

# Discussion on the Current Situation, Hazards and Treatment Methods of New Pollutants

Li Zhang

Nanjing University Environmental Planning and Design Research Institute Group Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai, 201713, China

## Abstract

In the process of human social development, the continuous use of chemicals has led to an increasing variety of pollutants in the environment. Currently, the concentration of new pollutants, such as antibiotics, persistent organic pollutants, endocrine disruptors, and microplastics, in the environment has reached its upper limit. The potential threat of new pollutants in the environment to the health and safety of humans and other organisms has attracted great attention to their hazards and removal methods. This paper briefly elaborates on the current situation of new pollutants in the environment, analyzes the harm of new pollutants to water environment and human health, outlines the current removal methods of new pollutants, and looks forward to future research on new pollutants.

## Keywords

new pollutant; hazard; treatment technology

## 新污染物的现状、危害及处理方法综述

张丽

南京大学环境规划设计研究院集团股份公司上海分公司, 中国·上海 201713

## 摘要

在人类社会发展中过程中, 化学品的不断使用使环境中污染物存在种类不断增多, 目前新污染物, 如抗生素、持久性有机污染物、内分泌干扰物和微塑料等在环境中的浓度已达到上限。环境中的新污染物对人类及其他生物的健康安全存在潜在威胁, 因此新污染物的危害及其去除方式已引起人们极大的关注。论文对环境中新污染物现状进行了简单的阐述, 分析了新污染物对水体环境及人体健康的危害, 梳理了新污染目前的去除方式, 并对未来新污染物的研究进行了展望。

## 关键词

新污染物; 危害; 处理技术

## 1 引言

工业、农业和医药业等行业在近几十年来的迅猛发展使人们生活水平不断提高的同时, 也对环境造成了严重的破坏<sup>[1]</sup>。持久性有机污染物 (Persistent Organic Pollutants, POPs)、内分泌干扰物 (endocrine disrupting chemicals, EDCs)、微塑料 (Microplastic, MPs) 和抗生素 (Antibiotic) 等新污染物在人类社会发展中不断被排入环境并在自然环境中累积, 其在水环境中的浓度已达到上限<sup>[2]</sup>。新污染物通常具有环境持久性、内分泌干扰性和慢性毒性。因此, 中国“十四五”规划纲要和“2035年远景目标”纲要已经提出“重视新污染物治理、健全有毒有害化学物质环境风险管理体系”任务要求<sup>[3]</sup>。2022年11月29日中华人民共和国生态环境部2022年第五次部务会议审议通过《重点管控新污染物

清单(2023年版)》。目前, 新污染物处理技术包括物理法、生物法和化学法等。

论文阐述了新污染物在全球的分布以及其对于自然界的危害, 系统地梳理了新污染物的传统处理技术, 分析了新污染物目前的一些处理技术, 并对未来新污染的研究进行了展望。

## 2 新污染物现状

新污染物是指在环境中新被发现的, 或较早环境中被发现, 但其危害尚不清楚的一类物质, 这类物质具有环境持久性、生物累积性、危害严重性和风险隐蔽性的特点, 包括持久性污染物、内分泌干扰物、微塑料和抗生素四大类物质<sup>[4]</sup>。新污染物可以通过污水处理厂、水产养殖、工业生产等途径进入到环境当中<sup>[5]</sup>。研究已表明新污染物在环境中的浓度已达到上限。新污染物难降解性和危害严重性的特点使国际社会对其进行了广泛的关注, 表1总结了不同流域不同种类新污染物的含量。

