

## 浅析微纤维污染及其治理对策

孔垂澜

**摘要：**随着塑料工业的发展，塑料制品出现在人类生活的每个角落，由此带来的污染也日趋严重。近年来，微塑料这一概念被越来越多地提及。其中，在中国淡水微塑料污染占主导地位的微纤维污染也应得到更多关注。本文介绍了环境中微纤维的主要来源，即纺织工业废水、衣物洗涤等，并提出了三条治理对策，包含废弃纺织品回收、减少洗衣废水中的微纤维排放、提升废水处理设施去除率等。本文认为，相关企业应积极采取一系列行动，减少微纤维的产生与排放。同时，政府等相关部门应加强对相关企业的政策引导以及监管。此外，还应加强微纤维相关的科普活动，让公众了解如何在日常生活中减少微纤维排放。

**关键词：**塑料，微塑料，微纤维，环境，污染物

孔垂澜. 浅析微纤维污染及其治理对策. 生物多样性保护与绿色发展. 第1卷, 2023年12月, 总第53期. ISSN2749-9065

### 一、微塑料与微纤维

微塑料被定义为直径在1微米至5毫米间的塑料碎片。世界各地的分析研究显示，已在多种地方发现了微塑料的存在，包括人体、生物群、空气、水、沉积物以及食品等。小型生物摄入环境中的微塑料后，其浓度可通过生物富集随营养级增加并进入人类的食物中。据估计，基于食物的消耗，每人每年微塑料的摄入量约为39,000-52,000微塑料颗粒<sup>[1]</sup>。此外，吸入被释放到空气中的微塑料以及皮肤接触也可能导致微塑料进入人体。微塑料进入人体后会在呼吸系统、肝脏中积累，对健康造成严重影响<sup>[2]</sup>。

微塑料按形状可分为四类：颗粒、碎片、薄膜以及纤维<sup>[3]</sup>。微纤维是纤

维状的微塑料，有学者将其定义为“直径小于50微米、长度从1微米到5毫米、长径比大于100的纤维状结构材料”，<sup>[4]</sup>因其粒径小、结构稳定、不易降解，广泛存在于海洋、湖泊、洗衣废水等水环境中。许多关于我国淡水中微塑料污染的研究记录了微纤维在样本中的主导地位<sup>[5]</sup>。了解微纤维的来源将为有关部门、企业、机构提供有效的参考，以找到解决微纤维污染的有效途径。

### 二、主要来源

#### (一) 纺织工业污水

纺织业是合成织物的主要生产厂商。包括聚酯纤维（涤纶）、聚酰胺纤维（锦纶，即尼龙）、聚氨基甲酸酯纤维（氨纶）、聚乙烯醇缩醛纤维



(维纶)、聚丙烯腈纤维(腈纶)和聚氯乙烯纤维(氯纶)等在内的塑料纤维是服装和其他合成织物的重要原材料。生产过程中的诸多步骤,尤其是印染产生的废水中含有大量微纤维<sup>[6]</sup>。尽管工厂被要求对工业污水进行处理,由于聚乙烯、聚丙烯腈和聚氯乙烯等塑料纤维尺寸太小,囿于成本限制、处理手段有限等,污水处理系统无法过滤出纺织工厂产生的废水中的全部微纤维。

### (二) 衣物洗涤

洗衣废水是环境微纤维的重要来源。洗衣过程中的化学和物理洗涤循环会导致衣物表面磨损<sup>[7]</sup>,从而使微纤维脱落进入生活污水并通过污水处理厂进行处理。如上文所述,污水处理系统通常并不能将全部微纤维去除,仍有部分微纤维会通过过滤设施进入环境。室外洗涤、将生活污水直接排放入河流、将废弃服装直接倾倒在河流中等行为会将微纤维直接释放到水环境中<sup>[8]</sup>。

### (三) 其他来源

除了上述提到的主要来源,微纤维还可能来自其他活动和产品,如汽车轮胎磨损、建筑材料、塑料包装等。有的窗帘、家具、地毯、旧的室内涂料和床垫也可能释放部分微纤维至空气中。此外,一些塑料制品的生产

和使用过程中,特别是一次性塑料制品(如塑料袋、塑料瓶等),也可能释放微纤维。

## 三、治理对策

### (一) 合成织物回收利用

考虑到合成织物为微纤维的重要来源,回收利用废弃纺织物可能是解决中国微纤维排放的有效途径。据统计,2019年间,我国废弃纺织物年均产量超过2000万吨,但再生利用率仅为15%<sup>[9]</sup>。中国的废弃纺织物回收仍有巨大潜力待挖掘。

2022年,国家发展改革委、商务部、工业和信息化部联合印发《关于加快推进废旧纺织品循环利用的实施意见》,其中提出了如下目标:到2025年,废旧纺织品循环利用体系初步建立,循环利用能力大幅提升,废旧纺织品循环利用率达到25%,废旧纺织品再生纤维产量达到200万吨。到2030年,建成较为完善的废旧纺织品循环利用体系,生产者和消费者循环利用意识明显提高,高值化利用途径不断扩展,产业发展水平显著提升,废旧纺织品循环利用率达到30%,废旧纺织品再生纤维产量达到300万吨<sup>[10]</sup>。

