

《核安全公约》
福岛核事故特别会议

中华人民共和国国家报告

二〇一二年四月

北京

目 录

0. 导言	1
0.1 中国的响应行动	1
0.2 核电厂综合安全检查	5
0.3 安全改进要求	7
0.4 正在实施及拟开展的主要工作	9
0.5 福岛核事故的教训及启示	11
0.6 本报告关注的核设施	13
0.7 本报告的主题及结构	13
1. 外部事件	14
1.1 外部事件的管理要求和现状	14
1.2 核电厂防洪能力复核评估	18
1.3 核电厂抗震能力复核评估	21
1.4 核电厂海啸影响的复核评估	23
1.5 外部事件的改进措施	26
2. 设计事项	28
2.1 与严重事故相关的设计要求	28
2.2 核电厂预防和缓解严重事故的设计	29
2.3 核电厂相关设计的复核评估	31
2.4 设计相关的改进措施	31
2.5 中国先进压水堆的研发	32
3. 严重事故管理和恢复（场内）	34
3.1 严重事故的管理要求与现状	34
3.2 针对严重事故的检查评估	36
3.3 严重事故相关的改进措施	37

4. 国家组织	40
4.1 核安全监督管理	40
4.2 福岛核事故后部门和企业间的联动	41
4.3 福岛核事故后的相关改进措施	42
5. 应急准备和响应以及事故后管理（场外）	46
5.1 应急准备和响应管理要求与现状	46
5.2 场外应急事故响应	52
5.3 福岛核事故后的应急响应行动	53
5.4 核事故应急管理的检查评估	54
5.5 应急准备和响应以及事故后管理（场外）的相关改进措施	55
6. 国际合作	57
6.1 核安全领域国际合作现状	57
6.2 福岛后采取的响应行动	58
6.3 国际合作相关的改进计划	62
附件一：中国核电厂安全改进行动清单	64
附件二：核电厂清单	69

0. 引言

2011年3月11日，受东日本大地震及其引发的巨大海啸影响，福岛第一核电厂发生了严重核事故，对周边环境和当地的社会生活产生了严重影响。这是一起由极端外部自然事件及其次生灾害叠加导致全厂断电，继而引发严重的共因群堆事故，也是迄今为止全球发生的最为严重的核事故之一，对全球核能界产生了广泛而深远的影响。

福岛核事故引起了国际社会的极大关注，再一次彰显核安全的极端重要性和广泛影响性。人类应当从这次重大挫折中充分汲取经验教训，更为安全、有效地和平利用核能。

0.1 中国的响应行动

福岛核事故发生后，中国政府高度重视，相关职能部门和核能界迅速行动，并采取了相应的应急响应行动。

中国国务院于3月16日召开常务会议，强调核安全的重要性和紧迫性，讨论和部署中国政府应对福岛核事故的工作事项，并提出四项要求。

— 立即组织对核设施进行综合安全检查。通过全面细致的安全评估，切实排查安全隐患，采取相关措施，确保绝对安全。

— 切实加强对运行核设施的安全管理。营运单位要健全制度，严格操作规程，加强运行管理。监管部门要加强监督检查，指导企业及时发现和消除隐患。

— 全面审查在建核电厂。要用最先进的标准对所有在建

核电厂进行安全评估，存在隐患的要坚决整改，不符合安全标准的要立即停止建设。

— 严格审批新上核电项目。抓紧编制核安全规划，调整完善核电发展中长期规划。在核安全规划批准前，暂停审批新的核电项目。

在积极落实国务院要求的同时，政府相关部门根据福岛核事故的进展状态和影响，采取了一系列及时有效的响应行动，主要包括：

（1）应急响应和应急监测

中国国家核事故应急协调委员会在第一时间启动了国家核应急协调机制，按照《国家核应急预案》，积极研究应对措施，密切跟踪、研判事故进展，加强对环境、气象、食品、饮用水、口岸的辐射监测。

作为中国核安全监管机构和环境保护主管部门，环境保护部（国家核安全局）于3月11日启动了应急预案，紧急协调有关部门以及地方环保部门进入应急状态。3月12日要求各地开展辐射环境应急监测，及时报送监测数据，并在环境保护部网站开设专栏，及时公布和更新监测数据。应急监测的范围包括境内 γ 辐射空气吸收剂量率和大气、地表沉降、水、土壤、叶类蔬菜、牛奶、海洋水生生物中的放射性核素。4月22日调整进入应急待命，5月22日终止应急状态。

与此同时，环境保护部（国家核安全局）还成立了专门的技术队伍，密切跟踪、分析研判福岛核事故的事故进展和后果评估，

采用多专业专家会商机制讨论重要技术问题，通过模拟计算估算放射性物质扩散态势，认真研究福岛核事故的原因以及可能汲取的经验教训，编制并适时更新《日本福岛核事故经验反馈报告》、《日本福岛核事故对中国环境影响评估报告》，为科学决策提供技术基础。

（2）公众宣传

中国国家核事故应急协调委员会通过新闻发布会、电视媒体专访、专家访谈和答疑等形式，向公众及时公布事故进展及对中国的影响等相关信息，解答公众关切，消除公众疑虑，让公众能够以科学的态度理性面对此次事故。

环境保护部（国家核安全局）通过网站以监测数据的公布和解读、新闻发布、答记者问、科普宣传等形式主动发布信息，并编制出版科普读物。此外，还于4月发布了《关于进一步加强核电厂营运单位信息公开的通知》、《环境保护部（国家核安全局）核与辐射安全监管信息公开方案（试行）》两个文件，指导和规范核电厂营运单位和核安全监管开展信息公开工作。

各核电厂营运单位也加强了信息公开和公众宣传的工作。

（3）综合安全检查

环境保护部（国家核安全局）、国家能源局、中国地震局按照国务院批准的《核设施综合安全检查实施方案》对中国民用核设施进行了综合安全检查，包括运行和在建核电厂、研究堆和核燃料循环设施等。核电厂综合安全检查于2011年3月开始实施，2011年12月基本结束，为期9个月。检查按照方案确定、电厂

自查、安全再评估、现场核查、专家审议、提出改进措施六个阶段进行。采取了安全自查、沟通对话、技术研讨、文件查阅、现场检查、专题研究、专家咨询等审查方式。

（4）核安全规划的编制

根据国务院要求，环境保护部（国家核安全局）牵头组织开展了核安全规划的制定工作。由政府有关部门、企事业单位、研究机构、高等院校等多个单位组成的编制组开展了广泛调研，通过深入分析中国核能、核技术及其安全形势，形成了12个专题报告。经过反复研讨和论证，并广泛听取核能界的意见，编制组历时10个月，编制形成了《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》。该规划深入分析了中国核安全工作面临的形势，安排了确保“十二五”期间核安全的工作任务，并明确了相应的保障措施。

此外，国家能源局组织制定《核电安全规划》，调整完善《中长期核电发展规划》，并加快了《核电管理条例》的研究和编制。

上述规划的颁布和实施，有利于中国核安全水平的进一步提高，并为核能事业的安全、健康、可持续发展提供坚实有力的支撑。

（5）政府相关部门的机构调整

加强核安全监管机构是福岛核事故后国际社会的普遍响应活动。中国政府部门也通过调整政府部门的机构设置、增加人员编制和财政预算等措施，加强了核电产业、核行业的管理力量和核安全监管力量。具体来说，环境保护部在原有核安全司的基础

上,组建了三个核与辐射安全监管司;国家能源局增设了核电司;国家原子能机构增设了核应急司。

(6) 国际合作与交流

福岛核事故期间,环境保护部(国家核安全局)与日本原子力安全保安院(NISA)保持密切联系,及时获取事故信息并多方收集相关资料,同时密切跟踪日本、美国、法国、国际原子能机构(IAEA)等国家和国际组织的响应行动和成果,为中国核电厂综合核安全检查和组织的安全改进行动通用技术要求的制定提供了良好的技术基础。中国主动派技术专家参加IAEA福岛核事故调查团,积极参加IAEA和经合组织核能署(OECD/NEA)的重要活动。同时开拓与欧盟在核安全研究与能力建设等方面的合作;并通过中美、中法、中日等双边核安全合作交流机制与国际同行开展深入交流。中国、日本、韩国三国核安全监管当局还利用已有的监管高官会机制开展了更为深入、务实的交流合作活动,签署了中日韩国三国核安全合作倡议。

中国核工业界与IAEA、世界核电营运者协会(WANO)、世界核学会(WNA)等国际组织以及美国、法国、日本核工业界等进行了广泛的技术交流,共享经验,共同促进核电厂安全水平的提高。

0.2 核电厂综合安全检查

核电厂综合安全检查以核电厂审批时的核安全法规、现行核安全法规与国际最新安全标准、以及迄今为止获得的福岛核事故

的经验教训为参考基准，分析评估核电厂的安全性。重点关注极端外部事件的抵御能力、严重事故的预防和缓解、辐射监测和应急准备与响应等三个方面 11 个要素，具体包括所评估的外部事件的适当性、防洪预案和防洪能力、抗震预案和抗震能力、质量保证体系的有效性、消防系统、多种自然事件叠加事故的预防和缓解、全厂断电事故分析评估、严重事故预防和缓解措施及其可靠性评估、公众宣传与信息公开、环境监测体系和应急体系的有效性以及其他可能存在的薄弱环节。

核电厂营运单位根据相关指导文件进行安全自查，并提交了自查报告。设计单位提交了具体堆型设计与法规要求的一致性分析报告。环境保护部（国家核安全局）技术支持单位根据参考基准提出了一批安全再评估的审评问题，并与营运单位进行直接对话，开展深入的技术讨论。环境保护部（国家核安全局）牵头组织各核电厂现场检查活动，对重要的构筑物、系统和设备进行查勘，与运行或工程管理人员进行座谈，并形成现场检查报告。

环境保护部（国家核安全局）、中国地震局、国家海洋局还开展联合研究，对核电厂的地震海啸影响进行再评估，重点复核板块俯冲带远源地震的海啸影响。

综合安全检查的主要结论包括：

— 中国的核安全法规全面采用 IAEA 的安全标准，核安全法规标准体系与国际接轨。

— 核电厂在选址中对地震、洪水等外部事件进行了充分论证，发生类似福岛核事故的极端自然事件的可能性极小。

— 核电厂均比较充分地考虑了严重事故的预防和缓解，在设计、制造、建设、调试和运行各环节进行了有效管理，总体质量受控。

— 核电厂均有良好的运行业绩。安全运行管理指标处于世界核运营者协会（WANO）排名前列，迄今未发生国际核事件分级（INES）二级及以上事件。

— 环境保护部（国家核安全局）对核电厂实施独立有效的安全审评和监督。

检查结果表明，中国现有核电厂满足许可证审查和颁发时期核安全法规的要求，也基本满足现行核安全法规和 IAEA 最新标准的要求，具有一定的事故预防和缓解能力，安全风险处于受控状态，安全是有保障的。但从福岛核事故的经验教训以及秉持纵深防御和持续改进的原则，中国核电厂还存在一些可以改进的方面。

各技术专题的具体检查结果将在后续章节中描述。

0.3 安全改进要求

中国根据福岛事故的启示和综合安全检查的结果，识别出一些潜在的待改进领域，并从管理和技术两个方面制定了一系列近期及中远期的整改行动计划。相关部门和单位正在逐项落实，以进一步提高中国核电厂的安全水平。

