

2020年6月北欧大气中微量 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 等放射性核素的技术分析

王世联 李奇 赵允刚 张新军 樊元庆 王晓明 贾怀茂 陈占营 刘蜀疆 常印忠 石建芳

Technical analysis of low-concentration airborne ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{103}Ru and other radionuclides in Northern Europe in June 2020

Wang Shi-Lian Li Qi Zhao Yun-Gang Zhang Xin-Jun Fan Yuan-Qing Wang Xiao-Ming Jia Huai-Mao
Chen Zhan-Ying Liu Shu-Jiang Chang Yin-Zhong Shi Jian-Fang

引用信息 Citation: *Acta Physica Sinica*, 69, 212801 (2020) DOI: 10.7498/aps.69.20201397

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7498/aps.69.20201397>

当期内容 View table of contents: <http://wulixb.iphy.ac.cn>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

高压下非铅双钙钛矿 Cs_2TeCl_6 的结构和光学性质

Evolutions of structural and optical properties of lead-free double perovskite Cs_2TeCl_6 under high pressure

物理学报. 2020, 69(21): 218801 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20200988>

光学共振增强的表面铯激活银纳米结构光阴极

Optical resonance enhanced Cs activated nano-structured Ag photocathode

物理学报. 2020, 69(6): 068501 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20191420>

基于虚拟源原理的源边界参数蒙特卡罗反演技术

Source boundary parameter of Monte Carlo inversion technology based on virtual source principle

物理学报. 2019, 68(23): 232901 <https://doi.org/10.7498/aps.68.20191095>

基于高分辨率激光外差光谱反演大气 CO_2 柱浓度及系统测量误差评估方法

Atmospheric CO_2 column concentration retrieval based on high resolution laser heterodyne spectra and evaluation method of system measuring error

物理学报. 2020, 69(14): 144201 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20200125>

基于多轴差分吸收光谱技术测量青岛市大气水汽垂直柱浓度及垂直分布

Measurement of atmospheric water vapor vertical column concentration and vertical distribution in Qingdao using multi-axis differential optical absorption spectroscopy

物理学报. 2020, 69(20): 204204 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20200588>

波长调制-直接吸收方法在线监测大气中 CH_4 和 CO_2 浓度

Monitoring of ambient methane and carbon dioxide concentrations based on wavelength modulation-direct absorption spectroscopy

物理学报. 2020, 69(6): 064205 <https://doi.org/10.7498/aps.69.20191569>

2020年6月北欧大气中微量 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 等放射性核素的技术分析

王世联[†] 李奇 赵允刚 张新军 樊元庆 王晓明
贾怀茂 陈占营 刘蜀疆 常印忠 石建芳

(禁核试北京国家数据中心和北京放射性核素实验室, 北京 100085)

(2020年8月25日收到; 2020年9月20日收到修改稿)

2020年6月22日, 位于瑞典的全面禁止核试验条约国际监测系统放射性核素台站监测到大气中微量的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 等放射性核素, 芬兰和爱沙尼亚在6月14至22日期间还监测到 ^{141}Ce , ^{95}Zr 和 ^{95}Nb 等放射性核素, 国际上对这些核素的来源进行了各种猜测. 本文在确证这些核素及其活度浓度基础上, 结合国际监测系统放射性核素台站监测数据的统计分析, 对核事件性质进行了判断, 推算了放射性核素的释放时间, 并利用大气运输模拟程序对这些放射性核素来源进行了初步判断. 结果表明, ^{134}Cs 与 ^{137}Cs 活度浓度比值约为1.1, 可排除来自核试验或核爆炸; 位于俄罗斯境内的RN61核素台站探测到 ^{131}I 和 ^{133}I 与位于挪威境内的RN49核素台站探测到的 ^{133}Xe 相关, 可能来自反应堆运行过程中的泄漏; 初步判断 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 等核素可能来自北欧地区反应堆事故停堆换料或新鲜乏燃料转移过程中的意外释放; 探测到的放射性核素活度浓度为 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 量级, 不会对公众健康产生影响.

关键词: 全面禁止核试验条约, ^{134}Cs 和 ^{137}Cs , ^{103}Ru , 活度浓度, 大气运输模拟

PACS: 28.41.Te, 87.55.N-

DOI: 10.7498/aps.69.20201397

1 引言

2020年6月22日, 位于瑞典的全面禁止核试验条约(CTBT)国际监测系统(IMS)放射性核素台站(RN63)监测到大气中 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 量级的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru ^[1], 芬兰^[2]和爱沙尼亚^[3]声称在6月14至22日期间还监测到 ^{95}Zr , ^{95}Nb 和 ^{141}Ce 等放射性核素. 一名荷兰官员称这些放射性核素可能来自俄罗斯核电站事故^[4], 俄罗斯对此进行了否认, 称其核电站周边辐射水平正常, 无事故报告^[5]; 也有猜测这些放射性核素来自俄罗斯秘密核武器试验的泄漏^[6,7]. 6月26日, CTBTO筹备委员会临时技术秘书处(PTS)执行秘书Lassina Zerbo在推特

上发文表示, RN63台站监测到微量铯和钐放射性同位素, 这些核素可能来自民用核设施, 但源项调查工作超出CTBTO筹备委员会的职权范围^[1].

