

中国工程院咨询研究报告

“我国核能发展的再研究”分课题组

内陆核电厂及核能发展中的 几个重要安全、环境问题研究

中国原子能出版社

中国工程院咨询研究报告
“我国核能发展的再研究”分课题组

内陆核电厂及核能发展中的 几个重要安全、环境问题研究



中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

内陆核电厂及核能发展中的几个重要安全、环境问题研究/潘自强主编.

—北京:中国原子能出版社,2015.4

ISBN 978-7-5022-6592-2

I. ①内… II. ①潘… III. ①核电工业—工业发展—
研究—中国 IV. ①TL

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 076475 号

内 容 简 介

本文讨论了当前核电发展中公众和科技界关心的几个值得重视的核与辐射安全问题,包括福岛核电厂事故的教训和对策;内陆核电厂的安全和环境问题,特别是水安全问题;放射性废物中等深度处置;利用快堆嬗变次锕系核素的战略研究以及核安保研究。

本书可供从事核能和其他能源开发的科技人员、新闻界和有关政府工作人员参考。

内陆核电厂及核能发展中的几个重要安全、环境问题研究

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)

责任编辑 孙凤春

责任校对 冯莲凤

责任印制 潘玉玲

印 刷 保定市画美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 19.75

字 数 490 千字

版 次 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-6592-2

定 价 90.00 元

网址:<http://www.aep.com.cn>

E-mail: atomep123@126.com

发行电话:010-68452845

版权所有 侵权必究

“我国核能发展的再研究”项目组

主要成员名单

项目顾问：

钱正英 全国政协原副主席，中国工程院院士

徐匡迪 全国政协原副主席，中国工程院主席团名誉主席、院士

周 济 中国工程院院长、院士

项目组长：

杜祥琬 中国工程院原副院长、院士

项目副组长：

潘自强 中国工程院院士，中国核工业集团公司

叶奇蓁 中国工程院院士，中国核工业集团公司

陈念念 中国工程院院士，核工业理化工程研究院

王大中 中国科学院院士，清华大学

主要成员：

万元熙 中国工程院院士，中科院合肥物质科学研究院

方守贤 中国科学院院士，中科院高能物理研究所

王乃彦 中国科学院院士，中国原子能科学研究院

阮可强 中国工程院院士，中国核工业集团公司

严陆光 中国科学院院士，中国科学院电工研究所

宋家树 中国科学院院士，中国工程物理研究院

陆佑楣 中国工程院院士，中国长江三峡工程开发总公司

郑健超 中国工程院院士，中国广东核电集团公司

胡思得 中国工程院院士，中国工程物理研究院

柴之芳	中国科学院院士,中科院高能物理研究所
钱绍钧	中国工程院院士,总装备部科技委
徐大懋	中国工程院院士,中国广东核电集团公司
徐 鈇	中国工程院院士,中国原子能科学研究院
彭先觉	中国工程院院士,中国工程物理研究院
魏宝文	中国科学院院士,中科院近代物理研究所
何建坤	清华大学教授
祁恩兰	电力规划设计总院研究员
刘森林	中国原子能科学研究院研究员
吴宗鑫	清华大学教授
薛大知	清华大学教授
沈文权	国家核电技术公司研究员
辛殿华	核工业第四研究设计院研究员
周大地	国家发改委能源研究所研究员
郁祖盛	国家核电技术公司研究员
郑玉辉	中国核能行业协会研究员
赵成昆	中国核能行业协会副秘书长、研究员
俞 军	环保部核安全司副司长
扈黎光	环保部核安全司副处长、研究员
彭 旭	中国广东核电集团公司研究员
殷德健	环保部核安全司研究员
王振海	中国工程院一局副局长
苏 罡	中国核工业集团公司研究员
陈 荣	中国核能行业协会研究员
薛 妍	核工业理化工程研究院研究员
童节娟	清华大学副研究员

