



中国材料大会 2025

暨新材料科研仪器与设备展

7月5-8日, 2025

福建 厦门

B03-环境功能材料

B03-Environmental Functional Materials

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



B03. 环境功能材料

分会主席：王崇臣、邓积光、刘文、刘艳彪、齐飞

B03-01**Total Synthesis of Metal Nanoclusters for Electrocatalytic Applications**

Jianping Xie

Department of Chemical and Biomolecular Engineering, National University of Singapore, 4 Engineering Drive 4,
Singapore 117585

Total synthesis, where desired organic- and/or bio-molecules can be produced from simple precursors at atomic precision and with known step-by-step reactions, has prompted centuries-lasting bloom of organic chemistry since its conceptualization in 1828 (Wöhler synthesis of urea). Such expressive science is also highly desirable in nanoscience, since it represents a decisive step towards atom-by-atom customization of nanomaterials for basic and applied research. Although total synthesis chemistry is less established in nanoscience, recent years have witnessed seminal advances and increasing research efforts devoted into this field. In this talk, I will first discuss our recent work on introducing and developing total synthesis routes and mechanisms for atomically precise metal nanoclusters. Due to their definite molecular formulae and unique molecule-like physicochemical properties (e.g., HOMO-LUMO transition, strong luminescence and stereochemical activity), atomically precise metal nanoclusters can be regarded as “metallic molecules”, holding potential applications in various practical sectors such as biomedicine, energy, catalysis, and many others. More importantly, the molecular-like properties of metal nanoclusters are sensitively dictated by their size and composition, suggesting total synthesis of them as an indispensable basis for reliably realizing their practical applications. In the second part of this talk, I will discuss the design of metallic molecules as efficient catalysts for electrocatalytic applications in the energy and environmental fields, including the hydrogen evolution reaction (HER), CO₂ reduction reaction (CO₂RR), and oxygen evolution reaction (OER).

B03-02**单原子及空位工程光电催化产氢耦合甲醛氧化**

李喜宝*¹, 万一阳¹, 沈诗诗¹

南昌航空大学

太阳能光电化学转化为燃料（或化学品）迫切需要高效的催化剂来促进其进一步发展。然而，高性能催化剂的发展往往受到缓慢的电荷转移和表面催化动力学的限制。本研究首次报道了通过用掺钴单原子 (Co-SA) 材料改性硫空位硫化铋($\text{Bi}_2\text{S}_3-\delta$)，构建出 $\text{Bi}_2\text{S}_3-\delta/\text{Co-N-C}$ 异质光电催化剂。该催化剂可在可见光和低偏压下实现高效的光电催化产氢耦合甲醛氧化。结果表明，硫空位和 Co-SA 在电荷分离和迁移方面的协同作用降低了界面电荷转移势垒，使电荷更容易从半导体催化剂转移到异质界面。内部电场和双通道电荷转移的协同效应使 $\text{Bi}_2\text{S}_3-\delta/\text{Co-N-C}$ 复合材料能够有效地析氢和甲醛氧化。实验和 DFT 计算结果表明，硫空位和 Co-SA 进一步提高了催化剂的电荷转移效率和催化活性。本研究为单原子及空位工程增强电荷转移光电催化材料的设计和构建提供了新的见解和思路。

B03-03

基于自然能的新污染物低碳消减机理

敖志敏

北京师范大学珠海

B03-04

电活性分离膜的制备、结构调控与水处理应用

申利国

浙江师范大学

传统油/水乳液分离膜因材料寿命有限及膜污染问题难以实现长期连续运行。本研究创新性地开发了一种集成自清洁功能的电化学过滤电极，通过 NiTi-LDH 纳米花原位生长技术对泡沫钛进行改性 (NiTi-LDH/TF)，赋予材料超亲水/水下超疏油特性（接触角 165.3° ），并实现同步防污与连续分离。实验表明，该电极对含油量 1-50% 的各类乳液（包括海水体系）均展现卓越分离性能，重力驱动下分离效率超过 99%。特别值得注意的是，经 100 次循环分离和 4 小时连续过滤后，通量恢复率 (FRR) 仍保持在 90% 以上。性能提升可归因于：1) 原位曝气产生的气桥效应有效阻隔油相粘附；2) 电化学阳极氧化协同膜孔内部曝气，实现深层油污清除。研究证实了泡沫金属与电化学技术结合的创新优势，为开发新一代智能油水分离膜提供了理论依据和技术范式，在含油废水处理领域具有重要应用前景。

B03-05

树形大分子金属离子吸附剂

牛余忠、毛瑞雨、李子威

鲁东大学

金属离子对水体造成的污染已经成为严重的环境问题，对人类健康和生态系统产生巨大威胁。吸附法因其操作简单、成本低、去除效率高被广泛应用于水溶液中金属离子的去除。因此制备具有高选择性和高吸附容量的金属离子吸附剂具有重要研究意义。聚酰胺-胺(PAMAM)树形大分子作为一类新型高分子材料备受关注。PAMAM 树形大分子具有几何结构对称、分子内存在空腔以及分子内含有大量氮、氧官能团的优点，使其具有比低分子有机试剂更为优异的螯合配位性能，易于实现对金属离子的包埋和吸附。本研究以 PAMAM 树形大分子为基本结构单元，分别采用表面化学修饰法和溶胶凝胶法，通过对树形大分子进行功能裁剪和结构调控，制备了系列基于 PAMAM 树形大分子的多孔硅胶、磁性纳米 Fe_3O_4 、聚合物异质微球等吸附分离材料并对其结构进行表征。通过对 PAMAM 树形大分子的结构裁剪，实现了对水体中 Au(III) 、 Hg(II) 等贵、重金属离子的高选择性分离。系统研究溶液 pH 值、温度、时间等因素对吸附性能的影响，得到对 Au(III) 、 Hg(II) 的最佳吸附条件；通过实验和理论模拟相结合，从分子层次上阐明对上述离子的选择性吸附分离机制并进一步揭示了材料的循环再生。本研究将为高选择性贵、重金属离子吸附剂的设计、合成及应用提供理论依据和关键技术支撑。

B03-06

活性物种原位生成及其定向去除特征污染物的研究

蒋胜韬

台州学院

废水中的顽固污染物和盐分难以去除，已成为废水治理领域的瓶颈问题。反应活性物种是消除顽固污染物的关键因子。然而，外加前体物的潜在二次污染和催化剂的固有缺陷限制了活性物种相关技术的应用。本研究开发了自生长硫化铁物种阳极和自组装 CoFe 碳纳米管，利用废水中的 SO_4^{2-} 和 O_2 原位产生 $\text{SO}_4\cdot^-$ 和 $^1\text{O}_2$ ，实现了抗生素的高效去除。另外还研发了 Cu-Co 双位点电极，促进硝酸盐还原，并与活性氢结合制氨，实现了硝酸盐的资源化处理。

B03-07

电纺纤维膜原位负载增强 CoUiO-66 对水中四环素的光催化降解性能

代云容¹、索佳华¹、殷立峰²、华青松³

1. 中国地质大学（北京） 水资源与环境学院
2. 北京师范大学 环境学院
3. 北京师范大学 核科学与技术学院

金属有机框架(MOFs)因其高比表面积、可调控的孔隙结构和独特的半导体特性成为光催化领域的研究热点。UiO-66 作为一种锆基 MOFs 材料,具有光催化去除水中抗生素的潜力,但其效率、稳定性和鲁棒性却面临重大挑战。本研究先采用一步溶剂热法合成了 Co 掺杂 UiO-66(CoUiO-66),以增强 UiO-66 材料对紫外光的吸收,同时拓宽其在可见光区域的吸收性能,达到提高其光催化效率的目的。然后通过混合电纺将 CoUiO-66 颗粒原位负载于聚丙烯腈(PAN)纤维膜中,增强其稳定性,并将得到的 CoUiO-66 电纺纤维膜(CUPEFM)用于吸附和光催化协同去除水中的四环素(TC)。

研究表明,CoUiO-66 颗粒在 CUPEFM 中高度分散,具有“部分封装-部分暴露”的特殊负载模式,因此可有效提高其分散性和稳定性。PAN 纳米纤维膜的三维网络结构可作为 CoUiO-66 的均匀负载载体,防止其团聚的同时充分暴露其活性中心,而 PAN 的封装包覆作用又可减少 CoUiO-66 中 Co 和 Zr 离子的释放,从而提高材料的稳定性。此外,纳米纤维膜的多孔结构增强了透光性,使得 CUPEFM 几乎可以捕获整个太阳光光谱,在 120 min 内达到近 90%的 TC 去除率,在重复使用 30 次后仍能保持 85%以上的降解效率,且几乎没有金属离子浸出,表明 CUPEFM 具有优良的稳定性。相比之下,颗粒状 CoUiO-66 仅反复使用 5 次后降解效率就降低至 20%以下,并浸出了大量对环境有害的 Co 离子。此外,CUPEFM 对水中 TC 表现出优良的吸附性能,在 120 min 内实现了 69.54 mg/g 的 TC 吸附量。纳米纤维膜的连续多孔结构为 TC 分子的吸附和催化反应提供了更大的界面接触面积,使 TC 分子能够高效吸附于纤维膜上并快速传输到 CoUiO-66 的活性位点,从而提高对 TC 的光催化降解效率。与传统的粉末状 MOF 或刚性基底负载技术相比,PAN 纤维的可调亲水性扩大了 CoUiO-66 在 pH 值 2-12 之间的适用性,并减轻了共存离子的干扰。通过电子自旋共振(ESR)和自由基淬灭实验对 CUPEFM 去除 TC 的机理进行深入研究,确定了光生电子-空穴对和活性氧物种(OH 和 $\text{O}_2\cdot^-$)的双重作用,通过脱羧、开环和脱甲基化途径实现了对 TC 矿化(TOC 去除率为 50.63%)。中间产物评估证实,反应后溶液的毒性明显降低。这项工作创新性地将 MOFs 负载于电纺丝膜中,解决了 MOFs 稳定性和光利用效率不佳问题,为抗生素污染水处理提供了一种新的环境友好型策略。

B03-08

The synthesis of high purity Sn-based heteronuclear dual-atomic sites by pre-confined low-temperature fixing strategy for electrocatalytic CO_2 reduction

Kai Liu*

Westlake University

Carbon-supported heteronuclear dual-atom catalysts (DACs) are usually synthesized by high-temperature pyrolysis. But forming high purity heteronuclear dual-atom sites remain a challenge, due to the co-existence of other atomic species caused by random distribution of metal species in the precursor and thermal migration during

pyrolysis. Herein, a pre-confined low-temperature fixing strategy is developed to anchor heteronuclear dual-atom pairs on nitrogen-doped carbon (NC). As a proof of concept, organotin based bimetallic complexes (M/Sn-L) with low carbonization temperature were synthesized based on Stille-coupling reaction. The M/Sn-L can be transformed into DACs with high purity of heteronuclear dual-atom pairs (about 90%) at low-temperature pyrolysis (400 °C), which effectively mitigates thermal migration. Among these DACs, Ni/Sn DACs is active for electroreduction of CO₂ to CO. The faradaic efficiency and turnover frequency is 98.1% and 35734 h⁻¹, respectively. Density functional theory revealed the regulation of electronic structure of the Sn active sites induced by the electron transfer between Ni and Sn, leading to reduced energy barrier for CO₂ hydrogenation, the rate determine step in CO₂-to-CO conversion. Our work highlights the importance of utilizing low carbonization temperature precursor in synthesizing carbon-supported heteronuclear DACs, which provides a suitable platform to study the intrinsic catalytic property of DACs.

B03-09

电催化含氮污染物高分辨原位表征及资源化利用研究

李盼盼

四川大学材料学院

硝酸盐、氮氧化物等含氮污染物的大量排放会导致水体富营养化、光化学烟雾、温室效应、酸雨等的环境污染。因此，为实现我国“双碳”目标、能源和环境可持续发展，含氮污染物的绿色去除和循环利用十分重要。硝酸盐是地表和地下水中一种常见的污染物，通过电催化技术将硝酸盐还原为氨不仅缓解了环境污染，氨又能被重新用作肥料或化工中间体，避免了传统合成氨工业的化石能源消耗，是一种“减污降碳”的新方法。硝酸根到氨的转化需经历多步电子转移耦合质子过程，动力学过程缓慢，其中又涉及多种潜在的副产物，此外，由于硝酸根还原的工作电位与水裂解析氢反应非常接近，两者的竞争导致合成氨的法拉第效率偏低^[1]。因此，提高硝酸根还原制氨的活性和选择性、降低高过电位下的析氢竞争是目前电催化硝酸根合成氨所面临的主要挑战。基于此，我们聚焦电催化含氮污染物资源化利用方面的应用基础研究，围绕表界面精准设计和原位表征技术^[2]，发展了环境催化高时空分辨电化学原位表征技术，从原子和分子水平揭示表界面结构与本征活性的构效规律^[3]，建立含氮污染物资源化利用新技术^[4-5]，为含氮废水绿色处理与资源化利用提供了科学与技术基础。

关键词：硝酸盐还原；电催化；表界面调控；合成氨

参考文献：

[1] van Langevelde, P. H.; Katsounaros, I.; Koper, M. T. M., *Joule* **2021**, *5*: 290-294.

