·2026中国汽车工程学会年会优秀论文(选登)·

国际视角下车用人工智能安全标准体系对比研究

华一丁[1] 王潼[2] 伍晶晶[3]

(1.中国汽车技术研究中心有限公司,天津 300300;2.小米汽车科技有限公司,北京 100176;3.广州小鹏汽车科技有限公司,广州 510653)

【欢迎引用】华一丁,王潼,伍晶晶.国际视角下车用人工智能安全标准体系对比研究[J].汽车文摘,2026(10):54-62.

【Cite this paper】HUA Y D, WANG T, WU J J. A Comparative Study on the Standard System for Automotive Artificial Intelligence Safety from an International Perspective[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(10): 54-62.

【摘要】为了健全我国车用人工智能安全标准体系、改善产业合规适配性不足的问题,以ISO/PAS 8800车用人工智能安全框架为基准,系统梳理国际通用人工智能与车用人工智能现行及在研标准,对比我国采标、自研标准现状与差距,同时分析全球通用人工智能及车用人工智能政策法规演进过程。研究表明,当前国内车用人工智能安全相关标准,在体系完整度、前沿领域布局以及法规协同衔接层面,仍存在进一步优化完善的空间。在此基础上,结合车用人工智能标准化促进中心标准顶层规划与SAFER AI计划,提出以风险分级、全生命周期管控、车规适配、国际接轨、法规协同为核心的车用人工智能安全标准体系构建思路,为我国车用人工智能安全标准体系建设、产业合规落地及国际标准协调提供理论参考与实施路径。

关键词:车用人工智能;人工智能安全;标准体系;政策研究

中图分类号:U461.91 **文献标志码:**A **DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20260158

A Comparative Study on the Standard System for Automotive Artificial Intelligence Safety from an International Perspective

Hua Yiding[1], Wang Tong[2], Wu Jingjing[3]

(1. China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd., Tianjin 300300; 2. Xiaomi Auto Technology Co., Ltd, Beijing 100176; 3. Guangzhou Xiaopeng Automotive Technology Co., Ltd., Guangzhou 510653)

【Abstract】To improve the safety standard system for automotive artificial intelligence in China and address the issue of insufficient compliance adaptability in the industry, the paper systematically reviews the released and under-development international standards for automotive artificial intelligence based on the automotive artificial intelligence safety framework of ISO/PAS 8800, and compares the adoption and independent development of relevant standards in China, as well as existing gaps. It also summarizes the evolution of global policies and regulations governing automotive artificial intelligence. China's existing standards for automotive artificial intelligence safety remain to be further improved in system construction, forward-looking deployment and connection with relevant laws and regulations. Combined with the top-level plans of automotive aritificial intelligence standardization advancement center and the SAFER AI initiative, the paper proposes a construction pathway for China's automotive artificial intelligence safety standard system, centered on risk classification, full-lifecycle management, vehicle-grade adaptation, international alignment, and regulatory coordination. This study provides theoretical references and practical guidance for the improvement of China's automotive artificial intelligence safety standard system, industrial compliance and international standard coordination.

Key words: Automotive artificial intelligence, Artificial intelligence safety, Standard system, Policy research

0 引言

汽车作为物联网的重要组成部分,正加速向网联化、智能化、自动驾驶方向演进[1]。智能网联汽车(Intelligent and Connected Vehicle,ICV)集环境感知、智能决策及控制于一体[2],是实现安全行驶的关键[3-4]。自动驾驶系统(Automated Driving System,ADS)作为L3~L5级智能网联汽车的核心,可在设计运

行域(Operational Design Domain,ODD)内执行动态驾驶任务(Dynamic Driving Task,DDT)[5]。自动驾驶系统是典型的安全关键系统,人工智能技术(Artificial Intelligence,AI)是推动自动驾驶技术向高阶演进的关键支撑,其安全性是自动驾驶商业化发展的核心因素[6-9]。

人工智能安全旨在确保系统满足适用性安全标准的技术、流程和方法[10]。目前处于人工智能标准化的关键阶段,相关安全标准存在技术安全与可信保障割裂、体系碎片化、区域策略失衡等局限性[11-14]。车用人工智能是指采用机器学习和深度学习等人工智能算法、用于环境感知、决策规划等相关功能的电子电器系统及组件,目前存在感知精度不足、短中期预测能力不足、极端场景数据不足及功能安全不兼容等问题,其安全标准化在数据依赖与全生命周期方面明显滞后于通用人工智能标准[9],现有标准(如ISO/PAS 8800: 2024[14])因缺乏大模型可靠性、可解释性等规范与量化方法,难以支撑其规模化落地[15]。