“内陆核电厂及核能发展中的几个重要安全、环境问题研究”分课题组成员名单

课题组组长：

潘自强	院士	中国核工业集团公司
-----	----	-----------

课题组成员：

阮可强	院士	中国核工业集团公司
胡思得	院士	中国工程物理研究院
钱绍钧	院士	总装备部
孙玉发	院士	中国核动力研究设计院
于俊崇	院士	中国核动力研究设计院
徐 銖	院士	中国原子能科学研究院
纽新强	院士	长江水利委员会长江设计院
刘 华	核安全总工程师	环境保护部
周大地	研究员	国家发改委能源研究所
俞 军	副司长	环境保护部
邓 戈	研究员	国家核安保技术中心
王 俊	研究员	国家核电技术公司
刘森林	研究员	中国原子能科学研究院
叶国安	研究员	中国原子能科学研究院
杨华庭	研究员	中国辐射防护研究院
吴宜灿	研究员	中国科学院核能安全技术研究所
柴国旱	研究员	核与辐射安全中心
王 驹	研究员	核工业北京地质研究院

扈黎光	处长	环境保护部
陈晓秋	研究员	核与辐射安全中心
赵 博	研究员级高工	中国核电工程有限公司
刘卫东	研究员	核工业第五研究设计院
孙庆红	研究员	中国辐射防护研究院
周培德	研究员	中国原子能科学研究院
殷德健	处长	环境保护部
常向东	研究员	核与辐射安全中心
刘新华	研究员	核与辐射安全中心
张爱玲	高工	核与辐射安全中心
徐志侠	研究员级高工	中国水利水电科学研究院
宋 刚	研究员级高工	中国科学院核能安全技术研究所
诸旭辉	研究员级高工	中国核工业集团公司
任丽霞	副研究员	中国原子能科学研究院
王长东	研究员级高工	中国核电工程有限公司
王旭宏	研究员级高工	中国核电工程有限公司
毛亚蔚	研究员级高工	中国核电工程有限公司
马如冰	工程师	中国核电工程有限公司
伍浩松	高工	中同核科技信息与经济研究院
郁祖盛	研究员	国家核电技术公司
周如明	研究员级高工	苏州热工研究院
上官志洪	研究员级高工	苏州热工研究院
张雅丽	处长	中国核工业集团公司

总 目 录

摘要	1
第一篇 福岛核事故后核电厂的改进及经验总结	5
第二篇 内陆核电厂的安全及环境问题	33
第三篇 内陆核电厂建设中的水安全问题研究	67
第四篇 内陆核电厂环境影响评估	99
第五篇 我国内陆核电厂液态流出物排放及水环境影响研究	131
第六篇 内陆核电厂严重事故工况下确保水资源安全的应急预案研究	193
第七篇 放射性废物中等深度处置	221
第八篇 利用快堆嬗变次锕系核素的战略研究	245
第九篇 核安保研究	274

摘 要

中国工程院“我国核能发展的再研究”中“内陆核电厂及核能发展中的几个重要安全、环境问题研究”分课题的研究是在“我国核能发展研究”课题基础上开展的，其研究内容不求涵盖核与辐射安全的所有方面，而是力求关注当前核电发展中面临的重要问题。有些重要问题以前已有专门研究，例如：高放废物地质处置，在本研究中就没有包括在内。本研究的内容主要是：(1) 福岛核电厂事故的教训与对策；(2) 内陆核电厂的安全；(3) 放射性废物中等深度处置问题；(4) 利用快堆嬗变长寿命核素的研究；(5) 核安保的研究。

1 福岛核电厂事故的教训与对策

2011年3月11日日本东部大地震引发海啸，导致福岛核电厂6个反应堆中多台发生了严重的堆芯损坏，根据联合国原子辐射影响科学委员会2013年报告书的评估，100~500 PBq 碘-131 和 6~20 PBq 铯-137 释放大气中，约为切尔诺贝利核事故的1/10和1/5。先后约撤离居民88 000人。产生了大量放射性固体废物和液体废物。估计成人在撤离前及撤离中所受有效剂量平均不到10 mSv（世界居民平均所受天然本底辐射约为每年2.4 mSv），1岁婴儿所受有效剂量约为成人的1倍。到2012年10月底，大约有25 000名工作人员参加了福岛第一核电厂现场减灾等活动，事故后19个月期间平均所受有效剂量约为12 mSv，0.7%的工作人员所受剂量超过了100 mSv。受到超过100 mSv的160人的人群未来癌症风险将增加，但预计难以察觉发病率的增加。对海洋和陆地非人类物种产生的照射通常都太小，很难观察到急性效应。对海洋生物的影响限于高放射性水释放点附近。在放射性物质沉降很高的有限区域内，不能排除某些生物的生物学指标发生连续变化。总体而言，福岛核事故产生的经济损失是巨大的，但对人和环境的辐射影响是有限的，然而，其影响仍是社会和公众难以接受的。

