

空间措施干预疾病流行：融合公共卫生学原理的空间机制分析框架与预防途径

Spatial Interventions for Disease Epidemics: A Framework for Spatial Mechanism Analysis and Prevention Approaches Integrating Public Health Principles

姚龙杰¹ 岳邦瑞^{1,2*} 李馨宇¹ 朱宗斌¹ 杜喆³
YAO Longjie¹ YUE Bangrui^{1,2*} LI Xinyu¹ ZHU Zongbin¹ DU Zhe³

(1. 西安建筑科技大学建筑学院, 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学西部绿色建筑国家重点实验室, 西安 710055; 3. 西安建筑科技大学艺术学院, 西安 710055)

(1. School of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, China, 710055; 2. State Key Laboratory of Western Green Building, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, China, 710055; 3. School of Art, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, China, 710055)

文章编号: 1000-0283(2025)01-0074-09
DOI: 10.12193/j.laing.2025.01.0074.008
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2024-05-18
修回日期: 2024-11-29

摘要

围绕近年来突显的城市疾病问题, 既往研究主要聚焦于蓝绿空间的健康效益促进, 而较少关注空间因素对于疾病扩散流行的阻断过程与干预途径, 致使城市疾病问题的空间管控收效不佳。因此, 通过梳理公共卫生学理论与风景园林实践的交叉融合发展历程, 基于公共卫生学“剂量—反应”关系原理提出“空间干预—环境因素—致病因素—疾病反应”的空间机制分析框架, 形成融合公共卫生学原理的空间干预模式, 构建公共卫生学理论研究向风景园林设计实践的转化途径。通过结合大气环境、水体环境、城市居住环境三类情境中城市疾病问题的空间机制框架应用解析, 从空间角度分析城市疾病问题并给予解决策略, 进一步展示空间机制框架在疟疾生物传染病实际案例中的应用可行性。强调空间干预途径介入疾病初级流行阶段的重要性, 旨在促进规划设计措施对城市疾病问题的有效管控, 意为当前城市蓝绿空间规划与更新提供不同视角, 以期提升后疫情时代健康城市的综合效益。

关键词

健康景观; 公共卫生学; “剂量—反应”关系; 空间机制; 空间干预

Abstract

Focusing on the urban disease problems highlighted in recent years, previous studies have generally focused on the health benefits of blue-green space. At the same time, less attention has been paid to the thinking of space on the blocking mechanism of disease spread and spatial intervention, resulting in poor spatial control of urban disease problems. Therefore, by combining the cross-integrated development process of public health theory and landscape architecture practice, based on the principle of the “dose-response” relationship in public health, this study proposes a spatial mechanism analysis framework of “spatial intervention-environmental factors - pathogenic factors - disease response”, forms a spatial intervention model that integrates the principles of public health and constructs a transformation path from public health theory research to landscape architecture design practice. By combining the typical urban disease problems in three different situations: atmospheric environment, water environment, and urban living environment, the application of the spatial mechanism framework is analyzed, the epidemic process of urban disease problems is traced from the spatial perspective, and the solution strategy is given. And further demonstrated the feasibility of applying the spatial mechanism framework in the actual case of malaria biological infectious diseases. The study emphasizes the importance of spatial intervention in the primary pandemic stage, aiming to promote the effective intervention of planning and design measures on urban diseases and to provide different perspectives for the current urban blue-green space planning and renewal to improve the comprehensive benefits of healthy cities in the post-epidemic era.

Keywords

healthy landscape; public health; “dose-response” relationship; spatial mechanism; space intervention

姚龙杰

1979年生 / 男 / 福建宁德人 / 博士 / 研究方向为面向健康效应的国土空间生态规划途径、国土空间保护修复优先级评估理论与方法

岳邦瑞

1973年生 / 男 / 陕西西安人 / 博士 / 教授、博士生导师 / 研究方向为跨学科知识集成应用途径、西北脆弱生态区景观生态规划理论与方法、西部乡土景观生态智慧、大秦岭生态保护与修复

李馨宇

1999年生 / 男 / 陕西西安人 / 硕士 / 研究方向为国土空间生态修复规划

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: 1403673858@qq.com

基金项目:

教育部人文社科规划基金项目“秦岭北麓土地利用冲突机理与精细化治理方法”(编号: 24YJAZH209); 陕西省自然科学基金一般项目“儿童友好城市视角下西安城市街区绿地评价方法及空间优化策略研究”(编号: 2024JC-YBQN-0602); 西安建筑科技大学研究生教材建设项目“生态学原理及跨学科应用课程建设案例库”(编号: ALJS202402)

随着全球城市化快速推进，城市配套设施不断丰富的时候，不合理的城市规划加重生活环境污染，导致人群患病风险显著提升^[1]。扩张式的土地利用发展模式导致的高频率用地更迭，促使微生物病原体向野生动物、人类宿主的流行扩散更加广泛^[2-3]，导致诸如人畜共患疾病、哮喘、肺气肿、心血管疾病等与日俱增^[4]，激发城市居民的健康人居环境需求，引起学界对城市疾病问题的广泛关注^[5-6]。身处后疫情时代，探讨如何通过规划设计手段进行科学空间布局并在规划设计初期干预疾病流行扩散，保障人群身心健康已成为重要议题^[7]。

