

微塑料对人类的危害及治理方法探讨

陶怡¹, 周鑫², 陶永亮³

(1. 重庆市第十一中学, 重庆 400061 ;

2. 重庆科聚孚新材料有限责任公司, 重庆 401332 ;

3. 重庆川仪工程塑料有限公司, 重庆 400712)

摘要 : 众所周知微塑料是对人类与环境构成了极大伤害与污染。本文描述了微塑料定义和来源, 综述了微塑料危害人类与环境的各种形式, 介绍了微塑料对海洋、土壤、空气、水源、人体等造成有直接危害和间接危害, 从综述案例与数据中, 揭示了微塑料严重威胁了人类生态系统等, 探讨了综合治理方法, 期待人类共同筑起保护人们生态环境和人类健康屏障一同努力。

关键词 : 微塑料 ; 塑料垃圾 ; 环境污染 ; 人类健康 ; 治理工作

中图分类号 : Z18

文献标识码 : B

文章编号 : 1009-797X(2025)07-0004-05

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2025.07.002

塑料是人类生产和生活中必不可少的材料, 塑料材料与制品加工发展迅猛。20 世纪 50 年代以来, 人类生产了约 83 亿 t 塑料制品, 其使用后大部分没得到较好地收集与处理, 并直接进入环境^[1], 回收利用率不到 10%, 60% 被填埋、焚烧或直接倒入江河湖海。其在大环境中发生破碎与腐化, 给地表水、土壤与海洋等严重威胁了人类生存环境^[1]。到 2060 年全球塑料制品年产量将达 12 亿 t, 如再不提高循环利用率, 到时塑料垃圾数量要增加近两倍。被埋、焚烧、倒入江河湖海塑料形成破碎、腐化、降解塑料等将以微塑料形式给环境带来了巨大的污染。

微塑料污染是全球关注的问题, 1962~2012 年, 135 种海鸟有 80 种 (59%) 肠道中有微塑料, 2015 年时微塑料摄取量 90%。到 2050 年 99% 的鸟类食用微塑料。2015 年, 我国与多个国家食用盐、海产品、啤酒、蜂蜜等食品里均检出不同材质、不同数量、不同形状微塑料; 2017 年, 欧美和非洲等国家与地区 126 个饮用水样品检出不同材质微塑料 (纤维)。我国面临微塑料污染的形势仍然很严峻, 渤海、东海、南海等测出断面表层水体中漂浮微塑料密度均为 0.29 个 /m³, 最高为 2.35 个 /m³^[2]。目前控制塑料垃圾和微塑料污染环境是当务之急, 必须对塑料使用源头进行强制管理、毫不留情, 才能从根本上杜绝塑料垃圾和微塑料进入环境, 是解决微塑料污染的重要措施。

1 微塑料的定义和来源

微塑料 (Microplastics, MPs) 是直径在 1 nm~5 mm 范围塑料颗粒, 直径小于 2 mm 为塑料微粒^[3], 它们在环境中广泛存在, 成为一种重要的污染源。微塑料来源分为两类。

一类初生微塑料, 生产之时粒径小于 5 mm 塑料微珠, 常用于有清洁作用的洗漱用品之中, 如牙膏中一些微珠, 纺织品、纤维服装等; 护理品、化妆品中含有微塑料, 如沐浴磨砂膏^[4]、防晒霜等; 食品生产和食用中含有微塑料, 如罐头、咖啡过滤纸、啤酒^[5]; 洗涤合成纤维衣物和汽车轮胎磨损都会产生微塑料。

另一类次生微塑料, 指大块形状塑料经过自然界的物理、化学和生物的相互作用后最终形成微小颗粒^[6]。塑料食品容器和包装在使用过程中释放微塑料, 破损后塑料袋分解微塑料, 一次性塑料吸管、餐具使用后被丢弃, 最终进入自然环境并降解成微塑料等。

