

北京地区大气中 ^7Be 、 ^{137}Cs 和 ^{131}I 活度浓度分布规律初步研究

樊元庆¹, 王世联¹, 李慧娟², 张新军¹, 李奇¹, 贾怀茂¹,
赵允刚¹, 陈占营¹, 常印忠¹, 刘蜀疆¹

(1. 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;
2. 北京市疾病预防控制中心, 北京 100013)

摘要:介绍了全面禁止核试验条约(CTBT)国际监测系统(IMS)北京核素台站和北京放射性核素实验室的大气气溶胶取样和测量过程;对核素台站和放射性核素实验室的大气气溶胶的长期监测数据进行了统计分析,得到了 ^7Be 、 ^{137}Cs 和 ^{131}I 活度浓度的分布特点和规律,为深入研究大气中相关放射性核素浓度分布规律奠定了基础。

关键词:全面禁止核试验条约;国际监测系统;活度浓度

中图分类号:O571.3 文献标志码:A 文章编号:1000-6931(2013)02-0189-04

doi:10.7538/yzk.2013.47.02.0189

Preliminary Study of ^7Be , ^{137}Cs and ^{131}I Activity Concentration Distribution Rule in Beijing Aerosol

FAN Yuan-qing¹, WANG Shi-lian¹, LI Hui-juan², ZHANG Xin-jun¹, LI Qi¹,
JIA Huai-mao¹, ZHAO Yun-gang¹, CHEN Zhan-ying¹,
CHANG Yin-zhong¹, LIU Shu-jiang¹

(1. CTBT Beijing National Data Centre and Radionuclide Laboratory, Beijing 100085, China;
2. Beijing Municipal Center for Disease Prevention and Control, Beijing 100013, China)

Abstract: The process of aerosol sampling and measuring of Beijing Radionuclide Station and Beijing Radionuclide Laboratory of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) International Monitoring System (IMS) was described. Long time aerosol monitoring data of the station and the laboratory were analyzed through statistic method and the characteristic and rule of the concentration distribution of nuclides ^7Be , ^{137}Cs and ^{131}I were obtained. The foundation was formed for further studying the rule of the radionuclide distribution in atmosphere.

Key words: Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty; International Monitoring System; activity concentration

全面禁止核试验条约(CTBT)国际监测系统(IMS)放射性核素监测网络由 80 个放射性核素监测台站和 16 个核素实验室组成^[1]。我国境内设有北京(RN20)、兰州(RN21)、广州(RN22)3 个放射性核素监测台站和北京放射性核素实验室(CNL06)。

CTBT 要求放射性核素台站具备大气气溶胶样品放射性监测能力,核素实验室具备气溶胶样品的测量分析能力。大气气溶胶放射性监测的过程为:先用大流量气溶胶采样器采集大气气溶胶样品,然后使用高纯锗(HPGe) γ 谱仪测量样品,分析得到大气气溶胶中放射性核素的种类及其活度浓度。

北京放射性核素台站(简称台站)和北京放射性核素实验室(简称实验室)对北京地区大气气溶胶将进行长期取样监测,并将通过测量分析,对大气气溶胶中⁷Be、¹³⁷Cs 和¹³¹I 活度浓度分布规律进行初步研究,比较台站和实验室的监测结果。

1 取样和测量

CTBT 组织临时技术秘书处(PTS)对 IMS 核素台站大气气溶胶取样器的技术要求列于表 1^[2]。国外有几种商业产品基本满足要求,目前安装于台站的取样器有德国 PTI(Physik Technik Innovation)公司研制的 ASS-500、美国 PNNL(Pacific Northwest National Laboratory)研制的 RASA 和芬兰 SENYA 公司研制的 Snow White 等。

PMS-800 大气气溶胶取样器,该取样器具备稳流采样和过载保护功能,性能稳定可靠,稳态运行流量可达 800 m³/h。

取样后,样品在测量前置于冷却箱中冷却 24 h,使样品中短寿命的 Rn-Th 子体衰变,从而提高样品中可能存在的相关核素的探测灵敏度。

将冷却后的样品置于 HPGe 探测器表面进行测量。PTS 要求台站样品测量的 HPGe 探测器的探测效率 $\geq 40\%$,⁶⁰Co 1 332.5 keV 的能量分辨率(FWHM) ≤ 2.5 keV。作为对 IMS 放射性核素监测网络起技术支撑作用的核素实验室,PTS 对其测量装置和能力有更高要求,具体列于表 2,表中 FWTM 为 1/10 高宽。

表 2 放射性核素实验室 γ 能谱系统技术规范
Table 2 Technical specification for gamma analysis equipment in radionuclide laboratory

