

纪洪艳. 东太湖与太浦河原水水质监测对比及其水源地适宜性评估[J]. 净水技术, 2026, 45(7): 66-77, 172.

Ji H Y. Comparison of raw water quality monitoring between East Taihu Lake and Taipu River and evaluation of the suitability for drinking water sources [J]. Water Purification Technology, 2026, 45(7): 66-77, 172.

东太湖与太浦河原水水质监测对比及其水源地适宜性评估

纪洪艳*

(上海城投水务<集团>有限公司, 上海 200082)

摘 要 【目的】 在我国推动长三角一体化发展和保障优质供水的战略背景下, 本文系统评估东太湖及其下游太浦河水质状况, 为地区优质饮用水源选择与取水口布局优化提供数据支持。【方法】 2021 年 9 月—2022 年 1 月, 在东太湖设置 13 个监测点位、太浦河设置 6 个监测点位, 对 2 处水体共 132 项水质指标进行全面监测与分析评估。【结果】 东太湖水质整体优于太浦河, 溶解氧水平更高, 氨氮、总氮、硝酸盐氮及粪大肠菌群浓度低于太浦河且波动较小, 水体自净能力更强, 具备优质饮用水源潜力。然而, 受蓝藻周期性增殖影响, 2-甲基异莰醇 (2-MIB) 等嗅味物质存在季节性升高风险。太浦河受上游来水及沿线工农业、生活污染影响, 营养盐、粪大肠菌群和部分重金属浓度较高, 污染呈现沿程累积特征。2 处水体所测指标大多低于标准限值, 具有时空分异特征。【结论】 东太湖可作为长三角高品质原水优选水源, 但需关注嗅味物质; 太浦河污染沿程累积, 应优化取水口选址并强化流域协同治理。监测成果可为打造长三角高品质原水走廊、提升区域供水安全韧性提供数据支撑。

关键词 东太湖; 太浦河; 原水水质监测; 饮用水源; 引水工程

中图分类号: X703 文献标志码: A 文章编号: 1009-0177(2026)07-0066-13

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.07.008

Comparison of Raw Water Quality Monitoring between East Taihu Lake and Taipu River and Evaluation of the Suitability for Drinking Water Sources

Ji Hongyan*

(Shanghai Chengtou Water <Group> Co., Ltd., Shanghai 200082, China)

Abstract [Objective] Guided by the strategy background of integrated regional development of the Yangtze River Delta and ensuring high-quality water supply at home, this paper systematically assesses water quality in East Taihu Lake and the downstream of Taipu River to provide data support for the selection of high-quality drinking water sources and the optimization of water intake layouts in the region. [Methods] From September 2021 to January 2022, 132 water quality indices were comprehensively monitored and analyzed at 13 monitoring sites in East Taihu Lake and 6 monitoring sites along the Taipu River. [Results] The overall water quality of East Taihu Lake was superior to that of the Taipu River, characterized by higher dissolved oxygen levels and significantly lower, more stable concentrations of ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, total nitrogen and fecal coliform. These findings indicated stronger self-purification capacity and promising potential as a high-quality drinking water source. However, periodic Cyanobacterial blooms posed a risk of seasonal elevations in taste and odor compounds, specifically 2-methylisoborneol (2-MIB). In contrast, the Taipu River was influenced by upstream inflows and multi-source pollution from industrial, agricultural and domestic activities along its course, leading to higher concentrations of nutrients, fecal coliform and certain heavy metals, with a distinct longitudinal accumulation pattern. Although most monitoring indices complied with the environmental quality standards for surface water, significant spatiotemporal variations were observed. [Conclusion] East Taihu Lake is a preferred source for high-quality raw water supply, while greater attention should be paid to taste and odor compounds. Conversely, due to the longitudinal accumulation of pollutants, intake locations along the Taipu River should be optimized, and collaborative basin-wide governance should be prioritized. These findings support the

[收稿日期] 2025-03-09

[通信作者] 纪洪艳 (1981—), 女, 高级工程师, 主要从事水利工程设计和水务管理等工作, E-mail: 398034494@ qq. com。

development of high-quality raw water corridors and enhance the resilience of regional water supply systems in the Yangtze River Delta.

Keywords East Taihu Lake; Taipu River; raw water quality monitoring; drinking water source; water diversion project

在我国推动长三角一体化发展的战略背景下,长三角区域水资源的优化配置与协同保护已成为支撑城市群高质量发展的关键议题。构建区域水资源共享、协同保护与应急调配的一体化格局,已成为提升长三角城市群水资源保障能力和水质安全能级的必然选择。基于上述战略需求,上海市政协提出“长三角优质饮用水水源走廊”的战略构想,旨在将优质长江水、太湖原水、新安江水及皖南山区地表水引入上海西南五区及嘉善、平湖等区域,改变当前依赖太浦河取水、原水水质受上游来水影响大、保障程度不足的现状。该构想中东太湖—金泽水源走廊的构建是最为迫切实施的骨干工程,经多工况分析该水源走廊规划供水规模为 715 万 m^3/d ,将显著提升区域多水源保障能力与供水效能,推动长三角水资源一体化保护与协同发展,打造区域一体化发展的示范标杆。

近年来,对大型跨域引水工程水质安全保障的监测由常规考察向多要素风险筛查与综合评估转变。已有研究^[1]采用水质指数(WQI)等综合评价模型,实现对南水北调等大型引水工程水质状况的有效量化。然而,综合指数评价通常仅聚焦于耗氧量、氮、磷营养盐、粪大肠菌群等常规理化指标^[2],在加权计算中容易忽视微量有毒物质或嗅味物质的突发性风险。因此,广泛引入微量有机物、嗅味物质分析及高通量筛查技术,以应对气候变化和复杂污染对供水系统造成的隐蔽性冲击愈发受到研究人员重视。

作为该战略实施的第一阶段重点工程,东太湖引水工程的可行性与必要性亟须进行科学的评估。面对太湖流域河网多源交织的污染特征,有必要系统掌握东太湖区域的水质现状,并与太浦河沿线水质进行对比分析,以判断引水工程是否能够有效提升原水水质,助力上海市实现 2035 年优质供水目标。东太湖不仅是太湖来水的重要泄洪通道,其水质受太湖整体水文与生态过程影响显著。以往研究^[3]多聚焦于氮、磷营养盐及藻类等浮游植物的时空变化,或探讨围网养殖对水质的影响,监测指标相对有限。本文秉持全面性与科学性原则,将调研范围扩展至整个太湖东部区域,涵盖东太湖及东西山

之间水域;同时,检测指标由传统营养盐扩展至 132 项,力求通过系统、翔实的水质监测,全面掌握东太湖与下游太浦河的水质动态特征,为东太湖引水工程的科学决策与实施提供坚实的数据支撑。

1 研究区域概况与研究方法

本文研究区域东太湖是位于太湖东南部的一个狭长形湖湾,水域面积约为 131 km^2 ,平均水深为 1.2 m,蓄水量约为 1.18 亿 m^3 ^[4-5]。作为太湖与下游水系交汇的关键节点,苏州庙港水源地在东太湖直接取水,此外还通过太浦河等出水通道与上海市青浦金泽水源地、浙江嘉善平湖水源地紧密相连,承担着向上海市西南地区及浙江省嘉兴市等长三角城市群核心区域供水的重要职能,是太湖流域下游地区的重要水源保障。就整个太湖流域污染源而言,西部湖区武进港、太浦运河、大浦港等河流污染指标浓度相对较高,对太湖的氮、磷污染物贡献较大。污染源可分为 4 类,分别为生活源、水产养殖源、畜禽养殖和农田种植源、工业源,占比为 32.5%、19.8%、40.3%和 7.4%^[6]。

太浦河是东太湖主要的支流,全长为 57.6 km,日均水位为 4.25 m(平望水位站),流域地势低平。年承接太湖出湖水量 32.0 亿 m^3 ,每秒设计流量为 784 m^3 (太浦闸)^[7]。自西向东连接沿线各地的支流、运河、水库和湖泊,已成为长江下游经济发达地区重要的泄洪、航运、供水多功能河道。太浦河主要污染源为上游吴江地区纺织生产等工业,年工业废水排放量为 9 181 万 t,化学需氧量排放量为 4 336 t,氨氮排放量为 183 t^[8]。其次是生物污染和农业污染,吴江区年化肥使用量达 9 036.8 t。此外,发达的航运也会对水质造成较大的污染压力,尤其是太浦河所连接的京杭运河,水质常年保持在 IV、V 级水平。

依据《水和废水监测分析方法》(第四版)点位设置规范,在东太湖和太浦河分别设置 13、6 个点位,点位标记分别为 TH1~TH13、TQ1~TQ6,其中 TH10~TH13 为 2021 年 12 月新增采样点位,不同点位位置及名称如图 1 和表 1 所示。2021 年 9 月—2022 年 1 月,东太湖和太浦河水样共检测指标 132 项,包括《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)