微塑料来源于聚苯乙烯、泡沫聚苯乙烯、聚氨酯、尼龙、有色塑料、透明塑料、玻璃纤维等。

2 微塑料危害人类的形式

2.1 微塑料对海洋的危害

作者简介 : 陶怡 (1984—), 女, 二级中学教师, 主要从事地理科学教学工作。

塑料问世以来,全球生产塑料或制品有5%已进入海洋,数量超1亿多t。联合国环境规划署(UNEP)2006年一份报告测算,海洋表面漂浮塑料垃圾均为18 000件/km²。污染最严重海域达380 000件/km²^[7]。海岸、海上和海底,塑料垃圾是固体废物,占60%~90%。其海水中是海面上的6倍。塑料在陆地受阳光照射后变脆破碎,在海洋中塑料垃圾不发生生物降解^[8]。

海洋微塑料污染来源于初生和次生微塑料,微塑料由多种途径流入海洋,包括河流系统、污水流出、不当的处置和倾倒、大气排放释等放到海洋中,其通过海洋(风力、洋流、浪击、磨损、涡流等)物理作用形成体积越来越小有毒碎片,逐渐变成了毫米级或微米级的微塑料存在于海洋,将是海洋严重污染源,已开始进入食物链,直接影响到海洋生态系统健康和持续发展^[8]。我国是全球最大塑料生产和消费国,我国是陆地流入海洋塑料垃圾最大输出国,占到192个沿海国家和地区排放总量近1/3^[9]。

微塑料通过海洋生物附着、生物摄入等方式进入体内,损害生物生殖健康,对海洋生物生长发育、食性行为造成不良行为。生物是生态系统必不可少部分,微塑料对海洋生物产生负面作用,将威胁整个海洋系统生态健康与稳定^[10]。

2.2 微塑料对土壤的危害

微塑料污染起始于陆地,作为海洋塑料主要来源,土壤中微塑料污染已成为环境与生态领域的第二大问题^[11]。微塑料对土壤造成危害也是很大。

2.2.1 地膜使用大

20世纪70年代地膜覆盖从日本流入我国^[12]。地膜用于地表或生长早期植物直接覆盖,促进作物提早成熟,改善作物生长小气候^[13],提高土壤成分有效性等有着较好地作用。20世纪90年代国家标准制定地膜厚度^[14]是0.008 mm,其地膜可在增温保墒同时,最大限度降低成本。但膜厚度比较薄,无法回收。破碎的薄膜在土壤中难以降解,当残膜量<240 kg/ha对作物产量影响不显著,随着残膜增加和时间积累,残留地膜>240 kg/ha,作物产量也明显下降^[15]。残留地膜形成了农田土壤微塑料来源^[16]。

2.2.2 土壤改良剂

土壤改良剂又称土壤调理剂,用来改善土壤物理性,促进作物养分吸收,其不提供植物养分的一种物料^[17]。土壤改良剂是阴离子特性和高分子量的聚丙烯

酰胺聚合物(PAM),其效用原理是黏结很多小的土壤颗粒形成大的^[18],是水稳定的聚集体,PAM是土壤微塑料的来源。土壤改良还使用堆肥、污泥,其塑料出现在畜禽粪便中,堆肥使用前后无法除去塑料残留,存在微塑料,浓度在2.38~180 mg/kg^[19]。污泥中有微塑料,原微塑料浓度(15.7±5.23)个/L,经处理后浓度降至(0.25±0.04)个/L,除去的微塑料没有实现降解,依然存留在污泥中^[20],这都是土壤微塑料的重要来源。

2.2.3 灌溉用水

灌溉用水是农业的重要部分。灌溉用水一般是用净化后的污水,地下水等,由于水资源缺乏和净化水需要成本等,就直接使用未处理污水灌溉。污水是日常洗护用品和含有洗涤剂的生活用水,微塑料成分多,含有80~260 mg/m³的PE或PP^[21]。有分析地下水和饮用水中微塑料(>20 μm),其微塑料浓度0~7个/m³,平均浓度0.7个/m³,这些被检定为聚乙烯,聚酰胺,聚酯,聚氯乙烯或环氧树脂,尺寸在50~150 μm之间^[22]。我国汉江武汉区域MPs丰度2 933个/m³,青藏高原河流表层水MPs丰度725个/m³,巢湖、鄱阳湖等表层水MPs丰度1 300个/m³^[23],农业灌溉用水是农田土壤微塑料污染来源之一^[24]。

