

地理环境暴露与公众健康研究进展

周素红^{1,2}, 张琳^{1,2}, 林荣平^{1,2}

1. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275

2. 广东省公共安全与灾害工程技术研究中心, 广州 510275

摘要 近年来,环境暴露与健康领域研究在多学科交叉的背景下得到深化。概述了地理环境暴露的内涵,指出地理环境暴露关注的主要是物质性环境暴露延展为包含自然环境、建成环境和社会人文环境在内的综合环境暴露;重点关注疾病与环境关系的医学地理学也逐步转向更广义的健康地理学研究,拓展了环境与健康领域的研究;提出地理环境暴露健康效应的群体差异和环境公正问题成为本领域的重要范畴。当前,耦合时空行为和多元时空大数据的地理环境暴露与健康效应研究得到快速发展,“地理环境暴露-时空行为-健康”的研究新范式将有助于进一步拓展本领域研究。

关键词 地理环境;公众健康;环境暴露;时空行为;健康地理

健康是人类生存和实现美好生活的基础以及城市可持续发展的动力,环境则是影响人类健康的关键因素,中国对环境与健康问题的关注始终贯穿城市发展的各个阶段。

当前,快速城市化发展导致城市面临自然环境污染、交通拥堵、公共服务供给不均衡、建成环境与社会环境失序等对公众健康造成严重负面效应的环境问题。为应对不利环境给人类健康带来的挑战,2007年,中国出台《国家环境与健康行动计划》,致力于解决危害公众健康的环境问题并实现对环境和健康的有效保护。中国正式实施健康城

市项目,旨在打造健康“环境、社会、服务、文化和人群”相结合的城市整体^[1]。党的十九大报告也明确提出“实施健康中国战略”,于2019年7月印发了《国务院关于实施健康中国行动的意见》。这一系列重大举措彰显出党中央、国务院对国民健康的高度重视。

城市是健康中国战略实施的主战场,其地理环境对公众健康的影响已成为学术界关注的热点话题。地理环境与健康研究作为健康地理学、环境科学、公共卫生和医学研究的交叉前沿领域,已有大量从不同角度阐述相关研究理论与技术方法,以及

收稿日期:2020-01-06;修回日期:2020-03-20

基金项目:国家自然科学基金项目(41871148,71961137003,41522104)

作者简介:周素红,教授,研究方向为城市地理、城市交通、健康地理、城市政策与地理信息科学,电子信箱:eeszsh@mail.sysu.edu.cn

引用格式:周素红,张琳,林荣平. 地理环境暴露与公众健康研究进展[J]. 科技导报, 2020, 38(7): 43-52; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.

07.006

影响特征和驱动机制。同时,国内学术界也举办多个以“城市健康地理”为主题的学术论坛,围绕城市健康地理的理论与方法、城市地理环境暴露与健康风险、城市居民健康行为、群体健康差异与环境公正等主题展开研讨。国内学术界有关城市地理环境暴露与公众健康研究逐渐走向繁荣发展。

1 环境与健康领域的发展

1.1 环境暴露学的快速发展

长期以来,快速城市化和工业化造成生态系统失衡、环境污染、灾害频发等问题已严重影响公众健康和城市可持续发展。“暴露科学”这一概念应运而生,以“环境-健康”为研究主题的环境暴露学受到学术界的广泛关注。环境暴露学重点探讨特定地理背景和群体中,自然环境的暴露风险和健康效应^[2]。早期的环境暴露学研究主要关注职业病患者在及其工作场所的环境暴露^[3],随后研究范围逐渐延伸至空气污染、水污染、微量元素、气温、海拔、降水量、风速等各类自然环境要素的暴露途径、暴露水平及其对不同人群健康效应的研究^[4-7]。

总体来说,环境暴露学的快速发展及其对自然环境暴露风险的研究为今后探索多维度地理环境和公众健康关系奠定了坚实的基础。

1.2 地理环境暴露的概念延伸

已有文献大多集中在自然环境暴露带来的健康风险方面,对居民日常活动-出行的建成环境暴露与社会人文环境暴露的时空变化及其健康效应缺乏深入研究。对中国而言,经济高速发展、快速城市化和工业化过程中集中涌现的自然环境污染严重危害人们的健康状况。与此同时,建成环境和社会人文环境随着人类社会的进步发生巨大变化,也会对人类健康产生影响。因此,将狭义的“自然环境暴露”概念拓展为包括自然环境、建成环境和社会人文环境在内的综合“地理环境暴露”,以及探究多个地理环境要素对公众健康的影响机制显得尤为重要。