这种滞后性在全球层面表现明显。欧盟、美国、中国监管路径存在显著差异:欧盟强调合规与问责[16-17],美国侧重市场自律[18],而中国虽已建立算法备案等机制,但尚未形成统一的跨域风险分级框架。国际标准体系呈现碎片化特点[19],导致全球协同难度高[20-22],国内技术标准与政策具有双重影响:一方面可以降低技术发展的不确定性[23],另一方面可能因规则缺失或抑制创新带来全生命周期风险[9]进一步引发系统性风险。如何在技术标准与政策法规间寻求平衡,成为亟待解决的核心难题[19-21]。

现有研究多局限于单一标准或国别政策,缺少通用人工智能、车用人工智能与智能网联法规的联动对标分析。本文立足国际视野,分析车用人工智能安全标准体系的现状、挑战与构建路径,构建国际国内、标准政策双向分析框架,梳理中外规制差异并提出体系化建设方案。通过文献梳理与比较研究,逐层开展现状分析、对标研判、差距分析与架构设计,可为我国车用人工智能安全标准完善与落地应用提供参考。

1 国际人工智能标准体系分析

1.1 国际人工智能现行标准

ISO/IEC JTC 1/SC 42是国际标准化组织(International Organization for Standardization,ISO)与国际电工委员会(International Electrotechnical Commission,IEC)联合技术委员会JTC 1下属的人工智能分技术委员会,目前共有41个已发布标准及50个在研标准[24]。此外ISO/IEC JTC 1/SC27负责制定安全与隐私保护的通用方法、技术和指南。

如图1所示,以ISO/PAS 8800框架展开的基础与概念、安全管理与保证论证、技术开发与核心功能、验证确认与安全分析、应用与运维为纵轴,系统性梳理并列举了ISO/IEC现行人工智能相关重要国际标准与在研标准。现行国际人工智能标准呈现以下特征:(1)以术语与通用框架类标准(如ISO/IEC 22989: 2022[6])为基础建立跨领域共识;(2)通过风险管理与全流程管理标准(如ISO/IEC 42001: 2023[25]等)初步构建安全管理基础;(3)以数据质量与流程规范类标准(如ISO/IEC 5259: 2024系列标准)[26]为重点,聚焦技术开发的数据与流程。

现行国际人工智能标准存在以下局限性:(1)场景适配性不足,未结合车用人工智能高可靠、高实时的关键场景需求细化规范;(2)人工智能全生命周期安全、可解释性、偏差治理及双安全融合条款较为零散;(3)人工智能系统验证测试、可信运维、动态监管等配套标准存在缺失。

1.2 国际人工智能在研标准

如图1所示,右侧的在研标准已形成从顶层框架到技术落地再到应用场景的完整链条,与现行标准多聚焦通用流程、数据质量不同,均围绕人工智能特有风险,如模型、数据、可解释性、鲁棒性等层面展开,如人工智能安全与功能安全ISO/IEC CD TS 22440系列[27]、人工智能系统监控和监管指南、人机协作安全等,直接为汽车、医疗、金融等强监管行业提供技术依据。此外,生成式人工智能成为标准体系的重要部分,表明生成式人工智能不是传统人工智能的简单升级,其带来的幻觉、偏见、滥用风险,需要全新的标准体系来约束。同时,在研标准中的大量内容与车用人工智能安全标准高度呼应,如人工智能系统生命周期管理、红队测试、鲁棒性评估、不确定性量化、偏差处理等,直接对接ISO/PAS 8800、R155/R156的体系要求。

1.3 我国人工智能标准现状及差距分析

我国人工智能国家标准主要由全国信息技术标委会人工智能分委会(SAC/TC 28/SC 42)归口制定,负责基础共性、术语架构、可信治理等核心国标,部分人工智能安全类国标由全国网络安全标准化技术委员会(SAC/TC 260)执行。此外,汽车领域人工智能标准

