

团 体 标 准

T/JSSAE 010—2025

智能网联汽车 移动通信模拟网络测试 技术要求及试验方法

Technical requirements and test methods of emulation testing for
mobile communication network on intelligent and connected vehicle

2025-11-19 发布

2025-11-30 实施

江苏省汽车工程学会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 技术要求	3
5.1 驻网功能	3
5.2 数据传输性能	3
5.3 通信时延	4
5.4 网络切换	4
5.5 网络恢复	5
5.6 稳定性	5
6 试验方法	5
6.1 试验条件	5
6.2 试验设备	6
6.3 驻网测试	7
6.4 数据传输测试	7
6.5 通信时延测试	7
6.6 网络切换测试	8
6.7 网络恢复测试	8
6.8 稳定性测试	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由江苏省汽车工程学会提出。

本文件起草单位：中汽院（江苏）汽车工程研究院有限公司，中国汽车工程研究院股份有限公司、重庆大学、福州物联网开放实验室有限公司、江苏天安智联科技股份有限公司、无锡车联天下信息技术有限公司、博泰车联网（南京）有限公司、中汽研扬州汽车工程研究院有限公司。

本文件主要起草人：杨靖、张诗翌、陈睿、雷剑梅、田甜、杨雷、韩庆文、黄超昔、胡朝彬、刘成梁、杨泓泽、高世雄、陈冬梅、王婧璇、宋朴萱、俞铭、杭州、龚静、陈雨晴、刘书语、韩松、余处和、蔡亦凡。

本文件为首次发布。

智能网联汽车 移动通信模拟网络测试

技术要求及试验方法

1 范围

本文件规定了智能网联汽车移动通信模拟网络测试的技术要求和试验方法。
本文件适用于 M1 类、N1 类智能网联汽车，其他类型车辆可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

YD/T 3924-2021 TD-LTE数字蜂窝移动通信网 基站设备测试方法（第四阶段）

YD/T 4720-2024 5G数字蜂窝移动通信网6GHz以下频段基站设备测试方法（第二阶段）

ITU-R M. 1224-1 国际移动通信 (IMT) 术语词汇 (Vocabulary of terms for International Mobile Telecommunications)

3GPP TS 36.211 演进的通用陆地无线接入 (E-UTRA)；物理信道与调制

3GPP TS 36.213 演进的通用陆地无线接入 (E-UTRA)；物理层流程 (Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA)；Physical layer procedures)

3GPP TS 38.211 NR；物理信道与调制

3GPP TS 38.306 NR；用户设备射频接入能力 (NR；User Equipment (UE) radio access capabilities)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

模拟网络测试系统 emulation testing system

利用商用电信设备在实验室建设与商用移动通信网络同样架构的测试环境，用于验证整车和零部件在实际网络中的移动通信功能、性能和兼容性。

3.2

被测车辆 vehicle under test

支持车联网移动通信功能的车辆。

3.3

测试上位机 upper computer for test

用于测试和调试的计算机。与测试设备相连并进行通信，配置测试参数、执行测试程序、获取测试数据。

3.4

AT指令 attention command

用于控制调制解调器、无线通信模块（如蜂窝模块、NB-IoT、4G/5G模组）及其他通信设备的标准文本指令集。

3.5

调制解调器 modem

支持被测车辆进行蜂窝网络通信所需的具备调制和解调功能的器件。

3.6

驻网成功率 success rate of network registration

指终端芯片从开机上电到网络注册完成的成功率，网络注册过程包括 modem 上电启动、PLMN 选择、小区选择/重选、随机接入、RRC连接建立、附着请求、PDN连接建立、驻网成功状态确认等，驻网成功后终端能够正常使用数据业务。

3.7

通信时延 communication delay

应用层从发送方发送数据开始，到发送方收到接收方的确认（接收方收到数据后立即发送确认），总共经历的时间长度。

3.8

网络切换成功率 success rate of network handover

指所有原因引起的切换成功次数与所有原因引起的切换请求次数的比值。

3.9

接收信号强度 received signal strength

蜂窝网络信号到达被测车辆位置的平均接收功率，使用被测车辆的RSRP值表示。

3.10

接收信号强度等级 received signal strength

对接收信号强度的范围进行划分，接收信号强度等级划分如下：

L1: $-85\text{dBm} \cong \text{RSRP}$;

