

引用格式: 余江, 张英修, 陈凤. 面向现代化产业体系推进智能网联汽车产业培育的若干思考. 中国科学院院刊, 2026, 41(7): 1389-1402, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20240927006.

Yu J, Zhang Y X, Chen F. Perspectives on promoting cultivation of intelligent connected vehicle industry for modern industrial system. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2026, 41(7): 1389-1402, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240927006. (in Chinese)

面向现代化产业体系推进智能网联汽车产业培育的若干思考

余江^{1,2} 张英修^{1,3,4*} 陈凤^{1,2}

1 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190

2 中国科学院大学 公共政策与管理学院 北京 100049

3 中国科学院大学 中丹学院 北京 100049

4 中国-丹麦科研教育中心 北京 100049

摘要 大力发展智能网联汽车对我国巩固扩大新能源汽车产业领先优势、加快交通强国和科技强国建设,以及对构建具有国际竞争力的现代化产业体系等具有重大战略意义。文章从现代化产业体系先进性和安全性等特征出发,结合新兴产业培育“战略引导”“创新驱动”和“风险监管”3个关键需求,回顾了世界上主要国家和地区推进智能网联汽车产业发展的创新实践,分析了我国智能网联汽车产业培育面临的突出问题,并提出了针对性对策建议。文章提出,我国大力发展智能网联汽车产业,在顶层设计方面,应加强嵌入性、前瞻性和动态性;在科技创新引领产业创新方面,应促进关键核心技术攻关、创新人才培养和评价体系、积极参与并牵头智能网联汽车国际标准制定、打造国家级智能网联汽车产业科技孵化平台,以及加强示范区建设的规划和评估等;在风险监管方面,应加强法律法规等规制的完善并强化监管的跨部门协同。

关键词 智能网联汽车, 现代化产业体系, 新兴产业培育

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20240927006

CSTR 32128.14.CASbulletin.20240927006

随着人工智能、大数据、云计算、第五代移动通信技术(5G)和物联网等数智技术在汽车产业的广泛应用,智能网联汽车成为汽车、电子、信息通信、道路交通运输等行业深度融合所形成的新产品形态,代

*通信作者

资助项目: 国家自然科学基金(72334007、72104227), 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(25JJD630001)

修改稿收到日期: 2025年1月23日

表着汽车产业未来发展的技术制高点^[1,2]和产业竞争焦点^[3,4]。智能网联汽车行业体现了产业智能化、绿色化、融合化的本质特征,是现代化产业体系的重要构成,也是新兴产业的典型代表。

我国高度重视新能源汽车产业与智能网联创新发展,在《交通强国建设纲要》中明确提出加强智能网联汽车(智能汽车、自动驾驶、车路协同)研发,形成自主可控完整的产业链。近年来,我国已成为新能源汽车行业的领跑者,产销量连续11年位居全球第1。通过科技创新能力和市场竞争力的系统提升来进一步巩固在智能网联新能源汽车产业领先优势,是我国实现产业核心科技自立自强、推进现代化产业体系建设,以及加快交通强国建设的必然选择。

智能网联汽车产业以相关核心技术为基础,满足国家发展战略需求,给人民生活带来便利,对经济社会发展产生深远影响,具有突出的使命驱动型创新特征^[5],也是典型的政策密集型产业,其培育和发展依赖并强调前瞻性和体系化的顶层战略规划引导^[6]。此外,智能网联汽车领域技术前沿不断拓展,技术和市场面临高度不确定^[7],作为新兴产业的典型代表,其产业培育需兼顾创新驱动和风险监管。**一方面**,智能网联汽车产业具有多领域技术创新融合的特征,需发挥创新驱动的关键作用,以科技创新推动产业创新,提升产业“先进性”。**另一方面**,随着汽车智能化和网联化进程的不断深入,智能网联汽车本身面临潜在的网络安全、数据安全等信息安全问题,进一步对车辆用户的信息、财产和生命安全,以及社会与国家安全带来风险,需加强对产业发展的规制和监管,提升产业“安全性”。

在现有针对智能网联汽车技术、产业、战略和政策等主题的相关文献中,学者从智能网联汽车用户等微观主体^[8]、产业链创新链等中观体系^[9],以及美国、欧洲、日本等主要国家和地区的宏观治理^[1,10]等层次,开展智能网联汽车的公众接受度影响要素、技术创新

机制^[11,12]、主体协同机制^[13]、产业链特征、产业升级路径,以及跨国别对比等研究。整体来看,针对智能网联汽车这一新兴产业培育的分析尚处于初期阶段。

一方面,现有研究从智能网联汽车产业的技术、战略等单点视角出发进行了有益探索,但缺少体系化的研究框架,特别是缺乏与我国现代化产业体系建设新特征、新要求和新目标相结合的系统性分析;**另一方面**,世界主要国家和地区的智能网联汽车产业都处于培育阶段,尚无成熟经验和成功范式借鉴,现有研究针对我国处于“并跑”乃至“领跑”的新兴产业培育情况的国际比较分析还有待进一步深入。因此,本文基于现代化产业体系先进性和安全性等特征,结合新兴产业培育“战略引导”“创新驱动”和“风险监管”3个关键需求,综合考虑智能网联汽车产业发展规律和供应链体系(图1),构建智能网联汽车产业发展的理论模型,对国际经验、我国发展现状及面临的典型

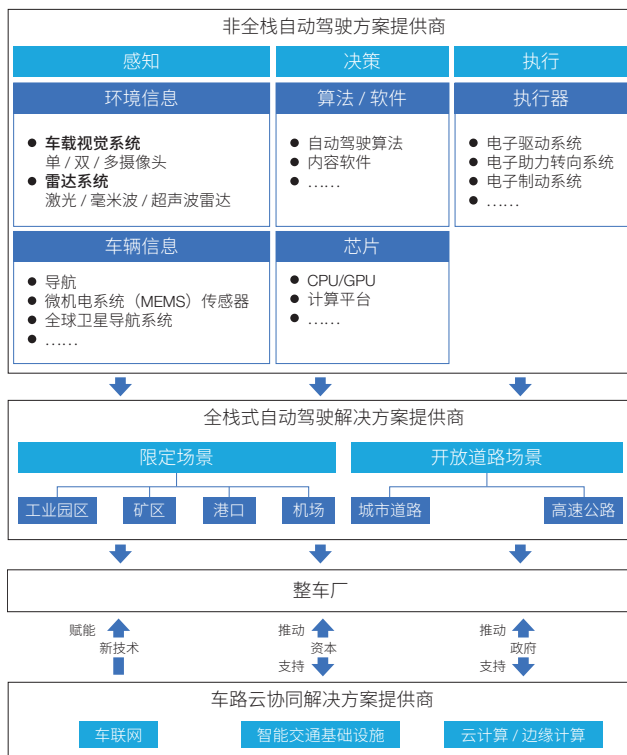


图1 智能网联汽车产业供应链体系
Figure 1 Supply chain system of intelligent connected vehicle industry

