



中华人民共和国国家标准

GB/T 33014.7—2020

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7部分：射频功率直接注入法

Road vehicles—Component test methods for electrical/electronic disturbances
from narrowband radiated electromagnetic energy—
Part 7: Direct radio frequency power injection

[ISO 11452-7:2003, Road vehicles—Component test methods for electrical
disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy—
Part 7: Direct radio frequency(RF) power injection, MOD]

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

GB/T 33014《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》拟包括以下部分：

- 第1部分：一般规定；
- 第2部分：电波暗室法；
- 第3部分：横电磁波(TEM)小室法；
- 第4部分：大电流注入(BCI)法；
- 第5部分：带状线法；
- 第7部分：射频功率直接注入法；
- 第8部分：磁场抗扰法；
- 第9部分：便携式发射机法；
- 第10部分：扩展音频范围的传导抗扰法；
- 第11部分：混响室法。

本部分为 GB/T 33014 的第 7 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 11452-7:2003+AMD1:2013《道路车辆 窄带辐射电磁能引发的电骚扰的零部件试验方法 第7部分：射频功率直接注入法》。

本部分与 ISO 11452-7:2003+AMD1:2013 的技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 用修改采用国际标准的 GB/T 33014.1 代替了 ISO 11452-1。

- 删除了附录 A 中的导线类型、公司商标。

- 将表 A.5 至表 A.7 中的段调整为注。

- 修改了表 B.1 的频段范围。

本部分做了下列编辑性修改：

- 为与我国技术标准体系一致，将标准名称修改为《道路车辆 电气/电子部件对窄带辐射电磁能的抗扰性试验 第7部分：射频功率直接注入法》；
- 按 GB/T 1.1 规定对 ISO 11452-7:2003 第1章进行规范编写；
- 删除了国际标准 6.2 与 6.2.1 之间的重要提示及注；
- 删除了国际标准附录 A 中 A.1 前的注；
- 删除了国际标准的参考文献。

本部分由中华人民共和国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(SAC/TC 114)归口。

本部分起草单位：中国汽车技术研究中心有限公司、中国电子技术标准化研究院、襄阳达安汽车检测中心有限公司、苏州泰思特电子科技有限公司、上海电器科学研究院、长春汽车检测中心有限责任公司、上汽大众汽车有限公司、上海汽车集团股份有限公司技术中心、一汽-大众汽车有限公司、郑州宇通客车股份有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、华晨汽车集团控股有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、长城汽车股份有限公司、工业和信息化部电子第五研究所、吉利汽车研究院(宁波)有限公司、陕西重型汽车有限公司、宁波市华测检测技术有限公司、安徽江淮汽车股份有限公司、中国第一汽车股份有限公司、德凯认证服务(苏州)有限公司、联合汽车电子有限公司、博世汽车部件(苏州)有限公司、大众汽

车(中国)投资有限公司、捷豹路虎(中国)投资有限公司、标致雪铁龙(上海)管理有限公司。

本部分主要起草人:许秀香、崔强、刘克涛、胡小军、丁一夫、刘媛、林艳萍、孙成明、刘新亮、王洪武、吴定超、卢长军、邓福启、李嘉博、曹尚贵、楚艳钢、米进财、马谦、李锐、李兴宇、王洪超、李乾坤、王晓刚、常静、董倩倩、卢小荣。

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7部分:射频功率直接注入法

1 范围

GB/T 33014 的本部分规定了电气/电子部件对连续窄带辐射电磁骚扰的抗扰试验方法——射频功率直接注入法。

本部分适用于 M、N、O、L 类车辆(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)用电气/电子部件。

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 33014.1 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 33014.1—2016,ISO 11452-1:2005,MOD)