L2: $-105\text{dBm} \cong \text{RSRP} < -85\text{dBm}$;

L3: $-105\text{dBm} > \text{RSRP}$ 。

3.11

系统内切换 intra system handover

在使用相同蜂窝通信系统的网络内进行切换，包括相同频段间的同频切换，不同频段间的异频切换。

3.12

系统间切换 inter system handover

在使用不同蜂窝通信系统的网络之间切换，例如，LTE与5G系统间切换。

[来源：ITU-R M.1224-1]

3.13

小区 cell

基站或者与无线路径上特定逻辑标识相对应基站的子系统（例如，扇区天线）的无线覆盖范围。

[来源：ITU-R M.1224-1]

3.14

远程信息终端 telematics box

一种安装在汽车上的控制器，用于实现车辆的远程监控、数据采集、通信和控制等功能。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

4G：第四代移动通信技术（4th Generation Mobile Communication Technology）

5G：第五代移动通信技术（5th Generation Mobile Communication Technology）

FDD：频分双工（Frequency Division Duplexing）

LTE：长期演进技术（Long Term Evolution）

NR：新空口（New Radio）

PLMN：公共陆地移动网络（Public Land Mobile Network）

QAM：正交振幅调制（Quadrature Amplitude Modulation）

RedCap：轻量化（Reduced Capability）

RRC：无线资源控制（Radio Resource Control）

RSRP：参考信号接收功率（Reference Signal Received Power）

RTT：往返时延（Round-Trip Time Delay）

SA：独立组网（Standalone）

TDD：时分双工（Time Division Duplexing）

TBOX：远程信息终端（Telematics Box）

TCP：传输控制协议（Transmission Control Protocol）

UDP：用户数据报协议（User Datagram Protocol）

5 技术要求

5.1 驻网功能

按照6.3进行驻网功能测试，驻网成功率应满足表1要求。

表1 驻网成功率要求

指标	接收信号强度等级	指标要求
驻网成功率（%）	L1	≥99%
	L2	≥95%
	L3	≥90%

5.2 数据传输性能

4G和5G的最大吞吐量指标按照YD/T 3924-2021和YD/T 4720-2024的规定为最大吞吐量的70%。按照6.4进行数据传输测试，平均上传和下载速率应满足表2要求。

表2 数据传输速率要求

指标	接收信号强度等级	制式	带宽	调制方式	天线配置	指标要求
平均下载速率 (Mbps)	L1	4G LTE-TDD	20 MHz	256 QAM	1T2R	≥ 116 Mbps
		4G LTE-FDD	10 MHz	256 QAM	1T2R	≥ 135 Mbps
		5G SA-TDD	100 MHz	256 QAM	2T4R	≥ 1500 Mbps
		5G SA-FDD	20 MHz	256 QAM	2T4R	≥ 254 Mbps
平均上传速率 (Mbps)	L1	4G LTE-TDD	20 MHz	64 QAM	1T2R	≥ 15 Mbps
		4G LTE-FDD	20 MHz	64 QAM	1T2R	≥ 51 Mbps
		5G SA-TDD	100 MHz	256 QAM	2T4R	≥ 225 Mbps
		5G SA-FDD	20 MHz	256 QAM	2T4R	≥ 135 Mbps
注1：4G和5G最大吞吐量分别按照3GPP TS 36.213和3GPP TS 38.306标准计算。						
注2：5G SA网络不考虑RedCap特性。						

5.3 通信时延

按照6.5进行通信时延测试，通信时延应满足表3要求。

表3 通信时延要求

指标	接收信号强度等级	制式	指标要求
RTT时延 (ms)	L1	4G	≤ 40 ms
		5G	≤ 20 ms
	L2	4G	≤ 50 ms
		5G	≤ 30 ms
	L3	4G	≤ 60 ms
		5G	≤ 40 ms
注：4G和5G网络时延指标分别按照3GPP TS 36.211和3GPP TS 38.211标准中无线帧长度的倍数计算。			

