



移动扫码阅读

叶秋霞. 南京城市典型水体中微塑料污染特征分析[J]. 能源环境保护, 2020, 34(5): 79-83.

YE Qiuxia. Characteristics of micro-plastic pollution in Nanjing urban waters[J]. Energy Environmental Protection, 2020, 34(5): 79-83.

南京城市典型水体中微塑料污染特征分析

叶秋霞

(中设设计集团股份有限公司, 江苏南京 210014)

摘要: 为了解城市不同水体中微塑料污染的差异性, 以南京市典型水体为研究对象, 考察了微塑料的赋存水平、尺寸、颜色、形状和聚合物类型。结果表明: 所有水样中均发现微塑料, 其丰度范围是 $3\,475 \pm 25 \sim 21\,975 \pm 1\,075$ items/ m^3 ; 较高的微塑料污染可能来源于污水处理厂尾水, 三个饮用水源地微塑料污染相对较轻; 绝大多数微塑料是纤维类; 蓝色和透明是水体微塑料最为常见的颜色; 粒径 $100 \sim 500\ \mu\text{m}$ 和小于 $100\ \mu\text{m}$ 的微塑料占比最高, 分别达到 64.71% 和 52.65%; PE 和 PP 是最主要的微塑料聚合物。

关键词: 微塑料; 污染丰度; 形貌特征; 城市水体

中图分类号: X832

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2020)05-0079-05

Characteristics of micro-plastic pollution in Nanjing urban waters

YE Qiuxia

(China Design Group Co., Ltd., Nanjing 210014, China)

Abstract: Typical water bodies in Nanjing were taken as the objects to study the difference of micro-plastic pollution in different urban water bodies. The occurrence level, size, color, shape and polymer type of micro-plastic were investigated. The results show that micro-plastic are found in all water samples, with the abundance ranging from $3\,475 \pm 25 \sim 21\,975 \pm 1\,075$ items/ m^3 . High micro-plastic pollution may caused by the tail water of sewage treatment plants. Micro-plastic pollution in the three drinking water sources is relatively light. Most of the micro-plastic forms are fiber. Blue and transparent are the most common colors of micro-plastic in water bodies. The proportions of micro-plastic of $100 \sim 500\ \mu\text{m}$ and less than $100\ \mu\text{m}$ are the highest, reaching 64.71% and 52.65% respectively. PE and PP are the main micro-plastic polymers.

Key Words: Microplastics; Pollution abundance; Morphological characteristic; Urban water

0 引言

塑料制品由于成本低、易塑耐用等特性在日常生活中被广泛应用。但随着塑料使用量不断增长, 塑料废物的随意丢弃和填埋也愈发引人关注, 由此引发的环境问题也愈演愈烈。其中, 粒径小于 $5\ \text{mm}$ 的微粒或碎片被称为微塑料, 广泛分布在世界范围内的海洋、河流、湖泊等水环境介质中。

此外, 微塑料可以通过滤食等多种路径被浮游生物、底栖生物和鱼类等水生生物所摄取并进行食物链传递, 并对水生生物的生理代谢和生长繁殖形成危害^[1]。

海洋环境是微塑料的最大聚集地。研究表明, 微塑料在海洋中会随着洋流和季风运动渗透到整个海洋环境, 包括南北极、海岛甚至深海^[2-4]。然而, 作为微塑料由陆域向海洋传输的重要路

收稿日期: 2020-07-29

作者简介: 叶秋霞(1987-), 女, 江苏泰兴人, 工程师, 主要从事交通与水环境保护方面的研究。E-mail: 904173363@qq.com

径^[5],河流等淡水水体的微塑料污染调查非常有限。有限的研究表明,莱茵河、长江和珠江等世界性河流中均存在不同程度的微塑料污染^[6-8]。但是,相比于海洋环境,城市不同水体间微塑料的污染差异调查仍十分匮乏。因此,本研究以南京城市水体为研究对象,考察不同水体环境中微塑料的赋存水平、尺寸、颜色、形状和聚合物类型等,为后续城市微塑料污染治理和管控提供技术支撑。



