·自动驾驶技术专题·

自动驾驶安全的多维透视:关键挑战与协同治理框架*

陈春[1,2]　李兴凤[2]　周书宏[2]

（1. 重庆交通大学智慧城市学院,重庆 400074;2. 重庆交通大学交通运输学院,重庆 400074）

【欢迎引用】陈春, 李兴凤, 周书宏. 自动驾驶安全的多维透视:关键挑战与协同治理框架[J]. 汽车文摘,2026(2): 1-11.

【Cite this paper】CHEN C, LI X F, ZHOU S H. A Multidimensional Perspective on Autonomous Vehicle Safety: Key Challenges and a Collaborative Governance Framework[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(2): 1-11.

【摘要】为了系统梳理自动驾驶安全风险并推动其安全市场化应用,通过总结分析现有自动驾驶交通事故特性及部分发达国家的相关研究,梳理了影响自动驾驶安全的核心要素与深层挑战。研究表明,自动驾驶安全要素涵盖数据安全、技术安全、人机控制权转移及风险控制4大领域;未来发展面临算法“长尾问题”、人机交互信任危机、数据安全漏洞及法规滞后等深层挑战。研究指出,需从技术融合、法规构建、人本设计、数据防护4个维度协同推进,构建协同治理框架,为自动驾驶的安全发展与应用提供系统性参考。

关键词:自动驾驶;交通安全;智能网联汽车

中图分类号:U471.15　　**文献标志码:**A　　**DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20250185

A Multidimensional Perspective on Autonomous Vehicle Safety: Key Challenges and a Collaborative Governance Framework

Chen Chun[1,2], Li Xingfeng[2], Zhou Shuhong[2]

（1. School of Smart City, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074; 2. School of Traffic and Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074）

【Abstract】To systematically review the safety risks of autonomous driving and promote its safe market-oriented application, this paper summarizes and analyzes the characteristics of current autonomous vehicle accidents and relevant research from selected developed countries, identifying the core factors and deep-seated challenges affecting the safety of autoromous driving. The study reveals that the safety landscape encompasses 4 key domains: data security, technological safety, transfer of control between human and mahine, and risk control. Furthermore, future development faces profound challenges including the algorithm “long-tail problem”, a crisis of trust in human-machine interaction, data security vulnerabilities, and regulatory lag. The research proposes that coordinated advancement across 4 dimensions—technological integration, regulatory framework construction, human-centered design, and data protection—is essential to establish a collaborative governance framework. This provides a systematic reference for the safe development and application of autonomous driving technologies.

Key words: Autonomous Driving, Traffic Safety, Intelligent Connected Vehicle (ICV)

0　引言

自动驾驶技术被视为解决传统道路交通事故问题的关键解决方案,但其商业化落地过程中衍生了新型交通事故风险,并使自动驾驶安全成为公众关注的热点。传统道路交通事故的核心诱因是人为因素,数据显示,75%以上的交通事故由人类驾驶员过失引发,其中酒后驾驶、疲劳驾驶、超速行驶等行为导致的事故占比居高不下,而机动车驾驶员操作失误在人为致因中的占比超80%[1]。这一痛点为自动驾驶技术提供了核心应用场景:通过机器替代人类执行驾驶决策,理论上可大幅降低人为失误风险。

*基金项目:国家自然科学基金项目(42071218)。

当前，我国智能网联汽车出货量逐年增加，市场规模越来越大，如图1所示。IDC预测，2026年全球智能驾驶车辆规模约为8 930万辆，5年复合增长率将达到14.8%。

目前已有多项实证数据表明自动驾驶技术具有安全潜力，Waymo在2020年~2024年累计8 046.7万km的自动驾驶里程中，严重事故率较人类驾驶员降低80%以上，致伤事故减少81%，保险索赔量下降90%[2]；特斯拉2025年第一季度安全报告显示，启用Autopilot的车辆每行驶约1 197.4万km发生一次事故，仅为美国平均事故频率（每113万km一次）的10%[3]。国内也有研究直接对比了2种驾驶模式的事故原因，说明了自动驾驶在避免特定人为失误方面的潜力[4]。这些数据印证了自动驾驶技术在事故防控中的核心价值，《智能网联汽车创新发展战略》中也明确了产业发展的核心方向。

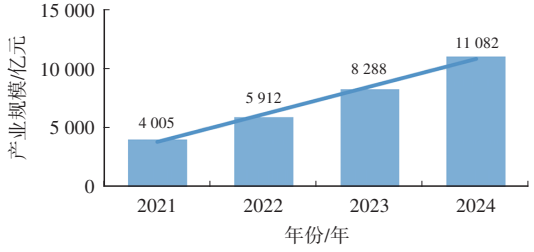


图1　中国智能网联汽车产业规模趋势[5]

然而，自动驾驶技术并非绝对安全，其特有的技术缺陷已引发新型交通事故。2024年~2025年全球自动驾驶事故统计显示，我国已报告出现91起L2级自动驾驶相关事故，主要表现为系统误判、传感器失效等问题，如小米SU7在自动泊车时因雷达识别失效引发集体碰撞，特斯拉FSD在雨天误判信号灯导致闯红灯事故。此类事故暴露出自动驾驶技术的局限性：纯视觉方案夜间障碍物识别失败率较高，自动紧急制动系统（Automatic Emergency Braking，AEB）功能对锥桶等静态障碍物识别存在盲区。

根据标准GB/T 40429—2021《汽车驾驶自动化分级》，目前我国将自动驾驶分为6个等级[6]，本文采用此分级标准，如表1所示。

从技术演进规律来看，自动驾驶事故风险本质上是技术成熟度与应用场景复杂度不匹配的产物。当前行业主流的L2~L3级自动驾驶尚未实现全场景覆盖，在道路施工区域、恶劣天气等复杂环境中，系统决策响应滞后、人机控制权移交衔接不畅等问题频发。如安徽德上高速小米SU7事故中，从系统智驾状态切换到驾驶员驾驶状态再到事故发生只有2~3 s，最终导致严重交通事故发生。新型风险与传统人为事故叠加，使自动驾驶交通安全研究需兼顾“技术避险潜力”与“系统风险防控”双重维度，二者共同构成了技术商业化与公共安全保障的核心基石。

表1　自动驾驶等级

等级	定义	车辆横向和纵向运动控制	目标和事件探测与响应	动态驾驶任务接管
L0	应急辅助	驾驶员	驾驶员及系统	驾驶员
L1	部分驾驶辅助	驾驶员和系统	驾驶员及系统	驾驶员
L2	组合驾驶辅助	系统	驾驶员及系统	驾驶员
L3	有条件自动驾驶	系统	系统	动态驾驶任务接管用户
L4	高度自动驾驶	系统	系统	系统
L5	完全自动驾驶	系统	系统	系统

