



中华人民共和国国家标准

GB/T ×××××.1—××××

道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性 试验方法 第1部分：一般规定

Road vehicles — Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy — Part 1: General principles and terminology

(ISO 11451-1: 2005 & ISO 11451-1 AMD 1:2008, MOD)

(征求意见稿)

20××-××-×× 发布

20××-××-×× 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

GB/T ×××××《道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法》包括四个部分：

- 第1部分：一般规定；
- 第2部分：车外辐射源法；
- 第3部分：车载发射机模拟法；
- 第4部分：大电流注入法。

本部分为GB/T××××的第1部分。

本部分按照GB/T1.1—2009给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用ISO 11451-1: 2005《道路车辆 窄带辐射电磁能的电骚扰 车辆试验方法 第1部分：总则及术语》及ISO 11451-1 AMD 1:2008进行制定。

本部分与ISO 11451-1的技术性差异及原因如下：

- 将标准名称做了改动，便于和内容的对应；
- 按GB/T1.1规定对第1章进行规范编写；
- 按GB/T1.1规定增加了规范性引用文件一章，列入了正文中用到的多个国标；
- 原标准中的术语定义和车辆电磁兼容术语国标有重复，给予删除，改为引用国标，避免重复定义；
- 将原文第3章的内容列入4.1，将原文4.1的内容列入4.2，并且将原文的第3和4章合并在一起保持与原文结构上的对应；
- 原文于2008年又增加了修正版，对附录A功能特性状态分类（FPSC）做了很大的调整，考虑到目前国际上很多标准对功能特性状态分类（FPSC）的理解和要求都趋向于新版本，在本标准中对附录A采用了2008年修正版；
- 因原文附录A（08版）中A.1和A.2对功能特性状态分类（FPSC）原则都有描述，同时内容和标题又没有完全对应，本标准对上、下两段内容进行了综合整理，对功能特性状态分类（FPSC）原则整合到A.2，使上、下两段内容和标题对应，便于标准的理解和使用。

编辑性修改如下：

- 删除了原文的前言。
- 在4.7中公式原文有编号（1），原文中其他公式没有编号，而且正文中对该公式没有引用，国家标准中将其去掉。

附录A为规范性附录，附录B为资料性附录。

本部分由工业和信息化部提出。

本部分由全国汽车标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：

本部分主要起草人：。

道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法

第 1 部分： 一般规定

1 范围

本部分规定了车辆对窄带辐射电骚扰抗扰性试验的基本试验条件、试验仪器和试验规程等。
本部分适用于乘用车和商用车（不限定车辆动力系统，例如火花点火发动机、柴油发动机、电动机）。

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 ×××× 车辆电磁兼容术语

GB/T ××××.2 道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第2部分：车外辐射源法 (ISO 11451-2: 2005, MOD)

GB/T ××××.3 道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第3部分：车载发射机模拟法 (ISO 11451-3: 2007, MOD)

GB/T ××××.4 道路车辆 车辆对窄带辐射电磁能的抗扰性试验方法 第4部分：大电流注入法 (ISO 11451-4: 2006, MOD)

3 术语和定义

系列标准采用GB/T ××××《车辆电磁兼容术语》中的术语和定义。

4 试验条件

4.1 一般规定

本系列标准的抗扰性试验适用于频率范围为0.01 MHz~18000 MHz的连续窄带电磁场。

本系列标准中规定的试验方法、试验规程、试验仪器和严酷等级是用来确定车辆对窄带辐射电磁能引发的电骚扰的抗扰特性，为车辆制造商和零部件供应商之间的协议提供依据。

某些装置对电磁骚扰的频率、严酷等级、耦合方式或调制类型等特性非常敏感。

电子部件有时对调制射频信号比未调制信号更敏感，原因是：高频骚扰被半导体器件解调时，未调制信号被解调后可能导致电压等特性的持续偏移，而调幅信号被解调后产生的低频波动信号可能被电子装置认为是有用信号（比如速度信息），这时被测装置（DUT）的功能容易受到更严重的干扰。

