

汽车工程学会标准

xxxx—201x

电动车高压部件电磁兼容性能测试方法及 要求

EMC test method and requirement of high voltage component of Electrical
vehicle

(报批稿)

(本稿完成日期：2019.01)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

目 录

前 言	IV
1 适用范围.....	1
2 参考标准.....	1
3 缩写及符号.....	2
4 一般测试要求.....	3
4.1 概述	3
4.2 供电	3
4.3 参考接地平面.....	3
4.4 绝缘支撑.....	4
4.5 测量接收机.....	4
4.6 人工网络.....	4
4.7 测试线束.....	4
5 应用指南.....	5
6 性能等级划分.....	6
7 适用于屏蔽高压供电系统测试.....	6
7.1 传导发射- 保护车载接收机（电压法）	6
(1) 测试目的.....	6
(2) 测试条件.....	6
(3) 测试布置.....	7
(4) 测量程序.....	10
(5) 要求.....	11
7.2 传导发射- 保护车载接收机（电流法）	11
(1) 测试目的.....	11
(2) 测试条件.....	11
(3) 测试布置.....	12
(4) 测量程序.....	16
(5) 要求.....	16
7.3 辐射发射-保护车载接收机.....	16
(1) 测试目的.....	16
(2) 测试条件.....	16
(3) 测试布置.....	16
(4) 测量程序.....	21
(5) 要求.....	21
7.4 低频辐射发射-保护车外接收机.....	21
(1) 测试目的.....	21
(2) 测试条件.....	21
(3) 测试布置.....	21
(4) 测量程序.....	24
(5) 要求.....	24
7.5 大电流注入.....	25
(1) 测试目的.....	25
(2) 测试条件.....	25

	(3)	测试布置.....	25
	(4)	测试程序.....	28
	(5)	要求.....	28
7.6		静电放电.....	28
	(1)	测试目的.....	28
	(2)	测试条件.....	28
	(3)	测试布置.....	28
	(4)	测试程序.....	30
	(5)	要求.....	31
7.7		辐射抗扰度.....	32
	(1)	测试目的.....	32
	(2)	测试条件.....	32
	(3)	测试布置.....	32
	(4)	测试程序.....	37
	(5)	要求.....	37
8		适用于充电端口的测试.....	38
8.1		抗扰度测试.....	38
8.1.1		快速瞬变/脉冲的抗扰度.....	38
	(1)	测试目的.....	38
	(2)	测试条件.....	38
	(3)	测试布置.....	39
	(4)	测试程序.....	39
	(5)	要求.....	39
8.1.2		浪涌抗扰度.....	40
	(1)	测试目的.....	40
	(2)	测试条件.....	40
	(3)	测试布置.....	40
	(4)	测试程序.....	42
	(5)	要求.....	42
8.1.3		电压跌落抗扰度.....	42
	(1)	测试目的.....	42
	(2)	测试条件.....	42
	(3)	测试布置.....	42
	(4)	测试程序.....	42
	(5)	要求.....	43
8.1.4		谐波和谐间波抗扰度.....	43
	(1)	测试目的.....	43
	(2)	测试条件.....	43
	(3)	测试布置.....	43
	(4)	测试程序.....	43
	(5)	要求.....	43
8.2		发射测试.....	44

8.2.1	高压交流充电电源线的谐波发射	44
	(1) 测试目的.....	44
	(2) 测试条件.....	44
	(3) 测试布置.....	44
	(4) 测试程序.....	44
	(5) 要求.....	44
8.2.2	电压变化, 电压波动和闪变	45
	(1) 测试目的.....	45
	(2) 测试条件.....	45
	(3) 测试布置.....	45
	(4) 测试程序.....	46
	(5) 要求.....	46
8.2.3	充电电源线的传导发射—保护车外接收机	46
	(1) 测试目的.....	46
	(2) 测试条件.....	46
	(3) 测试布置.....	46
	(4) 测量程序.....	48
	(5) 要求.....	48
附录 A 49		
	(规范性附录) ALSE 方法高磁场要求的两频段的场校准程序	49
A.1	CW 电场探头方法	49
A.2	天线方法.....	49
附录 B 52		
	(规范性附录)	52
	高压-低压耦合衰减的测量.....	52
B.1	测试目的	52
B.2	测试条件	52
B.3	测试布置	52
B.4	测量程序	55
B.5	要求	56
附录 C 58		
	(资料性附录)	58
	EMC 测试计划.....	58

前言

本标准规定各发射测试的测试方法和限值以及各抗扰度测试的测试方法、测试等级、性能判据。并对各产品测试时的运行状态加以规定，以保证其在严酷的情况下能够符合要求。

如果在特定的工作条件下，特殊的性能要求、质量要求指标值，需由生产经验积累而得，可由生产商和汽车企业协商后对标准的应用进行确认。

本标准第一次发布。请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准起草单位：上海电器科学研究院、重庆长安汽车股份有限公司、中国汽车技术研究中心、上海汽车集团股份有限公司乘用车公司、比亚迪汽车工业有限公司、浙江吉利汽车研究院有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、奇瑞商用车（安徽）有限公司、长城汽车股份有限公司、众泰新能源汽车有限公司、中国汽车工程研究院、上海大众汽车有限公司、上海机动车检测中心、华人运通技术有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司、北京汽车研究总院有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、浙江合众新能源有限公司、南京博郡新能源汽车有限公司、广东省珠海市质量计量监督检测所。

起草人：郑军奇、顾佳丽、李旭、徐立、岳清玉、马谦、周宇奎、朱礼铭、王洪武、王雨川、耿会永、郑芳芳、刘媛、雷剑梅、刘新亮、顾海雷、马从海、权香妮、郭迪军、余天刚、奚院生、唐伟、高新杰、李川、覃宝山、蒋立琴、梁观胜。

执笔人：顾佳丽

1 适用范围

本标准适用于存在直流60V~1000V供电或交流供电的车载高压电气部件的电磁兼容性测试，规定发射测试和抗扰度的测试目的、测试条件、测试布置、测试程序和要求。

高压电气部件的示例如下：

- 驱动电机控制器；
- 车载充电机；
- DC-DC转换器；
- 逆变器；
- 动力电池；
- 电加热器；
- 电空调压缩机；
- 实现以上功能的集成部件。

本标准所包含的高压电气部件仅限于安装在道路车辆上的部件。

本标准所包含的高压电气部件中所涉及到的低压端口的测试项目具体参考T/CSAE 63-2017《汽车电器零部件及子系统（12V）电磁兼容性能测试方法及要求》标准。

2 参考标准

T/CSAE 63-2017 汽车电器零部件及子系统（12V）电磁兼容性能测试方法及要求

GB/T 18655-2018 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车载接收机的限值和测量方法

GB/T 18387-2017 电动车辆的电磁场发射强度的限值和测量方法

GB/T 33014.1-2016 道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第1部分：一般规定

GB/T 33014.2-2016道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分：电波暗室法

GB/T 33014.4-2016道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第4部分：大电流注入（BCI）法

GB/T 6113.102-2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范-第1-2部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备-辅助设备 -传导骚扰

GB/T 6113.201-2017 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范-第2-1部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 -传导骚扰测量

GB/T 6113.203-2016 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范-第2-3部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 -辐射骚扰测量

GB 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法

GB 17625.1-2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16A）

GB 17625.2-2007 电磁兼容 限值 对每相额定电流≤16A且无条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制

GB/T 17625.7-2013 电磁兼容 限值 对额定电流≤75A且有条件接入的设备在公用低压供电系统中产生的电压变化、电压波动和闪烁的限制

GB/T 17625.8-2015 电磁兼容性 限值 每相输入电流大于16A小于等于75A连接到公

用低压系统的设备产生的谐波电流限值

GB/T 17626.4-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5-2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T 17626.11-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

GB/T 17626.13-2006 电磁兼容 试验和测量技术 交流电源端口谐波、谐间波及电网信号的低频抗扰度试验

GB/T 17626.34-2012 电磁兼容 试验和测量技术 主电源每相电流大于16A的设备的电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验

IEC 61851-21-1:2017 电动汽车传导充电系统 - 第21部分：交流/直流供电电动车载充电器电磁兼容性的要求

ISO 10605-2008 道路车辆 来自静电放电的电骚扰测试方法

3 缩写及符号

AC	Alternate current	交流
ALSE	Absorber lined shielded enclosure	带吸波材料的屏蔽室
AM	Amplitude modulation	幅度调制
AMN	Artificial mains network 50 μ H/50 Ω	人工电源网络50 μ H/50 Ω
AN	Artificial network 5 μ H/50 Ω	人工网络5 μ H/50 Ω
BW	Bandwidth	带宽
CDN	Coupling-/Decoupling network	耦合/去耦网络
CW	Continuous wave	正弦波
dB	Decibel	分贝
DC	Direct current	直流
DUT	Device(s) under test	被测件
ESD	Electrostatic discharge	静电放电
FFT	Fast fourier transformation	快速傅立叶变换
FPSC	Function performance status classification	功能性能状态分类
HCP	Horizontal coupling plane	水平耦合平面
HV	High Voltage	高压
GRP	Ground reference plane	参考接地平面
I/O	Input and output	输入和输出
ISN	Impedance stabiliation network	阻抗稳定网络
LV	Low Voltage	低压
PLC	Power line communication	电源通讯线
PM	Pulse modulation	脉冲调制
PWHD	Partial weighted harmonic distortion	部分权重谐波失真
RBW	Resolution bandwidth	分辨率带宽
RF	Radio frequency	无线电频率
RMS	Route means square	均方根
THD	Total harmonic distortion	总谐波失真

4 一般测试要求

4.1 概述

高压电气部件试验的等级应以典型的车辆操作模式的电气环境为参考。

试验中要求发射测试尽可能采用DUT最大发射状态进行。

DUT的操作条件应尽可能接近到其正常使用情况下的条件：

- 1) 接地连接应与部件规范和测试计划中的说明相一致；
- 2) 应使用DUT的实车环境和实车负载。如果这个对于样品不太可能实现时，可以使用模拟器（例如，传感器，传动装置和通信）。在测试过程中，该负载或负载模拟器的发射要求低于限值6dB，且不应受抗扰度测试干扰的影响。

这些规定仅对每个具体的样品有效，并记录在试验报告中。

4.2 供电

- 应通过低压电池给DUT提供低压电压。除非测试计划中另有规定，则低压供电应满足下表要求：

表4-1 低压供电要求

额定电压	要求 (V)
12 V系统	13±1
24 V系统	26±2
48 V系统	48±4

● 高压电源供

电应满足如下要求：

- 1) 非车载充电机部件的高压直流供电要求范围为额定电压（±10%）的允差范围之间；
车载充电机的交流供电要求范围为额定电压(-15%~+10)%的允差范围之间，频率误差±1%；
- 2) 电源输出端可加滤波器件，以保证暗室底噪低于限值6dB。

4.3 参考接地平面

EMC测试应在参考接地平面上进行。参考接地平面应具备以下最基本的特点：

- 1) 长：各边至少为2000mm或者比整个设备长度大200mm（两个适用数值中的较大值）；
- 2) 宽：比整个设备各边宽度大200mm；
- 3) 厚度：≥0.5 mm
- 4) 材料：推荐用紫铜、黄铜，也可以选用镀锌钢板

如果采用拼接方式实现参考接地平面，可采用如下两种方式

- a) 多块接地板直接互连，搭接方式采用有意搭接（例如焊接、铆接等方式），搭接点的间距小于5mm，当搭接间距不能满足小于5mm间距时，则要求在搭接点的间隙中填充导电材料（例如金属丝网、导电泡棉等）。
- b) 采用第三导体实现多块接地平板之间互连，接地平板与互连导体之间的搭接应满足a)的要求，同时要求采用互连导体的短边方向进行接地平板的互连，互连导体的长宽比小于5。

4.4 绝缘支撑

DUT的试验布置应根据实车状态情况，若需要用到绝缘支撑，则绝缘支撑应该满足下面特性，与参考接地平面绝缘。DUT应放置在绝缘支撑上，绝缘支撑放在参考接地平面上。

表4-2 绝缘支撑特性

厚度	(50 ±5) mm
相对介电常数	$\epsilon_r \leq 1.4$

注：不允许木质材料

4.5 测量接收机

测量接收机设置在表4-3中给出。

表4-3 测量接收机设置

频率范围	峰值检波			准峰值检波			平均值检波		
	-6dB BW	步长	驻留时间	-6dB BW	步长	驻留时间	-6dB BW	步长	驻留时间
0.15-30MHz	9kHz	5kHz	50ms	9kHz	5kHz	1s	9kHz	5kHz	50ms
>30 MHz (除GPS、GLONASS和北斗以外的频率)	120k Hz	50kHz	5ms	120k Hz	50kHz	1s	120k Hz	50kHz	5ms
北斗频段 (1552.098-1570.098MHz)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9kHz	5kHz	5ms
GPS L1 civil: 1591-1583MHz GLONASS L1: 1591-1613MHz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9kHz	5kHz	5ms

4.6 人工网络

本标准中所采用的人工网络应符合GB/T18655附录E的要求。人工网络包括：

- 1) LVAN (LVAN) ,用于低压端口；
- 2) HVAN (HVAN) ， 用于高压直流端口；
- 3) 人工电源网络 (AMN) ， 用于交流端口；
- 4) 不对称人工网络 (AAN) ,用于信号线端口；
- 5) 直流电源端口连接的人工网络 (DC-Charging AN) ， 用于连接到直流电源与充电模式的部件 (如充电机) 的直流端口。

人工网络是为DUT和其供电网络进行射频干扰隔离，并为DUT提供稳定的线路阻抗。

HVAN应安装在屏蔽箱内。测量时，高压屏蔽电缆的屏蔽层应与HVAN屏蔽壳体360°搭接。

4.7 测试线束

对于测试中使用的线束应与实车使用的线束保持一致，如果无法实现，在测试计划中定义，并在测试报告中记录。

在实际测试中，由于线束弯曲半径的限制，无法实现测试布置的要求，需在测试计划中定义，并在测试报告中记录。

5 应用指南

对部件各项测试应用的情况基于下表来说明：

驱动电机控制器；

车载充电机；

DC-DC转换器；

逆变器；

动力电池；

电加热器；

电空调压缩机；

实现以上功能的集成部件。

表5-1 测试要求矩阵图

测试项目	高压电气部件种类						
	驱动电机 控制器 ^{注2}	车载充 电机	DC-DC 转换器	逆变器	动力 电池	电加热器	电空调 压缩机
传导发射- 保护车载 接收机（电压法） ^{注1}	√	√	√	√	√	√	√
传导发射- 保护车载 接收机（电流法） ^{注1}	√	√	√	√	√	√	√
辐射发射-保护车载 接收机 ^{注1}	√	√	√	√	√	√	√
低频辐射发射-保护 车外接收机 ^{注1}	√	√	√	√	√	√	√
大电流注入	√	√	√	√	√	√	√
静电放电	√	√	√	√	√	√	√
辐射抗扰度	√	√	√	√	√	√	√
快速瞬变/脉冲的抗 扰度	N/A	√	N/A	N/A	√	N/A	N/A
浪涌抗扰度	N/A	√	N/A	N/A	√	N/A	N/A
电压跌落抗扰度	N/A	√	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
谐波和谐间波抗扰 度	N/A	√	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
高压交流充电电源 线的谐波发射	N/A	√	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
电压变化，电压波动 和闪烁	N/A	√	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
充电电源线的传导 发射—保护车外接 收机	N/A	√	N/A	N/A	√	N/A	N/A

注1: 如果后期出现有其他部件, 并满足以下条件, 可以不用进行该项测试:

- 该部件不包含电动马达;
- 该部件不提供或驱动调制电源电压或调制电源电流;
- 该部件不包含晶闸管;

注2: 驱动电机控制器测试中测功机在暗室/屏蔽室内外均可。

6 性能等级划分

在被测件功能执行受骚扰情况下, 其功能实现程度分为以下五个级别:

- a) I类: 在施加骚扰期间和之后, 能正常执行其预先设计的所有功能;
- b) II类: 在施加骚扰期间, 能执行其预先设计的所有功能, 但有一项或多项指标可能超出规定偏差, 在骚扰停止后, 所有功能自动恢复正常, 其中存储功能始终保持正常水平;
- c) III类: 在施加骚扰期间, 不能执行其预先设计的一项或多项功能, 但在骚扰停止后, 自动恢复正常状态;
- d) IV类: 在施加骚扰期间, 不能执行其预先设计的一项或多项功能, 骚扰停止后, 通过简单的复位操作, 恢复正常状态;
- e) V类: 在施加骚扰期间和之后, 不能执行其预先设计的一项或多项功能, 骚扰停止后不能恢复正常, 必须进行修理甚至更换。

7 适用于屏蔽高压供电系统测试

7.1 传导发射- 保护车载接收机 (电压法)

(1) 测试目的

测试的目的是评估高压系统的直流高压线的RF传导骚扰电压。

(2) 测试条件

测试条件参考GB/T 18655。被测件的测试布置按照本标准的测试布置进行, 低压端口的测量过程及要求依据T/CSAE 63标准传导发射部分, 高压端口的测量过程及要求依据本标准, 应当依次对输入和输出的HVDC线进行测试。DC-DC输出端口也应进行测试。

高压线需要使用长为1700mm (0/+300mm) 的线束。因长度不同, 首选实车线束。测试线束被放置在离参考接地平面 (50±5) mm的绝缘支撑上。

高压线的 (1500±75) mm长度应平行于桌子的前边缘。高压线束应放置在距参考接地平面前沿至少100mm处。在LVAN和DUT间的低压电源线的长度应为200mm (0/+200mm)。其它线应直接放在距离高压线100mm的最短距离的地平面处。

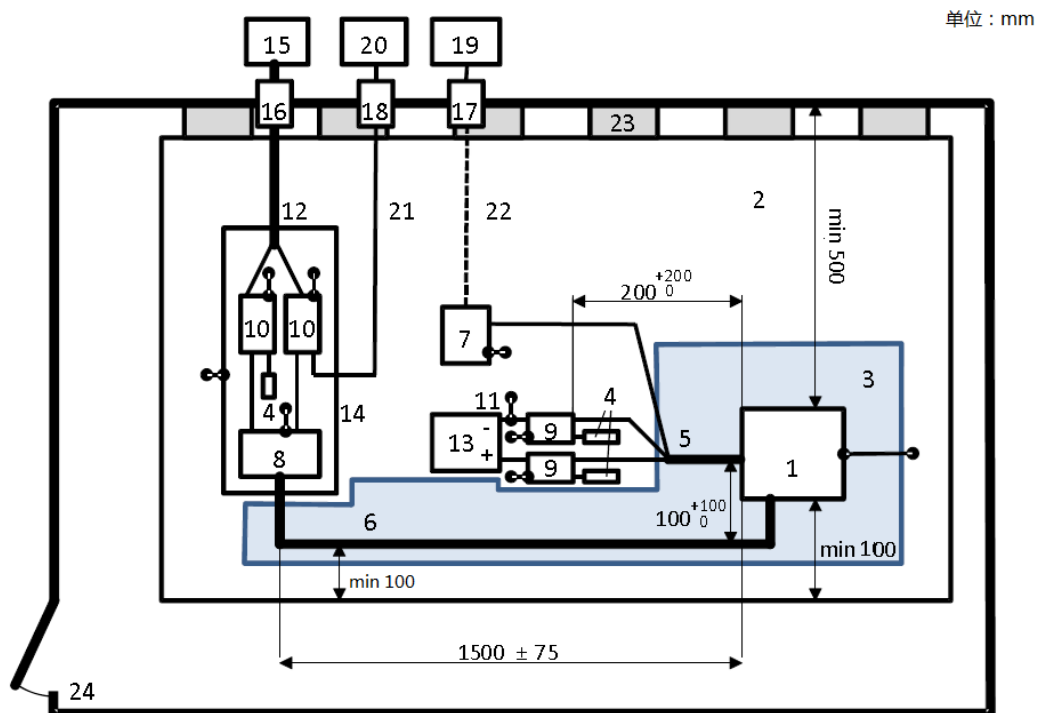
HVAN屏蔽壳体应连接到HVDC屏蔽线的屏蔽层上, 并360° 搭接。

DUT被放置在离参考接地平面 (50±5) mm的绝缘支撑上。根据测试计划连接到参考接地平面的, 不允许其他接地连接。

所有没有连接测量接收机的人工网络应端接50Ω电阻。
DUT应满足每个测试状态的要求。

(3) 测试布置

测试布置如下图所示：



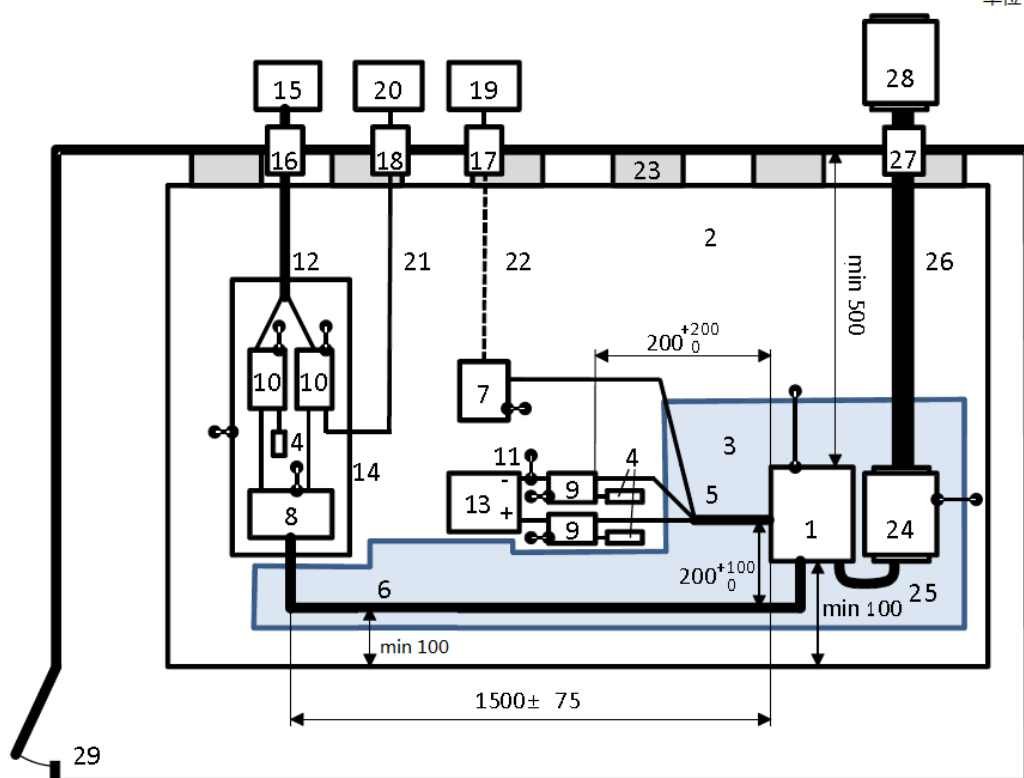
- | | |
|---|------------------------|
| 1 DUT | 14 附加屏蔽盒 |
| 2 接地平面 | 15 高压电源（如果放在屏蔽室内则需要屏蔽） |
| 3 低相对介电常数的支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）厚度为50mm | 16 电源线滤波器 |
| 4 50Ω负载 | 17 馈通滤波器 |
| 5 低压线束 | 18 隔板连接器 |
| 6 高压线束（HV+,HV-） | 19 激励和监测系统 |
| 7 低压负载模拟器 | 20 测量设备 |
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 21 同轴电缆（50Ω） |
| 9 LVAN | 22 光纤 |
| 10 HVAN | 23 接地铜带 |
| 11 低压供电线 | 24 屏蔽室 |
| 12 高压供电线 | |
| 13 低压电源 | |

