

阳澄西湖入湖污染物通量与滞留率研究

杨文晶¹, 吕文¹, 刘帅¹, 杨金艳¹, 谢茂嵘¹, 孙瑞瑞¹, 谈剑宏¹, 姜宇¹, 王杰²

(1. 江苏省水文水资源勘测局苏州分局, 江苏 苏州 215011; 2. 江苏省水文水资源勘测局盐城分局, 江苏 盐城 224001)

摘要: 基于2007—2019年阳澄西湖逐月水质水量同步监测数据, 定量分析了阳澄西湖入湖污染物通量时空变化特征和污染物通量滞留率。结果表明: 阳澄西湖入湖污染物通量年内分布不均, 在水量差异较大时更易受水量影响; 多年来各项入湖污染物通量整体呈下降趋势, 降幅从大到小依次为氨氮、总磷、总氮、高锰酸盐指数; 8条主要入湖河道中白荡的入湖污染物贡献率最大, 其次是蠡塘河和界泾河; 空间分布上阳澄西湖南部入湖污染物通量最大, 其次是北部和中部; 2019年阳澄西湖污染物滞留率从大到小依次为氨氮、总磷、总氮、高锰酸盐指数, 一半以上的入湖污染物量继续汇入中湖。建议重点关注主要污染物汇入区白荡和蠡塘河, 加强对周边污染源的控制与综合治理。

关键词: 污染物通量; 污染物滞留率; 入湖河道; 水量; 时空变化; 阳澄西湖

中图分类号: X524

文献标志码: A

文章编号: 1006-7647(2025)02-0063-06

Study on flux and retention rate of pollutants entering Yangcheng West Lake// YANG Wenjing¹, LYU Wen¹, LIU Shuai¹, YANG Jinyan¹, XIE Maorong¹, SUN Ruirui¹, TAN Jianhong¹, JIANG Yu¹, WANG Jie² (1. Suzhou Substation of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Suzhou 215011, China; 2. Yancheng Substation of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Yancheng 224001, China)

Abstract: Based on the monthly water quality and quantity synchronous monitoring data of Yangcheng West Lake from 2007 to 2019, the spatiotemporal variation characteristics of pollutant flux into Yangcheng West Lake and the retention rate of pollutant flux in the lake were quantitatively analyzed. The results show that the pollutant flux into Yangcheng West Lake is unevenly distributed throughout the year, and it is more easily affected by water volume when the water volume difference is large. Over the years, the pollutant fluxes into the lake showed an overall downward trend, with the largest to smallest reduction rates observed for ammonia nitrogen, total phosphorus, total nitrogen, and permanganate index. Among the eight main inflow rivers, the contribution rate of pollutants entering the lake in the Baidang River was the largest, followed by the Litang River and Jiejing River. In spatial distribution, the pollutant flux into the lake was the largest in the southern part of Yangcheng West Lake, followed by the northern and central parts. In 2019, the retention rates of pollutants in Yangcheng West Lake ranked from highest to lowest as ammonia nitrogen, total phosphorus, total nitrogen and permanganate index, and more than half of the pollutants entering the lake continued to flow into the middle lake. It is suggested to focus on the main pollutant inflow areas of the Baidang and Litang rivers, and strengthen the pollution source control and comprehensive treatment in surrounding areas.

Key words: pollutant flux; pollutant retention rate; inflow river to lake; water quantity; spatiotemporal change; Yangcheng West Lake

阳澄湖是太湖平原上的第三大湖泊,也是苏州市第二大饮用水源地,地处苏州市相城区、工业园区和昆山市,周边河港交织,水网纵横。近年来随着周边水产养殖业及经济社会的快速发展,阳澄湖污染负荷不断加剧,严重影响水源地的供水安全,同时还威胁阳澄湖作为苏州市重要战略备用水源地的地

位^[1-2]。阳澄湖有两条东北—西南走向的狭长半岛,把湖体分为东、中、西湖三部分,三湖间彼此有河流港汊相互汇通成一体。入湖河流主要分布在西部和西北部,阳澄西湖是最主要的进水接纳湖区^[3],分析其入湖污染物通量的来源、组成和变化特征具有重要意义。

