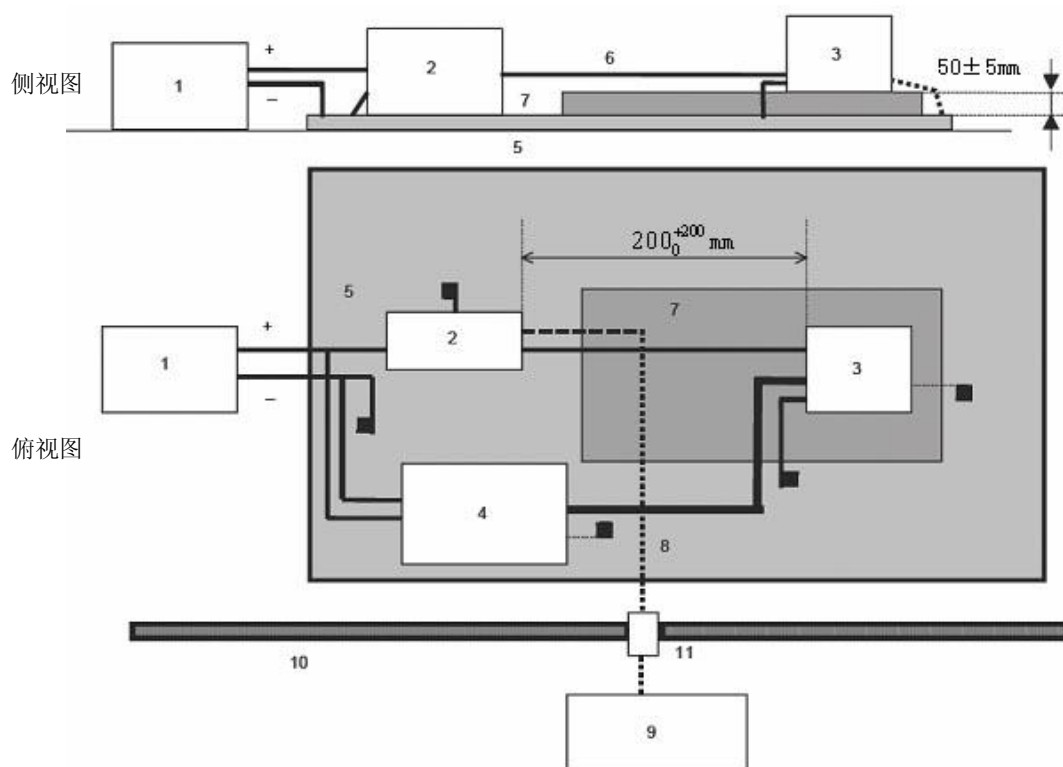


注：1) 电源；2) 人工电源网络；3) 被测件；4) 辅助设备；5) 接地平板；6) 电源线；7) 绝缘板；8) 双层屏蔽电缆；9) 接收机；10) 屏蔽室；11)  $50\Omega$  负载；12) 墙壁连接器。

图1 传导骚扰-被测件远端接地布置示意图

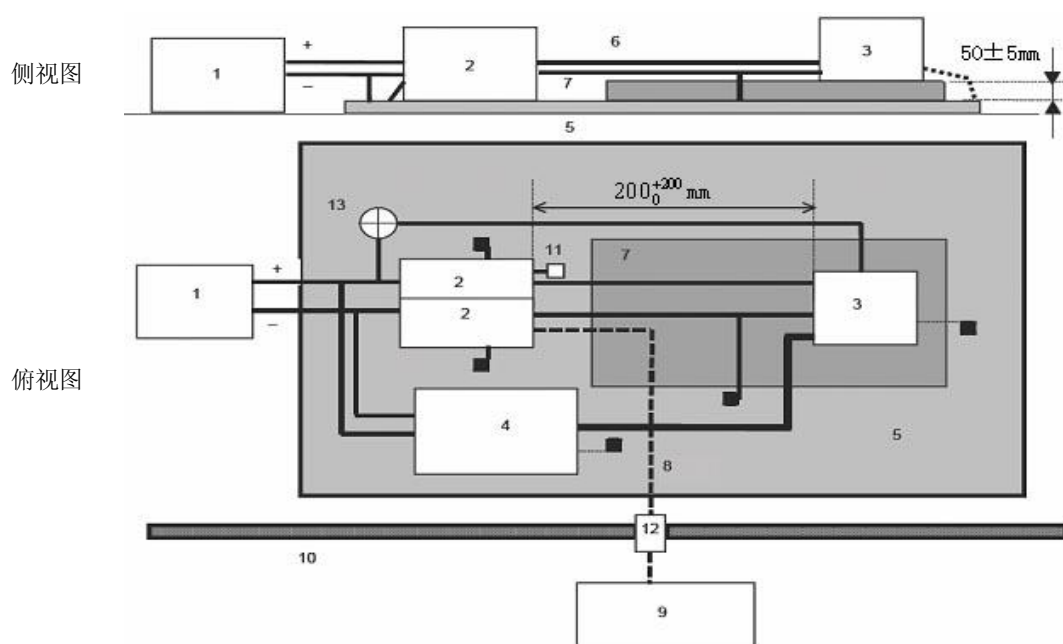
g) 被测件近端接地（电源回线不超过 200mm）时，按图 2 进行布置；只需要对电源线进行测试；



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

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 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-A1901.706.1—2012 表 5 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 / dBμV																	
	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
I	110	97	86	73	77	64	68	55	68	55	58	55	58	—	58	49	62	49
II	100	87	78	65	71	58	62	49	62	49	52	49	52	—	52	43	56	43
III	90	77	70	57	65	52	56	43	56	43	46	43	46	—	46	37	50	37
IV	80	67	62	49	59	46	50	37	50	37	40	37	40	—	40	31	44	31
V	70	57	54	41	53	40	44	31	44	31	34	31	34	—	34	25	38	25

注：（1）表中等级 I 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 / dBμV								
	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
I	90	66	57	48	48	48	48	42	42
II	80	58	51	42	42	42	42	36	36
III	70	50	45	36	36	36	36	30	30
IV	60	42	39	30	30	30	30	24	24
V	50	34	33	24	24	24	24	18	18

注：（1）表中等级 I 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。

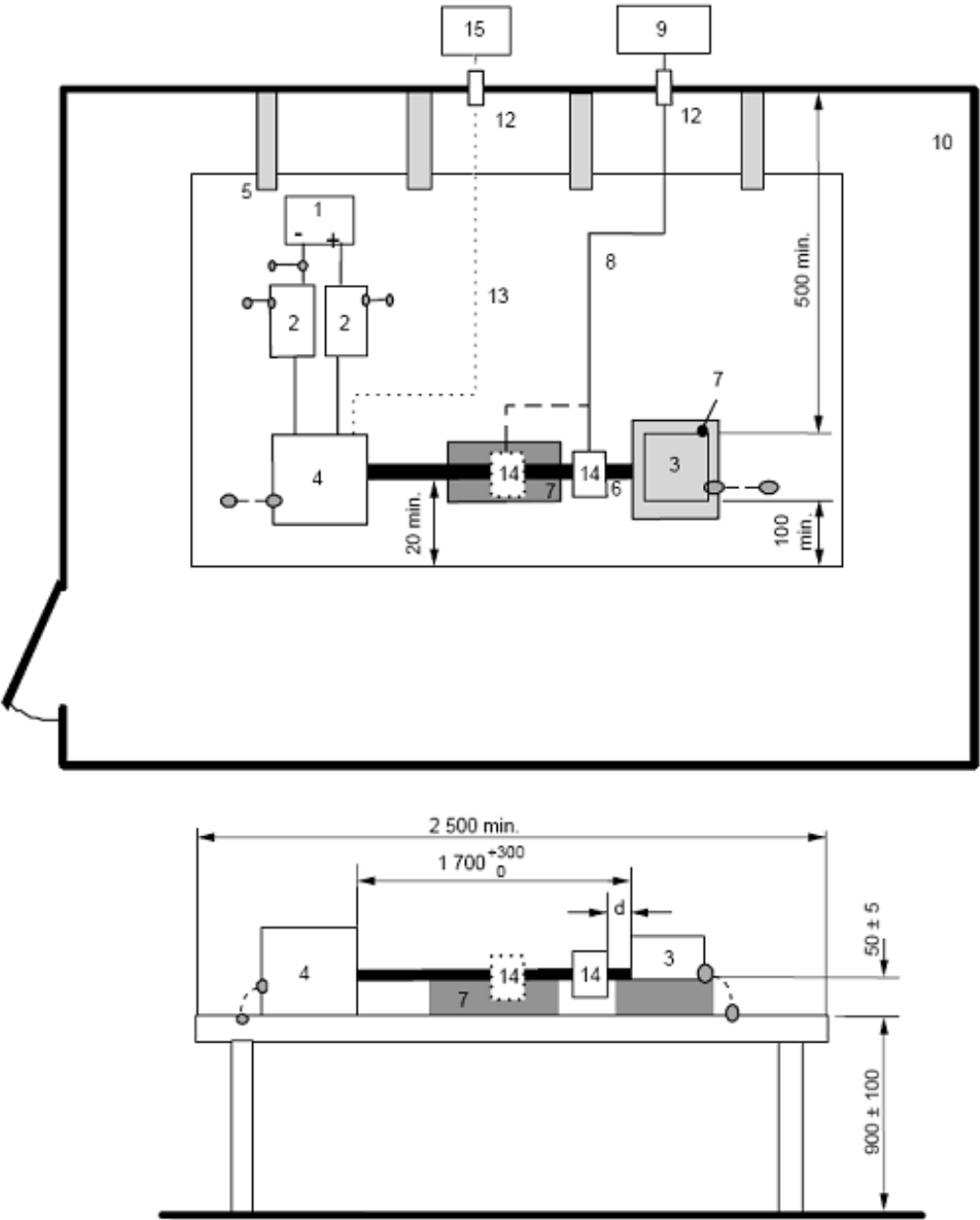
#### 4.4 电流探头法

##### 4.4.1 试验布置

- 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；
- 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；

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 $\mu$ 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
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）表中等级 I 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 / dBμA								
	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
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）表中等级 I 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

- 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  $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ；
- 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；
- 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为  $90^\circ$  至  $135^\circ$  范围内；
- 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  $1500\text{mm} \pm 75\text{mm}$ ，且被测件线束也应用绝缘板置接地平板上  $50\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ；
- 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；
- 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

表 6 参考点选择表

- i) 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 $\leq 1000\text{MHz}$ , 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;
- 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。

