

2021年汉江中下游水华监测分析

张潮¹, 张德兵¹, 袁静¹, 彭恋¹, 田晶², 邓乐乐²

¹长江水利委员会水文局长江中游水文水资源勘测局, 湖北 武汉

²武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉

Email: 1579263008@qq.com, 403649897@qq.com, 503835994@qq.com

收稿日期: 2021年3月3日; 录用日期: 2021年6月18日; 发布日期: 2021年6月30日

摘要

根据2021年汉江水华应急调查监测及仙桃水质自动监测等数据, 分析汉江水华发生和发展规律。1月12日以来汉江仙桃断面水华相关指标迅速上升, 1月18日出现水体颜色异常(呈淡褐色), 1月20日左右达到峰值, 之后由于实施生态调度及天气等影响, 水华相关指标持续下降, 至2月1日基本恢复正常, 全过程监测结果显示本次应急生态调度具有明显效果。

关键词

水华, 监测分析, 汉江中下游

Monitor and Analysis of Water Bloom in the Middle and Lower Reaches of Hanjiang River in 2021

Chao Zhang¹, Debing Zhang¹, Jing Yuan¹, Lian Peng¹, Jing Tian², Lele Deng²

¹Mid Changjiang River Bureau of Hydrological and Water Resources Survey, Wuhan Hubei

²State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei

Email: 1579263008@qq.com, 403649897@qq.com, 503835994@qq.com

Received: Mar. 3rd, 2021; accepted: Jun. 18th, 2021; published: Jun. 30th, 2021

Abstract

According to the data from the emergency survey of Hanjiang water blooms in 2021 and automatic monitoring of water quality of Xiantao, the law of occurrence and development of Hanjiang water blooms is

作者简介: 张潮, 男, 教授级高级工程师, 主要从事水文、河道测绘和水质检测技术研究。

analyzed. The water bloom-related indicators of the Xiantao section of the Han River rose rapidly since January 12, 2021. The color of the water body was abnormal (light brown) on January 18, and reached a peak around January 20. Due to the impact of ecological dispatch and weather, water bloom-related indicators continued to decline, and basically returned to normal on February 1. The monitoring results of the whole process showed that emergency ecological dispatch has obvious effects.

Keywords

Water Bloom, Monitoring and Analysis, Middle and Lower Reaches of Hanjiang River

Copyright © 2021 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自 1992 年 2 月汉江中下游首次发生硅藻水华以来,水华的发生频率由多年一次增加到几乎每年一次,发生的范围由潜江以下江段逐步向上游推进到钟祥(兴隆水库库区)以上,发生的持续时间也有所延长。汉江中下游水华整体呈现加重趋势,严重威胁了沿江的水生态环境安全[1]。基于此,国内许多学者围绕汉江中下游水华进行了大量的研究和探讨。王俊等[2]分析了 2018 年汉江水华的发生成因,并提出了严控污染输入、优化水量调度方案、完善管理机制等治理对策。夏瑞等[3]系统检测了可能导致汉江河流型水华暴发的多要素特征和不同时期的变化差异,发现汉江下游藻密度的变化相对于营养盐和水文情势要素更加敏感,是导致河流型水华暴发的主要驱动因素。尹魁浩等[4]采用 WQRRSQ 生态模型模拟汉江水质,并分析了南水北调中线工程投入运行后汉江水华的发展变化情况。总的来看,水华的爆发机制一直是汉江流域研究的热点和难点[5]。

2021 年 1 月 18 日,长江委水文局汉江仙桃段江面出现水体颜色异常,呈淡褐色,疑似发生“水华”。长江委水文局启动应急监测预案,立即开展仙桃市饮用水水源地断面、宗关水厂水源地取水口断面等应急采样水质分析和现场调查。19 日开始分别在汉江中下游的皇庄、沙洋、兴隆坝上、泽口、仙桃大桥和宗关水厂等 6 个位置进行了跟踪取样监测等工作,取得了 19 日以后的水华变化过程资料。

