

基于 CiteSpace 的公路视线诱导设施知识图谱分析

陈欣宇, 王 富

(武汉工程大学, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 为系统梳理公路视线诱导设施领域的研究现状与发展趋势,提升其在复杂交通环境中的设计与应用水平,采用 CiteSpace 软件对 1995—2024 年间中国知网(CNKI)与 Web of Science (WoS)数据库中的 627 篇中英文文献进行了文献计量分析。通过关键词共现挖掘高频关联词汇,运用聚类分析归纳研究主题类别,利用突现分析捕捉研究热点的动态变化,借助时间线可视化呈现研究演进脉络,进而构建该领域的知识图谱。研究结果表明,公路视线诱导设施的研究已由早期的结构功能探讨,逐步拓展至光学设计、材料优化、驾驶员行为分析及智能化应用等方面。当前研究重点聚焦于设施在复杂环境中的适应性设计及其与智能交通系统的融合。未来发展趋势将更加注重设施的精细化、多功能化与信息技术集成,以提升道路交通系统的安全性与运行效率。

关键词: 道路交通;公路视线诱导设施;CiteSpace;知识图谱分析;文献计量分析

中图分类号: U417;TU997

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)11-0041-06

Knowledge Graph Analysis of Highway Sightline Guidance Facilities Based on CiteSpace

CHEN Xinyu, WANG Fu

(Wuhan University of Engineering, Wuhan 430070, China)

Abstract: To systematically review the research status and development trends in the field of highway sightline guidance facilities and enhance their design and application in complex traffic environments, a bibliometric analysis is conducted on 627 Chinese and English literatures in the databases of China National Knowledge Infrastructure (CNKI) and Web of Science (WoS) from 1995 to 2024 using CiteSpace software. The high-frequency related words are mined through keyword co-occurrence. The theme categories are summarized using cluster analysis. The dynamic changes of research hotspots are captured by burst analysis. And the research evolution context is presented with timeline visualization. Thereby the knowledge graph of this field is constructed. The results show that research on highway sightline guidance facilities has evolved from early exploration of structural functions and gradually expands to aspects such as optical design, material optimization, driver behavior analysis and intelligent applications. The current research focuses on the adaptive design of these facilities in complex environments and their integration with intelligent transportation systems. The future trends will emphasize the refinement, multi-functionality, and integration of information technology to enhance the safety and operational efficiency of road traffic system.

Keywords: road traffic; highway sightline guidance facilities; CiteSpace; knowledge graph analysis; bibliometric analysis

0 引 言

公路视线诱导设施是道路交通安全体系的重要

组成部分,其主要功能是通过视觉引导帮助驾驶员判断行车方向、明确车道边界,从而降低交通事故的发生概率^[1]。在急弯、坡道、隧道等复杂路段,以及雨雾等低能见度天气条件下,该类设施的重要性尤为突出^[2]。已有研究表明,视线诱导设施能够有效提升驾驶员的视觉反应能力,减少车辆偏离车道的风险,尤其在夜间驾驶或恶劣天气环境中表现出良好的安全效益^[3]。

随着交通需求持续增长和公路网不断拓展,我

收稿日期: 2025-04-28

基金项目: 武汉工程大学第十六届研究生教育创新基金资助项目(CX2024512)

作者简介: 陈欣宇(2001—),女,硕士在读,从事道路交通视线诱导设施研究工作。

通信作者: 王富(1978—),男,博士,教授,从事道路交通及规划管理研究工作。电子信箱:wangfu@wit.edu.cn

国交通安全问题日益受到关注^[4]。国家先后发布《交通强国建设纲要》与《国家综合立体交通网规划纲要(2021—2035年)》,明确提出通过科技手段优化交通安全设施设计、提升道路系统运行效率与安全性^[5-6]。在政策推动与基础设施升级的双重背景下,视线诱导设施的科学布局与性能评估逐渐成为学术界与工程界的重要研究议题^[7]。

目前,国内外在该领域的研究较为广泛,涵盖材料学、光学设计、驾驶员心理行为分析及设施对交通事故的影响评估等方向^[8]。早期研究主要聚焦于设施的设计规范与功能测试,近年来则逐步延伸至智能化控制、耐久性优化及复杂环境适应性等方面^[9]。然而,现有研究仍存在不足,如对新型智能诱导设施的关心不够、区域特性与复杂场景下的系统性研究尚显薄弱,且对政策引导下的实际落地效果缺乏全面评估。

