

中国材料大会 2024
暨第二届世界材料大会
CMC 2024 & WMC 2024

July 8-11, 2024
Guangzhou, China

B03-水处理功能材料
**B03-Functional Materials for Water
Treatment**

Organized by

Chinese Materials Research Society

Website: <https://cmc2024.scimeeting.cn>

B03. B03-水处理功能材料

分会主席：王崇臣、刘文、刘艳彪、朱明山、冀豪栋

B03-01

论文题目

胡春¹

1. 广州大学

B03-02

4A 沸石基铁铜催化剂及其功能复合膜在类-Fenton 反应中的催化应用

张玉忠¹

1. 天津工业大学

B03-03

基于氯自由基高效电催化处理含氮废水及资源化利用的研究

白晶¹

1. 上海交通大学

B03-04

低压高通量金属多孔膜的水处理应用初探

孙猛¹

1. 清华大学

B03-05

混合微波退火合成高性能光电极

张和民¹

1. 四川大学

B03-06

表面限域促进过二硫酸盐亚稳态配合物的原位合成用于高效的水净化

陈荣志¹

1. 中国科学院大学

B03-07

生物基复合材料同步去除养殖废水中重金属和抗生素研究

陈波¹

1. 成都大学

B03-08

论文题目

朱遂一¹

1. 仲恺农业工程学院

B03-09

碳基材料电化学氧还原 H₂O₂ 合成及应用研究

王艺霏¹

1. 北京工业大学

B03-10

选择性过硫酸盐活化催化剂创制及应用探索

黄明杰

1. 华中科技大学

B03-11

双亲型分子刷抗污染膜改性

黄裕熙¹

1. 中山大学

B03-12

高性能光催化助剂设计与调控

卢康强¹

1. 江西理工大学

B03-13

高级氧化中活性氧组分调控原理

朱世殊¹

1. 华南理工大学

B03-14

论文题目

张开胜¹

1. 中国科学院合肥物质科学研究院

B03-15

硝酸盐还原电催化剂的构建与选择性脱氮机制研究

滕玮¹

同济大学

水体中硝酸盐污染日益严重，选择性地还原过量硝酸盐为无害氮气，对修复自然体系氮循环平衡极为重要[1, 2]。近年来，我们构筑了系列双金属基、铁基多孔结构催化剂，通过电化学催化还原界面活性物种及电子传递过程调控，实现硝酸盐选择性脱氮，并阐明了这一过程的微观机制。采用 PVP 辅助原位热解的方法，合成多孔氮掺杂碳包裹的双金属 Pd-Cu 双金属纳米颗粒，协同增强了硝酸盐氮转化的界面电子转移，硝酸盐去除率达到 97.1%，氮气选择性 83%。针对绿色廉价铁基材料开发，采用铁前驱体原位氨预水解和氢还原的方法合成了新型纳米零价铁，其粒径仅 6 nm，易跟硝酸盐中氧的核外电子作用，进而被吸附的氢原子攻击还原，氮气选择性 67%。接着引入氮元素，制备含氮铁基催化剂，界面所具有的高分散 FeN_x 位点和 Fe 纳米颗粒相互作用，改变电荷密度，利于硝酸盐活化，其氮气选择性达 81%。进一步，采用多元共组装的合成方法，得到了在介孔碳限域下氮配位的原子级分散 Fe 催化剂，实现氮气选择性的提高，单位材料氮气转化率比其他铁基材料高 1-3 个数量级。通过实验和理论计算，阐明界面铁微环境的改变调控氮气生成过程中的 N-N 耦合从而提高氮气生成的机理[3]。研究结果为进一步设计稳定高效的电催化脱氮材料提供了科学依据，为含氮废水处理等环境处理技术提供理论基础。

B03-16

活性位点调控策略高效活化 PMS 降解水中有机污染物研究

孙巧梅、郑建忠*

南京工业大学

基于金属氧化物的非均相活化 PMS 技术中低活性位点限制了其催化性能的发挥。本文采用高速和循环电子转移策略解决了传统催化剂对低位特性的限制，在 CeO₂ 中空多壳微球上掺杂 Cu，通过形成 Cu-Ov-Ce 位点，实现了 PMS 活化对双酚 A 降解的高催化性能。0.45 CuCe - MS 的 k 值高达 1.64 min⁻¹，显示了自由基和非自由基途径对 PMS 的协同激活作用。研究结果表明 Cu-Ov-Ce 位点的增强诱导了适度的 PMS 吸附，在费米能级附近产生了较大的 PDOS 和最佳的吉布斯能演化。此外，该催化体系在广泛的 pH 范围内、阴离子存在下以及不同的水环境下都保持了优异的效率。0.45 CuCe - MS 还可以在流化反应器中运行长达 300 h。本研究能够为合理设计高效双金属催化剂在 PMS 活化水净化中的实际应用提供思路。

B03-17

碳基缓释材料自催化类芬顿去除抗生素抗性菌与抗性基因的效能及机制

孟梁*、李俊杰

上海师范大学

抗生素抗性菌（ARBs）与抗性基因（ARGs）污染极大地危害生态安全与人类健康。本研究以生物

炭为基体负载磁铁矿为激活剂，以过氧化钙为 H_2O_2 缓释剂，制备了一种长效自催化类芬顿复合修复材料，用于环境 ARBs 与 ARGs 的选择性去除。结果表明，材料可特异性吸附目标菌 *E.coli* HB101，材料优选比例为 $\text{CaO}_2 : \text{Fe}_3\text{O}_4 : \text{BC} = 12 : 4 : 1$ ，投加量为 100 mg/L 时，可有效灭活 ARBs 并去除 ARGs。体系中 IO_2 、 $\cdot\text{OH}$ 、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 、 Fe(IV) 等活性物质会攻击细胞膜并破坏其防御系统，使细菌完全灭活，其中贡献最高的是 IO_2 。BC 表面的持久性自由基、酚羟基等可促进 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 循环增强芬顿反应效率。宏基因组分析发现，在模拟水土体系中本材料能有效控制 ARGs 污染，具有潜在的应用前景。

B03-18

氢纳米气泡在纳米零价铁-水体系中的生成及其对 Se(IV) 转化的影响

刘爱荣*

同济大学

纳米零价铁材料和微纳米气泡是水环境污染去除中的关键材料和技术。本研究主要探索水环境中纳米零价铁与水反应产生的氢气泡对污染物转化的促进。研究表明，纳米零价铁与水之间发生反应，反应产生的氢气能够聚集成纳米气泡，并对水环境中重金属阴阳离子去除效能产生增强作用影响。本报告主要研究 nZVI 与水反应生成氢气纳米气泡 (HNBs) 的过程，探索形成过程以及环境因素对于 HNBs 性质的影响。同步辐射软 x 射线成像研究了 nZVI 与水反应，研究发现水箱中 nZVI 可以在颗粒表面产生 HNBs (粒径: 200 - 500 nm)。纳米追踪分析 (NTA) 方法测得 HNBs 的平均粒径在 200 - 300 nm 之间。所有体系中 HNBs 数量密度均大于 1×10^8 个/mL，且随着 nZVI 投加量的提高而增加，并且在 120 min，甚至更长时间，气泡数密度能维持不变。研究了 nZVI -HNBs 对于硒酸根去除效率的影响。以前认为，重金属的去除主要归因于核壳结构的氧化铁的吸附和铁核内的金属铁的化学还原作用外。我们发现 HNBs 还能促进亚硒酸盐 (Se(IV)) 的还原，尤其是在厌氧条件下。HNBs 的增强作用与原位生成的氢自由基 ($\cdot\text{H}$) 或原子氢 (H^*) 有关。本研究展示了 HNBs 结合 nZVI 技术在污染物去除方面的独特功能，以及原位 HNBs 产生的新方法，具有理论意义和潜在应用价值。

