

Q/FPT

北汽福田汽车股份有限公司企业标准

电子电器零部件通用电磁兼容性 技术标准

目录

前言	IV
1. 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 一般性要求	1
3.1 供电电压	1
3.2 参数公差及计量单位	1
3.3 中英文对照	2
3.4 测试环境要求	3
3.5 性能要求	3
3.6 负载	4
3.7 试验线束	4
3.8 DUT 的接地方式	4
3.9 DUT 数量	4
3.10 试验顺序	4
3.11 试验计划	4
3.12 试验报告	5
3.13 部件重要性	5
3.14 功能状态等级	5
3.15 电磁兼容实验室	6
4 发射试验	6
4.1 测量步骤	6
4.2 辐射发射 RE-test	7
4.2.1 测量设备要求	7
4.2.2 辐射发射限值	7
4.3 传导发射（电压法）AN-test	11
4.3.1 测量设备要求	11
4.3.2 传导发射限值	11
4.4 传导发射（电流法）CP-test	11
4.4.1 测量设备要求	11
4.4.2 传导发射限值	12
5 抗扰度试验	12
5.1 辐射抗扰度 ALSE-test	13
5.1.1 设备要求	13
5.1.2 试验要求	13
5.1.3 功能状态等级	14
5.2 磁场抗扰度 LFM-test	14
5.2.1 频率步长	14

5.2.2 功能状态等级	14
5.3 大电流注入法 BCI-test	14
5.3.1 设备要求	14
5.3.2 试验要求	15
5.3.3 功能状态等级	15
5.4 手持式天线法 Hand portable transmitters	15
5.4.1 设备要求	15
5.4.2 试验要求	15
5.4.3 功能状态等级	16
6 传导瞬态发射和传导瞬态干扰试验	16
6.1 传导瞬态发射 CTE-test	16
6.2 沿电源线的传导瞬态干扰 TSOP-test	17
6.3 信号线瞬态抗扰度 TOL-test	17
6.3.1 沿一般信号线的电瞬态传导干扰	17
6.3.2 沿传感线信号直接电容耦合的电瞬态传导干扰	18
7 静电放电试验 ESD-test	18
7.1 静电放电, 不带电模式	18
7.2 静电放电, 带电模式	19

前言

本标准是根据国家、行业等相关标准的规定，结合本公司产品设计、生产、采购、质保等部门的工作需要而制定的；

本标准是由北汽福田汽车有限公司工程研究总院电子电控中心提出并归口；

本标准起草单位：北汽福田汽车有限公司工程研究总院电子电控中心；

本标准主要起草人：钱国平、田俊涛、刘莲芳、郑海霞、刘东、郝冲、郭明、谭业辉；

电子电器零部件通用电磁兼容性技术标准

1. 范围

本标准规定零部件及系统的电磁兼容性要求，试验方法和试验顺序，其他的试验条件和检验规则必须在相应的零部件技术规范中定义。

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。

IEC CISPR 25 车辆、船和设备-无线电骚扰特性-用于保护车载接收机的限值和测量方法

ISO 7637-1 道路车辆-由传导和耦合引起的电骚扰-第 1 部分:术语和定义

ISO 7637-2 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

ISO 7637-3 道路车辆-由传导和耦合引起的电骚扰-第 3 部分:通过容性和感性耦合沿除电源线外的其它信号线的电瞬态传导干扰

ISO 10605 道路车辆-静电放电产生的电骚扰的试验方法试验

ISO 11452-2 道路车辆-零部件窄带辐射抗扰度的试验方法-第 2 部分:电波暗室法

ISO 11452-4 道路车辆-零部件窄带辐射抗扰度的试验方法-第 4 部分:大电流注入法

ISO 11452-8 道路车辆-零部件窄带辐射抗扰度的试验方法-第 8 部分:磁场抗扰度

ISO 11452-9 道路车辆-零部件窄带辐射抗扰度的试验方法-第 9 部分:便携式发射机

3 一般性要求

3.1 供电电压

表 1 工作电压范围

标称电压(V)	工作电压(V)
12	13.5
24	27

3.2 参数公差及计量单位

表 2 误差允许度

参数	公差
电压	± 5 %
电流	± 5 %
距离	± 10 %

表 2 续

长度	$\pm 10 \%$
电阻和阻抗	$\pm 10 \%$
功率误差	$\pm 1 \%$
场强误差	$\pm 3\text{dB}$

表 3 计量单位

单位	定义	单位	定义
A	安培	H	磁场强度
°C	摄氏度	I	电流
dB	分贝	I _{Gen}	发电机电流
h	小时	L	电感
H	亨利	R	电阻
Hz	赫兹	R _i	输入电阻
m	米	R _L	负载电阻
min	分钟	t	时间
F	法拉	td	脉冲持续时间
s	秒	tr	上升时间
V	伏特	T _U	周围环境温度
W	瓦特	U	电压
Ω	欧姆	U _B	工作电压
A	衰减系数	U _{Gen}	启动电压
C	电容	U _{RL}	电压负载阻抗
E	电场强度	U _S	电压幅值
ξ r	介电常数/电容率	U _{SS}	电压峰值
f	频率		

