

# 嵊泗海域厚壳贻贝微塑料污染状况分析

吕莹<sup>1,2</sup> 杨晓敏<sup>1,2</sup> 陈思<sup>2,3</sup> 谢超<sup>1</sup> 张小军<sup>2,3,1</sup>

(1. 浙江海洋大学, 浙江 舟山 316022;

2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316021;

3. 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室农业部

重点渔场渔业资源科学观测实验站, 浙江 舟山 316021)

**【摘要】:** 为了解嵊泗养殖海域厚壳贻贝微塑料的污染情况, 选取 2019 年和 2020 年 7 月、8 月 3 个站点的厚壳贻贝进行微塑料调查。结果显示, 贻贝体内的微塑料丰度变化范围在 0.11~0.29 个/g 软组织和 2.00~4.33 个/个体; 共分离到纤维(57.58%)、碎片(30.30%)、薄膜(9.09%)、微球(3.03%) 4 种形状的微塑料; 微塑料最常见的尺寸为 5~200  $\mu\text{m}$ , 占总量的 45.45%; 丰度最高的微塑料的聚合物成分是聚对苯二甲酸乙二醇酯(Polyethylene terephthalate, PET)。总体来说, 该海域厚壳贻贝微塑料污染水平较低。

**【关键词】:** 微塑料 贻贝 污染 海洋

**【中图分类号】** X174 **【文献标识码】** A

塑料制品自上世纪 50 年代量产以来, 由于其轻便、耐用、价格低廉的性质现已广泛被使用在人类工业、农业等多种场景中, 然而, 全球塑料产量从 1950 年的 150 万 t 上升至 2019 年的 2.68 亿 t, 预计到 2050 年, 塑料产量将达到 33 亿 t。大规模的生产带来的后果之一便是陆地和海洋及海岸线中塑料垃圾数量增加, 导致最终约 10% 的塑料制品进入了海洋。塑料垃圾进入海洋后, 在物理(紫外线照射、风化、海浪冲刷、沙石磨损)、化学(光氧化)甚至生物(微生物降解)因素的长期作用下, 缓慢分解成更小尺寸的塑料碎片。其中以微塑料在海洋中数量最多, 目前在海水、底泥沉积物、海冰甚至海洋生物体内均有分布。

嵊泗海域水质肥沃、饵料丰富, 有利于许多海洋生物的栖息繁殖, 也为贻贝的养殖提供了良好的生长环境, 嵊泗贻贝更是我国地理标志产品之一。嵊泗贻贝的养殖主要集中在近岸海域, 近岸海域的环境受人类生产生活的影响较大。李佳娜比较了中英两国重度污染区与轻度污染区生长的紫贻贝(*Mytilus edulis*)微塑料丰度, 发现在重度污染区的紫贻贝体内微塑料丰度都显著高于生长在轻度污染区的紫贻贝, 说明贻贝体内微塑料含量与其生活环境受人类干扰程度密切相关。此外, 贻贝以其强大的生物富集能力也被广泛用作环境监测的指示生物。因此, 本研究选取嵊泗养殖海域大玉湾、壁下岛、后头湾 4 个批次的厚壳贻贝(*Mytilus coruscus*)样品, 考查该区域、时间范围内贻贝体内的微塑料富集水平和特征, 并对微塑料的尺寸、形状、颜色及

**作者简介:** 吕莹(1996-), 女, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 研究方向: 水产品质量与安全。

陈思(1984-), 女, 浙江杭州人, 助理研究员, 博士, 研究方向: 生物毒素检测技术开发及应用。

**基金项目:** 浙江省农业农村厅科技项目(水产品中危害因子的新型快速精准检测技术开发)

化学组成与区域、时间的关系进行探讨。

## 1 材料与方 法

### 1.1 样品采集与处理

厚壳贻贝采集于嵊泗县嵊山大玉湾(S1)、嵊泗县璧下岛(S2)、枸杞乡后头湾(S3)3个采样点,采样时间为2019-2020年7、8月份,4个批次共12组样品。每个站点采集9只大小相近的贻贝,实验使用锡箔纸包被样品后低温运输至实验室置于-20℃冰箱冷冻保存。实验前从冰箱取出,室温解冻后用超纯水冲洗贝壳表面,通风橱内干燥后进行解剖,解剖前记录其质量、壳长。解剖时收集其软组织,记录质量。贻贝信息见表1。下文对这12种样品简述为S1-1907、S1-1908、S1-2007、S1-2008、S2-1907、S2-1908、S2-2007、S2-2008、S3-1907、S3-1908、S3-2007、S3-2008。

