

我国水环境中的微塑料污染状况

杨壹珺¹, 王帅兵¹, 叶长兵¹, 史应仙², 李雪柔¹, 原祎昕¹, 霍佳祺¹

¹玉溪师范学院化学生物与环境学院, 云南 玉溪

²玉溪市江川区农业机械和农田建设管理站, 云南 玉溪

收稿日期: 2023年12月12日; 录用日期: 2023年12月20日; 发布日期: 2024年2月8日

摘要

微塑料概念最早在2004年由英国科学家在《Science》杂志上发表的关于海洋水体和沉积物中塑料碎片一文中首次提出, 粒径小于5 mm的塑料碎片颗粒被定义为微塑料。微塑料作为一种新兴污染物, 已成为全球共同关注的环境热点问题之一。随着塑料有机合成制品的广泛使用, 全球产量增加。废弃塑料制品排放后, 经过物理、化学和生物作用分裂为微小塑料块体、颗粒或纤维。这些小颗粒可存在于空气、水体或土壤中, 对生物产生迫害, 也可以通过生物富集, 对生态系统造成更大的负面影响, 时刻威胁着生态环境和人类健康。本文将从微塑料对我国水体环境污染的角度出发, 分析其目前的污染状况。

关键词

微塑料, 水环境, 河流, 湖泊, 近岸海域

Microplastic Pollution in China's Water Environment

Yijun Yang¹, Shuaibing Wang¹, Changbing Ye¹, Yingxian Shi², Xuerou Li¹, Yixin Yuan¹, Jiaqi Huo¹

¹College of Chemical Biology and Environment, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

²Yuxi City Jiangchuan District Agricultural Machinery and Farmland Construction Management Station, Yuxi Yunnan

Received: Dec. 12th, 2023; accepted: Dec. 20th, 2023; published: Feb. 8th, 2024

Abstract

The concept of microplastics was first proposed by British scientists in the paper on plastic debris in marine water and sediment published in Science magazine in 2004. Plastic debris particles with

文章引用: 杨壹珺, 王帅兵, 叶长兵, 史应仙, 李雪柔, 原祎昕, 霍佳祺. 我国水环境中的微塑料污染状况[J]. 环境保护前沿, 2024, 14(1): 51-56. DOI: 10.12677/aep.2024.141008

particle size less than 5 mm are defined as microplastics. As a new pollutant, microplastics have become one of the hot environmental issues of global concern. With the widespread use of plastic organic synthetic products, the global production has increased. After the waste plastic products are discharged, they are divided into tiny plastic blocks, particles or fibers through physical, chemical and biological actions. These small particles can exist in the air, water or soil and cause toxicity to organisms. They can also cause greater negative impact on the ecosystem through bioaccumulation and constantly threaten the ecological environment and human health. This paper will analyze the current pollution situation of microplastics from the perspective of water pollution in China.

Keywords

Microplastics, Water Environment, River, Lakes, Near Shore Area

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

塑料属于有机合成高分子材料，在世界各行各业存在广泛的应用，具有质量轻便、价格便宜、使用寿命长、化学性质稳定、导热性低和加工成本低等特性而被广泛使用。主要来自于塑料制品的生产、使用和废弃物处理过程中的漏损和溢出。微塑料可以通过各种渠道进入水体，如洗涤衣服、洗漱和清洁等过程中的洗衣机排放、城市排水和农业废水等。但是由于塑料的回收利用率低，超过一半的塑料垃圾通过乱扔垃圾直接流入环境，于 2018 年达到约 3.6 亿吨，其中约为 61.2~165.6 万吨释放至海洋[1]，对海洋环境造成负面影响，对全球生态系统造成威胁。因此，尽管具有耐用性，但塑料碎片现在几乎可以在地球上任何地方找到。相比起塑料，微塑料粒径很小使它们难以消除。并且它们的比表面积大和疏水性使它们成为环境中持久性有机污染物的载体，它们可以与其结合，造成污染物远距离迁移，对海洋和淡水生物群及生态系统造成极大危害[2]。

有研究表明，海洋环境中的微塑料主要来自于陆域源微塑料的输入，而河流是陆域向海洋传输微塑料的主要途径[3][4]，除陆源输入外，海洋工业排放的原生微塑料以及大块废弃塑料风化降解而得到的次生微塑料，同样为海域微塑料的重要来源。所以对于我国近海海域、入海口河流及内陆水域微塑料污染问题需要重视。让人们了解微塑料的危害，提高环境微塑料危害的环保意识。

