

太湖主要入湖河道船舶水污染影响及防治对策

王霞^{1,2}, 曹亚丽^{1,2}, 侯克锁², 黎鹏¹

(1. 华设设计集团环境科技有限公司, 江苏南京 210014; 2. 江苏省交通运输环境保护工程技术中心, 江苏南京 210014)

摘要: 文章以江苏省太湖主要通航入湖河道为研究对象, 基于江苏省水上交通安全监测预警(VITS)系统和船舶名录分析河道航运现状, 计算船舶水污染负荷及对河道污染的影响贡献, 在此基础上提出太湖主要入湖河流船舶水污染管控策略。

关键词: 太湖流域; 入湖河道; 船舶; 水污染

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 12—0077—03

太湖流域是长江中下游 7 个湖泊集中区之一, 流域出入湖河道共计 215 条, 其中江苏省内主要入湖河流共计 15 条。研究表明, 河道污染物输入是太湖主要的外源污染^[1], 而主要入湖河流高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷等污染物入湖总量均占河流入湖总量的 90% 以上^[2]。另一方面, 内河水运历来是太湖流域的重要运输方式, 在促进区域经济发展的同时, 也带来了水环境污染问题。然而当前针对太湖主要入湖河道污染物的研究主要集中在河道历年水质变化趋势^[3]、入湖污染物通量^[2,4]、入湖污染物输移速率^[5]、河流沉积物影响^[6]、外源污染负荷^[7]等方面, 未见针对船舶航运对太湖主要入湖河道污染影响的相关研究。

基于上述, 本文以江苏省太湖主要通航入湖河道为研究对象, 计算船舶主要水污染负荷及对影响贡献, 在此基础上提出太湖主要入湖河道船舶水污染管控策略, 为太湖入湖河流船舶污染控制提供技术支撑。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究范围

江苏省内太湖主要入湖河道共计 15 条, 本文以通航等级航道为研究范围(图 1), 以进入河道航行的船舶为研究对象。



图 1 研究范围示意图

1.2 船舶主要水污染负荷计算方法

当前, 江苏省内河船舶基本做到不向内河水域排放船舶固体垃圾, 本文仅针对船舶产生的油污水和生活污水进行船舶污染负荷计算。

1.2.1 生活污水、油污水产生量

船舶生活污水与油污水产生量依照《港口和船舶污染物接收转运及处置设施建设方案编制指南》计算, 具体计算见公式(1):

$$W_i = \sum t \times q_i \times (GT, r) \quad (1)$$

[2] 杨侃. 苏北运河推广应用电动船的基础条件和实现路径[J], 世界海运. 2022,45(05), 6-11.

[3] 张文芬, 汤旭晶, 严新平, 史旭初. 船用模块化集装箱式动力电池的运营模式设计[J], 中国水运. 2021,(10): 6-9.

[4] 朱维平. 内河 500 吨位新能源纯电动船舶经济效益评

价[J], 交通企业管理, 2018, 33(03): 72-74.

[5] 张泽辉, 高海波, 陈辉, 林治国, 宫文峰. 基于复合电源的电动船能量管理策略[J], 中国航海. 2018,41(03): 16-20.

式中： W_i 为第 i 类船舶污染物产生量， t ； t 为单艘次船舶污染物储存时间， h ； i 为第 i 类污染物，取 1~2，分别代表船舶生活污水、含油污水； q_i 为船舶污染物产生系数， t/h ； GT 为单艘船舶总吨； r 为单艘船舶船员数，人。

1.2.2 主要污染负荷

船舶各类污染物（生活污水、油污水）中主要污染因子的排放总量依照公式（2）进行计算：

$$E_{i,j} = \frac{W_i}{\rho_i} \times C_{i,j} \times 10^{-6} \quad (2)$$

式中， $E_{i,j}$ 为第 i 类船舶污染物第 j 类污染因子的排放量， t ； $C_{i,j}$ 为第 i 类船舶污染物第 j 类污染因子的排放浓度， $mg \cdot L^{-1}$ ，根据污染防治现状与文献综合确定； j 为主要污染因子类型； ρ_i 为第 i 类污染物密度，按照水密度计算。