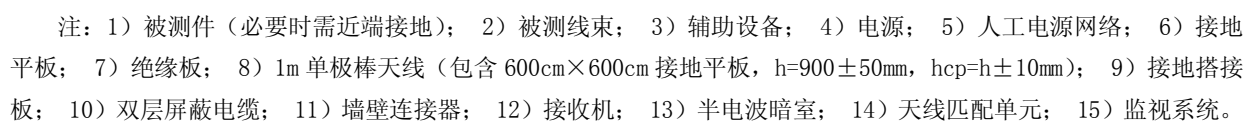
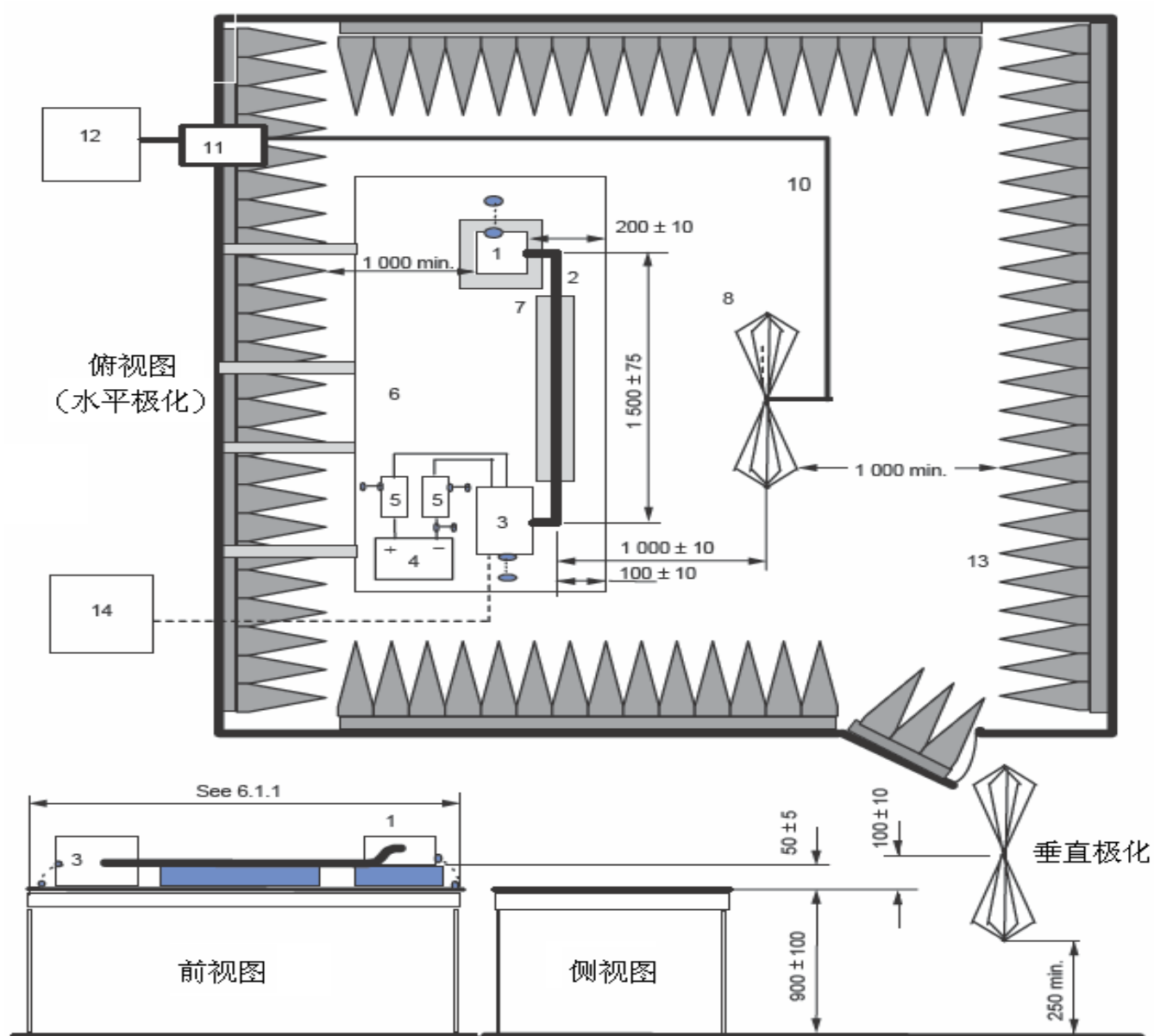
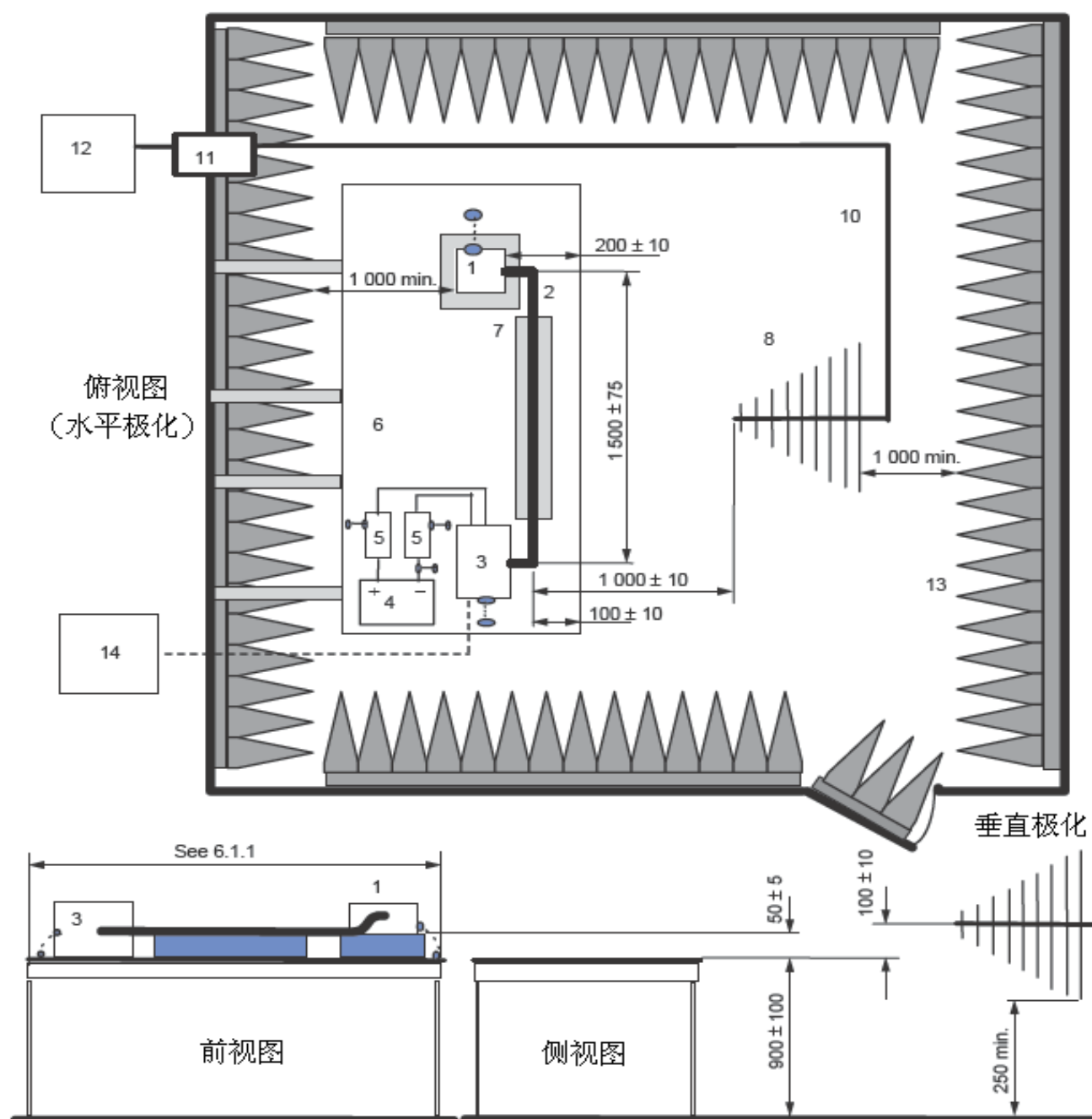


图 5 零部件辐射骚扰试验-单极天线布置示意图



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。

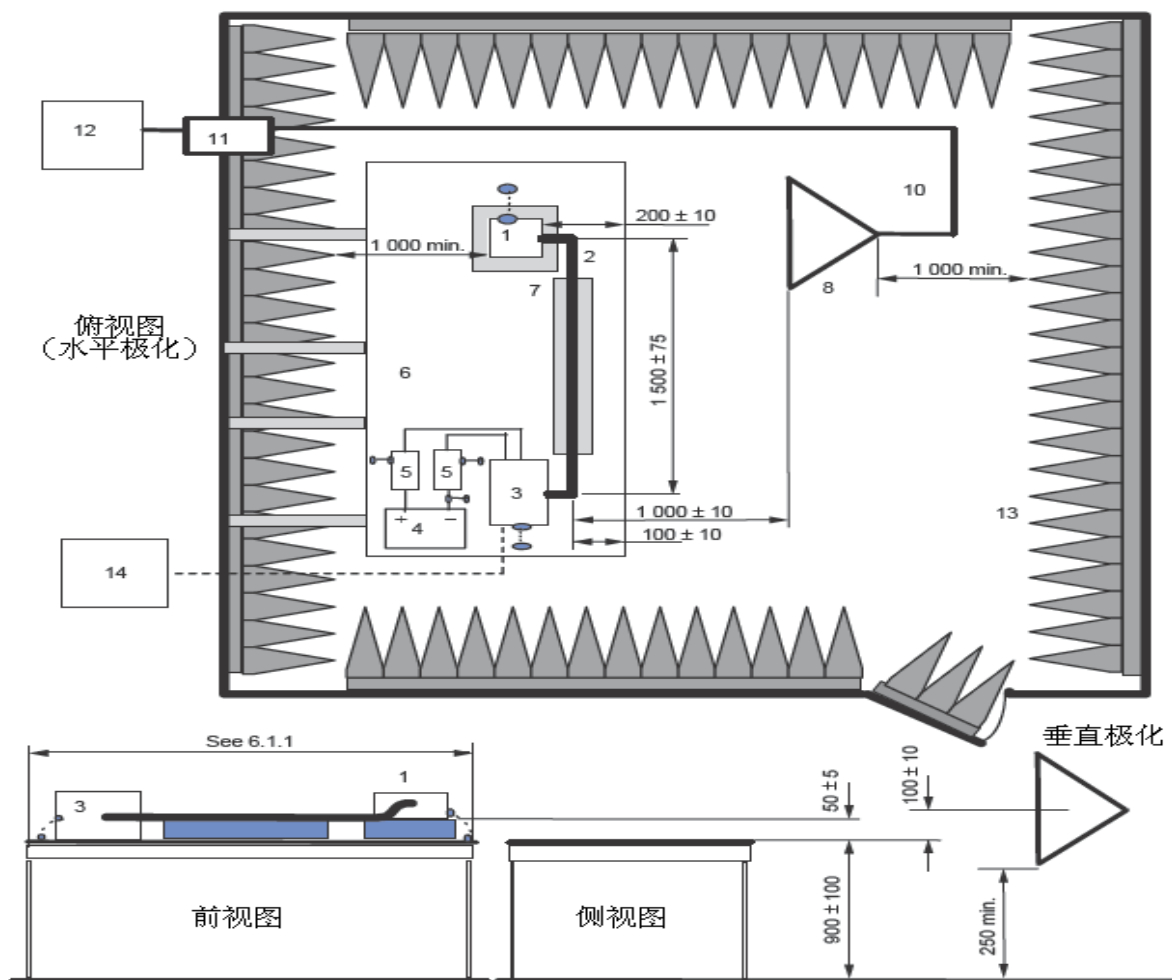
图 6 零部件辐射骚扰试验-双锥天线布置示意图



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 零部件辐射骚扰试验-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 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)	限值 dB $\mu$ 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
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

