智能网联重型载货汽车编队技术发展与展望

岳红盼[1]　张美芳[2]

（1.北京车网科技发展有限公司，北京 100176；2.中汽科技（北京）有限公司，北京 100176）

【欢迎引用】岳红盼，张美芳．智能网联重型载货汽车编队技术发展与展望[J]．汽车文摘，2026(7)：45-50.

【Cite this paper】YUE H P, ZHANG M F. Development and Prospect of Intelligent Connected Heavy-Duty Truck Platoon Technology[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(7): 45-50.

【摘要】为了分析智能网联重型载货汽车编队技术国内外发展现状及北京市政策落地实践，基于国内外政策梳理、技术应用案例分析及北京政策先行区政策实践，验证编队技术对运输效率、安全性提升方面的实际效果。基于各地编队落地情况，分析编队规模化应用前仍存在的现实问题，并提出工作建议。研究表明，智能网联重型载货汽车编队技术具备显著的经济与社会效益，但仍需通过扩大高速测试范围及完善政策法规等方式，实现规模化商用与产业协同升级。

关键词：智能网联重型载货车；编队行驶；智能交通

中图分类号：U492.8　　**文献标志码：**A　　**DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20250064

Development and Prospect of Intelligent Connected Heavy-Duty Truck Platoon Technology

Yue Hongpan[1], Zhang Meifang[2]

(1. Beijing Connected and Autonomous Vehicles Technology Co., Ltd., Beijing 100176; 2. China Auto Technology (Beijing) Co., Ltd., Beijing 100176)

【Abstract】To investigate the development status of intelligent connected heavy truck platooning technology and its policy implementation in Beijing, this study conducts a comprehensive review of domestic and international policies, practical application cases, and the policy practices within the Beijing High-Level Automated Driving Demonstration Zone. The research empirically verifies the actual impacts of platooning technology on transportation efficiency and safety. Furthermore, based on the current state of deployment, it analyzes persistent real-world challenges hindering large-scale adoption and proposes actionable recommendations. The findings indicate that while intelligent connected heavy truck platooning delivers significant economic and social benefits, achieving scalable commercialization and industrial synergy requires expanding high-speed testing scopes and refining relevant policies and regulations.

Key words: Intelligent connected heavy-duty truck, Platooning, Intelligent transportation

0　引言

近年来，随着全球信息化和智能化技术的快速发展，智能网联汽车已成为汽车工业转型升级的重要方向。在物流运输领域，编队行驶作为智能网联重型载货汽车的一种技术模式，通过领航车辆发出组队信息，跟随车辆加入编队，基于车辆之间的通信和协同控制，能将领航车辆加速、减速和转向等动作信息及车速、位置等实时信息传递给跟随车辆，开展领航车辆引导下的编队行驶活动。该技术能够显著提升运输效率、降低能耗和运营成本，逐渐成为智能网联重型载货汽车货运应用方向。

欧洲是最早推进载货汽车编队技术开发的地区，美国已有超过20个州立法允许公开道路载货汽车编队行驶，日本载货汽车编队技术由国家主导推动，2019年韩国车企现代汽车在韩国京畿道骊州市智能高速公路上成功进行了该公司首个载货汽车编队试验。我国载货汽车编队起步较晚，但近几年国内智能网联汽车技术迅猛发展，带动了智能网联重型载货汽车快速落地。同时，我国作为工业大国，冶金、建筑、物流等行业的发展增加了对智能网联重型载货汽车

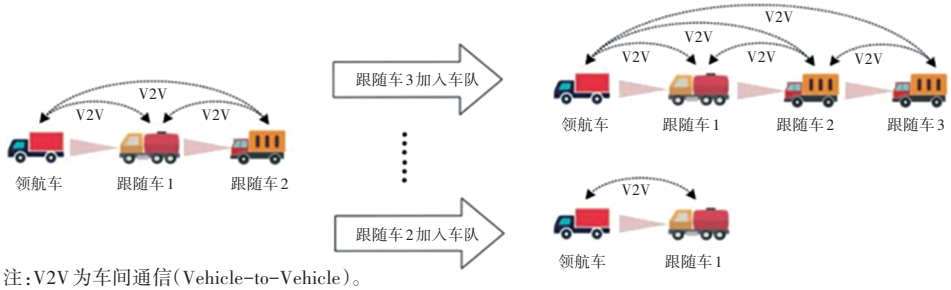
的需求。编队行驶作为智能网联重型载汽货车的一种技术模式，得益于其降风阻、降油耗、降成本的技术优势，受到国内众多车企、科技公司的重视。

