

温泉, 马迎群, 秦延文, 等. 成渝地区中小河流水生态环境保护存在的问题与对策 [J]. 环境工程技术学报, 2022, 12(2): 493-499.

WEN Q, MA Y Q, QIN Y W, et al. Problems and countermeasures for water ecological environment protection of small and medium-sized rivers in Chengdu-Chongqing area [J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2022, 12(2): 493-499.

成渝地区中小河流水生态环境保护存在的问题与对策

温泉¹, 马迎群¹, 秦延文^{1*}, 迟明慧¹, 张雷¹, 时瑶¹, 曹伟¹, 任春平², 赵丽³

1. 中国环境科学研究院水生态环境研究所

2. 四川省环境政策研究与规划院

3. 重庆市生态环境研究院生态价值与健康研究中心

摘要 为进一步保护成渝地区水生态环境质量, 筑牢长江上游生态安全屏障, 围绕成渝地区河流水质污染特征, 剖析了中小河流水生态环境保护存在的问题, 提出了加强成渝地区中小河流水生态环境保护的对策建议。结果表明: 成渝地区水环境质量呈逐步改善趋势, 水质污染主要集中在中小河流, 特别是跨界河流水质超标频度较高; 中小河流水质污染主要集中在2—6月, 说明区域水质主要受点源污染和初期雨水冲刷的面源污染物集中入河的共同影响。水资源分布不均与高强度开发利用导致的生态流量不足, 城镇人口集聚导致的生活污染压力大, 农业面源治理难度大导致的长期高污染负荷, 上下游联防联控机制不完善造成的跨界河流污染防治难度大, 是造成成渝地区中小河流水质污染突出的主要原因。建议加强中小河流的生态流量保障, 厂网齐抓推进城镇生活污水处理提质增效, 多管齐下提升农业农村面源污染防治水平, 流域统筹推进水环境管理水平。

关键词 中小河流; 成渝地区; 水污染特征; 问题诊断; 政策建议

中图分类号: X522 文章编号: 1674-991X(2022)02-0493-07 doi: 10.12153/j.issn.1674-991X.20210639

Problems and countermeasures for water ecological environment protection of small and medium-sized rivers in Chengdu-Chongqing area

WEN Quan¹, MA Yingqun¹, QIN Yanwen^{1*}, CHI Minghui¹, ZHANG Lei¹, SHI Yao¹,
CAO Wei¹, REN Chunping², ZHAO Li³

1. Institute of Water Ecology and Environment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences

2. Sichuan Academy of Environmental Policy and Planning

3. Ecological Value and Health Research Center, Chongqing Academy of Eco-environmental Sciences

Abstract To further protect the water eco-environmental quality in Chengdu-Chongqing area and build a strong ecological security barrier in the upper reaches of the Yangtze River, the problems existing in the water environmental protection of small and medium-sized rivers were analyzed based on the pollution characteristics of water quality in Chengdu-Chongqing area. Countermeasures were put forward to strengthen the water environmental protection of small and medium-sized rivers. The results showed that: 1) The water quality in Chengdu-Chongqing area was gradually improving. The water pollution was mainly concentrated in small and medium-sized rivers, especially in the transboundary rivers, where the water quality exceeded the standard frequently. The water quality pollution of small and medium-sized rivers in the region mainly appeared from February to June, indicating that the regional water quality was jointly affected by the point source pollution and the non-point source pollutants which were flowed into the river with the initial rainwater. 2) The main reasons for the prominent water quality pollution of small and medium-sized rivers in Chengdu-Chongqing area included: the insufficient ecological flow caused by uneven distribution of water resources and high-intensity development, the high domestic source pollution caused by urban population agglomeration, the long-term high pollution load caused by the difficulty in non-point source pollution control, and the difficulty in water quality protection of transboundary rivers caused by incomplete mechanism in upstream and downstream joint prevention and control. 3) It was suggested to strengthen the

收稿日期: 2021-11-05

基金项目: 长江生态环境保护修复联合研究项目(第一期)(2019-LHYJ-01-0205-37)

作者简介: 温泉 (1987—), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事流域水环境管理研究, wenquan@craes.org.cn

* 责任作者: 秦延文 (1973—), 女, 研究员, 博士, 主要从事流域水环境管理、水质监测预警研究, qinyw@craes.org.cn

ecological flow guarantee of small and medium-sized rivers, pay close attention to the plant and network to promote the quality and efficiency of urban domestic sewage treatment, take multiple measures to improve the prevention and control level of agricultural and rural non-point source pollution, and comprehensively promote the level of water environment management in the basin.

