



文章栏目：“地下水铬及氮污染防控”专题

DOI 10.12030/j.cjee.201912037

中图分类号 X703

文献标识码 A

丁庆伟, 秦莹莹, 罗学强. 纳米天然黄铁矿对土壤和地下水中铬的原位固定技术[J]. 环境工程学报, 2020, 14(9): 2568-2575.

DING Qingwei, QIN Yingying, LUO Xueqiang. In-situ fixation technology of chromium in soil and groundwater by nano-scale pyrite[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(9): 2568-2575.

## 纳米天然黄铁矿对土壤和地下水中铬的原位固定技术

丁庆伟\*, 秦莹莹, 罗学强

太原科技大学环境与安全学院, 太原 030024

第一作者: 丁庆伟(1975—), 男, 博士, 副教授。研究方向: 水污染处理。E-mail: [dingqingweiding@163.com](mailto:dingqingweiding@163.com)

\*通信作者

**摘要** 采用机械球磨活化方法制备了纳米级黄铁矿, 将其作为可渗透反应屏障中的介质材料, 用于原位固定土壤和地下水中的 Cr(VI), 通过柱实验研究了黄铁矿对 Cr(VI) 动态反应(吸附)和解吸附的性能, 并结合高分辨率透射电子显微镜(TEM)、X 射线衍射(XRD)等对黄铁矿材料进行了表征, 同时对反应机理进行了探讨。结果表明: 在纳米天然黄铁矿填充的 PRB 反应器中, FeS<sub>2</sub> 能够有效地处理含铬废水并将 Cr(VI) 原位固定在土壤中; 在反应过程中, 1 g 黄铁矿可处理 50 mg·L<sup>-1</sup> 的含铬废水 1 854.4 mL, 2 g 的纳米级天然黄铁矿介质固定了约 69.458 mg 的 Cr(VI); 当铬溶液到达穿透点时, Cr(VI) 去除率达到了 99.9%。本研究成果可为纳米级天然黄铁矿处理土壤和地下水中 Cr(VI) 以及原位固定其他重金属提供参考。

**关键词** 纳米级黄铁矿; 可渗透反应屏障; 吸附; 解吸附; 铬

铬是地下水、地表水和工业场所中最常检测到的重金属之一<sup>[1]</sup>, 在电镀、冶金、制革、颜料等行业得到了非常广泛的应用, 形态主要有 Cr(VI) 和 Cr(III)。因 Cr(VI) 易溶于水, 且在地下水中迁移速率快而被重点关注<sup>[2-3]</sup>。2018 年, 在全国 10 168 个国家级地下水水质监测点中, 发现个别监测点中的六价铬、铅、锌、砷、汞和镉等重(类)金属超标。因此, 防止 Cr(VI) 进入地下水中成为刻不容缓的研究课题。近年来, 国内外对含土壤、地表和地下水系统中 Cr(VI) 的处理进行了大量的研究。目前, 黄铁矿、零价铁等含铁矿物是还原处理 Cr(VI) 的高效、低成本的还原材料<sup>[4-6]</sup>。黄铁矿(FeS<sub>2</sub>) 是地球表面较丰富的天然铁硫矿物之一, 一般是矿物分离后的尾矿废弃物<sup>[7]</sup>。作为土壤和地下水中活性铁还原剂之一, 能有效去除地下水中的有机和无机污染物<sup>[3]</sup>。本研究将黄铁矿通过机械球磨的方法进行活化, 使天然黄铁矿的粒径降至纳米级, 从而提高黄铁矿反应活性<sup>[8]</sup>, 将其用于处理含铬土壤和地下水。可渗透反应屏障(permeable reactive barrier, PRB) 是一种现代新型的地下水污染修复技术, 这种被动修复技术因其在处理各种污染物方面的良好性能, 尤其比其他现场技术成本更低, 从而受到高度的关注<sup>[9]</sup>。PRB 对于上游迁移而来的污染物羽流, 可形成原位处理区, 将污染

收稿日期: 2019-12-05; 录用日期: 2020-03-07

基金项目: 山西省重点研发计划项目(201903D121085)