



中华人民共和国国家标准

GB/T 33014—7—××××

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（RF）功率直接注入法

Road vehicles — component test methods for electrical disturbances from
narrowband radiated electromagnetic energy — Part 7: Direct radio frequency(RF)
power injection

(ISO 11452-7: 2003, 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

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》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(RF)功率直接注入法
- 第8部分：磁场抗扰法
- 第9部分：便携式发射机模拟法
- 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/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 11452-7：2003《道路车辆 窄带辐射电磁能的电骚扰 零部件试验方法 第7部分：射频(RF)功率直接注入法》进行制定。

本部分与ISO 11452-7的技术性差异及原因如下：

- 删除了附录B的注，改为以正文形式描述。
- 按GB/T1.1规定对第1章进行规范编写；
- 将原文引用的ISO 11452-1改为修改采用ISO 11452-1的GB/T 33014.1-2016；
- 为保持系列标准的一致性，表B.1的严酷等级符号改为系列标准其他部分采用的 L。
- 删除了附录A中不适合在标准中出现的导线编号或公司商标类内容(如删除了某公司的磁芯型号，不做统一规定)。表A.5~A.7表格下边加上了注释编号。
- 为满足标准编写要求，删除了原文6.2下内容可有可无的悬置段。

编辑性修改如下：

- 删除了原文的前言。

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/TC114)归口。

本部分起草单位：/

本部分主要起草人：/

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（RF）直接注入法

1 范围

本部分规定了电气/电子部件对连续窄带辐射电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 33014.1-2016 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（ISO 11452-1: 2005, MOD）

3 术语和定义

GB/T 33014.1-2016界定的术语和定义适用于本部分。

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 33014.1-2016的规定。

4.2 频率范围

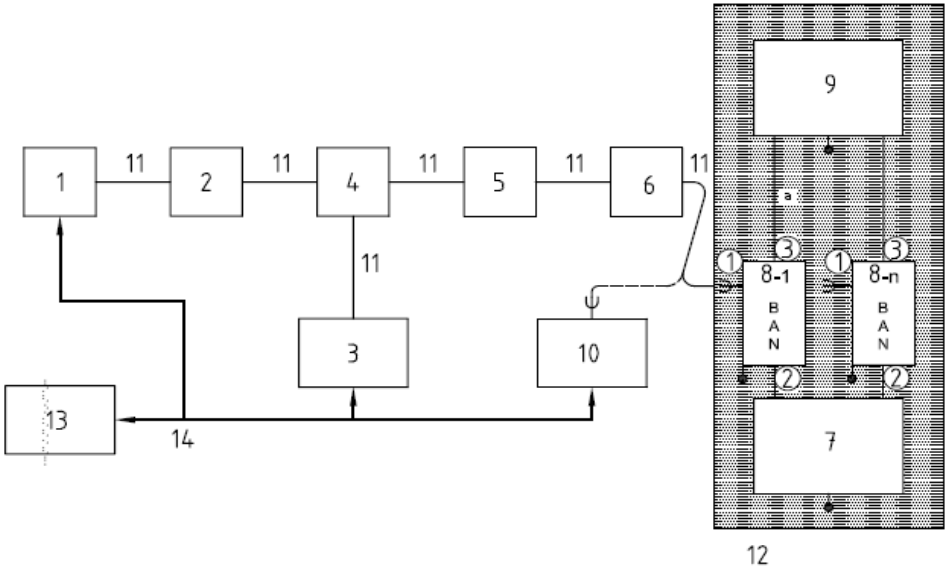
试验频率范围的上限受到宽带人工网络（BAN）的谐振、BAN对地的寄生电容以及BAN与DUT之间连接线缆的限制。若使用合适的BAN, 可实现的频率范围为0.25MHz~500MHz。

BAN结构的详细信息见附录A。

4.3 试验严酷等级

用户应指定频率范围内的试验严酷等级, 推荐的试验严酷等级见附录B, 为未调制正弦波的等效均方根值。

试验严酷电平在隔直电容（图1中的注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。50Ω 同轴传输线与BAN和DUT连线组成的负载间的失配不予考虑。



其中:

- 1—射频信号发生器;
 - 2—射频放大器 (通常为10W~25W);
 - 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25W, 30dB隔离];
 - 5—衰减器 (50 Ω , 10dB, 10W);
 - 6—隔直电容 (在整个频率范围内小于5 Ω);
 - 7—外围设备;
 - 8—BAN [(每条线束串联一个 (射频参考地除外) (连接器的编号1~3见附录A.1))];
 - 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 $\leq 150\text{mm}$ 。

图1 射频功率直接注入的试验布置示例

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。

该方法为替代法。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, 在试验报告中应记录波形失真/特殊BAN的特性。

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通过不确定度为 $\pm 1\text{dB}$ 的取样装置测量试验电平。

为避免对其它试验产生干扰, 本试验应在屏蔽室中进行。

为确保频谱分析仪的输入端免受射频抽样装置发生短路失效时出现损坏, 可考虑使用保险装置或固定衰减器 (通常为10dB)。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标定布置中。

