

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号



上海市地方标准

DB 31/T XXXX—XXXX

基于多传感器的路侧融合感知系统技术规范

Technical specification of roadside fusion perception systems based on multiple sensors

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

上海市市场监督管理局 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	1
4 符号和缩略语	2
5 系统总体要求	2
6 系统整体架构	3
7 技术要求	4
8 设备部署要求	11
9 运维要求	12
10 测试方法	13
附 录 A (规范性) 应用场景	15
附 录 B (规范性) 设备设施要求	30
附 录 C (规范性) 设备部署建设配置要求	36
附 录 D (规范性) 交通事件类型说明	37
参 考 文 献	38

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这些专利的责任。

本文件由上海市交通委员会提出。

本文件由上海市智能交通标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：上海国际汽车城(集团)有限公司、同济大学、兆边(上海)科技有限公司、上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司、上海滴滴沃芽科技有限公司、上海淞泓智能汽车科技有限公司、北京觉非科技有限公司、零束科技有限公司、图达通智能科技(苏州)有限公司、中电科数智科技有限公司、上海电科智能系统股份有限公司、上海临港同济大学智慧科技研究院、上海金桥智能网联汽车发展有限公司、北京百度智行科技有限公司、中国联合网络通信有限公司上海市嘉定区分公司、新华三集团、上海禾赛科技有限公司、上海智能网联汽车技术中心有限公司、上海燧原科技有限公司、浙江海康智联科技有限公司、上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司、百度智行科技(上海)有限公司、联通(上海)产业互联网有限公司、中船杰瑞科技(上海)有限公司、智能汽车创新发展平台(上海)有限公司。

本文件主要起草人：

基于多传感器的路侧融合感知系统技术规范

1 范围

本文件规定了基于多传感器的路侧融合感知系统的系统总体要求、系统整体架构、技术要求、设备部署要求、运维要求、测试方法等内容。

本文件适用于新建、改（扩）建高速公路、快速路和城市地面道路的路侧融合感知系统的设计和建设。

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 24726-2021 交通信息采集 视频交通流检测器

GB/T 28181-2022 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求

GB/T 28649-2012 机动车号牌自动识别系统

GB/T 28789-2012 视频交通事件检测器

GB/T 29100-2012 道路交通信息服务 交通事件分类与编码

GB/T 51286-2018 城市道路工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

横向定位精度 horizontal positioning precision

在感知范围内与特定时间内，路侧感知系统对所感知到的所有交通参与者中心点的横向（路段上为垂直于道路方向，交叉口内部为垂直于车辆行驶方向）位置检测值与真值（真值系统生成数据）之间在局部平面坐标系下的平均绝对误差。

3.2

纵向定位精度 longitudinal positioning precision

在感知范围内与特定时间内，路侧感知系统对所感知到的所有交通参与者中心点的纵向（路段上为平行于道路方向，交叉口内部为平行于车辆行驶方向）位置检测值与真值（真值系统生成数据）之间在局部平面坐标系下的平均绝对误差。

3.3

真值系统 truth system

由数据采集模块、离线处理模块、惯性组合导航系统、固定基准站、移动基准站其中的一种或几种组成真值系统，系统在采集数据的同时，可以对数据进行高效处理，生成可靠性高于被测系统的数据（真值），用于评测被测系统的性能。

3.4

待测系统 system under test

被用于测试的路侧融合感知系统，包括路侧传感器、路侧计算设施等设备。

3.5

上行链路 uplink

路侧融合感知系统进行融合感知前的数据采集输入，由路侧传感器、路侧通信设备等到路侧计算设施的数据传输链路。

3.6

下行链路 downlink

路侧融合感知系统进行融合感知后的结果输出，由路侧计算设施到云控平台、路侧通信设备等的数据传输链路。

3.7

一般报警事件 general alarm event

依据对整个融合感知系统及其业务数据的危害或者影响程度，划分异常报警等级，其中不影响各服务正常工作，但影响使用效果或增加了业务中断风险的情况的事件为一般报警事件。

3.8

严重报警事件 critical alarm event

依据对整个融合感知系统及其业务数据的危害或者影响程度，划分异常报警等级，其中导致系统各服务中断或不稳定，对业务开展造成重大影响的情况的事件为严重报警事件。

4 符号和缩略语

下列缩略语适用于本文件。

API: 应用程序编程接口 (Application Programming Interface)

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

EUHT: 增强型超高吞吐 (Enhanced Ultra-High Throughput)

HV: 主车 (Host Vehicle)

MAP: 地图 (Map)

OTA: 空中升级 (Over-The-Air)

PC5: 车辆到车辆通信 (PC5 Vehicle-to-Vehicle Communication)

UTC: 世界时间标准 (Coordinated Universal Time)

RSI: 路口状态信息 (Roadside Infrastructure)

RSM: 路口状态管理 (Roadside Management)

RTK: 实时差分定位 (Real-Time Kinematic)

RV: 远车 (Remote Vehicle)

SDK: 软件开发工具包 (Software Development Kit)

SPAT: 信号机相位和配时信息 (Signal Phase and Timing)

5 系统总体要求

5.1 系统基本要求

融合感知系统应具备可搭载感知、应用等算法的基础环境，汇集各类传感器信息输出融合感知结果的能力，提供协议对接、融合感知结果输出、应用算法SDK服务、运行监测、OTA服务及公共数据服务，具体如下：

- a) 应提供与路侧传感器、路侧通信设备、云控平台等的统一协议接口服务；
- b) 提供融合感知结果输出服务，支持输出交通流信息、交通参与者信息及交通事件信息；
- c) 宜提供应用算法 SDK 服务，支持通过 API 访问系统底层功能，包括本地独立储存空间功能，应用配置热更新及自动响应、自定义运行指标上报等元信息交互，数据流录制功能；
- d) 宜提供远程监控、故障诊断运行检测及相应算法的日志储存、即时告警、应用崩溃内存转储等运行监测；
- e) 宜提供 OTA 服务，可进行批量 OTA 操作，包括应用增删启停、配置参数更新等；
- f) 宜提供应用模块的运行状态、SSL 证书、外接设备状态、系统级配置和环境信息等公共数据服务。

5.2 系统稳定性

融合感知系统应具备高度稳定性：

- a) 应支持在满足各设备要求环境下正常运行，并能够处理来自多个路侧传感器的数据；
- b) 应支持故障恢复机制及降级运行机制，能够及时发现和处理路侧传感器故障或其他系统故障，确保系统的连续可用性。

5.3 系统可维护性

融合感知系统应具备系统可维护性，具体如下：

- a) 应支持远程配置路侧传感器和算法模块，支持系统级与模块级的远程升级；
- b) 应支持版本控制机制，跟踪和管理系统的代码变更。

5.4 系统可扩展性

融合感知系统应具备良好可扩展性：

- a) 应支持增加或减少计算资源，灵活适应不同规模和复杂度的道路网络；
- b) 应支持新增路侧传感器、路侧通信设备等以满足用户需求和环境变化。

5.5 系统安全性

融合感知系统应具备数据隐私保护机制，确保采集的数据不被未经授权的人员获取和滥用。防止网络攻击和恶意干扰的能力，保障系统的运行稳定和可靠性。

6 系统整体架构

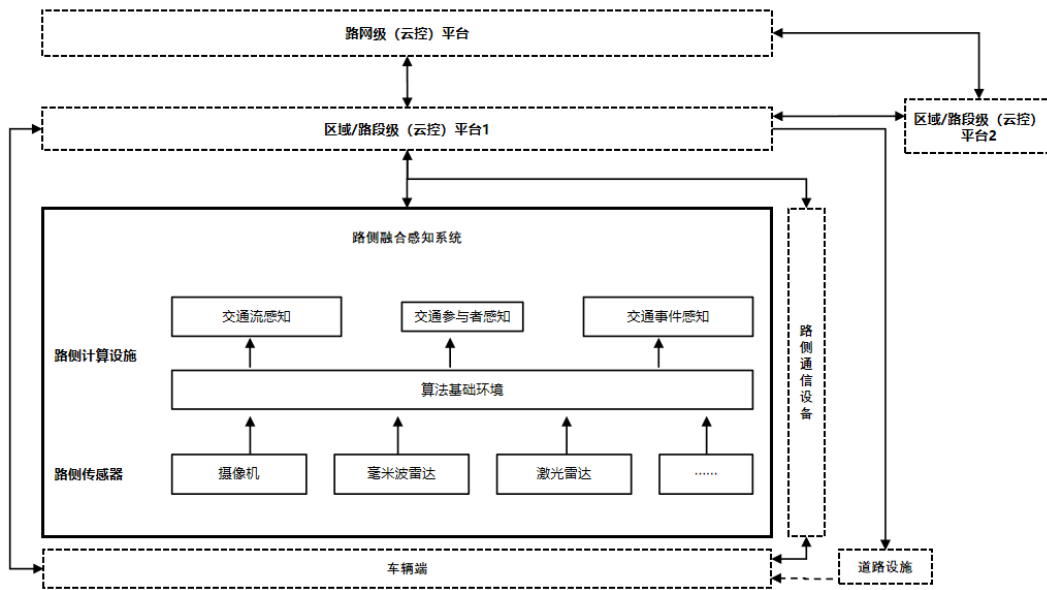


图1 基于多传感器的路侧融合感知系统整体架构

基于多传感器的路侧融合感知系统整体架构如图 1所示，系统应包括路侧传感器、路侧计算设施等主要模块。路侧计算设施统筹各类路侧传感器，接入路侧传感器实时采集信息，基于算法基础环境进行交通流感知、交通参与者感知及交通事件感知，输出感知结果至区域/路段级（云控）平台，平台同时汇聚同级平台及路网级（云控）平台数据，云控平台向信号灯、可变情报板等道路设施下发管控信息，直接向车辆端下发或通过路侧通信设备下发感知结果或决策信息，支撑应用场景实现。

