

基于资源环境保护的清澜港红树林海岸 塑料污染特征

贾培宏^{1,2}, 韩梦真¹, 唐得昊³, 周雪晴⁴, 黄威达¹, 黄朝明¹

(1. 海南大学公共管理学院, 海口 570228; 2. 海南省公共治理研究中心, 海口 570228; 3. 广州海洋地质调查局, 广州 510760; 4. 海南大学分析测试中心, 海口 570228)

摘要: 红树林是海洋底栖生物的栖息产卵地和生物基因库, 是阻挡陆源污染物入海的生物防线。塑料污染可对海洋生物造成机械伤害、毒理作用, 威胁红树林生态系统的健康与稳定。通过野外踏勘和海上作业, 在海南岛清澜港红树林海岸采集大塑料垃圾和海水、沉积物、底栖生物样品, 采用目视鉴别和体视显微镜、显微傅里叶红外光谱仪鉴定分析研究区资源环境的塑料污染特征及来源。结果表明: 大塑料垃圾主要来自于塑料袋和泡沫等生活与渔业垃圾; 微塑料有碎片、纤维、线状、薄膜、颗粒和球形六种形态, 多为大塑料经日晒和海水动力作用形成的碎片, 人造纤维占比最高, 为 37.91%。研究可为红树林海岸塑料污染管控与综合治理提供决策依据, 以实现红树林海岸资源环境有效保护。

关键词: 红树林海岸; 塑料污染; 微塑料; 资源环境保护; 海南岛清澜港

红树林海岸横跨陆地、海洋、湿地三大生态系统, 是促淤造陆、防浪护岸、净化空气、海水过滤并减轻陆源各类污染物入海的生物防线^[1]。同时, 红树林海岸是地球上生产力最高的海洋四大自然生态系统之一, 为鸟类、鱼类和其他海洋生物提供了丰富的食物与良好的栖息环境, 是海洋动植物基因库^[2]。然而, 海岸带人类活动留下的大型塑料垃圾退潮时会被红树气根截留; 海湾流域面源与截排溢流污染明显^[3]。有研究调查了不同植物物种对华南两个自然保护区海底泥沙中微塑料分布的影响, 显示红树林边缘的微塑料与纤维总量明显高于其内部和泥浆, 表明红树林植物可以截获、保留微塑料^[4]。红树林健康受到塑料碎片的影响显著, 塑料长时间滞留、缠绕在根、枝或幼苗, 会对红树幼苗造成机械伤害, 破坏根系、阻止光合作用, 从而导致红树植物死亡, 降低红树林生态系统的生态服务功能^[5,6]。海水和沉积物中的微塑料被红树林环境底栖生物摄食后, 沿食物链逐级富集传递, 威胁海洋生物多样性继而影响着红树林湿地生态系统的健康与稳定^[7]。有研究表明牡蛎等底栖生物反复暴露于高浓度微塑料中, 会改变其多样性和丰度, 从而改变其种群结构和群落功能^[8]; 微塑料在食草蟹体内可保留长达 14 天, 造成其肠道损伤^[9]; 微塑料吸附在月牙藻表面, 会影响其光合作用和呼吸速率, 抑制其生长^[10]; 另外, 红树林近岸海水中的微塑料和添加剂, 会增强有机污染物和重金属污染物的吸附作用, 对海洋生物和人类产生毒害作用^[11]。

自 20 世纪 50 年代塑料开始大规模生产, 至 2018 年, 人类已经生产了 83 亿 t 塑料, 其

收稿日期: 2021-08-30; 修订日期: 2021-10-31

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21XGL019)

作者简介: 贾培宏 (1972-), 女, 宁夏中卫人, 博士, 副教授, 博士生导师, 主要从事国土空间规划、海洋资源环境管理与生态空间治理研究。E-mail: jiaph@hainanu.edu.cn

中近79%被作为垃圾丢弃^[12]。其中,海洋塑料垃圾经日晒和海水物理、化学作用后形成塑料碎片,20世纪70年代初,Carpenter等^[13]首次在海洋生物体内检测到平均粒径为0.5 mm(范围0.1~2 mm)的聚苯乙烯球体;2004年Thompson等^[14]首次定义了微塑料的概念(直径小于5 mm);2014年起,海洋微塑料被正式列为全球十大新兴环境问题之一,成为国内外学者关注的焦点。目前,学者们从微塑料来源、迁移方式、单类生物毒性等领域做了大量的研究^[15],在水体^[16]、沉积物^[17]、土壤^[6]、大气^[18]、冰川^[19]、饮用水^[20]、盐^[21]、海洋生物^[22]甚至人体中都发现了微塑料的存在,对人体内分泌系统产生干扰,并可能对人体健康造成长期影响^[23]。并且,我国被认为是海洋塑料垃圾的排放大国,海洋环境微塑料污染治理将成为我国海洋资源环境保护的重要外交工作之一^[24];也是维护我国海洋国土生态环境安全的重大战略问题之一^[25]。

由此可见,目前国内外学者对塑料污染的研究多基于生物单一物种、滩涂土壤或水等单要素环境,针对红树林的塑料污染多是从植物的物理和毒理作用展开研究。本文是将红树林海湾的资源环境作为整体研究对象,选择海南省文昌市清澜港为研究区,对红树林海岸多个地貌单元内大型塑料垃圾展开样方勘查、分类溯源和计量统计;并通过海上采样勘查、室内鉴定分析,分别对红树林海湾内底质土壤—水—生物三类环境中沉积物、水体和底栖生物优势种介质展开微塑料调查与鉴定分析,实现对红树林海湾环境内塑料污染特征及其形成机理的全方位勘查研究。研究结果可为海南岛生态文明试验区建设中红树林海岸塑料垃圾污染管控与生态空间治理提供科学决策支持,是将宏观海湾地理环境与微观生物环境集成分析,应用于红树林海岸资源环境保护的科学实践。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究区概况