3.3 中英文对照

AN-test

传导发射（电压法）

RE-test 辐射发射

CP-test 传导发射（电流法）

CTE-test 传导瞬态发射

BCI-test 大电流注入法

ALSE-test 辐射抗扰度

Hand portable transmitters 手持式天线法

LFM-test 磁场抗扰度

TSOP-test 沿电源线的传导瞬态干扰

TOL-test 信号线瞬态抗干扰度

ESD-test 静电放电

DUT 被测零部件

EMC 电磁兼容性

NavigationBeidou 北斗定位

NavigationGPS、GalileoGPS、伽利略定位

NavigationGlonassGLONASS 定位

3.4 测试环境要求

除非有其他说明，测试环境误差允许度如下：

- a) 温度：23 °C ± 5 °C；
- b) 相对湿度：小于 40%（仅 ESD 测试）；
- c) 大气压力：96 kPa ± 10 kPa（仅 ESD 测试）；

3.5 性能要求

DUT 要同时满足本标准要求的零部件级的试验要求以及整车级的试验要求。零部件的 EMC 试验不能取代整车的 EMC 试验。零部件试验和整车试验的具体关联性取决于零部件的安装位置，线束长度，布线和接地方式，以及天线系统等。零部件试验是在实际整车试验前对零部件的 EMC 性能预估。

任何偏离本标准的要求和试验程序的行为在试验前要取得福田方面的同意。这些偏差需要在试验计划、零部件的绘图和试验报告等地方体现出来。在本标准中，电子零部件，电机和感性设备因适用于不同的试验要求而被分为不同种类。对所有试验，在频率交界点和内容有重合的部分适用严酷的试验要求。

表 4 是电子/电器零部件和分系统试验项选择矩阵。

表 4 EMC 试验项选择矩阵

试验项目	缩写	零部件分类								
		无源部件	感性部件	电机类		主动部件				
		P	R	BM	EM	A	AS	AM	AX	AY
发射试验	AN-test			√	√	√	√	√	√	√
	RE-test			√	√	√	√	√	√	√
	CP-test			√	√	√	√	√	√	√
瞬态传导发射	CTE-test		√	√	√	√			√	√

表 4 续

抗扰度试验	BCI-test				√	√	√	√	√	√
	ALSE-test				√	√	√	√	√	√
	Hand portable transmitters				√	√	√	√	√	√
低频磁场抗扰	LFM-test							√		
瞬态传导抗扰	TSOP-test	√			√	√		√	√	√
	TOL-test				√	√		√	√	√
静电放电	ESD-test	√			√	√	√	√	√	√

3.6 负载

除非另有说明，抗扰度试验使用实际负载，发射试验可以使用模拟负载。根据电机种类，DUT 要在最大负载条件下工作。负载不应该影响到最终的试验结果。

试验计划中要有负载信息的描述。

3.7 试验线束

除特殊说明外试验过程中要采用实际整车使用的线束（包括半径和材料等），线束长度要满足标准要求。

试验计划中要有线束信息的描述。

3.8 DUT 的接地方式

DUT 要放到接地平板上厚度为 50mm 的绝缘材料上。但是，如果 DUT 的外壳是金属的，在实车中安装为直接接地，试验过程中应对其金属外壳进行接地处理，，尽量按照在实车中的应用状态摆放。

磁场抗扰度试验和 ESD 试验不适用此要求。

DUT 的接地方式要在 EMC 试验计划和报告中注明。

3.9DUT 数量

至少需要两个 DUT 进行试验。每个 DUT 都要通过所有适用的试验。

3.10 试验顺序

首先进行静电放电模式试验。其它试验在顺序上不做要求。

一旦发生因静电放电试验致使 DUT 损坏的事件时，推荐使用额外的 DUT。任何为解决 ESD 问题对 DUT 进行的更改都要求重新试验。在整个过程中遇到的任何问题都要立即联系福田相关设计工程师。

3.11 试验计划

任何对本标准的增加或更改之处都要在试验计划中说明，同时在福田方面同意试验前要得到认可。试验计划审核通过后，如果后期审查发现有试验搭设和/或验收标准方面的缺陷等问题，福田也会追究供应商的责任，福田方面有权要求重新试验。

除了各个章节对试验计划的具体要求外，所有的试验计划应该包含如下内容：

- DUT 的描述和 PN 号，硬件和软件的版本号；
- 详细的试验搭设图（包括试验设备，线束及其长度等）；

- 负载和试验辅助设备（CAN 或 LIN，电机等）；
- 执行试验的具体选择，以及试验等级；
- 验收准则（如何判定功能等级和监控方式）。

3.12 试验报告

除了各个章节对报告的具体要求外，所有的报告应该包含如下内容：

- 内部唯一的试验报告编号；
- DUT 的描述和 PN 号，硬件和软件的版本号；
- 试验日期；
- 设备名称；
- 负责工程师；
- 负责部门/公司；
- 试验类型（DV 或 PV）；
- 试验设备软件版本（如果试验设备是软件控制的）；
- 原试验计划附件；
- 试验程序的删减或添加；
- 试验搭设和使用设备的描述；
- 试验搭设图片；
- 线束的编号及信息描述；
- 除非有设备记录，报告中要有设备校验日期的信息。