单一试验方法可能无法反映DUT抗扰性的全部信息，因此本系列标准的用户应该预先确定合适的试验条件，选择GB/T ×××××的适当部分并定义DUT功能指标。其它部分每个试验方法的主要特性见表1。

表1 系列标准中试验方法的主要特性

系列标准	适用频率范围 (MHz)	耦合对象	试验严酷等级的 参数和单位	备注
GB/T ×××××.2 车外辐射源法	0.01~18000	DUT 和线束	电场 (V/m)	要求使用电波暗室
GB/T ×××××.3 车载发射机模拟法	1.8~18000	DUT 和线束	功率 (W)	推荐使用电波暗室

GB/T ×××××.4 大电流注入法	1~400	线束	电流（mA）	推荐使用屏蔽室
------------------------	-------	----	--------	---------

4.2 基本试验条件

如无特别规定，下列试验条件适于GB/T ×××××的所有部分：

- 试验温度；
- 试验电压；
- 调制方式；
- 驻留时间；
- 频率步长；
- 试验严酷等级的定义；
- 试验信号质量。

注：与GB/T ×××××相应部分的零部件试验方法采用相同试验条件时能获得更好的相关性。

如无特别规定，所用参数的允差如下：

- 持续时间和距离：±10 %；
- 电阻和阻抗：±10 %；
- 功率：±1 dB；
- 场强：±3 dB。

4.3 试验温度

试验过程中运行车辆会在试验室内产生热量，应提供足够的冷却以防止发动机过热。

试验过程中环境温度为(23 ± 5)℃，如采用其它试验温度，应在试验报告中注明。

4.4 试验电压

对于要求车辆发动机处于运行状态的试验，车辆充电系统应能正常工作。

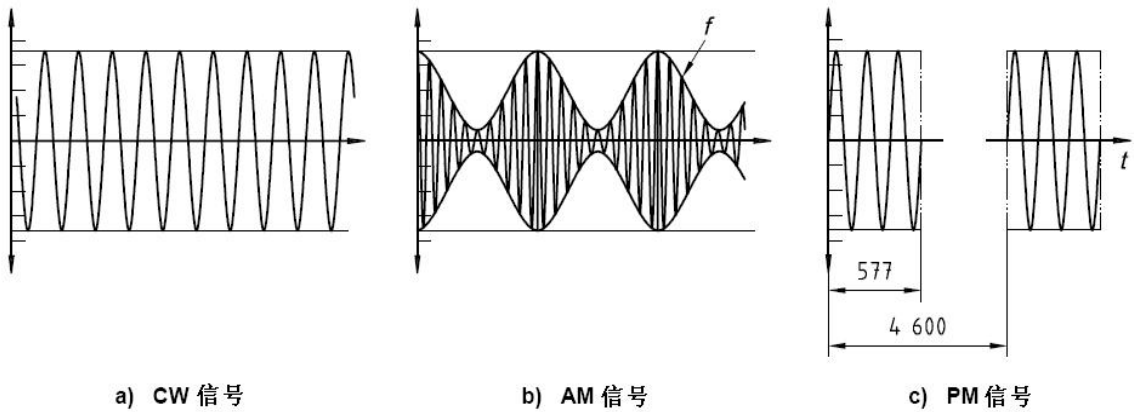
对于不要求车辆发动机处于运行状态的试验，如果试验计划无其他规定，12 V系统电池电压应保持在12 V以上，24 V系统电池电压应保持在24 V以上。

4.5 调制方式

调制信号的类型和频率由DUT的特性决定，如无其它规定，应使用下列信号：

- 未调制正弦波（CW）。见图 1a)；
- 调制频率为 1 kHz，调制深度 m 为 0.8 的调幅正弦波（AM），见附录 B 和图 1b)；
- 脉冲宽度为 577 μs，周期为 4600 μs 的脉冲调制正弦波（PM），见图 1c)。

