

ICS 43.02

T40

团 体 标 准

T/CSAEXX—2020

智能网联汽车电磁抗扰性能 技术要求与测试评价方法

Technical requirement and test evaluation method for electromagnetic
immunity performance of intelligent connected vehicle

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

2020-XX-XX 发布

2020-XX-XX 实施

中国汽车工程学会 发布

目次

前 言.....	III
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义、缩写.....	2
3.1 术语和定义.....	2
3.2 缩写.....	4
4 电磁抗扰性能测试方法.....	5
4.1 电磁抗扰测试项目.....	5
4.1.1 窄带辐射电磁能的抗扰性测试—车外辐射源法.....	5
4.1.2 窄带辐射电磁能的抗扰性测试—车载发射机模拟法.....	5
4.2 电磁抗扰施加方式.....	7
5 智能汽车电磁抗扰性能技术要求和测试评价方法.....	8
5.1 自适应巡航功能（ACC）.....	8
5.1.1 测试设备要求和测试布置.....	8
5.1.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则.....	9
5.1.3 典型测试工况.....	9
5.1.4 测试步骤.....	11
5.2 前向碰撞预警功能（FCW）.....	12
5.2.1 测试设备要求和测试布置.....	12
5.2.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则.....	12
5.2.3 典型测试工况.....	12
5.2.4 测试步骤.....	13
6 网联汽车电磁抗扰性能技术要求和测试评价方法.....	13
6.1 车载导航功能.....	13
6.1.1 测试设备要求和测试布置.....	13
6.1.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则.....	14
6.1.3 典型测试工况.....	15
6.1.4 电磁抗扰性能测试项目和施加方式.....	16
6.1.5 测试步骤.....	17
6.2 车载移动通信功能.....	17
6.2.1 测试设备要求和测试布置.....	17
6.2.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则.....	18
6.2.3 典型测试工况.....	19
6.2.4 电磁抗扰性能测试项目和施加方式.....	19

6.2.5	测试步骤.....	20
6.3	车载紧急呼叫功能.....	20
6.3.1	测试设备要求和测试布置.....	20
6.3.2	车辆抗扰试验条件和失效判定准则.....	21
6.3.3	典型测试工况.....	21
6.3.4	电磁抗扰性能测试项目和施加方式.....	21
6.3.5	测试步骤.....	21
6.4	面向 LTE-V2X mode4 应用功能.....	22
6.4.1	测试设备要求和测试布置.....	22
6.4.2	车辆抗扰试验条件和失效判定准则.....	23
6.4.3	典型测试工况.....	23
6.4.4	电磁抗扰性能测试项目和施加方式.....	25
6.4.5	测试步骤.....	25

前 言

本标准按照 GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

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。

本标准由中国汽车工程学会电磁兼容分会组织提出。。

本标准起草单位：中国汽车工程研究院股份有限公司、上海电器科学研究院、重庆大学、上汽大众汽车有限公司、江淮汽车集团股份有限公司、东软集团股份有限公司、上海汽车集团股份有限公司、东风日产乘用车公司、标致雪铁龙集团亚太研发中心、中国第一汽车集团有限公司、SGS、延锋伟世通电子科技(上海)有限公司、重庆车辆检测研究院有限公司、罗德与施瓦茨中国有限公司、泛亚汽车技术中心、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、浙江吉利控股集团有限公司

本标准主要起草人：雷剑梅、陈睿、刘媛、韩庆文、刘新亮、孙杜辉、郑芳芳、常君、王洪武、田野、卢小荣、王建利、张法杰、付裕、覃延明、甘秉洪、邹爱华、王涛、温剑喜

智能网联汽车电磁抗扰性能技术要求与测试评价方法

1 适用范围

本标准适用于搭载了无线通信系统连接互联网和/或高级驾驶辅助系统（ADAS）/智能驾驶系统的 M、N 类车辆，明确了对此类车辆的电磁抗扰性能要求及测试方法。

本标准目前适用对象包括：

基于毫米波雷达的具有自适应巡航控制功能的车辆；

基于毫米波雷达的具有前向碰撞预警功能的车辆；

具有车载导航功能的车辆；

具有车载移动通信功能的车辆；

具有车载紧急呼叫功能的车辆；

具有交叉路口碰撞预警和前向碰撞预警功能的面向 LTE-V2X mode4 应用功能的车辆。

本标准面向应用制订，重点关注面向智能、网联以及智能网联的典型测试工况定义和抗扰环境定义，并在此基础上制订智能、网联以及智能网联汽车的电磁抗扰性能测试规程，本标准的目的是评估智能网联汽车的电磁抗扰性能。本标准可作为整车或零部件企业制定相关测试计划时的参考，各项测试给出的可选的测试等级反映了国内主流整车企业的要求水平，具体的要求执行由整车企业决定。

2 规范性引用文件

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

GB/T 20608-2006 《智能交通系统-自适应巡航系统-性能要求与检测方法》

GB/T 29259 《道路车辆 电磁兼容术语》

GB 34660-2017 《道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法》

ISO 15622 《Intelligent transport systems -- Adaptive cruise control systems -- Performance requirements and test procedures》

ISO 11451-1 2015 《Road vehicles-Vehicle test methods for C from narrowband radiated electromagnetic energy - Part1 General principles and terminology》

ISO 11451-2 2015 《Road vehicles-Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy - Part2 Off-vehicle radiation sources》

ISO 11451-3 2015 《Road vehicles-Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy - Part3 On-board transmitter simulation》

ISO 22179 《Intelligent transport systems — Full speed range adaptive cruise control(FSRA) systems-Performance requirements and test procedures》

ECE R10-5 《Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility》

BD 110001-2015 《北斗卫星导航术语》

BD 410004-2015 《北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机导航定位数据输出格式》

YD/T 3400-2018 《基于LTE的车联网无线通信技术 总体技术要求》

SAE J2945/1 《On-Board System Requirements for V2V Safety Communications》

3 术语和定义、缩写

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

智能网联汽车 Intelligent and connected vehicle

智能网联汽车是指搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与X（车、路、人、云等）智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能的新一代汽车。

3.1.2

电磁骚扰 Electromagnetic disturbance

任何可能引起装置、设备或系统性能降低或者对生物或非生物产生不良影响的电磁现象。

3.1.3

电磁抗扰 Electromagnetic immunity

车辆、电气电子系统/部件抵抗电磁骚扰、避免性能降级的电磁现象。

3.1.4

自适应巡航控制 Adaptive cruise control

常规巡航控制系统的提升和扩展，它可以通过控制本车发动机、传动系统或制动器实现与前车保持适当距离的目的。

3.1.5

前向碰撞报警 Forward Collision Warning

系统向驾驶人发出需进行紧急避撞提醒的报警信息，用于警告驾驶人需紧急刹车、换道或采取其他措施以避免碰撞。这种报警信息可能是听觉、视觉、触觉的某一种或某几种组合形式。

3.1.6

碰撞时间 Time to collision

当相对速度不为零时，假定两车相对速度保持不变时距离碰撞发生的时间。其值可以通过主车与目标车的车间距除以相对速度来估算。当不满足计算条件或TTC的计算结果为负值时，表明在上述假定条件下，碰撞不可能发生。

