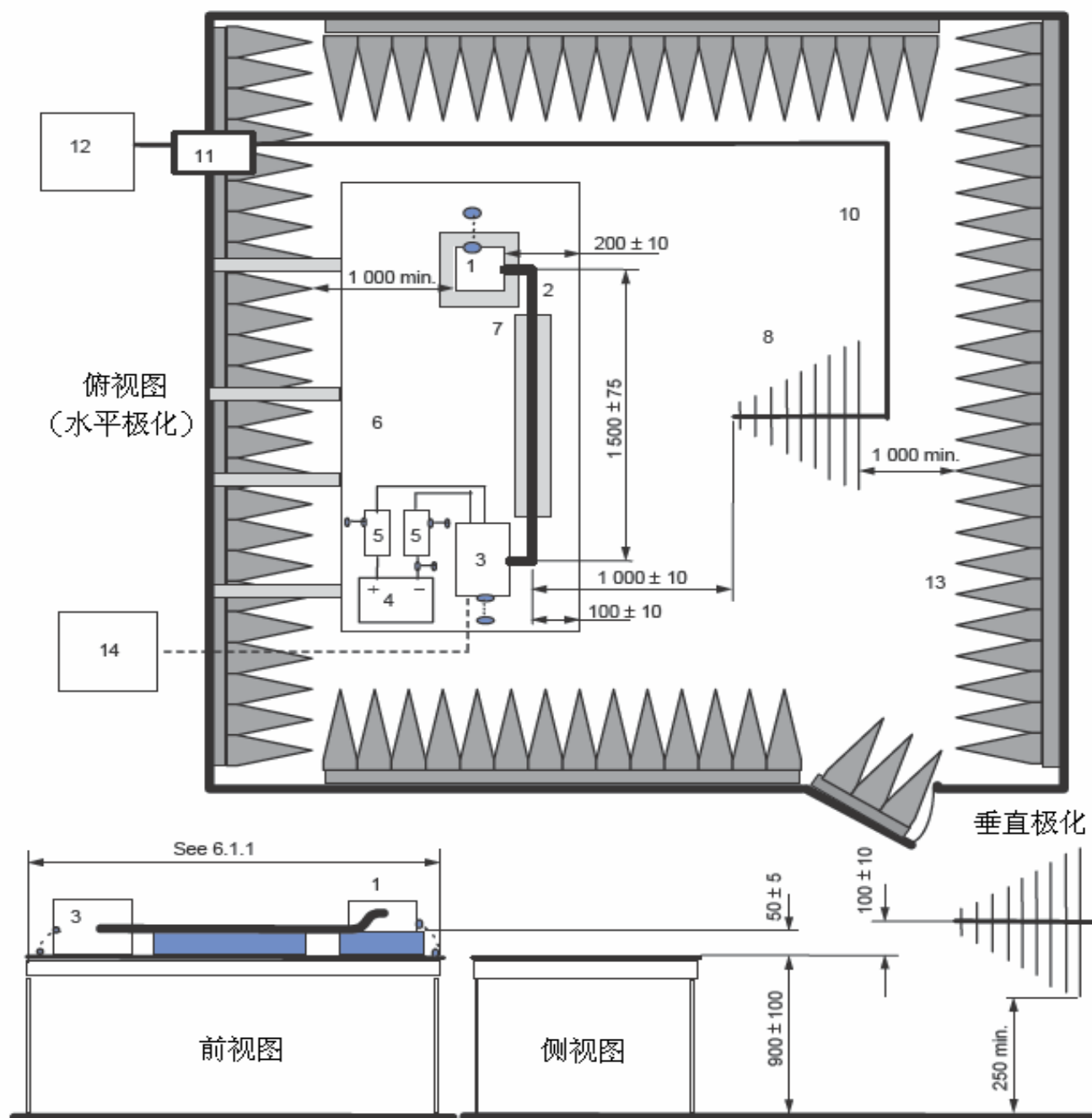
注：1) 被测器件（必要时需近端接地）； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板； 8) 1m 单极棒天线（包含 600cm×600cm 接地平板，h=900±50mm，h_{cp}=h±10mm）； 9) 接地搭接板； 10) 双层屏蔽电缆； 11) 墙壁连接器； 12) 接收机； 13) 半电波暗室； 14) 天线匹配单元； 15) 监视系统。

图 5 零部件辐射骚扰试验-单极天线布置示意图



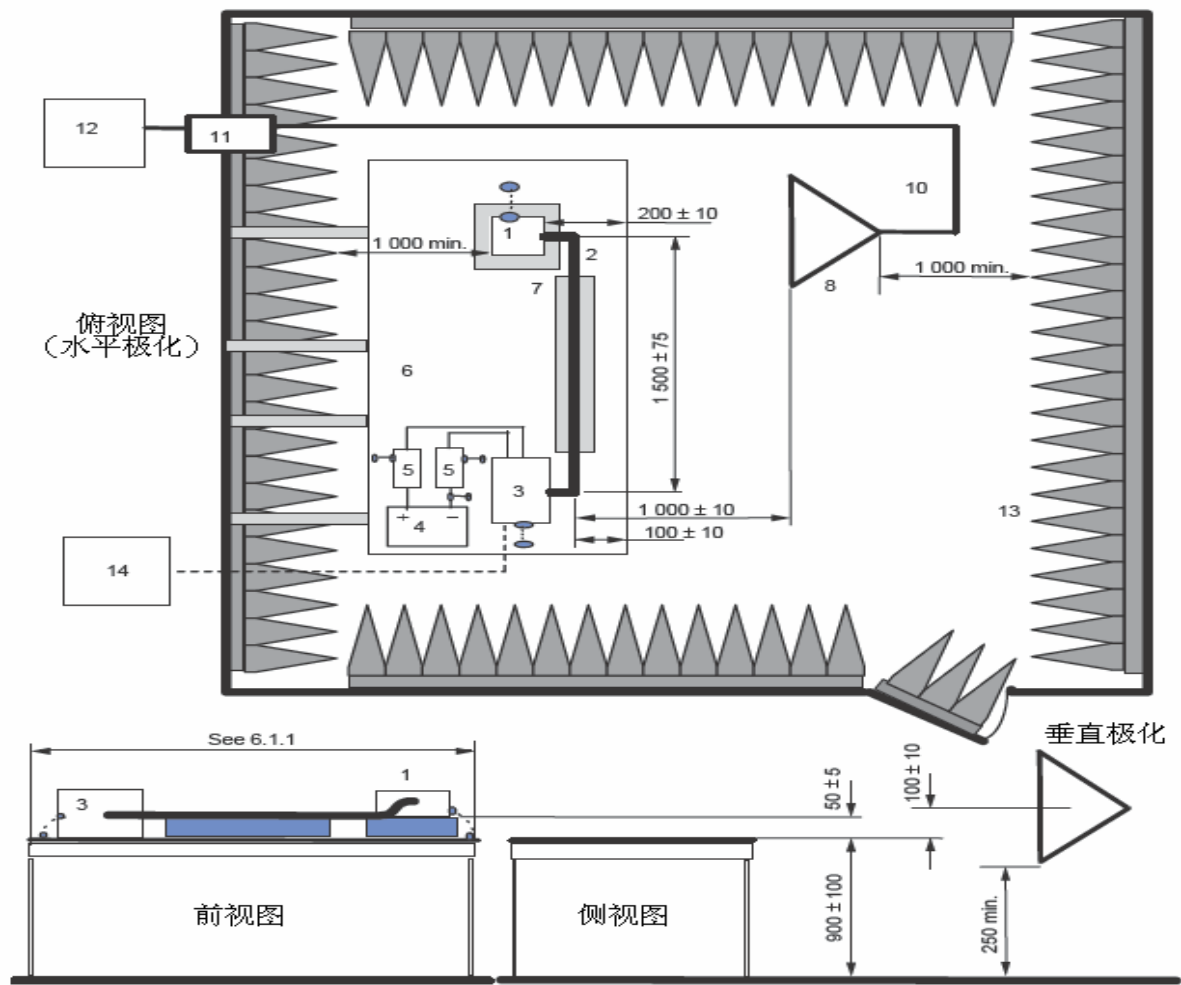
注：1) 被测器件（必要时需近端接地）； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电源； 5) 人工电源网络； 6) 接地平板； 7) 绝缘板； 8) 双锥天线； 10) 双层屏蔽电缆； 11) 墙壁连接器； 12) 接收机； 13) 半电波暗室； 14) 监视系统。

图 6 零部件辐射骚扰试验-双锥天线布置示意图



注：1) 被测器件（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 零部件辐射骚扰试验-对数周期天线布置示意图



注：1) 被测器件（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 零部件辐射骚扰试验-喇叭天线布置示意图

5.4 试验限值

零部件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）

频带（MHZ）	接收机末端的骚扰电压 dBμV									
	等级 1		等级 2		等级 3		等级 4		等级 5	
	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
0.15~0.3	86	73	76	63	66	53	56	43	46	33
0.53~1.8	72	59	64	51	56	43	48	35	40	27
5.9~6.2	64	51	58	45	52	39	46	33	40	27
26~28	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

表 7（续） 辐射骚扰限值（峰值和准峰值）

频带（MHz）	接收机末端的骚扰电压 dB μ V									
	等级 1		等级 2		等级 3		等级 4		等级 5	
	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
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	—
1567~1583	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
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）

频带（MHz）	接收机末端的骚扰电压 dB μ V				
	等级 1	等级 2	等级 3	等级 4	等级 5
0.15~0.3	66	56	46	36	26
0.53~2	52	44	36	28	20
5.9~6.2	44	38	32	26	20
26~28	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

表 8（续） 辐射骚扰限值（平均值）

频带（MHz）	接收机末端的骚扰电压 dB μ V				
	等级 1	等级 2	等级 3	等级 4	等级 5
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
1567~1583	34	28	22	16	10
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：1）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。

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—2005 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 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 测试频率步进

