

# 我国海洋核事故应急监测与环境 评价所面临的问题及对策

谢骏箭<sup>1,2</sup>, 周 鹏<sup>2</sup>, 蔡建东<sup>2</sup>, 方宏达<sup>2</sup>, 李冬梅<sup>2</sup>,  
黄楚光<sup>2</sup>, 蔡伟叙<sup>2</sup>, 陈嘉辉<sup>2</sup>, 唐 泉<sup>1</sup>

(1. 南华大学 核科学技术学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 国家海洋局南海环境监测中心, 广东 广州 510300)

**摘 要:** 针对目前我国海洋环境保护工作所面临滨海核电站/核设施事故泄漏、跨界输入的外源性核污染、海上移动/航空飞行器核设施的事故等三大核污染源的威胁, 深入剖析我国海洋核事故应急工作的现状和不足, 并提出自己的某些看法或建议, 以期待为完善海洋核事故应急监测评价及应急方案制定提供参考。

**关键词:** 海洋核应急; 放射性; 监测与评价; 对策

**中图分类号:** X837      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007-6336(2015)04-0622-08

## Some countermeasures on marine nuclear accident emergency monitoring and environment assessment

XIE Jun-jian<sup>1,2</sup>, ZHOU Peng<sup>2</sup>, CAI Jian-dong<sup>2</sup>, FANG Hong-da<sup>2</sup>, LI Dong-mei<sup>2</sup>,  
HUANG Chu-guang<sup>2</sup>, CAI Wei-xu<sup>2</sup>, CHEN Jia-hui<sup>2</sup>, TANG Quan<sup>1</sup>

(1. School of Nuclear Science and Technology, University of South China, Hengyang 421001, China; 2. South China Sea Environment Monitoring Center, SOA, Guangzhou 510300, China)

**Abstract:** The present status of marine nuclear accident emergency is discussed in the paper, with three significant threats to marine environment from nuclear and radioactive pollution, i. e. the coastal nuclear power plant/nuclear facilities leakage accident, the input offshore of exogenous nuclear pollution across borders, and maritime mobile/aviation aircraft accident of nuclear facilities. Finally, some countermeasures are given to help to perfect marine nuclear accident emergency monitoring and assessment and formulate emergency plans.

**Key words:** marine nuclear accident emergency; radioactive; marine environment monitoring and assessment; countermeasures

核电作为一种清洁能源它的排放实际上是一种“近零排放”, 核能链发生事故的几率是很小的<sup>[1]</sup>。对于我国来说, 核电对满足电力需求, 优化能源结构, 保障能源安全, 促进经济持续发展具有战略性意义, 同时也是实现二氧化碳减排目标, 实现能源 (energy)、经济 (economy)、环境 (environment) (3E 系统) 协调发展的有效途径<sup>[2]</sup>。但

必须看到, 核事故的发生概率低并不意味着是零。核电站安全运行有利于社会、经济的发展, 但是一旦发生事故又会酿成巨大的灾难。1979 年 3 月 28 日的美国三哩岛、1986 年 4 月 26 日的前苏联切尔诺贝利和 2011 年 3 月 11 日日本福岛发生的重大核事故, 全球平均不到 9 年发生 1 起核泄漏突发事件, 导致全球反思核电站安全管理和核电站

收稿日期: 2014-09-11, 修订日期: 2014-11-17

基金项目: 国家海洋局南海分局海洋科学技术局长基金项目 (1332, 1333)

作者简介: 谢骏箭 (1990-), 男, 湖南衡阳人, 在读研究生, 研究方向辐射防护专业, E-mail: 344981510@qq.com

通讯作者: 周 鹏 (1976-), 男, 河南开封人, 工程师, 目前主要从事海洋放射性监测与评价、海洋核事故应急研究和同位素海洋化学研究, E-mail: samzhou2@126.com

安全隐患<sup>[3-5]</sup>。

2011年3月日本福岛核事故造成大量放射性废水直接排放入海,使日本附近海域、西太平洋海洋环境及周边国家受到核泄漏事故的直接影响,甚至个别海域已形成核辐射污染区,这一核污染区域将长期存在,对海洋生态环境产生长期影响和威胁。福岛核事故不仅给国际核电行业带来了深刻影响,而且给整个核应急系统也要进行深刻反思。因此,作为核事故应急的一个重要部分,海洋核事故应急也愈显重要。由于核应急工作涉及面广、技术性强、社会影响大、政治和外交敏感度高,因此,开展海洋核事故应急监测和技术研究,优化应急方案、合理配备应急资源、提高核事故应急监测能力,最大限度减少核事故对人身、财产安全以及环境生态的影响,已经成世界各国应对核事故的研究课题之一。本文基于我国海洋环境保护工作目前所面临核污染源的威胁和海洋核事故应急的现状,深入剖析我国海洋核事故应急工作与国外发达国家或地区的差距,并针对我国海上核应急网络建设体系尚未健全、应急监测技术与预警能力整体上存在明显不足、以及海洋核事故事故后果评估技术和风险技术研究亟待进一步发展等问题提出自己的某些看法或建议,以期待为完善海洋核事故应急监测评价及应急方案制定提供参考,促进我国海洋核事故应急监测与评价工作的科学、健康和可持续发展。

