

城市街道绿色暴露的健康效益研究进展

Progress in Research on the Health Benefits of Green Exposure in Urban Streets

李 荷¹ 李无双² 刘吴东² 陈明坤¹ 孟令爽^{2*}
LI He¹ LI Wushuang² LIU Haodong² CHEN Mingkun¹ MENG Lingshuang^{2*}

(1.成都市公园城市建设发展研究院, 成都 610036; 2.四川农业大学风景园林学院, 成都 611134)
(1. Chengdu Park City Construction & Development Research Institute, Chengdu, Sichuan, China, 610036; 2. College of Landscape Architecture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan, China, 611134)

文章编号: 1000-0283(2026)02-0031-10

DOI: 10.12193/j.laing.20250625001

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2025-06-25

修回日期: 2025-08-04

摘 要

作为居民日常高频被动接触的绿色暴露空间,城市街道绿色暴露的测量方式、对健康的影响机制以及健康效益尚缺乏系统阐释。基于文献计量方法,使用CiteSpace工具,量化分析与定性归纳国内外相关研究,系统梳理了研究主题、热点演变与关键成果。研究发现当前街道绿色暴露的测量方法主要包括实地观察、图像解析及主观感知评估;健康效益评估可使用自评量表、生理指标、行为观测与活动数据、临床诊断与医疗记录;效益表征体现在心理健康与情绪调节、生理健康、社会健康;健康作用路径主要通过改善生态环境、促进身体活动、增强心理恢复力与强化社会交往4条路径实现。当前研究仍面临生理-心理机制阐释不足、街道尺度划分不明确、多感官体验评估缺失等问题,未来应深化生态与心理效益的耦合机制研究,融合时空维度的异质性分析,并探索偶发性暴露与主动性使用在健康增益上的差异性,以推动健康导向的城市街道精准设计。

关键词

城市街道; 绿色暴露; 健康效益; 文献计量; CiteSpace; 发展趋势

Abstract

Given that residents are frequently passively exposed to this environment, there exists a deficiency in a systematic explanation regarding the measurement of green exposure on urban streets, its impact on health, and its associated health benefits. By employing the CiteSpace tool alongside bibliometric methodology, we conducted quantitative analyses and qualitative summaries of both domestic and international studies, systematically categorizing research themes, hotspot developments, and principal findings. The study identified that contemporary techniques for quantifying green exposure in urban streets predominantly comprise field observation, image analysis, and subjective perception assessment. Health benefits can be evaluated through self-assessment scales, physiological indicators, behavioural observations, activity data, clinical diagnoses, and medical records. These benefits manifest in psychological, physiological, and social health. These health pathways are primarily realised through improving the ecological environment, promoting physical activity, enhancing psychological resilience, and strengthening social interaction. Current research still faces problems such as insufficient interpretation of physiological-psychological mechanisms, unclear delineation of street scales, and a lack of evaluation of multi-sensory experiences. Future research should focus on the coupling mechanism between ecological and psychological benefits, integrate analyses of the spatial and temporal dimensions of heterogeneity, and explore differences in health benefits between episodic exposure and active use to support the accurate design of health-oriented urban streets.

Keywords

urban street; green exposure; health benefit; bibliometrics; CiteSpace; development trend

李 荷

1988年生/女/安徽涡阳人/博士/副研究员/研究方向为高密度建成环境社会生态韧性、城乡生态规划、公园城市

李无双

2000年生/男/四川成都人/硕士/研究方向为城乡绿地生物多样性与公共健康、健康景观循证设计、自然疗愈

孟令爽

1991年生/女/重庆人/博士/副教授/研究方向为城乡绿地生物多样性与身心健康、健康景观循证设计、自然疗愈

*通信作者 (Author for correspondence)

E-mail: Lingshuangmeng@163.com

基金项目:

国家自然科学基金青年科学基金项目“高密度建成环境生态空间韧性机理探析及协同规划响应”(编号: 52308080);上海市“科技创新行动计划”社会发展科技攻关项目“超大城市上海公园城市构建关键技术研究及示范”(编号: 23DZ1204400)

全球城市化进程及传统城市空间营造,加剧了自然接触减少、噪声与空气污染、光污染、空间拥挤、交通拥堵以及社会关系疏离等问题,成为影响城市居民健康的风险源。城市居民因缺乏身体活动导致的慢性疾病发病率持续上升^[1],罹患精神疾病的风险也较农村居民高出38%^[2]。《“健康中国2030”规划纲要》强调了景观与健康融合发展的重要性,街道作为居民日常出行和游憩接触最频繁的公共空间,以绿色暴露为主的物理环境特征影响居民的体力活动选择和景观感知特征,并最终反映在居民的健康效益方面。梳理国内外关于街道绿色暴露及其健康效益的相关研究,系统探究城市街道绿色暴露的居民健康效益,旨在揭示该领域的研究热点与演替趋势,厘清街道绿色暴露的测量方式与健康效益的评估方法以及街道绿色暴露与健康效益的内在影响机制。为进一步优化建成环境、提升其健康促进效能提供科学依据。

1 研究方法

1.1 文献来源与处理

为确保文献综述的系统性与前沿性,研究数据来源于中国知网(CNKI)与Web of Science

(WoS)核心数据库,以“城市街道”“绿色空间”“心理健康与福祉”三组核心主题词及其相关拓展词^[3]为检索策略(表1),以2025年6月5日为检索截止日期,采用并列组合的检索方式,在CNKI数据库获取文献235篇,在WoS核心数据库中获取584篇。通过题目、摘要及关键词进行内容筛选与重复剔除,最终纳入有效中文文献235篇,英文文献533篇,作为后续分析的数据基础。

1.2 研究方法

采用CiteSpace计量分析工具,可视化分析2000—2025年间的相关文献关键词。在“Node Type”模块中“Selection Criteria”参数为:Top N=50、Top N%=10;“精简”选项选择Pathfinder算法,网络视图采用“Cluster View-Static”和“Show Merged Network”^[4]。绘制关键词共现^[5]、聚类分析^[6]与热点词突现分析等可视化图谱,结合人工判读与内容归纳系统总结城市街道绿色暴露健康效益的研究进展与发展脉络。

关键词共现图谱中节点与标签的大小反映该关键词的出现频率,节点环圈表示被研究的年份,节点间的曲线表示关键词之

间存在共现或引文关系,线条粗细表示其关联强度。关键词聚类采用对数似然比算法(Log-Likelihood Ratio, LLR)构建聚类图谱,编号越小其聚类包含的关键词越多,从结构显著,内部一致性良好,具有较强解释度角度,界定模块度(Modularity Q)>0.3,轮廓系数(Silhouette S)均>0.7,选取凸显度最高的前9个聚类词组,以准确地揭示本领域研究热点及其演化趋势。热点词突现分析采用突变检测算法,参数γ值为0.2,识别在特定时间段内频率急剧上升的关键词,提取突变强度排名前25的关键词,以揭示研究领域的热点演化轨迹。