3.13 部件重要性

A：车载舒适系统，例如车载娱乐系统、不重要的显示屏等；

B：辅助行车系统，但是不直接控制行车，例如车辆信息显示屏；

C：行车安全类系统，例如安全气囊、ABS 等。

3.14 功能状态等级

表 5 功能状态等级

等级 A	在受到干扰期间和干扰移除后，设备和系统的所有功能应该按照设计工作（或者达到规定要求）。
等级 B	在受到干扰期间，设备或系统的所有功能均应按照设计工作；个别功能可以超过规定的公差。干扰移除后，所有的功能必须自动恢复到正常的公差要求。在整个过程中存储功能必须保持功能状态等级 A。
等级 C	在受到干扰期间，设备和系统的部分功能可以出现故障，但是干扰移除后，所有的功能必须自动恢复到正常的工作状态。在整个过程中永久性存储功能必须保持功能状态等级 A。

表 5 续

等级 D	在受到干扰期间，设备和系统的部分功能可以出现故障，干扰移除后，通过手动方式重启或简单修复（如更换保险丝）后，设备或系统的所有功能必须恢复到正常工作状态。
等级 E	在受到干扰期间，设备和系统的部分功能可以出现故障，干扰移除后，除非通过更换和修复设备或系统，设备或系统的所有功能不能恢复到正常的工作状态。

