

王洪燕,赵晟. 浙江舟山养殖海域沉积物微塑料污染特征[J]. 江苏农业科学,2020,48(9):276-281.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.09.052

浙江舟山养殖海域沉积物微塑料污染特征

王洪燕,赵晟

(浙江海洋大学,浙江舟山 316000)

摘要:以浙江舟山养殖海域表层沉积物以及周围典型的潮滩作为研究区,分离提取表层沉积物以及潮滩表层微塑料,共7个研究区,24个采样点。结果表明:沉积物的微塑料丰度为 $(5.9 \pm 1.6) \sim (20.46 \pm 10.32)$ 个/100 g[干质量(DW),下同],沙滩沉积物的微塑料丰度为 $(27.90 \pm 13.2) \sim (74.25 \pm 25.52)$ 个/100 g,沉积物类型与其附近潮滩微塑料类型相关。微塑料按照外观形状分为碎片类、纤维类、发泡类和薄膜类,其中纤维类所占比重最高,为72.05%,微塑料的粒径集中在1 mm以下。微塑料颜色以较浅色为主,其中白色数量最多。利用傅里叶红外光谱仪可以得出提取的微塑料的化学成分,包括聚酯类、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯以及聚酰胺等。研究结果有助于常规海洋生物调查,可作为评估海洋垃圾,特别是微塑料的依据。

关键词:舟山;养殖海域;沉积物;微塑料;海洋垃圾

中图分类号:X52 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)09-0276-06

全球塑料每年消耗量超过3亿t且产量逐年增加^[1],塑料产品大多数是一次性用品(例如包装袋、薄膜等)。机械因素、化学因素和生物因素等会造成塑性碎片碎裂,在此过程中产生的塑料碎片被认为是微塑料的主要来源^[2]。据报道,微塑料会引起海洋环境污染,进而产生不利影响^[2-3]。因此,对海洋环境(水、沙/沉积物、动物)中微塑料水平的评估一直是科学家在过去十几年关注的热点^[3-4]。已有研究发现,微塑料广泛存在于海洋沉积物和水体中,如河口沉积物和水体^[5]、海滩沉积物^[6-8]、大洋水体^[9]和深海沉积物^[10]中相继发现了微塑料的存在,而且不同海域微塑料的丰度也有很大的差异。随着海洋塑料碎片表面附着生物的增多,其密度逐渐增大,一旦其密度超过海水的密度,微塑料将下沉至水体或沉积物中。因此,沉积物被认为是海洋生态系统污染的主要汇集地^[11]。

舟山作为重要的海洋养殖区,海洋环境污染的检测也非常有必要,在经济发展的同时如何保护环

污染物-海洋微塑料问题,是舟山海域生态环境保护中迫切需要开展的工作。本研究以舟山养殖海域为工作区,选择若干典型海滩以及沉积物,从微塑料的丰度、类型、粒径、表面特征等角度,综合分析微塑料的污染特征,以期为养殖区域的海洋微塑料污染防治和监管提供科学支持。

1 材料与方法

1.1 研究区

在舟山养殖海域7个站位设置了24个采样点,探讨舟山养殖海域沉积物附近潮滩中的微塑料污染水平(图1)。7个沉积物采样点包括定海区、普陀区、岱山县、嵊泗县的枸杞岛、绿华岛、壁下岛以及东极岛。定海区设置4个采样点,养殖方式为沿海池塘养殖且其中2个为废弃养殖区;普陀区设置3个采样点,2个为围网养殖,1个为沿海池塘养殖;岱山县设置2个采样点,均为沿海池塘养殖;嵊泗县以贻贝养殖为主,其中枸杞岛设置4个采样点,绿华岛设置2个采样点,壁下岛设置2个采样点;东极岛设置4个采样点。对普陀区、岱山县、枸杞岛、绿华岛以及壁下岛的采样点附近的潮间带沉积物进行了采样。由于定海区与东极岛海岸以礁石滩或者陡峭石壁为主,微塑料采集难度大,故未采集沙滩沉积物。