5.4 网络切换

按照6.6进行网络切换测试，切换成功率满足表4要求。

表4 切换成功率要求

指标	切换类别	指标要求
切换成功率 (%)	同频切换	≥ 99 %
	异频切换	≥ 99 %
	异系统切换	≥ 99 %

5.5 网络恢复

按照6.7进行网络恢复测试，网络恢复时延满足表5要求。

表5 网络恢复时延要求

指标	网络恢复场景	指标要求
网络恢复时间（s）	网络恢复前与网络恢复后的制式相同，且频段相同	≤1 s
	网络恢复前与网络恢复后的制式相同，且频段不同	≤5 s
	网络恢复前与网络恢复后的制式不同，且频段不同	≤10 s
注1：网络制式包括4G和5G，频段在modem支持的频段列表中选择配置。		
注2：5G网络部署为SA模式，与4G网络相互独立。		

5.6 稳定性

按照 6.8 进行稳定性测试，稳定性满足表 6 要求。

表6 稳定性要求

测试项	异常事件	指标要求（发生次数）
长时间数据传输	速率下降大于50%	0 次
	丢包率大于20%	0 次
频繁切换	切换失败	0 次

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验环境条件

试验环境为配备了转毂的屏蔽室或微波暗室（半电波或全电波暗室），试验环境中的商用运营商网络的信号功率应满足RSRP<-140dBm。

试验环境条件应符合表7的规定。

表7 试验环境条件

温度	相对湿度
(23±5) °C	25 % ~ 75 %

6.1.2 试验连接

智能网联汽车移动通信模拟网络测试在暗室环境下进行，被测车辆通过空口的方式与模拟网络测试系统相连，被测车辆通过串口与上位机（测试电脑）连接，输出测试数据与测试结果。移动通信模拟网络测试连接图见图1。

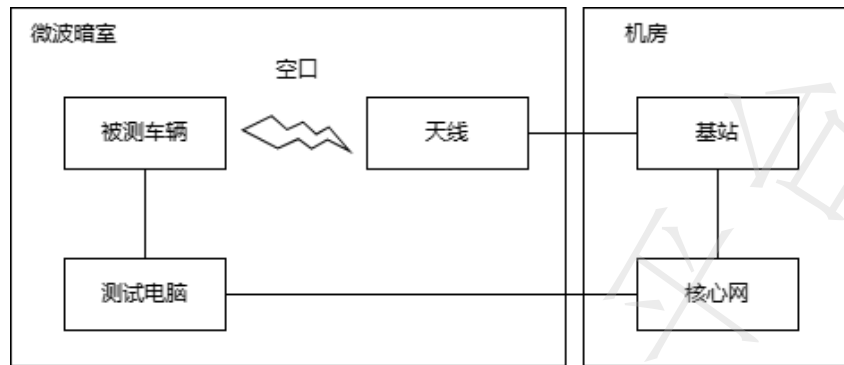


图1 移动通信模拟网络测试连接示意图

6.2 试验设备

移动通信模拟网络测试系统由核心网、基站和天线三部分组成。

6.2.1 核心网部分

核心网部分应支持多模式适配、业务处理能力、信令交互功能，具体包括：

- a) 多模式适配：应支持智能网联汽车移动通信涉及的多种网络模式（如4G和5G网络等），能够根据测试场景灵活切换或同时承载不同模式的通信业务，模拟实际网络环境中核心网对多制式终端的兼容与处理能力。
- b) 业务处理能力：应备智能网联汽车典型车联网业务的处理功能，可对各类业务数据进行有效转发、会话管理、用户数据处理，保障测试中业务流程的完整模拟。
- c) 信令交互功能：应与基站、被测车辆通信模块正常进行信令交互，实现终端注册、鉴权、连接建立与释放等流程，模拟真实网络中核心网信令控制机制，支撑通信连接稳定性、规范性测试。

6.2.2 基站部分

基站部分应支持多制式兼容、空口交互功能、业务承载能力，具体包括：

- a) 多制式兼容：应支持智能网联汽车移动通信相关的多种无线接入制式（如4G和5G网络等），可依据测试场景灵活切换或同时支持不同制式终端接入，模拟实际网络中基站对多类型车辆通信模块的兼容服务能力。
- b) 空口交互功能：应与实验室中的被测车辆建立稳定的空口连接，实现无线信号的收发、调制解调及空口协议处理，保障车辆与网络侧通信链路的空口层数据、信令交互，支撑车联网业务（如车辆状态上报、远程控制指令下发）的无线传输测试。
- c) 业务承载能力：应具备承载智能网联汽车典型车联网业务（如低时延车辆控制、大带宽车载娱乐信息传输等）的功能，对业务数据进行有效转发、调度，配合核心网完成端到端业务流程模拟，验证车辆通信业务的传输质量。