在 2020 年,仙桃水质自动站已实施了更新升级改造,新增了叶绿素、藻密度、高锰酸盐指数和氨氮检测仪器;更新了 5 参数仪器(水温、溶解氧、pH 值、电导率和浊度)及总磷、总氮共 7 项参数,该自动监测站共有 11 项监测参数,本次“水华”期间收集到了主要参考指标(溶解氧、pH 值)变化的全过程。

本研究通过对汉江水华相关监测指标变化过程、采取的生态应急调度措施以及天气变化等进行分析研究,揭示了 2021 年基于生态调度下的汉江水华的变化规律,主要为以后优化汉江水华应急调度提供参考。

2. 自动监测指标分析

根据仙桃水质自动监测站监测资料,2021 年 1 月 12 日以来,该站 pH 值和溶解氧呈快速上升趋势,溶解氧数据过饱和程度日趋加强,有较明显的“水华”预警特征。

水温在 13~15 日呈快速升高过程,变化幅度近 2℃,之后又缓慢上升(见图 1(a)); pH 值和溶解氧于 12 日开始出现波浪上升,其中 pH 值于 19 日达到峰值,溶解氧于 17 日达到峰值,两者均于 2 月 1 日基本恢复正常(见图 1(b)和图 1(c))。说明汉江仙桃断面从 2021 年 1 月 12 日起随着水温的快速升高,藻类开始生长繁殖。18 日水体感官性状明显异常,出现水华迹象。

根据图 1(d)所示,2021 年 1 月 12 日以来仙桃断面表征浮游藻类生物量的指标叶绿素 a 浓度迅速升高,1 月 15 日突破 30 微克每升警戒值,1 月 18 日超过了 60 μg/L,1 月 20 日达到峰值 79.58 μg/L,之后仙桃断面叶绿素

