

DOI: 10.20040/j.cnki.1000-7709.2025.20241970

# 基于水质水量联合调度的岷江干流污染应急处置研究

余淑园<sup>1</sup>, 刘高东<sup>2</sup>, 靳皓琛<sup>3</sup>, 邓锦山<sup>1</sup>, 江飞<sup>1</sup>, 麻泽龙<sup>1</sup>

(1. 四川省水利科学研究院, 四川 成都 610000; 2. 中国电信股份有限公司四川分公司, 四川 成都 610000;  
3. 四川省生态环境监测总站, 四川 成都 610000)

**摘要:** 针对岷江干流发生的突发水污染事件,以岷江干流下游为研究区域,构建水动力水质耦合模型,该模型能够精确模拟不同调度情景下的水流动态与水质变化。通过对比四种不同的调度策略——背景模拟(即无特殊调度措施)、犍为航电水利枢纽单独优化、龙溪口航电水利枢纽单独优化以及两枢纽同时优化,全面评估各策略对岷江干流水污染应急处置能力。结果表明,从污染物浓度峰值、污染物超标时间等角度看,采取两枢纽工程同时加大过闸流量的联合调度策略展现出了最佳的污染团处置效果。这一策略不仅显著降低了污染物浓度的峰值,还有效缩短了污染物超标时间段,从而最大限度地减轻了水体污染对环境和生态的负面影响。研究结果可为岷江干流突发水污染事件的应急处置提供参考,提高应急处置效率。

**关键词:** 水污染突发事件; 水质水量联合调度; 岷江; 水动力模型; 水质模型

**中图分类号:** TV213.4; X522

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-7709(2025)09-0029-05

## 1 概况

岷江发源于四川省阿坝藏族羌族自治州松潘县岷山南麓,流经阿坝州、成都、眉山、乐山、自贡、泸州、宜宾等地,在宜宾市流入长江。岷江干流全长735 km,流域面积 $4.54 \times 10^4 \text{ km}^2$ <sup>[1]</sup>。岷江有53.8%的干流达到水环境质量标准<sup>[2]</sup>,水质标准为Ⅲ类。作为长江上游水量最大的支流,水资源涵养和水生态环境安全有着极其重要的战略地位<sup>[3]</sup>。岷江干流下游曾发生过多起化工园区排泄引起的岷江干流污染事件,严重影响岷江流域的生产生活。水质水量联合调控是水污染控制的主要决策技术之一<sup>[4]</sup>。水质水量联合调度通过改变水利工程调度的调度运行方式,提高水环境容量改善水质状况<sup>[5]</sup>。谢凯等<sup>[6]</sup>利用湖泊水环境容量技术和多个水利控制工程调控技术等多技术融合,设计了水质水量联合调度应用系统,为调度管理提供合理的信息;彭焱梅等<sup>[7]</sup>设计了太浦闸流量分级调度方案、太浦闸水质超标分级调度方案进行水量水质模拟分析,发现水量水质联合调度可改善金泽水源地水位条件及水质指标;陈黎明

等<sup>[8]</sup>构建了黄河内蒙古段一维水动力水质耦合模型,分析了河套灌区农业退水对下游河段水质的影响,发现通过控制闸门下泄可降低下游氯化物浓度的峰值和平均值;吴孟李等<sup>[9]</sup>构建了前山河流域水量水质联合调控模型,进行优化调度方案比选,发现新建水闸利于短时间内缓解水体污染问题,改善水环境质量。由于应用闸门的联合调控和一维水动力和水质模型的方法对岷江干流水污染突发事件应急处理的研究尚不深入,故取岷江下游为研究区,即乐山大渡河汇入后至岷江汇入长江前段,全长154 km,研究区拓扑图见图1。通过不同的闸坝调控方式改变水力条件,并构建一维水动力水质模型模拟分析岷江干流多闸坝的水质水量联合调控对水污染的影响。以岷江干流化工园区突然污染下泄为例,利用HEC-RAS构