3. 15 电磁兼容实验室

所有进行试验的电磁兼容实验室需经北汽福田汽车股份有限公司认可，并且所有试验数据对北汽福田汽车股份有限公司是非保密的。

4 发射试验

4. 1 测量步骤

从减少测量时间方面考虑推荐使用图 1 和图 2 所示的测量步骤。

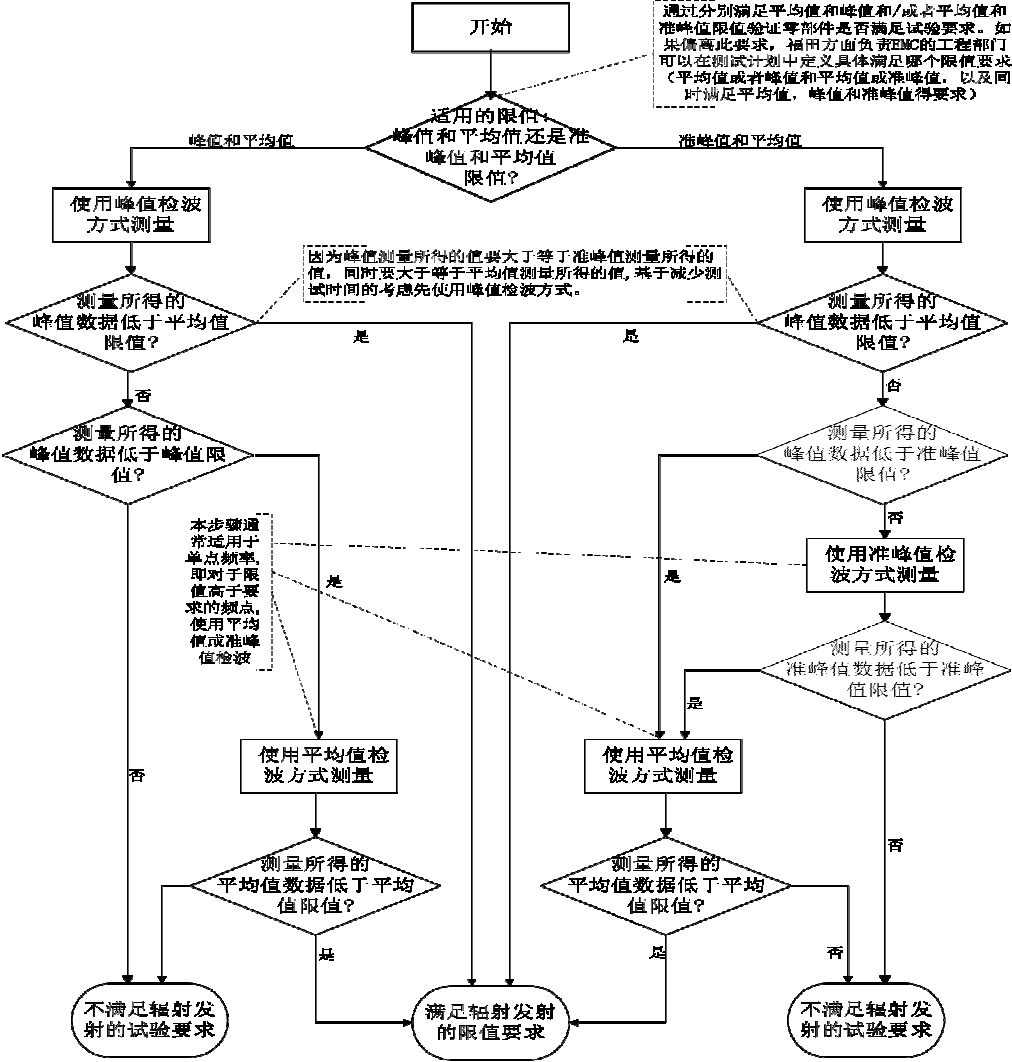


图 1 频段 150kHz-6GHz（频段 LF、MF、HF、VHF 除外）的测量步骤

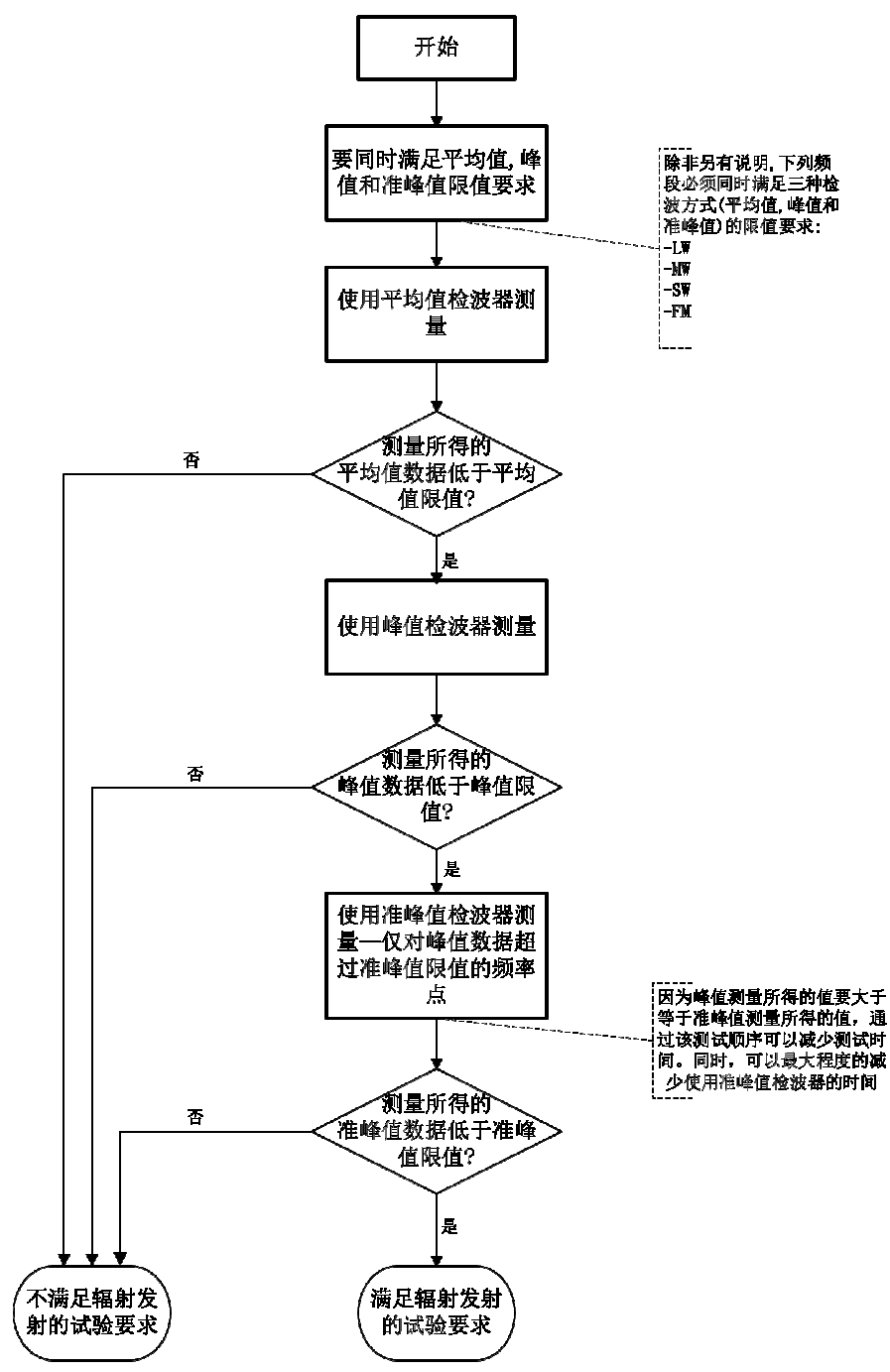


图 2 无线电频段 (LF、MF、HF、VHF) 测量步骤

4. 2 辐射发射 RE-test

详细的测量设备、DUT 和外设周边的设置布局, 以及测量方法的相关内容等参照 IEC CISPR 25 的要求, 同时第 3 章的要求也要满足。

4. 2. 1 测量设备要求

测量设备 (频谱分析仪和扫描机收音 2) 的参数设置参照 IEC CISPR 25。

4. 2. 2 辐射发射限值

辐射发射限值如表 6 定义。

表 6 辐射发射限值

编号	频段名称	频率	峰值		准峰值		平均值	
			限值	带宽	限值	带宽	限值	带宽
		MHz	dB（μV/m）	KHz	dB（μV/m）	KHz	dB（μV/m）	KHz
基本限值								
B4		0.009-0.15	86-20* log(f/0.009) ^{a)}	0.2	-	-	-	-
B5		0.15-5.35	62	9/10	-	-	-	-
B6		5.35-20	62-40* log(f/5.35) ^{a)}	9/10	-	-	-	-
B7		20-30	39	9/10	-	-	-	-
B8		30-75	62-25.13* log(f/30) ^{a)}	120	-	-	52-25.13* log(f/30) ^{a)}	120
B9		75-400	52+15.13* log(f/75) ^{a)}	120	-	-	42+25.13* log(f/30) ^{a)}	120
B10		400-1000	63	120	-	-	53	120
B11		1000-3000	80	1000	-	-	60	1000
B12		3000-6000	104	1000	-	-	84	1000
广播								
1	MW	0.52-1.73	-	-	33	9/10	26	9/10
2 ^{b)}	SW49m	5.8-6.3	-	-	31	9/10	24	9/10
3	VHF	76-108	-	-	25	120	18	120
数字广播								
4	DAB	174-241	38	1000	-	-	28	1000
5	SDARS	2320-2345	62	1000	-	-	52	1000
6	TV II	99-108	43	1000	-	-	28	1000
7	TV III	170-230	43	1000	-	-	28	1000
8	TV IV/V	470-806	46	1000	-	-	26	1000
			+20* log(f/470) ^{a)}				+20* log(f/470) ^{a)}	
移动业务								
9	125kHz	0.1-0.15	51	9/10	-	-	-	-
10 ^{b)}	CB radio	26.5-29.7	54	9/10	-	-	34	9/10
11	4 m/BOS	84.015-87.255	31	9/10	-	-	8	9/10
12	2 m/Taxi	146-164	31	9/10	-	-	8	9/10
13	2 m/BOS	167.56-169.38	31	9/10	-	-	8	9/10