基金项目: 苏州市科技发展计划(社会发展科技创新)面上项目(2022SS22)

作者简介: 杨文晶(1990—),女,工程师,硕士,主要从事水环境水资源分析评价研究。E-mail:599138001@qq.com

通信作者: 杨金艳(1977—),女,正高级工程师,硕士,主要从事水环境水资源分析评价研究。E-mail:184459173@qq.com

前人对阳澄湖的研究主要集中于对湖泊水质和营养状态的分析,针对阳澄湖污染物通量的研究较少。例如,杨惠等^[4]基于2010—2014年数据对阳澄湖入湖河道水质变化及污染物通量进行了分析,结果表明阳澄湖西湖的主要入湖河道中污染物通量主要来自蠡塘河;施陈江^[5]基于2009年和2010年阳澄湖西湖主要进、出水口门断面的监测数据进行了外源污染物通量研究,发现阳澄湖西湖外源污染物通量在增加;王晋虎等^[6]利用2017—2020年3月的数据对阳澄湖入湖总磷通量趋势进行了分析,识别出了总磷的主要来源区域和各主要河道总磷通量的比重。可见,目前这些针对阳澄湖污染物通量的研究所采用的监测数据时间序列相对较短,且缺乏对阳澄湖污染物通量时空变化和滞留情况的针对性研究。

本文基于2007—2019年阳澄湖逐月水质水量同步监测数据,定量分析阳澄湖入湖河道的污染物通量时空变化特征以及污染物来源的空间分布特征,计算阳澄湖污染物通量滞留率,以期进一步掌握阳澄湖污染物来源及变化规律,为推动阳澄湖区域水环境综合治理提供数据支撑和决策依据。

1 研究区概况

阳澄湖入湖河道主要包括白荡、蠡塘河、北河泾、永昌泾、石益塘、中泾港、渭泾塘、界泾河等8条,主要出湖河道为官泾港、后周家浜、塘头港、北堰木、南堰木、南庄港、野家浜、西舍港等8条,以及连接西、中湖的茅塔大桥和从西湖南部直接出湖的外塘河^[7]。在18条主要出入湖河道布设监测断面开展水质水量同步监测,基本信息见表1,断面位置见图1。

表1 阳澄湖主要出入湖河道概况

序号	河道	监测断面	断面编号	起始位置	终止位置	长度/km	主要流向
1	白荡	白荡桥	E1	洋泾河	阳澄湖	2.1	入湖
2	蠡塘河	白兔泾桥	E2	元和塘	阳澄湖	6.8	入湖
3	北河泾	沈北大桥	E3	元和塘	阳澄湖	8.1	入湖
4	永昌泾	花漾桥	E4	漕湖	阳澄湖	15.0	入湖
5	石益塘	闸站桥	E5	界泾河	济民塘	2.5	入湖
6	中泾港	中泾港桥	E6	渭泾塘	济民塘	1.8	入湖
7	渭泾塘	塘河大桥	E7	元和塘	阳澄湖	6.5	入湖
8	界泾河	圣塘港桥	E8	元和塘	阳澄湖	7.5	入湖
9	官泾港	官泾港	R1	西湖	中湖	1.6	出湖
10	后周家浜	后周家浜	R2	西湖	中湖	2.1	出湖
11	塘头港	塘头港	R3	西湖	中湖	2.1	出湖
12	北堰木	北堰木	R4	西湖	中湖	0.7	出湖
13	南堰木	南堰木	R5	西湖	中湖	1.0	出湖
14	南庄港	南庄港	R6	西湖	中湖	0.9	出湖
15	野家浜	野家浜	R7	西湖	中湖	0.6	出湖
16	西舍港	西舍港	R8	西湖	中湖	0.8	出湖
17	阳澄湖与中湖交汇处	茅塔大桥	R9	西湖	中湖	—	出湖
18	外塘河	外塘河桥	R10	西湖	环城河	5.0	出湖

