



研究与开发

车用通信系统应用标准体系兼容性研究

张学艳^{1,2}, 房家奕^{1,2}, 胡金玲^{1,2}, 赵丽^{1,2}, 邓辉^{1,2}, 邓婷婷^{1,2}, 杨天^{1,2}

(1. 中信科智联科技有限公司, 北京 100029;

2. 移动通信及车联网国家工程研究中心, 北京 100191)

摘要: 随着智能网联汽车技术的快速发展, 合作式智能运输系统应用标准体系面临着多版本协议共存所带来的兼容性挑战。该研究聚焦车用通信系统系列应用标准, 系统验证分析了不同版本应用场景与消息集的继承及扩展关系, 提出基于 ASN.1 语法规则的兼容性评估模型。研究发现, 第一阶段消息集在编解码层面具备后向兼容性; 而第二阶段消息集在功能迭代过程中, 部分消息体因场景细化需求, 存在兼容性限制。基于此, 该研究进一步针对源码管理机制与产业部署策略提出建议, 为产业规模化应用提供理论支撑。

关键词: C-V2X; C-ITS; 车联网应用; 消息兼容性; ASN.1 扩展

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2026024

Study on compatibility of vehicular communication application standard system

Zhang Xueyan^{1,2}, Fang Jiayi^{1,2}, Hu Jinling^{1,2}, Zhao Li^{1,2},

Deng Hui^{1,2}, Deng Tingting^{1,2}, Yang Tian^{1,2}

1. CICT Connected and Intelligent Technologies Co., Ltd., Beijing 100029, China

2. National Engineering Research Center of Mobile Communications and Vehicular Networks, Beijing 100191, China;

Abstract: With the rapid development of intelligent connected vehicle (ICV) technology, the cooperative intelligent transportation application standard system has been facing compatibility challenges due to the coexistence of multiple protocol versions. The study focused on the vehicular communication application system, systematically verified and analyzed the inheritance and extension relationships between application scenarios and message sets across different versions, and proposed a compatibility evaluation model based on ASN.1 syntax rules. The study reveals that the Phase 1 message sets exhibit backward compatibility at the syntactic level. However, during the functional iteration of Phase 2 standards, compatibility limitations emerged in some message bodies due to scenario refinement requirements. Based on these findings, the study proposed suggestions for source code management mechanisms and indus-

收稿日期: 2025-07-18; 修回日期: 2025-09-28

通信作者: 胡金玲, hujinling@cictci.com

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.62133002)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China (No.62133002)



try deployment strategies, to provide a theoretical foundation for industrial- scale applications.

Key words: C-V2X, C-ITS, V2X application, message compatibility, ASN.1 extension

0 引言

在智能交通加速迈向协同化、网联化的背景下, 基于蜂窝车联网 (cellular vehicle to everything, C-V2X) 技术的合作式智能运输系统 (co-operative intelligent transportation system, C-ITS) 已成为提升道路安全、优化通行效率的关键支撑。C-ITS 通过构建人、车、路之间的高效信息交互网络, 实现车辆与基础设施、车辆与车辆、车辆与人之间的智能协同, 为智能交通的发展提供了有力支持^[1]。

自2017年起, 中国汽车工程学会 (China Society of Automotive Engineers, CSAE) 与中国通信标准化协会 (China Communications Standards Association, CCSA) 联合推进C-ITS标准体系建设, 陆续发布并完善车用通信系统应用标准体系。从专注基础安全应用的第一阶段标准, 即T/CSAE 53系列标准^[2-3] (以下简称T/CSAE 53) 与YD/T 3709-2020^[4]标准 (以下简称YD/T 3709), 到面向复杂协作安全应用的第二阶段T/CSAE 157-2020^[5]标准 (以下简称T/CSAE 157), 再到基于第二阶段进一步细化的T/CSAE 315.1-2023^[6]标准 (以下简称T/CSAE 315.1) 和T/CSAE 315.2-2024^[7]标准 (以下简称T/CSAE 315.2), 该应用标准体系历经迭代, 持续完善。

目前, 我国已具备第一阶段基础安全场景的产业化部署条件, 第二阶段协同类应用也在柳州、苏州等示范区得到初步验证。但标准体系在迭代过程中仍面临以下挑战: (1) 第一阶段与第二阶段应用标准的信息结构在功能扩展时存在兼容性限制; (2) 路侧设备更新节奏与车辆协议栈迭代速度不同, 客观上形成了多版本协议长期共存现状; (3) 现有研究多聚焦单一版本的功能

实现, 对跨版本兼容机制的系统性研究探索不足。

为此, 本文以现有车用通信系统系列应用标准为研究切入点, 构建消息集兼容性评估模型, 深入剖析ASN.1语法扩展对协议栈的影响。同时, 创新性提出消息集标准兼容性维护的核心原则, 并针对源码管理机制和产业部署策略提出建议, 旨在解决标准成熟度差异引发的协同效能瓶颈问题。

1 标准体系分析

1.1 标准体系框架

车用通信系统系列应用标准为第一阶段和第二阶段应用场景及消息集构建了完整框架, 车用通信系统应用标准演进路径如图1所示。第一阶段应用场景标准以T/CSAE 53为基石, 结合YD/T 3709等消息集标准, 共同筑牢基础安全应用体系。其中, YD/T 3709作为历经行业多轮验证确立的版本, 为第一阶段消息交互提供了权威规范, T/CSAE 157以YD/T 3709为基础, 对第一阶段消息集进行了扩展。

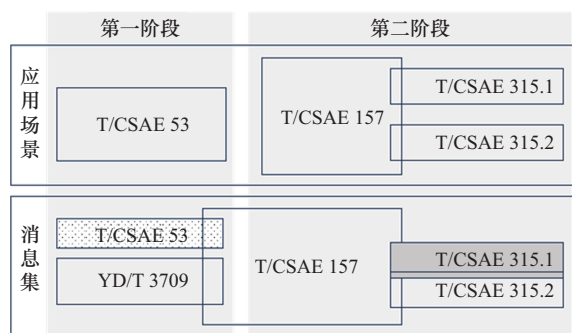


图1 车用通信系统应用标准演进路径

第二阶段涵盖核心标准T/CSAE 157及细化补充的T/CSAE 315系列标准。T/CSAE 315系列标准聚焦T/CSAE 157中的关键应用场景, 通过

深度优化与完善通信过程和交互要求，推动复杂协作安全应用的落地与实践。

1.2 应用场景分析

T/CSAE 53 经多轮提案研讨与投票，基于技术成熟度、应用价值和工程可行性三大核心准则，最终确立了 17 个第一阶段基础安全应用场景。车辆通过周期性广播自身速度、位置、航向等运动状态信息，并持续实时接收周边车辆及路侧设施发送的 C-V2X 消息，构建动态交通态势感知网络，从而精准判断与周边环境的交互关系，支撑碰撞预警、紧急制动提醒等基础安全应用，显著提升行车安全性和通行效率。

