

从“福岛改进项”运作反馈探讨核电厂应急设备管理

刘文元, 戴阿昌

福建宁德核电有限公司, 福建 福鼎

收稿日期: 2022年10月13日; 录用日期: 2023年1月24日; 发布日期: 2023年1月31日

摘要

日本福岛核事故后, 人们认识到对于小概率的、后果严重的超设计基准事故, 需考虑设置缓解和处理设施, 各核电厂根据堆型和厂址特点均增加了大型移动应急设备, 但实际运作却存在诸多问题。随着全球气候变暖, 中国“双碳”目标下, 核电将迎来全新的发展机会。本文通过国内某核电集团在运核电基地福岛改进项运作反馈中, 提出建设地方应急设备中心的观点以及四点建设原则, 通过组建专业的应急队伍、集约管理大型移动应急设备来保障区域内相关营运单位的安全, 供应急从业人员和设计人员参考。

关键词

福岛改进项, 应急设备管理

Discussion of Emergency Equipment Management on Nuclear Power Plant from the “Operation Feedback of the Post-Fukushima Improvement Action”

Wenyuan Liu, Achang Dai

Fujian Ningde Nuclear Power Co., LTD., Fuding Fujian

Received: Oct. 13th, 2022; accepted: Jan. 24th, 2023; published: Jan. 31st, 2023

Abstract

After the Fukushima nuclear accident in Japan, it was realized that for the small probability and

serious consequences of exceeding-design benchmark accidents, it is necessary to consider setting up mitigation and treatment facilities. According to the type of reactor and the site of factory, all nuclear power plants have added large mobile emergency equipment, but there are many problems in actual operation. With global warming, China's "double carbon" goal will usher in new development opportunities for nuclear power. In this paper, through a domestic nuclear power group in the operation feedback of the Post-Fukushima improvement action, we put forward the point of building the center of the local emergency equipment center and four construction principles through the establishment of professional emergency team, and intensive management of large mobile emergency equipment to ensure the safety of relevant operating units in the region. These ideas are available to emergency practitioners and designers.

Keywords

Post-Fukushima Improvement Action, Emergency Equipment Management

Copyright © 2023 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. 引言

2011年3月11日日本福岛核电厂由于海啸发生了最终被评为七级的特重大核事故,为继切尔诺贝利核事故后全世界范围内最大的核灾难,据统计,直接经济损失达到2千亿美元,给各大主要核国家敲响了极大的警钟。2021年4月,日本政府内阁会议正式决定将福岛第一核电站内存储的核污水排入太平洋,此消息引发世界各国高度关注[1]。中国经济周刊指出福岛核电站事故清理还需30年,预计需花费700亿美元以上[2]。随后我国核电行业针对在运核电机组提出了福岛核事故后的一系列的改进项,简称“福岛改进项”。如此沉重的代价,不禁让核电从业者再次思考,当前我国核电厂的福岛改进项在事故来临时能否发挥预期作用?随着核电事业的发展,福岛改进项设备管理是否存在进一步的优化空间?

2. 福岛改进项简述

日本福岛核事故是由地震引发海啸进而带来的继发性灾害(丧失外电源 + 水淹)。世界各大主要核国家对其核电站的安全进行了检查和再评估,并且提出对核电安全的升级改进计划和相应的措施。国内各核电厂基于自身堆型及厂址特点,对核电厂预防外部事件的设计基准、安全功能(电源和冷源)、严重事故的预防和缓解、环境监测及应急体系进行了全面分析,在满足国家核安全局发布的《福岛事故后核电厂改进行动通用技术要求(试行)》[3]的要求下,按照纵深防御的安全设计理念,从以下六个方面实施了改进(简称福岛改进项):提高地震、水淹等极端外部事件的防御能力;加强冷源的保障能力;加强电源的保障能力;加强严重事故的预防和缓解能力;加强严重事故后环境监测和应急能力;加强乏池应急冷却及严重事故下的监测能力[4],见图1。

针对福岛改进项实体改进行动,各核电厂均配置了一套完整的设备,包括新建应急设施存储和燃油补给中心用于存储应急移动设备及物资;新增中/低压移动电源用于应对全厂失电工况;新增应急补水泵、潜水泵、附属管线及其接口用于应对一/二次侧补水需求等。

