



文章栏目：“工业废水处理及资源化”暨环境水质学国家重点实验室30周年纪念
专辑（一）

DOI 10.12030/j.cjee.202005135 中图分类号 X753 文献标识码 A

夏志林, 孔令昊, 胡星云, 等. 紫外光照凝胶固化-纳米颗粒增强 LIBS 检测强酸性废水中的重金属[J]. 环境工程学报, 2020, 14(8): 2057-2065.

XIA Zhilin, KONG Linghao, HU Xingyun, et al. Detection of heavy metals in strongly acidic wastewater by UV irradiation induced gel solidification-nanoparticle enhanced LIBS method[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(8): 2057-2065.

紫外光照凝胶固化-纳米颗粒增强 LIBS 检测强酸性废水中的重金属

夏志林^{1,2,3}, 孔令昊^{1,2}, 胡星云^{1,2}, 彭先佳^{1,2,3,*}

1. 中国科学院生态环境研究中心, 环境水质学国家重点实验室, 北京 100085

2. 中国科学院生态环境研究中心, 工业废水处理与资源化北京市重点实验室, 北京 100085

3. 中国科学院大学, 北京 100049

第一作者: 夏志林(1987—), 男, 博士研究生。研究方向: 工业酸性废水处理。E-mail: zlxia_st@rcees.ac.cn

*通信作者: 彭先佳(1977—), 男, 博士, 研究员。研究方向: 工业废水污染控制及资源化。E-mail: xjpeng@rcees.ac.cn

摘要 强酸性废水组份复杂, 且常规方法难以快速准确地检测其中的重金属, 为此建立了基于样品固化预处理和激光诱导击穿光谱(LIBS)快速准确检测强酸性废水中重金属的方法。结果表明: 在紫外光照条件下, 固化剂丙烯酰胺和丙烯酸受光引发剂(2-羟基-4'-(2-羟乙氧基)-2-甲基苯丙酮)作用聚合形成相互交联的长链聚合物网络结构, 可在广泛的酸度下实现对强酸性废水的快速凝胶固化; 同时凝胶表面覆上纳米银颗粒能增强激光对样品表面的烧蚀强度, 增强了 LIBS 光谱强度; LIBS 激发的 Cu(I) 324.75 nm、Ni(I) 218.64 nm 和 Zn(II) 206.12 nm 光谱强度与无纳米银颗粒相比得到了显著提高。在优化的固化条件和 LIBS 系统参数下, 紫外光照凝胶固化纳米颗粒增强 LIBS 对强酸性废水中 Cu²⁺、Ni²⁺和 Zn²⁺ 重金属的检出限分别为 1.489、1.512 和 4.886 mg·L⁻¹。对实际强酸性废水中 Cu²⁺、Ni²⁺和 Zn²⁺ 的加标回收测定结果表明, 该方法对强酸性废水中重金属分析具有良好的准确性和稳定性。紫外光照凝胶固化-纳米颗粒增强 LIBS 方法可实现强酸性废水中重金属的快速和精准检测, 为强酸性废水中重金属的检测提供新的技术支持。

关键词 强酸废水; 紫外光照; 凝胶固化; 纳米颗粒增强 LIBS; 重金属

我国有色金属冶炼、硫酸生产、金属加工和电子信息等行业会产生大量成分复杂的强酸性废水。此类废水酸度极高(1%~80%), 且组分复杂多变, 含有铜、镍、锌等多种重金属^[1-4]。受酸、有机质和盐等复杂组份的影响, 常规分析方法难以对强酸性废水中的重金属进行快速准确地检测。例如, 用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)、火焰法/石墨炉-原子吸收法和电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)等对强酸废水中重金属分析前, 为排除样品基底干扰, 常需增加稀释、除酸和消解等程序。这些预处理程序不仅分析时间较长, 且复杂的过程会导致分析准确性的下降^[5-11]。因此, 对其中重金属的快速、准确分析是目前强酸性废水处理中的难点之一。

收稿日期: 2020-05-13; 录用日期: 2020-06-13

基金项目: 国家重点研发计划专项(2019YFC1907603); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07107-005-02)