

厦门海洋垃圾防治与管理实践及启示

高宇, 黄海萍, 吴侃侃, 李青生, 王炳坤, 陈克亮

(自然资源部第三海洋研究所 厦门 361005)

摘要:海洋垃圾污染问题已经成为国际社会重点关注的环境问题,也是我国海洋环境治理的重要组成部分。文章从协调机制、日常监测、预测预报、风险评估、国际合作、宣传教育方面总结和分析了厦门市海洋垃圾污染防治与管理实践和经验,针对国内当前在海洋垃圾防治与管理实践中存在的问题,在厦门模式的基础上,提出了加强立法建设、关注源头控制、开展日常监测和预报、建立评价体系、拓展合作交流、强化宣传教育等方面的措施建议,为我国其他沿海地方海洋垃圾污染防治与管理提供参考。

关键词:海洋垃圾;海洋环境治理;立法;防治;管理

中图分类号:P76;X55

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2021)11-0091-06

Prevention and Management Practices of Marine Debris Pollution: A Case Study of Xiamen

GAO Yu, HUANG Haiping, WU Kankan, LI Qingsheng,
WANG Bingkun, CHEN Kelian

(Third Institute of Oceanography, MNR, Xiamen 361005, China)

Abstract: The issue of marine debris pollution has become an environmental concern of the international community, and is also an important part of China's marine environmental governance. The prevention and management practice of marine debris pollution in Xiamen were summarized and analyzed from coordination mechanism, daily monitoring, prediction and forecast, risk assessment, international cooperation, publicity and education. According to existing problems of marine debris prevention and management from national level and Xiamen experiences, it put forward to strengthen the construction of legislation, focus on source control, carry out daily monitoring and forecast, to set up the evaluation system, expand cooperation and exchange, to strengthen publicity and education from six aspects. It will provide a reference for prevention and management of marine debris pollution in other coastal city.

Keywords: Marine debris, Marine environmental governance, Legislation, Prevention, Management

收稿日期:2020-10-16;修订日期:2021-08-23

基金项目:厦门市海洋与渔业局业务化项目“海洋垃圾监测、评估与防治技术业务化研究”(TY17201-3);自然资源部专项业务费项目“海洋生态补偿制度研究”(HD01-200901)。

作者简介:高宇,硕士研究生,研究方向为海洋环境科学

通信作者:陈克亮,正高级工程师,博士,研究方向为海洋环境管理

0 引言

根据联合国环境规划署(UNEP)的定义,海洋垃圾是指任何在海洋和海岸环境中被丢弃、倾倒或遗弃的持久性的人造或人为加工的固体材料^[1]。随着沿海工业的发展与海岸带人口的激增,大量废弃物通过河流、排污口及海上倾废等途径进入海洋^[2]。海洋垃圾的泛滥对人类社会与自然环境造成极大影响。尽管海洋垃圾可以作为部分海洋生物附着的硬基质^[3],但其仍以负面影响为主。除对海洋物种生存与涉海经济活动造成不利影响外,海洋垃圾还通过影响生态系统服务直接或间接地影响野生动物与人类的健康^[4]。海洋垃圾通过缠绕、被摄食、诱发病症和改变生境等方式影响超过 800 个海洋和海岸带物种^[5-6]。除常规海洋垃圾的影响外,微塑料对生态环境的威胁也不容小觑。微塑料是指粒径小于 5 mm 的塑料微粒^[7],海洋内的微塑料来源包括通过河流或其他途径排放进入海洋,以及海洋塑料垃圾在海洋环境中分解破碎形成^[8]。微塑料因为尺寸极小,很容易被海洋生物吞食,通过食物链影响海洋生物的健康,尤其是在微塑料吸收各类有害疏水污染物时^[9-10]。

海洋垃圾包括陆源和海源两类,陆源垃圾通过河流、风力、潮汐、排污等途径进入海洋,海源垃圾则主要由海水养殖业、滨海旅游业、航海业等特定的涉海活动所产生^[11]。陆地上的活动(对家庭和工业废物、工业、港口、不受保护的垃圾填埋场、污水溢出和乱扔垃圾的管理不善)是全球范围内海洋垃圾的主要来源^[12],每年约有 480 万~1 270 万 t 塑料废弃物从陆地进入海洋^[13],其局部的丰富程度与废物管理基础设施,以及城市化和娱乐活动的水平有关^[13-14]。在垃圾管理系统性能不佳的国家,海洋垃圾产生量预计会很高^[13]。海洋垃圾在海洋环境内的广泛分布使其成为识别人类世的重要地质标志之一^[15],海岸带、海水环境、海表、海洋生物群、海底、海洋沉积物和海冰等 7 类海洋环境内均有海洋垃圾的发现^[16]。