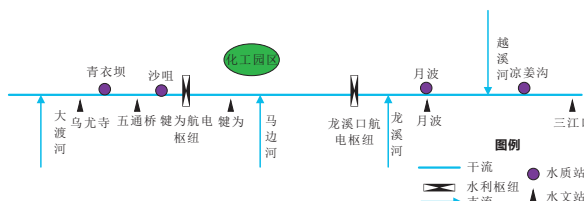


图1 研究区拓扑图

Fig. 1 Study area

收稿日期: 2024-10-21, 修回日期: 2024-11-21

基金项目: 四川省生态环境保护科技项目(2024HB28)

作者简介: 余淑园(1999-),女,硕士,研究方向为智慧水利,E-mail:2735510790@qq.com

通讯作者: 刘高东(1985-),男,工程师,研究方向为信息化管理,E-mail:15328098401@189.cn

建岷江干流下游水动力水质模型,实现对突发污染事故污染物迁移扩散的动态模拟;通过对比分析多种调度情景下的应急处理效果,包括污染物浓度峰值的变化、污染范围的扩展趋势及水质恢复所需的时间,力求找出最适宜岷江干流特性的污染防控模式;为岷江干流下游水体污染事件应急处理提供参考及岷江流域的水环境保护和可持续发展提供理论支持和实践指导。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

采用 2023 年乌尤寺水文站、五通桥水文站和三江口水文站的实测逐日流量和水质数据,以及青衣坝水质站、沙咀水质站、月波水质站和凉姜沟水质站的实测逐月水质数据。其中,水质数据来源于四川省生态环境监测总站,水文数据来源于四川省水文水资源勘测中心。数字高程模型数据 (DEM) 来源 NASA 地球科学数据网站 (<https://nasadaacs.eos.nasa.gov/>), 是 ALOS 卫星获取的高精度地形数据,空间分辨率为 12.5 m, 经过拼接裁剪生成研究区的 DEM。

### 2.2 模型基本原理

#### 2.2.1 水动力模块

河道一维非恒定流水动力分析计算采用一维 Saint-Venant 方程组<sup>[10]</sup>, 连续方程和动量方程分别为:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial Z}{\partial t} = q \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + g \frac{|Q|Q}{C^2 AR} = 0 \quad (2)$$

式中,  $Q$  为流量,  $m^3/s$ ;  $x$  为距离,  $m$ ;  $B$  为水面宽度,  $m$ ;  $Z$  为水位,  $m$ ;  $t$  为时间,  $s$ ;  $q$  为旁侧单位长度入流流量,  $m^3/s$ ;  $\alpha$  为断面不均匀系数;  $A$  为过流断面面积,  $m^2$ ;  $g$  为重力加速度,  $m/s^2$ ;  $C$  为谢才系数;  $R$  为水力半径,  $m$ 。

#### 2.2.2 水质模块

河流一维水质控制方程采用一维对流扩散方程, 其基本方程主要形式为:

$$\frac{\partial(A'C')}{\partial t} + \frac{\partial(Q'C')}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( A'E_x \frac{\partial C'}{\partial x} \right) + AdC'/dt + S \quad (3)$$

式中,  $A'$  为过水断面面积,  $m^2$ ;  $C'$  为污染物质的断面平均浓度,  $mg/L$ ;  $Q'$  为断面平均流量,  $m^3/s$ ;  $x$  为空间坐标;  $E_x$  为紊动扩散系数;  $dC'/dt$  为生化反应项;  $S$  为污染物的排放量,  $mg$ 。

### 2.3 水动力-水质模型构建

#### 2.3.1 几何数据

利用 HEC-RAS 建立水动力水质耦合模型。对 DEM 数据进行处理, 提取河网和河流横断面。上游边界为 2023 年乌尤寺水文站实测逐日流量数据, 模型下游边界为 2023 年三江口水文站实测水位数据, 模拟范围为乌尤寺至三江口段, 河段全长 147 km, 在岷江下游干流上模拟断面有 108 个, 并以其中的犍为、老渡口、月波、古柏、高场共 5 个断面为重要考核断面, 其中月波断面形状见图 2(a), 犍为断面形状见图 2(b)。模型的计算区域及计算河段的几何概化示意图见图 3。

