

中德车联网（智能网联汽车） C-V2X 与智慧物流融合应用研究报告

德国汽车工业协会 中国信息通信研究院 大众汽车(中国)投资有限公司
2023年10月

版权声明

本报告版权属于德国汽车工业协会、中国信息通信研究院和大众汽车(中国)投资有限公司,并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的,应注明“来源:德国汽车工业协会、中国信息通信研究院和大众汽车(中国)投资有限公司”。违反上述声明者,编者将追究其相关法律责任。

编制说明

牵头编制单位：

德国汽车工业协会
中国信息通信研究院
大众汽车（中国）投资有限公司

参与编制单位：

大众汽车安徽有限公司
中信科智联科技有限公司
江汽集团
合肥经济技术开发区管理委员会
合肥海恒国际物流有限公司
信通院车联网创新中心（成都）有限公司
浙江德清莫干山智联未来科技有限公司
斑马网络技术有限公司

(参编单位排名不分先后，按首字笔画排序)

前言

落实中国工业和信息化部与德国联邦经济和气候保护部、德国联邦数字化和交通部共同签署的《关于自动网联驾驶领域合作的联合意向声明》，加强中德两国车联网（智能网联汽车）技术研发和产业化落地应用合作，两国企业和行业机构在发布《中德车联网（智能网联汽车）C-V2X量产应用研究报告》，分析研究C-V2X应用商业可行性路径的基础上，进一步探索验证基于蜂窝移动通信技术的车联网（C-V2X）技术赋能智慧物流行业的价值。

本报告以大众安徽工厂零部件运输真实需求为背景，构建C-V2X与智慧物流融合应用环境，开展测试验证，分析总结C-V2X技术赋能下智慧物流场景在效率、安全、碳排放、光环效应四个方面的量化效益，综合呈现C-V2X对提高物流运输效率、提升城市交通安全与绿色低碳的实质成效。

目 录

一、项目背景概述	1
二、C-V2X 与智慧物流融合应用遴选与验证方案设计	1
(一) 应用遴选	1
(二) 验证方案设计	2
三、C-V2X 与智慧物流融合应用评价方法	4
(一) 评价指标定义	4
(二) 评价指标采集方法	7
四、C-V2X 与智慧物流融合应用效益分析	7
五、总结与展望	10
附录 1: 缩略语	12

图 目 录

图1 智慧物流测试验证系统架构	2
图2 物流场景故事线图	3
图3 测试验证路线图	4
图4 平均运输时长与准点率指标对比图	8
图5 光环效应问卷结果	9

表 目 录

表1 效率指标具体设置	5
表2 安全性指标具体设置	6
表3 碳排放指标具体设置	6
表4 光环效应指标具体设置	6
表5 评价指标总汇总表	9

一、项目背景概述

2021年3月，中国发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》，提出要积极稳妥发展车联网，加快交通传统基础设施数字化改造，构建基于5G的应用场景和产业生态，在智能交通、智慧物流等重点领域开展试点示范。2021年12月，工业和信息化部、住房和城乡建设部联合印发《关于智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展第二批试点城市的通知》，指出“双智”试点要以加强智慧城市基础设施建设、实现不同等级智能网联汽车在特定场景下的示范应用为目标，坚持需求引领、市场主导、循序建设、车路协同的原则，不断提升城市基础设施智能化水平，加快智能网联汽车产业发展。

在此背景下，中德两国企业和行业机构依托大众安徽智慧物流项目（以下简称“本项目”），构建C-V2X与智慧物流融合的物流运输环境，验证C-V2X赋能智慧物流提升运输效率、降低事故发生率、节能减排等方面效益，探索可复制、可推广的智慧物流与智慧城市建设运营实践模式，为后续商业模式开发提供量化模型参考，为智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展积累宝贵经验。

二、C-V2X与智慧物流融合应用遴选与验证方案设计

（一）应用遴选

智慧物流是车联网、人工智能、云计算等新一代信息通信技术与现代物流业深度融合的新兴领域，通过实现物流全过程的自动化、数字化和智能化，解决传统物流运输效率低、运输成本高、驾驶事故率高等痛点问题。C-V2X作为实现“人-车-路-云”全方位连接和高效信息交互的新一代信息通信技术，通过实现智能网联物流车辆（以下简称“物流车辆”）之间，物流车辆与其他车辆、路侧设施、平台等之间的信息通信，获取实时交通信息和运输数据等，帮助物流车辆减少发生交通事故的可能性，提高运输安全性，更好地规划运输路线、避免交通拥堵、提升运输效率。

