

# 浅议福岛核事故后我国的辐射环境监测

张瑜<sup>1,2</sup> 杨维耿<sup>1</sup>

(1. 环境保护部辐射环境监测技术中心, 浙江 杭州 310012;

2. 复旦大学放射医学研究所, 上海 200032)

**摘要:** 概述了日本福岛发生核事故后, 日本及我国辐射环境应急监测及结果, 分析了我国辐射应急监测中的问题, 提出完善辐射环境监测网络, 加强辐射自动监测站及开展针对性辐射监测能力建设, 科学规范应急预案, 提升快速监测技术, 加强辐射监测全过程质量管理体系建设的建议与方法。

**关键词:** 福岛核事故; 辐射环境监测; 辐射监测网络

中图分类号: X837 文献标识码: C 文章编号: 1006-2009(2013)05-0007-04

## Discussion on Environmental Radiation Monitoring after Fukushima Nuclear Accident

ZHANG Yu<sup>1,2</sup>, YANG Wei-geng<sup>1</sup>

(1. Radiation Monitoring Technical Center, MEP, Hangzhou Zhejiang 310012, China; 2. Institutes of Biomedical Sciences, Fudan University, Shanghai 200032, China)

**Abstract:** The environmental radiation monitoring results by our country and Japan were summarized. By analysing the problems in the emergency monitoring radiation in China, some suggestions and methods were provided, such as updating the radiation environmental monitoring network, strengthening the construction of radiation monitoring station and targeted capacity-building of radiation environmental monitoring, scientifically standardizing emergency preplan, developing rapid monitoring technology and strengthening the quality management system of the whole process of radiation monitoring.

**Key words:** Fukushima nuclear accident; Environmental radiation monitoring; Radiation environmental monitoring network

### 1 福岛核事故后日本的辐射环境监测

2011年3月11日,日本本州岛东海岸发生里氏9.0级特大地震,并引发巨大海啸,致使福岛第一核电站发生7级核事故,大量放射性物质释放到环境中。核事故后,日本政府决定由文部科学省开展环境监测。监测区域包括陆地、海洋和大气,在核电站周边设置了100多个固定监测点,每天约轮流取样测量40个点,每周对固定监测点的样品测量至少循环一次,若发现辐射剂量较高的点,则提高该监测点的取样频次。监测项目包括:空气吸收剂量率监测,累积剂量监测,核素定量分析(主要是<sup>131</sup>I和<sup>137</sup>Cs,包括灰尘、土壤、池水、草、饮用水、沉降、海水、海底土壤)<sup>[1]</sup>。

日本与美国能源部(US DOE)合作进行了航空测量辐射剂量,通过取得的空中数据,利用软件推算出距离地面1m的辐射剂量率。同时,通过地面取样测量数据对推算结果进行了校核<sup>[2]</sup>。

### 2 福岛核事故后我国应急监测及结果<sup>[3]</sup>

福岛核事故后的78d应急响应期间,环境保护部在全国范围内开展辐射环境监测,派遣技术组赴监测能力薄弱的省份进行技术支持;样品集中到监测能力强的单位检测分析;加强信息公开、定时