1.2.3 数据来源

船舶信息来源于江苏省水上交通安全监测预警（VITS）系统和船舶名录；单艘次船舶污染物储存时间 t 依据河道里程与船舶在河道上航行速度的比值计算；船舶生活污水污染物产生系数 q_1 依据《港口、码头、装卸站和船舶修造拆解单位船舶污染物接收能力要求》，取值 $0.00125t/h$ ；船舶油污水污染物产生系数 q_2 依据《内河船舶法定检验技术规则》计算，见公式（3）；单船船员数 r 依据《中华人民共和国船舶最低安全配员规则》，取值 2 人； $C_{i,j}$ 综合船舶污染防治设施现状调研、船舶排放标准及文献获取^[8-11]。

$$q_2 = 2(0.6P + 35)/(1000 \times 24GT) \quad (3)$$

式中， P 为船舶发动机功率， kW ；其中，主机功率基于船舶名录直接获取，辅机功率基于前期调查问卷确定^[12]。

2 结果与讨论

2.1 船舶污染负荷

2.1.1 生活污水及主要污染物负荷

2019 年，陈东港、望虞河、直湖港、武进港、太滆运河及太滆南运河生活污水排放量分别为 30.5t、76.0t、13.2t、5.5t、7.6t 和 3.1t，主要污染物排放量见表 1。可以看出，各航道生活污水及主要污染物年排放总量大

小顺序分别为：望虞河 > 陈东港 > 直湖港 > 太滆运河 > 武进港 > 太滆南运河。

表 1 主要入湖河道船舶生活污水及污染物排放量

航道名称	生活污水排放量/(t·a ⁻¹)	污染因子排放量/(kg·a ⁻¹)					
		COD	BOD ₅	TP	氨氮	TN	SS
陈东港	30.5	14.7	7.3	0.2	1.1	1.5	7.3
望虞河	76.0	37.7	18.8	0.4	2.7	3.8	18.8
直湖港	13.2	6.6	3.3	0.1	0.5	0.7	3.3
武进港	5.5	2.8	1.4	0.0	0.2	0.3	1.4
太滆运河	7.6	3.8	1.9	0.0	0.3	0.4	1.9
太滆南运河	3.1	1.5	0.8	0.0	0.1	0.2	0.8

2.1.2 油污水及主要污染物负荷

2019 年，陈东港、望虞河、直湖港、武进港、太滆运河及太滆南运河船舶油污水排放总量分别为 7.6t、36.3t、3.2t、1.4t、1.9t 和 0.7t，主要污染物排放量见表 2。各航道油污水及主要污染物年排放总量大小顺序与生活污水相同。

表 2 主要入湖河道船舶油污水及污染物排放量

航道名称	油污水排放量/(t·a ⁻¹)	主要污染因子排放量/(kg·a ⁻¹)	
		COD	石油类
陈东港	7.6	3.8	1.5
望虞河	18.2	9.1	3.6
直湖港	3.2	1.6	0.6
武进港	1.4	0.7	0.3
太滆运河	1.9	0.9	0.4
太滆南运河	0.7	0.4	0.1

2.2 船舶污染影响贡献

根据各河道水环境综合整治方案，本文确定了河道工业、生活、农业等的外源总污染负荷，在此基础上分析了船舶污染负荷的贡献率，具体见表 3。各主要通航入湖河道中，船舶污染负荷相对于河道外源污染总负荷的贡献率均很小，即使是通航量最大的陈东港，其船舶排放 COD、氨氮、TP、TN 分别仅占外源污染总负荷的 0.221%、0.083%、0.031% 和 0.029%。表明在既有船舶污染防治措施有效实施下，船舶排放的污染物不构成太湖主要入湖河道水质污染、水体富营养化的主要因素。

