

王贞, 万敏. 适应与缓解: 应对气候变化的21世纪人类世风景园林路径与策略[J]. 华中农业大学学报, 2023, 42(4): 16-22.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.04.003

适应与缓解: 应对气候变化的21世纪 人类世风景园林路径与策略

王贞, 万敏

华中科技大学建筑与城市规划学院, 武汉 430074

摘要 健康的人居环境是人类社会一切发展的重要基石, 但全球气候变化却使之深陷危机, “人类世”概念的提出为正确理解人与自然的关系奠定了科学的基础。风景园林作为连接人、场地和环境的一门学科, 对激励和领导人居环境相关学科共同应对全球气候危机起到极其关键的作用。为应对人类世时代风景园林的挑战, 本文梳理了人类世风景园林的特征, 指出作为人类世首要表征的气候变化给风景园林学带来的广泛影响, 通过在气候变化、人类世和风景园林三者之间建立逻辑联系, 深入归纳应对气候变化风景园林需要明确的主要目标, 并总结出一些可行的解决路径和策略。

关键词 人类世; 气候变化; 人居环境; 风景园林; 适应与缓解; 可持续发展

中图分类号 TU986 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)04-0016-07

2023年2月6日联合国环境规划署发布的《2022年度报告》, 总结了2022年全球积极应对和缓解的地球3个紧急状况: 气候变化(climate change)、自然环境和生物多样性丧失、污染和废弃物(<https://www.unep.org/resources/annual-report-2022>); 同时, 政府间气候变化委员会(IPCC)也在其2022年报告中指出: 极端天气事件的增多已经使全球百万计的人口暴露于食品和水的不安全状态之下, 导致了高死亡率、冲突和动物及人类传染病突发等事件(https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf), 由此可见, 气候变化已经被全世界公认为人类面对的首要环境危机。21世纪初, 科学家们提出了全新的“人类世”(Anthropocene)概念^[1], 呼吁各国将气候措施纳入国家政策、战略和规划中以提高与气候变化相关、有效的规划和管理能力机制, 并在各领域增强对于气候灾害的弹性(resilience)和适应(adaptation)能力。此后, 全世界对于气候变化及其相关影响的研究不仅在环境、经济、政治等领域广泛展开, 并且很快渗透到社会学、哲学、艺术等人文科学领域。而作为聚焦人类及其生存环境相互关系的风景园林学, 不但要考虑气候变化对地球表面物质

环境所产生的影响, 还要从思想和理论上做好应对更大气候危机的准备。本文引入“人类世”概念, 并着重阐明气候变化与风景园林学之间的内在联系, 目的是为深入而有效地理解21世纪气候变化背景下的“人-景关系”提供理论支撑。

1 风景园林学领域的人类世相关研究

1.1 国外研究

整个人类的历史都在试图改变地球景观^[2], 尽管越来越多的人认识到“人-景关系”对于社会、生态和景观本身的发展都至关重要, 但是有关景观系统与人类系统之间相互作用研究的理论基础却依旧薄弱^[3]。“人类世”概念基于现代地球科学的研究成果, 提出了“人类已经成为影响地球系统的主要地质营力(geological force)”的全新认识^[4]: 人类不但在土地利用、河流改道、土壤成分、水资源使用等方面大大改变了地球环境及其外貌, 更为重要的是人类活动改变了大气成分, 造成了全球气候变化。“人类世”概念一经正式提出就在世界范围内被迅速关注并广泛流行, “人类世”研究随之在国际上成为了一门显学,

收稿日期: 2022-10-31

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(51678258)

王贞, E-mail: janewz@hust.edu.cn

通信作者: 万敏, E-mail: wanmin01@sina.com

是环境科学、地球科学、考古学、生物学及其他相关学科领域的研究热点,其研究的主题广泛涉及到修复生态学(restoration ecology)、可持续性(sustainability)、城市发展(urban development)等与人类环境影响(human impact)密切相关的方方面面。