本文通过分析智能网联重型载货汽车编队技术在国内外发展情况及北京市落地实践，为行业发展和政策制定提供参考。同时，本文重点分析北京市智能网联政策先行区智能网联重型载货汽车编队政策及场景落地情况，并通过具体案例和数据，分析智能网联重型载货汽车编队技术在提高运输效率、降低运营成本、增强道路安全等方面的实际效果，为相关企业和技术开发提供借鉴和启示，并基于当前智能网联重型载货汽车编队政策及场景现状提出对策建议，共同推动智能网联汽车货运领域快速发展。

1 智能网联重型载货汽车编队技术

1.1 基本概念

车辆编队典型场景如图1所示，智能网联重型载货汽车编队行驶，又称队列行驶、列队跟驰、协同自适应巡航（Cooperative Adaptive Cruise Control，CACC）等[1]，是指由1辆领航车辆与多辆跟随车辆，在无线通信连接情况下，通过数据共享和协同决策，以一组编队的形式开展货物运输活动。结合行驶道路上的交通状况，编队活动过程可能出现组队、解散、相邻车道车辆切入编队、编队车辆通信中断等情况[2]。此外，根据技术发展和政策推进情况，还可细分跟随车辆车内有人编队行驶及跟随车辆车内无人的编队行驶。



注：V2V为车间通信（Vehicle-to-Vehicle）。

图1 智能网联重型载货车编队典型场景示意

结合编队行驶特点，可将编队行驶划分为2种类型：一是紧密跟随，跟随车辆完全循迹领航车辆，二是牵引编队，领航车辆为跟随车辆提供牵引信息，使得跟随车辆可以快速跟上领航车辆开展编队行驶，比如队列换道，领航车辆换道成功后跟随车辆进入单车模式，待周围车流驶过再进行换道。

目前，编队行驶率先落地的场景是高速公路，因为高速公路交通场景较为简单，不涉及横穿行人、红绿灯等影响跟随车辆在编队模式下执行驾驶决策的因素。同时，鉴于智能网联重型载货汽车行驶道路为高速公路，加之智能网联重型载货汽车驾驶员成本及人员短缺等因素，利用基于自动驾驶技术加持的智能网联重型载货汽车成为业界开展高速公路物流运输的首选。

1.2 技术优势

结合国内外学术界与工业界的理论研究和项目落地实践，智能网联重型载货汽车编队的技术优势主要体现在以下方面：

（1）节约能源：编队行驶通过V2V通信与同向行驶的车辆进行连接，跟随车辆可以实时获取前面车辆加速、制动、转向等信息，并在最短的时间内做出反应，从而尽可能地缩短跟车距离，2车之间将形成“气流真空区”，有效降低跟随车辆空气阻力。张希等[3]研究证明，对于3车编队，在6 m的编队纵向距离、不同横向分布宽度及横向模式下，可降低油耗约16%。

（2）提升安全性：队列行驶技术通过V2V显著提升了行车安全性。在系统响应层面，电控系统的操作延迟可控制在0.1 s以内，远优于驾驶员超过1.4 s的平均生理反应时间，有效消除了人为反应迟滞带来的安全隐患。据荷兰应用科学研究组织（TNO）的研究结果，基于对1 297起重型货汽车事故的样本分析，将载货汽车队列行驶与自动紧急制动（Automatic Emergency Braking，AEB）和车道偏高预警（Lane Departure Warning，LDW）系统结合使用，可有效避免或减轻其中80%的事故发生。

（3）降低人员成本：当2辆载货汽车编队行驶时，第2辆车的驾驶员可以获得50%的驾驶任务减免，基于编队行驶技术，长途行驶也许只需1个驾驶员即可完成，有效减轻了工作强度和压力。除此之外，通过编队过程中的跟随车辆无人化技术，可实现人工成本降低。

（4）交通减负的低成本解决方案：编队行驶类似于协同自适应巡航控制（Cooperative Adaptive Cruise Control，CACC），但在此基础上引入横向控制（车道保持/车辆跟随），实现车辆在多自由度下的协同运行。

相较于仅进行纵向车距调节的CACC，队列行驶允许车辆以更小的安全跟车间距同速行进，从而提高高速公路的通行能力。相关研究表明，合理组织的载货汽车队列可使高速公路平均通行效率提升约2.34%[4]。此外，队列行驶压缩了同一车道内车辆间的速差，有助于稳定交通流、降低流速波动，是实现路网减负且无需大规模基础设施改造的低成本技术路径。

