

T/GXAS

团 体 标 准

T/GXAS 665—2024

智能网联汽车仿真教学实验平台建设规范

Specification for the construction of intelligent connected vehicle
simulation teaching experiment platform

2023 - 12 - 29 发布

2024 - 01 - 04 实施

广西标准化协会 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	2
4 缩略语	3
5 基本要求	3
6 仿真实验场景	3
7 仿真实验道路	5
8 路侧设施	7
9 仿真实验车辆	9
10 实验管理系统	10
11 资源库系统	11
12 数据中心与教学中心	11
13 网联环境	12
14 实验安全	13
15 实验报告	14
参考文献	15

前 言

本文件参照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。

本文件由广西职业师范学院提出并宣贯。

本文件由广西标准化协会归口。

本文件起草单位：广西职业师范学院、广西翰格科技有限公司、广西感知物联科技有限公司。

本文件主要起草人：潘翔、林兴志、王萍、梁菲、张永杰。

智能网联汽车仿真教学实验平台建设规范

1 范围

本文件界定了智能网联汽车仿真教学实验平台建设涉及的术语和定义,规定了基本要求和仿真实验场景、仿真实验道路、路侧设施、仿真实验车辆、实验管理系统、资源库系统、数据中心与教学中心、网联环境、实验安全、实验报告等要求。

本文件适用于高校相关专业开展智能网联汽车仿真教学实验,包括智能网联汽车仿真实验环境的设计与建设、实验教学活动的开展以及实验资源的管理等。汽车企业在进行仿真实验时在场景设计、道路建设、路侧设施部署等方面可参照执行。

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。

- GB/T 3101 有关量、单位和符号的一般原则
- GB 5768.4 道路交通标志和标线 第4部分:作业区
- GB 14886 道路交通信号灯设置与安装规范
- GB 14887 道路交通信号灯
- GB/T 18883 室内空气质量标准
- GB/T 20851(所有部分) 电子收费 专用短程通信
- GB/T 23828 高速公路LED可变信息标志
- GB/T 29103 道路交通信息服务 通过可变情报板发布的交通信息
- GB/T 33697 公路交通气象监测设施技术要求
- GB/T 34428.3 高速公路监控设施通信规程 第3部分:LED可变信息标志
- GB/T 39772.1 北斗地基增强系统基准站建设和验收技术规范 第1部分:建设规范
- GB 50174—2017 数据中心设计规范
- GB/T 51224 乡村道路工程技术规范
- JTG B01 公路工程技术标准
- JTG D20 公路路线设计规范
- JTG D80 高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范
- JT/T 794 道路运输车辆卫星定位系统 车载终端技术要求
- JT/T 808 道路运输车辆卫星定位系统 终端通讯协议及数据格式
- JT/T 905(所有部分) 出租汽车服务管理信息系统
- JT/T 1032 雾天公路行车安全诱导装置
- JT/T 1076 道路运输车辆卫星定位系统 车载视频终端技术要求
- JT/T 1078 道路运输车辆卫星定位系统 视频通信协议
- YD/T 3335 面向物联网的蜂窝窄带接入(NB-IoT) 基站设备技术要求
- YD/T 3337 面向物联网的蜂窝窄带接入(NB-IoT) 终端设备技术要求
- YD/T 3340 基于LTE的车联网无线通信技术 空中接口技术
- YD/T 3400 基于LTE的车联网无线通信技术 总体技术要求
- T/CSAE 125—2020 智能网联汽车测试场设计技术要求
- T/QAAM 001 智能网联汽车道路测试与示范应用数据采集规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能网联汽车 intelligent connected vehicle; ICV

搭载车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与X（车、路、人、云等）智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能，能替代人操作，实现自动驾驶的智能车。

[来源：T/CSAE 125—2020，3.6，有修改]

3.2

仿真实验 simulation experiment

利用虚拟场景对实物进行半实物仿真测试。

3.3

智能网联汽车仿真实验环境 simulation experimental environment for intelligent connected vehicles

对道路、路侧、网联、配套设施等情况和条件等进行部署与准备形成的实验环境。

注：分为实景仿真实验环境（Realistic experiment simulation environment）和虚拟仿真实验环境（Virtual experimental simulation environment）。

3.4

测试场景 test scenario

车辆测试过程中所处的地理环境、天气、道路、交通状态及车辆状态和时间等要素的集合。

[来源：T/CSAE 125—2020，3.6，有修改]

