
基于网联技术的汽车安全预警类应用场 景标准化需求研究报告

汽标委智能网联汽车分标委

基于网联技术的汽车安全预警类应用场景标准化需求研究组

前 言

随着社会经济的高速发展，城市化进程加快，城市交通需求也在迅速增长，安全、效率等方面的交通问题成为限制城市发展的重要问题，这也迫使人们改变传统的交通出行方式。网联技术的应用能有效的解决道路交通安全问题，大幅度提升道路安全和效率，具有较高的应用价值。现阶段我国在网联技术上已经具备研究基础，部分车型即将量产。国家层面先后出台一系列重要文件对智能网联汽车发展进行战略规划。2016年，《汽车产业中长期发展规划》中进一步将智能网联汽车提升至国家战略高度，要求智能网联汽车与国际同步发展，加速构建智能网联汽车法律标准体系；2018年，《国家车联网产业标准体系建设指南》系列文件，构建了车联网产业的顶层设计，全面推动车联网产业技术研发和标准制定；2019年，《交通强国建设纲要》提出加强智能网联汽车研发，形成自主可控完整的产业链；2020年，《智能汽车创新发展战略》提出构建系统完善的智能汽车法规标准体系。

为贯彻落实《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》及《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》等文件有关智能网联汽车标准体系建设的要求，科学有序开展智能网联汽车网联功能与应用相关标准的研究与制定工作，并结合《网联功能与应用标准制定路线图研究报告》，综合考虑优先度、成熟度、技术特点等多方面因素，开展本项目研究。

本项目通过调研国内外网联技术相关的标准、技术、政策及示范应用现状，分析网联技术落地的可行性；结合工作组内部企业技术应用调研，梳理适合中国实际情况且可落地的典型的安全预警类场景；与ADAS现有功能应用标准进行分析对比，并结合中国交通事故深入研究（CIDAS）数据分析，同时考虑相关标准制定的重要影响因素，输出基于网联技术的汽车安全预警类典型应用场景的标准化建议及标准制定路线图。

在此，衷心感谢参与研究报告编写的各单位、组织及个人。

组织领导：汽标委智能网联汽车分标委

牵头单位：中国汽车技术研究中心有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司

参与单位：东软集团股份有限公司、华为技术有限公司、北京万集科技股份有限公司、国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司、中国信息通信研究院、通用汽车（中国）投资有限公司、丰田汽车（中国）投资有限公司、高通无线通信技术（中国）有限公司、电信科学技术研究院有限公司、宝马（中国）服务有限公司、北京福田汽车股份有限公司、东风汽车集团公司技术中心、长城汽车股份有限公司、重庆长安汽车股份有限公司、上汽大众汽车有限公司、戴姆勒大中

华区投资有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心、上海汽车集团股份有限公司、东风日产乘用车公司、惠州市德赛西威汽车电子股份有限公司、安徽江淮汽车集团股份有限公司、江铃汽车股份有限公司、北京汽车研究总院有限公司、一汽解放汽车有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、大众汽车（中国）投资有限公司、重庆车辆检测研究院有限公司、北京汽车研究总院有限公司、湖南湘江智能科技创新中心有限公司、罗德与施瓦茨（中国）科技有限公司。

参与人员：田晓笛、杨良义、李春、郭魁元、郑雪松、祁帅、杨淼、王兴昌、周浩、张百杰、林琳、丛飞宇、张萌、陈书平、李明超、房家奕、殷悦、李旭东、张存玺、刘东、赵奕铭、傅建雄、张学艳、王林川、朱杰、吴飞燕、韩毓、苏庚、周晓勇、汝正阳、郭岩、刘帆、王琳璨、郭蓬、马凌峰、田博、朱濠、谢卉瑜、江欢欢、朱陈伟、刘卫东、徐玥、李木子、江威、张迪思、刘芳、郭进龙。

全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会

目录

第一章 国内外网联技术政策及标准法规的发展现状.....	1
1.1 网联技术政策现状.....	1
1.1.1. 美国网联技术政策现状.....	1
1.1.2. 欧洲网联技术政策现状.....	1
1.1.3. 日本网联技术政策现状.....	2
1.1.4. 中国网联技术政策现状.....	2
1.2. 网联技术标准法规现状.....	3
1.2.1. 美国网联技术标准法规现状.....	3
1.2.2. 欧洲网联技术标准法规现状.....	5
1.2.3. 日本网联技术标准法规现状.....	6
1.2.4. 中国网联技术标准法规现状.....	7
第二章 网联技术及应用现状及分析.....	9
2.1. 网联技术分析.....	9
2.1.1. 网联技术现状及发展趋势.....	9
2.1.2. 车载终端设备现状.....	11
2.1.3. 智能路侧设施现状.....	13
2.2. 示范应用现状.....	17
2.2.1. 封闭和半封闭测试场.....	17
2.2.2. 智慧高速公路.....	18
2.2.3. 车联网先导区.....	20
第三章 典型安全预警场景筛选.....	23
3.1. 美国安全预警类场景.....	23
3.1.1. 美国 V2X 应用场景分类简述.....	23
3.1.2. 美国安全应用标准详述.....	24
3.2. 欧洲安全预警类场景.....	26
3.3. 日本安全预警类场景.....	27
3.3.1. ITS Connect 推进协议会的场景.....	27
3.3.2. UTMS 协会的应用场景.....	28
3.4. 中国安全预警类场景.....	29
3.5. 典型安全预警场景筛选.....	36
3.5.1. 典型安全预警场景筛选原则.....	36
3.5.2. 安全预警场景筛选分析.....	36
3.5.3. 典型安全预警场景.....	40
第四章 网联相关标准分析及安全预警场景分类.....	42
4.1. 网联相关的配套标准情况.....	42
4.1.1. 智能网联汽车领域标准情况.....	42
4.1.2. 信息通信相关配套标准.....	43
4.1.3. 智能交通相关配套标准.....	46
4.2. 与现有标准对比分析.....	49
4.3. 安全预警场景分类.....	52
第五章 典型工况分析及安全预警场景排序.....	54
5.1. 中国道路交通事故概况.....	54
5.2. 中国道路交通事故特征.....	56

5.3. 道路交通数据库数据分析.....	65
5.3.1. 数据分析参考项.....	65
5.3.2. 事故特征提取.....	66
5.4. 典型工况分析.....	70
5.5. 典型安全预警场景排序.....	72
5.5.1. 场景排序的原则.....	72
5.5.2. 典型安全预警类应用排序.....	73
第六章 典型安全预警场景标准化需求.....	74
6.1. 产业发展支撑建议.....	74
6.2. 标准体系构建.....	75
6.3. 标准制定路线图.....	75
参考文献.....	77
附录 A 缩略语.....	78

全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会发布

第一章 国内外网联技术政策及标准法规的发展现状

随着经济及工业技术的快速发展，汽车已经成为现代社会重要的交通工具，人们的汽车保有量持续增加，在带来舒适和便捷的同时，道路安全、城市拥堵、环境污染等问题日趋严重。在此背景下，以信息通信技术、人工智能等全新技术为主的第三次、第四次工业革命，为汽车的智能化发展带来了强大推力，网联技术应运而生。美、欧、日本和中国等各国家和地区政府高度重视网联产业的发展，均将网联汽车作为战略制高点，通过制定国家政策、标准和法规或法规推动产业发展^{[1][2][3]}。

1.1 网联技术政策现状

1.1.1. 美国网联技术政策现状

美国的智能网联起步早、发展快，且美国政府高度重视智能交通和智能网联汽车产业发展，相继出台一系列政策法规推进相关产业体系的建立。2010年，美国交通部提出《ITS 战略规划 2010-2014》，第一次从国家战略层面提出大力发展 V2X 技术汽车应用。美国交通运输部于 2015 年发布《美国智能交通系统（ITS）战略规划（2015-2019 年）》，汽车智能化和网联化是该战略规划的核心。该规划是 2010-2014 ITS 战略计划的升级版，美国 ITS 战略从单纯的车辆网联化，升级为汽车网联化与自动控制智能化的双重发展战略。

为指导各州开展自动驾驶汽车上路测试，美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）自 2016 年 9 月起，连续发布更新《联邦自动驾驶汽车政策》、《自动驾驶系统 2.0：安全愿景》、《自动驾驶汽车 3.0：准备迎接未来交通（AV 3.0）》和《确保美国在自动驾驶技术方面的领先地位：自动驾驶车辆 4.0》，基于行业共识提出自动驾驶系统 12 个安全要素，明确模拟仿真测试、测试区（场）测试及道路测试要求，推动监管体系统一简化，消除监管障碍，为企业自动驾驶技术创新铺平道路^[4]。

1.1.2. 欧洲网联技术政策现状

欧盟相继发布了多项政策支持网联技术的发展：2010 年，欧盟委员会发布了《ITS 发展行动计划》，该行动计划是欧盟范围内第一个协调部署 ITS 的法律基础性文件；2014 年欧盟委员会启动《Horizon 2020》项目，推进智能网联汽车研发；2015 年欧盟委员会发布《GEAR 2030 战略》，重点关注高度自动化和网联化驾驶领域的推进及合作，欧盟委员会通过“合作式智能交通系统战略”，推进 2019 年在欧盟成员国范围内部署协同式智能交通系统服务，实现 V2V、V2I 等信

息服务；2018年，欧盟委员会发布《通往自动化出行之路:欧盟未来出行战略》，明确到2020年在高速公路上实现自动驾驶，2030年进入完全自动驾驶社会。

欧盟通过建立合作智能交通系统平台(C-ITS platform)推进欧盟国家的车联网部署，促进整个欧盟范围内的投资和监管框架的融合，以推动从2019年开始部署C-ITS业务的计划。为协调部署和测试活动，欧盟国家和道路运营管理机构建立C-Roads平台，共同制定和分享技术规范，并进行跨站点的互操作测试验证^{[2][3]}。

1.1.3. 日本网联技术政策现状

日本政府高度重视智能网联技术的发展，早在2013年日本内阁发布日本《世界领先IT国家创造宣言》，其中智能网联汽车为核心之一，并发布了《ITS 2014- -2030技术发展路线图》，计划2020年建成世界最安全道路，2030年建成世界最安全和最畅通道路。基于该宣言，日本内阁府和警察厅组织国家级项目《战略性创新创造项目计划(SIP)》，旨在推进政府和民间协作所必要的基础技术以及协同式系统相关领域的开发与商业化。为减少交通事故及拥堵，提高方便性，包含下一代都市交通的自动驾驶系统为其中的一个重要项目。日本SIP项目现已进入2.0阶段，在东京临海部设置相关道路交通基础设施，汽车制造商、零部件制造商、大学等参与实证实验，对道路交通基础设施的必要功能和应该设置的必要条件等进行验证^{[2][3]}。

1.1.4. 中国网联技术政策现状

中国相对起步较晚，但发展速度较快，现已将车联网技术提升到国家战略高度。2015年，国务院印发了《中国制造2025》，将智能网联汽车列入未来十年国家智能制造发展的重点领域，明确指出到2020年要掌握智能辅助驾驶总体技术及各项关键技术，到2025年要掌握自动驾驶总体技术及各项关键技术。

2016年，质检总局、国家标准委、工信部联合印发《装备制造业标准化和质量提升规划》的通知，其中在节能与新能源汽车方面，规划指出：开展智能网联汽车标准化工作。

2017年，国家工信部、发改委、科技部联合发布《汽车产业中长期发展规划》，进一步将智能网联汽车提升至国家战略高度，要求加强智能网联汽车标准体系建设，加快推进智能网联汽车标准法规体系建设。同年，工信部、国家标准委共同发布《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）》，《指南》规范了智能网联汽车的定义，确立我国发展智能网联汽车将“以汽车为重点和以智能化为主，兼顾网联化”的总体思路，提出到2020年，初步建立能够支撑辅助驾驶及低级别自动驾驶的智能网联汽车标准体系；到2025年，系统地形成能

够支撑自动驾驶的智能网联汽车标准体系。

2018 年，工业和信息化部印发了《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》，提出以融合发展为主线，充分发挥我国的产业优势，优化政策环境，加强行业合作，突破关键技术，夯实跨产业基础，推动形成深度融合、创新活跃、安全可信、竞争力强的车联网产业新生态。

2019 年，交通运输部发布《推进综合交通运输大数据发展行动纲要（2020-2025 年）》，到 2025 年，完善综合交通大数据标准体系，基础设施、车辆等大规模系统大数据基本形成。

2020 年，国家工信部等 11 个国家部委联合颁布《智能汽车创新发展战略》，明确到 2025 年，中国标准智能汽车的技术创新、产业生态、基础设施、法规标准、产品监管和网络安全体系基本形成。同年 4 月 24 日，工信部、公安部及国家标准化管理委员会印发《国家车联网产业标准体系建设指南(车辆智能管理)》，该文件针对车联网产业发展技术现状、未来发展趋势及道路交通管理行业应用需求，分阶段建立车辆智能管理标准体系，推动公安交通管理领域车联网技术应用与发展，提升智能网联汽车与智慧交通水平^{[2][3]}。

2021 年 1 月，为营造更好的测试示范环境，共促智能网联汽车产业生态健康发展，工业和信息化部就《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(试行)》（征求意见稿）公开征求意见。2021 年 4 月，为加强道路机动车辆生产企业及产品准入管理，推动智能网联汽车产业健康有序发展，工业和信息化部装备工业一司组织编制了《智能网联汽车生产企业及产品准入管理指南(试行)》(征求意见稿)，面向智能网联汽车生产企业和智能网联汽车产品提出了准入管理指导性意见。

1.2. 网联技术标准法规现状

汽车网联化技术在全球存在两大标准路线，专用短程通信技术（DSRC）和基于蜂窝技术的车联网通信（C-V2X）。DSRC 标准是由 IEEE 基于 WIFI 制定的，以发展 ETC 为契机，从上世纪 90 年代到 20 世纪初，美国、日本、欧洲相继为车辆通信技术分配了频谱并制定了标准，开始在汽车行业加以推广；C-V2X 是基于 3GPP 全球统一标准的通信技术，包含 LTE-V2X、5G NR-V2X 及后续演进，其中 LTE-V2X 最早是由中国提出，5G NR-V2X 现由各国竞相参与，与 DSRC 相比，C-V2X 可实现长距离和更大范围的通信，且在技术先进性、性能及后续演进等方面有较大的优势。

1.2.1. 美国网联技术标准法规现状

美国针对 DSRC 已经开展了近 20 年的研究和测试评估，但是由于通信性能、

部署成本等方面的原因，商用进展一直不理想，而 C-V2X 一直快速发展，且更加可靠、稳定，美国内部也形成了 DSRC 和 C-V2X 两大技术派别。2020 年 11 月 18 日，美国联邦通信委员会（FCC）正式决定 5.850-5.925GHz 频段的划分：将低 45MHz(5.850-5.895 GHz)分配给 Wi-Fi 免授权设备，将高 30MHz((5.895-5.925 GHz)分配给 C-V2X，这意味着美国正式放弃 DSRC 技术，转为采用 C-V2X 技术。

DSRC 技术是基于 IEEE802.11p 和 IEEE 1609 系列标准的车联网通信技术，IEEE 将这套协议命名为 WAVE（Wireless Access in Vehicular Environments）系统。IEEE802.11p 为 WAVE 提供底层协议，IEEE1609 系列为 WAVE 提供链路层、网络层协议及网络安全要求，搭配上 UDP/TCP 及 IPv4/IPv6 标准之后便构建成了完整的车联网通信架构。美国基于 DSRC 的 V2X 标准架构如下图所示^[4]。

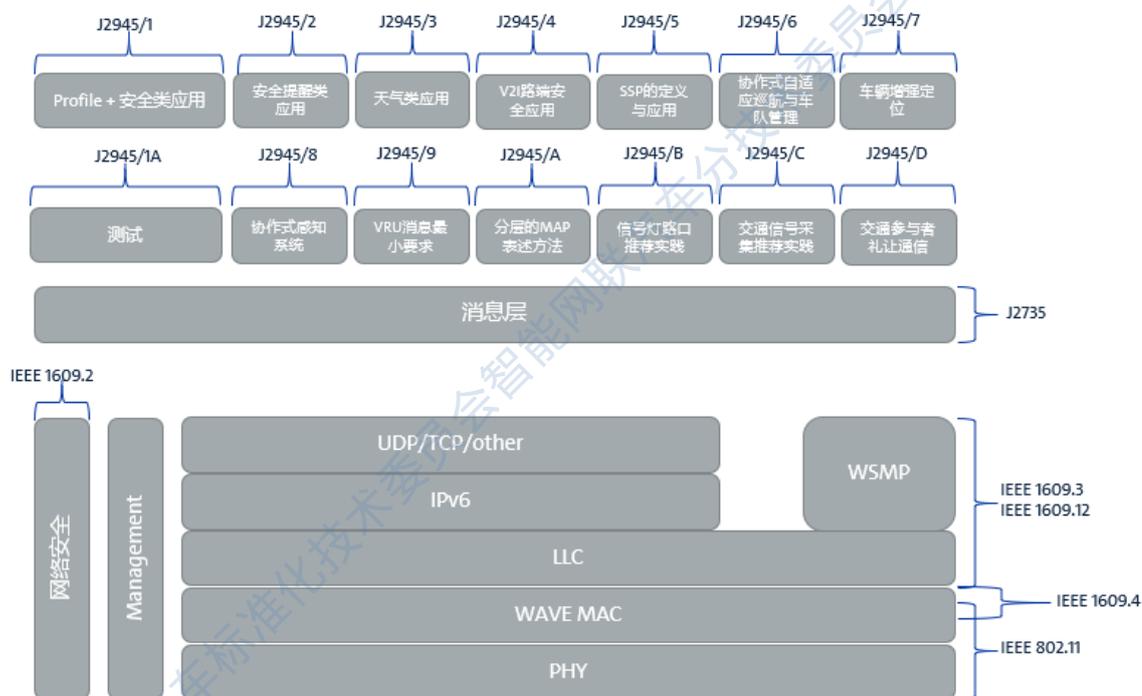


图 1.2-1 美国的 V2X 标准架构（基于 DSRC）

在上述标准架构中，WAVE 系统的消息层及上层应用标准主要为 SAE 的系列标准，包括 J2735 及 J2945 系列。SAE J2735 定义了消息层的具体消息类型、数据结构、消息编码方式等，该标准中一共定义了 17 种基本消息类型，包括基本安全消息（BSM）、地理位置信息（MAP）、交通信号灯相位信息（SPAT）等等。J2945 系列针对 V2X 系统的不同应用类型定义了具体的系统要求，包括 J2945、J2945/1~J2945/D。

从 2019 年开始，IEEE 和 SAE 开始针对 C-V2X 修订自己的系列标准。J3161/1 就是 SAE 针对 C-V2X 正在制定的 Profile 及安全类应用标准，对标 DSRC 标准中的 J2945/1。经过这一系列修改，SAE 和 IEEE 的系列标准将可以适用于 C-V2X。底层

改用 3GPP 的标准要求。

1.2.2. 欧洲网联技术标准法规现状

欧洲车联网的发展比较早，主要是依托 ITS 网络的基础上对智能网联汽车的标准进行制定，车联网被称为协作智能交通系统业务（C-ITS, Cooperative Intelligent Transport System）。2003 年，欧洲汽车商发起成立了车车通信联盟（Car-to-Car Communication Consortium）主要负责制定泛欧通用的车载通信标准，以此整合各国资源、共同规划发展的工作正式开展。

欧洲在车联网技术上同时考虑 ETSI-ITS-G5（基于 IEEE 802.11p/DSRC）和蜂窝 V2X（4G 和 5G），称为 C-ITS。欧洲政府也将 5.9 GHz 的频谱（5855 MHz—5925 MHz）分配给 C-ITS。

欧洲 C-ITS 标准由如下专门从事 ITS 的“标准开发组织”的“技术委员会”制定。其一，国际标准化组织（ISO）的智能运输系统技术委员会（TC 204）和车辆技术委员会（TC22）两个技术委员会涉及车联网相关标准，其中 TC204 主要关注通信协议、网联道路设施、智能交通管理等相关标准；TC22 主要关注车辆用通信协议、网联车辆本身方法论、车内网络以及以车为核心的车外网络等相关标准。其二，欧洲标准化委员会（CEN, European Committee for Standardization）内的道路交通运输信息化技术委员会（TC 278）是欧洲的 ITS 标准化组织，下设 13 个工作组，分别研究智能运输系统研究领域的标准指定工作；其三，欧洲电信标准协会（ETSI, European Telecommunications Standards Institute）内的智能交通系统技术委员会（TC ITS）负责开发与整体 V2X 通信体系结构、管理和安全性相关的标准。

虽然所有这些组织都在围绕同一个 ITS 架构（ISO 21217）进行开发，但每个小组都有其特定的重点。ISO TC 204 和 CEN TC 278 通常更侧重于高层次的、与技术无关的以及通用的功能（车辆、路边基础设施、个人设备和控制中心）；ETSI 专注于使用 ITS-G5 及其相关协议集的以车辆为中心的技术和服务。ISO/TC 204、CEN/TC 278 和 ETSI TC ITS 也在使用其他标准组织开发的构件来开发标准。

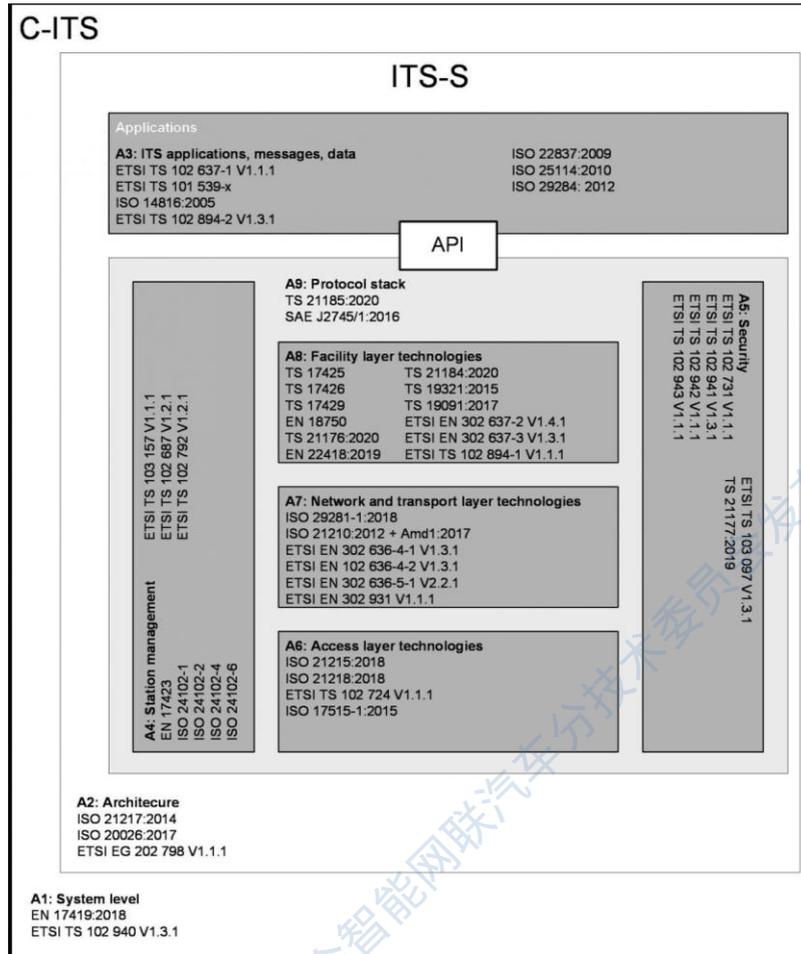


图 1.2-2 欧洲 C-ITS 标准统一架构

欧洲 ITS-G5(基于 DSRC 技术)在欧洲有很长的历史,在 2019 年前欧洲有很多关于车联网技术选择 DSRC 还是 C-V2X 的激烈讨论,甚至在 2019 年 3 月欧盟委员会选择 ITS-G5 作为车联网正式标准,但是在 2019 年 7 月欧盟成员国否决了欧盟委员会将 ITS-G5 作为车联网标准的提议,C-V2X 成为欧盟事实上的车联网标准 [2][3]。

