

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2023.01.022

# 新沟河工程应急调水效果评估

龚李莉<sup>1</sup>, 蔡梅<sup>1</sup>, 王元元<sup>1</sup>, 马农乐<sup>2</sup>

(1. 太湖流域管理局水利发展研究中心, 上海 200434; 2. 上海东南工程咨询有限责任公司, 上海 200434)

**摘要:**为探究新沟河工程应急调水的相关问题, 评估工程实际调度效果, 基于新沟河工程应急调水试验期间实测水量水质数据, 采用水质综合污染指数法, 引入水质改善系数、类别变化指数等分析评估了新沟河工程沿线水质对引水的响应规律。结果表明: 调水试验期间新沟河西支分流比为0.30~0.59, 受到西支分流的影响, 新沟河东支入太湖日均流量占新沟河日均引江流量的9%~22%, 长江来水对京杭运河以南东支的影响时间约为西直湖港北枢纽开启并持续引水3d后; 干流水质改善效果与本底水质以及断面距离来水水源的远近有关, 本底综合污染指数较大的断面, 其最大水质改善系数总体较大, 当断面本底水质状况接近时, 距离来水水源较近的断面水质改善系数较大。

**关键词:** 调水效果; 应急调水; 水量分配; 水质改善系数; 综合污染指数法; 新沟河

**中图分类号:** TV213.4; X824 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-6933(2023)01-0166-08

**Evaluation of emergency water diversion effect of Xingou River Project** // GONG Lili<sup>1</sup>, CAI Mei<sup>1</sup>, WANG Yuanyuan<sup>1</sup>, MA Nongle<sup>2</sup> (1. Water Conservancy Development Research Center, Taihu Basin Authority of Ministry of Water Resources, Shanghai 200434, China; 2. Southeast of Shanghai Engineering Consulting Co., Ltd., Shanghai 200434, China)

**Abstract:** To explore the related issues in emergency water diversion of Xingou River Project, and to evaluate the water diversion effect, the pattern of influences on water diversion caused by variation of water quality in the basin under Xingou River Project was analysed based on the method of comprehensive pollution index, with the water quality improvement index ( $I$ ) and the category change index ( $G$ ) introduced. Results showed that during the water diversion period, the diversion ratio of the west main branch of Xingou River is 0.30~0.59. Affected by the diversion of the west main branch of Xingou River, the daily average water inflow of the east main branch of Xingou River into Lake Taihu accounts for 9%~22% of the daily average water quantity from the Yangtze River. Three days after the continuous water diversion through Xizhihugang-North Project, water from the Yangtze River has an impact on the east main branch of Xingou River, south of the Beijing-Hangzhou Grand Canal. The effect of water quality improvement in main stream is related to the background water quality of each section, as well as the distance between each section and the water source. For those sections with higher initial value of the comprehensive pollution index, the  $I_{\max}$  index tends to be larger. For the sections with similar background water quality, the  $I$  index of those sections close to the water source tends to be larger.

**Key words:** water diversion effect; emergency water diversion; distribution of water volume; water quality improvement index; method of comprehensive pollution index; Xingou River

水资源短缺、水环境污染和水生态损害已成为目前制约我国经济社会高质量发展的突出瓶颈, 在此背景下实施江河湖连通工程已成为提高水资源统筹调配能力、改善河湖生态环境质量状况、增强抵御水旱灾害能力的一项重要举措<sup>[1-2]</sup>。新沟河工程, 即新沟河延伸拓浚工程, 是国家172项节水供水重

大工程, 也是国务院批复的《太湖流域水环境综合治理总体方案》中安排的提高太湖流域水环境容量的骨干引排工程之一<sup>[3]</sup>。新沟河工程功能除了提高流域、区域的防洪排涝能力, 减少进入太湖梅梁湖的污染负荷外, 另一项重要功能是太湖梅梁湖遇突发水污染事件时, 实施应急引长江水进入梅梁湖, 以

**基金项目:** 国家重点研发计划(2018YFC0407205); 国家自然科学基金(41730750)

**作者简介:** 龚李莉(1989—), 女, 工程师, 硕士, 主要从事水资源保护和水环境治理等研究。E-mail:673236158@qq.com

应对突发水污染事件。因此,新沟河工程科学调度是应对太湖北部湖区突发水污染事件的重要手段,工程实际调度效果对于太湖水质保护和突发水污染事件应急都具有重要意义。

目前关于引调水改善河网水环境的研究和实践多集中在特定引水流量、引水水质对于河网水环境的改善效果。许益新等<sup>[4]</sup>以张家港市为例,揭示了不同长江潮位与内河引水量的响应关系、不同引水量与河网水质改善效果的响应关系,以及不同引水量与引水服务面积的响应关系。张伊佳等<sup>[5]</sup>选取太湖下游河网区 29 个断面氨氮和高锰酸盐指数逐月监测数据,采用综合污染指数法、聚类分析法等分析了复杂水文水动力条件下的引水调控效果。现有的关于新沟河工程调度效果的研究则主要围绕工程排水调度效益或其影响。陈江海<sup>[6]</sup>利用 MIKE21 软件建立了二维水流水质模型,研究了新沟河工程排水对长江水环境的影响,认为工程排水对长江的不利影响主要在入江口附近区域,影响程度总体较小。马农乐等<sup>[7]</sup>针对新沟河主要控制建筑物设计了不同调度运行方案,并通过数值模拟计算了遭遇百年一遇降雨条件时不同方案下的区域河网水位、水量变化,分析了新沟河工程对太湖流域防洪形势产生的影响。朱海生<sup>[8]</sup>结合新沟河工程试运行情况,总体阐述了工程在防洪(排涝)减灾、生态环境、保障供水、改善水质等方面的有益作用。