Key words small and medium-sized rivers; Chengdu-Chongqing area; water pollution characteristics; problem diagnosis; policy suggestion

中小河流类似大型河流的毛细血管,向干流提供水量和营养物质,其水生态环境的健康对大型河流水生态环境健康起着至关重要的作用^[1]。我国中小河流数量多、分布广,流域面积为 200~3 000 km² 的中小河流有 9 900 多条。中小河流两岸环境条件复杂,沿岸多分布着城镇、村庄和农田^[2-3],其又是区域生产生活用水的主要来源和污染负荷排放的接纳者,社会经济发展与水生态环境保护矛盾往往较突出,导致河流水质污染严重,水生态健康状况较差^[4]。目前对河流水生态环境保护的研究主要集中在我国七大河流及其大型一级支流^[5-8],已有对中小河流的研究主要关注洪水治理^[9-12],而对中小河流水生态环境保护的研究较少。

成渝地区位于长江上游,包括重庆市的中心城区及万州、涪陵、綦江、大足、黔江、长寿、江津、合川、永川、南川、璧山、铜梁、潼南、荣昌、梁平、丰都、垫江、忠县等 27 个区(县)以及开州、云阳的部

分地区,四川省的成都、自贡、泸州、德阳、绵阳、遂宁、内江、乐山、南充、眉山、宜宾、广安、达州、雅安、资阳 15 个市,总面积为 18.5 万 km²,2019 年常住人口为 9 600 万人,地区生产总值近 6.3 万亿元,占全国的 6.3%,是我国西部社会经济最发达的地区,也是三峡库区水污染负荷的主要来源。

成渝地区地形以平原、丘陵和中低山地为主,西高东低。区域内水系发达,各级河流呈树状结构分布,中小河流密布,流域面积在 50 km² 以上的中小河流达千余条(图 1),具有供水、灌溉和防洪等多种功能,是维系区域高质量发展和民生福祉的生命线,同时,也是沿岸生产生活排放的污染负荷汇入大江大河的主要通道。水资源不合理开发、城镇人口集聚带来的生活污染及长期存在的农业面源污染,导致中小河流水质污染问题突出,保护成渝地区中小河流的水生态环境,实现“毛细血管”良性循环,对于筑牢长江上游水生态安全屏障具有重要意义。