通用AI(现行)	ISO/PAS 8800框架	通用AI(在研)
ISO/IEC 22989:2022 信息技术 人工智能概念和术语 ISO/IEC 23053:2022 使用机器学习的人工智能系统框架 ISO/IEC 5392:2024 信息技术人工智能知识工程参考架构 ISO/IEC 20546:2019 信息技术大数据概述和词汇	基础与概念	ISO/IEC 22989:2022/DAmd1 信息技术 人工智能 人工智能概念与术语 生成式AI ISO/IEC 23053:2022/DAmd1 基于ML的AI系统框架 生成式AI ISO/IEC AWI TS 25566AI 系统领域工程的术语与概念 ISO/IEC 22989:2022/AWI Amd2 信息技术 人工智能 人工智能概念与术语 修订2
ISO/IEC 23894:2023 信息技术 人工智能 风险管理指南 ISO/IEC 42001:2023 信息技术 人工智能 管理体系 ISO/IEC 5338:2023 信息技术 人工智能 AI系统生命周期过程 ISO/IEC TS 8200:2024 信息技术 人工智能 自动化人工智能系统的可控性 ISO/IEC TR 21221:2025 信息技术 人工智能 有益的人工智能系统 ISO/IEC TR 20547-1:2020 信息技术 大数据参考架构 第1部分:框架与应用流程 ISO/IEC TR 24028:2020 信息技术 人工智能 人工智能可信性概述	安全管理与保证论证	ISO/IEC CD TS 22440-1 人工智能 功能安全与AI系统第1部分:要求 ISO/IEC CD TS 22440-2 人工智能 功能安全与AI系统第2部分:指南 ISO/IEC CD TS 22440-3 人工智能 功能安全与AI系统第3部分:应用案例 ISO/IEC AWI 42003 信息技术 人工智能 ISO/IEC42001的实施指南 ISO/IEC AWI TS 25570 信息技术人工智能 AI系统可靠性评估 ISO/IEC AWI TS 25864 信息技术 人工智能 AI系统韧性评估 ISO/IEC AWI 25704 人工智能 AI系统生命周期过程的过程评估模型
ISO/IEC TR 5469:2024 人工智能 功能安全与人工智能系统 ISO/IEC 5259:2024 人工智能 分析和机器学习的数据质量(5部分) ISO/IEC 8183:2023 信息技术 人工智能数据生命周期框架 ISO/IEC 24668:2022 信息技术 人工智能 大数据分析流程管理框架 ISO/IEC TR 20547:2020 信息技术 大数据参考架构 ISO/IEC TR 17903:2024 人工智能 机器学习计算设备概述 ISO/IEC TR 24029-1:2021 神经网络鲁棒性评估第一部分:概述	技术开发与核心功能	ISO/IEC AWI TS 25569 人工智能 机器学习(ML)数据去标识化实施指南 ISO/IEC WD TS 25568 信息技术 人工智能 生成式AI系统风险应对指南 ISO/IEC DIS 42105 信息技术 人工智能 AI系统人工监管指南 ISO/IEC TR 5259-6 人工智能 分析与ML的数据质量 第6部分:数据质量可视化框架 ISO/IEC WD 25959 信息安全、网络安全和隐私保护攻击潜力在深度学习技术中的应用 ISO/IEC AWI 25623 人工智能 机器学习(ML)模型描述框架 ISO/IEC AWI 25872-1 人工智能 预训练机器学习模型的知识增强 第1部分:框架 ISO/IEC CD TS 25258 信息技术 人工智能 AI系统混合 AI 推理框架 ISO/IEC DIS 42102 信息技术 人工智能 系统方法与能力特征描述框架 ISO/IEC CD TR 42103 信息技术 人工智能 AI系统背景下合成数据概述 ISO/IEC CD 23282 人工智能 — 高精度自然语言处理系统的评估方法
ISO/IEC TS 4213:2022 信息技术 人工智能 机器学习分类性能评估 ISO/IEC TS 12791:2024 信息技术 人工智能 分类和回归机器学习任务中不良偏差 ISO/IEC TR 24027:2021 信息技术 人工智能 偏差和人工智能辅助决策 ISO/IEC TS 6254:2025 信息技术 人工智能 ML模型和AI系统可解释性/可理解性 ISO/IEC TS 33062:2025 信息技术 过程评估 定量过程的流程评估模型 ISO/IEC 42005:2025 信息技术 人工智能 人工智能系统影响评估 ISO/IEC TR 24029-2:2023 人工智能 神经网络鲁棒性评估 第2部分: 形式化方法使用方法论	验证、确认与安全分析	ISO/IEC CD 4213 人工智能 分类、回归、聚类和推荐任务的性能评估 ISO/IEC CD TR 42106 信息技术 人工智能 人工智能系统质量特征差异化基准概述 ISO/IEC FDIS 27090 网络安全 人工智能 应对人工智能系统安全威胁与危害的指南 ISO/IEC DTS 42119-3-2 人工智能 AI 测试 第3部分:AI 系统验证与确认分析 ISO/IEC AWI TS 42119-7 人工智能 AI 测试 第7部分 红队测试 ISO/IEC AWI TS 42119-8 人工智能 AI 测试 第8部分:生成式AI 文本 文本系统的质量评估 ISO/IEC AWI 25058 /ISO/IEC DIS 25059 AI 系统质量评估的测量与指南/模型
ISO/IEC 5339:2024 信息技术 人工智能 AI应用指南 ISO/IEC TR 20226:2025 信息技术 人工智能 AI系统的环境可持续性方面 ISO/IEC TR 20547-2:2018 信息技术 大数据参考架构 第2部分:用例和派生需求 ISO/IEC TR 20547-5:2018 信息技术 大数据参考架构 第5部分:标准路线图	应用与运维	ISO/IEC CD TR 42109/ISO/IEC AWI 25589 信息技术 人工智能 人机协作的应用场景/框架 ISO/IEC AWI TR 24030 信息技术 人工智能(AI)用例 ISO/IEC DIS 42105 信息技术 人工智能 AI 系统人工监督指南 ISO/IEC AWI 25870 人工智能 AI 事件报告的数据要素 ISO/IEC CD TS 42111 信息技术 人工智能 轻量级 AI 系统指南

