

山地城市小流域污染状况和对策研究——以重庆市巴南区花溪河为例

樊卫国¹, 敖亮², 张晟² (1. 重庆市生态环境监测中心, 重庆 401147; 2. 重庆市生态环境科学研究院, 重庆 401147)

摘要 城市的快速发展带来城区面积扩大, 与之相对的是基础设施建设滞后与污染加剧的城市水体。重庆市是典型的山地城市, 城区河流众多, 花溪河也是其中较大河流之一。以花溪河为研究对象, 通过现场调查和水质分析, 制定山地城市小流域的污染治理对策。结果显示, 花溪河流域 COD 为 8~74 mg/L, 氨氮为 0.069~4.890 mg/L, TP 为 0.04~0.70 mg/L。南彭水库饮用水源地出水污染较轻, 随后流经乡镇后 COD、氨氮到达峰值, 表征生活污水直接排放, TP 沿流域持续增加至入河口, 表明面源污染与生活污水同时增加, 加剧了入江河流的 TP 浓度。调查发现流域内“小散乱”工业企业多至 1 500 余家, 污水管网建设管理不善, 多处出现管网破裂, 流域污水处理能力不能满足人口日常排污需求。针对以上问题, 应当制定出台流域发展和水体达标规划, 明确流域资源环境承载底线, 建立科学性、系统性的治理体系和治污路径, 推动“当前治标”和“长久治本”双管齐下, 同时, 深化上下游联防联控机制, 鼓励建立流域生态补偿机制。

关键词 山地城市; 小流域污染; 对策
中图分类号 X52 **文献标识码** A
文章编号 0517-6611(2020)06-0055-04
doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.06.016



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Pollution Status and Countermeasures of Small Watersheds in Mountainous Cities—Taking Huaxi River in Banan District of Chongqing as an Example

FAN Wei-guo¹, AO Liang², ZHANG Sheng² (1. Chongqing Ecological Environment Monitoring Center, Chongqing 401147; 2. Chongqing Academy of Environmental Sciences, Chongqing 401147)

Abstract Highly development of city drove the expansion of urban area with lagged infrastructure construction and heavily polluted city water-body. As a typical mountainous city, Chongqing gets lots of river which get across the whole city and Huaxi River is one of them. In this research, it was studied through local survey, water quality monitor to make strategies for mountain cities water pollution control. The results showed, in the watershed of Huaxi River, COD varied from 8~74 mg/L, NH₃-N varied from 0.069~4.890 mg/L, TP varied 0.04~0.70 mg/L. The water came from Nanpeng Reservoir was clean, and then the COD, NH₃-N got increased to the highest concentration after it got across to the gathered towns which means the water quality was affected by the sewage water. The TP increased along the river which indicated the non-pointed pollution might dominate the water quality deterioration. The survey results also indicated that there were more than 1 500 industries in the watershed with water sewage pipes broken and lost. At the same time, the capacity of water treatment could not match the daily sewage discharge in the whole region. At last, based on the above problems, suggestions of policies were put forward as follows: first, river basin planning should be scientific formulated. Then, the environmental carrying capacities of watershed also need to be defined and the path of pollution control would be more scientific and systematic for whole region. At the same time, the alliance of up-downstream and watershed ecological compensation policy are of vital importance for river remediation.

Key words Mountainous city; Small watershed pollution; Countermeasure

重庆市主城区是我国典型的山地城市, 由于气候湿润, 流经城区的河流众多。城市发展迅速侵占流域范围, 许多山地城市河流呈现了大农村与大城市的交错格局, 不断扩张的城区面积带来水库流域面积及水面面积的减小, 形成大大小小的河流。城市河流既是流淌的血脉, 也是城市发展的灵魂, 随着我国经济社会发展, 不少城市河流相继“患病”, 其中山地型城市由于地形和水系复杂, 污染量大, 污染来源构成复杂, 有生活污水、工业废水、餐饮污水等, 污染排查难度大, 治理方法和方式虽经过多次论证, 但由于落地性和可操作性太差, 均得不到有效落实。如何实施复杂污染下水环境改善, 在政策管理及污染源控制方面仍有较大研究空间。以山城重庆花溪河为典型案例, 通过对流域上下多点布局水质监测, 深入分析水质分布、突出环境问题和主要污染原因, 系统性提出治理对策, 以期对山地雨污水混排城市实施流域污染防治提供参考。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域概况 巴南区花溪河位于山城重庆主城区, 属于长江一级支流, 发源于巴南区南彭街道石岗社区碑垭附近