B03-19

Atomically dispersed cobalt activator with nitrogen and sulfur co-coordination for high-efficiency Fenton-like catalysis: Insights into density-dependent activity and mechanisms

Yangke Long*

Shenzhen Institute of Information Technology

Atomically dispersed metal activators (ADMAs) have demonstrated unique advantages in environmental remediation, but how to controllably regulate the active site density and electronic structure of ADMAs to further enhance activation efficiency remains challenging. Here, we introduce a sulfur-atom-doping approach that allows the fine-tuning of atomic Co site content and electronic structure, enabling exploration of density-dependent activation performance of ADMAs for peroxymonosulfate (PMS)-based Fenton-like catalysis. Our investigation reveals a direct correlation between activation capacity and single-Co-site density. The optimal SNC@CoSA-0.05 activator with densely populated Co-N3S1 sites (10.1 wt%) displays exceptional efficacy in eliminating Rhodamine B, with specific activity of $31.0 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ L}$, outperforming most previously published activators. Moreover, SNC@CoSA-0.05 showed a remarkably reduced metal leaching ($47.4 \mu\text{g L}^{-1}$) than its nanocluster counterpart ($194 \mu\text{g L}^{-1}$) at pH 3.2. Experimental and theoretical analyses unveiled that coordinated sulfur actively modulates the electronic structure of the central Co atom, enhancing the adsorption and activation of PMS, thereby improving decontamination efficiency. Mechanistic studies further elucidate the predominant electron-transfer regime involved in oxidizing micropollutants by SNC@CoSA-0.05/PMS , with Co(IV)=O , $\cdot\text{OH}$, and $\text{SO}_4^{\cdot-}$ being the auxiliary oxidizing species. This study not only offers a method for concurrent adjustment of active site density and electronic structure in ADMAs but also sheds light on the activation mechanisms of atomic

metal sites.

B03-20**论文题目**

邢明阳¹

1. 华东理工大学

B03-21**论文题目**

敖志敏¹

1. 北京师范大学（珠海校区）

B03-22**论文题目**

周彦波¹

1. 华东理工大学

B03-23**电容去离子技术的强化策略-材料、电场与传质**

邓立波*

深圳大学

电容去离子技术由于其操作简单、无二次污染等优点，被认为是一种极具前景的分离技术，近年来在废水净化、资源提取与回收、硬水软化等领域得到了广泛的关注。然而，基于双电层原理的电容去离子技术仍然存在吸附容量低、选择性差等缺点，特别是用于分离理化性质相近的金属元素例如铜/镍时，分离系数仍然较低，是限制本技术发展的瓶颈问题。本报告将介绍从电极材料、电场分布、热场强化传质等方面提高电容去离子性能的一些尝试。

B03-24**水体污染物现场快速精准识别研究**

渠陆陆*、耿志琴

江苏师范大学

近年来，随着全球工业的快速发展和化学品的大量使用，废水中含有新污染物的排放量不断增加。这些新污染物具有稳定性、难分解、易富集等特性，长期暴露可能对人体健康和生态环境造成极大风险。新污染物的治理已经引起了高度的重视，但其治理难点在于新污染物在环境介质中广泛分布，水体中浓度较低且成分复杂，导致常规分析技术无法准确鉴别新污染物。基于此，我们制备了集富集和光谱检测功能于一体的新型纳米马达，实现了水体中新污染物的快速浓缩和超低浓度识别。将具有温控效应的聚合物修饰在载有金纳米颗粒的环状氧化铁纳米颗粒上制备成纳米马达。在外部磁铁的作用下，纳米马达可以在溶液中动态富集污染物。聚合物可以通过主客体相互作用、静电相互作用和氢键等作用力捕获更多的目标分子，捕获率超过 90%。捕获的分子可以主动进入金纳米颗粒构建的 SERS 热点区域，有利于实现超高的检测灵敏度，检测限低至 10-10 M。纳米马达吸附的污染物可以通过简单的冷却方式解吸回到

溶液中，大大简化了分离纯化过程，同时保证了自清洁性和成本效益。纳米马达联用便携式拉曼光谱仪进行污染物分析，降低了成本、节约了处理和检测时间，在偏远地区和现场应急水污染处理分析中将具有较强的实用性。

B03-25**论文题目**王侯¹

1. 湖南大学

B03-26**基于活性中心配位微环境靶向调控 PMS 高级氧化中非自由路径**韩彬¹

1. 广东工业大学

B03-27**原位铜络合物活化过一硫酸盐强化水体痕量喹诺酮、沙雷氏菌的靶向-协同净化**曾湘楚¹

1. 河池学院、北京大学深圳研究生院

B03-28**压电催化 CO₂ 还原**甘立勇^{1,2,3,*}, 周小元^{1,2,3,*}¹ 重庆大学物理学院和量子材料与器件中心, 中国重庆, 401331² 重庆新型储能材料与装备研究院, 中国重庆, 401135³ 煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室, 中国重庆, 400044

由于过量二氧化碳排放导致的碳循环失衡，开发可持续的碳中和经济已成为众望所归。在过去的几十年里，利用可再生太阳能将二氧化碳光催化还原为一氧化碳或烃类已成为一种理想的途径，并引起了广泛关注。除了太阳能，自然界中还存在着另一种分散的机械能。基于非中心对称材料的压电催化则是提供了一种新兴的机械能-化学能转换技术，为绿色化学合成、生命科学、能源转换和环境修复等多个领域带来了新机遇。本报告首次将压电催化的应用扩展到催化二氧化碳向一氧化碳转化，提出了压电催化二氧化碳还原反应（PECRR）的概念，为促进碳中和开辟了新的途径。此外，自 2010 年压电催化机制（两种观点：筛选电荷效应和能带理论）提出以来，一直存在争议。我们发现，这种争议源于大多数压电材料通常具有较宽的带隙，使得这两种机制共存。对此，我们提出了一种窄带隙压电催化剂策略，揭示了在 PECRR 中压电催化不依赖于能带位置，为本质机制提供了新的见解。此外，我们还探索了压电催化剂宏量普适制备方法。

