

长江航道疏浚倾倒区水环境分布特征

罗宏伟^{1,2}, 孙晓锋³, 戴越聪³, 李杨^{1,2}, 黄昊³, 杨顺益^{1,2}, 潘文杰^{1,2}

(1. 交通运输部长江航务管理局环境监测中心站, 湖北 武汉 430019; 2. 湖北江晓环保科技有限公司, 湖北 武汉 430019; 3. 长江南京航道工程局, 江苏 南京 210011)

摘要: 为研究长江航道疏浚倾倒区水环境的分布特征, 基于长江下游 12.5 m 深水航道疏浚倾倒区的监测数据, 本文利用差异显著性检验、聚类分析以及相关性检验等方法对水环境参数(总磷、氨氮、高锰酸盐和悬浮物)和流量数据进行了分析。研究表明:(1) 倾倒区营养盐指标(总磷、氨氮和高锰酸盐)能基本稳定满足所在地地表水环境质量的要求;(2) 营养盐指标和悬浮物在倾倒区临近水域一致性较高, 空间分布无显著差异;(3) 聚类分析显示流量、悬浮物和氨氮驱动监测结果分化为两组, 一组以流量、悬浮物和氨氮较高为特征, 一组以流量、悬浮物和氨氮较低为特征。综上所述, 倾倒区水环境参数并未受倾倒活动出现显著变化, 倾倒区水环境空间分布一致性高, 流量、悬浮物和氨氮共同驱动水环境监测结果的分化, 这表明水文情势是主导三倾倒区时空分布特征的关键因素。

关键词: 疏浚; 倾倒区; 水质; 流量

中图分类号: X82 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 01—0130—03

1 前言

长江航道疏浚倾倒的生态环境影响评估少见报道, 大量研究集中在海洋倾倒对区域生态环境的影响^[1-3]。丁金钊总结相关研究, 认为疏浚倾倒对区域生态环境的影响可分为两类: 一类是短期影响, 包括倾倒区及周边水体悬浮物和浑浊度的增加及水质下降; 一类是长期影响, 包括倾倒区的水下地形和底部沉积物特性变化, 浮游生物、底栖生物和鱼类生存环境的改变导致生物种类和密度减少等^[4]。后续有研究指出, 在内源污染较严重

的区域进行疏浚作业时还需关注疏浚土污染物的溶出对水质的影响^[1-5]。

长江南京以下 12.5 米深水航道(以下称“深水航道”)下起太仓市浏河口, 上至南京市新生圩, 全长约 306km。深水航道经一期整治工程、二期整治工程后, 于 2019 年交长江航道局维护。为保障航道长期稳定满足尺度, 需进行疏浚工作。为科学评价疏浚对倾倒区水环境影响, 我们在深水航道维护疏浚的两个倾倒区开展了逐月的水环境监测。本文通过数据分析, 研究了倾倒

参考文献:

[1] IMO MEPC Committee. Report of The Marine Environment Production Committee On Its Fifty-Seventh Session[R]. MEPC58/21/Add.1. [EB]2008-10-10:45 ~ 80.

[2] 王海潮. 船舶减排 助力绿色航运发展[J]. 中国海事, 2017(09):6-9.

[3] Baik J H, Yim S D, Nam I. Control of NO_x Emissions from Diesel Engine by Selective Catalytic Reduction (SCR) with Urea[J]. Topics in Catalysis, 2014, (1).

[4] 付振强. 船机 SCR 催化器内流场 CFD 分析与结构优化[D]. 大连: 大连海事大学, 2019.

[5] 巩文科. 船舶 SCR 反吹系统气流均匀性研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2018.

[6] 帅石金, 张文娟, 董红义, 王建昕, 王志. 柴油机尿素

SCR 催化器优化设计[J]. 车用发动机, 2007(01):44-47.

[7] 张奇. 船用 SCR 系统尿素喷射及混合均匀性仿真研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2018.

[8] 许涛. 高压共轨柴油机高压油泵控制策略研究:(硕士学位论文). 吉林: 吉林大学, 2017.

[9] 曹勤. 计量泵发展和应用[J]. 石油化工设备, 2001(05):44-47.

[10] 付洪发. 船舶 SCR 系统陶瓷催化—过滤器设计与仿真[D]. 大连: 大连海事大学, 2016.

基金项目: 青岛远洋船员职业学院课题 (NO. 2019-R-013) 资助。

区水环境的分布特征，以期为长江航道疏浚倾倒区的合理规划利用及长江保护提供科学依据。

2 水环境监测与分析

2.1 样品采集与检测

2019年7月-2021年6月（其中2020年1月-2020年6月未监测），我们在深水航道疏浚维护工程的九龙港（张家港市）、口岸直（扬中市）两个倾倒区开展了逐月的水环境监测。每个倾倒区设置对照断面（倾倒区上游200m）、控制断面（倾倒区内）和消减断面（倾倒区下游200m），每个断面设置左中右三条垂线，每条垂线设置表层与底层水深样点，监测总磷（TP），氨氮（NH₃-N）、高锰酸盐指数（COD_{Mn}）以及悬浮物（SS），同时收集附近水文站的流量（Discharge），检测方法参照《水和废水监测分析方法》（第四版）。