注1：动力电池充电状态按照本图进行布置，如果动力电池在放电状态下，应测量高压直流输出端口，高压电源变更为高压负载。

注2：DC-DC转换器的低压控制电压输入按照本图进行布置，还有一路低压输出是给低压电池供电。给低压电池供电输出路的测试布置，应通过LV AN与负载连接，可采用电阻负载与低压电池并联作为负载，以消耗电能。低压输出线缆的（1500±75）mm长度应平行于桌子的前边缘。

图7-1 传导发射电压法-DC-DC转换器、动力电池、电加热器、电空调压缩机试验布置示例

单位：mm

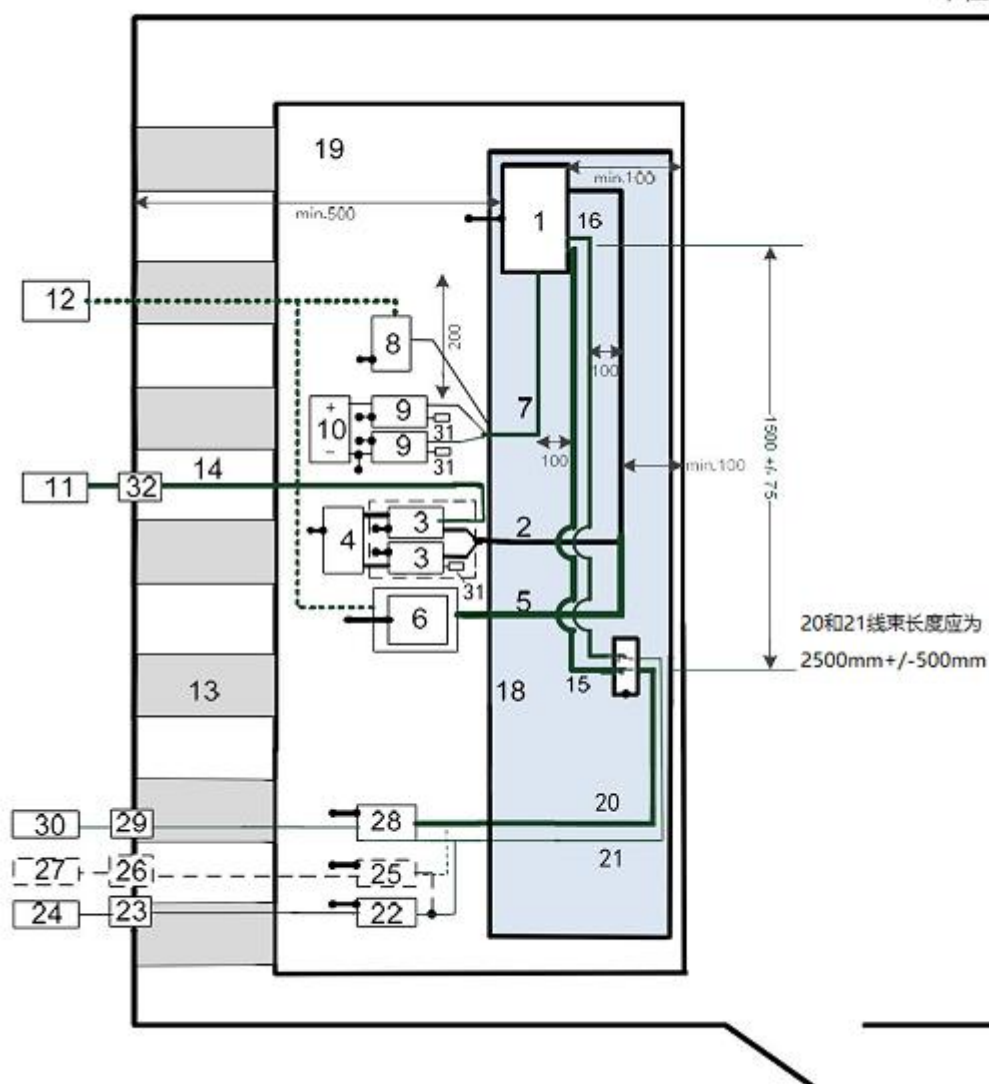


- | | |
|---|------------------------|
| 1 DUT | 16 电源线滤波器 |
| 2 接地平面 | 17 馈通滤波器 |
| 3 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | |
| 4 50 Ω 负载 | 18 隔板连接器 |
| 5 低压线束 | 19 激励和监测系统 |
| 6 高压线束 (HV+,HV-) | 20 测量设备 |
| 7 低压负载模拟器 | 21 同轴电缆 (50 Ω) |
| 8 阻抗匹配网络 (可选) | 22 光纤 |
| 9 LVAN | 23 接地铜带 |
| 10 HVAN | 24 电机 |
| 11 低压供电线 | 25 电机三相线 |
| 12 高压供电线 | 26 隔离未使用的机械连接 |
| 13 低压电源 | 27 过滤的机械轴承 |
| 14 附加屏蔽盒 | 28 制动或驱动电机 |
| 15 高压电源 (如果放在屏蔽室内则需要屏蔽) | 29 屏蔽室 |

注：如果DUT是驱动电机控制器与电机集成，测试布置应做相应调整，无三相线布置。

图7-2 传导发射电压法-驱动电机控制器试验布置示例

单位: mm

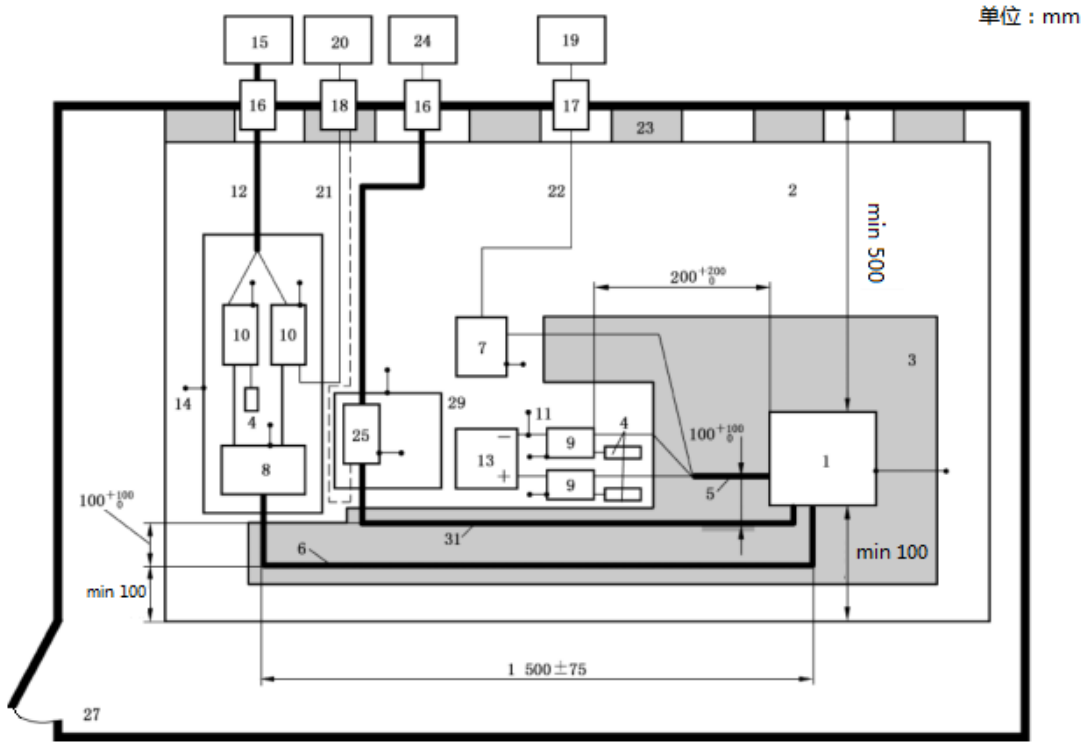


- | | |
|------------------------|--|
| 1 DUT | 17 车载充电机连接器 |
| 2 动力电池线束 | 18 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm |
| 3 HVAN | 19 接地平面 |
| 4 高压负载(电池或电池模拟器) | 20 交流充电线束 |
| 5 高压线束 | 21 通信线 |
| 6 高压负载模拟器 | 22 ISN |
| 7 低压线束 | 23 馈通同轴电缆连接器 |
| 8 低压负载模拟器 | 24 辅助信号发生器 |
| 9 LVAN | 25 PLC耦合器 |
| 10 低压电源 | 26 通信馈通 |
| 11 测量设备 | 27 PLC模拟器 |
| 12 激励和监测系统 | 28 AMN /DCAN |
| 13 接地铜带 | 29 滤波器 |
| 14 同轴电缆 (50 Ω) | 30 AC或DC电源 |
| 15 AC/DC充电线束 (车辆) | 31 50 Ω 负载 |

16 通信线

32 隔板连接器

图7-3 传导发射电压法-车载充电机试验布置示例



单位：mm

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 DUT | 16 电源线滤波器 |
| 2 接地平面 | 17 馈通滤波器 |
| 3 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | 18 隔板连接器 |
| 4 50Ω负载 | 19 激励和监测系统 |
| 5 低压线束 | 20 测量设备 |
| 6 高压线束 (HV+,HV-) | 21 同轴电缆 (50Ω) |
| 7 低压负载模拟器 | 22 光纤 |
| 8 阻抗匹配网络 (可选) | 23 接地铜带 |
| 9 LVAN | 24 交流负载模拟器 (非阻性负载模拟器置于
ALSE内时应屏蔽) |
| 10 HVAN | 25 AMN |
| 11 低压供电线 | 27 屏蔽室 |
| 12 高压供电线 | 29 附加屏蔽盒 (可选) |
| 13 低压电源 | 31 交流电源线 |
| 14 附加屏蔽盒 | |
| 15 高压电源 (如果放在屏蔽室内则需要屏蔽) | |

图7-4 传导发射电压法-逆变器试验布置示例

(4) 测量程序

测量过程参考 GB/T18655，应依次对每个 HVAN 端口的测试端进行测量。

(5) 要求

测试计划中需定义测试限值，测试计划限值需根据所要满足的低压限值水平来制定（可选的低压测试限值包括GB/T 18655-2017低压传导发射等级2、3、4、5的要求）。表7-1中是平均值和峰值或平均值和准峰值的限值示例，表中等级5 A5~ 等级5 A1是限值的5个等级，是针对满足GB/T 18655低压等级5的情况下，而由于不同的耦合衰减给出的限值等级。被测件的耦合衰减可根据附录B中描述的测量方法得到。限值的计算方法如式1所示。

$$U_{Limit,HV} = U_{Limit,LV} + S \quad \text{式 (1)}$$

其中 $U_{Limit,HV}$ 是高压限值， $U_{Limit,LV}$ 是低压部件限值， S 是被测件的耦合衰减，详细见附录B。

限值和衰减等级在测试计划中定义。如果测试计划中没有定义等级，采用最苛刻的限值，此时，需要满足发射级HV5和衰减级A1的要求。

表7-1 屏蔽HV线的传导发射平均值和峰值或平均值和准峰值的限值示例

业务/波段	频率/MHz	电平/ dB(V)														
		等级 5 (A5)			等级 5 (A4)			等级 5 (A3)			等级 5 (A2)			等级 5 (A1)		
		峰值	准峰值	平均值	峰值	准峰值	平均值	峰值	准峰值	平均值	峰值	准峰值	平均值	峰值	准峰值	平均值
广播																
LW	0.15 – 0.30	107	94	87	117	104	97	127	114	107	137	124	117	147	134	127
MW	0.53 – 1.8	84	71	64	92	79	72	100	87	80	108	95	88	116	103	96
SW	5.9 – 6.2	77	64	57	83	70	63	89	76	69	95	82	75	101	88	81
FM	76 – 108	50	37	30	56	43	36	62	49	42	68	55	48	74	61	54
TV Band I	48.5 – 72.5	47	-	37	53	-	43	59	-	49	65	-	55	71	-	61
移动业务																
VHF	30 – 54	59	46	39	65	53	45	71	58	51	77	64	57	83	70	63
VHF	68 – 87	51	38	31	57	44	37	63	50	43	69	56	49	75	62	55

7.2 传导发射- 保护车载接收机（电流法）

(1) 测试目的

测试目的是评估高压供电系统射频电流的干扰。

(2) 测试条件

测试条件依据GB/T 18655。所有高压部件HV+电源线、HV-电源线需单独测试（如果适用）和合并在一起进行测量，电机控制器的三相线需单独测试（如果适用）和合并在一起进行测量。测试布置按照本标准执行。

需要使用长为1700 (0/+300) mm的线束。因长度不同,可能需要首选实车线束。高压线的长度应为1700 (0/+300) mm。在12 V 人工网络和DUT间的12V电源线的长度应为1700 (0/+300)mm。信号线长度也应为1700(0/+300)mm。电机控制器的三相线长度应为1000mm (超过1000mm按照1000mm要求,低于1000mm可按照实车进行要求),测试线束被放置在离参考接地平面 (50±5) mm的绝缘支撑件上。低压线束与高压线束的间距应为100 (0/+100) mm。

电流探头应放在距离DUT 50mm、750mm处,电机控制器的三相线50mm处测量(如果实现不了,则车企和供应商进行协商决定)。

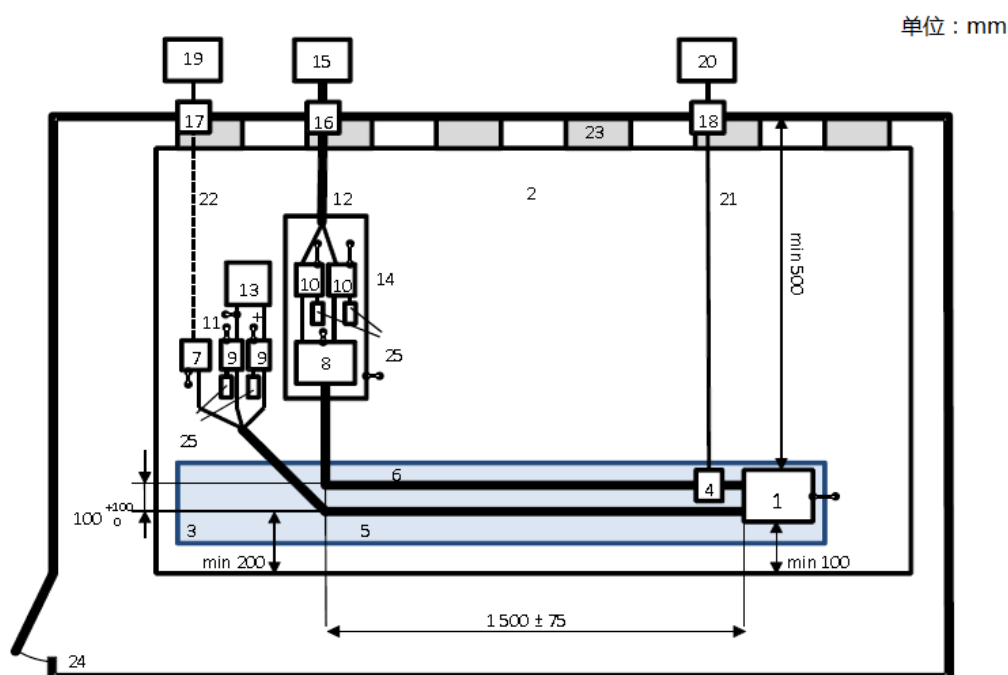
根据测试计划连接DUT与地平面。不允许其他接地连接。所有的AN测量端应端接50Ω负载。

系统底噪水平应低于规定限值6dB。为满足这个标准,如有必要,可以插入前置放大器。

(3) 测试布置

电源线、信号线和数据线的测试布置在GB/T18655中描述。高压线的测试布置在测试计划中描述。下面的例子作为指南。测量充电机时,桌子的接地平板应通过保护地线与AMN和HVDC AN参考地连接。详细的布置在测试计划中规定。

注:电流探头的测量范围必须支持被测电缆总的最大电流测试,包括功能性的电流,特别是在对单个屏蔽电缆进行测量的情况下,可能导致电流探头饱和而产生错误结果。



- | | |
|---|--------------------------|
| 1 DUT | 14 附加屏蔽盒 |
| 2 接地平面 | 15 高压电源 (如果放在ALSE内则需要屏蔽) |
| 3 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | 16 电源线滤波器 |
| 4 电流探头 | 17 馈通滤波器 |
| 5 低压线束 | 18 隔板连接器 |
| 6 高压线束 (HV+,HV-) | 19 激励和监测系统 |
| 7 低压负载模拟器 | |

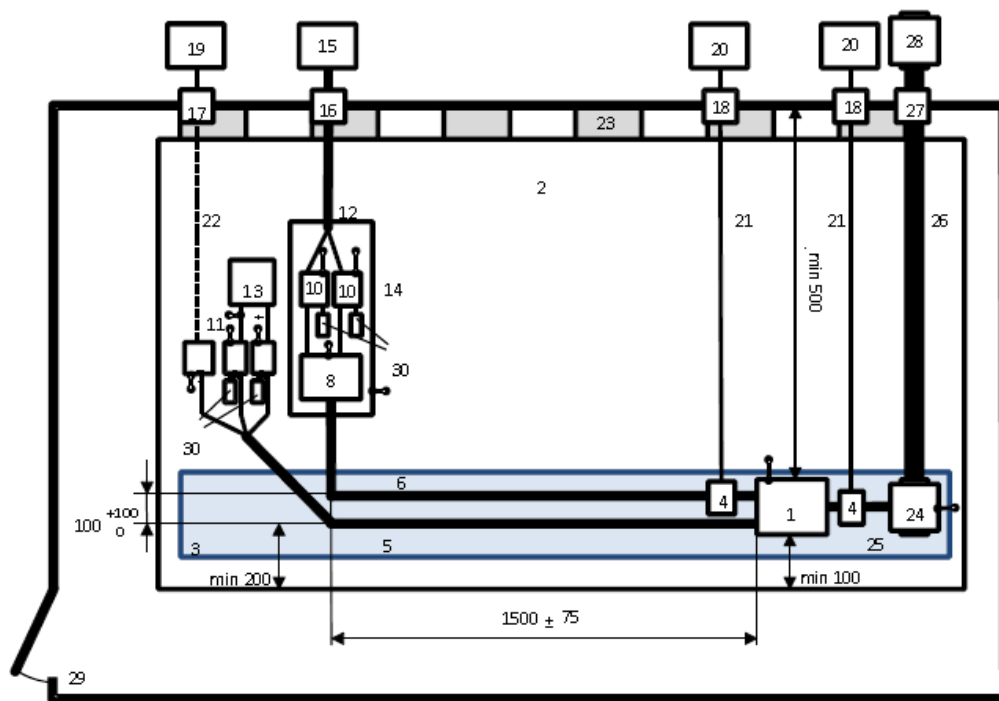
- | | |
|--------------|--------------|
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 20 测量设备 |
| 9 LVAN | 21 同轴电缆（50Ω） |
| 10 HVAN | 22 光纤 |
| 11 低压供电线 | 23 接地铜带 |
| 12 高压供电线 | 24 屏蔽室 |
| 13 低压电源 | 25 50Ω 负载 |