从已有研究可以发现,目前针对新沟河工程调度的研究主要关注工程排水对于长江水质的影响<sup>[9]</sup>和工程防洪调度效果,对于新沟河工程调度效果或影响的研究还不够全面。此外,由于新沟河工程为新建工程,工程运行以来的实测水量、水质资料十分有限,现有研究主要基于模型模拟结果,缺乏实测数据的支撑和验证,对工程运行实际效果尚无定量研究。为此,本文依托 2018 年 10—11 月新沟河工程应急调水试验,基于试验期间水量水质原位监测数据评估工程应急调水的实际效果,以期为新沟河工程调度提供参考。

## 1 工程概况

新沟河工程地处太湖流域武澄锡虞区,该区位于太湖流域的北部,西与湖西区接壤,南与太湖湖区为邻,东以望虞河东岸为界,北滨长江。区域内河道河底坡降普遍较小,除京杭运河外,大部分河流水流流向因降雨的丰枯、长江水位变化以及水利工程引排调度等影响表现为往复不定。新沟河工程全长 97.47 km,河道工程北起长江,至石堰后分成东、西两支,东支河道以立交方式穿越京杭

运河、锡溧漕河后接南直湖港段入太湖,西支河道平交京杭运河后连接武进港至太湖。新沟河沿线工程较多,包括沿江的新沟河江边枢纽,位于东支河道上的西直湖港北枢纽、西直湖港闸站枢纽、西直湖港南枢纽以及靠近太湖的直湖港闸,位于西支河道上的石堰节制闸、遥观北枢纽、遥观南枢纽以及靠近太湖的武进港闸,此外还有位于新沟河沿线支河上的节制闸等控制工程。研究区水系及监测断面分布如图 1 所示。



图 1 研究区水系及监测断面分布

Fig. 1 The river system and distribution of monitoring sections in the study area

新沟河应急引水是应急处置太湖局部湖湾突发水污染事件的重要手段。根据工程调度原则,为保证引调水入太湖水质,在引长江水之前需先使新沟河干流水质得到改善,初期引入的长江水从新沟河沿线的支河退水入河网,待水质达到要求后方可应急引水入太湖梅梁湖。

本次应急调水试验期间,新沟河江边枢纽调度分闸引、泵引两种运行方式,当长江潮位较低时启用泵站引水,第 1~3 天新沟河江边枢纽启用 1 台泵站引水,同时根据长江潮位适时停机开闸引水,按日平均引水流量  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  控制;第 4~15 天,新沟河江边枢纽启用 2 台或 3 台机组引水,同时根据长江潮位适时停机开闸引水。第 1~3 天西直湖港北枢纽地涵关闭;第 4~15 天西直湖港北枢纽地涵、西直湖港

闸站枢纽节制闸开启,引水入运河以南地区。新沟河两岸支河口门建筑物,第1~3天石堰节制闸和玉祁南闸开启,新沟河东支运河以北沿线支河上其余节制闸关闭;第4~15天石堰节制闸开启,靠近太湖的洋溪河东闸(新沟河支河洋溪河上的控制工程)开启,新沟河东支其余支河上的节制闸关闭。入太湖的直湖港闸保持关闭。

研究区域共布设监测断面42处(图1),水量水质同步监测。水量监测内容包括新沟河干流沿程水位、流量,水质监测指标包括水温、pH值、浊度、溶解氧、电导率、高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷等。应急调水试验期间水质监测每天不少于1次,应急调水试验结束后开展3~5次水质跟踪监测。

## 2 研究方法

### 2.1 水量分配规律

分叉河道的分流特性常用分流比表示,分流比对防洪排涝、供水、水环境保护等具有重要意义<sup>[10-11]</sup>。石堰节制闸开启状态下新沟河东支、西支的分流比是新沟河工程调度关注的问题之一。新沟河东支、西支分流比计算公式分别为

$$\gamma_E = \frac{Q_E}{Q_{\text{干流}}} = \frac{Q_{E, \text{东柳塘}}}{Q_{E, \text{东柳塘}} + Q_{W, \text{石堰桥}} + Q_{W, \text{石埭桥}}} \quad (1)$$

$$\gamma_W = \frac{Q_W}{Q_{\text{干流}}} = \frac{Q_{W, \text{石堰桥}} + Q_{W, \text{石埭桥}}}{Q_{E, \text{东柳塘}} + Q_{W, \text{石堰桥}} + Q_{W, \text{石埭桥}}} \quad (2)$$

式中: $\gamma_E$ 、 $\gamma_W$ 分别为东支和西支河道分流比; $Q_E$ 、 $Q_W$ 、 $Q_{\text{干流}}$ 分别为东支、西支和干流实测流量; $Q_{E, \text{东柳塘}}$ 、 $Q_{W, \text{石堰桥}}$ 、 $Q_{W, \text{石埭桥}}$ 分别为东支东柳塘断面、西支石堰桥断面和西支石埭桥断面实测流量。

