

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.07.047

# 基于文献计量的步行交通研究现状与趋势分析

姜恒,郭淑霞

(北京市市政工程设计研究总院有限公司,北京市 100082)

**摘要:**应用统计方法和科学知识图谱软件 CiteSpace,对 2012~2021 年知网和 WOS 步行研究的文献信息进行分析。通过分析历年发文量,找出领域核心期刊、主要作者和机构,了解领域的研究概况;通过关键词词频统计和突发词检测,分析国内外步行研究热点和趋势,确定步行交通领域重点关注方向为“行人过街”、“交通安全”,以及步行的“智能交通”;最后,通过文献阅读,总结梳理了 3 个方向近年研究成果和发展趋势。

**关键词:** 知网;WOS;CiteSpace;步行;行人过街;交通安全;智能交通

**中图分类号:** U41;U442.5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-7716(2023)07-0196-06

## 0 引言

步行是目前国内各级城市落实“低碳”、“绿色交通”理念的重要关注点,步行交通系统设计工作日益增加;关于步行设施的行业标准、地方标准也启动了编制、修订工作。深入了解步行交通研究现状、热点与趋势,对步行工程项目和标准制定,都有重要的参考意义。

本文使用知网和 Web of Science(WOS)近 10 年的文献检索结果,在统计分析基础上,应用科学知识图谱软件 CiteSpace 进行深化分析,找到步行领域近年热点和趋势,再通过文献阅读总结研究进展。

## 1 数据的获取与整理

### 1.1 中文文献数据

以知网为中文文献的检索数据源。在知网中采用“高级检索”方式,文献分类为“工程科技 II 辑”-“公路与水路运输”,检索条件为“篇名”含“步行”或“行人”等相关词。为方便数据分析,选择最近整 10 年,2012 年 1 月 1 日到 2021 年 12 月 31 日,选择“学术期刊”下的检索结果。

下载检索到的文献信息,进行数据清理。逐条阅读,剔除报道、会议通知、文件,以及专利公告等干扰文献,以及景观介绍、施工技术或与交通领域无关的文献,最终国内关于步行文献检索数据有 817 条。

### 1.2 英文文献数据

以 WOS 核心合集为英文文献的检索数据源,检

索标题含“pedestrian”,出版日期同样为最近整 10 年,文献类型选择“论文”,WOS 类别选择“Transportation”,经过数据清理以后,国外关于步行文献检索数据有 1 173 条。

## 2 国内步行研究现状与热点

### 2.1 国内历年发文数量和期刊分布

历年文献发表数量体现了该领域的被关注度和发展速度。步行研究 2012~2021 年的年发文数据见图 1。可以看出,步行的研究成果数量总体上略有增加,但有一定的波动。说明步行研究领域不太活跃,与近年来的关注度不符。

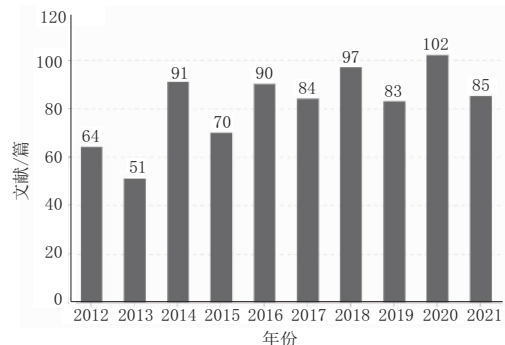


图 1 国内步行领域历年发文量

近 10 年期刊载文数量见图 2,能直观看到绝大多数期刊的载文数量稀少。载文量前 3 的期刊是《中国安全科学学报》、《吉林大学学报(工学版)》和《物理学报》,10 年间载文仅 20、13、9 篇。第 1 位的《中国安全科学学报》,也仅年均载文 2 篇。说明在国内步行领域缺少有影响力的期刊。

