

铀尾矿半动态淋滤中的铊释放通量及环境意义

王 津¹, 刘 娟¹, 陈永亨^{1*}, 肖唐付², 吴颖娟¹, 齐剑英³, 姚 炎⁴

1. 广州大学珠三角水质安全与保护创新中心暨省部教育部重点实验室和环境科学与工程学院, 广州 510006

2. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002

3. 国家环境保护部华南环境科学研究所, 广州 510655

4. 广州大学生命科学学院, 广州 510006

铊(Tl) 作为一种亲硫元素, 常以类质同像的形式存在于硫化物(如 FeS、ZnS、PbS) 矿物以及硅酸盐矿物中。铊污染通常很少与铀矿冶联系在一起。然而, 最近爆出广东某铀矿区废水中铊含量超标并被责令限期治理, 使得铊污染概念的外延得到了进一步扩展。为追踪铀矿区铊污染内因, 本研究开展了该铀矿区尾矿的半动态淋滤(Wang, et al.,2012), 以掌握尾矿中铊释放的内在机制与通量。**方法:** 采用去离子水模拟天然降水进行不同粒径铀尾矿的浸滤实验, 测定滤液中铊浓度。铀尾矿为 2010 年采自韶关某大型铀矿区的尾矿坝表层, 其铊的含量为 472.5 mg/kg。为了考察粒径对铊迁移释放的影响, 将铀尾矿筛分成 5 种粒径: 小于 0.45, 0.45~0.9, 0.9~2, 2~6 和大于 6 mm, 最大的两种粒径占 60%(表 1)。本研究共设置 5 个实验装置。每个实验装置按 1 kg 的铀尾矿设计, 主要由直径为 20 cm 的布氏漏斗、内衬滤膜和导管系统构成, 如图 1 所示。装置暴露于实验室条件下, 7 d 为一周期, 每周期用 800 mL 的淋滤剂淋浸 1 h 之后, 将滤液导出, 测量其 pH、电极电位及电导率, 并用电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS, 美国 PE 公司, 型号: Elan6100 DRC-e)测量铊含量。**结果:** 1) 经过 22 周期的浸滤, 除最大粒径, 即大于 6 mm 的铀尾矿浸出液中铊浓度无一次超标外, 其他四种粒径铀尾矿均超标, 如表 2 所示。其中, 中段粒径, 亦即 0.45~0.9, 0.9~2, 2~6 mm 铀尾矿超标次数(7~8 次)与浸出最大值(0.12~0.18 $\mu\text{g/L}$)无显著差异, 然而, 最小粒径(小于 0.45 mm)铀尾矿除淋滤初期 7 周浓度较小外, 从第 8 周期开始每周均超标, 而且最大值为 0.38 $\mu\text{g/L}$ 。2) 若以该铀矿区 1000 万 t 尾矿计算(刘雨芳, 等, 2010), 根据实验研究结果, 则可释放出总量为 15kg 的铊。3) 根据 XRD 分析测试, 该地区铀尾矿中含有微量的含铊矿物, 可能是爆发铀矿区铊污染事件的内在机制。

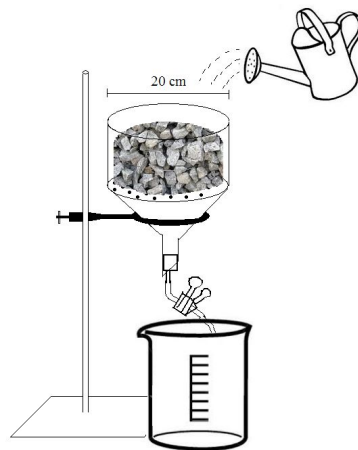


图 1 实验装置示意图(先用喷壶均匀喷淋 5 min, 之后浸泡 55 min)

表 1 广东某铀矿区尾矿的粒度分布

粒度种类	<0.45 mm	0.45~0.9 mm	0.9~2 mm	2~6 mm	>6 mm
质量分数/%	20.52	9.15	10.76	25.30	34.27

表 2 各粒度铀尾矿铯浸出情况

尾矿粒径/mm	浸出液体积/L	超标次数	最大值/($\mu\text{g/L}$)	平均值/($\mu\text{g/L}$)	总量/ μg
>6	0.76	0	0.09	0.067	1.12
2~6	0.7	8	0.12	0.089	1.38
0.9~2	0.69	7	0.18	0.087	1.33
0.45~0.9	0.63	7	0.17	0.089	1.24
<0.45	0.64	15	0.38	0.179	2.52

注：由于当前我国尚无工业排放废水或地表水中铯限值标准，因此，暂以我国饮用水铯限值标准 $0.1 \mu\text{g/L}$ 。

参考文献:

- [1] Wang J, Liu J, Zhu i, Qi J Y, Chen Y H, Xiao T F, Fu S M, Wang C L, Li J W. Uranium and thorium leached from uranium mill tailing of Guangdong province, China and its implication for radiological risk [J]. Radiation Protection Dosimetry. 2012, 152 (1): 215-219.
- [2] 刘雨芳, 曾强国, 苏文杰, 等. 铀尾矿库植物修复生境中的节肢动物群落特征研究[J]. 生命科学研究, 2010, 14(6): 516-522.

基金项目: 国家自然科学基金(41303007, 41203002, 41273100, 41473124, 41173100); 广东省自然科学基金(2014A030313527, S2012040007114, S2012040007010); 广州市教育局项目(1201431072, 2012A026); 广州市教育局协同创新重大项目(13XT02); 国家环境保护部公益性行业科研专项项目(201509051)

通信作者: 陈永亨, 男, 教授, 从事重金属环境地球化学研究, E-mail:chenyong_heng@163.com。