本文对RN63台站监测数据进行了确认, 并对其他IMS放射性核素台站监测数据进行了细致分析, 对事件性质进行了判断, 推算了这些核素释放的时间窗口, 并利用大气运输模拟程序研究了这些放射性核素的可能来源.

2 监测数据分析

2.1 RN63台站监测数据分析

IMS放射性核素监测网络由80个放射性核素台站和16个放射性核素实验室组成, 80个台站均

[†] 通信作者. E-mail: shilian.wang@nrl.org.cn

具备大气颗粒物监测能力, 其中 40 个台站在条约生效后还同时具备惰性气体监测能力^[8]. 目前, 建设完成并纳入 PTS 国际数据中心 (IDC) 临时试运行的核素台站共 74 个. 分析了这 74 个 IMS 核素台站 2020 年 6 月 1 日至 28 日的监测数据, 发现仅 RN63 台站 (位于瑞典斯德哥尔摩) 6 月 22 日样品中 (取样时间约 24 h) 分析出 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru . 图 1 给出了 RN63 台站从建成以来监测到 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 的情况, 除 2011 年福岛核事故后一段时间外, 2020 年 6 月 22 日是该台站首次同时监

测到 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs .

RN63 台站 6 月 22 日样品的 γ 能谱示于图 2, 图中标绘了 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 的主 γ 射线全能峰. 通过计算得到 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 的活度浓度分别为 8.76, 7.93 和 3.68 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, ^{134}Cs 与 ^{137}Cs 活度比^[9] 约为 1.1.

2.2 芬兰和爱沙尼亚监测数据可靠性分析

芬兰辐射与核安全管理局 (STUK) 在 Helsinki (赫尔辛基) 和 Kotka(科特卡) 设有大气放射

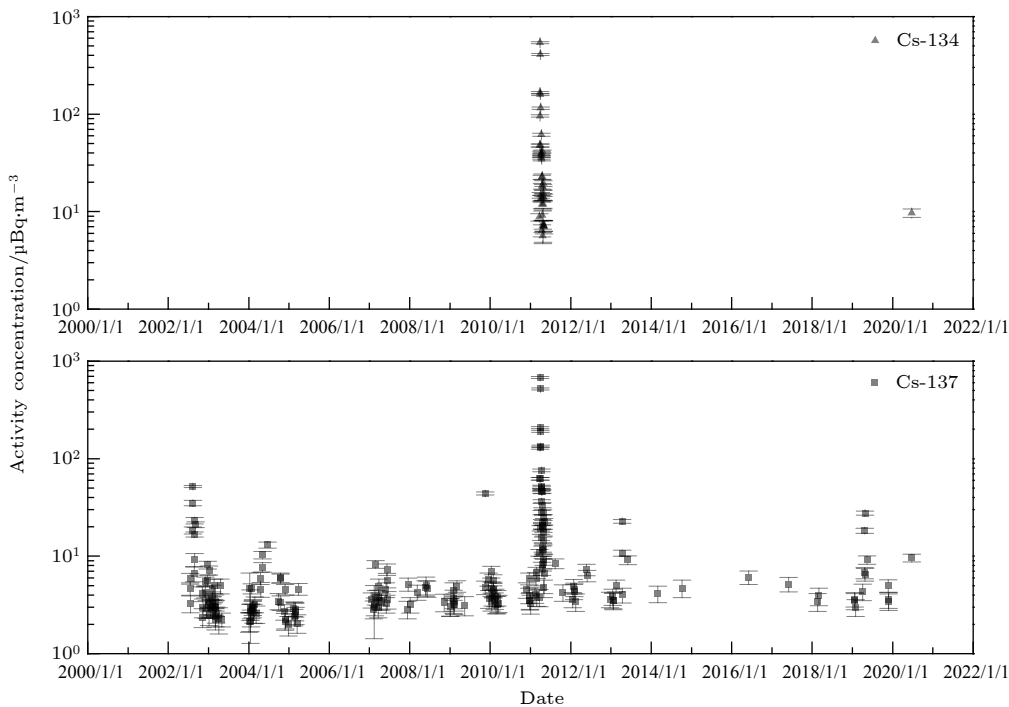


图 1 RN63 台站 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 历史监测数据 (原始数据取自 CTBTO/PTS/IDC)

Fig. 1. Historical monitoring data of ^{134}Cs and ^{137}Cs at RN63 (the original data from CTBTO/PTS/IDC).

