

# 饮用水中微塑料检测技术与发展现状研究

韩厦<sup>1</sup> 赵蕊<sup>2</sup> 岳文静<sup>3</sup>

1 国家城市供水水质监测网长春监测站 2 国家城市供水水质监测网哈尔滨监测站 3 吉林外国语大学

DOI:10.12238/hwr.v8i7.5563

**[摘要]** 微塑料在自然环境与人类日常生活中广泛存在,以其粒径小、吸附性强等特点正成为当前饮用水污染调查的热点。文中综述了近年来饮用水中微塑料的来源、采集预处理和检测技术研究进展,阐述了饮用水中微塑料对人体的危害,针对现阶段饮用水中的微塑料在水处理工艺中存在的问题予以分析,提出相应的防治措施,并对饮用水中微塑料的研究方向进行展望。

**[关键词]** 饮用水; 微塑料; 水处理; 防治措施

**中图分类号:** TB484.3 **文献标识码:** A

## Research on Microplastic Detection Technology and Development Status in Drinking Water

Xia Han<sup>1</sup> Rui Zhao<sup>2</sup> Wenjing Yue<sup>3</sup>

1 JNational Water Quality Monitoring Net of City Water Supply Changchun Station

2 National Water Quality Monitoring Net of City Water Supply Haerbin Station

3 Jilin International Studies University

**[Abstract]** Microplastics are widely found in the natural environment and daily life of human beings. It has become a hotspot in the investigation of drinking water pollution with their small particle size and strong adsorption. This paper summarizes the research progress of microplastics in drinking water in recent years in terms of sources, collection preprocessing and detection technology. It describes the harm of microplastics in drinking water to human body, analyzes the problems of microplastics in drinking water in water treatment process at the present stage. In the paper, the corresponding prevention and control measures are also proposed, and we look forward to the research of microplastics in drinking water.

**[Key words]** drinking water; microplastics; water treatment; prevention and control countermeasures

## 引言

粒径在5mm以下的塑料纤维、颗粒或碎片被定义为微塑料<sup>[1]</sup>。微塑料作为一种新兴污染物现已广泛存在于各类环境中,其中饮用水被认为是人体微塑料暴露的主要途径之一,微塑料的尺寸在不同的研究中具有多种尺寸标准,有的微塑料粒径可达微米和纳米级,其污染范围广,可在不同环境间交换迁移,能够在环境中长时间保留,并伴随着人类活动在环境中扩散。微塑料具有粒径小、比表面积大、体积小、重量轻、疏水性强等特性,通过吸附有毒物质,成为疏水性有机污染物、重金属、潜在病原体的理想载体。

2017年Orb Media在饮用水中微塑料的研究报告中分析了全球14个国家的159个饮用水样品,发现83%的样品含有微塑料。经动物实验表明,微塑料可以通过血液循环蓄积于各项内脏器官中,引起炎症反应、氧化应激、免疫损伤、菌群失调、代谢紊乱等。塑料制品日益增多,不断危害环境和生物的情况下,对微塑料的调查研究已经成为环境保护研究的重要内容。

## 1 目前人类生活的饮用水中微塑料主要来源

在塑料工业发展的100多年的历史长河中,塑料已经成为人类生产生活中重要的材料来源。据国家统计局发布的数据显示,2023年全球塑料制品总量超过4.3亿吨,而我国塑料制品产量为7488.5万吨,累计增长3%,其中仅有7%得到回收处理,而其余的93%均以废弃物形式存在于环境中并逐年增加。在塑料极大的方便了生产生活的同时,却伴随着严重的环境污染,塑料在生物降解、物理磨损和化学分解等共同作用下,会被降解成粒径微小的不规则颗粒和碎片。微塑料在21世纪初从海洋中被发现,而后在陆地、江河、湖泊中也相继发现了微塑料的存在<sup>[2]</sup>,近些年甚至在饮用水中检测出了微塑料,这引起了世界范围内对微塑料的关注。

饮用水中的微塑料来源十分广泛,其成分主要包括可回收塑料垃圾中的如聚氯乙烯(PVC)、聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)等材料<sup>[3]</sup>,以及不可回收的塑料制品,如果塑料垃圾处置不当,那些微小粒径的微塑料颗粒就会在垃圾处理或污水处理厂处理过程