### 2.2 受水区对长江来水的响应分析

在数值模拟中,通常可采用来水组成的方法定量分析不同水源组成情况和河道内水体置换程度,以此表征受水区对于来水水源的响应快慢。然而在野外原型试验中该方法使用较为困难,因此,本文采用水体电导率指标变化近似推测受水区对于长江来水的响应时间。水体电导率主要表示水的纯度,电导率高说明水体中能导电的矿物质含量高<sup>[12]</sup>。一般而言,长江水体电导率与河网水体电导率有显著差异,如陈锡超等<sup>[13]</sup>对2008年9月5—7日(非引江济太期间)长江、望虞河水质进行了分析,结果显示长江水体电导率明显低于望虞河;杨浩等<sup>[14]</sup>也采用水体电导率变化表征长江引水对河网的影响,结果显示大部分引水河道上距离长江较近的断面,其电导率相对较低。本文根据监测断面电导率发生突变的时刻推测长江来水显著影响该断面的历时。

### 2.3 水质评价方法与评价指标

根据引调水目的和研究的重点,现有研究多从水质改善、水动力改善等方面对引调水工程的调水效益进行评估<sup>[15-16]</sup>,常用的指标包括河道流速、水体换水周期、水质改善系数、内梅罗指数及其衍生指标等<sup>[17-19]</sup>;部分研究为定量分析水质指标的类别变化,采用的指标为类别变化指数<sup>[4]</sup>。本文采用水质改善系数和类别变化指数评估引调水前后研究区水质变化。

#### 2.3.1 水质改善系数

计算水质改善系数需先计算综合污染指数。综合污染指数计算公式<sup>[20]</sup>为

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{ij} \quad (3)$$

其中

$$S_{ij} = \rho_{ij} / \rho_{Si}$$

式中: $P$ 为综合污染指数; $S_{ij}$ 为单项污染物标准指数; $\rho_{ij}$ 为评价因子*i*在监测断面*j*的实测质量浓度,mg/L; $\rho_{Si}$ 为评价因子*i*的地表水水质标准值,mg/L; $n$ 为评价因子的数目。

考虑到引水对河网的水环境影响是一个动态过程,为便于评估这种影响,采用平均水质改善系数*I*和最大水质改善系数*I*<sub>max</sub>分别表征引水带来的水质平均改善程度和最大改善程度,计算公式如下:

$$I = \frac{P_0 - \bar{P}}{P_0} \times 100 \quad (4)$$

$$I_{\text{max}} = \frac{P_0 - P_{\text{min}}}{P_0} \times 100 \quad (5)$$

式中: $P_0$ 为各监测断面的本底综合污染指数; $\bar{P}$ 为各监测断面在应急调水试验期间的平均综合污染指数; $P_{\text{min}}$ 为各监测断面在试验期间的最小综合污染指数。

选取氨氮、高锰酸盐指数和总磷等3项指标,以Ⅲ类水作为评价标准,计算综合污染指数、平均水质改善系数和最大水质改善系数。

#### 2.3.2 类别变化指数

类别变化指数属于均值型多因子指数,反映引水前后水质类别变化(上升或下降)的等级<sup>[21]</sup>,计算公式如下:

$$G = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G_{bi} - G_{ai}) \quad (6)$$

式中: $G$ 为类别变化指数,数值为正表示水质类别上升,数值为负表示水质类别下降; $G_{bi}$ 、 $G_{ai}$ 分别为引水前、后第*i*种污染物的水质类别。

选取溶解氧、氨氮、高锰酸盐指数和总磷等4项污染物指标计算水质类别变化指数。

### 3 结果与分析

#### 3.1 东支、西支河道水量分配规律

应急调水试验期间,新沟河江边枢纽日均引水流量为  $20.5 \sim 51.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ,日引水量在 176.8 万 ~ 448.6 万  $\text{m}^3$  之间,15 d 累计引水量为 5371.3 万  $\text{m}^3$  (图 2)。石堰节制闸位于新沟河西支,节制闸开启与否将直接影响新沟河干流来水在东支、西支的分配,是影响新沟河工程引排调度效果的关键因素之一。

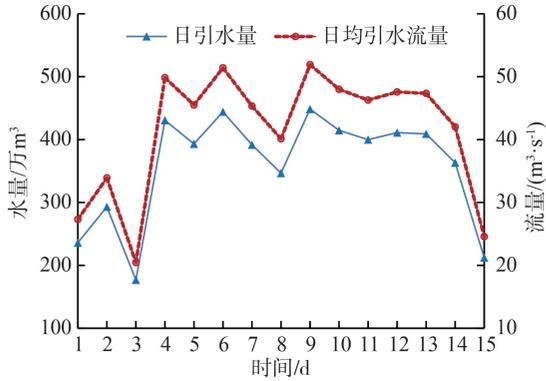


图 2 新沟河引水水量过程

Fig. 2 Water diversion process of Xingou River

本次应急调水试验过程中石堰节制闸全程处于开启状态,新沟河干流来水一部分向西支分流。如图 3 所示,根据实测流量计算,试验期间新沟河西支分流比为  $0.30 \sim 0.59$ ,平均约为  $0.51$ ;西支分流比与干流来水流量有一定正相关关系,总体上随着新沟河干流来水流量增大,西支(石堰节制闸)分流比在一定范围内有增大趋势。新沟河沿程实测流量数据显示,受到西支分流的影响,东支靠近太湖的陆藕路桥断面日均来水流量为  $6.3 \sim 16.1 \text{ m}^3/\text{s}$ ,日均来水流量仅占新沟河日均引江流量的  $9\% \sim 22\%$ 。根据新沟河工程功能,有应急引水需求时通过东支河道实施应急引水,因此,未来在确有需要实施应急引