收稿日期:2013-07-03;修订日期:2013-07-25

作者简介:张瑜(1980—),女,浙江衢州人,工程师,国家注册核安全工程师,学士,从事辐射环境监测工作。

发布监测数据,有效缓解了公众的紧张情绪。表 1 为 2011 年监测概况。

表 1 应急监测概况  
Table 1 Summary of emergency monitoring

监测对象	监测项目或核素	采样时间、频次及测量时间	点位布设及监测结果
大气环境	空气吸收剂量率	连续实时监测结合移动监测 3 月 15 日至 4 月 8 日	点位布设: 全国 43 个城市的 47 个辐射环境自动监测站, 以及秦山、大亚湾/岭澳、田湾三个核电站外围环境辐射连续监测系统的 23 个自动监测站, 并在 20 个沿海城市设置了 52 个移动监测点共 122 个点 监测结果: 在本底涨落范围内
	惰性气体氙同位素 <sup>131m</sup> Xe、 <sup>133m</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe、 <sup>135</sup> Xe	12 h(采集空气量 > 15 m <sup>3</sup> ) 测量时间为 12 h	点位布设: 杭州、广州、大连 监测结果: 空气中放射性核素氙同位素活度浓度在 3 月 27 日—29 日期间较高, 之后逐渐减小, 至 5 月初已接近环境水平。三地空气中放射性氙同位素时间积分杭州最高, 广州次之, 大连最低
	气溶胶 γ 核素	连续 24 h 且体积不少于 1 000 m <sup>3</sup> 测量时间 12 h	点位布设: 46 个城市 监测结果: 检测到 <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs, 偶尔能检测到铯-132。大部分样品中 <sup>134</sup> Cs 和 <sup>137</sup> Cs 活度浓度的比值接近 1, 表明是受日本福岛核电站事故的影响。这些放射性核素活度浓度在 4 月 2 日—14 日期间较高, 4 月底空气中已基本检测不到
	气态碘 <sup>131</sup> I、 <sup>133</sup> I	用活性炭盒采样, 测量时间 12 h	点位布设: 北京、连云港、上海、杭州、广州 监测结果: <sup>131</sup> I 活度浓度在 4 月 2 日—14 日期间较高, 之后逐渐减小, 至 4 月底已基本检测不到
	降水( <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs) 沉降物( <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs)	1 次/d, 测量时间 12 h 1 次/周, 测量时间 12 h	点位布设: 18 个城市 监测结果: 4 月下旬雨水中已基本检测不到 <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs 点位布设: 25 个城市 监测结果: 5 月初沉降物已基本检测不到这些人工放射性核素
陆地环境及其食物链	表层土壤( <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs)	应急期间, 1 次	点位布设: 62 个城市的 149 个样品 监测结果: 均未检出碘 <sup>131</sup> I、 <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs 比活度为环境正常水平
	叶类蔬菜	应急期间, 1 次	点位布设: 22 个城市 监测结果: 叶菜样品中检测出 <sup>131</sup> I, 到 4 月底已基本检测不到
	牛奶	应急期间, 1 次	点位布设: 8 个城市 监测结果: 28 个样品中均未检出 <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs
水环境	海水( <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs)	应急期间, 1 次	点位布设: 12 个沿海城市的近岸海域的 52 个海水样品 监测结果: 均未检出 <sup>134</sup> Cs 和 <sup>131</sup> I; <sup>137</sup> Cs 活度浓度为环境正常水平
	牡蛎、海鱼海洋指示生物	应急期间, 1 次	点位布设: 部分沿岸海域 监测结果: 样品中放射性核素比活度与历年相比无明显变化
	地表水( <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs)	应急期间, 1 次	点位布设: 26 个城市 监测结果: 个别城市公园地表水检出极微量的 <sup>131</sup> I; 未检出 <sup>134</sup> Cs; <sup>137</sup> Cs 活度浓度为环境正常水平
	饮用水( <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs)	应急期间, 1 次	点位布设: 10 个城市水源地饮用水 监测结果: 均未检出放射性核素 <sup>131</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>134</sup> Cs

经估算,日本福岛核事故对我国境内公众造成个人有效剂量(成人)为 0.061 μSv,其中沉积食入占 44.0%,沉积外照射占 42.3%,吸入内照射占 12.8%,浸没照射占 0.9%,约为我国天然本底辐射所致个人年有效剂量的十万分之几,不会对我国境内公众健康造成影响。

此次监测响应迅速、处置得当,及时公开监测信息,但在应对中也暴露出国控自动站覆盖不完善,缺乏清晰的应急监测方案,质量保证体系不完善等一系列问题。针对以上问题,结合此次监测经

验,就后福岛时代如何紧跟国际辐射环境监测领域的发展趋势,如何加强辐射环境监测体系建设,提高辐射环境监测能力提出建议。

### 3 对我国辐射环境监测的建议

#### 3.1 进一步完善辐射环境监测网

辐射环境监测国控点由国家依法设立并运行,通过长期监测,可掌握辐射环境背景数据,这在福岛核事故应急监测中发挥了不可或缺的作用。但目前部分省存在国控点类型不完备、分布较少的状

况,应进一步完善全国辐射环境监测网,增设辐射环境监测国控点,完善监测项目,填平补齐各省在大气、水、土壤、生物等方面的辐射环境监测国控点,积累辐射环境背景数据,提升各省辐射环境监测能力。

### 3.2 加强辐射环境自动监测站建设

辐射环境自动监测是国际上通行的监测环境质量和污染源变化的有效手段,采用辐射环境自动监测可以实时、动态、科学地掌握辐射环境实际状况。发达国家如美国、日本、德国、法国等都建有辐射环境自动监测站,实时监测,及时反映公众健康安全的信息。截至2012年底,我国共建136个辐射环境自动监测站,未完全涵盖地级市,仅实现了辐射剂量率水平的自动监测。在现有辐射自动监测网的基础上,应扩大大气辐射自动监测覆盖范围,建设水体辐射自动监测站,加强预警监测和网络管理。

