

淮北平原水系连通工程对水生态环境改善效果分析

董亚辰¹, 赵威²

¹长江水利委员会河湖保护与建设运行安全中心, 湖北 武汉

²安徽省水利水电勘测设计研究总院有限公司, 安徽 合肥

收稿日期: 2022年8月16日; 录用日期: 2022年10月21日; 发布日期: 2022年10月28日

摘要

构建丰枯互济的水系连通工程格局, 对于完善水利对经济社会发展的资源保障能力、安全保障能力, 实现经济社会高质量发展意义重大。本文以安徽省淮北平原水系连通工程为例, 分析了跨市县尺度的水系连通工程对水生态环境的改善效果。基于研究区长系列实测流量资料和工程调度规则进行分析计算, 统计实施水系连通工程前后典型断面的生态流量保证情况, 结果表明, 通过淮北水系连通工程的生态流量调度, 蒙城闸、固镇闸、宿县闸不满足生态流量的总天数分别由5379、4740和7024天减少至2033、1493和1463天。蒙城闸、固镇闸、宿县闸生态流量的平均保证程度由52.5%、58.1%、37.9%分别提升至82%、86.8%、87.1%。因此, 水系连通工程对于生态基流保证程度的提高效果较为显著, 其对于维护河湖生态健康, 改善水生态环境效果显著。

关键词

水系连通, 生态环境, 生态基流, 淮北平原

Analysis on the Improvement Effect of Water System Connection Project on Water Ecological Environment in Huaibei Plain

Yachen Dong¹, Wei Zhao²

¹River and Lake Protection and Safety Center, CWRC, Wuhan Hubei

²Anhui Survey & Design Institute of Water Resources & Hydropower CO., LTD., Hefei Anhui

Received: Aug. 16th, 2022; accepted: Oct. 21st, 2022; published: Oct. 28th, 2022

作者简介: 董亚辰, 天津人, 硕士, 工程师, 主要从事水利规划设计、河湖管理等方面工作。Email: 349637769@qq.com

Abstract

It is of great significance to realize the pattern of water system connection that helps each other to improve the resource guarantee capacity and safety guarantee capacity of water conservancy for economic and social development. Taking the Huaibei Plain water system connection project in Anhui Province as an example, this paper analyzes the improvement effect of the cross city and county scale water system connection project on the water ecological environment. Based on the analysis of a long series of measured flow data and operation rules in the study area, the ecological flow assurance of typical sections before and after the implementation of the water system connectivity project is statistically analyzed. The results show that through the ecological flow scheduling of the Huaibei water system connectivity project, the total number of days that Mengcheng gate, Guzhen gate and Suxian gate do not meet the ecological flow is reduced from 5379, 4740 and 7024 days to 2033, 1493 and 1463 days, respectively. The average guarantee degree of ecological flow of Mengcheng gate, Guzhen gate and Suxian gate increases from 52.5%, 58.1% and 37.9% to 82%, 86.8% and 87.1%, respectively. Therefore, the water system connection project exhibits a significant effect on improving the guarantee degree of ecological base flow. It helps to maintain the ecological health of rivers and lakes and improve the water ecological environment.

Keywords

Water System Connection, Ecological Environment, Ecological Base Flow, Huaibei Plain

Copyright © 2022 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/>



1. 引言

自 2011 年中央 1 号文件和中央水利工作会议要求尽快建设一批河湖水系连通工程以提高水资源调控水平和供水保障能力以来,水利部全面安排和部署河湖水系连通工作,全国开展了多个市县层面的水系连通项目,这些项目的实施在改善河湖生态环境、优化区域水资源配置、恢复河湖自然面貌、提升区域综合竞争力等方面取得了较好的综合效益。

