

象,加大基层监察人员的专业培训力度,着重提高他们对新式监测技术的应用水平以及识别处置复杂污染源的能力,定时举办技能比赛和案例研讨活动,塑造出一支高素质且专业的环境监管队伍,并促使科研机构同企业展开合作,加大对新型污染物监测技术和智能监管装备研发方面的投入,从而推动监管技术不断更新改进,全方位优化监管科技化程度。

#### 4.3 加强企业主体责任,健全激励约束机制

加强环保宣传教育,通过专题培训、案例警示、政策解读等多种形式提升企业负责人环保意识,引导企业树立“环保优先”理念,自觉承担环保主体责任。健全完善企业环保管理制度,要求企业建立污染治理台账,规范环保设施运行维护管理,定期开展环保自查自纠工作,建立环境管理体系认证制度,确保污染物稳定达标排放。严格落实排污许可制度,加大对许可执行情况的日常核查和专项检查力度,对未取得许可证或者超标超量排放的企业依法从重处罚,并责令其停产整改;情节严重的将予以关闭取缔并向社会公布违法信息记录到企业的信用档案中去。建立健全企业环保信用评价体系,把企业环保信用同行政审批、信贷融资、评优评先以及税收优惠等事项直接关联起来实行守信奖励失信惩戒机制。对于环保信用评级较高的企业,给予简化监管、优先支持等优惠措施;对失信企业则实施联合惩戒,限制其市场准入并提高贷款利率等手段来大幅度增加其违法成本。鼓励企业开展环保技术创新活动,积极采用先进的环保技术以实现污染物减排的企业可以得到财政补贴或者税收减免的支持,并设立专门的环保专项基金用于支持企业的污染治理设施升级改造工作。搭建环保技术服务平台,在中小企业中推广环保咨询以及技术指导和第三方治理服务等帮助企业增强自身环保治理能力从而促使企业由“被管”转变为“自管”。

#### 4.4 构建社会共治体系,汇聚多元监管力量

创建多种公众参与机制,搭建线上线下融合的环境监督平台,开设环保举报热线、网络举报通道等途径,简化举报流程,尽快回复群众诉求,推行环境信息公开制度,强制重点污染源企业定时公布排放数据,环保设施运作状况等相关信息,保证民众享有环境知晓权,制订举报奖励制度,给给予有效违法排污线索的大众以物质或者精神上的奖赏,

激发大家参加监管的热情,支持环保社会团体发挥特长,加入到环境保护监视,政策咨询以及公益诉讼等活动当中来,营造起“人人投身于保护,处处接受被观察”的良好局面,规划长久性的环保宣传方案,结合世界环境日,地球日这类关键日期,举办主题活动,借助电视,广播,新媒体等各种手段,宣扬环保法规和污染防治知识。对不同群体实施精准宣传,对企业负责人着重展开环保责任与法律风险教育,向中小学生推行环境科普教育,给社区居民做生活污染防治宣传,从而提升全社会的环保意识和责任感。制作典型环境违法案例警示宣传片,利用以案说法的形式来加深企业及公众的环保敬畏之心,促使人们养成绿色生产生活方式。规范环境第三方服务市场,发展一批具有专业资质的第三方监测、评价、治理机构,并鼓励它们参加到区域污染源监测核查以及环保技术服务和污染治理等工作中去,为监管部门给予技术支撑。

## 5 结语

综上所述区域污染源日常环境监察与监管属于生态文明创建的关键部分,同生态环境品质的持续改进以及社会经济的可持续发展相关联。当前我国区域污染源监管工作虽然有所收获,但是仍存在诸如机制不健全、技术落后、企业责任未得到落实等诸多难点和痛点,急需借助系统化改革去解决这些问题,经由完善协同监管体制,更新精准监管技术手段,加大企业自身应负之责等举措之后,就能够有效地破解当下的监管难题,并且可以显著改善整体上关于区域污染源监管的效果及水平。

## 参考文献

- [1] 霍晓源. 关于某区域第二次全国污染源普查质量控制方式与数据采集质量的探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(21): 64-66.
- [2] 杨磊. 产业结构调整评价指标体系研究——以滨江区域污染源为例[J]. 上海节能, 2023, (07): 953-959.
- [3] 曹甜甜. 区域污染源解析及水质达标分析研究——以马鞍山市花山区为例[J]. 绿色科技, 2023, 25(06): 148-153+158.
- [4] 郭剑亮. 污染源自动监测技术在环境保护领域中的运用[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(04): 66-68.
- [5] 莫晓晴. 区域第二次全国污染源普查工业源成果分析与建议[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(24): 77-79.

