

# 智能网联汽车通讯需求分析项目总结

2019年1月10日

## 目录

<b>1 项目总体完成情况</b> .....	<b>1</b>
<b>2 场景通讯需求</b> .....	<b>2</b>
2.1 前向碰撞预警.....	2
2.1.1 项目范围.....	2
2.1.2 名词解释.....	2
2.1.3 场景定义.....	2
2.1.4 具体性能参数要求.....	2
2.2 交叉路口碰撞预警.....	4
2.2.1 项目范围.....	4
2.2.2 名词解释.....	4
2.2.3 场景定义.....	4
2.2.4 具体性能参数要求.....	5
2.3 左转辅助.....	7
2.3.1 项目范围.....	7
2.3.2 名词解释.....	7
2.3.3 场景定义.....	7
2.3.4 具体性能参数要求.....	8
2.4 盲区预警/ 变道预警.....	9
2.4.1 项目范围.....	9
2.4.2 名词解释.....	9
2.4.3 场景定义.....	10
2.4.4 具体性能参数要求.....	10
2.5 紧急制动预警.....	12
2.5.1 项目范围.....	12
2.5.2 名词解释.....	12
2.5.3 场景定义.....	12
2.5.4 具体性能参数要求.....	13
2.6 异常车辆提醒.....	15
2.6.1 项目范围.....	15
2.6.2 名词解释.....	15
2.6.3 场景定义.....	15
2.6.4 具体性能参数要求.....	15
2.7 道路危险状况预警.....	17

2.7.1	项目范围	17
2.7.2	名词解释	17
2.7.3	场景定义	17
2.7.4	具体性能参数要求	18
2.8	天气状况预警	19
2.8.1	项目范围	19
2.8.2	名词解释	20
2.8.3	场景定义	20
2.8.4	具体性能参数要求	20
2.9	限速预警	21
2.9.1	项目范围	21
2.9.2	名词解释	22
2.9.3	场景定义	22
2.9.4	具体性能参数要求	22
2.10	闯红灯预警	24
2.10.1	项目范围	24
2.10.2	名词解释	24
2.10.3	场景定义	24
2.10.4	具体性能参数要求	24
2.11	弱势交通参与者碰撞预警	26
2.11.1	项目范围	26
2.11.2	名词解释	26
2.11.3	场景定义	26
2.11.4	基本性能参数需求	27
2.12	紧急制动	27
2.12.1	项目范围	28
2.12.2	名词解释	28
2.12.3	场景定义	28
2.12.4	具体性能参数要求	28
2.13	单车车辆跟随	30
2.13.1	项目范围	30
2.13.2	名词解释	30
2.13.3	场景定义	31
2.13.4	具体性能参数要求	32

2.14 限速控制.....	34
2.14.1 项目范围.....	34
2.14.2 名词解释.....	34
2.14.3 场景定义.....	34
2.14.4 具体性能参数要求.....	35
2.15 红绿灯启停.....	36
2.15.1 项目范围.....	36
2.15.2 名词解释.....	36
2.15.3 场景定义.....	36
2.15.4 具体性能参数要求.....	37
2.16 编队行驶.....	38
2.16.1 项目范围.....	38
2.16.2 场景定义.....	38
2.16.3 具体性能参数要求.....	39
2.17 共享环境数据.....	40
2.17.1 项目范围.....	40
2.17.2 名词解释.....	40
2.17.3 场景定义.....	40
2.17.4 具体性能参数要求.....	41

## 1 项目总体完成情况

项目包括辅助预警、执行控制及自动驾驶三类场景共计 27 个应用场景，共 12 家单位承接其中 17 个应用场景的通讯需求，目前 17 个场景通讯需求全部完成编制，完成情况如下表所示。

序号	场景类型	场景名称	责任单位	完成情况
1	辅助预警	前向碰撞预警	江淮、东软、华晨	完成
2		交叉路口碰撞预警	江淮、一汽	完成
3		左转辅助	一汽、江淮	完成
4		盲区预警/ 变道预警	华晨、一汽	完成
5		逆向超车预警	暂无承接单位	
6		紧急制动预警	东软、江淮	完成
7		异常车辆提醒	一汽、长城华冠	完成
8		车辆失控预警	暂无承接单位	
9		道路危险状况提示	中汽中心	完成
10		天气状况预警	华为	完成
11		限速预警	中汽中心	完成
12		闯红灯预警	中汽中心	完成
13		弱势交通参与者碰撞预警	神龙汽车	完成
14		绿波车速引导	暂无承接单位	
15		车内标牌	暂无承接单位	
16		前方拥堵提醒	暂无承接单位	
17		紧急车辆提醒	暂无承接单位	
18	执行控制	紧急制动	江淮	完成
19		单车车辆跟随	广汽	完成
20		限速控制	广汽	完成
21		红绿灯起停	戴姆勒中国	完成
22		自动紧急转向	暂无承接单位	
23	自动驾驶	编队行驶	江淮	完成
24		视频传输	暂无承接单位	
25		动态地图下载	暂无承接单位	
26		共享环境数据	高通	完成
27		远程遥控驾驶	暂无承接单位	

## 2 场景通讯需求

### 2.1 前向碰撞预警

#### 2.1.1 项目范围

本文档明确了前向碰撞预警的场景定义；同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现前向碰撞预警的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

#### 2.1.2 名词解释

FCW: Forward Collision Warning 前向碰撞预警

HV: Host Vehicle 主车

RV: Remote Vehicle 远车

#### 2.1.3 场景定义

HV 在车道上行驶，与在正前方同一车道的 RV 存在追尾碰撞危险时，FCW 功能可实现对 HV 驾驶员进行预警。本应用场景功能适用于普通道路或高速公路等车辆追尾碰撞危险的预警。



图1 FCW 应用场景示意图

主要包括以下四种工况：

- (1) 主车行驶，远车在主车同一车道正前方停止；
- (2) 主车行驶，远车在主车相邻车道前方停止；
- (3) 主车行驶，远车在主车同一车道正前方慢速或减速行驶；
- (4) 主车行驶，视线受阻，远车在主车同一车道正前方停止。

#### 2.1.4 具体性能参数要求

##### 2.1.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ；

b、需求分析：

选择最恶劣工况：假设两车在高速公路行驶，前车静止，后车为 132km/h（法规要求，高速公路最高车速为 120km/h，此处为避免车速取值误差，上浮 10%）。则 100ms 内两车间的距离因时延影响，会缩短 3.67m。安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多出约 10m，故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

##### 2.1.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

#### 2.1.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 10\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

目前 GPS 定位更新频率为 10Hz，故消息发送频率应至少与卫星更新频率保持一致，保证及时获取并更新车辆的 GPS 信息数据最终实现即时广播。

#### 2.1.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 300\text{m}$ ；

b、需求分析：

FCW 的安全距离计算公式为：

$$S = (v_s - v_f)(T + t_1 + \frac{1}{2}t_2) + \frac{(v_s - v_f)^2}{2a} + d_0 \quad (1)$$

其中， $v_s$ 和 $v_f$ 分别为本车和远车的速度， $T$ 为驾驶员反应的时间， $t_1$ 和 $t_2$ 为制动协调时间和减速度增加时间， $a$ 为本车纵向加速度， $d_0$ 为静止时安全距离。假设驾驶员的反应时间为 2s，制动协调时间 0.5s，减速度增加时间 0.2s，两车速度差为 100km/h，静止安全距离为 3m，加速度大小为 3.6m/s<sup>2</sup>，则最小安全距离约为 182m，小于通讯传输范围距离 300m。

#### 2.1.4.5 接收范围

a、需求：

针对于前向碰撞预警功能，接收 300m 之内车辆消息即可。

#### 2.1.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.1.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.1.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 2.93 Mbps；

b、需求分析：

繁忙交通路况，通讯范围内周边车辆可多达 300 辆，每台车发送安全预警类消息约 1024bit，频率 10Hz，则每秒通信数据量 = 1024 \* 10 \* 300 = 3072000 bit，则峰值速率约为 2.93 Mbps。

#### 2.1.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应 $\geq 2.94\text{Mbps}$ ；

b、需求分析：

V2V 应用功能中，峰值速率可能达到 2.93 Mbps，对于 V2I 应用功能，还需支持红绿灯信息、路标信息、施工信息等低频率广播（最高 10Hz）数据。所以，总体吞吐量需超过 2.94 Mbps。

#### 2.1.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度应 $\leq 1.5\text{m}$ ；

b、需求分析：

FCW 预警的前提是两车在同一车道上，现有中国车道宽度一般为 2.75~3.5m，可取 3m 车道宽度作为参考依据。假设主车和远车在车道中间行驶，以车头位置的横坐标为基准，若定位偏差完全产生横向偏移，仍然小于 1.5m，两车车道分类仍然为同一车道，因此定位精度应小于 1.5m，直至达到亚米级。

#### 2.1.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 120km/h；

b、需求分析：

《道路限速规定及超速处罚标准》中规定：高速限速一般为 110~120km/h；一级公路，如国道、省道等限速为 80km/h；城市郊区道路限速为 70~80km/h；城市道路限速 40~60km/h。按照最高时速计算，支持的速度是 120km/h。

## 2.2 交叉路口碰撞预警

### 2.2.1 项目范围

本文档明确了交叉路口碰撞预警的场景定义；同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现交叉路口碰撞预警的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

### 2.2.2 名词解释

ICW: Intersection Collision Warning 交叉路口碰撞预警

HV: Host Vehicle 主车

RV: Remote Vehicle 远车

### 2.2.3 场景定义

HV 在交叉路口的某一车道上正常行驶驶向路口，与路口侧面车道的 RV 存在碰撞危险时，ICW 功能可实现对 HV 驾驶员进行预警。本应用场景功能适用城市、郊区普通道路、公路的交叉路口，环道入口、高速路入口等交叉路口碰撞