目前有几项具有约束力的国际法律和政策涉及海洋垃圾的防治与管理等方面,其中最被广泛接受的有《联合国海洋法公约》《防止倾废物及其他

物质污染海洋的公约》(1972 年)和《国际防止船舶造成污染公约》(1973 年)等^[17]。中国作为联合国安理会常任理事国与国际海事组织 A 类理事国,严格遵守国际相关公约,并结合相关国际法制定国内海洋管理法。1982 年的《联合国海洋法公约》第十二部分涉及海洋环境的保护和保全,对“防止、减少和控制海洋环境污染的措施”做出了一般规定。欧盟组织颁布的《海洋战略框架指令》《包装和包装废物指令》(94/62/EC)和《东北大西洋海洋环境保护公约》等政策从控制海洋垃圾源头、开展海洋垃圾监测和海洋垃圾处置等方面展开管控^[18]。

本研究主要介绍自 2015 年以来厦门在海洋垃圾防治与管理方面的实践与经验,以期为其他沿海城市提供参考。

1 厦门海洋垃圾防治与管理实践

厦门是我国东南沿海重要的港口城市,位于九龙江流域下游,海域面积约为 390 km²。厦门进行海上垃圾清理的区域主要分布在九龙江口、厦鼓海域、鼓浪屿北侧海域、西海域、东部及五缘湾海域。近 10 年来厦门加大海漂垃圾治理力度,厦门市海洋垃圾防治与管理体系逐渐完善,联合漳州、龙岩共同治理九龙江流域,取得了较大成效,为我国滨海城市治理海洋垃圾污染问题提供经验。

厦门海洋垃圾防治与管理实践形成了“厦门模式”^[19],主要体现在建立了针对性强的领导机构和协调机制;率先实现了海漂垃圾预测预报;建立了全面垃圾收集处置机制;遵循“陆海统筹、河海共治”的管理思路;利用多种活动提升海洋环保意识,特别是厦门国际海洋周;形成了“立法建设—源头控制—基线调查—风险识别—监测预报—意识提升”一体化管控模式。

1.1 全国率先成立海上环境卫生管理站

在全国率先成立海上环境卫生管理站,配备机械清扫船 4 艘、巡查快艇 3 艘、小型木船 29 艘、起重设备 3 台,转运车辆 16 部等专业设施。围绕加快建设高颜值生态花园之城,创新建立制度化、常态化、系统化、信息化的海漂垃圾治理机制,海上环卫站每天对责任海域巡回垃圾清理,实现海上打捞收集,岸上分类处置,年清理泡沫、水草、树枝等海漂

垃圾约 3 000 t。海上环境卫生管理站主要负责厦门近岸及湾区 120 km² 海域的海漂垃圾清理,以及鼓浪屿生活垃圾出岛转运和 6 个无居民海岛保洁工作。海上环境卫生管理站分别设立 2 个环卫码头和 2 个吊卸点,其中:西堤环卫码头主要负责西海域 45 km² 海域垃圾清理及鼓浪屿出岛垃圾的吊装转运;刘五店码头主要负责同安湾及刘五店附近 52 km² 海域;五通吊卸点主要负责五通、五缘湾内 17 km² 海域;马銮湾吊卸点主要负责马銮湾外湾 6 km² 海域。

1.2 建立“陆海统筹”一体化管理机制

1.2.1 注重制度与规划建设

厦门市在规范海洋垃圾防治与管理方面,在相关的法律、法规和规范性文件中都体现了相关的内容,包括《厦门经济特区生态文明建设条例》(2019 年修正)、《厦门市海洋环境保护若干规定》(2018 年修正)、《厦门市市容环境卫生管理条例》(2008 年)、《厦门经济特区生活垃圾分类管理办法》(2017 年)等。

在规划层面也进行了具体的设计,包括《厦门市生态文明建设“十三五”规划》(厦府〔2017〕26 号)、《美丽厦门环境保护总体规划(2014—2030 年)》(厦府〔2015〕148 号)、《美丽厦门生态文明建设示范市规划(2014—2030 年)》(厦府〔2015〕147 号)、《厦门市海洋环境保护规划(2016—2020 年)》(厦府办〔2017〕128 号)等。