2.2 数据分析

利用差异显著性检验（Tukey 多重比较法）分析水环境分布特征。利用k-均值聚类和 person 相关分析研究水环境与水文关系。基于水环境和流量数据进行k-均值聚类，探索监测结果的分化情况。首先利用 Tibshirani 等（2001）提出的“First SEmax”方法确认最小的分组数^[6]，再使用t检验分析水环境参数和流量在组间的差异，同时计算各参数与聚类分析中主成分轴得分（score）的 person 相关性，找出驱动监测结果分组的因子。所有分析和画图在 R 语言中完成。

3 结果与分析

3.1 水质达标情况

根据江苏省有关地表水（环境）功能区划的文件，口岸直倾倒区水域执行地表水质量Ⅱ类标准，九龙港倾倒区水域执行地表水质量Ⅲ类标准。除口岸直倾倒区2019年8月在消减断面、2021年3月在控制断面总磷分别超标准0.04 mg/L和0.01 mg/L，其他水质指标均达到所在地水质要求，超标率低于0.6%。监测表明水质指标能基本满足水环境功能区要求。

3.2 水环境空间分布

差异显著性分析显示，九龙港和口岸直倾倒区水环境指标在对照断面-受控断面、受控断面-消减断面和对照断面-消减断面间的p值均远大于0.05，差异不显著。结果表明九龙港和口岸直倾倒区域的水环境一致性较高。

表1 不同断面间水环境差异显著性检验的P值（p < 0.05时差异显著）

水质指标	九龙港			口岸直		
	对照-受控	受控-消减	对照-消减	对照-受控	受控-消减	对照-消减
TP	0.69	0.96	0.85	0.98	1.00	0.98
NH ₃ -N	1.00	0.99	0.99	0.99	0.69	0.77
COD _{Mn}	0.95	0.95	0.99	0.98	0.99	0.99
SS	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	0.98

3.3 水环境与水文

聚类分析结果表明，基于水环境和水文数据监测点最适合分为两组，超过三组后SEmax值逐渐增大（图1，No1最优聚类）。在主成分分析前两轴（PC1、PC2）构成的空间内两聚类组样点差异明显，前两轴的解解释率分别占原始数据方差的42.5%、27.8%（图1，No2聚类展示）。

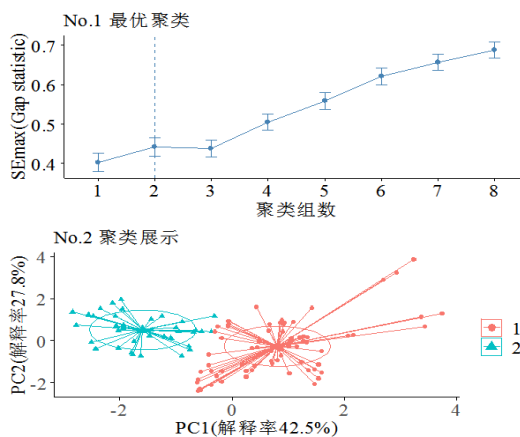


图1 基于水环境参数和流量的聚类分析

相关性分析表明（图2），轴1与氨氮、悬浮物和流量相关性较高，分别为0.71、负0.83和负0.87，与其他参数相关性较弱；轴2与总磷和高锰酸盐相关性较高，分别为0.76和0.74；悬浮物和流量之间相关性较高，达到0.78，其他参数间相关性较弱。

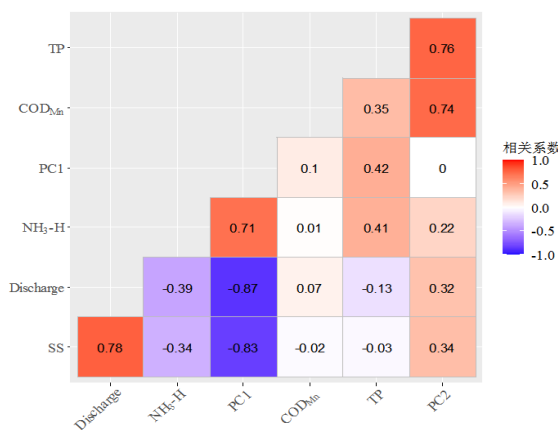


图2 水环境参数和流量的相关性分析

箱线图结果显示（图3），组1总磷和氨氮的变幅、中位数大于组2；组1高锰酸盐变幅大于组2，中位数

小于组2；组1和组2悬浮物和流量的变幅差异明显，组1悬浮物和流量中位数明显小于组2。t检验结果显示总磷、高锰酸盐的组间差异不显著（ $p>0.05$ ），而悬浮物、流量和氨氮的组间组差异显著（ $p<0.05$ ）。

聚类分析、相关性分析和组间差异显著性结果表明驱动组间差异的主要是流量、悬浮物和氨氮。组1代表了平水期和枯水期的水环境和水文状况，组2代表丰水期的水环境和水文状况。

