

Q/LQB

东风柳州汽车有限公司企业标准

Q/LQB C-208—2014

乘用车零部件电磁兼容性规范

2015 - 01 - 09 发布

2015 - 01 - 15 实施

东风柳州汽车有限公司 发布

目 次

前言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 通用要求和规定 7

 4.1 功能类型和等级 7

 4.2 零部件类型和测试项选择 8

 4.3 DUT 的工作状态..... 9

 4.4 测试环境 9

 4.5 信号调制 9

 4.6 接收机参数设置 11

 4.7 抗扰测试步长和驻留时间 12

 4.8 测试系统的布置 12

 4.9 天线的选择 14

 4.10 检波器的选择 14

 4.11 测试设备 14

 4.12 测试报告 20

5 辐射发射 20

 5.1 限值要求 20

 5.2 测试系统布置 22

 5.3 测试过程 26

6 电源线传导发射 26

 6.1 限值要求 27

 6.2 测试系统布置 27

7 控制/信号线传导发射 31

 7.1 限值要求 31

 7.2 测试系统布置 32

8 瞬态传导发射 33

 8.1 限值要求 33

 8.2 测试系统布置 34

 8.3 测试过程 36

9 BCI 抗扰..... 36

 9.1 电磁干扰 36

 9.2 测试系统布置 36

| | | |
|------|-------------------|----|
| 9.3 | 测试过程..... | 37 |
| 10 | 自由场抗扰..... | 37 |
| 10.1 | 电磁干扰..... | 38 |
| 10.2 | 测试系统布置..... | 38 |
| 10.3 | 测试过程..... | 41 |
| 11 | 低频磁场抗扰..... | 41 |
| 11.1 | 电磁干扰和要求..... | 42 |
| 11.2 | 电磁干扰..... | 42 |
| 11.3 | 功能要求..... | 42 |
| 11.4 | 测试系统布置..... | 42 |
| 11.5 | 测试设备..... | 42 |
| 11.6 | 测试过程..... | 43 |
| 12 | 发射机抗扰..... | 43 |
| 12.1 | 电磁干扰和要求..... | 44 |
| 12.2 | 测试系统布置..... | 44 |
| 12.3 | 测试设备..... | 46 |
| 12.4 | 测试过程..... | 47 |
| 13 | 扩展音频抗扰..... | 48 |
| 13.1 | 电磁干扰..... | 48 |
| 13.2 | 测试系统布置..... | 48 |
| 13.3 | 测试过程..... | 49 |
| 14 | 电源线瞬态传导抗扰..... | 49 |
| 14.1 | 测试系统布置..... | 49 |
| 14.2 | 测试设备—试验脉冲发生器..... | 50 |
| 14.3 | 干扰脉冲..... | 51 |
| 14.4 | 功能的性能要求..... | 58 |
| 14.5 | 测试过程..... | 58 |
| 15 | 控制/信号线瞬态传导抗扰..... | 59 |
| 15.1 | 测试系统布置..... | 59 |
| 15.2 | 干扰脉冲..... | 61 |
| 15.3 | 功能的性能要求..... | 64 |
| 15.4 | 测试过程..... | 64 |
| 16 | 静电放电抗扰..... | 66 |
| 16.1 | 放电强度和要求..... | 66 |
| 16.2 | 测试系统布置..... | 67 |
| 16.3 | 测试过程..... | 68 |

前 言

本标准由东风柳州汽车有限公司乘用车技术中心提出。

本标准由东风柳州汽车有限公司乘用车技术中心归口。

本标准起草单位：东风柳州汽车有限公司乘用车技术中心电子电器部。

本标准主要起草人：刘冰莹、吴祖亮、熊禹。

本标准首次发布。

乘用车零部件电磁兼容性规范

1 范围

本标准规定了东风柳州汽车有限公司零部件的电磁兼容性。
本规范适用于乘用车。

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，仅所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。

GB/T 18655 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法

GB/T 19951 道路车辆 静电放电产生的电骚扰试验方法

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

GB/T 21437.3 道路车辆 由传导和耦合引起的电骚扰 第3部分：除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射

ISO 7637-2 道路车辆 由传导和耦合引发的电气骚扰 第2部分：仅沿供电线路的瞬时电气传导 (Road vehicles- Electrical disturbances from conduction and coupling- Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only)

ISO 7637-3 道路车辆 由传导和耦合引发的电气骚扰 第3部分：12V和24V电压的车辆 (Road vehicles- Electrical disturbances from conduction and coupling-Part 3: Electrical transient transmission by capacitive and inductive coupling via lines other than supply lines)

ISO 10605 道路车辆 由静电放电引起的电磁骚扰试验方法 (Road vehicles-test methods for electrical disturbances from electrostatic discharge)

ISO 11452-2 道路车辆 窄频辐射电磁能引发的电磁骚扰的部件试验方法 第2部分：线装吸波室 (Road vehicles-component test methods for electrical disturbances from narrow band radiated electromagnetic energy-Part 2: Absorber lined shielded enclosure)

ISO 11452-4 道路车辆 窄频辐射电磁能引发的电磁骚扰的部件试验方法 第4部分：大容量电流发射 (BCI) (Road vehicles-component test methods for electrical disturbances from narrow band radiated electromagnetic energy-Part 4: Bulk current injection)

ISO 11452-8 道路车辆 窄频辐射电磁能引发的电磁骚扰的部件试验方法 第8部分：对磁场的抗扰性 (Road vehicles-component test methods for electrical disturbances from narrow band radiated electromagnetic energy-Part 8: Immunity to magnetic fields)

ISO 11452-9 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰试验方法 第9部分：可携带的发射器 (Road vehicles-component test methods for electrical disturbances from narrow band radiated electromagnetic energy-Part 9: Portable transmitters)

ISO 11452-10 道路车辆 窄频辐射电磁能引发的电磁骚扰的部件试验方法 第10部分：对扩大的声频频带中传导骚扰的抗扰性 (Road vehicles-component test methods for electrical disturbances

from narrow band radiated electromagnetic energy-Part 10: Immunity to conducted disturbances in the extended audio frequency range)

CISPR 25 装载车辆, 轮船和设备接受者电磁干扰特性保护-限制和测量方法 (vehicle boats and internal combustion engines-radio disturbance characteristics-limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers)

3 术语和定义

3.1

ALSE

Absorber Lined Shielded Enclosure (装有吸波材料的屏蔽室)。

3.2

AN

Artificial Network (人工网络)。

3.3

AM

Amplitude Modulation (调幅)。

3.4

BCI

Bulk Current Injection (大电流注入)。

3.5

CCC

Capacitive Coupling Clamp (电容耦合钳)。

3.6

DUT

Device Under Test (被测设备)。

3.7

EMC

Electromagnetic Compatibility (电磁兼容性)。

3.8

ESD

Electrostatic Discharge (静电放电)。

3.9

FM

Frequency Modulation (调频)。

3.10

GSM

Global System for Mobile Communications (全球移动通信系统)。

3.11

ICC

Inductive Coupling Clamp (电感耦合钳)。

3.12

IMT

International Mobile Telecommunications (国际移动通信系统)。

3.13

LISN

Line Impedance Stabilization Network (线性阻抗稳定网络)。

3.14

LW

Long Wave (长波)。

3.15

MW

Middle Wave (中波)。

3.16

PDC

Personal Digital Cellular (个人数字蜂窝电话)。

3.17

PM

Pulse Modulation (脉冲调制)。

3.18

SW

Short Wave (短波)。

3.19

FM

Frequency Modulation (调频)。

3.20

Tetra

Terrestrial Trunked Radio（地面通信系统）。

3.21

TV

Television（电视）。

3.22

VHF

Very High Frequency（甚高频）。

3.23

空气放电

将放电电极靠近被测对象表面，引起放电的测试方法。放电通过电弧击穿产生。

3.24

接触放电

将放电电极直接与被测对象表面接触，造成放电的测试方法。放电通过静电枪的放电开关触发。

3.25

ESD

在物体具有不同电位的部位，在相互接触之前，由于电场造成的静电荷的转移。

3.26

ESD模拟器

模拟人体ESD模型的设备。

3.27

人体放电模型

用电容、电压和电阻来表征人体在汽车环境下作为静电电荷源的特性。车内乘员和车外人员的人体放电模型如图1、图2所示。

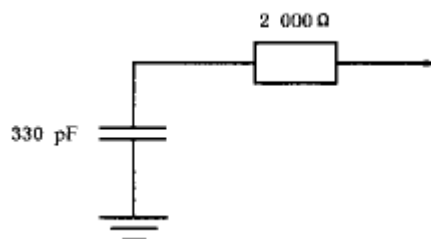


图1 车内乘员放电模型

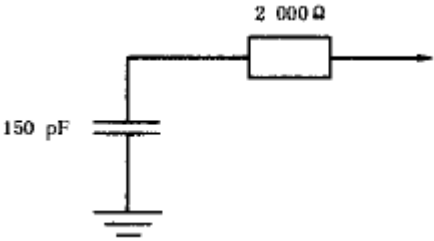


图2 车外人员放电模型

3. 28

间接放电

在DUT附近的耦合平面上放电。模拟人体在DUT附近引起的放电。

3. 29

直接放电

直接对DUT进行放电。

3. 30

水平耦合平板

水平放置在DUT附近的金属平板，通过该金属平板放电模拟在DUT附近物体放电的情况。

3. 31

性能衰减

任何装备、设备或系统的工作性能与期望性能之间出现了不期望发生的偏离。

3. 32

抗扰度

装备、设备或系统在电磁骚扰下，能够正常工作，且性能不发生衰减的能力。

3. 33

抗扰度强度

装备、设备或系统能够以要求的性能等级工作的情况下，能够承受的最大的电磁骚扰。

3. 34

功能等级

整车厂和供应商之间达成共识的，并在测试计划中定义的性能等级。

3. 35

全电波暗室

地面、天花板、四周墙壁都安装有吸波材料的电波暗室。

3. 36

半电波暗室

只在天花板和四周墙壁安装吸波材料，而地面采用导电材料的电波暗室。

3.37

屏蔽室

专门设计的用来隔离内外电磁环境的网状或薄板金属壳体。

3.38

宽带发射

带宽大于特定测量设备或者接收机带宽的发射，如电机、点火系统。

3.39

窄带发射

带宽小于特定测量设备或者接收机带宽的发射。一般内部含有大于9KHz的振荡器或其它重复信号的设备会产生窄带发射，如微处理器。

3.40

电磁骚扰

任何可能会影响电气/电子设备正常工作的电磁现象。

3.41

电磁环境

存在于给定场所的所有电磁现象的总和。

3.42

设备带宽

设备的给定特性，偏离其参考值，但不超过某一规定值或比率时的频带宽度。

3.43

发射或信号带宽

任一带外频谱分量的电平都不超过参考电平的某一规定百分比的频带宽度。

3.44

峰值检波器

输出电压为所施加信号峰值的检波器。

3.45

准峰值检波器

具有规定的电气时间常数的检波器。当施加规则的重复等幅脉冲时，其输出电压是脉冲峰值的分数，且此分数随脉冲重复频率增加，并趋向于1。

3.46

均值检波器

输出电压为所施加信号的平均值的检波器。

3.47

极化

正弦电磁场传播时，空间某点上电场的矢量方向。

3.48

人工网络，线性阻抗稳定网络

插入到电源线或信号/负载设备的线路中，在一定频率范围内，给骚扰电压提供一个特定的负载阻抗。并且，在规定频率范围内，使被测设备与电源和负载电气隔离。

3.49

约定术语

本文档中使用了下列术语：

- “要求”：表示一种必须/强制的需求。
- “应当”：表示一种推荐或建议。
- “必须”：表示一种法律或标准的需求。
- “将会”：表示一种预计的考虑情况，或者一种附加或可选的特性。
- “可以”：表达一种被允许的行为或方法，并不认定为需求。

4 通用要求和规定

如无特殊规定，零部件电磁兼容性和测试过程应符合第3章的规定。

4.1 功能类型和等级

4.1.1 功能类型

功能的类型如表1所示。

表1 功能类型

| 类型 | 说明 |
|-----|--|
| A 类 | 提供操作的方便性、舒适性、娱乐性的功能，如收音机、空调 |
| B 类 | 能够增强或帮助驾驶员驾驶/控制车辆，但并非驾驶/控制车辆所必须的功能，如防抱死系统、油量指示 |
| C 类 | 会影响驾驶员驾驶/控制车辆，会影响道路其它使用者，以及法规规定的功能，如转向灯、制动灯、雨刮 |
| D 类 | 控制被动安全系统爆炸装置的功能，如安全气囊 |

4.1.2 功能等级

为评价功能的性能，功能的性能等级定义如表2所示。

表2 功能的性能等级

| 等级 | 说明 |
|-------|--|
| I 级 | 功能和性能都完全符合设计要求 |
| II 级 | 一项或多项性能指标偏离设计要求，但所有功能均正常。干扰去除后，性能指标能自动恢复到设计要求 |
| III 级 | 一项或多项功能不能正常执行，干扰去除后，功能能够自动恢复正常 |
| IV 级 | 一项或多项功能不能正常执行，干扰去除后，功能不能自动恢复正常，通过简单复位操作后能够恢复正常 |
| V 级 | 一项或多项功能不能正常执行，去除干扰后，通过简单的复位操作功能无法恢复正常，需要进行维修 |

4.1.3 抗扰度要求

4.1.3.1 如无特殊规定，抗扰测试时，DUT 的基本要求如表 3 所示。

表3 抗扰度总体要求

| | A 类功能 | B 类功能 | C 类功能 | D 类功能 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 等级 1 | I | I | I | I |
| 等级 2 | II | I | I | I |

4.1.3.2 对于车载通信功能，需要根据与其相关的零部件功能的类型进行功能等级的定义。

4.2 零部件类型和测试项选择

4.2.1 零部件类型

根据电气特性的不同，零部件类型的定义如表4所示。

表4 零部件类型

| 类型 | 说明 |
|----|----------------------------|
| P | 仅包含无源器件的部件或模块，如电阻、电容、发光二极管 |
| R | 电感性的部件或模块，如继电器、电磁阀、电喇叭 |
| BM | 有刷电机，如雨刮电机、喷水电机 |
| EM | 电子控制的无刷电机 |
| A | 含有有源器件的部件或模块，如开关电源、微处理器、运放 |
| AS | 由其它模块中的稳压电源供电的部件或模块，一般为传感器 |
| AX | 内部含有感性设备，或者控制外部感性设备的部件或模块 |
| AM | 内部含有磁敏元件的部件或模块，如霍尔传感器 |
| AW | 含有射频元件的独立的部件或模块，如胎压传感器 |

4.2.2 测试项目选择

零部件测试项目如表5所示。

表5 零部件测试项目选择

| 测试项目 | 电子模块 | | | | | 电机 | | | |
|------------------------------|------|----|----|----|----|----|----|---|---|
| | A | AS | AM | AX | AW | BM | EM | P | R |
| 发射 | | | | | | | | | |
| 辐射 | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | |
| 电源线传导 | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | |
| 控制/信号线传导 | ● | ● | ● | ● | | | ● | | |
| 瞬态传导 | | | | ● | | ● | ● | | ● |
| 射频抗扰 | | | | | | | | | |
| BCI | ● | ● | ● | ● | | | ● | | |
| 自由场 | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | | |
| 低频磁场 | | | ● | | | | | | |
| 发射机 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | |
| 扩展音频 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | | |
| 瞬态抗扰 | | | | | | | | | |
| 电源线 | ● | | ● | ● | | | ● | ● | |
| 控制/信号线 | ● | ● | ● | ● | | | ● | | |
| 静电放电 | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| 注：符号“●”表示需要进行该项测试，符号“○”表示可选项 | | | | | | | | | |

4.3 DUT 的工作状态

DUT工作状态的设置，应使DUT发射出最大的电磁骚扰。
测试过程中，DUT的负荷应不低于额定负荷的80%。

4.4 测试环境

如无特殊规定，测试环境应符合表6的规定。

表6 测试环境

| 环境 | 要求 |
|------|-----------------------|
| 电磁环境 | 环境本底噪声要求应低于限值不少于 6 dB |
| 温度 | (23±5.0) °C |
| 相对湿度 | 20%~60% |
| 电源 | 13.5 V，经过滤波和隔离 |

4.5 信号调制

为了模拟无线通信系统产生的窄带电磁干扰，需要采用不同形式的干扰信号。如无特殊规定，按表7选择调制方式。

表7 调制方式选择表

| 调制方式 | 测试频带 |
|------|------------------|
| CW | 1 MHz~6000 MHz |
| AM | 1 MHz~800 MHz |
| PM | 800 MHz~2000 MHz |

4.5.1 CW 信号

4.5.1.1 CW 信号为正弦波，波形如图 3 所示。

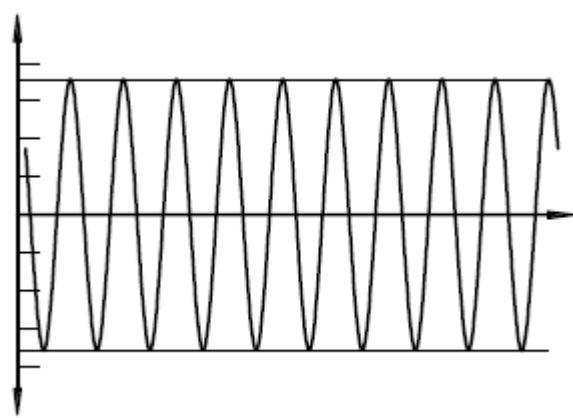


图3 CW 信号波形

4.5.1.2 AM 信号和 PM 信号都是由 CW 信号经过调制得到。

4.5.2 AM 信号

4.5.2.1 AM 信号由 CW 信号经过一个频率为 1 kHz 的信号调制得到。AM 信号 E_{AM} 与 CW 信号 E_{CW} 之间的关系见式（1）。

$$E_{AM} = E_{CW} [1 + m \cos(ft)] \sin(\omega t) \dots\dots\dots (1)$$

- 式中：
- E_{AM} ——AM信号；
 - E_{CW} ——CW信号；
 - m ——调制深度，如无特殊规定，为80%；
 - f ——调制信号的频率，HZ；
 - ω ——CW信号的频率，HZ。

4.5.2.2 AM 信号的波形如图 4 所示。

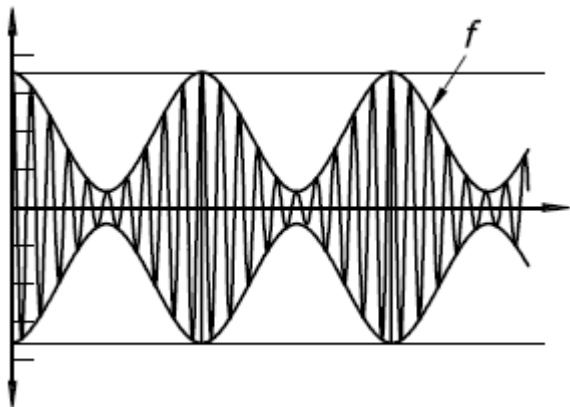


图4 AM 信号波形

4.5.3 PM 信号

PM调制信号由CW信号经过1个频率为217 Hz，且高电平为577 us的脉冲信号调制得到，如图5所示。

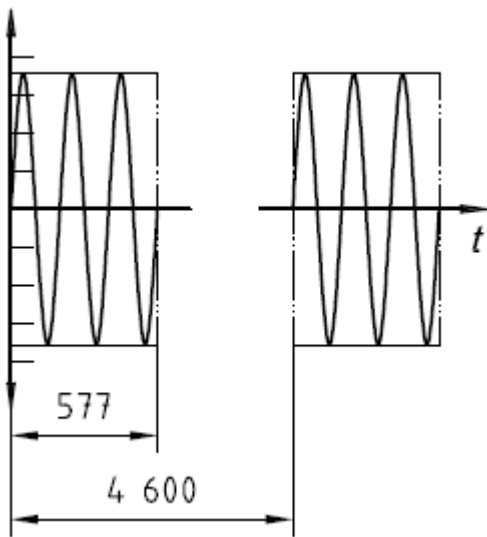


图5 PM 信号波形（t 的单位为 us）

4.6 接收机参数设置

接收机的参数设置如表8所示。

表8 接收机参数

| 带宽 MHz | 峰值检波 | | | 准峰值检波 | | | 均值检波 | | |
|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| | 带宽 kHz | 步长 kHz | 时间 ms | 带宽 kHz | 步长 kHz | 时间 ms | 带宽 kHz | 步长 kHz | 时间 ms |
| 0.15~30 | 9 | 5 | 50 | 9 | 5 | 1000 | 9 | 5 | 50 |
| >30 | 120 | 50 | 5 | 120 | 50 | 1000 | 120 | 50 | 5 |

4.7 抗扰测试步长和驻留时间

每个频率点的驻留时间为2 s。
不同测试频带的测试步长如表9所示。

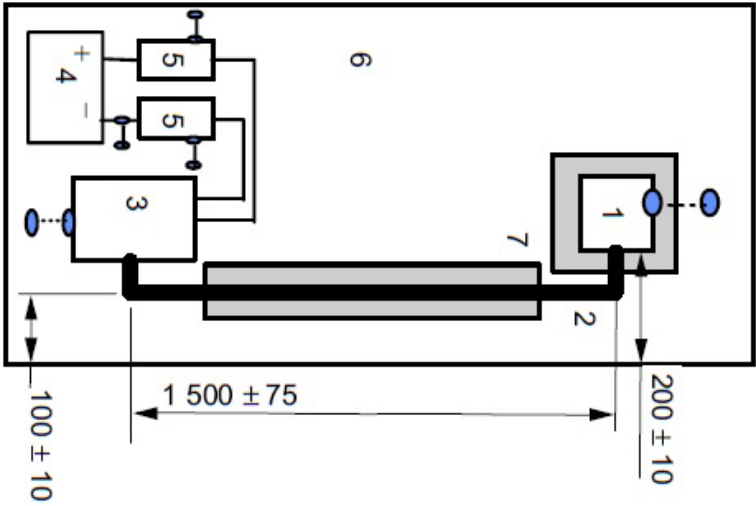
表9 测试步长

| 频带 | 步长 |
|---------------------|--------|
| 15 Hz~100 Hz | 10 Hz |
| 100 Hz~1000 Hz | 100 Hz |
| 1 kHz~10 kHz | 1 kHz |
| 10 kHz~150 kHz | 10 kHz |
| 1 MHz~10 MHz | 1 MHz |
| 10 MHz ~200 MHz | 5 MHz |
| 200 MHz ~400 MHz | 10 MHz |
| 400 MHz ~1000 MHz | 20 MHz |
| 1000 M Hz~6000 M Hz | 40 MHz |