[2] Jin, Z.; Li, P.; Fang, Z.; Yu, G., *Acc. Chem. Res.* **2022**, *55*: 759-769.

[3] Li, P.; Jin, Z.; Fang, Z.; Yu, G., *Energy Environ. Sci.* **2021**, **14**: 3522-3531.

[4] Li, P.; Li, R.; Liu, Y.; Xie, M.; Jin, Z.; Yu, G., *J. Am. Chem. Soc.* **2023**, **145**: 6471-6479.

[5] Li, P.; Liao, L.; Fang, Z.; Su, G.; Jin, Z.; Yu, G., *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2023**, **120**: e2305489120.

B03-10

电膜协同净水效能与机制

刘艳彪

大连理工大学

B03-11

有机聚合物光催化合成过氧化氢研究

王丽

三峡大学

B03-12

双阴极光电芬顿体系构建及其降解有机污染物的机理研究

王齐

浙江工商大学

光电芬顿(photoelectro-Fenton, PEF)体系兼具光电化学和芬顿(Fenton)技术的优势,通过原位电合成过氧化氢(H_2O_2),可突破传统 Fenton 工艺依赖外加 H_2O_2 的局限性。本研究通过耦合 $BiVO_4$ 基光阳极、空间分离的 H_2O_2 生成阴极和 H_2O_2 活化阴极,构建了 $BiVO_4|PhC_2Cu|C$ 、 $BiVO_4|PhC_2Cu|d-UC$ 、 $BiVO_4|CoCA|CF$ 三种双阴极光-电-芬顿协同体系。通过原位电沉积生成 PhC_2Cu 光阴极探究 H_2O_2 活化能力,而后采用缺陷工程(d-UC)与原子分散策略(CoCA),通过电子结构调控,优化了氧还原反应(ORR)的选择性和 H_2O_2 的活化动力学。研究发现 PhC_2Cu 可原位活化电阴极产的 H_2O_2 ;采用空间限域生长技术构建 C_3N_4 纳米管约束的 Zr-O 簇缺陷结构,显著提升了 O_2 吸附容量,通过原位调控 d-UC 的电子结构,使 Zr 活性位点呈现富电子态,优化了 $2e^-$ ORR 路径的选择性,提升 H_2O_2 产率;CoCA 阴极的电荷转移电阻明显降低, H_2O_2 活化效率较 CA 电极明显提升。相关研究为高性能光电催化材料的设计及新污染物的高效去除提供技术支撑。

B03-13

基于微尺度调控的 AOPs 催化材料与水处理应用

李倩

山东大学

B03-14

等离子体效应光催化材料

霍鹏伟

江苏大学

光催化还原技术可利用自然界中取之不尽用之不竭的太阳能将 CO_2 转化为清洁燃料和具有工业价值的化学品，主要包括一氧化碳(CO)、甲烷(CH_4)、甲醇(CH_3OH)、乙烯(C_2H_4)、乙烷(C_2H_6)、乙醇($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)等，有利于可持续发展。这表示二氧化碳光催化还原技术是一种双赢途径，在抑制温室效应的同时，可以生产有价值的化学品来抵消技术成本。而在众多光催化剂中， ZnIn_2S_4 在能带结构，光吸收性能，以及电荷传输方面均表现优异，具有出良好的应用前景。但是单体 ZnIn_2S_4 仍存在易光腐蚀、电子-空穴对的复合率高和催化产物选择性差等缺陷。基于此，本研究通过构建异质结，助催化剂修饰以及缺陷工程进一步对催化剂进行改性，优化其性能，以期望进一步提升 ZnIn_2S_4 材料光催化转化 CO_2 的性能和催化产物选择性。

我们通过水热法和光沉积法成功地制备了一种等离子体型 $\text{Ag}/\text{CuO}@\text{ZnIn}_2\text{S}_4$ S 型异质结光催化剂，并将其应用于 CO_2 高效光转化为 CH_4 。催化剂性能测试结果表明，15-ACZ 在光照下表现出最佳的光催化活性， CO 和 CH_4 的产率分别为 $16.9 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ 和 $54.4 \mu\text{mol g}^{-1} \text{h}^{-1}$ ，其中 CH_4 产物的选择性可达 92.8%。这种高效的转化可归因于由 S 型异质结构建的 IEF 和由两种单体的紧密连接形成的 Cu-S 共价键，促进了光激发电荷的定向分离。此外，Ag 作为助催化剂捕获电子，同时利用 LSPR 效应增强光吸收，为反应提供更多的热电子。

B03-15

二维材料 MXene 对金属的分离与检测研究

张文娟

兰州理工大学

随着工业化规模的不断扩大，大量含金属废水的排放已成为一个突出的问题，如无有效地处理会造成资源的浪费和环境污染。MXene 是一类新兴二维结构的过渡金属碳 / 氮化物材料，具有独特的层状结构、亲水性、高导电性和催化活性等特点，在水处理领域受到越来越多的关注。本文首先采用交联诱导和原位组装策略构筑 3D 磁性 MXene 吸附材料，通过强金属-配体作用或离子交换的方式以及还原反应被吸附和去除的 Ag^+ ，并且吸附材料具有很好的回收再利用性能。其次，通过界面聚合、离子插层和表面修饰等多种调控手段制备了 MXene 基分离膜，有效地处理了含多种金属离子的废水。最后，通过还原氧化策略和氮掺杂策略制备了 MXene 衍生量子点，构建高光致发光的荧光探针用于 Fe^{3+} 、 Cr^{6+} 和 Cu^{2+} 等金属离子检测。

相关研究为二维材料 MXene 在金属离子分离与检测领域的应用提供了可推广的研究与理论价值。

B03-16

氧化铈纳米材料的水处理应用及环境转化归趋

王钟颖

南方科技大学

氧化铈纳米颗粒(CeO_2)已成为重要的工程纳米材料,广泛应用于各个工业领域。本研究探讨了其在水处理领域的多方面特性,重点关注其在选择性电容除氟中的应用以及稳定性。在水处理领域,我们利用氟离子与氧化铈之间独特的相互作用,开发了新型 CNT- CeO_2 电极,用于从混合复杂溶液中选择性地去除氟离子。这种电极设计展现出卓越的除氟动力学、选择性、稳定性和可循环性,突显了其实际应用潜力,并且通过表征,揭示了氟离子取代 CeO_2 中的晶格氧原子的选择性机制。在稳定性方面,我们探讨了 CeO_2 在植物环境中的转化和归趋机制。在有机配体(马来酸和柠檬酸)和可见光的影响下,我们首次发现产生了一种协同效应,导致 CeO_2 在 3 天内释放出多达 30% 的溶解铈离子,这在常规水环境条件下是前所未有的现象。值得注意的是,柠檬酸引发的光解作用强于马来酸,这归因于内核络合和外核络合的差异。对此,我们首次提出了配体耦合光解机制,揭示了光照下电子-空穴分离并还原 Ce(IV) 为 Ce(III) 的过程中,内核络合的柠檬酸更能有效地捕获产生的空穴,从而延长电子的寿命。此外,我们还观察到氧气引起 Ce(III) 重新氧化的现象,这为 CeO_2 在植物环境中的行为增添了复杂性。这项研究推进了我们对 CeO_2 在植物环境中转化归趋途径的理解。

参考文献

- [1] Liu, Xun, Zhongying Wang*, et al. Selective fluoride removal from groundwater using CNT- CeO_2 electrodes in capacitive deionization (CDI). *Chemical Engineering Journal* 482 (2024): 149097.
- [2] Pan, Yu, Zhongying Wang*, et al. The impact of redox annealing on intrinsic properties and fluoride adsorption performance of CeO_2 nanomaterials. *Chemical Engineering Journal* 476 (2023): 146347.
- [3] Liu, Bei, Zhongying Wang*, et al. Synergistic Effects of Organic Ligands and Visible Light on the Reductive Dissolution of CeO_2 Nanoparticles: Mechanisms and Implications for the Transformation in Plant Surroundings. *Environmental Science & Technology* 57.32 (2023): 11999-12009.
- [4] Liu, Bei, Zhongying Wang*, et al. Interplay of Structural Properties and Redox Behavior in CeO_2 Nanoparticles: Impact on Reactivity and Bioavailability. *Environmental Science & Technology* 59, 9 (2025): 4641-4651

B03-17

碳基电催化材料的结构设计及性能优化

杨卷

西安交通大学化学工程与技术学院

关键词：碳材料；单原子催化剂；氧还原；多硫化物转化；电化学

碳材料具有优异的导电性和结构稳定性等特点，在新能源开发、小分子催化转化等方面有广阔应用前景。如何精细调控纳米碳材料的形态、表界面性质及活性组分的电子结构，实现碳基催化材料的可控制备与电化学性能优化，是当前研究面临的挑战性难题之一。针对上述问题，本课题组近年来围绕碳基催化材料的可控制备和表界面调控等方面开展了深入的研究工作，设计创制了多种具有新颖结构的高性能碳基电催化材料，并探索其在氧还原反应、多硫化物催化转化等领域的应用，建立了结构与性能的构效关系。例如，本课题组通过一种温和的吸附-限域热解策略，构建了过渡金属硫化物/单原子复合碳基电催化剂，得益于各组分的协同效应，所制备的催化剂在碱性条件下展现出优异氧还原活性（半波电位0.82 V）和显著的长效耐久性（80小时循环后电流保持率80%），性能优于商业Pt/C催化剂。组装的锌空气电池在 10 mA cm^{-2} 电流密度下可实现 764 mA h g^{-1} 的高比容量，峰值功率密度高达 221.4 mW cm^{-2} 。该工作为制备具有优异耐久性的碳基复合电催化剂提供了理论研究基础。

参考文献

1. P. Chen, J. Yang* et al., *Journal of Colloid and Interface Science*, **2024**, 667, 425-432
2. Z. Chen, J. Yang* et al, *Small*, **2025**, 2500936
3. S. He, J. Yang* et al, *Angewandte Chemie International Edition*, **2025**, 64, e202424390
4. X. Wang, J. Yang* et al, *Advanced Energy Materials*, **2024**, 2400104
5. S. He, J. Yang et al., *Advanced Functional Materials*, **2024**, 34, 2314133

B03-18

传质增强型光热膜用于高色度高浊度工业废水的净化机制探究

姜越、邢明阳*

华东理工大学

传统光芬顿工艺受光衰减和杂质干扰问题的影响，在处理高浊度和有色废水时面临很大的局限性。为了解决这些问题，邢明阳教授团队设计开发了一种悬浮式光热芬顿膜，通过调控三甲氧基硅烷(OTMS)的用量和烘干温度使其精准悬浮于水面下 1 mm，既保证了膜材料对光的充分吸收，又未影响界面反应的传质过程，实现了在高浊度(703 NTU)和高色度（10 倍色度）废水中 89.49%的光利用率和化学需氧量(COD)的高去除率。同时，氧化石墨烯的加入不仅增强了膜的机械性能，还通过其优异的光热特性促进了钼协同催化芬顿反应，从而提高了过一硫酸氢钾(PMS)的有效利用率。研究人员构建了一个综合考虑流体动力学、

质量传递和化学反应动力学的非均相催化模型，以深入研究反应活性氧物种在空间中的分布以及固液界面上的质量传递过程，确定了 PMS 的扩散是降解反应的限速步骤。基于扩展的 Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek(XDLVO)理论，进一步评估了膜材料的抗污染性能。悬浮膜具有出色的抗污性能，能有效防止固体颗粒物的累积，并在高浊度废水中实现对苯酚 15 天以上的长效降解。上述合成策略普遍适用于多种光热材料(Co_3O_4 、CuFe-MOF、 Ti_3C_2 MXene 等)，对实际工业废水中的多种污染物都有出色的降解效果。该研究提出的悬浮光热芬顿膜为降解自然水环境中的有机污染物提供了一种突破性的解决方案，并为未来设计先进的光热催化剂提供了重要启示。

B03-19

金属有机框架生物催化剂 HRP@ZnHHTP 的制备及其用于对苯二酚降解的应用研究

林振宇*、钟晓龙、毛梦钊

福州大学化学学院

对苯二酚(HQ)作为医药、化妆品和农药等行业常用的酚类化合物，因其高毒性和难降解性对环境与健康构成严重威胁。开发高效且环保的催化降解方法迫在眉睫。本研究制备了一种基于辣根过氧化物酶(HRP)固定化于具有优异酸稳定性和大比表面积金属有机框架 ZnHHTP 上的复合材料(HRP@ZnHHTP)，并进一步负载于氧化棉纤维(CT)制备成复合纤维材料(HRP@ZnHHTP-CT)，实现了高效对苯二酚的催化降解。