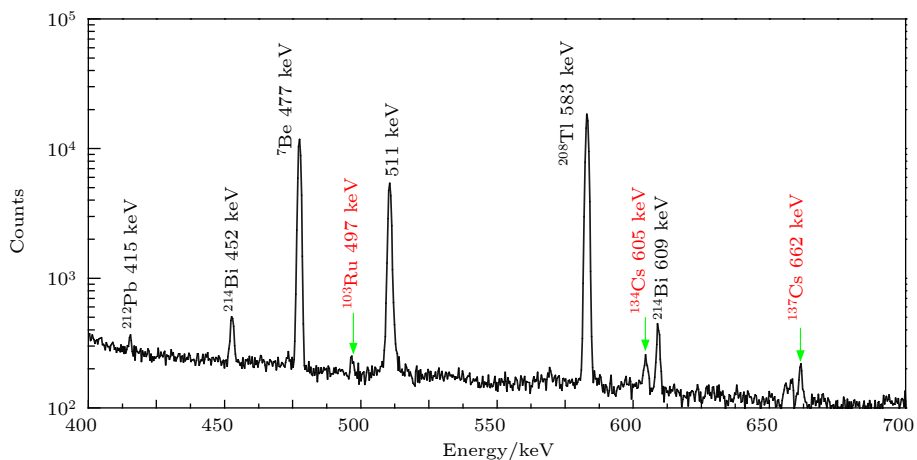


图 2 RN63 台站 6 月 22 日大气颗粒物样品的 γ 能谱 (400—700 keV)

Fig. 2. Atmospheric particulate gamma spectrum of RN63 station on 22 June 2020 (400– 700 keV).

性核素监测站, 6月16至17日(取样时间约24 h)在 Helsinki 监测到了活度浓度是 RN63 台站约两倍的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru , ^{134}Cs 与 ^{137}Cs 的活度比约为 1.3; 6月15至22日(取样时间约1周)在 Kotka 除监测到微量的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 外, 还监测到了活度浓度约为 0.2—0.4 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 的 ^{95}Zr , ^{95}Nb 和 ^{141}Ce . 爱沙尼亚环境部门于6月14至21日(取样时间约1周)在 Harku (哈库) 监测到了微量的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru .

因没有上述三个监测点位的 γ 能谱数据, 利用 RN63 台站本底 γ 能谱计算了其对 ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru 和 ^{141}Ce 的最小可探测浓度 (MDC)^[10] 分别约为 6.5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, 3.2 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, 2.6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 和 4.8 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, 为方便后续讨论, 同时计算出 ^{106}Ru 的 MDC 约为 30 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. 通过上述分析可知, 假设 Kotka 监测点与 RN63 台站具备相同的监测系统和技术指标, 则其在 6月15至22日监测到 0.2—0.4 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 的 ^{95}Zr , ^{95}Nb 和 ^{141}Ce 的可靠性较低. 但考虑到在 Kotka 的取样时间长, 取样体积也会较大(具体未知), 不排除探测到 ^{95}Zr , ^{95}Nb 和 ^{141}Ce 的可能.

2.3 RN61 台站监测数据分析

收集分析了其他 IMS 放射性核素台站数据, 发现 RN61 台站(位于俄罗斯的杜布纳)从6月5日至7日连续3天监测到较高浓度的 ^{131}I 和 ^{133}I (图3), ^{131}I 和 ^{133}I 最高浓度分别为 237 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 和 194 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

碘的主要同位素包括 ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I 和 ^{135}I 等, 半衰期分别为 8.02070 d, 2.295 h, 20.8 h, 52.5 min 和 6.57 h^[11], 因易挥发、产额较大, 这些核素及其活度比在确认反应堆燃料组件是否有破损及其破口大小方面都有重要应用. ^{131}I 可作为燃料棒或燃料组件破损程度的重要指示^[12], ^{131}I 与 ^{133}I 活度比可用于确认燃料棒铀沾污与燃料组件因破口产生泄漏的程度等.

以热中子诱发 ^{235}U 裂变为例, ^{131}I 和 ^{133}I 累积裂变产额分别为 2.89069×10^{-2} 和 6.69654×10^{-2} ^[13], 反应堆运行期间 ^{133}I 与 ^{131}I 的活度比约为 2.3, 以此计算出 6月5至7日 ^{131}I 和 ^{133}I 释放时间结果列于表1. 可以看出, 利用3天监测数据推算的释放时间基本一致, 说明6月5至7日监测到的 ^{133}I 和 ^{131}I

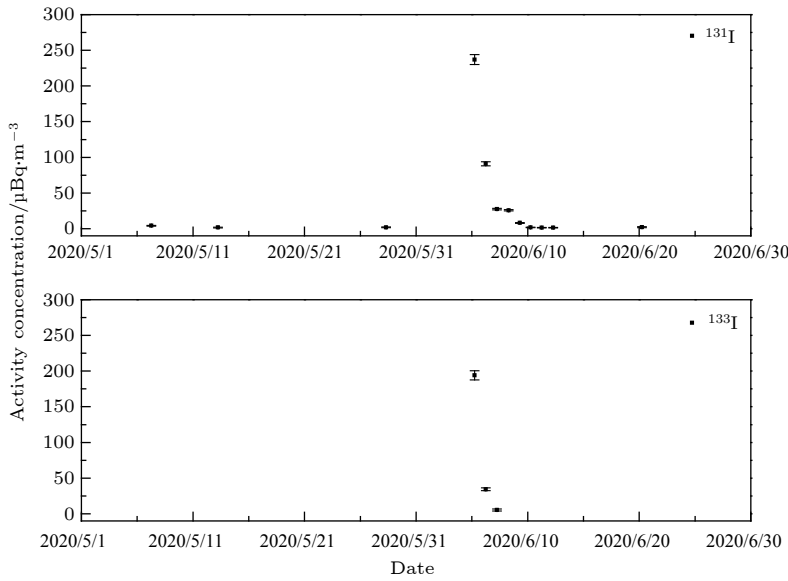


图3 RN61 台站 ^{131}I 和 ^{133}I 监测结果 (原始数据取自 CTBTO/PTS/IDC)

Fig. 3. Monitoring data of ^{131}I and ^{133}I at RN61 (the original data from CTBTO/PTS/IDC).