注1: 动力电池充电状态按照本图进行布置, 在放电状态下, 应测量高压直流输出端口, 高压电源变更为高压负载。

注2: DC-DC转换器的低压控制电压输入按照本图进行布置, 还有一路低压输出是给动力电池供电。给动力电池供电输出一路的测试布置, 应通过LVAN与负载连接, 可采用电阻负载与动力电池并联作为负载, 以消耗电能。低压输出线缆的(1500±75) mm长度应平行于桌子的前边缘。

图7-5 传导发射电流法-DC-DC转换器、动力电池、电加热器、电空调压缩机试验布置示例

单位: mm

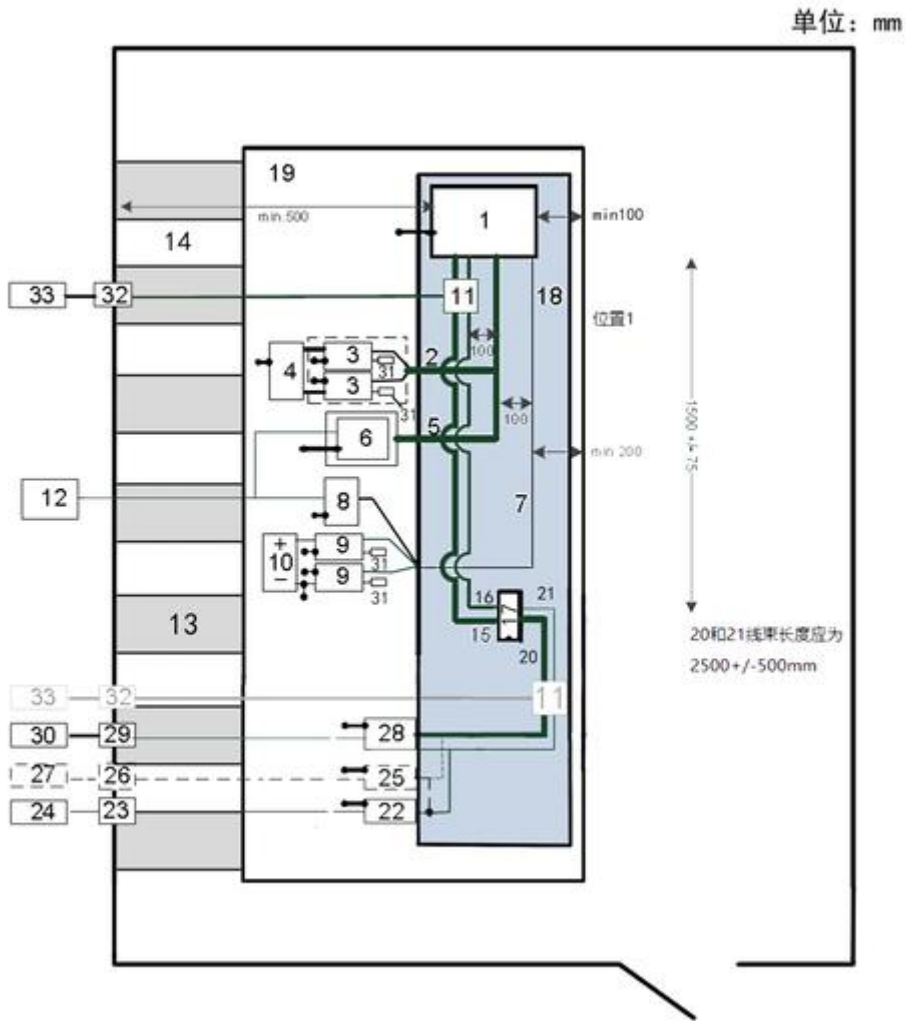


- | | |
|---|---------------|
| 1 DUT | 16 电源线滤波器 |
| 2 接地平面 | 17 馈通滤波器 |
| 3 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | 18 隔板连接器 |
| 4 电流探头 | 19 激励和监测系统 |
| 5 低压线束 | 20 测量设备 |
| 6 高压线束 (HV+,HV-) | 21 同轴电缆 (50Ω) |
| 7 低压负载模拟器 | 22 光纤 |
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 23 接地铜带 |
| 9 LVAN | 24 电机 |
| 10 HVAN | |

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| 11 低压供电线 | 25 电机三相线 |
| 12 高压供电线 | 26 隔离未使用的机械连接 |
| 13 低压电源 | 27 过滤的机械轴承 |
| 14 附加屏蔽盒 | 28 制动或驱动电机 |
| 15 高压电源（如果放在ALSE
内则需要屏蔽） | 29 屏蔽室 |
| | 30 50Ω 负载 |

注：如果DUT是驱动电机控制器与电机集成，测试布置应做相应调整，无三相线布置。

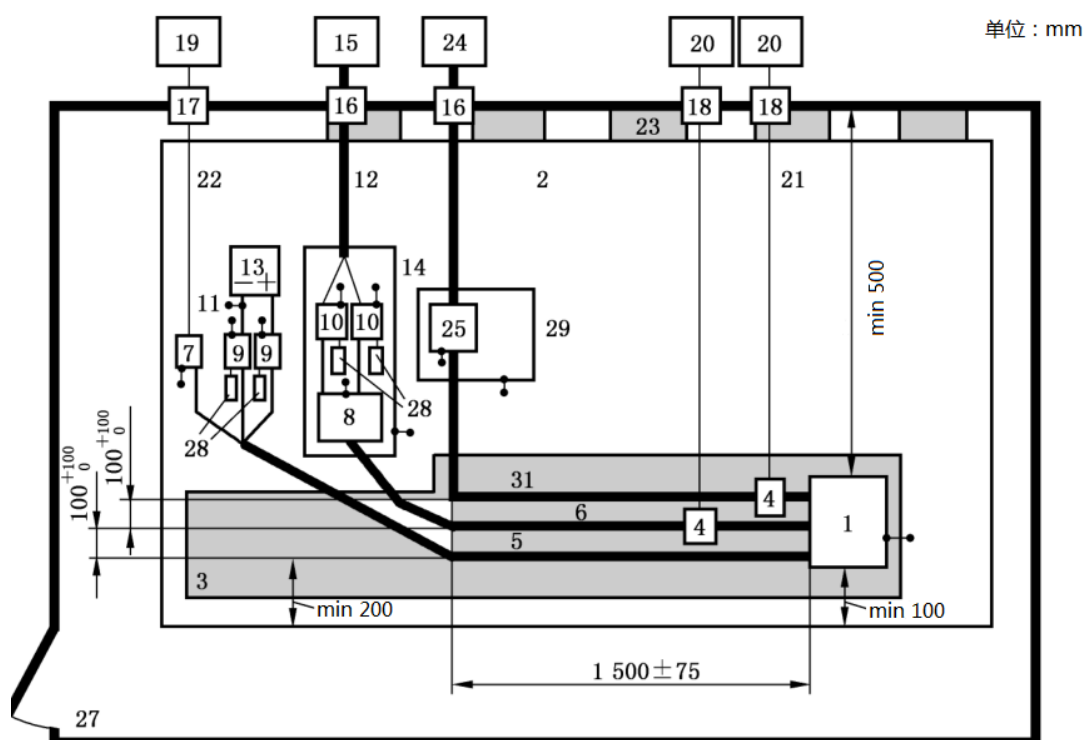
图7-6 传导发射电流法-驱动电机控制器试验布置示例



- | | |
|------------------|--|
| 1 DUT | 18 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm |
| 2 动力电池线束 | 19 接地平面 |
| 3 HVAN | 20 交流充电线束 |
| 4 高压负载(电池或电池模拟器) | 21 通信线 |
| 5 高压线束 | 22 ISN |
| 6 高压负载模拟器 | 23 馈通同轴电缆连接器 |
| 7 低压线束 | 24 辅助信号发生器 |
| 8 低压负载模拟器 | 25 PLC耦合器 |

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 9 LVAN | 26 通信馈通 |
| 10 低压电源 | 27 PLC模拟器 |
| 11 电流探头 | 28 AMN /DCAN |
| 12 激励和监测系统 | 29 滤波器 |
| 13 接地铜带 | 30 AC或DC电源 |
| 14 同轴电缆 (50 Ω) | 31 50 Ω 负载 |
| 15 AC/DC充电线束 (车辆) | 32 隔板连接器 |
| 16 通信线 | 33 测量设备 |
| 17 车载充电机连接器 | |

图7-7 传导发射电流法-车载充电机试验布置示例



- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 DUT | 16 电源线滤波器 |
| 2 接地平面 | 17 馈通滤波器 |
| 3 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | 18 隔板连接器 |
| 4 电流探头 | 19 激励和监测系统 |
| 5 低压线束 | 20 测量设备 |
| 6 高压线束 (HV+,HV-) | 21 同轴电缆 (50 Ω) |
| 7 低压负载模拟器 | 22 光纤 |
| 8 阻抗匹配网络 (可选) | 23 接地铜带 |
| 9 LVAN | 24 交流负载模拟器 (非阻性负载模拟器置于ALSE内时应屏蔽) |
| 10 HVAN | 25 AMN |
| 11 低压供电线 | 27 ALSE |
| 12 高压供电线 | 28 50 Ω 负载 |
| 13 低压电源 | |

- | | |
|------------------------|--------------|
| 14 附加屏蔽盒 | 29 附加屏蔽盒（可选） |
| 15 高压电源（如果放在屏蔽室内则需要屏蔽） | 31 交流电源线 |

图7-8 传导发射电流法-逆变器试验布置示例

(4) 测量程序

这个测试应按照以下布置进行：

- 依次在每个低压线、屏蔽和非屏蔽高压线上（包括输入和输出）测量；
- 所有HVDC线路一起测量。即需要测量两个高压部件之间的所有HVDC线路（屏蔽和非屏蔽），HV（+）和对应的HV（-）线束应被放在电流探头中进行测量（共模）；
- 在三相线上（屏蔽和非屏蔽）进行测量，逆变器和电机之间的每一组三相线应一起放在电流探头中进行测量（共模）；
- 对于车载充电机，在每相线、中性线、接地线进行测量。所有线束应一起放在电流探头中进行测量（共模），如果需要的话，也可以进行分别放在电流探头中进行测量（差模）。

(5) 要求

高压线电流限值应与低压部件所使用的电流限值一致，可选的电流限值包括GB/T 18655的低压等级2、3、4、5的限值。

7.3 辐射发射-保护车载接收机

(1) 测试目的

测试目的是评估高压供电系统射频辐射的干扰，以限制对车载接收机的影响。

(2) 测试条件

应满足GB/T 18655的测试条件。包括测量设备、测量场地、参考接地平面的要求。

(3) 测试布置

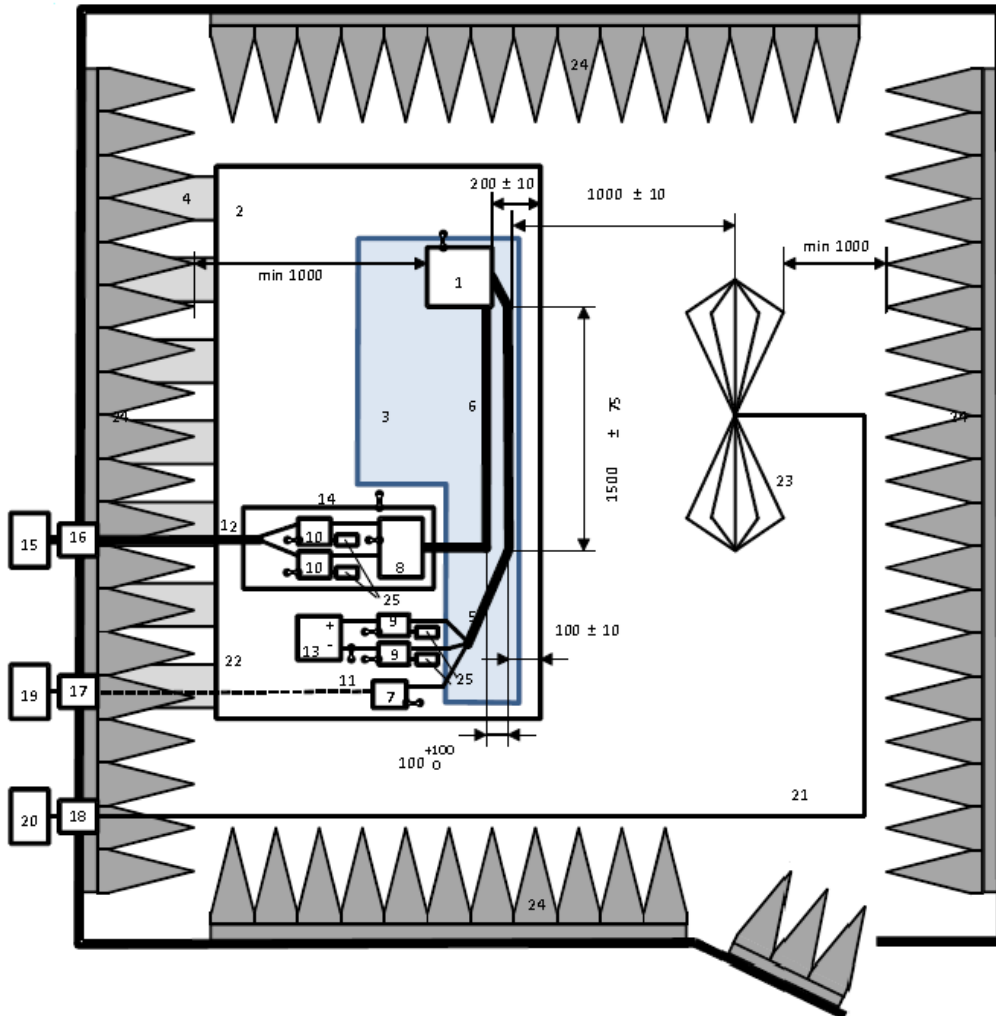
电源线，信号线和数据线的测试布置在GB/T18655中描述。

高压线的测试布置在测试计划中描述。下面的例子作为指南。

测量充电机时，桌子的接地平板应通过保护地线与AMN和HVDC AN连接接到参考地。详细的布置在测试计划中规定。

用于与单极测量天线的天线接地平面必须连接测试桌的接地平板。为了避免通过地面系统的电流回路，应使用合适的铁氧体套在单极天线的线缆上。

单位：mm



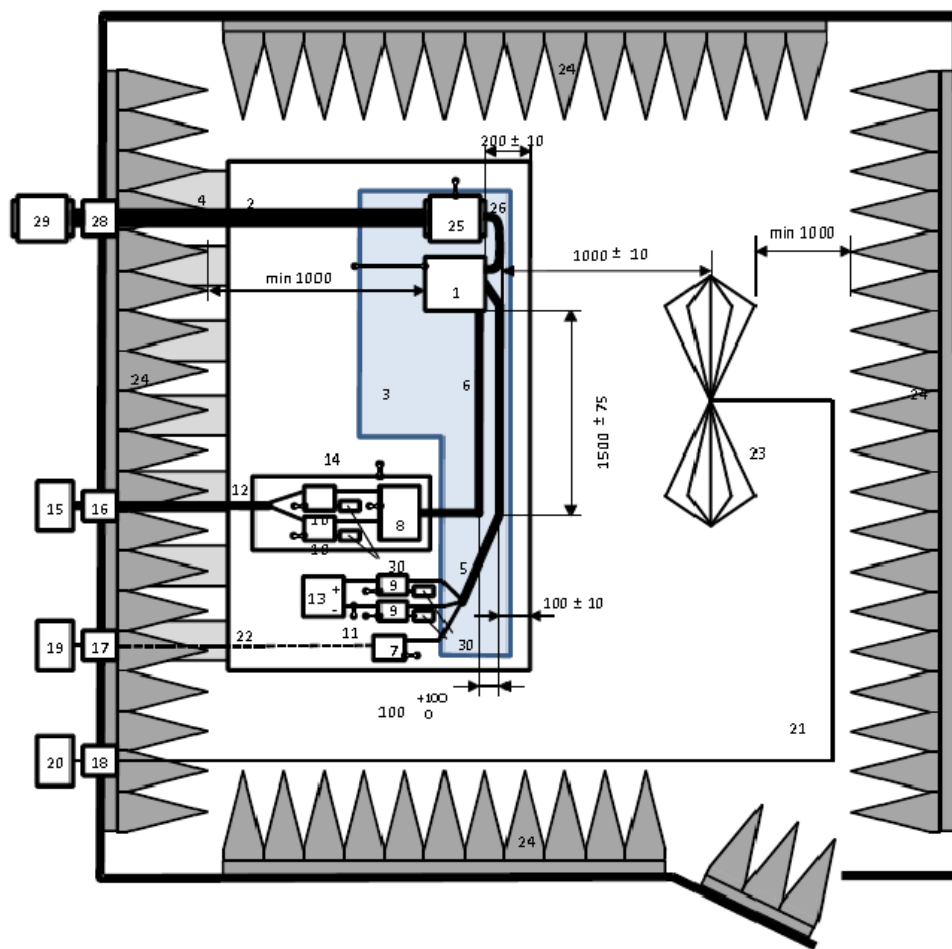
- | | |
|---|-------------------------|
| 1 DUT | 14 附加屏蔽盒 |
| 2 接地平面 | 15 高压电源（如果放在ALSE内则需要屏蔽） |
| 3 低相对介电常数的支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）厚度为50mm | |
| 4 接地铜带 | 16 电源线滤波器 |
| 5 低压线束 | 17 馈通滤波器 |
| 6 高压线束（HV+,HV-） | 18 隔板连接器 |
| 7 低压负载模拟器 | 19 激励和监测系统 |
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 20 测量设备 |
| 9 LVAN | 21 同轴电缆（50Ω） |
| 10 HVAN | 22 光纤 |
| 11 低压供电线 | 23 双锥天线 |
| 12 高压供电线 | 24 射频吸波材料 |
| 13 低压电源 | 25 50Ω 负载 |

注1: 动力电池充电状态按照本图进行布置, 在放电状态下, 应测量高压直流输出端口, 高压电源变更为高压负载。

注2: DC-DC转换器的低压控制电压输入按照本图进行布置, 还有一路低压输出是给低压电池供电。给低压电池供电输出一路的测试布置, 应通过LV AN与负载连接, 可采用电阻负载与低压电池并联作为负载, 以消耗电能。低压输出线缆的(1500±75) mm长度应平行于桌子的前边缘。

图7-9 辐射发射-DC-DC转换器、动力电池、电加热器、电空调压缩机的试验布置示例(以双锥天线为例)

单位: mm

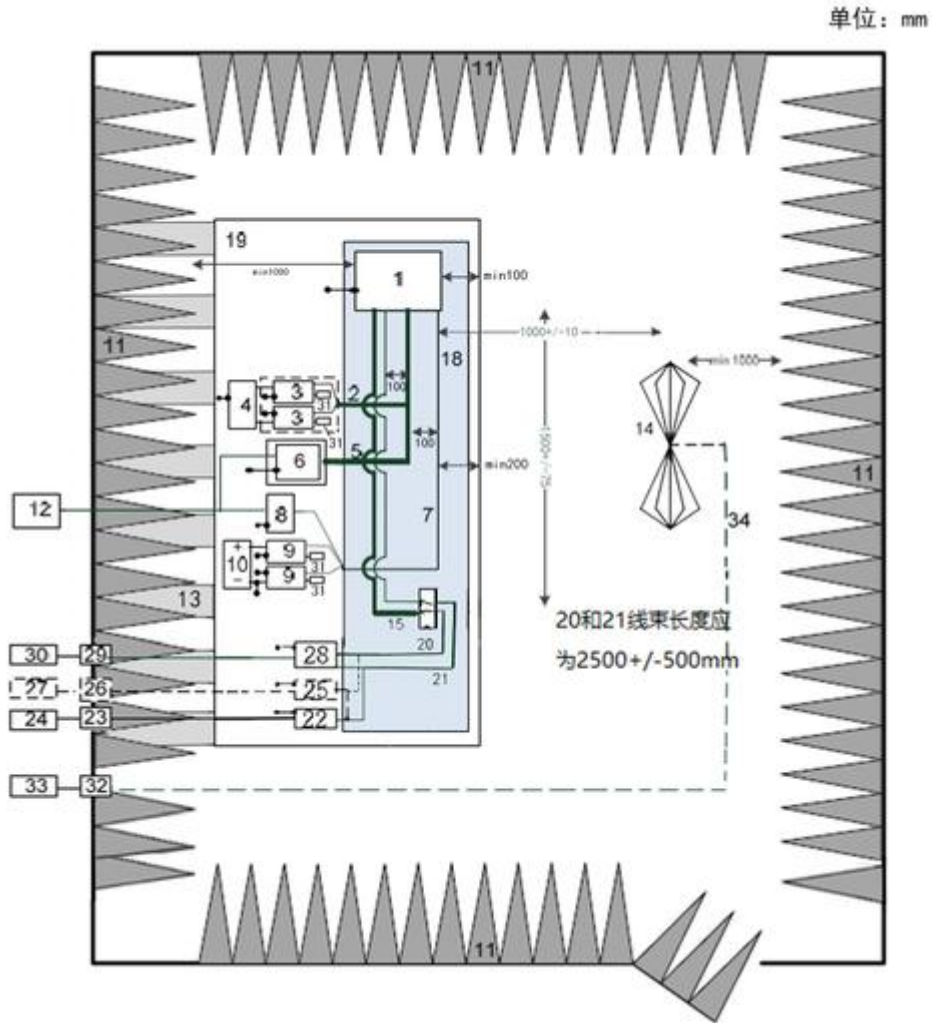


- | | |
|---|---------------|
| 1 DUT | 17 馈通滤波器 |
| 2 接地平面 | 18 隔板连接器 |
| 3 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | 19 激励和监测系统 |
| 4 接地铜带 | 20 测量设备 |
| 5 低压线束 | 21 同轴电缆 (50Ω) |
| 6 高压线束 (HV+,HV-) | 22 光纤 |
| 7 低压负载模拟器 | 23 双锥天线 |
| 8 阻抗匹配网络 (可选) | 24 射频吸波材料 |
| 9 LVAN | 25 电机 |
| 10 HVAN | 26 电机三相线 |
| 11 低压供电线 | |