1.2 样品采集与预处理

样品收集是在靠近养殖区的潮间带泥滩上,选

收稿日期:2019-05-08

基金项目:国家自然科学基金委-浙江两化融合联合基金(编号:U1609204);浙江省舟山市科技局科技计划(编号:2016C41017)。

作者简介:王洪燕(1993-),女,山东潍坊人,硕士,主要从事养殖海域新型污染物研究。E-mail:513119788@qq.com。

通信作者:赵晟,博士,教授,硕士生导师,主要从事海洋生态、生态经济、环境管理与规划及可持续发展等方面的研究。E-mail:zhaosh@zjou.edu.cn。

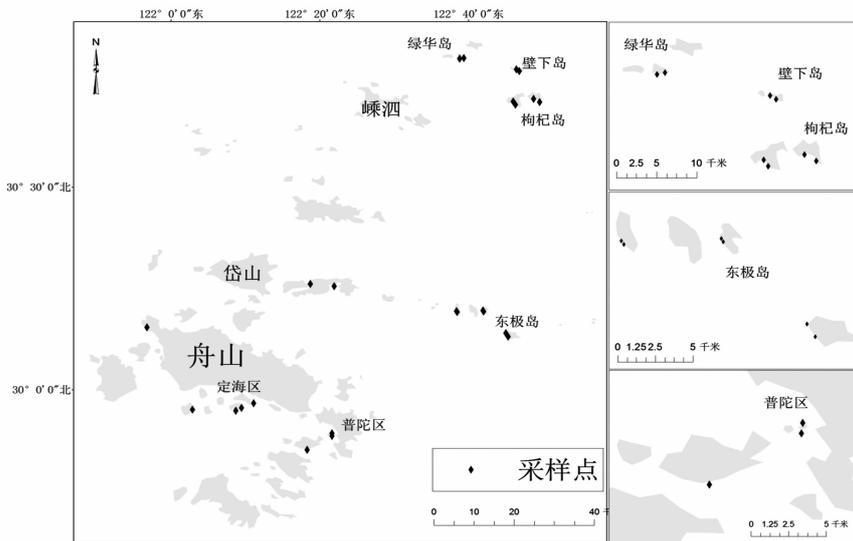


图1 舟山养殖海域沉积物采样点

择涨潮或者是周围没有泥滩的养殖区,使用取芯器对表面沉积物(20 cm 深度)进行取样。对于其他沉积物采样点,在退潮时用随机选择但距离至少为 20 m 的 3 个边长为 50 cm 的正方形,用刮刀收集表面沉积物(0~5 cm 深度)。将所有样品汇集在玻璃盒中,然后在冷藏室中带回实验室。试验中均使用丁腈手套。在实验室中,将沉淀物保存在 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱中待用。

1.3 样品制备与微塑料提取

在实验室内,将样品取出后放入通风橱内解冻,并将每个站位采集的 3 个平行样品彻底混匀。将样品置于烧杯中,并覆以铝箔纸,置于 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱里内干燥至恒质量。

微塑料分离采用较为常用的饱和氯化钠密度浮选分离法^[12],收集上层清液通过硝酸纤维素滤膜过滤器($5\text{ }\mu\text{m}$ 孔径,47 mm 直径),利用超纯水充分冲洗抽滤装置。将滤膜放到干净的玻璃培养皿中,用烘箱烘干加盖,放置在通风橱中备用。

1.4 微塑料鉴定

将烘干后的滤膜先进行目视分离。作为识别微塑料的常用方法,目视分离的工具是体视显微镜,通过调节倍数来计数视野中滤膜上的微塑料数量,微塑料的鉴定主要使用探针-镊子和微塑料的物理化学特征(即颜色、不透明度、硬度、比弹性和结构)^[13]来完成,并通过扫描电镜进一步观察微塑料的表面特征。

1.5 质量控制

在整个研究期间,穿着 100% 纯棉服装(包括实

验室外套以及穿在下面的日常服装)。所有解剖都在流动柜中进行,以确保不会发生空气污染。在将生物样品放入层流柜中之前,将其全部冲洗干净,以降低外部存在的颗粒污染的风险^[14]。

