

我国核动力水面舰船海上核事故应急组织研究

于红, 程诗思, 李兰

中国核动力研究设计院, 核反应堆系统设计技术重点实验室, 四川 成都

收稿日期: 2021年8月20日; 录用日期: 2021年9月6日; 发布日期: 2021年10月8日

摘要

核动力水面舰船是一种由核反应堆推进的海上交通工具, 应急组织是应急预案最重要的基础结构要素之一, 针对此问题, 本文分析了我国核电厂核事故应急组织、常规动力水面舰船海上搜救应急组织, 提出了符合我国现有核安全、海上交通安全管理体制的全国海上核事故应急组织框架、核动力水面舰船海上核事故应急责任主体应急组织框架及其关键应急响应职责。

关键词

核动力舰船, 核事故应急, 海上核事故, 应急组织

Research on the Organizations for Maritime Nuclear Accident Emergency of Nuclear-Powered Surface Ship in China

Hong Yu, Shisi Cheng, Lan Li

Science and Technology on Reactor System Design Technology Laboratory, Nuclear Power Institute of China, Chengdu Sichuan

Received: Aug. 20th, 2021; accepted: Sep. 6th, 2021; published: Oct. 8th, 2021

Abstract

A nuclear-powered surface ship is a vehicle propelled by a nuclear reactor at sea and emergency organization is one of the most important infrastructure elements of emergency plan, aiming at this problem, the nuclear accident emergency organizations of nuclear power plant and the mari-

time search and rescue emergency organizations of conventional powered surface ship in China are analyzed, a national maritime nuclear accident emergency organization framework and a maritime nuclear accident emergency organization framework of responsibility bodies of nuclear-powered surface ship and their key emergency response responsibilities that conform to China's existing nuclear safety and maritime traffic safety management systems are proposed in this paper.

Keywords

Nuclear Power Ship, Nuclear Accident Emergency, Maritime Nuclear Accident, Emergency Organizations

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

为了能对核事故应急做出及时、可控、协调、有效地应急响应,以实现预定的应急响应目标,必须预先将应急响应所需的一系列任务明确地分派给相应的应急组织,并对这些任务的执行过程进行协调和管理,同时为其配备胜任的应急人员和充足的应急装备。

目前世界上只有美国、德国、日本和俄罗斯这4个国家拥有或曾经拥有过核动力商船,但美国、德国和日本这3个国家各自在上个世纪70年代建造了一艘核动力商船后都因公众的担心而没有开展后续的建造计划,只有俄罗斯还处于核动力商船建造的活跃期,因此核动力商船核事故应急相关研究也都随之处于停滞状态,包括应急组织方面的研究[1][2]。

另外,我国常规动力水面舰船海上搜救应急组织也存在着未对不同行业领域参与主体建立隶属关系,不能发挥应有功能;未建立统一指挥系统,参与主体无法协同作业,影响工作效率;参与主体之间缺乏有效联系,搜救区域出现交叉,浪费搜救力量;海上搜救任务在参与主体之间和内部需要层层上报,延误搜救时机等问题[3][4][5]。

海上核事故应急是集核事故应急、海上事故应急于一体的复杂应急组织,本文通过对我国核电厂核事故应急组织、常规动力水面舰船海上搜救应急组织的分析,提出了我国商用核动力水面舰船海上核事故应急组织的建议。

2. 核事故应急组织

通过分析以下核事故应急法律、法规、标准及应急预案或计划,梳理出了我国核电厂核事故应急组织:

- 1) 主席令第73号《中华人民共和国核安全法》。
- 2) 核安全法规 HAF 002《核电厂核事故应急管理条例》、HAF 002/01《核电厂核事故应急管理条例实施细则之一——核电厂营运单位的应急准备和响应》。
- 3) 核安全导则 HAD 002/01《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》、HAD 002/02《地方政府对核动力厂的应急准备》。其中, HAD 002/01 给出了我国核电厂典型的场内应急组织框架(见图1)。
- 4) 推荐性国家标准 GB/T 17680.2-1999《核电厂应急计划与准备准则——场外应急职能与组织》、

