

哈尔滨人工渠中微塑料赋存特征

李宇翔, 刘 硕*, 古雪倩, 王菲宇, 刘 琦

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2023年12月12日; 录用日期: 2024年1月17日; 发布日期: 2024年2月28日

摘 要

本研究采集哈尔滨市水利工程发生渠的水体样品, 通过预处理、定量及定性处理, 探究出发生渠中微塑料的赋存特征。结果显示, 发生渠微塑料整体丰度较高, 水体中为4165~13883个/m³。微塑料颜色以无色和白色为主, 彩色占比很小。水样中纤维状微塑料占比最大, 颗粒状微塑料占比最小。通过红外鉴定, 发现水样中PE占比较大。研究结论可为防控城市内河水环境中的微塑料污染提供科学依据。

关键词

微塑料, 人工渠, 赋存特征

Occurrence Characteristics of Microplastics in Artificial Canals in Harbin

Yuxiang Li, Shuo Liu*, Xueqian Gu, Feiyu Wang, Qi Liu

School of Geographical Sciences, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Dec. 12th, 2023; accepted: Jan. 17th, 2024; published: Feb. 28th, 2024

Abstract

In this study, water samples from the canal of the Harbin Water Conservancy project were collected, and the occurrence characteristics of microplastics in the canal were explored through pre-treatment, quantitative and qualitative treatment. The results showed that the overall abundance of microplastics in the channel was high, ranging from 4165 to 13883 body/m³. The color of microplastics is mainly colorless and white, and the color proportion is very small. The proportion of fibrous microplastics was the largest and the proportion of granular microplastics was the smallest. By infrared identification, it was found that PE accounted for a large proportion of water

*通讯作者。

samples. The research results can provide a scientific basis for the prevention and control of microplastic pollution in urban river water environments.

Keywords

Microplastics, Artificial Canal, Occurrence Characteristics

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

微塑料(microplastics, MPs), 指粒径小于 5 mm 的塑料[1], 因其毒性大、难降解[2], 且能够广泛吸附水环境中的化学物质和污染物[3]而备受关注。近年来, 随着塑料制品的广泛应用, 世界各地的微塑料污染问题愈演愈烈。目前, 国内外学者主要针对浅海海域的微塑料污染展开研究, 而对淡水环境中微塑料的研究较少。已有研究表明, 湖泊与河流水体中的微塑料含量远多于海洋表面[4], 因此潜在的生态风险更高, 更具有研究价值。Berit G 等研究发现斯德哥尔摩市中心河流中的微塑料含量是沿海地区的近 10 倍[5]。Katharine H 等发现伦敦市下水道水体中包装袋的破损是造成泰晤士河水体微塑料污染日益严重的元凶, 其中聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)是最主要的聚合物[6]。Jianlong L 等以赤水河、仁怀河流域为研究对象, 发现在农业发达地区, 薄膜类微塑料的丰度较高, 主要来源于农膜排放, 而在人口稠密地区, 生产生活中排放的纤维类微塑料的丰度较高。Wang 等研究发现武汉市地表水中微塑料污染水平较高, 且距离市中心越近, 微塑料丰度越高。Di M X 等在对三峡库区水环境的微塑料污染研究中发现, 城市区域的地表水微塑料污染十分严重, 以密度较低微塑料(如 PP、PE)为主, 而在乡村区域, 河床沉积物中的微塑料污染相对严重, 且多为高密度微塑料, 最常见的类型为聚苯乙烯(PS)。尽管越来越多的研究方向逐渐由海域转移至内陆淡水系统, 但针对城市内河水环境中微塑料赋存特征等方面的研究仍然很少。

发生渠是哈尔滨室内重要的灌排体系及水生态环境建设工程。发生渠渠首与金河相接, 渠尾位于三家子堤防处。接纳一定量的生活污水、工业废水、农业废水、城市污水处理厂出水以及城市雨水径流, 对该河流展开研究能够准确反映人类活动对河流中微塑料赋存的影响。此外, 在当地的温带大陆季风气候影响下, 塑料会显著受到紫外辐射降解、风力侵蚀、风化等作用而破碎成更小的次生微塑料并进入发生渠水体[7], 潜在的生态风险较高。因此, 明确发生渠中微塑料的赋存特征, 并提出治理对策, 对保护当地生态环境、保障人体健康以及促进经济社会的良性发展具有重要意义。

2. 材料与方

2.1. 样品采集

本研究选取哈尔滨人工水利工程发生渠作为研究对象, 沿发生渠共设置 10 个采样点。每个采样点使用不锈钢采水器采集 2L 亚表层水样。返回实验室后在 4℃ 条件下储存以便于后续实验。