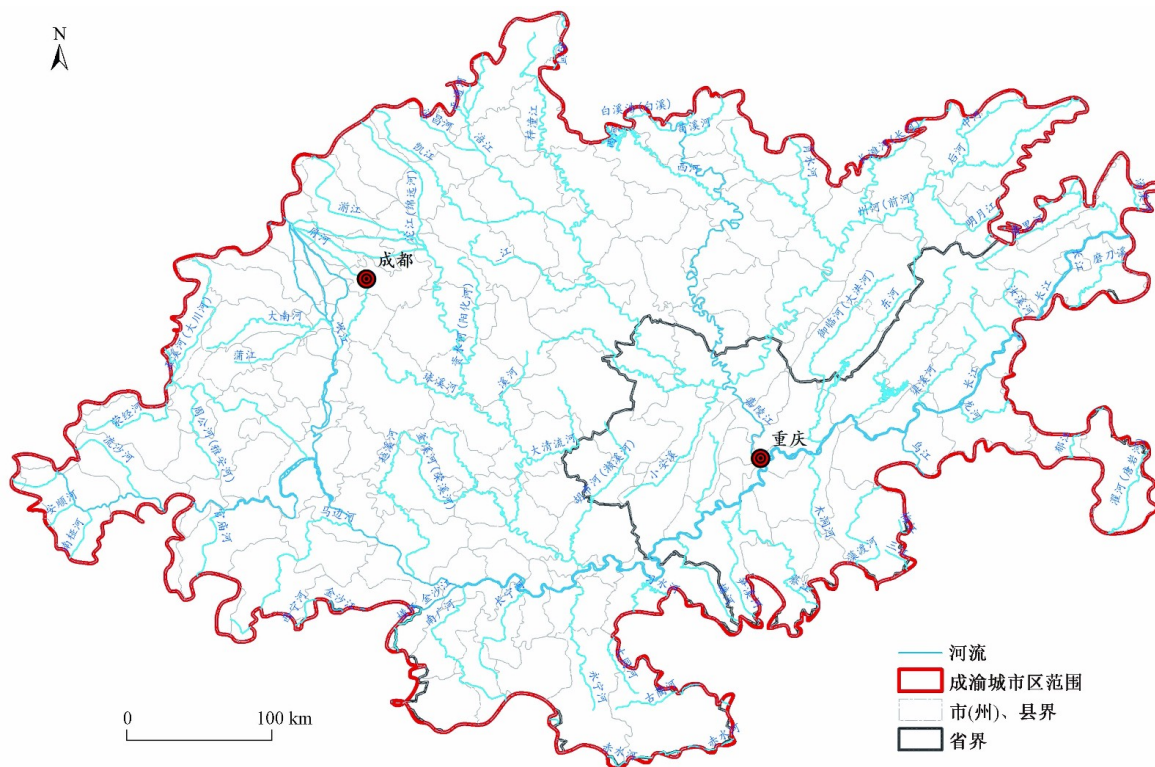


图 1 成渝地区水系

Fig.1 River system of Chengdu-Chongqing area

1 成渝地区河流水质现状

1.1 干支流水质稳步改善，不达标断面集中在支流

根据 2015—2020 年《四川省生态环境状况公报》和《重庆市生态环境状况公报》^[13-16]，“十三五”期间，随着区域水污染防治工作的不断深入，成渝地区水环境质量呈逐年改善趋势(表 1)。岷江、沱江干

流断面水质优良(GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅰ类~Ⅲ类)比例分别较 2015 年上升了 86.7、53.8 个百分点，2020 年嘉陵江、岷江、沱江等干流水质全部达到优良。区域水质不达标断面全部集中在支流，2020 年沱江、岷江和长江(重庆段)支流断面水质仍未达到优良的比例分别为 22.7%、7.7%、5.6%，其水质改善是区域水环境质量提升的关键所在。

表 1 2015—2020 年成渝地区主要大型河流干支流水质达标断面数与达标率

Table 1 Number and rate of water quality up-to-standard sections of main large rivers and tributaries in Chengdu-Chongqing area from 2015 to 2020

年份	沱江		岷江		嘉陵江(四川段)		长江(重庆段)	
	干流	支流	干流	支流	干流	支流	干流	支流
2015	(13.3%)	(21.7%)	(46.2%)	(56.0%)	(100%)	(91.4%)	15(100%)	119(81.5%)
2016	0(0.00%)	4(18.2%)	8(61.5%)	16(61.5%)	9(100%)	32(82.1%)	15(100%)	155(79.1%)
2017	0(0.00%)	5(22.7%)	10(76.9%)	16(61.5%)	9(100%)	34(87.2%)	15(100%)	162(82.6%)
2018	12(85.7%)	5(22.7%)	13(100%)	16(61.5%)	9(100%)	36(92.3%)	15(100%)	159(81.1%)
2019	14(100%)	14(63.6%)	12(100%)	20(76.9%)	9(100%)	39(100%)	15(100%)	172(87.8%)
2020	14(100%)	17(77.3%)	13(100%)	24(92.3%)	9(100%)	39(100%)	15(100%)	185(94.4%)

注: 括号中数字为达标率。

1.2 中小河流污染严重，跨界断面超标频繁

目前成渝地区中小河流水文和水质监测站覆盖率低，已开展水质监测的中小河流多为跨行政区河流。从 2020 年四川省 343 个国家、省级考核断面水质监测数据看，未达到优良水质的 23 个断面均分布于成渝地区的 19 条小流域(表 2)。如芝溪河、长滩寺河、东柳河等均为Ⅴ类水质，釜溪河、阳化河呈全流域污染态势，主要污染因子为化学需氧量(COD_{Cr})、高锰酸盐指数(COD_{Mn})与总磷(TP)。从断面性质看，未达标断面主要为跨界断面，其中省界断面 5 个，市界断面 6 个，县界断面 7 个。

1.3 枯/平水期水质污染严重，点源与面源污染共存

从 2019—2020 年四川省岷江、沱江、嘉陵江流域中小河流逐月水质类别(图 2)可知，水质优良断面比例最低出现在 5 月，2—6 月水质优良断面比例显著低于 7—12 月和 1 月，结合区域降水量，成渝地区中小河流在枯水期和 4—5 月的平水期水质污染较严重，区域水质可能主要受点源污染和初期雨水冲刷的面源污染物集中入河影响。