第二阶段标准在第一阶段基础上向复杂协作延伸，T/CSAE 157 构建了 12 个应用场景，涵盖意图与协作、感知共享、管理与优先、弱势参与者与高级信息服务五大类，着重强化车辆与多元交通参与者间的深度协同交互能力。以协作式变

道场景为例，通过车与车之间的意图信息共享、轨迹预测及协同决策，可实现更安全高效的动态车道变换，有效缓解交通拥堵并降低事故风险。

作为第二阶段的细化标准，T/CSAE 315 系列标准在 T/CSAE 157 的基础上，对其定义的部分应用场景进行重新梳理和定义，T/CSAE 315 系列与 T/CSAE 157 定义的第二阶段应用场景对应关系见表 1。此外，T/CSAE 315 系列标准还规范了通信流程和交互数据内容。

T/CSAE 315.1 聚焦 T/CSAE 157 中的意图与协作类别。在应用场景定义阶段，结合真实交通场景需求，按照意图共享、意图协作（车车协作、车路协作引导）的维度，系统性构建 12 个细化应用场景。在通信流程规范阶段，延续应用场景的划分维度，统一形成了意图共享、车车协作和车路协作引导 3 种通信过程，从而提升场景落地的可操作性。

表 1 T/CSAE 315 系列与 T/CSAE 157 定义的第二阶段应用场景对应关系

T/CSAE 157		T/CSAE 315 系列
应用场景名称	子场景名称	应用场景名称
协作式变道	—	变道意图共享
	车车协作变道	协作式变道-车车协作
	路侧协调变道	协作式变道-车路协作
协作式车辆汇入	—	汇入意图共享
	—	协作式车辆汇入-车车协作
	路侧设备引导匝道车辆汇入	无信号灯协作式车辆汇入-车路协作引导
	协作式匝道信号控制	有信控灯协作式车辆汇入-车路协作引导
协作式交叉口通行	—	交叉口意图共享
	—	无信号灯交叉口协作式通行-车车协作
	路侧设备辅助车辆通过无信控机控制交叉路口	无信号灯交叉口协作式通行-车路协作引导
	协作式交叉口信号控制	有信控灯交叉口协作式通行-车路协作引导
协作式优先车辆通行	协作式信号灯优先通行	有信控灯交叉口协作式通行-车路协作引导
感知数据共享	车车间交通参与者感知数据共享	车辆感知共享
	车车间道路异常状况感知数据共享	
	车路间交通参与者感知数据共享	路侧感知共享
	车路间道路异常状况感知数据共享	



T/CSAE 315.2 则着重优化感知数据共享领域。在应用场景定义阶段,依据感知数据来源差异,重新划分为车辆感知共享和路侧感知共享这2类场景。在通信流程规范阶段,根据通信触发逻辑,划分为直接发送与请求发送两类通信过程,进一步规范感知数据的交互机制。

1.3 消息集分析

CSAE 车用通信系统系列应用标准的消息集严格遵循 ASN.1 规范,采用“消息帧-消息体-数据帧-数据元素”的层级嵌套结构进行定义,交互编码方式遵循非对齐压缩编码规则(unaligned packet encoding rules, UPER)。第一阶段和第二阶段标准间的消息集体系存在复用、修改和扩展的复杂关系,车用通信系统消息体关系见表2。

YD/T 3709 作为第一阶段基础安全应用消息集的基石,构建了包含5个消息体、67个数据帧和90个数据元素的消息集体系。5个消息体分别是:基本安全消息(basic safety message, BSM)、

路侧安全消息(roadside safety message, RSM)、路侧单元消息(roadside information, RSI)、信号灯消息(signal phase and timing message, SPAT)和地图消息(MAP)。

T/CSAE 157 在继承 YD/T 3709 的基础上,对 RSI 和 MAP 消息进行深度功能扩展,并新增9个面向第二阶段协同交互应用的消息体。新增消息体分别是:感知共享消息(sensor sharing message, SSM)、车辆意图和请求消息(vehicle intention and request, VIR)、路侧协调消息(road side coordination, RSC)、差分增强消息(radio technical commission for maritime services, RTCM)、停车场地图消息(parking area map, PAM)、个体安全消息(personal safety message, PSM)、编队管理消息(connectionless platooning management message, CLPMM)、车辆支付消息(vehicle payment message, VPM)和测试消息(Test)。在复用部分 YD/T 3709 数据帧和数据元素的基础上,

表2 车用通信系统消息体关系

标准	YD/T 3709	T/CSAE 157	T/CSAE 315.1	T/CSAE 315.2
消息体	BSM	—	—	—
	RSI	—	—	—
	RSM	—	—	—
	SPAT	RSI (基于 YD/T 3709 修改/扩展)	—	—
	MAP	MAP (基于 YD/T 3709 修改/扩展)	—	—
	—	RTCM	—	—
	—	PAM	—	—
	—	PSM	—	—
	—	CLPMM	—	—
	—	VPM	—	—
	—	Test	—	—
	—	VIR	VIR (基于 T/CSAE 157 修改/扩展)	VIR (基于 T/CSAE 315.1 扩展)
	—	RSC	RSC (基于 T/CSAE 157 修改/扩展)	—
	—	SSM	—	SSM (基于 T/CSAE 157 修改/扩展)
	—	—	SAM	SAM (基于 T/CSAE 315.1 扩展)
	—	—	ISM	—

修改或新增了107个数据帧和59个数据元素。

随着T/CSAE 157标准发布,行业内围绕第二阶段协同应用积极开展多项先导应用实践活动,如2021 C-V2X“四跨”(柳州)先导应用实践活动(以下简称柳州四跨),针对标准中的意图与协作和感知共享类应用进行试验验证。为减少不同参与方因触发逻辑与数据需求差异产生的适配问题,验证前各参与方基于T/CSAE 157消息集,共同细化约定了核心场景的应用能力标识、通信流程、数据交互要求等关键内容。验证结果表明,不同参与方均能够正确解析应用场景所需的VIR、RSC和SSM,意图与协作和感知共享类应用在测试条件下均能够正确触发(触发成功率100%),且消息内容解析正确。因此,为推动第二阶段协同交互应用的规模化落地,行业内将验证过程中形成的共识性约定纳入标准化范畴,启动了T/CSAE 315系列标准的制定工作,旨在通过标准的完善填补现有空白,为技术应用的落地提供更坚实的规范支撑。

