

# 湖北省水中天然放射性核素铯-137的水平调查

余 晔 王 娟 翁 想 江淑瑜

湖北省核与辐射环境监测技术中心 湖北 武汉 430072

**摘要:** 水是人类赖以生存的自然馈赠,是社会生活各方面运转不可或缺的载体,对国家的长治久安和民族的发展进步,有着不可或缺的重要性。然而当前的情况是,我国水资源总体虽显丰富,但分布却极不均匀,地区分布不均,年内分配集中,南方多洪涝,北方多干旱,呈南多北少之势,故南水北调工程应运而生。除总体情况堪忧外,部分地区的水污染较为严重,严重威胁到居民的身体健康。为切实加强水污染防治,改善水资源质量,缓解水资源的供需矛盾,建设水资源节约型社会,实现经济与社会的可持续发展,针对水污染物放射性核素水平的调查势在必行。

**关键词:** 水资源;水污染;天然放射性核素;铯

## 1 概况

湖北省位于我国中部地区,地处长江中游。地理位置介于东经 $108^{\circ}21'42''\sim 116^{\circ}07'50''$ 、北纬 $29^{\circ}01'53''\sim 33^{\circ}6'47''$ 之间。长江流域位于东经 $90^{\circ}33'\sim 122^{\circ}25'$ 、北纬 $24^{\circ}30'\sim 35^{\circ}45'$ 之间。

长江是我国的第一、世界第三大河。长江干流宜昌市以上为上游,自宜昌至江西湖口为中游。汉江发源于秦岭南麓,于武汉市注入长江。流域面积 $15.9\text{万}\text{km}^2$ ,干流全长 $1577\text{km}$ ,多年平均年径流量 $1710\text{m}^3/\text{s}$ ,总落差 $639\text{m}$ 。水能理论蕴藏量为 $1093\text{万}\text{kW}$ ,可开发的为 $614\text{万}\text{kW}$ 。干流丹江口以上称上游,长约 $925\text{km}$ ,落差 $555\text{m}$ ,平均比降 $0.60\text{‰}$ ;丹江口至钟祥为中游,长约 $270\text{km}$ ,落差 $50\text{m}$ ,平均比降 $0.19\text{‰}$ ;钟祥以下为下游,长 $382\text{km}$ ,落差 $34\text{m}$ ,平均比降 $0.09\text{‰}$ 。所以,采集武汉宗关、巴东黄蜡石、宜昌三峡的水样作为样品,以长江水为研究对象,结果具有代表性。

长江流域水资源总量 $9616\text{亿}\text{m}^3$ ,其中地表水资源 $9513\text{亿}\text{m}^3$ ,地下水资源 $2463\text{亿}\text{m}^3$ ,重复水量 $2360\text{亿}\text{m}^3$ 。由于流域人口众多,人均占有水量为 $2760\text{m}^3$ ,仅为世界人均占有量的 $1/4$ 。故而对于长江水进行采样分析,对于人民的生命健康来说,具有必要性。

## 2 分析方法

在本次调查中选择2018~2022五年间巴东黄蜡石、宜昌三峡、武汉宗关水厂3个地方的水体作为调查对象,分别代表长江的上中下游。

### 2.1 样品采集

依据《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)和《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);的相关要求执行。

#### 2.1.1 断面布设总体要求

2.1.1.1 在调查研究和对有关资料进行综合分析的基础上,根据水域空间范围,考虑代表性、可控性及经济性等因素,确定监测断面类型和采样点数量,并不断优化,尽可能以最少的断面获取足够的代表性环境信息。

2.1.1.2 监测断面的位置要避开死水区、回水区、排污口处,尽量选择顺直河段、河床稳定、水流平稳处,及水面宽阔、无急流、无浅滩处。

2.1.1.3 监测断面应尽可能与水文测量断面一致,以利用其水文资料。

#### 2.1.2 河流监测断面的布设

2.1.2.1 在自来水厂取水口上游 $100\text{m}$ 附近设置监测断面。

2.1.2.2 如自来水厂在同一河流有多个取水口,可在最上游取水口的上游 $100\text{m}$ 处设置监测断面。

#### 2.1.3 湖泊、水库监测垂线的布设

原则上按常规监测采样要求设置,在每个水源取水口往湖库中心部位方向 $100\text{m}$ 处设置监测垂线。

#### 2.1.4 采样点选择

设置监测断面后,应根据水面的宽度确定断面上的监测垂线,再根据监测垂线处水深确定采样点的数量和位置。对于地表水,原则在出水量最大的区域选择采样点。

2.1.4.1 对于江、河水系,当水断面宽 $\leq 10\text{m}$ 时,在水流中心采样;当水断面宽 $> 10\text{m}$ 时,在左、中、右三点采样后混合。对于采样点深度,当水深不足 $0.5\text{m}$ 时,在 $1/2$ 水深处设采样点;水深大于 $0.5\text{m}$ 时,在水面下 $0.5\text{m}$ 处设采样点。