1.2.2 成立协调机构

厦门市成立由市政府分管领导为组长的全市海漂垃圾综合治理工作领导小组,市生态环境局牵头会同市政园林局、农业农村局、海洋发展局等相关部门,建立协调督促机制和联席会议制度,定期对涉及海漂垃圾治理的重大事项进行研究,对重点地区突出问题治理加强调度和帮扶,打通部门间管理隔阂,充分提升管理效率。

1.2.3 出台海漂垃圾综合治理行动方案

2021 年出台了《厦门市人民政府办公厅关于印发进一步加强海漂垃圾综合治理行动方案的通知》(厦府办〔2021〕15 号),针对厦门市海漂垃圾综合治理进行详细规定和细化。

1.2.4 研究建立入海垃圾横向生态补偿机制

目前已将“清理海洋(海岸)垃圾”作为海洋生态保护活动纳入《厦门市海洋生态补偿管理办法》;同时研究提出九龙江源头入海垃圾整治生态补偿方案,以“协议补偿为主,上级政府辅助”和“奖惩相结合,双向补偿”的整体思路,结合“河长制”“海长制”的管理,提出了流域—海域间基于“协议”的入海垃圾整治生态补偿机制。

1.2.5 制订厦门入海溪流与市政排污口垃圾清理与监控方案

以陆海统筹和源头控制为原则,在对厦门湾有潜在影响的九龙江流域和沿岸小流域垃圾产生源调查与分析的基础上,识别海漂垃圾的来源,分析目前海漂垃圾整治存在的问题,提出厦门入海溪流与市政排污口垃圾清理与监控方案。

1.2.6 制订厦门湾海漂垃圾应急处置预案

在遇有台风暴雨等极端天气情况下,来自九龙江流域的垃圾大量流入厦门海域,海漂垃圾量将会暴增。厦门市充分利用海漂垃圾漂移轨迹预报,以及无人机等科技手段,不断提高清理效率,迅速有效应对各类突发情况,并制订了《厦门湾海漂垃圾应急处置预案》。

1.2.7 开展源头控制,倡导清洁生产和生活方式

厦门市海洋垃圾中源自陆地的污水排放与滨海旅游占多数^[20]。厦门市在进行海漂垃圾清洁处理工作的同时,着重开展陆地垃圾的保洁工作,以减少垃圾入海。厦门市作为国内最早实行垃圾分类的城市之一,制订并实施了《厦门市生活垃圾分类和减量工作方案》,大规模开展“垃圾减量”和“垃圾不落地”行动,以减少垃圾进入海洋;根据《厦门市市容环境卫生管理条例》,推行垃圾源头减量,限制过度包装,鼓励、支持资源回收利用;对屠宰加工、食品生产、食品流通等食品生产经营过程产生的废料和过期食品的收集运输和处理,须参照《厦门市餐厨垃圾管理办法》的相关规定执行。

除此之外,九龙江海洋漂浮垃圾的持续输入是厦门海域海洋漂浮垃圾的一个主要来源^[21],通过结合海漂垃圾辅助监测系统,对九龙江流域与厦门湾海域垃圾统筹治理,减轻厦门湾海域海洋垃圾污染

压力。

1.3 掌握海洋垃圾的基本状况和潜在风险

海洋垃圾现状调查是进行海洋垃圾防治与管理工作的基础。厦门市于 2016—2017 年对厦门湾及九龙江流域海漂垃圾、滩涂垃圾和海底垃圾开展监测,以此掌握厦门海域海洋垃圾空间分布、组成种类与年度变化,为后续研究提供基础数据资料。除上述常规垃圾调查外,厦门市还对厦门海域海面、沉积物、滩涂与海洋经济生物体微塑料污染情况进行调查。

通过海洋垃圾基线调查,证明低值塑料垃圾是厦门湾海洋垃圾的主要组成成分,海洋垃圾容易受到上游红树林的截留。两次台风给垃圾入海带来了风和雨两种不同效应。利用监测数据对厦门海域内海洋垃圾生态风险与微塑料污染生物效应进行评估,以中华白海豚、黑点青鲙等代表生物为受体,评价厦门海域内海洋垃圾与微塑料的生态风险,为确认海洋垃圾治理重点区域提供思路。调查结果显示,厦门湾中华白海豚受到渔网缠绕的威胁较大,很多个体体表有明显伤痕,部分个体受到渔网的缠绕致死,塑料垃圾的摄入会给海豚带来致死风险;基于 ArcGIS 评价厦门海域海洋垃圾对中华白海豚造成的风险,认为夏季是海洋垃圾对中华白海豚风险预防的重点季节,同时控制重点范围主要分布在九龙江口的目屿与鸡屿海域、大嶝海域^[22]。

