

城市用地扩展对长沙市水系变化的影响

蒋 祺^{1,2}, 郑伯红¹

(1. 中南大学建筑与艺术学院, 长沙 410000; 2. 长沙市规划勘测设计研究院, 长沙 410007)

摘要: 为了探讨水系变化与城市用地扩展之间的联系, 为未来水生态修复及城市与生态环境协调发展提供依据及经验借鉴, 基于长沙市 1950s、1970s、1990s、2010s 和 2016 年五期地形图及同期城市建设用地数据, 对长沙市中心城区近 60 年来的五期水系及城市用地扩张情况进行统计, 选取河网密度、水面率、干流河流曲度、河网发育系数指标定量描述水系变化特征。同时, 运用城市用地扩张特征分析方法分析同期城市扩张的强弱与快慢, 并叠加各流域范围内同期水系变化指标与城市拓展强度指标, 分析长沙各阶段水系变迁与城市用地扩张强度之间的关系。研究表明: (1) 城市建设用地扩展对城市水系数量及形态变化有直接影响; (2) 各时期城市拓展强度均与水系特征指标值衰减速度呈正相关关系; (3) 在城市扩展过程中破坏水系特征将加大水系生态、自然灾害风险, 而有效的水生态保护政策和保护措施不仅可以使片区水系缩减趋势放缓, 还可以加快周边用地扩展速度。

关键词: 城市水系; 空间格局; 用地扩张; 水生态; 长沙

自古以来, 城市的发展、城市建设用地的扩展一般与河流水系息息相关^[1]。水系是影响城市用地扩展的主要地理环境因素之一, 同时, 水系又受城市扩张的影响。近年来, 我国城市化快速发展, 在城市建设用地扩张过程中, 对待水系普遍采取填湖埋塘、硬化河道、明渠盖板等工程性措施^[2], 因此随着城市建设的发展, 城市中很多河湖水面面积缩小甚至消失, 历史上的水系结构被破坏, 流域内水生态环境的平衡被打破^[3], 水系的变化反过来又制约着社会经济的发展。

国外对于水系研究偏向于用地性质改变、城市扩张、渔业发展、水利建设等对河湖水系形态及结构产生的影响^[4-7]。国内相关研究内容侧重于水利工程、水环境整治、水系形成发育等几个方面^[8-10], 近年来研究开始关注水生态文明城市概念和内涵的探讨^[11-13]、城市发展与水体功能结构的变化特征分析^[14-17], 但对于水系变化与城市结构、城市用地扩展等方面定量分析研究不多。

本文以长沙市为例, 分别取长沙中心城区 1950s、1970s、1990s、2010s、2016 年共五期水系及城市建成区用地数据, 分流域对比不同年代水系数量及结构, 以及城市扩展强度变化情况, 通过灰色关联度分析探索长沙城市水系变化特点及与城市用地扩展的关系和规律, 以期为进一步研究长沙城市化进程中水系变迁与保护, 构建水生态文明社会提供依据。

收稿日期: 2018-10-09; 修订日期: 2019-04-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51478470)

作者简介: 蒋祺 (1980-), 男, 湖南安化人, 博士研究生, 研究方向为生态规划、工程规划。

E-mail: 13348726@qq.com

通讯作者: 郑伯红 (1966-), 男, 广东韶关人, 博士, 教授, 研究方向为区域规划、生态规划、低碳规划研究。

E-mail: 2543930211@qq.com

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

长沙市是湖南省会,市域面积11800 km²。湘江由南向北贯穿长沙市,将长沙分为东西两部分,浏阳河、捞刀河、靳江河等东西向蜿蜒穿过长沙城区汇入湘江。随着改革开放,长沙GDP总量,长沙经济水平不断提高的同时,城市扩张也在不断加速,随之出现了减少水域面积、对河流裁弯取直等改变流域水系结构,恶化区域水资源、水环境的问题。由于本次重点研究水系变化与城市用地变化之间的联系,因此选择城市建设用地最为集中的区域——长沙市中心城区作为本次研究范围。中心城区总面积为1163.71 km²,范围内共有七条河流,分别为湘江、浏阳河、捞刀河、靳江河、马桥河、圭塘河以及龙王港。按每条河的汇水范围将中心城区划分成7个流域,研究区概况见图1。

