

· 环境预警 ·

doi:10.3969/j.issn.1674-6732.2011.02.002

江苏省核辐射突发事件的预警监测体系

陆继根,王凤英,朱晓翔,王万平

(江苏省辐射环境监测管理站,江苏 南京 210019)

摘要:核辐射突发事件的监测预警体系是环境突发公共事件应急管理体系的重要组成部分,对保障核与辐射安全具有重要的意义。介绍了江苏省核辐射突发事件的监测预警体系和辐射监测网络的建设现状,通过对国际辐射预警和监测技术的广泛调研,结合江苏省实际情况,分析应对核辐射突发事件的监测预警体系存在的问题和对策,提出了相应的建设规划和建议。

关键词:核辐射;突发事件;监测;预警

中图分类号:X507

文献标识码:B

文章编号:1674-6732(2011)-02-0005-04

Study of Early Warning and Monitoring System on Unexpected Nuclear Radiation Incident in Jiangsu

LU Ji-gen, WANG Feng-ying, ZHU Xiao-xiang, WANG Wan-ping

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

ABSTRACT: Monitoring and early warning system of nuclear radiation incident plays an important role in the emergency management system dealing with the public environmental unexpected incidents, which has a great importance on nuclear and radiation safety. The current situation of monitoring and warning system of nuclear radiation incident and radiation monitoring network in Jiangsu is introduced. According to the current situation in Jiangsu, problems and countermeasures on the system of monitoring and early warning are discussed by widely investigating global radiation warning systems and monitoring techniques. As a result, some relevant suggestions and recommendations are put forward.

KEY WORDS: nuclear radiation; unexpected incident; monitoring; early warning

0 引言

核辐射,或通常称之为放射性,存在于所有的物质之中,是亿万年来客观存在的,属于正常现象。天然辐射主要有3种来源:宇宙射线、陆地辐射源和体内放射性物质。放射性物质以波或微粒形式发射出的一种能量就叫核辐射,核爆炸和核事故都会产生核辐射。

江苏省是核能和核技术应用大省,拥有田湾核电站和大量的核技术应用单位。田湾核电站是国内目前运行的3个核电站之一,2台百万千瓦机组已于2007年投入商运,核技术利用单位数量位居全国前列。核能和核技术产业的广泛应用和快速发展,在服务社会经济的同时,也大大增加了核辐射突发事件的发生概率,周边地区和境外的反应堆事故(如日本福岛核泄漏事故),均有可能对

江苏省境内造成影响,引发核辐射突发事件。核辐射环境预警监测体系的建设,宗旨是能够在发生突发核辐射环境事故后迅速开展应急监测工作,及时掌握核辐射污染的程度和范围,为保护环境安全和公众健康发挥重要的作用。

1 国外核辐射监测预警系统建设现状

自1960年起,欧洲各国建设了大量的核电站。在核电发展初期,由于认识不足,各国对辐射环境监测的投入较少。1986年切尔诺贝利核事故发生以后,放射性烟云迅速蔓延到芬兰、瑞典、挪威、丹麦和波兰等国,对欧洲各国造成了强烈的震动。

收稿日期:2011-3-23

作者简介:陆继根(1972—),高级工程师,博士,从事核与辐射环境监测、研究和管理工作的。

以法国、德国、英国为首的欧洲各国开始认识到加强辐射环境监测工作的重要性,纷纷开展辐射环境监测关键技术的研究,建设辐射监测自动哨并配备先进的监测仪器,构建完整的辐射环境监测预警网络,实时掌握境内的辐射环境状况,并为突发核辐射事故做好环境应急准备工作。法国政府高度重视辐射环境监测,在全国范围内建立了完备的辐射环境监测系统。其中,环境 γ 剂量率监测哨多达180多个,各监测哨间平均距离55 km,全面覆盖了境内各个城市及核设施厂址外围环境。德国在切尔诺贝利事故后,为了加强对辐射环境的监测,更是在全国范围内设置了2 000多个环境 γ 剂量率自动监测哨,各监测哨间平均距离13 km,覆盖面及建设密度之大居各国之首。英国也建有全国辐射事故监测网,共设有90余个自动监测哨,各监测哨间平均距离78 km,用于空气环境 γ 剂量率水平和气象数据的连续监测^[1-4]。纵观国外核电发展大国的辐射环境监测工作,可以发现,先进国家的预警自动监测系统具有布点密度大、各监测哨间平均距离短和地域覆盖率高等特点。