2.2. 样品处理与鉴定

2.2.1. 样品处理

对每个点位样品取 100 ml 进行分析, 使用 5 mm 孔径纤维滤膜对全部采集水样进行过滤处理, 再使

用饱和 $ZnCl_2$ 溶液($\rho = 1.6 \text{ g/cm}^3$)对过滤后的水样进行密度浮选[8],取浮选后的上清液于烧杯中。使用 30% 过氧化氢溶液[9],在 40°C 下恒温振荡消解 48 h,充分去除水样中的有机质。消解结束后,使用无忧真空泵对样品进行抽滤,水样中不同粒径的微塑料自上而下截留在所设不同梯度孔径的滤膜上,再对滤膜进行震荡、清洗、干燥、结晶处理。

2.2.2. 样品鉴定

使用体式显微镜对样品中疑似微塑料进行定量统计。再利用傅里叶红外光谱对挑选出的水体和沉积物样品中各 120 个疑似微塑料进行扫描鉴定,以此步骤为基础,对数据进行校正。

3. 结果与讨论

3.1. 微塑料的赋存特征

3.1.1. 微塑料种类与丰度变化

红外光谱检测共发现五种微塑料聚合物,其中以 PE (40%)为主要类型,这与国内外研究结果相一致,此外还检测出 PP、PVC、PS 与 PET 四种类型的微塑料,全部是日程生活中常见的微塑料聚合物类型。部分水样和沉积物样品中微塑料的红外光谱与原谱图的对比见图 1,以及相应的体视显微镜图像或扫描电子显微镜图像。

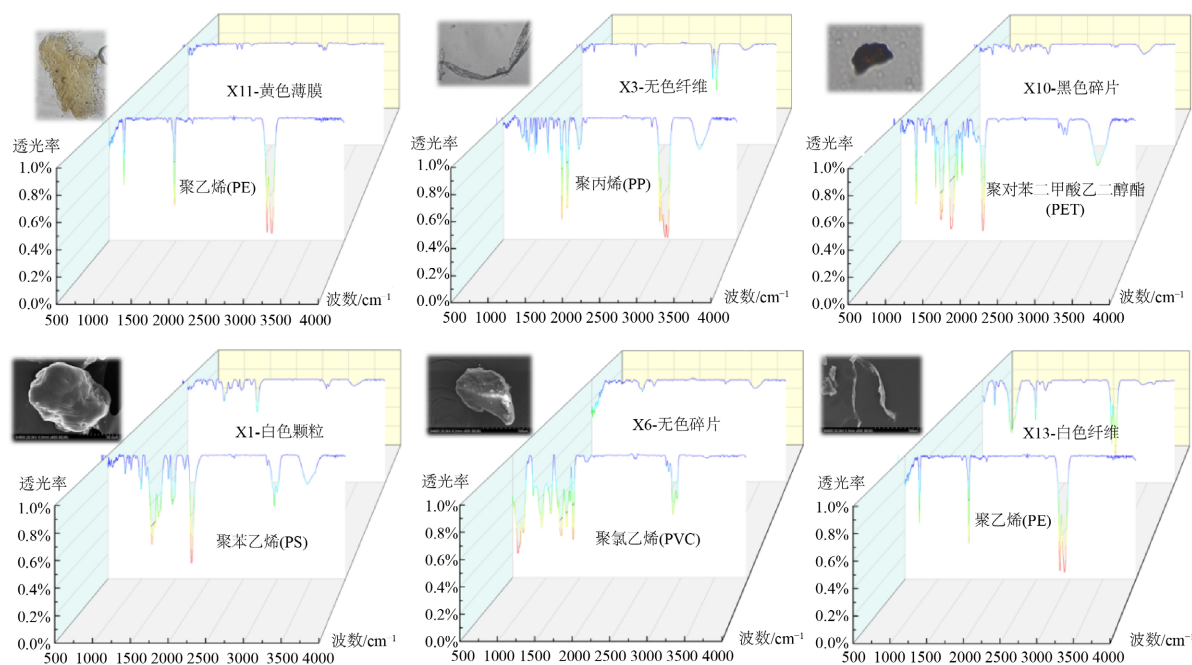


Figure 1. Compares the microplastics and the original spectrum in some samples

图 1. 部分样品中微塑料与原谱图对比

目前研究表明,PE 与 PP 为陆地水环境中的主要塑料聚合物类型,二者广泛用于包装等日常用品,例如塑料袋、塑料瓶、食品包装袋以及编织袋等。研究区内居民区密集,旅游景点多,日常生活以及人类的旅游行为制造了大量上述垃圾,经过外力破坏后分解为塑料颗粒进入水体,成为了发生渠水体微塑料污染重要的源。另一值得关注的聚合物是 PET,本研究中 PET 含量占比达 10%,此现象与大部分城市水体微塑料主要类型不一致,如宁波和武汉[10]。考虑到 PET 的主要来源与纺织品,例如化纤衣物

