

《核安全公约》
中华人民共和国第七次国家报告
(2013-2015)

二〇一六年六月

北 京

目 录

缩略词	1
A 导言	1
A.1 中国和平利用核能的概况	1
A.2 中国核电发展政策和目标	1
A.3 中国核安全政策	2
A.4 国家报告编写情况及结构特点	3
B 概要	4
B.1 第六次履约概述及审议会议后续行动	4
B.1.1 第六次履约概述	4
B.1.2 中国对第六次审议会议所提挑战的响应行动	4
B.2 安全改进方面已开展及规划的活动	9
B.3 福岛核事故后中国核电厂安全改进情况	12
B.3.1 运行核电机组安全改进	13
B.3.2 在建核电机组安全改进	15
B.4 国际同行评估	17
B.5 本次履约期内典型运行事件经验反馈	18
B.6 对《维也纳核安全宣言》的响应	19
B.6.1 修改完善核安全法规，提出核安全远景目标	20
B.6.2 新建核电机组的设计特点和安全改进	20
B.6.3 执行综合安全检查及外部事件裕量评估	22
B.6.4 对运行核电机组开展定期安全审查并实施合理可行的改进	23
B.7 中国针对IAEA提出的关于福岛核事故的五项挑战的后续行动	23
B.8 本次履约期间的良好实践和面临的挑战	27
B.8.1 良好实践	27
B.8.2 面临的挑战	28
6 现有的核电厂	30
6.1 核电厂清单	30
6.2 现有核电厂的基本情况	30
6.3 中国核电厂的整体安全状况	33
7 立法和监管框架	34
7.1 立法与监管框架	34
7.1.1 法律、法规和导则框架综述	34
7.1.2 已发布的核与辐射安全法律、法规和导则	35
7.1.3 本次履约期间新发布的核安全法律、法规和导则	36
7.1.4 有关核安全国际公约的参加情况	36
7.2 许可证制度	37
7.2.1 核电厂许可证件的种类	38
7.2.2 核电厂许可证件的颁发	38
7.2.3 核安全审评和监督检查制度	39
7.2.4 本次履约期间新颁发的许可证件	42

8 监督管理	44
8.1 监管体制	44
8.2 环境保护部(国家核安全局)	44
8.2.1 组织结构	44
8.2.2 主要职责	45
8.2.3 人力资源和财政资源	47
8.2.4 综合管理体系	48
8.2.5 公众沟通	49
8.3 中国国家原子能机构	50
8.4 国家能源局	50
8.5 国家卫生和计划生育委员会	50
9 许可证持有者责任	52
10 安全优先	54
10.1 安全政策与安全管理安排	54
10.2 核安全文化	54
10.3 核电厂同行评估与自评估	56
10.4 监管和控制活动	58
10.4.1 核安全文化推进	58
10.4.2 安全审评、许可和监督检查	59
11 财政资源和人力资源	60
11.1 财政资源	60
11.2 人力资源	61
11.2.1 人力资源保证措施	61
11.2.2 操纵人员的考核与执照管理	62
11.2.3 核电厂人员的培训和考核	62
11.2.4 注册核安全工程师制度	64
12 人因	66
12.1 防止和纠正人因失误的监管要求	66
12.2 许可证持有者及营运者采取的措施	67
12.3 监督管理和控制活动	68
13 质量保证	70
13.1 质量保证政策	70
13.2 质量保证的基本要素	70
13.3 核电厂质量保证大纲的制定、实施、评价与改进	71
13.3.1 质量保证大纲的制定	71
13.3.2 质量保证大纲的实施	71
13.3.3 质量保证大纲的评价和改进	72
13.4 监督管理和控制活动	73
14 安全评价与验证	75
14.1 核电厂安全评价和验证的法规要求	75
14.2 核电厂的安全评价和验证实践	76

14.2.1 确定论安全分析	76
14.2.2 概率安全分析	76
14.2.3 安全重要物项监督	78
14.2.4 在役检查	79
14.2.5 老化管理	80
14.2.6 定期安全审查	81
14.2.7 假设风险的再评价	83
14.3 监督管理和控制活动	84
15 辐射防护	88
15.1 辐射防护的基本要求	88
15.2 ALARA原则在核电厂中的具体应用	91
15.2.1 ALARA原则在核电厂设计中的应用	91
15.2.2 ALARA原则在核电厂运行中的应用	91
15.3 人员的照射控制	92
15.4 环境的放射性监测	92
15.5 监管机构的控制活动及能力建设	94
16 应急准备	96
16.1 应急准备的基本要求	96
16.2 应急组织体系及职责	97
16.3 应急状态的分级及报告	100
16.4 核电厂的场内和场外应急计划	101
16.5 应急培训及演习	101
16.6 在应急方面的信息公开与公众沟通	103
16.7 监督管理和控制活动	104
16.7.1 辐射环境监测能力建设	104
16.7.2 核电厂应对严重事故能力的建设	105
16.7.3 核应急支援体系建设	105
16.8 核事故应急的国际安排	106
17 选址	108
17.1 厂址相关因素的评价	108
17.1.1 核电厂选址法规和要求	108
17.1.2 厂址相关因素的评价准则及评价	109
17.1.3 确定外部事件影响的准则	111
17.1.4 监管审查和控制活动	111
17.1.5 对中国核电厂厂址的筛查	112
17.2 核电厂对人员、社会和环境的影响	112
17.2.1 确定核电厂对居民和环境潜在影响的准则	113
17.2.2 核电厂对居民和环境潜在影响的准则的执行	114
17.3 厂址相关因素的再评价	115
17.3.1 选址后的厂址相关因素的再评价	115
17.3.2 重大事故或极端事件后的再评价	115
17.4 与可能受核电厂影响的其他缔约方磋商	117

18 设计与建造.....	119
18.1 实施“纵深防御”	119
18.1.1 核电厂设计和建造法规和要求	119
18.1.2 纵深防御的应用	124
18.1.3 设计原则的应用	126
18.1.4 超设计基准事故应对	128
18.1.5 维护实体隔离措施完整性.....	130
18.1.6 核电厂设计改进	132
18.1.7 监管审查和控制活动	134
18.2 采用成熟技术.....	135
18.2.1 法规和监管要求	135
18.2.2 许可证持有者采取的措施.....	135
18.2.3 分析、检验和试验新技术的方法	136
18.2.4 监管审查和控制活动	138
18.3 可靠、稳定和易管理运行设计.....	138
18.3.1 法规和监管要求	138
18.3.2 许可证持有者采取的措施.....	139
18.3.3 监管审查和控制活动	140
19 运行	141
19.1 初始批准	141
19.1.1 核电厂运行有关许可证的审批和检查.....	141
19.1.2 核电厂调试.....	143
19.2 运行限值和条件.....	144
19.3 核电厂的运行、维护、检查和试验	145
19.4 事故规程	146
19.5 工程和技术支持.....	147
19.6 运行核电厂事件报告制度	147
19.7 运行经验反馈.....	149
19.8 乏燃料和放射性废物的管理.....	152
19.9 核电厂网络信息安全	154
附件一：中国核电厂清单（截至 2015 年 12 月 31 日）	155
附件二：中国核电厂运行事件统计（2013 年至 2015 年）	158
附件三：中国运行核电机组的WANO性能指标（2013 年至 2015 年）	160
附件四：中国有关核电厂核安全方面的法律、法规和规章.....	164
附件五：中国核电厂接受的国内外评估活动清单（2013 年至 2015 年）	171
附件六：中国核电厂计划接受的国内外评估活动清单（2016 年至 2018 年）	174
附件七：中国商业运行核电厂操纵人员有效持照人员统计（截至 2015 年 12 月 31 日） ..	176
附件八：中国核电厂的职业照射情况	177
附件九：中国核电厂应急演练清单（2013 年至 2015 年）	179

缩略词

ANSN	亚洲核安全网络
CGN	中国广核集团有限公司
CNEA	中国核能行业协会
CNNO	中核核电运行管理有限公司
CNNP	中国核能电力股份有限公司
DCS	数字化控制系统
GNSSN	全球核安全与安保网络计划
INES	国际核事件分级
IAEA	国际原子能机构
IRRS	核与辐射安全监管综合评估
MDEP	多国设计评价计划
MEP (NNSA)	环境保护部 (国家核安全局)
OECD /NEA	经济合作与发展组织核能署
OSART	运行安全评审
PSA	概率安全分析
PSUR	启动前同行评估
PSR	定期安全审查
SAMG	严重事故管理导则
SOER	重要运行经验报告
WANO	世界核电营运者协会

A 导言

中国政府一贯高度重视核安全，认真履行对国际社会承诺的各项义务，承担对本国核电厂的安全责任，并为达到和维护国际公认的高水平核安全而不懈努力。

A.1 中国和平利用核能的概况

核电是一种清洁、高效、优质的现代能源，发展核电是中国能源战略的重要组成部分。中国始终把核安全放在和平利用核能事业的首要位置，秉持为发展求安全、以安全促发展的理念，始终追求发展和安全两个目标有机融合。中国执行安全高效发展核电的政策，采用最先进的技术、最严格的标准发展核电。

2013年至2015年，中国有13台核电机组投入商业运行，9台核电机组开工建设。截至2015年12月底，中国已投入商业运行的核电机组共计28台，总装机容量26148MW；在建核电机组26台，总装机容量29000MW。另有2台机组于2015年底获得建造许可证，还未开工建设。

运行核电机组持续保持良好的运行记录。2013年至2015年，中国核电机组年累计发电量稳步增长，2013年至2015年的商运核电机组年累计发电量分别为1121.00亿千瓦时，1305.80亿千瓦时和1683.19亿千瓦时，约占全国总发电量百分比分别为2.1%，2.35%和3.01%。

福岛核事故后，中国对民用核设施进行了综合安全检查，对运行和在建核电厂开展了外部事件安全裕量等领域的评估。根据福岛核事故的经验反馈和综合安全检查结果，环境保护部（国家核安全局）2012年6月发布了《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》，旨在规范各核电厂共性的改进行动，为中国核电厂在福岛核事故后的改进行动工作提供指导。通过改进，中国核电厂在抵御极端灾害、预防和缓解严重事故、应急准备和应急响应以及公众宣传和沟通等方面的能力得到了进一步提升。

2013年至2015年，中国运行核电机组共发生113起运行事件，均为国际核事件分级表（INES）0级事件，未发生INES2级及其以上的运行事件或事故，在建核电机组满足中国现行核安全法规，基本满足国际原子能机构（IAEA）最新安全标准要求，在选址、设计、制造、建造、安装和调试等环节均实施了有效管理，质量保证体系运转正常，工程建设满足设计要求，总体质量受控。

A.2 中国核电发展政策和目标

中国能源发展坚持“节约、清洁、安全”的战略方针，深入推进能源革命，着力推动能源生产利用方式变革，优化能源供给结构，提高能源利用效率，建设

清洁低碳、安全高效的现代能源体系。坚持发展非化石能源与化石能源高效清洁利用并举，逐步降低煤炭消费比重，提高天然气消费比重，大幅增加风电、太阳能、地热能等可再生能源和核电消费比重。到 2020 年，中国非化石能源占一次能源消费比重达到 15%，天然气比重达到 10%以上，煤炭消费比重控制在 62%以内。

2013 年至 2015 年，中国的火电发电量占比逐步降低，由 2013 年的 78.36% 下降到 2015 年的 74.94%；风电和太阳能发电量占比由 2013 年的 2.78% 上升到 2015 年的 4.32%，核电发电量占比由 2013 年的 2.10% 上升到 2015 年的 3.01%。

在“十三五”期间，中国将以沿海核电带为重点，安全建设自主核电示范工程和项目。建成三门、海阳 AP1000 项目及其他项目；建设福建福清、广西防城港“华龙一号”示范工程；开工建设山东荣成 CAP1400 示范工程；开工建设一批沿海新的核电项目，加快建设田湾核电三期工程；积极开展内陆核电项目前期工作。到 2020 年，核电运行装机容量达到 5800 万千瓦，在建装机容量达到 3000 万千瓦以上。

A.3 中国核安全政策

中国一贯坚持在确保安全的前提下发展核电。对核电厂的选址、设计、建造、运行和退役必须贯彻安全第一的方针；必须有足够的措施保证质量，保证安全运行，预防核事故，限制可能产生的有害影响；必须保障工作人员、公众和环境不致遭到超过国家规定限值的辐射照射和污染，并将辐射照射和污染减至合理可行尽量低的水平。

2014 年 3 月，中国在海牙核安全峰会上提出了“理性、协调、并进”的核安全观，强调国家要履行核安全责任和义务。中国已将核安全纳入国家总体安全体系，明确了对核安全的战略定位。2015 年 7 月发布的《国家安全法》第三十一条规定，“国家坚持和平利用核能和核技术，加强国际合作，防止核扩散，完善防扩散机制，加强对核设施、核材料、核活动和核废料处置的安全管理、监管和保护，加强核事故应急体系和应急能力建设，防止、控制和消除核事故对公民生命健康和生态环境的危害，不断增强有效应对和防范核威胁、核攻击的能力。”

中国在 2016 年 4 月的华盛顿核安全峰会上提出要强化国家责任，部署实施核安全战略，构筑严密持久防线；要强化核安全文化，营造共建共享氛围。中国将构建核安全能力建设网络，推广国家核电安全监管体系。

中国在 2012 年发布了《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》（以下简称《核安全规划》），明确提出了核安全工作的安全目标和监管原则。针对安全目标，在核设施安全水平提高、辐射环境安全风险降低、事故防御、污染治理、科技创新、应急响应、安全监管等方面，提出了具体目标以及配套的工程项目和保障措施。针对核安全所设定的总体目标是：进一步提高核设

施装置安全水平，明显降低辐射环境安全风险，基本形成事故防御、污染治理、科技创新、应急响应和安全监管能力，保障核安全、环境安全和公众健康，辐射环境质量保持良好。遵循“预防为主、纵深防御；新老并重、防治结合；依靠科技、持续改进；坚持法治、严格监管；公开透明、协调发展”的基本原则，贯彻“独立、公开、法治、理性、有效”的监管理念。

中国政府积极倡导核安全文化。通过发布《核安全文化政策声明》，阐明中国对核安全文化的基本态度，提出培育和实践核安全文化的原则要求。国家核安全监管部门和相关部门、各核能单位、工程和服务单位及利益相关单位应共同遵守和践行本政策声明中的态度、立场和原则，强化法治意识、责任意识、风险意识和诚信意识，营造重视核安全、守护核安全、珍惜核安全的文化氛围。履行国家核安全责任和国际核安全义务，大力培育和发展核安全文化，以提升核安全水平，保障核能事业安全、健康、可持续发展。

中国政府将继续深化与世界各国、国际组织在核能包括核安全领域的交流与合作，切实履行已签署的各项核能公约义务，践行核安全多边、双边承诺，与国际社会一道共同预防和化解核安全风险，为提升全球核安全水平做出积极贡献。

A.4 国家报告编写情况及结构特点

本报告在框架结构上由三部分组成：引言、概要和逐条报告。“引言”部分全面概要地介绍了中国在和平利用核能方面的现状，说明了中国核能发展现状和目标，阐述了中国在核安全方面的政策和主张。“概要”部分论述了中国对第六次审议结果的响应，在核安全方面的关注领域和实施的改进行动，对《维也纳核安全宣言》的响应，以及取得的良好实践和面临的挑战。

上述内容更加详尽的信息见报告“逐条报告”章节。“逐条报告”部分涵盖本报告第6章至第19章，根据《〈核安全公约〉国家报告编写细则》第6条到第19条的条款内容编写。该部分各章以《核安全公约》的原文开始，通过阐述法律法规的要求、重要活动、具体实践以及进展情况来论述中国政府如何履行《核安全公约》条款所规定的各项义务。

在报告编写过程中，参考了《〈核安全公约〉国家报告编写细则》（INFCIRC/572/Rev.5）的编写要求，重点考虑了《维也纳核安全宣言》提出的对防止发生事故和减轻事故后果这一目标的三项原则，同时对比IAEA制定的最新国家报告编写模板（第17章和18章），对国家报告的框架和内容进行了完善，最终形成本报告。

本报告中国台湾省核电厂的数据暂缺。

B 概要

B.1 第六次履约概述及审议会议后续行动

为了切实履行中国对《核安全公约》中的承诺和公约中对缔约方的义务要求，中国政府成立了《核安全公约》中国履约小组，负责组织与协调中国履行公约的工作，保证公约对缔约方的要求和历次《核安全公约》国家报告审议大会上的决议在中国得到贯彻落实。

B.1.1 第六次履约概述

中国于 2014 年 9 月向《核安全公约》缔约方审议大会提交了《〈核安全公约〉中华人民共和国第六次国家报告》。同时，对各缔约方向中国第六次国家报告提出的书面问题均认真做出了答复。

在第六次履约审议会议中，通过报告审议、现场陈述、问题回答，各缔约方对中国的履约情况进行了认真的审议，并对自上次审议大会以来，中国在多方面开展的实践和取得的进展给予了肯定。

同行审议认为，中国要求新建核电厂在首次装料前必须完成国家核安全局检查后要求的福岛核事故改进行动计划这一做法是良好实践。审议会议也指出了中国所面临的挑战和需进一步改进的领域，包括：

(1) **多种堆型和标准**：中国的核电厂存在着多国引进、多种堆型、多类标准和多种技术共存的局面，这些给核安全的监管带来了一定的挑战。

(2) **人员能力建设**：中国核电厂有多种堆型和技术在使用中，而监管人员中有较多年轻且缺少经验的人员，需要加强培训以提高监管人员的监管能力。

(3) **法规和标准建设**：中国需要进一步加强法规标准的建设，特别是核安全法等相关法律法规的立法工作。

(4) **在建机组监管**：截止审议会议，中国拥有 31 个在建机组，这对于监管机构的监管构成了大的挑战，中国需要制定和实施相关监管大纲。

(5) **监管能力建设**：监管机构需要加强能力建设，包括技术能力、人力资源和财务资源。

B.1.2 中国对第六次审议会议所提挑战的响应行动

在本次履约期间，中国对《核安全公约》第六次审议会议提出的各项挑战均制定和实施了后续行动，具体如下：

(1) 多种堆型和标准

中国核电的多种堆型、多国技术和标准对中国的核安全监管既是挑战，也是

机遇。中国核与辐射安全监管人员在长期的安全审评、安全监督和驻厂监督等各项工作中，通过对不同的核工业系统、技术、堆型、标准的长时间接触、了解和对比分析，积累了丰富的核与辐射安全监管工作经验，形成了一套既与国际接轨又适宜于中国的监管模式，制定了标准的监督检查大纲。各地区监督站在标准监督检查大纲的基础上，制定并实施针对特定堆型、适用于不同阶段的监督检查大纲，同时对安全重要系统、设备和活动的监督检查制定了详细的监督检查实施程序。

在满足中国核安全法规要求的基础上，环境保护部（国家核安全局）充分参考技术引进国的法律法规及监管经验，积极与其他核电国家的核安全监管当局进行交流与合作，相互借鉴，提高核安全监管效率和有效性。

福岛核事故后，环境保护部（国家核安全局）开展了新建核电厂安全要求研究工作，从安全目标、厂址安全、堆芯特性、严重事故、工程验证等方面对后续新建核电厂提出了较为统一且具有操作性的安全要求。同时，环境保护部（国家核安全局）积极参与和跟踪 IAEA 关于核动力厂设计安全规定的修订工作，近期将完成对中国《核动力厂设计安全规定》的修改补充。

中国在后续的核电发展中，将主要采用两条技术路线，一是以 AP1000 堆型为依托的三代核电技术；二是以华龙一号为代表的中国自主知识产权三代核电技术。同时，中国正在建设具有四代核电技术特点的 200MW 的高温气冷堆核电示范项目。

（2）人员能力建设

环境保护部（国家核安全局）组织编制了核安全监管人员培训大纲，确定了核安全监管人员培训工作基本要求，明确了核安全监管人员培训内容，逐步形成了多层次、多方式的核与辐射安全培训体系。

为建立一支与监管任务相匹配的稳定队伍，环境保护部（国家核安全局）形成了以核与辐射安全监管初任培训、中级培训为主要项目的核与辐射安全监督检查人员资格培训，以辐射环境监测管理和技术、核与辐射应急为主要内容的核与辐射安全监督检查人员在岗培训，以及围绕重要岗位或重点业务领域需求开展的模拟机、无损检验、民用核安全设备监管、核质量保证等专项培训，为核与辐射安全监管提供了有力的人才支撑。同时，中国通过国际机构或双边合作途径，选派人员参加国际会议、培训班或进修，以提升核与辐射安全监管人员的能力和水平。

环境保护部（国家核安全局）研究开发了一台具有严重事故模拟功能的百万千瓦核电厂全范围模拟机，派员参与核电厂反应堆操纵员取证培训，培养了自己的模拟机教员，并持续开展对各类监管人员的模拟机培训，以进一步提升监管技能，并强化对核电厂应急规程和严重事故管理指南的审查验证工作。

环境保护部（国家核安全局）持续开展对核安全监督人员的资格培训和在职

培训工作。2013年至2015年间，举办核安全监督员资格培训5期，累计培训学员207人，举办核安全监督员在岗培训5期，累计培训学员124人。截止到2015年12月31日，已为325人颁发核安全监督员证。

此外，环境保护部（国家核安全局）为进一步加强监管人员能力，促进监管经验的积累和共享，积极开展环境保护部（国家核安全局）总部、各地区监督站之间的人员交流和轮岗；从核电厂营运单位和相关技术支持单位引进具有丰富核电工作经验的专家，不断充实核安全监管的核心技术骨干队伍。

（3）法规和标准建设

中国积极开展《核安全法》、《原子能法》等法律的立法工作，不断完善核安全法规体系；加强核安全法规标准的制定和修订工作；继续开展核电行业标准制定工作。

《核安全法》和《原子能法》均已完成草案编制工作，并列入全国人大常委会立法规划，将尽快提请全国人大常委会审议。

此外，环境保护部（国家核安全局）密切跟踪并参与福岛核事故后IAEA安全标准修订计划，积极研究对策，并建立了法规动态报告机制，定期出台法规状态报告，便于业界和公众及时掌握现行有效的法规。2015年，环境保护部（国家核安全局）制定了《核与辐射安全法规制修订五年规划（2016-2020）》，以指导核与辐射安全法规的修订工作。

核电行业标准化工作稳步推进，国家能源局开展了一系列行业标准的制定、修订和完善工作。各核电集团公司也均开发了相关企业标准。

（4）在建机组监管

环境保护部（国家核安全局）组织编制了各阶段的核电厂标准监督检查大纲，涉及建造、调试、运行等各阶段。在此基础上，地区监督站制定和实施针对特定电厂的监督检查大纲和实施程序。

根据各在建机组的进展和实际情况，环境保护部（国家核安全局）组织制定和实施全国的核安全监督检查年度计划，针对重要节点和活动开展综合/专项监督检查；地区监督站制定所辖区域的核安全监督检查年度计划，重点开展日常监督和专项监督活动。

2013年4月，环境保护部（国家核安全局）发布了《百万千瓦级改进型压水堆核电厂建造阶段（土建和安装）核安全监督检查大纲》和《百万千瓦级改进型压水堆核电厂调试阶段核安全监督检查大纲》，进一步规范了对在建机组的监督检查活动。

由于AP1000、EPR采用了新的设计，调试监管面临全新的挑战。2014年，环境保护部（国家核安全局）制定了《AP1000、EPR核电厂调试监管工作方案》和《AP1000、EPR首堆调试审评监督准备方案》，明确了三门、海阳和台山核电厂的调试阶段监督检查大纲和监督项目清单，组织制定重大试验监督程序；同时

积极参与 MDEP 的 AP1000、EPR 工作组工作，针对调试问题提出建议，形成了一致意见。举办了中美 AP1000 调试技术交流会，就调试监管议题与美国专家进行了交流和探讨；与美国核管制委员会（NRC）、法国核安全局（ASN）确定了中美、中法调试合作模式和内容。邀请了美国核管制委员会（NRC）监督员参加三门、海阳 AP1000 项目的调试监督，计划邀请法国核安全局（ASN）监督员参加台山 EPR 项目调试监督工作。

（5）监管能力建设

中国通过加强独立审核校算和试验验证、完善核与辐射安全监管综合管理体系、完善辐射环境监测国控网建设、建设国家级核与辐射安全技术研发基地，加强人力资源建设和财政资源投入、构建完善的技术支持体系等措施进一步加强核安全监管能力建设。

1) 加强独立审核校算和试验验证

环境保护部（国家核安全局）通过引进国外安全分析软件，采购广泛应用和认可的商品级分析软件，已基本建立了较为完整的用于安全审评的分析软件体系。以已建立的安全审评的分析软件体系为基础，在新堆型的审评中增加审核计算方面的工作，从反应堆物理、设计基准事故、严重事故、辐射防护、应力与结构抗震分析、概率安全分析、流出物排放源项等七个方面进行独立计算评估。同时，明确了审核计算的目标和要求，建立审核计算流程和方法。

针对新堆型的审评，还增加了试验见证和独立试验验证两方面的工作。试验见证包括文件审查和现场见证，主要是针对设计方开展的安全系统和设备关键试验进行有效的见证，以确保试验数据的真实性；独立试验验证主要是针对审评中关注的安全重要问题，在设计方已开展试验基础上，审评方独立开展部分重要工况试验，对重要安全系统的安全性进行进一步验证。环境保护部（国家核安全局）加强了对华龙一号、AP1000、EPR、CAP1400 等机组的独立校核计算和试验验证工作，针对关键、典型的安全问题和事故序列开展了独立校核计算与试验见证。

为评价 CAP1400 设计安全性和验证相关安全分析程序，组织开展了六项关键试验见证工作，分别为非能动堆芯冷却系统性能试验、非能动安全壳冷却系统性能试验、熔融物堆内滞留试验、反应堆结构水力模拟试验、堆内构件流致振动模拟试验和蒸汽发生器及其关键部件性能试验；另外，从 CAP1400 设计的安全裕度和边界效应出发开展了三项试验验证工作，分别为非能动堆芯冷却系统（PXS）全厂断电工况及 PRHR 隔离阀前或阀后破口试验、非能动安全壳冷却系统（PCS）导热能力裕度试验以及熔融物堆内滞留（IVR）流道变化对压力容器换热特性影响试验；组织完成了 AP1000 一回路大模型建立和校核工作，推动审评问题的解决，加强了审评能力建设。

