

城市土地使用规划与水环境效应:研究综述*

颜文涛^{1,2}, 周勤¹, 叶林^{1,2}

(1. 重庆大学 建筑城规学院, 重庆 400045; 2. 山地城镇建设与新技术教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘要:城市水环境恶化及其导致的城市生态系统退化的问题,是快速城市化进程中产生的典型环境问题。基于近年来国内外研究成果,从城市土地使用对水环境的影响、关键空间驱动因素对城市水环境的影响、趋向水环境保护的城市用地布局规划、城市化流域的可持续水资源管理等方面,回顾了城市用地布局和水环境相互关系的研究现状,述评了现有研究方法和研究内容:①用地类型结构指数、形态结构指数和数量结构指数与水环境效应的定量化关系需要确立;②现状土地政策和规划法规对水环境的潜在影响还有待深入研究;③维持整体健康水环境的城市土地使用生态规划方法还有待深入研究;④小流域单元和规划管理单元的空间相关性,以及补充和修正促进水环境保护的规划控制指标,还有待深入研究。最后提出了进一步研究的思路,为趋向水环境保护的城市土地使用生态规划研究提供参考。

关键词:城市土地使用规划;水环境效应;研究综述

中图分类号:TU984

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2014)03-0035-07

城市土地使用及转变通过对城市水文过程的作用,从而产生显著的水环境效应。城市水环境恶化及其导致的城市生态系统退化的问题,是快速城市化进程中产生的典型环境问题,根源在于流域的土地使用状况^[1-3]。由于传统的城市土地使用缺乏基于水环境功能的控制和引导,无法达到理想的水环境保护、水景观营造和城市生态系统健康维护的目标。对人类活动影响剧烈地区的土地利用与水环境效应研究,是21世纪国内外城市科学领域一个前沿课题之一^[4-5]。目前对城市土地使用规划与水环境效应的相关研究理论基础主要包括土地使用生态规划模式理论、基于优化“源-汇”格局的景观生态学理论、环境地理学理论、流域生态系统理论等,具体的研究方法涉及到生态化空间结构规划方法、景观格局指数和环境指标的相关分析方法、流域土地使用空间管制方法等。笔者基于近年来国内外研究成果,从城市土地使用对水环境的影响、关键空间驱动因素对城市水环境的影响、趋向水环境保护的城市生态规划方法、城市化流域的可持续水资源管理等4个方面,综述了城市土地使用和水环境相互关系,并对研究内容和方法进行评述与展望。

1 城市土地使用对水环境的影响

由于不透水地面和高密度人工排水系统的不断增加,对地理形态的改造,可显著改变城市自然水文循环过程,改变流域水和养分流动规律,从而影响城市化流域水质和河流生态系统健康^[6-9],城市地下水位下降对提供城市河流的生态基流造成巨大影响,从而导致城市水环境的恶化,城市用地布局的近期锁定效应将导致水环境治理的困难^[10-13]。流域城市化改变了流域土地自然属性、河流水系结构、自然水文系统和流域产汇流过程,不同的城市用地布局模式通过降雨径流作用,会不同程度影响城市水环境,传统城市土地使用模式将会产生城市雨岛效应、径流峰值效应和径流污染效应、水系结构片段化效应等综合水文效应^[14-23],容易导致城市洪涝灾害频发、城市河流干旱断流、水质恶化、流域生态系统退化等环境问题^[3]。

城市土地使用对水环境影响已有较多实证研究。Alberti et al.等通过采用土地利用强度、土地覆盖类型、不透水地面连通度等变量探索城市结构与水生生态系统的关系,研究发现城市土地使用模式与水生生态系统具有

* 收稿日期:2013-12-19 修回日期:2014-01-11 网络出版时间:2014-5-8 14:38

资助项目:国家自然科学基金(No. 51278504);中国博士后科学基金(No. 20110490808);重庆市建委科技计划资助项目(No. 城科字 2008 第 108 号)