B03-29**改性生物阳极在燃料电池净化氯苯废水中的探索**蒋胜韬¹

1. 台州学院

B03-30

二维纳米材料在对抗多药耐药细菌中的应用与机制研究

赵樱灿¹

1. 北师香港浸会大学

B03-31

针对四-硝基酚等有机物高级氧化反应的 C 钴基催化剂的设计与应用

李平云*、黄诗雨、王亚丹、章达标

南京理工大学

四硝基酚对水体具有较大的危险性，降低其危险性的方法之一是采用高级氧化反应将其在水中降解或采用硼氢化钠等将其还原为毒性较弱的氨基酚。但是，这两种反应的动力学速率都较低，需要使用催化剂才能显著提高反应速率。钴基催化剂可用于激活硼氢化钠或过氧单磺酸钾，提高加氢还原或高级氧化反应的反应速率。本文提出几种提高钴基材料催化性能的策略，包括对 Co 氧化物进行掺杂形成氧空位、设计 Cu-CoO/氮掺杂碳材料以及设计非晶态 Co-O-B(P)-C 材料。实验结果表明，在合适的实验条件下，氧化反应与还原反应都可在 5 分钟内结束，且催化剂具有较高的活性参数。

B03-32

离子限域输运与废水资源能源化处理

王璘*

西安建筑科技大学

纳米通道膜因其独特的离子限域传输与分离特性，近年来受到研究者的广泛关注。在不同尺寸、价态离子分离方面，本研究通过在二维纳米通道内引入柱撑水凝胶结构，解决了二维纳米通道膜普遍存在的因溶液中离子插层而出现的结构不稳定问题，并证明了离子与偶极水分子之间的相互作用对离子传输过程的重要影响，即单价离子由于其更低的水合自由能，可通过其表面“柔软”的水合层的脱落而进入通道并完成快速传输。离子的脱水合传输机制为设计用于盐湖提锂的高效 Li⁺/Mg²⁺分离材料提供了重要理论支撑。在不同电极性离子分离方面，本文证明了限域空间内双电层深度重叠对阴、阳离子选择性的影响，并开发了具有同晶替换结构的负电性二维蛭石纳米通道膜，减缓了实际高盐水质条件下因电荷屏蔽作用增强而导致的阳离子选择性降低，同时设计“微孔+纳米通道”多级分离系统，显著提升了纳米通道出、入口的实际有效浓度梯度，强化了离子传输驱动力。高阳离子选择性促成了高效的盐差能回收，采用盐湖化工企业的实际高盐废液进行验证，盐差发电最高输出功率密度达到 26 W/m²，超过商业基准的 5 W/m²。此外，利用二维 Ti₃C₂T_x、MOF、g-C₃N₄ 独特的光学特性，实现了光热/电协同驱动下离子在纳米通道内的高效光响应传输，证明了光能与离子能向电能转化的可能性。本研究为海水、盐湖卤水和工业高盐废水等资源化、能源化利用提供了新的启示。

B03-33

论文题目

王崇臣^{1,2}

1. 北京建筑大学

B03-34

论文题目

邓积光¹

1. 北京工业大学

B03-35

凹凸棒石黏土矿物催化膜材料及其过程

周守勇¹

1. 淮阴师范学院

B03-36

论文题目

潘飞¹

1. 武汉纺织大学

B03-37

光催化材料界面工程用于水体贵金属高选择性分离

陈洪¹

1. 南方科技大学

B03-38

基于解耦氧化过程的原位水化学氧化

王娟¹

1. 浙江大学

B03-39

复合光催化材料活化 PMS 降解 PET 塑料研究

霍鹏伟¹

1. 江苏大学

B03-40

钛基单原子电催化工业废水脱氮及资源化么艳彩¹

1. 上海交通大学

利用风能、太阳能等可再生能源的电化学技术实现工业废水中硝酸盐还原转化为高附加值氨并实现氨回收，为解决当今能源和环境问题提供一种有效策略。我们首次提出一种固有氧化物锚定单原子策略，即通过调节电子金属-载体相互作用，将无配体的孤立 Ru 原子固定在整体钛载体非晶层上。所制备的 Ru 单原子电极表现出优异的选择性转化硝酸盐为氨。在 -0.3 V 条件下，其氨产率能够达到 22.2 mol g⁻¹ h⁻¹。此外，Ru 单原子整体电极可以从 2 × 2 cm 放大生产到至少 25 × 15 cm，显示出巨大的工业电催化应用潜力。进一步，我们搭建了集成式硝酸盐还原-氨回收耦合系统，实现硝酸盐的还原和氨的原位分离、富集和回收，极大推动了电化学工业废水脱氮及资源化

B03-41**电荷调控的界面水污染控制**廉孜超¹

1. 上海理工大学

B03-42**水处理功能材料：电催化还原与定向合成**殷立峰¹

1. 北京师范大学

B03-43**过渡金属掺杂的 Fc-MOF 系列催化剂活化过硫酸盐去除新污染物效能及机理**努扎艾提·艾比布¹

1. 新疆师范大学

B03-44**磁加载壳聚糖基材料选择性捕获重金属离子的微观机制与协同增效研究**黄瑶瑶¹

1. 重庆工商大学

B03-45**功能化介孔材料及其污水净化性能研究**黄微雅¹

1. 江西理工大学

B03-46

MOFs 基材料压电-光催化制备 H₂O₂ 初步探索赵晨¹

1.北京建筑大学

B03-47

限域型纳米金属催化剂的构建及其在污水治理和制氢等领域的应用

刘湘

南京工业大学

B03-48

N 掺杂 ZnO 用于高选择性高产量产 H₂O₂

夏丽刚

上海师范大学

B03-49

碳纳米管基电化学膜硝氮深度脱除技术研究

王潇雄*

清华大学深圳国际研究生院

地表水富营养化的氮阈值极低（约 1 mg-N/L），但城市污水处理的氮排放标准显著高于此值。现有脱氮技术在低浓度下受传质效率和反应专性的制约，难以实现对硝氮的高效选择性转化脱除。本研究发明了一种基于碳纳米管编织结构的自支撑电化学膜。利用流通式电过滤强化硝氮还原速率与产物生成选择性，实现水中低浓度硝氮的高效深度脱除与氮气专性转化。利用该电化学膜单程过滤即可将硝氮从进水浓度的 10 mg-N/L 降低至 0.5 mg-N/L，氮气生成选择性达 86%。该过程的水力停留时间仅为 10 s，与传统流经式电化学过程相比（数小时），可认为瞬时完成。

B03-50

TNT 吸附剂及荧光探针的制备与性能研究

徐业伟*

西南科技大学

2,4,6-三硝基甲苯（TNT）是一种受外部刺激影响较小的较为安全的含能材料。因其价格低廉，易于生产，在军事和工业中应用较为广泛。然而，TNT 也是一种 C 类致癌物，对环境、人类和动植物健康有毒性影响。随着“城市化”的不断推进，人口处于聚居状态，一旦出现重大（突发）环境事件，相应的危害将会被扩大。因此，制备可用于处理和检测环境水体中 TNT 的材料，对于保障生态环境安全具有极为重要的理论和实际意义。本文介绍了我们在吸附剂、光催化复合材料、芬顿试剂、荧光探针的制备以及其对 TNT 的处理与检测的部分工作。（1）吸附剂：引入“点-面”偶极- π 相互作用、“面-面” π - π 相互作用等弱

