

永川区城市水系景观生态问题研究

赖小红, 王海洋* (西南大学园艺园林学院, 重庆 400715)

摘要 随着城市建设的快速发展, 城市水系出现越来越多的问题, 城市水生态系统受到严重威胁。目前国内外关于城市水系的研究主要集中于分析小尺度的河流水系特征, 缺乏多尺度、多学科的综合研究。鉴于此, 以永川区城市水系为研究对象, 提出基于流域生态学的城市水系景观生态问题研究, 首先以全流域为研究单元, 分析城市小流域水系与流域上、下游河流生态系统过程的关系; 其次以城市水系及其汇水区为研究单元, 分析水源地产流对城市水系的影响; 最后以城市水系为研究单元, 分析城市水系结构性问题。通过上述3个尺度的分析, 提出相应规划措施, 进而解决城市水系生态问题, 弥补现有水系生态问题研究的不足, 为城市水系规划提供了一种新的支撑和依据。

关键词 流域生态学; 永川; 城市水系; 水系规划

中图分类号 S181.3; X171.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)01-124-03

Study on Landscape Ecological Problems of City Water System in Yongchuan Region

LAI xiao-hong, WANG Hai-yang* (College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400715)

Abstract With the rapid development of city construction, city water system appears more and more problems and its security is seriously threatened. Current researches about city water system at home and abroad are mainly focused on the small-scale river characteristics, lack of multiscale and multidisciplinary comprehensive studies. Taking Yongchuan Region urban water system as the research object, landscape ecological problems of city water system were studied based on watershed ecology. First, with the whole basin as a study unit, the relationship of river ecosystem processes between the city watershed and its upstream and downstream was analyzed; Secondly, taking the urban water system and its catchment area as the research unit, the influence of water source region to the urban water system was analyzed; finally, with city water system as the research unit, the urban water system structural problems were studied. Through the analysis of all above, corresponding planning measures were put forward to solve the ecological problems of the city water system, make up for the deficiency of the existing water system planning, so as to provide theoretical support or a new way of thinking for the city water system planning.

Key words Watershed ecology; Yongchuan; City water system; River system planning

流域是指一条河流(或水系)的集水区域。由流域内干流、支流和湖泊、水库、湿地彼此连接组成的景观系统, 称为流域水系景观^[1]。流域生态学是指以流域为研究单元, 应用等级嵌套、尺度理论, 研究流域内高地、沿岸带、水体间的信息、能量、物质变动规律, 以及流域汇水区内部景观结构组成与变化过程^[2], 从而为大、中尺度上流域内水陆资源利用与生态环境保护提供决策依据^[3]。

水是生命之源, 城市的起源与发展离不开水, 自古以来, 城市水系在军事防御、交通运输、供水、灌溉、防洪以及景观、生态等方面都发挥着重要作用。然而, 近年来, 随着城市化进程的不断加快以及城市规模的不断扩张, 造成城市水资源短缺与水质污染、调蓄洪水能力下降、水系结构破碎化、生物多样性丧失等一系列水环境问题, 严重破坏了城市水生态系统。

目前对于城市水系的景观生态问题研究主要集中于分析小尺度的河流水系特征, 主要针对城市河流的水环境整治、生态建设、滨水区景观设计以及廊道效应这几个方面展开了不同程度的研究。缺乏多尺度、多学科的综合研究, 故对水生态问题认识不够全面系统, 导致目前城市水系生态规划存在目标单一, 缺乏系统性与整体规划思想等问题, 从而无法从根本上解决城市水系生态问题。

鉴于此, 以重庆市永川区城市水系为例, 提出基于流域生态学的城市水系景观生态问题研究思路。运用流域生态

学的等级系统及尺度理论, 结合永川区城市水系景观特点, 从以下3个不同尺度对永川区城市水系景观生态问题进行分析: ①全流域尺度: 以全流域为研究单元, 运用河流连续统理论, 将城市水系放入全流域之中进行研究, 分析城市小流域水系与流域上、下游河流生态系统过程的关系。②城市小流域尺度: 以城市水系及其汇水区为研究单元, 运用源-汇理论, 将城郊水源地作为源、城市水系作为汇, 运用GIS技术对城郊水源地进行水文分析, 研究水源地产流对城市水系的影响。③建成区水生态系统尺度: 以建成区水系为研究单元, 运用景观生态学理论与方法, 分析建成区水系空间格局、网络特征, 研究城市水系结构性问题。