### 3.3 提升辐射应急、快速监测技术

(1) 科学规范应急监测方案。突发辐射环境事件应急预案由各类、各级应急预案构成,同时也是应急体系的重要组成部分。我国已初步建立核应急体系,各级应急组织制定了相关应急监测方案,但部分应急预案操作性不强,预案之间缺乏衔接,特别是针对事故初期,缺乏清晰的监测方案。应科学规范编制监测方案,加强演练,切实增强可操作性。

(2) 加强应急监测分析技术的科研工作。核与辐射环境安全的突发事件具有突然性、瞬时性和偶然性,目前在应急状态下的监测分析技术基本上使用常规环境监测的监测分析方法。由于部分应急监测技术未完善,对监测结果有着关键性的影响。如哪些核素进入生态循环,采样及监测技术与环境监测不同;在不同应急状态下哪些核素是表征核素,需优先监测<sup>[4]</sup>;哪些情况在应急状态下容易引起公众的恐慌,如何应对。针对突发事件的应急监测,就需要实现针对性强、快速检测的技术特性,形成有别于常规传统监测方法,与应急目的相适应和配套的技术。

(3) 加快发展先进、有效的快速监测技术。应急监测最主要的技术特点是快速。在这次应急监测中,超大流量气溶胶采样,配合高纯锗 $\gamma$ 谱仪的监测发挥了巨大的作用,是我国目前检测空气中人工放射性核素最快速、最灵敏的监测技术。

这次辐射应急监测采用了SAUNA惰性气体氙监测系统<sup>[5]</sup>,其监测结果与用高纯锗 $\gamma$ 谱仪系统测得的气溶胶中<sup>131</sup>I活度浓度变化趋势一致<sup>[6]</sup>,由于核裂变过程中产生的惰性气体裂变产物(主要包括氙和氙)较易泄露到大气中,因此若核设施发生异常释放或事故,氙的监测是大气环境放射性应急监测的重点。

日本文部科学省与美国能源部合作,进行了3次大规模的航测<sup>[7]</sup>,为确定紧急情况下的撤离准备区和计划撤离区的范围以及农牧业方面的应对措施提供了决策支持信息。

对以上3类测量方法,应进一步加强应用技术研究,满足应急监测快速分析、准确判断的要求。

#### (4) 重视综合分析能力

提高综合分析能力,应综合应用气象、卫生、宣传、环保、核能及核技术利用企业等相关部门信息资料,充分利用各类辐射环境监测数据,实现各系统应急信息的对接共享,科学分析、合理判断,及时发布有针对性和指导性的权威信息,正确引导社会舆论。

### 3.4 加强应急监测全过程的质量管理

目前应急监测质量管理基本上套用环境常规监测质量保证体系,在实施时不可避免地暴露出一些隐患。如未统一监测采样、分析测量时间、分析方法,未统一样品采集、运输保存方法,特别是数据报送信息不全。这在环境常规监测中可以通过比对、修正等方法弥补,但在应急监测时却会造成监测数据不具可比性的严重后果。鉴于此,应加强全程性质量保证及质量控制的计划性,尤其是过去不受重视的采样环节的质量保证。

(1) 建立基于网络的监测分析技术系统。实验室分析测量和数据审核的全过程质量控制,统一标准,统一方法,增加监测数据的可比性。

(2) 建立样品采集、传输、保存等环节相关操作规则,统一测量标准。重点强化辐射环境现场样品采集、保存、运输。

(3) 完善采样方法。①目前气溶胶样品采样量偏低,谱仪测量时缺少合适的刻度源,修正时引入测量误差。特别是多种采样器不同气态的切割特性,导致采集的样品可比性几乎无法考量,分析其测量结果时要充分考虑;②降水时应放置大面积雨水采集器,以保证样品的采样量,气温低时,应采用带加热设备的采集器;③采用湿法采集沉降灰样

品时,应在收集桶内加入深度在 1 cm 以上的蒸馏水,并加适量稀酸,以免造成沉降灰的再悬浮和防止桶壁的吸附。东北地区冬天应采用干法采样。

### 3.5 开展针对性辐射监测能力建设

欧洲、美国等国家在开展辐射环境监测时采用“分散采样、集中分析”的原则,即各监测站点日常只负责实时剂量率测量和传输以及样品采集、运送,中心实验室负责统一测量。在这次应对福岛核泄漏事故应急监测中,我国也采用了该方法。我国辐射监测能力在区域性分布上,华东地区最强,西北地区最弱,有核设施的省份监测能力相对强于无核设施省份<sup>[8]</sup>。