7 技术要求

7.1 等级划分原则

7.1.1 基于多传感器的路侧融合感知系统等级宜依据系统信息化、智能化、协同化程度进行定级。

7.1.2 系统等级功能要求宜符合《城市智慧道路建设技术指南》《智慧高速公路建设技术规范》的各等级要求。

7.2 功能等级划分

基于多传感器的路侧融合感知系统宜划分为三个功能等级，精细化程度及覆盖范围逐步提升，依次为基础感知(T1)、精细感知(T2)、精准感知(T3)。

7.2.1 基础感知(T1)

满足该等级的路侧融合感知系统指标，可支持相应数据统计及道路管控策略制定，符合《城市智慧道路建设技术指南》《智慧高速公路建设技术规范》的L1、L2等级要求：

- 支持集计感知数据统计，包括流量、车速、密度等交通流运行参数；
- 支持依据路侧感知信息优化道路管控策略，包括信号控制方案、限速信息、车道功能等，主要服务于信号优化建议、公交信号优先、主线可变限速、匝道控制优化、动态车道管控等智慧交通场景。

7.2.2 精细感知(T2)

满足该等级的路侧融合感知系统指标，可支持相应数据统计及车辆感知补充与辅助驾驶，符合《城市智慧道路建设技术指南》《智慧高速公路建设技术规范》的L3等级要求：

- 支持获取车辆轨迹个体级感知数据及集计感知数据统计；
- 支持为车辆提供超视距实时道路信息及建议车速、建议车道、建议路径等信息，辅助车辆进行决策信息制定，主要服务于左转预警、变道预警、异常车辆提醒、闯红灯预警、弱势交通参与者预警、路侧碰撞预警、路侧协作式行驶、路侧协作式匝道汇入等辅助驾驶场景。

7.2.3 精准感知(T3)

满足该等级的路侧融合感知系统指标，可支持相应数据统计及协同管控决策制定，符合《城市智慧道路建设技术指南》《智慧高速公路建设技术规范》的L4等级要求：

- 支持获取车辆轨迹个体级感知数据及集计感知数据统计；
- 支持结合车辆及路侧感知信息为个体智能车辆提供建议轨迹参考点等协同管控决策信息，主要服务于路侧协作式交叉口通行、车辆编队驾驶引导等协同决策场景。

7.3 有效感知范围

不同道路环境具备不同感知范围需求，在无遮挡等理想环境下，有效感知范围基本原则见表1。

表1 有效感知范围基本原则表

道路环境		各功能等级对应原则		
		T1	T2	T3
城市道路	交叉口	交叉口外部进/出口道,检测距离以停止线为起点,沿车道方向延伸,不小于100m。(见图 2)	交叉口内部及进口道实线部分。(见图 3)	同T2
	主路段	重要路段,检测范围覆盖所有机动车道。(见图 4)	重要路段,检测范围覆盖所有机动车道、非机动车道及人行道。(见图 5)	重要路段,检测范围覆盖所有机动车道、非机动车道及人行道。(见图 5)
快速路、高速公路	立交/匝道	立交/匝道出入口,检测范围覆盖所有机动车道,检测距离以合分流端点为起点,沿主路及匝道来车方向延伸,不小于80m。(见图 6)	同T1	同T1
	主路段	-	重要路段,检测范围覆盖所有机动车道含应急车道。(见图 7)	同T2
特殊出入口	服务区、厂区及港口	-	重要出入口,检测范围覆盖出入口所有区域,检测距离以出入口为起点,延伸至主路。	同T2
特殊路段	桥梁、隧道	-	重要桥梁/隧道内,检测范围覆盖所有机动车道含应急车道、非机动车道、人行道。	同T2

注：“-”表示不做要求，其中交叉口内部指各进口道停止线围成的内部区域；重要路段指交通事故多发、易拥堵等区段；重要出入口指物流运输通道、人流集散通道等出入口；重要桥梁/隧道指交通运输部规定的“三特”（特大、特殊结构、特别重要）桥梁以及长隧道、特长隧道。

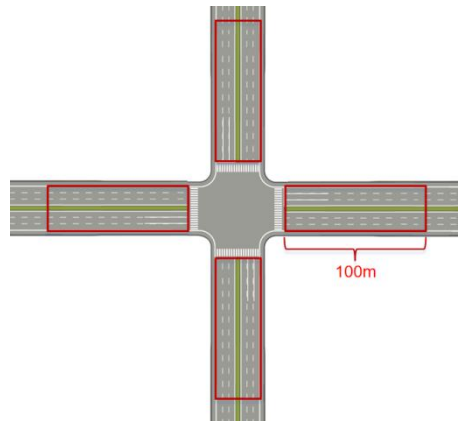


图2 有效感知范围-城市道路交叉口 T1 等级

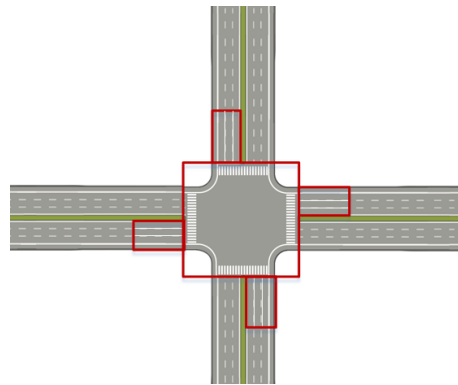


图3 有效感知范围-城市道路交叉口 T2 及以上等级

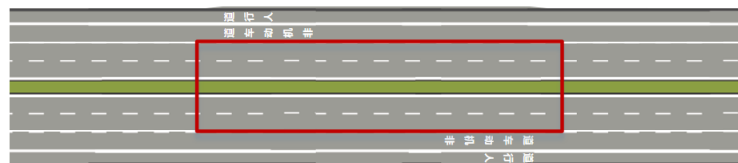


图4 有效感知范围-城市道路主路段 T1 等级

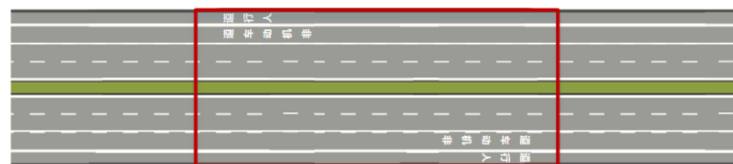


图5 有效感知范围-城市道路主路段 T2 及以上等级

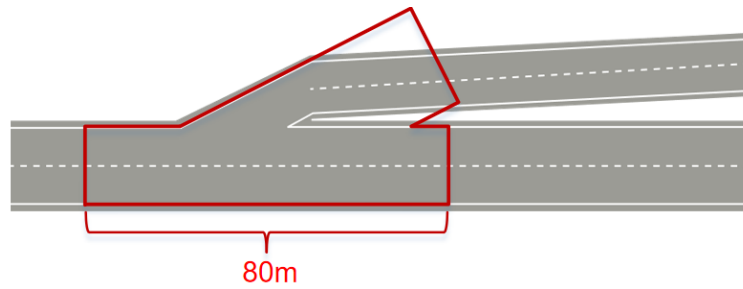


图6 有效感知范围-快速路、高速公路立交/匝道出入口

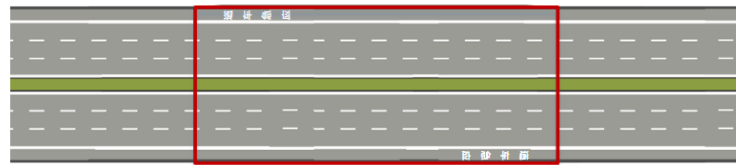


图7 有效感知范围-快速路、高速公路主路段

7.4 通信网络环境

通信网络环境要求如下：

- a) 路侧计算设施和路侧传感器等设备宜采用光纤等有限传输方式接入云控平台，且保留通过 5G 等无线传输方式回传能力；
- b) 路侧通信设备、云控平台与车辆端的数据传输宜采用 C-V2X、EUHT、5G 等无线传输方式。

7.5 功能要求

7.5.1 基础功能要求

7.5.1.1 空间坐标系

融合感知系统空间坐标系应采用WGS-84坐标系。

7.5.1.2 多传感器联合标定

应对路侧传感器的内外参数进行联合标定较准，同时保障路侧传感器安装位置刚性固定，运营周期内设备姿态变化应不影响感知精度，否则应二次固定并重新标定。

7.5.1.3 设备授时和路侧传感器同步

路侧计算设施和路侧传感器等设备应支持同步UTC时间，并进行统一授时。路侧融合感知系统时间与UTC时间误差要求为：

- a) 面对 T2 级别及以下网联车辆或普通车辆预警提醒的，误差应不超过 50ms；
- b) 面向 T3 级别及以上自动驾驶车辆辅助感知决策的，误差应不超过 10ms。

7.5.1.4 感知数据输出

应支持在雨雾天气、大风、夜间、强光照等场景下稳定输出交通流、交通参与者、交通事件感知数据。

7.5.2 交通流感知功能要求

应具备检测车道流量、转向流量、平均车速、空间占有率、时间占有率、排队长度、排队车辆数、车头时距等交通流感知功能。

7.5.3 交通参与者感知功能要求

7.5.3.1 交通参与者属性特征感知功能要求

应具备检测交通参与者属性特征功能，应包括交通参与者类型及尺寸信息，具体等级要求见表2。

表2 交通参与者属性特征感知功能要求

信息类别		各等级对应要求		
		T1	T2	T3
交通参与者类型	机动车	★	★	★
	非机动车	☆	★	★
	行人	☆	★	★
	障碍物	☆	☆	★
交通参与者尺寸信息		★	★	★
注：“★”表示应具备功能，“☆”表示宜具备功能。其中障碍物包括锥筒、三角警示牌、动物、纸箱等。				

7.5.3.2 交通参与者运动特征感知功能要求

应具备检测交通参与者运动特征功能，应包括位置、速度、加速度、航向角、目标跟踪时长、机动车历史轨迹及路径预测的相关信息，具体等级要求见表3。

表3 交通参与者运动特征感知功能要求

信息类别	各等级对应要求			
	T1	T2	T3	
经纬度	★	★	★	
位置置信度	☆	★	★	
速度	★	★	★	
速度置信度	☆	★	★	
加速度	☆	★	★	
加速度置信度	☆	★	★	
航向角	★	★	★	
航向角置信度	☆	★	★	
目标跟踪时长	☆	★	★	
机动车历史轨迹	☆	☆	★	
机动车路径预测	☆	☆	☆	
注：“★”表示应具备功能，“☆”表示宜具备功能。				