目前众多学者开展了水系连通相关方面的研究,主要聚焦于水系连通模型与方案研究[1][2][3]、典型地区的水系连通工程优化分析[4][5][6]、水系连通工程综合效应评价体系研究[7][8][9]、水系连通对水生态环境影响等方面。在水系连通对水生态环境影响方面,纪昌明等[10]提出了改进的 Tennant 法,分析计算了开都河丰、枯等不同时期的生态基流量和对应最小生态需水量。结果表明:开都河在保证其自身最小生态需水量、河损及地表用水量后,剩余水量在丰、平水年均能支撑博斯腾湖及流域水系连通生态需水保障任务,但在偏枯和特枯水年无法满足对博斯腾湖的生态供水。杨创等[11]基于对矿区水文地质条件的分析,通过水系连通,模拟自然地表水系状态,实现了经济高效的河湖一体化修复治理,为逐步恢复木里地区水源涵养和生态系统功能打下了基础。刘玉玉等[12]以济南西部多水源连通交汇区为研究对象,定量分析 1988~2014 年研究区水系连通过程中土地利用转型及其对生态环境的影响。结果表明:1988~2014 年,济西多水源连通交汇区林地、耕地和建设用地分别减少了 7.76、3.26 和 4.77 km²,水域和草地分别增加了 9.77 和 6.03 km²;研究区生态服务价值由 9.04 亿元增至 15.01 亿元,说明当地生态质量不断提高,生态系统逐渐趋于复杂。以上研究均表明,水系连通工程对水生态环境具有一定的改善作用。

安徽省淮北平原水系连通工程,是跨市县尺度的水系连通项目(见图 1)。由于当地水资源不足和地表水污染,长期以来皖北地区工业和城市不得不依靠超采中深层地下水维持发展,导致阜阳、亳州、宿州市等部分地区地下水位持续下降,超采面积接近 3000 km²,诱发了一系列生态环境问题。安徽省淮北平原国土面积 3.74 km²,分布有颍河、涡河、新汴河等众多南北向天然河道,通过疏挖、新开东西向河道,可以连通颍河、涡河、新汴河等河道。连通河道建成后,河流之间水力联系加强,水量交换加快,为水生态环境的改善创造了条件。本文以生态基流作为切入点,基于长系列实测流量资料,拟定相应的工程调度规则进行分析计算,统计实施水系连通工程前后典型断面的生态流量保证情况,分析该水系连通工程对水生态环境的改善效果,为工程的生态调节作用提供参考。