2) 完善辐射环境监测国控网建设

环境保护部（国家核安全局）通过开展国控网自动站建设，建立了覆盖全国

的辐射监测网，设置了 1389 个辐射环境监测国控点；建成了核电厂辐射环境现场监督性监测网络体系，在秦山核电厂等重要核与辐射设施周围开展了核安全预警和辐射环境监督性监测工作；建成了国家辐射监测数据汇总中心和省级数据汇总中心；建成了核与辐射事故应急决策支持与指挥调度系统。这些措施进一步加强了全国辐射环境监测能力建设，不断提高应对核事故的辐射环境应急监测能力。另外通过组织开展监测骨干人员培训和监测技术操作培训以及监测质量考核与应急监测项目技能比武，全面提升了监测队伍能力。

3) 建设国家级核与辐射安全技术研发基地

为全面提升核与辐射安全监管能力，中国已批准建设国家核与辐射安全监管技术研发基地。该研发基地将新建 6 大科研验证实验室与 4 项共用配套设施共计 10 个重点工程项目，覆盖核电厂选址、设计、建造、调试、运行、退役等所有环节。通过该研发基地的建设，中国核与辐射安全审评、监督、监测、教育、国际合作等能力将进一步加强。研发基地已正式开工建设。

环境保护部（国家核安全局）开展了核与辐射安全科研专项顶层设计，组织编制了《国家重点研发计划核安全重点专项研究任务建议书》；正在筹划建设核与辐射安全重点实验室与工程技术中心，进一步提升核设施安全监督管理能力。

4) 加强人力资源建设和财政资源投入

在人力资源方面，中国根据福岛核事故经验反馈，结合实际情况，于 2012 年将环境保护部（国家核安全局）从事核与辐射安全监管的业务职能部门从一个司扩充为三个司。中国批准环境保护部（国家核安全局）从事核与辐射安全监管的人员编制到 2015 年底增加至 1103 人，其中总部职员增加到 82 人，六个地区监督站增加至 331 人，核与辐射安全中心增加到 600 人、辐射环境监测技术中心增加到 90 人。人员已逐步到位，核安全监管人员的增加，确保了核安全监管人力资源能够适应目前的核电发展。

在财政资源方面，为适应核电发展的需要，中国已逐年增加核安全监督管理的经费投入和能力建设，保证核安全监督管理职能的实施。2015 年，环境保护部（国家核安全局）日常监督管理财政预算为 3.79 亿人民币（不含能力建设经费和科研经费），与 2011 年相比，这一数值已提高一倍。

5) 构建完善的技术支持体系

环境保护部（国家核安全局）根据工作需要和能力资质要求，在确保独立性的前提下，选择核能行业的重要科研院所和企事业单位作为外部技术支持单位，为其提供长期稳定的技术支持与服务，如核设备安全与可靠性中心、苏州核安全中心、北京核安全审评中心、中国原子能科学研究院等。各省以及部分地市级环境保护部门也建立了相应的辐射环境监管技术支持单位，形成了一套覆盖全面、层级清晰的核安全监管技术支持单位组织体系。

对重要监管审评项目，要求内部和外部技术支持单位开展平行安全审评，促

进相互比较和学习,以确保审评结论的适宜性和正确性,减少监管失误,持续提升技术支持单位的技术能力。

B.2 安全改进方面已开展及规划的活动

中国在核电安全改进方面已开展及规划了以下活动:

(1) 加强核安全文化建设

2014 年,环境保护部(国家核安全局)、国家能源局和中国国家原子能机构联合发布了《核安全文化政策声明》。该声明揭示了核安全与核安全文化的内涵,阐述了培育和实践良好核安全文化的“八大特性”,提出了培育、实践并持续推进核安全文化的倡议。《核安全文化政策声明》的发布为推进核安全文化建设,强化核行业从业人员的核安全文化素养指明了方向。

为强化核与辐射安全从业者法规意识,全面提升核安全文化,环境保护部(国家核安全局)组织开展了核安全文化宣贯活动,覆盖了全体核与辐射安全持证单位及其骨干人员。各监督站组织宣贯总人数达 19300 余人,各省级环保部门组织宣贯活动覆盖人数超过 50 万。宣贯活动的开展有效提升了从业者对核安全文化理解认识水平、促进了营运单位核安全文化建设。

中国各核电集团公司也开展了一系列核安全文化建设活动,开发核安全文化十大原则以及配套的评估标准和准则,开展了一系列核安全文化培训和核安全文化评估活动。成立安全文化推进组织,制定核安全文化建设的管理制度和长期规划,建立了核安全文化宣贯的长效机制。

(2) 积极跟踪 IAEA 安全标准并完善中国核安全法规体系

为进一步加强核安全法规体系管理,环境保护部(国家核安全局)在法规立项和编制阶段引入专家委员会审查机制,在立项之前审查立项报告,在编制之前审查法规编制大纲。加强法规文稿形式审查,加大法规审查力度。在法规正式审批发布之前,向社会公开征询意见。定期出台法规状态报告,便于业界和公众及时掌握现行有效的法规。

环境保护部(国家核安全局)密切跟踪并参与 IAEA 安全标准的制修订工作。深入研究了 IAEA 77 个领域差异性分析报告,结合中国在福岛核事故后的核安全实践,对中国的核安全法规和导则实施了再评估,提出了制修订建议,并分阶段逐步开展了制修订工作。

环境保护部(国家核安全局)参考 IAEA 于 2016 年 2 月发布的新版 SSR-2/1,正在组织对《核动力厂设计安全规定》进行修改。另外,根据福岛核事故的经验反馈,针对选址、设计和许可、外部风险(包括地震和海啸风险评估)、始发事件可能的组合、应急准备和响应、确定论安全分析和概率论安全分析等问题,中国积极开展核安全法规的制修订工作。正在制定《压水堆核电厂应急行动水平的制定》和《核动力厂营运单位核应急演练》等导则;正在修订《核电厂厂址选择

安全规定》、《核电厂厂址选择中的地震问题》和《核电厂厂址选择的外部人为事件》等导则。

(3) 完善国家核应急体系

中国坚持积极兼容、资源整合、专业配套、军民融合的思路，建设并保持与核能事业安全高效发展相适应的国家核应急能力，形成了有效应对严重核事故的国家核应急能力体系。

中国在 2005 版《国家核应急预案》的基础上，总结吸纳了近年来核应急准备与响应工作的实践经验，特别是日本福岛核事故的应对经验，于 2013 年发布了新版《国家核应急预案》。清晰准确界定了核应急工作的管理范围；进一步明确了国家核应急工作原则和有关责任主体；进一步强化了国家核应急指挥机制；进一步提高了核事故应急响应行动的可操作性；进一步充实细化了应急准备与保障措施；进一步规范了信息报告与发布程序；对核设施核事故的善后工作做出了规定。

中国已建成了国家级、省级、核设施运营单位三级联动的核应急体系。建设了辐射监测、辐射防护、航空监测、医学救援、海洋辐射监测、气象监测预报、辅助决策、响应行动等 8 类国家核应急专业技术支持中心；建设了 3 个国家级核应急培训基地；建设了 30 多支国家级专业救援分队，承担核事故应急处置各类专业救援任务。中国依托现有能力基础，组建一支 300 余人的国家核应急救援队，主要承担复杂条件下重特大核事故突击抢险和紧急布置任务，并可参与国际核应急救援行动。

中国建有核电厂的省（区、市）均建立了相应的核应急力量，包括核应急指挥中心、辐射监测网、医学救治网、气象监测网、洗消点、撤离道路、撤离人员安置点等，以及专业技术支持能力和救援分队。

中国各核设施营运单位均建立了相关的核应急设施及力量，包括应急指挥中心、应急通讯设施、应急监测和后果评价设施；配备了应对处置紧急情况的应急电源等急需装备、设备和仪器；组建了辐射监测、事故控制、去污洗消等场内核应急救援队伍。

根据环境保护部（国家核安全局）发布的《核电集团公司核电厂核事故应急场内快速救援队伍建设总体要求》以及环境保护部（国家核安全局）与国家能源局联合发布的《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）》，各核电集团公司于 2014 年启动了集团层面核应急支援体系和能力建设，重点开展了核应急支援基地建设和核应急支援队伍建设。各核电集团公司之间共同建立了核应急相互支援合作机制，各邻近核电厂签订了相互支援协议，初步形成了核电集团公司之间核应急资源储备和调配等支援能力，实现优势互补、相互协调。

2015 年 6 月 26 日，中国举行了新版《国家核应急预案》发布后的第一次国

家级核事故应急联合演习，此次演习全面检验了核应急预案及其执行程序的有效性以及各级应急救援力量的协同性，有效提升了各级核组织和人员应对处置水平。

(4) 持续提升核电厂安全水平

在福岛核事故后，中国运行和在建核电厂根据综合安全检查的结论和改进要求，从技术、管理和工程等方面采取有效措施，通过技术升级、工程改造、优化运行经验反馈体系等项目的实施，不断加强现有核电厂的安全水平，提高预防和缓解严重事故后果的能力。

运行核电厂开展了一系列安全分析和改进工作，包括完善核电厂严重事故管理导则（SAMG）、增设或改造消氢设施、开展外部事件概率安全分析、深入评价地震海啸风险、研究提高蓄电池的供电能力、评估实施安全壳卸压的必要性、研究多机组同时进入应急状态后的响应方案、M310型运行核电机组活性碳碘吸附器消防改进、实施十年定期安全审查、培育和宣贯核安全文化等。目前在按计划积极开展应急计划完善、提高核电厂应急响应能力、完善核电厂信息发布程序和加强核知识科普宣传等项目。

在建核电厂依据中国现行核安全法规和IAEA最新标准，完成了设计安全水平再评估。所有在福岛核事故后实现首次装料的机组均在装料前完成了核安全相关厂房及设备的防水淹的改进、增设移动电源和移动泵等设施、提高核电厂地震监测和抗震响应能力、完善核电厂SAMG、对地震海啸风险进行深入评价、开展外部事件概率安全分析、完善应急计划并提高核事故应急响应能力、制定和完善核电厂的信息发布程序、完善防灾预案和管理程序、安全级数字化控制系统的可靠性分析评估、二级概率安全分析以及放射性废物处理系统改进等项目。

在建核电厂全过程、全方位控制核电工程建造质量和安全，落实第三方监理，执行核岛建造队伍准入制度，提高核电工程建造专业化水平，继续完善核电工程建造质量保证体系，加强调试监管，严格执行事件报告制度和不符合项管理制度。

新申请建造许可证的核电项目依据中国最新安全法规和参考IAEA的标准和良好实践进行选址和设计，采用技术成熟和先进的堆型，提高固有安全性。

(5) 提高核安全审评技术能力

中国采取一系列措施全面提高核安全审评技术能力，包括：设立专业化的审评队伍，建立审评要求和工作大纲，开展试验验证及评价，开展独立审核计算，建设试验装置和验证台架等。

针对三代先进核电厂建立了文件审查、审核计算、试验验证和见证、专项审查四个方面的审评要求。审核计算包括反应堆物理、设计基准事故、严重事故、辐射防护、应力与结构抗震分析、概率安全分析、流出物排放源项七个方面，为初步安全分析阶段和最终安全分析阶段明确了审核计算目标和要求，建立审核计算流程和方法。已完成AP1000、CAP1400、华龙一号机组的审核计算工作。

开展了 CAP1400 示范工程、华龙一号的试验验证和见证工作，建立了独立试验验证体系和要求。开展了关键试验的见证评价和试验验证，主要包括：非能动堆芯冷却系统全厂断电工况及非能动余热排出系统隔离阀前或阀后破口试验、非能动安全壳冷却系统导热能力裕度试验、熔融物堆内滞留流道变化对压力容器换热特性影响试验等。

开展了大型商用飞机恶意撞击问题的理论分析和屏蔽厂房动态载荷特性试验研究以及大型压水堆核电厂放射性废液处理系统验证试验研究。以 CAP1400 为依托，开展了安全壳地坑滤网、严重事故机理现象以及管理导则、钢板混凝土结构抗震技术、火灾概率安全分析（PSA）及风险指引型管理技术，湿排水的环境影响评价等方面的研究工作。

根据核安全审评技术的发展需要，规划开展核安全审评重要软件开发工作。内容主要包括核安全审评软件开发规范、一体化综合平台、堆芯物理软件、热工水力和事故分析软件、屏蔽和源项分析软件，同时进行软件测试、验证与确认的工作。独立校核计算为开展技术审评提供了有力的支撑，有力地保障了核安全监管的独立性、权威性和有效性。

在试验装置和验证台架的建设方面，以核安全基地建设为依托，规划开展安全壳内气体行为研究试验台架以及压水堆安全系统整体性能验证试验台架建设工作，目前已完成试验目标、试验内容、台架初步设计等前期工作。

（6）开展核电厂运行许可证有效期延续研究工作

2015 年，环境保护部（国家核安全局）发布了《〈核电厂运行许可证〉有效期限延续的技术政策（试行）》，以指导《核电厂运行许可证》有效期限延续的相关工作。该技术政策规定了核电厂营运单位申请许可证延续必须具备的条件和需提交的文件资料，以及许可证延续安全论证基准等内容。

秦山核电厂于 1991 年投入运行，运行许可证发放时限为 30 年，已临近时限末期。秦山核电厂正在积极开展运行许可证有效期延续相关工作，目前已完成了可研报告。

B.3 福岛核事故后中国核电厂安全改进情况

在福岛核事故后，为了规范中国各核电厂共性的改进行动，环境保护部（国家核安全局）发布了《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》，并多次组织核电厂营运单位讨论技术方案，及时了解实施进展，并于 2012 年 9 月和 2013 年 9 月两次对核电厂改进项落实情况进行了现场核查，确保了各电厂福岛核事故后改进行动保质保量按时完成。

B.3.1 运行核电机组安全改进

环境保护部（国家核安全局）根据改进项目对安全的影响程度及紧迫性，对各核电厂设定了完成期限。运行电厂的改进项目分为短期、中期项目和长期项目，短期和中期项目分别要求于 2011 年和 2013 年完成。

B.3.1.1 短期改进行动

运行核电厂实施的短期改进项目主要包括实施防水封堵、增设移动电源和移动泵、提高核电厂地震监测和抗震响应能力等。各运行核电厂均按要求于 2011 年完成了各项改进。

(1) 排查实施防水封堵

各运行核电厂对机组相关位置进行了梳理排查，参照《通用技术要求》对厂区可能最高积水进行了评估，实施了防水封堵，并在各重要厂房配备了防水挡板和应急防汛物资。同时，各核电厂根据改进内容修订或增设了相关应急预案和程序，并组织开展了必要的效果验证或应急演练。

(2) 增设移动电源和移动泵

各运行核电厂采取设备采购、签署共用协议等方式，均在 2011 年年底前配备了多台移动电源和移动泵。在《通用技术要求》对相关设备的规格和数量进行了明确规定后，各核电厂重新评估了冷却、保护和监测能力需求，基于原有设备再次补充采购了满足最新要求的应急设备，并完成了接口匹配工作。目前各电厂的移动电源和移动泵配备情况基本满足通用技术要求的相关规定，且进行了必要的演练。

(3) 提高核电厂地震监测和抗震响应能力

各运行核电厂对地震监测相关系统和设备进行了梳理分析，优化和完善了相关设备的维修大纲和定期试验规程，并评估和修订了地震后响应和事故处理规程。

(4) 其他短期改进要求

针对特定运行核电厂的短期改进要求还包括复核大亚湾防护堤设计、拆除大亚湾岭下水库、制定大亚湾基地第二条应急道路管理办法等，相关运行核电厂已按要求如期实施完成。

该部分的详细内容已在第六次国家报告中进行完整描述。

B.3.1.2 中期改进行动

对于中期改进行动，各运行核电厂也按照计划实施完成，主要包括完善核电厂 SAMG、增设或改造消氢设施、乏燃料池监测和补水、外部事件概率安全分析、

秦山基地防洪改造和深入评价地震海啸风险等。

(1) 完善核电厂 SAMG

大亚湾核电厂、秦山第三核电厂修订完善了已有的 SAMG；其他运行核电厂已新开发完成了 SAMG。环境保护部（国家核安全局）委托中国核能行业协会组织同行专家对各电厂 SAMG 进行审查，并提出了修改完善意见。

(2) 增设或改造消氢设施

各运行核电厂分析评估了机组的氢爆风险，评估结果表明，田湾核电厂消氢系统已满足要求，其他核电厂需实施改造。目前，各核电厂的消氢设施的增设或改造工作已实施完成。

(3) 实施乏燃料池监测和补水改造

各运行核电厂开展了乏燃料池运行监测和补水改造工作，包括完善修改乏燃料池的运行手册和运行规程、改造乏燃料水池补水系统以及增加乏燃料池监测仪表。

(4) 开展外部事件概率安全分析

各运行核电厂已根据统一要求实施完成外部极端事件下安全裕量评估工作（与欧盟的压力试验类似），确认各运行核电机组具备一定的应对超过设计基准的外部事件的能力。

(5) 秦山基地防洪改造

在福岛核事故后，环境保护部（国家核安全局）开展的综合核安全安全检查认为，秦山核电厂的防洪措施难以应对极端情况（最大风暴潮叠加最大天文潮）下可能出现的水淹问题。为此，秦山核电厂需要实施防洪改造。其防洪改造项目于 2012 年 12 月开始现场施工，2013 年底已整体实施完毕；同时，秦山核电厂根据专题分析报告进一步提高了相关厂房防水封堵的高度。秦山第二核电厂和秦山第三核电厂也已完成防洪防水淹评估，评估结果表明，即使按新的设计基准洪水位，现有的防洪设施（海堤、挡浪墙）也能满足相关安全要求，不需改造，同时根据防水淹专题报告进一步对重要厂房增加防水淹挡板。

(6) 深入评价地震海啸风险

在福岛核事故后，环境保护部（国家核安全局）联合国家能源局、国家地震局以及海洋部门等单位以更保守的方法针对可能对中国核电厂产生地震海啸威胁的马尼拉海沟和琉球海沟重新进行了评价。初步评价结果表明，可能产生地震海啸威胁的主要来源是马尼拉海沟，保守假设马尼拉海沟可能发生的最大地震为 8.8 级，其引发的海啸影响对象是广东沿岸的核电厂，大亚湾核电厂附近海域最大海啸离岸高度约为 2.7 米。针对这一海啸评估结果，大亚湾核电厂开展了详细的数学模型计算和物理模型试验，进一步确认了潜在的地震海啸风险不会影响大亚湾基地各核电机组的运行安全。

(7) 制定应急响应方案

各运行核电厂均制订了多堆厂址两台机组同时发生事故工况情形下的应急响应方案，且上报环境保护部（国家核安全局）批准。

针对特定运行核电厂实施的其他中期安全改进行动还包括研究提高蓄电池的供电能力、评估实施安全壳卸压的必要性、秦山核电厂消防系统改造、M310型运行核电机组活性碳碘吸附器消防改进、田湾核电厂东护岸内侧挡水墙建设等。这些安全改进行动均已实施完成。

B.3.1.3 长期改进行动

各运行核电厂正在持续实施的长期行动主要包括完善应急计划、提高核电厂应急响应能力、完善核电厂信息发布程序和加强核知识科普宣传等内容。

(1) 完善应急计划

各运行核电厂均与当地气象、海洋和地震部门建立了联系渠道，梳理完善了防灾预案并组织开展了相关演练。秦山核电基地已整合并搭建了统一的应急框架，大亚湾核电基地和田湾核电厂也进一步完善了应急组织、充实了应急资源。部分核电厂已开展规划限制区管理方面的研究，并与当地政府进行了沟通。

(2) 提高核事故应急响应能力

各核电集团公司完成了核电厂应急资源普查，组建了集团层面核电厂核事故应急救援队，并共同签署了核电厂核事故应急厂内支援合作协议，建立了集团间和电厂间的应急支援机制。与此同时，各核电集团公司分别在华东、华南和华北建立了三大核事故应急支援基地，专门用于日常期间核事故应急救援队的演习训练和核事故期间的应急支援响应工作。

(3) 完善核电厂信息发布程序，加强核知识科普宣传

各运行核电厂均编制或完善了信息发布、信息公开等相关预案和管理程序，并采取举办新闻发布会、公众开放日、设立信息交流平台、新建公众信息中心等多种形式持续开展核知识科普和公众宣传。各核电厂后续还将根据实施效果进一步开展相关研究，不断优化完善改进方案并长期予以落实。

B.3.2 在建核电机组安全改进

针对在建机组，在首次装料前实施的改进项目主要包括：核安全相关厂房及设备的防水淹改进、增设移动电源和移动泵等设施、提高核电厂地震监测和抗震响应能力、完善核电厂 SAMG、深入评价地震海啸风险并开展外部事件概率安全分析、完善应急计划并提高核事故应急响应能力、制定和完善核电厂的信息发布程序、完善防灾预案和管理程序等。福岛核事故后实现首次装料的核电机组均按计划完成了改进。

(1) 实施核安全相关厂房及设备的防水淹改进

各在建核电厂对核电厂防洪、排洪设施的功能进行了排查和评估，需要改造的核电厂对核岛厂房、泵站及柴油机厂房和地下廊道等设施进行了防水淹改进，使安全重要系统和部件在超设计基准洪水事件条件下最大限度地保持功能。已装料机组均完成了全部实体改造，准备了应急防汛物资，修订或增设了相关的应急程序和预案。

(2) 增设移动电源和移动泵等设施

各在建核电厂开展了方案设计、设备采购、安装和运行演练等工作。已装料机组均完成了采用一、二回路和乏燃料水池应急补水等措施带出余热的分析论证；完成了二回路应急补水实体改进、一回路应急补水及安全壳喷淋改进、6.6千伏和380伏移动式应急电源配置等工作，制定了相关的技术要求和运行规程，并开展了应急演练。

(3) 提高核电厂地震监测和抗震响应能力

各在建核电厂对机组的抗震裕量进行了评估和分析，对应急控制中心可居留性进行了全面复核，针对识别出的薄弱环节制定了改进方案。已装料机组均完成了已建成设施的论证和加固以及新建设施的设计和施工。

(4) 完善核电厂 SAMG

各在建核电厂按照要求须编制 SAMG，并根据福岛核事故经验反馈开展严重事故下安全壳内氢气的分布分析、监测与控制措施评估，开展乏燃料水池事故分析及监测改进的相关工作。已装料机组均制定了 SAMG，并完成了氢气监测与控制系统和乏燃料水池补水及监测改进。

(5) 开展外部事件概率安全分析

各在建核电厂开展了地震海啸风险评价、外部极端事件下安全裕量的调研和评估，开展了外部事件概率安全分析。已装料机组均完成了相关工作。

(6) 完善应急计划并提高核事故应急响应能力

各在建核电厂开展了缓解严重事故后果方面的能力和可靠性的研究，制定了核电厂防灾预案和管理程序以及核电厂应急响应和评估等文件，评价了环境监测方案的合理性和代表性，已装料机组的环境监测点和应急监测方案改进工作已完成，相关设施已投入使用。

(7) 制定和完善核电厂的信息发布程序

各在建核电厂完善了信息发布管理程序。通过多种形式，在核电厂周边开展核相关知识和信息的公众宣传和沟通。

(8) 完善防灾预案和管理程序

各在建核电厂与气象、海洋、地震等部门建立恶劣天气信息、外部灾害的及时通报机制，制定了厂内预警分级和厂内预警发布机制；进一步完善极端外部事件的防灾预案，开展抗震防震减灾专题培训和应急演练等，提高了对外部事件的

预警和应对能力。

在建核电厂正在实施的改进项目主要包括：分析评估安全级数字化控制系统的可靠性，开展二级概率安全分析，改进放射性废物处理系统等。在分析评估安全级数字化控制系统的可靠性方面，各在建核电厂从设计、验证和故障分析等方面分析评估安全级数字化控制系统的可靠性，查找薄弱环节并实施相应的改进；在开展二级概率安全分析方面，各在建核电厂已完成前期的分析计算工作，部分核电厂已完成一、二级内部概率安全分析报告；在改进放射性废物处理系统方面，各在建核电厂完成废物处理系统有效性研究工作计划和工作大纲，正在进行改进分析报告工作，部分核电厂完成了废液量和废液源项的分析报告及可用性分析，部分核电厂完成了设计方案。

B.4 国际同行评估

中国定期接受 IAEA 核与辐射安全监管综合评估（IRRS）同行审议和跟踪检查，持续改进中国的核与辐射安全监管体系，并选派高级别官员和技术专家参加 IAEA 对其他缔约方监管部门实施的核安全监管综合评估任务。

应中国政府邀请，2010 年 7 月，IAEA 派出评估团对中国进行了核与辐射安全监管综合评估（IRRS）。中国政府邀请 IAEA 于 2016 年第三季度开展 IRRS 回访，涉及中国核与辐射安全监管体系的 10 个重要领域，同时关注福岛核事故后中国在核安全监管方面的响应行动和改进措施，审议中国对 2010 年 IRRS 评估报告中 39 条“建议”和 40 条“希望”的落实情况。评估结果和回访情况将通过 IAEA 网站和环境保护部（国家核安全局）门户网站向公众公开。

中国核电厂营运单位也积极参加核电安全方面的同行评估。截止到 2015 年底，中国核电厂共接受了 11 次运行安全评审（OSART）活动以及 32 次 WANO 同行评估活动，并积极选派专家参加 IAEA 和 WANO 对其他国外电厂的评估活动。