## 1 我国海洋核事故应急监测面临的问题

核应急(辐射)监测是指在核电站或核设施发生或怀疑发生核事故时,对环境辐射水平进行监测。其目的是为了快速和详尽地收集辐射数据,以协助评价核事故后果及考虑应采取的防护措施。它包括研究与制定应急方案、统筹及进行各项辐射监测、取样及分析工作;评价核事故的性质、影响程度及范围;以及建议所需的防护措施等多项内容。

海洋核事故应急是核事故场外应急的一部分,海洋核事故监测也是核应急专业技术支持体系之一。核应急是核电站纵深防御的最后一道防线。总的来说,核应急监测的目的是为了尽可能

及时提供关于事故可能带来的辐射影响方面的测量数据,以便为剂量评价和防护行为决策提供技术依据<sup>[6]</sup>。确保在万一发生核事故的情况下,迅速采取应急措施,将放射性危害减少到最低的程度,有效地保护工作人员、保护公众、保护环境。目前我国绝大部分在运行及在建的核电站分布在沿海地区,对突发核事故应急准备是否充分、应急响应是否及时是缓解和处理核事故的关键。

我国海洋核事故的威胁目前主要包括三个:(1)近岸(或滨海)核电站/核设施发生核事故;(2)包括日本、韩国、台湾等相邻国家和地区的滨海核设施发生核事故泄漏,流入海洋造成我国近海、近岸海域的跨界输入的外源性核污染;(3)海域海上移动核设施(如核潜艇)、涉核航天器坠落事故所造成我国海洋核污染。表1和表2给出了部分核电站核事故和部分海水移动核设施(如核潜艇)、涉核航天器事故。这些海上核事故险情泄漏的特点是突发性强、容易造成人员群死群伤、海上和沿岸大面积污染及生态系统破坏等重特大事故。应急、救援、污染防控难度大,对应急设施、工作人员自身的要求高。海上事故通常还会引发多重连锁反应,任何一个环节出现问题都可能导致错过最佳救助时机和降低应急工作成效。

表1 核电站事故概括

Tab.1 The summarization of the nuclear power plant's accidents

| 名称            | 时间         | 地区            | 事故等级 |
|---------------|------------|---------------|------|
| 温茨凯尔反应堆事故     | 1957-10-07 | 英国英国坎布里亚郡     | 5级   |
| 美国国家反应堆试验站事故  | 1961-01-03 | 美国爱达荷州瀑布市     | 4级   |
| 三哩岛核泄漏事故      | 1979-03-28 | 美国宾夕法尼亚州      | 5级   |
| 布宜诺斯艾利斯临界装置事故 | 1983-09-23 | 阿根廷布宜诺斯艾利斯    | 4级   |
| 切尔诺贝利事故       | 1986-04-26 | 前苏联(现属乌克兰)基辅州 | 7级   |
| 福岛第一核电站事故     | 2011-03-11 | 日本福岛          | 7级   |

表2 严重海水移动核设施(如核潜艇)、涉核航天器/飞行器坠落事故

Tab.2 The grievous accidents of removable nuclear facilities in the sea (such as nuke) and the falling of aircrafts and satellites with nuclear power