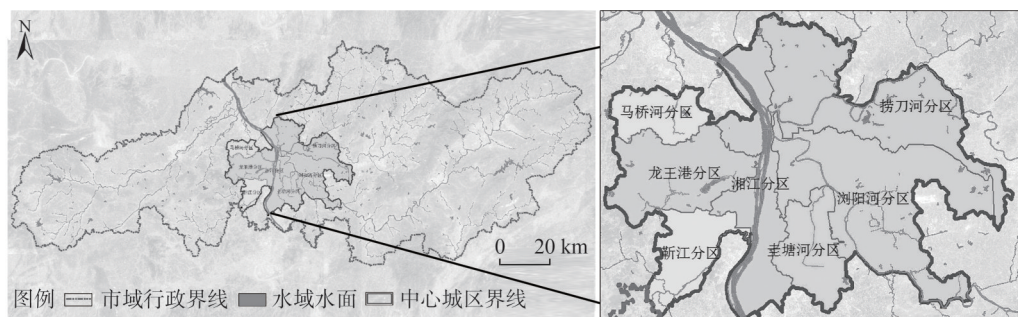


图1 研究区域区位图

Fig. 1 Location of the study area

1.2 数据来源及处理

在长沙市1950s、1970s、1990s、2010s、2016年五期1:5000地形图基础上对河网湖塘分别进行统计后,拼合汇总得到每一期的水系分布图。土地利用数据源于长沙市与水系数据同期同精度的地形图,此外还参照了长沙市各时期总体规划中1949年、1976年、1990年、2010年、2016年城市用地现状图(图2)。

1.3 研究方法

1.3.1 水系特征分析方法

水系特征分析方面,在参考国内外常用水系统特征参数的基础上,研究选用体现水系数量特征的河网密度、水面率指标和体现水系结构特征的河流曲度、河网发育系数指标来定量描述水系变化的特征(表1)^[18]。

1.3.2 城市用地扩张特征分析方法

城市用地扩展特征分析方面,采用城市扩展强度指数(Urbanization Intensity Index, UII)对不同时期研究区城市用地扩展的强弱和快慢进行度量,其实质是用各空间单元的土地面积对其年平均扩展速度进行标准化处理,使不同时期城市土地利用扩展的速度具有可比性^[19]。城市扩展强度指数的表达式为:

$$UII_{i,t+n} = [(ULA_{i,t+n} - ULA_{i,t})/n] \times 100/TLA_i \quad (1)$$

式中: $UII_{i,t+n}$ 表示各汇水区城市扩展强度指数; $ULA_{i,t+n}$ 、 $ULA_{i,t}$ 分别表示汇水区 i 在 $t+n$

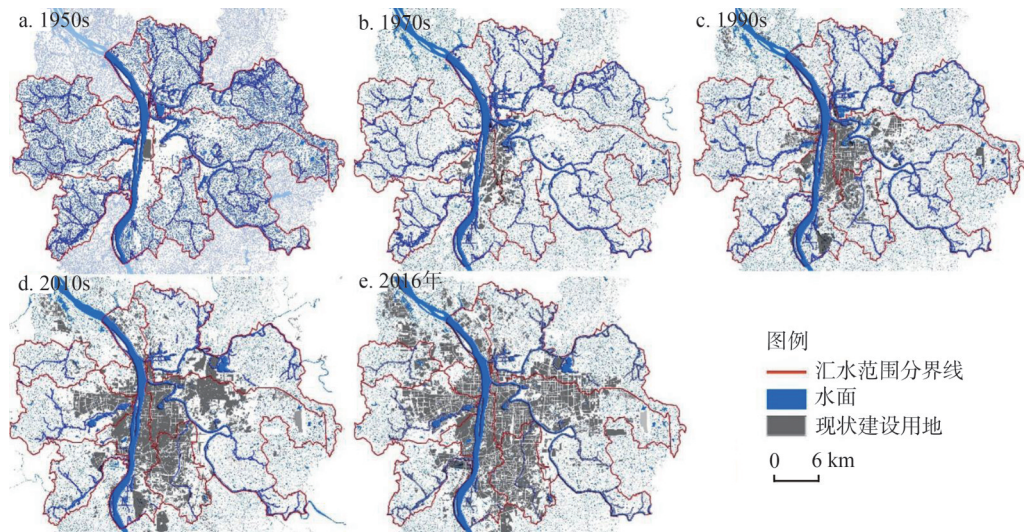


图2 长沙市各时期水系及建设用地分布

Fig. 2 The distribution of water system and construction land of Changsha city in different periods

表1 水系特征分析指标

Table 1 Analysis index of water system characteristics

名称	计算公式	备注	物理意义
河网密度 (R_r)	$R_r = \left(\sum_{i=1}^m L_i \right) / A_r$	L_i : 河流总长度 A_r : 流域总面积	反映水系长度发育
水面率 (W_p)	$W_p = A_w / A_r$	A_w : 水域面积	反映水域面积发育
河流弯曲 (S_r)	$S_r = \sum_{i=1}^m \mu_i \times L_{a_i} / L_{s_i}$	L_{a_i} : 河流起迄断面之间直线距离	反映河流形态发育
河网发育系数	$K_w = L_w / L_m$	L_{s_i} : 河流起迄断面之间实际长度 L_m : 干流河长 L_w : w级河流长度	反映河网各级支流的发育