全 109 项、国控外嗅味指标 5 项、藻类指标 10 项、有机物指标 5 项和三卤甲烷 3 项,检测方法参照《地表

水环境质量标准》(GB 3838—2002)中基本项目分析方法。

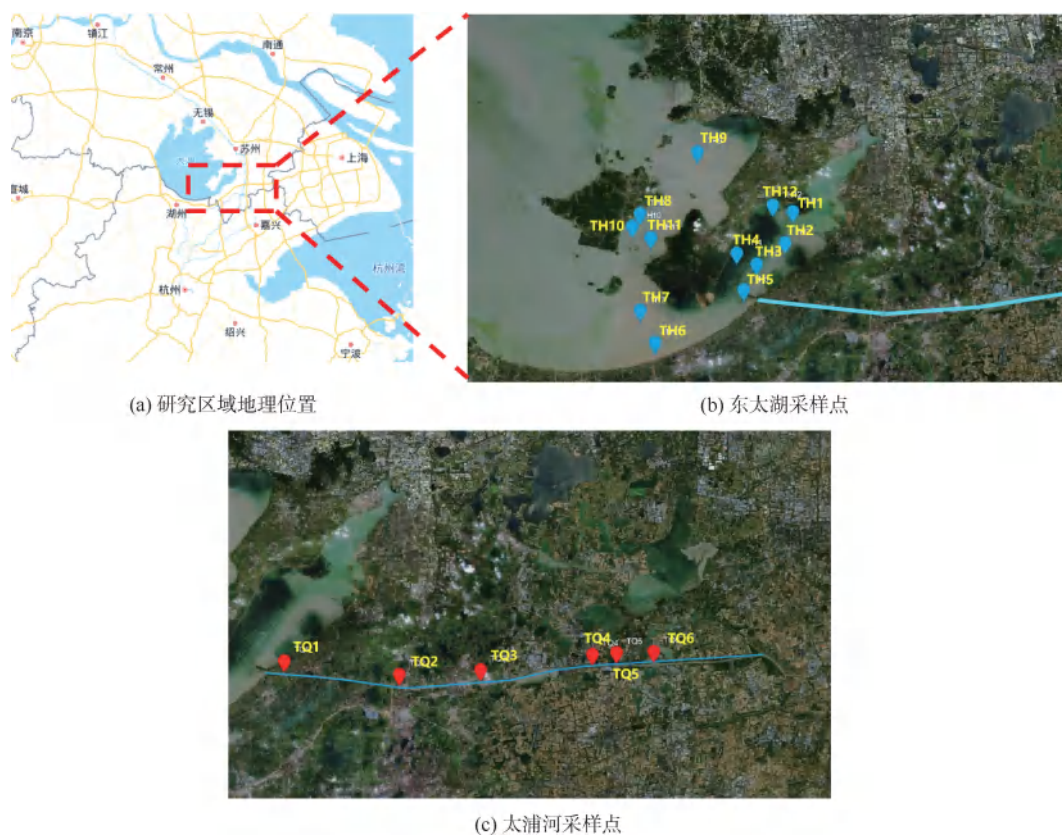


图 1 研究区域及采样点位示意图

Fig. 1 Schematic Map of the Study Area and Sampling Point Sites

本次监测中所检出的指标主要分为常规参数、营养盐、有机质、重金属和准金属、藻类生物学指标、嗅味物质指标和粪大肠菌群 7 大类,并在下文就其时空分布特征展开讨论。

1.1 常规参数

本文所监测水质常规参数为 pH 和溶解氧。由图 2(a)可知,东太湖区域 2021 年 9 月—2022 年 1 月的 pH 值为 7.77~8.14。太浦闸前敞水区 (TH4) 及东山岸 (TH11) pH 值相对较低,分别为 7.77 和 7.85。对于东西山和胥湖,多次检测结果表明其 pH 相对较高,平均值为 8.11 和 8.10。而在太浦河流域,当经过平望大桥时 pH 均会出现降低,后续点位 pH 变化不大,均在 7.66 左右,太浦河 pH 整体低于东太湖。

如图 2(b)所示,东太湖及太浦河流域溶解氧浓度呈现逐月上升趋势。东太湖区域 9 月溶解氧质量浓度相对较低,为 7.09~8.12 mg/L。在本文中,东

太湖水中溶解氧浓度呈逐月升高趋势,2022 年 1 月增加至 10.75~11.59 mg/L。与此同时,新增点位 TH10~TH13 的溶解氧质量浓度为 11.09~11.32 mg/L。研究^[9]表明,冬季低温使水中异养生物呼吸作用被抑制,耗氧量减少;同时低温会降低氧气分子从水体向大气的扩散速率,从而使水中溶解氧含量上升。太浦河流域溶解氧浓度变化趋势与太湖相同,2022 年 1 月溶解氧质量浓度较 2021 年 9 月提升了约 4.4 mg/L。在同月份,太浦河流域溶解氧浓度低于东太湖。

1.2 营养盐

1.2.1 含氮营养盐

(1) 氨氮

由图 3 可知,2021 年 9 月—2022 年 1 月,太湖和太浦河氨氮浓度符合地表水Ⅱ类标准 (0.5 mg/L)。东太湖氨氮质量浓度为 ND~0.26 mg/L (ND 代表未检出),平均质量浓度为 0.12 mg/L。太浦河氨

表 1 太湖和太浦河采样点位及对应区域
Tab. 1 Sampling Points and Corresponding Areas in
East Taihu Lake and Taipu River

点位	区域
TH1	东太湖北部湾区
TH2	东太湖中央敞水区
TH3	吴江二水厂取水口
TH4	太浦闸前敞水区
TH5	吴江水厂取水口
TH6	湖州水厂取水口
TH7	太湖主湖区
TH8	东西山
TH9	胥湖
TH10	西山岸
TH11	东山岸
TH12	滨湖大道湾区
TH13	胥湖南
TQ1	太浦闸下
TQ2	平望大桥
TQ3	黎里东大桥
TQ4	汾湖大桥
TQ5	金泽水文站
TQ6	金泽取水口

氮质量浓度为 ND ~ 0.47 mg/L, 平均质量浓度为 0.18 mg/L。整体上太浦河氨氮浓度高于东太湖。

就月度变化而言,东太湖每月氨氮质量浓度分别为 0.02 ~ 0.07、0.05 ~ 0.18、0.07 ~ 0.26、0.09 ~ 0.26 mg/L 和 ND ~ 0.13 mg/L, 平均值为 0.05、0.10、0.16、0.17 mg/L 和 0.08 mg/L。而太浦河氨氮质量浓度分别为 0.02 ~ 0.16、ND ~ 0.03、0.03 ~ 0.24、0.16 ~ 0.47 mg/L 和 0.09 ~ 0.41 mg/L, 平均值为 0.094、0.025、0.15、0.35 mg/L 和 0.29 mg/L。9 月—10 月东太湖与太浦河氨氮浓度均处于低位, 水平相近; 自 11 月起, 太浦河氨氮迅速升高, 11 月—次年 1 月的峰值与均值接近东太湖的 2 倍, 其中 12 月均值达 0.35 mg/L, 汾湖大桥点位最高值 (0.47 mg/L) 接近 II 类水上限, 说明沿程可能存在额外有机负荷或内源释放; 而东太湖冬季氨氮虽略有上升, 均值和各点位最高值仍维持在地表水 II 类标准以内, 水质相对稳健。

(2) 硝酸盐氮

2021 年 9 月—2022 年 1 月, 太湖和太浦河硝酸盐氮质量浓度均为 ND ~ 1.28 mg/L, 平均质量浓度分别为 0.39 mg/L 和 0.66 mg/L, 远低于地表水标准 (10 mg/L)。整体上, 2021 年 12 月和 2022 年 1 月硝酸盐氮浓度较高, 太浦河硝酸盐氮浓度高于太湖。