在福岛核事故后，WANO 要求各运行核电厂每 4 年开展一次综合同行评估，在建机组在首次启动前需开展启动前同行评估（PSUR）。2013 年至 2015 年，中国核电厂共接受了 22 次 WANO 同行评估活动以及 4 次评估回访，其中包括 16 次 PSUR 活动，2 次针对电力公司的同行评估活动。同行评估专家识别出了认为值得向其他电厂推广的良好实践，如“公众沟通”、“大修的规划和执行”、“通过提升定子冷却水 PH 值方法有效解决了铜导管腐蚀问题”、“通过降低堆芯损毁概率和增加安全相关设备的备用冷却，提升核安全裕量”等，同时针对同行评估中发现的待改进领域（AFI），如“重复发生事件分析不足”、“管理层巡视不够严格”等，各核电厂积极制定并落实改进措施。

中国核电厂计划未来三年接受 4 次 IAEA PRE-OSART 活动以及 14 次 WANO 同行评估活动。

另外，中国核电厂在接受国际同行评估的同时，积极开展了不同层面的国内同行评估活动，详见本报告 10.3 章节。

B.5 本次履约期内典型运行事件经验反馈

(1) 核电厂冷源丧失或安全异常导致反应堆停堆

事件概述

2014 年 7 月 21 日，红沿河核电厂 2 号机组在满功率运行，由于大量水母涌入循环水过滤系统（CFI）取水口，鼓网压差异常上涨，造成循环水泵跳闸，导致汽轮机跳机，2 号机组反应堆自动停堆，操纵员执行事故处理规程控制机组。随后，1 号机组因类似的过程和原因停堆。

2015 年 8 月 7 日，宁德核电厂 3 号机组处于反应堆功率运行模式，由于大量海地瓜涌入循环水过滤系统（CFI）取水口，进入鼓网并聚集在鼓网内，造成鼓网压差高引发循环水泵跳闸，使得 3 号机组汽轮机停机，冷凝器真空快速下降触发冷凝器故障信号，导致反应堆停堆。

此外，防城港、岭澳、福清、昌江等核电厂在调试和运行期间，也发生过因海生物的影响造成冷源丧失或安全异常，甚至触发自动停堆。

INES 分级

事件均为 INES 0 级

原因分析

核电厂周边海域的海生物风险预估不足；海生物监测预警机制不完善，且应对措施针对性不强；海生物爆发性涌入 CFI 取水口，导致 CFI 鼓网堵塞；设计上不合理，CFI 鼓网冲洗水回流至取水前池，进一步加剧海生物在鼓网的聚集。

处理措施

开展核电厂周围海域海生物大量爆发机理，以及海生物种类、习性、探测技术等方面的研究；加强监测和预警机制，持续监测海生物的运动轨迹及特性，判断其威胁及影响；采取包括消杀、拦截、改变泵运行方式等针对性措施，如结合海生物特性研究拦截、阻挡海生物的临时设施。

(2) 计算机信息与控制系统（KIC）不可用

事件概述

2014 年 8 月 4 日，福清核电厂 1 号机组处于功率运行模式，核功率为 0.95% 满功率，所有控制棒在手动模式，稳压器压力和水位在自动控制模式。运行人员按计划验证 1ARE003KU 功能时出现 KIC 操纵员站全部不可用。主控室操纵员立即执行《KIC 操纵员工作站不可用事故处理规程》（IKIC 规程），将机组转到后备盘（BUP）控制。KIC 重启成功后，退出 IKIC 规程，机组恢复到 KIC 控制，事件结束，操纵人员稳定并恢复机组状态。

2014 年 12 月 26 日，福清核电厂工作人员在执行试验数据采集系统软件安装

并进行通讯验证工作时，重启 SAR8 历史数据存档器的过程中，发生了主控室操纵员站 KIC 全部不可用，主控执行《KIC 操纵员工作站不可用事故处理规程》，将机组转到后备盘 BUP 控制。KIC 重启成功后，主控退出 KIC 操纵员工作站不可用事故处理（IKIC）规程。

2014 年 12 月 17 日，方家山核电厂 2 号机组处于蒸汽发生器冷却正常停堆模式（NS/SG），仪控人员处理 SAR8STR8GTW2 服务器的历史存储问题。运行人员按照计划降温降压至 RRA 冷却正常停堆模式（NS/RRA）时，出现 KIC 操纵员站全部不可用。主控室操纵员立即执行《从 MCM 切换到后备盘》规程，将机组切至后备盘控制，同时通知仪控人员抢修处理。随后 KIC 重新启动，退出《从 MCM 切换到后备盘》规程，机组恢复到 2KIC 控制，事件结束。

INES 分级

事件均为 INES 0 级

原因分析

事件发生原因主要是软件设计缺陷，存在 KIC 系统缓存容量、处理器堆栈容量分配及进程优先级设置不合理的问题。

处理措施

核电厂营运单位对电厂 KIC 的相关软件进行了两次升版，从目前运行的情况来看，对于解决 CCT 堆栈相关空间易满溢，进程优先级设置不合理问题上取得了效果。

B.6 对《维也纳核安全宣言》的响应

在 2015 年 2 月召开的《核安全公约》外交大会上，IAEA 发布了《维也纳核安全宣言》，向国际社会表明了各缔约方对改进核安全的关注和努力。《维也纳核安全宣言》要求各缔约方为落实《核安全公约》中防止事故和减轻放射性后果之目标原则：

（1）新建核电厂的设计、选址和建造应符合防止调试和运行过程中发生事故，和一旦发生事故时减轻放射性核素造成长期厂外污染的可能释放以及避免早期放射性释放或需要采取长期防护措施和行动的大规模放射性释放的目标。

（2）应在现有装置的整个寿期期间对它们定期和经常开展全面和系统的安全评定，以便确定旨在实现上述目标的安全改进。应及时实施合理可行或可实现的安全改进。

（3）关于在核电厂整个寿期期间处理这一目标的国家要求和条例应考虑 IAEA 相关安全标准，并酌情考虑其他特别是在“公约”审议会议上确定的良好实践。

中国采取了一系列行动以落实《维也纳核安全宣言》中的目标。

B.6.1 修改完善核安全法规，提出核安全远景目标

中国广泛收集且仔细研究了核电发达国家的核安全法律、法规，并参照 IAEA 的安全要求和标准，逐步建立了中国的核安全法规体系。

环境保护部（国家核安全局）密切跟踪并参与 IAEA 安全标准的制修订工作。福岛核事故后，环境保护部（国家核安全局）针对 IAEA 发布的 77 个专题进行了系统深入研究，并对福岛核事故经验教训与中国现行核安全法规进行了差距分析，同时结合中国在福岛核事故后的核安全实践，对中国的核安全法律法规体系提出了制修订建议，并分阶段开展了制修订工作。

在福岛核事故后，中国于 2012 年底发布了《核安全规划》，提出“十二五”期间（2015 年前），新建核电机组应具备较完善的严重事故预防和缓解措施，每堆年发生严重堆芯损坏（CDF）事件的概率低于十万分之一，每堆年发生大量放射性物质释放（LRF）事件的概率低于百万分之一。力争“十三五”（2015 以后）及以后新建核电机组从设计上实际消除大量放射性物质释放的可能性的远景目标。

环境保护部（国家核安全局）围绕“实际消除大规模放射性释放”的定义、安全目标和技术可行性等方面开展了专题调研工作，并在此基础上，结合 IAEA、欧盟、美国等对于福岛核事故研究和经验反馈成果、安全目标的修订等，参考 IAEA 于 2016 年 2 月发布的新版 SSR-2/1，正在组织对《核动力厂设计安全规定》进行修订。新修订的《核动力厂设计安全规定》将进一步研究完善设计扩展工况，实际消除大量放射性释放，极端工况下安全壳保持完整性的能力、支持系统和辅助系统设计等方面的内容。

B.6.2 新建核电机组的设计特点和安全改进

中国新建核电机组包括采用 AP1000 技术的 4 台机组、采用 EPR 技术的 2 台机组以及采用具有中国自主知识产权的“华龙一号”技术的 4 台机组。此外，中国已批准 CAP1400 示范工程进行正式开工建设前的前期工作。

（1）AP1000 压水堆核电机组

对采用 AP1000 技术的机组，在设计阶段就充分地考虑了严重事故的预防和缓解，包括采用非能动堆芯冷却系统、非能动安全壳冷却系统、非能动主控室可居留系统、大容量快速卸压阀、非能动堆腔注水系统和安全壳隔离系统等；设计有两台非能动复合器、66 台点火器和 3 台非 1E 级氢分析仪，可以有效控制安全壳中的氢浓度；乏燃料水池设有 3 个 1E 级液位计和 1 个非 1E 级液位计，已充分考虑了多样性和可靠性。

在福岛核事故后，结合环境保护部（国家核安全局）的安全检查要求，AP1000 机组又进行了若干改进，包括增加挡水闸板、增加移动电源、增加移动泵和增设

匹配接口、设置后备应急指挥中心、制定完善的严重事故管理导则等。另外，通过在废液箱体房间增设钢覆面、改造核岛废液系统工艺以及开发最终包装体以改进放射性废物处理系统。这些改进措施进一步提高了 AP1000 机组的严重事故预防和缓解能力。

AP1000 机组钢制反应堆安全壳的结构设计考虑了主管道、主蒸汽管道和主给水管道的断裂事故等设计基准事故工况；为防止压力容器失效，考虑了用安全壳内换料水贮存箱内的水淹没反应堆腔和反应堆压力容器的事故管理策略；钢制安全壳外侧为混凝土结构的屏蔽厂房，能够有效抵御台风、龙卷风等引起的飞射物，对于超设计基准的事故工况，为确保安全壳冷却，中国三门核电厂及海阳核电厂还增设了移动泵和移动电源，其储存场所在选定的超设计基准洪水位情况下，不会导致外部水淹。这些措施保证了 AP1000 机组在事故工况下的安全壳完整性。

(2) EPR 压水堆核电机组

采用 EPR 技术的机组在设计时就定义并考虑了相应的设计扩展工况(DEC)，包括不会导致堆芯融化的超设计基准事故序列(DEC-A)以及可能导致堆芯融化的超设计基准事故序列(DEC-B)。同时为预防和缓解严重事故，设置了专用系统包括安全壳喷淋系统、应急堆芯冷却系统、应急给水系统和堆芯熔融物稳定系统，以便在严重事故后排出堆芯和安全壳内热量，分散布置非能动的氢气复合器避免发生安全壳内的氢气积聚和燃爆。

福岛核事故后，结合环境保护部（国家核安全局）的安全改进要求，进行了若干改进，包括增加移动电源、增加移动泵和增设匹配接口、改进乏燃料水池的液位和温度监测系统、增加乏燃料水池的移动补水、增加安全壳余热排出系统的移动补水、增设燃料厂房非能动蒸汽排气通道。在发生严重事故时，通过一回路快速卸压系统、可燃气体控制系统和安全壳喷淋系统以降低一回路压力防止发生高压熔堆，控制安全壳的压力、氢气浓度和温度。通过设置堆芯熔融物捕集器防止堆芯熔融物-混凝土的相互作用，以维持安全壳的完整性。通过设置在双层安全壳中间环廊的过滤通风系统收集内层和外层安全壳之间环形空间内的泄漏物以及安全厂房中未排放至烟囱的泄漏物，减少排放。

(3) “华龙一号”压水堆核电机组

对于采用“华龙一号”技术的机组，采用了能动和非能动结合的安全措施。在设计时采用了确定论、概率论和工程判断相结合的方法分析可能导致严重事故的重要事件序列，并采取了相应的事故预防和缓解措施，具有完善的严重事故预防和缓解的措施。除了采用稳压器卸压、配置非能动氢气复合器、安全壳过滤排放、压力容器高位排气等在改进型压水堆核电机组已采用的严重事故预防与缓解措施外，还增加了二次侧非能动余热排出系统、非能动安全壳热量导出系统和能动与非能动的堆腔注水冷却系统等，设置了冗余设计的快速卸压阀、设置了双层

安全壳考虑承受大型商用飞机的撞击，设置了主泵停车密封功能，设置了满足安全停堆地震（SSE）抗震要求的多样性驱动系统，设置了安全壳过滤排放系统等进一步提高了机组的严重事故预防和缓解能力。为防止超设计基准事故情况下放射性流体通过贯穿件漏出安全壳，所有流体管道在安全壳的区段均设有隔离阀。在发生严重事故的情况下，可通过大体积安全壳、安全壳消氢系统、安全壳喷淋系统、堆腔注水冷却系统以及安全壳过滤排放系统等措施保证安全壳的完整性。

(4) CAP1400 压水堆核电机组

采用 CAP1400 技术的示范工程在 AP1000 的基础上，增设了 6 台非安全级的氢气复合器，作为氢气点火器的多样化设置以控制安全壳内氢气浓度；进一步完善了安全壳过滤排放措施，提高了纵深防御能力；增强了向海水排热冷链系统设备的抗震性能，使其作为多样化最终热阱；提高了 DAS、氢气点火器、核电厂供电系统的抗震性能，增强了这些系统的可靠性。进一步提高了预防和缓解严重事故的能力。

B.6.3 执行综合安全检查及外部事件裕量评估

在福岛核事故后，环境保护部（国家核安全局）会同国家能源局和地震局对所有核电厂进行了综合安全检查，对运行核电厂开展了外部事件安全裕量评估，并提出了福岛核事故后核安全改进要求。

对外部事件的评估结果表明：中国运行核电厂具备一定的应对超出设计基准的外部事件的能力，其安全裕量不低于国际上同类核电厂的水平。各运行核电厂抗震安全裕量不低于设计基准地震的 1.5 倍。除秦山核电厂以外的各运行核电厂具有应对超设计基准洪水的安全裕量；属于湿厂址的秦山核电厂采取改进措施后具有应对超设计基准洪水的安全裕量。针对全厂断电事故，各核电厂已经采取了较完善的应对措施，失电后蓄电池具备 8 小时以上的供电能力。

运行核电机组的改进项目分为短期、中期改进项目和长期项目，短期和中期项目分别要求于 2011 年和 2013 年完成。短期改进项目包括对核电厂实施防水封堵、增设移动电源和移动泵、提高核电厂地震监测和抗震响应能力等。中期改进项目包括主要包括完善核电厂严重事故管理导则、增设或改造消氢设施、外部事件概率安全分析、秦山基地防洪改造和深入评价地震海啸风险等。长期项目主要包括完善应急计划、提高核电厂应急响应能力、完善核电厂信息发布程序和加强核知识科普宣传等内容。各核电厂均已按要求完成了短期和中期改进项目，长期项目正在按计划实施中。改进行动具体完成情况可参照本报告 B.3.1。

在建机组实施的改进项目主要包括：核安全相关厂房及设备的防水淹改进、增设移动电源和移动泵等设施、提高核电厂地震监测和抗震响应能力、完善核电厂 SAMG、深入评价地震海啸风险并开展外部事件概率安全分析、完善应急计划并提高核事故应急响应能力、制定和完善核电厂的信息发布程序、完善防灾预案

和管理程序等。福岛核事故后实现首次装料的核电机组均按计划完成了改进。改进行动具体完成情况可参照本报告 B.3.2。

B.6.4 对运行核电机组开展定期安全审查并实施合理可行的改进

中国运行核电厂根据法规要求,定期开展系统性安全审查工作,识别存在的弱项并实施合理可行的纠正行动。在核电厂开始运行以后每十年进行一次定期安全审查。根据运行经验和相关重要安全信息,按照现行的安全标准和实践,对核电厂进行系统的安全重新评价。审查范围包括核安全的所有方面,按 5 大类 14 个安全要素展开,14 个安全要素分别为核动力厂设计、构筑物、系统和部件的实际状态、设备合格鉴定、老化、确定论安全分析、概率安全分析、灾害分析、安全性能、其他核动力厂经验及研究成果的应用、组织机构和行政管理、程序、人因、应急计划和辐射环境影响。在定期安全审查过程中,核电厂根据审查结果确定合理可行的纠正行动/安全改进及其实施计划,充分考虑各安全要素的相互作用和相互覆盖,并考虑纠正行动/安全改进对所有安全要素的影响。

截止到 2015 年 12 月 31 日,依据法规要求,秦山核电厂和大亚湾核电厂已完成了第二次 PSR,秦山第二核电厂 1、2 号机组、岭澳核电厂 1、2 号机组、秦山第三核电厂以及田湾核电厂 1、2 号机组完成了首次 PSR。各核电厂均识别出了相关弱项,并制定了改进计划和实施相关行动。如大亚湾核电厂对小支管振动疲劳检查中发现的偏差,将敏感管线增加支架,改进支撑等措施列入中长期改进计划;岭澳核电厂 1、2 号机组加装一个较宽量程的安全壳压力仪表,增大压力传感器的测量范围,用于严重事故工况下对安全壳压力的监测等。

B.7 中国针对 IAEA 提出的关于福岛核事故的五项挑战的后续行动

在《核安全公约》第六次审议会议上,针对福岛核事故,提出了以下五项挑战,中国针对每项挑战采取了相关行动。

(1) 如何最大程度地缩小缔约方安全改进之间的差距

福岛核事故后,环境保护部(国家核安全局)在各在建和运行核电厂自查的基础上,组织实施了对核电厂的综合安全检查,同时结合 IAEA 及各缔约方对福岛核事故的经验反馈,提出了福岛核事故后核安全改进要求。为了规范中国各核电厂共性的改进行动,环境保护部(国家核安全局)编制了《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》。在编制通用技术要求时,参考了 IAEA 和各核电发达国家针对福岛核事故后的安全改进计划。

中国在《核安全公约》第二次特别会议和第六次国家报告中详细描述了对福岛核事故的安全改进要求以及核电厂改进实施情况,与国际同行分享经验。

(2) 如何实现协调的应急计划和响应措施

中国建立统一的核应急组织协调机制。在国家层面，设立国家核事故应急协调委员会，统一协调全国核事故应急，决策、组织、指挥应急支援响应行动。在省(区、市)层面，设立核应急协调机构。核设施营运单位设立核应急组织。国家和各相关省(区、市)以及核设施营运单位建立专家委员会或技术支持机构，为核应急准备与响应提供决策咨询和建议。

中国各核电集团公司建立了核应急支援基地和支援队伍，共同签署了《核电集团公司核电厂核事故应急场内支援合作协议》，建立了集团间相互支援协作机制；各邻近核电厂签订了相互支援协议，编制了相互支援行动方案，建立就近快速相互支援机制，落实了核事故应急相互支援要求和机制，形成了核应急资源储备和调配等支援能力，实现优势互补、相互协调。

中国积极开展核应急领域的多边、双边和区域国际交流与合作。积极履行有关国际公约规定的国际义务，响应IAEA理事会、大会提出的各项倡议，参加IAEA组织的应急演习活动。中国已与巴西、阿根廷、英国、美国、韩国、俄罗斯、法国等30个国家签订双边核能合作协定，开展包括核应急在内的合作与交流。中日韩建立核事故及早通报框架和专家交流机制，定期开展相关领域合作与交流。2014年5月，中国加入“国际核应急响应与援助网络”，为国际社会核应急体系建设提供支持。中国一直秉持坦诚开放的态度，与邻国及周边国家开展包括核应急在内的核安全国际合作。

(3) 如何更好地利用运营和监管经验与国际同行评审服务

中国在核安全监管机构、核能行业协会、电力集团、核电厂营运单位、核电工程公司等不同层面都建立有内外部经验反馈体系。设立专业的经验反馈队伍，制定相关的管理制度和程序，开发并维护经验反馈数据库，持续对内外部重要信息进行筛选、分析和反馈，用于中国核电厂的安全改进。

环境保护部(国家核安全局)也建设了适用于核安全监管的核电厂经验反馈体系，涉及核电厂营运单位、核与辐射安全中心、各地区监督站，以及其他的技术支持单位。核电厂营运单位按照规定的事件筛选原则，定期通过信息平台提交不符合项、异常、事件和国外核设施反馈等信息；核与辐射安全中心具体承担体系的运维管理和信息的分析评价等工作；地区监督站主要负责一些管理要求的现场核查和监督确认，并定期上传监督报告；其他技术支持单位通过合作的方式在体系中提供技术支持和咨询服务。该体系建立了监管机构、营运单位和技术支持单位之间的信息共享渠道，有利于分享核电厂运行管理经验、识别核电厂安全薄弱环节、跟踪纠正行动的落实效果。

中国积极接受国际组织开展的同行评估活动，并针对评估过程中发现的问题或弱项，制定相应的改进行动。中国的核安全监管部门定期申请并接受IAEA的IRRS评估，中国的核电厂按照IAEA及WANO要求积极开展同行评估活动。

(4) 如何加强监管机构的独立性、安全文化、透明度和公开性

中国建立并保持了有效的核安全监管法规标准体系和政府框架。环境保护部(国家核安全局)是中国的核安全监管机构,对中国核电厂的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)直属国务院管理,与核能发展部门和被监管单位没有行政上的隶属关系,组织运作所需经费全额纳入国家财政预算,以保证监管的组织独立性。外部技术支持单位和外部专家与被监管方之间也没有直接的利害关系。

核安全是国家安全的重要组成部分,是核能事业发展的生命线。面对中国核电快速发展与公众安全诉求不断增长的形势,履行国家核安全责任和国际核安全义务,2014年12月,中国发布了《核安全文化政策声明》,阐明了对核安全文化的基本态度、培育和实践核安全文化的原则要求,并在全行业开展核安全文化教育和推进行动,努力营造全行业良好的核安全文化氛围,利用全社会的力量来共同增进核安全。

中国高度重视监管透明度和信息公开工作,近年来在确保公众知情权、参与权和监督权方面取得了重大进展。环境保护部(国家核安全局)发布了《核与辐射安全监管信息公开方案》(试行)与《加强核电厂核与辐射安全信息公开的通知》,制定了《环境保护部(国家核安全局)核与辐射安全公众沟通工作方案》,以加强信息公开。大力建设公众沟通平台,开发并维护自己独立的监管门户网站,对核行业政策法规、辐射监测数据、核安全许可和审评信息、运行及在建核电厂事件经验反馈、《核安全公约》及《乏燃料管理安全与放射性废物管理安全联合公约》国家报告等重要信息进行及时发布和披露。通过该官方网站,向全社会公布全国167个辐射环境自动监测站的实时监测数据,包括地级及以上城市79个自动监测站,浙江秦山、广东大亚湾、广东阳江、江苏田湾、福建福清、福建宁德、辽宁红沿河、海南昌江、广西防城港等9个运行核电基地周围88个自动监测站。

环境保护部(国家核安全局)还开发并维护其官方微信公众平台,内容涵盖国家核安全局机构设置及职责、核安全文化、政策法规、科普园地、核电厂分布、辐射环境、核安全年报、公示公告等,并定期推送核行业动态新闻、深度解析文章、科普宣传知识等相关内容。开通了“局长信箱”,实现了环境保护部(国家核安全局)与社会公众的直接交流和互动,及时响应公众关切。

环境保护部(国家核安全局)与中国环境报、《环境与生活》杂志、《环境》电视栏目、多媒体科普网站等建立了一系列沟通平台。中国环境报社派驻一名记者常驻环境保护部(国家核安全局),负责核能核技术及核与辐射安全监管领域日常新闻采写、媒体沟通、门户网站建设等核与辐射安全公众宣传工作。

2013年以来,以“共筑核应急核安全防线、共促核能事业科学发展”为主题,中国多次组织全国范围核应急宣传活动,包括解读核应急领域法规制度,向公众介绍中国核应急工作近年来取得的成就,以及核应急相关科普知识等内容,国内

外受众达到 10 亿人次。

2015 年 7 月，中国政府启动了主题为“安全、透明”的全国核行业“公众开放日”系列活动。通过现场参观体验和对话交流等活动，让公众近距离观察核行业企业运营管理和核安全工作；每年组织开展“魅力之光”中学生科普知识竞赛活动，促进公众对核电知识的了解，增进公众对我国核设施安全状况的了解和信任。另外，环境保护部（国家核安全局）还组织开展了桃花江核电公众沟通同行评估和陆丰核电公众沟通第三方评估工作。

核电厂营运单位也制定和颁布了相应的核与辐射安全信息报告和公开制度，建立了面向公众的信息公开平台。通过定期召开新闻发布会、设立官方微博和微信平台、发布白皮书和社会责任书、开展公众座谈交流以及设立公众开放体验日等方式进行信息公开，开展公众意见调查、核电工业旅游、核电科普进校园和社区、互联网科普平台以及核电科普竞赛等活动进行核电公众沟通和宣传。

2014 年，WANO 对中国核能电力股份有限公司进行了电力公司同行评估，“公众沟通”被 WANO 评估队列为强项，向世界核电同行推广。WANO 专家一致认为，该电力公司“制定了本部统筹、上下联动的工作标准，有效采用外部沟通活动来获取公众支持，建设了专业团队有计划地开展中长期工作，采用了专家经验和对标结果，以实现最优绩效。所有的活动都符合 WANO 标准，用于强化核安全行为。”

（5）如何促使所有国家承诺和参与国际合作

中国十分重视核安全领域的国际交流与合作，与 IAEA、OECD/NEA、欧盟等国际组织保持着密切的合作关系，同时积极开展多边、双边及区域间的核安全国际合作。

中国一直支持并积极参与 IAEA 组织的各类国际交流活动。积极参加 IAEA 组织的与公约履约相关的各项活动，全面参与 IAEA 安全标准委员会及各分委会的工作，为安全标准的制修订提供中国的实践与经验反馈。协助 IAEA 承办第三届 IAEA 核安全与核安保技术支持机构大会等大型国际会议，积极承办或参与 IAEA 各类研讨班、培训班及技术合作项目的申报和实施工作，与各国技术专家分享知识、经验和技术。持续参加亚洲核安全网络（ANSN）和全球核安全与安保网络（GNSSN）框架下的各项活动，在 GNSSN 框架下建立了中国核安全监管门户网站，作为与其他核安全监管机构开展国际合作的平台。

环境保护部（国家核安全局）全面参与了经济合作与发展组织/核能署（OECD/NEA）核电厂多国设计评价计划（MDEP）框架下政策组、技术指导委员会和各专题工作组的活动，围绕新反应堆设计安全审评和监督的重点难点问题，交流设计审评经验和见解，开发并实施共同立场文件，提高对技术问题和国际核安全现状的了解和把握，切实提高监管实力。