的花土湾, 流经南彭街道石岗社区、南彭街道、界石镇、南泉街道、龙洲湾街道、花溪街道, 至李家沱街道马王坪处汇入长江, 干流全长 63.62 km, 流域面积 268.46 km²^[1], 包括 8 个街道和乡镇, 其中巴南区 7 个、南岸区 1 个, 常住人口约 60 万人^[2](图 1)。

花溪河流域多年平均降雨量为 1 057 mm, 径流深 554 mm, 蒸发量为 503 mm, 年平均气温为 16.6~18.2 ℃。流域多年平均径流量为 2.85 m³/s, 径流年内分配不均匀, 春季(3—5月)占 26.9%; 夏季(6—8月)占 36.3%; 秋季(9—11月)占 30.4%; 冬季(12—2月)占 6.3%, 径流以雨水补给为主^[3]。上游南湖水集雨面积 39.5 km², 总库容 1 325 万 m³, 南湖水库为饮用水源地, 服务区域以南彭街道为主, 服务人口约 7 000 人^[4]。花溪河流域中上游主要分布着易风化的砂页岩和红棕色土壤, 垦植率较高, 植被差。只在下游南泉风景区河段植被较好, 流域平均植被率为 6.99%, 加之流域中上游山坡陡, 暴雨强度大, 洪水汇流快, 水土流失严重, 流域多年平均悬移质输沙模数 M 为 500 t/(km²·a) 以上^[3]。

1.2 研究方法 在花溪河流域布设 25 个监测断面(图 2), 其中巴南区 23 个, 南岸区 2 个。按照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)^[5], 对断面的化学需氧量(COD)、氨氮、总磷(TP)这 3 项指标进行评价, 指标反映流域干流和支流