2 国内外智能网联重型载货汽车编队政策及技术应用情况

2.1 国外智能网联重型载货汽车编队政策及场景落地情况

智能网联重型载货汽车编队政策出台方面，美国车辆编队行驶的早期研究始于1986年成立的PATH项目。2016年9月20日，美国交通运输部（USDOT）发布了《联邦自动化车辆政策》，用于促进技术研究、测试、应用，其中包括双车载货汽车编队的内容。2018年，USDOT发布了《自动驾驶汽车3.0》（AV3.0）指导文件，文件包含载货汽车编队行驶的管理要求。目前，美国已有超过20个州立法允许公开道路载货汽车编队行驶。日本是由国家主导推动并明确将载货汽车编队行驶列入国家规划的国家。自2016年起，日本正式展开由国土交通省和经济产业省主导的载货汽车编队相关业务。日本政府在《未来战略投资2017》中提出，最早在2022年实现载货汽车编队行驶的商业化。2022年3月25日，日本“自动驾驶商务研讨会”发布《报告书草案6.0》，提出将构建高级干线物流系统，目标是实现载货汽车编队行驶、L4级载货汽车与物流站点无缝协作的高级干线运输[5]。

智能网联重型载货汽车编队场景落地方面，2019年11月，现代汽车公司在韩国京畿道骊州市智能高速公路上成功进行了该公司首个载货汽车编队试验，试验采用了2辆连接拖车的Xcient牵引车。2020年8月，美国载货汽车物流公司Wilson Logistics和Locomation公司进行了一次试点计划，首次使用了ARC（Autonomous Relay Convoy）系统运送商业货物，2辆Wilson Logistics载货汽车（后车有驾驶员）沿着I—84高速公路行驶了675 km。2021年3月5日，在日本新东名高速的部分区段上成功实现了“后车无人列队跟驰”验证测试。2024年6月20日，日本高速公路株式会社（公路株式会社）中日本在建设中的新东名未开通区间路段进行了公开车路协同试验，旨在推动更多具有V2V功能的自动驾驶汽车在高速公路上行驶。欧盟是最早推进智能网联重型载货汽车编队技术的地区。欧盟于2017年启动ENSEMBLE项目，主要的欧洲载货汽车制造商均参与了智能网联重型载货汽车编队测试，该项目已于2022年3月结束，不仅验证了跨品牌载货汽车编队行驶的可能性，还推动了交通向智能化、可持续化发展[6]。

2.2 国内智能网联重型载货汽车编队政策

智能网联重型载货汽车编队政策出台方面，目前国内以具体政策条款形式，出台针对智能网联重型载货汽车编队政策的城市及地区包括北京市、广州市、重庆市、雄安新区等。其中，北京市作为政策创新的引领者，不仅在《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》中明确了队列行驶的通用技术要求[7]，更依托北京市高级别自动驾驶示范区（政策先行区），发布了全国首个针对重型载货汽车队列的专项管理细则，系统性规划了技术演进路线与产业发展路径，确立了政策引导的顶层设计[8]。雄安新区出台《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》，提出了开展专项编队行驶测试申请流程和申请材料要求[9]；广州市则以南沙区为依托，通过地方实施细则授权队列车辆在真实道路环境中开展测试活动[10]。上海市智能网联汽车测试与应用管理办法，明确支持开展列队跟驰功能测试等其他类型的道路测试活动[11]，同时基于上海市浦东新区促进无驾驶人智能网联汽车创新应用规定，支持开展国内首例社会道路上的智能网联重型载货汽车编队“减员化”运营测试[12]。

2.3 国内智能网联重型载货汽车队列场景落地现状

在场景落地与实证验证方面，我国主流商用车企业及科技企业已逐步从单车智能向多车协同演进，完成了从港口封闭场景到高速公路开放环境的全链条测试。

（1）早期技术验证阶段：2018年4月，一汽解放在青岛港发布了L4级智能载货汽车并演示了智能编队行驶技术。2019年12月，四维图新携手北汽福田、首发集团、华为等合力打造的L4无人驾驶载货汽车车队完成中国高速公路全封闭环境下，基于C-V2X（Cellular Vehicle-to-Everything）车路协同技术的队列跟驰测试工作。2019年，全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分技术委员会邀请北汽福田、东风商用车、中国重汽的9辆重型商用车进行了全国首次商用车列队跟驰标准公开验证试验，是全国首次商用车列

