

# 港口航道疏浚工程对近岸水环境及底栖生物影响评价

王超

安徽水安建设集团股份有限公司 安徽 合肥 230000

**【摘要】**：港口航道疏浚是保障船舶通航能力的重要工程活动，近岸水体交换能力较弱，底泥扰动易引发悬浮物升高、营养盐释放和底栖生境破碎等问题。针对水质波动、污染物再悬浮和底栖生物群落受损，可通过分段疏浚、低扰动设备选用、围隔拦泥、底泥分类处置、水质动态监测和生态补偿修复等方法进行控制。相关措施能够减少施工期泥沙扩散范围，降低污染释放风险，促进底栖生物群落恢复，使航道疏浚工程在满足通航需求的同时维持近岸水环境稳定。

**【关键词】**：港口航道疏浚；近岸水环境；底栖生物；悬浮泥沙；生态修复

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.073

## 引言

港口航道承担着船舶进出港、货物运输和区域经济连接等功能，航道淤积会降低通航效率，疏浚工程因此成为港口运行维护中的常见环节。疏浚施工直接作用于海底沉积物，底泥被切割、提升和转运后，近岸水体浊度可能升高，沉积物中污染物也可能重新进入水体。底栖生物长期依赖稳定底质环境，施工扰动容易造成栖息空间破坏、种群密度下降和群落结构改变。若缺少全过程控制，工程效益与生态保护之间容易产生矛盾。基于水环境变化和底栖生物响应建立评价思路，并提出分区施工、泥沙控制、底泥处置和生态恢复措施，可为港口航道疏浚工程的环境管理提供清晰路径。

## 1 港口航道疏浚工程的近岸环境特征

### 1.1 航道淤积形成机理

港口航道淤积主要受潮流输沙、河口径流、波浪扰动和船舶通航共同影响。近岸区域水动力条件复杂，涨落潮过程会推动细颗粒泥沙在航道低洼部位反复搬运和沉降，形成持续性淤积。河口输入的悬浮泥沙进入港池和航槽后，流速降低导致颗粒沉降加快，粉砂和黏土类细颗粒更容易在航道底部富集。港口防波堤、码头岸线和航道开挖会改变原有水流方向，使局部回流区和弱流区增多，进一步增强泥沙沉积强度。船舶螺旋桨扰动会使底泥短时再悬浮，但水动力减弱后仍会重新沉积，造成淤积反复出现。

### 1.2 疏浚施工扰动范围

疏浚施工扰动范围不仅包括挖泥点位，还包括泥沙扩散区、弃土转运路线和邻近底栖生物栖息区。抓斗式、绞吸式等施工方式在切割、提升和输送底泥过程中会破坏沉积层结构，使细颗粒泥沙进入水体并随潮流扩散。扰动强度受施工设备类型、开挖深度、底泥粒径、潮流速度和作业持续时间影响，近岸弱流海域更容易形成高浊度水团。底泥中有机质、氮磷营养盐和重金属可能伴随再悬浮过程释放，扩大水质影响边界<sup>[1]</sup>。新发展理念强调绿色施工和精准管控，疏浚范围应结合水动力模拟、浊度监测和生态敏感区分布进行动态划定，避免施工影

响无序外扩。

### 1.3 近岸水体交换条件

近岸水体交换条件决定疏浚扰动后悬浮泥沙和污染物的稀释、迁移及沉降过程。港口航道通常位于河口、海湾或半封闭岸段，受岸线形态、港池结构、防波堤布置和潮差大小影响，水体更新速度存在明显差异。水交换能力较强的区域，悬浮物可在潮流输移下较快扩散稀释，但也可能扩大影响距离；水交换能力较弱的区域，浊度升高、溶解氧下降和营养盐积累更容易在局部持续。底栖生物对底质稳定性和水质变化较敏感，水体交换不足会延长施工扰动持续时间。评价工作需要结合潮流场、余流方向、悬浮物沉降速率和水质监测数据，判断近岸环境承载能力。

## 2 疏浚施工引发的水环境变化

### 2.1 悬浮泥沙浓度升高

悬浮泥沙浓度升高是疏浚施工最直接的水环境变化。挖泥设备切削底泥时，沉积层中的细颗粒物被扰动进入水体，形成高浊度水团，并在潮流和波浪作用下向施工区外扩散。细颗粒泥沙沉降速度较慢，容易在近岸水体中持续悬浮，使局部悬浮物浓度短时间内明显升高。施工强度越大、底泥含水率越高、粉砂和黏土比例越高，泥沙扩散范围越明显。高浓度悬浮物会改变水体颗粒物组成，增加水质监测指标波动，并对底栖生物滤食、呼吸和幼体附着产生干扰。绿色疏浚要求根据潮汐周期、流速变化和敏感生境分布调整施工节奏，通过低扰动开挖、泥浆浓度控制和在线浊度预警减少泥沙外逸。