3.5

仿真实验场景 simulation experiments scenario

车辆仿真实验过程中所处的地理环境、道路、交通状态及车辆状态和时间等要素的车辆行驶情景集合。

[来源：GB/T 41798—2022，3.6，有修改]

3.6

模型在环 model in the loop; MIL

在系统开发阶段，建立算法模型并进行仿真测试，根据仿真测试结果，不断优化系统设计的仿真阶段。

3.7

软件在环 software in the loop; SIL

在完成模型在环测试后，对代码与算法模型等效性测试，保证代码与算法模型一致的仿真阶段。

3.8

硬件在环 hardware in the loop; HIL

将控制模型生成代码下载到目标硬件上运行，被控对象模型也生成代码下载到实时仿真机上运行，目标控制器硬件和实时仿真机之间进行通信，形成闭环实时仿真的阶段。

3.9

整车在环 vehicle in the loop; VIL

将自动驾驶系统集成到真实车辆，并在实验室条件下构建模拟道路、交通场景以及环境因素，系统实现多场景自动驾驶车辆功能与性能测试的阶段。

3.10

资源库系统 resource database system

包含数字、视频、动画、图片等内容、基于网络技术的教学实验信息管理系统。

3.11

数据中心 data centre

专门对数据进行集中管理（存储、计算、交换），由服务器、网络设备、存储设备、安全设备等软硬件设备设施的专用机房。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

C—V2X: 蜂窝车联网 (Cellular-Vehicle to Everything)

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

GPS: 全球定位系统 (Global Positioning System)

RTD: 实时动态码相位差分技术 (Real Time Differential)

RTK: 实时动态差分法 (Real-time Kinematic)

V2X: 汽车与外界信息交换 (Vehicle to Everything)

5 基本要求

5.1 仿真实验宜支持模型在环仿真 (MIL)、软件在环仿真 (SIL)、硬件在环仿真 (HIL)、整车在环仿真 (VIL)。

5.2 仿真实验场景应覆盖驾驶自动化功能场景，仿真实验中连续场景应能反应实际道路测试的场景组合情况。

5.3 应提供智能网联汽车仿真实验环境的组成及工作原理、驾驶自动化功能及其设计运行条件、风险减缓策略、最小风险状态以及必要的安全风险提示等。

5.4 应说明仿真实验的软硬件环境和工具链、驾驶自动化功能验证的场景库，以及使用的车辆动力学、传感器等模型及其关键参数。

5.5 应能在多个相同场景下，进行封闭场地和实际道路测试，并与仿真实验结果对比，验证仿真实验的有效范围。

5.6 应对仿真实验过程中所涉及的测试类型、测试方法、评价方法、测试流程以及测试数据存储等进行管理，保证模拟仿真实验结果的可追溯性。

5.7 应覆盖仿真实验道路、路侧设施、仿真实验车辆、网联环境等要素，验证驾驶自动化功能是否符合安全要求。

6 仿真实验场景

6.1 车速保持

6.1.1 道路类型应包括直道和弯道，单向单车道。

6.1.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 3 的要求，宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.2 车道保持

6.2.1 道路类型应为直道和弯道，单向单车道。

6.2.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 3 的要求，宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.3 跟车行驶

6.3.1 道路类型应为直道和弯道，双向三车道。

6.3.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 4 的要求，宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.4 并道行驶

6.4.1 道路类型应为直道和弯道，单向两车道。

6.4.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 5 的要求，宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.5 超车

6.5.1 道路类型应为直道，双向三车道。

6.5.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 4 的要求，宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。潮汐车道车道数宜为两车道。

6.6 匝道驶入/驶出

6.6.1 道路类型应为出口匝道，单车道和入口匝道，单车道。

6.6.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 6 的要求。除满足基本设计参数外，还应符合 JTG D20 中有关匝道的设计要求。典型匝道设计时速度与最小曲率半径对应关系应符合 T/CSAE 125—2020 表 7 的要求，典型匝道回旋线参数及长度参数应符合 T/CSAE 125—2020 表 8 的要求。宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.7 交叉路口通行

6.7.1 道路类型应为十字交叉路口，且至少某一方向上为双向三车道。

6.7.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 9 的要求。除了满足基本设计参数外，还应符合公路工程设计相关标准要求，其中，平面交叉口安全停车视距应符合 T/CSAE 125—2020 表 10 的要求，平面交叉口转弯最小半径应符合 T/CSAE 125—2020 表 11 的要求。宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.8 环形路口通行