作者简介 樊卫国(1982—), 男, 山西原平人, 高级工程师, 硕士, 从事水污染防治研究。

收稿日期 2019-09-18

不同区域的污染状况,深入分析流域突出的环境问题和污染原因,结合国家“水十条”和长江经济带环境保护要求^[6-7],提出相应的流域治理对策。



图1 花溪河流域相对位置
Fig.1 Relative location of Huaxi River Basin

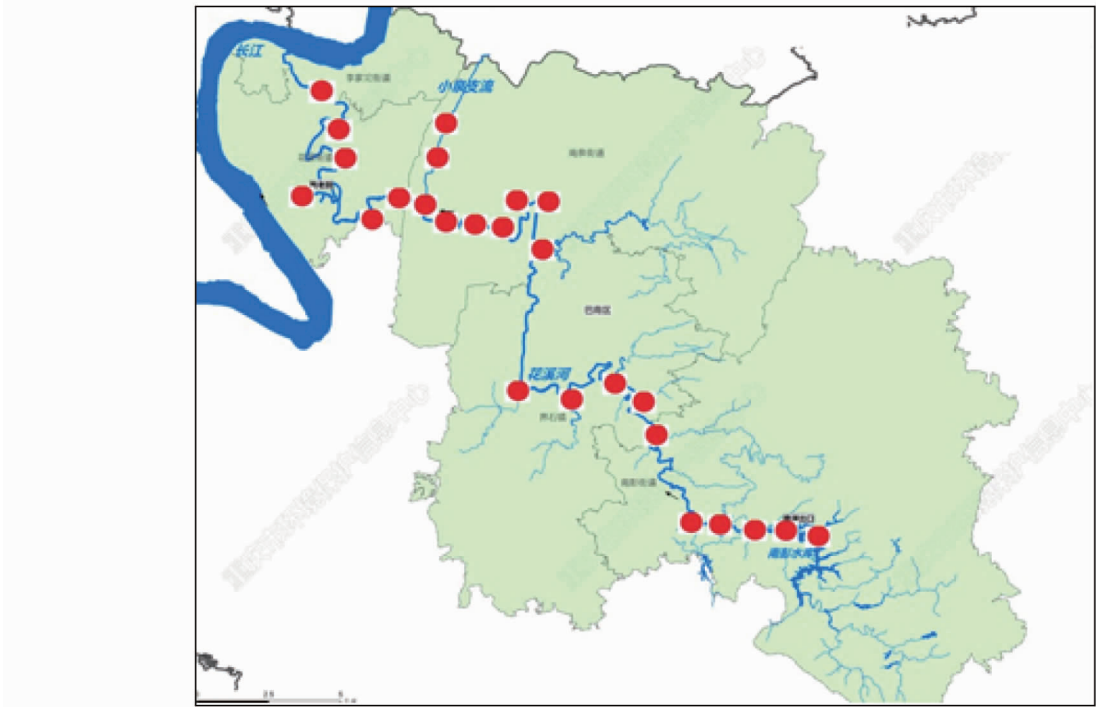


图2 花溪河流域监测断面分布
Fig.2 Distribution of monitoring sections in Huaxi River Basin

2 花溪河流域污染状况

2.1 水体污染状况

2.1.1 COD。花溪河流域水质 COD 变化为 8~74 mg/L,流域内 COD 最高值为 74 mg/L,出现在南泉街道的头滩电灌站(图 3)。南彭街道位于流域源头,南湖水库、鱼塘出口、甘家湾支流汇入口前段处于达标状态,但在甘家湾支流和八仙桥支流汇入口污染带汇入造成水质明显变差,COD 由最低的 6 mg/L 增加到 27 mg/L。而后进入界石街道,由于半边河支流的汇入稀释作用,COD 下降为 12 mg/L,之后因截污干管常年溢流,尹氏祠支流汇入口 COD 迅速升高为 32 mg/L,随后因流动消解和稀释作用经过东城大道公交车站在新玉村支流汇入口 COD 下降为 8 mg/L。进入界石镇后,由于堤坝滞流和人口持续增加以及面源污染影响,COD 浓度持续快速上升,在头滩电灌站到达流域峰值。而后进入南泉街道,经过南温泉森林公园,流域水体自净能力加强,COD 又持续降低。最终流入花溪街道,由于花溪街道和李家沱为巴南区城区所在地,人口众多,因此 COD 持续保持高位,部分断面甚至超过 40 mg/L,普遍达到劣 V 类状态。

2.1.2 氨氮。花溪河流域水质氨氮变化为 0.069~4.890 mg/L,流域内氨氮最高值为 4.890 mg/L,出现在小泉支流入河口(图 4)。花溪河源头的南彭街道南湖水库、鱼塘出口、甘家湾支流汇入口前段处于达标状态,甘家湾支流汇入口氨氮出现轻微上升,氨氮指标仍旧能够达 II 类水质,但八仙桥支流污染带汇入造成水质明显变差,氨氮增加到 1.170 mg/L。而后进入界石街道,由于半边河支流的汇入稀释作用,氨氮下降为 0.105 mg/L,之后因截污干管常年溢流,尹氏祠支流汇入口氨氮迅速上升为 2.730 mg/L,随后因流动