通过上述3个层面的分析与研究, 针对不同尺度下生态问题, 提出相应的规划调整策略, 从而从根本上解决城市水系生态问题。对于弥补当前景观生态学理论与分析方法的不足, 促进城市水系可持续发展具有创新指导作用。同时, 也为城市水系生态规划提供理论支持与实践指导。

1 研究区概况

永川区位于重庆市西部, 地处多山丘陵地带, 全区年均降雨量1 042.2 mm, 其分布因地貌海拔高程不同而有所差异。全区由小安溪河流域、九龙河流域、永川河流域、龙溪河流域、大陆河流域和圣水河流域组成。永川区城市水系属于永川河流域。

永川区城市水系由6条河流组成, 干流永川河属长江水系, 发源于宝峰镇华家寺, 支流均为季节性河流, 一级支流为玉屏河、跳蹬河、红旗河, 直接流入永川河, 二级支流胜利河于红旗小学处汇入玉屏河, 三级支流萱花河在文曲路老法院

作者简介 赖小红(1989-), 女, 四川简阳人, 硕士研究生, 研究方向: 风景园林生态。*通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事植物资源、园林生态研究。

收稿日期 2014-11-20

旁汇入胜利河。6 条河流总长 20 余 km,全部穿城而过,从城区中心向外呈树枝状发展(图 1)。

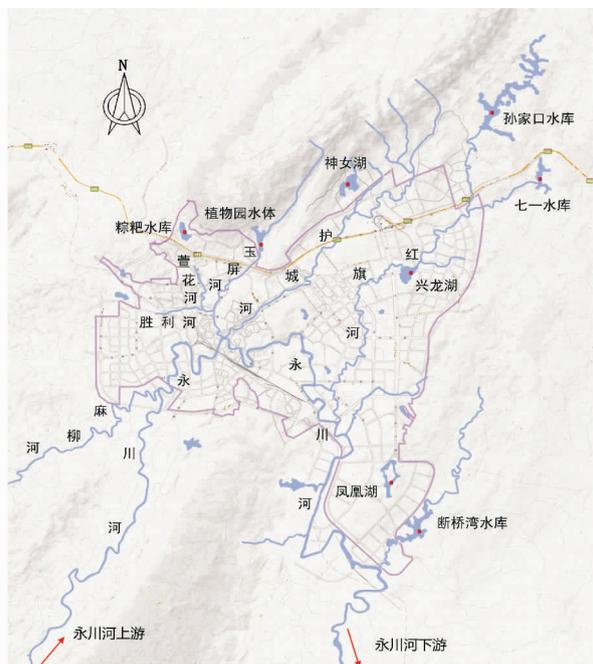


图 1 永川区城市水系

2 城市小流域与流域上、下游的关系

流域内由上游至下游各级河流所形成的连续、流动、完整的网络系统称为河流连续统^[4]。即将河流视作一个不同时间和空间尺度范畴内的连续变化梯度^[5-6],流域上游与下游之间存在地理空间以及生态系统过程的连续,下游河流中的生态系统过程同上游河流直接相关。由此可知,城市小流域作为整个流域的一部分,一方面,其水生态环境受流域上游水质与水量的影响较大,另一方面,城市水体中携带的污染物随河流流出城市之后,又将对流域下游水体及周边生境造成影响。

永川区城市小流域位于永川河流域北部(图 2),干流永川河从建成区西南部流入城市,在城市内部汇集北面各支流来水,最后从建成区东南部流出城市。以整个永川河流域为研究单元,为方便研究,把永川城市水系及其汇水区作为城市小流域,以此城市小流域为分界,可将永川河全流域划分为流域上游、城市小流域和流域下游三大部分。其中,流域上游和流域下游土地利用类型受城市开发建设影响较小,多为农田和自然林地,植被覆盖率较高,生物多样性与生境多样性保持良好,河流自然化程度较高。