综上,地理环境是人类赖以生存和发展的地球表层环境^[8],是包含自然环境、建成环境与社会人文

环境的多元复杂体系。因此,地理环境暴露的健康效应研究应考虑自然环境暴露、建成环境暴露和社会人文环境暴露等多个方面,并对与健康相关的环境要素进行识别。

1.3 医学地理学研究的“健康”转向

医学地理学有关地理环境暴露的健康风险研究主要从流行病学、病理学等视角出发,揭示多种环境暴露导致人类疾病的作用机理^[9]。然而,随着人类活动增强、地理环境改变以及流行病转型等,人们深化了对“健康”的认知:“健康是一种在身体、心理和社会上的完满状态,不仅仅指没有疾病和虚弱的状态。”^[10]为此,传统医学地理学研究逐渐由关注自然环境引发的疾病危害和健康风险转向包括自然环境、建成环境及社会人文环境等多个方面对人类生理健康、心理健康及社会健康等多个维度健康的影响以及医疗保健资源的空间建构等方面^[11-15],至此“健康地理学”作为一门重要学科应运而生。

“健康”包含生理健康、心理健康及社会健康3个维度,不同维度的健康之间可能存在相互作用关系。需根据研究背景及具体研究内容选择特定健康维度,进行地理环境暴露的健康影响研究。

1) 生理健康:其评价项目包括自评生理健康^[16]、肥胖或超重^[17]、慢性病^[18]及其他疾病等多个方面。其中,肥胖或超重通常以身体质量指数(body mass index, BMI)^[19]、腰围^[20]等指标衡量。慢性病的研究通常包括呼吸系统疾病、心脑血管疾病^[18,21]等。针对不同的研究对象会采取专属的生理健康测度方式。例如,对青少年的生理健康状况通过他们在学校进行体育项目测试的方式进行测量;老年人的生理健康水平则可以通过日常生活能力量表(activity of daily living scale, ADL)来测度。

2) 心理健康:经常使用的心理健康量表包括症状自评量表(symptom check list 90, SCL-90)、GHQ-12 (general health questionnaire) 量表和 WHO-5 (The World Health Organization's Five Well-Being Indexes) 量表等^[22-23]。此外,有部分文献关注心理健康的特定方面(例如,焦虑、抑郁等),则选用更具针对性的量表展开测度,例如,焦虑自评量表(self-

rating anxiety scale, SAS)、抑郁自评量表(self-rating depression scale, SDS)等。

3) 社会健康:常用来评测居民人际关系、社会支持和社会适应能力的量表包括社会凝聚力与信任量表(social cohesion and trust scale)^[24]、社会幸福感量表(social wellbeing scale)^[25]、社会支持量表(social support list-interactions, SSL-I)^[26]等。基于个体对自身整体健康状况的主观评价是广泛采用的健康测评方式之一。大量研究表明,自评健康(self-rated health)是反映居民整体健康水平的重要指标^[27-31]。此外,健康行为也是环境与健康研究关注的热点,地理环境暴露可能通过影响居民的健康行为(例如,体力活动、步行、骑行、饮食行为等)或健康获得机会(例如,医疗场所、保健设施、健康资源等),进而影响健康水平。

综上所述,传统医学地理学的“健康”和“人文”转向促进健康地理学的兴起与繁荣发展,进一步延伸了“健康”这一概念的内涵,拓宽了多方面地理环境暴露与多个健康维度之间关系的研究,从环境暴露对疾病的影响扩展到更广义的“健康”领域,环境与健康研究也由局部单一研究向着全面综合性研究发展。

2 健康地理学的研究范畴

2.1 耦合时空行为研究的健康地理学

行为地理学和时间地理学的快速发展共同推动有关时空行为的研究。由于个体时空行为导致静态地理背景单元与人们真实经历的地理背景单元存在偏离,二者之间的偏离程度会影响研究结果,这被总结为地理背景不确定性问题(uncertain geographic context problem, UGCoP)^[32]。根据这一问题,已有研究针对城市中心^[33]、居民体力活动^[34]、社会隔离^[35]、食物环境^[36]、健康^[37]等方面,揭示了基于静态地理背景分析个体或人群时空行为、环境暴露与健康关系的局限性,强调除居住地、就业地等日常停驻地外,个体实际活动-出行过程中的动态地理背景或不同程度的地理环境暴露会对居民健

康行为及健康结果产生不同的影响。因此,在环境与健康研究中,若忽略了人类活动-出行的时空特征,仅使用静态地理背景可能无法充分反映个体经历的实际地理背景,也难以准确评估影响个体健康的环境暴露水平,从而导致环境的健康效应研究结果出现一定偏差^[38-40]。