基于《中德车联网（智能网联汽车）C-V2X量产应用研究报告》价值场景遴选结果、应用量产方案等研究成果，结合大众安徽物流需求、项目周期、技术路线等真实需求，本项目遴选绿波车速引导、闯红灯预警、弱势交通参与者预警、限速预警、交叉路口碰撞预

警等C-V2X应用作为运输车辆实际运输过程中的综合应用功能，设计C-V2X与智慧物流融合应用评价指标，通过开展C-V2X与智慧物流融合应用的实际运营，探索C-V2X赋能物流运输实际成效。

(二) 验证方案设计

1. 系统架构

本项目在大众汽车平台工厂与大众安徽合肥一工厂之间的运输路段（公开道路）构建车-路-云协同的物流运输环境，开展C-V2X与智慧物流融合应用验证。测试验证系统架构主要由网联电动卡车、路侧设施及多个平台组成，如图1所示。

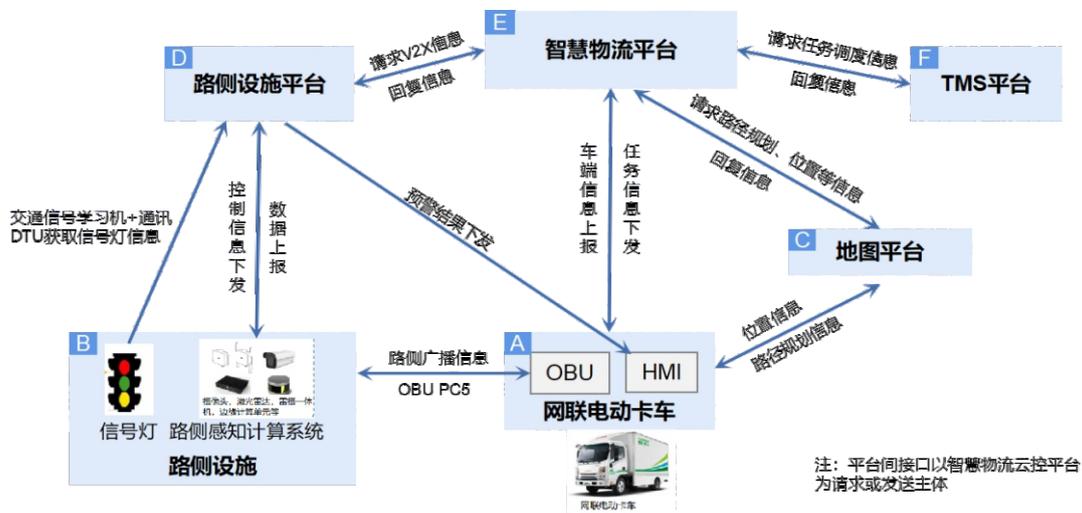


图1 智慧物流测试验证系统架构

(1) 网联电动卡车搭载车载OBU、HMI等模块，用于采集定位、车控、V2X等信息，并安装可视化信息辅助设备，为驾驶员提供路线规划建议和安全驾驶行为语音提醒，以提高运输效率、行驶安全性。