作者简介:颜文涛,教授,博士,研究方向为土地使用与生态规划、生态城市理论,E-mail:yan24839@vip.sina.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20140508.1438.008.html>

显著相关性^[8]。Brun and Band 认为不透水面积比率 20% 是径流迅速增加的值阈^[24]。Yang et al. 基于用地模式、气候、植被及流域等 7 种要素的情景组合研究城市规划方案与水文效应关系, 结果表明不同情景方案的水文效应显著, 优化后的情景在夏季暴雨径流峰值比其他情景小 18.2%, 城市用地布局结构对暴雨径流影响明显^[25]。Paul and Meyer 研究发现城市不透水表面增加 10%~100%, 径流将增加 200%~500%^[26]。Ali et al. 对巴勒斯坦某城市总体土地利用方案研究发现, 大型居住区的兴建将导致该地区的雨水径流量提高 51.6%~100%, 峰值流量提高 45.4%~83.3%^[22]。几何形态对水环境效应影响显著, 规划水域周边的复杂形态, 有利于降低城市土地利用的水环境负向效应^[27]。

由此可见, 水环境效应显现与水体本身无关, 是因为城市化后流域土地的自然特性发生显著变化, 大规模城市扩张忽视了水要素对城市空间结构的支撑和限制作用, 城市建设区局部水系结构紊乱, 引起的流域水循环及其伴生过程的异常变化, 加剧了城市水环境问题继续恶化。现状研究主要集中在对不同的城市下垫面类型导致的径流污染效应分析和径流峰值效应分析, 对水质指标与土地利用类型之间相关关系进行了实证研究。而对城市建设类用地和非建设类用地的类型组成、空间结构、开发强度对水环境的影响尚不十分清楚, 影响水质、水量和水生生态系统等水环境指标的各种用地类型结构指数、形态结构指数和数量结构指数还有待深入研究, 需要探索不同水环境目标下的各种用地类型结构指数、形态结构指数和数量结构指数的值阈, 城市水环境演变与城市用地布局结构之间的相互关系和相互作用的研究也缺乏概念框架。

2 城市水环境演变的关键空间驱动因素

城市空间结构的形成和演化的力量主要包括资源环境条件、科技进步、要素集聚与扩散、产业结构升级、土地政策、规划引导等因素, 这些因素通过城市用地布局对水环境产生重要影响。产业结构以及经济的发展程度对水环境演变有着一定的驱动, 不同的产业组合将导致不同的水环境效应; 不同资源环境条件下, 相同的土地使用模式, 将产生不同的水环境效应^[28]。公共政策作为政府对社会管理的重要手段, 对水环境变化的影响体现在土地利用政策、水环境保护政策等方面, 土地政策和规划法规具有明显的环境绩效。低密度独院住区模式比高密度模式带来了更多的不透水地面, 在保持现有建筑量的前提下, 通过对相关规划政策的适度调整, 可以减少建设区 30% 暴雨径流量^[29-30]。资本、劳动、技术、制度等各要素在不同地域的集聚已经成为影响地区环境的重要因素之一, 并对水环境保护产生巨大压力。城市人口聚集和产业空间集聚是引起水环境退化的主要因素^[31]。全球气候的持续变化, 是水环境变化驱动力因素中一个不可忽视的部分, 全球气候变化将导致更强劲的水文循环, 更极端降雨事件出现的可能性会增加, 在未来的某些地区会发生更严重的干旱或洪灾^[2]。

上述研究说明, 城市资源环境条件、科技进步、要素集聚与扩散、产业结构升级、土地政策、规划引导等因素, 形成了水环境演变的关键空间驱动因素。但对产生负向水环境效应的城市空间结构的驱动机制了解并不十分清楚。因此探索导致负向水环境效应的关键空间驱动因素, 解析城市空间结构驱动因素的水环境绩效, 特别是共性驱动因素——现状土地政策和规划法规对水环境的潜在影响还有待深入研究。