3.1.7

卫星导航 Satellite navigation

利用人造地球卫星发播无线电信号进行导航的技术。

3.1.8

导航电文 Navigation message

由导航卫星播发给用户，用于描述卫星运行状态和其他参数的信息数据，通常包括卫星健康状况、星历、历书、卫星时钟改正参数、电离层时延模型参数等内容。

3.1.9

定位精度 Positioning accuracy

观测位置值与真实位置值之差的统计值。

3.1.10

紧急呼叫系统 Emergency call system

安装在车辆上的系统/装置，在车辆发生道路交通事故及其他紧急情况时，此装置可以通过车载传感装置自动拨打紧急报警电话或者由车上人员手动拨打紧急报警电话，紧急报警电话接通后，可以将包含车辆位置信息、交通事故相关信息的最小数据集以标准定义的格式通过公众电信网发送到接警平台。

3.1.11

最小数据集 Minimum Set of Data

发生交通事故时车载紧急报警系统终端向接警平台发送的最小数据集，包括了事故车辆位置坐标、参数、事故时间信息、车辆VIN码以及其它紧急报警所必需的信息。

3.1.12

基于LTE-V2X的车联网无线通信技术工作方式

基于LTE-V2X的车联网无线通信技术，是用于车辆与车辆(V2V)、车辆与基础设施(V2I)、车辆与网络(V2N)、车辆与人(V2P)之间进行通信的无线通信技术。工作方式分为两种：一种是终端之间直通链路通信方式，其中终端之间的空中接口称为PC5接口；另一种是终端与基站之间的上/下行链路通信方式，其中终端和基站之间的空中接口称为Uu接口。

3.1.13

LTE-V2X mode 4

LTE-V2X通信资源占用方式有二，其一为基站集中调度模式，定义为mode 3，由基站统一分配通信资源，包括频点和时隙；其二为预配置模式，定义为mode 4，通信节点采用预配置参数或通过C-V2X云获得配置参数进行通信。

3.2 缩写

ICV	Intelligent and Connected Vehicle	智能网联汽车
ALSE	Absorber-lined Shielded Enclosure	带吸波材料的屏蔽室
EMC	Electromagnetic Compatibility	电磁兼容
EMS	Electromagnetic Sensitivity	电磁敏感度
ACC	Adaptive Cruise Control	自适应巡航控制
FCW	Forward Collision Warning	前向碰撞预警
TTC	Time to Collision	碰撞时间
RCS	Radar Cross Section	雷达散射截面积
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球导航卫星系统
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
GLONASS	Global Navigation Satellite System	格洛纳斯卫星导航系统
GALILEO	Galileo Navigation Satellite System	伽利略卫星导航系统
BEIDOU	Bei Dou Navigation Satellite System	北斗卫星导航系统
OTA	Over the Air	空中传输
GSM	Global System for Mobile Communications	全球移动通信系统
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access	宽带码分多址
TD-LTE	Time Division Long Term	时分复用长期演进技术
FDD-LTE	Frequency Division Long Term	频分复用长期演进技术
PSAP	Public Safety Access Point	公共安全应答点
MSD	Minimum Set of Data	最小数据集
V2X	Vehicle to Everything	车载单元与其他设备通讯
BSM	Basic Safety Message	车辆基本安全消息
V2V	Vehicle to Vehicle	车辆对车辆
RSU	Road Side Unit	路侧单元
HV	Host Vehicle	主车
RV	Remote Vehicle	远车
TTI	Time to Intersection	路口预警时间

4 电磁抗扰性能测试方法

4.1 电磁抗扰测试项目

本测试规范提出的电磁抗扰测试项目为车辆对窄带电磁能的抗扰度测试,包含车外辐射源法和车载发射机模拟法,整车企业可对测试项目进行自主选择。

4.1.1 窄带辐射电磁能的抗扰性测试—车外辐射源法

参考标准 ISO 11451-2 进行测试,推荐 30V/m、50V/m、75V/m、100V/m 四种场强等级进行测试。企业也可根据自身企业标准进行测试。最大频率步长如下:

表 1 最大频率步长

频率范围/MHz	线性步长/MHz	对数步长/%
$0.01 \leq f \leq 0.1$	0.01	10
$0.1 \leq f \leq 1$	0.1	10
$1 \leq f \leq 10$	1	10
$10 \leq f \leq 200$	5	5
$200 \leq f \leq 400$	10	5
$400 \leq f \leq 1000$	20	2
$1000 \leq f \leq 18000$	40	2

4.1.2 窄带辐射电磁能的抗扰性测试—车载发射机模拟法

参考标准 ISO 11451-3 进行测试,企业也可根据自身企业标准进行测试。天线在车外和车内的发射机典型特性如下:

表 2 天线在车外的发射机典型特性

发射机类型	频段/MHz	功率/W	发射机典型调制方式	试验调制方式
短波	1.8~30	100 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	AM (调制频率为 1 kHz, 调制深度为 80%)
8 m	30~50	120 (RMS)	FM	CW
6 m	50~54	120 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	AM (调制频率为 1 kHz, 调制深度为 80%)
4 m	68~87.5	120 (RMS)	FM	CW

表 2 (续)

发射机类型	频段/MHz	功率/W	发射机典型调制方式	试验调制方式
2 m	142~176	120 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	CW
70 cm	410~470	120 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	CW
TETRA/ TETRAPOL	380~390 410~420 450~460 806~825 870~876	20 (峰值)	TDMA/FDMA, Tetra: $\pi/4$ DQPSK	PM (频率为 18 Hz, 50 % 占空比)
AMPS/ GSM850	824~849	20 (峰值)	GMSK, PSK, DS	PM (频率为 217Hz, 50 % 占空比)或 PM(脉冲宽度为 577 μ s, 周期为 4600 μ s)
GSM900	876~915	20 (峰值) 或 8 (峰值)	GMSK	PM (频率为 217Hz, 50 % 占空比)或 PM(脉冲宽度为 577 μ s, 周期为 4600 μ s)
23 cm	1200~1300	25 (RMS.)	Telegraphy, AM, SSB, FM	CW
PCS GSM1800/ 1900	1710~1785 1850~1910	2 (峰值) 或 1 (峰值)	GMSK	PM (频率为 217Hz, 50 % 占空比)或 PM(脉冲宽度为 577 μ s, 周期为 4600 μ s)
IMT-2000	1885~2025	1 (峰值)	QPSK	PM (频率为 1600Hz, 50 % 占空比)

表 3 天线在车内的发射机典型特性

发射机类型	频段/MHz	功率/W	发射机典型调制方式	试验调制方式
10 m	26~30	10 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	AM (调制频率为 1 kHz, 调制深度 80 %)
2 m	146~174	10 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	CW
70 cm	410~470	10 (RMS)	Telegraphy, AM, SSB, FM	CW

表 3 (续)