1.4 日常化运行海洋垃圾的监测和预报系统

厦门市每年定期开展近岸海域海洋环境质量监测与调查工作,监测与调查范围覆盖重点海洋功能区与主要排污口和入海河流等区域,以掌握厦门海域基本污染状况。截至 2017 年厦门市设立海洋环境监测站点 116 个,提供基础的海洋环境监测数据。

除常规海洋环境监测外,厦门市还在监测分析厦门湾海洋垃圾与微塑料现状的基础上,开展了“海洋垃圾检测、评估与防治技术业务化的研究及示范应用项目”,建设开发入海溪流垃圾监控系统与海漂垃圾 GIS 辅助决策系统,加强包括暴雨、台风等灾害天气情况下的海洋垃圾处理能力。利用厦门湾风场、流场预报模型与 GIS 技术开发海漂垃

圾轨迹预测系统,预测九龙江入海垃圾的漂移时间、漂移轨迹与分布区域等,建立了九龙江口海漂垃圾漂移路径预报系统,这是我国首次实现对流域与海域海洋垃圾的迁移与分布进行每日预报。

入海溪流垃圾监控系统通过对九龙江流域与厦门市辖区内小流域入海口在线监测,建设入海区域视频监控网络和调度平台。两系统与厦门市海上环卫站相配合,为海上环卫部门确定收集漂流物的最佳时间与地点提供参考与帮助,对厦门市海域海洋垃圾进行源头控制,减少垃圾进入溪流和海洋。

每天根据快艇巡查、远程视频监控、海漂垃圾漂移轨迹预报、无人机等提供的数据,有针对性地对海漂垃圾所在位置、数量情况进行预判,派出相应的保洁船舶进行打捞作业。

1.5 搭建海洋垃圾防治国际合作和宣传教育平台

厦门市极为重视国际间的沟通合作,2015 年 9 月,厦门与美国旧金山建立伙伴关系,分享双方在减少海洋垃圾方面的实践经验。根据《中美海洋垃圾防治厦门—旧金山“伙伴城市”合作实施方案》的引导,厦门与旧金山推进共同举办中美海洋垃圾防治论坛、中美市长论坛、中美海洋垃圾技术合作会议,促进两市政府就垃圾防治、智库交流等的合作,分享双方海洋垃圾防治技术与管理经验的做法经验,实现互惠互利。

厦门市在“全国海洋宣传日”积极开展海洋环境保护宣传活动,同时组织开展海滩清洁志愿者活动,进一步提高公众海洋环境保护意识,引起公众对海洋垃圾问题的重视。厦门市海洋与渔业局利用世界海洋日、厦门国际海洋周等重要活动,通过拍摄主题宣传片、编制宣传手册、开辟报纸专栏、发行科普读本等方式在市民中宣传海洋保护意识。近年来,厦门市还组织多次“无痕海滩”净滩行动,动员社会力量开展公益活动,以促进市民海洋环保意识的提高。

2 厦门海洋垃圾防治与管理实践的启示

2.1 加强制度建设:完善海洋垃圾防治与管理的法律法规

法律法规是具有强制性的行动准则,可有效地规范海洋开发活动,防止海洋环境受到破坏。虽然

我国海洋垃圾管理相关实践开展较早,但以海洋垃圾为管制对象的法律体系结构分散,制度和标准散布于多部法律文本中。我国海洋垃圾防治法律法规仍需健全,海滩清洁度评价体系较为混乱,海洋(海滩)垃圾管理法律法规仍处于缺失状态。建议制定与实施《海洋垃圾防控管理办法》,作为沿海区域海洋环境保护的基本规范文件,指导沿岸地区海洋垃圾的控制与管理。海洋垃圾监管体系的完善可有效阻止海岸及周边海域海洋垃圾污染的进一步泛滥。