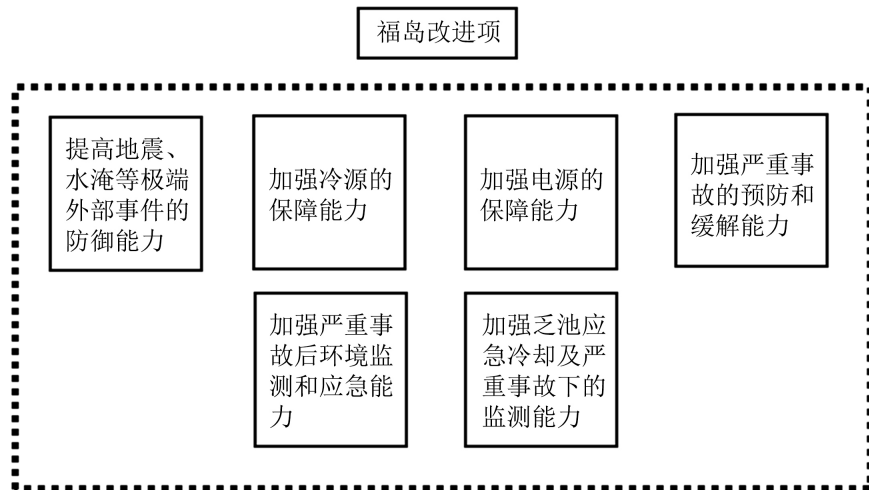


Figure 1. The content of PF improvement action
图 1. 福岛改进项内容

3. 某核电集团福岛改进项运作反馈

3.1. 应急管理体系

核电厂 A 按照三级核应急管理体系运作，即国家、省级政府和营运单位。福岛核事故表明，在超设计基准事故时电厂需要更多的外部支援力量，集团公司为此建立了股份公司应急组织，以调集该组织内外一切可获得的资源支持事故核电厂。

尽管该电厂已有完备的应急管理体系，但针对类似福岛改进项新增的大型应急设备，从集团内外最近的核电基地调取一般需要几个小时以上。以低压移动电源为例，确定论计算低压移动电源可以在 10 小时内接入，但概率论计算结果显示 4 小时后接入对于缓解事故后果的贡献较小。电厂一般只配备一套应急移动设备，不同企业之间的移动设备接口可能不同，当厂内设备进行检修或其他情况无法在短时间内恢复时，依托现有的应急管理体系获取有效的支援存在一定的困难[5]。

3.2. 应急组织队伍

核电厂 B 福岛改进项设备的启动和接入由维修支持组负责，该组织由机械、电气、仪控、服务、设备管理等部门的人员组成，组织内只有一小部分人日常负责福岛改进项设备的运维，其余人员无法保证精通福岛改进项设备，这给应急响应带来一定的挑战。演习数据显示，从事和未从事福岛改进项设备运维的人员分别充当福岛改进项设备负责人，其接入效率相差一倍以上。与场内消防队相比，消防队员收到补水需求后，可在 5 分钟内到达现场，10 分钟内完成连接，而维修支持组从物资准备到设备连接需要 1 小时以上。

3.3. 应急设备使用改进

核电厂 C 通过将中压移动电源接口优化至厂房外，使得原需 15 人耗时 3 小时完成接入的工作优化至 4 人 1 小时内完成；通过一次侧临时注水及安全壳临时喷淋管线延伸至铁丝网外部，使得金属编织管仅需 3 根，比原来的 14 根减少了 78.6%，连接效率提升了 467%。

核电厂 D 厂内应急补水泵与厂内平板车共用一个车头，且电厂设计时未配备清障车，事故工况下，当支援路径被阻挡时，将影响应急设备的救援效率。

4. 应急设备管理探讨

从某核电集团在运核电基地福岛改进项运作反馈可知目前的管理存在下述问题：

- 1) 与较远的核电企业建立设备支援，距离越远则事故缓解效果越不理想；
- 2) 采用非设备运维人员执行应急响应，应急接入效率差距明显；
- 3) 应急接口设置在厂房内或距离道路远的地方，不利于应急快速接入；
- 4) 应急设备缺少专用牵引设备及专用清障车，不利于应急救援[6]；