发射机类型	频段/MHz	功率/W	发射机典型调制方式	试验调制方式
TETRA/ TETRAPOL	380~390 410~420 450~460 806~825 870~876	10 (峰值)	TDMA/FDMA Tetra: $\pi/4$ DQPSK	PM (频率为 18 Hz, 50 % 占空比)
AMPS/ GSM850	824~849	10 (峰值)	GMSK, PSK, DS	PM (频率为 217Hz, 50 % 占空比)或 PM(脉冲宽度为 577 μ s, 周期为 4600 μ s)
GSM900	876~915	16 (峰值) or 2 (峰值)	GMSK	PM (频率为 217Hz, 50 % 占空比) 或 PM (脉冲宽度为 577 μ s, 周期为 4600 μ s)
PDC	893~898 925~958 1429~1453	0.8 (峰值)	TDMA	PM (频率为 50 Hz, 50 % 占空比)
PCS GSM1800/ 1900	1710~1785 1850~1910	2 (峰值) or 1 (峰值)	GMSK	PM (频率为 217Hz, 50 % 占空比) 或 PM (脉冲宽度为 577 μ s, 周期为 4600 μ s)
IMT-2000	1885~2025	1 (峰值)	QPSK	CW 及 PM (频率为 1600Hz, 50 % 占空比)
Bluetooth/ WLAN	2400~2500	0.5 (峰值)	QPSK	PM (频率为 1600Hz, 50 % 占空比)
IEEE 802.11a	5725~5850	1 (峰值)	QPSK	PM (频率为 1600Hz, 50 % 占空比)

4.2 电磁抗扰施加方式

窄带辐射电磁能的抗扰性测试中的电磁抗扰施加方式有两种,企业可根据测试工况选择对应的电磁抗扰施加方式。

a) 针对瞬时动态测试工况,可参考 ECE R10 标准中推荐的 16 个特征频点 (27/45/65/90/120/150/190/230/280/380/450/600/750/900/1300/1800MHz) 或企业关心的敏感频点,由企业自主选择测试频点,且必须保证每个测试频点的测试驻留时间为完整测试工况所需时间的 1.5 倍;

b) 针对连续稳态测试工况,可参考标准 ISO 11451-2 和 ISO 11451-3,进行连续扫频电磁抗扰测试。

在进行网联汽车的窄带辐射电磁能抗扰性测试—车外辐射源法测试时,应遵循同频豁免的原则,电磁抗扰测试频点应在网联通信工作频带外,各类网联系统的电磁抗扰豁免频段为载波频率±2.5倍信道带宽。

5 智能汽车电磁抗扰性能技术要求和测试评价方法

5.1 自适应巡航功能 (ACC)

5.1.1 测试设备要求和测试布置

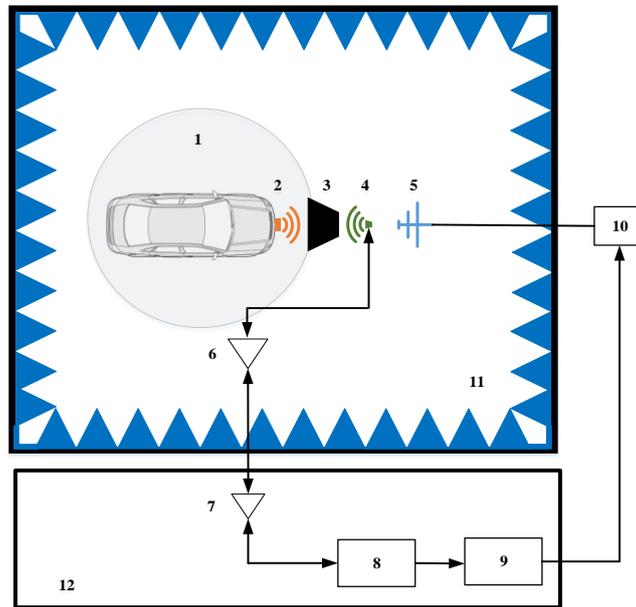
5.1.1.1 测试设备要求

在电波暗室测试设备基础上,需增加激活整车 ACC 功能的测试设备。本测试规范是基于雷达目标模拟器进行编写,测试前需对雷达目标模拟器进行测试布置和参数设置。

雷达目标模拟器用于模拟相对运动目标车辆。雷达目标模拟器需放置在电波暗室内,确保其在电磁抗扰环境下功能正常。

5.1.1.2 测试布置

雷达目标模拟器放置在车载毫米波雷达正前方约 1m 处,调整雷达目标模拟器摆放位置,保证雷达目标模拟器的收发喇叭天线对准车载毫米波雷达口径面,使用吸波暗箱确保测试环境中无伪目标,确保被测 ADAS 系统能稳定地激活和工作。其测试布置示意图如下:



- 说明:
- | | |
|----------------|-----------|
| 1 带转鼓的转台 | 7 光电转换模块 |
| 2 配置毫米波雷达的被测车辆 | 8 PC |
| 3 毫米波吸波暗箱 | 9 射频信号源 |
| 4 雷达目标模拟器 | 10 EMS功放 |
| 5 EMS天线 | 11 暗室 |
| 6 光电转换模块 | 12 EMC控制室 |

图 1 整车级 ACC/FCW 电磁抗扰性能测试布置示意图

5.1.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

表 4 为推荐的车辆 ACC 功能抗扰试验条件和失效判定准则。参数指标可通过 CAN 总线、车载以太网等方式进行监控，现象指标可通过摄像头、麦克风进行监控。可能影响 ACC 抗扰度相关功能的车辆其他系统的试验条件（状态）和失效判定准则，应由制造商和检测机构协商确定。

表 4 车辆 ACC 抗扰试验条件和失效判定准则

车辆试验条件		失效判定准则
参数指标	车速在工况实现设置范围内	车速变化超出制造商技术规范中要求的范围
	与模拟目标的相对距离在工况实现设置范围内	相对距离变化超出制造商技术规范中要求的范围
	功能故障位	出现相应功能故障位，诊断出现故障
	通讯错误帧	出现通信错误帧
	目标状态、类型锁定	目标状态、类型变化或未锁定
	轮速、加速度	超出制造商技术规范中要求的范围
	踏板（油门、制动、离合）开度、档位等	超出制造商技术规范中要求的范围
现象指标	仪表指示类显示当前工况图像	仪表指示类显示与当前工况设置出现差异
	警示提醒功能正常	警示提醒非预期行为
	刹车灯功能正常	刹车灯非预期行为