危险的预警。

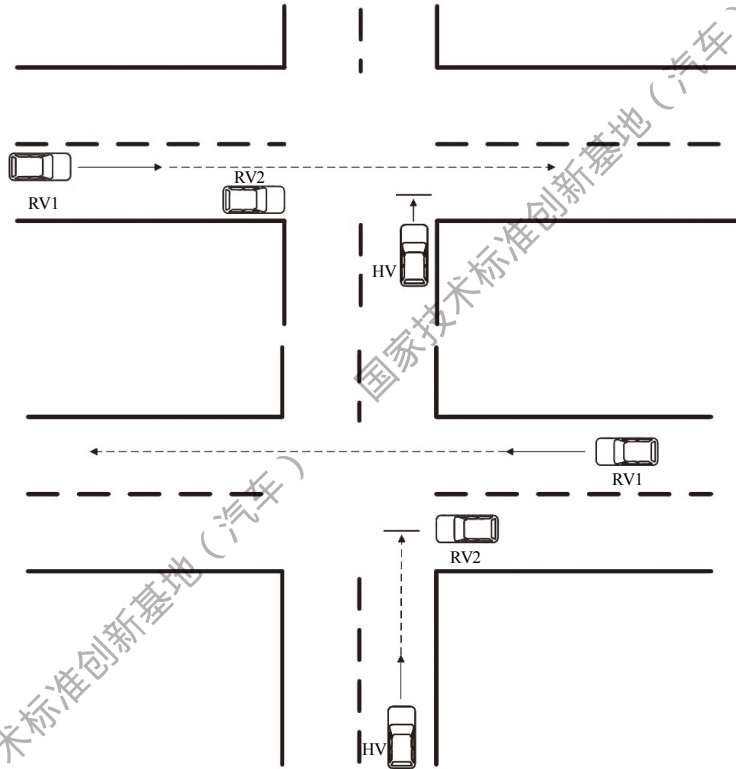


图2 ICW 应用场景示意图

主要包括以下两种工况：

(1) 主车在路口起步，远车在视线受阻的情况下，同时从主车左侧或右侧驶向路口

(2) 主车驶向路口，远车在视线受阻的情况下，同时从左侧或者右侧驶向路口。

## 2.2.4 具体性能参数要求

### 2.2.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ；

b、需求分析：

选择最恶劣工况：假设本车在交叉路口执行转向动作，远车时速  $88\text{km/h}$ （公路多车道法规最高车速  $80\text{km/h}$ ，为避免车速误差，取值上浮  $10\%$ ）。则  $100\text{ms}$  内两车间的纵向距离因时延影响，会缩短约  $2.44\text{m}$ 。安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多约  $10\text{m}$ ，故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

### 2.2.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

### 2.2.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 10\text{Hz}$ ;

b、需求分析:

目前 GPS 定位更新频率为  $10\text{Hz}$ , 故消息发送频率应至少与卫星更新频率保持一致, 保证及时获取并更新车辆的 GPS 信息数据最终实现即时广播。

#### 2.2.4.4 通讯范围

a、需求:

通讯传输范围应 $\geq 150\text{m}$ ;

b、需求分析:

ICW 的安全距离计算公式为:

$$S = v_s(T + t_1 + \frac{1}{2}t_2) + \frac{(v_s)^2}{2a} + d_0 \quad (2)$$

其中,  $v_s$  为本车的速度,  $T$  为驾驶员反应的时间,  $t_1$  和  $t_2$  为制动协调时间和减速度增加时间,  $a$  为本车纵向加速度,  $d_0$  为静止时安全距离。假设驾驶员的反应时间为  $2\text{s}$ , 制动协调时间  $0.5\text{s}$ , 减速度增加时间  $0.2\text{s}$ , 本车速度为  $88\text{km/h}$ , 静止安全距离为  $3\text{m}$ , 加速度大小为  $3.6\text{m/s}^2$ , 则到路口距离约为  $123\text{m}$ , 因此通讯传输范围距离  $150\text{m}$ 。

#### 2.2.4.5 接收范围

a、需求:

针对于交叉口碰撞预警功能, 接收  $150\text{m}$  之内车辆消息即可。

#### 2.2.4.6 可靠性

a、需求:

在有效通信范围内, 丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.2.4.7 安全性

a、需求:

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.2.4.8 峰值速率

a、需求:

峰值速率为  $1.47\text{Mbps}$ ;

b、需求分析:

繁忙交通路况, 通讯范围内周边车辆可多达  $150$  辆, 每台车发送安全预警类消息约  $1024\text{bit}$ , 频率  $10\text{Hz}$ , 则每秒通信数据量 =  $1024 * 10 * 150 = 1536000 \text{ bit}$ , 则峰值速率约为  $1.47 \text{ Mbps}$ 。

#### 2.2.4.9 吞吐量

a、需求:

吞吐量应 $\geq 1.48\text{Mbps}$ ;

b、需求分析：

V2V 应用功能中，峰值速率可能达到 1.47 Mbps，对于 V2L 应用功能，还需支持红绿灯信息、路标信息、施工信息等低频率广播（最高 10Hz）数据。所以，总体吞吐量需超过 1.48 Mbps。

### 2.2.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度应 $\leq 5\text{m}$ ；

b、需求分析：

ICW 预警的前提是两车在路口中间有冲突点，现有中国交叉口斑马线宽度一般为 5~6m。假设主车停在路口，即位于斑马线旁停车线后，远车在车道中间行驶，以车头位置的纵坐标为基准，若定位偏差完全产生前向偏移，本车不会超出停车线进入交叉口公共区域，此时仍不会出现轨迹冲突情况，因此定位精度应 $\leq 5\text{m}$ 。

### 2.2.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 80km/h。

## 2.3 左转辅助

### 2.3.1 项目范围

本文档明确了左转辅助预警的场景定义，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现左转辅助预警的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

### 2.3.2 名词解释

LTA: Left Turn Assist 左转辅助预警

HV: Host Vehicle 主车

RV: Remote Vehicle 远车

### 2.3.3 场景定义

HV 在交叉路口左转，与对向驶来的 RV 存在碰撞危险时，LTA 将对主车驾驶员进行预警。本应用适用于城市及郊区普通道路及公路的交叉路口。

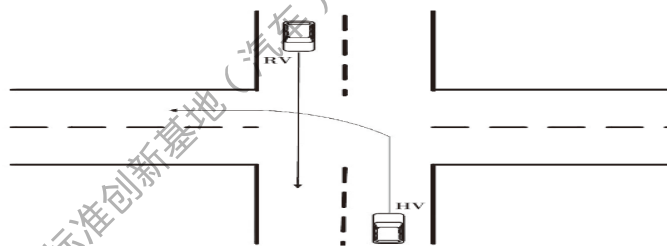


图3 LTA 应用场景示意图

## 2.3.4 具体性能参数要求

### 2.3.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ；

b、需求分析：

选择最恶劣工况：假设本车在交叉路口执行转向动作，远车时速 88km/h（公路多车道法规最高车速 80km/h，为避免车速误差，取值上浮 10%）。则 100ms 内两车间的纵向距离因时延影响，会缩短约 2.44m。安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多约 10m，故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

### 2.3.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

### 2.3.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 10\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

目前 GPS 定位更新频率为 10Hz，故消息发送频率应至少与卫星更新频率保持一致，保证及时获取并更新车辆的 GPS 信息数据最终实现即时广播。

### 2.3.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 150\text{m}$ ；

b、需求分析：

安全距离计算公式为：

$$S = v_f(T + t_1 + \frac{1}{2}t_2) + \frac{v_f^2}{2a} + d_0 \quad (2)$$

其中， $v_f$  为远车纵向速度， $T$  为驾驶员反应的时间， $t_1$  和  $t_2$  为远车车制动协调时间和减速度增加时间， $d_0$  为静止时安全距离。假设驾驶员的反应时间为 2s，制动协调时间 0.5s，减速度增加时间 0.2s，两车纵向速度差为 88km/h，静止安全距离为 3m，加速度大小为 3.6m/s<sup>2</sup> 则最小安全距离约为 123m，小于通讯传输范围距离 150m。

### 2.3.4.5 接收范围

a、需求：

针对于左转辅助预警功能，最小接收范围为 150m。

### 2.3.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.3.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.3.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 1.47Mbps；

b、需求分析：

繁忙交通路况，通讯范围内周边车辆可多达 150 辆，每台车发送安全预警类消息约 1024bit，频率 10Hz，则每秒通信数据量 =  $1024 * 10 * 150 = 1536000$  bit，则峰值速率约为 1.47 Mbps。

#### 2.3.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应 $\geq 1.48$ Mbps；

b、需求分析：

V2V 应用功能中，峰值速率可能达到 1.47 Mbps，对于 V2I 应用功能，还需支持红绿灯信息、路标信息、施工信息等低频率广播（最高 10Hz）数据。所以，总体吞吐量需超过 1.48 Mbps。

#### 2.3.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度应 $\leq 5$ m；

b、需求分析：

假设主车已经执行转向动作，远车在车道中间行驶，以车头位置的纵坐标为基准，若主车与远车定位偏差完全产生纵向偏移，两车间距缩短为 140m，仍然大于最小安全间距 123m，因此定位精度可 $\leq 5$ m。

#### 2.3.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 80km/h。

### 2.4 盲区预警/变道预警

#### 2.4.1 项目范围

本文档明确了盲区/换道预警的场景定义；同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现盲区/换道预警的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

#### 2.4.2 名词解释

BSW/LCW: Blind Side Warning/Lane Change Warning 盲区/换道预警

HV: Host Vehicle 主车

RV: Remote Vehicle 远车

### 2.4.3 场景定义

HV 在车道上行驶,当相邻车道有同向行驶的远车(RV)出现在 HV 的盲区时,BSW 应用对 HV 驾驶员进行提醒;当主车(HV)准备实施变道时(例如激活转向灯等),若此时相邻车道上有同向行驶的远车(RV)处于或者即将进入 HV 盲区时,LCW 应用对 HV 驾驶员进行预警。

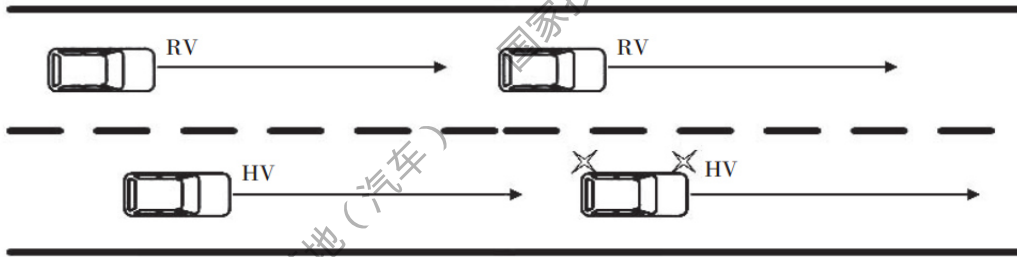


图 4 BSW/LCW 应用场景示意图

主要包括以下工况:

- (1) 主车行驶,远车在相邻车道同向行驶,并处于主车盲区
- (2) 主车行驶,远车在相邻车道同向行驶,并即将进入主车盲区

### 2.4.4 具体性能参数要求

#### 2.4.4.1 通讯时延

a、需求:

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ;

b、需求分析:

选择最恶劣工况:假设两车在高速公路行驶,前车静止,后车为  $132\text{km/h}$ (法规要求,高速公路最高车速为  $120\text{km/h}$ ,此处为避免车速取值误差,上浮  $10\%$ )。则  $100\text{ms}$  内两车间的距离因时延影响,会缩短  $3.67\text{m}$ 。安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多出约  $10\text{m}$ ,故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

#### 2.4.4.2 信息大小

a、需求:

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

#### 2.4.4.3 频率

a、需求:

消息发送频率需要 $\geq 10\text{Hz}$ ;

b、需求分析:

目前 GPS 定位更新频率为  $10\text{Hz}$ ,故消息发送频率应至少与卫星更新频率保持一致,保证及时获取并更新车辆的 GPS 信息数据最终实现即时广播。

#### 2.4.4.4 通讯范围

a、需求:

通讯传输范围应 $\geq 150\text{m}$ ;

b、需求分析:

盲区/换道的安全距离计算公式为:

$$S = (v_s - v_f)T + d_0 \quad (3)$$

$$S = v_f(t + t_1 + \frac{1}{2}t_2) + d_0 \quad (4)$$

其中,  $v_s$ 和 $v_f$ 分别为本车和远车的速度, T为换道时间。根据经验值, 换道时间 T 范围 3-10 秒, 静止安全距离 $d_0$ 为 3m。高速道路上, 当 T 为 3 秒, 最差工况下 $v_s$ 为 0,  $v_f$ 为 130km/h,那么安全距离根据公式(3)计算结果为 111 米; 城市道路, 当 T 为 10 秒, 那么安全距离根据公式(4), t 为驾驶员反应时间 2s, 制动协调时间 t1 为 0.5s, 减速度增加时间 t2 为 0.2s, 计算结果为 97 米。两种情况下的安全距离均小于通讯传输范围距离 150m。

#### 2.4.4.5 接收范围

a、需求:

针对于盲区/换道预警功能, 接收 150m 之内车辆消息即可。

#### 2.4.4.6 可靠性

a、需求:

在有效通信范围内, 丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.4.4.7 安全性

a、需求:

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.4.4.8 峰值速率

a、需求:

峰值速率为 1.47Mbps;

b、需求分析:

繁忙交通路况, 通讯范围内周边车辆可多达 150 辆, 每台车发送安全预警类消息约 1024bit, 频率 10Hz, 则每秒通信数据量 = 1024 \* 10 \* 150 = 1536000 bit, 则峰值速率约为 1.47 Mbps。

#### 2.4.4.9 吞吐量

a、需求:

吞吐量应 $\geq 1.48\text{Mbps}$ ;

b、需求分析:

V2V 应用功能中，峰值速率可能达到 1.47 Mbps，对于 V2I 应用功能，还需支持红绿灯信息、路标信息、施工信息等低频率广播（最高 10Hz）数据。所以，总体吞吐量需超过 1.48 Mbps。

#### 2.4.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度应 $\leq 1.5\text{m}$ ；

b、需求分析：

BSW/LCW 预警的前提是两车在相邻车道上，现有中国车道宽度一般为 2.75~3.5m，可取 3m 车道宽度作为参考依据。假设主车和远车在车道中间行驶，以车头位置的横坐标为基准，若定位偏差完全产生横向偏移，仍然小于 1.5m，两车车道分类仍然为相邻车道，因此定位精度应小于 1.5m，直至达到亚米级。

#### 2.4.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 120km/h。

### 2.5 紧急制动预警

#### 2.5.1 项目范围

本文档明确了紧急制动预警的场景定义；同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现紧急制动预警的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

#### 2.5.2 名词解释

EBW: Emergency Brake Warning 紧急制动预警

HV: Host Vehicle 主车

RV: Remote Vehicle 远车

#### 2.5.3 场景定义

HV 在车道上行驶，与在正前方同一车道的 RV 存在追尾碰撞危险时，FCW 功能可实现对 HV 驾驶员进行预警。本应用场景功能适用于普通道路或高速公路等车辆追尾碰撞危险的预警。

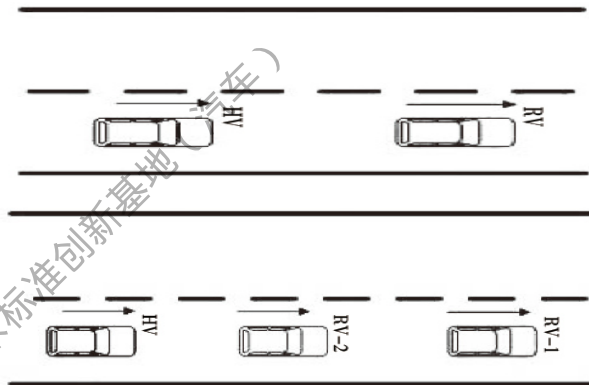


图 5 EBW 应用场景示意图



主要包括以下四种工况：

- (1) 主车行驶，远车在主车同一车道正前方发生紧急制动事件；
- (2) 主车行驶，远车在主车相邻车道前方发生紧急制动事件；
- (3) 主车行驶，视线被紧邻同车道车辆阻挡，远车在主车同一车道正前方发生紧急制动事件；
- (4) 主车行驶，视线被紧邻同车道车辆阻挡，远车在主车相邻车道前方发生紧急制动事件。

## 2.5.4 具体性能参数要求

### 2.5.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ；

b、需求分析：

选择最恶劣工况：假设两车在高速公路行驶，前车静止，后车为 132km/h（法规要求，高速公路最高车速为 120km/h，此处为避免车速取值误差，上浮 10%）。则 100ms 内两车间的距离因时延影响，会缩短 3.67m。安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多出约 10m，故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

### 2.5.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

### 2.5.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 10\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

目前 GPS 定位更新频率为 10Hz，故消息发送频率应至少与卫星更新频率保持一致，保证及时获取并更新车辆的 GPS 信息数据最终实现即时广播。

### 2.5.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 150\text{m}$ ；

需求分析：

EBW 的安全距离计算公式为：

$$S = (v_s) \left( T + t_1 + \frac{1}{2} t_2 \right) + \frac{(v_s)^2}{2(a_1)} + d_0 - \frac{(v_f)^2}{2(a_2)} \quad (1)$$

其中， $v_s$  和  $v_f$  分别为本车和远车速度， $T$  为驾驶员反应的时间， $t_1$  和  $t_2$  为制动协调时间和减速度增加时间， $a_1$  为本车紧急制动加速度， $d_0$  为静止时安全距离， $a_2$  为紧急制动加速度。假设驾驶员的反应时间为 2s，制动协调时间 0.5s，

减速度增加时间 0.2s，本车最大速度为 132km/h，静止安全距离为 3m，紧急制动加速度大小为 6m/s<sup>2</sup>。

假设紧急制动前，两车保持相对静止状态，则最小安全距离约为 102m，小于通讯传输范围距离 150m。

#### 2.5.4.5 接收范围

a、需求：

针对于紧急制动预警功能，接收 150m 之内车辆消息即可。

#### 2.5.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq$ 10%。

#### 2.5.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.5.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 1.47Mbps；

b、需求分析：

繁忙交通路况，通讯范围内周边车辆可多达 150 辆，每台车发送安全预警类消息约 1024bit，频率 10Hz，则每秒通信数据量 = 1024 \* 10 \* 150 = 1536000 bit，则峰值速率约为 1.47 Mbps。

#### 2.5.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应 $\geq$ 1.48Mbps；

b、需求分析：

V2V 应用功能中，峰值速率可能达到 1.47 Mbps。对于 V2I 应用功能，还需支持红绿灯信息、路标信息、施工信息等低频率广播（最高 10Hz）数据。所以，总体吞吐量需超过 1.48 Mbps。

#### 2.5.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度应 $\leq$ 1.5m；

b、需求分析：

EBW 预警需确定两车所处的车道情况，现有中国车道宽度一般为 2.75~3.5m，可取 3m 车道宽度作为参考依据。假设主车和远车在车道中间行驶，以车头位置的横坐标为基准，若定位偏差完全产生横向偏移，仍然小于 1.5m，仍然可以确定两车是否处于同一车道或相邻车道，可支持避开碰撞风向，因此定

位精度应小于 1.5m，直至达到亚米级。

### 2.5.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 120km/h。

## 2.6 异常车辆提醒

### 2.6.1 项目范围

本文档明确了异常车辆预警的场景定义，同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现异常车辆预警的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

### 2.6.2 名词解释

AVW: Abnormal Vehicle Warning 异常车辆预警

HV: Host Vehicle 主车

RV: Remote Vehicle 远车

### 2.6.3 场景定义

当远车对外广播本车异常信息时，主车根据收到的消息内容，识别出其属于异常车辆；或者 HV 根据 RV 广播的消息，判断 RV 车速减速或慢速(显著低于周围其他车辆)，识别出其属于异常车辆。当识别出的车辆有可能影响本车行驶路线时，AVW 应用于提醒 HV 驾驶员注意。



图 6 AVW 应用场景示意图

主要包括以下四种工况：

- (1) 主车行驶，远车在主车同一车道正前方异常运动或停止；
- (2) 主车行驶，远车在主车相邻车道前方异常运动或停止；
- (3) 主车行驶，远车在主车同一车道正前方异常慢速或减速行驶；
- (4) 主车行驶，远车在主车相邻车道前方异常慢速或减速行驶。

### 2.6.4 具体性能参数要求

#### 2.6.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ；

b、需求分析：

选择最恶劣工况：假设两车在高速公路行驶，前车静止，后车为 132km/h（法

规要求，高速公路最高车速为 120km/h，此处为避免车速取值误差，上浮 10%）。则 100ms 内两车间的距离因时延影响，会缩短 3.67m。安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多出约 10m，故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

#### 2.6.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小  $\geq 1024\text{bit}$ 。

#### 2.6.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要  $\geq 10\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