区域发展不平衡部分省级环保监测机构的监测能力只能满足个别监测项目的需要,未能形成有效区域监测中心<sup>[8-9]</sup>。因此,在辐射监测能力建设,应充分考虑人力资源与仪器设备配置配套,重点扶植有专业特色、大型的省级辐射实验室。对区域性理解,除传统的地域概念外,重点要考虑交通便利性,只有这样,才能有效提高监测能力。

在当前信息时代,制定监测方案要考虑公众的关注点和焦虑点,做好舆情收集和应对,监测数据发布应更突出公开性和时效性,网络电子数据发布的方式应普遍采用。

### [参考文献]

- [1] 日本文部科学省. Results of Airborne Monitoring by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology and the U. S. Department of Energy [EB/OL]. [http://radioactivity.mext.go.jp/old/en/1280/2011/05/1304797\\_0506.pdf](http://radioactivity.mext.go.jp/old/en/1280/2011/05/1304797_0506.pdf). 2011-05-06.
- [2] 张建岗,姚仁太,任晓娜,等. 福岛核事故对中国的影响及应急经验[J]. 辐射防护, 2012, 32(6): 362-372.
- [3] 王蕾,郑国栋,赵顺平,等. 日本福岛核事故对我国大陆环境影响[J]. 辐射防护, 2012, 32(6): 325-347.
- [4] 向元益,羊佳,胡飞,等. 福岛核事故期间浙江地区生物样品放射性水平监测[J]. 辐射防护通讯, 2012, 32(2): 47-48.
- [5] RINGBOM A, LARSON T, AXELSSON A, et al. SAUNA: A system for automatic sampling processing and analysis of radioactive xenon[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 2003, 508(3): 542-553.
- [6] 胡丹,丁逊,宋建锋,等. 福岛核事故期间浙江地区大气中氙的监测[J]. 辐射防护通讯, 2012, 32(2): 40-44.
- [7] 陈晓秋,李冰,余少青,等. 日本福岛核事故对应急准备与响应工作的启示[J]. 辐射防护, 2012, 32(6): 348-361.
- [8] 黄国夫,杨维耿,张瑜,等. 辐射环境监测能力评估[J]. 环境监测管理和技术, 2012, 24(1): 5-7.
- [9] 杨维耿,胡晨剑,潘华东. 浅议环保系统辐射环境监测网络现状及发展策略[J]. 环境监测管理和技术, 2012, 24(6): 1-5.

本栏目责任编辑 陈宝琳 李文峻

### • 简讯 •

## 粮食浪费成为全球第三大碳排放源

据路透社报道,近日联合国发表的一篇报告称,全世界因浪费粮食而产生的温室气体排放量仅次于中国及美国,是世界第三大碳排放源。

每年,人类消费的粮食中约有 1/3 (13 亿 t) 被浪费,同时被浪费的还有用于生产和处理这些粮食所需的耕地、农药和水。按生产成本估算,每年浪费粮食的成本约为 7 500 亿美元(其中不包括鱼类和海鲜)。

在这篇题为《浪费食物碳足迹》的报告中,联合国粮食和农业组织估计,每年浪费的粮食产生的碳足迹相当于 33 亿 t 的 CO<sub>2</sub>。如果把它比喻成一个国家,它将成为仅次于中国和美国的第三大排放国。因此,提高粮食的使用效率可以减少温室气体的排放,减缓全球变暖的速度。

在工业化国家里,大部分的浪费源于消费者购买的太多,并将吃不完的食物直接扔掉;而在发展中国家,则主要是因为农业效率低下,粮食储存设施欠缺。

联合国粮食和农业组织说,减少粮食浪费不仅可以减少稀缺自然资源的压力,还可以在 2050 年,将因人口增加而不断提高的粮食供给需求降低 60%。

为此,报告建议改善生产者和消费者之间的沟通方式以便更有效的管理供应链,并将更多地资金用于收割、冷藏以及包装技术等。报告中还指出,应鼓励发达国家(的餐馆)提供小份食物;充分利用剩余饭菜;商业机构应将剩余的粮食捐献给慈善机构;开发有机废物垃圾填埋的替代方式。

摘自 jshb@gov.cn 2013-09-26