



微塑料

——地球表层的人造“瘴气”

□ 文图 / 宁 凯 杨振京 毕志伟 王利康 杨庆华 许可可



> 塑料原料

第一作者简介 宁凯，助理研究员，主要从事环境演变与现代过程研究等相关工作。

据央视财经频道 2022 年 9 月 26 日消息：科研人员从南极洲最大的冰架——罗斯冰架沿线的不同地点采集了 19 个雪样本，在每个样本中都发现了微塑料，这可能意味着塑料污染对生态环境的破坏在加速，即便是被科研人员称为地球上“最干净”的地方——南极洲也无法幸免。科学家曾在该地区的深海沉积物、海洋和地表水中发现过微塑料，但在雪样中发现微塑料尚属首次。直径小于 5 毫米的塑料颗粒被泛称为“微塑料”。

来源：央视网

20 世纪初，比利时化学家贝克兰发明了一种名为酚醛树脂的人工合成塑料，塑料自此被广泛用于农业、工业、建筑、包装和医学等行业。从 20 世纪 50 年代以来的 70 年间，全球塑料总产量达 100 亿吨，仅 2020 年全年总产达 3.7 亿吨，塑料垃圾因回收率低、降解难度大而成为当今最严重的“白色污染”。

2004 年，英国普利茅斯大学的汤普森等人在《科学》杂志上发表的关于海洋

塑料碎片的论文首次提出“微塑料”这一概念：塑料进入环境后，被分解为碎片、微纤维、颗粒、泡沫和薄膜等物质，颗粒小于5.0毫米的塑料被称为“微塑料”。与塑料相比，微塑料颗粒粒径小、体积小、比表面积大、吸附污染物能力强、对环境危害程度高，已成为国际上广泛关注的四大新污染物之一。

微塑料造成的环境污染

微塑料性质稳定，常见的PE塑料袋在土壤中掩埋数年后重量变化不到0.5%，降解较缓慢。微塑料进入水体后，受其密度影响，一部分（例如PVC、PET和PA）下沉，另一部分微塑料（PP、PE和PS）上浮或悬浮。在光降解、黏土矿物吸附、有机物的吸附和生物污垢的作用下，绝大部分微塑料种类均下沉水体，并在风力、河流搬运下迁移，最终在海洋、土壤和湖泊中沉积下来，造成严重的环境污染。