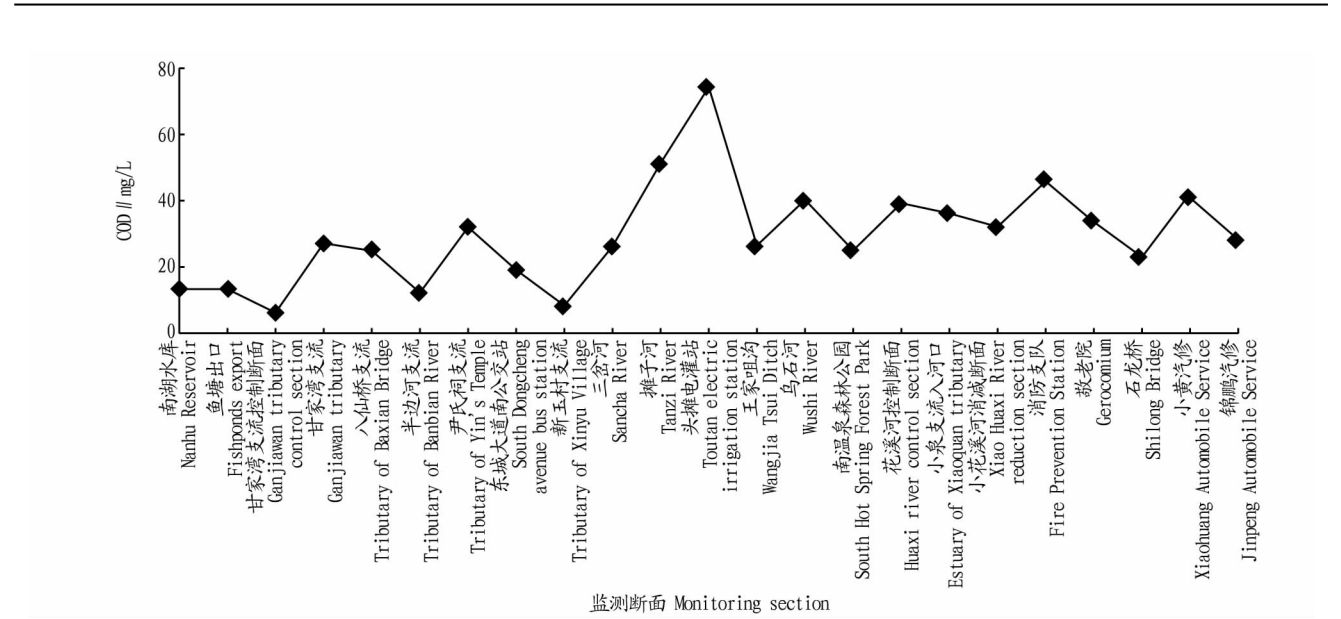


图 3 花溪河流域 COD 变化

Fig.3 COD changes in Huaxi River Basin

消解和稀释作用经过东城大道公交车站在新玉村支流汇入口氨氮下降为 0.311 mg/L。进入界石镇后由于截污管网建设严重滞后,生活污水散排问题严重,氨氮在三岔河激增为 4.200 mg/L,随后在界石污水处理厂和场镇污水管网的截流处理作用下,虽然区域人口持续增加,但氨氮指标出现下降。而后进入南泉街道,经过南温泉森林公园,流域水体自净能力加强,氨氮继续持续降低,但由于小泉支流洗车场、小作坊等“散乱污”企业的大量污水直排,在小泉支流汇入口氨氮迅速到达流域峰值。最终流入巴南区城市建成区花溪街道,总体上氨氮呈下降趋势,但由于该区域人口众多,污水处理厂超负荷运行,收集管网缺失比较严重,污水溢流、直排等问题仍非常突出,造成氨氮持续保持高位,普遍达到劣 V 类状态。