表 6 续

14	2 m/BOS	172.16-173.98	31	9/10	-	-	8	9/10
15	SRD	313-317	40	9/10	-	-	20	9/10
16	Trunked radio	380-385	45	120	-	-	25	120
17	Trunked radio	390-400	45	120	-	-	25	120
18	Trunked radio	406-410	45	120	-	-	25	120
19	Trunked radio	420-430	45	120	-	-	25	120
20	SRD	433-435	40	9/10	-	-	20	9/10
21	Trunked radio	460-470	45	120	-	-	25	120
22	2G、3G、4G、5G	555-960	61	1000	-	-	41	1000
23	SRD	863-870	46	9/10	-	-	26	9/10
24	GNSS	1159-1291	/					
25	3G、4G、5G	1350-1518	60	1000	-	-	40	1000
26	详见表 7							
27	2G、3G、4G、5G、bluetoothWLAN	1695-2900	63	1000	-	-	43	1000
			$+20*\log(f/1695)^{a)}$		-	-	$+20*\log(f/1695)^{a)}$	
28	5G	3400-3800	71	1000	-	-	51	1000
29	WLAN、DSRC	5150-5925	74	1000	-	-	54	1000

表 6 续

测量可以在所有范围内用峰值检波器进行。如果峰值测量值低于准峰值极限，准峰值限值被认为是满足的。

a)在公式中，频率 f 单位为兆赫，“对数 log” 基数为 10。

b) 主要应用领域是重型商用车。

MW: 中波

SW49m: 短波

VHF: 超短波

DAB: 数字音频广播

SDARS: 卫星数字音频无线电业务

CB radio: 民用波段无线电

BOS: 近距离手持移动通信设备

Taxi: 出租车

SRD: 自由使用频段

Trunkedradio: 集群无线电

GNSS: 定位

Bluetooth: 蓝牙

WLAN: 无线局域网

DSRC: 短距离通讯

表 7 表 6 中第 26 项实验参考表

编号	频段名称	频率	平均值	
			限值	带宽
		MHz	dB (μ V/m)	KHz
26	Navigation Beidou	1552.098-1559.098	66-20468* $\log (f/1552.098)$	9/10
		1559.098-1563.098	-	
		1563.098-1570.098	26+20613* $\log (f/1563.098)$	
	Navigation GPS、Galileo	1567.42-1574.42	66-20664* $\log (f/1567.42)$	9/10
		1574.42-1576.42	26	
		1576.42-1583.42	26+20782* $\log(f/1590.781)$	
	Navigation Glonass	1590.781-1597.781	66-20980* $\log(f/1590.781)$	9/10
		1597.781-1609.594	26	
		1609.594-1616.594	26+21224* $\log(f/1609.594)$	

4.3 传导发射（电压法）AN-test

详细的测量设备、DUT 和外设周边的设置布局，以及测量方法的相关内容等参照 IEC CISPR 25，同时第 3 章的要求也要满足。

4.3.1 测量设备要求

测量设备（频谱分析仪和扫描机收音）的参数设置参照 IEC CISPR 25。

4.3.2 传导发射限值

传导发射的限值如表 8 定义。

表 8 传导发射（电压法）限值

编号	频段名称	频率	峰值		准峰值		平均值	
			限值	带宽	限值	带宽	限值	带宽
		MHz	dB（μ V/m）	KHz	dB（μ V/m）	KHz	dB（μ V/m）	KHz
基本限值								
B1		0.15-0.52	107-59.51* log(f/0.15) ^{a)}	9/10	-	-	97-59.51* log(f/0.15) ^{a)}	9/10
B2		0.52-30	75	9/10	-	-	65	9/10
B3		30-108	65	120	-	-	55	120
广播								
1	MW	0.52-1.73	-	-	49	9/10	42	9/10
2 ^{b)}	SW49m	5.8-6.3	-	-	46	9/10	39	9/10
3	VHF	76-108	-	-	25	120	18	120
数字广播								
6	TV II	99-108	49	1000	-	-	34	1000
移动业务								
9	125kHz	0.1-0.15	83	9/10	-	-	-	-
10 ^{b)}	CB radio	26.5-29.7	69	9/10	-	-	49	9/10
11	4 m/BOS	84.015-87.255	37	9/10	-	-	14	9/10
测量可以在所有范围内用峰值检波器进行。如果峰值测量值低于准峰值极限，准峰值限值被认为是满足的。								
a)在公式中，频率 f单位为兆赫，“对数 log”基数为 10。								
b) 主要应用领域是重型商用车。								