| 事故                        | 时间         | 影响海域     | 备注   | 引用文献       |
|---------------------------|------------|----------|--|------------|
| 核动力潜艇或船只事故                |            |          |  |            |
| 俄罗斯 Kursk 号核潜艇            | 2000-08-12 | 巴伦支海     | 艇上 118 人全部遇难,大量核物质泄漏   | [7]        |
| 前苏联 Kosmomolets           | 1989-04-07 | 巴伦支海     | 约 21 TBq 的 <sup>239</sup> Pu 入海  | [8]        |
| 前苏联旅馆 I 级 K-19 号核潜艇       | 1972-02-24 | 北大西洋纽芬兰岛 | 21 名艇员遇难,16 枚核导弹大部分被海水压裂,导致核物质泄漏   | [8]        |
| 航空飞行器坠毁                   |            |          |  |            |
| 美国 SNAP-9A                | 1964-04-20 | 印度洋      | 释放 $5.55 \times 10^{14}$ Bq 的 <sup>238</sup> Pu                            | [9-12]     |
| 宇宙空间站 'Mars' 96 的核动力发动机事故 | 1996-11-19 | 南太平洋深海海域 | 释放出 0.17 PBq 的 <sup>238</sup> Pu   | [13]       |
| 宇宙空间站 Apollo 13 的核动力发动机事故 | 1970-04-11 | 南太平洋深海海域 | 释放出 1.6 PBq 的 <sup>238</sup> Pu 和 1.2 TBq 的 <sup>239</sup> Pu              | [14]       |
| 载有核武器的飞机坠毁                |            |          |  |            |
| 西班牙帕罗马事故 Spain Palomares  | 1966-02-17 | 地中海西部海域  | Pu 主要沉降到陆地,只有小部分(据估算最多为 1.4 TBq)进入海洋环境                                     | [15-17]    |
| 格陵兰图勒 Greenland Thule     | 1968-01-21 | 格陵兰      | 事故后对冰层开展了大规模清除工作,但海洋中残余的 <sup>239</sup> + <sup>240</sup> Pu 污染物约占 5-15 TBq | [15,18-19] |
| 美国 B-52 飞机事故              |            |          |  |            |

当前核电事业在我国正蓬勃发展,截至 2012 年 12 月 31 号,我国共有 46 台核电机组,其中 17 台正在运行,29 台处于建造中,在建核电机组数量位居全球第一,核电事业已经进入体系化、规模化的快速发展阶段<sup>[20]</sup>。我国核电机组主要建设在沿海地区,核电站数量的增加及其运行时间的延长,亦会增加核事故发生的几率,从而给海洋环境造成高放射性污染的压力。面临日益增大的压力,开展海洋核事故应急监测和技术研究显得尤为重要。

2013 年 6 月 30 日国务院应急办和国家核应急办批准修订版《国家核应急预案》已获国务院批准并向社会公布,修订版预案在 2005 年版预案基础上,总结了近年国内国际包括汶川特大地震和日本福岛核事故等核应急工作的经验与教训,是新时期指导我国核应急工作的权威文件,对指导我国海洋核应急工作、健全我国海洋核事故应急体系以及提升海洋放射性应急监测与预警能力具有十分重要的意义。

## 2 我国海洋核事故应急监测与评价体系存在的问题及对策

欧美等发达国家,都具备相对完善的核事故海洋监测和应急措施,如德国建立了综合测量与

信息系统(IMIS),对德国全境的辐射环境进行日常监测,所有的监测数据将被发送到位于 Neuherberg 的联邦辐射防护办公室(BfS)的数据中心,经过分析处理后送交联邦环境、自然保护与核能安全部(BMU),并在网络上发布<sup>[21-22]</sup>,使民众可以即时了解相关信息。早在上世纪 80 年代末期,我国香港地区就开始实施监测香港环境辐射水平的长期变化,并在大亚湾核电站运营之初就建立了核应急监测评价体系,并且逐渐形成了一套完善、健全的包括“核事故监察、环境辐射监测计划、香港环境伽玛辐射水平以及应急辐射监测及评价”等内容的环境“辐射监测、评价及防护”体系;应用实验室样品分析、伽玛辐射水平实时在线监测系统、航空遥感监测等多种技术手段对香港及其周边海域水质、沉积物/土壤、生物体和海洋大气进行监测和评价,并通过网络等多种媒体每天发布“香港环境伽玛辐射水平、预测源自日本福岛核电站的气团路线、香港空气样本检测到的人工放射性核素水平”等<sup>[23-24]</sup>。

目前,我国已经初步建成了国家核应急响应、核应急监测、核辐射防护等 8 个专业技术支持中心,6 支应急救援分队,以及环境、海洋、食品和饮用水等 4 个辐射监测网络,并组织各类核应急演练 300 多次。2011 年 3·11 福岛核事故发生以

后,国家海洋局迅速启动应急机制,并在我国近海管辖海域持续开展放射性跟踪监测;并且在西太平洋公共海域开展放射性监测,截至2013年底共进行了6个航次的放射性专业调查。为有效应对日本福岛核事故泄露,维护国家权益、保障人民健康和保护海洋生态环境起到了积极促进的作用。然而,我们必须清楚地认识到我国海上核应急网络建设体系尚未健全、应急监测与预警能力整体上存在明显不足。早在上世纪90年代,我国已经建立一套包括放射性监测在内的覆盖全国管辖海域的海洋环境监测网络,并为有效应对日本福岛核事故泄露、保护海洋生态环境、维护国家权益和保障人民健康起到了积极促进的作用,但仍然存在一些问题。