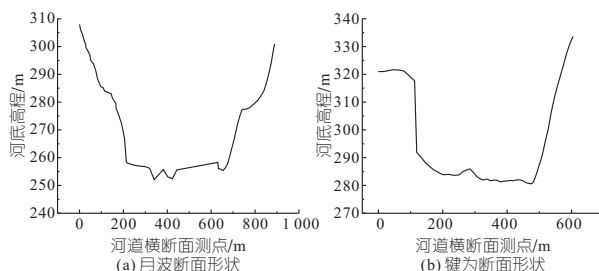


图 2 月波、犍为断面形状

Fig. 2 Yuebo, Qianwei cross-section

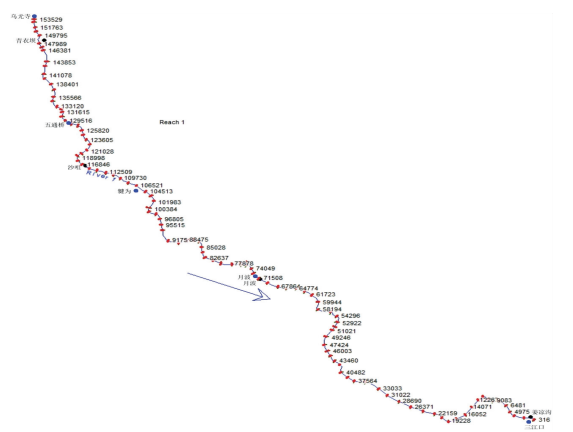


图 3 河段几何概化图

Fig. 3 Geometric generalisation of the river reach

#### 2.3.2 水动力模型参数率定及验证

水动力模型主要率定的参数为糙率<sup>[11]</sup>, 根据《水力计算手册》中天然河道糙率表初步选定糙率值为 0.03<sup>[12]</sup>, 以 2023 年 1~6 月为率定期, 2023 年 7~12 月为验证期, 模型的计算时间步长为 15 min, 结果输出步长为 1 d, 经过多次调试最终率定糙率结果为 0.025。月波站、犍为站水位模拟值与实测值对比表明, 月波站水位平均误差为 -0.03 m, 犍为站水位平均误差为 0.06 m。该误差均在允许范围 (误差  $\leq 0.20 m$ <sup>[13]</sup>) 内, 糙率的选取符合计算要求。

#### 2.3.3 水质模型参数率定及验证

选取国控断面青衣坝、月波、凉姜沟断面作为研究断面, 在水动力模型验证模拟精度的基础上

输入水质数据边界条件和气象资料。氨氮是岷江干流水体主要的耗氧污染物,氨氮浓度超标会直接影响到河流水生态环境及饮用水取水水质,故对岷江干流主要水质因子之一氨氮  $\text{NH}_3\text{-N}$  进行模拟,经过率定得出对应的离散系数。水质模型率定期与验证期与水动力模型保持一致,经过计算离散系数为 0.33。青衣坝、月波、凉姜沟  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度平均相对误差分别为 2.4%、7.0%、4.0%。青衣坝、月波、凉姜沟三个断面  $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度模拟值与实测值对比结果及  $\text{NH}_3\text{-N}$  的空间模拟结果表明,三个断面的  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度平均相对误差控制在较低水平。可见,水动力水质参数率定结果满足模型精度要求,可将模型应用于水质水量联合调度模拟研究。

### 2.3.4 污染团下泄情景设计

突发水体污染事件导致水质恶化,影响水资源有效利用,对水生态环境造成严重危害。HEC-RAS 模型可通过设置初始条件来模拟突发污染事件,计算上游污染物扩散至下游断面的时间及浓度<sup>[14]</sup>。在犍为航电枢纽的下游化工园区突发污水泄露事件时,设置模型的初始条件进行模拟。岷江在 5~9 月进入汛期,7 月进入主汛期,故在 1、7 月分别设置两场突然污染事故,分析污染团在丰水期和枯水期下泄后岷江干流下游的污染物迁移转化过程。