挑战进行分析，提出促进我国智能网联汽车产业科技创新发展的思路与建议。

1 世界主要国家和地区智能网联汽车产业培育实践

全球范围内智能网联汽车领域多元化产品形态同步发展，具有不同产业基础的世界主要汽车强国同台竞争。美国、欧洲和日本等世界主要汽车强国和地区，将智能网联汽车作为其汽车产业升级的战略载体，大力支持智能网联汽车的技术创新与产业培

育^[14,15]。综合当前主要国家和地区支持智能网联汽车产业发展的系列政策措施，本文重点围绕顶层战略规划，以及顶层战略规划指导下的创新驱动和风险监管3个方面对其政策部署和产业实践进行分析，并提炼面向现代化产业体系建设的智能网联汽车产业培育关键机制与实践探索（图2），其中美国、欧洲和日本等主要汽车强国和地区的情况对比见表1。

1.1 智能网联汽车产业顶层战略规划

1.1.1 嵌入式或独立式顶层战略规划

（1）以欧盟和日本为代表，将智能网联汽车的发

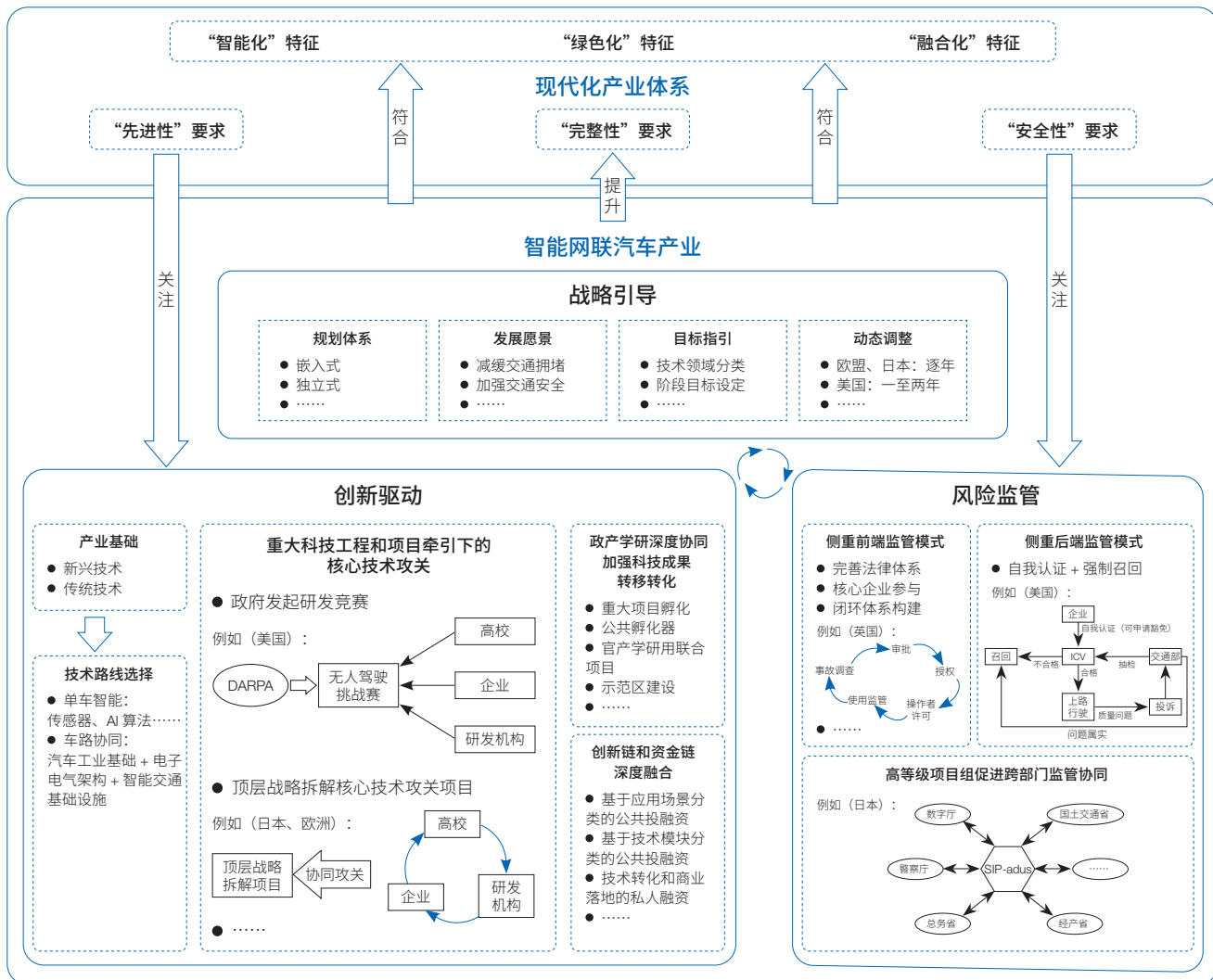


图2 面向现代化产业体系建设的智能网联汽车产业培育关键机制与实践探索

Figure 2 Key mechanism and practical exploration of cultivating ICV industry for construction of modern industrial system

表1 美国、欧洲和日本等主要汽车强国和地区智能网联汽车产业实践对比
Table 1 Comparison of intelligent connected vehicle industry practices in major automotive powers and regions such as the United States, Europe, and Japan

国家/地区	顶层战略规划		创新驱动		风险监管	
	共性要素	特征要素	共性要素	特征要素	共性要素	特征要素
美国		独立式顶层规划 三大目标和五大 优先发展领域		单车智能路线 开放型研发竞赛引领 核心技术攻关 公共投资和私人投资 相结合	—	完善的召回机制， 聚焦后端规制
欧盟	顶层规划 动态调整	嵌入式顶层规划(嵌入 “地平线2020”计划) 明确的2050“零愿景”	政产学研深度 协同加强科技 成果转移转化	车路协同路线 顶层规划拆解科研项目 开展核心技术攻关 基于科技项目资助加强 创新投入	专注 前端监管	完善法律体系， 支持企业参与立法
日本		嵌入式顶层规划 (嵌入《SIP》战略) 清晰的“近中远” 3期发展目标		车路协同路线 顶层规划拆解科研项目 开展核心技术攻关		建立高等级项目组 促进跨部门监管协同