6.8.1 道路类型应为环形交叉路口，环岛内双车道，双向两车道和环岛连接，且有四个入口。

6.8.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 12 的要求，环岛最小半径和环岛最小设计速度的关系应符合 T/CSAE 125—2020 表 13 的要求。环岛内的机动车车道宽度视中心岛的半径大小对内侧车道进行加宽，车道加宽值应符合 T/CSAE 125—2020 表 14 的要求。宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.9 交通信号灯通行

6.9.1 道路类型应为十字交叉路口，且至少某一方向上为双向三车道。

6.9.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 15 的要求，交通信号灯应具备红黄绿三色，且信号灯相位可调；交通信号灯类型、设置与安装应符合 GB 14886 和 GB 14887 的要求。

6.10 施工区域通行

6.10.1 道路类型应为直道和弯道，单向两车道。

6.10.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 5 的要求。施工区域的设置应按照 GB 5768.4 的要求进行。

6.11 前方车辆变道识别与避让

6.11.1 道路类型应为直道和弯道，单向两车道。

6.11.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 5 的要求。宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.12 道路弱势群体避让通行

6.12.1 道路类型应为直道和弯道，单向两车道以及十字交叉路口。

6.12.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 5 和表 9 的要求，交叉路口设计除了满足基本设计参数外，还应符合公路工程设计相关标准要求，其中，平面交叉口安全停车视距应符合 T/CSAE 125—2020

表 10 的要求，平面交叉口转弯最小半径应符合 T/CSAE 125—2020 表 11 的要求。宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.13 障碍物避让通行

6.13.1 道路类型应为直道和弯道，单向两车道。

6.13.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 5 的要求。宜根据实验车尺寸及教学需要等比例缩小实验场地，弯道曲率半径宜根据实际情况调整设计。

6.14 N 型掉头

6.14.1 道路类型应为直道，双向两车道。

6.14.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 16 的要求。车道分道标线应为虚线。

6.15 U 型掉头

6.15.1 道路类型应为直道，双向三车道。

6.15.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 17 的要求。车道分道标线应为虚线。

6.16 靠边停车

6.16.1 道路类型应为直道，单向两车道。

6.16.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 中表 5 的要求。

6.17 对向来车避让

6.17.1 道路类型应为直道，双向两车。

6.17.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 中表 18 的要求。车道分道标线应为虚线。

6.18 网联通信

6.18.1 道路类型应为直道，单向两车道以及十字交叉路口。

6.18.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 中表 5 的要求。

6.19 自动泊车

6.19.1 车位类型应为平行式车位、垂直式车位和斜列式车位。

6.19.2 道路设置应符合 T/CSAE 125—2020 表 19 的要求。对于不同停车位所需要的无障碍行驶空间宽度要求应与 T/CSAE 125—2020 表 20 的要求。

7 仿真实验道路

7.1 高速道路

7.1.1 实景仿真实验环境

道路设计与施工应符合 JTG B01 和 JTG D80 的要求，宜建设以下类型：

——高速直道：包括单向两车道、单向三车道、双向四车道、双向六车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况；

——高速弯道：包括单向两车道、单向三车道、双向四车道、双向六车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况；

——高速上下匝道：包括单向单车道、单向两车道。

7.1.2 虚拟仿真实验环境

仿真软件的道路宜支持以下类型：

——高速直道：包括单向两车道、单向三车道、双向四车道、双向六车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况；

——高速弯道：包括单向两车道、单向三车道、双向四车道、双向六车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况；

——高速上下匝道：包括单向单车道、单向两车道。

7.2 城市道路

7.2.1 实景仿真实验环境

道路设计与施工应符合JTG B01和GB/T 51224的要求，宜建设以下类型：

- 单行道：包括单向单车道、单向两车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况，宜设置人行横道红绿灯；
- 双向直道：包括双向两车道、双向三车道、双向四车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况，宜设置人行横道红绿灯；
- 双向弯道：包括双向两车道、双向三车道、双向四车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况，宜包含多种不同曲率半径的弯道；
- 红绿灯交叉路口：包括T型交叉路口、Y型交叉路口、十字交叉路口、X型交叉路口、复合交叉路口等；
- 环形交叉路口：包括四入口环岛、五入口环岛等；
- 行人和非机动车道：包括人行道、非机动车道。