a 浓度持续下降。

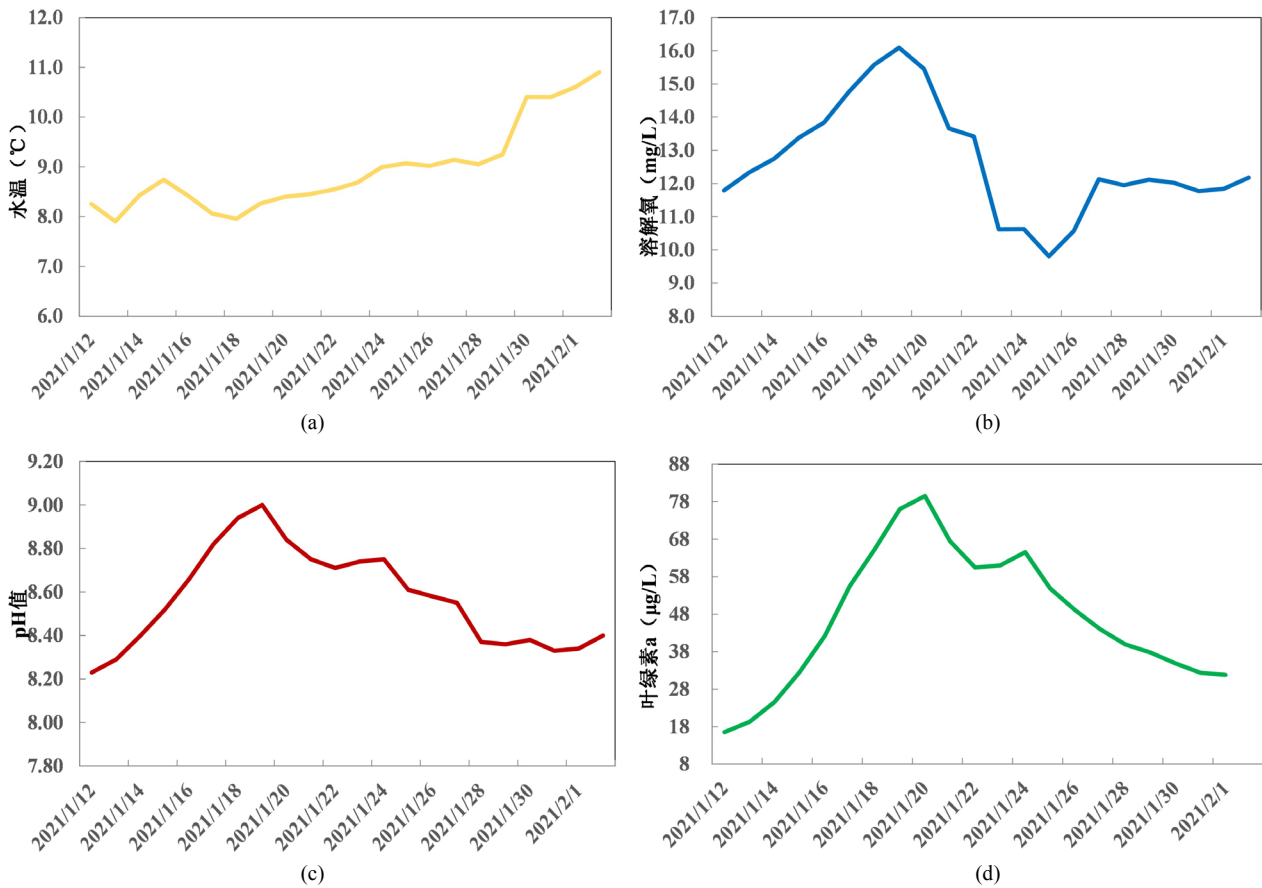


Figure 1. The change process of each monitoring element in Xiantao section
图 1. 仙桃段面各监测要素变化过程

3. 应急监测指标分析

选取武汉宗关水厂、仙桃大桥、泽口、兴隆水库坝上、沙洋、皇庄 6 个汉江干流控制断面，开展连续应急调查采样监测工作(皇庄和泽口断面 1 月 25 日开始采样)。断面布设见图 2。

本次重要控制断面连续应急监测涉及关键要素指标共分现场监测和实验室监测两大类共 12 项，现场检测参数主要包括气温、水温、pH 值、溶解氧、溶解氧饱和度、叶绿素、透明度。实验室分析参数为藻密度、浮游藻类定性定量、总氮、总磷、高锰酸盐指数等。

合适的气温和光照是促进水体藻类生长的关键限制因素。连续监测期间，汉江中下游河段天气晴好，最高气温超过 10℃ 的天数有 14 天。如图 3 所示：汉江下游仙桃断面 1 月份水温随着时间的推移呈现先波动上升，再波动下降的趋势，其中 1 月 14 日最高温达到 18℃，气温变幅达到 19℃，对于藻类生长较为有利。

根据应急监测结果，各监测断面浮游植物优势种为小环藻和冠盘藻。1 月 18~23 日，皇庄 - 沙洋 - 兴隆水库坝上 - 泽口 - 仙桃大桥 - 武汉宗关水厂断面藻密度基本呈现沿程增大的趋势；在 1 月 24 日丹江口水库加大下泄前，1 月 23 日沙洋、兴隆水库坝上、仙桃大桥、武汉宗关水厂 4 个断面藻密度处于本次连续应急监测的峰值。24 日丹江口水库加大下泄流量后，加上汉江中下游以阴雨天气和气温降低等有利条件，汉江中下游藻密度呈现整体波动降低趋势，与 1 月 23 日监测数据相比，29 日沙洋断面藻密度降幅为 75.9%，兴隆水库坝上断面藻密度降幅为 86.9%，仙桃断面藻密度降幅为 68.4%，武汉宗关水厂断面藻密度降幅为 62.0%。

根据技术规范(HJ1098-2020)中水华程度分级标准, 1 月 29 日, 皇庄 - 沙洋 - 兴隆水库坝上 - 泽口 - 仙桃大桥 - 武汉宗关水厂断面均达到“无明显水华”标准。图 4 变化过程表明, 与其他断面相比, 实施生态调度措施初期, 沙洋和兴隆水库坝上水华程度改善效果更加明显; 中后期基本一致。应急监测期间, 各断面水生态指标数据对比见表 1。