围绕城市疾病问题，在如何改善人类生存环境和强化城市公共卫生条件方面，许多学者基于公共卫生学^[8]、社会学^[9]、地理学^[10]、政治学^[11]、规划学^[12-13]等不同学科角度出发，提出适配其学科干预途径的见解方案。其中，公共卫生研究通过应用生物医学、环境医学、预防医学等理论，研究疾病的发生机制与分布规律，探讨致病因素影响人群健康的作用机理^[8,14-16]，这是支撑外延交叉学科解决城市疾病问题的底层基础。由此而衍生的拓展研究，如完善健康社会工作的介入机制^[9]、展开宏观健康环境区划^[10]、结合生命政治理论延缓传染疾病的缓解^[11]、发展医务社会工作^[17]等，所涉交叉学科议题甚广。

然而，当前研究与实践在面对实际疾病流行问题时，主要关注病原体广泛爆发并传播后的医疗手段与缓解措施，而较少探讨在疾病源头流行阶段中切断并减少病原体从生物宿主向人类传播过程的机理与方法^[3]（图1），这为疾病初级流行过程的干预研究指出明确需求。而在已有的交叉卫生学研究中，空间规划设计学科通过空间手段干预城市疾病问题的重要性日益提高^[5-6]。然

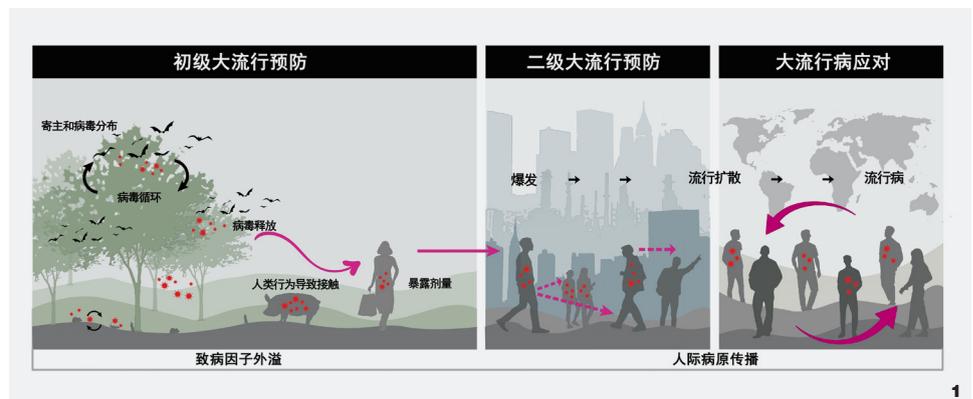


图1 全球疾病初级大流行预防、二级大流行预防和大流行应对^[8]
Fig. 1 Global primary pandemic prevention, secondary pandemic prevention and pandemic response

而，目前风景园林领域的交叉卫生学研究，主要集中于理解空间因素对人群身心健康的促进机制与增效途径^[18-23]，较少关注阻断城市疾病流行范围与强度的空间影响机理与干预方法^[3,24]。同时，关于疾病干预的卫生学拓展研究，侧重分析致病因素引起人群疾病的发病机理，并制定预防病情流行的宏观政策与医疗措施^[15-16]，在结合空间措施干预并减轻疾病危害方面的研究仍然不足。由于两种学科长期独立发展且交叉领域尚未系统形成，因此在理解卫生学基础学理知识，转译并形成景观卫生干预途径的研究尚需深化^[6,25]。故而，在卫生环境需求日益提高的当下，有必要扩充规划设计研究实践者的公共卫生学知识储备，探讨融合公共卫生学原理的风景园林规划设计实践途径。

本研究首先梳理公共卫生学的原生学科体系与核心原理，通过了解公共卫生学原理介入风景园林规划设计实践的历史发展进程，回答“如何融合公共卫生学原理构建风景园林空间机制分析框架”的关键问题，并形成公共卫生学知识向规划设计语言的“空间干预—环境因素—致病因素—疾病反应”转译分析框架，进一步结合大气环境、水体