海南省清澜港(19°34'N, 110°45'E),位于海南岛东北部文昌市,是海南省第二大红树林自然保护区,也是我国红树林植被天然种类分布最多的地区。该地区以热带季风气候为主,属于湿地类型自然保护区,面积约3000 hm²,有林面积达2732 hm²,真红树植被达24种,占全国(28种)的85.71%,是国家物种基因和资源的宝库,被誉为“海上森林公园”^[26]。

1.2 数据来源

研究数据主要包括:海岸滩涂两个典型样区大型塑料垃圾野外踏勘采样数据和海上作业40个站位采样数据(海水表层样品40个、底泥沉积物表层样品40个和底栖生物样品29个),采样点分布如图1所示。

1.3 技术方法

1.3.1 样品采集方法

样品的采集和处理方法对微塑料的获得与后续分析有重要影响。目前,关于海洋环境中微塑料的采样方法还没有统一的规范,所有相关的采样方法都存在一定的不足^[7]。本文参照了2015年原国家海洋局生态环境保护司印发的《海洋垃圾监测与评价技术规程(试行)》和2013年发行的《海洋监测技术规程》(HY/T 147-2013)及相关海洋调查规范展开工作。通过野外踏勘,在清澜港八门湾内红树林海岸选取了两个典型样区进行大型塑料垃圾采集,样区1:长5 m,宽2 m,面积约10 m²;样区2:长2.5 m,宽2 m,面

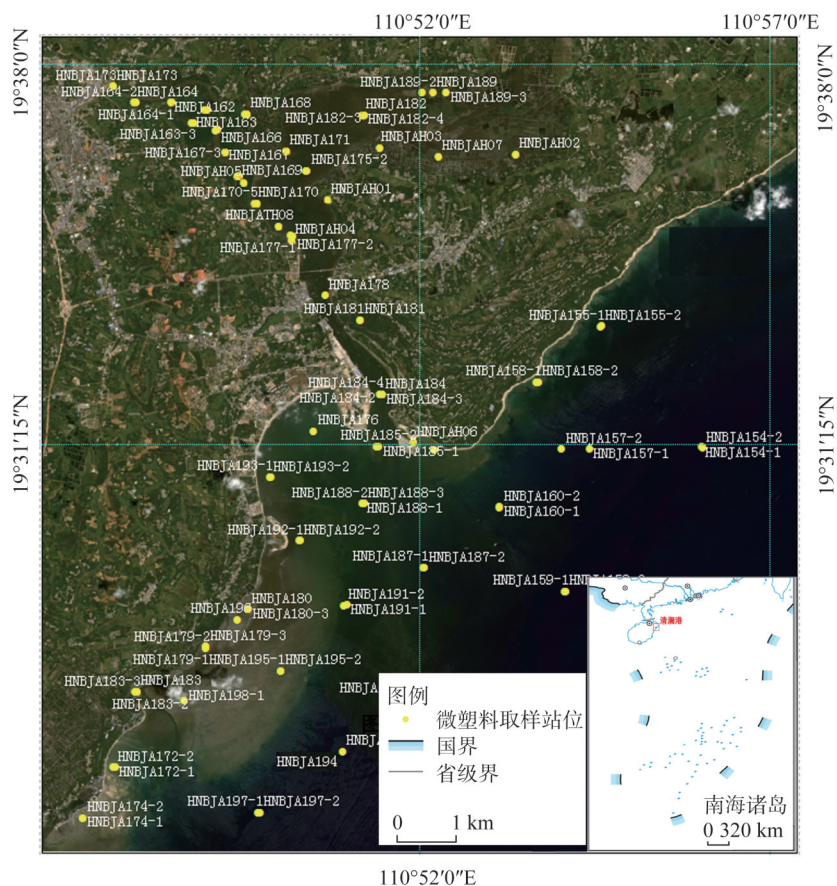


图1 研究区及采样点分布

Fig. 1 Research area and sampling sites in Qinglan Harbor

积约 5 m^2 。

海水表层样品采集、鉴定计算统计和保存方法参考海洋调查规范 (GB/T 12763.6-2007), 采用走航拖网式采集, 拖网长约 1.5 m , 筛绢网孔 $333 \mu\text{m}$, $40 \times 60 \text{ cm}^2$ 矩形开口。在每个样带, 以约 $2.0 \sim 3.0$ 节的船速沿表层水体拖曳约 20 分钟, 利用 GPS 记录每次放网和收网的经纬度以精确记录拖网距离。收网后, 冲洗网中保留的物质到棕色玻璃瓶, 置于冰箱冷冻保存。

微塑料底栖生物采样分沉积物采样和拖网取样两种方式, 遵循《海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查》(GB/T 12763.6-2007)。近海表层沉积物采样, 使用箱式或抓斗采样器取近海表层 5 cm 以浅沉积物; 用定量框采集, 每站位采泥面积不小于 0.2 m^2 ; 每个站位取 3 次 (特殊情况下, 不少于 2 次), 每个分样用量杯定量过筛泥样的体积并记录, 用箱式采样器每个样点取 2 个 $1 \sim 2 \text{ kg}$ 重的沉积物平行样, 用锡箔纸密封, 置于冰箱冷冻保存。拖网取样采用走航式拖网拖拽采样, 调查船低速 (2 Kn 左右) 进行, 拖网时间 15 分钟, 每个样品重约 1 kg 。

1.3.2 大型塑料垃圾样品计量分类

大型塑料垃圾样品通过在实验室水淋清洁, 干燥后用电子秤称重并测量尺寸。根据

材质与尺寸规格,参照2015年《海洋垃圾监测与评价技术规程(试行)》进行分类:小块垃圾(尺寸<2.5 cm);中块垃圾(尺寸 ≥ 2.5 cm且 ≤ 10 cm);大块垃圾(尺寸>10 cm且 ≤ 1 m);特大块垃圾(尺寸>1 m)。

