

铀矿尾矿库典型爬行动物的转移参数研究

李小港¹ 杨晓英² 刘弓冶^{3,4} 涂良瑛⁵ 帅俊松⁶

1 江西省辐射环境监督站 2 复旦大学环境科学与工程系 3 生态环境部辐射环境监测技术中心
4 浙江省辐射环境安全监测重点实验室 5 南昌市生态环境昌南监测中心 6 江西省南昌生态环境监测中心
DOI:10.12238/eep.v7i5.2052

[摘要] 放射生态转移参数是研究和评估关键居民组所受累积剂量的关键因子,我们对华南某铀矿的尾矿库水栖为主的典型爬行动物甲鱼进行了捕捞,用质谱仪分别对头颈、背甲、内脏、脑部(含脊液)对铀浓度进行了测量,得出了甲鱼的水生环境转移参数。

[关键词] 铀尾矿库; 爬行动物; 转移参数

中图分类号: S865.3+2 **文献标识码:** A

Transfer parameters of typical reptiles in uranium tailings pond

Xiaogang Li¹ Xiaoying Yang² Gongye Liu^{3,4} Liangying Tu⁵ Junsong Shuai⁶

1 Jiangxi Province Radiation Environment Supervision Station

2 Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University

3 The Radiation Environment Monitoring Technology Center of the Ministry of Ecology and Environment

4 Key Laboratory of Radiation Safety Monitoring of the Environment of Zhejiang Province

5 Nanchang City Ecological Environment Changnan Monitoring Center

6 Jiangxi Province, Nanchang Ecological Environment Monitoring Center

[Abstract] Radioecological transfer factors are essential to studying and assessing the cumulative dose received by key population groups. We caught and measured the uranium content in the head and neck, carapace, internal organs, and the brain (including the spinal fluid) of the soft-shelled turtle, a typical aquatic reptile in the region, using mass spectrometry in the tailings ponds of a uranium mine in South China, to determine the soft-shelled turtle's transfer factors in the aquatic environment.

[Key words] uranium tailings pond; reptile; transfer parameters

引言

本论文研究背景是铀矿的尾矿库放射性长久存在,需要从各个角度研究其转移参数,直接捕捞典型爬行动物甲鱼,并用水中微量铀仪和ICPMAS进行了分析,设计方法比较合理,弥补了水生生物中爬行动物转移参数缺乏的状况,为综合评估水生生态系统和关键居民组的累积剂量提供了新的技术数据^[1]。

铀矿是为国家发展和安全提供保障的战略能源,具有重要的经济社会和国家安全意义,其开采过程复杂、工艺多样。尾矿库是用于堆存铀水冶厂尾矿的专门设施,铀是其中典型元素代表,具有易迁移、毒性大等特点,铀进入水体环境后,对水生生物构成直接危害,并沿生态链条威胁生态环境安全和人类健康^[2]。放射生态转移参数是研究和评估关键居民组所受累积剂量的关键因子,近期,我们对华南某铀矿的尾矿库水栖为主的典型爬行动物甲鱼进行了水生环境转移参数的测量^[3]。

1 地理环境概况

该区域地形复杂,起伏较大,地势高陡,风化剥蚀严重,沟谷深切,水系发育较好。

1.1 气候

地处南方,处于亚热带季风地区,气候温暖潮湿,四季分明,日照充足,无霜期长,雨量充沛。区域年日照时数1579小时,年均气温17℃,霜降期一般在12月至次年2月。长年平均年降水量1848 mm,最大年降雨量2411mm^[4]。年降水量主要集中在3月至6月,枯水期为10月-12月,其它月份为平水期。历年雨季降水每月1420天,其他月份一般为714天,年降雨天数约为153天,最长连续降雨天数20天,最长连续无雨天数52天。矿区平均大气压为99.96kPa,平均相对湿度较大,达到82%,湿度系数为0.914,平均蒸发量为1315.6mm^[5]。

1.2 水文特征

属赣中亚热带潮湿多雨气候区,地貌为切割中等的中低山区,地形总体东南高、西北低,高低悬殊,为地表径流造成有利条

Ecological Environment and Protection

件, 植被和地表水系较发育, 地下水丰富。区内土壤主要为山地褐土、淋溶褐土、棕壤、红壤、水稻土等^[6]。区内地下水以基岩构造裂隙水为主, 其次为风化带网状裂隙水和第四系孔隙水, 但富水性均弱。

1.3 尾矿库基本情况

尾矿库为傍山型, 山势陡峻, 相对高差为150m左右。尾矿库的坝体外坡用块石进行了贴坡加固, 并在初期坝顶上游埋设了排渗设施; 在尾矿库堆积坝马道内侧和副坝一侧各修建一道排渗体, 排渗体两端连接检查井^[6]。目前坝脚长年有清水渗漏, 流量较大。

