

文章编号：0258-0926(2016)S1-0115-03；doi: 10.13832/j.jnpe.2016.S1.0115

先进压水堆核事故控制与应急工作 一体化措施分析

王林博¹，苟峰²，董博¹，张强¹，张焕朝¹，丁铜伟¹

1. 国防科工局核技术支持中心，北京，100080；2. 国家能源局核电司，北京，100824

摘要：结合纵深防御的理念，提出了先进压水堆核电厂开展核事故控制与应急一体化的设想。一体化工作措施应主要包括：更小的大量放射性释放的概率，完善的核电厂运行及事故管理规程，各级应急组织的应急准备与响应，国家以及集团内核事故救援力量的建设等要素。

关键词：核事故；应急；一体化措施

中图分类号：TL364 **文献标志码：**A

Study on Methodology for Nuclear Accidents Control and Integrated Emergency Actions of Advanced Pressurized Water Reactors

Wang Linbo¹, Gou Feng², Dong Bo¹, Zhang Qiang¹,
Zhang Huanchao¹, Ding Tongwei¹

1. Nuclear Technology Support Center, State Administration of Science, Technology and Industry for National Defense, Beijing, 100080, China;
2. Nuclear Power Division, National Energy Administration, Beijing, 100824, China

Abstract: With the strategy of defense in depth, a methodology for nuclear accidents control and integrated emergency actions of the advanced pressurized water reactors is proposed. The integrated actions there should be included: less probabilities of occurrence of a large amount radiation release; consummate the bylaws for the nuclear power plant operation and accident management; emergency preparation and response between different organization levels; national and collectivize wrecking abilities construction.

Key words: Nuclear accident, Emergency, Integrated actions

0 引言

福岛核事故后我国相继出台了一系列文件，对未来核电的发展提出了更高的要求^[1-3]。先进压水堆^[4]通过提高机组的固有安全特性，实施包括严重事故在内的事故管理策略和更加完善的事故预防和缓解措施，可以达到实际消除大规模放射性释放的可能^[5]。通过提供一体化多层次的防御，可将事故对公众和环境的影响降低到最小程度。

1 福岛核事故启示

福岛核事故后，日本政府对日本的核安全措

施进行了评价。总结了 5 类教训（共 28 项）^[6-7]。基于本次事故如何发展成为严重事故这一事实，评价严重事故预防措施的充分性、应对严重事故措施的合理性、事故引发核灾难后应急响应措施的合适性、核电厂安全基础设施坚固性以及是否全面贯彻安全文化。

2 核事故控制与应急工作一体化考虑

透过福岛核事故的经验教训不难看出：纵深防御原则是核安全基本原则的重要组成部分，也是保障核安全的技术基础，应贯彻于核安全相关

收稿日期：2015-09-04；修回日期：2015-12-20

基金项目：华能集团总部科技项目 HNKJ14-H20 资助

作者简介：王林博（1980—），男，高级工程师，现主要从事核设施核安全技术审评工作

的全部活动,以保证这些活动均置于重叠措施的防御之下,即使有一种故障发生,它将由适当的措施探测、补偿或纠正,也是核事故预防与应急工作一体化工作要求的集中体现。伴随先进压水堆固有安全特性的提高和运行规程体系文件的不断完善,放射性释放的概率大幅降低,但相关的应急准备和应急响应工作仍必不可少。

2.1 实际消除大量放射性释放

2.1.1 提高机组设计安全性

在先进压水堆核电站机组专设安全设施设计中,不仅考虑满足设计基准事故的要求,还考虑了对严重事故的预防和缓解的措施。通过机组设计安全性的提高,反应堆从设计上达到“实际消除”大量放射性释放的技术措施。即:发生严重事故时尽力恢复堆芯冷却、保持反应堆压力容器完整性、以及保持安全壳的完整性;从设计上实际排除能产生大量放射性释放的事故序列;从设计上防止乏燃料的放射性释放。

随着技术的进步和设计建造水平的提高,先进压水堆核设施安全水平也必将持续提高,按照《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》的要求,力争“十三五”及以后新建核电站应能实现从设计上实际消除大量放射性物质释放的可能性。

2.1.2 严重事故的预防与管理

三哩岛核事故发生前,核电厂均采用事件导向法事故规程(EOP);事故发生后暴露出EOP存在的局限性。首先事故处理均基于操纵人员的初始判断,事故情况下可能会出现操纵员的人为错误,一旦诊断失误无法采取纠正措施;事故处理策略仅限于单一事故,无法处理叠加事故;对于设计时没有考虑到的事故,就没有相应的程序与之对应。因此,状态导向法事故规程(SOP)应运而生。

SOP较EOP的优势是很明显的,即采用循环式的结构可以实现事故处理过程中的“差错容忍”和“自我纠正”,使规程的操作性得到加强,也可以最大限度地避免因经验主义造成的人因失误;可以处理复杂的叠加工况以及初因事件中未予考虑的事件等。SOP克服了EOP的固有缺陷,满足了三哩岛事故后提出的事故规程必须能够处理不按预期进程变化的瞬变事故的要求,符合核电厂事故规程发展的趋势,也大大提高了核电厂

机组的安全性。

2.1.3 严重事故管理导则(SAMG)

SAMG为核电厂运行和技术人员提供了现有认知下针对严重事故的指导性意见,为避免或减少放射性物质向环境中释放,事故处理的优先级从防止堆芯熔化转变为维持安全壳的完整性。现有的严重事故管理导则与SOP继续并行使用,在严重事故管理中出现了不可避免的直接冲突。因此,严重事故管理方法在检测到堆芯损坏时终止了SOP的使用,此过程不可逆。