4.4 传导发射（电流法）CP-test

详细的测量设备、DUT 和外设周边的设置布局，以及测量方法的相关内容等参照 IEC CISPR 25，同时第 3 章的要求也要满足。

4.4.1 测量设备要求

测量设备（频谱分析仪和扫描机收音）的参数设置参照 IEC CISPR 25。

4.4.2 传导发射限值

传导发射的限值如表 9 定义。

表 9 传导发射（电流法）限值

编号	频段名称	频率	峰值		准峰值		平均值	
			限值	带宽	限值	带宽	限值	带宽
		MHz	dB（ μ V/m）	KHz	dB（ μ V/m）	KHz	dB（ μ V/m）	KHz
基础限值								
B15		0.009-0.15	89-20* log(f/0.009) ^a	0.2	-	-	-	-
B16		0.15-4.77	98-20* log(f/0.15) ^a	9/10	-	-	-	-
B17		4.77-15.92	68-40* log(f/4.77) ^a	9/10	-	-	-	-
B18		15.92-20	47-60* log(f/4.77) ^a	9/10	-	-	-	-
B19		20-30	41-20* log(f/20) ^a	9/10	-	-	-	-
B20		30-108	28	120	-	-	18	120
广播								
3	VHF	76-108	-	-	-9	120	-16	120
数字广播								
6	TV II	99-108	16	1000	-	-	0	1000
移动业务								
11	4 m/BOS	84.015-87.255	3	9/10	-	-	-20	9/10

5 抗扰度试验

在 0.1-6000MHz 频段，试验方法可以是下面任意试验方法的组合。同时表 10 所列的要求在试验过程中要执行。

表 10 抗扰度要求

	ISO 11452-2 电波暗室法	ISO 11452-4 大电流注入法
频率范围	200 - 6000MHz	1 - 400MHz

表 10 续

频率步长	1 - 200MHz 1MHz 200 - 400MHz 2MHz 400 - 1000MHz 5MHz 1000 - 6000MHz 10MHz
干扰在各个频点的持续时间	≥2s (取决于待测系统的响应时间)
调制方式	0.1 - 800MHz CW and AM 800 - 2000MHz CW and PM (217Hz, 577μs) 1200 - 1400MHz CW and PM (300Hz, 3μs) 2000 - 2700MHz CW 2700 - 3400MHz CW and PM (300Hz, 3μs) 3400 - 6000MHz CW and PM (1600Hz, 312.5μs) AM 调制: 1kHz (正弦波), m=80%, 参照 ISO 11452-1; PM 调制波形: a.) 脉冲重复率 217Hz, 脉冲持续时间 577μs; b.) 脉冲重复率 300Hz, 脉冲持续时间 3μs。 c.) 脉冲重复率 1600Hz, 脉冲持续时间 312.5μs。
备注	1) 对于电波暗室法: 400MHz 以下天线极化方向只有垂直极化方向, 400MHz 以上天线极化方向增加水平极化。 2) DUT 应该满足标准要求。降级要求需要得到福田方面的同意才能使用。

5.1 辐射抗扰度 ALSE-test

5.1.1 设备要求

详细的试验设备、DUT 和外设周边的设置布局, 以及试验方法的相关内容等参照 ISO 11452-2 的要求, 同时第 3 章的要求也要满足。

5.1.2 试验要求

目标场强如表 11 定义。

表 11 参数设置

	频率范围(MHz)	限值 (V/m)	驻留时间
试验要求	200-380	70	3
	380-460	100	3
	460-806	70	3
	806-915	100	3
	915-1200	70	3
	1200-1400	100	3
	1400-1710	70	3
	1710-1910	100	3
	1910-2700	70	3
	2700-3400	100	3
	3400-6000	50	3

5.1.3 功能状态等级

DUT 的功能状态等级依照表 12 的要求。干扰施加时间不得小于 2s（取决于待测系统的响应时间）。

表 12 功能状态等级

频率范围 (Hz)	标准要求		降级要求 ^a	
	干扰等级 (V/m)	功能状态等级	干扰等级 (V/m)	功能状态等级
200-3400MHz	100	等级 A	60	等级 A
3400-6000MHz	50	等级 A	50	等级 A
注 a: 降级要求需要得到福田方面的同意且 DUT 功能状态至少满足功能状态等级 C。				

5.2 磁场抗扰度 LFM-test

详细的测量设备、DUT 和外设周边的设置布局，以及测量方法的相关内容等参照 ISO 11452-8。

可以采用辐射线圈法或者亥姆霍兹线圈法，具体内容参照 ISO 11452-8。

5.2.1 频率步长

对以下频点 16.67Hz, 50Hz, 60Hz, 83.3Hz, 150Hz, 180Hz, 250Hz, 300Hz 进行试验。同时按照表 13 的步长定义的频率也要进行试验。

表 13 频率步长

频率范围 (Hz)	步长 (Hz)
15 - 100Hz	10
100 - 1000Hz	100
1000 - 10000Hz	1000
10000 - 150000Hz	10000