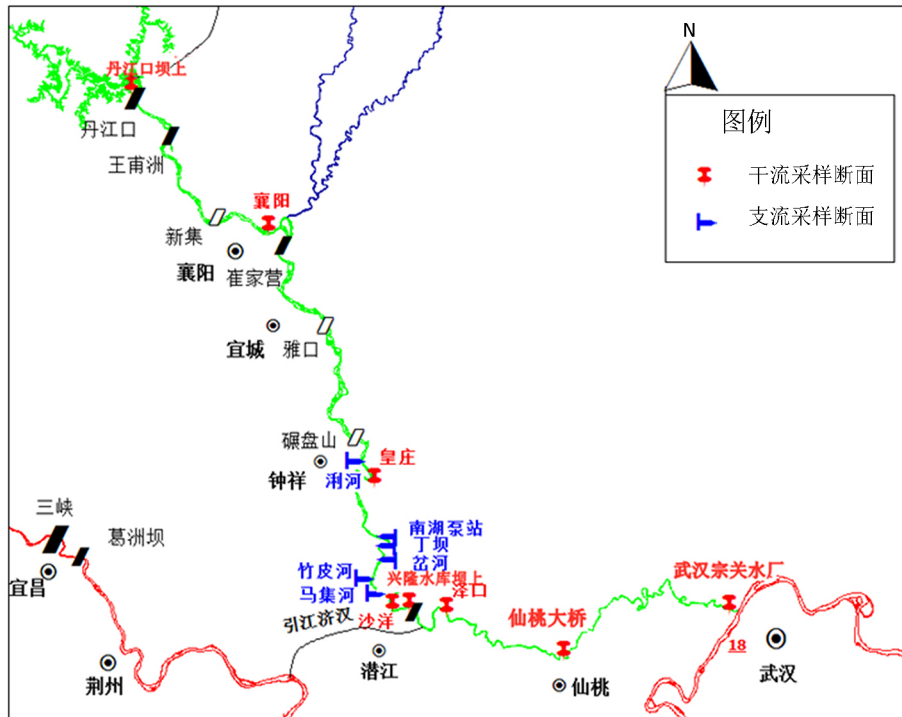


Figure 2. Layout of control section for emergency monitoring of water bloom in Hanjiang River
图 2. 汉江水华应急监测控制断面布设图

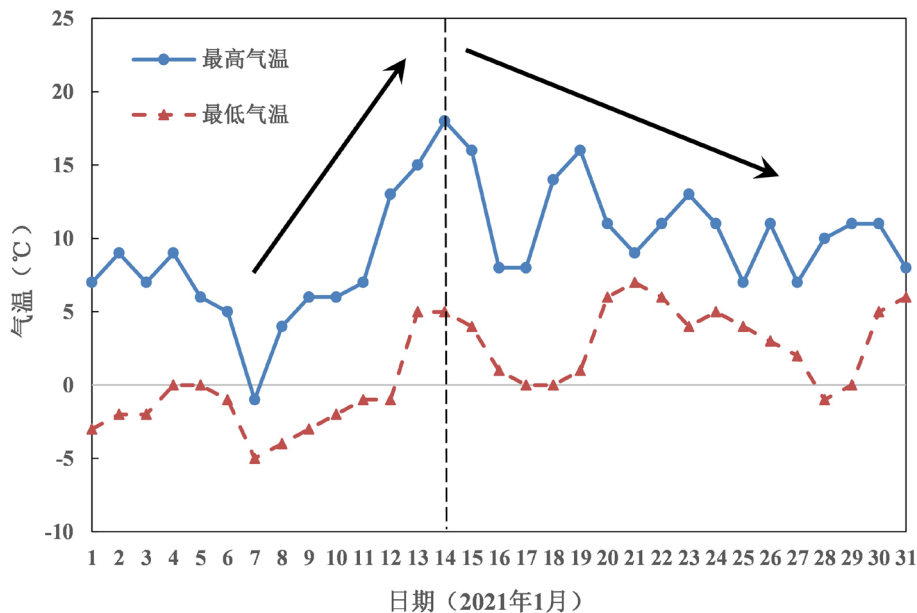


Figure 3. Temperature change process of Xiantao in January 2021
图 3. 2021 年 1 月份仙桃气温变化过程