7.2.2 虚拟仿真实验环境

仿真软件的道路宜支持以下类型：

- 单行道：包括单向单车道、单向两车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况，宜设置人行横道红绿灯；
- 双向直道：包括双向两车道、双向三车道、双向四车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况，宜设置人行横道红绿灯；
- 双向弯道：包括双向两车道、双向三车道、双向四车道等，宜包括有坡道和无坡道两种情况，宜包含多种不同曲率半径的弯道；
- 红绿灯交叉路口：包括T型交叉路口、Y型交叉路口、十字交叉路口、X型交叉路口、复合交叉路口等；
- 环形交叉路口：包括四入口环岛、五入口环岛等；
- 行人和非机动车道：包括人行道、非机动车道。

7.3 乡村道路

7.3.1 实景仿真实验环境

道路设计与施工应符合JTG B01和GB/T 51224的要求，宜建设以下类型：

- 双向单车道：中间无分道线，包括直道和弯道，宜包含多种不同曲率半径的弯道；
- 双向两车道：中间有分道线，包括直道和弯道，宜包含多种不同曲率半径的弯道。

7.3.2 虚拟仿真实验环境

仿真软件的道路宜支持以下类型：

- 双向单车道：中间无分道线，包括直道和弯道，宜包含多种不同曲率半径的弯道；
- 双向两车道：中间有分道线，包括直道和弯道，宜包含多种不同曲率半径的弯道。

7.4 山区道路

7.4.1 实景仿真实验环境

道路设计与施工应符合JTG D20的要求，宜建设以下类型：

- 陡坡：包括直道纵坡和弯道纵坡两种类型，宜包含多种不同坡度道路；
- 窄路：宜包含多种不同宽度道路；
- 急弯：宜包含多种不同曲率半径的弯道。

7.4.2 虚拟仿真实验环境

仿真软件的道路宜支持以下类型：

- 陡坡：包括直道纵坡和弯道纵坡两种类型，宜包含多种不同坡度道路；
- 窄路：宜包含多种不同宽度道路；
- 急弯：宜包含多种不同曲率半径的弯道。

8 路侧设施

8.1 感知设施

8.1.1 通用功能

- 8.1.1.1 支持数据存储及导出。
- 8.1.1.2 支持数据上传，上传时间间隔可按系统需求调整。
- 8.1.1.3 支持时钟同步。
- 8.1.1.4 支持远程配置、状态监测、版本升级等。

8.1.2 交通流监测设施

- 8.1.2.1 宜支持断面内单车道的交通流量、平均车速和时间占有率等监测。
- 8.1.2.2 应在互通立交区域、停车区、收费站前布置，宜全程布置。

8.1.3 车辆状态监测设施

- 8.1.3.1 宜支持单车位置、速度和车型等信息监测。
- 8.1.3.2 在互通立交区域、停车区、收费站前布置，宜全程布置。

8.1.4 交通事件监测设施

- 8.1.4.1 支持车辆停止、逆行、行人、拥堵、机动车驶离等事件监测，支持自动识别交通事件位置、事件发生车道等信息，具备交通事件报警和事件过程记录功能。
- 8.1.4.2 应在互通立交区域、停车区、收费站前、易拥堵及易发生交通事件处、恶劣气象频发及地质灾害易发处、避险车道布置，宜全程布置。

8.1.5 交通气象监测设施

- 8.1.5.1 应符合 GB/T 33697 的要求，支持能见度、风速、风向、路面（0 cm~10 cm）温度、路面状况（干燥、潮湿、积水、结冰、积雪）等信息监测，以及湿滑路面附着系数检测。
- 8.1.5.2 宜全程布置交通气象监测设施，布置要求如下：
 - 以大雾为主要恶劣气象条件处：能采集能见度参数；
 - 以结冰、雨雪为主要恶劣气象条件处：能采集路面积水、结冰等路面状况参数；
 - 以大风为主要恶劣气象条件处：能采集风速和风向参数；
 - 以高温为主要恶劣气象条件处：能采集路面（0 cm~10 cm）温度参数；
 - 存在多种恶劣气象条件处：能同时监测相应环境参数。