1.3.3 海水样品前处理

海水样品室温解冻后用330 μm 和6 mm不锈钢套筛过滤水体,将残留在330 μm 标准筛的物质用蒸馏水冲洗三次后转置于500 mL烧杯中,加入10% KOH溶液250 mL,置于60 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱消解24~48 h。如杂质较少直接加入30% H_2O_2 溶液进行消解,杂质较多时须用 ZnCl_2 (1.4 g/ cm^3)溶液进行浮选后才可进行消解;之后,用玻璃纤维滤膜真空过滤后自然风干,以备镜下观测。

1.3.4 沉积物样品前处理

底泥沉积物样品解冻后置于60 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中干燥72 h(至恒重)。每站位取3个平行样,每个平行样称取50 g干燥沉积物样品放置于500 mL烧杯中,加入400 mL饱和NaCl溶液,用干净的玻璃棒搅拌2分钟,静置30~60分钟后,将上清液转移至另一烧杯中加入10 mL 30%的 H_2O_2 溶液消解有机质之后,浮选、抽滤、滤膜风干待测。

1.3.5 底栖生物样品前处理

(1) 底栖生物优势种确定

通过野外冲淋筛选、室内目视及体视显微镜筛选,参考《中国海洋贝类图鉴》^[27]、《海南海洋鱼类图片名录》^[28]等资料,共鉴定底栖生物50余种,大部分站点优势种为软体动物,包括寻氏肌蛤、菲律宾蛤仔、贞洁菖蒲螺、中国蛤蜊、凸加夫蛤等,少部分站点优势种为藤壶和珊瑚。

(2) 底栖优势种生物处理

将底栖优势种贝类或虾的全部软组织称重(湿重至0.01 g),放入500 mL烧杯中,加入180 mL 10% KOH溶液和20 mL 30% H_2O_2 溶液进行消解。用锡箔纸将烧杯封口,置于60 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中24~48 h,至生物组织消解完全。将消化液转移至浮选装置,用过滤后的饱和NaCl溶液对样品进行密度分离(每一样品按体积比1:1加入饱和NaCl溶液放置隔夜),浮选和抽滤同上。

1.3.6 微塑料鉴定方法

微塑料形状鉴定主要有目视鉴别法和显微镜观测法。对尺寸在2~5 mm之内有颜色的疑似微塑料碎片和树脂颗粒,可以借助镊子和放大镜通过目视法挑选鉴别^[29],并按照颜色、形貌加以分类。显微镜观测法则是用体视显微镜(MC190, Leica, Germany)对滤膜上的微塑料进行形态结构的鉴别,包括形状识别、拍照和计数。使用LAS V 4.12软件测量微塑料的粒径大小,长度按最长的一边计量。在显微镜下观察并识别微塑料的标准为:无细胞或有机结构;整个纤维厚度均匀,未在末端变细;纤维未分段,或出现扭曲的扁平丝带状;颗粒染色均匀清晰;颗粒不闪,且不易被镊子夹断。

微塑料成份检测采用显微傅里叶红外光谱仪($\mu\text{-FT-IR}$, Thermo Nicolet IS 10, USA),根据疑似微塑料的形貌特征(如形状、颜色、硬度、透明度等),挑选每一类微塑料5~10颗,并选取不确定的疑似微塑料至少30%,利用显微傅里叶红外光谱仪进行成分检测,再根据已识别的各类微塑料形貌特征的聚合物类型判断样品整体的微塑料组成成分。光谱采集OMNIC 8.2软件设置为:光谱范围4000~675 cm^{-1} ,分辨率8 cm^{-1} ,透射

模式下扫描128次。对于较大的微塑料颗粒（约 $>500\text{ }\mu\text{m}$ ），使用衰减全反射（ATR）模式进行成分检测：将样品压入ATR探针下，用衰减波对颗粒表面进行照射，得到光谱图；对于较小的颗粒（约 $20\sim500\text{ }\mu\text{m}$ ），使用显微红外的透射模式进行检测。针对每个疑似微塑料，都会三个不同的区域进行检测以提高精确度。将获得的光谱图与OMNIC软件里的标准光谱库进行比对，匹配度超过70%时可确定其物质成分。

2 结果分析

2.1 大塑料垃圾分布特征

两个样区大塑料垃圾可分为10种类型：泡沫、塑料袋、衣物、外包装袋、外卖盒、编织袋、渔具、拖鞋、手套、塑料瓶，按照尺寸大小可分为小块垃圾（ $<2.5\text{ cm}$ ）、中块垃圾（ $\geq 2.5\text{ cm}$ 且 $\leq 10\text{ cm}$ ）、大块垃圾（ $>10\text{ cm}$ 且 $\leq 1\text{ m}$ ）、特大块垃圾（ $>1\text{ m}$ ）。

样区一：塑料垃圾中塑料袋数量最多（占54%，72个），重量最大的是塑料袋（占22%，880 g）。样区二：塑料垃圾中泡沫数量最多（占51%，43个），重量最大的是塑料衣物（占41%，1175.1 g）（图2）。

