

团体标准

T/CSAE xx — 2024

智能网联汽车模拟仿真测试规范

第1部分：软件在环仿真测试规范

Intelligent and connected vehicles simulation testing specification

Part 1: Specification for software in the loop simulation testing

(报批稿)

2024-xx-xx 发布

2024-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 软件在环仿真测试流程	2
5 软件在环仿真测试要求	3
5.1 材料收集和测试需求分析	3
5.2 仿真测试方案设计	4
5.3 仿真测试系统开发与集成	6
5.4 仿真测试系统验证与确认	7
5.5 仿真测试场景设计与开发	8
5.6 仿真测试用例设计与开发	9
5.7 仿真测试执行	10
5.8 测试结果分析	10
5.9 测试报告整理	11
6 检验步骤	11
附录 A (资料性) 软件在环仿真测试部分模板	13
参考文献	17

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。

本文件是T/xxx—2024《智能网联汽车仿真测试规范》的第1部分。T/xxx已经发布了以下部分：

——第1部分：软件在环仿真测试规范

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。

本文件由中国智能网联汽车产业创新联盟提出。

本文件由中国汽车工程学会标准化管理委员会归口。

本文件起草单位：国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司、吉林大学、中国第一汽车集团有限公司、北京汽车研究总院有限公司、中信科智联科技有限公司、宇通客车股份有限公司、中汽创智科技有限公司、北京万集科技股份有限公司、北京四维图新科技股份有限公司、哈尔滨工业大学、中国汽车工程研究院股份有限公司、万物镜像（北京）计算机系统有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、长城汽车股份有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、苏州智行众维智能科技有限公司、惠州市德赛西威汽车电子股份有限公司、长春汽车检测中心有限责任公司、北京经纬恒润科技股份有限公司、浙江天行健智能科技有限公司、北京迈驰智行科技有限公司、李斯特智能科技（上海）有限公司、北京理工大学、长安大学、同济大学、重庆大学、东风商用车有限公司、东南大学、北京车联网科技发展有限公司。

本文件主要起草人：赵文博、朱冰、吴振昕、张旭瑞、张培兴、张惠然、赵朋刚、张静宜、刘艳强、王硕、高奥、田蒙恩、唐焱、赵璐、崔建勋、马如斌、张强、李文旭、赵文杰、李长容、曾杰、高德芝、何坤、吴平、魏苗、熊未、吴昊、王瑶、徐月云、高嵩、石佳辉、丁娟、孙健宁、张文强、李国强、蒋渊德、田野、李楚照、李阳、南江峰、樊景帅、高凤飞、任祥云。

引 言

测试评价是智能网联汽车自动驾驶功能开发、技术应用和商业推广不可或缺的重要环节。随着驾驶自动化等级的提高，不同等级自动化系统的功能逐级递增，传统的车辆测试手段无法满足智能网联汽车测试与验证的使用需求。UN/WP29 自动驾驶验证方法非正式工作组 (GRVA-VMAD-IWG) 提出了一种包含场景目录，以及模拟仿真测试、封闭场地测试、实际道路测试、审核评估和在用监测报告等 5 类技术手段的测试评估方法，逐步获得行业共识。

为了维护道路交通安全，避免不确定性影响技术发展以及有效推进仿真测试互认的相关工作，T/xxx—2024《智能网联汽车仿真测试规范》参考联合国欧洲经济委员会 (UNECE) 与自动化及测量系统标准协会 (ASAM) 等机构对模拟仿真工具链提出的要求，提出完善的模拟仿真测试规范，并可作为仿真国标在应用实施过程中的拓展与补充。参照汽车经典开发环节“V 字开发流程”，测试阶段从软件在环 (SIL) 仿真测试到硬件在环 (HIL) 仿真测试再到车辆在环 (VIL) 仿真测试依次推进，针对智能网联汽车驾驶辅助与自动驾驶系统的测试验证要求，对软件、硬件、车辆在环模拟仿真测试审核评估与测试流程进行规范。T/xxx—2024 旨在指导相关从业人员进行测试系统构建、模型开发、数据管理和测试执行等相关工作，推动仿真测试在“三支柱”方法中的应用，拟由三个部分构成。

——第 1 部分：软件在环仿真测试规范。

——第 2 部分：硬件在环仿真测试规范。

——第 3 部分：车辆在环仿真测试规范。

智能网联汽车模拟仿真测试规范

第1部分：软件在环仿真测试规范

1 范围

本文件规定了智能网联汽车软件在环仿真测试流程的要求，并描述了相应的证实方法。

本文件适用于GB/T 40429-2021中规定的智能网联汽车0至5级驾驶自动化系统或子系统的软件在环仿真测试。

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，仅注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 40429-2021 汽车驾驶自动化分级