实验结果表明，HRP@ZnHHTP 在温和条件下对 HQ 具有优异的催化活性和稳定性，循环使用多次后仍保持较高的催化效率。纺织基底的引入不仅有效承载了催化剂，增强了材料的机械性能和回收性，同时保持了良好的降解能力，拓展了其在废水处理中的应用潜力。

该复合体系的协同降解机制主要包括 MOF 对 HQ 的吸附富集、HRP 的原位酶促氧化反应及纤维基底的物理筛分作用。该研究为酚类污染物的绿色高效去除提供了一种可持续的酶催化新策略，推动了 MOF-酶复合材料在环境修复领域的应用前景。

B03-20

大气碳氟污染控制研究

刘敏*

中南大学

碳氟污染物 C-F 键能高(≥ 485 kJ/mol)，且具有强持久性、生物累积性和免疫毒性，已成为环境领域的重点关注对象。近年来，随着金属冶炼、氟化工、垃圾焚烧等行业的快速发展，尤其是半导体、集成电路、太阳能电池等高科技行业的迅速扩张，大量具有更高 C-F 键能的短链碳氟污染物被广泛使用和排放。同时长链碳氟污染物在降解过程中往往难以完全分解，反而生成更多的短链碳氟污染物，进一步加剧了大气环

境的负担。热催化水解法因其高效和工艺简单，在碳氟污染处理中展现出良好的应用潜力。然而短链碳氟污染物的 C-F 键能极高，导致其活化和断键困难，且催化剂易发生 F 中毒，这些问题严重制约了其高效稳定净化。围绕上述难题，发展了 C-F 键及活性位点(M)-F 键的调控及断键策略，实现了碳氟污染物的高效稳定净化：（1）提出了 C-F 键成键轨道活化新思路，阐明了强电子接受位点抽离其成键轨道电子的活化机理，揭示了不同位点对其成键轨道的活化规律，实现了碳氟污染物的高效活化；（2）建立了原子级路易斯(L)酸耦合布朗斯特(B)酸协同拉伸断键的新策略，揭示了 B 酸与 L 酸协同降低 C-F 断键能垒的机制，实现了 C-F 键的高效断键以及碳氟污染物的完全脱氟；（3）开发了活性位点辅助脱氟再生的新方法，揭示了辅助位点削弱 M-F 结合能的机制，探明了辅助位点与 M-F 脱氟的构效关系，实现了活性位点的高效再生与碳氟污染物的高效持久净化。

B03-21

普鲁士蓝类似物基多功能水处理材料的构筑及其性能研究

马应霞*

兰州理工大学

随着人类社会的快速发展，全球水资源危机日趋严重。污水处理和苦咸水淡化处理对于解决水资源危机具有重要意义。普鲁士蓝类似物(PBAs)是一类以金属氰化物为基本结构单元的配位聚合物，具有开放的三维框架、高比表面积和孔隙率、良好的离子交换能力、过渡金属元素价态可变等特点，在水处理领域被广泛应用于去除污染物的吸附剂和苦咸水淡化处理的电容去离子(CDI)电极材料。本研究利用静电纺丝技术和原位复合法，将 Ni,Fe-PBA 原位负载在氧化石墨烯(GO)-聚丙烯腈(PAN)静电纺纳米纤维复合膜上，构筑了 GO-PAN@Ni,Fe-PBA 纳米纤维复合膜，并将其作为吸附剂用于吸附水溶液中的刚果红(CR)和直接蓝 2B(DB-6)。通过批次吸附实验研究了 GO-PAN@Ni,Fe-PBA 在不同吸附条件下对 CR 和 DB-6 的吸附性能。结果表明，GO-PAN@Ni,Fe-PBA 对 CR 和 DB-6 的最大吸附量分别为 260.42 和 343.64 mg/g。对 GO-PAN@Ni,Fe-PBA-CR 进行回收、碳化处理得到 NiFe/CS 杂化材料并将其作为吸附剂用于去除水中 Ag(I)。结果表明 NiFe/CS 杂化材料对 Ag(I)最大吸附量可达 675.68 mg/g。进一步回收 NiFe/CS-Ag 杂化材料，并将其作为 CDI 电极材料，研究其脱盐性能。结果表明，在初始盐浓度为 2000 mg/L 时，60 min 脱盐量达到 2481.73 mg/g，脱盐速率达到 41.36 mg/g/min。以上研究成果，将为开发多功能水处理材料提供可行性策略和理论基础。

B03-22

碳基位点密集型催化材料的可控构筑

常江伟

郑州大学化学学院平原实验室

Abstract: 电催化水裂解技术对于实现绿电到绿氢、绿氧和绿色化学品的转化, 以及推进我国能源消费形式由高碳向低碳转型具有重要的意义。然而, 在工业级安培电流密度、高电势、高温和强氧化等苛刻工况条件下, 阳极析氧材料金属位点脱溶、氧化分解和表面重构等导致缓慢的反应动力学和低耐久性。针对这些瓶颈问题, 我们首先基于“富氮碳载体原位竞争性锚定策略”对密集型金属原子位点进行设计与调控。进一步发展了“拓扑转化”技术, 构建了短程有序原子位点协同催化创新体系的设计范式, 提出了氧自由基耦合机制、桥氧键辅助去质子化机制等, 实现了千小时级连续稳定酸/碱性水裂解。

Keywords: 超高金属载量单原子催化剂、氮掺杂、M-N-C 位点。

Reference:

- [1] **Jiangwei Chang**, Wen Jing, Xue Yong, Ang Cao, Jingkun Yu, Han Wu, Chengzhang Wan, Siyang Wang, Geoffrey I. N. Waterhouse, Bai Yang, Zhiyong Tang, Xiangfeng Duan* and Siyu Lu*. *Nat. Synth.*, 2024, 3, 1427–1438.
- [2] Han Wu[#], Zhanzhao Fu[#], **Jiangwei Chang***, Zhiang Hu, Jian Li, Siyang Wang, Jingkun Yu, Xue Yong, Geoffrey I. N. Waterhouse, Zhiyong Tang, Junbiao Chang and Siyu Lu*. *Nat. Commun.*, 2025, 16, 4482.
- [3] Han Wu, **Jiangwei Chang***, Jingkun Yu, Siyang Wang, Zhiang Hu, Geoffrey I. N. Waterhouse, Xue Yong, Zhiyong Tang, Junbiao Chang and Siyu Lu*. *Nat. Commun.*, 2024, 15, 10315.
- [4] **Jiangwei Chang**, Yuanyuan Shi, Han Wu, Jingkun Yu, Wen Jing, Siyang Wang, Geoffrey I. N. Waterhouse, Zhiyong Tang and Siyu Lu*. *J. Am. Chem. Soc.*, 2024, 146, 12958–12968.
- [5] **Jiangwei Chang**, Chang Yu*, Xuedan Song, Xinyi Tan, Yiwang Ding, Zongbin Zhao, and Jieshan Qiu*. *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60, 3587-3595.
- [6] **Jiangwei Chang** and Siyu Lu*. *Matter*, 2024, 7, 2640-2642.

B03-23

类芬顿体系催化剂配位环境调控高效降解水中活性药物

李秀泽 赵之慧 白倩 齐娟娟*

华北电力大学环境科学与工程学院

近年来, 水体中检出多种活性药物, 对生态环境和人体健康构成严重的威胁。围绕类芬顿体系催化剂配位环境调控实现高效降解水中活性药物展开研究。针对目前非均相类芬顿体系降解水中活性药物的研究中, 面临的重要挑战即是如何调控催化剂定向生成所需的活性物种以及活性物种的产生机理进行深入的探讨。相对于羟基自由基与硫酸根自由基而言, 非自由基途径产生的单线态氧因其长寿命、宽 pH 耐受性及高选择性, 展现出更优异的环境稳定性和降解选择性。提出通过非晶化与掺杂等方式调控催化剂活性位点的配位环境, 促进催化剂对过一硫酸盐(PMS)的吸附, 并且定向生成单线态氧, 提高活性药物的降解效率。

具体而言，通过调控催化剂活性位点的配位环境，进而影响催化剂金属活性位点的自旋态与电子结构，优化 d 带中心，促进电子转移，进一步促进单线态氧的选择性生成，高效降解活性药物污染物。通过系列表征结合 DFT 计算揭示配位环境调控的以及自旋态转变作用规律，并提出了单线态氧的产生机理。上述工作为基于催化剂配位环境调控思路的催化剂开发提供参考，为单线态氧产生机理研究提供更广阔的视角，有助于推进类芬顿体系在实际废水处理领域的应用。

关键词：配位调控；自旋态；电子结构；单线态氧

资助项目：国家自然科学基金(No.22106045)；国家重点研发计划项目(2024YFC3908500)

参考文献：

- [1] Li X, Gao Y, Qi J, et al. Asymmetric Coordination Modulating Co Spin State for Peroxymonosulfate Activation to Accelerate $^1\text{O}_2$ Generation [J]. *Advanced Functional Materials*, 2025, n/a(n/a): 2502680.
- [2] Qi J, Bai Q, Bai X, et al. Amorphous Engineering Driving d-Orbital High Spin Configuration for Almost 100% $^1\text{O}_2$ -Mediated Fenton-Like Reactions [J]. *Advanced Science*, 2025, n/a(n/a): 2503665.

B03-24

新型电极材料研发及其电催化水处理应用

杨超^{1*}，李晓岩^{2,3}

¹中山大学，环境科学与工程学院，广州，510006

²清华大学深圳国际研究生院

³香港大学，土木工程系

废水中具有生物毒性和环境持久性的新污染物，通常对传统的废水生物处理具有抗性，无法有效去除，这不仅给生态系统带来了相当大的风险，而且严重威胁人类健康。因此，迫切需要有效的污水深度处理技术，保障水质安全，实现废水近零排放和水回用。电催化氧化具有氧化能力强、不需要添加化学试剂、绿色可持续的优势，是一种很有前景的去除生物难降解污染物的技术。本研究针对现有电极在电催化活性和传质效率方面存在的不足，开发了创新的自支撑、可渗透的三维 SnO_2 电极，用于连续穿透式电催化氧化废水处理，以提高电化学技术在废水处理领域的应用效能和效率，为水污染控制提供更高效、更可持续的理论技术指导。

为了提高处理效率，开发了一种新型的自支撑陶瓷 SnO_2 电催化阳极膜（图 1），该膜兼具阳极和膜的功能，通过深度强制废水通过电催化阳极膜，可以显著改善质量传输和电催化活性表面积，在污水深度处理中表现优异的性能。在催化处理新兴有机污染物去除和高速率病毒消毒的应用中，施加电压到 SnO_2 -Sb 阳极膜后，通过阳极的一次处理时间约为 1.7 min，抗生素污染物去除率接近 100%^[1]。在穿透电催化过滤处理中，质量传递和电催化活性位点的改善促进了直接氧化和活性自由基的产生，从而快速高效降解污染物。

图 1 自支撑 SnO₂ 电催化膜的电化学水处理系统示。图 2 填充式珠状二氧化锡三维扩展阳极系统。

开发了填充式珠状二氧化锡三维扩展阳极系统作为电催化过滤器（如图 2 所示），将电催化活性体积扩展到很厚的整个多孔介质，远超过传统平板阳极附近的电活性体积，从而极大地提高了微污染物的电催化降解效率。研究揭示了带电 O_V-SnO₂-Sb PBE 系统降解抗生素污染物的机理：填充式电极可产生丰富的自由基物种(•OH)和非自由基物种(¹O₂ 和 O₃)，协同增强的直接氧化能力降解污染物^[2]。

关键词：电催化氧化；三维阳极；二氧化锡；新污染物；电过滤

参考文献

[1] Yang C., Fan Y., Shang S., Li, P., Li, X.Y., Fabrication of a permeable SnO₂-Sb reactive anodic filter for high-efficiency electrochemical oxidation of antibiotics in wastewater. *Environ. Int.*, 2021, 157, 106827.

[2] Yang, C., Lin, L., Shang, S., Ma, S., Sun, F., Shih, K., Li, X.Y., Packed O_V-SnO₂-Sb bead-electrodes for enhanced electrocatalytic oxidation of micropollutants in water, *Water Res.*, 2023, 245, 120628.