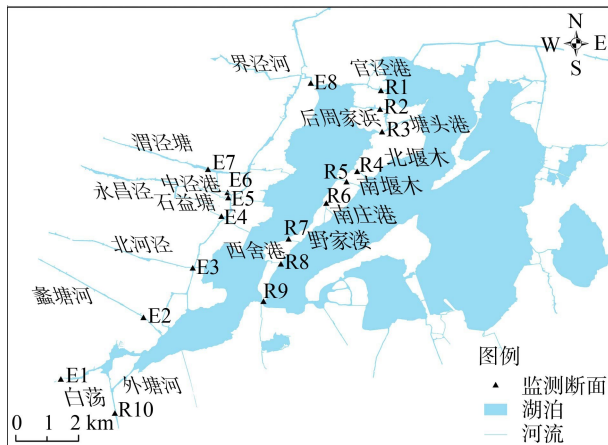


图1 阳澄湖主要出入湖河道监测站点分布

2 研究方法

2.1 监测与评价方法

监测时间为2007—2019年,监测频率为每月1次,水质水量同步监测。水样采集执行SL 219—2013《水环境监测规范》,流量测验执行GB 50179—93《河流流量测验规范》。主要监测指标为总氮、总磷、氨氮、高锰酸盐指数,测定方法参照《水和废水监测分析方法》^[8],水质评价标准参考GB 3838—2002《地表水环境质量标准》。

2.2 计算方法

污染物通量主要根据各出、入湖口门断面的水量与水质监测成果计算,分为入湖污染物通量和出湖污染物通量^[9-10]。其中入湖污染物通量以入湖口门断面水量与入湖河道水质指标的浓度计算,包括氨氮、总磷、总氮、高锰酸盐指数等指标;出湖污染物通量采用出湖口门断面水量与对应的湖区水质指标的浓度计算。污染物通量采用时段平均浓度与时段

水量之积估算,估算的误差主要来源于选取时段的长短以及流量、水情、采样点的代表性、水质分析方法、监测频率等^[11]。河道污染物贡献率为某一条河道的污染物通量占全部污染物通量的百分比^[12]。污染物滞留率为污染物净入湖通量与总入湖污染物通量的比值^[13]。

3 结果与分析

3.1 入湖污染物通量

3.1.1 年内变化

2007—2019 年月均入湖污染物通量年内分布如图 2 所示。入湖水量和入湖污染物通量在年内分布不均。水量、高锰酸盐指数通量和总磷通量的峰值同步,均出现在 8 月;氨氮和总氮通量的峰值分别出现在 4 月和 3 月。高锰酸盐指数和氨氮通量的最小值都出现在 6 月,总氮、总磷通量和水量的最小值都出现在 10 月。各项污染物在年内各月间分布的差异程度也有所不同,氨氮月通量最大值达到最小值的 2.9 倍,总氮和总磷月通量最大值是最小值的 2.0 倍,高锰酸盐指数月通量最大值是最小值的