等, 有研究表明, 每清洗一次合成纺织物便会有约 1900 个纤维脱落, 而这些纤维通常为超细纤维, 家用洗衣机无法过滤, 这些脱落的塑料纤维便会随着废水进入城市水环境中造成污染[11]。而本研究所处地区位于中国东北部, 位于北纬 44°04'~46°40'之间, 纬度较高, 属中温带大陆性季风气候, 冬长夏短, 冬季漫长寒冷。这种气候条件下, 化纤衣物不满足当地居民的御寒需求, 羽绒、动物皮毛等御寒性较强的衣物应用更加广泛, 这种因素进而使得该地区微塑料种类中的 PET 含量降低, 这是与其他地区微塑料种类特征完全相反的。

发生渠水体中微塑料丰度的沿程变化见图 2。微塑料丰度最高的点位在 S4 处, 丰度值为 13883.33 个/m³, 最低值位于 S1 处, 微塑料丰度为 4165 个/m³, 微塑料丰度变化极大, 相差三倍以上。结合采样点位置可以看出, S1 位于人口稀少的郊区, 人口较少, 人类活动不频繁, 而 S4 则位于城区之内, 周边居民区密集, 人口数量多, 人类活动频繁。而从整体来看, 微塑料丰度较高的区域都在人口较为密集处, 这表明微塑料的丰度与人类活动强度有关。这与国外的相关看法一致, 既微塑料丰度与人口密度有关[12]。

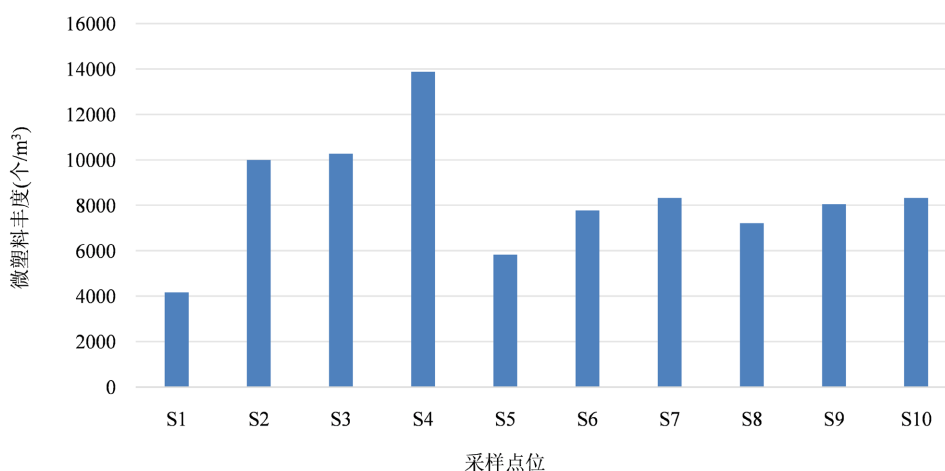


Figure 2. Change of canal microplastic abundance occurred
图 2. 发生渠微塑料丰度变化

3.1.2. 微塑料粒径特征

本研究将样品中微塑料粒径划分为 20~100、100~300、300~500、500~1000、1000~5000 μm 共 5 个梯度。水样中不同粒径的微塑料占比见图 3 所示, 粒径在 20~100 μm 占比最大, 为 26.87%; 在 100~300 μm 占比次之, 为 23.54%; 在 300~500 μm 占比为 21.06%, 500~1000 μm 占比为 18.72%; 在 1000~5000 μm 梯度占比最小, 为 9.81%。其中粒径小于 500 μm 的微塑料占比高达 71.47%, 这可能与塑料在自然环境中不断被次生风化有关[13]。尤其是在城市污水处理厂下游第一个采样点 S4 的微塑料分布中, 小粒径微塑料占比极高, 宣立强等研究发现该污水处理厂的各类处理工艺均相对容易去除大粒径微塑料, 而对小粒径微塑料的去除率较低[14]。微塑料毒性及吸附性与其粒径呈负相关[15], 因此发生渠水体中微塑料潜在生态风险较高, 治理形势十分严峻。