2 研究现状概述

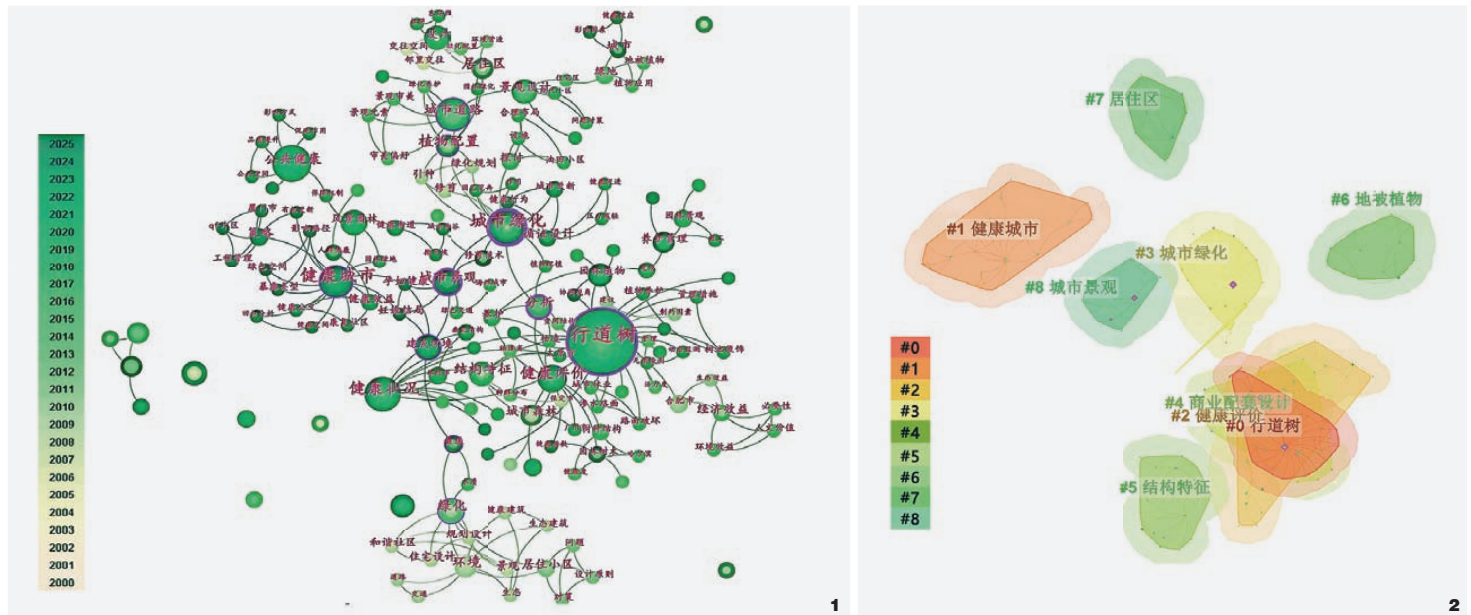
2.1 中文文献情况

2.1.1 关键词共现分析

关键词共现图谱(图1)表明,频率高的关键词多涵盖城市道路空间的景观要素,如“城市绿化”“行道树”“城市道路”等;其次为不同健康方面,如“公共健康”“健康城市”“健康评价”等,体现城市街道绿色暴露在不同健康及健康评价的重要作用。其中与公共空间、树种结构等城市街道环境因

表1 中英文检索式与检索结果表
Tab. 1 Chinese and English search formulas and search results

文献分类 Literature classification	核心主题词 Retrieval center	检索主题词(关键词) Keyword	文献数量/篇 Number
中文	城市街道	主题: 街道+道路+城市街道+城市道路+行道+路侧	369 688
	绿色空间	主题: 绿色空间+城市绿化+绿色暴露+绿化+行道树+自然接触+绿地覆盖+自然环境	144 460
	心理健康与福祉	主题: 健康+福祉+心理健康+生理健康+公共健康+社会健康+恢复性+幸福感+生活质量+福祉	1 367 154
英文	urban street	TS= (“street” OR “road” OR “urban street” OR “streetscape” OR “street environment” OR “urban road” OR “street greenery” OR “roadside”)	180 964
	green space	TS= (“green space” OR “green exposure” OR “urban greenery” OR “green infrastructure” OR “nature exposure” OR “vegetation cover” OR “street trees”)	30 639
	health and well-being	TS= (“health benefits” OR “public health” OR “mental health” OR “physical health” OR “social health” OR “well-being” OR “stress reduction” OR “restorative effects” OR “health outcomes” OR “quality of life”)	1 263 609



素有着显著关联的“公共健康”“健康状况”已成为街道绿色暴露健康效益研究中的新兴方向，反映了研究视角从环境描述向更深层次的健康状况与社会福祉转变。

2.1.2 关键词聚类分析

关键词共现图谱的模块度为0.8973 (> 0.3), 轮廓系数为0.9651 (> 0.7), 该聚类结果具有显著性和较高的可信度, 共识别节点286个, 边371条, 说明该聚类网络能较好地呈现该领域的研究热点与内部关联, 不同聚类板块之间存在一定程度的重叠, 表明其主题之间具有较强的内在联系。综合聚类图谱(图2)与时间线图(图3)。可见当前街道绿色暴露与健康效益研究表现出高度耦合趋势, 其中健康城市理念的深化及健康评价体系的构建对研究发展起到了重要推动作用。

城市街道绿色暴露的健康效益中文研究

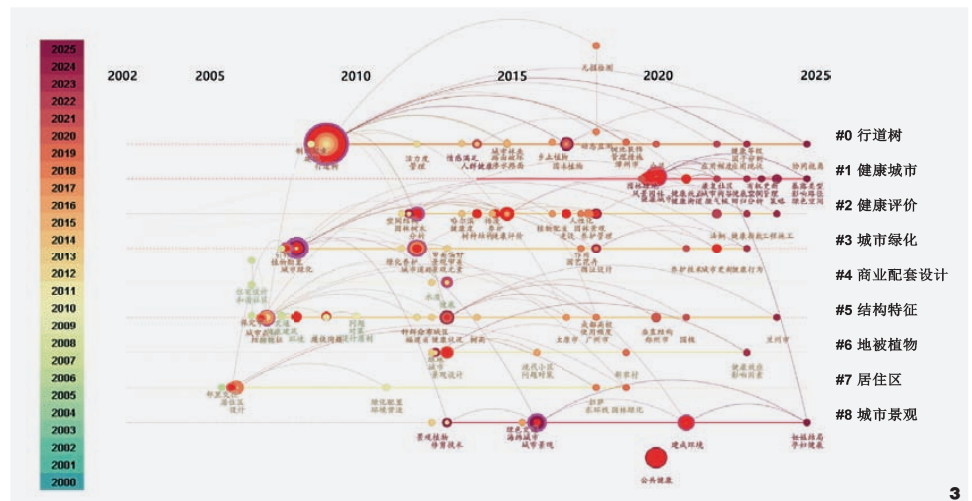


图1 关键词共现图谱
Fig. 1 Keywords co-occurrence map

图2 关键词聚类图谱
Fig. 2 Keywords clustering map

图3 关键词聚类的时间线图
Fig. 3 Timeline map of keyword clustering

呈现以下三个阶段：2008—2012年的萌芽阶段，已出现关于植物引种、植物配置等主题的探讨，聚焦于街道绿化、行道树及居住区等空间的生态与审美功能，着重强调绿色功能优先，但尚未充分考虑其在健康促进中的作用；2012—2020年的发展阶段，“绿化养护”