T/CSAE 315.1基于上述试验验证结果,对T/CSAE 157中第二阶段的消息集体系进行迭代升级。通过扩展VIR、RSC等消息体,并新增车辆意图共享消息(intention sharing message, ISM)、业务能力公告消息(service announcement message, SAM)等,进一步完善复杂场景下的信息交互需求。该标准在复用YD/T 3709和T/CSAE 157消息集体系的基础上,针对性修改或新增14个数据帧与8个数据元素。

T/CSAE 315.2则延续优化思路,聚焦T/CSAE 315.1中的VIR、SAM,以及T/CSAE 157中的SSM消息体展开深度扩展。通过复用YD/T 3709、T/CSAE 157以及T/CSAE 315.1消息集体系,修改或新增了13个数据帧和3个数据元素,持续推动车用通信消息标准向精细化、场景化方向演进。

2 消息集兼容性分析

2.1 ASN.1兼容性模型

随着智能交通产业的不断发展,维护消息集的一致性与后向兼容性已成为保障系统稳定运行的关键要素。后向兼容性要求早期版本消息能够被后续各版本系统正确解析,同时,早期版本也需具备正确解析后续版本非扩展内容的能力,对于扩展部分数据能够正确丢弃,确保解码流程的完整性^[8-14]。

在ASN.1消息兼容性扩展领域,国内外已开展系统性研究。国际自动机工程师学会(Society of Automotive Engineers, SAE)发布的SAE J3289^[15]标准,针对SAE J2735^[16-20]标准的多版本演进,制定了严格的兼容性评估与迭代规则。国内方面,IMT-2020(5G)推进组发布的《C-V2X消息兼容性研究报告》^[21],也为行业确立了消息集版本管理与兼容性判定的初步共识。

根据ASN.1语法规则和编码规则^[22-27],可将消息集的兼容性分为语义级兼容、编解码级兼容、不兼容3种情况。

(1) 语义级兼容性修改。指不同版本间可正确解码,且应用程序能够正确理解语义,正确识别出扩展部分并丢弃,例如,添加、删除或修改ASN.1注释;添加新的ASN.1类型;在序列类型末尾扩展符“...”后增加可选字段等。

(2) 编解码级兼容性修改。指不同版本间可成功解码,但应用程序不能正确理解语义,需升级应用程序后才能正确理解语义,例如,重命名ASN.1类型;修改序列类型的字段名称;添加、修改位串和整数类型中字段的名称等。

(3) 不兼容性修改。指不同版本间解码失败或错误,例如,未预留扩展位的数据类型后增加内容,如CHOICE类型增加一个选项;删除CHOICE和序列类型中的内容,如序列类型中删除一个字段;改变数据类型的扩展属性,如将可



扩展的序列类型修改为不可扩展的类型等。

BIT STRING 类型的兼容性修改示例如图 2 所示, 以图 2 中列出的 YD/T 3709 中 LaneAttributes-Vehicle 数据元素为例。

bit(0) 仅修改注释, 属于语义级兼容性修改; bit(8) 是按照扩展规则, 在可扩展区域新增内容, 不影响早期版本的语义理解与编解码, 也属于语义级兼容性修改; bit(6) 修改字段含义 (语义变化), 但不影响编解码, 属于编解码级兼容性修改。

本文使用 OSS Nokalva 公司的 ASN.1 Studio Trial 软件 (Version 10.5), 针对采用 UPER 编码的 CSAE 车用通信系统系列应用标准中的消息集进行兼容性验证。

为保障 CSAE 车用通信系统系列应用标准中消息的兼容性, 并简化管理流程、提升可用性, 本文建议消息集遵循以下核心原则维护。

(1) 版本管理系统化: 为标准源码分配清晰的三级版本号管理体系, 其中, 语义级兼容性修改采用第三级版本号升级 (如 v1.1.1 升级为 v1.1.2), 编解码级兼容性修改采用第二级版本号升级 (如 v1.1.1 升级为 v1.2.1), 不兼容性修改采用第一级版本号升级 (如 v1.1.1 升级为 v2.1.1)。

(2) 源码模块集中化: 按消息体对源码进行集中化管理, 多模块共用的数据帧和数据元素集中至公共模块, 作为消息集的基础支撑, 新定义的消息体在调用公共模块的基础上, 定义每个消息体特有的类型, 实现不同消息体的独立迭代升

级, 避免因单一消息体变动影响整体系统。

(3) 唯一标识分配: 新增消息类型必须配置独立的标识 (Message ID), 且标识一旦分配不得变更, 原有标识禁止复用, 确保跨版本数据交互的唯一性与可追溯性。

(4) 语法扩展约束: 严格遵循 ASN.1 语法规则, 仅允许在指定扩展字段 (如扩展符 “...” 之后) 进行数据增量, 禁止修改或删除原有数据单元, 扩展字段需要明确标准版本信息, 便于解析端识别处理。

(5) 冗余控制机制: 新增数据单元需与原有内容保持语义独立性, 避免字段含义重叠或数据重复, 扩展字段应聚焦功能增量, 保持消息结构的精简高效, 降低传输与解析开销。

(6) 兼容性影响判定: 明确区分兼容性敏感操作, 如新增消息体通常不影响兼容性; 而删除或修改 ASN.1 类型则直接破坏兼容性。

2.2 第一阶段消息兼容性分析

由表 2 可知, YD/T 3709 首次定义了第一阶段消息集, T/CSAE 157 在其基础上对消息 RSI 和 MAP 进行了修改和扩展, T/CSAE 315 则保留了 T/CSAE 157 中第一阶段消息集的内容。因此, 本部分重点研究 T/CSAE 157 中对消息 RSI 和 MAP 的修改和扩展是否影响消息集的兼容性。

T/CSAE 157 在消息 RSI 扩展符后增加了道路辅助标志数据帧 (AuxiliarySign), 主要用于解决交通标志中附加的描述信息问题, 如辅助标志车辆类型 (AuxiliarySignVehicleType, 标志适用的

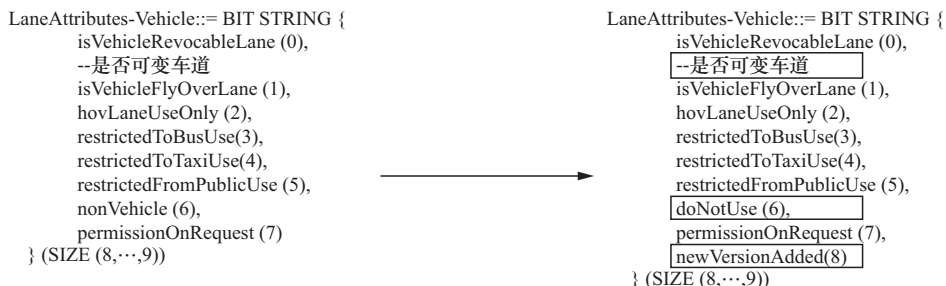


图2 BIT STRING 类型的兼容性修改示例

车辆种类、属性等)、辅助标志方向(Auxiliary-SignDirection, 禁令或标志适用的方向)。经验证, T/CSAE 157可正确解析YD/T 3709版本的消息内容; YD/T 3709能够成功解码T/CSAE 157消息, 可识别出RSI增加了扩展字段; 应用程序能够正确解析除扩展字段外的其他部分的语义, 能够正确识别扩展内容并丢弃。因此, 上述修改属于语义级兼容性修改, 符合ASN.1兼容性扩展要求。