Table 1. Comparison of emergency monitoring data of water ecological indicators
表 1. 水生态指标应急监测数据对比

监测项目	日期	皇庄	沙洋	兴隆水库坝上	泽口	仙桃大桥	武汉宗关水厂
藻密度 (10^6 个/L)	01.18~19	—	5.85	6.02	—	9.28	8.38
	01.21	5.82	9.06	9.08	10.31	14.55	18.96
	01.23	—	10.01	18.03	—	17.11	20.05
	01.24	—	6.19	8.19	—	15.20	17.40
	01.25	3.23	7.66	8.10	7.20	11.34	14.66
	01.26	0.89	3.34	5.16	4.32	8.57	12.72
	01.27	2.42	1.70	5.34	4.62	10.12	7.72
	01.28	2.31	1.68	4.37	4.64	6.00	8.82
	01.29	2.02	2.43	2.36	2.78	5.40	8.06
优势种	01.18~29	小环藻冠盘藻	小环藻冠盘藻	小环藻冠盘藻	小环藻冠盘藻	小环藻冠盘藻	小环藻冠盘藻

注：根据目前的监测手段，优势种初步判定为小环藻和冠盘藻，具体结果以后续电镜监测结果为准。

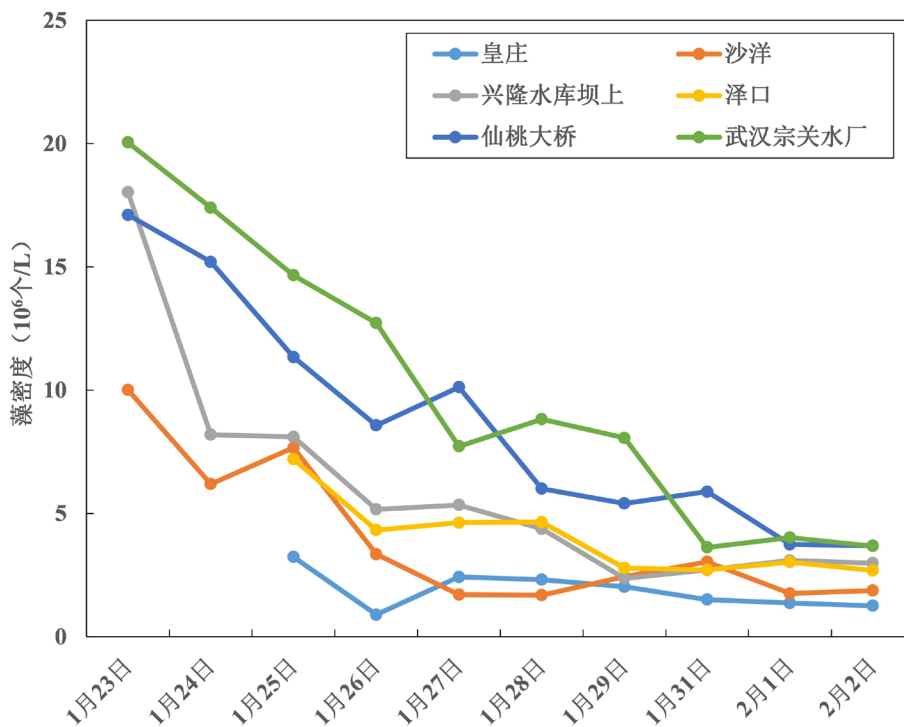


Figure 4. Variation process of algae density in each monitoring section

图 4. 各监测断面藻密度变化过程

4. 应急生态调度措施分析

1月20日，长江委组织委内联合会商，会商分析认为：沙洋及以下河段的藻密度、溶解氧、pH值等指标尚处于爆发前期状态，藻类处在快速生长阶段，相关河段发生水华的风险较大，为保障汉江中下游供水安全，应尽快研究并采取相关应对措施。