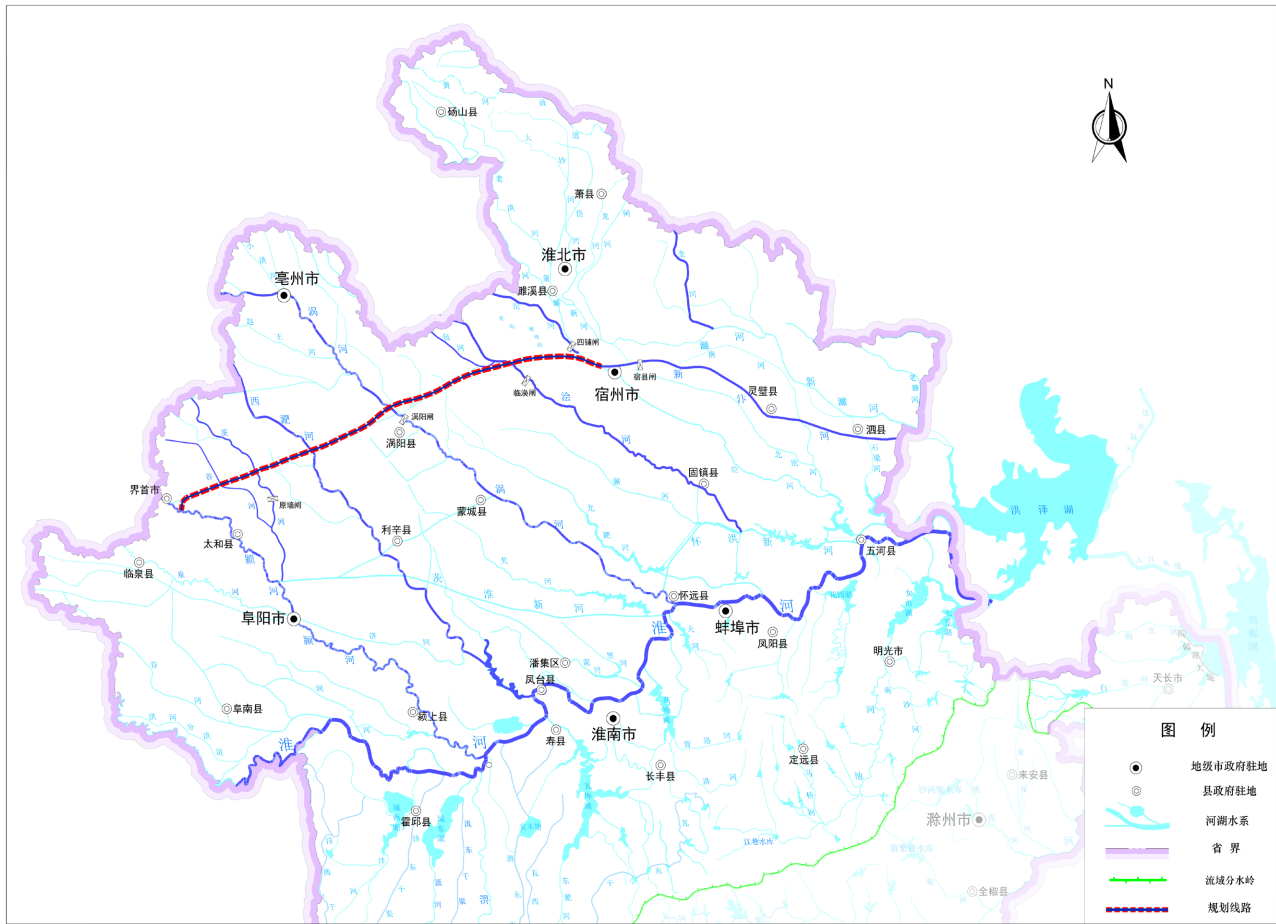


Figure 1. Schematic diagram of connected water system of Huaibei Plain water system connection project
图 1. 淮北平原水系连通工程连通水系示意图

2. 研究区概况及研究数据

2.1. 研究区水资源概况

由于河流上游地区出于自身用水考虑,安徽省淮北地区河道多建有河道节制闸拦蓄,一般在非汛期不向下游放水,使得非汛期或干旱年份水量较少,生态基流难以保证。统计分析了颍河、涡河、新汴河的相应水资源分区颍河上段区(界首市)、涡河区(涡阳县)、新汴河区(埇桥区)的降雨量特征值,见表 1、图 2。可以看出颍河上段区的丰枯比,显著高于涡河区及新汴河区,颍河上段区、涡河区、新汴河区的最小值均不同步出现。因此,可初步判断颍河、涡河、新汴河丰枯不完全同步,具备水量丰枯调剂的条件。

Table 1. Comparison of rainfall and characteristic values of representative water resources zones of relevant rivers

表 1. 相关河流代表水资源分区降雨量、特征值对比表

河流	分区	均值	最大值	出现	最小值	出现	丰枯比
		(mm)	(mm)	年份	(mm)	年份	
颍河	颍河上段区	894.4	1785.8	2003	456.4	1976	3.91
	界首市	892	1866.1	2003	465.4	1976	4.01
涡河	涡河区	808.9	1395.4	2003	509.5	1978	2.74
	涡阳县	831.3	1437.1	2003	512.2	1966	2.81
新汴河	新汴河区	796.6	1318.7	1963	494.8	1966	2.67
	埇桥区	883.7	1351.6	1963	568.5	2001	2.38