图1　基于ISO/PAS 8800框架分类的通用人工智能国际标准

由全国汽车标准化技术委员会智能网联汽车分会(TC114/SC 34)执行。截至2025年,我国已发布人工智能国家标准30项、在研标准84项[28]。

我国人工智能安全标准以应用安全、数据安全、内容治理为主[13, 29],而国际标准已形成全生命周期、可信可靠、功能安全的系统性体系。目前,我国存在以下3个方面差距:(1)底层基础标准多借鉴采纳,原创供给不足;(2)安全体系偏原则性表述,缺少工程化落地方法;(3)各环节标准协同不足、碎片化突出,无法满足车用人工智能的高可靠安全需求。

2　国际车用人工智能标准体系分析

2.1　国际车用人工智能现行标准

通用人工智能标准是车用人工智能标准的基础,但车用人工智能具有车规级安全要求、高风险场景约束与全生命周期合规特性,需结合汽车行业法规与工程实践对其进行针对性转化。

国际道路车辆领域人工智能标准统一由道路车

辆技术委员会(ISO/TC 22)主导相关工作。ISO/PAS 8800[14]是全球首个车用人工智能安全国际标准。如图2所示,本文以ISO/PAS 8800结构为框架,系统性梳理并列举ISO/IEC现行道路车辆人工智能重要相关国际标准与在研标准。现行标准以解决硬件故障、软件漏洞、系统失效为主,ISO/PAS 8800[14]的发布弥补了人工智能特有风险(数据偏差、模型漂移、对抗样本、黑箱决策)在标准层面的空白。

如图2所示,现行国际车用人工智能标准呈现以下特征:(1)基础共识先行,以ISO/PAS 8800[14]等框架统一术语、场景与数据进行定义;(2)安全为纲,伦理与管控并重,形成了伦理原则-系统安全设计与验证-工程落地的安全管理链条,并引入跨行业标准补充;(3)沿用并适配成熟车规标准,在功能安全[30]、预期功能安全[31]、网络安全[32]等既有标准基础上,针对软件迭代与空中升级技术等人工智能特性制定专项标准。

然而现行标准如测试场景类标准和应用运维类标准仍聚焦L2级自动驾驶功能,未覆盖全场景L4自动驾驶,且对数据合规、隐私保护、数据跨境、数据漂移监控要求零散,尚未形成完整的治理体系。

2.2 国际车用人工智能在研标准

如图2所示,车用人工智能国际标准的研发重点正在向人工智能安全、全生命周期闭环管理和高风险场景适配延伸。现行标准以L2 ADAS为主,而在研标准的核心目标是支撑L3及以上高等级自动驾驶,同时针对性解决人工智能特有风险,如模型迭代安全、预期功能安全、网络安全等。通过"场景化、可量化、可验证"升级迭代,为全球车用人工智能量产提供可落地、可认证的技术依据,与国际监管要求同频。

2.3 我国车用人工智能标准现状及差距分析

我国道路车辆基础安全标准已等同对标国际标准,此外深度参与ISO/PAS 8800标准制定[33],并启动国内车用人工智能标准体系建设[34]。围绕人工智能数据治理、模型开发、验证评估、全生命周期管理等核心环节,立项多项专项标准,重点解决模型偏差、对抗攻击、数据漂移、可解释性等人工智能特有风险,逐步构建与国际接轨、兼具中国特色的人工智能安全技术框架[35]。此外,依托国内丰富的道路场景和产业实践,我国已建立覆盖基础分级、全维度安全、场景测试、核心功能与车路协同的自动驾驶国标体系,部分标准如自动驾驶场景及道路试验方法[36-38]被纳入ISO国际标准,为L3/L4级高等级自动驾驶量产落地提供关键支撑。