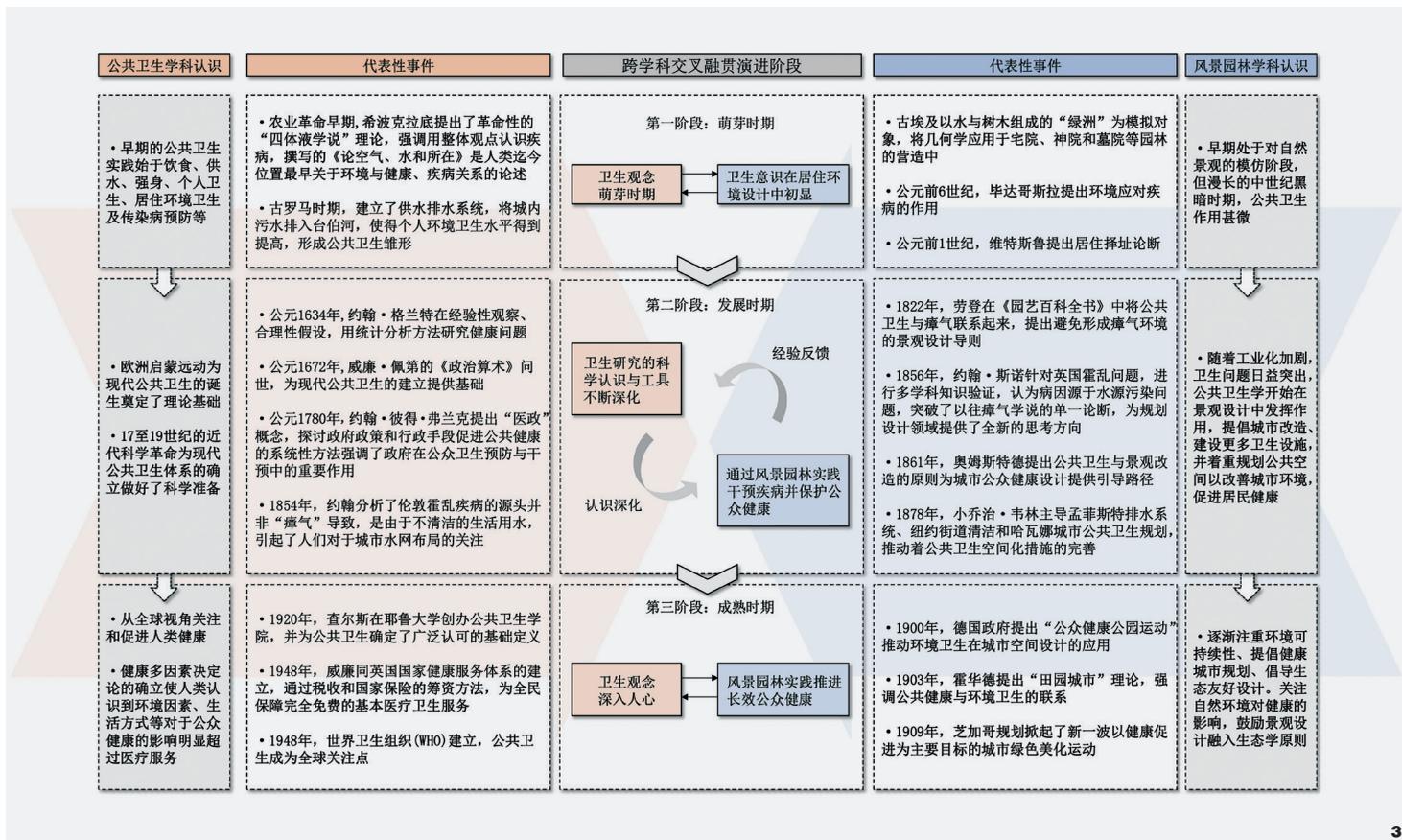
环境、城市居住环境三类情境的城市疾病问题，研究空间机制分析框架的应用过程，最终结合案例探讨空间机制框架在实际生物性传染性疾病案例中的应用可行性。基于此为公共卫生学知识在风景园林设计中的应用提供切实可行的媒介，以期提升后疫情时代健康城市的综合效益。

1 公共卫生学知识体系及其与风景园林学融合发展过程

1.1 公共卫生学研究内涵

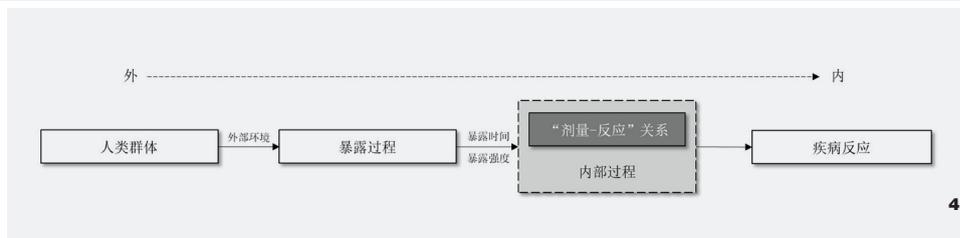
公共卫生研究因人类需要而诞生，是人类用卫生手段对抗自然疾病的时间经验总结。1920年，美国耶鲁大学公共卫生学教授Winslow^[26]首次定义公共卫生概念，随后世界卫生组织（WHO）将公共卫生定义推广至全球：the science and art of preventing disease, prolonging life and promoting health through the organized efforts of society^[26]，即“通过有组织的社会活动来预防疾病、延长寿命、改善/促进健康的科学和艺术”。它以高度简洁的形式概括了公共卫生的内涵^[9]。

公共卫生研究旨在预防疾病流行并促进公众健康^[15,27]。其病理研究聚焦于传染



3

剂量的变化, 机体疾病反应的数量也会发生变化, 卫生学研究将该原理称为“剂量—反应”关系(图4)。“剂量—反应”关系描述了生物体反应的幅度, 作为在一定暴露时间后对刺激或应激源(通常是化学物质)的暴露(或剂量)的函数。在实际的环境卫生工作中, 由于测定靶器官和靶组织中的剂量相对困难, 环境外暴露量常被用作评估人体接触剂量的替代指标。而近年来风景园林领域学者逐渐关注蓝绿空间暴露的“剂量—反应”关系, 即暴露水平(时间、频率、体验等因素)与健康效应或风险的定量关系, 探索蓝绿空间暴露与健康结果之间的“剂量—反应”关联与中介机制。



4

图3 传统公共卫生知识的历史发展进程及其与风景园林实践的交叉融贯过程

Fig. 3 The historical development process of traditional public health knowledge and its cross-coherence process with landscape architecture practice

图4 “剂量—反应”关系原理解析框架

Fig. 4 Analytical framework of “dose-response” relationship principle

2.2 融合公共卫生学原理的空间机制分析框架

“剂量—反应”关系作为公共卫生学的核心原理, 揭示了环境致病因素对人类疾病的潜在影响。而公共卫生学研究者通过分析疾病流行过程与传染过程, 明确卫生学手段介入位点与方式, 其中传染性疾病的传染源、传播途径均存在关联, 通过研究城市蓝绿空

间暴露量与患病风险之间的定量关系, 探究人群接触蓝绿空间的时间、频率和感受如何具体影响其疾病状态^[22]。因此, 基于函数关系式 $Y=F(X)$ 的因果联系思维^[32], 风景园林实践通过塑造空间参数(自变量X)来阻断病原暴露(因变量Y), 进一步明确空间设计要素及其分布方式对致病因素的影响以达到

