

团体标准

T/ITS 0323-2026

智能汽车信息物理系统 多类别仿真模型融合技术指南

Technical guide on multi-category simulation model fusion for intelligent vehicle
Cyber-physical systems

2026-06-02 发布

2026-06-02 实施

中国智能交通产业联盟发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 一般要求	2
6 平台接入要求	3
7 系统要求	3
参 考 文 献	7

中国智能交通产业联盟

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。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件主要起草单位：交通运输部公路科学研究所、重庆大学、浙江清华长三角研究院、中国信息通信研究院、北京交通大学、北京中交国通智能交通系统技术有限公司。

本文件主要起草人员：邓蓉蓉、李小燕、赵敏、袁宏、钱越、彭礼平、汪林、孙棣华、黄开胜、齐志峰、李磊、尉彦鹏、林琳、董宏辉、杨爱艳、徐明、刘锐、申小爽。

智能汽车信息物理系统 多类别仿真模型融合技术指南

1 范围

本文件规定了智能汽车信息物理系统多类别仿真模型融合技术的总体要求、平台接入要求与系统要求。

本文件适用于智能汽车信息物理系统多类别仿真模型融合技术的设计与智能汽车信息物理系统多类别仿真模型融合系统的研发和测试。

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 40020-2021 信息物理系统 参考架构

GB/T 47025-2026 智能网联汽车 自动驾驶功能仿真试验方法及要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能汽车信息物理系统 intelligent vehicle cyber-physical systems

以智能汽车为核心，联合智能路侧系统，通过通信网络实现多系统互联互通，并基于云平台实现跨系统协同感知、协同决策与协同控制的体系级信息物理系统结构。

3.2

多类别仿真平台 multi-category simulation platform

技术架构、求解器、模型结构不同的仿真平台。

3.3

多类别仿真模型 multi-category simulation model

在多类别仿真平台中搭建的仿真模型。

3.4

融合建模 fusion modeling

在统一集成环境下，实现多类别仿真模型无缝交互与协同构建，以达成多类别仿真模型同步融合计算的建模方法。

3.5

融合接口 fusion interface

在统一集成环境下，为实现多类别仿真模型融合建模的标准化交互通道。

3.6

步进求解 step-by-step solution

以前一步求解结果和已知条件为基础，逐步推进的模型求解方式。

3.7

主节点 master node

负责仿真调度、数据交互、同步计算等核心任务执行的节点。

3.8

从节点 slave node

部署于多类别仿真平台，负责多类别仿真模型与主节点通信的节点。

3.9

解耦集成 white-box integration

将融合接口作为从节点，导入多类别仿真平台并连接多类别仿真模型，支撑建模工程师在多类别仿真平台进行可视化设计、调试与运行的集成方法。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件

IVCPS: 智能汽车信息物理系统 (Intelligent Vehicle Cyber-Physical System)

BS: 浏览器/服务器模式 (Browser-Server)

CS: 客户端/服务器模式 (Client-Server)

FMI: 功能模型接口 (Functional Mock-Up Interface)

FMU: 功能模型单元 (Functional Mock-Up Unit)

HTTP: 超文本传输协议 (Hyper Text Transfer Protocol)

IP: 互联网协议 (Internet Protocol)

S-Function: 系统函数 (System Function)

TCP/IP: 传输控制协议/互联网协议 (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

5 一般要求

5.1 应实现解耦集成，支持多类别仿真模型间接统一建模。

5.2 参与解耦集成的多类别仿真模型，宜依托所在多类别仿真平台求解器进行求解。

5.3 宜设计融合接口，支持多类别仿真平台即插即用与动态扩展。

5.4 宜采用并行求解技术，适配具备不同运行效率与求解步长的多类别仿真模型。

5.5 宜构建中转枢纽，实现多类别仿真模型同步求解、高效交互与数据分发。

5.6 宜利用分布式架构技术，支持多类别仿真模型的同步融合。

6 平台接入要求

6.1 兼容 FMU 的建模平台宜通过导入 FMU 格式的融合接口实现接入。FMU 格式融合接口的封装方法可采用平台导出或自行编译两种方式进行封装，可在支持 FMI 协议的仿真平台上直接导出 FMU 文件；也可采用 C 语言实现 FMI 协议接口头文件中定义的函数，编译形成完整 FMU 封装单元。

注：兼容 FMU 的建模平台包括 OpenModelica、MWORKS、Amesim、SimulationX 等。

6.2 兼容 S-Function 的建模平台宜通过导入 MEX 格式的融合接口实现接入，MEX 格式融合接口的封装方法可通过 mex 命令将源代码编译为 MEX 文件。