CiteSpace是一种基于科学计量学的可视化分析工具,能够通过引文分析、关键词聚类与突现检测等方法,揭示学术研究中的知识结构与演化趋势^[10]。本文基于CiteSpace对1995—2024年间国内外公路视线诱导设施相关文献进行科学计量分析,旨在识别研究热点与发展脉络,结合我国当前交通建设需求与政策导向,提出具有针对性的优化建议,为公路交通安全设施的理论研究与实际应用提供参考支持。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

为全面揭示国内外公路视线诱导设施领域的研究态势与发展趋势,本文采用基于科学计量学的知识图谱分析方法。借助CiteSpace软件,对相关领域文献进行可视化分析,涵盖发文量变化、研究机构合作关系、关键词演变路径等多个维度。分析过程结合数学、统计学与文献学手段,挖掘研究主题演化规律,识别研究热点与学科交叉结构,从而为后续研究提供可视化支撑与理论依据。

1.2 数据来源

数据选自中国知网(CNKI)中文期刊全文数据库和Web of Science(WoS)核心合集集中的SCI和SSCI索引库。检索时间范围设定为1995年至2024年12月31日。

在CNKI中,以“视觉诱导”“视线诱导设施”“公路视线”等为主题词,设置为“精准匹配”,共检索到文献350篇,剔除与主题无关文献后,获得有效样本

308篇。在WoS数据库中,以“Topic = (Visual Induction Facilities and Road Safety Infrastructure)”为检索式,限定文献类型为“Article”和“Review”,共获得319篇文献,人工筛选后保留297篇。最终,共获得627篇高质量文献作为样本,用于CiteSpace软件的后续分析。

本研究通过关键词共现、突现分析、聚类分析及可视化时间线图构建等功能,梳理该领域研究的发展脉络与学科特征,并为后续章节中对研究热点、演化趋势及未来发展方向的分析提供数据基础。

2 基于CiteSpace的知识图谱分析

利用Citespace软件,对公路视线诱导设施的研究数据进行可视化处理,集中分析关键词的突变情况、聚类趋势、共现模式以及作者之间的合作关系。

2.1 论文外部性特征描述

通过对论文基础信息的整理,掌握各年份的主要发文情况、核心研究学者与机构、研究集群及主要研究热点等内容,分析国内外自1995年以来不同时间段内对公路视线诱导设施的关心程度以及研究情况。

2.1.1 文献发表数量分析

如图1所示,1995~2024年间国内外关于公路视线诱导设施的年度发文趋势呈现出明显差异。国外研究起步较早,2000年后进入稳定增长阶段,2006年以后年均发文量维持在20至30篇之间,研究热度相对稳定^[11]。同期,国内研究起步相对较晚,2003~2013年间年发文量偏低,主要集中于交通安全基础性探讨与设施初步设计问题。

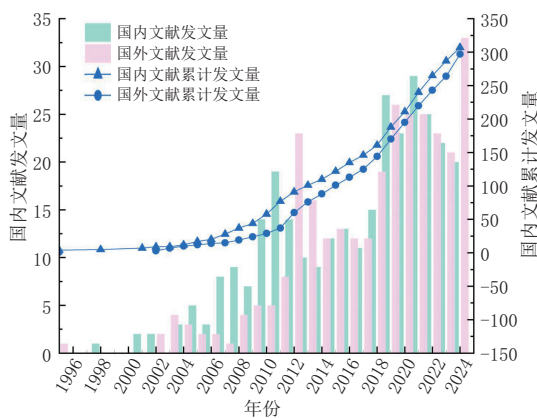


图1 国内外文献发文量及累计发文量

自2014年起,国内发文数量快速上升,2016年后增幅尤为显著,并在2021年起稳定在每年30篇以上。这一趋势与国家交通战略、基础设施建设推进及智能交通发展需求密切相关^[12]。政策方面,《道路

交通安全法》与《国家综合立体交通网规划纲要(2021—2035 年)》等文件的发布为相关研究提供了重要支撑。

总体来看,尽管国内外发文总量仍存在差距,但我国研究呈现出“起步较晚、增长迅速、潜力显著”的特征。研究主题也从基础设施功能扩展至人因诱导、环境适应与系统集成,反映出学科融合趋势日益明显。