### 2.3.5 调度方案情景设计

当河道发生突发污染事件时,可以根据模拟结果,调整水库下泄流量以达到降低污染物浓度的目的。为应对岷江干流污染团突发事件,结合岷江干流犍为航电水利枢纽、龙溪口航电水利枢纽的特点,设计了以下 4 种调度措施:①背景模拟 M0。按照相关规划要求及近年实际调度情况控制,不考虑岷江干流水质要求。②优化犍为枢纽 M1。加大犍为枢纽闸门下泄流量,以反映犍为枢纽调度对岷江干流污染团的影响。③优化龙溪口枢纽 M2。加大龙溪口枢纽闸门下泄流量,以反映龙溪口枢纽调度对岷江干流污染团的影响。④同时优化 M3。同时优化犍为枢纽闸门下泄流量和龙溪口枢纽闸门下泄流量,以分析两水利控制工程联合调度的效果。

调度措施的流量设置详见表 1。

## 3 水质水量联合调度模拟结果

以龙溪河取水口断面和越溪河取水口断面为重要断面,根据不同调度措施分析水质变化情况,

表 1 岷江干流水质水量调度场景设计

Tab. 1 Scenario design for water quality and quantity dispatch in the Minjiang River Main Stream

序号	时期	方案	犍为流量 /( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	龙溪口流量 /( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )
1	汛期	M0(背景模拟)	1 970	2 020
2		M1(优化犍为)	3 149	2 720
3		M2(优化龙溪口)	2 520	3 660
4		M3(两闸门同时优化)	3 149	3 660
5	非汛期	M0(背景模拟)	1 159	1 340
6		M1(优化犍为)	1 451	1 670
7		M2(优化龙溪口)	1 210	1 950
8		M3(两闸门同时优化)	1 451	1 950

以污染物浓度超标时间,峰值质量浓度来评价不同调度方式的水质改善效果。

### 3.1 汛期不同调度情景下氨氮质量浓度变化

龙溪河取水口汛期时在不同调度方案下,  $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度变化见图 4(a)、表 2。由图 4(a)、表 2 可知,龙溪河取水口断面的  $\text{NH}_3\text{-N}$  起始浓度为 0.57 mg/L,在 M0 调度方案下经过 73 h 后  $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度峰值最高达到 2.12 mg/L, M3 调度方案下的  $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度峰值下降最多,可以降到 1.65 mg/L。M0 调度方案下的污染物超标时间为最长为 216 h, M3 调度下的污染物超标时间最短为 142 h。在 M1、M2 两种调度情景下,  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度峰值相接近, M2 调度方案  $\text{NH}_3\text{-N}$  峰值浓度较 M1 调度方案高, M2 调度方案污染物超标时间较 M1 调度方案少。

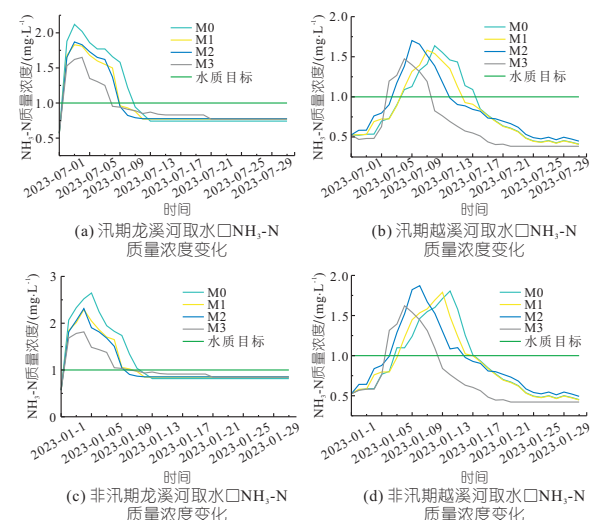


图 4 汛期、非汛期龙溪河取水口、越溪河取水口  $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度变化