参数	要求
探测器类型	高分辨 HPGe 探测器
探测效率	$\geq 40\%$
测量的效率刻度范围	46.5~1 836 keV
外推的效率刻度范围	30~2 700 keV
能谱道数	$\geq 8 192$
¹⁴⁰ Ba 最小可探测活度(衰变校正到开始)	≤ 24 mBq
获取能谱时刻,获取时间不超过 7 d ($\phi 70$ mm \times 6 mm 样品)	
FWHM(1 332.5 keV)	≤ 2.5 keV
FWHM(122.1 keV)	≤ 1.3 keV
FWTM/FWHM(1 332.5 keV)	≤ 2.0

表 1 IMS 放射性核素监测台站气溶胶取样器的技术要求

Table 1 Technical request of aerosol sampler in IMS radionuclide station

技术指标	要求
空气流量	≥ 500 m ³ /h
取样时间	24 h
滤材	易于折叠,溶解
收集效率	$\geq 80\%$ (空气动力学等效粒径为 0.2 μ m) $\geq 60\%$ (空气动力学等效粒径为 10 μ m)
辅助数据	每 10 min 记录 1 次流量率

北京台站使用的是 Snow White 大气气溶胶取样器,而实验室使用的是我国自主研发的

2 核素活度浓度分布规律

分析台站和实验室 2006 年 11 月至 2010 年 6 月期间的大气气溶胶监测数据,对大气中⁷Be、¹³⁷Cs 和¹³¹I 活度浓度分布规律进行初步研究。

2.1 ⁷Be 的活度浓度

台站和实验室同时对大气气溶胶样品中的⁷Be 监测 345 d,监测的⁷Be 活度浓度范围分别为 0.70~14.26 和 0.53~14.30 μ Bq/m³。

图 1 为台站和实验室监测到的⁷Be 活度浓度的统计分布。在 345 d 的监测结果中,台站监测到活度浓度范围为 6~7 μ Bq/m³ 的次数最

多,共 75 次;实验室监测到活度浓度范围为 4~5 μBq/m³ 的次数最多,共 102 次。分析表明,台站和实验室的⁷Be 监测次数和活度浓度较好地服从正态分布,通过拟合得到台站⁷Be 的活度浓度均值为 6.71 μBq/m³,实验室的活度浓度均值为 4.24 μBq/m³。

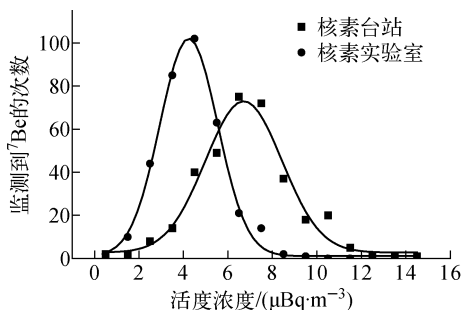


图 1 ⁷Be 的活度浓度分布

Fig. 1 Distribution of ⁷Be activity concentration

台站和实验室的⁷Be 活度浓度监测结果表明,台站的⁷Be 活度浓度监测值高于实验室的监测值。Feely 等^[3]在 1970—1979 年对西半球多个地区大气中⁷Be 的监测结果表明,⁷Be 活度浓度与季节、纬度和海拔等因素密切相关,近地表的⁷Be 活度浓度与地表结构、气象条件有密切关系。台站和实验室两地相距约 11 km,纬度和海拔高度基本相同,但其附近地表附着物和局部气象条件有差异,这可能是导致两地⁷Be 活度浓度差别的原因。

2.2 ¹³⁷Cs 的活度浓度

台站共 80 次监测到¹³⁷Cs,其活度浓度范围为 0.77~25.42 μBq/m³;实验室共 78 次监测到¹³⁷Cs,其活度浓度范围为 0.77~25.42 μBq/m³;台站和实验室共 23 次同时监测到¹³⁷Cs。台站和实验室的¹³⁷Cs 活度浓度统计分布示于图 2。

不考虑年份,按照月份统计台站和实验室监测到¹³⁷Cs 的次数,统计结果示于图 3。从图 3 可看出,台站和实验室在第一、二季度监测到¹³⁷Cs 的次数较多,这可能是因为大风等天气引起的¹³⁷Cs 的再悬浮。

2.3 ¹³¹I 的活度浓度

台站共监测到¹³¹I 为 211 次,活度浓度范围为 1.17~1 704 μBq/m³;实验室监测到¹³¹I 为 112 次,活度浓度范围为 1.39~459 μBq/m³;台