5.1.3 典型测试工况

自适应巡航（ACC）功能典型工况主要是被测车辆能够识别前车，自适应跟随前车执行不同工况巡航，推荐的测试工况主要分为稳态匀速巡航工况和动态巡航工况。

a) 稳态匀速巡航工况

被测车辆以 40 km/h 的速度运行后，按照下表调整目标模拟器参数设置，启动被测车辆 ACC 功能，使其进入稳态匀速巡航工况。

表 5 稳态匀速巡航推荐工况参数设置表

车辆工况	本车车速 km/h	目标模拟器工况参数设置		
		相对车速 km/h	相对距离 m	RCS dBsm
稳态匀速巡航	40	0	30	10

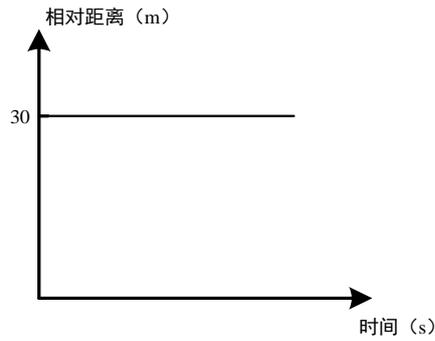


图 2 稳态匀速巡航工况参数曲线图

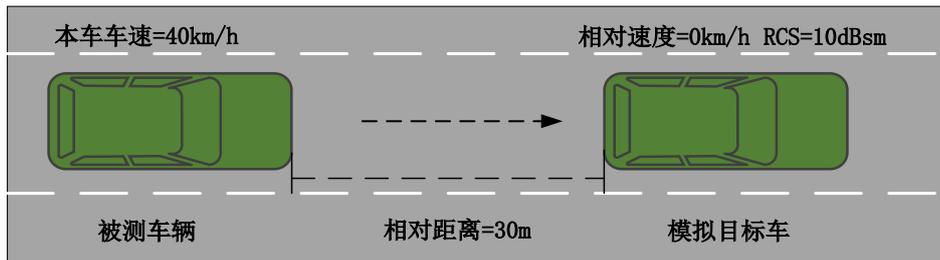


图 3 稳态匀速巡航工况示意图

b) 动态巡航工况

调整目标模拟器参数设置，使其能够实现符合以下要求的工况循环：

表 6 动态巡航推荐工况参数设置表

车辆工况	目标模拟器参数要求			
	目标与本车的相对 车速 km/h	目标与本车的初始 距离 m	本状态持续时间 s	RCS dBsm
ACC 减速跟车	-10.8	30	5	10
ACC 匀速跟车	0	15	2	10
ACC 加速跟车	+10.8	15	5	10

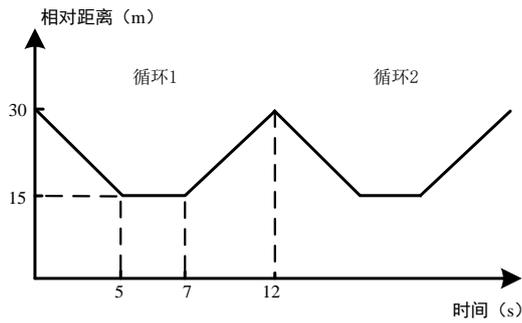


图 4 动态巡航工况循环参数曲线图

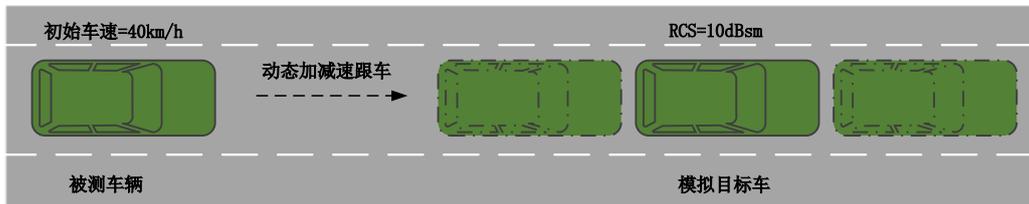


图 5 动态巡航工况循环示意图

注：本工况循环用于模拟前车减速、匀速到加速过程中目标车辆 ACC 功能的运行过程。

5.1.4 测试步骤

测试可按如下步骤进行：

- 1) 测试前应由被测件提供方同步填报被测车辆车载毫米波雷达的工作频率、工作带宽、极化方式和有效工作距离、有效工作车速；
- 2) 根据以上参数计算 ACC 测试中所需设置的目标模拟器参数，确定目标模拟器的天线极化方式（若有）；
- 3) 按要求布置被测车辆和目标模拟器、抗扰测试天线；
- 4) 根据 2) 的计算结果确定 5.1.3 的中各参数的数值要求；按照稳态匀速巡航工况要求设置被测车辆车速与状态和目标模拟器参数，启动稳态匀速巡航工况模拟，进行 4.2 b) 的抗扰测试，记录试验现象和监控参数的曲线，根据现象和参数监控的结果进行偏离判定；
- 5) 按照动态巡航工况要求设置被测车辆车速与状态、目标模拟器参数和抗扰试验测试系统的单频点驻留时间，电磁抗扰单频点驻留时间应为工况循环周期时间的 1.5 倍，再按照 4.2 a) 节进行电磁抗扰性能测试，记录试验现象和监控参数的曲线，根据现象和参数监控的结果进行偏离判定；
- 6) 完成试验后，车辆熄火，关闭整理试验仪器。

5.2 前向碰撞预警功能 (FCW)

5.2.1 测试设备要求和测试布置

参考 5.1.1 节。

5.2.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

推荐的车辆 FCW 功能抗扰试验条件和失效判定准则参考表 4。

5.2.3 典型测试工况

FCW 功能典型工况为前车紧急靠近触发被测车辆 FCW 功能。当模拟目标车与被测车辆的 TTC 满足 FCW 的触发条件时，可触发被测车辆的 FCW 功能。

试验前应关闭被测车辆 ACC 功能，保留 FCW 功能且功能处于待命状态。

根据车辆 FCW 功能逻辑，设置本车车速和雷达目标模拟器参数，使其能够实现符合以下要求的工况：

表 7 FCW 推荐工况参数设置表

车辆工况	目标模拟器参数要求			
	目标与本车的相对车速 km/h	目标与本车的初始距离 m	本状态持续时间 s	RCS dBsm
目标与本车等速	0	S1	t1	10
目标减速靠近	-V	S2	t2	10
目标加速远离	V	S2	t3	10

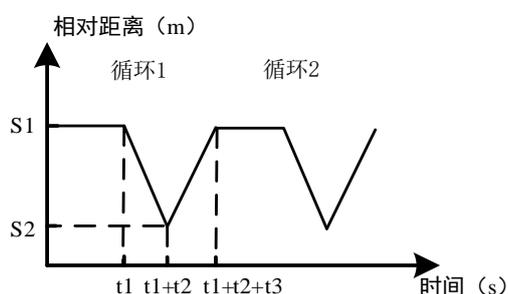


图 6 前车碰撞预警工况参数曲线图

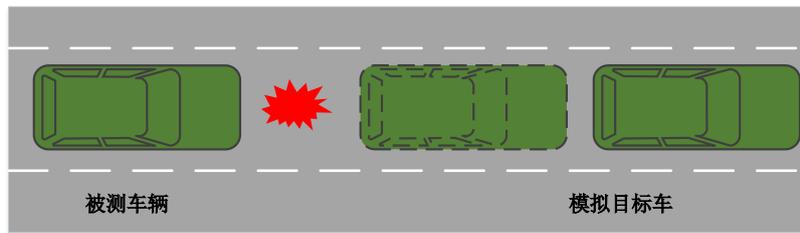


图 7 前车碰撞预警工况示意图

表 7 和图 6 所示工况分为以下三个阶段：

目标与本车等速阶段，目标与被测车辆在相对距离 S_1 处保持相对速度为 0，持续时间 t_1 。

目标减速靠近阶段，目标以相对速度 $-V$ 靠近被测车辆，持续时间 t_2 ， V 和 t_2 应结合 TTC 进行设置，保证在此阶段能成功触发被测车辆的 FCW 功能，且不使车辆出现紧急制动。