8.2 通信设施

8.2.1 有线通信设施

- 8.2.1.1 干线传输网宜采用光传输网技术。
- 8.2.1.2 路段接入网应采用千兆级以上网络。
- 8.2.1.3 应全线布设有线通信设施。

8.2.2 无线通信设施

- 8.2.2.1 应支持时钟同步功能。
- 8.2.2.2 专用短程通信路侧设施应符合 GB/T 20851（所有部分）要求。
- 8.2.2.3 C—V2X 路侧设施应符合通信行业蜂窝车联网路侧设施要求。
- 8.2.2.4 面向物联网的蜂窝窄带接入设施应符合 YD/T 3335 和 YD/T 3337 要求。

8.3 定位设施

8.3.1 高精度导航卫星定位设施

8.3.1.1 应在基础设施实现数字化和信息化的高速公路布设。

8.3.1.2 应按 GB/T 39772.1 的规定建设。

8.3.2 辅助定位设施

8.3.2.1 应在基础设施逐步实现数字化和信息化及以上的高速公路布设。

8.3.2.2 应布设于全球导航卫星系统（GNSS）信号受屏蔽和遮挡的环境中，支持车辆位置信息服务时相对定位精度宜达到厘米级。

8.3.2.3 能采用无线通信或路侧特征标识物识别等技术实现辅助定位。

8.3.3 室内实验场定位设施

室内实验场场景测试，宜布设相应的车辆位置定位系统，支持车辆位置信息服务时相对定位精度宜达到厘米级，能采用无线通信或路侧特征标识物识别等技术实现室内车辆定位。

8.4 边缘计算设施

8.4.1 功能如下：

——数据接入：宜支持接入交通流、车辆状态、交通事件等数据；

——数据处理与分析：宜支持针对某一目标事件或目标物，将多个不同来源且面向同一个对象的数据进行识别与融合处理；宜具备高精度地图静态数据的远程调用和本地存储功能，并支持地图数据与其他接入该设备的路侧感知数据的融合处理；

——数据输出：宜支持输出车道级交通流诱导指令、车道级异常交通事件预警信息；可根据实际情况增加对其他路侧设施的控制与管理功能；

——所辖路侧设施运行监控：当所辖路侧设施的计算、存储、网络等资源异常时应进行告警；

——应支持时钟同步功能。

8.4.2 性能如下：

——以太网接口宜支持不低于 1 000 Mbps 的通信速率；

——应至少同时支持 2 路的雷达、4 路视频等感知设备数据接入与分析能力；

——计算能力应不低于 32 TOPS；

——对象级数据汇聚融合感知结果输出频率宜不低于 10 Hz。

8.4.3 应在基础设施实现数字化和信息化的公路布设，应根据应用场景合理选择布设点位，并结合实际情况选择架空安装或落地安装方式。

8.5 管控设施

8.5.1 通用功能

8.5.1.1 应具备联网功能。

8.5.1.2 系统设备故障、网络通讯故障等异常情况发生时，宜支持自我诊断、记录并报警。

8.5.1.3 宜具备远程数据配置、状态监测、状态管理、操作维护、版本升级等管理功能。

8.5.2 交通信号灯

应符合 GB 14887 和 GB 14886 的要求。

8.5.3 公路行车诱导装置

8.5.3.1 应符合 JT/T 1032 的要求，支持上位控制软件远程控制与前端手动控制两种控制模式。

8.5.3.2 应在桥隧相连路段和团雾多发路段布设，在行车道两侧对称布设。

8.5.4 安全预警装置

8.5.4.1 宜支持定位与位置数据上传，支持通过灯光进行车道管控。

8.5.4.2 应在危险行车路段、现场作业区、临时交通管制区等区域布设。

8.5.5 可变信息标志

8.5.5.1 功能应符合 GB/T 23828、GB/T 29103 和 GB/T 34428.3 的要求。

8.5.5.2 应在互通立交区域、停车区、收费站前、易拥堵及易发生交通事件处、恶劣气象频发及地质灾害易发处布设，宜全程布设；易拥堵及易发生交通事件处、恶劣气象频发及地质灾害易发处宜加密布设。