2. 微塑料在我国各水体中微塑料污染状况

2.1. 我国部分近海海域的微塑料污染状况

我国海岸线较长，长达 18,000 多千米。沿海城市经济发展迅速，给近海海域带来了沉重的环境压力，并且海岸地形多样化很难以统一的方案治理。同时海岸带是陆地与海洋的交界地带，也是人类活动最活跃的地区之一。

Zhang 等[6]提到渤海表层微塑料平均丰度 0.33 ± 0.34 个/ m^3 (表 1)，与其他海域相比，渤海的微塑料处于中低水平。吴磊石等[7]人研究了北部湾海域表层水体，表明北部湾的微塑料平均丰度为 0.56 ± 1.02 个/ m^3 (表 1)与其他海湾相比处于中等水平，近岸海水的微塑料浓度要远高于远岸海水的浓度，其表层微塑料主要来源是海水养殖和海洋渔业捕捞活动。张向南等[5]调查了在威海沿岸由于渔业活动产生的微塑料污染，

平均丰度为 5.9 ± 3.5 个/ m^3 (表 1), 海水养殖区域的浓度要远高于没有海水养殖区域的地方, 近岸表面的微塑料主要来源于渔网和绳索。刘涛等[10]调查了东海表层海水中微塑料的分布与组成平均丰度为 0.31 个/ m^3 (表 1), 微塑料在东海表层中呈不均匀分布, 主要来源于沿岸城市, 比如上海、杭州等地区人口密度大、商业发达, 导致产生的塑料废弃物多。青岛近岸表层海水中微塑料平均丰度 9575.50 个/ m^3 (表 1), 其中 PET 占比最大, 主要来自于海洋渔业和海洋运输业, 形状大多为纤维状。青岛环胶州湾海域附近, 湾内含量比湾外高, 湾内不同区域微塑料含量也存在比较大的差异, 可能是区域功能不同, 导致人类活动强度不同[9]。通过收集资料可以发现近岸海域、岸边海滩以及港口码头上的人类密集活动的地区, 经常会有各种塑料垃圾堆, 这些塑料垃圾如果不及时回收处理, 长期受高温紫外线辐射风化后就会裂解成微塑料, 最终, 随着雨水、大风或者潮汐等进入近海水域中。

Table 1. Microplastic pollution in selected nearshore waters

表 1. 部分近岸海域微塑料污染状况

位置	丰度	主要颜色	主要形态	主要成分	文献来源
威海近岸	5.9 ± 3.5 个/ m^3	透明	碎片	聚乙烯	[5]
渤海表层	0.33 ± 0.34 个/ m^3	白色	碎片	聚乙烯	[6]
北部湾表层	0.56 ± 1.02 个/ m^3	白色	泡沫	聚苯乙烯	[7]
象山港	8.90 ± 4.70 个/ m^3	-	泡沫	聚乙烯	[8]
青岛近岸	9575.50 个/ m^3	白色	纤维	聚对苯二甲酸乙二醇酯	[9]
东海表层	0.31 个/ m^3	白色	泡沫	聚乙烯	[10]

注: “-”表示未说明。

近海海域的微塑料主要来源是内陆流向海洋。其主要输入途径包括: 滨海娱乐活动产生的塑料垃圾; 城镇垃圾填埋场位于海岸, 出现大风暴雨天气时垃圾进入海洋环境; 海上油气平台生产作业。沿海地区的城市和人口数都比较密集, 并且商业、渔业和海洋运输业等较为发达, 因此人类活动过程中产生的废弃塑料成为了沿海微塑料的主要来源之一。

2.2. 主要河流的微塑料污染状况

河流在微塑料传输过程中扮演着重要的角色, 河流是环境中微塑料最终归趋的重要接纳体, 也是微塑料进入海洋中的重要途径[11] [12]。河流中的微塑料主要来源于人类活动和大气传输[13]。在人类的生产活动和日常生活中, 排放的垃圾都可以通过任何途径进入河流中, 因此河流中微塑料的来源比较广泛, 并且种类较多, 包括农业、纺织产业、渔业和化妆护肤品[14] [15]。