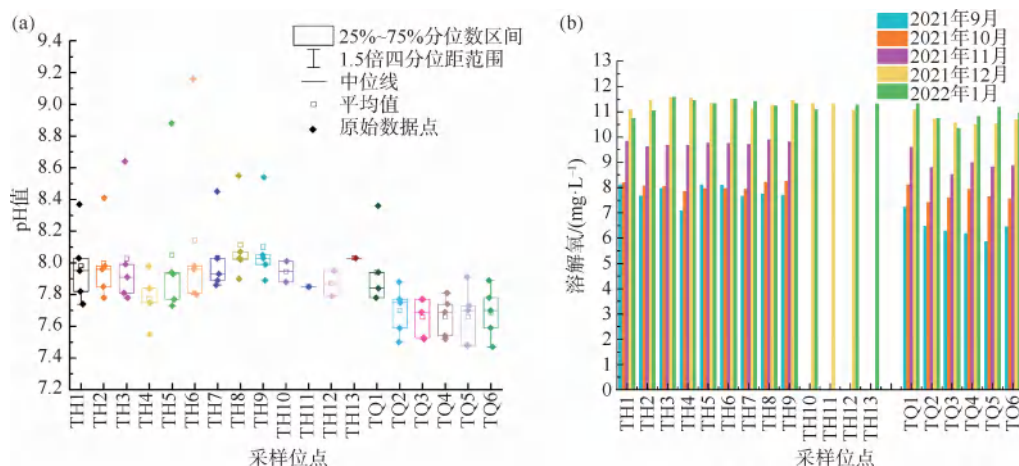


图 2 2021 年 9 月—2022 年 1 月东太湖和太浦河 (a) pH 值和 (b) 溶解氧浓度变化情况

Fig. 2 Variation of (a) pH Values and (b) Dissolved Oxygen Concentration in East Taihu Lake and Taipu River from September 2021 to January 2022

(3) 总氮和溶解性总氮

总氮和溶解性总氮变化浓度和变化趋势相似, 本文只对总氮浓度进行分析。2021 年 9 月—2022

年 1 月, 东太湖总氮质量浓度为 0.3 ~ 1.43 mg/L, 平均质量浓度为 0.61 mg/L, 符合地表水 IV 类标准 (1.5 mg/L)。太浦河总氮质量浓度为 0.33 ~ 1.99

mg/L, 平均质量浓度为 1.06 mg/L, 符合地表水 V 类标准 (2 mg/L)。整体上, 2021 年 12 月和 2022 年 1 月总氮浓度较高, 太浦河总氮浓度高于太湖。研究^[10]发现, 当太湖的总氮质量浓度低于 1.0 mg/L 时, 尤其是春季入湖区域的总氮质量浓度低于 1.5 mg/L 时, 可以减少可供蓝藻生长的氮源, 从而降低其生长速率和繁殖能力。将总氮浓度稳定控制在安全阈值以下, 可显著削减湖泊富营养化发生风险。

本文中, 东太湖和太浦河水中氨氮、硝酸盐氮、总氮浓度水平呈逐月升高趋势, 且太浦河整体浓度水平高于东太湖。低河湖连通性的太湖, 其水体交

换周期正在逐年缩短^[4], 水体更新和自净能力变差, 夏季和秋季高温易加剧富营养化, 促进藻类大量繁殖与水中氨氮浓度上升^[11]。太湖湖西区多条入湖河流属于劣 V 类水, 同时湖区周边工业、农业的点源、面源污染均会增加湖中氨氮、硝酸盐氮的污染负荷^[12]。冬季低温下藻类吸收被抑制, 并在高溶解氧环境下部分硝化菌仍保持活性将铵根离子实时氧化为硝酸根离子^[13]。太浦河自身稀释作用弱于东太湖, 且两岸沿线分布有纺织、印染等工业^[14-15], 含氮营养盐浓度更高。经过黎里东大桥后氨氮浓度升高, 可能是受京杭运河水质的影响^[16], 通过水体自净作用, 金泽断面污染负荷明显下降。

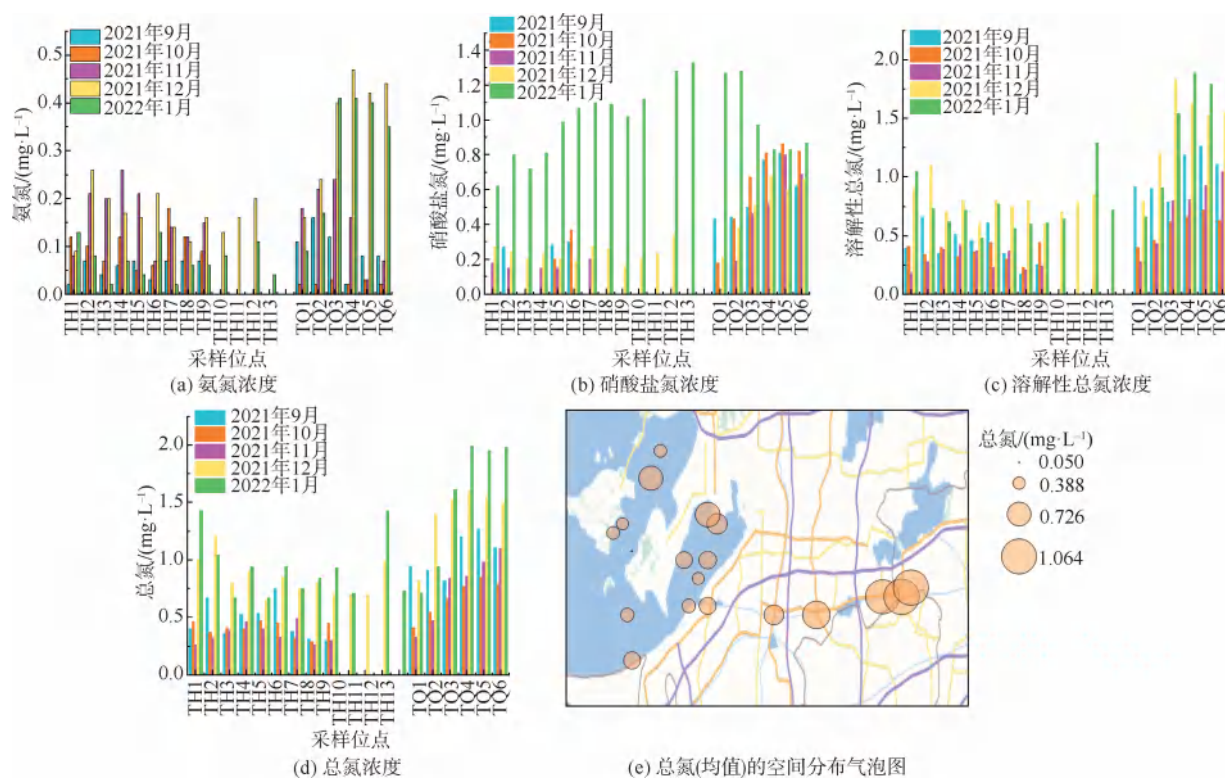


图3 2021年9月—2022年1月东太湖和太浦河含氮营养盐浓度变化情况

Fig. 3 Variation of Nitrogen-Containing Nutrients in East Taihu Lake and Taipu River from September 2021 to January 2022

1.2.2 含磷营养盐

如图4所示, 2021年9月—2022年1月, 东太湖和太浦河含磷营养盐浓度差别不大。东太湖总磷质量浓度为 0.03 ~ 0.12 mg/L, 平均质量浓度为 0.049 mg/L, 符合地表水 (湖、库) III 类标准 (0.05 mg/L)。太浦河总磷质量浓度为 0.03 ~ 0.08 mg/L, 平均质量浓度为 0.052 mg/L, 符合地表水 II 类标准 (0.1 mg/L)。

太湖溶解性总磷质量浓度为 0.01 ~ 0.04 mg/L,

平均质量浓度为 0.024 mg/L; 太浦河溶解性总磷质量浓度为 0.02 ~ 0.04 mg/L, 平均质量浓度为 0.029 mg/L。

1.3 有机物指标

(1) 耗氧量 (锰法)

如图5所示, 东太湖耗氧量 (锰法) 质量浓度为 1.98 ~ 4.67 mg/L, 平均值为 2.97 mg/L; 太浦河耗氧量 (锰法) 质量浓度为 2.07 ~ 4.32 mg/L, 平均值为 3.03 mg/L。东太湖和太浦河耗氧量 (锰法) 浓度差

