

气候适应性城市生态系统响应性规划研究进展及研究途径

Review on Studying Processes and Methods of Ecosystem Response Planning in Climate Adaptive Cities

车生泉 李 鑫 梁安泽 CHE Shengquan, LI Xin, LIANG Anze

摘 要 全球气候问题正成为当前世界紧迫的环境问题之一,气候变暖主要是由于人类活动排放大量温室气体,形成了温室效应。城市作为高密度人口和建筑的集中地区,是全球应对气候变化的核心区域。考虑到城市系统自身的复杂性和气候变化这一问题的复杂性,从水资源管理、自然生态、公共健康和适应性对策等方面回顾了国内外生态系统响应性规划研究的进展及途径,探讨国际城市气候适应性规划和政策等经验对我国的借鉴,并提出一套预警、预判、长短期评估、综合管理以及监管对策,为后续的气候适应性城市生态系统响应性规划研究提供理论基础。

Abstract As one of the most urgent environmental problems, climate change currently has gained much emphasizes. Global warming is mainly because of greenhouse gas excluded by anthropogenic activities, leading to greenhouse effect. Cities with concentrated population and buildings can be regarded as core regions to cope with climate changes. Considered the complexity of urban system itself, this paper mainly reviews studies on ecosystem response planning and its methods from the perspective of water resources management, natural ecology, public health and adaptive strategy. This paper also discusses the lessons from climate adaption planning and initiatives of international cities and proposes a set of pre-warning, pre-judging, short-term and long-term assess, comprehensive management and supervision strategies based on our domestic conditions, providing the theoretical support for the following study on ecosystem responsive planning in climate adaptive cities.

关 键 词 气候变化 | 气候适应性城市 | 生态系统响应

Keywords Climate change | Climate adaptive city | Ecosystem response

文章编号 1673-8985 (2019) 01-0007-05 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. sup. 20190102

作者简介

车生泉

上海交通大学设计学院
副院长,教授,博士生导师

李 鑫

加拿大GUD Group公司
景观设计总监,博士

梁安泽

上海交通大学设计学院
博士研究生

0 引言

气候变化已经成为当今社会普遍关注的全球性问题,威胁到了人类社会的可持续发展。在过去的100年间,全球平均地表气温上升了0.74℃,未来100年全球平均地表温度预计上升1.4—5.8℃。政府间气候变化专门委员会(IPCC)已分别于1990年、1994年、2001年、

2007年和2013年相继发布了5次评估报告,成为国际社会认识和了解气候变化问题的主要科学依据。其中,第2次评估报告首次提出了自然和人类系统面对气候变化的脆弱性;第3次评估报告进一步对脆弱性提出了较完整的定义,认为系统对气候变化的脆弱性是气候变化、系统敏感性与适应性的组合;第4次评估报告又深入

阐述了系统的脆弱性及适应性能力方面的科学认识;在IPCC第5次评估报告中,第二工作组报告从科学、技术、环境、经济和社会等方面对气候变化脆弱性、敏感性和适应性进行全面评估,形成《气候变化——影响、适应和脆弱性》研究报告,强调了气候变化导致灾害、社会经济发展联系暴露度的综合风险与脆弱性和适应性的联系。此外,如何采用更广泛的适应性措施降低对气候变化的脆弱性已成为该研究领域的重点问题。1997年,第一届世界气候大会宣言指出:“如果大气中的二氧化碳含量仍像现在这样不断增加,气温上升到本世纪末将达到可观测的程度,到下个世纪中叶将出现显著的增温现象。”联合国气候变化框架公约也明确指出,气候变暖的主要原因是人类过度向大气排放温室气体,增强了自然的温室效应。

