

王馨玉, 干宏程, 王可. 混合交通环境中 CAT 驾驶经验对货车驾驶员信息响应行为的影响 [J]. 智能计算机与应用, 2026, 16(2): 183-188. DOI: 10.20169/j.issn.2095-2163.25072302

混合交通环境中 CAT 驾驶经验对货车驾驶员信息响应行为的影响

王馨玉, 干宏程, 王可

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 为探究具有智能重卡(Connected and Autonomous Trucks, CAT)驾驶经验的货车驾驶员与传统货车驾驶员在网联自动驾驶车辆与人工驾驶车辆混行交通环境中的信息响应差异, 采用意向调查法收集其在混行交通环境下的信息响应行为数据, 并运用二元 Logit 模型量化影响因素。结果表明, 相较于传统货车驾驶员, 具有 CAT 驾驶经验的货车驾驶员更倾向“立即响应”, 尤其在网联自动驾驶小汽车渗透率较高的环境中更为显著; 而在人工驾驶卡车渗透率较高的环境下, 更倾向“延迟响应”。性别、年龄、月收入、驾龄、工作强度、事故经历、过去一年驾照扣分情况、事故占道情况与车道被占数量等因素均对信息响应行为具有显著影响。

关键词: 智能重卡; 信息响应行为; 意向调查; 货车驾驶员; 混合交通环境

中图分类号: U491.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2026)02-0183-06

Impact of Connected and Autonomous Trucks (CAT) driving experience on truck drivers' information response behavior in mixed traffic environments

WANG Xinyu, GAN Hongcheng, WANG Ke

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: To investigate the differences in information response behaviors between truck drivers with experience in Connected and Autonomous Trucks (CAT) and traditional truck drivers in mixed traffic environments involving both connected and autonomous vehicles and human-driving vehicles, a stated preference survey is employed to collect behavioral data in mixed traffic environments. A binary Logit model is used to quantify the influencing factors. Results indicate that, compared with traditional truck drivers, truck drivers with CAT driving experience are more likely to respond immediately to information, particularly in environments with a higher penetration rate of connected and automated cars. However, in environments with a high penetration rate of human-driving trucks, they tend to delay their response. Factors such as gender, age, monthly income, driving experience, work intensity, accident history, license demerit points in the past year, incident-related lane blockage, and the number of blocked lanes are found to significantly influence information response behavior.

Key words: Connected and Autonomous Trucks; information response behavior; stated preference survey; truck driver; mixed traffic environment

0 引言

随着国内综合运输需求的持续增长, 公路货运在国家物流体系中的地位日益凸显。2024年, 全国73.6%的货运量通过公路完成^[1]。然而, 货运量的持续攀升也带来了严峻的交通安全问题。近五年年均大货车交通事故约2.5万起, 造成约3.6万人伤亡^[2], 且大多数事故与驾驶员因素密切相关^[3]。为

降低由人为因素引发的事故风险, 具备自主决策控制能力的网联自动驾驶重型卡车、又称智能重卡(Connected and Autonomous Trucks, CAT)正在测试。CAT的应用将推动形成网联自动驾驶车辆(Connected and Autonomous Vehicles, CAV)与人工驾驶车辆(Human-Driving Vehicles, HDV)并存的混合交通格局^[4], 对驾驶员信息感知与响应能力提出更高要求。在此背景下, 探究货车驾驶员的信息响

基金项目: 上海科委科技攻关资助项目(22dz1203400, 22dz1203405)。

作者简介: 王馨玉(1993—), 女, 博士研究生, 主要研究方向: 出行行为分析。

通信作者: 干宏程(1978—), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 交通规划与管理, 智能交通等。Email: hongchenggan@126.com。

收稿日期: 2025-07-23

应机制,尤其是具有 CAT 驾驶经验的驾驶员与传统驾驶员的差异,对于提升道路交通效率与安全水平具有重要意义。

近年来,学术界围绕驾驶员的信息响应行为展开了大量研究,主要关注不同类型信息对驾驶员响应时间及驾驶行为(如制动、加减速、变道等)的影响。其中,响应时间被视为衡量驾驶员反应速度的重要指标,可反映其信息处理效率和风险感知能力^[5]。一般而言,响应时间越短,表明驾驶员能够更迅速地感知、理解并应对外界信息。多项研究表明,驾驶员对信息的快速感知与立即响应有助于显著提升行车安全性并降低事故发生概率^[6-7]。为测量响应时间,研究者多采用驾驶模拟实验,构建传统驾驶环境(无信息提示)与网联驾驶环境(有信息提示)两种对照情境,对驾驶员应对预警信息或操作建议信息的响应过程进行量化与比较分析^[8-9]。研究普遍表明,网联环境可显著缩短驾驶员响应时间,提升操作效率与行车安全性^[10-11]。此外,驾驶员的个体属性(如性别、年龄、驾龄)、工作强度(如连续驾驶时长)以及驾驶环境(如道路类型)等因素均对其信息响应行为产生显著影响^[12-14]。