### 2.2 底泥污染物释放

底泥污染物释放主要发生在沉积层被破坏和底泥再悬浮过程中。港口近岸沉积物长期接收船舶活动、陆源排水和港区面源输入，部分有机污染物、氮磷营养盐和重金属容易吸附在细颗粒底泥表面。疏浚作业使原本处于相对稳定状态的污染物重新暴露于水体，水体氧化还原条件和pH变化会促进部分污染物从颗粒相向溶解相转化，增加水质风险<sup>[2]</sup>。污染物释放不仅影响施工区水化学环境，还可能通过颗粒沉降改变周边底质

质量。生态优先理念要求施工前开展底泥分层检测和污染等级划分,对污染底泥实施密闭抓取、封闭输送和规范化处置,配合水质连续监测控制污染扩散。

### 2.3 水体透明度下降

水体透明度下降与悬浮泥沙、细颗粒有机质和胶体物质增加密切相关。疏浚施工造成水体中颗粒物含量上升后,光线在水中的穿透深度降低,近岸水体由相对清澈状态转为浑浊状态,透明度指标随之下降。透明度降低会削弱水下光照条件,影响浮游植物光合作用和浅水区初级生产过程,也会改变底栖生物栖息环境的光照、温度和沉积条件。浑浊水团在弱交换水域停留时间较长,容易造成局部水体感官质量下降和生态环境压力叠加。精细化管理应结合透明度、浊度和悬浮物浓度建立联动评价标准,在高风险潮段降低施工负荷,并通过生态围隔和沉降控制缩短水体浑浊持续时间。

## 3 底栖生物群落受损表现

### 3.1 栖息底质结构改变

疏浚施工通过机械扰动切削底泥,使原有沉积层结构破碎,细颗粒与粗颗粒比例变化,底质密度下降,孔隙率增大。底栖生物依赖稳定的底质进行附着、挖洞和觅食,底质结构破坏导致栖息环境不连续,底层生物难以保持正常生活空间。沉积物再悬浮后重新沉降,形成疏松或分层沉积,改变氧化还原梯度和有机质分布,进一步影响底栖群落的微生境条件。生态优化策略强调施工精度控制、低扰动挖泥技术和动态沉积监测,可减少底质破碎程度,维持生物栖息的结构连续性。

### 3.2 生物密度下降

施工扰动造成底栖生物生境不稳定,生物密度明显下降。底泥切削和悬浮物增加导致幼体和成体个体受机械冲击或失去食物资源,存活率降低。高浊度水团和污染物释放进一步削弱微生物基础生产能力,减少可利用底质与营养物质,底栖生物数量随之下降。不同生物对沉积物扰动的敏感性不同,使部分种群快速减少<sup>[3]</sup>。通过分区分时疏浚、底泥稳定化处理以及施工期间水质监控,可以减缓密度下降速度,保持生态系统功能的部分连续性。

### 3.3 群落组成发生偏移

疏浚施工导致群落结构发生明显偏移,优势种群比例下降,敏感种群数量减少,而耐扰动或污染耐受性较强的物种可能相对增多。沉积物颗粒组成变化、底质破碎以及悬浮物增加造成生境选择压力,底栖生物群落多样性下降,物种结构偏向适应高浊度或低氧环境的类型。群落组成改变不仅影响局部生态功能,也可能扰动食物链关系和营养物质循环。采用生态修复措施,如底栖生境人工结构设置、植被覆盖或生物补偿措施,可促进群落恢复,缓和偏移趋势。

## 4 水环境及生物损害的控制方法

### 4.1 分区分时疏浚减少扩散

分区分时疏浚应以水动力条件、底泥污染程度、底栖生物敏感区和施工强度为划分依据,将航道疏浚范围细化为重点控制区、一般作业区和生态缓冲区。重点控制区宜采用小断面、短距离、低频次开挖方式,避免大面积同步扰动造成悬浮泥沙集中释放;一般作业区可依据潮流方向和流速变化安排施工时段,在低扩散风险潮段推进作业,减少浑浊水团向近岸养殖区、滩涂和生物栖息区迁移。生态缓冲区应设置限制施工时段,避开底栖生物繁殖、附着和幼体发育高敏期,降低群落恢复阻力。施工组织可引入数字化调度平台,将潮位、流速、浊度、风浪和设备运行参数纳入实时决策,形成“监测—预警—调整”的闭环控制。通过分区控制施工强度、分时降低扩散概率,能够压缩悬浮泥沙影响边界,减轻底质扰动连续性,增强绿色疏浚的精准性和生态适应性。

### 4.2 围隔拦泥控制悬浮物

围隔拦泥应根据施工水深、潮差、流速和悬浮物扩散路径合理布设,重点控制挖泥点周边和泥沙外逸通道。拦泥帘、生态围隔和导流式阻隔设施可形成局部封闭或半封闭水域,降低施工产生的细颗粒泥沙向外扩散的速度。布设过程中应保证围隔下缘接近底部但不破坏底质,上缘适应潮位变化,避免潮流冲刷形成绕流和底部泄漏。高流速区域可采用多道围隔或分级沉降带,使悬浮物在施工区内逐步沉降,减少对外侧水体透明度和溶解氧状态的影响<sup>[4]</sup>。围隔运行期间需要同步监测内外侧浊度差、悬浮物浓度和水流变化,当监测值接近控制阈值时,应降低挖泥速率或暂停作业,防止短时高浊度水团突破控制边界。该方法体现绿色低碳和精细治理理念,通过工程阻隔、动态监测和施工调节结合,提高悬浮物控制效率,减少底栖生物滤食和呼吸受阻风险。