1.6 数据分析

试验结果采用统计软件 Excel 2007 和 SPSS 19.0 进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 质量控制结果

在显微镜下观测试验组滤膜时,同时对空白对照组的滤膜进行观测,发现滤膜上几乎没有微塑料。空白对照偶尔出现红色纤维,但在同一组试验中未发现红色纤维。在处理样品时采取了严格的预防措施,成功地防止了微塑料的污染(尤其是空气传播的)。

2.2 微塑料丰度

本试验以 5 mm 作为微塑料粒径的上限阈值,所采集样品中分离鉴定出的塑料粒径小于 5 mm 的数量占塑料总数的绝大部分($>96\%$),普通大尺寸塑料占比很小。区域微塑料污染程度的高低主要通过丰度指标衡量。

舟山养殖海域 7 个站位沉积物的微塑料丰度数据如图 2 所示,其中普陀区沙滩沉积物微塑料丰度最高,为 (74.25 ± 25.52) 个/100 g[干质量(DW),下同],壁下岛最低,为 (27.90 ± 13.2) 个/100 g。定海区沉积物中微塑料丰度最高,为 (20.46 ± 10.32) 个/100 g,枸杞岛最低,为 (5.90 ± 1.60) 个/100 g。

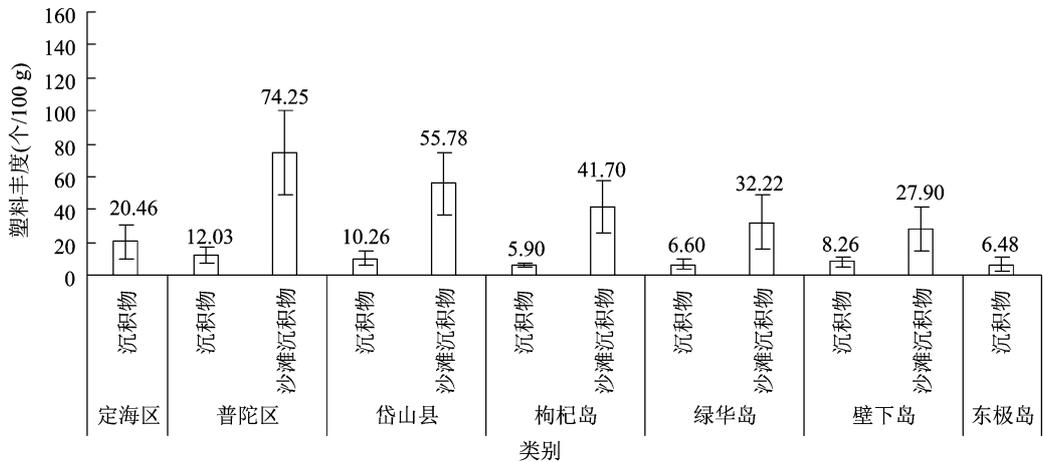
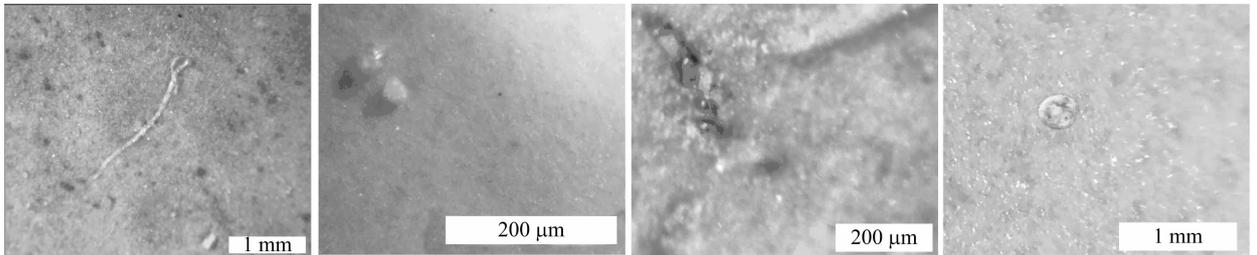