队跟驰标准公开验证试验[13]。

(2)“减员化”与无人化运营阶段:2022年7月,上海友道智途在上海洋山港完成了分阶段技术验证。一阶段实现双车编队压力测试;二阶段达成主驾无人状态下的4 000 km零接管运营;三阶段成功验证5车编组、中间车辆真无人的技术可行性,为L4级自动驾驶的商业落地积累了关键数据[14]。

(3)规模化商业运营阶段:卡尔动力已累计L4级自动驾驶大宗货运总重超4.5×10^7 t·km,编队示范运营总里程数突破8×10^6 km。主线科技自动驾驶载货汽车车队正在京津冀区域(京津塘高速)、山东、内蒙古以及长三角等区域开展货运编队测试与示范运营,车型包括燃油重型载货汽车、氢燃料重型载货汽车以及纯电重型载货汽车。小马智卡已实现在北京、广州、西北等多地开展基于智能网联重型载货汽车编队的大宗商品运输活动。

3 北京市智能网联重型载货汽车编队发展情况

3.1 智能网联重型载货汽车编队政策优势

3.1.1 具备政策体系基础

政策先行区聚焦乘用车类、载客类、载货类、功能型无人车类、特种作业车类5类车型,累计出台15项创新政策,覆盖道路测试、示范应用、商业化试点阶段,营造了“政策友好型”智能网联汽车产业发展营商环境,为智能网联汽车创新发展和应用推广提供有力支撑。

基于政策先行区先行先试创新政策实践,以及智能网联重型载货汽车单车政策实施效果,为智能网联重型载货汽车编队政策研究提供了深入而丰富的经验基础,能够充分结合政策先行区情况和企业技术验证及场景落地诉求,推动智能网联重型载货汽车编队政策落地,从而加快智能网联重型载货汽车技术创新和产业化进程。

3.1.2 具备道路测试环境

目前,政策先行区已开放京台高速北京段(五环路-六环路)双向10 km、京台高速公路北京段(兴亦路至大兴机场北线高速)、大兴机场北线高速公路(京台高速公路京段至大兴机场高速)以及大兴机场高速公路(大兴机场北线高速公路至北京大兴国际机场北侧围界)、京津唐(大羊坊收费站至河北界)等多条高速测试路段,为北京市智能网联重型载货汽车编队提供了全面、丰富的测试环境,有利于加速智能网联重型载货汽车编队技术和产业的推动和应用。

3.2 智能网联重型载货汽车编队政策创新亮点

3.2.1 专项政策体系奠定制度创新基础

北京市率先出台《北京市智能网联汽车政策先行区智能网联重型卡车编队行驶管理细则》专项文件,构建了全国首个针对重型载货汽车编队的系统性政策框架。上海市依托市级智能网联汽车管理办法,推动东海大桥的减员化项目实施。广州市南沙区、雄安新区、重庆市等地仅在通用的道路测试细则中以附属条款形式对队列行驶进行原则性提及。相较之下,北京市通过专项政策填补了该领域专项空白,为企业提供了可预期的制度环境,显著降低了合规不确定性带来的测试风险。

3.2.2 首创渐进式无人化技术路径

广州市、雄安新区、重庆市等地暂未涉及无人化,而北京市政策的核心突破在于支持无人化技术演进,并系统性地规划了跟随车“主驾有人→车内有人(主驾无人)→车内无人”的渐进式技术发展路径,既确保了安全可控,又为推进单车无人化奠定了政策基础。

3.2.3 商业化应用导向明确

上海仅在洋山港等特定场景探索商业落地,广州、雄安、重庆等地仅支持道路测试,北京政策明确支持“1辆领航车+5辆跟随车”编队模式开展示范应用与商业化试点,直击物流行业降本增效痛点,为行业提供了从技术价值向经济价值转化的可行路径。

3.2.4 精细化监管体系实现创新与安全平衡

北京政策建立了全流程精细化监管体系,涵盖测试车辆事情准入申请、事中测试监督、事后事故处理等各个环节,既能有效控制风险,又能精准匹配监管力度与创新阶段,为产业高质量发展提供制度保障。

3.2.5 区域协同发展战略布局

全国首条跨京津冀的测试高速公路全线开放,规划形成“天津港-天津市城市道路-京津塘高速公路-北京市城市道路-马驹桥物流园区”全线125 km的智能网联测试高速,超越了单一场景、区域协同的局限性,体现了以产业生态思维推进场景落地的先进理念,有望释放重型载货汽车编队的技术与商业模式创新潜能,更好发挥北京“一核”辐射带动作用,助力打造京津冀货运走廊。北京市与上海市、广州市、重庆市、雄安新区等地政策对比,如表1所示。

