

Research
Sustainable Infrastructure—Article

中国城市化进程中的可持续城市水环境系统方案

于会彬^a, 宋永会^{a,*}, 常昕^{a,b}, 高红杰^{a,*}, 彭剑峰^a

^a Department of Urban Water Environmental Research, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

^b School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1 November 2017

Revised 6 December 2017

Accepted 8 January 2018

Available online 7 April 2018

关键词

城市化

城市水环境

水功能

安全系统

摘要

城市化是经济发展的潜在因素, 经济发展是发展社会的主要途径。随着城市化规模的扩大, 城市水环境的质量可能发生恶化, 并对城市化的可持续性产生负面影响。因此, 必须全面了解城市水环境的功能, 包括安全、资源、生态、景观、文化和经济等方面。此外, 有必要对城市水环境的理论基础进行深入分析, 这一基础与景观生态和低碳经济相关。本文阐述了构建城市水环境系统的主要原则(包括可持续发展、生态优先和区域差异), 并提出了城市水环境系统的内容。此系统包括自然水环境、经济水环境和社会水环境。其中, 自然水环境是基础, 高效的经济水环境是中心, 健康的社会水环境是本质。建设城市水环境离不开综合安全体系、完整的科学理论和先进的技术。

© 2018 THE AUTHORS. Published by Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. 引言

工业化、信息化、城市化和农业现代化是中国共产党第十八次全国代表大会的重点, 这些都是有利于小康社会发展的因素。城市化在实现全面小康中起关键作用, 并涉及系统工程, 包括资源的经济利用、自然生态系统的保护、城镇与中小城市之间的均衡发展。城市建设是中国经济发展的重要组成部分, 也是城市化的一部分。为了保护自然环境免受污染, 并制定改善已有污染和栖息地破坏的措施, 必须建立一个可持续的城市水环境系统[1]。

城市化规模的不断扩大导致城市水的安全受到威胁, 出现水质恶化、水量减少以及水生态退化, 阻碍了

城市化的可持续发展[2,3] (图1)。因此, 应该同时协调水环境、社会和经济之间的关系, 以促进可持续和健康的城市化。

基于对城市水环境的描述, 本研究旨在: ①调查城市水环境的功能; ②解释城市水系的基本理论; ③构建城市水环境的可持续性支持体系。

2. 城市水环境的功能

城市水环境的功能主要与水安全(即洪水调节)、水资源、水生态、水景观、水文化和水经济相关, 这些功能组成了系统整体[3] (图2)。水安全、水资源、水生态发展和(或)保护得好, 就能保护城市水环境系统;

* Corresponding author.

E-mail address: songyh@craes.org.cn (Y. Song), ghjlxh@sina.com (H. Gao)

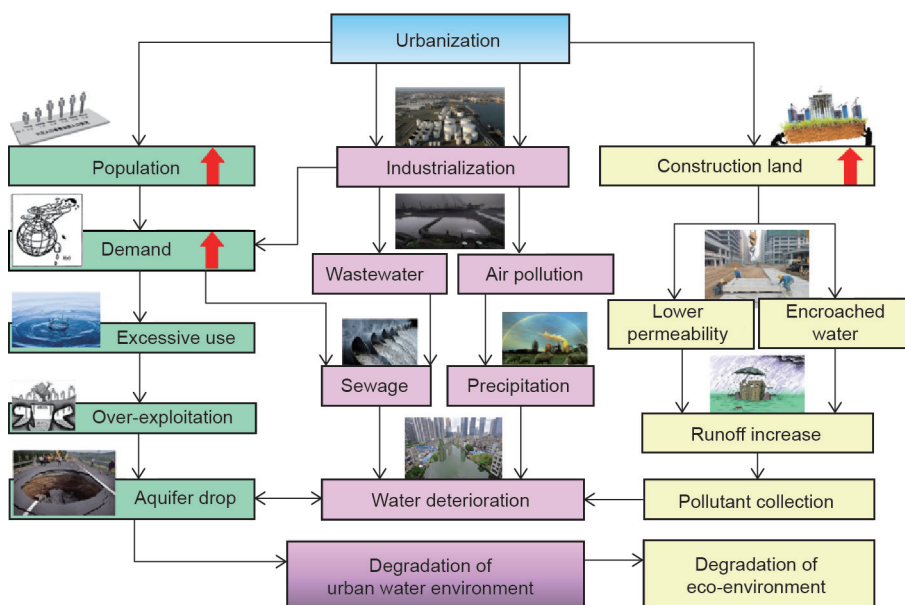


图1. 城市化对城市水环境的压力。

水景观、水文化和水经济维护得好，可以促进系统的环境效益[4]。从自然与城市水环境人为因素的关系来看，有必要提高蓄排水能力和水利用效率，改善水景观[5]。通过这种方式，将产生一种节约水资源、保护环境的新体系，有利于可持续、健康的城市化发展。