2.2 微塑料形状特征

2.2.1 显微镜下微塑料形状

将经过分离、净化后的样品，过滤至滤膜上，用体视显微镜对滤膜上的微塑料进行形状识别、拍照和计数，微塑料主要有颗粒、碎片、纤维、薄膜、球和线状六种形

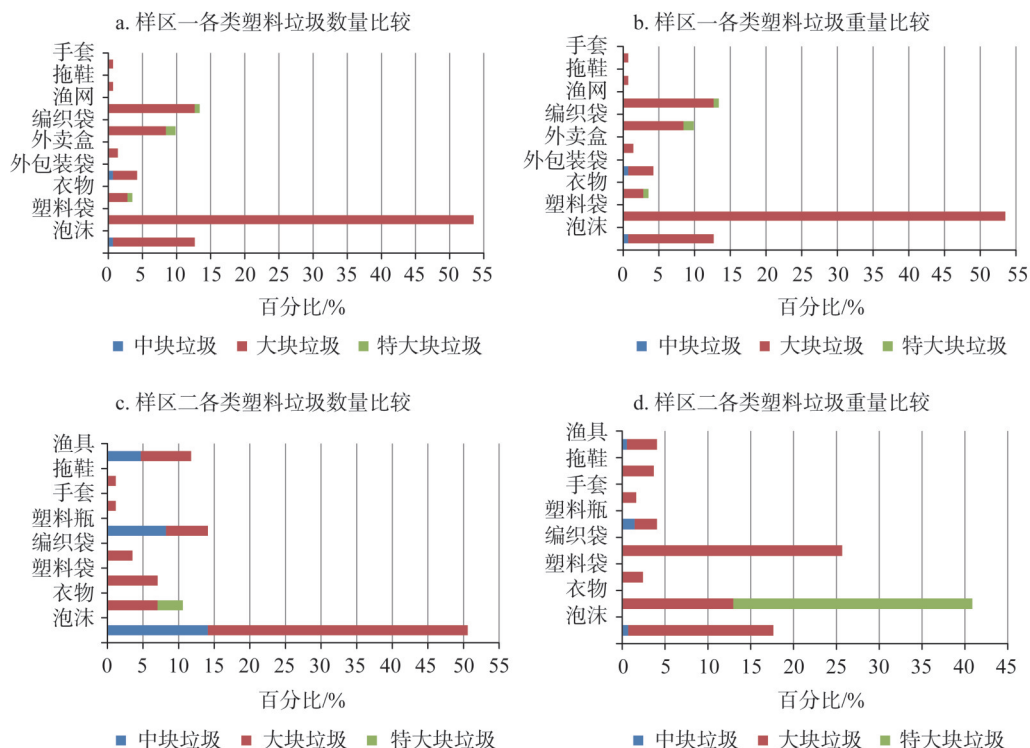


图2 大型塑料垃圾污染状况

Fig. 2 Pollution status of main sources of plastic waste

状（图3）。

2.2.2 表层水体微塑料形状分布特征

采集表层水体样40个，共检测疑似微塑料205块。表层水体中微塑料六种形状均有（图4），占比由高到低依次为碎片（41.58%）、纤维（29.07%）、线状（14.10%）、薄膜（8.37%）、颗粒（5.29%）和球（1.32%），以碎片类和纤维类为主；微塑料粒径范围跨度较大，从0~4500 μm即0~4.5 mm均有分布，粒径<2 mm的小尺寸微塑料最多，占总数的70.32%。研究区微塑料粒径分布与西沙群岛海域^[30]、东海表层海水^[31]粒径分布差距不