相互作用力，提高咪唑基和异恶唑啉基吸附剂与 TNT 之间的作用面积，使吸附效率显著提高。(2) 光催化复合材料：利用咪唑基团与 Ti^{4+} 之间的阳离子- π 作用，驱动并诱导制备出 TiO_2 均匀分布的咪唑基多孔复合材料。咪唑基团的吸附作用和 TiO_2 的光催化作用，二者协同实现 TNT 的高效处理。(3) 芬顿试剂：首先基于阳离子- π 作用制备出 Fe_3O_4 均匀分布的咪唑基多孔复合材料，随后原位反应制备出芬顿试剂。其中，咪唑基多孔聚合物不仅起到骨架支撑的作用和对 TNT 的吸附作用，而且结构中的咪唑基团还可以提供电子，便于芬顿试剂高效氧化法处理 TNT。(4) 荧光探针：通过亲核取代反应一步法制备出含有四苯乙烯基团或三苯胺基团的荧光聚合物，由于聚合物与 TNT 之间的弱相互作用，使得检测剂对 TNT 具有高效探测、高选择性、抗环境因素干扰等能力。

B03-51

过氧化钙同步转化和去除水体污染物

陈志豪¹

1 中山大学

污染物的同步转化和去除可以克服单一作用过程对污染物协同治理的不足。过氧化钙 (CaO_2) 在水中可分解产生钙离子和双氧水，其中，钙离子具有配位作用而双氧水具有氧化还原性，因此可以利用该性质在同一过程中实现污染物的转化和去除。基于此，本人利用 CaO_2 开展了一系列工作：通过将 CaO_2 与三价铁结合构建类芬顿体系，可实现有毒三价砷的氧化和同步吸附去除，且该类芬顿体系比双氧水类芬顿体系的 pH 作用范围更广；通过原位反应的方法，负载了 CaO_2 的碳材料可以还原六价铬同时吸附磷酸盐，在含有铬和磷的废水中表现出良好的应用潜力；将原位产生的 CaO_2 包埋于海藻酸钠小球或附着于碳纳米管微粒表面，制备出可沉在水中或浮于水体表面的 CaO_2 功能化材料，可在通过缓释双氧水去除藻细胞的同时利用钙盐吸附磷酸盐，从而实现含藻水体的长效治理，表现出比双氧水更好的抑藻效果。研究的一系列结果充分表明 CaO_2 在水污染治理中具有良好的应用前景，有利于推动 CaO_2 的相关研究和应用。

闪报

B03- FL01

$\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 双 Z 型异质结材料增强废水中铀(VI)的可见光还原分离

李克鼎、张林*

中国工程物理研究院激光聚变研究中心

随着核电技术应用的深入，铀 (U(VI)) 对水生态环境的污染问题日益严重。如今，在光催化剂上光催化还原分离铀 (U(VI)) 被认为是解决铀污染的有效策略之一。本工作设计了一种新型光催化剂材料，即通过原位共沉积的方式构建了三元 $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 双 Z 型异质结纳米材料，用于含铀废水的高效处理。表征实验结果表明 $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 纳米材料具有交错纵横的蚁穴状孔洞结构以及高比表面积 ($73.5 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, Z-AICHD2)。通过在黑暗环境以及光照环境下的 U(VI) 分离测试，考察了 $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 纳米材料对 U(VI) 的吸附性能和光催化还原活性。在黑暗环境下的分批吸附实验表明 $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 纳米材料对 U(VI) 的最佳吸附 pH 为 7.0，对应最大吸附效率为 93.8%、最大的吸附量为 $826.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。光催化实验结果表明， $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 纳米材料在不添加任何有机牺牲剂的情况下对分离 U(VI) 表现出快速的光催化响应。在可见光照射 20.0 min 后， $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 纳米材料上的 U(VI) 分离率超过 98.7% ($T=298 \text{ K}$, $C_{\text{U(VI)}}=10.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $m/V=0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\text{pH}=7.0$)。 $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 纳米材料经过第五次循环后，其对 U(VI) 的光催化分离率仍有 96.1% ($T=298 \text{ K}$, $C_{\text{U(VI)}}=10.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $m/V=0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $\text{pH}=7.0$)，证明其具有良好的循环稳定性。 $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 纳米材料对 U(VI) 的高光催化活性归因于三元双 Z 型异质结结构和蚁巢状孔结构的构建。基于以上结果， $\text{AgVO}_3/\text{g-C}_3\text{N}_4/\text{InVO}_4$ 纳米材料在放射性废水治理方面具有巨大的潜力。

B03- FL02

胺功能化 β -环糊精负载粉煤灰复合材料用于高效吸附废水中的六价铀

熊婷、张林*

中国工程物理研究院

首次合成了一种新型吸附剂——聚乙烯亚胺/聚多巴胺功能化 β -环糊精负载粉煤灰复合材料 (PEI/PDA/ β -CD/FA)，用于吸附废水中的铀。PEI/PDA/ β -CD/FA (98.7%和 622.8 mg/g) 的铀吸附性能远优于 FA (71.4%和 206.7 mg/g)，这可以从三个方面解释：(I) 用 β -CD 作为载体材料可以有效地避免 FA 的聚集，从而提高 FA 的亲水性。(II) β -CD 具有独特的空腔结构，可以与铀酰离子结合形成螯合物。(III) 在 FA 上形成聚乙烯亚胺/聚多巴胺共沉积涂层将提供丰富的与铀酰离子具有良好亲和力的官能团。此外，PEI/PDA/ β -CD/FA 也表现出从实际废水中吸附铀的巨大潜力，因为它具有良好的选择性和循环稳定性。各种表征测试结果充分证明，铀通过静电吸引、氢键、配位和络合作用固定在 PEI/PDA/ β -CD/FA 上。综上所述，PEI/PDA/ β -CD/FA 具有良好的铀吸附效率/容量、选择性、循环稳定性和实际应用的可行性，是一种很有前途的污水吸附候选者。

B03- FL03

过氧乙酸诱导铁基非晶合金构建表面纳米工程在高效处理饮用水中的应用

李宇健、张振轩*、马将、梁雄

深圳大学机电与控制工程学院

非晶态合金属于能量状态丰富的非平衡态亚稳材料，在有机污染物的催化降解领域表现出显著的优异性能。本研究利用无氯氧化剂过氧乙酸诱导铁基非晶合金条带构建表面纳米工程高效处理饮用水，并有效控制去除过程中产生的有机卤代消毒副产物。通过构建非晶合金高级氧化技术研究了铁基非晶合金条带表面纳米工程的降解特性、非晶条带表征、可重复利用性、毒性分析、实际应用等内容；运用电子顺磁共振波谱技术及猝灭实验对催化反应中的活性物质进行了鉴定；结合材料表面物化性质的变化综合推断了对有机卤代消毒副产物的生成控制机制。结果表明：在中性条件下，非晶合金可以有效通过降解前驱物（天然有机质）来控制消毒副产物的生成，天然有机质浓度可降低约 98.21%，对应消毒副产物的生成势降低约 80.64%，这种效果归因于纳米花结构产生的原电池效应，提高了降解效率。相比对应晶态铁基材料和均相材料表现出明显优势，催化反应中主要生成的活性物质为高价铁 Fe(IV)。铁基非晶合金在综合水消毒和净化方面具有广阔的潜力。