年和 n 年建设用地的面积； TLA_i 表示汇水区总面积； n 表示研究时段。为更密切反映各流域范围内用地扩展强度与水系变化的关系。用地扩展研究范围与中心城区内各河流流域范围一致。

2 结果分析

2.1 长沙城市水系变迁的基本特征

近60年来，长沙市水系主要特征值均出现较大幅度的衰减，总体而言，主要体现在水面数量与面积大量减少、河流结构逐渐简单、水系形态越来越单一（表2、表3）。其中，体现水系数量特征的河网密度、水面率减少了3.74%、26.26%；体现水系结构特征的河流弯曲系数和一、二、三级河网发育系数分别为8.79%、4.21%、18.43%、35.06%，这与上海、宁波、合肥等城市水系变迁研究成果中水系特征变化趋势基本一致^[14-15]。就各阶段而言，1950s至今，长沙市水系总量呈现出先增后减的变化态势。除1950s-1970s期间，受兴建水塘、水库、灌渠等水利工程的时代背景影响，中心城区内的水面率增加了0.38%以外，其余阶段各水系特征指标都有不同程度的衰减。就中心城区各水系而言，60

余年来，中心城区7个汇水流域中圭塘河流域水系特征值变化幅度最大，河网密度、水面率、河流弯曲系数分别减少了18.83%、65.84%、20.25%。这是因为圭塘河是长沙唯一一条从源头到末端都在城区范围内的内河，且与圭塘河流域所在的长沙市雨花区是近年来城市建设用地扩展的重点区域有关。

表2 水系总体变化情况
Table 2 Overall changes in the water system

水系指标	1950s	1970s	1990s	2010s	2016年	变化率/%			
						1950s-1970s	1970s-1990s	1990s-2010s	2010s-2016年
$R_r/(\text{km}/\text{km}^2)$	3.48	3.45	3.44	3.39	3.35	-0.86	-0.29	-1.45	-1.18
$W_p/\%$	13.33	13.38	12.67	10.59	9.83	0.38	-5.31	-16.42	-7.18
S_r	1.48	1.43	1.38	1.34	1.35	-3.38	-3.50	-2.90	0.75
K_1	4.23	4.16	4.09	4.07	4.06	-1.67	-1.75	-0.49	-0.17
K_2	4.71	4.69	4.19	3.99	3.98	-0.34	-10.83	-4.77	-0.23
K_3	2.14	2.12	2.04	1.65	1.58	-0.56	-3.73	-19.34	-4.10

表3 水系主要特征值变化统计表
Table 3 Statistical table of main characteristic value change

河流名称	1950s			1970s			1990s			2010s			2016年		
	$W_p/\%$	$R_r/(\text{km}/\text{km}^2)$	S_r	$W_p/\%$	$R_r/(\text{km}/\text{km}^2)$	S_r	$W_p/\%$	$R_r/(\text{km}/\text{km}^2)$	S_r	$W_p/\%$	$R_r/(\text{km}/\text{km}^2)$	S_r	$W_p/\%$	$R_r/(\text{km}/\text{km}^2)$	S_r
湘江	25.50	2.41	1.10	13.38	2.23	1.09	12.67	2.22	1.09	10.59	2.20	1.09	9.83	1.97	1.09
浏阳河	11.33	2.78	1.58	26.25	2.58	1.54	25.57	2.40	1.52	23.63	2.83	1.58	23.07	2.64	1.58
捞刀河	13.43	4.42	1.84	12.01	4.41	1.71	10.60	4.45	1.58	7.66	4.25	1.50	6.86	3.95	1.51
圭塘河	7.64	3.08	1.63	12.58	3.37	1.71	12.43	2.96	1.44	10.96	2.52	1.30	10.08	2.50	1.30
马桥河	11.24	1.89	1.25	7.44	3.45	1.19	7.12	3.87	1.18	3.04	3.38	1.19	2.61	3.71	1.20
龙王港	8.65	4.47	1.47	10.07	4.24	1.43	9.42	4.25	1.47	8.24	4.51	1.48	7.34	4.39	1.49
靳江河	10.36	5.28	1.50	8.73	4.89	1.32	8.19	5.37	1.31	6.91	4.18	1.23	6.13	5.17	1.25
总计	13.33	3.48	1.48	13.38	3.45	1.43	12.67	3.44	1.38	10.59	3.39	1.34	9.83	3.35	1.35