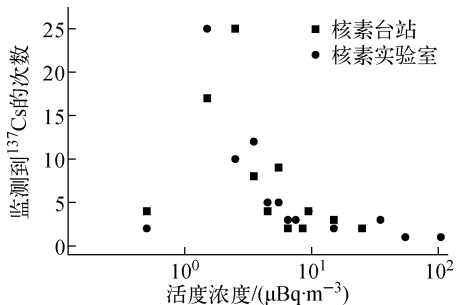


图 2 ¹³⁷Cs 的活度浓度分布

Fig. 2 Distribution of ¹³⁷Cs activity concentration

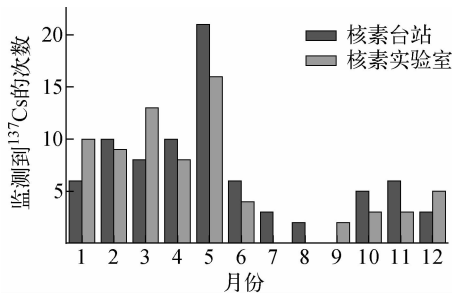


图 3 不同月份监测到¹³⁷Cs 的次数

Fig. 3 Emergence time of ¹³⁷Cs in every month

站和实验室同时监测到¹³¹I 的天数为 43 d。台站监测到¹³¹I 的天数远多于实验室监测到¹³¹I 的天数,前者约为后者的 2 倍。另外,台站监测到¹³¹I 的最大活度浓度达 1 704 μBq/m³,实验室监测到¹³¹I 的最大活度浓度为 459 μBq/m³。

台站和实验室的¹³¹I 活度浓度统计分布示于图 4,两者活度浓度统计分布规律基本一致,即活度浓度在 0~10 μBq/m³ 范围内的监测次数占被监测到总次数的 1/2 多,活度浓度在 10~20 μBq/m³ 范围内的监测次数超过了被监测到总次数的 15%,且监测次数随活度浓度的

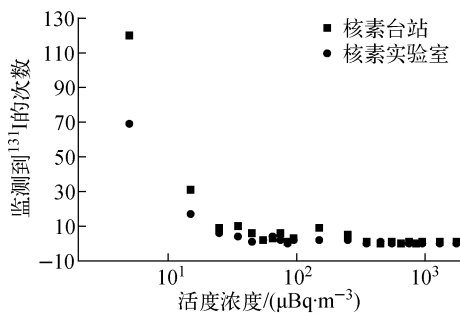


图 4 ¹³¹I 的活度浓度分布

Fig. 4 Distribution of ¹³¹I activity concentration

升高而减小。

不考虑年份,按照月份统计台站和实验室监测到 ^{131}I 的次数,统计结果示于图5。台站 ^{131}I 监测结果与实验室相比有两点不同:台站监测到 ^{131}I 的次数远多于实验室,且监测活度浓度的最大值远大于后者;实验室的监测结果中 ^{131}I 呈现出与 ^{137}Cs 相似的规律,即春夏秋冬季节出现的频率高,夏秋季节出现的频率低,而台站的 ^{131}I 监测结果表明其在夏秋季节也有较高的出现频率。出现这种现象的原因可能为: ^{131}I 是一种常见的医用放射性核素,常被用于甲状腺癌等疾病的治疗,台站地处城市中心,其附近医疗机构较多,这些机构使用和存储 ^{131}I 可能会造成这一区域监测次数多,活度浓度监测值较高;实验室附近医疗机构少,监测结果受气象条件的影响更为明显,其监测到的 ^{131}I 是由大风裹挟被收集监测到的。

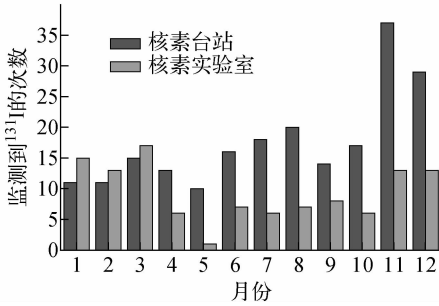


图5 不同月份监测到 ^{131}I 的次数

Fig. 5 Emergence time of ^{131}I in every month

3 结论

台站和实验室对大气气溶胶中 ^7Be 、 ^{137}Cs

和 ^{131}I 等放射性核素的活度浓度进行了长期监测,并对其活度浓度分布规律进行了初步研究,得到以下结果。

1) 宇生核素 ^7Be 的活度浓度分布服从正态分布。由于周边地表附着物和气象条件的差异,台站和放射性核素实验室的 ^7Be 活度浓度平均水平不同,说明作为宇生核素的 ^7Be 在某一地区的不同局部,其活度浓度可能不同。

2) 台站和实验室对 ^{137}Cs 的监测结果基本一致,两者均在大风扬尘、沙尘暴天气高发时段多次监测到 ^{137}Cs ,这表明 ^{137}Cs 的监测与气象条件密切相关,其来自地表沉降的再悬浮。

3) 台站和实验室对 ^{131}I 的监测结果表明,气象条件对实验室的监测结果影响显著,而台站除与气象条件有关外,其所处位置的较高本底也是其监测活度浓度较高的主要原因。

参考文献:

- [1] KARHU P, CLAWSON R. Radionuclide laboratories supporting the network of radionuclide stations in verification of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty[J]. Kerntechnik, 2001, 66(3): 126-128.
- [2] MEDICI F. Particulate sampling in the IMS radionuclide network of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty[J]. Kerntechnik, 2001, 66(3): 121-125.
- [3] FEELY H W, LARSEN R J, SANDERSON C G. Factors that cause seasonal variations in beryllium-7 concentrations in surface air[J]. Journal of Environmental Radioactivity, 1989, 9(3): 223-249.