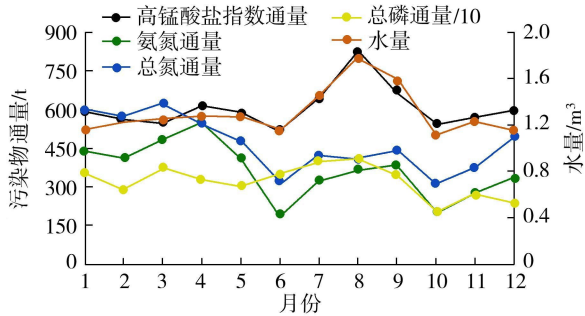


图 2 2007—2019 年月均入湖水量及入湖污染物通量年内分布

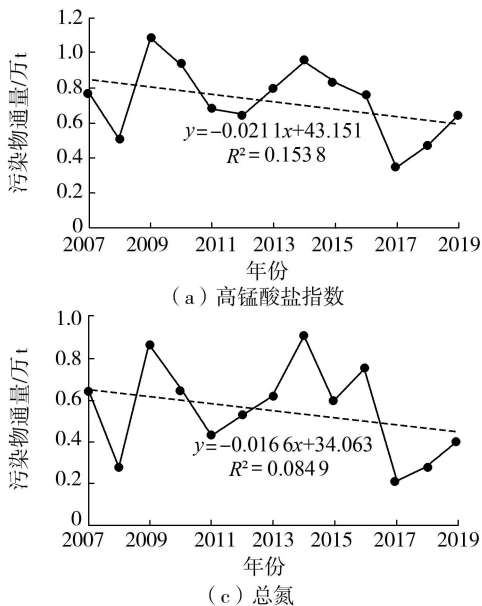


图 3 2007—2019 年入湖污染物通量年际变化

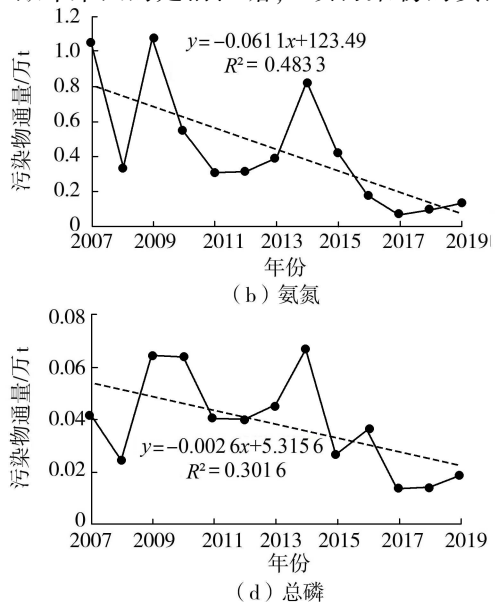
1.6 倍。当水量月份之间差异较大时,污染物通量逐月变化主要受水量影响^[14],例如在汛期 5—10 月间,水量呈显著变化,可见 4 项污染物通量的变化波动与水量变化趋势较为一致,而在非汛期水量变化波动较小时,各污染物通量的逐月变化受水质影响更大。

3.1.2 年际变化

2007—2019 年高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷的平均年入湖通量分别为 0.72 万、0.43 万、0.55 万、0.038 万 t。各项污染物通量多年变化趋势如图 3 所示,图中 4 项指标的回归方程斜率均为负值,决定系数 $R^2 < 1$,其中氨氮通量的 R^2 值最大。表明 2007—2019 年 4 项入湖污染物通量均呈下降趋势。2019 年高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷的入湖污染物通量较多年平均值分别下降了 11.2%、71.1%、27.2%、51.4%,其中氨氮的下降幅度最大,高锰酸盐指数的降幅最小。总氮和总磷的年入湖通量最大值均出现在 2014 年,而高锰酸盐指数和氨氮的年入湖通量最大值均出现在 2009 年。受入湖水量的影响,4 项污染物指标的年入湖通量最小值都出现在 2017 年。

3.1.3 空间分布

阳澄西湖 8 条主要入湖河道的污染物贡献率如图 4 所示,其中白荡入湖污染物贡献率最大,高锰酸盐指数、氨氮、总氮和总磷 4 项污染物的贡献率分别达到了 36.0%、45.2%、38.4%、38.9%;贡献率第二的是蠡塘河,4 项污染物的贡献率分别为 27.4%、35.6%、28.1%、29.8%;其次是界泾河,4 项污染物的贡献率分别为 27.7%、12.1%、25.3%、21.2%;贡献率第四的是渭泾塘,4 项污染物的贡献率分别为



4.7%、4.1%、4.7%、5.8%；其余4条河道的4项污染物的贡献率均小于2.0%，其中石益塘的入湖污染物贡献率最小。

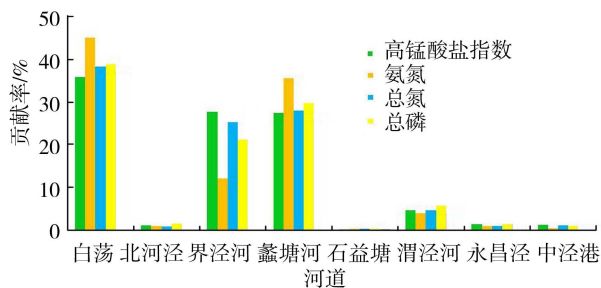


图4 阳澄西湖入湖河道污染物贡献率

表2是4项入湖污染物通量在阳澄西北、中、南三个湖区的空间分布情况。从分布区域上看,高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷4项入湖污染物通量的占比从大到小依次为阳澄西湖南部、北部、中部。

