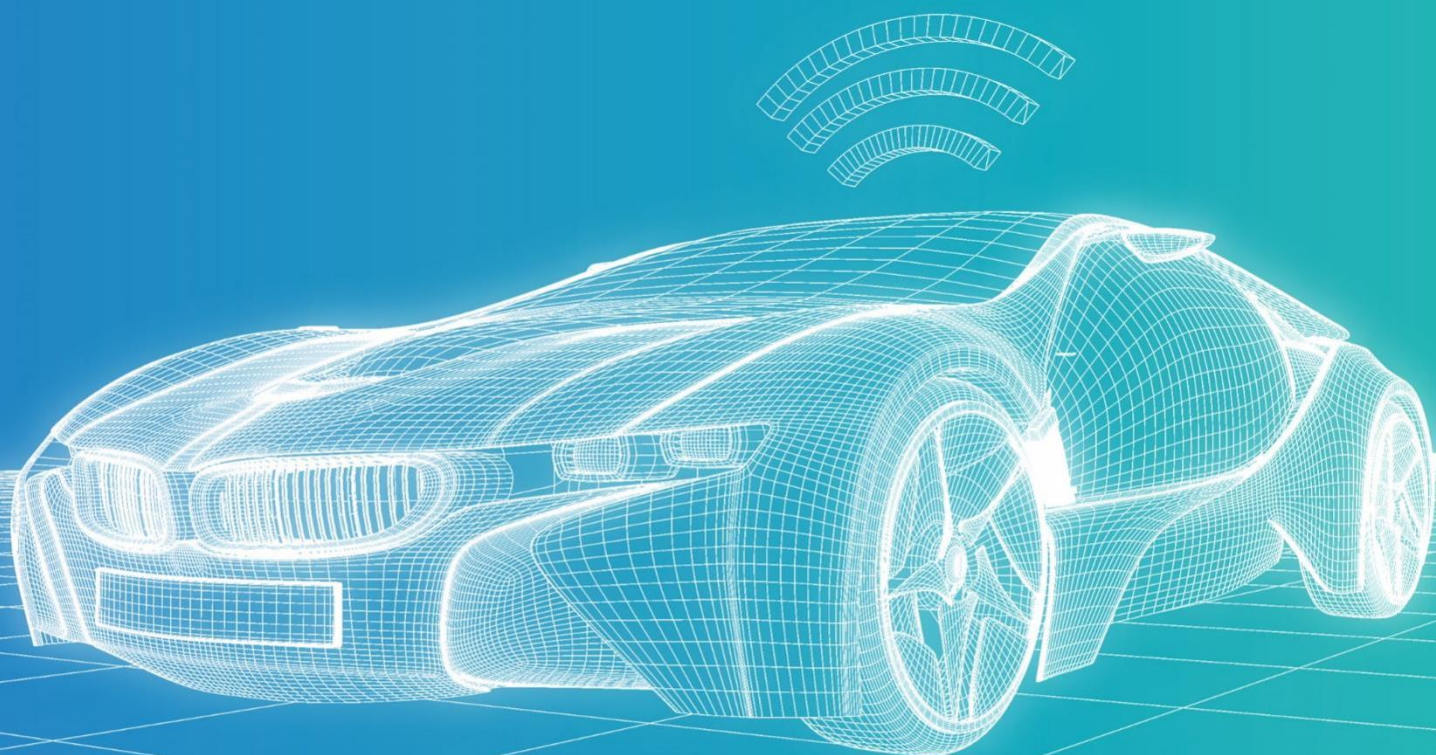


车路云一体化系统C-V2X车车/车路协同

典型应用场景及实施参考

(V1.0版)



2024年10月

编写组名单

首席科学家、专家组组长

陈山枝 中国信息通信科技集团有限公司副总经理、总工程师
移动通信及车联网国家工程研究中心主任

顾问组成员（按姓氏笔画排序）

王云鹏 中国工程院院士
邬贺铨 中国工程院院士
李克强 中国工程院院士
李 骏 中国工程院院士
张亚勤 中国工程院外籍院士
张进华 中国汽车工程学会理事长

专家组成员（按姓氏笔画排序）

于润东	于中腾	卫 璁	王万林
王世良	王 硕	韦峻青	戈小中
公维洁	尹 菲	司胜营	朱陈伟
朱 颢	华秀茹	刘江波	江伙红
安 毅	孙 宁	杜孝平	李小娜
李红林	李 斌	李增文	时 岩
余冰雁	汪 林	张 杰	张图南
张学艳	张 衡	张 瀛	陈慧勇
范 炬	林 巧	周光涛	房 骥
赵洪达	赵耀炜	郝 盛	胡延明
胡金玲	钟 薇	姜国凯	秦孔建
袁 宇	贾 佳	徐 伟	高 田
高 卓	高洪伟	高博麟	唐风敏
曹 恺	梁伟强	葛雨明	董书霞

褚文博

蔡 营

主编单位

移动通信及车联网国家工程研究中心

中国汽车技术研究中心有限公司

国家智能网联汽车创新中心

中国信息通信研究院

中国信息通信科技集团有限公司

参编单位

中国通信学会车联网委员会

中信科智联科技有限公司

中汽研汽车检验中心（天津）有限公司

交通运输部公路科学研究院

中国第一汽车集团有限公司

东风汽车科技有限公司

重庆长安汽车股份有限公司

智能汽车安全技术全国重点实验室

广州汽车集团股份有限公司

安徽江淮汽车集团股份有限公司

长城汽车股份有限公司

上海蔚来汽车有限公司

广州小鹏汽车科技有限公司

奥迪（中国）企业管理有限公司

宝马（中国）服务有限公司

德赛西威汽车电子股份有限公司

中汽创智科技有限公司

卡尔动力（北京）科技有限公司

东风悦享科技有限公司

福建易控智驾科技有限公司

西部科学城智能网联汽车创新中心（重庆）有限公司

交通运输部路网监测与应急处置中心

联通智网科技股份有限公司

智能汽车安全技术全国重点实验室

北京车网科技发展有限公司

清华大学

北京邮电大学

指导单位

中国通信学会

中国汽车工程学会

中国公路学会

中国通信标准化协会

前言

随着汽车保有量的快速增长，交通事故、交通效率、能源消耗等问题日益突出。C-V2X 作为全球主流车联网通信标准，成为赋能智能网联汽车和智慧交通的核心纽带，推动了通信、汽车、交通三大产业的融合。欧美日韩等国家和地区不断加快产业布局、制定发展规划，通过政策法规、技术标准、示范建设等全方位措施，推进 C-V2X 车联网产业化进程和规模应用。总体上，C-V2X 车联网社会影响大、产业拉动强，已成为国际竞争热点。

我国在国家和相关部委规划中，已明确 C-V2X 车联网、智能网联汽车、智慧交通协同发展的战略定位。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》、《智能汽车创新发展战略》、《交通强国建设纲要》等明确提出大力发展车联网、智能网联汽车、智慧交通。如今，随着 C-V2X 车联网产业发展进入新阶段，规模应用与商业部署将成为行业主旋律，赋能我国汽车产业从新能源汽车向智能网联新能源汽车快速发展，并在全球竞争中胜出。我国 C-V2X 车路协同应用发展阶段可以分近期和中远期。近期通过车车协同、车路协同实现智能网联辅助驾驶，提高驾驶安全、降低事故率、提升交通效率；以及通过特定场景的中低速智能网联无人驾驶，解决行业应用痛点。中远期将结合人工智能、大数据和融合感知等技术，通过车联网助力单车智能实现车路云协同和网联智能，最终实现全天候、全场景的智能网联无人驾驶。

在我国产业界共同努力下，C-V2X 车联网已形成包括通信芯片、通信模组、车载终端、路侧设备、测试仪表、整车制造、运营服务、测试认证、高精度定位及地图服务等较为完整的产业链生态。从 2018 年开始，先后举

办“三跨”、“四跨”、“新四跨”等大型车联网互联互通测试活动，表明我国已具备 C-V2X 车联网大规模部署的技术和产业化基础。此外，中国新车评价规程（C-NCAP）2024 年版在全球 NCAP 体系中首次引入 C-V2X 测试场景，以提升车辆主动安全。总体上，我国 C-V2X 车联网产业发展处于全球领先地位。

为大力推进车联网应用落地，工业和信息化部、住房和城乡建设部等部门积极协同推动，并与地方政府合作，批准建设了 7 个国家级车联网先导区、17 个智能网联汽车测试示范区、16 个智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展试点城市（简称“双智”城市）。涌现了大量的智慧高速、智慧交通、智慧园区、港口、矿区以及物流等车路云一体化应用场景。

2024 年 1 月，工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部等五部门组织开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点，将采用 C-V2X 技术的车路云一体化试点范围扩大到城市全域，功能场景上覆盖协同预警、协同驾驶辅助、协同自动驾驶等不同等级的网联化功能应用。2024 年 7 月，车路云一体化首批 20 个试点城市正式公布，标志着车路云一体化进入规模化落地发展的新阶段。

随着车路云一体化建设的推进，C-V2X 车车/车路协同的应用场景将大量涌现，本文在国家智能网联汽车创新中心等单位编写的《“车路云一体化”系统应用与建设指南》（《指南2.0》）框架下，针对相关 C-V2X 车车/车路协同典型应用场景进行分析并提出实施参考，加快推动智能网联汽车应用落地以及后续产业发展。本文内容涉及面广，不仅可以为车企及供应商打造智能网联汽车提供车端实现参考，也为智能网联路侧设施建设、高校及研究机构技术研究、以及政府部门政策制定提供参考。

编写组

2024 年 10 月

目录

编写组名单	1
前言	4
1 总述	1
1.1 背景	1
1.2 车路云一体化系统	2
1.3 缩略语	4
2 系统架构设计方案	6
2.1 架构定义	6
2.2 参考文献及参考标准	7
2.3 车辆定义	9
3 车车/车路协同典型应用场景说明	9
4 车车/车路协同典型应用场景及实施参考	11
4.1 交通信号灯上车场景及实施参考	11
4.1.1 场景定义	11
4.1.2 适用范围	11
4.1.3 场景功能点	12
4.1.4 基本性能要求	12
4.1.5 数据输入/输出	13
4.1.6 功能模块设计	13
4.2 闯红灯预警场景及实施参考	15
4.2.1 场景定义	15
4.2.2 适用范围	15
4.2.3 场景功能点	15
4.2.4 基本性能要求	16
4.2.5 数据输入/输出	16
4.2.6 功能模块设计	16
4.3 前方有遮挡异常车辆场景及实施参考	19
4.3.1 场景定义	19
4.3.2 适用范围	19
4.3.3 场景功能点	19
4.3.4 基本性能要求	20
4.3.5 数据输入/输出	20
4.3.6 功能模块设计	20
4.4 有遮挡的十字路口交叉碰撞场景及实施参考	23
4.4.1 场景定义	23
4.4.2 适用范围	23
4.4.3 场景功能点	23
4.4.4 基本性能要求	24
4.4.5 数据输入/输出	24
4.4.6 功能模块设计	24
4.5 超视距弱势交通参与者场景及实施参考	27
4.5.1 场景定义	27
4.5.2 适用范围	27
4.5.3 场景功能点	27
4.5.4 基本性能要求	28
4.5.5 数据输入/输出	28
4.5.6 功能模块设计	28

4.6 圆锥筒信息推送场景及实施参考	31
4.6.1 场景定义	31
4.6.2 适用范围	31
4.6.3 场景功能点	32
4.6.4 基本性能要求	32
4.6.5 数据输入/输出	32
4.6.6 功能模块设计	32
4.7 公交车道共享场景及实施参考	35
4.7.1 场景定义	35
4.7.2 适用范围	35
4.7.3 场景功能点	35
4.7.4 基本性能要求	36
4.7.5 数据输入/输出	36
4.7.6 功能模块设计	37
4.8 紧急车辆优先通行场景及实施参考	39
4.8.1 场景定义	39
4.8.2 适用范围	40
4.8.3 场景功能点	40
4.8.4 基本性能要求	40
4.8.5 数据输入/输出	41
4.8.6 功能模块设计	41
4.9 前方车辆突发紧急状况（“数字三角牌”）场景及实施参考	43
4.9.1 场景定义	43
4.9.2 适用范围	43
4.9.3 场景功能点	43
4.9.4 基本性能要求	44
4.9.5 数据输入/输出	44
4.9.6 功能模块设计	44
4.10 C-AEB场景及实施参考	47
4.10.1 场景定义	47
4.10.2 适用范围	47
4.10.3 场景功能点	47
4.10.4 基本性能要求	48
4.10.5 数据输入/输出	48
4.10.6 功能模块设计	49
4.11 C-ACC场景及实施参考	51
4.11.1 场景定义	51
4.11.2 适用范围	51
4.11.3 场景功能点	51
4.11.4 基本性能要求	52
4.11.5 数据输入/输出	53
4.11.6 功能模块设计	53
4.12 车辆智能编队行驶场景及实施参考	56
4.12.1 场景定义	56
4.12.2 适用范围	56
4.12.3 场景功能点	56
4.12.4 基本性能要求	57
4.12.5 数据输入/输出	58
4.12.6 功能模块设计	58

4.13 智慧港口V2V防碰撞场景及实施参考.....	61
4.13.1 场景定义.....	61
4.13.2 适用范围.....	61
4.13.3 场景功能点.....	61
4.13.4 基本性能要求.....	62
4.13.5 数据输入/输出.....	62
4.13.6 功能模块设计.....	62
4.14 矿区车挖协同装载作业场景及实施参考.....	65
4.14.1 场景定义.....	65
4.14.2 适用范围.....	65
4.14.3 场景功能点.....	66
4.14.4 基本性能要求.....	66
4.14.5 数据输入/输出.....	66
4.14.6 功能模块设计.....	67
5 总结.....	70
版权声明.....	71
引用格式.....	71

1 总述

1.1 背景

随着汽车数量快速增长，交通事故、交通拥堵、环境污染等问题日益突出，汽车产业由新能源汽车向智能网联新能源汽车升级。单车智能依靠视觉、毫米波雷达、激光雷达等，存在感知能力受限、环境适应性差、缺乏全局信息、无协同能力等局限，面临看不到、看不清、看不全、看不准等挑战。我国主导的蜂窝车联网（C-V2X），以其技术先进性、可随蜂窝移动通信技术长期演进等优势，得到全球广泛采用。美国放弃其主导的、具有先发优势的DSRC（IEEE 802.11p）技术，全面转向C-V2X。C-V2X已成为全球事实车联网通信标准，依托C-V2X发展智能网联汽车和智慧交通成为产业共识。

目前，国家层面已批准建设了7个国家级车联网先导区、17个智能网联汽车测试示范区、16个双智试点城市，广泛开展车路云一体化示范应用，并涌现了大量的智慧高速、智慧交通、智慧园区等车路云一体化应用场景。

2024年1月，工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部等五部门组织开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点^[12]。明确部署C-V2X直连通信网络，建设智能化路侧基础设施，提升C-V2X车载终端装配率。将车路云一体化试点范围扩大到城市全域，功能场景上覆盖协同预警、协同驾驶辅助、协同自动驾驶等不同等级的网联化功能应用。此举将极大推动C-V2X车联网迎来产业规模化建设和应用，推动智能网联汽车加速从示范应用向商业化推广演进。

随着车路云一体化建设的快速发展，C-V2X车车/车路协同的应用场景将大量涌现，本文旨在选取典型应用场景进行分析并提出实施参考。分别建立对应场景的功能模块、明确不同设备之间的交互内容、适用范围、功

能点说明和性能要求，加快推动智能网联汽车应用的落地，对推进智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作以及后续产业发展具有重要意义。

1.2 车路云一体化系统

车路云一体化系统通过新一代信息与通信技术将人、车、路、云的物理空间、信息空间融合为一体，基于系统融合感知、协同决策与控制，实现智能网联汽车交通系统的安全、节能、舒适^[13]。车路云一体化系统是由车辆及其他交通参与者、路侧基础设施、云平台、相关支撑平台、C-V2X直连通信网和4G/5G通信网等部分组成的一个复杂系统。在车路云一体化架构下的车车/车路协同组网如图 1-1所示。

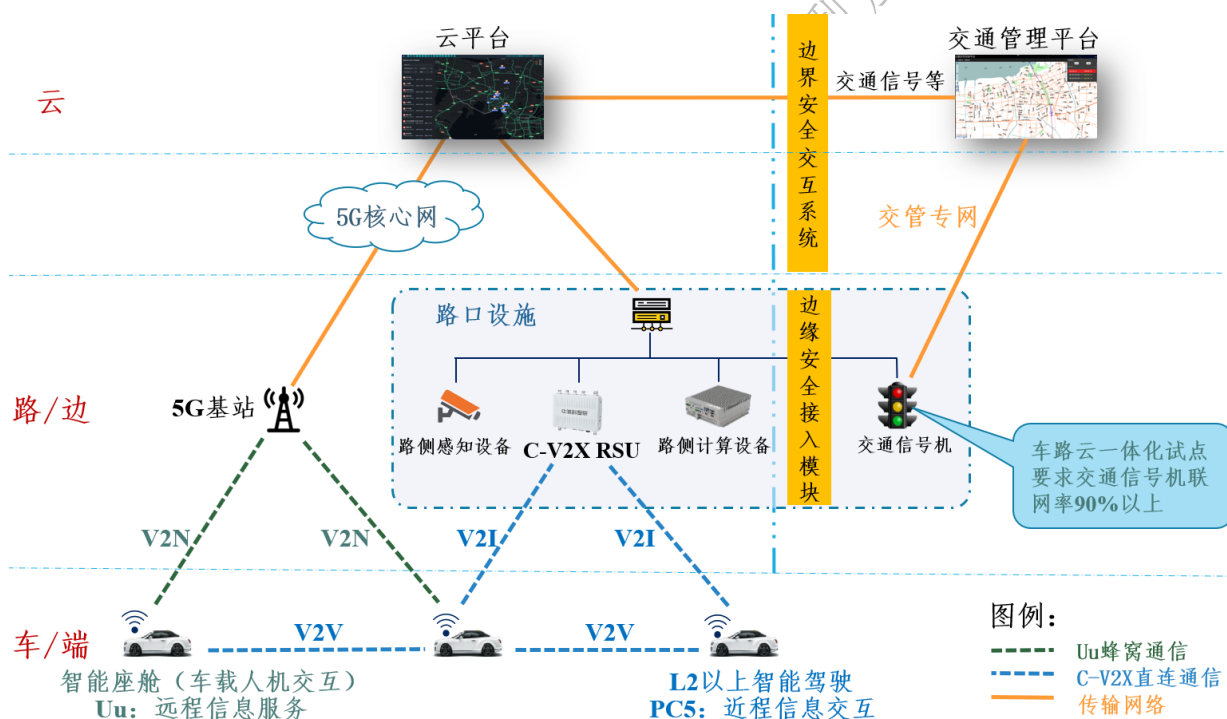


图 1-1 车车/车路协同组网图^[17]

C-V2X车联网，作为智能网联汽车的交叉融合创新技术，能够依托目前4G/5G通信网络规模部署资源，实现融合组网。满足不同的通信需求，主要分为近程信息交互和远程信息服务，对应实现的不同业务如图1-2所示。

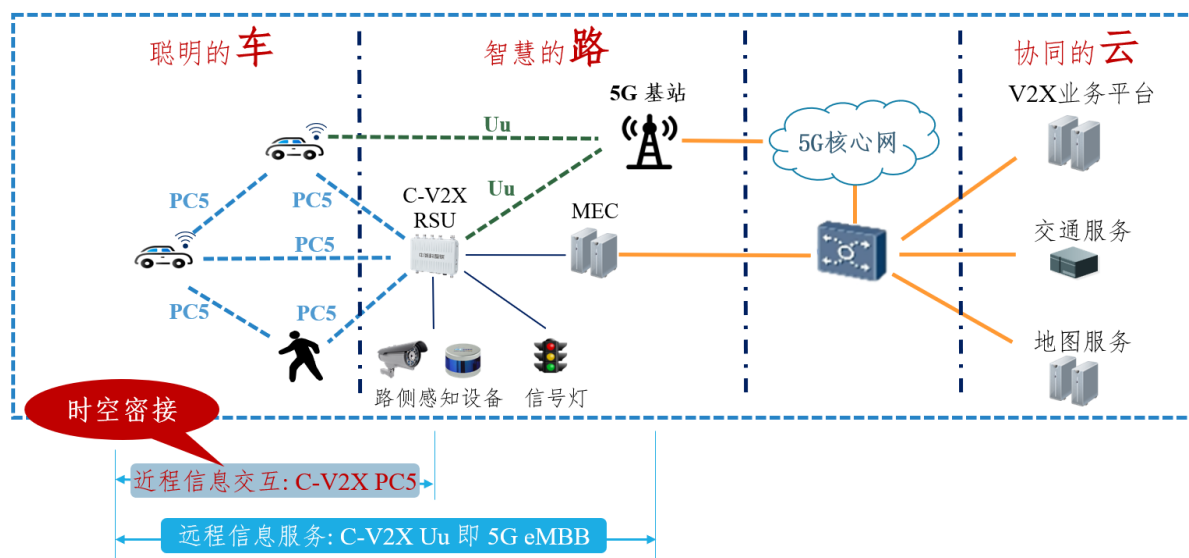


图 1-2 近程信息交互和远程信息服务[14]

近程信息交互满足车与车（V2V）、车与路（V2I）、车与人（V2P，弱势交通参与者）间的低时延、高可靠通信，实现行驶安全与舒适。

远程信息服务，即V2N，满足车与云之间的大带宽广覆盖的通信。将交通信息、交通状态、导航信息以及生活服务等信息发送给车辆，实现交通全局优化、娱乐信息、文件传输、紧急呼叫等服务。

目前C-V2X直连通信网正在助力辅助驾驶（L1/L2）安全水平提升，及限定场景下自动驾驶（L4）实现，未来将长期助力全场景全天候无人驾驶（L5）实现。其对应的阶段划分如图1-3所示。

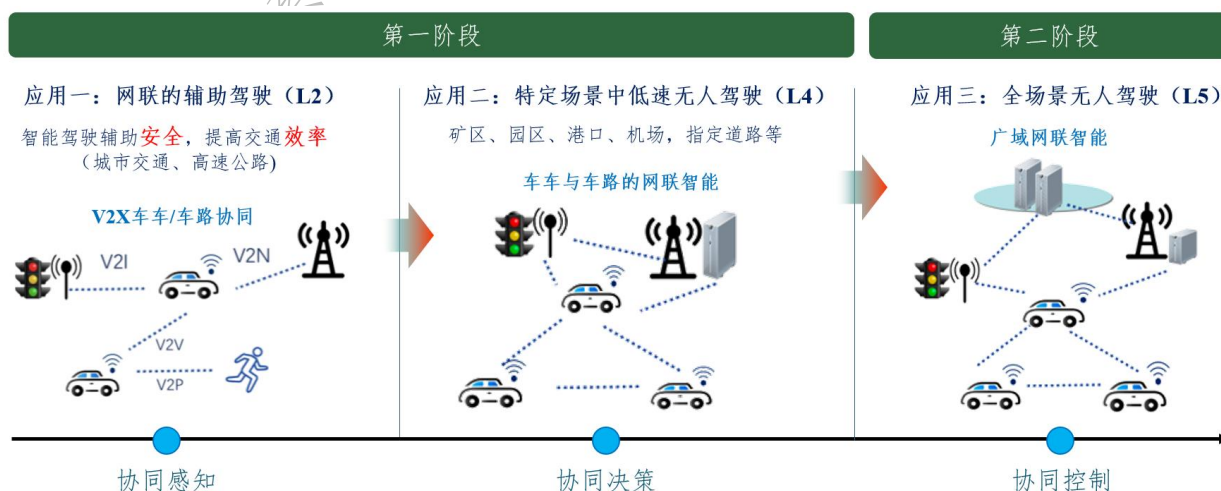


图 1-3 C-V2X车联网在智能驾驶协同中的阶段划分[15]