GB/T 17680.6-2003《核电厂应急计划与准备准则——场内应急响应职能与组织机构》。其中，GB/T 17680.2-1999 给出了我国核电厂典型的场外应急组织框架(见图 2)。

5) 《国家核应急预案》、《浙江省核应急预案》、《秦山核电厂场内应急计划》。分析《秦山核电厂场内应急计划》是因为秦山核电具有“一址多厂、一厂多堆”的特性，符合我国核动力水面舰船驻泊港“一港多厂、一厂多船”的建造和运营需求。

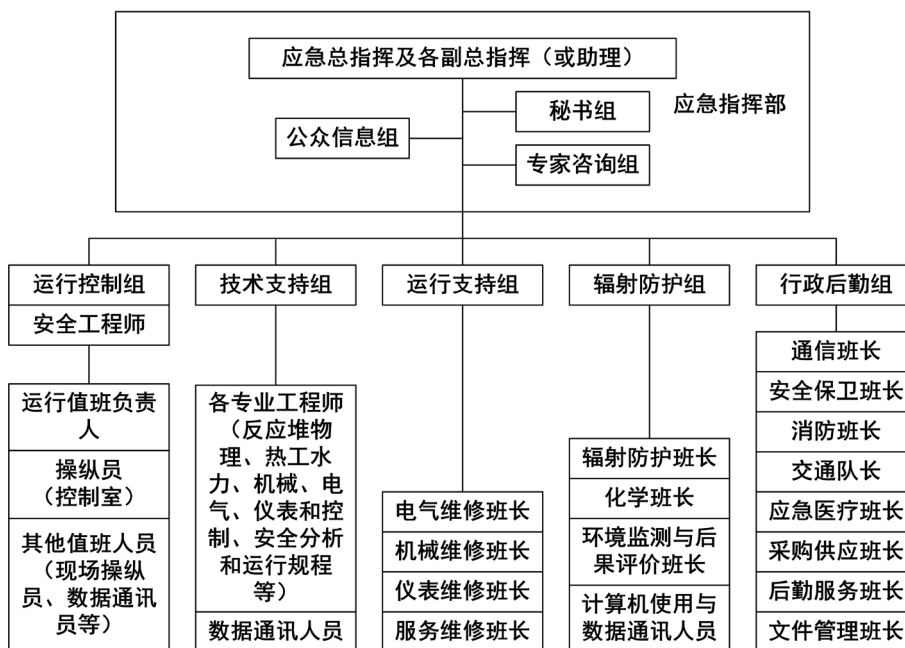


Figure 1. On-site emergency organization framework of nuclear power plants in China
图 1. 我国核电厂场内应急组织框架

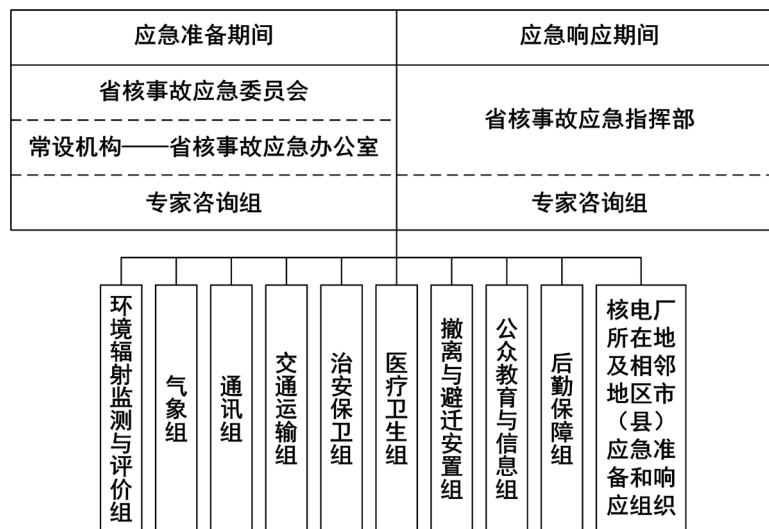


Figure 2. Off-site emergency organization framework of nuclear power plants in China
图 2. 我国核电厂场外应急组织框架