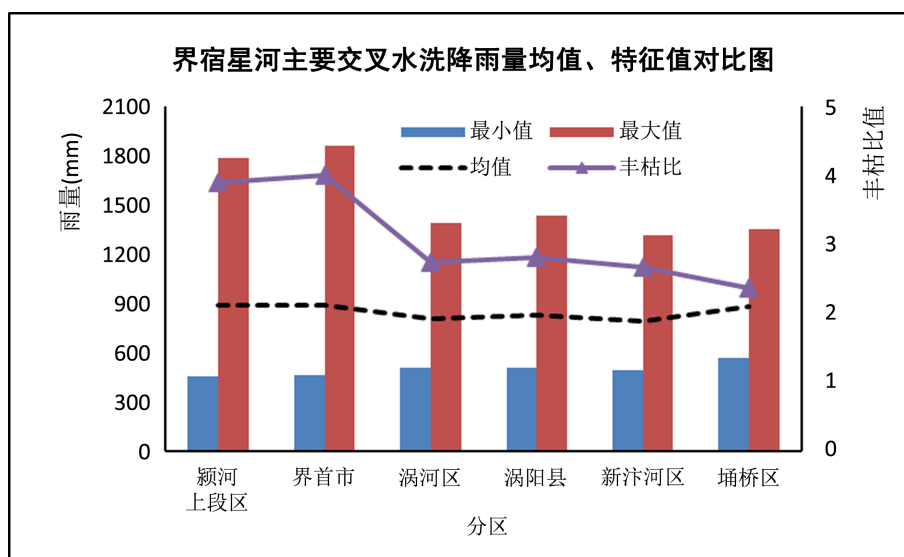


Figure 2. Comparison diagram of rainfall and characteristic values of representative water resources zones of relevant rivers

图 2. 相关河流代表水资源分区降雨量特征值对比图

2.2. 研究区河流生态基流情况

2015年4月2日，国务院印发《水污染防治行动计划》(国发[2015]17号)，提出要“科学确定生态流量”，在黄河、淮河等流域进行试点，分期分批确定生态流量(水位)，作为流域水量调度的重要参考。目前形成了阶段性成果，提出了淮河干流、颍河、涡河、新汴河、浍河等河流的生态流量，并制定了调度指导意见。各河流控制断面生态流量见表及保证程度见表2。

Table 2. Statistical table of ecological flow and assurance degree of representative sections of relevant rivers (Unit: m³/s)

表 2. 相关河流代表断面生态流量及保证程度统计表(单位: m³/s)

河流断面	3~10月	4、5月	6~9月	保证程度
颍河界首	5.5	5.8	20.4	颍河平水年(50%)、枯水年(75%)、特枯年(95%)生态流量最小日满足程度分别为95%、80%、50%
涡河蒙城	2.5	2.7	7.8	涡河平水年(50%)生态流量最小日满足程度为50%
包浍河固镇闸	1.75			/
新汴河宿县闸	1.06			/

从表 2 中可以看出，涡河、浍河、新汴河的现状生态基流保证程度均不高，涡河的保证程度明显低于颍河。建立三者之间的水系连通通道，有利于实现河流间的丰枯互济。

2.3. 研究数据

颍河界首站、涡河蒙城闸站、包浍河固镇站、新汴河宿县闸站等流量站具有的实测流量系列见表 3。本文选取各代表站均有实测流量的年份，即 1960~1969 年、1971~1973 年、1996~2001 年、2003~2015 年共计 32 年实测流量进行分析计算。

Table 3. Statistical table of measured flow series of representative stations of relevant rivers
表 3. 相关河流代表站实测流量系列统计表

站名	系列长度
界首	1960~1973 年，1996~2015 年
蒙城闸	1960~1978 年，1980~1993 年，1995~2001 年，2003~2016 年
固镇闸	1960~1969 年，1971~2015 年
宿县闸	1969~1973 年，1989~2015 年

3. 研究方法

本研究分析计算流程见图 3。具体分析计算方法描述如下：当涡河蒙城闸站日均流量小于其生态流量时，判断颍河界首站日均流量在满足本身生态流量的前提下是否能够通过新河调水满足涡河的生态流量补给；当包浍河固镇闸站日均流量小于其生态流量时，判断颍河界首站和涡河蒙城站日均流量在满足本身生态流量的前提下是否能够通过新河调水满足包浍河的生态流量补给；当新汴河宿县闸站日均流量小于其生态流量时，判断颍河界首站、涡河蒙城站和包浍河固镇闸站在满足本身生态流量的前提下是否能够通过新河调水满足新汴河生态流量的补给，对比调度前和调度后涡河、包浍河和新汴河系列年不满足生态流量的天数，分析新河对此三条河流生态流量的改善效果。