★ 机密 ★

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

表 7（续） 辐射骚扰限值（峰值和准峰值）

频带（MHz）	限值 dBμV/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
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）	限值 dBμV/m				
	等级 I	等级 II	等级 III	等级 IV	等级 V
0.15~0.3	66	56	46	36	26
0.53~1.8	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

★ 机密 ★

171~245	40	34	28	22	16
300~330	42	36	30	24	18
380~420	42	36	30	24	18

表 8（续） 辐射骚扰限值（平均值）

频带（MHz）	限值 dBμV/m				
	等级 I	等级 II	等级 III	等级 IV	等级 V
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
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：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。

### 6.3 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

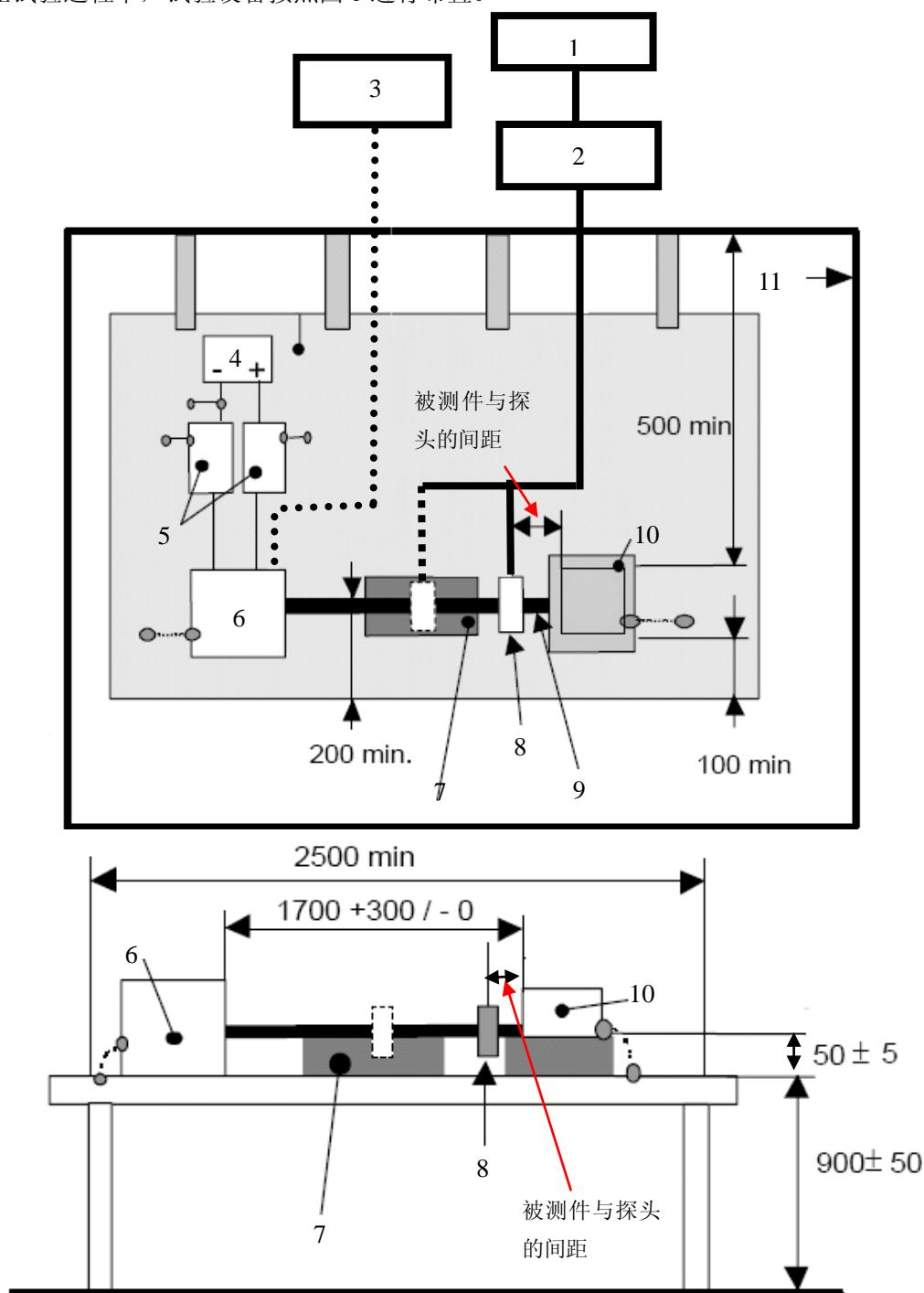
频率范围（MHz）	步进频率（MHz）
1~30	0.5
30~200	2
200~400	5

### 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

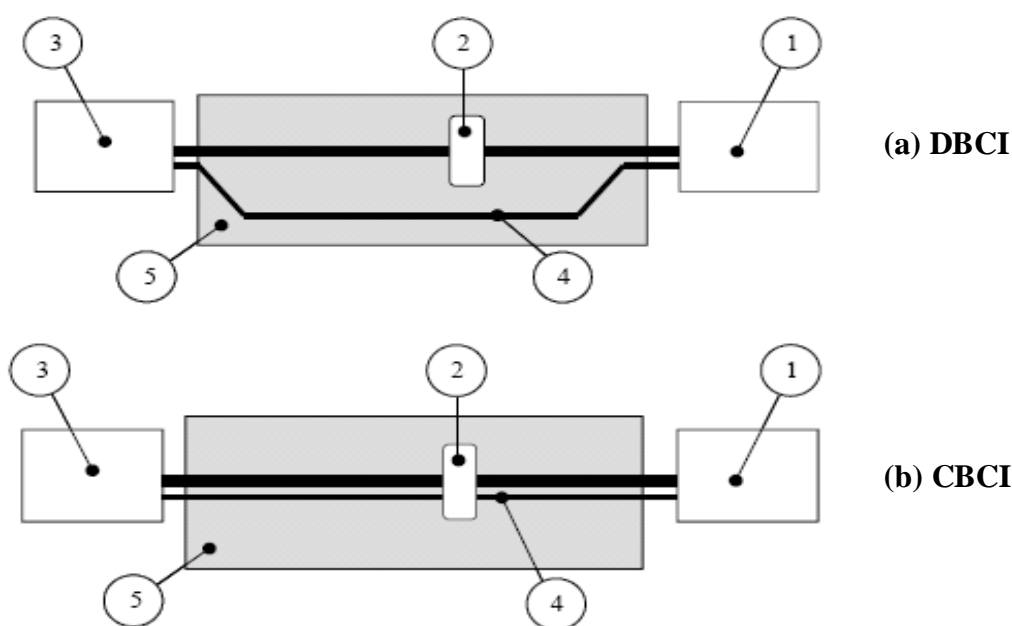
#### 6.4.2 试验前射频电流注入探头的标定

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接到接地平板上。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，那么应在两种配置下测试被测件。

- 在 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) 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表 10 中规定的调制进行测试；
- c) 在 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 750mm±10mm。

- 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

频段	频率范围（MHz）	等级 I（dBμA）	等级（dBμA）	调制类型
1	1～15	$64+30.61\lg(\text{Freq}(\text{MHz}))$	$70+30.61\lg(\text{Freq}(\text{MHz}))$	CW, AM 80%
2	15～30	100	106	CW, AM 80%
3	30～400	$100-8.89\lg(\text{Freq}(\text{MHz})/30)$	$106-8.89\lg(\text{Freq}(\text{MHz})/30)$	CW, AM 80%