## 2.1 海洋放射性监测能力参差不齐、地区发展不平衡

国家级海洋放射性监测能力参差不齐、发展不平衡,严重制约我国海洋放射性监测与核事故监测工作开展。总体来说,在不同的核事故中释放的放射性核素通常有 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{100\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{134}\text{Cs}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、 $^{58}\text{Co}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、 $^{54}\text{Mn}$ 等<sup>[25]</sup>。而目前对海洋中的放射性监测方面,国家海洋第三海洋研究所和国家海洋局南海分局早在上个世纪六七十年代已经先后建立海洋放射性专业实验室,具备海洋核事故应急能力。但是由于历史的原因,其他海洋系统单位海洋放射性监测和核事故应急能力发展缓慢,有待于进一步提高。就我国海洋核事故应急监测总体水平而言,我国海洋放射性监测和核事故应急技术能力,应急队伍配备建设等方面参差不齐;就地区而言,我国海洋放射监测能力较强的单位主要集中在我国东南部海域,海洋放射性监测和核事故应急能力地区发展不平衡,严重制约我国海洋核应急工作的发展。沿海省(自治区、直辖市)级海洋主管部门海洋放射性监测极其薄弱,严重缺乏海洋放射性应急监测的经验。2013年5月国家海洋局环境生态保护司就我国沿海的辽宁、山东、江苏、浙江、福建、广东、广西、海南8个省(区)海洋主管部门的海洋放射性能力进行调研。结果发现,我国沿海各省(区)海洋主管部门均未具有海洋放射性监测、海洋放射性实验室建设方面的经验,亟需指导。沿海各级政府及海洋监管部门均未清晰认识到放射性常规监测及应急监测的地方海洋行政管理职能,

甚至个别省份海洋主管部门尚未参加其所在省份的省级核事故应急委员会。

新《国家核应急预案》明确强调实行国家、省、核设施运行单位和上级主管单位三级核应急管理体制。依据国务院相关法规和预案对海洋部门在核事故和辐射事故应急工作中职责的调整,以及近年来海洋部门内部对核事故和辐射事故应急工作的职责和分工的调整,《海洋核事故应急监测预案》对海洋核事故和辐射事故应急组织及其职责进行了修订;明确各级海洋行政部门的职责,规定海洋行政管理部门应当指定海洋环境监测机构承担辖区内的海洋核事故和辐射事故应急监测工作,增加核与辐射应急监测基地等相关海洋放射性应急监测机构及其职责,增加地方海洋行政主管部门的应急组织对海洋核事故的应急响应内容和核事故应急流程,便于指导地方应急组织开展海洋核事故应急工作。

## 2.2 海上核应急体制条块化明显、亟需达成整体联动

中国海洋灾害应急预案健全了核应急反应机制,但中国的海上核应急体制条块分割比较明显,危机管理职能由多个不同的政府部门承担,相互之间的整体联动机制还不够健全。2013年6月9日国务院新“三定”方针赋予重组后的国家海洋局新的职能,并以中国海警局名义开展海上维权执法<sup>[26]</sup>。此举将推进海上统一执法,提高执法效能,终结我国海洋维权“九龙治海”局面,更有助于健全包括核应急在内的海洋应急反应机制,有助于探讨建立“国家海洋局—海区分局—沿海各省海洋主管部门”海洋核事故应急的协调机制,促进海洋应急监测工作的发展。

## 2.3 发展海洋核应急的监测技术,建立健全海洋核事故应急监测网

海洋放射性监测实际上是测定海洋中的放射性核素,围绕采样—制样—测量—数据分析这样一个过程实施,测量对象的放射性水平决定了所能利用的仪器设备、采样量、采样方法和制样方法<sup>[27]</sup>。早在上世纪70年代末,海洋主管部门相继颁布实施了《海洋污染调查暂行规范》(国家海洋局,1979)、《海洋监测规范 放射性核素分析》(HY/T003.8-91)(已废止)、《我国近海海洋综合调查与评价专项技术规程》(国家海洋局,2006)<sup>[28-30]</sup>;为进一步规范海洋放射性监测工作,

确保实验室分析方法的统一,2011年颁布了《海洋放射性监测技术规程》(暂行)<sup>[31]</sup>。这一系列的规范(或方法)在海洋放射性的监测的介质、要素、仪器与方法都有了很大的改进与提高,积极、有效地推进海洋放射性监测工作的发展。然而,由于某些原因这些方法一直未能上升为国家标准方法,且在应用过程中存在某些错误或不足<sup>[32]</sup>。

