

疏浚物倾倒对周边敏感区生态环境影响的技术评估

刘天增

生态环境部太湖流域东海海域生态环境监督管理局生态环境监测与科学研究中心, 中国·上海 200000

摘要: 随着港口建设和航道维护需求的增加, 疏浚物倾倒成为不可避免的活动之一。然而, 这种活动可能对周边敏感区的生态环境造成严重影响。为了更好地理解和管理这些影响, 采用系统化的技术评估方法显得尤为重要。论文深入探讨了疏浚物倾倒对生态环境的影响途径与机制, 并提出了相应的评估体系和技术手段。并通过对温州港倾倒区的具体案例分析, 展示了如何在满足工程建设需求的同时, 最大限度地减少对生态环境的破坏, 实现可持续发展目标, 旨在为类似工程提供一定的科学依据和技术支持。

关键词: 疏浚物倾倒; 周边敏感区; 生态环境影响; 技术评估

Technical Assessment of the Impact of Dredging Material Dumping on the Ecological Environment of Surrounding Sensitive Areas

Tianzeng Liu

Ecological Environment Monitoring and Scientific Research Center of the Taihu Lake Lake Basin East China Sea Ecological Environment Supervision and Administration Bureau, Shanghai, 200000, China

Abstract: With the increasing demand for port construction and waterway maintenance, the dumping of dredged materials has become an inevitable activity. However, such activities may have serious impacts on the ecological environment of the surrounding sensitive areas. It is particularly important to adopt a systematic technical evaluation method in order to better understand and manage these impacts. The paper deeply explores the impact pathways and mechanisms of dredging material dumping on the ecological environment, and proposes corresponding evaluation systems and technical means. And through the specific case analysis of the Wenzhou Port dumping area, it demonstrates how to meet the needs of engineering construction while minimizing the damage to the ecological environment and achieving sustainable development goals, aiming to provide scientific basis and technical support for similar projects.

Keywords: dumping of dredged materials; surrounding sensitive areas; ecological environment impact; technical assessment

0 前言

随着港口建设和维护的不断推进, 疏浚物倾倒活动日益频繁。这些活动对周边敏感区的生态环境影响也日益突出, 如可能导致水体悬浮物浓度增加、底质结构改变以及生物栖息环境恶化等。为了更好地保护海洋生态环境, 开展疏浚物倾倒对周边敏感区生态环境影响的技术评估显得尤为重要。这不仅有助于减少倾倒活动对生态环境的负面影响, 还能为制定科学合理的倾倒管理措施提供技术支撑。

1 疏浚物倾倒对周边敏感区生态环境的影响途径与机制

疏浚物倾倒对周边敏感区生态环境的影响主要通过物理、化学和生物三个层面展开。在物理层面, 倾倒使局部水域悬浮物浓度从背景值 10~20mg/L 升至 50~100mg/L, 降低水体透光性, 使浮游植物光合作用效率下降 30%~50%, 浮游动物窒息死亡概率增加 20%~40%。沉积物厚度超 5cm 时, 底栖生物生存率降至 30%~50%, 活动能力弱的生物多死亡。化学层面, 尽管是清洁疏浚物, 但仍可能含有一定量的营养

物质, 如氮、磷等。当其进入水体后, 会增加水体的营养负荷, 可能引发富营养化问题, 促进藻类过度繁殖, 从而降低水体的透明度, 减少水下光照, 影响水生植物的光合作用, 破坏水生生态系统的平衡。生物层面, 疏浚物的堆放或倾倒可能会改变敏感区的底质结构, 影响底栖生物的栖息环境, 导致生物群落结构发生变化。同时, 其运输和处置过程中可能携带外来物种, 一旦进入敏感区, 可能会与本地物种竞争资源, 甚至对本地物种造成威胁, 破坏生态系统的稳定性和生物多样性。

2 技术评估体系构建

2.1 生态环境评估指标选取

在评估疏浚物倾倒对周边敏感区生态环境的影响时, 精准选取生态环境评估指标极为关键。生物多样性影响指标中, 物种丰富度指数是衡量生物种类数量变化的重要依据。研究表明, 在大量类似疏浚项目中, 倾倒活动致使物种丰富度指数平均下降约 20%~30%。物种均匀度指数也会随之改变, 通常会降低 15%~25%, 这表明生态系统的稳定性面临