Fig. 4 Changes in  $\text{NH}_3\text{-N}$  mass concentration at the Longxi River intake and the Yuexi River intake during the flood season and non-flood season

越溪河取水口汛期时不同调度方案下,  $\text{NH}_3\text{-N}$  质量浓度变化见图 4(b)、表 2。由图 4(b)、表 2 可知,越溪河取水口断面的  $\text{NH}_3\text{-N}$  起

表 2 不同方案两断面 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度峰值及超标时间  
Tab. 2 Peak value and exceedance time of NH<sub>3</sub>-N mass concentration in two sections of different schemes

时期	断面名称	调度	NH <sub>3</sub> -N 质量浓度	超标时	
		方案	峰值/(mg · L <sup>-1</sup> )	间/h	
汛期	龙溪河取水口	M0	2.12	216	
		M1	1.83	165	
		M2	1.87	163	
		M3	1.65	142	
	越溪河取水口	M0	1.64	242	
		M1	1.58	190	
		M2	1.70	171	
		M3	1.47	149	
	非汛期	龙溪河取水口	M0	2.65	243
			M1	2.29	217
			M2	2.31	190
			M3	1.81	172
越溪河取水口		M0	1.81	251	
		M1	1.78	221	
		M2	1.82	210	
		M3	1.62	175	

始浓度为 0.53 mg/L, 在 M0 调度方案下经过 285 h 后 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度峰值最高达到 1.64 mg/L, M3 调度方案下的 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度峰值下降最多, 可以降到 1.47 mg/L。M0 调度方案下的污染物超标时间最长为 242 h, M3 调度方案下的污染物超标时间最短为 149 h。其中 M2 调度情景下, NH<sub>3</sub>-N 浓度峰值超过 M0 调度方案, 但污染物超标时间较 M0 方案减少很多。分析可知越溪河取水口断面出流量偏大, 可能导致污染物浓度短暂增大。M2 调度方案污染物超标时间较 M0、M1 调度方案少。

综合分析可知, 在汛期随着水量水质联合调度方案为航电枢纽与龙溪河航电枢纽两闸下泄流量的增大, 龙溪河取水口断面和越溪河取水口断面水质趋好。

### 3.2 非汛期不同调度情景下的氨氮质量浓度变化

越溪河取水口非汛期不同方案情景下, NH<sub>3</sub>-N 质量浓度变化见图 4(c)、表 2。由图 4(c)、表 2 可知, 龙溪河取水口断面的 NH<sub>3</sub>-N 起始浓度为 0.57 mg/L, 在 M0 调度方案下经过 122 h 后 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度峰值最高达到 2.64 mg/L, M3 调度方案下的 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度峰值下降最多, 可以降到 1.81 mg/L。M0 调度方案下的污染物超标时间为最长为 243 h, M3 调度方案下的污染物超标时间最短为 172 h。在 M1、M2 两种调度情景下, NH<sub>3</sub>-N 浓度峰值相接近, M2 调度方案 NH<sub>3</sub>-N 峰值浓度较 M1 调度方案高, M2 调度方案污染物超标时间较 M1 调度方案少, 更早达到水质目标。

越溪河取水口非汛期不同方案情景下, NH<sub>3</sub>-N 质量浓度变化见图 4(d)、表 2。由图 4

(d)、表 2 可知, 越溪河取水口断面的 NH<sub>3</sub>-N 起始浓度为 0.53 mg/L, 在 M0 调度方案下经过 339 h 后氨氮质量浓度峰值最高达到 1.64 mg/L, M3 调度方案下的氨氮质量浓度峰值下降最多, 可以降到 1.81 mg/L。M0 调度方案下的污染物超标时间最长为 251 h, M3 调度方案下的污染物超标时间最短为 175 h。其中 M2 调度情景下, 氨氮浓度峰值超过 M0 调度方案, 但是污染物超标时间较 M0 方案减少很多, 且 M2 调度方案污染物超标时间较 M0、M1 调度方案少。分析可知越溪河取水口断面出流量偏大, 可能导致污染物浓度短暂增大。