耦合时空行为研究的健康地理学从“时间”和“空间”两个维度分析地理环境暴露水平及其对公众健康的影响。可以认为,融合时空行为研究理念拓展了健康地理学的研究内涵,促进时空行为地理环境暴露与健康新领域的发展。基于个体活动-出行动态,视角开展地理环境和健康效应评估更加精确^[41]。当前,一些研究较多关注人类行为的时空不确定性,尝试以人们活动-出行的实际空间为背景单元探讨地理环境暴露对健康的影响^[42-43]。但是,鲜少文献在关注“空间”的同时,也强调“时间”这一维度在个体移动性、环境健康以及社会空间联系方面的作用^[37],更加缺乏从不同时间和空间组合以及更精细化的时空行为层面揭示环境暴露的健康效应的机制。此外,由于社会人文环境(例如社会支持、社会交往、社会经济水平等)的影响并非完全由地理背景单元定义,因而,探究社会人文环境的健康效应时需要综合考虑个体的社会网络及其存在的地理空间等要素。目前,国内研究有关微观地理空间(例如,室内、公交车厢、地铁车厢等)环境暴露的居民健康效应分析与评价还有待深入探究。

2.2 耦合多源时空数据和分析方法的健康地理学

随着时空行为研究的移动数据采集、时空模拟与分析等理论和技术手段的日益发展与革新,海量时空数据的出现为个体时空行为及相关研究带来重大变革^[44]。GPS、智能手机等多元化定位工具不断应用于居民时空行为及环境暴露研究^[45-46]。新兴的多源时空数据、技术手段和分析方法的运用为捕捉个体复杂时空行为以及准确测度动态地理环境暴露水平提供可能,进一步推动精细化时空行为视角下地理环境暴露测度及其对健康影响的研究。

1) 多源时空数据。

在地理环境与健康数据采集方面,相比于以往

研究中使用的环境监测站点数据和基于汇总层面的健康数据,更多元化的环境与健康数据将丰富研究内容,提高研究结果精度。多元化的环境数据包括遥感影像、兴趣点数据(points of interest, POIs),以及通过便携式实时环境监测设备、气象网站数据爬取、高精度环境数值模拟等方式获取的地理环境数据。多种健康数据包括实测生命体征参数(例如,体温、脉搏、血压等)、医疗健康大数据等。新兴且多元化的地理环境和健康数据打破了原有环境与健康研究的时空尺度和内容局限性,为深入分析个体时空行为、地理环境暴露及公众健康之间的复杂关系提供了重要的数据支撑。

2) 分析方法。

现有研究引入多种计量方法分析居民时空行为、地理环境暴露与健康之间的作用机制,例如,结构方程模型、多层线性模型、聚类分析、因子分析、线性回归、逻辑回归、地理加权回归等。此外,GIS技术的发展逐渐实现个体时空行为路径的三维可视化和基于时空棱柱的地理计算,例如,三维轨迹聚类^[47]、时空棱柱测度^[48-49]、时空弹性^[50]、潜在活动空间^[51]等。此外,时空序列挖掘^[52]、行为模式识别^[53-54]等机器学习与数据挖掘方法也逐渐应用到相关研究中。

综上,当前数据采集技术、数据应用与处理方法的重大变革使得以往研究尺度、研究对象的时间和空间概念被重新定义,并得到更广泛的关注,相关研究范式也随之转型,并为健康地理学的研究内容提供了全新的分析视角与思路。因此,有必要整合并发展高精度、多视角和多要素的时空行为、环境和健康数据的综合观测与集成体系,从理论和方法两个层面梳理、挖掘大数据时代下个体行为模式、群体结构特征、人地交互影响与回应过程,以及微观个体行为视角下地理环境暴露与人类健康水平动态变化的内在作用机理。相关研究有助于重构和丰富健康地理学科体系,促进基于“个体”的研究范式发展,加快时空行为视角下地理环境暴露的健康效应研究,并为指导基于个体的主动健康服务、精细化社区环境治理与城市规划建设等提供理论依据。

3 地理环境暴露健康效应的群体差异和环境公正研究

3.1 地理环境暴露与公众健康的群体差异研究

探讨不同群体的环境暴露风险及其健康效应是健康地理学和环境公正研究的热点话题。在一定时空范围内,不同人群的地理环境暴露水平各不相同,从而导致环境暴露的健康效应也存在差异。社会分异被认为通过影响人们的日常时空行为和暴露程度,进而作用于居民健康状况,是造成不同群体健康水平差异的重要因素。

1) 理论研究。

群体的社会属性主要通过两种途径影响个体行为,进而导致不同群体地理环境暴露水平的差异,并对健康产生不同影响。一是个体视角下的影响路径,即居民根据自身经济条件、认知和经验等做出行为决策,在此基础上探讨地理环境暴露及其健康效应。此类研究一般直接以个体社会经济属性进行人群划分,对比分析各阶层人群的健康水平及其影响要素。二是社会结构视角下的影响路径,即由于居民所处的社会背景及居住区等因素影响其行为决策。这类文献一般选取在特定区域居住或者归属于特定阶层的人群作为研究对象,进而分析各群体的健康状况及其影响因素和作用机制。健康地理学研究在综合考虑上述两种影响路径后,逐渐形成社会资本与健康(social capital and health)理论^[55]、健康生活方式模型(health lifestyle model)^[56]、环境健康差异理论框架(environmental health disparities)^[57]、社区压力源理论(social stress theory)^[58]和马斯洛需求层次理论。