2.2 长沙城市用地扩展特征

对中心城区范围内7大水系各时期城市扩展强度指数进行分析发现：长沙市中心城区从1950s-2010s，城市扩展强度指数一直在增加。而经历1990s-2010s的粗放式快速发展后，近年来城市扩展强度有所减少。这说明近年来城市越来越注重旧城更新与新城建设相结合。同时，不同历史时期，城市发展重心也不一样：在1990s以前，城市扩展主要集中于湘江以东区域，尤其是湘江、浏阳河、圭塘河水系；1990s开始，长沙城市格局处于“一江两岸”构建阶段，各水系城市扩展强度指数都在上升；2010年以后，湘江、浏阳河、圭塘河、靳江河水系城市用地强度开始减少，而捞刀河、马桥河、龙王港水系城市用地强度继续增加，说明湘江以西及湘江以东郊区的城市扩展更为活跃（图3）。

2.3 长沙水系变迁与用地扩张的关系

2.3.1 水系数量特征变化与城市用地扩展的关系

通过各流域建设用地面积与水面面积的对比分析，可以看出城市化加速的区域水系数量特征变化明显。从图4可知，1950s-1990s，长沙城市扩张集中在湘江以东的湘江水



图3 长沙市各水系不同时期用地扩展强度指数分布示意图

Fig. 3 The expansion intensity index of each water system in Changsha city in different periods

系、浏阳河水系、圭塘河水系,在此期间三个水系范围内的水面率分别减少了6.7%、6.38%、6.75%,减少速率较其他水系更快。进入1990s以后,长沙进入快速城市化阶段,各水系范围内城市用地不断向外扩张,对于水系的改造、填埋活动加快。该时期各水系范围内的水面率、河网密度均大幅下降,由于长沙城区从1990s起开始跨湘江发展,该时期湘江以西地区河网密度较湘江以东地区的下降速度要快(河东、河西地区的河网密度分别下降1.13%和6.19%)。但是,在2008年长沙获批“两型社会”试验区后,政府和社会各界开始重视水生态的保护。1990s-2010s期间,16 hm²以上水面由677 hm²上升至1009 hm²,增长了49.04%。具体增长的区域分布在捞刀河水系和龙王港水系。而从2010s至2016年,随着两型社会建设推进,长沙在该时期结合地势开发了梅溪湖、洋湖垸、松雅湖等大型景观湖泊,使得该时期16 hm²以上的水面面积减少幅度相对较少。

城市用地扩张使得水系数量特征减少,但1950s-1970s期间长沙受时代背景影响在城郊地区大力兴建水塘、水库、灌渠等水利工程,以及大型渔场等水产养殖项目,16 hm²以上大型水面面积反而有所增加。自1970s以后,长沙中心城区范围内各水系水面率、河网密度都随建设用地的增加而快速减少。如浏阳河水系范围内的跃进湖周边,在1950s水面面积只有6.66 hm²,1970s在此修建湘湖渔场后,水面面积达23.28 hm²,但在1990s起随着工业化、城市化逐步兴起,湘湖渔场大面积被填,成为城市建设用地,目前该区域水面面积仅4 hm²(图5)。