3.3 北京市智能网联重型载货汽车编队场景落地情况

依托政策先行区发布的智能网联重型载货汽车编队行驶政策,已为小马智卡、主线科技、卡尔动力3家企业发放首批智能网联重型载货汽车编队测试通

表1　北京与上海、广州、重庆、雄安等地政策对比

比较维度	北京政策先行区	上海	广州	雄安/重庆
政策形态	专项管理细则	通用测试细则中的原则性条款	通用测试细则中的原则性条款	通用测试细则中的原则性条款
无人化路径支持	明确支持渐进式无人化(跟随车主驾有人→跟随车车内有人(主驾无人)→跟随车车内无人)	通过项目实践技术,政策未明确路径	政策未明确路径且未涉及无人化	政策未明确路径且未涉及无人化
商业化探索	明确支持道路测试→示范应用→商业化试点产业发展路径	在特定场景(洋山港)探索商业落地	仅支持道路测试	仅支持道路测试
测试规模与灵活性	支持“1+5”跟随车主驾有人编队	未明确具体编队车辆上限	支持“1+5”编队模式	支持“1+5”编队模式

知书,并在京津塘高速开展编队模式下的货物运输。以小马智行为例,经公开资料查询,智能网联重型载货汽车每天往返于北京、天津之间进行货物运输,在此干线物流路线上已完成真实货运订单超500个集装箱,累计自动驾驶里程超45 000 km,真正发挥智能网联重型载货汽车物流示范标杆作用,助力京津冀区域运输一体化,推动京津冀智慧物流转型升级,也为企业带来了真实货运订单及营收。

2025年1月,小马智行、卡尔动力等企业获得跟随车“主驾无人”的测试许可,在京津塘高速开启编队跟随车主驾无人测试,持续推动实现重型载货汽车编队商业化闭环,也验证了技术成熟度和安全能力,并有序推动跟随车“车内无人”终极目标,降低人工成本。重型载货汽车编队测试情况如表2所示。

表2　重型载货汽车编队测试情况

企业	里程	订单量	活动阶段
小马智行	45 000 km	500个TEU(标准集装箱单位)	跟随车车内有人(主驾无人)
卡尔动力	自动驾驶编队运营里程2×10^7 km,大宗商品运输2×10^8 t·km		

4　智能网联重型载货汽车编队面临的挑战与对策建议

智能网联重型载货汽车编队系统作为自动驾驶技术中投入产出比相对较高的应用方向,已成为国内外主流汽车生产企业及科技公司的重点布局领域,并陆续开展了实际道路测试与示范运营。然而,在当前规模化落地过程中仍面临以下问题。

4.1　政策法规不完善

目前国内出台智能网联重型载货汽车编队行驶政策的城市仍为少数,且部分出台政策的城市还仅允许开展道路测试活动,尚未打通编队商业化路径或无人化技术路径。

建议各地政府积极研究智能网联重型载货汽车编队的管理政策,在保障安全的原则下,从技术发展、场景落地等企业需求出发,出台支撑技术迭代和产业发展的支持政策,为智能网联重型载货汽车编队行驶营造良好的政策环境。

4.2　高快速路测试权限受限

智能网联重型载货汽车编队行驶道路环境为高速公路,目前国内部分城市还未开放支持智能网联重型载货汽车编队测试的高速公路或开放的高速公路里程较短,较大程度上阻碍了场景落地。

建议各地逐步开放或扩大高速公路测试范围,为智能网联重型载货汽车编队提供更为广泛和真实的公开道路测试环境,助力开展技术迭代和优化。

4.3　不同品牌车辆编队控制难

由于不同品牌车辆在制动、加速踏板响应等方面存在差异,导致领航车与跟随车的动态响应难以同步,无法实现最优编队间距,从而影响节能效果[15]。

针对该问题,建议在编队系统中采用一致的软件架构与协同控制算法,通过为各车辆构建高精度个性化动力学模型,并融合惯性测量单元(Inertial Measurement Unit,IMU)、轮速计与GPS/RTK等传感器数据,结合模型预测控制方法,实现对车辆未来状态的预测与补偿控制。

