

新疆主要河流流域近五年水中钍放射性水平研究

乔珍珍, 范宁波*

新疆维吾尔自治区核与辐射安全中心, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年7月2日; 录用日期: 2025年8月5日; 发布日期: 2025年8月25日

摘要

本研究聚焦新疆地区水中钍浓度的变化趋势及影响因素, 通过收集2020年至2024年主要河流的水质监测数据, 经统计分析发现: 新疆水中钍浓度总体呈波动上升趋势, 且处于本底涨落范围内, 与全国环境天然放射性水平调查结果持平。

关键词

水中钍, 钍放射性水平, 新疆主要河流

Study on Thorium Radio Activity Levels in Water of Major River Basins in Xinjiang in the Recent Five Years

Zhenzhen Qiao, Ningbo Fan*

Nuclear and Radiation Safety Center of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi Xinjiang

Received: Jul. 2nd, 2025; accepted: Aug. 5th, 2025; published: Aug. 25th, 2025

Abstract

This study focuses on the variation trend and influencing factors of thorium concentration in water in Xinjiang. By collecting water quality monitoring data of major rivers from 2020 to 2024, statistical analysis shows that the thorium concentration in water in Xinjiang generally presents a fluctuating upward trend, which is within the range of background fluctuations and consistent with the results

*通讯作者。

文章引用: 乔珍珍, 范宁波. 新疆主要河流流域近五年水中钍放射性水平研究[J]. 环境保护前沿, 2025, 15(8): 1168-1171. DOI: 10.12677/aep.2025.158130

of the national survey on environmental natural radioactive levels.

Keywords

Thorium in Water, Thorium Radioactive Level, Major Rivers in Xinjiang

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

钍(原子序数 90)是一种天然放射性金属元素, 常见氧化态为+4 价, 在水中易形成难溶的氧化物或氢氧化物, 溶解度较低。其主要同位素钍-232 半衰期长达 140 亿年, 属极毒组核素, 衰变链中会产生镭、氡等放射性子体, 长期摄入可能增加内照射风险, 损伤肝脏、骨骼或肺部。水中钍的来源包括岩石和土壤侵蚀、地下水与含钍矿层接触, 以及核燃料循环、稀土开采加工、工业废水(如钍合金制造、催化剂使用)、矿山排水或尾矿渗漏等人类活动[1]。

新疆地处我国西北, 矿产资源丰富, 河流生态系统是区域水资源安全与生态平衡的核心载体。该地区分布的乌鲁木齐河、伊犁河、额尔齐斯河等主要河流, 不仅是沿线城市供水、农业灌溉的重要水源, 其水环境质量还直接影响跨境生态安全。历史研究显示, 新疆水体中天然放射性核素存在特定本底特征[2][3], 而近年来随着矿产资源开发、能源利用等人类活动强度增加, 可能改变水中钍的自然分布状态[4]。

开展河流水中钍放射性水平的长期监测, 对掌握区域环境辐射安全基线、识别潜在污染风险具有重要意义[5]。本研究通过分析 2020~2024 年新疆主要河流的钍浓度数据, 揭示其时空变化规律, 为区域水环境辐射安全评估、放射性污染防控及相关标准修订提供科学依据。

2. 采样与布点

地表水中放射性监测每半年进行一次, 分别在每年 4~5 月的丰水期和 8~9 月的枯水期开展。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)的要求, 选取乌鲁木齐河、伊犁河出境口断面、伊犁河中哈国界断面、额尔齐斯河出境口断面、额尔齐斯河中哈国界断面这五个具有代表性的地表水断面进行采样。水样采集前, 先用采样点位的水冲洗聚乙烯采样瓶 2~3 次; 按 1 L 水样加入 (20 ± 1) mL 浓硝酸的比例添加试剂, 采集水下 0.5 m 处的表层水约 25 L, 并记录水样采集点位周围的环境信息。

3. 监测仪器

水中钍实验分析所用的紫外分光光度计及移液管、移液枪、量筒等辅助设备, 均经新疆计量研究院检定, 且在检定有效期内使用。主要监测仪器详情见表 1。

Table 1. Information on main monitoring instruments for the Thorium in water project

表 1. 水中钍项目主要监测仪器信息

仪器名称	仪器型号	生产厂家
紫外分光光度计	UV-1700 型	日本岛津公司
紫外分光光度计	MPC9604	美普达公司

4. 实验原理

N235 是含 8~10 个碳原子的长链混合叔胺, 主要成分为三正辛胺(俗称三烷基胺, 通式为 R_3N), 属高分子胺类萃取剂, 具有阴离子交换特性。在盐析剂硝酸铝存在的条件下, 它能与硝酸溶液中钍的络合阴离子发生阴离子交换, 从而萃取钍。随后, 利用钍在盐酸介质中无法形成稳定络合物的特点, 用盐酸选择性反萃钍, 再用偶氮胂III (即钍试剂III)在波长 660 nm 处比色定量测定钍含量。

5. 监测方法

水中钍的分析测定基于其化学性质和放射性特性, 本研究采用《水中钍的分析方法》(GB11224-1989), 该标准适用于天然水体中钍的测定。以 N235 为萃取剂的溶剂萃取-分光光度法步骤如下: 首先, 对采集的水样进行必要预处理, 如调节 pH 值、过滤去除悬浮物等, 确保后续萃取过程顺利进行; 其次, 对水样进行适当富集处理, 以提高测量灵敏度; 然后, 将 N235 作为萃取剂, 利用其与水中钍离子形成稳定络合物的特性, 实现钍与其他元素的分离。在控制酸类型、酸度、萃取剂用量、萃取时间等适当条件下, 钍离子被有效萃取到有机相中, 大部分杂质则留在水相中; 紧接着, 将有机相中的钍反萃取到水相中, 并进行除杂及去除有机相处理; 最后, 使用相应监测设备进行测量。