目标加速远离阶段，目标以相对速度 V 远离被测车辆，持续时间 t_3 ($t_3=t_2$)，同时在目标远离阶段能使车辆正常退出 FCW 告警状态，回到正常行驶状态。

5.2.4 测试步骤

测试可按如下步骤进行：

- 1) 测试前应由被测件提供方同步填报被测车辆车载毫米波雷达的工作频率、工作带宽、极化方式和有效工作距离、有效工作车速；
- 2) 根据以上参数计算 FCW 测试中所需设置的目标模拟器参数，并确定目标模拟器的天线极化方式（若有）；
- 3) 按要求布置被测车辆和目标模拟器、抗扰测试天线；
- 4) 根据 2) 的计算结果确定 5.2.3 的中各参数的数值要求；
- 5) 按照前向碰撞预警工况要求设置被测车辆车速与状态、目标模拟器参数和抗扰试验测试系统的单频点驻留时间 T ，电磁抗扰单频点驻留时间应为工况循环周期时间的 1.5 倍，再按照 4.2 a) 节进行电磁抗扰性能测试，记录试验现象和监控参数的曲线，根据现象和参数监控的结果进行偏离判定；
- 6) 完成试验后，车辆熄火，关闭并整理试验仪器。

6 网联汽车电磁抗扰性能技术要求和测试评价方法

6.1 车载导航功能

6.1.1 测试设备要求和测试布置

6.1.1.1 测试设备要求

在原有汽车电波暗室设备基础上，需要增加与车载导航系统建立卫星信号连接的测试设

备,选用的卫星信号发射天线应是与车载卫星接收天线具有相同极化方式的圆极化天线或线极化天线。采用卫星信号模拟器进行工况模拟,测试前需对卫星信号模拟器进行参数设置。

卫星信号模拟系统需放置在电波暗室外,卫星信号发射天线应放置在电波暗室内,施加电磁骚扰时,必须保证:

- 1) 如有必要,需要在卫星信号模拟系统和天线之间增加工作在卫星信号频率的带通滤波器,以保证卫星信号模拟器不受测试时施加的电磁骚扰影响;
- 2) 进行电磁抗扰性能测试的系统应具备良好的底噪和谐波抑制能力,特别是落在被测卫星工作频段的谐波。

6.1.1.2 测试布置

测试布置示意图 8 所示:

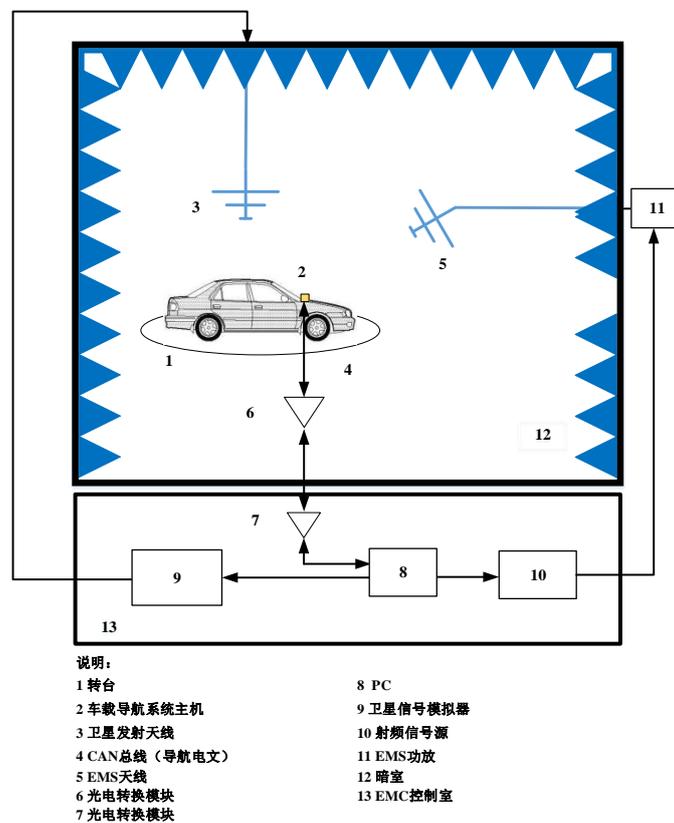


图 8 车载导航功能电磁抗扰性能测试布置示意图

6.1.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

表 8 为推荐的车辆导航功能抗扰试验条件和失效判定准则。参数指标可通过 CAN 总线、车载以太网等方式进行监控,现象指标可通过摄像头、麦克风进行监控。可能影响导航抗扰

度相关功能的车辆其他系统的试验条件（状态）和失效判定准则，应由制造商和检测机构协商确定。

表 8 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

车辆试验条件		失效判定准则
参数指标	当前定位时间	当前定位时间非预期偏差
	定位标识符	定位标识符非预期变化
	经纬度	经纬度变化超出制造商技术规范中要求的范围
	导航故障位	导航故障位激活，诊断出现故障
	通讯错误帧	出现通讯错误帧
现象指标	导航界面地图指针	导航界面地图指针非预期行为
	卫星连接状态	卫星连接非预期行为

6.1.3 典型测试工况

在进行导航功能电磁抗扰性能测试前，应对测试工况进行参数设置和状态确认。需要确保未进行电磁抗扰性能测试时，卫星定位功能正常且卫星信号链接稳定。

1) 静态卫星定位工况

静态卫星定位测试方法具体为利用卫星信号模拟器生成一个静态卫星定位信号，卫星信号通过卫星发射天线与车载卫星天线通过 OTA 方式建立稳定连接。

卫星信号参数设置可参考下表：

表 9 卫星信号参数设置表

设置参数	参数描述	备注
卫星制式	选择卫星制式： GPS、GALILEO、GLONASS、BeiDou	测试需求方根据自身产品需要选择单模卫星制式进行测试，也可选择多模卫星制式进行测试
卫星工作频率	选择对应卫星的工作频段 GPS: L1、L2、L5 GALILEO: L1、L2 GLONASS: L1、L2 BeiDou: B1、B2、B3	测试需求方根据自身产品需要选择测试频段
定位模式	自动定位模式	由卫星信号模拟器自动分配相关参数
位置信息	选择卫星信号位置信息，如经纬度、高度等	可在利用卫星信号模拟器内置城市位置信息，也可手动自定义

表 9 (续)

设置参数	参数描述	备注
卫星历书与星历	设置卫星的历书与星历文件信息	可利用卫星信号模拟器内置的历书与星历文件，保持默认设置。也可用户自定义导入标准的历书与星历文件
卫星数量	设置模拟的卫星数量，至少选择卫星数量为 4 颗	测试需求方根据自身产品需要也可选择更多数量的卫星
卫星功率	可根据卫星信号发射链路功率调整仪器生成的功率	调整链路功率至车载卫星接收机动态范围内，保证链路连接稳定

2) 道路动态定位工况

利用卫星信号模拟器生成车辆沿道路动态行驶过程中的卫星信号，卫星信号通过卫星信号发射天线与车载卫星接收天线以 OTA 方式建立稳定连接。

6.1.4 电磁抗扰性能测试项目和施加方式

车载导航功能的电磁抗扰测试项目参考章节 4.1，施加方式参考章节 4.2 (b)。进行窄带电磁能抗扰度中车外辐射源法测试时，导航系统的工作频段应进行豁免，下表为各卫星典型工作频段。