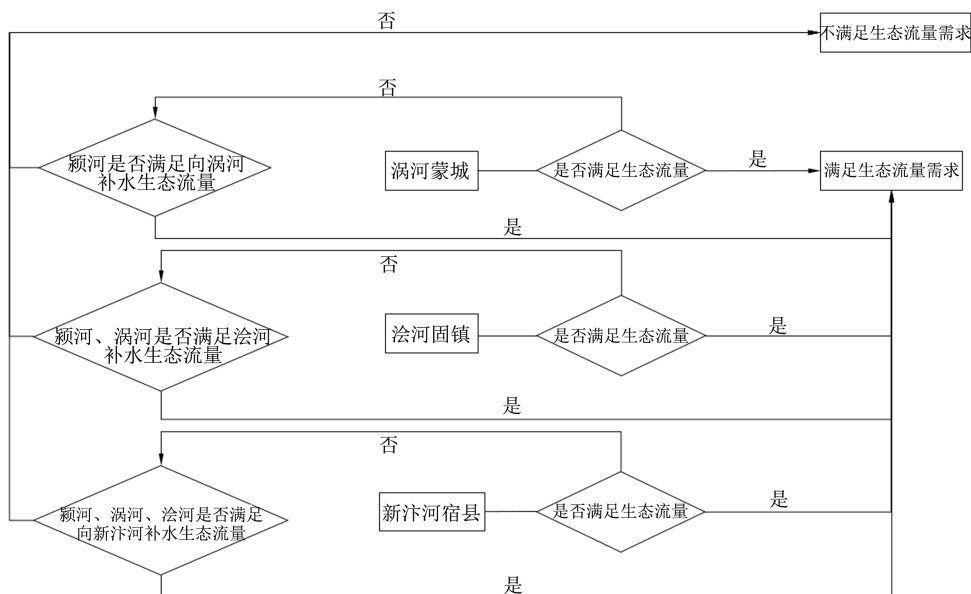


Figure 3. Schematic diagram of ecological flow scheduling calculation method
图 3. 生态流量调度计算方法示意图

4. 研究结果

根据淮河流域气象开放研究基金项目采用标准化降水蒸散指数对 1961~2015 年淮北平原干旱情况研究成果, 1966 年为年度重旱, 是淮北地区年尺度上最干旱的一年, 2009~2015 年呈现多年持续干旱的特征。从季节尺度上看, 淮北地区发生过 2 次春季重旱(1981 年和 2001 年)和 1 次春季特旱(2001 年)、1 次秋季重旱(2001 年)和 1 次秋季特旱(1998 年)、2 次冬季重旱(1977 年和 1999 年)。1966 年、1998~1999 年、2001 年、1999~2015 年淮北水系连通工程生态流量调度前后相关河道不满足生态流量天数对比成果见图 4~图 6 和表 4。由图、表可知, 通过淮北水系连通工程的生态流量调度, 蒙城闸、固镇闸、宿县闸不满足生态流量的总天数分别由 5379、4740 和 7024 天减少至 2033、1493 和 1463 天。蒙城闸、固镇闸、宿县闸生态流量的平均保证程度由 52.5%、58.1%、37.9% 分别提升至 82%、86.8%、87.1%。因此, 通过淮北水系连通工程生态流量调度, 涡河、包汾河和新汴河生态流量保证率显著提高。水系连通工程对维护河流的生态健康、改善河流水生态环境具有十分重要的作用。

Table 4. Statistical table of days of Wo River, Baohui River and Xinbian River fail to meet the ecological flow before and after the ecological flow regulation of Jiesuxin River