成为新的关注点，拓展至城市道路、景观审美与景观元素等，研究从植物本身延伸至人与景观互动，开始关注健康效益并探讨养护管理对城市街道长期绿色暴露的作用，街道景观要素对行人心理感受的影响（如缓解视觉疲劳、提升愉悦感）等，但缺乏系统性与

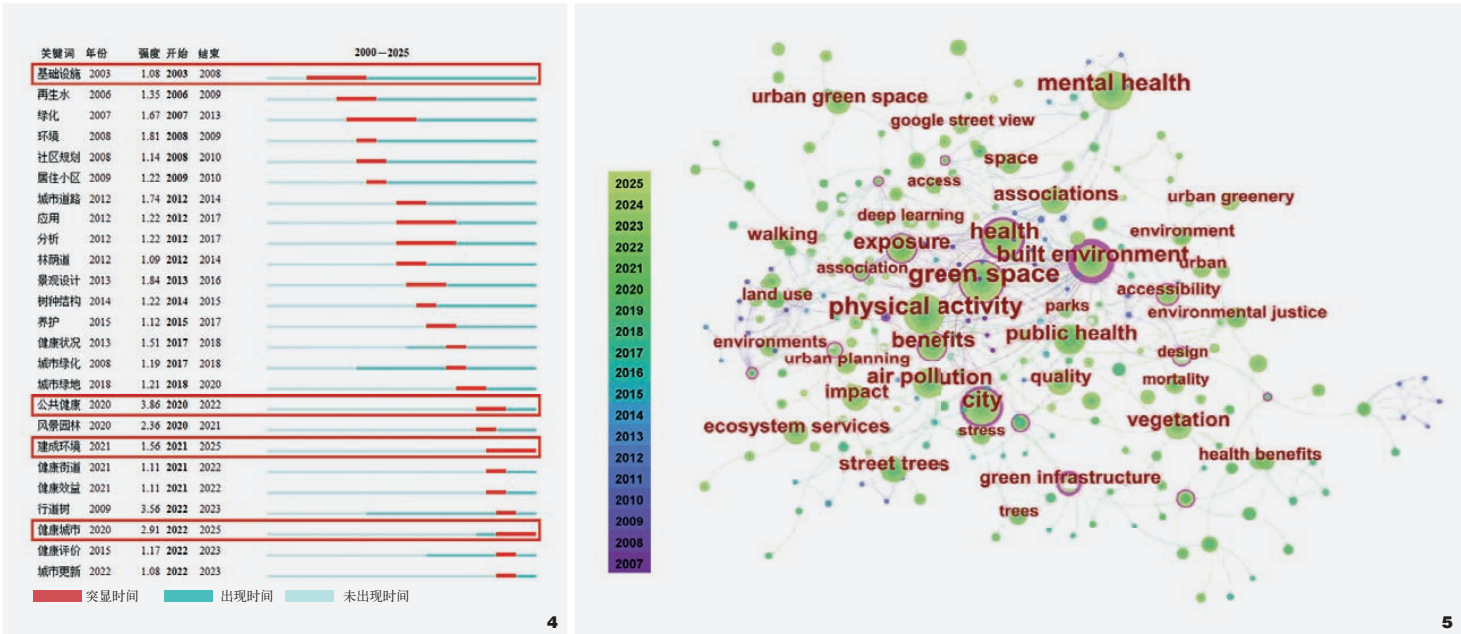


图4 前25位研究热点词及其突变
Fig. 4 Top 25 keywords with the strongest citation bursts

图5 关键词共现图谱
Fig. 5 keywords co-occurrence map

量化分析；2020年以后的深化阶段，健康导向明确，量化与机制研究凸显，“健康效益”成为街道景观绿色暴露研究的核心导向，研究从表象关联转向机制影响与量化评估，研究主题更关注不同的影响因素，如行道树、城市绿化与地被植物等，并通过整合街道绿色暴露的关键要素来构建与人体健康效益的关联模型，系统探究街道绿色暴露与健康效益的内在机制，呈现出从景观功能转向健康功能的明显趋势。

2.1.3 研究热点词突现分析

研究热点词突现分析（图4）反映出关键词的突现强度，表征研究价值和受关注程度，突现强度越大表明该关键词在对应时间段内的研究价值越高。“基础设施”最早在2003—2008年突现，“公共健康”突现强度最高，凸显时间为2020—2022年，当前研究热

点“建成环境”“健康城市”则为2021—2025年与2022—2025年的突现词。整体来看，关于健康的议题关注度具有持续性，其影响范围从公共卫生领域向经济、文化等领域广泛延伸，从风景园林的视角，强化了学者们对城市绿地与公共健康关联性的关注。

2.2 英文文献情况

2.2.1 关键词共现分析

关键词共现图谱（图5）直观揭示了城市街道绿色暴露与健康效益研究的关键词结构、研究热点及其相互关系。可归纳为城市街道景观特征、健康与福祉和人类活动行为三个主要研究方向。其中，“城市街道景观特征”类关键词频率总和最高，显示该领域仍以物理空间特征研究为主，“健康与福祉”次之，而“人类活动行为”类关键词频率相对较低。