我国核电厂核事故应急组织可以概括为：

1) 核事故应急组织至少分为以中央政府、省人民政府、营运单位为主体的 3 个等级, 且每一级都要构建自己的核事故应急组织框架, 并明确地指定框架中各组织在应急响应中的权限、责任及它们之间的关系, 在核事故应急预案中描述。

2) 每一级的核事故应急组织框架中都要有专门的领导和指挥机构, 如, 国家核应急委、省核应急委、营运单位核应急指挥部。通常, 在应急准备阶段和应急状态终止后是“领导机构”, 负责组织、协调其责权范围内的所有核事故前的准备和核事故后的恢复; 在应急响应期间是“指挥机构”, 负责决策应急状态的等级, 下达应急响应行动的命令, 指挥、协调、管理所有的应急响应行动, 决策应急状态的终止, 如, 《浙江省核应急预案》规定: 当进入场外应急状态时, 省、事发地和烟羽应急计划区涉及的县核应急委立即分别转为省核应急指挥部、省核应急前沿指挥部。

3) 每一级的核事故应急组织框架中都要有专门为领导和指挥机构配备的办事机构, 如, 国家核应急办、省核应急办、营运单位核应急指挥部秘书组, 负责领导和指挥机构的日常工作、与其他应急组织的联络、应急响应行动的记录、资料的汇总。

4) 每一级的核事故应急组织框架中都要有专门为领导和指挥机构配备的多学科的专家组, 负责为领导和指挥机构提供相应的决策咨询建议。

5) 每一级的核事故应急组织框架中都要有多专业的应急力量, 且编成多个应急响应行动组, 如, 缓解行动、防护行动、医疗救治、信息发布, 负责执行领导和指挥机构下达的、其专业范围内的所有核事故应急响应任务。

6) 每一级的核事故应急组织框架中都要有明确的应急保障机构, 如, 通信、交通、治安、后勤, 为应急设施、设备的正常运行提供必要的保障。

7) 每一级的核事故应急组织框架中都要有明确的应急支援机构, 如, 中国人民解放军、中国人民武装警察部队, 为应急力量、装备的不足提供必要的支援。

3. 海上搜救应急组织

通过分析以下海上搜救应急法律、法规及应急预案或指南, 梳理出了我国常规动力水面舰船海上搜救应急组织:

1) 主席令第 7 号《中华人民共和国海上交通安全法》。

2) 国务院令第 355 号《中华人民共和国内河交通安全管理条例》。

3) 《国家海上搜救应急预案》、《海南省海上搜救应急预案》、《三亚市海上搜救应急预案》、《航运企业应急预案编制指南》。其中, 《海南省海上搜救应急预案》给出了海南省海上搜救应急组织指挥体系框架(见图 3), 《三亚市海上搜救应急预案》给出了三亚市海上搜救应急组织指挥体系框架(见图 4)。

我国常规动力水面舰船海上搜救应急组织可以概括为:

1) 海上搜救应急组织至少分为以中央政府、省人民政府、市人民政府、营运单位为主体的 4 个等级, 且每一级都要构建自己的海上搜救应急组织框架, 并明确地指定框架中各组织在应急响应中的权限、责任及它们之间的关系, 在海上搜救应急预案中描述。

2) 每一级的海上搜救应急组织框架中都要有专门的领导和指挥机构, 如, 国家海上搜救部际联席会议/中国海上搜救中心、省海上搜救中心、市海上搜救中心、航运企业应急领导小组, 且指挥机构还要指定现场指挥, 负责应急现场的工作。

3) 每一级的海上搜救应急组织框架中都要有专门为领导和指挥机构配备的办事机构, 如, 中国海上搜救中心、省海上搜救中心办公室、市海上搜救中心办公室, 负责领导和指挥机构的日常工作、与其他应急组织的联络、应急响应行动的记录、资料的汇总。