挑战。水质变化评估指标方面,化学需氧量(COD)是衡量水体有机污染程度的关键指标。据统计,疏浚物倾倒后,周边水体 COD 平均浓度会上升 30%~50%。氨氮含量同样不可忽视,平均升高幅度达 40%~60%,这对水生生物的生存和繁衍构成严重威胁。底质环境改变指标中,底质粒径组成的变化影响重大。数据显示,细颗粒沉积物比例在倾倒后平均增加 25%~35%,这使得底栖生物的栖息适宜度降低约 40%~60%。而有机质含量,倾倒后平均提升 30%~40%,会显著改变底质的理化性质,进而影响生态系统的物质循环与能量流动。

2.2 评估指标权重确定方法

确定评估指标权重是构建技术评估体系的核心环节。层次分析法(AHP)通过构建层次结构模型,将复杂问题分解为目标层、准则层和指标层。在大量相关研究中,经计算与分析,生物多样性影响指标中的物种丰富度权重通常在 0.4~0.6,物种均匀度权重约为 0.2~0.4,物种特有性权重在 0.1~0.3 范围内。

专家打分法通过邀请多领域资深专家依据专业知识和经验对各指标重要性打分,再经统计分析确定权重。在针对水质变化指标的打分中,化学需氧量(COD)的权重一般在 0.35~0.5,氨氮含量权重为 0.25~0.4,溶解氧权重约为 0.2~0.35。

熵权法基于信息熵概念确定权重。以地质环境改变指标为例,通过对大量监测数据的分析计算,底质粒径组成的信息熵权重一般在 0.55~0.7,有机质含量信息熵权重为 0.3~0.45,客观地反映了各指标的相对重要性。综合运用这三种方法,能够全面且准确地确定评估指标权重。

2.3 评估体系框架搭建

搭建评估体系框架是实现有效技术评估的基础。多指标综合评估框架设计融合生物多样性、水质变化、底质环境等多维度指标。在综合评估模型中,通过大量实践与数据验证,生物多样性指标权重占比一般为 0.35~0.5,水质变化指标权重占 0.25~0.4,底质环境指标权重占 0.2~0.35。将各指标监测数据标准化处理后输入模型,以 0~10 分制输出综合评估得分,得分低于 3 表示轻度影响,3~6 分代表中度影响,高于 6 分为重度影响。基于时空维度的评估体系构建,充分考虑生态环境变化的时空差异。在时间维度上,以季度为单位监测数据,研究发现生物多样性指数在倾倒后的前两年内,平均每年下降 5%~10%。在空间维度上,依据与倾倒区域的距离将受影响区域划分为不同梯度,核心区域的生物多样性指数下降幅度比边缘区域高出 25%~35%,为分区管理提供有力依据。动态评估体系结构搭建具备灵活性和适应性。当监测数据出现异常波动,如生物多样性指数在短期内(如一个月内)下降幅度超过 15%,或水质关键指标(如 COD、氨氮含量)上升 20% 以上时,系统自动提高相应区域和指标的权重,重新评估并调整评估策略,及时为生态环境

境保护提供支持。

3 技术评估方法分析

3.1 遥感与地理信息系统(GIS)技术的应用

遥感技术借助卫星或航空传感器收集地物目标的电磁辐射信息,具备强大的监测能力。在对疏浚物倾倒区域进行监测时,卫星遥感的空间分辨率可达 10~30 米,能够清晰捕捉水体及周边环境的变化。通过分析不同时期影像,能发现倾倒前后悬浮物浓度变化的范围可达数平方公里。对于植被覆盖度,其监测误差可控制在 5% 以内,能准确反映出植被受影响的区域和程度。在监测海岸线形态方面,精度可达到米级,能及时察觉因疏浚物倾倒导致的海岸线侵蚀或淤积变化。这些影像数据获取后,需进行预处理。辐射校正可有效降低因传感器差异和大气影响造成的误差,校正后的数据辐射精度可提升 20%~30%。几何校正通过与地面控制点匹配,能将图像的几何精度控制在 0.5~1 个像元以内。GIS 技术还可以整合遥感数据与其他地理信息,进行图层叠加和空间分析。通过分析多个图层,可精确计算出受疏浚物影响的水体面积,误差在 10% 左右。其可视化功能将复杂数据转化为直观的地图和图表,能让决策者快速了解不同区域悬浮物浓度的分布情况,浓度高值区和低值区的范围等关键信息,为决策提供有力支持。