3 术语和定义

GB/T 40429-2021 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

软件在环仿真测试 software in the loop simulation testing

将被测对象搭载在应用软件上，并集成到仿真测试系统中，用于测试被测对象的功能、性能表现与模型和代码一致性的方法。

3.2

被测对象 object under tested

在软件在环仿真测试（3.1）中，软件在环仿真测试（3.1）系统的测试对象。

3.3

验证 verification

在仿真测试系统开发集成完成后，按照所设计的方案策略对仿真测试系统或子系统能否正确响应测试需求的分析与校对过程。

3.4

确认 validation

在仿真测试系统验证完成后，按照所设计的方案策略检查客观数据，定量地确定仿真测试系统或子系统代表真实世界准确程度的过程。

3.5

测试场景 test scenario

用于测试智能网联汽车驾驶自动化系统或子系统，一段连续时序状态下各类场景要素的组合状态。

3.6

测试用例 test case

根据测试需求，规定测试执行条件与预期结果，能指导测试执行程序开发的文档。

3.7

仿真测试系统 simulation test system

开发集成用以评估和验证被测对象性能与功能表现的由仿真模型及仿真测试工具所构建的系统。

注：仿真测试系统旨在模拟真实世界或系统的行为。

3.8

仿真模型 simulation model

通过仿真测试系统中的软件和硬件，将表征建模对象特性的数学模型转化为仿真系统中的等效模型。

3.9

仿真测试工具 simulation test tool

用于支持仿真测试系统编译、解算、分析、验证等功能的软件和硬件。

3.10

设计运行条件 operational design condition

驾驶自动化系统设计时确定的适用于其功能运行的各类条件的总称，包括设计运行范围、车辆状态、驾乘人员状态及其他必要条件。

[来源：GB/T 40429—2021，2.12]

3.11

稳定性 stability

模拟仿真测试系统在一定扰动下，固定时间间隔内执行仿真任务的能力。

4 软件在环仿真测试流程

软件在环仿真测试流程应包括材料收集和测试需求分析、仿真测试方案设计、仿真测试系统集成、仿真测试系统验证与确认、仿真测试场景设计与开发、仿真测试用例设计与开发、测试执行、测试结果分析与测试报告整理等要素，如图 1 所示。