3 术语和定义

GB/T 33014.1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 试验条件

4.1 标准试验条件

试验温度、试验电压、调制方式、驻留时间、频率步长应符合 GB/T 33014.1 的规定。

4.2 频率范围

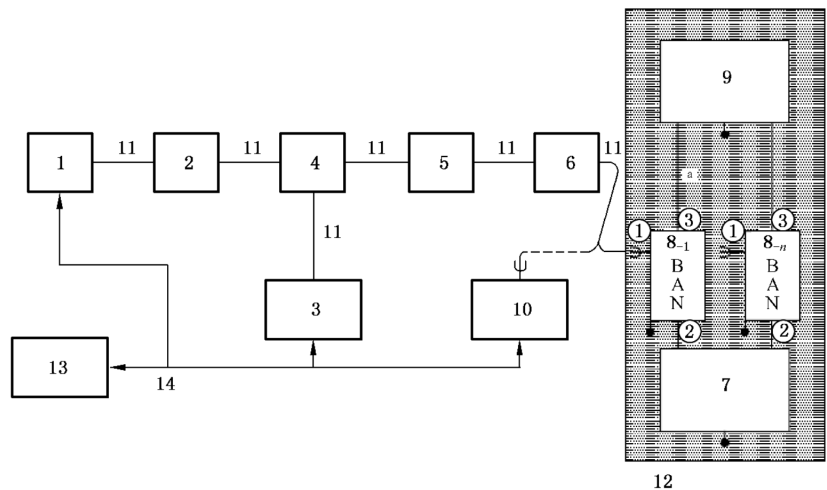
试验频率范围的上限受到宽带人工网络(BAN)的谐振、BAN 对地的寄生电容以及 BAN 与被测设备(DUT)之间连接线缆的限制。若使用合适的 BAN,可实现的频率范围为 0.25 MHz~500 MHz。

BAN 结构的详细信息参见附录 A。

4.3 试验严酷等级

用户应指定频率范围内试验的严酷等级(参见附录 B),严酷等级为未调制正弦波的等效均方根值。

试验电平在隔直电容(图 1 中的 6)的输出端进行测量。射频取样装置用于控制试验过程中的射频功率。50 Ω 同轴传输线与 BAN 和 DUT 连线组成的负载间的失配不予考虑。



说明：

- 1 —— 射频信号发生器；
- 2 —— 射频放大器(通常为 10 W~25 W)；
- 3 —— 频谱分析仪或射频功率计；
- 4 —— 射频取样装置[(T 形连接器或定向耦合器), 50 Ω , 额定值 25 W, 30 dB 隔离]；
- 5 —— 衰减器(50 Ω , 10 dB, 10 W)；
- 6 —— 隔直电容(在整个频率范围内阻抗小于 5 Ω)；
- 7 —— 外围设备；
- 8 —— BAN[除射频参考地外, 每条线串联一个(连接器的编号①~③参见图 A.1 的 1、2、3)]；
- 9 —— DUT；
- 10 —— 射频功率计(用于校准)；
- 11 —— 同轴传输线(双层屏蔽或等效的)；
- 12 —— 接地平面；
- 13 —— 可编程控制器和数据采集设备(可选)；
- 14 —— 仪器数据总线。

^a BAN 与 DUT 之间的线束长度应 \leq 150 mm。

图 1 射频功率直接注入法的试验布置示例

5 试验设备

5.1 概述

射频功率直接注入法是把射频功率注入给运行中的 DUT, 即通过连接器的端子将射频功率直接注入到 DUT。该方法避免了与线束长度和布线有关的影响因素。

在进行试验之前, 使用已校准的功率计测量经过隔直电容输入的功率, 同时记录射频采样装置(T 形连接器或定向耦合器)上的参考电平, 用于后续的 DUT 试验。

在试验布置中, 实现 DUT 设定功能的线束应通过 BAN 进行连接。BAN 在规定的频率范围内提供可控的阻抗以隔离 DUT 和传感器/负载, 且能使 DUT 与传感器/负载实现功能连接。

若 BAN 的特性明显影响输入信号波形(例如, 数据总线信号), 可使用特殊的、串联阻抗较小的 BAN, 并在试验报告中记录波形失真或特殊 BAN 的特性, 或同时记录两者。

5.2 试验仪器

图 1 给出了功率直接注入测量系统布置的示例。频谱分析仪或功率计应通过取样装置测量试验电平,试验电平的不确定度为 ± 1 dB。为避免对其他试验产生干扰,本试验应在屏蔽室中进行。

为确保频谱分析仪的输入端在受到射频采样装置发生短路失效时不出现损坏,可考虑使用保险装置或固定衰减器(通常为 10 dB)。当按 6.2.1 的规定确定试验参考电平时,保护装置也应位于试验布置中。