图1 南京市城市水体采样图

1.2 样品采集及预处理

样品采集时间为2019年5月,采用不锈钢采水器采集水面下0.2 m处的表层水20 L,并经过54 μm 的不锈钢筛网中过滤,采集三个平行样。截留物用超纯水反复冲洗后转入100 mL玻璃采样瓶密封保存,并立即运回实验室。

采集的水样首先经过5 μm 的聚碳酸酯滤膜。若水样中存在天然有机物和动植物,过滤后的滤膜则采用30% H_2O_2 消解处理3 h,而后再次过滤到5 μm 的滤膜。过滤后的滤膜保存在玻璃培养皿中,并于40 $^\circ\text{C}$ 烘干备用。

1.3 微塑料分析

采用体视显微镜和TCapture软件对滤膜上的微塑料样品进行定量分析,包括微塑料的数量记录和形貌特征分析,包括颜色、形状和尺寸。定量分析后,每个采样点挑选出5%~10%的微塑料样品进行显微拉曼光谱分析,拉曼频移为200~3 400 cm^{-1} 。由于自然环境中的物理化学作用可能会导致微塑料结构变形,实测谱图与标准光谱数据库的相似匹配度达到70%以上即确定其聚合

1 材料与方法

1.1 采样点布置

根据南京市水系的水文地理特征,在南京市不同水体中设置了10个采样点(如图1),分别为河道水体河定桥(S1)、七桥瓮(S2)、节制闸(S3)和三汊河(S4),污水厂尾水江宁污水厂(S5)、城北污水厂(S6)和江心洲污水厂(S7),饮用水源地双闸水源(S8)、南京水务(S9)和五马渡水源(S10)。

物类型。

1.4 质量控制

采样现场和实验过程中,样品的暴露时间都是有限的,并且尽可能地将装有样品的器皿密封,隔绝空气中可能存在的微塑料干扰。所有的设备在使用前都用超纯水清洗并包上锡箔纸。在实验过程中,所有的人员都穿着白色的棉质实验服,戴着干净的橡胶手套。样品前处理过程中对超纯水和消解液进行抽滤过膜并显微镜观测。检测结果并没有发现疑似微塑料的颗粒。

2 结果与讨论

2.1 微塑料的水体丰度

在本研究中,表层水中微塑料的丰度单位以“item/ m^3 ”计。所有水样中都发现了微塑料的存在,其丰度范围是3 475 $\pm$ 25~21 975 $\pm$ 1 075 items/ m^3 (如图2a)。其中,微塑料在三个污水厂尾水中(S5、S6和S7)有着明显的高丰度。污水处理厂被认为是淡水环境中微塑料污染不可忽视的一个重大来源,尽管污水处理厂中的处理工艺可以截留

大部分的塑料,但微塑料极小的粒径以及污水厂巨大的日排放量都明显增加了微塑料进入淡水环境的可能^[9]。此外,七桥瓮(S2)和三汉河(S4)也存在较高的微塑料污染。七桥瓮位于城东污水厂的下游,此处较高的微塑料污染可能来源于污水厂的排放。三汉河是秦淮河的入江口,其上游穿越南京主城,因此其较高的微塑料污染可能来源于上游的携带。三个饮用水源地(S8、S9和S10)微塑料污染相对较轻,但仍然不可忽视。总体来看,南京城市水体中微塑料的污染水平和上海

($7\,500\pm 2\,800$ items/ m^3)、武汉($1\,660\sim 8\,925$ items/ m^3)和南宁($500\sim 700$ items/ m^3)等城市河流污染相当^[10-12],也和三峡水库($1\,597\sim 12\,611$ items/ m^3)、太湖($3\,400\sim 25\,800$ items/ m^3)等大型湖库的污染相当^[13-14],但远高于洞庭湖和洪湖水体中的微塑料污染丰度^[15]。不同城市的人类生活强度、工业生产密度都有可能影响微塑料的排放。此外,降水和河流流量的改变也有可能导致河流微塑料丰度的改变而呈现空间差异性。