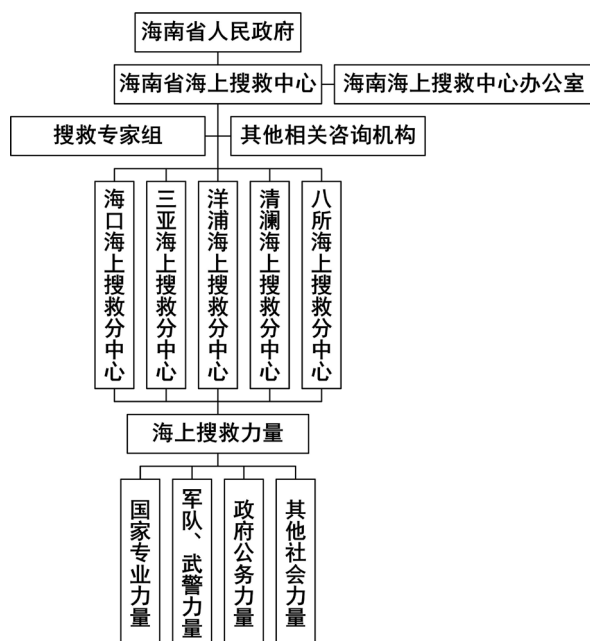


Figure 3. Maritime search and rescue emergency organization and command system framework of Hainan Province

图 3. 海南省海上搜救应急组织指挥体系框架

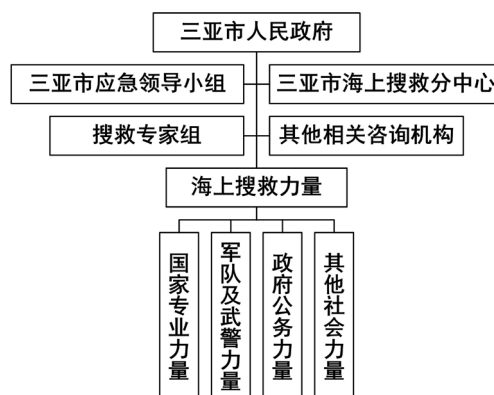


Figure 4. Maritime search and rescue emergency organization and command system framework of Sanya City

图 4. 三亚市海上搜救应急组织指挥体系框架

4) 每一级的海上搜救应急组织框架中都要有专门为领导和指挥机构配备的多学科的专家组，负责为领导和指挥机构提供相应的决策咨询建议。

5) 每一级的海上搜救应急组织框架中都要有多部门的海上搜救力量，如，政府专业力量、军队武警力量、政府公务力量、其他社会力量，负责执行领导和指挥机构下达的所有海上搜救应急响应任务。

6) 每一级的海上搜救应急组织框架中都要有明确的应急保障机构，如，通信、运输、后勤，为应急设施、设备的正常运行提供必要的保障。

4. 海上核事故应急组织

从我国核电厂核事故应急组织与常规动力水面舰船海上搜救应急组织的对比可以看出，它们的应急

组织框架非常相似,如,都包括领导和指挥机构、专门为领导和指挥机构配备的办事机构、专门为领导和指挥机构配备的多学科的专家组、明确的应急保障机构,且这种相似性在各自的省级应急预案中体现的尤为显著[6][7],主要差别在于:

1) 核事故应急组织框架中有多个专业的应急力量,并按专业编成了多个应急响应行动组,海上搜救应急组织框架中只有海上搜救一个专业的应急力量,虽然搜救是核事故应急中的一个重要响应行动,但我国目前的核事故应急组织框架中并没有将搜救力量单独编成一个与缓解行动、防护行动、医疗救治等并列的应急响应行动组。

2) 核事故应急的应急场所是陆地,海上搜救应急的应急场所是海上,它们之间的差别在于为应急力量配备的应急装备不同。

3) 中国人民解放军、中国人民武装警察部队、社会团体在海上搜救应急组织框架中是应急响应行动组,在核事故应急组织框架是应急支援机构,因为海上搜救对应急力量的要求更高,如,只有中国人民解放军、中国人民武装警察部队才具备在公海进行应急处置的能力。