通过建立地方应急设备中心，按照“省应急指挥中心－地方应急设备中心－营运单位”三级应急设备管理体系实施则可解决上述问题，见图2。

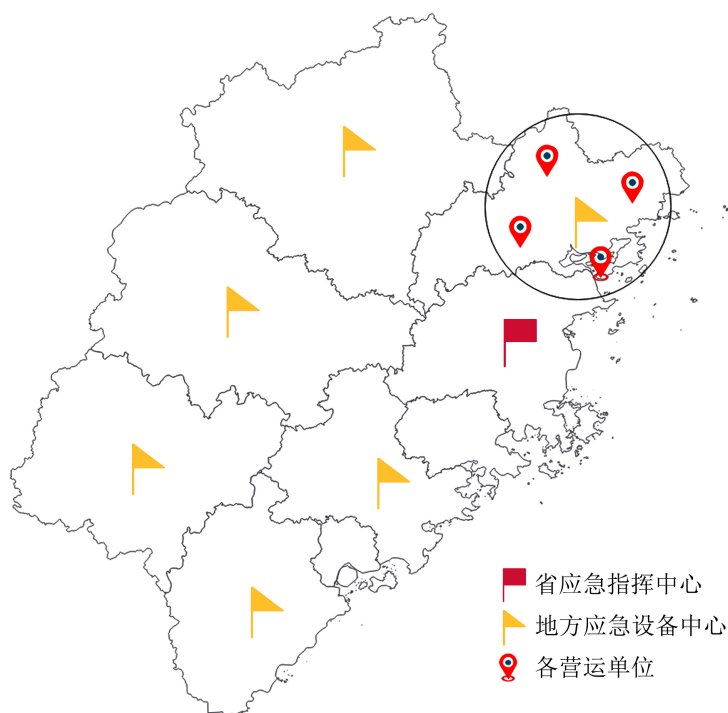


Figure 2. Three level emergency system
图2. 三级应急体系

地方应急设备中心建设建议遵从如下这些原则：

- 1) 应急设备中心建设地点应满足各营运单位接入时间的概率安全评价，对于个性化需求，由营运单位内部自行解决；
- 2) 应急设备中心集约周边核电厂、火电厂、电力公司及新能源等单位的应急设备，设置专业队伍对应急设备进行运维和应急响应，配置更加全面的辅助设施以保证应急设备能够及时到达支援地点；
- 3) 应急设备中心与营运单位联合编制应急计划，定期开展演习；应急响应或演习时，由应急设备中心负责提供应急设备和技术负责人，由营运单位负责提供人力支持；应急响应时，应急设备中心的人员及设备统一归营运单位应急指挥部指挥协调；
- 4) 营运单位有必要将应急设备接口改造至厂房外或道路旁边以利于应急接入；应急设备中心配套适用于各营运单位应急接口的转接设备，以扩大应急设备的冗余度；当地方应急设备中心无法满足需求时，由省应急指挥中心统筹协调资源。

5. 结语

随着世界对于清洁能源的需求以及国家“双碳”目标实现的要求,中国核电将得到进一步的发展,在后续核电设计及建设中,可考虑取消营运单位独自购买大型应急设备,通过建设地方应急设备中心,组建专业的应急救援队伍,集约管理区域内的大型应急设备,从而保障区域内相关营运单位的安全[7]。

参考文献

- [1] 国际原子能机构网站. 日决定向海洋排放福岛污水[EB/OL]. <https://www.iaea.org/>, 2021.
- [2] 光明网. 为什么清理福岛损毁的核电站还需要 30 年[EB/OL]. <https://m.gmw.cn/>, 2021.
- [3] 国家核安全局. 福岛事故后核电厂改进行动通用技术要求[Z]. 国核安发[2012]98 号, 2012.
- [4] 郝立民, 石雪峰, 修璐倩. 福岛改进项之电源改进的合理性分析及建议[J]. 军民两用技术与产品, 2018(6): 1.
- [5] 伍浩松, 戴定. WANO 宣布完成 12 个后福岛安全改进项目[J]. 国外核新闻, 2018(7): 1.
- [6] 刘稳产, 左丽红. 在建 CPR1000 项目福岛核事故后安全改进项的组织与实施[J]. 项目管理技术, 2014(10): 7.
- [7] 李小拼, 李云屹. 后“福岛”时代我国核电项目前期策略的改进研究[J]. 南华大学学报(社会科学版), 2018, 19(3): 17-22.