基于我国道路交通特性与地图信息细化需求, T/CSAE 157对消息MAP实施深度优化, T/CSAE 157与YD/T 3709中消息MAP的对比如图3所示。

(1) 在维持路段列表数据帧(LinkList)基础结构的前提下, 调整其下属的数据元素车道属性-

车辆(LaneAttributes-Vehicle): 将原bit6位的“是否有红外信标覆盖(hasIRBeaconCoverage)”属性, 修改为“应急车道(emergencyLane)”属性。这一改动充分考量我国公路基础设施未部署红外信标的现状, 使车道属性标识更契合交通管理需求。

(2) 在Node数据帧的扩展符后, 新增路段扩展信息列表(LinkExList)与路口禁停区域(ProhibitedZone)2个数据帧, 拓展了道路属性的描述边界, 为复杂交通场景下的精准信息交互提供了更丰富的数据支撑。

T/CSAE 157与YD/T 3709中新增LinkExList的内容如图4所示, 对于LinkExList, T/CSAE 157聚焦路段(Link)和车道(Lane)信息的深度拓展。针对实际路网中, 同一路段车道数量动态变化

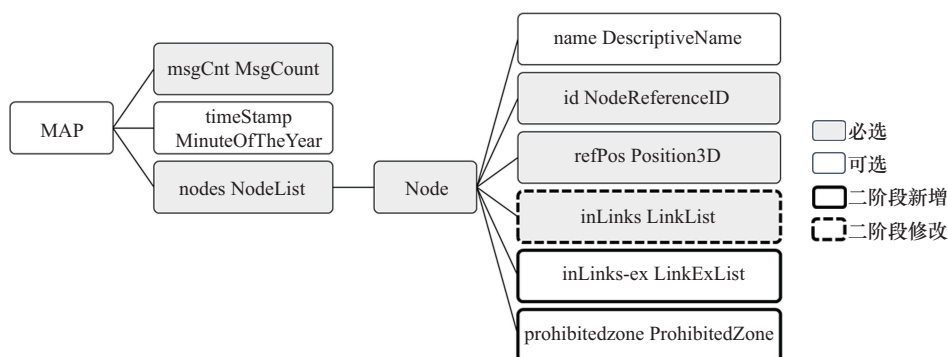


图3 T/CSAE 157与YD/T 3709中消息MAP的对比

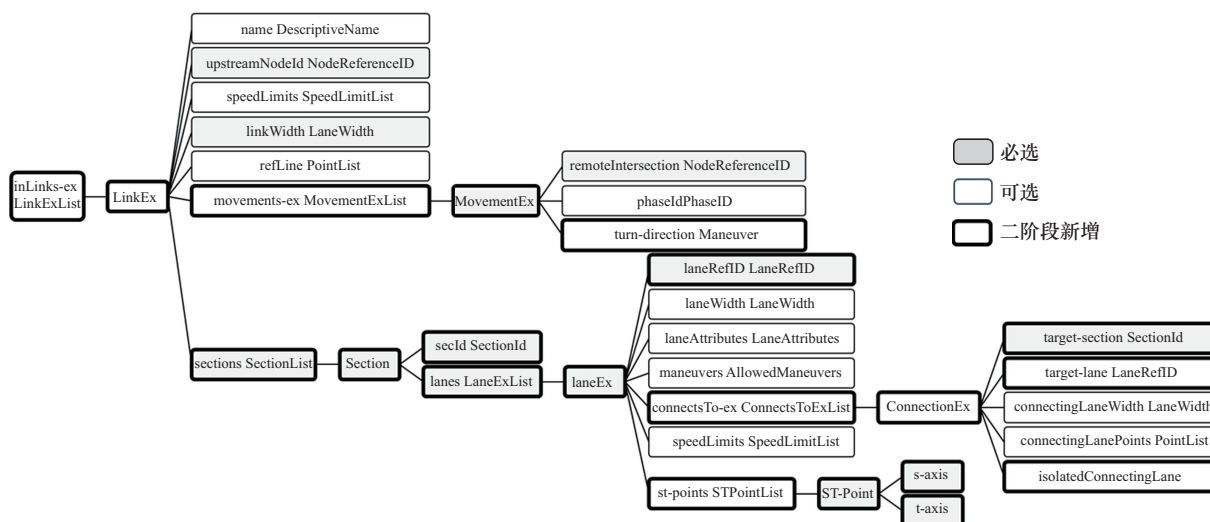


图4 T/CSAE 157与YD/T 3709中新增LinkExList的内容



的特性,引入了“车道区间(section)”概念,将Link划分为多个相对独立的区间单元,确保各区间内车道数量保持恒定,有效解决了车道数量动态变化的描述难题。同时,还配套构建车道关联编号(LaneRefID)体系,并明确Lane与Section之间的拓扑连接关系,形成完整的车道信息映射机制。此外,借鉴高精度地图的空间表达逻辑,通过引入ST坐标系,实现车道与路段信息的时空精准定位。

对于ProhibitedZone, T/CSAE 157则进一步提升了禁停区域信息的完整性。标准新增非机动车禁停区域(non-motorVehicleProhibitedZones)、网格标线禁停区域(gridLineMarkingProhibitedZones)等细分类型,从而全面覆盖交通管理中常见的禁停场景。

经验证, T/CSAE 157可正确解码YD/T 3709的消息;但是,应用程序对于LinkList字段中bit6的属性解读为“emergencyLane”,与YD/T 3709应用程序的解读不同。YD/T 3709可成功解码T/CSAE 157消息,识别到Node字段中新增了扩展字段;应用程序能够正确解析除上述修改外的其他部分的语义,对于LinkList字段,应用程序将bit6的属性仍解读为“hasIRBeaconCoverage”,与T/CSAE 157应用程序的解读不同;对于LinkExList和ProhibitedZone字段,应用程序正确识别其为后续版本的扩展内容并丢弃。因此, T/CSAE 157对于LinkList的修改属于编解码级兼容性修改;Node的扩展属于语义级兼容性修改。整体而言, T/CSAE 157对MAP消息的修改,符合ASN.1兼容性扩展规范要求,能够从语法层面兼容YD/T 3709的消息集。在保障既有标准体系稳定性的同时,提升了道路信息描述的准确性与完整性。