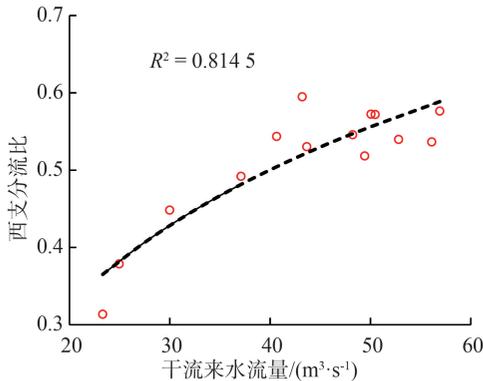


图 3 新沟河西支分流比随干流来水流量变化

Fig. 3 Variation of diversion ratio of the west main branch of Xingou River with water inflow

水的情况下,建议适当控制西支分流量,以保证东支河道应急引水入湖的水量。

#### 3.2 受水区对长江来水的响应

应急调水试验开始前一天(10月19日),对长江新沟河段进行了水质采样。长江水质总体较优,其中,溶解氧质量浓度为  $8.08 \text{ mg/L}$  (I类),高锰酸盐指数质量浓度为  $2.1 \text{ mg/L}$  (II类),化学需氧量质量浓度为  $17.4 \text{ mg/L}$  (III类),氨氮质量浓度为  $0.03 \text{ mg/L}$  (I类),总磷质量浓度为  $0.149 \text{ mg/L}$  (III类),总氮质量浓度为  $1.87 \text{ mg/L}$ 。

采用监测断面电导率发生突变的时刻推测长江来水显著影响该断面的历时,应急调水试验期间,新沟河江边枢纽 15 d 累计引水量为 5371.3 万  $\text{m}^3$ ,新沟河引水量与干流电导率变化见图 4。

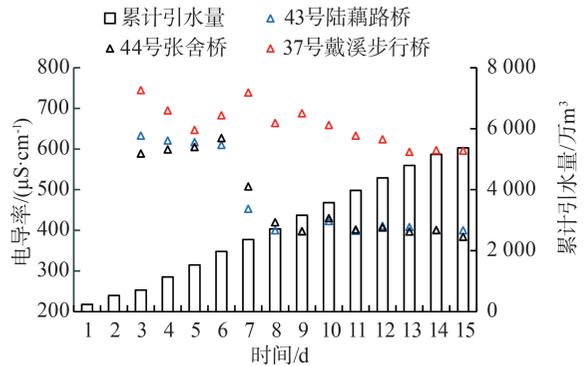


图 4 部分断面电导率随累计引水量变化

Fig. 4 Variation of conductivity of some sections with the cumulative water diversion

a. 运河以北区域。引水后,受长江来水影响,新沟河东支位于京杭运河以北的各断面由于距离来水水源较近,其电导率显著降低,引水一定时间后电导率基本维持在  $300 \sim 400 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。

b. 运河以南区域。为进一步分析长江来水到达运河以南的时间及引水的影响范围,选取运河以南距离来水水源较远的 3 处干流断面进行分析。试验第 4 天西直湖港北枢纽开启后,运河以南 43 号陆藕路桥断面(位于新沟河东支)、44 号张舍桥断面(位于新沟河东支的支河洋溪河)水体电导率自试验第 7 天起开始出现显著下降,在试验第 8 天,即西直湖港北枢纽开启并持续引水第 3 天(10月24日西直湖港北枢纽引水入运河以南流量较小,因此不计入持续引水历时)后,上述断面电导率基本维持在  $400 \mu\text{S}/\text{cm}$  左右。新沟河西支 37 号戴溪步行桥断面电导率随着引水的持续略有降低,但仍维持在  $600 \sim 800 \mu\text{S}/\text{cm}$  之间。

上述断面水体电导率变化情况表明:新沟河江边枢纽引水影响区域可覆盖新沟河干流,新沟河引

水后运河以北干流水体可得到充分置换,西直湖港北枢纽开启并持续引水约3d后,长江来水对运河以南东支本底水量置换程度也较高;此外,受石堰节制闸开启分流影响,长江来水对西支河道水量也有一定置换,但由于受运河分流影响,长江来水对运河以南西支的影响较小。

### 3.3 水环境改善效益时空特征分析

#### 3.3.1 河网水质类别变化

研究区不同时间段各断面水质类别如图5和图6所示。应急调水试验前,研究区水质综合类别为Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类、劣Ⅴ类的断面占比分别为20%、42.9%、14.3%和22.9%;第4~6天Ⅲ类断面占比显著增加,劣Ⅴ类断面占比显著减少,综合水质类别达到Ⅲ类的断面占比提高至46.8%;第7~15天Ⅲ类断面占比进一步增加,Ⅳ类~劣Ⅴ类断面占比进

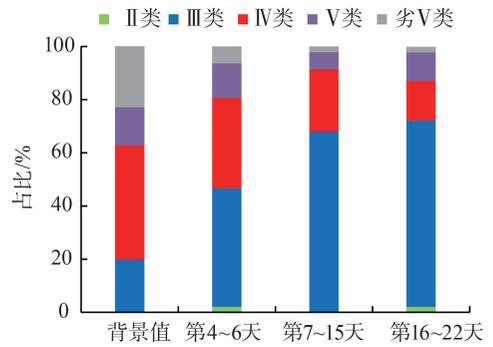


图5 河网水质类别占比变化

Fig.5 Variation of water quality categories proportion in the river network

一步减少,Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类、劣Ⅴ类断面占比分别为68.1%、23.4%、6.4%和2.1%,综合水质类别达到Ⅲ类的断面占比提高至68.1%,较背景值上升