表1 RN61 台站监测的 ^{131}I 和 ^{133}I 活度浓度及推算的释放时间

Table 1. ^{133}I and ^{131}I activity concentration of RN61 and release time calculated through $^{133}\text{I}/^{131}\text{I}$.

Sampling time	Concentration of $^{131}\text{I}/\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$	Concentration of $^{133}\text{I}/\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$	$^{133}\text{I}/^{131}\text{I}$	Release time
2020-06-05 5:38	236.9	194.0	0.819	2020-06-03 18:40
2020-06-06 5:57	91.0	34.3	0.377	2020-06-03 16:53
2020-06-07 5:46	27.4	5.3	0.193	2020-06-03 18:07

来自于同一事件,且该事件由单次瞬时释放引起.即 RN61 台站监测到的 ^{131}I 和 ^{133}I 可能来自反应堆运行期间乏燃料组件的泄漏.

2.4 RN63 和 RN49 台站 ^{133}Xe 监测结果

RN49 台站位于挪威的斯匹次卑尔根,与 RN63 台站一样同时具备大气颗粒物和惰性气体氙监测能力. RN49 和 RN63 台站 2020 年上半年大气中 ^{133}Xe 监测结果示于图 4. RN49 台站 2020 年 6 月 7 日 15 时监测到明显高于历史平均监测水平的 ^{133}Xe ,活度浓度最大值约 10.2 mBq/m^3 ; 尽管 RN63 台站经常监测到高于系统 MDC 的 ^{133}Xe ,但通过对比发现, RN63 台站在 6 月 8 日 15 时也监测到活度浓度约为 3.5 mBq/m^3 的 ^{133}Xe ,在时间上与 RN49 台站监测到的 ^{133}Xe 可能存在一定的关联.

3 事件性质判断与可能源项分析

基于上述分析可知,2020 年 6 月 5 日 RN61 台站监测到大气中较高浓度的 ^{131}I 和 ^{133}I ,6 月

7 日 RN49 台站监测到较高浓度的 ^{133}Xe ,6 月 22 日 RN63 台站监测到了 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru . 此外,6 月 14 至 22 日期间,在 Helsinki, Kotka 和 Harku 监测到了 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 等.

3.1 事件性质初步判断

^{137}Cs 是典型的人工放射性核素^[14],由于其前驱母体 ^{137}Xe 为气体,使之更易从破损的核燃料组件中泄漏出来.同时,核材料裂变直接产生 ^{134}Cs 量极少,而反应堆运行过程中通过中子与 ^{133}Cs 的活化反应生成的 ^{134}Cs 量较大,并逐步累积^[15].通过监测反应堆一回路中 ^{134}Cs 与 ^{137}Cs 活度比,可计算燃料并确定破损的燃料组件位置和数量. RN63 台站监测到大气中 ^{134}Cs 与 ^{137}Cs 活度浓度比值约为 1.1,表明监测异常来自核试验或核爆炸的可能性极小,较大可能来自反应堆(核电站和同位素生产厂等)的运行释放或事故泄漏.当然, ^{134}Cs 与 ^{137}Cs 还可通过 ^{134}Ba 和 ^{137}Ba 的 (n, p) 反应产生,但同时监测到 ^{103}Ru 可进一步说明这些放射性核素应该是来自核裂变反应.