随着科技的发展,原分析方法采集样品量大、分析过程繁琐等缺点也随之显现,以传统的放射性测量方法测量已不适合于大面积海域、大批量样品的采集与测量<sup>[27]</sup>。因此,在开展传统海洋放射性监测的同时,也需要开展海洋走航式监测<sup>[33-34]</sup>、岛屿上的陆基监测系统、海上放置固定的浮标监测、航空遥感监测等先进技术研究,并且通过无线电、卫星和互联网进行数据交换,组成一个实时在线连续监测系统,能够对海洋中的放射性进行连续在线测量<sup>[35]</sup>,为海洋核应急评价和预警工作快速提供、准确、有效的监测数据。

#### 2.4 海洋放射性污染生态风险评价技术需进一步发展

在海洋放射性污染生态风险评价方面,主要采用《海水水质标准》(GB3097-1997)<sup>[36]</sup>、《食品中放射性物质限制浓度标准》(GB 14882-94)<sup>[37]</sup>等标准;这些评价标准主要基于以人为核心的辐射防护评价,不仅存在评价要素较少,而且评价方法过于简单等不足。尤其是《海水水质标准》(GB3097-1997)只涉及海水中<sup>137</sup>Cs、<sup>134</sup>Cs、<sup>60</sup>Co、<sup>58</sup>Co和<sup>106</sup>Ru五种核素,评价要素过少,已经不适合目前海洋环境监测与评价的要求。

随着辐射防护和环境保护以及可持续发展概念的不断发展,保护了人类也就保护了其它物种的辐射防护观点逐渐受到质疑,电离辐射对非人类物种的影响开始受到关注。早在上世纪40年代,国外就开始研究辐射对水生生物的影响,积累了不少资料;国际原子能机构(IAEA)推荐的估算水生生物长期后果的逐步逼近计算程序,值得指出的是,由于天然场所影响因素过于复杂,在方法学上很难实施严格的标准<sup>[38-41]</sup>。1976年IAEA明确地提出要考虑非人类物种的保护问题,在上世纪80年代国际上一些组织开始考虑海洋废物对非人类物种的影响<sup>[42]</sup>;在1996年斯德哥尔摩召开得“电离辐射:自然环境保护”的国际会议上,联合国原子辐射效应科学委员会(UNSCEAR)发

表了“辐射对环境的影响”的报告,系统评估了电离辐射对非人类物种的影响<sup>[43]</sup>。2000年国际放射防护委员会(ICRP)成立了一个专门研究环境保护问题的工作组,并提出了非人类物种电离辐射影响评价框架<sup>[44]</sup>,并且2003年发表了第91号出版物“非人类物种电离辐射影响评价框架”<sup>[45]</sup>,提出了环境政策和建立人类及非人类物种辐射影响评价的共同框架,并初步确定了11种参考动物和参考植物,这对制定国际公认的非人类物种辐射效应评价方法和环境保护政策有重要作用。随着环境中动植物辐射生物效应和评价方法,包括参考动植物、参考剂量学模型、量和单位等相关资料的不断积累和完善,国际认可的明确用于环境保护的准则或标准将会产生<sup>[44,46-49]</sup>。

#### 2.5 开展海洋核事故后果评估技术研究,进一步加强海洋核应急的监测数据交换平台和预警系统的建设

核事故后果评估系统主要是根据辐射源项的资料(即事故释放源的资料,包括放射性物质的释放总量和各种放射性物质的相对比例等数据)及气象数据,这套系统是模拟核事故所泄漏的放射性物质在空气中的扩散情况、预测民众可能受到的辐射剂量以及周边环境的影响。国家海洋局负责组织开展海洋生态环境保护工作、组织编制并实施海洋观测网规划,发布海洋预报、海洋灾害警报和公报,建设海洋环境安全保障体系,参与重大海洋灾害应急处置<sup>[24]</sup>。在海洋环境监测与评价、海洋预报、海洋灾害警报以及重大海洋灾害应急处置等方,海洋主管部门和科研机构具有独特技术和人才优势,因此海洋主管部门可科研部门应该加强优势资源整合,依据现有的监测网开展科学地海洋放射性监测工作、并充分发挥海洋预报、灾害预警等技术优势,加强开展海洋核事故后果的评估技术研究。

欧盟为加强核事故辐射监测数据交换平台和预警系统的建设,在欧洲各国辐射环境监测网络的基础上开发了欧洲委员会辐射紧急通知系统(ECURIE)和欧洲辐射环境实时监测数据交换平台(EURDEP),这能够快速实时了解全欧洲的辐射环境信息,在核事故应急时发挥作用<sup>[50]</sup>;欧盟还开发的实时在线决策支持系统(RODOS),它是由多模块组成的一个庞大的模式链系统,主要任务是提供核事故时和事故后辐射照射的信息,为