图2 舟山养殖海域7个站点表层沉积物的微塑料丰度

总体来看,养殖区附近沙滩沉积物的微塑料平均丰度为 (46.37 ± 17.96) 个/100 g,养殖区沉积物的微塑料平均丰度为 (10.00 ± 4.47) 个/100 g。

2.3 微塑料类型、颜色与粒径



A. 纤维类

B. 碎片类

C. 薄膜类

D. 发泡类

图3 部分微塑料的显微镜观察图片

本研究中将微塑料的粒径分为4个等级: $20 \mu\text{m} \leq \text{粒径} < 50 \mu\text{m}$ 、 $50 \mu\text{m} \leq \text{粒径} < 100 \mu\text{m}$ 、 $100 \mu\text{m} \leq \text{粒径} < 1 \text{ mm}$ 、 $1 \text{ mm} \leq \text{粒径} < 5 \text{ mm}$ 。微塑料的粒径大部分集中于1 mm以下,比例为74.64%,但沙滩沉积物中纤维的粒径普遍大于1 mm,粒径>1 mm的微塑料比例为25.36%。全部提取的微塑料中纤维的比例最高,为72.05%,且纤维的颜色以透明或者灰白等浅色为主。其次是碎片类,比例为15.22%,颜色以彩色为主。

2.4 化学组分

对舟山养殖海域沉积物中检出的碎片类、发泡类、薄膜类和纤维类这4类微塑料进行红外光谱分析,以确定各类型的微塑料组成成分。典型微塑料样品红外光谱如图4所示。对比标准图谱及峰值数据,确认碎片类和纤维类微塑料的主要成分是聚酯类、聚酰胺和聚乙烯,发泡类和薄膜类微塑料的主要成分是聚苯乙烯。

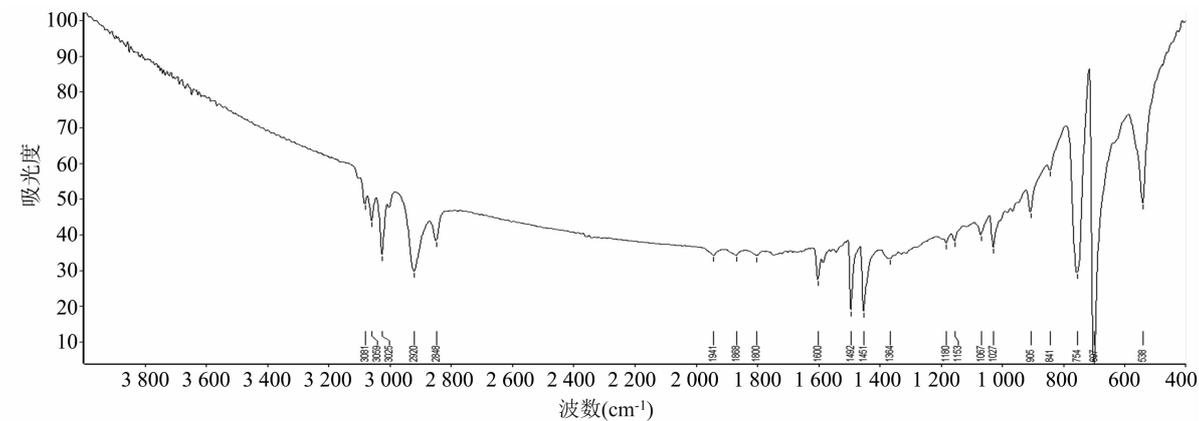
根据微塑料的形态差异,本研究中将所检出的微塑料分为碎片类微塑料、发泡类微塑料、薄膜类微塑料和纤维类微塑料(以下分别简称为碎片类、发泡类、薄膜类和纤维类)4种类型(图3)。