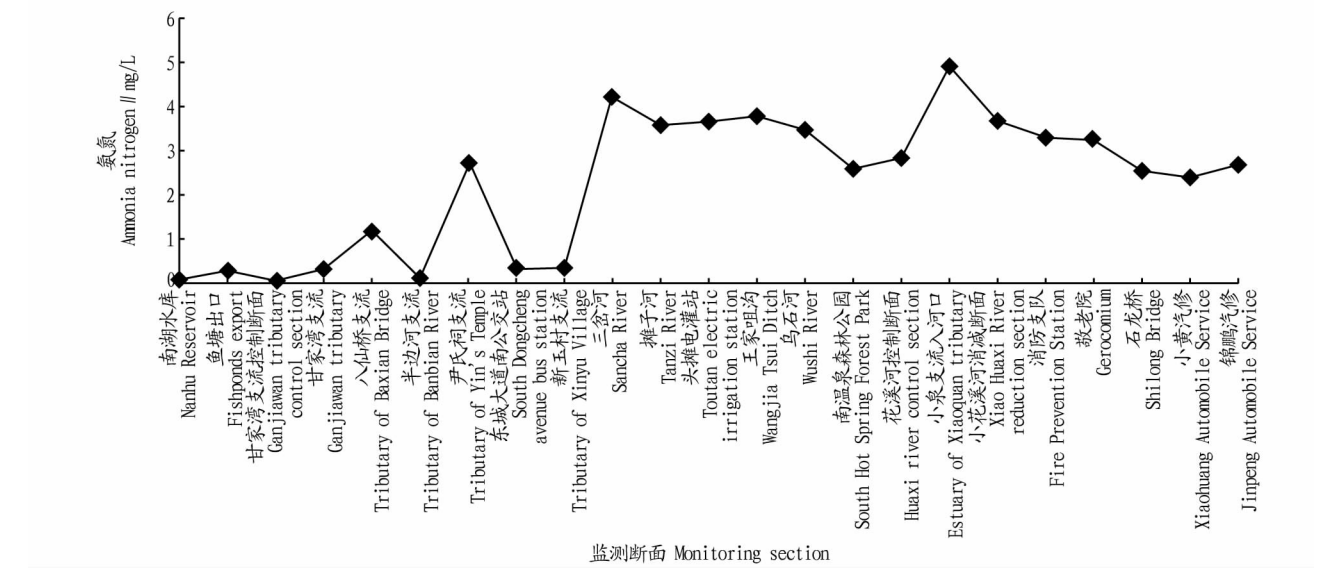


图 4 花溪河流域氨氮变化

Fig.4 Ammonia nitrogen changes in Huaxi River Basin

2.1.3 TP。花溪河流域水质 TP 变化为 0.04~0.70 mg/L,流域内 TP 最高值为 0.70 mg/L,出现在小泉支流入口(图 5)。花溪河源头的南彭街道南湖水库、鱼塘出口、甘家湾支流汇入口前段处于达标状态,TP 增加到 0.33 mg/L。而后进入界石街道,由于半边河支流的汇入稀释作用,TP 下降为 0.06 mg/L,之后因截污干管常年溢流,尹氏祠支流汇入口 TP 迅速上升为 0.46 mg/L,随后因稀释作用经过东城大道公交车站在新玉村支流汇入口 TP 下降为 0.12 mg/L。随着 TP 的迁移累积,从界石镇三岔河至南温泉街道小泉支流汇入口,TP 一路攀升达到峰值,达 0.70 mg/L。最终流入巴南区城市建成区花溪街道,由于该区域人口众多,污水处理厂超负荷运行,收集管网缺失比较严重,污水溢流、直排等问题仍非常突出,造成 TP 持续保持高位,普遍达到劣 V 类状态。

综上,花溪河流域源头水质总体较好,干流中上段城乡结合部区域的甘家湾支流和八仙桥支流汇入后水质总体变

差,尹氏祠支流污染非常严重,花溪河水质迅速恶化。干流中段城市边缘区域以及工业集聚区 COD、氨氮和 TP 均出现快速上升,在干流流经下段的城市建成区后迅速全面恶化为劣 V 类水质。在布设的 25 个监测断面中,17 个断面为劣 V