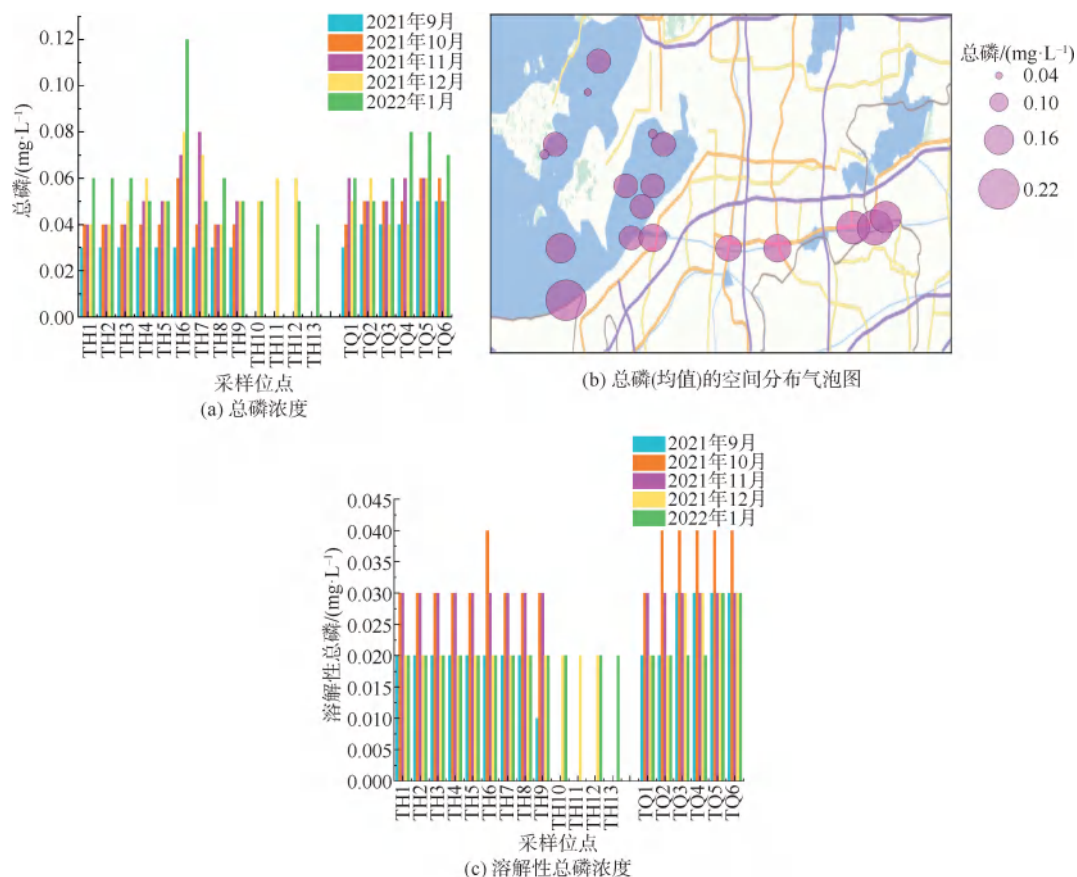


图 4 2021 年 9 月—2022 年 1 月东太湖和太浦河含磷营养盐浓度变化情况

Fig. 4 Variation of Phosphorus-Containing Nutrients in East Taihu Lake and Taipu River from September 2021 to January 2022

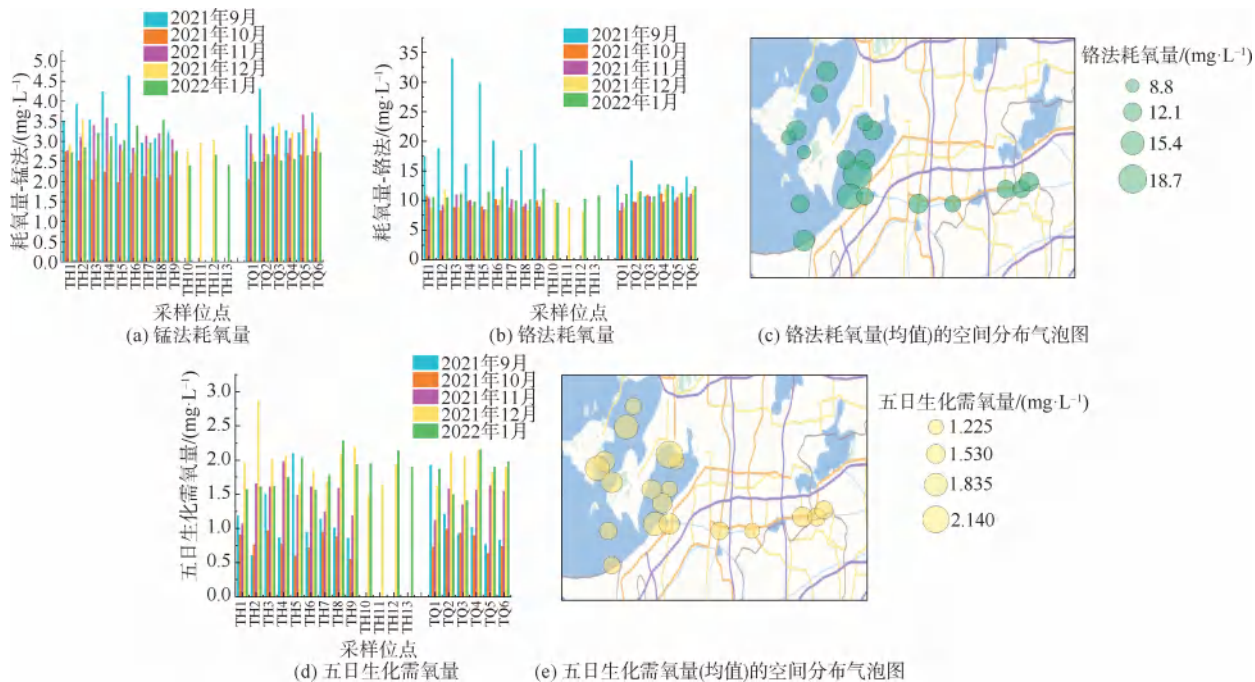


图 5 2021 年 9 月—2022 年 1 月东太湖和太浦河有机污染综合指标变化情况

Fig. 5 Variation of Integrated Indices of Organic Pollution in East Taihu Lake and Taipu River from September 2021 to January 2022

别不大,均符合地表水Ⅲ类标准(6 mg/L)。9月份耗氧量(锰法)浓度明显高于其他月份,10月为监测中最低值。11月与12月两水体浓度趋同,而1月东太湖复又高于太浦河。

(2)耗氧量(铬法)

东太湖耗氧量(铬法)质量浓度为8~34 mg/L,平均值为12.21 mg/L;太浦河耗氧量(铬法)质量浓度为8.3~16.8 mg/L,平均值为11.21 mg/L。2021年9月太湖有3个点位耗氧量(铬法)浓度超过地表水Ⅲ标准限值(20 mg/L),分别为吴江二水厂取水口(34 mg/L)、吴江水厂取水口(29.9 mg/L)和湖州水厂取水口(20.1 mg/L)。10月—次年1月太湖和太浦河耗氧量(铬法)符合地表水Ⅰ类标准(15 mg/L)。2021年9月耗氧量(铬法)浓度最高,2022年1月次之,2021年10月耗氧量(铬法)浓度最低,整体上太浦河沿线耗氧量(铬法)浓度低于东太湖。先前研究发现太湖水体化学需氧量(COD)值呈现季节性规律,为秋季>冬季>春季、夏季,本文监测结果也与历史数据大致符合,10月份最低耗氧量(铬法)可能与沉水植物的净化作用有关^[17]。

(3)五日生化需氧量

本文中东太湖五日生化需氧量质量浓度为0.55~2.88 mg/L,平均值为1.46 mg/L;太浦河五日生化需氧量质量浓度为0.64~2.16 mg/L,平均值为1.43 mg/L。东太湖和太浦河五日生化需氧量浓度差别不大,均符合地表水Ⅰ类标准(3 mg/L)。研究^[17]表明,太湖东南湖湾水草区是全太湖平均五日生化需氧量值最低的区域,且冬季五日生化需氧量均值最高,分别为春季和秋季的1.35倍、2.33倍,本轮监测结果基本符合上述规律。

1.4 重金属与准金属

2021年9月—2022年1月共检测重金属与准金属20项,其中14项有检出,除铁元素外浓度均低于地表水环境质量的限值。由于大部分指标的浓度未随时间有显著变化,因此对检出的每项重金属/准金属指标取平均值并开展分析。

由图6可知,湖州水厂取水口(TH6)重金属与准金属浓度相比其他点位浓度普遍偏高,太浦闸敞水口(TH4)处重金属浓度相对较低。东西山(TH8)和胥湖(TH9)的大部分重金属浓度均处于太湖采样水体平均水平。对于新增样点TH10~TH13来说,滨湖大道湾区(TH12)的指标浓度(除钡和硼元素

外)为太湖采样区域的最低浓度。对于太浦河流域不同点位的重金属浓度分析可知,太浦闸下(TQ1)和金泽水文站(TQ5)的大部分重金属浓度均相对较高。14种检出指标中,重金属汞的质量浓度最低,为0.000 027 5~0.000 03 mg/L。对重金属锌,其质量浓度仅在东太湖北部湾区(TH1)呈现较高水平(0.11 mg/L),其余位点质量浓度为0.010 0~0.012 5 mg/L,达到地表水Ⅰ类标准。

本文针对太湖-太浦河流域普遍关注的重金属镉、铁元素以及准金属硼元素进行了分析。如图7所示,重金属镉在2021年9月浓度较高,太湖流域最高值达到0.002 0 mg/L,太浦河流域最高值为0.002 4 mg/L。2021年10月—2022年1月镉元素浓度随时间变化不明显,为0.000 5~0.002 2 mg/L。从空间变化来说,太湖流域新增点位TH12滨湖大道湾区镉浓度较低,平均值为0.000 8 mg/L;太浦河流域最靠近东太湖的TQ1点位(太浦闸下)质量浓度最低,平均值为0.001 38 mg/L。先前对太浦河流域镉浓度的监测结果表明,沿线水体中镉质量浓度控制在0.002 mg/L左右,太浦闸浓度最低,在黎里东大桥达到最高质量浓度0.002 13 mg/L,随后至下游呈平缓下降趋势^[16]。本次监测中,金属镉浓度水平以及空间分布与先前结果基本保持一致。