工程和技术改进措施主要包括：

— 结合各核电厂可能遭遇水淹情况的评估，逐项排查并

完成有关门窗、通风口、电缆贯穿和工艺管道贯穿等的防水密封。

— 增加设置移动电源、移动泵等，以满足在核电厂全厂断电工况下的安全需要。

— 通过加高海堤、增设挡浪墙、增设安全厂房防水淹和排水措施等，完成个别核电厂的防洪能力改造。

— 加强对核电厂地震监测、记录仪器和仪表的维护和管理，确保监测记录系统的有效性。结合现场条件，改进相应的操作员震后行动，提高核电厂相应的抗震能力。

管理措施主要包括：

— 完善核电厂严重事故管理指南，评估和改善用于缓解严重事故的设备和系统的可用性、可靠性。对可能发生的氢气爆炸进行评估，根据评估结果，增设或改造核电厂的消氢设施，以防止严重事故工况下氢气的聚集和爆炸。

— 完善应急计划，提高核事故应急响应能力。提高严重事故情况下环境监测能力，完善应急控制中心的功能。制定多机组应急计划，建立并完善外部应急支援能力。

— 制定和完善核电厂信息发布程序，及时有效地应对公众疑虑。

— 加快推进核电厂乏燃料外运和放射性废物处理处置工作。

— 对地震海啸风险进行深入细致评价，各核电厂要完成抗海啸能力的分析和验证，并采取必要的改进措施。推进和完善核电厂外部事件概率安全分析或抗震裕量评估工作。

此外，中国有关政府部门正在共同研究全国核应急能力建设，并督促核电企业集团提升其应急能力，通过有效的协调和组织，实现全国或区域范围内应急资源和能力的共享，规范和强化核电厂规划限制区的管理。详见附件一。

0.4 正在实施及拟开展的主要工作

根据综合安全检查的结果，结合中国核电发展现状和发展趋势，政府相关部门组织开展了一系列工作，并拟定了未来一段时间的工作计划。各核电厂也正在按照综合安全检查的要求落实短期和中长期安全改进措施。主要工作包括：

(1) 制定福岛核事故后核电厂安全改进行动通用技术要求

环境保护部（国家核安全局）正在研究制定《核电厂改进行动通用技术要求》，提出安全改进应遵循的技术要求。该技术要求选定了九个专题领域开展重点调查研究，包括核岛设施及厂房防水封堵、移动泵和注水管线设置、移动电源及设置、乏燃料池监测、消氢系统改进、应急控制中心可居留性及其功能、环境监测和和应急监测措施改进、应急准备改进、外部灾害预警等。

通用技术要求经广泛征求核工业界的意见和核安全与环境专家委员会的技术咨询后，正式发布实施。

(2) 开展运行核电厂重要外部事件安全裕量评价

环境保护部（国家核安全局）已制定发布《运行核电厂重要外部事件安全裕量评价工作方案》，要求运行核电厂进一步评估

核电厂应对超设计基准外部事件的安全裕量，优化和落实改进措施，提高改进措施的有效性。具体评估内容包括极端外部事件情况下的核电厂事故响应、防御措施及事故后果缓解的有效性，特别要考察核电厂可能存在的薄弱环节和陡边效应，从而评估核电厂纵深防御的牢固性及安全裕量，以及目前事故管理措施的恰当性，提出技术或组织体系方面的改进行动措施。

目前各运行核电厂根据厂址特征，对重要外部事件裕量进行全面的分析评估，并将于 2012 年 4 月底完成。环境保护部（国家核安全局）则将对评估结果进行独立审查。

（3）编制新建核电厂安全要求和审评原则

为了保证中国未来新建核电厂具有更高的设计安全水平，环境保护部（国家核安全局）启动了新建核电厂安全要求和审评原则的编制工作，并针对“十二五”和“十三五”两个时期分别制定，目前优先考虑“十二五”期间新建核电厂的相关要求的制定。

鉴于福岛核事故的经验反馈和核安全水平的提高是长期的持续过程，因此，除了综合安全检查安全改进措施的跟踪、落实外，在未来一段时间中，环境保护部（国家核安全局）还将计划开展以下工作：

— 大力推进核安全规划有效落实，并形成具体的工作计划和协调督促机制。

— 大力推进法规和标准的建设，加快核安全法的立法工作，紧密跟踪并积极参与国际核安全标准的制定过程。

- 大力推进基础能力建设，包括环境监测体系、事故应急体系、公众宣传体系的构建和能力建设。
- 大力推进核安全技术基础能力，尤其是独立分析能力、试验验证能力等。
- 大力推进经验反馈、安全文化和质量保证体系的建设 and 持续改进。

0.5 福岛核事故的教训及启示

通过深入分析福岛核事故的发生、发展过程以及国际社会的响应活动，结合中国核电产业的现状和特点，以及核电厂综合安全检查的成果，基于纵深防御的原则，中国有关部门从管理和技术两个方面总结了福岛核事故的教训和启示。其中管理领域的教训和启示主要包括：

（1）进一步深刻认识核安全的极端重要性和基本规律，提升核安全文化素养和水平。

（2）进一步提高核安全标准要求，并切实有效抓好落实，尤其是外部事件的设防以及严重事故的预防和缓解。

（3）进一步完善事故应急响应机制，提高应急响应能力，切实贯彻落实纵深防御的要求。

（4）进一步增强营运单位自身的管理、技术能力及资源支撑能力，以具备一定的“孤岛应对”能力。

（5）进一步提升核安全监管部门的独立性、权威性、有效性，使其具备适当的资源保证和技术能力，从而在各种状态下有

能力做出果断正确的决策和采取科学合理的行动。

(6) 进一步加强核安全技术研发工作, 依靠科技创新推动核安全水平持续提高和进步。

(7) 进一步加强国内外核安全经验和能力的共享, 构建有效的机制和平台, 在更广泛的范围、以更友好的方式共享经验和能力。

(8) 进一步强化公共宣传、信息公开工作, 增强公众对核安全的认知水平和对核电的接受度, 为核电发展塑造良好的社会环境。

技术领域的教训和启示主要包括:

(1) 需要根据认识水平的提高, 结合厂址具体条件, 不断完善针对极端外部事件的设防能力, 以保证小概率但后果严重的超设计基准事故在选址和设计中得以恰当考虑, 并维持适当的安全裕量。

(2) 需要改进和强化严重事故管理, 完善严重事故管理指南 (SAMG), 通过系统性的管理和技术手段, 有效预防和缓解严重事故, 并为之提供必要的监测、功能验证、资源配置、人员培训等。

(3) 需要采取适当的系统配置和技术手段, 提高最终热阱和应急电源的可靠性、多样性和灵活性, 保证反应堆堆芯以及乏燃料水池的冷却功能。

(4) 需要考虑极端自然条件下, 多机组同时发生事故时的应急响应能力以及相互援助机制, 包括环境监测、通信方式、抢

险救援、人员资质和培训、应急物资的储备和调配等。

0.6 本报告关注的核设施

本报告所关注的核设施包括中国正在建设和运行的核电厂。中国台湾核电厂的相关信息暂缺。

目前，中国现有运行核电机组 15 台，总装机容量 12.54GWe；在建核电机组 26 台，总装机容量 29.14GWe。除秦山第三核电厂为重水堆（CANDU-6）外，其他均为轻水型压水堆，包括自主化压水堆型核电机组、AP1000 型机组和 EPR 机组等。

中国已形成三个运行核电基地，包括浙江秦山、广东大亚湾和江苏田湾。此外，在辽宁红沿河、山东海阳、浙江三门、福建福清和宁德、广东阳江和台山、广西防城港、海南昌江等地正在建设一批核电机组。中国在建及运行核电厂详细清单见附件二。

0.7 本报告的主题及结构

本报告按照 IAEA “2012《核安全公约》特别会议国家报告指南”的要求编写。重点描述中国政府及其核电厂在外部事件、设计改进、严重事故管理和恢复（场内）、国家组织、应急准备和响应及事故后管理（场外）、国际合作等六个方面，目前的要求、现状、自查中识别的弱项和问题，以及针对弱项和问题，已采取、正在实施或计划实施的改进行动。

1. 外部事件

1.1 外部事件的管理要求和现状

中国自 1982 年起，广泛收集、仔细研究了核电发达国家的核安全法律、法规，并参照 IAEA 的核安全规定及导则，逐步确立了中国的核安全法规体系。

在选址方面，中国核安全法规与 IAEA 相关的安全标准保持一致。由于中国的核电建设起步较晚，在核电选址法规标准方面以及选址评价方面能够更好地借鉴国际经验，相应的选址法规标准比较完善，并得到严格执行。与核电厂厂址选择有关的核安全法规和导则主要有：

- HAF101 《核电厂厂址选择安全规定》
- HAD101/01 《核电厂厂址选择中的地震问题》
- HAD101/02 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》
- HAD101/03 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》
- HAD101/04 《核电厂厂址选择的外部人为事件》
- HAD101/05 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》
- HAD101/06 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》
- HAD101/07 《核电厂厂址查勘》
- HAD101/08 《滨河核电厂厂址设计基准洪水的确定》
- HAD101/09 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》
- HAD101/10 《核电厂厂址选择的极端气象现象》
- HAD101/11 《核电厂设计基准热带气旋》

一 HAD101/12 《核电厂的地基安全问题》

随着 IAEA 法规修订计划的实施，中国对《核电厂厂址选择安全规定》及其附属导则，结合中国的实践正在进行修订之中。

中国核电厂选址主要考虑以下几个方面的因素：

(1) 某个特定厂址所在区域，可能发生的外部自然事件或人为事件对核电厂的影响；

(2) 可能影响所释放的放射性物质向人体和环境转移的厂址特征；

(3) 与实施应急计划可行性相关的厂址特征，包括人口密度、人口分布、交通通讯条件等特征。

确定外部自然事件设计基准的准则：

(1) 对推荐厂址，充分调查研究与设计基准自然事件有关的可能影响核电厂安全的所有厂址特征；

(2) 列举推荐厂址所在区域内可能存在或可能发生各种自然现象，并根据它们对核电厂安全运行产生影响的可能性进行分类，采用这个分类来明确哪些是必须确定设计基准的重要自然现象；

(3) 收集厂址所在区域内发生过的上述重要自然现象及严重程度历史资料，并认真分析其可靠性、准确性和完整性；

(4) 采用恰当方法为重要自然现象确定设计基准的自然事件，必须证明这些方法与厂址所在区域内的特征及目前的技术水平相适应；

(5) 采用某一方法确定设计基准自然事件而应研究的区域

范围，该区域范围必须大到足以包括对确定设计基准自然事件及其特性有影响的所有特征及地区；

(6) 将重要自然现象表示为推求核电厂有关自然事件设计基准的输入项；

(7) 在确定设计基准事件时，采用该厂址的特定资料；对无法获得的资料，则采用与该厂址所在区域相类似的其它区域的适用的数据资料。

外部事件的评价准则：

在核电厂选址中高度重视极端外部事件的影响，从设施选址角度尽量避免可能存在发生极端外部事件的地区，如核电厂选址多在低地震烈度区进行。从设计防护角度，对于极端外部事件评价通常采用确定论和概率论两种评价方法，并选取其中的可能最大值作为核电厂址的设计基准。此外，关于核电厂厂址设计基准地震动参数的确定，中国将 IAEA 推荐的 SL-2 的最低限值 0.1g，结合中国的地震活动背景调整为 0.15g。