3 基于水环境保护目标的城市土地使用规划

仅依赖工程技术途径的“末端处理”, 若不从本源即土地使用模式上提出解决城市水环境问题, 将难以有效解决城市整体水环境问题。城市形态结构导致的水文过程变化对城市水环境效应作用显著, 用地布局应遵循水文自然过程, 在城市规划中应该整合城市形态和城市水系统^[32]。

3.1 确定支持城市健康水系统的生态化空间结构模式

建立一个基于健康水文循环的城市用地布局结构是非常重要的, 为了重建与自然平衡的城市, 需要确定支持整个城市健康水环境的城市空间结构模式^[33]。城市生态化空间结构需要考虑水资源承载力、水环境容量对城市人口规模、用地规模和产业规模的约束效应, 土地利用正向高效的水环境效应^[34-38]。保护水环境首先要明确用地布局的水环境效应及水环境的空间约束, 提出基于健康水文循环过程的空间结构优化方法和用地布局模式, 土地使用规划应有利于维护和恢复水生生态系统和洪泛区生态系统的健康和稳定^[37]。保护流域的水环境应从源头控制, 需要对流域土地利用提出合理的规划和利用模式, 基于流域水环境功能目标和水质目标, 提出对区

域土地利用的限制和引导策略^[39]。将河流水系作为一种支撑或限定城市空间结构的关键元素,基于水系自然变迁过程理解城市,为了挖掘城市河流的景观和文化价值,以河流水系为导向构建城市空间结构,创建人和自然的共生体系^[40-42]。应在水文环境与城市形态结构要素之间建立一种关系,利用集水区或子流域作为物质空间规划及指定空间管制政策的措施,将公共开放空间与水资源管理进行整合的水、生态、景观的一体化规划方法,水要素应作为一种支撑或限定城市机理的结构性元素^[43]。

3.2 趋向水环境保护的土地使用生态规划方法

Frederik Olmsted、Ian McHarg、Frederick Steiner、Julius Fabos 等通过适宜性分析,确定适宜于水环境保护和水资源可持续利用的土地利用规划。Richard Forman 提出了不可替代格局模式和集中与分散相结合的最优景观格局模式,在水平关联的方向上提出了趋向水环境保护的土地利用规划途径。Waldheim 提出以区域自然水文生态系统的演变机理为基本框架,遵循水文生态过程构建复合水文生态功能的绿色基础设施等。俞孔坚等基于区域的水文过程构建城市生态基础设施,提出基于生态基础设施约束下的土地利用规划和土地适宜开发强度^[44-45]。为了应对巨大的水环境挑战,Shannon 对城市水文结构(Hydrological structure)和用地布局有意识的关联耦合,认为城市水文机理可为设计师提供优化场地的信息,提出海绵城市(city of sponge)及水文都市主义(water urbanism)的概念,实现人与水和谐共生的价值目标^[46]。Yeo and Guldmann 通过调整现状的用地布局结构,削减城市径流污染和减低径流峰值流量,提出城市建设用地及各类开放空间用地需要在子流域层面布局安排,形成水环境安全的城市空间格局的雏形^[47]。Benedict 认为河流水域、内陆湿地、洪泛区、地下水补给区、透水性等构成了绿色基础设施的规划要素,应将分水岭或具有特定生态功能区域作为规划单元^[48]。王宝强和徐建刚等利用 GIS 空间分析技术对洪涝灾害风险进行评估,可以确定城市的用地规模、发展方向、功能布局、基础设施安排等,为土地利用生态规划提供依据^[49]。