干预人群患病风险。其中空间机制研究(图5)关键在于探讨空间参数与致病因素剂量之间的“F”关系,即因果关系。

以“剂量—反应”关系为底层原理,建构空间机制分析框架来探讨城市疾病的空间干预路径,通过联系风景园林学与公共卫生学二者学科的过渡概念(环境因素),结合河岸绿带拓宽、生境结构丰富、多样化建设用地、蓝绿空间布局等风景园林规划设计手段,增减环境因素剂量,从而影响致病因子剂量,阻断个体或人群暴露于有害物质空间,弱化人群疾病风险反应。

通过空间干预途径(X),改善人群疾病反应(Y),最终实现人类健康状况的提升。空间机制分析框架综合考虑了致病因素、环境问题和疾病反应之间的相互作用,关注疾病的治疗,更重视通过空间手段预防疾病的发生。此外,在城市规划、建筑设计、环境工程中,可通过空间设计以及建筑物的形状、材料和布局等手段来有效的控制污染和预防疾病。

2.3 基于空间机制分析框架的多情景城市健康问题分析

复杂城市生态系统带来的大量城市疾病问题已逐渐成为当前健康城市关注的焦点。理查德·福尔曼在《城市生态学》一书中将城市健康疾病问题大致分为空气、水、居住地三类主要问题情境。因此,本研究聚焦大气环境、水体环境、城市居住环境三种不同应用情境中的典型城市疾病问题(表1),应用融合“剂量—反应”关系原理的空间机制框架图解化分析城市健康问题的空间机制,并探讨如何基于风景园林实践提出有效的空间干预手段和管控措施以提高城市健康韧性(图6)。

表1 基于空间机制分析框架的多情景城市疾病问题解析
Tab. 1 Analysis of multi-scenario urban disease problems based on spatial mechanism analysis framework

城市疾病问题 Urban disease issues	致病因素 Pathogenic factors	空间机制解析 Analysis of spatial mechanism
气溶胶颗粒污染相关疾病。在大气污染中,气溶胶是指沉降速度可以忽略的小固体粒子、液体粒子或其气体介质中的悬浮体系	PM _{2.5} 、PM ₁₀ 等气溶胶颗粒污染物进入人体后,可通过呼吸道对器官产生危害	<p>Y (缓解哮喘、肺气肿——降低气溶胶颗粒污染)=F (吸附性植物群栽植、植被隔离带、导风型植物带)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 植被隔离带 • 导风型住区植物带 • 吸附性植物群栽植
水需氧有机物污染相关疾病。水需氧污染物能通过生物化学作用消耗水中溶解氧的化学物质,产生的污染物包括无机耗氧污染物和有机耗氧污染物	水体污染物包括农药、多氯联苯、致病细菌等,具有强毒性和致癌性,经饮水和食物链进入人体并积累,对人体造成危害	<p>Y (缓解肠胃炎——降低需氧有机物污染)=F (蜿蜒河道设计、生态浮岛设计、梯级河岸滩设计)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 蜿蜒河道设计 • 生态浮岛设计 • 梯级河岸滩设计
热中暑相关疾病。热岛效应是由于人为建设导致吸热能力强、比热系数低,在加速城市供热的过程中,释放出大量的辐射热量,导致城市气温普遍高于周围城市,并改变了城市地表的局部温度等因素,进而引起城市小气候变化	热污染物在城中心聚集,引起热中暑反应,并发刺激呼吸道,导致哮喘、咳嗽、流涕等症状	<p>Y (缓解热中暑——降低城市温度)=F (增加绿地建设区域,减少建筑的体量,城市水网散热,建筑导风排布)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 增加绿地建设区域 • 减少建筑的体量 • 城市水网散热

(1) 大气环境中，气溶胶颗粒污染是一个关键的环境问题，其直径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的微小颗粒(PM_{10})和更小的颗粒($\text{PM}_{2.5}$)能够深入人体呼吸系统，引发包括哮喘、慢性阻塞性肺疾病(COPD)在内的多种呼吸系统疾病。长期暴露于这些颗粒物还可能增加心血管疾病和某些类型癌症的风险。风景园林实践通过增加城市绿地面积，丰富绿地群落结构，种植多样化的植物，提升城市生态系统的稳定性和抗污染能力，增加湿地两岸吸附性植被，有效减少气溶胶颗粒物的浓度；种植导风型住区植物带，改变局部气流，减少污染物在居民区的沉积；同时，在城市主要交通干道和工业区周边设置植被吸附隔离带，减少气溶胶颗粒物向居民区的扩散。以上海世博会后滩湿地公园吸附性植物园为例，黄浦江畔的工业活动和交通流量导致大气中存在较高浓度的 $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 。在公园内种植大量香蒲(*Typha orientalis*)、芦苇(*Phragmites australis*)等吸附性植物以及设置生态浮岛，监测气溶胶颗粒物浓度的变化，通过对比实施前后的空气质量数据和居民健康状况，验证空间手段的有效性。

(2) 水体环境中，水体需氧有机物污染是因污水、工业废水及农业排放导致水中有机化合物消耗氧气，危及水生生物及生态系统。污染物如农药、多氯联苯、酚等具有毒性，进入人体可致严重危害。在生态修复实践中，通过设计曲折的河道，增加水流的滞留时间和接触面积，提高水体中污染物的自然降解率；利用生态浮岛设计，通过植物吸收转化水中的有机物，同时为水生生物提供栖息地；其次可设计不同高度的河岸滩，形成阶梯式的水流，增加水体与空气接触，促进氧气的溶解和污染物的降解。新加坡加冷河道的自然化修复项目中，改造直线化的河