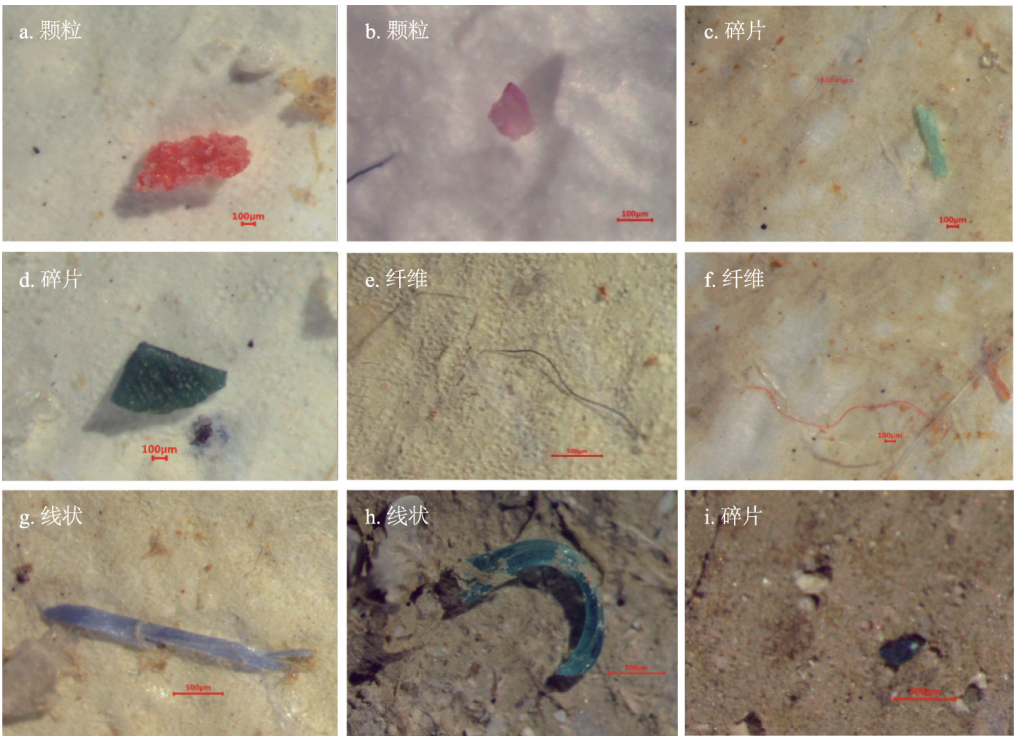


图3 显微镜下的微塑料
Fig. 3 Microplastics under stereo microscope

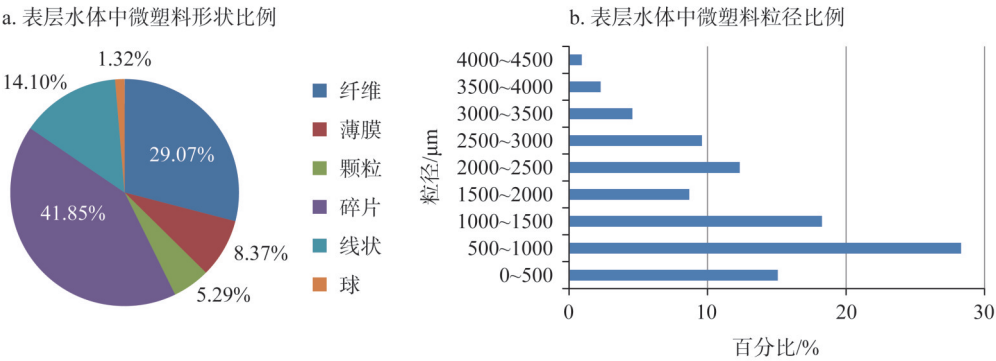


图4 表层水体中微塑料形状及粒径分布
Fig. 4 Microplastic pollution in the surface seawater

大, 与中国海水环境中的微塑料粒径以 $<2\text{ mm}$ 为主^[15]的研究结果相符。

2.2.3 沉积物微塑料形状分布特征

采集海底表层沉积物样25个, 共检测到疑似微塑料210个, 表层沉积物平均每千克(干重)含有60个微塑料。沉积物样品中存在五类形状的微塑料(图5), 占比从高到低依次为纤维(85.71%)、碎片(9.89%)、线状(2.75%)、颗粒(1.10%)和球(0.55%), 以纤维类为主; 微塑料平均尺寸为 $1374.88\pm698.60\text{ }\mu\text{m}$, 以粒径 $<2\text{ mm}$ 的微塑料为主(占比78.89%)。

2.2.4 底栖生物微塑料形状分布特征

对采集的25个站位底栖生物中的优势种进行了微塑料分析, 共检测疑似微塑料180个, 分别来自寻氏肌蛤、寡毛纲、蛤蜊等(图6), 底栖生物样品体内含有五种不同类型的微塑料, 依次为纤维(72.47%)、线状(16.60%)、碎片(5.67%)、颗粒(3.64%)和薄膜(1.62%), 纤维类为主; 常见的微塑料尺寸为 $0\sim1000\text{ }\mu\text{m}$, 占60.80%。研究表明底栖生物体内均有不同程度的微塑料污染。

2.3 微塑料成分分析

用显微傅里叶红外光谱仪对微塑料做光谱分析确定其成分, 部分匹配度超过70%的微塑料红外谱图如图7所示。鉴定结果显示, 所有样品中含量最高的塑料成分是人造纤维(37.91%); 底栖生物样品中微塑料成分较多的为人造纤维(50.33%)和纤维素