中国积极开展与欧盟的核安全合作，学习借鉴欧洲主要核电国家在核与辐射

安全领域的理念、方法、实践和经验，以通行国际标准和最佳实践提升中国国家核监管机构及其技术支持机构的能力，同时分享中国的经验。

中国继续深化与核能国家的双边合作，与美国、法国、加拿大、英国、西班牙、德国、日本、韩国、巴基斯坦、巴西和乌克兰等多个国家的核安全监管当局签署了双边核安全合作协议，通过高层互访、联合审评咨询、信息交流、人员培训、专家互访、合作研究等形式开展多层次、多类型的国际合作，合作领域涉及核设施建设与运行、安全标准制定与安全改进、联合审评监督和科研、核安全设备监督、核事故应急响应、核安全监管人员培训与互访、放射性废物管理等方面。同时，接受印尼、阿根廷等核能国家的监管人员来华进行岗位培训。

中国与日本和韩国建立了中日韩区域核安全监管高官会机制，通过三国核安全监管当局及技术支持机构高层互动、共享监管经验和交流信息技术等形式开展了高效务实的合作，为确保地区核安全、促进地区核安全合作发挥了重要的作用。

B.8 本次履约期间的良好实践和面临的挑战

B.8.1 良好实践

本次履约期间中国在核安全方面取得的良好实践主要包括：

(1) 建立与 IAEA 安全标准全面接轨的核安全法规标准体系

中国在建立国家核安全监管体系之初，广泛收集并认真研究了核电发达国家的核安全法律、法规，并参照 IAEA 的安全要求和标准，逐步建立了与 IAEA 安全标准全面接轨的中国核与辐射安全法规标准体系，覆盖各类核设施和核活动。同时，派员参与 IAEA 安全标准委员会的活动及安全标准的制修订工作，对 IAEA 安全标准的动态进行持续跟踪和反馈，并结合中国实际情况，开展中国核与辐射安全法规标准体系的制修订工作。

(2) 发布和实施《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》

在福岛核事故发生后，中国开展了核电厂综合安全检查和外部事件裕量评估。根据检查和评估结果，并结合国际社会对福岛核事故的经验反馈和安全行动计划，提出了改进要求。为规范中国各核电厂共性的改进行动，确保安全改进的深广度和实施效果，环境保护部（国家核安全局）编制和发布了《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》。通过该技术要求在中国核电厂的全面实施，基本消除了监管当局和核电厂营运单位在安全改进策略上可能存在的认识差异，达到了预期的效果。

(3) 建设和完善核应急快速响应队伍

中国早已建成了国家级、省级、核设施运营单位三级联动的核应急体系，形成了有效应对核事故的核应急能力体系。根据福岛核事故的经验反馈，中国在国家层面组建了 30 余支国家级专业救援分队，同时组建了一支 300 余人的国家核

应急救援队，以应对可能发生的严重核事故；各核电集团公司建立了核应急支援基地和支援队伍，同时共同签署了相关协议，建立了集团间相互支援协作机制；各邻近核电厂签订了相互支援协议，建立了就近快速相互支援机制，形成了核应急支援能力。

(4) 持续创新和完善在建及运行核电厂同行评估体系

中国核电厂在积极接受国际同行评估的同时，还建立了不同层面的国内同行评估体系，与 IAEA 和 WANO 的同行评估形成互补，并在评估领域、评估标准和评估对象等方面不断扩展和创新。对运行核电厂，从全面的综合评估逐步扩展至针对特定领域的专项评估，如人员绩效、大修管理、培训考核、临时变更、工业安全、核安全文化、设备可靠性和 PSA 应用等。

与此同时，根据中国核电厂的建设实践与经验，将运行核电厂同行评估的理念和方法运用到核电工程建设中，制定在建核电厂同行评估标准，对核电厂业主单位和核电工程总承包单位等，开展核电工程建设阶段的综合评估，以及针对公众宣传、文档管理、大修管理、调试与生产准备等领域等专项评估。多层次的同行评估体系不断向纵深方向发展，取得了良好的效果，获得了业界的广泛接受和认同。

B.8.2 面临的挑战

本次履约期间中国在核安全方面面临的挑战主要包括：

(1) 核电承包商和供应商的核安全文化水平

尽管中国从政府部门、核能行业协会、电力集团和核电厂营运单位等不同层面，为核安全文化建设付出了长期和艰苦的努力，但随着中国核电的快速发展，核领域传统承包商/供应商的人力资源快速扩张，有越来越多的非核领域的承包商/供应商参加核电厂的建设和运行。由于这些单位及其从业人员的基础和经验不同，尤其是一线工作人员对核安全文化的认识和实践存在较大的差异，对构建全行业高水平的核安全文化带来了冲击和挑战。

(2) 公众对核电的信任度和可接受度

福岛核事故导致公众对核电的信任度和可接受度有所降低。当前，中国将继续发展核电，未来将开工建设沿海核电项目，并开展内陆核电建设的论证工作。公众对核电的信任度和可接受度是影响中国核电持续发展的重要因素之一。

(3) 核电厂网络信息安全管理

中国已经将核安全纳入国家总体安全体系，核电厂网络信息安全是核安全的重要组成部分。中国核安全监管部門及核电厂营运单位在网络信息安全方面开展了相关工作，包括开展信息安全技术调研、专题研讨和培训、加强网络硬件和软件建设等。但中国在关于核电厂网络信息安全的法规标准方面还亟待完善，核电厂也需要进一步加强核电厂网络信息安全的纵深防御，建立一个由管理和技术相

结合的保障体系，以应对网络信息安全的风险和挑战。

(4) 核行业知识管理与经验传承

中国核电的持续快速发展，使得核行业相关单位及其从业人员在核安全监管、核电建设和营运等方面积累了丰富的知识和经验。同时，各单位的重要岗位人员更迭加快，新入职员工快速增长，技术骨干队伍稀释，对核行业的知识管理与经验传承带来挑战。

(5) 核电厂老化管理

随着中国核电厂运行时间的不断增加，核电厂构筑物、系统、设备及零部件的老化管理面临更多的挑战。核电厂营运单位需要不断优化老化管理大纲和程序，研究重要安全物项的老化机理，合理识别和评价物项的降级、残余寿命和安全裕量，制定并实施相应的维修策略，确保重要安全物项能持续满足核安全法规和标准的要求，并为后续核电厂运行许可证延续或退役打下良好的基础。

6 现有的核电厂

每一缔约方应采取适当步骤，以确保本公约对该缔约方生效时已有的核设施的安全状况能尽快得到审查。就本公约而言，必要时缔约方应确保作为紧急事项采取一切合理可行的改进措施，以提高核设施的安全性。如果此种提高无法实现，则应尽可能快地执行使这一核设施停止运行的计划。确定停止运行的日期时得考虑整个能源状况和可能的替代方案以及社会、环境和经济影响。

6.1 核电厂清单

截止到 2015 年 12 月 31 日，中国已投入商业运行核电机组 28 台，26 台核电机组正在建设中，另有 2 台核电机组已核准开工，其中 2013 至 2015 三年间，累计新颁发了 10 台核电机组的建造许可证，颁发了 14 台核电机组的首次装料批准书。现有核电厂清单见附件一，分布图见图 1。

6.2 现有核电厂的基本情况

中国现有的运行核电厂以轻水型压水堆为主，其中秦山第三核电厂为坎杜 6 型重水堆（CANDU-6），石岛湾核电厂示范工程为球床模块式高温气冷堆（HTR-PM）。

中国已投入运行的核电机组保持安全稳定运行。各机组的燃料元件包壳完整性均满足核电厂技术规格书要求，反应堆冷却剂系统和安全壳的泄漏率也远低于技术规格书的限值，机组的安全屏障完整有效。

秦山核电厂、大亚湾核电厂、秦山第二核电厂 1、2、3、4 号机组、岭澳核电厂 1、2、3、4 号机组、秦山第三核电厂、田湾核电厂 1、2 号机组的基本情况已在第四、五、六次国家报告中进行了说明。红沿河核电厂 1、2、3 号机组、宁德核电厂 1、2、3 号机组、阳江核电厂 1、2 号机组、福清核电厂 1、2 号机组、方家山核电厂 1、2 号机组以及昌江核电厂 1 号机组均为二代改进型压水堆核电机组，其福岛后的安全改进在 B.3.1 中有详细描述。

中国目前在建的 26 台核电机组中，其中 14 台采用百万千瓦级改进型压水堆核电机组，4 台机组采用 AP1000 技术，3 台采用华龙一号技术，2 台采用 VVER 技术，2 台机组采用 EPR 技术，1 台采用球床模块式高温气冷堆技术。

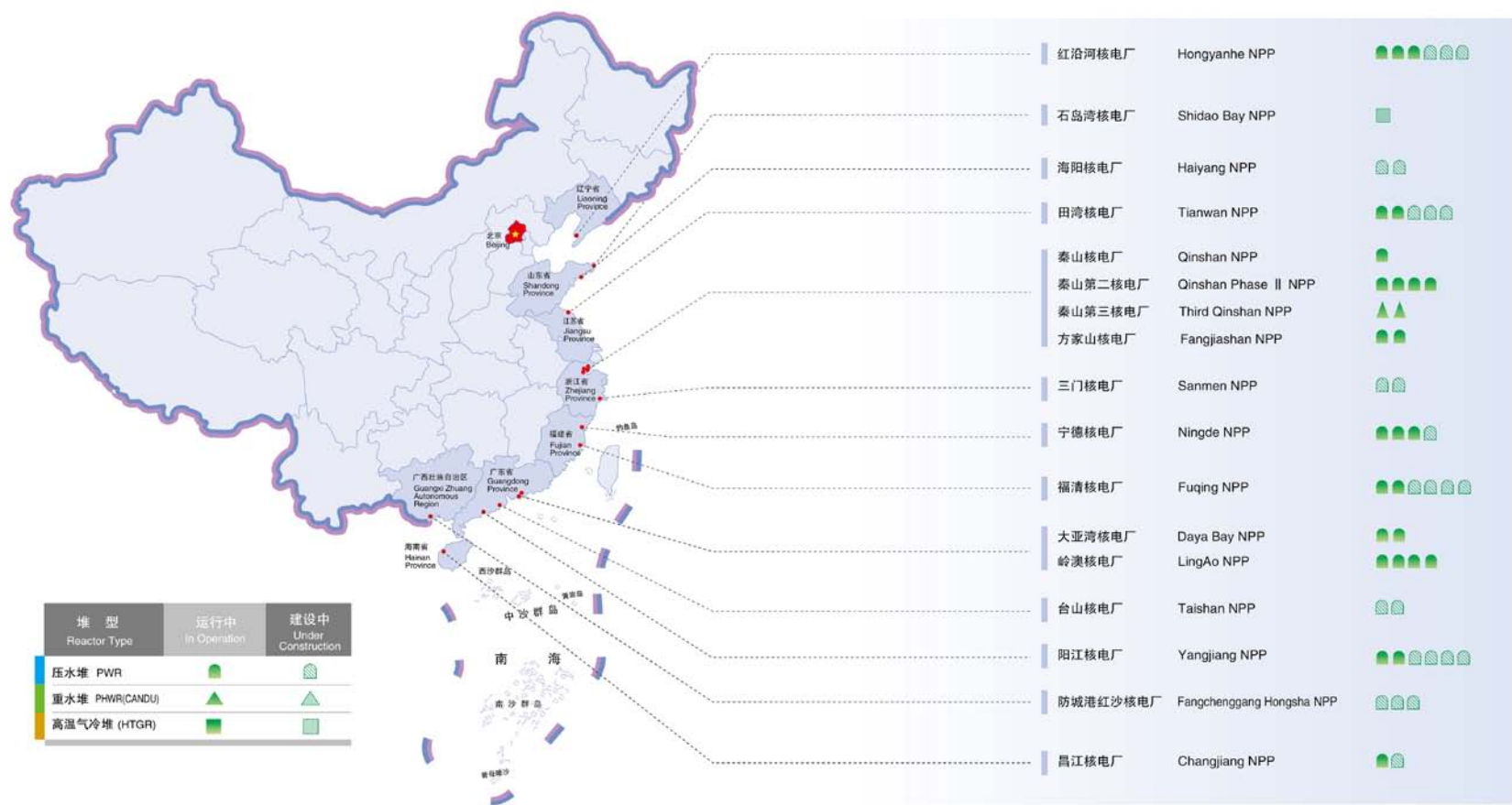


图 1 中国核电厂分布示意图

红沿河核电厂 4、5、6 号机组、宁德核电厂 4 号机组、阳江核电厂 3、4、5、6 号机组、昌江核电厂 2 号机组、福清核电厂 3、4 号机组、防城港核电厂 1、2 号机组以及田湾 5 号机组均为二代改进型压水堆核电机组，在设计时选用了具有成功经验和良好业绩的机组作为参考机组，并在国内外同类机组的经验反馈上进行了若干改进，进一步提升了核电厂固有安全特性。另外，在福岛核事故后，结合环境保护部（国家核安全局）的安全检查要求，进行了与二代改进型运行机组相类似的若干重大改进，进一步提高了机组的严重事故预防和缓解能力。

三门核电厂 1、2 号机组、海阳核电厂 1、2 号机组采用 AP1000 技术，在设计阶段就充分地考虑了严重事故的预防和缓解，采用了非能动安全系统；设计有非能动复合器以有效控制安全壳中的氢浓度；乏燃料水池设有 3 个 1E 级液位计和 1 个非 1E 级液位计，已充分考虑了多样性和可靠性。在福岛核事故后，结合环境保护部（国家核安全局）的安全检查要求，进行了若干改进，包括增加挡水闸板、增加移动电源、增加移动泵和增设匹配接口、设置后备应急指挥中心等。另外通过在废液箱体房间增设钢覆面、改造核岛废液系统工艺以及开发最终包装体以改进放射性废物处理系统。这些改进措施进一步提高了 AP1000 机组的严重事故预防和缓解能力。

台山核电厂 1、2 号机组采用 EPR 技术，在设计时就定义并考虑了相应的设计扩展工况(DEC)。同时设置了专用系统包括安全壳喷淋系统、应急堆芯冷却系统、应急给水系统、堆芯熔融物稳定系统，安全壳环廊通风系统等，同时在安全壳系统中配有非能动的氢气催化复合器，以预防和缓解严重事故。在福岛核事故后，结合环境保护部（国家核安全局）的安全检查要求，进行了若干改进，包括增加移动电源、增加移动泵和增设匹配接口、改进乏燃料水池的液位和温度监测系统、增加乏燃料水池的移动补水、增加安全壳余热排出系统的移动补水、增设燃料厂房非能动蒸汽排气通道。

福清核电厂 5、6 号机组以及防城港 3 号机组采用中国的自主三代核电品牌华龙一号技术，采用了能动与非能动相结合的设计理念。在设计时采用了确定论、概率论和工程判断相结合的方法分析可能导致严重事故的重要事件序列，并采取了相应的事故预防和缓解措施，具有完善的严重事故预防和缓解的措施。设置了双层安全壳考虑承受大飞机的撞击，设置了主泵停车密封功能，设置了满足安全停堆地震（SSE）抗震要求的多样性驱动系统，增加了二次侧非能动余热排出系统、非能动安全壳热量导出系统和能动与非能动的堆腔注水冷却系统等安全系统，设置了满足多重性要求的严重事故快速卸压阀、采取了堆芯熔融物滞留（IVR）冷却方案、设置了安全壳过滤排放系统等进一步提高了机组的严重事故预防和缓解能力。

田湾核电厂 3、4 号机组采用 VVER 技术，以田湾核电厂 1、2 号机组为参考机组，并结合 1、2 号机组的经验反馈以及新的法规要求，进行了若干设计改

进,包括核岛低放废水收集及监测排放系统改进、安全壳地坑滤网改进、增加破损燃料组件气体探测系统、采用移动式设备进行一回路、蒸汽发生器和乏燃料水池的补水,并增设了 6kV 和 400V 移动电源等,这些设计改进进一步提高了机组的安全性。

石岛湾核电厂示范工程为球床模块式高温气冷堆,具备燃料元件耐高温、堆芯热容量很大、余热自动排出、负反应性系数很大等特性,不会发生类似于压水堆的堆芯熔化事故。石岛湾核电厂设计有通风式低耐压型安全壳、非能动余热排出系统、非能动反应堆压力容器支承冷却系统、主控室可居留系统、一回路压力泄放系统、二回路隔离、蒸汽发生器事故排放系统等一系列专用安全设施。

6.3 中国核电厂的整体安全状况

在不断总结自身经验的基础上,中国注意吸取国际先进经验,已建立了符合中国国情的核电安全管理体系。中国政府及核电厂营运单位秉承“安全第一”的原则,加强对运行机组的安全监督与管理,高度重视对建设机组的安全管理与质量控制,取得了一系列成果。

三年来,中国核电厂共发生 113 起运行事件,其中有 61 起事件发生在商运前试运行阶段,52 起事件发生在商运后,没有发生 INES 2 级及以上运行事件。运行事件统计见附件二。

中国所有的运行核电厂均已建立并正在逐步完善各自的性能指标体系,同时,根据环境保护部(国家核安全局)、行业主管部门、IAEA 及 WANO 等国际组织的要求,定期报送相关信息和数据。

中国运行核电机组普遍处于国际较好水平,部分机组达到国际先进水平,有些机组名列前茅。2013 年,14 项 WANO 单项指标中至少有 10 项指标达到 WANO 先进值和中值的机组分别有 12 台和 17 台(共 17 台机组参与指标计算),其中秦山第三核电厂 2 号机组的 14 项单项指标全部达到 WANO 先进值。2014 年,14 项 WANO 单项指标中至少有 10 项指标达到 WANO 先进值和中值的机组分别有 10 台和 16 台(共 20 台机组参与指标计算),其中新投入商业运行的宁德核电厂 2 号机组和阳江核电厂 1 号机组,14 项 WANO 单项指标中分别有 13 项和 12 项达到 WANO 先进值。2015 年,14 项 WANO 单项指标中至少有 10 项指标达到 WANO 先进值和中值的机组分别有 13 台和 21 台(共 26 台机组参与指标计算),其中大亚湾核电厂 2 号机组的 14 项 WANO 单项指标全部达到 WANO 先进值。

附件三列出了 2013 年至 2015 年中国运行核电厂的 WANO 性能指标,这些数据表明这三年间 WANO 性能指标总体趋势良好。

7 立法和监管框架

1. 每一缔约方应建立并维持一个管理核设施安全的立法和监管框架。
2. 该立法和监管框架应包括：
 - (i) 可适用的本国安全要求和安全法规的制订；
 - (ii) 对核设施实行许可证制度和禁止无许可证的核设施运行的制度；
 - (iii) 对核设施进行监管性检查和评价以查明是否遵守可适用的法规和许可证条款的制度；
 - (iv) 对可适用的法规和许可证条款的强制执行，包括中止、修改和吊销许可证。

7.1 立法与监管框架

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 的核安全导则及规定，逐步确立了中国的核安全法规体系。随着中国核电运行机组的不断增多，以及在核电选址、设计、建造、调试、安全运行等方面积累的实践经验，在不断结合国际核能界的最新要求的基础上，中国密切跟踪并参与 IAEA 安全标准的制修订工作，在参照 IAEA 的核安全规定和导则的基础上，结合中国的核安全实践，一直在不断地完善核安全法律、法规体系。

7.1.1 法律、法规和导则框架综述

中国的核安全法律、法规和导则体系由法律、行政法规、部门规章、指导性文件和参考性文件组成。

(1) 法律

中国核安全领域的法律由全国人民代表大会或全国人民代表大会常务委员会通过，国家主席令发布，具有高于行政法规和部门规章的效力。

(2) 国务院行政法规

行政法规由国务院根据宪法和法律制定并发布，具有法律约束力。现有的适用于核安全领域的行政法规规定了核安全管理范围、管理机构及其职权、监督管理原则及程序等。

(3) 部门规章

核安全规定和国务院行政法规实施细则是部门规章，由国务院有关部门根据法律和国务院行政法规在本部门权限范围内制定并发布，具有法律约束力。核安

全规定是规定核安全目标和基本安全要求的规章，国务院行政法规实施细则是国务院根据核安全管理条例规定具体实施办法的规章。

(4) 指导性文件

核安全导则是说明或补充核安全规定以及推荐有关方法和程序的指导性文件，由国务院有关部门制定并发布。

(5) 参考性文件

核安全法规技术文件是核安全技术领域的参考性文件，由国务院有关部门或其委托单位制定并发布。

核安全法律、法规和导则体系层次见图 2。

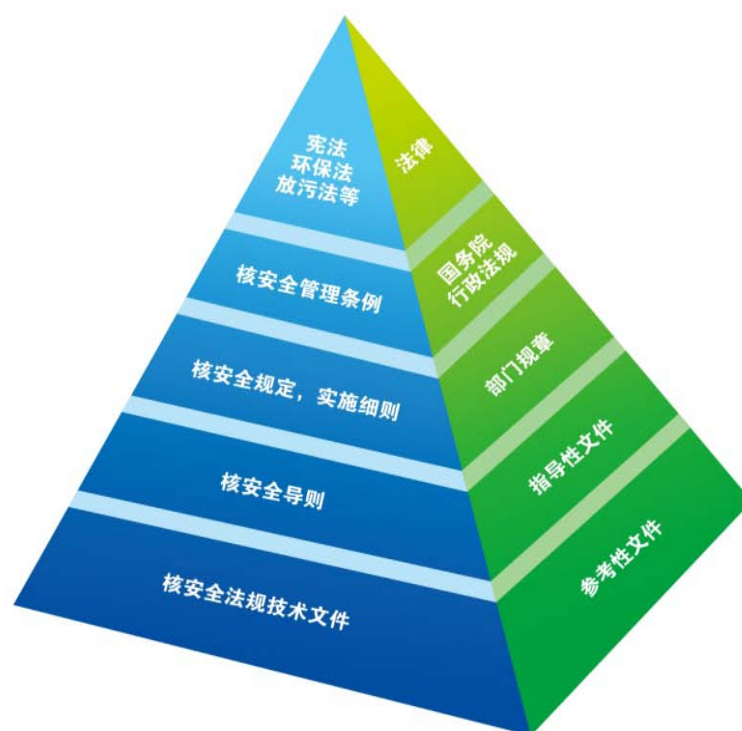


图 2 中国核安全法律、法规和导则体系层次图

7.1.2 已发布的核与辐射安全法律、法规和导则

中国政府一贯高度重视核安全，从 1986 年 10 月国务院批准颁布《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例》至今，中国已发布了一系列的法律、法规和导则，其范围覆盖了核电厂，核电厂以外的其他反应堆，核燃料生产、加工、贮存及后处理设施，放射性废物的处理和处置设施等方面，使各类民用核设施的选址、设计、建造、运行和退役做到了有法可依。

此外，国家环境保护部（国家核安全局）及相关部门陆续发布了一系列的核安全规定、国务院行政法规实施细则，按所覆盖的技术领域划分为不同的系列，

内容涉及核电厂的选址、设计、运行和质量保证等方面。中国国家原子能机构国家卫生和计划生育委员会等相关部门也陆续发布了一些部门规章。

福岛核事故后，公众对核电安全日益关注，对核安全的要求日益提高。中国积极开展《核安全法》、《原子能法》等法律的立法工作。《核安全法》和《原子能法》草案已编制完成，并都已列入全国人大常委会立法规划。

7.1.3 本次履约期间新发布的核安全法律、法规和导则

按照环境保护部（国家核安全局）核与辐射安全法规制修订工作机制，环境保护部（国家核安全局）根据法规制修订规划开展法规制修订工作，并且每年召开4次法规标准审查会，对相关法规标准开展审查。

本次履约期间，中国新发布了一系列的核安全法规和导则，开展了如下工作：

2013年12月，环境保护部（国家核安全局）发布了《核与辐射安全监督检查人员证件管理办法》（HAF004-2013）和《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》（HAF402-2013）。

2013年5月，环境保护部（国家核安全局）发布了《核动力厂人员的招聘、培训和授权》（HAD103/05-2013）、《高水平放射性废物地质处置设施选址》（HAD401/06-2013）、《γ辐照装置退役》（HAD401/07-2013）、《民用核安全机械设备模拟件制作（试行）》（HAD601/01-2013）和《民用核安全设备安装许可证申请单位技术条件（试行）》（HAD601/02-2013）。2014年6月，环境保护部（国家核安全局）发布了《放射性物品运输核与辐射安全分析报告书标准格式和内容》（HAD701/02-2014）。中国现行的有关核电厂核安全方面的法律、法规、规章和导则目录见附件四。

7.1.4 有关核安全国际公约的参加情况

中国已加入了《及早通报核事故公约》、《核事故或辐射紧急情况援助公约》、《核材料实物保护公约》及其修订案、《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。

《及早通报核事故公约》于1987年10月11日对中国生效；《核事故或辐射紧急情况援助公约》于1987年10月14日对中国生效；《核材料实物保护公约》于1989年1月2日对中国生效，2008年10月28日中国批准2005年7月8日在维也纳通过的《核材料实物保护公约》修订案；《核安全公约》于1996年3月1日对中国生效；《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》于2006年4月29日对中国生效。

中国积极履行《及早通报核事故公约》等国际公约，在这些公约机制内，中国始终致力于同各国一道推动建立和平、合作、共赢的国际核安全应急体系，充

分发挥建设性作用。

2013年至2015年,中国积极参加并完成第六次《核安全公约》及第五次《乏燃料管理安全和放射性废物管理安全联合公约》的履约任务。按照公约要求,定期编制和提交国家报告,在各缔约方之间开展同行审议,出席履约审议大会并接受国际社会的审查和监督,对履约会议的成果进行总结分析并制定后续的改进行动计划。

中国还积极参加IAEA组织的与公约履约相关的各项活动,包括:参加履约届间组织会议和官员会议,为审议大会的顺利召开做准备;参加不限名额工作组会议、《核安全公约》有效性与透明度工作组会议和瑞士修约提案技术讨论会议,对公约议事规则的修订和缔约方修约提案开展充分讨论;参加《核安全公约》外交大会,为《维也纳核安全宣言》的起草和发布发挥了建设性作用。