与之相比较,永川区城市小流域主要为建设用地,城市水系受工业生产、居民生活等人为干扰作用明显。对永川区城市内各条河流进行水质监测,得到数据如表 1。

分析表 1 数据可知,永川城市河流污染状况严重,几条主要河流除跳蹬河水质稍好,为 IV 类之外,其他河流水质均为劣 V 类。永川河流入城区时水质为 III 类,经过城市内部强烈干扰之后,出城水质变为劣 V 类。

对永川区城市内各条河流进行水量进行监测,得到数据如表 2。

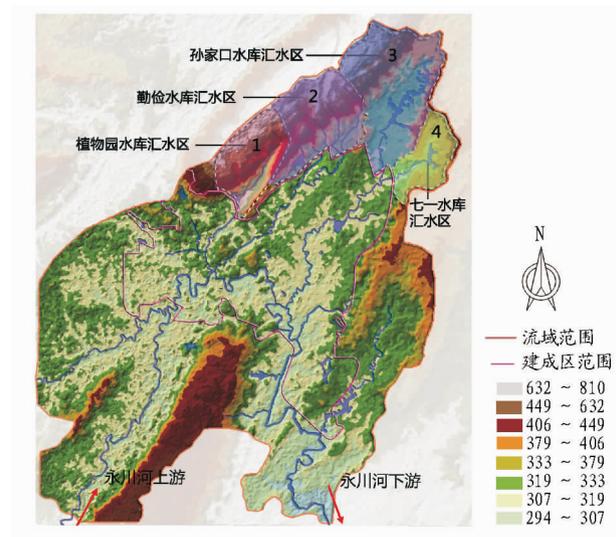


图 2 永川城市水系流域范围

表 1 永川区城市河流水质监测数据统计

编号	位置	TP//mg/L	TN//mg/L	水质标准
1	永川河入城处	0.19	0.24	III类
2	永川河城区段	1.57	6.23	劣V类
3	永川河出城处	0.42	1.17	劣V类
4	玉屏河	0.56	1.69	劣V类
5	胜利河	0.66	1.73	劣V类
6	萱花河	0.45	2.08	劣V类
7	跳蹬河	0.24	0.14	IV类
8	红旗河	0.73	4.78	劣V类

表 2 永川区城市河流水量监测数据统计

编号	河流名称	监测断面	断面宽度//m	断面高度//m	流速 m/s	流量 m ³ /s
1	永川河	入城大坝处	24.0	2.20	0.078	4.118
2	跳蹬河	神女湖旁桥下	4.5	0.35	0.059	0.093
3	红旗河	北大村	18.0	2.60	0.035	1.638
4	玉屏河	植物园大坝处	36.0	4.80	0.056	9.677
5	萱花河	-	-	-	-	-
6	胜利河	-	-	-	-	-
7	永川河	出城处	9.8	1.10	0.094	1.013

由表 2 数据可知,永川区城市河流流量均较小,尤其是萱花河和胜利河,由于其两侧多居住及餐饮服务用地,对河流造成严重污染,河流几乎全年不流动,沦为污水排放沟。永川河入城时流量为 4.118 m³/s,经常城区之后汇集北面几条支流量,理论上讲流量应有所增加,然而永川河出城时流量却减少到 1.013 m³/s,流量不增反减。由此可见城市对于河流水量的消耗量极大。

综上所述,永川区城市小流域水系存在严重的水生态环境问题,水污染严重、水资源短缺。

3 城市小流域生态系统修复措施

城市小流域水系与流域上下游水系割裂,破坏了全流域水生态系统联系性与完整性,有可能造成更大范围内的水环境威胁。因此,必须要站在维护全流域水生态健康的角度

上,对其生态系统进行修复,恢复河流连续完整网络结构。具体措施包括:

3.1 控制入城河流水质 流域上游水系作为城市小流域的主要水量来源,其水环境状况直接影响到城市水体质量及水资源的利用。调查可知,永川河流域上游土地利用类型以农业用地为主,面积约 114.28 km²,占上游总面积的 57.50%,故主要考虑农业面源污染对河流水质的影响。初步计算出其 N、P 年污染负荷分别为 98.281 t/a、11.66 t/a(N、P 年径流流失量分别按 8.6kg/hm²、1.02 kg/hm² 计算^[7-8])。入城水体中 TN、TP 含量平均值分别为 0.24 mg/L、0.2 mg/L(表 1),分别能达到Ⅲ类水标准,水质情况较好,由此可知,永川河流域上游生态系统保持良好,河流具有较好的净化能力,虽有农业面源产生,但其污染负荷还未达到水环境容量阈值。故无需对上游来水进行治理。