实施统一而协调的应急响应提供决策支持<sup>[51]</sup>。与发达国家相比,我国海洋核应急的监测数据交换平台和预警系统的建设仍然存在明显的不足之处。作为海洋主管部门,在开展海洋核应急的监测与放射性污染生态风险评价的同时,也应该加强开展海洋核事故后果评估技术研究,构建海洋核应急的监测数据交换平台和预警系统,建立海洋放射性应急信息沟通与协调联动机制,健全海洋环境应急网络和应急队伍,加强应急队伍培训和演练,健全应急仪器、设备装备和物资准备机制,做好应急物资、装备、人员和技术准备,不断提高海洋应急救援能力。

#### 2.6 针对海洋放射性管理所需的技术和政策法规还比较薄弱

核应急法律法规和预案是做好核应急工作的支持与保障,国家在高度重视核应急工作的同时,需进一步制定与海洋相关的核应急工作规定,明确相关方的职责、权利、义务以及相关的工作流程。有关部门可以针对中国核电站基本建设在海边的整体情况,进行考察调研,制定一个适用于全国海上核应急工作的规定;环境监测方案的设计应找出其中对贡献最大的关键照射途径、关键核素和受照最大的关键人群组。以这“三关键”为核心,并在全面考虑其他可能核素、途径、污染来源的基础上,采用代价-利益权衡的方法制定出监测计划<sup>[52]</sup>。

我国核电事业发展迅速,但是在相关领域的海洋环境放射性风险评估、管理技术、海洋核事故应急处理、事故后处理、监测技术的研究及核应急舆论宣传导向等方面依然相对薄弱,远远滞后于核电建设。日本福岛核电站事故的教训使得该问题显得尤为突出,民众发生“抢盐”和“担心海产品安全”等问题的产生即是很好的说明。我国正在吸收日本福岛核事故的深刻教训,加强“全面加强核电安全管理,加快建设核电安全标准法规体系,提高核事故应急管理和响应能力,强化核电安全社会监督和舆论监督”。因此,开展海洋放射性管理所需的技术和政策法规研究,为海洋管理部门在监管海洋放射性污染时提供科学决策依据和技术支撑,不仅有利于锻炼海洋核应急队伍、提高海洋核应急能力,更有利于做好充分的海洋核应急准备,并且将突发事件对公众和环境的危害程度降至最低。

### 3 结 语

虽然我国海洋核应急方面有了较大的进步,但与欧美等发达国家相比还是有明显地差距,日本福岛核事故更为我国海洋核应急敲响了警钟。我们要深刻认识做好突发海洋核事件和辐射事件应急工作的重要性和紧迫性,进一步增强责任感和使命感,牢固树立常备不懈的思想;要不断修订、完善海洋核和辐射应急预案,明确有关海洋行政管理机构和海洋环境监测工作人员的职责;充分利用、有效整合海洋核事故应急监测资源,建立健全海洋核和辐射应急监测网络和应急队伍,加强海洋核事故应急队伍的培训和演练;做好海洋应急物资储备和设备装备、交通和通信保障、及应急技术准备,突发核事件和辐射事件时能迅速、有效、规范地开展海洋核事故应急工作,最大程度地减少核和辐射事件造成的人员伤亡和社会影响,保障公众身体健康,维护社会稳定。为此,笔者提出了以下几点建议:

(1)核应急法律法规和预案是做好核应急工作的支持与保障,开展海洋放射性管理所需的技术和政策法规研究,健全我国法律法规和环境监测方案,使海上核应急工作得到制度保障,为海洋管理部门在监管海洋放射性污染时提供科学决策依据和技术支撑。

(2)针对国家级海洋放射性监测能力参差不齐、沿海省(自治区、直辖市)级海洋主管部门海洋放射性监测极其薄弱等问题,应该多组织应急演练,锻炼队伍,以提高海上核应急反应能力,特别是要让海洋放射性监测发展好的单位或地区指导发展较差的单位或地区;整合资源,确保海上核应急工作快速、有效实施。

(3)加强海上应急监测网络建设。目前我国的海上应急监测网络建设还处于规划阶段,还要向欧美、日韩等发达国家学习。我们可以通过在海上放置固定的浮标、在岛屿上的陆基监测系统以及巡查船上放置的仪器等所采集的数据,使用无线电、卫星和互联网进行数据交换,组成一个实时在线连续监测系统,对海洋中的放射性进行连续在线测量。该系统可对我国海域周边众多核电站进行长期监测,在核泄漏发生时能够第一时间发现并及时报警。

(4)加强以海洋非人类物种的放射性污染生

态风险评价技术研究、开展海洋核事故后果评估技术研究,进一步加强海洋核应急的监测数据交换平台和预警系统的建设。

(5)加强应急队伍的建设。目前我国已建、在建核电厂分布广泛,应急队伍的建设如何适应核电的快速发展,是值得研究的重要问题。根据我国核应急资源和核应急响应技术队伍的实际状况,参照国家标准与国外的经验,在全国范围内建立配套齐全的海上应急响应分队可能是比较可行的方案,这要列入国家规划进行安排。