中国不断调整和优化履约组织机构和工作机制,包括:确保履约参与单位的代表性、专业覆盖面和人员的稳定性,将履约作为促进国内核与辐射安全的重要手段;制定《核安全公约》履约管理程序,对履约各环节和各要素进行规范管理,提升履约工作的系统性、规范性和延续性;对历次履约过程中收集的信息进行分类整理,形成完整的履约信息库。

7.2 许可证制度

中国对核电厂实施许可证制度。核安全许可证件是国家监管机构批准申请人从事与核安全有关专项活动(如核电厂选址、建造、调试、运行、退役等)的法律文件。核电厂营运单位在不同阶段需要系统地进行法规标准要求的安全评价和验证活动,形成相应的分析报告,提交核安全监管部门审评。只有审评通过并获得有关许可证或者批准文件后,才能进行后续的选址、建造、首次装料、运行和退役等活动。环境保护部(国家核安全局)通过许可证的审批、监督、执法、奖励和处罚,对许可证持有者进行的核安全活动实施监督检查,确保许可证持有者承担安全责任和依法进行核活动。

在核电厂选址阶段:申请者必须向环境保护部(国家核安全局)提交包括《厂址安全分析报告》在内的审查申请材料。环境保护部(国家核安全局)必须从安全方面确定核电厂与所选厂址的适宜性。

在核电厂建造阶段:申请者必须在建造前向环境保护部(国家核安全局)提交《核电厂建造申请书》、《核电厂初步安全分析报告》以及其他有关的资料。环境保护部(国家核安全局)必须审评核电厂的设计原则,并就核电厂建成后是否能安全运行得出结论。经审核批准后,申请者取得《核电厂建造许可证》,方可动工建造。

在核电厂调试阶段:在核电厂首次向堆芯装载核燃料前,申请者必须向环境保护部(国家核安全局)提交《核电厂首次装料申请书》、《核电厂最终安全分析

报告》以及其他有关的资料。环境保护部（国家核安全局）必须确定核电厂是否按认可的设计建成，是否符合核安全法规要求，是否已达到要求的质量并有完整合格的质量保证记录。经审核批准，申请者取得《核电厂首次装料批准书》后，方可装载核燃料进行调试。

在核电厂运行阶段：从核电厂首次达到满功率之日起，经过十二个月的试运行，申请者必须向环境保护部（国家核安全局）提交《核电厂修订的最终安全分析报告》以及其他有关的资料。环境保护部（国家核安全局）确定试运行的结果是否与设计一致，并审定修订过的运行限值和条件。经审核批准，申请者获得《核电厂运行许可证》后，方可投入商业运行。

在核电厂退役阶段：申请者必须向环境保护部（国家核安全局）提交《核电厂退役报告》等文件。经审查合格后颁发《核电厂退役批准书》。

根据国务院 500 号令《民用核安全设备监督管理条例》的要求，国务院核安全监管部对民用核安全设备设计、制造、安装和无损检验单位实施许可证制度。

环境保护部（国家核安全局）设有核安全设备监管技术中心，具体承担许可申请的技术审评以及进口核安全设备的安全检验工作，并接受业务司的指导和监督。华北核与辐射监督站负责全国民用核安全设备活动的日常监督，持证单位和境外注册登记单位的例行和非例行核安全检查，对重要核安全设备实行驻厂监督。民用核安全设备现场安装活动的日常监督和进口核安全设备检查、试验的现场监督由各地区监督站承担。

7.2.1 核电厂许可证件的种类

中国核电厂的许可证种类包括：

- (1) 核电厂厂址选择审查意见书；
- (2) 核电厂建造许可证；
- (3) 核电厂首次装料批准书；
- (4) 核电厂运行许可证；
- (5) 核电厂操纵人员执照；
- (6) 包括核电厂退役批准书等在内的其他需要批准的文件。

7.2.2 核电厂许可证件的颁发

许可证件的申请和审批过程见图 3。

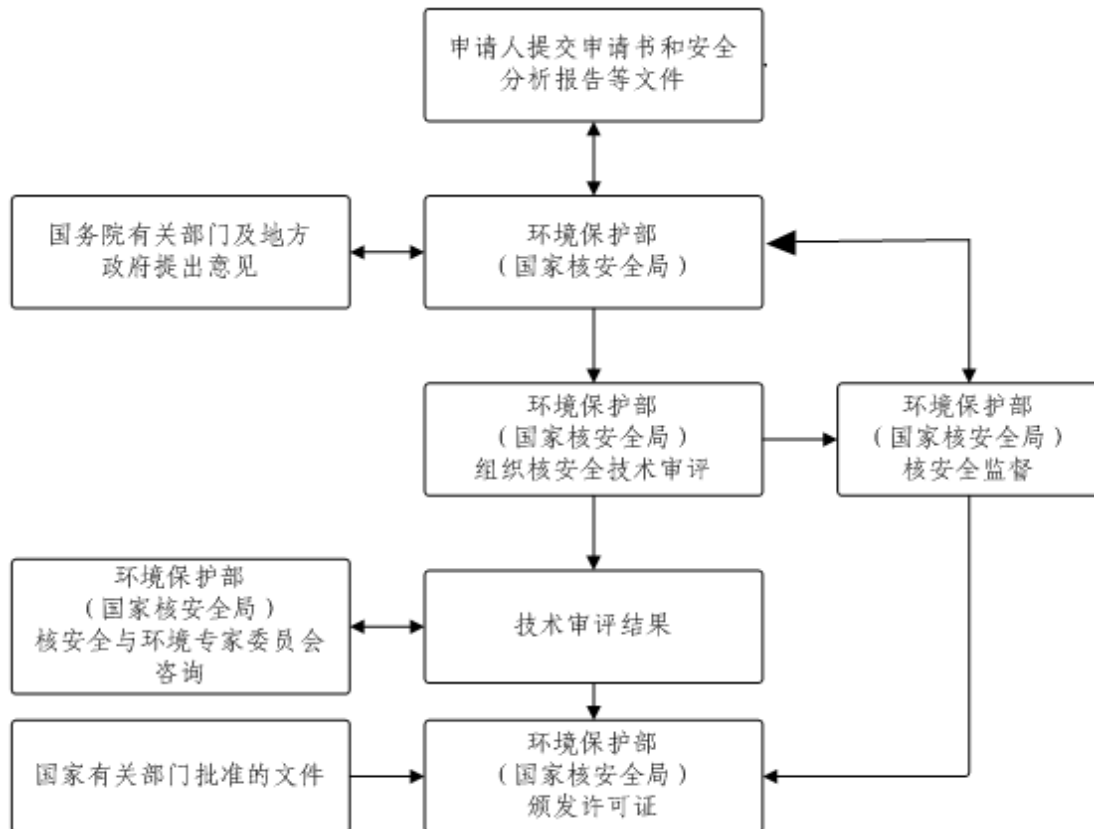


图 3 许可证件申请和审批过程

申请人必须提交申请书、安全分析报告及其他法规规定的有关文件，经环境保护部（国家核安全局）审评批准后，方可进行相应的核活动。

环境保护部（国家核安全局）在审批过程中，应该向国务院有关部门以及核电厂所在省、自治区、直辖市政府征询意见。

环境保护部（国家核安全局）在取得技术审评结果，并征询国务院有关部门和地方政府的意见，经核安全与环境专家委员会咨询审议后，独立做出是否颁发许可证的决定，同时规定必要的许可证条件。

7.2.3 核安全审评和监督检查制度

(1) 核安全审评

核安全审评是核安全许可证制度的技术基础。

环境保护部（国家核安全局）是中国核与辐射设施安全审评的组织者和责任单位，组织技术支持单位对核与辐射设施营运单位提交的申请资料做全面的审查和评价。环境保护部核与辐射安全中心是环境保护部（国家核安全局）的常设技术支持单位。对重要项目，指定外部技术支持单位开展平行安全审评，以确保审评结论的适宜性和正确性。

根据环境保护部（国家核安全局）要求，各技术支持单位形成 A-B 角审评队伍，构成 A-B 角模式，即：在审评任务不冲突时，两支审评队伍同时开展审评工作，两支审评队伍独立开展审评，各自有所侧重，相互协作支持，互不交叉，互相促进；环境保护部（国家核安全局）每年对相关技术支持单位的独立性进行审查，对发现存在利益冲突可能性的情况，要求技术支持单位进行整改并提交整改报告，确保技术支持活动的独立性。

环境保护部（国家核安全局）通过审评确认：

- (1) 现有资料证明核电厂或所提出的活动是安全的；
- (2) 营运者提交的资料里的信息是准确的，足以证实与监管要求相符；
- (3) 技术上的解决方案，尤其是新的解决方案，经过检查或试验或两者的证明或考核，能达到所要求的安全水平。

核安全许可证件的颁发取决于核安全审评的结论。

环境保护部（国家核安全局）的审查和评定涵盖核电厂选址，建造，建造期间不符合项处理，调试大纲、计划及调试控制点设置，首次装料，运行，运行期间的修改、换料安全分析报告、核电厂定期安全审查（PSR），退役等核电厂全寿期的相关活动。为了规范核电厂核安全监督检查活动，环境保护部（国家核安全局）制定了核电厂安全监督检查大纲，大纲适用于核电厂建造至退役的整个阶段。

核安全法规要求核电厂营运单位必须定期审查核电厂的运行情况，提交规定的文件和资料供环境保护部（国家核安全局）审查以保持许可证发放依据仍然有效。

环境保护部(国家核安全局)通过许可证件的审批、监督、执法、奖励和处罚，对许可证持有者进行的核安全活动实施监督检查，确保许可证持有者承担安全责任 and 依法进行核活动。

(2) 核安全监督

环境保护部(国家核安全局)设立了六个地区监督站，分别负责华北、华东、华南、西北、西南、东北的日常核与辐射安全监督。

各地区监督站的主要职责包括：

- (1) 负责核设施核与辐射安全和辐射环境管理的日常监督；
- (2) 负责由环境保护部（国家核安全局）直接监管的核技术利用项目辐射安全和辐射环境管理的日常监督；
- (3) 负责由环境保护部（国家核安全局）直接监管的核设施营运单位和核技术利用单位核与辐射事故（含核与辐射恐怖袭击事件）应急准备工作的日常监督，以及事故现场应急响应的监督；
- (4) 负责由环境保护部（国家核安全局）直接监管的核设施和核技术利用项目辐射监测工作的监督及必要的现场监督性监测、取样与分析；

- (5) 负责对地方环保部门辐射安全和辐射环境管理工作的督查；
- (6) 负责核设施现场民用核安全设备安装活动的日常监督和民用核设施进口核安全设备检查、试验的现场监督；
- (7) 负责民用核设施厂内放射性物品运输活动的监督；
- (8) 承办环境保护部（国家核安全局）交办的其他事项。

华北监督站除上述职责外，还负责全国民用核安全设备设计、制造、无损检验活动的日常监督；负责全国民用核安全设备持证单位和境外注册登记单位的例行和非例行核安全检查；负责全国民用核安全设备特种工艺人员资质考核活动的监督；负责全国一类放射性物品运输容器制造活动的监督。

环境保护部（国家核安全局）及其派出机构向核电厂选址、建造和运行现场派驻监督组（员），履行以下职责：

- (1) 审查所提交的资料是否符合实际；
- (2) 监督是否按照已批准的设计进行建造；
- (3) 监督是否按照已批准的质量保证大纲进行管理；
- (4) 监督核电厂的建造和运行是否符合核安全法规和许可证所规定的条件；
- (5) 考察营运单位是否具备安全运行及执行应急计划的能力；
- (6) 其他需要监督的任务。

核安全监督员在执行任务时，有权进入核电厂的设备制造、建造和运行现场，调查情况、收集有关核安全资料。

根据《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例》及其实施细则、《核与辐射安全监督检查人员证件管理办法》的要求，核安全监督员应满足一定的条件，包括学历、工作经验、能力及基本职业素养等，以保证核安全监督工作的质量。环境保护部（国家核安全局）根据法规要求和工作需要，编制核安全监督员教学大纲和核安全监督员证件管理要求，对人员进行选拔、培训和考核。相关人员接受环境保护部（国家核安全局）组织的初任业务培训并通过考核后，再参加环境保护部（国家核安全局）组织的核与辐射安全监管中级或高级培训并通过考核，或取得注册核安全工程师执业资格，才能由环境保护部（国家核安全局）颁发核安全监督员证。持证人员按照证件载明的职责、区域范围和证件有效期从事核安全监督检查工作并具备相应权利和义务。

环境保护部（国家核安全局）及地区监督站主要采用以下方式对核设施及核活动执行核与辐射安全监督检查：

（1）日常监督检查

主要由地区监督站负责。包括现场巡视、文件记录检查、安全重要活动（如安全重要物项的土建安装、调试、维修改造、设计修改等）现场检查、测量或试验、现场对话协调等。

(2) 例行监督检查

事先通知的较为正式的监督检查方式。检查组根据检查方案和提问单进行检查,包括查阅资料(大纲程序、记录和报告等)、现场人员座谈、进行现场检查/查勘,必要时进行测量和试验。检查报告通报核设施营运单位,并抄送营运单位主管部门及有关单位等。监督站负责跟踪检查报告中所提出各项要求的落实情况,必要时国家核安全局派检查组进行验证。

根据环境保护部(国家核安全局)批准的核设施许可证条件或有关文件要求,在建造、安装、调试和运行阶段选定控制点进行的监督检查。通常包括:基坑验槽、第一罐混凝土浇注(FCD)、冷/热态试验、装料、临界、功率转换/提升等控制点。

(3) 非例行监督检查

根据核设施建造、调试、运行阶段的异常情况、核安全相关事件或其他影响安全与质量的突发/意外情况等,由总部业务司或地区监督站提出,可事先通知或不通知,也可包括核安全相关事件的调查。

环境保护部(国家核安全局)在必要时有权采取强制性措施,包括责令核电厂停止运行。

7.2.4 本次履约期间新颁发的许可证件

2013年至2015年间,环境保护部(国家核安全局)对核电厂新颁发了下列许可证件:

(1) 厂址选择审查意见书

— 2014年3月2日,批复了海阳核电厂3、4号机组厂址选择审查意见书和选址阶段环评报告书。

— 2014年4月8日,批复了徐大堡核电厂1、2号机组厂址选择审查意见书和选址阶段环评报告书。

— 2014年6月18日,批复了大型先进压水堆核电站重大专项CAP1400示范工程厂址选择审查意见书和选址阶段环评报告书。

— 2014年6月19日,批复了陆丰核电厂1、2号机组厂址选择审查意见书和选址阶段环评报告书。

— 2014年6月19日,批复了防城港核电厂3、4号机组厂址选择审查意见书和选址阶段环评报告书。

(2) 建造许可证

— 2013年9月16日,颁发了阳江核电厂5、6号机组建造许可证。

— 2015年3月13日,颁发了红沿河核电厂5、6号机组建造许可证。

— 2015年5月6日,颁发了福清核电厂5、6号机组建造许可证。

— 2015年12月23日,颁发了田湾核电厂5、6号机组建造许可证。

- 2015年12月23日，颁发了防城港核电厂3、4号机组建造许可证。

(3) 首次装料批准书

- 2013年9月2日，颁发了《红沿河核电厂2号机组首次装料批准书》。
- 2013年10月25日，颁发了《阳江核电厂1号机组首次装料批准书》。
- 2013年11月8日，颁发了《宁德核电厂2号机组首次装料批准书》。
- 2014年5月30日，颁发了《福清核电厂1号机组首次装料批准书》。
- 2014年9月1日，颁发了《秦山核电厂扩建项目（方家山核电工程）1号机组首次装料批准书》。
- 2014年9月11日，颁发了《红沿河核电厂3号机组首次装料批准书》。
- 2014年12月3日，颁发了《秦山核电厂扩建项目（方家山核电工程）2号机组首次装料批准书》。
- 2014年12月15日，颁发了《宁德核电厂3号机组首次装料批准书》。
- 2015年1月23日，颁发了《阳江核电厂2号机组首次装料批准书》。
- 2015年5月15日，颁发了《福清核电厂2号机组首次装料批准书》。
- 2015年8月25日，颁发了《昌江核电厂1号机组首次装料批准书》。
- 2015年9月2日，颁发了《防城港核电厂1号机组首次装料批准书》。
- 2015年9月8日，颁发了《阳江核电厂3号机组首次装料批准书》。
- 2015年12月31日，颁发了《宁德核电厂4号机组首次装料批准书》。

(4) 运行许可证

2014年12月5日，颁发秦山第二核电厂3、4号机组运行许可证。

8 监督管理

1. 每一缔约方应建立或指定一个监管机构，委托其实施第7条中所述的立法和监督管理框架，并给予履行其规定责任所需的适当的权力、职能和财政与人力资源。

2. 每一缔约方应采取适当步骤确保将监管机构的职能与参与促进或利用核能的任何其他机构或组织的职能有效地分开。

8.1 监管体制

环境保护部(国家核安全局)是中国的核安全监管机构，对中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)监督管理的主要措施之一是执行许可证制度，同时对核电厂、核材料和核活动实施监督。

环境保护部(国家核安全局)对中国核电厂环境保护实施监督管理。

中国国家原子能机构是中国政府核工业主管部门，负责研究制定中国和平利用原子能事业的政策、法规、规划、计划和行业标准，并组织实施，负责核领域政府及与国际组织间的交流与合作，牵头负责国家核事故应急管理工作。

国家能源局是国家能源行业管理部门，负责拟定核电发展规划、准入条件、技术标准并组织实施，提出核电重大项目审核意见，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。

国家卫生和计划生育委员会负责会同有关部门拟定放射性职业病防治法律法规，组织制定发布放射性职业病有关标准以及开展核与辐射事故紧急医学救援。

中国核安全法规规定，核安全许可证持有者（或申请者）对核电厂、核材料和核活动的安全承担全面责任。

8.2 环境保护部(国家核安全局)

8.2.1 组织结构

环境保护部(国家核安全局)对核电厂安全实施统一监督，独立行使核安全监督权。

中国的核与辐射监管体系由环境保护部（国家核安全局）机关、地区监督站和技术支持单位构成。环境保护部(国家核安全局)总部设在北京，设立了六个地区监督站，分别为华东核与辐射安全监督站（驻上海）、华南核与辐射安全监督站（驻深圳）、西南核与辐射安全监督站（驻成都）、华北核与辐射安全监督站（驻北京）、西北核与辐射安全监督站（驻兰州）和东北核与辐射安全监督站（驻大

连)，负责相应区域的日常核与辐射安全监督。

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，作为其技术支持和保障中心，并将浙江省辐射环境监测站设为环境保护部辐射环境监测技术中心，以提供全国辐射环境监测管理方面的技术支持。此外，通过项目合同管理的形式，形成了以机械院核设备安全与可靠性中心、苏州核安全中心、北京核安全审评中心等技术支持单位为核心，核动力运行研究所、中国辐射防护研究院、中国原子能科学研究院、清华大学、上海交通大学等 10 多家高校及科研院所参与的长期稳定的技术支持队伍。

环境保护部（国家核安全局）还建立了核安全与环境专家委员会及核与辐射安全法规标准审查委员会，在制定核安全法规、核安全技术开发，核安全审评监督和法规标准审查方面提供技术咨询。

环境保护部（国家核安全局）其他涉及核与辐射安全相关的司局还有办公厅、规划财务司、政策法规司、行政体制与人事司、科技标准司、国际合作司、宣传教育司等，承担了日常管理、财务管理、立法、人事、核安全科技标准、国际合作和宣传教育方面的工作。环境保护部（国家核安全局）组织机构见图 4。

8.2.2 主要职责

环境保护部（国家核安全局）的主要职责包括：

（1）负责核安全和辐射安全的监督管理。拟定核安全、辐射安全、电磁辐射、辐射环境保护、核与辐射事故应急有关的政策、规划、法律、行政法规、部门规章、制度、标准和规范，并组织实施；

（2）负责核设施核安全、辐射安全及辐射环境保护工作的统一监督管理；

（3）负责核安全设备的许可、设计、制造、安装和无损检验活动的监督管理，负责进口核安全设备的安全检验；

（4）负责核材料管制与实物保护的监督管理；

（5）负责核技术利用项目、铀（钍）矿和伴生放射性矿的辐射安全和辐射环境保护工作的监督管理。负责辐射防护工作；

（6）负责放射性废物处理、处置的安全和辐射环境保护工作的监督管理，负责放射性污染防治的监督检查；

（7）负责放射性物品运输安全的监督管理；

（8）负责环境保护部（国家核安全局）核与辐射应急响应和调查处理，参与核与辐射恐怖事件的防范与处置工作；

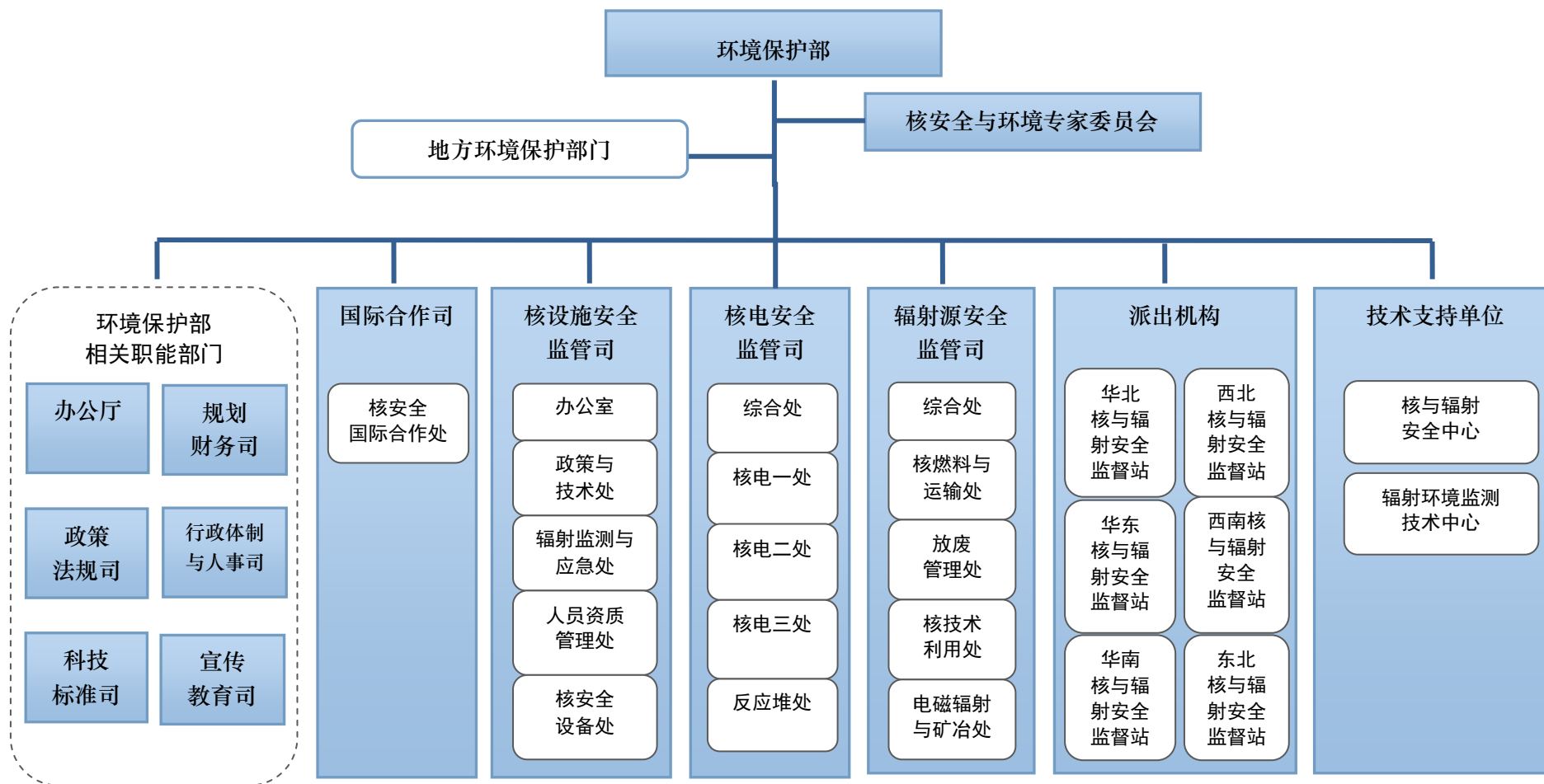


图 4 环境保护部（国家核安全局）组织机构图

- (9) 负责反应堆操纵人员、核设备特种工艺人员等人员资质管理；
- (10) 组织开展辐射环境监测和核设施、重点辐射源的监督性监测；
- (11) 负责核与辐射安全相关国际公约的国内履约；
- (12) 指导核与辐射安全监督站相关业务工作。

中国《放射性污染防治法》第八条规定：“国务院环境保护行政主管部门对全国放射性污染防治工作依法实施统一监督管理。国务院卫生行政部门和其他有关部门依据国务院规定的职责，对有关的放射性污染防治工作依法实施监督管理。”

在日常检查中，主要依据法律条文规定，并按照有关程序和协调机制开展工作，对于涉及到的重要核安全问题检查以及重大安全检查计划（如福岛核事故后全国核设施综合安全大检查），通常由核安全监管部门（国家核安全局）和行业主管部门（中国国家原子能机构、国家能源局）联合开展；若涉及某些专业领域，核安全相关专业部门也参与检查执法活动，如地震和气象部门参与关于核设施厂址地震、海啸等的评估，对涉及交通运输问题，邀请交通部门参加有关活动。

在执法处罚时，核安全监管部门（国家核安全局）通常会征求主管部门的意见，并严格按照行政处罚程序开展各类处罚。先进行处罚告知，并给出申述程序，做出最终处罚后，通常将处罚书选择性抄送核行业主管部门（中国国家原子能机构、国家能源局）、核行业保障部门（财政部、国资委等）以及相关专业部门。