2 成渝地区中小河流水环境保护存在的问题

2.1 水资源分布不均与高强度开发利用导致生态流量不足

(1)水资源分布不均，枯水期水环境容量不足。成渝地区属亚热带湿润季风气候区，雨量充沛，但年

内分布不均，5—10 月降水量占全年降水量的 80%，流域水资源“丰欠失衡”。成渝地区中小河流大多数属于雨源性河流，受降水量差异影响，丰、枯水期径流量差异极大，而枯水期流量较小，部分河道水流甚至由污水汇流而成，水环境容量难以满足区域生产生活需求，导致水污染加剧。

(2)水资源开发利用强度高，加剧河道缺水与水质污染程度。成渝地区城镇密布，产业集聚，生产生活用水需求量高。受区域丘陵地貌影响，中小河流大多流程短、汇流面积小，可利用地表水资源量少与开发利用需求高矛盾突出，区域内很多河流已呈过度开发利用态势，如临江河、濑溪河和璧南河水资源开发利用率分别为 60%、46% 和 40%，临江河、濑溪河等局部河段甚至断流，加大水质污染程度。

(3)闸坝导致的河流碎片化状态，使生态流量难以保障。据调查，沱江流域的青白江、鸭子河、石亭江、釜溪河、濑溪河等支流上水电、船闸密布，而重庆市仅永川区的河流上就建有 517 座小型堰坝。大量闸坝不但导致河流碎片化状态，而且由于闸坝阻隔及区间农灌取水影响，河流生态流量下泄过程被大幅削减，进一步降低了水环境容量。

2.2 人口集聚与环境基础设施不完善导致生活污染排放量大

根据《第二次全国污染源普查公报》^[17-18]，2017 年重庆市和四川省水污染物来源以生活源和农

表 2 2020 年四川省水质未达优良断面信息

Table 2 Information of sections with poor water quality in Sichuan Province in 2020

重点流域	河流名称	断面名称	断面类别	水质类别	超标因子(超标倍数)
涪江	坛罐窑河	白鹤桥	省界(川—渝)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.01)
	芝溪河	涪山坝	县界(蓬溪县—船山区)	V	TP(0.61)
嘉陵江	长滩寺河	郭家坝	入嘉陵江	V	COD _{Mn} (0.02)、COD _{Cr} (0.11)、TP(0.61)
岷江	体泉河	体泉河口		Ⅳ	TP(0.19)
	茫溪河	茫溪大桥		Ⅳ	TP(0.18)
琼江	姚市河	白沙	省界(川—渝)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.14)、COD _{Mn} (0.01)
渠江	平滩河	牛角滩	省界(川—渝)	Ⅳ	NH ₃ -N(0.39)、TP(0.25)、COD _{Cr} (0.01)
	东柳河	墩子河	县界(大竹县—渠县)	V	TP(0.57)
沱江	阳化河	红日河大桥	市界(成都市—资阳市)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.17)
	隆昌河	九曲河	市界(内江市—泸州市)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.22)、COD _{Mn} (0.11)
	富顺河	碾子湾村	市界(成都市—德阳市)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.37)、COD _{Mn} (0.01)
	釜溪河	宋渡大桥	入沱江、县界(市中区—富顺县)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.25)
	釜溪河	碳研所		Ⅳ	COD _{Mn} (0.04)、COD _{Cr} (0.26)、TP(0.32)
	索溪河	谢家桥	市界(资阳市—成都市)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.04)
	旭水河	叶家滩	县界(荣县—贡井区)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.04)
	小濛溪河	资安桥	市界(资阳市—内江市)	Ⅳ	BOD(0.21)、COD _{Mn} (0.1)
	阳化河	巷子口		Ⅳ	COD _{Cr} (0.05)
	旭水河	雷公滩		Ⅳ	COD _{Cr} (0.47)
	釜溪河	双河口	市界(自贡市—内江市)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.31)
	环溪河	兰家桥	县界(金堂县—简阳市)	Ⅳ	COD _{Mn} (0.03)、COD _{Cr} (0.33)
	大濛溪河	肖家鼓堰码头	县界(乐至县—雁江区)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.01)
	小阳化河	万安桥	县界(乐至县—雁江区)	Ⅳ	COD _{Mn} (0.14)、COD _{Cr} (0.3)
	濛溪河	天竺寺大桥	省界(渝—川)	Ⅳ	
长江	大陆溪	四明水厂	省界(川—渝)	Ⅳ	COD _{Cr} (0.17)、COD _{Mn} (0.04)