7.5.4 交通事件感知功能要求

路侧融合感知系统应实现对常见道路交通事件进行检测，参考当前国标GB/T 29100-2012中第7章交通事件分类，制定检测原则如下：

- a) 交通事件类型应包括交通拥堵、应急车道停车/行驶、超速/低速行驶、行人或非机动车闯入、车辆逆行、异常停车、道路施工、其他自定义事件，要求见表 4。
- b) 宜输出交通事件感知结果信息，包括交通事件类型，事件位置，事件所在车道、事件影响区域、事件持续时间、事件优先级、事件涉及的交通参与者信息。

表4 交通事件感知功能要求

可检测交通事件类型	各等级对应要求		
	T1	T2	T3
交通拥堵	★	★	★
应急车道停车/行驶	☆	★	★
超速/低速行驶	☆	★	★
行人或非机动车闯入	☆	★	★
车辆逆行	☆	★	★
异常停车	☆	★	★
道路施工	☆	☆	★
其他自定义事件	☆	☆	☆

注：“★”表示应具备功能，“☆”表示宜具备功能，其中交通事件类型说明见附录D。

7.6 性能要求

7.6.1 基础性能要求

基础感知性能指标应不低于表5中的要求。

表5 基础性能要求

性能指标	各等级对应要求		
	T1	T2	T3
系统感知时延	≤300ms	≤150ms	≤100ms
数据更新频率	≥1Hz	≥10Hz	≥10Hz

注：系统感知时延为从事件发生到融合计算处理输出结果数据的时长。

7.6.2 交通流感知性能要求

要求交通流感知性能指标应不低于表6中的要求。

表6 交通流感知性能要求

性能指标	各等级对应要求		
	T1	T2	T3
交通流感知精度	80%	90%	96%

注：平均车速计算准确率、时间占有率、排队长度、排队车辆数、车头时距指标要求参考GB/T 24726-2021中4.3.1节。

7.6.3 交通参与者感知性能要求

7.6.3.1 交通参与者属性特征性能要求

路侧融合感知系统应实现行人/车辆/非机动车的目标检测和分类。感知范围内感知能力不低于表7中的要求。

表7 交通参与者属性特征性能要求

性能指标		各等级对应要求			
		T1	T2	T3	
目标识别召回率	机动车	≥85%	≥95%	≥96%	
	非机动车	-	≥85%	≥95%	
	行人	-	≥85%	≥95%	
	障碍物	-	-	≥80%	
目标识别准确率	机动车	≥90%	≥95%	≥98%	
	非机动车	-	≥90%	≥96%	
	行人	-	≥90%	≥96%	
	障碍物	-	-	≥90%	
交通参与者尺寸	机动车	小客车	≤3m	≤0.5m	≤0.3m
		大型客车	≤5m	≤1m	≤0.4m
		铰链客车	≤5m	≤1m	≤0.5m
	非机动车	-	≤1.5m	≤0.5m	
	行人	-	≤1.5m	≤0.5m	
	障碍物	-	-	≤0.5m	

注：“-”表示不做要求，数据依据GB/T 28649-2012中4.4、相关实验与产业调研。其中，小客车、大型客车、铰链客车应符合GB/T 51286-2018中3.1.3的规定。

7.6.3.2 交通参与者运动特征性能要求

路侧融合感知系统应实现感知目标的高精度定位结果输出。感知范围内定位精度不低于表8中的要求。

表8 交通参与者运动特征性能要求

性能指标		各等级对应要求		
		T1	T2	T3
横向定位精度	机动车	≤50cm	≤40cm	≤30cm
	非机动车	-	≤50cm	≤30cm
	行人	-	≤50cm	≤30cm
	障碍物	-	-	≤40cm
纵向定位精度	机动车	≤150cm	≤100cm	≤50cm
	非机动车	-	≤100cm	≤50cm
	行人	-	≤100cm	≤50cm

性能指标		各等级对应要求		
		T1	T2	T3
	障碍物	-	-	≤50cm
运动目标速度精度	机动车	≤5km/h	≤2.5km/h	≤1km/h
	非机动车	-	≤3.6km/h	≤1.8km/h
	行人	-	≤3.6km/h	≤1.8km/h
	障碍物	-	-	-
机动车航向角精度	直行	≤5°	≤3°	≤2.5°
	转弯	≤7.5°	≤5°	≤3°

注：“-”表示不做要求，数据依据相关实验与产业调研。

7.6.4 交通事件感知性能要求

路侧融合感知系统对常见道路交通事件进行检测，应不低于表9中要求。

表9 交通事件感知性能要求

性能指标	各等级对应要求		
	T1	T2	T3
事件召回率	85%	95%	96%
准确率	85%	90%	95%

注：数据依据相关实验与产业调研。

8 设备部署要求

8.1 一般规定

路侧融合感知系统的设备部署应符合以下一般规定：

- 路侧融合感知系统应具有安全性、可靠性、开放性、扩充性和使用灵活性，做到技术先进，经济合理，实用可靠；
- 路侧融合感知系统的系统配置及设备选型应根据感知功能等级、行业管理要求、业务应用需求及工程投资规模等因素综合确定；
- 部署于城市道路及公路场景的路侧融合感知系统设备配置宜符合附录 C 的规定。

8.2 设备部署原则

8.2.1 布设选址

设备布设选址原则如下：

- 当多个路侧传感器建设点位相近或共杆安装时，应考虑点位合并、设备复用，确保覆盖目标检测区域且无遮挡；
- 在交通事故、拥堵多发的路段，应按实际需求确定路侧传感器的安装位置及数量；
- 在匝道、立交及弯道路段，可补充部署路侧通信设备，确保无信号覆盖盲区；

- d) 路侧通信设备的同频站点宜背靠背以减少同频干扰，应避免射频模块主瓣覆盖方向受金属物遮挡；
- e) 在重要十字路口、匝道、重点路段，可按需加密部署路侧传感器与路侧计算设施。

8.2.2 安装要求

设备部署安装要求如下：

- a) 路侧计算设施宜就近安装在综合箱内；
- b) 设备部署宜结合已有杆件共杆安装。

9 运维要求

9.1 智能化设备维护要求

智慧化运维管理功能要求如下：

- a) 应具备接入设备管理功能，包括新增接入设备、查询设备配置信息、删除或屏蔽设备、修改设备配置信息等基本功能；
- b) 应具备数据接入和存储能力，符合 9.2 节中规定的数据存储要求；
- c) 应具备实时监测与异常报警功能；
- d) 应具备路侧通信设备广播数据离线上传与离线数据质量分析功能；
- e) 应具备告警信息通过电子邮件、即时通信软件、短信等方式及时发布功能；
- f) 针对感知设备，应具备一定范围内的参数自动校正功能；
- g) 应具备原始业务数据查询，历史数据质量统计分析，报表结果自动生成与导出功能；
- h) 应具备运维工单管理功能，包括工单创建、查询、修改、删除以及多媒体格式文件上传等；
- i) 应具备用户添加、删除、角色权限管理等功能。

9.2 数据存储要求

数据存储要求如下：

- a) 各设备运维数据静态信息应永久存储，动态信息应至少存储 1 个月；
- b) 视频流应至少存储 30 天；
- c) 点云数据应至少存储 2 天；
- d) 毫米波雷达结构化数据、交通参与者感知数据、交通事件数据、交通流瞬时数据、交通流统计数据、SPAT 消息、MAP 消息、RSI 消息、RSM 消息等业务数据（结构化）应至少存储 7 天；
- e) 数据质量分析结果应至少存储 1 年。

9.3 数据质量维护要求

9.3.1 监测内容及要求

针对每类设备设施应实时监测数据质量，具体要求如下：

- a) 应支持对融合感知系统输出的交通流感知数据、交通参与者感知数据及交通事件感知数据进行实时监测；
- b) 应支持对通过 PC5 链路向车端广播 SPAT、MAP、RSI、RSM 等感知信息进行监测。

9.3.2 异常报警要求

异常报警宜划分为一般报警事件、严重报警事件两个等级，具体衡量指标宜按照实际情况制定，应根据监测结果实时评估每个点位的场景的可用性，并及时向车端发布：

- a) 对于一般报警等级的问题，宜降低数据置信度，并采用信息推送的方式告知车端；
- b) 对于严重报警等级的问题，应及时下线问题点位的相关应用场景，宜将相关信息推送至车端。

10 测试方法

10.1 一般要求

待测融合感知系统应包含路侧传感器、路侧计算设施等，应需在现场安装并标定好路侧传感器，保证可正常输出感知结果到路侧计算设施。路侧传感器数据应通过千兆交换网络传输给路侧计算设施。将感知结果数据接入路侧计算设施中，输出结果包括车辆的参与者类型、位置、速度、航向角等，按照固定格式生成文件保存，检测项目及输出指标宜参考表10。

表10 检测项目及输出指标

序号	检测项目	输出指标
1	基础性能	感知范围
2		感知延时
3		感知频率
4	交通参与者感知	目标识别
5		参与者尺寸
6		机动车定位精度
7		机动车速度精度
8		航向角偏差
9		目标轨迹跟踪成功率

10.2 测试项目

10.2.1 基础性能

10.2.1.1 感知范围

真值车辆驶入测试区域，待测系统记录真值车辆的轨迹数据Trdut，真值车辆记录自身的轨迹数据Trgt，用Trdut-Trgt计算得到待测系统时钟下的感知范围。

10.2.1.2 感知时延

真值车辆驶入测试区域，记录第一个感应到的路侧传感器曝光时间T0，将待测系统的感知输出时间记为T1，计算T1-T0得到待测系统的感知时延。

10.2.1.3 感知频率

对待测系统设定采样时间，在真值车辆驶入测试区域，记录采样时间内所有交通参与者感知消息帧的时间戳，对相邻两帧的时间进行差分，计算瞬时采样时间间隔。计算其中位数倒数为待测系统的感知频率。