2.5 微塑料表面特征

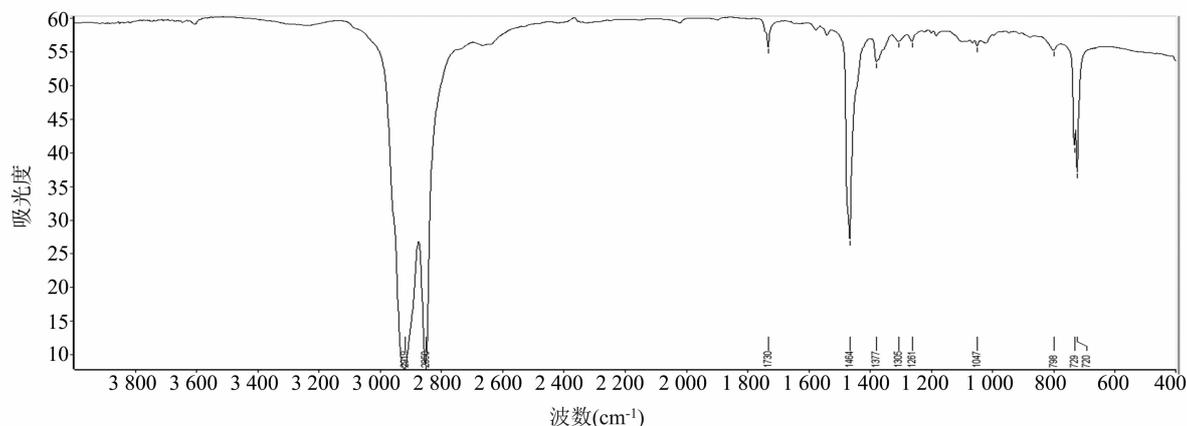
采用扫描电镜研究了沉积物中提取的微塑料的表面形貌,图5显示了不同碎片的不同微观形状和表面粗糙度。

3 讨论

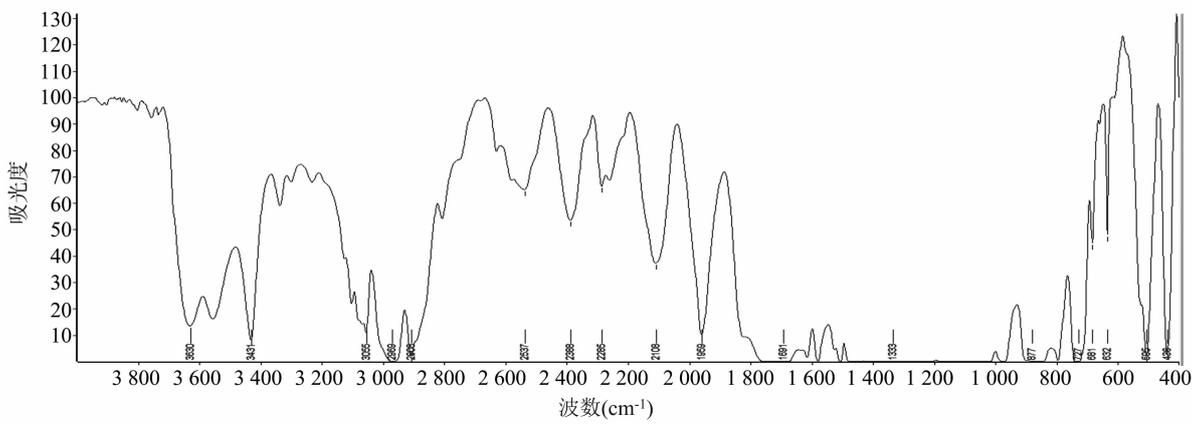
本试验设置7个沉积物采样站点,沉积物微塑料丰度排序为定海区>普陀区>岱山县>壁下岛>绿华岛>东极岛>枸杞岛,沙滩沉积物塑料丰度排序为普陀区>岱山县>枸杞岛>绿华岛>壁下岛。从各站点所处位置考虑,养殖器具的磨损产生的微塑料以及废弃养殖器具的随意丢弃、各类陆源垃圾的排放、雨水冲刷、陆源排污口或河流的输入与海流、潮汐的联合作用是造成微塑料地域分布差异的主要原因。废弃养殖区的微塑料并未减少,可能由于这些废弃区域是相对封闭的池塘。定海区、普陀区与岱山县人口密集,产生了较多的陆源