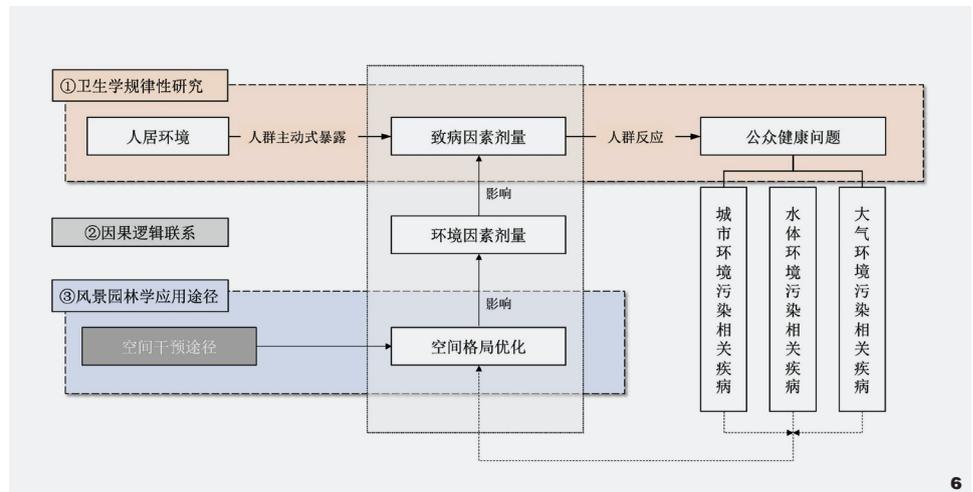
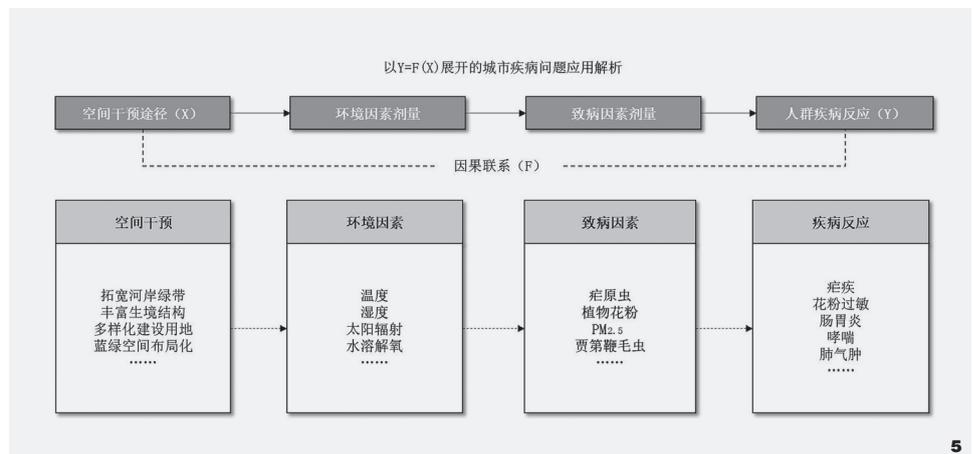


图5 融合“剂量—反应”关系原理的空间机制分析框架
Fig. 5 Spatial mechanism analysis framework based on the principle of “dose - response” relationship

图6 空间阻断机制在三类典型城市健康问题的解析框架
Fig. 6 Analytical framework of spatial blocking mechanism in three typical urban health problems

道，使其更加曲折自然，以增加水流的复杂性和多样性，提高水流的自净能力。

(3) 城市环境中，热岛效应由人为因素改变城市地表温度、湿度、空气流动，导致城市内温度快速上升，污染物积聚，影响呼吸系统健康，引发情绪不稳、呼吸问题、消化不良等症状。为解决城市居住问题，规划师通过协调城市空间格局以缓解热岛效应。例如：张家浜楔形绿地生态规划项目，通过增加城市绿地面积，吸收太阳辐射，并通过植物的蒸腾作用增加空气湿度；减少建筑的