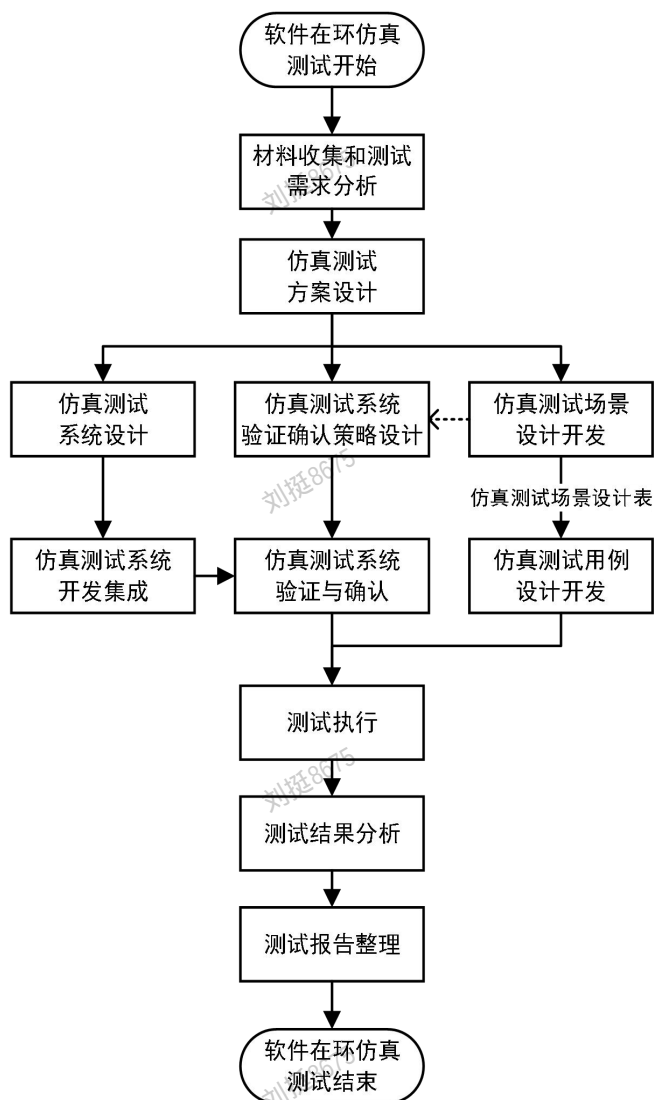


图1 软件在环仿真测试流程

5 软件在环仿真测试要求

5.1 材料收集和测试需求分析

5.1.1 概述

测试团队先确定测试范围，收集包含如下开展仿真测试所需的相关材料：

- 被测对象输入输出信号定义及量纲；
- 被测对象运行时输入输出信号列表等。

根据收集到的材料进行需求分析，包括确定测试验收要求，评估仿真测试场景与用例量级，明确所需仿真对象和仿真系统或子系统的功能与性能要求。

5.1.2 材料收集和测试需求分析要求

5.1.2.1 材料收集要求

材料收集前应明确测试需求提出方明确测试范围，再根据测试范围开展材料收集，要求如下：

- a) 应收集被测对象的功能清单及对应的功能定义；
- b) 应收集被测对象的设计运行条件；
- c) 应收集被测对象的输入和输出信号列表，支持测试人员了解软件架构、算法逻辑和模块格式等关键信息；
- d) 应收集仿真测试系统集成与开发过程中涉及的建模对象信息；
- e) 应收集既有仿真测试系统及仿真场景库说明；
- f) 应收集被测对象的设计性能指标；
- g) 宜收集被测对象与同类型对象的运行相关数据，例如交通监测数据、事故数据、自然驾驶数据等；
- h) 宜收集被测对象的既有测试结果，包含既有仿真测试结果和实车测试结果；
- i) 宜收集被测对象的相关法规与标准。

5.1.2.2 测试需求分析要求

5.1.2.2.1 需求分析的整体要求如下：

- a) 应评估测试用例量级；
- b) 应评估仿真测试系统功能与性能需求；
- c) 应在需求分析结束后按照分析结论形成文档。

5.1.2.2.2 被测对象需求分析满足以下要求：

- a) 应明确被测对象的功能定义，至少包含启动条件、步骤及正确运行状态；
- b) 应明确被测对象的设计运行条件；
- c) 应考虑与其他相关标准和行业规范对与被测对象同级别智能驾驶系统相应功能的要求；
- d) 迭代测试的需求分析应考虑既有测试结果，可包含仿真测试结果和实车测试结果；
- e) 宜参考被测对象拟投放区域的法规 and 标准；
- f) 宜参考被测对象与同类型对象的运行相关数据，例如交通监测数据、事故数据、自然驾驶数据等。

5.1.2.2.3 应根据 5.1.2.2.1 中的分析结果确定测试团队的组成及规模。

5.2 仿真测试方案设计

5.2.1 概述

测试团队根据测试需求分析结果与所收集材料，设计仿真测试系统开发集成方案、仿真测试系统验证与确认策略、仿真测试场景开发方案、仿真测试执行外部条件、确定仿真测试人员、测试资源等内容。

5.2.2 仿真测试方案设计要求

5.2.2.1 测试大纲的设计要求如下：

- a) 应对测试功能进行分类并形成对应测试项目；
- b) 应详细列出每个项目的名称、目标及覆盖范围，并根据 5.1.2 中的分析结果确定测试优先级；
- c) 应确定详细的测试人员、测试环境、测试步骤、测试周期以及对测试数据的处理及记录方式

等内容；

- d) 应根据被测对象的版本管理制度，声明版本号；
- e) 应确定每个测试项目的功能场景类别，明确每个类别的场景描述等必要信息。

5.2.2.2 系统方案要求如下：

- a) 应充分响应 5.1.2.2 中的分析结果；
- b) 应确定仿真测试系统组成，可包含场景仿真工具、仿真测试执行工具、测试评价工具，操作界面、报告生成工具等内容。工具宜支持可视化展示；
- c) 根据测试需求，仿真测试工具链可包括场景开发、传感器模型开发、动力学模型开发和测试执行等功能，宜包含交通流仿真模型开发、驾驶员模型开发等功能。所有功能均需支持基本参数配置；
- d) 应包含总体架构并对系统内信号交互关系与内容进行描述，如图 2 所示；