由表 2 可以看出长江源区微塑料丰度低于长江口等其他地方, 因为该地区海拔高气候恶劣, 人类活动少。长江中下游地区水体微塑料丰度较高, 分布具有较大的空间异质性, 表层水微塑料丰度在几十到几万个/ m^3 之间, 长江流域人口数量大是全国塑料制品消耗的主体之一, 长江流域渔业丰富, 捕鱼对水体微塑料的直接输送也是原因之一[16]。据不完全统计, 长江流域范围内排查出有六万多个排污口, 可能是长江流域微塑料的主要点源, 较大的排污量造成大量微塑料随污水进入水体。

淮河流域是我国七大流域之一, 也是我国人口密度最高的区域之一。张海强[17]等调查了淮河流域安徽段水体, 微塑料平均丰度是 $39,800 \pm 3367$ n/ m^3 。安徽段下游的微塑料丰度要大于中上游, 微塑料累积到下游段, 其主要来源是农业薄膜、废弃渔具渔网和港口人为废弃的塑料袋。

和许多的河流一样，珠江也受到了微塑料污染，YANM [18]等调查了广州市和珠江口沿岸微塑料的丰度，城市部分和河口处的微塑料丰度分别是 19,860 个/m³ 和 8902 个/m³，发现城市部分的微塑料要多于河口处的微塑料，说明微塑料的分布受人类活动的影响很大。距离城市越近，人类社会生产活动更频繁，受微塑料污染越严重。

Table 2. Abundance of microplastic pollution in the Yangtze River Basin
表 2. 长江流域微塑料污染丰度

位置	丰度	参考文献
长江源区	1823 ± 949 个/m ³	[19]
长江(重庆段)	60~125 n/L	[20]
长江(武汉段)	1660~8925 个/m ³	[21]
长江河口	0~259 个/m ³	[22]
长江河口	4137.3 ± 2461.5 n/m ³	[23]

河流是陆域向海洋传输微塑料的主要途径，而河流中的微塑料主要来源于：人类随意堆放的垃圾，在雨水冲刷和风力作用下排放到附近河道；不当或非法倾倒垃圾；污水处理厂和雨水排放管道污水溢出以及工厂在工业过程中排放的废水。

2.3. 我国湖泊微塑料污染状况

与海洋可能受到远距离微塑料传输的影响不同，湖泊在较小的空间尺度上更直接地反映了塑料污染源。河道不仅是海洋微塑料污染主要来源之一，也是湖泊微塑料污染的重要来源。不仅在上述的沿海和河道中存在微塑料污染，在湖泊中微塑料污染也同样严重，其污染程度和污染成因与河流类似。由于湖泊水体换水周期相对较长，其换水周期受出湖流量影响，出湖流量越小换水周期越长，因此微塑料往往易在湖泊中累积，导致其浓度过高。

三峡水库位于长江中上游段，Di [24]等调查了三峡水库地表水微塑料，地表水中的微塑料丰度为 1597~12611 n/m³，城市地区污染更严重。与低密度微塑料相比，高密度微塑料更容易从水中沉积到沉积物中。

洞庭湖和洪湖是位于长江中游的两个重要湖泊，塑料浓度范围分别为 900~2800 n/m³ 和 1250~4650 n/m³ [25]。洞庭湖区作为重要的农业生产基地，每年使用大量透明塑料薄膜，薄膜在风力、水流等外界因素的影响下破碎并进入洞庭湖中。调查发现，洞庭湖相比长江中下游其他湖泊，表层水微塑料污染最低，这得益于洞庭湖及其上游区域的环境管理措施[26]。

王志超等[27]，研究表明乌梁素海微塑料丰度范围为(1.76 ± 0.71)~(10.12 ± 4.09)个/L，水平分布表明，微塑料丰度呈现从上游到下游逐渐增加的趋势，同一区域越靠近排干渠入口，微塑料丰度越高。

湖泊流域内的湖泊微塑料在不同深度及离岸远近的地方微塑料浓度也不同。主要来源是人类活动产生的，人类活动强度和人口密度对湖泊中微塑料的分布有很大的影响。距离城市越近或人类活动密集的湖泊和水库区域微塑料丰度较高。