从自动监测站的辐射探测器类型来看,目前世界各国辐射环境监测系统采用的探头主要以GM计数管和高气压电离室为主,也有部分使用NaI探头,半导体探头现已基本不选用^[5]。各种类型辐射探测器比较及应用情况见表1。

表1 各类型辐射探测器比较

探测器类型	优点	缺点	应用情况
GM计数管	环境适应性强,反应快,成套系统技术较成熟,价格便宜	本底高,精度低,数据离散性大	欧美国家早期使用较多
高气压电离室	本底较低,数据稳定,精度高	仪器的制作技术要求高,价格适中	辐射环境监测系统中广泛选用
NaI探头	反应快,数据稳定,精度高	探头防潮性能差,价格昂贵	因价格问题应用较少

2 江苏省核辐射突发事件的预警监测体系

江苏省自2003年开始进行核辐射突发事件的监测预警体系的建设,目前已初步建成覆盖全省

的核辐射监测预警网络。包括覆盖全省的辐射环境质量监测、污染源监测网络和重点核设施田湾核电站外围辐射环境监测预警网络,网点布设在充分考虑放射性影响的关键途径、关键核素、关键人群基础上,对重点区域、重点流域进行重点布设。

2.1 重点核设施的监测预警

为了实时监控核电站的辐射环境安全,在田湾核电站周围10 km范围设置了7个自动监测哨,对空气中 γ 剂量率实施24 h连续在线监测。并实时将数据传输至省应急监测指挥中心,一旦辐射监测水平出现异常,系统会自动预警并短信告知应急值班人员^[6,7]。考虑到GM计数管的性能问题和NaI探头的昂贵价格,借鉴国内外应用情况,综合考虑各种因素,所有的自动监测站均选用性价比高、性能稳定的高气压电离室作为 γ 辐射的探测器,其技术指标见表2。

表2 高气压电离室的主要技术指标

参数	指标
电离室结构	直径22.4 cm 不锈钢球体(8 L)
测量范围	$1 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-1}$ Gy/h
能量响应	射线能量为70 keV~10 MeV时,误差 $\leq \pm 30\%$ 射线能量为300 keV~3 MeV时,误差 $\leq \pm 10\%$
准确度	辐射强度测值为100 nGy/h时,误差 $\leq \pm 5\%$
温度范围	-25~55℃
角响应	$< 1.2\%$
读数间隔	1 s~1 h

在田湾核电站周围30 km范围内布设153个例行监测点,分项目,按月、季、收获期分别采集大气、陆地环境、海洋环境介质样品,包括气溶胶、沉降灰、降水、牛奶、蔬菜、禽蛋、海产品等样品404个,分析30项放射性核素和指标,每年获取数据4 431个。

为了能够在事故状态下快速响应,核电站监测预警系统还在南京和连云港配置了2辆移动应急巡测车。车内配有多套辐射应急监测仪器设备,能够进行多种应急环境监测项目的现场监测,

并可连续监测数据(γ 剂量率、空气碘、气溶胶总放、气象参数、地理信息等)实时、快速地传至江苏省指挥中心和连云港前沿指挥中心,实现全面的移动应急监测功能。核辐射突发事件发生时,应急监测车辆可按照设定路线完成应急巡测任务,提供最具针对性的区域环境监测数据^[8,9]。移动应急监测系统的功能配置见表3。

表3 移动应急监测系统功能

序号	系统功能配置
1	γ 辐射剂量率测量系统
2	空气碘测量系统
3	气溶胶总放测量系统
4	气象测量系统
5	大面积寻源系统
6	放射性核素分析系统
7	GPS定位系统
8	正压送风系统
9	超大流量气溶胶采样系统
10	视频监控系統