4.8 测试系统的布置

4.8.1 一般测试系统布置

如无特殊规定，测试系统布置如图6所示。



说明：
1——DUT； 2——线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络； 6——测试台； 7——绝缘垫。

图6 测试系统布置（单位：mm）

4.8.2 线束夹角及线束和 DUT 放置的要求

线束夹角应为90° 左右。线束和DUT应当放置在绝缘垫上。

4.8.3 人工网络的连接

不连接测试设备的人工网络应连接50 Ω标准阻抗。
人工网络直接布置在接地平板上，外壳与接地平板应接地良好。

4.8.4 DUT 的布置

如无特殊规定，在实车状态下，DUT的外壳与车身接地，则DUT直接放置在接地平板上。否则，DUT放置在绝缘垫上。
应使DUT电磁骚扰发射最大的面朝向天线。

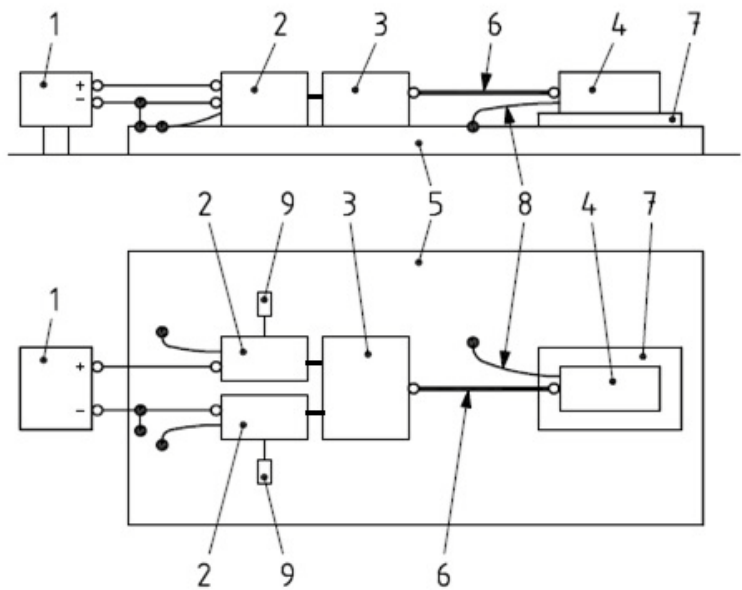
4.8.5 DUT 的接地方式

按DUT在实车上电源负极线的连接方式，进行EMC测试时，DUT的接地分为远端接地和近端接地两种方式。

若在实车状态下，DUT为金属外壳，且金属外壳与车身良好接地，在测试时，应将DUT外壳与接地平板接地。

4.8.5.1 远端接地

DUT在实车上电源负极线长度大于200 mm时，采用远端接地，如图7所示。

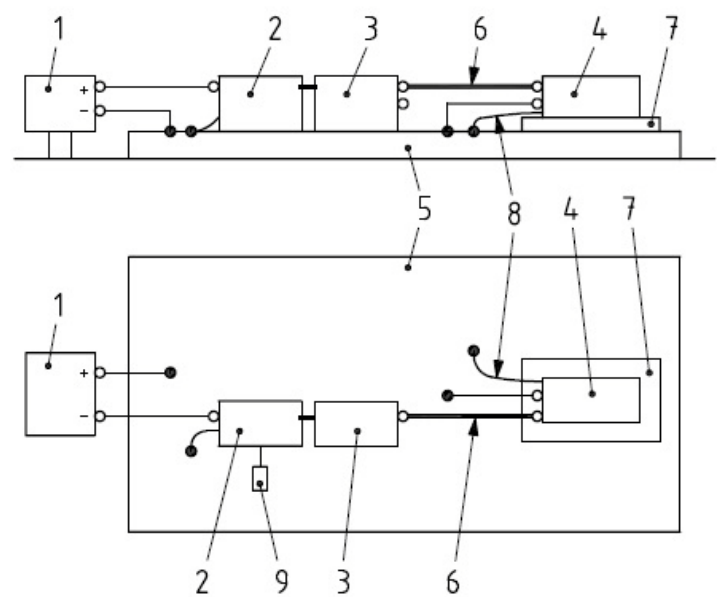


说明：
1——电源； 2——人工网络； 3——负载模拟器； 4——DUT； 5——接地平板； 6——测试线束；
7——绝缘支撑； 8——DUT外壳接地； 9——50 Ω负载。

图7 远端接地

4.8.5.2 近端接地

DUT在实车上电源负极线长度不大于200 mm时，采用近端接地，如图8所示。



说明：
1——电源； 2——人工网络； 3——负载模拟器； 4——DUT； 5——接地平板； 6——测试线束；
7——绝缘支撑； 8——DUT外壳接地； 9——50 Ω负载。

图8 近端接地

4.9 天线的选择

不同频段，采用的天线不同，天线的选择如表10所示。

表10 测量天线选择

| 频带 MHz | 天线 |
|-----------|--------------|
| 0.15~30 | 1 m 长的垂直单极天线 |
| 30~300 | 双锥天线 |
| 200~1000 | 对数周期天线 |
| 1000~2500 | 喇叭或对数周期天线 |

4.10 检波器的选择

4.10.1 窄带骚扰

窄带骚扰采用均值检波器进行测试。

4.10.2 宽带骚扰

宽带骚扰采用峰值或准峰值检波器进行测试。以准峰值检测结果作为合格性的评价依据。

4.11 测试设备

4.11.1 测试台

测试台表面应由导体构成的接地平板覆盖。

4.11.1.1 接地平板材质

接地平板应为厚度不小于0.5 mm的铜板或者镀锌钢板。

4.11.1.2 接地平板的尺寸

接地平板的最小宽度不小于1000 mm，最小的长度不小于2000 mm。如无特殊规定，接地平板超出测试系统边缘应不小于200 mm。

接地平板的高度为900 mm±100 mm。

4.11.1.3 接地平板的搭铁

接地平板与ALSE的地面应搭铁良好，且直流电阻不超过2.5 mΩ。

4.11.2 人工网络

4.11.2.1 等效电路原理

人工网络的等效电路原理如图9所示。

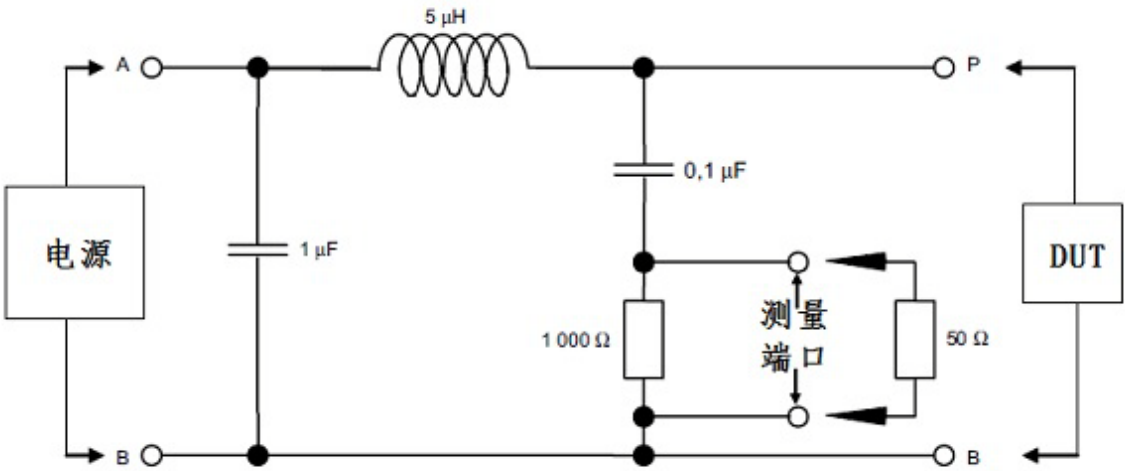


图9 等效电路原理

4.11.2.2 阻抗特性

人工网络的阻抗特性如图10所示。

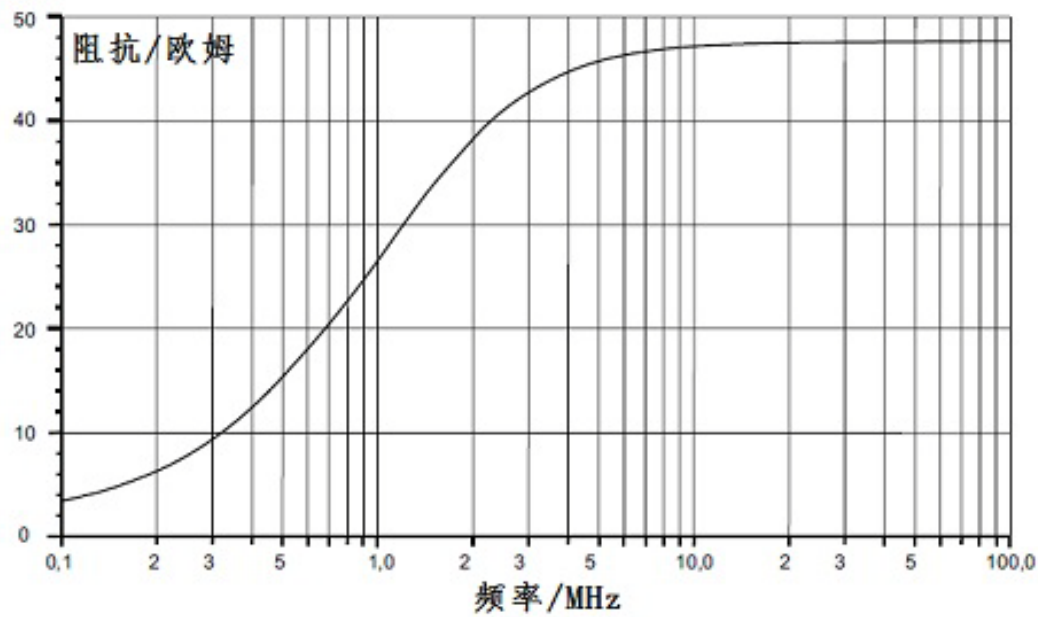


图10 阻抗特性

4.11.3 示波器

示波器应满足表11规定。

表11 示波器参数

| 参数 | 要求 |
|--------|-----------------------------|
| 类型 | 数字示波器 |
| 采样频率 | 采样频率不低于 2000 MHz |
| 带宽 | 不低于 400 MHz |
| 灵敏度 | 不低于 5 mV/刻度 |
| 最大输入电压 | 不低于 1 kV |
| 探头线缆 | 探头的线缆不大于 3 m，接地线不大于 0.13 m。 |
| 探头阻抗特性 | 如表 12 所示 |

表12 探头的输入阻抗和等效电容

| 频率 Mhz | 阻抗 K Ω | 电容 pF |
|-----------|-----------|----------|
| 1 | >40 | <4 |
| 10 | >4 | <4 |
| 100 | >0.4 | <4 |

4.11.4 绝缘垫

绝缘垫的相对介电常数应小于1.4，厚度为50 mm±5 mm。

4.11.5 负载模拟器

宜使用实车上的部件来模拟负载，尤其是感性负载。

在实际负载难以实现的情况下，可以选择模拟负载。模拟负载应能正确模拟DUT的负载特性，尤其是电气特性。

4.11.5.1 功能要求

模拟负载用于模拟DUT在实车工作状态下所需的信号和负载，并能够对DUT的功能和状态进行监测。

4.11.5.2 干扰要求

模拟负载应不能对DUT造成负面影响。

模拟负载应放置在屏蔽盒内。

4.11.6 放电枪

4.11.6.1 参数要求

静电放电测试中，放电枪的参数应满足表13的要求。

表13 静电放电枪参数要求

| 参数 | 要求 |
|-------------------------|-----------------|
| 接触放电输出电压 | 2 kV~15 kV |
| 空气放电输出电压 | 2 kV~25 kV |
| 输出电压误差 | 小于 5% |
| 输出电压的极性 | 正电压和负电压 |
| 接触放电短路电流的上升时间（10%到 90%） | 0.7 ns~1 ns |
| 保持时间 | 大于 5 s |
| 储能电容 | 150 pF 和 330 pF |
| 放电电阻 | 330 Ω 和 2000 Ω |

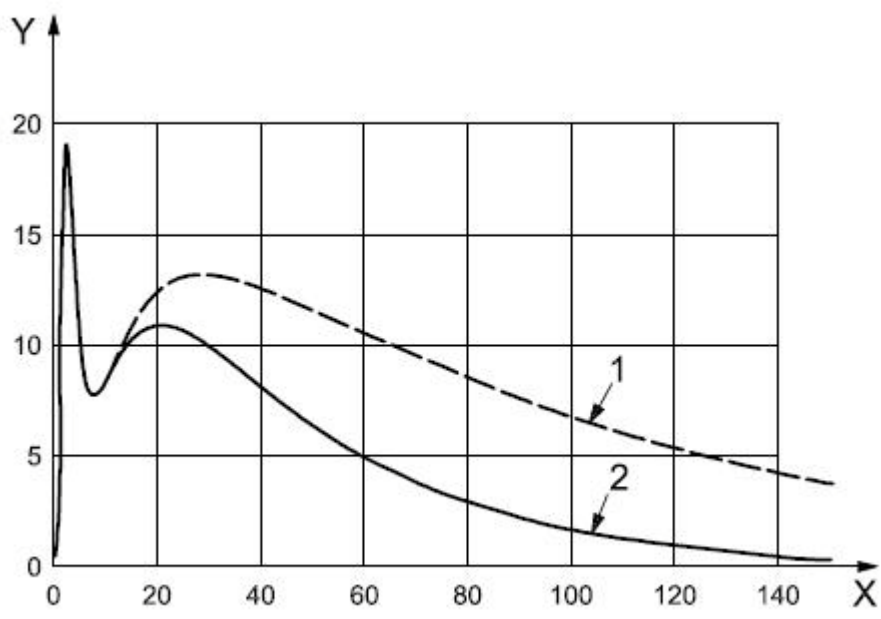
4.11.6.2 放电波形要求

4.11.6.2.1 只对接触放电的放电电流有要求，具体要求如表 14 所示。

表14 放电波形要求

| 参数配置 | 单位电压的峰值电流 A/kV | 误差 % | t_1 时刻单位电压的电 流 | 误差 % | t_2 时刻单位电压的 电流 | 误差 % |
|---------------|-------------------|---------|---------------------|---------|---------------------|---------|
| 150 pF/330 Ω | 3.75 | ±10 | 2 A/kV(30 ns) | ±30 | 1 A/kV(60 ns) | ±30 |
| 330 pF/330 Ω | 3.75 | ±10 | 2 A/kV(65 ns) | ±30 | 1 A/kV(130 ns) | ±30 |
| 150 pF/2000 Ω | 3.75 | 0~+30 | 0.275 A/kV(180 ns) | ±30 | 0.15 A/kV(360 ns) | ±30 |
| 330 pF/2000 Ω | 3.75 | 0~+30 | 0.275 A/kV(400 ns) | ±30 | 0.15 A/kV(800 ns) | ±30 |

4.11.6.2.2 静电放电典型的放电电流波形如图 11 所示。



说明
X——时间，ns； Y——电流，A； 1——330 pF/330 Ω； 2——150 pF/330 Ω。

图11 典型放电电流波形（5 kV）

4. 11. 6. 3 放电尖端

4. 11. 6. 3. 1 接触放电尖端

接触放电测试时，放电尖端的尺寸如图12所示。

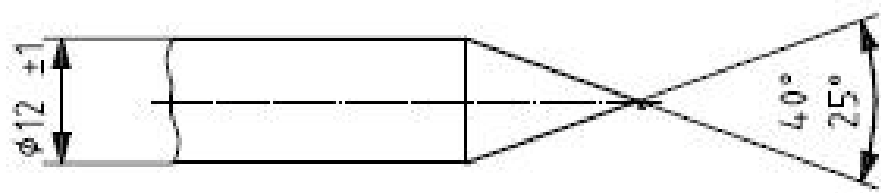
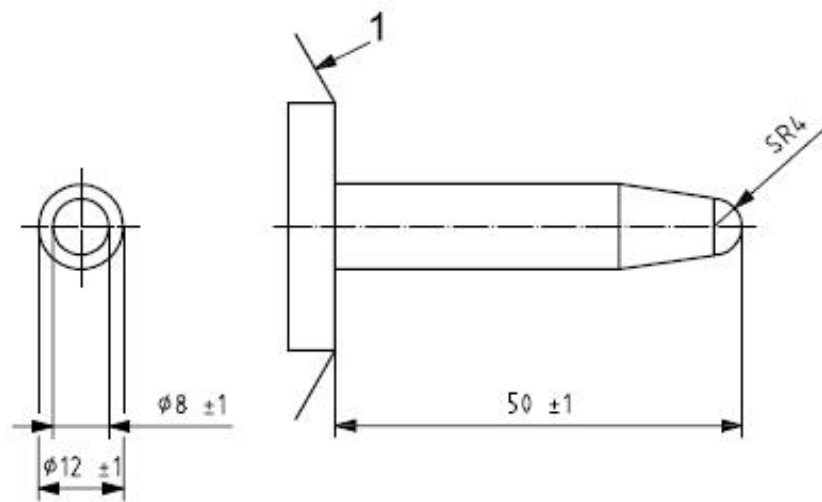


图12 接触放电尖端（单位：mm）

4. 11. 6. 3. 2 空气放电尖端

空气放电测试时，放电尖端的尺寸如图13所示。



说明：
1——放电枪枪身。

图13 空气放电尖端（单位：mm）

4.11.7 开关

宜采用实车上的开关。
在不能采用实车上的开关时，可以选用替代开关，如汽车继电器、电子开关。

4.11.7.1 汽车继电器

汽车继电器应满足表15的规定。

表15 汽车继电器要求

| 参数 | 要求 |
|------|------|
| 额定电流 | 30 A |
| 触点材质 | 高纯度银 |
| 抑制措施 | 无 |

4.11.7.2 电子开关

电子开关应满足表16规定。

表16 电子开关要求

| 参数 | 要求 |
|-------|---|
| 耐高电压 | 25 A 时，最高电压为 400 V |
| 电流通过性 | 持续的最大电流为 25 A。持续时间小于 1 s 时，峰值电流不小于 100 A。 |
| 电压降 | 25 A 电流时的电压降小于 1 V |
| 开关时间 | 带 DUT 时，开关时间小于 300 ns±60 ns |
| 阻抗特性 | 1 KHz 信号的等效电阻小于 0.6 Ω，电感小于 50 uH |

4.12 测试报告

测试报告至少应包含如下信息：

- a) DUT 的基本信息，如实物照片、外围原理、主要功能、软硬件版本号等；
- b) 测试过程中 DUT 工作状态的详细描述，失效判定的准则；
- c) 测试系统的布置，包括示意图和实物照片；
- d) 测试过程中所使用设备，包括设备名称、设备型号、生产厂家等；
- e) 测试过程监测的数据和曲线，实验室的背景噪声，测试曲线；
- f) DUT 出现的异常及触发条件；
- g) 测试结果符合性判定；
- h) 其它的必要信息，如测试时间、测试人员、测试地点等。

5 辐射发射

辐射发射是为了测试零部件在工作过程中，向空间辐射的电场的大小。
辐射发射参考CISPR 25和GB/T 18655制订。

5.1 限值要求

5.1.1 辐射发射限值

辐射发射的限值要求如表17所示。

表17 辐射发射限值

| 波段 | 频段 MHz | 限值 dBuV/m | | |
|---------|-----------|--------------|-----|----|
| | | 峰值 | 准峰值 | 均值 |
| 广播 | | | | |
| LW | 0.15~0.3 | 66 | 53 | 46 |
| MW | 0.53~1.8 | 56 | 43 | 36 |
| SW | 5.9~6.2 | 52 | 39 | 32 |
| FM | 76~108 | 50 | 37 | 30 |
| TV I | 41~88 | 40 | — | 30 |
| TV III | 174~230 | 44 | — | 34 |
| DAB III | 171~245 | 38 | — | 28 |
| TV IV/V | 468~944 | 53 | — | 43 |
| DTTV | 470~770 | 57 | — | 47 |
| DAB L | 1447~1494 | 40 | — | 30 |
| SDARS | 2320~2345 | 46 | — | 36 |
| 移动业务 | | | | |
| CB | 26~28 | 52 | 39 | 32 |
| VHF | 30~54 | 52 | 39 | 32 |
| VHF | 68~87 | 47 | 34 | 27 |
| VHF | 142~175 | 47 | 34 | 27 |