【作者简介】张丽(1997-), 女, 中国河南三门峡人, 硕士, 助理工程师, 从事环境咨询研究。

表 1 不同流域不同种类新污染物含量

类别	区域	残留浓度	参考文献
/	青海湖	1.14~17.3ng/L	
磺胺甲恶唑	白洋淀	940ng/L	
磺胺甲恶唑	洪湖	620.4ng/L	
磺酰胺类	松花江	2.1~92.4ng/L	
氟喹诺酮类	澜沧江	0.04~1.45ng/L	
聚乙烯、聚丙烯和聚苯乙烯	黄河	$9.30 \times 10^5 \text{ n/m}^3$	
聚乙烯、聚苯乙烯和聚氯乙烯	渭河	$3.67 \times 10^3 \sim 1.07 \times 10^4 \text{ n/m}^3$	
/	长江	$4.14 \times 10^3 \pm 2.46 \times 10^3 \text{ n/m}^3$	
DDT	白洋淀	$2.4 \pm 0.6 \text{ ng/L}$	
DDT	岷江	230ng/L	
林丹	珍珠河	2.3~36ng/L	
HCHs	太湖	36000ng/L	
多环芳烃	黄河(河南)	662ng/L	
多环芳烃	白洋淀	40.1~74ng/L	[6]

### 3 新污染物的危害

#### 3.1 新污染物对环境的影响

新污染物可以通过沉降、渗透和地表径流等途径进入水环境,因此水环境受其影响最大。已有研究表明有超过700多种新污染物及其代谢物进入水体中,对水生生态系统造成严重的危害。据报道,由于暴露于有机氯,鱼类和海豚出现雌性化,短吻鳄也出现性别异常的现象<sup>[7]</sup>。Hoffmann等人在17 $\alpha$ -雌二醇对斑马鱼肝脏基因表达的影响研究中发现17 $\alpha$ -雌二醇可以诱导斑马鱼肝脏中细胞凋亡相关基因、生长抑制基因和DNA损伤诱导基因的表达<sup>[8]</sup>。此外,新污染物进入水体还可造成水体中藻类的增多,无毒的藻类会导致水体中氧气的减少,导致水生生物窒息死亡;有毒的藻类会释放毒素,从而对水体生物造成危害。

#### 3.2 新污染物对于人体健康的危害

新污染物具有环境持久性的特点,其可不断通过食物链进行累积,从而对人体产生一定的危害,已有研究者在人体血液中检测出多种微塑料成分,其总和可量化浓度为1.6 $\mu\text{g/L}$ <sup>[9]</sup>。Pirali等人在甲状腺与全氟辛酸磺酸和全氟辛酸酸相关性的研究中发现患者甲状腺组织里全氟辛酸和全氟辛酸磺酸的平均含量分别为2.0ng/L和5.5ng/g<sup>[10]</sup>。这些进入人体的新污染物往往难以代谢排出体外,从而对人体健康造成严重的危害。Lee等人研究表明糖尿病与人体血清中持久性污染物的累积相关联。Bonefeld Jorgensen等人对照分析了因纽特人乳腺癌患者和未患乳腺癌人群血清中10种全氟化合物的含量,结果表明全氟化合物可能是导致患乳腺癌的诱因之一<sup>[11]</sup>。Killilea等人使用来源于肾脏的HK-2(人乳头状瘤病毒16转化的肾近端小管)细胞系评估了暴露于磷酸三(1,3-二氯-2-丙基)酯(TDCPP)诱导的细胞毒性,

该细胞系是有机卤素暴露的主要靶组织,结果表明暴露于TDCPP的细胞生长速率和活力被抑制,蛋白质合成和细胞周期也因暴露于TDCPP而停滞<sup>[12]</sup>。

### 4 新污染物处理技术

新污染物的难降解性和危害严重性的特点,使其有效处理成为事关生态环境安全和人类健康的一项重大问题。目前,新污染物的处理技术可以分为物理处理技术、生物处理技术和化学处理技术<sup>[13]</sup>。

#### 4.1 物理处理技术

物理处理技术主要的方法是吸附法和膜处理技术。吸附法中常用的吸附剂包括活性炭、生物炭和碳纳米管等。活性炭具有高孔隙率和比表面积,这些特性使其具有高度吸附性。生物炭是在无氧的高温下加热生物质制成的,这是一个过程被称为热解过程,热解条件是影响生物炭吸附能力的重要因素之一。碳纳米管是一种具有类石墨结构的碳同素异形体,根据卷曲程度、原始薄片的产生、直径、内部几何形状、物理化学性质和合成所用的处理工艺,表现出不同的吸附特性。表面积在碳纳米管去除新污染物过程中起着关键的作用,而碳纳米管的表面积通常取决于单壁或多壁结构的存在<sup>[14]</sup>。