2) 实证研究。

已有研究通常基于种族、年龄、性别、收入等个人及社会经济属性对人群进行分类^[59-61],进一步探讨其在空气、噪声、生物污染等自然环境以及药店、公园等建成环境中的暴露差异。同时,部分研究着重分析个人及社会经济属性引起的环境暴露的健康作用机制差异,例如,不同性别群体暴露的环境污染源不同,导致其疾病诱发机制存在差异^[62]。此外,也有部分研究重点关注特殊地区、特殊群体的

“暴露-健康”机制研究,如探讨大城市内部的婴儿死亡率^[63]等。

3.2 地理环境暴露的健康弱势群体与环境公正研究

在探讨地理环境暴露的健康群体分异的基础上,有大量文献重点关注面临较高环境暴露风险以及具有较差健康水平的群体。对已有研究进行梳理和总结,可以发现目前识别弱势群体的普遍方法是通过社会经济因素进行识别,认为弱势群体主要是能力不足,存在生活困难或者被边缘化、被排斥的人群。由于社会经济属性差异造成的健康资源可获取性差异使他们面临更严峻的环境暴露和健康风险^[64]。识别出的健康弱势群体能代表正在面临或潜在面临健康问题的人群^[65]。学者针对不同社会经济属性群体的地理环境暴露与健康差异进行了系统研究,特别是关注居住在贫困、被剥夺或不利社会经济地位的邻里区域的居民面临的环境暴露与健康问题^[19, 66-68]。在中国,女性^[69]、老年人^[70]、流动人口^[71]、城市郊区居民^[72]、农民工^[64]、煤矿区居民^[73]等人群的健康问题同样受到重视。

此外,从个体行为视角出发,对儿童、青少年、老年人等不同年龄段、低收入人群等弱势群体的环境与健康研究也逐渐完善,例如,研究居民在儿童时期的环境暴露对他们成年后健康状况的影响^[74]、外界环境对青少年不良行为的影响^[75-76]、养老环境和养老设施对老年人健康水平和寿命的影响、居民健康水平的城乡差异、农村居民面临的健康风险^[77]等。

地理环境暴露与公众健康的群体差异以及弱势群体的健康风险问题是环境公正领域的核心议题^[78-79]。环境公正强调不同社会群体、不同阶层均应承担一定环境污染的健康风险,并享受平等的医疗设施和健康资源。尤其是针对健康弱势群体,需要重点关注他们的环境暴露风险的增加以及获取健康资源等机会的减少等问题。

4 展望:“地理环境暴露-时空行为-健康”的研究新范式

近年来,国内学术界关于地理环境暴露与健康为研究主题的健康地理学得到快速发展。然而,已

有研究较多基于居住地或行政单元等静态地理背景研究环境暴露带来的健康风险,对居民日常活动-出行过程中的自然环境、建成环境、社会人文环境等多方面环境暴露水平及其对多维度健康的影响缺乏综合分析,导致现有研究结论可能存在片面性。尽管有部分学者提出基于吸烟、酗酒等健康风险行为或交通出行行为对个体暴露情况进行识别,但仅考虑单一要素的研究范式被认为容易忽略潜在风险群体和风险因素之间的交互作用。

结合行为地理学和时间地理学相关理论,微观视角下的健康地理研究将成为未来本领域研究的重点。居民的时间预算、活动空间受到多种因素的限制,而时空上的移动性与活动机会不足会严重影响居民的健康水平。随着信息技术的发展与个体时空行为信息获取可行性的提高,出现了基于城市居民时空活动方式识别及划分人群的新模式^[80-81]。因此,基于不同活动模式群体的日常活动-出行全过程探讨地理环境暴露差异及其对健康的影响十分必要。将微观时空行为与宏观地理环境背景相叠加,综合研究时空行为下地理环境暴露对健康的影响机制成为新的研究方向^[82],也可以进一步构建和完善“地理环境-时空行为-健康”研究范式。因此,基于“时空行为”的研究视角更有助于准确地测度个体的环境暴露水平,解决以往研究中忽略潜在风险群体和风险因素导致的健康问题。

未来研究需要丰富和完善健康地理理论研究体系,促进宏观视角及静态地理背景下的“环境-健康”研究框架向着微观视角及动态地理背景下的“地理环境暴露-时空行为-健康”的研究新范式转型与发展(图1)。构建包括自然环境、建成环境和社会人文环境多个方面的地理环境暴露体系以及包含生理健康、心理健康和社会健康多个维度的健康评价体系,引入地理背景不确定性等概念,以时空行为作为中介,进一步将时空行为视角下地理环境暴露的健康效应及作用机制研究拓展为健康地理学、环境暴露学、时间地理学、行为地理学等多个学科交叉融合与应用的新领域,拓宽环境健康效应研究的深度和广度。