注：兼容 S-Function 的建模平台包括 Simulink、CarSim、PreScan 等。

6.3 通过代码集成的建模平台宜通过在代码中引用动态链接库形式的融合接口实现接入，对应的融合接口可使用适当的编译器编译为符合目标操作系统标准格式的动态链接库。

注：通过代码集成的建模平台包括 Vissim、SUMO、CARLA、PyCham 等。

7 系统要求

7.1 系统架构

7.1.1 总体架构

系统宜由主节点和从节点组成，总体架构如图1所示。

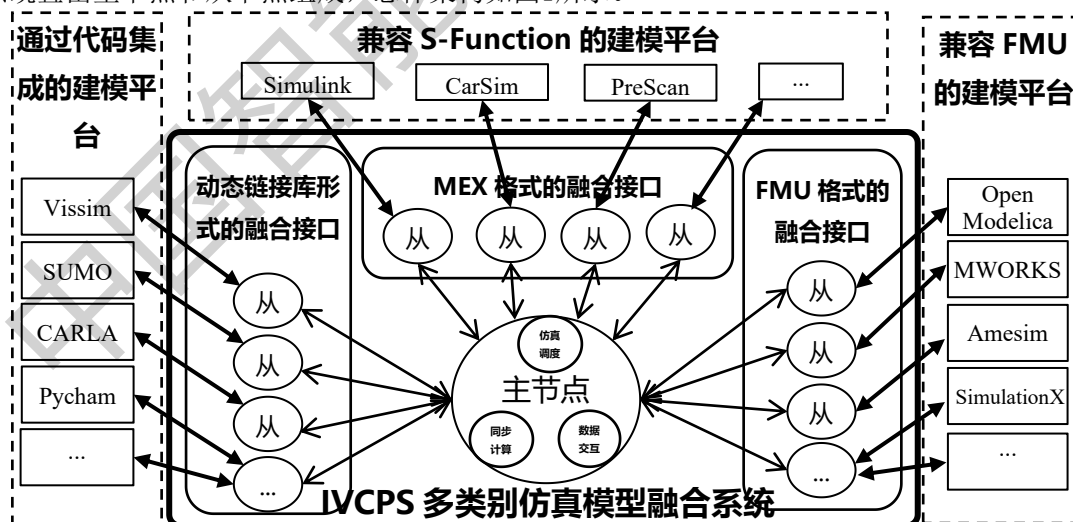


图1 IVCPS多类别仿真模型融合系统总体架构

[参考：GB/T 40020—2021, 5.6]

7.1.2 主节点架构

主节点宜包括应用层、业务层、功能层、应用支撑层、基础支撑层五层，各层宜满足以下要求：

- a) 应用层：宜实现视图操作、工程管理、数据分析、融合接口配置、模型融合等功能；
- b) 业务层：宜实现工程架构视图管理、融合接口模块生成、融合接口任务执行等业务；
- c) 功能层：宜提供架构管理、数据存储、数据管理、数据交互、仿真启动、仿真调度、时钟同步、性能统计、模型接口融合、模型接口配置等功能；
- d) 应用支撑层：宜采用解耦集成、时钟同步、分布式架构等策略；
- e) 基础支撑层：宜部署应用程序开发环境、数据库、FMI 协议标准库等。

7.1.3 从节点架构

从节点宜包括功能层、应用支撑层、基础支撑层三层，各层宜满足以下要求：

- a) 功能层：宜实现数据交互功能；
- b) 应用支撑层：宜支持解耦集成和分布式架构；
- c) 基础支撑层：宜配置与主节点匹配的通信协议，按需部署 FMI 协议标准库。