实际试验时PM调制波不能使用放大器通断所形成的脉冲或100 %（调制深度m = 1）AM调制波来代替。



f 频率：1 kHz
t 时间：μs

图1 调制

本系列标准调制信号的适用频率范围如下：
CW：0.01 MHz~18 GHz，
AM：0.01 MHz~800 MHz，
PM：800 MHz~18 GHz。

4.6 驻留时间

在每个频点DUT暴露在试验场强下的时间即驻留时间，该时间应不小于控制DUT所需响应时间。任何情况下，驻留时间不得小于1s。

4.7 频率步长

各个试验的频率步长（对数或线性）不得大于表2规定的值。如果用户指定其它频率步长则应在试验报告中注明。

表2 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
$0.1 < f \leq 1$	0.1	10
$1 < f \leq 10$	1	10
$10 < f \leq 200$	5	5
$200 < f \leq 400$	10	5
$400 < f \leq 1000$	20	2
$1000 < f \leq 18000$	40	2

如果DUT的敏感度门限非常接近所选试验电平，应适当减小这个频率范围的频率步长以便确定最小敏感度门限。

4.8 试验严酷等级的定义

用户应按频率范围规定严酷等级。功能特性状态分类（FPSC）的定义见附录A。不论试验方法是采用替代法还是闭环法，不论试验信号是采用未调制信号还是调幅、脉冲调制信号，本标准的试验严酷等级（电场、电流、电压或功率）都是根据未调制信号等效均方根值表示的。

替代法和闭环法都采用未调制和调幅信号的等峰值试验电平。例如：20 V/m的试验严酷等级意味着未调制试验信号和调制试验信号的峰值都是28 V/m。调幅信号的平均功率和未调制信号的平均功率之间的关系见下列公式（见附录B）：

$$P_{AM} = \frac{(2 + m^2)}{2(1 + m)^2} P_{CW}$$

式中：
 P_{AM} ——调幅信号的平均功率；
 P_{CW} ——未调制信号的平均功率；
 m ——调制深度（ $0 \leq m \leq 1$ ）。

5 试验仪器——试验信号质量

在放大器和天线（换能器）的带宽共同限定频率范围内，除非试验方法和试验计划另有规定，放大器输出谐波含量（到五次谐波）应比载波至少小12 dB（1 GHz以上至少小6 dB）。该特性仅在标定过程中验证。

6 试验规程

6.1 试验计划

试验计划应在试验前制定，包括以下内容：

- 车辆试验严酷等级；
- 车辆/零部件监测条件；
- 频段；
- 试验方法；
- 车辆工作模式；
- 车辆验收准则；
- 极化方式；
- 车辆方向；
- 天线位置；
- 试验报告内容；
- 其他特别说明及相对标准试验的差异。

注：其中一些项目可能并不适用于所有的试验方法。

6.2 试验方法

6.2.1 概述

替代法和闭环法适用于本系列标准的特定部分。

警告：试验区域可能存在危险的电压和电磁场。应确保满足人身暴露限值的有关要求。

6.2.2 替代法

使用前向功率作为标定和试验的基准参数。特定试验电平（电场、电流、电压或功率）应在实测前标定。按照试验计划中预先确定的标定值对车辆施加试验信号进行试验。标定和试验过程中应记录前向功率和反射功率。

试验信号所需前向功率 P_{for} 大小可根据标定值由下列公式得出：

$$P_{\text{for}} = P_{\text{for cal}} \left(\frac{L_{\text{tss}}}{L_{\text{cal}}} \right)^k$$