- | | |
|------------------|---------------|
| 12 高压供电线 | 27 隔离未使用的机械连接 |
| 13 低压电源 | 28 过滤的机械轴承 |
| 14 附加屏蔽盒 | 29 制动或驱动电机 |
| 15 高压电源（如果放在ALSE | 30 50Ω负载 |
| 内则需要屏蔽） | |
| 16 电源线滤波器 | |

注：如果DUT是驱动电机控制器与电机集成，测试布置应做相应调整，无三相线布置。

图7-10 辐射发射-驱动电机控制器的试验布置示例（以双锥天线为例）

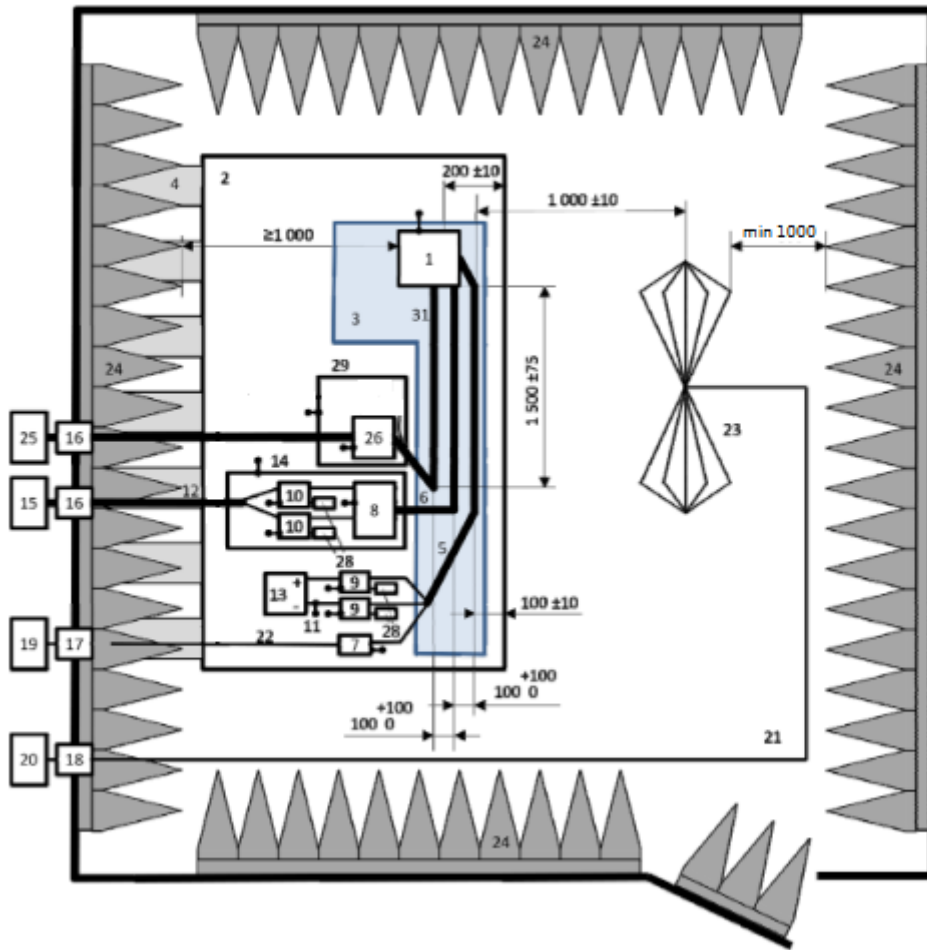


- | | |
|------------------|--|
| 1 DUT | 18 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm |
| 2 动力电池线束 | 19 接地平面 |
| 3 HVAN | 20 交流充电线束 |
| 4 高压负载(电池或电池模拟器) | 21 通信线 |
| 5 高压线束 | 22 ISN |
| 6 高压负载模拟器 | 23 馈通同轴电缆连接器 |
| 7 低压线束 | 24 辅助信号发生器 |
| 8 低压负载模拟器 | 25 PLC耦合器 |
| 9 LVAN | 26 通信馈通 |

- | | |
|------------------|--------------|
| 10 低压电源 | 27 PLC模拟器 |
| 11 射频吸波材料 | 28 AMN /DCAN |
| 12 激励和监测系统 | 29 滤波器 |
| 13 接地铜带 | 30 AC或DC电源 |
| 14 双锥天线 | 31 50Ω负载 |
| 15 AC/DC充电线束（车辆） | 32 隔板连接器 |
| 16 通信线 | 33 测量设备 |
| 17 车载充电机连接器 | 34 同轴电缆（50Ω） |

图7-11 辐射发射-车载充电机试验布置示例（以双锥天线为例）

单位：mm



- | | |
|---|--------------|
| 1 DUT | 16 电源线滤波器 |
| 2 接地平面 | 17 馈通滤波器 |
| 3 低相对介电常数的支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）厚度为50mm | 18 隔板连接器 |
| 4 接地铜带 | 19 激励和监测系统 |
| 5 低压线束 | 20 测量设备 |
| 6 高压线束（HV+,HV-） | 21 同轴电缆（50Ω） |
| 7 低压负载模拟器 | 22 光纤 |
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 23 双锥天线 |
| 9 LVAN | |

10 HVAN	24 射频吸波材料
11 低压供电线	25 交流负载模拟器（非阻性负载模拟器置于ALSE内时应屏蔽）
12 高压供电线	26 AMN
13 低压电源	28 50Ω 负载
14 附加屏蔽盒	29 附加屏蔽盒（可选）
15 高压电源	31 交流电源线

图7-12 辐射发射-逆变器试验布置示例（以双锥天线为例）

（4） 测量程序

测量程序与GB/T 18655中保持一致。

（5） 要求

高压线辐射限值应与低压部件所使用的辐射限值一致，可选的辐射限值包括GB/T 18655中的低压等级2、3、4、5的限值。

7.4 低频辐射发射-保护车外接收机

（1） 测试目的

测试目的是评估被测件对 GB/T 18387-2017 标准限值的符合性。

（2） 测试条件

应对被测件进行电场和磁场的测试。电场采用符合 GB/T18655 的杆天线进行测量，磁场采用符合 GB/T6113.104 标准规定的 60cm 环天线进行测量。

允许使用步进接收机进行测量，不允许采用频谱分析仪。可以采用符合 GB/T6113.101 标准的 FFT 测量接收机。

（3） 测试布置

测试计划里应定义被测件的方向，尽量参考被测件在实车的安装情况。被测件的测试布置参考 GB/T 18655 进行布置，天线的布置要求如下。

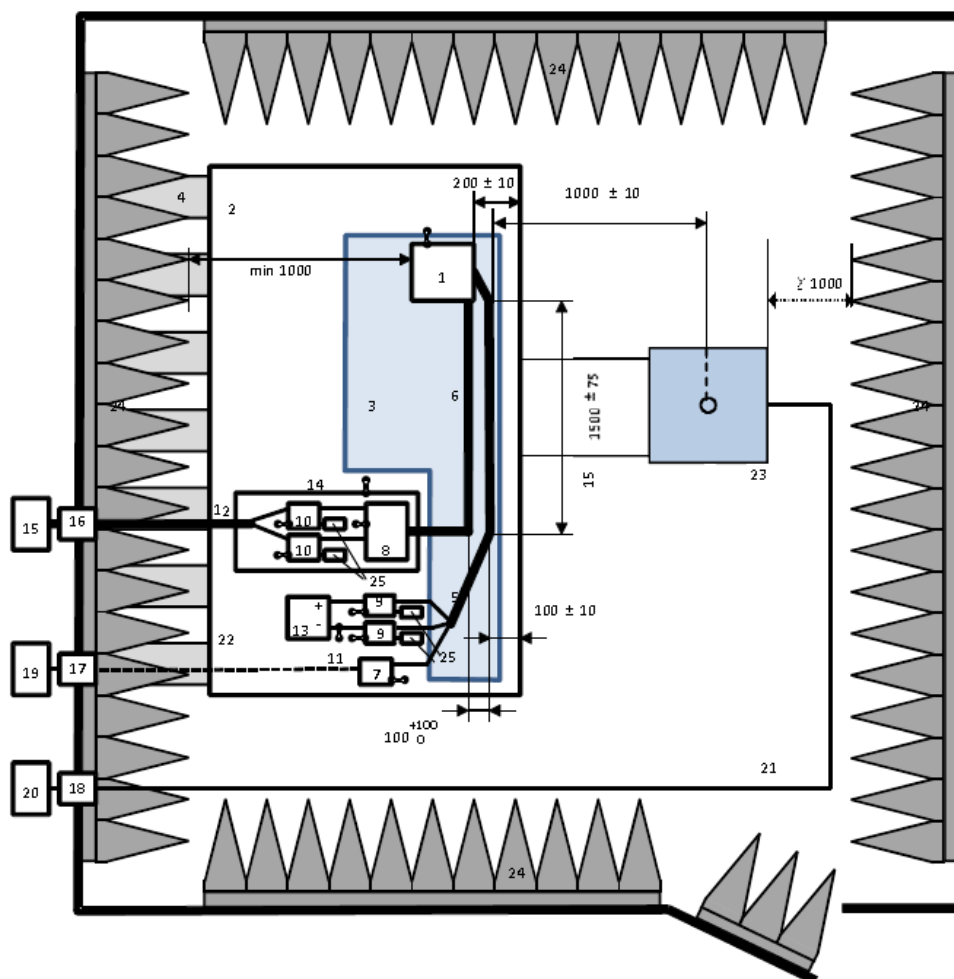
电场测量时，杆天线距离线束中心 1m，且底板连接至测试桌的接地平板。

磁场测量时，要求环天线在两个位置变换三个极性进行测量。第一个位置是距离线束中心 1m 处，第二个位置是正对被测件中心位置处。

测试布置参考图 7-13 和图 7-14 进行测试，图 7-13 和图 7-14 是以 DC-DC 转换器、动力电池、电加热器、电空调压缩机等带屏蔽电源供电系统的 DUT 为例，给出了低频辐射发射测试的试验布置，其他 DUT，如电机控制器、逆变器、车载充电机的测试布置图，参考辐

射发射测量的试验布置（见图 7-10、图 7-11、图 7-12）。

单位：mm



- | | |
|---|-------------------------|
| 1 DUT | 14 附加屏蔽盒 |
| 2 接地平面 | 15 高压电源（如果放在ALSE内则需要屏蔽） |
| 3 低相对介电常数的支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）厚度为50mm | |
| 4 接地铜带 | 16 电源线滤波器 |
| 5 低压线束 | 17 馈通滤波器 |
| 6 高压线束（HV+,HV-） | 18 隔板连接器 |
| 7 低压负载模拟器 | 19 激励和监测系统 |
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 20 测量设备 |
| 9 LVAN | 21 同轴电缆（50Ω） |
| 10 HVAN | 22 光纤 |
| 11 低压供电线 | 23 杆天线 |
| 12 高压供电线 | 24 射频吸波材料 |
| 13 低压电源 | 25 50Ω 负载 |

注1：动力电池充电状态按照本图进行布置，若在放电状态下，应测量高压直流输出端口，高压电源变更为高压负载。

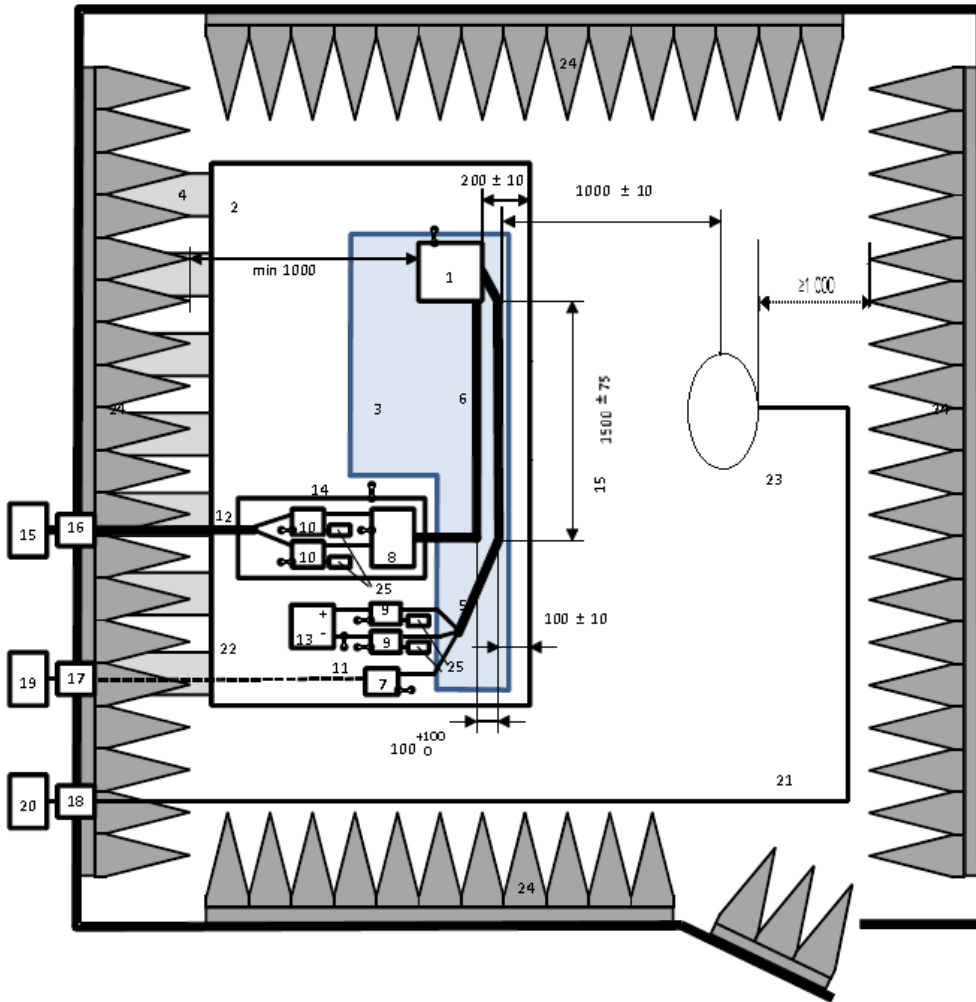
注2：DC-DC转换器的低压控制电压输入按照本图进行布置，还有一路低压输出是给低压电池供电。给低压电池供电输出一路的测试布置，应通过LVAN与负载连接，可采用电阻负载与低压电池并联作为负载，以

消耗电能。低压输出线缆的(1500±75)mm长度应平行于桌子的前边缘。

注3: 如果DUT是驱动电机控制器与电机集成, 测试布置应做相应调整, 无三相线布置。

图7-13 低频辐射发射-电场的试验布置示例(以带屏蔽电源供应系统的DUT为例)

单位: mm



- | | |
|---|-------------------------|
| 1 DUT | 14 附加屏蔽盒 |
| 2 接地平面 | 15 高压电源(如果放在ALSE内则需要屏蔽) |
| 3 低相对介电常数的支撑物($\epsilon_r \leq 1.4$)厚度为50mm | 16 电源线滤波器 |
| 4 接地铜带 | 17 馈通滤波器 |
| 5 低压线束 | 18 隔板连接器 |
| 6 高压线束(HV+,HV-) | 19 激励和监测系统 |
| 7 低压负载模拟器 | 20 测量设备 |
| 8 阻抗匹配网络(可选) | 21 同轴电缆(50Ω) |
| 9 LVAN | 22 光纤 |
| 10 HVAN | 23 环天线 |
| 11 低压供电线 | 24 射频吸波材料 |
| 12 高压供电线 | 25 50Ω 负载 |
| 13 低压电源 | |

注1: 动力电池充电状态按照本图进行布置, 若在放电状态下, 应测量高压直流输出端口, 高压电源变更为

高压负载。

注2: DC-DC转换器的低压控制电压输入按照本图进行布置, 还有一路低压输出是给低压电池供电。给低压电池供电输出路的测试布置, 应通过LV AN与负载连接, 可采用电阻负载与低压电池并联作为负载, 以消耗电能。低压输出线缆的(1500±75) mm长度应平行于桌子的前边缘。

注3: 如果DUT是驱动电机控制器与电机集成, 测试布置应做相应调整, 无三相线布置。

图7-14 低频辐射发射-磁场的试验布置示例(以带屏蔽电源供电系统的DUT为例)

(4) 测量程序

根据测试计划中给出的被测件的测试模式和状态依次进行测量。

接收机设置如下表所示。

表 7-2 低频辐射发射测量接收机设置

频率 (MHz)	RBW	Step size	Time
0.15~4.77	10kHz	≤5kHz	≥5ms
4.77~15.92			
15.92~20			
20~30			

(5) 要求

测量结果要求符合以下电场和磁场的限值^注。

表 7-3 低频辐射发射电场限值

频率 (MHz)	电场限值 (dBμV/m)
0.15~4.77	117.16-20log (f)
4.77~15.92	144.32-60log (f)
15.92~20	96.25-20log (f)
20~30	70.23

表 7-4 低频辐射发射磁场限值

频率 (MHz)	磁场限值 (dBμA/m)
0.15~4.77	37.36-20log (f)
4.77~15.92	64.52-60log (f)
15.92~20	16.45-20log (f)
20~30	-9.57

注: 由于3m和1m的测量距离都位于近场区, 因此低频辐射发射电场限值的换算与距离的立方成比例, 见下图公式(2)

$$L_{1m}^E = L_{3m}^E + 60 \lg \left(\frac{3}{1} \right) \quad \text{式 (2)}$$

7.5 大电流注入

(1) 测试目的

测试目的是基于车内外可预见的射频干扰源（如业余电台、移动电话等），测试被测件的抗扰度，测试频率范围为1MHz~400MHz。

(2) 测试条件

GB/T 33014.4标准测试所有测试条件适用。包括测试设备、屏蔽室要求、参考接地平面等要求。

(3) 测试布置

测试布置应满足GB/T 33014.4。替代法、闭环法测试布置分别参考图7-15和图7-16进行测试，图7-15和图7-16是以DC-DC转换器、动力电池、电加热器、电空调压缩机等带屏蔽电源供电系统的DUT为例，给出了大电流注入的试验布置，其他DUT，如驱动电机控制器、逆变器、车载充电机的测试布置图，参考传导发射电流法的试验布置。

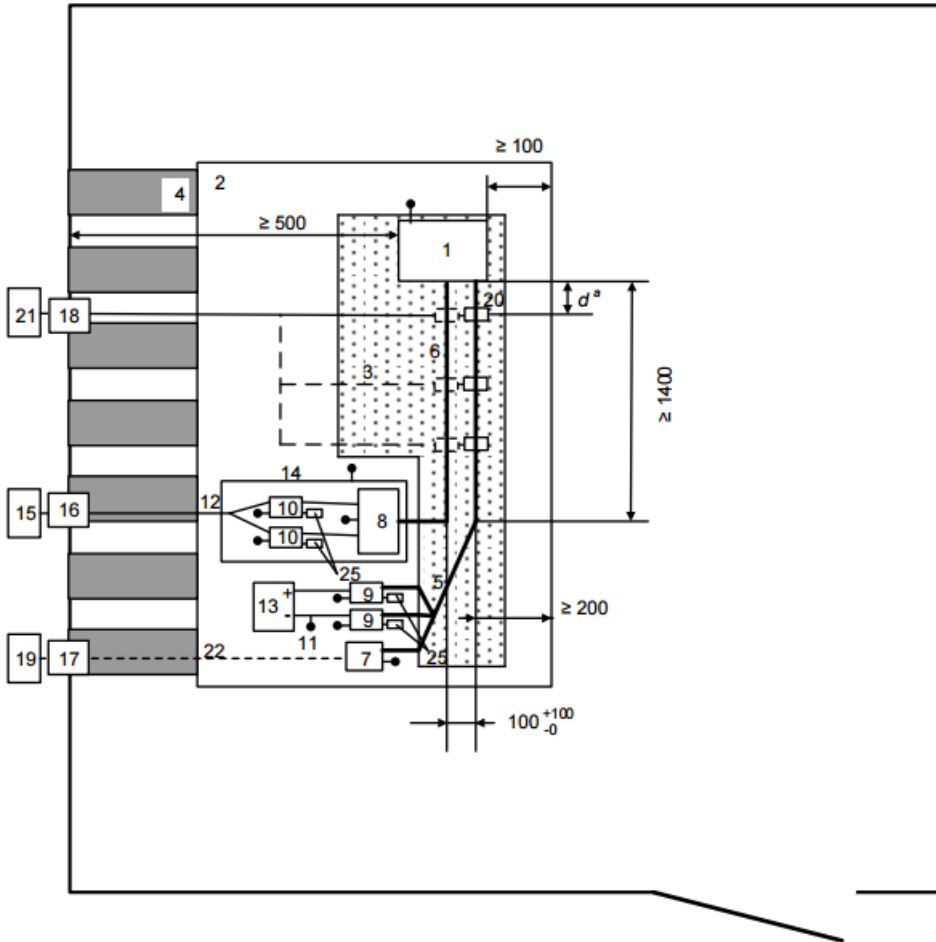
对于DUT的供电线，直流线通过HV AN与供电电源连接，交流线通过AMN与供电电源连接。HVAN和AMN的测试端口末端需要接一个50欧姆的负载。屏蔽线束和连接器推荐使用实车线束。