注: 括号中数字为超标倍数。

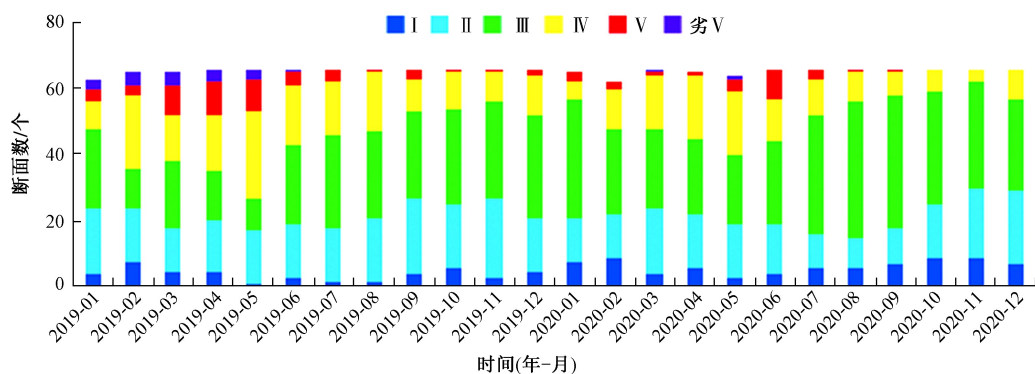


图 2 2019—2020 年四川省岷江、沱江、嘉陵江流域中小河流逐月水质类别分布

Fig.2 Water quality categories of small and medium-sized rivers in Minjiang River, Tuojiang River and Jialing River Basins in Sichuan Province from 2019 to 2020

业源为主,其中生活源排放的 COD_{Cr}、氨氮(NH₃-N)、总氮(TN)负荷占比最高,农业源排放的 TP 负荷占比最高(图 3)。

成渝地区是我国城镇分布最密集的区域之一,

每万 km² 有城镇 113 个,远高于我国西部(12 个)和全国平均(23 个)。城镇主要分散于四、五级支流等中小河流域。从基础设施建设看,城镇污水收集管网系统建设欠账仍较多,绝大多数集镇污水处理厂

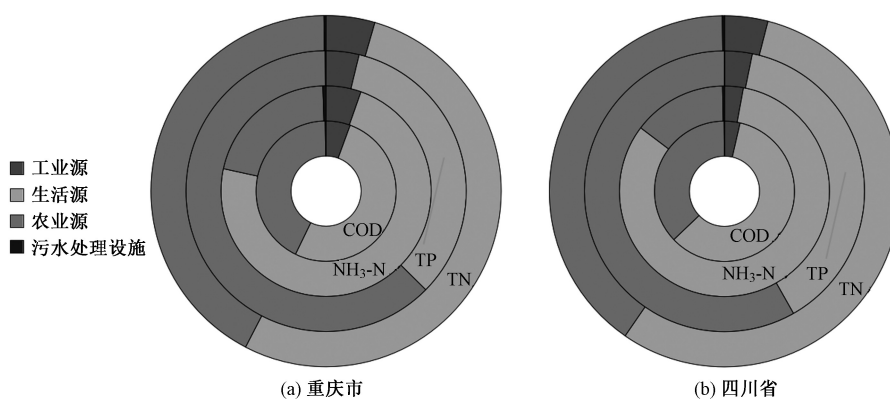


图3 四川省和重庆市水污染负荷来源

Fig.3 Sources of water pollution load in Sichuan Province and Chongqing Municipality

配套建设了一级截污干管,但缺少二、三级支管;城区主干管网缺乏定期的维护与管理,堵塞、腐蚀严重,塌陷、接头错位等问题突出,如重庆永川老城区和新城区管网病害率分别为70%和30%;受山区地形条件和建设成本限制,集镇污水干管埋设于河床中成为压力管道,管道堵塞或者漏损时有发生。受管网影响,成渝地区集镇污水处理厂污水收集率低,污水处理厂负荷率不足,如重庆市云阳县、荣昌区、永川区等地集镇污水收集率大部分低于80%,多个乡镇污水处理厂污水负荷率甚至不到30%。由于管网不全及雨污合流,重庆市多个镇级污水处理厂进水 COD_{Cr} 低于100 mg/L,碳氮比失衡,TN、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率低,污水处理效益难以有效发挥。