在研究内容上,重视个体活动-出行导致的

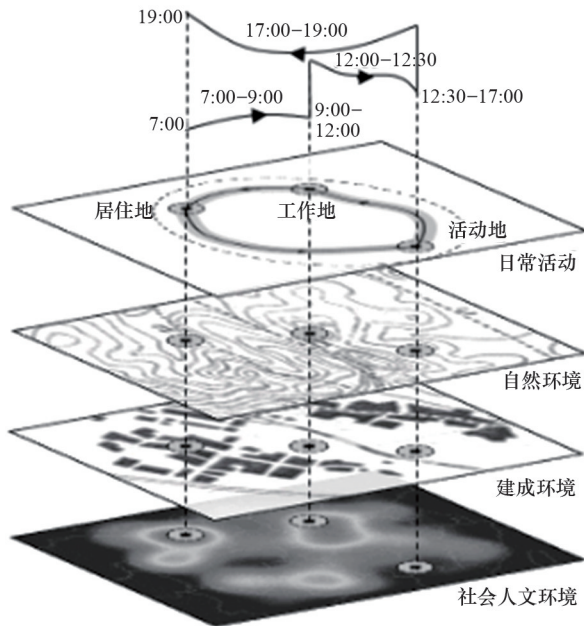


图1 时空行为地理环境暴露的健康效应研究概念图

“时间不确定性”和“空间不确定性”，探讨在不同时间和空间组合视角下地理环境暴露水平及其对健康影响的作用机制。同时，在时空行为视角下，关注地理环境暴露对公众健康影响的群体差异以及健康弱势群体的风险等环境公正领域的核心议题。

在技术方法上，多源时空大数据（带有时空属性的地理环境、活动-出行行为及健康数据）的采集与分析方法（融合、挖掘、模拟与可视化等相关技术方法）的革新促使动态地理环境暴露测度成为可能，为研究个体时空行为下地理环境暴露的健康效应提供了强有力的数据和技术支撑。此外，将相关研究结果逐渐应用于不同城市场景中，为地理环境健康风险评估、疾病防控预警、提供个性化主动式健康服务、帮扶暴露于环境风险的健康弱势群体以及合理配置医疗与健康资源等诸多城市发展中亟待解决的关键问题提供实践依据。

致谢：张济婷、刘明杨等协助进行了资料的整理，彭伊依参与了资料整理与图1的绘制。

参考文献(References)

[1] 傅华, 戴俊明, 高俊岭, 等. 健康城市建设与展望[J]. 中国

公共卫生, 2019, 25(10): 1285-1288.

[2] 李小平. 一个新的交叉学科: 环境暴露学[J]. 国外医学(医学地理分册), 2016, 37(2): 81-84.

[3] Rappaport S M. Implications of the exposome for exposure science[J]. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 2011, 21(1): 5-9.

[4] 王五一, 李永华. 氟与健康的环境流行病学研究[J]. 土壤与环境, 2002(4): 383-387.

[5] Jones-otazo H A, Clarke J P, diamond M L, et al. Is house dust the missing exposure pathway for PBDEs an analysis of the urban fate? An analysis of the urban fate and human exposure to PBDEs[J]. *Environmental Science and Technology*, 2005, 39: 5121-5130.

[6] 葛森. 健康人医学参考值与地理因素关系的研究进展[J]. 国外医学(医学地理分册), 2009, 30(2): 49-52, 92.

[7] 葛森, 薛然尹, 何进伟, 等. 中国男性儿童呼气高峰流量参考值地理分布[J]. 地理研究, 2014, 33(3): 451-466.

[8] 王玉明. 地理环境演化趋势的熵变化分析[J]. 地理学报, 2011, 66(11): 1508-1517.

[9] 齐兰兰, 周素红, 闫小培, 等. 医学地理学发展趋势及当前热点[J]. 地理科学进展, 2013, 32(8): 1276-1285.

[10] Huber M, Knottnerus J A, Green L, et al. How should we define health[J]. *British Medical Journal*, 2011, 343: d4163.

[11] Mayer J D, Meade M S. A reformed medical geography reconsidered[J]. *Professional Geographer*, 2010, 46(1): 103-106.

[12] Kearns R K. Place and health: Towards a reformed medical geography[J]. *Professional Geographer*, 2010, 45(2): 139-147.

[13] Johnston R J, Gregory D, Smith D M. 人文地理学词典[M]. 柴彦威, 译. 北京: 商务印书馆, 2004: 253-255.

[14] 杨林生, 李海蓉, 李永华, 等. 医学地理和环境健康研究的主要领域与进展[J]. 地理科学进展, 2010, 29(1): 31-44.