# Application of Novel Functional Materials in the Adsorption and Catalysis of Emerging Contaminants

Hui Liao

Wuhan Zhongcheng Anhuan Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

## Abstract

With the acceleration of industrialization, the detection and hazards of emerging contaminants (ECs) such as pharmaceuticals, personal care products, and endocrine disruptors in aquatic environments have become increasingly prominent. Their potential risks to ecosystems and human health have drawn global attention. Traditional water treatment processes struggle to effectively remove these trace yet highly toxic substances. Therefore, the development of efficient and green advanced purification technologies is urgently needed. This paper aims to systematically elucidate the key role of novel functional materials in addressing emerging contaminant management. It begins with an overview of their definition and characteristics, followed by an analysis of their significant applications. Finally, it provides a detailed exploration of their specific applications in two core directions: adsorption and catalysis, offering theoretical references for the development of environmental remediation materials.

## Keywords

new functional materials; new pollutants; adsorption; catalytic degradation; environmental remediation

## 新型功能材料在新污染物吸附与催化中的应用

廖慧

武汉众诚安环科技有限公司, 中国·湖北 武汉 430000

## 摘要

随着工业化进程的加速, 新污染物 (ECs) 如药品、个人护理品、内分泌干扰物等在水环境中的检出与危害日益凸显, 其对生态系统和人类健康的潜在风险引起了全球广泛关注。传统水处理工艺难以有效去除这些痕量但高毒性的物质。因此, 开发高效、绿色的深度净化技术迫在眉睫。本文旨在系统阐述新型功能材料在应对新污染物治理中的关键作用, 首先概述其定义与特性, 继而分析其应用的重要意义, 最后详细探讨其在吸附与催化两大核心方向上的具体应用, 以期对环境修复材料的开发提供理论参考。

## 关键词

新型功能材料; 新污染物; 吸附; 催化降解; 环境修复

## 1 引言

新污染物通常指在环境中新近被识别或被加以关注的物质, 但暂未纳入常规的环境监测及管理体系, 且属于对生物体具有已知或潜在毒性效应的化学物质。这类物质呈现出种类繁多、浓度低、毒性强、易生物蓄积且难传统降解等特性, 已化作当前环境科学与工程领域面临的严峻挑战。传统的物理、化学及生物处理方法去除新污染物的效率欠佳, 面临成本高昂、易引发二次污染等问题。基于新型功能材料的先进氧化技术 (AOPs) 及高效吸附技术顺势诞生, 通过精准的分子设计, 可实现对新污染物分子的特异性识别、高

效富集及快速转化, 为彻底解决新污染物问题提供了创新性技术路径。本文围绕新型功能材料在新污染物治理中的核心作用展开论述。

## 2 新型功能材料的概述

新型功能材料是借助分子设计、纳米工程等手段制备而成的, 它是一类具有特定物理化学性质且可执行特定功能的先进材料。对于新污染物治理领域而言, 以下几类材料十分引人注目。

### 2.1 金属有机框架材料

金属有机框架 (MOFs) 是依靠金属离子或簇与有机配体通过配位键自组装所形成的、具有周期性网络结构的晶态多孔材料, 其最为突出的特性是极高的比表面积与可调的孔径。通过选择不同的金属中心和有机配体, 能精确调控该物质的孔道尺寸、形状及表面化学性质, 以此实现对特定新污

【作者简介】廖慧 (1988-), 女, 中国湖北京山人, 本科, 工程师, 从事环境规划与管理、污染治理、生态修复、碳管理等研究。

染物分子的高效识别与捕获。

## 2.2 共价有机框架材料

共价有机框架 (COFs) 是由轻质元素 (如 C、H、O、N、B) 借助强共价键完全连接形成的晶态多孔聚合物。与 MOFs 相比, COFs 一般具有更高的化学稳定性以及热稳定性, 其具备规整孔道结构与可功能化框架, 使其在吸附分离与光催化领域成效显著, 尤其适用于处理苛刻环境下的新污染物。

## 2.3 石墨相氮化碳及其复合材料

石墨相氮化碳 ( $g-C_3N_4$ ) 是一类以碳、氮为主要元素组成的非金属聚合物半导体, 呈现典型的层状石墨结构。其能带结构恰当, 可实现对可见光的响应, 有着良好光催化性能、较高化学稳定性和制备简单的优点<sup>[1]</sup>。纯  $g-C_3N_4$  具备光生载流子易复合、比表面积有限等缺陷。研究者采用非金属/金属元素掺杂 (如 S、P、K 等)、纳米结构调控 (制备多孔、超薄纳米片等) 以及构筑异质结 (如与  $TiO_2$ 、 $BiVO_4$ 、碳量子点、MOFs 等复合) 等方式, 有力推动其光生电子-空穴对的分离与转移, 提升可见光吸收能力及表面反应活性。这些改性策略显著提高了  $g-C_3N_4$  基材料对有机污染物 (如抗生素、染料等) 光催化降解的效率, 在环境净化、能源转化领域展现出广泛应用潜力。