上述研究说明,对基于水文过程的生态基础设施规划和非建设用地规划做了较多的研究,也对基于洪涝安全的角度对城市用地布局的影响进行了研究,关注自然水文过程对用地布局约束和限定的单向作用。确定生态化的城市空间结构和提出合理的土地使用模式,是维持健康水环境的前提条件。但对城市用地布局结构和水环境效应两者双向反馈作用的耦合研究还是十分少见。对如何通过规划干预,减缓建设类用地负向水环境效应,基于整体水环境目标下的城市用地布局生态化模式研究还有待深入研究。

4 城市化流域的可持续水资源管理

人与自然系统的复杂性决定了对城市化流域可持续水资源管理的研究不能停留在社会学或者生态学的某一领域,多学科交叉研究成为了认识人和自然系统耦合关系的必要途径^[9]。流域内因水体的联系使得不同类型景观斑块之间的相互作用变得更为紧密,因而景观格局的变化会显著影响流域内水环境质量^[50]。流域空间开发和土地利用在推动经济社会发展的同时,对流域生态系统的健康和安全造成了剧烈影响,迫切需要在流域综合管理中充实完善土地利用分区与管制等研究内容^[51]。保持流域生态系统健康对维护水环境的可持续性至关重要,而城市水系统的完整性和连续性,是维持区域健康的水文循环必要条件,也是保障流域生态系统功能稳定的前提条件^[1]。城市应实施更加科学灵活的气候适应政策及作出城市结构上的改变,重建城市内部生态恢复力,从微观上应实施基于城市水资源可持续的住区开发模式^[52]。运用景观安全格局途径,前瞻性地判别出控制洪涝灾害关键的局部、点和位置关系,通过保护、管理和规划坑塘、湿地和绿色水道系统来实现流域的洪涝治理,并通过蓄滞和下渗雨水来实现雨水的资源化,通过景观途径而非单一的工程方式解决城市水资源问题^[53]。城市化流域中住区采取何种开发模式,应结合以当地社区为基础的微观管理职能及宏观管理机制,构建相互适应和配套的微观社区水资源管理模式。城市滨水景观与可持续水资源管理息息相关,滨水景观建设应强调滨水生态环境建设,促进水生态系统的自净能力,营造多样化的生物种群生存环境,实现地区生态环境修复。

上述研究说明,对水环境保护目标下的规划研究层面更多是在总体规划阶段,定量研究探索较少,更多的是理念引导和定性模式探索研究。而且基本上以行政区为单元,缺乏以流域水环境改善为目标的土地利用功能分区的总体构思。在控制性详细规划阶段,探索小流域单元和规划管理单元的空间相关性,对基于水环境保护的各类用地和绿色设施的控制内容,补充和修正传统规划控制指标,还有待深入研究。

5 研究展望

全面认识城市土地使用及其转变的水环境效应,在城市规划编制和管理过程中,提出适应性的生态规划对策,是城市规划学科亟待解决的科学问题。综观近年来国内外的研究成果,在认识城市用地布局的水环境效应以及采用生态规划手段缓解城市水环境效应方面,具有十分重要的理论与实践价值。然而,对城市用地布局与水环境效应的相互关系仍需要进一步研究和探讨,今后的研究内容主要涉及到以下方面:

1)探索城市用地布局结构的主要空间驱动因素,解析水环境演变的关键空间驱动因素,提出水环境导向下的要素调控途径,使城市空间结构变化遵循水环境的自然演进规律。对国内外不同土地政策和城市规划法规的水环境效应进行对比研究,分析共性驱动因素——现状土地政策和规划法规的水环境绩效,建立基于土地政策和规划法规的调控途径。

2)分析城市空间结构形态的水环境效应,对城市用地布局结构形态因子与水环境因子的相互关系进行实证研究。构建建设类用地和非建设类用地的类型结构指数、形态结构指数和数量结构指数,研究各类结构指数与水环境指标之间的相关关系,提出影响水环境指标的关键用地布局结构指数及其值阈。研究城市用地布局结构指数之间的相关关系,分析用地布局结构指数对城市水环境的直接效应和间接效应。