### 2.2 国内作者和机构分析

国内主要作者发文量见表 1,前 3 位作者吴立新、陈永恒、曹宁博文章发表数量达到 10 篇,第 10 名

收稿日期:2022-09-09

作者简介:姜恒(1974—),男,硕士,高级工程师,主要从事交通规划、交通大数据研究。

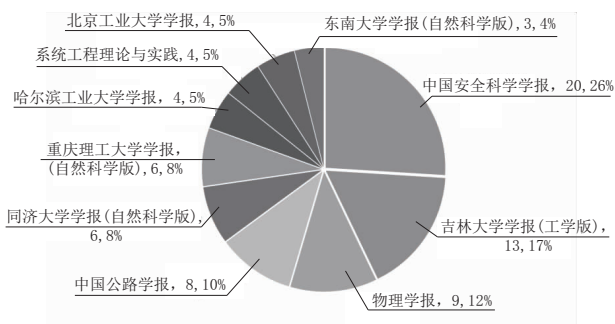


图2 国内步行领域近年期刊发文量

作者也发表了7篇。说明步行研究主要作者在持续投入。发文前10的机构见表2,全部为大学。

表1 国内发文量前10作者

序号	作者	篇数
1	吴立新	10
2	陈永恒	10
3	曹宁博	10
4	岳昊	9
5	曲昭伟	9
6	周竹萍	8
7	张惠玲	8
8	邵春福	7
9	任刚	7
10	白乔文	7

表2 国内发文量前10机构

序号	机构	篇数
1	同济大学	41
2	长安大学	39
3	北京交通大学	37
4	重庆交通大学	28
5	东南大学	26
6	北京工业大学	26
7	吉林大学	19
8	西南交通大学	18
9	东北林业大学	17
10	上海理工大学	15

### 2.3 国内研究热点和趋势

关键词可以表达文献的研究方向,关键词词频的高低分布,可以研究该领域发展动向和研究热点<sup>[1]</sup>。

统计出词频前10的关键词,并结合专业背景进行归纳整理。关注最多的场景是“行人过街”,关键词“交叉口”“人行横道”“信号控制”,与行人研究联系起来,也指向“行人过街”场景,可以作为行人过街的

子方向。后面的“交通工程”、“城市交通”、“交通规划”、“行人交通”都比较宽泛,指向性不强,可以忽略。统计结果见表3。从词频前10可以得出,“行人过街”、“交通安全”、“行人检测”是近年研究热点。

表3 关键词词频前10一览表

序号	代表关键词	合并关键词	次数
1	行人过街	交叉口、人行横道、信号控制	147
2	交通安全		60
3	行人检测		18
4		交通工程	68
5		城市交通	50
6		交通规划	16
7		行人交通	14

注:表中“次数”为代表关键词和合并关键词词频合计。

根据关键词词频的变化,可以进行突发性探测,能分析出哪些关键词在什么时间段爆发,成为了热点;可以结合专业背景分析爆发持续到现在的关键词,能否在未来延续爆发性趋势。

关键词突发性探测结果见图3。可以看出,2012~2021年,步行领域每年维持着1~4个爆发的关键词,热点持续时间最长的是“自行车”,达到4年。可以看到热点逐渐轮换的情况,近几年的热点是“行人检测”和“智能交通”。“行人检测”属于“智能交通”的一个研究内容。

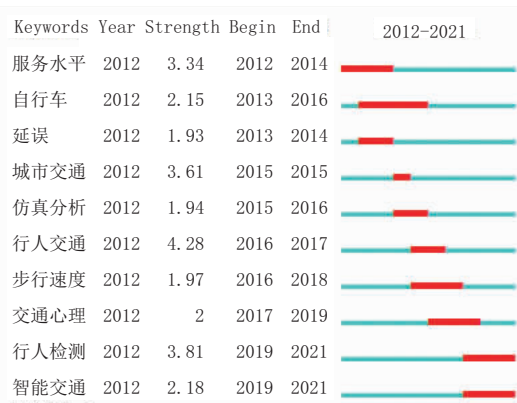


图3 突发检测前10关键词

## 3 国外步行研究现状与热点

### 3.1 国外历年发文量和期刊分布

国外步行领域历年发文量见图4。由图可见,国外步行的研究呈稳定增长局面,与近年全球对步行越来越重视的趋势相符合。

国外近10年期刊载文数量见图5。载文量前3的期刊是《ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION》,《TRANSPORTATION RESEARCH RECORD》和《TRANSPORTATION RESEARCH PART F TRAF-