从海上核事故应急是集核事故应急和海上事故应急于一体的复杂应急的特性可以看出,海上核事故应急既需要核事故应急的所有应急力量,又需要海上搜救应急的所有应急力量,因为核动力水面舰船及其建造港、试验港、母港、寄泊港、事故地就近港的码头、陆域、海域和我国管辖海域、公海都可能是应急场所。

从海上核事故应急响应需求可以看出,海上搜救应急响应行动与医疗救援应急响应行动非常类似:

1) 它们都不是应急响应中一定会启动的响应行动,都在需要时才启动,如,船上人员受到应急照射威胁、需要采取预防性撤离行动时,启动海上搜救;船上人员受到重度辐照损伤、需要医院救治时,启动医疗救援。

2) 它们都具有很强的专业性,事故舰船、事故舰船营运单位一级的应急组织很难依靠自身的力量完成全部的海上搜救和医疗救援应急处置任务,只能进行简单的现场处置,如,海上搜救的落水人员打捞,医疗救援的去污和急救,甚至在较低等级应急状态时,也需要船外支援。

另外,我国目前的核安全监管机构是生态环境部核设施安全监管司、海上交通安全监管机构是交通运输部海事局、国家突发公共事件医疗卫生救援应急的责任主体是卫生部,分属3个不同独立行政机构。

因此,如果不改变我国现有管理体制,对于核动力水面舰船,最简单的做法是在核电厂核事故应急组织框架[8][9][10][11][12]的基础上增加一个与医疗救治并列的海上搜救应急响应行动组,交通运输部海事局、卫生部作为生态环境部核设施安全监管司第一重要的成员单位,并在常规动力水面舰船海上搜救应急组织框架中设立专门的核事故应急力量,同时为其配备专用的核事故应急装备[13][14][15],如,核动力水面舰船发生核事故且放射性物质已经或即将释放至船外,接近事故舰船的搜救船可能受到辐射照射,此时使用的搜救船必须具备辐射防护设计。

综上,提出了我国全国海上核事故应急组织框架(见图5)、我国核动力水面舰船海上核事故应急责任主体应急组织框架(见图6)及其关键应急响应职责(见表1)的建议。

对于我国全国海上核事故应急组织框架,建议:

1) 将全国海上核事故应急组织分为中央政府、地方人民政府、营运单位3个等级,其中,营运单位又分为港口营运单位、核动力水面舰船营运单位。同时,考虑到事故舰船发生核事故时可能会因远离陆地或营运单位基地而造成高需求的孤船应急和高需求的外部救援,还建议将事故舰船的应急组织独立于核动力水面舰船营运单位,如,事故舰船在公海(200 NM 以外)进入应急状态时,可能直接接受中央政府、中央军委的直接领导。因此,全国海上核事故应急至少包括5个独立的应急响应责任主体,分别是中央政府、地方人民政府、港口营运单位、核动力水面舰船营运单位、事故舰船。

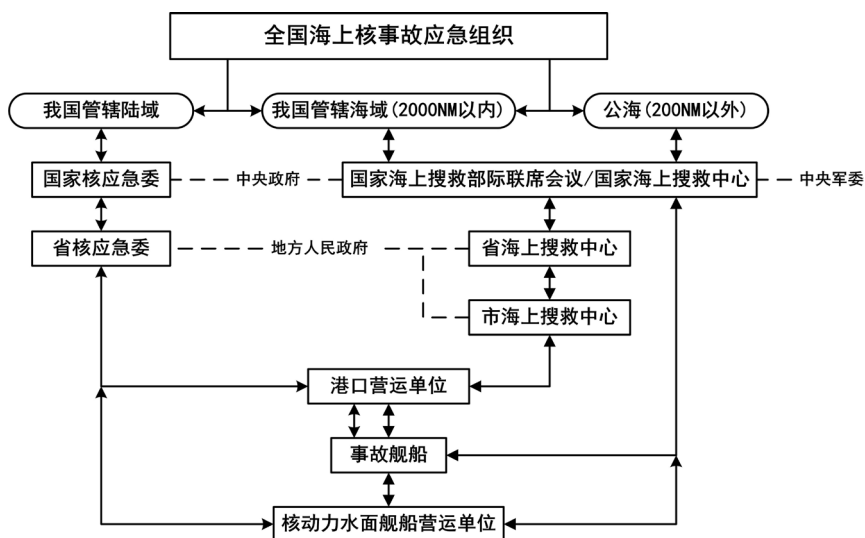


Figure 5. National maritime nuclear accident emergency organization framework of China
 图 5. 我国全国海上核事故应急组织框架