10.2.2 交通参与者感知

10.2.2.1 目标识别

真值车辆驶入测试区域，收集待测系统在采样时间内生成的全部交通参与者感知消息帧，构建预测值样本空间，按照待测系统时钟，提取真值系统中的全部交通参与者感知消息帧，构建真实值样本空间。以一定距离作为阈值，计算正确识别的目标数与应被识别的目标数的比值为目标识别召回率；计算正确识别的目标数与系统预测的目标数的比值为目标识别准确率。其中，对于多个行人同时通行时，行人间距离在对应等级定位精度内的情况，可按一个行人统计。

10.2.2.2 参与者尺寸

真值车辆驶入测试区域，从待测系统提取真值车的轨迹数据以及每帧所对应的尺寸（长、宽、高）。基于轨迹数据中的时间戳，提取真值系统输出的连续交通参与者尺寸信息，计算对应点的尺寸误差。取样本均值为交通参与者尺寸精度。

10.2.2.3 机动车定位精度

真值车辆驶入测试区域，从待测系统提取真值车的轨迹数据以及每帧所对应的位置。按照不同距离进行测试数据提取，按照横向误差=感知算法（横向）-真值（横向），纵向误差=感知算法（纵向）-真值（纵向），进行机动车定位精度测算。

10.2.2.4 机动车速度精度

真值车辆驶入测试区域，从待测系统提取真值车的轨迹数据以及每帧所对应的速度。基于轨迹数据中的时间戳，提取真值系统输出的连续速度信息，计算对应点的速度误差。取样本均值为机动车速度检测精度。

10.2.2.5 航向角偏差

真值车辆驶入测试区域，从待测系统提取真值车的轨迹数据以及每帧所对应的航向。基于轨迹数据中的时间戳，提取真值系统输出的连续航向角信息。计算对应点的航向角误差，取样本均值为航向角偏差。

10.2.2.6 目标轨迹跟踪成功率

真值车辆驶入测试区域，收集待测系统在采样时间内生成的全部交通参与者感知消息帧，统计全部交通参与者数量M，统计全部交通参与者起始出现位置与消失位置落在检测区域边沿处的数量N，计算得到目标轨迹跟踪成功率= $N/M \times 100\%$ 。

附录 A (规范性) 应用场景

A.1 场景说明

本文件中应用场景分类及对应基础应用场景见表A.1。

表A.1 场景说明表

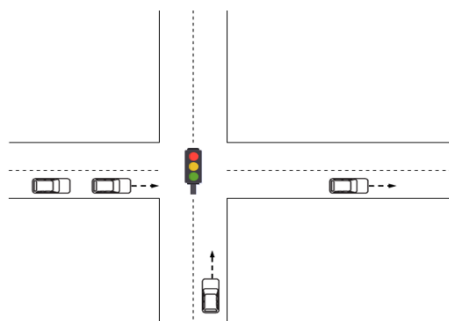
序号	应用场景分类	基础应用场景
1	智慧交通场景	信号优化建议
2		公交信号优先
3		主线可变限速
4		匝道控制优化
5		动态车道管控
6	辅助驾驶场景	左转预警
7		变道预警
8		异常车辆提醒
9		闯红灯预警
10		弱势交通参与者预警
11		路侧碰撞预警
12		路侧协作式行驶
13		路侧协作式匝道汇入
14	协同决策场景	路侧协作式交叉口通行
15		车辆编队驾驶引导

A.2 智慧交通场景

A.2.1 信号优化建议

A.2.1.1 基础场景描述

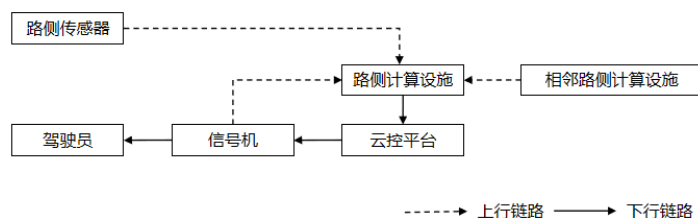
融合感知系统根据交通运行状态优化调整信号控制参数，达到较好的信号控制水平，提高交叉口通行效率，具体见图A.1。



图A.1 信号优化建议基础场景描述

A.2.1.2 基础数据链路

路侧传感器实时检测道路信息，路侧计算设施通过感知信息融合研判交通状态与控制情况，综合考虑周边节点交通需求水平与控制水平，制定信号控制信息输出发送至信号机改善信控水平，优化交叉口通行效率与排放，基础数据链路见图A.2。



图A.2 信号优化建议基础数据链路

A.2.1.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.2。

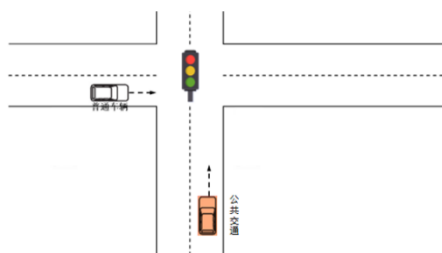
表A.2 信号优化建议结果输出

功能等级	结果输出
基础感知（T1）	单个路口信号优化方案
精细感知（T2）	当前及周边路口信号灯状态及时长、建议车速、车速引导
精准感知（T3）	建议轨迹参考点

A.2.2 公交信号优先

A.2.2.1 基础场景描述

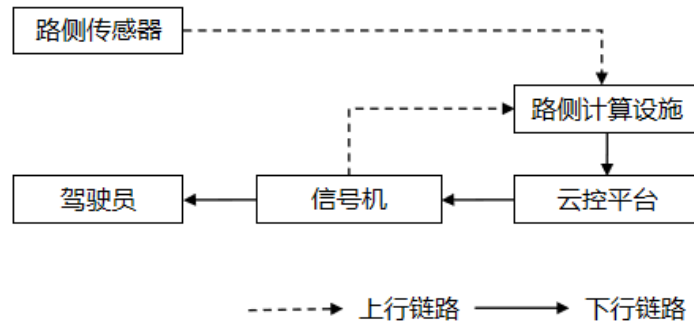
融合感知系统根据公交的到达情况，计算出合适的信号相位，为其提供优先通行便利，并提供交叉口距离信息、交叉口信号信息、建议车速等信息，具体见图A.3。



图A.3 公交信号优先基础场景描述

A.2.2.2 基础数据链路

路侧传感器实时检测道路及车辆信息，路侧计算设施通过感知信息融合研判交通状态，定位公交车辆，分析其所处车道、距离等信息，结合交叉口的红绿灯相位信息，调整红灯状态或延长绿灯时间，使公交快速通过，具体见图A.4。



图A.4 公交信号优先基础数据链路

A.2.2.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.3。

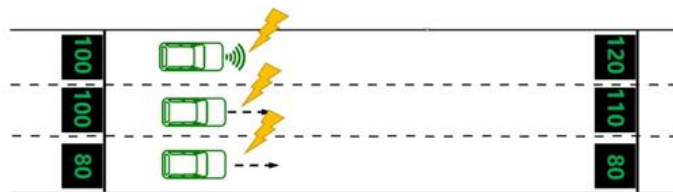
表A.3 公交信号优先结果输出

功能等级	结果输出
基础感知 (T1)	交叉口信号
精细感知 (T2)	交叉口信号、交叉口距离、建议车速、车速引导
精准感知 (T3)	建议轨迹参考点

A.2.3 主线可变限速

A.2.3.1 基础场景描述

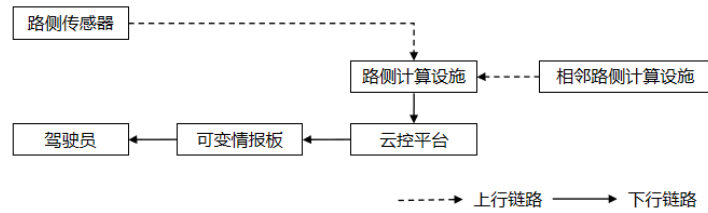
融合感知系统通过判断道路主线的综合交通运行状况（包括交通流量、交通车速等）是否存在运行安全风险或者运行效率优化，若存在时，应对主线的相关车辆进行诱导，提供建议的通行速度辅助车辆通行等信息，具体见图A.5。



图A.5 主线可变限速基础场景描述

A.2.3.2 基础数据链路

路侧传感器实时检测道路数据及车辆信息，路侧计算设施通过感知信息融合研判交通流状态，综合考虑道路限速范围与相邻节点限速值，制定一般性限速信息，并发送至可变情报板，引导车辆行驶速度，具体见图A.6。



图A.6 主线可变限速基础数据链路

A.2.3.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.4。

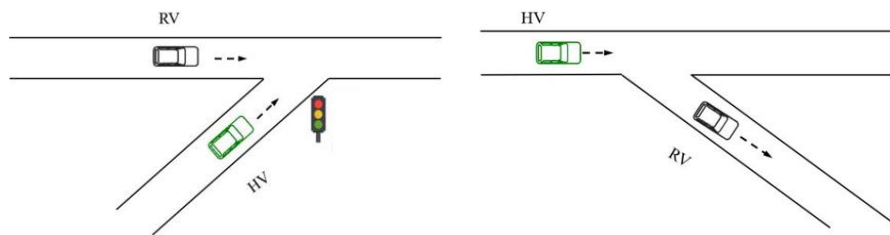
表A.4 主线可变限速结果输出

功能等级	结果输出
基础感知 (T1)	道路限速值
精细感知 (T2)	道路限速值、限速范围、建议车速、车速引导
精准感知 (T3)	建议轨迹参考点

A.2.4 匝道控制优化

A.2.4.1 基础场景描述

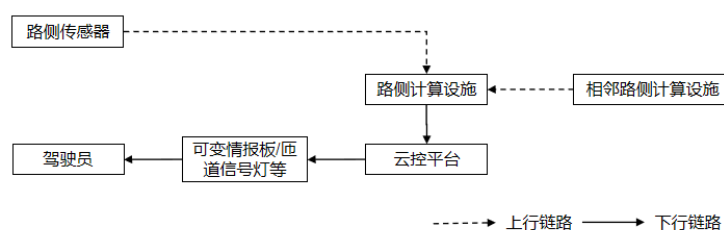
融合感知系统根据高速主线、匝道车辆运行信息，利用信号灯、信息情报板等告知车辆通行，实现平衡车道流量、主线车辆协调行驶、汇入间距管理、匝道车辆运行控制等，以降低汇入区事故率，提高车辆汇入效率和速度，提高车辆汇出的安全性，具体见图A.7。