展嵌入国家战略进行统筹。2013年，欧盟发布《地平线2020》(Horizon 2020)战略，该战略规划在自动驾驶汽车部分对智能网联汽车的技术研发进行了全方位的战略部署，并强调智能网联汽车产业发展与提升环境保护水平、提高资源利用率、保护物理安全和数据安全等欧盟其他政策的一致性。2018年，欧盟发布《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》(On the Road to Automated Mobility: An EU Strategy for Mobility of the Future)，提出将自动驾驶嵌入整个交通系统。此外，日本政府对智能网联汽车的顶层规划也嵌套在“战略性创新推进计划”(SIP)中，并于2014年开展“战略性创新创造项目自动驾驶系统研究开发计划”(SIP-adus)，推进自动驾驶技术的研发和应用。

(2) 以美国为代表，将智能网联汽车产业作为战略重点单独编制顶层规划。作为联邦制国家，美国的智能驾驶法案最早在各州层面出台，2011年，内华达州出台的《AB 511法案》(Assembly Bill 511)是美国第一

部针对智能网联汽车的地方性法案，该法案将自动驾驶和智能网联汽车作为独立的规制对象，允许智能网联汽车到公共道路开展测试与验证，并对其应用场景和责任归属作出说明。2017年，美国众议院正式出台《自动驾驶法案》(SELF DRIVE Act)，该法案明确了联邦政府在保障智能网联汽车安全、推动智能网联汽车测试和部署中的相关职责。

1.1.2 明确的发展愿景和目标指引

各国政府的顶层战略主要围绕减缓交通拥堵、加强交通安全等方面提出明确的愿景。欧盟委员会发布的《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》提出到2050年实现“零愿景”(指因交通事故死亡人数为零)。美国交通运输部于2021年发布《自动驾驶汽车综合计划》(Automated Vehicles Comprehensive Plan)，提出了实现自动驾驶系统发展的三大目标(促进协作、优化监管环境和为建设运输系统作准备)和五大优先

发展领域。锚定发展愿景，大部分国家和地区结合技术领域分类和发展阶段等制定较为完善的目标体系。以日本为例，日本 SIP-adus 项目组 2020 年发布的《官民 ITS 构想·路线图》（官民 ITS 構想・ロードマップ）从私家车、物流服务和出行服务 3 个技术领域设置了“2021—2022 年”“2023—2025 年”和“2026 年之后”3 个阶段的发展目标。同时，在这 3 个技术领域内，该路线图也设定了具体技术（如普通道路驾驶支援、高速公路队列行驶、自动驾驶巴士等）的开发、验证和大规模验证的目标时间节点。欧盟在推动智能出行上也有明确的时间表，《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》强调在 2020 年实现部分场景（城市低速场景、高速公路场景，以及卡车和垃圾车等特殊车型）下的自动驾驶，到 2030 年步入完全自动驾驶阶段等。

1.1.3 顶层规划随技术发展动态调整

不同国家针对智能网联汽车产业的顶层规划侧重点有所不同，且在持续进行动态调整。欧盟道路交通研究咨询委员会（ERTRAC）于 2015 年开始逐年进行智能网联汽车及技术路线图的编制和发布，明确规定了不同技术场景的适用条件和发展目标。其中，2019 年版技术路线图首次对道路基础设施进行了分级。同时欧盟对战略规划也进行定期复盘。欧盟委员会在 2025 年 3 月最新发布的《欧洲汽车行业行动计划》（*Industrial Action Plan for the European Automotive Sector*）将《通往自动化出行之路：欧盟未来出行战略》中提出的“于 2030 年实现完全自动驾驶”的目标更新为“于 2030 年实现关键技术的本土化突破和推动行业零排放转型”。

日本于 2014 年制定《官民 ITS 构想·路线图》，并于每年根据最新形势变化对其进行修订，更新内容主要包括自动驾驶技术场景化推进目标和自动驾驶推进时间。

美国自 2016 年首次发布《联邦自动驾驶政策：加

速道路安全变革》（*Federal Automated Vehicles Policy: Accelerating the Next Revolution in Roadway Safety*，以下简称《AV 1.0》）起，每 1—2 年对相关政策进行迭代更新。2017 年发布的《自动驾驶系统：安全愿景 2.0》（*Automated Driving Systems 2.0: A Vision for Safety*）在《AV 1.0》的基础上强调了在安全的底线支持下并引导驾驶员辅助技术的开发。2018 年发布的《为交通的未来做准备：自动驾驶车辆 3.0》（*Preparing for the Future of Transportation: Automated Vehicles 3.0*）将规划和支持范围进一步扩大到了所有道路交通系统，同时也进一步强调降低政策的不确定性。2020 年 1 月，美国推出了《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》（*Ensuring American Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated Vehicles 4.0*，以下简称《AV 4.0》），重点聚焦如何保持美国在自动驾驶产业的领先地位，并详细解释了联邦政府及其下属部门对实现此目标的贡献点。

1.2 多措并举加速科技创新驱动产业培育

1.2.1 基于差异化产业基础开展技术路线选择

由于产业基础不同，各国的技术路线选择存在显著区别，主要包括单车智能和车路协同两大方向。美国基于其在功率半导体、中央处理器（CPU）、图形处理器（GPU）等核心硬件，以及操作系统等基础软件中的技术优势，在产业前期主要选择单车智能的技术路线，发展基于传感器和 AI 算法的自动驾驶产品。例如，慧摩（Waymo）、克鲁斯（Cruise）等企业采取了以激光雷达为主要传感设备，毫米波雷达、摄像头等多传感器融合的解决方案；特斯拉（Tesla）则采取了更加低价且易于量产的基于视觉系统的解决方案，并通过“影子模式”（shadow mode）收集车辆行驶数据以对其高阶智能驾驶算法进行持续迭代和优化。日本和欧洲等汽车工业领先国家和地区，拥有雄厚的传统汽车工业基础，以及电子电气架构技术积累，因此更倾向于选择车路协同的技术路线。同时，欧盟将智能