对于智能驾驶而言，单车智能是基础，C-V2X车联网是增强，二者是相互补充的赋能关系。C-V2X车联网具有超视距感知、不受天气环境影响、获取全局信息、以及相互协作的能力，因此可以大为拓展单车智能的感知能力和感知范围，提升行车安全、效率、舒适性，优化全局交通。同时，车联网可降低智能驾驶对高性能AI芯片的依赖性，从而更好地应对算力挑战，降低整体系统成本。

此外，目前智能驾驶向端到端AI大模型技术路线演进，因此对训练数据有很强的依赖性。当前训练数据主要来自于本品牌车辆数据，在数据的海量性、完备性和准确性上具有局限性。而车路云一体化可拓展端到端大模型训练数据集，通过C-V2X车联网不仅可以获取自车数据，还可以获取海量的其他车辆数据和“上帝视角”的路侧数据，因此极大提升数据类型、数据规模、数据质量，对端到端AI大模型的构建、训练与迭代均有重要价值。从而大大提升训练质量及速度，最终快速提升智能驾驶整体水平。

1.3 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

ACC	自适应巡航（Adaptive Cruise Control）
ADAS	高级驾驶辅助（Advanced Driving Assistance System）
AEB	自动紧急刹车（Autonomous Emergency Braking）
AEBS	自动紧急刹车系统（Autonomous Emergency Braking System）
BSM	基本安全消息（Basic Safety Message）
C2C SCPO	在障碍物遮挡情形下，被测车在交叉路口直行与垂直角度路径穿行的目标车辆发生碰撞冲突的场景（Car-to-Car Straight Crossing Path with Obstruction）

C-ACC	网联式自适应巡航 (Connected Adaptive Cruise Control)
C-AEB	网联式自动紧急刹车 (Connected Autonomous Emergency Braking)
CAR	防撞距离 (Collision Avoidance Range)
CCRH	车辆高速直行与前方静止目标车辆测试场景 (High Speed Car to Car Rear)
C-NCAP	中国新车评价规程 (China New Car Assessment Program)
C-V2X	蜂窝车联网 (Cellular Vehicle to Everything)
DSRC	专用短程通信技术 (Dedicated Short Range Communications)
DTI	到达路口距离 (Distance-To-Intersection)
HMI	人机界面 (Human Machine Interface)
HV	本车 (Host Vehicle)
ID	标识 (Identification)
IDA	十字路口驾驶辅助 (Intersection Driving Assist)
MAP	地图信息
MEC	多接入边缘计算设备 (Multi Edge Computing)
NOA	领航辅助驾驶 (Navigate On Autopilot)
OBU	车载单元 (On Board Unit)
ODD	运行设计域 (Operational Design Domain)
ROI	兴趣区域 (Region Of Interest)
RSC	路侧协调消息 (Road Side Coordination)
RSI	路侧交通信息 (Road Side Information)
RSM	路侧单元消息 (Road Side Message)

RSU	路侧单元 (Road Side Unit)
RV	远车 (Remote Vehicle)
SPAT	信号灯消息 (Signal Phase and Timing Message)
TSR	交通标志识别 (Traffic Sign Recognition)
TTC	预碰撞时间 (Time-To-Collision)
TTI	到达路口时间 (Time-To-Intersection)
V2I	车载单元与路侧单元通信 (Vehicle to Infrastructure)
V2P	车载单元与行人设备通信 (Vehicle to Pedestrians)
V2V	车载单元之间通信 (Vehicle to Vehicle)
VIR	车辆意图和请求 (Vehicle Intention and Request)
VRUCW	弱势交通参与者碰撞预警 (Vulnerable Road User Collision Warning)

2 系统架构设计方案

2.1 架构定义

车端C-V2X协同应用系统是运行在车端的系统软件（可根据不同电子电气架构运行于不同的硬件上），根据接收到的C-V2X数据以及单车智能感知数据进行融合决策，实现车车/车路协同应用。

该系统从C-V2X RSU接收RSI/RSM/SPAT/MAP/RSC等消息、从远端车辆接收BSM等消息、从云平台接收交通规划数据/天气播报等信息。如果存在单车智能模块，则融合本车的摄像头/雷达感知数据，并基于本车的位置信息和车身/底盘等信息，输出预警消息或车辆控制信号；否则就直接输出预警消息提醒人类驾驶员。其对应的软件系统架构如图2-1所示。

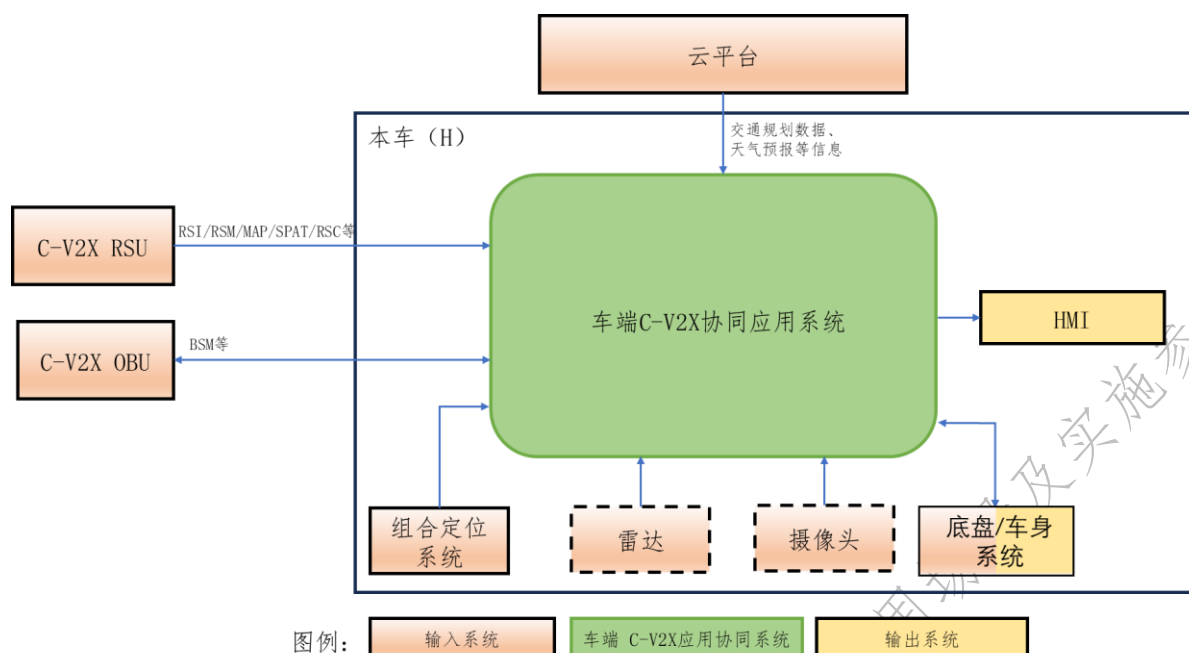


图 2-1 车端C-V2X协同应用系统总体架构图

根据智能化、网联化融合等级不同，车端C-V2X协同应用系统有两类：C-V2X协同预警应用系统和C-V2X网联智能驾驶系统。

其中，C-V2X协同预警应用系统实现预警应用，如闯红灯预警、前方有遮挡的静止（或异常）车辆提醒（CCRH）等。基于输入消息完成相关协同应用处理，直接在HMI输出预警消息，提醒人类驾驶员。

C-V2X网联智能驾驶系统实现网联式智能驾驶应用，如C-AEB、C-ACC等。将C-V2X有效信息与雷达、摄像头等单车智能感知技术深度融合，输出内容从预警消息演进到车辆控制信号。可充分发挥车车/车路协同在超视距感知、全域视角、不易受天气环境影响、相互协作等方面的优势，显著扩展智能驾驶系统的ODD（运行设计域），提升智能网联汽车的行驶安全和舒适及通行效率。

2.2 参考文献及参考标准

- [1] GB/T 33577-2017 智能运输系统 车辆前向碰撞预警系统 性能要求和测试规程；

- [2] GB/T 38186-2019 商用车辆自动紧急制动系统（AEBS）性能要求及试验方法；
- [3] GB/T 39901-2021 乘用车自动紧急制动系统（AEBS）性能要求及试验方法；
- [4] GB/T XXXX-XXXX 基于LTE-V2X直连通信的车载信息交互系统技术要求及试验方法；
- [5] YDT 3709-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 消息层技术要求；
- [6] YD/T 4770-2024 车路协同 路侧感知系统技术要求及测试方法；
- [7] 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）；
- [8] 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）；
- [9] T/CSAE 159-2024 基于LTE的车联网无线通信技术 直连通信系统路侧单元技术要求；
- [10] 中国新车评价规程（C-NCAP）2024 版；
- [11] GBXXX 车载事故紧急呼叫系统；
- [12] 关于开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点工作的通知，工业和信息化部，工信部联通装〔2023〕268号；
- [13] 李克强等，智能网联汽车云控系统原理及其典型应用[J]. 汽车安全与节能学报，2020,11(03):261-275；
- [14] 陈山枝，蜂窝车联网（C-V2X）及其赋能智能网联汽车发展的辩思与建议，电信科学，2022年第7期；
- [15] 陈山枝等，蜂窝车联网（C-V2X）综述，中国科学基金，2020年第2期；

[16] 车路云一体化系统建设与应用指南，国家智能网联汽车创新中心等；

[17] 车路云一体化网络建设部署参考指南（V1.0版），IMT-2020（5G）推进组C-V2X工作组。

2.3 车辆定义

本文中提到的车辆，如果没有特别说明，则包括L2及以下的辅助驾驶车和L3及以上的自动驾驶车辆。

3 车车/车路协同典型应用场景说明

根据智能网联汽车“车路云一体化”应用试点的规划，第一项试点内容是打造全域智能化基础设施环境。总体思路是分阶段、分场景进行建设。在国家智能网联汽车创新中心等单位编写的《“车路云一体化”系统应用与建设指南》^[16]（《指南2.0》）框架下，先期是低成本、高频次、高可靠的场景。首先实现所有红绿灯路口、遮挡严重或事故高发的无信控路口、快速路匝道出入口、隧道、停车场和其他交通隐患高发区域的C-V2X直连通信网络覆盖。因此交通信号灯上车、闯红灯预警是首先需要实现的功能，也是最为迫切的应用之一。同时红绿灯信息给到ADAS系统，可提升AEB和ACC功能在红绿灯路口的可靠性，从而提升车辆智能驾驶水平。

目前国内的城市道路交通情况，其中公交专用道使用率低，早高峰仅为20%左右。经常出现多条行车道拥堵，公交专用道空空荡荡，两三分钟才有一辆公交车的情况，如果能合理利用公交专用道，可以极大缓解城市交通的拥堵情况。装有C-V2X OBU的营运或社会车辆通过与公交车V2V通信实现调度，在不影响公交车正常运行的情况下可有效借用公交专用道。因此C-V2X是提升公交专用道利用率有效手段，具有很好的社会效益。可先做专项试点验证，打造样板，然后全国推广。

2024年1月，中汽中心发布2024版中国新车评价规程（C-NCAP），这是自2006年首版C-NCAP起的第七次更新，新版评价规程于2024年7月1日正式实施。在该版主动安全测试项中，引入了三个基于C-V2X技术的测评场景：前方有遮挡静止（或异常）车辆（CCRH）提醒、有遮挡的十字路口交叉碰撞（C2C SCPO）预警、闯红灯预警（TSR），推动国内汽车制造商在车辆设计和生产阶段必须考虑搭载C-V2X通信技术以提升车型安全性能评级，从而激发了C-V2X产业在车路协同领域的技术创新和发展。这三个场景分别从C-V2X技术对智能驾驶的舒适性、安全性、效率性三个方面的加持表现，进行了用例设计。因此，这三个场景也需要在试点中优选推动落地。

大雾或雨雪天气时高速公路上的连环撞车，以及2024年5月2日梅大高速路塌陷导致23辆车陷落事件使我们意识到：发生紧急状况的车辆如果能通过C-V2X直连通信技术及时对外播发“突发紧急状况”信息，相当于立即在方圆数百米以内放置了虚拟的数字三角牌。凡是在这范围内的C-V2X车辆，都可以“看”到数字三角牌，从而及早刹车，避免事故、拯救生命。

此外，超视距的弱势交通参与者（行人/非机动车）、圆锥筒信息推送、紧急车辆优先通行、车辆智能编队行驶、智慧港口V2V防碰撞以及矿区车挖协同装载作业也是迫切需要解决的交通问题。

综上所述，本文中重点推动的车车/车路协同典型应用场景如表3-1所示。这些场景大多也是城市NOA难点，通过这些场景的应用，可以极大加速城市NOA的落地。

表3-1 车车/车路协同典型应用场景

序号	应用场景	来源
1	交通信号灯上车	智能交通发展
2	闯红灯预警	C-NCAP 2024

3	前方有遮挡异常车辆	C-NCAP 2024
4	有遮挡的十字路口交叉碰撞	C-NCAP 2024
5	超视距弱势交通参与者	现有交通问题
6	圆锥筒信息推送	现有交通问题
7	公交车道共享	现有交通问题
8	紧急车辆优先通行	现有交通问题
9	前方车辆突发紧急状况（“数字三角牌”）	现有交通问题
10	C-AEB	智能交通发展
11	C-ACC	智能交通发展
12	车辆智能编队行驶	智能交通发展
13	智慧港口V2V防碰撞	智能交通发展
14	矿区车挖协同装载作业	智能交通发展

4 车车/车路协同典型应用场景及实施参考

本章针对第三章提到的14个车车/车路协同应用场景，分别介绍场景定义、适用范围、场景功能点、基本性能要求、数据输入/输出以及功能模块设计等内容，为业内提供参考。这些设计将充分考虑各场景的特点和需求，确保系统能够在各种复杂环境中稳定运行。

4.1 交通信号灯上车场景及实施参考

4.1.1 场景定义

车辆行驶至路口一定范围内，由于前车或其他障碍物遮挡、雨雾天气、强逆光或者异形信号灯等原因，导致其无法准确获取信号灯类型、状态、持续时间、倒计时信息。采用大数据推算技术，红绿灯信号误差通常在秒级以上，无法满足车辆控制需求。通过路侧C-V2X RSU直连信号机，推送信号灯状态信息，车端C-V2X协同应用系统能及时获取信号灯的实时信息。

4.1.2 适用范围

该场景适用于存在信号灯的城市道路、郊区普通道路及公路等区域。

4.1.3 场景功能点

路侧C-V2X RSU播发路口信号灯的相位及配时信息，包括状态、持续时间、倒计时等。车端C-V2X协同应用系统接收后根据本车行驶位置和转向信息，与地图信息进行匹配，结合导航信息（如果存在的话），判断本车当前所在车道和过路口的行驶方向，识别当前方向的红绿灯信息，在HMI显示提醒人类驾驶员，或者输出控车信号。

具体的规则建议如下：

- 1) 车辆行驶至有信控灯的前方路口与停止线距离小于设定阈值（譬如300 m）时，综合车辆行驶车道、转向信息或者导航信息判断车辆过路口的行驶意图，并提供匹配的前方信号灯灯态、持续时间、倒计时等信息；
- 2) 车辆行驶至前方路口与停止线距离小于设定阈值，当车辆对应相位为红灯，且倒计时小于阈值时，提示红灯即将变绿；
- 3) 车辆越过路口中心点（交叉路口地图节点的参考位置），停止服务，即不再显示路口的红绿灯信息；
- 4) 如果存在“融合感知与决策”模块，则将根据当前红绿灯信息，向底盘/车身系统发送控车信号。

4.1.4 基本性能要求

- 1) C-V2X RSU播发SPAT消息频率 ≥ 2 Hz，MAP消息频率 ≥ 1 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车路传输安全要求。

4.1.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：信号灯相位及配时信息、高精度地图信息、导航信息（可选）、本车的车辆位置信息、姿态信息以及转向灯信息；
- 2) 数据输出：当前道路的信号灯信息或控车信号。

4.1.6 功能模块设计

1) 场景功能模块

交通信号灯上车场景的功能模块如图4-1所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括信号机、路侧设备C-V2X RSU、本车的组合定位系统以及底盘/车身系统等，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：包括HMI和底盘/车身系统，用黄色模块标识。

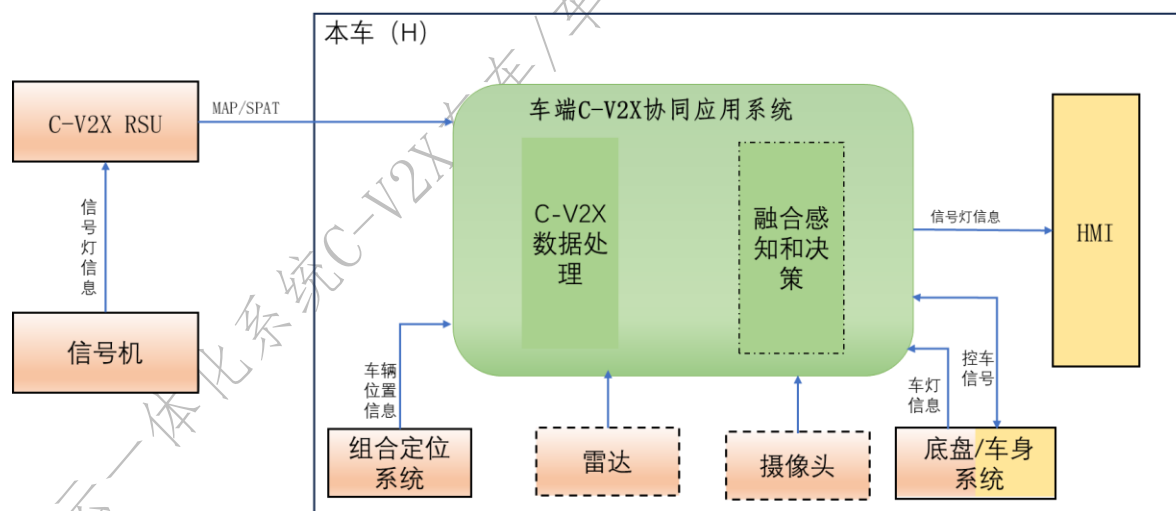


图4-1 交通信号灯上车场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

交通信号灯上车场景的系统间信息交互流程如图4-2所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

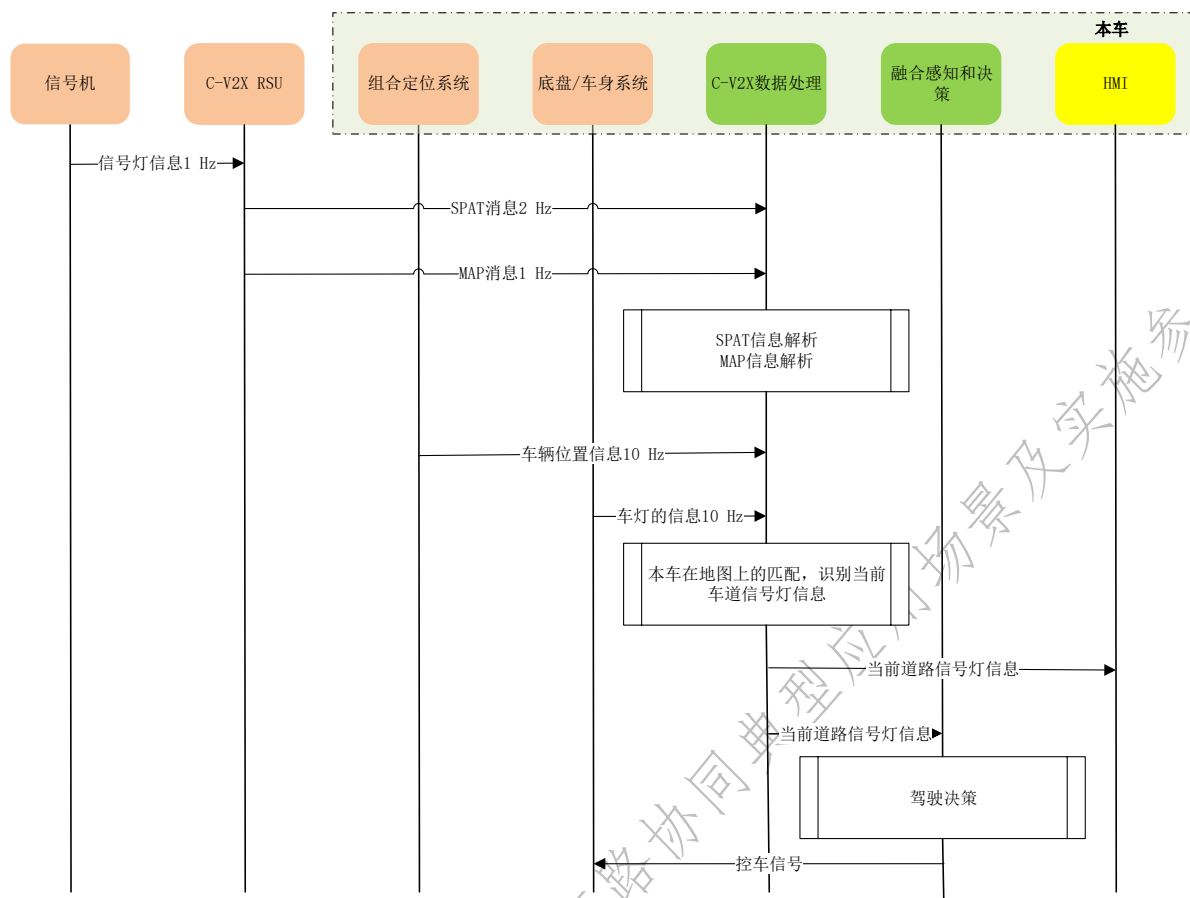


图4-2 交通信号灯上车场景的系统间信息流程图

3) 场景功能效果图

假设一辆车从节点A驶向十字路口，根据转向灯和行驶道路属性判断出车辆的行驶轨迹为过十字路口后左转到节点B，针对这辆车给出的红绿灯信息提醒是“红灯剩余10 s，其他两个转向（直行和右拐）灯是绿灯，剩余10 s”，在进入路口前一定的阈值范围内显示当前红绿灯的信息。通过路口中心点后，信息显示消失。具体功能效果如图4-3所示。