3.2 建成区内水生态修复 永川区城市小流域水系受城市开发的影响,河流生态系统遭到破坏,生物多样性下降,水体污染严重,基本属于劣 V 类水。因此,必须要对建成区内水系进行生态修复,最大限度降低污染程度,重塑河流生态廊道。可采用生物修复法、化学修复法、植物修复法等措施。

3.3 控制出城水质 城市内部水系流出城区之后,进入流域下游,河流中积累的污染物也随之进入下游,为保证进入下游的水质健康,需要在河流出城处进行水质监测,若不达标,则需净化处理。

对永川区城市河流出城处水体中 TN、NP 含量分别为 1.17 mg/L、0.42 mg/L(表 1),属于劣 V 类水质,水体污染严重,因此,考虑结合地形条件,选择适当位置建造人工湿地,净化吸收河流中的污染物,湿地面积与工程技术措施以城市面源污染类型与污染量为参考依据。

4 城市水系与郊区水源地的关系

城市郊区水源地是城市水系的重要水源保障,其产流与蓄水能力的大小直接影响城市水系的水量供应与水体循环效率。而郊区水源地土地利用和植被覆盖情况又直接影响其产流量和水质状况,甚至改变流域的生态结构。

永川区城市小流域水系由永川河及其北面支流组成,运用 GIS 分析可知,所有支流均发源于北面城郊箕山山脉。由于各支流较短,降雨形成的坡地径流在箕山脚下低洼处汇集,形成水源地,随即流入城市内部(图 2)。

根据表 3 可知,永川区城市郊区水源地库集雨面积均不大,计算出相应水源地的年径流量偏小,以植物园水库为例,植物园水库总库容为 29 万 m³,由于集水面积小,导致年径流量仅为 17.93 万 m³,年产水量严重不足,由此导致水库水体更换周期长,容易造成水体污染,同时,作为下游河流的“源”,又将影响下游玉屏河水体更新速率,从而加重玉屏河污染程度。

由此可知,要改善城市河流水系水质状况,必须要提高其源头水体更新速率,改善源头水质,从根本上来说就是要提高郊区水源地产水能力。已有研究表明,土地利用/覆盖变化对水源地产流蓄水、水体污染状况均有重要影响,不仅

影响流域景观格局,同时严重影响流域生态系统服务功能。

表 3 永川区城市郊区水源地汇水情况调查

序号	水库名称	下游河流	集水面积 km ²	总库容 万 m ³	年径流量 万 m ³
1	植物园水库	玉屏河	0.86	29.00	17.93
2	勤俭水库	护城河	7.77	159.40	161.96
3	孙家口水库	红旗河	20.30	1 059.00	423.13
4	七一水库	红旗河	4.20	104.21	87.54

根据调查,永川区城市郊区水源地周边土地利用类型主要为自然林地和农业用地,植被以桉树林、马尾松林为主,植被覆盖率高。然而近年来,城市不断向郊区扩展,水源地汇水区内林地、农田逐渐被建设用地替代,导致汇水面积缩小,水源地蓄水能力减弱。进而带来城市水系水量供给不足,水体更新缓慢,水污染加剧等严重后果。

因此,进行永川区城市水系规划时,必须考虑对郊区水源地的规划保护,严格划定水源地保护区,限制开发力度。从而改善水源地生态环境,以提高产流蓄水能力,满足城市 F 水系的水量需求,提高水体更新速率,改善河流水质状况(图 3)。