2.2.4 塑料产品使用

一次性塑料制品塑料袋、塑料餐具、吸管等使用加剧了环境问题,其占废物比例达85%,回收利用率5%,大多数塑料垃圾被填埋在土壤。公路上轮胎磨损产生橡胶微粒可地表径流或大气沉降方式进入路旁土壤,有报道,瑞典和德国轮胎粉尘排放量分别为1×10⁴ t和11×10⁴ t^[25]。塑胶产品的使用也有微塑料来源。

2.2.5 大气沉降

大气沉降是微塑料进入土壤渠道,以巴黎附近^[26]检测大气中每天沉降微塑料29~280个/m²,每年大气沉降其纤维素微塑料约3~10 t,占到总量90%,其中粒径大于1 000 μm占50%。大气沉降物内微塑料为:天然纤维50%、加工天然纤维21%、人造塑料纤维17%、人造混合纤维12%。大气沉降涉及微塑料时空分布^[27]、传播范围、迁移特征、沉降通量等各种影响因素等。

2.3 微塑料对空气的危害

PRATA等^[28]在2018年巴黎大气沉降物中发现了微塑料,其体积小,可被吸入,并能根据人体易感

染和颗粒特性诱发呼吸系统病变。已报道了塑料纤维和颗粒吸入,特别是暴露工人呼吸道和间质性炎症反应而导致呼吸困难。环境浓度低,易感人体能有类似病变风险。

塑料垃圾分解成微塑料颗粒后,通过不同途径进入大气。塑料废物堆积开放场地、填埋场等,风力将微塑料细小颗粒扬起,被吹到任何区域,最终沉降到地面或水体;洗合成纺织品释放出微小纤维颗粒,通过衣物干燥和气流进入空气;车轮与道路摩擦形成微小轮胎磨粒,其含微塑料,随道路交通排放物一同释放到空气中,通过气流扩散到环境中^[29];建筑材料含微塑料,聚合物涂料、塑料颗粒填料等,在施工、拆除时,受到风力或其他机械作用,其微塑料颗粒可被释放到空气中。

2.4 微塑料对水源的危害

微塑存在于水源,被称为“水中PM2.5”,视为一种环境污染物,对人类健康和生态环境构成了严重威胁^[30],其在水源中污染已成为人们高度关注的全球性环境问题。据《科学》杂志评估,2016年全球产生塑料垃圾中有1 900~2 300万t(11%)进入了水生生态系统。据CNN报道,全球人均每周摄入约2 000颗微塑料颗粒^[31]。塑料颗粒经过河流、污水处理厂等排入水中含微塑料,化妆品颗粒,树脂颗粒等,其微塑料由大型塑料垃圾经理化与生物之间相互作用,造成分裂和体积减小形成微塑料^[32],还包括渔网、家电废弃塑料。微塑料是次生塑料,随着不同来源的塑料量输入增大,水中丰度增加,导致微塑料转化。当暴露在环境,微塑料分解为纳米塑料,具有更高环境风险。

2.5 微塑料对人体的危害

2.5.1 饮食摄入

2018年SCHWABL^[33]等在人类人体粪便中检查出来了微塑料,证实了微塑料进入人体的可能,微塑料通过水源、土壤等途径进入水生生物和农作物体内。人类在食用含有微塑料食物,将微塑料摄入体内。海洋生物摄取海洋中微塑料,通过食物链进入人体。食物塑料包装、存储容器等都能释放微塑料颗粒,伴随食物或饮料进入人体。

2.5.2 呼吸吸入

微塑料颗粒可悬浮在空气中,增加了人类接触风险。人们呼吸时会吸入直径小于两微米微塑料,其可经呼吸道进入肺部,在肺部持续存在,并对肺部健康造成影响^[34]。

2.5.3 皮肤接触

皮肤是人体的第一道防线,但并不是完全密不透风的。个人护肤用品中洗面奶、化妆品等陆续检出微塑料。护肤用品中微塑料粒径大多数是小于100 μm,部分甚至小于10 μm,而人体皮肤毛孔孔径小至40~80 μm^[35],微塑料容易通过毛孔进入人体。微塑料还能通过口腔黏膜、眼部等进入人体,能在体内累积,并对消化、免疫、内分泌等多个系统造成影响。