2.3 第二阶段消息兼容性分析

T/CSAE 157、T/CSAE 315.1和T/CSAE 315.2标准均为第二阶段协同应用的标准,需验证并分析上述3个标准版本之间的兼容性。由表2

可知, T/CSAE 315.1在T/CSAE 157的基础上新增了ISM和SAM消息体,修改了RSC和VIR; T/CSAE 315.2在T/CSAE 157的基础上修改了SSM,在T/CSAE 315.1的基础上修改了VIR和SAM。

ISM是T/CSAE 315.1新增的消息体,分配了单独的Message ID, T/CSAE 315.2无进一步修订。经验证, T/CSAE 157可成功解码T/CSAE 315.1消息,应用程序可正确识别其为新增消息体并丢弃; T/CSAE 315.1和T/CSAE 315.2均可正确解码,应用程序也可正确解析消息内容。因此,对T/CSAE 157来说,新增的ISM消息体属于语义级兼容性修改,不影响消息兼容性。

SAM由T/CSAE 315.1定义,分配了单独的Message ID, T/CSAE 315.2在其基础上扩展,在扩展符后新增感知共享服务能力(sensorSharing)数据帧。经验证, T/CSAE 315.1和T/CSAE 315.2可正确解码T/CSAE 157; T/CSAE 157可成功解码T/CSAE 315.1和T/CSAE 315.2消息,应用程序可正确识别其为新增消息体并丢弃;符合ASN.1兼容性扩展要求,属于语义级兼容性修改。

RSC消息由T/CSAE 157首次进行定义, T/CSAE 315.1在其基础上进行扩展, T/CSAE 315.2未做进一步修订。T/CSAE 315.1主要修改了车辆级协调规划(VehicleCoordination)数据帧,新增了请求标识(reqID)、处理状态(Status)、请求优先级(reqPriority)、拒绝原因(rejectReason)和协调车辆信息(coorVehInfos)等数据帧,且根据T/ITS 0191系列标准^[28-29]的内容,新增了车辆信号优先请求的响应(signalPriorityInfo)数据帧,全面提升路侧与车辆间协调交互的精细化程度。上述修改/扩展并非全部在可扩展区进行,经验证, T/CSAE 157与T/CSAE 315.1之间互相解码失败。因此, T/CSAE 315.1对于RSC的修改不符合兼容性扩展要求,属于不兼容性修改。

VIR消息的演进呈现阶梯式迭代特征。T/CSAE 157首次完成VIR消息的基础定义, T/

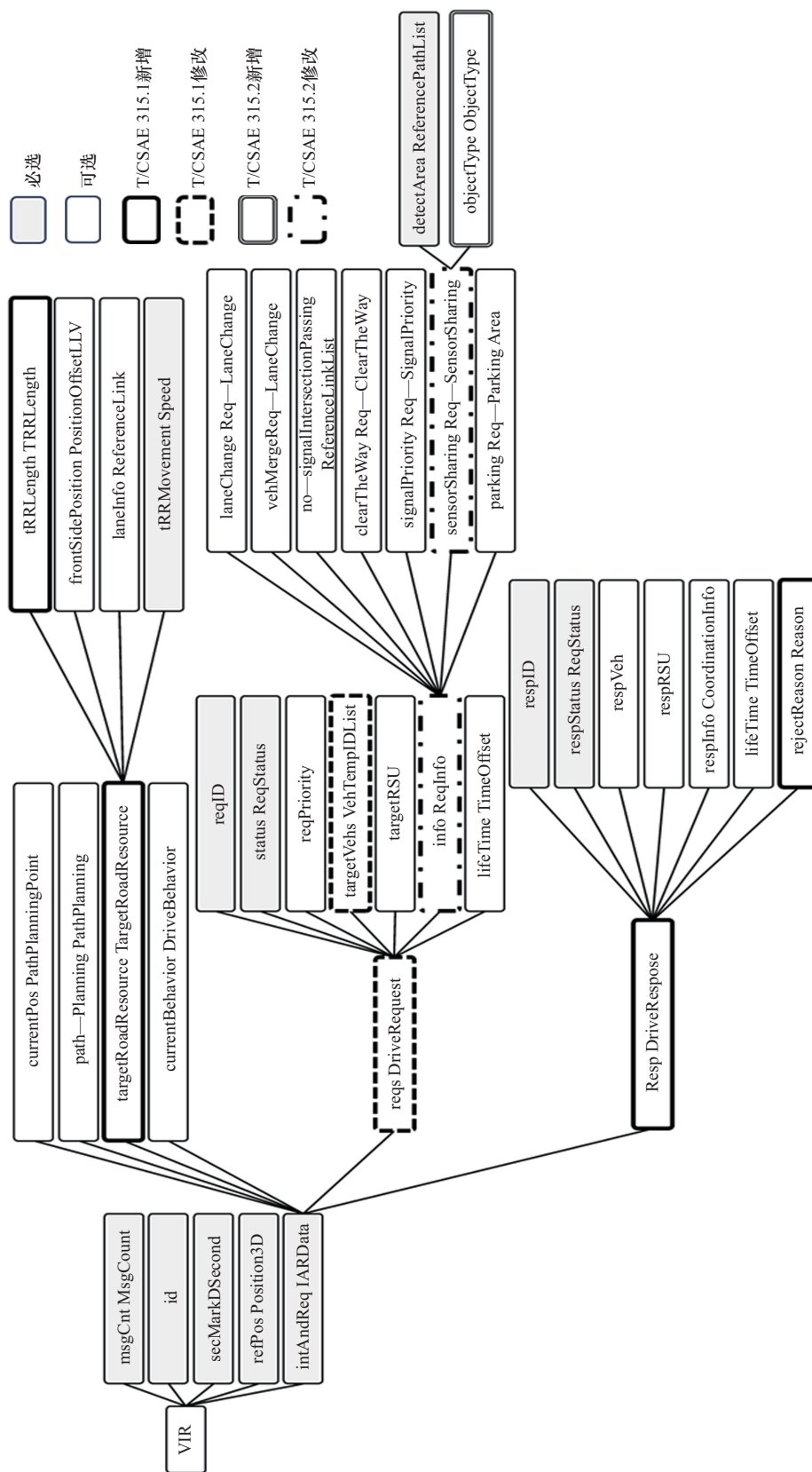


图 5 T/CSAE 157 与 T/CSAE 315 系列标准中 VIR 的变化



CSAE 315.1 在此框架上进行扩展, T/CSAE 315.2 在 T/CSAE 315.1 的基础上进一步深化扩展, 形成三级优化完善体系。T/CSAE 157 与 T/CSAE 315 系列标准中 VIR 的变化如图 5 所示。T/CSAE 315 系列标准对 T/CSAE 157 中 VIR 消息的修改如下。