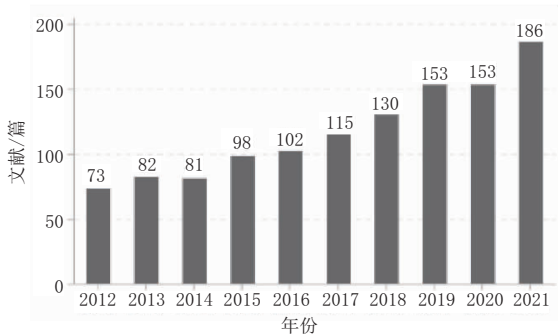


图4 国外步行领域历年发文量

《TRANSPORTATION RESEARCH RECORD》载文量遥遥领先,是步行方面的权威期刊。

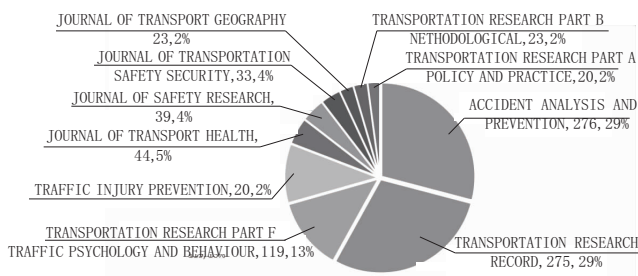


图5 国外步行领域近年期刊发文量

### 3.2 国外作者和机构分析

国外主要作者发文量见表4,前3名作者 SAYED T、ABDEL-ATY M 和 SCHNEIDER R 发表文章数量为 23、20 和 17 篇,远高于国内作者,说明国外步行研究主要作者更重视该方向。发文前 10 的机构见表 5,也全部为大学,说明国内外在步行领域,都主要是大学在进行理论方面的研究。

表4 国外发文量前 10 作者

序号	作者	篇数
1	SAYED T	23
2	ABDEL-ATY M	20
3	SCHNEIDER R	17
4	SARVI M	14
5	LEE J	11
6	VEDAGIRI P	9
7	LI Y	9
8	ZHANG Y	9
9	FAN W	9
10	SIMMS C	8

### 3.3 国外研究热点和趋势

同理,归纳整理国外步行研究词频前 10 的关键词。“safety”、“pedestrian safety”,“risk”,“accident”,“crash”,“injury”都指向行人“safety”,成为词频最高

表5 国外发文量前 10 机构

序号	机构	篇数
1	INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY SYSTEM IIT SYSTEM	54
2	STATE UNIVERSITY SYSTEM OF FLORIDA	48
3	UNIVERSITY OF NORTH CAROLINA	42
4	UNIVERSITY OF CALIFORNIA SYSTEM	32
5	MONASH UNIVERSITY	30
6	UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA	29
7	UNIVERSITE GUSTAVE EIFFEL	28
8	QUEENSLAND UNIVERSITY OF TECHNOLOGY QUT	27
9	TEXAS A M UNIVERSITY COLLEGE STATION	24
10	TEXAS A M UNIVERSITY SYSTEM	24

的关键词;其次是行人“behavior”,“age”和“speed”,可以归类到“行人特性”(pedestrian characteristics)。结果见表 6。所以“safety”,“pedestrian characteristics”和“intersection”是国外步行领域近年研究热点。

表6 关键词词频前 10 一览表

序号	代表关键词	合并关键词	次数
1	safety	pedestrian safety, risk, accident, crash, injury	567
2	pedestrian characteristics*	behavior, age, speed	294
3	intersection		64

注:1.表中“次数”为代表关键词与合并关键词词频合计;  
2.“\*”关键词为自拟,不是词频统计出来的关键词。

另外,对比国内外文献对关键词的应用,可以发现国内文献作者对关键词不够重视,很多关键词不能鲜明而直观地表述文献的主题,过于宽泛。

关键词突发性探测结果见图 6。可以看出,2012~2017 年,步行领域每年维持着 2~7 个爆发的关键词,热点持续时间最长的是“casualty”,长达 5 年。可以看到热点逐渐轮换的情况,近 3 年的热点是“traffic safety”。