我国车用人工智能标准虽已取得一定进展,但相较于国际先进框架,其在体系完整性、技术深度与法规协同方面仍存在明显短板,制约了高阶自动驾驶安全落地与国际认证互认。一是标准体系较为分散,归口统筹不足,通用人工智能规范与车规要求割裂,各安全领域衔接不足;二是风险管控适配性偏弱,针对模型缺陷、对抗攻击、人机交互等特有风险,国内多为原则性要求,缺乏高阶自动驾驶关键场景量化指标与测试方法;三是全生命周期规范不完善,标准集中于研发测试阶段,在模型迭代、动态监控、安全退役等后端环节存在规则空白;四是标准法规协同不足,国内标准、监管政策衔接不畅,国际规则本土化适配不足,增加了企业合规与出海成本。

3 国际人工智能及车用人工智能政策

3.1 国际人工智能及车用人工智能政策演变情况

全球人工智能及车用人工智能相关政策的演进与协同趋势,为安全标准体系的构建划定了合规底线、明确了监管导向,是开展车用人工智能安全标准研究的重要政策依据与方向指引。

如图3所示,全球人工智能监管已从早期依赖通用数据保护法,发展为通用人工智能框架与车用专项法规并行的双轨模式。国际层面,2020—2021年开始,WP.29密集发布关键法规,包括R155/R156/R157,覆盖网络安全、空中升级技术与高阶自动驾驶准入;2025年成立人工智能非正式工作组(IWG on AI),聚焦车用人工智能的专项治理;2026年推进《自动驾驶系统全球技术法规》制定,推动全球统一的高阶自动驾驶技术标准落地。区域层面,一方面,以欧盟《人工智能法案》[16]为代表,建立全行业风险分级监管;另一方面,各国针对自动驾驶出台专项测试、准入与安全管理规则,实现从原则指引到强制合规的跨越。例如,欧盟从《通用数据保护条例》[39]发展到将自动驾驶列为高风险人工智能的《人工智能法案》[16];美国呈现出从联邦政策指南到州级人工智能专项法案如《科罗拉多州人工智能法案》的强监管趋势[40];日本采取行业指南及传统交通法结合的柔性治理模式,优先保障创新与商业化;韩国则以专项立法《人工智能基本法》为核心构建制度保障,明确高影响人工智能经营者责任,系统性扫清商业化进程中的法律障碍[40]。



图2　基于ISO/PAS 8800框架分类的车用人工智能国际标准

其中欧盟《人工智能法案》[16]是全球目前最全面、最严格的人工智能安全法律框架。其以“风险分级管控”为核心,将自动驾驶明确列为高风险人工智能系统,并规定了覆盖全生命周期的强制性合规义务,明确车用人工智能在风险管理、数据治理、文档留存、人类监督等方面的法律底线,同时也与ISO/PAS 8800[14]等技术标准要求呼应,形成法律驱动标准、标准支撑合规协同模式。

3.2　全球法规政策对我国车用人工智能安全标准体系搭建的意义

全球法规政策的演进,为我国车用人工智能安全标准体系的构建提供系统性参考。首先,欧盟人工智能法案为高风险自动驾驶系统设立的全生命周期合规基线,可直接转化为我国标准中对开发、验



图3　全球人工智能及智能网联汽车政策演变进程

证、监测等环节的强制性技术要求。其次，各国不同的监管路径，如欧盟的“强监管”、美国的“州级试点”、日韩的“产业导向”等策略，为我国提供了差异化治理思路借鉴。最后，全球法规在数据安全、可追溯性等方面的共性要求，与我国现有法规契合，可通过标准将其转化为可落地的技术指标，实现法规与标准有效协同。

4　我国车用人工智能安全标准体系构建思考

4.1　框架构建总体原则

如图4所示，以国际通用人工智能标准、国际车用人工智能标准、全球人工智能政策等维度，立足我国智能网联汽车产业现状及车用人工智能促进中心SAFER AI计划，对标ISO/PAS 8800安全框架，融合WP.29法规治理逻辑与欧盟《人工智能法案》风险分级理念，构建了具有顶层纲领、五大核心维度、三层协同支撑、全生命周期闭环的车用人工智能安全标准总框架，改善现有体系碎片化、场景适配薄弱的问题。