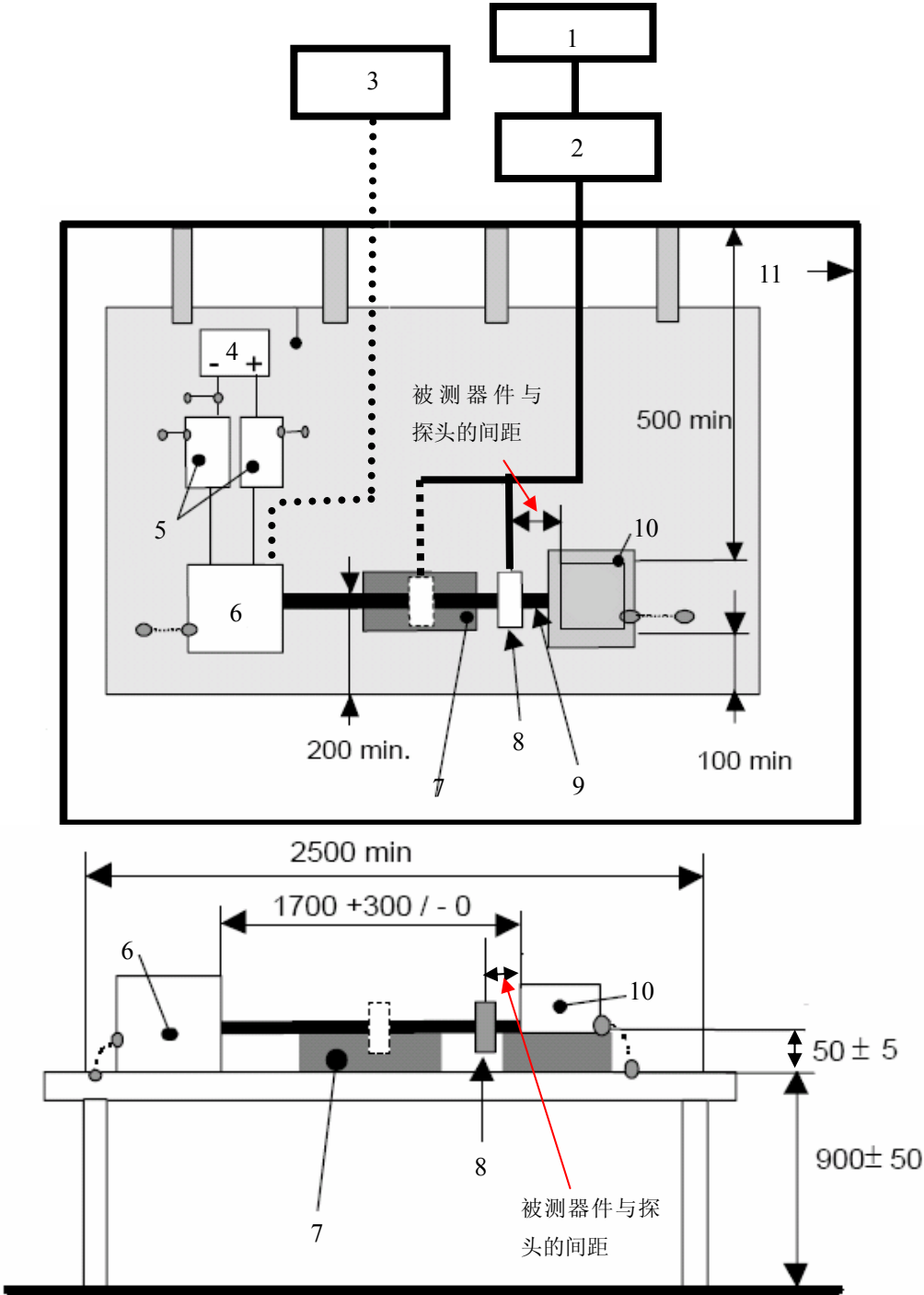
频率范围（MHz）	步进频率（MHz）
1-30	0.5
30-200	2
200-400	5

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扰性试验的一种方法。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扰性试验。被测器件放置在接地平板之上。

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) 被测器件； 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

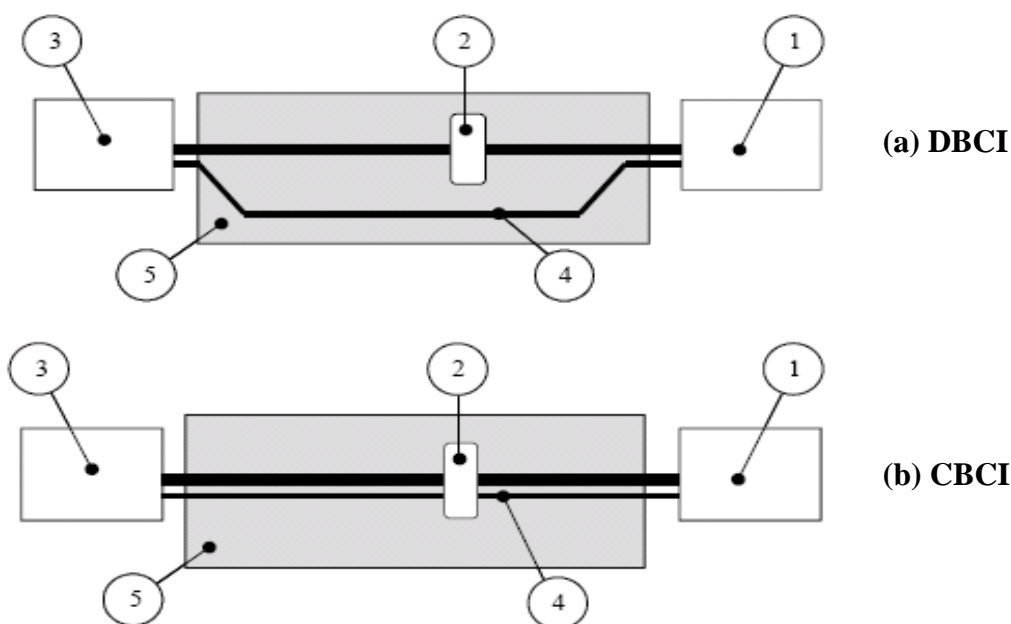
注入探头应安装在一个标定架上、在扫描全频率范围时，监测表 10 中规定的电流所需要的功率。这种方法标定了试验前射频电流注入系统预定功率和电流的关系。当用标定时所用电缆连接被测器件时，正是这个预定功率将施加到注入探头里。应注意，监测到的用于注入探头的功率为正向功率。

6.4.3 被测器件的安装

如果 DUT 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 DUT 安装

并接到接地平板上。如果 DUT 外壳在车上没有接地, 那么将 DUT 放在一个高出接地平板 50mm 的绝缘支架上。如果对此不确定的话, 那么应在两种配置下测试 DUT。

- 在 1MHz~30MHz 频率范围内, 如果 DUT 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 DUT 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, DUT 布线的所有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) 被测器件; 2) 大电流注入探头; 3) 辅助设备; 4) 电源地线; 5) 绝缘板。

图 10 BCI 测试连接线布置示意图

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器件, 连接线束应连于人工网络 (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, 还应包括电源返回线;
- 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, 否则被测器件在该长度上的导线应在人工网络处断开。

6.4.5 测试程序

- a) 正向功率应该作为校准和实际 DUT 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表 10 中规定的调制进行测试;
- c) 在 1MHz~30MHz 频率范围内, 探头应放置于以下二个位置并分别测试:
 - 距被测器件 $150\text{mm} \pm 10\text{mm}$;
 - 距被测器件 $450\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。
- d) 在 30MHz~400MHz 频率范围内, 探头应放置于以下二个位置并分别测试:
 - 距被测器件 $450\text{mm} \pm 10\text{mm}$;
 - 距被测器件 $750\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。
- e) 测试期间执行的 DUT 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

频段	频率范围 (MHz)	等级 1 (dBuA)	等级 2 (dBuA)	调制类型
1	1-15	64-100	70-106	CW, AM 80%
2	15-30	100	106	CW, AM 80%
3	30-400	100-90	106-96	CW, AM 80%