目前,中国的废旧纺织品回收利用率距离目标仍有差距。针对这种情况,应至少从公众和企业两端入手。



在公众端，应进行废物分类回收的科普宣传，提高公众对废旧纺织品回收再利用的认识，鼓励全民参与；鼓励消费者购买可再生纺织品；建立回收网络，如回收箱、回收站点、捐赠中心等，不能让公众“回收无门”。在企业端，应制定相应政策，鼓励纺织企业对废旧纺织品进行回收利用；为企业间的资源共享搭建渠道，为废旧纺织品在产业链内的循环利用提供途径。以法国为例，法国的废旧纺织品再生利用率为35%，主要用在建材和能源行业<sup>[11]</sup>。为生产废旧纺织品的行业和可以利用废旧纺织品的行业搭建平台，可能是未来五到十年内中国提升废旧纺织品再生利用率的关键一步。

### （二）减少洗衣废水中的微纤维

一些研究表明，使用洗衣液而非洗衣粉，在洗衣时使用柔顺剂以及使用40℃以下的水进行洗涤可以有效减少微纤维的排出。此外，包括洗衣袋在内的一些产品可以收集洗衣时产生的微纤维<sup>[6]</sup>。

综合来看，首先应当鼓励清洁用品生产企业从产品本身着手，生产环境友好型产品。其次，可对公众开展科普教育，如日常生活中如何减少微纤维排放。同时，消费者可在市场中主动选择环境友好型产品。

### （三）采用更高效的废水处理设施

由于聚乙烯、聚丙烯腈和聚氯乙烯等塑料纤维尺寸小于其他形式的微塑料，废水处理厂的微纤维去除率低于整体微塑料去除率。一项调查统计了相关文献中中国部分污水处理厂微纤维去除效率，目前去除率差异较大，有约40%的污水处理厂微纤维去除率超过90%，但也有约50%的污水处理厂微纤维去除率未能达到80%<sup>[12]</sup>。

考虑到我国庞大的人口基数所产生的大量生活污水以及国内大量纺织工厂产生的工业废水，通过提升微塑料去除率减少微纤维排放可能非常有效。相关部门应制定相应标准，可强制规定相关企业污水微纤维、微塑料去除率不能低于一定比例，并加强监管，对未能按要求执行的企业进行一定处罚。同时，这显然也会提升污水处理厂运行成本以及纺织企业负担。国家和相关部门可予以一定的政策支持，以鼓励污水处理厂及纺织企业引入更有效的微纤维、微塑料去除装置，如活性污泥工艺（Conventional activated sludge）、氧化沟（Oxidation ditch）和膜生物反应器系统（Membrane bioreactor），总体上显示出较高的微纤维去除效率（≥99%）<sup>[12]</sup>。



#### 四、结语

本文介绍了微纤维的来源，主要为纺织工业污水和衣物洗涤。目前，挑战在于废弃纺织物回收率低和污水处理设施技术有限等。因此，治理对策包括废弃纺织品回收利用、减少洗衣废水中的微纤维排放、提升废水处理设施效率等。

#### 参考文献

- [1] Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019) Human Consumption of Microplastics. *Environmental science & technology*, 53(12), 7068 - 7074.  
<https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>
- [2] Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020) Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *The Science of the total environment*, 702, 134455.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>
- [3] Yang, Z., Lü, F., Zhang, H., Wang, W., Shao, L., Ye, J., & He, P. (2021) Is incineration the terminator of plastics and microplastics?. *Journal of hazardous materials*, 401, 123429.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123429>
- [4] J. Liu, Y. Yang, J. Ding, B. Zhu, W. Gao Microfibers: a preliminary discussion on their definition and sources *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 26 (2019), 10.1007/s11356-019-06265-w
- [5] L. Ding, R. Fan Mao, X. Guo, X. Yang, Q. Zhang, C. Yang (2019) Microplastics in surface waters and sediments of the Wei River, in the northwest of China. *Sci. Total Environ.*, 667, pp. 427-434, 10.1016/j.scitotenv.2019.02.332
- [6] Xu, Y., Chan, F. K. S., Stanton, T., Johnson, M. F., Kay, P., He, J., Wang, J., Kong, C., Wang, Z., Liu, D., & Xu, Y. (2021) Synthesis of dominant plastic microfibre prevalence and pollution control feasibility in Chinese freshwater environments. *The Science of the total environment*, 783, 146863.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146863>
- [7] L. Cotton, A.S. Hayward, N.J. Lant, R.S. (2020) Blackburn Improved garment longevity and reduced microfibre release are important sustainability benefits of laundering in colder and quicker washing machine cycles. *Dyes Pigments*, 177, p. 108120, 10.1016/j.dyepig.2019.108120
- [8] Mishra, S., Rath, C. C., & Das, A. P. (2019) Marine microfiber pollution: A review on present status and future challenges. *Marine pollution bulletin*, 140, 188 - 197.



<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.039>

[9] 商务部流通业发展司 中国物资再生协会. (2020) 中国再生资源回收行业发展 报 告 .

<http://images.mofcom.gov.cn/ltfzs/202106/20210630093358717.pdf>

[10] 中国纺织工业联合会. 三部门发布加快推进废旧纺织品循环利用意见! 中国纺联副会长孙淮滨深度解读. [https://www.cntac.org.cn/dongtai/2024/t20220415\\_4243666.html](https://www.cntac.org.cn/dongtai/2024/t20220415_4243666.html) 引用日期: 2023年12月4日

[11] 王婕, 李国栋, 梁宝仁, 等. 废旧纺织品回收再利用的现状与研究进展. 齐鲁工业大学学报, 2020, 34(5): 16-24. DOI:

[10.16442/j.cnki.qlgydxxb.2020.05.003](https://doi.org/10.16442/j.cnki.qlgydxxb.2020.05.003)

[12] Sol, D., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2021) Microplastics in Wastewater and Drinking Water Treatment Plants: Occurrence and Removal of Microfibres. *Applied Sciences*, 11(21), 10109. <https://doi.org/10.3390/app112110109>