2.2 关注源头控制:建立清洁生产机制,促进绿色消费方式

解决海洋垃圾问题最根本的途径是向可持续的生产和消费方式过渡,这种生产和消费方式可有效减少垃圾的产生。通过可持续化将海洋垃圾原有的“原料—产品—垃圾”线形过程转变为“原料—产品—垃圾—原料”的闭合环形过程,既可以在源头上减少海洋垃圾的产生,又可以促进社会的可持续化与废物资源化,达成可持续发展目标;除加强社会生产可持续发展化以减少海洋垃圾的产生外,还可通过法令措施,限制塑料制品的生产,促使厂商和消费者选择更绿色环保的替代品,实现塑料生产可持续化。

2.3 开展日常监测和预报:开展海洋垃圾日常监测,构建海洋垃圾预报系统

我国虽广泛性开展海洋环境监测,部分省份也已初步建立起系统的海洋环境监测体系,但监测技术水平仍需提高,监测内容仍需拓展。在获取当地海洋垃圾基础信息(类型、来源、数量、分布规律等)后,及时优化海洋垃圾监测体系。在厦门市海洋垃圾防治实践中建设的入海垃圾漂移轨迹预测预报系统对海洋垃圾监测、预报与防治起到重要作用,值得在其他沿海城市中推广。建议沿海区域广泛开展海洋垃圾丰度调查工作,利用无人机遥感等技术对区域内海洋垃圾数量予以估算。在获取相关海洋垃圾监测数据后,及时构建信息数据共享平台,利用数据库技术和信息化手段实现海洋垃圾数据数字化储存、处理与发布,为海岸带管理部门进行管理决策、清洁等工作提供帮助。

2.4 建立评价体系:构建海洋垃圾污染损害评价体系,开展环境与健康风险评估

目前我国有关海洋垃圾污染损害评价指标体系方面的研究亟须加强。在继续加深关于海洋垃圾数量、分布等的调查外,还应利用现有数据,结合当前全国海洋垃圾污染现状,制定一套具有广泛适用性、规范性的海洋垃圾污染损害评价指标体系。通过这套指标体系,对海洋与海岸带海洋垃圾污染状况进行评价分级,同时开展海洋生态环境与人类健康的风险评价。

2.5 开展合作交流:畅通国际和国内技术交流,促进海洋垃圾防治与管理技术合作

海洋是一个流通的整体,海洋垃圾会随着洋流漂浮至全球,所以海洋垃圾是全球共同面临的挑战,任何一个国家或区域都不能仅靠自身完成海洋垃圾的防治工作。在进行垃圾防治工作时应积极促进中外地方政府、企业单位、科研院所间的交流与合作。政府应与非政府组织(NGO)广泛开展合作,发挥各自优势,开展大量的、多可能性的尝试。此外应积极举办国际海洋垃圾防治经验交流研讨会,分享成功经验,并对相关海域开展联合共治行动。

2.6 强化宣传教育:建立宣传教育平台,提高公众海洋垃圾防治意识

海洋垃圾防治与管理需要社会公众的积极参与。当地宣传部门以及新闻媒体应加强对居民及游客环保意识的培养,通过多元化的宣传方式,如拍摄海洋环保宣传片、发放环保手册等,提高公众环保积极性,并养成良好的生活习惯。此外环境保护意识还应走入校园,从小培养环保素养,养成自觉主动开展垃圾分类、垃圾不入海的环保意识。相关部门及公益组织应积极开展海洋垃圾防治宣传教育活动,如在全国海洋宣传日组织社会力量开展海滩垃圾清理清洁公益活动,鼓励社会各界人士共同参与到海洋垃圾治理活动中来。

3 结论

厦门市作为典型的海岛城市拥有丰富的海洋资源,同时也饱受海洋垃圾污染的影响。为应对海洋垃圾污染问题,厦门市建立了海洋垃圾防治与管

理的协调机制,加强海洋垃圾的日常监测,统筹协调陆海及区域间的海洋垃圾问题,借助 GIS 技术辅助决策,并积极开展合作和宣传教育等活动。通过以上措施加强海洋垃圾的管理,保护珍贵的海洋资源。

我国当前海洋垃圾污染形势较为严峻,生态系统和海洋产业受到严重的负面影响。海洋环境内的海洋垃圾数量将在很长一段时间内保持上升趋势,海洋垃圾污染的治理工作亟待开展。目前我国针对海洋垃圾污染已实施多项举措,包括:海洋垃圾调查监测;海洋垃圾的生态效益及影响评估;海洋垃圾防治与管理体的构建等。