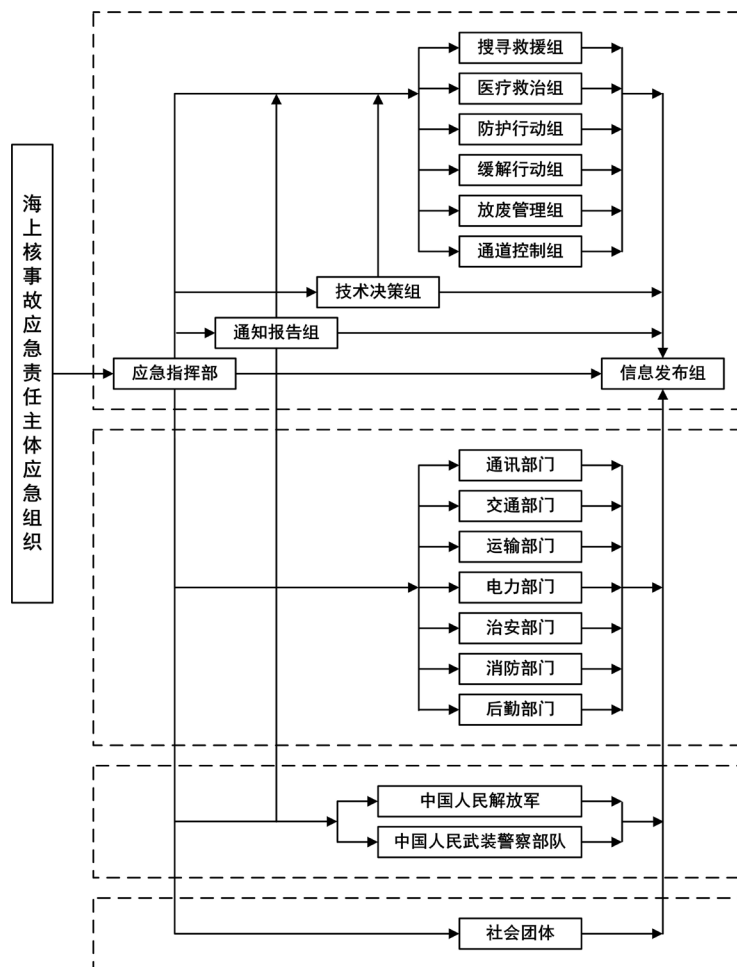


Figure 6. Emergency organization framework of responsible bodies for maritime nuclear accidents of nuclear-powered surface ships in China
 图 6. 我国核动力水面舰船海上核事故应急责任主体应急组织框架

Table 1. Key emergency response responsibilities of emergency organizations for maritime nuclear accident emergency responsibility body of nuclear-powered surface ship in China