尽管现有研究在驾驶员信息响应行为方面取得了一定进展,但仍存在不足:

(1)研究对象多集中于乘用车驾驶员,针对货车驾驶员的相关研究相对匮乏。

(2)多数研究未充分考虑 CAV 与 HDV 共存的混合交通环境,限制了研究结论在未来交通系统中的适用性。

(3)随着 CAT 在货运领域的推广,具备 CAT 驾驶经验的货车驾驶员在信息响应行为上可能与传统货车驾驶员存在差异,但这一问题尚未引起关注。

为填补上述研究空白,本文以货车驾驶员为研究对象,设计意向实验模拟 CAV 与 HDV 混行的交通情境,探讨具备 CAT 驾驶经验的货车驾驶员与传统货车驾驶员在信息响应行为上的差异及其潜在影响机制。本研究创新性在于首次从 CAT 驾驶经验出发,实证分析其对货车驾驶员信息响应行为的影响。研究成果可为提升货运安全性与运行效率提供理论支持与实践参考。

1 实验设计与数据收集

1.1 实验设计

为探究货车驾驶员在 CAV 与 HDV 混行条件下的信息响应行为,选取具备自动驾驶基础设施与典

型货运特征的上海临港新片区两港大道快速路进行实验设计。基于该路段单向四车道直线段特征,构建混合交通情景的意向实验。

本研究选取 5 个驾驶行为相关因素作为控制变量:车辆渗透率^[15-16]、道路拥堵水平^[17]、占道情况^[18]、被占用车道数量^[19]和货车专用道设置情况^[20],并设定具体水平。车辆渗透率包括 CAT、网联自动驾驶小汽车(Connected and Autonomous Cars, CAC)、人工驾驶小汽车(Human-Driving Cars, HDC)和人工驾驶卡车(Human-Driving Trucks, HDT)。其中,货车渗透率定义为 CAT 与 HDT 渗透率之和,设定为 20%、30%、40% 三个水平;CAT 在货车中的占比设定为 0 和 40%;CAC 渗透率为 0、50%;HDC 渗透率则由剩余比例确定。道路拥堵水平分为畅通、轻度、中度、重度及严重拥堵五个等级;占道情况分为 3 类:无、施工、事故;被占用车道数量为 0、1 和 2;货车专用道设置情况分为有、无两类。基于上述变量及水平,采用正交设计生成 27 个实验情景。鉴于部分变量组合存在逻辑冲突(如事故占道情景下被占用车道数量为 0),最终筛选出 15 个合理的实验情景。

为增强驾驶员对实验情景的理解与代入感,采用图示结合导航语音播报的方式呈现车辆构成、道路状况及交通信息。以情景 6 为例(见图 1),受试驾驶员被假设驾驶 1 辆传统货车在限速 80 km/h 的单向 4 车道快速路直线路段的第 4 车道车流末端行驶。该路段车流构成为 12% HDT、8% CAT 和 80% HDC。货车仅能在第 3 和第 4 车道通行,其中第 4 车道为货车专用道,仅允许 CAT 和 HDT 通行。驾驶员可在第 3 车道变道或超车。实验还模拟导航语音提示(如“前方路段严重拥堵”、“第 4 车道施工”),并参照百度地图颜色编码展示拥堵程度:绿色表示畅通,黄色表示轻微拥堵,橙色表示中度拥堵,红色表示重度拥堵,深红色表示严重拥堵。受试驾驶员在查看情景和信息后需判断是否立即调整驾驶行为(如减速、变道、超车等)。若选择“是”,则判定为“立即响应”;若选择“否”,则为“延迟响应”。

1.2 数据收集与样本特征

为比较具有 CAT 驾驶经验的货车驾驶员与传统货车驾驶员在信息响应行为上的差异,邀请了上海友道智途科技有限公司的 CAT 驾驶员及其他道路货运企业的 HDT 驾驶员参与问卷调查。考虑到 CAT 驾驶员在工作中亦可驾驶传统货车,在意向实验中要求 2 组驾驶员均驾驶传统货车,以控制车辆类型差异对结果的影响。