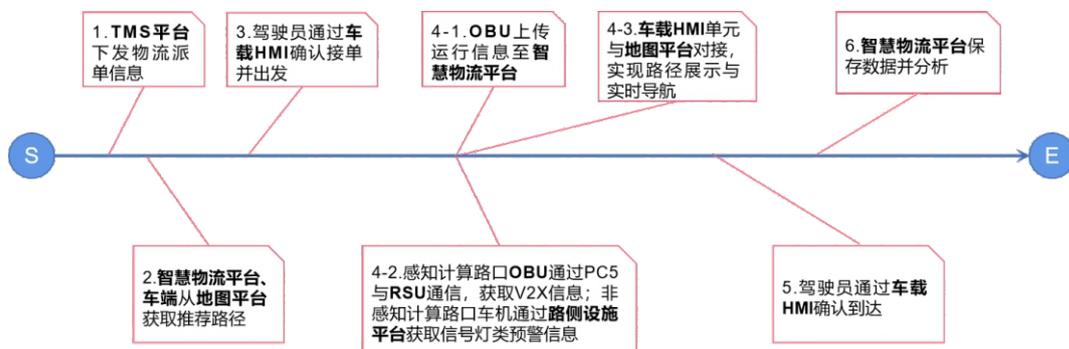
(2) 路侧分为感知计算路口和非感知计算路口两类建设模式。感知计算路口由RSU、摄像头、毫米波雷达、激光雷达、交通信号灯等路侧设施组成，RSU可与车端OBU直连通讯，实现V2X场景；非感知计算路口不包含路侧感知计算系统，仅在信号灯加装交通信号学习机，通过DTU通信设备将信号灯信息上传至路侧设施平台，路侧设施平台结合车端上报信息、信号灯信息计算出红绿灯信号、闯红灯预警、绿波车速建议等，通过4G/5G网络下发至车载HMI。

(3) 平台端由智慧物流云控平台、路侧设施平台、运输管理平台（TMS）、地图平台组成。智慧物流云控平台作为系统核心平台，打通与路侧设施平台、地图平台及车载设备的数据交互接口，实现车辆管理、C-V2X信息管理、动态调度、路径规划等管理功能，

以及报表分析、CA认证等服务能力；路侧设施平台获取感知数据、信号灯数据、实时交通状态信息，并可上传至云控平台或下发至车端；TMS平台为车辆的运输管理系统，负责将卡车的行驶起始点、终点信息发送至智慧物流云控平台；地图平台获取智慧物流云控平台下发的运输任务信息，为车端规划最优行驶路径，并下发至车端HMI进行展示，上传至智慧物流云控平台进行数据分析与管理。

2.场景故事线

智慧物流场景故事线描述了从TMS平台派单到在途运输最后到达目的地等主要环节的信息交互过程，如图2所示。



注：时间线上重合的点代表同时进行，间距的大小并不与实际时间成比例

图2 物流场景故事线图

- (1) TMS平台将物流派送的起始点信息下发至智慧物流平台；
- (2) 智慧物流平台将起始点、时间、排班等网联卡车调度信息发送至车端，并同步发送给地图平台以获取推荐行驶路径。同时，地图平台同步将路径规划结果发送至车端，并通过ID实现车、云的路线同步；
- (3) 驾驶员从车载HMI获取运输任务信息、最优路径信息后出发；
- (4-1) 车载OBU与智慧物流平台之间通过4G/5G网络通信。OBU向云端上报车辆实时位置、车辆实时信息、产生的V2X信息及V2X事件，云端对相关信息进行合规处理后开展业务应用；
- (4-2) 若车辆途径感知计算路口，车载OBU通过PC5与RSU通信，获取信息提醒、安全预警等V2X信息，并通过HMI进行信息提示、预警；若车辆途径非感知计算路口，车载HMI通过4G/5G网络获取路侧设施平台发送的信号灯类预警结果并进行信息提示，如红绿灯信息、绿波车速信息；
- (4-3) 车载HMI与地图平台对接，实现路径展示与实时导航；

- (5) 驾驶员到达运输终点，通过车载HMI确认到达消息并发送至智慧物流平台；
- (6) 智慧物流平台保存本次运输的车辆数据，如V2X信息、时间、实时路径、交通规划、调度排班信息等，进一步分析C-V2X场景对物流运输的效益提升情况。

3.测试方案

测试分为两个对照组，一组为智能网联电动车辆，具备绿波车速引导、闯红灯预警、弱势交通参与者预警、限速预警、交叉路口碰撞预警灯等C-V2X功能；另一组为非网联电动车辆，不具备C-V2X功能；两组车辆均具备路径规划功能。

测试过程中，两组车辆分别获取由智慧物流平台下发的相近排班时间、相同起始点的运输任务信息，地图平台根据运输任务、实际道路拥堵情况等，向相近排班的两组车辆下发相同的路径建议（路线1或路线2）。其中路线1如图3（a）所示，途径约9公里智能化道路（16个感知计算路口），路线2如图3（b）所示，途径约9公里智能化道路（9个感知计算路口、9个非感知计算路口）。两条路线的蓝色标号点位为重合路线。