表 17 （续）

| 波段 | 频段 MHz | 限值 dBuV/m | | |
|------------------------------------|-----------|--------------|-----|------------------|
| | | 峰值 | 准峰值 | 均值 |
| 移动业务 | | | | |
| UHF | 380~512 | 50 | 37 | 30 |
| RKE | 300~330 | 44 | — | 30 |
| RKE | 420~450 | 44 | — | 30 |
| UHF | 820~960 | 56 | 43 | 36 |
| GSM 800 | 860~895 | 56 | — | 36 |
| EGSM/GSM | 925~960 | 56 | — | 36 |
| GPS L1 ¹⁾ | 1567~1583 | — | — | 22 ²⁾ |
| GSM 1800 | 1803~1882 | 56 | — | 36 |
| GSM 1900 | 1850~1990 | 56 | — | 36 |
| 3G/IMT 2000 | 1900~1992 | 56 | — | 36 |
| 3G/IMT 2000 | 2010~2025 | 56 | — | 36 |
| 3G/IMT 2000 | 2108~2172 | 56 | — | 36 |
| 蓝牙 | 2400~2500 | 56 | — | 36 |
| 注1：GPS频段，EMI接收机的带宽为9 KHz，步长为5 KHz。 | | | | |
| 注2：GPS频段，均值检波的限值要求在5.1.2定义。 | | | | |
| 注3：“—”表示不适用。 | | | | |

5.1.2 GPS 频段限值

GPS频段的限值要求如表18和图14所示。

表18 GPS 频段限值要求

| 频段 MHz | 限值 dBuV/m |
|-----------|-------------------------|
| 1567~1574 | $62-20664*\log(f/1567)$ |
| 1574~1576 | 22 |
| 1576~1583 | $22+20782*\log(f/1576)$ |

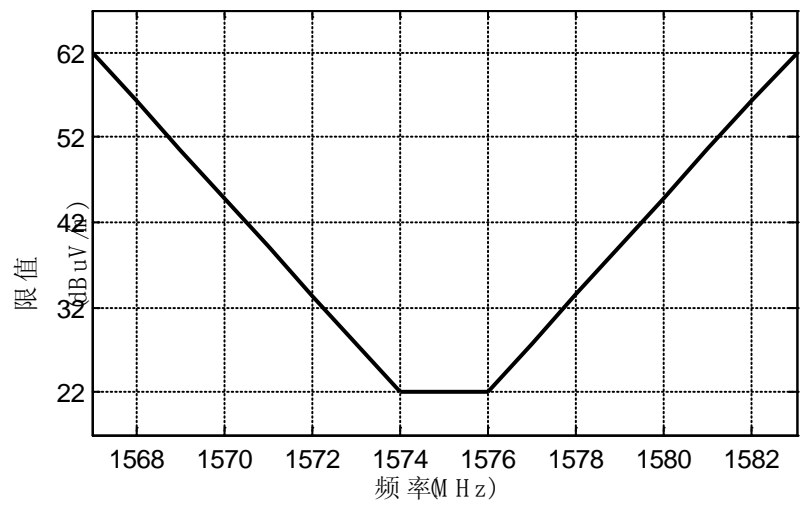


图14 GPS 频段的辐射发射限值

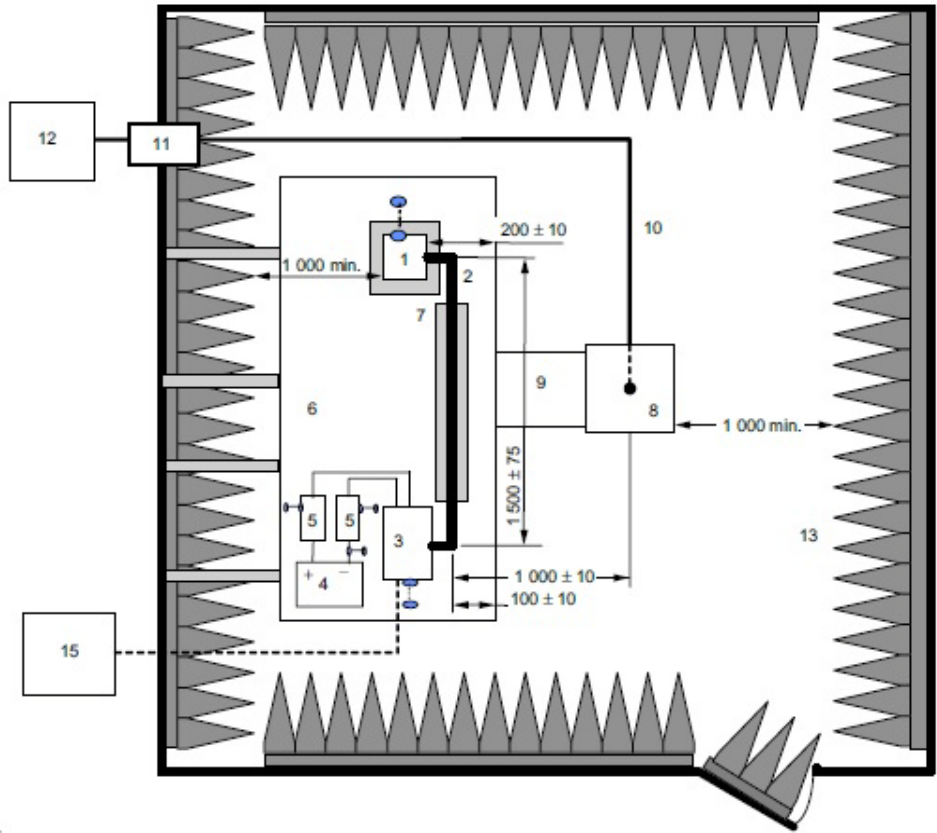
5.2 测试系统布置

不同频带采用的测试天线不同。

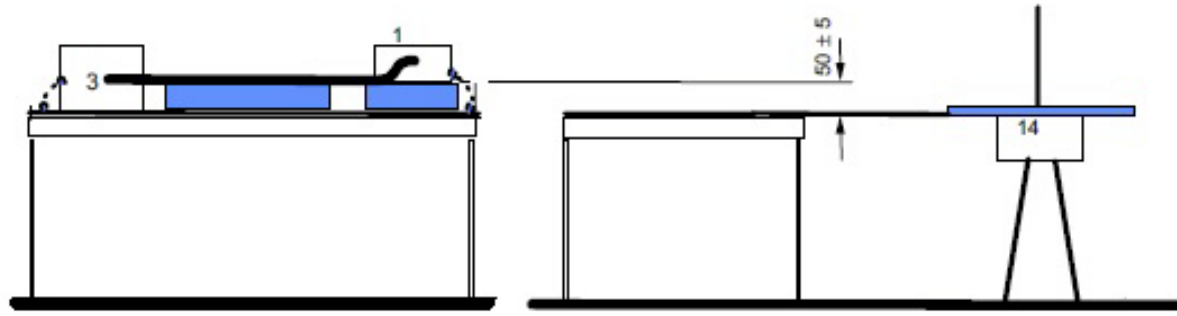
5.2.1 垂直单极天线

采用垂直单极天线时，测试系统布置如图15所示。

垂直单极天线的平衡板相对于实验室地面的高度为100 mm±10 mm。



(a) 俯视图



(b) 正视图

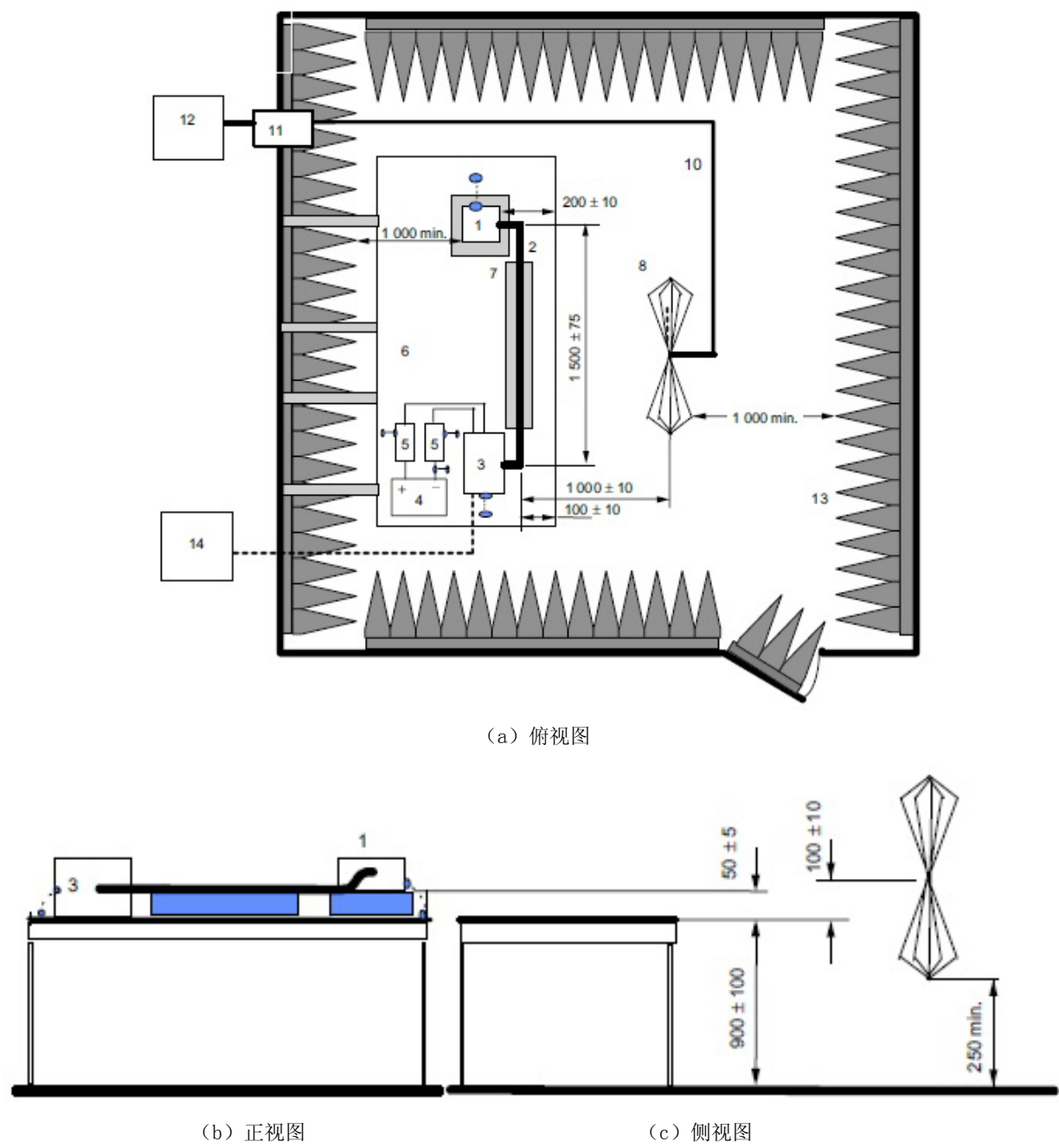
(c) 侧视图

说明：
1——DUT； 2——试验线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络； 6——接地平板；
7——绝缘垫； 8——垂直单极天线； 9——接地平板； 10——同轴电缆； 11——壁板连接头；
12——测量设备； 13——吸波材料； 15——监测系统。

图15 测试系统布置图（单位：mm）

5.2.2 双锥天线

采用双锥天线时，测试系统布置如图16所示。

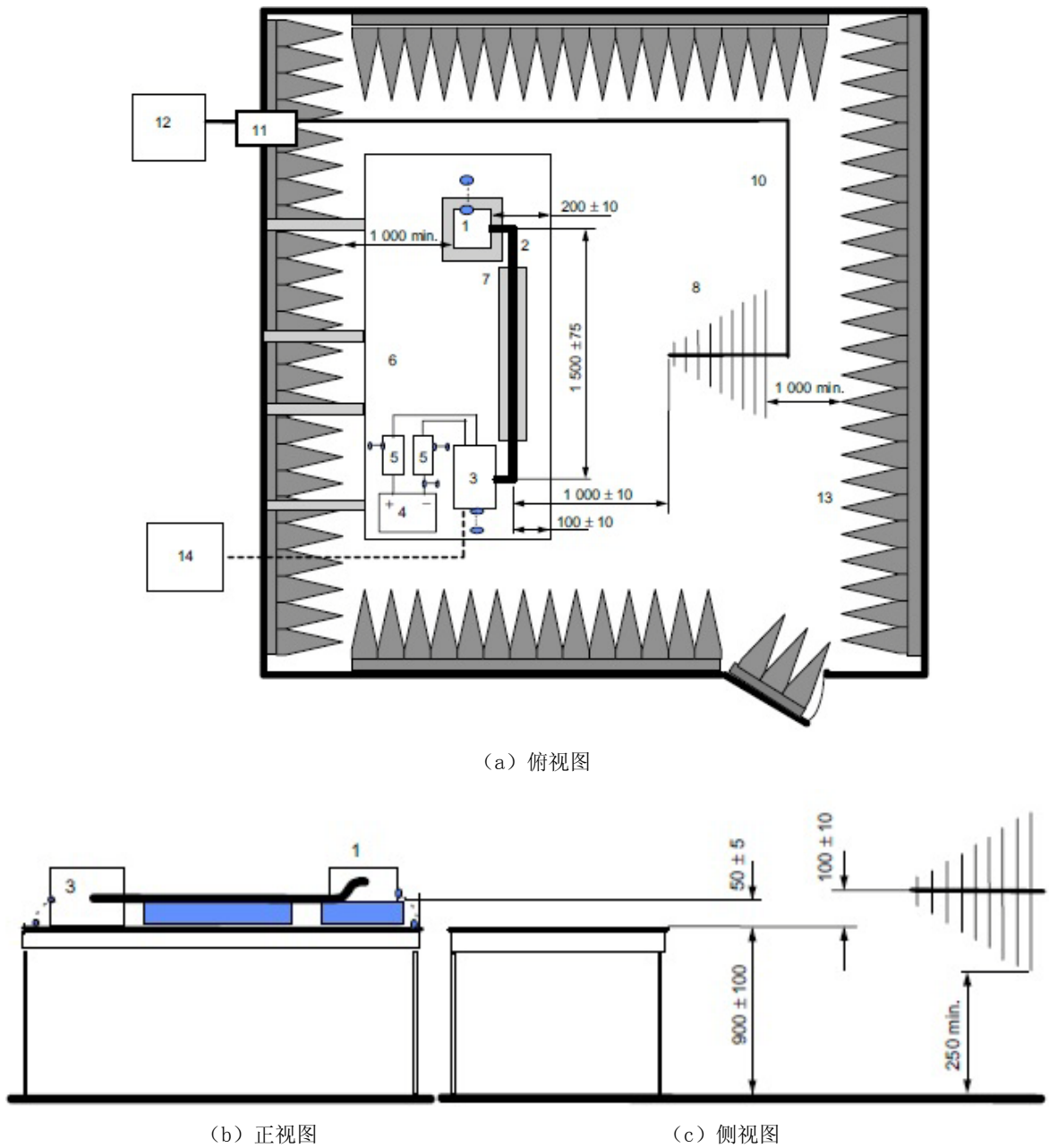


说明：
1——DUT； 2——试验线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络； 6——接地平板；
7——绝缘垫； 8——双锥天线； 10——同轴电缆； 11——壁板连接头； 12——测量设备；
13——吸波材料； 14——监测系统。

图16 测试系统布置图（单位：mm）

5.2.3 对数周期天线

采用对数周期天线时，测试系统布置如图17所示。



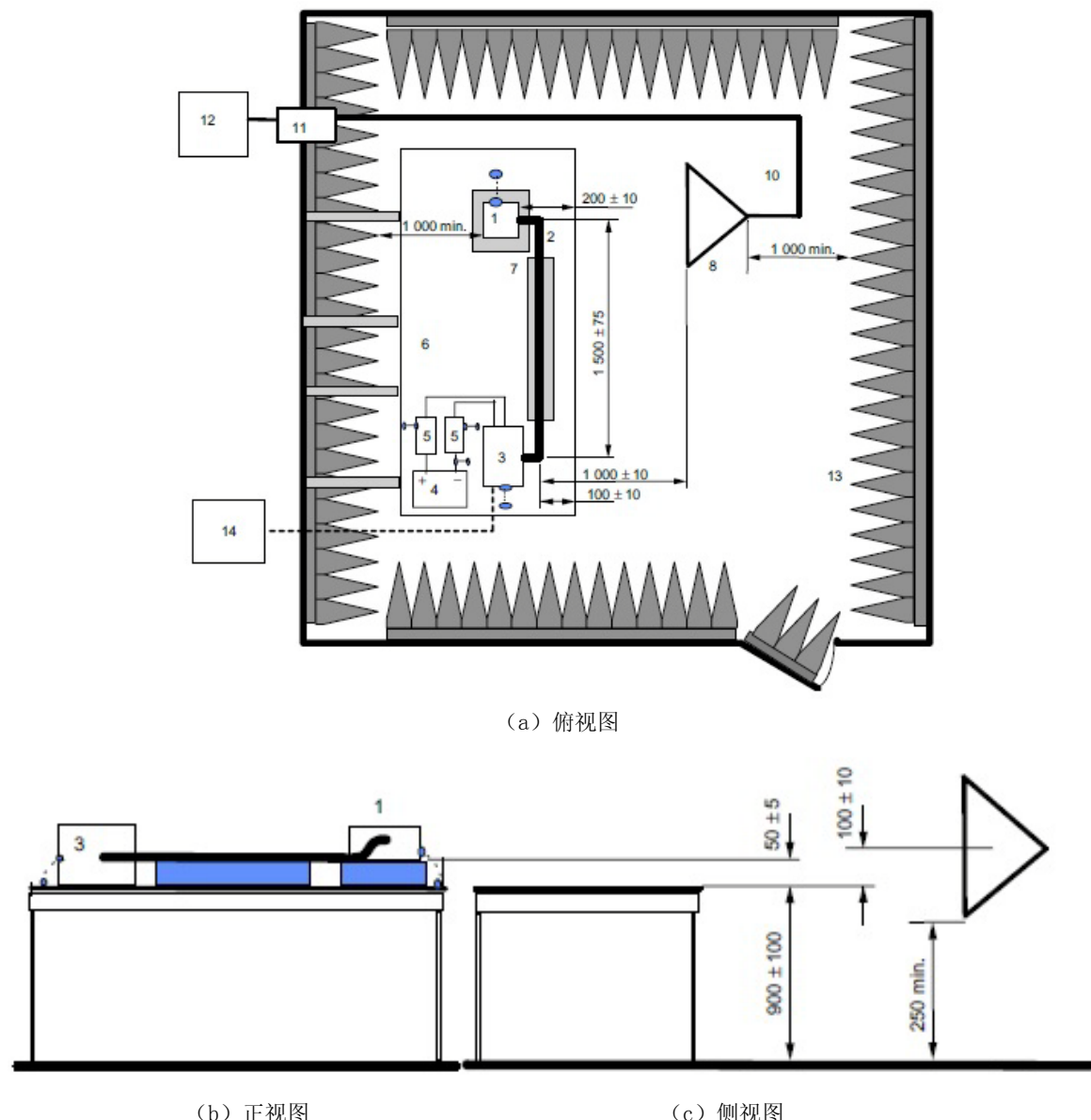
说明：

1——DUT； 2——试验线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络； 6——接地平板；
7——绝缘垫； 8——对数周期天线； 10——同轴电缆； 11——壁板连接头； 12——测量设备；
13——吸波材料； 14——监测系统。

图17 测试系统布置图（单位：mm）

5.2.4 喇叭天线

采用喇叭天线时，测试系统布置如图18所示。



说明：
1——DUT； 2——试验线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络； 6——接地平板；
7——绝缘垫； 8——喇叭天线； 10——同轴电缆； 11——壁板连接头； 12——测量设备；
13——吸波材料； 14——监测系统。

图18 测试系统布置图（单位：mm）

5.3 测试过程

在0.15 MHz~30 MHz频带内，只在天线垂直极化状态下进行测试。
频率大于30 MHz时，分别在天线垂直极化和水平极化状态下进行测试。

6 电源线传导发射

电源传导发射是为了测试零部件在工作过程中，在电源线上产生的干扰电压的大小。

电源线传导发射参考CISPR 25和GB/T 18655制订。

6.1 限值要求

电源线传导发射的限值要求如表19所示。

表19 传导发射限值

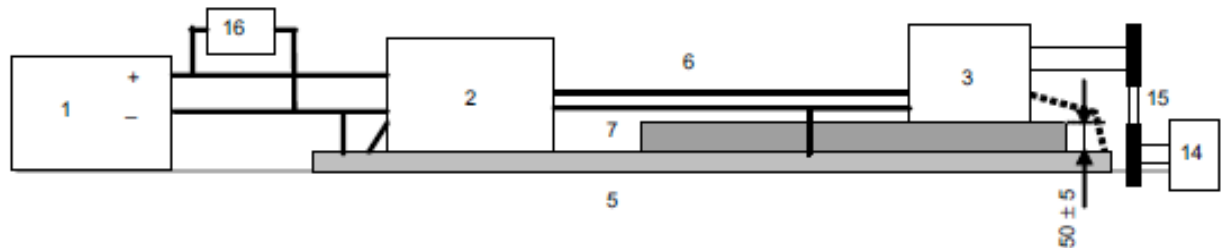
| 波段 | 频段 MHz | 电压限值 dBuV | | |
|------|-----------|--------------|--------|-------|
| | | 峰值检波器 | 准峰值检波器 | 均值检波器 |
| 广播 | | | | |
| LW | 0.15~0.3 | 90 | 77 | 70 |
| MW | 0.53~1.8 | 70 | 57 | 50 |
| SW | 5.9~6.2 | 65 | 52 | 45 |
| FM | 76~108 | 50 | 37 | 30 |
| TV I | 41~88 | 46 | — | 36 |
| 移动业务 | | | | |
| CB | 26~28 | 56 | 43 | 36 |
| VHF | 30~54 | 56 | 43 | 36 |
| VHF | 68~87 | 50 | 37 | 30 |