钐是一种极易挥发的过渡金属,当酸度和温度

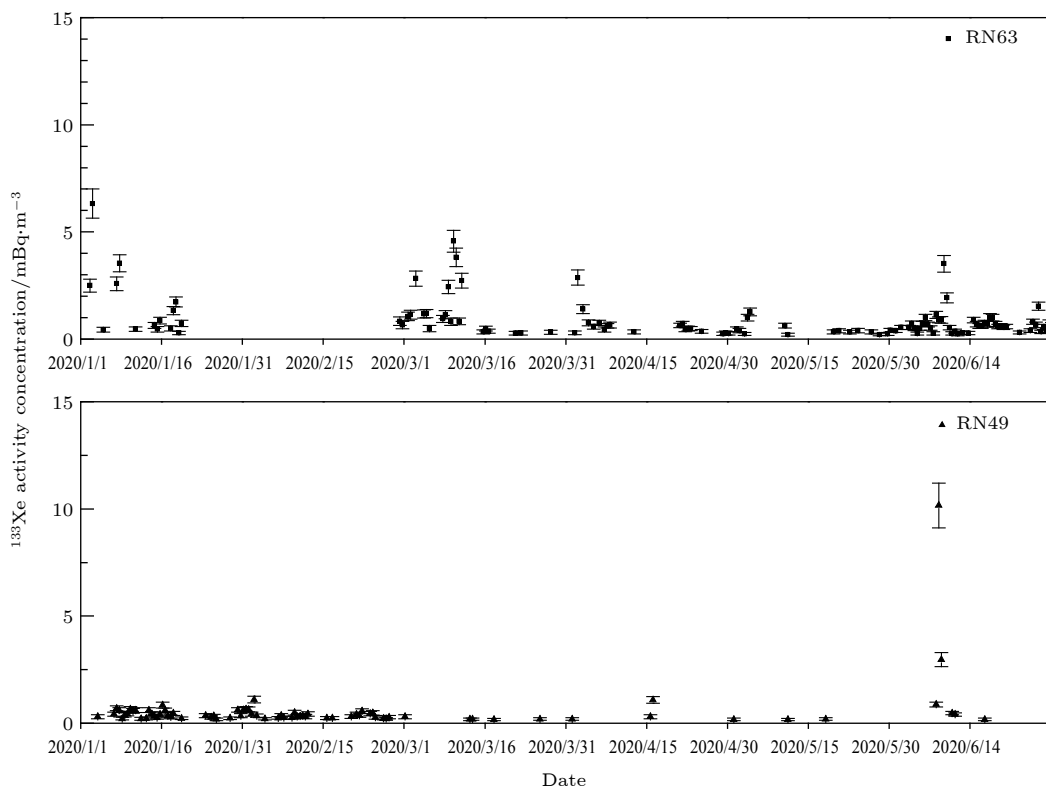


图 4 2020 年上半年 RN63 和 RN49 台站 ^{133}Xe 监测结果 (原始数据取自 CTBTO/PTS/IDC)

Fig. 4. Monitoring data of ^{133}Xe at RN63 and RN49 in first half of 2020 (the original data from CTBTO/PTS/IDC).

不同时, 可以以液态亚硝基络合物 ($\text{RuNO}(\text{NO}_3)_3$) 或气态形式 (RuO_4) 存在, 温度超过 $120\text{ }^\circ\text{C}$ 则 RuO_4 的比例会增加 [16]. 大气层核试验或严重的反应堆事故也会导致 ^{103}Ru 和 ^{106}Ru 的释放与全球沉降 [17,18], 这也解释了为什么会在大气颗粒物中监测到钌放射性同位素. 因此, 结合 ^{134}Cs 与 ^{137}Cs 活度浓度比值判断, 大气颗粒物中监测到的 ^{103}Ru 来自反应堆运行或换料过程的意外释放的可能性较大. 此外, ^{103}Ru 和 ^{106}Ru 半衰期分别为 39.26 d 和 373.59 d , 二者的活度比是核燃料冷却时间的良好指示. 反应堆运行过程中, 核燃料中 ^{103}Ru 的活度通常是 ^{106}Ru 活度的数倍或数十倍 [17,18], 由 2.2 节的估算可知, ^{106}Ru 的 MDC 又比 ^{103}Ru 的 MDC 高十余倍, 这也是 RN63 台站、芬兰和爱沙尼亚监测站等只监测到 ^{103}Ru 却未监测到 ^{106}Ru 的原因.

综上, RN63 台站, Helsinki, Kotka 和 Harku 监测到的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 等放射性核素可能来自反应堆运行或换料过程的意外释放, 包括新鲜乏燃料转移过程中的意外排放; RN61 台站监测到的 ^{131}I 和 ^{133}I 可能来自反应堆运行期间小破口泄漏. 由于 RN61 台站只监测到了 ^{131}I 和 ^{133}I 、而未监测到铯和钌同位素, 初步推断与 RN63 台站的监测为两次独立事件.

3.2 可能源项区域分析

利用挪威大气研究所 (Norwegian institute for air research, NILU) 开发的拉格朗日粒子扩散模式 FLEXPART [19,20] 对监测到的放射性核素可能源项区域进行了反演. 图 5 给出了 RN63 台站和 Helsinki 监测到 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 反演到 2020 年 6 月 16 日可能的源项区域, 因反演时间上的差别, 源项区域差别很大, 但共同覆盖的区域主要为俄罗斯西部和北欧地区. 该区域范围内存在多处运行和退役中的核电站, 包括位于俄罗斯列宁格勒核电站、科拉核电站以及瑞典的阿格斯塔核电站 (计划今年拆除) 和巴舍拜克核电站 (正在拆除) 等. 综合判断, RN63 台站和 Helsinki 监测到的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 来自上述区域反应堆意外排放的可能性较大. 此外, RN63 台站监测到 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 在时间上与 Helsinki 的探测相差达 6 d 之久, 不排除分别来自同一源项的两次释放的可能.