DUT表面和接地平面的边缘至少距离100mm。样品和任何金属部分要保持至少500mm的距离。

线束布置要求如下：

- 替代法测试时，所有的高压和低压线束均要满足1700mm~2000mm的长度，要求从样品开始至少有1400mm的长度的线束必须拉直。
- 闭环法测试时，所有的高压和低压线束均要满足1000mm~1200mm的长度
- 样品和电动机之间的三相线最大长度为1000mm
- 所有测试线束放置在 50 ± 5 mm的低介电常数绝缘材料上，高压线束和低压线束的布置在测试计划中定义。高压线束的长直部分穿过电流注入探头和监测探头，且与接地参考平面边沿平行。低压线束的长直部分应与高压线束保持100 (0/+100) mm的距离。交流电源线和最近的线束之间的距离为100mm-200mm。

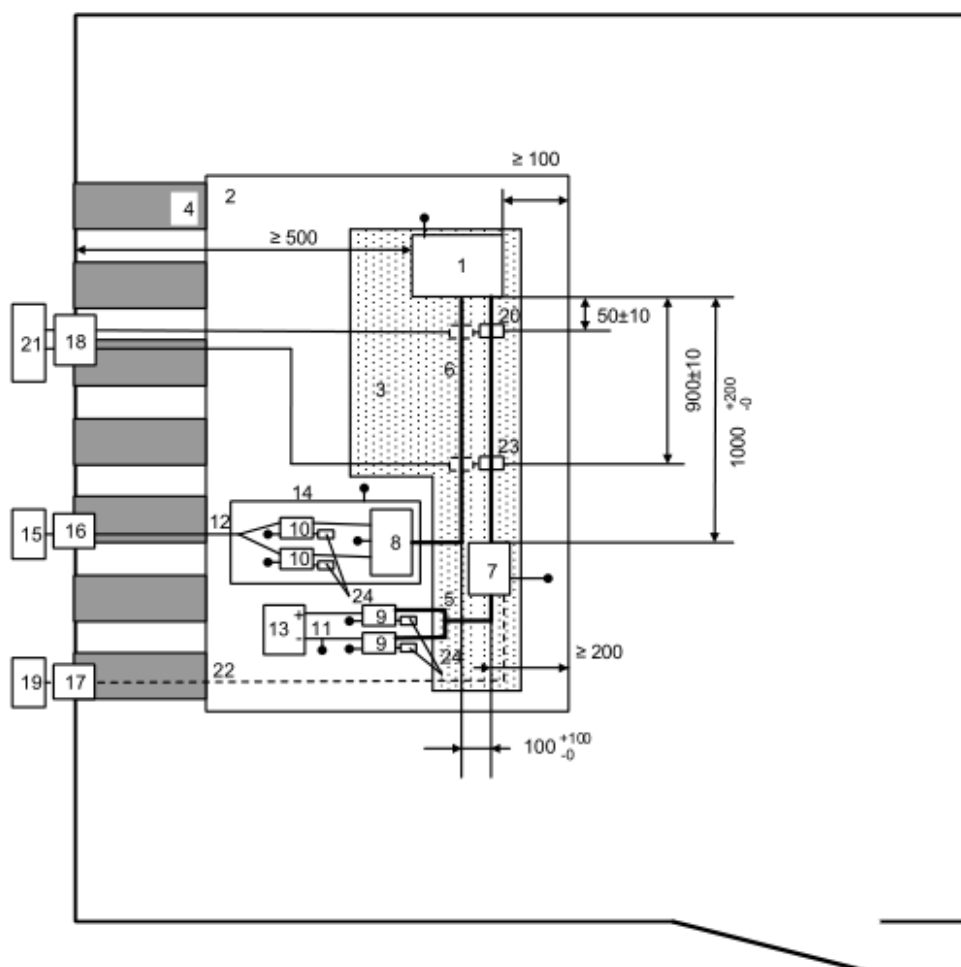
单位：mm



- | | |
|---|-------------------------|
| 1 DUT | 14 附加屏蔽盒 |
| 2 接地平面 | 15 高压电源（如果放在ALSE内则需要屏蔽） |
| 3 低相对介电常数的支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）厚度为50mm | |
| 4 接地铜带 | 16 电源线滤波器 |
| 5 低压线束 | 17 馈通滤波器 |
| 6 高压线束（HV+,HV-） | 18 隔板连接器 |
| 7 低压负载模拟器 | 19 激励和监测系统 |
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 20 注入探头 |
| 9 LVAN | 21 高频设备（发生器和功放） |
| 10 HVAN | 22 光纤 |
| 11 低压供电线 | 25 50Ω 负载 |
| 12 高压供电线 | |
| 13 低压电源 | |

图 7-15 BCI 试验布置示例—替代法（带屏蔽电源供应系统的 DUT）

单位：mm



- | | |
|---|-------------------------|
| 1 DUT | 14 附加屏蔽盒 |
| 2 接地平面 | 15 高压电源（如果放在ALSE内则需要屏蔽） |
| 3 低相对介电常数的支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）厚度为50mm | |
| 4 接地铜带 | 16 电源线滤波器 |
| 5 低压线束 | 17 馈通滤波器 |
| 6 高压线束（HV+,HV-） | 18 隔板连接器 |
| 7 低压负载模拟器 | 19 激励和监测系统 |
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 20 监测探头 |
| 9 LVAN | 21 高频设备（发生器和功放） |
| 10 HVAN | 22 光纤 |
| 11 低压供电线 | 23 注入探头 |
| 12 高压供电线 | 24 50Ω 负载 |
| 13 低压电源 | |

图 7-16 BCI 试验布置示例—闭环法（带屏蔽电源供应系统的 DUT）

(4) 测试程序

测试程序依据GB/T 33014.4，注入等级与低压部件要求一致，见表7-5。

替代法测试：注入探头距离DUT的高压/交流连接器 $150\pm 50\text{mm}$ ， $450\text{mm}\pm 50\text{mm}$ 和 $750\text{mm}\pm 50\text{mm}$ 分别测试。对于车载充电机，距离车载充电机连接器 200mm 处也要进行测试。测试过程中如果应用到电流监测探头，此探头应放置在距离样品的高压/交流连接器 $50\pm 10\text{mm}$ 处。

闭环法测试：注入探头距离DUT的高压/交流连接器 $900\pm 10\text{mm}$ 处。测试过程中电流监测探头应放置在距离样品的高压/交流连接器 $50\pm 10\text{mm}$ 处。

(5) 要求

表7-5 大电流注入测试等级

波段	频率范围 MHz	测试电流 mA				调制
		等级 1	等级 2	等级 3	等级 4	
1	1~400	75	100	150	200	CW, AM 80%
验收等级要求		I	I	I	I	/
注：特殊或者更高的测试等级由车企和零部件制造商协商确定。						

7.6 静电放电

(1) 测试目的

测试目的是评估被测件对静电放电的抗干扰能力。

(2) 测试条件

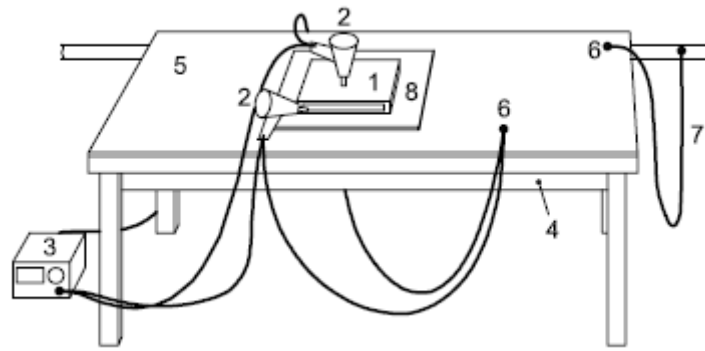
ISO 10605标准测试所有测试条件适用。包括测试设备、参考接地平面等要求。应在被测件不通电、上电状态下进行测试。其中不通电的状态下，所有引脚需要测试。

(3) 测试布置

测试布置应与ISO 10605标准一致。

a) 不通电工作状态

除非本标准另有说明，应按照ISO 10605的要求进行试验布置。不通电工作状态下测试布置如图7-17所示，将未通电的DUT直接放在静电消耗材料上。相关低压部分连接方式、试验布置图参考T/CSAE 63-2017。



- | | |
|--------------|----------------|
| 1 DUT | 5 HCP |
| 2 ESD模拟器 | 6 接地点 |
| 3 ESD模拟器控制单元 | 7 接地线 |
| 4 绝缘桌子 | 8 静电消耗材料（如果需要） |

图7-17 静电放电（断电状态下）的试验布置

b) 通电工作状态下

除非本标准另有说明，应按照 ISO 10605 的要求进行试验布置。测试布置如图 7-18 所示，具体说明如下：

——DUT 及负载模拟器内部的任何硬件的低压端供电都应使用汽车蓄电池供电；

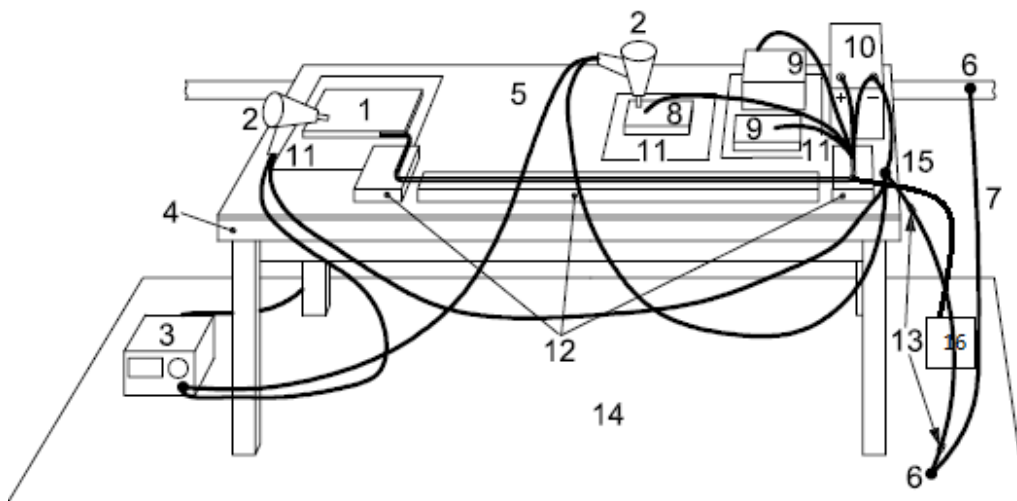
——HVDC 端可采用高压电源通过屏蔽室滤波器供电，HVAC 端可采用公共市电通过屏蔽室滤波器供电；

——DUT 及其辅助设备应置于干净的非吸湿的、相对介电常数在 1 到 5 之间的绝缘支撑物上（例如聚乙烯），该绝缘支撑的高度应在 2-3mm 之间，至少距离 DUT 及其辅助设备各个侧面 20mm；

——DUT 的 LV、HV 线束应置于干净的厚 50 mm 的绝缘介质 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 上，绝缘介质直接置于接地平板上；

——连接 DUT 及负载模拟器的线束长度应为 1700^{+300}_0 mm，负载模拟器外壳直接与接地平板相连。若 DUT 的外壳是金属且安装在车上时与车身连接，则应直接放在接地平板上；

——接地参考平面应与 12V 蓄电池负极相连接。作为一种替代方式，12V 蓄电池也可置于试验室地面上，但负极要求与接地参考平面相连。



- | | |
|--------------|---------------|
| 1 DUT | 9 辅助设备（如负载） |
| 2 ESD模拟器 | 10 低压电源 |
| 3 ESD模拟器控制单元 | 11 绝缘支撑（如果需要） |
| 4 绝缘桌子 | 12 绝缘块 |
| 5 HCP | 13 470kΩ电阻 |
| 6 接地点 | 14 GRP |
| 7 接地线 | 15 与HCP接地点 |
| 8 远程I/O口 | 16 高压电源 |

图7-18 静电放电（上电状态）的试验布置

(4) 测试程序

a) 总则

测量程序应与ISO 10605标准一致。以下是对测试环境、测试顺序等测试准备方面的总要求：

- 除非本标准另有说明，应按照ISO 10605的要求实施测试。测试设备应置于室温（23±5）℃，相对湿度20%~40%的环境中；
- 静电放电模拟器的波形经检查应与ISO 10605的要求一致；
- 测试应按照装卸与装配静电放电测试、通电工作状态静电放电测试的顺序进行；
- 测试开始前，应按表 7-6 的测试等级要求验证静电模拟器的放电电压。在两次放电之间，应用 1 MΩ 电阻接触放电部位，以泄放残余电荷，这对于有装饰性镀铬的零部件尤其重要。
- 测试完成后应将测试性能与表 7-6 的要求相对照，并在后续测试前验证产品功能性能及参数。

b) 不通电测试

断电静电测试应按以下步骤进行：

- 对DUT最终设计状态所有暴露的轴、开关及表面，按照表7-6所示的测试类型，实

施接触放电和空气放电。所有放电位置应在测试计划中明确规定。

c) 通电测试

测试应在 DUT 正常工作条件下, 使用表 7-6 规定的电压等级和 ESD 放电网络实施。应按测试计划规定的 DUT 工作状态实施测试。监控设备及确定 DUT 测试中性能的方法应记录在测试计划中。测试中对 DUT 特殊功能的监控, 不应影响其正常工作或影响其从静电放电模拟器正常接受到的能量。要有防止测试中监控设备损坏的措施。

测试应按以下步骤进行:

- a. 确定 DUT 在正常工作状态中。若 DUT 有网络通信功能 (如 J1850、CAN、LIN), 应模拟实车条件下的网络通信。具体的网络通信报文、总线利用率等, 应记录在测试计划中;
- b. 对 DUT 最终设计状态所有暴露的轴、开关及表面, 按照表 7-6 列出的测试要求, 实施接触放电和空气放电。所有放电位置应在测试计划中明确规定。对每个规定的放电点, 应按照要求的放电电压, 分别使用正、负极放电各 3 次;
- c. 若 DUT 安装在乘客舱或后备箱中能被人接触到的位置, 应按照测试序列 4 重复步骤 b;
- d. 所有静电放电测试完成后 (包括断电 ESD 测试), 应实施功能性能及参数测试, 以检查 DUT 是否满足表 7-6 中的断电测试要求。

(5) 要求

高压部件的测试等级应与低压部件保持一致。低压部件测试方法及要求见 T/CSAE 63-2017 标准。

上电测试功能性能状态 (FSPC) 按照应在测试计划中定义。

测试件 DUT 的验收要求包括以下方面:

- DUT 应能抵御正常装卸与装配过程中出现的静电放电现象, 具体要求见表 7-6;
- DUT 应能抵御正常工作 (即上电状态) 中出现的静电放电现象, 具体要求见表 7-6;
- 按照表 7-6 实施静电放电测试后, 零部件的 I/O 参数 (如电阻、电容、泄露电流等), 应在技术要求的容差范围内。因此, 应在测试完成后立即检查零部件的 I/O 参数。

表 7-6 测试等级要求

放电类型			对应不同严酷等级的放电电压/kV				
			1	2	3	4	5
通电 测试	直接放电	接触放电	±4	±6	±8	-	-
	2kΩ/330pF ⁽¹⁾	空气放电	±4	±6	±8	±15	±25
	间接放电	接触放电	±4	±6	±8	±15	±25
测试验收要求			I	I	I	II	II
断电 测试	直接放电	接触放电	±4	±6	-	-	-
	2kΩ/150pF	空气放电	-	-	±8	-	-
测试验收要求			IV	IV	IV	-	-
(1): 直接放电的空气放电中放电电压为 ±25kV 时用 2kΩ/150pF 放电模块。 注 1: 关于断电模式下的接插件测试要求见 T/CSAE 63-2017; 注 2: 序列 4 仅适用于在车内可直接接触到的产品; 注 3: 序列 5 仅适用于在车外可直接接触到的产品。							

7.7 辐射抗扰度

(1) 测试目的

测试目的是评估被测件对窄带射频电磁场的抗干扰能力。辐射抗扰度测试是基于车内外可预见的射频干扰源（如业余电台、移动电话等），测试 DUT 的抗扰度，测试频率范围为 200 MHz~3100 MHz。

(2) 测试条件

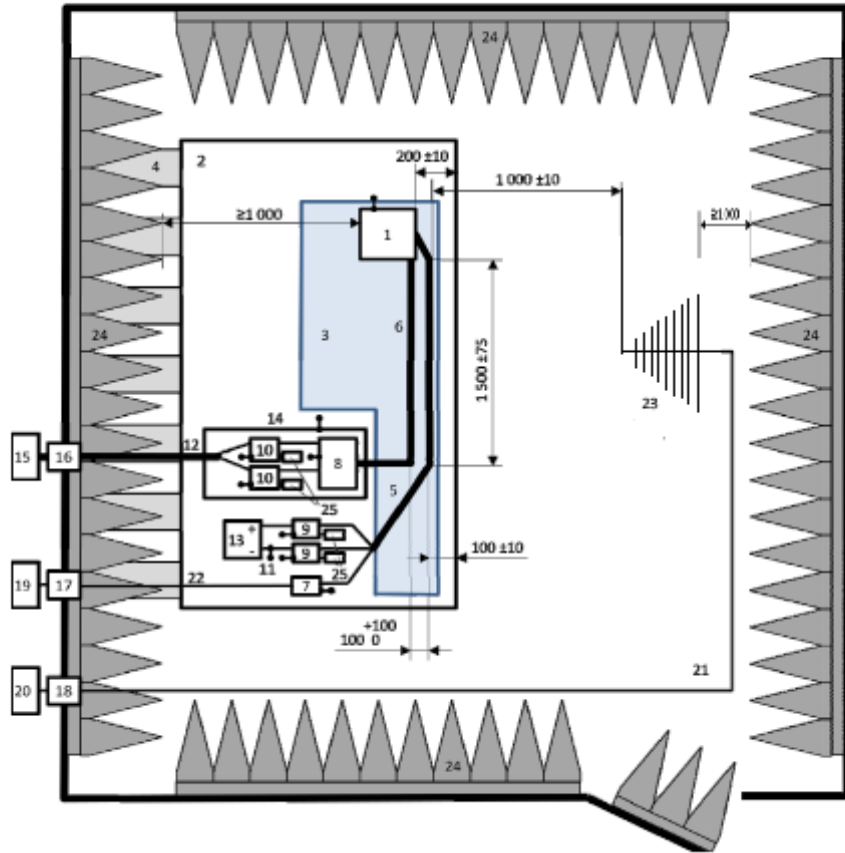
GB/T 33014.2 标准测试所有测试条件适用。包括测试设备、ALSE 要求、参考接地平面等要求。

(3) 测试布置

测试布置应满足 GB/T 33014.2。测试布置详细说明如下：

- DUT 测试线束，包括高压和低压线束，长度应为 1700^{+300}_0 mm。DUT 与负载模拟器之间的全部线束应布置在接地平板上 50 mm 厚的绝缘支撑上，绝缘支撑介电常数 $\epsilon_r \leq 1.4$ 。该线束也可与辐射发射测试所用线束相同，线束尽量采用实车线束；
- DUT 应置于接地平板上 50 mm 厚的绝缘支撑上。但如果 DUT 有金属外壳，且安装在车上时与车身有电气连接，则 DUT 应安装到接地平板上并为之电气连接。这种方式仅限于当产品技术要求中有相应记录且为了反映实车条件的情况下使用。DUT 接地方式应记录在 EMC 测试计划与测试报告中；
- 在实施频段 1200MHz~1400MHz、2700MHz~3100MHz 测试的时候，应使用编织接地铜带连接 DUT 外壳和蓄电池负极端子。铜带长为 1700^{+300}_0 mm，宽不大于 13 mm。铜带应沿测试线束布置。在 DUT 负极线需要接地的情况下也可使用这种方法；
- 应使用汽车蓄电池向 DUT 与负载模拟器中的所有低压电子硬件供电，蓄电池负极应与接地平板相连，蓄电池可放在接地平板上或测试桌下；
- 当使用高压电源给 DUT 高压供电时，若高压电源置于 ALSE 内时，应确保高压电源能够承受电磁场的干扰。
- 对于频率低于 1000 MHz 的测试，天线应置于线束中间的前方。对于频率高于 1000 MHz 的测试，天线应沿接地平板边缘平行移动 (750 ± 50) mm，使之正对 DUT。