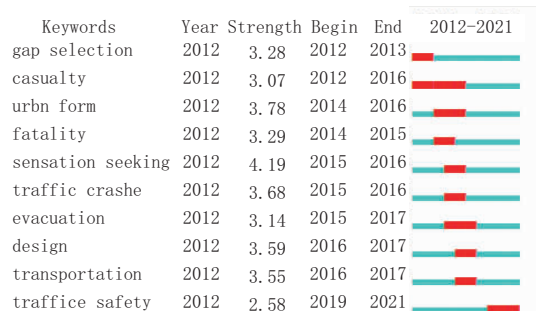


图6 WOS 行人文献突发检测前 10 关键词

## 4 步行领域研究热点主要进展

结合国内外研究热点和趋势,重点关注步行领

域的“行人过街”(pedestrian characteristics, intersection)、“交通安全”(safety),以及步行的“智能交通”。

#### 4.1 行人过街

陈鑫等<sup>[2]</sup>认为行人过街的研究主要集中在“行人过街交通特性”和“行人与车辆冲突”两个方向。

##### 4.1.1 行人过街交通特性

行人过街速度特性,从简单的统计数据,发展到研究各种因素对速度的影响。如张惠玲等学者<sup>[3-6]</sup>研究了老年行人比例、行人信号灯指示、过街方向、服装风格、携带物品、行人规模、性别以及城市对步行速度的影响。

行人过街的视觉特性研究使用了眼动追踪技术,研究成果对交叉口设施设计有参考意义。Biassoni等<sup>[7-10]</sup>的研究表明,年龄因素对过街行人视觉特性的影响显著。此外,丁袁等<sup>[11]</sup>研究了交叉口信号控制方式、Tapiro等<sup>[12-13]</sup>研究了过街使用手机对行人眼动特性的影响。

行人过街的心理特性研究有助于剖析行人违章过街和过街使用手机行为。张国强等<sup>[14-17]</sup>发现较多行人过街时会形成心理上的群体,产生跟随违章现象。Horberry等<sup>[18]</sup>在调查中发现行人过街时使用手机是高发现象,占比达到20%。Hou等<sup>[19]</sup>发现31.2%的行人与朋友交流,24.5%与配偶交流。Appel等<sup>[20]</sup>将行人走路频繁地使用手机归因于社交恐惧。

##### 4.1.2 行人与车辆冲突

近年较多应用交通冲突技术衡量人车冲突。Chen等<sup>[21-22]</sup>应用后侵犯时间PET等指标分析了交叉口行人与车辆的冲突情况。Wu等<sup>[23-24]</sup>研究了应用距离碰撞时间TTC和PET来提高估计精度的方法。

#### 4.2 智能交通

步行的“智能交通”,主要体现在“行人交通数据采集”、“信号控制”和“行人检测”方面。

##### 4.2.1 行人交通数据采集

人流的数据采集广泛应用传感技术、通信技术和计算机技术。施晓蒙<sup>[25]</sup>总结为自动计数、视频分析、手机探测和数据挖掘4类。

行人自动计数设备主要有:机械计数、重力感应、红外探测、激光传感、RFID、NFC、IC卡。行人视频分析是当今计算机图形学研究中的热点,行人检测和行人轨迹提取是重要的研究分支。手机探测有大样本、高效率、数据传输容易、适用范围广的优势,但是,数据精度很多时候不及人工计数、视频分析等

手段。数据挖掘通常使用售票数据、签到数据、地图数据等,检测大型活动的规模、人流的流线倾向性、危险事件预警、人群激增预警、应急疏散路线规划等。数据挖掘的算法优化、多源数据的融合是一个重要的发展方向<sup>[25]</sup>。

##### 4.2.2 信号控制

步行领域“信号控制”近年热点是“行人专用相位”。国内外学者对行人专用相位的设置条件和优化进行了研究,目前存在一定争议。John等<sup>[26]</sup>研究表明,采用行人专用相位的安全效益取决于行人的遵从程度,认为在机动车速度高、行人过街距离长、行人流量低时可设置行人专用相位。王雪元等<sup>[27-29]</sup>采用不同的方法建立优化模型,总结了设置条件,但均不含行人流量低的要求,与John的研究结果不同。