网联汽车纳入智能交通产业范围，加大对智能交通基础设施建设的投入力度，ERTRAC发布的技术路线图中多次提出要着重发展基于数字化基础设施的网联式自动驾驶。在2020年发布的《可持续与智能交通战略》（*Sustainable and Smart Mobility Strategy*）中，欧盟提出进一步发展5G网络和无人机，并赋能智能停车系统、共享泊车、驾驶辅助系统等智能网联汽车相关技术领域。德国也强调发展主动交通流管理（ATM）系统，并已形成了一系列完善的智慧交通道路措施，为智能网联汽车提供更完善的道路信息获取途径，提升车路协同效应。日本则基于其“5.0社会”（Society 5.0）计划，将人工智能、大数据、云平台等信息与通信技术（ICT）和交通场景进行连接，以促进智能网联技术的发展；同时，日本于2007年发布了SmartWay（智能道路）计划，对路侧智能基础设施进行大规模的试验。

1.2.2 重大科技工程和项目牵引下的核心技术攻关

在产业发展早期，美国国防部通过设立挑战赛的方式吸引企业进行核心技术探索。美国国防高级研究计划局（DARPA）组织了一系列开放型自动驾驶汽车技术竞赛——DARPA大挑战赛（DARPA Grand Challenge），吸引了包括斯坦福大学、卡内基梅隆大学、麻省理工学院在内的众多在无人车领域有深厚研究积累的高校，以及通用、大众、霍尼韦尔、雷神等大型企业的参与，为美国智能网联汽车产业建立了良好的技术基础。

欧盟将顶层战略细化为具体科技支撑项目。这类项目通常由欧盟统筹，多个国家的研发机构和企业进行跨国合作研发，强化核心技术供给。例如，欧盟在“地平线2020”框架计划下设置了为混合车辆交通流准备道路基础设施的项目INFRAMIX。该项目由宝马、西门子等10余家企业和研发机构共同开展，主要

对自动驾驶的数字化道路基础设施进行开发和验证，测试路段设在奥地利和西班牙。欧盟不负责具体科研工作而只进行后期技术转移转化支持和最终评价。

相似地，日本多基于由顶层规划拆解的科研项目开展核心技术攻关，这些科研项目通常由官民多方参与分解和实施，具有较强的产学研合作的特征。例如，2014年，日本内阁府首次制定了SIP-adus，该计划整合了不同利益相关者的需求，针对4个主要发展方向设立了32个研究课题，致力于推动官方与民间协同合作，加速自动驾驶基础技术及车路协同系统相关领域的研发创新与商业化落地。

1.2.3 政产学研深度协同加强科技成果转化

美国智能网联汽车领域的早期技术转移与产业爆发，深受DARPA无人驾驶挑战赛的催化影响。该赛事不仅验证了技术可行性，更为行业培养了大量核心人才。赛后，以斯坦福大学、卡内基梅隆大学等为代表的高校参赛团队及行业精英，推动了大量创业团队的涌现。在此背景下，一方面，顶尖人才进入谷歌等科技企业，推动了Waymo等内部孵化项目的诞生；另一方面，人才溢出与早期资本深度结合，成功催生了Cruise、Argo AI等自动驾驶头部企业，加速了技术的商业化落地。

日本在技术转化方面，也多采用开展官产学研联合项目的合作机制。例如，日本经济产业省（以下简称“经产省”）和日本国土交通省联合产业技术综合研究所、雅马哈发动机、三菱电机、东京大学等12家组织共同推进“RoAD to the L4”项目，以加速L4级自动驾驶及先进MaaS^①的社会实现。同时，日本国土交通省汽车局和经产省制造产业局牵头，滚动召开“自动驾驶商业研讨会”以促进企业间合作和产学研合作。该会议后续引入内阁府、警察厅等相关政府部门，为会议决策提供政策和法规方面的支持。日本政

① Mobility as a service，出行即服务。

府也通过示范区建设为本国智能网联汽车产业发展提供支持。日本政府根据行驶环境和服务形态对产业进行分类，确定了私家车、物流服务、出行服务3个主要试验领域^②，并开展了多个试点示范项目。例如，日本国土交通省和经产省主导开展了卡车编队相关业务的试验工作，并联合丰田、日野、三菱、五十铃等企业共同进行道路验证。在商用车领域，日本国土交通省主导了在成田机场内的牵引车的自动驾驶业务试点。这些试点示范项目有效地支持了日本智能网联汽车产业生态的发展。

1.2.4 创新链和资金链深度融合，支持多种投资方式加大创新投入

美国的资助机制呈现公共投资和私人投融资主导的多元化特征。^① **在公共投资部分：**美国强调由联邦部门牵头对其管辖范围内的预期重点项目进行投入。在《AV 4.0》中，美国农业部、国防部、交通部等多个部门以多种方式对其治理领域内的智能网联汽车相关技术研发提供支持。美国农业部通过其下属的科研机构——位于亚利桑那州的美国旱地农业研究中心（ALARC）对农业相关的传感器阵列技术进行研究，为农机自动化提供支持。美国国防部依托 DARPA 连续举办3届无人驾驶挑战赛，累计投入500万美元赛事奖金，“以赛促研”加速军民两用自动驾驶技术的突破与转化。**② 在私人投资方面：**美国主要通过中小企业管理局（SBA）等机构，为创业企业提供与私人投资机构对接的桥梁，在完善的投融资制度下，美国私人资本在智能网联汽车领域发挥了主导作用。2022年，美国私人投资机构促成了18个智能网联汽车领域重要投融资事件，融资总额超43亿美元，占全球融资总额（不包括中国）的52.6%。

欧盟通过“地平线2020”框架计划对

AUTOPILOT、ICT4CART、TransAID、SHOW、5G-MOBIX 等在内的25个自动驾驶有关的科研项目进行资助，非私人融资达2.5亿欧元。

1.3 强化产业规制促进产业安全有序发展

1.3.1 完善规制体系和监管机制

面对智能汽车这一新兴产业可能出现的技术安全、法律责任和数据合规等问题，当前主要国家多采取“侧重前端”和“侧重后端”2类模式，加快监管体系构建。世界汽车工业强国多采取前端监管模式。

德国作为最早进行自动驾驶法规建设的国家，始终坚持在前端构建完善的法律体系，特别是在立法过程中十分重视与企业行业协会等市场主体的互动。德国于2017年修订《道路交通法》，并于2021年正式通过了全球首部允许L4级自动驾驶商业化落地的《自动驾驶法》。该法的出台充分吸收了戴姆勒汽车（奔驰汽车母公司）等核心车企的产业诉求，同时德国还专门设立了伦理委员会，针对自动驾驶的道德伦理问题进行了前瞻性磋商与规范。2021年底，梅赛德斯奔驰成为首个通过《自动车道保持系统》（Automated Lane Keeping Systems, UN-R157）法规，并被批准在德国公共道路上使用其L3级自动驾驶系统（Drive Pilot）的企业。

相似地，英国的监管体系建设主要聚焦于道路交通安全方向。英国于2024年出台的《自动驾驶汽车法》（Automated Vehicles Act 2024）构建了全新的安全框架，明确了合法自动驾驶须达到的安全标准。该框架实现了从审批和授权到操作者许可和使用监管再到事故调查的闭环，从而构建了更全面的自动驾驶汽车监管体系。

美国是侧重后端监管模式的代表性国家。美国政府强调保持技术中立，期望通过企业间的竞争与

^② SIP 2nd Phase : Automated Driving for Universal Services Final Results Report (2018 – 2022). [2026-07-10]. https://en.sip-adus.go.jp/file/rd_file/rd-result_all.pdf.

