

· 调查与评价 ·

日本核泄漏期间南京地区空气中放射性气溶胶的监测和评价

周程 张起虹 蒋云平 孙恋君 王利华
(江苏省辐射环境监测管理站 江苏 南京 210019)

摘要: 在日本“3.11”大地震核泄漏期间,对南京地区空气中气溶胶开展了超大流量快速采样,利用高纯锗 γ 谱仪对采集到的气溶胶样品进行放射性核素识别和浓度分析。监测结果表明,气溶胶取样中存在极微量的人工放射性核素 ^{131}I , ^{137}Cs 和 ^{134}Cs ,初步确认其来自日本福岛核事故。经分析,气溶胶中的人工放射性核素不会对环境和公众健康造成影响,无需采取防护措施。

关键词: 气溶胶;超大流量;高纯锗; γ 谱仪; ^{131}I ; ^{137}Cs ; ^{134}Cs ;南京地区

中图分类号: X837 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2011)05-0043-03

Monitoring and Evaluation of Radioactive Aerosols in the Nanjing Air during Japan's Nuclear Leakage

ZHOU Cheng, ZHANG Qi-hong, JIANG Yun-ping, SUN Lian-jun, WANG Li-hua

(Radiation Environment Monitoring and Management Center of Jiangsu Province Nanjing, Jiangsu 210019, China)

Abstract: Aerosols in Nanjing air were collected by fast high flow sampling to identify radio nuclides using high-purity germanium γ spectrometer during nuclear leakage of the year 2011 in Japan. The results showed that in the aerosols samples there were very little amount of artificial radio nuclides iodine-131, cesium-137 and cesium-134 cesium which came from nuclear accident in Fukushima. The aerosols analysis indicated quantity of artificial radio nuclides in the air did not effect Nanjing environment and public health, and it needed not take any measures for protection.

Key words: Aerosol; High flow; HpGe; γ spectrometer; iodine-131; cesium-137; cesium-134; Nanjing region

2011年3月11日本发生9级强震,福岛第一核电站冷却系统失灵,3月12日起1号—4号机组相继发生爆炸,5、6号机组乏燃料池升温,导致放射性物质泄漏。日本政府于3月12日首次确认福岛核电站出现泄漏,大批居民被疏散。

3月23日起,芬兰、瑞典、美国等许多国家均检测到极微量的放射性 ^{131}I 。

自3月26日起,我国陆续在黑龙江、江苏等31个省(市、区)的部分地区空气中监测到来自日本核事故释放出的极微量人工放射性核素 ^{131}I 、 ^{137}Cs 和 ^{134}Cs 。

南京地区自3月26日起也陆续在空气中监测到了极微量人工放射性核素 ^{131}I 、 ^{137}Cs 和 ^{134}Cs 。

在日本核泄漏期间,江苏省辐射环境监测管理站对南京地区空气中气溶胶开展了超大流量快速

采样,利用高纯锗 γ 谱仪对采集到的气溶胶样品进行放射性核素识别和浓度分析。

1 放射性气溶胶的采集^[1]

用HRHA01-SFS1000/A型超大流量自动气溶胶采样器进行大气连续采样,每隔24h更换一次滤膜。所采集的气溶胶粒子的空气动力学直径小于 $100\mu\text{m}$,采样流量为 $600\text{m}^3/\text{h}$,滤膜为醋酸纤维,大小 $470\text{mm}\times 572\text{mm}$ 。南京地区共采集75个气溶胶滤膜样品,每个样品的采样量约为 14000m^3 。

收稿日期:2010-05-23;修订日期:2011-08-04

作者简介:周程(1981—)男,四川自贡人,工程师,硕士,从事辐射防护与监测工作。

2 测量方法^[2]

将采集到的气溶胶滤纸装入样品盒,置于HPGe γ 谱仪上测量,利用能谱分析软件对测量的 γ 谱数据进行解谱分析,即可得出 γ 核素的组成及相应的活度,再对有关参数进行修正,计算出微粒态放射性 γ 核素在空气中的浓度。

2.1 测量装置^[3]

采用低本底高纯锗 γ 谱仪,探测器类型为同轴P型,由GC4019 HPGe探测器和8192多道分析器组成。探测系统的屏蔽体为10 cm厚的铅室,全谱(20 keV~2 MeV)天然本底计数为1.52 cps,相对探测效率45%,能量分辨率(^{60}Co)1.83,峰康比(^{60}Co)74:1,峰漂(连续100 h)低于0.24道。