2.1.4.2 对于湖、库,在水面下 $0.5\text{m}$ 设采样点。

#### 2.1.5 采样步骤

在距离岸边约 $1\text{km}$ 的相对宽阔的水面采集垂直深度为 $0.5\text{m}$ 的水样。需要使用采样器。尽量选择水质较为清澈

的区域，便于后续实验处理。采集水样后需要贴标签，加固定剂盐酸。

### 2.2 样品处理

本文采用沉淀法，水样中定量加入稳定铯载体，在硝酸介质中有磷钼酸铵吸附分离铯，氢氧化钠溶液溶解磷钼酸铵，在柠檬酸和乙酸介质中以碘铋酸铯沉淀形式分离纯化铯，以低本底β射线测量仪对其进行计数并计算铯-137的放射性活度。

### 2.3 样品分析

标准选用GB6767-86《水中铯-137放射化学分析方法》作为本次调查的分析方法。

#### 2.3.1 化学回收率

将碘铋酸铯沉淀连同滤纸在110℃烘干，称至恒重，以碘铋酸铯(Cs3Bi2I9)形式计算铯的化学回收率。

#### 2.3.2 校准

用于测量铯-137活度的计数器必须进行校准，即确定测量装置对已知活度的铯-137源的响应。它可用探测效率来表示。

探测效率计算：

$$Ef = Ns / DYC_s$$

式中：Ef—铯-137的探测效率；Ns—铯-137标准的净计数率，min<sup>-1</sup>；

D—1.00mL铯-137标准溶液(5.16)的活度dpm；YC<sub>s</sub>—铯的化学回收率。

### 2.3.3 仪器分析

分析仪器为低本底α、β测量仪，αβ低本底测量仪，探测原理：探测器顶端的闪烁体是由α闪烁物质和β闪烁物质压制在的有机玻璃板上。由于α粒子和β射线进入闪烁物质时后，将全部能量损失在闪烁物质上，引起闪烁发光，闪烁光子被光电倍增管接收并转换产生电信号。

电信号进入电子线路，转换成电脉冲信号，被记录。每一个α粒子撞击闪烁体后产生的光信号进入电子线路整合后在显示器上被记录成一个计数。所以低本底αβ测量仪也被通俗叫做低本底αβ计数器。计数率与样品中核素活度(发射的αβ粒子数量)成正比。操作时只需将沉淀同滤纸置于测量盘内，在低本底αβ测量仪上计数即可。

## 3 调查结果与分析

下表为

表1 2018~2022年湖北省水中天然放射性核素铯Cs-137的水平监测结果

	武汉宗关水厂		宜昌三峡大坝		巴东黄蜡石	
	范围(mBq/L)	中值	范围(mBq/L)	中值	范围(mBq/L)	中值
2018年	0.16-0.20	0.18	0.24-0.31	0.28	0.34-0.44	0.39
2019年	0.13-0.20	0.17	0.20-0.37	0.29	0.33-0.36	0.35
2020年	0.18-0.23	0.21	0.32-0.37	0.35	0.30-0.34	0.32
2021年	0.16-0.18	0.17	0.26-0.32	0.29	0.30-0.32	0.31
2022年	0.18-0.20	0.19	0.28-0.31	0.30	0.31-0.31	0.31

由表1可得如下分析结果：

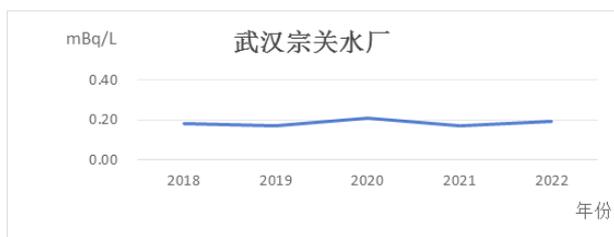


图1 武汉宗关水厂2018-2022年Cs137核素比活度变化图

由图1可知，武汉宗关水厂水中的Cs-137的核素比活度在0.15mBq/L~0.25mBq/L，年际变化水平不大，基本趋于稳定。总体上，核素测量结果在天然本底范围之内。