由于堆芯熔化存在很大的不确定性,因此相对于SOP明确的操作动作来说,SAMG并不是指令性的。在SAMG实施过程中,与SOP接口的确定,以及对核电厂应急计划的修改,是SAMG有效实施的2个重要条件。

2.2 做好应对核事故发生的应急准备与响应

2.2.1 事故后果评价和应急环境监测

场内事故状态和后果的评价主要由核电厂自主完成。场外可应用场内的评价软件,也有自我开发事故后果评价软件(注意与场内的协调一致)。场外应急计划区环境监测由核电厂相关人员和地方应急组织相关人员(主要是环保部门辐射环境监测站工作人员)共同完成,以地方为主。双方采取“并轨”的方式进行数据采集,在部分位置可能有交叉。要重视前沿点的布设问题,不能因为严重事故而影响监测位置的可达和数据的收集工作,有了监测数据才能为下一步的应急决策提供技术基础。

2.2.2 综合分析决策平台建设

鉴于目前我国的三级核事故应急体系,核电厂、省级应急机构和国家核应急主管部门应建立各自的核应急决策支持系统。核事故应急评价系统的任务是根据现场实施传输来的可靠数据对事故的发展和放射性物质的扩散模式进行准确预测,并能够对各个对策的成功可能性进行分析,帮助决策者在各种不同的对策中做出选择。

各级应急指挥平台应采取同样的计算模式和数据库系统对采集数据进行分析,以确保对相同数据分析的结果不会存在差异。各级应急指挥中心的选址应互为补充,并保证足够的可居留性,即便在特殊情况下应急指挥中心需要撤离也可保证分阶段有层次的撤防,保证应急指挥的有效性。

2.2.3 应急响应与救援力量 根据核电厂所在地的地理自然等具体情况和机组发生事故的假想场景和事故后果,各核电营运单位均应编制场内核事故应急预案;为了保证应急组织能及时有效启动,核电厂应建立应急值班制度。目前主要由应急待召制与替代制组成,每个应急岗位均应配有数名接受过相同内容应急培训并被授予上岗资格的人员,相关人员轮流值班,定期交接一次。每一应急值班至少保持有可在第一时间内组成完整的应急响应组织的人数。

核电集团应建立核事故应急救援力量^[8],这是对集团所属核电厂极端情况下应急响应能力和手段的冗余和补充,由运行、维修、辐射防护、辐射监测、去污洗消等专业技术人员组成,同时还应考虑针对不同堆型跨核电厂的应急响应能力。快速救援队在接到救援行动的指令后,应利用各种运输手段,确保在 24 h 内,将队员和物资送达核电厂场内应急响应指定位置,在事故核电厂应急指挥部统一指挥下进行场内应急救援工作。

国家核事故应急协调委员会由国务院和军队机关的 24 个(局)组成,负责组织协调全国核事故应急准备和应急处置工作,国家核事故应急办公室设在国防科工局。此外,我国共有 16 个省(区、市)成立了省级核应急委员会及办公室。在场外应急的情况下,由核电厂应急指挥部向国家和省级核事故应急指挥部请求包括中国人民解放军在内的各相关部门提供交通运输、治安保卫、医疗急救、去污洗消和通信保障等方面的支援^[9]。

由国家和军队共同牵头负责,已经开始筹划建设一支由现场技术支持、突击抢险、应急监测与辐射防护、去污洗消、医学救援等功能模块组成的规模约 300 人的国家级核应急救援队伍,承担“复杂条件下核电厂重特大核事故的突击抢险和紧急处置任务”。截至目前,已经组织开展了 4 个国家核应急技术支持中心、6 个应急救援分

队,及 11 个军工单位的核应急基础能力建设。

3 结束语

本文结合纵深防御的理念,提出了先进压水堆核电厂开展核事故控制与应急一体化的设想。分析讨论了先进压水堆核电厂设计建造、运行操作、事故管理等,方面大幅提高了机组的安全特性,为核事故应急工作争取更小的放射性释放源项和更长的应急准备时间。本文还讨论了应急准备与响应有关的部分工作,包括做好事故后果评价与应急环境监测,为应急决策和响应提供技术基础和保障,以及国家、核电集团、核电厂强化应急响应与救援力量。

参考文献:

- [1] 国务院. 核电安全规划(2011-2020年)[R]. 2012.
- [2] 国务院.《核电中长期发展规划(2011-2020年)》[R]. 2012.
- [3] 国家核安全局, 国家发展改革委, 财政部, 国家能源局, 国防科技工业局. 核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标[R]. 2012.
- [4] EPRI. Advanced light water reactor utility requirements document, Volume 1, Revision 2: ALWR policy and summary of top-tier requirements[R]. 1999 .
- [5] 林诚格, 史国宝, 陈耀东, 等. 对“实际消除核电厂大量放射性物质释放”的技术见解 [J]. 核科学与工程, 2013, 33 (4): 337-339.
- [6] 日本首相官邸. Report of Japanese government to the IAEA ministerial conference on nuclear safety - The accident at TEPCO's Fukushima nuclear power stations[R].2011.
- [7] 日本首相官邸. Additional report of the Japanese government to the IAEA-The accident at TEPCO's Fukushima nuclear power stations (Second Report) [R]. 2011.
- [8] 国家核安全局. 核电集团公司核电厂核事故应急场内快速救援队伍建设技术要求(试行)[R]. 2013.
- [9] 刘兴. 核应急在中国-访国家核事故应急协调委员会副主任、国防科工局局长马兴瑞[J]. 中国核工业, 2013, (7): 26-27.

(责任编辑:杨洁蕾)