表 10 卫星典型工作频段表

卫星制式	工作频段 MHz
GPS	L1: 1559~1610 L2: 1215~1300 L5: 1164~1215
GALILEO	E1: 1559~1610 E5: 1164~1215
GLONASS	L1: 1559~1610 L2: 1215~1300
BeiDou	B1: 1559 ~ 1610 B2: 1164 ~1215 B3: 1215 ~1300

6.1.5 测试步骤

测试可按如下步骤进行：

- 1) 测试前应根据测试工况设置卫星信号模拟器参数，调整链路功率大小，确保链路连接稳定，车载卫星接收机电平处于接收机动态范围内；
- 2) 进行测试布置，将电磁抗扰度天线、车辆以及卫星信号发射天线按标准要求进行布置；
- 3) 车辆上电或点火，确保车载导航功能正常工作；
- 4) 当车载导航功能静态定位或动态定位成功后，根据电磁抗扰测试项目和施加方式进行车辆电磁抗扰性能测试；
- 5) 测试过程中，记录关注的参数和试验现象；
- 6) 完成试验后，关闭卫星信号模拟器射频开关和电源，车辆下电，整理试验相关仪器。

6.2 车载移动通信功能

6.2.1 测试设备要求和测试布置

6.2.1.1 测试设备要求

在原有汽车电波暗室设备基础上，需要增加与车载移动通信终端建立移动通信网络连接的测试设备。采用通信综测仪进行基站模拟，测试前需对通信综测仪进行参数设置。

通信综测仪需放置在电波暗室外，通信天线应放置在电波暗室内，进行电磁抗扰性能测试时，必须保证：

- 1) 如有必要，需要在通信综测仪和通信天线之间增加工作在通信频段的带通滤波器，以保证通信综测仪不受测试时施加的电磁骚扰影响；
- 2) 电磁抗扰性能测试所用的系统应具备良好的底噪和谐波抑制能力，特别是处于被测通信频段的谐波；
- 3) 若要进行 3G 和 4G 网络的电磁抗扰度测试，则需使用到测试白卡，且车载移动通信终端支持插入白卡进行测试；
- 4) 若车载移动通信终端配备的是 e-SIM 卡，则需开放相关测试接口或换装带有 SIM 卡接口的同型号同版本测试样件，确保车载移动通信终端能与通信综测仪进行连接。

6.2.1.2 测试布置

测试布置应满足如下几点要求：

- 1) 通信天线应尽量远离电磁抗扰度发射天线，尽可能减少抗扰天线和通信收发天线之间的能量耦合；
- 2) 通信综测仪与车载通信终端通过通信收发天线建立 OTA 连接，需要调整上行、下行链路功率以保证通信综测仪与车载通信终端能够建立稳定连接。

测试布置示意图如图 9 所示：

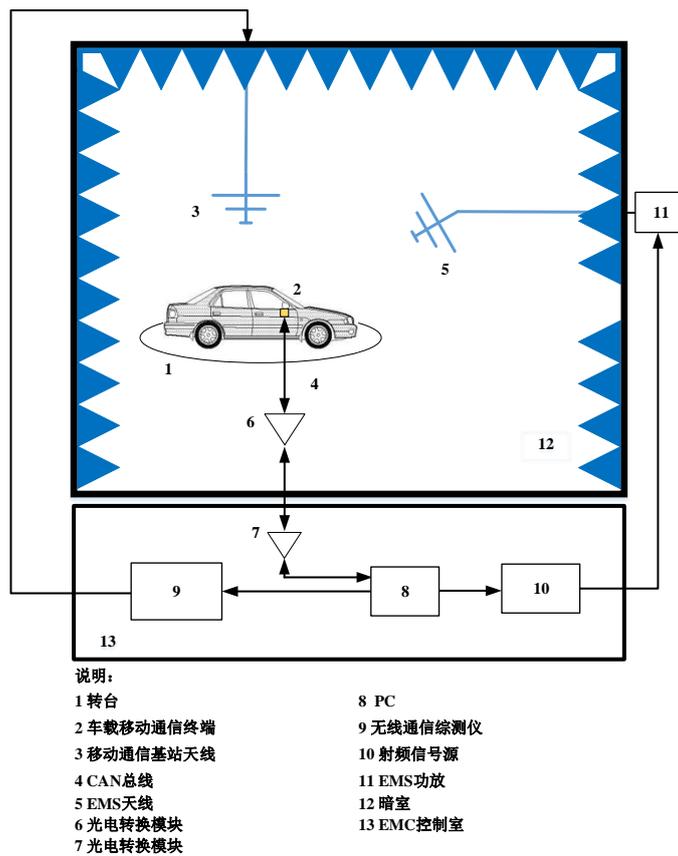


图 9 车载移动通信功能电磁抗扰性能测试布置示意图

6.2.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

表 11 为推荐的车辆移动通信功能抗扰试验条件和失效判定准则。参数指标可通过 CAN 总线、车载以太网等方式进行监控，现象指标可通过摄像头、麦克风进行监控。可能影响车辆移动通信抗扰度相关功能的车辆其他系统的试验条件（状态）和失效判定准则，应由制造商和检测机构协商确定。

表 11 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

车辆试验条件		失效判定准则
参数指标	吞吐量	超出制造商技术规范中要求的范围
	误码率	超出制造商技术规范中要求的范围
	OCU 故障位	OCU 故障位激活，诊断出现故障
	通讯错误帧	出现通讯错误帧
现象指标	通话连接状态	通话连接非预期行为
	通话质量	通话出现明显杂音
	数据传输连接状态	数据传输连接非预期行为

6.2.3 典型测试工况

在进行移动通信功能电磁抗扰度测试前，应对测试工况进行参数设置和状态确认。需要确保未进行电磁抗扰性能测试时，移动通信功能正常且连接稳定。

6.2.3.1 2G（GSM）网络

车载通信终端在通信综测仪上注册并建立语音通话连接。整车企业可选择任意一个或多个 GSM 子频段对车辆进行电磁抗扰性能测试。

6.2.3.2 3G（WCDMA）网络

1) 语音通话模式

车载通信终端在通信综测仪上注册并建立语音通话连接。整车企业可选择任意一个或多个 WCDMA 子频段对车辆进行电磁抗扰性能测试。

2) 数据传输模式

车载通信终端在通信综测仪上注册并建立数据传输连接。整车企业可选择任意一个或多个 WCDMA 子频段对车辆进行电磁抗扰性能测试。

6.2.3.3 4G（LTE）网络

车载通信终端在通信综测仪上注册并建立数据传输连接，通信综测仪被测车辆收发数据包。整车企业可根据自身产品特点选择 LTE 网络制式和通信子频段对车辆进行电磁抗扰性能测试。

6.2.4 电磁抗扰性能测试项目和施加方式

车载移动通信功能的电磁抗扰性能测试项目参考章节 4.1，施加方式参考章节 4.2(b)。进行窄带电磁能抗扰度中车外辐射源法测试时，车载移动通信系统的工作频段应进行豁免，下表为各网络制式的典型工作频段。

