

雪水中微量<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 的富集与分析

胡之茜, 申茂泉, 杨文静, 殷经鹏, 成智威

中图分类号: TL75<sup>+</sup>1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2012)01-0063-01

**【摘要】** 目的 测定福岛核事故后西北某地雪水中人工放射性核素的含量,了解放射性污染的程度。方法 采集雪样品,放入干净的塑料桶内,密封,置于实验室内自然融化成雪水后,经 0.45 μm 滤膜过滤后,调 pH 值到 1.5 后,用 AMP 将样品中的<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 富集,离心分离沉淀,加入少量无水乙醇,搅拌,将悬浊液转移至 γ 测量盒中,置于烘箱中烘干,密封后供超低本底 γ 谱仪测量,探测效率由 LabSOCS 无源效率刻度得到。结果 雪水中人工放射性核素<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 含量分别为 19 mBq/L、23 mBq/L。结论 福岛核事故后,西北某地的降雪中含有极微量的人工放射性污染,但对人类的健康产生影响不大。

**【关键词】** 福岛核事故; 雪水; <sup>134</sup>Cs; <sup>137</sup>Cs

2011 年 3 月 11 日,由于地震和海啸,日本福岛第一核电站发生了核事故,向环境中释放了大量的放射性物质,此次核危机引起了人们的关注,国内外多家监测站先后测到了环境中的人工放射性核素<sup>131</sup>I、<sup>137</sup>Cs、<sup>134</sup>Cs 等。4 月 5 日,西北某地降了一场大雪,为了解福岛核事故对此次降雪是否造成放射性污染,作者中的成智威曾对雪水直接装入大塑料桶用超低本底 HPGe γ 谱仪测量,未能测量出其中的<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 含量<sup>[1]</sup>。笔者对雪水中<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 经磷钼酸铵(AMP)富集后,应用超低本底 HPGe γ 谱仪进行测量,分析得出了雪水中人工放射性核素<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 的含量。

## 1 实验器材和方法

1.1 主要设备和试剂 超低本底 HPGe γ 谱仪、含<sup>241</sup>Am、<sup>137</sup>Cs 和<sup>60</sup>Co 的混合点源、Ø75 mm × 25 mm 塑料盒、0.45 μm 微孔滤膜、自制磷钼酸铵、无水乙醇等。其中超低本底 HPGe γ 谱仪由 BE3830 型 HPGe 探测器、777 型铅屏蔽室、DSA1000 多道分析器、Genie2000 谱收集与分析软件、LabSOCS 无源效率刻度软件等组成<sup>[2]</sup>。

1.2 实验方法 4 月 5 日 12 时,采集降雪的样品,放入干净的塑料桶内,密封,置于实验室内自然融化成雪水后,经 0.45 μm 微孔滤膜过滤,调雪水 pH 值到 1.5 左右后,按照 0.4 g/L 的比例加入新制的 AMP,搅拌 30 min,放置 4 h,虹吸去除上清液,离心分离沉淀,加入少量无水乙醇,搅拌,将悬浊液转移至 γ 测量盒(Ø75 mm × 25 mm 塑料盒)中,置于烘箱中烘干,将 γ 测量盒置于 HPGe 探测器上方,测量 120 000 s 后分析测量谱,其中效率刻度采用 LabSOCS 软件进行。利用含<sup>241</sup>Am、<sup>137</sup>Cs 和<sup>60</sup>Co 的混合点源对超低本底 HPGe γ 谱仪进行能量刻度<sup>[2-4]</sup>。

γ 测量方法的分析结果按式(1)计算:

$$A = \frac{N}{\varepsilon \cdot V \cdot P_{\gamma} \cdot t \cdot Y} \quad (1)$$

式中, A—水中<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 的活度浓度, Bq/L; N—相应 γ 射线全能峰净计数; P<sub>γ</sub>—该核素对应能量的分支比; ε—LabSOCS 无源效率刻度计算得出的探测效率; V—取样体积, L; t—测量时间, s; Y—Cs 的富集效率 85%。

雪水中核素<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 的最小可探测活度 MDA,可由式

(2) 进行计算:

$$MDA = \frac{2.76 + 4.65 \sqrt{N_b}}{\varepsilon \cdot V \cdot P_{\gamma} \cdot t \cdot Y} \quad (2)$$

式中: N<sub>b</sub> 为该核素特征能区内的本底计数; 其他同式(1)。经 LabSOCS 无源效率刻度软件可得,超低本底 HPGe γ 谱仪对样品的探测效率公式为:

$$\ln \varepsilon = -26.39 + 15.95 \ln(E_{\gamma}) - 3.577 [\ln(E_{\gamma})]^2 + 0.3281 [\ln(E_{\gamma})]^3 - 0.01095 [\ln(E_{\gamma})]^4 \quad (3)$$

式中: ε 某特征能量的探测效率; E<sub>γ</sub> 射线的能量, keV。

## 2 结果

经富集后,用超低本底 HPGe γ 谱仪测出,雪水中放射性核素<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 含量分别为 19 mBq/L、23 mBq/L,测量不确定度为 10%。<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 的活度比值为 0.83。

## 3 讨论

(1) 雪水中测量出了极微量的人工放射性核素<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs,表明了福岛核电站事故造成大量的放射性泄漏已蔓延到距日本较远的我国西北地区。

(2) 放射性<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 的含量极小,表明西北此次降雪中因放射性泄漏造成的污染,是可以接受的<sup>[5]</sup>。

(3) <sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 的活度比值为 0.83,可以推定雪水中的放射性污染确实来自核电站反应堆事故。

(4) 本方法可以应用到大体积水样中极微量<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs 的富集与分析工作。

## 参考文献:

- [1] 成智威,申茂泉. 福岛核事故后西北某地雪水中人工放射性核素的监测[A].《中国辐射卫生》第五届编辑委员会暨学术研讨会资料汇编[C]. 2011 5: 28-30.
- [2] Genie2000 Customization Tools Manual[S]. CANBERRA, 2004.
- [3] 任天山,吴生财. 食物和环境样品中放射性核素的测量与评价[M]. 北京:原子能出版社,1992 8.
- [4] 赵志祥,黄小龙. 核素数据手册[M]. 北京:原子能出版社,2004 10.
- [5] 潘自强,周永增译校. 国际放射防护委员会 2007 年建议书[S]. 北京:原子能出版社 2008.

(收稿日期:2011-09-13)

作者单位:西北核技术研究所,陕西 西安 710024

作者简介:胡之茜(1984~),女,江苏苏州人,本科,助理工程师,从事放射化学分析工作。

通讯作者:成智威,高级工程师, czw2008@sohu.com