类水质,其中巴南区 15 个,南岸区 2 个,占断面总数的 68%。主要污染因子为 TP、COD 和氨氮,超过Ⅲ类水质断面比例分别为 80%、72%和 72%。

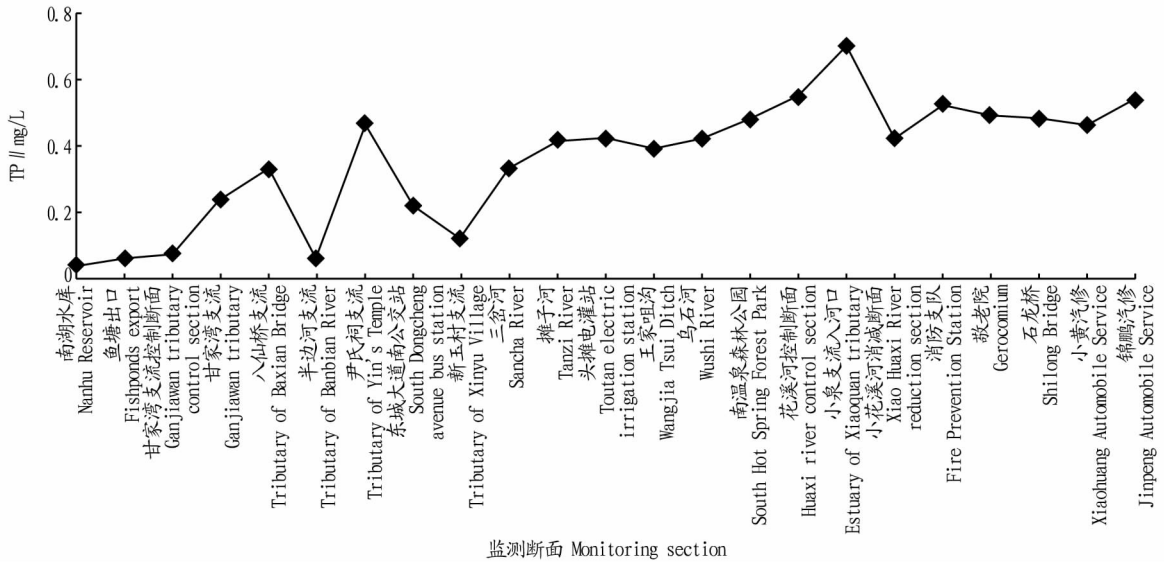


图5 花溪河流域 TP 变化

Fig.5 TP changes in Huaxi River Basin

2.2 突出环境问题 调查发现花溪河流域污染物排放总量已大幅超出水环境容量,水体已基本丧失自净能力,其中 3 个问题尤为突出。

2.2.1 “小散乱”工业企业污染问题严重。流域内有各类企业 1 500 余家,其中近 1/3 为“小散乱”企业和作坊未办理工商注册,属于违章建筑,无污染防治设施或污染防治设施不完备,不能对产生的污水进行有效收集处理。

2.2.2 污水管网建设管理问题突出。缺乏可持续的发展建设规划以及配套的管网建设规划,导致流域范围内管网建设总体滞后,例如南泉街道、南彭街道、界石镇等城乡结合部,大量居民聚居点未对污水进行收集,通过小支流、小冲沟直接汇入花溪河。

2.2.3 流域污水处理能力不足。花溪河流域现有生活污水处理厂共 6 座,总处理能力 10.8 万 t/d,目前实际总处理规模已达 10.6 万 t/d,处理能力已接近饱和,李家沱、界石、鹿角等污水处理厂已处于满负荷运行状态。

2.3 污染原因分析 流域产业发展和规划建设主管部门之间缺乏以资源环境承载力来综合考量区域、流域发展规划的顶层设计与协作机制,没有形成科学、合理、有序的空间开发格局,造成流域内各类建设“野蛮生长”。

流域缺乏系统性和预期性的治理体系,相关部门各自为政,多头治水收效甚微,环保设施建设滞后于流域其他社会基础设施建设,设计规模不能满足流域发展需求,导致陷入“缺、漏、补”反复不断地打补丁式的被动治污局面。