3. 结论与展望

据调查，微塑料在水环境中几乎无处不在，世界各地的湖泊、河流、海洋，甚至极地冰层中均检测

出微塑料。全球水环境中的微塑料的浓度情况在不同的水体和地区中有差异，但整体上呈逐年递增趋势。

(1) 微塑料在不同水体中分布情况不同。在海洋中，微塑料主要集中在在水面附近和海底。在河流和湖泊中，微塑料主要分布在水体表层和河岸地区。

(2) 我国水体环境中微塑料污染物主要是聚乙烯、聚丙烯和聚苯乙烯。在内陆淡水环境中主要是因为日常生活中的清洁剂、塑料制品和工业生产原料；在沿海地区主要是因为人类海水养殖、海洋渔业经常用到渔网、鱼线、浮漂等，以及渔船和运输船上的污水排放。不管是沿海、河流还是湖泊在城市或人口密集的地段，水体中的微塑料污染程度会更严重。

(3) 微塑料对水环境和生态系统的影响是多方面的。首先，微塑料可以对水体的生态系统造成直接的物理损害，如鱼类、鸟类和其他动物发生误食导致窒息和死亡。其次，微塑料中可能含有有害化学物质和重金属，这些会在水体中被释放并可能对生态系统和人类健康带来潜在风险。最后，微塑料的存在可能导致水体中的生物体免疫力下降，容易感染细菌和病毒，从而增加疾病的传播风险。

(4) 微塑料对于人体健康亦有严重的危害。微塑料可通过多种途径进入人体内累积，主要有胃肠道摄取、呼吸道吸入及皮肤接触等[28]，已有研究发现在结肠[29]和胎盘[30]均发现了微塑料。

总体来看我国水环境微塑料污染水平高于国外水平，其污染程度主要受人类活动的影响[31]。为减缓微塑料污染对水环境和生态系统造成的影响，需要综合运用技术手段和制度政策，包括加强微塑料污染方面的研究、水体监测和治理、废弃物管理、塑料制品产品设计改进、教育宣传和国际合作等方面。例如：应当从源头限制塑料制品的使用，使用其他环保材料制品代替塑料制品；加强生产以及回收处理技术，减少塑料废弃物的增加，并且加强控制工厂污水排放源，降低含有微塑料的废水排入环境水体中；呼吁人们减少使用含有塑料微珠的个人护理品及清洁用品，宣传微塑料的相关知识，让人们深入了解微塑料存在的危害，增强人们的环保意识。

基金项目

大学生创新创业训练计划项目(202111390034)。

参考文献

- [1] Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., *et al.* (2015) Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean. *Science*, **347**, 768-771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- [2] Liu, H., Liu, K., Fu, H., *et al.* (2020) Sunlight Mediated Cadmium Release from Colored Microplastics Containing Cadmium Pigment in Aqueous Phase. *Environmental Pollution*, **263**, Article ID: 114484. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114484>
- [3] Schmidt, C., Krauth, T. and Wagner, S. (2017) Export of Plastic Debris by Rivers into the Sea. *Environmental Science & Technology*, **51**, 12246-12253. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02368>
- [4] Siegfried, M., Koelmans, A.A., Besseling, E., *et al.* (2017) Export of Microplastics from Land to Sea. A Modelling Approach. *Water Research*, **127**, 249-257. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.011>
- [5] Zhang, X., Li, S., Liu, Y., *et al.* (2021) Neglected Microplastics Pollution in the Nearshore Surface Waters Derived from Coastal Fishery Activities in Weihai, China. *Science of the Total Environment*, **768**, Article ID: 144484. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144484>
- [6] Zhang, W., Zhang, S., Wang, J., *et al.* (2017) Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, **231**, 541-548. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.058>
- [7] 吴磊石, 洪鸣, 彭梦微, 等. 北部湾海域表层水体中微塑料分布特征[J]. 环境科学研究, 2021, 34(11): 2556-2562.
- [8] Chen, M., Jin, M., Tao, P., *et al.* (2018) Assessment of Microplastics Derived from Mariculture in Xiangshan Bay, China. *Environmental Pollution*, **242**, 1146-1156. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.133>
- [9] 尹诗琪, 贾芳丽, 刘菽因, 等. 青岛近岸表层海水和潮滩沉积物中微塑料的分布及其影响因素[J]. 环境科学学报, 2021, 41(4): 1410-1418.