## 3 应用新型功能材料治理新污染物的重要意义

将新型功能材料投入新污染物治理, 不只是技术层面的革新, 更带有深远的环境、经济及社会意义。

### 3.1 提升污染物去除效率与针对性

新型功能材料借助其高度可调控的物理化学性质, 能依据新污染物分子尺寸、电荷分布及官能团特性, 实现“量体裁衣”式精准识别及高效去除。通过合理设计活性位点与孔道结构, 材料可对特定污染物进行选择性吸附, 并在催化进程中针对性断裂关键化学键, 进而大幅提高去除效率以及反应速率。这一特性切实克服了传统材料普遍存在的选择性差、易受共存物质干扰等瓶颈问题, 极大提升了水处理系统对低浓度、高毒性新污染物的去除能力, 成为高效精准治理的材料支撑。

### 3.2 推动绿色可持续环境技术的发展

作为典型的以石墨相氮化碳 ( $g-C_3N_4$ ) 为非金属新型功能材料, 呈现优良的光响应特性, 可在太阳光驱动下激发形成高活性物种, 实现对污染物的高效降解及矿化。该过程无需额外投加诸多化学药剂, 又避免了传统高级氧化工艺中频繁的能源输入, 极大地降低了处理能耗与化学污泥的产生量。此类材料同绿色化学中“原子经济性”与“能源低碳化”的核心原则相契合, 推动环境修复技术实现从“能源依赖型”到“自然友好型”的转变, 为发展可持续的水污染控制技术铺就了新路径。

### 3.3 为复杂环境体系治理提供新范式

面对实际水体中存在新污染物种类繁多、浓度低以及

共存干扰严重的复杂情形, 新型功能材料呈现出独特的集成化优势<sup>[2]</sup>。依靠构建吸附-催化协同平台, 材料可在捕捉目标污染物之际原位启动降解反应, 实现从“富集”直至“彻底分解”的一体化处理。该机制有力阻断了有害中间体的释放与积聚, 从源头上防范了传统分段工艺可能引发的二次污染问题。这一技术范式突破了单一功能材料的束缚, 为多污染物共存且动态变化的水环境治理给出了系统性解决方案, 推动环境工程达成从“分步治理”到“协同净化”的跨越。

## 4 新型功能材料在新污染物治理中的具体应用

新型功能材料主要通过吸附和催化两种核心机制, 在新污染物治理中起到关键功效。

### 4.1 在新污染物吸附去除中的应用

吸附法在新污染物深度治理技术体系中占据关键地位, 这主要归因于该工艺流程相对简单、设备投资及运行成本较为节省, 且一般无需投加大量化学药剂, 降低了二次污染风险。它成为应对水体中痕量、高毒性新型污染物挑战的首选技术之一。在众多吸附材料内, 金属有机框架和共价有机框架材料, 通过其可设计的晶体结构及超高的比表面积, 被当作极具发展潜力的新一代理想吸附剂, 能够针对各类不同性质的新污染物实现精准、高效的吸附去除。

金属离子簇与有机配体自组装造就了 MOFs 材料, 其最大的优势就在于结构和功能可调。研究人员通过对有机配体进行精准的官能团修饰, 以此定制 MOFs 孔道表面的化学微环境, 进而靶向增强其对特定污染物的亲和力。通过往 MOFs 骨架上引入氨基或磺酸基等极性/离子性官能团, 可显著增强它对水中四环素类抗生素或布洛芬等药物分子的吸附能力<sup>[3]</sup>。这些官能团能与目标污染物分子形成强烈的氢键作用以及静电相互作用, 进而把污染物分子紧紧锁定在 MOFs 的孔道内, 完成高效捕获与富集。

COFs 材料完全由轻质元素借助强共价键连接构成, 以其卓越结构稳定性与丰富  $\pi$  电子体系闻名, 其孔道内部一般呈现疏水特性, 且整个框架有着大范围的  $\pi$ - $\pi$  共轭结构。这一特性令其对同样具有苯环结构、富含  $\pi$  电子的内分泌干扰物彰显出非凡的吸附性能。以典型内分泌干扰物双酚 A 为实例, 其分子中的苯环与 COFs 骨架会产生强烈的  $\pi$ - $\pi$  堆叠相互作用, 疏水作用会推动双酚 A 分子从水相中逸出并进入 COFs 的疏水孔道。这种多重作用力造就的协同效应, 致使 COFs 能够对双酚 A 等物质实现快速且高容量的吸附, 展现出在复杂水环境中精准去除特定新污染物的巨大应用潜力。

### 4.2 在催化氧化降解中的应用

在催化氧化工艺中的高级氧化工艺, 为新污染物深度处理的前沿方向, 其核心机制凭借光、电、催化剂或氧化剂等手段达成, 在水体中现场生成具有极强氧化能力的活性物种。这些活性物种能够对新污染物的分子结构进行无选择性的攻击与破坏, 其终极目标乃是将这些有机污染物彻底矿化