

微塑料对环境、海洋和人类影响的现状

Rugved B. Parmar¹, Parth H. Agrawal², Tesfaye Rebuma³, Mahendra Pal^{4*}

¹B. J. Medical College, Civil Hospital Campus, Ahmedabad, Gujarat, India

²Veterinary Public Health, Veterinary College, Kamdhenu University, Anand, Gujarat, India

³Shaggar City Administration, Sebeta Sub-city Administration Agricultural Office, Sebeta, Oromia, Ethiopia

⁴Narayan Consultancy on Veterinary Public Health and Microbiology, Bharuch, Gujarat, India

【摘要】微塑料对环境和健康构成重大挑战，其根源是较大塑料的降解以及个人护理用品等产品中故意加入的微珠。这些直径小于 5 毫米的微小颗粒已经渗透到世界各地的生态系统中，从极地冰盖到最深的海沟，对海洋和陆地生物以及人类健康都构成了严重威胁。微塑料不仅会运输有害污染物，还会对野生动物造成直接的身体伤害，并与人类的慢性健康问题有关，包括炎症、氧化应激和癌症。本综述对微塑料进行了全面分析，详细介绍了它们的来源、分类和普遍存在，同时探讨了它们对各种生态系统的影响。它强调迫切需要采取一种多方面的方法，包括个人行动、社区倡议和技术进步。

【关键词】环境污染；人类健康；海洋生态系统；微塑料

【收稿日期】2024 年 10 月 25 日

【出刊日期】2024 年 11 月 20 日

【DOI】10.12208/j.ueep.20240005

Current Scenario on the Impact of Microplastics on the Environment, Marine, and Humans

Rugved B. Parmar¹, Parth H. Agrawal², Tesfaye Rebuma³, Mahendra Pal^{4*}

¹B. J. Medical College, Civil Hospital Campus, Ahmedabad, Gujarat, India

²Veterinary Public Health, Veterinary College, Kamdhenu University, Anand, Gujarat, India

³Shaggar City Administration, Sebeta Sub-city Administration Agricultural Office, Sebeta, Oromia, Ethiopia

⁴Narayan Consultancy on Veterinary Public Health and Microbiology, Bharuch, Gujarat, India

【Abstract】 Microplastics pose a significant environmental and health challenge, originating from the degradation of larger plastics and the intentional incorporation of microbeads in products such as personal care items. These minuscule particles, measuring less than 5 mm in diameter, have permeated ecosystems worldwide, from the polar ice caps to the deepest oceanic trenches, presenting serious risks to both marine and terrestrial organisms, as well as human health. Microplastics not only transport harmful pollutants but also inflict direct physical harm on wildlife and are associated with chronic health issues in humans, including inflammation, oxidative stress, and cancer. This review offers a comprehensive analysis of microplastics, detailing their sources, classifications, and pervasive presence, while exploring their impacts on various ecosystems. It emphasizes the urgent need for a multifaceted approach that encompasses individual actions, community initiatives, and technological advancements.

【Keywords】 Environmental pollution; Human health; Marine ecosystems; Microplastics

1 简介

20 世纪 70 年代初，人们首次报道了海洋中漂浮的塑料垃圾，尽管早在 20 世纪 60 年代，初步观察就已经发现鸟类体内有塑料碎片^[1]。微塑料是直径小于 5 毫米的塑料颗粒^[2]，已成为一个重大的环境问题。这些颗粒通常来自较大塑料物品的降解，

或来自化妆品和个人护理产品中使用的微小聚乙烯碎片微珠。塑料污染是海洋生态系统的—个关键问题，危害海洋生物并引发重大的伦理和美学问题^[3]。近几十年来，—个问题不断升级，塑料占人类产生的垃圾的 70%，而且产量还在激增^[4]。

事实上，超过—半的塑料在生产后—年内就被

*通讯作者：Mahendra Pal

注：本文于 2024 年发表在 OAJRC Environmental Science 期刊 5 卷 2 期，为其授权翻译版本。

浪费了,其中大部分是不可回收和不可重复使用的。微塑料遍布全球,从极地到赤道地区,从沿海地区到深海环境^[5]。微塑料的移动受洋流和环流模式的影响,因此很难追踪和识别。这些微小颗粒对水生生态系统有严重的有害影响。当海洋生物摄入微塑料时,它们会遭受各种有害影响,包括基因毒性、生长抑制、氧化应激和摄食行为减少^[2]。各种海洋物种,包括珊瑚、浮游生物、鱼类和鲸鱼,都可能摄入这些颗粒,导致它们通过食物链传播^[6]。