技术创新实现安全、经济性等发展目标。为此，美国建立了基于“自我认证+强制召回”的汽车准入制度，该制度强调在底线思维指导下尽可能放松前端监管，支持领军企业以商业化目标进行前沿技术探索，而具体的规制措施则主要集中于后端的强制召回机制。其中，自我认证主要集中于安全认证部分，企业需要对其产品负责，但也允许企业基于其现实情况针对部分条件申请豁免。政府负责售后监督，对于不符合安全要求的相关产品政府有权进行强制召回。这一准入制度在保持底线的基础上保留了较大的自由度，为科技企业造车提供了制度便利^[16]，并在一定程度上促进了以特斯拉为首的科技企业进入汽车制造产业并获取全球领先地位。

1.3.2 建立高等级项目组促进跨部门监管协同

日本政府于2014年启动了由内阁推动的SIP-adus，该计划联合了数字厅、警察厅、总务省、经产省、国土交通省等多个部门，并吸纳了产业界和学术界的意见以平衡各利益相关方需求。在SIP-adus的推动下，日本于2020年和2023年两次修订并正式实施《道路交通法》修正案。该系列修正案逐步从L3级过渡到L4级，为高阶自动驾驶的技术探索和进一步商业化应用提供了法律支持。

2 我国智能网联汽车产业发展现状与挑战

当前，我国智能网联汽车产业发展已获得了较好的组织保障和工作基础。《新一代人工智能发展规划》《交通强国建设纲要》《智能汽车创新发展战略》《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》等政策文件支持智能网联汽车产业发展的顶层规划趋于完善，技术路线和发展目标逐步明确。①在产业主体方面，智能网联汽车的蓬勃发展引入了大量异质性参与者。一方面，数字科技企业积极布局自动驾驶技术。百度的无人驾驶出租车业务“萝卜快跑”已在全国11个城市开展商业化试点，并于北京、武汉、重庆和深圳开

启了全无人商业化运营。滴滴围绕其主体业务，于上海开展网约车无人值守运营试验。另一方面，比亚迪、上汽、北汽等传统整车制造企业持续投入智能网联汽车自主研发。②在产业合作方面，国内顶尖科技企业相继发布开源平台，产业合作模式从简单供应转向深度绑定研发。2017年，百度发布了Apollo开源平台，目前该平台已吸引了超过280家企业参与者，其中包括博世、采埃孚等国际领先一级供应商和宝马、戴姆勒等大型整车厂。同时，华为基于HarmonyOS与东风、长安等整车厂建立紧密合作关系，先后发布问界、阿维塔等中高端智能化车型。在产业试点示范方面，截至2024年6月，我国已建立17个国家级测试示范区、7个先导区，累计发放测试牌照超9000张，智能网联汽车产业集群初见雏形，取得积极成效。与全球实践相比，我国在智能网联汽车领域虽已取得阶段性成果，但在顶层设计、技术创新引领产业创新层面仍存在进一步提升的空间。

2.1 智能网联汽车顶层战略规划的动态调整机制有待加强

截至2023年末，我国针对智能网联汽车领域主要发布了2份顶层规划文件，即2018年工业和信息化部发布的《车联网（智能网联汽车）产业发展行动计划》，以及2020年由国家发展和改革委员会牵头多部委联合发布的《智能汽车创新发展战略》。与美国、日本等国逐年更新顶层规划的做法不同，我国采取了“顶层规划+动态配套政策与标准迭代”的治理模式。尽管自2020年以来未出台全新顶层战略，但国家通过持续发布高阶自动驾驶准入试点、“车路云一体化”应用试点，以及《国家车联网产业标准体系建设指南（智能网联汽车）（2023版）》等配套政策，对技术演进与产业发展需求做出了动态响应。不过，相较于美国、日本，我国在跨部门协同的顶层制度统筹及高阶自动驾驶商业化运营法规的完善上，仍面临诸多现实挑战与制度瓶颈。

2.2 智能网联的技术创新能力相对不足

2.1.1 关键核心技术能力不足

我国智能化核心技术的创新能力不足，部分汽车智能化关键产品严重依赖国外，面临潜在的断供风险。当前，我国在电池、电机、电控等车辆能源转型核心技术领域已达到国际领先水平，但在高算力芯片、车载操作系统、功率半导体等产业相关领域起步较晚，自主创新能力弱，严重依赖汽车产业国际供应链供给。部分关键环节面临技术封锁的潜在风险。以汽车芯片为例，根据中国电动汽车百人会的相关数据^③，2022年我国汽车芯片的国产化率低于5%。

我国汽车芯片国产化进程显著加速，在部分智驾计算方案细分市场已取得实质性突破，但高端芯片与底层软件生态仍面临严峻挑战。当前，受美国出口管制影响，英伟达A系列、H系列等高性能AI训练芯片对华出口受限，对我国自动驾驶云端大模型的迭代效率造成制约。此外，在自动驾驶算法领域，虽然国内车企已快速跟进并本土化了BEV+Transformer等主流架构，但我国智能驾驶系统仍深度绑定海外芯片巨头的底层开发工具链与仿真环境，若未来遭遇极端断供，将直接威胁国内智能驾驶算法的适配与新车型的研发进度。

2.1.2 交叉学科人才供给严重不足

尽管我国在操作系统、集成电路、车辆工程等传统技术领域的学科布局较为完善，但智能网联汽车对前沿技术和交叉学科存在大量需求，现有的教育体系尚未能有效提供相关融合课程。当前，部分产业领军企业积极推动产教融合培养人才，但规模较小，需要进一步加强。例如，在2023年末成立的“全国智能网联汽车行业产教融合共同体”共有12家高等院校、34家职业院校、14家整车制造企业、32家汽车零部件企

