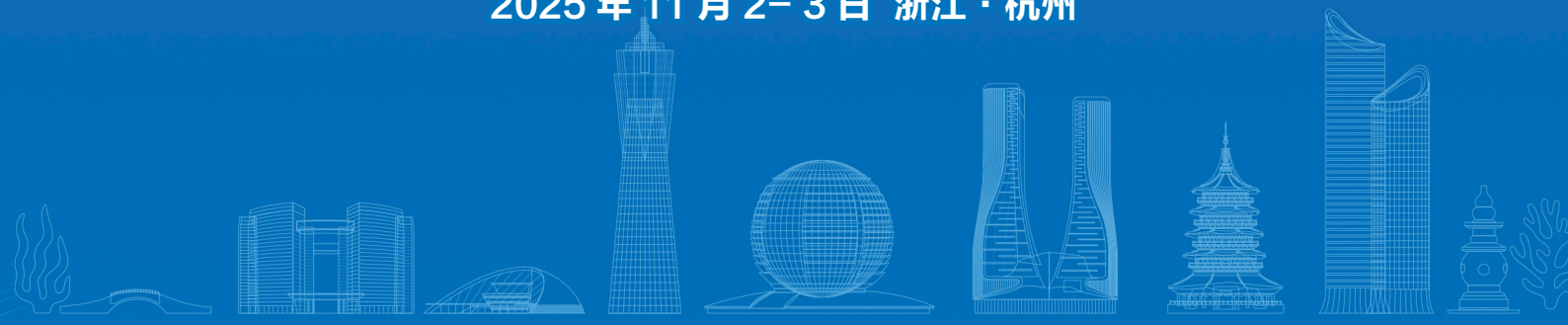




2025 年海洋生态环境保护及监测技术研讨会

摘要集

2025 年 11 月 2-3 日 浙江·杭州



目 录

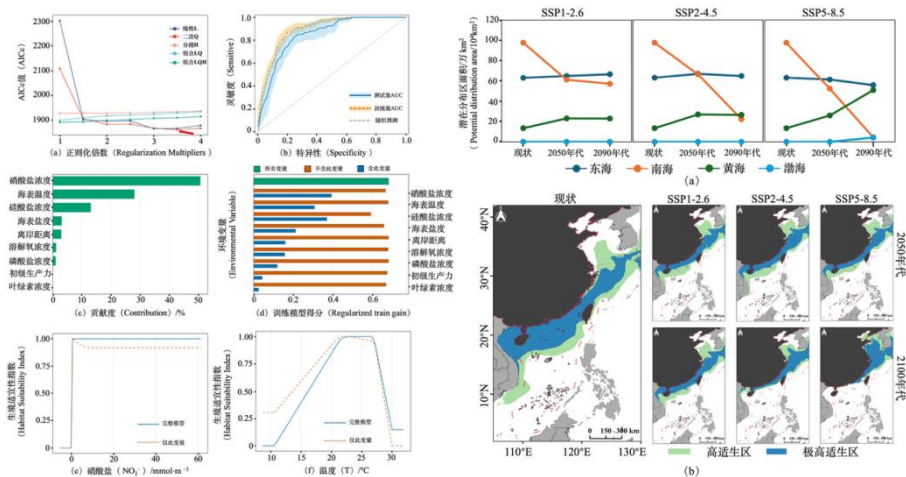
中国近海产毒微藻具刺环胺藻 (<i>Azadinium spinosum</i>) 分布及其对气候变化响应	1
2023 年莱州湾浮游植物碳生物量及群落结构的季节变化	2
东海内陆架沉积物百年来重金属记录、早期成岩作用改造及其对人类活动的响应	4
多源极化 SAR 影像中船舶目标的精细化识别与实例分割研究	5
福岛 ¹³⁷ Cs 在西北太平洋及其边缘海的长期输运	6
淮河入海水道水环境容量计算及总量控制目标可达性研究	7
黄河输沙变化与海洋动力综合影响下河口三角洲非均衡演化机制	8
基于多组学对旋链角毛藻在磷限制下响应机理的研究	10
基于奇异值分解 (SVD) 与深度学习方法的近岸水域叶绿素 a 浓度反演优化	11
基于生态毒理学的环境孕激素暴露对长牡蛎生殖功能的影响及风险评估	12
基于元学习的北冰洋表层叶绿素 a 遥感监测	13
季风和热带气旋调节下长江冲淡水间歇性入侵杭州湾	14
乐清湾红树林湿地沉积物有机碳埋藏特征	15
A Framework for Prioritizing Migratory Marine Species Conservation by Integrating Habitat Connectivity and Anthropogenic Stressors	16
陆海统筹视域下水体富营养化对河口水环境的影响机制	17
秋茄人工湿地净化滨海富营养水体碳氮耦合机制	19
人类活动影响下热带小型河口-海湾系统溶解有机质的非保守行为	20
深海采矿羽流迁移扩散规律及模型应用探究	21
生物海岸生态修复评价指标体系的构建与应用研究	22
台风对亚热带河口-近海系统颗粒有机碳输运影响的数值模拟研究	23
台风过境期间珠江口海水二氧化碳分压的浮标观测	24
我国近岸海域汞污染研究——以黄渤海为例：来源识别、归趋模拟与保护对策	26
我国沿海地区常见海洋塑料垃圾中紫外线稳定剂分布特征	27
夏季琼州海峡及其邻近海域生态动力过程研究	28
盐度-浊度协同作用下微塑料沉降实验研究	29
长江口及其邻近海域现代生物扰动构造及其混合效应	30

中国近海产毒微藻具刺环胺藻 (*Azadinium spinosum*) 分布及其对气候变化响应

金睿, 罗肇河, 刘璇, 刘锦荃, 苏尚柯, 杜虹, 杜建国,
康建华, 胡文佳

(自然资源部第三海洋研究所海洋生态保护与修复重点实验室, 厦门, 361005)

摘要: 氮杂螺环酸毒素是新兴的甲藻毒素, 其重要产毒藻种具刺环胺藻 (*Azadinium spinosum*) 在中国近海的分布格局及其气候变化响应尚不明确。本研究基于 2019-2024 年中国近海 600 个站位的环境 DNA 数据获取了该藻种的分布记录, 并利用 MaxEnt 模型预测其在当前及 SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP5-8.5 三种气候情景下 2050 年代和 2100 年代的潜在适生区分布。结果显示: (1) 硝酸盐浓度 (50.6%)、海表温度 (28%) 和硅酸盐浓度 (13%) 是决定其分布的主导因子; (2) 当前目标藻种在中国近海的潜在分布区主要集中在东海和南海, 总面积 171.36 万 km², 南海占 56.04%, 东海占 36.23%; (3) 气候变化情景下, 至 2100 年具刺环胺藻在中国近海的潜在分布区面积将缩减 14.4%-33.6%; (4) 其分布可能呈现"南缩北扩"趋势, 南海适生区减少 15.03-52.13 万 km², 东海和黄海则增加 5.56-36.35 万 km², 其分布质心可由南海北部 (116.98°E, 23.46°N) 向东北迁移至黄海 (121.40°E, 28.78°N), 最大迁移距离 729.13km。本研究首次系统揭示了具刺环胺藻在中国近海的分布格局及气候变化对其的影响, 为有害藻华风险监测与管控提供了关键科学依据。



关键词: 具刺环胺藻; MaxEnt 模型; 气候变化; 物种分布; 生态风险
基金项目: 国家自然科学基金 (42576260); 福建省自然科学基金重点基金 (2024J02023); 国家重点研发计划 (2019YFE0124700)

2023 年莱州湾浮游植物碳生物量及群落结构的季节变化

赵玉庭, 苏博, 张超, 程玲*, 由丽萍, 邱少男, 于宁, 孙珊

(山东省海洋资源与环境研究院, 山东省数据开放创新应用实验室, 自然资源部莱州湾海洋生态系统野外科学观测研究站, 山东烟台 264006)

摘要: 浮游植物作为主要初级生产者, 是海洋生态系统的重要组分和海洋碳循环的重要参与者, 对海洋生态系统结构和功能具有重要意义。本研究基于 2023 年莱州湾调查资料, 从细胞丰度与碳生物量两个方面揭示了浮游植物类群组成、空间分布及季节演替特征, 并探讨了其变化原因。结果表明, 2023 年 5 月共鉴定浮游植物 3 门 36 种, 主要为硅藻; 8 月共鉴定浮游植物 2 门 50 种, 主要为硅藻。5 月细胞丰度为 40.04×10^4 cells/m³, 碳生物量为 2060.89 μ gC/m³; 8 月细胞丰度为 644.60×10^4 cells/m³, 碳生物量为 7408.32 μ gC/m³, 两个季节平面分布特征均为黄河口、小清河口等河口近岸海域高于东部海域。丰度优势种为体积较小的旋链角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*)、尖刺伪菱形藻(*Pseudo-nitzschia pungens*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)和斯氏几内亚藻(*Guinardia striata*), 碳生物量优势种种类为细胞体积较大的圆筛藻属(*Coscinodiscus* spp.), 尤其虹彩圆筛藻(*Coscinodiscus oculus-iridis*)为两个季节的优势种, 圆筛藻属碳生物量平均为 2606.34 μ gC/m³, 占比 55.05%, 是莱州湾浮游植物碳汇的关键贡献者。莱州湾浮游植物碳生物量受营养盐、温度、盐度和海水养殖等多因素共同影响, 基于此, 针对莱州湾提出了河口区域需重点防控陆源营养盐过量输入、东部养殖区需优化贝类养殖密度以维持浮游植物群落平衡的差异化生态保护建议。