图A.7 匝道控制优化基础场景描述

A.2.4.2 基础数据链路

路侧传感器实时检测道路及车辆信息，路侧计算设施通过感知信息融合获取汇入汇出车辆及周边车辆微观轨迹，考虑周边节点交通需求水平与控制水平，制定一般性引导信息，并发送至可变情报板、道钉等交通设施，为所有类型车辆服务，具体见图A.8。



图A.8 匝道控制优化基础数据链路

A.2.4.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.5。

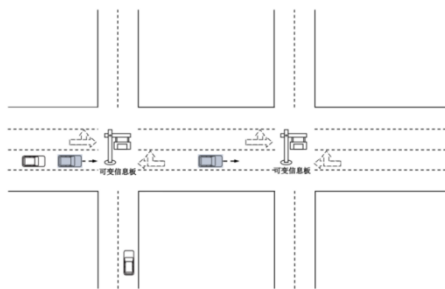
表A.5 匝道控制优化

功能等级	结果输出
基础感知 (T1)	匝道控制状态
精细感知 (T2)	匝道控制状态、匝道控制时长、建议汇入/驶出时间
精准感知 (T3)	建议轨迹参考点

A.2.5 动态车道管控

A.2.5.1 基础场景描述

融合感知系统根据实时交通状况对路段车道行驶方向的动态管理、对交叉口进口道的功能的动态管理、以及对于车道方向的综合管控，具体见图A.9。

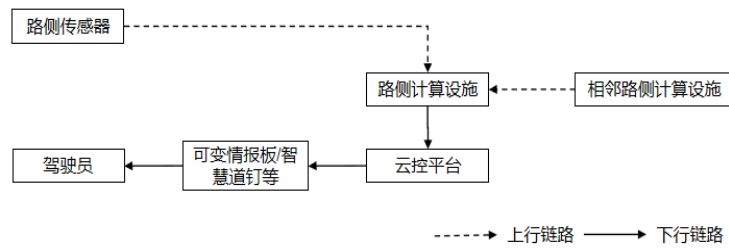


图A.9 动态车道管控基础场景描述

A.2.5.2 基础数据链路

路侧传感器实时检测道路及车辆信息，路侧计算设施通过感知信息研判交通状态，考虑周边节点交通需求水平与控制水平，动态更新车道功能方案，通过道钉、可变情报板指明车道功能，具体见图A.10。

图A.10 动态车道管控基础数据链路



A.2.5.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.6

表A.6 动态车道管控结果输出

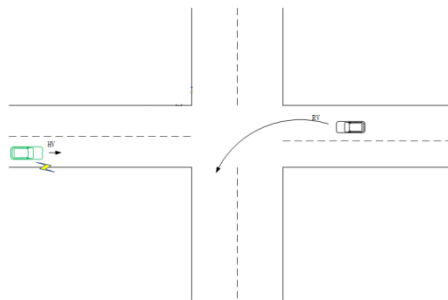
功能等级	结果输出
基础感知 (T1)	匝道控制状态
精细感知 (T2)	匝道控制状态、匝道控制时长、建议汇入/驶出时间
精准感知 (T3)	建议轨迹参考点

A.3 辅助驾驶场景

A.3.1 左转预警

A.3.1.1 基础场景描述

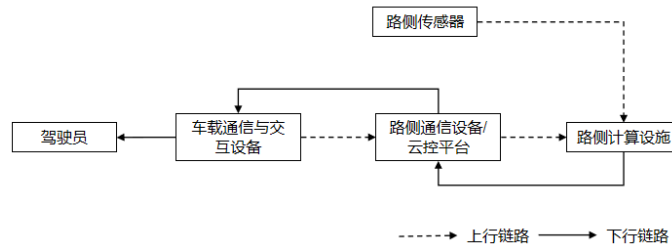
当HV在交叉路口准备左转，可能与对向驶来的RV存在碰撞危险，融合感知系统会对HV进行预警，具体见图A.11。



图A.11 左转预警基础场景描述

A.3.1.2 基础数据链路

路侧传感器实时获取探测范围内车辆位置信息，路侧通信设备获取车辆信息上传至路侧计算设施，路侧计算设施根据路侧数据进行感知融合，生成左转预警信息，传输给路侧通信设备，通过通信模块下发给车辆，具体见图A.12。



图A.12 左转预警基础数据链路

A.3.1.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.7

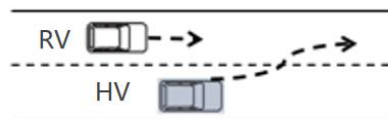
表A.7 左转预警结果输出

功能等级	结果输出
精细感知（T2）	冲突车辆位置、建议车速、建议车道
精准感知（T3）	建议轨迹参考点

A.3.2 变道预警

A.3.2.1 基础场景描述

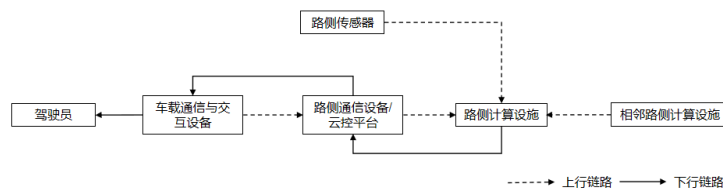
当HV意图换道时，若检测到相邻车道上与HV同向行驶的RV处于或即将进入HV盲区，融合感知系统会对HV驾驶员进行预警，具体见图A.13。



图A.13 变道预警基础场景描述

A.3.2.2 基础数据链路

路侧传感器实时获取探测范围内车辆位置信息，路侧通信设备获取车辆信息上传至路侧计算设施，路侧计算设施根据路侧数据进行感知融合处理，生成变道预警信息，传输给路侧通信设备，通过通信模块下发给车辆，具体见图A.14。



图A.14 变道预警基础数据链路

A.3.2.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.8

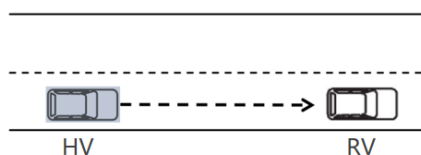
表A.8 变道预警结果输出

功能等级	结果输出
精细感知 (T2)	盲区车辆位置、建议换道时间、建议车速、建议车道
精准感知 (T3)	建议轨迹参考点

A.3.3 异常车辆提醒

A.3.3.1 基础场景描述

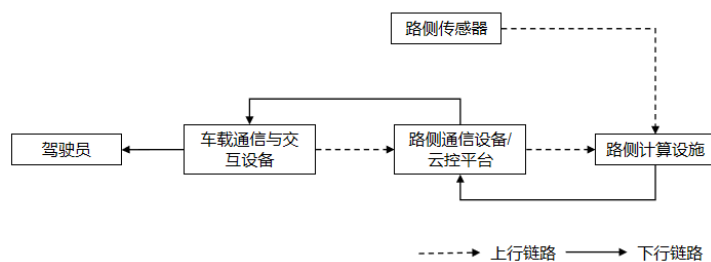
当HV在道路上行驶，融合感知系统分析前方车辆RV的速度、位置、航向角等信息，并结合其他RV车辆的车速信息，识别该RV车辆处于静止/慢速行驶的异常状态，若判断其与HV存在碰撞危险，则及时报警，具体见图A.15。



图A.15 异常车辆基础场景描述

A.3.3.2 基础数据链路

路侧传感器实时获取道路上车辆的位置、速度等信息上传至路侧计算设施，路侧计算设施进行融合处理识别车辆异常状态，随后将识别出的异常车辆信息通过路侧通信设备传输给车载通信与交互设备，下发至车辆进行预警，具体见图A.16。



图A.16 异常车辆基础数据链路

A.3.3.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.9

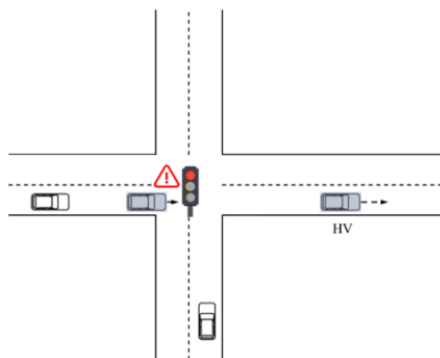
表A.9 异常车辆结果输出

功能等级	结果输出
精细感知 (T2)	异常车辆位置、建议换道时间、建议车速、建议车道
精准感知 (T3)	建议轨迹参考点

A.3.4 闯红灯预警

A.3.4.1 基础场景描述

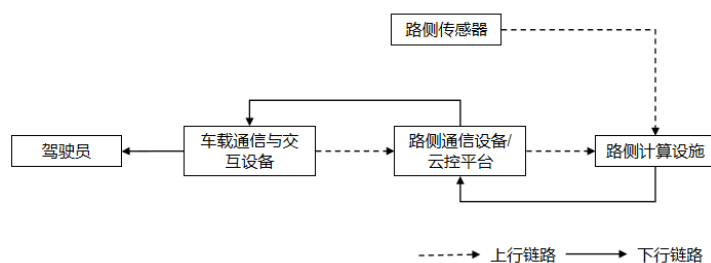
当HV驶向具有信号控制的交叉路口（车道），遇信号灯即将变红或正处在红灯状态，但HV未能停止在停止线内而继续前行时，融合感知系统将对该车驾驶员进行预警，具体见图A.17。



图A.17 闯红灯预警基础场景描述

A.3.4.2 基础数据链路

路侧传感器实时获取探测范围内车辆位置信息，信号机读取器读取实时信号配时信息，路侧计算设施融合感知信息及信号灯信息，识别车辆状态并制定闯红灯预警信息，通过路侧通信设备传输给车载通信与交互设备，下发至车辆进行预警，具体见图A.18。