本研究以汤森路透 Web of Science (SCI-E 和 SSCI) 数据库为数据源,采用“主题=(“anthropocene”and “landscape”)进行检索(检索时间为2022年10月26日),得到SCI收录的相关研究论文共计48篇,包括人景系统^[5-6]、土地利用^[7-8]、区域景观变迁^[9-10]、城市景观地貌^[11]、景观规划设计实践^[12]等内容。2014年《人类世》(Anthropocene)第6期出版了1期专刊《人类世的景观》(Landscapes in the Anthropocene),刊载了9篇学术文章,旨在帮助理解人类活动如何在多时空尺度上改变了地球景观,并对人类造成的人类世风景园林特征进行了深入的分析。这些研究非常有利于提高风景园林规划设计理论和方法的时代性和适应性,并且有助于生成缓解人类造成的环境危机的有效对策。

1.2 国内研究

我国学界早在2001年12月就对“人类世”概念作出了积极的反应^[13],然而时至今日“人类世”概念在我国还远未被广泛认知:通过中国知网数据库以“人类世”为关键词在“篇关摘”处进行搜索(检索时间为2023年05月02日),共得到中文文献676篇,集中于环境科学与资源利用(84篇)、地质学(53篇)和气象学(24篇)等自然科学领域。在以上结果中,风景园林学所属的“建筑及工程科学”总共只有38篇相关文献,其中有效学术文献仅16篇,除去建筑类文献2篇,其他14篇都是有关景观、风景园林及环境设计等领域的文献,主要发表在《景观设计学》(4篇)和《风景园林》(3篇)2个期刊上,且其中有5篇为国外学者撰写,说明本土风景园林学者对“人类世”概念还较为陌生。在10篇标题包含“人类世”的文献中有3篇“人类世(城市)生态系统”(novel ecosystem)研究的文章其内容并未涉及“Anthropocene”概念内涵。由苏安·维尔撰写、张安翻译的《“人类世”的颠覆式创新:重新认识风景园林的形式主义》是国内最早一篇题名包含“人类世”的风景园林类文献,但正文中并无针对人类世概念的进一步介绍,另外几篇标题或者关键词包含“人类世”的文献中也仅对人类世概念进行了简短介绍。综上所述,目前风景园林学科亟需引入人类世概念并将其与学科联系起来进行剖

析,以便为我国风景园林研究紧跟国际形势、充实基础理论、提升规划设计技术奠定坚实的基础。

2 气候变化对风景园林的影响

气候作为一种复杂的自然现象,其所包含的温度、降水和光照等信息是分析和描述气候特征及其变化规律的基本资料。从长期的视角来看地球的气候一直处于波动之中,但在一定时期内却具有相对稳定的状态,这使得区域风景在某个时间段内呈现较为稳定的特征,例如热带风景、温带风景以及地中海风景都形成了各自标志性的面貌。而自从地球进入人类世以来,人类活动诱发的强烈气候变化就逐步深刻地影响和改变了全球的景观面貌^[14],对此,风景园林在研究与实践两方面都有显著的反映。

2.1 对风景园林研究的影响

气候变化成为目前世界风景园林行业非常热门的主题,各国行业协会在推动相关研究方面起到了非常重要的作用,例如2007年英国景观协会会刊《The Journal of the Landscape Institute》首次推出了以气候变化为主题的特刊,探索了风景园林学对于气候变化问题的责任和应对思路,并在接下来几年分别对绿色基础设施政策(2013)、技术实践导则(2018)、可持续排水系统(2019)、生物多样性和绿色恢复(2020)等进行了专题探索。在人类世概念的启发下,风景园林学者普遍认为气候变化对国土景观的要素、特征、质量等方面带来了显著的改变(<https://my.landscapeinstitute.org/case-study/communicating-landscape%3a-change-from-adaptation-and-mitigation-in-a-changing-climate/e73ca093-f18b-eb11-b1ac-000d3ad515ab>):有学者从生态学视角研究气候变化导致的各类环境污染与城市化共同作用下城市景观的改变^[15]、气候变化导致的森林火灾等对大地景观的改变^[16]等;有学者关注气候变化背景下人的观念与行为的改变对可视化景观的影响^[17-18];还有学者对气候政策导致的土地利用形式改变^[19]、栖息地碎片化等带来的景观变化进行研究并探寻相应的景观保护策略。综上,气候变化影响下的国际风景园林研究是从行业实践中脱颖而出,且已经将气候变化作为需要应对的首要问题,并且坚信设计师们有责任、有能力做出重要贡献。