城市是人类活动的主要区域,也是人类财富的主要聚集地。20世纪初,城市人口约2.5亿,仅仅占世界人口约15%,而20世纪末,全球人口有接近一半居住在城市,城市的快速扩张使得城市对能源利用的需求迅速加大。全球经济迅速增长、城市扩张过程中能源利用增加的直接结果是全球温室气体的增加,调查也显示温室气体中有70%以上来自城市地区。然而在快速城市化的背景下,城市的安全与抗风险能力却在减弱,世界自然基金会(WWF) 2009年发布的报告《巨型城市面对的巨大压力》指出,“许多城市在暴雨和洪水的威胁面前极端脆弱,大量的人员和资产在危机关头的社会经济敏感性水平令人担忧,这些城市在破坏性因素影响下缺乏自我保护能力”,在这样的情况下,城市就成为全球应对气候变化的核心区域。但是城市由于其系统自身的复杂性和气候变化这一问题的复杂性,使得对城市系统应对气候变化的研究难度加大,起步较晚。

1 国内外研究进展

由于城市系统的复杂性,对于应对气候变化的现有研究主要有两个方向。一个方向是研究单一因素与气候变化的相互影响及适应对策,与生态系统相关的有水资源管理、自然生

态、公共健康等;另一个方向则是从整体角度研究,主要研究城市应对气候变化的适应对策。

水资源方面。Milly^[1]等研究气候变化影响下洪水的增多现象。Kathleen^[2]等研究水资源与气候变化的关系。Leopold L B、Jinkang Du和Okada N等^[3-5]研究发现,从产流过程上看,城市高密度的硬化地面阻碍降雨下渗和渗透过程,提高地表的产流系数,加大了地表径流量;从汇流过程上看,大部分地表径流通过社会水循环由排水管网汇集到河道,增加了汇流的水力效率,导致河道洪峰流量增大,峰现时间提前。Nott Jonathan提出长时间的历史洪水资料可以作为评估区域洪水灾害风险的重要参考依据。Hans de Moel^[6]利用荷兰1900—2000年以及未来100年规划的空间地理信息分析城市化对洪水产生的影响。Cutter、Mitchell、Clark G、Rygel L等^[7-9]学者利用指标体系从国家、市级尺度对洪水灾害风险进行区划和评估。Farley等^[10]探讨了气候变化对俄勒冈山脉地区水资源脆弱性的影响,初步分析了气候变化引起的敏感性与用水部门的适应性和对策。Kelkar^[11]等分析了印度Uttarakhand地区的气候变化和水资源压力的适应性和脆弱性。Wu^[12]等通过建立模拟水资源供需过程的系统动力模型,对巴音郭楞水资源脆弱性进行了评价。Chang^[13]等利用水资源供需关系和水质指标,对哥伦比亚河流域水资源脆弱性进行了评价。国内邓慧平和赵明华^[14]分析了气候变化对山东省莱州湾地区水资源脆弱性的影响。唐国平等探讨了气候变化的水资源脆弱性及其评估方法。张建云和王国庆采用供需关系的指标体系,评估了水资源脆弱性问题。Xia^[15]等于2012年提出水资源脆弱性与系统的敏感性成正比,而与水资源系统的抗压性成反比,构建水资源脆弱性函数公式。

自然生态方面。研究发现气候变化还会使得部分物种的适生面积缩小,生物多样性下降;一些生态系统干旱频率加大,荒漠化趋势加重,脆弱性增加等。Jell^[16]等在AIR-CLIM项目中,利用基于过程的平衡态陆地生物圈模型BIOME3对未来100年欧洲自然生态系统的脆弱性进行研究,结果表明到2100年欧洲有9%—13%的范

