

新疆主要河流流域近五年水中锶-90 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8月6日; 录用日期: 2025年9月7日; 发布日期: 2025年9月22日

摘要

为明确新疆主要河流水体锶-90放射性水平及影响因素, 2020~2024年按丰、枯水期, 对乌鲁木齐河、伊犁河、额尔齐斯河、塔里木河共6个代表性断面采样, 依HJ 815-2016测定锶-90活度浓度。结果显示: 五年间浓度范围1.920~6.250 mBq/L, 2021年达最高(伊犁河中哈国界断面峰值6.250 mBq/L), 2023~2024年回落; 伊犁河中哈国界断面波动最显著。总体水平稳定, 与2016年(0.4~11 mBq/L)、2017年(0.51~9.7 mBq/L)全国地表水处于同一范围, 推测地质背景与水文季节变化为主要波动因素。

关键词

新疆主要河流, 锶-90放射性水平, 五年监测

Study on Sr-90 Radioactivity Levels in Water of Major River Basins in Xinjiang Over the Past Five Years

Zhenzhen Qiao, Ningbo Fan*

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

Received: Aug. 6th, 2025; accepted: Sep. 7th, 2025; published: Sep. 22nd, 2025

Abstract

To clarify the Sr-90 radioactivity level and influencing factors in major rivers of Xinjiang, surface water samples were collected from 6 representative sections of Urumqi River, Ili River, Irtysh River

*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锶-90 放射性水平研究[J]. 环境保护前沿, 2025, 15(9): 1251-1255. DOI: 10.12677/aep.2025.159140

and Tarim River during wet and dry seasons from 2020 to 2024. Sr-90 activity concentration was determined in accordance with HJ 815-2016. The results showed that the concentration range was 1.920~6.250 mBq/L in five years, reaching the highest in 2021 (peak 6.250 mBq/L at the China-Kazakhstan border section of Ili River) and declining in 2023~2024; the China-Kazakhstan border section of Ili River had the most significant fluctuation. The overall level was stable, which was within the same range as the national surface water levels in 2016 (0.4~11 mBq/L) and 2017 (0.51~9.7 mBq/L). It is inferred that geological background and seasonal hydrological changes are the main fluctuation factors.

Keywords

Major Rivers in Xinjiang, Sr-90 Radioactivity Level, Five-Year Monitoring

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

锶(Sr)是一种碱土金属元素,在自然界中广泛存在。其中,锶-90是一种具有放射性的核素,半衰期约为28.8年,它主要来源于核试验、核事故以及核设施的排放等。锶-90进入人体后,会参与钙的代谢过程,在骨骼中沉积,从而对人体的骨骼和造血系统等造成辐射损伤,引发各种健康问题,如白血病、骨癌等[1]。新疆作为我国重要的生态区域,拥有众多的河流,这些河流不仅是当地居民生活用水、农业灌溉和工业用水的重要来源,也是维持生态平衡的关键因素。因此,监测新疆主要河流中锶-90放射性水平对于保障当地居民的健康和生态环境安全具有重要意义。然而,目前关于新疆主要河流流域水中锶-90放射性水平的长期监测研究相对较少。本研究旨在通过对近五年新疆主要河流流域水中锶-90放射性水平的监测,揭示其时空变化规律和影响因素,为当地的环境管理和辐射防护提供科学依据。

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6至9月的丰水期和11至次年4月的枯水期开展,从2020年至2024年,持续进行监测,以获取不同季节和年份的水质数据。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)的要求[2][3],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、塔里木河这六个具有代表性的地表水断面进行采样。这些断面涵盖了不同的河流区域,能够较好地反映新疆主要河流的水质状况。水样采集前,采样前洗净采样设备,再用采样点位的水冲洗聚乙烯采样瓶2~3次,采集时避开没有代表性的区域,如汇入支流的泾渭处、死水区或回水区。然后取样器浸入水中,要让开口向着上游方向,小心操作,尽量防止扰动水体和杂物进入。先用取样器取水,再移入容器可以防止容器外壁污染。按1L水样加入(20±1)mL浓硝酸的比例添加试剂,采集水下0.5m处的表层水约25L,并记录水样采集点位周围的环境信息。

3. 监测方法

采用离子交换法(中华人民共和国国家环境保护标准HJ 815-2016《水和生物样品灰中锶-90的放射化学分析方法》)[4]进行水中锶-90的分析测定。具体步骤如下:首先,对采集的水样进行必要的预处理,

如过滤、浓缩等, 以去除杂质和提高锶-90 的浓度; 然后, 利用离子交换树脂对锶-90 进行分离和富集; 最后, 通过 α 、 β 计数器测量锶-90 的放射性活度。