##### 4.2.3 行人检测

李大林<sup>[30]</sup>总结行人检测主要包括基于三维激光、基于视觉传感器和基于激光雷达数据的方法。

三维激光扫描技术主要应用于静态物体,积累的场景分割、点云特征提取以及语义识别的技术可以借鉴。基于深度学习的视频行人检测方法需要海量的训练样本,但效果明显好于传统的基于图像的行人检测方法<sup>[31]</sup>。基于单线激光的行人检测,数据量小、处理速度快,在机器人领域发挥着重要的作用。多线激光雷达已经成为自动驾驶汽车最主要的传感器之一。基于多线激光雷达数据的三维行人检测是时下最热门的研究领域之一<sup>[30]</sup>。

#### 4.3 交通安全

马丹等<sup>[32]</sup>分析了Web of Science数据库有关行人交通安全研究的文献,认为行人受伤风险因素和行人宏观交通安全是值得关注的方向。

##### 4.3.1 行人受伤风险因素研究

利用各种数学模型对行人受伤严重程度进行分析,得到影响行人受伤的关键因素。Li等<sup>[33]</sup>研究了驾驶员、行人、环境和道路特征与每个年龄组的行人安全问题。Chen等<sup>[34]</sup>研究了驾驶员身体状况、车型、光照条件、车速等因素与行人伤害程度的关系。Xu等<sup>[35]</sup>研究结果表明:当行人年龄大于65岁、头部受伤、在没有障碍/过度拥挤的人行道上发生碰撞、不小心或疏忽的交叉、在双向车道上发生车祸、在电车站或轻轨站附近发生事故时,导致其死亡或严重受伤的概率显著增加。Jung等<sup>[36]</sup>在韩国进行的研究结果表明,行人年龄和运动类型是导致行人死亡和重伤的2个主要变量,交通运行、道路等级、碰撞位置、驾驶员违

规和故障车辆类型都是与行人死亡和重伤相关的重要变量。

#### 4.3.2 行人宏观交通安全研究

行人宏观交通安全研究从宏观角度来分析行人事故的相关影响因素。Lee等<sup>[37-38]</sup>估计了步行、自行车的出行和碰撞,试图在出行建模阶段整合非机动车安全分析,以更好地规划行人的交通安全。步行时间、气候条件、中老年人比例(64~75岁)、少数民族/族裔比例和第三产业职业比例对行人死亡有显著影响。Osama等<sup>[39]</sup>研究了温哥华市人-车碰撞数据,评估了社会经济、土地使用、建筑环境和道路设施对行人安全的影响。Jiang等<sup>[40]</sup>研究了在交通分区层面上确定最具影响力宏观碰撞风险决定因素的方法。Tiwari<sup>[41]</sup>发现在世界不同地区观察到的行人行为具有相似性,高收入国家行人死亡人数比低收入和中等收入国家少,通过主动措施进行速度控制的效果最大,而改变行人行为的教育和培训的效果最小。

## 5 结 语

(1)步行虽然是人类最主要的交通方式,近年来也越来越重视步行相关设施建设,但是从研究文献产出可知,从业人员不多,研究成果较少,步行领域研究价值有限。

(2)步行领域国内外研究热点是“行人过街”、“交通安全”和“智能交通”。“交通安全”和“智能交通”近年呈现爆发状态,具有可持续性,应予以重点关注,是未来趋势。

(3)从热点研究成果可以看出,很多国家和地区积累了大量交通事故数据,为开展交通安全研究提供了有利条件;行人数据采集设备和方法也更加丰富和先进;深度学习、人工智能等数学方法得到广泛应用,分析手段更加多样化。

