微塑料“外衣”下的海洋

刘沛雨 信息科学技术学院 2100012289

**摘要：**上世纪70年代，人们首次在海洋表面的浮游生物中发现了微塑料的存在，之后人们在越来越多的海洋区域中发现了微塑料的痕迹，这些微塑料漂浮在海面，如同为海洋穿上了一层透明外衣。尽管这些漂浮的塑料在半个世纪前便被发现，但它们在海洋生态系统中的“生命周期”迄今仍不完全为人所知。[[1]](#footnote-1)本文将结合有关研究及材料，简要介绍微塑料及其对海洋生态系统的影响。

**关键词：**微塑料，海洋，生态系统。

1. 微塑料的定义与简介

微塑料（MnP, Micro(nano)plastics）指颗粒直径小于等于5毫米的塑料微粒，可以分为毫米级微塑料（MP, Microplastics）和纳米级微塑料（NP, Nanoplastics）。毫米级微塑料颗粒直径为1微米至5毫米，纳米级微塑料颗粒直径小于1微米。[[2]](#footnote-2)

1. 海洋微塑料的来源

上世纪初石油化学工业的兴起是海洋微塑料的历史起源。塑料稳定的化学结构一方面使其成为应用最为广泛的人造物，另一方面也为其降解回收带来了巨大的麻烦。2019年全球制造了超过3.68亿吨的一次性塑料，由于快速廉价的塑料生产、非循环经济模式和“一次性”文化，预计这一数字在未来将进一步增长。[[3]](#footnote-3)长期以来，人们对废弃塑料的不恰当处理使得大量塑料进入自然界，对生态系统造成了不可估量的影响。其中包括大量微塑料颗粒进入海洋，在海洋表面漂浮形成“微塑料层”，对海洋生态环境造成了巨大的影响。

与其它大多数污染物一样，海洋微塑料的来源可分为点源（Point source）与面源（Diffuse source）。点源包括特定时间特定地点排放的微塑料，如废水中微塑料的排放、塑料生产造成的塑料颗粒排放等等；通过这些途径排放出来的微塑料颗粒最终通过水循环和大气循环进入海洋。面源主要为海洋表面对上层大气中漂浮微塑料颗粒的吸附吸收。

需要注意的是，大型塑料在短期内不会成为微塑料的直接源头，因为塑料的降解过程是极其缓慢的，大型塑料往往需要数百年时间才能被降解为毫米级微塑料。因此，海洋表面与大气之间微塑料颗粒的转移和交换是海洋微塑料的主要来源之一。研究表明，大气中的毫米级微塑料与纳米级微塑料（最多可能有25吨）是海洋微塑料循环中一个至关重要的环节[[4]](#footnote-4)。

1. 微塑料在海洋中的去向

在人类生产的所有塑料中，有大约一半的塑料密度小于海水。一旦进入海洋，这些漂浮的塑料就会随着洋流进行长距离转移，最终到达五个主要的副热带环流之一并可在其中循环流动数十年。[[5]](#footnote-5)

在流动的过程中，微塑料存在的形态与形式也不断发生着改变，期间可能伴随着微塑料的自然降解过程与生物的摄入消化吸收过程。这为长期准确追踪微塑料的“命运”带来了一定的困难——尽管我们知道微塑料在海洋中的大致流动规律，但期间发生的具体的自然过程（如流动过程中光照、海水盐度变化对于微塑料物理化学性质的影响）与生物过程（如流动过程中海洋浮游生物对微塑料的摄入、消化、吸收与排出对于微塑料降解的影响）仍有待明确。目前的研究表明微塑料对于生物降解作用有着很强的拮抗性，其降解主要依靠在机械运动过程中的自然化学降解[[6]](#footnote-6)，而具体的降解过程则有待进一步研究。

除了自然化学降解之外，相当一部分微塑料被海洋动物吞入从而进入食物链，并沿着食物链逐渐由低级营养级上升到高级营养级，出现生物富集的特征。除此之外，还有一部分的塑料“消失”在了海洋里，它们的去向以及对环境的影响尚没有明确。未来的研究可以更多地结合分子化学、分子生物学与信息科学技术，通过对微塑料样本进行分子标记和远程追踪来明确其在海洋生态系统中的具体流动通路，从而为未来解决微塑料污染问题指明方向。