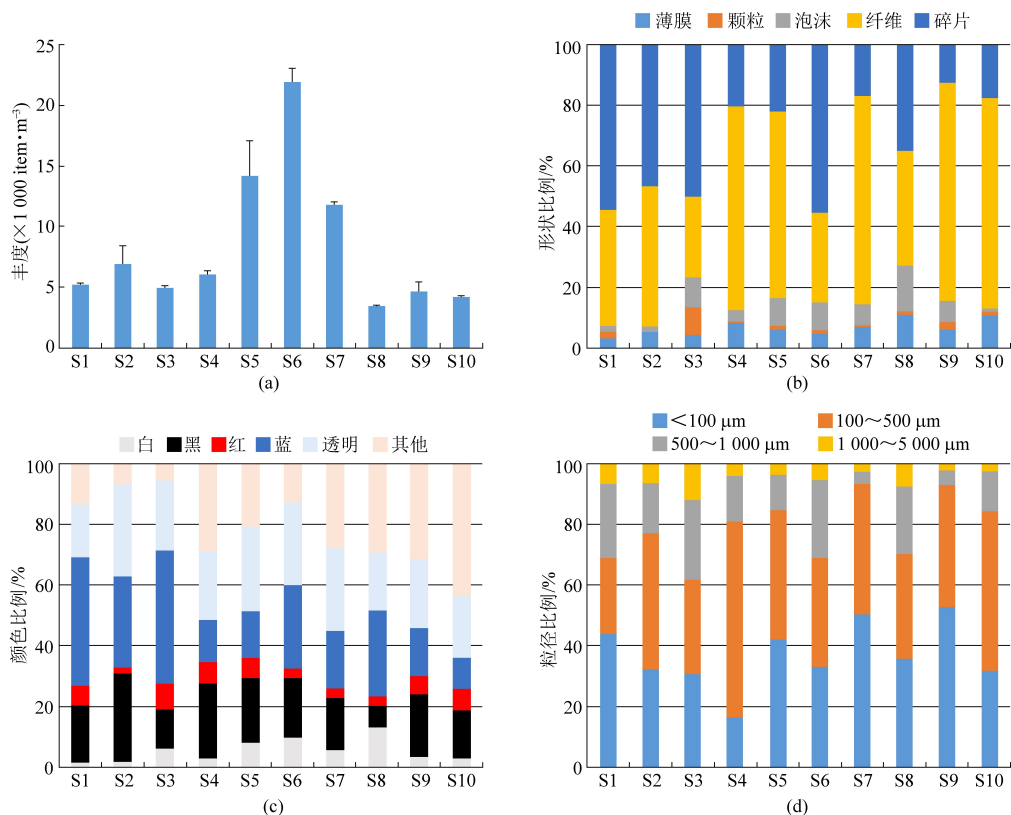


图2 不同水体中微塑料的丰度(a)、形状(b)、颜色(c)和粒径(d)比例

2.2 微塑料的形貌特征

2.2.1 形状

根据镜检观察的结果,把微塑料分为纤维、碎片、泡沫、颗粒、薄膜等五大形状类型(图3)。从图3b的形状占比图中可以看出,在所有采样点中,绝大多数微塑料是纤维类,所占比例范围是26.79%~69.38%,其次是碎片类,占总数的16.74%~55.19%,而泡沫、颗粒和薄膜类的微塑料数量相对较少。高比例的纤维类微塑料的主导地位也常见于上海、武汉和南宁等城市的河流水体中^[10-12],其占比分别高达96%、52.9%~95.6%和73.3%~92.2%。同样,在太湖和洞庭湖、洪湖的水域中纤维类微塑料的占比也分别为41.9%~91.9%、44.2%~83.9%和48%~84%^[14-15]。这些