我国风景园林界对于气候变化的研究始于俞孔坚等^[20]提出的景观与城市生态设计的概念与原理,2007年之后开始从风景园林视角积极回应气候变

化,前期研究致力于对国外气候变化应对案例的分析和借鉴^[21-24],之后则逐渐转变为从本土人居环境建设视角出发积极探索气候变化给风景园林带来的影响,例如对气候变化背景下风景园林的功能定位进行研究^[25-26]、通过城市绿色和蓝色基础设施来对城市微气候调节进行研究^[27-28],而最多的是对低碳策略和技术进行探索^[29-30]。可以看出,我国风景园林界对于气候变化的研究还处于起步阶段,其重点从最初的关注小尺度微环境气候及相关理念探索和案例研究,逐步转变为深入解读大尺度的气候变化规律对风景园林规划设计的全面影响,并积极寻找应对策略、发展技术解决方案,本研究即基于以上需求。

2.2 对风景园林特征的影响

风景园林的实践对象是复杂的生态和人工系统,它们既包含自然环境也有社会人文以及经济政治等多方面的因素,风景园林师就是通过调整这两大系统之间的互动关系来为人居环境建设服务的。人类世时代特别是“大加速”^[31]之后,人类活动成为了全球气候变化的主要驱动力,对世界各国风景园林实践已经并将持续产生直接和间接的巨大影响,从根本上塑造了人类世风景园林的特征:(1)气候变化对自然特征的影响涉及植被、水文、地貌等自然要素,进而对风景园林的形式、形态产生影响。例如气候变暖直接改变了植物物候从而影响风景园林规划设计中植物的选择,一个非常明显的案例就是近些年高温干燥的气候条件使苔藓类植物面临枯萎,因此,日本标志性的禅宗园林设计与维护遭遇到极大的挑战^[32];气候变化导致的暴雨等极端天气事件频发使得城市的水文条件突变,因此,雨洪管理成为城市风景园林设计中不可或缺的重要内容,海绵城市等技术手段得到了空前的发展。(2)对人文特征的影响通常直接涉及人们对环境的观念、看法以及生产生活方式,从而间接改变对风景园林的评价标准。自古以来中西方风景园林都非常注重艺术美和视觉效果的表达,但自工业革命之后200余年以来大气温度持续升高带来了日益频繁的生态灾害并逐步威胁到人类的生存安全,迫使人们重新思考人与自然的的关系。因此,设计理念与手法受到气候变化的冲击,20世纪末以来,近代西方的“设计结合自然”理念、远古东方的“天人合一”思想重新得到了重视,生态美学成为评价风景园林风格与形式美的重要指标之一。(3)人类世风景园林必须积极应对高温干旱、洪涝灾害等气候变化带来的严重环境问题,为此提

供更加有效的解决方案,这些方案不但改变了人工环境的面貌,而且提升了当代风景园林规划设计及管理的复杂度和难度,定性分析和量化研究必须紧密结合起来才能成功应对气候变化的挑战。