关键词: 莱州湾; 浮游植物; 碳生物量; 分布特征; 季节变化; 影响因素

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFC3108700, 2023YFC3206400)

收稿日期: 2025-00-00; 修订日期: 2025-00-00

基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFC3108700, 2023YFC3206400)

作者简介: 赵玉庭(1986-), 男, 山东诸城人, 高级工程师, 主要研究方向为海洋环境监测与评价, E-mail: zhaoyutingnihao@126.com
通信作者: 程玲(1989-), 女, 副研究员, 主要研究方向为海洋生态监测与评价, E-mail: chengling@shandong.cn

Multiscale Impacts of Extreme Climate and Ocean Dynamic Processes on Plankton in the South China Sea

刘甲星, 谭焯辉

(中国科学院南海海洋研究所, ljx2ljx@scsio.ac.cn)

Abstract: Climate change and extreme climate events profoundly reshape ocean circulation and marine planktonic ecosystems, yet their multiscale mechanisms remain poorly understood. During the 2015/16 El Niño event, the Kuroshio intrusion into the South China Sea (SCS) intensified significantly, providing a natural experiment to explore how large-scale climatic anomalies modulate ocean dynamics and plankton communities. In situ observations and remote-sensing analyses revealed that the strengthened Kuroshio current advected massive diazotrophic cyanobacteria (*Trichodesmium erythraeum*) from the open ocean into nearshore regions, where they became dominant and disrupted the native phytoplankton community structure through lateral advection and altered stratification and nutrient dynamics. The intensified Kuroshio intrusion, together with its interaction with coastal upwelling, further enhanced nitrogen fixation by supplying phosphorus-rich waters into the euphotic zone, while Kuroshio-induced mesoscale eddies regulated nutrient transport and microbial diversity. Meanwhile, copepod communities exhibited distinct responses to different current systems: intensified Kuroshio intrusion increased species diversity but reduced biomass, whereas coastal upwelling and the China Coastal Current favored abundant, less diverse populations. On shorter timescales, extreme weather events, such as cold waves, additionally impacted phytoplankton communities, inducing miniaturization and reducing community stability in estuarine regions. These findings highlight that extreme climate variability operates across multiple timescales in the South China Sea: El Niño – enhanced Kuroshio intrusion drives large-scale advection, alters nutrient dynamics, and reshapes phyto- and zooplankton communities, while short-term extreme weather events, such as cold waves, further modify phytoplankton size structure and reduce community stability in coastal and estuarine regions.

东海内陆架沉积物百年来重金属记录、早期成岩作用改造及其对人类活动的响应

任啸霖, 范德江*, 毛居东, 程鹏, 张鑫, 孙学诗

(中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛, 266100)

摘要: 沉积物中的重金属记录作为重建人类活动的指标得到广泛的应用, 但是早期成岩作用是否对重金属记录产生影响尚不明晰。为此, 本研究基于采集东海内陆架沉积物岩芯, 通过对沉积物和孔隙水中的重金属含量的对比研究, 查明早期成岩作用对沉积物重金属的影响, 进而探讨近百年来重金属记录对人类活动的响应。该岩芯以粉砂为主 (63.06%-88.01%, 平均 72.27%)、含有少量的粘土 (11.11%-34.49%, 平均 26.99%) 和极少的砂 (0.00%-11.09%, 平均 0.74%), pH 在 7.63-7.99 之间变化, 反映该岩芯沉积环境和早期成岩环境稳定, 其孔隙水中重金属主要受有机物降解和铁锰氧化物的还原所控制。通过孔隙水重金属与沉积物重金属相态对比表明早期成岩作用使重金属在沉积物与孔隙水之间的转换对于沉积物重金属总量的影响可以忽略不计。根据 Al 与重金属 (Zn, As, Pb) 的线性拟合, 定量化区分其自然碎屑来源和人类来源的贡献, 自 1950 年来, 人类来源重金属迅速增加, 阶段性变化明显, 并且与第二产业发展程度关系密切; 而在 2006 年之后, 由于国家环境治理投入显著增多, 人类活动产生的重金属呈现明显的减少趋势, 这对于未来环境治理和打造宜居环境提供了积极的信号。

关键词: 东海内陆架, 重金属记录, 早期成岩作用, 人类活动

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 42176077)

多源极化 SAR 影像中船舶目标的精细化识别与实例分割研究

战丽丽，薛妍

(山东科技大学测绘与空间信息学院，青岛，266580)

摘要：海上运输、渔业、科学研究等活动依赖于各种类型的船舶和平台，因此对海上船舶进行精确识别至关重要。合成孔径雷达（SAR）受天气条件和黑夜的影响较小，被广泛应用于全天时、全天候的监测任务中。本文分析了 SAR 影像中不同类型船舶的后向散射特性差异，并提出了一种基于 YOLOv8 改进的 SISS-YOLO 模型。该方法旨在解决在多极化、多场景、多类别 SAR 图像中进行船舶实例分割的挑战。首先，在主干结构中加入了额外的池化层并优化了激活函数的设计。其次，将 Coordinate Attention (CA) 模块整合到 C2F 模板中，将位置信息融入注意力机制。第三，引入滑动损失 (Slide Loss) 函数以缓解不同船舶类别样本数量不平衡的问题。实验基于 OpenSARShip2.0 数据集进行，该数据集包含货船、油轮、客船和工程船四类船舶。实验结果表明，SISS-YOLO 在工程船的分割任务中获得了 88.3% 的掩膜精度、86.4% 的掩膜召回率以及 93.4% 的 mAP50。与 YOLOv8 相比，SISS-YOLO 的掩膜精度提高了 15.7%，掩膜召回率提高了 8.8%。将基于 OpenSARShip2.0 训练的模型直接应用于 FUSAR-Ship1.0 数据集时，也表现出一定的鲁棒性。SISS-YOLO 能够在多种场景与类别下用于近海及远洋 SAR 船舶实例分割，展示出较强的泛化能力与实际应用价值。

关键词：船舶识别；实例分割；合成孔径雷达(SAR)；You Only Look Once (YOLO)

福岛 ^{137}Cs 在西北太平洋及其边缘海的长期输运

张福乐¹, 黄德坤¹, 杜金洲², 于涛^{1*}

(1. 自然资源部第三海洋研究所 海洋生态环境预警监测研究室 厦门 361005; 2. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室 上海 200241)

摘要: 福岛核事故泄露的 ^{137}Cs ($^{137}\text{Cs}_F$) 在北太平洋及其边缘海域的长期输运过程仍有待阐明。本研究于 2017~2024 年间对西北太平洋及其边缘海域海水中的 ^{137}Cs 开展了大量的监测研究, 综合文献报道数据详细刻画了 ^{137}Cs 在西北太平洋不同海域的时空变化规律, 阐明了福岛 ^{137}Cs 在西北太平洋及其边缘海域的长期输运过程。本研究发现在亚极地环流驱动下, 福岛核事故泄露的 ^{137}Cs 随表层洋流于 2017 年到达白令海, 并于 2018~2019 年达到最大; 进入白令海的福岛 ^{137}Cs 一部分随亚极地环流返回日本东部海域, 一部分向北穿过白令海峡进入北极海域。此外, 我们发现在副热带模态水的驱动作用下, 福岛核事故泄露的 ^{137}Cs 还可以通过次表层路径快速向西南方向输运并入侵西北太平洋边缘海。副热带西北太平洋 $^{137}\text{Cs}_F$ 垂直剖面的时空变化表明西北太平洋副热带模态水 (STMW) 携带的 $^{137}\text{Cs}_F$ 已在西副热带环流中再循环, 而较轻的中央模态水 (L-CMW) 携带的 $^{137}\text{Cs}_F$ 已转向西南并在 2018 年返回副热带西北太平洋。在吕宋海峡观察到次表层 ^{137}Cs 浓度自 2013 年起逐年增加, 并在 2018 年前后达到最大, 本研究估算出 2013~2019 年间进入南海的 $^{137}\text{Cs}_F$ 总量为 $0.33 \pm 0.10 \text{ PBq}$, 相当于 $^{137}\text{Cs}_F$ 向海洋的总泄漏量的 1.7~2.2%。本研究增强了对 $^{137}\text{Cs}_F$ 在西北太平洋的长期输运过程的理解, 并强调了迫切需要积极主动的全球合作, 以追踪 $^{137}\text{Cs}_F$ 在太平洋及其边缘海域传播对海洋生态系统和沿海社区的长期环境影响和潜在威胁。