2.2 标准物质

实验室的测量方法为效率曲线法,效率刻度的标准由原国防科工委一级站提供的气溶胶标准源(样品编号:2004428-2),待测样品和标准样品均装在尺寸为70 mm×50 mm的聚乙烯圆柱形盒内。

2.3 能量刻度

在测量滤膜标准源之前,需要对仪器进行能量刻度,以确定能量与道址之间的关系。

能量 = 0.166 1 + 0.249 437 × 道址 + 4.004 02 × 10⁻⁸ × 道址²

2.4 效率刻度

现选用的是效率曲线法。用国防科工委一级站提供的标准混合源(^{241}Am , ^{133}Ba , ^{57}Co , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{65}Zn , ^{60}Co)分别对谱仪进行效率曲线的刻度。

2.5 放射性核素的浓度计算^[4]

样品比活度(Bq/m^3)计算公式。

$$A = (S/T - S_0/T_0) \times F \times F_2 / (E \times Q \times F_1 \times P)$$

式中: S ——样品全能峰净面积,计数;

T ——样品测量时间, s;

S_0 ——本底谱全能峰净面积,计数;

T_0 ——本底测量时间, s;

E ——全能峰效率;

Q ——取样量, m^3 ;

P ——全能峰分支比;

F ——采样修正;

F_1 ——存放修正;

F_2 ——测量修正。

2.6 探测下限的计算^[5]

为了获得更低的探测下限,通过延长测量时间(连续24 h)、增大采样体积($600 \text{ m}^3/\text{h}$ 连续采样

24 h以上)、选用低本底屏蔽室(10 cm厚整体铅室)等方法降低探测下限,计算出的气溶胶样品中放射性 ^{131}I 探测下限为 $20 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, ^{137}Cs 和 ^{134}Cs 的探测下限为 $10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$,满足国际放射性监测要求: $10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3 \sim 30 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ^[6]。

3 监测结果

多年来的辐射环境质量监测结果表明,南京地区空气气溶胶样品中人工放射性核素 ^{131}I 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 的浓度均低于仪器的探测下限。日本地震后3月27日—4月28日南京地区大气气溶胶样品中放射性核素浓度变化趋势见图1。

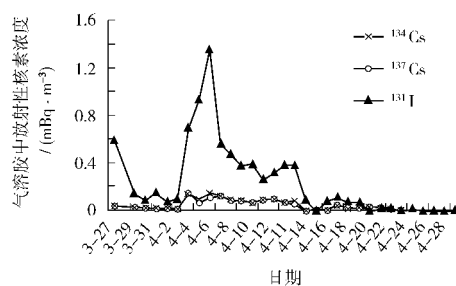


图1 南京地区大气气溶胶中放射性核素浓度变化趋势
Fig.1 Change trend of atmospheric aerosol radioactive nuclide concentration in Nanjing area

图1可见4月5日南京地区大气气溶胶中放射性核素浓度达到顶峰, ^{131}I 的最大浓度为 $1.3 \text{ mBq}/\text{m}^3$, ^{134}Cs 的最大浓度为 $0.13 \text{ mBq}/\text{m}^3$, ^{137}Cs 的最大浓度为 $0.15 \text{ mBq}/\text{m}^3$ 。随着放射性核素的不断衰减和沉积,4月25日后大气气溶胶样品中的放射性核素 ^{131}I 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 均未检出。

4 公众待积有效剂量的估算^[7]

从辐射防护的角度,公众吸入空气中存在的放射性核素后会造成内照射剂量。公众吸入有效剂量 $E_{j inh}$ 按下式计算:

$$E_{j inh} = \sum_j e(g)_{j inh} \times I_{j inh}$$

式中: $e(g)_{j inh}$ ——同一期间内 g 年龄组吸入单位摄入量放射性核素 j 后的待积有效剂量, Sv/Bq;

$I_{j inh}$ ——同一期间内吸入放射性核素 j 的摄入量, Bq。

参照ICRP-30号出版物(ICRP,1975),假定公众的呼吸速率是 $20 \text{ L}/\text{min}$,全年的吸入空气量

$I_{j inh}$ 为 $1.05 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。公众成员(婴儿和成人)吸入 ^{131}I 、 ^{134}Cs 或 ^{137}Cs 放射性核素的不同待积有效剂量 $e(\text{g})_{j inh}$ 可参考文献 [7] 表 B3。南京地区大气气

溶胶中 ^{131}I 、 ^{134}Cs 或 ^{137}Cs 的浓度水平按图 1 所示最高浓度进行估算, 公众成员吸入 ^{131}I 、 ^{134}Cs 或 ^{137}Cs 的年有效剂量 $E_{j inh}$ 见表 1。