检测结果表明,田湾核电站运行以来,核电站周围大气、陆地和海洋环境介质放射性水平均在天然本底涨落范围内。

2.2 全省辐射环境质量监测网络

区域辐射环境质量状况需要通过长期、系统的监测才能进行有效监控,江苏省建立了包括自动监测站在内的陆地 γ 监测、水体、土壤和电磁环境6大类共28个国控点、272个省控点的监测网络,监测范围覆盖长江、淮河、太湖等重点流域和13个省辖市。

2.3 实验室分析系统

大量环境样品放射性核素分析需要放射性实验室做支撑。江苏省辐射环境监测网络配套实验室2600 m²,配备放射性专用仪器和设备140余台套,能够监测分析电离辐射、电磁辐射、噪声、水质、空气5大类共43个项目。同时,在连云港设分站,配有全面的样品采集和前处理设备,具备各类样品采样、前处理和基本放射性分

析能力。实验室分析大型监测仪器设备详细技术参数见表4。

表4 常用大型监测仪器设备主要技术参数

序号	名称	主要测量项目	技术指标
1	低本底 α 、 β 测量系统	总 α 、 β 活度	对 ²³⁹ Pu α 源的 2π 探测效率比 $\geq 80\%$ 时,本底 ≤ 0.5 cpm;对 ⁹⁰ Sr— ⁹⁰ Y β 源的 2π 探测效率比 $\geq 60\%$ 时,本底 ≤ 0.05 cpm
2	高纯锗 γ 谱仪	¹³¹ I、 ¹³⁷ Cs、 ⁶⁰ Co、 ²³⁸ U、 ²²⁶ Ra等人工或天然放射性核素	⁶⁰ Co 1 332.5 keV峰:效率 $\geq 60\%$,分辨率 ≤ 1.95 keV
3	低本底 液闪谱仪	³ H、 ¹⁴ C	³ H:效率 $\geq 65\%$,本底 ≤ 1.2 cpm ¹⁴ C:效率 $\geq 95\%$,本底 ≤ 0.3 cpm

近年来江苏省辐射环境质量监测结果表明:全省长江、淮河、太湖流域共15个断面水中天然及人工放射性核素、 γ 辐射剂量率、气溶胶、土壤中天然及人工放射性核素、空气中氡浓度均保持在本底水平范围内;重点饮用水源地水中放射性水平符合国家标准要求。

3 突发核辐射事件的应急监测

2011年3月11日,日本本州岛附近发生强震和海啸,引发日本福岛核电站发生核泄漏事故,并上升为核危机。为防范日本核辐射对中国的影响,3月12日,江苏省立即启动核辐射应急监测预案,全面开展覆盖全省的核辐射监测工作。在全省布设大气采样点17个,并利用田湾核电站外围7个辐射环境自动监测站,对空气、沉降灰、降水进行加密采样全分析,密切监控日本核泄漏事故可能对江苏省造成的辐射环境影响。同时,组织实施沿海地区移动监测,辐射环境应急巡测车立即开赴沿海敏感区域,实时巡测预警。截至3月22日,全省共有近100人参与辐射环境监测应急工作,采集220多个样品,获取监测数据20000余个,并及时在网上公布监测结果。江苏省应对日本核泄漏事故自动监测结果汇总情况见图1。表明目前江苏省辐射环境未发现任何异常,日本福