关键词: ^{137}Cs ; 福岛核事故; 北太平洋; 亚极地环流; 副热带模态水

淮河入海水道水环境容量计算及总量控制目标可达性研究

张琳^{1,2}, 渠庚^{1,2}, 丁兵^{1,2}, 杨启红^{1,2}, 周雪融^{1,2}, 彭子竹^{1,2}

水利部长江中下游河湖治理与防洪重点实验室, 湖北 武汉 430010; 2. 长江水利委员会长江科学院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 淮河入海水道是江苏省重要的入海河流之一, 其水环境质量直接影响黄海近岸海域的生态健康。随着沿线地区经济社会的快速发展, 污染物排放压力持续增大, 开展精准的水环境容量核算与总量控制研究, 对保障水道水质达标和区域可持续发展具有重要意义。为此, 本文以淮河入海水道为研究对象, 基于实地监测水质数据, 采用平原河网水动力-水质耦合模型, 在设计水文条件下计算了淮河入海水道及其主要支流的 COD、氨氮和总磷等关键污染物的环境容量, 并对规划水平年总量控制目标的实现路径与可达性进行了综合分析。研究结果显示, 淮河入海水道 COD、氨氮和总磷的环境容量分别为 16713.37 t/a、1478.95 t/a 和 142.62 t/a, 而同期的预测排放量分别为 11289.77 t/a、1749.79 t/a 和 147.52 t/a。可见, COD 尚有一定容量余量, 氨氮和总磷均超出环境容量, 需分别削减 270.84 t/a 和 4.9 t/a。为实现水质目标, 本文进一步从产业结构优化、污水处理设施提标改造、面源系统治理及水生态修复等方面, 提出以容量约束为导向的综合治理策略, 为区域水污染精准减排和管理决策提供理论依据与技术支撑。本研究构建的水环境容量评估框架及总量控制方法, 可为类似平原河网地区的水环境管理提供参考和借鉴。

关键词: 水环境容量; 总量控制; 可达性分析; 淮河入海水道; 污染治理

黄河输沙变化与海洋动力综合影响下河口三角洲非均衡演化机制

褚宏宪，祝铭徽，张德程，黄杏，白大鹏，刘俊

(中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心，烟台，264001)

摘要：黄河作为典型的高含沙河流，其三角洲演变受黄河水沙输入与海洋动力条件的共同控制。黄河来沙促使海岸向海淤进，而海洋动力则导致海岸向陆蚀退。三角洲作为海岸带的重要组成部分，是人类活动高度集中的区域之一。河流输入的物质主要堆积于河口三角洲及近岸陆架地区，大量泥沙在河口区的沉积使得河口水下三角洲普遍具有较高的沉积速率。近年来，黄河三角洲年均新增面积超过 30 平方公里，但这一数值受黄河输沙量、径流量以及人类活动等多因素影响，呈现动态变化特征。

基于野外调查获取的水深地形数据，本研究构建了高分辨率海洋-波浪-沉积物耦合模型 FVCOM (Finite-Volume Community Ocean Model)。模型采用三角网格，并在河口三角洲关键区域进行局部加密。通过潮汐、海流、盐度与悬沙浓度等实测数据对模型进行了验证。系统模拟了黄河三角洲的沉积动力过程，较为精确地刻画了黄河口及邻近海域的动力环境，揭示了该区域的动力结构及冲淤特征，阐明了黄河三角洲的非均衡演化机制 (图 1)。

受河流输入与海洋动力共同作用，黄河三角洲的非均衡演化表现出明显的季节性变化规律。夏季受人工洪峰及自然洪水影响，大量泥沙输入并在现行河口快速堆积，促使三角洲迅速向海推进；冬季陆源来沙减少，海洋动力增强，导致现行河口及废弃河口均出现显著的泥沙再悬浮与输运。因此，现行河口水下三角洲在接受巨量泥沙输入的同时，也受到冬季风暴的侵蚀改造，但侵蚀量低于夏季泥沙供给量，整体呈现快速淤积的进积状态；而北部废弃三角洲因缺乏泥沙补给，并受冬季风暴等海洋动力过程的强烈影响，长期处于侵蚀后退状态。

基于近 14 年沉积速率数据，本文预测了未来 5 年研究区的冲淤厚度分布 (图 2)。结果显示，河口口门处淤积厚度最大，可超过 2 m，为全区淤积最显著区域；孤东海堤附近侵蚀厚度约为 0.8 m；北部刁口近岸最大淤积厚度为 0.4 m，远岸侵蚀厚度约为 0.6 m；孤东海堤以北海域最大淤积厚度超过 1.5 m，仅次于河口区；废弃清水沟河道外海侵蚀厚度约为 0.8 m；黄河三角洲南部最大淤积厚度约为 0.5 m。

关键词：三角洲；泥沙；沉积；冲淤

基金项目：中国地质调查局项目 (DD20240021, DD20243124)

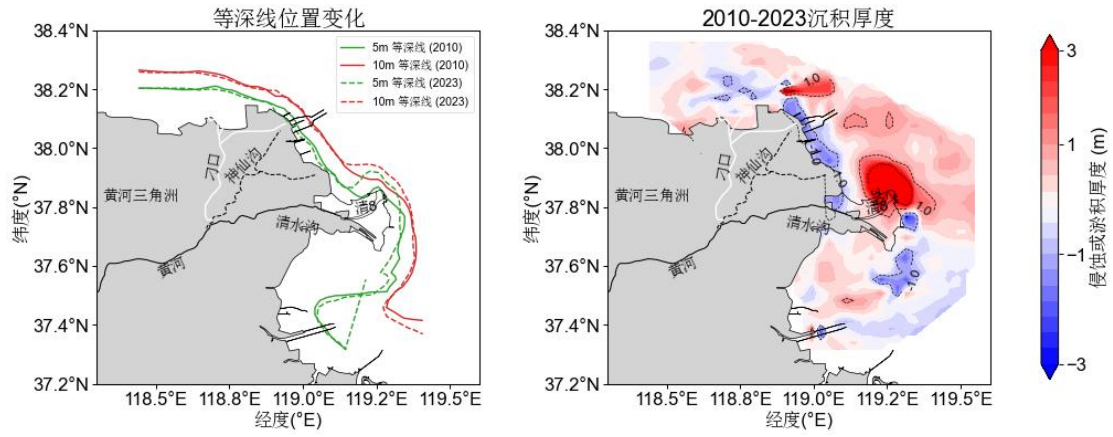


图 1 近年来研究区水下三角洲侵蚀淤积情况

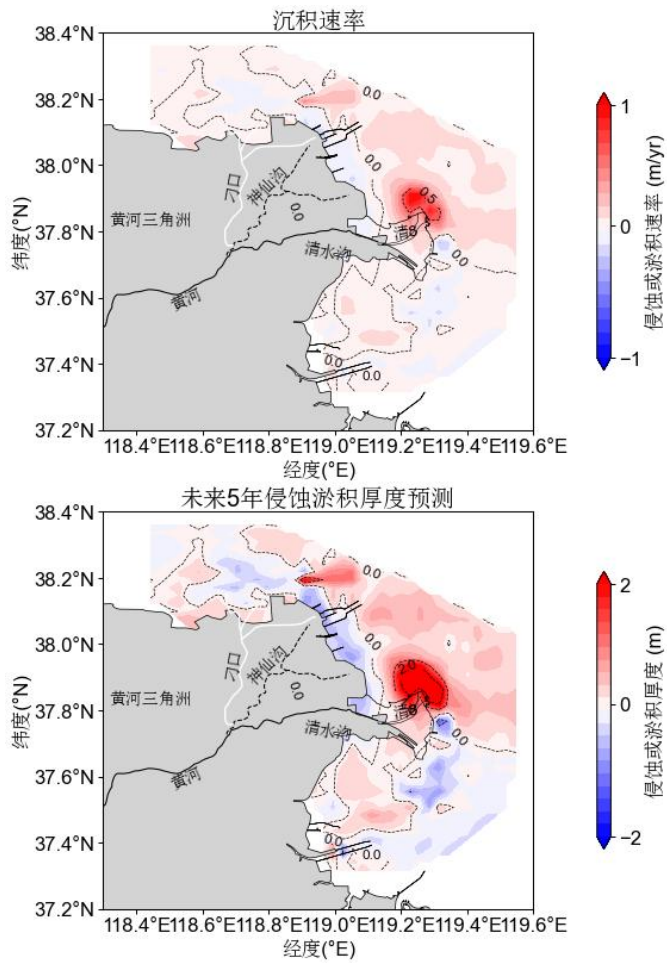


图 2 研究区水下三角洲近年沉积速率与未来 5 年侵蚀淤积预测

基于多组学对旋链角毛藻在磷限制下响应机理的研究

沈盎绿, 沈武幽

(上海海洋大学海洋科学与生态环境学院, 上海, 201306)

摘要: 磷是浮游植物生长所必需的营养物质,是组成细胞结构和参与新陈代谢的主要元素。旋链角毛藻在我国曾引发过多次赤潮,导致自然界和水产养殖中鱼类大量死亡,然而,旋链角毛藻对环境磷变化的适应性分子机制仍未完全厘清。本研究基于组学技术,从转录组、代谢组和蛋白组三个层面比较分析旋链角毛藻在高磷(对照)、中磷和低磷处理下的表达差异。结果显示,在低磷组和对照组的比较中,共鉴定到 151 个差异表达基因,397 个差异表达蛋白,191 个差异积累代谢物;在中磷组和对照组的比较中,共鉴定到 93 个差异表达基因,340 个差异表达蛋白,314 个差异积累代谢物;在低磷组和中磷组的比较中,共鉴定到 179 个差异表达基因,189 个差异表达蛋白,70 个差异积累代谢物。其中,在低磷限制下,磷酸根离子跨膜运输过程显著下调,与之相关的无机磷酸根跨膜转运蛋白活性同样显著下调;在中磷条件下,钠依赖性磷酸盐运输过程显著上调。差异表达物质的富集分析确定了多种功能途径的显著富集,包括光合作用、甘油磷脂代谢、核糖体、转运和核苷酸代谢等。总体而言,我们的研究结果揭示了磷受限条件下旋链角毛藻转录、蛋白及代谢水平的变化,为阐明旋链角毛藻对环境磷变化的响应机制提供了科学依据。