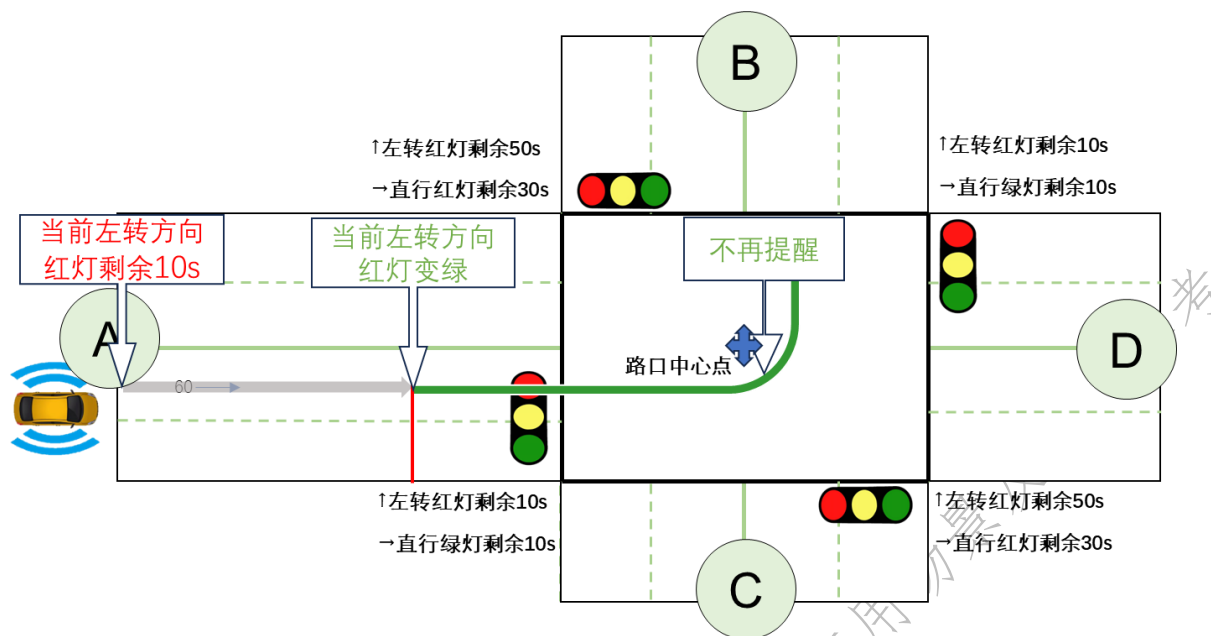


图4-3 交通信号灯上车场景的功能效果图

4.2 闯红灯预警场景及实施参考

4.2.1 场景定义

车辆行驶至路口一定范围内，由于前车或其他障碍物遮挡、雨雾天气、强逆光、或者异形信号灯等原因，导致其无法准确获取信号灯的状态。采用大数据推算技术，红绿灯信号误差通常在秒级以上，使得车辆不能对当前红灯或即刻到来的红灯做出正确判断。车端C-V2X协同应用系统根据车辆当前位置和速率，计算车头经过路口停止线时信号灯的状态，能够准确输出闯红灯预警信息。

4.2.2 适用范围

该场景适用于具备信号灯的城市、郊区普通道路及公路等区域。

4.2.3 场景功能点

路侧C-V2X RSU播发对应路口的红绿灯相位及配时信息，包括状态、持续时间、倒计时等。车端C-V2X协同应用系统接收后根据本车行驶位置

和转向信息，与地图信息进行匹配，结合导航信息（如果存在的话），判断本车所在车道以及过路口后的行驶方向，识别出当前车道的红绿灯信息。然后根据车辆当前所处位置、速度等信息，计算车头经过路口停止线时信号灯的状态，如果处于红灯状态，则向人类驾驶员进行预警。

具体的规则建议如下：

- 1) 车辆行驶至有信控灯的前方路口与停止线距离小于设定阈值（譬如100 m）时，计算车头经过路口停止线时信号灯的状态，如果为红灯，则输出“闯红灯预警”，直到车辆行驶到停止线；
- 2) 若当前道路的信号灯持续为红灯，并且车头过停止线后并未停车，则输出“红灯过线”告警，直到车辆越过路口中心点（交叉路口地图节点的参考位置）或者车辆停车；
- 3) 如果存在“融合感知和决策”模块，则融合其他感知信息联合决策输出预警消息，否则就直接输出预警消息。

4.2.4 基本性能要求

- 1) C-V2X RSU播发SPAT消息频率 ≥ 2 Hz，MAP消息频率 ≥ 1 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车路传输安全要求。

4.2.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：信号灯相位及配时信息、高精度地图信息、导航信息（可选）、本车的车辆位置信息、姿态信息以及转向灯信息；
- 2) 数据输出：“闯红灯预警”提醒、“红灯过线”告警。

4.2.6 功能模块设计

1) 场景功能模块

闯红灯预警场景的功能模块如图4-4所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括信号机、路侧设备C-V2X RSU、本车的组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：即HMI，用黄色模块标识。

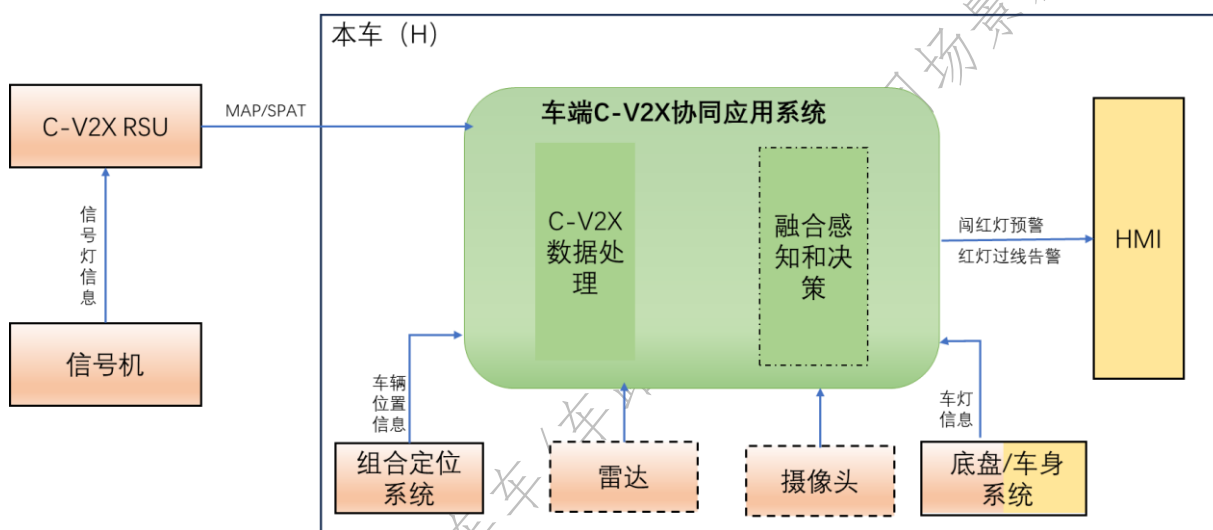


图4-4 闯红灯预警的功能模块图

2) 系统间信息流程图

闯红灯预警场景的系统间信息交互流程如图4-5所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

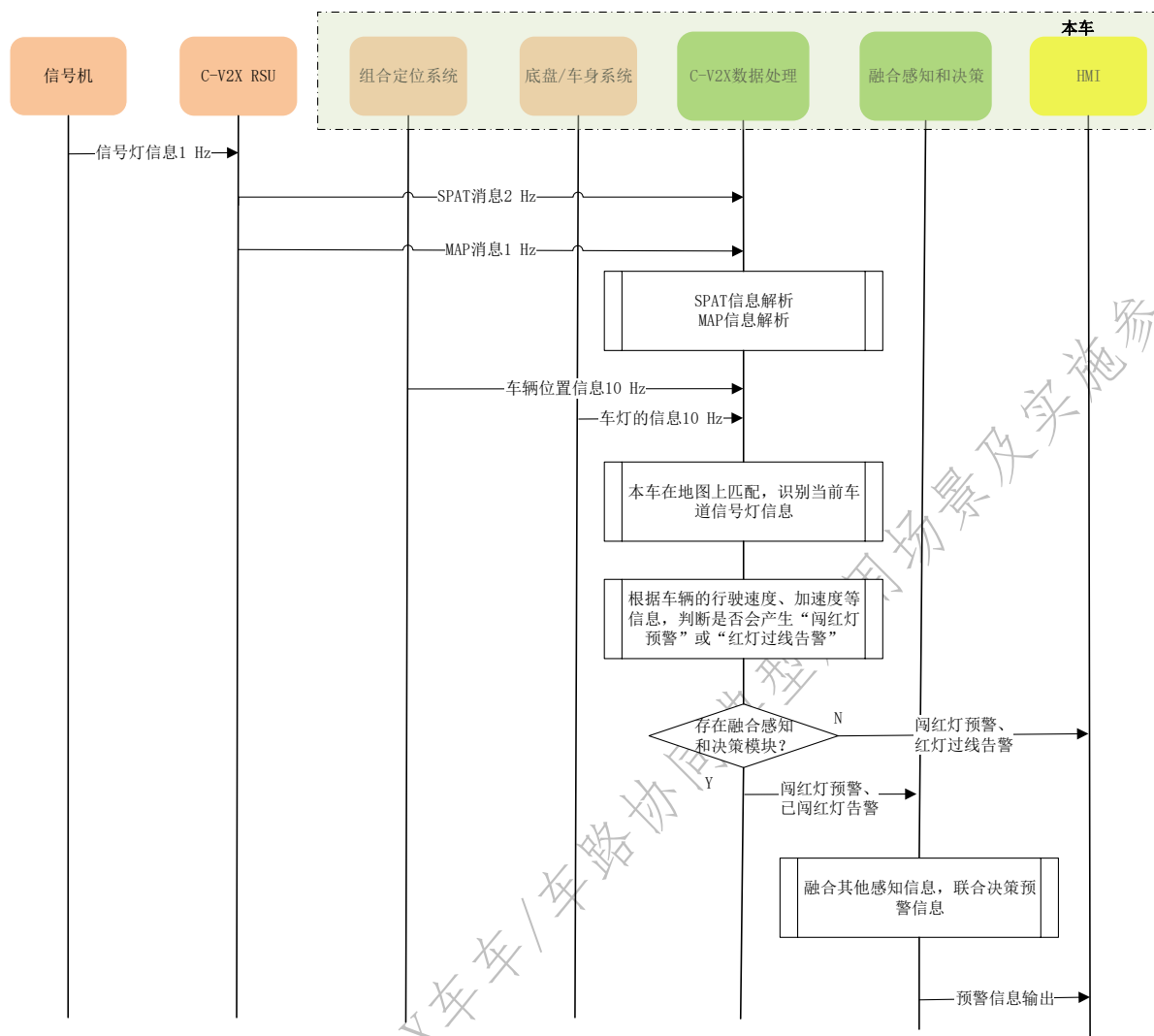


图4-5 闯红灯预警场景的系统间信息流程图

3) 场景功能效果图

假设一辆车从节点A驶向十字路口，根据转向灯和行驶道路属性判断出车辆的行驶轨迹为过十字路口后左转到节点B。根据车辆当前的位置、速度和加速度判断出车辆到达停止线时，如果对应的信号灯状态为红灯，则给出“闯红灯预警”消息提醒；车头越过停止线1 m后，如果车辆没有停止并且当前信号灯仍为红灯，则给出“红灯过线”告警提醒。直到通过路口中心点，告警提醒消失。具体功能效果如图4-6所示。

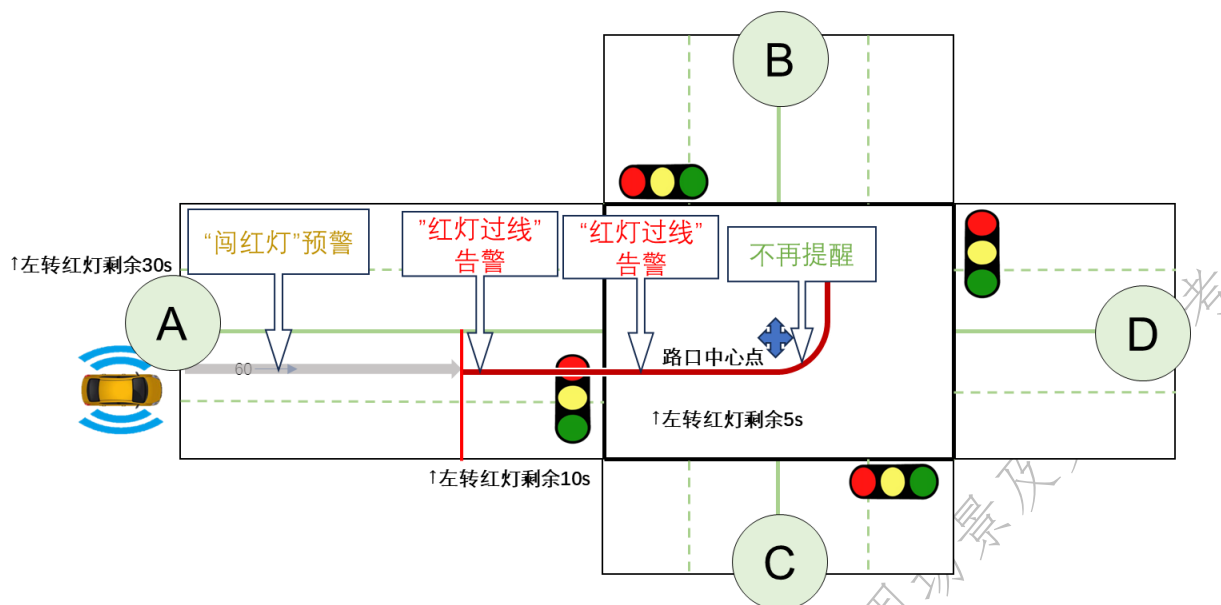


图4-6 闯红灯预警场景的功能效果图

4.3 前方有遮挡异常车辆场景及实施参考

4.3.1 场景定义

在日常的交通行驶中，由于天气原因引起的能见度低或存在遮挡的情况下，到近端才发现前方同车道有异常车辆；或者前方车辆突然停车。上述情况下后方车辆通常会紧急变道，如果后车还紧跟着行驶车辆，发生追尾的可能性很大。如果存在C-V2X信息交互，后方一定范围内的车辆能够提前获知前方异常车辆信息或车辆紧急制动信息，从而提前预判进行减速或换道规避碰撞风险，保障行车安全。

4.3.2 适用范围

该场景适用于高速公路、城市道路、郊区等所有可行车区域。

4.3.3 场景功能点

车辆在行驶过程中，接收到周围一定范围内车辆发出的BSM周期性消息（位置和姿态等信息）和事件消息（紧急刹车事件）。若发现同一车道

前方有异常车辆并存在碰撞风险时，车端C-V2X协同应用系统则触发“前方异常车辆”预警，在HMI显示出来。

具体实施规则如下：

- 1) 分析接收到的远车信息，筛选出位于同一车道前方区域的车辆；
- 2) 进一步筛选处于一定距离范围内的远车作为潜在威胁车辆；
- 3) 计算每一个潜在威胁车辆碰撞时间TTC或防撞距离CAR，筛选出与本车存在碰撞风险的威胁车辆；
- 4) 若有多个威胁车辆，则筛选出最紧急的威胁车辆；
- 5) 如果存在“融合感知和决策”模块，则融合其他感知信息联合决策输出预警消息，否则就直接输出碰撞预警消息在HMI显示。

4.3.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车车传输安全要求。

4.3.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：周围远车的位置和姿态信息、高精度地图信息（可选）、本车的车辆位置信息和姿态信息；
- 2) 数据输出：“前方异常车辆”预警。

4.3.6 功能模块设计

- 1) 场景功能模块

前方有遮挡异常车辆场景的功能模块如图4-7所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括远车C-V2X OBU、本车的组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：即HMI，用黄色模块标识。

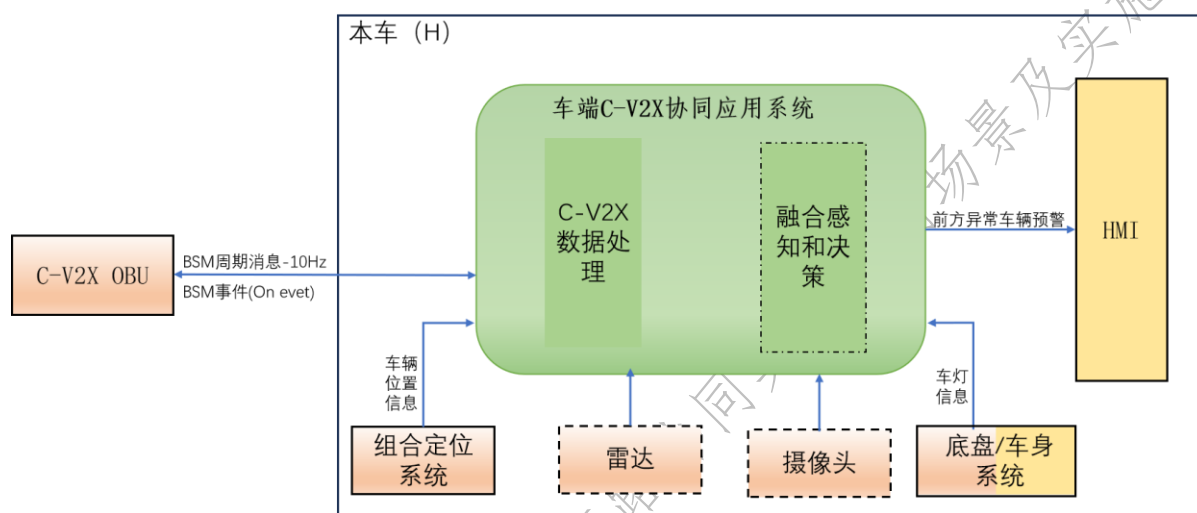


图4-7 前方有遮挡异常车辆场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

前方有遮挡异常车辆场景的系统间信息交互流程如图4-8所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

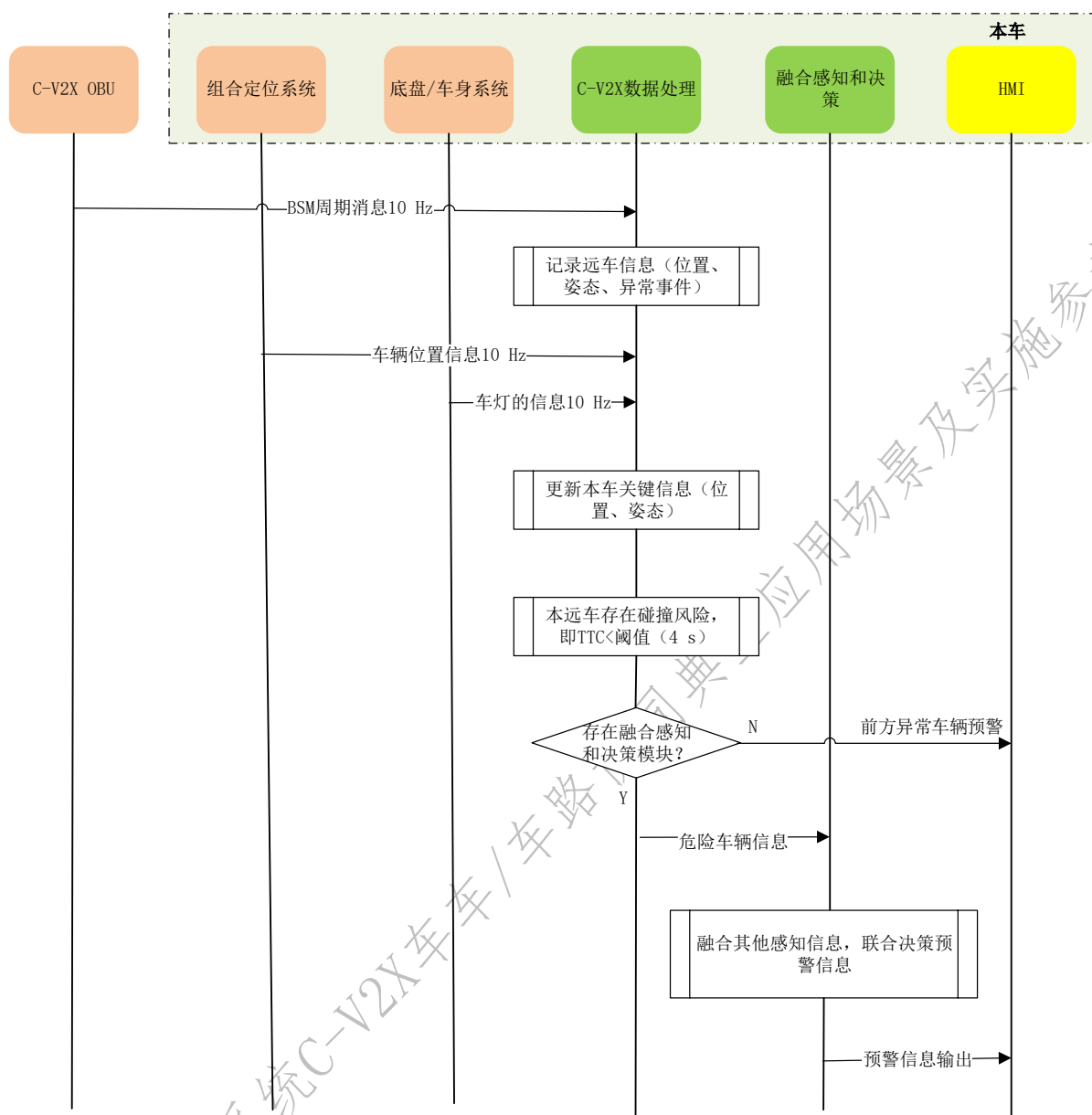


图4-8 前方有遮挡异常车辆场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

假设有一辆车（HV）和远车（RV）以相同的速度保持固定的相对距离沿车道中间匀速行驶，RV突然发现前方有一辆异常车辆（RV1），准备切出到相邻车道。这时HV通过接收RV1发出的BSM消息，提前了解到前方有异常车辆，车端C-V2X协同应用系统发出“前方异常车辆”预警消息。

人类驾驶员收到提醒后及时减速或换道到相邻车道，避免碰撞风险。具体功能效果如图4-9所示。

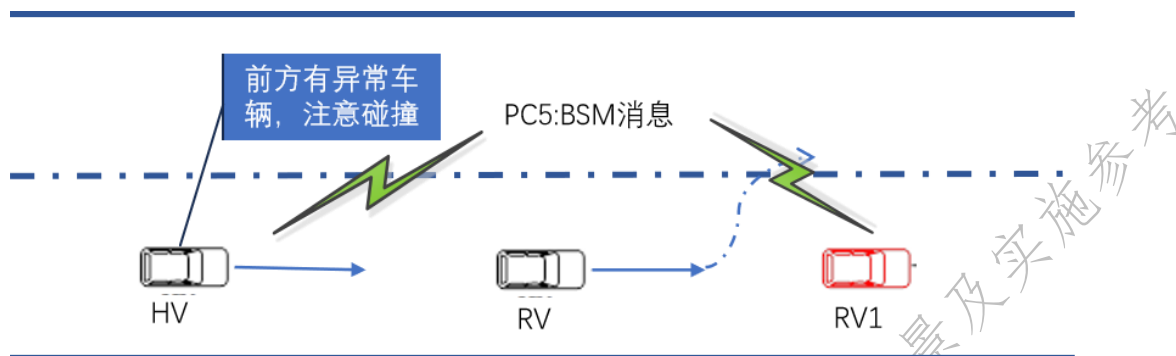


图4-9 前方有遮挡异常车辆场景的功能效果图

4.4 有遮挡的十字路口交叉碰撞场景及实施参考

4.4.1 场景定义

车辆驶向交叉路口，当路口存在遮挡或者由于天气原因引起的视线不好，不能及时识别侧向驶来的车辆，存在碰撞风险。在存在C-V2X信息交互的情况下，通过BSM消息可以获知侧向驶来车辆的位置和姿态，生成碰撞预警消息，提醒人类驾驶员进行减速让行。