B03- FL04

g-C₃N₄ 基非均相复合催化剂的制备及其催化降解 VOCs 的研究

苗欢然*、孔春才、杨志懋

西安交通大学

目前，在常温条件下高效降解气相挥发性有机物 (VOCs) 面临降解难度大、矿化率低等多重挑战。本工作通过离子交换法成功制备 Co 原子掺杂石墨相氮化碳 (Co/g-C₃N₄) 复合催化剂，通过构建 Co-N 配位引入 PMS 活化位点，从而解决过硫酸盐非均相活化过程中过渡金属离子还原效率低的问题。实验结果表明 Co/g-C₃N₄/PMS 体系对甲苯降解率 (97%) 远高于 g-C₃N₄/PMS 体系 (27%)，并能在 7 天内保持 90% 以上的甲苯降解率和高矿化率。自由基猝灭实验和电子顺磁共振波谱 (EPR) 结果揭示了 SO₄^{•-}、O₂^{•-}、HO•和 ¹O₂ 对甲苯转化的贡献，确定反应过程中 ¹O₂ 为主导自由基。DFT 计算结果表明 Co 原子掺杂有利于催化剂吸附甲苯进行活化反应，并且 Co 原子和 PMS 之间的电子转移对自由基生成具有促进作用。本工作提出的高级氧化 (AOPs) 活化体系为 VOCs 的低温液相降解提供了新的思路。

B03- FL05**Floating MIL-88A(Fe)@expanded perlites catalyst for continuous photo-Fenton degradation toward tetracyclines under artificial light and real solar light**

Guang-Chi Liu, Chong-Chen Wang*

Beijing university of civil engineering and architecture

In this work, MIL-88A(Fe) was immobilized onto the expanded perlites to fabricate the floating MIL-88A(Fe) @expanded perlites (M@EP) catalyst via high throughput batch synthesis method under room temperature. The as-prepared M@EP could efficiently activate H_2O_2 to achieve 100% tetracycline antibiotics (TCs) removal under both artificial low power UV light (UVL) and real sunlight (SL) irradiation. The toxicological evaluation, growth experiment of mung beans and antimicrobial estimation revealed the decreasing aquatic toxicity of the TCs intermediates compared to those of the pristine TCs. A self-designed continuous bed reactor was employed to investigate the long-term operation of the M@EP. The findings demonstrated that the antibiotics mixture can be continuously degraded up to 7 days under UVL and 5 daytimes under SL irradiation, respectively. More importantly, ca. 76.9% and 81.6% of total organic carbon (TOC) removal efficiencies were accomplished in continuous bed reactor under UVL and SL irradiation, respectively. This work advances the immobilized MOFs on floating supports for their practical application in large-scale wastewater purification through advanced oxidation processes.

B03- FL06**高密度不对称氧空位 HOv-CoCeOx 活化 PMS 去除氧氟沙星和苯酚的性能及机理探究**

李书剑、付会芬*、刘珊珊、郭彧琛、王文慧

北京建筑大学

氧空位 (Ov) 可以有效提升金属氧化物活化 PMS 降解氧氟沙星 (OFC) 的效能。异质界面区域的晶格氧更容易脱离并形成氧空位。然而, 如何高效便捷地构筑密集型异质界面同时诱导产生高密度氧空位是一项巨大的挑战。我们借助廉价、绿色的葡萄糖易于和金属离子络合的特点, 结合水热碳化以及高温煅烧得到了含有高密度不对称氧空位的中空微球 (HOv-CoCeOx) 并发现 OFC 在 10 分钟内被完全去除, 相对于对称氧空位结构的 HOv-Co 反应速率常数提升了 4 倍。进一步的, 我们探究了 HOv-CoCeOx/PMS/OFC 体系中 PMS 用量, 初始 pH 值、OFC 浓度以及共存离子实验对性能影响的探究。HOv-CoCeOx/PMS/OFC 在不同 pH 值下仍具有稳定的性能, 值得注意的是 Cl^- 、 HCO_3^- 对 OFC 的去除起到了明显的促进效果。HOv-CoCeOx/PMS 体系降解 OFC 的主要活性物种为 1O_2 和 $SO_4^{\cdot-}$, 其贡献度分别为 85.4% 和 14.6%。最后, 经过金属掩蔽实验、Ov 掩蔽实验以及 XPS 表征发现, 不对称 Ov 是活化 PMS 降解 OFC 的主要活性位点。同时, 我们发现 HOv-CoCeOx/PMS 体系中仅需要 2 倍分子量氧化剂即可实现 ~80% 的 COD 去除率, 经过进一步的机理探究, 发现苯酚在反应体系中发生聚合反应。这项工作为 PMS 活化产生非自由基和自由基共同降解污染物以及通过聚合去除酚类污染物提供了方法。

B03- FL07**微纳 Fe-Co 合金的可控制备及其活化 PDS 降解抗生素性能研究**

方逸申、夏琦兴*

西北工业大学

四环素作为一种典型的广谱抗生素的典型代表, 被广泛应用于畜牧业和水产养殖等行业。与此同时, 由于四环素结构稳定, 传统水处理手段难以去除, 因四环素滥用带来的水污染问题也愈加受到关注。过硫酸盐氧化技术作为一种高级氧化技术, 可在催化材料 (Co²⁺及其衍生物) 活化作用下产生硫酸根自由基, 在四环素废水治理领域前景广阔。但是, 现有的过硫酸盐氧化技术所用的催化材料循环利用性差,

且易带来重金属离子二次污染。本工作提出了一种快速制备的微纳铁钴合金材料，其具有高效活化过氧硫酸盐（PDS）的能力和优异循环稳定性，对于工程化治理抗生素废水具有重要意义。

B03- FL07

由矿石生产 MOF：一个利用铁精矿生产 MIL-100(Fe)的案例

常淼、王崇臣*

北京建筑大学

MIL-100(Fe)作为一种低毒性的多功能铁基金属有机框架（Fe-MOFs），具有丰富的不饱和配位位点和 Fe-O 簇。目前，一些 MOFs（如 Basolite C300、Basolite M050 等）已大规模生产并应用于高级氧化、吸附、气体储存和分离等领域。然而，在 MOFs 的大量生产和工业应用中仍存在问题，如价格高、产量低、稳定性差、对原材料要求高以及潜在的环境威胁等。现有 MOFs 材料通常由金属硝酸盐或金属氯化物制备，但金属硝酸盐、氯化物具有强氧化性和毒性，应用于工业规模存在较大危险。为了避免潜在的副产物并降低环境风险，研究人员通常使用与有机配体反应后副产物仅为水的金属氧化物或氢氧化物代替金属硝酸盐和氯化物来生产 MOFs。此外，由于全球对可持续技术的需求，近年来研究人员更加注重 MOFs 的“绿色”生产。因此，本工作以铁精矿为铁源合成 MIL-100(Fe)，单次产率可以达到 95%以上，并且制备成本相对传统方法降低了一半。其中合成后可以将未参与合成的铁精矿通过简单的磁选回收再利用，以达到整个合成过程“零”废物产出的闭环，更有利于发展绿色无废物的化工产业和循环经济。所制备的材料对孔雀石绿有很好的吸附能力，最大吸附容量 522.3mg/g，同时该材料对其他污染物也具备较好的吸附能力。最后通过全生命周期评价的方法对比了铁精矿制备的 MIL-100(Fe)-ore 和传统法制备的 MIL-100(Fe)材料在合成过程中的碳足迹，发现 MIL-100(Fe)-ore 具有更好的环境友好性。