表2 2007—2019年阳澄西湖污染物来源的空间组成

污染物	入湖通量占比/%		
	北部	中部	南部
高锰酸盐指数	27.7	7.7	64.6
氨氮	12.1	6.0	81.9
总氮	25.3	7.3	67.4
总磷	21.2	8.5	70.3

因污染物通量由水量、水质两项因子计算得来,据统计,入湖水量最大的3条河道依次是白荡、界泾河、蠡塘河,而入湖通量最大的3条河道依次是白荡、蠡塘河、界泾河。结合多年水质监测的分析结果,白荡、蠡塘河的污染物浓度明显高于其他河道^[15],界泾河则是由于入湖水量偏大,导致污染物通量偏大,但入湖污染物浓度低于白荡和蠡塘河。白荡和蠡塘河是位于阳澄西湖最南部的入湖河道^[16],从多年历史数据分析可知,两条河道的入湖水量大且水质较差,对入湖污染物通量的贡献最大,是阳澄西湖污染物的主要来源,因此建议在全面开展阳澄湖治理工作时,重视白荡和蠡塘河的上游来水、周围污染源控制及河道整治等工作^[17]。

3.2 污染物滞留率

阳澄西湖出湖河道主要为官泾港、后周家浜、塘头港、北堰木、南堰木、南庄港、野家浜、西舍港等8条,以及连接西、中湖的茅塔大桥和从西湖南部直接出湖的外塘河。采用2019年阳澄西湖入、出湖河道的水质水量同步数据,可计算出污染物的净入湖量及滞留率。

净入湖量为入湖与出湖污染物通量差值。2019年阳澄西湖各主要污染物的入湖与出湖通量计算结果见表3。阳澄西湖高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷的净入湖量分别为-63、606、892、98 t,阳澄

西湖的各项污染物滞留率从高到低依次为氨氮、总磷、总氮、高锰酸盐指数。氨氮有超过一半的通量滞留在湖体当中,总磷也有四成的通量滞留于湖体,这直接增加了阳澄西湖湖体的污染负荷。

表3 2019年阳澄西湖污染物通量及滞留率

污染物	入湖通量/t	出湖通量/t	净入湖量/t	滞留率/%
高锰酸盐指数	5956	6019	-63	-1.1
氨氮	1100	495	606	55.1
总氮	3652	2760	892	24.4
总磷	244	146	98	40.2

选择与阳澄湖同一流域的太湖进行对比,其多年高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷的滞留率为36.8%、90%、68.2%、72.2%^[18],阳澄西湖相比于太湖滞留率偏低;选择与阳澄湖一样同属于城市内湖的武汉东湖进行比较,其总氮、总磷滞留率分别为60%、80%,相较之下阳澄西湖也更低^[19]。相比太湖和武汉东湖而言,阳澄西湖面积小,换水周期更短,水体流动性更大^[20],因而滞留在湖体中的污染物通量相对更小,阳澄湖区域水环境综合治理需着重关注外源污染物的汇入。

图5为2019年阳澄西湖出湖污染物贡献率示意图。由图5可知,从各河道出湖污染物贡献率来看,茅塔大桥贡献率最大,各项污染物贡献率为36%~45%;其次是外塘河,各项污染物贡献率为25%~46%;第三位是官泾港,各项污染物贡献率为10%~15%;第四位是后周家浜,贡献率为3%~7%;其他西舍港、野家浜等河道占比均低于5%。结合10条河道的空间分布与水体流态,阳澄西湖南部汇入中湖的主要河道为茅塔大桥、西舍港和野家浜;阳澄西湖中部汇入中湖的主要河道为南庄港、南堰木和北堰木;阳澄西湖北部汇入中湖的主要河道为塘头港、官泾港和后周家浜;而外塘河从阳澄西湖南部直接出湖,计算各区域的污染物通量占比,从大到小依次为南部入中湖、南部直接出湖、北部入中湖、中部入中湖。扣除外塘河从南部直接出湖的污染物通量,可得从阳澄西湖入中湖的各项污染物通量占比