自动驾驶车辆行驶过程中可能面临的系统故障、软件漏洞、网络攻击等潜在风险，均可能对乘客安全及道路交通秩序构成严重威胁。据统计，2018年全国消费者协会受理汽车投诉（含零部件）共计1.9万件，其中涉及自动驾驶安全的投诉占比达47%[7]，其核心问题指向智能驾驶系统的可靠性不足与人机共驾场景下事故责任界定存在模糊性。由此可见，智能汽车的潜在安全风险已成为制约消费者信心的深层因素，而自动驾驶系统的可靠性，更直接影响到公众对这项新兴技术的接纳程度。

自动驾驶的技术迭代必须以安全为基石。当前，行业普遍认为L3级是自动驾驶发展的关键阶段，其核心特征是人机共驾，即系统在特定环境下负责驾驶，但在超出其能力范围时需请求人类驾驶员接管。然而，这种控制权的动态交接构成了主要安全挑战：在事故突发场景下，当系统发出接管请求时，驾驶员从认知、决策到执行安全操作所需的响应时间存在显著差异，这直接影响了行车安全。为应对这一由当前单车智能在感知、预测与规划上存在局限性所带来的挑战，“单车智能+车路协同”的系统性方案被视为提升自动驾驶安全性与可靠性的重要路径。邓志伟[8]指出自动驾驶是一项系统工程，车路协同技术通过路侧设施提供超视距感知与协同决策，能够有效弥补单车智能的感知盲区，从而减少系统降级与接管请求的频率，为安全提供冗余保障。

当前自动驾驶安全性研究主要聚焦4大方向：

（1）车辆自主安全系统优化。如通过车辆自主预测周边车辆行驶轨迹以实现决策优化[9]。

（2）汽车数据安全对自动驾驶道路交通安全的影响。自动驾驶系统需依托物联网（Internet of Things，IoT）与信息物理系统（Cyber-Physical Systems，CPS）的集成实现功能落地，以提升用户接受度，但该过程中对通信传输、数据管理及复杂异构架构与组件的高度依赖，暴露了系统的一系列安全漏洞[10]。

（3）自动驾驶风险防控。自动驾驶碰撞避免与驾驶安全保障体系，需依托动态风险管理机制与全维度安全评估模型的协同联动，以实现碰撞风险的精准预判与驾驶安全的全流程防护，从而提升事故预防的可靠性，但该过程中对实时交通态势感知的全面性、多模态数据融合的准确性及复杂异构交通参与者行为建模的高度依赖，暴露了系统在风险动态演化响应与安全临界场景干预方面的一系列执行短板[11]。

（4）自动驾驶危险场景下的人机控制权转移。当前自动驾驶技术正处于形成期向成熟期过渡的阶段，近年来频发的自动驾驶汽车事故表明，系统对突发场景的判断与处理能力仍存在局限，因此系统运行过程中要求驾驶员保持一定警觉性，以确保风险出现时控制权能够平稳、高效地移交至驾驶员[12]。

现有研究尚未全面、系统地考量城市发展模式、土地利用特征、建成环境要素对自动驾驶道路交通安全的影响，而道路建成环境的复杂性、其他交通参与者的行为不确定性及复杂天气条件，进一步导致自动驾驶系统面临难以预见的“黑箱问题”。因此，本文结合交通安全视角对自动驾驶领域相关研究成果及自动驾驶交通事故致因进行深度挖掘与系统分析，旨在厘清自动驾驶技术面临的交通安全风险，明确其未来发展方向，进而为提升自动驾驶交通安全水平、提高公众对自动驾驶技术的接受度、推动自动驾驶技术市场化应用提供支撑。

1　国内外研究现状

1.1　国外自动驾驶发展及自动驾驶安全研究现状

在全球范围内，主要发达国家及地区政府高度重视自动驾驶技术的发展，并围绕自动驾驶安全方面出台了一系列政策法规。美国坚持安全优先原则，要求制造商证明自动驾驶车辆的安全性能等同于或优于传统车辆[13]。德国高度重视数据安全保护，对涉及数据安全的企业行为实施严格监管[14]。英国以2025年广泛推广自动驾驶汽车为目标，出台《自动化车辆法案》，明确规定制造商应对自动驾驶系统的行为负责，用户在按规定使用期间可免除责任[15]。日本国土交通省（MLIT）发布了《自动驾驶汽车安全技术指南》，为L3和L4级自动驾驶汽车的安全开发与应用提供了详细框架。该指南主要针对乘用车、载货车及巴士，旨在实现“自动驾驶系统引发的人身事故为零”的目标[16]。欧盟则通过《汽车行动计划》和《AI法案》强化产业领导力，将自动驾驶系统归类为高风险系统进行监管，并积极推进UN R157等国际标准的落地实施[17]。这些政策共同体现了各国政府对安全保障、责任界定、基础设施建设的高度共识，为全球自动驾驶安全的发展提供了重要的政策框架与规制基础。

从图2关键词聚类分析可以看出，目前国外对于自动驾驶安全的研究关键词数量分散、跨聚类共现明显，本文按照关键词类型将关键词归类为4个方面，分别是车辆数据安全、车辆技术安全、自动驾驶风险控制和人机转移（见图3）。

在数据安全层面，智能汽车需持续采集并处理海量多源数据，为自动驾驶提供丰富信息支持的同时，也引入了信息安全风险，使车辆可能面临远程恶意控制、威胁和攻击[18]。一旦车辆控制数据遭受黑客恶意攻击或篡改，将严重威胁道路交通安全乃至公共安全。自动驾驶的数据处理，通常包含对大量图像的逐帧标注，这一过程要么依赖人工完成，要么借助机器学习算法实现。在跟踪上下文信息（如周围物体的位置与速度）时，数据标注的准确性尤为关键，这类信息对于评估自动驾驶系统的正确性、提升其稳定性有重要意义[18]。若标注数据质量不足，将直接影响自动驾驶系统判断与决策的可靠性。

此外，智能网联汽车的数据链贯穿设计、生产、销售、使用和运维等全生命周期，面临多样且多场景的数据安全风险。任何环节出现数据泄露，都可能对自动驾驶系统造成难以预估的影响。因此，亟须加强对数据全链条的安全保障。同时，自动驾驶汽车软件也需确保数据包的来源可信、安装过程安全以及系统可溯源，这些均为当前面临的重要挑战。网络安全与数据安全已成为自动驾驶时代交通安全不可或缺的组成部分。

在技术安全层面，自动驾驶主系统安全是软硬件组合套件的安全设计。软件算法是整个自动驾驶系统的核心，典型的L4级自动驾驶算法系统架构主要包括车载操作系统、环境感知、高精地图与定位、预测决策与规划、控制与执行模块等。国外学者针对自动