3)研究城市水环境容量和水环境功能的空间分异,将城市水环境容量和功能目标转化为流域土地开发的空空间约束,提出水陆一体化空间管制策略。基于用地布局结构的水环境效应,将城市空间结构和水文结构进行关联耦合,建立用地布局结构指数和水环境关键指标的矩阵模型,构建水环境约束下的城市用地结构优化配置和空间组合方式。针对典型区域探索维持健康水文循环过程用地规划方法,提出基于水环境安全的城市生态化用地布局模式。

4)研究水文单元和规划管理单元的空间相关性,提出协同管理原则,探索将水环境管理单元和传统规划管理单元的融合途径。分析影响城市水文过程的关键要素用地控制指标及其控制值阈,补充和修正传统规划控制指标。分析趋向水环境保护的用地性质、用地形态和用地规模等控制内容,探索刚性控制及弹性控制途径,提出用地布局规划控制要素体系。

探索跨环境科学、景观生态学、城市规划学、风景园林学等多学科交叉的城市土地使用生态规划方法,是今后研究的发展趋势。通过对用地布局结构和水环境效应相互关系的探索性认知,可为水环境整治、旱涝防灾减灾以及流域生态系统重建提供科学的规划技术途径,对理解城市空间结构和自然过程是至关重要的。对于完善城市规划管理体系中的开发控制,建设“低碳生态城市”具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] Daniel P, Gladwell J S. Sustainability criteria for water resource systems[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- [2] Hough M. Cities form and natural process[M]. London: Routledge, 2004.
- [3] 徐光来,许有鹏,徐宏亮. 城市化水文效应研究进展[J]. 自然资源学报, 2010, 25(12): 2171-2177.
Xu G L, Xu Y P, Xu H L. Advance in hydrologic process response to urbanization[J]. Journal of Natural Resource, 2010, 25(12): 2171-2177.
- [4] Barnett T P, Pierce D W, Hidalgo H G, et al. Human-Induced changes in the hydrology of the western United States[J]. Science, 2008, 319(5866): 1080-1083.
- [5] Ohmura A, Wild M. Is the hydrological cycle accelerating [J]. Science, 2009, 298(5597): 1345-1346.
- [6] Alberti M. Urban patterns and environmental performance: what do we know[J]. Journal of Planning Education and Research, 1999(19): 151-163.
- [7] Alberti M. The effects of urban patterns on ecosystem function[J]. International Regional Science Review, 2005, 28(2): 168-192.
- [8] Alberti M, Booth D, Hill K, et al. The impact of urban patterns on aquatic ecosystems: an empirical analysis in puget lowland sub-basins[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 80(3): 345-361.
- [9] Liu J, Dietz T, Carpenter S R, et al. Complexity of coupled human and natural systems[J]. Science, 2007, 317: 1513.
- [10] Gburek W J, Folmar G J. Flow and chemical contributions to streamflow in an upland watershed: a baseflow survey [J]. Journal of Hydrology, 1999(217): 1-18.