尾矿主要成分包括矿砂、尾矿浆和尾矿液, 矿物成分主要有石英、长石、方解石等, 化学成分主要为SiO₂、CaCO₃、Al₂O₃等^[7]。尾矿液的化学成分主要为水冶过程中的溶剂和用于中和工业尾液的石灰, 具体见表1。

表1 尾矿主要成分表

尾矿成分	占比	矿物成分	化学成分
矿砂 (>75μm)	50%~65%	石英、长石、方解石、粘土、有机质和岩石碎屑等	SiO ₂ 、CaCO ₃ 、Al ₂ O ₃ 、Fe ₂ O ₃ 、MgO、K ₂ O、Na ₂ O、P ₂ O ₅ 、C、MoO ₃ 、CuO、ZnO、SO ₄ ²⁻ 等
尾矿浆 (<75μm)	约35%	石英、长石、方解石、粘土、有机质和岩石碎屑等	与矿砂大致相似, 但Al ₂ O ₃ 、SO ₄ ²⁻ 、CaO、Ra比活度高于矿砂
尾矿液	10%~15%	/	取决于水冶铀矿石加入的水、酸、碱及从矿石中进去的化学成分, 主要为硫酸和石灰

2 环境因子和水中放射物含量监测

尾矿库监测点位见图1, 水环境放射物含量监测采用微量铀分析仪, 结果见表2。甲鱼样品用超低温冰箱进行速冻, 分析采用质谱仪(ICP-MAS), 设备及参数如下^[8]:

2.1超低温冰箱 Panasonic Healthcare Co., Ltd的MDF-U33V, 参数为:

(1)温控范围: -50℃至-86℃; (2)冷却性能: -86℃(环境温度30℃); (3)外部尺寸: 637×824×1767--704×910×1953(宽×深×高); (4)内部尺寸: 467×570×1083--515×630×1197(宽×深×高); (5)额定功率: 608--672W; (6)有效容积: 316--350升; (7)制冷剂: HFC; (8)报警系统: 温度报警、断电报警、过滤网检查报警、故障自我诊断、远程报警接口。

2.2质谱仪(ICP-MAS)珀金埃尔默企业管理有限公司NexION 1000G, 参数为:

(1)质量分辨率: 0.2amu~2amu范围内连续可调, 在一次分析中不同元素可以设置不同的分辨率, 可以在线连续调节≥8种不同分辨率。(2)线性动态范围: 系统的线性动态范围12个数量级, 数据偏离线性不超过5%; (3)丰度灵敏度: 在M+1处>1×10⁷,

在M-1处>1×10⁶; (4)背景稳定性: 定义为220amu处背景信号的平均值, 低于2.0cps; (5)双电荷离子: Ce⁺⁺/Ce<3%; (6)氧化物离子: CeO⁺/Ce<2.5%; (7)长期稳定性: 4小时稳定性<3%RSD; (8)检出限: Li<1.0pppt; In<0.5pppt; Bi<0.5pppt; (9)同位素比精密密度: 107Ag/109Ag, <0.08%RSD; (10)质谱校正稳定性: <0.05amu/一天, <0.1amu/一个月。

2.3微量铀分析仪杭州大吉光电仪器有限公司WGJ-III型, 参数为

(1)检出下限: ≤0.02ng/ml (以标准偏差的三倍定义时); (2)测量精度: ≤5%; (3)准确度: ≤±8%; (4)仪器线性: 相关系数≥0.993; (5)测铀量程: 0~20ng/ml; 对于更高浓度的样品需适当稀释, 用样少辐射剂量小, 同样能测量0~100ng/ml; (6)稳定性: 预热1h后测量, 2ng/ml标测铀8h相对标准偏差≤±7%, 测量速度: 1min/次。

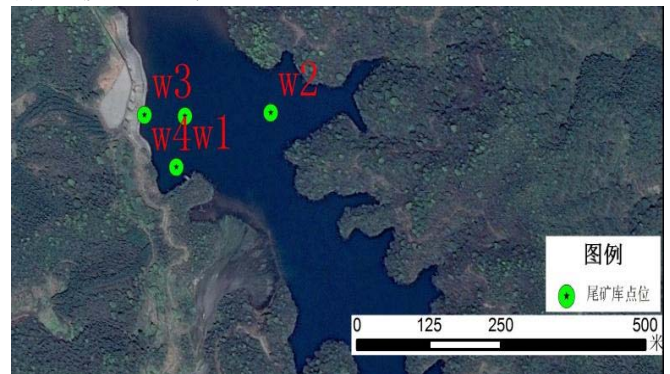


图1 尾矿库监测点位图

表2 水环境放射物含量监测表

采样点	U238 (μg/L)	TH232 (μg/L)
W1	36.2361	0.23141
W2	54.5262	0.4622
W3	46.3802	0.7521
W4	106.8395	1.3147