4.4.2 适用范围

该场景适用于城市及郊区普通道路及所有公路的交叉路口。

4.4.3 场景功能点

车辆在驶向交叉路口过程中，接收到周围一定范围内车辆发出的BSM周期性消息（位置和姿态等信息）。若发现与侧向行驶的车辆存在碰撞风险时，车端C-V2X协同应用系统则触发“交叉碰撞”预警，提醒人类驾驶员。

具体实施规则如下：

- 1) 分析接收到的远车消息，筛选出交叉路口左侧或者交叉路口右侧区域的车辆；
- 2) 筛选处于一定距离范围内的远车作为潜在威胁车辆；
- 3) 计算每一个潜在威胁车辆到达路口的时间TTI，筛选出与HV存在碰撞风险的威胁车辆；
- 4) 若有多个威胁车辆，则筛选出最紧急的威胁车辆，然后计算HV与危险车辆碰撞时间TTC；
- 5) 如果存在“融合感知和决策”模块，则融合其他感知信息联合决策输出预警消息，否则就直接输出碰撞预警消息在HMI显示。

4.4.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车车传输安全要求。

4.4.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：侧向驶来的远车信息、高精度地图信息（可选）、本车的车辆位置信息和姿态信息；
- 2) 数据输出：“交叉碰撞”预警消息。

4.4.6 功能模块设计

- 1) 场景功能模块

有遮挡的十字路口交叉碰撞场景的功能模块如图4-10所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括远车C-V2X OBU、本车的组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；

- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：即HMI，用黄色模块标识。

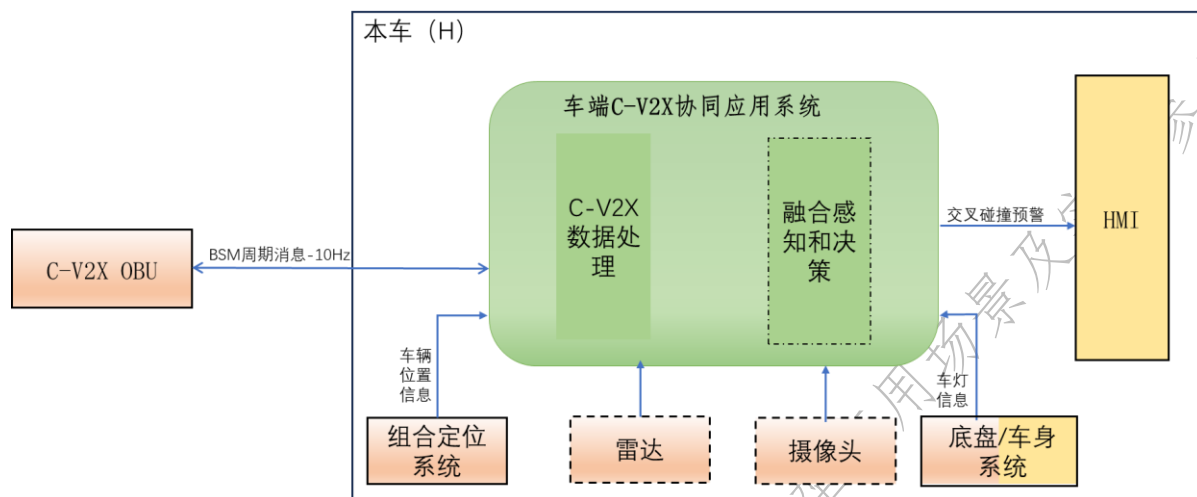


图4-10 有遮挡的十字路口交叉碰撞场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

有遮挡的十字路口交叉碰撞场景的系统间信息交互流程如图4-11所示。主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

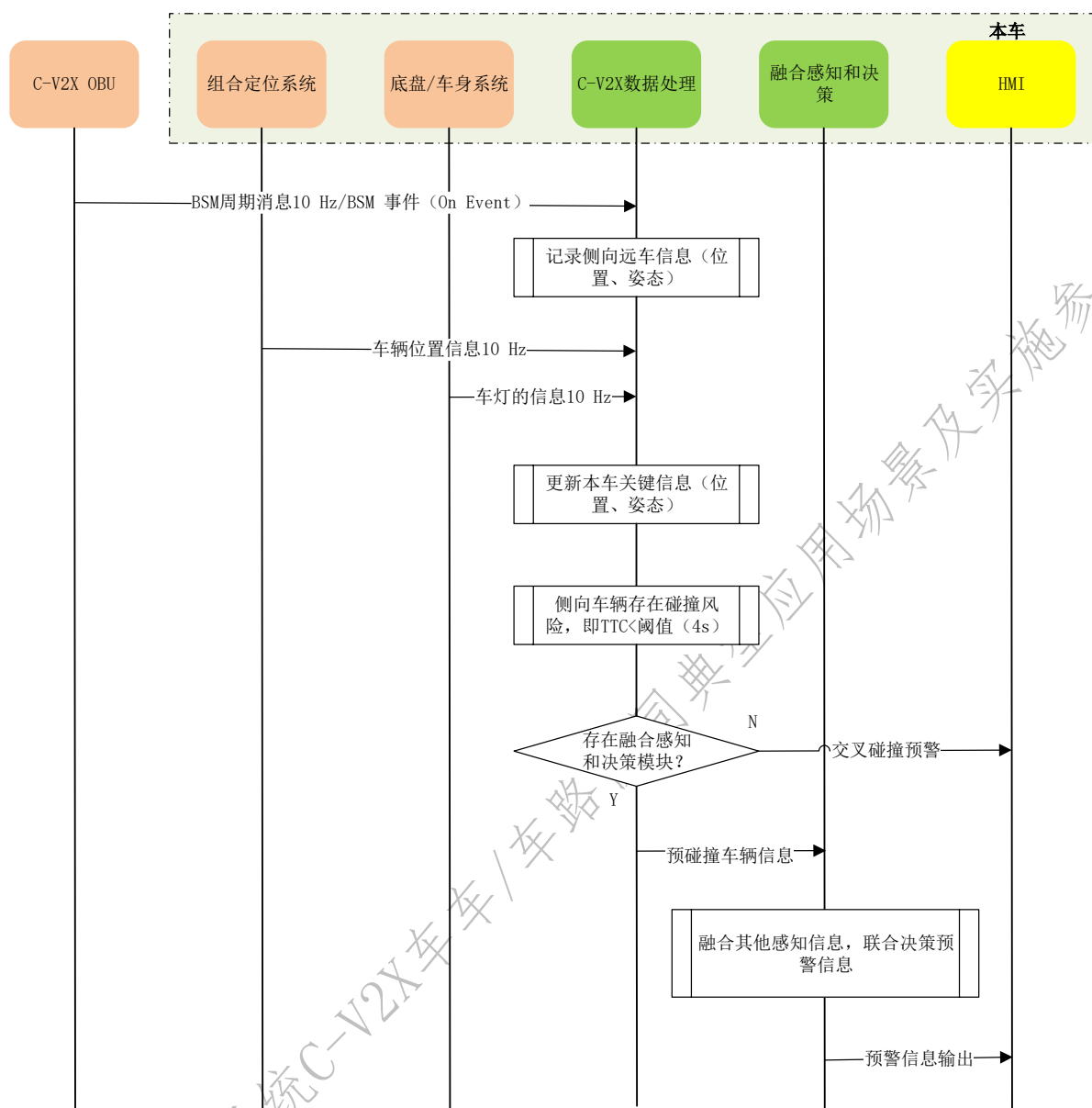


图4-11 有遮挡的十字路口交叉碰撞场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

假设有一辆车（HV）以较高速度驶向带有遮挡的十字路口，右侧有一辆车（RV）也正在驶入路口，由于路口有遮挡物，HV上人类驾驶员或感知设备看不到右侧驶来的车辆。这时HV接收到RV发出的BSM消息，提前获知右侧有车辆驶入，车端C-V2X协同应用系统发出“交叉碰撞”预警提醒，提醒人类驾驶员及时减速避免碰撞风险。具体功能效果如图4-12所示。

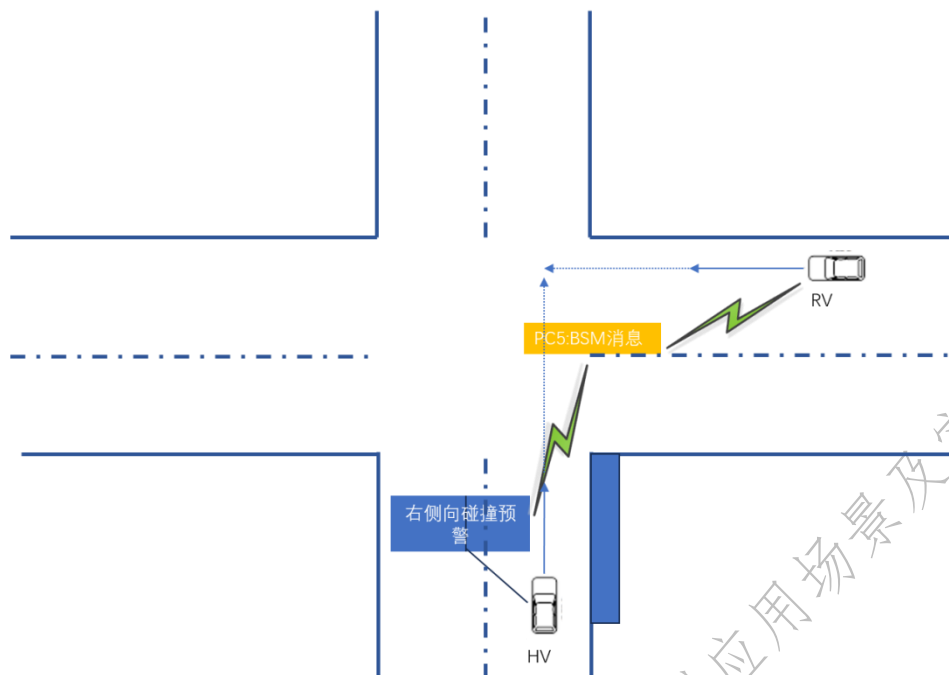


图4-12 有遮挡的十字路口交叉碰撞场景的功能效果图

4.5 超视距弱势交通参与者场景及实施参考

4.5.1 场景定义

当弱势交通参与者（行人或非机动车）被遮挡、位于车辆盲区或超出车辆感知范围时，路侧感知系统会检测到他们的位置，通过C-V2X RSU发送给特定范围内的车辆。如果检测到目标物与车辆之间存在潜在碰撞风险，则车端C-V2X协同应用系统会生成碰撞预警消息，提醒人类驾驶员进行减速让行或换道规避。

4.5.2 适用范围

该场景适用于城市及郊区普通道路及公路。

4.5.3 场景功能点

路侧感知系统检测到一定范围内的弱势交通参与者，通过C-V2X RSU发送给周围一定范围内的车辆。若发现与弱势交通参与者存在碰撞风险时，

车端C-V2X协同应用系统则触发“弱势交通参与者碰撞预警”消息，提醒人类驾驶员。

具体实施规则如下：

- 1) 分析接收到的弱势交通参与者信息，筛选出与车辆行驶方向上可能发生冲突的弱势交通参与者；
- 2) 进一步筛选处于一定距离或者时间范围内的弱势交通参与者作为潜在威胁；
- 3) 计算与每一个弱势交通参与者的碰撞时间TTC，筛选出存在碰撞风险的对象；
- 4) 如果存在“融合感知和决策”模块，则融合其他感知信息联合决策输出预警消息，否则就直接输出弱势交通参与者碰撞预警消息。

4.5.4 基本性能要求

- 1) 路侧设备应能识别到设备感知方向上 200 m范围内的道路标记信息；
- 2) 路侧设备感知的目标信息位置精度0.5 m，非机动车速度精度1.8 km/h；
- 3) C-V2X RSU播发RSM消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 4) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 5) 满足车路传输安全要求。

4.5.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：检测到弱势交通参与者信息、高精度地图信息（可选）、本车的车辆位置信息和姿态信息；
- 2) 数据输出：“弱势交通参与者碰撞”预警。

4.5.6 功能模块设计

1) 场景功能模块

弱势交通参与者场景的功能模块如图4-13所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括传感器（摄像头、雷达）、MEC、C-V2X RSU、本车的组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：即HMI，用黄色模块标识。

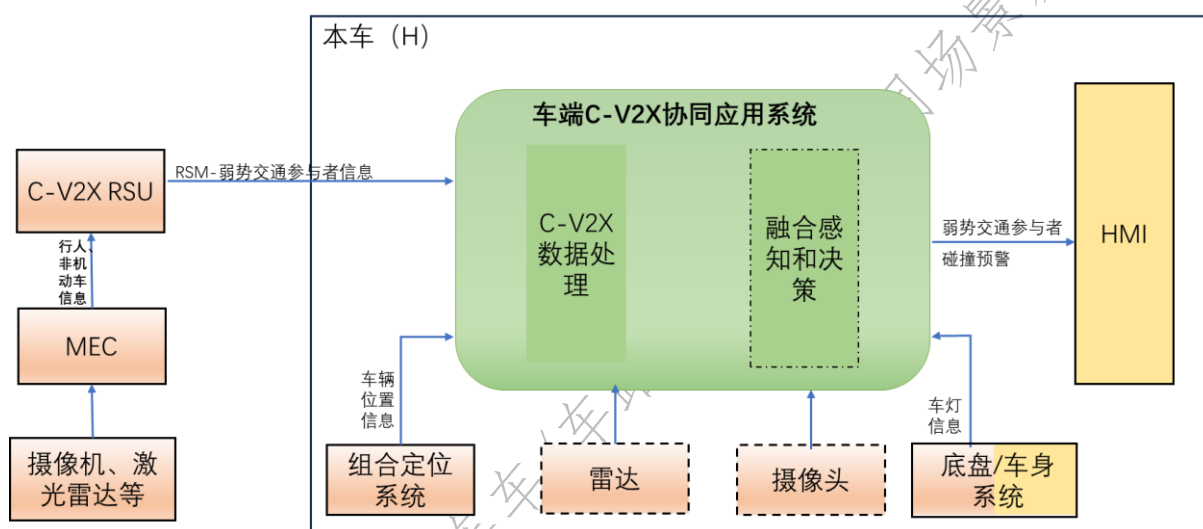
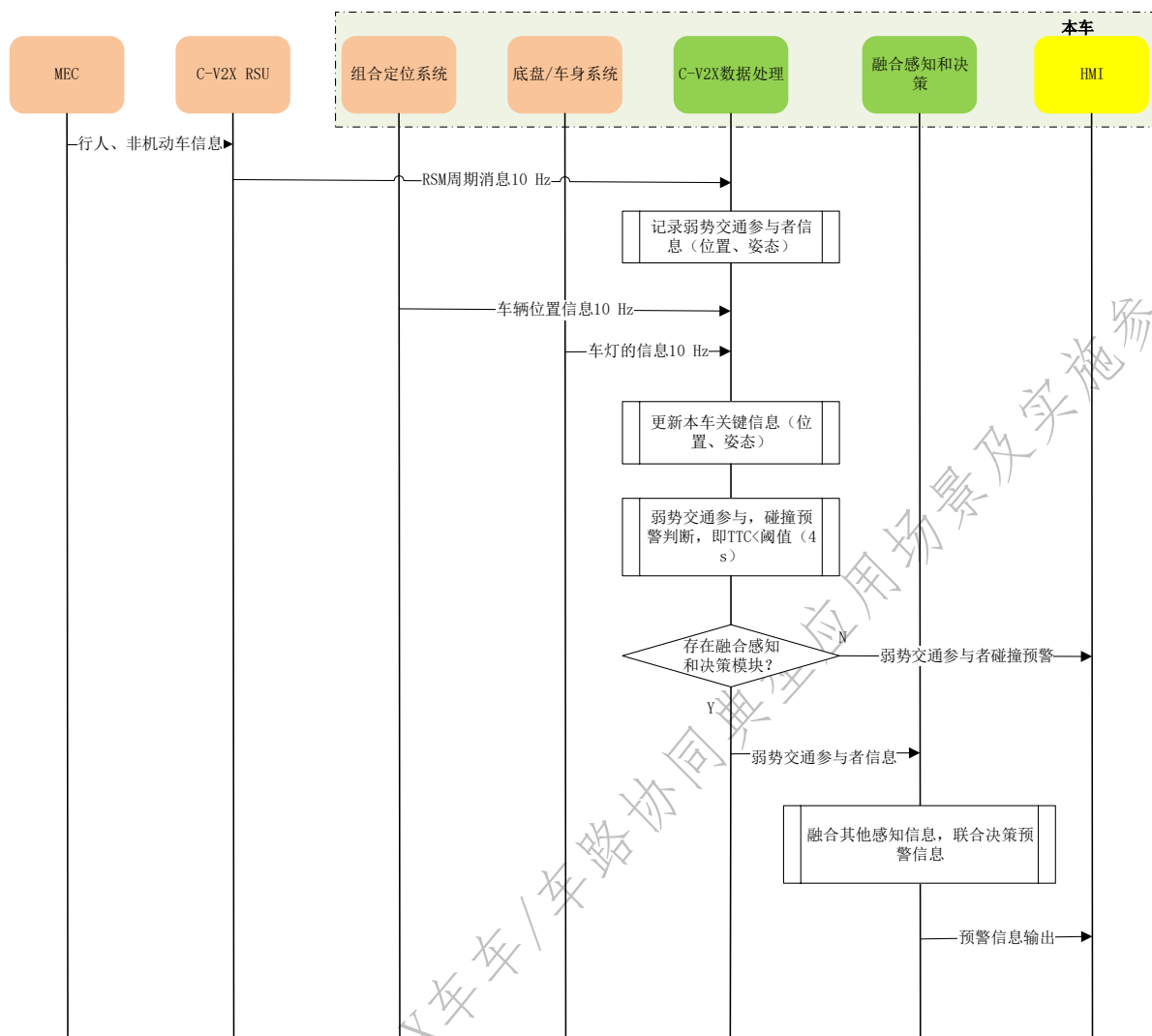


图4-13 弱势交通参与者场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

弱势交通参与者场景的系统间信息交互流程如图4-14所示。主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X应用协同系统的处理流程。



4-14 弱势交通参与者场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

假设有一辆车（HV）以较高速度驶向一个带有遮挡的十字路口，左侧有行人进入路口，由于路口有遮挡物，人类驾驶员或感知设备看不到左侧来的行人。路侧融合感知设备识别到行人，通过路侧MEC发送给C-V2X RSU，RSU通过RSM播发给周围的一定范围内的车辆。车端C-V2X协同应用系统触发“弱势交通参与者碰撞”预警，提醒人类驾驶员及时减速，避免碰撞风险。具体功能效果如图4-15所示。

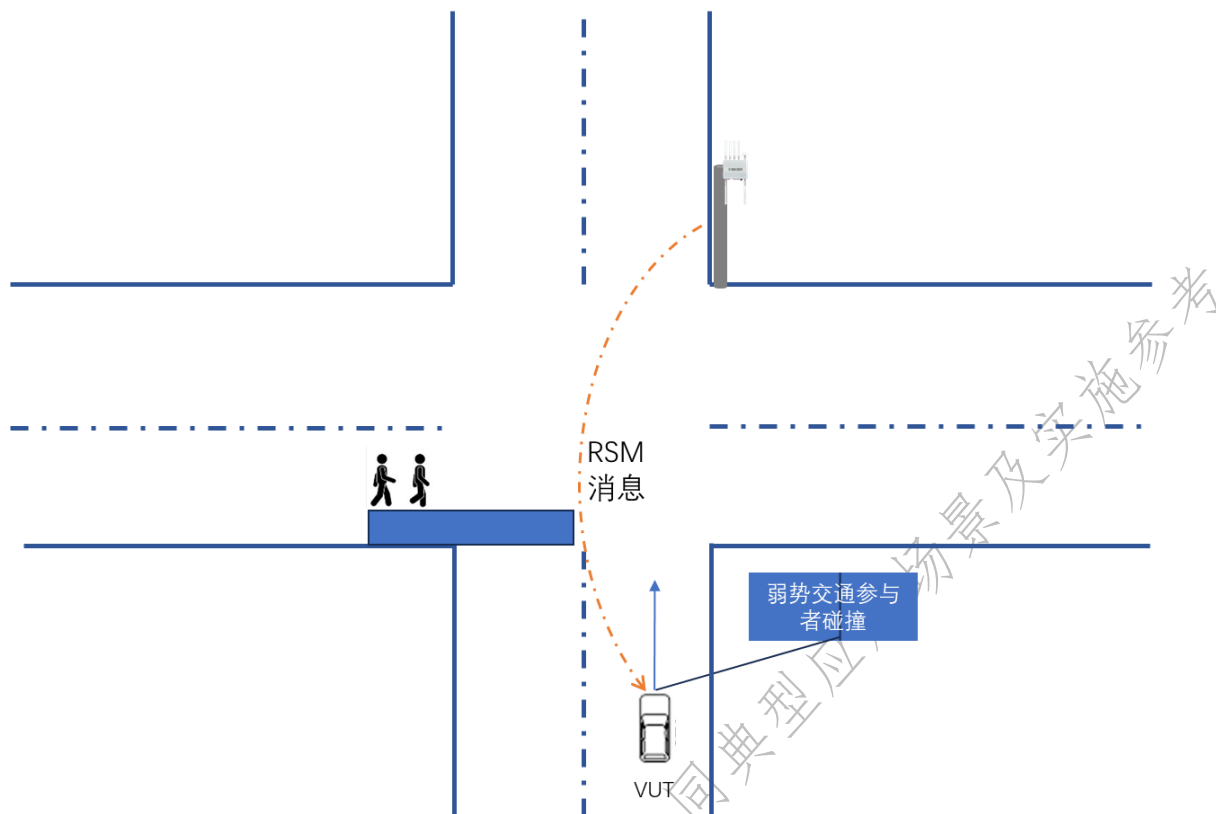


图4-15 弱势交通参与者场景的功能效果图

4.6 圆锥筒信息推送场景及实施参考

4.6.1 场景定义

圆锥筒信息推送场景是指在道路施工或交通管制现场，由于圆锥筒尺寸小、外观多样、使用环境复杂等特点，导致智能驾驶系统或人类驾驶员无法及时发现放置在道路上的圆锥筒，存在潜在的安全风险。因此，占道施工信息可以由云平台根据施工计划生成，或者由智慧圆锥筒系统自动生成。RSU收到占道施工信息后会生成占道施工的RSI事件，通过C-V2X直连通信发送给特定范围内的车辆，以降低圆锥筒对道路通行的影响。

4.6.2 适用范围

该场景适用于城市道路和各级公路，以及各类使用圆锥筒作为施工、占道标识的区域。

4.6.3 场景功能点

当RSU收到云平台或智慧圆锥筒系统发送的占道施工信息后，将圆锥筒围成的区域以占道施工事件进行发布。车端接收到施工事件后，根据本车的行驶位置和行驶意图，与地图信息进行匹配。若占道施工事件与本车相关，则生成预警消息，提醒人类驾驶员注意避让。

