

福岛核电事故后西北某地雪水中人工放射性核素监测

成智威^{1,2}, 申茂泉², 翟秀芳², 殷经鹏², 杨文静², 胡之茜²中图分类号: TL75⁺1 文献标识码: B 文章编号: 1004-714X(2011)04-0416-01

【摘要】 目的 测定福岛核电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,融化后装入塑料杯内,使用超低本底 HPGe γ 谱仪直接测量分析人工 γ 放射性核素的种类与活度;采用超低本底液体闪烁能谱仪测量氚的含量。结果 雪水中含有人工放射性核素¹³¹I,但¹³⁷Cs、¹³⁴Cs、氚的含量未见异常。结论 福岛核电事故后,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】 福岛核电事故; 雪水; 人工放射性核素

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¹³¹I、¹³⁷Cs、¹³⁴Cs 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,笔者应用超低本底 HPGe γ 谱仪和液体闪烁能谱仪,分析了雪水中人工放射性核素的种类和含量。

1 实验器材和方法

1.1 实验器材 超低本底 HPGe γ 谱仪、含²⁴¹Am、¹³⁷Cs 和⁶⁰Co 的混合点源、直径 14cm 高 17cm 塑料样品杯、QUANTULUS 型超低本底液体闪烁能谱仪、0.45 μ m 滤膜等。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^[2]。

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。将雪水装入直径 14cm 高 17cm 塑料杯内密封。

利用含²⁴¹Am、¹³⁷Cs 和⁶⁰Co 的混合点源对超低本底 HPGe γ 谱仪进行能量刻度^[1-3]。

将直径 14cm 高 17cm 塑料样品杯置于 HPGe 探测器上方,测量 120 000s 后分析测量谱,其中效率刻度采用 LabSOCS 软件进行。将雪水经 0.45 μ m 微孔滤膜过滤,取 8mL 水样,按样品和闪烁液的体积比 8:12 进行制样。将样品置于超低本底液体闪烁能谱仪内,测量 6 000s。

2 结果

超低本底 HPGe γ 谱仪分析雪水中半衰期小于 150d^[3] 的某核素的活度浓度时,由下式进行计算:

$$Act = \frac{N \cdot \lambda}{\varepsilon \cdot P_{\gamma} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot t'})} \cdot e^{\lambda \cdot t} \quad (1)$$

式中: Act - 核素的活度浓度, Bq/L; N - 该核素特征能峰内的净计数; λ - 核素的衰变常数, s⁻¹; ε - 某特征能量的探测效率; P_{γ} - 发射该特征能量 γ 射线的几率; t - 样品测量的时间, s; t' - 样品采集至测量时的时间间隔, s; L - 样品的体积, L。

对雪水中半衰期大于 150d^[3] 的核素的最小可探测活度 MDA,可由下式进行计算:

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

式中: N_b 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 谱仪对雪水样品的探测效率公式为:

$$\ln \varepsilon = -35.85 + 20.33 \ln(E) - 4.69 [\ln(E)]^2 + 0.4592 [\ln(E)]^3 - 0.01672 [\ln(E)]^4 \quad (3)$$

式中: ε - 某特征能量的探测效率; E - 射线的能量, keV。

对测量的 γ 谱分析得出雪水样品中人工 γ 放射性核素为¹³¹I,活度浓度为 0.30Bq/L,测量不确定度为 10%。 γ 谱中未能分析得出¹³⁴Cs、¹³⁷Cs 的含量,在测量时间为 120 000s,样品量为 2.6L 时,超低本底 HPGe γ 谱仪对¹³⁴Cs、¹³⁷Cs 的最小可探测活度 MDA 分别为 0.05 Bq/L、0.06 Bq/L。

超低本底液体闪烁能谱仪测量 6 000s,分析得出雪水样品中氚的含量为 10.7 Bq/L,测量不确定度为 15%。

3 讨论

(1) ¹³¹I 是反应堆事故中最容易泄漏的放射性核素。对我国西北某地的降雪进行取样测量,分析得出雪水中含有微量的¹³¹I,表明了福岛核电站事故造成大量的放射性泄漏蔓延到距日本较远的我国西北地区。

(2) 雪水中的人工放射性核素¹³¹I 含量极小,氚的含量跟雨水和自来水相当,放射性¹³⁴Cs、¹³⁷Cs 的含量低于仪器的最小可探测活度,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^[4]。

(3) 核事故对环境和人类的影响,应该引起人们的关注,必须重视核反应堆本身的安全性同时,还应考虑自然灾害、恐怖活动等引起的核危机。

参考文献:

- [1] 赵志祥, 黄小龙. 核素数据手册[M]. 北京: 原子能出版社, 2004: 10.
- [2] Genie2000 Customization Tools Manual [Z]. CANBERRA, 2004.
- [3] 任天山, 吴生财等. 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] 潘自强, 周永增等译校. 国际放射防护委员会 2007 年建议书[P]. 北京: 原子能出版社, 2008.

(收稿日期: 2011-04-25)

作者单位: 1 清华大学工程物理系, 北京 100084; 2 西北核技术研究所, 陕西 西安 710024

作者简介: 成智威(1970~), 男, 江苏泰兴人, 汉族, 高级工程师, 清华大学工程物理系博士研究生, 从事辐射防护与环境保护工作。