图3 测试验证路线图

三、C-V2X与智慧物流融合应用评价方法

（一）评价指标定义

基于物流运输过程中企业对于高效运输、安全驾驶、绿色低碳、为工厂生产赋能等实际业务诉求，本项目设计效率、安全性、碳排放、光环效应四项评价指标，开展C-V2X与智慧物流融合应用效益的综合量化评估。

1.效率

效率指标旨在评估智慧物流技术对实际物流效率的提升。效率指标包括运输时间和被动绿波通行效果两项二级指标，如表1所示，其中：

(1) 绿波通行效果可以评估在被动绿波技术加持下物流运输效率的提升效果，下设有效绿波通行次数、绿波引导准确率两项三级指标。

(2) 运输时间指标可以衡量行驶过程中的速度、时间等要素，下设平均运输时长、准点率两项三级指标。

表1 效率指标具体设置

一级指标	二级指标	三级指标	指标描述
效率	绿波通行效果	有效绿波通行次数	绿波通行路口的有效次数
		绿波引导准确率	依据建议速度通过路口总数量/通过红绿灯路口的总数量。其中，依据建议速度通过路口是指车辆在通过“进入路口的停止线”时，实际行驶速度在绿波通行建议速度范围内
	运输时间	平均运输时长	车辆运输总时长/车辆运输总次数计算
		准点率	车辆准点到达次数/车辆运行总次数计算

2.安全性

安全性指标旨在评估智慧物流技术相对传统物流场景对运输安全性的提升，包括车辆安全和人员安全两项二级指标，如表2所示，其中：

(1) 车辆安全指标针对车辆自身在运行过程中的安全隐患进行评估，下设车辆事故次数、行车事故损失、静态预警次数、动态预警次数四项三级指标。其中，静态预警场景为限速预警、红绿灯信息播发等信息播发类场景，动态预警场景为闯红灯预警、弱势交通参与者预警、交叉路口碰撞预警等安全预警类场景；

(2) 人员安全指标针对车辆在行驶过程中对司机及行人造成的安全隐患进行评估，下设人员伤亡次数一项三级指标。

表2 安全性指标具体设置

一级指标	二级指标	三级指标	指标描述
安全性	车辆安全	车辆事故次数	车辆事故数量
		行车事故损失	累加行车事故损失金额
		静态预警次数	静态预警场景的提醒次数
		动态预警次数	动态预警场景的提醒次数
	人员安全	人员伤亡次数	车辆事故造成人员伤亡次数

3.碳排放

碳排放指标旨在评估项目采用网联电动卡车相较非网联电动卡车在绿波车速引导等C-V2X应用技术加持下，节能减排方面产生的效益。碳排放指标包括电力消耗碳排一项二级指标，如表3所示。电力消耗是指车辆运行能耗产生的碳排放。其中，电力消耗碳排放总量=使用电量×电网排放因子，其中电网排放因子为0.5703t CO₂/MWh（根据《企业温室气体排放核算方法与报告指南 发电设施》对电力能源的电网排放因子数值定义）。

表3 碳排放指标具体设置

一级指标	二级指标	指标描述
碳排放	电力消耗碳排放	使用电量×电网排放因子

4.光环效应

光环效应指标旨在评估依托智慧物流项目能够实现的企业社会责任等价值。下设三项二级指标，分别为环境评分、社会价值评分和公司治理评分，如表4所示。

表4 光环效应指标具体设置

一级指标	二级指标	指标描述
光环效应	环境评分	提升碳中和目标、减少能源消耗并实现可持续发展目标
	社会价值评分	可以保障行驶与运输安全、有助于实现智慧城市发展理念、带动周边企业良性发展
	公司治理评分	有助于推动科技创新、提升运输效率和工作效率