6. 质量控制

为保证检测结果的准确性, 从人员培训、仪器校准、试剂有效期和曲线选择四个方面实施全程质量控制。所有参与水中钍实验的工作人员均通过培训考核并取得上岗证, 且具备至少 1 年的工作经验。本次实验所用的所有监测仪器及玻璃量器, 均经有检定资质的单位检定校准。

抗坏血酸是对监测结果准确性影响较大的试剂。在水中钍实验中, 显色前需加入微量抗坏血酸和尿素(各 0.1 g), 目的是保持偶氮胂 III 显色稳定, 同时减少部分离子干扰。为在样品量较大时提高实验效率并保证试剂取用量准确, 可提前将 1 g 尿素和 1g 抗坏血酸溶解于 10 mL 8 mol/L 的盐酸中配制成溶液, 取用 1 mL 该溶液即相当于加入 0.1 g 尿素和 0.1 g 抗坏血酸。此溶液需现用现配, 并在 2 小时内用完, 若超过 2 小时, 会导致吸光度变大, 使结果失真[6]。工作曲线因制作过程与样品同步, 受人员、仪器、试剂等因素的影响一致, 故吸光度变化与样品相同, 结果偏差小, 回收率基本达标, 因此本次水中钍实验采用工作曲线。

7. 监测结果

按照检测方法和质量控制, 测量结果的年均值见表 2。

Table 2. Monitoring results of thorium in water from major rivers in Xinjiang ($\mu\text{g/L}$)

表 2. 新疆主要河流流域水中钍的监测结果($\mu\text{g/L}$)

点位名称	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
乌鲁木齐河	0.150	0.167	0.181	0.162	0.189
伊犁河中哈国界	0.154	0.171	0.184	0.182	0.199
伊犁河出境口	0.147	0.178	0.192	0.201	0.198
额尔齐斯河中哈国界	0.167	0.155	0.170	0.206	0.188
额尔齐斯河出境口	0.148	0.167	0.170	0.137	0.195

由上表 2 可知, 本次监测以水中钍的含量为关键性能指标, 即($\mu\text{g/L}$), 记录了 2020~2024 年新疆乌鲁

木齐河、伊犁河不同点位和额尔齐斯河不同点位水中钍的情况。其中乌鲁木齐河水中钍活度最大值为 0.189 $\mu\text{g/L}$, 最小值为 0.150 $\mu\text{g/L}$; 伊犁河不同点位水中钍活度最大值为 0.201 $\mu\text{g/L}$, 最小值为 0.147 $\mu\text{g/L}$; 额尔齐斯河不同点位水中钍活度最大值为 0.206 $\mu\text{g/L}$, 最小值为 0.137 $\mu\text{g/L}$ 。2020 年~2024 年, 连续 5 年河流水中钍活度范围为 0.147~0.206 $\mu\text{g/L}$, 符合正常本底范围, 并且放射性水平差异无显著性。

8. 结论

本研究通过对 2020~2024 年新疆主要河流(乌鲁木齐河、伊犁河出境口断面、伊犁河中哈国界断面、额尔齐斯河出境口断面、额尔齐斯河中哈国界断面)水中钍浓度的持续监测与分析, 得出以下结论: 监测期内, 新疆主要河流流域水中钍浓度总体呈现波动上升趋势, 但各监测点位的钍浓度均处于环境天然放射性本底涨落范围内, 其数值范围(0.147~0.206 $\mu\text{g/L}$)与 1992 年《新疆维吾尔自治区水体中天然放射性核素浓度调查研究》[7]确定的正常本底范围一致, 且与全国环境天然放射性水平调查结果相当, 未出现超出常规水平的异常升高。

虽当前水平正常, 但仍需强化质量控制(如规范试剂管理)、增加监测频次以分析水期与流域差异、建立动态数据库, 同时关联人类活动排查潜在污染源, 保障地表水辐射环境安全, 为区域水环境放射性安全评估提供基础数据。

参考文献

- [1] 蓝桥发. 离子型稀土采冶过程中钍钍的迁移转化与低放射性污染物减量化研究[D]: [博士学位论文]. 赣州: 江西理工大学, 2024.
- [2] 专项比武放射化学实验分析组解读[J]. 世界环境, 2024(5): 22-24.
- [3] 何滔滔, 李媛媛. 水中钍分析方法回收率研究[J]. 环境科学导刊, 2019, 38(S2): 118-119.
- [4] 彭智萍, 马军军. 青海省三大江河及青海湖中天然钍浓度的分析[J]. 青海环境, 2012, 22(4): 179-180, 193.
- [5] 余耀先, 曹新义, 颜启民, 等. 尿中钍的测定[J]. 原子能科学技术, 1977(2): 207-211.
- [6] 王静. 对水中钍测定方法的探讨[J]. 资源节约与环保, 2019(5): 61-75.
- [7] 刘鄂, 杜新宪, 阿不力孜, 等. 新疆维吾尔自治区水体中天然放射性核素浓度调查研究[J]. 辐射防护, 1992(3): 217-222, 207.