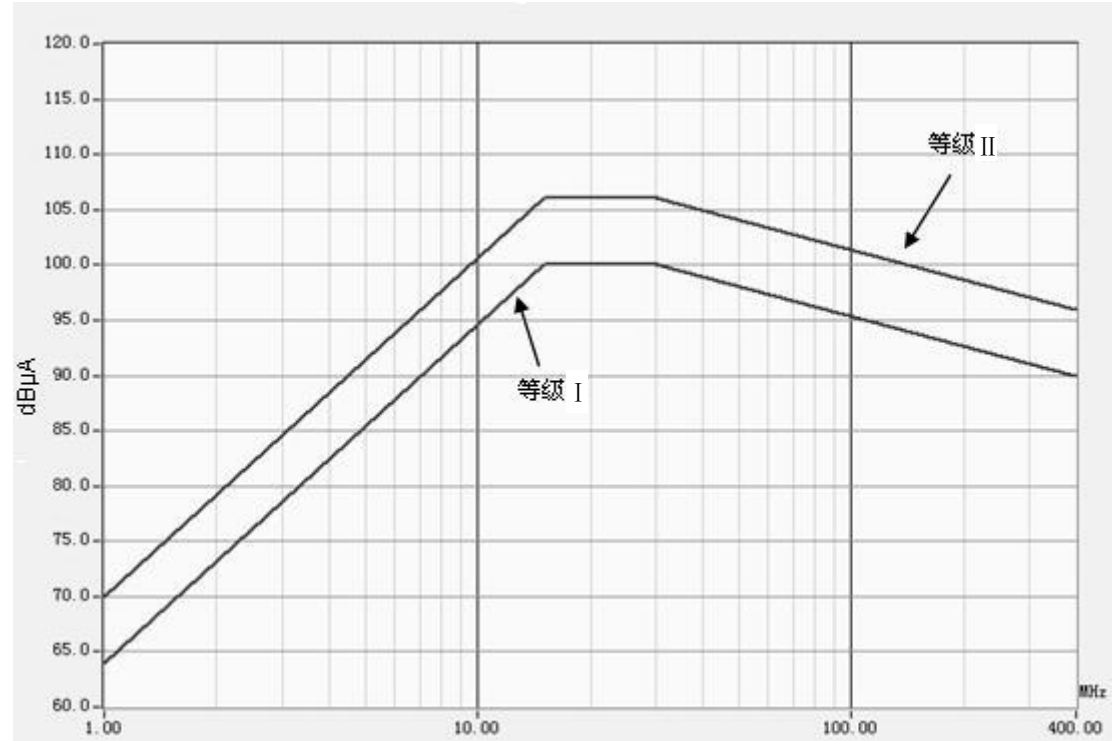


图 11 射频电流注入抗干扰试验等级要求图

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。

7.3 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

- 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  $100 \pm 10\text{mm}$ ；
- 天线的相位中心应位于被测件放置的接地平板之上至少  $100\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 。天线的任何发射部分到实验室地面的距离 $\geq 250\text{mm}$ 。场发生装置的辐射部分距辐射吸波材料 $\geq 500\text{mm}$ ，距屏蔽室墙壁 $\geq 1000\text{mm}$ 。在发射天线和被测件之间不应放有吸波材料；
- 对于频率 $\leq 1000\text{MHz}$ ，场发生天线应该定位于被测线束主要部分中点  $1\text{m}$  处（见图 12）；对于频率  $1000\text{MHz}$  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）；
- 被测件和所有其它导电结构之间的最小距离应为  $1.0\text{m}$ （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 $\leq 2.5\text{m}\Omega$ ；
- 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  $5\text{mm}$  之内并进行相应搭接。试验样品的表面应放在距接地平板边缘至少  $200\text{mm}$  处。所有导线和电缆距接地平板边缘的最小距离为  $100\text{mm}$ ，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) 加到被测件；
- 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  $5\text{mm}$  之内，并且与台架接地平板电气搭接。

##### 7.4.2 试验前的标定

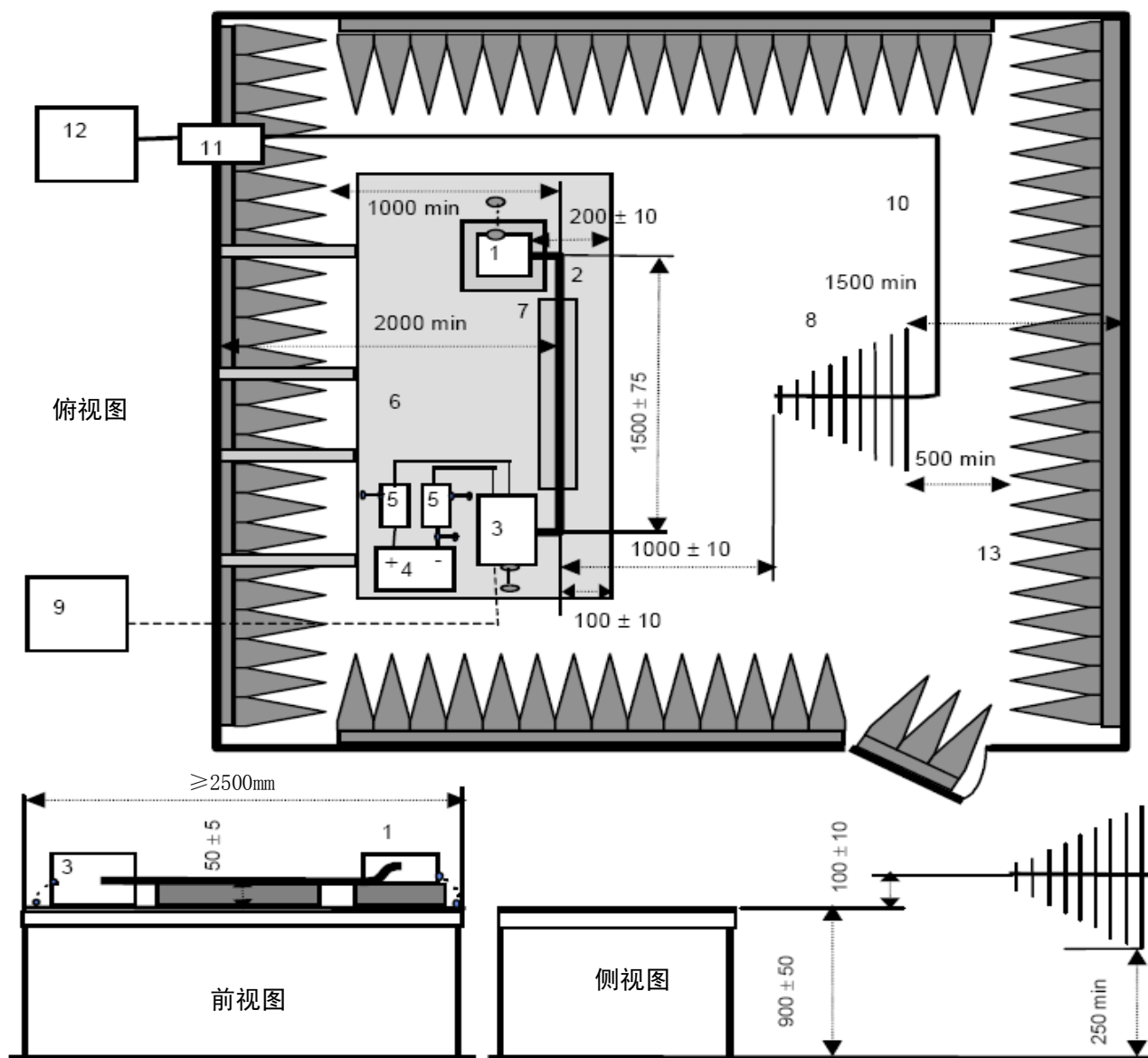
- 用替代法进行试验时，在每个要求的试验频率，向场发生装置输入一定等级的功率以使在参考点（在被测件不存在的情况下）产生所需场强。应测量并记录下该预定功率等级或与确定场强所需预定功率相关的其它参数。这些参数将用于被测件测试，除非实验室或设备发生变化时，才有必要重复这一程序；
- 校准时需要用未调制信号进行校准，场强探头的相位中心需置于接地平板上方  $150 \pm 10\text{mm}$ ，且距接地平板前边缘  $100 \pm 10\text{mm}$ ：
  - 400MHz~1000MHz 频段，场强探头的相位中心应置于  $1500\text{mm}$  被测线束中心处；
  - 1000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

- 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；
- 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；
- 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  $2\text{s}$ ；

d) 测试应该使用水平和垂直两种天线极化方式进行；

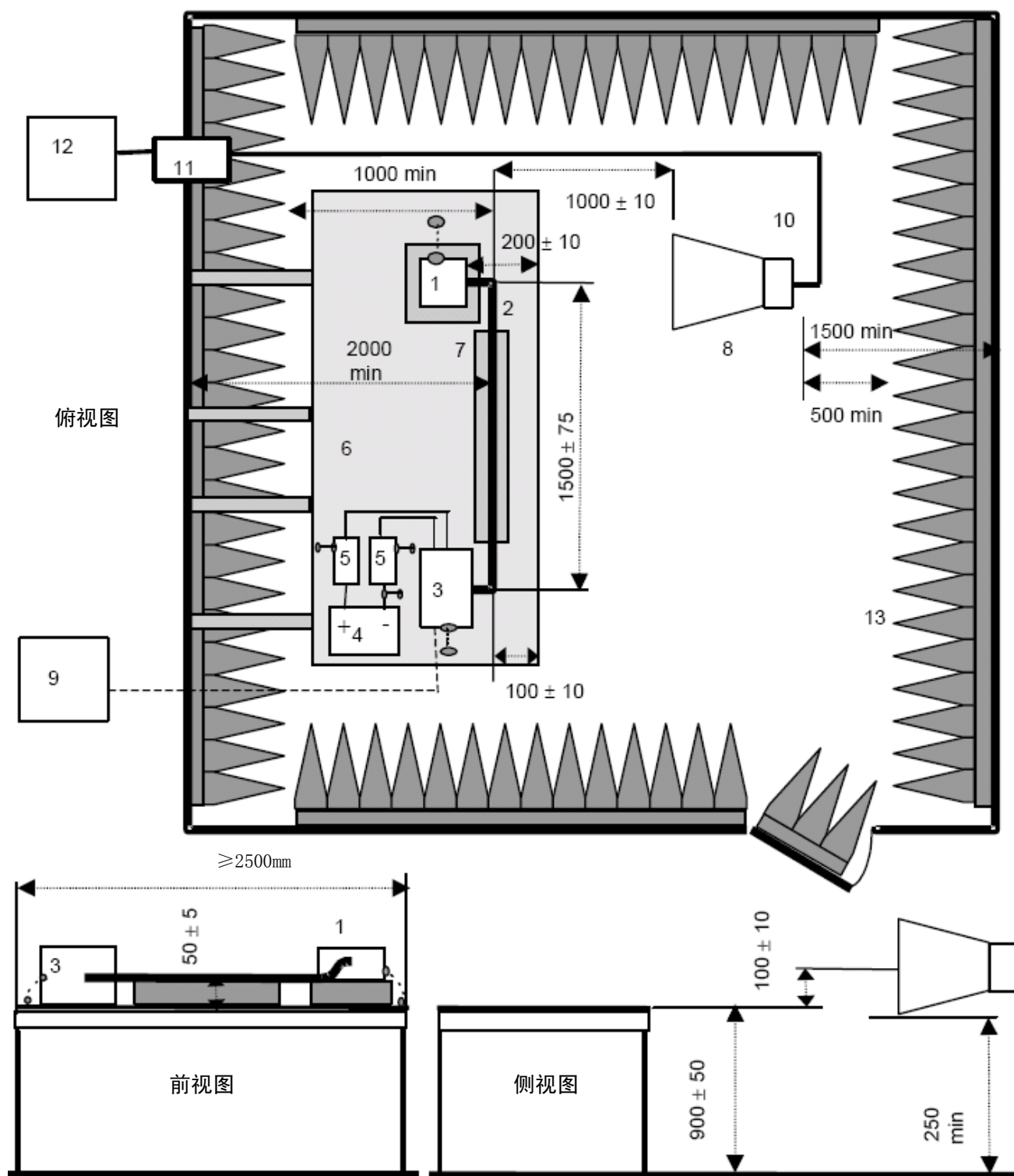
e) 测试过程中，被测件应处于正常工作模式下。



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）

#### 7.4.4 混响室法测试确认和测试装置

a) 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；

- b) 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；
- c) 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  $1700_{-0}^{+300}$  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  $\epsilon_r \leq 1.4$ ；
- d) 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  $1700_{-0}^{+300}$  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