研究表明, 非汛期的污染物浓度峰值较汛期有所增加, 且峰值时间更加靠后, 污染物浓度超标时间也有所增加, 可知污染物浓度变化和流量密切相关, 增大流量是改善河道水质的重要途径。在非汛期随着水量水质联合调度方案为航电水利枢纽与龙溪河航电水利枢纽两闸下泄流量的增大, 龙溪河取水口断面和越溪河取水口断面水质趋好。

## 4 结论

a. 基于 HEC-RAS 软件构建一维水动力—水质耦合模型可以较为精确地模拟岷江干流下游水质变化情况。当下游出现突然污染事件时, 同时调控为航电水利枢纽、龙溪口航电水利枢纽闸门增加流量, 干流流速增加, 在汛期和非汛期均大大减少了污染物在龙溪河引水口处及越溪河引水口处的浓度及停留时间。

b. 水质与水量联合调度模拟可为岷江干流水资源监管及时提供科学合理的决策方案。后续可进一步分析岷江干流中游成都段突然污染事故影响及应对措施。

### 参考文献:

- [1] 吴瑶, 袁旺, 柳强, 等. 气候变化和污染防治政策对岷江流域水质的影响研究[J]. 四川环境, 2023, 42(6): 68-75.
- [2] 易丹, 席英伟, 谭秀梅. 岷江流域 COD、NH<sub>3</sub>-N 通量与排放总量、环境容量、环境质量分析研究[J]. 中国高新科技, 2023(15): 142-144.
- [3] 刘筹, 王维, 罗彬, 等. SWAT 模型下“十三五”中期污染减排措施及气象条件对岷江流域水环境改善贡献[J]. 环境工程, 2021, 39(5): 45-54.
- [4] 钱玲, 刘媛, 晁建颖. 我国水质水量联合调度研究现状和发展趋势[J]. 环境科学与技术, 2013, 36(增刊 1): 484-487.
- [5] 彭卓越, 张丽丽, 殷峻暹, 等. 水质水量联合调度研究进展及展望[J]. 水利水电技术, 2015, 46(4): 6-10.

- [6] 谢凯, 李永红. 基于湖泊的水质水量联合调度应用设计研究[J]. 环境科学与管理, 2020,45(4): 53-57.
- [7] 彭焱梅, 曹菊萍, 周宏伟, 等. 太浦河工程水量水质联合调度对金泽水库及松浦大桥取水口水质影响研究[J]. 中国农村水利水电, 2021(4): 120-125.
- [8] 陈黎明, 王逸飞, 瞿晓磊, 等. 黄河内蒙古段水量水质联合调度研究[J]. 南京大学学报(自然科学), 2022,58(5): 904-911.
- [9] 吴孟李, 张祥汉, 王宏宇, 等. 水量水质联合调控模型在前山河流域的应用[J]. 环境工程, 2023,41(11): 160-164.
- [10] 张世宝, 李胜东, 冯健, 等. 基于 HEC-RAS 的鹿溪河流域水质治理效果研究[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2020,41(4): 67-73.
- [11] 邓秘, 刘晓波, 董飞, 等. 淮河干流污染团应急处置水质水量联合调度[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2023,21(3): 559-569.
- [12] 李炜. 水力设计手册[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.
- [13] 中华人民共和国水利部. 洪水风险图编制导则: SL 483-2010[S]. 北京:中国水利水电出版社,2010.
- [14] 胡婷婷, 徐刚, 苏东旭, 等. 基于 HEC-RAS 的梧桐山河流域水质模拟及应用[J]. 水文, 2022,42(3): 37-42.