影响核电厂安全的自然因素：

中国核电厂在选址过程中，对影响核电厂安全的自然因素进行了详细调查和评价，并根据调查结果和有关安全要求，确定了工程设计基准。这些影响核电厂安全的自然因素包括：

- 由于风暴潮、降水和其他原因引起的洪水
- 因地震引起的波浪
- 因挡水构筑物受破坏而引起的洪水及波浪
- 地表断裂

- 斜坡不稳定性
- 地表塌陷、沉降或隆起
- 地震
- 基土液化
- 龙卷风
- 热带气旋（台风）
- 其他重要的自然现象和极端条件

核电厂选址基本情况:

中国目前运行和在建的核电厂址共有 13 个，均为沿海核电厂。辽宁红沿河核电厂地处辽东湾、广西防城港核电厂和海南昌江核电厂濒临北部湾，其余核电厂均分布在中国东部和南部绵延的海岸线上，海域开阔，大陆架延伸平坦宽广。中国现有核电厂在选址时，已考虑了避开能动断层，地震地质构造稳定，大部分处于弱地震区。在抗震设计上已经考虑了一定的安全裕量，在运行管理上也制定了一系列详细的应对措施。

核电厂选址过程中，对各种可能影响厂址安全的极端外部事件进行了调查和评价，选址程序和外部事件评价均按照核安全法规的要求进行，并经过环境保护部（国家核安全局）的审查确认。核电厂设计按照厂址的地质、水文、气象等极端外部事件条件确定设计输入，所考虑的设计基准事件满足中国核安全法规及导则的要求，核电厂设计能抵御设计范围内的各种外部风险，并对超设计基准的严重事故具备一定的控制和缓解能力，厂址选择过程中的外部事件评估是适当的。

福岛核事故后，中国针对引发福岛核事故的初因事件及后续事故处理中出现的问题，调查了国内各运行核电厂自建设以来厂址周围所发生的自然灾害、工业活动的变化，分析各核电厂址可能发生的极端自然灾害及可能的组合，并对其与原设计规范及IAEA的最新标准进行了比较。对于在建和拟建核电厂也进行了相应的复核。

1.2 核电厂防洪能力复核评估

设计基准洪水确定准则：

中国核安全法规要求，滨海厂址的设计基准洪水是一个核电厂设计应防御的洪水。所考虑的洪水因素包括来自海洋的洪水和陆地降水，其中海洋洪水要考虑如下组合：

- 基准潮位；
- 极端洪水事件（风暴潮、假潮和海啸）；
- 风浪；
- 江河洪水（河口厂址）。

风浪的作用可单独考虑或与上述洪水组合在一起考虑。

根据中国滨海核电厂的海洋水文特征，在确定设计基准洪水时考虑具体组合因素包括：10%天文高潮位、风暴潮、风浪影响和江河洪水。其中，对于极端洪水事件可能最大风暴潮的评价主要采用确定论方法，即假定最不利的台风参数和路径计算风暴潮的增水和减水的极端状况，并以此作为核电厂址防洪设计的依据。对位于河口的滨海厂址，设计基准洪水位要叠加陆域河洪水

位。

中国核安全法规要求，核电厂安全重要物项必须能防御设计基准洪水。各核电厂在根据安全相关设施的位置与标高，与设计基准洪水的静态与动态影响比较之后，确定采取适用于本核电厂的防洪措施。

核电厂防洪设计及防洪措施：

目前中国大陆运行和在建的核电厂均选址为滨海厂址，除辽宁红沿河核电厂、广西防城港核电厂和海南昌江核电厂厂址分别处于辽东湾与北部湾的海湾区域外，其余核电厂均分布在中国东部和南部开阔的海域，沿海大陆架宽广。对于中国滨海核电厂最重要的洪水因素为热带气旋（台风）产生的风暴潮，中国东部和南部沿海地区夏秋季台风多发，时常造成洪灾，位于东、南沿海区域的核电厂防洪设计基准高于其他滨海地区。

根据中国核安全法规要求，在基于中国沿海区域的历史灾害情况和已有的工程实践经验的基础上，为防御设计基准洪水，核电厂在设计中采取的主要措施包括：

（1）保持干厂址设计，保证厂坪标高在设计基准洪水位之上，并考虑风浪影响。

（2）建造永久的外部屏障，如防洪堤、挡浪墙和其他防洪构筑物，并将防波堤作为安全相关物项考虑。

（3）防洪设计中考虑可能产生的局部越浪，以及可能最大降雨产生的局地洪水影响，包括适当的排水设施，相应的应急防洪措施等。

(4) 制定并完善相应的防洪预案、管理制度和执行程序，定期进行防洪演习。

防洪安全检查及复核评估：

福岛核事故后，各核电厂采用最新水文数据对设计基准洪水进行了复核。复核结果表明，绝大多数核电厂对极端洪水的评价是恰当的，采用的洪水组合及确定的设计基准洪水位满足现行核安全法规要求。厂区均设置了陆域和海域防洪措施，能满足现有最大基准洪水位和最大可能降水的设计基准要求。

综合安全检查重点审查了核电厂防洪设计的适当性，并且结合日本福岛核电厂和法国 B Layais 核电厂水淹事故的经验，评价在可能水淹时，安全重要设备的位置及防淹措施能否保证设备的可用性，管沟、廊道、门窗和贯穿件的密封性能，洪水预警信息的获取能力和防洪预案的恰当性等。

秦山核电厂由于杭州湾后期围垦等因素的影响，复核评估的洪水位已超过原防洪堤的防洪能力。环境保护部(国家核安全局)要求其尽快完成防洪方案的修订，提高防洪能力，保证核电厂的防洪安全。目前改进的防洪方案已完成并通过环境保护部(国家核安全局)审评确认，防洪工程正在实施中。

此外，为了进一步提高核电厂抵御极端洪水的能力，特别是抵御可能发生的超强台风影响，要求各滨海核电厂加强与气象和海洋部门的实时联系，完善防洪应急预案，对可能进水通道采取封堵或防水措施，保持关键安全系统的实体隔离和多样性。

1.3 核电厂抗震能力复核评估

设计基准地震确定准则:

核安全法规要求在核电厂选址中要避开“能动断层”，并尽可能远离强地震发生区。核电厂地震调查评价主要围绕确定工程抗震设计基准和鉴定厂址区域地表断裂能动性而进行。评价区域范围内的地震和地质条件，收集史前、历史和仪器记录的地震资料，确定与地震相关的危险性。调查区域的尺度大小、收集资料的类型、调查的范围与详细程度，按照地震构造环境的复杂程度与性质来确定。其中厂址区域调查范围不小于150km。在核电厂址的设计基准地震评价中，采用确定论和概率论地震危险性分析两种方法，其中对应于核电厂SL-2的概率风险水平取值为 10^{-4} ，核电厂址的抗震设计基准取两种评价方法的最大值。无论所选的核电厂址区地震活动水平如何低，核电厂址SL-2级抗震设计基准中的水平峰值加速度不得低于0.15g（对应于零周期的峰值加速度）。

核电厂抗震设计:

中国属于地震灾害较多但分布不均匀的国家，强地震活动主要集中在中国的西部和华北地区。对核电厂所在的沿海地区，靠近台湾海峡的东南沿海地震活动较活跃，历史上发生的最强地震达到M7.5级，其他沿海地区地震活动水平相对较低，以中强地震活动为主。中国地处欧亚大陆板块的内部地区，地震频度和强度均远低于处于板块碰撞带的日本。主要的破坏性地震活动为大陆板块内部的浅源地震活动，深源地震的能量大部分消耗在上地幔

和地壳中，对地表一般不构成影响。

目前，中国核电厂的抗震设计主要分为两类。一类是秦山核电厂、大亚湾核电厂以及在此基础上不断改进的 CPR1000 型核电机组，这类机组的抗震设计 SL-2 为 0.2g。田湾核电厂（WWER）和秦山三期核电厂（重水堆）的抗震设计也处于这一水平。另外一类为新引进的 AP1000 和 EPR 机组。AP1000 核电堆型的抗震设计 SL-2 为 0.3g，EPR 核电堆型的抗震设计 SL-2 为 0.25g，设计地震反应谱均采用平滑拓宽的 RG1.60 标准谱。

抗震安全检查及复核评估：

福岛核事故后，结合最新的地震记录资料，对核电厂抗震设计基准的适当性进行了复核和确认，包括安全重要物项的抗震分类和抗震鉴定结果、地震仪表的设置以及震后措施（抗震预案）的恰当性、可能与安全重要物项相互作用从而导致地震次生灾害的物项设计和评价等。

检查结果表明，中国核电厂的设计基准地震动确定、安全重要物项的抗震分类和抗震鉴定以及地震仪表的设置，满足现行核安全法规标准和 IAEA 最新核安全标准的要求。各核电厂的实际抗震设计均能够包络厂址评估的地震动，而且一些核电厂与厂址地震动参数相比具有较大的抗震安全裕量。各电厂均已制定了较为完整的抗震预案，并进一步完善了核事故应急行动计划。

考虑到福岛核事故的经验教训，要求各核电厂要充分认识到地震活动的不确定性，应对可能发生的极端地震事件的影响，健全和完善地震应急预案。要开展核电厂的抗震裕量分析，以发现可

能存在的薄弱环节，并实施相应的安全改进。

1.4 核电厂海啸影响的复核评估

法规要求

《核电厂厂址选择安全规定》(HAF101)和 IAEA 新颁布的《核设施厂址评价安全规定》中都明确要求对可能的地震海啸进行评价，在其附属的核安全导则《核电厂厂址选择中的地震问题 (HAF101/01)》中，要求基于地震和地质资料鉴定最强的海啸源，并估计潜在影响；在核安全导则《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定 (HAF101/09)》中，要求基于可能最大的极端洪水作为厂址防洪的设计基准，其中考虑的洪水组合因素中也将海啸纳入了可能发生的极端洪水事件中。在滨海核电厂选址评价中，需考虑的防洪因素包括：基准水位（天文潮位、海平面异常等）；极端洪水事件（风暴潮、海啸、假潮等）以及伴随风暴潮和海啸的波浪影响。对位于河口地区的滨海厂址，还要组合上游的江河洪水。

在上述组合中，极端洪水事件是核电厂防洪设计中最受关注的因素，而极端洪水事件与厂址所在区域的自然条件密切相关。对于一个地区来说，极端洪水事件可以是海啸，也可以是风暴潮或假潮，取决于厂址滨临水体的特性以及地震或气象条件。中国沿海地区，由于受西南太平洋热带季风的影响，每年夏季台风频发，伴随台风的风暴潮影响则受到高度关注。根据核安全导则，对于不同的极端洪水事件，由于同时发生的几率很低，所以在核电厂选址评价中不考虑其叠加的影响。

中国滨海核电厂的海啸影响评价:

根据中国以往滨海核电厂选址评价,对于可能的海啸影响主要从三个方面进行分析:

首先是历史资料分析,在中国沿海特别是东部和南部沿海地区的相关历史资料中,有大量的“潮涌”、“海啸”等洪水灾害的相关记载,记载历史达千年以上。但经核实,这些滨海地区的历史洪水主要与台风引起的风暴潮有关,并没有发现确切的由地震引起的灾难性海啸影响。