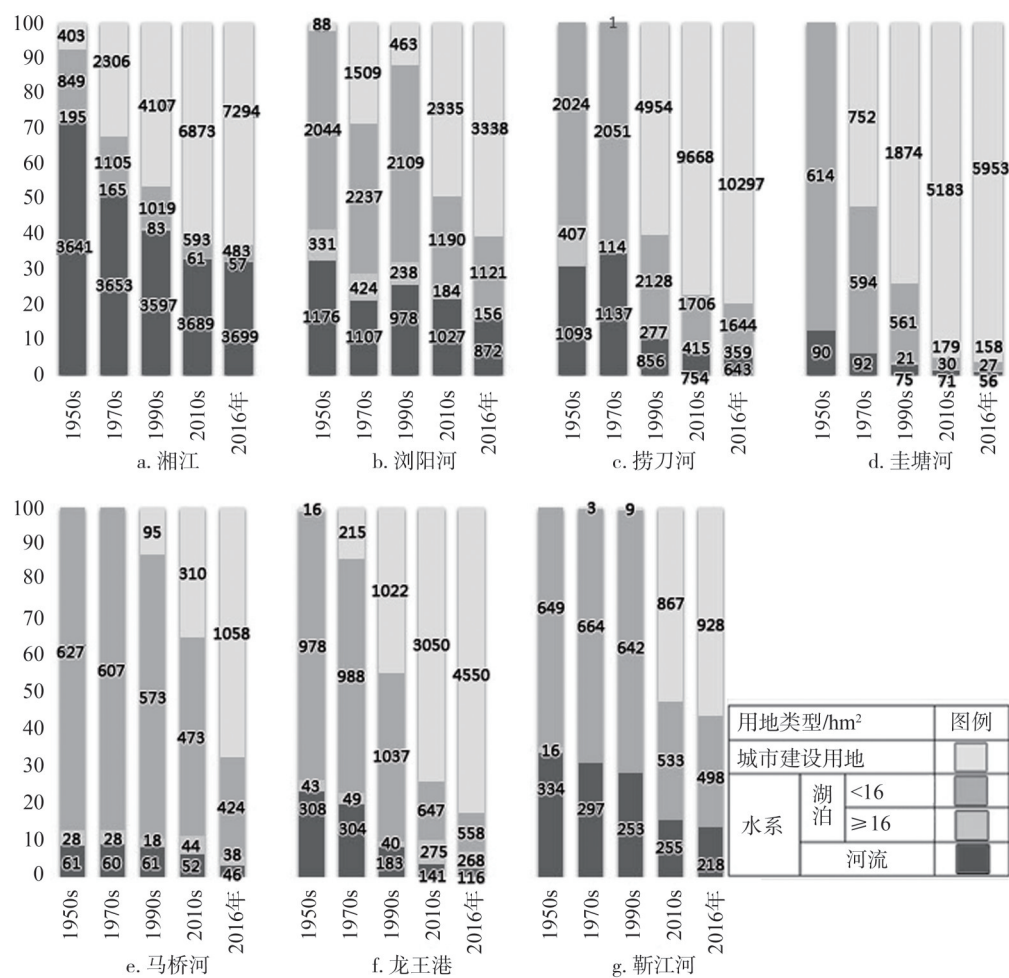


图4 长沙市各时期水系特征与城市建设用地对比

Fig. 4 Comparison of water system and urban construction land in Changsha city in different periods

2.3.2 水系结构特征变化与城市用地扩展的关系

通过各时期河流曲度、河网发育系数变化对比,可知城市用地扩展对水系结构特征变化也有较大影响。

对比各时期结果,在1990s之前,河流弯曲度下降较快,1950s-1970s、1970s-1990s分别下降了3.38%、3.50%,这与该时期长沙修建防洪工程将河道裁弯曲直有关。1990s以后,长沙城市化加速,在快速城市化期间河流弯曲度进一步下降,该时期城市用地开始跨江扩展,湘江以西城市扩展强度较湘江以东更大,同期河道弯曲系数减少的比例也较湘江东岸更大,湘江东、西岸河道弯曲系数自1990s以来分别下降1.52%、4.58%。

就河网发育而言,在1970s以前,河网层次更为丰富,更近于自然水系的状态。1970s-1990s期间,二级河网发育系数减少幅度较大,达到10.83%,这与该时期防洪堤建设以及湘江以东区域用地扩展强度加大使得二级河道长度减少有关。进入1990s,中心城区水系在一级河网发育系数减少幅度较低,仅0.49%,其余级别的对应数值均大幅度下降,分别达到4.77%、19.34%。这说明流域内主干河流形态随着防洪堤的建设完成基本

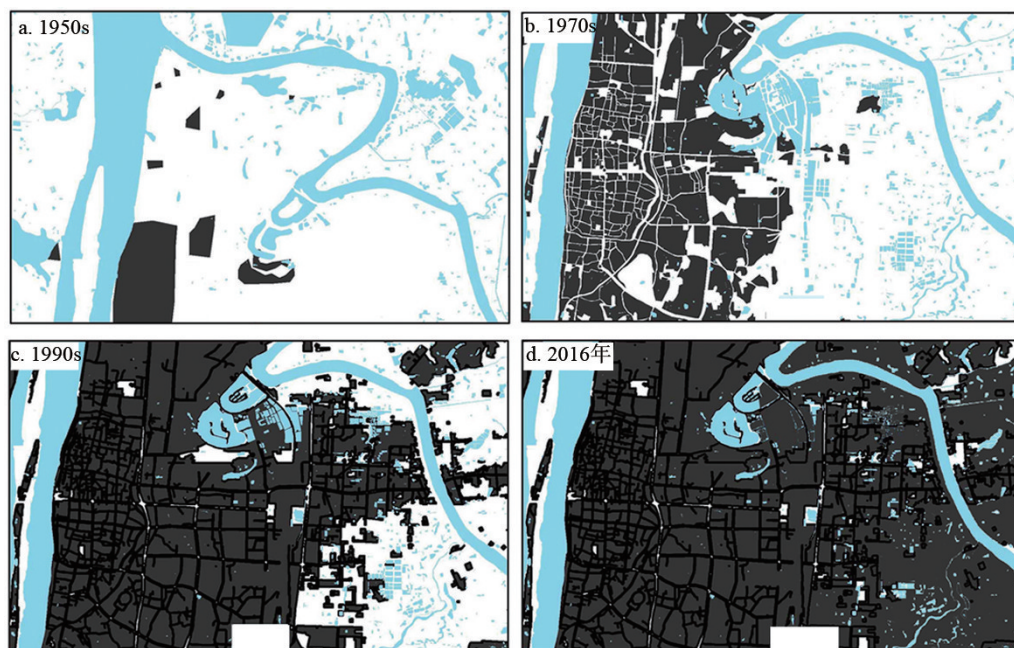


图5 浏阳河水系跃进湖周边水系与城市建设用地对比

Fig. 5 Comparison of water system around the Yuejin Lake and urban construction land in Liuyang River