2.1.2 研究机构分布与合作关系分析

如图 2 所示,国内公路视线诱导设施研究机构主要集中于交通类高校与区域性科研单位。代表性机构包括长安大学、重庆交通大学、东南大学等^[13],这些高校不仅发文数量位居前列,也承担多项国家及省部级科研项目,形成了较为成熟的研究团队。

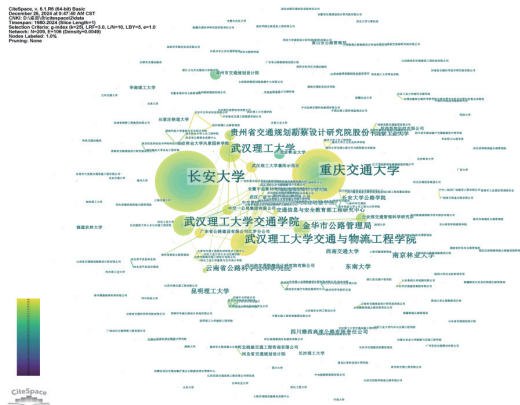


图 2 国内研究机构文献发文量共线图

长安大学在山区道路视觉诱导技术、设施优化设计等方面成果丰富;重庆交通大学则在驾驶员行为特性分析与设施安全性能评估方向具有一定优势。与此同时,一些地方高校与交通科研院所也聚焦于特定区域场景,如西南地区农村道路、旅游路线等,形成特色鲜明的研究路径。

目前研究机构间合作以高校为主导,横向交流与跨学科协作尚不充分。随着智能交通、人因工程等相关领域的深入发展,推动高校、企业与政府平台之间的协同创新机制建设,将有助于提升研究的综合水平与工程转化能力^[14-17]。

2.2 论文研究热点分析

2.2.1 热点关键词统计分析

如表 1 所示,通过频次和中心性分析筛选出出现频次达到或超过 10 的关键词,这些关键词包括“交通安全”、“高速公路”、“安全设施”以及“视线诱导”等,这些关键词在相关研究中占据了核心地位,反映出这些领域在公路视线诱导设施中的重要性。具体

来看,“交通安全”是研究中最为频繁出现的关键词,频次为 63 次,且其中心性较高,显示出交通安全在公路视线诱导设施研究中的主导地位。与之相关,“高速公路”作为重要的研究领域,其频次为 48 次,中心性为 0.42,表明高速公路的安全性和视线诱导设施的设计一直是研究的重点。此外,“安全设施”这一关键词出现 29 次,显示出公路安全设施的研究同样得到持续关注,尤其是在设施设置与优化方面。最后,“视线诱导”这一关键词虽然出现频次为 19 次,但自 2017 年以来逐渐成为研究的热点,尤其是在低等级公路和山区等复杂路段的应用研究中,显示出这一领域的逐步兴起和深化。

表 1 国内文献关键词频次

次数	中心性	关键词	年份
63	0.56	交通安全	2005
48	0.42	高速公路	2001
29	0.17	安全设施	2001
20	0.14	交通工程	2008
19	0.09	农村公路	2005
19	0.13	视线诱导	2017
13	0.08	交通事故	2004
10	0.08	公路隧道	2011

考虑到视线诱导相关研究在设施类别、驾驶行为、材料应用等多个方向均有扩展,本文在关键词频次统计的基础上,进一步纳入了部分具有关联度的子主题术语,以提升关键词覆盖面与主题识别的代表性。

如图 3 所示,尽管“交通安全”和“高速公路”等关键词早期便已成为研究的热点,但近年来,“视线诱导”和“安全设施”等关键词的研究频次逐年增加,显示出公路视线诱导设施研究在不同类型道路,特别是在低等级公路和特殊环境下的应用,逐步成为新的研究焦点^[18]。这些变化不仅反映了公路建设和交通安全政策的持续发展,也揭示了公路视线诱导设施在提升交通安全、优化道路设计中的重要作用。