其二是从地震活动的角度进行评价,中国大陆沿海地区地震活动虽不像位于板块边界的日本那样强烈,但从沿海地区的历史地震分布中可以看出,中国的渤海、黄海以及东南沿海地区都有地震活动记载,这些历史地震震级最强达到 7.5 级,而更多的是的中强地震。根据区域地震构造应力场、地震地质以及海域物探等研究,这些地震大多数是由水平构造应力作用下断层发生走滑运动形成的,垂直位移相对较小。由于这些地震的震级较低,而且断层活动以走滑为主,因而伴随这些地震并没有伴随发生显著的海啸。

第三方面是利用模型对可能的海啸影响进行分析计算,包括对中国沿海周边可能的海啸源估计以及这些海啸源对核电厂厂址影响的计算结果。通过模型计算,中国滨海核电厂址可能受海啸影响产生的增水值远小于风暴潮增水。

中国沿海海域均为辽阔的浅水大陆架地形,近海海域有诸多岛屿岛礁构成环绕大陆的弧形圈,近海外侧有日本九州、琉球群

岛以及菲律宾岛屿，形成了防御海啸的两道天然屏障。有记录以来，因地震导致的海啸对中国近海几乎无影响。根据中国滨海地区的地震地质背景、海洋水文条件以及以往核电厂选址过程中对地震海啸可能影响的评价结果，中国沿海不具备发生大规模地震海啸的条件。

海啸影响的复核评估：

福岛核事故后，综合安全检查再次对海啸问题进行了复核评估，进一步收集了国际历史上发生大规模海啸的资料。这些大规模海啸的一个共同特点是海啸源均发生在环太平洋和大西洋的板块构造边界，与地震带分布相吻合，并属于板块俯冲带类型的震源。

在复核研究中，重点关注了在沿海周边地区板块俯冲带发生大规模地震海啸对滨海核电厂的可能影响。其中距中国沿海最近的板块俯冲带是东海外侧的琉球海沟俯冲带，另一个板块俯冲带为位于南海东侧的马尼拉海沟俯冲带。

复核评估的主要结论如下：

（1）中国沿海海域属于大陆架型海域，而日本东部属于太平洋板块向欧亚大陆板块下部的俯冲带，中国与日本海域的构造背景差异很大，不具备发生类似日本 311 地震海啸的背景条件。

（2）基于中国沿海核电厂选址中的评价，表明中国沿海地区洪水影响主要受风暴潮控制。在设计基准洪水组合因素中的极端事件确定为风暴潮，与中国沿海的地震和水文气象条件一致。

（3）根据中国沿海地区历史海啸沉积物的调查结果，中国

沿海历史上没有发生大规模的海啸记录。

(4) 目前的研究结果表明, 中国的海啸风险主要来源于马尼拉海沟可能发生的强烈地震, 主要影响对象是广东沿海的核电站, 但总体来说, 海啸风险较小, 难以对核电站安全构成直接威胁。考虑到海啸研究中存在的薄弱环节, 目前中国有关部门正在开展深入研讨, 进一步分析海啸爬高效应及海啸波冲击对防洪构筑物的影响、以及相关核电站现有堤防设施的防护能力。

1.5 外部事件的改进措施

结合综合安全检查中发现的问题, 针对外部事件方面确定的主要改进措施如下:

(1) 各核电站结合可能的水淹情况, 筛查并完成有关管沟、廊道、门窗和贯穿件等封堵或防水措施, 提高重要厂房和设备的水密性和抗水淹能力。保持关键安全系统的实体隔离、多样性和可用性, 同时加强与有关气象、海洋和地震部门间的信息交流与实时联系。

(2) 完成现有防洪设施的风险评估, 通过加高海堤、增设挡浪墙、增设安全厂房防水淹和排水设施、及时预警等措施, 提升防洪能力。

(3) 加强对地震监测和记录仪器、仪表的维护和管理, 确保监测记录系统的有效性。同时结合现场情况, 改进相应的操纵员震后行动规程, 提高抗震响应能力。

(4) 开展外部事件概率安全分析和抗震裕量评估工作, 研

究超设计基准的重大自然灾害以及极端外部事件叠加对核电厂安全的影响，落实各项风险预防及安全改进工作。

(5) 进一步完善应对极端自然灾害的应急预案，跟踪和研究国际核能界有关外部事件的核安全要求的变化趋势和行业实践，及时修订中国相关的核安全法规和标准。

2. 设计事项

2.1 与严重事故相关的设计要求

环境保护部（国家核安全局）于2004年4月发布了修订后的《核动力厂设计安全规定》，明确要求对新建核电厂的设计必须考虑严重事故的对策。虽然现有核电厂已提供了高可靠的设计来对付设计基准事故以防止反应堆堆芯的严重损坏和抑制放射性物质的释放，但是某些极低概率的事件序列仍然有导致堆芯严重损坏的可能。因此，要求新建核电厂必须在运行经验的基础上，结合安全分析和安全研究的结果，对严重事故在设计中做如下考虑：

— 必须采用概率论、确定论和正确的工程判断相结合的方法，确定可能导致严重事故的重要事件序列；

— 必须对照有关准则审查这些事件序列，以确定必须在设计中考虑哪些严重事故；

— 对于能降低这些选定事件发生的概率或者当这些选定事件发生时能减轻其后果的可能的设计修改或规程修改，必须加以评价，如属合理可行则必须实施这种修改；

— 必须考虑核电厂的整个设计能力，包括超过原来预定的功能和预计运行状态下可能使用某些系统（即安全系统和非安全系统），和使用附加的临时系统，使核电厂回到受控状态和/或减轻严重事故的后果。条件是可以表明这些系统能够在预计的环境条件下起作用；

— 对于多机组核电厂，必须考虑使用其他机组可利用的手

段和/或支持，条件是其他机组的安全运行不会受到损害；

一 必须在涉及有代表性和起主导作用的严重事故情况下，制定事故管理规程。

2.2 核电厂预防和缓解严重事故的设计

运行核电厂：

中国核电厂均设置有专设安全设施，如安注系统、安全壳喷淋系统、安全壳氢浓度控制和大气监测系统、蒸汽发生器辅助给水系统、安全壳隔离系统等。专设安全设施用来限制可能导致放射性产物屏障受破坏的假想事故所造成的后果。专设安全设施的性能通过定期试验来进行验证。

中国核电厂设置有安全壳，用以包容从堆芯释放的任何放射性物质，限制放射性物质向环境排放，保护公众和环境。

为了实现对事故后机组状态的控制，中国核电厂设置有事故后监测系统。事故后监测系统的仪表和设备可以在事故后恶劣的环境下正常工作，能够给出事故后机组状态的正确信息。

中国核电厂配备有事故处理程序。事故处理程序的范围均包括了机组预期瞬态事件到设计基准事故。部分核电厂事故处理规程还扩展到超设计基准事故（如全厂失电、蒸汽发生器失去所有给水等），预防和缓解发生概率更低的事故。

中国在建的改进型核电厂也采取了一系列设计改进措施，例如设置完善的可燃气体控制系统，采用稳压器卸压功能延伸等改进，进一步提高核电厂的安全性和可靠性，加强事故预防和缓解能力。

在建核电厂：

对于已批准开工建设的核电厂，其设计及安全改进遵循以下原则：

- 满足中国核安全法规标准的要求；
- 符合核电技术进步的要求；
- 考虑国内外同类型机组建设及运行经验反馈；
- 考虑概率安全评价提出的薄弱环节改进要求；
- 借鉴 AP1000 和 EPR 型核电厂及国际上其他先进核电厂的设计要求中的适用部分。

目前，中国大多数在建核电厂基于成熟的百万千瓦级压水堆核电厂进行了技术改进，并形成标准化设计。它们根据国内外运行经验和安全研究成果以及核安全要求的变化，研究并实施了一批安全改进项，主要包括：采用数字化控制和保护系统，采用安全壳内的非能动氢复合器，采用稳压器安全阀的卸压功能延伸，使用安全壳湿式卸压和过滤排放系统，改进了消防系统设计，增加辅助给水箱和换料水箱容积，改进应急给水系统配置，对应急柴油发电机组进行改型等。

三门核电厂和海阳核电厂目前各有 2 台 AP1000 型核电机组正在建设。台山核电厂目前有 2 台 EPR 型核电机组正在建设。针对 AP1000 和 EPR 堆型，环境保护部（国家核安全局）积极与其它国家和国际组织交流，分享各自的研究成果和监管实践，强化安全监管工作如关注 EPR 安全级仪控系统的独立性，AP1000 屏蔽厂房设计和爆破阀设计验证等问题。

2.3 核电厂相关设计的复核评估

福岛核事故后，中国核电厂对与外部事件、严重事故预防和缓解及核事故应急等相关的电厂设计进行了复核评估，综合安全检查也根据福岛核事故的经验反馈，对核电厂的电源可靠性、冷源可靠性、氢气控制和消防系统设计等进行了重点检查。

检查结果表明，中国核电厂的设计满足现行核安全法规的要求，也基本能满足 IAEA 最新标准的要求。中国核电厂通过引进、消化、吸收国外成熟技术，吸纳国内外同类机组多年的运行经验和安全研究成果，持续改进设计，电厂设计安全水平有较大提高。福岛核事故中的经验教训，有些已在现有运行和在建核电机组的设计和电厂改造中得到关注和体现。

核电厂安全自查及综合安全检查也识别了若干潜在的安全改进领域。主要包括：应对全厂断电事故的改进、安全壳过滤排放系统改进、乏燃料水池余热排出及冷却改进、消防系统改进等。

根据安全重要性和可实施性，这些改进又分为短期改进、中长期改进及需要开展专项研究的改进项目。各核电厂结合其具体特征，借鉴国内外的核安全研究成果和同类电厂的实践，制定相应计划，落实相应改进措施。

2.4 设计相关的改进措施

根据综合安全检查结果，中国核电厂已完成及计划完成的设计改进如下：

- (1) 制定全厂断电工况下的应对措施，增强超设计基准工

况下的应急补水能力，保证反应堆堆芯冷却、乏燃料水池冷却，防止反应堆冷却剂泵发生轴封小破口失水事故。

(2) 保持必要的事故后监测和响应能力。设置移动电源、移动泵、注水管线及相匹配的接口，完善厂区内各种水源在事故工况下的使用程序。

(3) 设置事故后长期冷却期间的乏燃料水池液位和温度监测设备，提高乏燃料水池监测和补水的冗余措施。

(4) 增加柴油机燃油储备，制定应急柴油机组的保障预案，研究各机组间应急电源相互支持的具体措施，以应对多机组外电源同时丧失事件。

2.5 中国先进压水堆的研发

为进一步提高未来新建核电厂的安全性，中国正致力于大型先进压水堆核电厂的自主研发工作，以全面提升应对极端外部事件和严重事故的能力，确保堆芯熔融物的稳定和安全壳的完整性，保护公众和环境。目前，正在开展研发项目主要包括 CAP1400，ACP1000 和 ACPR1000 等。

CAP1400 的研发基于 AP1000 设计，在保证安全性的前提下，将额定电功率增加约 20%。设计单位吸收了中国 AP1000 国产化依托项目的经验反馈，开展了核蒸汽供应系统、非能动安全系统、蒸汽发生器、压力容器、堆内构件等关键设备，核电厂辅助系统的设计分析和厂房布置等研发工作。福岛核事故后，设计单位还计划采取措施强化超设计基准外部水淹防御、72 小时后电源和

水源保障、乏燃料池液位监测等能力。

ACP1000 的研发基于中国现建的百万千瓦级压水堆核电厂，尽量采用成熟技术和设备，通过系统的重组和改进，加强严重事故预防和缓解能力，以满足先进压水堆性能指标的要求。主要安全设计改进包括：堆芯中子通量测量从压力容器顶部贯穿，设置能动与非能动结合的堆腔注水冷却系统、二次侧非能动余热排出系统、非能动安全壳热量导出系统，采用安全壳内置换料水箱、双层安全壳，增设应急硼注入系统等。