[15] 杨林生, 王五一, 谭见安, 等. 环境地理与人类健康研究成果与展望[J]. 地理研究, 2010, 29(9): 1571-1583.

[16] Zhang L, Zhou S, Kwan M P. A comparative analysis of the impacts of objective versus subjective neighborhood environment on physical, mental, and social health[J]. *Health & Place*, 2019, 59: 102170.

[17] 孙斌栋, 阎宏, 张婷麟. 社区建成环境对健康的影响——基于居民个体超重的实证研究[J]. 地理学报, 2016, 71(10): 1721-1730.

[18] Ulmer J M, Wolf K L, Backman D R, et al. Multiple

- health benefits of urban tree canopy: The mounting evidence for a green prescription[J]. *Health Place*, 2016, 42: 54–62.
- [19] Bell J A, Hamer M, Shankar A. Gender-specific associations of objective and perceived neighborhood characteristics with body mass index and waist circumference among older adults in the English Longitudinal Study of Ageing[J]. *American Journal of Public Health*, 2014, 104 (7): 1279–1286.
- [20] Li F, Harmer P, Cardinal B J, et al. Built environment and 1-year change in weight and waist circumference in middle-aged and older adults: Portland Neighborhood Environment and Health Study[J]. *American Journal of Epidemiol*, 2009, 169(4): 401–408.
- [21] Robinette J W, Charles S T, Gruenewald T L. Neighborhood cohesion, neighborhood disorder, and cardiometabolic risk[J]. *Social Science & Medicine*, 2017, 198: 70–76.
- [22] Schmitz N, Kruse S, Heckrath C, et al. Diagnosing mental disorders in primary care: The General Health Questionnaire (GHQ) and the Symptom Check List (SCL-90-R) as screening instruments[J]. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*, 1999, 34(7): 360–366.
- [23] Bech P, Olsen L R, Kjoller M, et al. Measuring well-being rather than the absence of distress symptoms: A comparison of the SF-36 Mental Health subscale and the WHO-Five Well-Being Scale[J]. *International Journal of Methods in Psychiatric Research*, 2003, 12(2): 85–91.
- [24] Sampson R J, Raudenbush S W, Earls F. Neighborhoods and violent crime: A multilevel study of collective efficacy[J]. *Science*, 1997, 277: 918–924.
- [25] Völker B, Flap H, Lindenberg S. When are neighbourhoods communities? Community in dutch neighbourhoods[J]. *European Sociological Review*, 2007, 23: 99–114.
- [26] Kempen G I J M, Van Eijk L M. The psychometric properties of the SSL12-I, a short scale for measuring social support in the elderly[J]. *Social Indicators Research*, 1995, 35: 303–312.
- [27] Parra D C, Gomez L F, Sarmiento O L, et al. Perceived and objective neighborhood environment attributes and health related quality of life among the elderly in Bogota, Colombia[J]. *Social Science & Medicine*, 2010, 70 (7): 1070–1076.
- [28] Oshio T, Urakawa K. Neighbourhood satisfaction, self-rated health, and psychological attributes: A multilevel analysis in Japan[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2012, 32(4): 410–417.
- [29] Tampubolon G, Subramanian S V, Kawachi I. Neighbourhood social capital and individual self-rated health in wales[J]. *Health Econ*, 2013, 22 (1): 14–21.
- [30] Spring A. Short- and long-term impacts of neighborhood-built environment on self-rated health of older adults[J]. *Gerontol*, 2017, 58 (1): 36–46.
- [31] Godhwani S, Jivraj S, Marshall A, et al. Comparing subjective and objective neighborhood deprivation and their association with health over time among older adults in England[J]. *Health Place*, 2019, 55: 51–58.
- [32] Kwan M P. The uncertain geographic context problem[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2012, 102(5): 958–968.
- [33] 周新刚, 乐阳, 叶嘉安, 等. 动态数据空间分析的不确定性问题——以城市中心识别为例[J]. *武汉大学学报信息科学版*, 2014, 39(6): 701–705.
- [34] Lee K, Kwan M P. Physical activity classification in free-living conditions using smartphone accelerometer data and exploration of predicted results[J]. *Computers Environment and Urban Systems*, 2018, 67: 124–131.
- [35] Park Y M, Kwan M P. Multi-Contextual Segregation and Environmental Justice Research: Toward Fine-scale spatiotemporal approaches[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, 14(10): 1205.
- [36] Chen X, Kwan M P. Contextual uncertainties, human mobility, and perceived food environment: The uncertain geographic context problem in food access research[J]. *American Journal of Public Health*, 2015, 105(9): 1734–1737.
- [37] Zhang L, Zhou S, Kwan M P, et al. Impacts of individual daily greenspace exposure on health based on individual activity space and structural equation modeling[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(10): 2323.
- [38] Basta L A, Richmond T S, Wiebe D J. Neighborhoods, daily activities, and measuring health risks experienced in urban environments[J]. *Social Science & Medicine*, 2010, 71(11): 943–950.
- [39] Kwan M P. Beyond space (as we knew it): Toward temporally integrated geographies of segregation, health, and accessibility[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2013, 103: 1078–1086.