体量以及利用城市水体，如河流、湖泊和喷泉，作为自然的冷却剂，通过水的蒸发和传导散热，建筑环境布局导风排布等方式缓解城市环境热岛效应。

3 泰国橡胶种植园疟疾问题的空间溯因与干预

3.1 生物传染性疾病解析

世界各地的经济都面临着越来越多的挑战，包括无序增长、人类迁移和气候变化带来的恶劣疾病影响^[3]，与此同时发生的是蚊

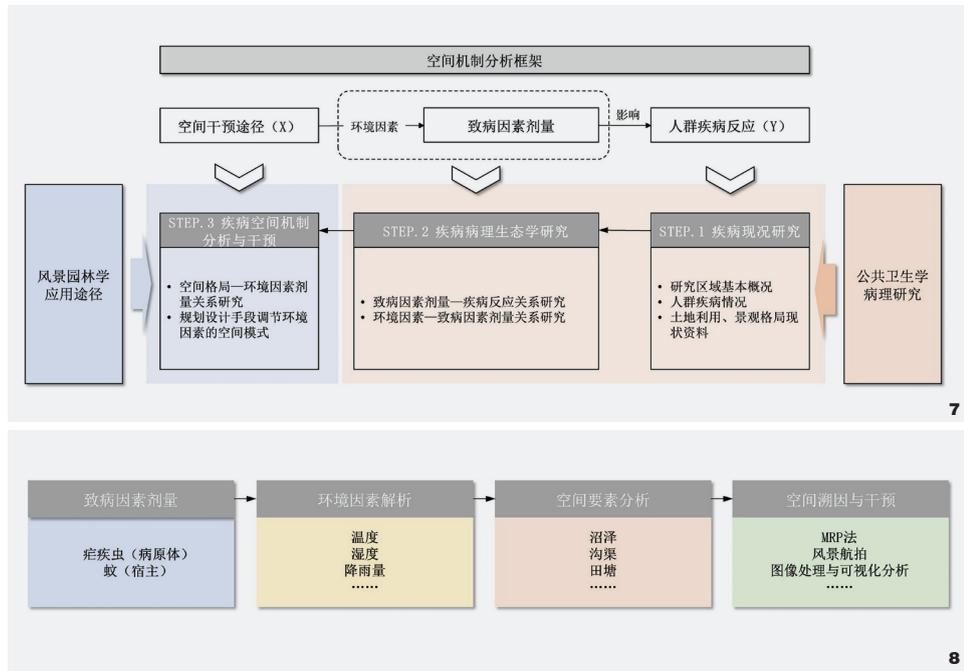


图7 基于空间机制分析框架的疾病空间溯源与干预流程
Fig. 7 Spatial abduction and intervention process of disease based on spatial mechanism analysis framework

图8 疟疾病理生态学研究分析过程
Fig. 8 Analysis process of malaria pathological ecology research

媒疾病广泛传播^[34]。蚊子属的伊蚊、按蚊和库蚊携带疾病包括登革热、疟疾和西尼罗河病毒、沙门氏菌病等生物传染性疾病，在医学领域因其携带病原体特性而备受关注，目前已成为全球关注的主要卫生问题。同时在风景园林学科中，空间手段对生态系统的塑造改变，直接影响此类物种的迁移活动，同样成为研究关注点^[3]。因此，疟疾问题的空间预防突显了跨学科合作的重要性。故研究以疟疾作为生物传染性疾病的代表案例，以“疾病现况研究—疾病病理生态学研究—疟疾空间机制分析与干预”为研究流程（图7），探究干预疟疾问题的预防途径。

3.2 疟疾现况研究

泰国位于东南亚，与柬埔寨、老挝人民民主共和国、缅甸和马来西亚接壤。该

国还属于大湄公河次区域 (GMS)。橡胶种植园作为泰国或GMS国家包括缅甸和马来西亚的特色种植园，因其潮湿的空间环境滋生诸多疟疾风险，集中分布于泰国南部和东部人口聚居的传输控制区。由于城市地区的人口密度高，伊蚊物种生存需求空间小且捕食天敌较少，丰富的宿主和利于种群生长的环境条件，极为适宜蚊群繁衍扩散，这种情况不仅加剧疟疾在区域内的流行情况，还会影响到在大湄公河次区域中周边进行疟疾控制的国家。因此，需要在区域规划层面提供有效的疟疾空间干预途径、监测系统和工具。

3.3 疟疾病理生态学研究

携带疟原虫的蚊群中有配子体的患者和带虫者是疟疾的主要传染源，并介以蚊属节

肢动物作为传播途径，而除了因某些遗传因素对某种疟原虫表现出不易感的人群及高疟区婴儿可从母体获得一定的抵抗力外，其他人群对人疟原虫普遍易感。疟疾的流行除需具备传染源、传播途径和易感人群三个基本环节外，温度与湿度作为重要的环境因素，会影响蚊群的习性，进而影响疟疾的流行。通过分析疟原虫携带者和蚊群的习性，明确环境与蚊群之间的生态学关系（图8）。

(1) 孳生习性。蚊虫都孳生于水中，不同性质的水质和积水类型孳生不同种类的蚊虫。成蚊产卵的地点就是幼虫的孳生地，治理或改造孳生地是主要防蚊措施。蚊虫孳生环境中水体类型包括田塘、缓流水体、丛林水域、容器；田塘型包括稻田、沼泽等大型积水场所；缓流型包括小溪、沟渠等；丛林型指山溪、石穴等；容器型包括人工容器和植物容器。

(2) 栖息习性。蚊群喜欢阴暗潮湿处，室内常见于蚊帐、床下、屋角，室外则常在草丛、树下、洞穴附近。它们的栖息习性可分为家栖型、半家栖型和野栖型。家栖型蚊群吸血后多在室内等待消化血液；半家栖型在吸血后稍作停留后飞出室外；野栖型则在野外完成吸血和产卵。不同地区、季节和环境影响蚊虫栖息习性的变化。疟疾的生态学研究揭示疟疾病原携带者（蚊群）与周边环境的相关规律关系，而蚊群的孳生与栖息和周边的不同类型的水环境空间分布具有相应联系。疟疾的传播和分布与环境因素有很大的关系，同时气温和降雨量是疟原虫生长和繁殖的主要因素。疟疾的生物环境关系研究为风景园林分析空间格局影响疟疾的机制提供了重要的中间工具，通过进一步分析影响疟疾的空间机制，并借由空间手段管控疟疾的流行过程影响。