稳定,随着城市化进一步推进,支流在持续减少,河网自然化程度降低,河网层次日趋单一。同时,随着房地产业发展迅速,将水面填埋成建设用地,或将明河改暗渠^[20],这使得城市内历史形成的自然排水体系被破坏,雨水排放基本依靠人工建设的市政排水设施,过水断面减少,还极易受到市政管道排江口水位影响,防洪排涝能力显著下降。城市用地扩展的同时还将作为水面湿地的蓄洪坑大面积开发为建设用地,并且在开发过程中对河道进行裁湾取直,增加了片区洪涝灾害隐患。例如联丰坑是靳江河旁的行洪坑,在2004年之前蜿蜒曲折,2004年开始,该片区被规划为居住片区,开发前首先按规划对河道进行调整以增加居住用地。几年后,原来用来泄洪的坑子几乎全部被房地产项目填满。以片区中两个居住校区为例,两个项目均在当年靳江河河道整治工程中通过河道改道建设而成,2017年6月,长沙城区降雨突破历史极值,两个小区是被淹最严重的区域,配电设施、地下车库均被淹没,断电时间近一周^[21](图6)。

2.3.3 水系特征变化对城市用地扩展的影响

随着政府日益重视城市生态环境,长沙提出了构建“山、水、洲、城”的建设目标,水系与周边用地经过整体规划后,沿江风光带、环湖景观廊道已成为展示城市形象的重要界面,湘江西岸靳江河、龙王港、马桥河都经过整治,河道更加生态自然。长沙在2008年长沙获批“两型社会”试验区后,政府和社会各界开始重视水生态的保护。2010年起长沙中心城区范围内开挖了多处大中型水面的龙王港、捞刀河、马桥河水系,到2016年,其城市建设用地的用地扩展强度均大于其他水系。根据图7中2004年、2011年、2017年影像图可以看出,位于河西龙王港水系的梅溪湖和位于河东捞刀河水系的松雅湖均在2010年以后开始开挖(梅溪湖水面面积200 hm²,松雅湖水面面积280 hm²),到2016年,龙王港水系的建设用地扩展强度由0.94增加到1.63,捞刀河水系的建设用地

扩展强度由 0.51 增加到 0.64，分别增加 73% 和 25%。这说明湖面的增加、生态环境的改善，反过来刺激了城市用地的扩展，增加了城市的活力。这也说明有效的保护政策和保护措施可以使得水系变迁与城市空间发展呈相互正向影响。

3 结论

本文选取长沙中心城区 1950s、1970s、1990s、2010s、2016 年五期水系及城市建成



图6 靳江河（联丰垸段）2004年与2010年航拍影像对比
Fig. 6 A comparison of aerial imagery between 2004 and 2010 in Jinjiang River (Lianfeng Section)



图7 龙王港水系、捞刀河水系典型湖泊水面与周边建设用地变化对比
Fig. 7 Comparison of changes in water surface and surrounding construction land of typical lakes in Longwanggang Water System and Laodao River Water System in different periods

区用地数据,通过河网密度、水面率、干流河流曲度以及各级河网发育系数变化情况与同期建设用地扩展强度指数进行对比,发现水系与城市发展关系极为密切:

(1) 近60余年来,长沙市中心城区除1950s-1970s期间在全国大兴水利建设及发展渔业的背景下水系特征指数有小幅上涨外,总体而言随着建设用地扩大,各水系特征指数均呈衰减趋势。水系具体变化特征体现在湖泊水塘减少、支流沟渠被填埋、零星水系消失、流域水系结构单一。

(2) 研究区域水系特征变化存在时空差异。受城市用地扩展的影响,不同时期各水系范围内水系特征变化程度有所不同。在2010s以前,用地扩展强度高的时期和区域水系特征数量指标减少比较剧烈,如1950s-1970s的湘江水系、1970s-1990s的浏阳河水系、1990s-2010s的圭塘河水系;在2010s后期,由于“两型社会”建设,注重水生态保护,该时期用地扩展强度高的龙王港水系范围内水系特征指标虽然也仍然减少,但减少幅度放缓。