2.2.2 关键词聚类分析

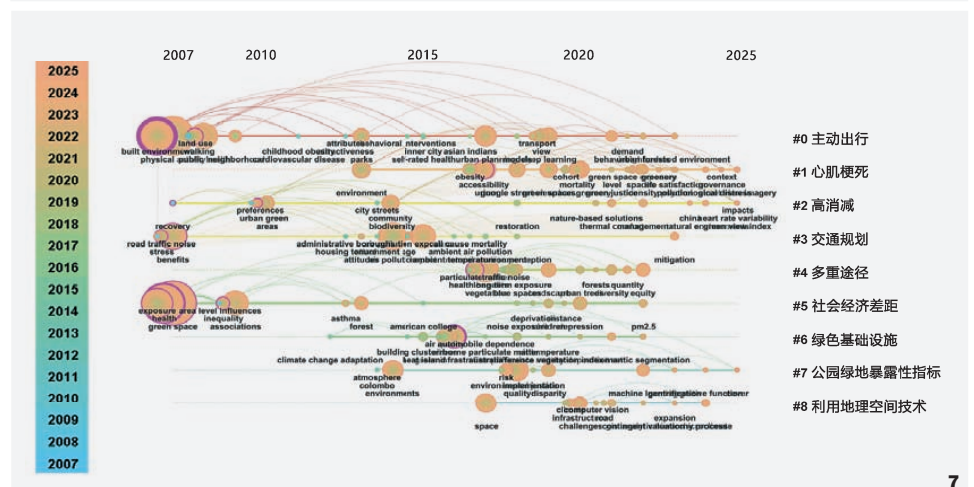
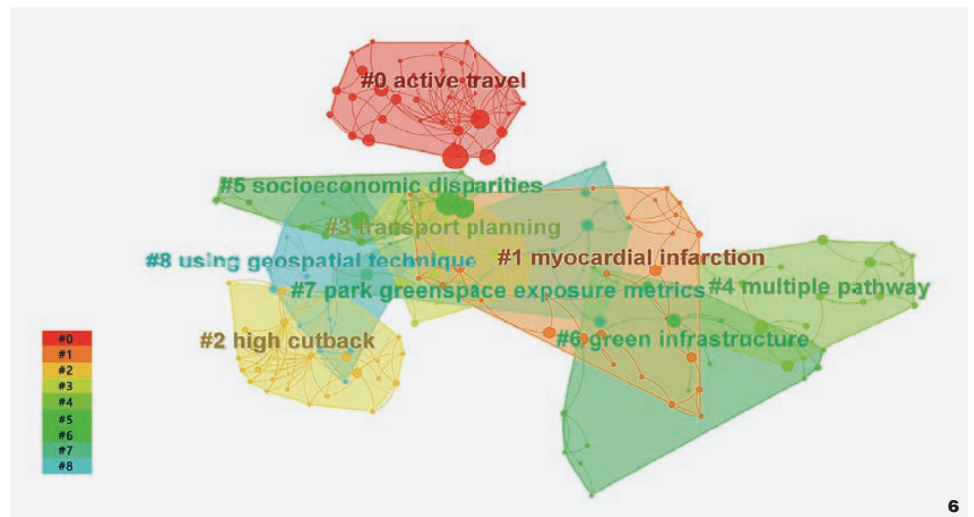
关键词聚类分析的聚类结构具有良好的稳定性与聚类质量，各聚类间具有较强的内在关联性，聚类模块度为0.7096（>0.3），聚类轮廓系数为0.8759（>0.7），共识别出节点267个，连线534条。综合聚类图谱（图6）与时间线图谱（图7），研究呈现从行为模式如主动出行（active travel），到具体疾病如心肌梗死（myocardial infarction），再到城市规划（urban planning）、社会公平（equity）、绿色基础设施（green infrastructure）等多个维度，体现了当前国际研究关注多学科交叉的特征，特别是“多重途径（multiple pathway）”“社会经济差距（socioeconomic disparities）”“地理空间技术（geospatial technique）”等关键词，凸显了当前研究在作用机制、健康不平等以及评估工具的深入探索。

城市街道绿色暴露健康效益英文研究可

以分为三个阶段：2007—2012年的萌芽阶段，开始关注到城市街道的使用功能，如主动出行、交通规划、社会经济差距，但缺少对健康效益的深入探究；2012—2020年发展阶段，研究重点从街道交通使用功能发展到人与环境的健康效益，其中，主动出行由身体活动、步行拓展至儿童肥胖与交通视线等，反映出研究从一般行为干预逐步深入至儿童健康与感知路径的议题，初期关注健康与绿色空间，后续纳入哮喘与植被等，体现研究从空间可达性逐渐转向特定疾病与生态暴露机制的探索；2020年以后的深化阶段，呈现出路径机制多元化与技术手段前沿化的发展趋势，涌现出多重途径与利用地理空间技术的聚类，引入多重作用机制和地理信息等技术，系统揭示了绿色暴露如何通过生态、心理、生理及社会等多维路径影响健康，推动该领域走向更为全面与深层的理论建构与实践应用。

2.2.3 研究热点词突现分析

研究热点词突现分析（图8）分析结果显示在2012—2015年突现的“体重指数”与2012—2013年突现的“建成环境”，反映出早期研究聚焦于个体层面的身体健康，特别是与肥胖、心血管疾病等相关的外部环境因素。2015—2022年间为突现词高频期，包括“道路交通噪声”“行道树”“气候变化”“多样性”等，研究重心逐渐扩展至生态系统功能、环境暴露路径与绿色基础设施等方面。2023年后，突现出如“街景影像”“偏好”“缓解”“公平”等新兴关键词，表明研究正在从生态环境效益进一步拓展至社会福祉维度，更关注绿色暴露分布的不均衡性与健康公平性，并通过新技术的引入（如街景影像分析、虚拟现实模拟等），使得研究更



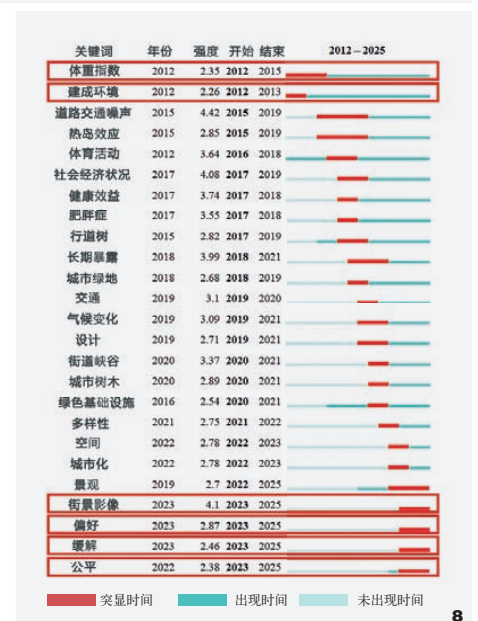
加精准、动态与情境化。

整体来看，研究热点经历了由个体健康（如肥胖、心脏病）向生态与环境机制（如气候变化、绿色基础设施），再到社会公平与技术融合（如偏好、公平性、影像识别等）的多维度演进，研究深度与广度持续拓展，折射出对现实公共健康和公平性的需求。

图6 关键词聚类图谱
Fig. 6 Keywords clustering map

图7 关键词聚类的时间线图谱
Fig. 7 Timeline map of keyword clustering

图8 前25位研究热点词及其突变
Fig. 8 Top 25 keywords with the strongest citation bursts



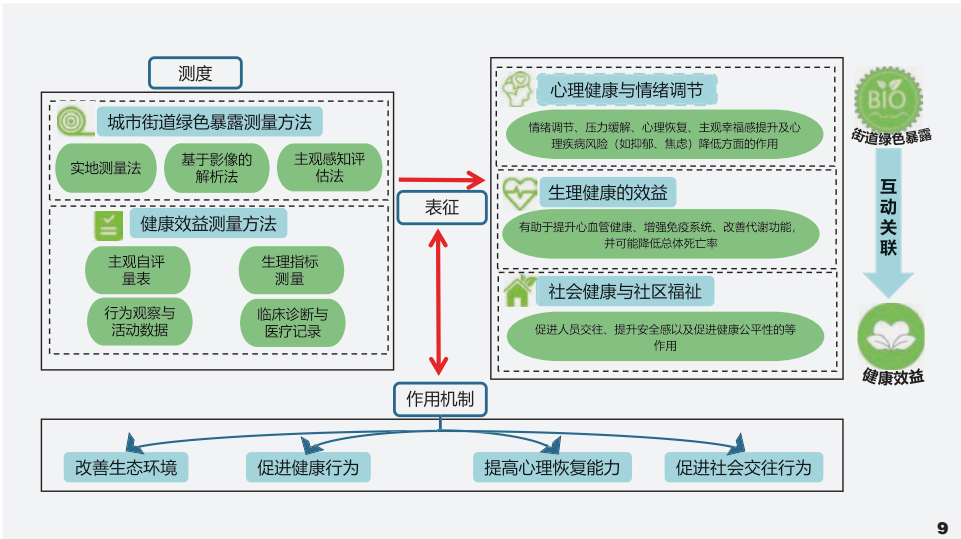


图9 街道绿色暴露的健康效益测度、表征与作用机制关系图
Fig. 9 Relationship diagram of measurement, characterization and mechanism of health benefits of green exposure in urban streetscapes