关键词: 磷; 旋链角毛藻; 多组学; 响应机制

基于奇异值分解 (SVD) 与深度学习方法的近岸水域叶绿素 a 浓度反演优化

战丽丽, 刘章硕

(山东科技大学测绘与空间信息学院, 青岛, 266590)

摘要: 对近岸水域中叶绿素 a (Chl-a) 浓度进行遥感监测, 对于评估海洋生态状况具有重要意义。然而, 由于水体光学性质复杂, 难以准确选择最优特征波段, 这给高精度反演带来了巨大挑战。本研究旨在解决小范围近岸水域中 Chl-a 浓度高精度反演的问题。本文构建了适用于香港近岸水域的奇异值分解与深度神经网络 (SVD-DNN) Chl-a 反演模型。同时, 还采用其他机器学习方法, 如随机森林 (RF) 和支持向量机 (SVM), 构建了反演模型以作对比。结果表明, 所开发的 SVD-DNN 模型具有最佳的反演精度, 优于 SVD-RF 和 SVD-SVM 模型。当 Chl-a 浓度低于 6 微克/升时, SVD-DNN 模型表现出更优的反演性能 (RMSE = 0.66, MAE = 0.67)。与其它模型相比, 所提出的模型在 2013 年、2014 年和 2016 年表现出更好的时间泛化能力。本研究表明, 所开发并验证的 SVD-DNN 模型具有出色的鲁棒性和泛化能力, 可结合 Landsat 数据用于不同时间序列的 Chl-a 长期反演。

关键词: 叶绿素、二类水体、遥感反演、奇异值分解 (SVD)

基于生态毒理学的环境孕激素暴露对长牡蛎生殖功能的影响及风险评估

郑涛

(鲁东大学水产学院, 烟台, 264000)

摘要: 甲炔诺酮 (Norgestrel, NGT) 作为水生环境中广泛检出的孕激素类污染物, 其生态风险已受到关注—即使暴露浓度低于 1 ng/L, 对脊椎动物的潜在危害也已得到证实。然而, 当前关于该物质对无脊椎动物的毒性效应及内在作用机制, 仍缺乏系统研究, 亟待进一步探究。基于此, 本研究选取典型无脊椎动物长牡蛎为研究对象, 采用分子生物学等技术, 系统评估了 NGT 对其的生殖毒性。研究结果显示, 10 ng/L 与 1000 ng/L 浓度的 NGT 暴露, 均能介导神经受体配体相互作用等信号通路异常激活, 进而诱导长牡蛎性腺产生生殖神经内分泌毒性。同时, 该污染物还可通过干扰细胞信号转导过程, 破坏线粒体能量代谢平衡并引发氧化应激功能紊乱, 对体外受精体系中的精子与卵子产生发育毒性——具体表现为生殖细胞成熟过程异常, 最终造成长牡蛎子代孵化率显著下降, 幼体畸形率明显升高。值得注意的是, 1000 ng/L 的 NGT 组表现出更强的毒性作用, 这种差异可能与高浓度组的抗氧化能力和解毒功能降低有关。本研究发现将为评估孕激素的环境毒性和生态风险提供了理论基础。

关键词: 孕激素; 甲炔诺酮; 生态风险; 长牡蛎, 生殖毒性

基于元学习的北冰洋表层叶绿素 a 遥感监测

黄珏, 李慧真, 孟仟, 都超

(山东科技大学测绘与空间信息学院 山东青岛 266590)

摘要: 北冰洋表层叶绿素 a (Chlorophyll a, Chl a) 浓度是衡量海洋初级生产力和生态系统状态的重要指标, 对气候变化和碳循环研究至关重要。本研究结合实测 Chl a 数据与 MODOCGA 影像, 构建了基于 MAML (Model - Agnostic Meta - Learning) 的遥感反演模型。在与多种机器学习模型对比中, MAML 表现最优 (RMSE = 0.23 ± 0.01 mg/m³)。基于 2000 - 2022 年 6 - 9 月反演数据, 分析了北冰洋表层 Chl a 的时空变化及其与海冰覆盖范围、海温、盐度和径流等环境因素的关系。结果显示, 2000 - 2008 年 Chl a 浓度下降 (-0.01 mg/m³/年), 2008 - 2022 年上升 (0.01 mg/m³/年), 呈春夏交际时高、夏秋交际时低的季节特征, 空间上表现为“边缘高、中心低”的格局。La Niña 年 Chl a 浓度较高, 高值区 (Chl a > 1.04 mg/m³) 面积达 52.38×105 km², 约为 El Niño 年的 1.18 倍。影响 Chl a 时空分布的主导因素为海温 (平均贡献率为 42.8%), 其次为海冰覆盖范围, 径流在喀拉海 (29.52%) 和拉普捷夫海 (58.6%) 贡献突出。MAML 模型提升了北冰洋 Chl a 遥感反演精度与泛化能力, 为北极生态系统研究提供了技术支撑。

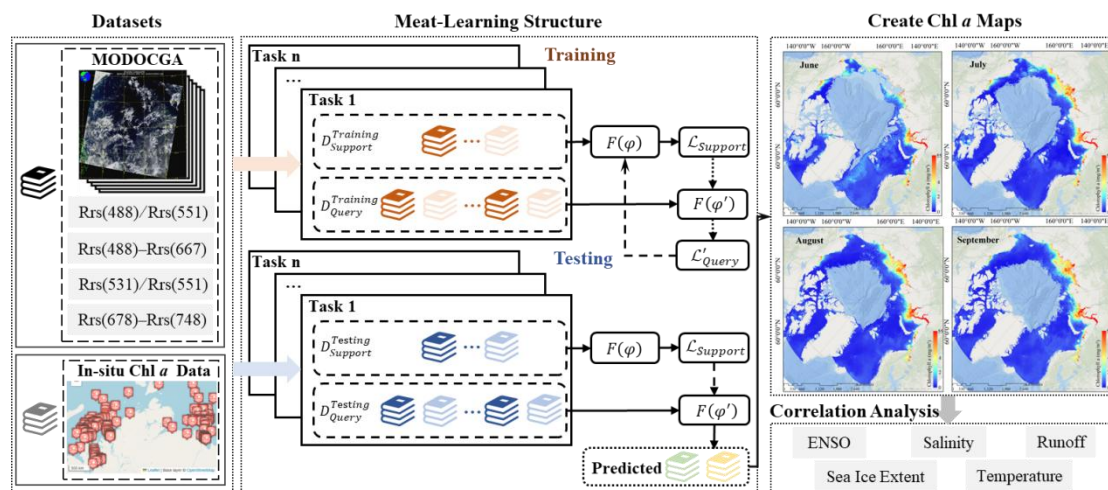


图 1 基于元学习的北冰洋表层叶绿素 a 遥感监测流程

关键词: 北冰洋; MAML; Chlorophyll a; ENSO

季风和热带气旋调节下长江冲淡水间歇性入侵杭州湾

韦一，王奎，金海燕，尹文彬，黄大吉，宣基亮*，王斌，

周锋，陈建芳*

(浙江大学海洋学院，舟山，316021)

摘要：大型河口的低盐水侵入邻近海湾现象受到持续关注，因为这不仅会影响营养物质的输运，同时也对浮游植物的生长造成影响。此前研究大多认为，相较于夏季，冬季的东北季风导致长江冲淡水入侵杭州湾总量更多。然而，2019年8月的观测资料显示，杭州湾内盐度异常偏低(<10)、溶解无机氮浓度偏高(1.9 mg L^{-1})，而冬季(2022年3月)的盐度(>15)和溶解无机氮浓度(1.5 mg L^{-1})则相对较高。结合高分辨率且经充分验证的数值模型模拟结果发现，在夏季，长江冲淡水在季节内尺度(30–120天)和事件性过程中间歇性入侵杭州湾，导致杭州湾北岸形成低盐高营养盐水团。这种间歇性入侵现象受长江径流、季节内风场变化、热带气旋和潮余流共同驱动(图1)。其中，长江径流在季节尺度上放大了冲淡水的入侵效应，可使湾口北部夏季盐度下降幅度超过10；夏季西南季风的季节内变化是导致冲淡水间歇性入侵的主要原因；热带气旋引发的强北风过程则进一步增强了冲淡水入侵强度，可在约一周内使源头入侵区域盐度下降6；冲淡水进入杭州湾后，在北岸沿岸西向潮余流的持续作用下，最终被输送至杭州湾湾顶。