5.2.2 功能状态等级

DUT 的功能状态等级依照表 14 的要求。干扰施加时间不得小于 2s（取决于待测系统的响应时间）。

表 14 功能状态等级

频率范围 (Hz)	标准要求		降级要求 ^a	
	干扰等级 (A/m)	功能状态等级	干扰等级 (A/m)	功能状态等级
15 - 1000Hz	1000	等级 A	300	等级 A
1000 - 10000Hz	$1000/(f/1000)^2$	等级 A	$300/(f/1000)^2$	等级 A
10000 - 150000Hz	10	等级 A	3	等级 A
注 a: 降级要求需要得到福田方面的同意且 DUT 功能状态至少满足功能状态等级 C。				

5.3 大电流注入法 BCI-test

5.3.1 设备要求

详细的试验设备、DUT 和外设周边的设置布局，以及试验方法的相关内容等参照 ISO 11452-4 的要求，同时第 3 章的要求也要满足。

5.3.2 试验要求

目标限值如表 15 定义。

表 15 参数设置

频率范围(MHz)	限值 (dBuA)	驻留时间
0.1-2.38	90	3
2.38-15	106-20lg(15/f)	3
15-30	106	3
30-54	106	3
54-65	100-10lg(f/88)	3
65-88	106	3
88-140	100-10lg(f/88)	3
140-180	100-10lg(f/88)	3
180-380	97	3
380-400	100-10lg(f/88)	3

5.3.3 功能状态等级

DUT 的功能状态等级依照表 16 的要求。干扰施加时间不得小于 2s（取决于待测系统的响应时间）。

表 16 功能状态等级

频率范围 (Hz)	标准要求		降级要求 ^a	
	干扰等级 (mA)	功能状态等级	干扰等级 (mA)	功能状态等级
0.1-400MHz	200	等级 A	100	等级 A

注 a: 降级要求需要得到福田方面的同意且 DUT 功能状态至少满足功能状态等级 C。

5.4 手持式天线法 Hand portable transmitters

5.4.1 设备要求

详细的试验设备、DUT 和外设周边的设置布局，以及试验方法的相关内容等参照 ISO 11452-9 的要求，同时第 3 章的要求也要满足。

5.4.2 试验要求

目标强度如表 17 定义。

表 17 参数设置

编号	频段名称	频率范围	最大步进频率	功率强度	调制方式
		MHz	kHz	w	
1	70cm	410-470	1000	7.5(有效值)	CW
2	23cm	1200-1300	2000	6(有效值)	CW

表 17 续

3	TETRA	380-395 406-420 450-460 806-822 870-876	400	7.5(峰值)	PM 脉冲重复率 18Hz, 脉冲占空比 50%
4	2G	824-850 876-915	500	3(峰值)	PM 脉冲重复率 217Hz, 脉冲占空比 50%
5		1710-1785 1850-1910	1000	1.5(峰值)	PM 脉冲重复率 217Hz, 脉冲占空比 50%
6	3G/4G/5G	555-960 1315-1518 1625-1661 1695-2400 2496-2900	2000	1.5(峰值)	PM 脉冲重复率 1000Hz, 脉冲占空 比 10%
7	WLAN/Bluetooth	2400-2496	4000	1.5(峰值)	PM 脉冲重复率 1600Hz, 脉冲占空 比 50%
8	5G	3400-4200 4400-5150	4000	1(峰值)	PM 脉冲重复率 1600Hz, 脉冲占空 比 50%
9	WLAN	5150-5850	4000	1(峰值)	PM 脉冲重复率 1600Hz, 脉冲占空 比 50%
10	DSRC	5850-5930	2000	1(峰值)	PM 脉冲重复率 1600Hz, 脉冲占空 比 50%

5.4.3 功能状态等级

功能状态等级 A。

6 传导瞬态发射和传导瞬态干扰试验

6.1 传导瞬态发射 CTE-test

试验设备应该满足 ISO 7637-1 和 ISO 7637-2 的要求。

试验过程中 DUT 电源线上的正向瞬态电压不能超过 75V，负向电压不能低于-100V。

6.2 沿电源线的传导瞬态干扰 TSOP-test

试验设备应该满足 ISO 7637-1 和 ISO 7637-2 的要求。除了在本标准有备注的内容外，DUT 的性能要依照 ISO 7637-1 和 ISO 7637-1 的要求验证。

DUT 的功能状态等级依照表 18 和表 19 的要求。

表 18 12V 系统沿电源线的传导瞬态干扰要求

脉冲编号	参数	试验要求	功能状态等级
1	$U_s = -100V$, $t_d = 2000\mu s$, $t_r = 1\mu s$, $R_i = 4\Omega$	5000 个脉冲	等级 C
2a	$U_s = +75V$, $t_d = 50\mu s$, $t_r = 1\mu s$, $R_i = 4\Omega$	5000 个脉冲	等级 A
2b	$U_s = +10V$, $t_d = 0.2s$, $t_r = 1000\mu s$, $t_{12} = 1000\mu s$, $R_i = 0.05\Omega$	10 个脉冲	等级 C
3a	$U_s = -150V$, $t_d = 0.1\mu s$, $t_r = 0.005\mu s$, $R_i = 50\Omega$	1h	等级 A
3b	$U_s = +100V$, $t_d = 0.1\mu s$, $t_r = 0.005\mu s$, $R_i = 50\Omega$	1h	等级 A