业及科研机构参与，其参与者规模仍有待提升。另外，目前针对智能网联汽车产业的产教融合在技能（实操/操作）型人才培养方面相对成熟，而在研发型人才的产教融合培养模式方面仍处于探索阶段。

2.1.3 国际标准制定参与不足

积极参与和主导国际标准的制定对提升我国汽车产业全球竞争优势具有重要意义。部分产业发达国家和地区已凭借其在自动驾驶等领域内的先发优势，掌握了大部分技术场景的国际标准。例如，在自动驾驶高度依赖的AI芯片等领域，英伟达、英特尔等企业在这一技术领域布局多年已构建较高的产业生态壁垒，其私有技术栈（如CUDA、oneAPI）已成为行业广泛遵循的事实标准。而与国际领先者相比，我国标准组织的问题在于其主要面向国内专业领域开展工作，在国际标准化组织技术委员会（TC）及其技术机构国内对口技术单位秘书处并未进行较大的人员投入。我国虽于2023年由中国汽车技术研究中心有限公司牵头起草并发布了首个自动驾驶汽车测试场景领域国际标准《道路车辆自动驾驶系统测试场景词汇》（ISO 34501），但整体对自动驾驶国际标准体系的贡献力度和引领水平仍有较大进步空间。

2.1.4 科技成果转化水平有待提升

目前，我国大量高校与科研机构的科技成果更多止步于专利或原型机阶段，由于供需对接失衡以及专业化技术转移服务生态的断层，商业化应用渠道仍存在障碍。根据行业数据显示，我国智能网联汽车领域的专利成果早期转化率偏低（不足10%），距离大规模商业化落地仍有差距^[17]。同时，我国专利技术的产业化多为大型企业基于其商业目的的自发行为，中小企业由于缺乏信息渠道和研发能力，获取前沿技术面临困难。尽管近年来国家正通过盘活高校存量专利、

^③ 车百汇研究院. 2030年将制定超70项相关标准, 国产汽车芯片或迎加速发展期. [2026-07-10]. <https://www.chinaev100.com/news/detail/1408>.

开展精准对接等方式积极破局,但技术成果向中小企业的辐射效应与转化效能,仍具有较大的提升空间。

2.1.5 智能网联汽车试点示范建设不均衡

截至2023年末,我国在智能网联汽车领域已经建立17个测试示范区、7个车联网先导区和16个“双智”试点城市。在先行城市中,北京与武汉正持续深化自动驾驶新场景的规模化应用。目前,北京已正式迈入示范区4.0阶段,打造“自动驾驶北京环”;武汉也全面部署“车路云一体化”应用试点,并开放了18项核心应用场景。与此同时,其他试点城市正结合自身禀赋探索差异化发展路径。例如,苏州已开放了超3400平方公里的测试应用区域,占全市面积超20%;景德镇则立足本地特色,出台专项细则推动邮政快递无人车及“无人车+智能快件箱”协同配送模式的落地。尽管各地因地制宜稳步推进,但示范区在跨区域协同与管理机制上仍面临挑战。例如,在跨域数据互通、高精地图合规更新与数据闭环等领域,现有的云控基础平台尚未完全发挥“中台”的协同效能,数据“孤岛”现象依然存在,跨行业、跨区域的融合深度仍需进一步提升。

2.3 智能网联汽车产业监管有待完善

2.3.1 部分法律法规更新不及时

世界汽车强国和地区采取2种路线:在现有法律法规基础上进行修改和构建全新法律体系。相比之下,我国在自动驾驶立法上采取了“中央顶层设计+地方试点立法+强制国标兜底”的渐进式路径。然而,截至2024年末,我国汽车和道路交通相关法律尚未针对智能网联汽车进行相应调整^[18]。目前,我国针对智能网联汽车发布了较多的管理规范,重点关注安全体系建设,以及事故权责认定,且更多面向无人出租车、无人配送等商业项目的试点示范管理。相较于欧美国家较为宽松的联邦级豁免机制,我国现行体系在跨域互通、高阶自动驾驶商业化运营的全国性统筹法规等方面仍有待完善。随着强制性国家标准的落地

(首部针对L3/L4级的强制性国家标准,拟于2027年实施),我国正加速从“试点示范”向“规模化量产”迈进,但相关配套保险、数据治理及上位法的衔接,仍是制约L3级以上自动驾驶全面商业化落地的关键挑战。

2.3.2 跨部门协同治理存在困难

智能网联汽车涵盖了汽车、通信、运输等多个领域,涉及多个监管部门,易出现标准不统一、重复建设、数据孤岛等问题,阻碍产业发展。此外,在高级自动驾驶的核心技术层面,出于国家地理信息安全的考量,相关部门对高精度地图的监管日益严格。例如,最新政策要求建立严格的“测绘数据闭环”,无资质单位不得直接接触回传数据。这一合规门槛的大幅提高,虽然保障了国家安全,但也推高了企业的合规成本,使得车企与图商在数据获取与商业化应用上面临新的挑战,在一定程度上制约了高等级智能网联汽车的快速迭代与落地。

3 促进我国智能网联汽车产业科技创新发展的思路与建议

3.1 优化智能网联汽车产业顶层战略规划

加强顶层设计的嵌入性、前瞻性和动态性。形成系统的、嵌入智能大交通项目中的顶层规划,最大程度上激发产业创新活力,促进产业生态系统的完善。组建国家级智能网联汽车战略咨询委员会,结合智能网联汽车产业技术发展趋势,针对技术路线图等重点指导性文件开展顶层战略预判。鼓励多部门协同,产业领军企业加入,对现有顶层规划进行动态更新,以适应技术变化所带来的新问题。

3.2 加速智能网联汽车科技创新引领产业创新

3.2.1 推动关键核心技术创新,提高产业基础能力

充分发挥中国科学院、国家实验室等科研机构,以及高校在重大基础创新和原始创新的策源地作用,针对人工智能、高算力芯片、操作系统等智能网联汽

车产业基础技术领域进行集中科技攻关。充分发挥产业领军企业、产业联盟和行业协会的牵引作用以及在关键核心技术攻关活动中的平台作用，引导整车企业、零部件企业、数字科技企业等关键参与者针对自动驾驶算法、车联网和车载操作系统等领域进行协同攻关，促进智能网联汽车研发中的软硬件适配和协同。针对智能网联汽车广阔的应用场景，促进中小企业开发异质场景下细分领域专用技术，激发更多专精特新企业的创新热情。逐渐形成参与者全面、供需关系稳定、交流通畅、评价机制完善、合作关系灵活的智能网联汽车创新生态系统。拓展“首台套”“首批次”政策在智能网联汽车部分细分场景（如港口、机场等）适用范围，提高企业的研发积极性，尤其针对智能网联汽车中涉及的如自动驾驶算法、车联网等重点技术，提升技术创新动力。