3 治理与展望

20世纪初开启了合成塑料时代,100多年来世界塑料工业飞速发展。由于使用与回收不善,白色污染与微塑料危害给人类留下不少隐患,微塑料已对海洋、土壤、空气、水源、人体等造成有直接危害和间接危害^[36],综合治理刻不容缓。

(1) 加强塑料使用管理立法。加强立法是解决微塑料污染问题重要举措,通过法律法规实施,进一步监控塑料对环境的污染。提高公民环保素养,促进公民参与微塑料污染整治工作,公民是生态环境直接受益者,也是塑料污染直接来源者。规范废旧塑料分类回收管理,做好循环利用工作。

(2) 加强国际合作。微塑料污染是全球性问题,单一国家努力难以取得成效,国际合作成了推动微塑料治理重要途径。其协同制定监管标准和监测,互享技术和经验,研发微塑料治理技术,实现全球内数据互通和信息沟通,为科学研究和政策制定提供准确依据。通过国际协同合作,实现全球微塑料污染治理,生态环境健康与可持续发展。

(3) 加强替代品开发与生物降解技术。推广生物降解塑料应用,拓展更多的应用场景^[37]。多使用环保绿色塑料材料,如POK聚酮^[38]。开展应用生物技术对微塑料降解的研发^[39],推广国内高分子材料循环与升级回收研究先进成果^[40]和黑色液态地膜、解决“白色污染”难题。通过各种努力,从各个源头做好控制,从根本上杜绝塑料垃圾料直接进入自然环境^[37],是解决微塑料污染根本,共同筑起保护生态环境和人类健康屏障而一同努力。

参考文献:

- [1] “限塑”多点综合治理智慧[N]. 云南日报, 2020-02-12.
- [2] 邓义祥, 雷坤, 安立会, 等. 我国塑料垃圾和微塑料污染源头控制对策[J]. 中国科学院院刊, 2018,33(10):1 042-1 051.
- [3] Thompson R C, Olsen Y, Mitchell R P, et al. Lost at sea:

- Where is all the plastic? [J].Science, 2004,304:838–838.
- [4] 胡晨. 生活污水中微塑料对磺胺嘧啶及环丙沙星吸附行为的研究[D]. 辽宁: 大连海事大学, 2022.
- [5] 警示: 人体血液中发现微塑料.[EB/OL].[2022-4-14]. <https://blog.sciencenet.cn/blog-413-1333857.html>.
- [6] “微塑料”污染: 来源、污染现状及其生物环境影响[EB/OL].[2019-01-21].https://www.sohu.com/a/290431010_649223.
- [7] 大连海事大学. 一种基于空间相关度与相位差值乘积的微塑料检测装置及方法:CN201910770512.9[P].2021-04-23.
- [8] 赵淑江, 王海雁, 刘健. 微塑料污染对海洋环境的影响[J]. 海洋科学, 2009,33(3):84–86.
- [9] Jenna R.Jambeck, Roland Geyer, Chris Wilcox, et al.Plastic waste inputs from land into the ocean [J].Science, 2015,347:768–771.
- [10] 徐向荣, 孙承君, 季荣, 等. 加强海洋微塑料的生态和健康危害研究提升风险管控能力[J]. 中国科学院院刊, 2018,33(10):1003–1011.
- [11] 赵爽. 黄河三角洲湿地微塑料调查及健康风险评估[D]. 天津: 天津理工大学, 2020.
- [12] 曹婷婷. 农户可降解地膜支付意愿研究——以江苏泰兴为例[D]. 江苏: 南京农业大学, 2016.
- [13] 胡宏亮. 生物降解地膜的产量效应和降解特性及大田示范研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2015.
- [14] 王吉林. 生态文明视阈下农产品质量安全的法律思考[C]. 第三届“京津沪渝法治论坛”论文集. 2013:224–228.
- [15] Haihe, Gao, Changrong, et al.Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis.[J].The Science of the total environment, 2018.
- [16] 张文婷, 唐成瑞, 彭柏, 等. 微塑料对土壤及植物的影响综述[J]. 南方农业, 2024,18(4):85–87,94.
- [17] 辽宁工业大学. 一种基于农作物的复合土壤改良剂:CN202410329766.8[P].2024-06-21.
- [18] 土壤改良剂.[EB/OL].[2022-4-27].<https://baike.so.com/doc/6749424-6963974.html>
- [19] Bläsing M, Amelung W .Plastics in soil: Analytical methods and possible sources[J].Science of The Total Environment, 2018, 612:422–435.
- [20] MURPHY, FIONN, EWINS, CIARAN, CARBONNIER, FREDERIC, et al.Wastewater Treatment Works (WwTW) as a Source of Microplastics in the Aquatic Environment[J]. Environmental Science & Technology: ES&T, 2016,50(11): 5800–5808.
- [21] Majewsky M., Bitter H., Eiche E., et al.Determination of microplastic polyethylene(PE) and polypropylene(PP) in environmental samples using thermal analysis (TGA–DSC) [J].Science of the Total Environment, 2016,568:507–511.
- [22] Mintenig S M, Löder M G J, Primpke S, et al.Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources[J].Science of the Total Environment, 2019, 648:631–635.
- [23] 武凤霞, 张淑彬, 刘建斌. 中国农田土壤微塑料污染现状及其对土壤微生物的影响[J]. 中南农业科技, 2022,43(5):193–200.
- [24] 王剑. 聚丙烯微塑料与土壤微环境的相互影响及生态效应[D]. 浙江: 浙江工业大学, 2021.
- [25] 侯军华, 檀文炳, 余红, 等. 土壤环境中微塑料的污染现状及其影响研究进展[J]. 环境工程, 2020,38(2):16–27,15.
- [26] DRIEDGER, ALEXANDER G.J, DUERR, HANS H., et al.Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: A review[J]. Journal of great lakes research, 2015,41(1):9–19.
- [27] 土壤环境中微塑料的污染现状及其影响.[EB/OL].[2022-01-01].<https://new.qq.com/omn/20191128/20191128A00AIJ00.html>
- [28] PRATA, J.C.Airborne microplastics: Consequences to human health?[J].Environmental Pollution, 2018,234(Mar.):115–126.
- [29] 王晓雄, 刘心悦. 空气中微塑料的危害与治理[J]. 生态经济, 2023,39(12):5–8.
- [30] 高浓度废水处理用椰壳活性炭的优势[EB/OL].[2024-05-30].<http://blog.ifeng.com/article/33070375>.
- [31] 塑料微粒影响几何? 人类认知仍不足[N]. 科技日报, 2020-10-20.
- [32] 严鹤峰. 对不同老化时间的聚氯乙烯吸附甲基橙的机理研究[J]. 塑料科技, 2020,48(7):31–34.
- [33] SCHWABL, PHILIPP, KOEPEL, SEBASTIAN, KOENIGSHOFER, PHILIPP, et al.Detection of Various Microplastics in Human Stool:A Prospective Case Series[J].Annals of Internal Medicine, 2019,171(7):453–457.
- [34] Qun Zhang, Elvis Genbo Xu, Jiana Li, et al.A Review of Microplastics in Table Salt, Drinking Water, and Air: Direct Human Exposure[J].Environ Sci Technol, 2020,54(7):3740–3751.
- [35] 李佳仪, 赖嘉怡, 古嘉基, 等. 微塑料对人体健康影响的研究进展[J]. 公共卫生与预防医学, 2020,31(4):111–115.
- [36] 闵煥. 大气、水体、土壤环境综合治理与环境保护技术研究[C], 2024 人工智能与工程管理学术交流会论文集. 2024:1–3.
- [37] 李祖义. 生物塑料引领塑料产业新方向[C]//上海市老科学技术工作者协会第十七届学术年会论文集. 2019:20–24.
- [38] 毕作鹏. 可降解材料聚酮的合成与性能研究[D]. 天津: 天津大学, 2001.
- [39] 干牧凡, 张妍, 时鹏, 等. 塑料的微生物降解机理研究进展[J]. 生态毒理学报, 2023,18(6):140–155.
- [40] 四川大学王玉忠院士团队 2023 年在高分子材料循环与升级回收研究方向的成果集锦[EB/OL].[2024-02-05].<https://mp.weixin.qq.com/s/yAYFru9bbY8SO8WeL0PE7w>
- [41] 黑色液态地膜解决“白色污染”难题[EB/OL].[2007-12-19]. <http://discovery.cctv.com/20071219/102659.shtml>.