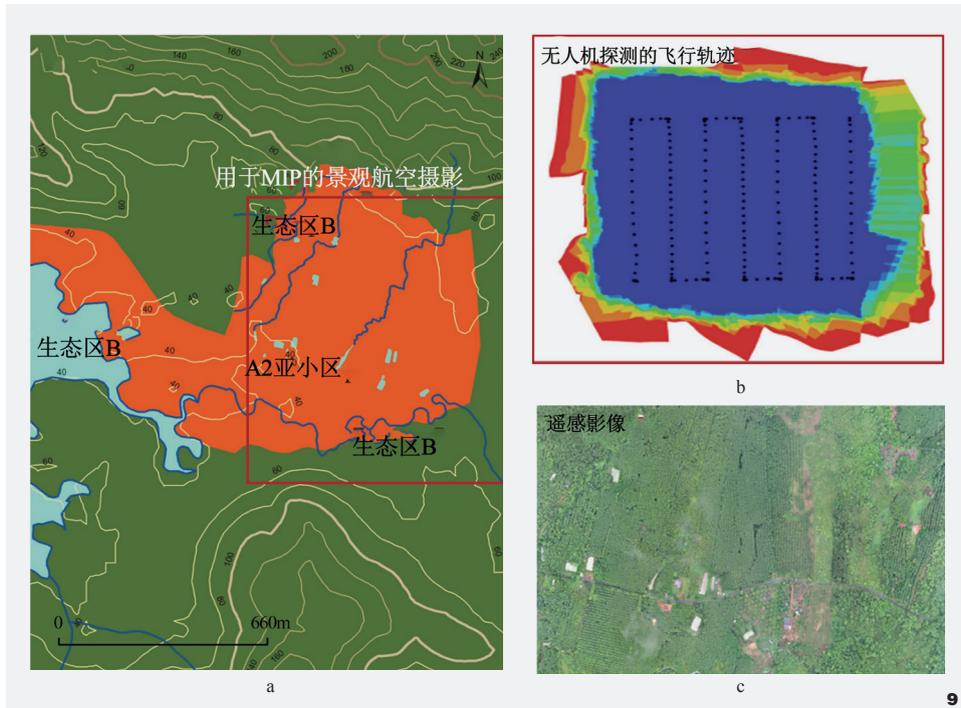


图9 泰国橡胶园空间致病点拍摄与解析^[37]
Fig. 9 Photography and analysis of space pathogenic points in Thai rubber plantation

3.4 疟疾空间传播机制分析与干预

疟疾的传播流行与其所处环境因素紧密相关，温度和湿度是影响疟原虫生长和蚊群繁殖的关键环境因素，因此被视作“剂量”。在泰国橡胶种植园，特定的气候条件提供适宜的环境，增加蚊群的繁殖率和疟疾的传播潜力，而疟疾的发病率则是相应的“反应”，与蚊群密度和人类接触频率成正比。通过将区域设定为不同的基本空间管控单元（如村域、流域）^[35,36]，综合分析土地利用数据（橡胶园扩张面积、范围、广度）、水环境区位（水渠、水体的空间距离）及温湿度变化情况，探究由橡胶种植园扩张引起的农业土地利用变化对疟疾传播风险的潜在影响程度。例如，按蚊的生态位习性分析景观格局的潜在可能影响，即受侵害的土地面积与特定山脊、山丘的关系，其中低坡度的山坡中产生

水道，溪流沿此道缓慢向下移动或在其间隙通道上向下流动，与蚊虫的移动扩散轨迹一致，可能加剧疾病传播风险。通过土地利用数据集与航拍图片的拟合分析确证蚊群的空间分布特征（图9）。

案例研究强调基于空间溯因理念探讨区域疟疾问题的致病机制，并针对空间致病因素实施干预，通过了解橡胶林地面积增加所影响的土地利用、土地覆盖变化与疟疾风险的关联关系，旨在促进政府落实空间对疟疾问题的有效干预实施，最终通过空间信息监测与识别表征疟疾问题，分析疟疾与环境之间的相关关系，为未来的疟疾防控提供预防性的空间管控途径。

4 结论与讨论

《健康城市蓝皮书：中国健康城市建设

研究报告》明确提出后疫情时代规划卫生城市的战略意义。然而，少有研究融合公共卫生学原理探究疾病问题的空间预防途径。本研究通过回顾公共卫生学的核心原理及其与风景园林学的交叉融贯发展历程，构建了融合公共卫生学底层原理（“剂量—反应”关系）的空间机制分析框架。结合城市大气环境、水体环境和城市环境三类情境进行典型城市疾病问题的空间成因分析，并探讨了城市疾病问题的空间阻断机制及理论化的空间预防模式。最终将空间机制框架应用于疟疾问题的空间成因分析与干预分析。结果表明，基于空间角度的溯因分析与干预策略降低了疟疾发病风险。而在未来城市疾病问题研究与实际应用中纳入空间机制框架尚可进一步探索^[32]。例如，在特定环境条件下，空间干预措施可能效果有限，需要进一步结合实际情景调整优化。此外，当前框架的定量评估研究与技术方法尚可进一步补充，以提高空间干预效果的准确评估。下一阶段研究方向应包括：（1）开发针对不同类型疾病的空间干预策略，以适应多样化的城市疾病问题；（2）探索和完善空间机制框架的量化评估方法，提高评估的准确性和可靠性；（3）研究空间干预在不同文化和地理环境中的适用性和调整策略，以实现更广泛的应用。^[32]

注：图1仿绘自参考文献[3]，图9改绘自参考文献[36]，其余图表均由作者绘制。

致谢：

感谢团队成员戴雯菁对本文图纸修改给予的帮助。

参考文献

- [1] VORA N M, HANNAH L, LIEBERMAN S, et al. Want to Prevent Pandemics? Stop Spillovers[J]. Nature, 2022, 605(7910): 419-422.