（二）评价指标采集方法

项目主要通过智慧物流管理平台数据统计、问卷调查、人工统计等方式进行数据采集，各指标的数据采集方式如下。

1.效率

效率相关三级指标采集方式由智慧物流管理平台采集。其中，平均运输时长、准点率通过智慧物流管理平台采集车辆出场、入场时间信息，统计运输时长；有效绿波通行次数、绿波引导准确率通过智慧物流管理平台采集车辆在跨越“进入路口的停止线”时的绿波通行建议速度和车辆运行实际速度，进行人工测算。

2.安全性

安全性相关三级指标采用智慧物流管理平台数据与人工统计结合的方式进行采集。其中，车辆事故次数、行车事故损失、人员伤亡次数通过人工统计，或从第三方合作机构获取；静态预警次数、动态预警次数采用智慧物流管理平台统计的预警次数数据。

3.碳排放

碳排放三级指标由智慧物流管理平台采集，采集数据为车辆运行能耗间接造成的碳排放数据。

4.光环效应

光环效应通过调查问卷的方式，采集并统计项目相关人员对智慧物流理念在环境、社会、公司治理领域贡献的评分结果。

四、C-V2X与智慧物流融合应用效益分析

项目共开展为期2个月，总计6500余公里有效里程的测试验证。从测试数据分析结果来看，网联电动卡车相比非网联电动卡车在物流运输效率、安全、碳排放、光环效应四方面均呈现积极效益。

1.提升运输效率

经统计分析，本项目中网联电动卡车平均单程的有效绿波通行次数（有效绿波通行路口的次数）、绿波引导准确率（依据建议速度通过的路口总数量/通过红绿灯路口的总数量计算）分别为3.65、35%。基于上述绿波通行效果，物流运输效率效益提升结果分析如下：

(1) 平均运输时长

平均运输时长指标反映车辆在每次运输过程中的平均耗时。经统计分析，非网联电动卡车、网联电动卡车的平均运输时长分别为2051.36秒、2022.69秒，即在C-V2X遴选应用技术的加持下，其平均单程运输时长相较于传统运输场景提升了1.42%。因此，C-V2X技术有助于提升运输效率，使物流运输更顺畅，更贴合生产经营节奏，有助于实现物流运输效率的最大化。

(2) 准点率

准点率指标反映车辆准点到达次数占运行总次数的比例。经统计分析，非网联电动卡车、网联电动卡车场景平均单程准点率分别为82%、91%。即在C-V2X遴选应用技术的加持下，车辆运行准点率提升9%，一定程度提升了物流任务执行的响应能力和物流运输高效性。

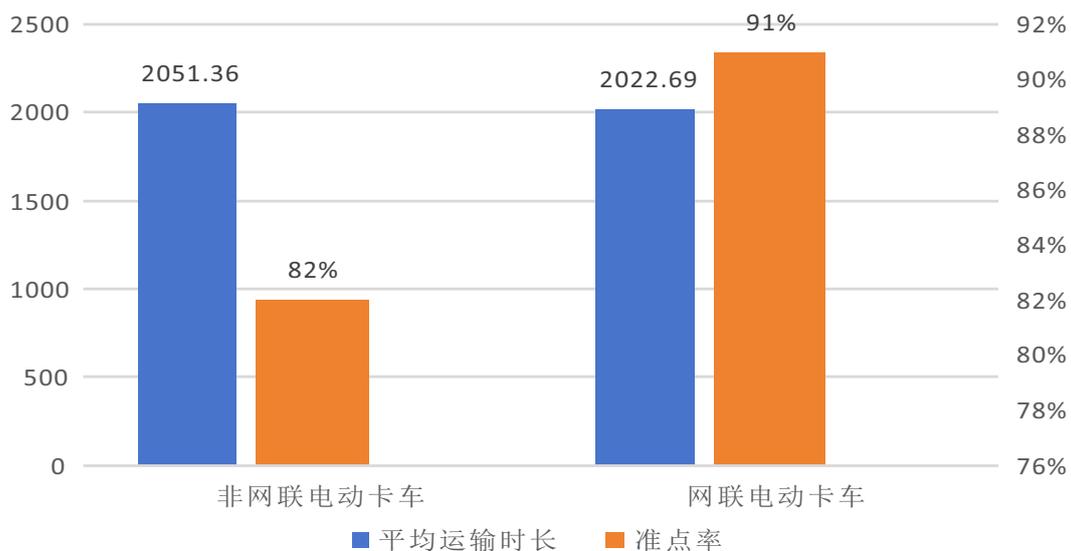


图4 平均运输时长与准点率指标对比图

2. 提高行车安全

两组电动卡车均未出现车辆事故、行车事故、人员伤亡情况。其他指标方面，网联电动卡车平均单程静态预警0.76次，动态预警13.95次，有效辅助网联电动卡车降低事故发生率，从而进一步保障物流运输安全。