5.3 试验布置

在试验范围内较高频率进行试验时,DUT 和 BAN 之间的连线应尽可能地短,且应被尽可能地分开以减小线缆间的容性耦合。DUT 和 BAN 之间连线的最大长度应为 150 mm。当线缆长度大于 120 mm 时会影响较高频率(超过 200 MHz)的试验结果,应尽量避免。若使用的线缆长度大于 120 mm,应在试验报告中记录长度及其位置。应确保把 DUT 线缆、负载和测量仪器的线缆相隔开。

为尽可能地减小注入点上反射的影响,射频功率应通过 50 Ω 、10 dB 的衰减器施加给 DUT。注入点应插入隔直电容,以避免 DUT 线束上的直流电压损坏试验设备。

BAN 的结构应优先考虑包含射频连接器(例如 BNC),以提供可控的接地连接和尽可能短的外露中心导体。可替换的连接方法是使用试验夹和长度不超过 50 mm 的单根导线。隔直电容和 BAN 之间同轴传输线的最大长度应为 250 mm。

注:经验表明,BAN 之间 25 mm 的间隔能提供充分的隔离,可设计具有多个 BAN 的固定装置对 DUT 进行有效的试验。

5.4 接地平板

接地平板的材料和尺寸应满足 GB/T 33014.1 的规定。试验中使用的所有 BAN 和负载应搭接到接地平板。可使用导电铜带进行搭接,搭接电阻应小于 0.1 Ω 。

6 试验方法

6.1 试验计划

在进行试验之前应制定试验计划,包括以下内容:

- 频率范围;
- 功率等级;
- 调制方式;
- 驻留时间;
- DUT 的被测线;
- 探头的位置。

每个 DUT 应在最典型的条件下进行试验,即至少在待机模式和 DUT 所有功能处于工作的模式下进行试验。

在保证实现 DUT 设定功能的前提下,应配置尽可能少的电缆。若 DUT 无其他连线,仅带有可能形成射频电流路径的传感器线或负载线,且能形成闭合环路时,应直接注入到 DUT 而不使用 BAN。除此之外的其他情况下所有连线均应通过 BAN 连接至 DUT。

6.2 试验程序

6.2.1 试验参考电平的确定或验证应在试验前进行。试验参考电平为频率的函数,应从 T 型连接器输

出端测量。断开到 BAN(图 1 中的 8)注入端口的隔直电容(图 1 中的 6)和同轴电缆,将它们与 $50\ \Omega$ 的功率计(图 1 中的 10)相连接。T 型连接器的输出和功率计电平之间的差值为功率传输函数。T 型采样器对过载比较敏感,会影响试验台功率传输函数的稳定性。当功率传输函数与之前的数据偏差超过 $\pm 3\ \text{dB}$ 时,试验台需要维护。

当试验参考电平确定或验证后,断开隔直电容和同轴电缆与功率计的连接,将其与 DUT 第一条被测线 BAN 的注入端口相连。

6.2.2 除了射频参考地外,DUT 的所有端子应分别注入射频功率。当不进行射频功率注入时,BAN 的射频连接器应保持开路。DUT 的性能要求在试验计划中确定。输入给 $10\ \text{dB}$ 衰减器的射频功率应从不超 $10\ \text{mW}$ 开始,以 $0.2\ \text{dB}$ 的步长增加或根据试验计划规定。