3.2 现场监测与实验室分析技术

现场监测技术运用专业设备对关键指标进行实时监测。参数水质分析仪在现场应用中,通常用于测量水深、水温、pH 值、溶解氧(DO)、电导率(或盐度)、氧化还原电位(ORP)等可现场直接获取的指标。这类仪器具备较高的响应速度和稳定性,采样频率一般为每秒 1~5 组数据,能够满足对水体基础状态的快速评估。对于悬浮物(SS)、化学需氧量(COD)、活性磷酸盐、无机氮(氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐)、重金属等污染物浓度的测定,通常需要采集水样后送至实验室进行分析。悬浮物(SS)的测定采用称量法,通过对水样进行过滤、干燥和称重,计算出悬浮物的含量。化学需氧量(COD)、活性磷酸盐、无机氮等指标的测定则涉及光谱分析或其他物理化学方法。重金属的测定通常需要使用专用仪器进行分析。同时,采用抓斗式或柱状沉积物采样器采集底质样本,抓斗式采样器一次采样量可达 5~10 升,可满足对底质粒径组成、重金属含量等多方面分析需求。在实验室中,利用高效液相色谱仪分析水样中的有机污染物,其检测限可达微克/升级别,能够准确测定多种有机污染物的含量。原子吸收光谱仪测定水样和底质中的重金属含量时,对常见重金属如铅、镉、汞等的检测精度可达 0.01~0.1mg/kg。现场监测与实验室分析的结合,确保了监测数据的准确性和可靠性,为生态环境影响评估提供了坚实的数据基础。

3.3 模型模拟与预测技术

模型模拟技术在评估疏浚物倾倒影响中发挥着重要作

用。水动力模型以流体力学原理为基础,结合现场实测的水体流速(精度可达 $\pm 0.05\text{m/s}$)、流向(误差在 $\pm 5^\circ$ 以内)等参数,模拟悬浮物扩散过程。通过模拟,可预测在不同潮汐、风向条件下,悬浮物在 24 小时内的扩散距离,一般误差在 10%~15%。生态模型基于生态学原理评估对生物多样性和生态系统功能的影响。例如,通过模拟浮游生物光合作用与悬浮物浓度的关系模型,当悬浮物浓度增加 50mg/L 时,可预测浮游植物的光合作用效率将降低 30%~40%,进而影响整个生态系统的能量流动。对于底栖生物栖息环境的改变,模型能根据底质粒径变化、沉积物厚度增加等数据,预测底栖生物群落结构的变化,如预测出底栖生物物种数量可能减少 20%~30%,为环境管理提供科学的前瞻性建议。

4 案例分析

4.1 项目概况

温州港倾倒入区于 2015 年 8 月批复正式投入使用,年最大倾倒量 150 万方/年和日最大倾倒量 4.41 万方/天,安全水深 8.8 米。现管控措施要求为年最大倾倒量 135 万方/年和日最大倾倒量 4.41 万方/天,安全水深 8.8 米,主要渔业资源的产卵期(4 月 1 日至 7 月 31 日)禁止倾倒。2023 年温州港倾倒入区倾倒疏浚物总量为 134.96 万方,主要为乐清湾进港航道一期延伸工程 A 段第 SG01 标段工程,占 100 万方。截至 2023 年底,累计倾倒量为 763.8 万方,主要为温州港核心港区深水进港航道工程和乐清湾进港航道一期延伸工程。

4.2 项目技术难点及解决措施

4.2.1 确定准确的扩散和沉积模型

疏浚物倾倒入后,其在水体中的扩散和在海底的沉积过程复杂,受多种因素影响,如潮流、波浪、泥沙粒径等,难以准确确定合适的模型来模拟这一过程,从而影响对周边敏感区生态环境影响的评估准确性。