2.3 中英文文献研究情况对比

中英文文献对城市街道绿色暴露的健康效益研究均起步较早，内容体系也日益丰富，但在研究重点与方法路径上存在差异。（1）关键词共现方面：中文文献中高频关键词多集中于城市景观要素，如“城市绿化”“行道树”“城市道路”等，侧重于城市空间与街道构造的物质空间层面；英文文献除景观要素外，还高度关注与人类行为相关的关键词，如“身体活动”“暴露”“步行”等，更重视个体活动与行为机制在健康效益中的作用。（2）关键词聚类方面：中文文献主要聚焦于街道景观建设与健康体系评价，体现出国内对“健康城市”理念与评价体系的推进；而英文文献更为多元，涵盖“主动出行”“多重途径”“社会经济差距”“地理空间技术”等，这表明国际研究不仅关注景观本身，更关注多路径机制、个体差异性以及数据技术支持在健康研究中的应用，呈现出更强的多学科融合特征。（3）研究热点演变方面：中文文献经历了从城市建设与环境

因素，到2020年后快速转向景观与健康关系的趋势，体现出国内研究对健康生活与国家健康战略的积极响应；而英文研究则从早期关注“肥胖”“出行方式”，逐步延伸至“生态气候”“绿色基础设施”，并在近年拓展到“街景影像”“经济差异”“公平性”等主题，展现出从“个体-环境-社会-技术”的多维拓展与创新。

3 城市街道绿色暴露的健康效益测度、表征与作用机制

深入展开具体研究内容的解析发现，国内外对于城市街道绿色暴露的健康效益的研究聚焦于街道绿色暴露和健康效益的测度、表征与作用机制三个方面（图9）。

3.1 街道绿色暴露和健康效益测度

3.1.1 城市街道绿色暴露测度

测量方法主要采用实地测量法、影像解析法和主观感知评估法三类。（1）实地测量法（Field-Based Measurement）是由经培训的调

查员通过步行或代步工具，依据标准化量表系统观察与记录街道景观特征（如绿化数量、类型、分布、视野开阔度等），例如陶武杰等^[7]在南昌市九龙湖片区选择25条路段为调查对象，通过实地踏查、土壤理化分析及病虫害诊断，系统评估了道路绿化植物的健康状况。邓飞飞等^[8]应用形态指标法、野外调查研究、实验室研究、系统分析、理论模型、植物形态分类法、视觉观察法等方法，对范围内50个样地植物进行测量等，该方法具有互动性强、细节获取全面的优势，适用于小尺度精细研究。（2）影像解析法（Image-Based Analysis）则是利用高分辨率航空影像、卫星遥感数据或街景图像，借助计算机视觉与图像识别算法（如语义分割、绿视率分析等）提取并量化地表绿化特征，例如Helbich等^[9]在北京通过全卷积神经网络从腾讯街景数据中提取街景绿色和蓝色空间信息与老年人抑郁进行关联。Zhang等^[10]通过在新加坡全市拍摄的100个景观场景中选取的全景图像，并借助计算机视觉来量化城市景观特征，以全面阐明这些景观特征与恢复潜力之间的关系，该方法效率高、尺度大，适用于大范围空间特征自动提取与动态监测。（3）主观感知评估法（Perceived Measurement）通过问卷调查、访谈或者绘制感知地图的方式对居民进行街道绿化数量、质量、可达性、偏好、感知生物多样性等主观评价，例如郭茹等^[11]采用半结构化访谈的方法来测量城市街道景观。Rey等^[12]在卡塞雷斯市主要绿色空间的不同位置开展了问卷调查询问受访人群对于绿色空间的评估，该方法能反映人群真实感受与健康行为选择之间的关联，更强调人的感知与参与。

随着人工智能与图像识别技术的发展，以及城市规划、景观设计、环境心理等多学

科交叉的深入,城市街道绿色暴露的测量方法正向自动化、精细化、感知化与多维融合方向演进,提升了绿色暴露测量的科学性与实用性,为构建更具健康导向的城市空间体系提供了坚实的数据支撑与理论基础。

3.1.2 街道健康效益测度

目前在街道尺度进行健康效益的测量较少,但街道健康效益的测量可借鉴城市绿地或社区绿地的以下4类测量方法。(1)借助主观自评量表(Self-Report Questionnaires)对个体健康状态进行主观评估,常用工具包括评估整体心理健康的GHQ-12(General Health Questionnaire);用于抑郁、焦虑症状筛查的SCL-90-R;测量情绪状态的积极消极情感量表(PANAS);测量对生活中压力的主观感知度的知觉压力量表(Perceived Stress Scale, PSS);评估环境在促进注意力恢复和缓解压力方面的潜力的感知恢复性量表(Perceived Restorativeness Scal, PRS)^[13-15]等,例如Helbich等^[9]采用简化版老年抑郁量表(GDS-15)评估街景蓝绿空间对北京市老年人抑郁症状的影响。(2)测量生理指标(Physiological Measures),通过生理信号反映压力、生理激活或放松状态,常用指标包括皮质醇、心率变异性(Heart Rate Variability, HRV)、皮肤电活动(Electrodermal Activity, EDA/Galvanic Skin Response, GSR)、血压(Blood Pressur, BP)^[16-18]等。(3)借助行为观察与活动数据(Behavioral Observation & Activity Data)通过行为轨迹或活动频率间接反映健康状态与暴露强度,如利用GPS追踪步行或骑行的时间与距离;邻里社交互动的频次^[12,19]等。(4)结合临床诊断与医疗记录(Clinical Diagnoses & Health Records)采用客观的医疗系统数据评估健康状况,数据来源包括电子健康记录(Electronic Health Record, EHR)、健康保险理赔

数据库、国家或地区健康登记系统(如精神疾病发病率、自杀率)、药房处方数据库^[20-23]等,如Taylor^[24]通过医疗处方记录,探讨了伦敦地区行道树密度与抗抑郁药物使用率之间的关联。