表 12 移动通信系统典型工作频段

网络制式		上行工作频段（UL） MHz	下行工作频段（DL） MHz
2G	GSM 900	890-915	935-960
	GSM 1800	1710-1785	1805-1880
3G	WCDMA	1940-1955	2130-2145
4G	FDD-LTE	Band 3: 1710-1785	1805-1880
	TD-LTE	Band 39: 1880-1920	1880-1920
		Band 40: 2300-2400	2300-2400
Band 41: 2496-2690		2496-2690	

6.2.5 测试步骤

测试可按如下步骤进行：

- 1) 测试前应根据测试计划和要求设置通信综测仪参数，将车载通信终端插上测试白卡；
- 2) 车辆上电或点火，确保车载通信终端处于上电待机模式；
- 3) 进行测试布置，将电磁抗扰度天线、车辆以及通信天线按要求进行布置，将通信综测仪与车载通信终端进行网络注册连接，确保链路连接稳定；
- 5) 根据电磁抗扰测试项目和施加方式进行车辆电磁抗扰性能测试；
- 6) 测试过程中，记录关注的参数和试验现象；
- 7) 完成试验后，关闭通信综测仪射频开关和电源，车辆下电，整理试验相关仪器。

6.3 车载紧急呼叫功能

6.3.1 测试设备要求和测试布置

6.3.1.1 测试设备要求

参考章节 6.1.1.1 和章节 6.2.1.1.

6.3.1.2 测试布置

测试布置如图 10 所示：

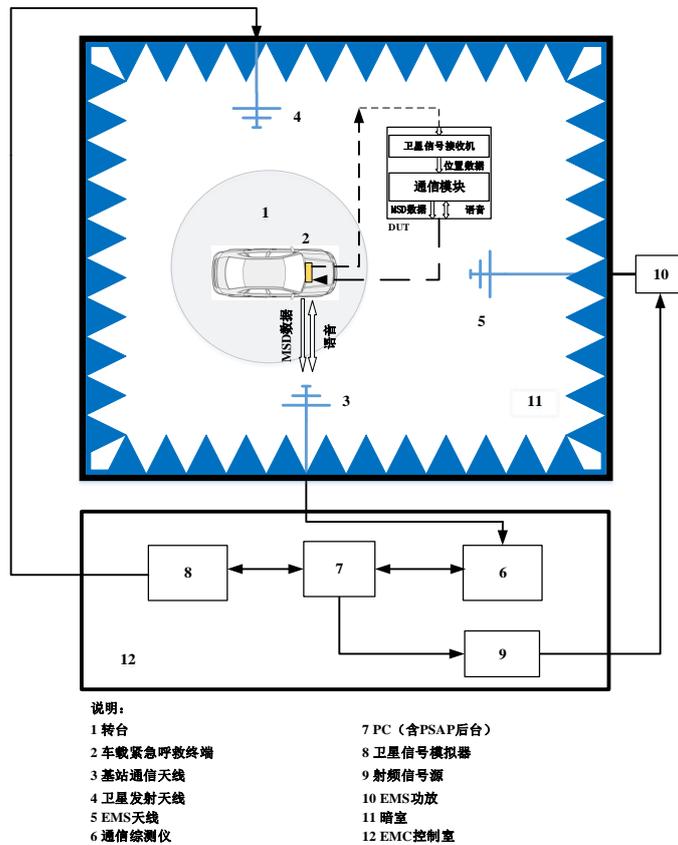


图 10 车载紧急呼叫功能电磁抗扰性能测试布置示意图

6.3.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

表 13 为推荐的车辆紧急呼叫功能抗扰试验条件和失效判定准则。参数指标可通过 CAN 总线、车载以太网等方式进行监控，现象指标可通过摄像头、麦克风进行监控。可能影响车辆紧急呼叫抗扰度相关功能的车辆其他系统的试验条件（状态）和失效判定准则，应由制造商和检测机构协商确定。

表 13 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

车辆试验条件		失效判定准则
参数指标	最小数据集 MSD	最小数据集数据非预期偏差
现象指标	通话连接状态	通话连接非预期行为
	通话质量	通话出现明显杂音
	最小数据集传输状态	最小数据集传输失败
	卫星信号连接状态	卫星连接非预期行为
	导航界面地图指针	导航界面地图指针非预期行为

6.3.3 典型测试工况

典型测试工况如下：

- 1) 卫星信号连接部分采用静态卫星定位测试方法，具体见章节 6.1.3；
- 2) 移动通信网络连接制式由紧急呼叫系统支持的网络制式决定，利用通信综测仪与车载紧急呼叫系统建立注册连接；
- 3) 系统连接稳定后，触发紧急呼叫功能，同时对车辆进行电磁抗扰性能测试。

6.3.4 电磁抗扰性能测试项目和施加方式

电磁抗扰性能测试项目参考章节 4.1，施加方式参考章节 4.2（b）。进行窄带电磁能抗扰度中车外辐射源法测试时，车载紧急呼叫系统的工作频段应进行豁免，免测频段参考章节 6.1.4 和 6.2.4。

6.3.5 测试步骤

测试可按如下步骤进行：

- 1) 测试前应根据测试计划和要求设置通信综测仪参数和卫星信号模拟器参数；
- 2) 车辆上电或点火，确保车载紧急呼叫系统终端处于上电待机模式；
- 3) 进行测试布置，将抗扰度天线、车辆、通信天线、卫星发射天线按标准要求进行布置；
- 4) 调整链路功率大小，将通信综测仪与车载紧急呼叫终端进行网络注册连接，将卫星信号模拟器与车载紧急呼叫终端建立卫星信号连接，确保链路连接稳定；
- 5) 根据电磁抗扰测试项目和施加方式进行车辆电磁抗扰性能测试；

6) 测试过程中, 记录关注的参数和试验现象;

7) 完成试验后, 关闭通信综测仪和卫星信号模拟器射频开关和电源, 车辆下电, 整理试验相关仪器;

8) 完成实验报告。

6.4 面向 LTE-V2X mode4 应用功能

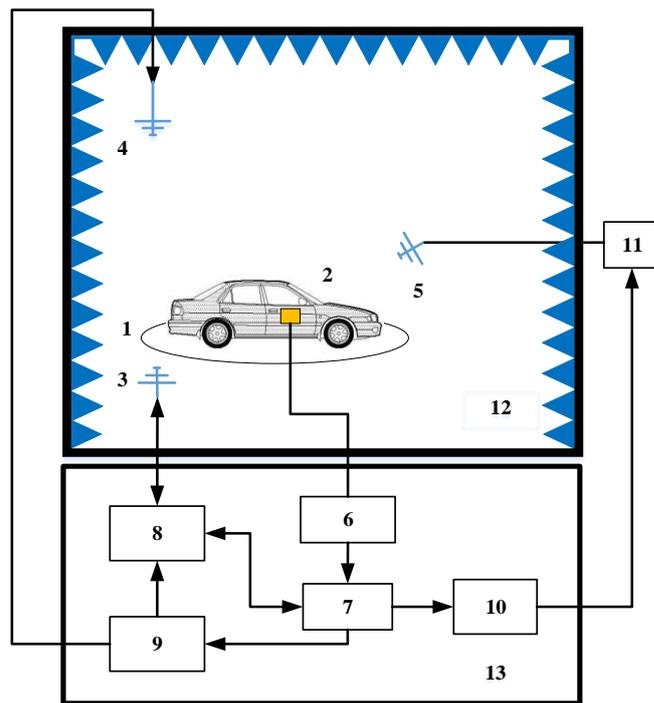
6.4.1 测试设备要求和测试布置

6.4.1.1 测试设备要求

采用具备 LTE-V2X PC5 直连通信模式的目标模拟设备, 在进行电磁性能抗扰性能测试时, 应确保此目标模拟设备不受测试时施加的电磁骚扰影响。如有必要, 需要在目标模拟设备和通信天线之间增加工作频率为 5905MHz~5925MHz 的带通滤波器。