3. 城市水环境理论

3.1. 地理位置

根据地理位置，可以使用显性化法、区域法、理解法和动态平衡法。在空间或区域范围内对社会和经济现象进行定量描述[2,6]。取决于地理位置的要素包括自然本能、交通运输、聚合效应、劳动力、市场等。基于对地理位置的分析，可以适当地完善区域发展计划，以确定社会经济优势。关于地理位置，首先，城镇应该位于河流或湖泊附近，河流和湖泊可以提供充足的水资源并确定城镇的主导产业。其次，产业布局要合理。例如，搬迁某些行业可能会导致城市功能的转型和升级。最后，城市水环境系统应是一个稳定平衡的生态系统。

3.2 景观生态学

景观生态学是通过地理区域分析和生态学结构垂直分析的手段，在景观和地区范围上对资源和环境进行的管理。有必要全面调查所规划的城市空间布局和生态过程，主要涉及人为景观生态单元和不稳定、分散、渐变的城市景观[7]。城市景观包含街区（区块）、走廊和矩

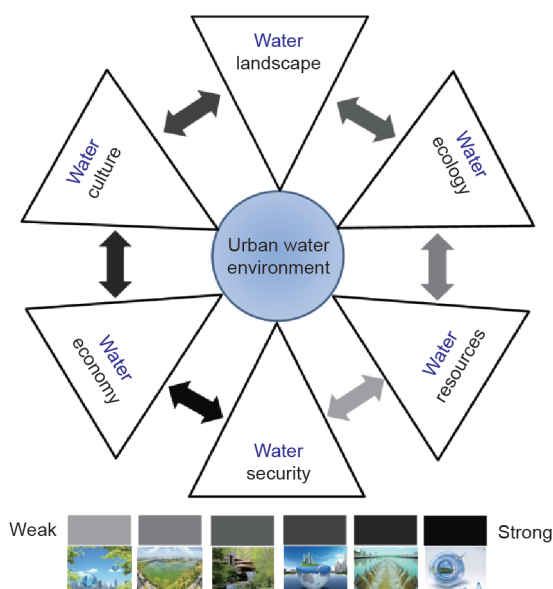


图2. 城市水环境的功能及其关系。黑色表示影响较强，灰色表示影响较弱。

阵。在城市化进程中，生态景观规划被用于调查城市水景观的演变、保持异质性、保护生态过程，这可以提高经济、社会和生态效益[1]。

3.3. 低碳经济

低碳经济有助于经济发展和节能减排，此外，它还可以将低碳生产与消费相匹配，并协调区域发展政策与该地区资源量之间的关系[8]。低碳经济是城市化的有效途径，即低碳城市化。城镇建设应当鼓励低能耗、低污染和高产出。因此，在构建城市水环境系统时，可以

在空间、工业、旅游系统、服务和人民生活中应用低碳概念。

4. 建立城市水环境系统

城市水环境包括自然和社会属性，是支撑城市经济的最重要的基础设施之一。城市中的水以时空分布方式存在，具有可再生、经济和生态功能[1]。城市水环境是自然水环境的人工增强系统，由自然水环境、经济水环境和社会水环境组成，这些环境的基础是自然水环境，核心是高效的经济水环境，本质是健康的社会水环境[9]（图3）。

4.1. 城市自然水环境

城市自然水环境以大气、地表水和地下水之间的回灌过程为基础，这一过程通过降水、蒸发、蒸腾、地表径流和土壤渗透的方式发生[10,11]。自然水循环深刻地影响着城市水环境，包括水系统的环境恢复。降水是城市自然水系统最重要的因素之一，在水环境恢复中具有非常重要的作用。降水进入河流和（或）地下水网络，这种网络受到渗透性、坡度、土壤质地和降雨强度影响。

在城市化进程中，不透水面积随着硬化率的增加而增加，这会改变径流和渗透的比例，减少地下水的补给[11]。城市排水管道数量的增加可以迅速减少径流，但会导致严重的水土流失。河流中的土壤颗粒会导致沉积和水污染，从而阻碍洪水的排放。地下水的过度开采可能会导致地表水水文不稳定、水质恶化，以及城市自然环境、生态、景观和文化中的洪水排放能力减弱。