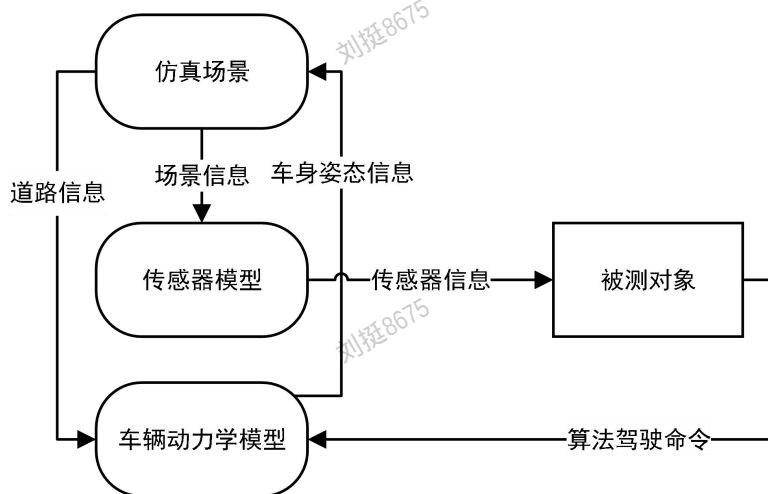


图 2 仿真测试架构数据流交互示意图

- e) 应确定每个测试场景与模型精度的匹配要求。

5.2.2.3 验证和确认方案要求如下：

- a) 应确定仿真测试系统验证与确认流程及方法；
- b) 确认应综合考虑各类典型工况下涉及的全部仿真测试工具及仿真模型。

5.2.2.4 场景设计方案要求如下：

- a) 应充分参考既有仿真场景库进行方案设计；
- b) 应全面覆盖需求分析中得出的测试项目及测试范围，以检验系统在不同环境下的表现；
- c) 场景宜考虑这些不同要素的组合：可包含环境光照变化，特殊天气（雨雪雾等），不同道路类型如城市道路、高架、高速、隧道、桥梁等，不同交通标识和指示灯，不同交通参与物（机动车、非机动车、行人、动物、障碍物等）。

5.2.2.5 测试用例设计方案要求如下：

- a) 应全面考虑 5.1.2 中提出的需求，明确的测试目标及范围，依据待测系统的设计运行条件、目标和事件检测与响应确保测试项目既全面又具有针对性；
- b) 应根据 5.1.2 中提出的需求制定合理的测试评价指标，评价指标可包含与测试项目对应的系统能力指标，以及用以评估车辆系统整体性能的通用型评价指标；
- c) 应明确测试用例设计方法，如等价类划分、边界值分析、因果图和正交试验设计等，确保测试用例的全面性。

5.2.2.6 测试执行方案要求如下：应明确测试执行策略，如测试人员，测试步骤、测试周期、所需的

测试工具以及对测试数据的处理方式。

5.2.2.7 测试执行结果分析应明确测试结果。

5.2.2.8 测试报告整理方案要求如下：

- a) 应建立测试报告管理体系；
- b) 应对测试情况进行客观描述，且须经过审查批准后方可发布。

5.3 仿真测试系统开发与集成

5.3.1 概述

测试团队根据仿真测试方案中系统架构与工具链，配置软件运行环境（操作系统，驱动版本，依赖版本），开发工具链数据接口与仿真模型，进行仿真测试系统集成，完成仿真测试系统各模块间数据映射。