3 人类世风景园林应对气候变化的主要目标

基于人类活动的人类世不但影响地球的自然系统过程,更是通过干预生态系统而在建成环境(built environment)的不同层面上都留下了痕迹,瓦解了数千年来存在于人类和自然之间的平衡(www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html)。目前全球已经有一半人口生活在城市中,且预计到2050年将达到70%^[33];塑造了21世纪人与自然之间的复杂关系(<https://rm.coe.int/168048968d>)。作为人类世突出表征的气候变化给全球带来的严重挑战,亟需人类重新思考如何营建地球这一人类的唯一家园,国际风景园林界的学者一致希望通过探寻针对气候变化的各种措施,更加有效地保护、管理和规划景观,从而在应对气候变化中承担关键甚至领导性的作用。对于气候变化最先做出反应的是西方发达国家,欧盟和欧洲委员会进行了科学研究并达成一致对气候变化的特定方面进行关注:2010年在莫斯科召开的欧洲理事会部长会议提出,未来城市发展的关键是理解“气候变化对陆地的负面和正面影响,包括在人居聚落、城市基础设施、生态系统、就业和区域生产系统”^[34],紧接着欧盟资助了“欧洲绿带”(https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)等一系列公共项目来应对气候变化;2021年欧洲理事会在《欧洲景观公约》(<https://www.coe.int/en/web/landscape/cep-cd-cpp-2021>)中指出解决气候危机的关键目标在于减少碳排放、社会的弹性和转型、保持自然环境的可持续性。深入解析这些倡导和论断可以为风景园林学科应对气候变化提供明确的思路,即通过风景园林规划和管理来促进减碳、保护和修复生态系统、培育有利于人类健康福祉和人民幸福生活的环境(<https://www.iflaworld.com/ifla-climate-action-commitment-statement>)。

为达到这些目标,国际风景园林学者纷纷提出了纲领性文件和策略建议,总结起来基本从以下4个方面展开:

1)政策层面。积极发展基于科学研究的应对气候变化的政策,要求政府结合气候危机推进公共政策的改革,风景园林要加强与其他学科的合作,共同参与相关政策的制定,以确保在应对气候危机方面能够发出更强音,以便实现与公众共同应对紧急情况

的承诺。
2)学科层面。推进相关程序的修改与更新,例如将对气候变化的考量加入专业技术导则和相关资讯中,发布各类有助于设计师寻求气候解决方案的相关培训和学习项目,以确保设计师能够对其工作中的气候影响部分进行有效衡量,帮助研究者和实践者相互协作、发展有效的合作关系应对气候变化。

3)技术层面。提高相应的标准和技术,例如加速推进硬质和软质景观材料的固碳技术导则(embodied carbon in hard and soft landscape materials),使其快速有效地在业界实践中广泛应用。

4)人才层面。引导风景园林从业人员认识到自身对气候变化所负有的专业责任,例如英国景观学会在2020年就草拟了《全球园林专业道德原则》(Global Ethical Principles for the Landscape Profession)和《LI实务守则》(LI Code of Practice),要求规划师和设计师在继续提高专业技能方面,至少花费1/5的时间用于与气候变化及生物多样性相关技术的培训(<https://landscapewpstorage01.blob.core.windows.net/www-landscapeinstitute-org/2020/05/12284-climate-biodiversity-action-plan.pdf>)。

4 人类世风景园林应对气候变化的路径与策略

人类世风景园林在战略上逐渐趋向于通过2个路径来应对气候变化,即缓解与适应。但在实践中有效的气候变化解决方案很少单独出现,一般都是综合考虑以上2个思路而提出的整体方法和策略,不但可以直面那些具体的气候变化问题,而且可以通过实现次生效益使人与自然达到动态的平衡。但目前对气候变化的关注度不足致使风景园林学还没能给出足够有效的解决方案,这正是21世纪人类世风景园林界需要共同努力的方向——为地球创造一个环境友好的可持续的未来。为应对气候变化,提出以下路径与策略供我国风景园林研究者与实践者参考。

4.1 缓解路径:减少碳排放

越来越多的国家承诺到2050年实现净温室气体

零排放以期将全球升温幅度控制在1.5℃以内,这是一个极具挑战的目标,需要全世界的共同参与。作为人居环境领域内的重要学科,风景园林学可以在不同尺度范围上用不同的方法创建低碳场所来缓解气候变化。