围内气候变化对自然生态系统脆弱性有显著影响,其中欧洲南部自然植被的脆弱性显著增加,其主要原因是降水的减少。Simas^[17]等采用生物地球化学模型与地形高程模型相结合,对欧洲西南部塔霍河流域自然生态系统的脆弱性的研究表明,海平面上升95 cm时,下游沼泽单位面积的个体数将最终减为0,这意味着下游湿地生态系统将会彻底崩溃消失;而上游沼泽的个体密度下降约500个/m²时,生物量和生产力分别下降35%和50%,气候变化使得该流域西北部的绝大部分湿地生态系统的个体数量下降,物种死亡率上升,生态系统的脆弱性增加。而在对长江口滨海湿地生态系统的研究中,采用SPRC模型和IPCC脆弱性定义,构建了气候变化影响下长江口滨海湿地脆弱性评价模式,分析了气候变化所导致的海平面上升对长江口滨海湿地生态系统的主要影响。

公共健康方面。Haines、Walpole和张燕等^[18-20]研究指出,气候变化及其引起的生态环境变化会导致死亡、营养不良和意外伤害的增加,传染病的流行强度、范围和传播种类发生变化从而导致人群患病风险和疾病负担的加重,以及空气污染等造成心肺系统疾病的增加等,对脆弱人群健康的影响则更为突出。张颖等通过在澳大利亚和中国的研究发现,温度是对人体健康产生影响的主要因素,最高气温和最低气温对媒介传播疾病、肠道传染病等疾病都有明显影响。也有研究显示,平均气温的升高将增加传染病、心脑血管疾病、呼吸系统疾病、营养不良、损伤、精神障碍等各类疾病的患病风险,造成疾病负担的增加。热浪天气的出现,可能导致中暑等一系列疾病的发生,对老年人、儿童、患病人群、贫困人群、户外工作者等构成严重威胁。通过比较2003年中国上海热浪和非热浪期间的总死亡率、心血管疾病和呼吸系统疾病的相对危险度来评价热浪的影响,研究发现热浪会明显增加心血管病和呼吸系统疾病的发病风险,总死亡率也相应增加。在澳大利亚的南部城市阿德莱德,热浪与4%的救护车呼叫增高率、7%的日住院增加率以及4%的医院急诊住院增高率有关联。美国芝加哥持续5天的高

气温导致的死亡率比上年同期增加85%。英国伦敦1995年夏季高温引起的死亡率增加16%。Costello等^[21]综述了应对气候变化应采取的策略,指出提高气候变化对健康影响的认知水平是应对气候变化的非常重要的措施。

适应性对策方面。Lara^[22]等举例阐述了城市气候变化和适应对策的相互影响,对华盛顿州的研究较为详细地阐述了适应的基本概念。彭仲仁^[23]等认为适应气候变化影响最为有效的方法是气候变化的适应性规划;同时他从理论方法、方案实施和法律规章等方面分析了适应性规划遇到的问题和挑战。孟婕等^[24]总结了荷兰在将城市适应气候概念融入城市规划过程中遇到的几种困境以及这些困境涉及的相关问题,在荷兰城市规划发展的基础上,经过试验性的探讨,最终得出将气候适应性措施融入城市规划进程中的“三步走”策略。Dieter Grau^[25]等指出,在全球气候变化程度加剧的情况下,已经出现具备气候适应性的城市生态区域设计理念。它从宏观着眼,进行多学科合作,超出了对风景园林定义的传统理解。它将风景园林的艺术性、人文关怀与工程的科学性结合,以市政工程数据为基础,采用建模的方法,结合环境成本评估,在城市地上可见及地下不可见的部分进行蓝绿基础设施设计。它在赋予城市生硬外表面以自然化、人性化、符合人与自然和谐共存标准的蓝绿空间特征之余,切实地提出能够帮助城市抵御气候变化风险、保障城市可持续发展的环境开发策略。芝加哥的绿径试点工程同样大量应用屋顶绿化等增绿设计手法,结合自然系统的水体循环过程达到应有的气候环境效益。德国巴登符腾堡州制定了屋顶绿化有关的法律标准和规定,保证基础设施的可持续性设计,对城市应对气候变化起到场地规划层面的控制约束作用。随着气候变暖,建筑从原来主要考虑冬季日照和采暖到现在需要考虑夏季遮阳和自然通风,通过采用遮阳设施,创造居住小气候。绿化对当地微气候有着积极的影响,一方面植被可以在夜间吸收CO₂产生新鲜冷空气,另一方面高覆盖植被还可以降低热负荷,所以应尽可能地保护绿化空间,防止过度开发成建筑