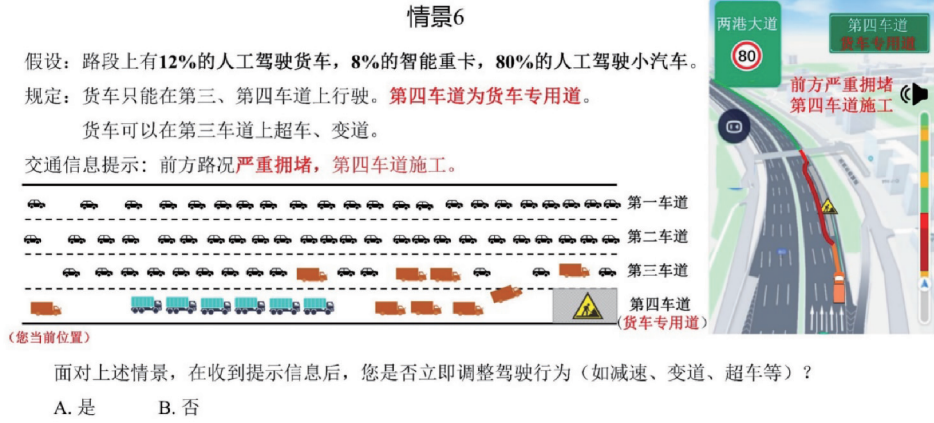


图 1 意向实验中的混合交通情景(以情景 6 为例)

Fig. 1 Mixed traffic scenario in the stated preference experiment (example of Scenario 6)

问卷内容包括驾驶员基本信息(如性别、年龄、月收入、驾龄、工作强度等)及意向实验等。问卷采用纸质和电子两种形式发放。11 名 CAT 驾驶员在调查员陪同下填写纸质问卷, 3 名 CAT 驾驶员与 60 名 HDT 驾驶员通过电子问卷自主填写。填写时间约为 10~15 min, 参与者获得 20 元现金或奖品作为奖励。经筛选校验, 共获得有效问卷 61 份, 其中 CAT 驾驶员 14 份, HDT 驾驶员 47 份。

在有效样本中, 男性占比为 95.1%; 年龄主要集中在 31~50 岁, 占比 78.6%。超过八成驾驶员月收入低于 10 000 元。驾驶经验方面, 44.3% 的驾驶员驾龄低于 10 年, 37.7% 的驾龄在 11~20 年之间, 18.0% 超过 20 年。上述比例与《2023 年货车司机从业状况调查报告》中的相关统计基本相符, 表明样本具有较强的代表性。

在工作强度方面, 大约 50% 的驾驶员每日驾驶时长低于 6 h, 37.6% 为 7~9 h, 14.8% 超过 9 h。23.0% 的驾驶员每周工作少于 5 天, 65.5% 每周工作 5~6 天, 剩余 11.5% 每周工作 7 天。在驾驶安全经历方面, 约两成的驾驶员曾发生过货车事故, 超过三成的驾驶员在过去一年中因交通违法行为被扣驾驶分数。

2 混合交通环境下货车驾驶员信息响应行为分析

2.1 模型建立

在意向实验中, 因变量为二元选择: “立即响应”(i) 和“延迟响应”(j), 因此采用二元 Logit (Binary Logit, BL) 模型进行建模。基于随机效用理论, 假设货车驾驶员 n 对选项 i 与选项 j 分别赋予效用 U_{ni} 与 U_{nj} , 其效用函数形式为:

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni} \quad (1)$$

$$U_{nj} = V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (2)$$

其中, V_{ni} 和 V_{nj} 分别表示效用函数的系统成分; ε_{ni} 和 ε_{nj} 表示误差项。

根据效用最大化理论, 货车驾驶员 n 选择“立即响应”的概率为:

$$P_n(i) = \Pr[U_{ni} \geq U_{nj}] = \frac{1}{1 + e^{-(V_{ni} - V_{nj})}} \quad (3)$$

货车驾驶员 n 选择“延迟响应”的概率为:

$$P_n(j) = 1 - P_n(i) \quad (4)$$

2 个选项效用函数的系统成分之差如下:

$$V = (V_{ni} - V_{nj}) = \beta_x x_n + AZ_n + BI_n \quad (5)$$

其中, x_n 表示个体属性向量(性别、年龄、月收入等); Z_n 表示混合交通环境特征向量(车辆渗透率、道路拥挤水平等); I_n 为交互项变量向量; β_x, A, B 是待估参数向量。