6.2 测试系统布置

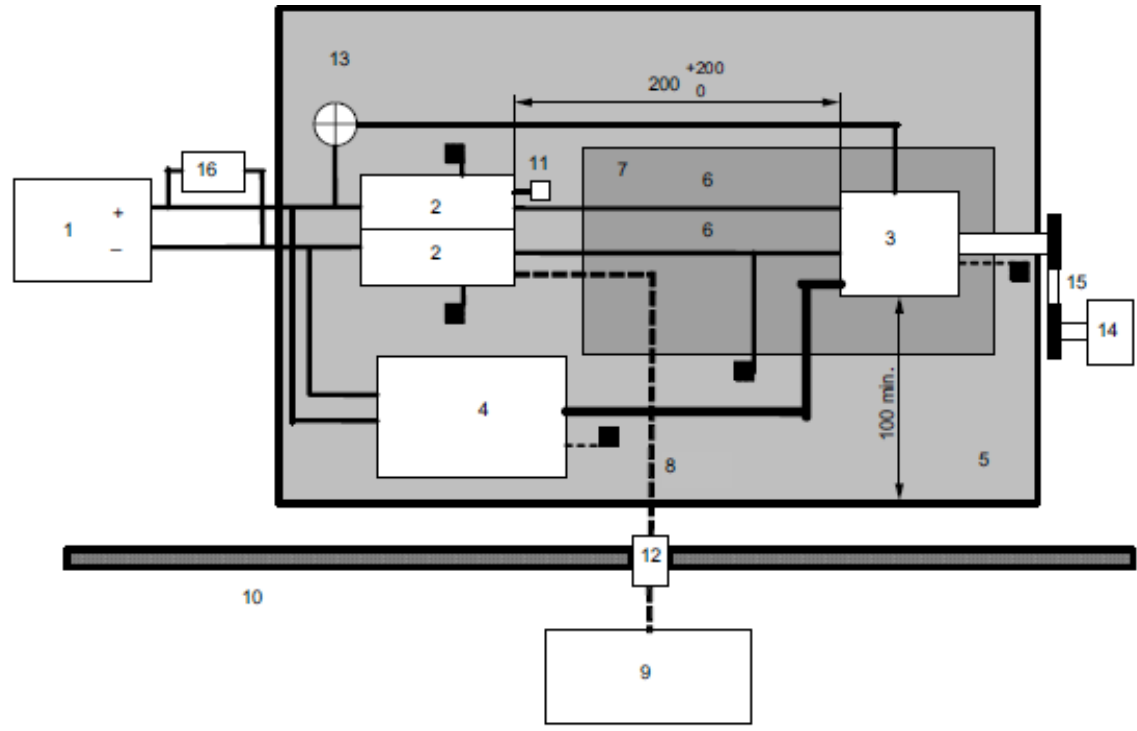
DUT不同，测试系统布置不同。

6.2.1 发电机

进行发电机传导发射测试时，测试系统布置如图19所示。



(a) 侧视图



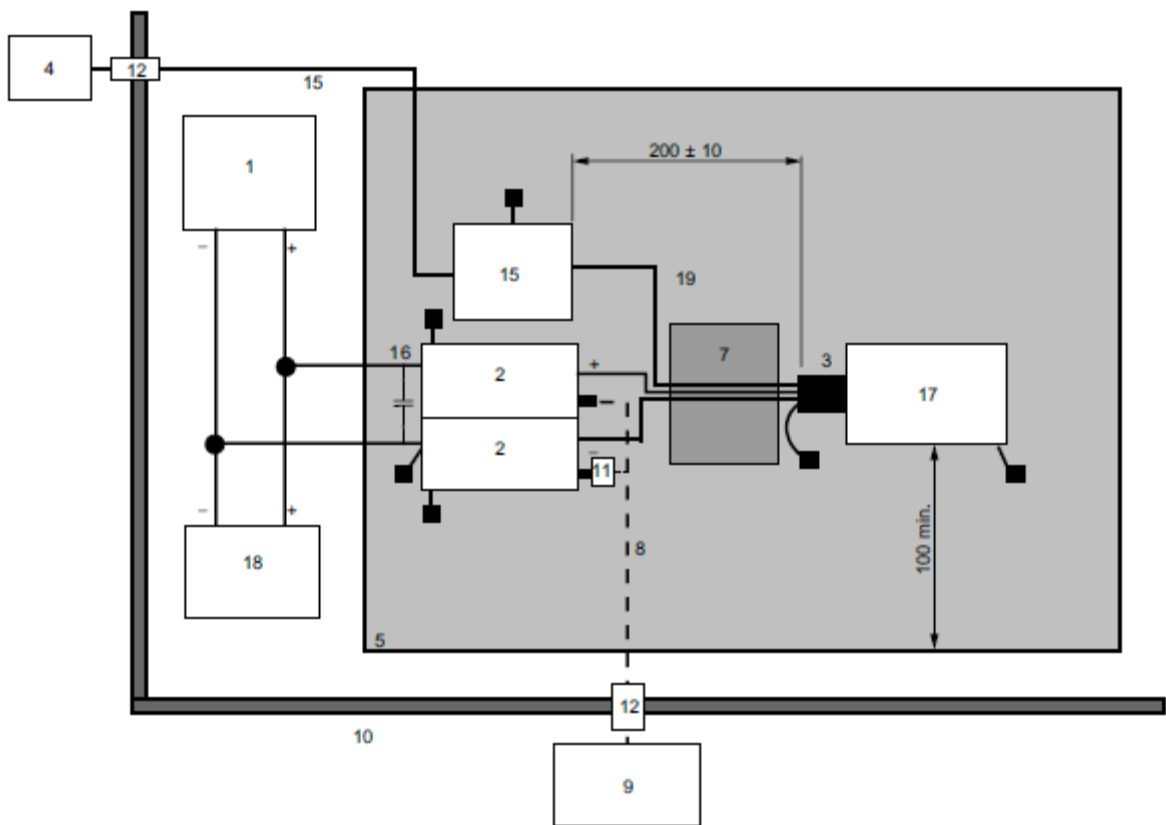
(b) 俯视图

说明：
1——蓄电池； 2——人工网络； 3——DUT； 4——负载模拟器； 5——接地平面； 6——电源线；
7——支撑材料； 8——同轴电缆； 9——测量设备； 10——屏蔽室； 11——50Ω负载； 12——连接器；
13——指示灯； 14——低辐射动力源； 15——橡胶皮带； 16——负载等效电阻。

图19 发电机测试系统布置图（单位：mm）

6.2.2 点火系统

进行点火系统传导发射测试时，测试系统布置如图20所示。



说明：

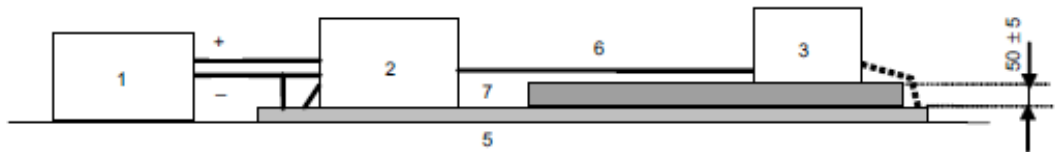
1——电源； 2——人工网络； 3——笔式点火线圈； 4——ECU模拟装置； 5——接地平面；
7——支撑材料； 8——同轴电缆； 9——测量设备； 10——屏蔽室； 11——50 Ω负载；
12——连接器； 15——光电转换器； 16——1000 uF电容； 17——发动机机体模拟装置；
18——蓄电池； 19——信号线。

图20 点火系统传导骚扰测试系统布置图（单位：mm）

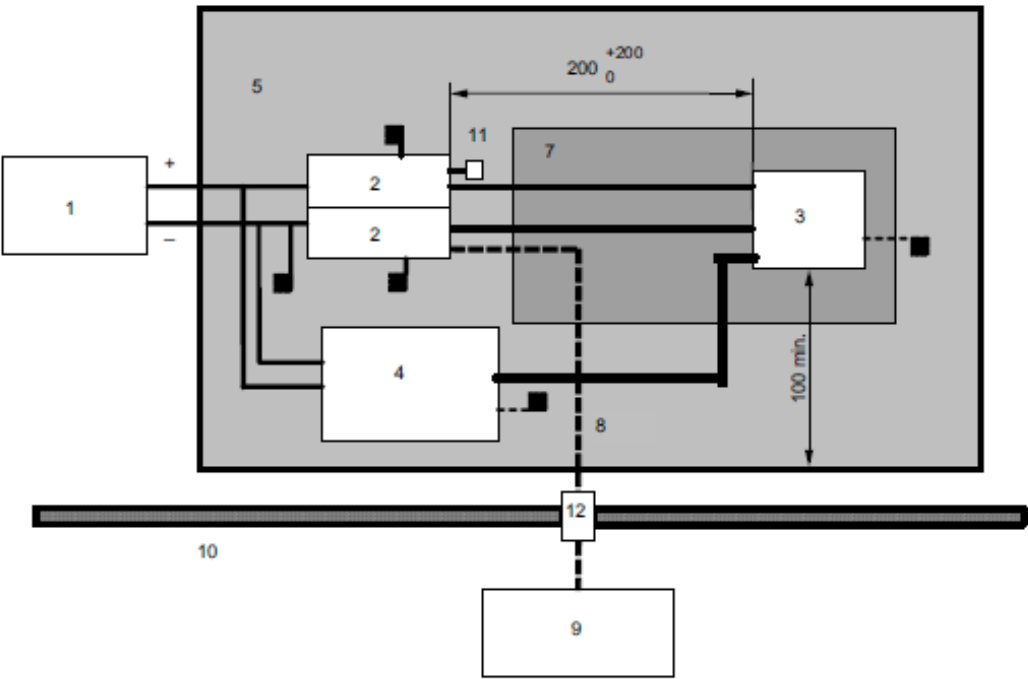
6.2.3 一般部件

6.2.3.1 远端接地

一般部件，远端接地时，测试系统布置如图21所示。



(a) 侧视图



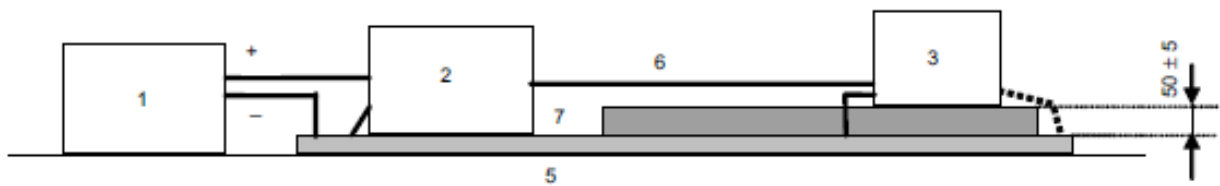
(b) 俯视图

说明：
1——电源； 2——人工网络； 3——DUT； 4——负载模拟器； 5——接地平面； 6——电源线；
7——支撑材料； 8——同轴电缆； 9——测量设备； 10——屏蔽室； 11—— 50Ω 负载； 12——连接器。

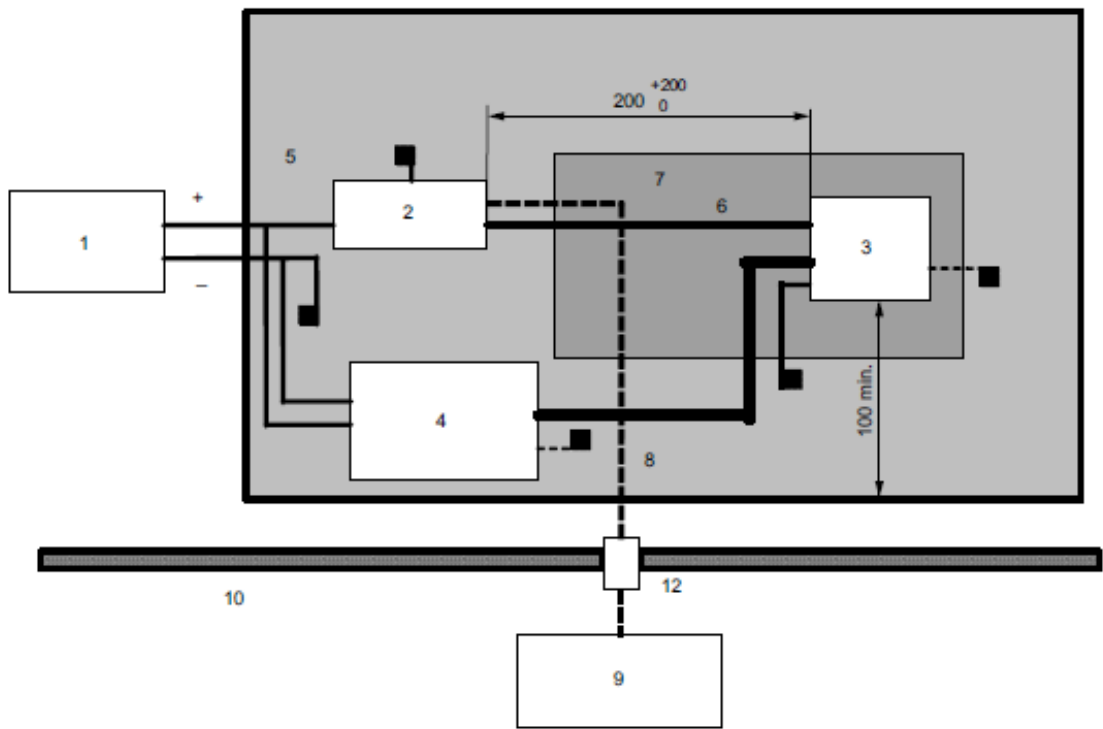
图21 远端接地测试系统布置图（单位：mm）

6.2.3.2 近端接地

一般部件，近端接地时，测试系统布置如图22所示。



(a) 侧视图



(b) 俯视图

说明：
1——电源； 2——人工网络； 3——DUT； 4——负载模拟器； 5——接地平面； 6——电源线；
7——支撑材料； 8——同轴电缆； 9——测量设备； 10——屏蔽室； 11——50 Ω 负载； 12——连接器。

图22 近端接地测试系统布置图（单位：mm）

6.2.4 测试过程

远端接地时，应分别对电源正极线和负极线的传导骚扰进行测试。
近端接地时，仅对电源正极线进行传导骚扰测试。
当DUT有多根电源正极线或者电源负极线时，可以将所有的正极线（或负极线）连接到同一个人工网络上。

7 控制/信号线传导发射

控制/信号线传导发射是为了测试零部件在工作过程中，在除电源线外的其它线束上产生的干扰电流的大小。
控制/信号线传导发射参考CISPR 25和GB/T 18655制订。

7.1 限值要求

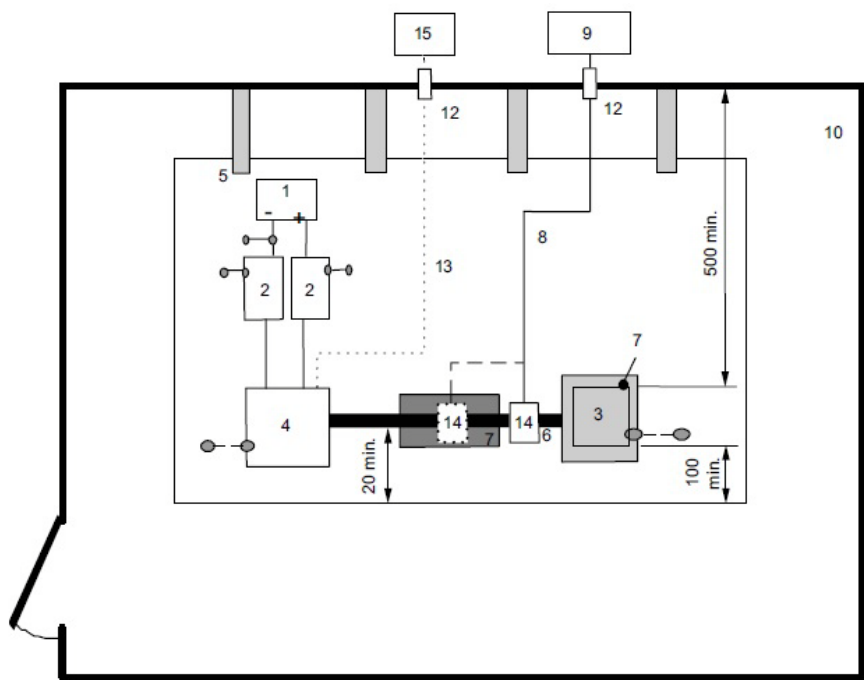
控制/信号线传导发射的限值要求如表20所示。

表20 传导发射限值

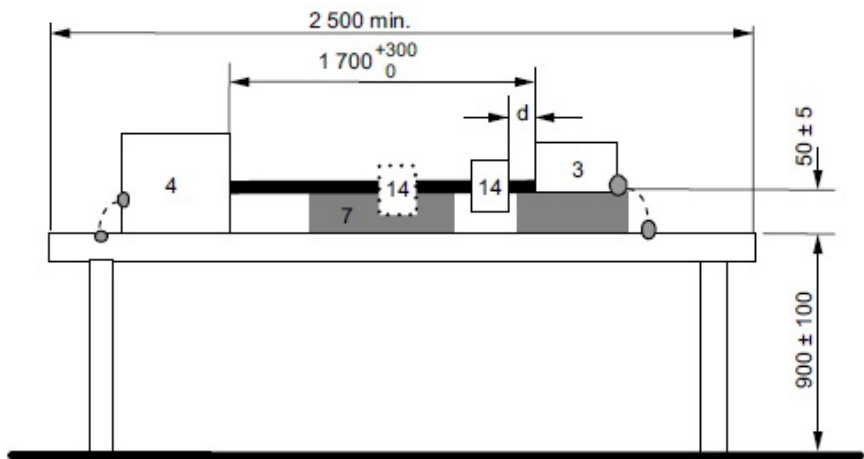
| 波段 | 频段 MHz | 电压限值 dBuA | | |
|------|-----------|--------------|--------|-------|
| | | 峰值检波器 | 准峰值检波器 | 均值检波器 |
| 广播 | | | | |
| LW | 0.15~0.3 | 70 | 57 | 50 |
| MW | 0.53~1.8 | 42 | 29 | 22 |
| SW | 5.9~6.2 | 31 | 18 | 11 |
| FM | 76~108 | 16 | 3 | -4 |
| TV I | 41~88 | 12 | - | 2 |
| 移动业务 | | | | |
| CB | 26~28 | 22 | 9 | 2 |
| VHF | 30~54 | 22 | 9 | 2 |
| VHF | 68~87 | 16 | 3 | -4 |

7.2 测试系统布置

测试系统布置如图23所示。



(a) 俯视图



(b) 侧视图

说明： 1——电源； 2——人工网络； 3——DUT； 4——负载模拟器； 5——接地平板； 6——线束；
7——绝缘垫； 8——同轴电缆； 9——测量设备； 10——屏蔽室； 12——连接器； 13——光纤；
14——电流探头； 15——激励和监测系统； d——电源探头到DUT的距离，为50 mm。

图23 测试系统布置（单位：mm）

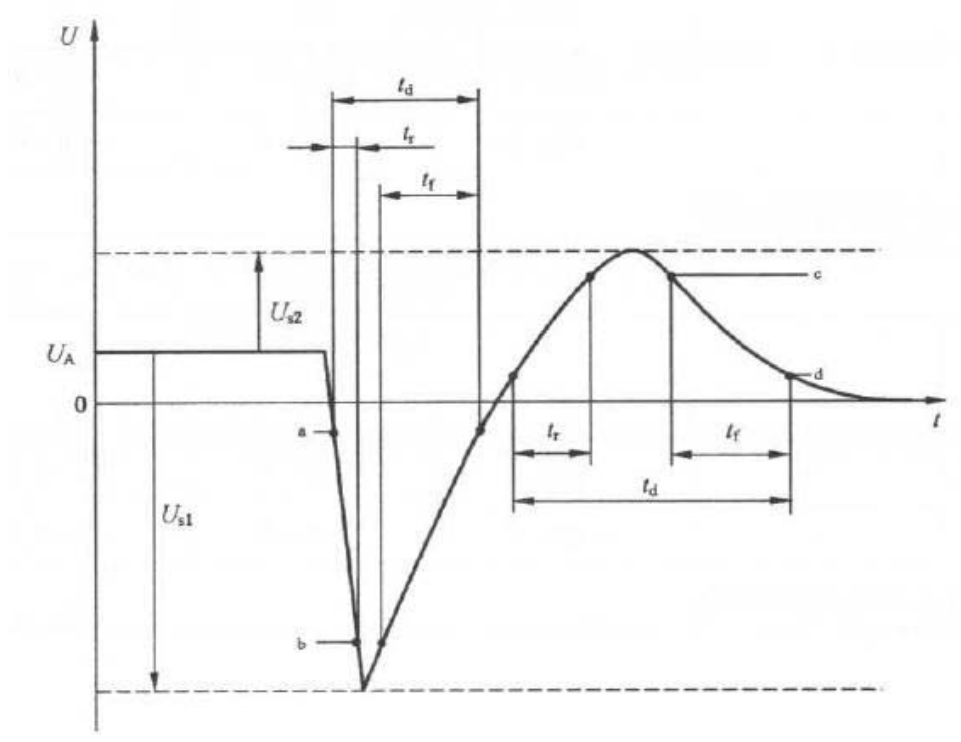
8 瞬态传导发射

瞬态传导发射是为了测试零部件工作时，在电源线上引起脉冲电压的大小。
瞬态传导发射参考ISO 7637-2和GB/T 21437.2制订。

8.1 限值要求

8.1.1 瞬态传导骚扰波形

典型的电源线瞬态传导骚扰波形如图24所示。



说明：

U ——电压； U_A ——电源电压； U_{s1} ——负脉冲峰值； U_{s2} ——正脉冲峰值； t_d ——脉冲宽度；
 t_r ——脉冲上升时间； t_f ——脉冲下降时间； t ——时间。