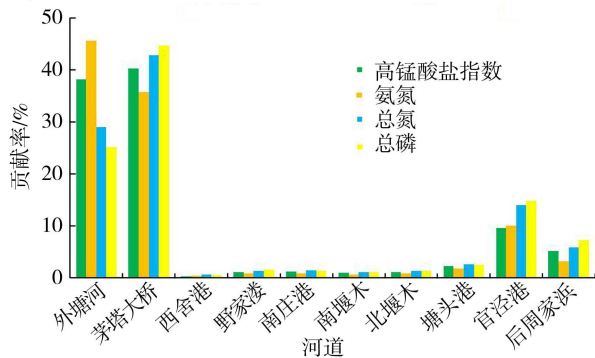


图5 2019年阳澄西湖出湖河道污染物贡献率

为 54%~75%，也就是说阳澄西湖的出湖污染物一半以上继续流入中湖，虽然阳澄西湖的滞留率比太湖低，但从阳澄西湖进入中湖的污染物通量来看，也不容易忽视。

4 结 论

a. 阳澄西湖多年入湖水量和入湖污染物通量年内分布不均。在水量月份之间差异较大时，污染物通量大小主要受水量影响，此时各污染物通量与水量变化的趋势相对一致；在水量月份之间差异较小时，各污染物通量的变化更易受水质差异影响。

b. 2007—2019 年高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷入湖污染物通量整体呈下降趋势。2019 年高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷的入湖污染物通量较多年平均值均有所下降。受入湖水量的影响，各项污染物的年入湖通量最小值都出现在 2017 年。

c. 阳澄西湖 8 条主要入湖河道中，白荡的贡献率最大，其次是蠡塘河和界泾河；从空间分布上看，入湖污染物通量从大到小依次为阳澄西湖南部、北部、中部。

d. 2019 年阳澄西湖氨氮、总磷、总氮、高锰酸盐指数的净入湖污染物滞留率相比太湖和武汉东湖而言都更低。阳澄西湖的出湖污染物一半以上继续流入中湖。

e. 近一半的污染物通量滞留在阳澄西湖湖体，且阳澄西湖的出湖污染物通量又有一半以上继续流入阳澄中湖，因此外源污染给阳澄湖带来的水体污染负荷不能忽视。阳澄西湖最南部的白荡和蠡塘河是入湖污染物的主要来源区域，因此建议在全面开展阳澄湖治理工作时，重视白荡和蠡塘河的上游来水、周边污染源控制及河道内部整治工作。

参考文献：

[1] 桂智凡, 薛滨, 姚书春, 等. 阳澄湖水质现状及原因探讨 [J]. 地理科学, 2011, 31(12): 1487-1492. (GUI Zhifan, XUE Bin, YAO Shuchun, et al. Discussion on the current situation and causes of water quality in Yangcheng Lake [J]. Scientia Geographica Sinica, 2011, 31(12): 1487-1492. (in Chinese))

[2] 陆玲, 聂志萍. 长江经济带水污染、环境规制与高质量发展关系研究 [J]. 水利经济, 2024, 42(1): 28-33. (LU Ling, NIE Zhiping. Research on the relationship of water pollution, environmental regulation and high-quality economic development in the Yangtze River Economic Belt [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2024, 42(1): 28-33. (in Chinese))

[3] 蒋豫, 吴召仕, 赵中华, 等. 阳澄湖表层沉积物中氮磷及

重金属的空间分布特征及污染评价 [J]. 环境科学研究, 2016, 29(11): 1590-1599. (JIANG Yu, WU Zhaoshi, ZHAO Zhonghua, et al. Spatial distribution and pollution assessment of nitrogen, phosphorus and heavy metals in surface sediments of Lake Yangcheng [J]. Research of Environmental Sciences, 2016, 29(11): 1590-1599. (in Chinese))

[4] 杨惠, 陈江, 谈剑宏. 阳澄湖入湖河道水质变化及污染物通量分析 [J]. 水资源保护, 2016, 32(2): 129-132. (YANG Hui, CHEN Jiang, TAN Jianhong. Analysis of water quality change and pollutant flux of river channels into Yangcheng Lake [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(2): 129-132. (in Chinese))

[5] 施陈江. 东太湖、阳澄西湖外源污染物通量及增殖放流的生态、经济效益 [D]. 苏州: 苏州大学, 2011.