3.1.3. 颜色及形态特征

本研究将微塑料划分为纤维、碎片、薄膜和颗粒四种形态。在水样中, 纤维类微塑料在所有形态类型中占比最大(49.34%), 其次是碎片类微塑料(38.08%)、薄膜类微塑料(12.26%)和颗粒类微塑料(0.33%), 如图 4(a)。然而, 在观察塑料形貌特征时发现碎片类和薄膜类微塑料可能会受到外力作用而被撕裂成纤维状, 因此本研究中纤维类微塑料占比应比其在环境中的实际值略高。

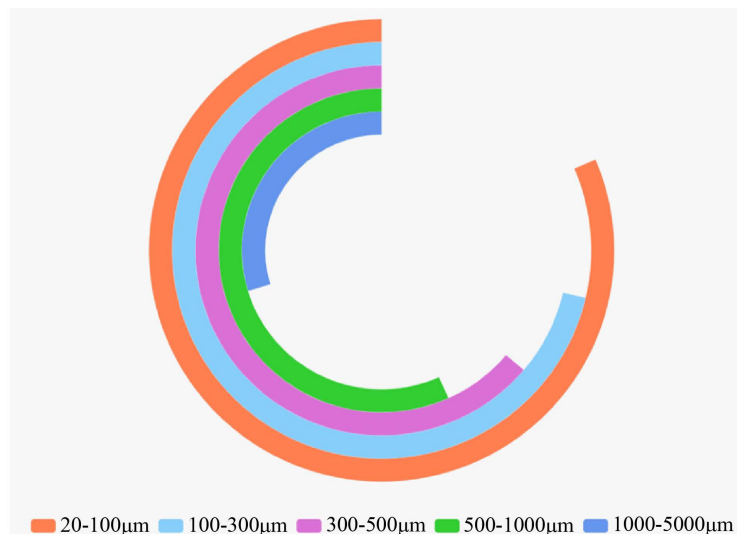


Figure 3. Characteristics of canal microplastic particle size occurred
图 3. 发生渠微塑料粒径特征

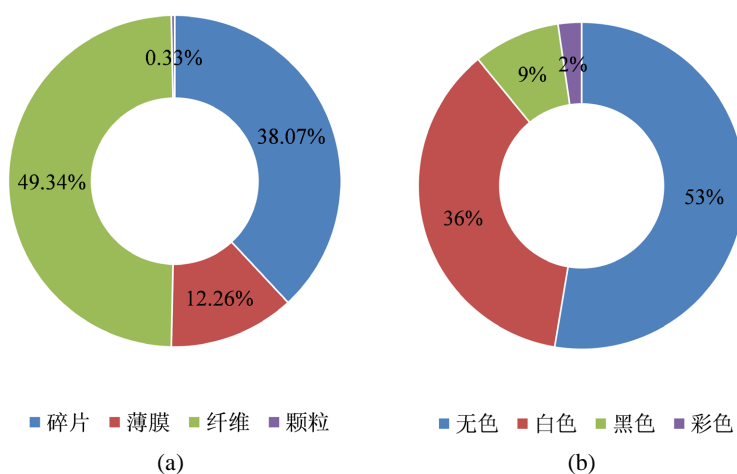


Figure 4. The proportion of shape (a) and color (b) of canal microplastics occurs
图 4. 发生渠微塑料形态(a) 及颜色; (b) 占比

颜色方面则以无色微塑料为主, 见图 4(b)所示占各种颜色微塑料的 52.6%, 其次为白色(36.43%)、黑色(0.86%)、彩色(0.23%)。观察过程中发现有色塑料颜色减弱的现象, 考虑到塑料制品经过风华降解等作用后的会发生形态变化, 因此本研究中的无色微塑料可能是由有色塑料经各种外力作用后演化而来, 实际并没有如此大量的原生无色塑料。国内外其他城市水环境中彩色微塑料所占比重较大, 如南淝河中彩色微塑料占比为 43.35% [7], 南京市内河水环境中仅蓝色微塑料占比就达到 43.75% [16], 泰国塔比-普隆河系中彩色微塑料占比高达 62% [17]。与之相比可发现哈尔滨市彩色塑料所占比例极小, 在一定程度上反映出哈尔滨市在工业生产中对面料的限制使用, 在这一方面体现出环保与节约的发展理念。

4. 结语

1) 本研究表明发生渠微塑料污染程度较高, 其丰度平均值为 8385.53 个/m³。采样区内人口密度较大的区域微塑料丰度较高, 最高值与最低值间可相差 3 倍以上, 其丰度差异在段距离内变化较大, 这与海