单位：mm



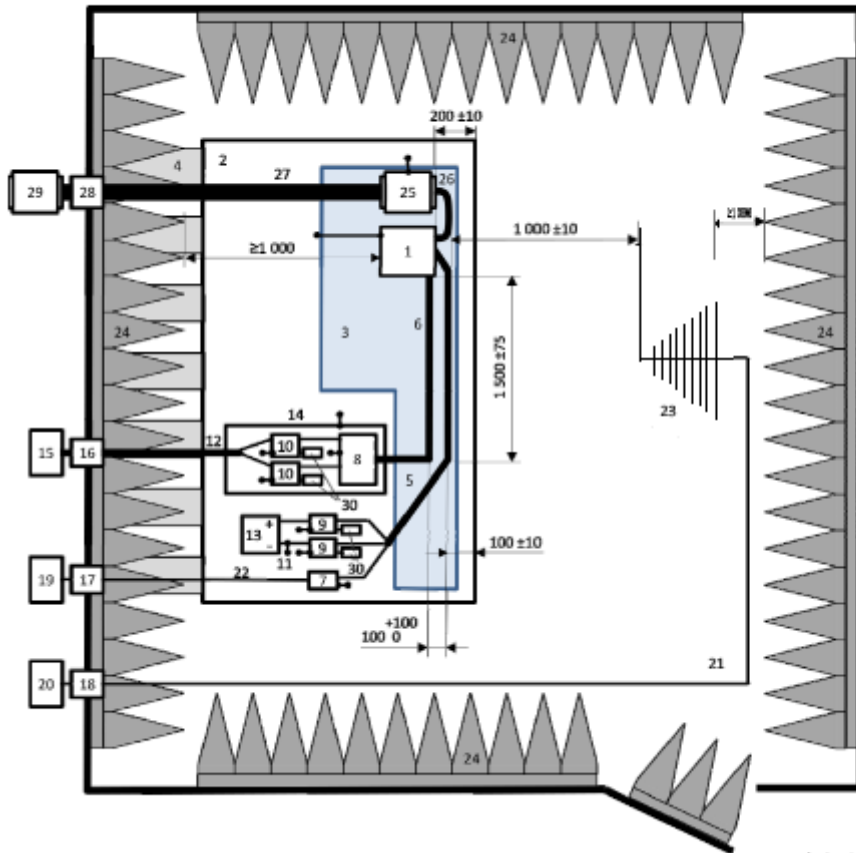
- | | |
|---|-------------------------|
| 1 DUT | 14 附加屏蔽盒 |
| 2 接地平面 | 15 高压电源（如果放在ALSE内则需要屏蔽） |
| 3 低相对介电常数的支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）厚度为50mm | |
| 4 接地铜带 | 16 电源线滤波器 |
| 5 低压线束 | 17 馈通滤波器 |
| 6 高压线束（HV+,HV-） | 18 隔板连接器 |
| 7 低压负载模拟器 | 19 激励和监测系统 |
| 8 阻抗匹配网络（可选） | 20 测量设备 |
| 9 LVAN | 21 同轴电缆（50Ω） |
| 10 HVAN | 22 光纤 |
| 11 低压供电线 | 23 天线 |
| 12 高压供电线 | 24 射频吸波材料 |
| 13 低压电源 | 25 50Ω 负载 |

注1：动力电池充电状态按照本图进行布置，若在放电状态下，应测量高压直流输出端口，高压电源变更为高压负载。

注2：DC-DC转换器的低压控制电压输入按照本图进行布置，还有一路低压输出是给低压电池供电。给低压电池供电输出一路的测试布置，应通过LVAN与负载连接，可采用电阻负载与低压电池并联作为负载，以消耗电能。低压输出线缆的（ 1500 ± 75 ）mm长度应平行于桌子的前边缘。

图7-19 辐射抗扰度-DC-DC转换器、动力电池、电加热器、电空调压缩机的试验布置示例（以对数周期天线为例）

单位：mm

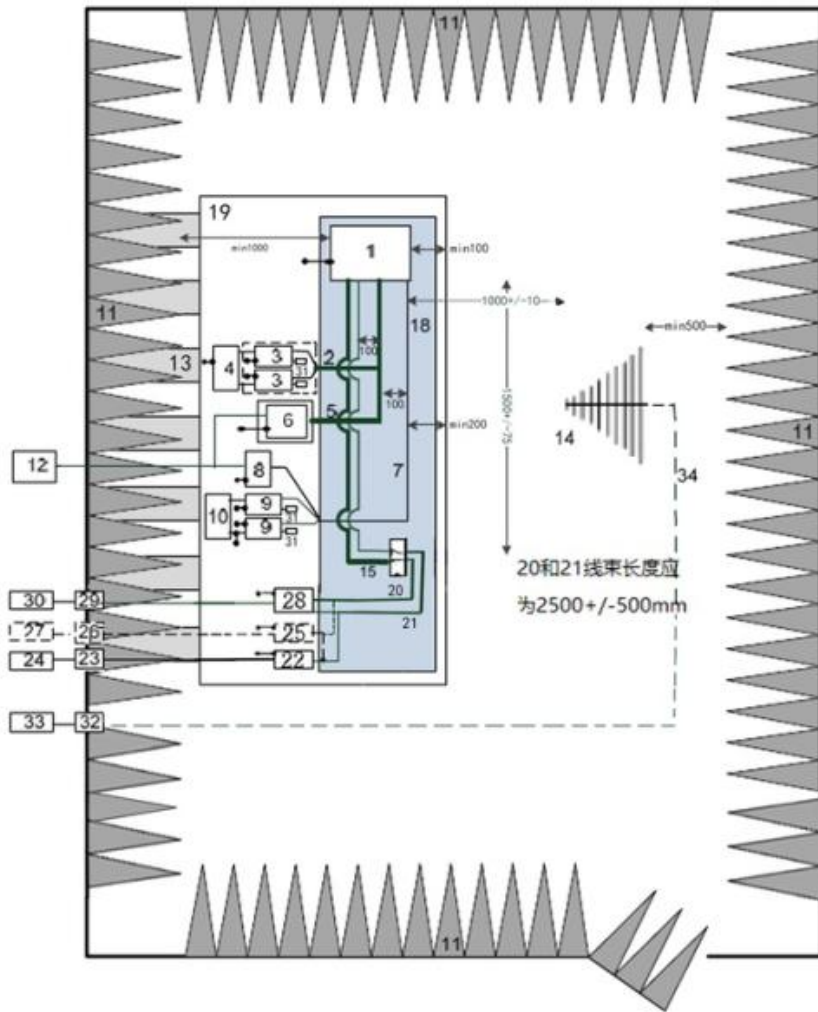


- | | |
|---|---------------|
| 1 DUT | 17 馈通滤波器 |
| 2 接地平面 | 18 隔板连接器 |
| 3 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | |
| 4 接地铜带 | 19 激励和监测系统 |
| 5 低压线束 | 20 测量设备 |
| 6 高压线束 (HV+, HV-) | 21 同轴电缆 (50Ω) |
| 7 低压负载模拟器 | 22 光纤 |
| 8 阻抗匹配网络 (可选) | 23 天线 |
| 9 LVAN | 24 射频吸波材料 |
| 10 HVAN | 25 电机 |
| 11 低压供电线 | 26 电机三相线 |
| 12 高压供电线 | 27 隔离未使用的机械连接 |
| 13 低压电源 | 28 过滤的机械轴承 |
| 14 附加屏蔽盒 | 29 制动或驱动电机 |
| 15 高压电源 (如果放在ALSE 内则需要屏蔽) | 30 50Ω 负载 |
| 16 电源线滤波器 | |

注：如果DUT是驱动电机控制器与电机集成，测试布置应做相应调整，无三相线布置。

图7-20 辐射抗扰度-驱动电机控制器试验布置示例 (以对数周期天线为例)

单位: mm

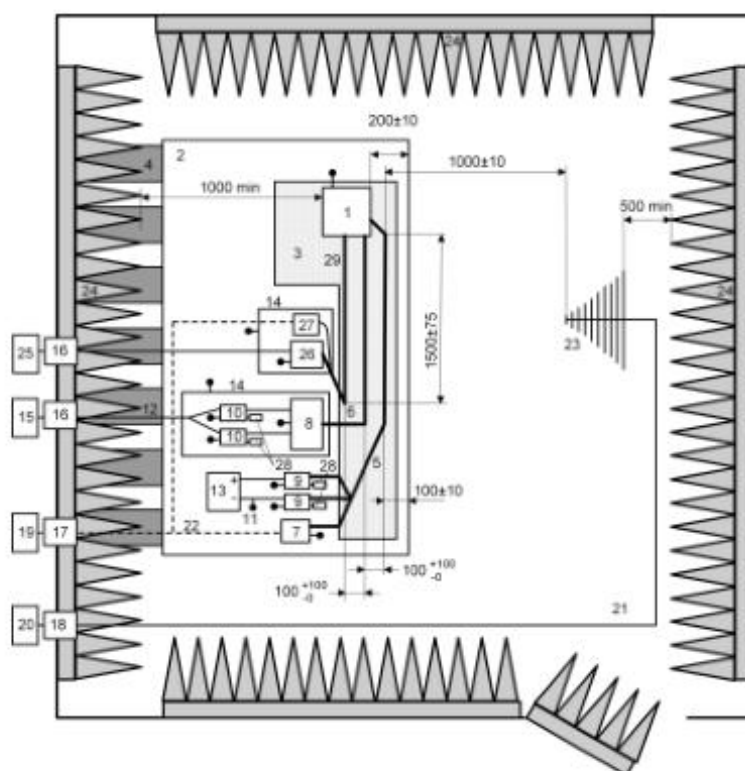


- | | |
|-------------------|--|
| 1 DUT | 18 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm |
| 2 动力电池线束 | 19 接地平面 |
| 3 HVAN | 20 交流充电线束 |
| 4 高压负载(电池或电池模拟器) | 21 通信线 |
| 5 高压线束 | 22 ISN |
| 6 高压负载模拟器 | 23 馈通同轴电缆连接器 |
| 7 低压线束 | 24 辅助信号发生器 |
| 8 低压负载模拟器 | 25 PLC耦合器 |
| 9 LVAN | 26 通信馈通 |
| 10 低压电源 | 27 PLC模拟器 |
| 11 射频吸波材料 | 28 AMN /DCAN |
| 12 激励和监测系统 | 29 滤波器 |
| 13 接地铜带 | 30 AC或DC电源 |
| 14 天线 | 31 50Ω 负载 |
| 15 AC/DC充电线束 (车辆) | 32 隔板连接器 |
| 16 通信线 | 33 测量设备 |
| 17 车载充电机连接器 | 34 同轴电缆 (50Ω) |

注：车载充电机充电状态按照本图进行测试，如果车载充电机存在放电状态，则在放电状态也应进行测试，此时，高压负载换成高压直流电源或者动力电池，高压电源换成高压交流阻性负载。

图7-21 辐射抗扰度-车载充电机试验布置示例（以对数周期天线为例）

单位：mm



- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 DUT | 16 电源线滤波器 |
| 2 接地平面 | 17 馈通滤波器 |
| 3 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | |
| 4 接地铜带 | 18 隔板连接器 |
| 5 低压线束 | 19 激励和监测系统 |
| 6 高压线束 (HV+,HV-) | 20 测量设备 |
| 7 低压负载模拟器 | 21 同轴电缆 (50Ω) |
| 8 阻抗匹配网络 (可选) | 22 光纤 |
| 9 LVAN | 23 天线 |
| 10 HVAN | 24 射频吸波材料 |
| 11 低压供电线 | 25 交流负载模拟器 (非阻性负载模拟器置于ALSE内时应屏蔽) |
| 12 高压供电线 | 26 AMN |
| 13 低压电源 | 27 辅助信号模拟器 |
| 14 附加屏蔽盒 | 28 50Ω 负载 |
| 15 高压电源 | 29 交流电源线 |

图7-22 辐射抗扰度-逆变器试验布置示例（以对数周期天线为例）

(4) 测试程序

测试程序依据 GB/T 33014.2。

测试步骤如下：

- 应在使用线性频率步长的条件下实施测试，步长不大于 GB/T 33014.1 的要求；
- 应按照 GB/T 33014.1 要求，使用峰值保持。最小等幅波（CW）及调制（幅度或脉冲）驻留时间为 2 s。如可预见 DUT 的响应时间大于 2 s，应使用更长的驻留时间。对驻留时间的改变应记录在测试计划中；
- 使用垂直极化和水平极化方式分别测试；
- 测试 1000MHz 以上频段的时候，除非测试计划中有明确说明，应至少对 DUT 的三个正交平面实施测试；
- 先按照测试计划中规定的测试等级要求进行测量，如果发现偏离，则将强度等级降低到 DUT 能够正常工作的程度，再将强度增大到偏离再次出现。这点的强度等级应被用来检查是否满足表 7-7 中的要求。如不满足，则这点的强度等级应作为偏离的阈值写入报告中；

测试注意事项如下：

- 场调制与分级及放大器的谐波含量应满足 GB/T 33014.1 的要求；
- 采用幅度调制法时，幅度调制的频率应为 1 kHz，调制深度为 80%；
- 前向功率应作为强度等级特性和实测强度之间的参照参数；
- 采用脉冲调制法时，需使用峰值包络功率传感器（PEP）或频谱仪来测量前向功率，但前者为首选。如选用频谱仪，应使用零跨度将其调至单个频点，测量带宽不小于 3 MHz（适用时，包括分辨率带宽或中频带宽和视频带宽）。校准与测试过程应使用同型号设备；
- DUT 各种工作模式在测试过程中的表现应满足 EMC 测试计划的规定；
- 在使用脉冲调制方式实施频段 1200MHz~1400MHz、2700MHz~3100MHz 的时候，应在实施脉冲调制之前进行等幅脉冲分级校准；
- 在实施频段 1200MHz~1400MHz、2700MHz~3100MHz 测试的时候，选用的喇叭天线将极大地影响到表 7-7 列出的场强所需的前向功率。天线的近场增益衰减特性会显著地影响 1 米外达到规定场强需要的实际功率。考虑到这个问题，不能仅仅简单地基于公布的天线增益来选择天线。并且达到所需的场强的高功率等级也被证明显著地影响某些天线的电压驻波比。

校准要求如下：

使用替代法进行测试场强的校准规程请参考 GB/T 33014.2。应按照表 7-7 所列出的场强等级实施测试。不允许预先产生较低场强再输入能量来叠加出更高的场强。

(5) 要求

辐射抗扰度的测试要求应与整车其他低压部件的抗扰度要求保持一致。低压部件测试方法及要求见 T/CSAE 63-2017 标准。

对应表 7-7 所述的辐射抗扰度测试等级和调制条件，DUT 应符合表 7-7 的测试验收准则。可根据 DUT 线缆在实车上将会耦合的信号大小，选择测试等级。

表 7-7 辐射抗扰度测试等级要求

波段	频率范围 MHz	场强 V/m					调制
		等级 1	等级 2	等级 3	等级 4	等级 5	
1	200~800	50	75	100	150	200	CW, AM 80%
2	800~2000	50	75	100	150	200	CW, Pulsed PRR= 217 Hz, PD=0.57 ms
3	2000~3000	50	75	100	150	200	CW, Pulsed PRR= 217 Hz, PD=0.57 ms
4	1200~1400 ^a	—	—	300/600 ^b	× ^c	× ^c	Pulsed PRR= 300 Hz, PD=3μs, 每秒 50 个脉冲
5	2700~3100 ^a	—	—	300/600 ^b	× ^c	× ^c	Pulsed PRR= 300 Hz, PD=3μs, 每秒 50 个脉冲
验收等级要求		I	I	I	I	I	

^a 1200 MHz~1400 MHz、2700 MHz~3100 MHz 是可根据市场来选择的测试频段。
^b 采用 300 V/m 或 600 V/m 的强度要求由整车企业与零部件制造商协商确定。
^c 由整车企业根据情况确定。

8 适用于充电端口的测试

8.1 抗扰度测试

8.1.1 快速瞬变/脉冲的抗扰度

(1) 测试目的

该测试旨在验证连接到电源部件，沿着高压交流、高压直流及信号线、数据线的传导干扰的快速瞬变/脉冲群抗扰度。

(2) 测试条件

GB/T 17626.4标准测试所有测试条件适用。包括测试设备、测试场地、参考接地平面等要求。

- 车载充电机交流输入线、信号线需要进行测试。
- 测试设备由参考地平面（不需要屏蔽室），瞬变/脉冲群发生器，耦合/去耦网络（CDN）和容性耦合钳组成。
- 瞬变/脉冲群发生器应满足GB/T 17626.4 的6.1章节所定义的要求。
- 在GB/T 17626.4的6.2节中定义的耦合/去耦网络应被用于HVAC或HVDC电源。如果耦合/去耦网络不能用在交流或直流电源线，可以采用在GB/T 17626.4中7.2.2.1描述的用33nF电容直接注入的方法，不建议使用容性耦合夹的方法。
- 充电系统工作期间，试验过程中SOC 应保持在20~80%之间，充电电流至少为额定充

电电流的20%以上。电源线的最大长度10m。

- 在GB/T 17626.4 6.3节中定义的电容耦合钳可用于信号线和数据线。

(3) 测试布置

试验布置在GB/T 17626.4 7.2节中描述。高压交流、高压直流端口测试布置的示例如图8-1所示，信号线和数据线测试布置示例如图8-2所示。

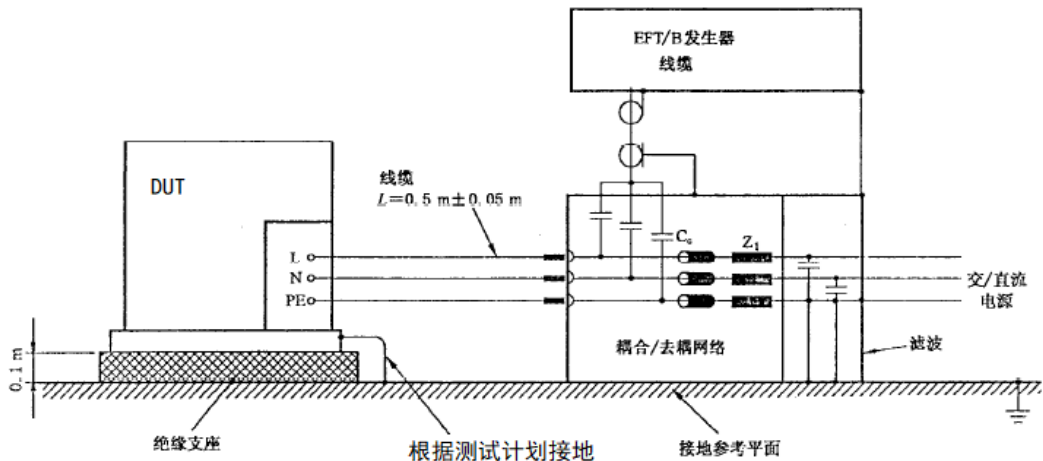


图8-1 脉冲群高压交流和高压直流端口测试布置示例

(4) 测试程序

按照GB/T 17626.4的测试方法来建立测试等级。

(5) 要求

DUT必须满足表8-1的要求。在对HVAC线进行瞬态抗扰度测试时，应测量耦合脉冲及其在HVDC、LV、信号和数据线上的影响。

表8-1 快速瞬变/脉冲群抗扰度测试等级

测试	测试等级 ^a	功能状态
高压交流电源线的瞬变/脉冲群	0.5kV、1kV、2kV	I
高压直流电源线的瞬变/脉冲群	0.5kV、1kV、2kV	I
信号线的瞬变/脉冲群	0.25 kV、0.5kV、1kV	I

^a 这个试验需要对每个测试等级依次进行试验

8.1.2 浪涌抗扰度

(1) 测试目的

该测试旨在验证连接到电源部件，沿着HVAC电源线，信号线和数据线浪涌传导的抗扰度。

(2) 测试条件

车载充电机交流输入线、信号线需要进行测试。

浪涌发生器应满足GB/T 17626.5 6.1章节所定义的要求。在GB/T 17626.5的6.2节中定义的浪涌发生器应被用于HVAC线、信号线和数据线。耦合/去耦网络应满足GB/T 17626.5 6.3节中定义的要求。