用地。通过发展高密度的居住区,提高能源供给效率和市政设施服务强度,并减少交通量,从而有效地降低CO₂排放。降低房屋供暖能耗也有利于缓解空气污染,因此供暖能耗与地形的关系也在规划中给予充分考虑。

2 国际城市气候适应性规划、政策等经验及其对我国城市的借鉴

全球约有1/5的城市制定了不同形式的适应战略,但很少制定具体详实的行动计划。目前最有代表性的城市适应规划有美国纽约的适应计划(Cities: New York City: Climate Change Adaptation)、英国伦敦的适应计划(Climate Change Adaptation Strategy for London)、美国芝加哥的气候行动计划(Chicago Climate Action Plan)、荷兰鹿特丹的气候防护计划(The Rotterdam Climate Initiative, RCI)、厄瓜多尔基多市的气候变化战略(Quito's Climate Change Strategy)和南非德班的城市气候保护计划(Climate Change Adaptation Planning)等。纽约市在2013年发布《一个更强大、更具韧性的纽约》,指出纽约的适应计划以建设韧性城市为理念,以提高城市抗击未来气象灾害风险的能力为目标,以提升城市未来竞争力为核心,以基础设施和城市重建为切入点,以大规模资金投入为保障,全面构建城市气候防护体系,并根据气候监测结果及其他因素制定了符合自身情况的适应目标,将这些目标植入总体规划工作中以指导城市规划具体行动。伦敦市在2011年推出了适应气候变化战略《管理风险和增强韧性》,以应对长期以来困扰伦敦的持续洪涝、干旱和极端高温等。而荷兰鹿特丹的气候防护计划已于2006年启动,通过在鹿特丹港口建立的碳存储中心,将碳收集和储存技术应用于经济市场,在保证鹿特丹经济发展的同时,减少CO₂排放,预计截至2025年将减少12 t的CO₂排放量。

针对气候变化带来的风险所制定的城市适应计划,覆盖的范围和领域广泛,设计不同的适应目标和重点领域,但其中一个显著的共性就是强调城市对未来气候风险的综合防护能力,

以打造安全、韧性、宜居的城市为目标。如改善住房、建设具有恢复能力的基础设施系统等措施,可以显著减少城市地区的脆弱性和暴露度。加强有效的多层次城市风险管理,将政策和激励措施相结合,加强地方政府和社区适应能力,与私营部门的协同作用以及适当的融资和体制发展,有利于城市适应措施的实施。提高低收入人群和脆弱群体的能力、权利和影响及其与地方政府的合作关系,也有利于城市适应气候变化能力的提高。

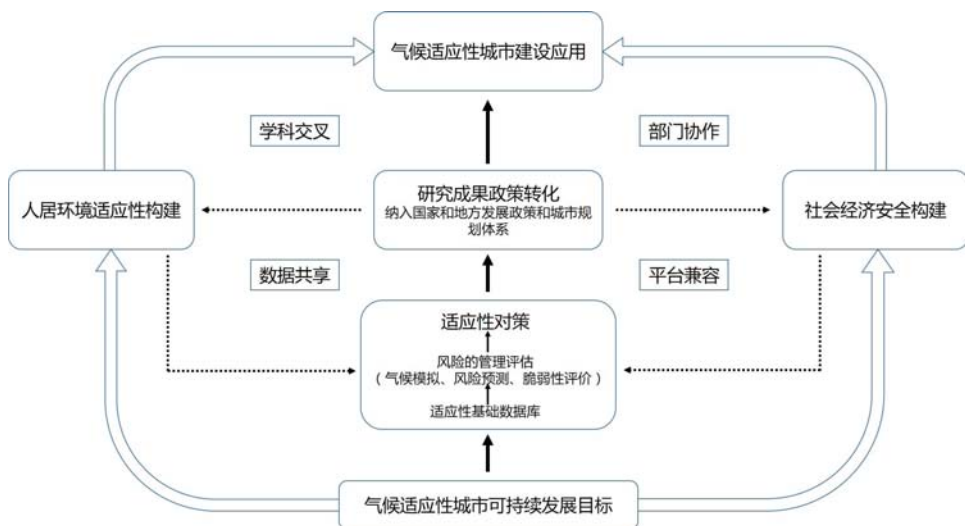
我国注重开展极端天气气候事件和气候适应的相关工作,2013年发布了《国家适应气候变化战略》,强调了灾害风险管理工作,并将基础设施、人体健康作为重点任务,在区域格局中强调了气候变化对城市化地区的影响。2014年发布的《国家应对气候变化规划》(2014—2020年)强调了提高城乡基础设施适应能力、提高人群健康领域适应能力,以及加强防灾减灾体系建设的重要性。