ACPR1000 的研发基于较为成熟的 CPR1000+。其采用三系列专设安全系统和双层安全壳设计，系统地考虑严重事故应对措施，提高抗震设计基准，降低堆芯线功率密度，提高堆芯安全裕量。作为技术过渡，设计单位正在进行 ACPR1000-P 设计工作，拟采取的重要设计改进包括：增加堆腔注水、二次侧临时补水和乏燃料水池临时补水，增设严重事故专用处理机柜和专用蓄电池、增设辅助应急电源、水压试验泵供电系统在线补油功能等。

3. 严重事故管理和恢复（场内）

3.1 严重事故的管理要求与现状

环境保护部（国家核安全局）早在 2002 年就已制订并发布了《新建核电厂设计中几个重要安全问题的技术政策》，提出了在核电厂设计中需要考虑的预防和缓解严重事故方面的 14 条要求。

2004 年，环境保护部（国家核安全局）发布了新版《核动力厂设计安全规定》和《核动力厂运行安全规定》，将超设计基准事故运行程序延伸到严重事故领域，并结合国际实践，对严重事故管理提出了明确要求，见本报告 2.1 节。

《核动力厂设计安全规定》指出，“本规定还涉及到极不可能发生的事件，例如可能导致大量放射性释放的严重事故，设计中对此类事件提供预防或缓解措施是适当的和可行的。”为了实现规定的安全目标，在设计核动力厂时，要进行全面的安全分析。此种安全分析除了要考虑核动力厂的正常运行、预计运行事件和设计基准事故外，还应考虑可能导致严重事故的事件序列。作为确保核动力厂安全的纵深防御第四个层次，《核动力厂设计安全规定》要求针对设计基准可能已被超过的严重事故，必须保证放射性释放保持在尽实际可能的低。

《核动力厂运行安全规定》要求，“核动力厂人员必须接受处理超设计基准事故的教育。对运行人员的培训必须保证他们能熟悉超设计基准事故的征兆和事故管理规程。”定期安全审查的范围必须覆盖事故管理。《核动力厂运行安全规定》定义“事故

管理”为在超设计基准事故发展过程中采取的一系列行动，包括防止事件升级为严重事故，减轻严重事故的后果，以及实现长期稳定的安全状态。国家核安全局也曾组织编制“运行核动力厂严重事故管理技术政策”，虽没有正式发布，却也为推动我国核电厂严重事故管理相关工作发挥了积极作用。

为了更好地指导和规范中国的核动力厂严重事故管理工作，环境保护部（国家核安全局）还着手修订了《核动力厂反应堆安全壳系统的设计》，并新制定了《核动力厂严重事故管理》，即将以核安全管理导则或技术文件的形式发布。

《核动力厂设计安全规定》、《核动力厂运行安全规定》、《核动力厂反应堆安全壳系统的设计》和《核动力厂严重事故管理》均以 IAEA 的相应文件为基础，具有国际上同等的安全水平。

虽然上述要求是针对新建核电厂提出的，但已运行的核电厂参考上述要求，积极跟踪研究国际核能界的先进经验，并结合各自的实际情况，开展了有关严重事故方面的研究，采取合理可行的措施预防和缓解严重事故，不断提升核电厂严重事故管理水平。主要措施包括：

（1）采用系统性的方法进行严重事故薄弱环节的自我评估，并提出合理可行的改进措施；

（2）采用概率安全分析的方法，选择代表性和主导性的严重事故序列，分析事故序列进程，针对各种严重事故现象，选择合适的严重事故管理策略；

（3）调研国际核能界在严重事故研究方面的最新动态，启

动严重事故管理规程和指南的研究与制定工作，建立严重事故管理的组织体系，进行严重事故人员培训和演习；

(4) 对预防和缓解严重事故的仪表、设备、系统和设施进行工程评价，论证其在严重事故工况下的可用性及能力，必要时实施设计改进或工程改造，提高严重事故的预防和缓解能力。

(5) 在电厂防高压熔堆、防氢爆等方面也做了大量的研究、改进工作。

3.2 针对严重事故的检查评估

福岛核事故后，综合安全检查以现行有效的、最新的法规标准为依据，将严重事故预防和缓解措施及其可靠性评估作为一项重点检查内容。

检查结果表明，目前，中国在电厂设计和运行管理中均考虑了必要的预防和缓解措施，能够抵御设计基准事故范围内的各种风险，并对超设计基准的严重事故具备一定的控制和缓解能力。但是，根据福岛核事故的经验教训，核电厂严重事故管理仍有许多可改进的空间，需要采取更充分、有效的技术和管理措施。在严重事故管理方面发现的主要弱项包括：

(1) 一些运行核电厂的严重事故管理指南（SAMG）尚未完成制订，仅依靠特定的规程对一些特定的超设计基准事件进行预防和缓解；

(2) 完成 SAMG 制订的运行核电厂，缺乏有效的培训和演练以保证 SAMG 的有效性；

(3) 一些运行和在建的核电厂，由于设计较早，因而缺少必要的严重事故预防与缓解的措施；

(4) 严重事故工况下设备可用性论证尚缺乏清晰的目标和明确的验收准则；

(5) 需要开展二级 PSA 的研究分析工作，以考虑不同严重事故序列的安全壳响应。

3.3 严重事故相关的改进措施

为提高预防和缓解严重事故的能力，采取的主要措施包括：

(1) 根据核电厂的厂址条件，同时考虑可能引发极端自然事件的潜在危险，研究提高设备、电源和通讯通道的可靠性、多样性、冗余性和独立性，同时满足抗震、防水的要求，增强严重事故情况下重要设备、仪器仪表的可用性。

(2) 对核电厂重要安全设备和设施进行在线监测、定期维修、在役检查和试验，及时有效开展定期安全审查和概率安全分析，及早识别和纠正设备缺陷，确保设备在严重事故情况下能够发挥其安全功能。

(3) 对在严重事故下用于缓解事故的设备和系统的可用性进行评估。根据评估结果，对相关系统和设备进行改进和优化，考虑充足的物资和人员的准备，确保场外救援不可达时，核电厂有能力维持较长时间的事故应对能力。

(4) 在 PSA 工作的基础上，结合有关安全研究和同类核电厂的实践，确定可能导致严重事故的主要事件序列，在此基础上

采取合理可行的预防和缓解措施，例如严重事故工况下的可燃气体控制措施、防止高压熔融物喷射的措施、防止安全壳旁路的措施等。

(5) 完善维持必要的事故后堆芯状态监测系统，增强乏燃料水池的监测能力。开展严重事故下废物处理有效性研究，进一步改进放射性废物处理系统。分析评估安全级数字化控制系统的可靠性，查找薄弱环节并加以改进。

人力资源和培训：

日本福岛核事故后，中国核电厂对严重事故管理方面的人力资源和培训状况给予了更多的关注。主要采取的措施包括：

(1) 对严重事故管理、相关技术文件体系和制度体系等进行了全面审查，对安全重要岗位的人员配备、培训、资质和授权进行了自评估。

(2) 加强了对电厂人员在严重事故管理，特别是超设计基准事故方面的培训工作。加强事故规程操作人员和支持人员的针对性培训、现场模拟演练和模拟机演练。

(3) 调整了执照人员对超设计基准事故的培训和演练计划，重新制定了严重事故管理指南（SAMG）培训计划和复训周期。

(4) 在企业集团层面，通过资源整合和统一投入，研究 SAMG 管理和维护的统一性、培训教材的统一性。

严重事故管理指南：

中国已投入商业运行的核电厂正在根据福岛核事故的经验反馈，进一步完善严重事故管理指南（SAMG）及相关程序。对于

在建核电厂，监管部门要求在首次装料前必须完成 SAMG 的编制工作。主要措施包括：

（1）考虑各类复杂事故工况、多堆厂址共因失效等工况，制定和优化严重事故管理指南，增强核电基地及多机组严重事故管理与恢复能力；

（2）对现有事故规程进行全面审核与优化，并考虑严重事故情况下，乏燃料存储设施的安全管理。各核电厂根据系统更新改造、定期安全审查和概率安全分析、事故规程的使用经验、事故演变的研究等对事故规程进行评价和修改；

（3）开展核电厂电源可靠性分析、全厂长期断电事故分析与评价，研究制定相应的预防措施和应急预案；

（4）改进和完善严重事故情况下的环境监测能力和应急控制中心功能。

4. 国家组织

4.1 核安全监督管理

中国已建立了一套适合本国国情并与国际接轨的核安全监督管理体制，对有效抑制重大事故，确保核技术的安全利用发挥了重要作用。

环境保护部（国家核安全局）：

环境保护部（国家核安全局）是国家的核安全监管机构，对全国核电厂核安全实施统一监督，独立行使核安全监督权。

环境保护部（国家核安全局）总部设在北京，并在全国六个区域设置了地方监督站，其所在地位于核设施相对集中的上海、深圳、成都、北京、兰州和大连。地方监督站负责辖区内核设施、核技术利用和相关核活动的核安全、辐射安全和辐射环境的日常监督。

为更好地履行监管职能，环境保护部（国家核安全局）设立了核与辐射安全中心，作为其主要的技术支持和保障组织；此外，还与其它技术支持单位建立了长期稳定的合作关系。

环境保护部（国家核安全局）建立了核安全与环境专家委员会，核与辐射安全法规专家委员会，在重大技术决策、重要监管活动、核安全法规制定、核安全技术开发等方面发挥咨询作用。

卫生部：

卫生部负责核电厂职业病防治及核事故医学应急救援。主要职责包括：负责与核电厂工作人员和公众健康有关的卫生法规和标准的制定；负责核电厂工作人员和公众的受照剂量监督；负责

核电厂工作人员的健康管理及核污染对人体健康的评价；负责放射损伤的防治。

中国国家原子能机构：

中国国家原子能机构是中国核行业的主管部门，主要职责包括：负责研究和拟定中国和平利用原子能事业的政策和法规；负责研究制定中国和平利用原子能事业的发展规划、计划和行业标准；负责中国和平利用核能相关科研项目的组织论证、立项审批，负责监督、协调科研项目的执行；负责核材料管制以及核设施实物保护；负责核出口审查和管理；负责核领域政府间及国际组织间交流与合作，代表中国政府参加 IAEA 及其活动；承担国家核事故应急管理工作，牵头组织国家核事故应急协调委员会，负责研究制定国家核应急预案并组织实施；负责核设施退役及放射性废物治理。

国家能源局：

国家能源局是国家能源行业管理部门，主要职责包括：牵头拟定核电法律法规和规章；负责核电管理，拟定核电发展规划、计划、准入条件、政策、技术标准并组织实施；提出核电布局和重大项目审核意见；组织协调和指导核电科研工作；组织核电厂的核事故应急管理工作；承担核电领域的政府间国际合作与交流。

4.2 福岛核事故后部门和企业间的联动

福岛核事故发生后，中国政府立即做出部署，对全国核设施

开展综合安全检查。环境保护部（国家核安全局）、国家能源局和中国地震局联合制定了《民用核设施综合安全检查实施方案》，共同组织实施了对中国所有运行和在建核电厂的检查工作。