1.2.3. 日本网联技术标准法规现状

日本从 1996 年开始为了解决交通拥堵问题,开始使用 FM 多重广播向汽车导航提供广域道路信息服务(VICS)。此后为了解决道路安全,基于汽车位置的行进方向提供详细道路信息的产品服务(光信标、电波信标、ETC2.0、DSSS :Driving Safety Support System)。2015 年起作为下一代 ITS,开始了 ITS Connect 服务。

目前网联技术标准主要有 ITS Connect 推进协会标准,UTMS(Universal Traffic Management System)协会相关标准,ETC2.0 相关标准三大体系。

ITS Connect 推进协会的标准为 ITS Connect 技术提供消息集,通信规格,通

信安全，测试等相关标准，没有应用的标准。

UTMS 协会规定了 DSSS 等服务的路侧基础设施相关的系统定义、通信、接口的相关标准。

ETC2.0 在国土交通部、道路新产业开发机构、ITS 服务推进机构、电波产业会、电子信息产业协会、ITS 信息通信系统推进会等机构有通信、接口的相关标准制定。

1.2.4. 中国网联技术标准法规现状

车联网产业是汽车、电子、信息通信、道路交通运输等行业深度融合的新型产业，是全球创新热点和未来发展制高点^[4]。《国家车联网产业标准体系建设指南》作为车联网产业整体标准的顶层设计文件，为充分发挥标准在车联网产业生态环境构建中的基础引领作用，按照不同行业属性划分为智能网联汽车标准体系、信息通信标准体系、智能交通、车辆智能管理、电子产品与服务。网联技术涉及的领域广，为推动网联技术的快速落地，需要各相关领域的标准共同推动。

2016 年以来，工信部、交通部、公安部等部门与相关研究机构、企业和组织联合积极推进车路协同网联化标准、智能化标准、道路测试规范和专用频谱研究等工作。

(1) 网联化标准方面。汽标委的《基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互系统技术要求》国标正在征求意见；中国汽车工程学会与智能交通产业联盟联合推动了 V2X 应用层数据交互标准《合作式智能交通系统车用通信系统应用层及应用数据交互标准》。

(2) 道路测试规范方面。2018 年 4 月，工信部、公安部、交通部联合发布《智能网联汽车道路测试管理规范(试行)》，对测试主体、测试车辆、驾驶人、测试申请和审核、测试管理及交通违法和事故处理等做了相应规定；2021 年 1 月，工信部等发布了《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(试行)》征求意见稿。北京、上海、天津、重庆、深圳、福建、杭州、长春、无锡、长沙、济南等地也已发布了相应的道路测试实施细则，并开始颁发自动驾驶汽车测试牌照。

国内各行业协会和标准化组织高度重视 LTE-V2X，如中国通信标准化协会(CCSA)、中国智能交通产业联盟(C-ITS)以及车载信息服务产业应用联盟(TIAA)都已积极开展 LTE-V2X 的相关研究及标准化工作。

CCSA 在 2014 年开始进行 LTE-V2X 的关键技术可行性研究、行业标准的立项及研究，已于 2018 年实施了 LTE-V2X 多项行标，包括《基于 LTE 的车联网无线通信技术 总体技术要求》《基于 LTE 的车联网无线通信技术 空中接口技术

要求》等，于 2020 年实施了《基于 LTE 的车联网无线通信技术 消息层技术要求》、《基于 LTE 的车联网无线通信技术 网络层技术要求》、《基于 LTE 的车联网通信安全技术要求》和《基于 LTE 的车联网无线通信技术 支持直连通信的车载终端设备技术要求》。

C-ITS 产业联盟与中国汽车工程学会联合，也积极开展制定 LTE-V2X 应用层及网络层相关标准，以推进 LTE-V2X 技术在交通及汽车行业的应用。2017 年已完成了《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》《基于 LTE 车联网无线通信技术总体技术要求》《基于 ISO ITS 框架的 LTE-V2X 标准技术规范》等标准。于 2019 完成《合作式智能交通运输系统通信架构》《合作式智能交通运输系统增强应用集》等标准的制定。

TIAA 积极推动车联网频谱相关的研究和测试工作。2016 年根据工业和信息化部立项的“LTE-V2X 技术应用与频率需求研究”项目，研究得出符合我国用车环境的 LTE-V2X 安全类应用场景和效率类应用场景，建议我国 LTE-V2X 工作的目标频段为 5850~5925 MHz。

总之，目前国内各标准组织的 LTE-V2X 相关标准已进入快速发展阶段，包括应用定义及需求、总体技术要求、关键技术、测试规范、频谱需求和兼容性验证、信息安全等多方面，国内标准仍需进行各行业协会和标准化组织间的统筹协调，后续需要推进 LTE-V2X 的产业化和开放道路试验^{[5][6]}。

第二章 网联技术及应用现状及分析

2.1. 网联技术分析

2.1.1. 网联技术现状及发展趋势

在全球范围内，凭借技术先进性、面向 5G 的持续演进性、产业链的完备性等方面的优势，C-V2X 正成为全球各个国家和地区共同认可的车联网选型技术。我国工业和信息化部在 2018 年 10 月印发《车联网（智能网联汽车）直连通信使用 5905-5925MHz 频段的频率管理规定》，全球范围内率先明确车联网技术路线为 C-V2X，标志着我国 LTE-V2X 正式进入产业化阶段，为我国 C-V2X 业务的发展奠定了基础。从标准角度，我国 C-V2X 标准已经覆盖了接入层、网络层、消息层和安全等核心技术，标准体系已初步形成。从产业角度，我国 C-V2X 已经具备了较为完整产业链，芯片、模组、OBU 以及 RSU 等关键设备都已成熟且经过了“三跨”、“四跨”、“新四跨”等小规模外场试验，具备了商用部署的基础条件。从量产开发及规模验证情况看，当前主要基于 3GPP R14 版本的 LTE-V2X PC5 直连通信技术^{[7][8][9]}。

1) 系统架构

当前面向 C-V2X 的端到端标准体系已经建立，具体协议栈架构如图 2.1-1 所示。主要包含了接入层、网络层、应用层、管理和安全等。



图 2.1-1 C-V2X 协议栈架构

核心技术协议标准见表 2.1-1。

表 2.1-1 C-V2X 核心技术标准

标准分类	标准名称
总体技术要求	YD/T 3400-2018 基于 LTE 网络的车联网无线通信系统总体技术要求

接入层协议	YD/T 3340-2018 基于 LTE 的车联网无线通信技术空中接口技术要求
网络层协议	YD/T 3707-2020 基于 LTE 的车联网无线通信技术 网络层技术要求
应用层协议	YD/T 3709-2020 基于 LTE 的车联网无线通信技术 消息层技术要求
通信安全	YD/T 3594-2019 基于 LTE 的车联网通信 安全技术要求
	YD/T 基于 LTE 的车联网无线通信技术 安全证书管理系统技术要求 (报批稿)
系统技术要求	基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互系统技术要求 (工作组征求意见稿)

2) 接入层

C-V2X 空口包含两种通信接口 (参考标准《基于 LTE 的车联网无线通信技术空中接口技术要求》): 一种是用于车、人、路之间的短距离直连通信接口 (PC5), 另一种是车载终端和基站之间的通信接口 (Uu), 可实现长距离和更大范围的可靠通信。结合当前产业发展现状, 基础安全业务主要通过 3GPP R14 版本的 LTE-V2X PC5 直连通信技术进行承载, 其关键特性如下: 首先, PC5 接口在物理层结构上进行了增强, 在高频段下, 解决了高多普勒频率扩展以及信道快速时变的问题, 支持高达 500 公里/小时相对移动速度。其次, PC5 接口可支持包括全球卫星导航系统 (GNSS)、基站和车辆在内多种同步源类型, 通信终端可通过网络控制或预配置信息等方式获得最优同步源, 以尽可能实现全网同步。当前 PC5 接口主要采用 GNSS 为最优同步源。再次, PC5 接口支持更加高效的资源分配。PC5 接口支持调度式的资源分配方式 (Mode-3) 和终端自主式的资源分配方式 (Mode-4)。当前, PC5 接口技术主要采用了 Mode-4 的资源分配模式。此外, PC5 接口还支持拥塞控制机制。在 PC5 Mode-4 模式下, 车载终端可以不依赖于蜂窝网网络, 通过接入层和应用层的拥塞控制机制, 显著提升高密场景下接入系统的用户数。Uu 接口主要采用 5G/4G/3G 技术, 网联车辆可在蜂窝网络的控制下使用 Uu 接口进行通信。Uu 接口的无线网络基础设施完备、覆盖率高, 可为车联网提供基础通信能力。

3) 网络层

C-V2X 协议栈网络层由数据子层和管理子层两部分构成。数据子层主要包括适配层 (Adaptation Layer)、DSMP (Dedicated short Message Protocol) 以及 IP 和 UDP/TCP。其中, 适配层提供接入层与上层协议栈之间的传输适配功能, 应用标识与目标层二标识之间的映射、源层二标识的产生/改变/维持、消息优先级和邻近业务数据包优先级 (PPPP) 之间的映射、向底层指示业务周期、向上层指示信道忙率或最大数据速率等; IP 协议和 DSMP 协议分别实现了网络层对 IP 数据

流和 Non-IP 数据流的支持； DSMP 协议可通过 AID 用来区分不同的应用层业务。

4) 应用层

应用层由消息层和具体的用户应用构成。消息层向下对接网络层的数据子层，向上支持具体的用户应用，可支持网络层定义的各类数据传输。消息层通过标准化的消息定义（包括数据帧、数据元素、数据结构和编码方式），支撑交通安全、效率及信息服务类的应用场景。当前，应用层消息集主要包括第一阶段的 BSM、RSM、RSI、SPAT 和 MAP 消息，实现了对基础安全类业务的支持。未来，消息层将通过更丰富的消息集支持更多类型的网联应用。

5) 安全

C-V2X PC5 接口使用基于公钥证书的 PKI 机制确保设备间的安全认证和安全通信，采用数字签名等技术手段实现 V2V/V2I/V2P 直连通信安全。密码算法采用国家密码管理局批准的国密算法，数字证书应符合国家标准或者行业标准的技术要求。为了保护用户隐私，CA 管理系统可以一次下发多个采用假名方式标识的公钥证书供终端随机使用。终端使用公钥证书对应的私钥对业务消息内容进行数字签名，使用 CA 公钥证书验证消息中携带的公钥证书或证书链，并利用公钥证书里的公钥验证消息签名，以检查消息的完整性。此外，终端通过跨层同步机制，随机动态改变源用户层二标识、源 IP 地址和应用层用户身份标识，防止用户身份标识信息在 PC5 广播通信的过程中遭到泄露，被攻击者跟踪。

当前 C-V2X 业务演进正从面向辅助安全预警的应用场景逐步向面向协作式通信、感知融合为典型代表的应用，甚至更高阶段的应用发展。技术层面也在同步匹配增强。

C-V2X 支持面向 5G 的平滑演进。当前面向辅助安全预警的业务可被 LTE-V2X 满足；而新兴的 VR/AR、远程控制等业务可通过 5G NR (Uu) 承载，作为国家重要发展战略，国内正在加速 5G NR (Uu) 基础设施的建设步伐。LTE-V2X+5G NR (Uu) 将是未来 5 年的主要技术形态；高级别的短距 V2X 业务可通过 5G NR-V2X 承载，但具体应用功能还处于探索阶段，有待产业进一步识别。

2.1.2. 车载终端设备现状

从产业架构的角度来看，车载终端主要包括通信芯片、通信模组、终端设备、V2X 协议栈及 V2X 应用软件。目前，国内外厂商发挥自己的优势，均在产业链中的各个环节推出了相应的产品，使得整个产业架构日趋完善，产业活力大大提高。车企可以根据自身的实际情况，从整个产业链中选择符合自身需要的合作伙伴以及产品服务。

2.1.2.1. 通信芯片

通信芯片是实现网联技术的核心关键,在通信芯片方面,华为推出了支持 LTE 和 LTE-V2X 的双模通信芯片 Balong 765 以及支持 5G 和 LTE-V2X 的多模通信芯片 Balong 5000;大唐发布了 PC5 Mode 4 LTE-V2X 自研芯片;高通发布了支持 PC5 单模的 9150 LTE-V2X 芯片组、支持 LTE 和 LTE-V2X 的骁龙汽车 4G 平台、支持 NR 和 LTE-V2X 的骁龙汽车 5G 平台。三大厂商相继推出量产型芯片,意味着 LTE-V2X 技术不再只是试验演示阶段,是为量产奠定的坚实的基础。

2.1.2.2. 通信模组

通信模组是将通信芯片和一系列的外围器件,比如存储器,射频前端集成在一起,并提供标准接口的功能模块。终端制造商选用支持 LTE-V2X 的通信模组,能够更容易实现终端的开发和生产,在成本和性能上达到比较好的效果。

当前,华为推出了基于 Balong765 芯片的 LTE-V2X 商用车规级通信模组 ME959,以及基于 Balong 5000 芯片的 5G+LTE-V2X 的多模车规通信模组;大唐提供基于自研芯片的 PC5 Mode 4 LTE-V2X 车规级通信模组 DMD31/DMD3A;移远联合高通发布了 LTE-V2X 通信模组 AG15;中兴联合高通发布了 LTE-V2X 通信模组 ZM8350;芯讯通联合高通发布了 LTE-V2X 通信模组 SIM8100;此外,高新兴推出了支持 LTE-V2X 的车规级通信模组 GM556A。LTE-V2X 通信模组的商用成熟加速了终端设备的开发进程。

2.1.2.3. 车载终端

车载终端也称作 On Board Unit (OBU),是实现 C-V2X 网联功能的车载零部件。在车载终端方面,产业参与者众多,竞争也最激烈。国内企业大唐、德赛、东软、华为、金溢科技、千方科技、三旗通信、万集科技、星云互联、中兴、高新兴等均可提供支持 LTE-V2X 的车载终端产品。国外传统 Tier1,如大陆、博世、哈曼、德尔福、LG 等也参与到了 LTE-V2X 车载终端的竞争中。众多企业参与车载终端的市场竞争为车企提供了充分的选择。

2.1.2.4. V2X 协议栈及应用软件

V2X 协议栈在整个终端产业链中属于比较特殊的角色,只是整个产品中共性的一部分软件,提供物理层以上的 V2X 通信协议解析和打包,也包含了安全和管理等功能。一套成熟、高效稳定的 V2X 协议栈软件是 V2X 通信一致性和稳定性的基础。通常车载终端制造商可以自己开发协议栈软件,也可以选择集成业界成熟的第三方 V2X 协议栈软件。国内企业东软、星云互联、ASTRI 及国外企业 Cohda Wireless、Savari 等可以为终端模块厂商以及 OEM 提供稳定可靠的协议栈软件以及开发支持服务,也使得不同厂商之间在通信上实现可靠的互联互通。

在 V2X 协议栈的基础上，V2X 应用软件实现 V2X 应用功能。当前，中国 V2X 应用层标准中规定了 17 个 Day 1 的应用场景，涵盖了安全类、效率类和信息类的应用，车企、协议栈或终端提供商根据实际需求，都可以针对特性功能进行应用软件开发。

2.1.2.5. 安全芯片

LTE-V2X 通信对安全要求高，需要采用安全证书和加密机制保证在 PC5 接口上消息通信的安全性，国内标准要求支持国密算法。使用硬件安全芯片可以满足 LTE-V2X 通信的国密算法要求，提供国密算法硬件加速提升运算性能。目前国内华大电子、华大信安、信大捷安等公司均可提供国密安全芯片。

2.1.2.6. 整车集成

中国是全球第一大汽车市场，也拥有全球最大的 LTE 网络，具有发展 C-V2X 的天然优势。2019 年 3 月，浙江吉利控股集团、高通与高新兴共同发布了吉利全球首批支持 5G 和 C-V2X 的量产车计划，预计将在 2021 年发布；2019 年 4 月 15 日，上汽、广汽、东风、长安、一汽、北汽、江淮、长城、东南、众泰、江铃、BYD、宇通共 13 家中国品牌车企联合发布重磅发展路标，推出中国车企 C-V2X（基于蜂窝技术的车联网通信，目前主要基于 LTE 网络）商用路标，即在 2020 年下半年到 2021 年上半年量产支持 C-V2X 的汽车。这次 C-V2X 汽车商用量产路标的发布，标志着我国企业在车路协同的智慧交通领域，再次向前踏出坚实的一步，也体现出 C-V2X 的价值得到车企的广泛认同。同时，吉利也将在 2021 年提升部分车型至 L3 级别，同时搭载 5G 和 C-V2X 技术产品。

在 2020 年下半年到 2021 上半年间，已有数款搭载 C-V2X 的车型投入量产。一汽红旗 E-HS9 在 2020 年末上市，成为首款搭载 C-V2X 功能的量产车型，支持前向碰撞预警（FCW）、盲区提醒/变道预警（BSW/LCW）、交叉路口碰撞预警（ICW）等 C-V2X 应用场景。上汽通用在同一时期也宣布了 C-V2X 在别克 GL8 Avenir 上的商用，支持八种 V2V 和 V2I 应用场景，包括紧急制动警告、车辆失控预警、异常车辆提醒、交叉路口碰撞预警、限速预警、闯红灯预警、道路危险状况提示和绿波车速引导。随后，上汽奥迪 A7L、广汽埃安 AION V、福特 Explorer、Edge PLUS、Mustang Mach-E、上汽 Marvel R、华人运通 HiPhi X、蔚来 ET7、智己 L7、长城 WEY 等车型上也均计划实现 C-V2X 的商用量产^{[10][11]}。

2.1.3. 智能路侧设施现状

建设支持车路协同的“智慧的路”是我国突出的特色，智能化路侧基础设施的部署和应用是建设重点。面向车路协同的智能化路侧基础设施可以分为高精度定位基础设施、感知基础设施、计算基础设施、通信基础设施、交通控制与诱导

基础设施。下面分别介绍各类设施的技术特点和产业现状。

2.1.3.1. 定位基础设施

高精定位设施能够提供高精度定位服务，为自动驾驶汽车提供位置与姿态的感知信息。配合车载激光雷达和摄像头等融合感知设备、车载 V2X 通讯设备，构成基于网联技术的汽车安全预警系统，可以充分保障车辆行驶安全,降低事故发生率。

在室外无遮挡场景下，通常采用的高精定位方法包括中国北斗、美国 GPS、欧洲伽利略、以及俄罗斯的 GLONASS 卫星导航系统以及基于无线微蜂窝网络的 AOA 和 TOA 定位方法。目前，最常用的高精度定位解决技术为载波相位差分技术（Real Time Kinematic, RTK），是实时处理两个测站载波相位观测量的差分方法。即是将基准站采集的载波相位发给用户接收机，进行求差解算坐标。载波相位差分可使定位精度达到厘米级。

在路侧定位设备方面，当前国内企业千寻位置、北斗华测导航、华星智控、北云科技等企业均能够提供北斗高精定位服务，配合 U-blox、移远、骐俊、睿为等厂家推出的高精度定位模组，即可实现设备的高精度定位功能。

2.1.3.2. 感知基础设施

车路协同系统中，由路侧发布的信息主要由感知基础设施提供，感知信息包括基础设施状态、交通参与者状态、交通流状态、交通事件、气象状态等。路侧感知基础设施主要的传感器包括激光雷达、摄像机、毫米波雷达、气象传感器：

1) 路侧激光雷达

在车路协同应用中，路侧激光雷达能够准确获取目标的大小、位置、速度、航向角等信息，可以用于行人、车辆目标检测，进而实现交通流状态检测和交通事件识别。主要包括普通的机械式旋转雷达、混合固态雷达、不旋转全固态雷达。其优势主要有：探测距离远，测量精度高，抗干扰能力强，能够准确获取物体的三维信息和速度信息。

目前国内进行路侧激光雷达开发的公司主要有万集科技、速腾聚创、禾赛科技、镭神等，在国内封闭和半封闭测试场、智慧高速东路、车联网先导区中得到广泛使用。

2) 路侧摄像机

智能路端摄像机利用计算机视觉技术对视频信号进行处理、分析和理解，通过分析对目标行为进行判断和预判，有效完成行人、车辆行为、道路设施状态、交通环境状况等信息的实时自动监控，为道路安全运行与危险情况营救提供必要的技术支持。路端摄像机的优势主要有：价格低廉，技术相对成熟，能够获取目标的 RGB 信息和纹理信息。

在车路协同应用中，路端摄像机能够准确获取目标的类别，可用于目标分类、车道线、路牙、车牌以及交通标识的识别。目前国内主要的路端摄像机厂家有海康威视、大华股份、旷视科技、华为等。

3) 毫米波雷达

毫米波雷达是指利用毫米波，通过测量回波的时间差算出相对距离、相对速度、方位的高精度传感器。路侧毫米波雷达可以输出多条车道中行驶车辆的定位、速度等信息，提供排队长度、拥堵情况、交通空间占比、车流量等交通统计数据信息，为车路协同提供智能化服务，毫米波雷达凭借其全天候、全天时的特性可以为激光雷达、摄像机等传感器提供很好的补充。

4) 气象传感器

气象传感器用于监测各项气象要素，根据监测项目不同分为空气温度传感器、湿度传感器、风速传感器、风向传感器、雨量传感器、气压传感器等等各项气象要素传感器，要求观测的数据具有高精度和高稳定性。

气象传感器在原理和结构上有多种形式，主要分为一体式和分体式；一体式气象传感器集多种要素测量于一体，通常包括基本六要素和辐射、紫外线；分体式气象传感器通常测量一种气象要素，如测云、能见度、雷电等。小型化气象传感器行业内需求较少，目前主流传感器体积过大。

5) 融合感知设备

目前多传感器融合的方案成为感知基础设施产业的发展趋势。近几年，以华为、阿里、百度以及腾讯为代表的国内诸多科技业巨头，已纷纷开始着手基于路侧激光雷达和摄像机的交通参与者检测技术领域的布局。华为对于基于路侧激光雷达和摄像机的交通参与者检测技术的布局是从其最为擅长的网络通信领域切入；阿里基于路侧激光雷达和摄像机的交通参与者检测技术方案中的核心之一是感知基站，其作用是作为车与路及车与车之间的信息连接点；百度在 2018 年年底正式开源 Apollo 基于路侧激光雷达和摄像机的交通参与者检测技术方案；万集科技在 2018 年基于其全球首创的路侧激光雷达产品，配合摄像机，实现了路侧激光雷达和摄像机的融合感知方案；腾讯在 2019 年发布了 5G 基于路侧激光雷达和摄像机的交通参与者检测技术开源平台。

2.1.3.3. 计算基础设施

车路协同对周围环境感知的实时性有很高的要求，传统的将数据传回数据中心处理的方式不能很好的满足实时性要求，端侧边缘计算设备能将数据就近及时处理，更好的满足实时性的要求。与传统的基于数据中心的云计算相比，端侧边缘计算具备低时延、低能耗及更强的安全保护等优势。