分析指出, 在构建二元 Logit 模型时, 引入了交互项(如“货车驾驶员类型×车辆渗透率”), 以揭示个体属性与交通环境因素的交互效应。

2.2 模型结果与讨论

在模型中, 将“立即响应”编码为 1, “延迟响应”编码为 0。显著性水平设定为 $\alpha = 0.1$ 。为比较不同类型货车驾驶员的信息响应差异, 将 CAT 驾驶员编码为 1, HDT 驾驶员编码为 0。考虑的交互项有“货车驾驶员类型×车辆渗透率”、“货车驾驶员类型×货车专用道设置”。所有自变量均通过多重共线性检验。经比较候选模型, 选取拟合效果最佳的二元 logit 模型。该模型的拟合优度指标显示 McFadden R^2 为 0.153, Log-likelihood 为 -537.395, AIC 为 1 112.791, BIC 为 1 204.350, 说明模型在刻画货车驾驶员的信息响应行为方面具有一定的解释

力。为便于展示,将 BL 模型估计结果拆分呈现:个体特征变量估计结果见表 1,混合交通环境特征变量估计结果见表 2,交互效应估计结果见表 3。

表 1 二元 Logit 模型估计结果(个体特征变量)

Table 1 Estimation results of the BL model (individual characteristics)

个体特征变量	系数	t 值
常数项	0.99	1.22
性别(男性为 1,女性为 0)	1.65	3.47***
年龄(18~40 岁为 1,41~65 岁为 0)	0.54	2.86***
月收入(小于 1 万元为 1,大于等于 1 万元为 0)	-1.02	-4.64***
驾龄(小于 20 年为 1,大于等于 20 年为 0)	-1.04	-4.88***
每日驾驶时长(小于 6 h 为 1,大于等于 6 h 为 0)	0.32	1.92*
每周工作天数(按实际值取值)	-0.14	-1.93*
事故经历(有为 1,无为 0)	-0.48	-2.13**
过去一年驾照扣分记录(无为 1,有为 0)	-0.34	-1.91*
有 CAT 驾驶经验的货车驾驶员(CAT 驾驶员为 1,HDT 驾驶员为 0)	1.14	1.99**

注:***, $p < 0.01$; **, $p < 0.05$; *, $p < 0.1$

表 2 二元 Logit 模型估计结果(混合交通环境特征)

Table 2 Estimation results of the BL model (mixed traffic environment characteristics)

混合交通环境特征变量	系数	t 值
HDT 渗透率(取值为 0.12, 0.18, 0.20, 0.30, 0.40)	-0.85	-0.84
CAT 渗透率(取值为 0, 0.08, 0.12, 0.16)	-1.08	-0.71
CAC 渗透率(取值为 0, 0.5)	-0.18	-0.50
占道情况(事故占道为 1,施工占道或无占道为 0)	0.64	4.14*
车道被占数量(2 条车道被占为 1,1 条或 0 条车道被占为 0)	0.54	3.38*
道路拥堵水平(重度/严重拥堵为 1,其他水平为 0)	0.18	1.10
货车专用道设置情况(有为 1,无为 0)	0.06	0.36

注:*, $p < 0.01$

表 3 二元 Logit 模型估计结果(交互效应变量)

Table 3 Estimation results of the BL model (interaction effects)

交互效应变量	系数	t 值
CAT 驾驶员×HDT 渗透率	-3.86	-1.87*
CAT 驾驶员×CAC 渗透率	2.59	2.73**

注:***, $p < 0.01$; **, $p < 0.1$

表 1 结果表明,CAT 驾驶员相较于 HDT 驾驶员更倾向于“立即响应”,可能源于驾驶习惯的不同;

CAT 驾驶员在以往驾驶中依赖自动驾驶系统提供的结构化感知与决策支持,逐渐形成较强的信息敏感性和快速反应惯性,因此在驾驶普通货车时仍表现出更快的响应;而 HDT 驾驶员则需独立完成感知、判断与操作全过程,对信息处理更为谨慎,因而更可能发生延迟响应。