6.2.3 当注入的射频功率增加到试验计划规定的电平时,在试验计划规定的所有模式下运行 DUT。

6.2.4 记录受试端子的名称、试验频率、射频功率和试验过程中出现的现象。

6.2.5 按步长增加频率,重复上述过程直到在整个频率范围完成试验。

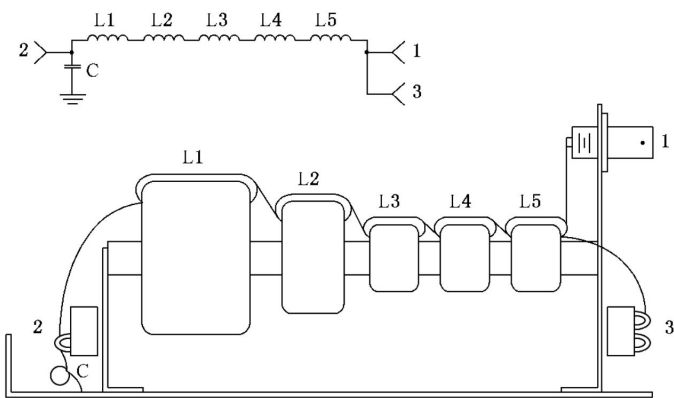
6.3 试验报告

按照试验计划要求,试验报告应包括:试验设备、试验地点、被测系统、频率、功率等级、被测分系统相互作用以及其他试验相关信息。

附录 A
(资料性附录)
宽带人工网络(BAN)的设计

A.1 示例

图 A.1 给出了 BAN 的示意图和装配图。



说明：

- C ——旁路电容器^a；
- L1~L5 ——线圈；
- 1 ——连接器 1(BNC 连接器或类似的射频连接器)；
- 2 ——连接器 2(连接 DUT 电源/负载支撑电路)；
- 3 ——连接器 3(连接 DUT)。

^a 最佳旁路电容器宜为 0.047 μ F 单片陶瓷电容器。

图 A.1 BAN 的示意图和装配图——侧视图

A.2 BAN 的串联阻抗

A.2.1 BAN 的串联阻抗(电流不大于 8 A)

BAN 的串联阻抗(电流不大于 8 A)见表 A.1。

表 A.1 BAN 的串联阻抗(电流不大于 8 A)

频率范围 MHz	最小阻抗 Ω
0.25~0.50	200
>0.50~250	500
>250~500	200

A.2.2 BAN 的串联阻抗(电流大于 8 A 但不超过 30 A)

BAN 的串联阻抗(电流大于 8 A 但不超过 30 A)见表 A.2。

表 A.2 BAN 的串联阻抗(电流大于 8 A 但不超过 30 A)

频率范围 MHz	最小阻抗 Ω
0.25~1.0	200
>1.0~150	400
>150~250	200
>250~500	100

A.3 BAN 的插入损耗(端口 1、端口 3 到端口 2)

A.3.1 BAN 的插入损耗(电流不大于 8 A)

BAN 的插入损耗(电流不大于 8 A)见表 A.3。

表 A.3 BAN 的插入损耗(电流不大于 8 A)

频率范围 MHz	最小插入损耗 dB
0.25~1.0	20
>1.0~500	35

A.3.2 BAN 的插入损耗(电流大于 8 A 但不超过 30 A)

BAN 的插入损耗(电流大于 8 A 但不超过 30 A)见表 A.4。

表 A.4 BAN 的插入损耗(电流大于 8 A 但不超过 30 A)

频率范围 MHz	最小插入损耗 dB
0.25~500	20

A.4 BAN 的旁路

BAN 的电源/负载/支撑电路末端应旁路到地。应具有一个或多个最佳值电容,使其在试验频率范围内提供足够小的阻抗。使用的线束长度应取最短。

A.5 承受的电流

BAN 的承受电流能力应包括在其设计参数中。如果 BAN 中使用了铁氧体或粉末铁芯,其饱和特

性是影响 BAN 承受电流大小的重要因素。

A.6 设计建议

表 A.5、表 A.6 和表 A.7 分别给出了 0.5 A、2 A 和 30 A 的 BAN 设计建议。

表 A.5 磁芯绕组信息(0.5 A 的 BAN)

线圈	匝数	L μH	f_c MHz	H Oe
L1	12	180	3	1.43
L2	4	1	72	0.83
L3	4	0.6	100	0.83
L4	4	0.2	150	0.83
L5	4	0.2	200	0.83
注 1: 导线直径近似为 0.40 mm,长度近似为 1 m。 注 2: 磁芯材料为铁氧体。				

表 A.6 磁芯绕组信息(2 A 的 BAN)

线圈	匝数	L μH	f_c MHz	H Oe
L1	8	86	2	2.72
L2	6	20	50	2.88
L3	6	1	100	4.98
L4	4	0.2	150	3.32
L5	4	0.2	225	3.32
注 1: 导线直径近似为 0.64 mm,长度近似为 1.3 m。 注 2: 磁芯材料为铁氧体。 注 3: 对 L1, L 为 10 kHz 时的测量值;对 L2~L5, L 为计算值。				