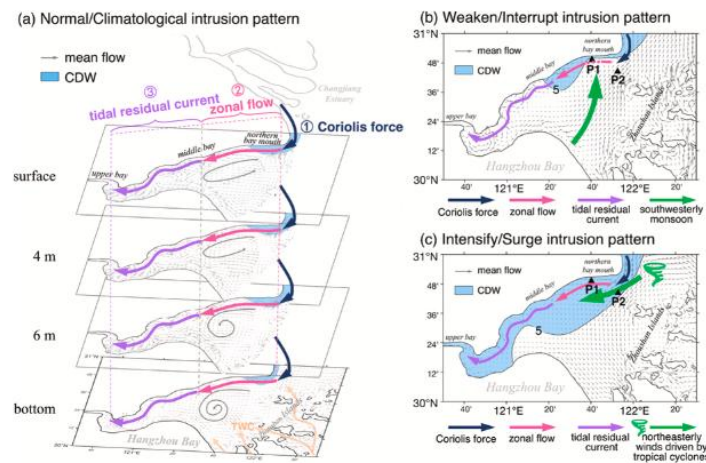


图1. 三种不同情况下长江冲淡水入侵杭州湾机制示意图

关键词：长江冲淡水；间歇性入侵；季节内风场；事件性热带气旋；杭州湾

基金项目：浙江省科技厅“尖兵”计划(NO.2022C03044)；国家自然科学基金面上项目(NO.42276021)

乐清湾红树林湿地沉积物有机碳埋藏特征

吴雪^{1,2,3}, 赵鑫^{1,2,*}, 林静⁴, 林存旺¹, 陈焕焕¹

(1. 浙江省海洋科学院, 杭州 310012; 2. 自然资源部海洋空间资源管理技术重点实验室, 杭州 310012; 3. 华东师范大学, 上海 200241; 4. 自然资源部第三海洋研究所, 厦门 361005)

摘要: 红树林是重要的滨海“蓝碳”生态系统, 具有较高的固碳速率和长久的固碳能力, 在全球碳循环中发挥着重要作用。本研究以乐清湾红树林湿地为对象, 测定了沉积物有机碳含量等沉积物理化指标, 基于放射性核素 ^{137}Cs 和 ^{210}Pb 推演沉积速率, 计算了沉积物有机碳埋藏通量。结果表明, 研究区域沉积环境整体较为稳定。沉积物有机碳埋藏通量平均值为 $65.03 \pm 29.45 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 低于全球和我国红树林沉积物有机碳埋藏通量的平均值。本研究结果可为乐清湾红树林碳汇潜力的评估提供基础数据, 为科学管理与保护红树林生态系统提供决策支持。

关键词: 乐清湾; 红树林; 沉积物; 有机碳; 埋藏通量



图 1 红树林湿地采样站位图

表 1 不同区域红树林沉积物有机碳埋藏通量

区域	CAR ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	文献来源
全球红树林	174	Laffoley 和 Grimsditch, 2009
中国红树林	200	王秀君等, 2016
雷州半岛红树林	37~205	Yang et al., 2014
广西红树林	27.71~452.37	徐慧鹏, 2020
广东红树林	73~539.5	覃国铭等, 2023
乐清湾红树林	120.01	于洋等, 2024
乐清湾红树林	24.63~173.80	本研究

A Framework for Prioritizing Migratory Marine Species Conservation by Integrating Habitat Connectivity and Anthropogenic Stressors

Guodong Li^{1,2,3}, Wei Huang^{1,2,3*}, Jiangning Zeng^{1,2,3*}

1 Ocean College, Zhejiang University, Zhoushan 316021, China

2 Key Laboratory of Marine Ecosystem Dynamics, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou 310012, China

3 Key Laboratory of Nearshore Engineering Environment and Ecological Security of Zhejiang Province, Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou 310012, China

Abstract: Migratory marine species underpin ocean ecosystem function because their life cycles depend on moving through networks of connected habitats. Yet conservation planning often relies on static species distributions and annually averaged human-use data, obscuring the dynamic nature of ecological processes and anthropogenic pressures. We present a generalizable framework that integrates time-explicit assessments of habitat connectivity with spatiotemporal variation in human stressors, shifting the emphasis from protecting static “distribution areas” to safeguarding the flow of ecological processes. The six-step workflow (i) identifies focal species and life-history timing, (ii) defines connectivity within and across migration time units, (iii) predicts spatiotemporal biomass under data-limited conditions using machine learning, (iv) converts habitat suitability to migration resistance and estimates connectivity based on circuit theory, (v) models fishing, shipping, and other pressures with a Bayesian spatiotemporal approach, and (vi) overlays connectivity and pressure to quantify connectivity-loss risk and diagnose conservation gaps. We applied the framework to the small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) in the Southern Yellow Sea and East China Sea. Machine-learning models accurately predicted seasonal biomass, revealing a nearshore-to-offshore shift from spring to autumn–winter. Connectivity was highest in the Yangtze River Estuary in spring, extended offshore in summer, and concentrated around the Zhoushan and Dasha fishing grounds in autumn–winter. Fishing pressure was consistently elevated nearshore and increased in the Southern Yellow Sea. Risk mapping highlighted the Yangtze River Estuary–Zhoushan region and the Southern Yellow Sea as connectivity hotspots facing high functional loss that remain insufficiently covered by existing protected areas. Our results support dynamic, seasonally explicit management such as movable closures, corridor protection, and adaptive effort allocation, focused on high-risk connectivity areas. The framework is transferable to other migratory taxa and scalable to data-limited contexts. Future extensions should incorporate cumulative stressors and climate change to enhance robustness and guide resilient, process-based marine protected-area networks at multiple scales.

Keywords: Marine protected areas; fishing intensity; *Larimichthys polyactis*; climate change; East China Sea

陆海统筹视域下水体富营养化对河口水环境的影响机制

张凯妍

(上海海洋大学海洋科学与生态环境学院, 上海, 200000)

摘要: 随着全球城市化与流域经济的快速发展, 大量营养物质经地表径流输入河口与近岸海域, 导致水体富营养化问题日益突出。河口作为连接陆地与海洋的重要过渡带, 是物质循环和能量交换的关键区域, 其生态系统功能对区域生态安全与可持续发展具有重要意义。然而, 陆源污染与海洋输入的双重作用使河口水环境呈现复杂的理化过程与生态响应。氮、磷等营养盐过量输入促进藻类异常繁殖, 造成水体透明度下降、底栖缺氧及生态系统结构紊乱, 成为制约河口生态健康的重要因素。

在陆海统筹视域下, 富营养化对河口水环境的影响具有显著的空间梯度与多尺度耦合特征。本研究发现, 长江主要入海河流总氮浓度介于 1.22–2.97 mg/L 与 1.39–3.57 mg/L 之间, 呈明显季节性变化。农村生活源 (占比>50%)、农业种植及畜禽水产养殖是主要营养盐输入途径。自然因子如地貌结构与水文动力主导营养盐迁移转化, 而人为活动则直接改变系统营养平衡。多源营养输入在潮汐—径流耦合作用下, 影响悬浮物、叶绿素 a 与溶解性有机质等关键水质指标的时空分布, 进而重塑微生物群落结构与生物地球化学循环过程。

本研究以长江入海口南翼的南通河口为典型区域, 通过水体与沉积物的理化指标监测、微生物群落测序及多维统计分析, 系统揭示了富营养化对河口水环境的影响路径与生态响应机制。研究结果有助于掌握陆海相互作用下的水质演变规律, 识别关键驱动因子, 为河口富营养化治理与陆海统筹管理提供科学依据。



关键词：陆海统筹、富营养化、微生物群落、溶解性有机质

基金项目：国家重点研发计划课题（课题号：2023YFC3208405）

秋茄人工湿地净化滨海富营养水体碳氮耦合机制

王宇凡

(上海海洋大学海洋科学与生态环境学院, 上海, 200000)

摘要: 滨海湿地作为陆地与海洋的过渡带, 具有维持沿海生态系统稳定、参与全球氮循环等关键生态功能。然而, 滨海水体富营养化导致氮、磷在沉积物中富集, 引发红树林退化、碳储存能力下降及温室气体排放增加, 同时面临高盐度、藻类毒素释放等问题严重威胁生态系统稳定性。秋茄作为真红树植物的典型代表, 具有耐盐、耐水淹、根系发达等特性, 在滨海湿地修复中展现出显著优势, 具备极高的水体净化潜能。将秋茄引入垂直潜流人工湿地, 可结合其生态功能与人工湿地的环境适应性, 形成高效净化滨海富营养水体的技术路径。

本研究构建秋茄人工湿地系统, 探究其净化效果, 分析盐度对秋茄生理响应及微生物群落特征的影响。结果表明: 秋茄人工湿地对氮、磷的去除率均超 50%, 盐度为 3‰ 时总氮去除效果最佳 (73.8%), 且具有利用藻类碳驱动反硝化过程的可能。秋茄叶片中微囊藻毒素含量随进水盐度升高而降低, 抗氧化酶 (SOD、POD) 活性在适度盐胁迫下增强, 可溶性蛋白含量在盐度 3‰ 时显著增加, 硝酸还原酶 (Nr) 活性则受盐度抑制。微生物群落分析显示, 变形菌门、放线菌门为优势类群, 盐度通过影响反硝化功能基因 (*nirK*、*nosZ*) 微生物的丰度 (如 *Paracoccus*、*Hydrogenophaga*) 影响脱氮效率。

本研究揭示了秋茄人工湿地在滨海富营养水体净化中的作用机制, 证实其可通过植物-微生物协同作用实现高效脱氮除磷, 为滨海富营养化治理及人工湿地在含盐环境中的应用提供了科学依据, 同时推动红树林湿地生态修复与水质净化的协同发展。