对于重金属铁元素,除滨湖大道湾区(TH12)外,其他点位在9月—次年1月均出现过浓度超过地表水标准(0.3 mg/L)的情况。东太湖铁质量浓度为0.09~1.26 mg/L,太浦河铁质量浓度为0.32~0.90 mg/L。东太湖13个点位中,新增点位滨湖大道湾区(TH12)铁浓度最低,2021年12月及2022年1月的检测结果分别为0.11 mg/L和0.07 mg/L。湖州水厂取水口(TH6)在2022年1月铁质量浓度达到最高值,为2.44 mg/L。过量铁离子不仅增加原水色度、浑浊度,还会降低絮凝、膜处理等饮用水生产工艺效率和管道使用寿命^[18]。此外,铁离子也是促进蓝藻生长的重要元素^[19]。因此,实现原水中铁离子浓度的有效控制对保障饮用水品质具有十分重要的意义。

太浦河6个点位水中的准金属硼均在10月份出现了激增,从原有的0.02 mg/L增加至0.18 mg/L。造成水体中硼污染的主要污染源有工业生产的含硼废水、含硼农药的大规模使用,硼污染物受到雨水或地下渗透的作用进入水体、城市污水。需排查太浦

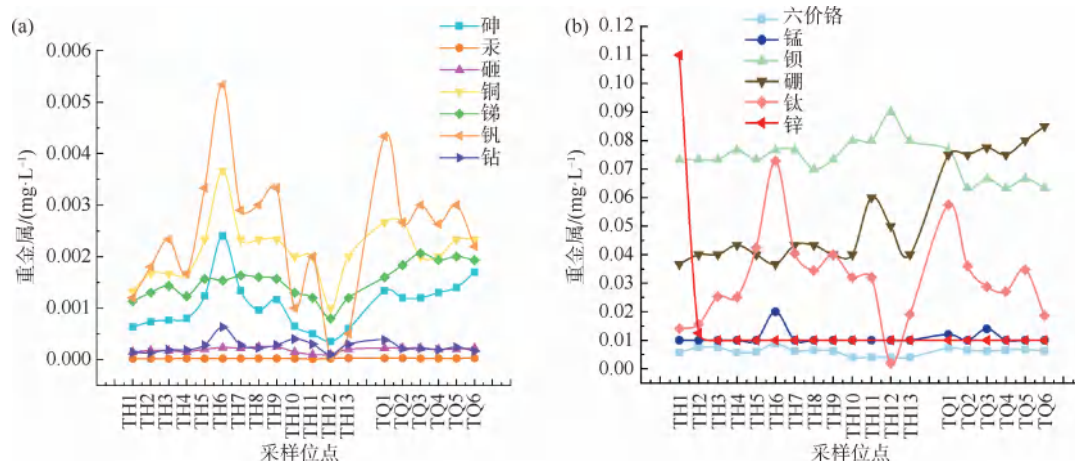


图 6 2021 年 9 月—2022 年 1 月东太湖和太浦河水中重金属浓度变化情况

Fig. 6 Variation of Concentration of Heavy Metals in East Taihu Lake and Taipu River from September 2021 to January 2022

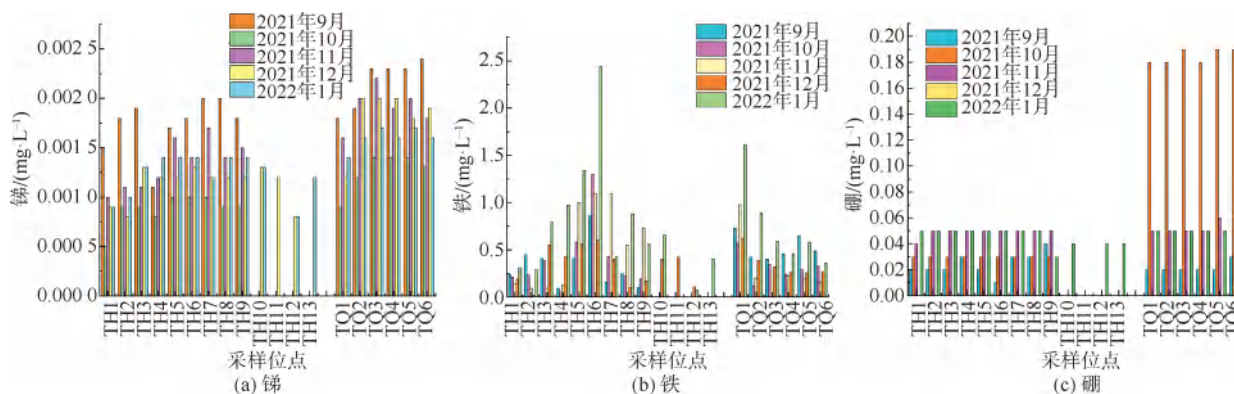


图 7 2021 年 9 月—2022 年 1 月东太湖和太浦河水中锑、铁和硼浓度变化情况

Fig. 7 Variation of Concentration of Antimony, Iron and Boron in East Taihu Lake and Taipu River from September 2021 to January 2022

河周边污染源,以进一步探寻重金属硼浓度升高的原因。

1.5 藻类生物学指标

1.5.1 藻细胞总数和叶绿素 a

2021 年 9—2022 年 1 月,东太湖和太浦河藻细胞总数分别为 $2.45 \times 10^6 \sim 3.05 \times 10^7$ cells/L 和 $2.71 \times 10^6 \sim 1.42 \times 10^7$ cells/L,平均值为 9.90×10^6 cells/L 和 5.41×10^6 cells/L;东太湖和太浦河叶绿素 a 质量浓度为 $2.7 \sim 43.7 \mu\text{g/L}$ 和 $3.3 \sim 23.5 \mu\text{g/L}$,平均值为 $12.54 \mu\text{g/L}$ 和 $7.44 \mu\text{g/L}$ 。如图 8 所示,太浦河藻细胞总数、叶绿素 a 浓度明显低于东太湖。东太湖 9 月份藻细胞总数和叶绿素 a 浓度最高,其中吴江二水厂 (TH3) 和湖州水厂 (TH6) 取水口分别为该月藻细胞总数和叶绿素 a 浓度最高点位,而太湖主湖区 (TH7)、东西山 (TH8) 和胥湖 (TH9) 藻细

胞总数和叶绿素 a 浓度相对较低。10 月、11 月和 1 月数值比较接近。太浦河沿线,金泽水文站和金泽取水口叶绿素 a 浓度较低。

1.5.2 藻类分布

本文分析了蓝藻、硅藻、黄藻、隐藻、绿藻、裸藻、金藻和甲藻在 15 个点位中的分布,如图 9 所示,在 15 个点位中均未发现黄藻,裸藻、金藻和甲藻只在部分点位检出。蓝藻、硅藻、隐藻、绿藻在各个点位基本均有检出。藻类主要由蓝藻和硅藻组成,绿藻和隐藻次之。