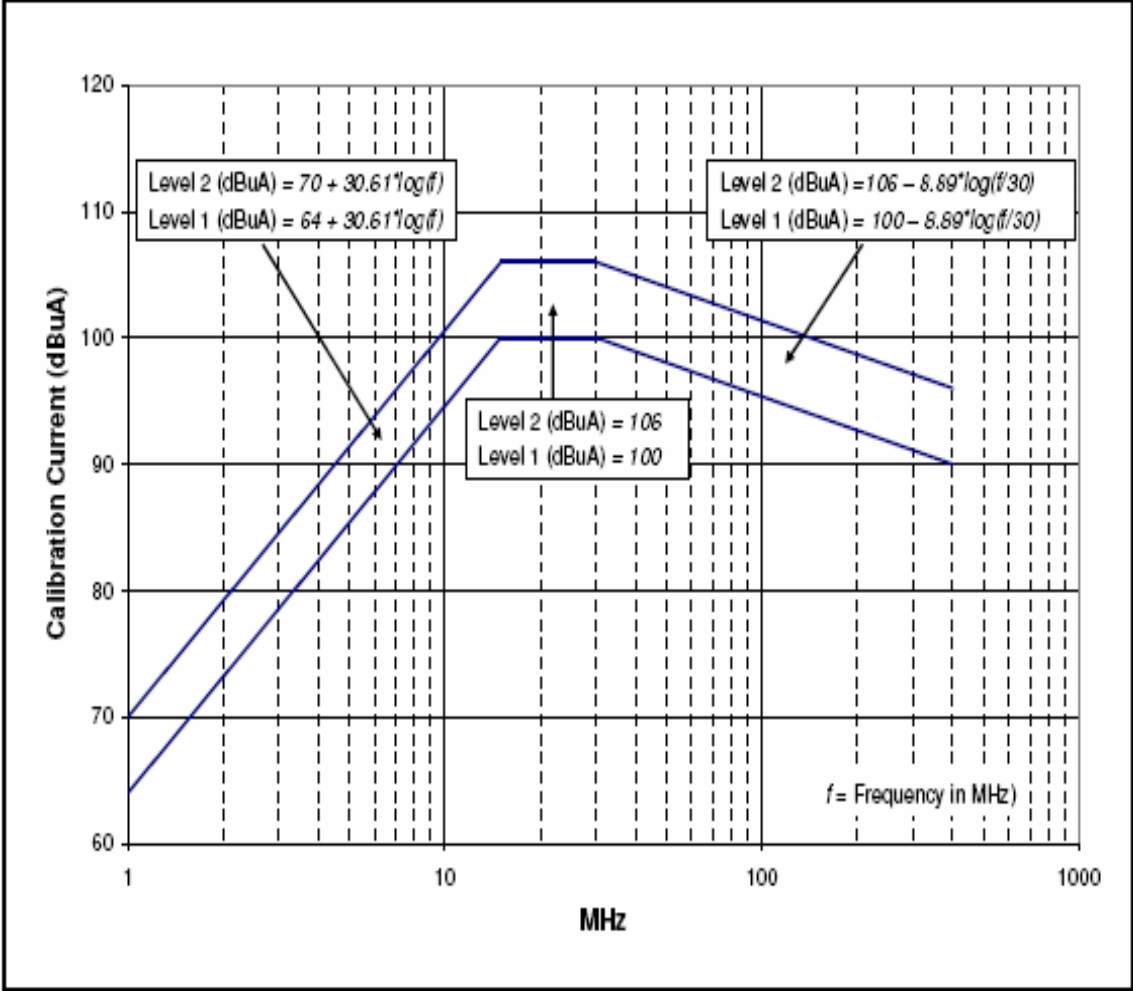


表 11 试验判定标准

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

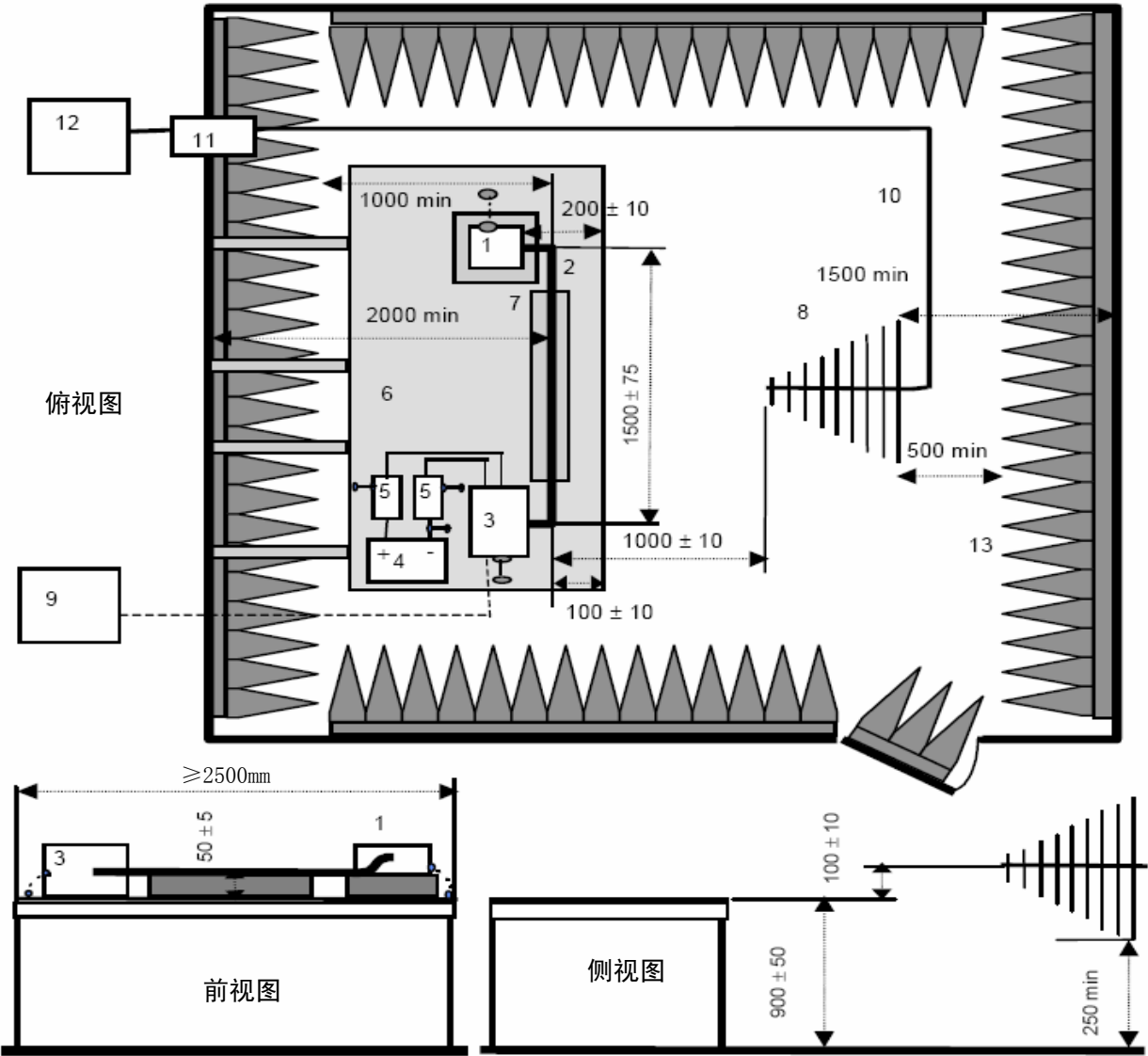
该试验方法是将被测器件暴露于由天线产生的辐射电磁场中进行试验。测试可按照下列任一方法进行：1) ALSE 法 (ISO 11452-2)，2) 混响室法 (IEC 61000-4-21)。混响室法是将天线发射的射频波经过大型搅拌器和内反射体的多次反射，在屏蔽体的有效测试区域内产生很强的动态场强，对 DUT 进行动态场强的干扰，适合于 1200MHz~1400MHz、2700MHz~3100MHz 频段雷达波的测试。

7.4.1 ALSE 方法测试确认和测试装置

- a) 被测器件及其连接线束（总长度 $\leq 2000\text{mm}$ ，被测部分长度为 $1500\text{mm} \pm 75\text{mm}$ ）应置于木质或等效的非导电桌上 $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 处。然而，如果被测器件与车辆的金属车体有电气搭接，那么搭接部分应放在接地平板上并电气搭接于接地平板。接地平板应为厚度 $\geq 0.5\text{mm}$ 的金属板。接地平板的最小尺寸取决于被测器件的大小，并应有足够空间布置被测器件的连接线束和零部件。接地平板应与接地系统的保护导体连接。接地平板应位于测试试验室地面以上 $900\text{mm} \pm 100\text{mm}$ 高处，并平行于该地面。被测器件应按要求装配和连接。电源供电线束应沿着离天线最近的接地平板或桌子边缘布线并限制在 100mm 之内；
- b) 天线的相位中心应位于被测器件放置的接地平板之上至少 $100\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。天线的任何发射部分到试验室地面的距离 $\geq 250\text{mm}$ 。场发生装置的辐射部分距辐射吸波材料 $\geq 0.5\text{m}$ ，距屏蔽室墙壁 $\geq 1.5\text{m}$ 。在发射天线和被测器件之间不应放有吸波材料；
- c) 对于频率 $\leq 1000\text{MHz}$ ，场发生天线应该定位于连接线主要部分中点 1m 处（见图 12）；对于频率 1000 MHz 以上，喇叭天线应该平行于地面前边朝向 DUT 移动 750mm，天线的中心应该直接定位于 DUT 上而不是连接线的中央（见图 13）；
- d) 被测器件和所有其它导电结构之间的最小距离应为 1.0m（除被测物体下的接地平板以外），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并进行相应搭接。试验样品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网络 (AN) 加到被测器件；
- f) 应用“替代法”建立试验场：在每个要求的试验频率，向场发生装置输入一定等级的功率以使在参考点（在被测器件不存在的情况下）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器件测试，除非试验室或设备发生变化时，才有必要重复这一程序；
- g) 将包括一个附加接地平板的被测器件放入试验室中，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电气搭接。

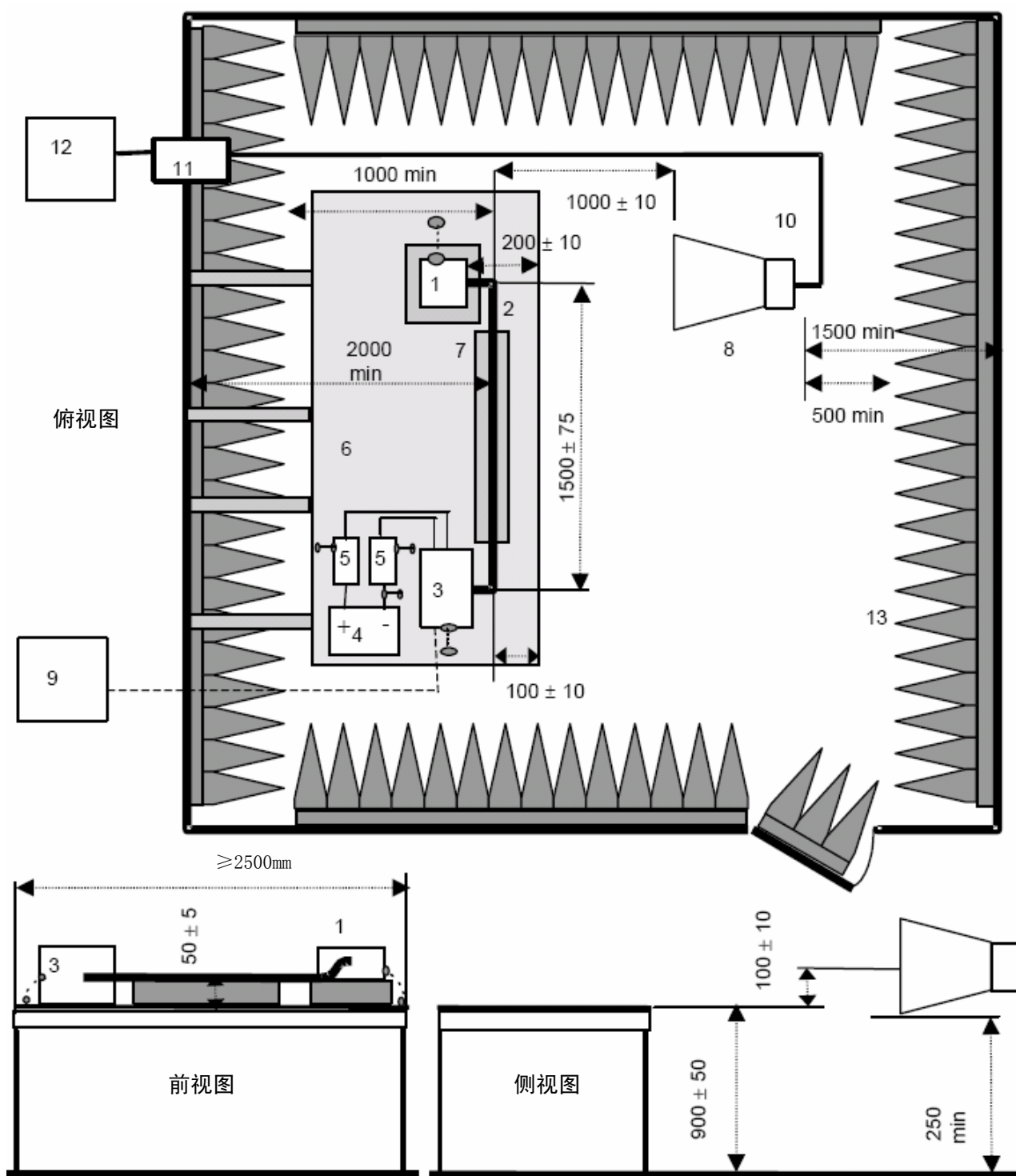
7. 4. 2 ALSE 法测试程序

- a) 正向功率应该作为校准和实际 DUT 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;
 - 400MHz~800MHz 采用 CW, AM 80%的调制脉冲进行测试;
 - 800MHz~2000MHz 采用 CW, 脉冲 PRR=217Hz PD=0. 57msec 调制脉冲进行测试;
 - 1200MHz~1400MHz, 2700MHz~3100MHz 采用脉冲 PRR=300Hz PD=3usec 雷达波脉冲进行测试。



注：1) 被测器件； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电池； 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) 被测器件； 2) 被测线束； 3) 辅助设备； 4) 电池； 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)

- c) 所有调制停留时间（即：每一调制类型，RF 施加的时间）应该至少 2s；
- d) 测试应该使用水平和垂直两种天线极化进行；
- e) 在 $\geq 1000\text{MHz}$ 测试频率时，DUT 应该至少在三个相互垂直方向进行测试；
- f) 测试期间执行的 DUT 应处于正常工作模式下。

7.4.3 混响室法测试确认和测试装置

- a) 混响室应该足够大，以使 DUT 可在室内工作体积中测试。机械调谐器应该相对总室大小尽可能大（至少最小室尺寸的四分之三）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；
- b) 电场探测器应该能够读和报告三个相互垂直的轴。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；
- c) DUT 应该离室壁，调谐器，发射天线和接收天线至少 250mm。连接线总长度应该为 1700mm（+300/-0mm）。连接线与 DUT 和测试治具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（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）；
- d) 来自 DUT 的电源返回应该直接连接到电池负端。如果 DUT 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 DUT 外壳到电池负端。接地带应该为 1700mm（+300/-0mm）长，宽度不超过 13mm。如果 DUT 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

- a) 试验等级要求见表 13；
- b) 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 1 (V/m)	等级 2 (V/m)	调制类型
1	400-800	50	100	CW, AM 80% 脉冲 PRR=18Hz, PD=28mssec ⁽¹⁾
2	800-2000	50	70	CW, 脉冲 PRR=217Hz, PD=0.57msec
3	1200-1400	n/a	300 600 ⁽²⁾	脉冲 PRR=300Hz, PD=3usec ⁽³⁾ 限定每秒输出 50 个脉冲 ^(1, 2)
4	2700-3100	n/a	300 600 ⁽²⁾	

注：1) PM 调制限于 400MHz - 470MHz；
2) 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；
3) 当使用混响反射法进行测试时，PD 应扩大到 6uses。