(3) 测试布置

试验布置在GB/T 17626.5 第7章中描述。测试布置的示例如图8-3、图8-4、图8-5所示。

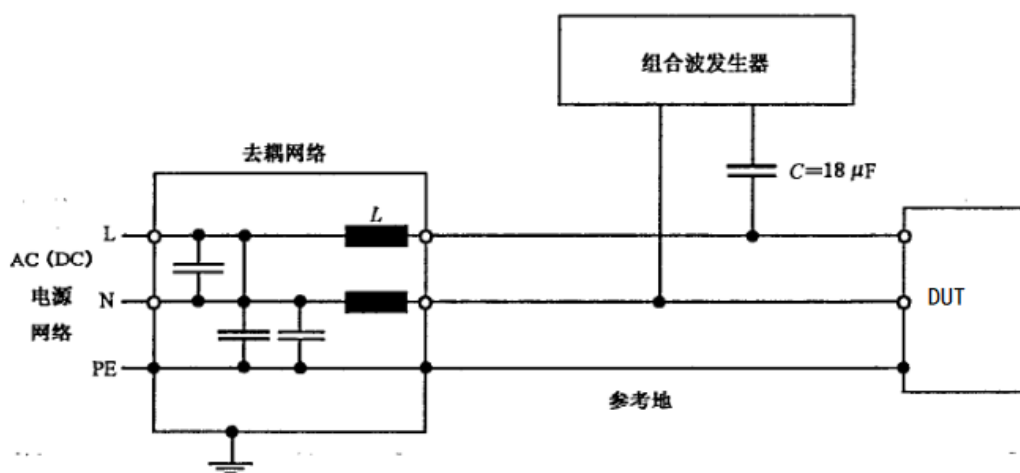


图8-3 电源线浪涌试验布置图示意（线对线）

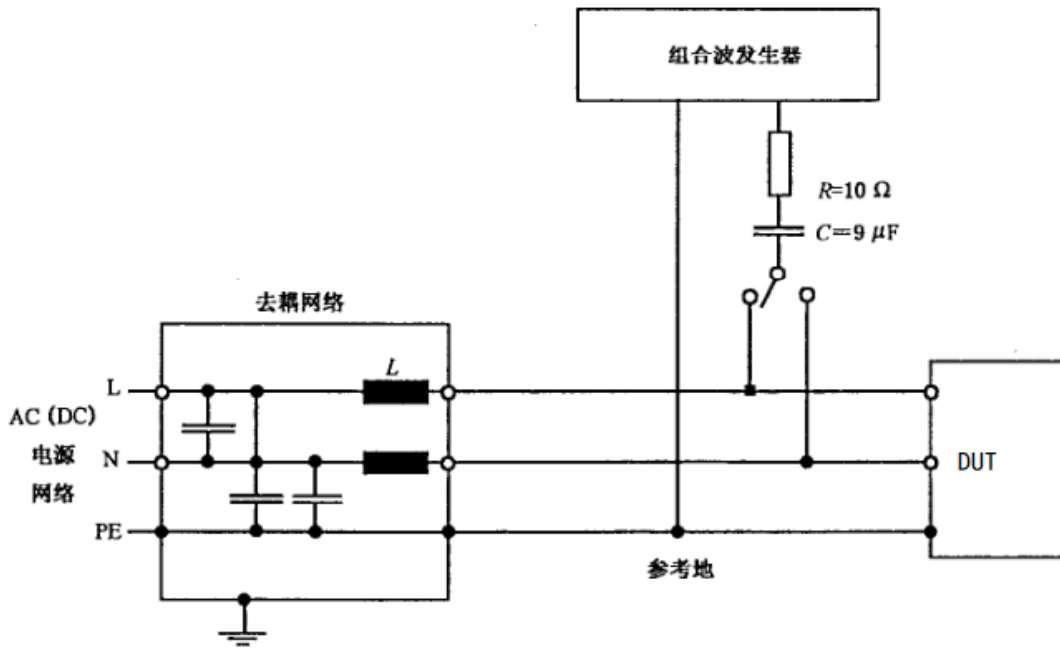
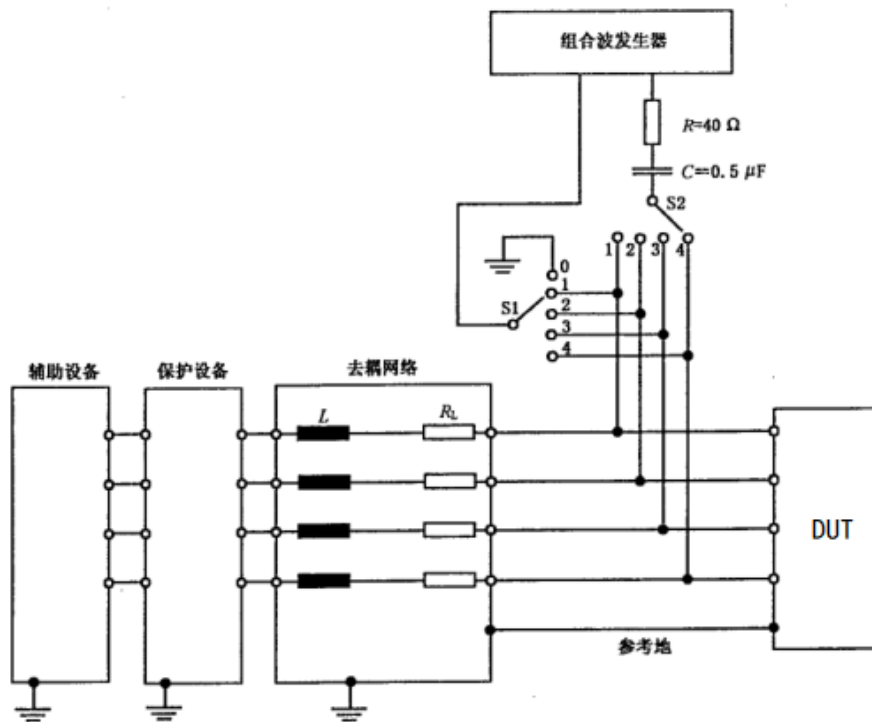


图8-4 电源线浪涌试验布置图示意（线对地）



- 1) 开关 S1: 线-地, 置于“0”; 线-线, 置于“1”~“4”。
- 2) 开关 S2: 试验时置于“1”~“4”, 但与 S1 不在相同的位置。
- 3) $L=20\text{ mH}$, R_L 代表电感线圈的电阻部分。

图8-5 信号线浪涌试验布置图示意（线对线、线对地，适用于非屏蔽不对称线）

(4) 测试程序

按照GB/T 17626.5测试方法来建立测试等级。

(5) 要求

DUT必须满足表8-2中的要求。这个测试需要分别在每个测试等级进行。

每个浪涌需要按照1分钟间隔时间，对每个角度施加5次测试：0°，90°，180°和270°。

注：时间间隔可以减少到10s。

表8-2 浪涌测试等级

测试	测试等级 ^a	功能状态
高压交流电源线-线对地	0.5 kV、1 kV、2kV	II
高压交流电源线-线对线	0.5kV、1kV	II
信号线-线对地	0.5kV、1kV	II
直流电源线—线对地	0.5kV	II
直流电源线—线对线	0.5kV	II
a 这个试验需要对每个测试等级分别进行试验		

8.1.3 电压跌落抗扰度

(1) 测试目的

测试目的是验证连接到电源的电源部件根据工作电流交流电源线上的电压暂降，短时中断和电压渐变的抗扰度。

(2) 测试条件

测试发生器应符合 GB/T 17626.11 6.1 节和 GB/T 17626.34 中规定的要求。

电源应符合 GB/T 17626.11 6.2 节和 GB/T 17626.34 中规定的要求。

(3) 测试布置

试验布置在GB/T 17626.11 第7节和GB/T 17626.34中描述。

(4) 测试程序

按照GB/T 17626.11和GB/T 17626.34使用的测试方法来建立测试等级。

(5) 要求

对象应满足表8-3的要求。

表8-3 电压暂降、短时中断、电压渐变

测试	测试等级	功能状态
高压交流电源线的电压下降	一个周期内有0%的残余电压	II
	50Hz电网：10个周期内有40%的残余电压	
	50Hz电网：25个周期内有70%的残余电压	
高压交流电源线的短期需求	50Hz电网：250个周期内有0%的残余电压	II
高压交流电源线的电压变化	电压测试等级：70% 电压下降时间：abrupt 降低电压持续时间：1个周期（period） 电压上升时间（50Hz）： 50Hz—50%占空比（占25）	I

8.1.4 谐波和谐间波抗扰度

(1) 测试目的

该测试旨在验证连接到电源部件HVAC充电电源线上谐波和间谐波的抗扰度。

(2) 测试条件

测试发生器应符合GB/T 17626.13第6节所规定的要求。

(3) 测试布置

试验布置在GB/T 17626.13第7节中描述。

(4) 测试程序

根据GB/T 17626.13用于环境类2的测试方法可以建立需求测试等级。

(5) 要求

要求是GB/T 17626.13在表8-4中用于环境类2定义的那些。

表8-4 谐波和间谐波抗扰度的测试等级

测试	测试等级	功能状态
高压交流电源线的谐波和间谐波	测试等级在GB/T 17626.13 环境类2中定义： 8.2.1章：谐波组合平面曲线和振动曲线 8.2.4章：“迈斯特”曲线的应用	I

8.2 发射测试

8.2.1 高压交流充电电源线的谐波发射

(1) 测试目的

该测试旨在测量连接电源的部件通过交流线产生的谐波水平，以确保住宅，商业和轻工业环境的兼容性。

(2) 测试条件

电源和测量电路应分别满足GB 17625.1或GB 17625.8的条件。

(3) 测试布置

测量的观察时间和GB 17625.1中表4中定义准静态设备的一样。

连接到HVAC电源线的单相设备的试验布置如GB 17625.1中的图A.1所示。

连接到电源再到HVAC电源线的三相DUT的试验布置如GB 17625.1中的图A.2所示。

(4) 测试程序

根据GB 17625.1的测试方法可用于进行A类设备每相充电模式下的输入电流 ≤ 16 A的谐波测量。

根据GB/T 17625.8的测试方法可用于进行A类设备每相充电模式下的输入电流 > 16 A且 ≤ 75 A的谐波测量。

(5) 要求

表8-5定义了每相输入电流 ≤ 16 A限值。表8-6定义了每相输入电流 > 16 A且 ≤ 75 A的限值。

表8-5 输入电流≤16A的限值

谐波数	最大授权的谐波电流A
奇次谐波	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
15≤n≤39	0.15×15/n
偶次谐波	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
8≤n≤40	0.23×8/n

表8-6 输入电流>16A且≤75A的限值

R _{scc}	可接受的单个谐波电流 I_n/I_1 %						最大电流谐波比 %	
	I ₃	I ₅	I ₇	I ₉	I ₁₁	I ₁₃	THD	PWHD
33	21.6	10.7	7.2	3.8	3.1	2	23	23
66	24	13	8	5	4	3	26	26
120	27	15	10	6	5	4	30	30
250	35	20	13	9	8	6	40	40
≥ 350	41	24	15	12	10	8	47	47

注1: ≤12的偶次谐波的相对值应低于 $16/n\%$ 。 >12的偶次谐波和奇次谐波一样考虑THD和PWHD的值。
注2: 允许在连续的R_{scc}间使用线性插值。

8.2.2 电压变化，电压波动和闪变

(1) 测试目的

该测试旨在测量通过HVAC电源线连接电源部件产生的电压变化、电压波动和闪变的水平，以确保住宅，商业和轻工业环境的兼容性。

(2) 测试条件

测量电路应满足GB 17625.2和GB 17625.7的条件。

(3) 测试布置

试验布置如GB 17625.2中6.6节图1所描述。

(4) 测试程序

根据GB 17625.2第4节进行测试部件，该部件的每相额定电流 $\leq 16\text{ A}$ ，且无条件连接。

根据GB/T 17625.7第6节进行测试部件，该部件的每相额定电流 $> 16\text{ A}$ 且 $\leq 75\text{ A}$ ，并受到条件连接。

(5) 要求

在时域确定的参数是“短时闪烁值”，“长时闪烁值”和“电压相对变化”。其要求在表8-7中列出。

表8-7 闪烁和电压变化的要求

测试	限值
高压交流电源线的电压变化，电压波动和闪烁 -每相输入电流 $\leq 16\text{ A}$ ，且不受条件连接	GB 17625.2 第5章给出限值
高压交流电源线的电压变化，电压波动和闪烁 -每相输入电流 $> 16\text{ A}$ 且 $\leq 75\text{ A}$ ，并受条件连接	GB/T 17625.7 第5章给出限值

8.2.3 充电电源线的传导发射—保护车外接收机

(1) 测试目的

该测试旨在测量车载充电机HVAC、HVDC充电电源线以及信号线的电源部件的射频传导骚扰水平，以确保住宅，商业和轻工业环境还有车辆功能的兼容性。

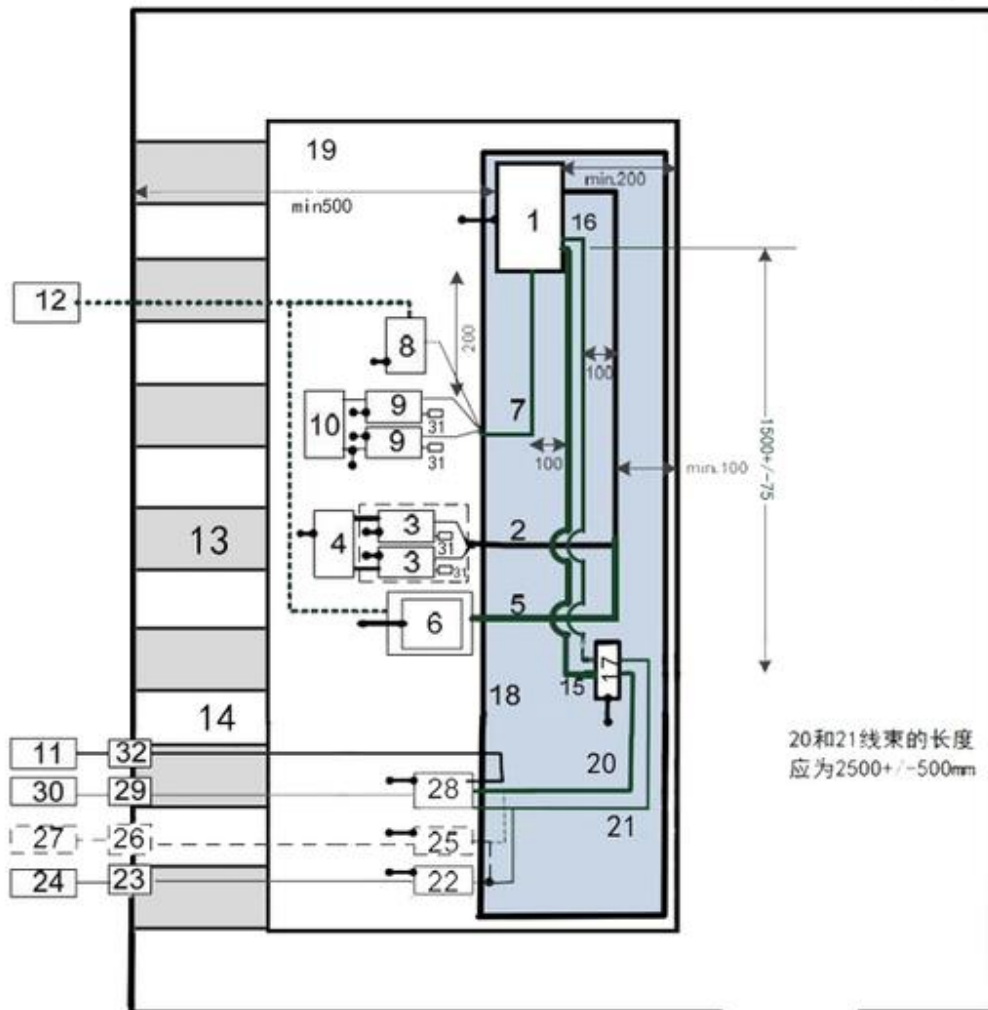
(2) 测试条件

GB/T6113.201标准测试所有测试条件适用。有关HVAC充电电源线的人工电源网络（AMN）的测量在GB/T 6113.102-2008第4.3节中定义，信号线的网络要求符合GB9254标准，测量接收机的要求符合GB/T 6113.101。

(3) 测试布置

HVAC电源线测量的试验布置根据GB/T 6113.201-2008 7.4.1节图6（台式设备）定义。应使用GB/T 6113.201-2008中AMN进行测量，该AMN通过保护地线连接到参考地面。AC和/或DC电源测量的试验布置的具体例子如图8-6所描述。连接信号线和数据线的ISN在GB 9254-2008 9.6.2节附录D中定义。

单位: mm



20和21线束的长度
应为2500+/-500mm

- | | |
|-------------------|--|
| 1 DUT | 17 车载充电机连接器 |
| 2 动力电池线束 | 18 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm |
| 3 HVAN | 19 接地平面 |
| 4 高压负载(电池或电池模拟器) | 20 交流充电线束 |
| 5 高压线束 | 21 通信线 |
| 6 高压负载模拟器 | 22 ISN |
| 7 低压线束 | 23 馈通同轴电缆连接器 |
| 8 低压负载模拟器 | 24 辅助信号发生器 |
| 9 LVAN | 25 PLC耦合器 |
| 10 低压电源 | 26 通信馈通 |
| 11 测量设备 | 27 PLC模拟器 |
| 12 激励和监测系统 | 28 AMN /DCAN |
| 13 接地铜带 | 29 滤波器 |
| 14 同轴电缆 (50Ω) | 30 AC或DC电源 |
| 15 AC/DC充电线束 (车辆) | 31 50Ω 负载 |

图8-6 车载充电机HVAC和HVDC电源及信号线的传导发射-试验布置示例

(4) 测量程序

测量程序依据 GB/T6113.201 进行测量。

(5) 要求

车载充电机 HVAC、HVDC 电源和信号线的传导发射测试结果应符合表 8-8、表 8-9、表 8-10 的限值要求

表 8-8 交流充电电源线上最大允许的射频传导发射限值

频率 (MHz)	限值和检波器
0.15-0.5	66-56 dB μ V (准峰值) 56-46 dB μ V (平均值) (随着频率的对数线性递减)
0.5-5	56 dB μ V (准峰值) 46 dB μ V (平均值)
5-30	60 dB μ V (准峰值) 50 dB μ V (平均值)

表 8-9 直流充电电源线上最大允许的射频传导发射限值

频率 (MHz)	限值和检波器
0.15-0.5	79 dB μ V (准峰值) 66 dB μ V (平均值)
0.5-30	73 dB μ V (准峰值) 60 dB μ V (平均值)

表 8-10 对信号线接入的最大允许射频传导发射限值

频率 (MHz)	电压限值 (检波器)	电流限值 (检波器)
0.15-0.5	84-74 dB μ V (准峰值) 74-64 dB μ V (平均值) (随着频率的对数线性递减)	40-30 dB μ A (准峰值) 30-20 dB μ A (平均值) (随着频率的对数线性递减)
0.5-30	74 dB μ V (准峰值) 64 dB μ V (平均值)	30 dB μ A (准峰值) 20 dB μ A (平均值)

附录 A

(规范性附录)

ALSE 方法高磁场要求的两频段的场校准程序

由于ALSE方法中要求的两个频段（1200 MHz~1400 MHz频段和2700 MHz~3100 MHz频段）具有高场强度要求，本附录特别描述了该两频段的场校准程序。该程序区别于GB/T 33014.2。该程序允许使用正弦波（CW）电场探头方法或接收天线（双脊喇叭）方法。

A.1 CW 电场探头方法

本方法对CW电场探头放置时的轴向朝向和测试发射天线位置有专门要求（某些探头只要求考虑轴向朝向）。图A.1和图A.2为使用两种常见型号探头时的校准布置要求。对第一种探头，其相位中心（探头的轴向）应位于非导电支撑上方125 mm高度处，见图A.1。对第二种探头，其相位中心也应位于非到点支撑上方125 mm高度处，探头柄应与桌面保持一定倾斜（一般为35°），与桌子边沿呈一定角度（一般为135°），以便使探头处于合适位置，具体应根据探头说明书确定。

在对探头按上述要求进行布置后，两频段的场校准应在垂直极化或水平极化两个方向进行，而不允许使用矢量结果。对于垂直极化的场校准，应针对探头的垂直方向（即探头的Z方向）；对于水平极化的场校准，应针对探头的水平方向（即探头的X方向）。使用本方法，要求探头说明书明确规定探头的轴向方向的读数，不能使用矢量叠加测量场的探头。

其他要求还有：

——使用峰值前向功率作为场校准的参考参数，前向功率使用峰值包络功率传感器（PEP）或频谱仪进行测量，但首选PEP传感器。如果使用频谱仪，应使用零跨度将其调到单个频点，测量带宽不小于3 MHz；

——校准应使CW达到本标准表7-7规定的场强。不允许使用将低场强校准成比例调制功率的方法达到高场强；

——电场探头应可以测量本标准表7-7中列出的场强；

——电场探头校准报告中应该包含 1.3 GHz 和 2.9 GHz 频率校准数据。

A.2 天线方法

使用接收天线进行场校准的布置见图 A-3。本方法要求使用以下型号接收天线：

——ETS Lindgren: DRG3115；

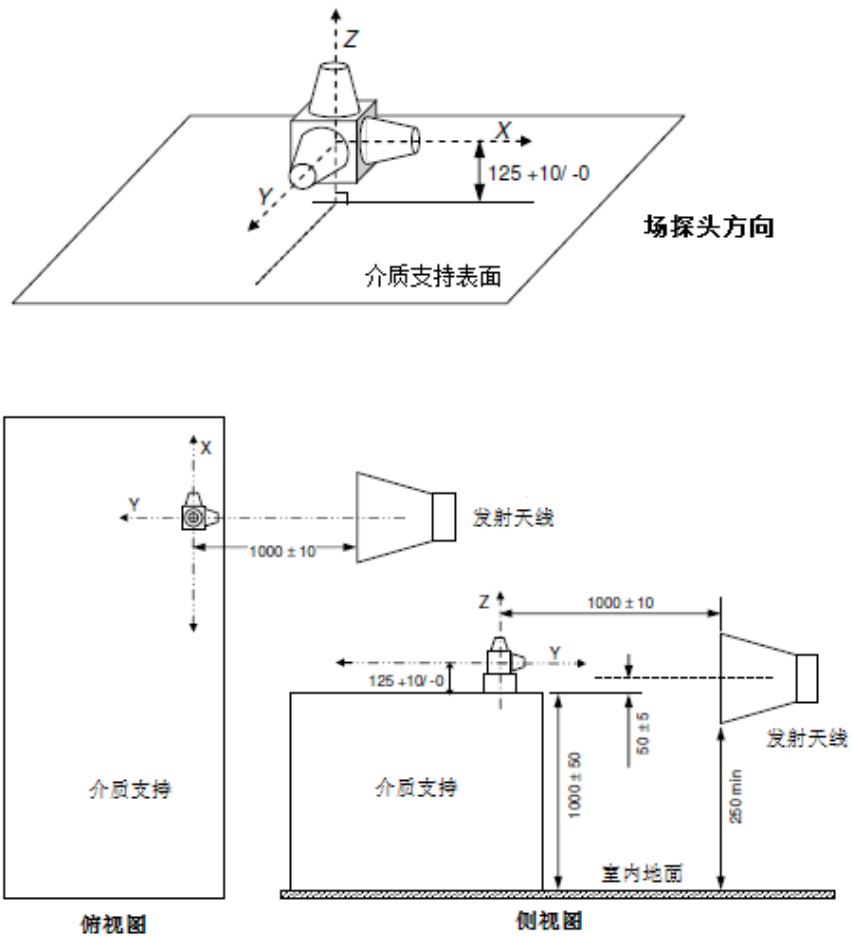
——Antenna Research: DRG 118/A；

——Rohdo&Schwarz: HF906。

校准按以下要求进行：

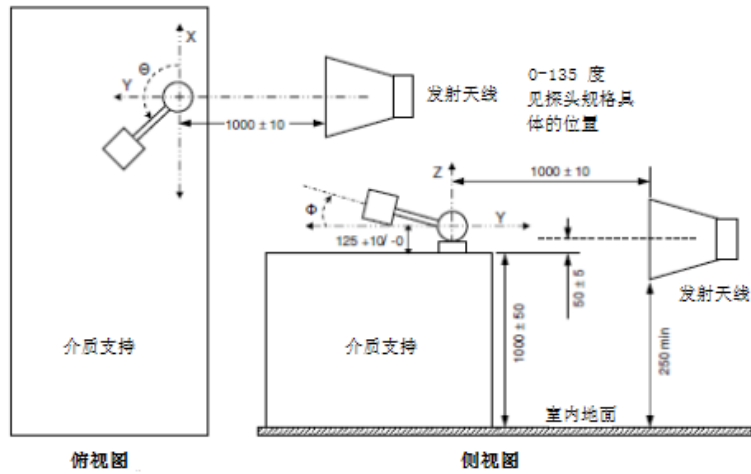
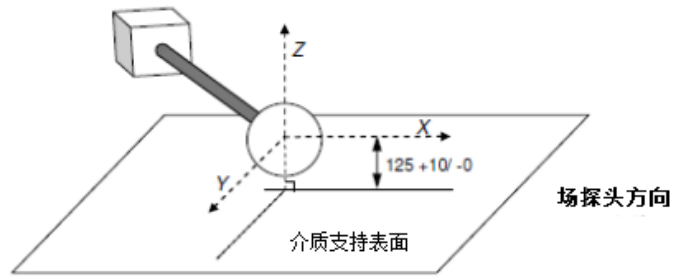
——在校准过程中，天线的相位中心位于非导电支撑上方 125 mm 高度处；