6.2.3 天线部分

天线部分应支持频段覆盖、信号功率可调、物理接口适配的功能，具体包括：

- a) 频段覆盖：应支持电信运营商网络的全部频段范围，支持不同蜂窝网络制式（如4G和5G网络等），信号可覆盖实验室。

- b) 信号功率可调：应具备蜂窝网络信号功率调节功能，支持天线辐射功率调节，可模拟实际道路环境中车辆与基站间不同信号强度的通信场景。
- c) 物理接口适配：应提供与实验室、基站等设备适配的物理接口，确保与测试系统中其他设备的稳定连接。

6.3 驻网测试

6.3.1 调制解调器重启

应按照如下步骤进行测试：

- a) 将被测车辆置于整车暗室，处于怠速状态，整车各电子器件正常工作，移动通信模拟网络测试系统各单元进入工作状态；
- b) 移动通信模拟网络测试系统输出被测车辆所支持制式的任意一个频段信号，设置输出信号强度，使被测车辆接收信号强度等级为 L1；
- c) 查询被测车辆当前注册网络状态，确保被测车辆能正常驻网；
- d) 测试上位机发 AT 指令控制被测车辆 TBOX 的调制解调器重启，记录被测车辆能否在 1s 内驻网成功；
- e) 控制调制解调器反复重启 100 次，统计驻网成功率；
- f) 修改输出信号强度，分别使被测车辆接收信号强度等级为 L2、L3，重复 b) 到 e)。

6.3.2 模块重启

应按照如下步骤进行测试：

- a) 将被测车辆置于整车暗室，处于怠速状态，整车各电子器件正常工作，移动通信模拟网络测试系统各单元进入工作状态；
- b) 移动通信模拟网络测试系统输出被测车辆所支持制式的任意一个频段信号，设置输出信号强度，使被测车辆接收信号强度等级为 L1；
- c) 查询被测车辆当前注册网络状态，确保被测车辆能正常驻网；
- d) 测试上位机发 AT 指令控制被测车辆 TBOX 重启，记录被测车辆能否在 5min 内驻网成功；
- e) 控制 TBOX 反复重启 100 次，统计驻网成功率；
- f) 修改输出信号强度，分别使被测车辆接收信号强度等级为 L2、L3，重复 b) 到 e)。

6.4 数据传输测试

应按照如下步骤进行测试：

- a) 将被测车辆置于整车暗室，处怠速状态，整车各电子器件正常工作，移动通信模拟网络测试系统进入工作状态；
- b) 移动通信模拟网络测试系统输出被测车辆所支持制式的任意一个频段信号，设置输出信号强度，使被测车辆接收信号强度等级为 L1；
- c) 查询被测车辆当前注册网络状态，确保被测车辆能正常驻网；
- d) 被测车辆 TBOX 向测试上位机发送 UDP/TCP 数据流，持续上行传输测试 5 分钟，记录上行传输速率，计算出平均上传速率；
- e) 测试上位机向被测车辆 TBOX 发送 UDP/TCP 数据流，持续下行传输测试 5 分钟，记录下行传输速率，计算出平均下载速率。

6.5 通信时延测试

应按照如下步骤进行测试：

- a) 将被测车辆置于整车暗室，处于怠速状态，整车各电子器件正常工作，移动通信模拟网络测试系统各单元进入工作状态；
- b) 移动通信模拟网络测试系统输出被测车辆所支持制式的任意一个频段信号，设置输出信号强度，使被测车辆接收信号强度等级为 L1；
- c) 查询被测车辆当前注册网络状态，确保被测车辆能正常驻网；
- d) 测试上位机向被测车辆发起 Ping 业务，测试时长不低于 5min，记录 RTT 时延，计算出平均 RTT 时延；
- e) 修改输出信号强度，分别使被测车辆接收信号强度等级为 L2、L3，重复 b) 到 d)。