为此，长江委会同湖北省水利厅采取综合应急调度，并要求湖北省水利厅协调生态环境厅和汉江中下游沿

岸相关地区做好区域污染控制和水环境应急监测工作。

4.1. 兴隆水库

根据现场监测，本次水华最先爆发的河段为兴隆水库库区沙洋段，兴隆库区水体已经积攒了大量藻类，必须采取相应措施消除兴隆库区“藻源”。经与湖北省水利厅协调，自 1 月 19 日开始调度兴隆水库按“冲蓄结合”方式运行，白天加大出库流量降低水位，夜晚减小出库流量逐步回蓄，出库流量在 550~1500 m³/s 之间波动，水位在 35~35.5 m 之间波动，改善兴隆水库库区水动力条件。

4.2. 引江济汉工程

协调湖北省水利厅自 1 月 21 日开始逐步加大引江济汉工程调水流量，以改善兴隆水库以下河段水力学条件，避免兴隆以下河段水华现象加重。具体为将调水流量自 60 m³/s 逐渐加大，最大调水流量达到 200 m³/s，后期因引江济汉入口泵站抽水含沙量较大，调水流量逐步减小至 130 m³/s 左右后维持。

4.3. 丹江口水库

1 月 23 日，长江委向汉江水利水电(集团)有限责任公司(丹江口水利枢纽管理局)下发调度令(长水调电[2021]2 号)，调度丹江口水库于 1 月 24 日开始将日均下泄流量自 620 m³/s 加大至 800 m³/s 并持续 6 天。

4.4. 汉江中下游其他水工程

在兴隆、丹江口、引江济汉工程开展应急调度期间，调度兴隆以上的崔家营、王甫洲等工程做好配合，同步增加水库下泄流量，以保证应急调度效果。

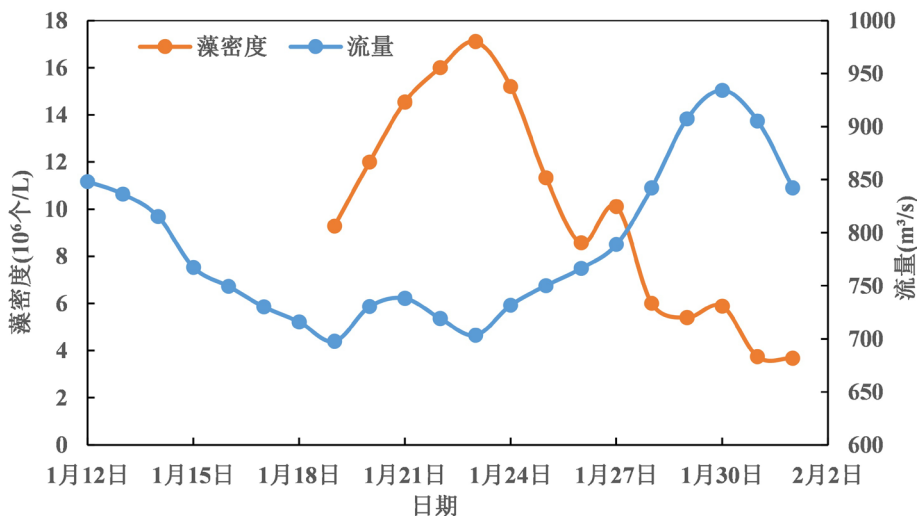


Figure 5. Variation process of flow discharge and algae density in Xiantao section
图 5. 仙桃断面流量和藻密度变化过程

4.5. 本次应急生态调度特点分析

1) 应急反应及时

2021 年 1 月 18 日仙桃站出现水华迹象，19 日组织实施兴隆水库生态调度。

2) 调度方式进一步优化

本次在水华爆发前的敏感时期，兴隆库区出现水华迹象，首先加大兴隆的下泄流量，降低库水位，拉升库

区及坝下游河段的水面流速，以控制藻类繁殖的总体水文环境；然后再加大丹江口下泄流量，进一步增加库区水面流速，补充库区水量，稀释藻类密度。仙桃断面调度效果见图5。图5显示，仙桃断面在1月21日左右出现流量小幅波动，这是由于1月19日首先实施兴隆水库生态调度，丹江口水库并没有加大流量，兴隆水库先放后蓄，加上兴隆水库水量有限，到仙桃站时，出现了小幅上升和下降波动。而1月23日后丹江口水库开始加大下泄，仙桃断面的流量开始逐步增大。