6.4.1.2 测试布置

测试布置示意图如图 11:



说明:

1 转台

2 车载V2X通信终端

3 通信天线

4 卫星信号发射天线

5 EMS天线

6 数据采集器

7 PC

8 LTE-V2X目标模拟器

9 卫星信号模拟器

10 射频信号源

11 EMS功放

12 暗室

13 EMC控制室

图 11 面向 LTE-V2X mode4 应用功能的电磁抗扰性能测试布置示意图

6.4.2 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

表 14 为推荐的车辆 LTE-V2X mode4 功能抗扰试验条件和失效判定准则。参数指标可通过 CAN 总线、车载以太网等方式进行监控，现象指标可通过摄像头、麦克风进行监控。可能影响车辆 LTE-V2X mode4 抗扰度相关功能的车辆其他系统的试验条件（状态）和失效判定准则，应由制造商和检测机构协商确定。

表 14 车辆抗扰试验条件和失效判定准则

车辆试验条件		失效判定准则
参数指标	系统时间	系统时间非预期偏差
	经纬度	超出制造商技术规范中要求的范围
	端对端延时	超出制造商技术规范中要求的范围
	数据丢包率	丢包率大于 40%为不合格
	应用响应时间	超出制造商技术规范中要求的范围
现象指标	BSM 数据发送状态	BSM 数据发送失败
	LTE-V2X 通信连接状态	LTE-V2X 通信非预期行为
	导航连接状态	导航连接非预期行为
	预警响应情况	预警响应非预期行为

6.4.3 典型测试工况

利用目标模拟器模拟 RV 或 RSU，卫星信号模拟器通过 OTA 方式将卫星信息发送给 HV、RV 和/或 RSU，HV 与 RV 实时交互 BSM 消息，实现 HV 与 RV 在各种交通场景下的预警响应，典型的交通场景有交叉路口碰撞预警、同一车道前向碰撞预警等。

a) 基于 LTE-V2X 的交叉路口碰撞预警（IMA）功能测试

此测试工况为 PC5 直连通信模式，考虑 RSU 中继，位于交叉路口的 RV 与 HV 的信息交互通过 RSU 中继完成。根据数据采集器获取信息分析 TTI(Time to Intersection)值，以确定 HV 的交叉路口碰撞预警功能是否正确响应。

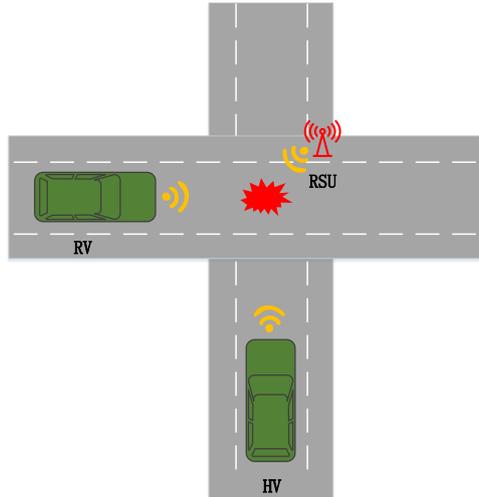


图 12 基于 V2X 的交叉路口碰撞预警（IMA）功能测试工况示意图

推荐测试工况如下：

RV 测试工况如表 15，HV 测试工况如表 16，车辆直连通信状态稳定时，启动 IMA 应用，对车辆进行电磁抗扰性能测试。

表 15 RV 测试工况

RV 测试工况		
参数	参考值	单位
RV 到路口初始距离	150	m
RV 车速	20	m/s

表 16 HV 测试工况

HV 测试工况		
参数	参考值	单位
HV 到路口初始距离	150	m
HV 车速	20	m/s

b) 基于 V2X 的前向碰撞预警（FCW）功能测试

此测试工况为 PC5 直连通信模式，不考虑 RSU 中继，即同一车道的 RV 与 HV 直连进行信息交互。根据数据采集器获取信息分析 TTC 值，以确定前向预警功能是否正确响应。

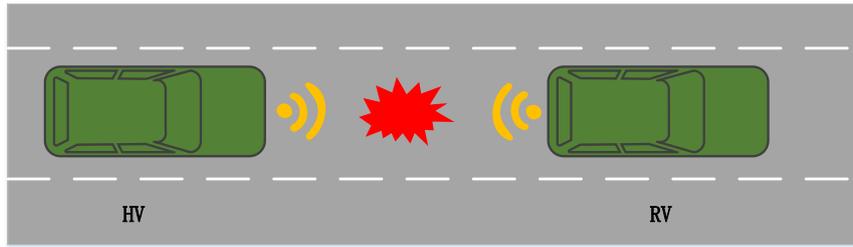


图 13 基于 V2X 的前向碰撞预警（FCW）功能测试工况示意图

推荐测试工况如下：

RV 测试工况如表 17，HV 测试工况如表 18，车辆直连通信状态稳定时，启动 FCW 应用，此时对车辆进行电磁抗扰性能测试。

表 17 RV 测试工况

RV 测试工况		
参数	参考值	单位
两车初始车距	150	m
RV 车速	0	m/s

表 18 HV 测试工况

HV 测试工况		
参数	参考值	单位
HV 车速	20	m/s

6.4.4 电磁抗扰性能测试项目和施加方式

电磁抗扰性能测试项目参考章节 4.1，施加方式参考章节 4.2（a）。进行窄带电磁能抗扰度中车外辐射源法测试时，面向 LTE-V2X mode 4 的应用系统工作频段（5905MHz~5925MHz）应进行豁免。

6.4.5 测试步骤

测试可按如下步骤进行：

- 1) 根据测试布置要求，将被测车辆和测试系统布置完成；
- 2) 根据测试工况，设置 LTE-V2X 目标模拟器参数，生成 BSM 数据包，数据包内可设置参数包括：速度、位置、行进方向，数据包发送频率设置为：100Hz；

- 3) GNSS 信号同步;
- 4) 调整链路功率大小, 确保 V2X 通信连接正常: 丢包率<5%;
- 5) 被测车辆接收目标模拟器发送的 BSM 数据包, 数据采集器采集应用响应情况, 包括功能应用响应时间, 响应等级, 数据采集器输出接电脑, 对测试结果进行分析;
- 6) 对车辆进行电磁抗扰性能测试, 观察功能应用现象, 计算此时功能应用响应时间, 将测试结果与无电磁骚扰时的测试结果对比分析。