福岛核事故对国际核能界产生了巨大的震撼。各涉核电国家均组织了专门的队伍，研究和吸取福岛核事故的教训，开展核电厂安全的大检查，制定相应的对策和措施。检查结果表明，现在运行的核电机组安全是有保障的，与福岛核事故类似的核事故不太可能在本国发生。根据福岛核事故经验教训，有必要进一步开展核与辐射安全的研究，特别是抵御外部事件、预防和缓解严重事故及应急准备和响应等方面。我国沿海海域属于大陆架型海域，与日本的大地构造背景差异很大，不具备发生类似日本“3·11”地震海啸的条件。在日本“3·11”地震后，对我国沿海地区历史海啸沉积物调查结果表明，我国沿海地震海啸风险主要来自马尼拉海沟发生的大地震产生的影响，但其影响远小于可能最大风暴潮

增水，我国滨海核电厂均选用最大风暴潮作为设计基准洪水位的主要组合因素。类似福岛的事故不可能在我国发生。

我国在福岛核事故发生后，立即对全国核设施进行了安全检查，国家核安全局对全国民用核设施进行的检查表明，我国核设施具备完备的应对设计基准事故的能力，也具备一定的严重事故预防和缓解能力，安全风险处于受控状态，运行核电厂的安全是有保障的，类似福岛核电厂的事故不可能在我国发生。针对检查中发现的问题，提出了改进措施，目前，所有短中期项目已经完成，长期项目正在稳步推进。

2012年，国务院审核通过了《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》（简称《核安全规划》）和《核电安全规划》，并将《核安全规划》向全社会发布。

2 尽快启动内陆核电厂的建设

20世纪80年代初，我国沿海地区经济高速发展，迫切需要能源，核电从浙江秦山起步，随后广东、江苏、福建、山东和辽宁逐渐发展起来。现在，中部经济发展加快，常规电力发展受到资源和环境的严重约束，发展核电是解决这一问题的现实途径。但却遇到了在国际核电发展史上从没有遇到的问题——“内陆是否可以建设核电厂？”实际上，核电厂厂址的选址完全取决于能源的需求和是否满足核安全的要求。世界主要核电国家的大部分机组都建在内陆。美国内陆核电机组占总机组的61.5%，其中密西西比河流域建有21座核电厂，总装机容量达到3 093万kW，约占总装机容量的30%，而且该流域还拟新建5个核电项目（约1 000万kW）。

内陆核电厂厂址均采用可防止极端洪水的“干厂址”，洪水对内陆核电厂厂址不构成威胁。核电厂厂址设计基准洪水位考虑了洪水和溃坝的叠加，其方法既考虑了基于确定论的最大基准洪水位，也考虑了基于概率论的万年一遇洪水位，并取其最大值，与水利部门对水利设施提出的“万年重现期”的计算方法基本相当。现在规划的三座内陆核电厂（湖南桃花江、湖北大畈、江西彭泽）的厂址场坪标高均远高于设计基准洪水位。“干旱”属于缓发的自然现象，有足够的应对时间来确保核电的安全。如果有必要还可以通过在厂址附近设置储水槽等工程储备足够用水，解决运行经济性问题。

现代核电厂发生堆芯融化的严重事故概率是极低的。现在的设计根据严重事故后可能产生的废液，提出了“可存贮、可封堵、可处理和可隔离”的要求，确保环境风险可控。“可存贮”是指核电厂万一在发生严重事故后，可将事故产生的废液贮存在厂内安全可靠的设施内。“可封堵”是指在发生超设计基准洪水情况下，通过地下、地上防水淹措施，可避免核岛重要区域存在泄露等薄弱环节，防止外部水淹进入安全重要厂房。“可处理”是指对于严重事故产生的放射性废液，具有能够净化至内陆放射性废液排放的能力。“可隔离”是指综合上述措施实现放射性严重事故产生的废液与周边地表水体及地下水之间的有效隔离。

核电厂产生的气态和液态流出物中放射性已控制在很低的水平，对周围公众产生的照射低于天然辐射照射所致公众剂量的百分之一，也远低于燃煤电厂等排放的天然放射性物质所产生的剂量。我国核电厂液态流出物排放浓度控制值比国家标准规定的触控水平还严

格。放射废水处理采用最佳可行技术，尽可能减低液态流出物中的放射性核素的活度浓度。排放的液态流出物中放射性的含量极低，是近零排放，其累积影响极小。拟选内陆核电厂周围人口密度并不比沿海高，不存在实施应急计划的不可克服的困难。