膜处理技术是基于使用静水压力来去除悬浮固体和高分子量溶质,并允许水和低分子量溶质通过的处理技术,可分为超滤、纳滤和微滤<sup>[15]</sup>。微滤由于孔径较大无法用于新污染物的去除<sup>[16]</sup>。超滤和纳滤已广泛应用于新污染物的去除。纳滤膜工艺由于在较低的水压力下进行,因此纳滤相比超滤成本较低。此外,在去除某些新污染物中,纳滤比超滤有更高的去除效率,如超滤去除咖啡因的效率在2%~21%范围内,而纳滤去除咖啡因的效率在46%~84%范围内<sup>[17]</sup>。

#### 4.2 生物处理技术

生物处理是利用微生物将大分子的污染物降解为小分子有机物甚至矿化为无机物的技术,在传统的生物降解过程中,微生物可以利用有机物,诱导酶进行同化,当有机物不能够满足微生物生长的条件时,可以添加生物基质来维持微生物生长以达到降解污染物的目的<sup>[18]</sup>。在处理工艺中,根据污染物的类型可选择好氧工艺或厌氧工艺,好氧或厌氧条件的应用与主要的末端电子接受条件有关,如Liu等人在探究三种苯并三唑在好氧和厌氧条件下的生物降解情况时发现苯并三唑在好氧条件下被去除效率更高<sup>[19]</sup>。生物处理技术但是生物处理技术无法处理复杂废水的污染物,一些有毒有机物的存在会抑制生物的代谢过程,从而使污染物的降解效率大幅度下降。

#### 4.3 化学处理技术

化学处理技术是利用强氧化剂将污染物分解为小分子物质,甚至转为二氧化碳的过程,包括氯化法、光解法、臭氧氧化法、芬顿法和基于硫酸根自由基的高级氧化法

等。基于硫酸根自由基的高级氧化法 (Sulfate radical-based advanced oxidation processes, SR-AOPs) 在近些年已受到了人们的广泛关注。SR-AOPs 主要是通过活化单过硫酸盐 (Peroxymonosulfate, PMS) 或过二硫酸盐 (Peroxydisulfate, PDS) 中的过氧化键, 使其均裂或异裂形成硫酸根自由基 ( $\text{SO}_4^{\cdot-}$ )<sup>[4]</sup>。活化 PMS 和 PDS 的方式包括热活化、紫外活化、超声活化、碱活化、过渡金属离子活化等均相活化和金属非均相催化剂、活性炭、碳纳米管等非均相活化方式。

PMS 和 PDS 所产生的  $\text{SO}_4^{\cdot-}$  以下特点使其引起了研究者广泛的关注: ①具有较长的寿命 (30~40 $\mu\text{s}$ ), 可与污染物充分进行反应; ②  $\text{SO}_4^{\cdot-}$  具有较高的氧化还原电位 (2.5~3.1eV), 可以降解大多数污染物; ③可以在较广泛的 pH 范围内降解污染物, 使其应用更加广泛。

## 5 展望

新污染物的难降解性、生物累积性和危害严重性的特点, 使其已成为生态环境安全和人类健康发展中亟待解决的问题, 是中国“十四五”规划中关于环境质量面临的挑战之一, 虽然已有许多文献对其降解提出了相应的解决办法, 但是目前的物理处理技术、生物处理技术和化学处理技术都存在一定的弊端, 大多数研究仅在停留在实验室层面, 面对实际应用中的复杂环境, 这些技术未能体现出其优越的性能, 降解效率往往很低, 因此开发出效率较高, 能在复杂的环境中发挥出卓越的性能的处理技术成为急需解决的问题。我们以后可以重点研究新污染物在实际环境中的处理技术, 以解决实际环境中新污染物污染问题。