成渝地区农村人口数量大,居住分散,受经济条件、地形地貌、技术工艺及群众环保意识等因素所限,大多数农村都未建设污水处理设施,生活污水直排现象严重。如重庆永川区63座村级水厂污水设计处理能力总计为15 490 t/d,实际处理量6 516.3 t/d,远低于区域62.4万农村人口生活污水处理需求。同时,受污水处理设施运行资金不足、管理不到位和专业技术人员匮乏等因素影响,部分农村地区建好的污水处理厂处于瘫痪状态或不正常运行,出水水质不能稳定达标。

2.3 农业面源污染长期存在,治理难度大

成都平原是我国九大粮食产区之一,粮食种植面积大,传统的农业种植方式使得化肥和农药施用量长期居高不下。根据重庆市和四川省统计年鉴,2019年重庆市单位粮食播种面积化肥施用量为455.6 kg/hm²,四川省成渝地区涉及的15个市单位粮食播种面积化肥施用量为373.6 kg/hm²,均远超国际公认的安全上限(225 kg/hm²),加之缺少适宜的污染治理措施,当降水量较大或农田退水时,农田水直接

排入河道,对河流水质影响较大,甚至造成水质类别降级。

成渝地区是我国畜禽养殖的主要集中区域之一,根据《中国农业统计资料》和《四川统计年鉴》,2018年成渝地区生猪出栏量可达我国生猪总出栏量的10%。由于养殖布局不合理、散户过多、治污设施不完善以及未配备相应土地消纳面积等原因,畜禽养殖(特别是畜禽散养)污染治理不到位,废物综合利用严重不足。

区域水产养殖主要分布在中小河流沿岸或近岸区域,每年1—3月集中清塘时,大量鱼塘养殖废水集中排入河流,加之枯水期河流径流量小,对河流水质影响较大。目前我国水产养殖废水的排放标准仅有SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》^[19],该标准属于行业推荐性标准,未强制执行,且已发布了14年,不能满足现阶段生态环境保护对水产养殖行业的要求,水产养殖废水即便达到此标准排放要求,废水中的 COD_{Mn} 、TP等也需要4倍清水稀释才能达到GB 3838—2002 III类水质标准。

2.4 上下游联防联控机制不完善使得跨界河流污染防治难度大

川渝两地流域面积50 km²以上的跨省界河流多达51条,跨界、共界、往复游动情况复杂,其中由川入渝的河流有30条,渝入川的河流有21条,在四川省、重庆市内跨市、跨区(县)河流则更多。行政管理的条块分割,跨省、跨界协调监管措施与智慧决策系统缺乏,省际联防联控机制尚未建立,省内跨市河流协同治理、生态流量及沿线水利设施联合调度机制不完善,使得区域协调管理尚未真正实现。目前主要开展了铜钵河、濑溪河联合治理试点,流域协同立法、联合执法、信息共享、生态补偿、设施共享的联防联控机制仍需进一步完善。同时,上游生态价值

核算和下游受益程度的测算较难,致使生态补偿标准难统一,有效的横向补偿机制尚未完全建立。

3 成渝地区中小河流环境保护建议

3.1 加强中小河流的生态流量保障

保障中小河流的生态基流和连通性。完善水资源、水环境相关管理部门的协同管理机制,建立健全沿河取水管理制度,保障河道生态基流。推进拦河建筑物分类评估和生态化改造,减少河流人为阻断点,恢复河道连通性,降低河道碎片化程度。设置枯水期生态流量下泄通道和鱼类等水生动物洄游通道,促进水生生物栖息地的保护和重建,实现“有河有水、有鱼有草、人水和谐”的水生态环境保护目标。

推进生态流量管理科学化和精准化。推进生态流量估算和管理的科技成果转化支撑管理决策,结合中小型河流等级、开发程度、水文年型等因素开展河流个性化生态流量评估。建立涉水部门的联动与数据共享机制,对河道重要节点的生态流量实施动态管理。

3.2 厂网齐抓,推进城镇生活污水处理提质增效

明确问题,精准施策,推进污水处理提质增效。对成渝地区现有城市、城镇(尤其集镇)水污染治理设施及管网建设运行状况进行全面摸底排查,开展污水处理厂和污水管网系统效果评估,建立各污水处理设施及其对应管网建设运行问题清单,精准制定水污染治理设施改造方案。明确各级政府和相关企业的责任,保证任务有效落实。