图A.18 闯红灯预警基础数据链路

A.3.4.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.10

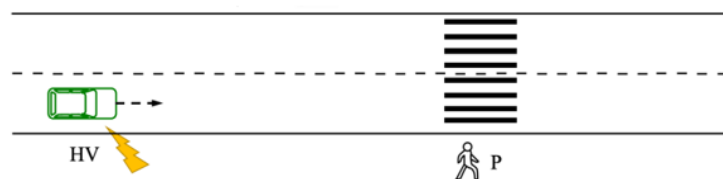
表A.10 闯红灯预警结果输出

功能等级	结果输出
精细感知（T2）	当前信号灯灯色及时长、建议车速
精准感知（T3）	建议轨迹参考点

A.3.5 弱势交通参与者预警

A.3.5.1 基础场景描述

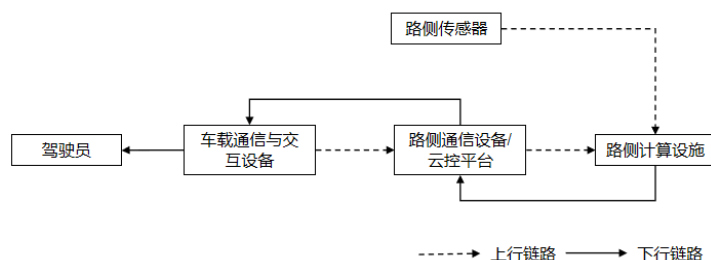
HV正常行驶或倒车时，融合感知系统研判HV与周边及盲区范围内弱势交通参与者是否存在碰撞风险，若存在风险时，应对HV进行预警，具体见图A.19。



图A.19 路侧碰撞预警基础场景描述

A.3.5.2 基础数据链路

路侧传感器实时获取探测范围内感知信息，路侧计算设施融合感知信息，研判车辆与弱势交通参与者碰撞风险，制定辅助决策信息包括冲突对象位置、建议车速、制动信息，通过路侧通信设备传输给车载通信与交互设备，下发至车辆，具体见图A.20。



图A.20 路侧碰撞预警基础数据链路

A.3.5.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.11。

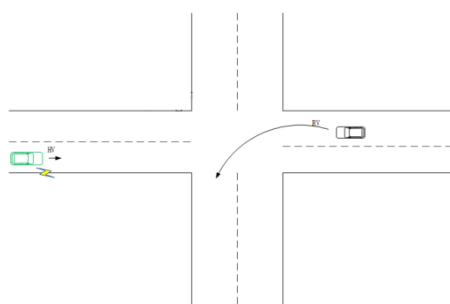
表A.11 路侧碰撞预警结果输出

功能等级	结果输出
精细感知 (T2)	冲突对象位置、建议车速
精准感知 (T3)	建议轨迹参考点

A.3.6 路侧碰撞预警

A.3.6.1 基础场景描述

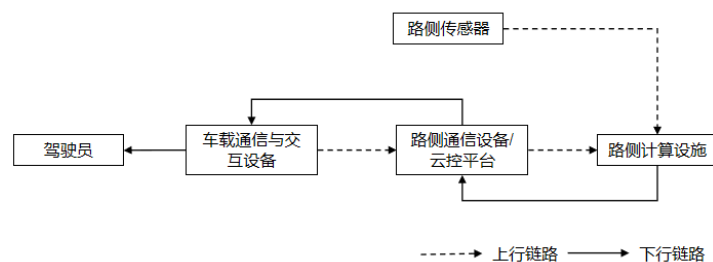
HV行驶在道路上，融合感知系统判断HV与周边车辆RV是否存在碰撞风险，若存在风险时，应对HV进行预警，具体见图A.21。



图A.21 路侧碰撞预警基础场景描述

A.3.6.2 基础数据链路

路侧传感器实时获取探测范围内感知信息，路侧计算设施融合感知信息，研判碰撞风险，决策规避指令，制定辅助决策信息包括冲突对象位置、车速引导、制动措施，通过路侧通信设备传输给车载通信与交互设备，下发至车辆图A.22。



图A.22 路侧碰撞预警基础数据链路

A.3.6.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.12。

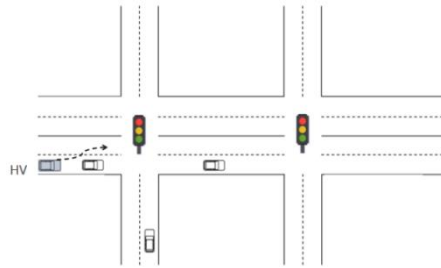
表A.12 路侧碰撞预警结果输出

功能等级	结果输出
精细感知 (T2)	冲突对象位置、冲突时间、建议车速
精准感知 (T3)	车速引导、制动措施

A.3.7 路侧协作式行驶

A.3.7.1 基础场景描述

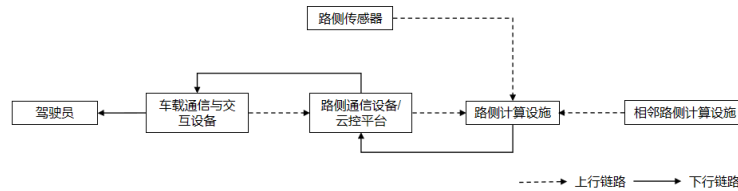
融合感知系统支持通过采集特定路段的信号、实时交通状况、车辆实时位置等信息，结合行驶路线信号现状方案及车辆意图和请求给出该路段中车辆的建议行驶速度或行驶方案，引导车速少停车地通过交叉口，具体见图A.23。



图A.23 路侧协作式行驶基础场景描述

A.3.7.2 基础数据链路

路侧传感器实时获取探测范围内感知信息，路侧计算设施通过融合感知信息研判交通状态，考虑周边节点交通需求水平与控制水平，在安全前提下制定兼顾总体交通流影响且可引导车辆不停车通过交叉口的个性化建议车速、建议车道选择、建议换道位置，通过路侧通信设备传输给车载通信与交互设备，下发至车辆，具体见图A.24。



图A.24 路侧协作式行驶基础数据链路

A.3.7.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.13。

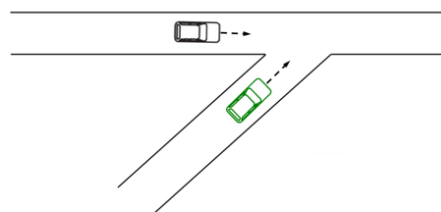
表A.13 路侧协作式行驶结果输出

功能等级	结果输出
精细感知 (T2)	行驶路线上信号灯灯色及时长、建议车速、建议车道、建议路径
精准感知 (T3)	建议轨迹参考点

A.3.8 路侧协作式匝道汇入

A.3.8.1 基础场景描述

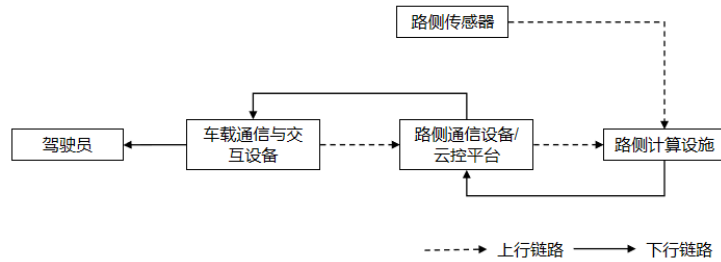
融合感知系统支持根据智能网联车辆意图并结合路侧传感器采集的匝道与主路车辆数据以及其他车辆轨迹预测结果，为智能网联车辆提供换道建议和车速建议，实现车路协同车辆汇入，具体见图A.25。



图A.25 路侧协作式匝道汇入基础场景描述

A.3.8.2 基础数据链路

路侧传感器实时检测匝道道路信息及路口一定范围内的其他车辆信息。路侧计算设施通过感知信息获取主路、匝道各交通参与者实时动态信息并进行预判，在安全前提下制定兼顾总体交通流影响与个体车辆行驶目标，对不同角色的智能车辆优化给出建议车速、建议车道选择、建议换道位置、轨迹参考点等协同决策信息，具体见图A.26。



图A.26 路侧协作式匝道汇入基础数据链路

A.3.8.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.14。

表A.14 路侧协作式匝道汇入结果输出

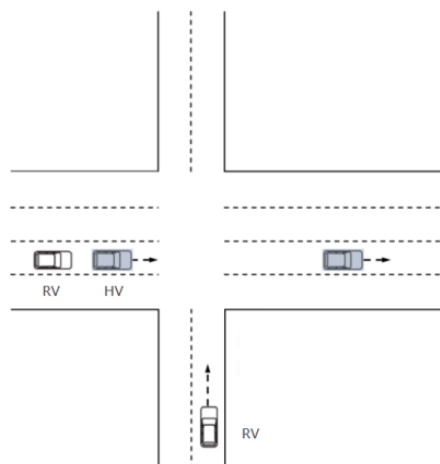
功能等级	结果输出
精细感知（T2）	建议车速、建议车道选择、建议换道位置
精准感知（T3）	建议轨迹参考点

A.4 协同决策场景

A.4.1 路侧协作式交叉口通行

A.4.1.1 基础场景描述

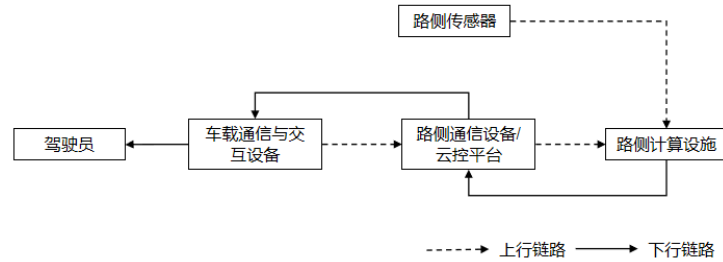
融合感知系统支持根据自动驾驶车意图并结合路侧传感器采集交叉口车辆HV实时信息以及其他车辆RV轨迹预测结果，为自动驾驶车辆提供建议轨迹参考点，实现交叉口处车辆安全、高效通行，具体见图A.27。