8.6 配套设施

8.6.1 应集约利用杆件或门架等。

8.6.2 宜充分利用杆件空间进行纵向分层、横向分区布设。

8.6.3 宜与附近已建或待建的其他设施共用电缆、光缆、信号缆、接地线缆等设施。

8.6.4 杆件宜预留安装空间及通信、配电等接口。

8.6.5 路侧设施之间应避免相互遮挡及信号干扰。

8.6.6 新增设施宜与已有设施共用支撑杆件或门架等。

9 仿真实验车辆

9.1 功能要求

应具备以下功能：

- 交通标志和标线的识别及响应；
- 交通信号灯识别及响应；
- 前方车辆行驶状态识别及响应；
- 障碍物识别及响应；
- 行人和非机动车识别及避让；
- 跟车行驶；
- 靠路边行车；
- 超车；
- 并道；
- 交叉路口通行；
- 环形路口通行；
- 自动紧急制动；
- 人工操作接管；
- 联网通讯；
- 四轮差速转弯。

9.2 性能要求

应具备以下性能：

- 完成充电后，续航能力应支持仿真车辆完成至少 60 min 的常规道路运行；
- 仿真车辆应具备真实智能网联车辆按场地比例情况另行设定运行速度，加速度以及制动性能。

9.3 车载终端

应满足 JT/T 794、JT/T 808、JT/T 905（所有部分）、JT/T 1076、JT/T 1078 的要求，具备以下功能或性能：

- 休眠、告警、终端管理、电召、监听、通话、人机交互、信息服务、多中心接入、故障远程诊断；
- 北斗/GPS 双模精准定位，数据有效显示、存储；
- 行驶记录和车辆、驾驶员、音视频等数据信息采集；
- 电源保护和车辆故障自检；
- 防尘、防水、电磁兼容性设计，在高/低温、高干扰、湿热、振动、冲击等复杂环境下稳定运行。

9.4 车辆管理要求

9.4.1 实景仿真实验车辆应安装符合要求的数据记录装置，携带测试计划表、测试通知书、保险单，监控设备正常工作，能够实时上传车辆相关数据。

9.4.2 与测试无关的人员不应乘车、用车。

9.4.3 依据实际情况，应制定车辆测试前的例行检查规范，包括交通信号识别及响应、道路交通基础设施与障碍物识别及响应、行人与非机动车识别及响应、周边车辆行驶状态识别及响应、自动紧急避险、车辆定位、车辆动力等。

9.5 车辆配套设施

9.5.1 准备车间

实景仿真试验场宜根据可支持的测试车辆类型，设置相对应的车辆准备车间。准备车间宜包含车辆举升架或地沟、工具箱等。

9.5.2 充电设施

实景仿真试验场充电设置宜符合《电动汽车充电设施标准体系项目表（2015年版）》的要求。

9.5.3 车库

实景仿真试验场宜配套合适尺寸的车库，用于实验车辆的存放。

10 实验管理系统

10.1 常规实验管理

包括但不限于：

——实验室管理：包括台账管理、视频监控、设备监控等；

——实验预约：支持线上实验预约；

——实验信息管理：包括通知发布、实验排课、实验课表、实验考勤、实验成绩统计与发布等；

——实验监控：对实践教学过程进行监控；

——实验数据存储：自动存储实验过程数据；

——实验项目：包括车速保持、车道保持、跟车行驶、并道行驶、超车、匝道驶入/驶出、交叉路口通行、环形路口通行、交通信号灯通行、施工区域通行、前方车辆变道识别与避让、道路弱势群体避让通行、障碍物避让通行、N型掉头、U型掉头、靠边停车、对象来车避让、网联通信、自动泊车、交通标志识别与响应、交通标线识别与响应、交通信号灯识别与响应等。

10.2 实验设备管理

包括但不限于：

——对接学校的资产管理系统，获取实验设备基础数据；

——管理实验设备的使用、变更、维修等业务；

——统计实验设备的使用率。

10.3 实验耗材管理

包括但不限于：

——需求申报；

——采购审核；

——入库；

——库存管理；

——领用与回收。

10.4 实验人员管理

包括但不限于。

- 角色管理：包括教学与管理人员、实验室/实验场管理员、学员。
- 基本信息管理：包括人员编号、角色、部门、姓名、性别、联系方式等。
- 权限管理：
 - 教学与管理人员：应包括制定教学计划、完成实验准备、组织开展实验、实验过程管控、实验评价、教学资源管理等；
 - 实验室/实验场管理员：应包括实验设备管理、实验室开放与预约等；
 - 学员：应包括签到、实验报告提交、查看实验评价等。