我国的这些政策以强调宏观管理为主,针对性、可操作性不够;系统性、整体性较差,难以做到统筹城市规划、建设与管理各个环节。国外纽约、伦敦等城市的气候适应性策略可以为我国城市提供借鉴,但由于地理气候经济差异大,需要研究制定与我国城市的制度性、规范性、实施性相符的有效治理方案。

3 研究对策

通过利用第5次耦合模式比较计划(Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, CMIP5)等模型对城市不同时期的气候进行模拟,基于自然极端天气进行分类和统计学方法,建立气候变化适应性城市极端气候的风险评估体系。在此基础上,分析目前城市管理制度和政策,并从生态、自然、经济、社会4个方面,解析城市应对自然灾害的能力,建立适用于城市的短、中、长期气候变化适应性城市极端气候的风险评估体系,提出一套预警、预判、长短期评估、综合管理以及监督监管策略(图1)。

(1) 短、中、长期气候变化适应性城市极端气候的模拟和风险预判



资料来源:笔者自绘。

研究具有小尺度特定灾害预测功能和可视性强的城市气候的预警策略。提升气候观察系统的效率,优化计算机和数据模型,更好地理解地区气候变化趋势,结合计算机数学模型和气象预警系统,利用大数据和GIS等模型手段,对短、中、长期的风险评判预估进行有效补充并提升其准确度和实用性。同时针对短期天气预警不确定性,以及特定小尺度区域极端气候难以预测的普遍情况,研究建立完善的小尺度、短时间的气候变化预判体系。在CMIP5模型结果的基础上,研究极端天气对特定区域和周边公共空间,如社区、公共交通、公共场所的影响和解决措施。

(2) 气候变化适应性城市极端气候脆弱性评价体系构建

分析现有城市应对气候变化的短板和缺陷,建立适用于不同类型城市的气候适应性城市脆弱性评价体系。

以全球视角评估短期城市气候变化的威胁,同时关注长期威胁。评估未来气候变化趋势、确定发生时间和受影响空间的大致范围和程度,评估4个方面:社会层面,气候变化对现有城市公共健康的影响,极端天气下弱势群体的安置;生态系统,城市自然水系和绿色基础设施的稳定性和恢复力,城市绿地、湿地和森林系统

的保护和发展,城市水网系统的广泛连通;经济配置,城市交通系统的安全和稳定性、运输海岸资源的渠道安全性;自然层面,水资源管理的全面和可持续性,农业结构和布局的调整合理性。

就管理层面而言,检验和评估气象部门的预警能力、政府应对能力、城建机构的管理能力、城市生态系统的恢复力、基础设施的空间布局前瞻性,以及评估现有城市规划草案以及相关机构,如交通规划、建筑设计、生态建设等的能力和任务匹配程度。评估极端天气预警系统观测频度与覆盖范围、城市规划设计规范以及城市生态空间布局合理性,如保护易受影响和重要区域,对受影响的区域进行适当调节后仍然使用,以及避免开发和建设未来可能会受影响的区域,用于检验和找出城市面对极端天气和突发情况下缺乏快速预判、有效响应、韧性缺失等的原因和内在机制,构建上海市气候适应性城市脆弱性评价体系。