图A.27 路侧协作式交叉口通行基础场景描述

A.4.1.2 基础数据链路

路侧传感器实时检测局部道路信息及路口一定范围内的其他车辆信息。路侧计算设施通过感知信息融合获取交叉口范围内各交通参与者实时动态信息并进行预判。在安全前提下制定兼顾总体交通流影响与个体车辆行驶目标，对智能车辆优化给出包括建议通过时间、建议车速、车道选择建议、建议换道位置、轨迹参考点的协同决策信息，具体见图A.28。



图A.28 路侧协作式交叉口通行基础数据链路

A.4.1.3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A.15。

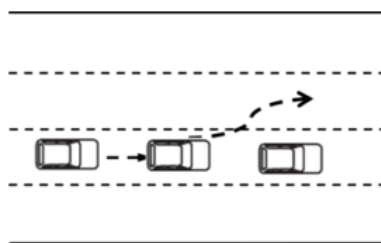
表A.15 路侧协作式交叉口通行结果输出

功能等级	结果输出
精准感知 (T3)	建议通过时间、建议车速、车道选择建议、建议换道位置、建议轨迹参考点

A.4.2 车辆编队驾驶引导

A.4.2.1 基础场景描述

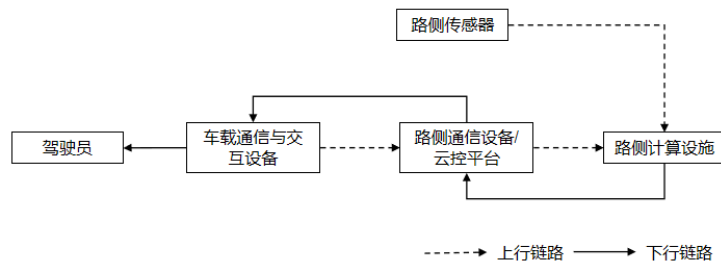
融合感知系统支持根据前方交通状况，为正在运行的车辆编队提供换道、解散等过程管理和数据通信，具体见图A.29。



图A.29 车辆编队驾驶引导基础场景描述

A.4.2.2 基础数据链路

路侧传感器实时检测局部道路信息及一定范围内的其他车辆信息。路侧计算设施通过感知信息融合获取微观交通状态以及事件信息，在安全前提下制定兼顾总体交通流影响与编队行驶目标，对车辆编队给出创建车队、加入车队、编队巡航、离开车队、解散车队等编队策略的协同决策信息，具体见图A. 30。



图A. 30 车辆编队驾驶引导基础数据链路

A. 4. 2. 3 结果输出

不同功能等级对于结果输出有不同要求，具体见表A. 16。

表A. 16 车辆编队驾驶引导结果输出

功能等级	结果输出
精准感知（T3）	创建车队、加入车队、编队巡航、离开车队、解散车队

附录 B (规范性) 设备设施要求

B.1 摄像机

B.1.1 功能要求

摄像机功能要求如下：

- a) 应支持 H.265、H.264 视频压缩标准；
- b) 应支持 JPEG、Smart JPEG 图像抓拍格式，图片质量可配置；
- c) 应支持 GB/T 28181-2022 中第 9 章规定的 Onvif 协议；
- d) 宜支持 ICMP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, PPPoE, UPnP, SMTP, SNMP, IGMP, 802.1X, QoS, UDP, Bonjour, SSL/TLS 等网络协议；
- e) 宜支持 PTP/NTP 校时、GPS 校时、北斗校时及定位，输出精度宜不低于 1ms 的时间戳；
- f) 宜支持车辆检测（含 3D）、行人检测、非机动车检测；
- g) 宜支持车辆尺寸检测，宜支持检测框置信度输出，置信度取值宜满足 0~100；
- h) 车辆检测最远距离宜满足 220m，宜覆盖 8 车道及以上；
- i) 宜支持拥堵、抛洒物、团雾、机动车逆行、异常停车等交通事件感知。

B.1.2 性能要求

摄像机性能要求如下：

- a) 分辨率应支持不低于 500 万；
- b) 应支持 100ms 以内时延；
- c) 应支持 20fps~30fps 视频帧率；
- d) 应提供 1 个 RJ45 10M/100M/1000M 自适应以太网口，应提供 1 个 RS-485 接口，用于连接信号检测器、车检测器、频闪灯、常亮灯，应提供 1 个 RS-232 接口；
- e) 工作温度应支持 -20℃~60℃；
- f) 工作湿度应支持 5%~95%，无凝结；
- g) 应支持 IP66 防护等级。

B.2 毫米波雷达

B.2.1 功能要求

毫米波雷达功能要求如下：

- a) 应支持车辆信息检测，支持对检测区域内车辆的行驶轨迹进行跟踪，获取车辆的二维坐标位置，车辆速度、车辆航向、车辆跟踪运动轨迹、车头时距、车头间距等信息；
- b) 应支持交通参数统计，支持统计车流量、车道占有率、空间占用率、平均车速、平均车头时距、平均车头间距、车辆路口直转/转向比例等交通参数；
- c) 应支持交通状态分析，支持通过图形化界面输出排队长度、队首队尾车辆位置、排队车辆数，以及统计周期内的最大排队长度、平均停车次数及平均停车时间。对检测区域内区域状态进行分析，包括畅通、缓行以及拥堵，并输出状态；
- d) 应支持交通事件分析，支持分析异常停车、逆行、变道、超速、欠速、未保持安全车距等，并可输出报警信息；

- e) 宜支持 PTP/NTP 校时等时间同步方式。

B.2.2 性能要求

毫米波雷达性能要求如下：

- a) 中心频率应支持 79~81GHz；
- b) 信号带宽应 \geq 200MHz；
- c) 应支持-260km/h~260km/h 速度范围；
- d) 应支持 50ms 扫描周期；
- e) 应支持 350m 探测范围；
- f) 应支持采用电子扫描，非机械扫描工作模式；
- g) 目标跟踪应支持不少于 256 个目标批次处理；
- h) 工作温度应支持-45℃~85℃；
- i) 工作湿度应支持 0~95%；
- j) 应支持 IP67 防水等级；
- k) 应支持 RS232/RS485 和 RJ45 以太网口硬件接口；
- l) 应具备 NTP 网络授时功能。

B.3 激光雷达

B.3.1 功能要求

激光雷达功能要求如下：

- a) 应支持不小于 8 车道的检测，对于 10%反射率的机动车，最远测距能力应至少可达到 250 米；
- b) 应支持检测机动车、非机动与行人，应支持检测每个目标的类别、经纬度坐标、速度、加速度、航向角等结构化数据，应具有激光点云操作软件，实时显示、播放原始点云；
- c) 应支持配置多种回波检测方式；
- d) 应对检测区域内的交通状态进行检测，包括车流量、排队长度等，并支持发现及上报给上位机管理软件；
- e) 应支持与智能路侧终端的对接联动，将检测结果实时主动推送。

B.3.2 性能要求

激光雷达性能要求如下：

- a) 单帧扫描线束应不低于 150 线；
- b) 最远探测距离应不低于 500 米，探测距离（10%反射率）应不低于 250 米，最小探测距离应不高于 2 米；
- c) 为覆盖大路口场景并减小检测盲区，雷达的水平视场角应不低于 120°，垂直视场角应不低于 25°，ROI 水平视场角应不低于 40°，ROI 垂直视场角应不低于 4.8°；
- d) 水平角分辨率应不高于 0.18°，垂直角分辨率应不高于 0.24°；ROI 水平角分辨率应不高于 0.09°，ROI 垂直角分辨率应不高于 0.08°；
- e) 帧率应支持 5~20hz 范围，且帧率可调节；
- f) 激光雷达应支持 PTP/NTP 等时间同步方式，帧同步精度小于 10ms；
- g) 工作温度范围应符合-40℃~70℃。

B.4 路侧计算设施

B.4.1 功能要求

B.4.1.1 协议接口模块要求

路侧计算设施协议接口模块要求如下：

- a) 应支持通过协议接口模块实现与云控平台、相邻路侧计算设施、路侧传感器、路侧通信设备等的信息交互；
- b) 应支持实时监控上述外接设备的工作状态和通信状态，发生异常时及时告警；
- c) 协议接口模块发生内部程序异常时，应具备异常处理能力，把故障控制在模块单元内，并通过向路侧计算设施发送错误报告。

B.4.1.2 处理层模块要求

路侧计算设施处理层模块要求如下：

- a) 应具备交通融合感知功能；
- b) 应支持接入和处理得到的数据包括交通流数据、车辆微观运动信息、基础设施状态、交通气象信息等全量信息；
- c) 应支持对数据质量进行监控，评估完整性、准确性、覆盖度；
- d) 应支持基于高精度地图信息，自动补全数据关联的地图元素；
- e) 应支持应用消息数据结构的生成、存储与输出，支持路口红绿灯灯色检测以及信号灯黑灯故障检测；
- f) 应支持点对点通信、多点广播、发布/订阅、群集等多种模式的消息队列通讯；应支持消息时效性的实时判断，当存在阻塞时，对过时效的消息予以及时清除；
- g) 应具备默认应用优先级配置并支持云控平台对各类应用优先级的管理和配置。

B.4.1.3 应用算法要求

路侧计算设施应用算法要求如下：

- a) 路侧计算设施所使用的标准数据集组织对外交互消息内容，应确保消息合规；
- b) 应支持通过 OTA 机制部署到路侧计算设施中，接受 OTA 机制对其开启、关闭、卸载、升级等生命周期管理指令；
- c) 应实时响应 OTA 机制对基本信息配置、输入输出配置和算法参数配置等信息的配置修改，支持储存应用算法模块的 ID、配置文件路径、描述、版本号等信息，支持应用算法输入输出所用的标准消息集用于构造数据流向，支持用于应用算法模块完成正常运算所需要的算法参数；
- d) 运行过程中应实现运行状态定时上报，及时上报告警及错误信息，并具备异常处理能力，提升应用算法运行稳定性；宜根据应用算法负责服务场景，定时上报服务评价指标结果。