具体的规则建议如下：

- 1) RSU解析出占道施工发生的位置和区域，以RSI消息发布占道施工事件；
- 2) 车辆根据本车位置和行驶意图判断本车处于占道施工事件的影响范围时，生成预警消息“前方施工区域”；
- 3) 如果存在“融合感知和决策”模块，则融合其他感知信息联合决策输出预警消息，否则就直接输出“前方施工区域”消息。

4.6.4 基本性能要求

- 1) C-V2X RSU播发RSI消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车路传输安全要求。

4.6.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：云平台或智慧圆锥筒系统发出的占道施工信息；
- 2) 数据输出：“前方施工区域”（包括施工区域的范围、位置和类型等）预警。

4.6.6 功能模块设计

- 1) 场景功能模块

圆锥筒信息推送场景的功能模块如图4-16所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括云平台、智慧圆锥筒系统、C-V2X RSU、本车的组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：即HMI，用黄色模块标识。

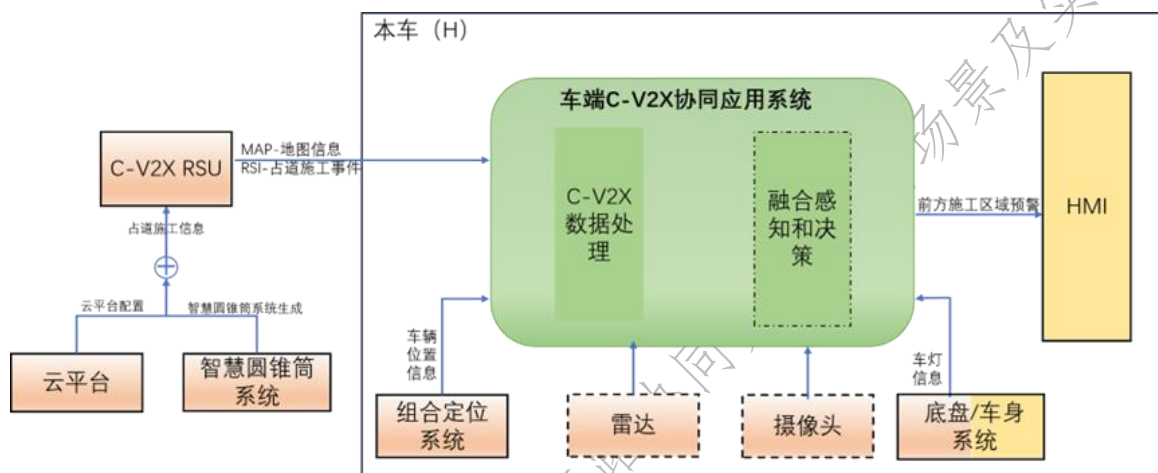


图4-16 圆锥筒信息推送场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

圆锥筒信息推送场景的系统间信息交互流程如图4-17所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

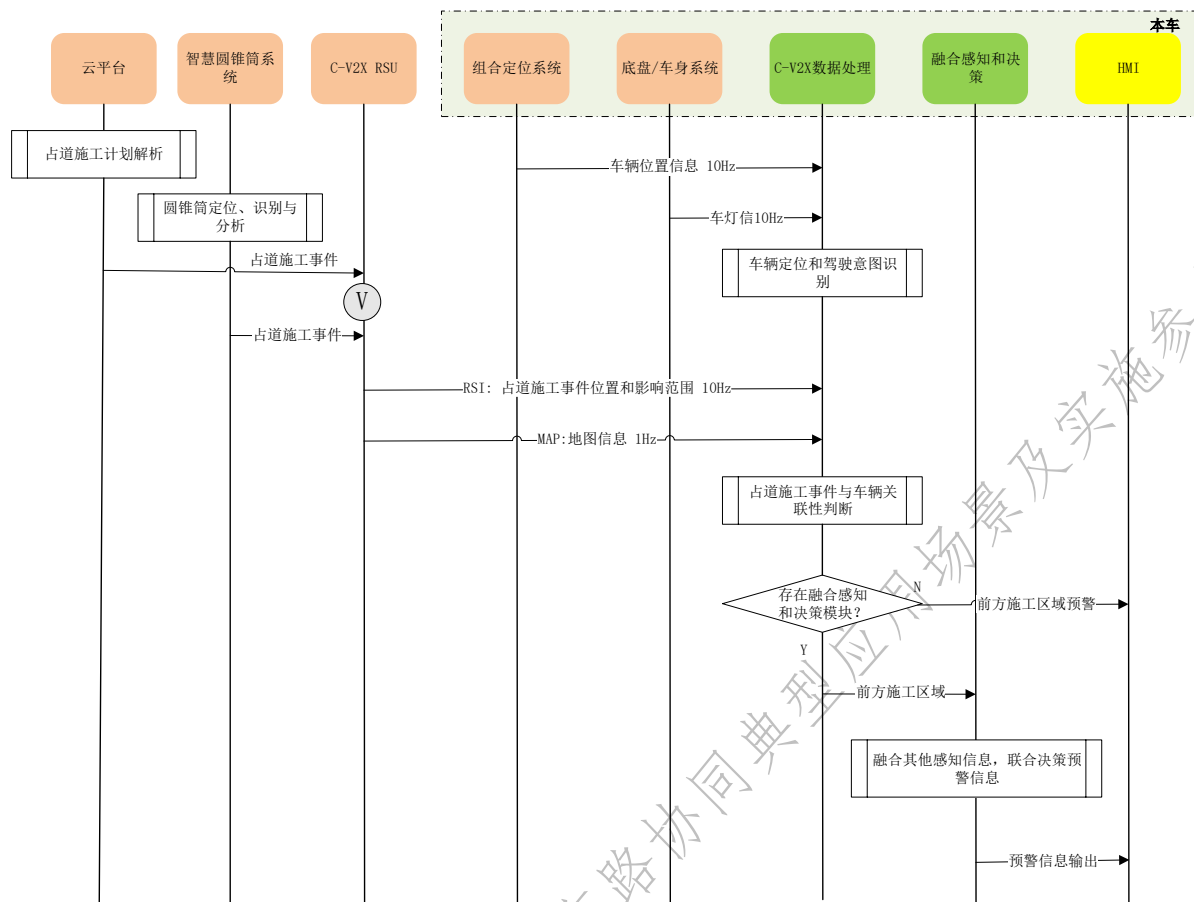


图4-17 圆锥筒信息推送场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

假设在交叉路口内有一个施工区域，由多个圆锥筒组成。云平台或智慧圆锥筒系统识别出占道施工事件，C-V2X RSU通过RSI消息广播识别到的施工事件信息，车端C-V2X协同应用系统收到此消息后，判断本车处于影响范围内，输出“前方施工区域”预警消息。具体功能效果如图4-18所示。

4.7 公交车道共享场景及实施参考

4.7.1 场景定义

4.7.2 适用范围

该场景适用于有公交专用道共享的路段。

4.7.3 场景功能点

该场景会根据实际情况，实时动态判断社会车辆是否可驶入公交专用道，提醒司机采取相应的措施，具体包括：

公交专用道可驶入提醒：若当前路段为共享公交专用道路段，且公交专用道的路况允许，如后方一段距离（比如100 m）没有公交车，则提示“公交专用道可以驶入”；

后方公交来车提醒：当车辆行驶在公交专用道，检测到后方有公交车驶来，距离在设定阈值内（比如100 m）、且速度高于当前车辆，则提醒“后方公交来车”，建议司机加速或驶离；

前方公交站提醒：当车辆行驶在公交专用道，且距离公交站在阈值范围内（比如50 m），则提示“前方公交站”。司机可根据实际情况，驶离或者减速通过；

共享路段临时关闭提醒：在云平台设定某个路段临时关闭共享后，下发给C-V2X RSU，C-V2X RSU广播该路段的共享状态为“关闭”。C-V2X OBU收到后，通过HMI提醒驾驶员“共享路段临时关闭”；

强行驶入驱离告警：当车辆行驶在关闭共享的公交专用道上，C-V2X协同应用系统通过HMI显示“驶离非共享路段”告警信息。

4.7.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) C-V2X RSU播发SPAT消息频率 ≥ 2 Hz，RSI消息频率 ≥ 1 Hz，MAP消息频率 ≥ 1 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 3) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 4) 满足车路、车车传输安全要求。

4.7.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：C-V2X RSU广播的路段共享状态、地图数据（包含车道线数据、公交站位置信息）、公交车位置和姿态信息、远车的位置和姿态信息、高精度地图信息（可选）、本车的位置和姿态信息；
- 2) 数据输出：“公交专用道可以驶入”、“后方公交来车”、“前方公交站”、“共享路段临时关闭”提醒，“驶离非共享路段”告警。

4.7.6 功能模块设计

1) 场景功能模块

公交车道共享场景的功能模块如图4-19所示，其中：

- ✓ 输入系统：包括路侧C-V2X RSU，云平台，远车C-V2X OBU，本车的组合定位系统及车身/底盘系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：即HMI，用黄色模块标识。

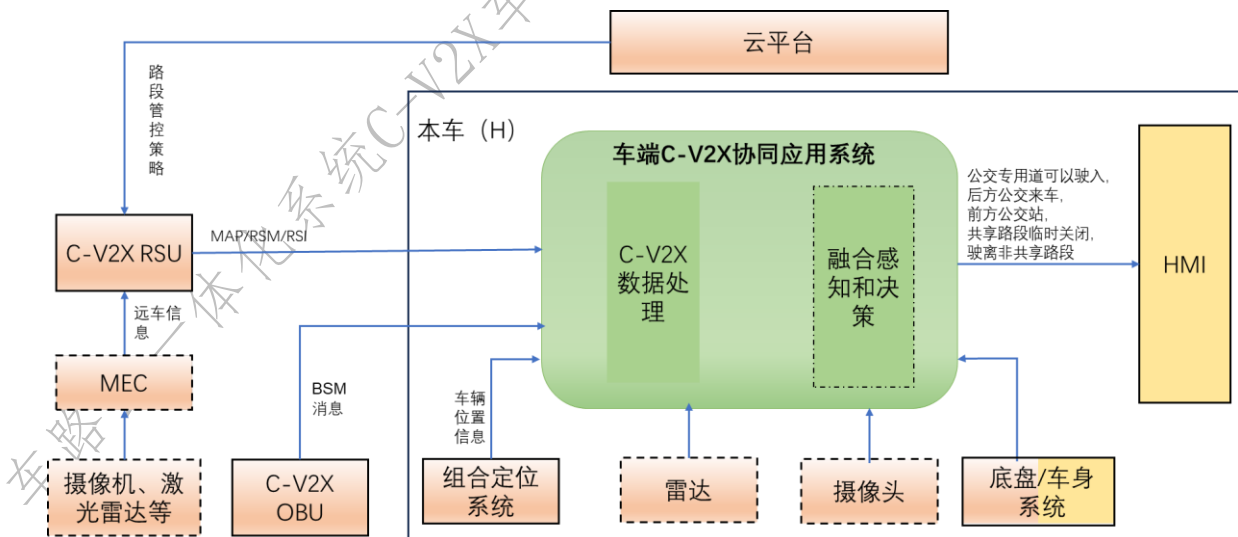


图4-19 公交车道共享场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

公交车道共享场景的系统间信息交互流程如图4-20所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

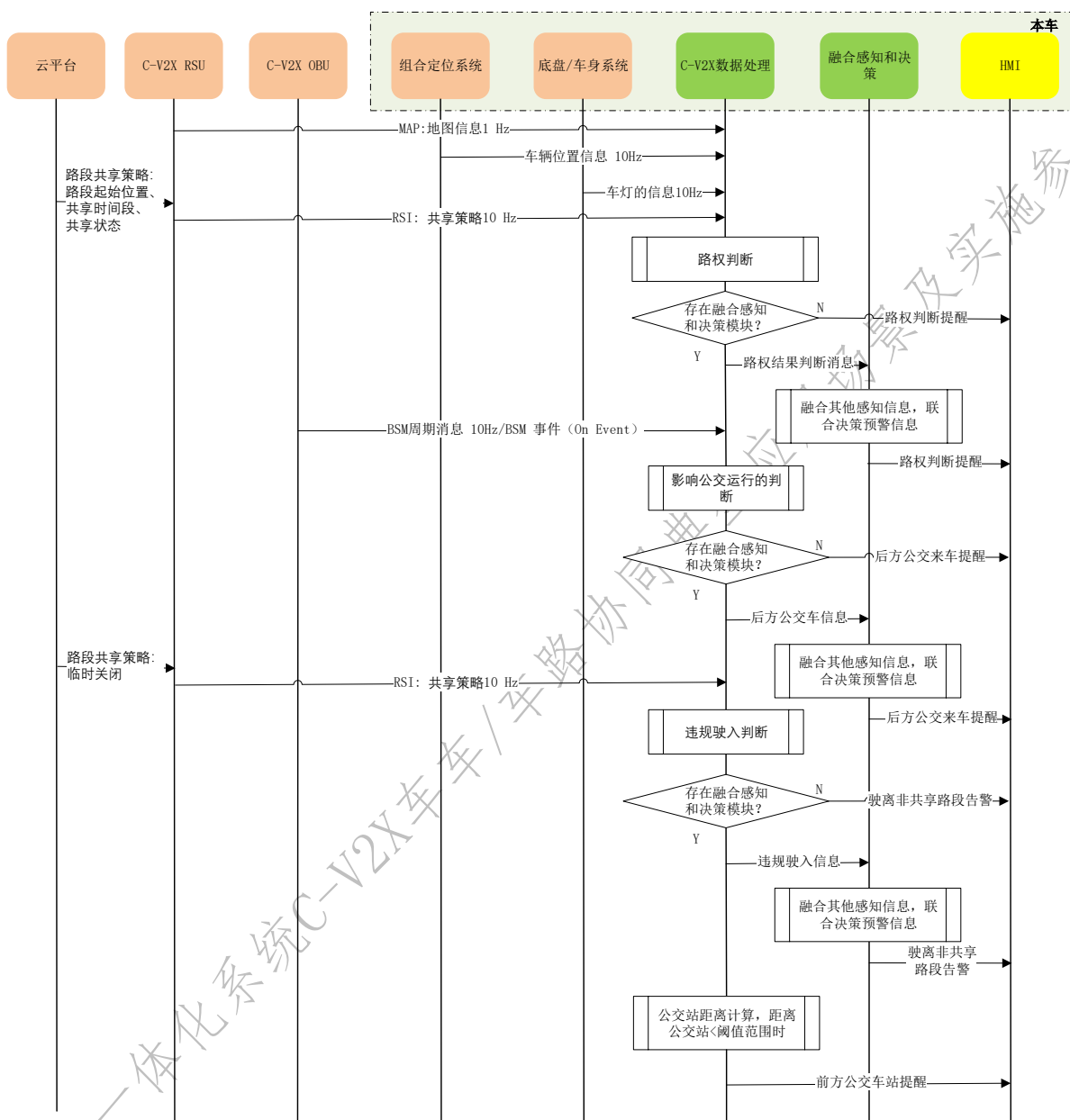


图4-20 公交车道共享场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

假设一辆社会车辆驶入有公交专用道的路段，C-V2X RSU广播路段共享信息。车端C-V2X协同应用系统根据当前公交专用道上的路况、公交来车情况、当前车辆所处位置等综合判断可以驶入，则提醒“公交专用道可

以驶入”。当车辆驶入公交专用道后，发现后方有公交来车，则提示“后方公交来车”，建议司机加速或驶离。并判断沿途公交车站，在距离公交站点一定距离，例如50 m，提示“前方公交站”，提醒人类驾驶员减速或驶离。对应的效果如图4-21-1所示。

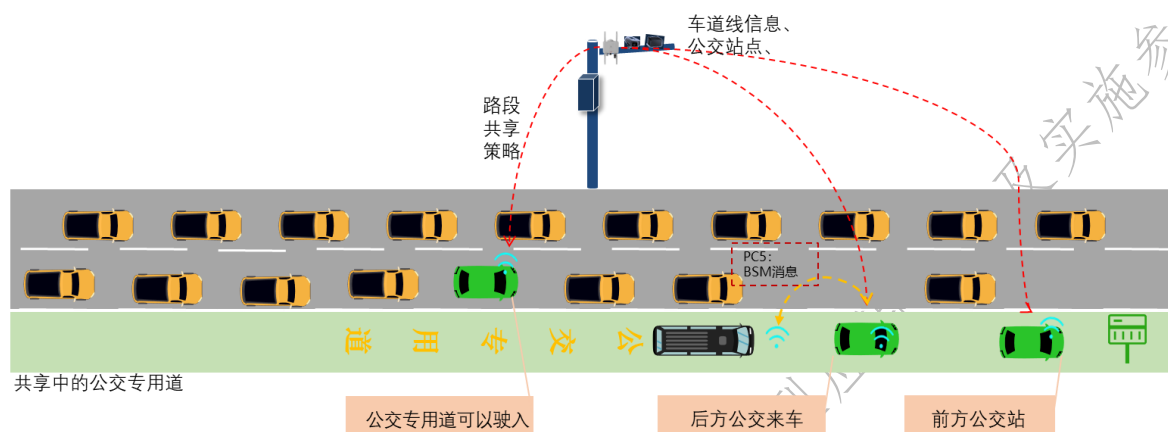


图4-21-1 公交车道共享场景的功能效果图1-车道处于共享状态

当车辆驶入的公交专用道处于“关闭共享”状态，提示“共享路段临时关闭”，提醒车辆不要驶入。当车辆强行驶入，则提示“驶离非共享路段”告警信息，建议人类驾驶员尽快驶离。具体功能效果如图4-21-2所示。

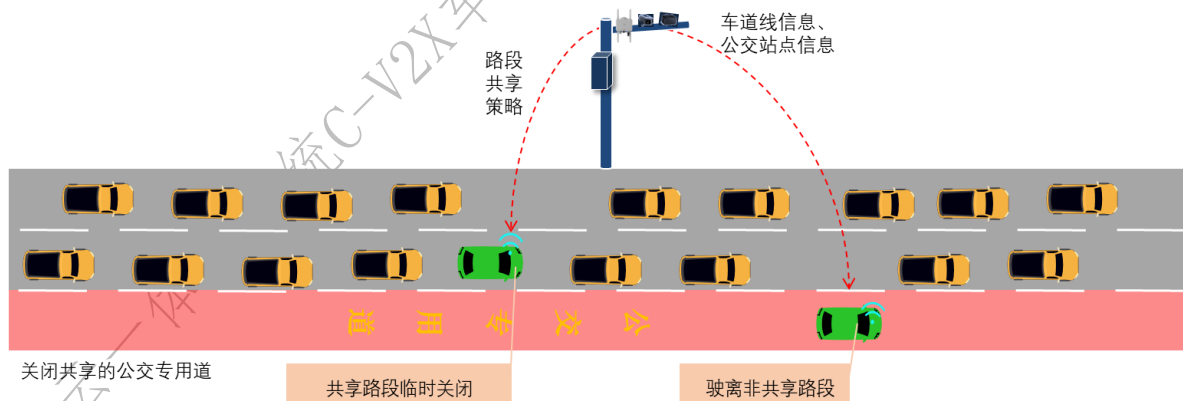


图4-21-2 公交车道共享场景的功能效果图2-车道关闭共享状态

4.8 紧急车辆优先通行场景及实施参考

4.8.1 场景定义

紧急车辆优先通行场景是指通过C-V2X直连通信将救护车、消防车、警车等紧急车辆的行驶状况发送给前方一定范围的多个车辆，被提醒的系列车辆根据现场情况选择变道让行、靠边停车让行、拉链式让行等方式，确保紧急车辆能够获得行驶优先权。紧急车辆优先通行的实现对于提升应急处理能力、提高紧急救援效率等至关重要。

4.8.2 适用范围

该场景适用于高速公路、城市道路、郊区道路等区域。

4.8.3 场景功能点

紧急车辆广播其位置、速度、车辆类型等BSM消息，前方收到BSM消息的其他车辆判断自己需要让行，向HMI发送紧急车辆让行提醒。

具体的规则建议如下：

- 1) 紧急车辆通过BSM广播其自身消息，其中包含紧急车辆的类型、速度、位置、行驶方向等关键信息；
- 2) 其他车辆收到BSM消息广播后，其车端C-V2X协同应用系统根据紧急车辆BSM信息和本车位置、车道ID、速度、行驶方向等信息，判断是否影响紧急车辆通行；
- 3) 若判断影响紧急车辆通行，则产生“紧急车辆让行”消息发送给HMI，提醒人类驾驶员避让。

4.8.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在50ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车车传输安全要求。

4.8.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：紧急车辆的类型、位置、速度、行驶方向，本车的车辆位置信息、姿态信息和车灯信息等；
- 2) 数据输出：“紧急车辆让行”提醒。

4.8.6 功能模块设计

1) 场景功能模块

紧急车辆优先通行场景的功能模块如图4-22所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括紧急车辆C-V2X OBU、本车的组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：即HMI，用黄色模块标识。