(1) T/CSAE 315.1 新增目标道路资源 (target-road resource, TRR) 和协作响应 (DriveResponse) 数据帧, 前者以矩形区域描述车辆需要的目标道路资源; 后者用于显式回复其他车辆的请求意图; 将驾驶请求 (DriveRequest) 数据帧的目标车辆修改为目标车辆列表, 以便车辆可以同时回复多个车辆的请求意图, 由原来每个请求消息只能回复 1 辆车, 大幅提升至每个请求消息可回复至多 128 辆车, 提升了交互效率, 降低了通信资源占用。

(2) T/CSAE 315.2 则进一步修改了 DriveRequest 下请求信息 (ReqInfo) 中的感知数据共享请求 (Req-SensorSharing) 数据帧, 增加了感知目标物的类型 (ObjectType), 支持仅请求部分类别的目标物, 减少回复的 SSM 数据包大小, 节约通信资源。

经验证, T/CSAE 315.1、T/CSAE 315.2 对 T/CSAE 157 中的 VIR 消息解析失败; T/CSAE 157 也无法成功解析 T/CSAE 315.1、T/CSAE 315.2 中的 VIR 消息; T/CSAE 315.1 可成功解析 T/CSAE

315.2 中的 VIR 消息, 应用程序能正确识别 SensorSharing 数据帧下新增了扩展字段且丢弃; T/CSAE 315.2 可正确解析 T/CSAE 315.1 中的所有内容。因此, T/CSAE 315.1 对 T/CSAE 157 的修改, 属于不兼容性修改, 不符合 ASN.1 兼容性扩展要求; T/CSAE 315.2 对 T/CSAE 315.1 中 VIR 的扩展, 属于语义级兼容性修改, 符合兼容性要求。

T/CSAE 315.2 基于柳州四跨等测试活动结果, 针对不同厂商对字段的理解不一致, 部分内容缺失导致信息歧义等问题, 对 T/CSAE 157 中定义的 SSM 进行了扩展, T/CSAE 157 与 T/CSAE 315.2 中 SSM 的变化如图 6 所示。T/CSAE 315.2 对 SSM 消息的改动如下。

(1) 针对 T/CSAE 157 中传感器位置 (sensor-Pos) 字段存在的语义歧义问题, T/CSAE 315.2 将其属性由必选改为可选, 同步新增传感器参考位置 (sensorRefPos), 明确区分传感器实际位置与参考坐标, 增加了参考坐标与实际位置不同时的信息表达方法, 描述更加清晰, 避免信息混淆。

(2) 引入 T/CSAE 315.1 中的 DriveResponse, 在直接推送模式的基础上, 新增支持请求推送模式, 收发双方构建双向交互机制, 使感知共享方能够明确精准请求方需求, 完善协同交互链路。