- [10] 刘涛, 孙晓霞, 朱明亮, 等. 东海表层海水中微塑料分布与组成[J]. 海洋与湖沼, 2018, 49(1): 62-69.
- [11] Xu, Q.J., Xing, R.L., Sun, M.D., *et al.* (2020) Microplastics in Sediments from an Interconnected River—Estuary Region. *Science of the Total Environment*, **729**, Article ID: 139025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139025>
- [12] Khan, F.R., Shashoua, Y., Crawford, A., *et al.* (2020) “The Plastic Nile”: First Evidence of Microplastic Contamination in Fish from the Nile River (Cairo, Egypt). *Toxics*, **8**, 22. <https://doi.org/10.3390/toxics8020022>
- [13] 王兆清, 张玉兰, 康世昌, 等. 全球河流微塑料污染研究进展[J]. 自然杂志, 2021, 43(4): 251-258.
- [14] 李涵之, 陆莎, 杜欢政. 纺织行业微塑料的检测及消减研究进展[J]. 环境污染与防治, 2022, 44(12): 1607-1610+1615. <https://doi.org/10.15985/j.cnki.1001-3865.2022.12.010>
- [15] 刘锋平, 董晓杰, 董兵, 等. 化妆品及个人护理用品中塑料微珠的环境行为及生态毒性研究进展[J]. 环境与健康杂志, 2016, 33(12): 1114-1116.
- [16] 李天翠, 黄小龙, 吴辰熙, 等. 长江流域水体微塑料污染现状及防控措施[J]. 长江科学院院报, 2021, 38(6): 143-150.
- [17] 张海强, 高良敏, 葛娟, 等. 淮河流域安徽段水体和沉积物微塑料赋存特征及风险评估[J]. 环境科学, 2023, 44(9): 5036-5045. <https://doi.org/10.13227/j.hjcx.202210189>
- [18] Yan, M., Nie, H., Xu, K., *et al.* (2019) Microplastic Abundance, Distribution and Composition in the Pearl River along Guangzhou City and Pearl River Estuary, China. *Chemosphere*, **217**, 879-886. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.093>
- [19] 张胜, 潘雄, 林莉, 等. 长江源区水体微塑料组成及分布特征初探[J]. 长江科学院院报, 2021(4): 12-18.
- [20] 胡隆腾. 长江重庆段微塑料的分布特征及其在鲢鱼体内的累积效应研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学.
- [21] Wang, W., Ndungu, A.W., Li, Z., *et al.* (2017) Microplastics Pollution in Inland Freshwaters of China: A Case Study in Urban Surface Waters of Wuhan, China. *Science of the Total Environment*, **575**, 1369-1374. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.213>
- [22] Li, Y., Lu, Z., Zheng, H., *et al.* (2020) Microplastics in Surface Water and Sediments of Chongming Island in the Yangtze Estuary, China. *Environmental Sciences Europe*, **32**, Article No. 15. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-0297-7>
- [23] Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., *et al.* (2014) Suspended Microplastics in the Surface Water of the Yangtze Estuary System, China: First Observations on Occurrence, Distribution. *Marine Pollution Bulletin*, **86**, 562-568. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.032>
- [24] Di, M. and Wang, J. (2018) Microplastics in Surface Waters and Sediments of the Three Gorges Reservoir, China. *Science of the Total Environment*, **616-617**, 1620-1627. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.150>
- [25] Wang, W.F., Yuan, W.K., Chen, Y.L., *et al.* (2018) Microplastics in Surface Waters of Dongting Lake and Hong Lake, China. *Science of the Total Environment*, **633**, 539-545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.211>
- [26] 王静, 尹令实. 微塑料及卤代有机污染物在洞庭湖的赋存研究进展[J]. 环境监控与预警, 2022, 14(3): 35-42.
- [27] 王志超, 杨建林, 杨帆, 李卫平, 杨文焕. 春季乌梁素海水体微塑料分布特征及影响因素[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(10): 2189-2197.
- [28] 高向荣, 侯乐莹, 盛静浩. 微塑料健康危害效应的研究进展[J]. 预防医学, 2020, 32(8): 800-804. <https://doi.org/10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2020.08.010>
- [29] Ibrahim, Y.S., Tuan Anuar, S., Azmi, A.A., *et al.* (2021) Detection of Microplastics in Human Colectomy Specimens. *JGH Open*, **5**, 116-121. <https://doi.org/10.1002/jgh3.12457>
- [30] Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., *et al.* (2021) Plasticenta: First Evidence of Microplastics in Human Placenta. *Environment International*, **146**, Article ID: 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- [31] 朱莹, 曹淼, 罗景阳, 章钦, 操家顺. 微塑料的环境影响行为及其在我国的分布状况[J]. 环境科学研究, 2019, 32(9): 1437-1447. <https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2019.07.04>