4.4　标准体系缺失

当前,在国家或行业层面尚未出台针对智能网联重型载货汽车编队行驶的相关标准,导致该技术在开发、生产与应用过程中缺乏统一规范,制约其大规模商业化应用。

建议加快推进智能网联重型载货汽车编队相关标准的制定工作,促进技术规范化和商业化进程。一是建立编队组队、行驶、解散等典型场景下的功能测试标准,验证车辆基础性能;二是制定包括通信距离、时延及可靠性在内的性能测试标准,在确保安全的前提下优化通信效率;三是统一数据格式、类型及交互协议,奠定车辆互联互通的基础[16]。

5 结束语

综上所述，智能网联重型载货汽车编队技术作为货物运输领域的重要研究方向，能够切实提升货物运输效率，降低人员成本，提升经济效益。

本文以智能网联重型载货汽车编队为研究对象，从国内外管理政策、技术发展、商业化落地等进行分析，重点研究了北京市智能网联重型载货汽车编队政策出台情况、场景落地等方面。同时，基于智能网联重型载货汽车编队发展现状，从道路开放、政策制定、标准编制等方面提出了发展建议，可为推动智能网联重型载货汽车编队技术及产业发展提供支撑与参考。

参 考 文 献

[1] 曾志成. 车辆协同式自适应巡航控制系统研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2023.

[2] 邓辉, 张学艳, 胡金玲, 等. 基于车联网的车辆编队标准现状及展望[J]. 移动通信, 2022, 46(8): 86-91.

[3] 张希, 宋明涛, 黄妍妮, 等. 考虑形态参数的自动驾驶载货车编队油耗分析[J]. 交通信息与安全, 2025, 43(1): 152-160.

[4] 傅惠, 金诚谦, 牛张哲. 网联自动驾驶货车编队规划与控制研究综述[J]. 工业工程, 2024, 27(1): 25-33.

[5] 佚名. 世界载货车列队跟驰技术进展报告[J]. 智能网联汽车, 2021(2): 74-78.

[6] 刘宏. 高速公路载货车队列行驶控制策略研究[D]. 重庆: 重庆理工大学, 2022.

[7] 北京市经济和信息化局, 北京市交通委员会, 北京市公安局公安交通管理局, 等. 北京市交通委员会 北京市公安局公安交通管理局 北京市经济和信息化局关于印发《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则(试行)》的通知[EB/OL]. (2020-11-12)[2024-7-14]. https://jtw.beijing.gov.cn/xxgk/flfg/zcfg/202011/t20201116_2136351.html.

[8] 岳彩周. 引导高速场景规范化发展. 北京率先发布智能网联重卡编队管理细则[EB/OL]. (2024-05-22)[2024-7-14]. https://m.bjnews.com.cn/detail/1716384675168041.html.

[9] 中国雄安网. 雄安新区智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范(试行)[EB/OL]. (2021-08-20)[2024-7-14]. http://www.xiongan.gov.cn/2021-08/20/c_1211338490.htm.

[10] 广州市南沙区交通运输局, 广州市南沙区工业和信息化局, 广州市公安局南沙区分局. 广州市南沙区交通运输局 广州市南沙区工业和信息化局 广州市公安局南沙区分局关于印发南沙区智能网联汽车道路测试实施细则(试行)的通知[EB/OL]. (2022-01-11)[2024-7-14]. https://www.gz.gov.cn/gfxwj/qjgfxwj/nsq/qbm/content/post_8015863.html.

[11] 上海市人民政府.《上海市智能网联汽车测试与应用管理办法》(沪府令60号)[EB/OL]. (2022-01-21)[2024-7-14]. https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20220120/086339cea32048f6880b3c56941f29fa.html.

[12] 浦东新区人民政府. 浦东新区人民政府关于印发《上海市浦东新区促进无驾驶人智能网联汽车创新应用规定实施细则》的通知[EB/OL]. (2023-03-21)[2024-7-14]. https://www.pudong.gov.cn/zwgk/gfxwj-qzfzcwj/2023/87/308516.html.

[13] 周雪. 中国重汽智能网联卡车: 完成全国首次"列队跟驰"标准公开试验[J]. 商用汽车, 2019(5): 71-73.

[14] 昕文. 上汽红岩携手友道智途开启社会道路常态化"真无人"测试和运营[J]. 汽车与配件, 2023(2): 58.

[15] 王玉珏, 崔艳, 李强. 车路协同车辆编队系统研究[J]. 公路, 2023, 68(6): 324-328.

[16] 伍毅平, 赵子龙, 倪鹏. 智能网联载货车编队领航车驾驶人驾驶能力需求综述[J]. 中国公路学报, 2024, 37(2): 219-238.

（责任编辑 **明慧**）