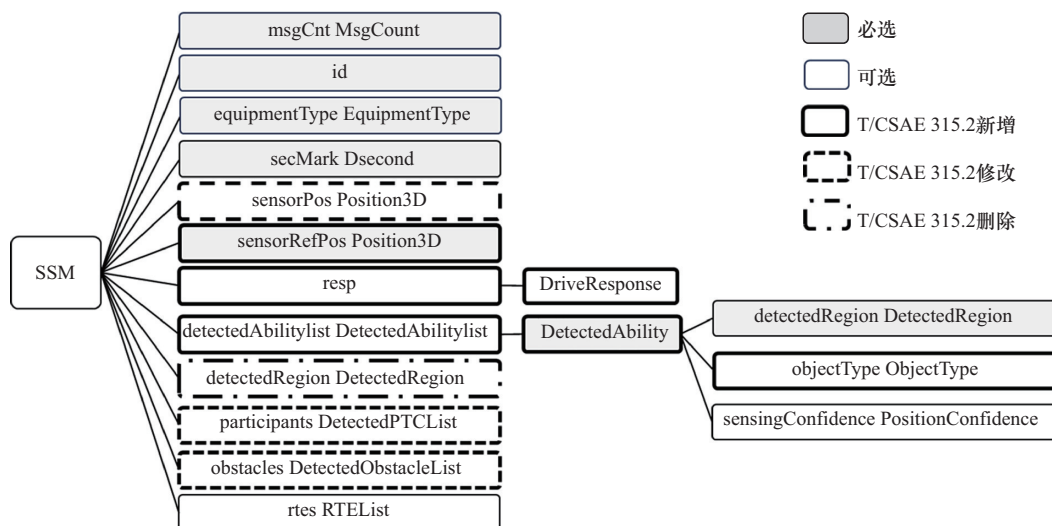


图6 T/CSAE 157 与 T/CSAE 315.2 中 SSM 的变化

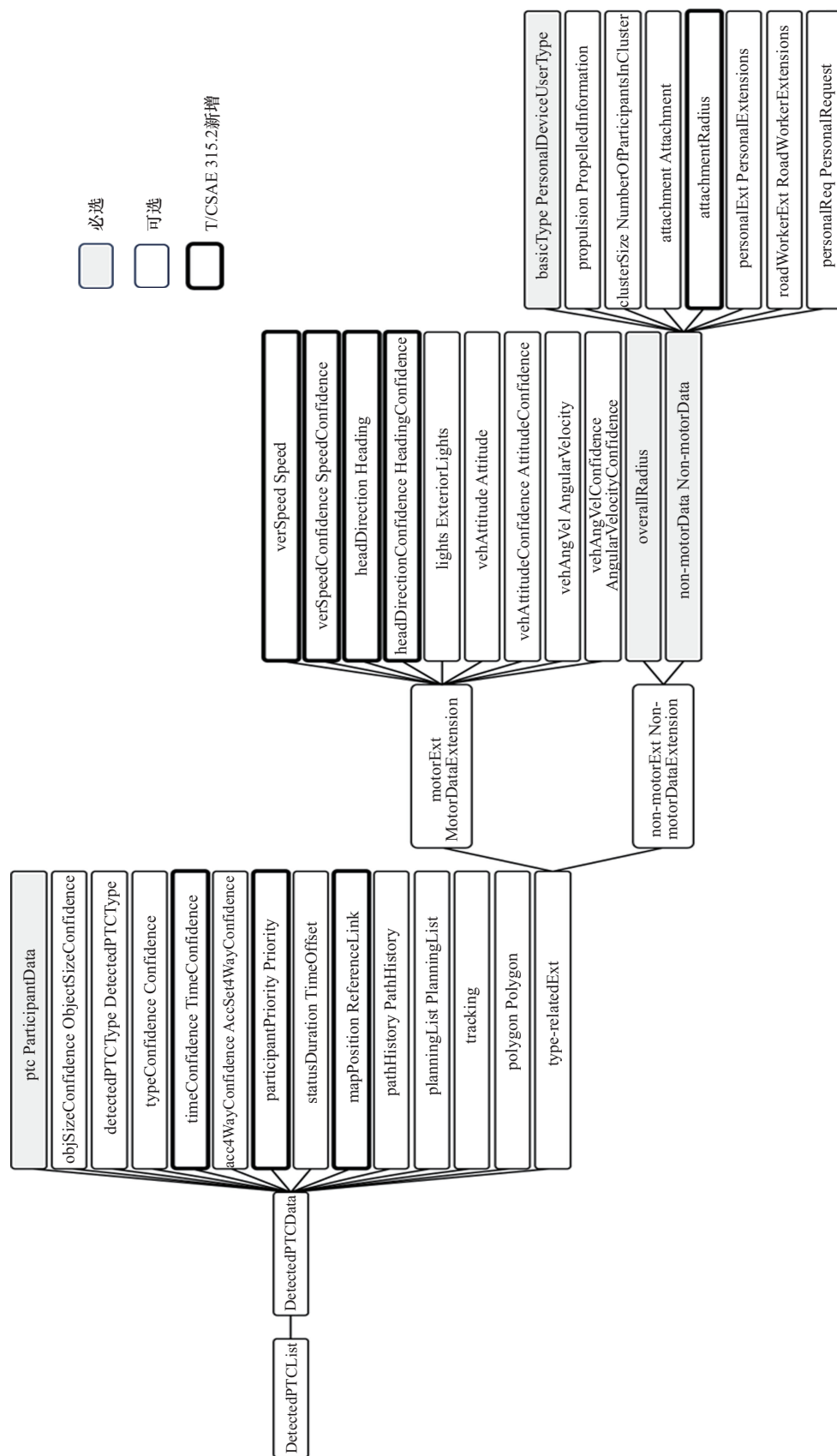


图7 T/CSAE 157与T/CSAE 315.2中修改的DetectedPTCList内容



(3) 以感知能力列表 (DetectedAbilitylist) 数据帧代替原有的感知区域 (DetectedRegion) 数据帧, 不仅覆盖感知区域范围, 更增加不同感知区域内的传感器感知能力参数与目标物类别, 提升场景描述的精细程度, 为接收方提供数据筛选依据。

此外, T/CSAE 315.2 还对感知目标物的信息进行系统性扩展, 包括交通参与者和障碍物两类。

在交通参与者方面, 修改了交通参与者基本信息、机动车和非机动车扩展信息。T/CSAE 157 与 T/CSAE 315.2 中修改的 DetectedPTCList 内容如图 7 所示。

(1) 交通参与者基本信息: 增加时间置信度 (TimeConfidence); 引入交通参与者优先级 (participantPriority) 概念, 可根据通信资源占用情况或目标物急迫程度灵活使用; 增加交通参与者在地图中的位置 (mapPosition) 信息, 帮助接收方匹配交通参与者的位置。

(2) 机动车扩展信息: 增加车辆车头方向角, 与原有的航迹角配合, 可更精准地判断车辆的姿态信息。

(3) 非机动车扩展信息: 增加附属物的半径信息。

与交通参与者类似, T/CSAE 315.2 对于障碍物的修改主要是新增了 TimeConfidence、obstaclePriority 和 mapPosition 信息。

概而言之, T/CSAE 315.2 对于 T/CSAE 157 中 SSM 消息的修改, 未在符合 ASN.1 兼容性规则的可扩展处进行, 且删除了已有数据帧。经验

证, T/CSAE 315.2 与 T/CSAE 157 之间互相不能成功解析, 属于不兼容型修改, 不符合 ASN.1 兼容性要求。

综合上述分析及验证结果, 第二阶段标准版本间消息体兼容性见表 3。部分消息体存在不兼容的情况, 主要是因为当前第二阶段应用标准还处于试验阶段, 在构建更合理的消息结构时, 一定程度上牺牲了消息的兼容性。

3 标准部署推广建议

为推动 CSAE 车用通信系统系列应用标准有序落地与高效迭代, 结合当前阶段特性, 本文针对源码管理机制与产业部署策略提出以下建议。

(1) 源码管理机制

- 版本与模块化协同管理: 按消息体对源码进行集中化管理, 单独集中维护公用模块, 为各消息体和公用模块分配专属版本标识, 与标准版本对应, 在保证跨模块调用一致性的基础上, 支持模块版本独立迭代。
- 标准版本体系划分: 将消息集版本体系划分为基线版本和标准序列版本, 基线版本由统一管理机构维护, 作为行业大规模部署的核心标准, 后续版本需在其基础上进行兼容性扩展; 标准序列版本由各标准组织独立管理, 基于最新基线版本迭代更新功能, 生命周期限定于相邻 2 个基线版本之间, 最终择优归集至

表 3 第二阶段标准版本间消息体兼容性

消息体	涉及标准	标准版本消息兼容性
ISM	T/CSAE 315.1	标准版本间均兼容
SAM	T/CSAE 315 系列	标准版本间均兼容
RSC	T/CSAE 157、T/CSAE 315.1	T/CSAE 315 系列版本间兼容, 与 T/CSAE 157 不兼容
VIR	T/CSAE 157、T/CSAE 315 系列	T/CSAE 315 系列版本间兼容, 与 T/CSAE 157 不兼容
SSM	T/CSAE 157、T/CSAE 315.2	T/CSAE 315 系列版本间兼容, 与 T/CSAE 157 不兼容

下一基线版本。

- 标准与源码同步发布机制：标准发布时同步发布配套源码包，含ASN.1源码、编码示例及版本说明，方便用户理解和使用。

(2) 产业部署策略

- 第一阶段应用标准全面规模部署：第一阶段应用标准已达成行业共识，技术成熟，可作为大规模部署的基础。第一阶段消息集为基线版本，后续标准迭代时，应考虑与已有第一阶段标准的兼容性，建议汽车制造商将第一阶段应用标准相关功能作为车辆标配，与汽车电子系统深度集成，确保车辆稳定、准确地发送和接收BSM消息，提升相关应用可靠性。交通管理部门和基础设施建设单位应在关键路段积极推进路侧基础设施的部署，并建立运维管理体系，以保障其持续稳定运行。
- 第二阶段应用标准试验性谨慎部署：第二阶段应用标准正处于试验验证向大规模应用过渡的关键阶段，现有第二阶段消息集都是标准序列版本，不强求标准序列版本间的兼容性。建议行业集中力量推进标准验证迭代，通过测试与实践反馈完善标准。在部署策略上，建议优先部署旨在对第二阶段应用进行迭代更新的T/CSAE 315.2标准消息集。后续经过产业验证后，尽快推动第二阶段消息集基线版本的编制工作。