注1：工具链：工具链由工具和模型组成。

注2：集成：集成是把软件、硬件各自部分或两者整体合成为一个完整测试系统的过程。

5.3.2 仿真系统开发与集成要求

5.3.2.1 环境要求

开发与集成环境应满足以下要求：

- a) 应考虑环境温度和湿度；
- b) 无磁场干扰；
- c) 硬件设备应合理布置，支持散热。

5.3.2.2 仿真工具要求

5.3.2.2.1 供电模组应支持分时供电和断电保护，额定功率应满足系统需求。

5.3.2.2.2 散热系统应维持设备在正常工作温度。

5.3.2.2.3 信息存储应满足以下要求：

- a) 应支持本地或云端存储；
- b) 应具备足够的存储容量，宜支持快速存储（如 SSD）；
- c) 应支持定期备份、访问控制和加密存储。

5.3.2.2.4 工具的计算精度、实时性和兼容性应符合测试需求。

5.3.2.2.5 可包含场景开发、传感器模型开发、动力学模型开发和测试执行等功能。

5.3.2.3 模型要求

5.3.2.3.1 应满足需求分析中模型功能和性能要求。

5.3.2.3.2 模型开发过程中应参考需求分析结果中的可信度要求，确保车辆动力学模型、传感器模型等的可信度。

5.3.2.4 集成要求

5.3.2.4.1 系统集成应包括接口要求、集成测试模式要求、算法集成要求和集成基本要求。

5.3.2.4.2 接口应至少满足以下要求：

- a) 应进行充分的设计、规划和测试；

- b) 宜支持多种操作系统、编程语言及其他中间件接口；
 - c) 通信接口应保证正确的数据识别和传输，防止恶意攻击。
- 5.3.2.4.3 集成测试模式应至少满足以下要求：
- a) 应支持闭环和开环的仿真测试模式；
 - b) 能够支持感知、规控、定位等算法或融合算法的测试。
- 5.3.2.4.4 算法集成至少包括以下要求：
- a) 应支持仿真系统与算法之间数据通讯的接口开发与集成；
 - b) 应确保仿真信号与实车信号数据状态一致，如车身总线信号、底盘总线信号等；
 - c) 宜支持自动化测试用例的开发与集成。
- 5.3.2.4.5 集成基本要求包括：
- a) 应具备良好的兼容性、可靠性、安全性和扩展性；
 - b) 应确保仿真软件与被测对象之间的数据转换；
 - c) 应支持生成测试数据并进行结果分析；
 - d) 应支持提供错误处理和日志记录。

5.4 仿真测试系统验证与确认

5.4.1 概述

5.4.1.1 仿真测试系统验证

审核团队按照仿真测试系统验证策略，查验客观证明材料，校对软件在环仿真测试系统选用的工具和建模方法（独立部件）能否正确响应，使系统不会对一组无法测试的输入表现出不切实际的行为，系统验证结果会对仿真测试结果置信度论证提供依据。

注：通过关注仿真测试系统运行过程中有无数学或逻辑错误出现，完成系统验证。

5.4.1.2 仿真测试系统确认

在软件在环仿真测试系统完成验证后，审核团队按照仿真测试系统确认策略，查验测试数据评估系统可信度，确定工具及模型整体是否符合测试需求。

注：策略中的主观确认评价可由测试需求提出方提供，客观确认评价应由审核团队提供。

5.4.2 仿真测试系统验证与确认要求

5.4.2.1 系统验证要求

5.4.2.1.1 仿真测试系统验证应至少满足以下要求：

- a) 应至少包含代码验证、计算验证、仿真数据验证；
- b) 应保证结果的准确性和一致性，例如固定参数认证；
- c) 应确保测试精度和可靠性，例如对比认证。

5.4.2.1.2 代码验证应至少满足以下要求：

- a) 应记录代码验证执行过程，例如静态代码验证、收敛性分析、精确解比较等；
- b) 应证明输入参数范围足够广，并涵盖仿真系统表现出不稳定或不现实的参数组合范围。

注：参数组合的覆盖矩阵是参数范围的证明材料。

5.4.2.1.3 计算验证应至少满足以下要求：

- a) 计算验证产生影响的数值误差估计, 数值误差应保持在一定的范围内以不影响验证结果;
- b) 应记录数值误差估算结果, 例如离散误差、舍入误差、迭代程序收敛误差等。

5.4.2.1.4 仿真数据验证应至少满足以下要求:

- a) 应具备足够的描述信息支持后续处理流程的需求;
- b) 验证数据正确性和准确性, 应保证误差控制在可接受范围。

5.4.2.2 系统确认要求

5.4.2.2.1 仿真测试系统确认前应至少满足以下要求:

- a) 应明确仿真测试系统确认的预期目标;
- b) 应确保实车与仿真数据的可回溯性。

5.4.2.2.2 仿真测试系统确认流程应至少满足以下要求:

- a) 应根据被测对象的设计运行条件, 明确实车与仿真对比的测试工况;
- b) 应根据实车数据特性, 选取实车与仿真对比参数及评价指标;
- c) 应核实实车与仿真对比结果是否达到预期目标, 如满足则表示系统确认流程结束;
- d) 如对比结果不满足预期目标, 应对仿真测试系统及模型进行修正, 并再核实是否达到目标; 或反馈至测试需求方, 考虑是否修改目标。

5.5 仿真测试场景设计与开发

5.5.1 概述

测试团队根据测试需求与输入材料, 分析被测对象设计运行条件, 设计功能场景、逻辑场景与具体场景, 在设计过程中考虑场景充分性与合理性, 并开发仿真场景工程文件。

5.5.2 仿真测试场景设计与开发要求

5.5.2.1 仿真测试场景设计要求

5.5.2.1.1 仿真测试场景在设计过程中的要求如下:

- a) 设计过程需根据测试需求与输入材料, 分析被测对象设计运行条件, 设计相应的仿真测试场景;
- b) 仿真测试场景描述应逻辑清晰并符合真实世界物理规律;
- c) 应说明所设计的功能场景对于标称场景、危险场景和边缘场景的覆盖情况;
- d) 所设计的逻辑场景应结合测试需求描述场景要素及参数空间;
- e) 设计被测对象与驾驶人状态要素时, 应与实际情况保持一致。

注1: 标称场景是驾驶辅助与自动驾驶系统执行常规和非关键动态驾驶任务时的场景。

注2: 危险场景是驾驶辅助与自动驾驶系统执行紧急操作以避免或减缓潜在碰撞或应对系统失效的场景。

注3: 边缘场景是驾驶辅助与自动驾驶系统运行在设计运行条件边界或附近的场景。

5.5.2.1.2 仿真测试场景可参考如下内容进行设计:

- a) 设计道路层要素时, 宜参照 JTJ 011-94、CJJ 37-2012、CJJ 37-90 等资料;
- b) 设计交通基础设施要素时, 应遵循 GB 5768、GB 14886 等资料, 宜参照 GB/T 24720、GB/T 15089、JTG D 81-2017 和 JTG/T 3671—2021 等资料;
- c) 设计道路层及交通基础设施层临时性操纵要素时, 宜参照 GB/T 918.2 等资料;
- d) 设计目标物要素时, 宜参照 GB/T 28592、GB/T 27964 等资料, 对目标物类型、运动学信息和

动作等内容进行描述；

- e) 设计环境要素时，宜参照 GB/T 36542、YD/T 3708-2020、YD/T 3629-2020 等资料；
- f) 设计数字信息要素时，宜参照 GB/T 33012.1、GB/T 33014.2 等资料；
- g) 完成场景设计后，应按照统一格式出具仿真测试场景设计表（见表 A.1）与仿真测试场景清单（见表 A.2），以支持其他仿真测试环节应用。

5.5.2.2 仿真测试场景开发要求

仿真测试场景在开发过程中的要求如下：

- a) 开发过程应根据 5.5.2.1 所设计场景，开发仿真测试场景工程文件，支持仿真测试执行与测试过程可溯源管理；
- b) 仿真测试场景工程文件应具备可重复性和一致性，即在相同条件下多次运行测试，结果应保持一致；
- c) 仿真测试场景工程文件应具备可管理性，至少支持工程文件与场景设计表的链接索引关系；
- d) 仿真测试场景工程文件应支持测试过程中的相关数据调用；
- e) 仿真测试场景工程文件在满足本仿真测试系统应用的基础上，宜支持转换为其他仿真测试系统所需的工程文件；
- f) 仿真测试场景开发应按照测试需求开发静态场景、动态场景和可视化渲染等内容，分别形成对应的工程文件；
- g) 静态场景工程文件应描述所设计场景中所有静态实体的信息，保证工程文件的兼容性和准确性以及运行过程中的连贯性和可用性；
- h) 动态场景工程文件应描述所设计场景中所有动态实体类型、初始状态、动作触发机制以及运动学信息等，同时应保证工程文件的兼容性和可拓展性以及运行过程中的准确性和稳定性；
- i) 可视化渲染工程文件应支持测试所需信息的渲染运行要求，保证工程文件的兼容性以及运行过程中的准确性和稳定性；
- j) 完成仿真测试场景开发后，应按照测试需求进行检验，支持其他仿真测试环节应用。

5.6 仿真测试用例设计与开发

5.6.1 概述

根据测试需求与输入材料，分析被测对象功能逻辑，确定测试通过要求，设计评价指标、测试步骤、用例预期结果、关键数据记录等信息。完成测试用例设计表后，对照表中内容开发用例工程文件。

5.6.2 仿真测试用例设计与开发要求

5.6.2.1 仿真测试用例设计要求

软件在环仿真测试用例在设计过程中应满足如下要求：

- a) 应根据测试需求分析结果设计测试用例；
- b) 应明确每条测试用例需要测试的功能或性能，保证整体可覆盖被测对象全部功能和性能要求；
- c) 应有明确的评价指标，宜包括合规性指标、功能性指标、安全性指标、舒适性指标等；
- d) 应充分考虑被测对象在边界场景下的可能表现；
- e) 应建立测试用例与需求之间的关联关系；
- f) 应考虑测试用例的可复用性；