男性驾驶员和年轻驾驶员(18~40 岁)相较于女性和中老年驾驶员(41~65 岁)更倾向于“立即响应”,而驾龄较短(低于 20 年)的驾驶员、每日驾驶时长超过 6 h 或每周工作天数较多的驾驶员则更倾向“延迟响应”。已有研究表明,在乘用车驾驶员群体中,男性与年轻驾驶员反应更快、驾驶行为更积极^[21],经验不足的驾驶员容易注意力分散、反应不及时^[22],高工作强度会导致驾驶疲劳和反应能力下降^[23]。本研究在货车驾驶员群体中也观察到类似趋势,表明这些特征在不同类型驾驶员中具有普遍性。

月收入较低(低于 1 万元)、有事故经历或过去一年无扣分记录的驾驶员相比对照组也更倾向“延迟响应”。

由表 2 可知,在交通环境特征变量中,HDT、CAT 和 CAC 渗透率及“道路重度/严重拥堵”和“有货车专用道”的主效应均不显著。“事故占道”和“2 条车道被占”系数均显著为正,表明在事故占道或 2 条车道受阻导致通行能力下降的情景下,货车驾驶员更倾向“立即响应”。这可能是由于事故或多车道阻塞显著增加了驾驶环境的不确定性与通行风险,增强了驾驶员对交通信息的依赖,促使其更快速响应以规避潜在延误与风险。

由表 3 可知,在交互效应中,“CAT 驾驶员×HDT 渗透率”系数显著为负,表明在 HDT 渗透率较高的环境中,CAT 驾驶员驾驶传统货车时更倾向“延迟响应”。这一结果与主效应显示 CAT 驾驶员整体“立即响应”倾向相反,说明在此类环境下 CAT 驾驶员决策更为谨慎。长期依赖自动驾驶系统的 CAT 驾驶员在回归人工驾驶后,信息处理效率可能下降,从而在高不确定性环境中趋向保守反应。

相比之下,“CAT 驾驶员×CAC 渗透率”系数显著为正,表明在 CAC 渗透率较高的环境中,该群体驾驶传统货车时更倾向“立即响应”,与主效应中表现出的积极响应行为一致。原因可能是 CAT 驾驶员熟悉 CAC 车辆的运行模式,而较高的 CAC 渗透率有助于增强交通流稳定性、降低环境不确定性,从而提高其信息响应意愿。

综上,货车驾驶员的信息响应行为受到多种因素的综合影响,具有CAT驾驶经验的货车驾驶员在信息响应行为方面与传统货车驾驶员存在显著差异。

2.3 政策建议

基于上述研究结论,提出以下针对性政策建议,以提升货车驾驶员的信息响应效率与交通安全水平:

(1)针对女性、中老年、低收入、驾龄较短或经历过事故的货车驾驶员,开展交通信息识别与决策训练,利用模拟场景提升高风险信息的识别与反应能力。

(2)在事故占道、多车道受阻等场景中,货车驾驶员信息响应更积极。建议在此类场景中优化信息发布的频率与方式,提升预警时效与精准度,帮助其提前决策。

(3)针对CAT驾驶员在不同车辆渗透率下的响应差异,应动态调整管理策略:HDT渗透率较高时,强化人工驾驶提示和风险预警;CAC渗透率较高时,完善车路协同系统,提升交通流稳定性与驾驶员信息响应效率。

3 结束语

本文探索了具有CAT驾驶经验的货车驾驶员与传统货车驾驶员在CAT、CAC、HDT和HDC四种车辆混合交通环境下的信息响应意向与差异,并建立二元Logit模型分析影响因素。结果显示,男性、年龄18~40岁、每日驾驶时长低于6h的驾驶员更倾向于“立即响应”;而月收入低于1万元、驾龄低于20年、每周工作天数越多、经历过事故以及过去一年驾照无扣分记录的驾驶员则更倾向于“延迟响应”。事故占道或2条车道被占会显著提高“立即响应”倾向。有CAT驾驶经验的货车驾驶员比传统货车驾驶员更积极响应信息,尤其在CAC渗透率较高的环境中;但在HDT渗透率较高的环境下,其响应行为趋于保守。研究揭示了CAT驾驶经验对货车驾驶员信息响应行为的影响,为驾驶员行为研究提供了新的视角。未来研究可深入探讨驾驶员对信息的态度、驾驶风格等心理因素对信息响应行为的影响;还可比较货车驾驶员与小客车驾驶员在信息偏好与信息响应行为方面的差异,以提升研究广度与实践应用价值。

参考文献

[1] 交通运输部. 2024年交通运输行业发展统计公报[EB/OL].