4.2　车用人工智能安全标准体系整体架构

以车用人工智能标准化促进中心SAFER AI行动计划[34]、智能网联汽车顶层规划为牵引，制定车用人工智能国家标准。如图4所示，目前SAFER AI行动计划以“以安全促发展”为核心理念，构建了车用人工智能标准体系的顶层逻辑，横向以安全管理、风险与治理两大研究方向为支撑，纵向延伸至模型开发与架构、模型评价与测试、测试工具与场景库、数据安全与信息安全、伦理安全、网联通信等关键领域，形成“系统性安全基座-自迭代技术闭环-可信任生态网络”三位一体的车用人工智能标准架构，为车用人工智能的合规落地与安全发展提供全链条标准支撑。

依托ISO/PAS 8800框架，分层完善车用人工智能标准建设。基础共性层面，统一术语定义、场景分类、ODD规范、数据接口与AI模型架构要求；安全合规层面，建立全生命周期安全管理、风险评估及安全论证体系；技术开发层面，规范训练数据治理、算法融合、车载大模型安全开发等内容；测试验证层面，制定量化测试、对抗防护、模型偏差检测等评价方法；运维迭代层面，明确模型衰减评估、迭代管控、人机交互、最小风险策略应用及系统退役、数据销毁等治理要求。

此外融合现有成熟车规体系、协同ISO/TC22、SC42、GRVA、IWG on AI等国际工作组、跟踪全球在研标准与政策趋势，并持续推进动态标准修订，分层推进标准制定，实现开放协同共建。依托国内车企、科研机构、检测机构产业优势，结合中国特色交通场景，形成国际借鉴及自主创新的双轮驱动标准化发展模式。

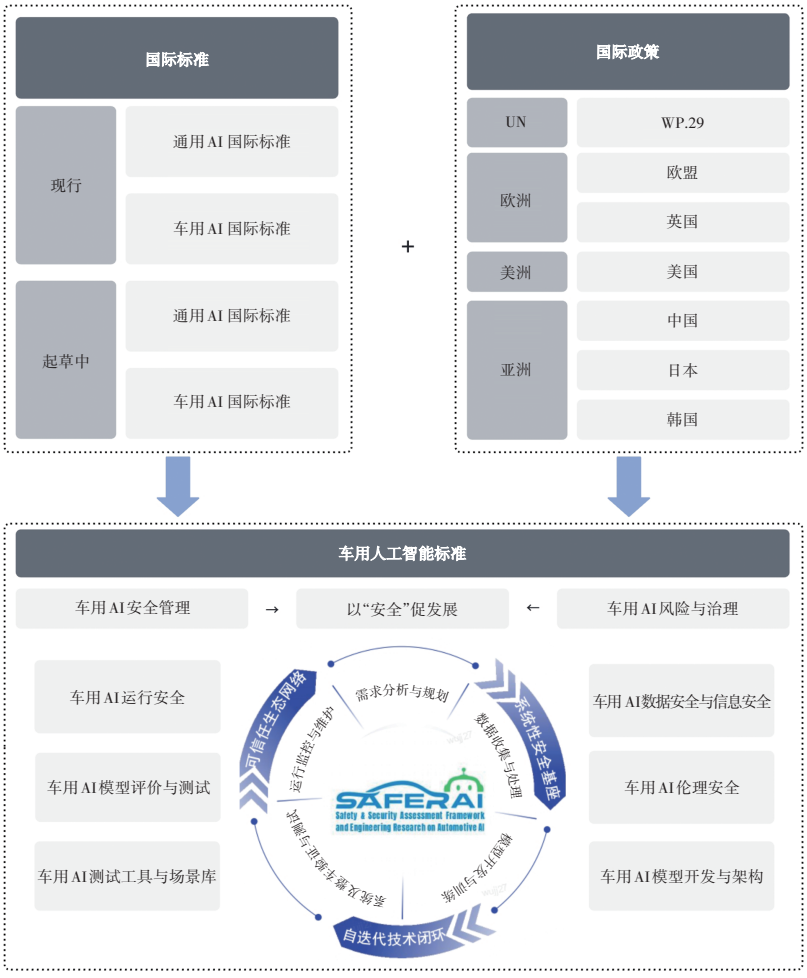


图4　车用人工智能安全标准架构

5　结束语

本文从国内外、标准与法规双维度，梳理并分析人工智能标准与车用人工智能标准现状与差距，为我国车用人工智能安全标准体系提供参考。目前国际以ISO/PAS 8800为核心形成全生命周期标准框架，多国建立差异化监管体系。我国虽已等同或修改采用核心安全标准，并启动多项车用人工智能标准规划，但在体系完整性、通用人工智能安全融合、前瞻技术布局及标准、法规协同方面仍存在明显短板。

后续我国可以以车用人工智能促进中心的SAFER AI标准计划为顶层纲领，借鉴ISO/PAS 8800技术框架与欧盟高风险人工智能监管经验，统筹各类安全要求，搭建涵盖风险分级、测试验证、伦理运维等的闭环标准体系，加快关键技术规范落地。同时攻克风险分级、量化指标、动态监管、数据合规等难题，推动标准与法律衔接，打造适配本土、接轨国际的车用人工智能安全标准体系，助力智能网联汽车产业高质量发展与全球化竞争。

参　考　文　献

[1] LIU J J, LIU J H. Intelligent and Connected Vehicles: Current Situation, Future Directions, and Challenges[J]. IEEE Communications Standards Magazine, 2018, 2(3): 59-65.