由图2可知，宜昌三峡大坝水中的Cs-137的核素比活

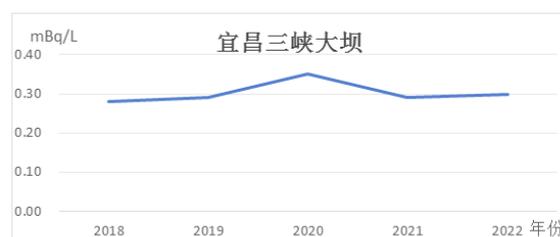


图2 宜昌三峡大坝2018-2022年Cs137核素比活度变化图

度在0.25mBq/L~0.35mBq/L，在2020年略有波动，呈现短期上升趋势，但放眼五年，宏观上，年际变化水平不大，基本趋于稳定。总体上，核素测量结果在天然本底范围之内。

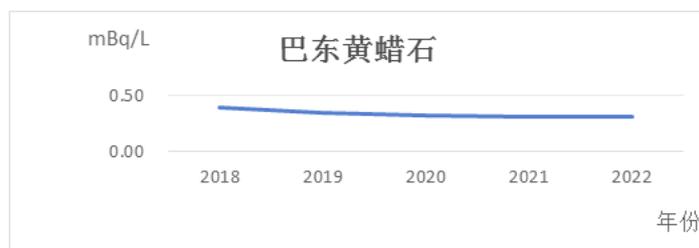


图3 巴东黄蜡石2018-2022年Cs137核素比活度变化图

图3可知,巴东黄蜡石水中的Cs-137的核素比活度在0.30mBq/L~0.40mBq/L,2018年为五年间的峰值,此后逐年降低,呈现下降趋势,到2021年趋于平缓,2021和

2022两年的数据在有效数字取两位时,数值相等,可见核素比活度趋于稳定。总体上,核素测量结果在天然本底范围之内。

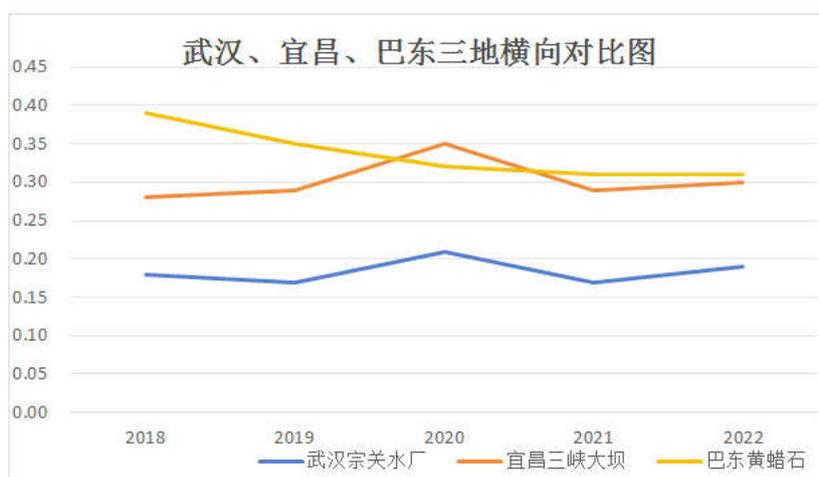


图4 武汉、宜昌、巴东三地横向对比图

由图4可知,巴东黄蜡石水中的Cs-137的核素比活度在0.30mBq/L~0.40mBq/L,2018年为五年间的峰值,此后逐年降低,呈现下降趋势,到2021年趋于平缓,2021和2022两年的数据在有效数字取两位时,数值相等,可见核素比活度趋于稳定。总体上,核素测量结果在天然本底范围之内。

#### 4 结论

(1) 2018年到2022年,湖北省水中天然放射性核素铯-137基本处在同一水平,虽然偶有起伏,但总体上仍处在天然本底范围之内。

(2) 2018年到2022年,湖北省不同地区水中Cs-137天然放射性核素水平总体相差不大,但武汉的Cs-137核素比活度水平相对于宜昌和巴东地区较低。

#### 参考文献

- [1]苏敏华等,放射性废水中铯的去除研究进展,水处理技术,2023年10期。
- [2]马福秋等,放射性废水中铯离子吸附研究进展,山东核科学与技术,山东省核学会2021年论文汇编。
- [3]黄瑶瑶等,放射性废水处理技术研究进展,应用化工,2018年01期。
- [4]元恒振等,工业城市水源水总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性水平和年有效剂量估算研究,工程科技1辑,环境科学与资源利用,2023年5月。
- [5]王磊等,三峡库区(重庆段)及周围水环境放射性调查研究,工程科技1辑,环境科学与资源利用,辐射防护及环境保护,2023年第02期。