高比例的纤维类微塑料可能主要来源于生活污水中携带的衣物纤维碎屑以及水产养殖的渔网鱼线等塑料纤维的破碎断裂。而高比例的碎片类微塑料也在丹江口水库(0.8%~77.4%)中发现^[16],其可能来源于生活垃圾中大块塑料的裂解,包装袋、塑料容器和覆盖膜等常见塑料制品。

2.2.2 颜色

根据观察到的微塑料颜色,蓝色和透明是水体微塑料最常见的(图2c和图3),分别占总数的9.87%~43.75%和17.39%~30.63%。微塑料的色彩分布与工业塑料制品的着色密切相关,蓝色和透明的微塑料可能和围网养殖和鱼线等渔业活动相关联。此外,环境中透明的微塑料也可能源自于外力作用下有色塑料的褪色等。本研究中微塑

料在表层水体中的颜色分布结果与我国的三峡、太湖、洞庭湖等洪湖等水体的微塑料污染情况很接近^[13-15]。

2.2.3 粒径

根据过滤筛网尺寸(54 μm)将微塑料的尺寸

划分为<100 μm , 100~500 μm , 500~1 000 μm , 1 000~5 000 μm 四个区间,其占比情况如图 2d 和图 3。其中,100~500 μm 和<100 μm 的微塑料占比最多,分别高达 64.71%和 52.65%,处于绝对主导地位。尺寸越小的微塑料数量越大,这可能是由

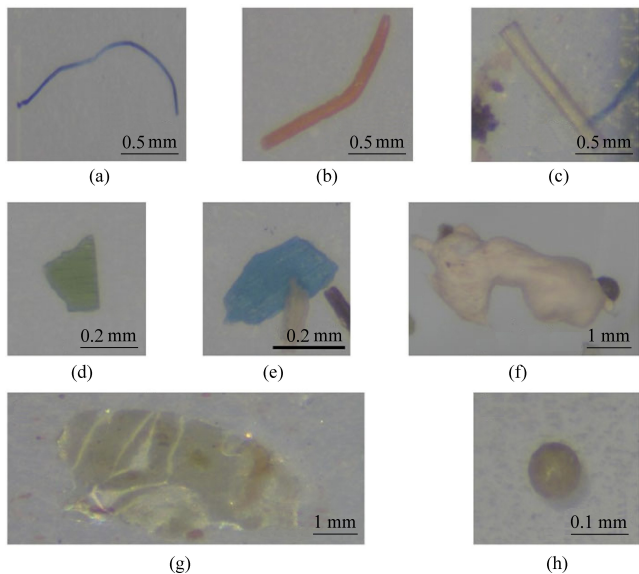


图 3 微塑料形貌特征微观图片

于河水冲击和光照老化等外界环境作用使得大尺寸的塑料颗粒被逐渐分解破碎形成更多抗冲击更强的小颗粒微塑料,可以更加稳定地存在于自然水体中。但是,但较弱的风化程度和较短距离的水力破坏使得三峡香溪河的塑料尺寸集中在1~5 mm^[13]。因此,大块塑料的分解对于微塑料的粒径分布的影响是不可估量的,不同粒径颗粒的生成和退化机制仍然需要进一步的研究阐明。此外,采样和提取技术是探究复杂环境中微塑料污染的关键。滤网筛选塑料的孔径越小,获取的微塑料的量就越高。进一步完善和标准化微塑料的采样,提取技术,将会更有利于微塑料的形貌分析。

2.3 聚合物类型

聚合物的鉴定可以为追溯微塑料污染来源做出初步的判断。所检测的颗粒中主要包含了聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚酯(PET)、尼龙(PA)、聚苯乙烯(PS)和非塑料颗粒(表 1)。其中,PE 和 PP 是最主要的微塑料聚合物,这一结果和南宁邕江中的微塑料聚合物类型相似,其中 PE 和 PP 的占比分别为 33%和 17%^[12]。PP 和 PE 都是热塑性树脂,它们由于化学稳定性好,能耐大多数酸碱的侵蚀而被广泛应用到现代生活生产中,例如存储容器,塑料袋,合成纤维,应用薄膜等。其广泛