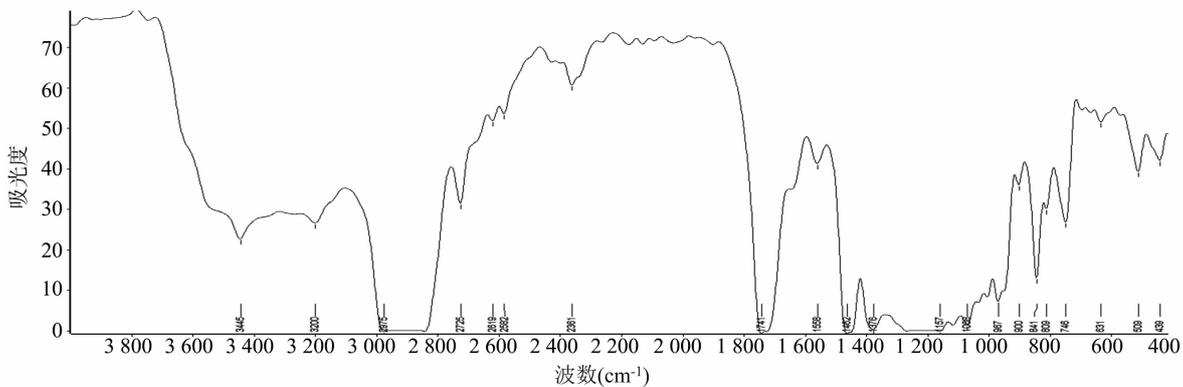
A. 聚乙烯



B. 聚乙烯



C. 聚酯类



D. 聚酯类 2

图4 部分微塑料的红外光谱

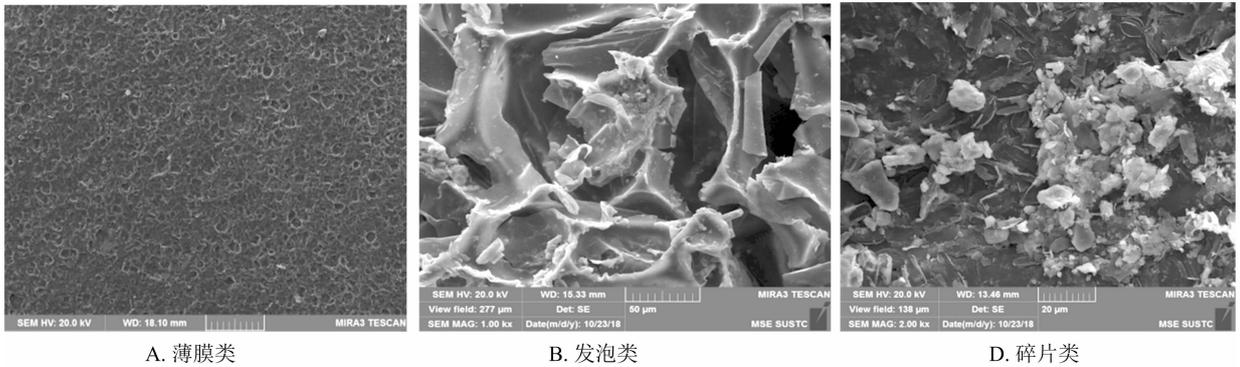


图5 不同形貌类型的微塑料扫描电子显微镜图像

垃圾,例如洗涤衣物产生的大量纤维,以及生活污水中含有的大量来自化妆品的塑料颗粒。其中普陀区、岱山县以及枸杞岛作为旅游区在吸引游客的同时也在沙滩上留下了更多的垃圾,这些垃圾通过海水的冲刷直接进入海洋环境中。而东极岛、绿华岛与壁下岛则临近外海,水域较为开阔。较为清洁的外海水体对海滩的不断冲刷,使得海滩微塑料丰度相对较低。而且从获取的卫星图(本研究未列出)中可以看出,定海与普陀海域的水体呈现出黄色,水体颜色较深,而在枸杞岛水体呈现出绿色,颜色较浅。根据目前对海水水面颜色的分析来看,颜色较深的海域污染程度大于颜色较浅的海域^[15-16]。