1.6 嗅味物质指标

针对 2021 年 9 月—2022 年 1 月 20 个点位中的嗅味物质进行检测分析,如图 10 所示。

土臭素 (GSM) 在 2021 年 11 月及 12 月有检出,11 月 GSM 质量浓度普遍偏低,在 5 ng/L 以下;2021

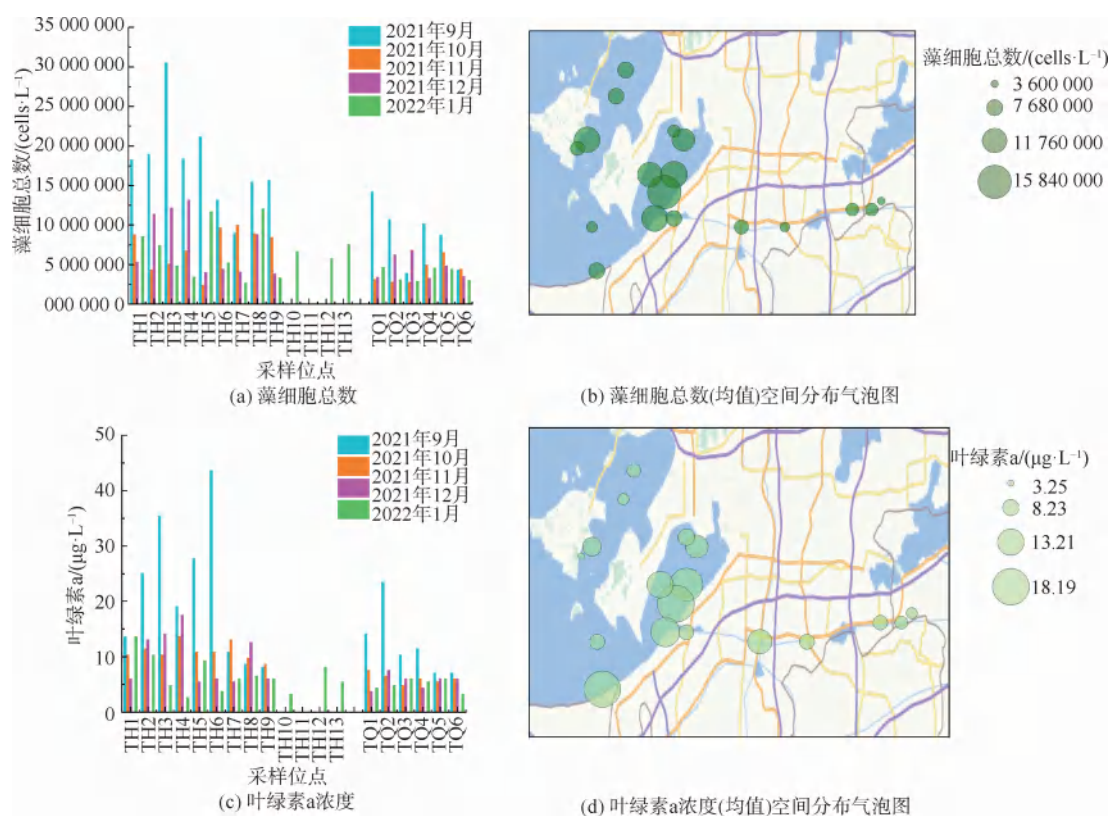


图8 2021年9月—2022年1月东太湖和太浦河水中藻细胞总数和叶绿素a浓度变化情况

Fig. 8 Variation of Algal Cells and Chlorophyll a in East Lake Taihu and Taipu River from September 2021 to January 2022

年12月部分点位(TH2、TH8、TH12、TQ4及TQ6)质量浓度超过10 ng/L。而东太湖中2-甲基异莰醇(2-MIB)在2021年9月浓度较高,最高值为东太湖中央敞水区(TH2)的724.4 ng/L,最低值为东西山(TH8)的33.7 ng/L。同时段太浦河流域2-MIB质量浓度变化为27.4~75.3 ng/L。2021年11月及2022年1月2-MIB质量浓度普遍较低,均在10 ng/L以下;2021年12月2-MIB质量浓度仅在部分点位(TH2~3、TH12、TQ2~6)超过10 ng/L。研究^[20]表明,太湖产2-MIB的蓝藻丰度时间变化趋势与2-MIB浓度一致,本监测周期内东太湖流域蓝藻和2-MIB浓度较高的时间与分布点位也高度重合,表明蓝藻可能是东太湖2-MIB的主要来源。

此外,二甲基二硫醚在2021年12月检出浓度较高,最高值为东太湖北部湾区(TH1)的30.1 ng/L,其在东西山、胥湖及西山岸区域浓度较低,均为5~6 ng/L。1月份吴江二水厂取水口质量浓度最高(24.2 ng/L),其余位点均在5 ng/L以下。二甲基三硫醚在2021年11月和2022年1月有检出,11月太浦闸前、吴江水厂取水口和平望大桥浓度较高,在

23.1~29.2 ng/L;1月份各检出位点的质量浓度均在10 ng/L左右。双醚在2022年1月有检出,大部分点位质量浓度不超过10 ng/L,仅吴江二水厂取水口(TH3)浓度较高,为57.6 ng/L。

1.7 粪大肠菌群

如图11所示,太浦河中粪大肠菌群数明显高于太湖。2021年9月—2022年1月,太湖粪大肠菌群数为ND~318个/L,平均值为74.91个/L,符合地表水Ⅱ类标准(2000个/L);太浦河粪大肠菌群数为ND~8164个/L,平均值为2214.48个/L,符合地表水Ⅲ类标准(10000个/L)。9月、11月和12月,太浦河粪大肠菌群数较高,经过平望大桥后粪大肠菌群明显增多。先前研究^[21]也发现,太湖流域粪大肠菌群在春、冬季数量较高,平望大桥、黎里东大桥附近水域处于较高水平,可超过地表水Ⅲ类标准限值,可能是受沿河生活污水、养殖业废水排放影响。

2 结论与建议

本文通过对东太湖及下游太浦河132项水质指标的系统监测,主要得出以下结论。

(1)东太湖水质整体优于太浦河,具备高品质

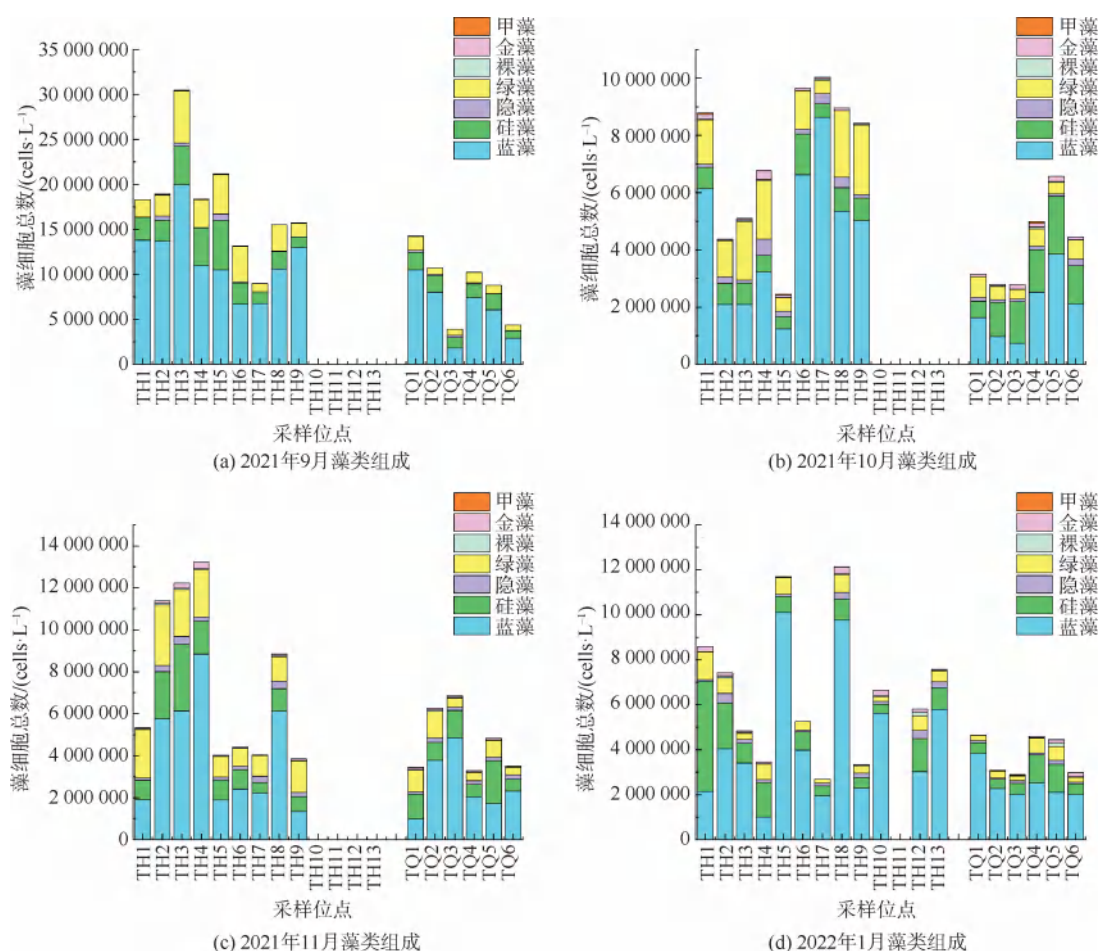


图9 2021年9月—2022年1月东太湖和太浦河水中藻类组成变化

Fig. 9 Variation of Algal Composition in East Lake Taihu and Taipu River from September 2021 to January 2022

原水潜质。东太湖氨氮、总磷、粪大肠菌群等关键指标均符合或优于地表水Ⅲ类标准,水体自净能力较强。与国内主要水源地(丹江口水库、青草沙水库)相比(表2),东太湖在氮营养盐负荷控制上具有明显优势,但在总磷和高锰酸盐指数控制上仍有提升空间。太浦河则呈现明显的沿程累积污染特征,下游氨氮及粪大肠菌群浓度显著升高。