式中：

$P_{\text{for cal}}$ ——标定的前向功率，

L_{tss} ——试验信号严酷等级，

L_{cal} ——标定电平，

k 是一个系数，试验电平为功率值时 k 为1，试验电平为电场、电流或电压值时 k 为2。

6.2.3 闭环法

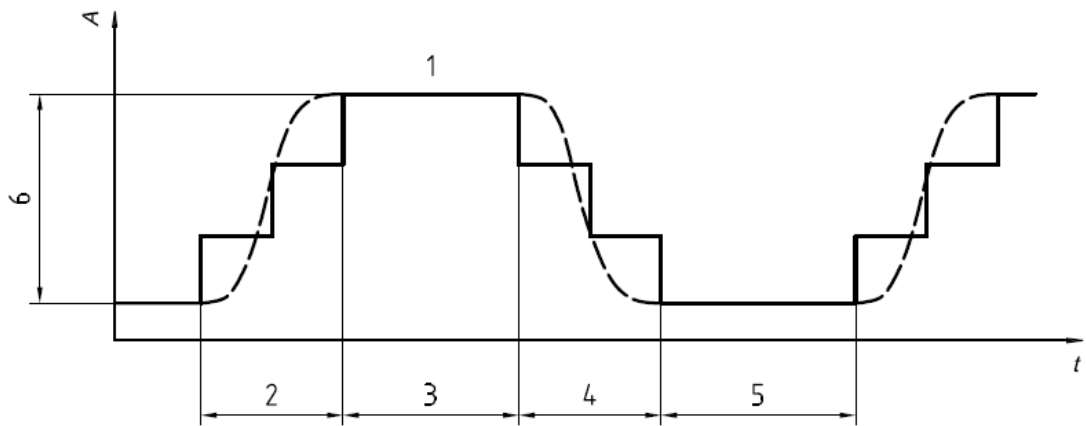
在实际车辆试验中，用标定装置测量试验电平（电场、电压、电流或功率）并反馈给信号发生器，以便增加或减少试验电平直到等于预定电平。

6.3 标定

应根据每个试验方法的要求进行标定。应使用未调制正弦信号确定各个频点的试验电平。每次标定的方法和结果也应在试验报告中记录。

6.4 车辆抗扰度测量

频率转换时，骚扰信号可以保持在预定的试验电平不变（如果信号发生设备输出稳定），也可以按下列过程（图2）在频率转换之前降低。应在试验计划中指明所选方式和相关参数。



- A 幅值
t 时间
1 预定信号电平
2 试验计划中规定的信号上升时间（避免过冲的电平变化算法与试验系统相关）
3 驻留时间（适用时间 $\geq 1\text{ s}$ ）
4 试验计划中规定的信号下降时间
5 试验计划中规定的 DUT 的恢复时间（ $\geq 0\text{ s}$ ）
6 DUT 恢复需要的试验信号电平降低值

图2 骚扰施加过程示例

用户应注意以下几点以确保试验顺利进行：

- 模拟电路系统可能仅对中等干扰电平敏感；
- 突然施加干扰可能造成测试错误；
- 信号发生器开关瞬态可能引起 DUT 故障。

骚扰信号产生过程的限制条件（调幅深度，谐波抑制等）可能改变其电平特性。

6.5 试验报告

按试验计划要求，试验报告应提交有关DUT、试验布置、待测系统、试验信号质量信息、频率、功率电平、系统相互作用的详细信息以及试验相关的其它信息。

附 录 A

（规范性附录）

功能特性状态分类（FPSC）

A.1 总则

本附录提供了车辆在窄带辐射电磁能抗扰性试验中功能特性状态分类的基本方法。该附录应和 GB/T ×××× 有关部分中的特定试验程序结合使用。

应按 GB/T ×××× 有关部分描述的试验方法在实际汽车电磁环境下进行测试,这有助于对潜在敏感元件和系统进行优化设计。

该附录没有规定试验信号严酷等级的具体数值,这些值应由用户指定。该附录中的概念可以用于描述某一装置的功能状态要求,即某一特定装置在特定试验信号的影响下如何按照预期工作。