11 资源库系统

11.1 资源类别

包括但不限于：

- 智能网联汽车政策制度；
- 仿真实验教学动态；
- 仿真实验教学成果；
- 仿真实验科研成果；
- 实验标准与技术标准；
- 仿真实验指导书；
- 仿真实验试题集；
- 项目资源。

11.2 资源形式

包括但不限于：

- 数字文献；
- 视频；
- 动画；
- 图片。

11.3 资源管理

包括但不限于：

- 模糊搜索；
- 多种格式文档上传管理；
- 按权限随时更改上传文档；
- 文档的单一下载和打包下载；
- 实验单元收藏与快速访问；
- 控制实验教学视频进度；
- 按标准格式导出教学资源。

12 数据中心与教学中心

12.1 数据中心

12.1.1 存储要求

应符合以下要求：

- 数据保密；
- 数据格式符合通用性相关要求；
- 相关数据至少存储 90 d；
- 满足 GB 50174—2017 中的 B 级要求。

12.1.2 数据项要求

数据项应符合T/QAAM 001的要求。

12.1.3 处理能力要求

应符合以下要求：

- 具备弹性伸缩能力，当服务器集群由于资源不足出现瓶颈的时候，只需添加相应服务器节点做简单配置就能实现性能扩展；
- 具备功能扩展能力，在不改变已有系统结构的情况下新增独立的功能模块即可实现功能的扩展；
- 安全可靠，支持网络安全、系统安全、数据安全等策略；
- 支持至少 2 个教学班并发使用。

12.2 教学中心

12.2.1 多媒体教室

12.2.1.1 学生人均使用面积、采光、照明、卫生等应能满足开展智能网联汽车仿真实验教学的需求。

12.2.1.2 应具备能支撑智能网联汽车仿真实验理论教学的基础设施设备，包括计算机、交互显示大屏、平板电脑、投影仪、教学网络专线、课桌椅、其他特定设备等。

12.2.1.3 教室内应避免甲醛、苯、氡等有害气体和放射性污染，室内空气应符合 GB/T 18883 的要求。

12.2.2 实验室

12.2.2.1 实验室内区域应从外部可视。

12.2.2.2 应具备独立区域、完善的水电设施、消防设备、应急照明设备、空调和通风设施。

12.2.2.3 应具备能支撑智能网联汽车仿真实验教学的基础设施设备，包括计算机、交互显示大屏、平板电脑、投影仪、教学网络专线、课桌椅、实验沙盘、仪器、其他特定设备等。

12.2.3 展示场所

教学中心宜配备展示场所，用于展示实验过程、实验结果、实验成果。

13 网联环境

13.1 通信设备

应部署支持蜂窝通信（Uu）和直连通信（PC5）两种工作模式的C—V2X网联通信系统。C—V2X通信系统建设应包括C—V2X基站部署和基于路侧单元（RSU）通信环境的搭建，应符合YD/T 3400、YD/T 3340的要求。

13.1.1 路侧单元（RSU）的发射功率限值为 $EIRP \leq 29$ dBm。

13.1.2 C—V2X 通信系统应支持最高相对速度为 100 km/h 的车辆间发送消息，以及最高绝对速度为 100 km/h 的车辆与车辆、车辆与路侧单元和行人发送消息。

13.1.3 通信时延：

- 对于支持车车和车人通信的终端，无论直接发送还是由路侧单元转发，C—V2X 通信系统应保证最大空口通信时延不超过 100 ms；
- 对于车路通信，车与路边单元的最大空口通信时延应不超过 100 ms；
- 对于经过 C—V2X 通信系统网络实体的车与应用服务器之间的 V2N 通信，最大端到端时延应不超过 1 000 ms；
- 仅对于特殊用例（如碰撞感知），车与车之间、车与路侧单元之间发送消息的最大空口通信时延宜不超过 20 ms。

13.1.4 C—V2X 通信网络不应依赖应用层重传即可提供高可靠传输。

13.1.5 V2X 业务在有运营商网络和无运营商网络覆盖的情况下均应支持。

13.1.6 对于周期性消息，C—V2X 通信网络应能够支持路侧单元和车辆最大 10 Hz 的消息发送频率。

13.1.7 应不包括安全相关的消息单元，周期性消息的大小在 50 byte~300 byte 之间，事件触发的消

息最大为 1 200 byte。

13.2 定位设备

13.2.1 室外智能网联汽车测试场应能够提供高精度定位差分信号，差分信号应符合下列要求：

- 具有北斗和 GPS 等多种制式多频点差分增强信号；
- 支持 RTD 和 RTK 差分信息；
- 实时 RTK 定位精度水平优于 3 cm；
- 事后静态解算精度水平优于 5 mm；
- 实时网络 RTD 定位精度优于 1 m；
- 能够接入国内外主流厂家生产的移动终端。