在边缘计算应用中，英伟达为不同细分领域 AI 开发者提供通用平台级解决方案，拥有丰富的开发库和开发套件，英伟达 Jetson 全覆盖端侧边缘 AI 计算，

市面多家厂商都以英伟达 Jetson 系列核心板进行了开发，如米文动力，以英伟达 Jetson 全系列核心板 Nano、TX2、NX、AGX Xavier 都进行了开发，分别能提供 472GFLOPS、1.3TFLOPS、21TFLOPS、32TFLOPS 的算力，对主流的 AI 算法都可进行计算加速；如浪潮科技以英伟达 Jetson Xavier NX 为核心板开发了边缘智能盒子 EIS-1，最大能提供 21TFLOPS 的算力，同样支持主流的 AI 算法加速。

2.1.3.4. 通信基础设施

用于车路信息交互的路侧通信设施主要采用了 C-V2X 技术，实现路与车、路与人、路与云平台之间的全方位连接，为网联车辆提供交通安全、交通效率和信息服务应用，同时也为交通协同管控、交通运营服务提供有效的手段。

C-V2X 技术通过将“人-车-路-云”交通参与要素有机地联系在一起，不仅可以支撑车辆获得比单车感知更多的更准确的信息，例如解决非视距感知或容易受恶劣环境影响等情况，为网联车辆提供交通安全、交通效率和信息服务应用，促进自动驾驶技术的成熟和应用；另一方面还有利于构建智慧交通体系，例如解决车辆优先级管理、交通优化管理等情况，为交通协同管控、交通运营服务提供有效的手段，促进汽车和交通服务的新模式新业态发展。

在路侧通信设备方面，当前国内企业华为、大唐、万集科技、东软、星云互联、金溢科技、千方科技、车网互联等均可提供支持 LTE-V2X 的 RSU 通信终端产品。在“新基建”、“新一代智慧交通”的背景下，车路协同智慧交通发展迅速。从产业角度，我国已建成基于 LTE-V2X 技术的完备产业链，芯片、模组、RSU 等都已成熟且经过“三跨”、“四跨”、“新四跨”以及大规模测试，具备了商用部署的基础条件。在路网端，国内已经启动了 10 多个 C-V2X 车联网示范区、先导区的城市部署和高速干线建设，路侧通信设施产业逐步走向成熟。

2.1.3.5. 交通控制与诱导基础设施

在网联场景中，交通控制与诱导设施是交通工程及沿线设施的重要组成部分之一，常规的交通控制与诱导信息由驾驶人视认，交通控制与诱导设施不具备网联化功能。为适应自动驾驶需求，交通控制与诱导设施也应具备网联化功能，将交通控制与诱导指令转换成自动驾驶汽车或车载智能终端能够接收并识别的信息，借助路侧单元实现自动驾驶车辆的感知增强，同时通过路侧单元对实时交通数据的分析与处理，可以反向优化交通设施的控制方案，更新诱导信息。路侧交通控制设施由交通信号灯、倒计时显示器、便携式车辆拦截器、固定显示牌、LED 可变情报板、交通标志牌等主要设备组成。路侧交通诱导设施由可变交通信息板以及交通诱导显示屏等构成。

当前国内企业北京易华录、杭州海康威视、南京莱斯信息、青岛海信网络、浙大中控、安徽科力、重庆攸亮、江苏航天大为、无锡华通、上海骏码、连云港

杰瑞等企业均能提供道路交通信号控制服务。东莞吉顺通、深圳格莱光、浙江宇视、上海三思等企业均能够提供交通诱导设备服务。

2.2. 示范应用现状

目前，面向车路协同的智能化基础设施建设主要在封闭和半封闭测试场、智慧高速、先导示范区中进行，其中封闭和半封闭测试场以技术验证和测试为主，智慧高速和先导示范区以大规模应用示范为主，智慧高速和先导示范区分别代表了高速公路和城市道路两种典型道路工况。本部分概述了国内主要示范区、示范道路的分布和建设情况，对部分示范区、示范道路的智能化基础设施部署现状进行了统计介绍^[12]。

2.2.1. 封闭和半封闭测试场

现阶段自动驾驶汽车的最终产品形态正处入探索阶段，其技术和功能需求迫切，测试是当前发展阶段的重中之重，能够帮助企业积累场景数据，有助于对系统功能进行量化分析，为技术的发展指明方向，是未来自动驾驶产品实现应用不可或缺的条件。但实际交通环境中社会参与因素太多导致封闭道路测试成为开展智能网联汽车技术研发和应用不可或缺的重要环节。

目前，国内由工信部、交通部、公安部等部委支持推进的国家级封闭测试场列表如下：

表 2.2-1 国内国家级封闭测试场

序号	测试场名称	省市	审批/支持单位	建设方式
1	国家智能网联汽车应用（北方）示范区	长春	工信部	新建
2	国家智能汽车与智慧交通（京冀）示范区	北京、河北	工信部	新建
3	国家智能交通综合测试基地（无锡）	江苏无锡	工信部 公安部	新建
4	国家智能网联汽车（上海）试点示范区	上海	工信部	新建
5	浙江 5G 车联应用示范区	云栖小镇	工信部	新建
6	国家智能网联汽车（武汉）测试示范区	湖北武汉	工信部	新建
7	国家智能网联汽车（长沙）测试区	湖南长沙	工信部	新建
8	广州智能网联汽车与智慧交通应用示范区	广东广州	工信部	新建
9	国家智能汽车与智慧交通应用示范公共服务平台	重庆	工信部	新建
10	中德合作智能网联汽车车辆网四川试验	四川成都	工信部	新建

序号	测试场名称	省市	审批/支持单位	建设方式
	基地			
11	自动驾驶封闭场地测试基地（北京）	北京	交通部	改建
12	自动驾驶封闭场地测试基地（西安）	陕西西安	交通部	改建
13	智能汽车集成系统试验区（i-VISTA）	重庆	交通部	改建
14	智能网联汽车自动驾驶封闭场地测试基地（江苏泰兴）	江苏泰兴	工信部 交通部	改建
15	智能网联汽车自动驾驶封闭场地测试基地（上海临港）	上海临港	工信部 交通部	新建
16	智能网联汽车自动驾驶封闭场地测试基地（湖北襄阳）	湖北襄阳	工信部 交通部	改建

2.2.2. 智慧高速公路

据不完全统计，智慧高速公路项目主要包括北京和河北的延崇高速、大兴新机场高速、京雄高速、津石高速，湖南湘江新区、长常北线高速，重庆的 G5021 重庆石渝(沪渝南线)高速、吉林珲乌高速，江苏的新一代国家交通控制网（常州）试点工程、通锡高速南通方向、S342 无锡段、G524 常熟段、沪宁高速无锡硕放至东桥路段、五峰山过江通道公路接线工程，浙江的杭绍甬高速、沪杭甬高速公路智慧改造、杭州绕城西复线高速、杭绍台高速公路绍兴金华段，福建的基于大数据路网综合管理智慧高速公路示范工程项目，江西的宁定高速、昌九高速，河南的新一代国家交通控制网和智慧公路试点工程（机西高速公路），广东的南沙大桥、广乐高速，湖南的长沙 113 公里智慧高速项目，山东的智能网联高速公路测试基地项目、济潍高速，海南的环岛旅游公路。

表 2.2-2 国内主要智慧高速公路建设情况表

省市	公路	公里数	关键时间点
北京、天津、河北	延崇高速	116 公里，其中北京段 33.2 公里	2018 年 12 月开放，开展车路协同智能驾驶演示 2019 年 12 月 L4 级自动驾驶和队列跟驰测试
	大兴新机场高速	27 公里	2019 年 7 月开放
	京雄高速	97 公里，其中北京段 27 公里	2019 年 8 月，京雄高速一期工程开工建设
	津石高速	233.5 公里	2020 年 12 月 22 日，津石高速公路全线正式

			通车运营
湖南	湖南湘江新区 100 公里智慧高速项目	113 公里	2019 年 9 月正式启用
	长常北线长益段	93 公里	2020 年 8 月 31 日正式开通
吉林	珲乌高速	885 公里	2019 年建设完成新一代国家交通控制网和智慧公路示范项目,2020 年将示范成果在全省高速公路推广
江苏	通锡高速南通方向	4.1 公里	2019 年,交科所建成专门用于自动驾驶测试的封闭高速公路环境,位于通锡高速南通方向
	S342 无锡段	97.7 公里	2018 年 5 月智慧高速公路启动建设
	G524 常熟段	19.6 公里	2018 年 2 月通过评审
	沪宁高速无锡硕放至东桥路段	3.25 公里	2019 年 6 月成功应用应急车道主动管控、连接式港湾车道、匝道智能管控系统等
	五峰山过江通道公路接线工程	33 公里	2019 年 4 月,“未来高速”示范项目实施方案通过审查
浙江	杭绍甬高速	161 公里	打造一条“智能、快速、绿色、安全”高速公路,规划于 2022 年杭州亚运会之前通车
	沪杭甬高速	248 公里	沪杭甬高速智能化提升改造于 2019 年初开工建设,计划 2020 年全面完工
	杭州绕城西复线高速	152 公里	2020 年底全线建成通车
	杭绍台高速公路绍兴金华段	115.4 公里	2016 年正式动工,力争 2020 年建成通车
江西	宁定高速	254 公里	2017 年 12 月开放
	昌九高速	138 公里	2019 年 7 月无人驾驶编队行驶测试
河南	机西高速	106 公里	2019 年 11 月河南省新一代国家交通控制网和智慧公路试点工程施工招标
广东	南沙大桥(原虎门二桥)	12.89 公里	2019 年 4 月 2 日正式通车
	深圳外环高	93 公里	2020 年 12 月 29 日,深圳外环高速公路正式

	速公路		通车。
山东	山东省智能网联高速公路	26 公里	2019 年 8 月智能网联高速公路基地项目正式封闭测试运营
海南	海南省环岛旅游公路	1009 公里	2019 年开工建设
四川	成宜高速公路	157 公里	2020 年底正式通车
重庆	G5021 重庆石渝(沪渝南线)	64 公里	2020 年 9 月建成

2.2.3. 车联网先导区

我国智能网联示范区建设正从封闭走向开放，以基础设施带动智能网联产业发展蔚然成风。2020 年是车联网行业发展的重要时间窗口，车联网产业链的车端研发和路侧测试都已经初具规模，在路侧的基础设施建设环节，我国的车联网路侧基础设施建设前瞻性较强，建设速度较快。基于车联网产业的发展阶段、科技基础设施建设需求和 5G 网络建设布局的需求，未来两年有望启动车联网行业的大规模路侧建设。在开放城市示范区建设方式上，初期主要以示范区为建设基础，逐渐拓展建设规模，形成开放城市示范模式。但因各地财政实力、基础设施水平、发展目标的差别，导致示范区建设成果参差不齐，出现重复建设、标准不统一等现象。由此，国家级车联网先导区应运而生，通过建设国家级车联网先导区，丰富车联网应用场景，构建开放融合、创新发展的产业生态，形成可复制、可推广的经验做法。

目前，国家级车联网先导区包括江苏（无锡）车联网先导区、天津（西青）车联网先导区、湖南（长沙）车联网先导区、重庆（两江新区）车联网先导区，先导区的建设情况如下。

1) 江苏（无锡）车联网先导区

依托工信部、公安部、江苏省共建的“国家智能交通综合测试基地”，汇聚国内外通信、交通、汽车、互联网等领域的权威科研院所和领军企业，结合无锡智慧城市建设，大范围改造了 240 个路口路侧管控及通信设施，覆盖主城区、太湖新城近 170 平方公里范围、道路总长 280 公里。应用大数据和云端计算新技术，建成“人-车-路-云”系统协同平台。面向普通用户提供覆盖 V2I/V2V/V2P/V2N 的交通红绿灯信号信息推送、交通事件提醒、主动安全预警、周边交通状况实时获取等 12 大类 26 项应用场景的信息服务。面向全市急救车、消防车、公交车等

社会服务车辆，测试验证了优先通行的服务场景。发展车载前后装用户、手机 APP 用户、行业用户等约 1.2 万。

自工信部复函支持创建江苏(无锡)车联网先导区以来，无锡在全市部署路侧单元（RSU）244 套、RFID 电子标签 10 万余枚，为全国其他城市网络部署提供有益的参考。截至 2019 年 9 月，已经完成全市 280 个路口和 500 余个点段的路侧设施数字化升级改造，完成了 5G 边缘计算交通道路节点设施部署，建设了覆盖 220 平方公里的大规模城市及开放道路 V2X 网络，并搭建了以车联网大数据中心“一个中心”及交管信息开放平台、V2X 数据应用服务平台、交通路况诊断与信息发布平台“三大平台”为核心的车联网应用服务体系。有效推进无锡车联网产业在 C-V2X、路侧单元、感知监测等关键核心技术的突破创新。

2) 天津（西青）车联网先导区

天津（西青）国家级车联网先导区作为北方第一个国家级车联网先导区，主要发挥在标准机构、测试环境等方面的优势，积极探索跨行业标准化工作新模式，加快行业关键急需标准制定和验证，加强测试评价体系建设，促进行业管理制度和规范的完善。规模部署蜂窝车联网 C-V2X 网络，完成重点区域交通设施车联网功能改造和核心系统能力提升，明确车联网通信终端安装方案，建立车联网安全管理、通信认证鉴权体系和信息开放、互联互通的云端服务平台。明确车联网运营主体和职责，探索丰富车联网应用场景，构建开放融合、创新发展的产业生态，形成可复制、可推广的经验做法。

天津（西青）车联网先导区首期建设区域在中北镇及南站周边，该区域人口密集、车流量大，对于车路协同基础设施建设需求及后期利用率较高，规划区域覆盖天津市西青区全境，总面积 45 平方公里，完成智能化改造道路 79 公里，覆盖 67 交叉个路口，与 6 家通信及设备厂商进行了互联互通测试验证，构建虚拟仿真-封闭测试-开放道路测试的三级测试验证体系。二期项目将继续扩大建设范围，以互联网特色优势助力先导区建设，覆盖西青区全区重点区域，规划 408 个开放路口，超 100 个应用场景，10 万辆车服务规模，并支持更大的建设规模和更多的互联互通平台，探索可复制的商业运营模式。

3) 湖南（长沙）车联网先导区

近年来，湖南湘江新区车联网(智能网联汽车)产业实现了跨越发展，2018 年底国家智能网联汽车（长沙）测试区正式获工信部授牌，智慧公交示范线、5G 融合 V2X 应用示范、智能网联生态企业导入等工作取得突破进展，车联网产业的区域影响力、产业服务能力不断提升。

基于先导区的主要目标和任务，湖南（长沙）车联网先导区将进一步完善车联网场景类型，构建“车路云网图”的全场景体系；探索商业化运用模式，完善

车联网服务功能；并将深入开展标准和法规建设，制定出台车联网专项扶持计划。具体规划如下：1、在重点高速公路、城市道路规模部署蜂窝车联网 C-V2X 网络，结合 5G 和智慧城市建设，完成重点区域交通设施车联网功能改造和核心系统能力提升，带动全网规模部署。2、构建丰富的场景创新环境，有效发展车载终端用户，推动公交、出租等公共服务车辆率先安装使用，促进创新技术和产品应用。3、深化政策和制度创新，探索新型业务运营模式，完善安全管理、认证鉴权体系，建设信息开放、互联互通的云端服务平台，构建开放融合、创新发展的产业生态，形成可复制、可推广的经验做法。

4) 重庆（两江新区）车联网先导区

2021 年 1 月 8 日，据悉重庆（两江新区）获得工信部批准创建国家级车联网先导区，这是全国第四个、西部第一个国家级车联网先导区。

两江新区目前已建成近百公里城市示范道路（含智能网联测试道路）和 i-VISTA 智能汽车集成试验区、空港工业园区智慧物流 5G 自动驾驶一期等项目，建有礼嘉智慧公园、两江协同创新区等先导示范区域。车联网汽车示范区项目按照统一规划、同步建设、同步运营的原则，已与 CIDI 新驱动合作完成了约 4 公里示范线建设，建设了生态完善、功能适配的“车-路-云”产品和技术互联互通需求的示范场景。打造了车路协同、智能城市管家、城市巡逻安防、远程驾驶等 6 大场景，实现车路协同超视距感知、主动式公交优先、5G 远程驾驶、自动驾驶等 29 大功能演示。同时，满足了基于车路协同高级别辅助驾驶商用示范、推广以及自动驾驶车辆测试运营等需求。

目前，我国车联网产业仍然面临着发展瓶颈。在智能路侧感知设施方面，目前我国城市道路及高速公路虽已安装大量监控摄像头、测速雷达等设备，但由于现存设备归属部门不一、协调难度大、技术上存在通讯协议不兼容、实时性较低等问题，很难直接作为 V2X 感知设备，需重新大规模部署智能路侧感知设备。

在产业示范应用方面，目前各类型测试场、先导应用由于不同行业数据平台体系架构和标准不同，跨行业数据平台互联互通困难，缺少数据共享接口，同时现有示范应用处于初期阶段，数据挖掘不足，提供服务单一。

为解决以上问题，需要以开放城市示范为依托，开展规模化应用，推动核心技术研发迭代、车联网产品成熟以及跨行业协作融合，探索车联网产业发展和商用部署途径，加速我国车联网产业规模化商用。

第三章 典型安全预警场景筛选

随着以 C-V2X 为主体的通信技术的发展，近年来在智能交通和智能汽车领域，为了提高驾驶安全性，交通效率以及提升用户体验，汽车与汽车、汽车与行人、汽车与交通设施均被互相连接，形成车、行人以及基础设施互联的应用场景。以汽车行驶安全、交通效率提升和信息服务为主要应用场景的智能网联汽车以及智能车路协同系统成为这种趋势中的焦点。

网联技术包含众多的功能应用，网联功能与应用（CFA）标准制定路线图研究报告中按照与驾驶安全相关性的方式进行分类，分为驾驶安全相关类应用场景、非驾驶安全相关类应用场景。非驾驶安全相关类应用场景又可进一步分为：驾驶效率相关类应用场景、信息服务相关类应用场景。相比于效率和信息服务类，安全是直接关乎人类生命且最重要的应用，本研究报告研究的是驾驶安全类应用场景，旨在通过网联技术的应用，提高驾驶安全。

本章节通过梳理国内外典型的安全预警场景，并进行梳理和分析，确定安全预警的筛选条件，选择适合中国实际国情，且技术上可实现的应用场景作为典型的安全预警场景。

3.1. 美国安全预警类场景

3.1.1. 美国 V2X 应用场景分类简述

基于美国的标准体系，WAVE 系统的消息层及上层应用标准主要为 SAE 的 J2735、J3161 系列及 J2945 系列标准，其中：

SAE J2735 中定义了消息层的具体消息类型、数据结构、消息编码方式等，该标准中一共定义了 17 种基本消息类型，包括基本安全消息（BSM）、地理位置信息（MAP）、交通信号灯相位信息（SPAT）等等。

SAE J3161 系列描述了基于蜂窝网络的 C-V2X 系统的架构、系统要求、功能要求及性能要求，用于解决由于 C-V2X 技术带来的必须的标准内容改动，此系列标准正在制定中。

SAE J2945 系列针对 V2X 系统的不同应用类型定义了具体的系统要求，包括 J2945、J2945/1~J2945/D，详细标准内容及状态如下表所示。

表 3.1-1 美国标准 J2945 系列

名称	内容	状态
J2945	为整个 J2945/x 系列标准的指导，包含推荐的实践、系统工程指导及通用的 DSRC 接口要求	已发布
J2945/1	描述了基于 V2V 的安全类应用，并提出了针对这些应用的	已发布

	系统要求、功能要求及性能要求	
J2945/1A	针对 J2945/1 的整车级测试标准	已发布
J2945/2	描述了基于 V2V 的安全提醒类应用，并提出了这些应用在 J2945/1 的基础上新的功能要求	已发布
J2945/3	描述了基于 V2I 的天气相关应用的接口要求及系统工程指导，旨在保证天气相关应用的互操作性	已发布
J2945/4	描述了基于 V2I 的路端安全应用，并提出了针对这些应用的系统要求及相关的信息交互要求	开发中
J2945/5	描述了 SSP 的概念以及 SSP 在应用中的开发指导	已发布
J2945/6	描述基于 V2X 的协作式自适应巡航及车队管理的系统要求及相关的信息交互	开发中
J2945/7	描述了增强的车辆定位，用来为一些需要高精度、高可靠性定位的 V2X 新应用服务	开发中
J2945/8	车、路、人使用 V2X 设备进行的协同感知	开发中
J2945/9	描述了弱势交通参与者（VRU）与车辆通信的最小系统要求，包括手持设备传输 PSM 消息的最小要求	已发布
J2945/A	描述了一种分层的 MAP 表示方法，以支持更新更复杂的 V2X 应用	开发中
J2945/B	描述了有信号灯的路口的推荐实践，包括 SPAT 和 MAP 消息的使用指导以及交通信号灯优先权的相关内容	开发中
J2945/C	描述交通数据采集的接口要求	开发中
J2945/D	描述了道路参与者互相礼让的推荐实践以解决与交通有关的误解、冲突并缓解焦虑	开发中
J3161/1	描述了基于 LTE-V2X 的 V2V 安全类应用，重点描述采用 LTE-V2X 技术后与 J2945/1 有所不同的技术要求	开发中

3.1.2. 美国安全应用标准详述

SAE J2945 系列标准从安全事故场景出发，引出 V2X 安全类应用，并对实现这些应用行业必须共同满足的技术要求做了标准化定义，对于不同类型的应用采取不同的子标准来进行额外的技术定义。目的是为了定义清楚一个 V2X 系统所应共同具备的技术能力。该系列标准并没有对具体的 V2X 安全类应用场景本身进行

标准化。

J2945/1 首先描述了一个基于 DSRC 的 V2V 系统的典型架构，清晰的定义了标准涵盖的系统范围。然后介绍了 7 种常见的导致车辆事故的场景，并将 6 个 V2X 应用场景和这 7 个事故场景进行关联，如下图所示，即紧急刹车预警 (EEBL)、前向碰撞预警 (FCW)、盲区预警/变道预警 (BSW/LCW)、交叉路口碰撞预警 (IMA)、左转辅助 (LTA)、车辆失控预警 (CLW)，来表明 V2X 应用场景的提出有助于减少常见车辆事故的发生^[13]。

图 3.1-1 美国安全应用标准

Safety Applications	EEBL	FCW	BSW/ LCW	IMA	LTA	CLW
Crash Scenarios						
Lead vehicle stopped		✓				
Control loss without prior vehicle action						✓
Vehicle(s) turning at non-signalized junctions				✓	✓	
Straight crossing paths at non-signalized junctions				✓		
Lead vehicle decelerating	✓	✓				
Vehicle(s) changing lanes - same direction			✓			
Left turn across path - opposite direction					✓	

针对上述 6 个 V2X 安全应用，J2945/1 描述了实现这些应用的接口要求及系统要求，以及这些应用所需的最小要求，包括：

- (1) 协议 profile，即支持这些应用所需的相关协议及具体条款。
- (2) 定位系统和时钟同步要求，包括定位增强要求、车辆坐标系统的定义以及 GNSS 天线的坐标和车辆坐标的转换。