(2)季节性嗅味物质与本底重金属是主要的供水风险因子。受蓝藻周期性增殖影响,东太湖秋季2-MIB存在爆发性升高风险(峰值达724.4 ng/L);同时,两水体本底总氮偏高,且铁元素存在局部超标隐患,对后续水厂工艺构成挑战。

(3)东太湖引水具备显著的水质优势与可行性。评估证实,以东太湖作为饮用水源可降低太浦河沿线的累积污染风险。针对东太湖特定的嗅味及重金属本底特征,建立季节性水质统筹调度与原水风险防控机制,将是提升长三角城市群供水韧性的

关键。

以东太湖作为水源直接引水、减少对太浦河取水的依赖,可在一定程度上提高原水水质安全余量,具有明确的现实需求,但需进一步开展工程可行性论证。为充分发挥东太湖优质水源地,推进引水工程建设,有以下几点建议供参考。(1)科学布设取水口,在本轮监测周期内东太湖主湖区、东西山和西山岸水中各项水质污染指标均值处于低位,展现出优良的水质本底特征,建议将其纳入下一阶段引水工程取水口选址优化的重点考察范围。(2)对污染浓度较高点位考虑加强在线监测;针对太浦河沿线潜在的镉、硼等工业特征污染物风险,应加强相关企业污水排放管控。(3)尝试建立基于季节性水质特征的“东太湖-太浦河”弹性调度机制,针对太浦河秋冬季(11月—次年1月)受沿线印染纺织产业排放等因素影响出现下游氨氮浓度显著升高且伴有镉、硼等特征污染物沿程累积的现象,建议此时适度

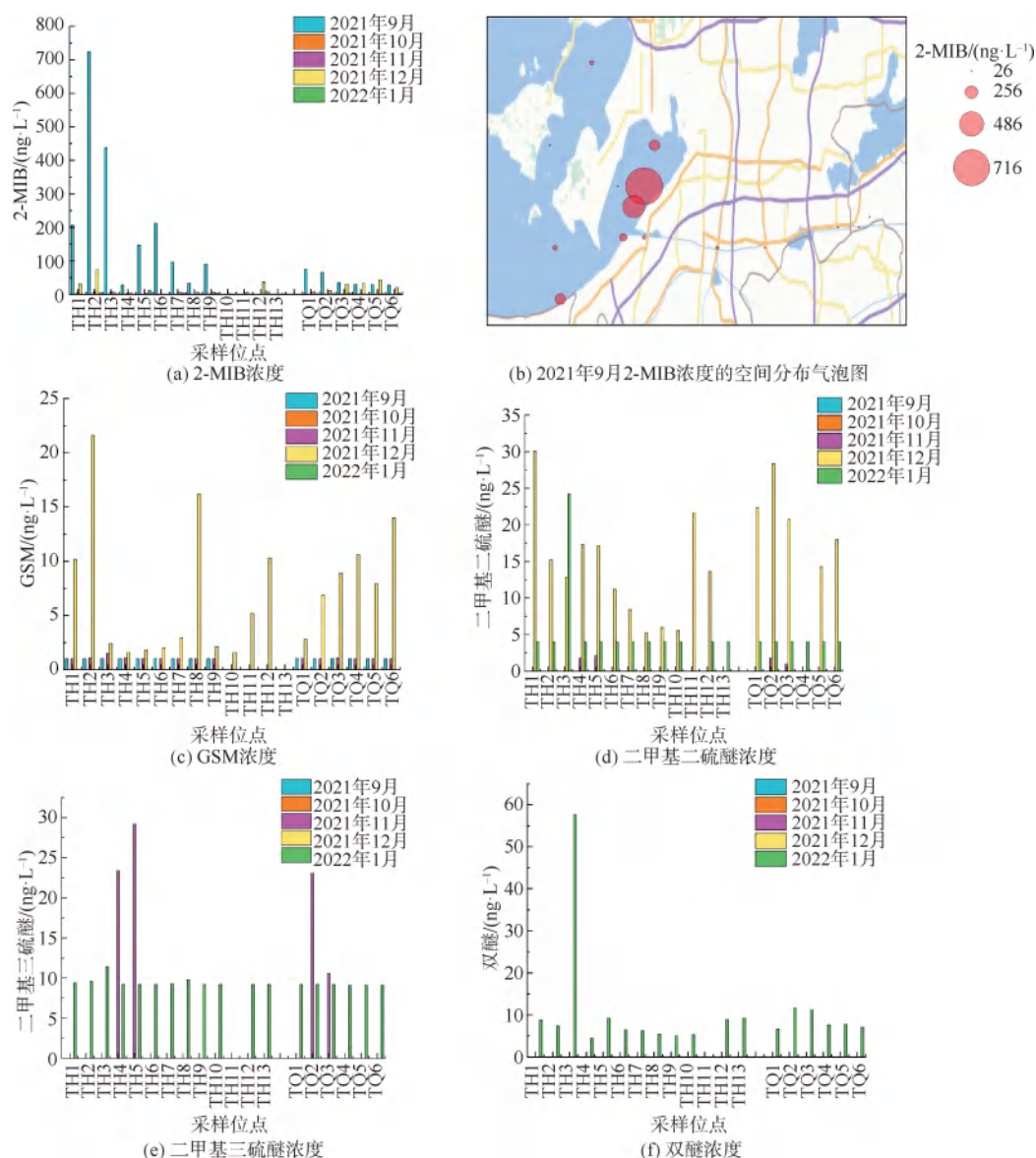


图 10 2021 年 9 月—2022 年 1 月东太湖和太浦河水中 5 种嗅味物质浓度变化情况

Fig. 10 Concentration Variation of 5 Kinds Taste and Odor Compounds in East Lake Taihu and Taipu River from September 2021 to January 2022

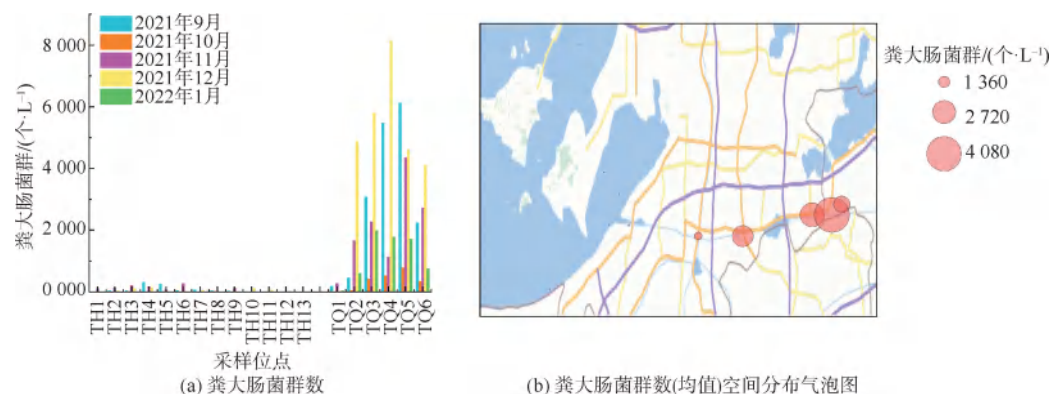


图 11 2021 年 9 月—2022 年 1 月东太湖和太浦河水中粪大肠菌群数变化

Fig. 11 Variation of Fecal Coliform Count in East Lake Taihu and Taipu River from September 2021 to January 2022

表 2 东太湖和太浦河水质数据与丹江口水库及
青草沙水库对比^[22-23] (单位:mg/L)
Tab. 2 Comparison of Water Quality Data of East Taihu
Lake and Taipu River with Danjiangkou Reservoir and
Qingcaosha Reservoir^[22-23] (Unit: mg/L)

水质指标	东太湖	太浦河	丹江口 水库	青草沙 水库
总氮	0.61	1.06	1.19	
氨氮	0.12	0.18		0.08
硝酸盐氮	0.39	0.66		1.54
总磷	0.049	0.052	0.013	0.092
溶解氧	10.12	8.75		9.00
高锰酸盐指数	2.97	3.03		2.09

增加东太湖优质原水的引水量,替代太浦河下游取水,利用东太湖冬季高溶解氧和低氨氮的优质水体稀释并置换下游劣质原水;反之在东太湖嗅味物质暴发期,适当减少东太湖引水,以水质相对稳定的太浦河上游段进行补充,从而减轻水厂处理工艺的负荷。(4)水厂需建设针对特征微量污染物的强化预处理与深度处理工艺,东太湖原水可能出现高浓度水平的 2-MIB 和重金属污染,建议引水工程沿线水厂配套建设粉末活性炭应急投加系统或提升混凝沉淀、预臭氧等工艺处理效率。

综上,东太湖具备作为长三角区域优质水源的本地条件。推进“东太湖-金泽水源走廊”建设,减轻对污染负荷较重太浦河的依赖,向长三角核心城市提供稳定优质原水,对提升长江中下游重大城市供水安全韧性、推动长三角生态绿色一体化发展具有示范与战略意义。

参考文献

[1] Nong X Z, Shao D G, Zhong H, et al. Evaluation of water quality in the South-to-North Water Diversion Project of China using the water quality index (WQI) method [J]. Water Research, 2020, 178: 115781. DOI: 10.1016/j. watres. 2020. 115781.