表1 贻贝基本特征

站点	采样时间	壳长(cm)	软组织重量(g)
S1	2019.07	9.83±0.54	18.94±2.61
	2019.08	8.35±0.66	12.89±3.56
	2020.07	7.43±0.55	9.10±1.31
	2020.08	8.49±1.03	18.17±4.67
S2	2019.07	8.35±0.66	12.89±3.56
	2019.08	7.81±0.78	15.99±2.48
	2020.07	7.56±0.47	12.29±2.44
	2020.08	8.68±1.36	19.91±5.19
S3	2019.07	8.09±0.51	15.33±3.28
	2019.08	7.96±0.78	10.90±1.39
	2020.07	7.81±0.78	15.74±2.35
	2020.08	7.51±0.38	14.72±2.24

### 1.2 微塑料的分离

上述组织用剪刀剪碎后,按照1:3料液比加入10%KOH(m/v)溶液,并用铝箔纸覆盖烧杯口以防止污染和溶液蒸发;将烧杯置于恒温培养摇床中消解12~48h,消解温度55℃,震荡速度80r/min。待生物组织消解完全后,根据消解液体积大小加入NaI固体(添加量 $\rho=1.6\text{gNaI/mL}$ 消解液),磁力搅拌2min(500rpm/min)使其溶解,混合溶液密度达到1.6g/mL。将锥形瓶置于玻璃收集杯中,500r/min磁力搅拌(宁波群安实验仪器有限公司)30min后,缓慢加入NaI溶液( $\rho=1.6\text{g/mL}$ )直至上层悬浮液完全溢出,用超纯水冲洗锥形瓶外壁。将收集的溢出液及冲洗液合并,合并液使用真空抽滤装置(宁波群安实验仪器有限公司)过滤至 $5\mu\text{m}$

混合纤维素滤膜(直径 47mm, Millipore), 并用超纯水反复冲洗过滤器和膜上的盐。取下滤膜后, 置于洁净的玻璃培养皿中, 贴好标签并置于 50℃烘箱中烘干。

### 1.3 微塑料的鉴定

使用体式显微镜(蔡司, DiscoveryV8)对干燥后滤膜上疑似的微塑料进行观察、计数和拍照。观察过程中, 滤膜在显微镜下以从上到下的 Z 字形镜检, 以便能够对整张滤膜进行观察。计数时记录疑似微塑料的样品的类型、颜色, 根据类型划分为 4 类: 纤维、碎片、薄膜、微球。最后对样品进行拍照, 使用软件统计其尺寸, 以其最长边来计算, 并将尺寸分为 4 类: 5~200 μm、200~500 μm、500~1000 μm、1mm~5mm。使用傅里叶变换显微红外光谱仪(赛默飞, Nicolet iN10)对上述样品进行成分鉴定, 选择反射模式, 光谱范围 4000-650cm<sup>-1</sup>、光谱分辨率 8cm<sup>-1</sup>、采集时间 3s、扫描次数 16 次的条件下进行测定。将获得的样品光谱图同自带的标准谱图库进行比对, 匹配率 70%以上表示置信度高, 为成分确定的聚合物。

### 1.4 质量控制

实验所用实验器具均为玻璃和不锈钢材质, 采用超纯水冲洗 3 遍, 将其烘干后使用。在实验过程中, 穿戴纯棉实验服和丁腈手套; 同时, 保持门窗关闭, 以减少空气流动。所有实验溶液均采用 5 μm 聚四氟乙烯滤膜(直径 47mm, 上海兴亚)过滤后使用, 所有敞口容器均用铝箔纸覆盖。另外每次实验设定 3 个程序性空白, 以检测实验过程中的微塑料污染状况。

## 2 结果

### 2.1 贻贝微塑料丰度

通过消解、浮选及定性后发现, 上述 12 个样品均受到微塑料的污染, 其单位个体丰度和单位质量丰度如图 1、图 2 所示。贻贝体内的微塑料丰度变化范围在 0.11~0.29 个/g 软组织(2.00~4.33 个/个体)。S3-1907 贻贝单位软组织重量和单位个体中含有微塑料数量在 12 个样品中最高, S1-1907 贻贝单位重量单位软组织重量和单位个体中含有微塑料数量在 12 个中最低, 二者具有显著性差异(p<0.05)。