(3) BSM 的最小发送条件，针对上述安全应用对 J2735 中定义的 BSM 行了梳理，罗列出对于上述 6 个 V2X 安全应用所必须用到的数据元素和数据帧，形成了最小发送数据集。并对最小发送数据集中 BSM 的第一部分的每个数据元素/数据帧是否可被设置为无效值做出规定，对 BSM 的第二部分则列出了最小发送条件中的每个数据元素/数据帧是否必须发送。

同时也描述了最小发送数据集中所有相关数据元素的内容和精度要求，以及了重要数据的保存，BSM 的发送周期和拥塞控制等具体要求。

- (4) 射频性能的相关要求，包括辐射功率和接受灵敏度的要求。
- (5) 安全和隐私的相关要求，包括消息 ID、BSM 签名和验签、证书的更换与撤销和具体的网络安全的管理的描述。

J2945/2 首先描述了一个 V2V 安全提醒系统的总体概念和运作模式，然后列举出本标准讨论的 4 个 V2V 提醒类应用，分别是路端提醒 (RSA)、障碍物安全提醒 (SAW-O)、危险路况安全提醒 (SAW - A)。V2V 系统实现这些应用的前提是要遵守 J2945/1 中的技术要求，在此基础上，J2945/2 又针对性地提出了额

外的技术要求，包括：

- (1) 安全要求，包括数据的保护、特殊车辆权限的管理、急救车辆的匿名管理等。
- (2) 政策与法规的相关要求。
- (3) 场景流程的详细描述（建议性）。

3.2. 欧洲安全预警类场景

当前欧洲网联化场景标准主要参考 ETSI，可分为四大类，分别为主动道路安全、协作式交通效率、协作式本地服务和全球互联网服务。其定义的场景基础应用集如下表所示。表中主要包括 32 个场景，可分为四大类，分别为主动道路安全、协作式交通效率、协作式本地服务和全球互联网服务。

表 3.2-1 ETSI 定义的基础应用集

序号	场景分类	场景子类	通信方式	场景名称
1	主动道路安全	驾驶辅助-协作感知	V2V	紧急车辆预警
2			V2V	慢行车辆提示
3			V2V/V2I	交叉路口碰撞预警
4			V2Motorcycle/V2I	摩托车靠近提示
5		驾驶辅助-道路危险状况预警	V2V	紧急电子刹车灯提示
6			V2V	逆向行车预警
7			V2V	静止车辆预警-交通事故
8			V2V	静止车辆预警-车辆故障
9			V2V/V2I	交通状况预警
10			V2I	闯红灯预警
11			V2I	道路施工预警
12			V2V/V2I	碰撞风险预警
13			V2V/V2I2V	分布式浮动车辆数据-危险状况提示
14			V2V/V2I2V	分布式浮动车辆数据-降水警告
15			V2V/V2I2V	分布式浮动车辆数据-道路湿滑预警
16			V2V/V2I2V	分布式浮动车辆数据-可见度警告

序号	场景分类	场景子类	通信方式	场景名称
17			V2V/V2I2V	分布式浮动车辆数据-刮风警告
18	协作式交通效率	车速管理	V2I	限速预警
19			V2I	绿波车速引导
20		协作式导航	V2I	交通信息及路径推荐
21			V2I	增强路径引导及导航
22			V2I	限制通行警告及绕行通知
23			V2I	车内标牌
24		协作式本地服务	基于位置服务	V2I
25	V2I			自动通行控制和停车管理
26	V2I			ITS 本地电子商务
27	V2I2N			多媒体下载
28	全球互联网服务	社区服务	V2I2N	保险和金融服务
29			V2I2N	车队管理
30			V2I	装载区管理
31		ITS 站点生命周期管理	V2IVN	车辆软件/数据配置和更新
32		V2I2N / V2V	车辆和 RSU 数据校准	

3.3.日本安全预警类场景

3.3.1. ITS Connect 推进协议会的场景

ITS Connect 推进协会的相关标准制定的预设场景如下。

表 3.3-1 日本 V2X 场景

序号	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
1	V2V	防止碰撞支援	防止右转、左转、进入十字路口/通过时发生碰撞事故	辅助驾驶员在有盲区的路口碰撞，提高交叉路口通行安全。
2	V2V	周边车辆认知支援	根据对方车辆的信息进行周边认知	通过对周边车辆的性质，状态等进行认知，提前规避，提高安全性。
3	V2V	周边车辆状态信息提供	提供对方车辆的工作状态和车辆通知的事件信息等	辅助驾驶员避免违反交通规则，提高交叉路口通行安全。
4	V2V	提供搭乘者	提供对方车辆的搭乘	辅助驾驶员了解周边车辆

序号	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
		状态信息	者的信息和乘客的上下车状态的信息	搭乘者状态, 提前判断车辆动作, 提高安全性。
5	V2V	电车接近信息提供	提供路面电车等铁路(轨道)的信息	辅助驾驶员避免过电车轨道时和电车相撞, 提高通过铁路时的通行安全
6	V2I	右转防止碰撞支援	右转时提供在盲区内的车辆通行信息, 对有碰撞风险车辆进行预警。	辅助驾驶员右转时和对向来车碰撞, 提高路口通行安全
7	V2I	防止漏看步行者横穿马路支援	提供在盲区的步行者横穿马路信息, 对有碰撞风险车辆进行预警。	辅助驾驶员避免和行人碰撞, 提高路口通行安全。
8	V2V	C - A C C	根据前面车辆的车辆信息, 及时调整车距	更节能, 省力, 安全的驾驶

3.3.2. UTMS 协会的应用场景

UTMS 协会相关标准整理及预设场景如下。

表 3.3-2 DSSS 场景列表

序号	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
1	V2I	防止漏看停车标识	防止漏看掉停车标识。	辅助驾驶员避免违反交通规则, 提高交叉路口通行安全。
2	V2I	防止路口碰撞支援系统	在没有信号灯的交叉路口对防止碰撞提供支援	辅助驾驶员避免碰撞, 提高交叉路口通行安全。
3	V2I	防止信号灯漏看支援系统	防止漏看红灯信号。	辅助驾驶员避免违反交通规则, 提高交叉路口通行安全。
4	V2I	防止追尾支援系统	在转弯或上坡处, 防止追尾由于交通堵塞和等待信号灯停止或低速的行驶车辆	辅助驾驶员避免追尾碰撞, 提高弯道或上坡通行安全。

ETC2.0 的场景如下表所示。

表 3.3-3 ETC2.0 场景列表

序号	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
1	V2I	易发事故路段提	车辆经过易发事故路段的时会	减少易发事故路段

		醒	发出提醒	的碰撞风险
2	V2I	危险道路提醒	当行驶道路出现危险状况时， 会发出提醒	减少危险道路的事 故风险
3	V2I	灾难提醒（地震）	车辆在高速路段遇到地震前会 发出提醒，并提供可驾驶路线、 疏散地点、灾难情况、临时指 示等信息	降低灾难时的车内 驾驶员、乘客的安全 风险

3.4.中国安全预警类场景

目前，国内基本完成了 C-V2X 相关总体架构、空中接口、网络层与消息层、多接入边缘计算、安全等相关技术标准和测试规范的立项研究和制定工作。在车联网场景方面，已完成和在研的主要有以下 5 个相关标准，可作为国内车联网场景分析的部分依据^{[14][15][16]}。

标准 1：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）（修订）

标准 2：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）

标准 3：CCSA_增强的 V2X 业务应用层交互数据要求(征求意见)

标准 4：T/CSAE 158-2020_基于车路协同的高等级自动驾驶应用层数据交互内容

标准 5：营运车辆车路交互信息集--场景部分

表 3.4-1 国内标准场景

序号	场景分类	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
1.1	安全类	V2V	前向碰撞预警	前向碰撞预警是指，主车（HV）在车道上行驶，与在正前方同一车道的远车（RV）存在追尾碰撞危险时，FCW 应用将对 HV 驾驶员进行预警。	FCW 应用辅助驾驶员避免或减轻前向碰撞，提高道路行驶安全。
1.2		V2V、V2I	交叉路口碰撞预警	交叉路口碰撞预警（ICW: Intersection Collision Warning）是指，主车（HV）驶向交叉路口，与侧向行驶的远车（RV）存在碰撞危险时，ICW 应用将对 HV 驾驶员进行预警。	ICW 应用辅助驾驶员避免或减轻侧向碰撞，提高交叉路口通行安全。
1.3		V2V、V2I	左转辅助	左转辅助（LTA: Left Turn Assist）是指，主车（HV）在交叉路口左转，与对向驶来的远车（RV）存在碰撞危险时，LTA 应用将对 HV 驾驶员进行预警。	LTA 应用辅助驾驶员避免或减轻侧向碰撞，提高交叉路口通行安全。
1.4		V2V	盲区预警/变道辅助	盲区预警/变道预警（BSW/LCW: Blind Spot Warning/ Lane Change Warning）是指，当主车（HV）的相邻车道上有同向行驶的远车（RV）出现在 HV 盲区时，BSW 应用对 HV 驾驶员进行提醒；当主车（HV）准备实施变道操作时，若此时相邻车道上有同向行驶的远车（RV）处于或即将进入 HV 盲区，LCW 应用对 HV 驾驶员进行预警。	BSW/LCW 应用避免车辆变道时，与相邻车道上的车辆发生侧向碰撞，提高变道安全。
1.5		V2V	逆向超车预警	逆向超车预警（DNPW: Do Not Pass Warning）是指，主车（HV）在行驶在道路上，因为借用逆向车道超车，与逆向车道上的逆向行驶远车（RV）存在碰撞危险时，DNPW 应用对 HV 驾驶员进行预警。	DNPW 应用辅助驾驶员避免或减轻超车过程中产生的碰撞，提高逆向超车通行安全。

序号	场景分类	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
1.6		V2V-Event	紧急制动预警	紧急制动预警 (EBW: Emergency Brake Warning) 是指, 主车 (HV) 行驶在道路上, 与前方行驶的远车 (RV) 存在一定距离, 当前方 RV 进行紧急制动时, 会将这一信息通过短程无线通信广播出来。HV 检测到 RV 的紧急制动状态, 若判断该 RV 的紧急制动状态, 若判断该 RV 事件与 HV 相关, 则对 HV 驾驶员进行预警。	EBW 应用辅助驾驶员避免或减轻车辆追尾碰撞, 提高道路行驶通行安全。
1.7		V2V-Event	异常车辆提醒	异常车辆提醒 (AVW: Abnormal Vehicle Warning) 是指, 当远车 (RV) 在行驶中, 对外广播消息中显示当前“故障报警灯开启”, 主车 (HV) 识别出其属于异常车辆; 或者 HV 根据 RV 广播的消息, 通过判断 RV 车速, 识别出其属于异常车辆。当识别出的异常车辆可能影响本车行驶路线时, AVW 应用提醒 HV 驾驶员注意。	AVW 应用辅助驾驶员及时发现前方异常车辆, 从而避免或减轻碰撞, 提高通行安全。
1.8		V2V-Event	车辆失控预警	车辆失控预警 (CLW: Control Loss Warning) 是指, 当远车 (RV) 出现制动防抱死系统 (ABS), 车身稳定性系统 (ESP)、牵引力控制系统 (TCS)、车道偏移预警系统 (LDW) 功能触发时, RV 对外广播此类状态信息, 若主车 (HV) 根据收到的消息识别出该车属于车辆失控, 且可能影响自身行驶路线时, 则 CLW 应用对 HV 驾驶员进行提醒。	CLW 基于通信的终端, 可以将车辆内部电控系统的功能触发/失控等信息, 及时对外广播, 便于周边车辆迅速采取避让等处置措施, 避免碰撞事故发生。
1.9		V2I	道路危险状况提示	道路危险状况提示 (HLW: Hazardous Location Warning) 是指, 主车 (HV) 行驶到潜在危险状况路端, 存在发生事故风险时, HLW 应用对 HV 驾驶员进行预警。	HLW 应用将道路危险状况及时通知周围车辆, 便于驾驶员提前进行处置, 提高车辆对危险路况的感知能力, 降低车辆发生事故的风险

序号	场景分类	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
1.10		V2I	限速预警	限速预警 (SLW: Speed Limit Warning) 是指, 主车 (HV) 行驶过程中, 在超出限定速度的情况下, SLW 应用对 HV 驾驶员进行预警, 提醒驾驶员减速行驶。	SLW 应用辅助驾驶员避免超速行驶, 消除安全隐患, 减少事故的发生。
1.11		V2I	闯红灯预警	闯红灯预警 (RLVW: Red Light Violation Warning) 是指, 主车 (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。	RLVW 应用辅助驾驶员安全通过信号灯路口, 提高信号灯路口的通行安全
1.12		V2P/V2I	弱势交通参与者碰撞预警	弱势交通参与者碰撞预警 (VRUCW: Vulnerable Road User Collision Warning) 是指, 主车 (HV) 在行驶中, 与周边行人 (P, Pedestrian。包括行人、自行车、电动自行车等) 存在碰撞危险时, VRUCW 应用对车辆驾驶员进行预警, 也可对行人进行预警。	VRUCW 应用辅助驾驶员避免或减轻与侧向行人 (P) 碰撞危险, 提高车辆及行人通行安全
2.1	安全	V2V/V2I	交通参与者感知共享	车辆 EV 以及路侧设备 RSU 通过自身搭载的感知设备探测到周围其他交通参与者, 通过 V2X 发送给周围其他车辆。	增强车辆的感知能力, 有效的减少交通事故和二次伤害。
2.2	安全	V2V/V2I	协作式变道	车辆 EV 将变道行驶意图发送给相关车道的其他相关车辆或路侧设备 RSU, 相关车辆调整驾驶行为, 使得车辆 EV 能够安全完成变道或延迟变道。	实现车辆之间安全高效的自行合作变道, 提升通行效率和道路安全。
2.3	安全/效率	V2I	协作式匝道汇入	匝道处的路侧单元 (RSU) 获取周围车辆运行信息和行驶意图, 通过发送车辆引导信息、协调车辆, 引导匝道车辆安全、高效的汇入主路。	减少汇入车辆对主路车流的影响, 提高匝道处通行安全和通行效率。
2.4	安全/效率	V2I	协作式交叉口通行	EV 向 RSU 发送车辆行驶信息, RSU 为 EV 生成通过交叉路口的通行调度信息并发送给 EV, 调度 EV 安全通过交叉口。	为路口车辆提供更精准的通行调度信息, 安全、高效通行。

序号	场景分类	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
2.5	效率/交通管理	V2I	动态车道管理	针对交叉口的拥堵问题,通过交叉口处的动态划分车道功能可以实现对交叉口进口道的空间资源进行实时地合理分配。	实时匹配各流向的交通需求,减少排队长度和次数。
2.6	安全	V2I/V2V	道路异常状况提醒	车辆或路侧设备 RSU 通过传感器感知到道路交通事件(如交通事故等)、道路障碍物、路面状况等道路异常状况信息,并将探测出的信息发送给可能受此事件影响的其他车辆,从而避免二次事故发生,减少人员伤亡。	道路异常状况提醒可以通过车辆或 RSU 向周围车辆发送提醒信息,使周围车辆间接获取前方道路异常状况,为车辆提供充足的反应时间,有效避免二次事故的发生
2.7	安全	V2P	慢行交通预警	慢行交通预警是指弱势交通参与者依靠自身具有无线通信能力的设备,实时发送其自身信息和运动状态等,支持车辆对弱势交通参与者的碰撞和风险预警。	当路上的 VRU 接近时,慢行交通预警应用应能对车辆 EV 进行预警或输出 VRU 碰撞风险判定信息,从而达到碰撞风险告警或自主避让的目的。
3.1	安全预警类	V2V/V2I/V2N/V2P	弱势交通参与者识别	CCSA_增强的 V3X 业务应用层交互数据要求(送审稿-场景部分)	为了增加对弱势交通参与者的感知,对弱势交通参与者碰撞等交通事故进行预警
3.2	安全/效率	V2V/V2I	车队编队行驶	编队行驶就是通过无线技术将同向行驶的载货汽车进行连接,尾随的车辆可接收到前面车辆加速、刹车等信息,并提升反应效率。通常车队头车是有人驾驶,后面跟着的是基于实时信息交互并以一定速度保持稳定的车间距离的无人驾驶成员车辆。	减少运输企业对于司机的需求,降低驾驶员的劳动强度,减小车队行驶中的风阻,从而降低车辆油耗。
3.3	安全/效率	V2V/V2I/V2N	协作式车队管理	该应用是指车队的车头从云端及周边车辆获取安全、交通环境、车载传感器等信息,形成车队行驶策略,从而完成整个车队的动态管理,确保车队安全、高效出行。本应用适用于在网络覆盖下的城市及郊区道路。	既能够从云端获取基于整体交通状况的行驶建议,又能通过车队内车辆间信息的共享交互实现近距离安全行驶,并且能够实时进行车队内及车队间灵活调控

序号	场景分类	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
4.1	安全	V2I	危险品货物实时状态信息提醒	主车 (HV) 发现自身载有危险品货物状态异常, 向驾驶员和 RSU 进行危险报警, RSU 广播给周围车辆。	提示驾驶员危险品货物的安全状态及周边车辆预警, 保障安全行驶。
4.2	安全	V2I	营运驾驶员疲劳驾驶提醒	主车 (HV) 将驾驶员状态周期性发送给 RSU, 当超过预置门限, 则触发提醒。	辅助驾驶员避免疲劳行驶, 消除安全隐患, 减少事故的发生。
5.1	安全预警类 (基于车路协同的高等级自动驾驶典型应用)	V2V/V2I	基于协同式感知的异常驾驶行为识别	在混合交通环境下, 通过路侧设备/车端设备感知周边车辆的运行状况; 经过相应设备处理后发送当前范围内存在的异常行驶的车辆, 给自动驾驶汽车; 辅助自动驾驶车辆, 做出正确的决策控制。	自动驾驶车辆可提前获取周边存在的异常驾驶车辆, 可以提前进行减速、避让等操作, 从而实现自动驾驶车辆安全高效的通行。
5.2	安全	V2I	禁止特定车辆通行路段预警	本车 (HV) 指装有车载单元且运行车路交互应用程序的车辆。HV 或车辆编队行驶在特定路段上游, 若 HV 是危险品运输车辆, 超限车辆, 超载车辆等禁止通行的特定车辆时, RSU 通过车载单元 (OBU) 向驾驶员预警。	提醒驾驶员特定路段禁止通行的特定车辆信息。
5.3	安全	V2I	限速及超速行驶提醒	HV 或车辆编队行驶在特定路段时, RSU 通过 OBU 提醒驾驶员该路段的限速值, 当 HV 行驶速度超过限速值时, RSU 通过 OBU 提醒驾驶员违法超速行驶。	提示驾驶员该特定路段的限速值, 避免驾驶员超速行驶, 消除安全隐患。
5.4	安全	V2I	异常天气实时预警	HV 或车辆编队行驶在特定路段上游一定区域内时, RSU 通过 OBU 提醒驾驶员特定路段的异常天气实时预警信息。	提示驾驶员特定路段的异常天气实时预警信息

序号	场景分类	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
5.5	安全	V2I	危险路段越线行驶报警	HV 或车辆编队在危险路段行驶, 在行驶过程中与双实线、单实线交叉或跨越时, RSU 通过 OBU 向驾驶员报警。	辅助驾驶员避免或减轻交通事故的发生, 提高道路行驶安全。
5.6	安全	V2I	行车视距不良路段报警	HV 或车辆编队行驶在道路上, 适遇视距不良路段, 如路段内有远车通行, RSU 通过 OBU 向驾驶员报警。	辅助驾驶员避免或减轻交通事故的发生, 提高道路行驶安全。
5.7	安全	V2I	专用车道偏离报警	HV 或车辆编队在专用车道行驶, 当车辆偏离专用车道时, RSU 通过 OBU 向驾驶员报警。	辅助驾驶员按规定的专用车道行驶, 提高道路行驶安全和通行效率。
5.8	安全	V2I	车辆偏离班线报警	HV 或车辆编队按照道路运输主管部门或运输责任部门批复的班线行驶, 当车辆偏离规定班线时, RSU 通过 OBU 向驾驶员报警。	提示驾驶员按规定班线路线行驶, 维护道路运输秩序。
5.9	安全	V2V/V2I	适遇危险品运输车辆提醒	HV 或车辆编队在车道上行驶, 当 HV 或车辆编队的一定范围内存在危险品运输车辆 RV, 且对其存在安全风险时, RSU 通过 OBU 对 HV 或车辆编队驾驶员提醒 RV 的具体位置。	车辆与危险品运输车辆碰撞危险的提醒, 辅助驾驶员避免或减轻碰撞, 提高道路行驶安全。
5.10	效率	V2I	营运班线事件提醒	HV 或车辆编队在营运班线上行驶过程中, 班线上发生交通事故等突发性事件, 或施工养护等计划性事件时, RSU 通过 OBU 向驾驶员提醒。	辅助驾驶员提前获知营运班线上的事件信息, 为及时采取行之有效的避让、分流等措施提供技术支持, 提高营运班线通行效率。
5.11	效率	V2I	路网运行状态提醒	当 HV 行驶的班线因发生拥堵、交通事故、异常抛洒物、地质灾害等突发性事件, 或施工养护、封路、管制等计划性事件, 需向相邻路网分流诱导时, RSU 通过 OBU 向驾驶员推送相邻路网运行状态信息提醒或分流路径建议。	辅助驾驶员获取相邻路网运行状态信息或分流路径建议, 为及时采取行之有效的分流诱导等措施提供技术支持, 提高营运车辆通行效率。
5.12	效率	V2V	紧急车辆提醒	HV 行驶中, RSU 通过 OBU 向驾驶员推送优先让行的紧急车辆 RV 提醒, HV 对消防车、救护车、警车、路政应急救援车或其他紧急车辆让行。	辅助 HV 实现对消防车、救护车、警车、路政应急救援车或其他紧急呼叫车辆的让行。

序号	场景分类	通信方式	场景名称	功能定义	预期效果
5.13	安全	V2V/V2I	危险车况报警	HV 或车辆编队在道路上行驶,当某辆车胎压、部件温度等指标超出预设阈值,或 ABS、ESP、TCS 发生异常时,OBU 获取危险车况信息,向驾驶员报警,并将相关信息发送至 RSU。	提示驾驶员车辆的安全状态及周边车辆预警,保障安全行驶
5.14	信息服务	V2I	服务区停车位诱导	HV 行驶在道路时,通过 OBU 向 RSU 主动发送服务区停车请求,RSU 通过本地预存及实时更新的服务区内营运车辆停车位的有无信息、尺寸、位置等信息,通过与 OBU 通信,完成服务区告知及营运车辆停车位诱导服务。	辅助 HV 实现服务区停车位诱导,提升营运驾驶员用户的服务水平。
5.15	信息服务	V2I	近场支付	HV 在近距离无线条件下,通过 OBU 与 RSU 进行资金类交易支付。营运车辆车路交互近场支付场景的信息集参见 GB/T20851.3、GB/T20851.4、GB/T28421 的规定。	实现道路支付的有效自动化联动,可以加速车流,提高交通效率;

3.5. 典型安全预警场景筛选

3.5.1. 典型安全预警场景筛选原则

本报告旨在研究基于网联技术实现的安全碰撞预警场景应用,基于国内外应用场景的上述分析,及第二章对国内现有技术及应用现状的分析,筛选出适合中国实际交通情况的安全预警场景应用。其场景应用的研究范畴为:基于网联技术实现的场景应用,不包含高级辅助驾驶或自动驾驶实现的功能应用;通过车与车端、车与路端、车与弱势交通参与者和车与网络的信息交互,识别和预判潜在的安全风险,一般是事前发生的碰撞预警,不包含事后的紧急呼叫等应用;面向驾驶员发出预警或提醒的场景应用,非车控类应用场景,且暂时未考虑路侧设施提醒路侧行人等的预警场景应用。