## Research on Emergency Response for Pollution in the Main Stream of Minjiang River Based on Joint Dispatching of Water Quality and Quantity

SHE Shu-yuan<sup>1</sup>, LIU Gao-dong<sup>2</sup>, JIN Hao-chen<sup>3</sup>, DENG Jin-shan<sup>1</sup>, JIANG Fei<sup>1</sup>, MA Ze-long<sup>1</sup>

(1. Sichuan Research Institute of Water Conservancy, Chengdu 610000, China; 2. China Telecom Corporation Sichuan Branch, Chengdu 610000, China; 3. Sichuan General Station of Ecological Environment Monitoring, Chengdu 610000, China)

**Abstract:** In view of the sudden water pollution events in the main stream of Minjiang River, taking the lower reaches of the main stream of the Minjiang River as the study area, a coupling model of hydrodynamic and water quality was established to accurately simulate the flow dynamics and water quality changes under different scheduling scenarios. By comparing four different scheduling strategies; background simulation (i. e. no special scheduling measures), single optimization of Qianwei Avionics Water Conservancy Project, single optimization of Longxikou Avionics Water Conservancy Project, and joint optimization of two projects, this study comprehensively evaluated the emergency treatment ability of each strategy for water pollution in the main stream of the Minjiang River. The results show that from the point of view of pollutant concentration peak and pollutant exceeding standard time, the joint scheduling strategy of increasing the sluice flow of two hub projects simultaneously shows the best pollution group disposal effect. This strategy not only significantly reduces the peak concentration of pollutants, but also effectively shortens the period of time when pollutants exceed the standard, thus minimizing the negative impact of water pollution on the environment and ecology. The research results can provide reference for the emergency treatment of the Minjiang River main stream water pollution incident and improve the emergency treatment efficiency.

**Key words:** water pollution emergencies; joint operation of water quality and quantity; Minjiang River; hydrodynamic model; water quality model

\*\*\*\*\*  
(上接第 28 页)

## Classification Analysis of Temporal and Spatial Variations of Surface Water Bodies in the Songhua River Basin

SUN Teng<sup>1a,1b</sup>, DAI Chang-lei<sup>1a,1b</sup>, SUN Ya-ping<sup>2</sup>, KONG Da<sup>1a,1b</sup>

(1a. School of Water Conservancy and Electric Power; 1b. International Joint Laboratory of Hydrology and Hydraulic Engineering in Cold Regions of Heilongjiang Province(International Cooperation), Heilongjiang University, Harbin 150080, China; 2. College of Agriculture and Water Conservancy Engineering, Suihua University, Suihua 152061, China)

**Abstract:** Under the background of frequent extreme climate events, analyzing the spatio-temporal changes of surface water bodies in the Songhua River Basin affected by climate change over the past 30 years is of great significance for the region to take and optimize climate response measures in advance. Based on the spatio-temporal dynamic changes of surface water area in the Songhua River Basin from 1990 to 2020, seasonal water bodies were classified and analyzed. By using the EC JRC global surface water product dataset and combining with MATLAB software, the time series feature +K-means clustering and dynamic statistical threshold method were adopted to analyze the changing trend of surface water area in the Songhua River Basin in the past 30 years, and to classify the seasonal water body area as well as detect and analyze the recovery dynamics of extreme hydrological years. The results show that during the study period, the seasonal water body area in the Songhua River Basin increased by 114%, while the permanent water body area decreased by 49.46%, and the total surface water area showed an upward trend. The annual seasonal water body area was classified into three categories: fluctuating-wet year, low fluctuation - dry year, and stable - normal year, with a silhouette coefficient of 0.549, indicating a good clustering effect. Two significant high-value years, 1998 and 2013, were identified, and it was analyzed that neither had fully recovered. The research results provide a direction for the effective management and protection of water resources by referring to historical extreme hydrological events and making flood and drought prevention preparations in advance for the Songhua River Basin in the face of future extreme weather.

**Key words:** surface water area; seasonal water body; temporal feature +K-means clustering method; dynamic statistical threshold method; spatio-temporal distribution