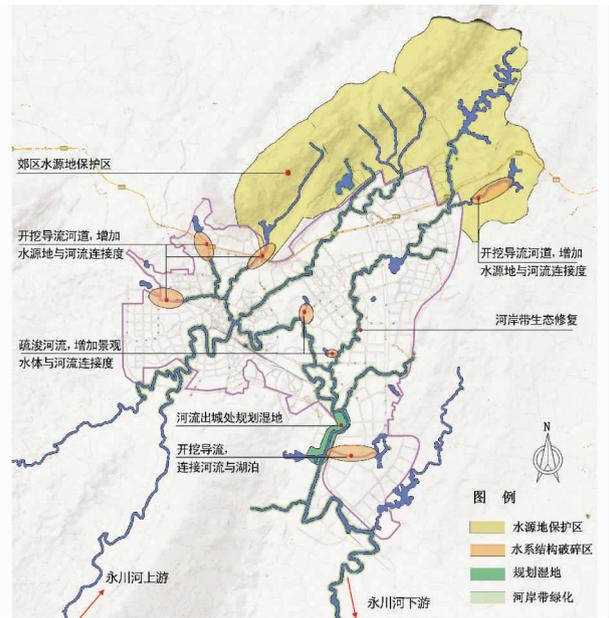


图 3 永川区城市水系规划途径

5 城市水系结构分析

城市水系结构宏观上多表现为线性网状、树状等结构,以及一些连缀其中的湖泊、湿地斑块,是流域水系景观的基本构架。它对河流水系的水生态、水景观、水环境、水安全等功能的正常发挥具有关键作用。若城市水系结构破坏将造成河流防洪调蓄能力下降,洪涝加剧,生态系统破坏,流域景观破碎化等一系列严重问题。

永川区城市水系由干流永川河及其北面发源的 5 条支流组成,总长度 56.3 km,整体呈现树枝状发展,未形成网络结构,河流廊道断口较多,共有 7 处断开,连通性有待提高,廊道分布不均,西部老城区河流廊道密度大,东部新城区密度小(图 1)。

于人均生活用水及生态环境用水。总体上生产用水先增后减,生活用水增加,生态用水增加。其原因是大型工业园区的规划用水、灌区节水改造等节水措施使得资源能够有效利用,生产用水量逐渐减少。生活用水是城市人口膨胀、生活水平提高所影响的。生态环境保护准则和标准随着社会不断发展不断的完善,人们生态环保意识的增强以及对生态治理和恢复的重视逐渐增加了生态环境用水。

水资源承载力几乎趋于平稳,表明该地区水资源量相对人口而言没有造成很大压力,水资源较为丰富。2004~2011年阿克苏地区的水资源生态赤字整体趋势为先降后升,由2004年的 $-0.5326 \text{ hm}^2/\text{人}$ 上升到 $-0.4692 \text{ hm}^2/\text{人}$ 。2004~2008年生态赤字减少,由于阿克苏地区经济发展迅速,工业发展不完善,资源利用率低,农业用水正逐步从粗放式利用转向集约化利用,人们环保意识薄弱,造成水资源赤字。到2011年,水资源仍然处于赤字状态,但赤字逐年缩小,说明阿克苏地区水资源利用正趋于合理。

(2)通过灰色预测GM(1,1)模型预测生态赤字(盈余)情况。结果显示,生态赤字呈逐年增大,从2012年的 $-0.4158 \text{ hm}^2/\text{人}$ 增加到2024年的 $-0.1767 \text{ hm}^2/\text{人}$,水资源发展趋于合

(上接第126页)

近年来永川区城市发展迅速,各项基础设施不断完善,却也不可避免的对城市河流造成严重的阻断与割裂。调查发现,永川区城市水系主要存在以下结构性问题:

5.1 城市道路修建对河流的阻断 永川城市新建道路桥梁多处穿过河流,采用涵洞的方式沟通河流,虽然保持了河流的流动连续性,然而对于水中淤泥、泥沙的流动以及水中营养物质的运输与交换,却会带来严重的影响,同时威胁底栖生物的栖息地环境,影响水生生物生长与繁衍。例如成渝高铁线路的建造,使红旗河郊区河段与源头七一水库的连续中断,必然会导致红旗河水量的减小,同时严重破坏了河岸生物群落的连续性。

5.2 城市内部河道大坝修建对水系的破坏 永川城市内部河流虽多,但河流流量小水体污染严重,多处河道断裂,河流沦为排污沟渠,汛期防洪防涝功能减弱。为此,近年来,城中红旗河、护城河等河道硬质堤坝的大量修建,阻断了河道与河漫滩、湿地间的自然联系,对水生生物生存和繁衍的通道造成影响,导致生态系统的生境破碎化、单一化。