解决对策:采用丹麦水力学研究所研制的 MIKE 21FM 模型来研究工程海域的潮流场运动,其连续方程和动量方程可较好地反映水流运动规律。在悬沙扩散模拟中,采用考虑悬浮物沉降的二维输移扩散方程,并结合实际情况确定边界条件和初始条件。例如,在计算抛泥源强时,通过对疏浚物的成分分析,确定泥浆含沙量,进而计算出悬沙源强为 293kg/s。通过这些模型和参数设置,模拟不同倾倒情景下悬浮物的扩散范围和海底的冲淤变化,为评估提供科学依据。历年水质监测数据显示,自 2019 年以来,温州港倾倒入区及其周边海域悬浮物浓度未见显著升高趋势,最大日均值始终低于 50mg/L,表明模型预测结果与实际环境响应一致。此外,2023 年 9 月调查数字地形图显示,该区域水深变化稳定,未出现异常淤积现象,说明倾倒活动对水体环境影响

可控。

4.2.2 量化生物影响并考虑其复杂性

疏浚物倾倒入对周边敏感区生物的影响涉及多个方面,包括对浮游生物、底栖生物、鱼类等的影响,且不同生物对疏浚物的耐受程度和响应方式各异,难以全面量化这些影响,评估生物多样性和生态系统功能的变化。

解决对策:对海洋生物进行分层分类监测评估。在浮游植物方面,计算其细胞数量、生物多样性指数等,如 2023 年 10 月监测海域浮游植物水样的密度范围为 $0.03 \times 10^4 \sim 0.36 \times 10^4$ 个/L,平均值为 0.13×10^4 个/L。对于浮游动物,统计种类、密度和生物量等,2023 年 10 月监测海域大型浮游动物密度范围为 0.88~242.57 个/ m^3 ,均值为 40.31 个/ m^3 。针对底栖生物,调查种类组成、栖息密度和生物量等,2023 年 10 月调查海域底栖生物栖息密度范围为 0~60.00 个/ m^2 ,平均值为 12.50 个/ m^2 。通过这些数据量化生物受影响情况,全面评估疏浚物倾倒入对生物的影响。历年生态监测显示,2019—2023 年间,底栖生物种类数由 17 种增至 21 种,浮游植物平均密度略有上升但波动平稳。特别是 2023 年,浮游植物密度较 2022 年增长了约 20%,底栖生物栖息密度也有所增加,这表明生态系统结构稳定,倾倒活动未造成明显生态扰动,反而显示出一定的恢复迹象。

4.2.3 平衡多因素确定倾倒容量

确定温州港倾倒入区的合理倾倒容量需要综合考虑多个因素,如倾倒入区安全作业、航道锚地回淤、环境敏感区悬浮物增量等,各因素之间相互关联且影响程度不同,如何平衡这些因素并确定科学合理的倾倒容量是一大技术难点。

解决对策:分别从不同因素出发进行评估,最终综合确定倾倒容量。基于倾倒入区水深要求,通过构建年倾倒量与倾倒入区淤积深度响应关系,考虑倾倒入船吃水深度等因素,确定温州港倾倒入区最小水深取 8.8m,当选取 $t=3$ 年时,年倾倒容量为 180 万方/年。从环境敏感区悬浮物增量考虑,模拟日倾倒量 8 万方/天情景下,悬浮物 10mg/L 包络线未进入周边生态保护区,确定日最大倾容量为 8 万方/日,年倾倒容量为 2400 万方/年。针对航道淤积影响,数值模拟不同年倾倒量对周边航道的淤积情况,确定年最大倾容量为 600 万方/年。综合这三方面因素,最终确定温州港倾倒入区年倾倒容量为 180 万方/年,日倾倒容量为 8 万方/日。温州港倾倒入区不同因素影响下的倾倒容量评估结果对比见表 1。沉积物重金属监测数据显示,2020—2023 年 Cu、Pb、Zn 含量分别为 25.3~32.1mg/kg、18.7~23.5mg/kg、62.4~75.6mg/kg,均低于一类海洋沉积物标准限值。同时,2023 年的水质监测发现氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)浓度较 2022 年下降了约 15%,表明倾倒活动未导致水质、沉积环境恶化和生态环境抗风险能力降低,见表 1。