- g) 应规定每一个测试用例的场景参数;
- h) 应规定统一的序号并按照顺序进行测试;
- i) 应有简洁、明确的用例名称;
- j) 应规定用例的起始条件、结束条件;
- k) 应明确给出每个测试步骤的描述、每个步骤的期望结果;
- l) 应有明确的通过准则或预期结果;
- m) 应说明测试结果具有几种状态,且明确每种状态的定义说明;
- n) 宜定义用例的优先级;
- o) 测试用例设计完成后,应按照统一格式出具仿真测试用例设计表(见表 A.3),以支持其他仿真测试环节应用。
- p) 测试用例设计完成后,应根据测试需求进行测试用例评审。

5.6.2.2 仿真测试用例开发要求

软件在环仿真测试用例在开发过程中应满足如下要求:

- a) 搭建测试用例工程文件时,应严格遵照测试用例表中说明进行开发;
- b) 测试评价指标脚本开发时,应考虑测试脚本的可读性、复用性;
- c) 仿真测试用例工程文件应具备可重复性,即可在相同条件下多次运行测试;
- d) 应对测试用例工程文件实施版本管理,以支持仿真测试执行过程中的可溯源性;
- e) 测试用例开发完成后,应对照仿真测试用例设计表检验一致性。

5.7 仿真测试执行

5.7.1 概述

测试团队根据测试验证方案,进行仿真测试执行,确保工具链加载的模型为经过校核和验证过的文件。测试人员及时处理测试过程中的死机、卡滞或其他系统的异常行为,保证测试周期的要求。

5.7.2 仿真测试执行要求

软件在环仿真测试执行应满足如下要求:

- a) 应在测试执行前,明确相关软件版本信息、被测对象版本信息、测试用例版本信息等;
- b) 应按照测试执行策略进行测试,以应对测试异常或测试不通过等情况,例如发生软件崩溃或异常数据;
- c) 宜使用自动化测试软件,以提升测试效率;
- d) 应严格按照测试用例中的测试步骤进行执行;
- e) 应对仿真数据进行记录,以确保测试结果的可追溯性,测试执行记录表的格式见表 A.4.;
- f) 应对软件状态、传感器数据等进行实时监控;
- g) 不应应对系统和算法进行任何变更调整。

5.8 测试结果分析

5.8.1 概述

测试团队通过分析仿真测试结果对被测对象表现进行评估。

5.8.2 测试结果分析要求

软件在环仿真测试结果分析应满足如下要求：

- a) 应分析测试项目整体与功能场景的完成率与通过率；
- b) 应分析测试评价指标的通过率；
- c) 应分析测试用例未通过的原因，如被测算法、测试系统等；
- d) 应与预期结果进行对比分析，以确定是否达到技术指标；
- e) 分析结果应可视化展示，以便更直观地分析和评估软件的性能和功能表现；
- f) 应对比历史版本的测试结果；
- g) 应根据分析结果出具分析报告（见表 A.5）；
- h) 应根据分析结果持续改进测试用例和测试方法，以提高测试的准确性和可靠性。

5.9 测试报告整理

5.9.1 概述

依据第 4 章中的流程，测试团队把各文档按照流程顺序整合。

5.9.2 测试报告整理要求

软件在环仿真测试报告目录格式见表 A.6，报告内容应满足如下要求：

- a) 应明确指出测试环境，包括场景仿真软件版本、车辆动力学软件版本、自动化测试软件版本等信息；
- b) 应明确指出测试对象，包括被测试的软件版本、功能模块等信息；
- c) 应明确指出参与测试的人员，以及测试时间；
- d) 应明确指出测试统计结果；
- e) 应指出车辆动力学等模型的可信度说明；
- f) 应指出被测对象的功能性能表现；
- g) 应指出关键测试数据情况，例如传感器、车辆状态、交通场景等信息；
- h) 应指出测试数据的整理情况，以便于分析和解释；
- i) 应对异常数据或关键数据，进行特别标注和解释；
- j) 应对失败或异常情况，提供清晰的描述和解释；
- k) 应指出当前版本测试结果与历史版本测试结果的对比分析情况。

6 检验步骤

6.1 材料收集和测试需求分析的检验方法步骤如下：

- a) 应按照 5.1.2.1 中要求收集材料；
- b) 应按照 5.1.2.2 中要求分析测试需求；
- c) 输出内容应包括收集材料清单和测试需求分析报告。

6.2 仿真测试方案设计应按照 5.2.2 中要求执行，输出的仿真测试方案应包括测试大纲、系统开发集成方案、验证确认方案、场景设计方案、测试用例设计方案、测试执行方案、测试报告整理方案等内容。

6.3 仿真测试系统开发与集成应按照 5.3.2 中要求执行，输出内容应包括工具链清单和系统工程文件。

6.4 仿真测试系统验证与确认的检验方法步骤如下：

- a) 应按照 5.4.2.1 中要求对系统进行验证；
- b) 应按照 5.4.2.2 中要求对系统进行确认；
- c) 输出内容应包括系统验证报告和系统确认报告。