总之，内陆经济的发展和环保的要求迫切需要发展核电，内陆许多拟选厂址也完全满足核安全的要求，尽快启动内陆核电厂的建设是必要的，也是完全可行的。

3 及时启动中等深度处置场的建设

我国已经存在大量不适宜在现有近地表处置场处置的废物，而且还将迅速增长。这些废物主要包括：长寿命放射源，现在已有 ^{241}Am 和 ^{226}Ra 等长寿命或较长寿命的废源3万多枚；生产堆和研究堆退役产生的石墨；军工核设施生产和退役产生的长寿命中水平放射性废水和废物；堆芯构件和压力容器等以及其他长寿命中水平放射性废物等。这些废物中有些废物已构成较大的风险源。放射性废物管理的基本原则之一是，不应把废物留给后代。妥善处理放射性废物也是公众关心的焦点之一。对于已构成较大风险源的军工核设施产生的放射性废水等问题更应加快处理和处置的进度。

我国现有和拟建处置设施均为近地表处置设施，不适宜处置长寿命中放废物。为了及时处置已经存在的和将要产生的中水平长寿命放射性废物，立即启动中等深度放射性废物处置工作是必要的。中等深度处置是一项较为成熟的技术，国际上有许多经验可以借鉴。建议将中等深度处置研究开发和工程实施列入“十三五”国家有关计划，力争在2020年左右建成中等深度处置设施。

4 加强利用快堆嬗变长寿命高放废物研究工作

高放废物处理与处置是公众关心的焦点。地质处置和高放废物嬗变（最小化）是解决高放废物处理与处置的基本途径。高放废物嬗变的主要途径有二：快堆嬗变和加速器驱动（ADS）嬗变。两种方法比较，快堆嬗变更为现实可行，当然ADS的研究也是必要的。当前，ADS嬗变系统作为中科院战略性先导科技专项已立项实施。2013年2月23日，国务院发布《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030年）》，提出了建立液态金属冷却的ADS实验室。但快堆嬗变至今只有零星少量经费支持，有必要加大对快堆嬗变技术的研发投入，尽快支持基于中国实验快堆、后处理中试厂等的嬗变实验研究。建议基于已建成的实验快堆和后处理中试厂，以及在建MOX燃料实验线等研究平台；适当进行技术改造和功能拓展，开展高放废物分离嬗变的全流程的实验研究，争取在2020年前完成实验规模的钚、MA（ ^{237}Np 、 ^{241}Am 等）和超铀循环技术及工艺实验，掌握分离-嬗变的关键技术，获取工程应用数据和经验。

5 核安保的发展及对策

我国对核材料一直实施严格的掌控，建立了比较完善的法规标准体系和核材料管制数

据库，设置了核设施实物保护系统，成立了国家核安保技术中心。核安保能够满足我国核能发展的基本需要。为了适应核威胁的形势及技术的发展，有必要进一步提高我国核安保水平，进一步完善核安保法规标准，尽量采用国际先进标准。积极推广和提高核安保文化，加强核安保技术研究，尽快建成国家核安保技术中心，推进核安保技术的持续发展，加强核安保监管。

（执笔人：潘自强）

第一篇

福岛核事故后核电厂的改进及经验总结

目 录

1 福岛核事故的发生与发展	7
2 各国的响应与改进行动	7
2.1 主要核电国家的响应及改进行动	8
2.2 其他国家响应和改进行动	12
2.3 中国的响应和改进行动	15
2.4 各国响应行动总结与趋势分析	16
3 福岛核事故主要特征和经验反馈	19
4 进一步提高我国核安全水平的考虑	22
4.1 建立新的核安全目标	22
4.2 发展新的核安全理念	23
4.3 提高核电厂设计安全要求	28
5 结论和建议	30
参考文献	31

1 福岛核事故的发生与发展

2011年3月11日2点46分,日本东部海域发生9级大地震。引发一系列巨大海啸,袭击了日本东北部地区,导致 561 km^2 的大面积灾难泛滥。

福岛第一核电厂^[1]共有6台机组,距震中150 km,地震所产生的地面加速度超过了2、3和5号机组的设计基准。地震导致正在运行中的1、2和3号机组自动停堆(4、5、6号机正在大修或停堆检修)。反应堆自动停堆后发电机跳闸,电厂供电电源切换至厂外电源。地震发生前,共有6路外电源连接到福岛第一核电厂。由于配电盘等遭到破坏以及输电塔因地震而倒塌,地震后六路外电源全部丧失。各机组的应急柴油发电机自动启动以维持冷却反应堆和乏燃料水池。