图24 典型瞬态脉冲波形图

8.1.2 限值要求

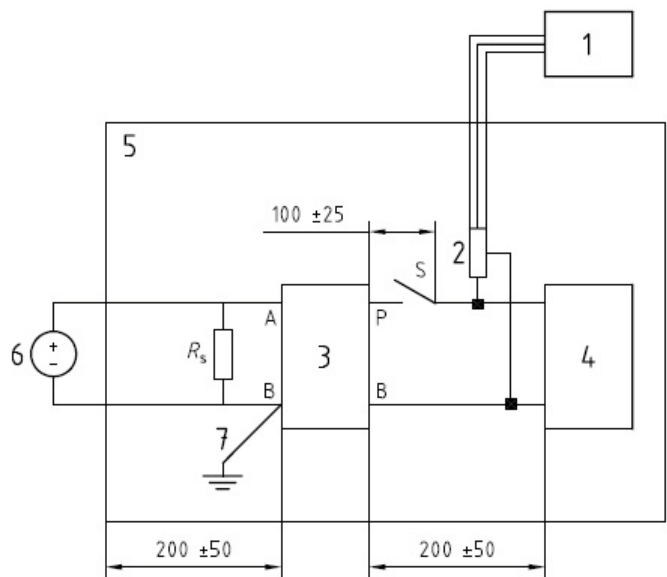
- 正的慢脉冲峰值的限值为37V。
- 负的慢脉冲峰值的限值为-75V。
- 正的快脉冲峰值的限值为75V。
- 负的快脉冲峰值的限值为-112V。

8.2 测试系统布置

根据开关位置的不同，瞬态传导发射有慢脉冲和快脉冲两种测试方法。

8.2.1 快脉冲测试

8.2.1.1 快脉冲测试系统布置如图 25 所示。



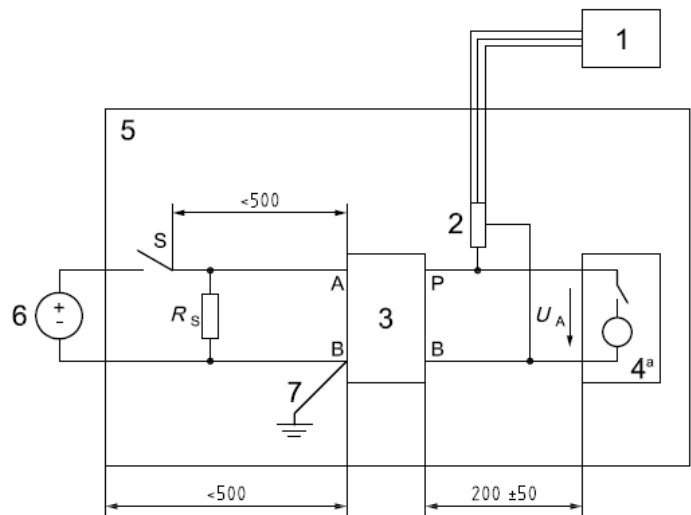
说明：
1——示波器； 2——电压探头； 3——人工网络； 4——DUT； 5——接地平板； 6——电源；
7——地线（长度<100 mm）。

图25 快脉冲测试系统布置（单位：mm）

- 8.2.1.2 开关布置在人工网络与 DUT 之间，且与人工网络的连接导线的长度为 $100\text{mm} \pm 25\text{ mm}$ 。
- 8.2.1.3 示波器的布置应尽可能靠近 DUT 接线端。

8.2.2 慢脉冲测试

脉冲测试系统布置如图26所示。



说明：
1——示波器； 2——电压探头； 3——人工网络； 4——DUT； 5——接地平板； 6——电源；
7——地线（长度<100 mm）。

图26 慢脉冲测试系统布置（单位：mm）

8.3 测试过程

8.3.1 DUT 状态

应在DUT关闭瞬间、激活瞬间，以及连续工作模式下进行测试。
DUT处于稳定工作状态，即认为进入连续工作模式。

8.3.2 波形采集

示波器采用触发方式，触发电平和示波器的设置应能够获取显示完整的瞬态波形，并具有足够高的分辨率，以显示瞬态波形的最大和最小值。
每种工作模式，采集的波形应不少于10个。记录所有波形中正幅度最大和负幅度最大的参数。

9 BCI 抗扰

BCI是为了测试零部件抵抗通过线束耦合的干扰电流的能力。
BCI抗扰参考ISO 11452-4制订。

9.1 电磁干扰

电磁干扰如表21所示。

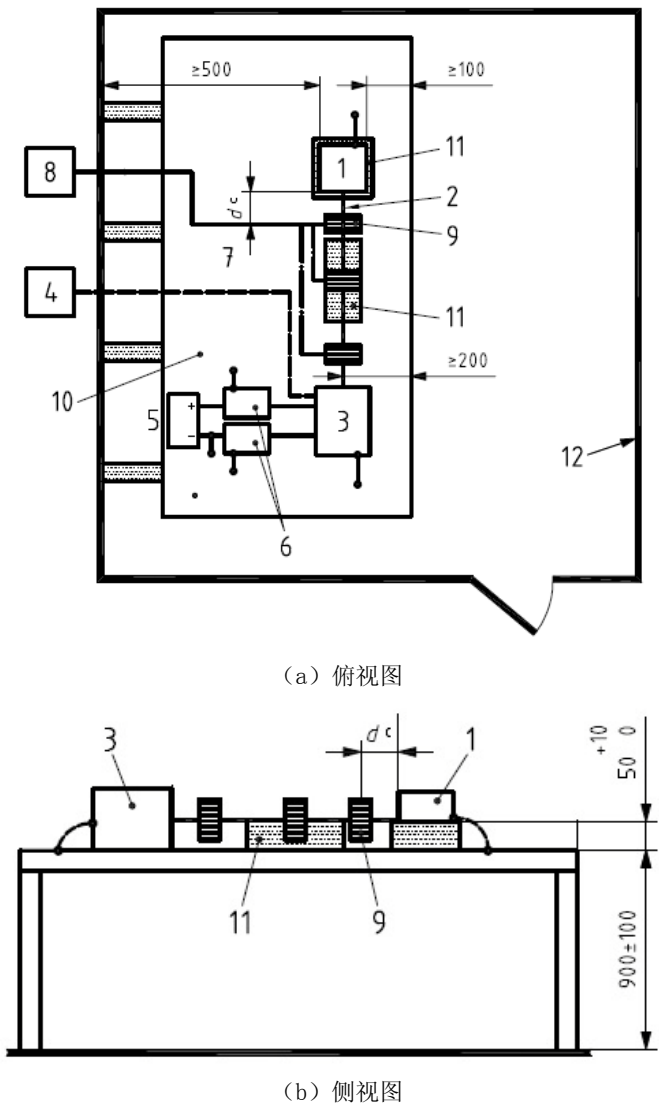
表21 电磁干扰

| 频带 MHz | 等级 1 mA | 等级 2 mA | 调制方式 |
|-----------|------------|------------|---------|
| 1~400 | 75 | 100 | CW 和 AM |

9.2 测试系统布置

9.2.1 替代法测试系统布置

采用替代法的测试系统布置如图27所示。



说明：
1——DUT； 2——测试线束； 3——负载模拟器； 4——监控系统； 5——电源； 6——人工网络；
7——光纤； 8——高频设备（信号发生器、功放）； 9——耦合钳； 10——接地平板；
11——绝缘支撑材料； 12——屏蔽室。

图27 替代法测试系统布置图（单位：mm）

9.2.2 耦合钳和电流钳的布置

耦合钳布置在距离DUT接插件150 mm ± 10 mm的位置，电流钳布置在距离DUT接插件50 mm ± 10mm的位置。

9.3 测试过程

采用替代法测试。
标定输入功率时，采用50 Ω负载。

10 自由场抗扰

自由场抗扰是为了测试零部件抵抗通过空间传播过来的干扰电磁波的能力。
自由场抗扰参考ISO 11452-2制订。

10.1 电磁干扰

电磁干扰如表22所示。

表22 电磁干扰

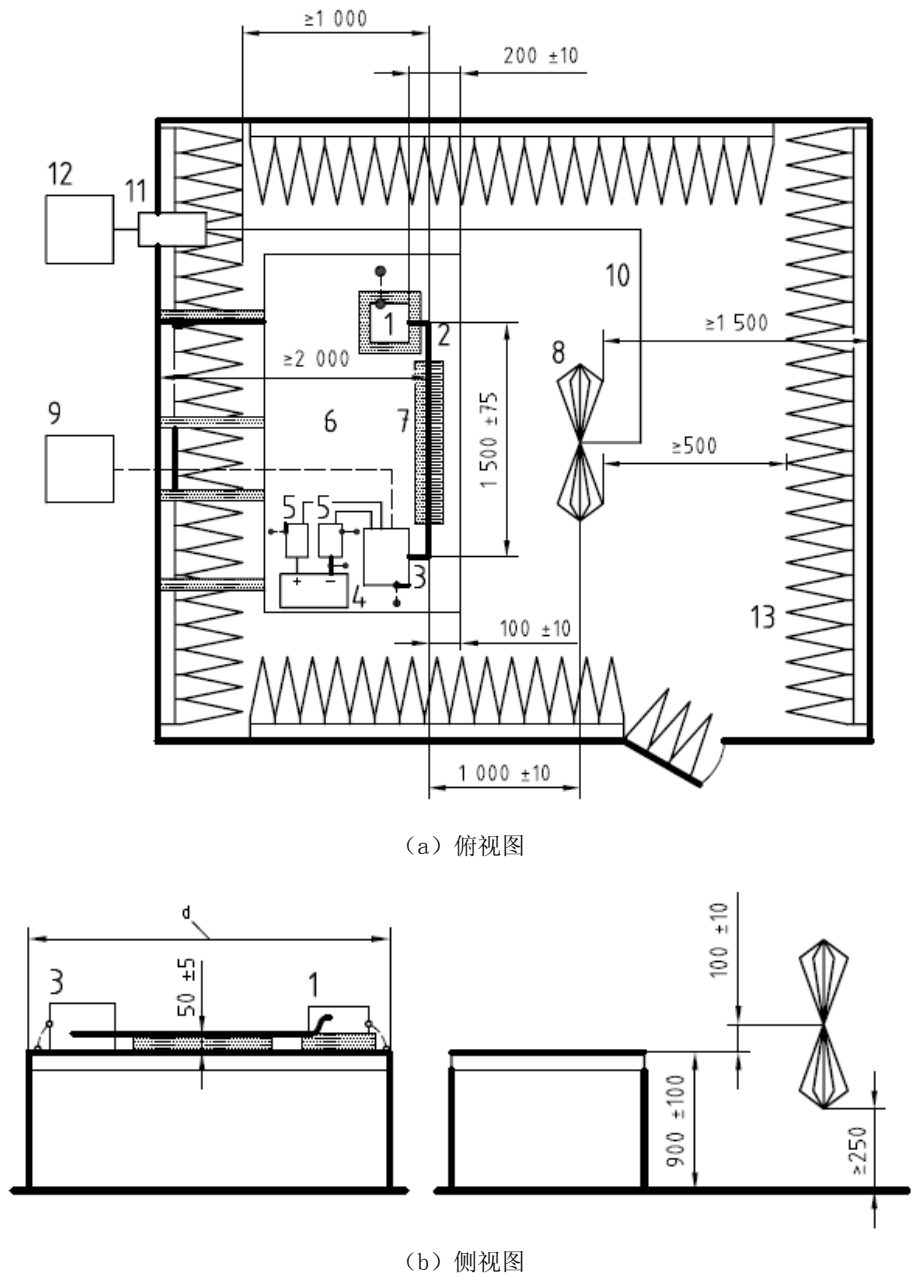
| 频带 MHz | 等级 1 V/m | 等级 2 V/m | 调制方式 |
|-----------|-------------|-------------|---------|
| 80~800 | 75 | 100 | CW 和 AM |
| 800~2000 | 75 | 100 | CW 和 PM |

10.2 测试系统布置

不同频带，采用的天线不同。

10.2.1 双锥天线

采用双锥天线进行测试时，测试系统布置如图28所示。



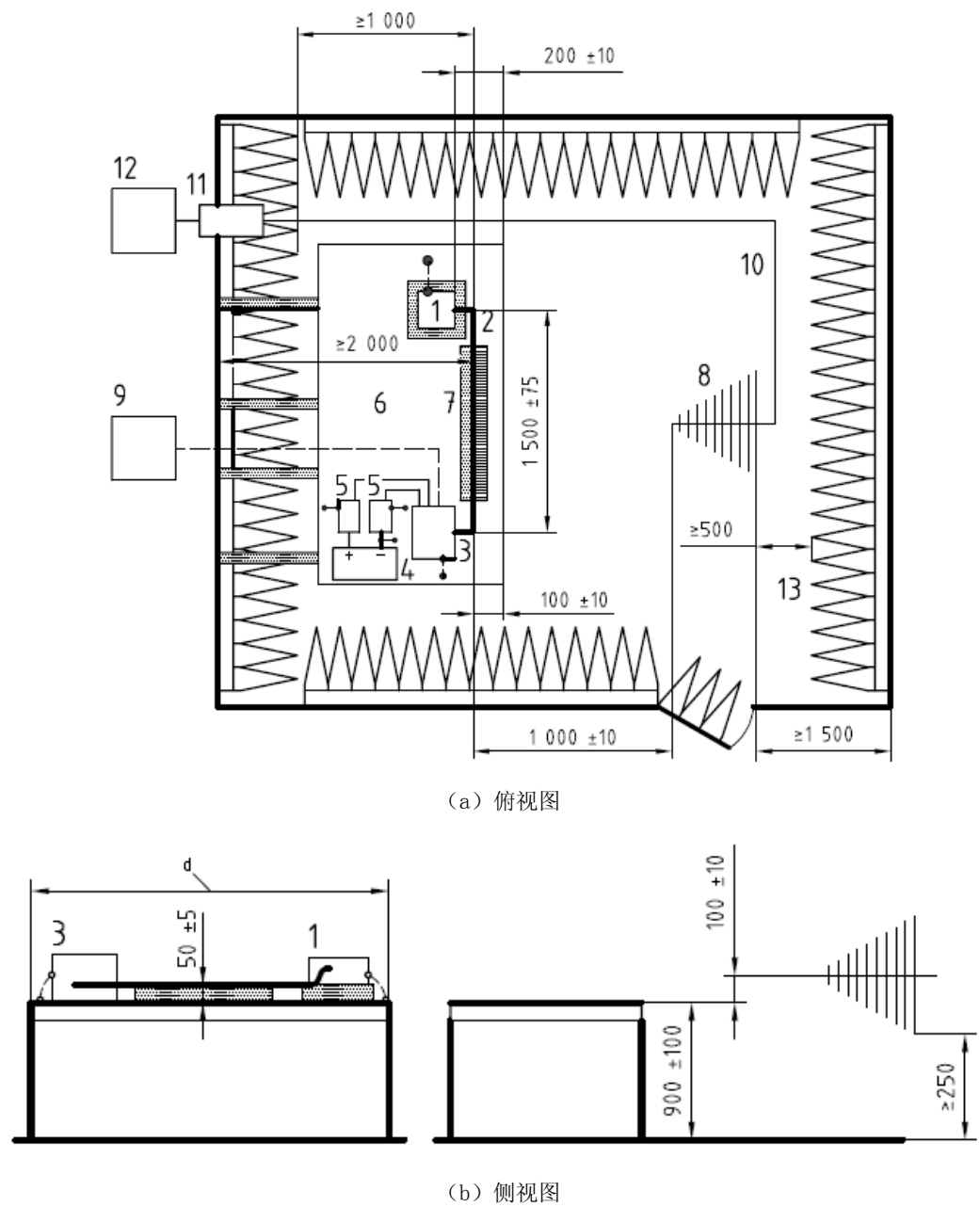
说明：

1——DUT； 2——测试线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络； 6——接地平板；
7——绝缘垫； 8——双锥天线； 9——监测系统； 10——同轴电缆； 11——连接器；
12——射频信号发生器和放大器； 13——吸波材料。

图28 双锥天线测试系统布置（单位：mm）

10.2.2 对数周期天线测试系统布置

采用对数周期天线进行测试时，测试系统布置如图29所示。

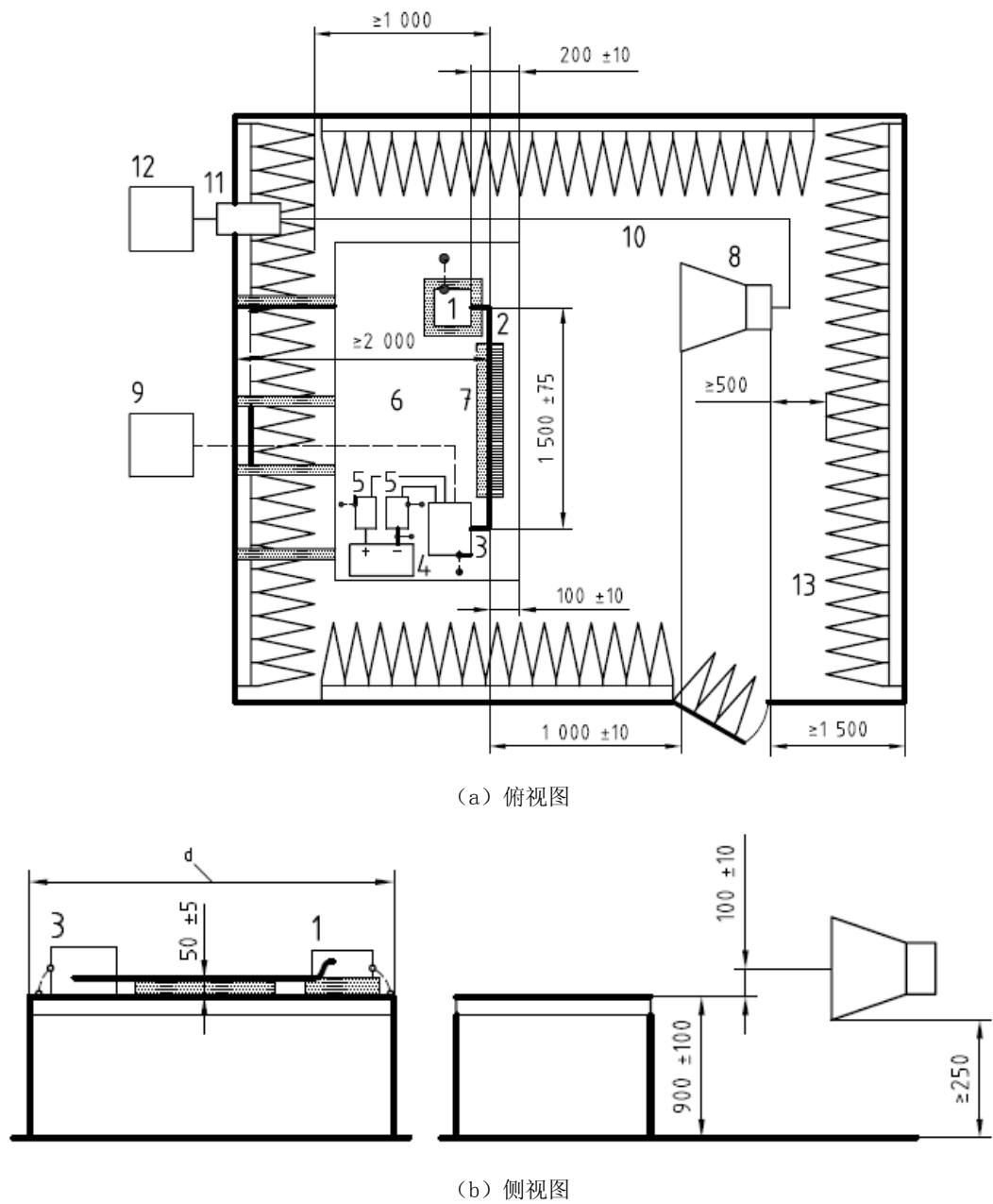


说明：
1——DUT； 2——测试线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络； 6——接地平板；
7——绝缘垫； 8——双锥天线； 9——监测系统； 10——同轴电缆； 11——连接器；
12——射频信号发生器和放大器； 13——吸波材料。

图29 对数周期天线测试系统布置（单位：mm）

10.2.3 喇叭天线测试系统布置

采用喇叭天线进行测试时，测试系统布置如图30所示。



说明：
1——DUT； 2——测试线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络； 6——接地平板；
7——绝缘垫； 8——双锥天线； 9——监测系统； 10——同轴电缆； 11——连接器；
12——射频信号发生器和放大器； 13——吸波材料。

图30 喇叭天线测试系统布置（单位：mm）

10.3 测试过程

应分别在天线垂直极化和水平极化下进行测试。

11 低频磁场抗扰

低频磁场抗扰是为了测试零部件抵抗低频磁场干扰的能力。
低频磁场抗扰参考ISO 11452-8制订。

11.1 电磁干扰和要求

11.2 电磁干扰

干扰信号的强度如表23所示。波形为CW。

表23 干扰强度

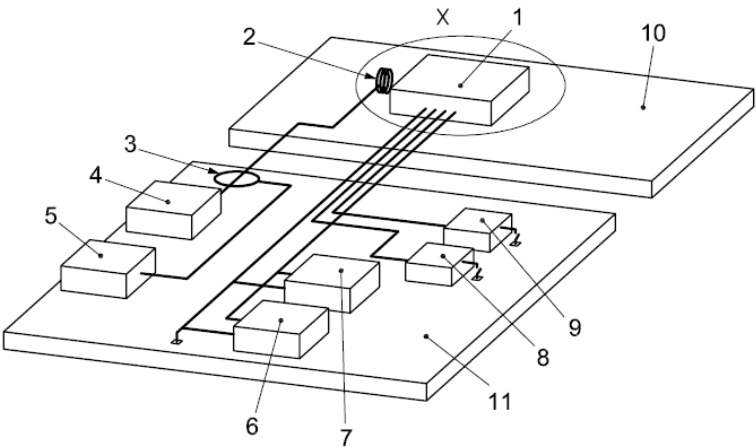
| 频带 | 强度 (A/m) |
|----------------|-----------|
| 15 Hz~1000 Hz | 300 |
| 1k Hz~10 kHz | $300/f^2$ |
| 10 kHz~150 kHz | 3 |