(3) 不同的水系保护、开发策略会对周边用地扩张带来不同的影响。水系在城市建设中被大量裁弯取直、填埋消失,将导致流域水生态结构和水动力条件发生大幅改变,使得邻水城市建设区域成为洪涝灾害风险区,减少周边活力,进而降低周边用地扩展速度。而有效的水生态保护政策和保护措施不仅可以使片区水系缩减趋势放缓,兴建中、大型水面作为公共空间还可以加快周边用地扩展速度。例如长沙市梅溪湖、松雅湖的建设,丰富了城市水系空间、带动了周边城市活力、增加了城市雨洪调蓄空间、提升了城市形象。

参考文献(References):

- [1] 董哲仁. 河流生态修复. 北京: 中国水利水电出版社, 2013. [DONG Z R. River Ecological Restoration. Beijing: China Water Power Press, 2013.]
- [2] 赵辉, 周易冰, 徐靖文. 可持续的城市水系环境综合改造实践: 以沈阳市水系规划为例. 城市规划, 2010, 34(3): 68-70. [ZHAO H, ZHOU Y B, XU J W. Renovation practice for sustainable urban water system: A case study of Shenyang water system planning. City Planning Review, 2010, 34(3): 68-70.]
- [3] DENG X, XU Y, HAN L, et al. Impacts of urbanization on river systems in the Taihu region, China. Water, 2015, 7(4): 1340-1358.
- [4] GREGORY K J. The human role in changing river channels. Geomorphology, 2006, 79: 172-191.
- [5] DUARTE C M, MIDDELBURG J, CARACO N. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. Biogeoscience, 2005, 2: 18-19.
- [6] ZAWIEJSKA J, WYŻGA B. Twentieth-century channel change on the Dunajec River, Southern Poland: Patterns, causes and controls. Geomorphology, 2010, 117(3): 234-246.
- [7] JUNIOR O C, GUIMAREAES R, FREITAS L, et al. Urbanization impacts upon catchment hydrology and gully development using multi-temporal digital elevation data analysis. Earth Surface Processes and Landforms, 2010, 35(5): 611-617.
- [8] 王中根, 李宗礼, 刘昌明, 等. 河湖水系连通的理论探讨. 自然资源学报, 2011, 26(3): 523-539. [WANG Z G, LI Z L, LIU C M, et al. Discussion on water cycle mechanism of interconnected river system network. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 523-539.]
- [9] 李双双, 杨赛霓, 刘宪锋. 1960-2013年北京旱涝变化特征及其影响因素分析. 自然资源学报, 2015, 30(6): 951-962. [LI S S, YANG S N, LIU X F. The characteristics of drought-flood variation and its influence factors in Beijing during 1960-2013. Journal of Natural Resources, 2015, 30(6): 951-962.]
- [10] 周洪建, 王静爱, 岳耀杰, 等. 基于河网水系变化的水灾危险性评价. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 45-49. [ZHOU H J, WANG J A, YUE Y J, et al. Assessment of flood hazard based on river network change. Journal of Natural Disasters,