由于健康是一个多维度、个体化特征显著的变量,难以通过单一方法全面评估。当前研究应多采用多种测量组合的方法,根据研究假设、绿色暴露的时长与类型、目标心理维度、研究设计及数据获取条件等,应合理使用测量工具,以增强结论的有效性与解释力。例如,短期暴露适合使用生理指标与主观量表进行评估,而长期暴露则更适宜结合临床诊断与健康记录进行深入分析。

3.2 城市街道绿色暴露的健康效益表征

城市街道绿色暴露的健康效益表征聚焦在心理健康与情绪调节、生理健康、社会健康三个方面。其一是结合注意力恢复理论(Attention Restoration Theory, ART)与压力缓解理论(Stress Reduction Theory, SRT)的心理健康与情绪调节,大量研究探讨了街道绿化在情绪调节、压力缓解、心理恢复、主观幸福感提升及心理疾病风险(如抑郁、焦虑)降低方面的作用。如Krischke^[25]研究发现,城市树木的感知多样性与居民的主观幸福感呈正相关,树木覆盖率、数量及物种多样性均对幸福感有促进作用,而绿地杂乱感则具有负面影响。Sarkar^[26]的研究显示,住宅街道的绿化水平越高,抑郁症的发生风险越低。其二是从调节激素水平和促进身体活动的角度表征对于生理健康的效益影响,既有研究发现街道绿化有助于提升心血管健康、增强免疫系统、改善代谢功能,并可能降低总体死亡率。例如Lai^[27]等研究指出,行道树的密度与种类可影响城市空气质量,进而对呼吸系统健康产生

作用,此外街道绿化对特定人群(如老年人、孕妇等)的身心健康效益也引发关注。如Astell-Burt^[28]在澳大利亚发现,提高城市树冠覆盖率有助于降低老年人痴呆风险。王兰等^[29]综合评估了城市建成环境中绿色空间、道路交通及公共服务设施对孕妇健康与妊娠结局的潜在影响,指出通过空间干预可有效保障母婴健康。其三是表征为社会健康的促进效益,包括社会交往^[30]、提升安全感^[31]以及促进健康公平性^[32]的作用,例如杨鑫^[33]以北京新街口为例,从树种效益、碳减排功能与全生命周期绿地维护角度,提出了城市街道低碳化改造策略。Mueller^[34]在巴塞罗那探究新型的城市和交通规划策略,旨在为人们重新获得公共空间,提供城市绿化并减轻气候变化的影响,预估每年可以通过实施667个超级社区来防止235~1098例过早死亡。

街道绿色暴露的健康效益研究已发展为一个高度跨学科的复合型研究领域,涵盖城市规划、景观设计、公共卫生、环境心理学、生态学、流行病学与地理信息科学等多个学科,并横跨生理、心理、行为、社会与环境等多个健康维度,为建设健康、公平、可持续的城市街道环境提供了坚实的理论依据与实证支持。

3.3 绿色暴露与健康效益之间的作用机制

城市街道绿色暴露对健康效益的作用机制归纳为改善生态环境、促进健康行为、增强心理恢复力以及推动社会交往4大路径。其一为改善生态环境,街道生态环境中各类植物的种类、位置、搭配均可直接或间接改善生态环境,调节微气候,进而对人体产生健康效益,大量实证研究表明,城市绿地及绿色基础设施通过多重物理环境改善途径产生健康协同效益,例如植被冠层结合自

然声景对人工噪声的感知起抑制效应^[35]，植物可通过气孔吸收与酶催化作用降解气态污染物^[36]，行道树因邻近交通污染源，其滞尘与降噪效能显著高于一般绿地，街道植物叶片单位面积吸附粉尘能力可达公园植被的2.3倍^[37]。可见，街道绿地在改善城市生态环境、缓解污染暴露方面具有重要作用，并为居民健康提供支持。其二是促进健康行为，街道空间作为居民日常出行和活动的重要载体，可显著影响个体的健康行为，如身体活动、自然接触与邻里交往等。在城市中的机动车依赖导致步行、骑行等日常体力活动明显减少，而优化街道景观设计，有助于激发居民的健康行为。谭少华等^[38]指出，吸引人们主动步行和骑行、健身锻炼等增加人群体力活动的环境，能够有效增强人群健康、遏制慢性病发生。郭茹与王洪成^[1]在研究生活服务型街道景观时提出人行道长度、宽度、空间功能综合强度、座椅总长、铺装质量指数等都会不同程度地影响步行活动的频数。此外，街道空间连续性也对健身活动有促进作用，连续性的街道景观的优化设计更有助于激励居民开展如步行、锻炼、骑行等行为，进而间接改善慢性疾病风险。其三为提高心理恢复能力，包括强调通过自然环境诱发生理放松缓解负面情绪的压力减少理论（SRT）和强调自然元素可恢复认知资源与集中力的注意力恢复理论（ART），研究通常采用问卷或访谈方式，测量接触街道绿地前后的心理状态（如情绪、压力、注意力、恢复感等），评估其心理恢复效果。例如，街道中自然吸引力元素（树叶摆动、光影变幻）可引发非强制性注意，使执行注意力获得休息与修复^[39]。其四为促进社会交往行为，已证实缺乏社会参与慢性疾病及心理健康问题的发生风险显著相关^[40]，城市街道景观绿地是

重要的社会交往空间，在提供公共空间的同时，能够通过增加社会交往的频率进而影响居民的健康效益，赵丹和余林^[41]提出社会参与能够对认知功能产生持续的保护作用。包容性是街道社会交往的基础属性，因此在设计层面，应注重提升街道的可达性、通达性与多样性，保障不同年龄与能力群体的平等使用权^[42]，营造多元、共享与人文的公共环境，强化街道在提升社会凝聚力与健康公平性中的作用。

4 讨论：研究不足及未来展望

4.1 既有研究不足

尽管国内外学者在城市街道绿色暴露与居民健康福祉关系的研究中已取得显著进展，通过融合虚拟现实、计算机视觉等新兴技术，不断拓展研究的深度与广度，但仍存在部分不足。其一为影响机制探析不充分，多数研究聚焦于绿色暴露与健康结果之间的相关性验证，尚缺乏对“生物-心理-行为”作用链条及中介机制的深入解析。例如植物挥发性有机化合物是否通过嗅觉通路作用于边缘系统的神经反应？绿视率通过注意力恢复影响压力水平的具体路径和时效性如何？这些具体作用机制尚缺乏实验数据支持与系统建构。其二为尺度划分尚不清晰，当前大量研究将街道纳入更大尺度的城市绿地或社区绿色空间范畴进行分析，缺乏对街道尺度绿色暴露的独立研究与精细划分，尺度混淆限制了对街道绿化在健康效应中独立作用的认知，不利于城市微尺度空间干预策略的制定。其三为感官维度评估较为单一，现有研究多数聚焦于视觉与听觉层面的绿色暴露评估，而城市街道景观作为一种沉浸式空间体验，还包含嗅觉（如植物芳香物质）、触觉（如绿地质感、材料温度），甚至风感等多