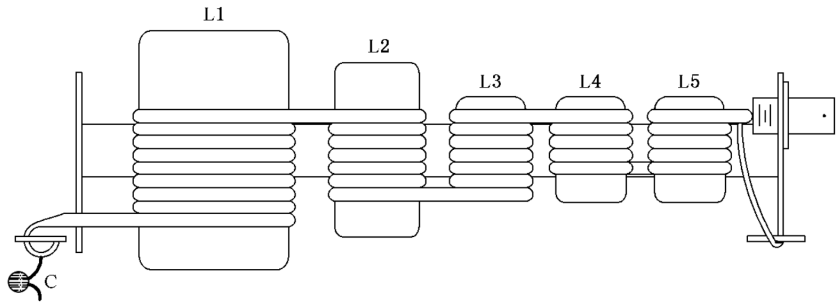
表 A.7 磁芯绕组信息(30 A 的 BAN)

线圈	匝数	L μH
L1	15	38
L2	12	15
L3	5	2.4
注 1: 导线直径近似为 1.61 mm,长度近似为 1.5 m。 注 2: 磁芯材料为铁粉。		

A.7 组件的绕制和安装

组件绕制推荐采用一根完整的导线。留出足够的导线用于连接 L1 上的电容端子, L1 磁芯上绕组要紧密缠绕。L2 的磁芯距离 L1 约为 6 mm, L2 上的绕组以反方向紧密缠绕, 且平行于 L1 的绕组。L3~L5 上的绕组以同样的方式绕制, 并成 Z 字型。图 A.2 给出了结构图。如图 A.2 所示, 应留有足够的导线把 L5 连接到 BAN 的凸耳上。

把组件安装在销钉上, 然后使用非金属螺钉把销钉组装到支撑的凸耳上(绕组与接地平板间具有较小间距)。所有的连接应使用最短的线束。



说明:

C ——旁路电容器^a;

L1~L5 ——线圈。

^a 最佳旁路电容器宜为 0.047 μF 单片陶瓷电容器。

图 A.2 典型的绕组结构——俯视图

附录 B
(资料性附录)
功能特性状态分类(FPSC)

B.1 总则

本附录给出了试验严酷等级示例,FPSC 详细说明见 GB/T 33014.1。

B.2 试验严酷等级分类

表 B.1 给出了直接功率注入法的试验严酷等级示例。

表 B.1 试验严酷等级示例(直接功率注入法——50 Ω 系统)

频段 MHz	试验等级Ⅰ W	试验等级Ⅱ W	试验等级Ⅲ W	试验等级Ⅳ W	试验等级Ⅴ W
1~30	0.2	0.2	0.3	0.4	由供需双方 协商确定
>30~200	0.2	0.3	0.4	0.5	
>200~400	0.3	0.4	0.4	0.5	
注：表中给出的频段和试验等级为示例。					

B.3 使用试验严酷等级的 FPSC 应用示例

在试验之前对每个 DUT 及其功能进行评估。供应商和车辆制造商之间协商确定 DUT 功能的类别、试验严酷等级和响应判据。将以上信息记录在试验计划中,并在完成试验后用于评估 DUT 的性能。

表 B.2 给出了试验严酷等级的示例。

表 B.2 试验严酷等级示例(直接功率注入法——50 Ω 系统)

试验严酷等级	DUT 功能类别 1	DUT 功能类别 2	DUT 功能类别 3	DUT 功能类别 4
L _{4i}	等级 IV	—	—	—
L _{3i}	等级 III	等级 IV	—	—
L _{2i}	等级 II	等级 III	等级 IV	—
L _{1i}	等级 I	等级 II	等级 III	等级 IV

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
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 7 部分:射频功率直接注入法

GB/T 33014.7—2020

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.org.cn

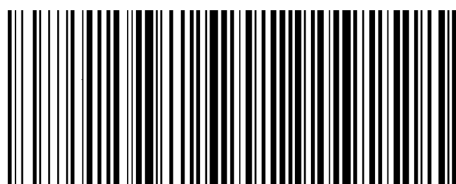
服务热线:400-168-0010

2020 年 12 月第一版

*

书号: 155066 · 1-66781

版权专有 侵权必究



GB/T 33014.7-2020