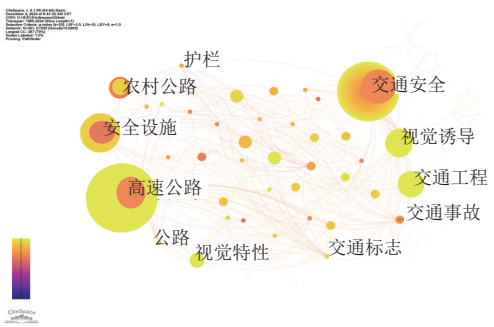


图 3 国内文献关键词共线图

如图 4 展示了国外关键词共现网络的结构特点,与国内相比,国外研究在关键词分布上更为分散,出

现“autonomous vehicles”“vulnerable road users”“network model”等涉及智能交通、人因交互与系统建模的关键词,显示出较强的交叉学科融合趋势^[19-21]。其共现结构边界模糊、主题拓展面广,反映出研究不再局限于设施本体,而更侧重于其与智能系统、驾驶行为、道路环境的综合互动。

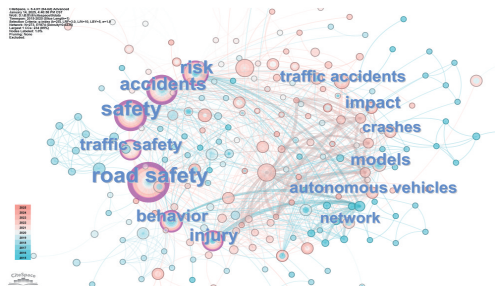


图4 国外文献关键词共现图

综上,通过对关键词频次与共现网络的联合分析可见,国内研究主题相对集中,重点突出,但尚缺乏跨领域融合深度;国外研究则展现出更高的拓展性与前沿性。两者在研究策略上具有互补性,为后续的融合发展提供了理论依据与比较基础。

2.2.2 研究热点聚类结构分析

如图5所示,国内关键词聚类图呈现出结构清晰、节点紧密的特征。CiteSpace计算结果显示,该图的聚类模块度(Modularity, Q值)为0.628 7,远高于0.3,表明网络聚类结构明显;平均轮廓系数(Silhouette, S值)为0.859 9,高于0.7,说明聚类结果具有较强的可信度与良好的聚类质量^[22]。聚类主题主要涵盖“山区公路”“高速公路”“视觉特性”“农村公路”“护栏”等,研究内容在道路类型、设施功能与人因因素等多个层面形成较高集中度^[23-25]。

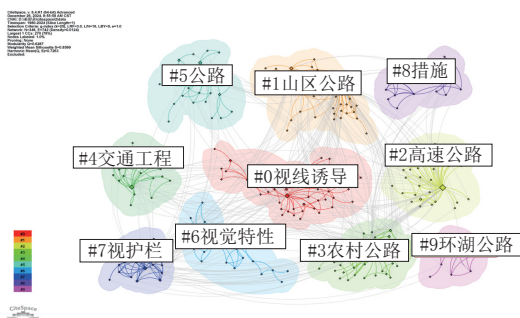


图5 国内文献关键词聚类图

从共现路径来看,关键词间存在广泛交叉关系,如“公路护栏”同时与“安全设施”和“驾驶员行为”等聚类相连接,反映出研究内容之间的交织程度较高^[26-27]。各聚类间并非孤立分布,而是通过核心词实现相互联系,形成紧密的研究网络结构,体现出当前研究主题之间的系统性与综合性。聚类结果中关

键词表达层级较为统一,既涵盖了宏观研究主题(如交通安全、道路设施),也包含了技术层面的具体术语(如视线诱导、虚拟仿真),有助于呈现不同研究视角之间的衔接与演化路径。

图6展示了国外研究的关键词聚类图,聚类结构相对松散,关键词边界模糊,显示出较强的主题拓展性。关键词如“autonomous vehicles”“network model”“vulnerable road user”等集中出现在聚类中心区域,表明国外研究在设施设计中更注重与智能交通、人因工程和系统建模等方向的交叉融合^[28-29]。

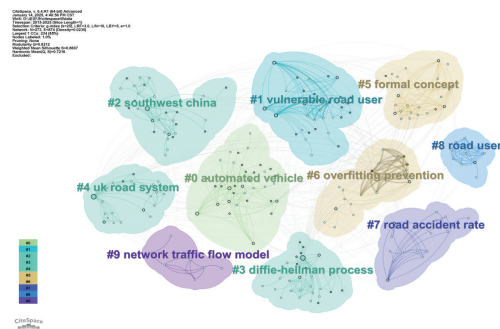


图6 国外文献关键词聚类图

对比两图可以看出,国内聚类主题集中且结构紧凑,研究尚处于体系构建和功能聚焦阶段;而国外研究在交叉深度、边界开放性方面表现更为显著。两者在关键词聚类结构上的差异也反映出研究策略、研究阶段与知识结构之间的某种结构性差别。