流域内城乡建设监管严重缺位,大量私搭乱建和无证经营的小作坊、餐饮部、洗车场等长期污水直排未取缔。同时,贯彻落实河长制不严、不细、不实,例如花溪河支流乌石河河

长责任牌醒目地竖立在臭水河段旁,但现场却看不到任何治污措施。

未建立长期、稳定、连续的治理资金投入机制,流域污染治理资金投入不足,难以形成规模化的治污效应,同时流域内为打造景观兴建闸坝,一定程度滞缓水体流动,对流域水环境质量造成影响。

3 流域污染防治对策

3.1 堵源头 制定出台流域发展和水体达标规划,明确流域资源环境承载底线,结合区域山地型城市特点,科学确定优化开发、限制开发和禁止开发的空间布局,规范空间开发秩序,明确开发方向,控制开发强度,提高开发效率,形成合理的空间开发结构^[8]。

3.2 治污染 建立科学性、系统性的治理体系和治污路径,推动“当前治标”和“长久治本”双管齐下,“岸上治理”和“岸下治理”共同发力,抓紧补齐环境管理和环保基础设施短板,坚决取缔清理“散乱污”企业、作坊;集中治理管网缺失、管道破损、管线不畅以及雨污合流等问题;加快推进流域污水处理厂新、改、扩和提标工程建设,基本实现流域污水全收集、全处理。

3.3 建机制 深化上下游联防联控机制,鼓励建立流域生态补偿机制^[9]。建立流域上下游街镇联防联控机制,完善督查考核机制和资金投入机制,切实贯彻落实河长制,健全各级河长定期巡河机制,深入推进实施流域发展和水体达标规划^[10],严格执行产业禁投清单,加快经济结构转型升级,着力加强流域水生态修复,逐步恢复流域水体自净能力。

参考文献

[1] 何先伟,刘聪林,亢洋,等.小流域水体污染对周边环境影响研究:以花溪河流域为例[J].国土与自然资源研究,2009(3):43-44.

(下转第 63 页)

达曲、泥曲 3 条河流顺其山脉走向流经县境,为常年性河流,水文特征较为稳定,故其聚集区坡度较低。其他用地在西部和南部呈现 HH 聚集,由于其他用地主要是自然保留地,是目前还未利用的土地,包括难利用地、撂荒地等,西部和南部为甘孜县城镇建设区域,该区不合理的土地利用会造成土地退化,且当地为生态脆弱区,土地利用难度较大,一旦出现土地退化现象,恢复难度较大,故其他用地大面积聚集。

3 结论

该研究基于甘孜县土地利用数据及 DEM 数据,划分 346 个网格单元,以每个单元内各地类面积为观测量分别计算了全局和局部空间自相关莫兰指数(Moran's I),绘制 LISA 分布图,结合海拔和坡度因子进一步分析了甘孜县各地类呈显著集聚区的地形特征,主要结论如下:

(1) 甘孜县土地利用类型空间聚集性耕地、林地、草地、水域及其他用地 4 种地类在置信度 95% 的水平 Moran's I 指数均为正值,表明甘孜县这 4 种地类的空间分布均呈现了显著的空间聚集性;建设用地未通过显著性检验,无空间聚集,为随机分布。

(2) 甘孜县耕地 HH 聚集主要发生在县域南部的雅砻江河谷沿岸,林地在县域东部谷地呈现出显著的 HH 聚集,草地在县域北部表现出了显著的 HH 聚集特征,而耕地、林地和草地在县域东部及西部少数区域呈显著 LL 聚集;水域主要在中北部和南部呈现 HH 聚集;其他用地主要在西部和南部呈现 HH 聚集。

(3) 结合由 DEM 提取的海拔、坡度 2 个地形因子和 LISA 分布图,分析各地类 HH 和 LL 聚集的地形特征,地形条件是甘孜县各土地利用类型聚集或异常的空间特征的重要因素。

(上接第 58 页)

- [2] 赵越,王东,马乐宽,等.实施以控制单元为空间基础的流域水污染防治[J].环境保护,2017(24):13-16.
- [3] 重庆市巴南区人民政府.重庆市巴南区人民政府.巴南区花溪河流域水体达标方案(2019—2021)[Z].2019-08-07.
- [4] 重庆市水利局.南彭水库水源保护工程实施方案评估报告[Z].重庆市水利局,2011.
- [5] 国家环境保护总局.地表水环境质量标准:GB 3838—2002[S].4 版.北京:中国环境科学出版社,2002.