地震后46分钟,第一波海啸淹没了福岛第一核电厂,后续袭来的海啸在随后的几小时内进一步加重了电厂的被淹和受损程度。福岛第一核电厂原设计为“干厂址”,其是以假设最大设计基准海啸浪高3.1 m为基础建造的,1~4号机组核岛厂房和汽轮机厂房地坪标高10 m,5~6号机组核岛厂房和汽轮机厂房地坪标高13 m,所有机组的海水冷却系统厂房地坪标高4 m。2002年,根据日本土木工程师协会(JSCE)推荐的日本核电厂海啸评估方法,福岛第一核电厂最大的水位高度为5.7 m。根据这个评估结果,东京电力公司(TEPCO)在福岛第一核电厂取水渠外侧建造了防5.7 m海啸的防波堤。但是,这次海啸浪高达到了14~15 m,厂区水淹深度达到4~5 m,海啸浪高超出了福岛第一核电厂所有机组的设计基准。

海啸发生之后,福岛第一核电厂的所有反应堆厂房被海水完全包围。海水冷却系统的海水水泵和电动机完全被摧毁,导致最终热阱丧失。所有机组用于冷却辅助系统的海水泵设备均因水淹而失效。另外,海啸使10台安装在汽轮机厂房地下室并使用海水冷却的应急柴油发电机全部失灵,并且使3台安装在厂坪标高厂房内并使用风冷的应急柴油发电机中的2台丧失功能(配电盘因水淹失效)。6号机组的1台风冷应急柴油发电机成为福岛第一核电厂6个机组中仅存的交流供电电源。1、2号机组的125 V直流蓄电池供电系统受损,主控室的仪表和控制系统都不可用。

由于交流电源以及海水冷却系统功能丧失,无法实现堆芯和乏燃料水池的冷却,堆芯的实际状态也无法获知。为了尝试恢复冷却功能,东京电力公司采用了多种方法向堆芯以及乏燃料水池补水,如通过使用自卫队直升机、高压水车喷洒等,收效甚微。

最终,福岛第一核电厂的多个机组发生了堆芯熔化,氢气爆炸进一步加剧了放射性物质向环境的大量释放,产生了严重的后果,也给核能发展带来了深远的影响^[2-4]。

2 各国的响应与改进行动

福岛核事故引起了国际社会的广泛关注,特别是一些促进和平利用核能与推动核安全发展的国际组织,如,国际原子能机构(IAEA),世界核电厂营运者联合会(WANO),以及西欧核监管协会(WENRA)等^[5-7],他们组织开展了一系列事故调查、经验反馈、

制定新的安全要求等方面的活动。这些活动的成果为各核电国家制定改进行动提供了重要的参考，各主要核电国家根据本国核电的特点，提出并实施了一系列改进行动。这些国家包括美国、法国、韩国、日本、俄罗斯、乌克兰、德国等^[8-10]。

2.1 主要核电国家的响应及改进行动

2.1.1 美国

福岛核事故发生以后，美国核管会（NRC）针对美国 104 座运行核电厂在极端外部事件引起电源丧失或系统设备遭到大范围破坏情况下的应对能力进行了检查。针对检查中发现的问题，NRC 及美国核工业界从多个方面采取了响应和改进行动，包括：提升外部事件应对能力；改进反应堆、乏燃料池和安全壳设计；提高严重事故管理和恢复能力；明晰相关组织机构职责分工；改善应急准备与响应及事故后管理；加强国际合作等。

美国核管会还考虑了短期和长期行动确保美国核电厂安全。为此 NRC 还专门成立了工作组（NTTF），并于 2011 年 12 月 15 日确定了借鉴福岛事故经验教训所采取建议行动的优先次序。NRC 工作组提出的推荐行动按照优先级划分为三个层次来实施。