的应用直接导致了环境中的大量累积,而其低密度性也使得两者在淡水中占据优势地位。PET 和 PA 是纤维的主要材料,其广泛应用于织造和家具生产等环节。PS 多用于个人护理品和一次性泡沫餐盒中,生活污水的排放可能是这种塑料的潜在来源。此外,微塑料的密度决定了其在城市河流中的迁移过程,密度小的漂浮,密度大的沉降。但特殊的形状和比表面积也会使得密度小的微塑料产生垂直沉降,环境外力因素和生物絮凝作用也会使得微塑料在水中产生垂向扩散。

表 1 样品的聚合物类型

						%
聚合物	PE	PP	PET	PA	PS	非塑料
占比	30.25	27.02	12.03	9.76	7.45	13.49

3 结论

南京城市水体中存在不同程度的微塑料污染,丰度值在 3 475~21 975 items/ m^3 ,形状以纤维和碎片状为主,颜布以蓝色和透明为主,粒径主要介于 100~500 μm 之间,聚合物的类型主要为 PE 和 PP;污染程度总体和上海、武汉等国内其他城市相当,污水厂尾水排放等污染物源汇入会加重水体微塑料的污染,最高为 21 975 items/ m^3 ;水源地微塑料污染最轻,平均为 3 695 items/ m^3 。

参考文献

- [1] Galloway T S, Cole M, Lewis C. Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem [J]. *Nature Ecology & Evolution*, 2017, 1 (5): 116.
- [2] Browne M A, Crump P, Niven S J, et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks [J]. *Environmental Science & Technology*, 2011, 45 (21): 9175–9179.
- [3] Zhao S, Zhu L, Wang T, et al. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: first observations on occurrence, distribution [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 86 (1): 562–568.
- [4] Eriksen M, Mason S, Wilson S, et al. Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2013, 77 (1): 177–182.
- [5] Miranda D A, De Carvalho-Souza G F. Are we eating plastic-ingesting fish? [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2016, 103 (1): 109–114.
- [6] Klein S, Worch E, Knepper T P. Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-main area in Germany [J]. *Environmental Science & Technology*, 2015, 49 (10): 6070–6076.
- [7] Zhao S, Zhu L, Wang T, et al. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 86 (1–2): 562–568.
- [8] Lin L, Zuo L Z, Peng J P, et al. Occurrence and distribution of microplastics in an urban river: a case study in the Pearl River along Guangzhou City, China [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 644: 375–381.
- [9] Li X, Chen L, Mei Q, et al. Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China [J]. *Water Research*, 2018, 142: 75–85.
- [10] 赵昕, 陈浩, 贾其隆, 等. 城市河道表层水及沉积物中微塑料的污染现状与污染行为 [J]. *环境科学*, 2020, doi: 10.13227/j. hjkx. 201912236.
- [11] Wang W, Ndungu A W, Li Z, et al. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study in urban surface waters of Wuhan, China [J]. *Science of the Total Environment*, 2017, 575: 1369–1374.
- [12] Zhang X, Leng Y, Liu X, et al. Microplastics' pollution and risk assessment in an urban river: a case study in the Yongjiang River, Nanning City, South China [J]. *Exposure and Health*, 2020, 12: 141–151.
- [13] Di M, Wang J. Microplastics in surface waters and sediments of the Three Gorges Reservoir, China [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 616–617: 1620–1627.
- [14] Su L, Xue Y, Li L, et al. Microplastics in Taihu Lake, China [J]. *Environmental Pollution*, 2016, 216: 711–719.
- [15] Wang W, Yuan W, Chen Y, et al. Microplastics in surface waters of Dongting Lake and Hong Lake, China [J]. *Science of the Total Environment*, 2018, 633: 539–545.
- [16] 底明晓. 长江流域河型水库微塑料污染特征及微塑料与雌二醇的吸附动力学研究 [D]. 武汉: 中国科学院大学 (中国科学院武汉植物园), 2019: 33–45.