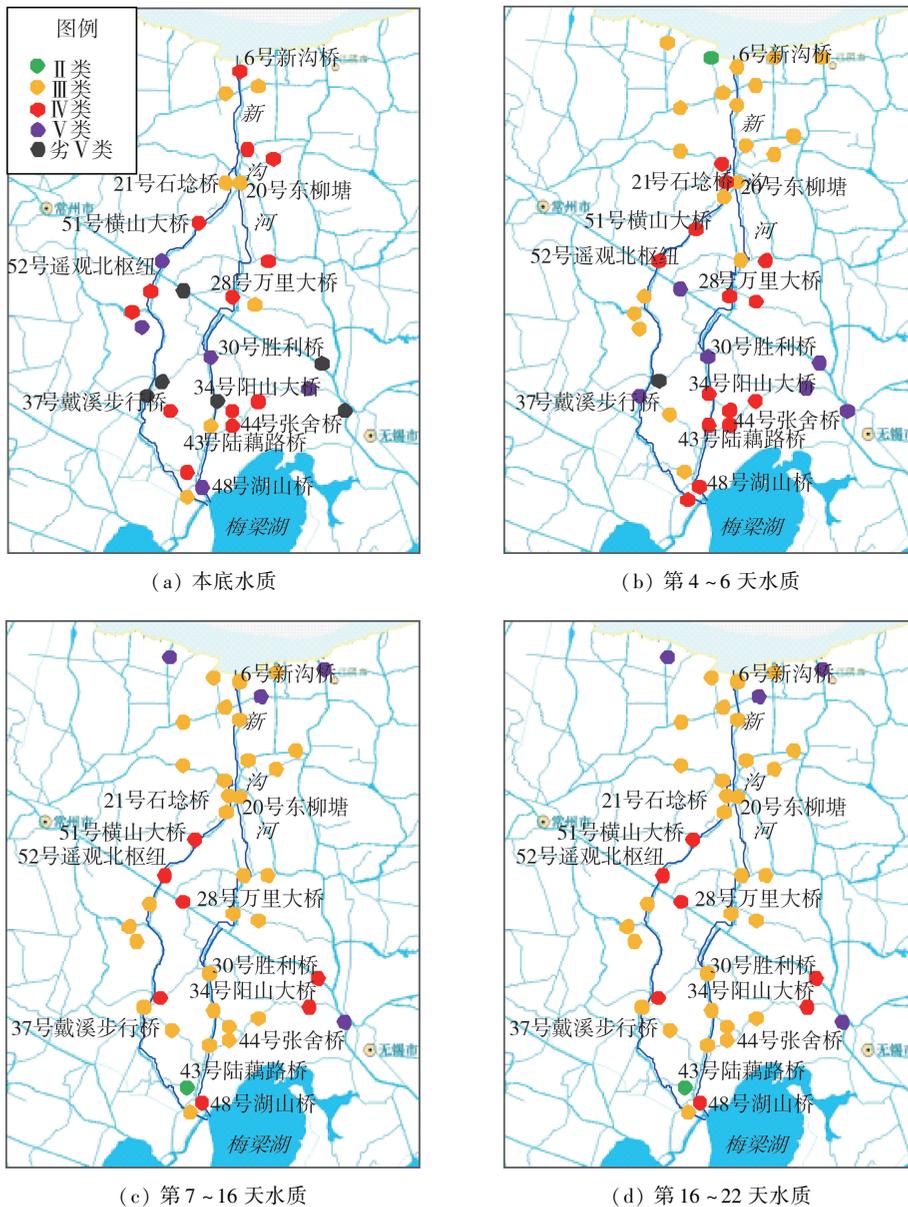


图6 监测断面各时间段水质分布

Fig.6 Water quality distribution at monitoring sections in different periods

48.1%；跟踪监测期(第16~22天)各断面水质进一步提升,综合水质类别达到Ⅲ类的断面比例较背景值上升52.3%。总体上,新沟河干流水质类别随着应急调水的持续逐步提升;东支河道个别支流由于应急调水试验期间处于关闭状态,其监测断面氨氮、总氮等指标质量浓度小幅增大。

### 3.3.2 水质改善系数、类别变化指数时空特征

应急调水试验期间,新沟河干流各监测断面的平均水质改善系数 $I$ 、类别变化指数 $G$ 如表1所示,其中,6号新沟桥断面位于新沟河干流,20号东柳塘、28号万里大桥、30号胜利桥、34号阳山大桥、43号陆藕路桥、48号湖山桥断面位于新沟河东支,21号石埝桥、51号横山大桥、52号遥观北枢纽断面位于新沟河西支。

从时间变化看,第4~6天、第7~15天 $I$ 值均值分别为12.3和36.5, $G$ 值均值分别为0.53和0.80,总体上各断面 $I$ 值、 $G$ 值随应急调水的持续而逐步增大,表明随着长江来水量的增加,新沟河干流的水环境改善效益总体逐步增强。应急调水试验结束后,新沟河东支、西支 $I$ 值较第7~15天略有下降,但较调水前仍有明显改善,表明前期引水的水环境改善效益有一定的维持时间。 $I_{max}$ 反映最佳水环境改善效果,新沟河东支、西支各监测断面 $I_{max}$ 在39.8~58.2之间,出现时间基本在第7~15天、第16~22天两个时间段。