- [40] Li D, Deal B, Zhou X, et al. Moving beyond the neighborhood: Daily exposure to nature and adolescents' mood [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 173: 33-43.
- [41] 马静, 柴彦威, 符婷婷. 居民时空行为与环境污染暴露对健康影响的研究进展[J]. *地理科学进展*, 2017, 36(10): 1260-1269.
- [42] Zhao P, Kwan M P, Zhou S. The uncertain geographic context problem in the analysis of the relationships between obesity and the built environment in Guangzhou [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(2): 308.
- [43] Laatikainen T E, Hasanzadeh K, Kytä M. Capturing exposure in environmental health research: Challenges and opportunities of different activity space models[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2018, 17(1): 29.
- [44] 甄峰, 秦萧, 席广亮. 信息时代的地理学与人文地理学创新[J]. *地理科学*, 2015, 35(1): 11-18.
- [45] Helbich M, Emmichoven M J, Dijst M J, et al. Natural and built environmental exposures on children's active school travel: A Dutch global positioning system-based cross-sectional study[J]. *Health & Place*, 2016, 39: 101-109.
- [46] Anagnostopoulos T, Garcia J C, Goncalves J, et al. Environmental exposure assessment using indoor/outdoor detection on smartphones[J]. *Personal & Ubiquitous Computing*, 2017, 21(4): 1-13.
- [47] Chen J, Shaw S L, Yu H, et al. Exploratory data analysis of activity diary data: A space-time GIS approach[J]. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19(3): 394-404.
- [48] Neutens T, Van de Weghe N, Witlox F, et al. A three-dimensional network-based space-time prism[J]. *Journal of Geographical Systems*, 2008, 10(1): 89-107.
- [49] Kuijpers B, Othman W. Modeling uncertainty of moving objects on road networks via space-time prisms[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2009, 23(9): 1095-1117.
- [50] 申悦, 柴彦威. 基于GPS数据的城市居民通勤弹性研究——以北京市郊区巨型社区为例[J]. *地理学报*, 2012, 67(6): 733-744.
- [51] 塔娜, 柴彦威. 基于收入群体差异的北京典型郊区低收入居民的行为空间困境[J]. *地理学报*, 2017, 72(10): 1776-1786.
- [52] Li X, Ma X J, Wang C X, et al. Data mining method for exploring spatio-temporal behavior sequence patterns of urban residents[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2009, 25(2): 10-14.
- [53] Ahn J, Han R. Personalized behavior pattern recognition and unusual event detection for mobile users[J]. *Mobile Information Systems*, 2013, 9(2): 99-122.
- [54] Wang H. The research of human behavior recognition based on depth map sequence and space occupancy patterns[J]. *Science Technology and Engineering*, 2014, 10(24): 102-107.
- [55] Kawachi I, Subramanian S V, Kim D. *Social Capital and Health*[M]. New York: Springer, 2008.
- [56] Cockerham W C. *Health lifestyles: Bringing structure back. The New Blackwell Companion to Medical Sociology*[M]. New Jersey: Willey-Blackwell, 2010.
- [57] Gee G C, Payne-Sturges D C. Environmental health disparities: A framework integrating psychosocial and environmental concepts[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2004, 112(17): 1645.
- [58] Johnson J V, Stewart W, Hall E M, et al. Long-term psychosocial work environment and cardiovascular mortality among Swedish men[J]. *American Journal of Public Health*, 1996, 86(3): 324-331.
- [59] Winkleby M A, Cubbin C. Influence of individual and neighbourhood socioeconomic status on mortality among black, Mexican-American, and white women and men in the United States[J]. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2003, 57(6): 444-452.
- [60] 顾丽娟, Mark Rosenberg, 曾菊新. 社会经济及环境因子对不同收入群体自评健康的影响[J]. *地理研究*, 2017, 36(7): 1257-1270.
- [61] Zanobetti A, Schwartz J. Race, gender, and social status as modifiers of the effects of PM10 on mortality[J]. *Journal of Occupational Environmental Medicine*. 2000, 42: 469-474.
- [62] Jenkins P L, Phillips T J, Mulberg E J, et al. Activity patterns of Californians: Use of and proximity to indoor pollutant sources[J]. *Atmospheric Environment. Part A. General Topics*, 1992, 26(12): 2141-2148.
- [63] Centers for Disease Control and Prevention. Racial and ethnic disparities in infant mortality rates—60 largest US cities, 1995-1998[J]. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2002, 51(15): 329.
- [64] 王欣, 孔荣, 王雷. 基于弱势群体概念模型的我国农民工健康问题研究[J]. *西北农林科技大学学报(社会科学版)*, 2014, 14(5): 43-49.
- [65] Frohlich K L, Potvin L. Transcending the known in pub-