到 2014 年,科学家估计海洋中含有多达 51 万亿个微塑料颗粒,这一惊人数字比银河系中的恒星数量多 500 倍。这些微小的污染物大约有芝麻粒大小,对海洋和水生生物的健康构成严重威胁^[7],凸显出迫切需要采取有效策略来应对这一广泛的环境危机。本文概述了微塑料对环境、海洋生物和人类健康日益增长的影响。

1.1 微塑料的来源

微塑料主要由较大的塑料碎片分解而成。当塑料废物暴露在太阳紫外线(UV)辐射下时,无论是在海滩上还是漂浮在海洋中,它都会发生风化,从而破坏其结构。风化会在塑料表面产生裂缝,使其碎裂成更小的颗粒。这一过程是海洋环境中二次微塑料的主要来源。这些微小颗粒遍布海水、海底沉积物、海岸线和海滩。其他因素,包括氧化、水解、机械磨损、生物降解和光降解,也会导致塑料聚合物的分解。了解这些过程对于解释微塑料如何广泛分布并在海洋生态系统中持续存在至关重要。通过揭示微塑料形成的起源和机制,我们可以制定更好的策略来减少它们对环境和人类健康的影响^[8-9]。

1.2 微塑料的分类

初级微塑料是专门为特定用途而生产的塑料颗粒。这些包括去角质磨砂膏等个人护理产品中的微小颗粒,以及从衣服和渔网等纺织品中脱落的微纤维^[8]。它们还包括在制造过程中无意中释放的中间塑料原料,称为“美人鱼眼泪”。初级微塑料的主要来源是工业塑料生产排放、塑料产品的磨损以及汽车轮胎中的橡胶颗粒。识别这些来源对于制定有效的策略以减少其对环境的影响和保护海洋生态系统至关重要^[10]。

二次微塑料是由较大的塑料物品分解和降解而产生的。太阳紫外线辐射、氧化、水解和机械力等环境因素会导致这些塑料风化并碎裂成更小的颗粒。

这种碎裂过程大大促进了海洋环境中微塑料的扩散,加剧了其对环境的影响。了解二次微塑料的形成机制对于解决其广泛存在和减轻其对海洋生态系统的影响至关重要^[9]。

1.3 微塑料的全球分布

微塑料的全球扩散主要由两个主要来源推动:渔业活动和陆地污染。渔业作业会丢失和遗弃渔具(如渔网和鱼线)以及海上活动释放微塑料,从而加剧海洋微塑料污染。洋流随后将这些微塑料带到很远的地方,造成大面积污染。在印度,孟加拉湾的微塑料污染明显比阿拉伯海严重,这主要是由于陆地活动的强度。在陆地上,城市径流、废水和工业排放是微塑料污染的重要因素。洗涤合成纺织品等家庭习惯也会将微纤维释放到水生系统中。识别和解决这些来源对于制定有效的策略以减少微塑料的全球扩散和保护海洋环境至关重要^[10]。

2 微塑料作为环境压力源

微塑料能够吸附和运输持久性有机污染物(POP),如杀虫剂、多氯联苯、滴滴涕和二恶英,因此对环境构成了重大威胁。这些污染物附着在塑料颗粒上,被海洋生物吞食,导致这些有害化学物质在整个食物链中发生生物累积和生物放大^[11]。此外,随着塑料的降解,它们会释放出双酚 A(BPA)等单体,这些单体可以被海洋生物吸收,尽管这种吸收的全部影响仍未完全了解。此外,摄入的塑料会对海洋生物造成直接的物理伤害,导致消化道阻塞和内伤等问题^[12]。

微塑料会破坏各种生物的行为并污染重要的环境资源,从而对陆地生态系统产生深远影响。例如,蚯蚓在被微塑料污染的土壤中会表现出不规则的挖洞模式,而当微塑料进入脑屏障时,鱼类的行为会发生变化^[13]。这些颗粒还会将化学物质渗入土壤,从而导致地下水污染,可能降低饮用水质量。随着微塑料的分解,它们会获得新的化学和物理特性,产生不可预测的影响。它们被发现存在于盐、啤酒和糖等食品中,这引发了人们对人类潜在健康风险的担忧,而蚯蚓在食用受微塑料污染的食物时会发育不良。此外,微塑料通过农业实践、灌溉、水处理过程和轮胎磨损到达偏远地区。在土壤中,它们会改变结构和质地,破坏土壤动物群,堵塞孔隙,并损害微生物和节肢动物的活动。氯化塑料会将氯释放到土壤中,影响水源和动物健康,从而使这些问题

更加严重。塑料中的添加剂会干扰激素系统，改变基因表达，并诱导生物体发生生化变化^[14]。

3 微塑料对海洋鱼类的影响

微塑料对海洋生物构成重大的生态和生物威胁，尤其是对鱼类和海鸟的影响。这些微小的塑料颗粒会引起各种毒性作用，例如食物消耗减少、生长发育迟缓、氧化应激和行为异常。微塑料不仅会将有害化学物质带入海洋生物体内，还会成为其他环境污染物的载体^[15]。