在健康城市水环境和低碳经济的条件下，城市自然环境依赖于天然河道的恢复和城市水网的改善[12]。雨水的利用可以保证城市自然水环境的可持续发展。在城市化进程中，必须通过综合规划思路妥善处理城市水系与城市空间的相互关系，保证空间结构与河流系统的一体化。要重视非洪涝灾害，加强城市水系和非洪泛区的建设，推动社会效益和经济效益的相互促进。要加强城市自然环境，必须提高雨水的收集和利用效率，提高地表渗透率，推广能够收集雨水的屋面和路面材料。

4.2. 城市经济水环境

水经济依赖于水资源的可持续利用，涉及水的处理、保护和发展。水资源可持续利用的目标是保障社会、经济和生态系统有充足的水资源，并为人类和生态系统

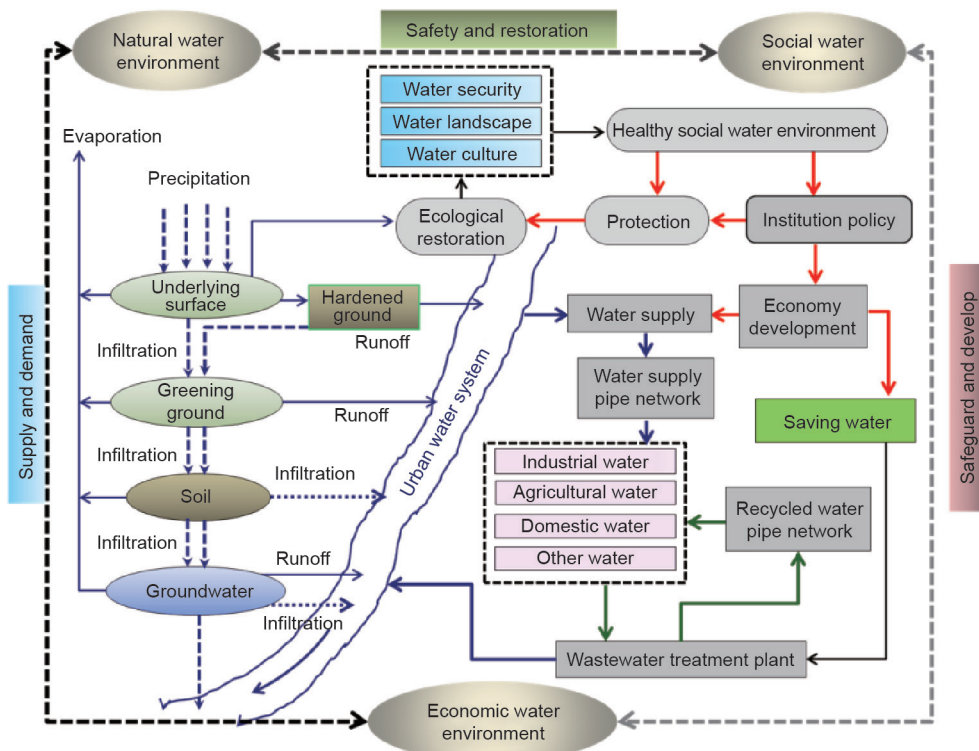


图3. 城市水环境的组成和结构。

的健康提供水质安全保障[13,14]。由于城市扩张、人口增长和经济发展,水质和水量日益增长的需求导致了严重的环境问题。这些问题可以通过水经济的可持续发展,改善水资源的利用,建立水循环经济、节水型经济和低水经济来解决。

众所周知,水循环经济是将自然生态系统中水的运动应用于经济系统。它可以将经济、社会和环境整合到一个新的经济体中,即可持续水资源经济,通过水管、沟渠与人类主观活动关联起来[12]。节水型经济与调整和优化水资源配置、改善用水模式、提高用水率、防止水资源浪费有关。低水经济要求通过转变经济发展和技术创新,尽可能地减少对水资源的过度依赖。为了促进水循环经济、节水型经济和低水经济的发展,提高水资源利用率至关重要。

水经济的原则包括城市化进程中的水的减少、再利用、再生、回收和水资源管理。以水资源管理和生态经济学理论为基础,通过实施技术创新项目,可以开发出高效低碳的经济体系。通过政策和法规的形式,综合科学测量能够确保经济体系的可持续发展。水资源的可持续利用,能够改变水资源利用/消耗/污水排放的旧模式,这种模式是单向流动的线性经济,而可持续利用可以实现复杂的往复水循环生态系统,即水资源利用/消耗/污水处理/水循环的周期。

4.3. 城市社会水环境

城市社会水环境实现了城市水环境系统的可持续发展,确保了自然和经济城市水环境受到保护[13]。根据水文特征,可以建立健康的社会水环境系统,合理利用水资源,发展城市水环境的景观和文化功能。良好的城市社会水环境可以加强对水资源和水环境的保护,推动水生态系统的恢复和保护,有利于水环境系统的发展。