中得以逃脱并进入饮用水源, 从而造成饮用水中的微塑料污染。微塑料的主要来源来自以下几个方面: (1) 工业排放: 工业生产排污携带微塑料直接排放到自然水体中。(2) 洗护洗衣废水: 含有的微塑料洗护、洗衣废水, 在使用后通过城市排水管网进入到河流或土壤中。(3) 食品和饮料包装: 塑料包装在丢弃后在自然环境中分解成微塑料。(4) 垃圾填埋和焚烧: 大块塑料垃圾在填埋或焚烧过程中产生微塑料。(5) 自然分解: 塑料垃圾在自然环境中长时间暴露, 会因风化、光解等自然作用分解成微塑料。(6) 交通运输: 车辆轮胎磨损和道路表面磨损也是微塑料的来源之一。

## 2 水中微塑料采集、分离预处理及检测技术

水源地微塑料样本采集时, 常采用区域拖网法, 此方法在采集海水中已被实践应用, 一般表层水样采集使用Manta网, Neuston网, 中层水样采用Bongo网, 底层水样采用底栖拖网等, 不同的采集方法可降低粒径取样下限, 采样时根据需要改编网孔大小, 可获得粒径100-500微米的微塑料。取样后经预处理对样品进行纯化, 一般采用化学降解和酶降解法, 化学降解所用试剂对降解敏感的微塑料作用强烈, 会造成后续微塑料的检测结果不准确经研究证实, 酶降解法的检测回收率较高, 相对于化学降解, 酶降解对微塑料本体损失小, 对检测结果影响小, 是较为理想的预处理技术。

目前我国常规水处理工艺中, 主要通过对原水进行混凝、沉淀、过滤和消毒完成净水过程, 此过程在去除大于1微米级别的微塑料可达27.2-99.99%<sup>[4]</sup>, 可见自来水水工艺在水体中微塑料的去除起着重要作用。微塑料的检测技术主要是对其物理和化学性质的分析, 在实际检测中大多采用目检法、目检和镜检结合法、傅里叶变换-红外光谱分析法、拉曼光谱法、热分析法中热分解-气相-质谱联用技术等定量检测和鉴别。

(1) 目检法: 主要用于检测粒径在 1毫米以上的微塑料颗粒, 不同研究人员或者相同研究人员不同时间的统计结果可能会出现较大偏差, 容易造成表征结果的误判。随着对微塑料表征准确度要求的提高, 对于1mm以下微塑料颗粒, 体式显微镜等可放大微塑料细节特征的高分辨率仪器被广泛用以确定小粒径微塑料的形态特征。(2) 目检法和镜检结合法: 适用于尺寸在50微米以上的微塑料定量分析, 扫描电子显微镜可以清晰记录微塑料的微观形貌特征, 但由于微塑料样品在水体中存在的状态不同, 利用目检法和镜检观测物理性状时, 需要排除杂质干扰。(3) 傅里叶变换-红外光谱分析法 (FTIR): 在我国近岸微塑料研究中, 约90%的研究使用了FTIR法鉴别微塑料化学组分, 该方法在应用过程中不破坏微塑料样品, 仅需通过简单预处理操作即可直接分析, 通过将未知的微塑料样品光谱图与标准谱库中的已知聚合物光谱进行匹配分析, 以确定微塑料化学组分, 其最低检测限约为10微米。(4) 拉曼光谱法 (Raman): 拉曼光谱法是以一定频率入射光照射物质后, 得到相应的散射光谱, 从而获得分子结构信息。样品的散射光谱可以与标准物质数据库进行比对, 从而确定微塑料样品的成分。但Raman法虽受分析样品的形状或厚度的影

响较小, 但易受有机化合物影响, 且鉴定时间较长, 目前我国仅有约7%的微塑料研究使用了该方法, 其最低检测限约为1微米。(5) 热分析法中热分解-气相-质谱联用技术 (Pyr-GC-MS) 法: 通过检测微塑料高温裂解后的产物, 定性、定量判定微塑料组成。该方法所需样品量小、无需额外投加试剂, 但实验条件要求较高, 对样品有损伤。在我国近岸微塑料研究中, 使用Pyr-GC-MS技术鉴定出黄海、渤海沿岸滩涂中纤维微塑料以PE与PP的共混聚合物为主, 还观测到发泡类风化表层与剥离风化表层后的内部之间的成分差异。不仅鉴定出微塑料聚合物类型, 还进一步证实了微塑料表面含氧物质的存在, 目前此方法检测范围为50到1500微米。

目前我国主要采用FTIR和Raman法鉴别近岸微塑料组分, 但FTIR 法空间分辨率低、光谱范围窄, 使用耗时费力, Raman法的聚合物光谱库尚未建立, 易受环境基底影响, 两种方法都有一定局限性。针对上述情况, 建议结合最新的显微 (Micro) 和质谱 (MS) 技术, 研发快速、高效的微塑料联用分析方法, 用来检测不同环境介质中小尺寸、低含量、具有复杂基底的微塑料样品。