A.2 功能特性状态分类（FPSC）原则

FPSC 考虑了如下因素:

——一个DUT可包括一个或多个功能（比如,一个电子控制单元可控制前刮水器、踏板照明灯、近光灯）;

——一个功能可以有一个或多个工作模式（比如,近光灯ON,近光灯OFF,踏板照明灯ON,踏板照明灯OFF）;

——一个工作模式可以有几种状态(I, II, III, IV)（比如,近光灯ON工作模式,在骚扰施加期间近光灯OFF,骚扰施加后近光灯能够自动恢复,这样情况视为状态II）。

FPSC 方法基于以下原则:

——FPSC 适用于每一个独立的功能;

——一个功能可以有简单的 ON-OFF 工作模式或者是类似数据总线通信的复杂工作模式。

A.3 FPSC的要素

A.3.1 功能特性状态

功能特性状态规定了 DUT 在试验环境下功能执行的期望目标,适于 DUT 的每一个独立功能,描述了试验中和试验后预期功能的工作状态。以下给出了四个功能特性状态:

状态 I: 试验中和试验后功能运行情况和设计的一样。

状态II: 试验中功能运行情况和设计的不一样,试验后自动恢复到正常工作。

状态III: 试验中功能运行情况和设计的不一样,试验后在没有驾驶员/乘客的简单操作下（例如关闭/打开DUT,或起动点火循环过程）,无法恢复到正常工作。

状态IV: 试验中和试验后功能运行情况和设计的不一样,试验后需要较复杂的操作（例如,断开电池或者电源后再连接）才能恢复正常工作。试验结果不应对功能有任何永久性破坏。

注: 每次试验都应设定基本功能状态要求。用户可以指定附加试验需求。

A.3.2 试验严酷等级

试验严酷等级即特定试验方法中施加于车辆的试验电平。试验严酷等级由用户根据预期的功能工作特性进行确定。

A.4 FPSC示例

A.4.1 FPSC应用的基本示例

下面的例子说明了试验信号严酷等级和相应功能特性状态分类之间的关系,见图A.1。

试验严酷等级达到L1，表明功能特性状态应该处于预期事件1（状态I）；
试验严酷等级高于L1，表明允许功能特性状态处于非预期事件2（状态II）；
试验严酷等级高于L2，表明允许功能特性状态处于非预期事件3（状态III）。
用户可以将功能分类以使用不同的试验电平。

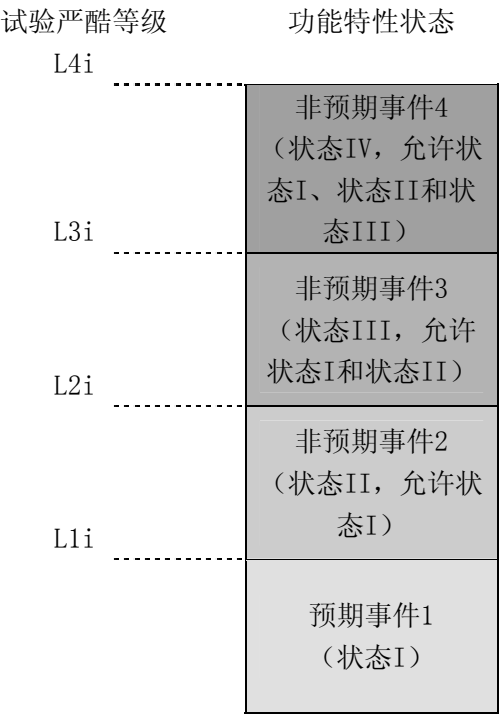


图 A. 1 功能特性状态分类的说明

A. 4. 2 在GB/T ×××××各个部分都给出严酷等级的示例。

附录 B

(资料性附录) 等峰值试验电平

B.1 概述

该附录给出了试验电平等峰值原理及功率电平的推导。

B.2 未调制信号

未调制正弦波 (CW) 信号的电场强度 E_{CW} 可以表示为:

$$E_{CW} = E \cos(\omega t)$$

式中:

E —— E_{CW} 的峰值;

ω ——CW信号 (例如射频载波) 的频率;

t ——时间。

未调制信号的平均功率 P_{CW} 计算公式为:

$$P_{CW} = kE^2$$

式中 k 是比例因子, 对于特定试验设备布置它是个常量

B.3 调制信号

调幅 (AM) 信号的电场强度 E_{AM} 可以表示为:

$$E_{AM} = E' [1 + m \cos(\theta t)] \cos(\omega t)$$

式中:

E' ——幅度降低后的CW信号 (图B.1中的2) 的峰值;

$E'(1+m)$ ——调制信号 E_{AM} 的峰值 E_{AMpeak} ;

m ——调制深度 ($0 \leq m \leq 1$);

θ ——调制信号 (例如语音、基带信号、1 kHz正弦波) 的角频率;

ω ——CW信号 (例如射频载波) 的角频率。

AM信号的总平均功率 (P_{AM}) 是载波的功率 kE'^2 和边频总功率 $\frac{k}{2} E'^2 m^2$ 的和。

AM信号的平均功率 P_{AM} 计算公式为:

$$P_{AM} = k \left(1 + \frac{m^2}{2} \right) E'^2$$

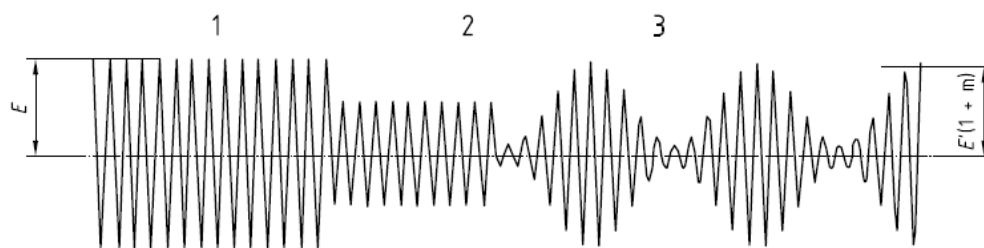
B.4 峰值恒定

B.4.1 概述

试验电平峰值恒定即是使CW信号和AM信号的峰值振幅相等。

$$E_{CWpeak} = E_{AMpeak}$$

如图B.1所示。



1 CW 信号

2 调制前幅度降低的 CW 信号（见 B. 4. 3）

3 AM 信号

图 B. 1 峰值恒定

峰值恒定的信号调整方式有两种：

——直接计算AM信号功率（计算方法见B. 4. 2）；

——计算幅度降低的CW信号功率（计算方法见B. 4. 3）后直接进行调制。

B. 4. 2 AM信号功率的计算

CW信号的平均功率 P_{CW} 和AM信号的平均功率 P_{AM} 的关系为：

$$\frac{P_{AM}}{P_{CM}} = \frac{k(1 + m^2/2)E'^2}{kE^2} = \left(1 + \frac{m^2}{2}\right) \left(\frac{E'}{E}\right)^2 = \frac{1 + m^2/2}{(1 + m)^2}$$

因此，

$$P_{AM} = P_{CW} \frac{2 + m^2}{2(1 + m)^2}$$

$m = 0.8$ 时：

$$P_{AM} = 0.407P_{CW}$$

B. 4. 3 幅度降低的CW信号功率的计算

CW信号的平均功率 P_{CW} 和幅度降低的CW信号的平均功率 P_{CWpm} 的关系为：

$$\frac{P_{CWpm}}{P_{CW}} = \left(\frac{1}{1 + m}\right)^2$$

因此，

$$P_{CWpm} = P_{CW} \left(\frac{1}{1 + m}\right)^2$$

$m = 0.8$ 时：

$$P_{CWpm} = 0.309P_{CW}$$