表 1 温州港倾倒区不同因素影响下的倾倒容量评估结果对比

评估因素	关键指标确定依据	具体指标数值	对应倾倒容量结果
倾倒区水深要求	以吃水最深的 10000 方舱容倾倒船为参考, 预留安全深度确定最小水深; 构建年倾倒量与倾倒区淤积深度响应关系, 考虑不同使用年限计算剩余水深	最小水深 8.8m; 年倾倒量与淤积深度响应系数 α 取 0.00615m/ 万方; $H\alpha$ 取 -0.49m; 分别取 t 介于 1~5 年, 对应的年剩余水深分别为 1.85m、0.93m、0.62m、0.46m 和 0.37m	$t=3$ 年时, 年倾倒容量为 180 万方 / 年
环境敏感区悬浮物增量	模拟日倾倒量 8 万方 / 天情景下悬浮物扩散情况, 考虑对周边生态环境敏感区的影响; 结合每月可作业天数计算年倾倒容量	日倾倒量 8 万方 / 天情景下, 悬浮物 10mg/L 包络线未进入周边生态保护区, 每月可作业天数约 25 天, 每年可作业天数约 300 天	日最大倾容量为 8 万方 / 日, 年倾倒容量为 2400 万方 / 年
航道淤积影响	数值模拟不同年倾倒量对周边航道的淤积情况, 判断可接受的淤积程度	年倾倒量 600 万方 / 年情景下, 对王礁 - 下浪琅航线和习惯性航路淤积最大深度为 0.07m 和 0.01m, 对乐清湾航道和西航线等淤积最深不足 0.01m; 年倾倒量 400 万方 / 年情景下, 对王礁 - 下浪琅航线和习惯性航路淤积最大深度为 0.05m 和 0.01m, 对乐清湾航道和西航线等淤积最深不足 0.01m	年最大倾倒容量为 600 万方 / 年

4.3 项目实施效果及经验总结

温州港倾倒区自 2015 年 8 月正式投入使用以来, 通过科学的管理和技术手段, 有效平衡了倾倒活动与生态环境保护之间的关系。项目实施过程中, 成功确定了合理的倾倒容量, 确保了倾倒区的安全作业和周边环境的可持续性。在技术层面, 项目采用先进的 MIKE 21FM 模型和二维输移扩散方程, 准确模拟了疏浚物的扩散和沉积过程, 为环境影响评估提供了科学依据。同时, 通过分层分类监测评估海洋生物的影响, 量化了浮游植物、浮游动物和底栖生物的受影响情况, 全面评估了疏浚物倾倒对生物的影响。据 2023 年监测数据显示, 海洋生物多样性指数和均匀度指数未出现显著下降, 表明倾倒活动对生态环境的影响在可控范围内。此外, 倾倒区的水深变化和淤积情况均在可接受范围内, 确保了倾倒区的长期稳定使用。温州港倾倒区的成功案例表明, 通过先进的技术手段和科学的管理体系, 可以在满足工程需求的同时, 最大限度地减少对周边生态环境的负面影响, 实现可持续发展目标。

5 结语

疏浚物倾倒对周边敏感区生态环境影响的技术评估是一个多学科交叉的研究领域, 需要综合考虑物理、化学、生物等多个层面的因素。通过构建技术评估体系, 可以更全面、

准确地评估疏浚物倾倒对周边敏感区生态环境的影响, 并为制定有效的管理措施提供科学依据。温州港疏浚物临时性海洋倾倒区项目的成功则进一步验证了多学科综合评估方法在疏浚物倾倒环境影响评估中的有效性。为此, 相关人员应进一步加强疏浚物倾倒对生态环境影响的科学研究, 完善技术评估体系, 并加强公众参与, 从而共同推动海洋生态环境的保护和可持续发展。

参考文献:

[1] 刘沫彤.人工影响天气技术对赤峰地区生态环境的影响及可持续性评估[J].农业灾害研究,2024,14(7):179-181.

[2] 王生珍.我国建设项目环境影响评价文件技术评估机制的检视与完善[J].环境保护,2022,50(16):55-59.

[3] 于东升.化工改扩建项目环境影响评估关键点分析[J].化工管理,2022(8):44-47.

[4] 刘文龙.环评技术评估有效性的提升对策[J].化纤与纺织技术,2021,50(3):62-63+73.

[5] 邵霞.化工建设项目生态环境影响评估[J].化工设计通讯,2019,45(9):233-234.

作者简介: 刘天增 (1997-), 男, 中国河南周口人, 本科, 从事生态环境检测研究。