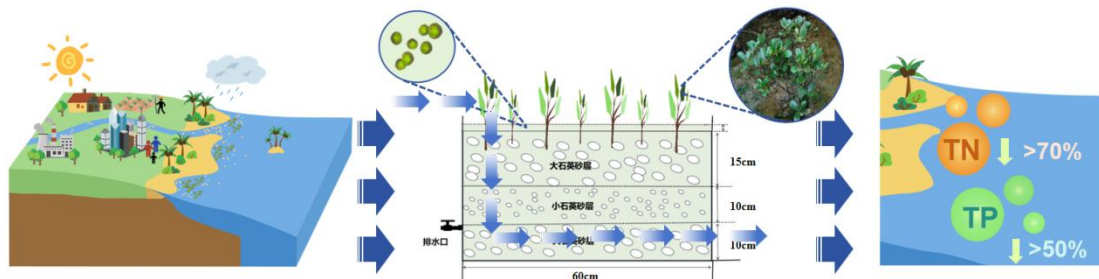


图 1 图文摘要

关键词: 人工湿地, 秋茄, 藻类碳, 反硝化过程, 盐度胁迫

基金项目: 国家自然科学基金 (项目号: 42476245)

人类活动影响下热带小型河口-海湾系统溶解有机质的非保守行为

刘鹏飞, 陈法锦, 王超

(广东海洋大学海洋与气象学院, 湛江, 524000)

摘要: 河流溶解有机质 (DOM) 在陆-海界面经历强烈的转化过程, 显著影响其输送到边缘海的性质与通量。尤其在人类活动强烈影响的热带小型河口-海湾系统中, DOM 的动态变化及输送过程更为复杂多样。本研究以湛江湾、廉州湾和钦州湾作为研究区域, 系统分析了溶解有机碳 (DOC)、溶解有机氮 (DON)、有色和荧光溶解有机质 (CDOM 和 FDOM) 的来源、分布、输出和河口混合行为。结果显示, 湛江湾河流端元 (遂溪河) DOM 富含类腐殖质 FDOM (FDOM_H), 指示其主要源自陆地土壤, 与降雨引起的土壤淋溶和侵蚀密切相关。而海水端元 DOM 则富含类蛋白质 FDOM (FDOM_P), 主要受粤西沿岸流和海洋初级生产力影响。与其他河流相比, 遂溪河 DOM 中活泼碳相对富集, 具有更高的降解潜力, 偏离全球河流平均水平, 与人类活动直接输送活泼碳和河流富营养化驱动的活泼碳生产增加有关。全球河流端元数据显示, 河流端元比吸收系数 (SUVA₂₅₄) 与流域产水能力存在单峰关系, 在中等流域产水率时, 河流 DOM 具有最高的芳香度。三个海湾中, CDOM、FDOM_H 与盐度表现出显著负相关关系, 表明保守混合主导了其在河口海湾的分布。DOC、DON、FDOM_P 与盐度的关系相关性较弱, 指示非保守过程 (絮凝、浮游植物活动和微生物转化等) 主控河流。单位耗氧水平下, 海湾 FDOM_H 的产生速率显著高于开阔大洋, 表明热带小型河口-海湾可能是惰性溶解有机碳产生的热点区域, 与适宜的温度和充足的活泼碳供给密切相关。

关键词: 湛江湾、溶解有机碳、有色溶解有机质、荧光溶解有机质、河口行为

基金项目: 国家自然科学基金, 黑潮锋面过程与能量耗散机制研究

深海采矿羽流迁移扩散规律及模型应用探究

边昌伟, 宋德海

(中国海洋大学物理海洋教育部重点实验室, 青岛, 266100)

摘要: 深海矿产资源开发是 21 世纪海洋资源利用的重要方向, 但采矿过程中产生的高浊度羽流对海洋生态环境可能造成严重影响。本文以深海采矿羽流迁移扩散规律为研究目标, 重点关注悬浮物输运过程中的平流、湍流扩散及沉降行为, 基于数值模拟手段探究其动力机制及环境影响。由于深海采矿羽流的原位观测数据稀缺, 本研究整合水槽实验、流体力学模拟及现有有限的深海观测资料, 构建了西太平洋及中国五矿多金属结核合同区 A-5 区块的羽流迁移模型。模拟结果表明: (1) 羽流初期以扩散为主, 呈现椭圆状分布, 悬浮物浓度(SSC)为 0.1~1 mg/L; (2) 受北向海流影响, 羽流中后期转为条带状扩展, 低浓度羽流 (10^{-3} mg/L) 影响范围可超 100 公里; (3) 考虑泥沙絮凝作用后, 羽流扩散范围显著减小。

关键词: 深海采矿、羽流迁移、数值模拟、悬浮物输运、生态环境影响

生物海岸生态修复评价指标体系的构建与应用研究

彭昱^{1,2}, 时连强^{2*}, 郭俊丽², 赵明利³, 梁娟⁴, 叶清华^{5*},

戚黄喆², 曹天水^{2,6}

(1.浙江海洋大学 海洋科学与技术学院, 浙江 舟山 316022; 2.卫星海洋环境监测预警全国重点实验室 自然资源部第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012; 3.自然资源部南海海域海岛中心, 广东 广州 510300; 4.浙江海洋大学 海洋大数据挖掘与应用重点实验室, 浙江 舟山 316022; 5.荷兰三角洲研究院, 荷兰 Delft 2614HV; 6.南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210000)

摘要: 在人类活动的持续干扰下, 海岸生态系统尤其是生物海岸生态系统遭受了严重破坏。为应对这一退化趋势, 许多国家陆续开展了生态修复工程。然而, 相较于修复实践的广泛推进, 修复效果的科学评价研究仍相对滞后。且在指标选取、体系构建和方法应用等方面尚缺乏统一规范。在研究方法上, 本研究依托“恢复轮”理论, 构建了涵盖物理条件、物种组成、结构多样性、生态系统功能、威胁因素与外部交换六大维度的评价指标体系。权重确定方面, 将 AHP 得到的主观权重与改进的 CRITIC 计算的客观权重通过博弈论方法融合, 获得综合权重, 最终采用模糊综合评价法对修复效果进行定量评估。研究以中国海南省万宁市小海地区的生物海岸修复工程为案例, 检验了该指标体系的适用性。结果发现: (1) 物理条件、物种组成与结构多样性指标权重分别为 0.2622、0.3066 和 0.2793, 在修复效果评价中起决定性作用; (2) 修复后的 2022 年冬季-2024 年冬季期间整体呈现明显改善趋势, 其中 H2、H5 剖面修复效果最好, H1 得分呈现出小幅下降趋势, 整体处于“中等”以上水平; (3) 不同剖面间修复效果差异显著, 可能与海水盐度和底栖生物生物量等指标的空间差异有关。

关键词: 层次分析法(AHP);CRITIC;博弈论;模糊综合分析(FCE);评价指标体系;生物海岸

基金项目: 国家重点研发计划项目“典型海岸侵蚀防护与活力海岸构建关键技术”(编号 2022YFC3106200)、浙江省基础公益研究计划项目“浙江砂质海岸与淤泥质海岸生态修复关键技术研究”(编号 LHZ22D060001)、浙江省自然科学基金青年基金(ZCLQN25D0601)、卫星海洋环境动力学国家重点实验室项目(SOEDZZ2541)。

台风对亚热带河口-近海系统颗粒有机碳输运影响的数值模拟研究

冯洋

(中国科学院南海海洋研究所, 广州, 510301)

摘要: 颗粒有机碳 (POC) 是地球上还原态碳的重要储库。观测研究表明, 河口-近海海域 POC 的时空分布深受极端天气事件影响。然而, 由于原位观测与卫星数据覆盖有限, 其控制机制尚未明确阐释。本研究在先前开发的珠江口及南海邻近海域全耦合海洋-大气-沉积物-生物地球化学模型系统中, 新增了碳酸盐循环模块。通过情景模拟实验, 定量评估了连续台风“天鸽”(2017) 和“帕卡”过境引起的水动力与生物地球化学条件剧变对 POC 的响应机制。研究发现: 台风引发的洪水效应导致陆源有机碳向伶仃洋输入增强, 致使湾内中上部区域 POC 浓度升高; 然而在伶仃洋下部区域, 洪水缩短了浮游植物滞留时间, 抑制了海源有机碳的生成, 反而造成 POC 浓度降低。此外, 台风再悬浮泥沙导致的光衰减效应显著削弱了生物泵效率, 并使海源有机碳生成位点向海侧推移。本研究为模拟极端天气条件下河口-近海体系 POC 迁移转化提供了更有效的途径, 以及在陆-海-水生连续体框架内定量评估碳输运时, 考虑悬浮泥沙引起的光衰减效应的必要性。