2.2.3 时间跨度特性分析

如图7所示,国内关键词时间线图清晰地呈现了各研究主题自出现以来的活跃时间区间与演化轨迹。从整体趋势来看,早期研究多集中于“高速公路”“山区公路”等宏观性基础设施主题,其起始时间早、持续时间长,体现出研究初期以道路类型和安全设施规范为主导方向^[30-31]。进入2010年后,关键词“交通标线”“反光轮廓标”等设施构造类主题逐步被“视觉特性”“驾驶员行为”等微观层面关键词所取代,显示出研究重心开始从设施本体转向驾驶者感知与行为反应机制^[32]。这一演变过程与道路交通安全理念由“结构防护”向“人因控制”的转型趋势相一致。

从活跃期分布上看,部分关键词如“公路隧道”“农村公路”在2015年前后开始活跃,并保持较长研究周期,反映出对特定复杂场景的关注不断上升。近期,“视线诱导”“智能设施”等关键词的出现时间虽晚,但活跃度上升明显^[33],显示其已成为新的研究增长点,尤其在夜间驾驶、低能见度环境中的应用研

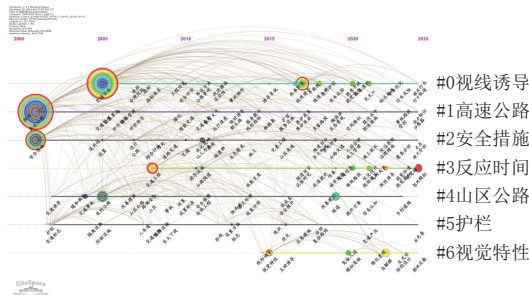


图7 国内文献关键词时间线图

究中频繁出现。

时间线图还反映出各关键词之间存在一定的继承关系与过渡逻辑。部分早期关键词在研究中被逐步细化衍生为新热点,体现出研究主题间的连续性与演化链条。整体来看,国内视线诱导设施研究经历了从宏观场景到微观机制、从静态结构到动态响应的演化过程,研究主题的时间跨度较长,演进趋势较为清晰。

2.2.4 研究热点演化趋势分析

通过关键词的突变分析,可以初步洞察该领域研究的持续动态。

如图 8 所示,关键词突现图展示了 2002—2024 年间国内视线诱导设施研究中的关键词突现强度及持续时间。整体上,研究热点呈现出由基础设施功能向驾驶行为与智能引导方向逐步转变的趋势。

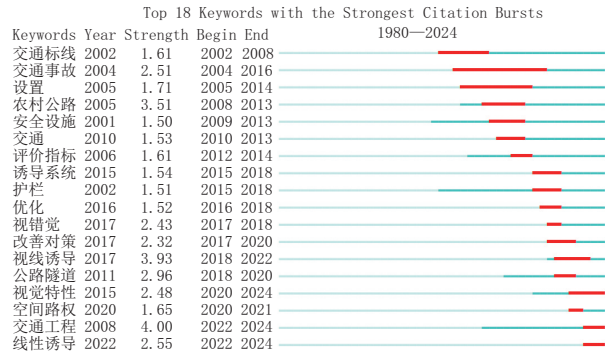


图8 国内文献关键词突现度分析图

在 2002 年至 2014 年期间,突现关键词多为“交通标线”“交通事故”“农村公路”“路侧设施”等,主要集中于传统设施类型与道路安全问题。这一阶段的研究侧重于基础性设施布设、交通事故预防与规范标准制定,反映出研究处于起步阶段,重视设施设置本身的功能与技术指标^[34]。2015 年以后,突现关键词逐渐转向“评价指标”“诱导系统”“护栏”等,说明研究重心开始关注设施的综合性能及其效果评估,特别是在复杂环境与典型路段中,设施作用机制成为新的研究切入点。相关文献中,设施布设与人因