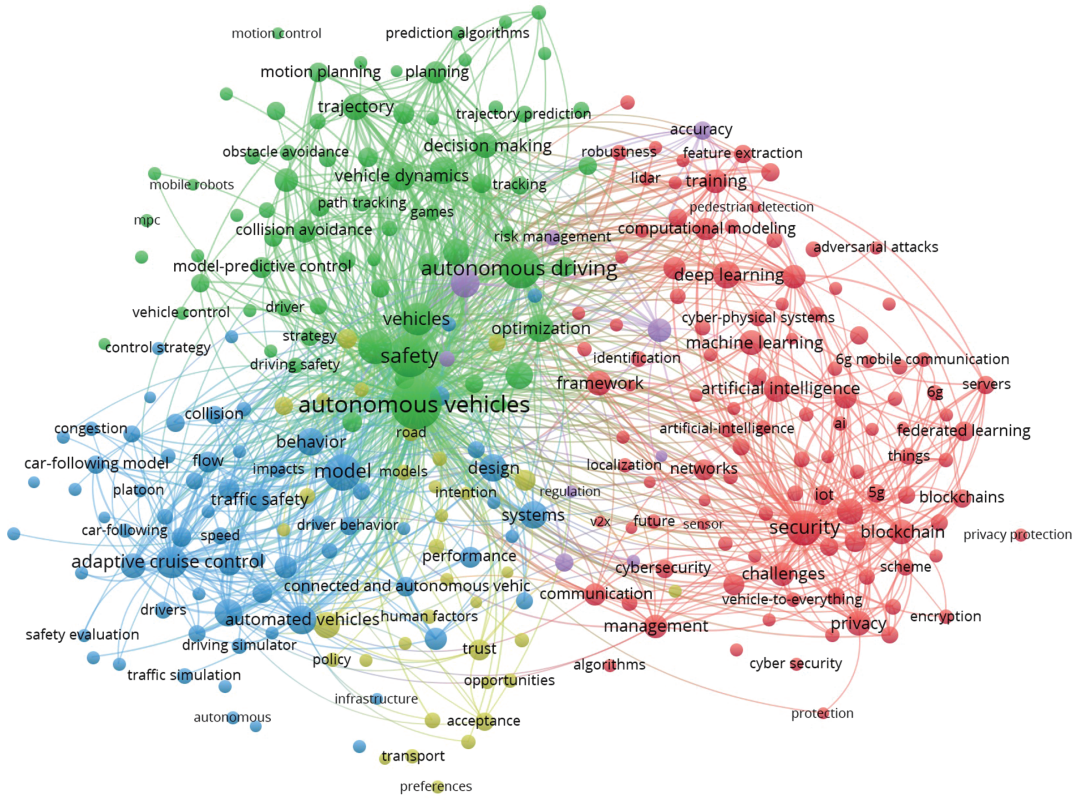


图2　自动驾驶安全关键词文献分析

驾驶在不同场景下的安全挑战，提出了多种创新性的解决方案和技术框架。Fujinami[19]提出了一种自动驾驶系统在城市环境中安全超越自行车的方法，通过识别超车时的突发风险并设计相应的目标速度和位置策略，实现了基于车载传感器信息的实时计算，有效降低了超车过程中的碰撞概率。这一研究为复杂城市道路环境下的自动驾驶安全提供了重要参考。针对动态环境中的风险限制运动规划问题，Ahmad[20]提出了一种基于图的局部规划方法，该方法结合用户特定驾驶偏好，通过格子图构造和整数线性规划任务，实现了风险有界且预测感知的约束最短路径规划。该方法不仅提高了自动驾驶车辆在复杂交通场景中的适应性，还为实时决策提供了可靠的理论支持。在自动驾驶系统的自我进化能力方面，Yang[21]提出了一种基于数据驱动的风险量化模型的自进化算法，通过模拟人类驾驶过程中的风险感知方式，结合注意力机制，实现了在不牺牲安全性能的前提下提升系统的进化能力。这一研究为自动驾驶系统在开放环境中的长期安全运行提供了新的思路。此外，Xu[22]针对信号交叉口的复杂基础设施，深入分析了道路要素带来的风险源，并通过高斯横截面圆环的车辆位置量化风险范围和分布，提出了基于风险水平控制的驾驶模式优化方法。该方法为自动驾驶车辆在信号交叉口的安全通行提供了量化依据。

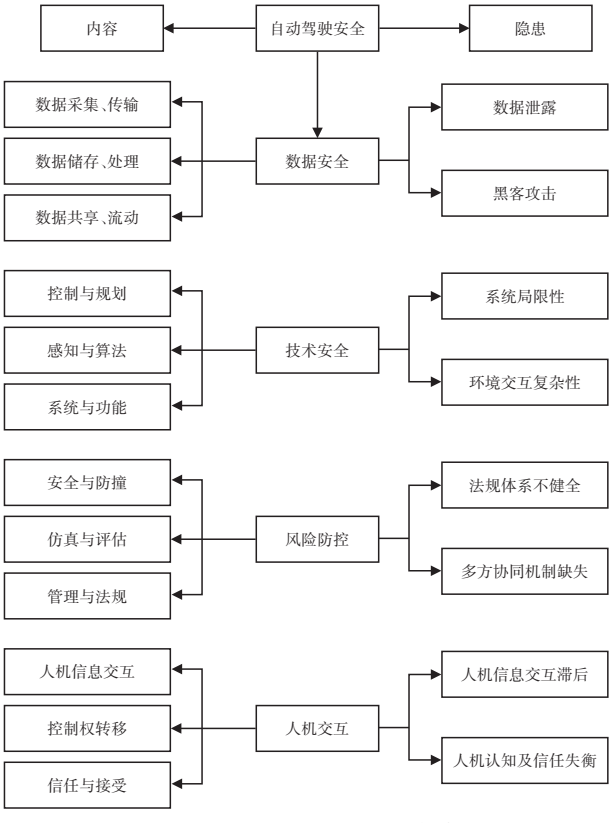


图3　自动驾驶安全关键词归类

综上所述，自动驾驶车辆依托高安全性的软件操作系统、多源传感器融合感知方案以及基于安全边界

的预测控制算法，可在动态交通环境中实现自主、安全行驶[23]。然而，国外最新研究表明，极端气象条件与多车协同实时决策仍是制约安全性能的关键瓶颈。Jong[24]等对580起自动驾驶系统相关碰撞事故的分析表明，“非晴朗天气条件”是与自动驾驶伤害事故正相关的关键因素之一。尽管技术不断进步，但现有自动驾驶系统的感知或决策能力在恶劣天气下仍会显著下降，导致系统整体风险水平上升。机器学习本身的不确定性是上述自动驾驶安全问题的根源之一。由于实际环境具有复杂性和多样性，机器学习模型本身的假设可能无法产生足够准确的反应，使输出具有不确定性，进而导致系统行为决策的不确定性，可能引发自动驾驶安全事故[25]。未来研究需进一步结合多传感器融合、边缘计算等新兴技术，以推动自动驾驶安全技术向更高水平发展。