1)减碳。在设计阶段就考虑使用减碳策略来指导风景园林建设:(1)使用绿色和蓝色基础设施策略来减少户外空间中的碳含量,例如使用可循环的、废弃的或者可持续制造和获取的材料、使用本地植物等以减少碳足迹^[35];(2)采取节约能源的策略以减少风景园林的碳排放,例如使用绿色屋顶来隔热、用大树提供树荫以减少夏季空调使用需求,在冬天升高环境温度降低风速从而减少取暖需求;(3)在环境设计中适当加入可食景观以产出本地食物、提高地方自给自足能力来减少外来食物运输所产生的碳足迹;(4)鼓励主动交通(positive transportation)策略以减少碳排放,例如通过设计提供自行车和行人为主的慢行交通系统来减少城市的二氧化碳排放,关注交通的可达性和包容性以确保不同人群的主动交通使用便利性;(5)寻求可再生能源策略以减少石化能源产生的碳排放,例如在景观设计中尽可能地采用太阳能照明、地源热泵等可再生能源置换依赖化石能源支持的基础设施。

2)固碳。基于自然的解决方案被公认为是应对气候变化的重要路径之一,因此,风景园林的固碳策略在碳汇和生物多样性方面表现出极大的优势。(1)首选植树造林,包括规划、种植和管理城市中的森林、林地和行道树等作为城市的绿色基础设施,利用乡土树种营造快速成长的密林、实现二氧化碳生物封存。目前,世界各国都在积极推进以植物进行固碳的气候变化应对方案,例如英国正在实施的330个“野生动物与乡村联系”项目,通过植树造林每年可以吸收10万t二氧化碳(<https://landscapewpstorage01.blob.core.windows.net/www-landscapeinstitute-org/2020/09/12332-greener-recovery-v6.pdf>);(2)恢复和管理城市的自然和人工湿地、泥炭地等特殊小型生境,形成自然碳汇区以固存自然界中的二氧化碳;(3)通过尽可能地避免将土地硬化、有效地管理地表植物等措施,来增加城市土地作为通用碳汇区的可能性,以达到辅助固碳的作用。

4.2 适应路径:建设弹性人居环境

适应气候变化,是指调整人类社会的方方面面去适应那些无法避免的气候变化后果。物质环境的

弹性建设策略对于适应洪水、干旱和其他气候变化带来的灾害是非常重要的,风景园林可以通过优先考虑“人-场所-自然”之间的良性关系提出相应措施,在不同的尺度和范围内调整人居环境的各类场所以适应人类世的气候变化。

1)提高热弹性,减少城市热岛效应(urban heat island effect, UHI)。植物是气候适应性解决方案的最有效手段之一。科学家估计,至少需要40%树冠覆盖率才可以有效地缓解城市热岛效应^[36],因此,积极建设城市(特别是人口密集的大型和特大型城市)的绿色基础设施(green infrastructure, GI),包括区域和城市公园、绿带、城市郊野绿道等(https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Cities100-Medellin-s-interconnected-green-corridors?language=en_US),可以有效地修复城市自然环境,提供生态系统服务并提高城市的热弹性——夏季吸纳过热的温度并增加湿度,冬季防风保温并提供生态系统服务。对于已经存在的城市公园绿地等也要积极地保持、维护和更新,这更是可持续的气候问题解决思路,例如荷兰阿纳姆推进的“沥青变绿草”(<https://www.dezeen.com/2020/08/04/dutch-city-swaps-asphalt-for-trees-to-adapt-to-climate-change/>)、哥伦比亚城市麦德林实施的“郊野绿道”(<https://www.weforum.org/agenda/2021/08/colombias-medellin-plants-green-corridors-to-beat-rising-heat/>)等项目,都成功地为城市提供了降温防风、减少污染的绿色屏障。通过设计、管理城市中的屋顶绿化和垂直绿化等植物系统以提高建筑的热功效、减少城市热岛效应。

2)提高水弹性应对洪水和水资源短缺。水在建设气候适应性方面是很关键的要素之一。(1)利用有效手段滞留并减轻城市水污染,包括但不限于创建湿地或其他栖息地来减少暴雨径流、容纳洪水、过滤污染、提高生物多样性;(2)管理城市中的径流率和地表径流,其中非常重要是适当收集和利用灰水来提高城市水资源利用率;(3)提升汇水区管理,通过景观尺度的集水区和水系统管理来蓄洪,适应日益增长的水短缺等水问题。

5 结 语

健康的自然环境是一切发展的基础支撑,而气候变化却使之深陷危机,必须采取行动应对这些气候变化带来的严峻挑战,这些行动不但涉及相关政策 and 理论的发展和研究,更重要的是需要在实践层