社会水环境可以通过合理的城市水环境规划来建立,其中包括以下因素:良好的水生态系统;与外部空间相连;合理的内部结构、景观和生态;和谐的社会水环境[15]。社会水环境分为生态、社会和美学原则。生态原则指的是考虑城市水环境承载力、增加生物多样性、加强人文景观和自然景观的结合;社会原则指的是整合地域文化与艺术、改善生活条件、促进城市文化进步[16];审美原则对应美学和行为,能够促进形成连续的水景观系统。

水景与水文化表现出相互依赖的关系,是水文化的外在形式。城市水文化包括天然和人造水景,可以激发

文化创新。以资源、环境、生态、健康和协调发展的理念为基础,建立人与水之间的和谐关系是可能的。

5. 结论

城市水环境包括自然水环境、经济水环境和社会水环境。其基础是自然水环境,核心是高效的经济水环境,本质是健康的社会水环境。在城市化进程中,城市自然水环境通过城市水系与城市空间的结合而形成。根据“5R”原则(再思考、减量化、再利用、再循环和再修复),利用水资源管理和生态经济学理论,可以开发出高效低碳的城市经济水环境。合理布局城市水环境规划,可以改善城市社会水环境。我们认为城市水环境对健康的城市化和实现人与水的和谐关系至关重要。

致谢

本项工作得到了水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07202-005)和国家环境保护部工作项目(2110105)的支持。

Compliance with ethics guidelines

Huibin Yu, Yonghui Song, Xin Chang, Hongjie Gao, and Jianfeng Peng declare that they have no conflict of interest or financial conflicts to disclose.

References

- [1] Davies PJ, Wright IA. A review of policy, legal, land use and social change in the management of urban water resources in Sydney, Australia: a brief reflection of challenges and lessons from the last 200 years. *Land Use Policy* 2014;36:36450–60.
- [2] Mcdonald RI, Forman RT, Kareiva P, Neugarten R, Salzer D, Fisher JR. Urban effects, distance, and protected areas in an urbanizing world. *Landsc Urban Plan* 2009;93(1):63–75.
- [3] Zhang Y. Urban metabolism: a review of research methodologies. *Environ Pollut* 2013;178:463–73.
- [4] Douglas L. Urban ecology and urban ecosystems: understanding the links to human health and well-being. *Curr Opin Environ Sustain* 2012;4(4):385–92.
- [5] Mori K, Christodoulou A. Review of sustainability indices and indicators: towards a new city sustainability index (CSI). *Environ Impact Assess Rev* 2012;32(1):94–106.
- [6] Kumar V, Rouquette JR, Lerner DN. Integrated modelling for sustainability appraisal of urban river corridors: going beyond compartmentalised thinking. *Water Res* 2013;47(20):7221–34.
- [7] Pickett ST, Cadenasso ML, Grove JM, Boone CG, Groffman PM, Irwin E, et al. Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. *J Environ Manage* 2011;92(3):331–62.
- [8] Schirmer M, Leschik S, Musloff A. Current research in urban hydrogeology—a review. *Adv Water Resour* 2013;51:280–91.
- [9] Martinezpaz JM, Pellicermartinez F, Colino J. A probabilistic approach for the socioeconomic assessment of urban river rehabilitation projects. *Land Use Policy* 2014;36:468–77.

- [10] Jia H, Ma H, Wei M. Calculation of the minimum ecological water requirement of an urban river system and its deployment: a case study in Beijing central region. *Ecol Modell* 2011;222(17):3271–6.
- [11] Xu H, Lv D, Fan Y. A pragmatic framework for urban river system plan in plain river network area of China. *Procedia Eng* 2012;28:494–500.
- [12] Vollmer D, Gretregamey A. Rivers as municipal infrastructure: demand for environmental services in informal settlements along an Indonesian river. *Glob Environ Change* 2013;23(6):1542–55.
- [13] Astaraie-Imani M, Kapelan Z, Fu G, Butler D. Assessing the combined effects of urbanisation and climate change on the river water quality in an integrated urban wastewater system in the UK. *J Environ Manage* 2012;112:1–9.
- [14] Lemos D, Dias AC, Gabarrell X, Arroja L. Environmental assessment of an urban water system. *J Clean Prod* 2013;54:157–65.
- [15] Jacobson CR. Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: a review. *J Environ Manage* 2011;92(6):1438–48.
- [16] Gurluk S, Ward FA. Integrated basin management: water and food policy options for Turkey. *Ecol Econ* 2009;68(10):2666–78.