表 4. 界宿新河生态流量调度前后涡河、包汾河和新汴河不满足生态流量天数统计表

年份	蒙城闸		固镇闸		宿县闸	
	不满足生态流量天数		不满足生态流量天数		不满足生态流量天数	
	调度前	调度后	调度前	调度后	调度前	调度后
1961	112	47	0	0		
1962	156	16	48	0		
1963	29	0	4	0		
1964	26	0	0	0		
1965	50	15	0	0		
1966	182	152	117	91		
1967	144	95	166	83		
1968	106	33	144	31		
1969	3	0	0	0	288	0
1971	89	10	103	6	288	8
1972	116	32	174	26	309	31
1973	138	81	114	62	339	70
1996	331	170	164	115	295	135
1997	358	171	137	75	338	102
1998	290	94	137	60	268	80
1999	359	161	302	148	363	154
2000	214	129	206	115	304	129
2001	282	200	252	186	283	189
2003	184	36	148	34	247	51
2004	156	40	233	36	302	40
2005	145	25	190	25	240	25
2006	102	19	220	19	274	18

Continued

2007	231	9	122	4	275	6
2008	154	3	149	3	281	3
2009	213	72	249	54	333	59
2010	112	9	191	5	342	6
2011	213	64	271	48	353	54
2012	142	26	229	27	257	24
2013	242	93	243	66	352	78
2014	284	169	223	129	345	147
2015	216	62	204	45	348	54
合计	5379	2033	4740	1493	7024	1463
平均保证程度(%)	52.5	82	58.1	86.8	37.9	87.1

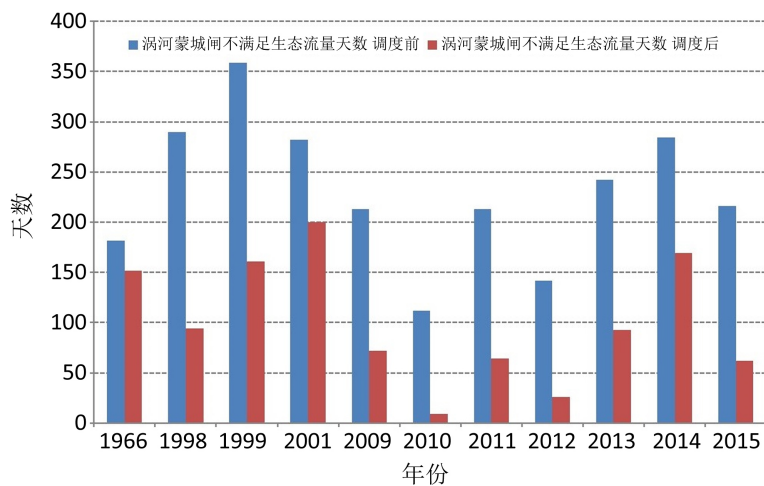


Figure 4. Comparison chart of days of Wo River not meeting ecological flow
图 4. 涡河不满足生态流量天数对比图

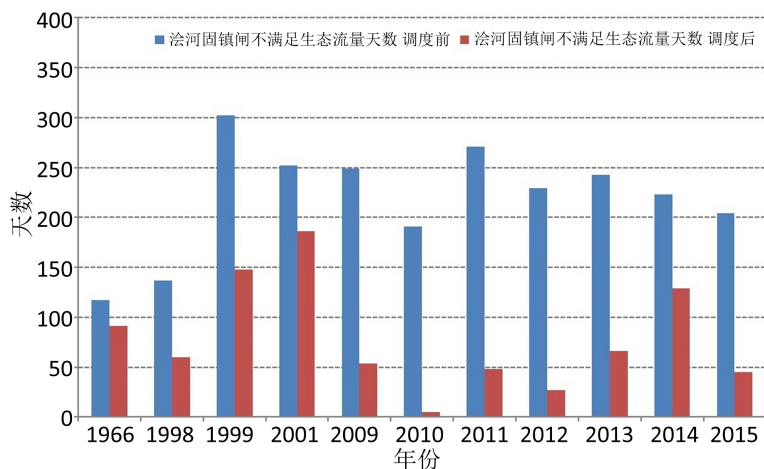


Figure 5. Comparison chart of days of Baohui River not meeting ecological flow
图 5. 包浍河不满足生态流量天数对比图