面做出相应的改变。从阿姆斯特德创立现代景观学开始,近2个世纪以来风景园林学科一直在积极探索人类对自然环境的影响,越来越多的学者和景观设计师通过深入研究人与环境的互动关系,来增强风景园林学的生命力和可持续发展的动力^[37]、开拓风景园林研究的新局面。人类世概念的提出不但使世人开始重新思考人与自然之间的关系^[38],并且为人与自然的关系研究提供了一个崭新的哲学、科学和物质的研究框架。人类世时代的风景园林不再停留于对可见要素和纯粹审美的追求,而是致力于创造人类与自然共生的场所,设计师可以与客户、供应商及相关领域的学者一起合作提供“气候积极设计”(climate positive design),从而在全球应对气候危机的行动中作出重要的贡献。

参考文献 References

- [1] CRUTZEN P J, STOERMER E F. The anthropocene [M]// BENNER S, LAX G, CRUTZEN P J, et al. Crutzen and the Anthropocene: a new epoch in earth's history. Berlin, Heidelberg: Springer, Cham, 2000: 17-19.
- [2] SAUER C. The agency of man on the Earth [M]// THOMAS W L Jr. Man's role in changing the face of the earth, vol 1. Chicago: University of Chicago Press, 1956: 49-69.
- [3] HARDEN C P, CHIN A, ENGLISH M R, et al. Understanding human-landscape interactions in the Anthropocene [J]. Environmental management, 2014, 53(1): 4-13.
- [4] STEFFEN W, CRUTZEN P J, MCNEILL J R. The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature [J]. AMBIO: a journal of the human environment, 2007, 36(8): 614-621.
- [5] CHIN A, FLORSHEIM J L, WOHL E, et al. Feedbacks in human-landscape systems [J]. Environmental management, 2014, 53(1): 28-41.
- [6] KONDOLF G M, PODOLAK K. Space and time scales in human-landscape systems [J]. Environmental management, 2014, 53(1): 76-87.
- [7] TAROLLI P, PRETI F, ROMANO N. Terraced landscapes: from an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment [J]. Anthropocene, 2014, 6: 10-25.
- [8] SOFIA G, PROSDOCIMI M, DALLA FONTANA G, et al. Modification of artificial drainage networks during the past half-century: evidence and effects in a reclamation area in the Veneto floodplain (Italy) [J]. Anthropocene, 2014, 6: 48-62.
- [9] ROSOL C, TURNBULL T, RENN J. Introduction: the Mississippi River Basin: a model for studying the Anthropocene in situ [J]. The Anthropocene review, 2021, 8(2): 99-114.