4. 实验原理

涂有二(2-乙基己基)磷酸酯(简称 HDEHP)的聚三氟氯乙烯(简称 kel-F)色层柱从 pH = 1.0 的样品溶液中定量吸附钇, 使钇与锶、铯等低价离子分离。再以 1.5 M 硝酸淋洗色层柱, 清除钇以外的其他被吸附的铈、钷等稀土离子, 并以 6 M 硝酸解吸钇, 实现钇-90 的快速测定。或者把通过色层柱后的流出液 (PH = 1) 放置 14 d 后, 再次通过色层柱, 分离和测定钇-90, 水样中的锶-90 浓度根据其子体钇-90 的 β 活度来确定。实验中所有试剂, 除特别申明外, 均为分析纯, 水为蒸馏水, 试剂中的放射性必须保证空白样品测得的计数率低于探测仪器本底的统计误差。

5. 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。所有参与水中锶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 年的相关工作经验。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。对于实验中使用的试剂, 严格控制其有效期, 确保试剂的质量稳定。在测量过程中, 采用标准曲线法进行定量分析, 定期对标准曲线进行校准和验证, 以保证测量结果的准确性和可靠性[5]-[7]。

6. 监测结果及分析

2020 年至 2024 年新疆主要河流域水中锶-90 放射性活度浓度监测结果见表 1。

Table 1. Monitoring results of annual average values of strontium-90 in water from major river basins in Xinjiang in 2020 (mBq/L)

表 1. 2020 年新疆主要河流域水中锶-90 的监测结果年均值(mBq/L)

点名名称	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
乌鲁木齐河	2.815	4.215	4.100	2.740	2.823
伊犁河中哈国界	3.690	6.250	4.200	1.920	1.990
伊犁河出境口	2.455	3.610	2.800	4.145	3.415
额尔齐斯河中哈国界	2.260	3.730	5.280	3.300	2.635
额尔齐斯河出境口	3.320	3.020	3.170	3.310	2.120
塔里木河	3.400	5.990	4.100	2.740	2.823

从表 1 中可以看出, 本次监测以水中锶-90 的放射性活度浓度为关键性能指标, 即(mBq/L), 记录了 2020~2024 年新疆乌鲁木齐河、塔里木河、伊犁河不同点位和额尔齐斯河不同点位水中锶-90 的放射性活度浓度的情况。2020 年新疆主要河流域水中锶-90 放射性活度浓度范围为 2.260~3.690 mBq/L, 2021 年新疆主要河流域水中锶-90 放射性活度浓度范围为 3.020~6.250 mBq/L; 2022 年新疆主要河流域水中锶-90 的放射性活度浓度范围为 3.170~5.280 mBq/L; 2023 年新疆主要河流域水中锶-90 的放射性活度浓度范围为 1.920~4.145 mBq/L; 2024 年新疆主要河流域水中锶-90 的放射性活度浓度范围为 1.990~3.415 mBq/L。与 2016 年度全国地表水中锶-90 的放射性水平 0.4~11 mBq/L [8]及 2017 年度全国地表水中锶-90 的放射性水平 0.51~9.7 mBq/L[9]相比较, 均处于同一活度浓度范围内。

7. 讨论

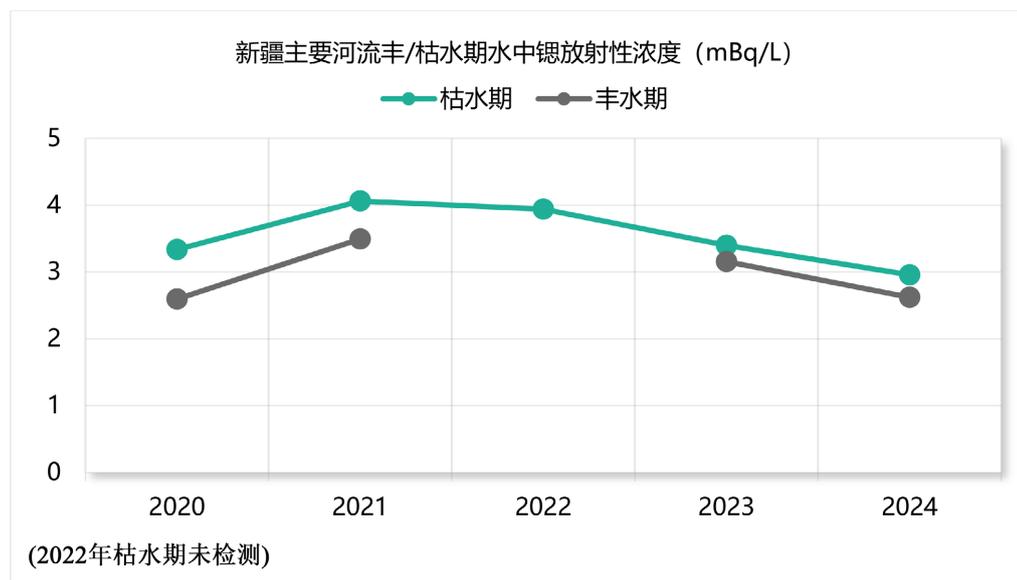


Figure 1. Strontium radioactivity concentrations in water from major rivers in Xinjiang (mBq/L)