[2] 王帅. 东庄水库供水工程支线调水对赵氏河的水质影响预测研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2024.

Wang S. Study on prediction of water quality impact of branch water transfer of Dongzhuang Reservoir water supply project on Zhaoshi River[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2024.

[3] 柯杰, 刘若愚, 郭超, 等. 东太湖应急水源地浮游植物功能群特征及其影响因子[J]. 水生生物学报, 2025, 49(3): 55-64.

Ke J, Liu R Y, Guo C, et al. Functional group characteristics

and influencing factors of phytoplankton in emergency water supply of east Taihu lake [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2025, 49(3): 55-64.

[4] 吴小靖, 柳子豪, 金美华, 等. 环太湖出入湖水量变化背景下东太湖水环境的水文影响要素[J]. 净水技术, 2023, 42(2): 62-70.

Wu X J, Liu Z H, Jin M H, et al. Influencing hydrological factors of water environment of lake east Taihu under the background of inflow and outflow variation of Lake Taihu[J]. Water Purification Technology, 2023, 42(2): 62-70.

[5] 南晶. 东太湖草—藻状态转变过程中浮游植物动态变化机制及环境驱动因素研究[D]. 上海: 同济大学, 2022.

Nan J. Phytoplankton dynamic change mechanism and environmental driving factors during grass-algae regime shift in east Taihu Lake [D]. Shanghai: Tongji University, 2022.

[6] 成淑妍, 王姗姗, 王晨波, 等. 太湖主要入湖河流污染物源解析[J]. 湖泊科学, 2025, 37(6): 1988-1995, 10001-10003.

Cheng S Y, Wang S S, Wang C B, et al. Analysis of pollutant sources in the main rivers entering Lake Taihu[J]. Journal of Lake Sciences, 2025, 37(6): 1988-1995, 10001-10003.

[7] 王磊之, 胡庆芳, 戴晶晶, 等. 面向金泽水库取水安全的太浦河多目标联合调度研究[J]. 水资源保护, 2017, 33(5): 61-68.

Wang L Z, Hu Q F, Dai J J, et al. Research on multi-objective joint operation of Taipu River oriented to water supply safety of Jinze Reservoir[J]. Water Resources Protection, 2017, 33(5): 61-68.

[8] 张娅婷. 太浦河流域水污染协同治理政策绩效评价研究[D]. 上海: 上海工程技术大学, 2022.

Zhang Y T. Research on performance evaluation of taipu river's collaborative governance policy [D]. Shanghai: Shanghai University of Engineering Science, 2022.

[9] 刘春霖. 基于深度学习模型的太湖溶解氧时空预测方法研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2024.

Liu C L. Spatiotemporal prediction of dissolved oxygen in Lake Taihu based on deep learning models [D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology, 2024.

[10] Kang L J, Zhu M Y, Zhu G W, et al. Decreasing denitrification rates poses a challenge to further decline of nitrogen concentration in Lake Taihu, China [J]. Water Research, 2024, 256: 121565. DOI: 10.1016/j. watres. 2024. 121565.

[11] Wang C, Wang X H, Jun Xu Y, et al. Nitrogen and phosphorus evolution process and driving mechanisms of three major freshwater lakes with different river-lake connectivity (DRLC) in the lower reaches of the Yangtze River, the largest river in Asia [J]. Journal of Cleaner Production, 2025, 486: 144471. DOI: 10.1016/j. jclepro. 2024. 144471.

(下转第 172 页)

- quality prediction based on CNN-LSTM model [J]. *Yellow River*, 2021, 43(5): 96–99, 109.
- [38] 赵博. 深度异步残差网络及在路网交通流预测中的应用[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- Zhao B. An asynch-res deep learning model and its application to road network traffic flow prediction [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018.
- [39] 毛远宏, 孙琛琛, 徐鲁豫, 等. 基于深度学习的时间序列预测方法综述[J]. *微电子学与计算机*, 2023, 40(4): 8–17.
- Mao Y H, Sun C C, Xu L Y, et al. A survey of time series forecasting methods based on deep learning[J]. *Microelectronics & Computer*, 2023, 40(4): 8–17.
- [40] 钱春龙, 曾一川, 袁伟皓, 等. 基于时间序列的鄱阳湖 Chl-a 预测模型优化构建[J]. *长江科学院院报*, 2023, 40(10): 14–21.
- Qian C L, Zeng Y C, Yuan W H, et al. Optimal construction of chl-a prediction model for Poyang Lake based on time series[J]. *Journal of Changjiang River Scientific Research Institute*, 2023, 40(10): 14–21.
-
- (上接第 77 页)
- [12] Zhang X, Zhang Y, Shi P, et al. The deep challenge of nitrate pollution in river water of China [J]. *Science of the Total Environment*, 2021, 770: 144674. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144674.
- [13] Zhang R Y, Zhu L, Liu B Y, et al. Uncoupled nitrification-denitrification reduces nitrous oxide emissions in canals affected by ship disturbance[J]. *Water Research*, 2026, 289: 124927. DOI: 10.1016/j.watres.2025.124927.
- [14] 王水, 屈健, 李冰, 等. 太湖流域典型区域纺织行业污染特征分析[J]. *环境科技*, 2012, 25(5): 5–7.
- Wang S, Qu J, Li B, et al. Analysis on pollution characteristics of the textile industry in typical region of Taihu Lake Basin[J]. *Environmental Science and Technology*, 2012, 25(5): 5–7.
- [15] 牛小丹. 基于上下游合作的跨界河流水环境保护研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018.
- Niu X D. Study on transboundary river environment protection based on the cooperation of the upstream and downstream[D]. Shanghai: East China Normal University, 2018.
- [16] 朱永杰, 苏翔, 徐晓黎, 等. 太浦河丰水期上下游水环境现状分析及水质评价[J]. *给水排水*, 2024, 50(s1): 191–195.
- Zhu Y J, Su X, Xu X L, et al. Analysis and water quality assessment of water environment of Taipu river basin during high water period[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2024, 50(s1): 191–195.
- [17] 殷燕, 张运林, 时志强, 等. 太湖化学耗氧量和生化需氧量的时空分布特征[J]. *环境科学学报*, 2010, 30(12): 2544–2552.
- Yin Y, Zhang Y L, Shi Z Q, et al. Temporal-spatial variations of chemical oxygen demand and biochemical oxygen demand in Lake Taihu [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2010, 30(12): 2544–2552.
- [18] Tang S Y, Zhang Z H, Zhang X H. Coupling *in-situ* ozonation with ferric chloride addition for ceramic ultrafiltration membrane fouling mitigation in wastewater treatment: Quantitative fouling analysis[J]. *Journal of Membrane Science*, 2018, 555: 307–317. DOI: 10.1016/j.memsci.2018.03.061.
- [19] Avalon N E, Reis M A, Thornburg C C, et al. Leptochelins A-C, cytotoxic metallophores produced by geographically dispersed *Leptothoe* strains of marine cyanobacteria [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 2024, 146(27): 18626–18638.
- [20] 任俊宏. 太湖藻型和草型湖区 2-MIB 时空分布特征及驱动因子研究[D]; 无锡: 江南大学, 2024.
- Ren J H. Spatial and temporal characteristics and driving factors of 2-MIB in algae- and macrophyte-dominated zones in Lake Taihu[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2024.
- [21] 童俊. 金泽水库及其上游来水水质特征及变化规律[J]. *净水技术*, 2020, 39(1): 58–68.
- Tong J. Characteristics and variation rules of raw water quality for jinze reservoir and upstream water [J]. *Water Purification Technology*, 2020, 39(1): 58–68.
- [22] 赵肥西, 秦赫, 彭晓然, 等. 丹江口水库氮磷浓度特征和营养阈值分析[J/OL]. *水电能源科学*, 2026–06–09. <https://link.cnki.net/urlid/42.1231.TK.20260121.1135.022>.
- Zhao F X, Qin H, Peng X R, et al. Analysis of nitrogen and phosphorus concentration characteristics and nutrient thresholds in Danjiangkou Reservoir [J]. *Water Resources and Power*, 2026–06–09. <https://link.cnki.net/urlid/42.1231.TK.20260121.1135.022>.
- [23] 朱宜平. 近十年来青草沙水库取水口水质变化趋势分析[J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2022(3): 50–60.
- Zhu Y P. Analysis of changes in water quality at the Qingcaosha Reservoir water intake over a period of 10 years[J]. *Journal of East China Normal University(Natural Science)*, 2022(3): 50–60.