B03-25

典型高级氧化反应中稳定活性位点的分子尺度鉴别与设计研究

陈方园

南开大学

B03-26

COFs 结构设计强化溶解氧高效定向光催化活化

韩彬*

广东工业大学

光催化 O₂ 活化通过电子或能量转移产生各种活性氧(ROS)，对各种化学和生物过程至关重要。然而，控制激子行为来灵活调控 ROS 生成的研究很少，其潜在调控机制也尚不清楚。本文，我们通过共价有机骨架(COF)的键合取向工程，首次展示了在光催化 O₂ 活化中灵活调控 ROS 生成的成果。带有供体(D)-N=C-受体(A)链的亚胺基 COF(TFPT COF)通过电子转移有效地生成 H₂O₂，而具有反向亚胺取向的结构异构体 COF(TAPT COF)则倾向于通过能量转移进行单线态氧(¹O₂)光合作用，从而实现高效的污染物去除。根据超快光谱和理论计算的结果，当亚胺键上的 N 原子靠近电子受体时，会减小表面电势差，增加激子结合能，有利于通过能量转移过程激活自旋三重态激子。相反，当该 N 原子靠近电子供体时，会产生强大的内建电场，促使激子解离为载流子，并随后分离。

B03-27

新污染物协同控制的多级孔材料应用

李响*

北京理工大学

在本研究中, 基于多孔有机框架调控仿生制备了多孔光催化剂, 实验中发现, 三组环境风险极高的水中痕量($\mu\text{g/L}$)的有害化学物质被优先去除, 包括非甾体抗炎药(NSAIDs)、喹诺酮抗生素和全氟烷基羧酸(PFCAs)。结果发现, 具有氧空位和较大孔径的锆-氧团簇协同卟啉配体可以通过化学和物理机制有效地吸附了高风险的药物分子。随着烷基链长度的增加, 5 种 PFCAs(PFPeA、PFHxA、PFOA、PFNA、PFDA)的 $\log K_{ow}$ 与 $\ln v_0$ 和 Q_e 呈强相关。相比之下, 孔道内化学环境调控可以实现对非甾体抗炎药和醌类抗生素的吸附速度很快, 可以实现在大分子干扰环境中快速筛分。采用伪一/二阶、Elovich 和 webmorris 粒子内扩散数学模型系统地研究了疏水、扩散和静电相互作用机理。由于在太阳光照射下, 金属氧团簇上产生了反应物质例如在限域环境选择性产生的单线态氧, 芳香族非甾体抗炎药在 60 min 内被完全分解($> \sim 99\%$)。该研究为水中两类新污染物(ECs)的优先去除提供了指导。

B03-28**墙报过渡金属磷/硫化物调控强化电催化水分解研究**

张博格*、喻泽斌、覃宣宁、覃祚宇、张子慕、曹晓旭、张博轩

广西大学

电解水制氢是实现绿氢经济的关键路径, 但其大规模应用受限于析氧反应(OER)的缓慢动力学及贵金属催化剂的依赖性, 开发具有成本效益的水电解电催化剂具有重大研究意义。过渡金属硫/磷化物(TMS/TMP)催化剂由于可调变电子结构和高催化活性成为析氢反应(HER)和 OER 的研究热点。

针对单独 TMS/TMP 存在的本征反应活性位点不足的关键科学问题, 通过界面结构设计、阴离子基团稳定和动态重构稳定自旋态等策略, 结合系列表征实验和理论计算, 实现并证明 OER 中关键限速步骤(质子耦合步骤)降低碱性环境中水分解能垒。具体来说, 首先通过异原子掺杂(Fe、Mo 等)诱导主催化剂自旋态调变, 调控电子结构, 优化 d 带中心, 降低 OER 关键速控质子耦合步骤能垒; 进一步通过原位构筑异质结构协同磷空位, 优化催化剂界面内建电场以加速电荷转移, 促进 OER 反应中间体吸附; 此外, 研究了反应中阴离子基团影响催化剂结构特性, 发现其通过氢键作用稳定*OOH, 降低脱附能垒。通过多策略协同优化电子结构、界面工程与动态重构行为, 聚焦“电子结构-活性位点-动态重构”调控, 实现高效全水分解(1.626 V)和高稳定性(500 h@100 mA cm^{-2})。系列研究作为发展高效稳定电催化剂提供了参考。

参考文献

1. B. Zhang, et al. Vacancy engineering-induced spin polarization in heterogeneous phosphides by simple iron salt infiltration for efficient overall water splitting. *Chemical Engineering Journal* 498 (2024): 155159

2. B. Zhang, et al. Electrochemical reconfiguration of iron-modified Ni_3S_2 surface induced oxygen vacancies to immobilize sulfate for enhanced oxygen evolution reaction. *Journal of Colloid and Interface Science* 677 (2025): 259-270

3. Z. Yu, et al. The cactus bulb-shaped metal-SC/N nanoparticles supported by highly conductive channels for efficient electrocatalytic hydrogen evolution reaction. *International Journal of Hydrogen Energy* 49 (2024): 1070-1084.

B03-29

单原子基膜电极的构筑及电催化活性氧物种产生的机制研究

靳丽敏*

浙江工商大学

电化学水处理技术面临多电子反应界面及电子转移路径调控困难的关键瓶颈，制约了活性氧(ROS)的选择性生成与利用效率。本研究聚焦于原子尺度下电催化还原过硫酸盐(PMS)及分子氧(O_2)的本征构效关系与反应机制，旨在通过精准调控催化位点的电子结构优化电子转移路径，实现 ROS 的高选择性生成，并利用穿透式膜电极结构提升其利用率。主要创新成果包括：（1）尺寸效应调控 PMS 活化路径：通过自还原与电沉积策略分别在 MXene 载体上锚定不同尺寸的过渡金属物种(Cu, Fe)。研究发现，单原子级催化剂相较于纳米颗粒显著提升了 PMS 活化效能及污染物降解动力学，其高活性源于独特的缺电子态结构，并揭示了尺寸效应与外加电场对活化路径及 ROS 种类（如 $^1\text{O}_2$, $\text{SO}_4^{\cdot-}$, HO^\bullet ）的调控机制。（2）配位环境调控 O_2 活化选择性：成功构建了具有精准配位环境（N 配位或 O 配位）的 Cr 单原子膜电极及主族 Bi 单原子催化剂。研究表明，配位环境（如 CrN_4 vs. CrO_4 ）能有效调控 O_2 活化路径中关键*OOH 中间体的稳定性与解离行为，分别选择性生成 $^1\text{O}_2$ 或 HO^\bullet ；主族 Bi- N_3 单原子则展现了通过双电子氧还原产生 H_2O_2 进而电还原为 HO^\bullet 的独特路径。此外，该膜电极体系展现出对水中重金属离子的高效吸附与原位转化为稳定催化位点的能力，实现了重金属资源化利用与微污染物高效去除的协同，并在连续运行中表现出优异的稳定性与低金属泄漏，体现了减污降碳协同增效的应用潜力。

B03-30

电子结构调控强化类芬顿精准氧化

姜晶晶*

吉林大学新能源与环境学院

本研究构建了基于异核双原子距离调控的过一硫酸氢盐(PMS)活化策略，开发了 In-Co 双原子催化剂(DACs)，实现高效调控生成 Co(IV)=O 或 $\bullet\text{SO}_4^-$ 。通过 XAS、EPR 和 DFT 等手段揭示，不同原子间距对 Co

自旋态与活性物种路径具有决定性影响。3.8 nm DACs 优先形成 Co(IV)=O, 适用于高电离能污染物; 2.5 nm DACs 促进 SO_4^- 生成, 更适合低 pKa 和高电子密度污染物。两者在连续流反应中表现出良好选择性与稳定性。研究为构建可调控的高级氧化体系提供新路径。

B03-31

基于电子调控的纳米光阳极半导体材料绿色光电催化水裂解析氧研究

高艺轩, 刘文^{a*}

北京大学环境科学与工程学院, 水沙科学教育部重点实验室

面对能源危机与环境恶化的双重挑战, 如何在工业发展与环境保护之间寻求平衡, 已成为人类可持续发展的关键。因此, 开发新型可再生能源, 并通过催化技术促进 CO_2 还原, 早日实现“碳达峰、碳中和”目标, 成为解决这一问题的必然选择。在这一过程中, 设计高效催化剂以加速反应进程、阐明催化机理并优化催化剂性能至关重要。基于此, 本研究聚焦于材料催化的电子调控策略, 通过空位构建、非金属掺杂、异质结构构建等手段, 系统调控纳米催化剂的光电催化水裂解性能, 并结合多种表征技术深入探究其构效关系, 以拓展其在绿色催化领域的应用。电子层面的微观研究能够有效指导半导体材料宏观催化性能的提升, 为高性能催化剂的设计提供重要参考。具体研究内容如下:

通过高温制造空位和气相沉积掺杂策略(CVD), 在 Ti 阳离子空位缺陷中掺杂了不同的非金属硫源, 构造非金属硫元素化合物掺杂的钛空位二氧化钛材料(S-Tiv-TiO_2 、 $\text{H}_2\text{S-Tiv-TiO}_2$ 和 $\text{CS}_2\text{-Tiv-TiO}_2$)。与氧空位相比, Tiv-TiO_2 上的 Ti 阳离子空位可以诱导电子从价带中自旋向下(\downarrow)的状态跃迁到导带的过程中发生自旋翻转, 导致电子在导带上自旋向上(\uparrow)。由于自旋钉扎效应, 被激发的电子被禁止在价带中沿轨道向下自旋, 导致电子-空穴对复合禁阻, 提升了电荷分离效率, 从而提高了光电催化水分解性能。硫掺杂剂可以增强电子自旋翻转来调节电子自旋方向并增加电荷载流子的数量。此外, 还结合 DFT 计算, 解释了 S-Tiv-TiO_2 、 $\text{H}_2\text{S-Tiv-TiO}_2$ 和 $\text{CS}_2\text{-Tiv-TiO}_2$ 之间由于自旋钉扎效应强弱而导致的性能差异。该工作揭示了非金属掺杂阳离子 Ti 空位的构-效关系, 并拓展了其在绿色光电催化水裂解领域的应用, 该工作发表在 *Energy & Environmental Science* 期刊上(*Energy & Environmental Science* 2024, 17 (17), 6268-6278.)。

硫化铟(In_2S_3)作为一种水分解光催化剂半导体, 因其窄带隙(2.0-2.3 eV)和优异的光电性能而得到了广泛研究, 然而 In_2S_3 仍面临稳定性差和光生载流子复合速率快的挑战。此外, 主族金属(例如: In)缺乏 d 轨道电子, 因此水分解反应决速步能垒较高, 从而限制了水分解反应中间体活化能力, 最终降低了析氧速率。基于 $\text{In}_2\text{S}_3/\text{TiO}_2$ 异质结半导体材料, 并进一步通过煅烧处理合成了硫空位 $\text{In}_2\text{S}_3/\text{TiO}_2$ 异质结($\text{Sv-In}_2\text{S}_3/\text{TiO}_2$)。在 $\text{In}_2\text{S}_3/\text{TiO}_2$ 异质结中引入硫缺陷的策略, 旨在调控 In 原子的 $5p$ 轨道电子状态, 从而提升 PEC 水分解性能。实验与理论研究结果表明, 硫空位能够引发 In $5p$ 轨道的电子离域效应, 增强其对 OOH 基团的化学亲和力。其中, 硫空位邻近区域 p 轨道(主要为 p_x 和 p_y 轨道)成为 In (p)-O (OOH)键电子传输

的主导通道，有效促进了反应速率决速步 $\cdot\text{OOH} \rightarrow \cdot + \text{O}_2$ 的进行，进而显著提升氧气生成效率，使得 Sv-In₂S₃/TiO₂ 催化析氧活性约为原始 In₂S₃/TiO₂ 异质结的 7.69 倍，同时增强阴极析氢效率。其次，由于 Sv-In₂S₃/TiO₂ 增强异质结内建电场构造，大幅提高了 In₂S₃ 的稳定性。该研究为通过硫缺陷调控硫化物半导体结构中 *p* 轨道电子离域，进而优化光电催化水分解性能提供了可靠途径。此研究不仅从微观角度解释了电子离域调控对金属催化剂性能的高效调节作用，也拓展了其在光电催化水裂解领域的应用，该工作发表在 *Advanced Energy Materials* 期刊上 (*Advanced Energy Materials* **2025**, DOI: 10.1002/aenm.202403752.)。

B03-32

有机磷废水的高效治理及其磷回收利用

刘湘

三峡大学材料与化工学院

目前，有机磷化合物广泛应用于除草剂、膜过滤、造纸和纺织生产、家用清洁产品和循环水冷却系统。例如，1-羟乙基二磷酸(HEDP)已被广泛应用于反渗透膜中作为磷酸盐的常见抗垢剂；草甘磷作为一种广谱除草剂已在 130 多个国家广泛使用。大量有机磷废水未经处理便被排放到水环境之中，对生态环境带来巨大的伤害，影响生态环境的可持续发展。基于有机磷化合物的高污染性，其替代品的效果并不理想，所以有机磷化合物还在被大量使用，它造成的环境污染还在继续。然而，传统的除磷方法（包括混凝法、吸附法和生物降解法）都不能有效地降解有机磷化合物。因此，设计开发低成本、高性能、绿色环保的新型催化剂，对实现有机磷污染物的快速氧化降解具有重要科学意义和应用价值。