- 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 I (V/m)	等级 II (V/m)	调制类型
1	400~800	50	100	CW, AM 80% 脉冲 PRR=18Hz, PD=28ms
2	800~2000	50	70	CW, 脉冲 PRR=217Hz, PD=0.57ms
3	1200~1400	—	300 600 <sup>(1)</sup>	脉冲 PRR=300Hz, PD=3μs <sup>(2)</sup> 限定每秒输出 50 个脉冲 <sup>(1)</sup>
4	2700~3100	—	300 600 <sup>(1)</sup>	

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

## 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—2010 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—2010 要求。

### 9.3 试验要求

- a) 试验设备应符合 ISO 7637-2—2011、ISO 16750-2—2010 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。

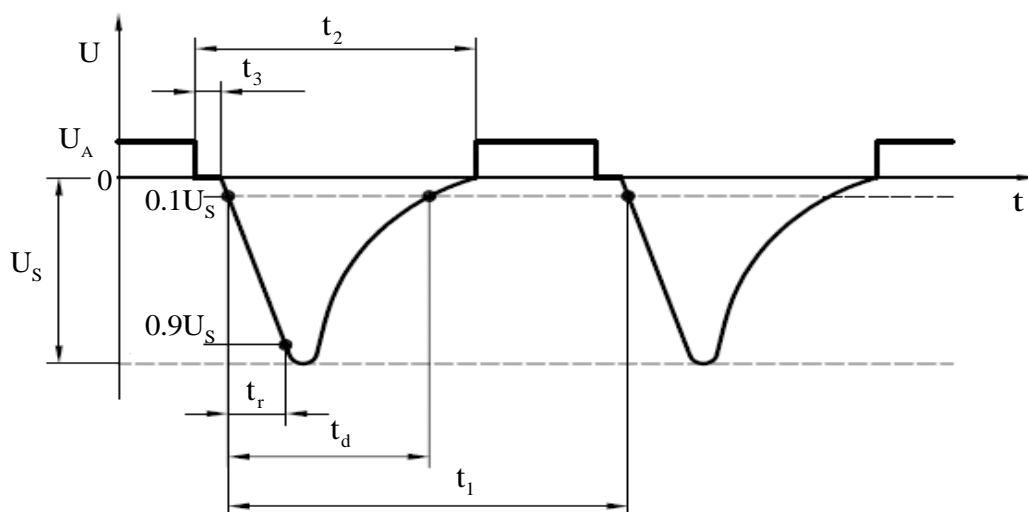


表 17 试验脉冲 1 参数

参数	12V 系统	24V 系统
$U_A$	$13.5V \pm 0.5V$	$27V \pm 1V$
$U_S$	$-75V \sim -150V$	$-300V \sim -600V$
$R_i$	$10\Omega$	$50\Omega$
$t_d$	$2ms$	$1ms$
$t_r$	$1_{-0.5}^0 \mu s$	$3_{-1.5}^0 \mu s$
$t_1$	$\geq 0.5s$	
$t_2$	$200ms$	
$t_3$	$< 100\mu s$	

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。

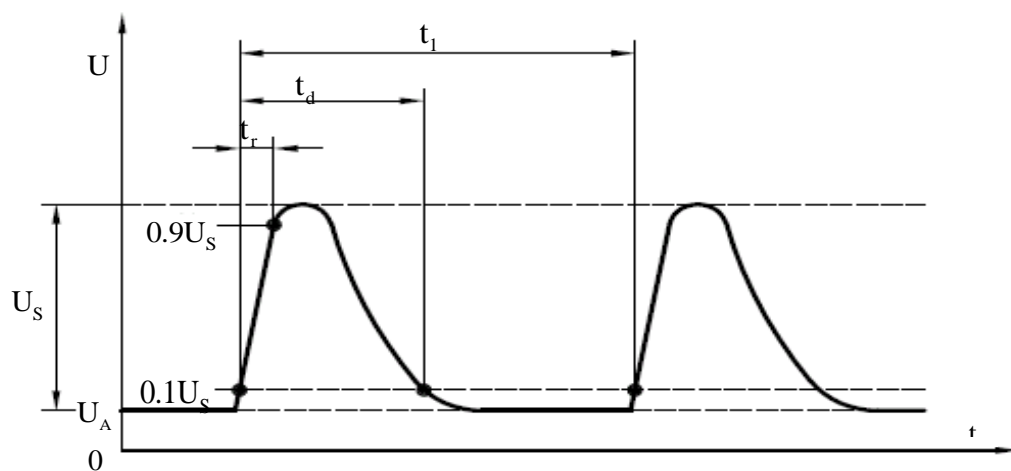


图 16 试验脉冲 2a

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~112V	
$R_i$	$2\Omega$	
$t_d$	0.05ms	
$t_r$	$(1_{-0.5}^0)\mu s$	
$t_1$	0.2 s~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。		