自动驾驶风险控制层面，Guo等[26]通过构建“可驾驶性”的评估框架，系统梳理了自动驾驶汽车在风险防控领域面临的核心挑战和关键影响因素，即自动驾驶汽车在感知、预测和决策环节面临的不确定性及系统性问题以及环境、车辆自身状态以及动态交通参与者的交互行为。Yu等[27]指出，基于多传感器融合的物体检测技术已成为风险控制的关键手段，激光雷达（Light Detection and Ranging，LiDAR）与雷达的协同应用使系统在复杂环境中实现了对动态障碍物的毫米级精度识别，而对抗性学习技术的引入进一步增强了恶劣天气条件下的检测稳定性。

在硬件可靠性评估领域，Kimmerle[28]揭示了自动驾驶电子元件可靠性验证的范式转变。研究表明，传统平均故障时间（Mean Time To Failure，MTTF）评估方法因测试周期过长难以满足开发需求，必须建立基于概率模型的实时预测体系，这对L3以上自动驾驶系统的故障预防具有决定性意义。Hou等[14,29]提出的多模态故障诊断方案则填补了感知系统安全研究的空白，其通过卷积神经网络（Convolutional Neural Network，CNN）与毫米波雷达的时空数据融合，将传感器故障识别准确率提升至98.7%，为系统冗余设计提供了量化依据。这些技术创新共同推动了从单点故障检测到全链路风险预警的技术演进。

当前自动驾驶风险控制领域正呈现出多技术深度融合与评估体系革新的鲜明特征。未来应强化感知、决策与控制硬件系统之间的协同设计与验证，最终实现风险预警与控制的系统化、精准化和自适应。

在L4/L5级自动驾驶尚未普及的阶段，驾驶员仍需承担监管与接管职责[29]。在车辆开启自动驾驶功能时，驾驶员的职责发生了质的改变，由驾驶者变成了监管者，当自动驾驶算法检测到超出设计运行域的场景时，将发起接管请求。接管过程时长直接影响突发事件的安全余量：接管时间越长，车辆暴露于风险窗口的时间越久。因此，在未来相当长时间内，人类驾驶员仍将是车辆操作中的关键角色，或作为系统的监督者，或在必要时进行手动接管。即便在全自动驾驶模式下，只要保留人工介入的选项，驾驶员的责任角色就不会消失[30]。

完全人工驾驶时，驾驶员对车辆道路环境熟悉，对驾驶情况熟悉，当道路出现突发状况在大概率情况下可以及时做出反应，采取车辆制动措施。但是当车辆开启自动驾驶模式，驾驶员脱离对车辆的控制，当遇见突发情况需要人为干预时，从驾驶员接管车辆，到驾驶员熟悉环境再到驾驶员做出判断到及时制动需要的时间比原来完全人工驾驶用时长，在将车辆控制从自动化系统转移回驾驶员手中后，人们发现在最初的10~15 s车辆的管理相当不稳定，驾驶员需要大约40 s，使车辆行驶性能保持稳定[31]。这增大了事故发生的概率，降低了自动驾驶的安全性。

当前研究仍面临若干关键挑战。Abraha[32]指出，现有物体检测算法在极端场景下的泛化能力不足，需要构建更具多样性的对抗训练样本库。Fan等[33]揭示了专业驾驶知识库的构建瓶颈，其团队开发的IDKB数据库虽涵盖多国交通规则，但动态驾驶策略的数字化仍存在技术鸿沟。

未来研究将呈现多学科交叉融合趋势。硬件可靠性评估开始引入量子计算进行故障模拟加速，感知系统诊断则融合了因果推理等可解释AI技术。在法律层面，智能合约技术的应用有望建立自动化责任认定体系。这些进展共同推动自动驾驶风险控制从被动响应向主动预防转型，为高阶自动驾驶的商业化落地构建了坚实的安全基座。

1.2 国内自动驾驶发展及自动驾驶安全研究现状

我国政府高度重视自动驾驶的发展，出台了一系列政策法规，为自动驾驶提供有力的政策支持。2015年，国务院发布的《中国制造2025》将自动驾驶列为重点发展领域之一。2017年，工信部、公安部、交通运输部联合发布了《汽车产业中长期发展规划》，提出加快发展智能网联汽车，推动自动驾驶技术的研发和应用。此外，各级政府还出台了多项政策，对自动驾驶的研发、测试和示范区的建设给予财

政补贴和税收优惠等。

2023年我国L2级新乘用车渗透率达到47.3%，2024年1~5月突破50%。武汉成为全球最大的无人驾驶运营服务区；北京、武汉投入100多亿元进行智能网联建设；20多个城市快速投入试点；上海新发布4张牌照等，这些都代表着智能驾驶进入全面铺开时代。随着自动驾驶技术的迅猛发展，中国已逐步构建起一个以“安全为先、包容审慎、有序推进”为核心理念的政策法规框架，以应对其带来的安全挑战并引导产业健康发展。该框架呈现出“自上而下”构建顶层设计与鼓励“自下而上”地方探索相结合的鲜明特征。

在国家综合管理与准入层面，工业和信息化部等部委联合发布的《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》为技术研发与验证提供了初步规范[34]。近期，工信部等八部门在《汽车行业稳增长工作方案（2025—2026年）》中明确提出推进智能网联汽车准入和上路通行试点，旨在有条件地批准L3级自动驾驶车辆的生产准入，并推动完善道路交通安全、保险等相关法律法规，标志着高级别自动驾驶商业化落地进入关键阶段[35]。

在技术标准与安全要求层面，中国高度重视标准化建设。强制性国家标准GB/T 40429—2021《汽车驾驶自动化分级》确立了自动驾驶技术的统一分级准则，为后续管理奠定了理论基础[36]。与此同时，工信部在《2025年汽车标准化工作要点》中强调将加快自动驾驶系统安全要求强制性国家标准的研制，旨在构建自动驾驶技术的安全基线[37]。在运输服务与产品监管层面，政策侧重于运营安全与市场规范。交通运输部发布的《自动驾驶汽车运输安全服务指南（试行）》明确了使用自动驾驶汽车从事运输经营活动的基本安全要求[38]。针对市场宣传与产品缺陷，国家市场监督管理总局与工信部联合发布通知，严禁使用“自动驾驶”等误导性宣传用语，并加强对空中下载技术（Over-The-Air，OTA）升级、产品召回及生产一致性的全生命周期监管，以保障消费者权益[39]。在地方立法与先行先试层面，各地积极展开探索。深圳市人大常委会通过的《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》作为国内首部专门立法，首次对事故责任认定进行了突破性规定，为L3级条件下的事故责任划分提供了地方性法律依据[40]。北京市也紧随其后，通过《北京市自动驾驶汽车条例》为高级别自动驾驶上路进一步扫清障碍[41]。

综上所述，中国通过多层次、多领域的政策与法规协同，正逐步构建一个涵盖测试、准入、技术、运营、监管与责任的自动驾驶治理体系。未来的工作重点是推动国家层面法律（如《道路交通安全法》）的修订、完善数据安全与网络安全相关标准，并建立适应自动驾驶特性的保险与责任认定制度，以最终实现技术创新与公共安全的平衡。