- [2] WANG J, MA Y, TANG L, et al. Long-term Exposure to Residential Greenness and Decreased Risk of Depression and Anxiety[J]. *Nature Mental Health*, 2024, 2(5): 525-534.
- [3] PLOWRIGHT R K, AHMED A N, COULSON T, et al. Ecological Countermeasures to Prevent Pathogen Spillover and Subsequent Pandemics[J]. *Nature Communications*, 2024, 15(1): 2577.
- [4] 张浪. 感知健康景观[J]. *园林*, 2023, 40(06): 2-3.
- [5] 钟乐, 钟鹏, 贺利平, 等. 风景园林与公共健康的历史渊源: 基于应对传染病的视角[J]. *风景园林*, 2020, 27(10): 118-123.
- [6] 吴晓, 王慧, 张莹, 等. 风景园林与公共卫生: 共识、分野与融汇——二次公共卫生革命视野下的学科关系审视[J]. *中国园林*, 2021, 37(03): 6-13.
- [7] VAN DEN BOSCH M, SANG A O. Urban Natural Environments as Nature-based Solutions for Improved Public Health: A Systematic Review of Reviews[J]. *Environmental Research*, 2017, 158: 373-384.
- [8] JR J W H, 赵莉, 李蕊, 等. 公共卫生与预防医学概念辨析[J]. *现代预防医学*, 2011, 38(15): 3005-3006.
- [9] 俞宁, 陶斯敏. 社会工作介入城市社区的治理问题——基于突发公共卫生事件的思考[J]. *开发研究*, 2020(06): 145-151.
- [10] 柴彦威, 许伟麟, 张文佳, 等. 新冠肺炎疫情精准防控的时空间行为地理学研究框架[J]. *地理科学*, 2020, 40(10): 1585-1592.
- [11] 陈培永. 新冠病毒肆虐生命政治学应如何介入——回应埃斯波西托的“免疫政治”[J]. *云梦学刊*, 2020, 41(04): 20-26.
- [12] 谭少华, 郭剑锋, 江毅. 人居环境对健康的主动式干预: 城市规划学科新趋势[J]. *城市规划学刊*, 2010(04): 66-70.
- [13] 雷诚, 丁邹洲, 徐家明. 直面新型冠状病毒肺炎疫情的城市规划反思[J]. *规划师*, 2020, 36(05): 39-41.
- [14] 夏青, 汤乃军. 公共卫生与预防医学一流学科建设策略研究——基于医防整合视角[J]. *医学教育研究与实践*, 2018, 26(06): 905-907.
- [15] 李立明, 叶冬青, 毛宗福. 公共卫生与预防医学导论[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
- [16] 谭晓东. 预防医学、公共卫生学科概念探讨[J]. *中国公共卫生*, 2005(01): 127.
- [17] 万川沸, 樊立华. 刍议公共卫生概念及预防医学教育的发展趋势[J]. *中国公共卫生管理*, 1995(01): 13-16.
- [18] 姜斌, 张恬, 威廉.C.苏利文. 健康城市: 论城市绿色景观对大众健康的影响机制及重要研究问题[J]. *景观设计学*, 2015, 3(01): 24-35.
- [19] 应君, 金荷仙, 张一奇, 等. 接触校园绿色空间内在动机对大学生心理健康的影响——一个被调节的链式中介模型[J]. *中国园林*, 2023, 39(05): 37-42.
- [20] 袁青, 赵家璇, 冷红. 冬季住区绿地活动行为对老年人心理健康的影响研究[J]. *中国园林*, 2022, 38(03): 45-50.
- [21] 周艳慧, 王一凡, 金荷仙. 视嗅感知下校园绿地的恢复性效益研究[J]. *中国园林*, 2023, 39(11): 36-41.
- [22] 杨高原, 余兆武, 张金光, 等. 暴露生态学视角下绿地暴露健康效益研究进展[J]. *生态学报*, 2024, 44(14): 5914-5924.
- [23] YU Z, YANG G, LIN T, et al. Exposure Ecology Drives a Unified Understanding of the Nexus of (Urban) Natural Ecosystem, Ecological Exposure, and Health[J]. *Ecosyst Health Sust*, 2024, 10: 0165.
- [24] CHESHMEHZANGI A. Reflection on Early Lessons for Urban Resilience and Public Health Enhancement During the COVID-19[J]. *Health*, 2020, 12(10): 1390.
- [25] 于婷婷, 冷红, 袁青. 面向公共健康风险的城乡绿地系统规划响应[J]. *中国园林*, 2021, 37(09): 59-64.
- [26] WINSLOW C E A. The Untilled Fields of Public Health[J]. *Science*, 1920, 51(1306): 23-33.
- [27] CALLAHAN D. The WHO Definition of “Health”[J]. *The Hastings Center Studies*, 1973, 1(3): 77-87.
- [28] RECHEL B, MCKEE M. EBOOK: Facets of Public Health in Europe[M]. Maidenhead: Open University Press, 2014.
- [29] 冀芳, 夏昭林. 基因—环境相互作用与人类疾病的关系[J]. *复旦学报(医学版)*, 2007(06): 935-938.
- [30] 李志明, 张艺. 城市规划与公共健康: 历史、理论与实践[J]. *规划师*, 2015, 31(06): 5-11.
- [31] 王兰, 孙文尧, 陶佳, 等. 城市规划健康影响评估理论框架构建[J]. *西部人居环境学刊*, 2024, 39(03): 43-48.
- [32] 岳邦瑞, 钱芝弘, 姚龙杰. 水文学知识介入风景园林设计的空间机制分析框架[J]. *中国园林*, 2024, 40(01): 66-71.
- [33] PANELABTMOTOHH-L E, MARKOTTER W, METTENLEITER T C, et al. Prevention of Zoonotic Spillover: From Relying on Response to Reducing the Risk at Source[J]. *PLoS Pathogens*, 2023, 19(10): e1011504.
- [34] GUBLER D J. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21st Century[J]. *Tropical Medicine and Health*, 2011, 39(4): S3-S11.
- [35] ZONNEVELD I S. The Land Unit: A Fundamental Concept in Landscape Ecology, and its Applications[J]. *Landscape Ecology*, 1989, 3(2): 67-86.
- [36] KAEWWAEN W, BHUMIRATANA A. Landscape Ecology and Epidemiology of Malaria Associated with Rubber Plantations in Thailand: Integrated Approaches to Malaria Ecotoping[J]. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2015, 2015(1): 909106.