11.3 功能要求

DUT功能应达到I级要求。

11.4 测试系统布置

测试系统布置如图31所示。辐射环距离DUT表面50 mm。



说明：
1——DUT； 2——辐射环； 3——电流钳； 4——信号发生器和放大器； 5——示波器； 6——电源；
7——蓄电池； 8、9——负载模拟器； 10——绝缘垫； 11——接地平板。

图31 测试系统布置

11.5 测试设备

11.5.1 辐射环

辐射环用于产生干扰磁场，直径为120 mm，缠绕圈数为20圈。
采用导线规格为AWG 12。

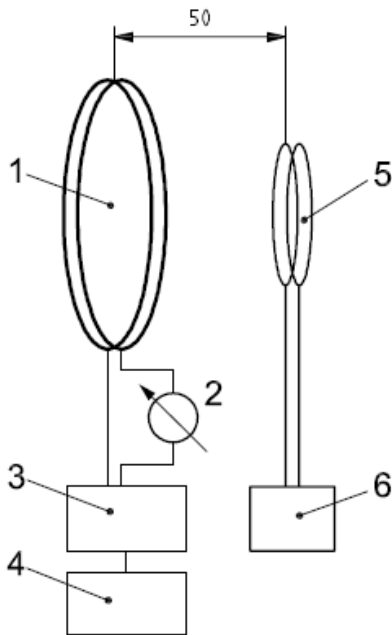
11.5.2 磁场探头

磁场探头为环形传感器，直径为40 mm，缠绕圈数为51圈。
采用7匝、规格为AWG 41的导线，且带屏蔽。
磁场探头的最大量程应不小于1000 A/m。

11.6 测试过程

11.6.1 磁场标定

在测试前，需要对辐射环产生的磁场进行标定。
标定时的系统连接如图32所示。



说明：
1——辐射环； 2——电流钳； 3——放大器； 4——信号发生器； 5——磁场探头； 6——高阻抗电压计。

图32 标定系统布置（单位：mm）

11.6.2 测试频率点

除对规定步长进行测试外，还必须在16.67 Hz、50 Hz、60 Hz、150 Hz和180 Hz频率点进行测试。

11.6.3 辐射环的布置

DUT的所有面划分为100 mm×100 mm的区域。
辐射环布置在距离每个小区域中心点50 mm的位置，且与DUT的表面平行。分别对区域进行测试。
辐射环还应对每个接插件，以及与DUT相连的磁性传感器进行测试。

12 发射机抗扰

发射机抗扰是为了测试零部件抵抗无线发射机产生的电磁波的能力。
发射机抗扰参考ISO 11452-9制订。

12.1 电磁干扰和要求

12.1.1 电磁干扰

电磁干扰的定义如表24所示。

表24 干扰强度

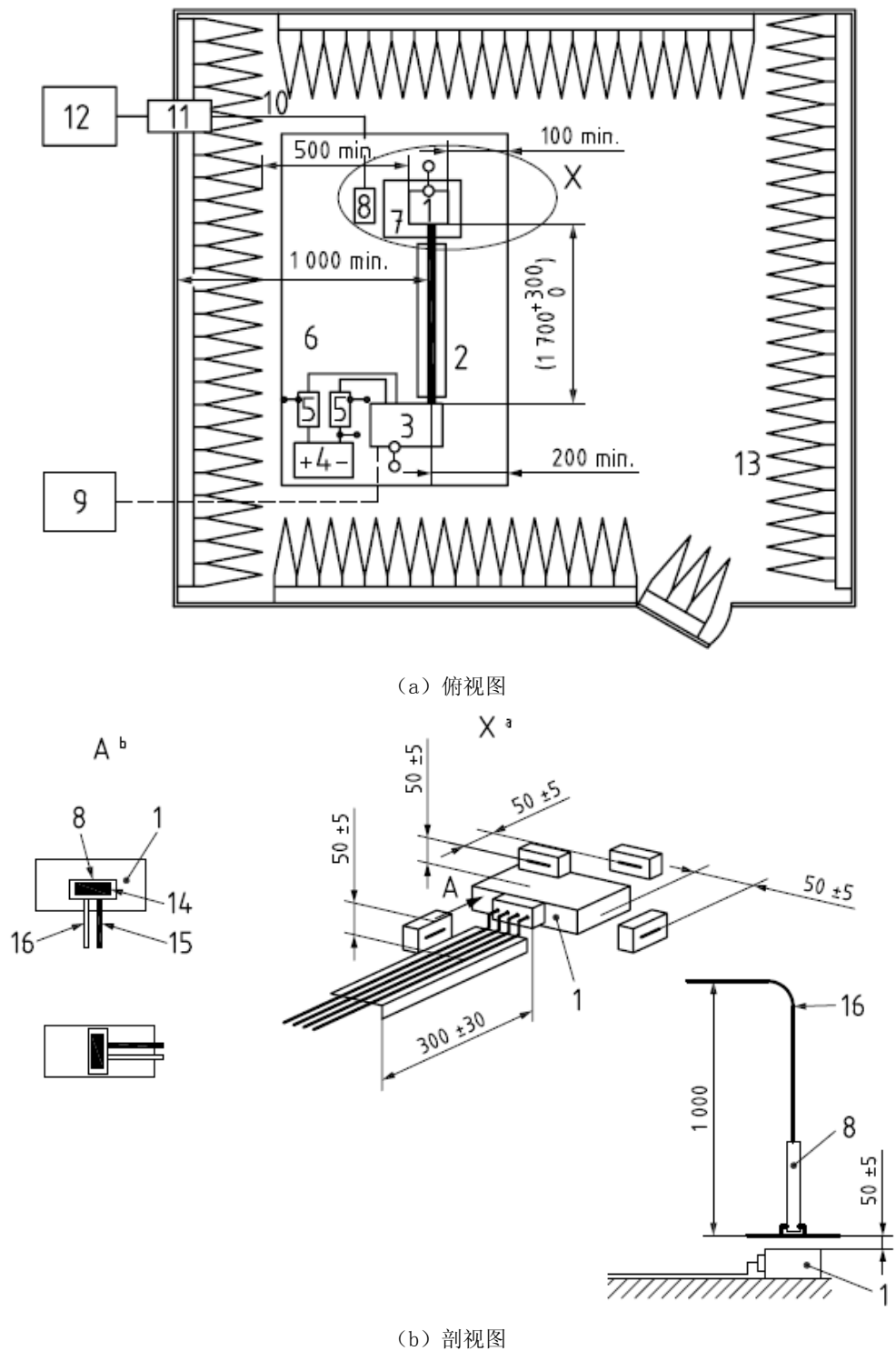
| 发射机 | 频带 MHz | 功率 W | 调制方式 |
|--------------|--|------------|----------------------|
| 10 m | 26~30 | 10 (RMS) | AM, 1KHz, 80% |
| 2 m | 146~174 | 10 (RMS) | CW |
| 70 cm | 410~470 | 10 (RMS) | CW |
| Tetra | 380~390, 410~420, 450~460, 806~825, 870~876 | 10 (Peak) | PM, 18Hz, 50% |
| GSM850 | 824~849 | 10 (Peak) | PM, 217Hz, 50% |
| GSM900 | 876~915 | 16 (Peak) | PM, 217Hz, 50% |
| PDC | 893~898, 925~958, 1429~1453 | 0.8 (Peak) | PM, 50Hz, 50% |
| GSM1800/1900 | 1710~1785, 1850~1910 | 2 (Peak) | PM, 217Hz, 50% |
| IMT2000 | 1885~2025 | 1 (Peak) | CW 和 PM, 1600Hz, 50% |
| 蓝牙 | 2400~2500 | 0.5 (Peak) | PM, 1600Hz, 50% |
| IEEE802.11 | 5725~5850 | 1 (Peak) | PM, 1600Hz, 50% |

12.1.2 功能要求

DUT的功能应达到I级要求。

12.2 测试系统布置

测试系统的布置如图33所示。



说明：

1——DUT； 2——测试线束； 3——负载模拟器； 4——电源； 5——人工网络；
6——接地平板； 7——绝缘材料； 8——便携式发射机； 9——监控设备；
10——50 Ω 同轴电缆； 11——连接器； 12——射频信号发生器、放大器、耦合器、功率计；
13——吸波材料； 15——绝缘垫； 16——同轴电缆。

图33 测试系统布置图（单位：mm）

12.4 测试过程

小型宽带天线可用的尺寸为100 mm×100 mm，每次移动的步长为100 mm。
测试时，天线与DUT的距离为50 mm。

12.4.1 与 DUT 的耦合抗扰

DUT的每个面划分为100 mm×100 mm的小方块。天线布置在距离方块中心点50 mm的位置。对每个方块区域，要求分别在天线相互垂直的两个方向进行测试。具体测试过程如下：

- a) 天线与 DUT 和线束平行放置，与第一个方块的中心线重合，如图 35 所示，设置干扰强度进行测试；

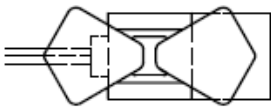


图35 天线与 DUT 和线束布置图

- b) 天线方向旋转 90 度，如图 36 所示；

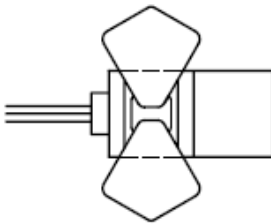


图36 天线与 DUT 和线束布置图

- c) 将天线移动到下一个方块，重复步骤 a) 和 b) ，直至完成所有方块的测试；
- d) 将天线移回第一个方块，将天线与方块中心对中，如图 37 所示，设置测试强度，进行测试；

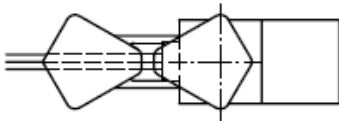


图37 天线与 DUT 和线束布置图

- e) 天线旋转 90 度，如图 38 所示，重复步骤 d) ；

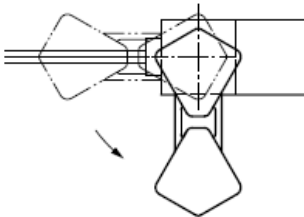


图38 天线与 DUT 和线束布置图

f) 重复步骤 d) 和 e) ，直至完成所有方块的测试。

对于尺寸较大的DUT，表面会划分多个方块，在进行步骤a) 到c) 测试时，对于另一些方块来说，相当于完成了步骤d) 和e) 的测试，无需重复进行测试。

12.4.2 与线束的耦合抗扰

测试步骤如下：

- a) 天线中心与接插件对中，与线束平行，天线距离线束为 50 mm，当 DUT 有多个接插件，或者接插件宽度大于 100 mm 时，应逐个进行测试；
- b) 从接插件开始，沿着线束，移动天线，逐个位置进行测试。两次测试位置的间距为 100 mm，如图 39 所示。

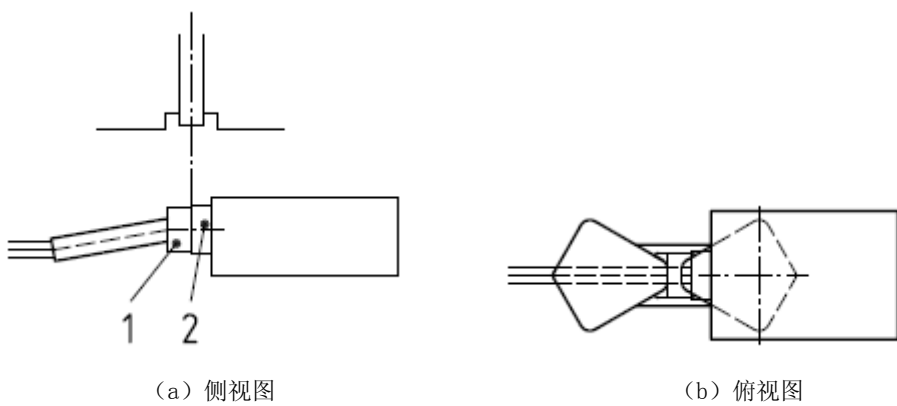


图39 便携式发射机沿线束布置

13 扩展音频抗扰

扩展音频抗扰是为了测试零部件抵抗音频干扰的能力。
扩展音频抗扰参考ISO 11452-10制订。

13.1 电磁干扰

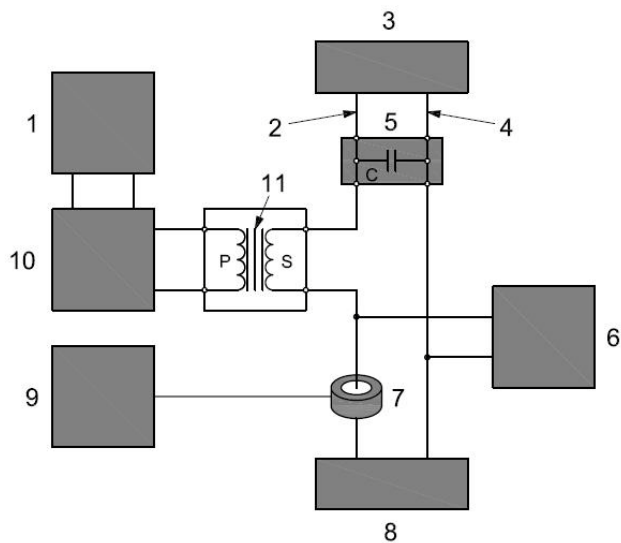
电磁干扰的定义如表26所示。

表26 干扰强度

| 强度等级 | 干扰峰峰值 V |
|------|------------|
| 等级 1 | 1 |
| 等级 2 | 3 |

13.2 测试系统布置

测试系统布置如图40所示。



说明：
1——音频信号发生器； 2——测试导线； 3——电源和负载模拟器； 4——地线； 5——电容；
6——电压测量设备； 7——电流探头； 8——DUT； 9——电流测量设备； 10——功率放大器；
11——隔离变压器。

图40 测试系统布置图

13.3 测试过程

注入干扰信号的强度应逐步增加，直至达到要求的强度。
在逐步增加过程中，若DUT出现异常，应停止增加干扰强度。
应监测耦合进入的电流强度，确保耦合的电流强度的RMS值不超过1 A。

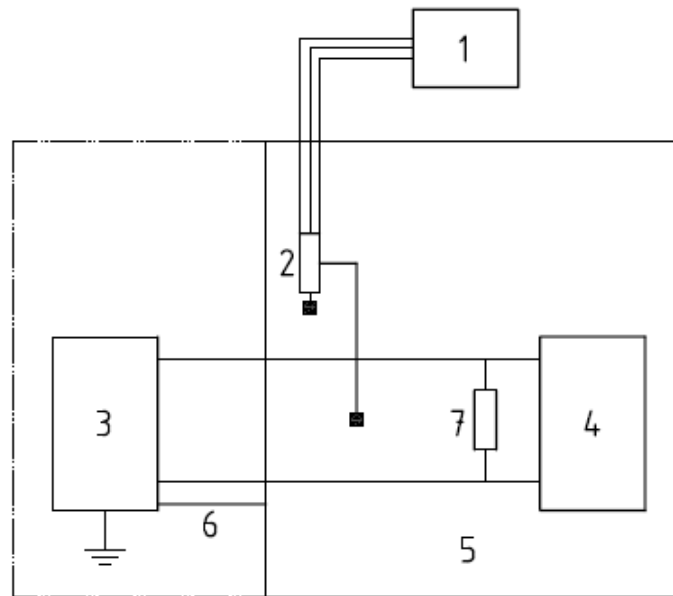
14 电源线瞬态传导抗扰

电源线瞬态传导抗扰是为了测试零部件抵抗电源线上干扰电压脉冲的能力。
电源线瞬态传导抗扰参考ISO 7637-2和GB/T 21437.2制订。

14.1 测试系统布置

14.1.1 一般情况下测试系统布置

一般情况下，测试系统布置如图41所示：



说明:

1——示波器； 2——电压探头； 3——试验脉冲发生器； 4——DUT； 5——接地平面； 6——地线；
7——并联电阻。

图41 测试系统布置

并联电阻用于模拟与DUT并联的车辆的其他电气装置的阻抗，一般选择40 Ω 的电阻。为模拟更为恶劣的条件，测试过程中可以不连接并联电阻7。

14.1.2 脉冲 P 测试系统布置

脉冲P的测试系统布置如图42所示。

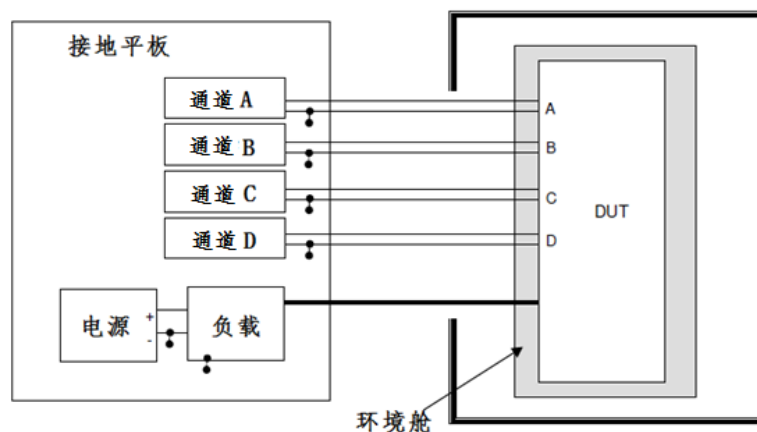


图42 测试系统布置

14.2 测试设备-试验脉冲发生器

14.2.1 内阻

直流状态, 电源的内阻 R_i 应小于 $0.01\ \Omega$ 。

频率低于400 Hz时，电源的内部阻抗应与直流内阻相同。

14.2.2 瞬态响应

输出电压从0到最大电压之间，电压的变化不应超过1 V。

在100 us内恢复最大幅度的63%。

叠加的波纹电压的峰峰值应小于0.2 V，且频率应不低于400 Hz。

14.2.3 误差

峰值电压的误差应为0~10%，定时和内阻的误差应为±20%±20%。

14.3 干扰脉冲

14.3.1 脉冲 1

14.3.1.1 脉冲 1 的波形如图 43 所示。

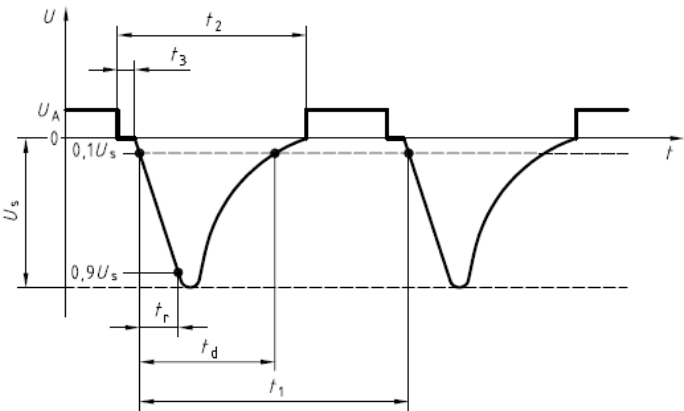


图43 脉冲 1 波形

14.3.1.2 脉冲 1 的参数如表 27 所示。

表27 脉冲 1 的参数

| 波形参数 | 值 |
|-------|-----------------|
| U_s | -112V |
| R_i | 10 Ω |
| t_d | 2 ms |
| t_r | $1_{-0.5}^0$ us |
| t_1 | 2 s |
| t_2 | 200 ms |
| t_3 | 100 us |

14.3.2 脉冲 2a

14.3.2.1 脉冲 2a 的波形如图 44 所示。

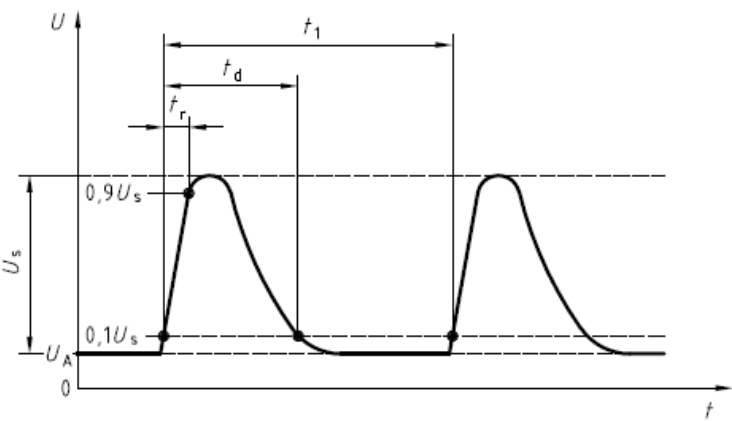


图44 脉冲 2a 波形

14.3.2.2 脉冲 2a 的参数如表 28 所示。

表28 脉冲 2a 的参数

| 波形参数 | 值 |
|-------|----------------------|
| U_s | 55V |
| R_l | 2 Ω |
| t_d | 0.05 ms |
| t_r | $1_{-0.5}^0$ μ S |
| t_1 | 2s |