空间上则主要表现为两个特征:①水质改善效果与本底水质有关,本底水质越差,即本底综合污染指数 $P_0$ 较大的断面,其 $I_{max}$ 总体较大,30号胜利桥、34号阳山大桥、51号横山大桥、52号遥观北枢纽断面 $P_0$ 均在0.9以上,这些断面 $I_{max}$ 均在51以上(表1、图7);②断面距离来水水源的里程对水质改善效果有较大影响,这与前人研究的部分水利工程引调水产生的水环境效果研究结论一致。这一点可以从

各时间段 $I$ 值、 $I_{max}$ 出现时间两个角度说明,从各时间段 $I$ 值分析,本底水质状况接近时,距离来水水源较近的断面倾向于表现为较大的 $I$ 值,20号东柳塘、43号陆藕路桥断面 $P_0$ 均为0.53,除跟踪监测期外,20号断面各时间段 $I$ 值均大于43号;6号新沟桥、28号万里大桥断面 $P_0$ 接近,6号断面各时间段 $I$ 值均大于28号断面。从 $I_{max}$ 出现时间分析,新沟河东支、西支河道上京杭运河以北断面 $I_{max}$ 出现时间基本在第7~15天,东支河道上京杭运河以南断面 $I_{max}$ 出现时间基本在第16~22天,出现时间与断面距离来水水源的里程具有显著的正相关关系,总体上出现时间随着里程的增加而推后(图8,图中纵轴出现时间表示 $I_{max}$ 在第几天出现)。

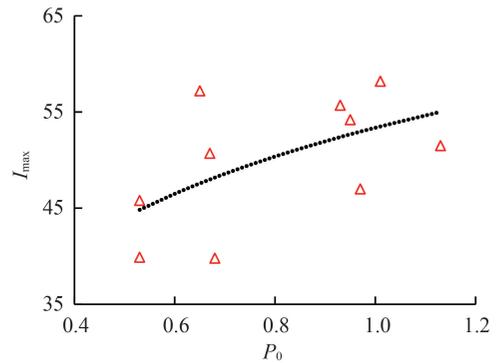


图7 最大改善系数与本底综合污染指数关系  
Fig.7 Relationship between  $I_{max}$  and  $P_0$

## 4 结论

a. 应急调水试验期间新沟河西支分流比在0.30~0.59,受到西支分流的影响,新沟河东支入太湖前断面(陆藕路桥断面)日均来水流量仅占新沟河日均引江流量的9%~22%。因此,未来在确有需要实施应急引水的情况下,建议通过优化调整石堰节制闸调度运行,适当控制西支分流量,以保证东支应急引水入湖的水量。

表1 新沟河干流各断面平均水质改善系数和类别变化指数

Table.1 Variation of  $I$  index and  $G$  index at each section in the main stream of Xingou River

监测断面	本底水质	$P_0$	$I$				$I_{max}$	$I_{max}$ 出现时间	$G$			
			第1~3天	第4~6天	第7~15天	第16~22天			第1~3天	第4~6天	第7~15天	第16~22天
6号新沟桥	Ⅳ类	0.65	33.8	43.5	50.9	52.4	57.2	第8天	0.8	1.0	1.0	1.0
20号东柳塘	Ⅲ类	0.53	-17.4	20.2	30.2	18.8	39.9	第6天	-0.3	0.8	0.5	0.3
28号万里大桥	Ⅳ类	0.68	-37.8	-33.6	22.7	14.3	39.8	第13天	-0.3	-0.3	0.5	0.5
30号胜利桥	Ⅴ类	0.95		5.8	38.8	35.2	54.2	第16天		0.0	0.5	0.5
34号阳山大桥	劣Ⅴ类	1.01		24.9	44.6	47.5	58.2	第18天		0.8	1.0	1.3
43号陆藕路桥	Ⅲ类	0.53		-41.1	8.1	22.9	45.8	第18天		0.0	0.3	0.8
48号湖山桥	Ⅴ类	0.97		18.5	37.2	34.6	47.0	第15天		0.5	1.0	1.0
21号石埝桥	Ⅲ类	0.67	-17.3	27.1	41.8	10.6	50.7	第9天	0.3	0.8	1.0	0.8
51号横山大桥	Ⅳ类	0.93	-6.5	26.5	50.1	12.6	55.7	第13天	-0.3	0.5	0.8	0.0
52号遥观北枢纽	Ⅴ类	1.13	-29.7	31.6	40.3	16.4	51.5	第12天	-0.3	1.3	1.5	0.5

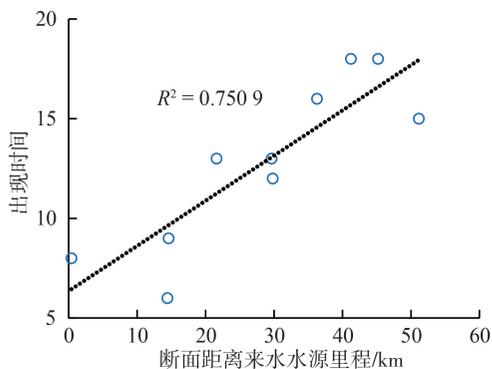


图8 最大改善系数出现时间与断面距离来水水源里程关系

Fig.8 Relationship between occurrence time of  $I_{max}$  and the distance between the section and the water source

b. 新沟河引水影响区域可覆盖新沟河干流及退水的洋溪河区域,在新沟河西支分流的情况下,长江来水对运河以南新沟河东支的影响时间约为西直湖港北枢纽开启并持续引水3 d后。为缩短应急调水情况下受水区对长江来水的响应时间,同样建议适当控制西支分流量。

c. 随着长江来水量的增加,新沟河干流水质改善效果总体增强。干流各断面水质最大改善系数基本出现在第7~15天、第16~22天两个时间段;调水结束后,前期引水的水环境改善效益仍可维持一定的时间。

d. 水质改善效果与断面本底水质以及距离来水水源的远近有关。本底综合污染指数较大的断面,其最大水质改善系数总体较大。断面距离来水水源的里程对水质改善效果有较大影响,最大水质改善系数出现时间总体上随着引水距离的增加而推后。