- 2006, 15(6): 45-49.]
- [11] 明庆忠, 潘保田, 苏何屯, 等. 山区河谷—水系演化及环境效应研究. 云南师范大学学报: 自然科学版, 2013, 33(2): 1-10. [MING Q Z, PAN B T, SU H T, et al. Study on the valley & drainage evolution and its effects on environment. Journal of Yunnan Normal University: Natural Science Edition, 2013, 33(2): 1-10.]
- [12] 王敏, 叶沁妍, 托马斯·赫尔德. 行为主体互动下的水系空间管理与生态服务优化: 基于德国埃姆舍河发展演变的实证研究. 风景园林, 2017, (1): 52-59. [WANG M, YE Q Y, THOMAS H. Riparian zones management with effective eco-services provision under the interaction of stakeholders: A case study of the Emscher River in Germany. Landscape Architecture, 2017, (1): 52-59.]
- [13] 刘国栋, 田昆, 袁兴中, 等. 中国传统生态智慧及其现实意义: 以丽江古城水系为例. 生态学报, 2016, 36(2): 472-479. [LIU G D, TIAN K, YUAN X Z, et al. Traditional Chinese ecological wisdom and its practical meaning: A case study of the river system in Lijiang Old Town. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(2): 472-479.]
- [14] 韩龙飞, 许有鹏, 杨柳, 等. 近50年长三角地区水系时空变化及其驱动机制. 地理学报, 2015, 70(5): 819-827. [HAN L F, XU Y P, YANG L, et al. Temporal and spatial change of stream structure in Yangtze River Delta and its driving forces during 1960s-2010s. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(5): 819-827.]
- [15] 李喆, 赵静, 伍文. 城区水系演替及其土地利用优化研究. 经济地理, 2014, 34(7): 123-128. [LI Z, ZHAO J, WU W. Research on the succession of urban water system and its land use optimization. Economic Geograph, 2014, 34(7): 123-128.]
- [16] 邓晓军, 许有鹏, 韩龙飞, 等. 城市化背景下嘉兴市河流水系的时空变化. 地理学报, 2016, 71(1): 75-85. [DENG X J, XU Y P, HAN L F, et al. Spatial-temporal changes of river systems in Jiaxing under the background of urbanization. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(1): 75-85.]
- [17] 权瑞松. 基于情景模拟的上海土地利用变化预测及其水文效应. 自然资源学报, 2018, 33(9): 1552-1562. [QUAN R S. Prediction of land use change and its hydrological effect in Shanghai based on scenario simulation. Journal of Natural Resources, 2018, 33(9): 1552-1562.]
- [18] 徐光来, 许有鹏, 王柳艳. 近年杭—嘉—湖平原水系时空变化. 地理学报, 2013, 68(7): 966-974. [XU G L, XU Y P, WANG L Y. Temporal and spatial changes of river systems in Hangzhou-Jiaxing-Huzhou Plain during 1960s-2000s. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(7): 966-974.]
- [19] 郑伯红, 王桂芹. 基于产业用地扩展的湘潭城市空间演变及优化. 经济地理, 2017, 37(6): 92-99. [ZHENG B H, WANG G Q. Evolution and optimization of Xiangtan city space by industrial land expansion. Economic Geograph, 2017, 37(6): 92-99.]
- [20] 周之灿, 恭映璧, 张天绚. 近60年长沙城市湿地变化及保护对策的研究. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(12): 31-37. [ZHOU Z C, GONG Y B, ZHANG T X. Dynamic changes and protective measures of urban wetland of Changsha in recent 60 years. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2012, 32(12): 31-37.]
- [21] 蒋祺, 郑伯红. 城市雨洪调蓄空间对洪涝灾害影响研究: 以长沙市2017年洪涝灾害为例. 自然灾害学报, 2018, 27(3): 31-40. [JIANG Q, ZHENG B H. Study on the influence of urban stormwater detention and retention space on flood disaster: Case study of flood disaster in Changsha, 2017. Journal of Natural Disasters, 2018, 27(3): 31-40.]

The relationship between the change of water system and the urban land expansion in Changsha

JIANG Qi^{1,2}, ZHENG Bo-Hong¹

(1. School of Architecture and Art, Central South University, Changsha 410000, China;

2. Changsha City Planning Survey and Design Institute, Changsha 410007, China)

Abstract: In order to examine the connection between water system changes and the expansion of urban land use, and provide evidence and experience for the future coordinated development of water ecological restoration and urban and ecological environment, statistical methods were used to analyze the five-phase water system and urban land expansion in Changsha in the past 60 years. We selected river net density, water surface rate, mainstream river curvature indexes and river development coefficient to quantitatively describe changes in water system characteristics and used urban intensity expansion index to measure the strength and speed of expansion of urban construction land in the same period based on the topographic maps and urban construction land data of Changsha city in the 1950s, 1970s, 1990s, 2010s and 2016. After superimposing the water system change index and urban expansion intensity index in each basin, we analyzed the relationship between the water system changes in various stages of Changsha and the urban land expansion intensity. The results show that: (1) The expansion of urban construction land has a direct impact on the quantity and shape of urban water coefficients. In the past 60 years in Changsha, the main characteristic values of the water system experienced a large attenuation. In general, the amount and area of the water surface were greatly reduced, and both the river structure and the water system tended to be simple. Meanwhile, the river network density and water surface rate reflecting the characteristics of water coefficient decreased by 3.74% and 26.26%, respectively. (2) The intensity of urban expansion in each period was positively related to the decay rate of water quality index values. From the 1950s to the 1990s, the urban expansion of Changsha was concentrated in the Xiangjiang River system, the Liuyang River system and the Guitang River system east of the Xiangjiang River. During this period, the water surface rates in the three water systems decreased by 6.7%, 6.38%, and 6.75%, respectively. After 1990, Changsha entered the stage of rapid urbanization, but the urban expansion intensity in areas west of the Xiangjiang River was stronger than that in areas east of the Xiangjiang River. At the same time, the density of river network west of the Xiangjiang River was faster than that east of the Xiangjiang River, down by 1.13% and 6.19%, respectively. (3) Destruction of water system in urban expansion will increase the risk of ecological and natural disasters, and effective water ecological protection policies and protection measures can not only slow down the shrinking trend of the water system in the area, but also accelerate the expansion of surrounding land use.

Keywords: urban water system; spatial pattern; land expansion; water ecological environment; Changsha city