6.5 仿真测试场景设计与开发的检验方法步骤如下：

- a) 应按照 5.5.2.1 中要求设计仿真测试场景；
- b) 应按照 5.5.2.2 中要求开发仿真测试场景工程文件；
- c) 输出内容应包括仿真测试场景设计表、仿真测试场景清单和仿真测试场景工程文件，可参考附录 A.1、A.2。

6.6 仿真测试用例设计与开发的检验方法步骤如下：

- a) 应按照 5.6.2.1 中要求设计仿真测试用例；
- b) 应按照 5.6.2.2 中要求开发仿真测试用例；
- c) 输出内容应包括仿真测试用例设计表和仿真测试用例工程文件，可参考附录 A.3。

6.7 仿真测试执行过程应按照 5.7.2 中要求进行，输出内容应包括测试数据记录材料和测试执行记录表，可参考附录 A.4。

6.8 仿真结果分析应按照 5.8.2 中要求执行，输出内容应包括分析报告，可参考附录 A.5。

6.9 测试报告整理应按照 5.9.2 中要求执行，输出内容应包括测试报告，可参考附录 A.6。

附 录 A
(资料性)
软件在环仿真测试部分模板

表 A.1 仿真测试场景设计表

仿真测试场景设计表的格式如下所示：

任务名称					版本号	
序号	场景编号	场景名称	场景描述	场景示意图	场景参数范围	场景参数
合计						

注 1：场景名称、场景描述、场景示意图以及场景参数范围之间一一对应，场景编号和场景参数之间一一对应。

注 2：每一组场景名称、场景描述、场景示意图以及场景参数范围的组合可关联多个场景参数及场景编号。

表 A.2 仿真测试场景清单

仿真测试场景清单的格式如下所示：

任务名称					版本号	
序号	场景编号	场景名称	动态场景工程文件	静态场景工程文件	可视化文件	
合计						

注：工程文件填写具体文件的路径及文件名称。

表 A.3 仿真测试用例设计表

仿真测试用例设计表的格式如下所示：

任务名称				测试功能			版本号	
序号	场景编号	用例编号	用例名称	优先级	初始条件	测试步骤	结束条件	通过条件

表 A.4 测试执行记录表

测试执行记录表的格式如下所示：

测试功能				测试版本			
测试人员		测试日期		测试环境		测试地点	
测试执行过程							
用例编号	通过条件			实测结果	通过结果 (通过/不通过)		备注
测试结论							

注：实测结果为具体参数结果或车辆模型表现，通过结果说明该用例是否通过。

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

T/XXX—2024

表 A.5 分析报告

分析报告的格式如下所示：

测试人员			报告日期	
系统配置	硬件配置			
	软件配置			
被测对象说明				
测试用例说明				
测试执行				
测试结果				
测试结果分析				
建议				

表 A.6 测试报告

测试报告的目录如下所示：

目 录	
1	概述
1.1	目的
1.2	项目背景
1.3	名词解释
1.4	参考资料
2	测试资源
2.1	系统硬件版本说明
2.2	系统软件版本说明
2.3	系统测试安排
3	测试范围
3.1	范围说明
3.2	测试用例
4	被测对象说明
5	测试结果
5.1	测试执行情况
5.2	测试结果
6	测试结果与建议
	附录

参 考 文 献

- [1] GB/T 918.2 道路车辆分类与代码 非机动车
- [2] GB 5768 (所有部分) 道路交通标志和标线
- [3] GB 14886 道路交通信号灯设置与安装规范
- [4] GB/T 15089 机动车辆及挂车分类
- [5] GB/T 24720 交通锥
- [6] GB/T 27964 雾的预报等级
- [7] GB/T 28592 降水量等级
- [8] GB/T 33012.1 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
- [9] GB/T 33014.2 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2部分：电波暗室法
- [10] GB/T 36542 霾的观测识别
- [11] CJJ 37-2012 城市道路工程设计规范
- [12] CJJ 37-90 城市道路设计规范
- [13] JTG D 81-2017 公路交通安全设施设计规范
- [14] JTG/T 3671—2021 公路交通安全设施施工技术规范
- [15] JTJ 011-94 公路路线设计规范
- [16] YD/T 3708-2020 基于LTE的车联网无线通信技术网络层测试方法
- [17] YD/T 3629-2020 基于LTE的车联网无线通信技术基站设备测试方法
-