B03- FL08

磁性 Janus 微粒的可控制备及对微塑料降解性能的研究

余海东、张亚斌*

广西大学

(¹广西大学化学与化工学院，广西 南宁 530004；²广西大学资源环境与材料学院，广西 南宁 530004)

塑料制品的过度使用导致微塑料(直径< 5mm)大量进入自然环境，微塑料被生物体吸收后，可能会通过食物链转移到动物或人类身上，研究表明，进入人体的微塑料会对人体器官造成毒理学危害。因此，高效处理这些微塑料势在必行。迄今为止，大量的微/纳米材料已被用于处理微塑料，但这些微纳米材料主要集中在各向同性的核壳结构上，其功能单一和低的回收率导致处理效率较低。近年来，Janus 粒子由于将两种或两种以上不同的组成材料整合在一起的特性被广泛报道，这种特性使得 Janus 颗粒能够显著促进界面反应，对各种污染物表现出优异的吸附、去除、催化和降解性能。同时磁性材料具有极高的回收效率，整合磁功能的 Janus 粒子在面对大规模水污染处理应用中具有良好的前景。但是目前制备磁性 Janus 的方法普遍需要昂贵的仪器设备，材料稳定性也较差。因此，制备粒径均匀、成本低、工艺简单的多功能磁性 Janus 颗粒已成为突破微塑料颗粒或有毒污染物处理的关键问题。

基于磁性多功能 Janus 的概念，我们提出了一种新型的磁性 Janus 粒子快速、低成本的制备方法。通过在喷涂在玻璃载玻片上的 Fe₃O₄@SiO₂ 颗粒单层上生长 BiOI 催化层，合成了具有球冠形态的磁性 Janus 微粒(MJMPs)。这种自生长策略制得的粒子结合紧密，具有良好的稳定性，最大限度的保留了磁功能。MJMPs 同时具有光催化和磁功能，这两种性质的结合使得它们不仅能在 36 h 内快速破坏微塑料的结构，质量损失达到了 34.6%，而且在磁场下也能被快速回收。值得注意的是，即使经过多次循环使用，它们仍保持稳定的催化性能，这归因于 Janus 微粒的稳定结构。同时，通过电化学、荧光光谱和质谱等分析手段对 MJMPs 降解微塑料的机制进行了研究，证明了 MJMPs 的优异性能来源于高效的氧化活性物(ROS)的产率。这项工作为大规模、简便地设计多功能 Janus 粒子开辟了一条新的途径。

B03- FL09**Core-shell MOF@COF composites for ultra-efficient selective recovery of Pd(II)**Huizhen Sun¹, Xiuhua Chen^{*1}, Wenhui Ma^{1,2}, Shaoyuan Li², Kaixin Fu¹

1. Yunnan University

2. Kunming University of Science and Technology

Due to its unique properties such as high catalytic activity, thermal stability, and high antioxidant capacity, palladium (Pd) has been widely used in catalysis, fuel cell and other fields, and a large number of wastewater containing Pd poses a great threat to the environment and people, so it is necessary to develop efficient and selective recovery Pd(II) adsorbent to solve the problem of environmental pollution. Core-shell covalent organic framework (COF)@metal organic framework (MOF) adsorbent has a large specific surface area, abundant active sites and good porosity, and is expected to achieve excellent selective recovery of precious metal Pd(II). In this paper, a novel core-shell adsorbent UiO-66-NH₂@TAP-COF(recorded as M@C) was constructed by Schiff base reaction. It has extremely high adsorption performance for Pd(II), with adsorption capacity of 2134.1 mg/g and excellent selectivity. The experimental data and density functional theory (DFT) calculations show that the highly efficient selective adsorption of Pd(II) is due to the coordination interaction and strong electrostatic interaction between Pd(II) and the abundant N and O groups in M@C.

B03- FL10**针对废水中环烷酸深度氧化非均相界面反应的 CO₂ 响应相转移材料的荧光可视化**

郑毅、张若瑶、张秋雅、任红威*

河北科技大学

环烷酸具有高毒性和难降解性，因此对其进行处理是必要的。在非均相类芬顿深度氧化有机污染物体系中，氧化剂和 NAs 的可及性不足严重影响了反应效率。从聚乙二醇(PEG)基深共晶溶剂中提取的 CO₂ 响应相转移材料专门针对不混相-二元相体系。对 NAs 氧化降解过程进行了优化，包括催化剂种类(PEG 分子量、DESs 组成、用量)、温度、CO₂ 流速等。借助催化剂的荧光性质，对亲疏水相互作用进行了可视化监测和进一步研究。PEG-200/过硫酸钠/聚醚胺 230 (PEA230)的两亲性大大降低了过硫酸钠与 NAs 之间的水/有机相转移屏障(高达 84%)，从而提高了氧化速率。表面张力由 35.364 mN/m 降至 28.595 mN/m。为了控制反应速率，氨基的 CO₂ 响应结构起着重要的作用。此外，界面传递通过核磁共振、红外光谱、表面张力和自由基抑制实验探索了中间体和氧化途径。提出了 CO₂ 响应型相转移催化剂催化 NAs 深度氧化的机理，弥补了有机污染物非均相化学氧化系统理论的不足。

墙报**B03-P01****花棍状甲壳素纳米晶体的制备及其吸附应用研究**

丁倩、杨晗*

中国科学院大学化学科学学院

甲壳素是地球上含量仅次于纤维素的天然高分子，在自然界中分布广泛，具有官能团丰富、生物相容性好、可生物降解性等诸多优点。甲壳素纳米晶体是通过去除掉甲壳素的无定形区而得到的杆状纳米颗粒，兼具甲壳素和纳米材料的优点，其传统的制备方法主要包括机械处理、强酸水解和机械处理相结合等方法，但这些方法不利于节能环保，且制得的甲壳素纳米晶体的官能团含量较低。我们发展了一种温和、节能的方法，即通过对甲壳素进行部分脱乙酰、高碘酸盐氧化和 TEMPO 氧化，使无定形区纠缠在一起的甲壳素分子链分离而非完全去除，从而释放出形似花棍的、两端仍带有伸展的甲壳素分子链的纳米杆晶体(hairy chitin nanocrystals, HChNCs)，这一制备过程不使用任何机械处理以及

强酸水解。并且,这种独特的花棍状结构赋予了 HChNCs 高含量的羧基官能团 (2.72 mmol/g),使其对亚甲基蓝展现出良好的吸附性能,花棍状甲壳素纳米晶体可在一分钟内迅速吸附高达 909 mg/g 的亚甲基蓝,在废水处理领域展现出良好的应用前景。