加快科技成果转化应用,提升治理设施运行效率。针对城镇污水处理设施运行问题,充分发挥国家长江生态环境保护修复联合研究中心等平台作用,加强国家水体污染控制与治理科技重大专项成果转化应用,开展适用技术的“定制化”优选、集成和推荐,解决山地、丘陵地区污水收集、老旧污水处理厂升级改造、小型污水处理设施的智能化运行等技术难题,促进水污染治理设施运行效率的提升。

3.3 多管齐下,提升农业农村面源污染防治水平

推动农业高效绿色发展,推进源头减排。加大“农村生活—养殖—种植”资源循环利用模式的探索,强化与农业农村、水利、气象等部门联动,推动农业高效绿色发展。鼓励农村生活污水源头分离,完善农村生活污水再生利用标准,促进资源循环利用。

完善制度建设,强化过程监管。加强农业科学规划,合理布局设施农业。优化畜禽养殖模式和粪

污治理工艺,完善治理设施和设备,严格执行养殖场建设与粪污处理处置标准规范。推进水产养殖废水排放标准修订,制订重要养殖品种行业标准,建立渔药及环境改良剂生产市场准入制度,完善水产养殖监管依据。

探索适宜的污染治理技术,完善末端治理。深化面源污染治理技术研究,探索适宜成渝地区地理特征、经济社会发展状况、区域生产生活习惯的农业农村面源污染末端治理技术。

3.4 统筹流域管理,促进水质提升

尝试流域监管智能化,降低流域环境风险。在硬件和软件相对完备的地区,优先尝试基于大数据、物联网、地理信息系统和人工智能等技术,构建智慧流域运行管理平台,开展流域水资源调配、环境监管与决策智能化试点,逐步建立流域环境风险(环境污染、自然灾害、极端事件等)的模拟、识别、预测、预警和应急智能决策体系,有序、有力、有效推进成渝地区双城经济圈智慧流域建设。

深化流域联防联控,加强上下游协作互惠。针对重点跨界河流,以生态优先、绿色发展为引领,生态环境、水利、农业农村等部门互动,构建跨部门、跨区域水环境保护议事协调机制,形成上下游地区政府之间、政府各部门之间定期会商、联合监测、联合执法、应急联动、信息共享、生态补偿的联防联控机制。

4 结语

加强成渝地区中小河流的水生态环境保护,是提升长江上游水生态环境,筑牢长江上游生态安全屏障的重要举措。从水质变化特征看,成渝地区中小河流水质污染较为严重,特别是跨界河流水质超标频繁,水质污染主要集中在2—6月,说明区域水质主要受点源污染和初期雨水冲刷的面源污染物集中入河的共同影响。针对区域中小河流水资源分布不均与高强度开发利用导致的生态流量不足、城镇生活和农业面源污染治理不足、上下游联防联控机制不完善等问题,需进一步加强中小河流水系连通和流量监测管控,保障生态流量,推进城镇生活污水处理厂与配套管网建设,提升污染削减效率,加强源头、过程和末端管控,提升农业农村面源污染防治水平,推进上下游联防联控与职能监管,提升流域水环境管理水平。