- [10] MADRICARDO F, DONNICI S. Mapping past and recent landscape modifications in the lagoon of Venice through geophysical surveys and historical maps[J]. *Anthropocene*, 2014, 6:86-96.
- [11] DIXON S J, VILES H A, GARRETT B L. Ozymandias in the Anthropocene: the city as an emerging landform[J]. *Area*, 2018, 50(1):117-125.
- [12] MOSKAL P. Inhabiting the anthropocene: designing for accelerating change in a new epoch[D]. Vancouver: University of British Columbia, 2019.
- [13] 刘东生. 开展“人类世”环境研究, 做新时代地学的开拓者: 纪念黄汲清先生的地学创新精神[J]. *第四纪研究*, 2004, 24(4):369-378. LIU T S. Demand of anthropocene study in the new stage of geoscience: in honor of late geologist Huang Jiqing for his innovative spirit[J]. *Quaternary sciences*, 2004, 24(4):369-378 (in Chinese with English abstract).
- [14] GRIMM N B, FOSTER D, GROFFMAN P, et al. The changing landscape: ecosystem responses to urbanization and pollution across climatic and societal gradients[J]. *Frontiers in ecology and the environment*, 2008, 6(5):264-272.
- [15] FLANNIGAN M D, STOCKS B J, WOTTON B M. Climate change and forest fires[J]. *Science of the total environment*, 2000, 262(3):221-229.
- [16] SHEPPARD S R J. Landscape visualisation and climate change: the potential for influencing perceptions and behaviour[J]. *Environmental science & policy*, 2005, 8(6):637-654.
- [17] PIELKE Sr R A, PITMAN A, NIYOGI D, et al. Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence [J]. *Wiley interdisciplinary reviews: climate change*, 2011, 2(6):828-850.
- [18] PIELKE Sr R A, MARLAND G, BETTS R A, et al. The influence of land-use change and landscape dynamics on the climate system: relevance to climate-change policy beyond the radiative effect of greenhouse gases [J]. *Philosophical transactions: series a, mathematical, physical, and engineering sciences*, 2002, 360(1797):1705-1719.
- [19] OPDAM P, WASCHER D. Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation [J]. *Biological conservation*, 2004, 117(3):285-297.
- [20] 俞孔坚, 李迪华, 吉庆萍. 景观与城市的生态设计: 概念与原理[J]. *中国园林*, 2001, 17(6):3-10. YU K J, LI D H, JI Q P. Ecological design for landscape and city: concepts and principles [J]. *Journal of Chinese landscape architecture*, 2001, 17(6):3-10 (in Chinese with English abstract).
- [21] 朱黎青, 彭菲, 高翹. 气候变化适应性与韧性城市视角下的滨水绿地设计: 以美国哈德逊市南湾公园设计研究为例[J]. *中国园林*, 2018, 34(4):41-46. ZHU L Q, PENG F, GAO C. Climate change adaption & urban resilience: a case study of landscape design research about south bay park in Hudson, USA [J]. *Chinese landscape architecture*, 2018, 34(4):41-46 (in Chinese with English abstract).
- [22] 陈崇贤, 刘京一. 气候变化影响下国外沿海城市应对海平面上升的景观策略与启示[J]. *风景园林*, 2020, 27(12):32-37. CHEN C X, LIU J Y. Landscape strategies and enlightenment of foreign coastal cities to cope with sea level rise under impact of climate change [J]. *Landscape architecture*, 2020, 27(12):32-37 (in Chinese with English abstract).
- [23] 马修·布莱德伯里, 弗兰克·德·格拉夫. 波动的边界: 气候变化和新的滨水景观[J]. *中国园林*, 2009, 25(2):15-19. BRADBURY M, GRAAF F. The transitory edge: climate change and the new waterfront [J]. *Chinese landscape architecture*, 2009, 25(2):15-19 (in Chinese with English abstract).
- [24] 刘长松. 气候变化背景下风景园林的功能定位及应对策略[J]. *风景园林*, 2020, 27(12):75-79. LIU C S. Functional orientation and countermeasures of landscape architecture under the background of climate change [J]. *Landscape architecture*, 2020, 27(12):75-79 (in Chinese with English abstract).
- [25] 包满珠. 全球气候变化背景下风景园林的角色与使命[J]. *中国园林*, 2009, 25(2):4-8. BAO M Z. The role and mission of landscape architecture under the background of global climate change [J]. *Chinese landscape architecture*, 2009, 25(2):4-8 (in Chinese with English abstract).
- [26] 石渠, 李雄. 气候变化背景下绿色基础设施的研究进展与热点前沿[J]. *风景园林*, 2022, 29(7):73-79. SHI Q, LI X. Research progress and frontiers of green infrastructure under the background of climate change [J]. *Landscape architecture*, 2022, 29(7):73-79 (in Chinese with English abstract).
- [27] 艾伦·巴伯, 谢军芳, 薛晓飞. 绿色基础设施在气候变化中的作用[J]. *中国园林*, 2009, 25(2):9-14. BARBER A, XIE J F, XUE X F. The role of green infrastructure in climate change [J]. *Chinese landscape architecture*, 2009, 25(2):9-14 (in Chinese with English abstract).
- [28] 王晶懋, 刘晖, 宋菲菲, 等. 基于场地生境营造的城市风景园林小气候研究[J]. *中国园林*, 2018, 34(2):18-23. WANG J M, LIU H, SONG F F, et al. Research on habitat-site design of landscape architecture response to urban micro-climate [J]. *Chinese landscape architecture*, 2018, 34(2):18-23 (in Chinese with English abstract).
- [29] 李惊, 吴佳鸣, 汪文清. 碳中和目标下的风景园林规划设计策略[J]. *风景园林*, 2022, 29(5):45-51. LI L, WU J M, WANG W Q. Landscape planning and design strategies under carbon neutrality goal [J]. *Landscape architecture*, 2022, 29(5):45-51 (in Chinese with English abstract).
- [30] 史舒琳. 中国风景园林行业应对气候变化和支持双碳目标的现状、需求与策略[J]. *中国园林*, 2023, 39(3):34-39. SHI S L. The status quo, needs, and strategies for the landscape industry in China to cope with climate change and support carbon peaking and carbon neutrality goals [J]. *Chinese landscape ar-*