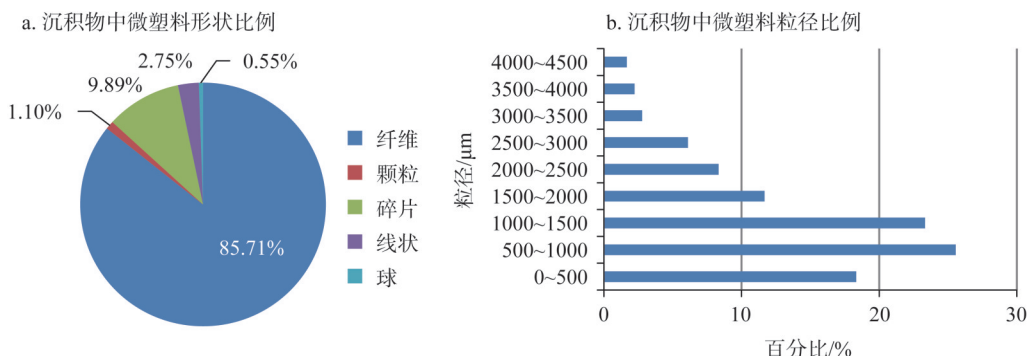


图5 海底表层沉积物中微塑料形状及粒径分布

Fig. 5 Microplastics in submarine surface deposits

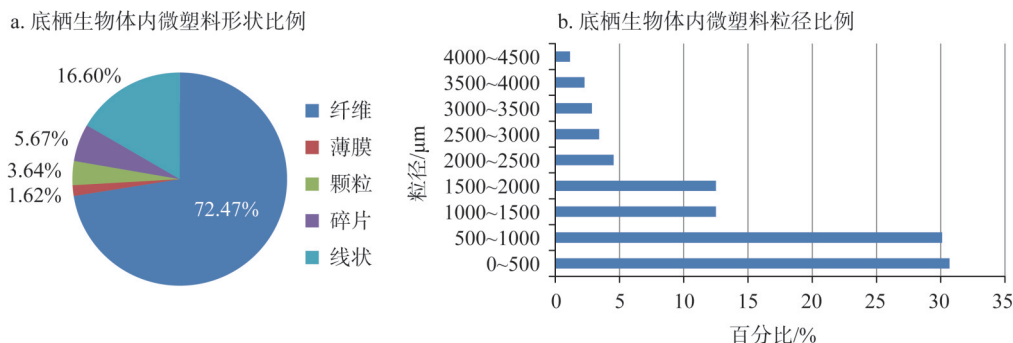


图6 底栖生物体内的微塑料形状及粒径分布

Fig. 6 Microplastics in benthic organisms

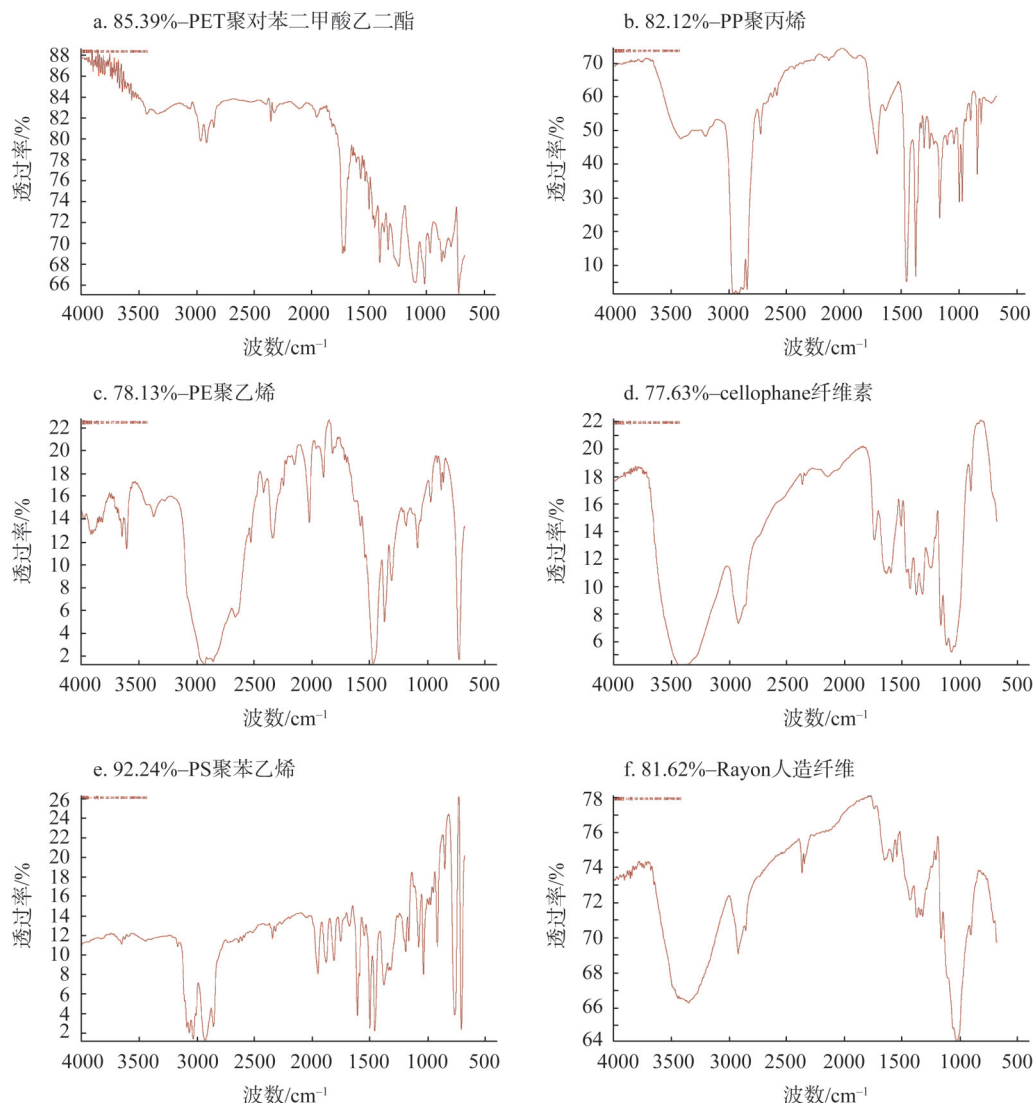


图7 不同种类微塑料红外光谱图

Fig. 7 Infrared spectrum of different microplastics

(22.88%); 海水样品中微塑料成分较多的为聚乙烯 (34.71%)、聚丙烯 (31.18%) 和人造纤维 (22.35%); 沉积物中微塑料成分较多的为人造纤维 (41.75%)、纤维素 (33.51%) (图8)。通过所鉴定材质可判断这些微塑料的来源主要是塑料垃圾经海浪和紫外线作用形成的碎片, 结合实地海岸带大型塑料垃圾调查多为泡沫、塑料袋、渔网、衣物等结果, 考虑当地渔排养殖业的现状, 可判断红树林海湾内微塑料垃圾来源于沿岸航运、养殖业、工业污水、生活垃圾等。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文通过对海南岛清澜港红树林海岸资源环境的踏勘采样和海上采样调查, 结合室

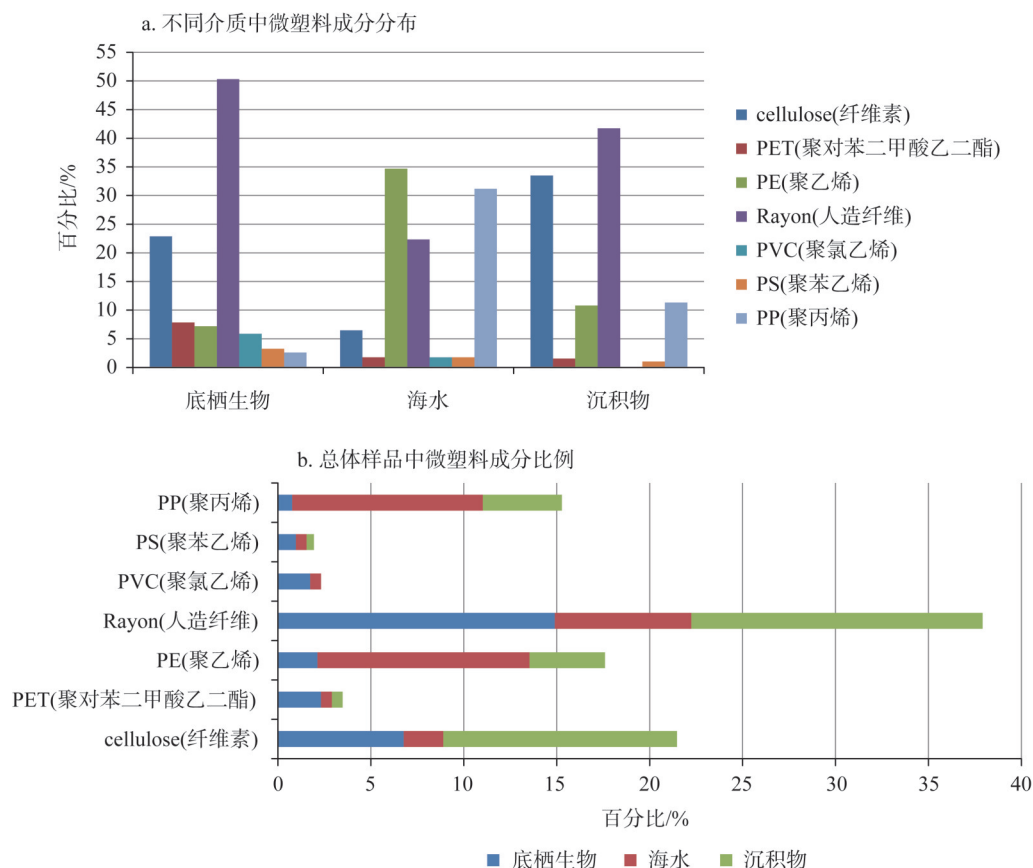


图8 微塑料成分比例

Fig. 8 Microplastic composition proportion

内目视筛选法、体视显微镜观察法和显微傅里叶红外光谱仪等微塑料形态特征分析方法,对海岸带大型塑料垃圾展开样方勘查统计;分别对红树林海湾内底质土壤—水—生物环境中沉积物、水体和底栖生物介质展开微塑料定性调查与定量鉴定,集成分析清澜港红树林生物海湾环境内塑料污染成分、类型、分布特征及可能来源,得出以下研究结论:

(1) 海南岛清澜港红树林海岸带塑料垃圾污染广泛存在,大塑料垃圾主要来自于塑料袋和泡沫等生活垃圾以及渔网类渔业生产垃圾;微塑料多为大型塑料垃圾经海水动力、风力和日晒等作用形成的碎片,来源于海陆航运、养殖业、工业污水和人居生活垃圾等。

(2) 清澜港红树林海岸资源环境已受到严重微塑料污染,微塑料存在六种不同的形态:碎片、纤维、线状、薄膜、颗粒和球形,粒径范围为0~4.5 mm,粒径<2 mm的占77.74%;人造纤维占比最高,为37.91%;表层水体中六种微塑料形态均有,碎片类和纤维类为主,分别占41.85%和29.07%;海底表层沉积物中存在除薄膜以外的其余五种微塑料形态,以纤维类(占85.71%)为主;底栖生物体内存在除球形以外的其余五种微塑料形态,以纤维类(占72.74%)为主,各生物样品优势种体内均呈现不同程度的微塑料污染,微塑料污染正在威胁着海洋生物多样性,并通过海洋动物(贝、蟹、鱼类等)摄食

进入人体,危害人类健康。

3.2 讨论

基于本文工作,研究团队计划进一步探析红树林海岸微塑料污染源头和运移机制,展开陆海统筹模式下海南岛红树林海岸资源环境塑料垃圾污染监测管控、科学治理研究工作;并就监测管控陆域大塑料垃圾、海洋渔业废弃渔网及相关渔业捕捞设施入海的管理机制展开研究,以期探索渔港、乡镇、市县、省域和国家级塑料制品加工、使用和回收的多层级塑料污染防治措施及治理方法。同时,关注与国际接轨的红树林海岸带微塑料监测防控技术,为我国红树林资源环境塑料污染检测技术规程的修订完善献策;推进国际合作,参与全球海洋塑料污染的治理研究;积极参与非政府科普教育活动,探索政府、民众和非政府组织协同治理海洋塑料垃圾的科学策略。

参考文献(References):

- [1] 张乔民, 隋淑珍. 中国红树林湿地资源及其保护. 自然资源学报, 2001, 16(1): 28-36. [ZHANG Q M, SUI S Z. The mangrove wetland resources and their conservation in China. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(1): 28-36.]
- [2] 廖宝文, 张乔民. 中国红树林的分布、面积和树种组成. 湿地科学, 2014, 12(4): 435-440. [LIAO B W, ZHANG Q M. Area, distribution and species composition of mangroves in China. *Wetland Science*, 2014, 12(4): 435-440.]
- [3] 罗欢, 陈秀洪, 吴琼, 等. 深圳湾流域面源与截排溢流污染特征及其对水环境的影响. 自然资源学报, 2020, 35(12): 3018-3028. [LUO H, CHEN X H, WU Q, et al. Spatio-temporal characteristics of non-point source and sewer overflow pollution and its impacts on water environment in Shenzhen Bay Basin. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(12): 3018-3028.]
- [4] JIEHAN D, JIE H, GIN C S, et al. How mangrove plants affect microplastic distribution in sediments of coastal wetlands: Case study in Shenzhen Bay, South China. *Science of the Total Environment*, 2020, Doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.144695.
- [5] SUYADIA C Y M. Distribution of plastic debris pollution and its implications on mangrove vegetation. *Marine Pollution Bulletin*, 2020, 160: 111642-111642, Doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111642.
- [6] 周倩, 章海波, 周阳, 等. 滨海滩涂土壤中微塑料的分离及其表面微观特征. 科学通报, 2016, 61(14): 1604-1611. [ZHOU Q, ZHANG H B, ZHOU Y, et al. Separation of microplastics from a coastal soil and their surface microscopic features. *Chinese Science Bulletin*, 2016, 61(14): 1604-1611.]
- [7] 骆永明. 海洋和海岸环境微塑料污染与治理. 北京: 科学出版社, 2019: 21-26. [LUO Y M. *Pollution and Management of Microplastics in Marine and Coastal Environments*. Beijing: Science Press, 2019: 21-26.]
- [8] GREEN D S. Effects of microplastics on European flat oysters, *Ostrea edulis* and their associated benthic communities. *Environmental Pollution*, 2016, 216: 95-103.
- [9] R W A J, CERI L, M G R, et al. Uptake and retention of microplastics by the shore crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science & Technology*, 2014, 48(15): 8823-8830.
- [10] NOLTE T M, HARTMANN N B, KLEIJN J M, et al. The toxicity of plastic nanoparticles to green algae as influenced by surface modification, medium hardness and cellular adsorption. *Aquatic Toxicology*, 2017, 183: 11-20.
- [11] 邵媛媛, 张帆, 梁庆霞. 陆地—海洋生态系统微塑料污染现状研究. 生态环境学报, 2020, 29(10): 2118-2129. [SHAO Y Y, ZHANG F, LIANG Q X. Research on microplastic pollution in terrestrial-marine ecosystems. *Ecology and Environmental Sciences*, 2020, 29(10): 2118-2129.]
- [12] GEYER R, JAMBECK J R, LAW K L. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 2017, 3(7): e1700782, Doi: 10.1126/sciadv.1700782.
- [13] CARPENTER E J, ANDERSON S J, HARVEY G R, et al. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science*, 1972, 178(4062): 749-750.