4 结束语

本文全面剖析了车用通信系统应用标准体系，重点探究了应用场景和消息集的兼容性特征。在应用场景方面，第一和第二阶段应用标准围绕车辆行驶安全与效率，从基础安全拓展到复杂协作及细化应用，为智能网联汽车技术应用提供了规范指导。在消息集层面，依托ASN.1标准

构建统一框架，经验证分析，虽整体遵循兼容性扩展规则，但标准不同版本间的消息体兼容性差异，需在规模化部署中通过分阶段策略逐步优化。

车用通信系统应用标准体系将随技术创新和场景丰富而持续演进。未来需要进一步深化第二阶段应用的试验验证，推动场景落地实现。在后续标准制定过程中，应强化扩展设计（预留技术发展空间），并通过源码模块化管理与同步发布机制，提升标准的实用性与行业协同效率。通过多方协同，助力我国车用通信系统标准体系迈向更成熟、更高效的产业化阶段。

参考文献：

- [1] 陈山枝, 胡金玲, 赵丽, 等. 蜂窝车联网(C-V2X)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2020.
Chen S Z, Hu J L, Zhao L, et al. Cellular vehicle-to-everything (C-V2X)[M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2020.
- [2] T/CSAE 53-2017 合作式智能运输系统 车用通信系统应用层及应用数据交互标准(第一阶段)[S].
T/CSAE 53-2017 Cooperative intelligent transportation system-vehicular communication-application layer specification and data exchange standard (phase I)[S].
- [3] T/CSAE 53-2020 合作式智能运输系统 车用通信系统应用层及应用数据交互标准(第一阶段)[S].
T/CSAE 53-2020 Cooperative intelligent transportation system-vehicular communication-application layer specification and data exchange standard (phase I)[S].
- [4] YD/T 3709-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 消息层技术要求[S].
YD/T 3709-2020 Technical requirements of message layer of LTE-based vehicular communication[S].
- [5] T/CSAE 157-2020 合作式智能运输系统车用通信系统应用层及应用数据交互标准(第二阶段)[S].
T/CSAE 157-2020 Cooperative intelligent transportation system-vehicular communication-application layer specification and data exchange standard (phase II)[S].
- [6] T/CSAE 315.1-2023 合作式智能运输系统 应用层交互技术要求 第1部分:意图共享与协作[S].



- T/CSAE 315.1-2023 Cooperative intelligent transportation system-technical requirements for application layer interaction-part1:intention sharing and cooperation[S].
- [7] T/CSAE 315.2-2024 合作式智能运输系统 应用层交互技术要求 第2部分:感知数据共享[S].
- T/CSAE 315.2-2024 Cooperative intelligent transportation system-technical requirements for application layer interaction-part2:sensor data sharing[S].
- [8] 鲍忠贵, 刘贵全, 等. 抽象语法记法 ASN.1 原理与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011.
- Bao Z G, Liu G Q, et al. Principles and applications of abstract syntax notation one (ASN.1) [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2011.
- [9] ISO/IEC 8824-1: 2021 Information technology-abstract syntax notation one (ASN.1): specification of basic notation[S].
- [10] ISO/IEC 8824-2: 2021 Information technology-abstract syntax notation one (ASN.1): information object specification[S].
- [11] ISO/IEC 8824-3: 2021 Information technology-abstract syntax notation one (ASN.1): constraint specification[S].
- [12] ISO/IEC 8824-4: 2021 Information technology -abstract syntax notation one (ASN.1): parameterization of ASN.1 specifications[S].
- [13] ISO/IEC 8825-2: 2021 Information technology-ASN.1 encoding rules: specification of packed encoding rules (PER)[S].
- [14] ISO/IEC 8825-4: 2021 Information technology-ASN.1 encoding rules: XML encoding rules (XER)[S].
- [15] J3289, 2023 SAE V2X ASN.1 modules - organization and management rules[S].
- [16] J2735, 2016 V2X communications message set dictionary[S].
- [17] J2735, 2020 V2X communications message set dictionary[S].
- [18] J2735, 2022 V2X communications message set dictionary[S].
- [19] J2735, 2023 V2X communications message set dictionary[S].
- [20] J2735, 2024 V2X communications message set dictionary[S].
- [21] IMT-2020(5G)推进组. C-V2X 消息兼容性研究报告[R]. 北京: IMT-2020(5G)推进组, 2021.
- IMT-2020(5G) Promotion Group. Research report on message compatibility of C-V2X[R]. Beijing: IMT-2020(5G) Promotion Group, 2021.
- [22] ISO/IEC 8824-1, 2021 Information technology-abstract syntax notation one(ASN.1): specification of basic notation[S].
- [23] ISO/IEC 8824-2, 2021 Information technology-abstract syntax notation one(ASN.1): information object specification[S].
- [24] ISO/IEC 8824-3, 2021 Information technology-abstract syntax notation one(ASN.1): constraint specification[S].
- [25] ISO/IEC 8824-1, 2021 Information technology-abstract syntax notation one(ASN.1): parameterization of ASN.1 specifications[S].
- [26] ISO/IEC 8825-2, 2021 Information technology-ASN.1 encoding rules: specification of packed encoding rules (PER)[S].
- [27] ISO/IEC 8825-6, 2021 Information technology-ASN.1 encoding rules: registration and application of PER encoding instructions[S].
- [28] T/ITS 0191.1-2022 合作式智能公交系统 第1部分: 总体架构及应用[S].
- T/ITS 0191.1-2022 Cooperative intelligent system-part1: general architecture and application[S].
- [29] T/ITS 0191.2-2022 合作式智能公交系统 第2部分: 数据接口规范[S].
- T/ITS 0191.1-2022 Cooperative intelligent system-part2: data interface specification[S].

[作者简介]



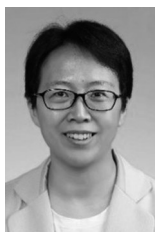
张学艳 (1989-), 女, 中信科智联科技有限公司工程师, 主要研究方向为车联网通信、C-V2X 与单车智能融合等技术及标准化。



房家奕 (1979-), 男, 中信科智联科技有限公司标准总监、正高级工程师, 主要研究方向为车联网通信、车路协同等技术及标准化。



胡金玲 (1974-), 女, 中信科智联科技有限公司首席专家、正高级工程师, 主要研究方向为车联网与下一代无线通信等。



赵丽（1978—），女，中信科智联科技有限公司正高级工程师，主要研究方向为车联网通信、车路协同等技术及标准化。



邓婷婷（1982—），女，中信科智联科技有限公司工程师，主要研究方向为车联网、智能交通标准与产业政策。



邓辉（1994—），女，中信科智联科技有限公司工程师，主要研究方向为车联网标准及业务。



杨天（1996—），男，中信科智联科技有限公司工程师，主要研究方向为车联网及智能交通标准业务。