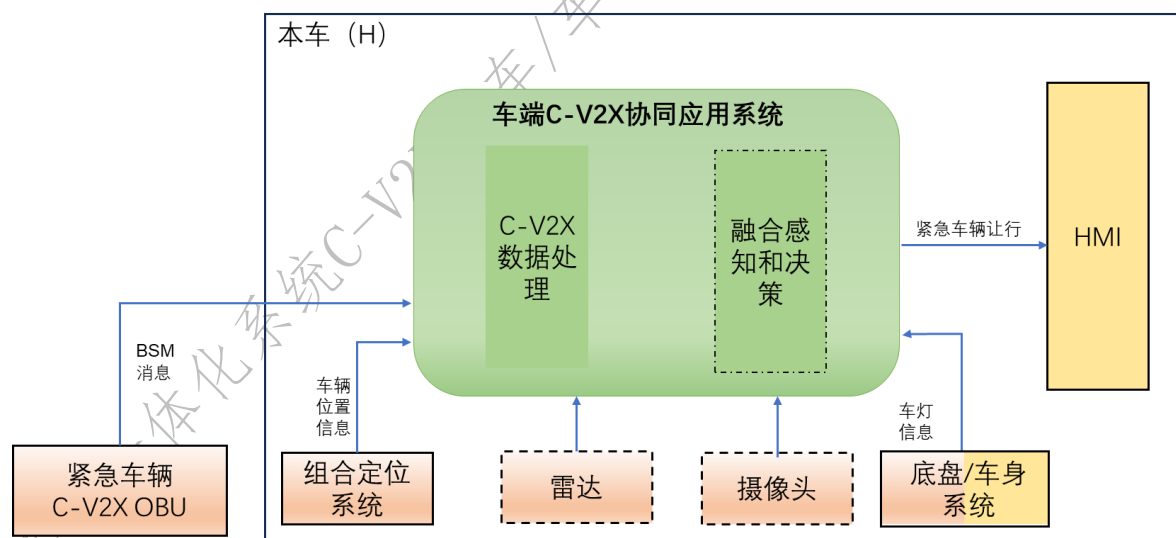


图4-22 紧急车辆优先通行场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

紧急车辆通行场景的系统间信息交互流程如图4-23所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

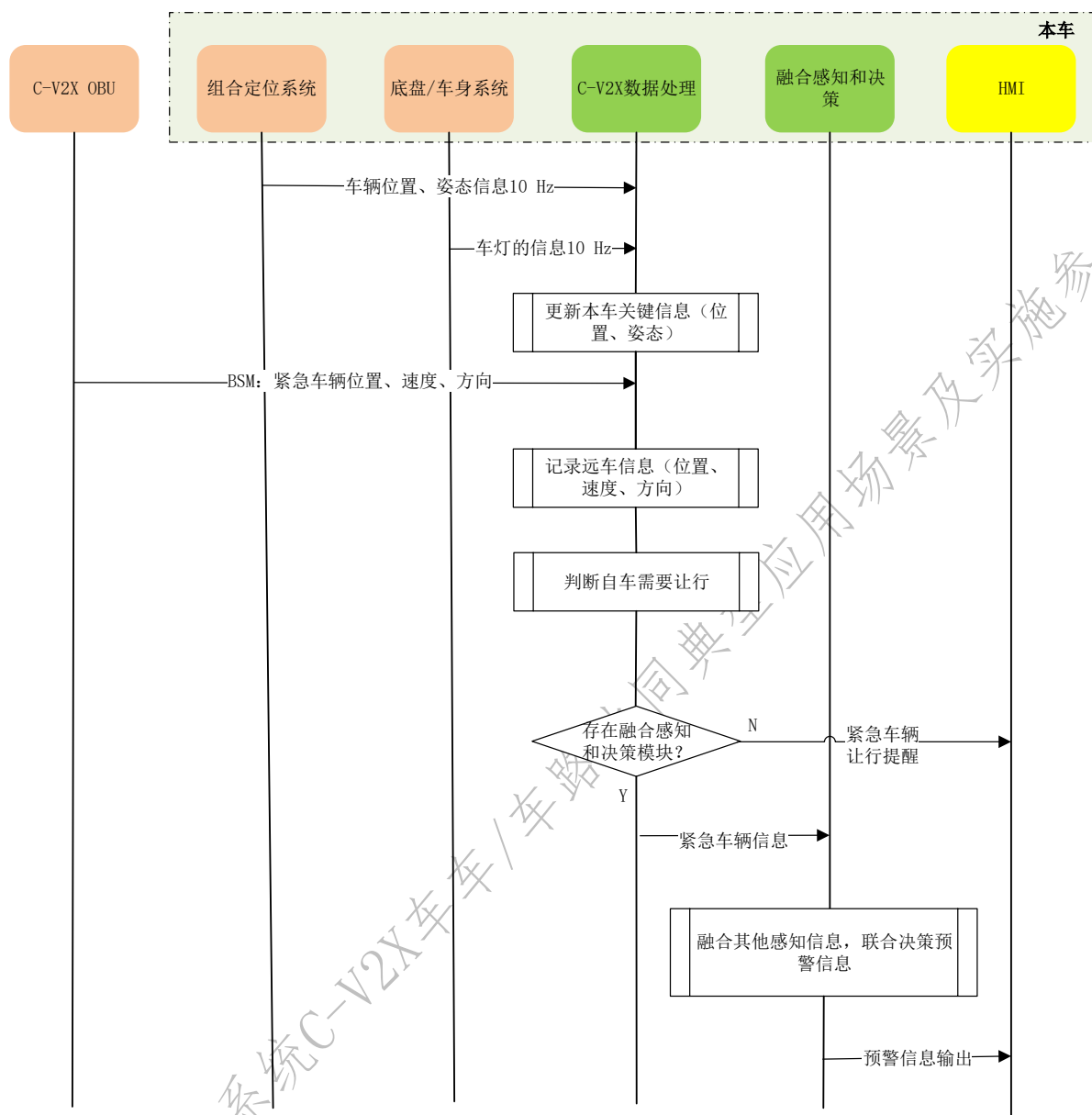


图4-23 紧急车辆优先通行场景的系统间信息流程图

3) 场景功能效果图

假设紧急车辆行驶在道路上，发送BSM消息给其他网联汽车。本车收到BSM消息后，其车端C-V2X协同应用系统根据紧急车辆BSM消息和本车位置和行驶意图等信息，如判断本车需要让行，则向HMI发送“紧急车辆让行”消息，提醒人类驾驶员避让。具体功能效果如图4-24所示。

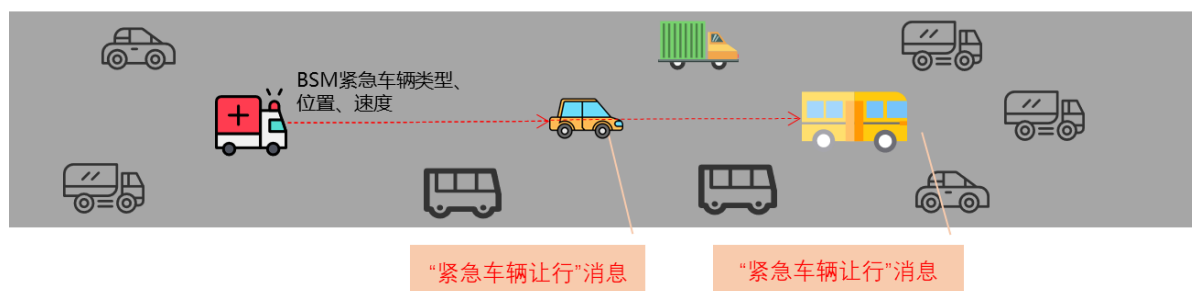


图4-24 紧急车辆优先通行场景的功能效果图

4.9 前方车辆突发紧急状况（“数字三角牌”）场景及实施参考

4.9.1 场景定义

在日常的交通行驶中，当行驶车辆由于自车原因突然失控、发生碰撞或者跌落（例如梅大高速坍塌事故）等异常状况时，自动拨打eCall的同时，也对外播发BSM异常事件-车辆突发紧急状况。这种情况下后方车辆收到前车异常事件后，会提醒人类驾驶员或传递给自动驾驶系统，从而提前预判进行减速、换道或者停车，规避碰撞风险，保障行车安全。

上述功能称为“数字三角牌”。第一辆车辆异常后，相当于立即在一定范围内放置了虚拟的数字三角牌，在此范围内搭载C-V2X功能的车辆，都可以“看”到数字三角牌，从而及早采取措施，避免事故、拯救生命。

4.9.2 适用范围

该场景适用于高速公路、城市道路、郊区等所有可行车区域。

4.9.3 场景功能点

车辆在行驶过程中，接收到周围一定范围内车辆发出的BSM事件消息（车辆突发紧急状况）。若发现该异常车辆在行驶道路的前方（相同或相向道路上），则车端C-V2X协同应用系统则触发“前方车辆突发紧急情况”预警，并在HMI显示出来。

具体实施规则如下：

- 1) 分析接收到的远车BSM事件消息；
- 2) 判断该异常车辆在行驶道路的前方（相同或相向）道路上，则计算该车辆到达异常车辆位置的TTC或距离CAR，计算触发预警的时机；
- 3) 如果存在“融合感知和决策”模块，则融合其他感知信息联合决策输出预警消息，否则就直接输出“前方车辆突发紧急状况”预警消息在HMI显示。

4.9.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车车传输安全要求。

4.9.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：周围远车的位置和姿态信息（含车辆异常信息）、高精度地图信息（可选）、本车的车辆位置信息和姿态信息；
- 2) 数据输出：“前方车辆突发紧急情况”预警。

4.9.6 功能模块设计

- 1) 场景功能模块

前方车辆突发紧急状况场景的功能模块如图4-25所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括远车C-V2X OBU、本车的组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：即HMI，用黄色模块标识。

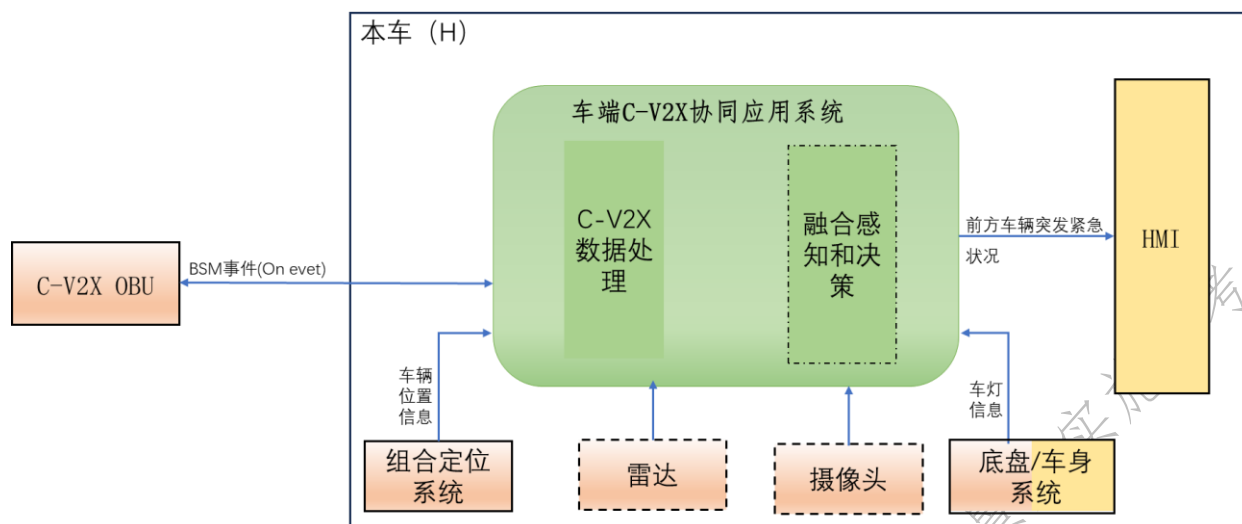


图4-25 前方车辆突发紧急状况场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

前方车辆突发紧急状况场景的系统间信息交互流程如图4-26所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

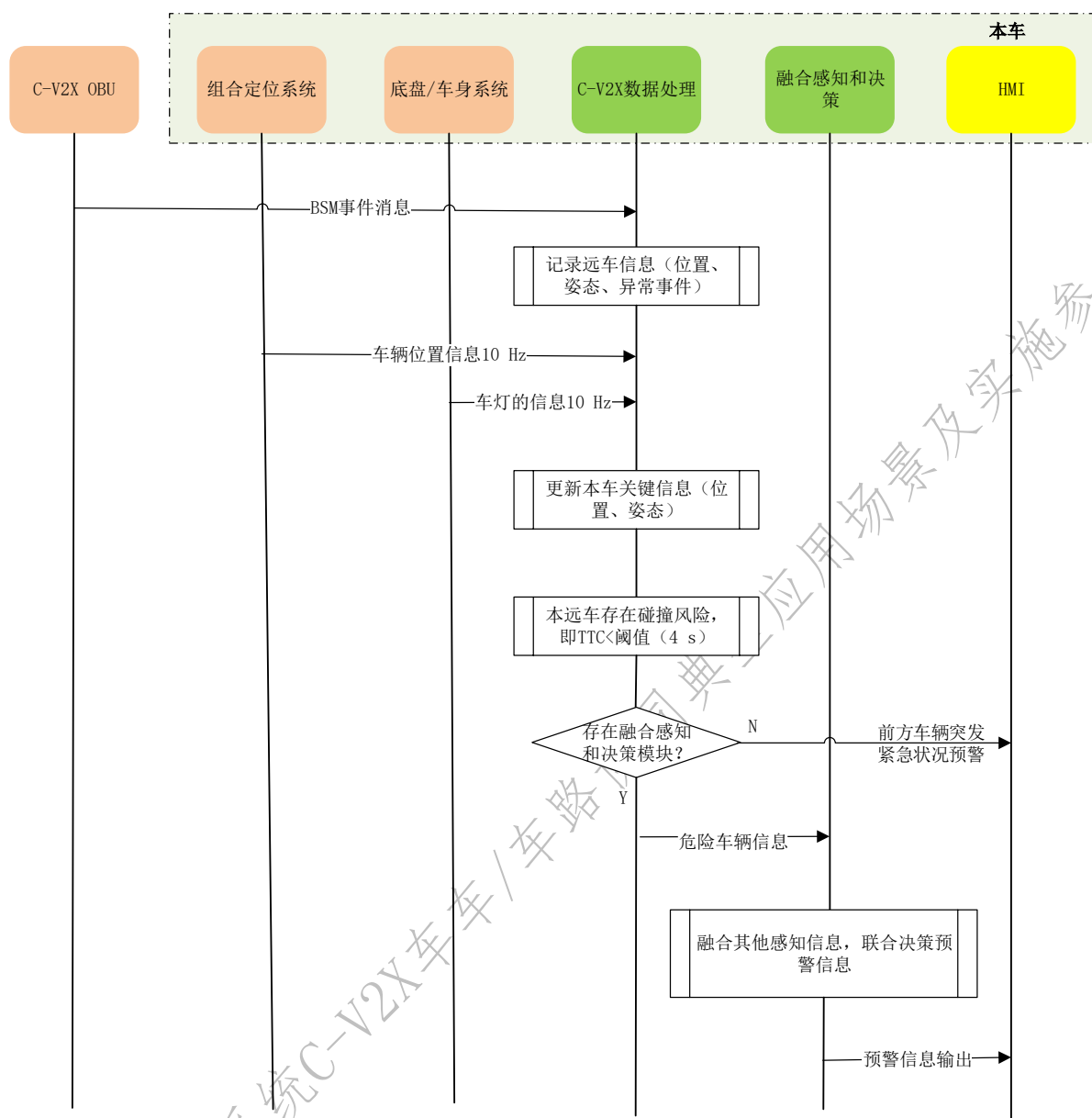


图4-26 前方车辆突发紧急状况场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

假设有一辆车（HV）沿车道行驶，突然收到前方车辆RV发出的 BSM 事件消息-车辆突发紧急状况，车端C-V2X协同应用系统发出“前方车辆突发紧急状况”提醒消息，人类驾驶员收到提醒后及时减速或刹车，避免碰撞风险。具体功能效果如图4-27所示。



图4-27 前方车辆突发紧急情况场景的功能效果图

4.10 C-AEB场景及实施参考

4.10.1 场景定义

车辆（具备L1及以上的驾驶自动化系统）在道路中行驶，当道路中存在遮挡场景（如“鬼探头”）时，车辆不能及时识别有潜在危险的目标物（如车辆、行人）。通过路侧设备C-V2X RSU或者车端设备C-V2X OBU，可以提前获知目标物的位置和姿态。车端C-V2X协同应用系统中将摄像头、雷达等单车感知数据与C-V2X数据进行融合，当检测到本车与目标物存在碰撞风险时，车端C-V2X协同应用系统通过HMI消息提醒人类驾驶员，并在必要时发出控车信号（刹车或降低车速）从而避免碰撞或减轻碰撞程度。

4.10.2 适用范围

该场景适用于城市、郊区、封闭园区等的普通道路及高速公路等区域。

4.10.3 场景功能点

C-AEB在传统AEB单车感知的基础上引入C-V2X技术。通过C-V2X直连通信，车辆能够提前感知超视距的目标对象（如其他车辆或行人），并将这些数据与车辆本车的传感器数据进行融合决策，及时给出安全提醒或控车信号，避免因视域受限导致的行车安全性问题，同时提升行车舒适性。

具体实施规则如下：

- 1) 本车的车端C-V2X协同应用系统融合本车摄像头/雷达及C-V2X设备感知到的周围目标物，根据目标物信息计算得出碰撞危险程度；
- 2) 碰撞危险程度达到临界预警点表明本车与目标物存在碰撞可能，车端C-V2X协同应用系统会触发“前方有危险目标物”预警；
- 3) 若人类驾驶员获得预警信息后未采取制动，车端C-V2X协同应用系统会输出控车信号进行部分制动；
- 4) 若碰撞危险程度达到制动临界点，车端C-V2X协同应用系统会输出控车信号进行制动缓解碰撞。

4.10.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 路侧设备感知的目标信息位置精度0.5 m，车辆速度精度1.8 km/h，非机动车速度精度1.8 km/h；
- 3) 车端设备感知的目标信息位置精度0.1 m，速度精度2 km/h，加速度 0.1 m/s^2 ；
- 4) C-V2X RSU播发RSM消息频率为10 Hz，MAP消息频率 ≥ 1 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 5) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 6) 满足车车、车路传输安全要求。

4.10.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：本车摄像头信号（车道信息、交通参与者信息）、雷达信号（车辆和行人的位置和姿态），C-V2X有效数据（目标车辆、行人），高精度地图信息（可选），本车的车辆位置信息、姿态信息和车辆异常信息等；

2) 数据输出：“前方有危险目标物”预警，控车信号。

4.10.6 功能模块设计

1) 场景功能模块

C-AEB场景的功能模块如图4-28所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括MEC、C-V2X RSU、C-V2X OBU，本车的传感器（摄像头、雷达）、组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：包括HMI和底盘/车身系统，用黄色模块标识。

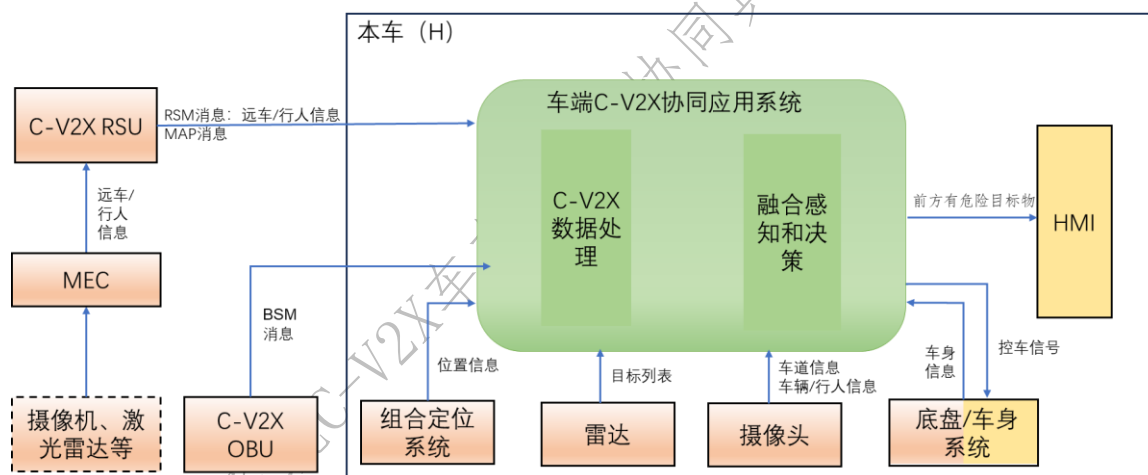


图4-28 C-AEB场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

C-AEB场景的系统间信息交互流程如图4-29所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

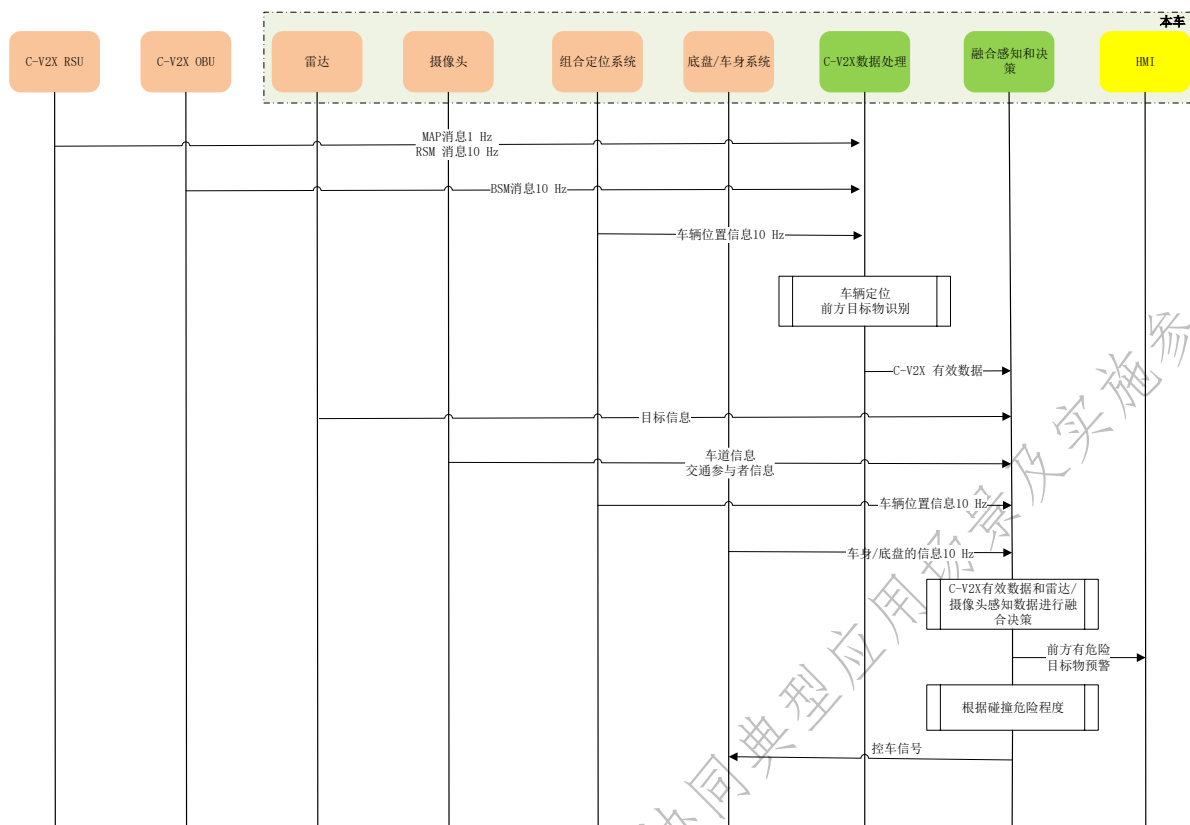


图4-29 C-AEB场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

本车行驶穿过十字路口，左侧车道有两辆车遮挡住本车视野，依靠人类驾驶员视觉、车端摄像头、雷达等单车感知未有效识别左侧横穿被遮挡车辆。本车通过C-V2X消息可获取左侧横穿车辆的实时位置和姿态，车端C-V2X协同应用系统计算出碰撞风险，发出“前方有危险目标物”预警，并在必要时采取紧急制动。具体功能效果如图4-30所示。

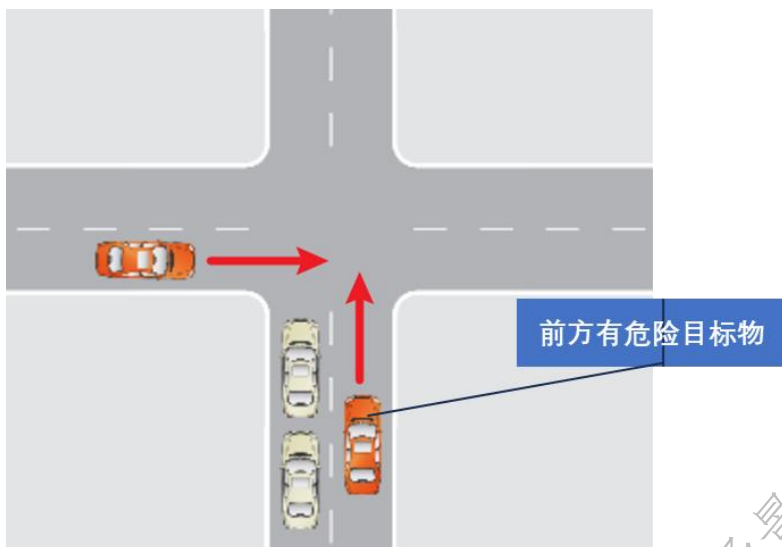


图4-30 C-AEB场景的功能效果图

4.11 C-ACC场景及实施参考

4.11.1 场景定义

网联式自适应巡航控制C-ACC，是自适应巡航控制系统的提升和扩展，适用于具备L2及以上的驾驶自动化系统的车辆。在传统ACC跟车功能、定速巡航功能的基础上引入C-V2X通信技术，可提前感知非视距的目标物以及道路交通信息。实现全路段特别是交叉路口场景的自适应巡航控制，进一步提升C-ACC整体响应速度、增强稳定性、缩短跟车间隔。