岛核电站灾害尚未对江苏环境造成放射性影响。

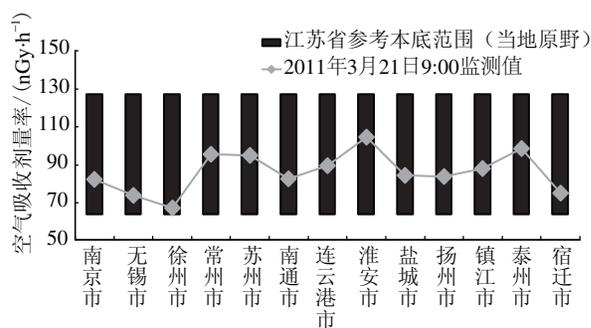


图1 江苏省辐射环境空气吸收剂量率监测结果

4 建议

4.1 加强核辐射环境自动监测预警网络建设

江苏省目前仅南京、苏州和连云港等市设有辐射环境自动监测站。自动监测站点密度低,各监测站之间的平均距离长,地域覆盖率低,特别是沿海地区如盐城和南通尚未建成自动监测站,无法在近距离第一时间对核辐射环境进行预警。应当适当地增加省内辐射环境监测站点数量、扩展监测站点设备配置和功能,进一步完善辐射环境自动监测预警网络。

4.2 提升辐射环境监测自动化水平

与欧美发达国家相比,中国在辐射环境监测分析自动化设备配置上存在较大差距,目前自动监测站仅实现了对 γ 剂量率的自动监测,建议下一阶段重点引进部分辐射项目的监测自动采样、分析设备,实现样品预处理自动化,提高监测采样及实验室分析效率。同时增加自动监测内容,如对放射性¹³¹I、惰性气体和特征 γ 核素等项目自动采样和实时监测,提升监测预警的技术水平。

4.3 增强移动应急监测能力

核辐射事故应急状态下,在第一时间、指定地点获取监测数据对于应急决策非常重要。目前省内仅有2辆应急巡测车,无法有效覆盖江苏省地域,亟需配置应急监测设备和车辆,增强移动应急监测能力,实现核辐射突发事件状态下快速移动、区域多点测量和实时传输监测数据。

4.4 完善预警工作体系,提高综合分析水平

及时做好每一次核辐射应急监测任务和演习的总结和经验反馈,及时调整和优化应急监测

预案和实施程序,加强对监测数据的分析研判,提高监测分析水平。努力加强核辐射应急监测机构能力建设,完善应急监测预案,建设规范有序和高效地开展核辐射突发事件的预警监测工作体系。

5 结语

此次日本福岛核电站先后发生爆炸,造成了放射性物质泄漏的核安全事故,核辐射的监测预警工作迅速成为公众和媒体关注的焦点。建立健全核辐射突发事件的监测预警体系,是突发公共事件应急管理体系的重要组成部分,对保障核与辐射安全具有重要的意义。在促进核能、核技术合理开发利用的同时,为避免核辐射失控造成环境污染、危害公众安全,加强核与辐射事故应急机制的建设,强化辐射行业从业人员及公众核与辐射安全理念,对确保辐射环境安全、促进社会和谐发展具有十分重要的现实意义。

[参考文献]

- [1] IAEA-TECDOC-1092, Generic Procedures for monitoring in a nuclear or radiological emergency[S].
- [2] MURATA Y, HORIUCHI N. The development of a direct-gamma ray monitoring system for nuclear plants [J]. Nuclear Science, 1992,39(3): 457-460.
- [3] 潘自强. 核能发展与事故应急[J]. 辐射防护, 2007, 27(1):1.
- [4] 黄彦君,上官志洪,赵锋,等. 欧洲的辐射环境监测[J]. 辐射防护通讯, 2008(4):16-22.
- [5] 夏恒新. 核辐射监测技术的形势与发展[J]. 放化研究, 2005(3): 32-34.
- [6] 王凤英,朱晓翔. 田湾核电站外围环境 γ 辐射连续监测系统开发研究[J]. 中国辐射卫生, 2009, 18(4): 458-460.
- [7] 朱晓翔,王凤英. 田湾核电站环境 γ 辐射连续监测告警系统设计探讨[J]. 中国辐射卫生, 2009, 18(3): 334-336.
- [8] 陆继根,朱晓翔. 核应急监测车在田湾核电站应急区域的初步应用[J]. 中国辐射卫生, 2010, 19(2): 211-213.
- [9] 朱晓翔,陆继根,张起虹,等. 田湾核电站核应急环境监测车载系统设计[J]. 中国辐射卫生, 2009, 19(2): 205-206.