比较 3 个站点贻贝单位个体微塑料丰度和单位软组织重量, 结果为 S1>S2>S3, 比较两个年份中贻贝单位个体微塑料丰度, 均为 2020 年度>2019 年度, 上述结果显示该海域下, 不同时间、空间贻贝微塑料丰度存在一定的差异, 但未达到显著水平。

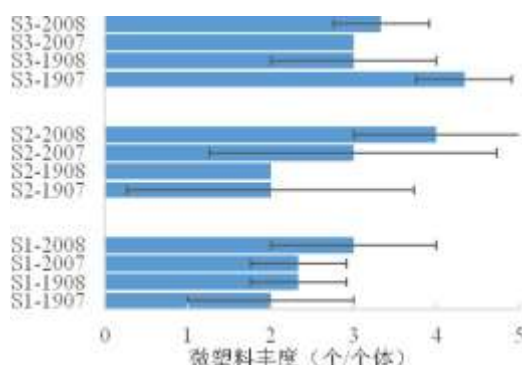


图 1 贻贝单位个体微塑料丰度

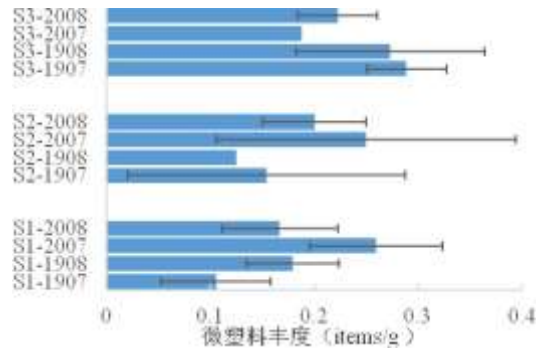


图2 贻贝软组织单位重量微塑料丰度

## 2.2 贻贝微塑料形状

纤维、碎片、薄膜、微球 4 种形状微塑料均有发现，如图 3 所示。其中纤维形状微塑料最丰富，占总量的 57.58%，碎片形状微塑料次之，占 30.30%。不同形状微塑料的丰度高低顺序表现为：纤维状>碎片状>微球状>薄膜状，微球和薄膜只出现在其中少数站点的贻贝体内，微球出现在 S2-2007 和 S3-1908 的样品中，薄膜微球出现在 S2-2007；尽管纤维形状微塑料最常见，但 S1-1908 和 S2-2007 两个站点未检出纤维微塑料，而 S1-2007 和 S2-1907 两个站点检出的微塑料均为纤维状。各个样品微塑料形状比例如图 4 所示。

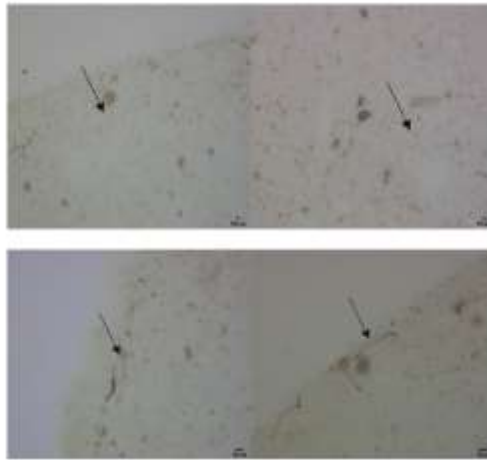


图3 贻贝体内不同微塑料的外形

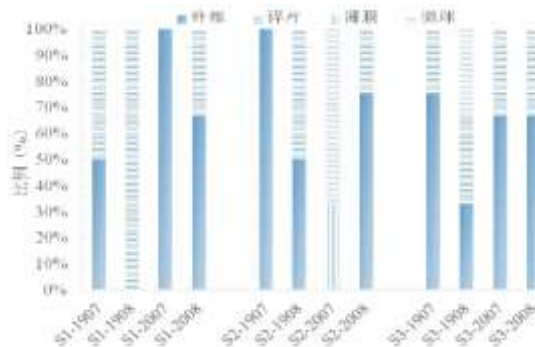


图 4 贻贝体内不同形状微塑料的比例

### 2.3 贻贝微塑料颜色

厚壳贻贝中检出的微塑料的颜色有 4 类: 黑色、白色(透明)、黄色(褐色)、蓝色, 其中黑色微塑料数量最多, 占总量的 39.39%, 白色和黄色次之, 分别为 27.27%、24.24%, 蓝色为 9.09%, 仅出现在 S1-1908 和 S3-1908 两组厚壳贻贝样品中。各个样品微塑料颜色比例如图 5 所示。