2013 年中国启动新一轮行政审批制度改革，进一步简政放权。环境保护部（国家核安全局）在核与辐射安全监管的简政放权方面进行了局部的探索和实践。对于一些风险低、安全有保障的项目，简化审批流程或采取豁免管理。同时，理清了许可事项，目前，经国务院认可的环境保护部（国家核安全局）直接承担的核与辐射安全行政许可事项共 20 项，涉及核电厂操纵人员执照、核材料许可、核安全设备设计、制造、安装和无损检验等。

8.2.3 人力资源和财政资源

为适应核电发展的需要，中国政府已逐年增加核安全监督管理的人力和经费投入，保证核安全监督管理职能的实施。截至 2015 年，中国批准环境保护部（国家核安全局）从事核与辐射安全监管的人员编制增加至 1103 人，其中总部职员增加到 82 人，六个地区监督站增加至 331 人，核与辐射安全中心增加至 600 人，辐射环境监测技术中心增加至 90 人。

环境保护部（国家核安全局）高度重视核安全监督人员的培训工作。环境保护部（国家核安全局）编制了《核与辐射安全监督检查人员培训业务规划》，进一步完善核与辐射安全监管人员培训体系和机制；加强核与辐射安全监管人员培训统筹协调，充分利用培训资源，开展了多种形式的学习研讨活动，建立学习研讨长效机制，利用多种渠道和方式不断加强对核安全监督人员的业务培训，如专

项业务培训（模拟机、无损检验、民用核安全设备监管、核质量保证等专项）、脱产培训、选派年轻人员参加监督站驻厂监督、技术会议和出国交流等。2013至2015年间，环境保护部（国家核安全局）共举办核安全监督员资格培训5期，累计培训学员207人，举办核安全监督员在岗培训5期，累计培训学员124人。

为保证核安全监督的质量，《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例实施细则》对核安全监督员应具备的主要条件提出了明确的要求，包括学历、工作经验、能力及基本职业素养等。环境保护部（国家核安全局）根据法规要求和工作需要，对人员进行选拔、培训和考核。考试包括笔试和口试，考试合格者由环境保护部（国家核安全局）发给《核安全监督员证》。2014年，国家核安全局颁布实施《核与辐射安全监督检查人员证件管理办法》，进一步规范核与辐射安全监督检查人员的管理。截止到2015年12月31日，环境保护部（国家核安全局）共为325人颁发核安全监督员证。

2015年，环境保护部（国家核安全局）监督管理日常财政预算为3.79亿人民币，与2011年相比，日常财政投入已提高一倍。另外，中国政府批复的核安全监管能力建设和科研经费为5.3亿人民币。同时，环境保护部（国家核安全局）采取与IAEA技术合作、欧盟国际合作、与核能相关企业的合作、与其他国家监管部门和国际机构的合作等方式获取技术研发项目。

8.2.4 综合管理体系

环境保护部（国家核安全局）依据IAEA的最新安全标准和国际同行的良好实践，对现有的规章制度、程序和管理实践进行全面梳理、分析和评价，2015年组织编制并发布了《核与辐射安全监管综合管理体系手册》。该手册详细描述了核与辐射安全监管机构总部、地区监督站和技术支持单位建立、实施、评价和持续改进其管理体系的基本要求和措施，明确了核与辐射安全监管综合管理体系的结构和要素，阐述了环境保护部（国家核安全局）的组织机构、管理职责、利益相关方和接口，以有效识别和管理各类资源，对核心工作及支持过程进行策划和管控，从而保证管理体系的有效和高质量运作，为环境保护部（国家核安全局）履行监管职责提供强力支持。

核与辐射安全监管综合管理体系主要由四部分内容构成：

（1）管理责任

为实现组织的使命、愿景和核心价值，环境保护部（国家核安全局）发布核与辐射安全政策、安全目标及管理承诺，制定组织战略和规划，明确组织机构与职责，倡导核安全文化，关注利益相关方的需要；负责管理体系的策划、建立和实施；提供所需资源；定期评估，自我完善。

（2）支持与保障

充足的资源及其有效管理能为管理体系的执行、维护和改进提供强力支持与

保障，能强化监管机构的能力建设，持续提高利益相关方满意度。这些资源包括基础设施和工作环境、人力资源、信息和知识、科技研发、财政资源、供方和技术支持单位、国际合作等。对各类资源进行适当策划，保证提供监管活动实施所必需的资源，提升监管能力。

(3) 过程实施

实施过程管理，对通用管理过程和核心工作过程进行策划、实施、控制和协调，确保各项工作的质量和有效性。对过程中相互联系的活动制定程序，规定活动如何在不同部门间过渡、衔接并最终完成，避免重叠、冲突或遗漏。

(4) 评价与改进

通过各级管理者自我评价、内外部独立评价和经验反馈，建立综合管理体系的监测评价系统和自我完善机制，构建学习型组织，及时识别管理体系存在的问题和不足，实现持续改进。

该体系体现“过程方法”，落实监管理念，倡导核安全文化，对相关工作实行分类分级管理，优化可用资源，满足利益相关方的需求与期望，并为环境保护部（国家核安全局）全面履行核与辐射安全监管职责、高质量完成监管活动、提高监管有效性和权威性、完成监管使命提供方法和工具。

8.2.5 公众沟通

中国高度重视信息公开和公众沟通工作，确保公众知情权、参与权和监督权。环境保护部（国家核安全局）发布了《核与辐射安全监管信息方案》（试行）与《加强核电厂核与辐射安全信息公开的通知》，制定了《环境保护部（国家核安全局）核与辐射安全公众沟通工作方案》和《核与辐射安全监管信息公开管理办法》，明确了信息公开的适用范围、职责分工、信息公开的内容、时机、方法和渠道等。

核与辐射安全监管信息公开的主要内容包括：国家核与辐射安全法律、法规、标准、政策和规划，核与辐射安全行政许可程序及许可文件发布，核与辐射安全有关活动的安全监督检查报告、核设施总体安全状况、辐射环境监测结果、核与辐射应急预案、重要核与辐射事件（事故）及其调查处理结论等信息。

环境保护部（国家核安全局）与公众和媒体的主要沟通方式主要包括：

(1) 在环境保护部（国家核安全局）的官方网站上，及时发布重要的监管活动信息，如许可证颁发、重要的审评监督活动及结果、核设施建造事件和运行事件报告、辐射环境监测结果、核与辐射事故应急相关信息等；

(2) 利用网站、报纸、期刊、电视、出版物、宣传资料等，向公众宣传核与辐射安全相关知识和信息；

(3) 在重要的监管文件或决策发布前，采用信息公开、发放调查表、座谈会、听证会等多种形式，征询公众意见，接受公众的质询和监督；

(4) 邀请媒体参加重要的核安全监管经验交流活动，针对公众关切，组织专家在媒体上答疑解惑。

8.3 中国国家原子能机构

中国国家原子能机构内设行政司、系统工程司、国际合作司、综合计划司和科技质量司，以及国家核事故应急办公室、核材料管制办公室、同位素管理办公室。中国国家原子能机构的职责包括：

- (1) 负责研究和拟定中国和平利用原子能事业的政策和法规；
- (2) 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；
- (3) 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；
- (4) 负责核材料管制以及核设施实物保护；
- (5) 负责核出口审查和管理；
- (6) 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 活动；
- (7) 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；
- (8) 负责核设施退役及放射性废物治理。

8.4 国家能源局

2013 年 6 月，国家能源局经机构改革后内设机构调整为十二个，包括综合司、法制和体制改革司、发展规划司、能源节约和科技装备司、电力司、核电司、煤炭司、石油天然气司（国家石油储备办公室）、新能源和可再生能源司、市场监管司、电力安全监管司、国际合作司。

国家能源局在核领域的职责包括：

- (1) 负责核电管理，牵头拟定核电法律法规和规章；
- (2) 拟定核电发展规划、准入条件、技术标准并组织实施；
- (3) 提出核电布局和重大项目审核意见；
- (4) 组织协调和指导核电科研工作；
- (5) 组织核电厂的核事故应急管理工作；
- (6) 核电领域政府间国际合作与交流，负责政府间和平利用核能协定的对外谈判和签约工作。

8.5 国家卫生和计划生育委员会

国家卫生和计划生育委员会在核电安全管理方面的主要职责包括：

(1) 负责会同有关部门拟定放射性职业病防治法律法规，组织制定发布有关标准；

(2) 负责组织和协调国家核应急医学准备和救援工作，指导地方卫生部门做好核应急医学准备与处置。

9 许可证持有者责任

每一缔约方应确保核设施安全的首要责任由有关许可证的持有者承担，并采取适当步骤确保此种许可证的每一持有者履行其责任。

中国明确了对引起辐射危险的核设施或活动的人员或组织的安全负有主要责任，政府向负责运行设施或开展活动的营运组织或个人颁发核安全许可证，核安全许可证件是国家监管机构批准申请人从事与核安全有关专项活动（如核电厂选址、建造、调试、运行、退役等）的法律文件。

《中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例》第七条规定：

核电厂营运单位直接负责所营运的核电厂的安全，其主要责任是：

- (1) 遵守国家有关法律、行政法规和技术标准，保证核电厂的安全；
- (2) 接受环境保护部（国家核安全局）等部门的安全监督，及时、如实地报告安全情况，并提供有关资料；
- (3) 对所营运的核电厂的安全、核材料的安全、工作人员和公众以及环境的安全承担全面责任。

营运单位作为许可证持有者，对核电厂的安全运行负全面责任，该责任不因设计、制造、建造和监管人员的活动和责任而被减轻或转移；设计、制造、建造等单位也在其工作范围内承担相应的核与辐射安全责任。

“安全第一，质量第一”的方针和核安全目标是对所有承担核电厂工作单位的原则要求，营运单位必须对核电厂的核安全做出承诺。其他单位如设计、施工、供货商等都要对各自承担的安全责任做出承诺，并写入质量保证大纲的政策声明中，接受营运单位的检查和核安全监管机构的监督。每个单位要把做出的承诺落实到各自的目标管理之中。

对安全的承诺：所有与核电厂安全有关的重要活动都要达到安全规定的标准，并将核安全置于最高的优先位置，这一地位不会受到生产进度和经济效益的制约和影响；核电厂必须建立和维持核电厂有效的纵深防御，保护核电厂员工、公众和环境免受放射性的危害；建立安全评价体系，来监督和评价各项工作，不断发现和纠正工作中的失误和缺陷，追求高质量的工作目标，达到安全业绩的持续改进。

环境保护部（国家核安全局）及其地区监督站执行核安全检查任务。核安全检查连续贯彻于核电厂选址、设计、建造、调试、运行和退役的全过程和所有重要活动。核安全检查分为日常的、例行的和非例行的（特殊）。主要方法为：文件检查、现场观察、座谈和采访、测量或实验。

环境保护部（国家核安全局）依照《中华人民共和国民用核设施安全监督管

管理条例》、《中华人民共和国核材料管制条例》、《核电厂核事故应急管理条例》、《民用核安全设备监督管理条例》、《放射性物品运输安全管理条例》、《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》及其配套的法规和相关管理规定对许可证持有者的活动进行依法监督。

2011年，环境保护部（国家核安全局）出台《关于加强核电厂核与辐射安全信息公开的通知》，对许可证持有者在信息公开和公众沟通方面提出了要求。根据该通知，中国各许可证持有者积极响应，采取多种方式开展信息公开和公众沟通工作，如建立并进一步完善信息公开制度，建立信息公开平台和官方微博、微信，召开新闻发布会，发布白皮书、社会责任报告，开展公众开放体验日、核电科普进校园、进机关活动，建立科普传播平台，发放科普知识读本等。

各核电集团公司建立了核电集团核应急支援基地和支援队伍，并签署了《核电集团公司核电厂核事故应急场内支援合作协议》，建立了集团间相互支援协作机制；各邻近核电厂陆续签订了相互支援协议，编制了相互支援行动方案，建立就近快速相互支援机制，落实了核事故应急相互支援要求和机制。这些措施确保了核电厂许可证持有者拥有在现场有效管理事故和减轻事故后果所需的充足资源。

10 安全优先

每一缔约方应采取适当步骤确保从事与核设施直接有关活动的一切组织为核安全制定应有的优先政策。

10.1 安全政策与安全管理安排

中国在核安全相关活动中始终坚持“安全第一、质量第一”的根本方针，贯彻纵深防御的安全理念，采取有效措施，保障核安全。中国核电厂在选址、设计、建造、运行和退役活动中都必须把安全放在最优先的地位。所有参与这些活动的单位和个人都必须认真贯彻“安全第一、质量第一”的方针。

核电厂营运单位按照法规要求制定并颁布核安全政策，以使核电厂所有活动都能首先确保员工、公众和环境的安全，达到核安全管理目标。核电厂核安全政策包括“安全第一，预防为主”的指导方针；“安全至上，追求卓越”的安全理念；严格遵守国家核安全法律法规，以及向核安全监管机构所做的一切承诺等。

10.2 核安全文化

为实现良好的安全业绩，提高安全文化水平，各核电厂营运单位制定了核安全文化建设的长期计划，包括开展形式多样的核安全文化宣贯和培育活动、核安全文化自评估和外部独立评估，以提高全员责任意识，使决策层、管理层、执行层都能将确保核安全作为自觉的行动。三年来，核电厂针对核安全文化建设主要开展了如下持续改进工作：

(1) 进一步完善核安全文化评估体系

中国各核电集团公司依据 WANO 发布的《卓越核安全文化的特征》制定了核安全文化评估指南/导则和一系列核安全文化评估技术文件。各核电厂定期开展了全范围的核安全文化评估活动，每一次的核安全文化评估从准备、问卷调查到员工访谈持续近 2 个月，在评估过程中，核电厂领导高度重视、全体员工积极参与，所展示的评估结果与核电厂的核安全文化现状高度吻合，发现核安全文化的良好实践和薄弱环节，使核安全文化建设形成闭环管理。核电厂核安全文化评估体系文件已初具规模，体系文件注重建立统一、规范的要求、评估方法和程序，达到准确判断核电厂核安全文化的状况，查找核安全文化建设的强项、弱项的目的。

(2) 系统推进核安全文化建设

各核电厂营运单位均成立了安全文化推进组织。高层管理者重视对核安全文化建设的投入和参与，带头讲授核安全文化课程；重视对安全工作的资源投入，

努力营造非指责的安全文化，鼓励员工自觉、及时、完整、准确地报告所发生或发现的偏差；倡导建立学习型企业，不断建立健全各项制度和程序，通过构建学习型企业，倡导透明的报告问题的文化强化员工的安全意识。

(3) 加强安全管理制度建设

建立纵深防御安全管理系统，在“安全第一、质量第一”方针指导下，核电厂各级组织注重主动防御、保守决策。应用先进的安全管理理念和方法，建立安全管理制度，包括技术管理安全制度和安全监督制度。在安全管理的组织、制度、控制、监督、反馈、应急和改进等环节，建立起多重深度的安全管理机制，通过安全文化的渗透和员工基础素质的提升，将安全管理的各项制度与文化进行有机结合。

(4) 保持开放的态度

监管机构和核电厂重视国际间的交流与合作。一方面，主动申请 IAEA 的 OSART、IRRS 和 WANO 的同行评审活动，积极参与 IAEA、WANO 等国际组织的经验反馈信息共享平台，向其贡献经验和信息；另一方面，通过国际对标与交流，寻找差距，持续改进。

(5) 重视与承包商共同成长

核电厂重视与承包商的合作关系，不断带动承包商的核安全文化建设，构建统一的核安全文化语言。在承包商内部，既有与核电厂同步进行的各项安全文化教育及实践活动，也有具有自身特点的班组安全文化建设。

(6) 规范人员行为，预防人因失误

各核电厂十分注重工作人员良好行为习惯的培养，把防人因失误工具的使用要求贯彻到日常工作中，并且通过各种管理手段来提升人员行为，传递管理标准和期望，包括加强对防人因失误工具的培训以及开展行为观察等。

(7) 完善核电厂经验反馈体系建设

中国各运行核电厂和在建核电厂已建立了较为完善的经验反馈体系，并运转良好。各核电集团整合资源后编制了集团公司的经验反馈活动指南和经验反馈标准化流程执行程序，并建立了统一的经验反馈信息平台。中国核能行业协会建成了行业经验反馈体系，搭建了中国核电营运信息网（CINNO），实现了核电全行业的信息共享。

(8) 营造良好的沟通关系

通过每年定期召开协调会，不定期召开对话会、专题会、人员互访和交流等方式，监管机构与核电厂之间建立了良好的互动关系，增加了核安全审评和安全监督的透明度和公信力。同时，监管机构通过对核电厂安全管理的综合评价，协助核电厂发现改进余地，推动核安全文化建设。

10.3 核电厂同行评估与自评

为确保核电厂安全、可靠运行，中国核电厂不断学习国外核电厂的先进管理经验，并结合中国核电发展实践，不断完善核电厂内部评估和外部评估体系，如图 5 所示。

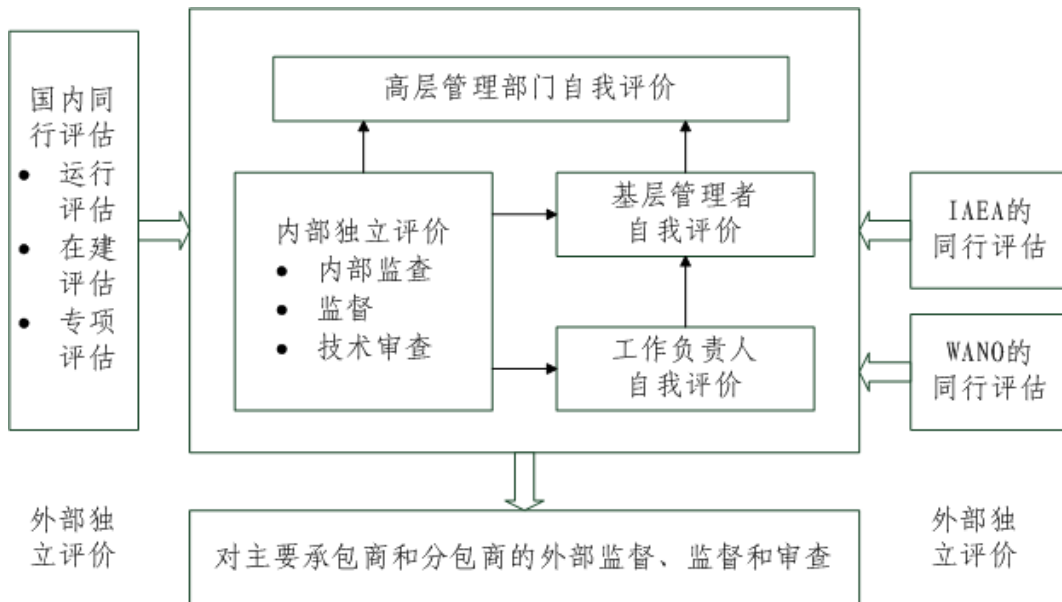


图 5 核电厂的评估体系

核电厂的内部评估体系包括核电厂内部独立评价和各管理层次的自我评价。独立评价由授权的部门或组织进行，通过监查、监督、技术审查等方式，对核电厂及其承包商的各项工作进行检查、验证，其结果作为自我评价活动的重要输入。

各级管理部门的自我评价贯穿于日常工作之中，目的在于确定他们在建立、促进和实现核安全目标方面的有效性，识别管理过程的薄弱环节和阻挠实现核安全目标的障碍，并加以纠正。高层管理者自我评价的重点是满足组织的战略目标，包括安全目标；基层管理部门侧重在对工作的监督和审查，包括对物项、服务和过程的监督，设计文件的审查和确认，程序和记录的审查，独立评价的观察和定期巡视设施。

核电厂同行评估是提高核电管理水平和安全业绩的重要手段。中国核电厂积极推进同行评估工作，大力开展核电厂生产运行、维修、技术、核安全文化等专项评估活动。通过相关的专项及综合评估活动，不断发现核电厂在生产运行、工程建设方面存在的待改进项，并通过原因分析，实施改进措施，提升管理水平。

环境保护部核与辐射安全中心根据《核安全文化政策声明》编制了《国家核安全局核安全文化特征》，并计划据此开展监管当局的核安全文化评估/评价活动。中国核工业集团公司和中国广核集团有限公司均已发布各自的核安全文化准则文件，并已经开展了核安全文化评估。

2013 至 2015 年, 秦山核电厂、大亚湾核电厂、秦山第二核电厂、岭澳核电厂、秦山第三核电厂、田湾核电厂、方家山核电厂、防城港核电厂、台山核电厂、三门核电厂及石岛湾核电厂分别接受了核安全文化评估, 为实现核安全文化的可知、可评、可测进行了积极探索, 通过评估找出待改进领域, 进行原因分析并实施改进措施, 提升管理水平。

三年来, 中国对运行核电厂继续实施国内运行综合评估及专项评估活动。在行业层面, 依托核电厂同行评估及经验交流委员会, 积极开展核电厂同行评估及经验交流技术支持及服务。核电厂同行评估及经验交流委员会于 2013 年制定并完善了运行核电厂同行评估五年滚动计划(2014-2018 年)和核电建设项目同行评估五年滚动计划(2014-2018 年), 统筹评估工作安排, 优化评估资源配置。2013 至 2015 年, 核电厂同行评估及经验交流委员会完成了 13 场同行评估活动和 5 期评估员培训班, 开展的同行评估活动包括运行综合评估以及人员绩效、公众宣传和 PSA 等领域的专项评估。

在核电集团层面, 根据核电厂的实际需求, 针对特定领域开展了专项评估活动, 使国内运行评估活动持续向纵深方向发展, 如文档管理、大修管理、生产准备等领域的专项评估。

与此同时, 随着中国核电厂的大规模建设, 中国将运行核电厂同行评估的理念和方法运用到在建核电工程中, 在行业和集团等不同层面, 组织相关技术支持单位开发了在建核电工程业绩目标和评估准则, 先后对工程项目业主单位、总承包商等组织实施了工程建设同行评估, 并在建设评估实践的基础上, 对评估标准和方法不断进行改进和完善。

此外, 中国核电厂还积极接受 WANO 同行评估。2013 年至 2015 年, 中国核电厂共接受了 22 次 WANO 同行评估活动以及 4 次评估回访, 其中包括 16 次 WANO PSUR 活动, 2 次 WANO 电力公司同行评估活动。同行评估专家识别出了认为值得向其他电厂推广的良好实践, 如“通过提升定子冷却水 PH 值方法有效解决了铜导管腐蚀问题”、“通过降低堆芯损毁概率(CDF)和增加安全相关设备的备用冷却, 提升核安全裕量”等, 同时针对同行评估中发现的待改进领域(AFI), 如“重复事件分析不足”、“管理层巡视不够严格”等, 各核电厂积极制定并落实改进措施。中国核能电力股份有限公司在 2014 年接受了 WANO 电力公司同行评估, 这也是中国首次开展 WANO 电力公司同行评估活动, 在此次评估中, “公众沟通”和“大修的规划和执行”被 WANO 评估队评为强项。

上述各次评估的结果表明, 被评估核电厂整体运行安全状况良好, 工程建设质量受控。同时, 评估活动也帮助被评估核电厂或工程项目找到了差距, 明确了改进目标和要达到的标准, 促进了安全、质量管理水平的进一步提升。中国核电厂接受的国内外评估活动清单(2013 年至 2015 年)见附件五, 中国核电厂计划接受的国内外评估活动清单(2016 年至 2018 年)见附件六。

10.4 监管和控制活动

10.4.1 核安全文化推进

为贯彻落实中国核安全观和国家安全战略,倡导和推动核安全文化的培育和发展,促进国家核安全水平的整体提升,保障核能事业安全、健康、可持续发展,中国积极推进全行业的核安全文化建设。

(1) 发布核安全文化政策声明

2014年12月,环境保护部(国家核安全局)会同国家能源局、中国国家原子能机构发布了《核安全文化政策声明》。该声明阐明了中国对核安全文化的基本态度,培育和实践核安全文化的原则要求,并结合中国实际对核安全及核安全文化的定义进行准确界定和描述,阐述了核安全文化的八大特性。

《核安全文化政策声明》既充分整合吸纳了各国先进经验和实践成果,又充分考虑了中国实践,是推动核行业核安全文化建设的重大举措,为核行业培育和发展核安全文化提供了指南。

(2) 开展核安全文化宣贯活动

为将《核安全文化政策声明》的要求和主张落到实处,环境保护部(国家核安全局)制定了核安全文化宣贯推进行动方案和实施情况考核方案,编制了包括法规标准汇编、典型案例剖析和案例汇编的宣贯材料,开展了范围广泛的核安全文化宣贯专项活动。通过召开宣贯大会、举行讲座座谈、设置宣传展板、制作核安全文化主题宣传片、举办主题展览、制作、核安全文化专刊、召开视频会议、利用QQ和微信等新媒体平台等多种方式,传播核安全文化的理念、要求与期望以及相关知识。专项活动覆盖了核能领域全体持证单位及其所有骨干人员,对隐瞒虚报零容忍,对违规操作零容忍。在专项活动期间,还成立了考核小组,制定了相应的考核检查方案,对所有持证单位进行了考核评估,对考核中发现的不足进行了跟踪整改,并做了经验反馈。

(3) 进一步完善核安全文化评估体系

环境保护部(国家核安全局)将核安全文化评估视为核安全文化建设的一项重要内容,在参照国际经验的基础上,根据《核安全规划》以及《核安全文化政策声明》要求,拟制定覆盖核行业各领域的核安全文化评估体系文件,建立由监管部门独立开展的核安全文化评估机制,发动核安全监督员开展日常文化观察,组织综合评估队开展专项评估。后续环境保护部(国家核安全局)将在核电厂核安全文化评估模型的基础上,开展试点,逐步将核安全文化评估推广至核安全设备等领域。

10.4.2 安全审评、许可和监督检查

环境保护部（国家核安全局）根据相关核安全法律法规的要求，对其负责的核设施/核活动策划并组织实施安全审评和许可活动，以确定核电厂营运单位符合国家核安全法规标准的要求，有足够的安全措施保障厂区人员、公众和环境免遭过量辐射危害。只有在通过安全审评之后，环境保护部（国家核安全局）方可颁发许可证件。