### 4.3 底泥分类处置降低污染释放

底泥分类处置应在施工前完成分层采样、污染物检测和风险等级划分,重点识别有机质含量高、氮磷释放潜力大、重金属富集明显的底泥区域。清洁底泥可优先用于生态回填、岸滩修复或资源化利用,减少外运处置压力;轻度污染底泥宜采用脱水固化、稳定化处理和封闭堆存,降低污染物迁移能力;重度污染底泥应实行密闭开挖、封闭运输和专门处置,避免在抓取、装船、输送和卸载环节产生二次污染。施工过程需控制挖泥斗闭合状态、泥浆溢流量和运输舱密封性,减少污染物随细颗粒进入水体。处置场地应配套渗滤液收集、沉淀净化和底泥含水率控制设施,防止污染物向近岸水环境回流。分类处置将污染源识别、过程阻断和资源利用结合起来,能够降低底泥污染物释放强度,改善疏浚工程生态安全水平,并为港口航道维护提供更具可持续性的管理路径。

## 5 生态恢复成效及工程管理优化

### 5.1 水质监测反馈调控施工

水质监测系统应对悬浮物浓度、浊度、溶解氧、营养盐和重金属水平进行高频采集,实现施工区动态数据覆盖。监测数据实时传输至控制平台,可根据水质指标变化对挖泥速率、施工时间和施工顺序进行精确调节。高风险区和弱水交换区应设立重点监控点,确保悬浮泥沙扩散和污染物释放得到即时控制。通过历史监测数据分析,可建立施工影响预测模型,优化作业节奏与区域划分,提前识别潜在水质异常。水质反馈控制机制能够在施工期间形成闭环管理,降低浊度峰值和污染物释放强度,同时提升施工安全和水环境保护的协同效率,实现港口航道疏浚的生态精细化管理。

### 5.2 底栖生境修复促进恢复

底栖生境修复重点在于稳定底质结构、增加栖息微环境和促进物种定殖。通过局部底质压实和沉降控制,改善孔隙度均匀性,提供适宜滤食性和掘洞性生物的栖息条件。人工底栖结构和附着载体能够增加底层复杂性,形成多样化微环境,支持底栖生物群落的空间分布和生物功能恢复<sup>[5]</sup>。生态补偿措施通过增加物种补充和引导生物迁入,提高群落多样性与功能完整性。修复方案结合潮流、施工节奏和底质分布,确保群落恢复与施工进度相协调,缩短底栖生物恢复周期。该策略强化了生

态功能重建,降低施工对群落组成和生物密度的长期扰动,提升港口近岸生态系统的韧性和稳定性。

### 5.3 工程管理提升环境稳定性

工程管理优化通过精细化施工组织、标准化流程和环境动态控制提升近岸环境稳定性。施工方案依据水动力模拟、底泥污染等级和生态敏感区划定,形成分区、分时、分层作业流程,最大限度减少水质波动和底栖生境扰动。作业过程中将水质、浊度、施工设备运行状态及生态响应纳入数字化监控平台,实现实时调度和风险防控。底泥运输与处置环节采用封闭作业和分类处置规范,防止二次污染扩散。闭环管理机制通过施工反馈与环境响应联动,优化资源配置,提高施工效率和环境保护的同步性。该管理模式结合绿色发展理念和数字化技术,确保港口航道疏浚在通航功能维护和生态环境保护之间实现协调和稳定。

## 6 结语

港口航道疏浚对近岸水环境和底栖生物的影响具有阶段性和累积性,悬浮泥沙、底泥污染物释放及生境扰动是评价重点。分区分时施工、围隔拦泥、底泥分类处置、水质监测反馈和底栖生境修复相互衔接,可降低水质波动,控制污染扩散,促进群落恢复,使航道维护、生态保护和绿色管理形成协调路径,为同类工程环境评价提供实践参照。

## 参考文献:

- [1] 杨咏梅,袁翰亮.港口航道疏浚工程施工的技术难点[J].运输经理世界,2025,(36):151-153.
- [2] 杨咏梅.港口航道疏浚工程中绿色施工技术应用研究[J].运输经理世界,2025,(35):156-158.
- [3] 马国强,贾建娜,邱宁,等.港口航道疏浚土生态资源化利用技术路径研究[C]//中国矿物岩石地球化学学会.中国矿物岩石地球化学学会第19届学术年会论文摘要集.[出版者不详],2025:78.
- [4] 苏伟.广西近岸水环境可持续发展水平及压力分析[J].环境保护与循环经济,2023,43(1):48-51.
- [5] 张明慧,索安宁.营口月亮湾砂质海岸整治修复工程近岸水环境效果评价[J].海岸工程,2022,41(1):71-78.