参考文献

- [1] Z. Li, X. Liu,* J. Yan, Y. Wang, R. Li, Y. Huang, S. Wang,* D. Huang*. Catalytic wastewater dephosphorization for phosphorus recycling to fertilizers. *Appl. Catal. B: Environ. Energy*, **2025**, 369, 125154.
- [2] C. Fang, Y. Bai, L. Ma, Y. Pan, K. Pang, J. Yan, J. Song, E. Jiang, H. Zhao,* C. Pan,* X. Liu,* X. Lan*. Spatial confinement of Co-N/O nanocatalyst into hollow carbon nanosphere for water purification and its biotoxicity assessment. *Chem. Eng. J.*, **2025**, 506, 159797
- [3] L. Jin, Y. Huang, L. Ye, X. Liu,* D. Huang*. Revealing the vital role of dissolved O₂ in Cu(II)-Cu(I)-Cu(III) cycle for promoting glyphosate degradation via percarbonate activation. *Sep. Purif. Technol.*, **2025**, 353, 128304
- [4] L. Jin, Y. Huang, H. Liu, L. Ye, X. Liu,* and D. Huang*. Efficient treatment of actual glyphosate wastewater via non-radical Fenton-like oxidation. *J. Hazard. Mater.* **2024**, 463, 132904
- [5] L. Jin, Y. Huang, L. Ye, D. Huang,* and X. Liu*. Challenges and opportunities in the selective degradation of

organophosphorus herbicide glyphosate, *iScience*, **2024**, 27, 110870

B03-33

面向低值碳资源高值化利用的碳基电催化剂的表面调控研究

孟祥桐

北京化工大学

实现 CO₂、塑料等低值碳资源的高效转化与增值利用，有助于构建可持续的人工碳循环体系。碳材料具有廉价易得、化学稳定性好、维度可调等优势，在电催化小分子转化领域得以广泛研究。由于碳材料微环境的"共轭体系完整，故表现出局部电中性，故导致碳材料的本征活性较差，限制了碳材料的进一步应用。基于上述关键问题，本研究团队围绕绿电驱动碳资源升级转化技术对碳材料的功能要求，开展了如下工作:1)基于表面工程策略，设计构筑过渡金属基电催化剂，促进固-液界面的传质动力学，提高能量效率^[1-4]。2)基于微观化学与结构修饰，建立碳结构基元协同杂化新技术，实现碳基复合材料的导电性和催化活性的平衡调控^[5-10]。3)结合理论计算与实验，发展异质原子诱导的碳材料功能强化方法，实现碳材料催化性能的预测和材料表/界面性能的调控^[11-15]。研究工作为合理调控碳材料的表面性质（电子结构、化学组成、微观结构等）、构建碳局域化学环境及强化界面传质传荷动力学提供了理论和技术指导。

参考文献

1. J. Qi, X. Meng*, J. Qiu*, et al., *Adv. Mater.* 2025, 37, 2419058.
2. J. Li, X. Meng*, J. Qiu *, et al., *Adv. Funct. Mater.* 2024, 34: 2316718.
3. J. Zhang, X. Meng*, J. Qiu*, S. Ye*, et al., *Appl. Catal. B: Environ*, 2025, 373, 25333.
4. Y. Du, X. Meng*, J. Qiu *, et al., *Chem. Eng. Sci.*, 2025, accept.
5. Y. Du, X. Meng*, J. Qiu *, et al., *Adv. Funct. Mater.*, 2024, 35, 2408013.
6. Y. Ma, X. Meng*, J. Qiu *, et al., *ACS Catal.*, 2023, 13: 1290-1298. (ESI highly-cited)
7. H. Zou, X. Meng*, J. Qiu*, et al., *Adv. Mater.* 2023, 35, 2207262. (ESI highly-cited)
8. X. Zhao, X. Meng*, J. Qiu *, et al., *Adv. Funct. Mater.* 2023, 35: 2209207.
9. X. Zhao, X. Meng*, J. Qiu *, et al., *Nano Research*, 2023, 16, 6015-6038. (ESI highly-cited)
10. G. Gu, X. Meng*, J. Qiu *, et al., *Chem. Eng. Sci.*, 2025, 121370.
11. X. Meng, J. Qiu*, Zhiqun Lin*, et al., *Angew. Chem.*, 2018, 57, 4682. (ESI highly-cited)
12. X. Meng; J. Qiu*; Z. Lin*; et al. *Nano Energy.*, 2018,54,138.
13. X. Meng; J. Qiu*; et al. *Adv. Energy Mater.*, 2015, 1500180.
14. X. Meng; J. Qiu*; Z. Lin*; et al. *Nano Energy*, 2018, 52,123.
15. X. Meng; J. Qiu*; et al. *Nano Energy*, 2016, 22, 59.

B03-34

多阶孔道碳材料强化芬顿氧化的长效机制与纳米限域效应

周鹏^{1,2}, 周晨颖^{1,2}, 赖波^{1,2,*}

1 四川大学 建筑与环境学院, 中国 成都 610065

2 四川大学 中德水与健康研究中心, 中国 成都 610041

非均相芬顿体系中, 固液界面处短寿命羟基自由基受传质限制, 导致过氧化氢利用效率显著降低^[1]。本研究发现限域结构独特的理化性质能够有效调控氧化反应的热力学和动力学过程^[1, 2]。研究团队创新设计出具有可调纳米孔结构的多孔碳材料, 其微孔比例可在 4.12%至 91.64%范围内精确调控, 展现出差异化的限域强化效果。实验表明, 多孔碳材料通过优化电荷传输特性, 实现了过氧化氢与铁物种间的高效电子穿梭, 在 17 次循环测试中保持稳定性能。当纳米通道尺寸小于 1 纳米时, 限域效应对芬顿氧化的促进作用最为显著, 可同时强化电荷传输和传质过程; 通道尺寸在 1-1.5 纳米范围内时, 促进作用逐渐减弱; 而超过 1.5 纳米则会产生不利影响。密度泛函理论计算证实, 受限纳米孔道结构, 尤其是 1 纳米以下的孔道, 能够通过增强电子云密度和负吸附能显著促进电荷传输过程, 同时实现对羟基自由基的空间限域。这种空间纳米限域效应结合对目标污染物的选择性吸附, 使过氧化氢利用率得到显著提升。引入大尺寸非金属原子会通过改变相邻的 C-C 键长度而产生结构缺陷和新生活性位点^[3, 4]。研究进一步创新性地纳米通道中组装非金属活性位点, 其中活性硫位点的引入为加速低电子密度 Fe(III)与高电子弥散过氧化氢之间的电子转移提供了新途径。这种将纳米通道设计与非金属活性位点相结合的策略, 为构建高效纳米结构催化剂用于环境修复提供了重要启示。

参考文献:

- [1] C. Zhou, M. Sun, P. Zhang, Y. Yuan, J. Peng, H. Zhang, C. He, G. Yao, Y. Liu, P. Zhou*, B. Lai, Spatial confinement Fenton oxidation realized via tunable nanopore structure of porous carbon, *Journal of Hazardous Materials*, 476 (2024) 134979.
- [2] X. Lv, C. Zhou, Z. Shen, Y. Zhang, C. He, Y. Du, Z. Xiong, R. Huang*, P. Zhou*, B. Lai, Waste leather derived porous carbon boosted Fenton oxidation towards removal of diethyl phthalate: Mechanism and long-lasting performance, *Journal of Hazardous Materials*, 458 (2023) 132040,.
- [3] Y. Sun[#], P. Zhou[#], M. Sun, Y. Zhang, X. Wang, C. Zhou, Y. Liu, C. He, B. Lai, Hydrogen Peroxide as an Ideal Electron Donor for Long-Lasting Fenton Chemistry: Strong Enhancement of Fe(III) Activity by Heteroatom-Doped Nanocarbons, *ACS Catalysis*, 14 (2024) 6525-6534,.
- [4] C. Zhou, P. Zhou, M. Sun, Y. Liu, H. Zhang, Z. Xiong, J. Liang, X. Duan, B. Lai*, Nitrogen-doped carbon nanotubes enhanced Fenton chemistry: Role of near-free iron(III) for sustainable iron(III)/iron(II) cycles, *Water Research*, 210 (2022) 117984.

B03-35**铈基催化剂界面结构定向调控与脱硝性能增强机制研究**

阴勇

海南大学

本研究通过 O_2 等离子体辅助方法实现了金属氧化物表面晶格氧活性的高效调控, 成功开发出 MoO_x/CeO_2 催化剂, 其在 $200^\circ C$ 下对 NO_x 还原的转化频率远超商业及已报道的 NH_3 -SCR 催化剂。该方法利用等离子体产生的高能粒子使 Mo 从 CeO_2 晶格中析出并原子级分散于表面, 形成独特 5 配位 Mo 位点, 促进界面 Mo-O-Ce 晶格氧脱水及 O_2 填充, 显著提升活性。研究揭示其 SCR 反应遵循 Mars-van Krevelen 机制, 脱羟基化为速率决定步骤。此工作不仅展示了等离子体处理在促进 CeO_2 负载原子分散催化剂晶格氧活性方面的巨大潜力, 还为深入理解活性增强机制提供了见解, 为未来新型高效催化剂的开发提供了新思路和方法, 有望在催化、能源与环境等领域广泛应用。

B03-36**多基元柔性聚合物的制备及高湿下对多组分 VOCs 的协同吸附**

王睿猛

广西大学

挥发性有机物(Volatile organic compounds, VOCs)是一类重要的大气污染物。它们的毒害作用很大, 同时也是形成细颗粒物($PM_{2.5}$)和臭氧(O_3)的重要前体物, 对我国大气环境的危害尤为突出。因此, VOCs 污染控制是我国大气环境治理的重大需求, 已被列为“十四五”期间空气质量考核指标之一。吸附技术是治理低浓度 VOCs 最常用和有效的方法之一, 其核心是高效吸附剂的开发。然而, 在实际工况下, 大气中的水蒸气、 CO_2 和共存的 VOCs 会竞争性地占据吸附剂有限的吸附位点, 从而导致对目标 VOCs 吸附性能的降低。因此, 如何构筑对复杂组分 VOCs 高容量吸附的吸附材料是这一领域面临的难点和极具挑战性的课题。

本研究工作围绕国家“双碳”目标下减污降碳与清洁空气的重大需求, 针对上述当前 VOCs 吸附技术中存在的难题, 提出设计和开发高憎水的聚合物@MOFs 复合材料和多基元柔性超交联聚合物(Hypercrosslinked polymers, HCPs), 通过疏水基元构筑和多位点相互作用实现复杂高湿环境下对低浓度 VOCs 的高选择与协同吸附, 并基于理论分析探究了在限域空间内对复杂组分 VOCs 的“阵列吸附-限域协同”机制及作用。

B03-37**稀贵金属靶向吸附材料设计与资源化回收新机制研究**

丁琳

南昌航空大学

B03-38单原子掺杂生物炭中 CoN_3 与 CuN_3O_2 位点的协同作用在过一硫酸盐活化中的应用

王传斌

广东工业大学

金属的配位环境对其催化活性具有显著影响，而在过一硫酸盐(PMS)活化过程中，金属位点间的协同相互作用可能发挥关键作用。双金属掺杂生物炭表现出比单金属掺杂生物炭更强的 PMS 活化能力。淬灭实验表明，钴(Co)和铜(Cu)的掺杂能促进 $\text{SO}_4^{\cdot-}$ 和 $\cdot\text{OH}$ 的生成，但会抑制 $^1\text{O}_2$ 的产生。密度泛函理论(DFT)模拟证实，同时负载 CoN_3 和 CuN_3O_2 位点的生物炭具有最大的 Eads 绝对值、最长的 O-O 键长以及最多的电子转移量，从而有效促进 $\text{SO}_4^{\cdot-}$ 和 $\cdot\text{OH}$ 的生成。而 CuN_3O_2 位点因其较低的反应能垒，更有利于 $^1\text{O}_2$ 的产生。此外，NBC-Cu-Co 催化剂在环境友好性方面表现突出，既能通过 PMS 活化产生低毒性中间产物，又可有效减少金属离子的溶出。

B03-39

引入微花状硫化铋以去除碘酸根阴离子

严臣辉、张博文、刘艳松、何智兵*

中国工程物理研究院激光聚变研究中心

放射性碘酸盐($^{131}\text{IO}_3^-$ / $^{129}\text{IO}_3^-$)具有较强的放射性和直接损伤生物体细胞的危险性。因此，有效去除它们至关重要。在该工作中，通过水热法制备了微花状的硫化铋(MF- Bi_2S_3)以研究其对 IO_3^- 的吸附行为。MF- Bi_2S_3 在 $\text{pH}\approx 3$ 时对 IO_3^- 的最大吸附容量为 875.6 mg/g，在 2 h 内对 IO_3^- 的去除率可达到 98.98%。此外，在高浓度 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 和 CO_3^{2-} 等共存阴离子存在的情况下，MF- Bi_2S_3 的去除率仍可达 96.37%，表现出具有优异的抗干扰性能。在模拟人工地下水中，该吸附剂对 IO_3^- 的去除率达到 88.8%，表明它对解决实际废水中 IO_3^- 具有较大潜力。值得注意的是，吸附产物随吸附的碘含量而变化，中间产物为 BiI_3O_9 和 BiOI ，最终产物为 BiOIO_3 。X 射线光电子能谱检测到产物中存在 I_2 和 I_3^- ，这归因于被 S^{2-} 还原和固定的碘。同时，相应的 S^{2-} 以 SO_4^{2-} 的形式残留在反应后的液体中。这项工作为有效去除 IO_3^- 提供了突破性的解决方案。