## 3 微塑料对人体危害

微塑料由于其尺寸微小具有普遍性和持久性, 目前已成为一个全球性的环境问题, 可能带来的人体健康的风险也得到了越来越多的关注。研究统计, 水体中超过800种动物摄入塑料或被缠绕, 其中220种生物会从自然界摄入微塑料, 在海洋河流中, 不同等级生物在捕食时都会误食不同粒径的塑料颗粒, 其中细小的可以长时间停留在胃肠道中, 纳米级微塑料可以通过胎盘进入生物的胃、肺脏器中。这些生物有很大一部分会通过食物或饮用水等方式进入人体。据统计, 一个人平均每周要吃掉大约2000个微塑料颗粒, 组合起来相当于一张信用卡, 虽然其中大部分都会随着消化系统排出体外, 但仍然会有小部分不断囤积在体内, 目前在人体的各个器官中, 甚至血液里都发现了微塑料的存在, 根据抽样调查, 人的每毫升血液中, 就有1.6微克的微塑料。目前人类对存在于体内的微塑料对人体的危害还了解甚少, 存在很大的不确定性, 但是科学家已经在实验室里证实, 受到大量微塑料污染的动物, 生育率会明显下降, 致癌率会提高, 还会引起腹泻、直肠出血和腹部绞痛<sup>[5]</sup>。

最新研究显示, 微塑料还对造血系统产生损害, 3月29日, 浙江大学学者在SELL DISCOVERY上发表研究论文, 研究显示在生物模型中, 微塑料会对造血系统造成严重的危害, 会抑制造血干细胞的自我更新和重建能力, 除了对造血系统的严重危害之外, 之前也有研究显示, 微塑料对于消化系统的影响会导致肠道慢性炎症, 影响肠道功能, 对免疫系统造成影响, 干扰免疫功能, 导致功能下降。

## 4 防控与展望

在生活及生产污水进入湖泊河流前, 污水处理厂在格栅、沉砂池和沉淀池等工艺过程中能去除大部分水体中的微塑料, 据统计, 三级污水处理厂中的微塑料去除率, 在通过污水厂预处理、初级、二级、三级处理后0.01至0.1mm的微塑料去除率为

65%，0.1至0.5mm为77%，1至5mm为94%<sup>[6]</sup>。污水处理厂可处理的微塑料普遍粒径较大，还有一部分在处理过程中会转移到污泥中，要防止微塑料在污泥的处置过程中再次进入到环境中，需要进一步完善污水排放标准及监控体系。开发切实有效的检测及处理技术，以提高检测及去除能力。而在自来水管网的净水过程中，可充分利用活性炭过滤工艺，微塑料的去除率在此工艺下可提高到80-93%。但是小粒径的微塑料仍然无法有效去除。因此在未来寻找合适的微塑料处理技术仍是面临的主要问题，未来应发展纳米塑料的定性和定量检测分析技术，寻求更有效的纳米塑料去除方法。

## 5 结语

从微塑料的产生来源来看，微塑料的引入途径很广，目前在微塑料采集与检测技术上没有一个公认的方案，而那些不被处理的微塑料仍在不断地在人体和环境中累积，长此以往，势必会影响生态系统的发展以及人类健康，为提高微塑料的处理成效，应站在长远发展的角度，有效提高污水厂和自来水厂对微塑料水处理工艺方面的更深入研究，从而能更可靠的评估饮用水中的微塑料，以便能够更好的处理成分复杂的水资源，改善人们的

生存环境，保障人类健康，为我国生态环保事业的发展奠定基础，实现社会经济与自然环境的协同发展。

## 【参考文献】

- [1]许赞赞,张承龙,王瑞雪,等.水体中不同粒径微塑料的危害及去除研究进展[J].上海第二工业大学学报,2023,(6),40,2.
- [2]李道季.海洋微塑料污染状况及其应对措施建议[J].环境科学研究.2019,32(2):197-202.
- [3]王佳佳,赵娜娜,李金惠.中国海洋微塑料污染现状与防治建议[J].中国环境科学,2019,39(7):3056-3063.
- [4]王丽群,李文鹏,颜雯雯,等.自来水中微塑料检测技术研究进展[J].给水排水.2022,48(8):160-166.
- [5]李君薇.水体中微塑料的采集、分离及检测技术研究进展[J].塑料科技,2021,49(8):113-116.
- [6]于颖,赵亦锦,董志强,等.水厂与污水厂对水体中微塑料的去除处理技术研究进展[J].净水技术,2023,42(6):45-56.

## 作者简介：

韩厦(1986-),男,汉族,吉林长春人,硕士,国家城市供水水质监测网长春监测站,高级工程师,研究方向:化学分析。