环境保护部（国家核安全局）、国家能源局和中国地震局会同国家海洋局对沿海地震情况进行了资料汇集和分析评估，重新估算了海啸对各核电厂的影响。环境保护部（国家核安全局）、国家海洋局及中国气象局再次对风暴潮和最大降水的评价进行了再评估。

国家核应急协调委员会成员部门外交部、工业与信息化部、环境保护部、卫生部、国家质检总局、中国气象局、国家海洋局、国家能源局等紧急召开会议，迅速启动应急预案，密切跟踪、研判日本核事故进展，并采取定期会商制度，积极研究并采取相应的应对措施，加强对环境、气象、海洋、食品、饮用水、口岸的辐射监测，及时发布有关信息。

国家核事故应急办公室组织国内相关领域专家及权威研究机构，对福岛核事故发展趋势、放射性物质对中国环境及公众的影响等进行分析研判，为重要决策提供技术参考，组织有关部门每日会商并发布权威信息，以安定民心。

各核电集团公司密切跟踪事故进展，启动相关应急预案，对所属核电厂发布相关指示并开展支持与建议工作。

4.3 福岛核事故后的相关改进措施

组织机构调整

福岛核事故后，为进一步加强核安全监管能力建设，提升核

安全监管水平，中央政府决定撤销环境保护部（国家核安全局）核安全管理司（辐射安全管理司），新设立核设施安全监管司、核电安全监管司、辐射源安全监管司三个司，负责全国核与辐射安全监管相关业务工作。

中国国家原子能机构增设核应急安全司，负责全国核事故应急准备管理相关工作、核应急能力建设和事故救援工作的组织协调。

国家能源局增设核电司，负责全国核电发展与管理。

技术能力建设

福岛核事故后，中国政府进一步加强了政策引导，形成由国家投入为牵引、企业投入为主体的核安全技术创新机制。加大研究经费的投入力度，设立核安全技术研发专项，纳入国家科技发展管理体系，由国家核安全监管部门实施。

中国政府在对监督和管理组织机构进行调整，增加人力资源和经费投入的基础上，进一步加强了核安全监管能力建设。以国家核安全监管技术研发基地建设为重点，开展核安全分析评价、校核计算和实验验证能力建设，监督执法基础能力建设和辐射监测能力建设等，全面加强核安全监管审评、监督、监测、教育、国际合作等能力。

福岛核事故后，中国政府部门和各大电力集团公司、核电厂营运单位及相关技术支持单位，开展了多方位、深层次的同行交流与合作，针对福岛核事故举行了多次研讨会，深入交流和分析相关的经验教训。并结合福岛核事故的经验反馈，研究分析中国

运行和在建核电厂的安全状况及潜在问题，提出应对方案，为核安全规划的制定和管理决策提供重要参考，也为营运单位和 TSO 的能力建设提供方向。

法规标准建设

中国已建立并形成了一整套完备的核安全法律法规体系。福岛核事故后，中国政府部门深入分析事故，总结出 26 个方面的内容，需要在核安全法规体系的不同层面予以考虑，主要涉及核安全管理体制机制、厂址安全性、设计安全、运行管理和事故应急。

中国在持续跟踪和研究国际核安全法规和标准发展动态，积极参与 IAEA 法规修订工作的基础上，充分分析国内现行核安全法规各领域的技术要求与福岛核事故后核安全要求的差距，分阶段逐步对现行核安全法规标准进行修订和完善工作。

长效联动与协调机制建立

为确保核能发展与安全的协调统一，中国政府将建立核安全监管部门与核行业发展部门在制定行业发展战略、规划和项目前期审批中的制衡机制，以及重大项目建设中的合作协调机制，将核安全要求作为制定相关产业和行业发展决策的重要依据。

建立核行业主管部门、核安全监管部门与气象、海洋、地震等部门的自然灾害预警和应急联动机制，优化管理机制，提升管控效率。按责权利均衡原则，以核电集团公司持有核设施安全许可证为主，完善核安全许可证制度。进一步细化核电集团公司、业主公司、专业化公司的核安全责任。

此外，2011年10月，国务院发布了《关于加强环境保护重点工作的意见》。意见指出，中国将以运行核设施为监管重点，强化对新建、扩建核设施的安全审查，健全辐射环境监测监督体系，推动国家核安全监管技术研发基地建设，构建监管技术支撑平台，确保核安全。

5. 应急准备和响应以及事故后管理（场外）

5.1 应急准备和响应管理要求与现状

为提高政府保障公共安全和处置突发公共事件的能力，最大限度地预防和减少突发公共事件及其造成的损害，保障公众的生命财产安全，维护国家安全和社会稳定，中国政府发布了国家总体应急预案和一系列国家专项应急预案、国务院部门应急预案和地方应急预案。随着中国核电事业的不断发展，中国的核事故应急管理也已逐渐进入了制度化、规范化、法制化的轨道。

核应急相关的主要法律法规和实施细则主要包括：

- 《中华人民共和国放射性污染防治法》
- 《中华人民共和国突发事件应对法》
- 《核电厂核事故应急管理条例》
- 《国家核应急预案》（国务院，2005年）
- 《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例》（HAF001）
 - 《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应急响应》（HAF002/01）
 - 《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例实施细则之二——核设施的安全监督》（HAF001/02）
 - 《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例实施细则之二——核设施的安全监督附件——核电厂营运单位报告制度》（HAF001/02/01）
 - 《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例实施细

则之二——核设施的安全监督附件二——研究堆营运单位报告制度》(HAF001/02/02)

— 《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例实施细则之二——核设施的安全监督附件三——核燃料循环设施的报告制度》(HAF001/02/03)

— 《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例实施细则之三——研究堆安全许可证件的申请和颁发规定》(HAF001/03)

核应急相关的国际公约如下:

- 《及早通报核事故公约》
- 《核事故或辐射紧急情况援助公约》
- 《核安全公约》

此外,还有一系列与核应急相关的部门规章、导则和标准等。

应急状态分级及响应:

中国核电厂核事故应急状态按其事件或事故的实际辐射后果或预期可能的辐射后果的影响范围一般分为四级: 应急待命、厂房应急、场区应急和场外应急。

(1) 应急待命。出现可能导致危及核电厂核安全的某些特定情况或者外部事件,核电厂有关人员进入戒备状态。

(2) 厂房应急。事故后果仅限于核电厂的局部区域,核电厂人员按照场内核事故应急计划的要求采取核事故应急响应行动,通知厂外有关核事故应急响应组织。

(3) 场区应急。事故后果蔓延至整个场区,场区内的人员

采取核事故应急响应行动，通知省级人民政府制定的部门，某些厂外核事故应急响应组织可能采取核事故应急响应行动。

(4) 场外应急。事故后果超越场区边界，实施场内和场外核事故应急计划。

《中华人民共和国核电厂核事故应急管理条例》第二十条明确了各级核应急机构的应急响应职责。

当核电厂进入应急待命状态时，核电厂核事故应急机构应当及时向省级人民政府指定的部门、国家核应急办、核电厂的上级主管部门和国务院核安全部门报告情况。当出现可能或者已经有放射性物质释放的情况时，应当根据情况，及时决定进入厂房应急或者场区应急状态，并迅速向核电厂的上级主管部门、国务院核安全部门和省级人民政府指定的部门、国务院指定的部门报告情况；在放射性物质可能或者已经扩散到核电厂场区以外时，应当迅速向省级人民政府指定的部门提出进入场外应急状态并采取应急防护措施的建议。

省级人民政府指定的部门接到核电厂核事故应急机构的事故情况报告后，应当迅速采取相应的核事故应急对策和应急防护措施，并及时向国务院指定的部门报告情况。需要决定进入场外应急状态时，应当经国务院指定的部门批准；在特殊情况下，省级人民政府指定的部门可以先行决定进入场外应急状态，但是应当立即向国务院指定的部门报告。

核电厂的核事故应急机构和省级人民政府指定的部门应当做好核事故后果预测与评价以及环境放射性监测等工作，为采取

核事故应急对策和应急防护措施提供依据。

省级人民政府制定的部门应当适时选用隐蔽、服用稳定性碘制剂、控制通道、控制食物和水源、撤离、迁移、对受影响的区域去污等应急防护措施。

核电厂的核事故应急机构和省级人民政府指定的部门应当做好核事故现场接受照射人员的救护、洗消、转运和医学处置工作。

在核事故应急进入场外应急状态时，国务院指定的部门应当及时派出人员赶赴现场，指导核事故应急响应行动，必要时提出派出救援力量的建议。因核事故应急响应需要，可以实行地区封锁。省、自治区、直辖市行政区域内的区域封锁，由省、自治区、直辖市人民政府决定；跨省、自治区、直辖市的区域封锁，以及导致中断干线交通的地区封锁，由国务院决定。

应急报告制度：

在核电厂发生核事故时，营运单位必须及时向环境保护部（国家核安全局）、所在地区监督站以及上级主管部门报告，包括核事故应急通告和核事故应急报告。报告制度如下：

（1）核事故应急通告

营运单位必须在发生事故并进入应急待命或以上应急的状态后 15 分钟内采用电话和传真方式向环境保护部（国家核安全局）应急中心和所在地区监督站以及上级主管部门、省级人民政府指定的部门、国家核应急办发出应急通告。

（2）核事故应急报告（包括初始报告和后续报告）

营运单位必须在核事故发生并进入厂房应急或高于厂房应急的状态后 45 分钟内用电话传真方式向环境保护部（国家核安全局）应急中心和所在地区监督站以及上级主管部门、省级人民政府指定的部门、国家核应急办发出应急报告。

在初始报告发出后，每隔 1 小时用电话传真方式向环境保护部（国家核安全局）应急中心和所在地区监督站以及上级主管部门、省级人民政府指定的部门、国家核应急办发一次后续报告。

在事故源项或应急状态级别变更时，必须立即用电话传真方式向环境保护部（国家核安全局）应急中心和所在地区监督站以及上级主管部门、省级人民政府指定的部门、国家核应急办发后续报告。然后，每隔 1 小时发一次后续报告。

在核事故势态得到控制后，每隔 4 小时用电话传真方式向环境保护部（国家核安全局）应急中心和所在地区监督站以及上级主管部门、省级人民政府指定的部门、国家核应急办发一次后续报告。直至退出应急状态为止。

（3）最终评价报告

营运单位必须在退出应急状态以后 30 天内向环境保护部（国家核安全局）和所在地区监督站以及上级主管部门、省级人民政府指定的部门、国家核应急办提交核事故最终评价报告。

应急辐射环境监测：

在核事故应急情况下，核与辐射环境监测责任主要由核电厂营运单位和地方核与辐射环境监测部门来承担，由场外（一般是所在省政府）应急委员会进行领导和协调，使相关各方的资源和

活动能充分协调，统一行动。

在核事故早期，主要依靠核电厂营运单位的场内应急核与辐射监测资源和力量，负责场区附近的核与辐射监测。在事故后期，由于涉及大范围区域内的恢复活动，核与辐射的监测主要依靠场外监测资源和力量。而在事故中期，环境监测由场内、场外双方共同完成。

应急准备与响应现状

针对核事故应急，中国已建立了三级核事故应急组织体系，包括国家核事故应急组织，核电厂所在省、自治区、直辖市核事故应急组织和核电厂营运单位核事故应急组织。即国务院设立国家核事故应急协调委员会，核电厂所在省（自治区、市）人民政府设立地方核事故应急委员会，核电厂营运单位设立应急指挥部，分别负责全国、本地区和本单位的核事故应急管理工作。《中华人民共和国核电厂核事故应急管理条例》（HAF002）明确规定了各级组织和职能。