3.2.2 创新智能网联汽车技术人才培养和评价体系

协同高校、科研院所、领军企业等利益相关方，共同强化智能网联汽车行业产教融合共同体的建设，支持企业与高校协同完善面向智能网联汽车的学科和专业设置，在保持现阶段对技能型人才投入力度的基础上进一步培养交叉学科研发型人才，形成供需适配、技术成熟、协同灵活的人才供应体系。

3.2.3 积极参与并牵头智能网联汽车国际标准制定

密切关注自动驾驶、车规级芯片、车联网、车载操作系统等技术标准体系动态，面向行业-国家-国际体系化标准识别关键需求、制定阶段目标。一方面，持续完善国内标准体系，探索标准规范体系构建方法，研发新标准体系的测试装备；另一方面，鼓励企业和行业组织积极参与国际标准化组织（ISO）、国际汽车工作组（IATF）、国际电信联盟（ITU）等国际组织的标准制定工作，加大政府部门对牵头和主动发布国际标准提案的支持力度。

3.2.4 打造国家级智能网联汽车产业技术成果转化平台

整合现有产业联盟和行业协会资源，由相关主管

部门打造国家级智能网联汽车产业知识交流和技术转化平台。按照技术模块进行分类，并设置配套的技术共享、需求对接和知识付费机制，加速科学研究成果向产业界转化，打通产学研交流渠道。定期梳理并发布产业急需技术列表和规划，凝聚学术界和产业界共识，加速知识流动。

3.2.5 加强智能网联汽车示范区建设的规划和评估

鼓励地方政府结合当地产业条件与地理环境，开展智能网联汽车的高等级自动驾驶试点工作。同时，对现有自动驾驶示范区运行情况的有效评估，动态调整自动驾驶示范区投入，进一步提升现有自动驾驶示范区的运行效率。

3.3 完善智能网联汽车产业的风险监管

3.3.1 加速法律法规更新

推进《中华人民共和国道路交通安全法》的更新修订工作，进一步完善在自动驾驶产品准入、驾驶人权责判定、道路数据采集和应用以及自动驾驶功能检测等方面的规范和依据。在严格规范产能的基础上灵活动态地对汽车制造准入资质审核进行评估，支持有条件的科技企业通过合资或独资的形式参与汽车制造，激励科技企业加大投入程度，从制度上推动社会各方积极推动智能网联汽车产业发展。灵活运用创新责任豁免机制，为产业的前沿技术发展提供试错空间，解决智能网联汽车研发、制造、进出口、销售及运营中面临的相关问题。

3.3.2 强化跨部门的协同

坚持“底线思维+定向调控”的基本原则，统筹产业发展与安全可控之间的关系，推动政策制定与产业监管的跨部门协同联动。充分发挥国家制造强国建设领导小组车联网产业发展专项委员会等组织的作用，多方吸取意见，打通部门间的数据壁垒和标准壁垒，形成产业发展合力。深入交流积极合作，整合不同部门的目标，进一步提升监管效能。

4 结语与展望

智能网联汽车是我国巩固扩大新能源汽车产业领先优势、加快交通强国和科技强国建设，以及构建具有国际竞争力的现代化产业体系的重要机遇。作为新兴产业培育的重点方向，以国家顶层战略规划为牵引，对明确我国汽车产业创新路径，构建具有竞争力的产业制高点，吸引全球产业优秀人才具有重要战略意义；以技术突破为核心，通过协同创新和知识共享构筑产业生态系统，对提高我国汽车产业技术能力和产业成熟度有重要作用；以产业安全为底线，在促进新兴产业技术突破和产业发展的同时，对提升未来交通生命和信息安全乃至社会与国家安全提供关键保障。

面向科技强国建设和加快建设现代化产业体系的要求，我国智能网联汽车产业未来布局在短期内应实现法律法规的适配更新，以及L3级自动驾驶商业化运营，中长期内应实现L4级自动驾驶出行的商业化运用和L5级自动驾驶乘用车试点示范工作，进一步推动智能网联汽车产业迈向中高端。总之，智能网联汽车产业发展任重而道远，需要实施产业创新工程，完善产业生态，拓展应用场景，促进产业集群发展，加快打造面向现代化产业体系的智能网联汽车产业生态系统。

参考文献

- 崔晓倩, 张宪国, 陈海峰. 中美日智能网联汽车政策管理体系对比研究. 中国汽车, 2020, 30(12): 55-60.
- 姚垠国, 张业佳. 中国智能网联汽车产业高质量发展重在提升软实力. 智能网联汽车, 2023, (4): 60-62.
- Yao Y G, Zhang Y J. The high-quality development of China's intelligent connected vehicle industry focuses on enhancing soft power. Intelligent Connected Vehicles, 2023, (4): 60-62. (in Chinese)
- 李克强, 戴一凡, 李升波, 等. 智能网联汽车(ICV)技术的发展现状及趋势. 汽车安全与节能学报, 2017, 8(1): 1-14.
- Li K Q, Dai Y F, Li S B, et al. State-of-the-art and technical trends of intelligent and connected vehicles. Journal of Automotive Safety and Energy, 2017, 8(1): 1-14. (in Chinese)
- 赵福全, 匡旭, 刘宗巍. 面向智能网联汽车的汽车产业升级研究——基于价值链视角. 科技进步与对策, 2016, 33(17): 56-61.
- Zhao F Q, Kuang X, Liu Z W. Research on upgrading of the automotive industry towards the intelligent-connected automotive industry from the perspective of value chains. Science & Technology Progress and Policy, 2016, 33(17): 55-61. (in Chinese)
- Mazzucato M. Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. Industrial and Corporate Change, 2018, 27(5): 803-815.
- 余江, 管开轩, 李哲, 等. 聚焦关键核心技术攻关强化国家科技创新体系化能力. 中国科学院院刊, 2020, 35(8): 1018-1023.
- Yu J, Guan K X, Li Z, et al. Focus on key technology breakthroughs, and strengthen national scientific and technological innovation systematization capability. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(8): 1018-1023. (in Chinese)
- 贺俊. 新兴技术产业赶超中的政府作用: 产业政策研究的新视角. 中国社会科学, 2022, (11): 105-124.
- He J. The role of government in catching up and surpassing emerging technology industries: A new perspective on industrial policy research. Social Sciences in China, 2022, (11): 105-124. (in Chinese)
- 卢超, 吕文霞, 蒋璐, 等. 基于改进UTAUT模型的责任式创新公众接受度研究——以智能网联汽车为例. 科学学与科学技术管理, 2023, 44(6): 86-100.
- Lu C, Lv W X, Jiang L, et al. The public acceptance of responsible innovation based on an improved UTAUT model: Evidence from intelligent and connected vehicles.