3. 降低碳排放

网联电动卡车、非网联电动卡车平均单程碳排放分别为6.22、6.23千克，即在C-V2X遴选应用技术加持下的电动卡车，具有减少碳排放量的趋势，有助于帮助企业实现绿色低碳发展目标。

表5 评价指标汇总表（平均单程）

一级指标	二级指标	三级指标	网联车辆	非网联车辆
效率	绿波通行效果	绿波总数	3.65	N/A
		绿波成功率	35%	N/A
	运输时间	平均运输时长(秒)	2022.69	2051.36
		准点率	91%	82%
安全	车辆安全	静态预警次数	0.76	N/A
		动态预警次数	13.95	N/A
碳排放	电力消耗碳排放（千克）		6.22	6.23

4.产生光环效应

项目共收集有效问卷1248次。根据调研问卷结果，80%以上的参与者认为C-V2X与智慧物流的融合应用具有提升环境保护、社会价值与公司治理方面的价值，分别体现在：有助于提升碳中和目标、减少能源消耗并实现可持续发展目标；保障行驶与运输安全、有助于实现智慧城市发展理念、带动周边企业良性发展；有助于推动科技创新、提升运输效率和工作效率。

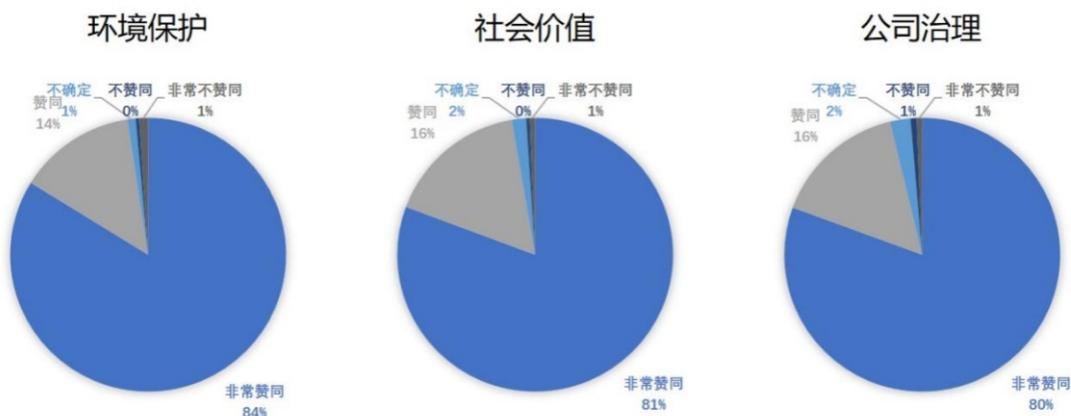


图5 光环效应问卷结果

五、总结与展望

（一）总结

鉴于上述分析结果，C-V2X与智慧物流的融合应用具有巨大的发展潜力和前景，有助于提升物流运输智能化、高效化、安全化、节能化水平。一方面，C-V2X技术为物流运输车辆提供了更准确的道路状况、交通拥堵等信息，为物流车辆的路径规划和调度提供更精确的数据依据，可一定程度实现物流车辆高效运输、绿色低碳；另一方面，C-V2X技术通过为物流车辆提供安全预警应用，降低了物流运输发生安全事故的可能性；此外，C-V2X技术与物流信息系统相结合，实现对物流车辆的实时监控和追踪，提供更精确的物流运输信息，提高物流服务质量。