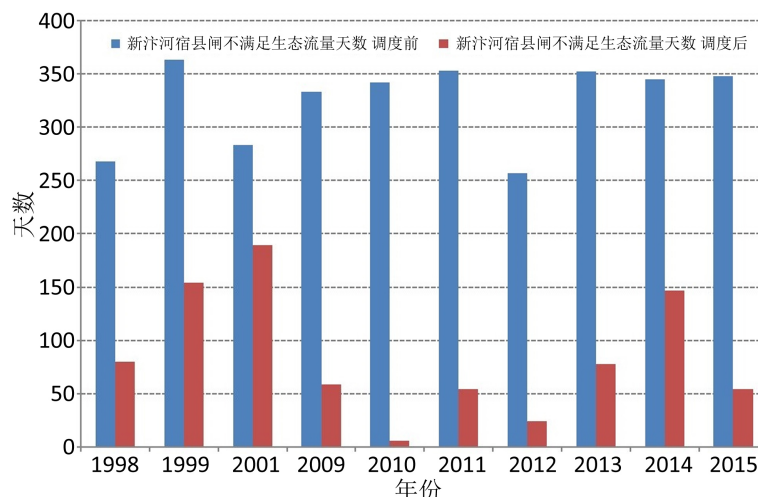


Figure 6. Comparison chart of days of Xinbian River not meeting ecological flow
图 6. 新汴河不满足生态流量天数对比图

5. 结论

本文以安徽省淮北平原水系连通工程为例，分析了跨市县尺度的水系连通工程对水生态环境的改善效果。基于研究区长系列实测流量资料和工程调度规则进行分析计算，统计实施水系连通工程前后典型断面的生态流量保证情况，结果表明，通过淮北水系连通工程的生态流量调度，蒙城闸、固镇闸、宿县闸不满足生态流量的总天数分别由 5379、4740 和 7024 天减少至 2033、1493 和 1463 天。蒙城闸、固镇闸、宿县闸生态流量的平均保证程度由 52.5%、58.1%、37.9% 分别提升至 82%、86.8%、87.1%。因此，水系连通工程对于生态基流保证程度的提高效果较为显著，其对于维护河湖生态健康，改善水生态环境效果显著。

参考文献

- [1] 窦明, 宋孙娟, 石亚欣, 靳梦. 结构-功能耦合下的城市水系连通方案两阶段优化[J]. 水科学进展, 2022, 33(1): 79-90.
DOU Ming, SONG Sunjuan, SHI Yaxin and QI Meng. Two stage optimization of urban water system connection scheme under structure-function coupling. *Advances in Water Science*, 2022, 33(1): 79-90. (in Chinese)
- [2] 窦明, 石亚欣, 于璐, 李桂秋, 贾瑞鹏. 基于图论的城市河网水系连通方案优选——以清漯河许昌段为例[J]. 水利学报, 2020, 51(6): 664-674.
DOU Ming, SHI Yaxin, YU Lu, LI Guiqiu and JIA Ruipeng. Optimization of urban river network connection scheme based on graph theory: Taking Xuchang section of Qingshu River as an example. *Journal of Hydraulic Engineering*. 2020, 51(6): 664-674. (in Chinese)
- [3] 刘东. MIKE 模型在佛山乐平镇水系连通工程河道防洪中的运用[J]. 水科学与工程, 2022(3): 18-22.
LIU Dong. Application of MIKE model in river flood control of Leping Town water system connection project in Foshan. *Water Science and Engineering Technology*, 2022(3): 18-22. (in Chinese)
- [4] 柳恒, 李志威, 胡旭跃, 李凯轩, 陈帮, 王赞成. 洞庭湖区典型水系连通工程优化分析[J]. 水利水电科技进展, 2022, 42(1): 91-96.
LIU Heng, LI Zhiwei, HU Xuyue, LI Kaixuan, CHEN Bang and WANG Zancheng. Optimization analysis of typical water system connection project in Dongting Lake area. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 2022, 42(1): 91-96. (in Chinese)
- [5] 高玉琴, 刘云苹, 闫光辉, 何平, 陆晓华. 秦淮河流域水系结构及连通度变化分析[J]. 水利水电科技进展, 2020, 40(5): 32-39.
GAO Yuqin, LIU Yunping, YAN Guanghui, HE Ping and LU Xiaohua. Analysis of water system structure and connectivity change in Qinhuai River basin. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 2020, 40(5): 32-39. (in Chinese)
- [6] 封琼, 毕忠飞, 汪惠, 周文琦, 刘俊. 宜兴新城区水系连通方案研究[J]. 水力发电, 2022, 48(5): 15-21.
FENG Qiong, BI Zhongfei, WANG Hui, ZHOU Wenqi and LIU Jun. Study on water system connection scheme of Yixing new