参考文献

- [1] SU Y F, LI W M, LIU L, et al. Health assessment of small-to-

- medium sized rivers: comparison between comprehensive indicator method and biological monitoring method[J]. *Ecological Indicators*, 2021, 126: 107686.
- [2] 黄锦林. 中小河流治理工程中的生态设计理念[J]. 广东水利水电, 2015(3): 9-13.
- HUANG J L. Ecological design concept of medium and small rivers treatment project[J]. *Guangdong Water Resources and Hydropower*, 2015(3): 9-13.
- [3] 曲伟, 庞治国, 雷添杰, 等. 中小河流治理及监测监管中的遥感技术应用综述[J]. 水利水电技术, 2021, 52(7): 23-32.
- QU W, PANG Z G, LEI T J, et al. Research on the application of remote sensing technology in the management and supervision of small and medium rivers[J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2021, 52(7): 23-32.
- [4] 王昌南. 水生态保护与修复视域下的中小河流治理探讨[J]. 珠江水运, 2020(11): 82-83.
- [5] 秦延文, 马迎群, 王丽娟, 等. 长江流域总磷污染: 分布特征·来源解析·控制对策[J]. 环境科学研究, 2018, 31(1): 9-14.
- QIN Y W, MA Y Q, WANG L J, et al. Pollution of the total phosphorus in the Yangtze River Basin: distribution characteristics, source and control strategy[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2018, 31(1): 9-14.
- [6] 刘录三, 黄国鲜, 王璠, 等. 长江流域水生态环境安全主要问题、形势与对策[J]. 环境科学研究, 2020, 33(5): 1081-1090.
- LIU L S, HUANG G X, WANG F, et al. Main problems, situation and countermeasures of water eco-environment security in the Yangtze River Basin[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2020, 33(5): 1081-1090.
- [7] 李明月, 钱锋, 李丹, 等. 辽河保护区水质时空分布特征及其影响因素[J]. 环境工程技术学报, 2020, 10(6): 1043-1049.
- LI M Y, QIAN F, LI D, et al. Spatial and temporal distribution characteristics and influencing factors of water quality in Liaohe Conservation Area[J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2020, 10(6): 1043-1049.
- [8] 程兵芬, 张远, 夏瑞, 等. 汉江中下游水质时空变异与驱动因素识别[J]. 环境科学, 2021, 42(9): 4211-4221.
- CHENG B F, ZHANG Y, XIA R, et al. Temporal and spatial variations in water quality of Hanjiang River and its influencing factors in recent years[J]. *Environmental Science*, 2021, 42(9): 4211-4221.
- [9] 李鑫, 刘艳丽, 朱士江, 等. 基于新安江模型和BP神经网络的中小河流洪水模拟研究[J/OL]. 中国农村水利水电: 1-11[2021-09-28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1419.tv.20210907.1124.012.html>.
- LI XIN, LIU Y L, ZHU S J, et al. Study on flood simulation of medium and small rivers based on Xin'anjiang model and BP neural network[J/OL]. *China Rural Water and Hydropower*: 1-11[2021-09-28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1419.tv.20210907.1124.012.html>.
- [10] 万定生, 王坤, 朱跃龙, 等. 中小河流洪水预报智能调度平台关键技术[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2021, 49(3): 204-212.
- WAN D S, WANG K, ZHU Y L, et al. Key technologies of intelligent flood forecasting and dispatching platform for small and medium-sized basins[J]. *Journal of Hohai University (Natural Sciences)*, 2021, 49(3): 204-212.
- [11] 王瑞敏, 李红霞, 黄琦, 等. 基于HEC-HMS的西南山区中小河流洪水预报研究[J]. 水电能源科学, 2021, 39(1): 79-82.
- WANG R M, LI H X, HUANG Q, et al. Flood forecasting of small-medium rivers in southwest China using HEC-HMS model[J]. *Water Resources and Power*, 2021, 39(1): 79-82.
- [12] 邓志钧. 山区中小河流治理现状及措施[J]. 河南水利与南水北调, 2019, 48(2): 13-14.
- DENG Z J. Regulation of small and medium rivers in hilly region: present situation and improvement measures[J]. *Henan Water Resources & South-to-North Water Diversion*, 2019, 48(2): 13-14.
- [13] 四川省环境保护厅. 四川省生态环境状况公报: 2015—2017年[A]. 成都: 四川省环境保护厅, 2015—2017.
- [14] 四川省生态环境厅. 四川省生态环境状况公报: 2018—2020年[A]. 成都: 四川省生态环境厅, 2018—2020.
- [15] 重庆市环境保护局. 重庆市生态环境状况公报: 2015—2017年[A]. 重庆: 重庆市环境保护局, 2015—2017.
- [16] 重庆市生态环境局. 重庆市生态环境状况公报: 2018—2020年[A]. 重庆: 重庆市生态环境局, 2018—2020.
- [17] 四川省生态环境厅, 四川省统计局, 四川省农业农村厅, 等. 四川省第二次全国污染源普查公报[A/OL]. 成都: 四川省生态环境厅. [2021-09-28]. <http://sthjt.sc.gov.cn/sthjt/c104110/2020/9/21/2acc59a4a91e42a3acc9baef51a5ef.shtml>.
- [18] 重庆市第二次全国污染源普查领导小组办公室. 重庆市第二次全国污染源普查公报[A/OL]. 重庆: 重庆市生态环境局. [2021-09-28]. http://sthjj.cq.gov.cn/zwgk_249/zfxxgkzl/fdzdgknr/zdmsxx/hjgl/wrypc/202009/t20200929_7933340.html.
- [19] 农业部. 淡水池塘养殖水排放要求: SC/T 9101—2007[S/OL]. [2021-09-28]. <https://max.book118.com/html/2018/0829/8010077012001122.shtm>. ◇