表 1 南京地区公众成员吸入的年有效剂量^①

公众	类别	年吸入有效剂量 / 10^{-5} mSv			年吸入有效剂量/天然辐射造成公众的年有效剂量		
		^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	$^{131}\text{I}/10^{-5}$	$^{134}\text{Cs}/10^{-5}$	$^{137}\text{Cs}/10^{-5}$
婴儿(年龄 $g \leq 1$ 岁)	F	9 8.3	1.50	1.39	41.0	0.626	0.578
	M	30.0	4.37	5.67	12.5	1.82	2.36
	S	12.0	9.56	17.3	5.01	3.98	7.22
成人(年龄 $g > 17$ 岁)	F	9.83	0.901	0.725	4.10	0.375	0.302
	M	3.28	1.24	1.53	1.37	0.518	0.637
	S	2.18	2.73	6.14	0.910	1.14	2.56

① 类别 F、M 和 S 分别表示人体肺快速、中速和慢速吸收。

由表 1 可见, 即使按照南京地区大气气溶胶中放射性核素的最高浓度, 南京地区大气气溶胶检测出的人工放射性核素所造成公众的辐射剂量也极其微弱, 婴儿暴露在这样的环境中, 一年之内所接受 ^{131}I 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 造成的附加年最大吸入有效剂量分别为 9.83×10^{-4} mSv、 9.56×10^{-5} mSv 和 1.73×10^{-4} mSv, 为岩石、土壤、建筑物、食物、太阳等自然辐射源形成的天然本底辐射所造成的公众年有效剂量 (2.4 mSv)^[8] 的 0.041%、0.004% 和 0.007 2%; 对成人所造成的附加年最大吸入有效剂量分别为 9.83×10^{-5} mSv、 2.73×10^{-5} mSv 和 6.14×10^{-5} mSv, 分别为岩石、土壤、建筑物、食物、太阳等自然辐射源形成的天然本底辐射所造成的公众年有效剂量 (2.4 mSv) 的 0.004 1%、0.001 1% 和 0.002 6%。因此, 不会对环境 and 公众健康产生影响, 无需采取防护措施。

【参考文献】

[1] 国家环境保护总局核安全与辐射环境管理司. HJ/T 61 -

2001 辐射环境监测技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001: 3 - 17.

[2] 中华人民共和国卫生部. WS/T 184 - 1999 空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999: 1 - 14.

[3] 陆继根, 王凤英. γ 能谱对 1995 年固体样的比对试验[J]. 环境监测管理与技术, 1997, 9(4): 23 - 27.

[4] 中华人民共和国卫生部. GB 11713 - 89 用半导体 γ 谱仪分析低比活度 γ 放射性样品的标准方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989: 1 - 10.

[5] 沙连茂, 卫为强, 宣义仁. 放射性环境监测中探测限附近测量数据的处理[J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(1): 38 - 43.

[6] KARHU P. Radionuclide monitoring as part of the verification regime for the comprehensive nuclear-test-ban treaty[J]. Radiochemistry, 2001, 43(5): 455 - 457.

[7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 18871 - 2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 36 - 77.

[8] 王凤英, 周程, 张斌, 等. 电离辐射防护与安全基础知识[M]. 江苏: 江苏人民出版社, 2007: 12.

• 征订启事 •

欢迎订阅 2012 《环境科学导刊》

《环境科学导刊》(原云南环境科学)创刊于 1982 年, 是云南省环境保护厅主管, 云南省环境科学研究院主办, 全国公开发行的环保科技期刊。国内统一刊号: CN53 - 1205/X; 国际标准刊号: ISSN1673 - 9655。本刊主要刊登环境科学学术性论文、环境科研报告及介绍环境工程应用技术的文章。主要栏目有: 科研专题研究、环境管理、水环境保护、生态环境保护、污染防治、污染治理技术、农业环境保护、环境与人体健康、环境监测、环境影响评价等。适合所有从事环境保护工作的人员和大专院校有关专业的师生阅读, 也可供规划、农、林、水、土、卫生等部门的有关人员参阅。本刊为双月刊, 每双月月末 25 日出版, 全年定价 60 元。

邮局汇款: 邮编: 650034

地址: 昆明市西山区王家坝 23 号

收款人: 《环境科学导刊》杂志社

邮箱: ynhjks@yies.org.cn

电话(传真): 0871 - 4142389

银行转账: 户名: 云南省环境科学研究院

开户行: 建行昆明市西园南路支行

账号: 53001615637050309169