1. 微塑料影响海洋生态系统的过程

如前文所述，微塑料本身的化学结构对于生物的消化降解过程有着很强的拮抗作用；那么它们是如何做到长期留存在生物体体内从而沿着食物链不断从底层向上传递的呢？根据研究，海水中的微塑料的化学组成并不是静态单一的，而是复杂的塑料多聚体有机物与其它附属物质（添加剂）的动态结合。在高盐度环境下，微塑料可以与有机物不断地结合形成“生态冕”（Ecocorona）,从而通过增加自身的表面电荷改变其生物相容性与毒性。[[7]](#footnote-7)生物相容性的增强使这些具有生态冕的微塑料能够更轻易地进入生物体的内环境而不被消化或直接排出体外，这使得微塑料对生态系统的危害超出了其他一般污染物，其中最为重要的便是微塑料沿食物链的富集对于生物体的直接危害。

生态毒理学的一般研究范式之一是污染物的影响通过由低到高的各级生物组织产生并最终作用于生态系统乃至整个生物圈。微塑料作为一种环境污染物，其作用原理是类似的。微塑料利用生态冕进入生物体内后，首先在亚细胞一级造成生物化学变化（如影响酶的活性与基因的表达等），进而影响细胞（如改变细胞质膜的稳定性等）和组织（如扰乱代谢速率与能量需求等）并在个体层面上改变生物的生理功能（如影响个体发育与繁殖行为等），最终对海洋生态系统产生影响（如损害生态功能，破坏群落组成等）。[[8]](#footnote-8)

微塑料对生态系统产生影响的过程离不开不同生物种群之间的捕食关系，捕食关系是微塑料能够在生物体体内迅速大量富集的生物性基础。由于食物链上能量具有单向流动且逐级递减的性质，高营养级生物往往需要捕食数倍于自身质量的低营养级生物才能满足基本的物质能量需求；因此随着营养级的升高，生物的数量总体上逐渐减少，这使得原先分散在许多低营养级生物体内的微塑料聚集在高营养级生物体内，对它们的个体功能与健康造成了巨大的危害。由于高营养级生物在生态系统中的不可替代性强于低营养级生物，微塑料对其个体的影响会直接破坏群落的食物链结构，对生态系统造成直接而严重的影响。

1. 对海洋微塑料污染问题的思考与展望

海洋微塑料污染是一个现代社会性问题，如何平衡日常使用塑料的便捷与不恰当的废弃塑料处理对生态环境造成的危害是我们正面临的挑战。治理海洋微塑料污染首先需要在科学上明确海洋微塑料的来路与去路，未来的研究可以更多地利用交叉学科技术实现对微塑料样本的全球定位，进而明确其流动通路。其次，海洋微塑料污染作为一个全球性环境问题，具有综合性和复杂性的特点，与其关联的大气微塑料污染问题以及微塑料的生物富集效应都有待更进一步的研究。未来对于微塑料污染问题的治理应当是一个长期的、循序渐进的过程，需要各国政府与社会团体协同合作，从根源上减少塑料的滥用与不恰当报废处理，提高塑料的回收率与降解率，从而达到塑料使用与生态环境保护之间的平衡。

1. Lebreton, L. The status and fate of oceanic garbage patches. Nat Rev Earth Environ 3, 730–732 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00363-z> [↑](#footnote-ref-1)
2. Allen, D., Allen, S., Abbasi, S. et al. Microplastics and nanoplastics in the marine-atmosphere environment. Nat Rev Earth Environ 3, 393–405 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00292-x> [↑](#footnote-ref-2)
3. Allen, D., Allen, S., Abbasi, S. et al. Microplastics and nanoplastics in the marine-atmosphere environment. Nat Rev Earth Environ 3, 393–405 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00292-x> [↑](#footnote-ref-3)
4. Allen, D., Allen, S., Abbasi, S. et al. Microplastics and nanoplastics in the marine-atmosphere environment. Nat Rev Earth Environ 3, 393–405 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00292-x> [↑](#footnote-ref-4)
5. Baudena, A., Ser-Giacomi, E., Jalón-Rojas, I. et al. The streaming of plastic in the Mediterranean Sea. Nat Commun 13, 2981 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30572-5> [↑](#footnote-ref-5)
6. Richard C. Thompson et al. Lost at Sea: Where Is All the Plastic? SCIENCE 7 May 2004 Vol 304, Issue 5672 p. 838 <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1094559> [↑](#footnote-ref-6)
7. Galloway, T., Cole, M. & Lewis, C. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. Nat Ecol Evol 1, 0116 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116> [↑](#footnote-ref-7)
8. Galloway, T., Cole, M. & Lewis, C. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. Nat Ecol Evol 1, 0116 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116> [↑](#footnote-ref-8)