洋以及内陆河流的微塑料分布特征不同, 这种独特的差异更证明了微塑料污染程度与人类活动有着直接关系。

2) 以微塑料的形态、性质和颜色为研究对象, 发现发生渠水体中纤维类微塑料占比最大, 颗粒类占比最小; 共检测出 PE、PP、PS、PVC、PET 五种成分的微塑料, 其中 PE 在水体中的占比最大, 为主要聚合物种类; 颜色则以无色为主, 但检测过程发现了有色塑料的褪色现象, 因此无色微塑料中应有一部分是有色塑料受外力作用退化而来。

3) 本研究以城市内的人工渠为研究对象, 更突出了人类活动的影响性, 与其他研究侧重于自然状态下微塑料迁移后的分布不同, 研究区域较小且集中于人类聚居地内, 强调了人类活动的第一影响。从整体上看, 发生渠水体中微塑料丰度较高, 甚至超过国内外众多发达地区水环境中的微塑料丰度, 污染状况不容乐观。建议整体统筹治理与局部重点监测治理相结合, 加强对点源、面源污染的管控, 废水达标后排放。同时优化污水处理厂的各级处理工艺, 提高对微塑料的去除率, 从而减少发生渠水环境中微塑料的丰度, 促进城市经济水平与生态环境协调发展。

参考文献

- [1] Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H. (2009) Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris. NOAA Technical Memorandum. <https://marinedebris.noaa.gov/proceedings-international-research-workshop-microplastic-marine-debris>
- [2] Andrady, A.L. (2011) Microplastics in the Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*, **62**, 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- [3] Brennecke, D., Duarte, B., Paiva, F., et al. (2016) Microplastics as Vector for Heavy Metal Contamination from the Marine Environment. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **178**, 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.003>
- [4] Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., et al. (2013) Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Laurentian Great Lakes. *Marine Pollution Bulletin*, **277**, 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>
- [5] Berit, G., Martin, O., Andreas, B., et al. (2017) Abundance and Composition of Near Surface Microplastics and Plastic Debris in the Stockholm Archipelago, Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, **120**, 292-302. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.062>
- [6] Katharine, H., Rowley, C., Anna, C., et al. (2020) London's River of Plastic: High Levels of Microplastics in the Thames Water Column. *Science of the Total Environment*, **740**, Article 140018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140018>
- [7] Browne, M.A., Galloway, T. and Thompson, R. (2007) Microplastics—An Emerging Contaminant of Potential Concern? *Integrated Environmental Assessment and Management*, **3**, 559-566. <https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412>
- [8] 牛司平, 王璇, 丁世磊, 等. 一种微塑料浮选装置[P]. 中国专利: CN 210617030 U. 2020-05-26.
- [9] Tagg, A.S., Harrison, J.P., Ju-Nam, Y.K., et al. (2017) Fenton's Reagent for the Rapid and Efficient Isolation of Microplastics from Waste Water. *Chemical Communication*, **53**, 372-375. <https://doi.org/10.1039/C6CC08798A>
- [10] Wang, W., Ndungu, A.W., Li, Z., et al. (2017) Microplastics Pollution in Inland Freshwaters of China; A Case Study in Urban Surface Waters of Wuhan, China. *Science of the Total Environment*, **575**, 1369-1374. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.213>
- [11] Wang, Z.P. and Chen, L. (2019) Research Progress of Plastic Microparticles in Terrestrial Water System. *Applied-chemical Industry*, **48**, 677-680.
- [12] Bollmana, U.E., Simon, M., Vollertsen, J., et al. (2019) Assessment of Input of Organic Micropollutants and Microplastics into the Baltic Sea by Urban Waters. *Marine Pollution Bulletin*, **148**, 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.014>
- [13] 宣立强, 刘硕, 罗爻, 等. 哈尔滨城市污水处理厂不同处理工艺对微塑料的去除[J]. 环境科学学报, 2020, 40(11): 3964-3970.
- [14] 汪新亮, 李珊珊, 王宁, 等. 南淝河中微塑料的分布特征及来源[J]. 水土保持通报, 2020, 40(5): 201-208.
- [15] Rita, T., Thomas, B., Tamara, G., et al. (2019) Relevance of Nano- and Microplastics for Freshwater Ecosystems: A Critical Review. *Trends in Analytical Chemistry*, **110**, 375-392. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.11.023>
- [16] 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.

-
- [17] Narainrit, C., Penjai, S., Chawalit, C., *et al.* (2021) Abundance, Composition, and Fate of Microplastics in Water, Sediment and Shellfish in the Tapi-Phumduang River System and Bandon Bay, Thailand. *Science of the Total Environment*, **781**, Article 146700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146700>