目前，国内开放的自动驾驶测试道路多位于路况简单、人流较少的郊区，试乘车运行速度也普遍较低。每辆测试车均配备了安全员，如果遇到紧急情况，需要安全员介入处理，如百度的无人出租车服务。自动驾驶通过感知、规划与执行3个层面实现，其技术目标旨在达成最高等级的车辆行驶安全，然而，即使是目前已商用的自动驾驶系统，也不能完全保障交通安全。避让算法不成熟、机器识别效率低或处理系统高负载运行等问题，都可能引发致命事故[42]。

自动驾驶汽车的缺陷可分为制造缺陷、设计缺陷和警示缺陷。功能安全方面，除传统汽车部件和电子电器常见的不符合设计规范（或标准）和随机硬件失效之外，自动驾驶系统还涉及大量软件故障，因其复杂功能而对系统硬件与软件设计提出了更高要求，包括冗余性、异构性与监控能力等。如何设计有效的自动驾驶系统故障诊断及容错控制机制，使车辆在面临功能安全风险时仍可保持所需要的性能、确保车辆满足功能安全要求仍是待深入研究的问题[25]。

自动驾驶要实现全面落地，安全是根本前提。关于驾驶决策应由人还是系统主导更为安全，仍存在广泛讨论。

2 国内外自动驾驶事故原因分析

据美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）最新数据显示，2023年全球涉及自动驾驶系统的致命事故同比增长27%，其中特斯拉占比超60%。

从国际视角看，特斯拉2025年第一季度报告显示，其配备Autopilot辅助驾驶系统的车辆，平均每行驶约1 197万km发生一起事故，事故率仅为美国平均水平（约113万km一次）的约十分之一[43]。专攻L4级无人驾驶的Waymo其数据更为惊人，基于超过9 120万km的无人驾驶（Rider-Only）里程分析表明，其在所有碰撞类型中的事故率均显著低于人类驾驶基准，尤其在车对车交叉路口碰撞中，任何受伤报告的碰撞减少了96%[44]。然而，技术缺陷引发的风险依然存在，例如新兴电动车企Rivian因辅助驾驶系统软件缺陷误识别前方车辆，导致需召回超过2.4万辆汽

车，凸显了感知算法在复杂场景下的不足[45]。

切换国内视角，“懂车帝”与中南大学联合发布的《智能网联汽车辅助驾驶安全场景研究报告》指出，在分析的41起典型辅助驾驶交通事故中，高速公路是事故最高发场景（21起），追尾（占比39%）是最常见的碰撞类型，且超80%的事故发生在白天[46]。该研究进一步揭示，感知系统识别失效是事故最主要的诱因，占比合计超60%，主要体现在对前方静止/低速障碍物识别失败（34.1%）以及对周边动态物体的误判或漏判（29.3%）[46]。这些事故深层原因往往与驾驶员因营销宣传产生误解、过度依赖系统而忽视接管责任有关。自动驾驶事故主要因素分析，如图4所示。

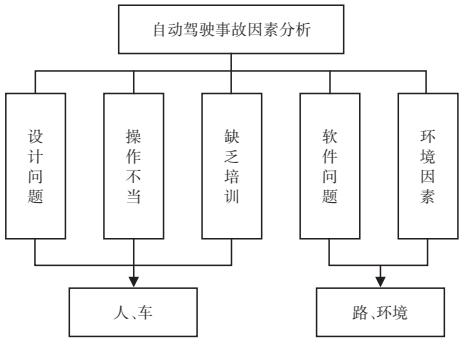


图4　自动驾驶事故因素

从数据安全、车辆技术安全、自动驾驶风险控制和人机转移4个维度系统性地审视自动驾驶安全问题。

2.1　数据安全

自动驾驶汽车面临的黑客攻击与数据泄露风险日益严峻，目前研究重点集中在攻击入口拓展与防护技术革新方面。在攻击层面，自动驾驶汽车配备的多种传感器（如摄像头、激光雷达）、车载接口（如OBD-II、USB）及无线通信协议（如蓝牙、4G/5G）均可能成为黑客的攻击入口。具体攻击手段包括通过欺骗激光雷达实现车辆撞击，或通过车载诊断系统（On-Board Diagnostics, OBD）接口破坏汽车总线通信[47]。此外，车联网（Vehicle-to-Everything, V2X）协作通信网络也易遭受数据伪造攻击，恶意攻击者可能通过注入虚假数据（False Data Injection）来操纵车辆的控制命令[48]。在数据泄露方面，自动驾驶汽车在运行过程中会采集大量高维敏感数据，这些数据通过V2X通信与云端及其他车辆共享时，其去向难以追踪，极大增加了数据泄露风险[49]。近年来，甚至出现了车外人脸信息匿名化检出率低于90%[50]、应用程序缺乏隐私政策等具体数据安全问题。

自动驾驶车辆运行过程中会产生海量数据，这些数据的事后采集、验证与分析是进行事故责任界分的核心依据[51]。为确保数据的真实性、完整性与可信度，工信部在《智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统》等标准中明确提出，自动驾驶数据记录系统应记录车辆状态、自动驾驶系统运行信息、行车环境及驾驶员操作等5类数据元素，并要求系统必须具备防篡改能力，当数据完整性和真实性遭破坏时，应能通过技术手段进行识别和日志记录[52]。此外，国内首个《组合驾驶辅助及有条件自动驾驶事故界定及数据协作技术规范》（T/CAAMTB 287—2025）团体标准也细化了事故界定所需的数据协作技术规范，倡导利用数据指纹、区块链等前沿技术确保事故界定过程真实可信、可追溯。这些要求和技术手段为厘清事故原因、明确责任归属提供了至关重要的数据基础。

2.2　车辆技术安全

当前自动驾驶（尤其是L2/L3级辅助驾驶）车辆的技术可靠性仍是影响安全的关键。感知系统识别失效是导致事故的主要技术原因。相关研究指出，通过对41起典型辅助驾驶事故发生原因进行分析，感知系统对前方静止/低速障碍物识别失败（34.1%）以及对周边动态物体误判或漏判（29.3%）是事故发生的主要原因[46]。美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）报告显示，近几年发生的近千起与特斯拉Autopilot相关的事故中，也多与系统局限和驾驶员误用有关。这凸显出技术未能完美应对所有复杂场景，尤其是深层算法长尾问题（Corner Case）。同时，美国高速公路安全保险协会（IIHS）研究指出，即便所有车辆都实现自动驾驶，或许也只能避免约三分之一的事故，因为许多事故发生得过于突然和剧烈，已超出系统可及时反应的能力范围。

2.3　自动驾驶风险控制

有效的风险控制需覆盖技术研发、测试验证、产品使用乃至保险理赔的全链条。在技术层面，需构建多层次的安全体系[53]。例如，百度Apollo实践了包含主系统安全、冗余安全和远程云代驾的3层安全体系。轻舟智航也建立了覆盖需求分析、架构设计、安全分析、软件开发、测试验证的全生命周期安全管理体系，以满足ISO 26262等国际安全标准。在管理规范层面，我国通过《智能网联汽车道路测试与示范应用管理规范（试行）》等政策，为技术上路验证提供了初步框架。此外，保险是风险控制的重要一环。Waymo与瑞士再保险集团的合作研究显示，自动驾驶在保险索赔率上较完全人类驾驶有显著下降（财