目前 GPS 定位更新频率为 10Hz，故消息发送频率应至少与卫星更新频率保持一致，保证及时获取并更新车辆的 GPS 信息数据最终实现即时广播。

#### 2.6.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应  $\geq 300\text{m}$ ；

b、需求分析：

FCW 的安全距离计算公式为：

$$S = (v_s - v_f)(T + t_1 + \frac{1}{2}t_2) + \frac{(v_s - v_f)^2}{2a} + d_0 \quad (1)$$

其中， $v_s$  和  $v_f$  分别为本车和远车的速度， $T$  为驾驶员反应的时间， $t_1$  和  $t_2$  为制动协调时间和减速度增加时间， $a$  为本车纵向加速度， $d_0$  为静止时安全距离。假设驾驶员的反应时间为 2s，制动协调时间 0.5s，减速度增加时间 0.2s，两车速度差为 100km/h，静止安全距离为 3m，加速度大小为  $3.6\text{m/s}^2$ ，则最小安全距离约为 182m，小于通讯传输范围距离 300m。

#### 2.6.4.5 接收范围

a、需求：

针对于异常车辆预警功能，接收 300m 之内车辆消息即可。

#### 2.6.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率  $\leq 10\%$ 。

#### 2.6.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.6.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 2.93 Mbps;

b、需求分析:

繁忙交通路况, 通讯范围内周边车辆可多达 300 辆, 每台车发送安全预警类消息约 1024bit, 频率 10Hz, 则每秒通信数据量 =  $1024 * 10 * 300 = 3072000$  bit, 则峰值速率约为 2.93 Mbps。

#### 2.6.4.9 吞吐量

a、需求:

吞吐量应  $\geq 2.94$  Mbps;

b、需求分析:

V2V 应用功能中, 峰值速率可能达到 2.93 Mbps, 对于 V2I 应用功能, 还需支持红绿灯信息、路标信息、施工信息等低频率广播 (最高 10Hz) 数据。所以, 总体吞吐量需超过 2.94 Mbps。

#### 2.6.4.10 定位精度

a、需求:

定位精度应  $\leq 1.5$  m;

b、需求分析:

AVW 预警的前提是两车在相同/相邻车道上, 现有中国车道宽度一般为 2.75~3.5m, 可取 3m 车道宽度作为参考依据。假设主车和远车在车道中间行驶, 以车头位置的横坐标为基准, 若定位偏差完全产生横向偏移, 仍然小于 1.5m, 两车车道分类仍然为相同/相邻车道, 因此定位精度应小于 1.5m, 直至达到亚米级。

#### 2.6.4.11 支持的最高车速

a、需求:

支持最高车速 120km/h。

## 2.7 道路危险状况预警

### 2.7.1 项目范围

本文档明确了道路危险状况提示的场景定义; 同时, 详细阐述了如何利用 V2X 技术实现道路危险状况提示预警的功能实现, 经过对功能实现的过程进行具体分析, 提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

### 2.7.2 名词解释

HLW: Hazardous Location Warning 道路危险状况预警

HV: Host Vehicle 主车

### 2.7.3 场景定义

主车 (HV) 行驶到潜在危险状况 (如桥下存在积水、路面有深坑、道路湿滑、前方急转弯等) 路段, 存在发生事故风险时, HLW 应用对 HV 驾驶员进行

预警。本应用适用于城市道路、郊区道路和高速道路等容易发生危险状况的路段或者临时性存在的道路风险的路段。

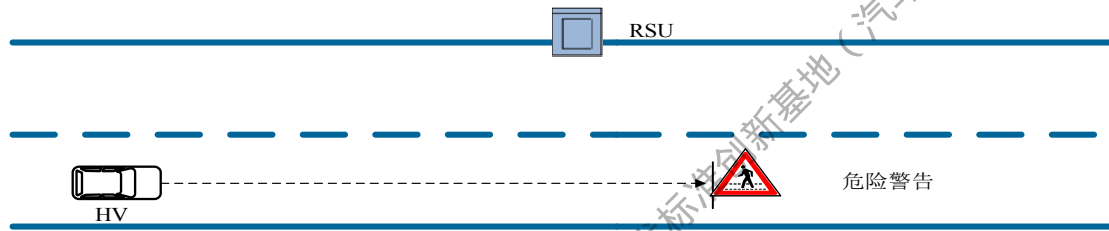


图7 HLW 应用场景示意图

到道路存在危险状况时，附近路侧单元（RSU）或临时路侧设备对外广播道路危险状况提示信息，包括：位置、危险类型、危险描述等，行经该路段的 HV 根据信息及时采取避让措施，避免事故的发生。

## 2.7.4 具体性能参数要求

### 2.7.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ；

b、需求分析：

选择最恶劣工况：假设两车在高速公路行驶，前车静止，后车为 132km/h（法规要求，高速公路最高车速为 120km/h，此处为避免车速取值误差，上浮 10%）。则 100ms 内两车间的距离因时延影响，会缩短 3.67m。安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多出约 10m，故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

### 2.7.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

### 2.7.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 5\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

按照最高 120km/h 速度计算，消息发送最大频率 5Hz 对应的的时间间隔是 0.2s，每个间隔中，车辆的行进距离约为 6.67m，消息发送频率可满足车辆到达危险道路路况前收到 HLW 预警的需求。

### 2.7.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 300\text{m}$ ；

b、需求分析：

若车辆在高速公路上的行驶速度 120Km/h，通信频率为 5Hz，驾驶员的反应时间为 2s，制动协调时间 0.5s，减速度增加时间 0.2s，则车辆前进的距离约为

96.67m, 考虑到速度影响, 天气影响及驾驶员反应比较慢的情况, 设定通讯传输范围大于等于 300m 可满足限速预警的要求

#### 2.7.4.5 接收范围

a、需求:

针对于道路危险状况预警功能, 接收 300m 以外的路侧单元消息即可。

#### 2.7.4.6 可靠性

a、需求:

在有效通信范围内, 丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.7.4.7 安全性

a、需求:

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.7.4.8 峰值速率

a、需求:

峰值速率为 5 kbps;

b、需求分析:

$1024\text{bit} * 5\text{Hz} = 5\text{kbps}$ 。

#### 2.7.4.9 吞吐量

a、需求:

吞吐量应 $\geq 5\text{kbps}$ ;

b、需求分析:

单向广播信息, 吞吐量同峰值速率, 为 5kbps。

#### 2.7.4.10 定位精度

a、需求:

定位精度应 $\leq 5\text{m}$ ;

b、需求分析:

HLW 预警是 RSU 把道路危险状况提示信息发送给 HV, HV 根据自身的定位, 计算与道路危险区域的距离并计算实际做出预警, 对车辆的定位精度要求较低, 小于 5m 即可达到定位精度的要求。

#### 2.7.4.11 支持的最高车速

a、需求:

支持最高车速 120km/h。

## 2.8 天气状况预警

### 2.8.1 项目范围

本文档明确了天气信息预警的场景定义, 经过对功能实现的过程进行具体分析, 提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

## 2.8.2 名词解释

PM: Particulate Matter 细颗粒物

## 2.8.3 场景定义

现在生态恶化的趋势尚未得到根本扭转，环境污染的问题依然突出，我国的部分城市空气污染严重，恶劣天气也时有发生，比如，在北京、石家庄、哈尔滨等北方城市，雾霾天气、沙尘暴更是经常出现，测量报表也不再遥不可及。在雾霾、大雨、冰雹等不良天气下，空气能见度低，很容易发生交通事故。为了保证交通安全，我们把天气状况信息提前发送给智能驾驶车辆，主要包括：

- (1) 空气质量信息，比如 PM2.5, PM10, 空气能见度等指标
- (2) 大雾告警信息
- (3) 雨雪告警信息
- (4) 冰雹告警信息
- (5) 其他

## 2.8.4 具体性能参数要求

### 2.8.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延：100ms~3s；

b、需求分析：

恶劣工况 1：假设车辆在高速公路行驶，车速 120km/h，前方 100m 处突发大雾，行驶 100m 所需的时间为 3s，为了让智能驾驶车辆提前减速，我们需要在 3s 内把告警信息传送到智能驾驶车辆。

恶劣工况 2：车辆接收天气广播信息时出现丢包率高，而前方 500m 处突发大雾、冰雹等恶劣天气，严重影响交通安全，甚至需要紧急靠边停车，此时需要通信时延小于 100ms。

### 2.8.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小  $\geq 1024\text{bit}$ ；

b、需求分析：

考虑到天气状况信息需要包括空气质量、大雾程度、雨雪、冰雹等信息，每种信息至少需要 8bit，信元信息共计需要 32bit 以上。如果考虑加密、抗干扰等因素，则需要更多的比特数。

### 2.8.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要  $\geq 1\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

考虑到天气的演变也需要一个渐进的过程，天气预警消息的发送频率设置在



1Hz 以上即可。

#### 2.8.4.4 通讯范围

a、需求：

基站发送天气状况消息时的通讯传输范围应 $\geq 1000\text{m}$ ；

路测单元发送天气状况消息时的通讯传输范围应 $\geq 500\text{m}$ 。

#### 2.8.4.5 接收范围

a、需求：

为了确保安全，车辆应该接收到 1000m 内发送的信息。

#### 2.8.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.8.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.8.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 1kbps；

b、需求分析：

$1024\text{bit} * 1\text{Hz} = 1\text{kbps}$ 。

#### 2.8.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应 $\geq 1\text{kbps}$

b、单向广播信息，吞吐量同峰值速率，为 1kbps。

#### 2.8.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度 $\leq 10\text{m}$ ；

b、需求分析：

10 米以内的天气状况比较接近，因此对定位精度要求不高。

#### 2.8.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 120km/h。

## 2.9 限速预警

### 2.9.1 项目范围

本文档明确了限速预警的场景定义；同时详细阐述了如何利用 V2X 技术实现限速预警的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相

关具体性能参数的明确要求。

### 2.9.2 名词解释

SLW: Speed Limit Warning 限速预警

HV: Host Vehicle 主车

### 2.9.3 场景定义

主车 (HV) 行驶过程中, RSU 周期性发送特定路段的限速信息, HV 判断自己在 RSU 指示的特定路段, SLW 应用对 HV 驾驶员发出预警, 提醒驾驶员减速行驶。本应用适用于普通道路及高速公路等有限速的道路。