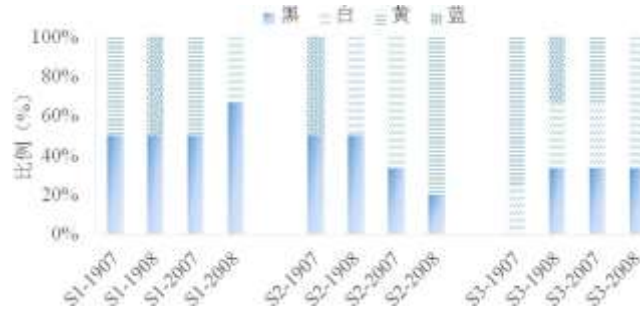


图 5 贻贝体内不同颜色微塑料的比例

### 2.4 贻贝微塑料尺寸

使用粒径为  $5\ \mu\text{m}$  混合纤维素滤膜收集微塑料,  $5\ \mu\text{m}\sim 5\text{mm}$  范围内, 上述 12 个样品中贻贝所摄入的微塑料粒径范围在  $19.79\sim 872.39\ \mu\text{m}$ , 平均粒径大小为  $345.37\pm 293.96\ \mu\text{m}$ 。其中, 尺寸小于  $200\ \mu\text{m}$  的微塑料最为常见, 占有微塑料样品的 45.46%, 尺寸在  $500\ \mu\text{m}\sim 1\text{mm}$  的微塑料次之, 占总量的 30.30%, 尺寸在  $1\text{mm}$  以上的微塑料在本研究中未被发现; 此外, 微塑料的尺寸与形状有较大关系: 尺寸小于  $200\ \mu\text{m}$  的微塑料中, 76.92%为碎片状微塑料, 尺寸在  $500\ \mu\text{m}\sim 1\text{mm}$  的微塑料, 85.71%为纤维状微塑料。各个样品微塑料尺寸比例如图 6 所示。

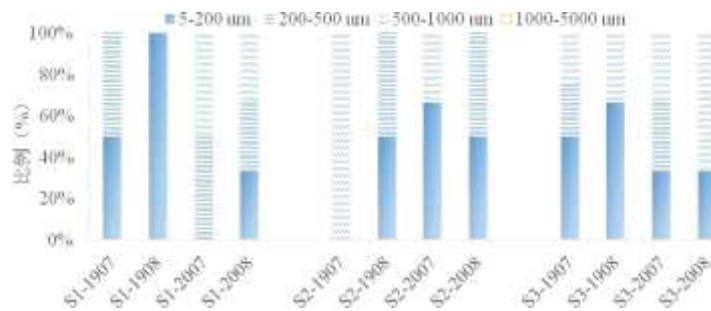


图 6 贻贝体内不同尺寸微塑料的比例

### 2.5 贻贝微塑料类型

在上述 12 组厚壳贻贝样品体内, 发现了 8 种聚合物类型的微塑料, 分别为尼龙 (Nylon)、人造丝 (Rayon, RY)、聚乙烯 (Polyethylene, PE)、聚丙烯 (Polypropylene, PP)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (Polyethylene terephthalate, PET)、聚碳酸酯 (Polycarbonate, PC)、聚苯乙烯 (Polystyrene, PS)、聚氯乙烯 (Polyvinyl chloride, PVC), 不同类型微塑料的数量高低顺序表

现为: PET>PE>Nylon=PVC>RY>PP=PS>PC。不同的是,含量最高的 PET 微塑料在 S3 站位点的四个样品(S3-1907、S3-1908、S3-2007、S3-2007)中均有出现,且形状均为纤维状;与其他两个站点比较,S2 站位点的四个样品(S2-1907、S2-1908、S2-2007、S2-2007)均未出现 PP 类型微塑料;S2 站位点的两个样品(S2-2019.07、S2-2019.08)较另外两个样品(S2-2020.07、S2-2020.07),仅出现人造丝和尼龙微塑料此外,根据微塑料的密度分类,上述检出的微塑料中,以沉积型微塑料为主,占微塑料总量的 67.70%。