安全、环境感知能力等要素的关系也开始被提及。进入 2020 年后,关键词“视觉特性”“线性诱导”“智能设施”等频繁突现,持续时间较长,突现强度上升明显。这表明研究已进一步聚焦于视觉信息传递机制、驾驶员感知行为与设施设计之间的耦合关系。在夜间、低照度、特殊气象等复杂条件下,诱导设施的智能调控、个性化响应成为研究中的重点话题。

总体来看,关键词突现变化反映出国内研究热点已从结构安全与基础设施建设,逐步过渡到以感知引导、人因适应与智能技术融合为导向的综合研究路径,研究内容随交通系统发展趋势不断演进。

3 展望与结语

基于 CiteSpace 的知识图谱分析可见,视线诱导设施研究已在设计优化、技术融合与适应性提升方面取得积极进展。当前研究仍在区域适配、行为机制、多场景设计等方面存在拓展空间。结合现有成果,未来研究可能关注以下方向:

(1) 区域化适应与特殊场景设计问题

在高寒、湿热等特殊环境下,诱导设施常面临材料退化、反光性能下降等问题。部分国家已开展耐候材料与智能调光技术的研究^[35-36]。当前国内在极端地形与气候适应性设计方面仍有待加强,后续可结合典型区域进行针对性验证与优化。

(2) 智能化发展背景下的人因交互研究

设施对驾驶员行为的引导效果受注意力分布、反应时间等因素影响^[37-38]。已有研究尝试采用虚拟现实技术模拟不同驾驶条件下的诱导响应^[39-40],但行为反馈机制尚未系统建模。未来可结合人因数据深化设施与驾驶行为的耦合分析。

(3) 多场景适应性及复杂交通环境的系统优化

在城市交汇区、夜间弱光路段等复杂环境中,设施能否实现高效诱导仍是关键问题^[42]。目前已有基于交通流动态调节的系统设计初步提出,但设施组合配置与多节点协调的实证研究仍较有限,仍需进一步探索适应性优化路径。

(4) 可持续发展与全生命周期评估

部分研究已关注节能材料、光伏系统等绿色设施路径,但全生命周期环境影响与资源效率评估尚不成熟。构建系统的 LCA 评估模型,完善设计、运行与维护各阶段的绿色绩效指标,将有助于推动设施可持续发展。

总体来看,公路视线诱导设施研究正从基础功

能向多维协同优化方向演进,未来在区域适应性、行为融合与绿色性能等方面仍具发展潜力。

参考文献:

- [1] 曹颖,王永泉.基于图神经网络的城市交通状态预测研究进展[J].公路交通科技,2022,39(3):25-33.
- [2] 杨艳群,黄永,姚羽珊,等.基于DEA模型的山区公路视线诱导设施综合效用评价[J].交通工程,2024,24(3):1-9.
- [3] 刘佳,王骏.基于虚拟仿真的道路视线诱导设施效能研究[J].交通科技,2023,42(4):56-61.
- [4] 万明,吴倩,严利鑫,等.道路交通安全研究的现状与热点分析[J].交通信息与安全,2022,40(2):11-21;37.
- [5] 汪光焘,王婷.贯彻《交通强国建设纲要》,推进城市交通高质量发展[J].城市规划,2020,44(3):31-42.
- [6] 国家发展和改革委员会,交通运输部.国家综合立体交通网规划纲要[J].前瞻科技,2023,2(3):封4.
- [7] 张翔,王志勇.高速公路诱导设施布设技术研究[J].公路交通科技,2022,39(5):110-116.
- [8] 吴谨.基于视觉特性的荧光标线涂料研发及模拟分析[D].重庆:重庆交通大学,2019.
- [9] 吴刚.智能化背景下土木工程施工技术的应用创新[J].砖瓦世界,2023(12):22-24.
- [10] 王静,李超.CiteSpace在交通运输工程领域的应用与趋势[J].科技视界,2023(6):88-90.
- [11] Outay F, Mengash A H, Adnan M. Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) in road safety, traffic and highway infrastructure management: Recent advances and challenges[J]. Transportation Research Part A, 2020(141): 116-129.
- [12] 杨伟,祝凯.基于信息化的智慧交通发展理论研究[J].项目管理技术,2024,22(1):5-9.
- [13] 黎纲.超高速公路几何设计指标取值与安全设施设计方法[D].重庆:重庆交通大学,2022.
- [14] 徐进,陈钦,陈正委,等.适应无人驾驶汽车的道路设施设计综述[J].西南交通大学学报,2023,58(6):1366-1377.
- [15] 丘建栋,屈新明,何流.基于二维码与RFID的智慧交通基础设施管理研究[J].开放交通技术,2018,7(5):39-45.
- [16] 中铁第四勘察设计院集团有限公司.陆路交通基础设施智能化勘察设计研究综述[J].铁道工程学报,2023,40(8):1-11.
- [17] 王福利,苗增亮.智慧交通在构建智慧城市中的重要作用[J].建筑设计与研究,2023,4(2):52-54.
- [18] 宝然,唐铮铮,狄胜德.小交通量农村公路线形诱导标设置研究[J].公路交通科技,2023,40(8):146-153.
- [19] Melnykova D. Traffic Accidents: A Historical and Socio-Legal Analysis of Road Safety Challenges[J]. Journal of Legal Studies, 2024, 34(48): 82-96.
- [20] Przemysław S. Analysis of solutions improving safety of cyclists in the road traffic[J]. Applied Sciences, 2021, 11(9): 3771-3771.
- [21] Rolandas V, Renata Č, Ieva M. Assessment of the Impact of Road Transport Change on the Security of the Urban Social Environment[J]. Sustainability, 2021, 13(22): 12630-12630.
- [22] 张彦民,邱子强,孙琳.面向交通安全的知识图谱研究综述[J].交通信息与安全,2023,41(4):19-27.
- [23] 梅家林.基于线性诱导的公路隧道弯道交通安全优化方法研究[D].武汉:武汉理工大学,2022.
- [24] 王思宇.坡急弯农村公路安全性评价及对策研究[D].重庆:重庆交通大学,2020.
- [25] 杨伟.环湖旅游公路安保设施应用效果评价研究[D].重庆:重庆交通大学,2016.
- [26] 黄晓帅.完善道路护栏及安全设施的必要性和可行性[J].黑龙江交通科技,2018,41(9):40-42.
- [27] 汪志勇,甘树兵,王胜.SAm级中央分隔带波形梁新型护栏碰撞研究[J].中外公路,2023,43(5):267-272.
- [28] Jiawen C. Analysis of the Impact of Road Traffic Safety Facilities on Traffic Safety[J]. Journal of World Architecture, 2024, 8(2): 72-77.
- [29] Cui X, Zou P X W, Arena M. Intelligent road-safety warning system based on virtual infrastructures[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2023(121): 121056.
- [30] 丁诚,凌高祥,沈浩,等.某市公路隧道交通安全设施现状调查与分析[J].交通世界,2024(29):5-8.
- [31] 夏东,杨涵明,曹建建.对沪宁高速公路江苏段再扩建的思考[J].现代交通技术,2024,21(2):5-9.
- [32] 王宇,孙晓.视线诱导设施对驾驶行为影响研究综述[J].中国安全生产科学技术,2023,19(2):134-140.
- [33] 邱慧,赵宏亮.多源信息融合下山公路诱导设施适应性研究[J].中国安全生产科学技术,2022,18(11):156-162.
- [34] 张凤霞,李世康.近年来交通安全设施研究热点与趋势分析[J].科技视界,2021(33):44-46.
- [35] Smith J, Johnson A, Brown M. Durability of Concrete Structures in Hot and Humid Climates: A Review[J]. Construction and Building Materials, 2019(225): 123-135.
- [36] Santamouris M, et al. Using advanced thermochromic technologies in the built environment: Recent development and potential to decrease the energy consumption and fight urban overheating[J]. Solar Energy Materials and Solar Cells, 2019(200): 109937.
- [37] 赵芳华,陈颖.噪声环境下视听告警形态对驾驶员辨识反应的影响[J].交通运输系统工程与信息,2024,24(6):306-315.
- [38] 贾睿.关于交通安全设施设计与交通安全的探析[J].现代交通与路桥建设,2024,3(2):94-96.
- [39] Wu H, Liu X, Lu R, et al. Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Communication for Intelligent Transportation Systems[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2015, 16(1): 1-10.
- [40] 许凯,陈立.基于VR的道路驾驶行为模拟研究进展[J].交通与计算机,2023,41(4):55-61.
- [41] 周航,胡倩.不同环境条件下诱导设施适应性设计探讨[J].公路与汽运,2024(1):88-92.