- (2025-06-12). https://xxgk.mot.gov.cn/jigou/zhghs/202506/t20250610_4170228.html.
- [2] 中国网. 如何破解1700多万货车司机职业伤害保障难题?[EB/OL]. (2024-01-10). http://szjj.china.com.cn/2024-01/10/content_42665462.html.
- [3] 胡箭,王浩然,冯永威,等. 基于混合域优化控制的智能网联车辆运动规划模型[J]. 中国公路学报, 2022, 35(3): 43-54.
- [4] 高金勇,罗晟,王歆远,等. 面向网联自动驾驶混合交通流的高速公路流量控制方法[J]. 交通信息与安全, 2023, 41(5): 74-82.
- [5] DOZZA M. What factors influence drivers' response time for evasive maneuvers in real traffic? [J]. Accident Analysis and Prevention, 2013, 58: 299-308.
- [6] HULA A, DE ZWART R, MONS C, et al. Using reaction times and accident statistics for safety impact prediction of automated vehicles on road safety of vulnerable road users [J]. Safety Science, 2023, 162: 106091.
- [7] WU Gaoming, WU Dan. Identifying drivers' perception-reaction time (PRT) in car-following processes via two different methods using vehicle trajectory data[J]. Safety and Reliability, 2024, 43(4): 207-224.
- [8] 任文浩,赵晓华,陈晨,等. 网联碰撞预警信息系统对雾天高速公路驾驶行为的影响[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2025, 53(2): 27-37.
- [9] ALI Y, BLIEMER M C J, ZHENG Zuduo, et al. Cooperate or not? Exploring drivers' interactions and response times to a lane-changing request in a connected environment[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2020, 120: 102816.
- [10] WANG Changshuai, SHAO Yongcheng, ZHU Tong, et al. Investigating the influence of connected information on driver behaviour: An analysis of pedestrian-vehicle conflicts in the middle section of urban road[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2024, 107: 464-483.
- [11] ZHANG Hailun, FU Rui, WANG Jianqiang, et al. Driving patterns in connected environments: A case study of intersection-approaching behavior of professional and non-professional drivers [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2024, 103: 230-259.
- [12] PAWAR N M, VELAGA N R. Modelling the influence of time pressure on reaction time of drivers[J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2020, 72: 1-22.
- [13] POWELLEIT M, VOLLRATH M. Situational influences on response time and maneuver choice: Development of time-critical scenarios[J]. Accident Analysis and Prevention, 2019, 122: 48-62.
- [14] MEHMOOD A, EASA S. Modeling reaction time in car-following behaviour based on human factors [J]. International Journal of Engineering and Applied Science, 2009, 5: 93-101.
- [15] 王一帆,干宏程,王可,等. 基于元胞自动机的智能重卡专用道管控策略[J]. 上海理工大学学报, 2025, 47(1): 100-107.
- [16] 胡晨曦,韩印,王嘉文,等. 考虑自动驾驶车队的高速公路双车道混合交通流行驶模型[J]. 智能计算机与应用, 2022, 12(5): 50-55.
- [17] LI Guofa, LAI Weijian, SUI Xiaoxuan, et al. Influence of traffic congestion on driver behavior in post-congestion driving [J]. Accident Analysis and Prevention, 2020, 141: 105508.
- [18] JIANG Ying, ZHANG Junyi, WANG Yin Hai, et al. Drivers' behavioral responses to driving risk diagnosis and real-time

- warning information provision on expressways: A smartphone app-based driving experiment [J]. *Journal of Transportation Safety and Security*, 2020, 12(3): 329-357.
- [19] ZHANG Rui, QIONG Bao, BRIJS K, et al. Overtaking maneuvers on two-lane highways under the microscope: Exploration of a multidimensional framework for the analysis of safety, comfort and efficiency using simulator data[J]. *Accident Analysis and Prevention*, 2024, 202: 107613.
- [20] 邬岚, 梁栋, 朱兴贝. 城市出入口连接段处货车专用道研究[J]. *重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2024, 43(4): 74-79.
- [21] HUSSAIN Z, MOHAMMED S S, DIAS C, et al. Empirical analysis of car-following behavior: Impacts of driver demographics, leading vehicle types, and speed limits on driver behavior and safety[J]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2025, 108:188-205.
- [22] KLAUER S G, DINGUS T A, NEALE T V, et al. The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: an analysis using the 100-car naturalistic driving study data: DOT HS 810 594[R]. Washington D C: National Highway Traffic Safety Administration, 2006.
- [23] GUO Mengzhu, LI Shiwu, WANG Linhong, et al. Research on the relationship between reaction ability and mental state for online assessment of driving fatigue [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2016, 13(12):1174.