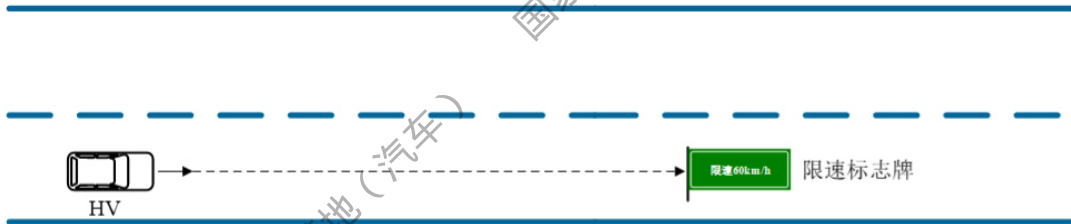


图 8 SLW 应用场景示意图

场景工况:

HV 和路侧单元 (RSU) 需具备短程无线通信能力。HV 行驶时, RSU 周期性发送特定路段的限速信息。当 HV 根据自身的位置和车辆行驶方向判断自己是否在 RSU 发送的特定路段, 若在该路段 SLW 应用对 HV 驾驶员发出预警, 提醒驾驶员减速行驶。

### 2.9.4 具体性能参数要求

#### 2.9.4.1 通讯时延

a、需求:

通讯传输时延 $\leq 500\text{ms}$ ;

b、需求分析:

选择场景如下: 假设主车在高速公路行驶, 车速为  $150\text{Km/h}$ , 若该路段高速规定车速  $120\text{Km/h}$ 。RSU 把路段的路段及具体限速大小的信息发送给 HV, 则  $500\text{ms}$  内因时延影响, 前进的距离约为  $20.83\text{m}$ 。故由于通信时延产生的距离在通信范围内不会让车辆错过限速提醒。

#### 2.9.4.2 信息大小

a、需求:

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

#### 2.9.4.3 频率

a、需求:

消息发送频率需要 $\geq 1\text{Hz}$ ;

b、需求分析:

若车辆在高速公路上的行驶速度是  $120\text{Km/h}$ , 更新频率为  $1\text{Hz}$ , RSU 发送

限速信息的时间间隔内是车辆形式的距离约为 33.3m, 可以保证及时的获取限速信息。

#### 2.9.4.4 通讯范围

a、需求:

通讯传输范围应 $\geq 300\text{m}$ 。

#### 2.9.4.5 接收范围

a、需求:

针对于限速预警功能, 最短要接收 300m 的限速预警消息;

b、需求分析:

若车辆在高速道路上的行驶速度是 150Km/h, 该路段高速规定车速 120km/h, 通信频率为 1Hz, 驾驶员的反应时间为 2s, 制动协调时间 0.5s, 减速度增加时间 0.2s, 则车辆前进的距离约为 154.2m, 考虑到速度影响, 天气影响及驾驶员反应比较慢的情况, 设定通讯传输范围大于等于 300m 可满足限速预警的要求。

#### 2.9.4.6 可靠性

a、需求:

在有效通信范围内, 丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.9.4.7 安全性

a、需求:

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.9.4.8 峰值速率

a、需求:

峰值速率为 1kbps;

b、需求分析:

$1024\text{bit} * 1\text{Hz} = 1\text{kbps}$ 。

#### 2.9.4.9 吞吐量

a、需求:

吞吐量应 $\geq 1\text{kbps}$ ;

b、需求分析:

单向广播信息, 吞吐量同峰值速率, 为 1kbps。

#### 2.9.4.10 定位精度

a、需求:

定位精度应 $\leq 5\text{m}$ ;

b、需求分析:

SLW 预警是 RSU 把限速路段信息和具体限速的大小发送给 HV, HV 根据自身的定位和行驶的方向检测自己是否在限速范围内, 因限速路段一般范围较

大，此次对车辆的定位精度要求较低，小于 5m 即可达到定位精度的要求。

### 2.9.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 120km/h。

## 2.10 闯红灯预警

### 2.10.1 项目范围

本文档明确了闯红灯的场景定义；同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现闯红灯预警的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

### 2.10.2 名词解释

RLVW: Red Light Violation Warning 闯红灯预警

HV: Host Vehicle 主车

### 2.10.3 场景定义

HV 经过有信号控制的交叉口（车道），车辆存在不按信号灯规定或指示行驶的风险时，RLVW 应用对驾驶员进行预警。本应用适用于城市及郊区道路及公路的交叉路口、环道出入口和可控车道、高速路入口和隧道灯有信号控制的车道。

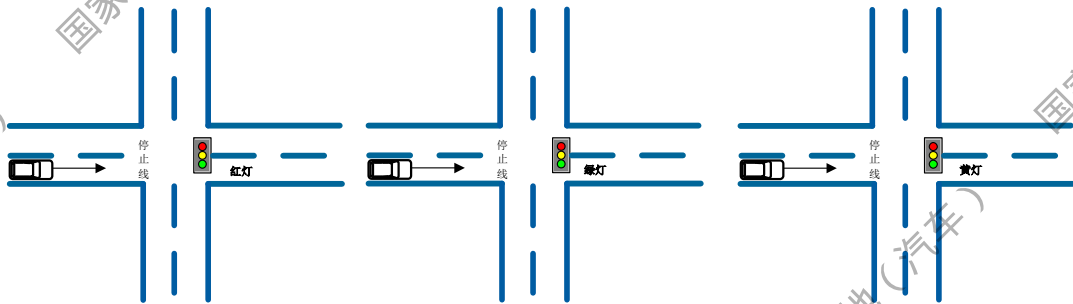


图 9 RLVW 应用场景示意图

当 HV 无法对当前红灯或者即将到来的红灯做出正确的判断时如：当前方有大车遮挡视线或者恶劣天气影响视线时，或由于其他原因，RLVW 检测 HV 当前所处的位置和速度等，通过计算预测车头经过路口停止线时信号灯的状态，并向驾驶员进行预警。

### 2.10.4 具体性能参数要求

#### 2.10.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ；

b、需求分析：

闯红灯预警主要适用于城市及郊区，根据我国道路限速规定，在城市及郊区道路上行最高时速为 80Km/h，为避免车速误差，取值上浮 10%，车速为 88km/h。则 100ms 内车辆的因时延影响行驶的距离为 2.44m。一般乘用车车长均超过

2.44m，时延产生的距离不会导致车辆闯红灯。

#### 2.10.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

#### 2.10.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 5\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

按照最高  $80\text{Km/h}$  速度计算，消息发送最大频率  $5\text{Hz}$  对应的的时间间隔是  $0.2\text{s}$ ，每个间隔中，车辆的行进距离约为  $4.45\text{m}$ ，消息发送频率可满足闯红灯预警的需求。

#### 2.10.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 150\text{m}$ ；

b、需求分析：

RLVW 的驾驶员反应时间为  $2\text{s}$ ，制动协调时间为  $0.5\text{s}$ ，减速度增长时间为  $0.2\text{s}$ ，若车辆的行驶速度是  $80\text{Km/h}$ ，那这段时间内车辆行驶的距离为  $55.6\text{m}$ ，天气影响及驾驶员反应比较慢的情况，设定通讯传输范围大于等于  $150\text{m}$  可满足闯红灯预警的要求

#### 2.10.4.5 接收范围

a、需求：

针对于闯红灯预警功能，接收  $150\text{m}$  以外预警消息即可。

#### 2.10.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.10.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.10.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为  $5\text{kbps}$ ；

b、需求分析：

$1024\text{bit} * 5\text{Hz} = 5\text{kbps}$ 。

#### 2.10.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应 $\geq 5\text{kbps}$ ;

b、需求分析:

单向广播信息, 吞吐量同峰值速率, 为  $5\text{kbps}$ 。

#### 2.10.4.10 定位精度

a、需求:

定位精度应 $\leq 1.5\text{m}$ ;

b、需求分析:

RLVW 预警是路侧单元 (RSU) 定时发送路口地理信息和信号灯实时状态, HV 根据自身的 GNSS 地理信息, 确定当前信号灯相位, 计算与 HV 到停止线的距离等综合对比后发出的预警信息。现有中国车道宽度一般为  $2.75\sim 3.5\text{m}$ , 可取  $3\text{m}$  车道宽度作为参考依据, 若定位偏差完全产生横向偏移, 仍然小于  $1.5\text{m}$ , 结合行驶的方向可以做出正确的判断并做出 RLVW 预警, 因此要求定位精度 $\leq 1.5\text{m}$ 。

#### 2.10.4.11 支持的最高车速

a、需求:

支持最高车速  $80\text{km/h}$ 。

### 2.11 弱势交通参与者碰撞预警

#### 2.11.1 项目范围

本文明确了弱势交通参与者 (行人、自行车、电动自行车等) 碰撞预警的场景定义, 提出了对通讯相关基本性能参数的需求。

#### 2.11.2 名词解释

HV: Host Vehicle 主车

Ped: Pedestrian 弱势交通参与者

#### 2.11.3 场景定义

HV 在车道上行驶, 前方有弱势交通参与者相对于 HV 横向或纵向移动, 与 HV 有碰撞风险时, 系统可以向 HV 驾驶员发出预警信息。本场景主要用于一般公路 (国、省道等) 及城市道路中。

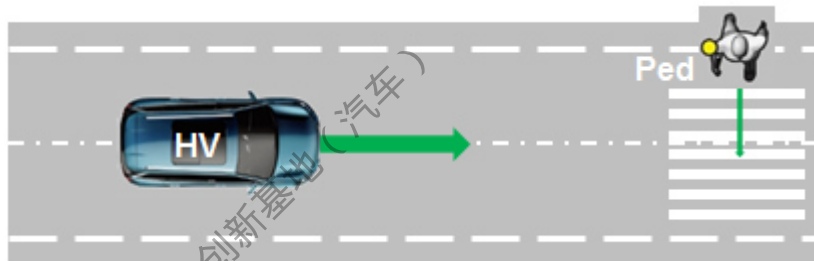


图 10 Ped 应用场景示意图

主要包括以下两种工况:

主车行驶, 前方弱势交通参与者横穿马路, 接近 (例如弱势群体距离车辆外

轮廓 $\leq 1\text{m}$ ) 或处于车辆行驶轨迹中;

主车行驶, 前方弱势交通参与者纵向移动(与主车同向或反向), 接近(例如弱势群体距离车辆外轮廓 $\leq 1\text{m}$ ) 或处于车辆行驶轨迹中;

#### 2.11.4 基本性能参数需求

##### 2.11.4.1 通讯时延

a、需求:

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ;

b、需求分析:

按照一般国道或城市道路最高限速  $80\text{km/h}$ , 弱势交通参与者以  $20\text{km/h}$  相对车辆反向移动, 此时相对速度为  $100\text{km/h}$ . 时延  $100\text{ms}$  车辆相对行人纵向距离减少  $2.8\text{m}$ . 安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多  $10\text{m}$ , 故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

##### 2.11.4.2 信息大小

a、需求:

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ .

##### 2.11.4.3 频率

a、需求:

消息发送频率需要 $\geq 10\text{Hz}$ ;

b、需求分析:

目前 GPS 定位更新频率为  $10\text{Hz}$ , 故消息发送频率应至少与卫星更新频率保持一致, 保证及时获取并更新车辆的 GPS 信息数据最终实现即时广播。

##### 2.11.4.4 通讯距离

a、需求:

通讯距离 $\geq 300\text{m}$ .

##### 2.11.4.5 可靠性

a、需求:

在有效通信范围内, 丢包率 $\leq 10\%$ .

##### 2.11.4.6 安全性

a、需求:

为安全证书信息的传输预留额外资源。

##### 2.11.4.7 定位精度

a、需求:

定位精度 $\leq 1\text{m}$ .

#### 2.12 紧急制动

### 2.12.1 项目范围

本文档明确了紧急制动的场景定义；同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现紧急制动的功能实现，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

### 2.12.2 名词解释

HV: Host Vehicle 主车

RV: Remote Vehicle 远车

### 2.12.3 场景定义

HV 在车道上行驶，与在正前方同一车道的 RV 存在追尾碰撞危险时，紧急制动功能可实现对 HV 进行制动，避免碰撞。本应用场景功能适用于普通道路或高速公路等车辆追尾碰撞危险。

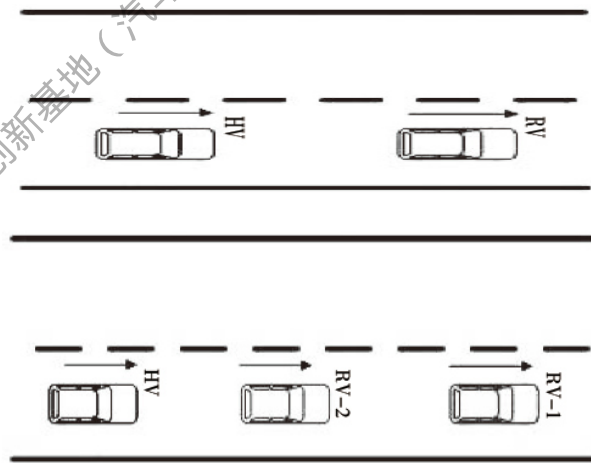


图 11 应用场景示意图

主要包括以下五种工况：

- (1) 主车行驶，远车在主车同一车道正前方发生紧急制动事件；
- (2) 主车行驶，远车在主车相邻车道前方发生紧急制动事件；
- (3) 主车行驶，视线被紧邻同车道车辆阻挡，远车在主车同一车道正前方发生紧急制动事件；
- (4) 主车行驶，视线被紧邻同车道车辆阻挡，远车在主车相邻车道前方发生紧急制动事件；
- (5) 主车行驶，远车在正前方低速行驶或静止。

### 2.12.4 具体性能参数要求

#### 2.12.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ ；

b、需求分析：

选择最恶劣工况：假设两车在高速公路行驶，前车静止，后车为 132km/h（法规要求，高速公路最高车速为 120km/h，此处为避免车速取值误差，上浮 10%）。



则 100ms 内两车间的距离因时延影响，会缩短 3.67m。安全预警距离一般比驾驶员实际制动距离多出约 10m，故由于通信时延产生的距离满足安全预警需求。

#### 2.12.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小  $\geq 1024\text{bit}$ 。

#### 2.12.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要  $\geq 10\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

目前 GPS 定位更新频率为 10Hz，故消息发送频率应至少与卫星更新频率保持一致，保证及时获取并更新车辆的 GPS 信息数据最终实现即时广播。

#### 2.12.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应  $\geq 150\text{m}$ ；

b、需求分析：

紧急制定的安全距离计算公式为：

$$S = (v_s)(t_1 + \frac{1}{2}t_2) + \frac{(v_s)^2}{2(a_1)} + d_0 - \frac{(v_f)^2}{2(a_2)} \quad (1)$$

其中， $v_s$  和  $v_f$  分别为本车和远车速度，紧急制动场景不需驾驶员反应的时间， $t_1$  和  $t_2$  为制动协调时间和减速度增加时间， $a_1$  为本车紧急制动加速度， $d_0$  为静止时安全距离， $a_2$  为紧急制动加速度。假设制动协调时间 0.5s，减速度增加时间 0.2s，本车最大速度为 132km/h，静止安全距离为 3m，紧急制动加速度大小为 6m/s<sup>2</sup>。

假设紧急制动前，前车静止，本车车速为 132km/h，则最小安全距离约为 137m，小于通讯传输范围距离 150m。

#### 2.12.4.5 接收范围

a、需求：

针对于紧急制动功能，接收 150m 之内车辆消息即可。

#### 2.12.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率  $\leq 10\%$ 。

#### 2.12.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.12.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 1.47Mbps；

b、需求分析：

繁忙交通路况，通讯范围内周边车辆可多达 150 辆，每台车发送安全预警类消息约 1024bit，频率 10Hz，则每秒通信数据量  $= 1024 * 10 * 150 = 1536000$  bit，则峰值速率约为 1.47 Mbps。

#### 2.12.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应  $\geq 1.48$ Mbps；

b、需求分析：

V2V 应用功能中，峰值速率可能达到 1.47 Mbps，对于 V2I 应用功能，还需支持红绿灯信息、路标信息、施工信息等低频率广播（最高 10Hz）数据。所以，总体吞吐量需超过 1.48 Mbps。

#### 2.12.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度应  $\leq 1.5$ m；

b、需求分析：

紧急制动需确定两车所处的车道情况，现有中国车道宽度一般为 2.75~3.5m，可取 3m 车道宽度作为参考依据。假设主车和远车在车道中间行驶，以车头位置的横坐标为基准，若定位偏差完全产生横向偏移，仍然小于 1.5m，仍然可以确定两车是否处于同一车道或相邻车道，可支持避开碰撞风向，因此定位精度应小于 1.5m，直至达到亚米级。

#### 2.12.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 120km/h。

### 2.13 单车车辆跟随

#### 2.13.1 项目范围

本文档明确了单车车辆跟随的场景定义；同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现单车车辆跟随功能，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

#### 2.13.2 名词解释

HV: Host Vehicle 主车

具备 V2X 通信能力，且作为单车跟随功能主体的车辆

RV: Remote Vehicle 远车

具备 V2X 通信能力，可能作为主车的单车跟随功能所跟随对象的车辆

TV: Target Vehicle 目标车

当前作为主车的单车跟随功能所跟随对象的车辆

N-TV: Non-Target Vehicle 非目标车

当前并非主车跟随对象，亦不具备 V2X 通信能力的车辆

### 2.13.3 场景定义

传统 ADAS 系统通过摄像头和雷达，可以实现自适应巡航、车道居中辅助以及车道内的前车横向移动的跟随。V2X 技术可以在此基础上，场景内拓展其功能、优化其性能。但应考虑到，V2X 的单车跟随车辆功能应是自适应巡航、车道居中辅助等功能的延伸和优化手段，不应脱离车辆的现有传感感知和驾驶辅助技术单独考虑 V2X 的单车跟随车辆场景。

典型的 V2X 单车跟随车辆场景描述如下：

HV 在车道上行驶，在正前方同一车道存在同向行驶的 RV，单车跟随车辆功能将该 RV 拾取为 TV，单车跟随车辆功能可控制 HV 跟随 TV 保持适当的安全距离、跟随 TV 的轨迹控制 HV 保持适当的车速且跟随 TV 的轨迹在车道内进行适当的横向移动，即使该 TV 不在 HV 的驾驶辅助系统（摄像头、雷达等）的探测范围之内。

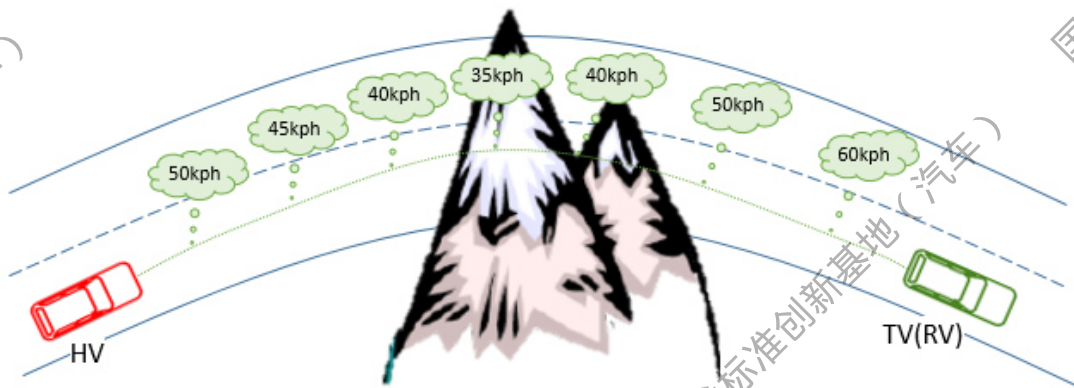


图 12 单车跟随车辆应用场景示意图-1



图 13 单车跟随车辆应用场景示意图-2

对于以下场景，并不在单车跟随车辆功能覆盖范围之内：

- (1) 在 HV 跟随车辆功能使能距离内没有 RV 的；

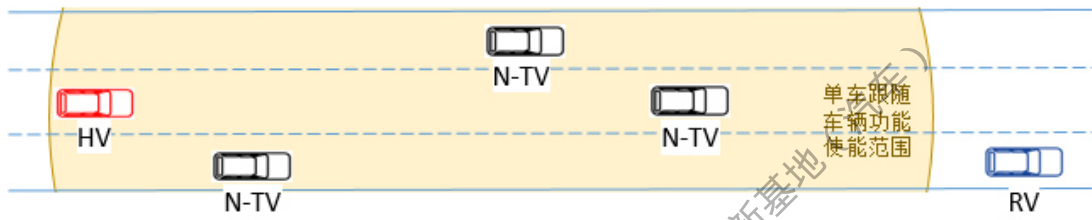


图 14 单车跟随车辆以外场景 (1) 示意图

(2) HV 与 RV 之间存在 N-TV, RV 与 HV 之间的距离( $D_{HR}$ )比 HV 与最近的 N-TV 之间距离( $D_{HNT}$ )之比大于一定值的;