14.3.3 脉冲 2b

14.3.3.1 脉冲 2b 的波形如图 45 所示。

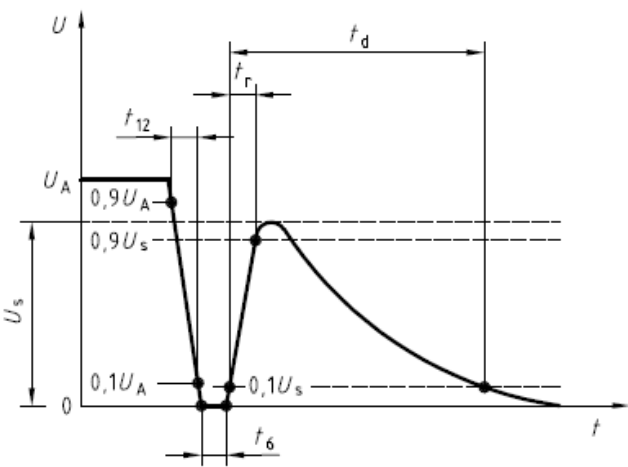


图45 脉冲 2b 波形

14.3.3.2 脉冲 2b 的参数如表 29 所示。

表29 脉冲 2b 的参数

| 波形参数 | 值 |
|----------|-------------------|
| U_s | 10 V |
| R_i | 0.05 Ω |
| t_d | 0.5 s |
| t_{12} | 1 ms \pm 0.5 ms |
| t_r | 1 ms \pm 0.5 ms |
| t_b | 1 ms \pm 0.5 ms |

14.3.4 脉冲 3a

14.3.4.1 脉冲 3a 的波形如图 46 所示。

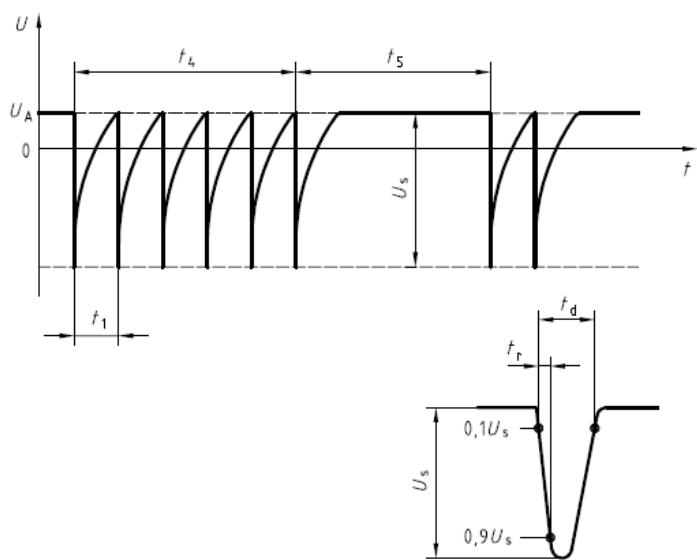


图46 脉冲 3a 波形

14.3.4.2 脉冲 3a 的参数如表 30 所示。

表30 脉冲 3a 的参数

| 波形参数 | 值 |
|-------|--------------------|
| U_s | -165 V |
| R_i | 50 Ω |
| t_d | 150 ns \pm 45 ns |
| t_r | 5 ns \pm 1.5 ns |
| t_1 | 100 μ s |
| t_4 | 10 ms |
| t_5 | 90 ms |

14.3.5 脉冲 3b

14.3.5.1 脉冲 3b 的波形如图 47 所示。

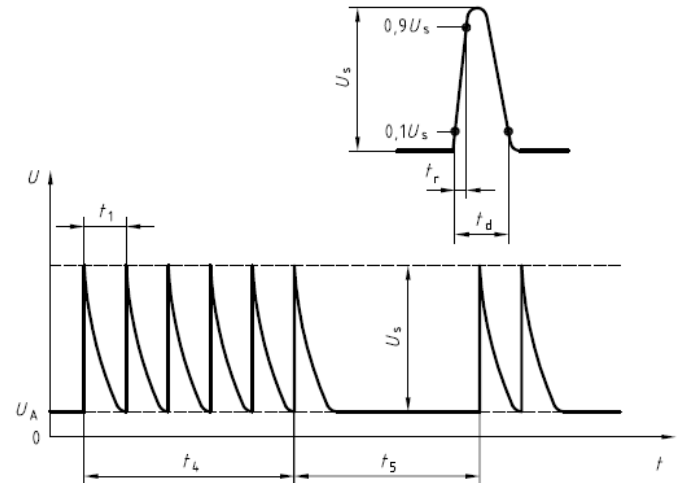


图47 脉冲 3b 波形

14.3.5.2 脉冲 3b 的参数如表 31 所示。

表31 脉冲 3b 的参数

| 波形参数 | 值 |
|-------|--------------------|
| U_s | 112V |
| R_i | 50 Ω |
| t_d | 150 ns \pm 45 ns |
| t_r | 5 ns \pm 1.5 ns |
| t_1 | 100 μ s |
| t_4 | 10 ms |
| t_5 | 90 ms |

14.3.6 脉冲 R

14.3.6.1 脉冲 R 的波形如图 48 所示。

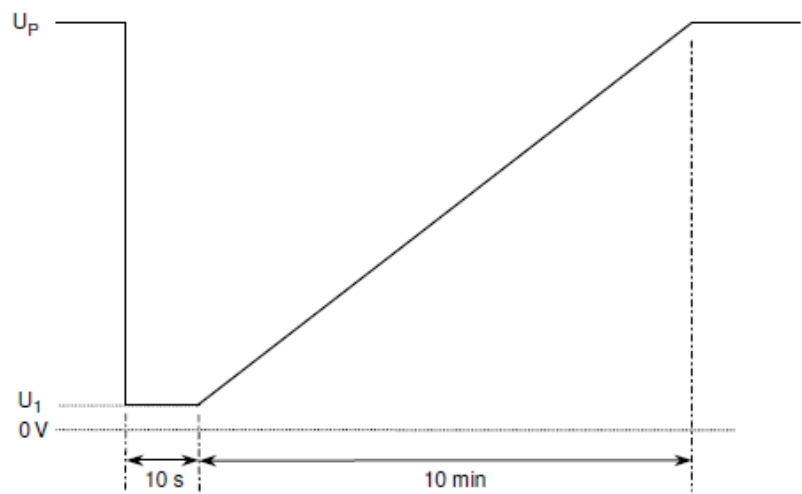


图48 脉冲 2 波形

14.3.6.2 脉冲 R 的参数如表 32 所示。

表32 脉冲 R 参数

| 波形参数 | 值 |
|-------|--------|
| U_p | 12.5 V |
| U_1 | 5 V |

14.3.7 脉冲 A

14.3.7.1 脉冲 A 的波形如图 49 所示。

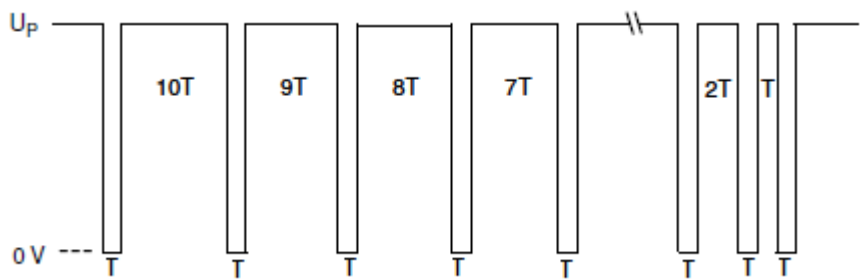


图49 脉冲 A 波形

14.3.7.2 由蓄电池供电的电源管脚，脉冲 A 的 U_p 为 13.5 V。由其它稳压模块供电的电源管脚，脉冲 A 的 U_p 为稳压模块输出的电压值，如 5 V 等。

14.3.7.3 T 的取值分别为 100 μ s，300 μ s，500 μ s，2 ms，5 ms，10 ms，30 ms，50 ms。

14.3.8 脉冲 B

14.3.8.1 脉冲 B 的波形如图 50 所示。

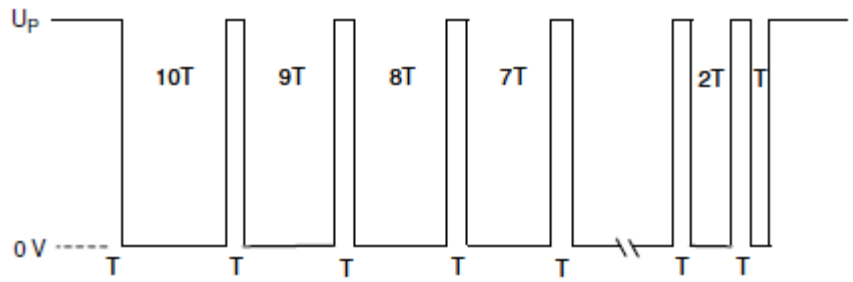


图50 脉冲 B 波形

14.3.8.2 由蓄电池供电的电源管脚，脉冲 A 的 U_P 为 13.5 V。由其它稳压模块供电的电源管脚，脉冲 A 的 U_P 为稳压模块输出的电压值，如 5 V 等。

14.3.8.3 T 的取值分别为 100 μs ，300 μs ，500 μs ，2 ms，5 ms，10 ms，30 ms，50 ms。

14.3.9 脉冲 C

14.3.9.1 脉冲 C 的波形如图 51 所示。

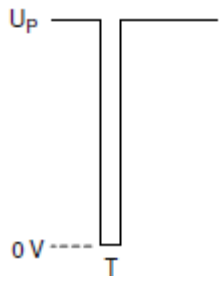


图51 脉冲 C 波形

14.3.9.2 由蓄电池供电的电源管脚，脉冲 A 的 U_P 为 13.5 V。由其它稳压模块供电的电源管脚，脉冲 A 的 U_P 为稳压模块输出的电压值，如 5 V 等。

14.3.9.3 T 的取值分别为 100 μs ，300 μs ，500 μs 。

14.3.10 脉冲 P

14.3.10.1 脉冲 P 的波形如图 52 所示。

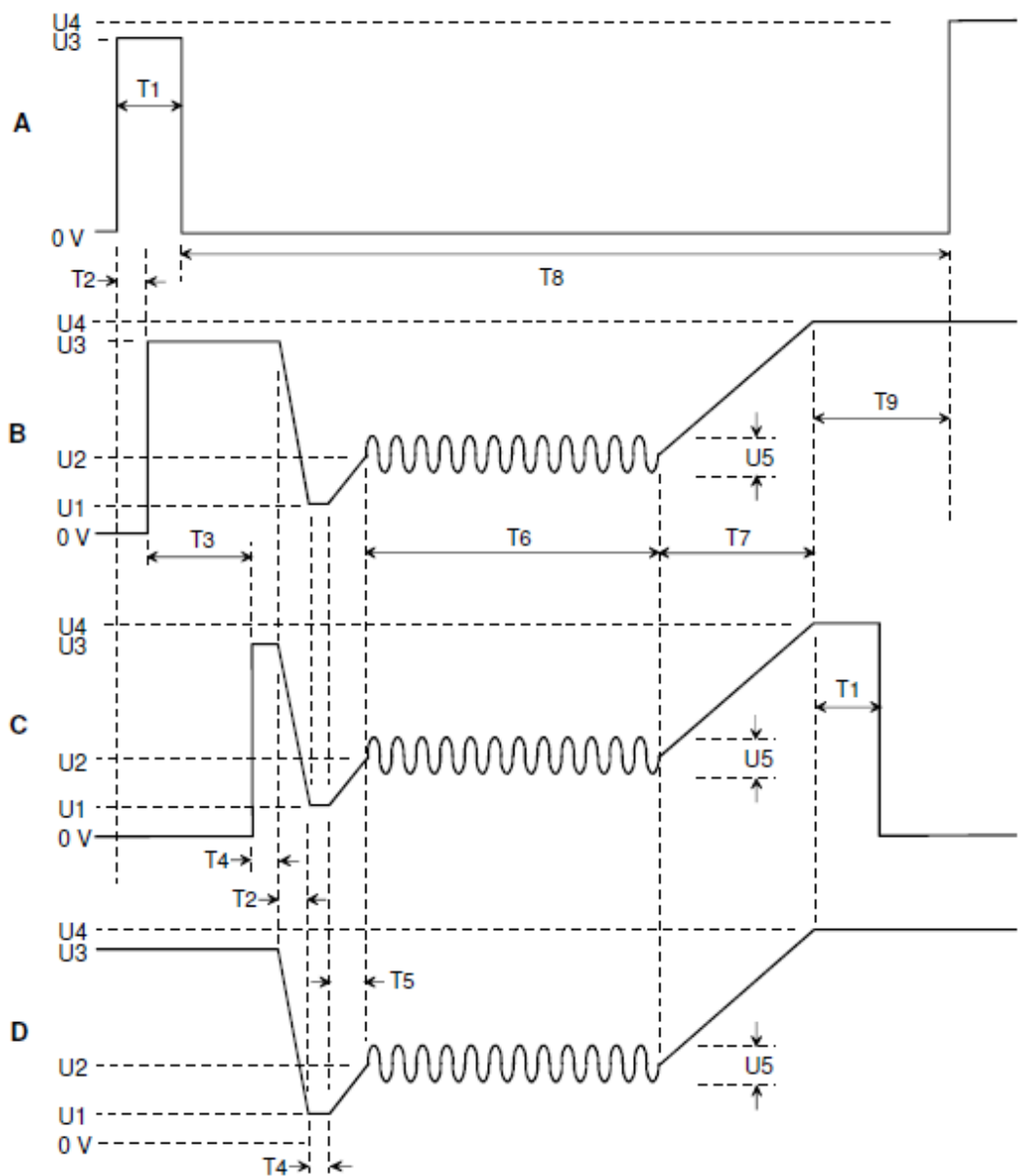


图52 脉冲 P 波形

14. 3. 10. 2 脉冲 P 的参数如表 33 所示。

表33 脉冲 P 参数

| 波形参数 | 值 |
|------|--------|
| T1 | 100 ms |
| T2 | 5 ms |
| T3 | 185 ms |
| T4 | 15 ms |
| T5 | 50 ms |
| T6 | 10 s |

表 33 （续）

| 波形参数 | 值 |
|------|-----------------|
| T7 | 500 ms |
| T8 | 11 s |
| T9 | 325 ms |
| U1 | 5 V |
| U2 | 9 V |
| U3 | 12.5 V |
| U4 | 13.5 V |
| U5 | 峰峰值 2 V，频率 4 Hz |

14.4 功能的性能要求

功能的性能要求如表34所示。

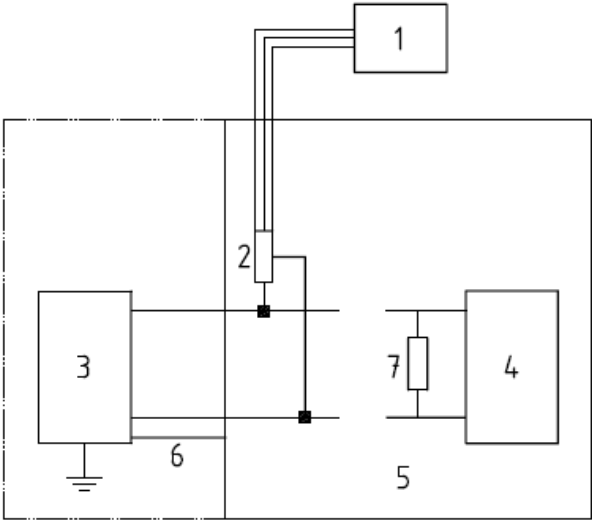
表34 功能的性能要求

| 测试脉冲 | 功能类型 | | | | 强度 |
|-----------------|------|-----|-----|-----|-------------|
| | A 类 | B 类 | C 类 | D 类 | |
| 脉冲 1 | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | I | 500 脉冲 |
| 脉冲 2a | I | I | I | I | 500 脉冲 |
| 脉冲 2b | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | I | 10 脉冲 |
| 脉冲 3a | I | I | I | I | 1 h |
| 脉冲 3b | I | I | I | I | 1 h |
| 脉冲 R | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | — | 2 组，间隔 60 s |
| 脉冲 A | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | — | 3 组，间隔 60 s |
| 脉冲 B | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | — | |
| 脉冲 C | I | I | I | — | |
| 脉冲 P | Ⅲ | Ⅲ | Ⅲ | — | 2 组，间隔 60 s |
| 注：表中符号“—”表示不适用。 | | | | | |

14.5 测试过程

14.5.1 脉冲波形调整

进行抗扰测试前，需要对脉冲波形进行调整。进行波形调整时，断开DUT和并联电阻，系统布置如图53所示。



说明：
1——示波器； 2——电压探头； 3——试验脉冲发生器； 4——DUT； 5——接地平面；
6——地线； 7——并联电阻。

图53 脉冲调整时系统布置

14. 5. 2 脉冲 P 通道适用电源

进行脉冲P抗扰测试时，各脉冲通道的适用电源如表35所示。

表35 通道适用条件

| 通道 | 适用电源 |
|------|--------|
| 通道 A | IG1 电源 |
| 通道 B | IG2 电源 |
| 通道 C | ST 电源 |
| 通道 D | 常电 |

15 控制/信号线瞬态传导抗扰

控制/信号线瞬态传导抗扰是为了测试零部件抵抗除电源线外的控制/信号线耦合进来电磁干扰的能力。

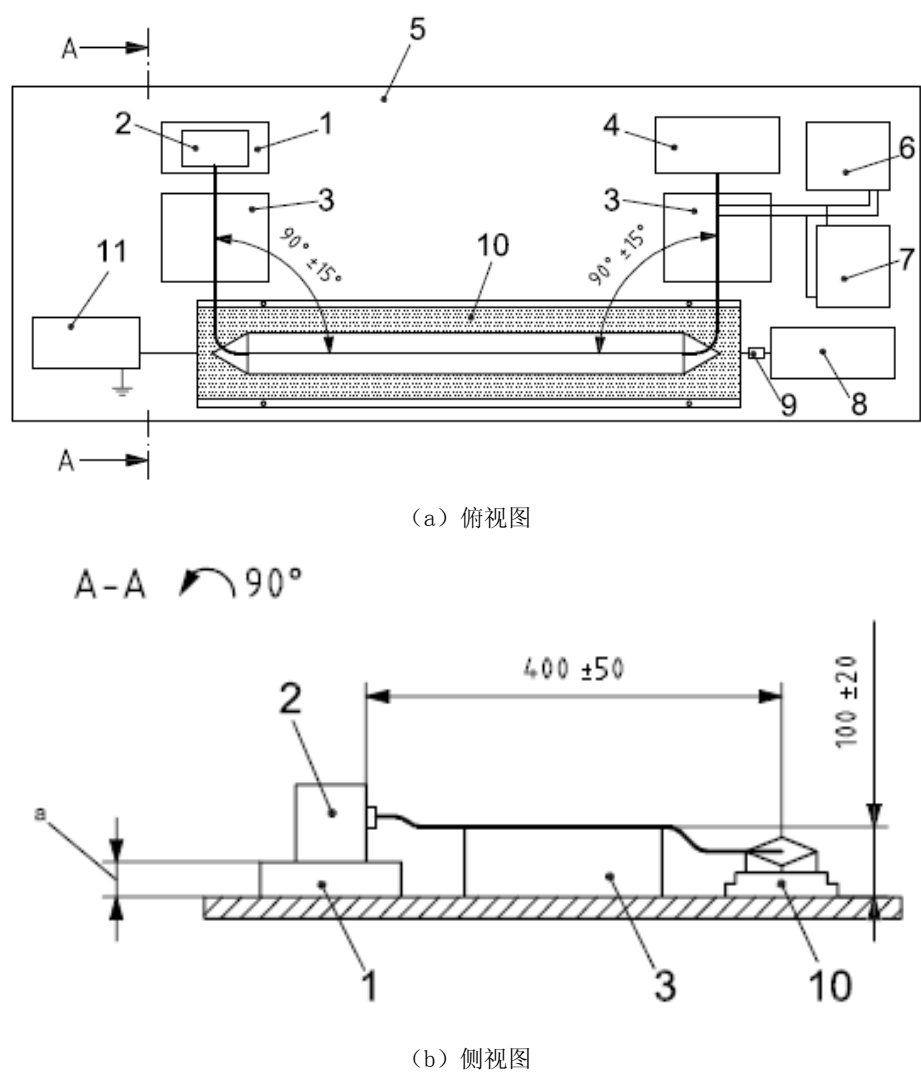
控制/信号线瞬态传导抗扰参考ISO 7637-3和GB/T 21437.3制订。

15.1 测试系统布置

快脉冲，采用CCC方法测试；慢脉冲，采用ICC方法测试。

15.1.1 CCC 方法

CCC方法测试系统布置如图54所示。

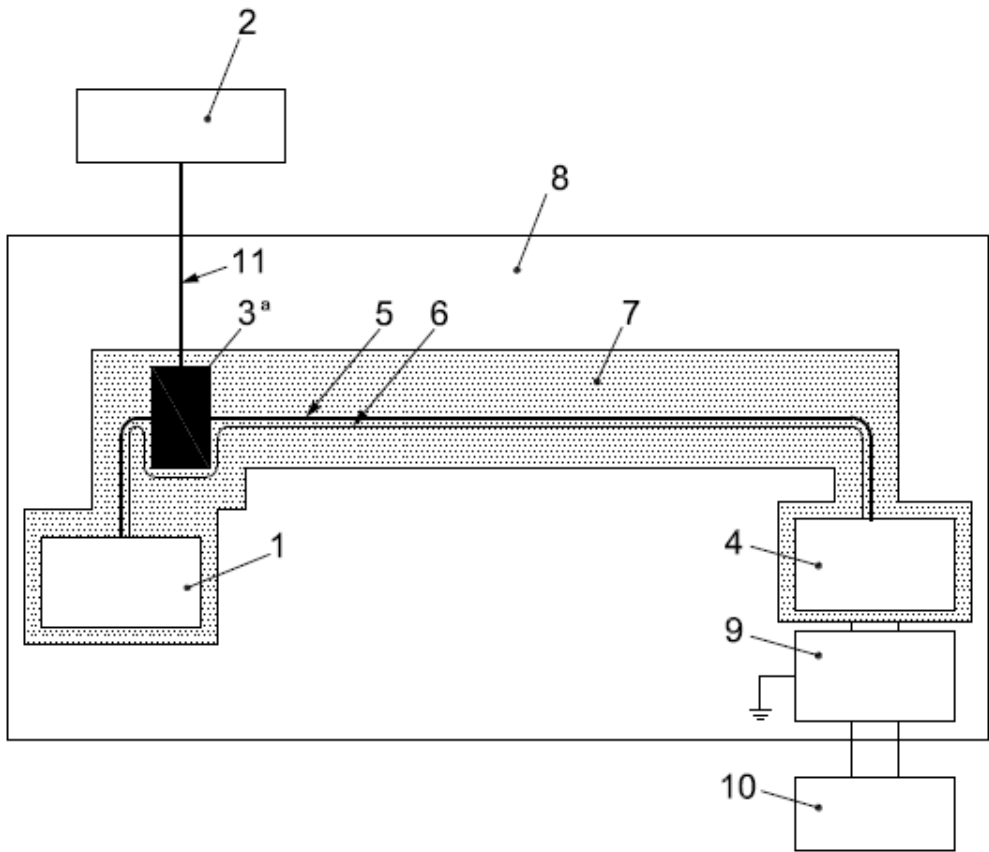


说明：
1、3——绝缘垫； 2——DUT； 4——模拟负载； 5——地平面； 6——电源； 7——电池； 8——示波器；
9——50 Ω衰减器； 10——电容耦合钳； 11——脉冲发生器； a——0.1 m。