但是在项目验证过程中，由于测试数据样本量有限，且测试结果受司机驾驶习惯、司机对绿波通行等C-V2X应用使用熟练度不足、电池的损耗程度等其他因素干扰，导致部分指标分析结果尚不精准，例如绿波成功率计算结果较低、网联带来的低碳效益尚不明显，并且从车速同方比¹的数据分析结果来看，C-V2X应用一定程度上影响了司机驾驶速度的平稳性，间接造成碳排放量的增加。同时，由于本次测试的公开道路未实现全路段的道路智能化改造，且验证阶段个别路口处于同步调试状态，测试环境一定程度影响C-V2X应用触发质量。此外，由于智慧物流平台与跨行业平台间数据共享的局限性，此次未能开展物流运输车辆在申请主动绿波通行的场景下对物流效益、城市交通效率提升方面的验证。

（二）展望

基于项目的建设成果与经验，本报告从推进C-V2X与智慧物流融合产业化角度，提出下一步发展建议：

一是持续推进规模化应用试点，开展多维度测试验证。从当前验证结果来看，由于测试样本量有限、行驶路线智能化基础设施改造率不足、存在干扰因素等原因，效率、安全、碳排放等应用评价指标虽有提升但尚不明显，因此仍需更大规模、更多样的应用试点，以及更深入数据积累和分析，进一步挖掘长期、规模化运营下C-V2X与智慧物流融合应用价值。此外，商业价值，车辆、路侧设施、平台等融合应用环境的建设运营成本、应用为运输效率与生产自动化等提升带来的间接盈利等指标，也是应用效益的重要评价维度，需要进一步通过规模化的应用验证深入探索。

¹车速同方比： $[(x_1-x)^2+(x_2-x)^2+\dots+(x_n-x)^2]/n$ ， x 为单车单运单的平均速度； x_n 为运单过程中每间隔10s记录的实时车速

二是加强技术兼容性研究和标准化工作。C-V2X技术的应用需要与智慧物流现有系统的需求和技术特点兼容，例如需要通过C-V2X技术实现物流系统与物流车辆、交通设施、第三方平台间的数据交换、协议转换、接口调用等互操作，来支撑融合应用的实现。因此，建议制定适用于物流行业的C-V2X技术应用标准和规范，指导不同系统、设备间的互联互通、业务数据流转流程的规范化，进而推动C-V2X与智慧物流融合系统商用化复制与扩展。

三是推动跨行业数据共享。C-V2X技术能够收集和分析大量的交通、物流数据，通过与其他行业（如交通管理、交通运输、城市规划等）的数据共享，综合分析并优化整个物流运输过程，共同解决交通拥堵、安全事故等问题。建议相关管理部门、企业共同推动跨行业数据共享机制、并制定相应的激励政策，以促进物流行业利用更全面、准确的数据，提高整个物流运输系统的效能。

四是打造定制化融合应用产品。当前智慧物流与C-V2X融合应用主要为安全、效率、信息服务类场景，但尚无面向智慧物流低碳运输需求的网关节能类应用。建议深入研究面向不同道路交通环境的车辆节能驾驶模式，结合C-V2X技术研发相关环境下的节能驾驶应用，如最优行驶速度、最佳加速曲线、最佳减速曲线等节能驾驶建议类应用，反馈、鼓励司机以更节能方式驾驶的节能行为反馈类应用，提供车辆节能换挡、电源开关等建议的节能辅助策略类应用。

附录1: 缩略语

缩略语	中文全称	英文全称
C-V2X	基于蜂窝移动通信技术的车联网	Cellular Vehicle to Everything
DTU	无线终端设备	Data Transfer Unit
HMI	人机接口	Human Machine Interface
OBU	车载单元	On-Board Unit
TMS	运输管理系统	Transportation Management System
V2X	车载单元与其他设备通讯	Vehicle to Everything

德国汽车工业协会

地址：北京市朝阳区东方东路19号DRC亮马桥

外交办公大楼D1-0501A

邮编：100191

电话：010-65906108-66

网址：www.vda.cn



中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路52号

邮编：100191

电话：010-62304995

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn



大众汽车(中国)投资有限公司

地址：北京市朝阳区七圣中街12号院1号楼

邮编：100028

电话：(86-10) 6531 3666/3888

网址：www.volkswagengroupchina.com.cn





VDA | German Association
of the Automotive Industry

CAICT 中国信通院

VOLKSWAGEN
GROUP CHINA