根据 RN61 台站监测到的 ^{131}I 和 ^{133}I 及推算的释放时间, 反演得到可能的源项区域示于图 6. 以 RN61 为源项进行大气运输正演的结果表明, RN49 台站 6 月 8 日 3 时可监测到较高浓度的 ^{133}Xe , 与 RN49 台站 6 月 7 日 15 时监测到较高浓度 ^{133}Xe

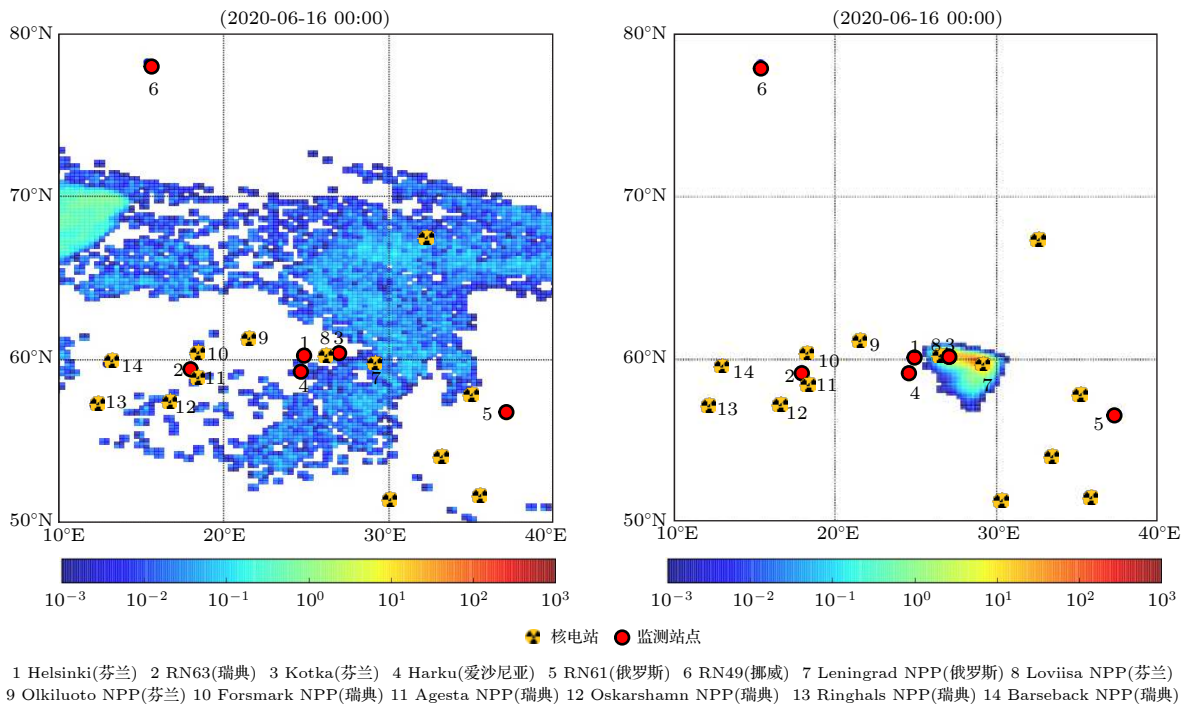


图 5 RN63 和 Helsinki 监测到放射性核素的可能源项区域

Fig. 5. Possible source region of radionuclides detected at RN63 (left) and Helsinki (right).

的实际情况在不确定度内符合较好. 为进一步考察 RN61 台站监测到的碘同位素与 RN49 和 RN63 台站监测到的 ^{133}Xe 间的关联性, 分别对 RN49 和 RN63 监测到的 ^{133}Xe 可能源项区域进行了反演 (图 7), 结果表明 RN49 探测到的 ^{133}Xe 与 RN61 台站监测到的碘同位素有较好相关性, 而 RN63 台站监测到的 ^{133}Xe 与 RN61 台站监测到的碘同位素相关性较弱.

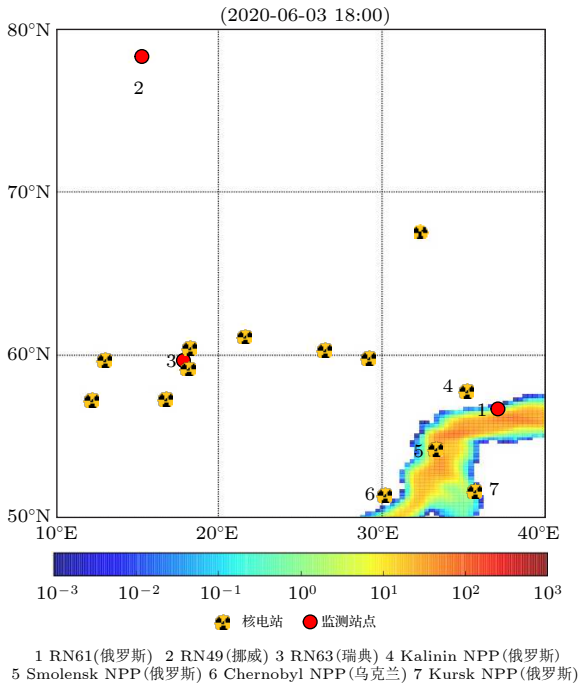


图 6 RN61 台站 ^{131}I 和 ^{133}I 的可能源项区域

Fig. 6. Possible source region of ^{131}I and ^{133}I detected at RN61 station.