B03-40基于氧空位工程调控 $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Nb}_2\text{O}_6$ 陶瓷的压电催化性能研究

戴剑、王大伟*

哈尔滨工业大学

随着环境污染不断加剧和对清洁能源的迫切需求,研究高效的环境治理和清洁能源生产方法变得尤为重要。压电催化技术因其能将机械能转化为化学能的特性备受关注。然而,传统的压电催化材料存在着载流子浓度低、迁移速度慢、反应活性位点不足等问题。本研究以铌酸锶钡($\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Nb}_2\text{O}_6$, SBN)压电陶瓷为例,探索了两种调节氧空位含量的方法来增强其压电催化性能。首先是化学方法,通过一步氢气热还原方法调控了熔盐法制备的 SBN 纳米棒的氧空位含量,并自生 $\text{Sr}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Nb}_2\text{O}_6/\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ 异质结构,提高了样品在有机污染物降解和产氢的效率。其次是物理方法,利用高能球磨方法成功调节了 SBN 陶瓷的氧空位含量,并细化了颗粒尺寸。研究表明,随着高能球磨时间的增加, SBN 的氧空位含量逐渐增加,但结晶度下降,甚至转变为非晶态,压电响应也呈现出先增强后减弱的趋势。进一步的催化实验显示,氧空位含量适中的 SBN 样品在有机污染物降解和灭活大肠杆菌方面表现出高效的催化活性。此外,应用第一性原理计算揭示了氧空位缺陷调控压电催化性能的物理机制。本研究为调节氧空位含量以增强压电陶瓷的压电催化性能提供了新的思路和方法,具有重要的理论和应用价值。

B03-41

卤氧铋基光催化剂的载能离子辐照改性及抗菌应用

马思汉*

贵州大学

设计高性能的抗菌剂是在环境应用中高效灭活细菌的关键。本研究利用高能氮离子注入工程,合理构建了具有丰富位错缺陷的潜在光热催化杀菌候选 BiOI 纳米片。通过氮离子注入引起的晶格原子置换,增强了 BiOI 的导电性,有利于电子空穴的分离和转移,抑制了光生电子的回流,从而提高了 BiOI 的光催化活性。同时,通过控制离子辐照引起的位错缺陷密度,能够显著增强光热活性。在近红外(NIR)照射下,长期不可逆的光热和光催化破坏证明了其优异的抗菌性能。大量的理论和实验表明,离子束注入是一种可靠的改善纳米光热催化活性的技术,并且辐照的 BiOI 纳米片在促进杀菌过程中是非常有效的。

B03-42

蒙脱土基复合材料对废水中 U(VI)的吸附性能研究

熊婷、张帅、张占文*

中国工程物理研究院

随着核能的快速发展,核废水中放射性元素铀(U(VI))的去除成为亟需解决的问题。本研究通过表面改性和材料复合对天然蒙脱土(MMT)进行改性,成功制备出十六烷基三甲基溴化铵改性蒙脱土/羟基磷灰石复合吸附剂材料(CMH)用于去除废水中的铀。相比于 MMT, CMH 的 U(VI)吸附平衡时间缩短至 240 min,平衡 U(VI)吸附容量提高至 678.6 mg/g,这是因为十六烷基溴化铵和羟基磷灰石的引入不仅增大了 MMT 的层

间距，而且还引入了更多的铀亲和官能团，从而提供了更多的可用活性位点。同时，CMH 还表现出良好的循环利用性，五次循环后的 U(VI) 吸附效率仍高达 96.2%，即使在复杂的水系统中，仍能保持相对较高的 U(VI) 吸附容量。此外，动态吸附实验的结果与静态吸附呈现出高度的一致性，表明 CMH 有望用于处理实际含铀废水。结合表征测试结果，可以推断 U(VI) 主要是通过静电相互作用、离子交换和络合作用负载在 CMH 表面。整体来说，这项工作为研发低成本、高效的 U(VI) 吸附剂材料提供了新的见解。

B03-43

利用原子层沉积法提高铂催化剂的单位催化活性

唐小迪、王朝阳*

中国工程物理研究院

利用原子层沉积法具有自限制性的特点，在碳气凝胶材料上沉积铂原子并生长为岛状铂团簇，后将其作为燃料电池阳极催化剂探究其在氧还原反应中的催化活性。与现有原子层沉积方法相比，将常用的第二反应物臭氧替换为水可避免对设备造成腐蚀以及对人体的危害；而作为基底材料的碳气凝胶具有高的比表面积和孔隙率，能够保证对铂前驱体的接触面积和吸附效率，同时免去了流化床的应用，扩大了原子层沉积设备的应用范围。通过调节反应腔温度、沉积圈数以及脉冲时间等实验参数，制备了铂含量低于 9 wt.% 的一系列铂团簇催化剂；催化剂的表征采用了多种分析技术，包括 AC-STEM、XRD、XPS 以及电化学测试等。结果表明，本方法制备的铂催化剂在铂含量远低于商业催化剂的情况下仍旧具有与商业催化剂相当的电催化性能，大大提高了铂的利用率以及单位催化活性，为进一步提高铂催化剂整体性能提供了一定的经验。

B03-44

界面微环境调控诱发氧化行为差异和协同增强研究

李渝航

北京大学深圳研究生院

本汇报将重点探讨界面微环境调控对氧化行为差异及协同增强的影响。随着环境污染的日益关注与材料学科的发展，以环境功能材料为主导，进行水环境修复的研究受到业界广泛关注。如何强化去除水中新污染物是当今的研究重点之一。对于类芬顿催化剂而言，界面微环境的微小变化能够显著影响氧化反应的速率、机制及产物分布。通过对表界面配位环境进行功能化调控，其可有效改变催化界面电子性质，进而改变催化位点得失电子能力而影响氧化行为。本研究将通过三个层面进行详细阐述：（1）通过构造单原子级别掺杂，实现电子转移机制(ETP)和自由基氧化的协同作用，本研究发现在半导体催化剂中，ETP 以一电子转移形式帮助实现过硫酸盐的活化，实现协同增强效应；（2）通过研究具有特殊价电子排布的过

渡金属元素，与高自旋金属位点实现轨道杂合，协同提高不对称双位点自旋态，实现界面电子传输能力，最终实现对过硫酸盐的活化能力提升；（3）关注表界面范德华力及由范德华力引起的电子传输通道，使得过硫酸盐具有双通道电子活化来源。总体而言，本研究为理解界面微环境在氧化过程中的作用提供了新的视角，并为未来的材料设计和催化反应优化提供了理论依据。通过合理的界面调控，有望实现氧化反应的协同增强。

B03-45

基于金属和氮共掺杂碳的活性氧物种产生规律和调控方法解析

吴少华*

广东石油化工学院

过硫酸盐基高级氧化技术在水处理中已受到广泛关注，特别是通过调控活性氧物种的类型和浓度以满足不同修复场景下废水处理的定制服务极具前景，但仍具挑战。基于此，我们课题组以金属/氮掺杂碳材料为模型催化剂，设计开发了 3 种氧化路径调控策略。1) 以沸石咪唑酯骨架(ZIF-8/ZIF-67)为碳前体，通过改变 Co/Zn 比，制备了系列不同钴形态的钴/氮共掺杂多孔碳材料，钴形态（单原子、团簇、颗粒）可介导过一硫酸盐(PMS)活化体系从单线态氧主导的非自由基反应到单线态氧/硫酸根自由基共存的氧化反应；2) 以导电聚合物聚苯胺为例，通过原位自聚合和高温煅烧法制备成铁/氮共掺杂多孔碳，通过改变铁盐剂量，使得构建体系实现非自由基氧化路径之间的调控；3) 提出了杂原子（包括 P 和 S）掺杂诱导活性位点电子结构改变以提高催化活性的方法，设计出了高性能催化剂，从而实现水体中磺胺类抗生素的高效降解。总体而言，我们开发了不同自由基/非自由基路径的调控策略，有望为推进过硫酸盐基高级氧化技术的实际应用做出努力。

B03-46

铁基复合材料的制备及其对地下水中三氯乙烯的协同去除研究

郑天文*、吴乃瑾、罗会龙

北京市科学技术研究院资源环境研究所

纳米零价铁(nZVI)具有较高的还原能力，在地下水中三氯乙烯(TCE)的修复中备受关注。但由于其易团聚，稳定性较差，限制了其使用范围。为解决纳 nZVI 的团聚性问题，本文选用生物炭和生物碳酸钙(CaCO₃)作为 nZVI 的载体材料，制备出两种铁基复合材料，有效提高了 nZVI 的还原能力和 TCE 的去除效率。采用多种分析方法对铁基复合材料进行了详细表征，研究了其对 TCE 的吸附动力学方程，探讨了其在不同老化时间和循环使用次数线下对 TCE 去除效率的影响。基于 TCE 的降解产物，揭示两种铁基复合材料去除 TCE 的反应途径和机理。试验结果表明，nZVI 能够均匀分布在载体材料上，并且两种铁基复合材料对 TCE

的吸附动力学符合假二级动力学方程。在 TCE 的降解过程中, 先通过 β 消除反应生成乙炔, 再发生氢化反应生成乙烯和乙烷, 并且吸附和降解作用是铁基复合材料去除 TCE 的主要机理。本文为 nZVI 载体材料的选择提供一定的理论与试验支持, 有助于推进绿色修复功能材料的发展与进步。

B03-47

废弃铬吸附剂衍生催化材料对水中 2,4-D 的降解

郭念东、许浩琪、钱天伟*、刘晓娜

太原理工大学

本研究以废弃铬吸附剂为前驱体成功合成了一种新型催化材料 Fe-Ce/N-WA, 可有效激活过一硫酸盐 (PMS) 降解 2,4-二氯苯氧乙酸(2,4-D)。在 Fe-Ce/N-WA 投加量为 0.1 g/L、PMS 为 6 mM、2,4-D 为 10 mg/L 的条件下, 体系对 2,4-D 的去除率为 98%。淬灭实验与电子顺磁共振(EPR)分析表明降解过程中起主导作用的活性氧(ROS)为 $\text{SO}_4^{\cdot-}$ 与 $^1\text{O}_2$ 。除 ROS 外, 电子传递在 2,4-D 降解过程中也起到重要作用, 值得注意的是, 氮掺杂增强了反应中的电子传递过程。Fe-Ce/N-WA 催化剂在宽 pH 范围内都能有效去除 2,4-D, 具备良好的应用潜力。此外, 综合液相色谱-质谱(LC-MS)和密度泛函理论(DFT)分析, 提出了体系中的脱羧、脱氯和羟基取代以及苯环裂解等降解途径与机理。该研究为废弃吸附剂的功能化利用提供了一种便捷可行途径与理论支撑。

B03-48

钨酸盐环境功能材料的设计与应用

何洪波*

湘南学院

钨酸盐光催化材料凭借其优异的物理化学性质, 在光催化环境污染处理方面受到了广泛的关注。但钨酸盐光催化剂仍存在电荷复合概率高、太阳光利用率低等问题。优化催化位点的空间结构和电子性质, 对催化性能具有积极的调控作用。结合声化学法和溶剂热法系统调变了钨酸盐纳米材料的尺寸、形貌、晶格、复合形态等构型参数。系统研究了钨酸盐光催化材料处理水环境中染料、酚类有机物、重金属离子等污染物的光催化性能及其光催化反应机理, 并初步探究了钨酸盐纳米材料的细菌灭活及生物防污性能。该工作可为钨酸盐光催化剂的设计及其在水环境污染治理中的实际应用提供参考和借鉴。