#### 参考文献:

[1] 彭文启,刘晓波,王雨春,等.流域水环境与生态学研究回顾与展望[J].水利学报,2018,49(9):1055-1067. (PENG Wenqi, LIU Xiaobo, WANG Yuchun, et al. Review and prospect of progress in water environment and water ecology research [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2018, 49(9): 1055-1067. (in Chinese))

[2] 高学平,胡泽,闫晨丹,等.考虑水力连通性的水系连通评价指标体系构建与应用[J].水资源保护,2022,38(2):41-47. (GAO Xueping, HU Ze, YAN Chendan, et al. Construction and application of water system connectivity evaluation index system considering hydraulic connectivity [J]. Water Resources Protection, 2022, 38(2): 41-47. (in Chinese))

[3] 国家发展改革委.太湖流域水环境综合治理总体方案[R].北京:国家发展改革委,2008.

[4] 许益新,李一平,罗育池,等.引水改善平原感潮河网水质效果评估[J].水资源保护,2019,35(6):124-130. (XU Yixin, LI Yiping, LUO Yuchi, et al. Effect evaluation of water diversion to water quality improve in

plain tidal river network [J]. Water Resources Protection, 2019, 35(6): 124-130. (in Chinese))

[5] 张伊佳,陈星,许钦,等.太湖下游河网水质变化特征与引水调控效果[J].水资源保护,2020,36(5):79-86. (ZHANG Yijia, CHEN Xing, XU Qin, et al. Characteristics of water quality change in the downstream river network area of Taihu Lake and effect of water diversion control [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(5): 79-86. (in Chinese))

[6] 陈江海.新沟河延伸拓浚工程对长江水环境影响研究[J].人民长江,2015,46(12):79-83. (CHEN Jianghai. Research on influence of Xingou River Dredging and Extending Project on water environment of Yangtze River [J]. Yangtze River, 2015, 46(12): 79-83. (in Chinese))

[7] 马农乐,陆志华.太湖流域新建工程防洪调度初析:新沟河[J].江西水利科技,2020,46(2):139-144. (MA Nongle, LU Zhihua. The analysis on flood control of new projects about Xingou River [J]. Jiangxi Hydraulic Science & Technology, 2020, 46(2): 139-144. (in Chinese))

[8] 朱海生.高质量建设新沟河工程的实践及效益分析[J].江苏水利,2020(12):1-3. (ZHU Haisheng. Practice and benefit analysis of high-quality construction of Xingou River Project [J]. Jiangsu Water Resources, 2020(12): 1-3. (in Chinese))

[9] 陈江海,陈翔.新沟河排江对长江水质影响风险分析[J].长江科学院院报,2018,35(9):38-53. (CHEN Jianghai, CHEN Xiang. Risk analysis on the influence of Xingou River discharge on water quality of Yangtze River [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2018, 35(9): 38-53. (in Chinese))

[10] 于珊,李一平,程一鑫,等.调水引流工程对平原河网水动力调控的效果[J].湖泊科学,2021,33(2):462-473. (YU Shan, LI Yiping, CHEN Yixin, et al. The impacts of water diversion on hydrodynamic regulation of plain river network [J]. Journal of Lake Sciences, 2021, 33(2): 462-473. (in Chinese))

[11] 王子悦,李一平,董志强,等.太湖流域平原河网分流比影响因素[J].水资源保护,2019,35(4):49-54. (WANG Ziyue, LI Yiping, DONG Zhiqiang, et al. Influencing factors of flow diversion ratio in plain river networks of Taihu Lake Basin [J]. Water Resources Protection, 2019, 35(4): 49-54. (in Chinese))

[12] 何丽娟,陈帅帅,李松波,等.离子液体[emim]Ac密度和电导率的实验与理论研究[J].应用化工,2019,48(4):798-800. (HE Lijuan, CHEN Shuaishuai, LI Songbo, et al. Study on the density and conductivity of ionic liquid [emim]Ac [J]. Applied Chemical Industry, 2019, 48(4): 798-800. (in Chinese))

[13] 陈锡超,纪颖琳,胡青,等.“引江济太”水系有色溶解有机质的特征与来源[J].湖泊科学,2010,22(1):63-69. (CHEN Xichao, JI Yinglin, HU Qing, et al. Characteristics and source of CDOM in the drainage system of Water Diversion from Yangtze River to Lake Taihu [J]. Journal of Lake Sciences, 2010, 22(1): 63-69.