感官信息，多感官暴露对健康效益的协同作用机制与测量手段尚处于探索阶段，研究深度和精度均有待提升。其四为缺乏时序性与持续性研究，当前研究多为横断面设计，基于某一时间节点的街道景观特征与健康状态之间的相关性分析，缺乏长期跟踪与动态观测，对于绿色暴露是否具有滞后效应、累积效应或其健康效益的持续性与波动性，尚缺乏系统的时间序列数据支撑，难以揭示健康干预的时间机制规律。

4.2 未来研究展望

4.2.1 探究街道绿色暴露的生态效益与心理效益的耦合关系

生态效益通常指绿色空间在物理和生物层面所具备的功能，如降温、固碳、降噪、提升生物多样性等；而心理效益则主要表现为个体在绿色环境中获得的压力缓解、情绪改善、注意力恢复和社交促进等心理与生理响应。未来研究应关注二者之间的耦合机制，即生态效益能否以及如何作为“中介”或“调节”变量，影响心理效益的产生与强度，探讨在不同生态效益水平下，绿色基础设施类型、城市归属感、感知生物多样性等变量在心理效益中的中介路径或调节作用^[43-45]，有助于厘清“哪些生态效益”“通过什么机制”对“哪些心理效益”产生作用，为打造生态与健康兼具的“健康街道”提供科学依据与设计启示。

4.2.2 探究街道绿色暴露时间、空间维度对健康效益的差异影响

当前研究多为单时点、单区域的横断面分析，缺乏时间序列与空间尺度的系统性考虑，限制了对健康效益作用机制的深入理解。时间维度方面：（1）植被物候与季节变

化,通过高时序遥感数据或街景图像序列,分析不同季节、气候条件下街道绿化特征对健康效益的动态影响;(2)单日动态与瞬时暴露,一天内不同时段的绿色接触频次及持续时间可能对生理和心理反应存在差异;(3)长期干预与效果追踪,长期跟踪研究街道绿化变化(如新植树、绿化拆除)与健康变化,揭示绿色干预的因果关系与持续性效益。空间维度方面可重点关注:(1)三维结构与空间层次,应进一步引入植被立体结构(郁闭度、通透性)、空间布局(连续性、碎片化)等维度,评估其对健康效益的差异化影响;(2)地理文化与社会异质性,开展跨地区、跨文化的比较研究,探索不同地区或文化背景下,绿色暴露与健康效益之间的差异特征。

4.2.3 探究街道绿色暴露使用方式对健康效益的影响

城市街道景观广泛嵌入居民日常生活,但当前研究对不同使用方式与行为模式如何影响健康效益关注不足。未来应系统区分并探讨偶发性使用与必然性使用的健康效益差异:(1)偶发性使用,如居民通勤、外出过程中短暂接触绿地,是否可对健康产生正向影响?若有,其机制为何?(2)必然性使用,如有目的地前往街道绿地进行散步、锻炼、社交等活动,其健康效益如何随行为方式、频率、时长、使用强度(如静坐、步行、跑步、骑行)而变化?街道绿色暴露的健康效益本质上,是“人-行为-环境”的动态交互过程,未来研究应结合使用动机、行为监测、时间控制等手段,深入分析不同人群在不同使用情境下的健康反应,为打造多样化、个性化的健康街道景观提供理论基础与实践指引。

5 结论

作为居民日常高频接触的暴露空间,城市街道在缓解城市化引发的健康风险中发挥着重要作用,随着公共健康关注度的提升,街道绿化的健康价值正逐步被认识并纳入城市规划体系。国内研究正从“是否有绿地”转向“绿地的健康功能”;国际研究则从个体健康拓展至生态与社会维度,呈现多元化态势。测量方法以街道景观测量方式(实地、影像、感知)与4类健康效益评估方法(主观量表、生理指标、行为数据、医疗记录)为主,并证实街道绿色暴露的健康效益表征在心理、生理、行为和社会福祉。城市街道通过改善生态环境、促进健康行为、增强心理恢复、推动社会交往4类机制影响居民健康,是绿色暴露健康效益发挥的关键路径。现有研究仍存在作用机制缺乏量化,街道尺度研究不足,多感官与时序性分析匮乏等问题,未来应深化生态-心理效益的耦合研究,强化时空异质性与行为模式分析,以推动街道景观设计的精准化与包容性发展,为“健康中国2030”提供理论支撑与实践依据。

注:文中图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] LEE I M, SHIROMA E J, LOBELO F, et al. Effect of Physical Inactivity on Major Non-communicable Diseases Worldwide: An Analysis of Burden of Disease and Life Expectancy[J]. *The Lancet*, 2012, 380(9838): 219-229.
- [2] PEEN J, SCHOEVEERS R A, BEEKMAN A T, et al. The Current Status of Urban-Rural Differences in Psychiatric Disorders[J]. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 2010, 121(02): 84-93.
- [3] 孟令爽,康宁,宫宸,等.生物多样性水平对心理健康与福祉的影响系统性综述[J]. *中国园林*, 2022, 38(11): 82-87.

- [4] 温妹,杨洁.虚拟绿色暴露下的抑郁恢复性研究进展与综述[J]. *园林*, 2024, 41(08): 74-80.
- [5] 童凌晨,李强,岳鹏鹏.基于CiteSpace的喀斯特土壤有机碳研究进展[J]. *广西师范大学学报(自然科学版)*, 2022, 40(04): 22-34.
- [6] 李杰,陈超美. *CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化* 第3版[M]. 北京:首都经济贸易大学出版社,2022.
- [7] 陶武杰,王小慧,万路,等.城市道路绿化植物健康状况调查分析——以南昌市九龙湖片区为例[J]. *绿色科技*, 2025, 27(07): 1-6, 29.
- [8] 邓飞飞,种培芳.兰州市行道树结构特征与健康状况研究[J]. *国土与自然资源研究*, 2024(03): 60-65.
- [9] HELBICH M, YAO Y, LIU Y, et al. Using Deep Learning to Examine Street View Green and Blue Spaces and Their Associations with Geriatric Depression in Beijing, China[J]. *Environment International*, 2019, 126: 107-117.
- [10] ZHANG X D, LIN E S, TAN P Y, et al. Beyond Just Green: Explaining and Predicting Restorative Potential of Urban Landscapes Using Panorama-based Metrics[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2024, 247: 105044.
- [11] 郭茹,王洪成.生活服务街道景观特征对步行活动影响及优化——以天津市中心城区街道为例[J]. *风景园林*, 2020, 27(10): 99-105.
- [12] REY GOZALO G, BARRIGÓN MORILLAS J M, MONTES GONZÁLEZ D, et al. Relationships Among Satisfaction, Noise Perception, and Use of Urban Green Spaces[J]. *Science of The Total Environment*, 2018, 624: 438-450.
- [13] FISHER J C, BICKNELL J E, IRVINE K N, et al. Bird Diversity and Psychological Wellbeing: A Comparison of Green and Coastal Blue Space in a Neotropical City[J]. *Science of The Total Environment*, 2021, 793: 148653.
- [14] COX D T C, SHANAHAN D F, HUDSON H L, et al. Doses of Neighborhood Nature: The Benefits for Mental Health of Living with Nature Open Access[J]. *BioScience*, 2017, 67(02): 147-155.
- [15] WHITE M P, WEEKS A, HOOPER T, et al. Marine Wildlife as an Important Component of Coastal Visits: The Role of Perceived Biodiversity and Species Behaviour[J]. *Marine Policy*, 2017, 78: 80-89.
- [16] MENG L S, LI S H, ZHANG X D. Assessing Biodiversity's Impact on Stress and Affect From Urban to Conservation Areas: A Virtual Reality Study[J]. *Ecological Indicators*, 2024, 158: 111532.
- [17] 朱玉洁,董嘉莹,翁羽西,等.基于眼动追踪技术的森林公园环境视听交互评价[J]. *中国园林*, 2021, 37(11): 69-74.
- [18] 翁羽西,朱玉洁,董嘉莹,等.校园绿地声景观对情绪和注意力的影响——以福建农林大学为例[J]. *中国*