4 结果与讨论

对 2020 年 6 月北欧大气中监测到的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 等放射性核素进行了技术分析. 结果表明, IMS RN63 台站监测到的 ^{134}Cs 与 ^{137}Cs 活度浓度比值约为 1.1, 可排除这些放射性核素来自核试验或核爆炸; 利用大气运输模拟反演大气中监测到的 ^{134}Cs , ^{137}Cs 和 ^{103}Ru 等放射性核素的可能源项区域为芬兰、瑞典和俄罗斯西部等地区, 较大可能来自该区域反应堆停堆换料或新鲜乏燃料转移过程中的意外排放; 位于俄罗斯境内的 RN61 台站连续 3 天探测到较高浓度的 ^{131}I 和 ^{133}I , 推算释放时间为 2020 年 6 月 3 日 18 时左右, 且与 RN49 台站探测到的 ^{133}Xe 有一定相关性; 各核素活度浓度非常低, 不会对公众健康产生影响.

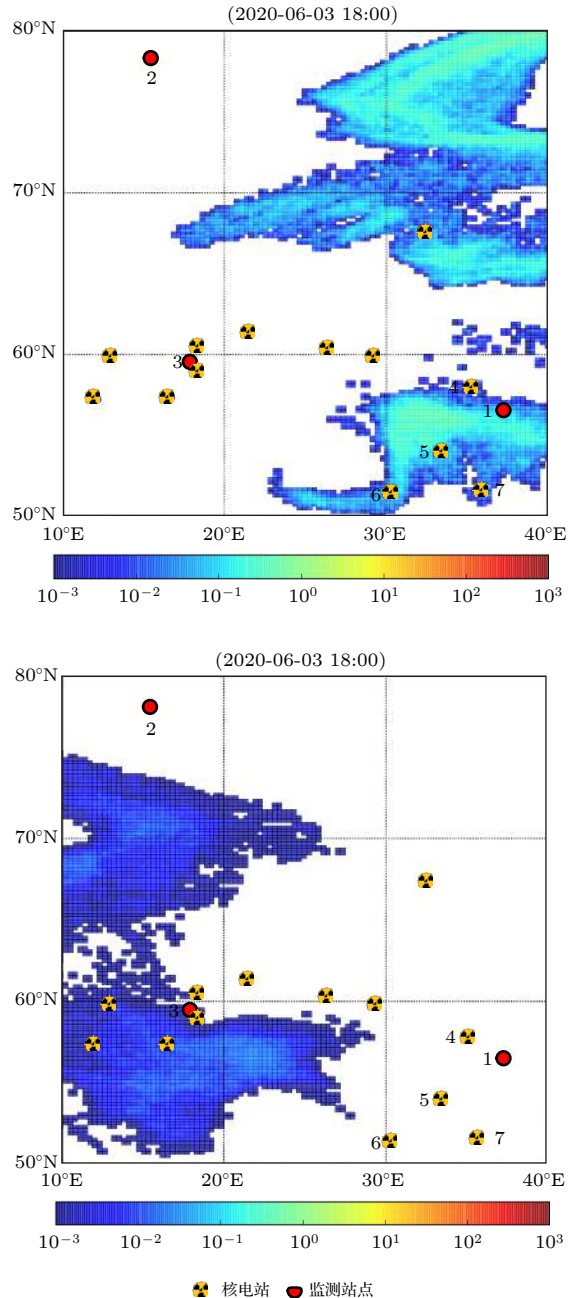


图 7 RN49 和 RN63 台站 ^{133}Xe 的可能源项区域

Fig. 7. Possible source region of ^{133}Xe detected at RN49 (left) and RN63 (right) station.

参考文献

- [1] Europe On Alert After Unknown Radioactivity Spike Detected Over Baltic Sea, Jim H <https://americantruthtoday.com/politics/2020/06/28/europe-on-alert-after-unknown-radioactivity-spike-detected-over-baltic-sea/> [2020-6-28]
- [2] Radioactive Isotopes Detected Over Finland, <https://www.foreigner.fi/articulo/news/abnormally-high-radiation-detected-over-finland/20200629121550006688.html> [2020-6-29]
- [3] Agencies Detect Elevated Radioactivity Levels in the Baltic Sea Region, Sten H <https://estonianworld.com/security/>