[6] 王晋虎, 古向前, 俞悦. 阳澄湖环湖河道总磷通量变化分析 [J]. 绿色科技, 2021, 23(2): 110-112. (WANG Jinhui, GU Xiangqian, YU Yue. Analysis on variation of total phosphorus flux in rivers around Yangcheng Lake [J]. Journal of Green Science and Technology, 2021, 23(2): 110-112. (in Chinese))

[7] 张晓婕, 卢仁杰, 张健, 等. 阳澄湖水质总氮浓度时空变化特征及影响因子分析 [J]. 环境污染与防治, 2022, 44(3): 374-380. (ZHANG Xiaojie, LU Renjie, ZHANG Jian, et al. Temporal and spatial variation characteristics and impact factors of total nitrogen concentration in Yangcheng Lake [J]. Environmental Pollution and Control, 2022, 44(3): 374-380. (in Chinese))

[8] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[9] 王辉, 马巍, 杨智, 等. 基于数字滤波和 LOADEST 模型的思茅河基流氮磷输出通量估算 [J]. 水资源保护, 2023, 39(6): 186-194. (WANG Hui, MA Wei, YANG Zhi, et al. Estimation of base flow nitrogen and phosphorus output flux in the Simao River based on digital filtering and LOADEST model [J]. Water Resources Protection, 2023, 39(6): 186-194. (in Chinese))

[10] 徐海波, 吴金华, 任小龙, 等. 基于固定式 ADCP 的陈东港污染物通量计算 [J]. 水资源保护, 2023, 39(6): 178-185. (XU Haibo, WU Jinhua, REN Xiaolong, et al. Calculation of pollutant influx of the Chendong River based on fixed ADCP [J]. Water Resources Protection, 2023, 39(6): 178-185. (in Chinese))

[11] 吕文, 杨惠, 杨金艳, 等. 环太湖江苏段入湖河道污染物通量与湖区水质的响应关系 [J]. 湖泊科学, 2020, 32(5): 1454-1462. (LYU Wen, YANG Hui, YANG Jinyan, et al. Relationship between water quality in Lake Taihu and pollutant fluxes of the rivers surrounding Lake Taihu in Jiangsu Province [J]. Journal of Lake Sciences, 2020, 32(5): 1454-1462. (in Chinese))