产损失索赔下降约88%),这为自动驾驶商业模式的风险管控提供了积极参考。最终,所有技术和管理措施均需与持续的用户教育相结合,确保驾驶员理解系统边界并时刻准备接管,这是当前风险控制中不可或缺的人为因素[54]。

2.4 人机转移

交通事故来临时人类驾驶员不及时接管是自动驾驶人机转移场景下事故发生的重要诱因,此类事故的责任界定需以接管过程数据为核心依据。国家标准GB 44497—2024《智能网联汽车自动驾驶数据记录系统》明确要求记录系统发出接管请求的时间、驾驶员响应时长等关键数据并保障其防篡改[52]。也有研究指出,利用区块链技术的去中心化与可追溯特性,能够为车联网数据建立可信的共享与存证机制。该机制与自动驾驶数据记录系统相结合,共同为判定驾驶员接管行为及明确责任归属提供了关键的技术支撑[55]。

从当前已发生的自动驾驶事故分析来看,事故原因主要可归纳为5类:自动驾驶车辆设计问题、驾驶员操作不当、驾驶员缺乏智驾系统的使用培训、自动驾驶操控软件问题、道路环境要素。前4类可归因于驾驶员和自动驾驶车辆本身,最后一类则归因于外部环境因素。

综上所述,当前自动驾驶技术(尤其是高级辅助驾驶)在提升道路安全方面潜力巨大,但其可靠性仍受感知算法局限、复杂长尾场景以及人为因素等多重挑战。未来发展亟需技术进步、严格的法规监管、透明的用户教育三者协同推进。

3 自动驾驶安全问题分析及发展趋势分析

3.1 自动驾驶安全挑战深层分析

自动驾驶系统的可靠性面临“长尾挑战”。尽管行业领先企业在实际运行中表现出较低的事故率,但多次公开报道的交通事故表明,感知系统在处理某些极端场景时仍存在明显局限。这反映出当前基于机器学习的算法在泛化能力与不确定性建模方面存在不足。当系统面对训练数据覆盖不足的复杂情境时,其决策机制可能出现偏差,例如对静止或低速障碍物的识别失效在相关案例中占据较高比例。这一问题构成了车辆设计与技术安全领域的根本性挑战。

在人机交互与责任转移层面,存在明显的“信任危机”。以有条件自动驾驶系统为例,其设计要求用户在系统发出请求时及时接管车辆控制。然而,研究表明驾驶员从非驾驶状态切换至有效操控所需时间,往往远超应对突发危险的实际需求。该问题的根源具有双重性:一方面,部分用户因对系统能力产生误解而形成过度信任,导致警觉性下降;另一方面,现有人机交互界面在传达系统状态与接管需求的清晰度、及时性方面存在不足,造成控制权交接过程中的责任模糊地带。这已成为人为因素引发事故的核心原因。

智能网联汽车在数据与网络安全方面存在“系统性漏洞”。由于车辆数据链覆盖全生命周期,使其面临多样化的安全威胁。任何环节的数据若遭受恶意攻击或篡改,都可能对车辆控制构成致命风险。这已超越纯粹的技术范畴,演变为涉及公共安全的系统性挑战。确保数据的真实性、完整性与可信度,不仅是实现有效责任判定的前提,也是当前安全保障体系中的关键薄弱环节。

在法律法规与标准体系建设方面,呈现一定的“滞后性”。尽管我国已初步形成多层次的政策引导框架,并有地方率先出台管理规范,但国家层面的道路交通安全法律体系尚未完成针对自动驾驶的适应性修订。这种立法层面的不完善导致在处理有条件自动驾驶事故时,在责任认定、保险理赔、数据取证等关键环节缺乏充分的法律依据,形成了制度层面的不确定性,从而制约了技术的规模化商业应用。

在极端环境场景的算法性能方面,当前自动驾驶系统在面对极端天气、异形交通参与者混行等低概率但高风险的“长尾场景”时,其决策与感知能力仍存在显著不足。自动驾驶面临的环境复杂性与极端天气难题,主要体现在密集动态的交通博弈以及雨雪雾霾对传感器的干扰上。这些因素共同导致感知系统性能衰减,预测不确定性激增,使车辆在关键时刻面临感知盲区与决策困境,严重威胁行车安全,构成了实现全自动驾驶的核心安全挑战。

3.2 自动驾驶安全协同治理框架

为系统推进自动驾驶安全发展,需充分发挥我国在产业规模、应用场景与政策引导方面的综合优势,从技术融合、法规构建、人本设计与数据防护4个维度协同发力,构建全方位保障体系。基于我国在智能网联汽车产业规模、应用场景多样性以及政策引导能力等方面的优势,建议从以下4个层面系统构建自动驾驶安全协同治理框架:

第一,构建车路云一体化的系统安全架构。充分发挥我国在基础设施建设与统筹协调方面的体制优

势，加快推进C-V2X车联网与智慧道路的规模化部署。通过推动车辆、科技企业及交通管理部门间的数据协同与信息共享，强化路侧设施对单车感知能力的辅助与增强作用，从而在系统层面构建高维度的安全冗余，降低对单车智能的过度依赖与综合成本。

第二，建设国家级安全研究与管理平台。联合重点高校、科研机构及行业领先企业，共同组建专注于自动驾驶安全的研究与评估中心。其核心职能应包括：建设符合中国交通特征的标准测试场景库，开展事故深度调查与技术分析，实施产品上市后的常态化安全监测，并组织自动驾驶伦理规范研究，为相关法规与标准体系的完善提供科学依据与数据支持。

第三，推动数据的安全共享与技术赋能。在严格遵循数据安全与个人信息保护要求的前提下，研究制定自动驾驶数据的合规流通机制与技术标准。积极探索联邦学习等隐私计算技术的应用路径，支持企业间开展“数据不出域”的联合建模与算法训练，从而提升行业整体技术安全水平，破解单一主体数据样本有限的发展瓶颈。

第四，加强公众认知引导与社会共识培育。建立以政府为主导、行业企业参与的科普工作机制，通过公益宣传、技术体验、教育读物等形式，向社会公众客观传达自动驾驶技术的现有能力与适用边界，引导形成合理的技术预期，防范因误解或误操作引发的安全事故，为产业发展营造理性、积极的社会环境。

参 考 文 献

[1] 公安部. 交通安全数据[EB/OL]. (2010-01-09) [2026-01-12]. https://www. mps. gov. cn/n2253534/n2253535/c4128753/content.html.

[2] WAYMO. 安全数据中心报告[EB/OL]. (2025-01-19) [2026-01-13]. https://waymo.com/safety.