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 GB/T 21437.2—2008 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（ $t_d \approx \mu s$ 范围），应使用人工网络与 DUT 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 DUT 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 $U_{max}=400V$ ；
- 持续最大电流 $I_{max}=25A$ ， $\Delta t < 1s$ 时 100A；
- 在 25A 时，电压降 $\Delta U < 1V$ ；
- 试验电压 $U_{A1}=13.5V$ ， $U_{A2}=27V$ ；
- 带 DUT，切换时间 $\Delta t_s=300ns \pm 20\%$ ；
- $R=0.6\Omega$ ， $L=50\mu H$ （1kHz）；
- 触发器，外部和内部；
- 开关应具有短路的能力。

c) 示波器

最好使用数字示波器（最小单行程扫描采样频率为 2GS/s，带宽为 400MHz，输入灵敏度至少为 5mV/刻度。）如果没有数字示波器，可使用模拟长余辉同步示波器，应满足下列最低要求：

- 带宽：从直流到至少 400MHz；
- 记录速度：至少 $100cm/\mu s$ ；
- 输入灵敏度：至少 5mV/刻度；
- 存储深度至少为 2M。

可以使用示波器照相记录仪或任何其他合适的记录装置。

d) 电压探头

电压探头的特性如下：

- 衰减：100/1；
- 最大输入电压：至少 1kV；
- 输入阻抗 Z 和 C ，按照表 15 规定；
- 电压探头最大长度：3m；
- 电压探头地线最大长度：0.13m；

—电压探头至少带宽 100MHz。

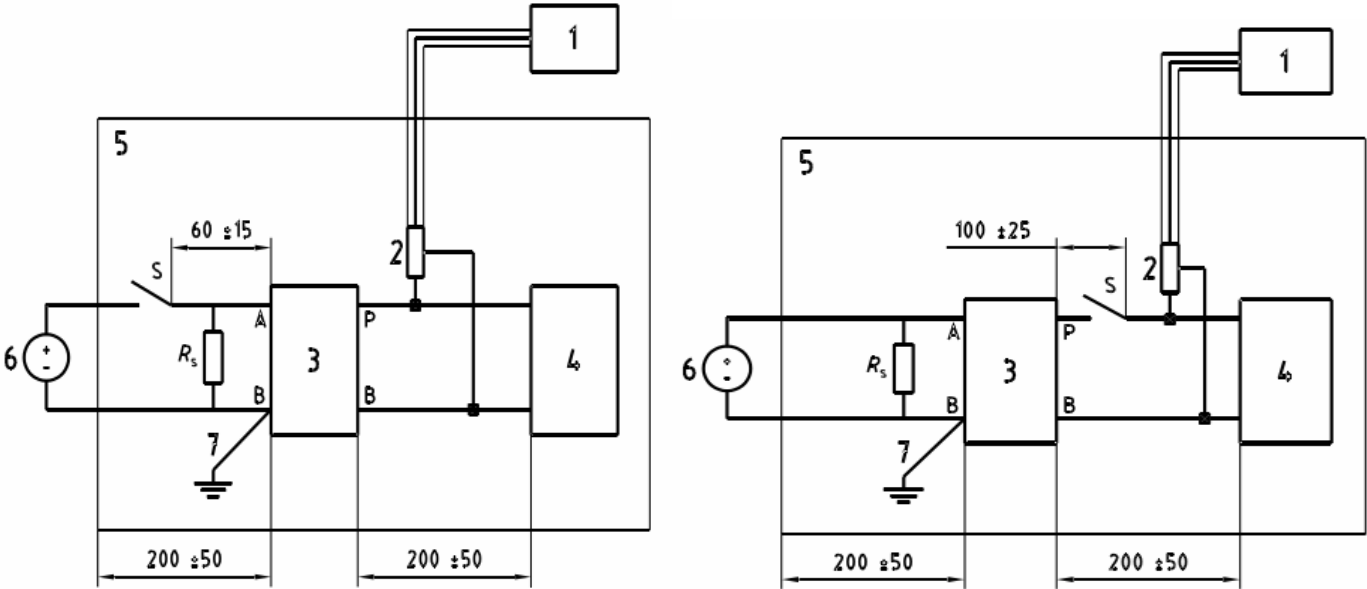
表 15 电压探头参数表

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

8.4 试验布置及试验方法

试验时，试验设备和被测设备的摆置及线束的长度按照图 14 进行。

- a) 人工网络、开关和 DUT 之间的所有连接配线均应置于金属接地平板上方 50^{+10}_0 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 EUT 的工作电流，并在车辆制造商和供应商达成一致后确定。被测样品（EUT）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^{+10}_0 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 DUT 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) DUT 应该在断开、闭合以及在不同工作模式下进行测量。应将 DUT 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 DUT，并记录电压幅度。其它的瞬态参数，如上升时间、下降时间以及瞬态宽度也应记录下来。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) DUT（瞬态源）； 5) 接地平板； 6) 电源； 7) 接地线，长度小于 100mm。

图 14 瞬态发射测试布置图

8. 5 测试等级和瞬态骚扰限值

表 16 零部件瞬态骚扰限值

电源系统	脉冲极性	脉冲限值 (V)				
		I	II	III	IV	V
12V	正脉冲	*	100	75	50	25
	负脉冲	*	-150	-100	-50	-25
24V	正脉冲	*	200	150	100	50
	负脉冲	*	-600	-450	-300	-150

注：(1) *由汽车整车厂和零部件供应商协商确定；
(2) 第 II 为强制等级。

9 瞬态传导抗干扰试验

9. 1 参考标准

本部分参考 ISO 7637-2—2004、GB/T 21437. 2—2008 制定，凡是按本部分规定执行的产品均符合 ISO 7637-2—2004、GB/T 21437. 2—2008 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 DUT 对来自电源线干扰信号的抗干扰能力。

9. 3 试验要求

试验设备应符合 ISO 7637-2—2004 要求。

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。

根据实际情况，可以在施加试验脉冲期间和/或之后，对 DUT 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。

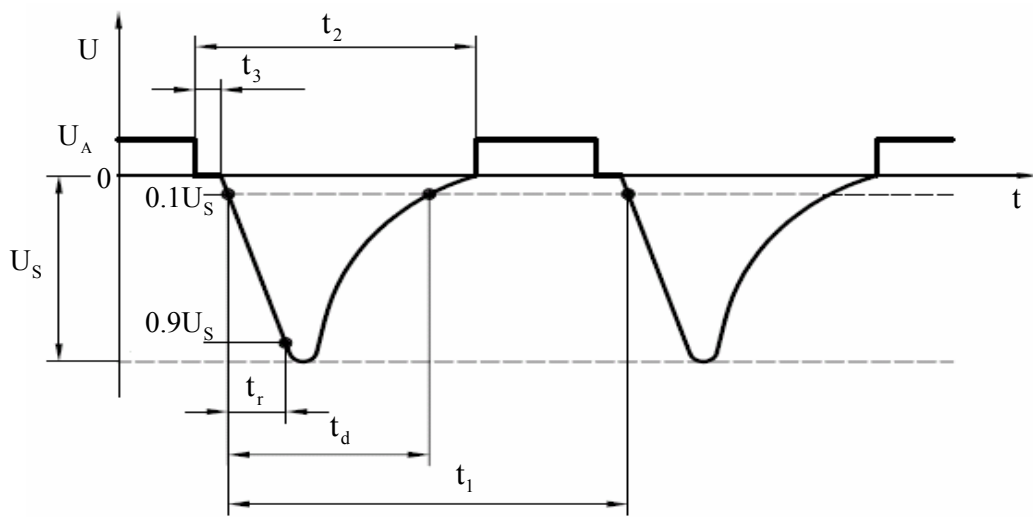


图 15 试验脉冲 1

表 17 试验脉冲 1 参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_A	$13.5V \pm 0.5V$	$27V \pm 1V$
U_S	$-75V \sim -100V$	$-400V \sim -600V$
R_i	$10\ \Omega$	$50\ \Omega$
t_d	$2ms$	$1ms$
t_r	$1_{-0.5}^0\ \mu s$	$3_{-1.5}^0\ \mu s$
t_1	$0.5s \sim 5s$	
t_2	$200ms$	
t_3	$<100\ \mu s$	
注：1) t_1 应保证在施加下一个脉冲前，被测器件被正确初始化： 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。

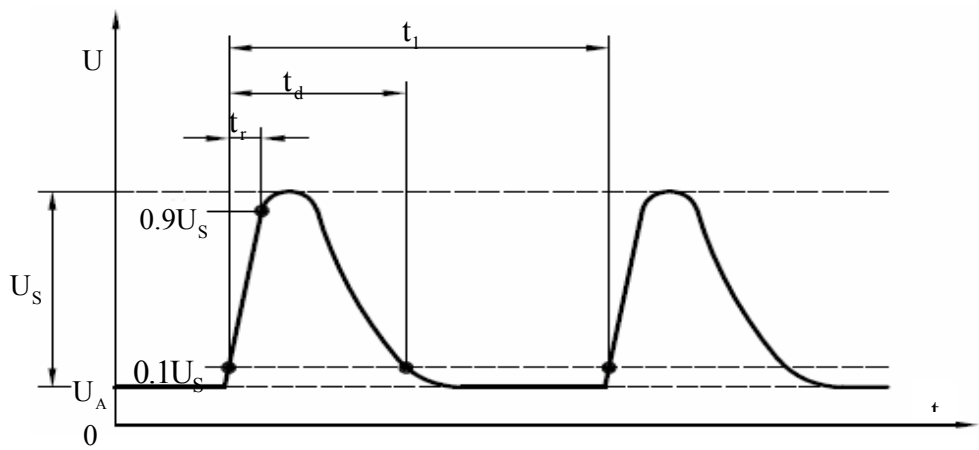


图 16 试验脉冲 2a

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~55V	
R_i	$2\ \Omega$	
t_d	0.05ms	
t_r	$(10^0_{-0.5})\ \mu s$	
t_l	0.2 s~5s	
根据开关的情况，重复时间 t_l 可短些。使用短的重复时间可以缩短试验时间。		