B.4.1.4 远程管理要求

路侧计算设施远程管理要求如下：

- a) 支持云控平台为设备提供统一的设备模型、发放、认证、注册鉴权、设备升级、配置、数据订阅、命令、数据存储归档服务等；
- b) 支持将设备温度、网络连接状态、端口流量等参数实时上报；
- c) 支持交通事件视频存储上报；
- d) 支持将设备感知数据跟踪率、符合率等实时质量评价上报；
- e) 支持软件版本、硬件固件的自动周期性升级、被动单点式升级和版本回退；

- f) 支持云控平台对本地算法的加载和移除等生命周期管理；
- g) 支持通过云控平台进行统一授时；
- h) 支持云控平台对本地服务应用设置配置参数。

B.4.2 性能要求

B.4.2.1 主体硬件要求

路侧计算设施主体硬件要求如下：

- a) 应支持 8G 以上内存；
- b) 应具备 8 路结构化数据处理能力；
- c) 应支持本地储存，储存大小建议 $\geq 256\text{GB}$ ；
- d) 平均无故障间隔时间应不小于 20000h；
- e) 防尘防水应支持 IP65 级别以上；
- f) 工作温度应支持 $-20^{\circ}\text{C} \sim +75^{\circ}\text{C}$ 。

B.4.2.2 硬件接口要求

路侧计算设施硬件接口要求如下：

- a) RJ45 以太网单个接口通信速率应不低于 1000 兆比特每秒 (Mbps)，同时以太网应用层应具备时间同步功能；
- b) USB 3.0 接口应大于 2 个；
- c) 应支持 HDMI 接口，宜选 DP 接口；
- d) 应支持 COM 串行通信接口，支持 RS232 或 RS485。

B.5 路侧通信设备

B.5.1 C-V2X通信设备

B.5.1.1 功能要求

C-V2X通信设备功能要求如下：

- a) 支持接入交通视频检测器、微波检测器、交通信号机等路侧基础设施；
- b) 支持交通数据回传、交通事件实时发布、局部逻辑路网管理系统构建；
- c) 支持局部道路静态交通信息发布；
- d) 支持对接交通信号机、交通诱导屏等交通设施；
- e) 支持高精度 RTK 定位增强信息发布。

B.5.1.2 性能要求

C-V2X通信设备性能要求如下：

- a) 处理器应支持四核 ARM 处理器，主频应 $\geq 1.0\text{GHz}$ ；
- b) 应支持 C-V2X PC5 直连通信，频段范围 5.905~5.925GHz，带宽 10/20MHz，传输距离空旷条件下直线通信距离应不低于 700 米，发射功率最大值 $23\text{dBm} \pm 2\text{dB}$ ，通信时延应 $\leq 20\text{ms}$ ；
- c) 应支持 5G/4G/3G 蜂窝通信，采用 3GPP Release 15 技术，应支持 5G NSA 和 SA 模式，向下兼容 4G/3G 通信；
- d) 应支持 GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo，在无 GNSS 信号状态下，应支持路侧通信设备与路侧通信设备之间、路侧通信设备与车载通信与交互设备之间通过 PC5 接口实现时间同步；

- e) 应支持硬件加密，支持国密算法与国际商用密码算法，应支持 V2X 安全认证；
- f) 应支持 WIFI 通信，应支持 IEEE 802.11a/b/g/n/ac；
- g) 应支持 RJ45 千兆以太网接口，10/100/1000Mbps 自适应，支持 PTP 校时，支持 IPv6；
- h) 应支持 POE 供电或电源供电(宜选配 220V 交流输入 POE 供电器)，功耗应 $\leq 15W$ (典型值)；
- i) 应支持防护等级 IP67；
- j) 应满足随机振动试验；
- k) 接触放电、空气放电应符合国标试验等级 4 级要求；
- l) 工作温度应支持 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

B.5.2 EUHT通信设备

B.5.2.1 功能要求

EUHT通信设备功能要求如下：

- a) 支持路侧视频至云控平台的实时传输；
- b) 支持云控平台至车辆的实时数据传输；
- c) 可承载车路协同实时数据服务。

B.5.2.2 性能要求

EUHT通信设备性能要求如下：

- a) 设备平均吞吐率应不低于 2Mbps；
- b) EUHT 接入单元在不同 EUHT 基站单元之间的切换时延应低于 50ms；
- c) 空口延迟小于 20ms。

B.6 基础网络通信设备

B.6.1 功能要求

路侧汇聚交换机与路侧接入交换机功能要求如下：

- a) 应支持 PTP 校时功能；
- b) 应支持 ERPS、RRPP 等环网协议，收敛时间不高于 50ms；
- c) 应支持 DLDP；
- d) 应支持 SmartLink、monitorlink；
- e) 应支持端口聚合、应支持跨设备聚合；
- f) 应支持基于端口/MAC/协议的 VLAN；
- g) 应支持 IPv4/IPv6 静态路由；
- h) 应支持 ND、ND Snooping；
- i) 应支持 DHCP Relay、DHCP Snooping；
- j) 应支持 IGMP v1/v2/v3、应支持 IGMP Snooping、应支持 MLD v1/v2 或 MLD Snooping v1/v2、应支持组播 VLAN；
- k) 应支持 802.1p/DSCP 优先级标记、应支持包过滤功能、应支持 SP、WRR、SP+WRR 队列调度；
- l) 应支持端口隔离；
- m) 应支持 IP Source Guard；
- n) 应支持 ARP Detection、ND Detection；
- o) 应支持 IP、MAC、PORT 的多元组绑定；

- p) 应支持 WEB 网管;
- q) 应支持 SSH2.0;
- r) 应支持 SNMPv1/v2/v3;
- s) 应支持 Ping、Tracert;
- t) 应支持 RMON, 告警、事件、历史记录;
- u) 应支持电源的告警功能、温度告警。

B.6.2 性能要求

B.6.2.1 路侧汇聚交换机性能要求

路侧汇聚交换机性能要求如下:

- a) 交换容量应 $\geq 256\text{Gbps}$;
- b) 包转发率应 $\geq 96\text{Mpps}$;
- c) 应为三层交换机;
- d) 千兆光口应 ≥ 24 个, 万兆光口应 ≥ 4 个;
- e) 工作温度应支持 $-40^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$;
- f) 宜机架式安装;
- g) 支持冗余交流电源。

B.6.2.2 路侧接入交换机性能要求

路侧接入交换机性能要求如下:

- a) 交换容量应 $\geq 128\text{Gbps}$;
- b) 包转发率应 $\geq 30\text{Mpps}$;
- c) 千兆电口应 ≥ 8 个, 千兆光口应 ≥ 4 个;
- d) 工作温度应支持 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$;
- e) 宜导轨式安装;
- f) 支持交流供电。

附 录 C
(规范性)
设备部署建设配置要求

不同道路等级对于设备配置有不同要求，具体见表C.1。

表C.1 城市道路及公路场景设备配置表

设备名称	城市道路								公路							
	快速路		主干路		次干路		支路		高速公路		一级公路		二级公路		三、四级公路	
	主线段	立交/匝道	交叉口	路段	交叉口	路段	交叉口	路段	主线段	立交/匝道	交叉口	路段	交叉口	路段	交叉口	路段
摄像机	●	●	●	○	●	○	○	-	●	●	●	○	●	○	○	-
毫米波雷达	●	●	●	○	●	-	-	-	●	●	●	○	○	-	-	-
激光雷达	○	○	△	-	-	-	-	-	○	○	△	-	-	-	-	-
路侧计算设施	●	●	●	○	●	○	-	-	●	●	○	○	○	-	-	-
路侧通信设备	●	●	●	○	●	○	-	-	●	●	○	○	○	-	-	-

●表示应配置；○表示宜按需配置；△表示可按需配置；-表示可不配置。

附录 D
(规范性)
交通事件类型说明

本文件中主要包含GB/T 28789-2012中第3章的交通拥堵、行人或非机动车闯入、车辆逆行以及应急车道停车/行驶、超速/低速行驶、异常停车、道路施工和其他自定义事件，具体见表D.1。

表D.1 交通事件类型说明

序号	交通事件类型	说明
1	交通拥堵	道路上出现单车道或多车道拥堵状况，影响道路畅通的交通事件
2	应急车道停车/行驶	车辆进入高速公路应急车道区域，静止或行驶不小于某一设定时间或距离的交通事件
3	超速/低速行驶	车辆在道路上行驶，速度值高于或低于某一设定值的交通事件
4	行人或非机动车闯入	行人或非机动车进入机动车道或其他禁止进入的区域，且进入时间或距离不小于某一设定值的交通事件。
5	车辆逆行	车辆在道路上的行驶方向与规定方向相反，且行驶距离不小于某一设定值的交通事件
6	异常停车	车辆在道路上由行驶改变为静止状态，且静止时间不小于某一设定值的交通事件
7	道路施工	部分道路或整段道路，由于实施道路有关的工程而无法使用，且其状态持续时间不小于某一设定值的交通事件
8	其他自定义事件	道路上发生的，影响车辆通行及交通安全的异常交通状况行为

参 考 文 献

- [1] 《上海市智能网联汽车测试与示范实施办法》（沪经信规范（2021）3号）
 - [2] 《上海市智能网联汽车道路测试和示范应用管理办法（试行）》（沪经信规范（2019）7号）
 - [3] 《上海市智能网联汽车产业创新工程实施方案》（沪府办发（2017）7号）
 - [4] GB/T 24726-2009 交通信息采集视频车辆检测器
 - [5] GB/T 28789-2012 视频交通事件检测器
 - [6] GB/T 26771-2011 微波交通流检测器的设置
 - [7] GB 25280—2016 道路交通信号控制机
 - [8] GB/T 20999-2017 交通信号控制机与上位机间的数据通信协议
 - [9] JTG/T 2430-2023 公路工程设施支持自动驾驶技术指南
 - [10] YD/T 3709-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 消息层技术要求
 - [11] DB32/T 4192-2022 车路协同路侧设施设置指南
-