B03-49

CoOx/生物炭复合材料活化 PMS 降解噻虫嗪性能和机理研究

杨传玺¹、武勇坤²、许毅勇²、王小宁*¹

1. 潍坊科技学院
2. 青岛理工大学

通过热解-原位自组装化学合成了锚定在生物炭表面的 CoO_x 纳米颗粒, CoO_x /生物炭复合材料活化 PMS 类芬顿催化降解新烟碱杀虫剂噻虫嗪。 CoO_x /生物炭复合材料保留了生物炭的孔隙结构, 表面光滑, 生物炭表面存在 CoO_x 颗粒, 生物炭存在能够抑制 CoO_x 纳米颗粒的团聚。 CoO_x 为 CoO 和 Co_3O_4 复合晶体结构。 CoO_x :生物炭比例、PMS 浓度和 CoO_x /生物炭复合材料投加量对 CoO_x /生物炭复合材料活化 PMS 光芬顿降解噻虫嗪存在显著影响。Cl⁻的投加对 CoO_x /生物炭复合材料活化 PMS 光芬顿体系存在明显的抑制作用, 0-40 min 的拟一级动力学常数由 0.07821 min^{-1} 下降到 0.00181 min^{-1} , 降低了 97.69%; 而 Al^{3+} 和 HA 会缓慢促进 CoO_x /生物炭复合材料活化 PMS 光芬顿体系的活性, 120 min 后噻虫嗪的降解率由 97.44% 分别提高到 100% (Al^{3+}) 和 98.78% (HA)。通过自由基捕获试验发现, $\text{SO}_4^{\cdot-}$ 和 $^1\text{O}_2$ 是第一重要的活性物种; OH 和 H^+ 第二重要的活性物种; $\text{O}^{\cdot-}$ 是第三重要的活性物种。而 ESR 表征结果证明了 CoO_x /生物炭复合材料活化 PMS 光芬顿体系存在直接电子转移过程。XPS 表征结果证明 Co^{2+} 和晶格氧是 CoO_x /生物炭光芬顿催化降解噻虫嗪的关键活性位点。噻虫嗪光芬顿降解产物的 HOMO、LUMO、化学势均增大, 电离势、电子亲和力和电负性和亲电指数均减小; P9 具有最强的发育毒性, P7 发育毒性最弱; 噻虫嗪具有最强的诱变毒性, P1 诱变毒性最弱; P10 具有最强的致大鼠半致死毒性, P1 致大鼠半致死毒性最弱。噻虫嗪光芬顿降解中间产物的毒性变化, 与中间产物的分子结构及其表面静电势、体相静电势和 HOMO/LUMO 等结构性质有关。

B03-50

负载型铁 MOFs 高级氧化水处理

王芾学¹、王崇臣^{2*}

1. 海南大学
2. 北京建筑大学

铁基催化剂因其优异的催化活性、环境友好性以及成本低廉等优势, 在水处理领域展现出广阔的应用前景。与零价铁(ZVI)和 Fe_3O_4 等传统催化剂相比, 金属有机框架(MOFs)材料具有高度有序的晶体结构和明确的活性位点分布, 这些特点使其可在分子水平进行结构与调控, 为深入研究高级氧化反应的机理提供了理想模板。然而, MOFs 材料通常以微/纳米级晶体粉末形式存在, 在实际水处理过程面临分离回收困难等问题。对此, 选择适宜的功能材料作为载体, 通过合理的固定化方法制备负载型 MOFs 材料, 不仅能有效解决分离回收问题, 还能利用载体与 MOFs 之间的协同效应提升污染物去除效率。目前, 研究者开发了包括原位生长法、凝胶包覆法、3D 打印技术以及直接混合法等多种 MOFs 负载方法。研究表明, 不同的负载方法会显著影响 MOFs 的形貌特征、负载量以及催化性能等性质。因此, 系统研究 MOFs 在载体表面的生长机制, 阐明反应条件对 MOFs 负载量、微观形貌、颗粒尺寸及其高级氧化活性的调控规律, 对负

载型 MOFs 功能材料的设计、可控合成以及在水处理领域的实际应用具有重要意义^[1-3]。

参考文献

[1] Fu-Xue Wang, Chong-Chen Wang, Xuedong Du, Yang Lia, Fei Wang, Peng Wang. Efficient removal of emerging organic contaminants via photo-Fenton process over micron-sized Fe-MOF sheet, *Chemical Engineering Journal*, 429 (2022) 132495.

[2] Fu-Xue Wang, Zi-Chen Zhang, Chong-Chen Wang, Xiao-Hong Yi, Shouliang Yi. Immobilizing Fe-MOFs for water purification and critical minerals recovery, *Separation and Purification Technology*, 337 (2024) 126409.

[3] Guang-Chi Liu, Xiao-Hong Yi, Hong-Yu Chu, Chong-Chen Wang, Ya Gao, Fei Wang, Fu-Xue Wang, Peng Wang. Floating MIL-88A (Fe)@ expanded perlites catalyst for continuous photo-Fenton degradation toward tetracyclines under artificial light and real solar light, *Journal of Hazardous Materials*, 472 (2024), 134420.

B03-51

由 Jahn-Teller 驱动的氧空位 Cu-Mn 复合氧化物活化硫酸盐用于盐酸金霉素降解

刘铭义*

北京大学深圳研究生院

采用水解驱动氧化还原法制备铜锰复合金属氧化物(CuMnO_y), 并首次用于活化硫酸盐降解盐酸金霉素 (CTC)。的姜泰勒离子 Mn^{3+} 和 Cu^{2+} 存在于 CuMnO_y 中, 形成固体电荷转运氧化还原体系, 保证活性氧物种 (ROS) 的连续生成。通过对硫酸根浓度、催化剂金属摩尔比、催化剂用量、初始 pH 等实验参数的系统研究, CTC 的最佳降解率在 10 min 内可达 91.74%, 30 min 后可达 94.46%。通过自由基猝灭实验和电子顺磁共振 (EPR) 捕获技术确定主要反应自由基, 证实 $\text{SO}_4^{\cdot-}$ 和 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 在降解 CTC 过程中发挥了不可忽视的作用。密度泛函理论(DFT)计算表明, 较高的 Fukui 指数 (f 和 f) 的 CTC 位点更容易受到自由基的攻击。 CuMnO_y 具有低 CTC 降解毒性, 高催化性能, 具有良好的抗干扰能力、可重复使用性和稳定性, 在实际水处理领域具有良好的应用潜力。

B03-52

超双硫高分子纳米纤维基复合气凝胶的可控构筑及高选择性油水分离机制研究

张由芳*、蒋咏雪、葛晓晖

湖北大学

如何设计和开发出具有高选择性、高通量、高分离效率的油水分离材料, 明确材料微观结构与宏观性能之间的关系, 已成为油水分离领域中的研究热点。本工作发展了高分子纳米纤维为构筑基体, 以聚酰亚胺前驱体聚酰胺酸为粘结剂和孔调节剂, 以无机纳米材料如零维 SiO_2 或者二维蒙脱土纳米片为界面改性剂

和微纳结构构筑基元，通过定向冰晶诱导自组装法及热处理可控构筑了大孔取向、多级孔结构高分子纳米纤维基复合气凝胶。所制备复合气凝胶的取向大孔有助于提高水或油通量，微纳孔结构有助于提高油水分离效率。由无机纳米材料与高分子纳米纤维所构筑的微纳可重入结构有助于锁住预浸润溶剂，赋予复合气凝胶双超疏特性，实现按需、高效油水分离。所构筑的高分子纳米纤维基复合气凝胶的油水分分离效率大于 99%，高通量（油通量为 $8.39 \times 10^4 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ；水通量为 $2.87 \times 10^4 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ）以及良好的油水切换稳定性，油下超疏水性和水下超疏油性可以连续切换 50 次以上并保持高于 98.5% 的分离效率，可实现按需进行油水分离。此外，该复合气凝胶的机械性能优异，能够使用蠕动泵驱动分离油水混合物，不仅可以进行循环分离，还可以进行可持续分离。本研究揭示了气凝胶的成孔机理和调控机制，系统研究了微观结构与油水分离性能之间的关系规律，并深入探讨了双超疏气凝胶构筑条件，为具有高分离选择性且高效低阻的油水分分离材料的研发奠定坚实的理论和实践基础。

B03-53**Modulating Cu₂O/CuO on attapulgite for boosting peroxymonosulfate activation**

田云慧

山东科技大学

B03-54**Selective adsorption of Au (III) by sulfamic acid modified metal-organic frameworks**

丁可香

云南大学国际河流与生态安全研究院

B03-55**纳米 SiO₂ 制备超疏水纸地膜及其性能研究**

李璐*、戴飞、张方圆、曹晓庆

甘肃农业大学

纸地膜是一种由天然纤维素材料制成的生物可降解地膜，具有降解性好、无毒害及绿色环保等优点，能够有效解决传统覆膜方式存在残膜回收困难、污染农田环境等问题，已逐渐发展成为一种新型农业覆盖材料。然而，与聚乙烯地膜相比，传统纸地膜的疏水性能、力学性能和耐候性能较差，加之其复杂的生产工艺与较高的生产成本，导致纸地膜在农业生产中的应用受到一定限制。本文采用溶液浸渍法制备出 SiO₂ 超疏水纸地膜，结合接触角、滚动角、力学和摩擦试验对其力学性能、耐磨性能、疏水性能与实际农田环境下的抗老化、耐酸碱及表面延迟结冰性能进行测试评估。结果表明：具有多孔粗糙结构的 SiO₂ 通过溶液

粘附在纸地膜表面形成微纳米结构,从而获得稳定的超疏水涂层;通过对三种涂层物质含量(1%、1.5%、2%)的 SiO_2 超疏水纸地膜进行接触角、滚动角和力学测试,综合分析得出 1.5%浓度时纸地膜的疏水性能与力学性能最优; SiO_2 超疏水纸地膜在高温条件下仍具有优异的疏水性能,其中在 -20°C 低温下仍具有较好的延迟结冰性能,能够保证超疏水纸地膜基础性能不会受霜冻结冰的影响,使纸地膜在低温环境中也能起到一定的增温效果;同时, SiO_2 涂层能够提高纸地膜的力学、疏水和耐磨性能, SiO_2 超疏水纸地膜同时具有较好抗老化性能; SiO_2 超疏水涂层在酸、碱性溶液中对纸地膜表面纤维均有一定的保护作用,其中在碱性浸泡后的 SiO_2 超疏水纸地膜各项性能均优于普通纸地膜。本研究为超疏水纸地膜的制备研发与推广应用提供理论与试验依据。

B03-56

过硫酸盐体系中二氧化碳响应相转移材料对环烷酸的高效降解及机理研究

张秋雅*

河北科技大学

环烷酸(NAs)是石油和石化工业中的典型污染物。它们成分复杂,难以挥发,并对环境造成危害。本研究设计并制备了一种新型 CO_2 响应型相转移材料,该材料具有优异的荧光特性,可有效激活过硫酸盐并快速降解 NAs。这种材料有效地解决了水-有机界面的传质限制。材料中的聚乙二醇(PEG)基团可实现由 CO_2 触发的可逆相转移过程,从而促进活性催化物质的高效传输和循环利用。实验结果表明, CO_2 响应相转移材料的最佳用量为 0.20 克,在 80°C 温度条件下, NAs 的降解效率在 30 分钟内达到 85%。为探索其机理,还进行了电子顺磁共振(EPR)和淬灭实验。结果证实,硫酸根自由基和羟基自由基是降解 NAs 的主要活性物质。此外,实际废水中 NAs 的降解也得到了验证。这项研究为降解 NAs 提供了一种高效的高级氧化方法,并启发了新的相转移催化策略。

墙报

B03-P01

基于辐射敏化还原法实现铼的高效分离回收

吴翼茜、王月、彭静、翟茂林*

北京大学

铼(Re)作为航空发动机叶片和石油重整催化剂的关键组分,是先进科技和能源领域的重要资源。但由于其地壳丰度仅为 0.7-1.0 ppb,全球年产量仅约 50 吨,提取成本高昂。因此,二次资源中高铼酸根离子(ReO_4^-)的回收对于缓解全球铼资源紧张至关重要。本研究提出一种利用辐射敏化实现金属离子辐射还原的方法,

用以实现水体系中铼的高效分离回收。

采用 Hf 基金属-有机框架材料, Hf-BPY, 作为辐射敏化剂, 在 γ 射线或电子束辐照下, Hf-BPY 中的金属节点(Hf簇)通过提高物质与电离辐射作用的反应截面, 将水辐解生成水化电子(e_{aq}^-)的产额由 2.80×10^{-7} 提升至 4.05×10^{-7} mol/J, 有效提高了辐照体系的还原性, 促进了 ReO_4^- 的辐射还原。作为一种清洁高效的还原方法, 这一还原反应直接由 e_{aq}^- 推动, 不需要加入任何牺牲剂。与目前报道的其他还原法相比, Hf-BPY 敏化的辐射还原法将 ReO_4^- 还原为单一的 ReO_2 产物。相较于多种氧化态混合的还原产物, ReO_2 具有更好的稳定性, 在含水含氧的环境中不易发生氧化溶解, 使得铼的分离更加彻底。同时, 利用电离辐射进行废水处理具有易于放大的优势, Hf-BPY 敏化的辐射还原法同样也兼容工业辐照设施。在本工作中, 这一方法已通过公斤级实验验证, 在 γ 射线和电子束辐照条件下分别实现了 0.568 g/L 和 0.468 g/L 的 ReO_2 回收量。实验证实这一方法能够在 7 个辐射循环中保持稳定的还原去除率, 具有在工业铼回收中应用的巨大潜力。