环境保护部（国家核安全局）通过检查核与辐射安全管理要求和许可证件规定条件的履行情况，督促许可证持有者及时纠正缺陷和异常状态，以及不符合核安全管理要求和许可证件规定条件的事项，必要时可采取强制性措施，以保障核设施/核活动的安全。环境保护部（国家核安全局）主要采取日常监督检查、例行/非例行监督检查，开展的工作主要包括：

- (1) 制定和有效实施各类核设施/核活动的安全监督大纲、实施程序和监督检查计划，组织实施现场监督检查，编制相应的监督检查记录和报告等。
- (2) 及时通报、评价和跟踪监督中发现的问题，直至得到有效解决。对重要不符合项和事件进行调查和分析，必要时开展专题研讨或专项研究。
- (3) 对被监管方严重违反核安全法规且未能及时有效处理的事项，可启动执法程序，包括发布书面警告/指令，终止或减少特定的活动，更改、中止或撤销许可证/执照以及罚款等。
- (4) 制定并有效实施核安全监督员、辐射安全监督员培训大纲，对核与辐射安全监督员进行选拔、培训、考核和资格授权，使之具备所监督领域的知识、经验和能力，并对其工作绩效进行定期评价。
- (5) 对监督过程和监督工作质量进行检查验证，对外部技术支持单位和外部专家的独立性和监督质量进行定期评价。

建立核与辐射安全监督数据库和管理系统，推进信息化建设，开展内外部信息交流和经验反馈。

11 财政资源和人力资源

1. 每一缔约方应采取适当步骤, 以确保有充足的财政资源可用于支持每座核设施在其整个寿期内的安全。

2. 每一缔约方应采取适当步骤, 以确保备有数量足够、受过相应教育、培训和再培训的合格人员, 在每个核设施整个寿期内在该设施中或为该设施从事一切有关安全的活动。

11.1 财政资源

中国政府每年投入一定数量的经费, 用于核电技术的开发和核安全技术的研究。中国政府充分发挥政府导向作用, 建立有效的经费保障机制, 加大对核安全与放射性污染防治的财政投入, 推动规划项目落实, 完善核安全管理的资金管控模式, 对涉及核应急、核保险与核赔偿、民用核设施放射性污染防治、公益性核安全基础设施建设等需要政府和企业共同承担的费用, 明确规定资金来源、出资方式、审批流程、资金用途, 严格审查资金流向, 确保资金筹集和使用到位。

中国核电厂每年用于安全运行和安全改进的费用, 由核电厂营运单位自行解决。核电厂投入运行后, 每年从发电收入中提取一定比例的资金, 留作核电厂本身的安全改进、放射性废物管理和最终的退役费用。核电厂的年度计划及财政预算中优先安排用于安全改进的项目及费用。中国核电厂针对福岛核事故的安全改进费用约为 1 亿元人民币/台机组。

《中华人民共和国放射性污染防治法》明确规定:

核电厂营运单位应制定核电厂退役计划。退役费用和放射性废物处置费用应当预提, 列入投资概算或生产成本;

国务院环境保护行政主管部门负责对核电厂实施监督性监测。监督性监测的建设、运行和维护费用由财政预算安排。

《核电厂核事故应急管理条例》规定: 场内核事故应急准备资金由核电厂承担, 列入核电厂工程项目投资概算和运行成本。场外核事故应急准备资金由核电厂和地方政府共同承担, 资金数额由国务院指定的部门会同有关部门审定。核电厂承担的资金, 在投产前根据核电厂容量、在投产后根据实际发电量确定一定的比例交纳, 由国务院计划部门综合平衡后用于地方场外核事故应急准备工作; 其余部分由地方政府解决。

为进一步规范核事故应急准备资金的收缴和使用, 加强核电厂核事故应急准备专项收入的管理, 2007 年发布了《核电厂核事故应急准备专项收入管理规定》, 对核应急准备专项收入的来源、上缴标准和比例、收缴时间和方式、应用范围、

预算和决算机制、监管机制等作了进一步明确的规定。

中国建立了核事故责任保险制度，要求核电厂购买第三方责任险。2007年，中国政府要求核电厂营运者对一次核事故所造成的第三者责任险最高赔偿限额从原来的1800万元人民币调至3亿元人民币。核事故损害的应赔总额超过规定的最高赔偿额的，国家提供最高限额为8亿元人民币的财政补偿。对非常核事故造成的核事故损害赔偿，需要国家增加财政补偿金额的由国务院评估后决定。

11.2 人力资源

核电厂依据核安全法规设置了人力资源管理部门，并配备称职的管理人员和足够数量的合格工作人员。运行核电厂依据核安全导则《核电厂定期安全评审》的要求，在核电厂开始运行以后每十年进行一次PSR。PSR按五大类14个安全要素展开，其中包括对核电厂人力资源配备的审查。

11.2.1 人力资源保证措施

中国政府积极制定人才教育和培养规划，以满足核电发展对人力资源持续增长的需求，国家、企业和高等院校科研院所在科研、设计、燃料、制造、运行和维修等环节，及核电设计、核工程技术、核反应堆工程、核与辐射安全、运行管理等专业领域，大力加强各类人才的培养工作，加强投入，做好人才储备。

(1) 完善人才培养体系：通过政府扶持、大学和企业通力合作的方式，在大学建立核电相关专业，扩大高等院校核专业人才招聘规模，优化学科专业结构，并将大学基础教育、专业教育与企业的岗前培训和岗位培训有机结合，已逐步形成“校企联合培养”或“订单+联合培养”的培养模式。

(2) 拓宽人才培养和招聘途径：通过高校扩招、社会招聘、聘用国内外专家等方式满足人力资源的需求。针对核电发展所需的设计、工程和运营等各类人才特点，构建不同的培养模式。

(3) 重视高端人才的需求：在新项目启动之前，超前选拔、培养各类高端核心人才；通过扩大核电领域的教育交流与合作，培养具备国际视野的管理及技术骨干；积极利用社会资源，引进核电所需的高端人才。

(4) 积极建立核电专家支持体系：通过组建不同层面的核电专家委员会、专题领域的技术工作小组等，在国内外、行业内外、广泛收集人才信息，建立人才信息资源库，搭建核电人才共享平台；利用核电技术支持单位的人才与技术资源为监管部门、行业主管部门和核电营运单位的重大活动与决策提供专家咨询和建议。

(5) 开展人才交流：在核电厂内部各部门之间、核电集团内各核电厂之间、各核电集团高层领导之间实施人员岗位轮换，通过这种方式实现核电人才的流

通，积累和交流管理经验。

11.2.2 操纵人员的考核与执照管理

《民用核设施安全监督管理条例》实施细则《核电厂安全许可证件的申请和颁发》规定：持中华人民共和国核电厂《操纵员执照》或《高级操纵员执照》方可操纵核电厂反应堆控制系统。操纵人员执照的有效期为两年，离开本职工作六个月以上者，原有执照自行失效。此外，实施细则《核电厂操纵人员执照颁发和管理的程序》对操纵人员的执照颁发和管理提出了明确要求。

根据法规要求，核行业主管部门发布《核电厂操纵人员执照考核管理办法》、《核电厂操纵人员执照考试规则》以及《核电厂操纵人员执照考核标准》，规范核电厂操纵人员的考核和执照管理活动。中国卫生与计划生育委员会发布的《核电厂操纵人员的健康标准和医学监督规定》，明确规定了操纵员的健康要求，以及对操纵员进行医学监督的具体要求。

核电厂操纵人员必须经过严格的培训，并通过由国家能源局的核电厂操纵人员资格审查委员会组织的执照考试和资格审查，再经环境保护部（国家核安全局）核电厂操纵人员资格核准委员会的审查和核准后，获得环境保护部（国家核安全局）颁发的《操纵员执照》或《高级操纵员执照》。环境保护部（国家核安全局）对考试的全程进行跟踪和监督。

2014年，国家能源局对《核电厂操纵人员执照考核标准》进行了修订，增加了 AP1000、EPR、高温气冷堆操纵人员执照考核的笔试考试的内容和范围，并将核电厂操纵人员心理测评的结果作为核电厂操纵人员取得资格的参考。申请执照的考试除了笔试、模拟机考试、口试外，还增加了现场考试。同时，为加强新建核电厂操纵人员培训，环境保护部（国家核安全局）积极探索优化人员资质管理机制，提出新建核电厂可通过影子培训委托运行核电厂培养操纵人员。

按照环境保护部（国家核安全局）的规定，核电厂的每个运行值中至少有一名值长，对于同时运行一座反应堆以上的，运行值高级操纵员人数至少应比运行的反应堆多一人。截至 2015 年底，中国商业运行核电厂操纵人员执照情况见附件七。

11.2.3 核电厂人员的培训和考核

环境保护部（国家核安全局）2004 年 4 月发布并实施的《核动力厂运行安全规定》对核电厂营运单位的人员资格和培训提出了具体的要求。核电厂运行人员的招聘、培训、再培训和授权具体按照核安全导则《核电厂人员的配备、招聘、培训和授权》进行。2013 年 5 月，环境保护部（国家核安全局）对此导则进行了全面的修订，从核电厂人员胜任力和资格要求、招聘和选拔、培训与授权等方面

进行了详实的规定。

核电厂根据相关法规、导则和标准的要求,结合具体的岗位划分和任务分析,确定各岗位的资格要求,制定并实施各类人员的培训/再培训大纲和程序。核电厂的工作人员只有经过适当的培训、考核合格,并取得上岗工作资格或授权后,才能进行相关的工作。

核电厂对人员资格和授权实行有效期管理,超过有效期时,根据特定岗位的要求办理延期或换证手续,并通过再培训和再授权,确保人员能持续满足所在岗位的需要。中国核电厂对中外承包商人员的培训、授权和资格管理,按核电厂的同等要求进行,并通过承包商管理政策加以严格控制和监督,将承包商、供应商的培训等纳入核电厂的培训计划,加大培训力度,确保承包商工作有效实施。

近三年来,核电厂对人员的培训和考核进行了持续的改进,具体如下:

(1) 加强培训机构建设

中国各核电厂设有专门的培训机构负责培训的策划、实施、评价和改进,并配置了设施完善的培训中心及各种训练室,包括全范围培训模拟机(模拟机的工况包括正常工况和异常工况)、各类原理模拟机、培训模拟机/模拟体技能培训中心、防人因失误行为训练中心、技能训练室、工业安全训练室等。

(2) 不断提高培训教员能力

目前,中国的培训机构已形成了“以专职教员为主体,以兼职教员为补充”的教员队伍,要求模拟机教员、技术理论教员和技能培训教员具备丰富的现场经验和技术能力。通过建立教员的激励制度,鼓励教学、保持并不断提高教员的培训技能和水平,并与国际先进核电企业培训机构如法国电力公司(EDF)的FA3培训中心建立长期深入的合作伙伴关系,建立双方教员相关技术支持机制,选派教员到国外进行授课支持,提升教员能力。

(3) 逐步建设网络学习平台

近年来,各核电集团逐步完成网络学习体系课程建设,如视频课程、微课程等,并依托核电企业移动学习平台上线运行,同时,自主建成事故后分析模拟机移动教学平台,实现手机或普通PC机上运行,为远程移动教学等新培训模式的实施提供平台支撑。

(4) 将经验反馈事件有效融入培训课程

各核电集团,通过资源整合和统一投入,建立人员培训基地,并逐步建立培训课程联合开发运作机制,并有效将各电厂经验反馈事件融合到运行、维修、生产管理、安全质量、防人因等课程当中。

(5) 加强核电厂操纵人员的培训与考核

核电厂营运单位调整了持照人员对超设计基准事故的培训和演练计划,加强了对核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,重新制定了SAMG培训计划和复训周期。反应堆持照人员重新学习丧失电源相关事

故规程。2013 年,首次引进国际先进的严重事故分析程序 MAAP5 与 CPR1000 全范围模拟机相结合建设而成的中国首台严重事故全范围模拟机投入培训,该模拟机可为高级运行人员、应急支持和指挥人员提供严重事故培训,并用于严重事故演习、严重事故导则验证及缓解措施研究等。同时,在同行评估中应用运行值绩效观察(CPO)对操纵人员、值长、安全工程师等人员的绩效进行有效评估,帮助其提高绩效。

借鉴 INPO 等国际经验,核电厂营运单位完成了运行值长、安全工程师和隔离经理等运行高级岗位的培训系统建设,规范和优化了运行高级岗位人员的培养模式,有效确保其安全意识和技能水平。

(6) 进一步完善系统化培训方法的应用

目前,系统化培训方法在中国核电行业已普及应用。岗位任务分析、培训需求分析、培训目标与培训大纲的制定、培训/考核的实施与评价,已涵盖核电厂所有生产相关岗位,内容涵盖了培训体系的设计、培训设施的建设和培训实施等各个方面。近年来,核电厂更加注重培训需求调查,有针对性地设计有效课程,开展覆盖核电技术、安全质量、防人因失误、模拟机、技能操作等培训领域的教学评估活动,以实现培训活动的闭环管理。

根据核电厂现状和运行经验反馈,对培训教材进行不断改进和完善,并向在建核电工程推广;针对核电特有的专业和岗位,开展相应的技能培训与授权;更加重视管理技能的系统化培训与能力开发、重要维修岗位的技能培训与评价、防人因失误技能的培训与能力开发以及重要技术支持领域的技能培训与开发;在建核电项目从工程伊始,就采用系统化培训方法对核电厂的培训管理体系进行整体策划和安排等。

11.2.4 注册核安全工程师制度

2002 年,中国政府制定并发布了《注册核安全工程师执业资格制度暂行规定》,国家依据该项规定对在核能应用及为核安全提供技术服务的单位中从事核安全关键岗位工作的专业技术人员实行执业资格制度,纳入国家专业技术人员职业资格证书制度,统一规划管理。2003 年,人事部和环境保护总局联合发布了《注册核安全工程师执业资格考试实施办法》和《注册核安全工程师执业资格考核认定办法》。2004 年,制定颁布了《注册核安全工程师执业资格注册管理暂行办法》。2005 年,制定颁布了《注册核安全工程师继续教育暂行规定》。同时,开发了《注册核安全工程师岗位培训丛书》,涉及核安全相关法律法规、核安全综合知识、核安全专业实务和核安全案例分析。

经过相应的系统培训和对申请参加考试人员的资格认定后,每年由国家统一组织考试。考试合格后取得《中华人民共和国注册核安全工程师执业资格证书》并经注册登记后执业,注册核安全工程师注册有效期为 2 年。注册核安全工程师

实行继续教育制度。

注册核安全工程师的执业范围是：核安全审评、核安全监督、核电厂操纵与运行、核质量保证、辐射防护、辐射环境监测、环境保护部（国家核安全局）规定的其他与核安全密切相关的工作领域。

自 2004 年实施第一批注册核安全工程师执业资格考核认定及考试以来，截止到 2015 年底，有效注册总人数达 1900 人。2013 年至 2015 年间，环境保护部（国家核安全局）共举行全国注册核安全工程师执业资格考试 3 次，通过考试人员 1048 人，办理注册人员 3046 人。

2014 年，环境保护部（国家核安全局）举办注册核安全工程师继续教育培训班 2 期。2015 年，发布《关于加强注册核安全工程师注册管理的通知》，提高注册频次，增加网上公示环节。

12 人因

每一缔约方应采取适当步骤，以确保在核设施的整个寿期内都要考虑到人的工作能力和局限性。

12.1 防止和纠正人因失误的监管要求

中国重视人因方面的研究，寻求防止和纠正人因失误的管理措施和有效方法，以维持并提高核电厂的安全水平。这些措施贯穿核电厂的整个寿期，并在相关的核安全法规和导则中加以明确。主要措施包括：

(1) 在设计、建造和运行管理中贯彻纵深防御的概念，保证安全有关的全部活动（包括与组织、设计或人员行为有关的方面），均处于重叠措施的防御之下，即使有一种防御失效，亦将得到补偿或纠正；

(2) 在核电厂的设计初期就全面考虑人为因素和人机接口，贯彻于设计全过程，并在适当阶段对人为因素进行验证和确认；

(3) 对核电厂厂区人员的工作场所和工作环境，按照人机工效学原则设计，优化核电厂的布置和规程，包括运行、维修和检查；

(4) 在核电厂控制室设计中，考虑运行人员的工作环境、人因失误的可能性、运行人员的反应时间和降低运行人员的体力和脑力劳动的强度，使得在正常运行或事故工况下能有效执行相应的安全操作规程；

(5) 对核电厂运行重要岗位配备足够数量的合格人员，明确规定职责、权限和联络渠道；提供充分有效的培训和考核，承担重要安全工作的人员须持有国家核安全部门颁发或认可的资质证书；严格依照核电厂程序和运行规程履行职责，对规程和程序严格审批、定期审查和及时更新；

(6) 利用内外部独立评价和自我评价，定期审查核电厂的运行情况，巩固和强化安全意识，防止过分自信和自满情绪；利用系统评价和使用内外部人因方面的运行经验反馈，及时采取技术或管理措施加以预防或纠正人因失误，以达到持续改进。

(7) 将人因纳入核电厂 PSR 审查范围。审查要求检验人因状态，以确定人因状态符合已被认可的良好实践，不会对风险有不可接受的贡献。

福岛核事故后，对于新建核电厂提出了优化运行人员操作的设计考虑，包括以下内容：

- 人机接口必须设计成能够为操纵人员提供全面而易处理的信息，并与做出决定和采取行动所需的时间相适应，必须为辅助控制室采取类似措施。

- 在整个设计过程中应充分考虑人因问题，这不仅限于主控室运行人员，而且包括现场运行、试验和维修等人员。在可能发生人机关系的各个方面都应提供良好完善的人机接口，以减少人员失误的可能性，还应充分重视运行经验反馈。
- 设计中应充分应用人机工效学原理，合理设计系统及其自动化控制功能，减少运行人员的负担，应为运行人员提供足够和易于管理的信息，使其能清楚地了解核电厂所处状态，包括严重事故状态。在需要运行人员干预前，应为其留有足够的宽容时间。

12.2 许可证持有者及营运者采取的措施

根据中国核安全法规和导则的要求，核电厂营运单位结合本厂实际情况，通过采取以下措施加强人因管理：

(1) 明确人因管理组织机构和岗位职责，通过不断加强岗位责任人制度、监护制度，建立并执行突发事件的响应和决策机制，理顺各种接口关系和工作过程，减少协调管理和决策过程中的人因失误。

(2) 通过增加机组及房间语音提示和规范机组标识、工程改造等“硬屏障”，减少人因失误。

(3) 不断健全各类管理制度和人员行为规范，通过领导示范、各种形式的管理巡视、人因失误时钟管理、工作许可制度、人因事件根本原因分析制度、内外部经验反馈制度等，加强电厂的管理。

(4) 全面推广各项防人因失误工具的使用，预防人因失误。开发防人因失误工具卡，将工作现场最常见的失误类型、失误陷阱以及常用工具正确的使用方法体现在卡片上，包括工前会、使用遵守程序、自检、监护、独立验证、三向交流、质疑的态度、不确定时暂停等，并印刷成册分发到电厂员工及承包商。

(5) 积极开展针对防人因失误工具的观察指导、防人因失误工具使用的绩效专项评估、人员绩效访谈和问卷调查等活动，对防人因失误工具的应用和效果进行评价，建立人员绩效数据库，实现人员行为数据的收集、分析、监测、跟踪和纠正，达到持续提高核电厂人员绩效水平的目的。

(6) 开展人员绩效专项评估，从员工行为、领导者行为和组织的流程与价值观三方面进行全面评估。核电厂在高标准建设厂房、改善设备运行环境以及通过正激励的方式提升人员绩效等方面被认为是值得推广的良好实践。

(7) 加强防人因失误课程体系建设，从课程的起点人因基础理论开始，到防人因失误工具的单项训练，最后通过在实验室建立综合性的作业场景将理论知识、技能及各类人员的作业规范融合在一起进行综合性的行为训练。部分领域(如运行、维修及化学领域)开发了专门的防人因失误手册及培训教材。

(8) 继续加强防人因失误试验室的建设和完善工作，按照防人因失误工具

的要求开发训练设备、设计培训场景、选拔和培训教员，初步建立了防人因失误训练课程体系，并结合生产实践对不同层面人员进行有针对性的培训，规范和训练学员良好的思维方式和行为习惯。

(9) 结合自身情况开发人因管理大纲，部分核电厂将防人因失误培训纳入基本安全授权培训。

(10) 通过开展诸如防人因失误竞赛等形式多样的活动，培养并提高员工的防人因失误的意识和技能。通过举办核电厂人因管理培训班，核电厂人因管理现场学习与研讨活动，组织核电厂人因管理经验交流会议，进一步加强各核电厂之间的经验交流。

(11) 在行业层面，积极开展人因研究，从个人、制度、组织管理和文化等方面进行深入研究，探寻减少人因失误的方法和途径。

12.3 监督管理和控制活动

中国核安全监管机构在相关核安全法规和导则中明确规定与人因有关的技术要求和管理要求，并通过核安全审评与监督，使有关人因方面的各项要求在核电厂设计、建造和运行过程中得到有效贯彻与实施。主要核查内容包括：核电厂许可申请文件中，与人因有关的技术与管理措施；核电厂组织机构设置，质量安全相关岗位的人员配备、培训、考核与授权；核电厂人因相关缺陷/事件的报告、分析与反馈等。

三年来，环境保护部（国家核安全局）在人因方面的监督管理活动包括：

(1) 环境保护部（国家核安全局）重视人员因素对核安全的影响。在核电厂安全分析报告中，设置了专门的章节，用于审查和评估考虑人因工程后的核电厂设计输入；环境保护部核与辐射安全中心也成立了相应的处室，负责人因问题的审查和评估。

(2) 环境保护部（国家核安全局）、国家能源局、中国国家原子能机构、核电厂营运单位、企业集团和技术支持单位定期召开人因专题研讨会，及时对人因事件进行分析和反馈。

(3) 从个人、制度、组织管理和文化等方面进行深入研究，探寻减少人因失误的方法和途径。2015年，组织开展了关于操纵人员心理健康的调查研究，形成《核电厂操纵员心理健康及心理测评工作调研报告》。

(4) 环境保护部（国家核安全局）积极开展核电厂岗位适应性评价监管的研究，计划在国内开展相关专题的调研和研讨，研究制定核电厂岗位适应性评价技术导则等。

(5) 2014年环境保护部（国家核安全局）联合国家能源局和中国国家原子能机构发布了《核安全文化政策声明》。环境保护部（国家核安全局）开展了核安全文化宣贯行动。同时，环境保护部核与辐射安全中心组建了核安全文化专家

团队，正在开展核安全文化评估模型的建立和核安全评估程序的编制工作，为现场监督员开展对核安全文化的检查提供技术支持，并促进监管机构对核安全文化的监督与管理。根据核电厂的营运单位和承包商的要求，环境保护部（国家核安全局）派出核安全文化专家进行讲解和培训。

13 质量保证

每一缔约方应采取适当步骤，以确保制定和执行质量保证计划，以便使人相信一切核安全重要活动的具体要求在核设施的整个寿期内都得到满足。

13.1 质量保证政策

中国核电厂始终坚持“安全第一、质量第一”的方针，按照《核电厂质量保证安全规定》的要求，制定并实施核电厂各阶段的质量保证大纲，对核电厂各项质量相关工作的管理作出规定，并为完成所有对质量有影响的活动提供适当的控制条件。

核电厂最高管理者对质量保证大纲的有效实施承担全面责任。所有从事与核电厂安全、质量有关工作的人员都要遵守质保大纲的各项要求，同时也有责任和义务报告所发现的质量问题。设立独立的质量保证部门负责质保大纲的制定和管理，并通过检查、监督和监查来验证大纲实施的有效性。质量保证部门有权在处理质量问题时，不受进度和经费的约束，直至质量问题得到有效的处理和解决。

13.2 质量保证的基本要素

《核电厂质量保证安全规定》明确规定了各项质量保证基本要求，主要包括：

(1) 制定并有效实施核电厂质量保证总大纲和每种工作的质量保证分大纲；制定书面的程序、细则及图纸，并对其进行定期的审查和修订；定期进行管理部门审查，确定质量保证大纲的状况和适用性，并在必要时，采取纠正措施。

(2) 建立有明文规定的组织结构，明确规定职责、权限等级及内外联系渠道，控制并协调单位间的工作接口；控制人员的选拔、配备、培训和资格考核，确保工作人员达到并保持足够的业务熟练程度。

(3) 对工作执行和验证所需要的文件，要控制其编制、审核、批准、分发和变更，防止使用过时或不合适的文件。

(4) 对设计过程、设计接口、设计变更进行控制，对设计进行验证，确保将规定的设计要求正确体现在技术规格书、图纸、程序或细则中。

(5) 控制采购文件的编制，对供方进行评价和选择，对所购物项和服务进行控制，以保证符合采购文件的要求。

(6) 对材料、零件和部件进行标识和控制，控制物项的装卸、贮存和运输，对安全重要物项进行适当的维护，以确保其质量不受到损害。

(7) 对核电厂设计、制造、建造、试验、调试和运行中所使用的影

的工艺过程进行控制，保证这些工艺由合格人员、按认可的程序、使用合格的设备来完成。

(8) 制定并有效实施检查和试验大纲，验证物项和活动满足规定要求，证明构筑物、系统和部件将能满意地工作。控制测量和试验设备的选择、标定和使用，对检查、试验和运行状态进行标识和控制。