- [11] Bhaduri B, Harbor J, Engel B A, et al. Assessing watershed-scale, long-term hydrologic impacts of land use change using a GIS-NPS model[J]. *Environmental Management*, 2000, 26(6): 643-65.
- [12] He B, Wang Y, Takase K, et al. Estimating land use impacts on regional scale urban water balance and groundwater recharge[J]. *Water Resources Manage*, 2009(23): 1863-1873.
- [13] Agata K, Paulina D, Grootjans A P, et al. Prospects of fen restoration in relation to changing land use—an example from central poland[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 97(4): 249-257.
- [14] 袁雯, 杨凯, 唐敏, 等. 平原河网地区河流结构特征及其对调蓄能力的影响[J]. *地理研究*, 2005, 24(5): 717-724.
Yuan W, Yang K, Tang M, et al. Stream structure characteristics and their impact on storage and flood control capacity in the urbanized plain river network[J]. *Geographical Research*, 2005, 24(5): 717-724.
- [15] 杨凯, 袁雯, 赵军, 等. 感潮河网地区水系结构特征及城市化响应[J]. *地理学报*, 2004, 59(4): 557-56.
Yang K, Yuan W, Zhao J, et al. Stream structure characteristics and its urbanization responses to tidal river system[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(4): 557-56.
- [16] 陈云霞, 许有鹏, 付维军. 浙东沿海城镇化对河网水系的影响[J]. *水科学进展*, 2007, 18(1): 68-73.
Chen Y X, Xu Y P, Fu W J. Influences of urbanization on river network in the coastal areas of East Zhejiang Province[J]. *Advances in Water Science*, 2007, 18(1): 68-73.
- [17] 沈彦俊, 宋献方, 肖捷颖, 等. 石家庄地区近70年来伴随经济发展的水文环境变化分析[J]. *自然资源学报*, 2007, 22(1): 51-60.
Shen Y J, Song X F, Xiao J Y, et al. An integrated analysis of hydrological changes in Shijiazhuang region due to socio-economic development in the past 70 years[J]. *Journal of Natural Resource*, 2007, 22(1): 51-60.
- [18] Mote T, Lacke M, Shepherd J. Radar signatures of the urban effect on precipitation distribution: a case study for atlanta, georgia[J]. *Geophysical Research Letters*, 2007, 34(20): 207-210.
- [19] 于淑秋. 北京地区降水年际变化及其城市效应的研究[J]. *自然科学进展*, 2007, 17(5): 632-638.
Yu S Q. Resarchon precipitation interannual variability and its city effect in the Beijing area[J]. *Progress in Natural Science*, 2007, 17(5): 632-638.
- [20] Pauleit S, Duhme F. Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 52(1): 1-20.
- [21] Gitau M W, Chaubey I, Gbur E. Impacts of land-use change and best management practice implementation in a conservation effects assessment project watershed: Northwest Arkansas[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2010, 65(6): 353-368.
- [22] Ali M, Khan S J. Simulation of the impacts of land-use change on surface runoff of lainullahbasinin islamabad, Pakistan[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 102(4): 271-279.
- [23] 颜文涛, 韩易, 何强. 山地城市径流污染特征分析[J]. *土木建筑与环境工程*, 2011, 33(3): 136-142.
Yan W T, Han Y, He Q. Characterization of stormwater runoff pollution in mountain city[J]. *Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering*, 2011(3): 136-142.
- [24] Brun S E, Band L E. Simulating runoff behavior in an urbanizing watershed[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2000, 24(1): 5-22.
- [25] Yang G, Bowling L C, Cherkauer K A, et al. The impact of urban development on hydrologic regime from catchment to basin scales[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2011, 103(2): 237-247.
- [26] Paul M J, Meyer J L. Streams in the urban landscape[J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2001(32): 333-365.
- [27] Hwang S J, Lee S W, Son J Y, et al. Moderating effects of the geometry of reservoirs on the relation between urban land use and water quality[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007(82): 175-183.
- [28] 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律分析[J]. *地理研究*, 2003, 22(2): 211-220.
Huang J C, Fang C L. Analysis of coupling mechanism and rules between urbanization and eco-environment[J]. *Geographical Research*, 2003, 22(2): 211-220.
- [29] Stone B. Paving over paradise: how land use regulations promote residential imperviousness[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 69(1): 101-113.
- [30] Stone B, Bullen J L. Urban Form and watershed management: how zoning influences residential stormwater volumes[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2006(33): 21-37.
- [31] 周海丽, 史培军, 徐小黎. 深圳城市化过程与水环境质量变化研究[J]. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 2003(2): 273-279.
Zhou H L, Shi P J, Xu X L. A study on urbanization process and changes of water environment in Shenzhen city