- [12] 熊悦丁. 辽河铁岭段污染物入河通量及支流污染物贡献率分析[J]. 水利规划与设计, 2022(9): 31-35. (XIONG Yueding. Analysis of pollutant flux into the river and pollutant contribution rate of tributaries in Tieling Section of Liaohe River [J]. Water Resources Planning and Design, 2022(9): 31-35. (in Chinese))
- [13] 赵子豪, 袁静, 田泽斌, 等. 洞庭湖出入湖氮磷通量特征及滞留效应研究[J]. 水资源与水工程学报, 2023, 34(3): 74-82. (ZHAO Zihao, YUAN Jing, TIAN Zebin, et al. Characteristics analysis and retention effect of phosphorus and nitrogen fluxes in Dongting Lake [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2023, 34(3): 74-82. (in Chinese))
- [14] 田泽斌, 王丽婧, 李小宝, 等. 洞庭湖出入湖污染物通量特征[J]. 环境科学研究, 2014, 27(9): 1008-1015. (TIAN Zebin, WANG Lijing, LI Xiaobao, et al. Characteristics analysis of pollutant influx and outflux in Dongting Lake [J]. Research of Environmental Sciences, 2014, 27(9): 1008-1015. (in Chinese))
- [15] 孙瑞瑞, 吕文, 顾林森, 等. 阳澄西湖南湖河道水质时空变化特征[J]. 水资源保护, 2021, 37(4): 105-108. (SUN Ruirui, LYU Wen, GU Linsen, et al. Spatial and temporal variation characteristics of water quality in rivers flowing into West Yangcheng Lake [J]. Water Resources Protection, 2021, 37(4): 105-108. (in Chinese))
- [16] 刘帅, 谢茂嵘, 吕文, 等. 阳澄湖入湖河道分类、污染特征分析及治理策略[J]. 湖泊科学, 2024, 36(3): 741-755. (LIU Shuai, XIE Maorong, LYU Wen, et al. Classification, pollution characteristics and treatment strategy of the inflow rivers into Lake Yangcheng [J]. Journal of Lake Sciences, 2024, 36(3): 741-755. (in Chinese))
- [17] 黄伟, 诸青. 阳澄湖生态治理与修复关键技术研究与应用[J]. 水土保持应用技术, 2023(1): 27-29. (HUANG Wei, ZHU Qing. Research and application of key technologies for ecological governance and restoration of Yangcheng Lake [J]. Technology of Soil and Water Conservation, 2023(1): 27-29. (in Chinese))
- [18] 陈霞, 周毅, 周强, 等. 环太湖出入湖污染物通量时空变化规律分析[J]. 水利信息化, 2023(1): 29-32. (CHEN Xia, ZHOU Yi, ZHOU Qiang, et al. Analysis on temporal and spatial variation of pollutant flux around Taihu Lake [J]. Water Resources Informatization, 2023(1): 29-32. (in Chinese))
- [19] 彭秋桐, 李中强, 邓绪伟, 等. 城市湖泊氮磷沉降输入量及影响因子: 以武汉东湖为例[J]. 环境科学学报, 2019, 39(8): 2635-2643. (PENG Qiutong, LI Zhongqiang, DENG Xuwei, et al. Nitrogen and phosphorus deposition in urban lakes and its impact factors: a case study of East Lake in Wuhan [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2019, 39(8): 2635-2643. (in Chinese))
- [20] 吕文, 孙瑞瑞, 王诚, 等. 阳澄湖西湖水源地富营养化年内变化分析[J]. 环境科学导刊, 2018, 37(5): 33-37. (LYU Wen, SUN Ruirui, WANG Cheng, et al. Analysis on annual variation of eutrophication in West Lake water source of Yangcheng Lake [J]. Environmental Science Survey, 2018, 37(5): 33-37. (in Chinese))

(收稿日期: 2024-12-07 编辑: 俞云利)

(上接第 62 页)

- [23] 王蔚, 董增川, 崔璨, 等. 基于洪水资源化的洪泽湖后汛期蓄水策略[J]. 水资源保护, 2023, 39(2): 168-179. (WANG Wei, DONG Zengchuan, CUI Can, et al. Water storage strategy in post-flood period for Hongze Lake based on flood utilization [J]. Water Resources Protection, 2023, 39(2): 168-179. (in Chinese))
- [24] LIU Yizhuang, YANG Shuqing, JIANG Changbo, et al. Flood mitigation using an innovative flood control scheme in a large lake: Dongting Lake, China [J]. Applied Sciences, 2019, 9(12): 2465.
- [25] LI Bing, YANG Guishan, WAN Rongsong, et al. Hydrodynamic and water quality modeling of a large floodplain lake (Poyang Lake) in China [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2018, 25(35): 35084-35098.
- [26] NASH J E, SUTCLIFFE I V. River flow forecasting through conceptual models part 1-a discussion of principles [J]. Journal of Hydrology, 1970, 10(3): 282-290.
- [27] HO H, LIANG Dongfang, HUANG Guoxian, et al. Numerical study of hydro-environmental processes of Poyang Lake subject to engineering control [J]. Hydrology Research, 2021, 52(3): 760-786.
- [28] SINGH J, KNAPP H V, ARNOLD J G, et al. Hydrological modeling of the Iroquois river watershed using HSPF and SWAT [J]. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 2005, 41(2): 343-360.
- [29] CHEN Jie. Dynamic and loss analysis of flood inundation in the floodplain area of the lower Yellow River considering ecological impact [J]. Journal of Engineering and Applied Science, 2023, 70(1): 26.
- [30] 国家防汛抗旱总指挥部. 长江防御洪水方案[R]. 北京: 国家防汛抗旱总指挥部, 2015.

(收稿日期: 2024-04-30 编辑: 俞云利)