表 19 24V 系统沿电源线的传导瞬态干扰要求

脉冲编号	参数	试验要求	功能状态等级
1	$U_s = -450V$, $t_d = 2000\mu s$, $t_r = 1\mu s$, $R_i = 10\Omega$	5000 个脉冲	等级 C
2a	$U_s = +75V$, $t_d = 200\mu s$, $t_r = 1\mu s$, $R_i = 10\Omega$	5000 个脉冲	等级 A
2b	$U_s = +20V$, $t_d = 0.2s$, $t_r = 1000\mu s$, $t_{12} = 1000\mu s$, $R_i = 0.05\Omega$	10 个脉冲	等级 A
3a	$U_s = -450V$, $t_d = 0.1\mu s$, $t_r = 0.005\mu s$, $R_i = 50\Omega$	1h	等级 A
3b	$U_s = +150V$, $t_d = 0.1\mu s$, $t_r = 0.005\mu s$, $R_i = 50\Omega$	1h	等级 A

6.3 信号线瞬态抗扰度 TOL-test

6.3.1 沿一般信号线的电瞬态传导干扰

试验目的是为确保当存在感性或容性的瞬态干扰耦合到输入/输出信号线（非电源线，包括点火线或辅助输入线）时，模块的功能不受其影响。可以采用耦合钳法或者直接电容耦合法（耦合电容 220pF）。

试验设备要满足 ISO 7637-1 和 ISO 7637-3 的要求。除了本标准备注的内容外，DUT 的性能要依照 ISO 7637-3 的要求验证。具体要求参照表 20。

表 20 耦合钳法和直接电容耦合法的要求

脉冲编号	等级（电压峰值）	适用时间	每个周期的时间间隔
3a	-150V	10 min	90 ms
3b	+100V		
注 1：表中的电压值为 50 欧姆电阻条件下的电压。			

6.3.2 沿传感线信号直接电容耦合的电瞬态传导干扰

试验目的是为了验证当由于线束之间的耦合而产生瞬态干扰时（例如串扰），DUT 的敏感性。试验设备要满足 ISO 7637-1, ISO 7637-2 和 ISO 7637-3 的要求。瞬态干扰通过一个加在瞬态发生器输出正极与 DUT 对应管脚之间的陶瓷电容耦合到 DUT 对应管脚上。瞬态发生器的负极要直联到 DUT 的相对地平面。除非试验计划另有说明，注射点应该距离 DUT 接插件端口 5cm。

传感器模块应该能承受容性耦合到待测线的重复电压，同时在整个试验过程中要监控 DUT 的状态。适用于所有的输入，输出和电源线。试验脉冲电压预置为开路并且参考模块地。每条线施加干扰时间持续 5min。

具体要求参照表 21。

表 21 沿传感器信号线直接电容耦合传导干扰的要求

脉冲编号	等级（电压峰值）	周期	每个周期的时间间隔
2a	-30V	500 个循环	0.5s
	+30V		
注 1：本试验中直流电压 U_A 的值应该设成 0V。			
注 2：内部阻抗为 2Ω 的瞬态发生器。			

7 静电放电试验 ESD-test

试验设备应该满足 ISO 10605 的要求。除本标准特殊说明的外，试验要依照 ISO 10605 要求执行。试验要在室温(23±5)℃，相对湿度 20%-40%的环境下进行。

静电发生器应该依照 ISO 10605 校验，如下规定除外：接触放电上升沿时间≤ 1 ns，空气放电上升沿时间≤ 20 ns，RC 时间常数通过计算上升沿后指数衰减部分的曲线来验证。

7.1 静电放电，不带电模式

静电放电，不带电模式的要求如表 22 定义。

表 22 静电放电，不带电模式的参数设置

放电类型	试验等级	人体模型	单点放电次数和恢复时限	静电试验点	对所有系统的功能状态等级
接触放电	±8kV	2kΩ/150pF	+8kV 3 次； -8kV 3 次； 5s	接插件的每个针脚，暴露在外的 DUT 表面，缝隙	等级 C
空气放电	±8kV	2kΩ/150pF	+8kV 3 次； -8kV 3 次； 5s	接插件的每个针脚，暴露在外的 DUT 表面，缝隙	等级 C

7.2 静电放电，带电模式

适用此试验的 DUT 为乘务员可以触摸到的通信总线或输入/输出设备（例如开关，传感器等），以及可能遭受间接放电源（例如轮速传感器输入，安装支架上的安全气囊控制线路等）静电放电的设备。

静电放电，带电模式的要求如表 23 定义。

表 23 静电放电，带电模式的参数设置

放电类型	试验等级	人体模型	单点放电次数和恢复时限	静电试验点	对所有系统的功能状态等级	
					一般要求	严酷要求
接触放电	±6kV	2kΩ/330pF	+6kV 10 次； -6kV 10 次； 5s	所有的把手，按键，开关以及车内乘务员容易触及的表面，1 m 长线束的 CAN 终端	等级 A	等级 A
接触放电	±8kV	2kΩ/330pF	+8kV 10 次； -8kV 10 次； 5s		等级 C	等级 A
空气放电	±8kV	2kΩ/330pF	+8kV 10 次； -8kV 10 次； 5s		等级 A	等级 A
空气放电	±15kV	2kΩ/330pF	+15kV 10 次； -15kV 10 次； 5s		等级 C	等级 A
空气放电	±25kV	2kΩ/150pF	+25kV 3 次； -25kV 3 次； 5s	从车外可以接触到的 DUT	等级 C	等级 C

注 1：对于与安全相关的 DUT 适用严酷等级。