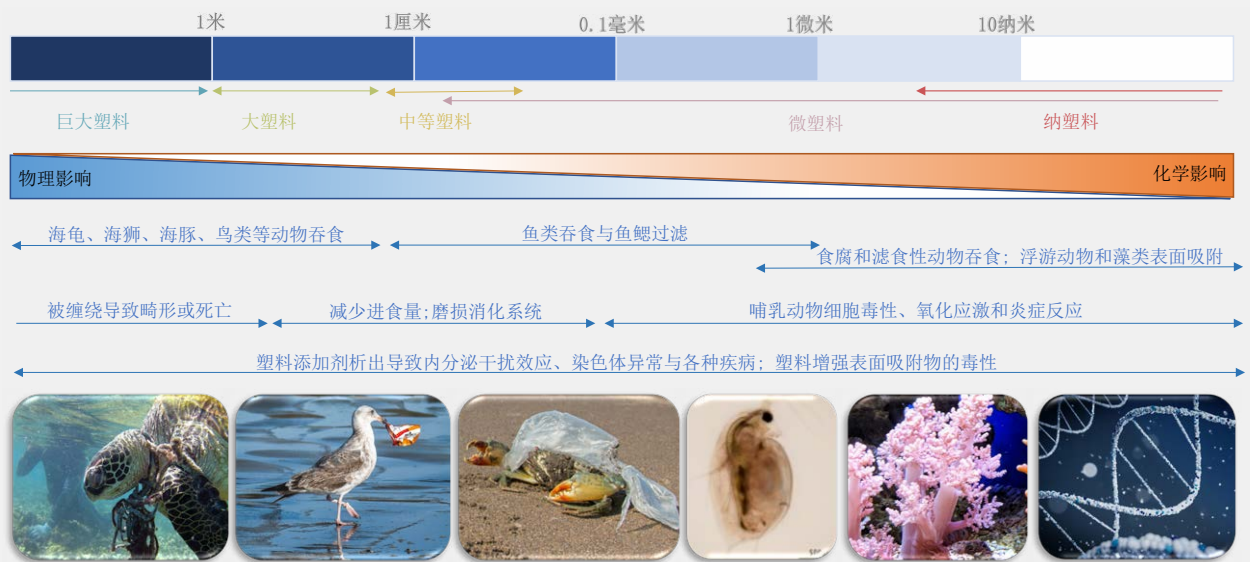
大气污染

大气中微塑料以小颗粒的纤维微塑料为主。这些纤维塑料大多来源于人类聚集区，人类活动影响越强的区域，微塑料的通量越大。陆地多于

海洋，城市多于郊区，室内多于室外。在大气环流作用下，在全球范围内传播和沉积，甚至在人迹罕至的珠穆朗玛峰峰顶、两极和沙漠腹地中都能发现微塑料颗粒。例如：2020年《科学》报道美国西部偏远自然保护区内每天每平方米通过48~435个微塑料颗粒；2015年《环境化学》报道巴黎室外每天每平方米通过29~280个微塑料颗粒，扬尘中每天每平方米通过2100~7300个微塑料颗粒，室内每天每平方米通过1600~11130个微塑料颗粒。

海洋污染

海洋是塑料污染重灾区，每年有1000万吨塑料流向海洋，保守估计，海洋中的塑料已超过1.5亿吨。海洋微塑料是形状多样的非均匀塑料颗粒混合体，粒径范围从几微米到几毫米，肉眼往往难以分辨，环境效应普遍且显著，被形象地称为“海洋中的PM2.5”。世界自然基金会警告，如果按照目前的排放速度，到2050年，海洋中塑料重量将超过鱼类重量。塑料进入海洋受到黏土矿物吸附、有机物的吸附和生物污垢的影响，近半数微塑料颗粒会在半个月到两个月内沉降。最终，70%的微塑料沉降到海底，15%被冲积到海滩，15%漂浮于海面。



> 微塑料对生物体的影响

根据《2021 年中国海洋生态环境状况公报》，中国内海表层海水中微塑料平均丰度为每立方米 0.44 个，相当于一个标准泳池的海水里就有 990 个微塑料颗粒。

塑料本身坚固耐用、不易降解的物理特性反而更容易对动物造成伤害。海洋中废弃渔网、缆绳等可能缠绕海洋动物，直接造成它们受伤或死亡。据统计，每年至少有上千只海龟因塑料垃圾缠绕或因误食塑料而死亡。误食的塑料在体内难以消化并产生饱腹感，导致进食量减少；塑料还会堵塞食道引起误食动物的消化系统磨损，摄取营养下降，导致动物生长速度下降，严重影响动物生长发育。

随着越来越多的塑料被排入海洋，微塑料被误食也就越来越普遍。有研究认为，在 20 世纪 60 年代只有不到 5% 的海鸟误食过塑料，2010 年已达到 80%；预计到 2050 年，全球 99% 的海鸟会误食塑料制品。微塑料的外观和气味还会吸引海龟，改变海龟的觅食行为，诱导海龟主动吞入更多塑料。

土壤污染

土壤更靠近塑料生产和消费的上游，土壤中储存的微塑料比海洋更多。我国的农业生产每年塑料薄膜使用量约 250 万吨，约占世界总量的 75%。大量薄膜残留在土壤中，成为土壤微塑料的一大来源。有机肥中微塑料含量高达 1 200 毫克 / 千克，我国每年有机肥施用量达 2 200 万吨，相当于向土壤输入约 2.6 万吨微塑料，成为微塑料的另一重要来源。未经处理的污水中微塑料浓度一般在每升数十个到数百个，污水处理过程能去除污水中 90% 以上的微塑料，但污水处理时大部分微塑料会固定于污泥中。处理过的污水，绝大部分用于农田灌溉，被微塑料污染过的污泥用作农田肥料，从而导致农田每年被

动接受高达 10.7 ~ 74 万吨微塑料。

进入土壤的微塑料可以与土壤团聚体结合，导致土壤 pH 值、电导率、有机质和养分的有效性改变，影响土壤容重、水力特征，以及团聚体稳定性，改变土壤酶活性和土壤微生物群落生境，对土壤理化性质和相关的生物造成系统性风险。

微塑料可附着在植物根系表面，扰乱根系对水分和营养的正常吸收，抑制植物生长。颗粒较小的微塑料随着根系水分吸收过程进入植物体，通过维管束输送到茎和叶的脉管系统中，随着蒸腾作用移动到植物叶片和植物种子，附着在种子表皮微塑料会堵塞种子囊的孔，抑制种子萌发；进入叶片的微塑料会促使植物体内活性氧的产生，干扰叶绿素的合成，影响植物的光合作用。

微塑料易吸收污染物，例如，多氯联苯、有机氯农药、多环芳烃、重金属等，这些污染物具有持久性、生物累积性和毒性等特点。微塑料吸附农药抗生素后，延长了农药、抗生素的持久性，加剧了环境污染。微塑料吸附重金属后，成为重金属的运输载体，提高了植物体对重金属的吸收效率，给农作物质量带来风险和挑战。