第一层次：为事故缓解需要，可以立即实施的，2016 年前完成，行动包括：

- (1) 地震和洪水灾害的再评估；
- (2) 地震和洪水防护情况的现场巡查；
- (3) 全厂断电事故的管理行动；
- (4) 对联邦法规 10 CFR 50.54 (hh) (2) 中涉及的设备提供适当的保护，以使其避免受到超过设计基准外部事件的影响；
- (5) 加强 Mark I 型和 Mark II 型安全壳可靠的卸压排放功能；
- (6) 增加乏燃料水池的测量仪表；
- (7) 加强和整合应急运行规程（EOPs）、严重事故管理指南（SAMG）和大范围损坏缓解导则（EDMG）；
- (8) 应急准备的管理行动（主要是人员配备和通信设施配置）。

第二层次：近期不能实施，主要因为需要进一步技术评估和调整、取决于第一层次问题完成情况或者不具备关键技术能力等因素的限制。这些行动不需要长期研究，在掌握充足的技术信息和具备适当的资源时即可实施。

第二层次的行动包括：

- (1) 增强乏燃料水池的补水能力；
- (2) 应急准备的管理活动。

第三层次的建议行动需要开展进一步的研究，这些建议行动与相对短期的工作有关，完成这些短期工作之后才能明确长期需要开展的工作，计划 5 年内完成。行动包括：

- (1) 每 10 年一次确认地震和洪水的灾害；
- (2) 加强预防和缓解地震引起的火灾和洪水的能力；
- (3) 加强其他类型安全壳可靠的卸压排放功能；
- (4) 安全壳内或其他厂房内的氢气控制和缓解；
- (5) 加强针对长时间全厂断电和多机组事故的应急准备；

- (6) 提升应急响应数据系统 (ERDS) 能力;
- (7) 长时间全厂断电和多机组事故应急准备 (EP) 的研究;
- (8) 决策、辐射监测和公众教育方面的应急准备;
- (9) 修订反应堆监管大纲 (ROP) 以体现所建议的纵深防御体系结构;
- (10) 开展在严重事故方面的培训, 对驻厂监督员增加严重事故管理指南方面内容的培训。

2.1.2 法国

法国 900 MW 核电厂的平均运行寿命已经超过 30 年, 福岛核事故后, 法国核电厂进行了许多改造, 增加了一些设备。已经开展的行动包括:

- (1) 设立首席委员会 (COPIL) 评估福岛事故经验并反馈。
- (2) 对民用核设施进行压力测试 (法国称为补充性安全评估 CSA), 压力测试结果由负责核反应堆、实验室和核电厂的咨询委员会进行审核。之后, 法国核安全局发布了 32 个指导决议。
- (3) 对于所有的核设施, 要求“强化堆芯安全”, 以便能在极端情况下管理基本安全功能, 防止发生严重事故, 在无法控制事故时限制大规模放射性物质释放, 并使执照持有者即使在极端情况下也能履行其应急管理职责。
- (4) 创建核快速响应部队 (FARN), 包括增设移动设备。
- (5) 建立人因首席委员会 (CoFSOH)。

未来的改进包括:

- (1) 在 2018 年前, 每座反应堆增加 1 台固定柴油发电机;
- (2) 在 2020 年前, 每座反应堆增加 1 个最终热阱;
- (3) 在 2020 年前, 每座核电厂增加 1 个附加的应急响应中心。

2.1.3 韩国

韩国在福岛核事故后, 主要开展了三个阶段的工作。

第一阶段, 对所有核电厂进行了安全检查, 以证实核电厂的设计足以应对地震、海啸等意外自然灾害所造成的重大事故。安全检查的结果证实, 各个运行核电厂、Hanaro 研究堆和核燃料循环设施能够安全防范设计基准地震和海啸。为了确保防范超出设计基准的自然灾害 (如福岛核事故) 的安全性, 韩国确定了在地震、海啸和重大事故领域的短期和长期安全改进行动项。

第二阶段是所有短期和长期行动项的实施阶段, 这些行动项主要基于福岛核事故的经验教训制定, 如:

- (1) 加强应对地震和海啸等自然灾害所造成的始发事件的能力。

为了保证对超出设计基准的自然灾害的适当应对, 运营商确定并实施的安全改进行动项包括: 调查与评价核电厂址最大潜在地震、调查和研究核电厂设计基准海水水位、提高安全停堆系统抗震能力、提高主控室地震报警系统的抗震能力、提高月城核电厂入口桥梁的抗震能力、评价自来水管道的抗震性能 (从净化厂到污水处理厂)、为古里核电厂建设沿海屏障、安装地震自动停堆系统、安装防水门和排水泵、加强冷却水的进水能力和改善