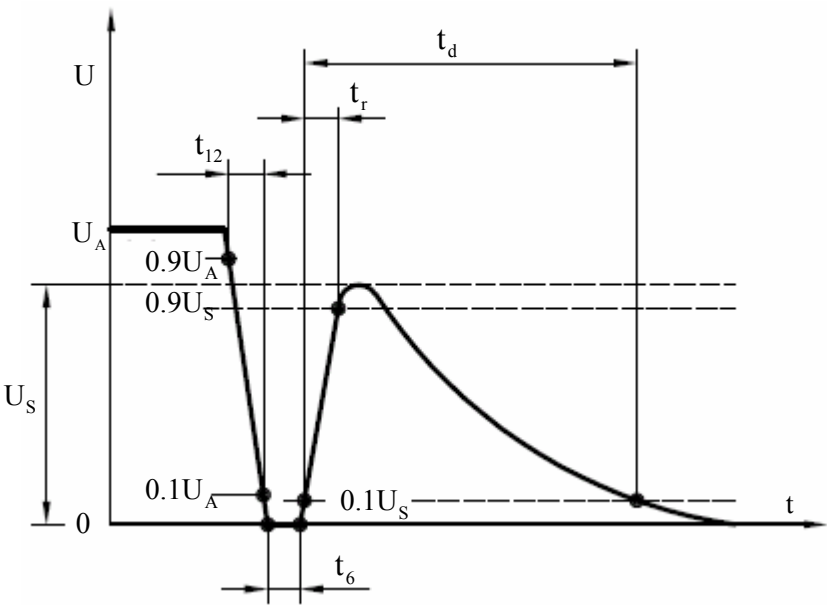


图 17 试验脉冲 2b

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。

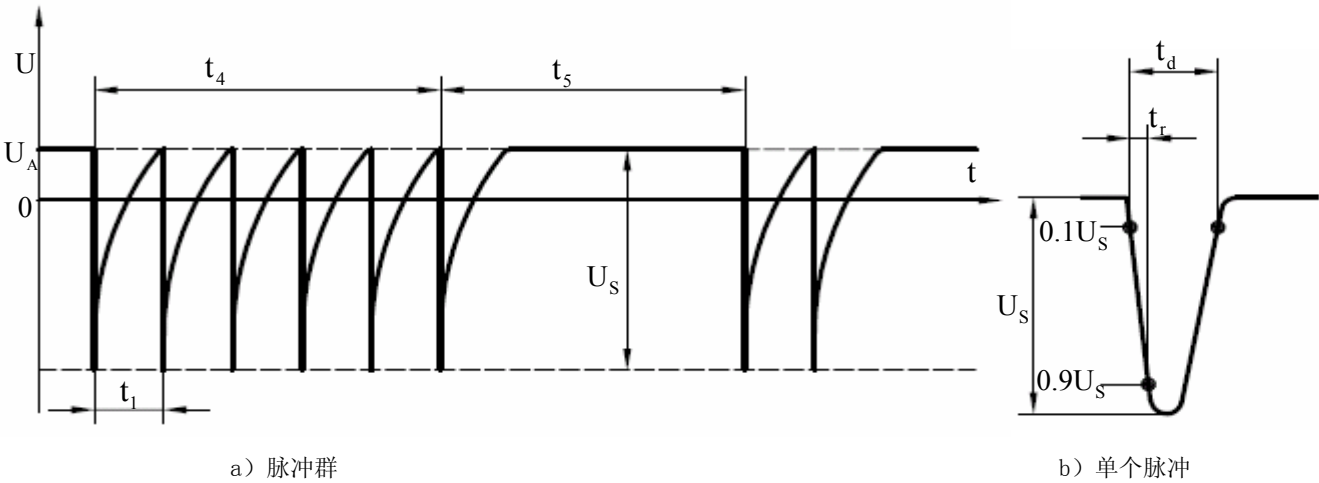


图 18 试验脉冲 3a

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	$-112V \sim -150V$	$-150V \sim -200V$
R_i	$50\ \Omega$	
t_d	$0.1^{+0.1}_0\ \mu s$	
t_r	$5ns \pm 1.5ns$	
t_1	$100\ \mu s$	
t_4	$10ms$	
t_5	$90ms$	

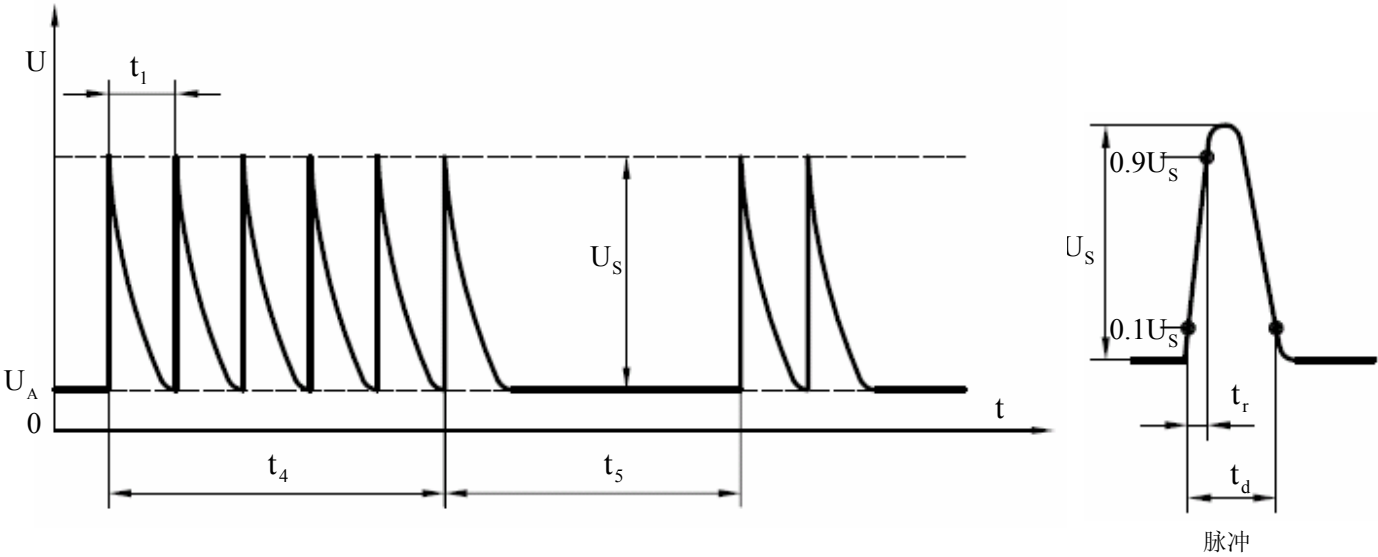


图 19 试验脉冲 3b

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	$+75V \sim +100V$	$+100V \sim +200V$
R_i	$50\ \Omega$	
t_d	$0.1^{+0.1}_0\ \mu s$	
t_r	$5ns \pm 1.5ns$	
t_1	$100\ \mu s$	
t_4	$10ms$	
t_5	$90ms$	

d) 试验脉冲 4。脉冲波形及参数见图 20 和表 22。

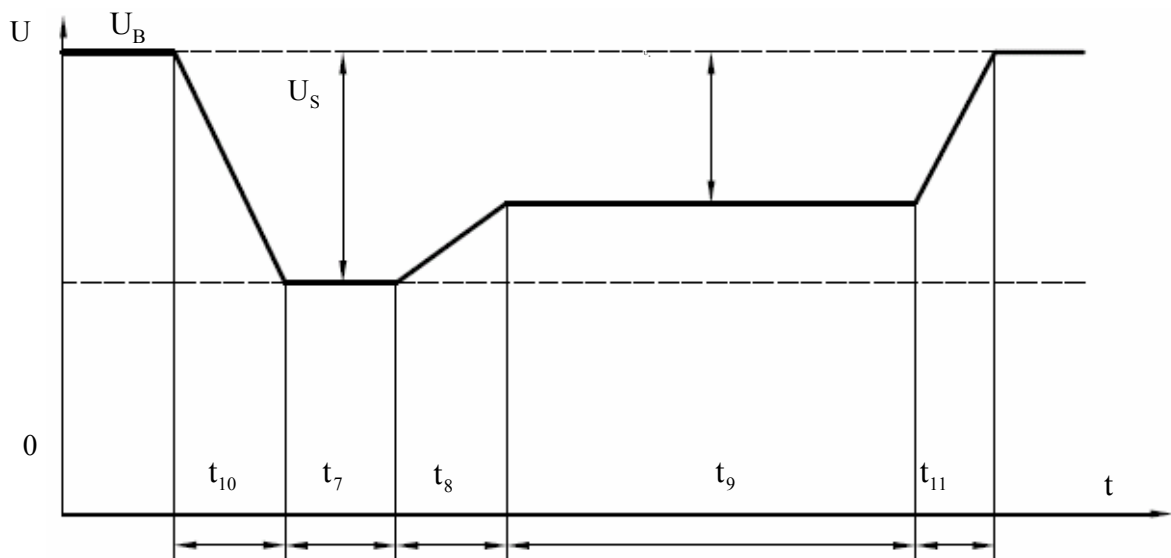


图 20 试验脉冲 4

表 22 试验脉冲 4 参数

参数	12V 系统	24V 系统
U_B	$12V \pm 0.2V$	$24V \pm 0.4V$
U_S	$-6V \sim -7V$	$-12V \sim -16V$
U_a	$-2.5V \sim -6V$, 且 $ U_a \leq U_S $	$-5V \sim -12V$, 且 $ U_a \leq U_S $
R_i	$0\Omega \sim 0.02\Omega$	
t_7	$15ms \sim 40ms$	$50ms \sim 100ms$
t_8	$\leq 50ms$	
t_9	$0.5s \sim 20s$	
t_{10}	$5ms$	$10ms$
t_{11}	$5ms \sim 100ms$	$10ms \sim 100ms$

1) $t_{11}=5ms$ 是曲轴转动后发动机起动时的典型值, $t_{11}=10ms$ 是曲轴转动后发动机起动时的典型值, $t_{11}=100ms$ 是发动机未起动时的典型值。

e) 试验脉冲 5a、5b。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。

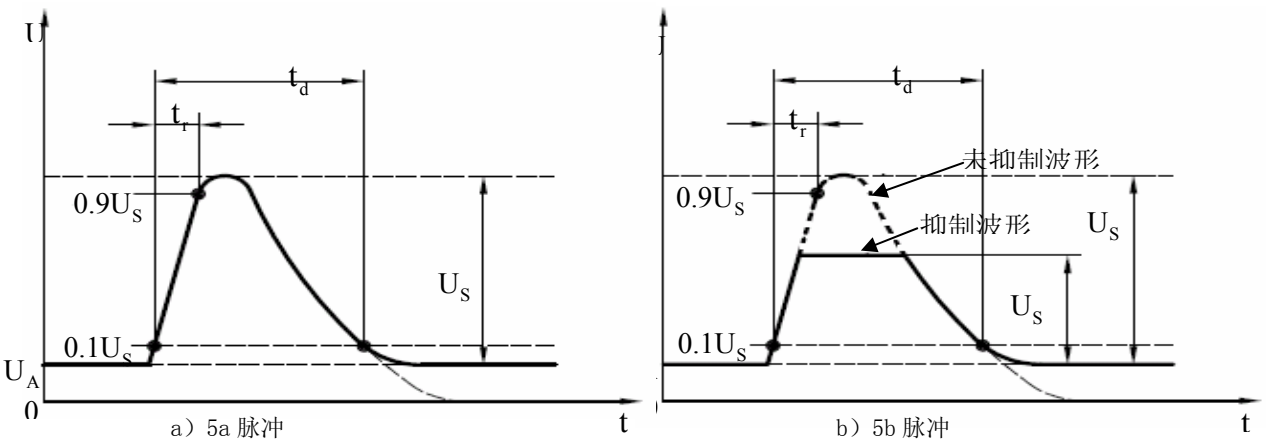


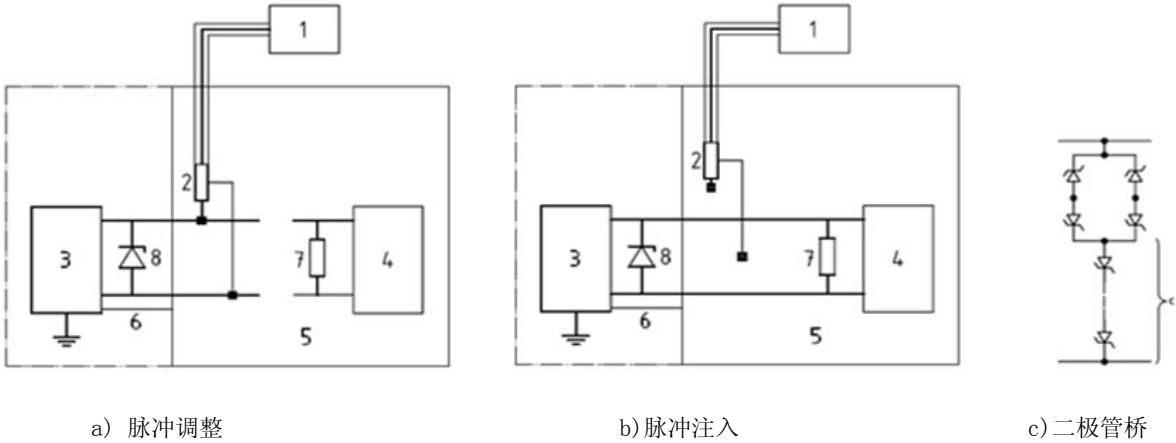
图 21 试验脉冲 5a 和 5b

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	$13.5V \pm 0.5V$	$27V \pm 1V$	$13.5V \pm 0.5V$	$27V \pm 1V$
U_S	$65V \sim 87V$	$123V \sim 174V$	$65V \sim 87V$	$123V \sim 174V$
U_S^*	/		25V	与研发部门商定
R_i	0.5Ω	$1 \Omega \sim 8 \Omega$	0.5Ω	$1 \Omega \sim 8 \Omega$
t_d	400ms	100ms~350ms	400ms	100ms~350ms
t_r	$10_{-5}^0 ms$			