表 3 主要通航入湖河道船舶污染贡献率分析

河流名称	船舶贡献率/%			
	COD	氨氮	TP	TN
陈东港	0.221	0.083	0.031	0.029
望虞河	0.011	0.001	0.001	0.001
直湖港	0.000	0.000	0.000	/
武进港	0.000	0.000	0.000	0.000
太滆运河	0.000	0.000	0.000	0.000
太滆南运河	0.001	0.000	0.000	0.000

2.3 主要入湖河流船舶水污染防治策略

基于分析,在既有污染防治措施下,船舶排放对通航入湖河道水质影响较小。考虑到未来内河航运发展可能带来的影响,针对船舶水污染的管控仍需进一步强化。具体如下:

(1) 严格太湖流域航行船舶的准入标准。未能按照规定配齐船舶防污设施的船舶、已配齐污染防治设施但抽检不能正常运行且逾期未改正的船舶,限制进入太湖入湖河道及太湖湖体。

(2) 完善船舶污染物接收设施的建设和运行。港口码头通过建设固定设施、购买第三方服务等方式,保障靠港船舶污水“应收尽收”;通航入湖河道沿线水上服务区等设置船舶污染物接收设施,实现船舶污水免费接收。

(3) 定期抽检与信息化监管技术相结合,强化船舶水污染物全过程监管。一方面,各级交通运输部门和江苏海事局各分支机构通过定期开展突击检查的方式保障船舶防污设施的配备与正常使用;另一方面,提升信息化监管水平,构建全省船舶港口污染物电子联单系统,实现船舶污染物接收转运处置全过程电子化监管。

3 结论

(1) 2019年,陈东港、望虞河、直湖港、武进港、太滆运河、太滆南运河生活污水排放总量分别为30.5t、76.0t、13.2t、5.5t、7.6t和3.1t,油污水排放总量分别为7.6t、36.3t、3.2t、1.4t、1.9t和0.7t。

(2) 在当前船舶水污染防治政策措施下,船舶COD、氨氮、TP、TN等污染负荷对河道的水污染贡献较小。

(3) 针对船舶水污染的管控措施可从严格太湖流域航行船舶的准入标准、完善船舶污染物接收设施的建设和运行、定期抽检与信息化监管技术强化船舶水污染物全过程监管等方面进一步强化。

参考文献:

[1] 黄漪平. 太湖水环境及其污染控制 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 231-241.

[2] 王骏飞, 刘宁锴, 王燕. 江苏省太湖流域主要河流污

染物入湖总量研究 [J]. 污染防治技术, 2019, 32(6): 25-27, 43.

[3] 李丛杨, 史宸菲, 方家琪, 等. 太湖入湖河流氮磷时空分布特征 [J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(02): 182-187.

[4] 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(05): 1454-1462.

[5] 朱金格, 刘鑫, 邓建才, 等. 太湖西部环湖河道悬浮物输移速率及变化特征 [J]. 环境科学学报, 2018, 38(09): 3682-3687.

[6] 康丽娟, 许海, 朱广伟, 等. 太湖主要环湖河道沉积物反硝化潜力及其控制因子 [J]. 环境科学学报, 2021, 41(04): 1393-1400.

[7] 王晓旭. 望虞河流域农业活动面源污染影响分析 [D]. 淮南: 安徽理工大学, 2019.

[8] 梁研. A-OMBBR-E 工艺处理船舶生活污水的试验研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2019.

[9] 牛庆林, 曹顺安. 电絮凝法预处理船舶生活污水研究 [J]. 应用化工, 2018, 47(03): 541-544+547.

[10] 徐文文, 殷承启, 许雪记, 等. 江苏省港口码头废水污染防治现状及影响研究 [J]. 环境与发展, 2018, 30(12): 40-41+43.

[11] 张志柳. 磁场强化 MP-MBR 法处理船舶含油污水效能及减缓膜污染研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2016.

[12] 徐文文, 殷承启, 许雪记, 等. 江苏省内河船舶大气污染物排放清单及特征 [J]. 环境科学, 2019, 40(06): 2595-2606.

基金项目: 2018年太湖水污染治理省级专项资金科研课题 (TH2018301); 江苏省交通运输科技项目 (2020Y10)