国家核事故应急协调委员会由国务院有关单位组成，负责贯彻执行国家公共突发事件应对工作方针，拟定国家核应急工作方针政策，组织制定国家核应急预案；应急状态下，国家核应急协调委统一指挥决策，协调国家核应急救援行动；同时，国家核应急协调委负责履行相关国际公约、双边或多边合作协议，以及审查核应急国际援助的方案，并组织实施。

此外，国家核事故应急协调委员会的相关成员单位编制/修订了应急预案。相关省人民政府完善了核电厂核事故应急预案和

执行程序，并根据法规要求定期进行应急演练，核安全监管部进行监督，并持续进行改进。多年来的实践表明中国的核应急体制行之有效，有效保障了中国核电事业的健康发展。

按照“常备不懈、积极兼容、统一指挥、大力协同、保护公众、保护环境”的方针，中国核事故应急准备和响应工作一直在不断地改进和优化。目前，中国政府正在组织修订《国家核事故应急预案》。

5.2 场外应急事故响应

根据中国核安全法规《核电厂核事故应急管理条例》，当发生场外应急时，军队、公安、消防、卫生、民政等相关部门将联合开展相应的救援工作。中国各部门均制定了响应的应急预案，确保了场外应急事故响应过程中的职责分工、任务衔接和迅速有效响应机制。

中国核事故应急在辐射防护、环境监测、医学救援和运输、去污等技术支持能力方面也建立了完整的体系。卫生部已建立了核事故医学应急中心，下设三个医学临床部，并在全国建设了17个放射损伤救治基地。建立了国家核和辐射应急医学救援队伍，配备了装备，并开展了培训和演练，在突发核与辐射事件时能够迅速开展救援活动。卫生部核事故医学应急中心建立了医学应急通信联络系统和核事故医学应急技术支持系统，开通了与国家核应急办等部门的通信联络，为核事故医学应急处理提供了有效保障。

核电厂一旦发生严重事故，在地方核事故应急委员会的领导下，由省、自治区、直辖市的交通运输主管部门组织交通运输领导小组，负责结合其他地区、部门的支援力量，对交通运输实施统一的组织与领导。运输资源和力量的筹组是多层次、多途径的。省、自治区、直辖市的交通运输部门，会同有关部门抽调、组建应急响应交通运输力量。应急交通运输力量以当地的交通运输力量为主，当地交通运输力量不足时，由省、自治区、直辖市政府指令，调动核电厂附近的其他地区的交通运输部门的力量进行支援，必要时，请求就近的军队派出运输力量支援。水运和空运力量可由地方或军队抽调派出。

军队在核事故应急响应时，可能担负的任务是：参加辐射监测、去污、医学应急救援和工程抢险，提供运输、卫生、气象、通信、警戒和防护等方面的支援，协助地方指导公众防护。

5.3 福岛核事故后的应急响应行动

福岛核事故后，中国国家核事故应急协调委员会在第一时间启动了国家核应急协调机制，协调各级核应急组织共同应对，组织国内相关专家密切跟踪福岛核事故动态，及时、准确收集日本及国际核社会各类核事故应急相关信息，组织有关科研机构和专家进行分析计算和深度研判，向相关部门报送核应急专报信息，为应急决策提供科学支撑。国家核事故应急协调委员会组织外交部、工业和信息化部、环境保护部、卫生部、气象局、新闻办、海洋局、质检总局等部门代表及相关专家进行会商，在中央电视台播发权威信息，正确引导社会舆论。协调稳妥处置入境口岸交

通工具及搭载人员和货物的放射性超标事件，协调各级核应急组织全面加强核应急工作和维护社会稳定工作。根据《核事故应急援助公约》的规定，认真履行国际义务。

福岛核事故后，环境保护部核与辐射安全中心、辐射环境监测技术中心、核与辐射安全地区监督站、地方环保厅（局）及其辐射环境监测机构等单位立即行动起来，启动辐射应急监测程序，开展全国范围的辐射环境监测，并在网站每日发布全国辐射环境监测数据。环境保护部（国家核安全局）还在其官方网站开设了“日本地震核安全相关问题”专栏，并通过新闻发布会、组织专家接受采访等形式向公众解答问题。

自3月13日起，全国辐射环境自动监测站实时测量环境 γ 辐射空气吸收剂量率的连续变化值，对环境水平的任何非预期增加给出警告。卫生部启动食品和饮用水监测，及时向社会发布监测结果。一些城市还开展了惰性气体氙同位素连续采样测量、往返中日航班监测等。直至5月22日转为常态监控。

福岛核事故发生后，直接吹向中国的放射性物质较少，环境辐射监测未发现明显异常。但由于福岛核事故向太平洋排放了一定数量的放射性污水，可能会对海洋生物产生一定影响。中国将持续跟踪、监测和评估福岛核事故对环境及海洋生态的长期影响。

5.4 核事故应急管理的检查评估

福岛核事故后，综合安全检查针对福岛核事故应急响应过程

中出现的问题，在各核电厂自查的基础上，重点检查了核电厂环境监测体系的设计和配置、应急组织状况、主要应急设施的可居留性、应急设备配备与维护情况，以及场区内应急通讯系统设施等方面。

检查结果表明，现有应急管理体系运行情况良好；应急文件体系完整，各类资料齐全；核电厂均按应急计划要求进行了应急培训和演习，并定期进行应急设施和设备的检查和试验。在多年的工作实践中，贯彻“常备不懈，积极兼容，统一指挥，大力协同，保护公众，保护环境”的核应急工作指导方针。但中国政府也认识到，需要进一步改进应急响应机制，提高应急响应能力，使各级应急组织分工明确，无缝衔接，责任到位，准备充分，常备不懈，响应迅速，决策果断。

5.5 应急准备和响应以及事故后管理（场外）的相关改进措施

为吸取福岛核事故的经验教训，结合安全检查中发现的问题，针对应急准备和响应方面确定的改进措施如下：

（1）研究核电基地多机组同时进入应急状态后核电厂的响应方案，并评估应急指挥能力及应急抢险人员和物资的配备、协调方案，对核电基地实行统一应急管理。

（2）研究制定核应急工程抢险类应急预案，加强核电厂之间的应急联动，以及在严重自然灾害情况下的应急资源、人力与物力的配置，以保证即使在孤岛情况下也应能有效应对。

（3）敦促电力企业集团提升应急能力，并将其纳入国家核

应急抢险与处置能力管理范畴。通过有效协调和组织，实现全国或区域范围内应急资源和能力的共享。

(4) 评估核设施厂外环境监测布点的合理性，改进和完善核电厂应急控制中心的功能，强化其对事故诊断和事故后果预测评价的能力，以及环境应急监测和环境放射性后果的预测能力。

(5) 国家核应急管理部门、核安全监管部门、核能行业主管部门、海洋部门和地震部门将加强信息交流与实时联系，建立防地震和海啸的预警机制和应急预案，进一步完善国家核应急体系。

(6) 跟踪和研究福岛核事故后，日本所采取的场外应急事故后管理措施，并用于改进本国的核事故管理体系，制定更有效的长期应对措施。

(7) 跟踪和研究国际上核安全法规和标准的动态，及时修订中国相关的核安全法规和标准，促进中国核安全法规和标准与国际水平的同步，促进民用核设施安全水平的持续提高。

6. 国际合作

6.1 核安全领域国际合作现状

中国十分重视核安全的国际合作，已签署、批准或核准了《核材料实物保护公约》、《及早通报核事故公约》、《核事故或辐射紧急情况援助公约》、《核安全公约》和《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》等国际公约，并认真履行公约的义务。福岛核事故期间，中国政府部门与日本、美国、法国等国际同行保持密切联系，相互交流和共享信息和经验，并及时向 IAEA 通报相关信息。

中国认为积极开展核安全方面的国际合作是保证核安全的重要组成部分，通过多、双边及区域的核安全国际合作，对合作各方保证核安全都十分有益，过去几年来，核安全国际合作在多边、区域和双边合作方面都取得了突出的成绩，为提高中国的核安全水平做出了贡献。

核安全国际公约履约方面：

中国完成了历次《核安全公约》和《乏燃料管理安全与放射性废物管理安全联合公约》的国家报告编写及履约任务，获得各缔约方一致认可，展示了中国作为一个负责任核大国的良好国际形象。

多边合作方面：

完成了 IAEA 对中国的核与辐射安全监管综合评估（IRRS），得到机构及各国专家的充分肯定。积极参加 IAEA 的核安全部长级大会、九月机构大会和核安全监管高官会，以及安全标准委员

会等重要活动，充分利用机构 TC 技术合作项目及专家服务同行评议，并参照执行所定的核安全行动计划。积极参加经济合作发展组织核能署多国设计评价计划、第四代核能合作论坛、国际热核聚变堆、全球核能合作伙伴计划等重要国际合作项目，并开拓与欧盟在核安全研究与能力建设等方面的合作。

区域合作方面：

充分利用中日韩核安全监管高官会机制进行务实地核安全国际合作，签署了中日韩三国核安全合作倡议，为加强福岛核事故后东北亚地区核安全合作提供指南。

双边合作方面：

稳步推进与美、法、日、俄、巴和西（班牙）等国的双边核安全合作，加强了人员的相互交流与培训以及信息和经验的共享，推动了核安全设备的境外监督，吸取了国外先进的核安全技术和监管经验，为提高中国核安全监管能力和保障国内运行和在在建核电项目的审评监督做出了贡献。

6.2 福岛后采取的响应行动

福岛核事故发生后，中国政府在立即采取相关应对措施的同时，积极开展核安全国际合作，通过落实 IAEA 部长级核安全大会宣言，推动核安全相关国际公约审议的准备工作，参加 IAEA 核安全标准和导则的修订，参照 IAEA 核安全行动计划开展核应急、信息通报、核安全技术研发等方面的交流活动，加强与国际社会在核安全领域的合作和经验共享，切实履行各项国际公约赋

予的责任和义务，为促进全球核安全水平的进一步提高而努力。

与国际组织的交流与合作：

(1) 参加在维也纳召开的《核安全公约》第五次审议大会，强调核安全无国界，各缔约国应深刻汲取教训，切实加强核安全监管，并作为主席国与 IAEA、俄、美、法、日、英、巴等国就福岛核事故交换了各自的立场和看法。

(2) 参加 IAEA 在维也纳召开的成员国部长级核安全大会，主张认真总结经验教训、进一步完善核安全标准，加强核安全信息共享，充分发挥 IAEA 的主导作用。

(3) 福岛核事故后，应 IAEA 邀请派出专家参加福岛核事故调查团，实地调查事故情况。

(4) 定期接受 IAEA OSART 和 WANO 同行评估活动，积极开展国内核行业和电力集团层面的同行评估活动。积极跟踪福岛核事故后 WANO 和 IAEA 同行评估活动的发展变化，改进本国的同行评估体系。

(5) 全面参加经合组织核能署多国设计审查计划 (MDEP) 框架下的各项活动，尤其是 AP1000 工作组、EPR 工作组、数字化仪控工作组以及 MDEP 指导委员会 (STC) 的活动，就具体堆型和具体技术问题与国际同行进行交流，同时共享福岛核事故后响应活动的有关成果。

(6) 作为主席国承办了 WANO 第十一届双年度大会。会议决定在深圳设立机组启动同行评估办公室，开展核电厂机组首次临界前安全建设和评估通报工作。直接参与 WANO 福岛核事故后