- chitecture, 2023, 39(3): 34-39 (in Chinese with English abstract).
- [31] MCNEIL J R, ENGELKE P. The great acceleration: an environmental history of the Anthropocene since 1945[M]. Cambridge, Massachusetts: the Belknap Press of Harvard University Press, 2014.
- [32] 赵彩君, 傅凡. 气候变化: 当代风景园林面临的挑战与变革机遇[J]. 中国园林, 2009, 25(2): 1-3. ZHAO C J, FU F. Climate change the challenge and transformation opportunity for contemporary landscape architecture [J]. Chinese landscape architecture, 2009, 25(2): 1-3 (in Chinese with English abstract).
- [33] MCINTOSH J, MARQUES B, PALMER M, et al. The outside in the intensification of landscape in the Anthropocene[J]. Enquiry the ARCC journal for architectural research, 2019, 16(1): 1-14.
- [34] TURPIN E, HOLDERNESS T, WICKRAMASURIYA R, et al. Postnatural urbanism in Jakarta: geosocial intelligence and the future of urban resilience: Unnatural Futures Conference [C]. Hobart, Australia: University of Tasmania, 2014: 36-37.
- [35] 王贞, 万敏. 低碳风景园林营造的功能特点及要则探讨[J]. 中国园林, 2010, 26(6): 35-38. WANG Z, WAN M. Function characters and design principles of low-carbon landscape architecture [J]. Chinese landscape architecture, 2010, 26(6): 35-38 (in Chinese with English abstract).
- [36] CONCORDIA C A, PEDERSEN E J, CHRISTOPHER J, et al. Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer[J]. PNAS, 2019, 116(15): 7575-7580.
- [37] 杨锐. 风景园林学科建设中的9个关键问题[J]. 中国园林, 2017, 33(1): 13-16. YANG R. Discussions on 9 key issues of Chinese landscape architecture [J]. Chinese landscape architecture, 2017, 33(1): 13-16 (in Chinese with English abstract).
- [38] LARJOSTO V. Islands of the Anthropocene [J]. Area, 2020, 52(1): 38-46.

Adaptation and mitigating: pathways and strategies of landscape architecture in 21st century for Anthropocene to cope with climate change

WANG Zhen, WAN Min

School of Architecture and Urban Planning, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

Abstract A healthy living environment is an important cornerstone of all development in human society, but global climate change has plunged it into crisis. The emergence of concept of Anthropocene has laid a scientific foundation for the correct understanding of the relationship between man and nature. As a discipline connecting people, sites and environment, landscape architecture can play a key role in encouraging and leading living environment related disciplines to jointly cope with the global climate crisis. In order to meet the challenge of landscape architecture in the Anthropocene era, this article reviews the characteristics of landscape architecture in the Anthropocene. It points out that climate change, as the primary symbol of the Anthropocene, has a wide range of impacts on landscape architecture. The main objectives of landscape architecture to address climate change are summarized in depth by establishing a logical link between climate change, the human world and landscape architecture. Some feasible solutions and strategies are put forward. It will provide useful reference for the update and development of landscape architecture theories and practices.

Keywords Anthropocene; climate change; living environment; landscape architecture; adaptation and mitigating; sustainable development

(责任编辑: 张志钰)