13.2.2 室内实验场景测试，宜布设相应的车辆位置定位系统，支持车辆位置信息服务时相对定位精度宜达到厘米级，宜采用无线通信或路侧特征标识物识别等技术实现室内车辆定位。

14 实验安全

14.1 实验信息

14.1.1 车载终端

- 14.1.1.1 应具有风险评估机制。
- 14.1.1.2 终端与监控中心的通信宜采取加密措施。
- 14.1.1.3 应对网络设备和无线设备的访问进行控制。
- 14.1.1.4 应能通过技术措施防止、检测和阻断通过多种网联接口实施的安全攻击。
- 14.1.1.5 终端使用的电路和芯片应能保证数据运算和数据存储功能的安全，应能使用硬件相关技术对抗物理层面针对加解密操作的多种攻击。
- 14.1.1.6 应支持数字证书或完备的密钥生成机制和管理机制，用于身份认证、通信加密和完整性保护。

14.1.2 平台间通信

- 14.1.2.1 应采用加密功能，可包括但不限于短信息加密、通话语音加密、无线接入加密等。
- 14.1.2.2 应对包含敏感信息的信息添加隐私标记。
- 14.1.2.3 应设置用户隐私数据访问控制。
- 14.1.2.4 应对存储设备访问进行控制。

14.1.3 车载终端与平台通信

- 14.1.3.1 应对关键的传输数据使用加密和完整性校验手段。
- 14.1.3.2 通信双方应采取双向身份认证，满足不同应用场景对通信和数据交换的需求。
- 14.1.3.3 应对外部设备进行认证并启用通信协议所支持的安全模式进行通信。

14.1.4 数据中心

- 14.1.4.1 应对敏感数据设置相应权限，拦截未授权访问和数据篡改。
- 14.1.4.2 数据中心的文件应具备标识信息，不应在非授权设备中使用。
- 14.1.4.3 应使用相应防护措施，对数据的完整性和可认证性进行保护。
- 14.1.4.4 应使用加密算法对重要数据进行加密传输。

14.2 实验设备

应建立并保留实验设备档案，对实验设备工作状态进行记录。

14.3 实验人员

- 14.3.1 应制定实验人员安全操作规程。
- 14.3.2 实验人员应具备智能网联汽车仿真实验设计、实施的专业知识，具备及时采取实验室安全保障和应急措施的能力。

14.3.3 实验人员应在上岗前接受与实验仪器、实验设备、实验环境等方面相关的专业培训，考核合格后方可上岗。培训和考核内容可包括安全操作规程、事故应急预案、现场处置方案等。

14.4 实验中断及异常处理

14.4.1 应制定应急处置预案并明确故障处理程序，包含处理流程、处理时限、处理方案等。

14.4.2 应提交实验异常处理情况报告。

14.4.3 较大、重大故障应及时上报智能网联汽车仿真实验服务机构，由服务机构配合运维公司共同排查，分析故障起因，确定保障解决方案后实施，及时恢复智能网联汽车仿真实验的正常进行。

15 实验报告

15.1 实验报告中用的术语、符号、代号和计量单位和数值使用方法应符合 GB/T 3101 等相关现行有关标准及有关技术文件的规定。

15.2 应进行归档。

15.3 宜包含但不限于以下内容：

- 目的；
- 原理；
- 时间；
- 地点；
- 人员；
- 方法；
- 条件；
- 仪器设备；
- 结果；
- 结论。

参 考 文 献

- [1] 国能科技（2015）394号. 电动汽车充电设施标准体系项目表（2015年版）[Z]. 2015年11月4日.
- [2] DB50/T 10001.2—2021 DB51/T 10001.2—2021 智慧高速公路 第2部分：智慧化分级[S].



中华人民共和国团体标准

智能网联汽车仿真教学实验平台建设规范

T/GXAS 665—2024

广西标准化协会统一印制

版权专有 侵权必究