9.4 试验布置

- a) 瞬态传导干扰试验设备布置见图 22。
- b) 在 DUT 和电阻 R_v 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 DUT 与脉冲发生器连接（见图 22b）。实际测试时，统一取消并联电阻 R_v 。对 R_v 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 DUT 之间的导线应平行布置在接地平板上方 $50_{+10}^0 mm$ 处，长度应为 $0.5m \pm 0.1m$ 。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、4、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。



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) DUT；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	I	II			
1	-75	-100	-450	-600	5000 个	0. 5s	5s
2a	37	50	37	50	5000 个	0. 2s	5s
2b	10	10	20	20	10 个	0. 5s	5s
3a	-112	-150	-150	-200	1 小时	90ms	100ms
3b	75	100	150	200	1 小时	90ms	100ms
4	-6	-7	-12	-16	1 个	*	*
5a	65	87	123	173	1 个	*	*
5b	65	87	123	173	1 个	*	*
*: 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
2a	I	C	B	A	A
	II	C	C	A	A
2b	I	C	C	C	C
	II	C	C	C	C
3a	I	C	B	A	A
	II	C	C	A	A
3b	I	C	B	A	A
	II	C	C	A	A
4	I	C	C	A	A
	II	D	C	B	A
5a	I	C	C	A	A
	II	D	C	B	A
5b	I	C	C	A	A
	II	D	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 DUT 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 DUT 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。

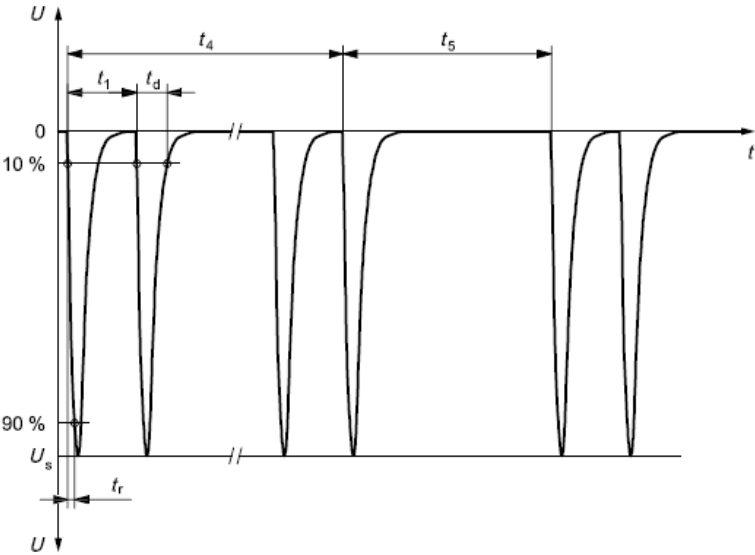


图 23 快速瞬态脉冲 a

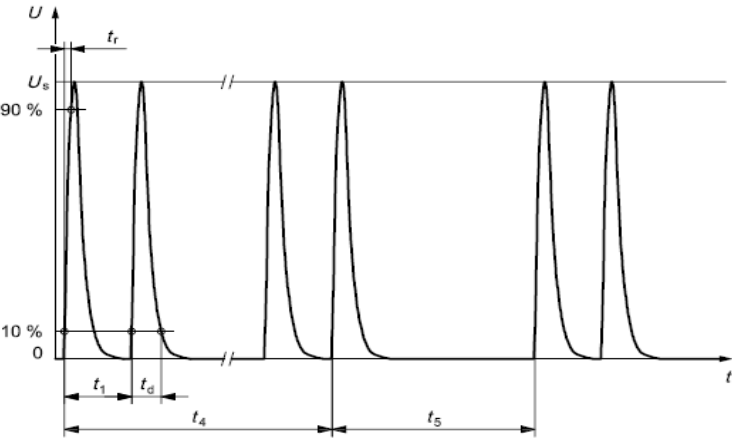


图 24 快速瞬态脉冲 b

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		0.1 μ s		
t1		100 μ s		
t4		10ms		
t5		90ms		
Ri		50 Ω		

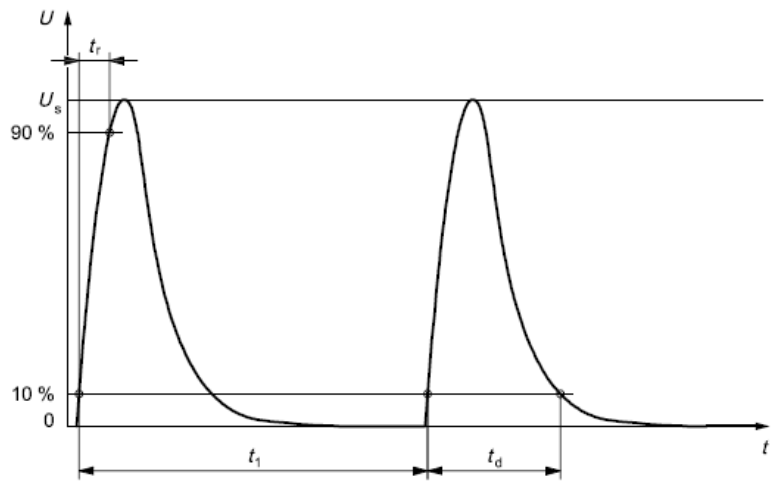


图 25 慢速瞬态脉冲 — 正脉冲

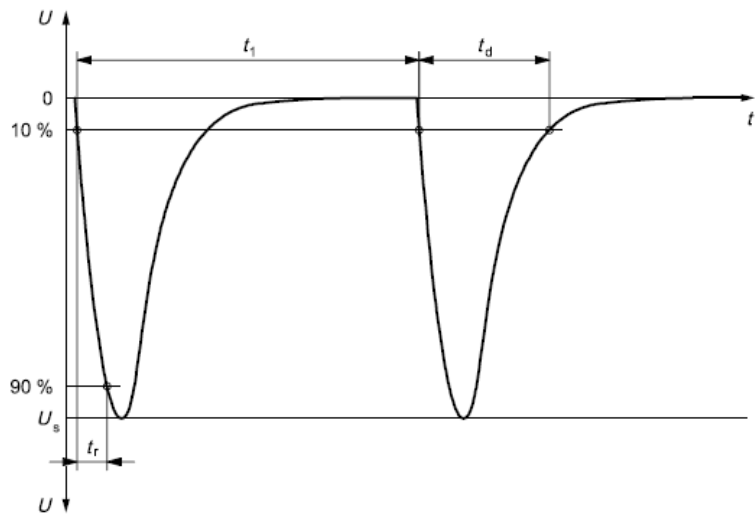


图 26 慢速瞬态脉冲 — 负脉冲

表 28 慢速瞬态脉冲参数

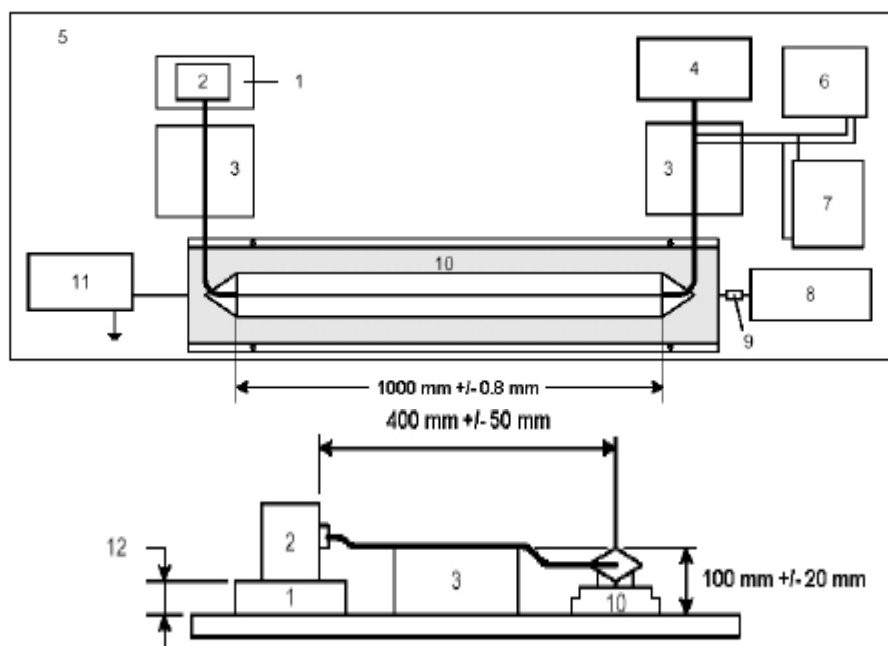
参数			12V系统	24V系统	42V系统
U _s （V）	慢速脉冲+	DCC	+8V～+30V	+15V～+45V	+8V～+30V
		ICC	+3V～+6V	+4V～+10V	+3V～+6V
	慢速脉冲-	DCC	-8V～-30V	-15V～-45V	-8V～-30V
		ICC	-3V～-6V	-4V～-10V	-3V～-6V
t _r			≤1 μ s		
t _d			0. 05ms		
t _l			0. 5s～5s		
R _i			2 Ω		

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 DUT 和试验导线的尺寸。接地平板应与试验设施的地连接；
- DUT 按照要求布置并连接。应使用试验线束或产品线束将 DUT 与正常运行的使用装置（负载，传感器等等）连接；
- 除非 DUT 外壳与底盘连接并且有自己的接地，否则应使用 0. 05m~0. 1m 厚的绝缘支撑板将 DUT 与接地平板分开。DUT 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 DUT 无关的容性耦合，DUT 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数量待测导线的 DUT。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；DUT 和 CCC 之间的距离以及辅助装置和 CCC 之间的距离应为 400mm±50mm；被测导线在 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) 绝缘支撑板（如果DUT没有与车辆接地连接）；2) DUT；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) 50 Ω 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。