图54 测试系统布置

15.1.2 ICC 方法

ICC方法测试系统布置如图55所示。



说明：
1——DUT； 2——脉冲发生器； 3——电感耦合钳（距离DUT 150 mm）； 4——负载模拟器；
5——试验线束（长度不超过2 m）； 6——地线； 7——50 mm±10 mm厚的绝缘垫； 8——接地平面；
9——蓄电池； 10——电源； 11——同轴电缆（最长0.5 m）。

图55 测试系统布置

除接地线以外的所有导线均应穿过电感耦合钳。若DUT安装在实车上时，有一根单独的地线连接到蓄电池负极，那么该接地线应穿过电感耦合钳。

15.2 干扰脉冲

15.2.1 快脉冲

15.2.1.1 快脉冲 a

15.2.1.1.1 快脉冲 a 的波形如图 56 所示。

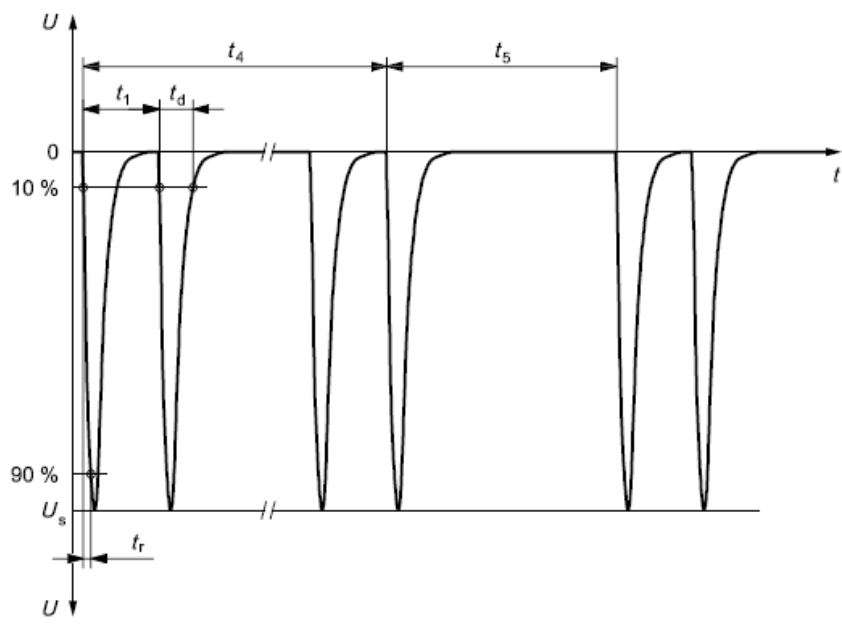


图56 快脉冲 a 波形

15.2.1.1.2 快脉冲 a 波形的参数如表 36 所示。

表36 快脉冲 a 参数

| 参数 | U_s V | t_r ns | t_d us | t_1 us | t_4 ms | t_5 ms | R_i Ω |
|----|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| 数值 | -40 | 5 | 0.1 | 100 | 10 | 90 | 50 |

15.2.1.2 快脉冲 b

15.2.1.2.1 脉冲 b 的波形如图 57 所示。

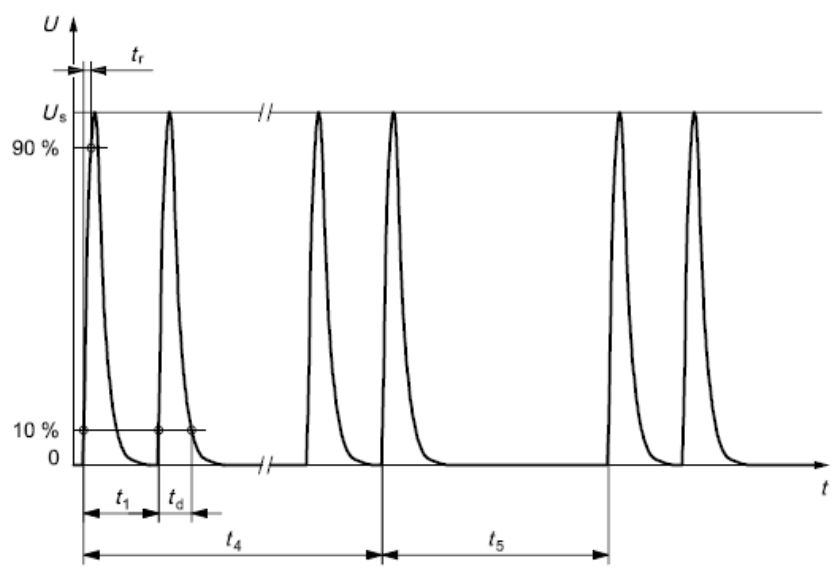


图57 快脉冲 b 波形

15.2.1.2.2 脉冲 b 波形的参数如表 37 所示。

表37 快脉冲 b 参数

| 参数 | U_s V | t_r ns | t_d us | t_1 us | t_4 ms | t_5 ms | R_f Ω |
|----|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| 数值 | 30 | 5 | 0.1 | 100 | 10 | 90 | 50 |

15.2.2 慢脉冲

15.2.2.1 慢脉冲 a

15.2.2.1.1 慢脉冲 a 的波形如图 58 所示。

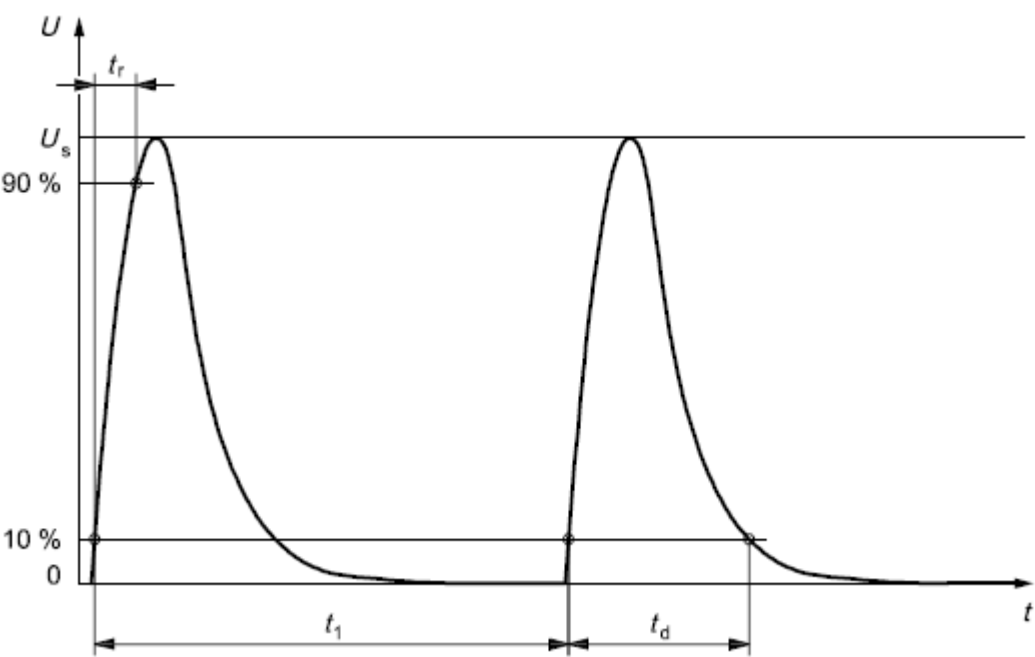


图58 慢脉冲 a 波形

15.2.2.1.2 慢脉冲 a 波形的参数如表 38 所示。

表38 慢脉冲 a 参数

| 参数 | U_s V | t_r us | t_d ms | t_1 s | R_f Ω |
|----|------------|-------------|-------------|------------|-------------------|
| 数值 | 5 | 1 | 0.05 | 5 | 2 |

15.2.2.2 慢脉冲 b

15.2.2.2.1 慢脉冲 b 的波形如图 59 所示。

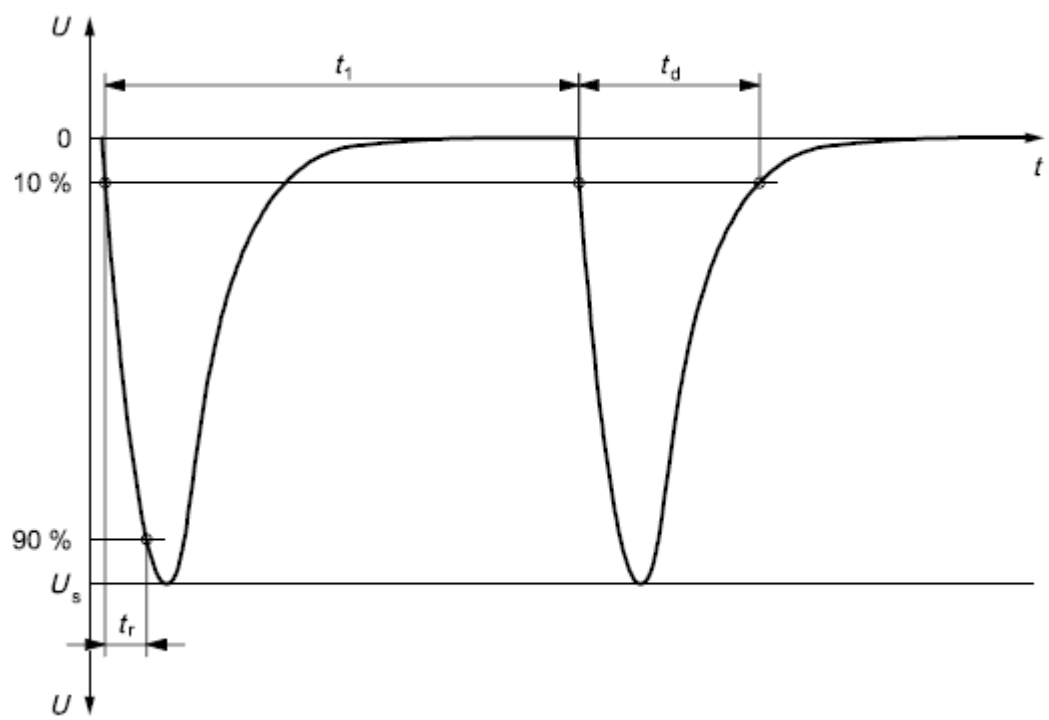


图59 慢脉冲 b 波形

15.2.2.2.2 慢脉冲 b 波形的参数如表 39 所示。

表39 慢脉冲 b 参数

| 参数 | U_s V | t_r μs | t_d ms | t_1 s | R_f Ω |
|----|------------|-------------|-------------|------------|------------|
| 数值 | -5 | 1 | 0.05 | 5 | 2 |

15.3 功能的性能要求

功能的性能要求如表40所示。

表40 功能的性能要求

| 测试脉冲 | 功能类型 | | | | 强度 |
|-------|------|-----|-----|-----|--------|
| | A 类 | B 类 | C 类 | D 类 | |
| 快脉冲 a | II | I | I | I | 10 min |
| 快脉冲 b | II | I | I | I | 10 min |
| 慢脉冲 a | II | I | I | I | 5 min |
| 慢脉冲 b | II | I | I | I | 5 min |

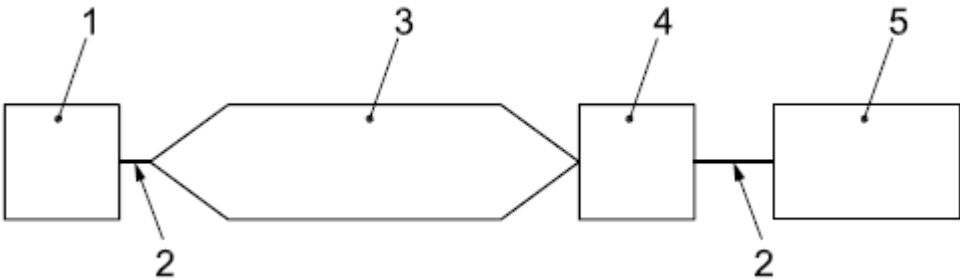
15.4 测试过程

快脉冲，采用CCC方法测试；慢脉冲，采用ICC方法测试。

进行抗扰测试前，需要进行校准。

15.4.1 CCC 方法

15.4.1.1 校准系统布置如图 60 所示。



说明：

1——脉冲发生器； 2——同轴电缆； 3——电容耦合钳； 4——50欧衰减器； 5——示波器。

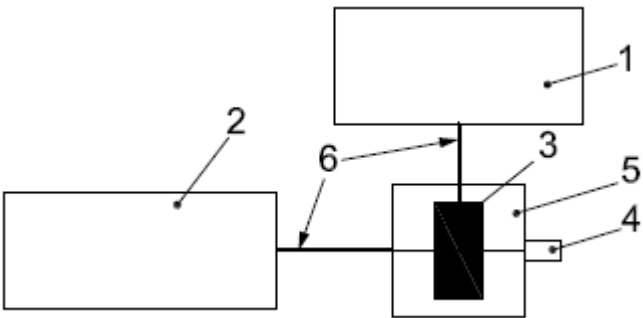
图60 校准系统布置

15.4.1.2 试验脉冲发生器通过 50 Ω 同轴电缆连接到 CCC，CCC 的另一端连接 50 Ω 衰减器。

15.4.1.3 校准过程中，电容耦合钳内部不能有导线穿过。

15.4.2 ICC 方法

15.4.2.1 校准系统布置如图 61 所示。

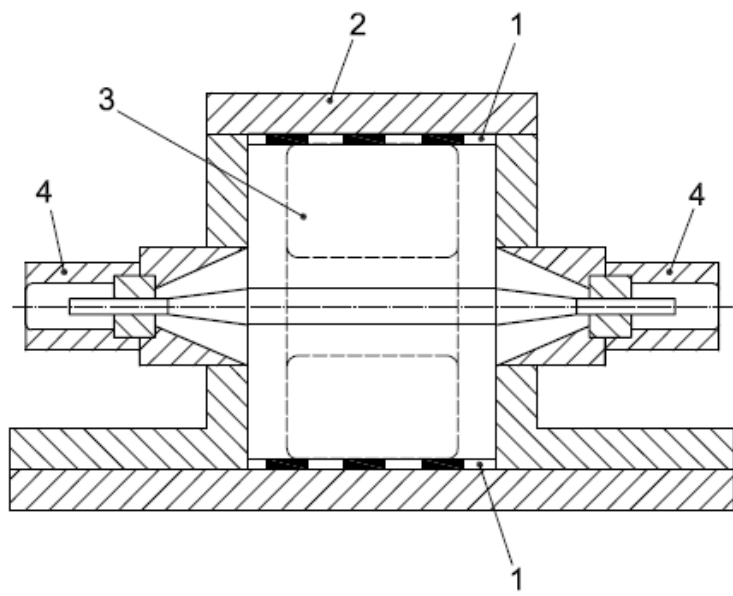


说明：

1——脉冲发生器； 2——示波器（输入阻抗1兆欧）； 3——电感耦合钳； 4——短路；
5——标定装置； 6——同轴电缆。

图61 校准系统布置

15.4.2.2 图 61 中的标定装置 5 如图 62 所示。



说明：
1——绝缘材料； 2——金属盖； 3——电感耦合钳； 4——连接器。

图62 标定装置示意图

16 静电放电抗扰

静电放电是为了测试零部件抵抗人体静电放电的能力。
静电放电抗扰参考ISO 10605和GB/T 19951制订。

16.1 放电强度和要求

16.1.1 放电强度

放电测试时，放电强度如表41所示。

表41 放电强度

| 强度等级 | 接触放电 | 空气放电 |
|------|-------|--------|
| L1 | ±4 kV | ±6 kV |
| L2 | ±6 kV | ±8 kV |
| L3 | ±8 kV | ±15 kV |
| L4 | 不适用 | ±25 kV |

16.1.2 功能的性能要求

功能的性能要求如表44所示。

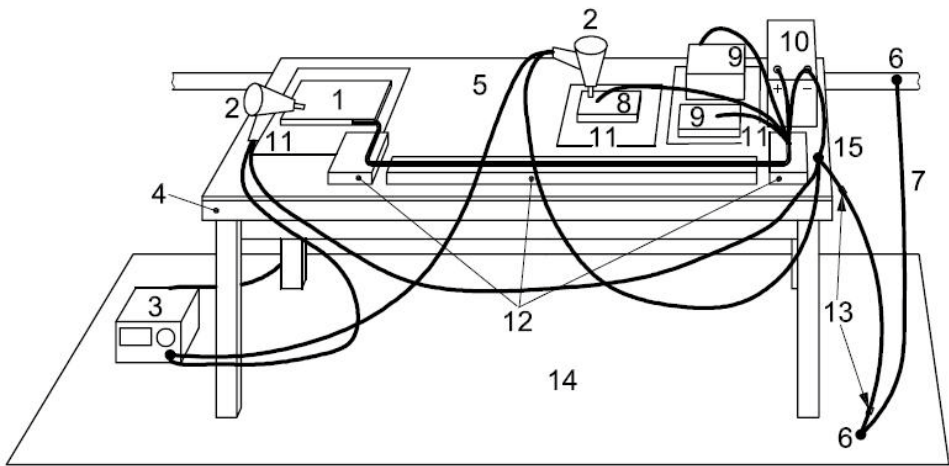
表42 功能的性能要求

| 强度等级 | A 类功能 | B 类功能 | C 类功能 | D 类功能 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| L1 | I | I | I | I |
| L2 | I | I | I | I |
| L3 | III | III | II | I |
| L4 | III | III | II | I |

16.2 测试系统布置

16.2.1 工作模式

工作模式下，测试系统布置如图63所示。

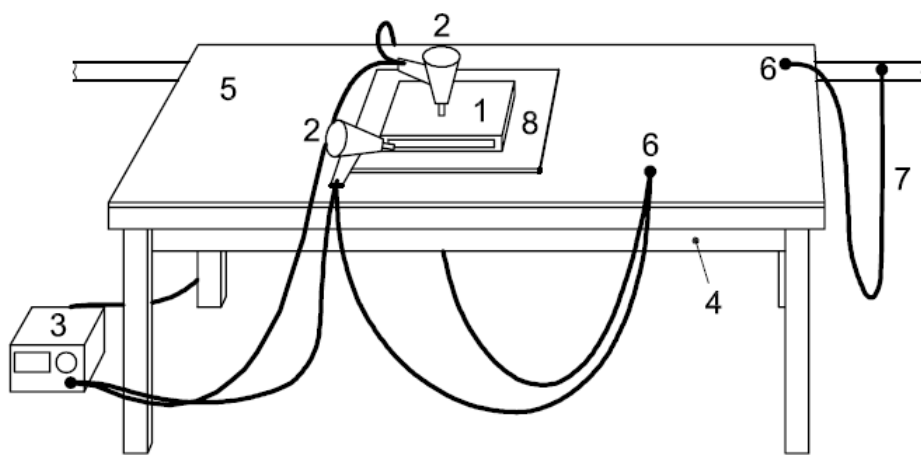


说明：
1——DUT； 2——ESD枪； 3——ESD发生器； 4——试验桌； 5——接地平板； 6——接地点；
7——地线； 8——DUT远端模块； 9——负载模拟器； 10——蓄电池； 11、12——绝缘垫；
13——470 Ω电阻； 14——地平面（可选）； 15——接地平板上的接地点。

图63 工作模式测试系统布置

16.2.2 非工作模式

非工作模式下，测试系统布置如图64所示。



说明：
1——DUT； 2——ESD枪； 3——ESD发生器； 4——试验桌； 5——水平耦合平面； 6——接地点；
7——地线； 8——绝缘材料。

图64 非工作模式测试系统布置

16.3 测试过程

测试时，应根据表41所示的放电强度，从低电压到高电压，逐个等级进行测试。

16.3.1 放电次数

每个测点，每个测试电压，测量次数应不少于3次。两次测试之间的时间间隔应不少于1 s。

16.3.2 放电枪的角度

测试过程中，放电枪与测点表面的夹角不应小于45°，条件允许时，放电枪应与测点表面垂直。

16.3.3 放电枪参数选择

16.3.3.1 非工作模式

非工作模式静电放电测试时，放电枪的的电容为150 pF，电阻为330 Ω。

16.3.3.2 工作模式

工作模式静电放电测试时，放电枪的电阻为330 Ω，电容值根据DUT的安装位置进行选择。

DUT在实车上，只能由车内乘员接触到时，电容设置为330 pF。只能由车外人员接触到，电容设置为150 pF。能够同时被车内和车外人员接触到，采用330 pF电容值。

16.3.4 放电类型

DUT的放电位置为导体时，采用接触放电方式。为非导体时，采用空气放电方式。

16.3.5 放电位置

工作模式放电测试时，于对DUT及其远端的连接部件进行放电测试，远端的连接部件包括开关、按钮等。