- urban area. *Water Power*, 2022, 48(5): 15-21. (in Chinese)
- [7] 何理, 李恒臣, 赵文仪, 吴时强. 水系连通工程综合效应评价体系研究——以“引江济巢”工程为例[J]. *水资源与水工程学报*, 2021, 32(4): 1-6.
HE Li, LI Hengchen, ZHAO Wenyi and WU Shiqiang. Study on comprehensive effect evaluation system of water system connection project: Taking the project of “diverting water from the river to the nest” as an example. *Journal of Water Resources and Water Engineering*, 2021, 32(4): 1-6. (in Chinese)
- [8] 董金明, 石永杰, 周文琦, 刘俊. 基于 APH-EWM 的宜兴城区水系连通方案定量评价[J]. *水电能源科学*, 2022, 40(4): 45-49.
DONG Jinming, SHI Yongjie, ZHOU Wenqi and LIU Jun. Quantitative evaluation of water system connection scheme in Yixing City based on APH-EWM. *Water Resources and Power*, 2022, 40(4): 45-49. (in Chinese)
- [9] 梁霄, 巨文慧, 孙博闻, 胡泽, 高学平, 张晶, 赵进勇. 基于 AHP-熵权法的平原城市河网水系连通性评价——以廊坊市为例[J]. *南水北调与水利科技*, 2022, 20(2): 352-364.
LIANG Xiao, JU Wenhui, SUN Fuwen, HU Ze, GAO Xueping, ZHANG Jing and ZHAO Jinyong. Evaluation of river network connectivity in plain cities based on AHP entropy weight method: A case study of Langfang City. *South to North Water Transfer and Water Science and Technology*, 2022, 20(2): 352-364. (in Chinese)
- [10] 纪昌明, 曹成琳, 王弋. 基于水系连通的开都河生态需水及供水量分析[J]. *生态学杂志*, 2021, 40(3): 835-843.
JI Changming, CAO Chenglin and WANG Yi. Analysis of ecological water demand and water supply of Kaidu River based on water system connection. *Journal of Ecology*, 2021, 40(3): 835-843. (in Chinese)
- [11] 杨创, 王佟, 李聪聪, 赵欣. 青海高原高寒地区生态环境修复治理中的水系连通技术[J]. *中国煤炭地质*, 2022, 34(4): 46-51.
YANG Chuang, WANG Tong, LI Congcong and ZHAO Xin. Water system connection technology in ecological environment restoration and treatment in alpine region of Qinghai Plateau. *China Coal Geology*, 2022, 34(4): 46-51. (in Chinese)
- [12] 刘玉玉, 张令光, 姜欣, 刘齐栋. 水系连通过程中土地利用与生态服务价值变化分析——以济南西部多水源连通交汇区为例[J]. *水资源与水工程学报*, 2021, 32(3): 30-36.
LIU Yuyu, ZHANG Lingguang, JIANG Xin and LIU Qidong. Analysis on the change of land use and ecological service value in the process of water system connection. *Journal of Water Resources and Water Engineering*, 2021, 32(3): 30-36. (in Chinese)