抑制生长发育：聚苯乙烯微塑料会严重阻碍鱼类的生长，而聚乙烯微塑料则会降低三头鲷等物种的摄食和生长对于鲫鱼来说，接触聚苯乙烯微塑料会耗尽其能量储备并降低其营养质量^[16]。

遗传损伤：微塑料可通过吸附多环芳烃（PAH）造成遗传损伤，从而产生免疫毒性、神经毒性和遗传毒性。例如，当贻贝暴露于这些污染物时，就会出现严重的遗传损伤。

海鸟：据了解，北方海燕会吞食大量微塑料碎片。大型塑料物品会让人产生虚假的饱腹感，从而可能导致饥饿。此外，吞食塑料还会通过化学物质暴露和细菌定植带来额外的风险^[17]。

毒理学影响：据观察，聚苯乙烯微塑料会减少巨牡蛎的排卵卵细胞数量，并削弱其精子活力。此外，40至150 μm 的PVC和PE微塑料会对金鲷和双歧杆菌的白细胞造成氧化损伤 labrax，导致免疫毒性作用^[18]。

4 微塑料对人类健康的影响

微塑料对健康构成重大威胁，它通过各种来源渗入我们的身体，包括牙膏、化妆品、防晒霜、自来水、瓶装水、蜂蜜、盐、啤酒和海鲜。它们在日常用品和食品中广泛存在，凸显了采取行动的迫切需要。

暴露途径：微塑料尤其危险，因为它们会污染海鲜，并在进入人类食物链的水生生物中积累。自来水中也发现了高浓度的微塑料，研究表明印度新德里的污染率为82%。长期接触微塑料会导致不适、炎症、细胞生长中断、细胞死亡和免疫功能受损，它们还可能携带有害微生物^[19]。

生殖毒性：用于增强塑料透明度的双酚A(BPA)会干扰荷尔蒙系统，尤其是影响睾酮水平^[20]。

氧化应激和细胞毒性：微塑料会引起氧化应激和炎症，从而导致细胞毒性。研究表明，微塑料可被巨噬细胞等细胞吸收，从而加剧氧化损伤^[21]。

致癌性：MP的氧化应激和慢性刺激可能起到促炎作用，可能导致癌症。此外，某些塑料中含有的增塑剂邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)也是一种已知致癌物^[20]。

可能的作用方式：

(1) 摄入和胃相互作用：微塑料与胃酸和酶相互作用，可能粘附在胃粘膜上或阻塞胃腺开口。

(2) 肠道相互作用：通过胃的微塑料进入肠道，在那里与上皮细胞和粘液层相互作用。

(3) 胃肠道不连续性：胃肠道中的派尔集合淋巴结等区域允许MP与免疫系统相互作用，促进其吸收^[22]。

5 解决微塑料威胁的方法

微塑料问题普遍存在，需要采取彻底而紧急的措施来解决其对环境和健康的影响。全面的战略应包括个人行动、社区和国家努力以及创新的技术解决方案。

个人行动：个人可以通过选择天然纤维服装(如有机棉和羊毛)发挥重要作用，这些服装比合成材料更容易分解。使用可重复使用的物品(如瓶子和吸管)有助于减少对一次性塑料的依赖。适当的回收对于防止塑料污染环境至关重要。其他步骤包括选择天然或可重复使用的产品以尽量减少塑料的使用，参与当地的清洁活动，以及利用蜡虫来帮助分解塑料。

社区和国家努力：从更大范围来看，支持环保型交通选择符合全球承诺，例如印度在第26届联合国气候变化大会上承诺到2030年将碳强度降低45%。印度从2022年7月1日起生效的立法针对的是垃圾量大、利用率低的塑料制品，因此实施一次性塑料禁令。强调减少、再利用和回收的原则有助于减少塑料垃圾，同时挑战塑料最终将不可避免地流入海洋的假设，促进负责任的处置和环境管理。

创新技术解决方案：技术进步为解决微塑料问题提供了有希望的解决方案。太空技术可以提供水资源管理的全球视角，从而有可能改善污染控制工作。磁分离技术的研究旨在开发使用金属粉末去除微塑料的方法。尽管挑战仍然存在，但这些创新对于解决微塑料危机至关重要。实施这些多样化的战略可以帮助减轻微塑料的广泛影响，保护环境和人类健康。