[3] 特斯拉. 智能辅助驾驶车辆安全报告 [EB/OL]. (2025-07-23) [2026-01-13]. https://www.tesla.cn/fsd/safety.

[4] 涂辉招, 遇泽洋, 朱晓晖, 等. 自动驾驶路测与人工驾驶事故致因影响对比分析[J]. 现代交通与冶金材料, 2021, 1(6): 40-48.

[5] 平安产险, 汽车之家研究院, 北京大学光华管理学院思想力课题组, 等. 中国智能驾驶商业化发展白皮书(2025): 平权时代智驾商业落地的破局之路[EB/OL]. (2025-03-30) [2026-01-13]. https://autor. com. cn/index/business/20645.html.

[6] 工业与信息化部. 汽车驾驶自动化分级: GB/T 40429—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.

[7] 中国消费者协会. 2018年全国消协组织受理汽车产品投诉情况分析[EB/OL]. (2019-03-15) [2026-01-13]. http://pc.cmrnn.com.cn/shtml/zggsb/20190315/65219.html.

[8] TECHWEB. 蘑菇车联邓志伟：单车智能难支撑自动驾驶落地，系统级方案成发展趋势[EB/OL]. (2021-07-26) [2026-01-13]. https://ai. techweb. com. cn/2021-07-26/2850661.shtml.

[9] 汪敏, 涂辉招, 薛东飞, 等. 基于安全风险预测的自动驾驶自适应巡航控制优化[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2024, 52(4): 512-519.

[10] 邱彬, 李广友. 智能网联汽车数据安全管理研究 [J]. 汽车工程学报, 2022, 12(3): 307-313.

[11] GE M, OHTANI K, NIU Y, et al. VLA-MP: A Vision-Language-Action Framework for Multimodal Perception and Physics-Constrained Action Generation in Autonomous Driving [J]. Sensors, 2025, 25(19): 6163.

[12] 张华桑, 文翊, 陈松, 等. 自动驾驶控制权转换的人机交互研究[C]// 2023中国汽车工程学会年会论文集(1), 2023: 274-280.

[13] NSTC U. Ensuring American Leadership in Automated Vehicle Technologies: Automated Vehicles 4.0 [EB/OL]. 2020[2026-01-13]. https://www. transportation. gov/sites/dot. gov/files/docs/policy-initiatives/automated-vehicles/360956/ensuringamericanleadershipav4.pdf.

[14] HOU W, LI W, LI P. Fault Diagnosis of the Autonomous Driving Perception System Based on Information Fusion [J]. Sensors, 2023, 23(11): 5110.

[15] TRANSPORT D F. The Pathway to Driverless Cars: A Code of Practice for Testing[J]. 2015[2026-01-13]. https://trid.trb.org/view/1366906.

[16] 国土交通省. 自動運転車の安全技術ガイドライン [EB/OL]. (2018-09-12) [2026-01-13]. https://www. mlit. go.jp/jidosha/anzen_guide/jidounten.pdf.

[17] STETTINGER G, WEISSENSTEINER P, KHASTGIR S. Trustworthiness assurance assessment for high-risk AI-based systems [J]. IEEE Access, 2024, 12: 22718-22745.

[18] 宋琦, 武波, 刘永东. 关于智能网联汽车数据安全治理框架的探究[J]. 网络安全与数据治理, 2024, 43(3): 1-8.

[19] FUJINAMI Y, RAKSINCHAROENSAK P. Risk-Predictive Path Planning in Urban Autonomous Driving: A Geometric Approach to VRU Crossing [C]// 16th International Symposium on Advanced Vehicle Control (AVEC 2024). Cham: Springer, 2024: 982-988.

[20] AHMAD A, KHONJI M, AL-SUMAITI A, et al. Graph-Based Local Planning with Spatiotemporal Risk Assessment for Risk-Bounded and Prediction-Aware Autonomous Driving [C]// 2024 18th International

Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV). Dubai, United Arab Emirates: IEEE, 2024: 485-492.

[21] YANG S, LI S, HUANG Y, et al. A Safe Self-Evolution Algorithm for Autonomous Driving Based on Data-Driven Risk Quantification Model[J]. Accident Analysis & Prevention, 2025, 214: 107941.

[22] XU H, WU J. Driving Risk Field and Control Strategies for Autonomous Vehicles at a Signalized Intersection [J]. Journal of advanced transportation, 2023(1): 8072495.

[23] YEONG D J, PANDURU K, WALSH J. Exploring the Unseen: A Survey of Multi-Sensor Fusion and the Role of Explainable AI (XAI) in Autonomous Vehicles[J]. Sensors, 2025, 25(3): 856.

[24] ADEEL M, KHATTAK A J, USMAN S M, et al. Are We Ready for Automated Vehicles? Evaluating Automated Driving Systems' Safety and Reliability Using Propensity Score Matching [EB/OL]. 2025 [2026-01-13]. https://trace.tennessee.edu/utk_civipubs/35.

[25] 赵祥模国家重点研发计划团队. 自动驾驶测试与评价技术研究进展[J]. 交通运输工程学报, 2023, 23(6):10-77.

[26] GUO J, KURUP U, SHAH M. Is it Safe to Drive? An Overview of Factors, Metrics, and Datasets for Driveability Assessment in Autonomous Driving[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2019, 21(8): 3135-51.

[27] YU J. Object Detection Techniques in Autonomous Driving[C]// 2024 2nd International Conference on Data Science, Advanced Algorithm and Intelligent Computing (DAI 2024). Ulis: EDP Sciences, 2025, 70: 01019.

[28] KIMMERLE S J, AVENHAUS R. Modeling and Estimation of the Reliability of Electrical Components for Autonomous Driving[J]. PAMM, 2023, 23(3): e202300159.

[29] HANCOCK P, PARASURAMAN R. Human Factors and Safety in the Design of Intelligent Vehicle-Highway Systems (IVHS)[J]. Journal of Safety Research, 1992, 23(4): 181-98.

[30] NOY I Y, SHINAR D, HORREY W J. Automated Driving: Safety Blind Spots [J]. Safety Science, 2018, 102: 68-78.

[31] MERAT N, DE WAARD D. Human Factors Implications of Vehicle Automation: Current Understanding and Future Directions[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2014, 27: 193-195.

[32] ABRAHA T M, GRAHAM-KNIGHT J B, LASSERRE P, et al. ConvNet-Generated Adversarial Perturbations for Evaluating 3D Object Detection Robustness[J]. Sensors, 2025, 25(19): 6026.

[33] FAN Y, ZHANG Y, LYU W, et al. Interactions and Multifrequency Radiation Characteristics of Bidirectional Leaders in Altitude-Triggered Lightning[J]. Geophysical Research Letters, 2024, 51(16): e2024GL109570.

[34] 刘新. 工信部:规范智能网联汽车道路测试与示范应用[J]. 中国设备工程, 2021(16): 1.