(6)深化国际与地区合作交流,营造良好发展环境。我国核事业已进入快速发展阶段,扩大、深化国家与地区合作和交流,对于我们持续提升核安全、海洋核应急技术水平有着重要意义。

#### 参考文献:

- [1] 潘自强. 核与辐射事故中社会响应问题[C]//21世纪初辐射防护论坛第九次会议—日本福岛核事故专题研讨会论文集. 扬州,2011:1-2.
- [2] 杨志梁. 我国能源、经济和环境(3E)系统协调发展机制研究—基于能源生态系统视角[D]. 北京:北京交通大学,2012.
- [3] 潘自强. 核能与事故应急[J]. 辐射防护,2007,27(1):1-5,18.
- [4] 蒋跃进. 福岛核电站核泄漏导致海洋放射性污染引发的启示和警示[C]//第四届广东海事高级论坛论文集. 大连:大连海事大学出版社,2012:477-484.
- [5] BUESSELER K, AOYAMA M, FUKASAWA M. Impacts of the Fukushima Nuclear Power Plants on marine radioactivity [J]. Environ Sci Technol,2011,45:9931-9935.
- [6] 夏益华,陈凌,马吉增,等. 核应急监测分队手册[M]. 北京:原子能出版社,2009.
- [7] 张积贤,阎修俊,曹志荣.“库尔斯克”号核潜艇事故的启迪与教训[J]. 中国造船,2001,42(1):80-85.
- [8] LIVINGSTON H D,POVINEC P P. Anthropogenic marine radioactivity[J]. Ocean & Coastal Management,2000,43:689-712.
- [9] KREY P W. Atmospheric burnup of a plutonium-238 generator [J]. Science,1967,158:769-771.
- [10] PERKINS R W,THOMAS C W. Worldwide fallout. In: HANSON W C (Ed.), Transuranic elements in the environment. US DOE/TIC-22800 [R]. Washington, D C: US Department of Energy (USDOE), Office of Health and Environmental Research (OHER). 1980:53-82.
- [11] 邹文良,徐红. 环境介质中钚水平及其监测[J]. 新疆环境保护,1991,13(1):29-33.
- [12] HAMILTON T F. Linking legacies of the cold war to arrival of anthropogenic radionuclides in the oceans through the 20th century [R]. In: LIVINGSTON H D (Ed.), Marine Radioactivity, Radioactivity in the environment. Elsevier,2005:23-78.
- [13] DOBRY J T J. Transuranic elements in space nuclear power systems. In: HANSON W C (Ed.), Transuranic elements in the environment. US DOE/TIC-22800 [R]. Washington, D C: US Department of Energy (USDOE), Office of Health and Environmental Research (OHER),1980:83-85.
- [14] IAEA. Inventory of accidents and losses at sea involving radioactive material [R]. IAEA-TECDOC-1242. Vienna: International Atomic Energy Agency,2001,76.
- [15] MITCHELL P I, VINTRÓL L, DAHLGAARD H, et al. Perturbation in the  $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$  global fallout ratio in local sediments following the nuclear accidents at Thule (Greenland) and Palomares (Spain) [J]. Science of the Total Environment,1997,202:147-153.
- [16] PAPUCCI C, CHARMASSON S, DELFANTI R, et al. Time evolution and levels of man-made radioactivity in the Mediterranean Sea. In: GUEGUENIAT P, GERMAIN P, METIVIER H (Eds.), Radionuclides in the oceans, inputs and inventories [R]. Paris, France: Les Editions de Physique,1996:177-197.
- [17] SANCHEZ-CABEZA J A, MERINO J, MASQUÉ P, et al. Concentrations of plutonium and americium in plankton from the western Mediterranean Sea [J]. The Science of the Total Environment,2003,311:233-245.
- [18] AARKROG A. Environmental behaviour of plutonium accidentally released at Thule, Greenland [J]. Health Physics,1977,32:271-284.
- [19] ERIKSSON M. On weapons plutonium in the arctic environment (Thule, Greenland) [R]. Risoe-R-1321 (EN). Roskilde, Denmark: Risoe National Laboratory,2002:150.
- [20] IAEA. Nuclear technology review 2013 [R]. Vienna: International Atomic Energy Agency. ,2013
- [21] WEDEKIND C, SCHILLING G, GRNTTMULLER M, et al. Gamma-radiation monitoring network at sea [J]. Applied Radiation Isotopes,1999,50:733-738
- [22] BfS. Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) [EB/OL]. <http://www.bfs.de/en/bfs>,2014-07-11.
- [23] 徐杰志. 香港环境辐射监测与评估[R]. 第四次全国核应急工作研讨会,成都,2006.
- [24] 香港特别行政区香港天文台. 辐射监测、评价及防护[EB/OL]. [http://gb.weather.gov.hk/education/dbcp/menu/chi/cmnu.htm?\\_uc.htm](http://gb.weather.gov.hk/education/dbcp/menu/chi/cmnu.htm?_uc.htm). 2014-11-11.
- [25] 张华明,李兴亮,杨玉山,等. 裂变放射性核素 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 分离的研究进展[J]. 同位素,2009,22(4):237-246.
- [26] 国务院办公厅. 关于印发《国家海洋局主要职责内设机构和人员编制规定》通知国办发[2013]52号[R]. 北京:国务院办公厅,2013.
- [27] 刘广山. 海洋放射性监测技术—现在与未来[J]. 核化学与放射化学,2012,34(2):65-71.
- [28] 国家海洋局. 海洋污染调查暂行规范[M]. 北京:国家海洋局,1979.
- [29] 国家海洋局908专项办公室. 我国近海海洋综合调查与评价专项技术规程[M]. 北京:海洋出版社,2006.