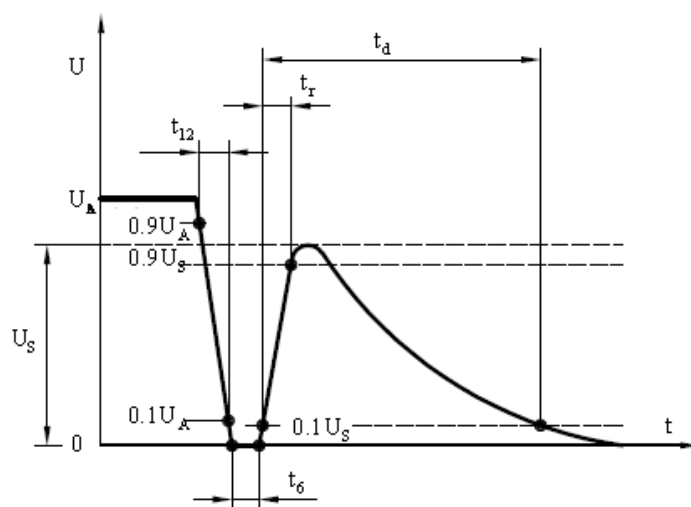


图 17 试验脉冲 2b

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。

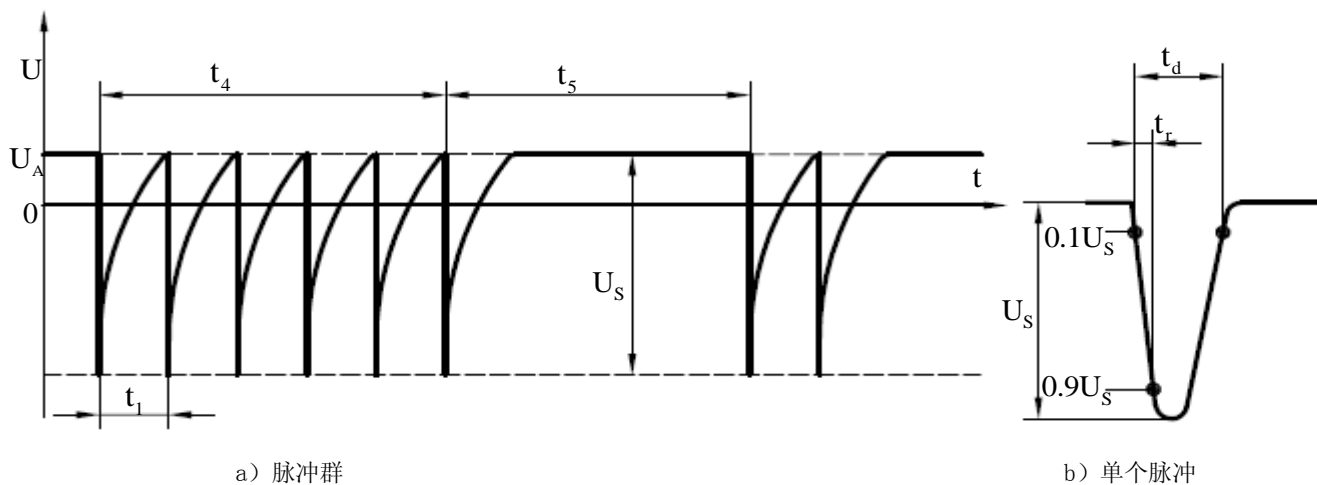


图 18 试验脉冲 3a

表 20 试验脉冲 3a 参数

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

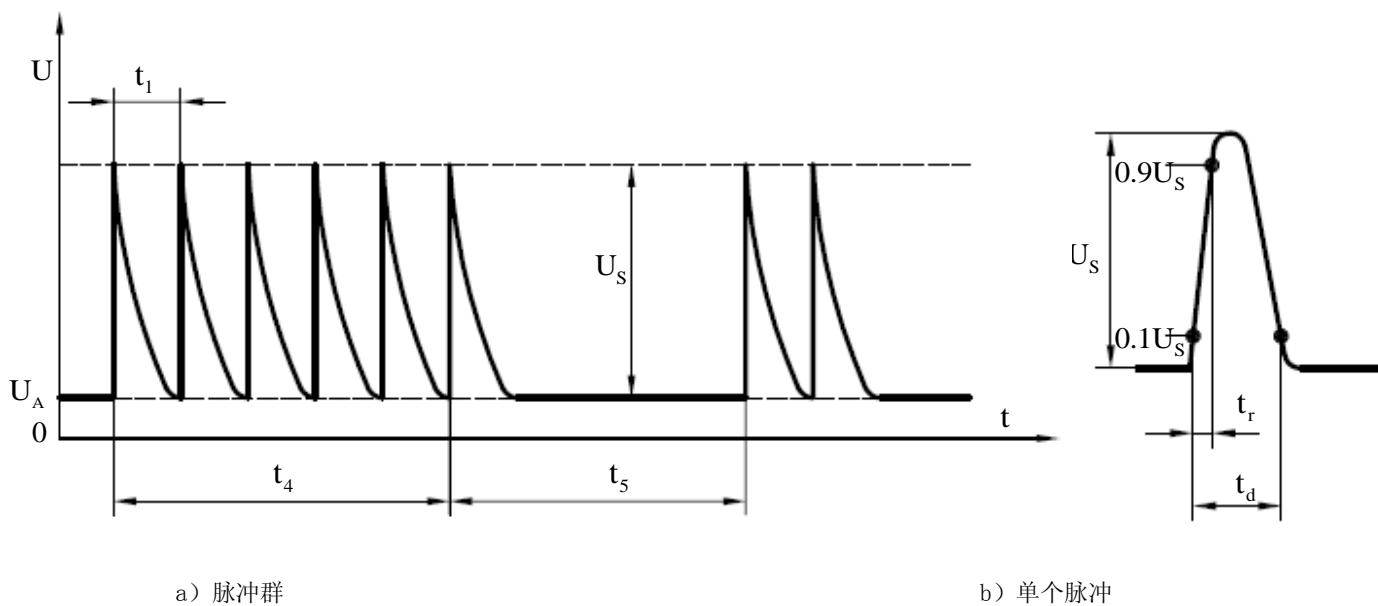
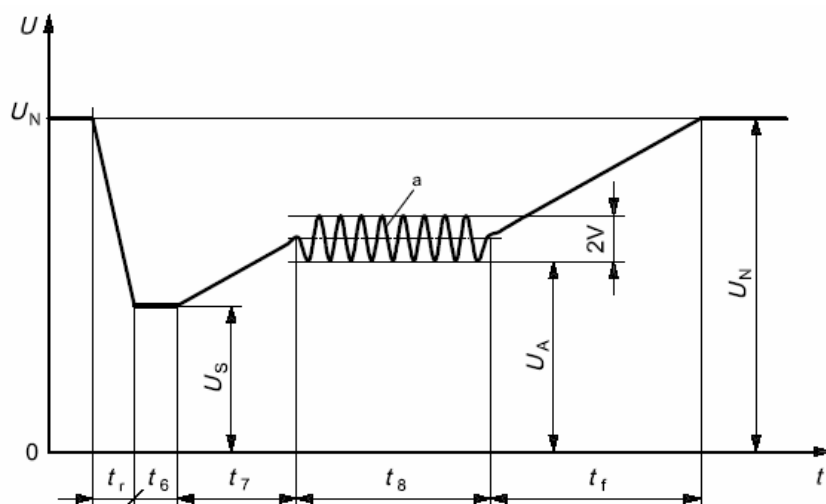


图 19 试验脉冲 3b

表 21 试验脉冲 3b 参数

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

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

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 <sub>s</sub> （V）			8	4.5	3	6	-0.2V
U <sub>A</sub> （V）			9.5	6.5	5	6.5	
U <sub>N</sub> （V）			12				±0.2V
t <sub>r</sub> （ms）			10				±10%
t <sub>6</sub> （ms）			15				
t <sub>7</sub> （ms）			50				
t <sub>8</sub> （s）			1	10	1	10	
t <sub>f</sub> （ms）			40	100	100	100	
产品	端电压（V）		性能等级				/
类别	U <sub>Smin</sub>	U <sub>Smax</sub>					

★ 机密 ★

A	6	16	A	B	B	A	
B	8	16	A	B	C	B	
C	9	16	B	C	C	C	
D	10.5	18	B	C	C	C	
<p>注： 1) 产品类别A：对于在发动机启动期间应具有功能的产品；产品类别B：对于在发动机启动期间不需要具有功能的产品；产品类别C：在发动机关闭时需要具有功能的产品；产品类别D：对于在发动机运行期间应具有功能的产品；</p> <p>2) 在进行启动扰动试验前，需根据产品的工作需要完成正确的工作电压范围的确定。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推荐进行全部的不同级别的启动扰动试验，结合工作电压范围在不同启动扰动级别的性能等级要求进行判定。</p>							

表 22b 试验脉冲 4 参数——24V 系统

测试等级 参数			I (典型常温启动)	II (寒冷地区冷启动)	III (带档异常启动)	公差
U <sub>s</sub> (V)			10	8	6	-0.2V
U <sub>A</sub> (V)			20	15	10	
U <sub>N</sub> (V)			24			±0.2V
t <sub>r</sub> (ms)			10			±10%
t <sub>6</sub> (ms)			50			
t <sub>7</sub> (ms)			50			
t <sub>8</sub> (s)			1	10	1	
t <sub>f</sub> (ms)			40	100	40	
产品 类别	端电压 (V)		性能等级			
	U <sub>Smin</sub>	U <sub>Smax</sub>				
E	10	32	A	B	B	
F	16	32	B	C	C	
G	22	32	B	C	C	
H	18	32	B	C	C	
注：1) 产品类别E：对于在发动机启动期间应具有功能的产品；产品类别F：对于在发动机启动期间不需要具有功能的产品；产品类别G：对于在发动机运行期间应具有功能的产品；产品类别H：在发动机关闭时需要具有功能的产品； 2) 在进行启动扰动试验前，需根据产品的工作需要完成正确的工作电压范围的确定。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推荐进行全部的不同级别的启动扰动试验，结合工作电压范围在不同启动扰动级别的功能状态要求进行判定。						

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。

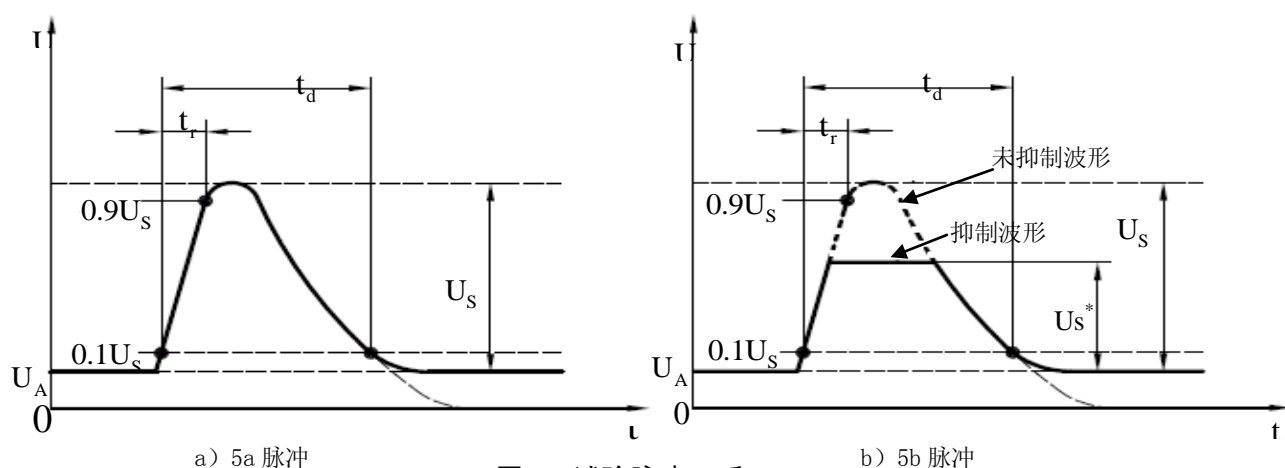


图 21 试验脉冲 5a 和 5b

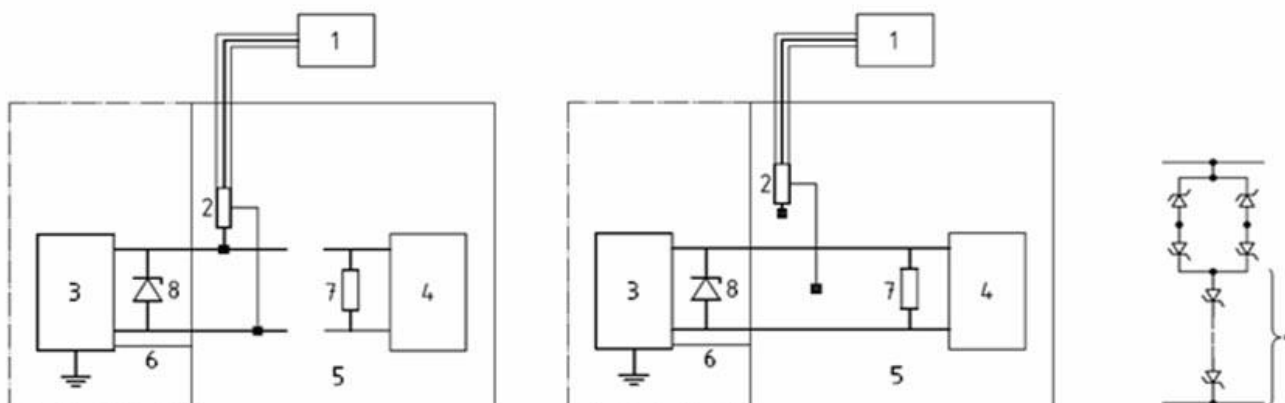
表 23 试验脉冲 5a 和 5b 参数

参数	5a		5b	
	12V 系统	24 V 系统	12V 系统	24 V 系统
$U_A$	$14V \pm 0.2V$	$28V \pm 0.2V$	$14V \pm 0.2V$	$28V \pm 0.2V$
$U_S$	$65V \sim 87V$	$123V \sim 174V$	$65V \sim 87V$	$123V \sim 174V$
$U_S^*$	/		25V	37V
$R_i$	$0.5\Omega \sim 4\Omega$	$1\Omega \sim 8\Omega$	$0.5\Omega \sim 4\Omega$	$1\Omega \sim 8\Omega$
$t_d$	$40ms \sim 400ms$	$100ms \sim 350ms$	$40ms \sim 400ms$	$100ms \sim 350ms$
$t_r$	$10_{-5}^0 ms$			

#### 9.4 试验布置

- 瞬态传导抗干扰试验设备布置见图 22。
- 在被测件和电阻  $R_v$  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  $R_v$ 。对  $R_v$  阻值有特殊要求的产品，应在技术条件中明确；
- 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；
- 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  $0.5m \pm 0.1m$ 。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；
- 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。
- 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。
- 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) 被测件；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	*	123	174	*	5 个	2)	2)
5b	65	87	*	123	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；

3) \*由汽车整车厂和零部件供应商协商确定。

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

★ 机密 ★

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	*	*	*	*
5b	I	C	C	A	A
	II	C	C	B	A
	III	*	*	*	*
*由汽车整车厂和零部件供应商协商确定。					