[35] 工业和信息化部, 公安部, 财政部, 等. 工业和信息化部等八部门关于印发《汽车行业稳增长工作方案(2025—2026年)》的通知[EB/OL]. (2025-09-12)[2026-01-13]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202509/content_7040552.htm.

[36] 张行, 孙航. GB/T 40429—2021《汽车驾驶自动化分级》分析 [J]. 中国汽车, 2022(5): 3-5+7.

[37] 工信部发布2025年度汽车标准化工作要点[J]. 信息技术与标准化, 2025(5): 5.

[38] 交通运输部解读《自动驾驶汽车运输安全服务指南(试行)》[J]. 商用汽车, 2023(6): 5.

[39] 市场监管总局. 市场监管总局关于公开征求《市场监管总局 工业和信息化部关于加强智能网联新能源汽车产品召回、生产一致性监督管理与规范宣传的通知(征求意见稿)》意见的公告[EB/OL]. (2025-08-13)[2026-01-13]. https://www.samr.gov.cn/hd/zjdc/art/2025/art_a0f9b1ebf0894a5ea1eb5260c19b6dbe.html.

[40] 深圳市人民政府.《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》解读[J]. 智能网联汽车, 2022(4): 8-12.

[41] 北京市自动驾驶汽车条例 [J]. 北京市人民代表大会常务委员会公报, 2024(6): 102-109.

[42] 田野. 自动驾驶要上路亟待迈过"安全坎"[J]. 智能网联汽车, 2022(2): 19-21.

[43] TESLA. Vehicle Safety Report: Q1 2025[R/OL]. 2025 [2026-01-13]. https://undercodenews.com/tesla-autopilot-is-10x-safer-than-human-drivers-q1-2025-safety-report-shows/.

[44] KUSANO K D, SCANLON J M, CHEN Y-H, et al. Comparison of Waymo Rider-Only Crash Rates by Crash Type to Human Benchmarks at 56.7 Million Miles[J]. Traffic Injury Prevention, 2025,25(1): 1-13.

[45] EV Dances. Rivian Recalls Nearly 20,000 R1T and R1S Models Over Suspension Service Issue[EB/OL]. (2026-01-13)[2026-01-13]. https://evdances.com/blogs/news/rivian-recalls-nearly-20-000-r1t-and-r1s-models-over-suspension-service-issue.

[46] 长江头条. 懂车帝联合中南大学发布报告:辅助驾驶有局限 白天事故占比超八成[EB/OL]. (2025-07-23)

[2026-01-13]. https://www.ctdsb.net/c1666_202507/2491317.html.

[47] 郝来乐, 林声浩, 王震, 等. 智能网联汽车自动驾驶安全: 威胁、攻击与防护[J]. 软件学报, 2025, 36(4): 1859-1880.

[48] GHOSH S, ZABOLI A, HONG J, et al. A Physics-Informed Context-Aware Approach for Anomaly Detection in Tele-driving Operations Under False Data Injection Attacks[J/OL]. (2024-10-17) [2026-01-26]. https://org/10.48550/arXiv2410.13962.

[49] HUANG J, FANG D, QIAN Y, et al. Recent Advances and Challenges in Security and Privacy for V2X Communications[J]. IEEE Open Journal of Vehicular Technology, 2020, 1: 244-266.

[50] 中国汽车工业协会, 国家计算机网络应急技术处理协调中心, 中国信息通信研究院, 等. 关于汽车数据处理5项安全要求检测情况的通报(第四批)[R/OL]. 北京: 国家工业信息安全发展研究中心, 2025. (2025-12-19) [2026-01-13]. https://www.cics-cert.org.cn/webapp/webpage/articlecontent_101003_2001851973992714241.html.

[51] 中国公路学会. 自动驾驶车辆事故责任数据采集及分析技术要求[R/OL]. 北京: 中国标准出版社, 2022. (2022-12-26) [2026-01-13]. https://bz.spc.org.cn/bwonline/d2bfb51aa4ef2e346e842b185f573c63.html.

[52] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统: GB 44497-2024[S/OL].(2024-08-23)[2026-01-13]. https://std.samr.gov.cn//gb/search/gbDetailed? id=208DEC46F6B547EEE06397BE0A0AA4A0.

[53] 陈龙, 高鲁涛, 徐晓庆, 等. 行为安全概念及基于其的自动驾驶能力认可方法[J]. 汽车工程学报, 2024, 14(5): 781-790.

[54] 马舒, 章薇, 史金磊, 等. 基于认知机制的有条件自动驾驶接管中的人因问题[J]. 心理科学进展, 2020, 28(1): 150-160.

[55] 范艳芳, 张哲, 秦天琦, 等. 基于区块链的车联网数据共享综述[J]. 计算机应用研究, 2025, 42(6): 1611-1623.

（责任编辑　**明慧**）

《汽车工艺与材料》投稿须知

《汽车工艺与材料》于1986年创刊，是由中国第一汽车集团有限公司主办的国内外公开发行的汽车材料与制造技术类月刊，目前已入选《中文核心期刊要目总览》(第二版)、RCCSE中国准核心学术期刊(B+)、中国核心期刊(遴选)数据库、中国学术期刊综合评价数据库、欧洲学术出版中心数据库(EuroPub)、哥白尼精选期刊数据库(ICI Journals Master List)、EBSCO International数据库、J-Gate数据库。

《汽车工艺与材料》以“为中国报道汽车制造，为汽车引领工艺材料”为办刊宗旨，致力于报道以汽车轻量化技术和智能制造技术为核心的先进制造技术与材料应用技术，重点关注电动汽车蓄电池、电机、电控关键材料技术，燃料电池材料技术，高强度钢、铝镁合金、非金属材料及其成形技术，连接技术，智能装备与绿色制造等，以期通过高质量学术内容的出版和传播助推行业创新技术的交流与发展。

《汽车工艺与材料》杂志关注领先的整车及零部件企业和材料、装备等供应商，及时报道汽车行业最新的产品设计、制造、材料、加工技术、生产装备、检测技术等方面的成功案例。

主要栏目：

AT&M视界、生产现场、材料应用、生产装备、检测技术、数字化园地、行业动态等。

投稿要求：

(1)来稿须具有独创性并与实践相结合，文章字数最好控制在5 000～8 000字。

(2)来稿不能在国内、外公开杂志上发表过，请勿一稿多投。

(3)来稿的试验方法、试验数据、试验结论必须准确、可靠。

(4)来稿须包括以下项目：题名、作者姓名、作者单位、摘要(200字左右)、参考文献等。来稿采用word文档的格式。

(5)来稿文章格式应符合一般科技论文格式，或参考近期本刊所刊登文章格式。

(6)文章必须附有公开发表的、体现本领域最新研究成果的参考文献，且在文中应标注文献引用处。

(7)本刊使用网站投稿，投稿网址：http://qcgyycl.cbpt.cnki.net，咨询电话：0431-82026054。

竭诚欢迎汽车行业及相关各界的专家学者积极向本刊投稿。