#### 参考文献:

- [1] 李杰,陈超美.CiteSpace:科技文本挖掘及可视化[M].2版.北京:首都经济贸易大学出版社,2017.
- [2] 陈鑫,宋臻,高艺轩,等.行人过街安全研究进展[J].人类工效学,2022,28(2):82-87.
- [3] 张惠玲,葛鹏.信号交叉口过街老年人比例与行人步行速度关系分析[J].科学技术与工程,2018,18(18):287-292.
- [4] MULEY D, ALHAJYASEEN W, KHARBECHE M, et al. Pedestrians' speed analysis at signalized crosswalks [J]. Procedia Computer Science, 2018, 130(11):567-574.
- [5] AL-MUSAWI A Y, SARSAM S I. Comparative assessment of pedestrian crossing behavior at baghdad and nasiriya [J]. Indian Journal of Engineering, 2018, 15(6):238-249.
- [6] GOH B H, SUBRAMANIAM K, WAI Y T, et al. Pedestrian crossing speed: The case of Malaysia [J]. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2012, 2(4):323-332.
- [7] BIASSONI F, SILVA A L, CICERI M R, et al. Visual exploration and hazard search strategies in a simulated road crossing task among primary and secondary school students in Tanzania [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2020, 74(7):471-483.
- [8] TAPIRO H, MEIR A, PARMET Y, et al. Visual search strategies of child-pedestrians in road crossing tasks [C]. Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2013 Conference, 2014.
- [9] TAPIRO H, BOROWSKY A, ORON-GILAD T, et al. Where do older pedestrians glance before deciding to cross a simulated two-lane road a pedestrian simulator paradigm [C]. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. SAGE CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2016, 60(1):11-15.
- [10] ZITO G A, CAZZOLI D, SCHEFFLER L, et al. Street crossing behavior in younger and older pedestrians: An eye- and head-track- ing study [J]. BMC Geriatrics, 2015, 15(1):1-10.
- [11] 丁袁,马健霄,潘义勇.有无信号控制路段下行人过街眼动特性研究[J].交通信息与安全,2019,37(2):40-47.
- [12] TAPIRO H, ORON-GILAD T, PARMET Y. Cell phone conversations and child pedestrian's crossing behavior: A simulator study [J]. Safety Science, 2016, 89(1):36-44.
- [13] 凌飞阳.行人过街使用手机行为特性及管控方法研究[D].合肥:合肥工业大学,2017.
- [14] 张国强,王斯琨.行人过街交通心理与交通行为分析[J].东南大学学报(哲学社会科学版),2019,21(2):42-144.
- [15] 吴文静,王占中,马芳武.从众心理影响下的行人群体行为演化博弈的仿真分析——以行人过街为例[J].吉林大学学报(工学版),2017,47(1):92-96.
- [16] 陆百川,刁素素,何相蟻,等.基于心理场场强模型的路段行人过街安全措施[J].科学技术与工程,2019,19(14):351-356.
- [17] DEMIR B, ZKAN T, DEMIR S. Pedestrian violations: Reasoned or social reactive comparing theory of planned behavior and prototype willingness model [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2019, 60(12):560-572.
- [18] HORBERRY T, OSBORNE R, YOUNG K. Pedestrian smart phone distraction: prevalence and potential severity [J]. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2019, 60(11):515-523.
- [19] HOU M, CHENG J. The role of social networks in mobile phone use among pedestrians: A pilot study in China [J]. Sustainability, 2021, 13(1):420.
- [20] APPEL M, KRISCH N, STEIN J P, et al. Smartphone zombies! Pedestrians' distracted walking as a function of their fear of missing out [J]. Journal of Environmental Psychology, 2019, 63(2):130-133.
- [21] CHEN P, ZENG W, YU G. Assessing right-turning vehicle-pedestrian conflicts at intersections using an integrated microscopic sim-