B03-P02

碳封装强磁性 Ni/Co 双金属纳米材料高效限域降解四环素

周子盛、孟哲一*

东华大学

过一硫酸盐 (PMS) 经过过渡金属活化后具有很高的活性,但其循环性往往较低。为了提升催化剂的循环性和降解速率,以有机配体为桥梁将 Ni 封装在 ZIF-67 中,并经过高温处理形成了一种 MOF 衍生的 Ni/Co 双金属多孔碳催化剂。得益于壳层的 MOF 结构, Ni 能够在 800°C 的高温下得以保留,使催化剂表层形成多孔碳结构的同时内部也保留了 Ni 和 Co 两种元素。表面的多孔碳具有丰富的孔结构,利于抗生素在催化剂表面富集,从而实现催化降解反应的限域增速。同时,在 Ni/Co 双金属的协同催化作用下,催化剂的催化效率和抗干扰性提升,能够在 $\text{pH}=3-11$ 的范围中保持高催化活性。此外, Ni 和 Co 赋予了催化剂强磁性,便于回收利用。该催化剂在经过八次循环后对四环素的去除率依旧高达 94.57% 。

B03-P03

碳海绵支撑的微纳碳基高性能染料吸附剂的构建与性能研究

韩林、何敏*、卢一帆、袁帮

武汉科技大学

碳材料因来源广泛、成本低廉、结构和化学稳定性好等优点,近年来作为环境吸附材料得到了广泛研究。但在有毒染料废水的处理中,传统的粉体活性炭吸附剂因吸附容量低 ($\sim 300 \text{ mg L}^{-1}$)、难于分离、易于造成二次污染并堵塞排污管道等问题,限制了其在大规模染料废水处理中的应用。因此,亟待开发吸附容量高、制备简单、易于通过捞网或磁铁回收、且不易堵塞管道的新型碳基吸附材料来解决这一环境污染问题。针对这些问题,本文通过优化合成条件、调控微纳结构等策略,将废弃的三聚氰胺海绵与沸石咪唑酯骨架 (ZIF-67) 通过自组装-热处理相结合策略,制备得到了钴氮掺杂的碳/碳海绵 3D 多孔微纳磁性复合材料 (记为 CNOC/CF)。作为有毒染料甲基橙 (MO) 的吸附剂,其吸附容量可达 1160 mg g^{-1} ,是商业化活性炭吸附剂的 3~4 倍。CNOC/CF 吸附性能的改善得益于其丰富的 3D 微米-纳米孔隙结构、较大的比表面积、更丰富的吸附位点和多样化的染料传输通道。吸附动力学表明 CNOC/CF 对 MO 的吸附过程主要由表面单层的物理吸附和化学吸附两个阶段组成。吸附的热力学结果表明该材料对 MO 的吸附是以物理吸附为主的自发进行的放热反应。该研究为发展高性能、易分离、低成本的新型吸附剂材料提供了新思路。

B03-P04

Synthesis of Ca-MOFs derived nitrogen-doped calcite and its adsorption mechanism towards Sr(II) from water

Xinran Xie¹, Jiang-Bo Huo¹, Guoce Yu², Xinbo Zhang^{*1}

1. Tianjin Chengjian University

2. Laboratory of Environmental Technology, INET, Tsinghua University

Strontium (Sr(II)) is one of the typical radionuclides that brings a big challenge to the eco-environment. In this study, nitrogen-doped calcite (N-CaCO₃) was first synthesized by a solvothermal and calcination method, to enhance the removal of Sr(II) from water. X-ray diffraction patterns suggested that the N-CaCO₃ was thus formed. Scanning electron microscopy observed that N-CaCO₃ showed a regular morphology. XPS further proved that N has been successfully doped into the CaCO₃, and bonded to carbon or metal atoms in the compound. The specific surface area of CaCO₃-500-2 and N-CaCO₃-500-2 are calculated to be $62.39 \text{ m}^2/\text{g}$ and $136.53 \text{ m}^2/\text{g}$, respectively.

Batch adsorption data suggested that the pseudo-second-order kinetic model ($R^2 = 0.9964$) and the ion exchange model ($R^2 = 0.9859$) can fit the adsorption well, confirming the nature of chemisorption. Particularly, the as-synthesized N-CaCO₃ exhibited better adsorption performance towards low concentration of Sr(II), whereas it showed poor activity in high concentration solution than commercial CaCO₃ did. Structural analysis suggested that Ca and N play pivotal roles in adsorption and that the adsorption mechanism is dominated by ion exchange and surface complexation. This study successfully fabricated a nitrogen-doped calcite, which improved Sr(II) cleanup. It would pave the way to tuning the microstructure of CaCO₃ and other materials to enhance adsorption performance towards aqueous pollutants.

B03-P05**内嵌型冠醚官能化气凝胶的制备及其锂吸附机理的研究**

徐玉涛、卢凌彬*

海南大学

随着电动汽车和电子市场的持续扩张，锂的提取引起了人们的广泛关注，在锂的众多提取方法中，吸附法流程简单、环境清洁是目前最有效的方法之一。锂的无机吸附剂易对环境造成污染、有机吸附剂对锂的提取率较高但价格偏高且有一定毒性。针对以上问题，本论文提出一种对天然多糖高分子材料进行“开环-再造”的策略，采用溶胶凝胶法，将海藻酸钠制备成水凝胶，对其氧化开环，以 Li⁺为模板进行羟醛缩合反应，构建类冠醚的环状结构，制得一种环境友好、对 Li⁺有高效选择性的内嵌型冠醚官能化海藻酸钠气凝胶。通过 FTIR、¹³C-NMR 对气凝胶进行了表征，验证其冠醚官能化结构的形成。将气凝胶用于含锂水溶液中提取锂，该材料对 Li⁺的吸附量可达到 177.17mg/g，吸附热力学拟合结果表明，温度对吸附过程是有利的，吸附动力学拟合结果表明，该吸附过程为化学吸附。所制得的气凝胶具备环境友好、孔隙率高、吸附能力强等特点，本论文提出的“开环-再造”策略为金属离子印迹吸附材料的设计和构建提供了有益的参考。

B03-P06**Porous polymer networks incorporated PTMSP membrane with enhanced selectivity for organic solvent nanofiltration (OSN)**

Qin Liua,b,c, Stefan J. D. Smithc,d, Kristina Konstasc, Kaisong Zhanga,*, Matthew R. Hillc,d,*, and Zongli Xiea, a College of Harbour and Coastal Engineering, Jimei University, Xiamen, 361021, China

b Key Laboratory of Urban Pollutant Conversion, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen, 361021, China

c CSIRO Manufacturing, Private Bag 10, Clayton South MDC, Victoria 3169, Australia

d Department of Chemical and Biological Engineering, Monash University, Clayton, Victoria 3169, Australia

Exploring organic solvent nanofiltration (OSN) membranes with improved permeability and selectivity is imperative to realize energy efficient separation in industry practice. Herein, we fabricated nanocomposite membranes based on Poly(1-trimethylsilyl-1-propyne) (PTMSP) and a variety of porous polymer networks (p-DCX, p-DCX-NH₂, PAF-1, PAF-1-NH₂) via a simple drop-casting method. Solvent permeance and selectivity of PTMSP was found to be greatly enhanced with the inclusion of these hyper-crosslinked additives. The methanol permeance increased by around as much as 74%; the retention of Rose Bengal (MW:1017 g·mol⁻¹) achieved as much as 99.8%. In contrast to the pure PTMSP membrane, the nanocomposite membranes displayed superior performance and OSN stability during 50 hours of continuous operation. With performance enhancement of composite membranes, this study provides insight for the benefit of additives with porous polymer networks for OSN membranes.