关键词: 颗粒有机碳, 极端天气, 数值模拟

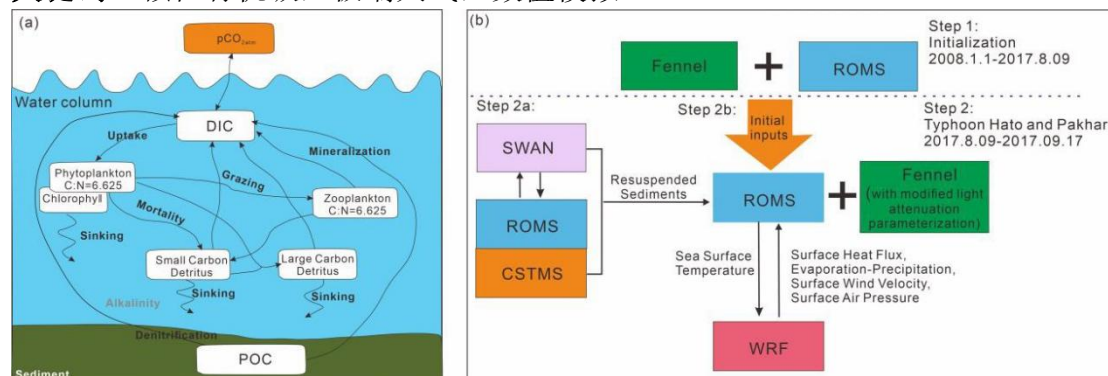


图 1: 面向极端天气的有机碳模拟系统示意图

台风过境期间珠江口海水二氧化碳分压的浮标观测

孙翠枝¹, 李翔¹, 江雨潼¹, 郭亚楠¹, 王彰贵¹, 李权龙²,

翟惟东^{1,*}

(1 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海), 珠海, 519082; 2 厦门大学环境与生态学院, 厦门, 361102)

摘要: 河口区是海陆碳输送与海-气 CO₂ 通量的高敏感区, 尽管其面积有限, 但对沿海碳收支具有重要影响, 且在极端事件下通量方向与强度可在短时间内发生显著反转。台风作为典型的极端天气强迫, 可在短时间内显著改变气体交换速率 (κ)、水体层结与物质运输, 进而引发海表 pCO₂ 的跃变与碳通量的再分配。本研究依托珠江口浮标观测阵列, 在浮标上集成了采用透气管法 (AF2400) 与非分散红外 (NDIR) 检测器的 pCO₂ 原位分析仪, 通过高频连续观测, 获取了 pCO₂ 在径流、水温、盐度、风浪与强混合等多种因素共同作用下的变化特征, 弥补了台风期观测数据稀缺的不足。AF2400 透气管具有抗生物附着能力强、结构紧凑、响应迅速等优势, 可为解析台风驱动下河口碳循环的瞬变过程与通量峰值提供关键数据支撑, 有助于降低极端天气条件下碳收支评估的不确定性。图 1 展示了 2025 年 8 月 23 日-9 月 26 日珠江口 1003 号浮标观测的初步分析结果。期间经历了一次藻华事件和三次台风 (塔巴 TAPAH、米娜 MITAG 和桦加沙 RAGASA) 过程。观测期内, 表层 pCO₂ 均值为 $771 \pm 242 \mu\text{atm}$, 在不同时段与盐度和水温呈耦合变化: 台风前期, 盐度较低 (间歇性降至约 10–15), 伴随 pCO₂ 升高, 表明陆源碳的输入; 随后的藻华期间, 溶解氧饱和度显著上升, pCO₂ 降至阶段性低值 ($372 \pm 103 \mu\text{atm}$), 低于大气 pCO₂ 参照线 (玫红色线), 反映了浮游植物光合作用对 CO₂ 的吸收效应; 三次台风过程中, 气压骤降与风速增强导致表层水体强烈混合, 盐度快速波动, pCO₂ 迅速回升且昼夜变幅增大。总体来看, pCO₂ 与盐度总体呈负相关关系 (淡化→升高), 与海表水温及风速呈正相关 (升温/增风→升高), 体现了台风影响下河口区碳通量受径流输入、生物活动与物理混合共同调控的快速变化特征。

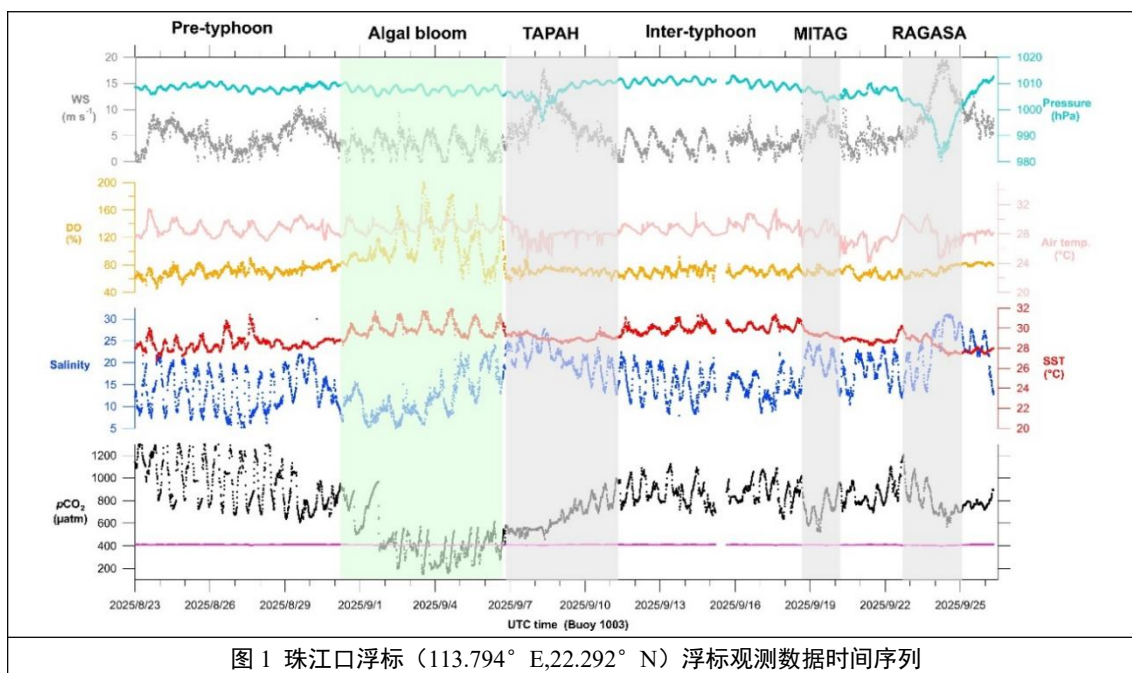


图1 珠江口浮标 (113.794° E,22.292° N) 浮标观测数据时间序列

关键词：台风；珠江口；二氧化碳分压；浮标；透气管法

基金项目：实验室自主立项《海洋碳化学观测与研究》(No. SML312024006)；海洋生态环境与碳汇任务《海洋碳汇立体智能观测和数字孪生系统的初步构建》(No. SML316423002)。

我国近岸海域汞污染研究——以黄渤海为例：来源识别、归趋模拟与保护对策

于钺浩

(浙江工业大学地理信息学院, 杭州, 310014)

摘要: 水环境中的汞, 尤其是以甲基汞形态存在的部分, 是一种重要的全球污染物。近岸海域水产品是人类重要的甲基汞暴露来源, 而河流输入, 是近岸海域汞的重要来源。渤海是半封闭海域, 黄海则沟通了渤海与较为开放的东海海域, 同时黄河的径流量、输沙量在该区域占有绝对主导地位。因此, 汞在黄河流域, 以及黄渤海海域当中的来源及归趋研究, 是一项重要的研究课题。

本研究在黄河流域、黄渤海海域大规模采集样品, 通过大量实测数据, 本研究建立了黄河流域传输模型以及黄渤海海域质量平衡模型, 对汞的来源和归趋进行了定量研究, 展现了 2017 与 2018 年汞在黄河流域的传输过程, 获得了 2006 至 2019 年黄河入海汞通量数据以及汞和甲基汞在黄渤海海水中的水平与垂直分布, 量化了黄海、渤海中汞的物质流关系, 同时还依据几种可能的情景, 对未来渤海海域汞储量的变化趋势进行了预测。本研究对我国水环境汞污染防治政策的制订和渔业甲基汞暴露风险的防范具有重要意义, 并能为其它地区乃至全球汞循环研究, 尤其是高泥沙河流以及高陆源输入占比的近岸海域研究, 提供方法上的参考。

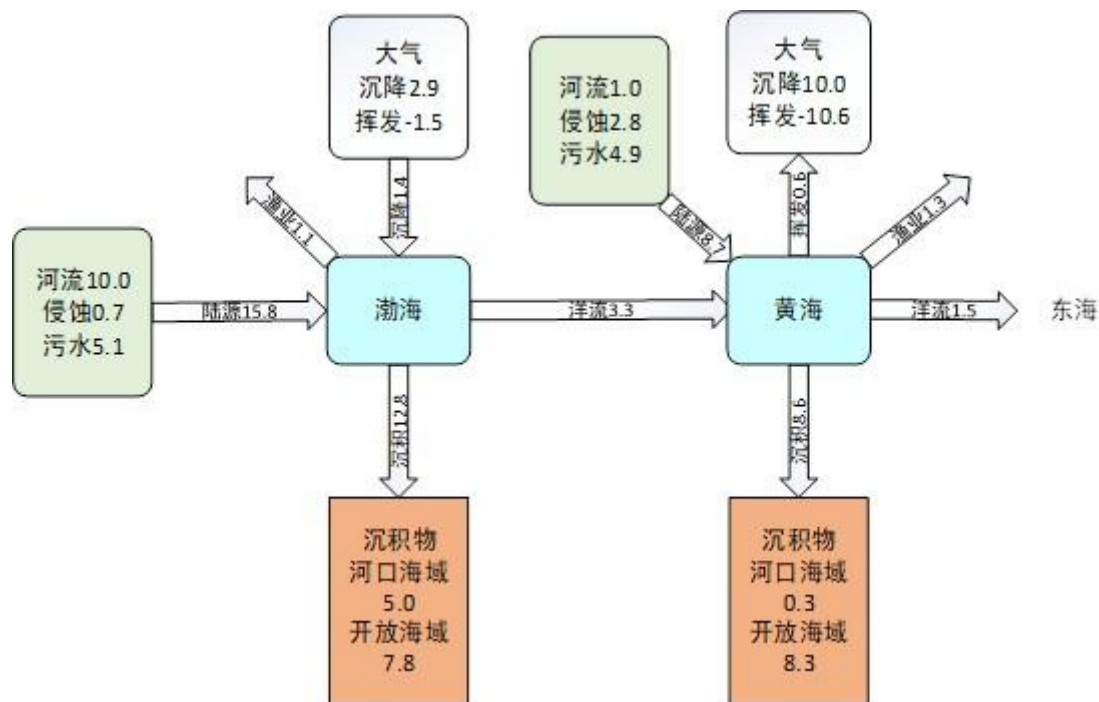


图 1 渤海黄海总汞质量平衡概念模型, 单位: ty-1

关键词: 汞, 甲基汞, 黄河, 渤海, 黄海

我国沿海地区常见海洋塑料垃圾中紫外线稳定剂分布特征

王星火

(浙江万里学院现代农学院, 浙江宁波, 315100)