- lic health practice: The inequality paradox—The population approach and vulnerable populations[J]. *American Journal of Public Health*, 2008, 98(2): 216–221.
- [66] Weden M M, Carpiano R M, Robert S A. Subjective and objective neighborhood characteristics and adult health [J]. *Social Science & Medicine*, 2008, 66(6): 1256–1270.
- [67] Pearce J R, Richardson E A, Mitchell R J, et al. Environmental justice and health: The implications of the socio-spatial distribution of multiple environmental deprivation for health inequalities in the United Kingdom[J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2010, 35(4): 522–39.
- [68] Gale C R, Dennison E M, Cooper C, et al. Neighbourhood environment and positive mental health in older people: The Hertfordshire Cohort Study[J]. *Health Place*, 2011, 17 (4): 867–874.
- [69] 宋江宇, 周素红, 柳林, 等. 日常活动视角下居民健康影响的性别差异——以广州为例[J]. *地理科学进展*, 2018, 37(7): 137–148.
- [70] 周素红, 彭伊依, 柳林, 等. 日常活动地建成环境对老年人主观幸福感的影响[J]. *地理研究*, 2019, 38(7): 1625–1639.
- [71] 刘义, 刘于琪, 刘晔, 等. 邻里环境对流动人口主观幸福感的影响——基于广州的实证[J]. *地理科学进展*, 2018, 37(7): 124–136.
- [72] 周素红, 何嘉明. 郊区化背景下居民健身活动时空约束对心理健康影响——以广州为例[J]. *地理科学进展*, 2017, 36(10): 1229–1238.
- [73] 史兴民, 刘戎. 煤矿区居民的环境污染感知——以陕西省韩城矿区为例[J]. *地理研究*, 2012, 31(4): 65–75.
- [74] Holland P, Berney L, Blane D, et al. Life course accumulation of disadvantage: Childhood health and hazard exposure during adulthood[J]. *Social Science and Medicine*, 2000, 50(9): 1285–1295.
- [75] Lea T, Bryant J, Ellard J, et al. Young people at risk of transitioning to injecting drug use in Sydney, Australia: Social disadvantage and other correlates of higher levels of exposure to injecting[J]. *Health and Social Care in the Community*, 2015, 23(2): 200–207.
- [76] 周素红, 刘明杨, 卢次勇. 中学生药物滥用行为及其影响因素的地域差异[J]. *地理学报*, 2018, 73(6): 189–202.
- [77] Smith K B, Humphreys J S, Wilson M G A. Addressing the health disadvantage of rural populations: How does epidemiological evidence inform rural health policies and research?[J]. *Australian Journal of Rural Health*, 2008, 16: 56–66.
- [78] Brulle R J, Pellow D N. Environmental justice: Human health and environmental inequalities[J]. *Annual Review of Public Health*, 2006, 27(1): 103–124.
- [79] Bowen W M, Salling M J, Cyran E J, et al. Toward environmental justice: Spatial equity in Ohio and Cleveland [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2015, 85(4): 641–663.
- [80] 李婷, 裴韬, 袁焯城, 等. 人类活动轨迹的分类、模式和应用研究综述[J]. *地理科学进展*, 2014, 33(7): 938–948.
- [81] De Nazelle A, Bode O, Orjuela J P. Comparison of air pollution exposures in active vs. passive travel modes in European cities: A quantitative review[J]. *Environment International*, 2017, 99: 151–160.
- [82] 关美宝, 郭文伯, 柴彦威. 人类移动性与健康研究中的时间问题[J]. *地理科学进展*, 2013, 32(9): 1344–1351.

Progress and prospect of the research on geographical environment exposure and public health

ZHOU Suhong^{1,2}, ZHANG Lin^{1,2}, LIN Rongping^{1,2}

1. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

2. Guangdong Provincial Engineering Research Center for Public Security and Disaster, Guangzhou 510275, China

Abstract Recently, the research on the relationship between geographical environment exposure and public health has attracted notable attention. The concept of geographical environment includes three dimensions, namely natural environment, built environment and social and humanistic environment. Whereas, health refers to a state of complete physical, mental and social well-being. As a result, medical geography, which focuses on the association between disease and environment, is gradually shifting into the field of health geography. Differences in the effects of geographical environment exposure on health of different populations as well as the environmental justice research are important topics of health geography. The research on geographic environmental exposure and health effects, which couples spatiotemporal behavior and multi-source spatiotemporal big data, is deepening and developing rapidly. On the whole, the new research paradigm of "geographical environment exposure-spatiotemporal behavior-health" will help to further expand the future research in the field of health geography.

Keywords geographical environment; public health; environmental exposure; spatiotemporal behavior; health geography ●



(责任编辑 卫夏雯)