5.3 试验布置

在较高频率范围试验时, DUT 和 BAN 之间的连线要尽可能的短, 且应被尽可能的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为 150mm。当线缆长度大于 120mm 时会影响较高频率 (超过200MHz) 的试验结果, 应尽量避免。若使用的线缆长度大于 120mm, 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。

为尽可能的减小注入点上反射的影响, 射频功率应通过 50 Ω 、10dB 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 的结构设计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 50mm 的单根导线。隔直电容和 BAN 之间同轴传输线的最大长度为 250mm。

注: 经验表明, BAN 之间 25mm 的间隔能提供充分的隔离, 可以设计具有多个 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 33014.1-2016 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 0.1Ω 。

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；
- 功率电平；
- 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 无其它连线、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，应不使用 BAN 而直接注入到 DUT。除此之外的其它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 注入端口的隔直电容和同轴电缆，将它们与 50Ω 的功率计相连接。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 的性能要求应在试验计划中确定。输入给 10dB 衰减器的射频功率应不超过 10mW 开始，以 0.2dB 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，应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，试验报告应包含下列信息：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。

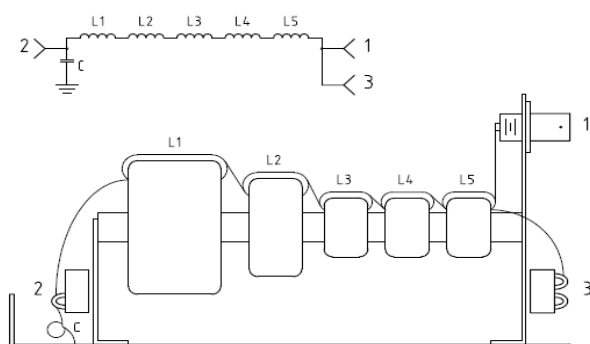
附录 A

(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。



图中：

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—推荐的最佳旁路电容器为0.047 μF 单片陶瓷电容器。

图A.1 BAN的示意图和装配图一侧视图

A.2 BAN的串联阻抗

A.2.1 BAN的串联阻抗（电流不大于8A）

见表A.1。

表A.1 BAN的串联阻抗（电流不大于8A）

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

A.2.1 BAN的串联阻抗（电流大于8A但不大于30A）

见表A.2。

表A.2 BAN的串联阻抗（电流大于8A但不大于30A）

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8A）

见表A.3。

表A.3 BAN的插入损耗（电流不大于8A）

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

A.2.1 BAN的插入损耗（电流大于8A但不大于30A）

见表A.4。

表A.4 BAN的插入损耗（电流大于8A但不大于30A）

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/负载支撑电路的末端应旁路到地。应具有最佳值电容，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0.5A、2A和30A BAN的设计建议。

表A.5 磁芯绕组信息（0.5A的BAN）

线圈	磁芯型号	匝数	L μH	fc MHz	H Oe(奥斯特)
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0.40mm，长度近似为1m。					
注2：磁芯材料为铁氧体。					

表A.6 磁芯绕组信息（2A的BAN）

线圈	磁芯型号	匝数	L μH	fc MHz	H Oe(奥斯特)
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0.64mm，长度近似为1.3m。 注2：磁芯材料为铁氧体。 注3：对L1，L为10kHz时的测量值；对L2~L5，L为计算值。					

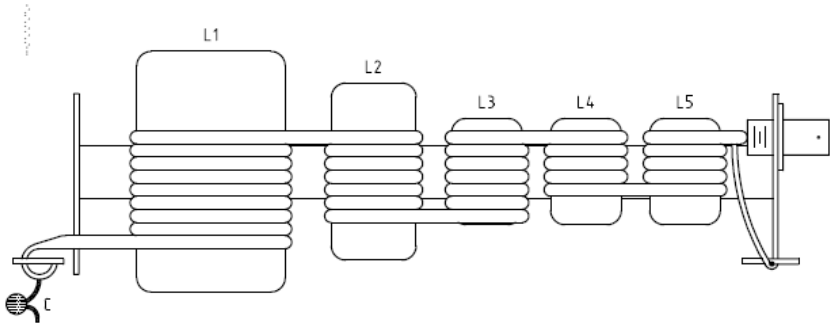
表A.7 磁芯绕组信息（30A的BAN）

线圈	磁芯型号	匝数	L μ H
L1	—	15	38
L2	—	12	15
L3	—	5	2.4
注1：导线直径近似为1.61mm，长度近似为1.5m。 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6mm，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。见图A.2结构图所示，留足够的导线把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。所有的连接应使用最短的线束。



图中：

C—旁路电容器^a；

L1~L5—线圈；

a—推荐的最佳旁路电容器为0.047μF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)

推荐的试验严酷等级和频段分别见表B. 1和表B. 2。FPSC详细说明见GB/T 33014. 1-2016。

表 B. 1 推荐试验严酷等级

试验严酷等级	试验电平 W
L1	0.1
L2	0.2
L3	0.3
L4	0.4
L5	0.5
L×	协商确定

表 B. 2 推荐频段

频段	频率范围 MHz
F1	0. 25~ 10
F2	> 10~ 30
F3	> 30 ~ 80
F4	> 80 ~200
F5	> 200 ~ 500