3.5.2. 安全预警场景筛选分析

通过上述对美国、欧洲、日本及中国的典型的标准或企业研发应用场景的调研、对比和分析，提炼出 46 个应用场景，基于 3.5.1 章节提出的筛选原则，对场景进行筛选和分析，选出满足安全预警筛选原则的安全预警场景，具体分析如下表所示：

表 3.5-1 安全预警场景分析

序号	场景名称	V2X	各国场景情况				属于安全预警场景	筛选原则			
			中国	美国	欧洲	日本		利用网联技术的场景应用	预判潜在安全风险(事前)	非车控类	面向驾驶员发出安全预警
1	交叉路口碰撞预警	V2V/V2I	√	√	√	√	√	√	√	√	
2	闯红灯预警	V2I	√	-	√	√	√	√	√	√	
3	左转辅助	V2V/V2I	√	√	√	√	√	√	√	√	
4	车辆汇入、汇出	V2I	√	-	√	-	√	√	√	√	
5	逆向超车预警	V2V	√	-	√	-	√	√	√	√	
6	盲区预警/变道预警	V2V	√	-	√	-	√	√	√	√	
7	异常车辆提醒	V2V	√	√	√	√	√	√	√	√	
8	车辆失控预警	V2V	√	√	-	-	√	√	√	√	
9	前向碰撞预警	V2V	√	√	√	√	√	√	√	√	
10	紧急制动预警	V2V	√	√	√	-	√	√	√	√	
11	弱势交通参与者碰撞预警	V2I	√	√	√	√	√	√	√	√	
12	摩托车预警	V2I	-	-	√	-	√	√	√	√	
13	动态调整交通信号灯	V2I	-	-	√	-	-	√	-	√	
14	绿波车速引导	V2I	-	-	√	-	-	√	-	√	
15	车内标牌	V2I	√	-	√	-	-	√	-	√	

序号	场景名称	V2X	各国场景情况				属于安全预警场景	筛选原则			
			中国	美国	欧洲	日本		利用网联技术的场景应用	预判潜在安全风险(事前)	非车控类	面向驾驶员发出安全预警
16	限速预警	V2I	√	√	√	-	√	√	√	√	√
17	道路危险状况提醒	V2I	√	√	√	-	√	√	√	√	√
18	道路施工提醒	V2I	√	-	√	-	√	√	√	√	√
19	急转弯提醒	V2I	√	√	-	-	√	√	√	√	√
20	紧急车辆提醒	V2V	√	√	√	-	-	√	-	√	√
21	危险品货物实时状态信息提醒	V2I	√	-	-	-	-	√	-	√	√
22	营运驾驶员疲劳驾驶提醒	V2I	√	-	-	-	-	√	√	√	√
23	天气提醒	V2I	√	√	-	-	√	√	√	√	√
24	提供搭乘者状态信息	V2V	-	-	-	√	-	√	-	√	√
25	电车接近信息提供	V2V	-	-	-	√	-	√	-	√	√
26	灾难提醒(地震)	V2I	-	-	-	√	-	√	-	√	√
27	拥堵提醒(动态路线引导)	V2I	-	-	-	√	-	√	-	√	√
28	合作自适应巡航控制	V2V	-	-	√	√	-	√	√	-	√
29	编队行驶	V2V/V2I	-	-	√	-	-	√	√	-	√
30	灵活分配专用车道	V2I	-	-	√	-	-	√	-	√	√
31	车辆自动调节远近光	V2V	-	-	√	-	-	√	-	√	√
32	协同式感知/感知数据共享	V2V\V2I	√	-	-	-	√	√	√	√	√
33	基于路侧协同的无信号交叉口通行	V2I	√	-	-	-	√	√	√	√	√

序号	场景名称	V2X	各国场景情况				属于安全预警场景	筛选原则			
			中国	美国	欧洲	日本		利用网联技术的场景应用	预判潜在安全风险(事前)	非车控类	面向驾驶员发出安全预警
34	基于路侧协同的自动驾驶车辆“脱困”	V2I	√	-	-	-	-	√	√	-	-
35	高精地图版本对齐及动态更新	V2N	√	-	-	-	-	√	-	-	-
36	自主泊车	V2I	√	-	-	-	-	√	-	-	-
37	基于路侧感知的“僵尸车”识别	V2I	√	-	-	-	-	√	√	-	-
38	基于路侧感知的交通状况识别	V2I	√	-	-	-	-	√	-	√	√
39	基于协同式感知的异常驾驶行为识别	V2V	√	-	-	-	-	√	√	-	-
40	协作式交叉口通行	V2I	√	-	-	-	√	√	√	-	-
41	协作式变道	V2V/V2I	√	√	-	-	√	√	√	√	√
42	车辆汇入/协作式车辆汇入	V2I	√	√	-	-	√	√	√	√	√
43	弱势交通参与者安全通行	P2X	√	√	-	-	√	√	√	√	√

备注：“√”表示满足条件，“-”表示不满足该条件。

3.5.3. 典型安全预警场景

经过上述分析，结合中国现有的特色交通状况及技术发展现状，同时考虑到上述表格中部分应用场景存在的交叉，整体筛选出如下场景，其场景介绍如下：

3.5.3.1. 交叉路口碰撞预警

能对驶向交叉路口的本车驾驶员与侧向车辆存在碰撞危险进行预警。

3.5.3.2. 闯红灯预警

当本车经过信号控制的交叉口时，对驾驶员不按信号灯规定或指示行驶进行预警。

3.5.3.3. 左转辅助

本车在交叉路口左转，与对向驶来的远车存在碰撞危险时，对本车驾驶员进行预警。

3.5.3.4. 逆向超车预警

本车借用逆向车道超车时，与该车道的前车存在碰撞危险，对本车驾驶员进行预警。

3.5.3.5. 盲区预警/变道预警

当相邻车道上有同向行驶的远车出现在本车盲区时，对本车驾驶员进行提醒；或当本车准备实施变道操作时（例如激活转向灯等），相邻车道上有同向行驶的远车处于或即将进入本车盲区，对本车驾驶员进行预警。

3.5.3.6. 异常车辆提醒

远车在行驶中，打开故障报警灯并且本车接收远车的广播消息中含有“故障报警灯开启”的信息，或本车根据远车广播的消息，判断远车的车速为静止或慢速（显著低于周围其他车辆），识别其属于异常车辆，若可能影响本车行驶路线时，对本车驾驶员进行预警。

3.5.3.7. 车辆失控预警

当远车有制动防抱死系统、车身稳定性系统、牵引力控制系统、车道偏移预警系统功能触发并且对外广播状态信息，若本车根据接收的消息识别出该车属于车辆失控，且可能影响自身行驶路线时，对本车驾驶员进行提醒。

3.5.3.8. 前向碰撞预警

本车在行驶过程中，与前方车辆存在碰撞危险，对本车驾驶员进行预警。

3.5.3.9. 紧急制动预警

远车在主车前方行驶，远车进行紧急制动并对外广播信息，主车根据消息进行判断，若远车事件与主车相关，则对主车驾驶员进行预警。

3.5.3.10. 限速预警

主车行驶过程中，超出限定的速度，对主车驾驶员进行预警。

3.5.3.11. 道路危险状况提醒

主车行驶到潜在危险状况（如：桥下存在较深积水、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，对主车驾驶员进行预警。

3.5.3.12. 道路施工提醒

类似道路危险状况

3.5.3.13. 天气提醒

类似道路危险状况

3.5.3.14. 协同式感知/感知数据共享

装载通信系统的车辆以及路侧设备通过自身搭载的感知设备（摄像头、雷达等传感器）获取到周围其他交通参与者（包括但不限于车辆、行人、骑行者等目标物）或道路异常状况信息并对外发送，如：道路交通事件、车辆异常行为（超速、驶离车道、逆行、非常规行驶和异常静止等）、道路障碍物（如落石、遗撒物、枯枝等）及路面状况（如积水、结冰等）等信息，周围其他车辆根据接收到的状况信息提前获取不在感知范围内的交通参与者或道路异常状况，用于辅助自身做出正确的驾驶决策。

3.5.3.15. 协作式交叉口通行

装备通信系统的车辆和路侧设备进行协作，路侧设备根据车辆发送的行驶信息、目标交叉路口的信号灯信息、其他车辆上报的行驶信息、以及路侧感知信息，生成通行调度信息并发送给车辆，调度车辆安全通过交叉口。

3.5.3.16. 协作式变道

装备通信系统的车辆在行驶过程中需要变道并将行驶意图发送给相关车道（本车道和目标车道）的其他相关车辆或路侧设备，相关车辆根据接收到行驶意图信息或路侧设备的调度信息，调整自身驾驶行为，使得车辆能够安全完成变道或延迟变道。

3.5.3.17. 协作式车辆汇入

在高速公路或快速道路入口匝道处，路侧单元获取周围车辆运行信息和行驶意图并发送车辆引导信息，协调匝道和主路汇入车道车辆，引导匝道车辆安全、高效的汇入主路。

3.5.3.18. 弱势交通参与者碰撞预警

主车行驶中，弱势交通参与者（包括行人、自行车、电动自行车等）存在碰撞危险，对主车驾驶员进行预警，也可对弱势交通参与者进行预警。

第四章 网联相关标准分析及安全预警场景分类

汽车产业已经逐步成为汽车、信息通信、道路交通等行业深度融合的新型产业，为打造创新驱动、开放协同的车联网产业提供支撑，汽车、通信、智能交通等相关领域的各标准体系都已陆续发布并开始实施，其中，汽车网联功能与应用相关标准由全国汽车标准化技术委员会制定并归口。

本章节简要介绍国内智能网联汽车领域、信息通信领域及智能交通领域的配套标准情况；与现有的相关性比较强的标准进行对比分析，明确本标准的研究内容及与其他标准的关系；考虑到安全预警场景多，依托上述分析及发展现状提出安全预警的场景分类方式。

4.1. 网联相关的配套标准情况

4.1.1. 智能网联汽车领域标准情况

2017 年底，国标委正式批准汽标委成立智能网联汽车分委会，组建了先进驾驶辅助系统、自动驾驶、信息安全、网联功能与应用、资源管理与信息服务五个国内标准研究工作组，组织行业共同开展国内智能网联汽车标准研究。

智能网联汽车有智能化和网联化两条技术发展主线：智能化（自主式）技术路线是基于车载传感器，使汽车自主感知、决策和控制运动，网联化（协同式）是指基于通信互联，使汽车具有环境感知、决策和控制运动能力，智能化和网联化未来将实现完全融合。但就目前技术水平来看，智能化和网联化是两条技术路线，且存在单独的标准工作组，但两种路线有部分场景应用一致，故对现有的智能化和网联化制定的标准进行分析和梳理。

ADAS 的路线图如下图 4.1-1 所示：



图 4.1-1 ADAS 路线图

自动驾驶领域标准路线图 4.1-2 如下图所示：

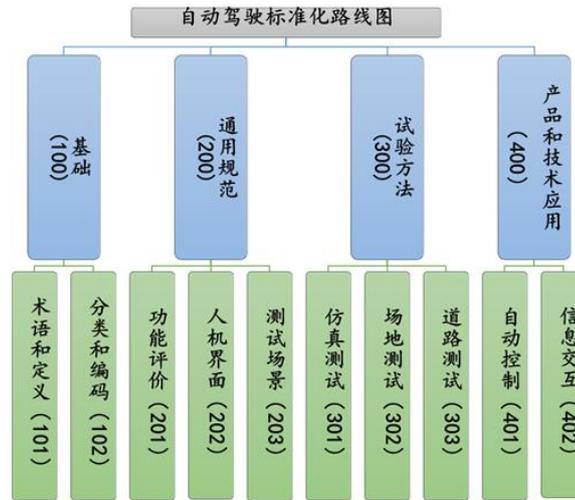


图 4.1-2 自动驾驶领域标准路线图

网联路线图如下图 4.1-3 所示：

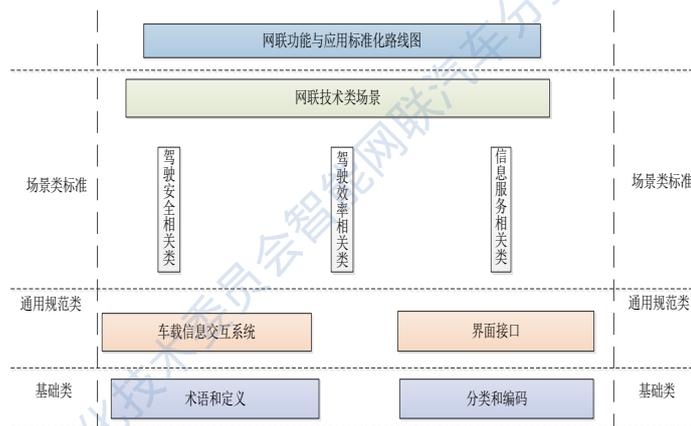


图 4.1-3 网联路线图

4.1.2. 信息通信相关配套标准

中国通信标准化协会（简称 CCSA）于 2002 年 12 月 18 日在北京成立，主要负责组织信息通信领域国家标准、行业标准以及团体标准的制修订工作，承担国家标准化管理委员会、工业和信息化部信息通信领域标准归口管理工作。国家标准化管理委员会批准的“全国通信标准化技术委员会”和“全国通信服务标准化技术委员会” (TC543) 秘书处设在协会。

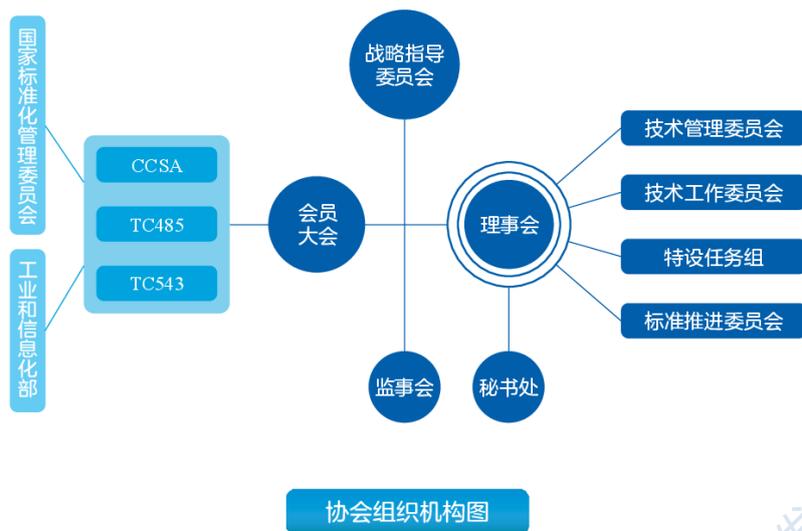


图 4.1-4 中国通信标准化协会组织机构

序号	标准名称	状态
1	基于 LTE 的车联网无线通信技术 空中接口技术要求和测试方法	已发布
2	基于 LTE 网络的无线通信技术 总体技术要求	已发布
3	基于 LTE 的车联网无线通信技术 网络层技术要求	已发布
4	基于 LTE 的车联网无线通信技术 网络层测试方法	已发布
5	基于 LTE 的车联网无线通信技术 基站设备技术要求	已发布
6	基于 LTE 的车联网无线通信技术 基站设备测试方法	已发布
7	基于 LTE 的车联网无线通信技术 终端设备技术要求	已报批
8	基于 LTE 的车联网无线通信技术 路侧设备技术要求	已报批
9	基于 LTE 的车联网无线通信技术 路侧设备测试方法	已发布
10	基于 LTE 的车联网无线通信技术 核心网设备技术要求	已发布
11	基于 LTE 的车联网无线通信技术 核心网设备测试方法	已送审
12	基于 LTE 的车联网无线通信技术 支持直连通信的终端设备测试方法	已发布
13	基于 LTE 的车联网无线通信技术 消息层技术要求	已发布
14	基于 LTE 的车联网无线通信技术 消息层测试方法	已发布
15	增强的 V2X 业务应用层交互数据要求	已报批
16	基于车路协同的高等级自动驾驶数据交互内容	已报批
17	V2X 车载设备与车载信息系统互联应用层技术要求	在研
18	面向 LTE-V2X 的移动边缘计算 (MEC) 业务总体需求与架	已送审

	构	
19	基于 LTE 的车联网无线通信技术 MEC 平台测试方法	征求意见
20	面向 C-V2X 的多接入边缘计算 服务能力开放和接口技术要求 (第一阶段)	已报批
21	基于 LTE 的车联网通信安全技术要求	已发布
22	基于 LTE 的车联网通信技术 安全证书管理系统技术要求	已报批
23	基于 LTE 的车联网无线通信技术 安全认证测试方法	征求意见
24	基于 LTE 的车联网无线通信技术 应用标识分配及映射	已报批

中国汽车工程学会常务理事会下设标准化工作委员会，在常务理事会授权下，作为中国汽车工程学会标准化工作的咨询及决策层，受中国汽车工程学会常务理事会监督，并对其负责，标准化工作委员会每届任期 5 年，每年至少召开一次工作会议，是中国汽车行业团体标准的归口单位。在智能网联汽车领域建立了中国智能网联汽车团体标准体系。

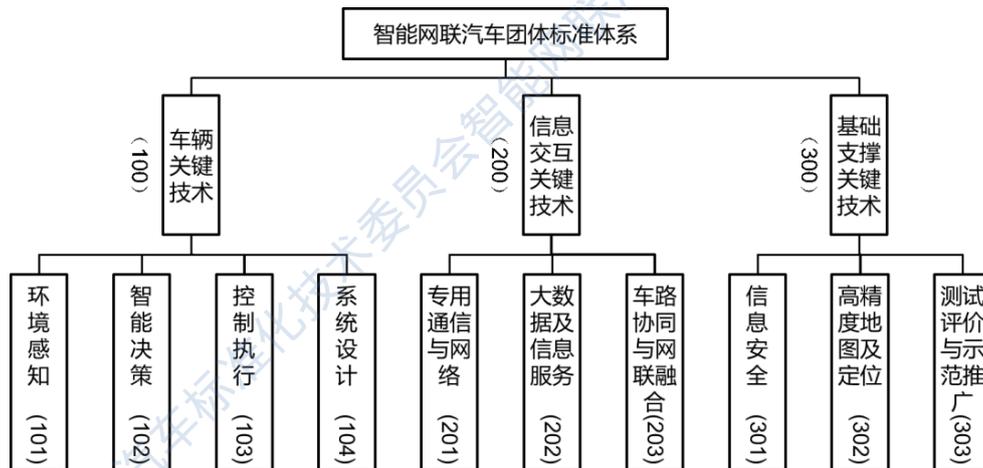


图 2.1-5 智能网联汽车团体标准体系框架

截至 2021 年 2 月，已发布如下标准

表 4.1-1 已发布的车联网标准

1.	T/CSAE 125-2020	智能网联汽车测试场设计技术要求
2.	T/CSAE 158-2020	基于车路协同的高等级自动驾驶应用层数据交互内容
3.	T/CSAE 53-2020	合作式智能运输系统 车用通信系统应用层及应用数据交互标准 (第一阶段) (修订)
4.	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)
5.	T/CSAE 159-2020	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
6.	T/CSAE 156-2020	自主代客泊车系统总体技术要求

已经立项研究标准如下：

表 4.1-2 车联网立项标准

1	2020-21	智能网联汽车场景数据采集平台搭建要求及方法
2	2020-22	智能网联汽车场景数据点云标注要求及方法
3	2020-23	智能网联汽车场景数据图像标注要求及方法
4	2020-38	V2X车载安全芯片处理性能测试规范
5	2020-40	基于汉字的车载视觉信息文字显示要求
6	2020-56	基智能网联汽车V2X系统预警应用功能测试与评价规程
7	2020-57	智能网联汽车道路测试监管系统技术规范
8	2020-58	合作式智能运输系统 车路协同云控平台V2X设备接入技术规范
9	2020-59	智能网联汽车数据安全共享模型与规范
10	2020-10	线控转向及制动系统通讯协议要求及测试规范

4.1.3. 智能交通相关配套标准

智能交通相关标准体系聚焦营运车辆和基础设施领域，支撑车联网应用、满足交通运输管理和服务需求。目前智能交通相关标委会主要有中国智能交通产业联盟（C-ITS）、全国智能运输系统标准化技术委员会（ITS 标委会）。

依据工业和信息化部、交通运输部、国家标准化管理委员会联合制定的《国家车联网产业标准体系建设指南（智能交通相关）》，车联网（智能交通相关）标准体系架构如下图。

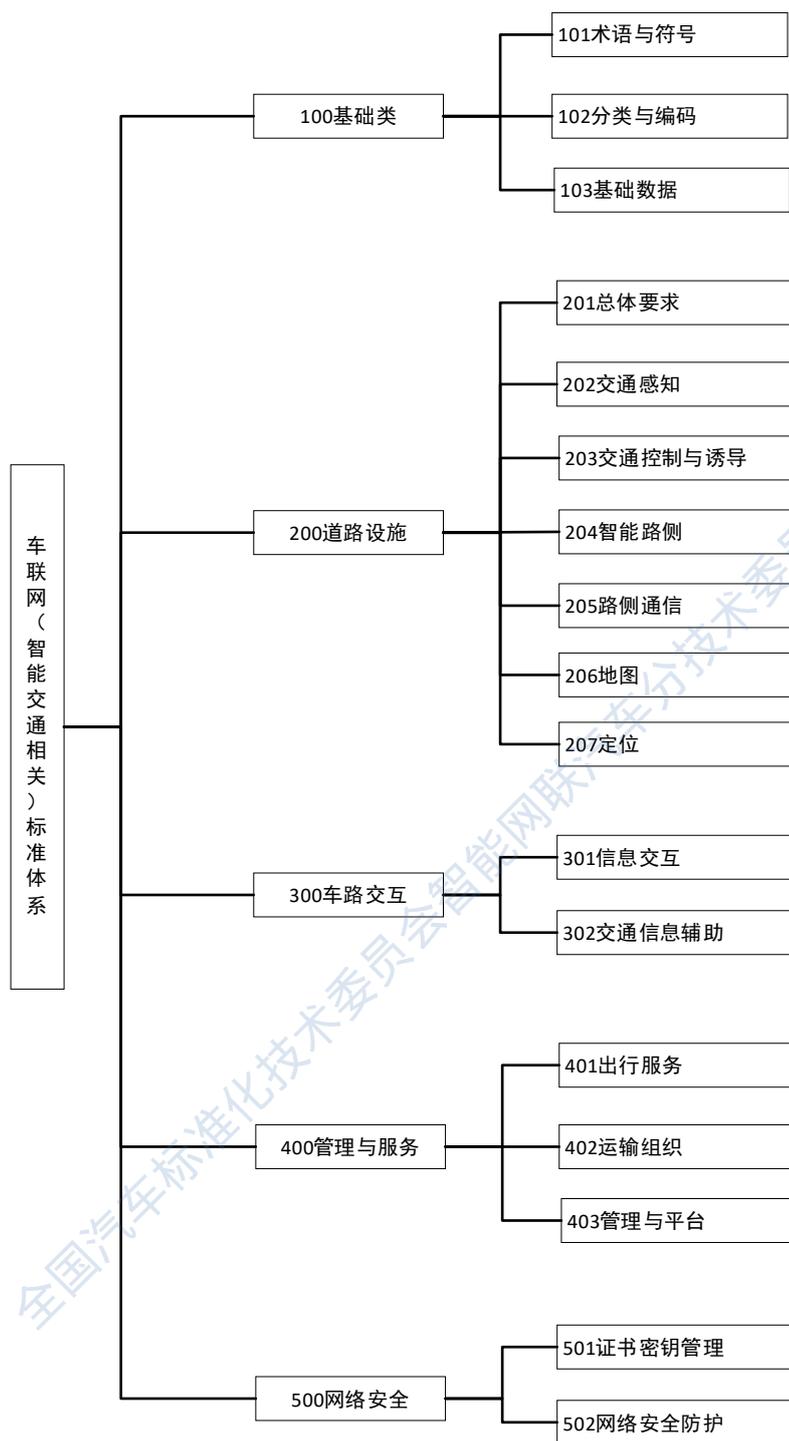


图 4.1-6 车联网标准体系

车联网（智慧交通相关）标准体系目前初列标准 72 项，其中国家标准 55 项，行业标准 17 项，梳理标准体系中与本研究报告所关注的车路网联化相关标准情况如下。

表 4.1-3 车联网标准

序号	标准名称	标准状态
1	合作式智能运输系统 专用短程通信 第 1 部分：总体技术要求	已发布
2	合作式智能运输系统 专用短程通信 第 2 部分：媒体访问控制层和物理层规范	已发布
3	合作式智能运输系统 专用短程通信 网络层和应用层规范	已发布
4	合作式智能运输系统 专用短程通信 设备应用规范	已发布
5	协同交叉口交通信号提示与违规报警系统 性能要求和测试规程	已发布
6	合作式智能运输系统 信息安全总体技术要求	已发布
7	合作式智能运输系统 参与方信息交互接口规范	已发布
8	合作式智能运输系统 道路信息结构化和交互数据集规范	已发布
9	合作式智能运输系统 盲区安全预警系统的数据规范	已发布
10	合作式智能运输系统 车速引导服务数据规范	已发布
11	基于 LTE 的车联网无线通信技术 总体技术要求	已发布
12	基于 ISO 智能交通系统框架的 LTE-V2X 技术规范	已发布
13	面向自动驾驶的通信需求研究	已发布
14	合作式智能交通系统 基于 LTE 的车载通信终端前装技术要求	已发布
15	智能网联驾驶标准体系架构	已发布
16	合作式智能运输系统 通信架构	已发布
17	合作式智能运输系统 增强应用集	已发布
18	智慧高速公路 第 2 部分：车路协同总体框架和要求	在编
19	基于 LTE 的车联网无线通信技术 直接通信系统技术要求	在编
20	营运车辆 合作式自动驾驶货车编队行驶 第 1 部分 总体技术要求	在编
21	营运车辆 合作式自动驾驶货车编队行驶 第 1 部分 应用场景和行驶行为要求	在编
22	营运车辆 合作式自动驾驶货车编队行驶 第 1 部分 总体技术要求	在编