7.2 系统功能要求

7.2.1 主节点功能

主节点宜包含以下功能：

- a) 架构管理：宜提供融合建模架构管理环境，具备架构设计、导出与保存、导入与复用能力，支持图形化建模，可对模型名称、标识、平台类型、IP 地址、端口号等参数进行配置，以适应不同规模部署与场景复用需求；
- b) 数据存储：宜具备数据实时存储、实时数据展示、历史数据存储与导出能力，存储融合交互数据与节点求解耗时数据，以支撑仿真结果分析与性能评估；
- c) 数据管理：宜具备历史数据导入、数据查看、数据筛选与查询能力，展示历史数据结果曲线，以支撑融合建模正确性评估；
- d) 数据交互：宜具备分布式节点协同通信、数据同步、数据缓冲池功能，实现从节点间求解数据的接收与转发，以保证数据交互的及时性与准确性；
- e) 仿真启动：宜具备仿真启动、终止功能，通过创建通信连接向各从节点并行发送启动与终止指令；
- f) 仿真调度：宜具备仿真调度配置、双调度模式（虚拟时间/系统时间）、步进求解功能，可配置仿真时长、数据交互步长等参数，按通信步长推进步进求解任务；
- g) 时钟同步：宜具备步进状态获取、步进状态更新功能，确保所有从节点完成当前步长求解后再推进下一步，统一各多类别仿真模型积分求解轴；
- h) 融合接口生成与配置：宜实现根据架构视图信息生成即插即用的融合接口，以支撑三类多类别仿真平台多类别仿真模型输入输出接口的动态配置。

7.2.2 从节点功能

从节点宜包含数据交互功能，具备分布式节点协同通信、数据封装与解析能力，可接收并转发多类别仿真模型求解数据，实现与主节点及其他从节点的数据交互。

7.3 系统数据结构要求

7.3.1 主节点架构管理功能数据

架构数据宜采用.xml文件格式存储，仿真时长保留至小数点后4位，仿真步长（单位：秒）保留至小数点后5位。架构数据宜包含视图配置信息、主节点配置信息、从节点配置信息：

- a) 视图配置信息包括接口连线方式、线型、起止点名称/标识/坐标等；
- b) 主节点配置信息包括 IP 地址、端口号、仿真时长、仿真步长、数据库文件路径等；
- c) 从节点配置信息包括接口名称/标识/平台类型、从节点 IP 地址/端口号、发送/接收数据映射名称等。

7.3.2 主节点数据存储功能数据

存储数据宜采用*.db或其他数据库文件格式，仿真时间与耗时（单位：秒）保留至小数点后2位，接口输入输出数据至少保留6位有效数字。存储数据宜包含主节点交互数据、从节点交互数据：

- a) 主节点交互数据包括数据顺序、仿真时间、仿真耗时等；
- b) 从节点交互数据包括接口输入数据、接口输出数据等。

7.4 系统性能要求

系统在快速响应、稳定性与可扩展性等方面宜满足如下要求：

- a) 快速响应：单机条件下，模型间通信延迟平均不大于 5ms；系统整体响应时间不大于 1.0s；
- b) 稳定性：宜制定明确的数据传输协议和交互实现方式，降低数据丢包率，保证数据交互的稳定性与完整性；
- c) 可扩展性：主节点架构与融合接口设计可充分考虑未来从节点扩容需求，支持多类别仿真平台的便捷接入。

7.5 系统软件体系结构

系统软件体系结构宜采用CS（客户端/服务器）架构，以满足融合建模与同步融合任务对实时性和灵活性的要求。主节点作为服务器完成多类别仿真模型同步融合与快速响应；从节点作为客户端在自身运行环境中完成模型求解计算。

7.6 系统封装与安装要求

系统管理流程可参照GB/T 47025-2026中A.2.1仿真试验工具链管理流程执行。系统封装与安装可参考如下要求：

- a) 主节点应用程序封装时，可将必要的依赖项和库文件一同封装，保证软件独立安装运行；可将应用程序封装为可执行文件，支持双击或命令行输入完成安装；
- b) 主节点可定期提供系统更新补丁，适配多类别仿真平台的版本迭代与功能升级；

- c) 从节点可提供基础支撑层所需依赖项与库文件的专用安装程序，支持双击或命令行输入完成安装，保证与主节点的兼容性。

中国智能交通产业联盟

参 考 文 献

- [1] 交通运输部公路科学研究所, 国家智能网联汽车创新中心, 北京交通大学, 清华大学, 重庆大学. 智能汽车信息物理系统参考架构3.0[R/OL]. 2026-03-12. <https://mp.weixin.qq.com/s/TfAj2qHRUNMmPnWFPnEJSA>
- [2] 李骏. 智能网联汽车导论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2022.
- [3] IETF. STD 5 RFC 791-1981 Internet Protocol Version 4[S]. 1981.
- [4] IETF. STD 7 RFC 9293-2022 Transmission Control Protocol[S]. 2022.

中国智能交通产业联盟

T/ITS 0323-2026

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

标准

智能汽车信息物理系统 多类别仿真模型融合技术指南

T/ITS 0323-2026

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）

中国智能交通产业联盟印刷

网址：<http://www.c-its.org.cn>

2026 年 6 月第一版 2026 年 6 月第一次印刷