陆地水系污染

目前，对陆地水系微塑料的研究较少。一般认为，湖泊微塑料分布状况主要受人类活动影响，整体浓度要比海洋高 1 ~ 2 个数量级。例如，青海湖每平方千米湖面上有 5 000 ~ 757 500 个微塑料颗粒，湖岸沉积物中每平方米有 50 ~ 1 292 个微塑料颗粒，靠近旅游区入口的青海湖南岸微塑料丰度远高于其他地区。太湖位于我国经济发达的苏南地区，每平方千米湖面上有 10 000 ~ 6 800 000 个微塑料颗粒，为已发表的结果中最高。北美五大湖中，靠近人口密集区的伊利湖中，每平方千米湖面上有 466 305 个微塑料颗粒；人口稀疏的休伦湖

中，每平方千米湖水中有 6 541 个微塑料颗粒。河流是海洋微塑料的主要来源。新兴国家的河流入海口处微塑料丰度显著高于欧美地区。每千克长江沉积物中有 20 ~ 340 个微塑料颗粒，每千克黄河华北段沉积物中有 0 ~ 3 720 个微塑料颗粒。

微塑料污染引发的人类健康风险

人类生产的塑料废弃后，破碎成微塑料进入大气、水体、土壤以及生物体内，造成人类水源、粮食和肉类污染。通过饮用水、牙膏和食用盐，每人每年直接或间接摄入约 39 000 ~ 52 000 个微塑料，每周大约吃下 5 克微塑料。通过呼吸，每人每年吸入微塑料颗粒 35 000 ~ 69 000 个。空气中的微塑料纤维通过呼吸作用被动进入人体，在肺部深处无法排出、无法消解，会诱发炎症并刺激呼吸系统，从而可能导致癌症在内的各种疾病。

塑料生产过程中的添加剂往往是有毒物质，在微塑料降解过程中这些有毒物质逐渐析出，对人类健康造成威胁。例如，在鱼、肉类和自来水中都常检出的一种塑料添加剂双酚 A，双酚 A 会直接引起内分泌干扰效应，干扰人类脂肪组织受体，导致肥胖。此外，微塑料上黏附其他化合物，在被人体吸收后可能致癌、致突变或者干扰内分泌。

微塑料会激发哺乳动物的炎症状态和氧化应激损伤，直接影响精子发育和精子质量。微塑料会吸附内分泌干扰物，增强内分泌干扰物的毒性，间接影响男性生殖能力。动物实验表明，38.92 纳米的微塑料可以直接影响大鼠生殖轴的内分泌控制，促使精子出现 DNA 损伤，导致精子形态和生存能力受损。

人类应对微塑料污染的行动

微塑料已经出现在地球表层的各个地方，被科学家比喻为全球性的“瘴气”。2014 年首届联合国环境大会上，海洋塑料垃圾污染被列为“十大紧迫环境问题之一”。我国政府通过一系列法律法规对一次性发泡塑料餐具、超薄塑料袋、超薄农用塑料薄膜、塑料微珠和塑料“洋垃圾”生产及使用的限制，客观上对微塑料的产生和扩散起到一定控制作用。据新华网报道，仅“限塑令”就帮助主要零售场所塑料袋使用量减少约 2/3，每年节约塑料袋 87.5 亿个；仅“洋垃圾”禁令每年就减少 600 万 ~ 900 万吨废塑料的输入，相当于我国塑料产量的 1/10。

2022 年 4 月，微塑料被生态环境部界定为国际上广泛关注的新污染物，微塑料污染治理也有望提上议程。尽管微塑料的污染已经引起了国家重视，但考虑到微塑料环境传播和扩散路径尚不完全明晰，环境污染和健康危害的机理还不明确，且我国是世界上塑料污染最严重的国家之一，故而微塑料的污染治理事业依然任重道远。

微塑料全球性分布已经成为人类造成全球性环境污染最直接和最直观的证据，成为人类世的全球性和复杂性的典型环境问题。在人类活动逐渐增强的今天，只有人人参与、全球合作，才有可能防范化解包括微塑料污染在内的全球性的挑战和风险。

本文由河北省自然科学基金“微塑料记录的气候变化背景下的白洋淀地区人类活动特征及其环境响应（编号：D2021504016）”，中国地质科学院水文地质环境地质研究所基本科研业务费“基于古今接轨水热平衡模型的巴丹吉林沙漠湖泊环境重建（编号：SK202012）”和中国地质调查局“内蒙古高原湖泊萎缩生态风险评价与预警（编号：DD20221773）”项目联合资助。

第一作者单位 / 中国地质科学院水文地质环境地质研究所

（本文编辑：陈 慧）