摘要: 紫外线稳定剂是一类重要的塑料添加剂, 用于提高塑料制品的抗紫外线老化性能。这类化合物由于疏水性强、持久性高且具有潜在生物毒性, 其在环境中的广泛存在及生态风险正日益受到关注。目前, 我国海洋塑料垃圾中紫外线稳定剂的基础数据较为缺乏, 对其在环境中的释放行为认识不清。因此, 亟需全面掌握紫外线稳定剂在典型环境塑料中的赋存特征和释放行为。为此, 本研究调查了我国沿海地区(大连、青岛、连云港、上海、温州、莆田、惠州)典型海滩塑料垃圾的组成, 并分析了塑料中 8 种紫外线稳定剂的含量分布。结果表明, 沿海海滩塑料垃圾中以聚丙烯(PP)最常见, 其次为聚乙烯(PE)和聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET); 塑料垃圾主要来源于食品包装和日用产品。所有塑料样品中均检出紫外线稳定剂, 其中 OC 和 EHMC 含量最高。将塑料垃圾中的紫外线稳定剂含量与全新塑料进行对比可以发现, 环境暴露会导致部分紫外线稳定剂(如 UV-326、UV-327、UV-328、UV-329)在塑料中降解或从塑料中释放, 而另一些(如 UV-320、BP-3、OC、EHMC)则可能从环境介质迁移并富集到废弃塑料表面。

关键词: 紫外线稳定剂; 塑料污染; UV-328

夏季琼州海峡及其邻近海域生态动力过程研究

周俊，汪亚平，张凡

(华东师范大学河口海岸全国重点实验室，上海，201100)

摘要：营养盐是海洋生态系统的基础组分，对维持生态稳定具有重要作用。它直接影响浮游植物的生长，并通过食物链传递影响整个生态系统。在近海陆架区，河流冲淡水与上升流是营养盐的两个主要来源。

河流冲淡水将陆源营养盐输送至海洋，显著改变河口区域的盐度、浑浊度、层化结构及营养盐分布，进而影响邻近海域的初级生产力格局。近年来，随着近岸人类活动加剧，过量营养盐输入导致浮游植物过度增殖，引发赤潮等生态灾害，对近海生态系统构成威胁。

在沿岸风驱动下，表层海水离岸输送，底层低温高营养盐海水通过埃克曼泵吸上涌至真光层，改变营养盐的垂直分布，并对初级生产力的时空格局产生重要调控作用。

海南岛周边海域海洋动力过程复杂，夏季同时受珠江冲淡水与上升流影响。目前关于二者协同作用对该海域生态系统影响的研究仍较缺乏，相关调控机制尚不明确。基于物理-生态耦合模型，本研究分析琼州海峡及邻近海域营养盐与叶绿素的分布特征，揭示其对珠江冲淡水与上升流协同作用的响应规律，阐明营养盐与叶绿素变化的动力机制，以期为该海域资源管理与可持续发展提供理论依据。

关键词：近岸海域；生态动力过程；数值模型

盐度-浊度协同作用下微塑料沉降实验研究

杨博文, 陆莎莎

(自然资源部第二海洋研究所, 杭州, 310012)

摘要: 河口区域是微塑料由河入海的关键通道, 其沉降行为受盐度与浊度(悬浮泥沙)共同作用的影响。本研究通过室内静水沉降实验, 结合高帧率工业相机和微塑料视频识别系统, 系统探究了盐度(0-15 PSU)与含沙量(0.3-2.158 kg/m³)对不同粒径(100,500,1000 μ m)球形聚苯乙烯(PS)微塑料沉降速度的影响及机制。研究旨在揭示不同粒径微塑料在不同盐浊下的沉降规律, 并评估传统沉降公式在河口环境下的适用性。

实验明确揭示了盐度与浊度对微塑料沉降的协同效应。对于 100 μ m 微塑料, 其沉降速度受絮凝主导, 随浊度升高呈现“先降后升”的趋势: 在低浊度下, 沉降受盐度增加抑制; 中浊度时, 流体剪切力增强导致絮团破碎, 沉速持续下降; 高浊度下, 颗粒浓度促使再聚并作用增强, 沉速缓慢回升并趋于稳定。对于 500 μ m 与 1000 μ m 微塑料, 其沉降主要受自身重力控制, 并受盐度-浊度改变流体密度与运动粘度的抑制性调控。

采用 Stokes 公式与武水公式拟合微塑料的沉降速度, 两公式经密度与运动黏度修正后的对不同粒径的预测效果差异显著: 对 100 μ m 颗粒 Stokes 公式预测最佳(误差在 20%以内); 对 500 μ m 颗粒均出现低估, 武水公式误差较小(误差平均为 30%); 而对 1000 μ m 颗粒两公式预测均失效(武水公式误差约 146%)。公式失效主要与流体分离提前和微塑料的阻力放大有关, 此时阻力系数对雷诺数的响应呈非线性增长, 压差阻力占比上升。此外, 由于武水公式的经验系数建立于高密度泥沙条件, 未充分考虑低密度微塑料在黏性—惯性过渡区内的非线性阻力特征。

本研究结论表明, 在河口区微塑料沉降评估中, 必须考虑粒径分级与盐度-浊度耦合效应。小粒径沉降由絮凝-破碎动态平衡控制, 传统公式预测较为准确, 而大粒径沉降的预测误差则源于传统公式在低浮重比、过渡流态下物理机制描述的缺失。研究成果可为发展高精度河口微塑料迁移模型提供关键参数与理论依据。

关键词: 微塑料; 沉降速; 盐度; 浊度; Stokes 公式, 武水公式; 雷诺数

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 42376153

长江口及其邻近海域现代生物扰动构造及其混合效应

张鑫, 范德江*, 王保铎, 程鹏, 毛居东, 任啸霖, 孙学诗

(中国海洋大学海洋地球科学学院, 青岛, 266100)

摘要: 生物扰动构造是底栖生物在沉积物表面和内部生命活动过程中形成痕迹, 包括爬行、摄食、排泄、筑穴等行为留下的痕迹。生物扰动构造类型、多样性、强度和空间分布与底栖生物群落息息相关, 沉积环境发生改变时, 底栖生物能够对环境改变做出相应的调整, 因此生物扰动的变化特征、强度和幅度是判断沉积环境变迁和事件沉积过程的有力依据。另一方面, 底栖生物在摄食或运输沉积物过程中对沉积物造成的混合作用, 导致沉积物中的污染组分以及营养盐、有机物等的再分配而影响沉积物环境状态, 同时还能改变沉积物物理化学特性而对早期成岩过程造成影响。

本研究基于长江口及其邻近海域 31 个站位的沉积物柱样, 采用高分辨率 X 射线计算机断层扫描技术与 MATLAB 数据处理方法, 结合沉积物粒度和 ^{210}Pb 活度测定, 对该区域的生物扰动构造进行了定性与定量表征, 并估算了生物扰动的混合强度。结果表明: 生物扰动构造按功能可分为生物扩散型、运输构造、交换构造和廊道扩散构造四种类型, 其中运输构造和廊道扩散构造最常见; 生物扰动构造在岩心中分布形式多样, 包括指数衰减型、波动衰减型、均匀分布型、脉冲分布型四种垂向分布形式; 根据生物扰动强度和组合关系, 划分了三个生物扰动构造分区, 即: 长江口生物扰动构造区、沿岸沙脊和浙闽北部生物扰动构造区、过渡相和浙闽泥质生物扰动构造区。该区混合系数介于 $0.02\text{-}884.24 \text{ cm}^2/\text{年}$ 之间, 其中前三角洲相和三角洲前缘陆架过渡相为强混合区, 浙闽泥质区北部和苏北沿岸南部混合较弱。混合效应不仅受生物扰动作用的影响, 还受到物理混合等非生物因素的影响。

关键词: 长江口及邻近海域; 生物扰动构造; 三维重建; 混合效应

基金项目: 国家自然科学基金(No.42176077, 42476061, 42476060)



中国环境科学学会
CHINESE SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL SCIENCES



地址：北京市海淀区红联南村 54 号

网址：www.chinacses.org