图 1. 新疆主要河流水中锶放射性浓度(mBq/L)

新疆“干旱少雨、冰川融水主导径流”的地理气候,深度影响锶在水体中的迁移规律。由图 1 可知,枯水期锶浓度整体高于丰水期(如 2021 年枯水期 4.062 mBq/L、丰水期 3.494 mBq/L),与内流河特性紧密相关。以塔里木河、乌鲁木齐河为代表,丰水期冰川融水、积雪融水大量汇入,径流扩容产生“稀释效应”,降低锶浓度;枯水期径流收缩,水体在流域内滞留时间延长,加之干旱气候下强烈蒸发,锶随悬浮物浓缩沉积,若遇风力扰动或人类活动(如取水),沉积的锶又会二次释放,形成“融水稀释-蒸发浓缩-沉积再释放”的循环。同时,新疆“三山夹两盆”地形使河流流经峡谷、平原时流速差异显著,峡谷段流速快,锶难沉降;平原段流速缓,锶易吸附沉积,进一步放大丰枯水期浓度差,凸显地理气候对锶迁移的“双重调控”。

对比全国地表水锶浓度背景(0.4~11 mBq/L),新疆河流锶浓度处于安全区间,但迁移机制独具地域特性。与华东流域(工业活动密集)不同,新疆锶波动极少受人工源干扰,2020~2024 年数据中,丰枯水期浓度差主要源于自然水文循环,体现“自然本底主导”特征。与西南湿润流域(降水充沛)对比,新疆因干旱少雨、稀释能力弱,枯水期锶浓度常接近均值上限(如 2022 年枯水期 3.942 mBq/L),需警惕气候异常(如冰川加速消融、降水模式改变)对锶迁移的长期影响。建议后续强化跨境河流、冰川融水补给区监测,结合地形、气候构建新疆特色锶迁移模型,为干旱区水环境辐射安全管理提供精准支撑,同时关注自然因素驱动下的浓度波动,防范潜在生态风险[10]。

8. 结论

本研究基于 2020~2024 年新疆主要河流丰、枯水期监测数据,明晰了锶放射性浓度的时空变化特征与驱动机制。结果表明,新疆河流水体锶放射性浓度整体处于安全范围,枯水期浓度普遍高于丰水期,2021 年因气候异常与冰川融水特殊补给模式,出现阶段性峰值(枯水期达 4.062 mBq/L)。新疆“干旱少雨、冰川主导径流”的地理气候,塑造了“融水稀释-蒸发浓缩-沉积再释放”的锶迁移循环,地形差异进一步放大丰枯水期浓度差,凸显自然本底对锶迁移的主导作用。与国内其他流域对比,新疆河流锶浓度

波动无显著人工源干扰,但干旱导致的稀释不足使枯水期浓度接近背景值上限。建议后续强化跨境支流、冰川补给区监测,构建适配新疆地理气候的铯迁移模型,为区域水环境辐射安全管理提供科学依据,同时关注气候异常对自然本底放射性物质迁移的潜在风险。

参考文献

- [1] 杨昕,陈英民,许家昂,张琳.海阳核电站周围居民饮用水中铯-90 放射性水平调查与卫生学评价[J].中国辐射卫生,2014,23(3):193-197.
- [2] 中华人民共和国卫生部,国家环境保护总局和原中国核工业总公司.GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].
- [3] 浙江省辐射环境监测站(生态环境部辐射环境监测技术中心).HJT61-2021 辐射环境监测技术规范[S].
- [4] 环境保护部辐射环境监测技术中心(浙江省辐射环境监测站).HJ815-2016 水和生物样品灰中铯-90 的放射化学分析方法[S].
- [5] 汪喆,刘陆,刘智慧.北京市环境水中铯-90 活度浓度分析[J].辐射防护,2021,41(5):428-431.
- [6] 王艳伟.水中铯-90 测量的不确定度评估探究[J].环境与发展,2020,32(3):165,167.
- [7] 杨秀玉,张红英,李庆光.水中 ^{90}Sr 测量的不确定度评定[J].核电子学与探测技术,2016,36(6):582-587.
- [8] 丁明静,魏枫.“海绵城市”理念下的绿色校园景观的低影响开发景观途径[J].东莞理工学院学报,2017,24(5):69-72.
- [9] 陈舒芳,王雪峰.校园雨水水质分析及处理回用技术试验[J].净水技术,2017,36(7):62-66.
- [10] 周海强.新疆主要地表水放射性水平现状[J].新疆环境保护,2019,41(2):17-21.