- 使用峰值前向功率作为场校准的参考参数，前向功率使用峰值包络功率传感器（PEP）或频谱仪进行测量，但首选 PEP 传感器。如果使用频谱仪，应使用零档设置将其调到单个频点，测量带宽不小于 3 MHz；
- 校准应使 CW 达到本标准表 7-7 规定的场强。不允许使用将低场强校准成比例调制功率的方法达到高场强。



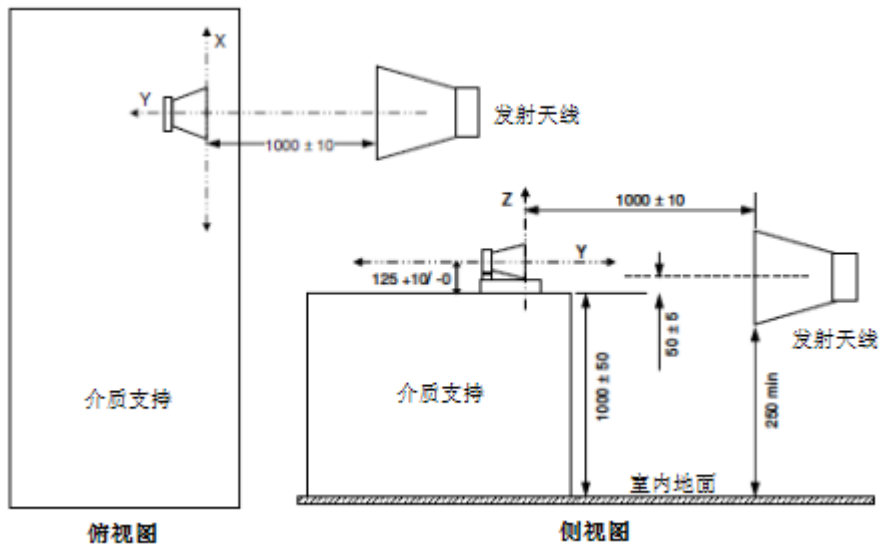
注：辐射抗扰度频段为 1200MHz~1400MHz 和 2700MHz~3100MHz

图 A.1 电场探头（A 型）校准布置要求



注：辐射抗扰度频段为 1200MHz~1400MHz 和 2700MHz~3100MHz

图 A.2 电场探头 (B 型) 校准布置要求



注：辐射抗扰度频段为 1200MHz~1400MHz 和 2700MHz~3100MHz

图 A.3 接收天线校准布置要求

附录 B

(规范性附录)

高压-低压耦合衰减的测量

B.1 测试目的

测试目的是评估高压线和低压线之间或高压与地之间连接的部件的耦合衰减。
方法1用于产品不通电状态下测量，方法2用于产品通电状态下测量。

B.2 测试条件

测试所使用的设备为网络分析仪，也可以使用带有跟踪信号源的测量接收机。
网络分析仪应使用如下参数：

- 功率电平：最小0dBm；
- 最小平均值系数：8；
- 最小点数（对数扫描）：401
- 最大IF带宽：1kHz

带有跟踪信号源的测量接收机应使用如下参数：

- 发生器等级：最小0dBm
- RBW：120kHz
- 频率步宽：500 kHz
- 频率步长：对数

B.3 测试布置

a) 方法1：DUT不通电的高压-低压耦合衰减的测量

测试应用于处于高压连接器和低压连接器之间、高压连接器和地之间的DUT,且该DUT不产生任何射频骚扰或者产生的骚扰不会影响测试结果。

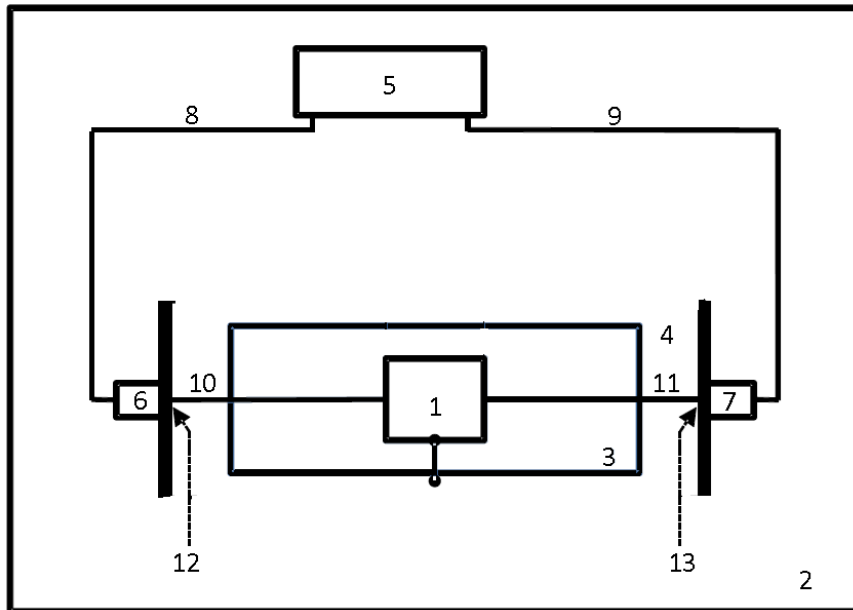
测量应在DUT未通电情况下执行。

对于有多个正/负高压或低压连接元件，应在测试计划中规定测量配置（对于多个连接器，是采用分别连接或者一起连接）。

试验布置如图B-1所示，DUT被放置在两个金属L型隔板之间的（50±5）mm绝缘支撑上。如果是屏蔽线则不需要L型隔板，直接用连接器连接网络分析仪的输出或输入端口。

在L型隔板和DUT输入口间的连接长度要求尽可能短。L型隔板与地平面间的阻抗必须小于10mΩ。

该测试需要对网络分析仪进行全端口校准。



- | | |
|---|--------------------------|
| 1 DUT | 8 同轴电缆（50Ω），连接到网络分析仪输出口 |
| 2 接地平面 | 9 同轴电缆（50Ω），连接到网络分析仪输入端口 |
| 3 低相对介电常数的支撑物（ $\epsilon_r \leq 1.4$ ）厚度为50mm | |
| 4 金属L型隔板（非屏蔽线适用） | 10 低压线束 |
| 5 网络分析仪 | 11 高压线束 |
| 6 隔板连接器 | 12 网络分析仪校准的参考平面（输出口） |
| 7 隔板连接器 | 13 网络分析仪校准的参考平面（输入端口） |

图B-1 不通电DUT的高压-低压耦合衰减测量的试验布置

b) 方法2: DUT通电的高压-低压耦合衰减的测量

测量应在被测件通电情况下执行。

对于有多个正/负高压连接和/或正/负低压连接元件，测量配置（多个分别连接或一起连接）应在试验计划中规定。

需要使用长为2000mm的线束。因长度不同，可能需要首选初始的车辆线束。测试线束被放置在离参考接地平面（ 50 ± 5 ）mm的绝缘支撑件上。

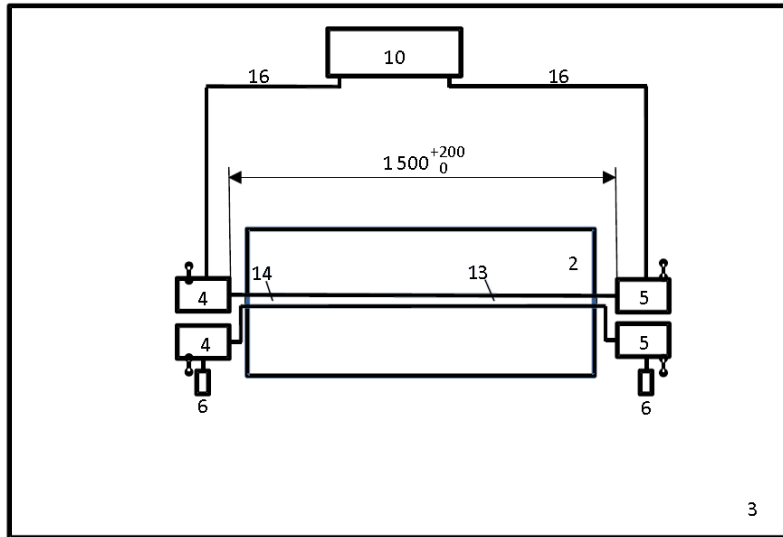
在HV人工网络和DUT间的高压线的长度应为1500（ $0/+200$ ）mm长。在低压人工网络和DUT间的低压电源线的长度应为200（ $0/+200$ ）mm。其它线应直接放在距离低压线/高压线200mm的最短距离的地平面处。

HVDC AN屏蔽壳体应连接到HVDC屏蔽线上。

DUT被放置在离参考接地平面（ 50 ± 5 ）mm的绝缘支撑件上,根据测试计划连接到参考接地平面，不允许有其他接地连接。

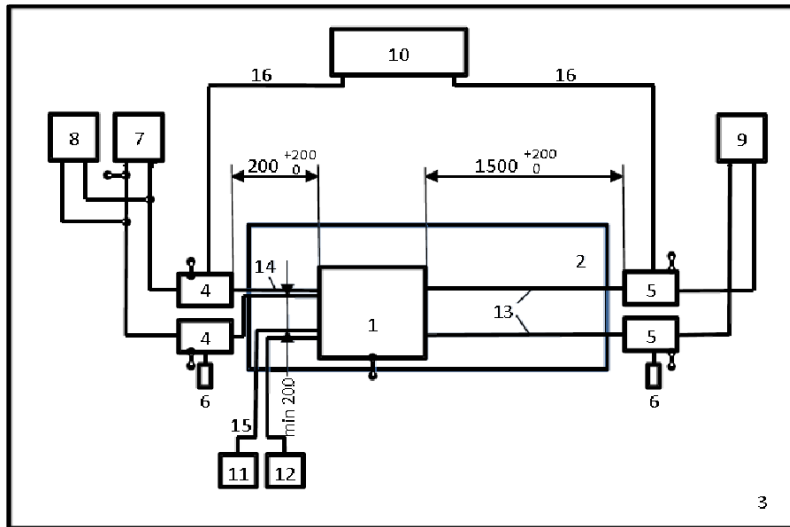
测量应分三个阶段进行：

- (1) 如果该测量是使用网络分析仪执行，则需要全端口校准；
- (2) 没有DUT的试验布置测量，如图B-2所示；
- (3) 有DUT的测量，如图B-3所示。



- | | | | |
|---|---|----|-----------------|
| 2 | 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | 10 | 网络分析仪 |
| 3 | 接地平面 | 13 | 高压线束(HV+, HV-) |
| 4 | LVAN | 14 | 低压线束 (LV+, LV-) |
| 5 | HVAN | 16 | 同轴电缆 (50Ω) |
| 6 | 50Ω负载 | | |

图B-2 无DUT的参考测量/校准的试验布置



- | | | | |
|---|---|----|---------------------|
| 1 | DUT | 9 | 高压电源 |
| 2 | 低相对介电常数的支撑物 ($\epsilon_r \leq 1.4$) 厚度为50mm | 10 | 网络分析仪 |
| 3 | 接地平面 | 11 | 传感器 |
| 4 | LVAN | 12 | 执行器 |
| 5 | HVAN | 13 | 高压线束(HV+, HV-) |
| 6 | 50Ω负载 | 14 | 低压线束 (LV+, LV-) |
| 7 | 蓄电池 | 15 | 低压线束 (与传感器和执行器相连接的) |
| 8 | 低压电源 | 16 | 同轴电缆 (50Ω) |

图B-3 DUT衰减测试的试验布置

B.4 测量程序

a) 方法1: DUT不通电的高压-低压耦合衰减的测量

测量应分两个阶段进行:

- 如果测量是使用网络分析仪执行, 则应进行全端口校准;
- 带有DUT的测量, 得到高压耦合衰减系数 S_{21HV} 。

耦合衰减测量的配置列于表B-1, 根据产品的实际装车情况进行测量配置的选择, 测试数据应包括:

- 没有DUT的试验布置的本底噪声;
- 测量曲线: 包括频率, S_{21} , 限值 (dB);
- 超出部分的表格: 包括频率 (以MHz为单位且三位有效数字), S_{21} , 偏差/限值。

表B-1 耦合衰减测量的配置示例

网络分析仪或测量接收机				
配置	输出端口	测量端口	详细 ^注	DUT的外壳接地连接
1	正高压直流线	正低压电源线	负低压电源线与参考接地平面连接	断开
2	正高压直流线	正低压电源线		断开
3	负高压直流线	正低压电源线	负低压电源线与参考接地平面连接	断开
4	负高压直流线	正低压电源线		断开
5	正高压直流线	负低压电源线		断开
6	负高压直流线	负低压电源线		断开
7	正高压直流线	正低压电源线	负低压电源线与参考接地平面连接	断开
8	正高压直流线	正低压电源线		连接
9	负高压直流线	正低压电源线	负低压电源线与参考接地平面连接	连接
10	负高压直流线	正低压电源线		连接
11	正高压直流线	负低压电源线		连接
12	负高压直流线	负低压电源线		连接
13	正高压直流线	DUT机壳		断开
14	负高压直流线	DUT机壳		断开
15	高压直流线	每一个非屏蔽低压线	HV+和 HV- 短路	连接
16	高压直流线	每一个非屏蔽低压线	HV+和 HV- 短路	断开
17	3相交流高压线 (UVW)	DUT的非屏蔽低压或高压线	所有3相短路	连接
18	3相交流高压线 (UVW)	DUT机壳	所有3相短路	断开
19	1相交流高压线 (U)	DUT机壳	V和W断开	断开
20	1相交流高压线 (V)	DUT机壳	U和W断开	断开
21	1相交流高压线 (W)	DUT机壳	U和V断开	断开

注: 除另有规定外, 不连接到测量或输出端口的DUT连接口需悬空。

b) 方法2: DUT供电的高压-低压耦合衰减的测量

A.没有DUT的参考测量 (根据图B-2)

高压线 (在HV人工网络和DUT间) 直接与低压电源线 (低压人工网络和DUT间) 相连, 其没有DUT, 长度为200 (0/+200) mm。其它线应直接放在距离低压高压线200mm的最短距离的地平面处。

HVAN屏蔽外壳应连接到高压直流屏蔽线上。

注: 从低压电源处断开的LVAN和从高压源/负载处断开的HVAN使用的端接应在测试计划中规定。

耦合衰减系数 S_{21ref} 的测量参考值应按表B-2中所列的配置实施。

B.含有部件的测量 (根据图B-3)

DUT被放置在离参考接地平面 (50±5) mm的绝缘支撑件上。根据测试计划连接高压线、低压线、地线。

耦合衰减系数 $S_{21HV-LV}$ 的测量配置列在表B-2中。

高压耦合衰减系数 S_{21HV} 由下式得到:

$$S_{21HV} = S_{21DUT} - S_{21ref}$$

表B-2 耦合衰减测量配置

网络分析仪或测量接收机		
配置	输出端口	测量端口
1	正高压直流线的人工网络	正低压人工网络线
2		负低压人工网络线 (接地)
3	负高压直流线的人工网络	正低压人工网络线
4		负低压人工网络线 (接地)

注: 两个AN的测量端口 (一个高压和一个低压) 与输出端口不连接或者这个测量端口接一个50Ω负载的端接。

试验报告应包括基于频率的 S_{21ref} , S_{21DUT} , S_{21HV} , 限值 (dB) 的测量曲线。在规范中定义分类。

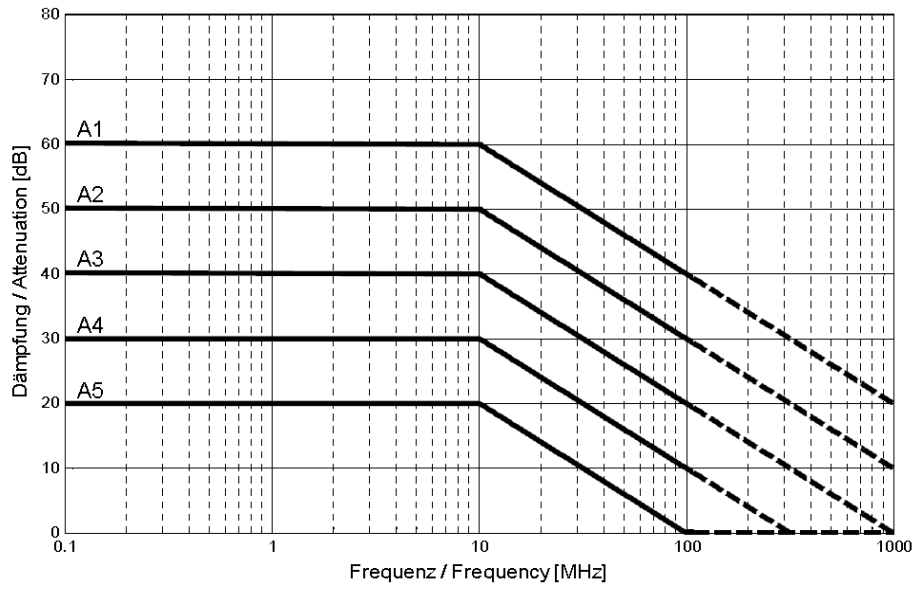
B.5 要求

耦合衰减系数 S_{21HV} 的限值分类在表B-3中给出。

表B-3 有源和无源器件最小耦合衰减系数 S_{21}

频率 [MHz]	分类	最小衰减系数 [dB]
0.10-10	A1	60
	A2	50
	A3	40
	A4	30
	A5	20
10-100	A1	60 - 20 • log (fMHz/10)
	A2	50 - 20 • log (fMHz/10)
	A3	40 - 20 • log (fMHz/10)
	A4	30 - 20 • log (fMHz/10)
	A5	20 - 20 • log (fMHz/10)

100-108	A1	$60 - 20 \cdot \log (f\text{MHz}/10)$
	A2	$50 - 20 \cdot \log (f\text{MHz}/10)$
	A3	$40 - 20 \cdot \log (f\text{MHz}/10)$
	A4	$30 - 20 \cdot \log (f\text{MHz}/10)$
	A5	0



图B-4 HV-LV耦合衰减等级

附录 C

(资料性附录)

EMC 测试计划

供应商应制订详细的产品EMC测试计划，且测试计划应在产品正式测试前1个月提交给相应的整车厂EMC工程师进行审核。EMC测试计划至少应包括以下内容：

- 1) 测试计划编号、生产单位信息（名称和地址）、供应商信息（负责人名字、电话、邮箱），实验室信息以及车厂信息（负责人名字、电话、邮箱）
- 2) 测试计划版本更新信息，如果测试计划有更新
- 3) 目录（概述，产品 EMC 测试项目、EMC 试验描述）
- 4) 基本信息
 - a) 本测试计划的目的和要求
 - b) 试验结果的性能判据说明和功能重要性分类
 - c) 被测样件的基本信息（数量、软硬件版本号、供电电压、工作类型、外壳材质、安装位置、人体可接触位置及方式、接地方式等）
 - d) 产品照片（包括负载、线束）
 - e) 产品功能、结构及接口图纸定义
 - f) 产品与外部设备连接原理图
 - g) 产品测试状态描述
 - h) 功能监控方式定义
- 5) 产品 EMC 测试项目
 - a) 各个测试项目及它所对应的测试状态
 - b) 被测样件测试项目的优先级安排（如果需要）
- 6) EMC 试验描述

每项测试项目的试验需求（要有试验布置参考标准，附布置图，其中发射类试验要有限值要求，接收机参数，特别注意事项等；抗扰度试验要有测试参数和功能状态）