[2] CUI M, HUANG H, XU Q, et al. Survey of Intelligent and Connected Vehicle Technologies: Architectures, Functions and Applications[J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2022, 62(3): 493-508.

[3] 全国汽车标准化技术委员会. 智能网联汽车 术语和定义：GB/T 44373—2024[S]. 北京：中国标准出版社, 2024.

[4] 孙航, 张路, 季国田. 智能网联汽车标准体系及重点标准研究与展望[J]. 汽车安全与节能学报, 2024, 15(e6): 795-812.

[5] ISO, SAE. Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-road Motor Vehicles: ISO/SAE PAS 22736: 2021[S/OL]. (2021-08-01)[2026-04-26]. https://www.iso.org/standard/73766.html.

[6] ISO/IEC. Information Technology—Artificial Intelligence—

Artificial Intelligence Concepts and Terminology: ISO/IEC 22989: 2022[S/OL]. 2022[2026-04-26]. https://www.iso.org/standard/74296.html.

[7] GRIGORESCU S, TRASNEA B, COCIAS T, et al. A Survey of Deep Learning Techniques for Autonomous Driving[J]. Journal of Field Robotics, 2020, 37(3): 362-386.

[8] WÄSCHLE M, THALER F, BERRES A, et al. A Review on AI Safety in Highly Automated Driving[J]. Frontiers in Artificial Intelligence, 2022(5): 952773.

[9] ULLRICH L, BUCHHOLZ M, DIETMAYER K, et al. AI Safety Assurance for Automated Vehicles: A Survey on Research, Standardization, Regulation[J]. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, 2025, 10(10): 4784-4803.

[10] PEREZ-CERROLAZA J, ABELLA J, BORG M, et al. Artificial Intelligence for Safety-Critical Systems in Industrial and Transportation Domains: A Survey[J]. ACM Computing Surveys, 2024, 56(7): 1-40.

[11] NETO A V S, CAMARGO J B, ALMEIDA J R, et al. Safety Assurance of Artificial Intelligence-Based Systems: A Systematic Literature Review on the State of the Art and Guidelines for Future Work[J]. IEEE Access, 2022(10): 130733-130770.

[12] IELKE T. Is Artificial Intelligence Ready for Standardization?[C]// Systems, Software and Services Process Improvement. Cham: Springer International Publishing, 2020 (1251): 274-295.

[13] 孙宇, 王红杰, 杜彦辉. 人工智能安全标准化综述[J/OL]. 指挥与控制学报. (2025-09-03)[2026-09-08].http://doi.org/10.20278/j.jc2.2096-0204.2025.0066.

[14] ISO. Road Vehicles — Safety and Artificial Intelligence: ISO/PAS 8800: 2024[S/OL]. (2024-12-01) [2026-04-23]. https://www.iso.org/standard/83303.html.

[15] GARIKAPATI D, POOVALINGAM S, HAU W, et al. A Comprehensive Review of Parallel Autonomy Systems Within Vehicles: Applications, Architectures, Safety Considerations, and Standards[J]. IEEE Access, 2024, 12(7): 150395-150418.

[16] EUROPEAN PARLIAMENT, COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 Laying Down Harmonised Rules on Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act) [S/OL]. (2024-07-12) [2026-04-26]. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng.

[17] 王天禅. 美欧人工智能治理的分化——基于治理结构、能力势差和战略选择的考察[J]. 国际关系研究, 2025(2): 107-135+158-159.

[18] 薛澜, 赵静. 人工智能国际治理:基于技术特性与议题属性的分析[J]. 国际经济评论, 2024, (3): 52-69.

[19] 陈少威, 杨涛, 贾开. 比较政策研究视野下全球人工智能治理模式的差异、共识与改革启示[J]. 中国行政管理, 2024, 40(12): 15-24.

[20] 韩剑, 朱海, 许亚云. 标准国际化与出口产品质量——来自中国企业的证据[J]. 管理世界, 2024, 40(12): 1-19.