### 3 讨论

张文广等人 2015 年对舟山海域嵊泗岛 3 个取样点的紫贻贝进行取样,采样时间为当年 1 月、3 月、6 月、9 月,调查微塑料污染情况,结果显示秋冬季紫贻贝微塑料含量最高,但时空分布特征不显著,其中 GQ1 站位 6 月样品中贻贝微塑料丰度为 0.21 个/g 软组织。本研究中,与嵊泗枸杞岛(GQ1)位置相近的站点是枸杞乡后头湾(S3),该站点下 2019-2020 年度 7、8 月份贻贝微塑料丰度范围为 0.19~0.29 个/g 软组织,平均丰度为  $0.24 \pm 0.06$  个/g 软组织,与上述研究结果类似。李佳娜在 2015 年对中国沿海 22 个站点紫贻贝微塑料污染情况进行研究,发现紫贻贝体内的微塑料数量可达 0.9~4.6 个/g 软组织(1.5~7.6 个/个体),Qu 等人在 2017 年对中国沿海 25 个站点贻贝微塑料污染情况进行调查,发现贻贝体内的微塑料数量可达 1.52~5.36 个/g 软组织(0.77~8.22 个/个体)。本研究中贻贝体内的微塑料丰度变化范围在 0.11~0.29 个/g 软组织(2.00~4.33 个/个体),明显低于上述结果,说明本海域的养殖贻贝微塑料的污染水平较低。

本研究中贻贝体内不同形状微塑料的丰度高低顺序表现为:纤维状>碎片状>微球状>薄膜状,纤维状和碎片状微塑料占微塑料总量的 87%以上。贾芳丽等人认为,在生物体中这 2 种形状的微塑料比球形和薄膜形微塑料更难以粪便形式排泄。DeWitte 对野生贻贝进行微塑料排出实验后对其进行检测,发现体内仅观测到纤维状微塑料。因此推测,纤维状和碎片状微塑料在生物体内停留时间更长。

本研究在贻贝体内检出 Nylon、RY、PE、PP、PET、PC、PS、PVC,共 8 种聚合物成分微塑料,与 Zhang 等人在嵊泗海域对海水、底泥沉积物、鱼类,于翔等人在东海象山湾对常见海洋生物体及 Qu 等人对中国沿海 25 个站点贻贝进行微塑料聚合物检测结果类似,其中 Qu 等人的研究结果显示,聚合物中 PET 含量最高,与本研究相同。此外,贻贝是一种底栖滤食性生物,本研究中发现,其体内微塑料主要是密度较大的沉积微塑料,占微塑料总数的 67.70%,显示其摄入微塑料的种类与它的栖息特性有关,因此通过测定贻贝体内微塑料的污染情况能够反应栖息环境的污染情况。

### 4 结语

嵊泗养殖海域 2019-2020 年 7、8 月份 3 个站位的厚壳贻贝样品总体微塑料污染水平低,贻贝体内微塑料形状、颜色和聚合物成分分别以纤维状、黑色和 PET 为主,而微塑料的形状与尺寸有关。此外,贻贝体内微塑料的种类与其栖息环境具有一定的相关性,因此贻贝是一种良好的环境监测指示生物。

#### 参考文献:

- [1]Barrows A P W,Neumann C A,Berger M L,etal.Grab vs.neuston tow net:a microplastic sampling performance comparison and possible advances in the field[J].Analytical Methods,2017,9(9):1446-1453.
- [2]Rochman C M,Browne M A,Halpern B S,etal.Classify plastic waste as hazardous[J].Nature,2013,494(7436):169-171.
- [3]李佳娜.贻贝中微塑料的污染特征及其与典型污染物的复合毒性效应[D].上海:华东师范大学,2019.

- 
- [4]Li J, Lusher A L, Rotchell J M, et al. Using mussel as a global bioindicator of coastal microplastic pollution[J]. *Environmental Pollution*, 2019, 244:522-533.
- [5]张文广, 李乃成, 唐志杰, 等. 微塑料在舟山海域海产品中的污染状况分析[J]. *环境科学与技术*, 2019, 42(11):61-65.
- [6]Qu X, Su L, Li H, et al. Assessing the relationship between the abundance and properties of microplastics in water and in mussels[J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 621:679-686.
- [7]贾芳丽, 孙翠竹, 李富云, 等. 海洋微塑料污染研究进展[J]. *海洋湖沼通报*, 2018(2):146-154.
- [8]De Witte B, Devriese L, Bekaert K, et al. Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 85(1):146-155.
- [9]Zhang D, Cui Y, Zhou H, et al. Microplastic pollution in water, sediment, and fish from artificial reefs around the Ma' an Archipelago, Shengsi, China[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 703:134768.
- [10]于翔, 许莉莉, 刘强, 等. 象山湾常见海洋生物体内微塑料的丰度、形态和成分组成研究[J]. *渔业科学进展* 2021, 42(4):9-18.