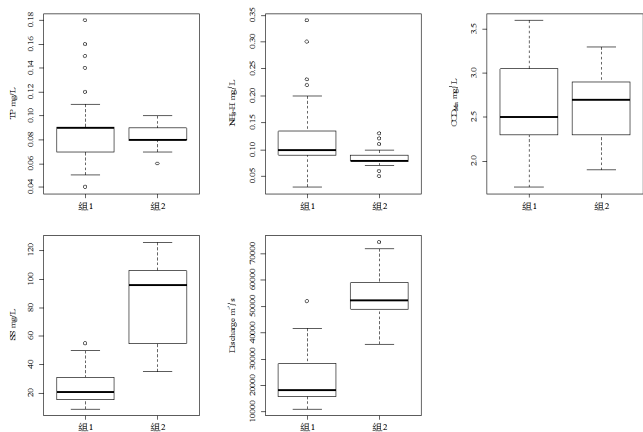


图3 组间水环境参数和流量的箱线图

4 结论

疏浚对倾倒区域水质影响主要包含两个因素，一是倾倒过程中倾倒物扩散导致悬浮物增高，二是内源污染严重区域的疏浚土中污染物的溶出^[1]。在海洋倾倒区水质研究中，倾倒结束后倾倒区水质均能达到所处功能区的水质标准^[1-3,7-8]。本研究结果也证实了长江航道维护倾倒区营养盐参数能长期稳定达标。但朱伟等在研究金华市通济桥水库疏浚对水质影响时发现总磷在疏浚期间以及完工半年内都较疏浚前高，底泥扰动导致总磷的溶出可能是主要原因^[9]。吉会峰等分析连云港海域疏浚物的重金属生态风险时指出需要关注重金属的污染状况，避免较高内源污染物溶出的影响^[5]。相较湖泊水库，海洋和长江干流水体的流动性较强，通过水体稀释能有效降低疏浚对水质影响。但在内源污染严重区域进行疏浚时亦需加强倾倒管理和环境监测，避免出现疏浚物污染倾倒区水环境的情况发生。

九龙港和口岸直倾倒区域的水环境一致性较高，表明在水质未受疏浚倾倒影响时，长江干流的疏浚倾倒区面积小，水体充分混合促使水质均匀分布。陈善荣等在研究整个长江流域水质时空分布时发现，氨氮月值变化

规律较为明显，1-3月较高、7-9月较低，呈明显的峰谷变化特征，说明氨氮丰水期较低、枯水期较高；总磷月值变化无明显规律，总体差距不大^[10]。本研究基于倾倒区水环境参数与流量数据分析表明流量、悬浮物和氨氮是驱动监测结果分化为两组的主要因素，同时一组表现出丰水期特征，流量、悬浮物和氨氮较高，一组表现出枯平期特征，流量、悬浮物和氨氮较低。流量就是水文条件的重要指标，悬浮物与流量相关性高，氨氮的丰枯交替变化，都佐证了水文情势深刻影响着倾倒区水环境的时间分布特征。

参考文献：

- [1] 张亮, 宋春丽, 任荣珠, 等. 疏浚物倾倒对岚山港临时海洋倾倒区周边海域环境影响的研究 [J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(06): 916-922.
- [2] 崔健, 张秋丰, 牛福新, 等. 天津疏浚物海洋倾倒区海水水质现状评价 [J]. 海洋信息, 2013(03): 31-34.
- [3] 朱志清, 叶林安, 章紫宁, 等. 海洋倾倒区对附近海域环境影响分析—以嵎洒上川山为例 [J]. 海洋开发与管理, 2020, 37(05): 52-56.
- [4] 丁金钊. 疏浚物倾倒对区域海洋生态环境的影响与对策研究相关文献综述 [J]. 海洋开发与管理, 2009, 26(09): 33-37.
- [5] 吉会峰, 刘吉堂, 杨波, 等. 连云港市海域海洋倾倒疏浚物的重金属污染及其潜在生态风险 [J]. 海洋开发与管理, 2019, 36(06): 46-51.
- [6] Tibshirani R., Walther G, Hastie T. Estimating the number of data clusters via the Gap statistic [J]. Journal of the Royal Statistical Society B, 2001, 63: 411 - 423.
- [7] 柯丽娜, 王权明, 周惠成. 基于可变模糊集的海洋水质环境综合评价模型—以青岛疏浚物海洋倾倒区为例 [J]. 资源科学, 2012, 34(04): 734-739.
- [8] 郑琳, 崔文林, 贾永刚. 青岛海洋倾倒区海水水质模糊综合评价 [J]. 海洋环境科学, 2007, (01): 38-41.
- [9] 朱伟, 冯甘雨, 刘毅璠, 等. 深水型水库环保疏浚对水质的影响及敏感参数研究—以通济桥水库为例 [J]. 湖泊科学, 2019, 31(04): 930-940.
- [10] 陈善荣, 何立环, 张凤英, 等. 2016-2019年长江流域水质时空分布特征 [J]. 环境科学研究, 2020, 33(5): 1100-1108.

基金项目：长江航务管理局科技项目（201910017）；
长江南京以下12.5m深水航道维护疏浚项目部资助。