23	基于车路协同的通信安全（匿名）证书管理技术规范	在编
24	合作式智能运输系统 LTE-V2X 路侧设施应用技术规范	预研
25	车路协同信息交互技术要求 第 1 部分：路侧设施之间信息交互	预研
26	车路协同信息交互技术要求 第 2 部分：路侧设施与信息中心信息交互	预研
27	车路协同信息交互技术要求 第 3 部分：路侧设施信息发布	预研
28	车路协同 路侧通信终端与基础设施接口技术要求	在编

4.2. 与现有标准对比分析

本项目旨在研究安全预警类场景的应用，通过标准的制定，规范基于网联技术实现预警的场景应用，加速推动成熟的网联技术的商业化落地。智能网联汽车分委会规划制定网联相关的零部件及整车的性能及功能标准。目前，性能层面，网联功能与应用标准工作组已经起草相关的标准；功能层面需要制定相关的标准，即本报告输出的标准需要撰写的内容。但因 ADAS 也可实现的部分与网联类似的功能应用，故开展进一步对比分析。

（1）性能层面：与 LTE-V2X 性能相关标准的关系分析

《基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互系统技术要求》是网联功能与应用工作组正在开展的网联性能要求标准。该标准规定了基于 LTE-V2X 支持直连通信的车载信息交互系统的一般要求、接入层配置要求、网络层配置要求、应用层要求、通信安全要求、通信性能要求、定位定时要求以及试验方法等内容，主要对车端发送的信息进行了标准化。

该标准与本报告输出标准的关系如下图所示，图中紫色框代表基于 LTE-V2X 直连通信的车载信息交互系统技术要求标准（下述简称 LTE-V2X 系统标准），蓝色代表本研究报告输出的标准（下述简称安全预警标准），LTE-V2X 系统标准一方面规定了车端发送的车辆基本安全消息（Basic Safety Message, BSM）数据元素的内容、数据的要求、车规要求及通信指标要求，另一方面规定了车端接收灵敏度的要求，验证车辆具备接收能力，从而保证车端的发送和接收链路是打通的，车与车的通信及应用的基本性能得到满足。当车辆接收到信息之后，会对收到的信息进行数据分析及处理，每家车企的处理算法都是技术核心且存在差异，无法进行规范化和标准化处理。但是产生的预警信息是否准确，何时产生预警信息，每种安全预警场景应该如何应用需要标准进行规范化。如预警信息出现误报、漏报，会对驾驶员产生干扰或误导；预警信息提示太早、提醒过于频繁，发挥的作

用不大且会引起驾驶员的厌烦；预警信息提示太晚，对驾驶员提醒或预警之后，驾驶员已经无法通过刹车、转向等手段减缓碰撞，无法达到预期的目标。

本研究报告输出的标准主要用于规范具备网联通信功能的车辆应满足的功能应用技术要求及测试规程，包含但不限于系统功能要求、典型的应用场景、车辆测试环境、测试设备要求、测试方法及测试指标要求等，车辆能按照标准的要求进行预警，可以正确、有效、及时的提醒驾驶员，有效的减缓安全事故的发生，提高出行的安全指数。

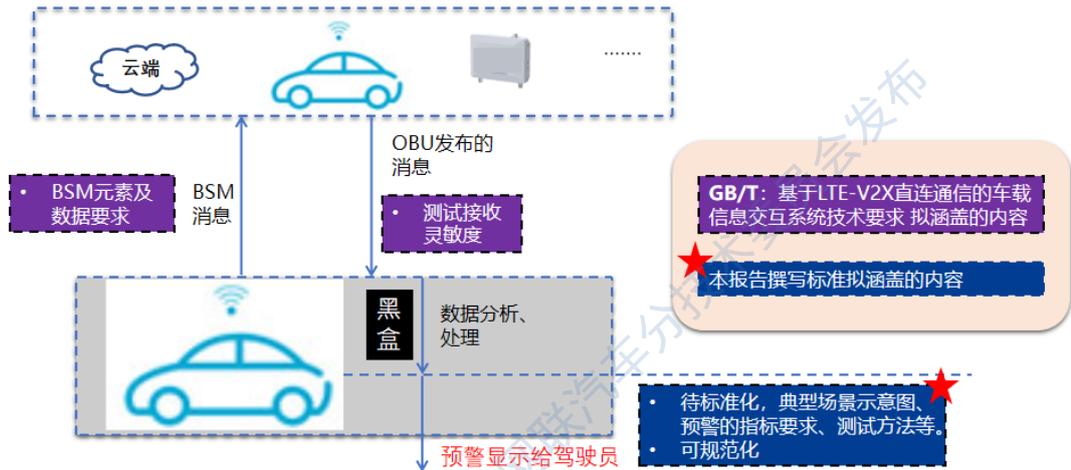


图 4.1-7 LTE 系统标准与安全预警标准关系图

(2) 与 ADAS 相关标准的关系分析

智能化和网联化是实现自动驾驶的两种不同的技术路线，智能化是通过车辆安装摄像头、雷达等传感器，实现感知、识别外界的障碍物、环境和交通参与者，受限于外界的遮挡、雨雪雾等恶劣环境的影响，且未与外界产生信息交互；网联化是通过车端加装车载终端，与其他的车端、路侧等的信息交互，实现对外界的感知和识别，不受外界遮挡及雨雪雾等恶劣环境的影响，有效通信距离长。现阶段，网联化是智能化技术的补充，可有效扩展智能化技术的感知范围，共同致力于提升交通安全。

本报告研究的安全预警场景，涵盖的是预警或提醒类应用，通过网联技术实现的部分应用功能与 ADAS 的功能一致，且 ADAS 目前有相关的功能应用标准，对网联的标准制定、技术发展都有一定的参考意义。

2020 年 11 月 19 日，汽标委发布了 GB/T 39263-2020《道路车辆 先进驾驶辅助系统(ADAS)术语及定义》，该标准规范了用于 M 类、N 类、O 类汽车的先进辅助系统的术语和定义，包含信息辅助类术语和信息控制类术语，其中信息辅助类应用涵盖了 ADAS 的大部分的预警类应用功能，且与 ADAS 的标准体系有对应

关系，下表通过梳理 ADAS 现有的应用功能，并与第三章筛选出的网联安全预警应用场景进行对比分析。

表 4. 2-1 与 ADAS 对比分析表

序号	ADAS 信息辅助	ADAS 标准状态	网联是否有应用	对应网联应用的场景
1	驾驶员疲劳监测	在研	否	---
2	驾驶员注意力监测	在研	否	---
3	交通标志识别	---	是	道路施工提醒；急转弯提醒；闯红灯提醒；道路危险状况提醒....
4	智能限速提示	在研	是	限速提醒
5	弯道速度预警	在研	是	
6	抬头显示	在研	否	---
7	全景影像监测	在研	否	---
8	夜视	在研	否	---
9	前向车距监测	---	否	---
10	前向碰撞预警	已发布	是	前向碰撞预警
11	前方交通穿行提示	---	是	
12	后向碰撞预警	---	否	---
13	后方交通穿行提示	在研	否	---
14	车道偏离预警	---	否	---
15	变道碰撞预警	已发布	是	逆向超车
16	盲区监测			盲区预警
17	侧面盲区监测			
18	转向盲区监测			
19	车门开启预警	在研	否	---
20	倒车辅助	---	否	---
21	低速行车辅助	---	否	---
22	暂无	暂无	是	交叉路口碰撞预警、左转辅助、紧急制动预警、异常车辆提醒、车辆失控提醒、天气提醒、协作式协作式交叉口通行、协作式变道、协作式车辆汇入、交通参与者感知共享、道路异常状况感知共享；弱势交通参与者安全通行

考虑到网联相关的功能应用标准部分指标与 ADAS 一致，两者均能实现的标准可在原有 ADAS 的标准上进行修订，网联单独实现的应用需要开展新的标准。通过上述分析，可得出上表中备注的场景为网联能实现但 ADAS 不能实现的应用，可单独撰写对应的标准，与 ADAS 存在相同功能的应用，建议跟 ADAS 标准工作组进行协商，深入研究两种不同技术路线实现功能应用的异同点，在原有的 ADAS 功能标准的基础上进行修订。

4.3.安全预警场景分类

网联技术是通过在车端加装车载终端，结合应用软件实现的场景应用，随着技术的快速发展，安全预警的场景会不断增多，通过更新软件即可满足相应的场景应用，且网联不同的应用场景的评价指标是类似的，标准的数量不会随着场景的增加而无限增加，需要对安全预警场景进行分类，且每一类的应用场景在技术上能同时实现，经过专家组讨论，提出以下三种分类方式。

基于道路形态划分。考虑到现有的道路存在不同的形态，可分为交叉路口、直线路、弯道等不同的类型，如交叉路口碰撞预警、左转辅助、闯红灯预警为交叉路口类的应用场景。但是现有的应用场景中，大部分场景没有对道路形态进行明确说明或限定。例如前向碰撞场景可以发生在直行道路、弯道或者交叉路口等道路形态中。因此，基于道路形态不易于对场景库进行分类。

基于消息类型进行划分。考虑到 V2X 消息的发送和接收会影响安全预警的功能和检测性能，在对安全预警场景进行标准化时，需要考虑对消息的内容以及消息发送和接收进行要求。根据 V2X 发送和接收的主体不同，以及承载消息的不同，可对安全预警场景按照 V2V、V2I、V2P 进行划分，如 V2V 的场景可包含盲区预警、交叉路口碰撞预警等。

基于预警和提醒方式进行划分。行业里普遍认为，碰撞风险高的场景为预警类场景，碰撞风险相对较低（如果不提醒不会立即碰撞上）的场景为提醒类场景，但是不存在明确的划分定义或概念作为参考。

上述三种分类方式各有利弊。基于道路形态划分方式清晰明确，但是受限于大部分场景不严格依赖道路形态，不同的道路形态可实现同样的预警或提醒功能；基于消息类型划分清晰明确，受限于标准最后规定的通过性指标，同种消息类型的应用场景差异较大，难以形成同一个标准；基于预警和提醒方式划分，同种应用的标准可划分成一类，但缺少明确的划分依据作为支撑。

综合上述三种分类方式的优缺点，将应用场景分为路口碰撞预警、车辆状态安全提醒、路侧信息提醒、弱势交通参与者碰撞预警、协作式安全碰撞预警场景和与 ADAS 联合协作几类。

- 基于车与车的轨迹信息，将交叉路口碰撞预警、左转辅助、车辆汇入等合并

成路口碰撞预警。此类场景是由本车接收到其他车辆的轨迹信息，通过本车的运算和分析，判定其他车辆与本车存在碰撞风险，产生预警提醒，此类场景的危险系数较高。

- 基于车辆发出的状态信息，将异常车辆提醒、车辆失控提醒、紧急制动提醒等场景合并成车辆状态安全提醒。此类场景是由于车辆本身发生异常、失控或者紧急制动等状态变化，对外广播车辆的异常或紧急的状态信息，本车通过分析该信息，对本车驾驶员进行提醒。一般该类信息发生在距离较远或有遮挡的情况，即将出现碰撞风险的时候，可能会触发危险系数较高的预警场景应用。
- 基于路侧基础设施，将闯红灯预警、限速预警、道路施工提醒、急转弯提醒、道路危险状况提醒、天气提醒合并成路侧信息提醒；此类场景的实现依赖于路侧的智能设备搭建，通过路侧的 RSU 设备广播信息，车端接收到并进行相应的运算和处理分析并对驾驶员产生相应的预警。
- 弱势交通参与者碰撞预警，将行人、二轮车等弱势交通参与者的场景划归到此类。一种是方式是通过路侧的感知设备识别到弱势交通参与者，通过 RSU 广播信息，受限于路侧感知设备的安装及感知技术的发展；另一种是通过弱势交通参与者身上配戴或持有智能设备，直接与车端进行通信，受限于持有智能设备的技术普及及相应设备的开发，实现难度相对较大。
- 基于补充和扩展的消息集，将协作式交叉路口通行、协作式变道、协作式车辆汇入、交通参与者感知共享等合并成协作式安全碰撞预警场景；此类场景的实现基于扩充的消息集，且不仅仅包括广播机制，还涉及到存在特定接收对象（一个或者多个）的信息交互，实现难度较大。
- 利用 ADAS 或网联技术都可实现的功能，例如盲区预警/变道预警、前向碰撞预警、逆向超车预警等，将其划归为一类，此类场景需要与 ADAS 工作组联合工作，便于深入研究和讨论。

表 4.2-2 基于网联的安全预警场景分类

序号	分类	场景名称
1	路口碰撞预警	交叉路口碰撞预警、车辆汇入、左转辅助
2	车辆状态安全提醒	异常车辆提醒、车辆失控提醒、紧急制动提醒
3	路侧信息提醒	闯红灯预警、限速预警、道路施工提醒、急转弯提醒、道路危险状况提醒、天气提醒
4	弱势交通参与者碰撞预警	弱势交通参与者碰撞预警
5	协作式安全碰撞预警	协作式交叉路口通行、协作式变道、协作式车辆汇入、交通参与者感知共享、道路异常状况感知共享、弱势交通参与者安全通行
6	与 ADAS 联合工作	盲区预警/变道预警、前向碰撞预警、逆向超车预警

第五章 典型工况分析及安全预警场景排序

交通是社会经济发展的基础，其在各个方面促进了人类社会的发展和进步。但是，交通在推动人类社会进步和经济发展的同时，也对现代社会产生了道路交通事故的负面效应，造成严重的人员伤亡和巨大的经济损失。

网联技术能够实现车与云平台、车与车、车与路、车与人、车内等全方位网络连接，其是利用传感技术感知车辆的状态信息，并借助无线网络与现代智能信息处理技术实现交通的智能化管理，以及交通信息服务的智能决策和车辆的智能化控制。在交通事故中，采用网联技术，可以随时知晓交通状态、车辆状态、交通环境等信息，从而减轻事故损失，有效提升行驶安全。

本章节通过对交通事故的研究，结合网联技术的特点，对典型工况进行分析，进而实现安全预警场景的排序。

5.1.中国道路交通事故概况

以 1987 年至 2018 年中华人民共和国道路交通事故统计年报的数据为基础，对中国道路交通事故概况进行简要说明。中国作为一个发展中国家，在不断的推进现代化建设，提高城市化比例的过程中，道路交通事故经历了一个快速增长、稳步回落的阶段，图 5.1-1 中明确的显示出了这种变化。

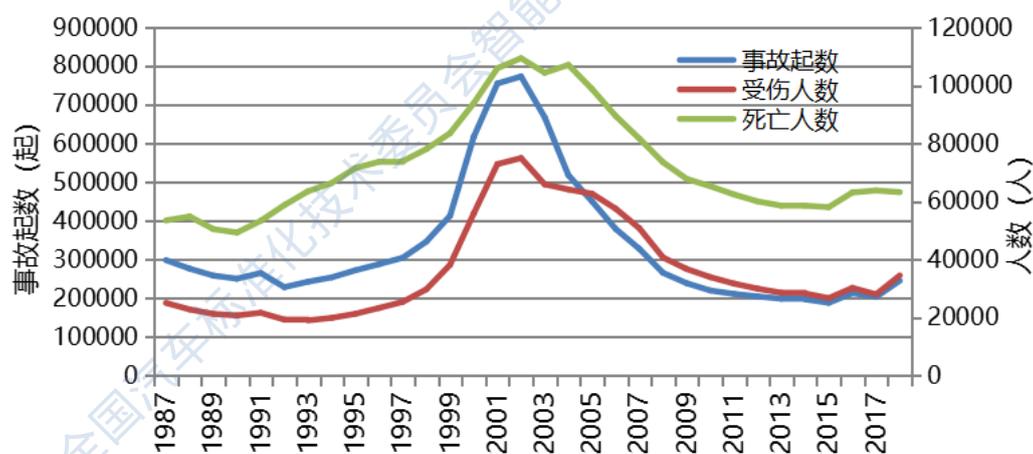


图 5.1-1 中国道路交通事故数据统计图

2002 年，中国的道路交通事故总数达到了顶峰。面对如此严重的道路交通安全形势，中国采取了一系列道路交通安全事故防治措施并将其落到了实处，2015 年，全国道路交通伤亡事故总数已经下降至 18.7 万余起，道路交通安全状况也得到了明显的改善。

中国道路交通事故总数的下降，一方面是相关管理防治措施的实施，另一方面是中国不断推进汽车安全技术的研究及应用。目前中国的大部分车型均已配备了被动安全系统。主动安全技术是新兴的汽车安全技术，正在开发和研制中，与

具备被动安全系统的车型相比，具备主动安全系统的车型较少，使用效果有待观测及研究。

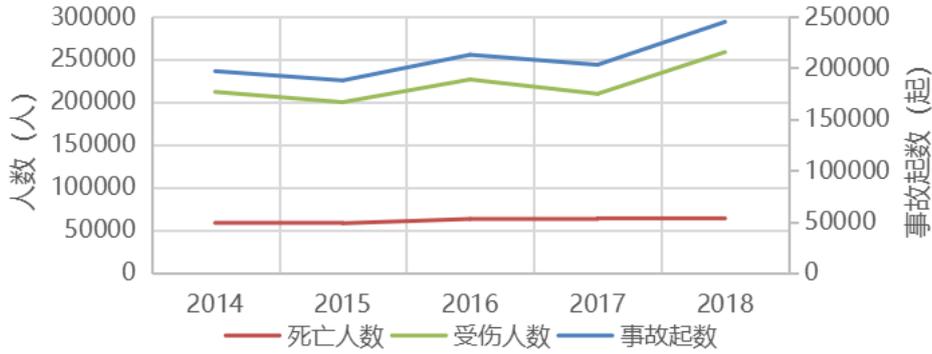


图 五.1-2 2014-2018 年交通事故伤亡人员数据统计图

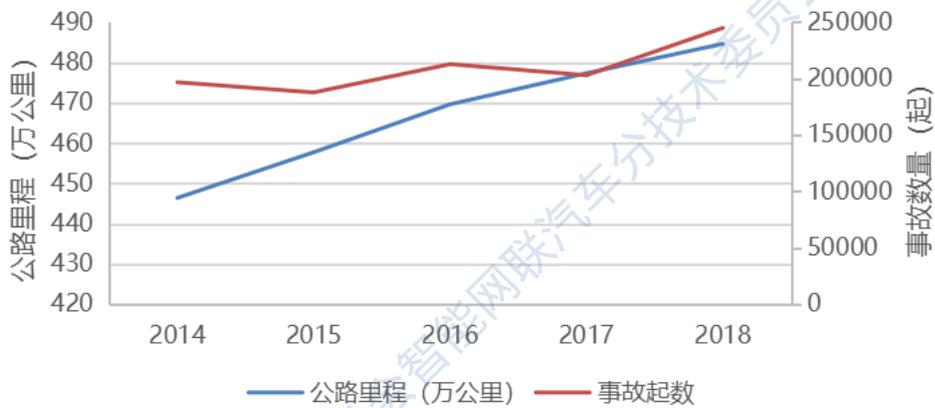


图 五.1-3 2014-2018 年中国公路里程数据统计图

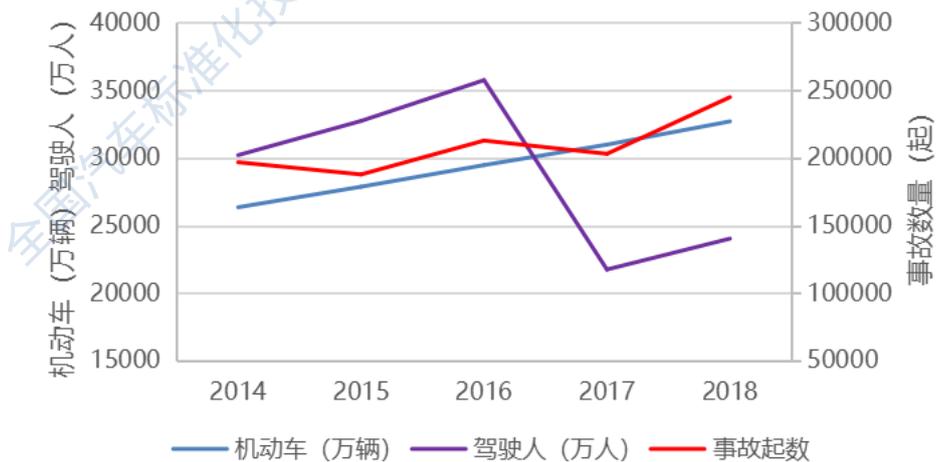


图 五.1-4 2014-2018 中国机动车、驾驶人与事故起数数据统计图

以 2014 年至 2018 年中华人民共和国道路交通事故统计年报的数据为基础，获得图 5.1-2、5.1-3 及 5.1-4 所展示的统计信息，可以看出，随着交通管理的各种措施实施以及汽车安全技术的日趋成熟，在 2015 年中国道路交通事故数量到