## 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。

### 10.3 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。

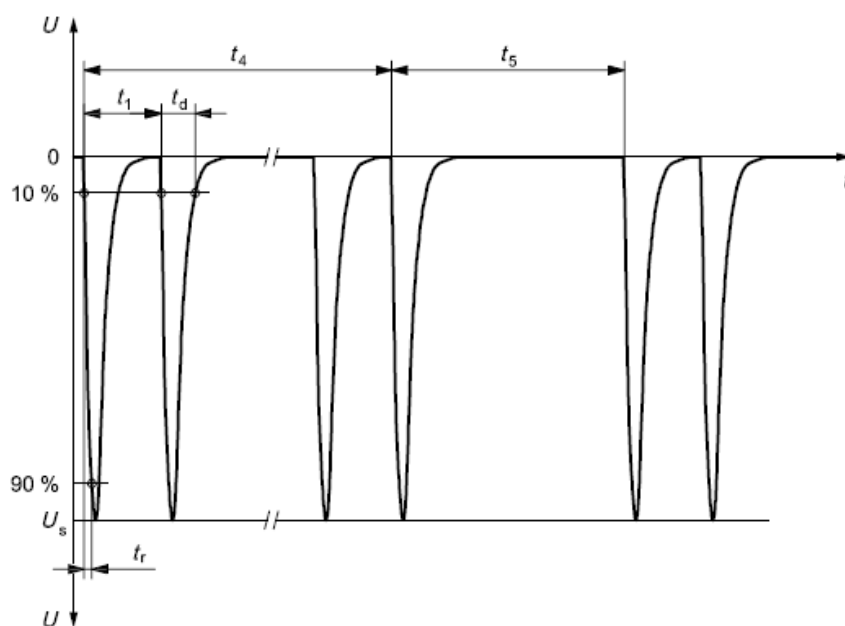


图 23 快速瞬态脉冲 a

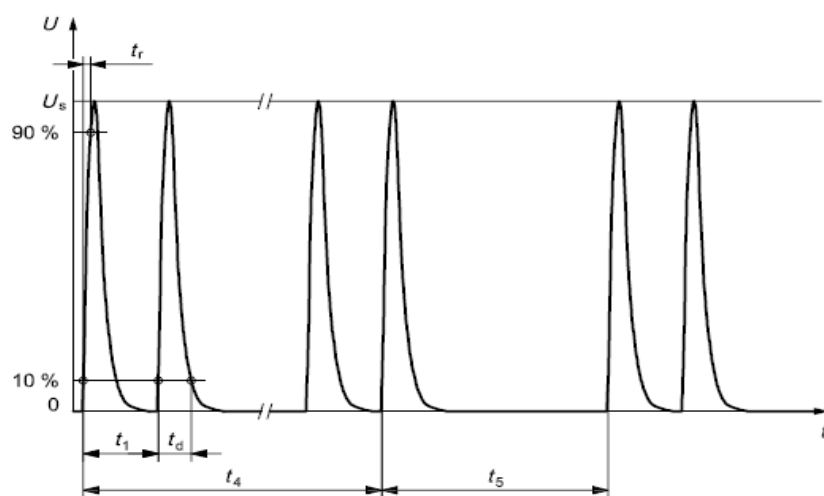


图 24 快速瞬态脉冲 b

表 27 快速瞬态脉冲参数

参数		12V系统	24V系统	42V系统
$U_s$ (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)
$t_r$		5ns		
$t_d$		0.1 $\mu$ s		
$t_1$		100 $\mu$ s		
$t_4$		10ms		

$t_s$	90ms
$R_i$	50Ω

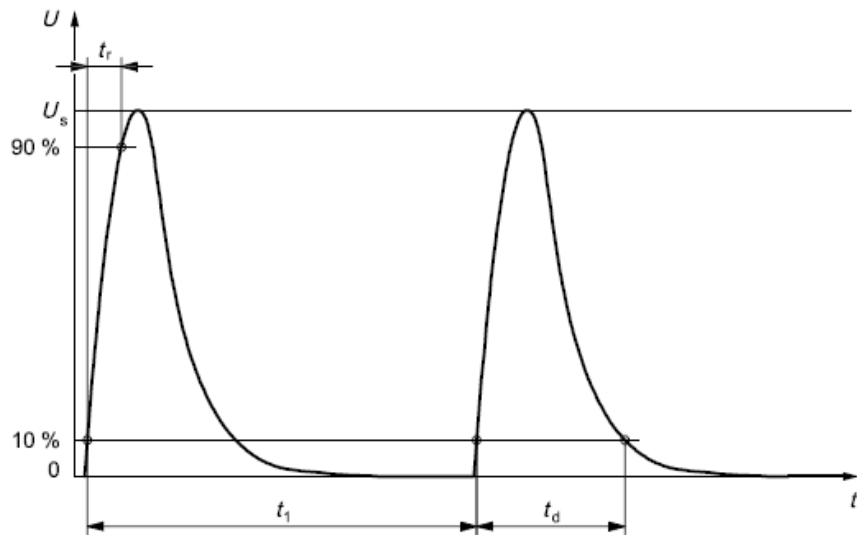


图 25 慢速瞬态脉冲 — 正脉冲

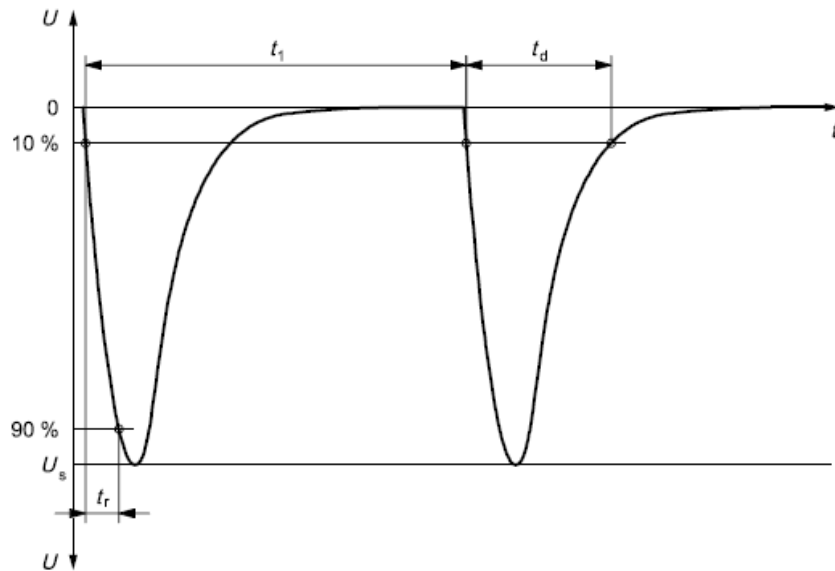


图 26 慢速瞬态脉冲 — 负脉冲

表 28 慢速瞬态脉冲参数

参数			12V系统	24V系统	42V系统
Us (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 <sub>r</sub>			≤1μs		
t <sub>d</sub>			0.05ms		

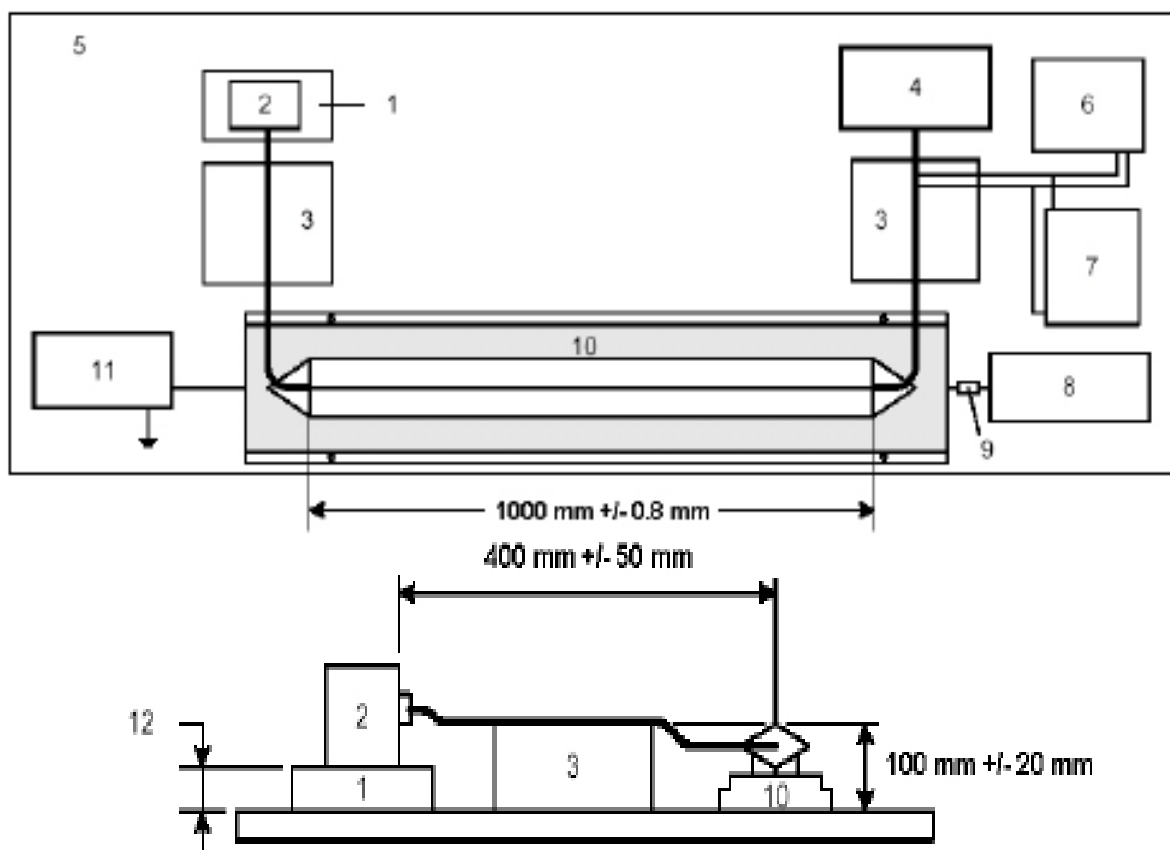
$t_l$	0.5s~5s
$R_l$	$2\Omega$

#### 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) 绝缘支撑板（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

- 试验设备布置见图 28；
- 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；
- 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；
- 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量待测导线的被测件。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。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。如果辅助装置局部接地，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。