表 1. 我国核动力水面舰船海上核事故应急责任主体应急组织关键应急响应职责

应急组织		关键应急响应职责	
主体	事故舰船	应急响应指挥部	船上应急人员、公众
	事故舰船营运单位		船上应急人员、公众
	事故舰船驻泊港(建造港、试验港、母港、寄泊港、事故地就近港)营运单位		港区内应急人员、公众
	事故地(我国管辖陆域和海域)省级人民政府		港区外我国管辖陆域和海域应急计划区内应急人员、公众
中央政府		公海应急计划区内应急人员、公众	
按专业划分的应急响应行动组	通知报告组		各级应急组织之间和内部定期或重要应急节点的通知、报告
	技术决策组		故障、事件或事故诊断, 提出缓解行动建议; 辐射监测、环境监测、放射性后果评价和预测, 提出防护行动建议; 提醒上级应急组织开展辐射监测、环境监测、缓解行动、防护行动、医疗救治、搜寻救援及其他应急响应行动
	通道控制组		对进出警戒区的人员、设备、物资进行核查、检测、控制
	缓解行动组		控制核动力装置及其相关设施安全; 减少放射性物质释放; 与上述两项相关的工程抢险
	防护行动组		向船上工作人员、应急人员、其他人员以及事故舰船周围受影响人员、应急人员发出威胁警告; 印发行动指南; 通知并协助人员采取掩蔽、撤离、碘甲状腺阻断、控制误摄入等紧急防护行动及防止食品、水、商品被污染、摄入、使用等早期防护行动
	放废管理组		识别、鉴定、分类、预处置应急期间产生的放射性废物
	医疗救治组		人员去污; 辐照损伤救治; 非辐照损伤救治; 医疗运输
	搜寻救援组		帮助船上人员和设施、事故舰船周围受影响人员和设施脱险
保障	信息发布组		收集和整理各级应急组织信息; 定期或在重要应急节点之后向公众和媒体发布应急进展
	通信部门	应急响应指挥部	保障应急设施、设备正常运行; 服从主体调配
	交通部门		
	运输部门		
	电力部门		
	治安部门		
	消防部门		
后勤部门			
支援	中国人民解放军		提供应急力量、设备、物资; 服从主体调配
	中国人民武装警察部队		
	社会团体		

2) 上述 5 个海上核事故应急责任主体分别构建自己的海上核事故应急组织框架、编制自己的海上核事故应急预案。其中, 地方人民政府、港口营运单位、核动力水面舰船营运单位的海上核事故应急响应权限和责任由中央政府、中央军委确定。

3) 中央政府一级的海上核事故应急组织在其原有的核事故应急组织框架、海上搜救应急组织框架的

基础上构建。其中,陆域的应急响应由国家核应急委作为领导机构,应急组织及其具体职责、应急响应执行程序等内容纳入国家核事故应急预案;海域的应急响应由国家海上搜救部际联席会议/中国海上搜救中心作为领导机构,应急组织及其具体职责、应急响应执行程序等内容纳入国家海上搜救应急预案。

4) 地方人民政府一级的海上核事故应急组织在其原有的核事故应急组织框架、海上搜救应急组织框架的基础上构建。其中,受核动力水面舰船海上核事故应急照射影响的港口管辖区以外陆域的应急响应由省核应急委作为领导机构,应急组织及其具体职责、应急响应执行程序等内容纳入省核事故应急预案;受核动力水面舰船海上核事故应急照射影响的港口管辖区以外我国管辖海域(200 NM 以内)的应急响应由省海上搜救中心、市海上搜救中心作为领导机构和分支领导机构,应急组织及其具体职责、应急响应执行程序等内容纳入省海上搜救应急预案、市海上搜救应急预案。

5) 港口营运单位制定具有“一址多厂、多厂多船”特性的海上核事故应急专项预案,因为一个港口可能停靠不同营运单位的多艘核动力水面舰船。港口营运单位负责港口管辖区以内陆域和海域的应急响应。

6) 核动力水面舰船营运单位制定具有“一厂多船”特性的海上核事故应急专项预案,因为一个营运单位可能有多艘核动力水面舰船且停靠在不同港口。实际上,核动力水面舰船营运单位在核动力水面舰船海上核事故应急响应中,可能只会起到支援的作用,因为核动力水面舰船营运单位基地可能远离事故舰船。

7) 每艘核动力水面舰船都制定自己的海上核事故应急预案,特别是在我国管辖海域以外公海(200 NM 以外)发生核事故时的自救预案,因为事故舰船在公海可能会有较长时间处于孤船应急的状态。

对于我国核动力水面舰船海上核事故应急责任主体应急组织框架及其关键应急响应职责,建议:

1) 每个海上核事故应急责任主体都设立且仅设立 1 个应急指挥部,并为其配备按专业划分的、能执行其专业范围内所需应急响应行动的行动组,行动组的配备基于核动力水面舰船的海上核事故危害评定。