在本试验中,沉积物范围为 $(5.90 \pm 1.60) \sim (74.25 \pm 25.52)$ 个/100 g。微塑料丰度最大值位于普陀区,最小值位于远离人口稠密区的枸杞岛。本试验所提取微塑料中纤维的比重最大,这与许多研究结果^[5,10,17-18]一致。沉积物中微塑料的类型与养殖区的养殖方式相关。定海区、岱山县以池塘养殖为主,由于养殖用水主要来源于周边海洋,因而沉积物中微塑料类型基本与周边海洋一致。普陀区以及东极岛以网箱养殖为主,网箱在使用中产生大量纤维,这些纤维增大了养殖区附近的沉积物的丰度。嵊泗的枸杞岛、壁下岛以及绿华岛则以筏式养殖为主,筏式养殖使用大量的发泡塑料增加悬浮力,因而沉积物中发泡类微塑料的数量比其他点位高。洗1件衣服可以释放多达1900种纤维到环境中,故而Alomer等在2016年的研究中指出,造成人口稠密区微塑料污染的主要原因是生活污水排放,而不是大型塑料破碎^[17]。由于目前纤维并未被列为污水处理的对象,故而这些纤维被排入到海洋环境中。此外,碎片类(圆形、不规则形状)的微塑料是由大型塑料破碎产生的。在本试验和其他研究的采样过程中,多次发现在东海的近海面上漂浮着

许多大型塑料,在海浪和风的推动下,这些塑料能够被带到更远的地方,而且类似港湾等地貌复杂且避风的地方更加容易堆积这些密度较小的垃圾^[19]。经过光、热、化学或物理过程,大塑料被分解成更小的颗粒沉到海底,使密度较小的塑料的比重变大。

在本试验收集到的微塑料中,白色(包括白色、透明和半透明色)微塑料占46.6%,若将颜色较浅的灰色列入白色塑料中,白色微塑料的比例达70%以上,这与其他研究结果基本一致。沉积物中微塑料的类型与我国的塑料生产相关,2种主要聚合物[聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)]通常用于汽车、玩具、家庭用品和食品包装且需求量很大。塑料的大量生产及使用寿命短,导致产生大量塑料垃圾。聚苯乙烯(PS)密度范围很宽,在一些环境中可能会形成沉淀^[20],该聚合物绝缘性能高,主要用于饮用杯、包装材料和电子产品。聚氯乙烯(PVC)的密度大于水,易发生沉降,可作为管道、电缆和食品包装材料。聚酯类聚合物,有聚丙烯酸酯、聚乙交酯、聚对苯二甲酸乙二酯(PET),尤其是PET主要用于纺织纱线。Song等在沉积物中发现75%聚酯类微塑料可能来自纺织品脱落的纤维^[18]。

纤维类微塑料是从衣物、编织品以及渔绳索等物体上断裂掉落下来的,并呈现出不同的断裂状态。断裂后,纤维表面多呈现出分叉状态、凹凸不平,原来平滑的表面完全改变。碎片类微塑料用途来源广泛,表面特征更加丰富,其边缘断裂呈现出不规则的形状,断裂面经过腐蚀变脆、棱角突出,表面也出现一些孔洞。薄膜类微塑料由于腐蚀变脆而脱落,脱落后形状有很多,故薄膜类物质更容易卷曲。发泡类微塑料的化学成分主要是聚苯乙烯,具有多孔结构,根据不同用途,这些孔隙也存在很多的尺寸。发泡类微塑料表面腐蚀表现多为多孔结构周边的断裂变为不规则的孔隙,较多的孔隙