达最低点后，从 2016 年开始，公路里程及机动车数量均在持续上升中，道路事故数量却没有明显的大幅上升，道路交通事故数量及伤亡人数进入一个相对稳定的阶段，说明现有手段降低交通事故的能力有限，如何进一步降低交通事故数量，这需要寻找新的方法。

交通可以分为人、车、路、环境四个部分，新的改善方案必然从这四个方面进行，智能交通系统 ITS、车联网以及智能网联汽车的发展都为交通事故的降低带来了新的方案。

5.2.中国道路交通事故特征

道路交通事故发生受到多方面的因素影响，同时有着不同的特征，本节选用 2016 年、2017 年、2018 年的《道路交通事故统计年报》对中国交通事故的特征作进一步的分析，同时主要本节从简易事故的事故形态和违法原因、伤亡事故的事故形态和违法原因、道路类型、事故时的天气等方面对中国交通事故进行分析，研究事故的特征。

通过前述对中国道路交通事故概况的分析，2016 年后，中国道路交通事故进入一个新的发生阶段，对这一阶段的数据分析研究，有着重要的意义。

随着交通管理方式的提升，为了减少处理交通事故带来的拥堵，简易事故处理得到越来越多的使用，所谓简易事故一般是指人员无伤或轻微伤，当事人对交通事故事实及成因无争议，采用简易程序处理的交通事故，因此，简易事故更多的是车辆破损较轻，人员无伤或轻微伤的交通事故。

(1) 简易事故的事故形态分析

依据表 5-1，从事故形态进行分析，车辆间事故占简易事故的比例最大，但趋势上有下降的表现，从 2016 年 80.33% 下降到 2018 年的 77.61%，其中侧面碰撞是最大的碰撞形态，分别占 38.16%，38.66% 和 37.74%，其次为其他角度碰撞，追尾碰撞，碰撞静止车，正面碰撞。车辆与人的事故比例逐年上升，从 2016 年的 4.67% 上升到 2018 年的 5.17%，但虽然事故数量上升，人员的轻伤占比却逐年下降。单车事故中撞固定物，撞非固定物以及侧翻是比例较高的三种事故形态，其中撞固定物事故的比例超过了事故总量的 10%。

表 五.2-1 简易事故形态占比

简易事故形态占比		2016 年				2017 年				2018 年				
		事故起数		轻微伤人数		事故起数		轻微伤人数		事故起数		轻微伤人数		
		数量	占总数	数量	占总数	数量	占总数	数量	占总数	数量	占总数	数量	占总数	
合计		8430068	100%	1452366	100%	8216431	100%	1465527	100%	10011380	100%	2336808	100%	
车辆间事故	小计	6772167	80.33%	1151439	79.28%	6586043	80.16%	1172433	80.00%	7770311	77.61%	1886113	80.71%	
	碰撞运动车辆	小计	5938568	70.45%	1060238	73.00%	5900362	71.81%	1097148	74.86%	7160466	71.52%	1815453	77.69%
		正面碰撞	289288	3.43%	67876	4.67%	264331	3.22%	62389	4.26%	319228	3.19%	100765	4.31%
		侧面碰撞	3254327	38.61%	726072	49.99%	3176833	38.66%	740802	50.55%	3778054	37.74%	1166738	49.93%
		追尾碰撞	1083518	12.85%	94931	6.54%	1118061	13.61%	94707	6.46%	1346161	13.45%	197269	8.44%
		同向刮擦	164437	1.95%	22758	1.57%	144686	1.76%	22075	1.51%	152281	1.52%	30497	1.30%
		对向刮擦	49408	0.59%	10992	0.76%	45762	0.56%	10471	0.71%	52684	0.52%	14628	0.63%
		其他角度碰撞	1097590	13.02%	137609	9.47%	1150689	14.00%	166704	11.37%	1512058	15.10%	305556	13.08%
		碰撞静止车辆	393219	4.66%	33999	2.34%	388492	4.73%	344143	2.33%	559219	5.59%	64843	2.77%
	其他	440380	5.22%	57202	3.94%	297189	3.62%	41142	2.81%	50626	0.50%	5817	0.25%	
车辆与人事故	小计	393854	4.67%	220220	15.16%	388721	4.73%	212133	14.48%	517394	5.17%	313919	13.44%	
	刮撞行人	373081	4.42%	209905	14.45%	368962	4.49%	202633	13.83%	492048	4.92%	300078	12.84%	
	碾压行人	9937	0.12%	5498	0.38%	9429	0.12%	4797	0.33%	12627	0.13%	7441	0.32%	
	碰撞后碾压行人	964	0.01%	538	0.04%	1084	0.01%	530	0.04%	1482	0.01%	875	0.04%	

简易事故形态占比		2016年				2017年				2018年			
		事故起数		轻微伤人数		事故起数		轻微伤人数		事故起数		轻微伤人数	
		数量	占总数	数量	占总数	数量	占总数	数量	占总数	数量	占总数	数量	占总数
	其他车辆与人事故	9872	0.12%	4279	0.29%	9246	0.11%	4173	0.28%	11237	0.11%	5525	0.24%
单车事故	小计	1264047	15.00%	80707	5.56%	1241667	15.11%	80961	5.52%	1723675	17.22%	136776	5.85%
	侧翻	153944	1.83%	27967	1.93%	162072	1.97%	27281	1.86%	188934	1.89%	34535	1.48%
	滚翻	12718	0.15%	3540	0.24%	13102	0.16%	3370	0.23%	16484	0.17%	4489	0.19%
	坠车	12312	0.15%	2641	0.18%	11705	0.14%	2423	0.17%	13659	0.14%	2881	0.12%
	失火	1923	0.02%	64	0.00%	1785	0.02%	52	0.00%	2351	0.02%	70	0.00%
	撞固定物	949240	11.26%	37664	2.59%	868633	10.57%	36113	2.46%	1043518	10.42%	53659	2.30%
	撞非固定物	105885	1.26%	3891	0.27%	96634	1.18%	3434	0.24%	112593	1.12%	4156	0.18%
	自身褶皱	20891	0.25%	1517	0.11%	19297	0.23%	1457	0.10%	18870	0.19%	1810	0.08%
	乘员跌落或抛出	7134	0.08%	3423	0.24%	7984	0.10%	2961	0.20%	8088	0.08%	3674	0.15%
	其他单车事故	0	0.00%	0	0.00%	60455	0.74%	3870	0.26%	319178	3.19%	31502	1.35%

(2) 简易事故的机动车违法原因分析

在简易事故的机动车违法原因中，其他影响安全行为占比最大，除此之外，未按规定让行，违法变更车道，违法倒车是事故原因的前三位。未与前车保持安全距离在2017年后加入了选项，在2018年的统计结果中已经超过未按规定让行，成为了事故原因的第一位。机动车操作不当导致事故发生的原因中，除其他操作不当外，制动不当为占比最大的原因，其次为转向不当。在非机动车违法中逆向行驶占比最大，是值得关注的事故形态。

表 5.2-2 简易事故原因占比

年份	未按规定让行	违法变更车道	违法倒车	未与前车保持安全距离	制动不当	转向不当	逆向行驶
2016	9.20%	6.27%	3.44%	-	1.24%	0.61%	0.97%
2017	9.33%	6.43%	3.29%	3.95%	1.28%	0.57%	1.00%
2018	10.29%	6.79%	3.65%	12.78%	1.13%	0.58%	0.96%

简易交通事故从大样本上反应了事故的形态和特征，也是对最常见事故的一种体现，更适合日常功能需求的研究与研发。在汽车安全研究领域，更需要对人员损伤及车辆破损较大的事故进行研究，这就需要对非简易事故进行分析。正如上面的章节所述，中国的道路交通事故在16年之后一直处在稳中略有小幅上升的趋势。

(3) 伤亡事故的事故形态分析

对于伤亡事故，见表5.2-3，侧面碰撞是事故形态中占比最大的，2016年至2018年间，占事故总量的41.33%，40.92%，42.72%，占人员死亡的比例约在30%，占受伤人员的45%。紧随其次的事故形态为，刮撞行人，约占事故总量的20%，占死亡人数的22%；追尾事故，正面碰撞，其他角度碰撞、碰撞静止车辆，碰撞固定物等。

(4) 伤亡事故的机动车违法原因分析

从表5.2-4可以得到，在伤亡事故的事故原因中，除同简易事故的原因外，在机动车违法行为中，逆向行驶、酒后驾驶、超速行驶、超车、违法会车的情况占比提升较大，未保持安全距离虽然有一定比例，但明显不如简易事故的占比多。

表 五.2-3 伤亡事故形态占比

事故形态	2016 年				2017 年				2018 年			
	事故起数		死亡人数		事故起数		死亡人数		事故起数		死亡人数	
	占比	排名										
侧面碰撞	41.33%	1	29.96%	1	40.92%	1	29.72%	1	42.72%	1	30.87%	1
刮撞行人	20.73%	2	22.13%	2	21.04%	2	22.84%	2	19.29%	2	22.74%	2
正面碰撞	7.85%	3	8.42%	4	7.14%	4	7.94%	4	6.62%	4	7.32%	4
追尾碰撞	7.64%	4	9.68%	3	7.62%	3	9.58%	3	7.95%	3	9.76%	3
其他角度碰撞	4.97%	5	3.39%	8	5.41%	5	3.69%	8	5.59%	6	3.93%	7
碰撞静止车辆	4.50%	6	5.84%	6	4.88%	6	6.18%	5	5.62%	5	6.18%	5
撞固定物	3.75%	7	6.01%	5	3.92%	7	5.78%	6	3.85%	7	5.36%	6
侧翻	2.30%	8	4.30%	7	2.29%	8	4.13%	7	1.86%	8	3.74%	8
其他车辆间事故	1.98%	9	1.50%	10	1.71%	9	1.35%	11	0.86%	12	0.90%	14
碾压行人	1.08%	10	2.38%	9	1.11%	10	2.32%	9	0.97%	11	2.27%	9
同向刮擦	1.04%	11	0.84%	14	0.98%	11	0.80%	14	1.02%	10	0.71%	15
对向刮擦	0.66%	12	0.47%	15	0.57%	13	0.53%	15	0.61%	13	0.42%	16
碰撞后碾压行人	0.52%	13	1.41%	11	0.58%	12	1.44%	10	0.51%	14	1.42%	11
滚翻	0.51%	14	1.40%	12	0.50%	14	1.31%	12	0.36%	15	1.09%	13
坠车	0.43%	15	1.32%	13	0.42%	15	1.26%	13	0.34%	16	1.11%	12

事故形态	2016年				2017年				2018年			
	事故起数		死亡人数		事故起数		死亡人数		事故起数		死亡人数	
	占比	排名										
其他车辆与入事故	0.22%	16	0.27%	17	0.21%	17	0.24%	17	0.24%	17	0.26%	17
乘员跌落或抛出	0.21%	17	0.30%	16	0.18%	19	0.24%	18	0.16%	19	0.22%	18
撞非固定物	0.20%	18	0.21%	18	0.20%	18	0.19%	19	0.19%	18	0.17%	19
自身褶皱	0.06%	19	0.10%	19	0.07%	20	0.11%	20	0.04%	20	0.06%	20
失火	0.02%	20	0.07%	20	0.01%	21	0.03%	21	0.02%	21	0.02%	21
其他单车事故	0.00%	21	0.00%	21	0.24%	16	0.32%	16	1.18%	9	1.54%	10

表 五.2-4 伤亡事故原因占比

事故原因		2016年				2017年				2018年			
		事故起数		死亡人数		事故起数		死亡人数		事故起数		死亡人数	
		数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比
事故总量		212846	100%	63093	100%	203049	100%	63772	100%	244937	100%	63194	100%
机动车违法	超速行驶	6608	3.10%	3332	5.28%	5843	2.88%	3235	5.07%	7232	2.95%	4245	6.72%
	酒后驾驶	7455	3.50%	2621	4.15%	5604	2.76%	1795	2.81%	18774	7.67%	4309	6.82%
	逆向行驶	6991	3.28%	2334	3.70%	6494	3.20%	2290	3.59%	8163	3.33%	2198	3.48%
	违法变更车道	4570	2.15%	667	1.06%	3902	1.92%	764	1.20%	5337	2.18%	755	1.19%

事故原因	2016年				2017年				2018年			
	事故起数		死亡人数		事故起数		死亡人数		事故起数		死亡人数	
	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比	数量	占比
违法超车	4620	2.17%	1246	1.97%	4127	2.03%	1256	1.97%	5851	2.39%	1294	2.05%
违法倒车	2699	1.27%	719	1.14%	2612	1.29%	687	1.08%	3678	1.50%	769	1.22%
违法掉头	2707	1.27%	286	0.45%	2349	1.16%	304	0.48%	3193	1.30%	268	0.42%
违法会车	6550	3.08%	1549	2.46%	5333	2.63%	1582	2.48%	5561	2.27%	1193	1.89%
违反交通信号	6188	2.91%	1549	2.46%	6072	2.99%	1721	2.70%	7124	2.91%	1729	2.74%
未按规定让行	29469	13.85%	6882	10.91%	27779	13.68%	7174	11.25%	35304	14.41%	7095	11.23%
未与前车保持安全距离	-	-	-	-	3840	1.89%	1408	2.21%	10552	4.31%	2715	4.30%
制动不当	728	0.34%	180	0.29%	777	0.38%	190	0.30%	901	0.37%	197	0.31%
转向不当	337	0.16%	109	0.17%	334	0.17%	102	0.16%	426	0.18%	75	0.12%
非机动车逆向行驶	2913	1.37%	309	0.49%	2888	1.42%	363	0.57%	3824	1.56%	384	0.61%

(5) 道路类型分析

道路按照其使用特点，可分为城市道路、公路、厂矿道路、林区道路和乡村道路。除对公路和城市道路有准确的等级划分标准外，对林区道路、厂矿道路和乡村道路一般不再划分等级。城市道路是指在城市范围内具有一定技术条件和设施的道路。根据道路在城市道路系统中的地位、作用、交通功能以及对沿线建筑物的服务功能，城市道路等级分快速路、主干路、次干路、支路四级。公路是连接各城市、城市和乡村、乡村和厂矿地区的道路。根据交通量、公路使用任务和性质，将公路分为以下五个等级：高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路。

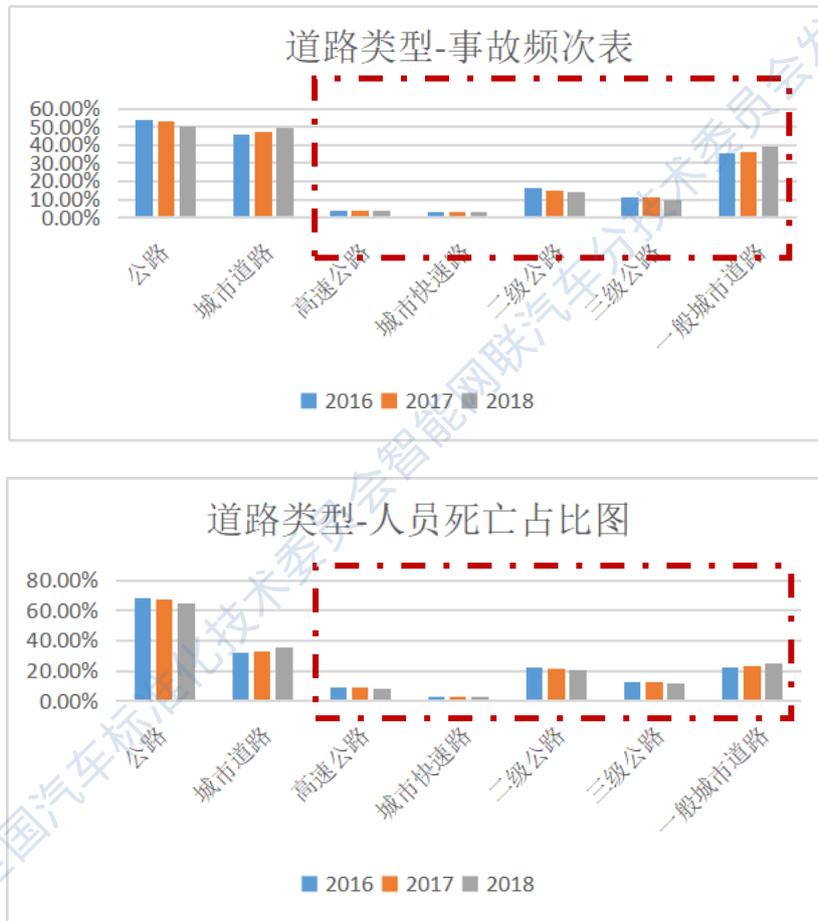


图 五.2-1 道路类型-事故特征图

从道路类型分析，公路上事故占比逐年下降，从2016年的事故总量54.20%下降到2018年50.38%。公路事故中，二三级公路事故发生量最多，目前智能网联较为关注的高速公路事故约占事故的9%左右，虽然数量总量逐年有上升趋势，但占比却逐年下降。城市道路中，快速路占比约在事故总量3.3%，略有上升趋势。公共停车场的事故总数上升明显，从2016年的0.05%上升到2018年的0.12%。

但从人员死亡来看，公路仍然是人员死亡最大地方，高速公路以 3% 左右事故总量占比造成了 9% 左右的人员死亡，这也是近些年来人们越来越关注如何降低高速公路的事故量。

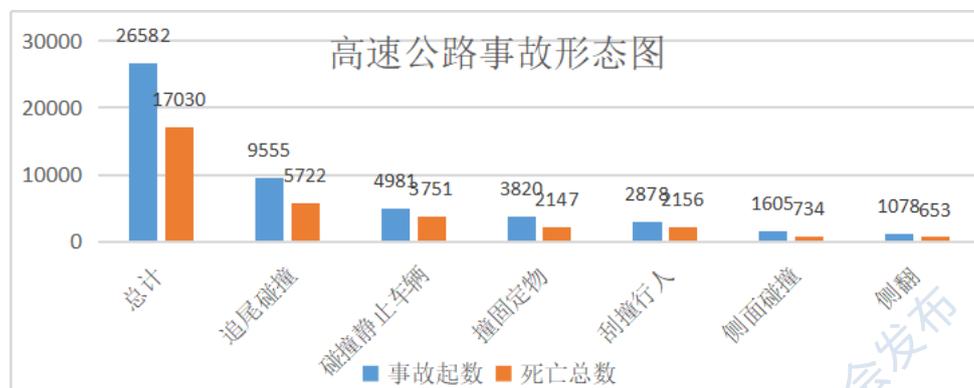


图 五.2-2 高速公路-事故形态图

对于高速公路事故，追尾碰撞为最大事故形态，其次为碰撞静止车，碰撞固定物。虽然高速公路是全面封闭的道路，但刮撞行人的事故占比较高，能达到总体事故量的 11%。



图 五.2-3 路口类别图

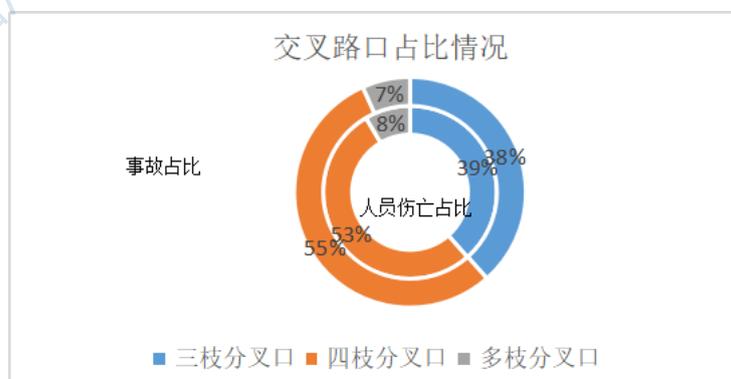


图 五.2-4 路口类型占比图

(6) 路口路段分析

在事故总体形态中，侧面碰撞的占比最多，这意味着需要对路口形态进行分析研究。总结 2016 年至 2018 年的事故统计数据，72.5% 的事故发生在普通路段，22.2% 的事故发生在岔路口，0.8% 的事故发生在匝道口，见图 5-7。在交叉路口事故中，四分枝叉口占比最多，占 55%，三分枝路口其次，占 38%。图 5-8 展示了不同路口的事故频次占比以及死亡人员占比情况。

(7) 交通事故的天气分析

在天气方面，晴天为主要的事故天气，占 74.94%，阴天占 14%，雨天占 10%。照明条件中，白天占 57.8%，夜晚占 37.5%。夜晚条件下，有路灯照明较多，占总数的 23.3%，无照明为 15.2%。

综上所述，数据展示了统计意义上的中国道路事故特征，例如侧面碰撞较多、高速道路上追尾碰撞较多等等。虽然国家统计数据无法更为细致的进行组合分析，但分析结果为进一步寻找场景的目标参数提供了基础。

5.3. 道路交通数据库数据分析

国家统计数据在总体样本上反映了中国的事故特点，但宏观统计难以细致的描述事故场景，这就需要交通事故深度调查数据辅助支持分析。事故深度调查，是指在交通事故处理部门对交通事故现场进行一般意义上勘验的基础上，由经过专门培训的交通事故现场勘验人员或专门的交通事故调查机构，从人、车、路、环境等方面对交通事故进行的调查。深度事故调查可以将事故发生的前、中、后依据选项的形式进行细致的描述，帮助研究人员细致的了解事故发生的过程。

中国汽车技术中心有限公司的交通事故深度调查数据（China In-Depth Accident Study, CIDAS），涵盖了调查事故前、碰撞过程和事故后各阶段人、车、路、环境等方面的详细信息，并且已经在多个领域进行了应用，包涵汽车行业标准制修订、C-NCAP 规程优化、汽车主被动安全技术研究、智能网联汽车测试评价等。CIDAS 工作启动于 2011 年，截止到 2019 年底，CIDAS 数据库内含有 6298 起事故，本节以上述 CIDAS 事故深度调查数据为基础，对交通事故进行详细分析。

5.3.1. 数据分析参考项

通过分析中国道路交通事故概况及其特征，为寻找中国典型的事故场景提供的方向，通过整理不同条件下的主要占比参数，获得分析国家数据时的主参数，如表 5.3-1 所示。

表 5.3-1 国家统计数据主参数表

变量名称	主要占比参数
事故形态	侧面碰撞、追尾碰撞、碰撞静止车辆、正面碰撞、碰撞固定物、碰撞非固定物、侧翻
道路类型	公路、快速路、高速公路、城市道路
伤亡人数	死亡人数，轻微伤人数
路口路段	岔路口、匝道口、普通路段、高架路段
事故原因	未按规定让行、违法变更车道、倒车、未与前车保持安全距离、制动不当、转向不当、逆向行驶
天气、时段、光照情况等	晴、阴；白天、夜间等

表中的数据选项是依据占比多少的情况进行描述的。为了与国家统计数据相对照，在 CIDAS 数据库中，寻找到相关的参数，如表 5.3-2 所示。

表 5.3-2 CIDAS 数据库对照参数表

变量名称	参数选项
事故形态	正面碰撞、侧面碰撞、追尾碰撞、碰撞静止车辆、正面碰撞、碰撞固定物、碰撞机动二轮车、碰撞非机动二轮车、刮撞行人、碰撞非固定物、侧翻
事故类型 (UTYP)	296 种事故类型
道路类型	公路、快速路、高速公路，城市道路
人员受伤情况	未受伤、轻伤、重伤、死亡
事故现场道路环境	平直、交叉路口、十字路口、匝道或匝道口、环形交叉路口
官方事故原因，调查小组判断事故原因	未按规定让行、违法变更车道、倒车、未与前车保持安全距离、制动不当、转向不当、逆向行驶
天气、时段、光照情况等	晴、阴；白天、夜间等