2) 每个海上核事故应急责任主体都有指定的保障部门,保障部门的配备基于核动力水面舰船海上核事故应急所需的应急设施、设备。另外,基于“与非核的防灾救灾应急设施及其应急装备兼容”原则,不建议保障部门参与任何可能遭受海上核事故所致应急照射的响应行动,如果必需这些保障部门的工作人员参与这些响应行动,建议全部由“搜寻救援组”统一调配,同时由“搜寻救援组”为这些保障部门的工作人员提供相应的辐射防护装备。

3) 每个海上核事故应急责任主体都有指定的支援部门,支援部门的配备基于核动力水面舰船海上核事故应急所需力量、装备不能满足要求的假设。

需要说明的是,除了搜寻救援组,我国核动力水面舰船海上核事故应急责任主体应急组织框架中按专业划分的应急响应行动组与核电厂核事故应急并不完全一致,因为核电厂核事故应急组织要与核电厂正常运行管理组织兼容,而我国核动力水面舰船的正常运行管理组织还未确定。另外,本文还根据国际原子能机构对核事故应急的最新要求,对应急响应行动组重新进行了分类和补充。

5. 结束语

核动力水面舰船是一种由核反应堆推进的海上交通工具,与固定式陆上核设施相比,核动力水面舰船发生核事故的地点不确定,需要做出应急响应的船外场景更多、更复杂、更随机。应急组织是应急预案最重要的基础结构要素之一,本文提出的我国核动力水面舰船海上核事故应急组织符合我国现有核安全、海上交通安全、突发公共事件医疗卫生救援管理体制,能够为我国核动力水面舰船海上核事故应急预案的编制提供参考。

参考文献

- [1] 赵洪冉, 赵智萍. 核动力在民用船舶上的应用[J]. 中国水运, 2014, 14(9): 8-10.
- [2] 刘宇. 俄罗斯民用船舶核动力装置发展现状与前景研究[J]. 全球科技经济瞭望, 2017, 32(7): 70-76.
- [3] 苑礼兵, 黎东楼. 船舶海上遇险搜救存在的问题及完善对策[J]. 船舶物资与市场, 2021, 29(2): 105-107.
- [4] 陈来鸿. 海上搜救工作面临的问题及对策措施探讨[J]. 中国水运, 2019(8): 41-42.
- [5] 邓琦, 高超, 许志雄. 全球视野下的海上搜救体系分析[J]. 交通企业管理, 2020, 35(2): 94-97.
- [6] 赵淮, 张启明, 郑青英, 王海峰, 朱荣旭. 关于构建我国核电站省级应急管理体系的建议[J]. 中国应急管理科学, 2021(6): 58-64.
- [7] 陶瑜, 岳建国, 王铁骊. 省级核事故应急能力评价模型的构建及应用研究[J]. 职业卫生与应急救援, 2020, 38(3): 221-227.
- [8] International Atomic Energy Agency (IAEA) (2015) Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency: No. GSR Part 7. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [9] International Atomic Energy Agency (IAEA) (2012) Considerations in Emergency Preparedness and Response for a State Embarking on a Nuclear Power Programme: EPR-EMBARKING 2012. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [10] International Atomic Energy Agency (IAEA) (2011) Generic Procedures for Response to a Nuclear or Radiological Emergency at Research Reactors: EPR-RESEARCH REACTOR 2011. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [11] International Atomic Energy Agency (IAEA) (2006) Manuel for First Responders to a Radiological Emergency: EPR-FIRST RESPONDERS 2006. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [12] International Atomic Energy Agency (IAEA) (2003) Method for Developing Arrangement for Response to a Nuclear or Radiological Emergency: EPR-METHOD 2003. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [13] 张珂. 海上突发事件应急指挥与决策探讨[J]. 中国应急管理科学, 2021(7): 34-42.
- [14] 王少渤, 刘玉梅, 闻俏, 刘聪, 逯跃锋. 基于海上搜救知识库的海上搜救辅助决策方案设计[J]. 珠江水运, 2020(19): 5-8.
- [15] 王鑫, 林权益, 王叶, 唐煜, 肖蓉. 推进海洋核应急能力建设的思考和建议[J]. 核安全, 2021, 20(2): 12-17.