仅发表论文

B03-PO01

壳聚糖/单宁气凝胶的制备及其对废水中金的富集回收吴开彦¹、邓玉莹¹、马洪力¹、樊红雷^{1,2}、刘洪亮^{*1,2}

1. 烟台先进材料与绿色制造山东省实验室

2. 烟台大学

贵金属作为一种不可再生资源，具备优异的理化性质而被得到广泛应用，因此实现废水中金的富集回收具有重要意义。吸附法常被用于溶液中 Au(III)的回收，但仍需借助后续繁杂手段得到金纳米颗粒。为此，本文采用溶胶凝胶-冷冻干燥法制备得到了多功能壳聚糖/单宁气凝胶吸附剂，实现了水体中 Au(III)的一步吸附-还原。吸附剂中质子化的氮、氧功能基团与 Au(III)发生静电吸引和原位还原，Au(III)被吸附-还原为金纳米颗粒并富集在吸附剂表面，提取金的纯度为 18 K。研究表明，在 pH 为 3 时吸附性能最佳，吸附量随温度、Au(III)初始浓度的增大而逐渐增大。吸附过程符合 Langmuir 模型，为单分子层吸附，最大吸附量达 1084.34 mg/g。对 Au(III)的吸附在 60 min 时即可达到吸附平衡，吸附过程更符合拟二级动力学模型。在不同离子强度的影响下，吸附剂仍对 Au(III)保持优异的吸附性能。此外，吸附剂对模拟工业含金废液中的 Au(III)表现出高吸附选择性。因此，本研究将为从废水中回收金提供一种高效、经济的新方法。

B03-PO02

水下超疏油 PDA@ZIF-8/Nylon 复合膜对多组分含油废水的净化研究邓玉莹¹、吴开彦¹、樊红雷^{1,2}、刘洪亮^{*1,2}、彭昌盛³

1. 烟台先进材料与绿色制造山东省实验室，中国烟台 264006

2. 烟台大学化学化工学院，中国烟台 264005

3. 安徽工程大学化学与环境工程学院，中国安徽 241000

对水和油呈现不同亲和性的超浸润分离膜在含油废水净化领域展现出较大的优势。然而，多组分污染物共存大大增加了含油废水的处理难度。多组分含油废水净化处理需借助超浸润性来分离去除油的同时去除水溶性污染物。研究制备能够同步实现多组分含油废水中油和水溶性污染物去除的油水分离材料是非常必要的。为此，本研究借助多巴胺氧化自聚反应对 ZIF-8 纳米颗粒进行表面亲水修饰，通过简单的真空过滤法将其沉积在亲水性尼龙膜表面，室温条件下成功制备得到具有水下超疏油性能的 PDA@ZIF-8@Nylon 复合膜。在超浸润性诱导下，复合膜可以有效地去除不同乳化含油废水中的油，表现出优异的循环分离和连续分离性能。协同膜表面超浸润性和静电作用同步实现了乳化含油废水破乳分离和染料的高效去除。此外，在分离过程中，膜表面的酚羟基将溶液中的 Au(III)快速还原为金纳米颗粒并在膜表面富集，实现了贵金属离子的高效回收。更重要的是，制备的复合膜展现出优异的抗污性、化学稳定性和光照自清洁性。该复合膜在多组分含油废水净化方面具有一定的应用潜力，为制备应用于复杂水体净化处理的多功能分离膜提供新路。

B03-PO03

MOF@木质素基水凝胶的制备及亚甲基蓝和 Cr(VI) 去除性能研究王硕¹

1. 烟台先进材料与绿色制造山东省实验室，中国烟台 264006

吸附法虽然具有低能耗和简单易行的优点，但是吸附完成之后的吸附剂需要进一步加工处理，否则可能导致二次污染。也有相关研究对吸附剂进行脱附再生，但是需要繁琐的工艺和较高的成本。光降解是一种更节能更清洁的污染物去除方法，已有相关研究使用半导体催化剂实现了光催化降解，但这类催化剂一般为粉末状，容易团聚导致不能充分发挥其降解性能，而且回收过程中容易流失，因此往往需要将其负载到宏观的支撑载体上[204]。水凝胶具有多孔结构，大面积的孔壁可以作为催化剂的载体，其互穿孔道可以实现污染物向催化位点的快速传输和光生电荷的界面迁移，同时通过光陷阱效应可以实现对光的充分吸收和散射，提高光利用率和催化降解效率[205]。

本章内容旨在利用木质素基水凝胶负载光催化剂，实现水体污染物的吸附、降解和 Cr(VI) 还原。水凝

胶仍然采用木质素衍生物和亲水性单体共聚的方式来制备。在上述研究中均是通过羟基与酸酐的酯化反应实现木质素的接枝改性，酯化反应虽然反应活性高、速率快，但是反应条件苛刻，需要保证反应体系为无水状态。为此，本章实验将采用醚化的方式，同样以羟基作为反应位点对木质素进行接枝改性，以甲基丙烯酸缩水甘油酯（GMA）为改性剂，通过与羟基发生醚化反应将不饱和双键接枝到木质素上合成木质素醚（LG）。该反应在水/DMSO 混合体系中进行，可以减少有机溶剂的使用。环氧基与羟基反应生成醚键的同时，在 LG 侧链会生成新的羟基，可以实现连续接枝改性，即木质素上一个羟基改性位点可以通过连续醚化反应接枝多个双键，LG 双键含量会对聚合反应交联程度及水凝胶强度等性质产生重要影响。本章将选用双键含量较高的 LG 与阴离子型强电解质单体对苯乙烯磺酸钠（SS， $pK_a=1$ ）[196]进行交联共聚制备木质素醚-对苯乙烯磺酸钠（LG-SS）水凝胶，并通过调节反应物的浓度和比例实现水凝胶中官能团和孔隙结构的调控。NH₂-MIL 88（NM）是一种铁基 MOF 半导体材料，由铁离子和 2-氨基对苯二甲酸配体组装而成，具有带隙窄、制作简便和光敏性好等优点，在染料降解和 Cr（VI）还原已有较多应用[206]。本章将以 LG-SS 水凝胶为载体，将 NM 的两种前驱体浸渍到凝胶内部，通过原位生长的方式在凝胶孔壁上负载 NM，制备 NM@LG-SS 水凝胶，并对其进行 MB 和 Cr（VI）去除性能测试和去除机理探讨。