参考文献

- [1] 林琳,马飞.广州市人口老龄化的空间分布及趋势[J].地理研究,2007,26(5):1043-1054.
- [2] 黎夏.珠江三角洲发展走廊 1988—1997 年土地利用变化特征的空间分析[J].自然资源学报,2004,19(3):307-315.
- [3] 赵作权.地理空间分布整体统计研究进展[J].地理科学进展,2009,28(1):1-8.
- [4] 田红霞,郑海霞.太原市中心城区建设用集约利用空间相关性分析[J].山西农经,2018(1):35-37.
- [5] 曾豪.土地利用格局及其空间自相关动态变化分析:以四川中江县为例[D].成都:成都理工大学,2017.
- [6] 谷建立,张海涛,陈家良,等.基于 DEM 的县域土地利用空间自相关格局分析[J].农业工程学报,2012,28(23):216-224.
- [7] 汪煜,朱振宇,刘玥.基于 DEM 的土地利用空间自相关格局分析[J].安徽农业科学,2014,42(23):8009-8013.
- [8] 赵东娟,齐伟,赵胜亭,等.基于 GIS 的山区县域土地利用格局优化研究[J].农业工程学报,2008,24(2):101-106.
- [9] 贾宁凤,段建南,乔志敏.土地利用空间分布与地形因子相关性分析方法[J].经济地理,2007,27(2):310-312.
- [10] 孟斌,王劲峰,张文忠,等.基于空间分析方法的区域差异研究[J].地理科学,2005,25(4):393-400.
- [11] 付金霞,郑粉莉,李媛媛.小理河流域土地利用空间自相关格局与影响因素分析[J].农业机械学报,2017,48(1):128-138.
- [12] 庞宇凤,周德全.基于空间自相关的县域土地覆盖空间特征分析[J].贵州师范学院学报,2015,31(3):41-45.
- [13] 焦利民,刘耀林,刘艳芳.区域城镇基准地价水平的空间自相关格局分析[J].武汉大学学报(信息科学版),2009,34(7):873-877.
- [14] 陈彦光.基于 Moran 统计量的空间自相关理论发展和方法改进[J].地理研究,2009,28(6):1449-1463.
- [15] ANSELIN L. Local indicators of spatial association—LISA[J]. Geographical analysis, 1995, 27(2):93-115.
- [16] ANSELIN L, SYABRI I, KHO Y. GeoDa: An introduction to spatial data analysis[J]. Geographical analysis, 2006, 38(1):5-22.
- [17] LI H F, CALDER C A, CRESSIE N. Beyond Moran's I: Testing for spatial dependence based on the spatial autoregressive model[J]. Geographical analysis, 2007, 39(4):357-375.
- [18] 吴静,何必,李海涛. ArcGIS 9.3 Desktop 地理信息系统应用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2011.
- [19] 杨昕,汤国安,刘学军,等.数字地形分析的理论、方法与应用[J].地理学报,2009,64(9):1058-1070.
- [6] 国务院.水污染防治行动计划[N].中国环境报,2015-04-17(002).
- [7] 环境保护部,发展改革委,水利部.长江经济带生态环境保护规划[Z].2017-07-03.
- [8] 吴舜泽,王东,马乐宽,等.向水污染宣战的行动纲领——《水污染防治行动计划》解读[J].环境保护,2015(9):15-18.
- [9] 王金南,寇江泽.以生态补偿推动共抓长江大保护[N].人民日报,2018-09-17(014).
- [10] 王东,赵越,姚瑞华.论河长制与流域水污染防治规划的互动关系[J].环境保护,2017(9):17-19.