图 28 直接电容耦合 (DCC) 法试验布置示意图

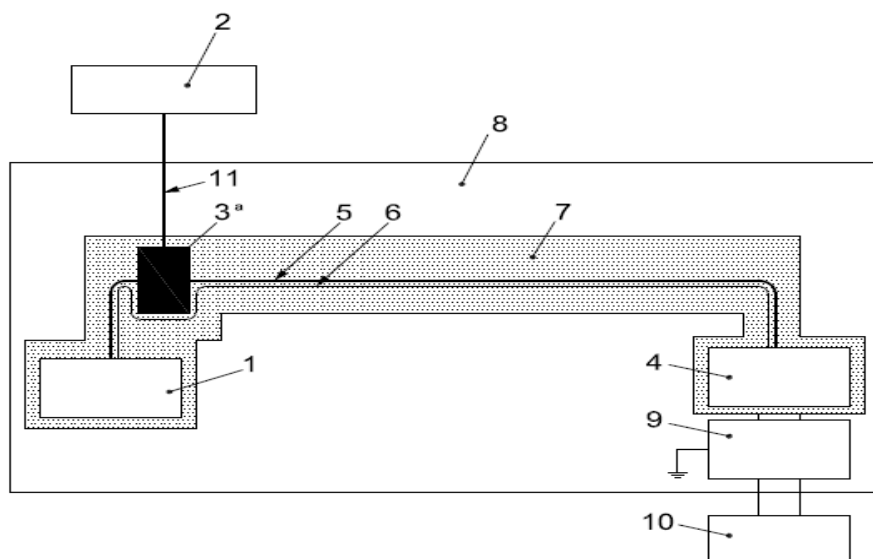


图 29 电感耦合钳 (ICC) 法试验布置示意图

a) 试验严酷等级见表 29;  
b) 性能判定标准见表 30。

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	

★ 机密 ★

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

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。

### 11.3 试验要求

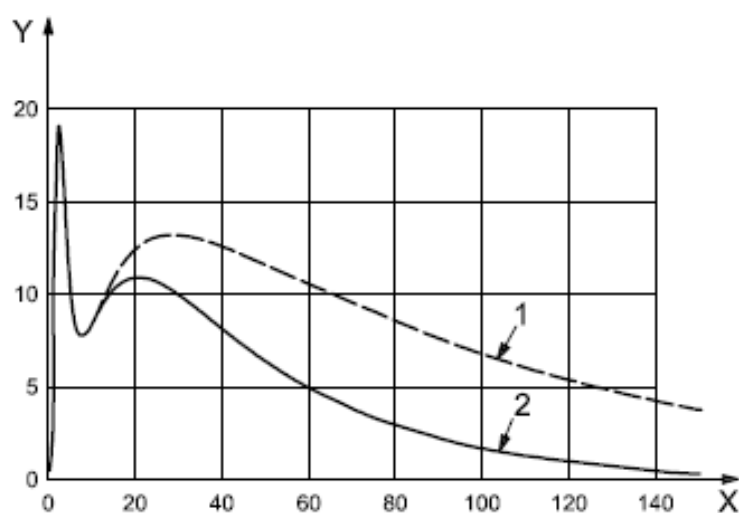
- 试验设备应符合 ISO 10605—2008 要求;
- 环境要求: 温度  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , 湿度  $(30\% \sim 50\%) \text{RH}$  (推荐  $20^\circ\text{C}$ 、 $30\% \text{RH}$ )。ESD 产生的电磁场可能会对周围的敏感电子设备造成不良影响,如果实验室需要考虑这些因素,建议测试场所在屏蔽室内进行;
- 对于接触放电,应使用接触放电头,对于空气放电模式,应使用空气放电头;
- 被测件表面为金属材料时,应使用接触放电模式测试,当然,根据测试计划要求,也可以使用空气放电模式测试;被测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;
- 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  $0.1\text{m/s}$  和  $0.5\text{m/s}$  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;
- 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  $45^\circ$ ;
- 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  $0.5\text{mm}^2 \sim 2\text{mm}^2$  线径、长度不超过  $25\text{mm}$  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;
- 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  $1\text{M}\Omega$  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。
- 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	330Ω	≥3 次	≥1s	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	≥50ms	
断电测试	直接放电	空气放电	150pF				
		接触放电			≥3 次	≥1s	

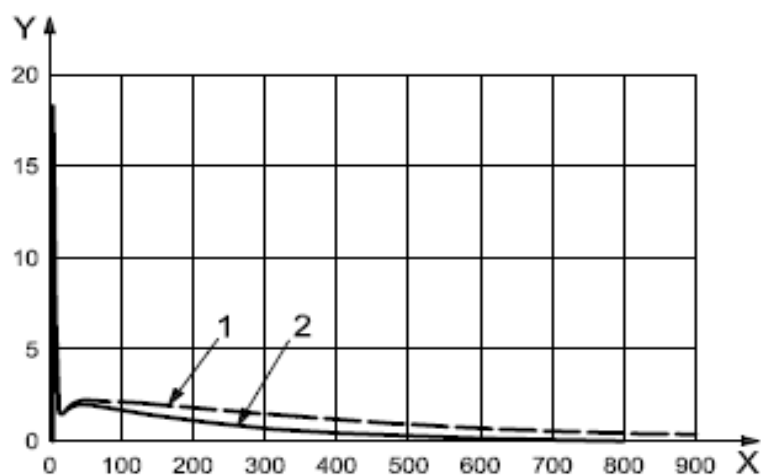
表 32 接触放电模式电流波形参数

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/330Ω	3.75	±10	2, (T1=30ns)	±30	1, (T2=60ns)	±30
330pF/330Ω	3.75	±10	2, (T1=65ns)	±30	1, (T2=130ns)	±30
150pF/2kΩ	3.75	0---+30	0.275, (T1=180ns)	±30	0.15, (T2=360ns)	±50
330pF/2kΩ	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

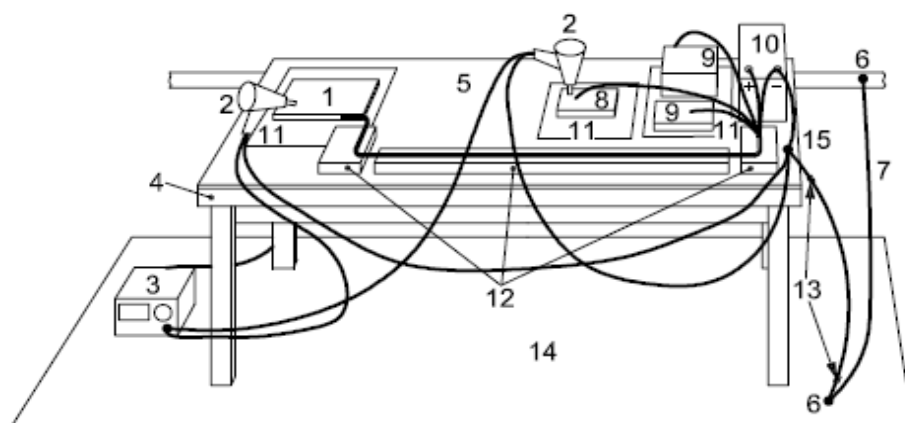


注：X，时间，ns；Y，电流，A；1) 330pF/2k $\Omega$ ，2) 150pF/2k $\Omega$ 。

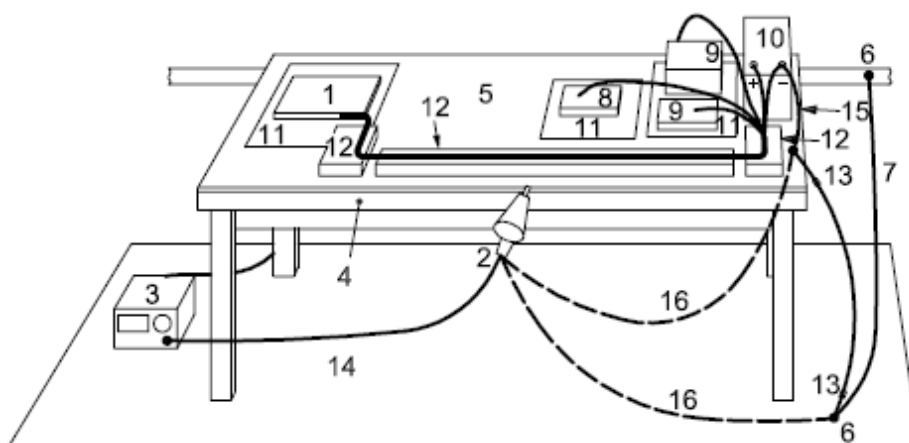
图 31 150pF/330pF，2k $\Omega$ ，5kV 电流波形

#### 11.4 试验布置和试验方法

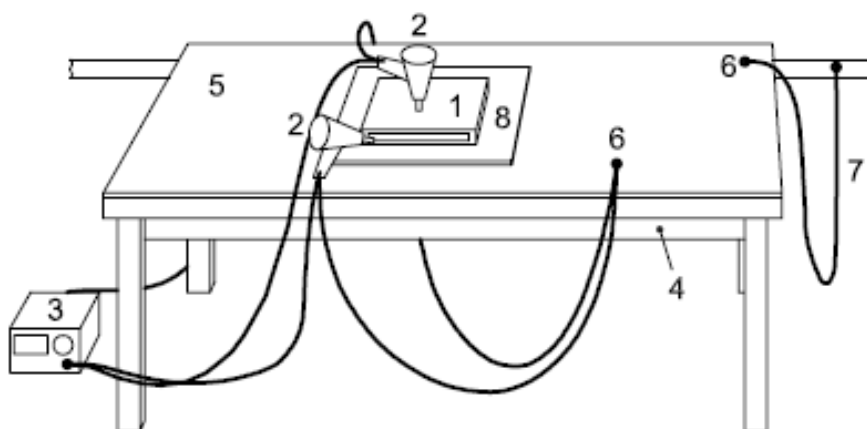
- a) 试验中可能使用的绝缘块由非吸湿性材料构成，相对介电常数在 1 到 5 之间（如：聚乙烯），绝缘块厚度为  $(50 \pm 5)$ mm；绝缘块应覆盖被测件在其上垂直投影外扩 20mm 的大小；试验中可能使用的绝缘支架由非吸湿性材料构成，相对介电常数在 1 到 5 之间（如：聚乙烯），支架高度在 2mm~3mm 之间，尺寸应覆盖被测件在其上垂直投影外扩 20mm 的大小，当进行 25kV 的试验时，要注意支架电介质有被击穿的可能。试验测试桌应是非金属的。然而，考虑到实际测试时的可操作性，本部分提及的绝缘支架、静电消耗材料均统一由绝缘块代替，建议高度统一为  $(50 \text{mm} \pm 5) \text{mm}$ ；
- b) 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；
- c) 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；
- d) 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  $2 \times 470 \Omega$  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				