同时, 金属-有机框架材料敏化的辐射还原法对于其他高价重金属离子同样具有高效的还原分离能力, 进一步体现了这一方法在水体系中重金属污染去除和金属资源回收中的应用前景。

B03-P02

通过纳米限域 Co-Cu 氧化物膜的可见光驱动协同活化过氧一硫酸盐实现有机微污染物的超快速降解

郑霞¹、曾广勇*¹、罗建泉²

1. 成都理工大学

2. 中国科学院过程工程研究所

随着城市化与工业化进程的推进, 水体中难降解有机微污染物的排放问题日益严重, 其持久性和生物累积性对生态系统和人类健康构成显著威胁。传统的处理方法面临诸多挑战。过氧一硫酸盐(PMS)活化技术由于其能够生成高氧化能力的自由基, 成为有效去除难降解污染物的重要手段。本研究基于钴铜氧化物纳米片(Co-Cu ONS)的纳米限域催化膜体系, 提出了一种高效的可见光响应 PMS 活化系统。采用硼氢化钠还原法制备 Co-Cu ONS, 并通过非溶剂诱导相转化和真空过滤技术将其集成于聚偏二氟乙烯(PVDF)基膜, 制得 Co-Cu ONS@PVDF 催化膜, 解决了传统粉末催化剂的团聚和分离问题。该体系在可见光照射下 15 分钟内对盐酸四环素(TCH)的去除率达 98.7%, 反应速率常数为 0.2732 min^{-1} 。双金属协同作用和氧空位的存在显著增强了 PMS 的活化效率。密度泛函理论(DFT)计算揭示了 PMS 在 Co-Cu ONS 表面的有利吸附与活化机制。该催化膜展现出优异的稳定性、环境适应性和广谱降解能力, 同时具备高效的分离性能。本研究为高级水处理提供了一种集高反应性、低能耗和膜分离功能于一体的解决方案, 具有重要的理论与应用价值。

B03-P03**原位构筑 PVA/PVP/Al(OH)₃ 复合交联膜及其高抗干扰除氟性能研究**

刘立江、戴欣*

南昌工程学院

针对稀土冶炼含氟废水处理难题，本研究提出原位合成策略，将 Al(OH)₃ 颗粒嵌入 PVA/PVP 基体中，构建超亲水复合膜。通过偏铝酸钠酸性水解直接生成 Al(OH)₃，并引入顺丁烯二酸酐交联强化膜稳定性，解决了颗粒易团聚及传统吸附剂机械性能不足等问题。

材料表征表明，原位生成的 Al(OH)₃ 颗粒（6~10 微米）均匀分散于基体中，形成多孔结构(SEM)，表面富含羟基活性位点(FTIR)。吸附实验显示：在 pH=5 及 500mg/L 高氟条件下，复合膜对 F 去除率稳定在 95% 以上，且抗干扰能力突出。共存阴离子中，碳酸根离子和磷酸离子根竞争吸附显著（去除率分别降至 75% 和 70%），而氯离子、硝酸根离子和硫酸根离子影响较小(>85%)，表明材料对复杂水质适用性优异。

机制研究表明，F 通过表面羟基离子交换及 Al-F 键被高效捕获（XRD/FTIR 验证）。改膜兼具超亲水和交联增强的机械强度，可多次循环使用。本研究为高氟废水(≤500mg/L)处理提供了可规模化应用的解决方案，尤其适用于含竞争性阴离子的稀土冶炼废水场景。

B03-P04**Accelerating of Fe₃⁺/Fe₂⁺ redox cycle using palygorskite as phase regulator for peroxymonosulfate oxidation**

Yunhui Tian*

No. 579, Qianwan Port Road, Huangdao District, Qingdao City, Shandong Province; Shandong University of Science and Technology

This study presents the synthesis of a Fe-based catalyst via a one-pot calcination method, emphasizing the role of palygorskite (Pal) in modifying the catalyst's phase composition. The incorporation of palygorskite led to a robust interaction with FeOCl and FeCl₂, resulting in a porous structure enriched with active sites. The prepared catalyst had high surface area (69.1 m²/g) and pore volume (0.167 cm³/g) with interwoven rod-like structure. These characteristics were essential for enhancing the activation of peroxymonosulfate (PMS). Textile wastewater is one of the main sources of industrial wastewater in China, and RhB is one of the commonly used dyes in textile industry. The performance of the synthesized Fe/Pal catalyst was evaluated in the context of degrading Rhodamine B (RhB). The catalyst exhibited remarkable efficacy attributed to the dynamic Fe³⁺/Fe²⁺ redox cycle. Under optimized conditions, 0.1 g/L activated catalyst can remove 85 % RhB within 10 min. Quenching experiments further elucidated the mechanisms involved in pollutant removal, revealing that sulfate radicals and singlet oxygen were the predominant reactive species. Overall, the findings underscored the potential of iron/

mineral matrix composite catalysts in the effective treatment of organic pollutants. This research not only advances the understanding of catalyst design but also offers promising pathways for the broader application of these materials in environmental remediation efforts.

B03-P05

脱合金纳米多孔铜作为类芬顿反应高效催化剂降解有机污染物

王杰、牛需要、朱静玉、梁萍*

五邑大学

铜基催化剂因其低毒性特点，在过硫酸盐氧化体系中具有显著优势。本研究通过脱合金铝铜(Al-Cu)合金制备了纳米多孔铜材料。通过调控脱合金工艺参数，获得了具有双连续韧带-通道结构的零价铜(Cu)网络，其表面含有微量 Cu_2O 。相较于商用 Cu、 Cu_2O 纳米颗粒或液相沉淀法制备的对照样品，该纳米多孔铜催化剂在过一硫酸盐(PMS)活化降解双酚 A(BPA)过程中表现出卓越的催化性能。其独特结构不仅提供了更多的活性位点暴露，还优化了传质路径。此外，高导电性的铜网络有利于电子传输，而富含低配位点的韧带结构更易与 PMS 发生相互作用。在模拟太阳光辅助下，光化学氧化通过光辐照与 PMS 的协同效应显著提升了降解效率。化学氧化过程中，游离羟基自由基(OH)和硫酸根自由基($\text{SO}_4^{\cdot-}$)是 BPA 降解的主要活性物种；而在光化学反应中， OH 、 $\text{SO}_4^{\cdot-}$ 与单线态氧($^1\text{O}_2$)共同主导降解过程。本研究表明，脱合金法是制备过硫酸盐氧化催化剂的有效策略，为开发高效废水净化催化剂提供了新思路。

B03-P06

Co 基非晶态催化材料的室温制备及其在高级氧化反应中的初步应用

李平云*、王亚丹、张英达

南京理工大学

相比于晶态催化材料，非晶态催化材料较少受到研究者的关注。本文介绍非晶态 Co-O-B-C 非晶态材料的设计及其在高级氧化反应中的应用。其中，非晶态材料的制备不采用传统的熔炼法，而是采用化学法-溶胶凝胶法。其次，无论是前驱体还是在 200-600 摄氏度之间制备的材料均为非晶态，X 射线衍射法中未能出现任何晶态物质的衍射峰。室温下制备的前驱体材料以及在 200-600 摄氏度之间得到的材料均对 4-硝基酚等有机物的高级氧化反应（过氧单磺酸钾为氧化剂）具有优异的催化效果。自由基淬灭结果确定单线态氧为该氧化反应的主要活性氧物种。本文为非晶态材料的设计及应用提供新的思路。

B03-P07

Additive-Free Hydrothermal Synthesis of Hydroxyapatite Nanofibers for Enhanced Copper Ion (Cu(II))

Adsorption

Bin Liu*

Nanjing University of Information Science & Technology

Hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, HAP) is a calcium phosphate with a hexagonal crystal structure. It is widely present in the hard tissues of mammals and is a biocompatible and environmentally friendly material. Nano-HAP benefits from its structural and surface properties, exhibiting good adsorption performance and ion exchange capacity. It shows strong adsorption capability for heavy metal ions such as copper (Cu), cobalt (Co), and cadmium (Cd), and is thus widely studied and applied as an adsorbent material. However, its high surface activity causes it to readily agglomerate, which negatively impacts its adsorption performance.

In this study, fibrous nano-HAP was synthesized directly via a hydrothermal method with additive-free. By adjusting the hydrothermal reaction time, HAP samples with varying purity levels were obtained using the different reaction time (Fig. 1). When the hydrothermal time was short, the samples exhibited diffraction peaks corresponding to HAP standard peaks (JCDPS NO.09-0432), along with minor impurity peaks attributed to DCPA (CaHPO_4) and OCP ($\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Relatively pure HAP samples were fabricated when hydrothermal times exceeding 12 hours. Furthermore, the intensity ratio of the (300) to (211) crystal plane diffraction peaks (I_{300}/I_{211}) reflects the preferential growth orientation of the crystallites. When the hydrothermal time increased from 6 to 18 hours, the I_{300}/I_{211} ratio of the samples continuously increased and consistently exceeded the theoretical value for standard HAP peaks (0.61). This indicates preferential growth of the sample crystallites along the c-axis direction. TEM images confirmed that the prepared samples exhibited a nano-fibrous morphology. For a hydrothermal time of 12 hours, the fibers had a diameter of approximately 20 nm and an aspect ratio greater than 100 (Fig. 2). Adsorption experiments demonstrated that the sample achieved a copper ion adsorption rate exceeding 88% (Fig. 3), under conditions of a Cu(II) concentration of 100 mg/L and a solid-to-liquid ratio of 1:200. Besides of a large specific surface area, the fibrous structure of HAP may also induce lattice strain and increase Ca^{2+} site vacancies, thereby enhancing the adsorption performance of HAP. The prepared HAP nanofibers exhibit excellent copper ion removal capability and have the potential to serve as effective adsorbents for heavy metal ions.

仅发表论文

B03-PO01

PPy:PSS/PVDF 复合导电膜在染料废水处理中的应用研究

郁凡、董延茂*

苏州科技大学

电膜生物反应器(EMBR)具有分离效率高、过程可控性强及模块化应用等特点,在污水再生利用领域应用广泛,但同时存在选择性分离难和膜污染等问题。本文利用聚吡咯(PPy)独特的电化学性质,基于聚偏氟乙烯(PVDF)微滤膜提出了导电膜的构筑策略,将膜分离技术与电化学技术有机结合:一方面可以通过体系中产生的活性氧物质对污染物进行降解,提高废水净化率;另一方面利用电迁移效应促进带电污染物定向输运,从而有效抑制浓差极化现象,减缓膜通量衰减速度。本文以聚苯乙烯磺酸钠(PSS)作为表面活性剂,以聚吡咯(PPy)作为导电剂,采用氧化聚合法制备了 PPy:PSS/PVDF 复合导电膜,提高 PVDF 膜的导电性和亲水性。利用扫描电子显微镜(SEM)、原子力显微镜(AFM)、衰减全反射红外(ATR-FTIR)和 X 射线光电子能谱(XPS)等对 PPy:PSS/PVDF 膜的形貌和组成进行了表征,证明 PPy:PSS 成功沉积在膜表面。在 0.06 MPa 的压力下, PPy:PSS/PVDF 纯水通量为 $315.92 \pm 33.12 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 。PPy:PSS/PVDF 膜在 4 V/cm 电场作用下对原水浓度为 10 mg/L 的亚甲基蓝(MB)阳离子染料截留率达到了 98%,并且在牛血清白蛋白(BSA)过滤过程中具有增强的防污性能。与无电场作用下的膜相比,电场作用下复合膜通量衰减下降减缓,通量提高了 30% 以上。聚苯乙烯磺酸钠耦合聚吡咯为制备导电膜提供了一种新的策略,在 EMBR 处理废水中具有潜在的应用价值。

B03-PO02

Controllable Preparation of MgAl-LDHs Laminar Self-assembly Microspheres and Fluoride Removal Efficiency

Baoyan Li, Mingming Zheng, Guanchen Lv, Jue Wang, Kan Kan*, Qian Yu

Heilongjiang Academy of Science, Institute of Advanced Technology

The magnesium-aluminum layered double hydroxides (MgAl-LDHs) with different molar ratios were prepared by hydrothermal method for the effective removal of fluoride ions (F^-) from adsorbed water. The results showed that it was rich with CO_3^{2-} anions in the interlayer of prepared MgAl-LDHs, which made it significantly better than activated Al_2O_3 in removing adsorbed F^- . The adsorption performance of F^- on MgAl-LDHs was evaluated, and the results indicated that the MgAl-LDHs demonstrated a remarkable following the pseudo-second-order kinetics for successfully removing F^- through a monolayer adsorption process following the Langmuir isotherms models. The equilibrium adsorption capacity reached $43.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ for MgAl-LDHs⁻³ with the metal molar ratio of 6:4. MgAl-LDHs can easily be used several times after calcination for the adsorptive removal of F^- . After five cycles of regeneration experiments, the removal efficiency of the MgAl-LDHs⁻³ adsorbent for fluoride ions still reached 78%.