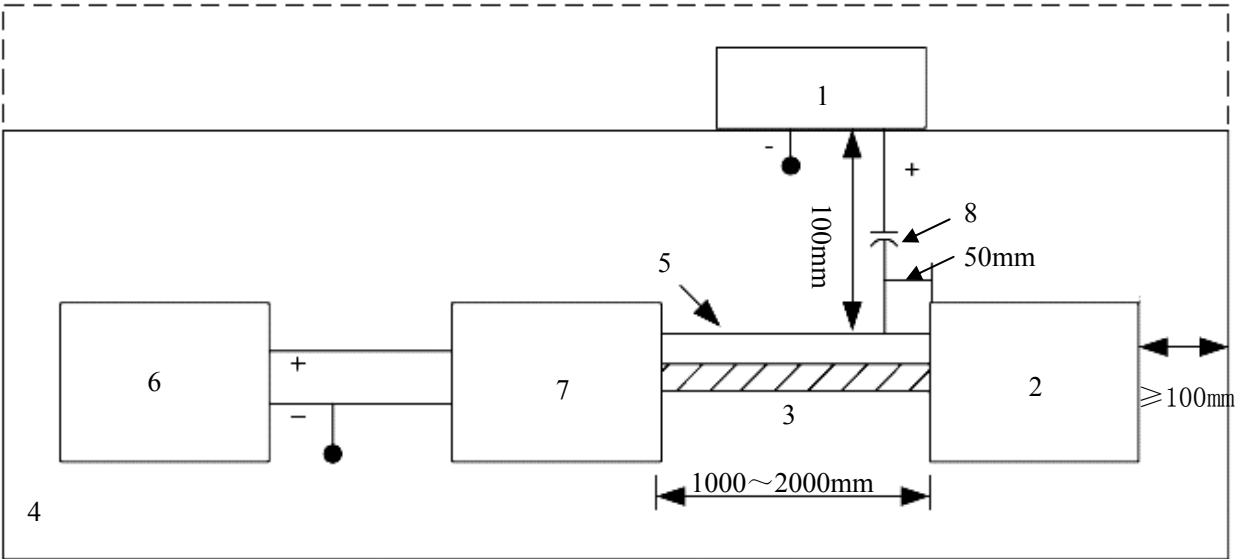
图 27 电容耦合钳（CCC）法试验布置示意图

10.4.2 直接电容耦合（DCC）法

- 试验设备布置见图 28；
- 本方法使用推荐的电容值对 DUT 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 0.1 μ F；
- 线束的长度应在 1000mm 和 2000mm 之间，试验线束均在接地平板上方 50mm \pm 5mm 处；
- 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）；
- 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。

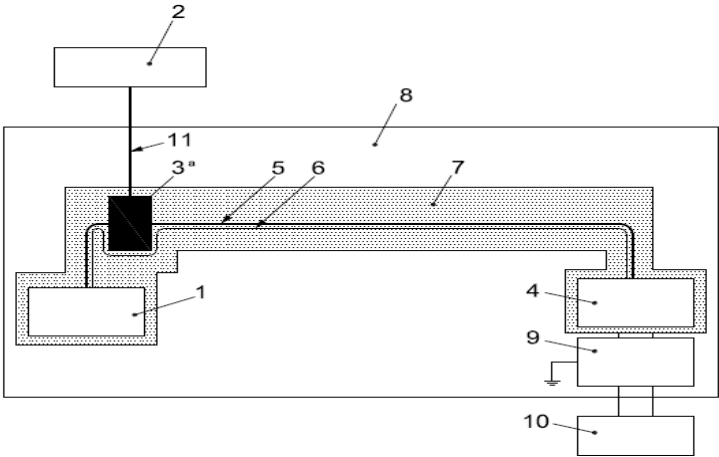
10.4.3 电感耦合钳（ICC）法

- 试验设备布置见图 29；
- 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数量待测导线的 DUT。此方法不适用于耦合快速瞬态脉冲；
- ICC 内应包含所有的信号线。DUT 供电线（接地线和电源线）不应包括在 ICC 中。其它从 DUT 到辅助设备（传感器，执行机构）的任何地线或电源线均应包含在 ICC 中。如果辅助设备局部接地，局部接地线应置于 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) DUT；3) 线束；4) 接地平板；5) 被测 I/O 线；6) 电源；7) DUT 调节装置；8) 高电压（最小 200V）陶瓷电容器。 所有线束均应放置在接地平板上 $50\pm5\text{mm}$ 处。

图 28 直接电容耦合（DCC）法试验布置示意图



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

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) “*” 与研发部门协商决定。
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

表 30（续）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
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) DUT 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；DUT 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 DUT 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 DUT，当放电端接近 DUT 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 DUT 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 DUT 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 DUT 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 DUT 测试点所在的平面，考虑到实际操作可行性，至少应与 DUT 测试点所在平面保持 45° ；

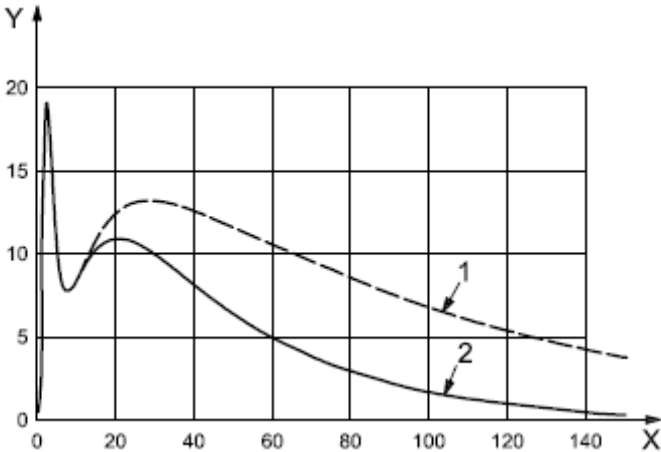
- g) 对接插件针脚进行试验时，如果接近针脚进行试验比较困难，可以使用带有绝缘外套且 0.5mm^2 — 2mm^2 线径、长度不超过 25mm 的导线分别引出再进行试验。对外壳为非金属接插件内可接触到的点只需施加空气放电试验，若外壳为金属接插件，则只需对接插件外壳施加接触放电；
- h) 对于直接放电，两次成功的放电间隔应确保 DUT 上的静电可以完全释放，为了确保 DUT 上的静电能量已经释放，可以采取下述方法：
- 采用串接 $1\text{M}\Omega$ 的导线，其一端接地，另一端先连接到 DUT 的放电点，然后再连接到 DUT 的地，如果能确认此导线不会影响测试结果，也可以把它一直连接在 DUT 上；
 - 连续的两次放电间隔时间长于 DUT 上电荷的自然衰减所需时间；
 - 使用加速 DUT 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	$\geq 1\text{s}$	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	$\geq 50\text{ms}$	
断电测试	直接放电	空气放电	150pF		≥ 3 次	$\geq 1\text{s}$	
		接触放电					

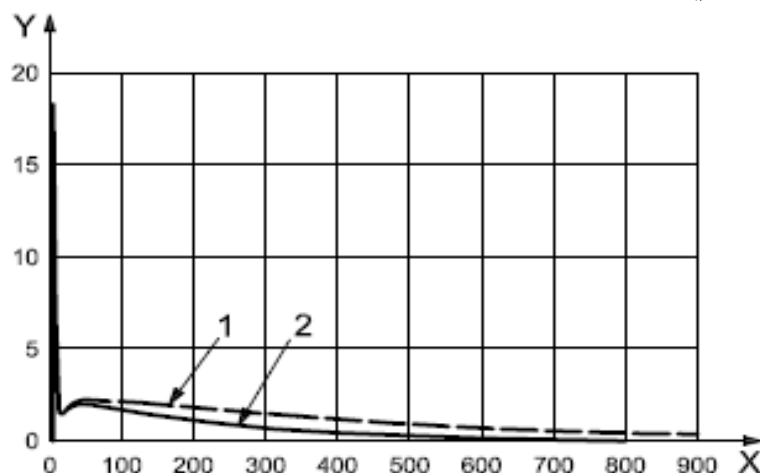
表 32 接触放电模式电流波形参数

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/330 Ω ，2) 150pF/330 Ω 。

图 30 150pF/330pF，330 Ω ，5kV 电流波形

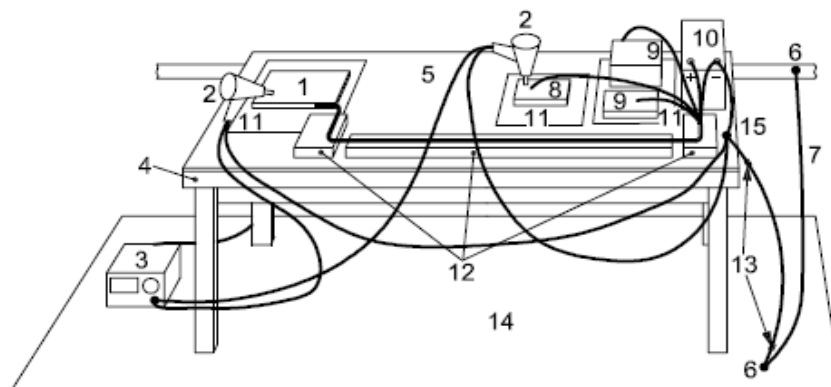


注：X，时间，ns；Y，电流，A；1) 330pF/2k Ω ，2) 150pF/2k Ω 。

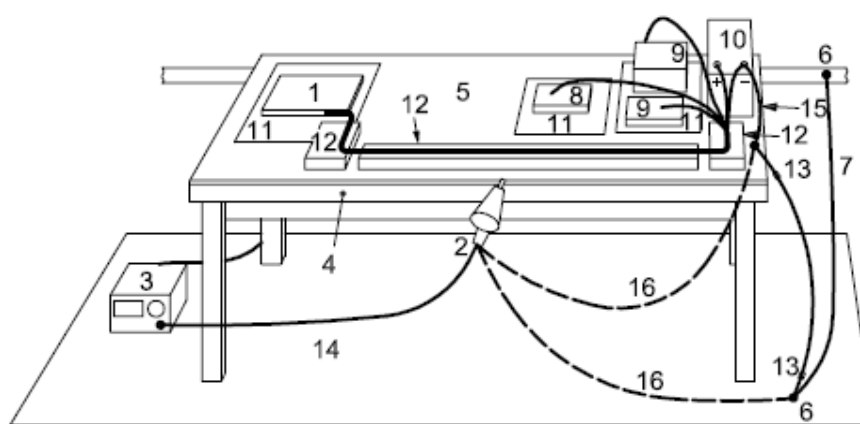
图 31 150pF/330pF，2k Ω ，5kV 电流波形

11.4 试验布置和试验方法

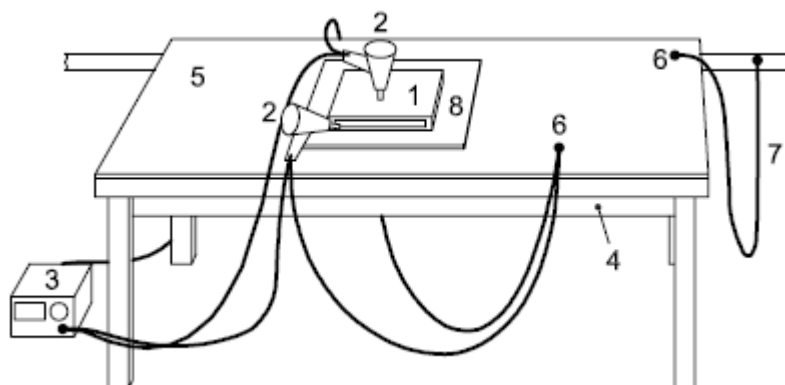
- 试验中可能使用的绝缘块由非吸湿性材料构成，相对介电常数在 1 到 5 之间（如：聚乙烯），绝缘块厚度为 (50 ± 5) mm；绝缘块应覆盖 DUT 在其上垂直投影外扩 20mm 的大小；试验中可能使用的绝缘支架由非吸湿性材料构成，相对介电常数在 1 到 5 之间（如：聚乙烯），支架高度在 2mm~3mm 之间，尺寸应覆盖 DUT 在其上垂直投影外扩 20mm 的大小，当进行 25kV 的试验时，要注意支架电介质有被击穿的可能。试验测试桌应是非金属的。然而，考虑到实际测试时的可操作性，本部分提及的绝缘支架、静电消耗材料均统一由绝缘块代替，建议高度统一为 $(50 \text{ mm} \pm 5)$ mm；
- 对于通电测试，与 DUT 功能测试必须的辅助装置（如负载、控制器等）应与 DUT 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 1.6m \times 0.8m，并且不小于 DUT 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 并且距 HCP 边缘不小于 0.1m；线束布置应遵循下述规则，捆扎后放置于绝缘块上，平行 HCP 边缘且距 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 DUT 和所有与 DUT 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 $2 \times 470 \Omega$ 电阻。如果在 DUT 和 HCP 之间使用静电消耗材料，则其应覆盖 DUT 在其上的垂直投影面积且表面电阻率在 $(107 \sim 109) \Omega / \text{mm}^2$ ；
- 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) DUT；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 DUT 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) 电池；11) 绝缘支架（需要时）；12) 绝缘块；13) 470kΩ 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				