- elevated-radioactivity-levels-in-the-baltic-sea-region-detected/ [2020-6-29]
- [4] Small Hike in Radioactivity Detected in Europe; Russia says nothing to worry about, World Israel News <https://worldisraelnews.com/small-hike-in-radioactivity-detected-in-europe-russia-says-nothing-to-worry-about/> [2020-6-28]
- [5] Radiation Levels at Northwestern Russian NPPs Normal-company,RussianNewsAgency<https://tass.com/world/1172279> [2020-6-27]
- [6] Radiation Leak in Europe Points to a Possible Russian Weapons Test, Kyle M <https://www.msn.com/en-us/news/world/radiation-leak-in-europe-points-to-a-possible-russian-weapons-test/ar-BB167zJR> [2020-6-29]
- [7] Russia's New Super Weapons May be Cause of Radiation Leak, Sutton H I <https://www.forbes.com/sites/hisutton/2020/07/01/russias-new-super-weapons-may-be-cause-of-radiation-leak/#15660b2e5f8c> [2020-7-1]
- [8] Hoffmann W, Kebeasy R, Firbas P 1999 *Phys. Earth Planet. Inter.* **113** 5
- [9] Li Q, Wang S L, Fan Y Q, Zhao Y G, Jia H M, Zhang X J 2019 *Atomic Energy Sci. Technol.* **53** 926 (in Chinese) [李奇, 王世联, 樊元庆, 赵允刚, 贾怀茂, 张新军 2019 原子能科学技术 **53** 926]
- [10] Lloyd A C 1968 *Anal. Chem.* **40** 586
- [11] Richard B F 1998 *Table of Isotopes* (New York: A Wiley-Interscience Publication) pp148–150
- [12] International Atomic Energy Agency 2019 *The IAEA Nuclear Energy Series (2018) Review of Fuel Failures in Water Cooled Reactors in 2006–2015* (Vienna: IAEA) p35
- [13] ²³⁵U Neutron-induced Cumulative Fission Yields, National Nuclear Data Center <https://www.nndc.bnl.gov/sigma/get-FissionYieldsData.jsp?evalid=15579&mf8&mt459> [2020-7-20]
- [14] Fan Y Q, Wang S L, Li H J, Zhang X J, Li Q, Jia H M, Zhao Y G, Chen Z Y, Chang Y Z, Liu S J 2013 *Atomic Energy Sci. Technol.* **47** 189 (in Chinese) [樊元庆, 王世联, 李慧娟, 张新军, 李奇, 贾怀茂, 赵允刚, 陈占营, 常印忠, 刘蜀疆 2013 原子能科学技术 **47** 189]
- [15] Zhang L X, Zhu F R 2006 *Radionuclide Monitoring and Verification Technology for Nuclear Test* (Beijing: National Defense Industry Press) p86 (in Chinese) [张利兴, 朱凤荣 2006 核试验放射性核素监测核查技术 (北京: 国防工业出版社) 第86页]
- [16] Institute for Radiological Protection and Nuclear Safety https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Documents/IRSN_Report-on-IRSN-investigations-of-Ru-106-in-Europe-in-october-2017.pdf [2020-7-20]
- [17] Iwashima K, Noboru Y 1966 *J. Radiat. Res.* **7** 91
- [18] Pöllänen R 1997 *Radiat. Prot. Dosim.* **71** 23
- [19] Michael S 2017 *Pure Appl. Geophys.* **174** 2161
- [20] Pieter D M, Johan C, Andy D, Benoit D, Piet T 2016 *J. Environ. Radioact.* **164** 280

Technical analysis of low-concentration airborne ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{103}Ru and other radionuclides in Northern Europe in June 2020

Wang Shi-Lian[†] Li Qi Zhao Yun-Gang Zhang Xin-Jun Fan Yuan-Qing
Wang Xiao-Ming Jia Huai-Mao Chen Zhan-Ying Liu Shu-Jiang
Chang Yin-Zhong Shi Jian-Fang

(*CTBT Beijing National Data Centre and Beijing Radionuclide Laboratory, Beijing 100085, China*)

(Received 25 August 2020; revised manuscript received 20 September 2020)

Abstract

On 22 June 2020, the trace amount of ^{134}Cs , ^{137}Cs and ^{103}Ru in the atmosphere were detected by RN63 radionuclide station (in Sweden) of the International Monitoring System (IMS) for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT). Finland and Estonia declared the observation of these radionuclides and ^{141}Ce , ^{95}Zr and ^{95}Nb respectively from 14 to 22 June 2020. Regarding the source term of the detection, various views all over the world were expressed on the networks. In this paper, these radionuclides and their activity concentrations are analyzed, and the nature of the detective event is determined through the analysis of these monitored data and the historical monitored data of each station. In addition, the release time of these radionuclide is estimated, and possible source term regions are obtained by using an atmospheric transport model. The results show that the activity ratio of ^{134}Cs to ^{137}Cs is about 1.10, which can exclude the possibility that the radionuclides detected come from nuclear test or nuclear explosion. The detection of ^{131}I and ^{133}I at the IMS RN61 station may be related to the small deflection of reactor fuel assembly, and correlated temporally with the detection of ^{133}Xe at the IMS RN49 station. Preliminary conclusions indicate that the ^{134}Cs , ^{137}Cs and ^{103}Ru are likely to be related to the release of improper handling of reactor maintenance or fresh spent fuel transfer in Northern Europe region. Furthermore, due to the activity concentration is only $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ order of these radionuclides, it has no effect on public health.

Keywords: Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty, ^{134}Cs and ^{137}Cs , ^{103}Ru , activity concentration, atmospheric transport model

PACS: 28.41.Te, 87.55.N-

DOI: 10.7498/aps.69.20201397

[†] Corresponding author. E-mail: shilian.wang@nrl.org.cn