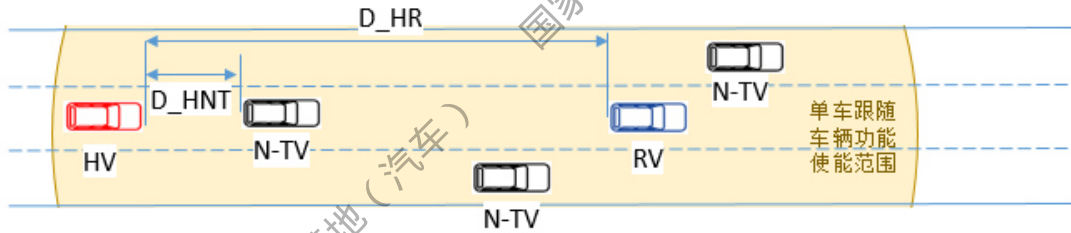


图 15 单车跟随车辆以外场景 (2) 示意图

(3) HV 与 RV 不在同一车道内行驶的;

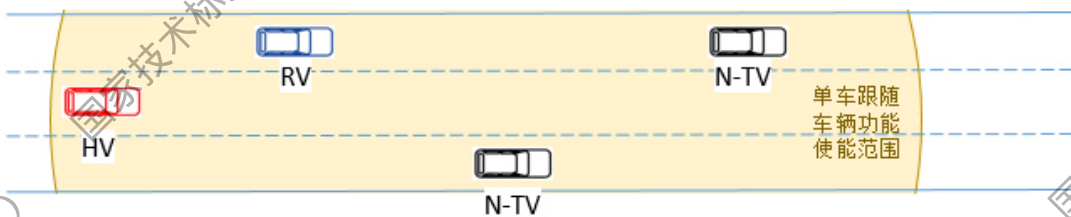


图 16 单车跟随车辆以外场景 (3) 示意图

### 2.13.4 具体性能参数要求

#### 2.13.4.1 通讯时延

a、需求:

通讯传输时延 $\leq 240\text{ms}$ ;

b、需求分析:

当 HV 与 TV 之间距离较小时, ADAS 系统对 TV 的探测已可以满足使用要求。当 HV 与 TV 之间距离达到一定值时, ADAS 系统对 TV 的探测精度、可靠度下降, 需要 V2X 的前车轨迹信息, 且应保证 TV 当前所行驶过的轨迹的 90% 以上均已发送给 HV。

以 HV 行驶速度 120kph, 时距 2.4s 为例。HV 与 TV 相距 80m, 则 HV 前方 72m 的轨迹需要均已收到, 则时延为:

$$8\text{m}/(120\text{kph}/3.6)=240\text{ms}.$$

#### 2.13.4.2 信息大小

a、需求:

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

#### 2.13.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 50\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

对于实施车辆横纵向控制的来源信号，50Hz 是一般的基本要求。

#### 2.13.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 300\text{m}$ ；

b、需求分析：

目前长距离毫米波雷达的探测距离可以达到约 200m 的水平，V2X 技术应具备提供超 ADAS 系统传感器时距更远的传输能力。

#### 2.13.4.5 接收范围

a、需求：

应接收 $\geq 300\text{m}$ 范围内的车辆信息；

b、需求分析

针对于单车跟随车辆功能是一个舒适性功能，接收 300m 之内车辆消息即可满足使用需求。

#### 2.13.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.13.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.13.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 15 MBps；

b、需求分析：

繁忙交通路况，通讯范围内周边车辆可多达 300 辆，每台车发送消息约 1024bit，频率 50Hz，则每秒通信数据量 =  $1024 * 50 * 300 = 15360000$  bit，则峰值速率约为 15 MBps。

#### 2.13.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应 $\geq 15.1\text{MBps}$ ；

V2V 应用功能中，峰值速率可能达到 15 Mbps，对于 V2I 应用功能，还需支持红绿灯信息、路标信息、施工信息等低频率广播（最高 10Hz）数据。所以，

总体吞吐量需超过 15.1 Mbps

#### 2.13.4.10 定位精度

a、需求：

纵向定位精度应 $\leq 0.5\text{m}$ ；

横向定位精度应 $\leq 0.2\text{m}$ ；

b、需求分析：

对于 TV 车道类绕行障碍物的场景，为使 HV 沿 TV 轨迹行驶可以足够精确，TV 发送的行驶轨迹至少应达到上述需求。

#### 2.13.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 120km/h。

### 2.14 限速控制

#### 2.14.1 项目范围

本文档明确了限速控制的场景定义；同时，详细阐述了如何利用 V2X 技术实现限速控制功能，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

#### 2.14.2 名词解释

HV：Host Vehicle 主车

具备网络通信能力，且作为限速控制功能主体的车辆

RSU：Road Side Unit 道路设备单元

具备网络通信能力，负责将限速信息进行广播的设备

OBU：On Board Unit 车载单元

主车上用于接收限速信息的设备。

#### 2.14.3 场景定义

HV 在道路上行驶，通过 GPS 等定位系统定位本车位置。RSU 在特定范围内广播限速信息。当 HV 行驶到广播覆盖区域，且接收到应用在 HV 所在道路的限速信息时，OBU 接收 RSU 所发送限速信息，进行本车的限速控制，使得本车车速不超过限速。

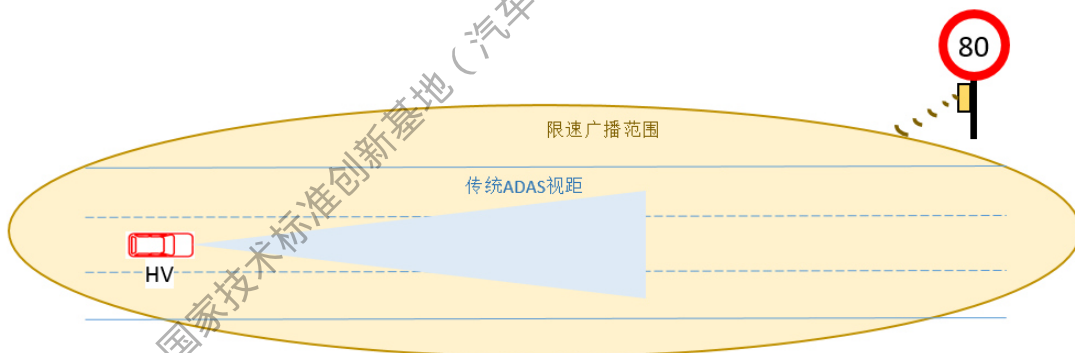


图 17 限速控制应用场景示意图-1

#### 2.14.4 具体性能参数要求

##### 2.14.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100\text{ms}$ 。

##### 2.14.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小 $\geq 1024\text{bit}$ 。

##### 2.14.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 2\text{Hz}$ ；

b、需求分析：

对于限速控制，限速不会快速变化，对发送频率要求不是很高。当 HV 以中国最高限速车速  $120\text{km/h}$  行驶，间隔  $500\text{ms}$  接收到限速信息所行驶距离小于  $20\text{m}$ ，而一般限速区域的范围都在百米以上量级。

##### 2.14.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 1000\text{m}$ ；

b、需求分析：

按照当前一般导航地图的测速信息播报提前量都在几百米量级。

##### 2.14.4.5 接收范围

a、需求：

应接收 OSU 覆盖半径距离内的信息。

##### 2.14.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq 10\%$ 。

##### 2.14.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

##### 2.14.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为  $2\text{kbps}$ ；

b、需求分析：

$1024\text{bit} * 2\text{Hz} = 2\text{kbps}$ 。

#### 2.14.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应 $\geq 2\text{kbps}$ ；

b、需求分析：

单向广播信息，吞吐量同峰值速率，为 2kbps。

#### 2.14.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度应 $\leq 10\text{m}$ 。

#### 2.14.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 120km/h。

### 2.15 红绿灯启停

#### 2.15.1 项目范围

本文档明确了红绿灯起停的场景定义，详细阐述了在如何利用 V2X 中的 V2I 技术，在辅助预警类场景 GLOSA（绿波车速引导）和 SVW（闯红灯预警）的基础上，结合信息融合技术，实现通过红绿灯触发车辆起步和制动的两类主要功能。通过对两类功能实现的过程进行理论分析，定义了通信相关的具体参数。

#### 2.15.2 名词解释

RTL: Response to Traffic Lights 红绿灯起停

GLOSA: Green Light Optimal Speed Advisory 绿波车速引导

SVW: Signal Violation Warning 闯红灯预警

V2I: Vehicle to Infrastructure 车载单元与路侧单元通信

OBU: On-Board Unit 车载单元

RSU: Road Side Unit 路侧单元

RSM: Road Side Message 路侧单元消息

HV: Host Vehicle 主车

#### 2.15.3 场景定义

红绿灯起停（RTL: Response to Traffic Lights）是指，当 HV 驶向或驶离交叉路口时，由红绿灯的 RSU 将信号灯的实时状态数据发送给 HV，HV 通过自身传感器信息融合技术，实现车辆在绿灯亮起时起步，或在红灯即将亮起前采取制动。本应用适用于城市及郊区安装有 RSU 的红绿灯控制路口，及已配备雷达、摄像头等传感器的车辆。