- ulation model [J].Accident Analysis & Prevention,2019,129(2):211-224.
- [22] KUMAR A, PAUL M, GHOSH I. Analysis of pedestrian conflict with right-turning vehicles at signalized intersections in India[J].Journal of Transportation Engineering, Part A:Systems, 2019, 145(6):1-12.
- [23] WU J, RADWAN E, ABOU-SENNA H. Determination if VISSIM and SSAM could estimate pedestrian-vehicle conflicts at signalized intersections[J].Journal of Transportation Safety & Security, 2018, 10(6):572-585.
- [24] ZHENG L, SAYED T. From univariate to bivariate extreme value models: Approaches to integrate traffic conflict indicators for crash estimation[J].Transportation Research Part C:Emerging Technologies, 2019, 103(3):211-225.
- [25] 施晓蒙.行人交通流复杂运动特性与交互行为实验研究[D].南京:东南大学,2018.
- [26] JOHN N, IVAN M K, ZHANG Y, et al. A study of pedestrian compliance with traffic signals for exclusive and concurrent phasing[J].Accident Analysis & Prevention, 2017, 98:157-66.
- [27] 王雪元, 黄土琛.典型信号控制交叉口行人专用相位设置阈值研究[J].交通信息与安全, 2017, 35(4):69-75.
- [28] 董洁霜, 卞春, 王嘉文, 等.数据驱动的两相位信号控制交叉口行人专用相位动态设置方法[J].公路交通科技, 2020, 37(1):85-95.
- [29] 王嘉文, 陈超, 金杨, 等.考虑人车交互的两相位信号控制交叉口行人专用相位设置条件[J].公路交通科技, 2020, 37(1):96-103.
- [30] 李大林.基于激光雷达数据的行人探测方法研究[D].武汉:武汉大学, 2018.
- [31] LI H L, WU Z D, ZHANG J W. Pedestrian detection based on deep learning model [C]//9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI), Datong:[s.n.], 2016:796-800.
- [32] 马丹, 裴玉龙, 田昆.基于文献计量分析的行人交通安全研究综述[J].中国安全科学学报, 2020, 30(8):101-108.
- [33] LI Yang, FAN Wei. Pedestrian injury severities in pedestrian-vehicle crashes and the partial proportional odds logit model:accounting for age difference[J].Transportation Research Record, 2019, 2673(5):731-746.
- [34] CHEN Zhen, FAN Wei. Modeling pedestrian injury severity in pedestrian-vehicle crashes in rural and urban areas:mixed logit model approach[J].Transportation Research Record, 2019, 2673(4):1023-1034.
- [35] XU Xuecai, XIE Siqi, WONG S C, et al. Severity of pedestrian injuries due to traffic crashes at signalized intersections in Hong Kong:a Bayesian spatial logit model [J].Journal of Advanced Transportation, 2016, 50(8):2015-2028.
- [36] JUNG S, QIN Xiao, OH C. Improving strategic policies for pedestrian safety enhancement using classification tree modeling [J].Transportation Research Part A-Policy and Practice, 2016, 85(5):53-64.
- [37] LEE J, ABDEL-ATY M, CAI Q, et al. Integrated modeling approach for non-motorized mode trips and fatal crashes in the framework of transportation safety planning [J].Transportation Research Record, 2018, 2672(32):49-60.
- [38] LEE J, ABDEL-ATY M, HUANG H, et al. Transportation safety planning approach for pedestrians:an integrated framework of modeling walking duration and pedestrian fatalities [J].Transportation Research Record, 2019, 2673(4):898-906.
- [39] OSAMA A, SAYED T. Macro-spatial approach for evaluating the impact of socio-economics, land use, built environment, and road facility on pedestrian safety[J].Canadian Journal of Civil Engineering, 2017, 44(12):1036-1044.
- [40] JIANG Ximiao, ABDEL-ATY M, HU Jia, et al. Investigating macro-level hotzone identification and variable importance using big data:a random forest models approach[J].Neurocomputing, 2016, 181:53-63.
- [41] TIWARI G. Progress in pedestrian safety research[J].International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 2020, 27(1):35-43.

\*\*\*\*\*  
(上接第 185 页)

作,着重开展了污水处理构筑物预制装配化混凝土结构设计标准、施工质量控制标准和技术、验收标准,大型预制装配式结构的快速施工及质量控制技术,轻量预制化叠合结构体系及关键施工技术,智慧工地及数字化等相关内容的研究,形成了污水处理工程构筑物装配式混凝土结构设计、施工等技术标准,将形成水务厂站工程从设计施工到运维全寿命周期的技术体系,并进行了工程示范,通过技术体系及工程经验为城市重大基础设施和生命线工程的绿

色智慧化建造提供了技术支撑,全面提升了上海市水务工程构筑物预制装配式建筑施工技术。该工程完成后,也将为社会和环境带来巨大效益。

参考文献:

- [1] 柏寒阳,张美超,郭秋静,等.预制水池在大体积水池中的应用与研究[J].结构施工,2019,41(1):106-108.
- [2] 黎灿坤.基于 BIM 技术的预制装配式混凝土结构设计探讨[J].低碳世界,2021,11(5):180-181.
- [3] 叶耀先.大力发展装配式混凝土建筑的思考[J].建筑,2018(12):18-22.