参考文献

- [1] 于海晴,梁迪隽,谭全银,等.海洋垃圾和微塑料污染问题及其国际进程[J].世界环境,2018(2):50—53.
- [2] CONNORS E J. Distribution and biological implications of plastic pollution on the fringing reef of Mo'orea, French Polynesia[J]. PeerJ, 2017, 5(12): e3733.
- [3] LI H X, ORIHUELA B, ZHU M, et al. Recyclable plastics as substrata for settlement and growth of bryozoans *Bugula neritina* and barnacles *Amphibalanus Amphitrite*[J]. Environmental Pollution, 2016 (218): 973—980.
- [4] BEAUMONT N, AANESEN M, AUSTEN M C, et al. Global ecological, social and economic impacts of marine plastic[J]. Marine Pollution Bulletin, 2019,142: 189—195.
- [5] 刘森.我国近海海水污染现状及评价[J].河北渔业,2016(9): 12—14+31.
- [6] EDWARD J K, MATHEWS G, RAJ K D, et al. Marine debris-An emerging threat to the reef areas of Gulf of Mannar, India[J]. Marine Pollution Bulletin, 2020,151: 110793.
- [7] 孙承君,蒋风华,李景喜,等.海洋中微塑料的来源、分布及生态环境影响研究进展[J].海洋科学进展,2016,34(4):449—461.
- [8] AL-SALEM S M, UDDIN S, AL-YAMANI F. An assessment of microplastics threat to the marine environment: A short review in context of the Arabian/Persian Gulf[J]. Marine Environmental Research, 2020, 159:104961.
- [9] CHATTERJEE S, SHARMA S. Microplastics in our oceans and marine health[J]. The journal of field actions, 2019, (Special Issue 19): 54—61.
- [10] United Nations Environment Programme (UNEP). UNEP Frontiers 2016 Report: Emerging Issues of Environmental Concern [EB/OL]. (2016—12—13)[2020—10—16]. https://environmentlive.unep.org/media/docs/assessments/UNEP_Frontiers_2016_report_emerging_issues_of_environmental_concern.pdf.
- [11] SHEAVLY S B, REGISTER K M. Marine Debris & Plastics: Environmental Concerns, Sources, Impacts and Solutions[J]. Journal of Polymers & the Environment, 2007, 15 (4):301—305.
- [12] TURRELL W R. Estimating a regional budget of marine plastic litter in order to advise on marine management measures-Science-Direct[J]. Marine Pollution Bulletin, 2020, 150: 110725.
- [13] JAMBECK J, GEYER R, WILCOX C, et al. Plastic waste inputs from land into the ocean[J]. Science, 2015, 347 (6223): 768—771.
- [14] DA SILVA M L, CASTRO R O, SALES A S, et al. Marine debris on beaches of Arraial do Cabo, RJ, Brazil: An important coastal tourist destination[J]. Marine Pollution Bulletin, 2018, 130(MAY):153—158.
- [15] VILLARRUBIA-GOMEZ P, CORNELL S E, FABRES J. Marine plastic pollution as a planetary boundary threat-The drifting piece in the sustainability puzzle[J]. Marine Policy, 2017, 96(10):213—220.
- [16] ANDRADY A L. Microplastics in the marine environment [J]. Marine Pollution Bulletin, 2011, 62(8):1596—1605.
- [17] SHERIDAN H, JOHNSON K, CAPPER A. Analysis of international, European and Scot's law governing marine litter and integration of policy within regional marine plans[J]. Ocean & Coastal Management, 2020, 187:105119.
- [18] 崔野.全球海洋塑料垃圾治理:进展、困境与中国的参与[J].太平洋学报,2020,28(12):79—90.
- [19] 郭钦转,张熙荣,许金练.海洋垃圾治理的“厦门模式”[N].海西晨报,2018—02—02(A15).
- [20] 戴红,杨毕铖,颜露露,等.厦门海域海漂垃圾现状及治理建议[J].海洋开发与管理,2018,35(11):67—71.
- [21] 苏荣,吴俊文,董炜峰.厦门海域海漂垃圾对海洋生态系统潜在生态风险研究[J].环境科学与管理,2011,36(3):24—26,109.
- [22] 张典,俞炜炜,陈彬,等.厦门湾海洋塑料垃圾对中华白海豚的摄食风险评价[J].中国环境科学,2020,40(4):1809—1818.