6 结论和建议

微塑料对海洋和陆地环境以及人类健康构成了普遍且不断升级的威胁。这些颗粒源自较大的塑料碎片的分解或故意制造的微塑料，已渗入全球各地的生态系统，从极地冰盖到深海海沟。它们的广泛分布和持久性构成了严重风险，包括吸收和运输有害污染物、对海洋生物造成身体伤害以及通过食物链和环境暴露对人类造成潜在的健康问题。微塑料的影响不仅限于直接的环境破坏。它们破坏生态平衡，危害海洋生物，并将有毒物质引入食物网。随着这些颗粒通过各种环境介质传播，它们对生态系统和人类健康的长期影响越来越令人担忧。解决微塑料危机需要采取多方面的方法，包括个人、社区、国家和技术战略，以有效减轻其有害影响。

根据上述结论，提出如下建议：

政府应该对塑料的生产、使用和处置实施更严格的监管，特别是禁止使用一次性塑料并强制实施更严格的回收措施。

鼓励人们通过选择天然纤维服装、减少对一次性塑料的依赖以及参与当地的清理活动来采取更可持续的生活方式。

实施先进的分类技术并投资回收设施可以减少最终进入垃圾填埋场和海洋的塑料垃圾量。

参考文献

- [1] Harper, P. C., Fowler, J. A. Plastic pellets in New Zealand storm-killed prions (*Pachyptila* spp.). *Notornis*. 1987; 34(1):65-70.
- [2] Li, Y., Sun, Y., Li, J., Tang, R., Miu, Y., Ma, X. Research on the influence of microplastics on marine life. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 631(1):012006. IOP Publishing.
- [3] Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., Vom Saal, F. S. Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences*. 2009; 364(1526):1973-1976.
- [4] Derraik, J. G. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine Pollution Bulletin*. 2002; 44(9):842-852.
- [5] Tursi, A., Baratta, M., Easton, T., Chatzisyneon, E., Chidichimo, F., De Biase, M., De Filipo, G. Microplastics in aquatic systems, a comprehensive review: origination, accumulation, impact, and removal technologies. *RSC Advances*. 2022; 12(44):28318-28340.
- [6] Sharma, S., Chatterjee, S. Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017; 24:21530-21547.
- [7] National Ocean Service. Microplastics. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2017. <https://ocean.service.noaa.gov/facts/microplastics.html>.
- [8] Andrady, A. L. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*. 2011; 62(8):1596-1605.
- [9] Shim, W. J., Hong, S. H., Eo, S. E. Identification methods in microplastic analysis: a review. *Analytical Methods*. 2017; 9(9):1384-1391.
- [10] GESAMP. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment. (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO- IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP. 2015; 90:96.
- [11] Miller, M. C., Vanderlinden, J. D., Roesner, A. K. Microplastics in the marine environment: Sources, impacts, and mitigation strategies. *Environmental Pollution*. 2020; 266:115205.
- [12] Jovanović, B., and Boris, S. Microplastics in aquatic environments: Sources, impacts, and monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2017; 189(3):145-158.
- [13] Laskar, A. H., and Kumar, A. Microplastic pollution in the Bay of Bengal: Sources, distribution, and potential impacts. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019; 26(25):26064-26076.
- [14] Gasperi, J., Dris, R., Sandahl, M., Tassin, B. Microplastics in aquatic environments: Sources, fate, and impacts. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017; 24(19):15643-15653.
- [15] Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T. S. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 2011; 62(12):2588-2597.
- [16] Wang, J., Wang, J., and Li, Y. Microplastics in the marine

- environment: Sources, distribution, and ecological impacts. *Environmental Science and Technology*. 2020; 54(16):10110-10120.
- [17] Lopes, C. P., Silva, M. M., Pereira, R. M. Microplastics in coastal and marine environments: A comprehensive review of their sources, fate, and impacts. *Science of the Total Environment*. 2022; 849:157738.
- [18] Viršek, M. K., Regner, S., Zupančič, N. Microplastics in marine environment: Sources, impacts, and removal strategies. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017; 24(21):17347-17358.
- [19] Caspers, H. Biodegradation of synthetic polymers: Mechanisms and applications. *Polymer Degradation and Stability*. 1987; 20(1):1-18.
- [20] Prata, J. C., da Costa, J. P., Duarte, A. C. A critical review of the sources, distribution, and impacts of microplastics in marine environments. *Environmental Science and Technology*. 2019; 53(12):7251-7264.
- [21] Deng, Y., Huang, Y., Chen, X. Microplastics in marine environments: A review of the sources, effects, and management. *Marine Pollution Bulletin*. 2017; 121(1-2):159-167.
- [22] Rist, S., Freeman, J., Thompson, R. C. Microplastics in freshwater systems: A review of the sources, occurrence, and impacts. *Science of the Total Environment*. 2018; 640-641, 880-894.
- 版权声明:** ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**OPEN ACCESS**