Exploring the hazards of microplastics to humans and methods of control

Tao Yi¹, Zhou Xin², Tao Yongliang³

(1. Chongqing No.11 Middle School, Chongqing 400061, China;

2. Chongqing Copolyforce New Materials Co. LTD., Chongqing 401332, China;

3. Chongqing Chuanyi Engineering Plastics Co. LTD., Chongqing 400712, China)

Abstract: The harm and pollution caused by microplastics to humans and the environment are well-known. This paper first clarifies the definition of microplastics and their primary sources, followed by a detailed review of the multifaceted harm caused by microplastics to humans and the environment, including both direct and indirect impacts on marine ecosystems, soil, air, water sources, and human health. Through analysis of relevant cases and data, the paper reveals the severe threat microplastics pose to ecosystems and explores feasible comprehensive management approaches. This paper calls for collective human effort to build a robust barrier protecting both the ecological environment and human health.

Key words: microplastics; plastic waste; environmental pollution; human health; comprehensive management

(R-03)

橡塑行业正迎来新一轮技术升级与产业变革

The rubber and plastic industry is ushering in a new round of technological upgrading and industrial transformation!

近年来,全球橡塑行业在技术创新、材料研发和可持续发展方面正不断取得重要进展。近期,国内外多家企业就已宣布突破技术壁垒,正加速推动高性能树脂、生物基材料等关键产品的自主化生产。

据悉,天津渤海化工集团所属大沽化工股份有限公司,成功攻克乳液接枝本体 SAN 掺混法透明 ABS(MABS)树脂国产化难题,产品性能指标达到国际先进水平,填补了国内技术空白。

据了解,长期以来,乳液接枝本体 SAN 掺混法生产透明 ABS 树脂技术被国外少数化工巨头垄断。此次大沽化工的技术突破,标志着其在科技创新方面拥有强大实力,在高端化工新材料领域自主创新能力也有了显著提升。

6月2日,巴斯夫推出了 Ultramid® Advanced N3U42G6。据了解,聚酰胺(PA,尼龙)因其优异的机械性能、耐热性和耐化学性,正广泛应用于汽车、电子和工业领域。此次巴斯夫推出的这款产品,正是一种玻纤增强型聚酰胺,采用无卤阻燃剂,可最大程度地降低电动汽车电气电子(E&E)部件中金属触点的电腐蚀。同时,该材料还可提高电动汽车逆变器、直流-直流转换器和电池等高压(HV)连接器的安全性和耐用性。

此外,Ultramid® Advanced N 等级材料在宽温度范围内还具有高强度和高刚度,并具备卓越的耐化学性和尺寸稳定性,可增强薄壁高压连接器的坚固性和可靠性,满足行业对在温暖潮湿环境下使用的无卤阻燃电气电子部件日益增长的需求。

6月,可乐丽(Kuraray)宣布,将于2025年内全球首发100%生物基乙烯-乙烯醇共聚物(EVOH)产品“Circular Eval”。公开资料显示,乙烯-乙烯醇共聚物树脂(EVOH)是由乙烯与醋酸乙烯单体(VAM)经聚合、皂化两步反应生成的共聚物,兼具聚乙烯醇(PVA)的阻气性和聚乙烯(PE)的加工性能,是目前商品化产品中气体阻隔性非常好的树脂。

此次可乐丽首发的EVOH,由其欧洲生产基地 EVAL Europe(比利时安特卫普)生产,采用全生物质可再生原料。该产品可应用于食品/药品包装、多层复合瓶(如农药瓶)、汽车油箱和地暖管等真多高端包装领域。

.....

从大沽化工攻克透明 ABS 树脂国产化难题,到巴斯夫推出高性能工程塑料,再到可乐丽即将发布 100% 生物基 EVOH 可以看出,随着新能源汽车、智能电子、绿色包装等行业的快速发展,橡塑行业正迎来新一轮技术升级与产业变革。业内预计,为应对环保法规和市场需求的挑战,未来生物基材料、可回收塑料和低碳工艺将成为国内外企业研发重点。

摘编自“塑料机械网”

(R-03)