- (in Chinese))
- [14] 杨浩,李一平,蒲亚帅,等. 张家港市河道水质时空分布特征研究分析[J]. 环境科学学报,2021,41(10):4064-4073. (YANG Hao, LI Yiping, PU Yashuai, et al. Spatio-temporal distribution characteristics and the river water quality of Zhangjiagang City [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2021, 41(10):4064-4073. (in Chinese))
- [15] 潘泓哲,李一平,唐春燕,等. 多目标优化下平原河网引调水改善水环境效果评估[J]. 湖泊科学,2021,33(4):1138-1152. (PAN Hongzhe, LI Yiping, TANG Chunyan, et al. Evaluation of the effect of water diversion on improving water environment in plain river network under the multi-objective optimization[J]. Journal of Lake Sciences, 2021, 33(4):1138-1152. (in Chinese))
- [16] 夏玉宝,王华,何新辰,等. 太湖流域典型滨湖河网水动力与水质时空异质性[J]. 湖泊科学,2021,33(4):1100-1111. (XIA Yubao, WANG Hua, HE Xincheng, et al. Spatiotemporal heterogeneity of hydrodynamic forces and water quality in typical lakeside river networks in Taihu Basin[J]. Journal of Lake Sciences, 2021, 33(4):1100-1111. (in Chinese))
- [17] 崔广柏,陈星,向龙,等. 平原河网区水系连通改善水环境效果评估[J]. 水利学报,2017,48(12):1429-1437. (CUI Guangbai, CHEN Xing, XIANG Long, et al. Evaluation of water environment improvement by interconnected river network in plain area[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2017, 48(12):1429-1437. (in Chinese))
- [18] 张涛,陈求稳,易齐涛,等. 太湖流域上游平原河网区水质空间差异与季节变化特征[J]. 湖泊科学,2017,29(6):1300-1311. (ZHANG Tao, CHEN Qiuwen, YI Qitao, et al. Spatial and seasonal variations of water quality in the upstream plain river networks of the Taihu Basin[J]. Journal of Lake Sciences, 2017, 29(6):1300-1311. (in Chinese))
- [19] 杨荣金,王逸卓,李秀红,等. 官厅水库水质评价及时空变化特征[J]. 水资源保护,2021,37(6):135-141. (YANG Rongjin, WANG Yizhuo, LI Xiuhong, et al. Water quality evaluation and spatiotemporal variation characteristics of Guanting Reservoir [J]. Water Resources Protection, 2021, 37(6):135-141. (in Chinese))
- [20] 张怡雅,袁飞,张利敏,等. 南水北调中线工程调水前后汉江中下游干流水质变化特征[J]. 水利水电科技进展,2022,42(3):14-19. (ZHANG Yiya, YUAN Fei, ZHANG Limin, et al. Variation characteristics of water quality in middle and lower reaches of the Hanjiang River before and after Middle Route of South-to-North Water Diversion Project [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2022, 42(3):14-19. (in Chinese))
- [21] 翟淑华,张红举,胡维平,等. 引江济太调水效果评估[J]. 中国水利,2008(1):21-23. (ZHAI Shuhua, ZHANG Hongju, HU Weiping, et al. Evaluation on result of Yangtze-Taihu water diversion [J]. China Water Resources, 2008(1):21-23. (in Chinese))
- (收稿日期:2021-12-02 编辑:熊水斌)

(上接第 132 页)

- [18] PARVAIZ A T, MAPBOOL B, FAYAZ A L. Seasonal spatio-temporal variability in temperature over North Kashmir Himalayas using Sen slope and Mann-Kendall test[J]. Journal of Climatology & Weather Forecasting, 2021, 9(5):1-12.
- [19] 马良,姜广辉,左长清,等. 江西省 50 余年来降雨侵蚀力变化的时空分布特征[J]. 农业工程学报,2009,25(10):61-68. (MA Liang, JIANG Guanghui, ZUO Changqing, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of rainfall erosivity changes in Jiangxi Province over more than 50 years[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(10):61-68. (in Chinese))
- [20] 陈沪生,周玉良,周平,等. 基于小波和 ARIMA 的黄山市年降水量分析及预测[J]. 南水北调与水利科技,2019,17(5):50-55. (CHEN Husheng, ZHOU Yuliang, ZHOU Ping, et al. Analysis and prediction of annual precipitation in Huangshan City based on wavelet and ARIMA [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2019, 17(5):50-55. (in Chinese))
- [21] 陶佳辉,卞锦宇,敖天其,等. 南水北调东线调水区及受水区降水径流变化特征[J/OL]. 水资源保护:1-16 [2022-01-06]. (TAO Jiahui, BIAN Jinyu, AO Tianqi, et al. Variation characteristics of precipitation and runoff in the water diversion and water-receiving area of the Eastern route of the South-to-North water diversion Project [J/OL]. Water Resources Protection:1-16[2022-01-06]. (in Chinese))
- [22] 徐利岗,周宏飞,梁川,等. 中国北方荒漠区降水多时间尺度变异性研究[J]. 水利学报,2009,40(8):1002-1011. (XU Ligang, ZHOU Hongfei, LIANG Chuang, et al. Multi-time scale variability of precipitation in the desert region of North China [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 40(8):1002-1011. (in Chinese))
- [23] 王家祁,张建云. 中国暴雨统计参数图集[M]. 北京:中国水利水电出版社,2006.
- [24] IPCC. Climate change 2021: the physical science basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- [25] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社,2007.
- [26] GUAN Tiesheng, XU Qin, CHEN Xing, et al. A novel remote sensing method to determine reservoir characteristic curves using high-resolution data [J]. Hydrology Research, 2021, 52(5):1066-1082. (收稿日期:2022-01-17 编辑:王芳)