5.3 景观水体与水系的连接薄弱 永川城市湖泊、水体众多,然而随着城市建设用地的不断扩张,湖泊与河流的联系逐渐减弱,由于缺乏与城市水系的沟通连接,导致湖泊汛期泄洪与枯水期水源补给均存在严重问题,如中央公园内水体以及望城公园内水体。

因此,进行城市水系规划时,需采取调整河道走线,开挖导流水道,沟通连接河流与湖泊等措施;弥补城市流域水系的结构性缺陷,恢复河流连续统的完整性,重塑永川区城市水系骨架脉络(图3)。

理化。在经济可持续发展的基础上,随着科技的进步,很大程度上提高了水资源利用率。趋于合理的开发和利用水资源及人们节水意识的增强使得水资源生态赤字逐年增大,但仍然处于赤字状态。因此,今后节水形势依然严峻。

参考文献

- [1] 李利锋,成升魁.生态占用—衡量可持续发展的新指标[J].资源科学,2000,15(4):375-382.
- [2] 杨开忠,杨咏,陈洁.生态足迹分析理论与方法[J].地球科学进展,2000,15(6):630-636.
- [3] REES W E. Revisiting carrying capacity: Area-based indicators of sustainability[EB/OL]. <http://www.dieoff.com/page/110.htm>. 1997.
- [4] 王书华,毛汉英,王忠静.生态足迹研究的国内外近期进展[J].自然资源学报,2002,17(6):775-782.
- [5] 黄林楠,张伟新,姜翠玲,等.水资源生态足迹计算方法[J].生态学报,2008,28(3):1279-1286.
- [6] 新疆统计局,国家统计局新疆调查总队.新疆统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2002-2012.
- [7] 阿克苏地区统计局.阿克苏统计年鉴[M].阿克苏地区统计出版社,2002-2012.
- [8] 阿克苏地区统计局.阿克苏水资源公报[M].阿克苏地区统计出版社,2006.
- [9] 张岳.中国水资源与可持续发展[M].南宁:广西科学技术出版社,2000:2-3,120-125.
- [10] 李玉平,王晓妍,朱琛,等.邢台市水资源生态足迹核算与预测研究[J].水土保持研究,2014,21(3):227-230.

6 结论与讨论

目前的城市水系景观生态问题研究多是针对城市内单一目标河段或单个水体景观进行的,往往不能根本解决水系生态问题。然而,以流域生态学为指导的规划思路与方法,更加注重系统理论与宏观把控。以永川区城市水系为研究对象,针对永川区城市流域水系现状问题与自身特点,首先研究城市小流域水系与全流域的生态协调关系,再分析郊区水源地对城市水系的影响,最后落到城市水系自身结构性问题上,分层次从不同尺度上解决永川区城市水系问题,从而建立健康、和谐的城市水生态系统。对于弥补一般城市水系研究的不足,促进城市水系可持续发展具有创新指导作用。同时,也为城市水系规划提供了新理论支撑,具有广泛的借鉴意义。

参考文献

- [1] 许自力.流域城乡水系景观规划的意义及初步设想[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.
- [2] 蔡庆华,唐涛,刘建康.河流生态学中的几个热点问题[J].应用生态学报,2003,14(9):1573-1577.
- [3] 蔡庆华,吴刚,刘建康.流域生态学:水生态系统多样性研究和保护的一个新途径[J].科技导报,1997(5):24-26.
- [4] VANNOTE R L, MINSHALL G W, CUMMINS K W, et al. The river continuum concept[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 1980,37:130-137.
- [5] 陈吉泉.河岸植被特征及其在生态系统和景观中的作用[J].应用生态学报,1996,7(4):439-448.
- [6] CUSHING C E, MCINTIRE C D, CUMMINS K W, et al. Relationships among chemical, physical and biological indices along river contana based on multivariate analyses[J]. Archive Hydrobiology, 1983,89:343-352.
- [7] 刘光德,赵中金,李其林.三峡库区农业面源污染现状及防治对策[J].中国生态农业学报,2004,12(2):172-175.
- [8] 吴磊,龙天渝,刘霞.三峡库区小流域氮磷污染负荷估算[J].中国给水排水,2012,28(21):120-124.