(3) 有效应对短、中、长期气候变化的上海市城市治理对策探索

针对现有应对极端气候能力不足和缺乏长期有效应对策略的现状,从社会、自然、经济、生态4个方面出发,研究建立和实行弹性城市的发展策略,包括如何统筹短期目标收益和长期目标收益,从效益、成本、可实施性、高效、低能耗、

社会公平等方面统筹兼顾。在社会层面,提升公共健康标准、城市交通能源布局和灾害天气的及时响应等;在自然层面,保护森林和自然群落环境,农业产业布局合理;在经济层面,结合社会、自然和生态等其他要素优化资源配置以及能源供给,探索如何以经济手段刺激和鼓励市民、企业和公司参与建设气候适应性城市,如绿色屋顶和建设海绵型城市等;在生态层面,研究如何在中、长期提升城市面对灾害管理策略中的主导地位,合理布局城市生态环境结构、协同水系、绿色基础设施与灰色基础设施,保护城市湿地和森林并建设城市自然防灾生态廊道等。另外,需要思考如何制定气候适应性的城市规划规范,对气候变化影响下的地区和滨海区域的当地市政规划和法案进行更新。

4 讨论

本文从生态、自然、社会、经济4个方面,探索并制定了一套具有全面协同合作机制、以快速垂直且扁平化传达灾害响应为特点的,集气候预警、灾害识别、脆弱评估为一体的,全面细致的管理对策。

小尺度、短时间范围内的气候变化风险具有较强的不确定性和随机性,其预测有较大难度。基于全球气候变化风险预测模型和本地气候变化历史数据,建立市域范围内不同时期气候变化风险的预测模型是本题拟解决的关键问题之一。

同时,气候变化对生态、自然、社会、经济有着不同特点和时间跨度的影响,而衡量不同方面脆弱性的方法亦不相同,综合生态、自然、社会、经济的影响评估技术,建立城市综合脆弱性的评估模型和方法是研究和实践的关键环节。^[4]

