

## 广州地化所在典型溴代阻燃剂的非生物转化研究方面取得进展

四溴双酚A (TBBPA)、六溴环十二烷 (HBCD) 和十溴联苯醚 (decaBDE) 是世界范围内产量最大、应用最广的三种典型溴代阻燃剂 (BFRs)，具有环境持久性、长距离迁移性、生物富集性及生物毒性，对人体和环境健康构成严重威胁。这三种典型BFRs疏水性强，容易吸附和蓄积在地表土壤和水体沉积物中，其在土壤/沉积物中的自然衰减过程引起了国内外研究人员的广泛关注。生物降解与非生物转化是BFRs在土壤/沉积物中自然衰减过程的重要组成部分。已有的研究主要集中在BFRs的生物降解上，而对BFRs的非生物转化尤其是还原条件下的非生物转化的研究很少。

近期，中国科学院广州地球化学研究所博士研究生李丹在导师彭平安和钟音的指导下，在硫化亚铁 (FeS) 和硫化零价铁 (S-nZVI) 体系下典型BFRs的还原转化研究方面取得进展。硫化亚铁 (FeS) 是一种重要的还原性矿物，主要分布在缺氧的自然环境中，如土壤、底泥和沉积物等。它是由硫酸盐还原菌产生的 $S^{2-}$ 与环境中普遍存在的铁物种 (如溶解态 $Fe^{2+}$ 、铁氧化物等) 反应而形成的。据研究报道，FeS在底泥中的含量可以高达0.37 wt%干重。另外，在人工环境中如零价铁 (nZVI) 反应渗透墙也普遍存在FeS。另一方面，硫酸盐还原菌的作用和溶解态 $S^{2-}$ 的输入使得nZVI表面形成FeS薄膜而产生硫化零价铁 (S-nZVI)。研究结果显示，FeS对decaBDE和TBBPA的还原转化不显著，但能显著还原转化HBCD，使得HBCD发生双溴消除反应，逐步转化成为四溴环十二碳烯、二溴环十二碳二烯和环十二碳三烯。固体表征分析证明FeS固体表面上的Fe(II)和S(-II)均参与了HBCD的还原转化。此外，HBCD的还原转化过程符合假一级反应动力学模型，当FeS与HBCD的浓度比为2.3时，HBCD的转化达到最佳效果。此研究的结果不但提高了人们对HBCD在富含FeS环境下的自然衰减过程的认识，也为还原环境中HBCD的污染治理提供了理论依据。

虽然在FeS体系下TBBPA的还原转化并不明显，但在nZVI和S-nZVI体系下TBBPA可以被迅速还原转化。在S-nZVI体系下，TBBPA发生完全脱溴生成非溴代产物双酚A (BPA)，反应过程遵循假一级反应动力学模型。在nZVI体系下，TBBPA不能完全脱溴生成BPA，转化速率显著低于S-nZVI对TBBPA的转化速率。固体表面分析和电化学分析的结果显示，FeS减少了S-nZVI颗粒之间的聚集作用，增加了S-nZVI的比表面积，加快了S-nZVI表面的电子传递速率。同时，FeS表面疏水性强，有利于TBBPA吸附在S-nZVI表面，从而加快TBBPA的转化速率。此外，与nZVI相比，S-nZVI具有较长的寿命和较高的重复使用率，这可能是由于S-nZVI表面的FeS具有较强的水稳定性，能够阻止S-nZVI与水反应，延长S-nZVI的寿命，增加重复使用率。研究结果表明S-nZVI作为一种新型纳米材料有望应用于TBBPA污染环境的修复。

相关研究成果于近期发表在国际期刊《水研究》(Water Research) 上，该项研究得到国家自然科学基金 (Nos. 41120134006、41173111、41473107) 的资助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/100738.html>