RTL 应用能提高车辆通过交叉路口的安全性，并提升局部的交通系统效率。



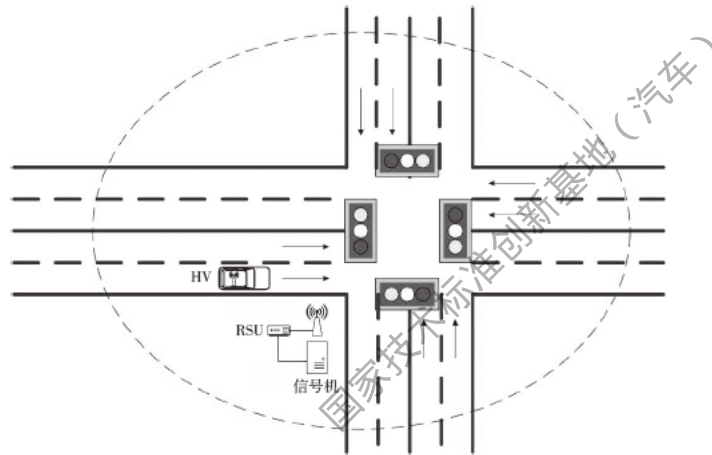


图 18 RTL 应用场景示意图

主要包括以下两种工况：

(1) 主车在交叉路口前停止，在绿灯亮起之时，主车接收到该信号并通过信息融合判断后，触发起步；

(2) 主车即将行驶至交叉路口，在红灯即将亮起之际，主车接收到该信号并通过信息融合判断后，触发制动。

#### 2.15.4 具体性能参数要求

##### 2.15.4.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 100$  ms。

##### 2.15.4.2 信息大小

a、需求：

支持传输的信息大小 $\geq 1024$  bit。

##### 2.15.4.3 频率

a、需求：

消息发送频率需要 $\geq 10$  Hz。

##### 2.15.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 150$ m。

##### 2.15.4.5 接收范围

a、需求：

针对于红绿灯起停功能，由红绿灯将道路和信号灯的实时状态数据发送至 150 m 范围内的车辆即可。

##### 2.15.4.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq 10\%$ 。

#### 2.15.4.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.15.4.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 10kbps；

b、需求分析：

$1024\text{bit} \times 10\text{Hz} = 10\text{kbps}$ 。

#### 2.15.4.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应  $\geq 10\text{kbps}$ ；

b、需求分析：

单向广播信息，吞吐量同峰值速率，为 10kbps。

#### 2.15.4.10 定位精度

a、需求：

定位精度应  $\leq 1\text{ m}$ ；

b、需求分析：

考虑不同车道的红绿灯状态的差异，需要识别车道。

#### 2.15.4.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速 80m/h。

### 2.16 编队行驶

#### 2.16.1 项目范围

本文档明确了车辆编队场景的场景定义，同时详细阐述了如何实现场景功能，经过对功能实现的过程进行具体分析，提出了对通讯相关具体性能参数的明确要求。

#### 2.16.2 场景定义

车辆编队技术，需要后车与前车具备相同的运动状态，包括行驶的轨迹、方向盘转角、速度、加速度等。为了实现这一功能，前车需要通过周期性采集自车的多类传感器（包括定位单元、方向盘传感器、轮转速传感器、横摆角速度/纵向加速度、BCM、高精度地图）数值，组成车辆编队报文，此报文并需要增加前车历史轨迹，用于后车实时接收到之后进行算法匹配，并调整车辆运行状态与前车一致。

### 2.16.3 具体性能参数要求

#### 2.16.3.1 通讯时延

a、需求：

通讯传输时延 $\leq 20\text{ms}$ ；

b、需求分析：

车队间跟车距离按 1 秒距离，最高速度 60km/h 上限；则整体延时需小于 50ms，其中包括 V2X 子系统延迟小于 20ms，车身总线子系统延迟小于 30ms，用于及时更新车辆状态信息。

#### 2.16.3.2 信息大小

a、需求：

传输信息大小为 1024bit。

#### 2.16.3.3 频率

a、需求：

消息发送频率为 $\geq 50\text{Hz}$ 。

#### 2.16.3.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围距离为 300 米；

b、需求分析：

按照实际需求考虑，大型卡车长度约为 15 米左右，假设最大车队数量 10 辆卡车，60km/h 速度下，1s 跟车安全间距约 16.7 米，则车队总长至少 300 米。

#### 2.16.3.5 接收范围

a、需求：

接收信息距离为 300 米。

#### 2.16.3.6 可靠性

a、需求：

在有效通信范围内，丢包率 $\leq 1\%$ ；

#### 2.16.3.7 安全性

a、需求：

为安全证书信息的传输预留额外资源。

#### 2.16.3.8 峰值速率

a、需求：

峰值速率为 0.5Mbps。

b、需求分析：

假设有 10 辆车进行编队，每台车发送安全预警类消息约 1024bit，频率 50Hz，则每秒通信数据量 =  $1024 * 10 * 50 = 512000 \text{ bit}$ ，则峰值速率约为 0.5 Mbps。

### 2.16.3.9 吞吐量

a、需求：

吞吐量应 $\geq 0.5\text{Mbps}$ 。

### 2.16.3.10 定位精度

a、需求：

定位精度 $\leq 0.1\text{m}$ 。

### 2.16.3.11 支持的最高车速

a、需求：

支持最高车速  $120\text{km/h}$ 。

## 2.17 共享环境数据

### 2.17.1 项目范围

传感器共享的概念通常分为协同感知和协同操控。协同感知（Cooperative Perception）通常定义为通过采用 V2X 通信分享自身感知到的数据（抽样提取后的数据和/或高精度传感器数据）来拓展车载传感器的可探测范围。临近的车辆和/或 RSU 分享其自身传感器（如：摄像头，激光雷达，雷达等）探测到的数据，包括探测到的车辆、道路状况、非机动车等；协同操控（Cooperative Maneuver）或者操控意图共享（Maneuver Sharing）通常定义通过采用 V2X 通信分享驾驶意图信息（抽样提取后的数据和/或高精度数据）。临近的车辆相互分享各自的驾驶意图信息，包括行驶、停止、停车、变道、汇入高速等。

### 2.17.2 名词解释

CP: Cooperative Perception, 协同感知

CM: Cooperative Maneuver, 协同操控

### 2.17.3 场景定义

协同感知指的是车辆或者 RSU 设备，通过自身传感器（雷达/摄像头/V2X 通信等）感知到周围的环境信息，然后通过 V2X 信息分享给周围具备 V2X 通信能力的车辆，从而拓展车辆的传感器可探测范围，增强其对周围环境的信息感知范围和能力。



图 19 协同感知场景定义

协同操作指的是各个车辆在行驶途中，动态分享其驾驶路径规划和驾驶意图。

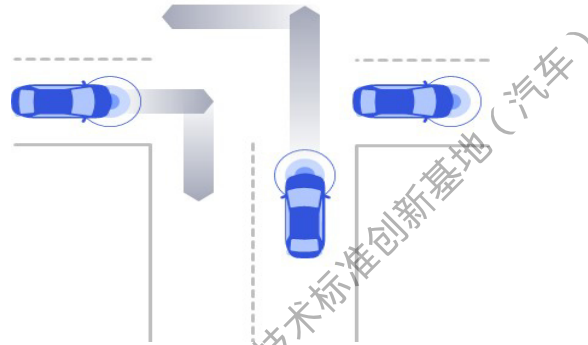


图 20 协同控制场景定义

## 2.17.4 具体性能参数要求

### 2.17.4.1 分析

取决于具体应用的场景，协同感知可以大致分为：1. 为 L2/L3 自动驾驶提供信息共享；2. 为 L4/L5 自动驾驶提供信息共享，这两类所需要的信息量存在一定区别：

对于 1，信息可以是经过压缩处理的，对于检测到的每个物体可以用 60 Byte 大小的数据包来描述，如果需要传输  $n$  个对象，信息发送频率为 10Hz。可以计算出，需要的数据速率为：

$$60\text{Byte/object} \times 8\text{bit/B} \times n \text{ objects} \times 10 = 4.8n \text{ kbps}$$

需要的数据速率与需要传输的对象信息存在线性关系，下表给出了几个典型值：

需要传输的对象	需要的数据速率
10	48kbps
100	480kbps
500	2.4Mbps
1000	4.8Mbps

对于 2，需要的信息量相对较大，更多需要原始格式的数据，假设共享的数据包括摄像头数据（考虑 H.265/HEVC 高清摄像头）、激光雷达（考虑 6 垂直角度、64 线、10Hz 水平旋转）数据以及其他雷达相关数据，则需要的数据速率为：

$$10\text{Mbps (摄像头)} + 35\text{Mbps (激光雷达)} + \text{其他传感器数据} \approx 50\text{Mbps}$$

对于协同控制，假设每次协商的规划路径每个坐标信息的数据包大小用 32 Byte 信息表示，包含 10s 的路径信息，精度为 10ms（即每 10ms 一个坐标信息），从而每次共享的路径信息数据大小为： $32 \times 8 \times 10000 / 10 = 256\text{kbits}$ ，消息发送频率为 10Hz，则需要的数据速率为：

$$256\text{kbits} \times 10 + \text{其他驾驶意图信息} \approx 5\text{Mbps}$$

### 2.17.4.2 通讯时延

对于协同感知，通讯传输时延  $\leq 20\text{ms}$ ；

对于协同操作，取决于不同的应用场景，存在不同的通讯时延要求：

用于车队编队行驶，通讯传输时延 $\leq 3\text{ms}$ ；

用于较为精确的协同操作，通信传输时延 $\leq 10\text{ms}$ ；

对于一般的协同操作，通信传输时延 $\leq 100\text{ms}$ 。

#### 2.17.4.3 频率

消息发送频率需要 $\geq 10\text{Hz}$ 。

#### 2.17.4.4 通讯范围

a、需求：

通讯传输范围应 $\geq 700\text{m}$ ；

b、需求分析：

对于协同感知，考虑车辆需要获知其 10s 范围内的情况，车辆最大相对速度为 250km/h，则需要的通信范围为：694m

对于协同操作，考虑车辆需要获知 10s 范围内其他车辆的驾驶意图等信息，车辆相对速度为 250km/h，则需要的通信范围为：694m。

#### 2.17.4.5 可靠性

需求：在有效通信范围内，可靠性：99%~99.999%。

通常而言，数据传输的可靠性要求与数据本身与原始数据之间相比被压缩的程度密切相关，对于高压缩的数据，其对于传输错误更加敏感，需要较高的传输可靠性，对于低压缩数据（比如摄像头原始数据），其对于传输错误容错性更好，需要的传输可靠性相对较低。对于协同操作，传输可靠性要求高。

#### 2.17.4.6 4.7 安全性

需求：高，需根据标准制定相关安全协议。

#### 2.17.4.7 速率

协同感知，需求：0.5Mbps~50Mbps

依据数据传输的是压缩后的数据还是原始数据，以及其所支持的不同的自动驾驶级别，所需要的通讯速率需求随着所需信息量增长而增长。

协同操控，需求：5Mbps

考虑 10s 的路径规划信息，精度为 10ms，消息频率为 10Hz。

#### 2.17.4.8 定位精度

需求： $\leq 1\text{m}$

协同感知定位精度取决于自动驾驶不同级别所需的定位精度要求。对于协同操控，需要支持亚米级别的定位精度要求。

#### 2.17.4.9 支持的最高车速

需求：支持最高相对车速为 240km/h。