- [J]. *Journal of Beijing Normal University: Natural Science*, 2003(2): 273-279.
- [32] Shandas V, Hossein Parandvash G. Integrating urban form and demographics in water-demand management: an empirical case study of portland, Oregon[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2010, 37(1): 112-128.
- [33] 廖朝轩, 詹丽梅, 陈家梁, 等. 城区水文循环机制与改善策略分析[J]. *水科学进展*, 2008, 19(1): 49-53.
Liao C X, Zhan L M, Chen J L, et al. Hydrological cycle and improvement alternatives for urban area[J]. *Advances in Water Science*, 2008, 19(1): 49-53.
- [34] 沈清基. 城市空间结构生态化基本原理研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2004, 14(6): 6-11.
Shen Q J. Study on the fundamental of ecologization of urban spacial structure[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2004, 14(6): 6-11.
- [35] 黄光宇. 山地城市空间结构的生态学思考[J]. *城市规划*, 2005(1): 57-63.
Huang G Y. Ecological thinking over spatial structure of hilly city[J]. *City Planning Review*, 2005(1): 57-63.
- [36] 沈清基, 徐溯源. 城市多样性与紧凑性: 状态表征及关系辨析[J]. *城市规划*, 2009(10): 35-59.
Shen Q J, Xu S Y. Urban diversity and compactness: characterization and relationship[J]. *City Planning Review*, 2009(10): 35-59.
- [37] 颜文涛, 王正, 韩贵锋, 等. 低碳生态城规划指标及实施途径[J]. *城市规划学刊*, 2011(3): 39-50.
Yan W T, Wang Z, Han G F, et al. Planning indicators system and implementation approach for low carbon eco-city[J]. *Urban Planning Forum*, 2011(3): 39-50.
- [38] 颜文涛, 萧敬豪, 胡海, 等. 城市空间结构的环境绩效: 进展与思考[J]. *城市规划学刊*, 2012(5): 111-121.
Yan W T, Xiao J H, Hu H, et al. Urban spatial structure and environmental performance: review and thought[J]. *Urban Planning Forum*, 2012(5): 111-121.
- [39] 陈雯, 嵇振砢, 赵海霞, 等. 水环境约束分区与空间开发引导研究——以无锡市为例[J]. *湖泊科学*, 2008, 20(1): 129-134.
Chen W, Zhuo Z K, Zhao H X, et al. Regionalization of water environmental risk and spatial development guidance: a case study of Wuxi city[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2008, 20(1): 129-134.
- [40] 邢忠, 颜文涛. 城市规划对合理利用土地与环境资源的引导[J]. *城市发展研究*, 2005(3): 6-11.
Xing Z, Yan W T. Urban planning guiding the land use and environmental resources[J]. *Urban Studies*, 2005(3): 6-11.
- [41] 邢忠, 黄光宇, 颜文涛. 将强制性保护引向自觉维护——城镇非建设性用地的规划与控制[J]. *城市规划学刊*, 2006(1): 39-44.
Xing Z, Huang G Y, Yan W T. The change from passive protection to active maintenance of the planning and control of urban non-construction land[J]. *Urban Planning Forum*, 2006(1): 39-44.
- [42] 邢忠, 陈诚. 河流水系与城市空间结构[J]. *城市发展研究*, 2007(1): 27-32.
Xing Z, Chen C. River and urban spatial structure[J]. *Urban Studies*, 2007(1): 27-32.
- [43] Shrestha B K, Shrestha S. Urban waterfront development patterns; water as a structuring element of urbanity[C]. *Water and Urban Development Paradigms-Towards an Integration of Engineering, Design and Management Approaches*, 2009(4): 105-113.
- [44] 俞孔坚, 李迪华, 刘海龙, 等. 基于生态基础设施的城市空间发展格局[J]. *城市规划*, 2005(9): 76-80.
Yu K J, Li D H, Liu H L, et al. Growth pattern of Taizhou city based on ecological infrastructure: a negative approach physical urban planning[J]. *City Planning Review*, 2005(9): 76-80.
- [45] 俞孔坚, 乔青, 袁弘, 等. 科学发展观下的土地利用规划方法[J]. *中国土地科学*, 2009, 23(3): 24-31.
Yu K J, Qiao Q, Yuan H, et al. Land use planning guided by scientific development concept: "inverse planning" in land use planning of "Dong San Xiang", Beijing[J]. *China Land Science*, 2009, 23(3): 24-31.
- [46] Shannon K. Water urbanism: hydrological infrastructure as an urban frame in vietnam[C]. *Water and Urban Development Paradigms-Towards an Integration of Engineering, Design and Management Approaches*, 2009(4): 55-65.
- [47] Yeo I Y, Guldman J M. Land-use optimization for controlling peak flow discharge and nonpoint source water pollution[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2006, 33(6): 903-921.
- [48] Benedict M A, McMahon E T. Green infrastructure: smart conservation for the 21st century[C]. *The Conservation Fund Sprawl Watch Clearinghouse*, 2001.
- [49] 王宝强, 徐建刚, 李勇. 洪涝安全视角下的城市用地布局规划研究——以福建省连城县城为例[J]. *规划师*, 2009(10): 72-77.
Wang B Q, Xu J G, Li Y. Mountainous city land use plan for flood safety: the liancheng county of Fujian province example[J]. *Planners*, 2009(10): 72-77.
- [50] 岳隽, 王仰麟, 李贵才, 等. 基于水环境保护的流域景观格局优化理念初探[J]. *地理科学进展*, 2007, 26(3): 38-45.