6.6 网络切换测试

6.6.1 系统内切换

应按照如下步骤进行测试：

- a) 将被测车辆置于整车暗室，处怠速状态，整车各电子器件正常工作，移动通信模拟网络测试系统进入工作状态；
- b) 移动通信模拟网络测试系统打开两个小区，同步输出被测车辆所支持的同制式双频段信号，小区 1 输出信号强度为 L1，小区 2 输出信号强度为 L3，使被测车辆注册在小区 1 上；
- c) 测试上位机持续监控被测车辆的网络信令状态；
- d) 调节小区 1 和小区 2 的输出信号强度，使小区 1 的输出信号强度由 L1 递减为 L3，小区 2 的输出信号强度由 L3 递增为 L1，直到触发系统内切换，记录切换结果；
- f) 重复 b) 到 d) 步骤，重复 100 次，统计切换成功率。

6.6.2 系统间切换

应按照如下步骤进行测试：

- a) 将被测车辆置于整车暗室，处怠速状态，整车各电子器件正常工作，移动通信模拟网络测试系统进入工作状态；
- b) 移动通信模拟网络测试系统打开两个小区，同步输出异制式双频段信号，小区 1 输出信号强度为 L1，小区 2 输出信号强度为 L3，使被测车辆注册在小区 1 上；
- c) 测试上位机持续监控整车模组网络信令状态；
- d) 调节小区 1 和小区 2 的输出信号强度，使小区 1 的输出信号强度由 L1 递减为 L3，小区 2 的输出信号强度由 L3 递增为 L1，直到触发系统间切换，记录切换结果；
- e) 重复 b) 到 d) 步骤，重复 100 次，统计切换成功率。

6.7 网络恢复测试

应按照如下步骤进行测试：

- a) 将被测车辆放在整车暗室，处于怠速状态，整车各电子器件正常工作，移动通信模拟网络测试系统各单元进入工作状态；
- b) 选取表 5 中的网络恢复场景，移动通信模拟网络测试系统设定网络恢复前的制式，并输出被测车辆所支持制式的任意一个频段信号，设置输出信号强度，使被测车辆接收信号强度等级为 L1；
- c) 查询被测车辆当前注册网络状态，确保被测车辆能正常驻网；
- d) 关闭移动通信模拟网络测试系统网络信号；

- e) 等待 2min 后, 根据表 5 中选取的网络恢复场景, 移动通信模拟网络测试系统设置网络恢复后的制式, 并输出被测车辆所支持制式的任意一个频段信号, 使被测车辆接收信号强度等级为 L1, 记录被测车辆网络恢复时延;
- f) 重复 10 次步骤 b) 到 e), 计算被测车辆网络恢复时延平均值;
- g) 修改步骤 e) 的等待时间分别为 5min、10min、30min, 每设置一次等待时间, 重复步骤 f)。

6.8 稳定性测试

6.8.1 长时间数据传输

应按照如下步骤进行测试:

- a) 将被测车辆置于整车暗室, 处怠速状态, 整车各电子器件正常工作, 移动通信模拟网络测试系统进入工作状态;
- b) 移动通信模拟网络测试系统输出被测车辆所支持制式的任意一个频段信号, 设置输出信号强度, 使被测车辆接收信号强度等级为 L1;
- c) 测试上位机启动 UDP/TCP 双向传输, 同步执行上行/下行数据流传输;
- d) 持续运行并监控 12 小时, 每隔 4 小时切换输出信号强度等级, 使被测车辆接收信号强度等级依次处于 L1、L2、L3;
- e) 记录出现速率下降大于 50% 或丢包率大于 20% 的异常情况。

6.8.2 频繁切换

应按照如下步骤进行测试:

- a) 将被测车辆置于整车暗室, 处怠速状态, 整车各电子器件正常工作, 移动通信模拟网络测试系统进入工作状态;
 - b) 移动通信模拟网络测试系统配置双信号源 (同/异制式), 小区 1 输出信号强度为 L1, 小区 2 输出信号强度为 L3, 使被测车辆注册在小区 1 上;
 - c) 设置自动切换循环, 小区 1 输出信号强度在 10 秒内从 L1 递减到 L3, 小区 2 输出信号强度同步从 L3 递增到 L1, 维持被测车辆注册在小区 2 上 60 秒后反向切换;
 - c) 循环执行步骤 c) 1000 次;
 - e) 记录出现切换失败的异常次数。
-