委员会工作，基于中国核电厂的响应活动和改进措施，对 WANO 现有的业务及架构提出改进意见。

(7) 政府部门、核电厂及相关技术支持机构与 IAEA、WANO 联合举办各类专题研讨班，涉及核电厂严重事故管理、概率安全分析技术、综合管理体系建设等领域。并通过各种渠道，收集、筛选、分析和使用福岛核事故后所获得的内外部经验反馈信息。

区域及双边交流与合作：

(1) 中国政府高度关注福岛事故进程及处理情况，及时向日本派出国家救援队赴灾区开展救援，多次向灾区提供救灾物资援助。中国国家核事故应急协调委组织专家代表团赴日本了解福岛核事故及其应对情况。相关部门与日本原子力安全保安院、日本原子力安全基盘机构多次交流并在华共同举办了中日核安全福岛核事故专题研讨会，就福岛应对措施和经验教训信息共享以及进一步的合作进行了研讨。

(2) 通过与法国原子能委员会、法国电力公司、法国国民议会交流，研讨福岛核事故经验教训及中法两国的响应活动，共享核安全信息。

(3) 通过与美国核管会、美国能源部、西屋电气公司及绍尔电力集团等组织的交流，研讨福岛核事故对核安全要求的影响，进一步加强中美两国在 AP1000 型核电厂以及运行核电厂领域的安全监管合作。

(4) 2011 年 5 月，中国、日本、韩国举行了第四次领导人会议，并发表了《第四次中日韩领导人会议宣言》。会议重申了

三国在灾害管理与核安全领域合作的重要性，并决定按照会议达成的共识推动有关合作，包括信息交流与通报、紧急救援、经验共享、核安全合作等。

(5) 2011年10月，中国、日本、韩国相关部门在北京举行了福岛核泄漏卫生应对研讨会。三方就福岛核电厂泄漏采取的各种卫生应对措施、风险评估、风险沟通和核卫生应急等内容进行了讨论和交流。

(6) 2011年11月，在第四次中日韩核安全监管高官会议上，三国核安全监管机构共同签署了核安全合作倡议，确立了三国核安全合作框架，为加强福岛核事故后东北亚地区核安全合作提供指南。

(7) 2011年11月，与俄核安全监管机构举行了核安全监管经验交流会，就VVER型核电厂的安全监管、福岛核事故后中俄两国的响应行动进行了深入的交流。

(8) 2012年2月，与巴基斯坦核管会举行第六次中巴核安全合作指导委员会会议，交流和共享各自应对福岛核事故采取的措施和经验教训。

(9) 2012年2月，与西班牙核安全理事会进行双边交流，重点关于福岛核事故后核电厂安全检查活动，并签署了中西核安全合作协定。

此外，福岛核事故期间，环境保护部（国家核安全局）高度重视福岛核事故的进展，与日本原子力安全保安院保持密切联系，及时获取事故信息并多方收集相关资料，密切跟踪日本、美

国、法国、俄罗斯、乌克兰、加拿大、芬兰以及 IAEA 等国家和组织的相关活动和研究，开展核安全技术交流，为后续的综合核安全检查提供了良好的技术基础。核电厂营运单位及其集团公司与法、美、日等国的核能界也进行了广泛的技术交流。

6.3 国际合作相关的改进计划

中国将与国际同行一起，继续做好福岛核事故的分析研究和经验反馈工作，不断加强与国际组织，如 IAEA、OECD/NEA 等的合作，积极参与国际核安全标准的研究与制定，加强与周边国家以及核电发展国家的双边合作，强化审评和监督，加强技术交流，经验共享、提高应急响应能力，做好应急准备，加强事件通报，开展监测数据共享等工作。

进一步加强核安全经验和能力在国际上的共享：

核安全无国界，从日本福岛核事故对环境的影响、造成的损失及对各国政府政策的影响来看，核安全问题是全球性问题，需要各国加强合作，相互帮助，共享经验教训和能力。

进一步加强核事故信息通报：

加强与 IAEA 事故信息的通报，及时了解其他国家事故的发生和经验反馈情况，拟建立东亚地区中日韩事故信息通报机制。

进一步加强核安全国际合作体制机制：

加强《核安全公约》、《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》等履约机构的建设，提高履约能力。通过提升核安全国际合作与交流能力，进一步深化和加强与国际组织和各国的

核安全国际合作与交流。

附件一：中国核电厂安全改进行动清单

活动	营运单位采取的行动			监管机构采取的行动 ¹			
	(2. a 项)	(2. b 项)	(2. c 项)	(3. a 项)	(3. b 项)	(3. c 项)	
主题 1—外部事件							
外部灾害预警和应对	正在进行	长期	不适用	正在进行	2012 年完成	是	
重要厂房防水淹能力评估及改进	核岛设施及厂房防水封堵和对重要厂房采取防水临时措施	已采取行动	2011 年底完成	是	正在进行	2012 年完成	否
	泰山核电基地各核电厂防洪设施改造	正在进行	2013 年底完成	是			
	田湾核电厂增设挡水墙	正在进行	2013 年底完成	是			
地震响应和抗震能力评估	提高地震监测和抗震响应能力	已采取行动	2011 年底完成	是			
	开展抗震裕量分析和地震概率安全分析	正在进行	2013 年完成				
评估现场水库对大亚湾核电基地的影响	已采取行动	2011 年底完成	是				

¹ 中国核安全监管机构通过技术审评和现场监督对核电厂所采取的重要安全改进措施进行监督管理。因此本表中“监管机构采取的行动”栏目中侧重于监管机构拟发布的技术要求或开展的研究活动。

评估地震海啸对核电厂的影响	大亚湾核电基地各电厂地震海啸影响详细评估	正在进行	2012 年底完成				
	多部门联合分析远源（板块边缘）地震对中国沿海核电厂影响				已采取行动	2011 年完成	是
运行核电厂重要外部事件安全裕量评估		已采取行动	2012 年 4 月	是			
外部事件概率安全分析		正在进行	2015 年				
主题 2—设计改进							
消防改造		正在进行	2013 年底完成	是			
乏燃料水池监测和补水		正在进行	运行核电厂 2011 年底完成 在建核电厂首次装料前完成		正在进行	2012 年完成	
提高蓄电池供电能力		正在进行	2013 年底完成				
增设移动电源和移动泵等设施		已采取行动	2011 年度完成	是	正在进行	2012 年完成	
增设或改造消氢系统		正在进行	2013 年底完成	是	正在进行	2012 年完成	
活性炭碘吸附器改进		正在进行	2013 年底完成	是			
秦山核电厂增设柴油发电机并对消防系统进行改进		正在进行	2013 年底完成	是			

评估和强化全厂断电 (SBO) 工况下反应堆堆芯冷却、乏燃料水池冷却能力	正在进行					
分析评估安全级数字化控制系统的可靠性	正在进行	2015 年完成				
主题 3—严重事故管理						
开发或优化严重事故管理指南 (SAMG)	正在进行	运行核电厂 2013 年底完成 在建核电厂首次装料前完成阶段性工作, 2015 年前全面完成				
评估和改进运行核电厂安全壳泄压排放系统	正在进行	2013 年完成	否			
评估双机组布置核电厂缓解严重事故的能力	正在进行	首次装料前完成				
开展二级概率安全分析	正在进行	2015 年完成				
主题 4—国家组织						
组织机构调整				正在进行		
核安全监管能力建设				正在进行		
技术能力建设	正在进行	长期		正在进行	长期	

长效联动机制建立		正在进行	长期		正在进行	长期	
主题 5—应急准备和响应以及事故后管理（场外）							
提高在建核电厂应急控制中心可居留性及其功能		正在进行	首次装料前完成		正在进行	2012 年完成	
改进核电厂环境监测和应急监测措施		正在进行	首次装料前完成	已完成布点合理性评估	正在进行	2012 年完成	
强化应急准备和响应能力	研究多机组同时进入应急状态后的响应方案	正在进行					
	加强大亚湾核电基地第二条应急通道管理	已采取行动	2011 年底完成				
	加强核电企业集团的应急响应能力建设以及能力共享和相互救援机制	正在进行	长期		正在进行	2012 年完成	
主题 6—国际合作							
《核安全公约》履约		已完成	2011 年	N/A	已完成	2011 年	N/A
IAEA 核安全部长级会议					已完成	2011 年	N/A
WANO 第十一届年会及成立福岛事故后委员会		已完成	2011 年	N/A			
向 IAEA 提供专家支持和信息通报					已完成	2011 年	是

第四次中日韩核安全监管高官会				已完成	2011年	N/A
中日韩核安全合作倡议落实				正在进行	长期	N/A
中日核安全福岛核事故专题研讨会	已完成	2011年	是	已完成	2011年	是
欧洲压力测试及福岛事故后相关经验 反馈的跟踪及分析	正在进行	长期	N/A	正在进行	长期	N/A

附件二：核电厂清单

状态	核电厂名称		堆型	额定功率 MW (e)	开工日期	首次并网 日期
运行	秦山核电厂		压水堆	310	1985-03-20	1991-12-15
	大亚湾核电厂	1号机组	压水堆	2 × 984	1987-08-07	1993-08-31
		2号机组			1988-04-07	1994-02-07
	秦 山 第二核电厂	1号机组	压水堆	4 × 650	1996-06-02	2002-02-06
		2号机组			1997-04-01	2004-03-11
		3号机组			2006-04-28	2010-08-31
		4号机组			2007-01-28	2011-11-25
岭澳核电厂	1号机组	压水堆	2 × 990 2 × 1080	1997-05-15	2002-02-26	
	2号机组			1997-11-28	2002-09-14	
	3号机组			2005-12-15	2010-07-15	
	4号机组			2006-06-15	2011-05-03	
秦 山 第三核电厂	1号机组	重水堆	2 × 700	1998-06-08	2002-11-19	
	2号机组			1998-09-25	2003-06-12	
田湾核电厂	1号机组	压水堆	2 × 1060	1999-10-20	2006-05-12	
	2号机组			2000-09-20	2007-05-14	
建设	红沿河 核电厂	1号机组	压水堆	4 × 1080	2007-08-18	
		2号机组			2008-03-28	
		3号机组			2009-03-07	
		4号机组			2009-08-15	
宁德核电厂	1号机组	压水堆	4 × 1080	2008-02-18		
	2号机组			2008-11-12		
	3号机组			2010-01-08		
	4号机组			2010-09-29		
福清核电厂	1号机组	压水堆	3 × 1080	2008-11-21		
	2号机组			2009-06-17		
	3号机组			2010-12-31		
阳江核电厂	1号机组	压水堆	3 × 1080	2008-12-16		
	2号机组			2009-06-04		
	3号机组			2010-11-15		

	秦山核电厂扩 建项目（方家山 核电工程）	1号机组 2号机组	压水堆	2 × 1080	2008-12-26 2009-07-17	
	三门核电厂	1号机组 2号机组	压水堆	2 × 1250	2009-03-29 2009-12-15	
	海阳核电厂	1号机组 2号机组	压水堆	2 × 1250	2009-09-24 2010-06-20	
	台山核电厂	1号机组 2号机组	压水堆	2 × 1700	2009-11-18 2010-04-15	
	昌江核电厂	1号机组 2号机组	压水堆	2 × 650	2010-04-25 2010-11-21	
	防城港红沙核 电厂	1号机组 2号机组	压水堆	2 × 1080	2010-07-30 2010-12-28	