4.11.2 适用范围

该场景适用于城市、郊区、封闭园区等的普通道路及高速公路等区域。

4.11.3 场景功能点

ACC功能是指依赖单车视觉、毫米波雷达、激光雷达等传感器进行车辆控制的功能。在行车道路上选择合适的跟车目标，通过制动系统和动力系统调整车辆的行驶速度，维持与前车的安全距离，提升驾驶舒适度。

C-ACC是在传统ACC功能基础上增加C-V2X数据输入。通过C-V2X RSU获取SPAT/MAP信息，实现红绿灯启停与十字路口的绿波通行功能。通

过C-V2X OBU获取前车的行车意图，进行前车运动学状态的精准判断，做到平稳跟车行驶、缩短跟车间隔，有效提升驾驶的舒适度和安全性。

具体实施规则如下：

- 1) 本车车端C-V2X协同应用系统融合自车的摄像头/雷达的感知信息，以及通过C-V2X直连通信获取到周围目标物信息和道路交通信息，判断与前车的安全距离以及信号灯状态，决策能否通行以及行驶速度；
- 2) 根据信号灯状态：
 - ✓ 若不可通行，则车端C-V2X协同应用系统输出控车信号，控制车辆以舒适的减速度停止于道路停止线前或跟车停止；当交通灯信号变为可通行，在保证安全的前提下，本车自动起步或跟随前车起步；
 - ✓ 若可以通行，则车端C-V2X协同应用系统计算得出合适的行驶速度，输出控车信号调整车速；
- 3) 根据跟随目标车的行驶变化：
 - ✓ 通过目标车广播的BSM消息，提前获知前车的行驶意图，输出控车信号。提前进行加速或减速，做到平稳行驶。

4.11.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 路侧设备感知的目标信息位置精度0.5 m，车辆速度精度1.8 km/h，非机动车速度精度1.8 km/h；
- 3) 车端设备感知的目标信息位置精度0.1 m，速度精度2 km/h，加速度 0.1 m/s^2 ；

- 4) C-V2X RSU播发SPAT消息频率 ≥ 2 Hz，RSM消息频率为10 Hz，MAP/RSI消息频率 ≥ 1 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 5) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 6) 满足车车、车路传输安全要求。

4.11.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：本车摄像头信号（车道信息、交通参与者信息），雷达信号（车辆和行人的位置和姿态），C-V2X有效数据（目标车辆、行人、地图和红绿灯信息），高精度地图信息（可选），本车的车辆位置信息、姿态信息和车辆异常信息等；
- 2) 数据输出：当前道路的信号灯信息提醒、控车信号。

4.11.6 功能模块设计

- 1) 场景功能模块

C-ACC场景的功能模块如图4-31所示，其中：

- ✓ 输入系统：包括MEC、C-V2X RSU、C-V2X OBU，本车的传感器（摄像头、雷达）、组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：包括底盘/车身系统，用黄色模块标识。

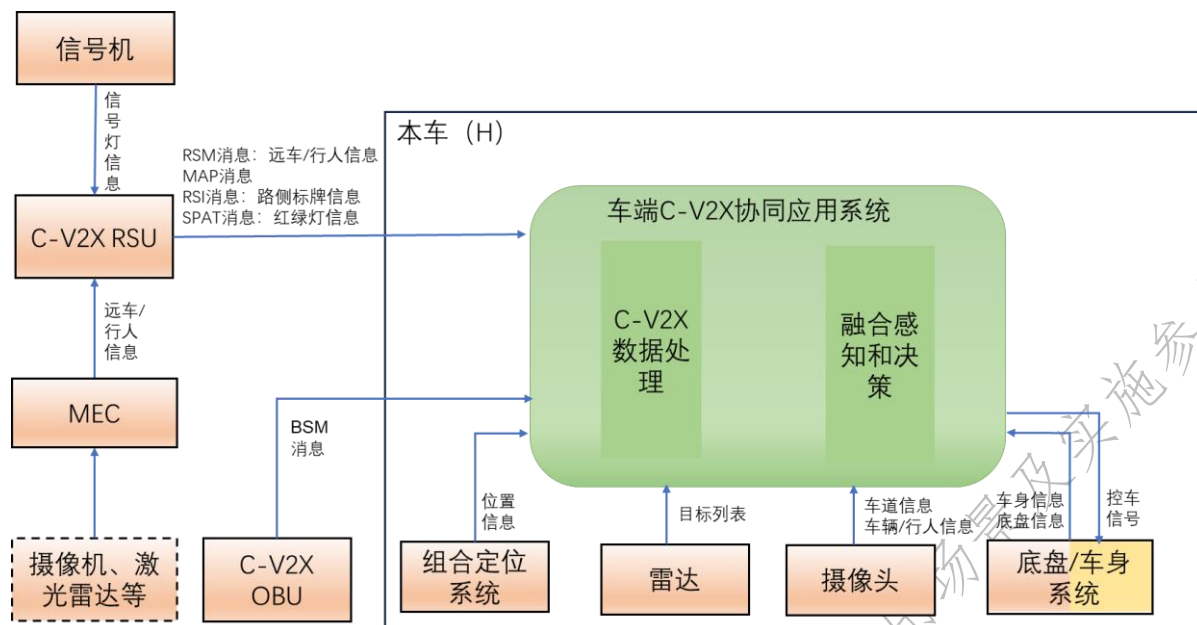


图4-31 C-ACC场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

C-ACC场景的系统间信息交互流程如图4-32所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

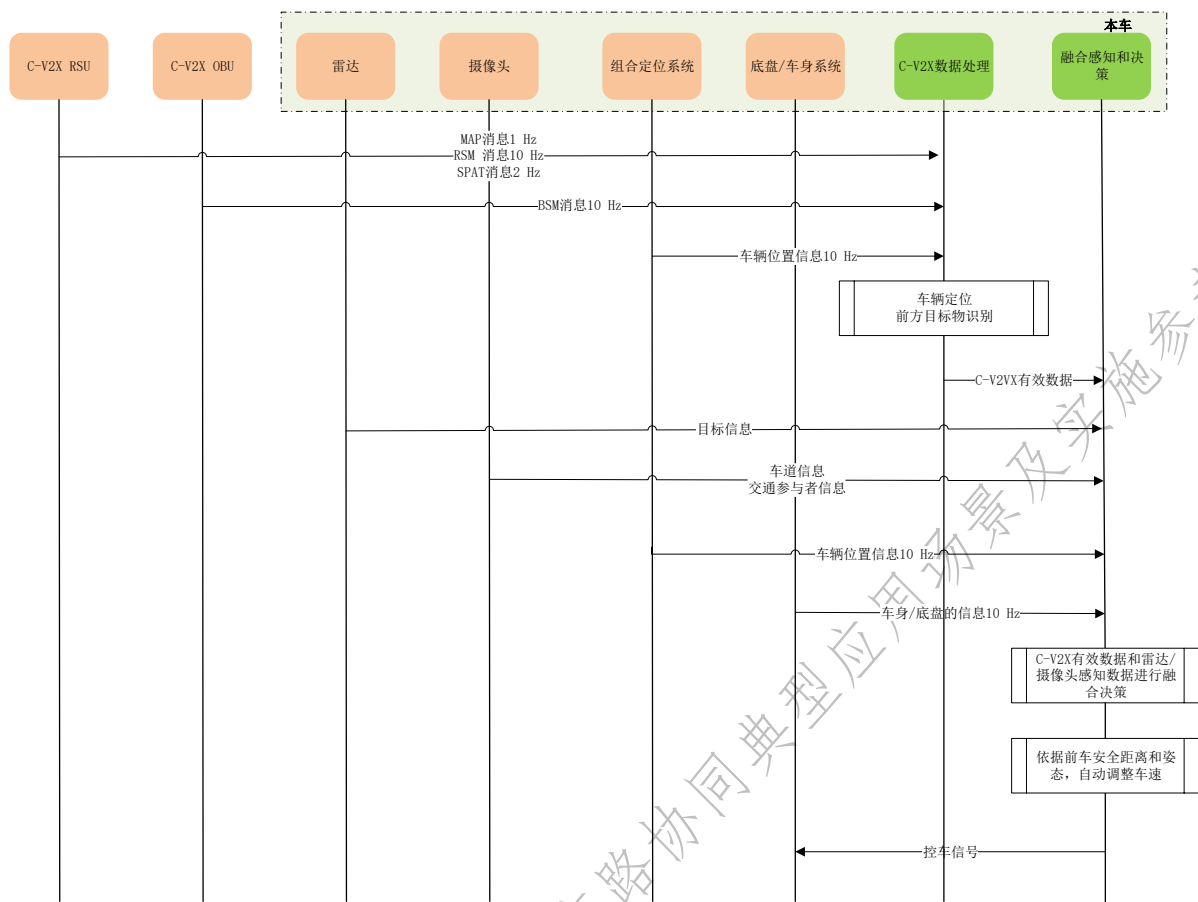


图4-32 C-ACC场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

假设车辆在道路上跟随前车行驶，前车在遇到行人横穿马路时停车避让，本车C-ACC功能会跟随前车停车，具体功能效果如图4-33左图所示。

车辆行驶在道路上经过十字路口，通过接收前方红绿灯数据提醒，判断可通过该路口，则跟随前车继续行驶，具体功能效果如图4-33右图所示。

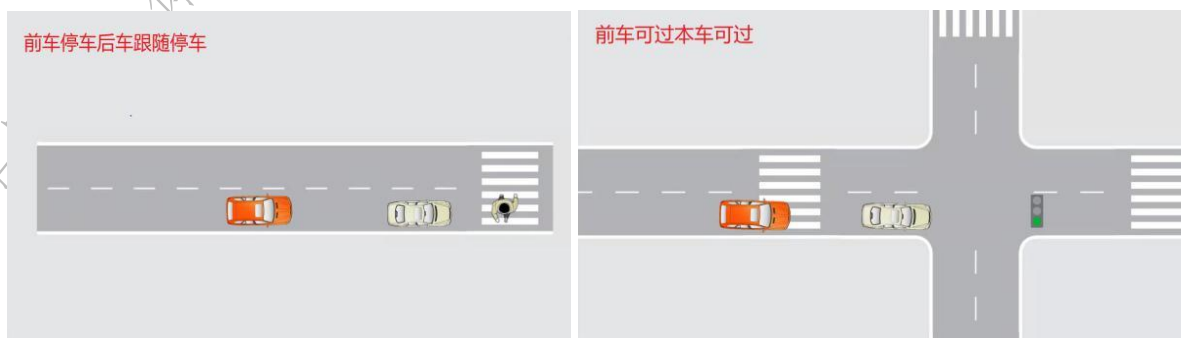


图 4-33 C-ACC 场景的功能效果图

4.12 车辆智能编队行驶场景及实施参考

4.12.1 场景定义

车辆智能编队行驶，通常指由一名司机驾驶领航车辆，引领多辆L4级自动驾驶车辆行驶。车与车之间通过C-V2X直连通信，车队能自动组队、解散、换道、处理积雪结冰等危险路段、灵活应对社会车辆、高效通过收费站及红绿灯路口等。可显著提升多辆车通行的安全和效率，是智慧物流的热点应用。

4.12.2 适用范围

该场景适用于高速公路、国道等干线物流路线。

4.12.3 场景功能点

相较于城市环境，在干线物流运营路线上出现复杂交通场景的概率明显较低。例如，路口强行并线、违章横穿的摩托车和自行车等易引发交通事故的场景较为罕见。然而，仍然存在一些超出L4级自动驾驶单车能力范围的场景，如装卸货进出场称重、前方车辆遗洒等场景。针对这些挑战，车辆智能编队方案将人类驾驶员的经验与L4级自动驾驶系统的优势相结合，实现双重安全防护机制。这种协同模式不仅克服了单纯依赖L4级自动驾驶系统或完全依靠人类驾驶员的局限性，更显著提升了通行的安全性。

具体的规则建议如下：

- 1) **联合定位：**通过整合领航车辆、跟随车辆的信息以及前后车通过传感器观测到的信息，实现前后车的联合定位。例如，在货运的场景中，会面临修路、道路结构和特征发生变化、4G/5G信号中断、道路周围无RTK基站、高楼和地形环境影响GPS信号等各种情况，联合定位可

提升车队定位的鲁棒性，在无信号区域长时间实现后车跟随领航车行驶。

- 2) **联合感知：**车辆之间互相传递感知信息，弥补单车感知的盲区或者远距离的物体感知不足的问题。例如，在编队解决方案中，车队最多由六辆车组成，前后车最长间距可以达到200 m，通过多车联合可以感知车队前后至少50 m范围内的信息，有效突破单车感知的视域局限，显著提升感知能力。
- 3) **联合控制：**有人驾驶的领航车保持一个合理的巡航速度，并将油门踏板/扭矩指令和刹车指令以及目标巡航速度信息通过BSM自定义消息发送给跟随车辆，跟随车在前车执行加速或减速的100 ms内同步地执行相应的命令。确保两车在转弯通过路口时两车间距在2 m之内，并且实现0.3 s之内的同步起步。在高速行驶速度超过80 km/h的封闭场景测试中，可达到10 m之内的安全跟车距离。
- 4) **联合决策：**除了基础的感知、定位、控制，在决策以及轨迹规划模块，编队的各个智能体之间也可以做到独立决策且相互通信，达到最优。跟随车在紧跟前车队列模式的基础上整合了L4单车智能的完整功能，能合理应对诸如社会车加塞队列、红绿灯打断队列、收费站通行、甚至因领航车不合理驾驶（如不合理换道）造成的跟随车高风险场景，在跟随车丢车过远的情况下还能以L4单车模式追赶前车并完成重新组队。整体功能灵活多样，兼具队列在非交互场景下高效通行以及单车在交互场景下规避风险的优势，极大提升运营效率与场景泛化能力。

4.12.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM自定义消息频率 ≥ 50 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；

- 2) 车端设备感知的目标信息位置精度0.1 m，速度精度2 km/h，加速度0.1 m/s²；
- 3) 本车定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 4) 满足车车传输安全要求。

4.12.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：领航车以及前车的BSM自定义消息，跟随车摄像头信号（车道信息、交通参与者信息），雷达信号（车辆和行人的位置和姿态）、本车的车辆位置信息、姿态信息和车辆异常信息等；
- 2) 数据输出：控车信号。

4.12.6 功能模块设计

- 1) 场景功能模块

车车通信混合智能编队行驶场景的功能模块如图4-34所示。其中：

- ✓ 输入系统：组合定位系统，传感器（摄像头、雷达），以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；
- ✓ 输出系统：包括HMI和底盘/车身系统，用黄色模块标识。

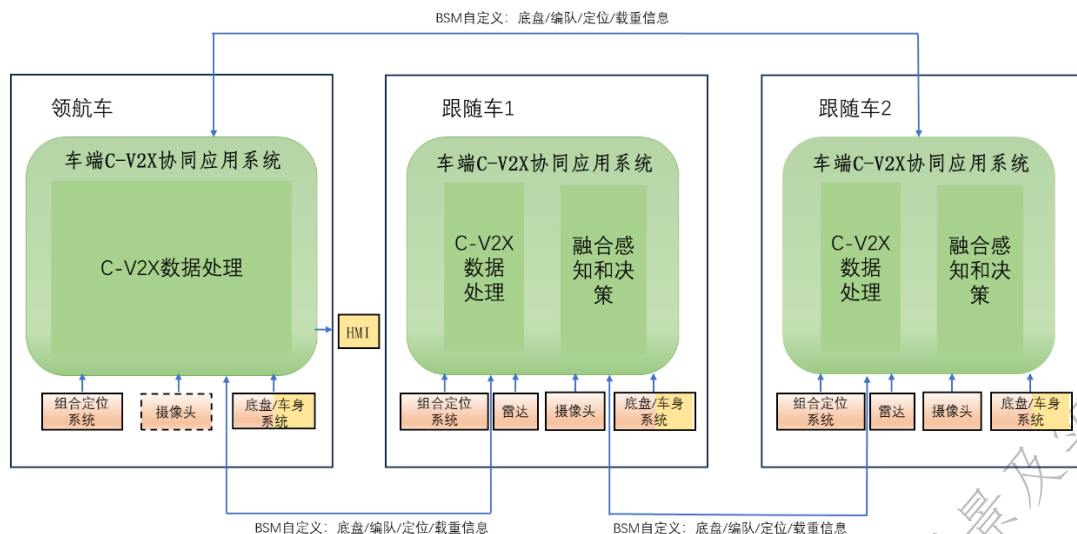


图4-34 车辆智能编队行驶场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

车辆智能编队行驶场景的系统间信息交互流程如图4-35所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

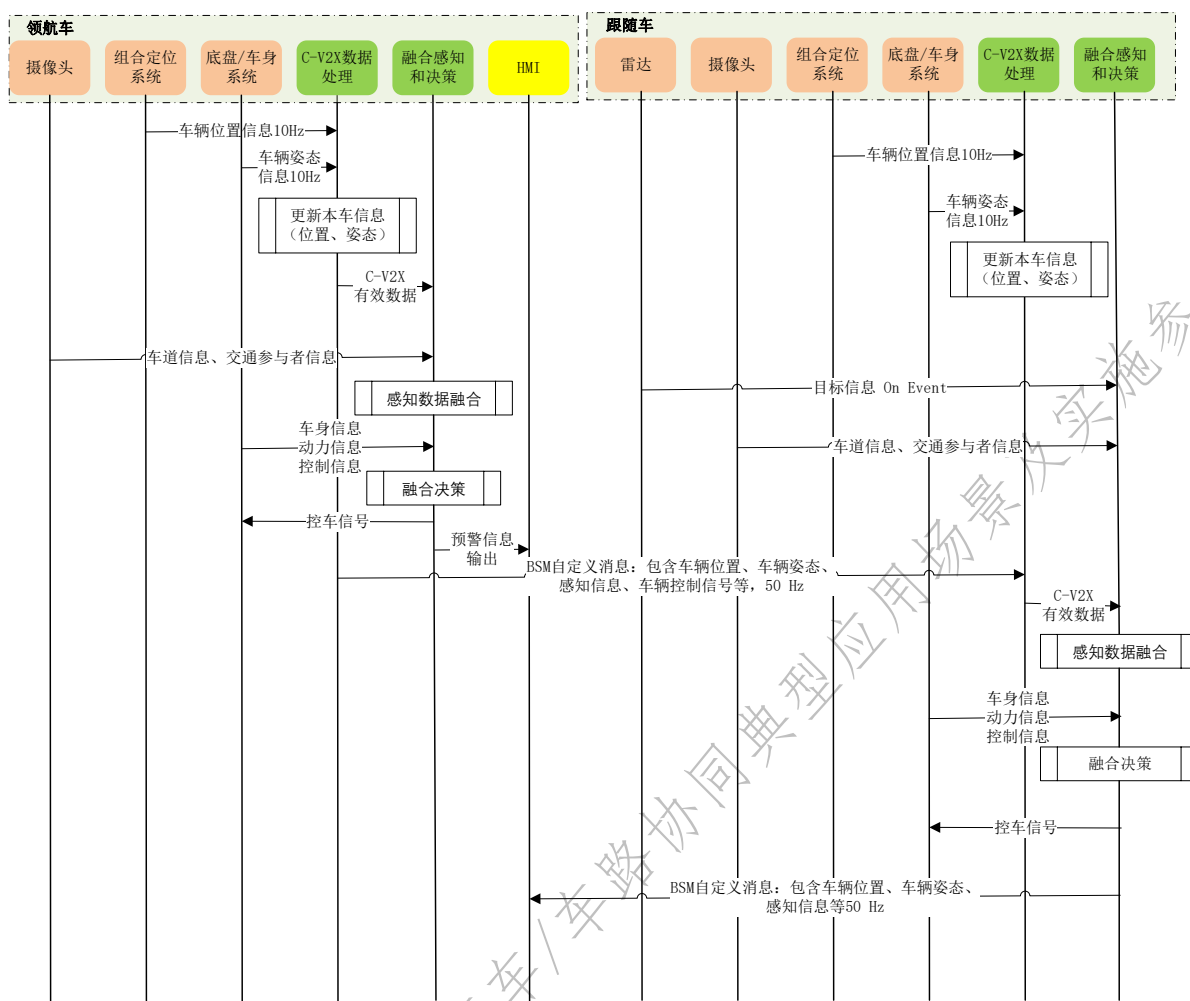


图4-35 车辆智能编队行驶场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

各个车之间互相补充感知信息，覆盖彼此感知的盲区或者远距离的物体。例如，在高速公路上行驶的一组编队车辆，遇到异常障碍物。当跟随车在节点A距离300 m处感知到异常物体时，它可以提早发现并准备避让。在节点B距离异常物体50 m处，结合领航车和跟随车的检测结果，能够更加精确地确定物体大小、朝向和类型。最终在节点C，编队执行左弯避让操作，避开异常物体。具体功能效果如图4-36所示。

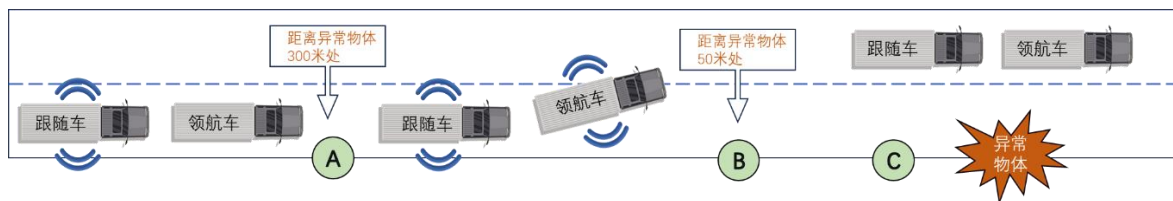


图4-36 车辆智能编队场景的功能效果图

4.13 智慧港口V2V防碰撞场景及实施参考

4.13.1 场景定义

L4级别车辆行驶在港口区域，由于港口集装箱堆场遮挡、雨雾天气、强光照射等情况，导致车辆自身感知受限或精度下降，无法正常作业。采用C-V2X直连通信可作为单车智能的有效补充，对外播发本车的车速、位置等信息。周围车辆在接收到该信息后，再根据自车的运行轨迹，从而提前预判进行减速或换道规避碰撞风险，解决港口车辆死锁和碰撞等问题。

4.13.2 适用范围

该场景适用于具备搭载C-V2X OBU设备车辆的智慧港口。

4.13.3 场景功能点

单车持续通过C-V2X OBU向外广播BSM Port自定义消息，包含本车的车速、位置、载货重量以及行车路径规划等信息。其他车辆在接收到此类数据时，可对本车行驶做出调整。