- [30] HY/T003.8-91,海洋监测规范-放射性核素分析[S].
- [31] 国家海洋局环保司.海洋放射性监测技术规程(暂行)[M].北京:国家海洋局,2011.
- [32] 周鹏,李冬梅,蒋跃进,等.海洋环境放射性监测的数据处理中存在的问题[J].海洋通报,2011,30(5):544-550.
- [33] 刘广山.海洋核污染监测问题[C]//八六三计划海洋领域海洋监测技术主题办公室主编.海洋监测化学、生物传感器及集成技术.厦门:厦门大学出版社,2000:155-170.
- [34] 赵绍华,侯胜利,许江,等.海洋走航式放射性探测仪的研制与试验[J].海洋通报,2012,31(1):88-93.
- [35] 陈立奇,何建华,林武辉,等.海洋核污染的应急监测与评估技术展望[J].中国工程科学,2011,13(10):34-39,82.
- [36] GB 3097-1997.海水水质标准[S].
- [37] GB 14882-94.食品中放射性物质限制浓度标准[S].
- [38] 刘书田.核电站对海洋环境及生物的影响[J].海洋通报,1984,3(4):83-90.
- [39] IAEA. Effects of ionizing radiation on aquatic organisms and ecosystems [R]. Technical Reports Series No. 172. Vienna; IAEA, 1976.
- [40] IAEA. Effects of ionizing radiation on plants and animals at levels implied by current radiation protection standards [R]. Technical Reports Series No. 332. Vienna; International Atomic Energy Agency, 1992.
- [41] WOODHEAD D. S. Methods of dosimetry for aquatic organisms. In: Methodology for assessing impacts of radioactivity in aquatic ecosystems [R]. IAEA Technical Report No. 190. Vienna; IAEA, 1979.
- [42] 姚青山.非人类物种辐射剂量评估方法研究[D].北京:中国原子能科学研究院,2006.
- [43] UNSCEAR. Sources and effects of ionising radiation [R]. Report to the General Assembly with Scientific Annex. United Nations, New York; 1996.
- [44] 周永增.非人类物种的辐射生物效应及其评价[J].辐射防护通讯,2004,24(4):1-9.
- [45] ICRP. A framework for assessing the impact of ionising radiation on non-human species [R]. ICRP Publication 91. Pergamon; Oxford Press, 2003.
- [46] LARSSON C. M. The Fasset framework for assessment of the impact of ionizing radiation on non-human species [J]. Journal of Radiological Protection, 2004, (24): A1-A12.
- [47] USDOE. A graded approach for evaluating radiation doses to aquatic and terrestrial biota [R]. Technical Standard DOE-STD-1153-2002. Washington, D C; US Department of Energy, 2002.
- [48] IAEA. Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment [R]. Safety Reports Series No. 19. Vienna; International Atomic Energy Agency, 2001.
- [49] IAEA. Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment [R]. Technical Reports Series No. 422. Vienna; International Atomic Energy Agency, 2004.
- [50] DECORT M, DEVRIES G, GALMARINI S. European commission international data and information exchange systems to assist EU member states in case of radiological and nuclear emergencies [J]. International Journal of Emergency Management, 2007, 4(3): 442-454.
- [51] EHRHARDT J, WEIS A. RODOS: Decision Support System for off-site Nuclear Emergency Management in Europe [R]. European Commission, EUR 19144 EN, 2000.
- [52] 刘书田,夏益华,等.环境污染监测实用手册[M].北京:原子能出版社,1997.