## 参考文献

- [1] 张伟, 樊梦珂, 龚林, 等碳基材料活化PMS降解新污染物研究进展 [J]. 水处理技术, 2023, 49(3): 20-26.
- [2] ZHAO L, DENG J, SUN P, et al. Nanomaterials for treating emerging contaminants in water by adsorption and photocatalysis: Systematic review and bibliometric analysis [J]. *Sci Total Environ*, 2018, 627: 1253-1263.
- [3] 李禾. 我国新污染物治理步入“快车道”[N]. 2023-06-27.
- [4] MORIN-CRINI N, LICHTFOUSE E, FOURMENTIN M, et al. Removal of emerging contaminants from wastewater using advanced treatments. A review [J]. *Environmental Chemistry Letters*, 2022, 20(2): 1333-7135.
- [5] VARSHA M, SENTHIL KUMAR P, SENTHIL RATHI B. A review on recent trends in the removal of emerging contaminants from aquatic environment using low-cost adsorbents [J]. *Chemosphere*, 2022, 287(3): 132270.
- [6] HAN D, CURRELL M J. Persistent organic pollutants in China's surface water systems [J]. *Sci Total Environ*, 2017, 580: 602-625.
- [7] RAHMAN M F, YANFUL E K, JASIM S Y. Occurrences of endocrine disrupting compounds and pharmaceuticals in the aquatic environment and their removal from drinking water: Challenges in the context of the developing world [J]. *Desalination*, 2009, 248(1-3): 578-585.
- [8] HOFFMANN J L, TORONTALI S P, THOMASON R G, et al. Hepatic gene expression profiling using Genechips in zebrafish exposed to 17 alpha-ethynylestradiol [J]. *Aquatic Toxicology*, 2006, 79(3): 233-246.
- [9] LESLIE H A, VAN VELZEN M J M, BRANDSMA S H, et al. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood [J]. *Environment International*, 2022, 163.
- [10] LEI M, ZHANG L, LEI J J, et al. Overview of Emerging Contaminants and Associated Human Health Effects [J]. *Biomed Research International*, 2015.
- [11] BONEFELD-JORGENSEN E C, LONG M, BOSSI R, et al. Perfluorinated compounds are related to breast cancer risk in Greenlandic Inuit: A case control study [J]. *Environmental Health*, 2011, 10.
- [12] WANG C, CHEN H, LI H, et al. Review of emerging contaminant tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate: Environmental occurrence, exposure, and risks to organisms and human health [J]. *Environ Int*, 2020, 143: 105946.
- [13] RODRIGUEZ-NARVAEZ O M, PERALTA-HERNANDEZ J M, GOONETILLEKE A, et al. Treatment technologies for emerging contaminants in water: A review [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2017, 323: 361-380.
- [14] AHMED M J, THEYDAN S K. Adsorption of cephalixin onto activated carbons from Albizia lebeck seed pods by microwave-induced KOH and K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> activations [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2012, 211: 200-207.
- [15] SCHAFER A I, AKANYETI I, SEMIAO A J C. Micropollutant sorption to membrane polymers: A review of mechanisms for estrogens [J]. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2011, 164(1-2): 100-117.
- [16] ZHOU J E, CHANG Q B, WANG Y Q, et al. Separation of stable oil-water emulsion by the hydrophilic nano-sized ZrO<sub>2</sub> modified Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> microfiltration membrane [J]. *Separation and Purification Technology*, 2010, 75(3): 243-248.
- [17] ACERO J L, BENITEZ F J, TEVA F, et al. Retention of emerging micropollutants from UP water and a municipal secondary effluent by ultrafiltration and nanofiltration [J]. *Chemical Engineering Journal*, 2010, 163(3): 264-272.
- [18] AHMED M B, ZHOU J L, NGO H H, et al. Progress in the biological and chemical treatment technologies for emerging contaminant removal from wastewater: A critical review [J]. *J Hazard Mater*, 2017, 323(Pt A): 274-298.
- [19] LIU Y S, YING G G, SHAREEF A, et al. Biodegradation of three selected benzotriazoles under aerobic and anaerobic conditions [J]. *Water Research*, 2011, 45(16): 5005-5014.