Yue J, Wang Y L, Li G C, et al. The conceptual framework of watershed landscape optimization concerning water environmental protection[J]. *Progress in Geography*, 2007, 26(3):38-45.

[51] 陈雯. 流域土地利用分区空间管制研究与初步实践——以太湖流域为例[J]. *湖泊科学*, 2012, 24(1):1-8.

Chen W. Research and preliminary practical exploration of land use zoning and spatial governance of river basin: a case study of Taihu Basin[J]. *Journal of Lake Sciences*,

2012, 24(1):1-8.

[52] Muller M. Adapting to climate change: water management for urban resilience[J]. *Environment and Urbanization*, 2007, 19:99-112.

[53] 宋云, 俞孔坚. 构建城市雨洪管理系统的景观规划途径——以威海市为例[J]. *城市问题*, 2007(8):64-70.

Song Y, Yu K J. Landscape planning approach of city stormwater management system: a case study of Weihai city[J]. *Urban Problems*, 2007(8):64-70.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Review of Urban Land Use Planning and Water Environmental Effects

YAN Wen-tao^{1,2}, ZHOU Qin¹, YE Lin^{1,2}

(1. Department of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400045, China;

2. Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area, Chongqing 400045, China)

Abstract: It is a typical environmental problem in the process of rapid urbanization which is deterioration of urban water environment and urban ecosystem degradation. Based on existing research results, in the domestic and overseas, we reviewed research methods and contents of relationship between urban land use and water environment, which is influences of urban land use on the water environment, effects of the key spatial driving factors on urban water environment, urban land use planning to protect water environment and sustainable management of water resources in urbanization watershed. We suggest several aspects for further study: ① quantitative relationships should be established between land use type structure index, land use morphology structure index, land use quantity structure index and water environmental effects; ② current land policy and planning regulations, which have potential impact on the water environment, should be further researched; ③ approaches for ecological urban land use planning have to be further studied in order to maintain the overall health of the water environment; ④ the spatial relationship between small watershed unit and planning development unit, and planning control index to protect water environment, should be further discussed. Finally, the paper put forward research prospects which can provide references for ecological urban land use planning to protect the water environment.

Key words: urban land use planning; water environmental effects; review

(责任编辑 陈 琴)