- Science of Science and Management of S. & T., 2023, 44(6): 86-100. (in Chinese)
- 9 Kuang X, Zhao F, Hao H, et al. Intelligent connected vehicles: The industrial practices and impacts on automotive value-chains in China. *Asia Pacific Business Review*, 2018, 24(1): 1-21.
 - 10 付广, 谢业军, 林智桂, 等. 日本智能网联汽车管理政策及产业发展研究. *汽车文摘*, 2024, (5): 41-46.
Fu G, Xie Y J, Lin Z J, et al. Research on the management policy and industrial development of intelligent connected vehicles in Japan. *Automotive Digest*, 2024, (5): 41-46. (in Chinese)
 - 11 孙大明, 胡苏敏, 董琨. 智能网联汽车产业创新策源能力提升的多元路径——基于试探性治理框架的组态分析. *科技进步与对策*, 2023, 40(16): 108-117.
Sun D M, Hu S M, Dong K. Multiple paths to improve the creational and original capability improvement of intelligent and connected vehicle industry: Configuration analysis based on tentative governance framework. *Science & Technology Progress and Policy*, 2023, 40(16): 108-117. (in Chinese)
 - 12 刘颖琦, 席锐, 周菲. 智能网联汽车产业技术创新优化路径研究——基于DEMATEL和系统动力学模型的实证分析. *软科学*, 2021, 35(9): 37-46.
Liu Y Q, Xi R, Zhou F. Research on the optimization path of technology innovation of ICV industry—Empirical analysis based on DEMATEL and system dynamics model. *Soft Science*, 2021, 35(9): 37-46. (in Chinese)
 - 13 姚双, 刘青, 吴乐科. 资源相似视角下智能网联汽车产业协同创新路径优化. *科技管理研究*, 2024, 44(9): 151-159.
Yao S, Liu Q, Wu L K. Optimization of collaborative innovation path of intelligent connected automobile industry from the perspective of resource similarity. *Science and Technology Management Research*, 2024, 44(9): 151-159. (in Chinese)
 - 14 边明远, 李克强. 以智能网联汽车为载体的汽车强国战略顶层设计. *中国工程科学*, 2018, 20(1): 52-58.
Bian M Y, Li K Q. Strategic analysis on establishing an automobile power in China based on intelligent & connected vehicles. *Strategic Study of CAE*, 2018, 20(1): 52-58. (in Chinese)
 - 15 黎宇科, 刘宇. 国外智能网联汽车发展现状及启示. *汽车工业研究*, 2016, (10): 30-36.
Li Y K, Liu Y. Development status and implications of intelligent connected vehicles abroad. *Auto Industry Research*, 2016, (10): 30-36. (in Chinese)
 - 16 王莹. 自动驾驶法律准入问题研究: 路线、挑战与方案. *中国人民大学学报*, 2021, 35(6): 141-154.
Wang Y. On how to legalize self-driving: The way, the challenge, and the strategy. *Journal of Renmin University of China*, 2021, 35(6): 141-154. (in Chinese)
 - 17 陈轶嵩, 邢云翔, 熊晓琴, 等. 基于专利分析的智能网联汽车技术与经济评价体系的研究. *汽车工程*, 2021, 43(9): 1271-1277.
Chen Y S, Xing Y X, Xiong X Q, et al. Research on technical and economic evaluation system of intelligent connected vehicles based on patent analysis. *Automotive Engineering*, 2021, 43(9): 1271-1277. (in Chinese)
 - 18 张龙. 自动驾驶型道路交通事故责任主体认定研究. *苏州大学学报(哲学社会科学版)*, 2018, 39(5): 73-80.
Zhang L. Research on the identification of responsible parties for autonomous driving road traffic accidents. *Journal of Soochow University (Philosophy & Social Science Edition)*, 2018, 39(5): 73-80. (in Chinese)

Perspectives on promoting cultivation of intelligent connected vehicle industry for modern industrial system

YU Jiang^{1,2} ZHANG Yingxiu^{1,3,4*} CHEN Feng^{1,2}

(1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3 Sino-Danish College, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

4 Sino-Danish Center for Education and Research, Beijing 100049, China)

Abstract Promoting the development of intelligent connected vehicles (ICVs) has strategic significance for China to consolidate and expand its leadership in the new energy vehicle industry, accelerate the construction of a strong country in science and technology as well as transportation, and build a modern industry system with international competitiveness. Starting from the progressiveness and safety characteristics of the modern industrial system, and combining the three key requirements of “strategic guidance”, “innovation driven”, and “risk regulation” in the cultivation of emerging industries, this study reviews the innovation practices of major countries in the world to promote the development of the ICV industry, analyzes the outstanding problems faced by the cultivation of China’s ICV industry, and proposes targeted countermeasures and suggestions. The study suggests that China should promote the development of the ICV industry and strengthen embeddedness, foresight, and dynamism in top-level design. In terms of leading industrial innovation through technological innovation, it is necessary to promote key technology breakthroughs, cultivate and evaluate innovative talents, actively participate in and lead the formulation of international standards for ICVs, create a national level ICV industry technology incubation platform, and strengthen the planning and evaluation of demonstration zone construction. In terms of risk regulation, it is necessary to strengthen the improvement of laws and regulations and enhance cross departmental coordination in supervision.

Keywords intelligent connected vehicle, modern industrial system, cultivation of emerging industries

余江 中国科学院科技战略咨询研究院研究员, 中国科学院大学公共政策与管理学院教授。主要研究领域: 数字技术与产业化、产业创新管理与竞争战略。E-mail: yujiang@casisd.cn

YU Jiang Researcher at Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS), professor at School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences. His main research fields include digital technology and industrialisation, industrial innovation management and competitive strategy. E-mail: yujiang@casisd.cn

张英修 中国科学院大学中丹学院博士研究生。主要研究领域: 创新管理、创新生态系统等。
E-mail: zhangyingxiu21@mails.ucas.ac.cn

ZHANG Yingxiu Ph.D. candidate, Sino-Danish College, University of Chinese Academy of Sciences. His main research fields include innovation management, innovation ecosystem, etc. E-mail: zhangyingxiu21@mails.ucas.ac.cn

■ 责任编辑: 文彦杰

*Corresponding author