通过使用表 5.3-2 所列参数，对 CIDAS 数据进行与国家数据相对应分析的基础上，可以进行进一步细致的研究，进而获得更加精细的交通事故特征，为获取网联技术典型工况提供支撑。

5.3.2. 事故特征提取

参照国家数据的分析方法，对 CIDAS 事故数据进行宏观的分析。这里主要从道路类型、路口路段及视线障碍等几个方面进行分析。

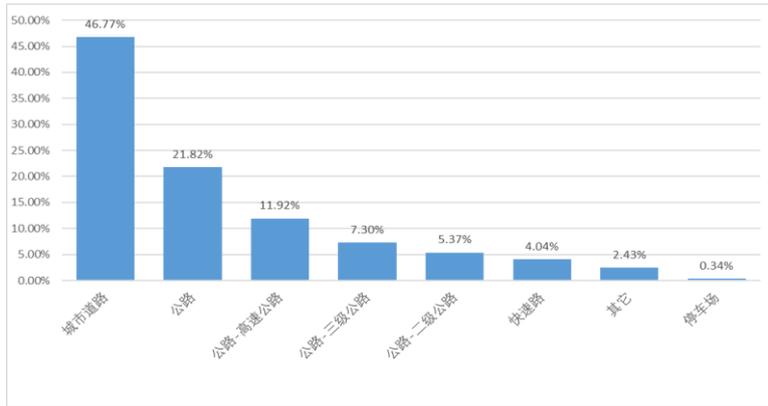


图 五.3-1 CIDAS 数据道路类型

在图 5.3-1 中，对整体事故的道路类型进行了统计，其中事故主要发生在城市道路上，占比为 46.77%，其次为公路，占比为 21.82%，第三位是高速公路，占比为 11.92%。

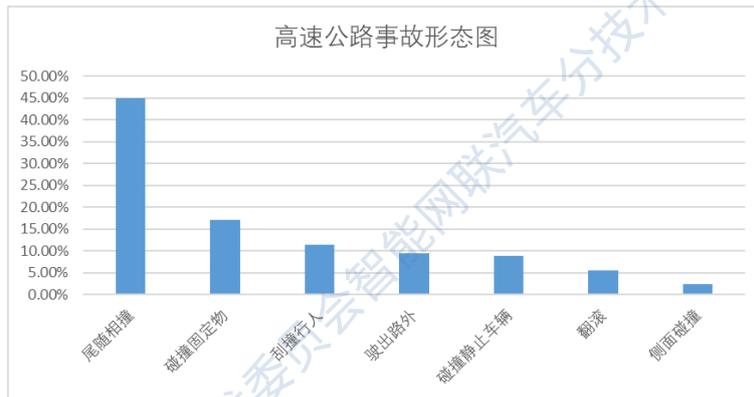


图 五.3-2 高速公路事故形态图

对于高速公路，其主要事故形态是尾随相撞，其次为碰撞固定物，第三位为刮撞行人，其分布情况如图 5.3-2 所示。

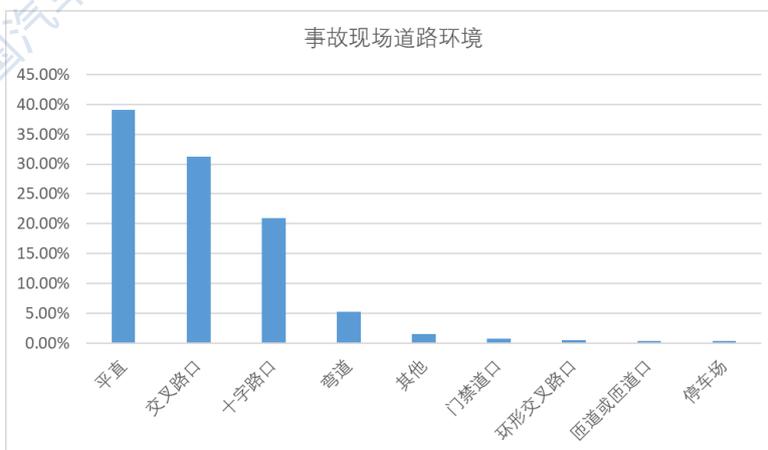


图 五.3-4 事故现场道路环境

图 5.3-4 展示了事故发生时现场的道路环境，其中发生在平直道路上的事故占比最高，为 39.13%，其次为交叉路口，占比为 31.18%，第三位的是十字路口事故，占比 21%，交叉路口和十字路口事故的占比总和超过 50%，是后续详细分析的重点。

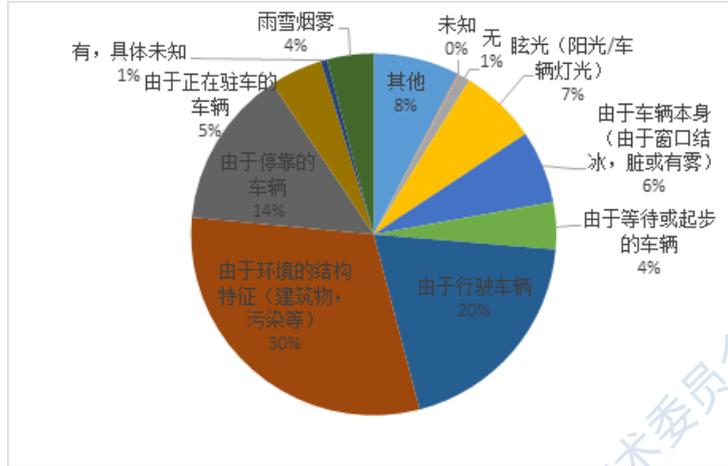


图 5.3-5 遮挡物类型分布图

网联技术的一个优势，就是可以解决车辆运行过程中，存在障碍或遮挡的情况，因此，需要对事故中存在遮挡的情况进行分析。在整体事故中，有 14.1% 的事故是存在着事故遮挡的情况，在全部遮挡中由环境结构照成的遮挡占比最大，其次为行驶车辆、停靠车辆，如图 5.3-5 所示。

从以上的分析所看，CIDAS 数据和前述国家统计数据的结果较为相似，同时还可以从网联技术的角度，进行更加细致的分析研究。

交通事故中，包含了人、车、道路和环境四大要素，从事故参与方类型分析，主要有车辆、行人、二轮车等，从道路方面分析，主要有道路类型、路口路段、平直、弯道等，从环境方面分析，主要有障碍物、天气等。为了便于事故特征的提取，从事故参与方类型角度考虑，将 CIDAS 数据分为车辆间事故、车辆与二轮车事故和车辆行人事故三类，再对其进行进一步分析。

通过前述四个章节对安全预警类场景的阐述，同时结合网联技术在解决车辆运行中存在遮挡情况方面的优势，主要选取道路类型、路口路段、视线障碍等参数，对上述三类事故进行详细分析，提取事故特征。

对于车辆间事故，从道路类型、路口路段及事故时是否存在视线障碍进行分析，获得不同事故类型发生频次。在城市道路中，处于平直路段且有视线障碍的事故类型排序结果如表 5.3-3 所示。

表 五.3-3 车辆间事故的事故类型频次排序（城市道路、平直、有视线障碍）

排序	编号	图例	含义
1	72*	 掉头	掉头车辆与其他车辆冲突
2	74*	 事故车辆	与故障静止车辆冲突
3	22*	 特殊车道	左转弯车辆与特殊车道内的车辆冲突
4	66*	 超车 遇对向来车	超车车辆与对面车辆冲突

随着出行方式的多样化，越来越多的人选择二轮电动车、二轮摩托车、自行车等出行方式，同时伴随着经济社会的发展，很多行业在工作过程中就需要这些出行方式。因此，车辆与二轮车之间的事故逐渐上升，成为主要的事故形态。对车辆与二轮车事故，从道路类型、路口路段、有无视线障碍分析事故类型的频次，二轮车事故一般多发于城市道路，路口路段一般为直路和岔路口，重点关注有视线障碍的事故，相应条件下的部分事故类型频次如表 5.3-4 所示。

表 五.3-4 车与二轮车事故的部分事故类型频次排序（城市道路、平直、有视线障碍）

排序	编号	图例	含义
1	30*	 来自左侧	路口处具有等待义务的车辆与左侧车辆冲突
2	60*	 前行车辆	纵向交通-前行车辆与紧跟车辆冲突
3	24*	 特殊车道	右转弯车辆与特殊车道车辆冲突
4	37*	 横穿或并入的自行车	车辆与横穿或并入的自行车冲突
5	66*	 超车 遇对向来车	超车车辆与对面车辆冲突

行人在交通事故中是最容易受到伤害的参与者，为了更好的实现对行人的保护，就需要对涉及行人的事故进行分析，表 5.3-5 中展示了平直的城市道路上，有视线障碍的行人事故部分事故类型频次分布。

表 五.3-5 行人事故的部分事故类型频次排序（城市道路、平直、有视线障碍）

排序	编号	图例	含义
1	42*	 道路上，来自右侧	在道路上，无交叉路口，车辆与右侧穿行行人冲突

排序	编号	图例	含义
2	41*	道路上，来自左侧视线障碍	在道路上，无交叉路口，车辆与左侧穿行行人冲突
3	67*	车辆未穿行人	道路一侧车辆与沿道路行走的行人冲突
4	45*	在交叉路口前，来自右侧	路口前，车辆与右侧横穿行人
5	71*	倒车	倒车车辆与行人冲突

5.4.典型工况分析

以前述事故特征分析为基础，将所有参数（参与方类型、道路类型、路口路段、视线障碍等）进行统计分析，将获取的结果进行整理，得到表 5-10，该表展示了可应用网联技术的典型工况。

表 5.4-1 可应用网联技术的典型工况

事故类型说明	编号	20*	21*	22*	24*	26*	30*	32*	37*	41*	42*	45*	46*	50*	60*	61*	65*	66*	67*	71*	72*	74*	76*		
	图例																								
	含义	左转弯车辆与紧跟车辆冲突	左转弯车辆与对向车辆冲突	左转弯车辆与特殊车道内的车辆冲突	右转弯车辆与特殊车道车辆冲突	转弯车辆与等候车辆冲突	路口处具有等待义务的车辆与左侧车辆冲突	路口处具有等待义务的车辆与右侧车辆冲突	车辆与横穿或并入的自行车冲突	在道路上, 交叉路口, 车辆与左侧穿行人冲突	在道路上, 无交叉路口, 车辆与右侧穿行人冲突	在交叉路口, 车辆与右侧横穿行人	路口后, 车辆与左侧横穿行人冲突	路口前, 车辆与右侧横穿行人	行驶车辆与停泊车辆冲突	纵向交通-前行车与紧跟车辆冲突	纵向交通-堵车时与紧跟车辆冲突	纵向交通-并行车辆之间冲突	超车车辆与对向车辆冲突	道路一侧车辆与沿道路行走的行人冲突	倒车车辆与行人冲突	掉头车辆与其他车辆冲突	与故障静止车辆冲突	驾驶员身体障碍	
事故类型综合排名	车辆间事故、有障碍	城市道路、平直	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	1	2	—		
		城市道路、岔路口	—	3	—	4	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		高速公路	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	3	1	5	—	—	—	—	2	6	
	二轮车事故、有障碍	城市道路、平直	—	—	—	3	—	1	—	4	—	—	—	—	—	2	—	—	5	—	—	—	—	—	
		城市道路、岔路口	5	4	—	3	6	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		高速公路	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	行人事故、有障碍	城市道路、平直	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	4	—	—	—	—	—	—	—	3	5	—	—	—
		城市道路、岔路口	—	—	1	—	—	—	—	—	4	2	3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		高速公路	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	

在表 5.4-1 中，每一行表示在相应的边界条件下对应的事故类型事故发生频次的排序，例如第一行含义是满足边界条件（车辆间事故、有视线障碍、城市道路、平直道路）的情况下，各事故类型的事故发生频次排序，72*排在第一位，74*排在第二位，以此类推。并且此处只列出频次较高的几类事故类型，故符号“—”表示没有此类事故或者事故频次较低，每一列没有任何含义，故不做说明。结合上述分析方法，结合前述章节对安全预警场景的分析，找到相应的场景边界条件，按照 CIDAS 数据库中的事故发生频次对场景由高到低进行排序，如下表所示：

结合上述分析，按照 CIDAS 数据库中的事故发生频次由高到低进行排序，如下表所示：

排序	场景名称
1	弱势交通参与者碰撞预警/通行
2	限速预警
3	天气提醒
4	协作式交叉口通行
5	前向碰撞预警
6	基于路侧协同的无信号交叉口通行
7	道路施工提醒
8	道路危险状况提醒
9	交叉路口碰撞预警
10	车辆失控预警
11	异常车辆提醒
12	闯红灯预警
13	左转辅助
14	协作式变道
15	紧急制动预警
16	逆向超车预警
17	盲区预警/变道预警
18	协作式车辆汇入
19	急转弯提醒
20	协同式感知/感知数据共享

表 5.4-2 安全预警场景事故频次表

5.5.典型安全预警场景排序

5.5.1. 场景排序的原则

针对第三章筛选出的符合中国实际国情的典型安全预警场景，同时结合前四章对各个场景的介绍、分析及定义，获取不同场景的构成参数，采用 CIDAS 交通事故数据，结合第五章阐述的事故特征提取及典型工况分析结果，从事故方面对安全预警场景进行排序。

5.5.2. 典型安全预警类应用排序

为了满足实际应用需求，通过对国内外标准现状、政策现状、技术现状和基础设施现状进行调研和分析，从而确定安全预警场景排序原则：

- 交通事故形态层面，优先开展有效减缓交通事故的应用场景标准；
- 技术发展层面，优先开展渗透率要求较低，且视觉无法识别的应用场景，针对渗透率要求较高、面向交通效率提升的应用场景可作为后续汽车行业标准化储备；
- 场景应用成熟度层面，优先开展有配套标准支撑，且有配套设施及应用基础的应用场景。

基于上述原则，对典型安全预警场景进行如下排序。

表 5.5-1 典型安全预警场景排序

序号	分类	场景名称	标准年限
1	路口碰撞预警	交叉路口碰撞预警、车辆汇入、左转辅助	2021
2	车辆状态安全提醒	异常车辆提醒、车辆失控提醒、紧急制动提醒	2021-2022
3	路侧信息提醒	闯红灯预警、限速预警、道路施工提醒、急转弯提醒、道路危险状况提醒、天气提醒	2022
4	弱势交通参与者碰撞预警	弱势交通参与者碰撞预警	2024
5	协作式安全碰撞预警	协作式交叉路口通行、协作式变道、协作式车辆汇入、交通参与者感知共享、道路异常状况感知共享、弱势交通参与者安全通行	2025
6	与 ADAS 联合工作	盲区预警/变道预警、前向碰撞预警、逆向超车预警	2021-2022

交叉路口是目前城市交通的主要集散点，具有较高的车辆密度、频繁的车辆启停、高发事故的发生几率，是引发交通拥堵的重要节点，同时造成了空气污染和能源的浪费。通过交叉路口需要考虑到当前信号灯状态、非机动车、行人、同向来车、对向来车以及侧向来车等周边信息，涉及到频繁的加减速、转向乃至停车的操作，对车辆自身的自动驾驶系统提出了非常高的要求。基于网联技术的交叉路口碰撞预警通过对交通状况进行合理分析、疏导和控制，对于提升单个交叉路口的通行效率具有积极意义，有效缓解交通拥堵现象，提升道

路行车的安全性和舒适性。

第六章 典型安全预警场景标准化需求

6.1. 产业发展支撑建议

上述通过对车联网的政策、标准法规、技术及示范应用开展分析，并结合中国的实际交通、技术发展及应用现状研究，对中国的网联产业发展提出如下建议：

(1) 加强与 ADAS 领域标准的联动

为了实现网联安全预警应用的落地，需要对网联技术的技术指标及测试方法进行标准化。网联化和智能化是实现智能驾驶的两种不同的技术路线，且网联增加了智能化的感知范围，补充了感知盲区，两种技术手段呈现的某些功能的指标（如前向碰撞的 TTC）是一致的，为了做好标准的协调工作，建议建立联合工作组进行深入讨论和交流。

(2) 完善标准体系架构，对应用场景标准迭代推进

车联网涉及的范围较广，可参考 ISO 21217 及欧标 EN 302 665 的 ITS 架构，从政策层面推动制定统一的标准体系框架，建议各标委会的每本标准都明确在框架中的定位及与相关标准的关系。

建立应用场景标准体系/框架，可根据智能网联汽车技术路线图 2.0 中不同的网联级别或其他标准的分级方式进行应用场景规划，分级别、分阶段进行相关场景研究和补充，保证研究具有一定的前瞻性与落地性；继而，根据智能网联相关技术和产业成熟度，制定相关的立项和发布计划，迭代式完善智能网联的应用场景标准，为其相关法律法规的研究和制定提供参考和依据。

建议同步开展面向 C-V2X 高级应用场景的需求调研工作，导出对基础通信、信息安全、定时定位、高精地图等标准需求，待基础支撑技术完善后再进行高级应用场景的标准工作。

(3) 重视定位及安全认证体系等行业问题，加速推动网联技术的落地

虽然各个车厂陆续发布了配备 C-V2X 技术的量产车型，但在网联技术应用方面，地理位置信息合规使用要求尚未清晰。对于车辆位置、历史轨迹采用哪种偏转插件、车辆高程数据如何合表达等都暂无明确规定，急需国家层面进一步明确；在安全体系方面，目前国内尚未建立统一的 PKI（Public Key Infrastructure）管理办法，如何保证多 PKI 颁发的证书互认仍是产业急需解决的问题。

6.2.标准体系构建

通过上述分析，基于网联技术的安全预警场景标准体系，可分为六大类：路口碰撞预警类、车辆状态安全提醒类、路侧信息提醒类、弱势交通参与者碰撞预警类、协作式安全碰撞预警类和与 ADAS 联合开展的场景应用。



图 6.2-1 基于网联技术的安全预警场景标准体系

6.3.标准制定路线图

标准制定路线图根据前述的技术路线内容展开，考虑“基础通用先行、产业急需先行、法律支撑先行”三点标准制定原则。为避免对技术创新和产业形成发展的制约，标准聚焦功能实现，不限定具体技术手段；考虑到网联技术发展迅猛，可根据未来技术和应用的多样性及发展需求，对部分标准进行拆分、合并，实时动态更新和完善标准体系。

（1）第一阶段：（2021-2022）

建议开始制定满足现有技术、市场、标准配套及事故等要求的场景应用标准，规范化安全预警场景的落地化应用，提升自动驾驶功能的可靠性，制定标准建议如下：

- 《路口碰撞预警系统技术要求及试验方法》
- 《车辆状态安全提醒系统技术要求及试验方法》
- 《路侧信息提醒系统技术要求及试验方法》
- 其他类（与 ADAS 联合开展）

（2）第二阶段：（2023-2024）

建议开始制定弱势交通参与者类的场景应用标准，提升弱势交通参与者的安全系数。制定标准建议如下：

- 《弱势交通参与者碰撞预警系统技术要求及试验方法》

（3）第三阶段：（2025 年）

建议开始制定协作式安全碰撞预警类的技术要求及场景应用的标准，拓展消息来源的途径，实现更高可靠性的场景应用。制定标准建议如下：

- 《协作式安全碰撞预警系统技术要求及试验方法》

全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会发布

参考文献

- [1] 汽标委智能网联汽车分标委, 网联功能与应用标准制定路线图研究报告 [R].2020.
- [2] 陈山枝、胡金玲等. 蜂窝车联网(C-V2X)[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2021. 1
- [3] 王平、王超等. 车联网权威指南: 标准、技术及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018. 4.
- [4] 美国车联网(V2X)发展现状与反思, <https://www.auto-testing.net/news/show-103105.html>, 2019. 09. 01。
- [5] 车联网市场规模、应用场景和相关政策解读 <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1619608960642506904>, 2018, 12, 12.
- [6] 近年来全球、我国与部分省市促进自动驾驶行业发展相关政策规划汇总 <http://zhengce.chinabaogao.com/qiche/2021/02K322552021.html><http://zhengce.chinabaogao.com/qiche/2021/02K322552021.html>, 2021, 02, 07.
- [7] 中国智能网联汽车产业创新联盟. 《C-V2X 产业化路径和时间表研究白皮书》[R],2019,10.
- [8] 《基于 LTE 的车联网无线通信技术 网络层技术要求》[S]. 2020.
- [9] 《基于 LTE 的车联网无线通信技术 消息层技术要求》[S]. 2020.
- [10] 高通 C-V2X 解决方案让红旗 SUV E-HS9 拥有旗舰级智能网联驾乘体验 https://www.sohu.com/a/437466339_162522, 2020. 12. 10.
- [11] 别克 GL8: 站在浪潮之巅, 俯瞰沧海桑田 <https://www.sohu.com/a/446558295120144967>. 2021. 01. 25.
- [12] 中国智能网联技术创新联盟. 中国智能网联汽车测试示范区发展调查研究 [R]. 2019.
- [13] SAE J2945/1, On-Board System Requirements for V2V Safety Communications [S]. 2016.
- [14] 合作式智能运输系统车用通信系统应用层及应用数据交互标准(第一阶段)[S]. 2017.
- [15] T/CSAE 157-2020_合作式智能运输系统车用通信系统应用层及应用数据交互标准(第二阶段)[S]. 2020.
- [16] 基于车路协同的高等级自动驾驶应用层数据交互内容, [S]. 2020.

附录 A 缩略语

下列缩略语适用于本研究报告：

3GPP	第三代合作伙伴计划	Long Term Evolution
5G NR-V2X	基于 5G NR 的车用无线通信技术	LTE Vehicle to Everything
5GAA	5G 汽车联盟	New Radio
BSM	车辆基本安全消息	5G NR-V2X
BSM	车辆基本安全消息	On-board Unit
CEN	欧洲标准化委员会	Road Side Unit
C-ITS	协作智能交通系统	Real-Time Kinematic
CIDAS	中国交通事故深入研究	China In-Depth Accident Study
DSRC	短距离无线通信	3rd Generation Partnership Project
DSSS	行车安全支持系统	5G Automotive Association
ETSI	欧洲电信标准协会	European Telecommunications Standards Institute
ETSI	欧洲电信标准学会	Cooperative Intelligent Transport System
FCC	美国联邦通信委员会	European Telecommunications Standards Institute
IEEE	电气与电子工程师协会	Intelligent Transport Systems
IPv6	互联网协议第六版	International Telecommunication Union
ITS	智能交通系统	Driving Safety Support System
ITU	国际电信联盟	Directed Short Range Communications
LTE	长期演进技术	Institute of Electrical and Electronic Engineers
LTE-V2X	基于 LTE 的车用无线通信技术	National Highway Traffic Safety Administration
NHTSA	美国国家公路交通安全管理局	Federal Communications Commission
NR	新空口	Internet Protocol version 6
OBU	车载单元	European Committee for Standardization
PPPP	通信数据分组优先级	Wireless Access in Vehicular Environments
RSU	路侧单元	User Datagram Protocol
RTK	实时相位差分	Transmission Control Protocol
TCP	传输控制协议	Basic Safety Message

UDP	用户数据报协议	ProSe Per-Packet Priority
WAVE	车载环境无线接入	Basic Safety Message

全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会发布