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 7 的试验布置中,标准噪声源安置在 EUT 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 EUT 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-AF01.706.1-2010 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) 数字示波器，带宽至少400MHz，采样频率至少为2GHz/s，输入灵敏度至少为5mv/div。
- b) 电压探头，衰减为100：1，最大输入电压至少1kV，输入阻抗Z和电容C要符合表B.1规定，电压探头电缆线最大长度不超过3m，电压探头接地线最大长度不超过0.13m。各线的长度会影响测量结果，应在试验报告上标明。

表 B.1 电压探头参数

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

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，以确保在开路和负载状态时，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±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.2-表B.7。

B.4.1 试验脉冲1

见表B.2。

表 B.2 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
	10Ω 负载	-50±10	--	1500±300
24V 系统	无负载	-600±60	3 ⁰ _{-1.5}	1000±200
	50Ω 负载	-300±30	--	1000±200

B.4.2 试验脉冲2a 和2b

见表B.3和表B.4。

表 B. 3 试验脉冲 2a

试验脉冲 2a		U_s (V)	t_r (μs)	t_d (μs)
12V 系统	无负载	$+50 \pm 5$	$1_{-0.5}^0$	50 ± 10
	2 Ω 负载	$+25 \pm 5$	--	12 ± 2.4
24V 系统	无负载	$+50 \pm 5$	$1_{-0.5}^0$	50 ± 10
	2 Ω 负载	$+25 \pm 5$	--	12 ± 2.4

表 B. 4 试验脉冲 2b

试验脉冲 2b		U _S (V)	t _r (ms)	t _d (s)
12V 系统	无负载	10±1	1±0.5	2±0.4
	0.5 Ω 负载			
24V 系统	无负载	20±2		
	0.5 Ω 负载			

B. 4. 3 试验脉冲3a 和3b

见表B. 5 和表B. 6。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. 5 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. 6 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. 7。

表 B. 7——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

1) 在试验电平 100V，脉冲宽度 400ms， $R_i=2\Omega$ 的电源内阻转化为 2Ω 的终端电阻下进行脉冲校准， 2Ω 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

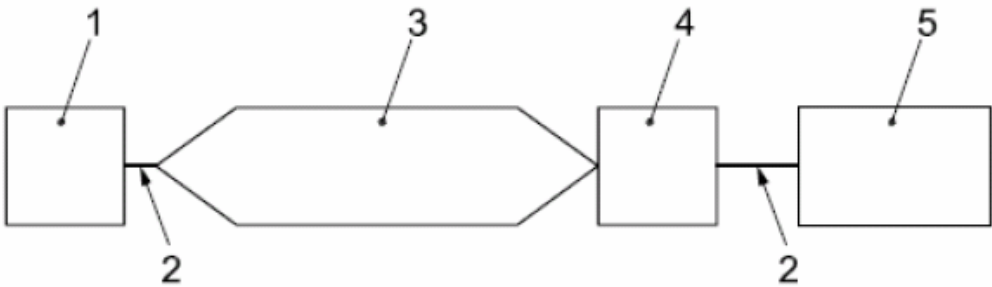
C.1 CCC 校准方法

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50 Ω 同轴电缆连接试验脉冲发生器和CCC，CCC端接50 Ω 衰减器，使用50 Ω 同轴电缆连接衰减器和50 Ω 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) 50 Ω 同轴电缆；3) CCC；4) 50 Ω 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

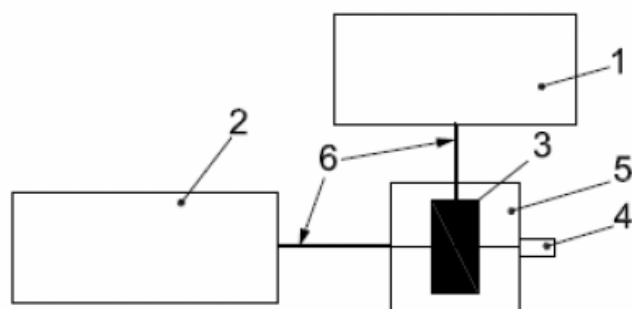
试验脉冲发生器应通过单条电缆或多条电缆与感性耦合钳连接，电缆长度不超过0.5 m。

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。

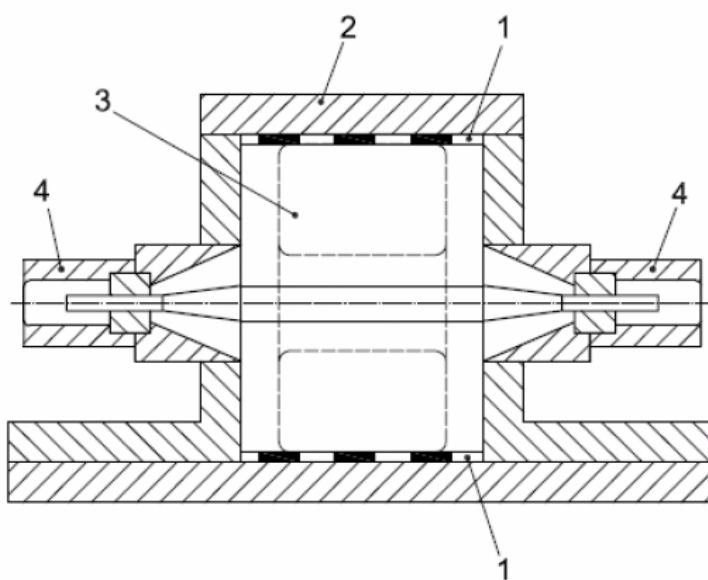
表C. 1 耦合脉冲的特性

参数	12V 电气系统	24V 电气系统	24V 电气系统
td (us)	7±30%		
tr (us)	≤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)

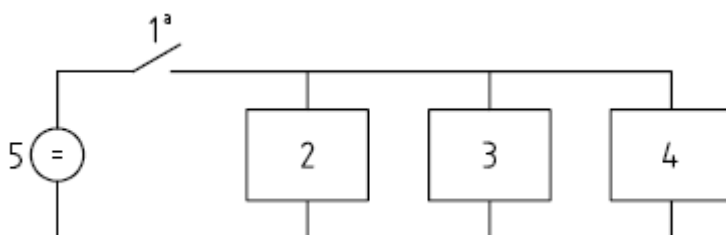
道路车辆电气系统中的瞬态的来源

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

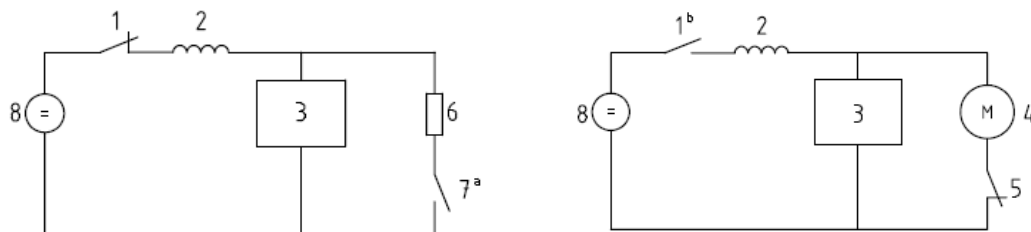
D.2.1 脉冲 1，示意电路图如图 D.1 所示。脉冲 1 是由于电源与感性负载断开连接产生的，它影响与感性负载并联的装置。



注：1) 点火开关；2) 感性负载；3) 电阻 R_s ；4) DUT；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。



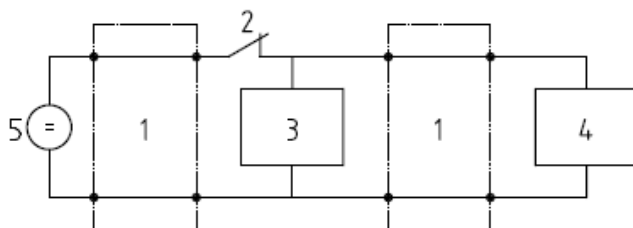
a) 2a 脉冲示意电路图

b) 2b 脉冲示意电路图

注：1) 点火开关；2) 线束(感性的)；3) DUT；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

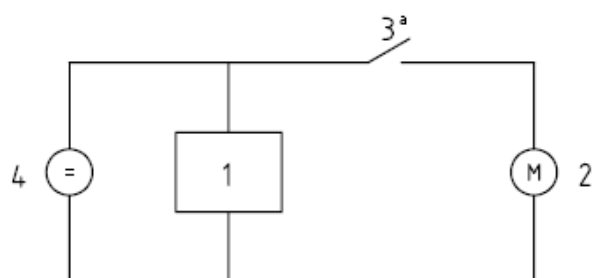
D.2.3 脉冲 3，包括 3a 和 3b，示意电路图如图 D.3 所示。3a 和 3b 是电路开/关过程中产生的，此脉冲的特性受线束的分布电容和分布电感的影响。



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

图 D.3 试验脉冲 3 示意电路图

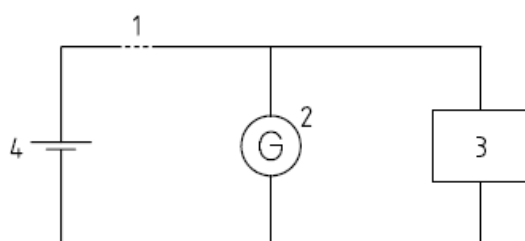
D.2.4 脉冲 4，示意电路图如图 D.4 所示。脉冲 4 是当内燃机起动电机通电时引起电源电压降低。



注：1) DUT；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) DUT；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 H3；
- 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：

$$I_p = E_a / Z_t$$

式中：

E_a ——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：

$$Z_t = E_a / I_p$$

式中：

E_a ——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：

$$y_t \text{ [dB(1/Ω)]} = 20 \lg Y_t = 20 \lg (1/Z_t)$$

F.4.2 电流 dBμA 按下述公式从电压 dBμV 获得：

$$I \text{ (dBμA)} = V \text{ (dBμV)} + y_t \text{ [dB(1/Ω)]}$$