广州地化所在氯代有机磷酸酯的还原降解机制研究方面获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/11847.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

氯代有机磷酸酯（Cl-OPEs）是一类高效的新型有机阻燃剂，包括磷酸三（2-氯乙基）酯（TCEP）、磷酸三（1-氯-2-丙基）酯（TCPP）和磷酸三（1,3-二氯-2-丙基）酯（TDCPP），主要应用于塑料制品、纺织品、建材及电子设备等材料中。由于Cl-OPEs的大量生产和广泛应用，Cl-OPEs已成为各种环境介质中普遍存在的一类新兴污染物。Cl-OPEs具有较高的水溶解度（$\log K_{ow}$< 3.7），且常规的污废水处理技术对Cl-OPEs的去除效果甚微，导致Cl-OPEs在水体环境中的污染问题尤为严重。Cl-OPEs是一类内分泌干扰物，具有神经毒性、细胞毒性、免疫毒性、生殖毒性等，其中TCEP和TDCPP已被欧盟和美国列入致癌物质清单中。因此，亟须发展高效控制和治理Cl-OPEs污染的新技术和新方法。

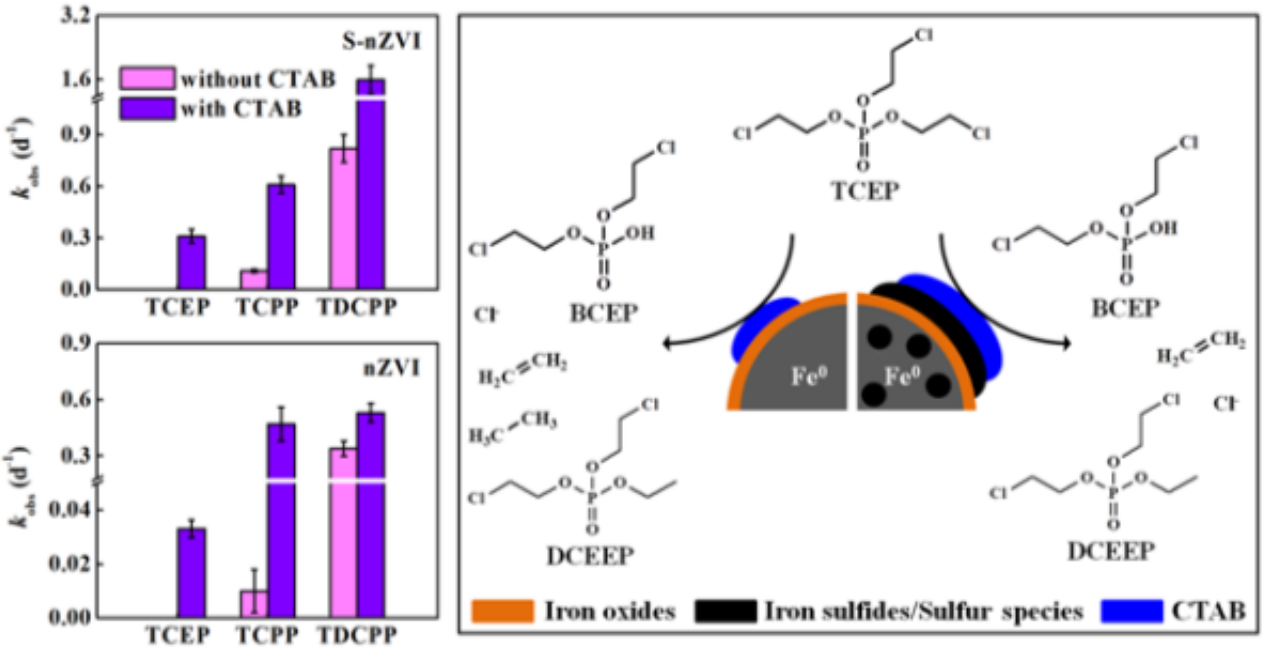
目前，一些高级氧化技术（如UV/H_2O_2、UV/TiO_2、UV/过硫酸盐等）已被证实可以有效地降解水体环境中的Cl-OPEs，但关于Cl-OPEs还原降解技术的研究甚少。纳米零价铁是一种高效的脱卤还原剂，能将多种疏水性卤代有机污染物（HOCs）还原降解为低卤代或无卤代化合物，被广泛应用于污废水、地表水、地下水等污染环境的修复。然而，关于纳米零价铁是否具有还原降解高水溶性HOCs（尤其是Cl-OPEs）的能力还不清楚。十六烷基三甲基溴化铵（CTAB）是一种广泛分布于水体环境中的阳离子表面活性剂，其两性分子基团可以改变HOCs在固-液界面的吸附/解吸行为，进而影响纳米零价铁对HOCs的降解。Cl-OPEs具有两种独特的官能团（亲水性磷酸酯基团和疏水性氯代烷基基团），CTAB对Cl-OPEs的固-液界面吸附/解吸行为的影响可能与疏水性HOCs不同，值得深入研究。

针对上述问题，中国科学院广州地球化学研究所博士研究生李丹在研究员彭平安和副研究员钟音指导下，深入研究了纳米零价铁对Cl-OPEs的还原降解性能和机制，以及CTAB对纳米零价铁吸附和降解Cl-OPEs的影响。研究系统比较了纳米零价铁（nZVI）和硫化纳米零价铁（S-nZVI）吸附和降解Cl-OPEs的动力学及降解产物生成。结果显示，TDCPP和TCPP先被吸附到纳米零价铁表面，随后被还原降解，S-nZVI比nZVI具有更高的还原能力；而TCEP被吸附到固体表面却没有发生进一步降解。CTAB的加入可以增加纳米零价铁与Cl-OPEs之间的疏水吸附作用，降低纳米零价铁的颗粒大小，从而显著提高纳米零价铁对Cl-OPEs（特别是TCEP）的还原降解效率。与nZVI相比，CTAB可以更大程度提高S-nZVI对Cl-OPEs的还原降解效率，这可能是因为S-nZVI具有较高的CTAB吸附能力。当CTAB的浓度为100mg L^{-1}时，TDCPP、TCPP和TCEP可以分别在3小时、5天和14天内被S-nZVI完全还原降解。增加CTAB的浓度到临界胶束浓度（CMC）时，TCEP可以在3天内被S-nZVI完全还原降解。反应过程中，有五种TCEP的降解产物被检出。其中，首次报道的TCEP降解产物有O,O-二（2-氯乙基）-O-乙基磷酸酯（DCEEP）和乙烷。在纳米零价铁/CTAB复合物的作用下，TCEP中的氯原子受到电子

攻击而发生脱氯反应，形成二（2-氯乙基）磷酸酯、DCEEP、氯离子、乙烯和乙烷，揭示了新的TCEP降解途径。研究还系统分析了影响纳米零价铁/CTAB复合物还原降解TCEP的关键因素。研究结果可以为纳米零价铁和纳米零价铁/CTAB复合物应用于高水溶性Cl-OPEs污染环境的实际修复提供理论基础和实践依据。

相关研究成果于近期发表在 *Water Research* 上，该项研究得到国家自然科学基金，广东省科技计划项目和有机地球化学国家重点实验室开放基金课题的资助。

论文链接



广州地化所在氯代有机磷酸酯的还原降解机制研究中获进展

研究团队单位：广州地球化学研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发