参考文献 References

- [1] MILLY P C D, WETHERALD R T, DUNNE K A, et al. Increasing risk of great floods in a changing climate[J]. *Nature*, 2002 (415): 514-517.
- [2] KATHLEEN M, DAVID Y. Climate change and water resources: a primer for municipal water providers[M]. Denver: AWWA Research Foundation, 2006.
- [3] LEOPOLD L B. Hydrology for urban land planning: a guidebook on the hydrologic effects of urban land use[R]. 1968.
- [4] DU J, QIAN L, RUI H, et al. Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China[J]. *Journal of Hydrology*, 2012 (465): 127-139.
- [5] OKADA N, TATANO H, HAGIHARA Y, et al. Integrated research on methodological development of urban diagnosis for disaster risk and its applications[J]. *Annals of Disaster Prevention Research Institute of Kyoto University*, 2004 (47): 1-8.
- [6] HANS DE MOEL JEROEN C, AERTS J H, et al. Development of flood exposure in the Netherlands during the 20th and 21st century[J]. *Global Environmental Change*, 2011 (21): 620-627.
- [7] CUTTER S L, MITCHELL J T, SCOTT M S. Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2000 (90): 713-737.
- [8] CLARK G, MOSER S, RATICK S, et al. Assessing the vulnerability of coastal communities to extreme storms: the case of Revere, MA, USA[J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 1998 (3): 59-82.
- [9] RYGEL L, O' SULLIVAN D, YARNAL B. A method for constructing a social vulnerability index: an application to hurricane storm surges in a developed country[J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006 (11): 741-764.
- [10] FARLEY A, TAGUE C, GRANT E. Vulnerability of water supply from the Oregon Cascades to changing climate: linking science to users and policy[J]. *Global Environmental Change*, 2011, 21 (1): 110-122.
- [11] KELKAR U, NARULA K K, SHARMA V P, et al. Vulnerability and adaptation to climate variability and water stress in Uttarakhand State, India[J]. *Global Environmental Change*, 2008, 18 (4): 564-574.
- [12] WU G, LI L, AHMAD S, et al. A dynamic model for vulnerability assessment of regional water resources in arid areas: a case study of Bayingolin, China[J]. *Water Resources Management*, 2013, 27 (8): 3085-3101.
- [13] CHANG H, JUNG W, STRECKER A, et al. Water supply, demand, and quality indicators for assessing the spatial distribution of water resource vulnerability in the Columbia River basin[J]. *Atmosphere-Ocean*, 2013, 51 (4): 339-356.
- [14] 邓慧平, 赵明华. 气候变化对莱州湾地区水资源脆弱性的影响[J]. *自然资源学报*, 2001, 16 (1): 9-15. DENG Huiping, ZHAO Minghua. Impacts of climate change on water resource vulnerability in Laizhou Bay region[J]. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16 (1): 9-15.
- [15] XIA J, QIU B, LI Y. Water resources vulnerability and adaptive management in the Huang, Huai and Hai River basins of China[J]. *Water International*, 2012, 37 (5): 523-536.
- [16] MINNEN J G, ONIGKEIT J, ALCAMO J. Critical climate change as an approach to assess climate change impacts in Europe: development and application[J]. *Environment Science Policy*, 2002 (5): 335-347.
- [17] SIMAS T, NUNES J P, FERREIRA L G. Effects of global climate change on coastal marshes[J]. *Ecological Modeling*, 2001 (139): 1-15.
- [18] HAINES A, KOVATS R S, CAMPBELL-LENDRUM D, et al. Climate change and human health: impacts, vulnerability, and mitigation[J]. *Lancet*, 2006, 367 (9528): 2101-2109.
- [19] WALPOLE S C, RASANATHAN K, CAMPBELL-LENDRUM D. Natural and unnatural synergies: climate change policy and health equity[J]. *Bull World Health Organ*, 2009, 87 (10): 799-801.
- [20] 张燕. 气候变暖威胁人类健康[J]. *甘肃联合大学学报 (自然科学版)*, 2009, 23 (2): 57-62. ZHANG Yan. Climate warming threatens human health[J]. *Journal of Gansu Lianhe University (Natural Sciences)*, 2009, 23 (2): 57-62.
- [21] COSTELLO A, ABBAS M, ALLEN A, et al. Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission[J]. *Lancet*, 2009 (373): 1693-1733.
- [22] BINDER L C W, BARCELOS J K, BOOTH D B, et al. Preparing for climate change in Washington State[J]. *Climate Change*, 2010 (102): 351-376.
- [23] 彭仲仁, 路庆昌. 应对气候变化和极端天气事件的适应性规划[J]. *现代城市研究*, 2012 (1): 7-12. PENG Zhongren, LU Qingchang. Adaptation planning for climatic change and extreme weather events[J]. *Modern Urban Research*, 2012 (1): 7-12.
- [24] 孟婕, 李珍. 气候适应概念融入城市规划战略时的体制建设——向荷兰借鉴经验[J]. *城市建筑*, 2016 (26): 330-331. MENG Jie, LI Zhen. Institutional construction when climate adaptation concepts are integrated into urban planning strategies: lessons learned from Netherlands[J]. *Urbanism and Architecture*, 2016 (26): 330-331.
- [25] 迪特尔·格劳, 高枫, 孙峰. 气候适应型城市区域设计[J]. *中国园林*, 2014 (2): 67-72. GRAU D, GAO Feng, SUN Zheng. Climate adaptive urban district design[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2014 (2): 67-72.