- 园林, 2021, 37(02): 88-93.
- [19] LU Y, YANG Y Y, SUN G B, et al. Associations Between Overhead-view and Eye-level Urban Greenness and Cycling Behaviors[J]. *Cities*, 2019, 88: 10-18.
- [20] CHEN S H, WANG H Q, XU W Y. Bird Richness as a Mediator Between Greenspace and Mental Health Relationships[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2025, 259: 105360.
- [21] MARSELLE M R, BOWLER D E, WATZEMA J, et al. Urban Street Tree Biodiversity and Antidepressant Prescriptions[J]. *Scientific Reports*, 2020, 10: 22445.
- [22] BLOEMSMA L D, GEHRING U, KLOMPMAKER J O, et al. Green Space, Air Pollution, Traffic Noise and Cardiometabolic Health in Adolescents: The PIAMA Birth Cohort[J]. *Environment International*, 2019, 131: 104991.
- [23] MUELLER N, ROJAS-RUEDA D, BASAGAÑA X, et al. Health Impacts Related to Urban and Transport Planning: A Burden of Disease Assessment[J]. *Environment International*, 2017, 107: 243-257.
- [24] TAYLOR M S, WHEELER B W, WHITE M P, et al. Research Note: Urban Street Tree Density and Antidepressant Prescription Rates - A Cross-sectional Study in London, UK[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 136: 174-179.
- [25] KRISCHKE J, BECKMANN-WÜBBELT A, GLASER R, et al. Relationship Between Urban Tree Diversity and Human Well-being: Implications for Urban Planning[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2025, 124: 106294.
- [26] SARKAR C, WEBSTER C, GALLACHER J. Residential Greenness and Prevalence of Major Depressive Disorders: A Cross-sectional, Observational, Associational Study of 94 879 Adult UK Biobank Participants[J]. *The Lancet Planetary Health*, 2018, 2(04): e162-e173.
- [27] LAI Y, KONTOKOSTA C E. The Impact of Urban Street Tree Species on Air Quality and Respiratory Illness: A Spatial Analysis of Large-scale, High-resolution Urban Data[J]. *Health & Place*, 2019, 56: 80-87.
- [28] ASTELL-BURT T, NAVAKATIKYAN M A, FENG X Q. Urban Green Space, Tree Canopy and 11-year Risk of Dementia in a Cohort of 109 688 Australians[J]. *Environment International*, 2020, 145: 106102.
- [29] 王兰, 雷安妮, 张钰彤, 等. 城市建成环境对母婴健康的影响——研究综述与展望[J]. *中国园林*, 2025, 41(01): 23-30.
- [30] MA Q C, ZHANG J X, LI Y Q. Advanced Integration of Urban Street Greenery and Pedestrian Flow: A Multidimensional Analysis in Chengdu's Central Urban District[J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2024, 13(07): 254.
- [31] XU J X, MA J, TAO S. Examining the Nonlinear Relationship Between Neighborhood Environment and Residents' Health[J]. *Cities*, 2024, 152: 105213.
- [32] JANG K M, KIM J. Social Inequalities in Green Exposure in Small- and Medium-sized U.S. Cities: A Mobility-based Approach[J]. *Social Science Research*, 2025, 127: 103142.
- [33] 杨鑫, 张琦, 薛雯丹. 城市街道空间绿地低碳综合效益评估测算与精细化改造研究——以北京新街口片区为例[J]. *园林*, 2023, 40(01): 25-33.
- [34] MUELLER N, ROJAS-RUEDA D, KHREIS H, et al. Changing the Urban Design of Cities for Health: The Superblock Model[J]. *Environment International*, 2020, 134: 105132.
- [35] VAN RENTERGHEM T, FORSSÉN J, ATTENBOROUGH K, et al. Using Natural Means to Reduce Surface Transport Noise During Propagation Outdoors[J]. *Applied Acoustics*, 2015, 92: 86-101.
- [36] POPEK R, PRZYBYSZ A, GAWROŃSKA H, et al. Impact of Particulate Matter Accumulation on the Photosynthetic Apparatus of Roadside Woody Plants Growing in the Urban Conditions[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2018, 163: 56-62.
- [37] PRZYBYSZ A, SÆBØ A, HANSLIN H M, et al. Accumulation of Particulate Matter and Trace Elements on Vegetation as Affected by Pollution Level, Rainfall and the Passage of Time[J]. *Science of The Total Environment*, 2014, 481: 360-369.
- [38] 谭少华, 王莹亮, 肖健. 基于主动式干预的可步行城市策略研究[J]. *国际城市规划*, 2016, 31(05): 61-67.
- [39] 余洋, 蒋雨芊, 张琦瑀. 城市街道健康影响路径和空间要素研究[J]. *风景园林*, 2021, 28(02): 55-61.
- [40] 周雯珮, 柯玲虹, 张赫, 等. 人群绿地暴露强度和接触深度对居民心理健康的影响——以天津市为例[J]. *生态学报*, 2025, 45(08): 3806-3818.
- [41] 赵丹, 余林. 社会交往对老年人认知功能的影响[J]. *心理科学进展*, 2016, 24(01): 46-54.
- [42] CAN I, HEATH T. In-between Spaces and Social Interaction: A Morphological Analysis of Izmir Using Space Syntax[J]. *Journal of Housing and the Built Environment*, 2016, 31(01): 31-49.
- [43] RUI J. Green Disparities, Happiness Elusive: Decoding the Spatial Mismatch Between Green Equity and the Happiness From Vulnerable Perspect[J]. *Cities*, 2025, 163: 106063.
- [44] QUEIROZ DINIZ OLIVEIRA M C, MAURA DE MIRANDA R, DE FÁTIMA ANDRADE M, et al. Impact of Urban Green Areas on Air Quality: An Integrated Analysis in the Metropolitan Area of São Paulo[J]. *Environmental Pollution*, 2025, 372: 126082.
- [45] KRWANJI D, HOPKINS A, LEMSON K, et al. Interactive Mapping of Allergenic Urban Street Trees in Australia[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2025, 105: 128718.