具体的规则建议如下：

- 1) 行驶在港口区域的车辆，根据接收到的行车规划路径行驶。在行车路途中，通过C-V2X直连通信接收到周围车辆的信息；
- 2) 分析接收到远车BSM Port消息（车速、位置、载货重量以及行车路径规划），同时根据本车的行车路径规划信息、行车速度，计算两车若存在碰撞可能，则进行避让；

- 3) 避让原则建议为：行驶优先级直行车辆>拐弯车辆，载重车辆>载轻车辆，车号大车辆>车号小车辆等；
- 4) 优先级高的车辆，对外发送“减速、停车避让指令”，按照之前的车速继续行驶。收到“减速、停车避让指令”的车辆根据两车的位置、车速以及行车路径，进行减速或停车避让。

4.13.4 基本性能要求

- 1) C-V2X OBU播发BSM port 消息频率为10 Hz，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 ≥ 150 m；
- 2) 本车的定位信息采集频率 ≥ 10 Hz，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车车传输安全要求。

4.13.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：高精度地图信息、车辆行车路径规划、本车的摄像头信号（车道信息、交通参与者信息）、雷达信号（车辆和行人的姿态信息）、本车的车辆位置信息、姿态信息、车辆异常信息和车灯信息，远车信息（车速、位置、载货重量以及行车路径规划）；
- 2) 数据输出：控车信号。

4.13.6 功能模块设计

- 1) 场景功能模块

智慧港口V2V防碰撞场景的功能模块如图4-37所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括云平台，C-V2X OBU，本车的传感器（摄像头、雷达）、组合定位系统以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统：包括C-V2X数据处理、融合感知和决策，用绿色模块标识；

- ✓ 输出系统：底盘/车身系统，用黄色模块标识。

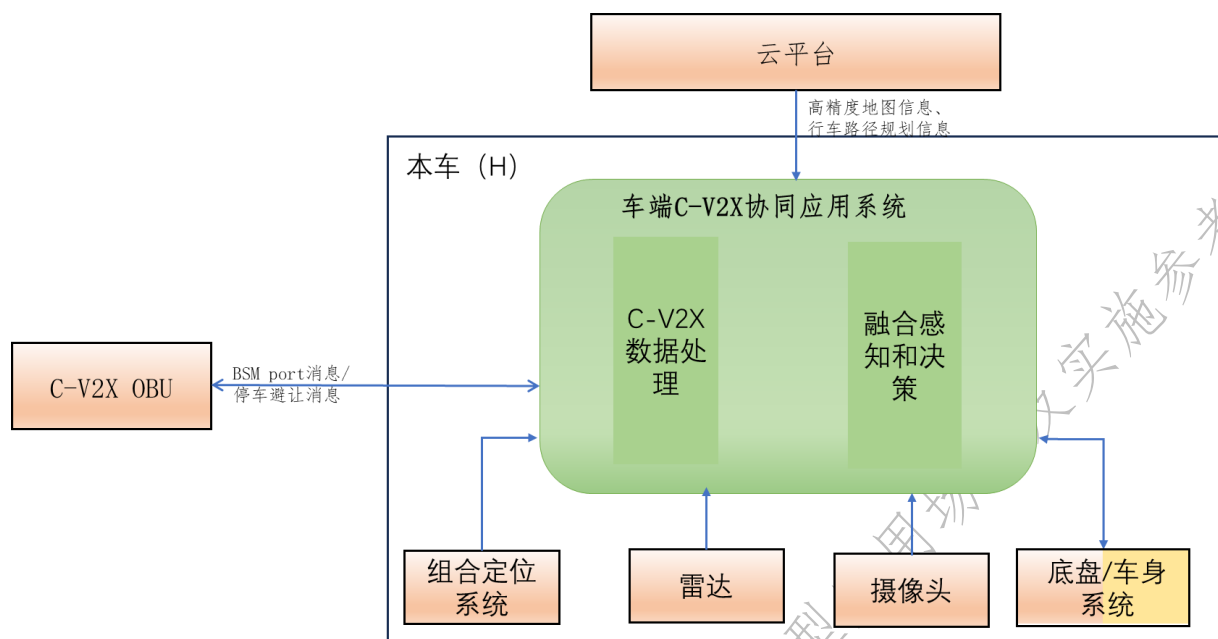


图4-37 智慧港口V2V防碰撞场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

智慧港口V2V防碰撞场景的系统间信息交互流程如图4-38所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

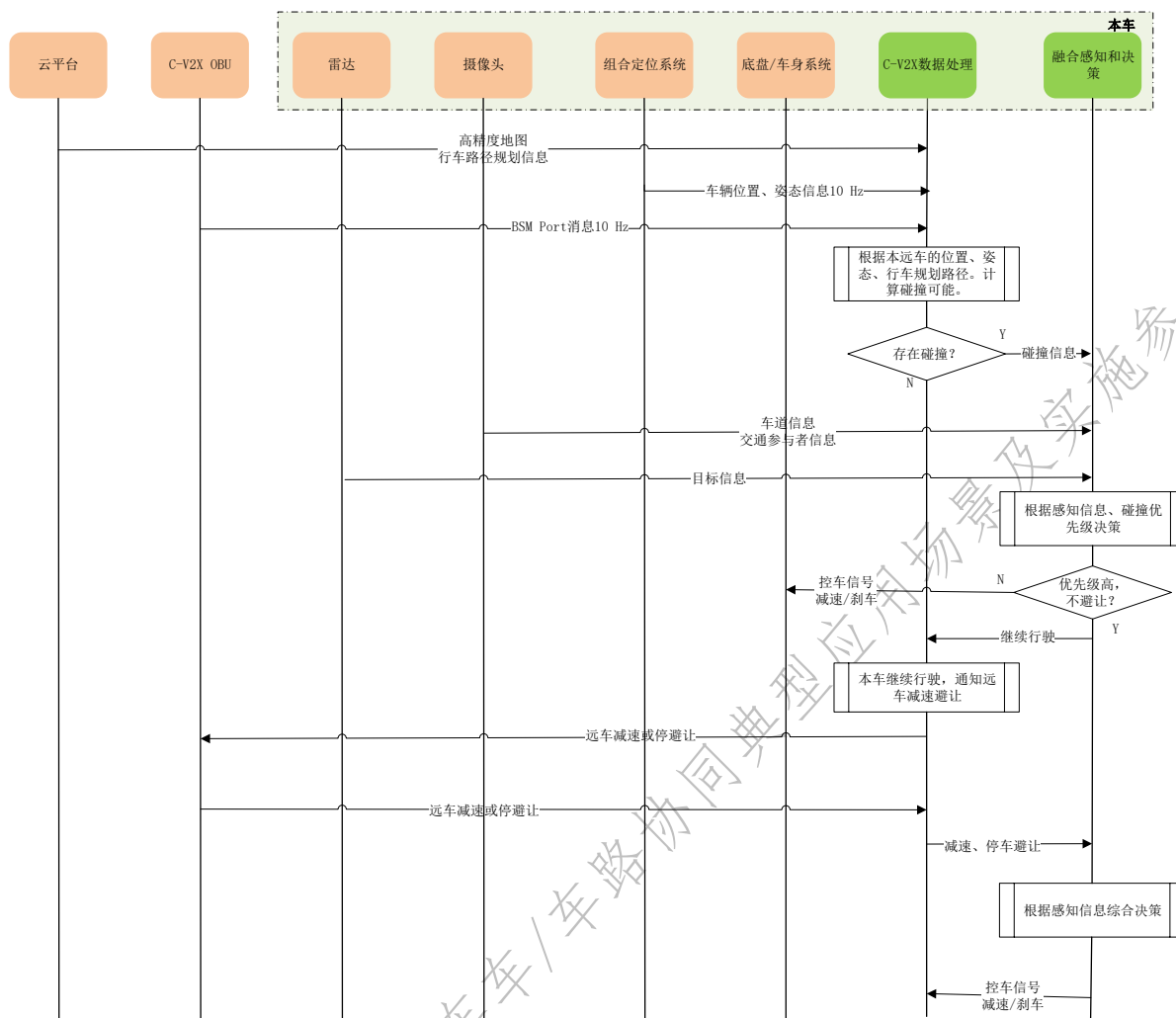


图4-38 智慧港口V2V防碰撞场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

假设一辆集卡HV于径路直行进入堆场，另一辆集卡RV于堆场左转进入其他堆场，HV和RV通过C-V2X PC5消息，获知对方的位置、车速、行车规划路径等。基于双方车辆的信息，判断出存在碰撞风险。根据避让优先级，HV直行行驶优先级比RV高，则HV直行，并建议RV减速或停车让行。RV收到“减速、停车避让指令”后，则停车避让，HV以原速度继续行驶通过路口。具体功能效果如图4-39所示。

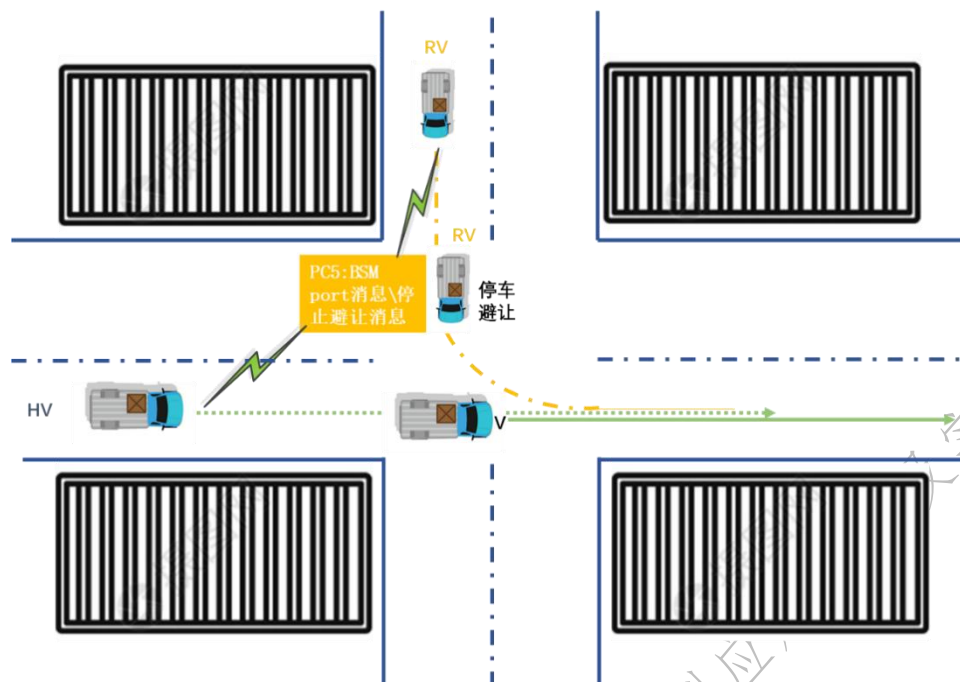


图4-39 智慧港口V2V防碰撞场景的功能效果图

4.14 矿区车挖协同装载作业场景及实施参考

4.14.1 场景定义

在矿区场景，无人矿车（具备L4自动驾驶能力）车辆之间在矿区通行时，会用到前述通用的V2V碰撞预警、交通信号灯上车、闯红灯预警、C-AEB以及C-ACC等场景。同时，在装载区无人矿车与有人驾驶的挖机需要配合进行协同装载作业。

无人矿车能够通过C-V2X直连通信与挖机进行通信。挖机手（司机）通过人机交互设备标注装载位信息，并通过C-V2X OBU设备广播给无人矿车。无人矿车收到装载位信息后自动进入装载位待装，并告知挖机已就位。挖机手在矿车就位后开始人工装料，装载完成后通过人机交互设备点击装载完成，通过C-V2X OBU设备告知无人矿车，无人矿车收到消息后自动离场。

4.14.2 适用范围

该场景适用于露天矿区等封闭区域。

4.14.3 场景功能点

在传统的基于人工或单车智能作业基础上，基于C-V2X技术的车挖协同装载功能通过C-V2X直连通信、快速高效的进行装载和离场信息的交互。使无人矿车能够更及时稳定地进行装载和离场作业，避免由于4G/5G通信网络波动或中断导致的作业不连续问题。

具体的规则建议如下：

- 1) 挖机手通过人机交互终端标注合适的装载位，将装载位ID、位置、朝向角、长宽高等信息通过C-V2X OBU设备广播给待装的无人矿车，同时可以通过唯一身份ID指定特定的无人矿车进行响应。
- 2) 无人矿车C-V2X OBU在接收到挖机的装载信息后，根据唯一身份ID判断是否需要本车响应。若需要响应，则将信息传递给自动驾驶域进行决策，控制车辆驶入装载位等待装载，同时发送就位信息告知挖机。
- 3) 挖机收到矿车的就位信息后，通过HMI告知挖机手开始装料。
- 4) 挖机手装料完成后，通过HMI点击离场按钮，发送离场指令告知矿车装载完成，矿车自动驾驶规划轨迹离开装载位。

4.14.4 基本性能要求

- 1) 车挖协同消息（装载信息、离场信息、就位信息）广播频率 $\geq 1\text{Hz}$ ，信息传输平均时延在30 ms以内，传输距离 $\geq 150\text{ m}$ ；
- 2) 无人矿车定位信息采集频率 $\geq 10\text{ Hz}$ ，偏差1.5 m之内占比95%以上；
- 3) 满足车车传输安全要求。

4.14.5 数据输入/输出

- 1) 数据输入：挖机手人工标注装载位信息（包括装载位ID、坐标、朝向、长宽高等），离场按钮（挖机手点击）；
- 2) 数据输出：无人矿车就位消息、装载动作或离场动作。

4.14.6 功能模块设计

1) 场景功能模块

车挖协同装载作业场景的功能模块如图4-40所示。其中：

- ✓ 输入系统：包括挖机手，无人矿车的组合定位系统、摄像头、雷达以及底盘/车身系统，用橙色模块标识；
- ✓ 车端C-V2X协同应用系统，用绿色模块标识。其中
 - 挖机：负责C-V2X数据处理，发送和接收装载信息、离场信息、就位信息；
 - 无人矿车：负责接收挖机的装载信离场信息并做出决策和控车动作，负责在车辆到达指定装载位后发送就位信息；
- ✓ 输出系统：挖机-HMI，无人矿车-底盘/车身系统，用黄色模块标识。

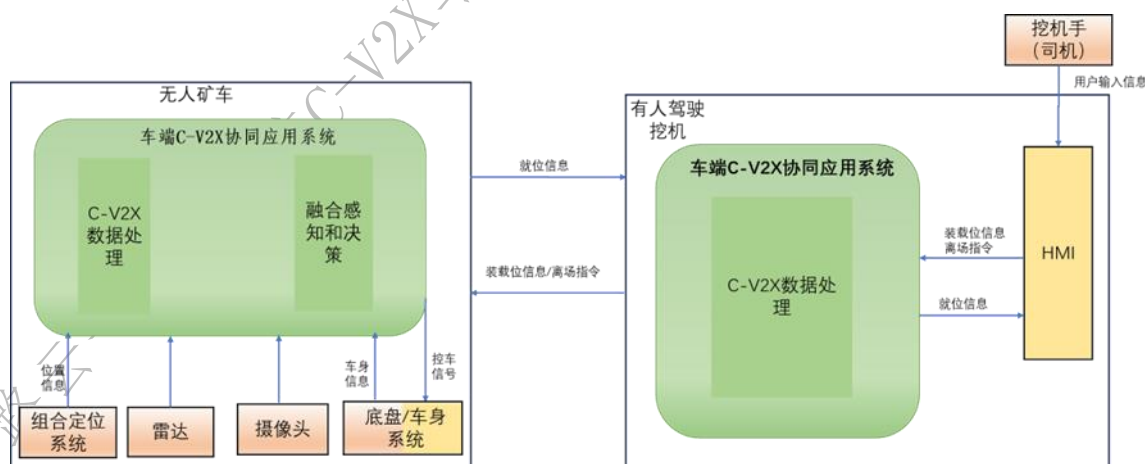


图4-40 矿区车挖协同装载作业场景的功能模块图

2) 系统间信息流程图

矿区车挖协同装载作业场景的系统间信息交互流程如图4-41所示，主要描述不同系统间的信息交互内容，以及车端C-V2X协同应用系统的处理流程。

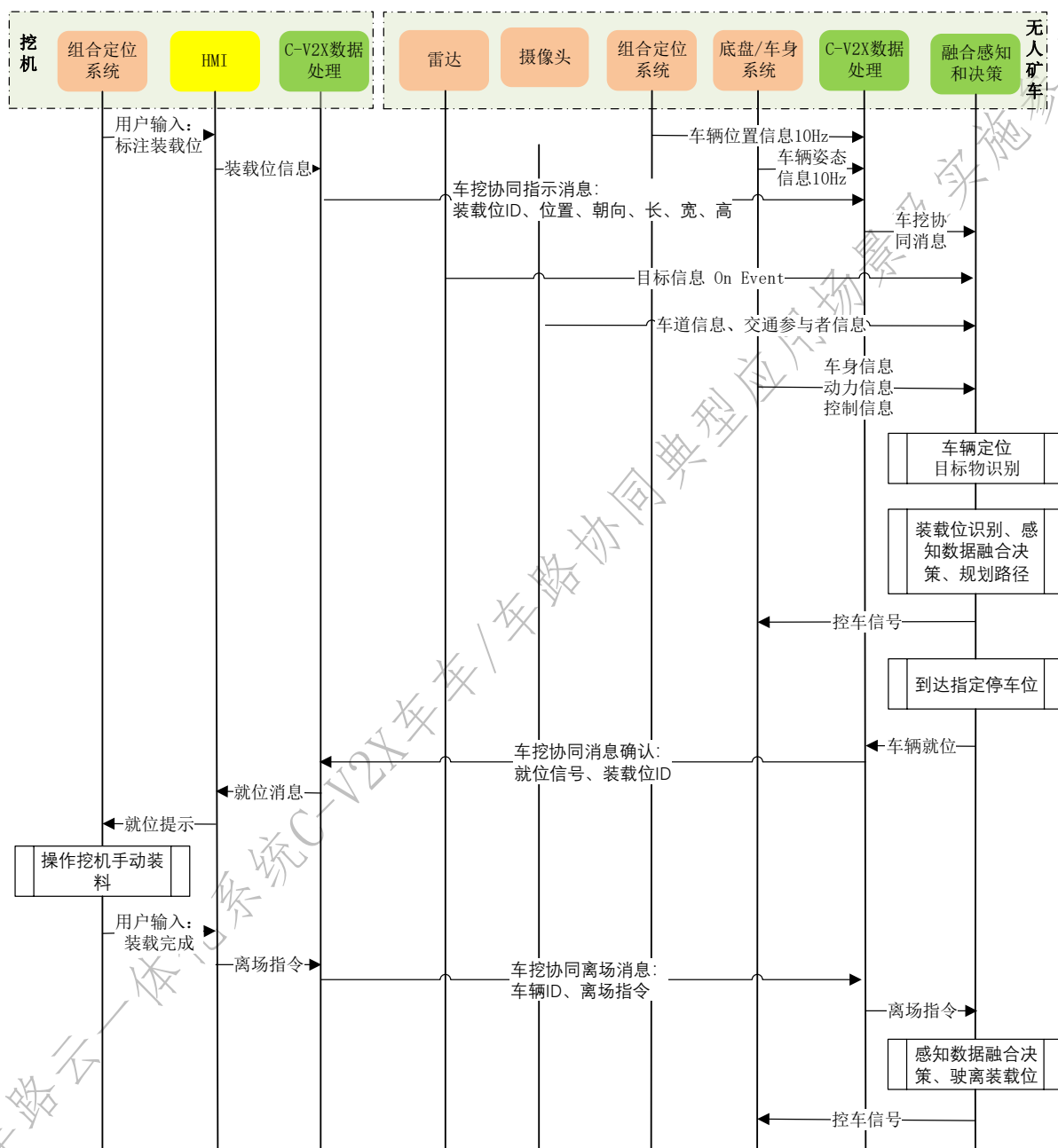


图4-41 矿区车挖协同装载作业场景的系统间信息流图

3) 场景功能效果图

挖掘机标定装载位并广播装载信息，无人矿车收到挖机发送的装载信息（包含装载位坐标、朝向等信息），无人矿车自动驾驶域结合本车状态、定位、地图等信息做出决策，规划行驶路径至装载位并发出就位信息等待装载，挖掘机在收到就位通知后开始装载。装载完成后，挖掘机点击装载完成，挖机 C-V2X OBU 向无人矿车发出离场信号，无人矿车规划离场路径并离场。具体功能效果如图 4-42 所示。

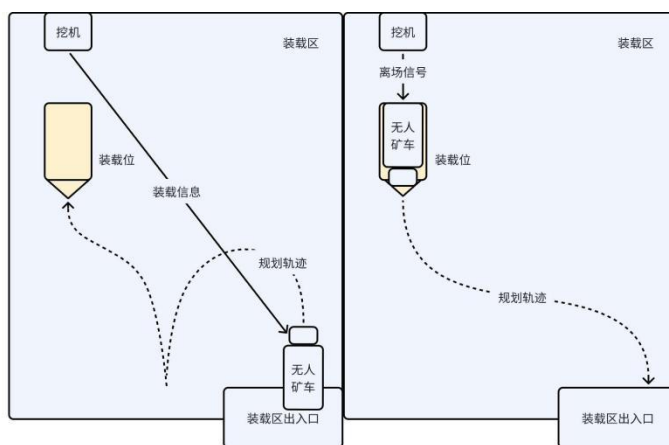


图4-42 矿区车挖协同装载作业场景的功能效果图

5 总结

2024 年 7 月，工业和信息化部、公安部、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部等五部门组织开展智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市公布，20 个试点城市入选，试点工作将进一步推进车路云一体化产业发展，加速规模化落地。随着车路云一体化建设的快速推进，C-V2X 车车/车路协同的应用场景将大量涌现。

本文围绕车车/车路系统典型应用场景，针对其全生命周期的开发与迭代需求，以14个车车/车路协同应用场景为驱动进行场景定义、功能点说明、性能要求分析以及功能模块设计，为智能网联汽车的车端实现及智能网联路侧设施建设提供参考。这些设计充分考虑各场景的特点和需求，确保系统能够在各种复杂环境中稳定运行。通过典型场景的落地实施，进一步推动智能网联汽车应用落地，加速推进车路云一体化及我国智能网联汽车产业发展。

未来，随着技术的不断创新和政策的持续支持，我国车联网产业将迎来更广阔的发展前景。汽车、交通、通信等行业高校、研究机构可以通过本报告获得技术和产业发展的重要参考，政府部门可以利用本报告的分析和建议，制定更加科学合理的政策，推动车联网产业的健康发展。

总的来说，我国车联网产业已经具备了良好的发展基础和广阔的应用前景。通过持续的技术创新、政策支持和产业协同，我国有望在全球车联网及智能网联汽车产业中继续保持领先地位，为智慧交通和智能网联汽车的发展做出更大贡献。

版权声明

本文版权属于移动通信及车联网国家工程研究中心，转载、摘编或利用其它方式使用本文的文字或者观点的，请注明“来源：移动通信及车联网国家工程研究中心”。

引用格式

陈山枝等，《车路云一体化系统C-V2X车车/车路协同典型应用场景及实施参考》，移动通信及车联网国家工程研究中心等，2024年10月。