[21] 王艳艳, 王孝松, 胡玫. 国际标准采用与企业国际市场拓展——理论与来自中国上市公司的经验证据[J]. 管理世界, 2025, 41(10): 1-20+108+121-122.

[22] 曹春方, 龚曼宁. 标准定则市场兴——技术标准对专利交易的促进作用研究[J]. 管理世界, 2025, 41(1): 51-67+113.

[23] 刘娜, 施颖, 胡心如, 等. 消费者权益保障视角下的人工智能治理标准化路径研究[J]. 标准科学, 2025(11): 16-26.

[24] ISO/IEC JTC 1/SC 42. Standards by ISO/IEC JTC 1/SC 42 (Artificial Intelligence) [EB/OL]. [2026-04-26]. https://www.iso.org/committee/6794475/x/catalogue/p/0/u/1/w/0/d/0.

[25] ISO, IEC. Information Technology—Artificial Intelligence—Management System: ISO/IEC 42001: 2023[S/OL]. (2023-12-18)[2026-04-22]. https://www.iso.org/standard/42001.

[26] ISO, IEC. Artificial intelligence—Data Quality for Analytics and Machine Learning: ISO/IEC 5259: 2024[S/OL]. (2024-07-11) [2026-04-22]. https://www.iso.org/standard/81088.html.

[27] ISO, IEC. Artificial Intelligence—Functional Safety and AI Systems: ISO/IEC CD TS 22440[S/OL]. (2026-04-11) [2026-04-26]. https://www.iso.org/standard/89535.html.

[28] 国家市场监督管理总局. 中国已发布 30 项人工智能国家标准[EB/OL]. (2025-09-18)[2026-04-26]. https://www.samr.gov.cn/xw/mtjj/art/2025/art_566b351b8ae34a2bab826d09edd4039f.html.

[29] 许晓耕, 高超, 郝春亮. 人工智能安全标准化最新进展[J]. 信息技术与标准化, 2025(4): 69-75.

[30] ISO. Road Vehicles—Functional Safety: ISO 26262: 2018 [S/OL]. (2018-12-01) [2026-04-24]. https://www.iso.org/standard/68383.html.

[31] ISO. Road Vehicles—Safety of the Intended Functionality: ISO 21448: 2022[S/OL]. 2022[2026-04-26]. https://www.iso.org/standard/77490.html.

[32] ISO, SAE. Road Vehicles—Cybersecurity Engineering: ISO/SAE 21434:2021[S/OL]. (2021-08-31)[2026-04-26]. https://www.iso.org/standard/70918.html.

[33] 中国汽车标准化研究院. ISO/TC22/SC32/WG14 道路车辆人工智能安全国际标准工作组会议在南京顺利召开 [EB/OL]. (2025-02-21) [2026-04-26]. https://www.catarc.org.cn/xwdt/gzdt/647128193749061.html.

[34] 中国汽车标准化研究院. 车用人工智能标准化促进中心正式成立[EB/OL]. (2025-07-15)[2026-04-26]. https://www. catarc. ac. cn/detail/7df419d4207e43b580d2a467403fd34b.

[35] 工业和信息化部,国家标准化管理委员会. 2025 年汽车标准化工作要点[EB/OL]. (2025-04-29)[2026-04-21]. http://www.gov.cn/lianbo/bumen/202504/content_7021759.htm.

[36] 全国汽车标准化技术委员会. 道路车辆 自动驾驶系统测试场景 基于场景的安全评估框架:GB/T 46958—2025[S/OL]. (2025-12-31)[2026-04-26]. https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=473EBB99D734455EE06397BE0A0ABB9A.

[37] 全国汽车标准化技术委员会. 智能网联汽车 自动驾驶功能场地试验方法及要求:GB/T 41798—2022[S/OL]. (2022-10-12) [2026-04-26]. https://std. samr. gov. cn/gb/search/gbDetailed? id=EB58F4DA9237B2A2E05397BE0A0A7D33.

[38] 全国汽车标准化技术委员会. 智能网联汽车 自动驾驶功能道路试验方法及要求:GB/T 44719—2024[S/OL]. (2024-09-29) [2026-04-26]. https://std. samr. gov. cn/gb/search/gbDetailed? id=234D7936AA63E194E06397BE0A0AA0A9.

[39] The European Parliament and the Council of the European Union. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the Protection of Natural Persons with Regard to the Processing of Personal Data and on the Free Movement of Such Data, and Repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation)[EB/OL]. (2016-04-27)[2026-04-23]. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:310401_2.

[40] 邹涛. 高风险人工智能安全监管的域外模式与本土路径研究[J]. 北京行政学院学报, 2025(5): 84-94.

（责任编辑　**梵玲**）