断裂后就形成了1个大型的凹陷^[7]。

微塑料的表面相对新的塑料都产生了一定的变化,这些变化使得微塑料对于污染物(重金属、有机氯农药等)的吸附能力变强。例如,新的树脂颗粒表面吸附的痕量金属元素远远低于海滩中的树脂颗粒^[21]。

4 结论

微塑料普遍存在于舟山养殖海域的表层沉积物中。养殖区附近沙滩沉积物的微塑料平均丰度为(46.37 ± 17.96)个/100 g,养殖区沉积物的微塑料平均丰度为(10.0 ± 4.47)个/100 g。与其他相关研究结果^[7,17]相比,舟山养殖海域沉积物中微塑料丰度处于中等偏下水平。微塑料中纤维的比例最高,颜色以白色为主。微塑料的化学组分中聚酯类的比重最大。这些微塑料破损的表面大大增强了对于有毒污染物的承载能力,使微塑料对于海洋生物的危害加倍。

参考文献:

[1] Anthony A L, Neal M A. Applications and societal benefits of plastics [J]. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences*, 2009, 364(1526): 1977 - 1984.

[2] Anthony A L. Microplastics in the marine environment [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2011, 62(8): 1596 - 1605.

[3] Desforges J W, Galbraith M, Ross P S. Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean [J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2015, 69(3): 320 - 330.

[4] Besseling E, Wegner A, Foekema E M, et al. Effects of microplastic on fitness and PCB bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina* (L.) [J]. *Environmental Science & Technology*, 2013, 47(1): 593 - 600.

[5] 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 [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 86(1/2): 562 - 568.

[6] Ballent A, Corcoran P L, Madden O, et al. Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2016, 110(1): 383 - 395.

[7] 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 [J]. *科学通报*, 2016, 61(14): 1604 - 1611.

[8] Turra A, Manzano A B, Dias R J S, et al. Three - dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches: shifting paradigms [J]. *Scientific Reports*, 2014, 4(3): 4435.

[9] Auta H S, Emenike C U, Fauziah S H. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions [J]. *Environment International*, 2017, 102: 165 - 176.

[10] Woodall L C, Sanchez - Vidal A, Canals M, et al. The deep sea is a major sink for microplastic debris [J]. *Royal Society Open Science*, 2014, 1(4): 140317.

[11] Vandermeersch G, Cauwenbergh L V, Janssen C R, et al. A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms [J]. *Environmental Research*, 2015, 143: 46 - 55.

[12] Imhof H K, Schmid J, Niessner R, et al. A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments [J]. *Limnology & Oceanography Methods*, 2012, 10(7): 524 - 537.

[13] 丁金凤, 李景喜, 孙承君, 等. 双壳贝类消化系统中微塑料的分离鉴定及应用研究 [J]. *分析化学*, 2018(5): 690 - 697.

[14] Lusher A L, McHugh M, Thompson R C. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2013, 67(1/2): 94 - 99.

[15] 张晓萍. 基于遥感的舟山群岛生态环境监测及评价研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2014.

[16] 杨皓. 基于RS和GIS的舟山群岛区域生态环境评价及应用研究 [D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2017.

[17] Alomar C, Estarellas F, Deudero S. Microplastics in the Mediterranean sea: deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size [J]. *Marine Environmental Research*, 2016, 115: 1 - 10.

[18] Song Y K, Hong S H, Jang M, et al. Large accumulation of micro - sized synthetic polymer particles in the sea surface microlayer [J]. *Environmental Science & Technology*, 2014, 48(16): 9014 - 9021.

[19] Galgani F, Jaunet S S, Campillo A, et al. Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the north - western Mediterranean Sea [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1995, 30(11): 713 - 717.

[20] Engler R E. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean [J]. *Environmental Science & Technology*, 2012, 46(22): 12123 - 12315.

[21] Holmes L A, Turner A, Thompson R C. Adsorption of trace metals to plastic resin pellets in the marine environment [J]. *Environmental Pollution*, 2012, 160: 42 - 48.