- [14] THOMPSON R C, OLSEN Y, MITCHELL R P, et al. Lost at sea: Where is all the plastic?. *Science*, 2004, 304(5672): 838, Doi: 10.1126/science.1094559.
- [15] 丁剑楠, 张闪闪, 邹华, 等. 淡水环境中微塑料的赋存、来源和生态毒理效应研究进展. *生态环境学报*, 2017, 26(9): 1619-1626. [DING J N, ZHANG S S, ZOU H, et al. Occurrence, source and ecotoxicological effect of microplastics in freshwater environment. *Ecology and Environmental Sciences*, 2017, 26(9): 1619-1626.]
- [16] ZHAO S Y, ZHU L X, WANG T, et al. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 86(1-2): 562-568.
- [17] 亓会英, 王元元, 张大海, 等. 墨水河沉积物中微塑料的丰度、形态及其空间分布. *海洋湖沼通报*, 2019, (3): 69-77. [QI H Y, WANG Y Y, ZHANG D H, et al. Microplastics in Moshui River sediment: Abundance, morphology and spatial distribution. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2019, (3): 69-77.]
- [18] 周倩, 田崇国, 骆永明. 滨海城市大气环境中发现多种微塑料及其沉降通量差异. *科学通报*, 2017, 62(33): 3902-3909. [ZHOU Q, TIAN C G, LUO Y M. Various forms and deposition fluxes of microplastics identified in the coastal urban atmosphere. *Chinese Science Bulletin*, 2017, 62(33): 3902-3909.]
- [19] OBBARD R W S S W Y. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea Ice. *Earth's Future*, 2014, 2 (6): 315-320.
- [20] LECHNER A, RAMLER D. The discharge of certain amounts of industrial microplastic from a production plant into the River Danube is permitted by the Austrian legislation. *Environmental Pollution*, 2015, 200: 159-160.
- [21] DONGQI Y, HUAHONG S, LAN L, et al. Microplastic pollution in table salts from China. *Environmental Science & Technology*, 2015, 49(22): 13622-13627.
- [22] NEVES D, SOBRAL P, FERREIRA J L, et al. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 2015, 101(1): 119-126.
- [23] ANTONIO R, ALESSANDRO S, CRISELDA S, et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 2021, 146: 106274, DOI: 10.1016/j.envint.2020.106274.
- [24] JAMBECK J R, GEYER R, WILCOX C, et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 2015, 347(6223): 768-771.
- [25] 刘玄宇, 刘云刚. 中国南海海洋国土开发与管控研究展望. *自然资源学报*, 2021, 36(9): 2205-2218. [LIU X Y, LIU Y G. The development and regulation of marine territory in the South China Sea, China: Review and prospect. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(9): 2205-2218.]
- [26] 莫燕妮, 庚志忠, 王春晓. 海南岛红树林资源现状及保护对策. *热带林业*, 2002, 30(1): 46-50. [MO Y N, GENG Z Z, WANG C X. Current situation and protection countermeasures of mangrove resources in Hainan island. *Tropical Forestry*, 2002, 30(1): 46-50.]
- [27] 张素萍. 中国海洋贝类图鉴. 北京: 海洋出版社, 2008: 12-380. [ZHANG S P. *Chinese Marine Shellfish Map Guide*. Beijing: China Ocean Press, 2008: 12-380.]
- [28] 王鹏. 海南海洋鱼类图片名录. 北京: 海洋出版社, 2017: 3-189. [WANG P. *Hainan Marine Fish Picture Directory*. Beijing: China Ocean Press, 2017: 3-189.]
- [29] HEO N W, HONG S H, HAN G M, et al. Distribution of small plastic debris in cross-section and high strandline on Heungnam Beach, South Korea. *Ocean Science Journal*, 2013, 48(2): 225-233.
- [30] 黄磊, 李芊, 徐向荣, 等. 西沙群岛海域表层海水中微塑料的组成与分布特征. *科学通报*, 2020, 65(24): 2627-2635. [HUANG L, LI Q, XU X R, et al. Composition and distribution of microplastics in the surface seawater of Xisha Islands. *Chinese Science Bulletin*, 2020, 65(24): 2627-2635.]
- [31] 刘涛, 孙晓霞, 朱明亮, 等. 东海表层海水中微塑料分布与组成. *海洋与湖沼*, 2018, 49(1): 62-69. [LIU T, SUN X X, ZHU M L, et al. Distribution and composition of microplastics in the surface water of the East China Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2018, 49(1): 62-69.]

The characteristics of plastic pollution of Qinglan Port along the mangrove coast to realize resources and environmental conservation

JIA Pei-hong^{1,2}, HAN Meng-zhen¹, TANG De-hao³, ZHOU Xue-qing⁴,
HUANG Wei-da¹, HUANG Chao-ming¹

(1. School of Public Administration, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Hainan Research Center for
Public Governance, Haikou 570228, China; 3. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760,
China; 4. Analytical & Testing Center of Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: As important habitats, mangroves are a pool of benthic spawning genes and the biodefense line that intercepts continental pollutants. Ocean plastic pollution could lead to serious physical and toxicological effects on marine life and further threaten the stability and well-being of mangrove biodiversity. This study adopted methods of quantitative field observations and qualitative marine sampling. We, taking Qinglan Port, Hainan Island as the study area, collected marine waste, sediment and benthic organisms as the subjects of research. Visual identification, stereomicroscope observation and infrared spectrum analysis were used during the process to analyze features and sources of serious plastic waste. The findings show that the main plastic wastes include plastic bags, foams and fishing waste. Microplastics are a combination of flakes, fibers, lines, films, particles and spherical shapes, most of which are fabrics as a result of physical compression. The purpose of this study is to provide decisive suggestions to the government departments concerned for management and policy development to ensure maximum protection of mangrove forest habitats and their surrounding environments.

Keywords: mangrove coast; plastic pollution; microplastics; resources and environmental conservation; Qinglan Port, Hainan Island