从此次水量调度的经验来看，先降低中下游沿程水位，提升水面流速后，再增加丹江口的下泄水量对水华抑制的效果良好，也节约了宝贵的南水北调水源。

3) 天气配合较好

1月15日后仙桃白天天气呈波浪下降趋势，降低了光照强度。在生态调度条件下汉江水华抑制效果明显。

5. 主要结论

1) 通过仙桃水质自动监测指标分析，2018年仙桃河段从1月12日起，水温持续3天升高，藻类开始生长繁殖，13~17日为“无明显水华”；18~26日为“轻度水华”；26~31日为“无明显水华”，基本恢复正常。

2) 1月18~23日，皇庄-沙洋-兴隆水库坝上-泽口-仙桃大桥-武汉宗关水厂沿程断面藻密度基本呈现增大的趋势；自1月19日开始采取应急生态调度，即兴隆水库按“冲蓄结合”方式运行；1月23日沙洋、兴隆水库坝上、仙桃大桥、武汉宗关水厂4个断面藻密度处于本次连续应急监测的峰值。1月24日丹江口水库加大下泄后，汉江中下游藻密度呈现整体波动降低趋势。1月29日，沿程断面均达到“无明显水华”标准。

汉江“水华”问题已存在多年，在预防和治理方面至今未取得较好的效果[5]，“水华”形成的原因分析将是下一步研究的重点，这将为保障汉江用水安全、为流域生态调度提供依据。

基金项目

国家自然科学基金资助项目(U20A20317)。

参考文献

- [1] 张德兵, 钱宝, 张育德. 汉江水华的特征水质参数分析[J]. 水资源研究, 2016, 5(4): 402-408.
ZHANG Debing, QIAN Bao and ZHANG Yude. Bloom characteristic parameters of water quality analysis in Hanjiang river. Journal of Water Resources Research, 2016, 5(4): 402-408. (in Chinese)
- [2] 王俊, 汪金成, 徐剑秋, 等. 2018年汉江中下游水华成因分析与治理对策[J]. 人民长江, 2018, 17(49): 7-11.
WANG Jun, WANG Jincheng, XU Jianqiu, *et al.* Causes analysis of water bloom in middle and lower reaches of Hanjiang River in 2018 and its countermeasures. Yangtze River, 2018, 17(49): 7-11. (in Chinese)
- [3] 夏瑞, 张远, 王璐, 等. 汉江下游河流型水华暴发的多影响要素特征识别[J]. 环境科学研究, 2020, 4(33): 911-920.
XIA Rui, ZHANG Yuan, WANG Lu, *et al.* Characteristics identification of multiple influencing factors on Hanjiang River algal bloom. Research of Environmental Sciences, 2020, 4(33): 911-920. (in Chinese)
- [4] 尹魁浩, 袁弘任, 廖奇志, 等. 南水北调中线工程对汉江中下游“水华”影响[J]. 人民长江, 2001, 32(7): 31-36.
YIN Kuihao, YUAN Hongren, LIAO Qizhi, *et al.* Impact of middle route S-N water transfer project on “algae bloom” in middle & lower reach of Hanjiang river. Yangtze River, 2001, 32(7): 31-36. (in Chinese)
- [5] 李建, 尹炜, 贾海燕, 等. 汉江中下游硅藻水华研究进展与展望[J]. 水生态学杂志, 2020, 41(5): 136-144.
LI Jian, YIN Wei, JIA Haiyan, *et al.* Research progress on diatom bloom in the middle and lower of Hanjiang River: Review and advances. Journal of Hydroecology, 2020, 41(5): 136-144. (in Chinese)