注: W4数据偏高, 可能是由于该点临时建设了一条便桥, 将库底的尾矿沉积物搅动而导致。

用一艘小渔船, 对尾矿库进行两次捕捞, 型号为三层刺网, 均长100米, 共布四张, 分别是浮网两张, 捕捞对象为表层鱼类; 底网两张, 捕捞对象为中底层鱼类; 经过两天布设, 共捕到中华鳖5只, 分别是一雄四雌, 长度为143.8-176.3mm, 重量514.2-1098.3g^[9]。

3 尾矿库甲鱼水生环境转移参数

对甲鱼分别进行取样包装后,立即放入超低温冰箱速冻,-80度是常见的生物冷冻温度之一,超低温保存、快速冰冻不易流失有效成分,被广泛用于保存生物样本和生物制品,比如生物的脑脊液一般要置-70℃以下超低温保存,才能检测。脑脊液(cerebrospinalfluid,CSF)是存在于脑室和脊髓腔中的一种液体,环绕和保护着中枢神经系统(脑和脊髓),提供了重要的保护和支持功能,也是分析测试神经系统痕量的重要部分^[10]。将脑脊液等液态物质直接放置在-80度的冷冻温度下可以有效地保存其成分和特性,保持样本溶质的完整性和稳定性,减少流失以便后续的实验或分析^[11]。

然后用ICPMAS对冰冻后甲鱼样品进行了测量,具体数值和转移参数如表3:

表3 甲鱼不同部位铀浓度和转移参数

		总铀(μg/g)	水中铀含量(μg/L)	转移参数(L/kg)
W1	头颈	18.29	36.2361	504.7453
	背甲	9.31	36.2361	256.9261
	内脏	103.91	36.2361	2867.5823
	脑部(脊液)	347.65	36.2361	9594.0236
W2	头颈	9.3	54.5262	170.5602
	背甲	5.74	54.5262	105.2705
	内脏	64.08	54.5262	1175.2149
	脑部(脊液)	206.48	54.5262	3786.8034
W4	头颈	6.11	106.8395	57.1886
	背甲	8.47	106.8395	79.2778
	内脏	237.27	106.8395	2220.8078
	脑部(脊液)	502.37	106.8395	4702.0999
W3	头颈	4.94	46.3802	106.5110
	背甲	7.01	46.3802	151.1421
	内脏	135.24	46.3802	2915.8995
	脑部(脊液)	397.44	46.3802	8569.1739
W2	头颈	7.74	54.5262	141.9501
	背甲	8.46	54.5262	155.1548
	内脏	142.43	54.5262	2612.1388
	脑部(脊液)	386.41	54.5262	7086.6849

通过尾矿库甲鱼水生环境转移参数的测量,我们对放射生

态转移参数进行了一点工作,为研究和评估关键居民组和水生生态系统的累积剂量能够提供一点借鉴和参考。

4 结束语

经过几位作者两个多月的努力,本论文终于完成,在实验和分析过程中,出现过很多的难题,但都在大家齐心协力下顺利解决了;将来,我们还需要进行更多生物的分析测试,来完善相关的放射性转移参数库,为公众的放射性污染提供更多更准确的技术数据。

[参考文献]

[1]向龙,刘平辉,杨迎亚.华东某铀矿区稻米中放射性核素铀污染特征及健康风险评估[J].长江流域资源与环境,2017,26(3):419-427.

[2]曾雨,王卫红,王哲.某铀尾矿库区周边土壤重金属污染的评价与空间分布特征[J].科技资讯,2017,(34):101-104.

[3]张晶,胡宝群,冯继光.某铀矿山尾矿坝周边水土的重金属迁移规律研究[J].能源研究与管理,2011,(1):27-29.

[4]魏浩,薛清波,张国瑞.某铀尾矿库下游农田土壤重金属污染程度及其风险评估[J].矿产保护与利用,2018,(6):132-139.

[5]程芳,程金平,桑恒春,等.大金山岛土壤重金属污染评价及相关性分析[J].环境科学,2013,34(3):1062-1066.

[6]宋凤敏,张兴昌,王彦民,等.汉江上游铁尾矿库区土壤重金属污染分析[J].农业环境科学学报,2015,34(9):1707-1714.

[7]樊骅,张春艳,李艳梅,等.基于ICP-OES分析的某尾矿库土壤铀分布特征与污染评价[J].光谱学与光谱分析,2018,38(5):1563-1566.

[8]周书葵,李智东,刘迎九.纳米零价铁对铀尾矿库土壤中铀形态分布及固定效果的影响[J].环境工程学报,2019,13(7):1727-1734.

[9]左天明,张耀奎,王庆玲.四川某地碳硅泥岩型铀矿中铀的赋存形态研究[J].四川地质学报,2016,36(4):582-584.

[10]闫逊.铀尾矿土壤环境放射性核素的浓度分布及其对土壤微生物多样性的影响[D].东北林业大学,2015.

[11]史济斌,刘国杰.评Freundlich吸附等温式的推导[J].大学化学,2015,30(3):76-79.

作者简介:

杨晓英(1977--),女,汉族,江苏海安县人,博士,副教授,研究方向:流域污染控制和水环境模拟。