(9) 控制不符合项的标识、审查和处理，规定审查处理的责任和权限，对经修理和返工的物项重新进行检查。

(10) 鉴别和纠正有损于质量的情况。对严重有损于质量的情况，要查明起因和采取纠正措施，以防止其再次出现。

(11) 建立并执行质量保证记录制度，控制记录的编号、收集、索引、归档、贮存、保管和处置，确保记录清楚、完整、正确，能提供物项和/或活动质量的足够证据。

(12) 建立并执行内、外部监查制度，验证质量保证大纲的实施及其有效性。对监查中发现的缺陷必须采取纠正措施，并通过后续行动加以跟踪和验证。

此外，制定了十个质量保证安全导则对上述基本要求提出了一系列补充要求和实施建议。

13.3 核电厂质量保证大纲的制定、实施、评价与改进

中国各核电厂对质量保证体系建设都给予了高度重视，每年都投入大量的人力和物力以保证体系有效运作和各项安全目标的实现。设置专门的质量保证部门，并赋予足够的权力，对危及安全、质量的活动进行有力制止和控制，直至问题得到有效解决。

13.3.1 质量保证大纲的制定

核电厂质量保证大纲一般分为设计和建造、调试、运行以及退役四个阶段制定，由核电厂营运单位根据核安全法规及相关导则要求编制，并作为申请相应阶段许可证件的材料之一提交给环境保护部（国家核安全局）审核认可。核电厂重要承包商按照核安全法规及合同要求，制定和实施与其承担工作相适应的质量保证分大纲。承包单位的质量保证分大纲要提交核电厂营运单位审查认可，对从事民用核安全设备设计、制造、安装、无损检验活动的单位，其质量保证分大纲还要报环境保护部（国家核安全局）审查。

13.3.2 质量保证大纲的实施

中国核电厂将质量保证作为有效管理的重要工具。通过对要完成的任务作透彻的分析，确定所要求的技能，选择和培训合适的人员，使用适当的设备和程序，

创造开展工作的良好环境,明确承担任务者的个人责任,验证活动是否正确进行,并产生证明已达到质量要求的文件证据来有效地实施质量保证大纲。

13.3.3 质量保证大纲的评价和改进

核电厂质量保证部门负责质量保证大纲的制定、管理、监督、评价和改进。质量保证部门独立于其他部门,且直接向最高管理者报告工作。质量保证部门通过执行有计划的内、外部质量保证监督、监查、审查和评价,发现质量保证体系中存在的缺陷,并及时加以改进。同时,对不符合项和纠正措施进行严格管理,收集、分析各种质量信息及其趋势,并定期向高层管理部门报告。必要时,迅速采取相应的纠正行动。

质量保证部门对质量保证大纲的适宜性和有效性定期进行审查。重点审查评价期内所进行的内外部质保监查和监督的结果以及其他有关信息,如质量问题、纠正措施状况、质量趋势、事故和故障以及人员资格和培训情况等。根据评审中发现的大纲缺陷、管理缺陷、质量缺陷等,分析原因,制定并实施针对性的纠正措施,并及时以书面形式通知有关单位和部门。

三年来,各核电厂在执行中国核安全法规的同时,在质量保证领域主要完成了以下工作和改进:

(1) 各核电厂为持续做好质量管理工作,推进质量工作的持续改进和稳步提升,增强全体员工的质量意识和责任心,组织开展了形式多样、内容丰富的质量月活动,如质量文化的宣贯、质量知识讲座、质量知识竞赛、各种质量检查、专业技能竞赛、质量经验反馈等。

(2) 各核电厂积极推进质量文化建设,通过制定、发布、宣贯质量方针、质量价值观、质量行为准则、质量行为规范、质量格言等形式推进质量文化建设;秦山核电基地通过评选获得“全国质量文化建设标杆单位”荣誉。

(3) 各核电厂积极开展 QC 小组活动,QC 小组成果在电力行业、电力集团公司、省、市级质量协会或质量管理机构组织的各种 QC 小组成果发布会上评比和发表。

(4) 各核电厂均建立了质量、环境和职业健康一体化的管理体系,为审查管理体系文件充分性和实施有效性,每年进行管理部门审查活动,找出薄弱环节,识别改进机会和变更需要,确定预防措施和改进措施。同时,通过独立第三方机构定期开展核电厂质量、环境和职业健康安全管理体系认证。

(5) 核电厂根据组织机构变化及大纲实施情况对质量保证大纲适时进行修订升版,并及时报送国家监管部门审评,以保证质量保证体系的持续适宜性和质量保证大纲实施的有效性。

(6) 核电厂有效开展内外部质保监查工作。依据质量保证监查程序,结合单位特点和工作实践,由质量保证部门整体策划并制定年度内外部质保监查计

划,对内部以部门为单位开展监查工作,评价各部门责任范围内的大纲执行的有效性,监查范围覆盖核电厂所有生产相关部门及质量保证大纲的所有要素;对承包商实施外部质保监查,以验证承包商执行合同的情况及其质保体系的实施情况。对多个核电厂共同的承包商,在核电集团内采取联合监查的形式,以实现监查成果和资源的共享,提高监查活动的效率。

(7) 核电集团公司整合并优化各核电厂的合格供应商资源,建立了核电集团合格供应商名录,对设备、材料、备品备件、服务等供应商进行统一、分类、分级管理,并在集团内部进行统一的合格供应商资格评价。各核电厂对供应商的质保体系、工作过程 and 实际业绩进行监督、评价与信息共享,对重要核安全设备实施驻厂监造,强化关键环节的质量监督、质量验证与验收。

(8) 运行核电厂紧紧围绕机组运行相关活动开展质保监督工作,重点对大修活动进行监督,强化遵章守纪和严格执行程序的意识;针对每次大修活动,成立大修质量保证组织机构,制定了大修质保监督计划,对大修准备和实施阶段开展质保监督。

(9) 在建核电厂根据质量保证大纲的要求,建立了业主、监理单位、总承包商、承包商/供应商等多层次的质量管理验证体系,使在建核电厂的设计、采购、建造和调试活动处于受控状态,确保安全质量相关活动的质量满足适用法规标准的要求。同时,接受来自集团、行业、政府层面的管理和监督。

(10) 在建核电厂为了加强质量保证体系的有效性,根据工程进展,编制人力资源需求规划,配备岗位所需的工作人员,开展了全面的质量保证培训,以满足工程建设需要。对于重大施工方案进行专家评审,并加强过程巡检;对不符合项采取分类分级管理,并制定了相应的审查、审批、跟踪、处理程序;对发现的问题,按问题轻重及紧急程度,以口头告知、邮件告知、质量观察报告(QOR)、纠正措施要求(CAR)、停工令(SWO)等形式来记录、跟踪和处理相关质量问题。

13.4 监督管理和控制活动

环境保护部(国家核安全局)及地区监督站对各核电厂的重大安全质量活动进行了一系列的监督检查,严格依据核安全法规及相关政策文件的要求,认真履行核安全监督职能。三年来,主要开展了以下监督管理和控制活动:

(1) 在现行 HAF003 的基础上,融入 IAEA GS-R-3 的最新理念和方法,结合中国多年的质量保证管理实践经验,环境保护部(国家核安全局)组织修订《核电厂质量保证安全规定》,在修订时既保证法规的延续性,又确保法规的更新。

(2) 针对“华龙一号”等自主化设计核电厂示范工程,开展了四台“华龙一号”机组质量保证大纲(工程设计和建造阶段)的审评工作。

(3) 开展核安全监督检查确保营运单位质量保证体系的有效性,重点关注:

核设施设计与建造质量保证大纲、运行质量保证大纲的实施情况、联合持照模式下核电厂运行质量保证大纲的实施结果、运行现场管理、在役检查大纲、定期试验大纲和维修大纲的实施情况和结果。对重大安全、质量活动，在相关的质量计划上选取控制点，并到现场进行监督、见证；对重大安全、质量活动的结果组织技术审核及验证。

(4) 完善规范不符合项报送制度，制定重大不符合项管理要求，汇总分析不符合项信息。根据经验反馈锁定监管重点，强化核电厂建造不符合项的调查处理，严格审评，妥善、审慎处理重大不符合项。组织完成 AP1000 主泵研发和制造阶段出现的一系列重大不符合项的审评跟踪，组织对 AP1000 爆破阀、阳江蒸汽发生器管板损伤、田湾反应堆压力容器螺栓孔损伤等重大不符合项进行审查。

(5) 针对发现的质量问题，快速响应，采取有效措施积极应对。针对 EPR 项目压力容器顶盖锻件成份偏析问题，环境保护部（国家核安全局）要求台山核电厂迅速开展排查和分析工作，组织专家队伍对台山核电厂可能存在的类似问题深入进行评估研判，并对所有核设施制造厂进行了一次全面检查。

14 安全评价与验证

每一缔约方应采取适当步骤以确保：

（i）在核设施建造和调试之前及在其整个寿期内进行全面而系统的安全评价。此类评价应形成文件并妥善归档，随后根据运行经验和新的重要安全资料不断更新，并在监管机构的主管下进行审查；

（ii）利用分析、监视、试验和检查进行核实，以确保核设施的实际状况和运行始终符合其设计、可适用的本国安全要求以及运行限值和条件。

14.1 核电厂安全评价和验证的法规要求

《核动力厂设计安全规定》要求必须对核电厂进行全面的安全评价，以证实交付制造、建造和竣工的设计满足设计过程开始时提出的安全要求。安全评价必须成为设计过程的一部分，同时在设计和证实性分析活动之间存在迭代过程，而且随着设计计划的进展其范围不断扩大和详细程度不断提高。安全评价必须基于安全分析得到的数据、以往的运行经验、支持性研究的成果，以及经验证的工程实践。在安全评价提交国家核安全监管部门以前，核电厂营运单位必须保证由未参与相关设计的个人或团体对安全评价进行独立验证。

环境保护部（国家核安全局）参照 IAEA 相应的核安全标准和其它有关的国家标准，制定了《核动力厂安全评价与验证》和有关核电厂安全评价与验证的一系列核安全导则。《核动力厂安全评价与验证》为设计单位在初始设计和设计修改过程中对核电厂进行安全评价提供了建议，也为营运单位对于新核电厂（使用新的或现有设计的）的安全评价进行独立验证提供了建议。实施安全评价的建议也适用于指导对现有核电厂进行安全审查。依据现行的标准和实践对现有核电厂进行安全审查，其目的在于确定是否存在影响核电厂安全的任何偏离。《核动力厂安全评价与验证》中的方法和建议同样适用于国家核安全监管部门进行的监管审查和评价。《核动力厂安全评价与验证》确定了在实施安全评价和独立验证过程中的关键建议，并且提供了支持《核动力厂设计安全规定》的详细指导，尤其是在其安全分析领域。另外，对核电厂的某些系统，如反应堆安全壳系统、反应堆堆芯、反应堆冷却剂系统、最终热阱及其直接相关的输热系统、保护系统及相关设施、应急动力系统、安全有关仪表和控制系统、燃料装卸和贮存系统、消防相关系统等，《核动力厂设计安全规定》已制定专门的核安全导则对其进行安全评价与验证。

14.2 核电厂的安全评价和验证实践

14.2.1 确定论安全分析

根据中国相关核安全法规的要求,核电厂的设计采用确定论和概率论两种互补的分析方法进行安全分析。中国现行的核安全法规以及核电厂的安全评价与分析主要建立在确定论基础上。确定论安全分析方法是以前纵深防御概念为基础,以确保反应性控制、余热排出和放射性包容三项基本安全功能为目标,针对确定的设计基准工况,采用保守的假设和分析方法,并满足特定验收准则的一套方法。其安全性表现为系统和部件的可靠性,多重性,多样性、独立性、单一故障准则。纵深防御贯穿于核电厂的全部活动中,包括选址、设计、制造、建造、运行、退役、管理、人因等有关方面,以保证这些活动置于多重措施防御之下。即使有一种防御失效,也可以得到补偿或纠正。确定论的设计安全形成一套完整的法规、标准、实施方法与审评方式。确定论评价方法是假定事故已经发生,按要求采取合理的或保守的假设,分析计算整个核电厂系统的响应,直至得出该事故的放射性后果。多年的核电运行经验表明,确定论安全分析方法对保证核安全发挥了重要的作用。

核电厂安全分析报告是核电厂许可证审批基础的一个重要部分,也是核电厂安全运行基础的一个重要部分。核电厂安全分析报告分为初步安全分析报告(PSAR)和最终安全分析报告(FSAR)。PSAR主要是分析论证核电厂设计的可靠性和安全性,以及核电厂为保障厂区人员、公众和环境免遭过量辐射危害而设置的安全措施情况。内容包括核电厂厂址特征、构筑物、部件、设备和系统的设计、反应堆核设计、反应堆冷却剂系统、专设安全设施、放射性废物管理、事故分析、人因工程以及概率安全评价等。PSAR是由核电厂设计单位编制、由核电厂运营单位提交给国家核安全监管部门的重要申请文件,专门用于申请《核电厂建造许可证》的重要申请性文件之一。FSAR是由核电厂设计单位负责编制、由核电厂运营单位提交给国家核安全监管部门,用于申请首次装料批准书。FSAR与PSAR在编写格式和内容上是一致的,只是内容深度有所区别。

核电厂安全分析报告包含有关核电厂及其运行状况的准确和精确的资料,例如安全要求、设计基准、厂址和电厂特征、运行限值和条件以及安全分析的资料,以便监管机构能够独立的评价电厂的安全性。

14.2.2 概率安全分析

根据相关核安全法规的要求,核电厂的设计必须采用确定论和概率论分析方法进行安全分析。

在环境保护部(国家核安全局)2009年发布的《技术政策:概率安全分析技

术在核安全领域中的应用》中明确指出：在核安全活动中应积极推进 PSA 方法的使用，这种使用应与目前 PSA 技术和数据所能支持的程度相适应；鼓励持续改进 PSA 方法和搜集数据，鼓励信息共享、技术交流和同行评议，共同推进 PSA 技术的发展和运用。《核动力厂安全评价与验证》对 PSA 的方法、范围以及需要满足的目标也给出了明确的指导。

中国核电厂参照国内相关法规标准以及 PSA 行业技术标准，并充分考虑了 PSA 技术的最新进展，在设计阶段均开展了概率安全分析，评估核电厂的整体安全水平，识别设计上的薄弱环节。目前，在设计阶段，中国核电厂已完成或正积极开展的 PSA 工作包括功率工况和低功率与停堆工况内部事件一级 PSA、内部火灾一级 PSA、内部水淹一级 PSA、外部灾害一级 PSA、二级 PSA、乏燃料水池 PSA 等。初步设计阶段，由于核电厂信息所限，PSA 通常采用较简化以及保守的分析方法，以论证核电厂满足安全目标；最终设计阶段，核电厂会根据相关设计信息的完善，对已完成的 PSA 模型进行更新。

在运行阶段，PSA 广泛应用于日常生产管理活动，如使用风险监测器（Risk Monitor）、缓解系统性能指标（MSPI）、安全事项重要度确定程序和设备可靠性数据库等 PSA 工具对核电厂进行实时的风险监测，长期跟踪统计安全系统的安全性能，运用风险指引方法对核电厂事件进行分级，收集分析核电厂运行经验更新 PSA 模型输入数据，提升了核电厂的安全管理水平。此外，各运行核电厂还建立 Risk-Informed 生产风险管理体系，将 PSA 和确定论安全分析紧密结合，辨识各项生产活动的安全重要程度，减少非安全重要活动的资源支出，增加安全重要活动的资源支出，实现资源利用的最优化。中核核电运行管理有限公司在使用风险监测器进行监测的基础上编制了堆芯风险监测日报，反馈给运行、生产计划、核安全等相关部门，以告知核电厂短期内的风险水平和应关注的重点设备。田湾核电厂从安全系统在线维修和优化、在役检查大纲两个方面推动 PSA 的成果转化。已完成应急柴油机及其支持系统的定期试验周期和允许退出时间（AOT）优化分析。风险指引的在役检查优化试点项目也已完成优化分析工作，目前已提交核安全局进行审评，该项目为国内首次一回路冷却剂系统在役检查优化试点。

各核电厂还将 PSA 作为定量评价的重要工具，评价核电厂的变更改造、进行维修计划风险分析、改进运行规程、试验细则等生产活动。福岛核事故后，秦山核电厂针对“高位 AAC 电源的配置与接入”的安全整改进行了专项分析评估，结果表明安全整改能有效地降低堆芯损坏频率（CDF）。田湾核电厂对移动泵接入应急给水系统、增加移动应急柴油机等技改项目进行 PSA 分析工作，对低压安注系统止回阀拒开故障、控制棒卡涩等事件进行 PSA 分析。阳江核电厂对 3、4 号机组的多项改进进行了 PSA 评价，包括堆腔注水技术、反应堆换料水池和乏燃料水池冷却和处理系统（PTR）提高冷却能力改进、主给水隔离阀改进等。

14.2.3 安全重要物项监督

根据核安全法规的要求,在吸收国外、国内核电厂及总结本厂的经验及核设备制造厂家提供的设备监督要求的基础上,核电厂编制了安全重要物项监督大纲,其内容包括:核电厂参数和系统状态的监测、化学及放射化学取样监督、仪表的校准和标定、安全重要构筑物、系统和部件(SSC)的检查和功能试验,以及对监测、校准和标定的结果评价。

定期试验是核电厂监督大纲实施的主要手段,用以确认安全相关的系统和设备是否能按设计要求连续履行其功能。要求定期试验规程在核电厂调试阶段就开始实施,并进行验证,在投入商业运行后全面实施运作。核电厂通过定期试验来确认安全相关系统和设备的功能完好性。

核电厂自投入商运以来,一直严格按照《技术规格书》规定的项目和频度等要求执行安全相关系统的监督检查及试验,对试验结果进行记录和评价,对发现的缺陷和异常均及时抢修消缺,并重新试验验证,直至功能和参数满足验收准则,系统的恢复严格遵照《技术规格书》的时间限值要求。核安全工程师进行独立审核和见证与核安全相关定期试验项目的实施,定期试验项目的执行处于受控状况。2013年至2015年间,各核电厂年度累计定期试验一次成功率均超过96%,达到管理要求的目标值,其中部分核电厂一直保持在99%以上。安全系统监督检查及试验的结果表明,在核电厂启动和正常运行阶段,安全系统功能满足设计技术要求,稳定可靠,保障了核电厂运行的安全性。

中国核电厂不断改进核电厂监督的技术手段和管理流程,开发并应用基于计算机和网络技术的在线性能检测系统,并将其作为数据平台,结合运行、维修、化学、辐射防护等特定业务领域的管理系统,对采集的各类监测数据进行分析 and 反馈,及时识别不良趋势,并采取相应的措施予以修正或改进。

为进一步贯彻《民用核安全设备监督管理条例》及其配套规章的管理要求,加强民用核安全设备监督管理,环境保护部(国家核安全局)对《民用核安全设备监督管理条例》及其配套规章中有关要求进行了明确,具体包括:

(1) 根据《民用核安全设备监督管理条例》的要求,组织修订《民用核安全设备目录(第一批)》及解释说明,进一步明确监管要求,完善监管内容和监管范围;针对持证单位数量较多、矛盾突出的二、三级压力容器等4类设备分别制修订资格条件,提高许可准入门槛;编制了《进口设备监管工作方案》,推动进口核安全设备监管程序化、规范化、科学化和精细化。

(2) 关于民用核安全设备许可证申请单位的业绩要求。

(3) 关于民用核安全设备许可证申请单位的模拟件制作要求。

(4) 关于境外注册登记申请单位的资质和业绩要求。

14.2.4 在役检查

根据在役检查相关技术法规和导则，同时借鉴国外核电厂良好实践，核电厂制定了在役检查大纲和程序、技术规程，系统性的开展各项在役检查工作，范围包括核岛、常规岛及电厂配套设施。检查方法主要包括目视检查、射线检查、涡流检查、超声检查、液体渗透检查、内窥镜检查等。针对反应堆厂房安全重要系统和设备，如反应堆压力容器、安全壳部件、压力管、热传输支管以及蒸汽发生器传热管等设备、部件；针对常规岛及电厂配套设施系统，如汽轮发电机部件、各类压力容器、压力管道、凝汽器钛管以及其他金属部件等，制定了相应的在役检查计划，报环境保护部（国家核安全局）审查并在机组大修期间按计划实施。

2013年至2015年间，核电厂共开展了49次停堆大修期间的在役检查。对大修及日常在役检查中发现并需要处理的缺陷进行记录、评价和处理并验收合格。检查过程中发现的缺陷包括反应堆压力容器、蒸汽发生器、稳压器、主泵等主设备的螺栓螺牙损伤，堆芯仪表系统指套管磨损，蒸汽发生器传热管缺陷，凝汽器钛管凹陷并存在焊缝缺陷，水压试验泵汽轮发电机组蒸汽管线因冲蚀明显减薄，汽轮发电机轴瓦/推力瓦结碳发黑和出现疲劳裂纹等。田湾核电厂在2号机组第8次换料大修期间，对3号蒸汽发生器传热管抽检发现缺陷管后，随即对其余传热管进行了扩大检验，检验结果正常。此外，还对超过验收标准和检查受限的传热管开启质量缺陷报告（QDR）并进行了堵管。

在役检查均由合格的检查人员，使用合格的检查设备，按照批准的检查程序进行，并在检查过程中执行严格的质量保证大纲和质量控制程序，确保检查结果有效。通过历次在役检查，发现和纠正核电厂存在的一些薄弱环节，保证了三道安全屏障的完整性和核电厂的安全运行。在役检查的结果同时接受环境保护部（国家核安全局）的审查。

近年来，为降低核电厂的风险，减少在役检查过程中核设备的无损检验发生缺漏检或误判的可能性，中国正在依据最新的行业标准与实践，逐步建立检查能力验证体系。各核电厂根据相关法规、规范的要求，积极开展在役检查能力验证。宁德核电厂完成了中广核检测公司宁德核电厂在役检查能力验证，阳江核电厂完成了“反应堆压力容器（RPV）法兰螺纹孔及韧带区的自动超声波（UT）检查”项目的综合验证，均获得环境保护部（国家核安全局）的批准。台山核电厂先后分4批次完成了全部56项能力验证的项目，验证了役前、在役检查的检查程序、检查人员及检查设备，为役前、在役检查的现场实施奠定了基础。自2008年开始，根据《民用核安全设备监督管理条例》的要求，从事民用核安全设备无损检验的单位只有通过核安全监管部门的能力与资格审查、获取相应的许可后，才能从事核电厂役前和在役检查工作，并持续接受核安全监管部门的监督。

此外，各核电厂积极跟踪在役检查新技术、新工艺的开发。大亚湾核电厂开

发了核电厂重大设备无损检测新工艺,并利用新工艺在大修中实施了反应堆压力容器下底圆中子通量仪表检测贯穿件(BMI)检查、高压与低压加热器传热管涡流检查、堆内构件围板螺栓检查,以及蒸汽发生器水室分隔板焊缝的检查。宁德核电厂利用新工艺在大修中实施了高压与低压加热器传热管涡流检查、汽轮机低压缸转子焊缝阵列涡流/相控阵检查。

14.2.5 老化管理

为了进一步完善核与辐射安全法规体系,提高核安全监管水平,环境保护部(国家核安全局)2012年组织制定并发布了核安全导则《核动力厂老化管理》,该文件是对《核动力厂设计安全规定》和《核动力厂运行安全规定》中有关老化管理条款的说明和补充,提供了核电厂开展老化管理的方法、并确定了核电厂进行老化管理的要素,供营运单位用于制定、实施和改进核动力厂老化管理大纲。

核电厂的老化管理工作主要按照核安全监管要求如《核动力厂定期安全审查》、《核动力厂老化管理》及IAEA、NRC的老化管理先进经验,并借鉴国内外核电行业的良好实践开展,在核电厂的建造、调试、运行各阶段系统性地开展了各项老化管理工作。包括建立与完善核电厂老化管理体系,包括老化管理组织机构和文件体系,开展监测、试验、取样和检查等活动,评价核电厂设计时预计的老化机理和鉴别在使用中可能发生的预计不到的情况或性能劣化。

中核核电运行管理有限公司为配合秦山核电厂30万千瓦机组的运行许可证延续工作,开展老化管理审查、时限老化分析等工作,建立了国内核电厂老化管理及运行许可证延续的标准体系。

在已实施的核电厂PSR中,对老化管理进行了专题安全审查,确认核电厂对老化进行了有效的管理,使所要求的安全功能得到了保持,并实现有效的老化劣化控制。在对秦山第二核电厂1、2号机组、秦山第三核电厂、田湾核电厂1、2号机组开展的首次PSR中以及对秦山核电厂开展的第二次PSR中,对老化要素进行了审查,系统地评价了老化管理体系及其有效性,对发现的弱项制定了纠正行动计划并实施。大亚湾核电厂和岭澳核电厂根据PSR纠正行动建议开展了热疲劳监测调研、通风系统和蓄电池老化管理大纲的编制及老化管理大纲有效性评价等工作。

各核电厂开展了老化敏感设备的筛选分级工作。田湾核电厂已完成了1、2号机组的老化管理部件的筛选和审查,正在策划3、4号机组老化管理实施工作,已制定了工作计划,计划于2016年开始启动老化管理部件筛选和分析,为新机组老化工作的开展制定总体规划。红沿河核电厂完成了电厂334个系统、93类构筑物的筛选,筛选出需关注系统145个、需关注构筑物10类、需关注部件类760类。阳江核电厂已确定了1、2号机组老化管理关注1、2、3级清单,并制定了不同的老化管理行动和策略,3、4号机组的相关工作正在筹备中。

各核电厂开展了构筑物、设备等的老化管理留样工作。田湾核电厂开展了重要动力电缆老化研究,筛选出关键敏感的动力电缆,实施电缆留样和老化状态监测与评价。红沿河核电厂已完成 1、2、3、4 号机组留样工作,统一由中国广核集团有限公司技术平台(苏州热工研究院有限公司)负责维保、分析。防城港核电厂完成了 1 号机组电缆留样工作,编制了留样电缆管理工作程序,并建立了电缆老化管理数据库并开展数据录入工作。台山核电厂初步筛选出 1 号机组留样电缆清单。

各核电厂开展了土建构筑物和管道的老化管理工作,开发核电厂老化管理数据库。台山核电厂开发了老化数据收集和记录保存系统,对压力容器、蒸发器等 9 类重要设备开展基础数据收集工作。防城港核电厂开发并上线运行了重要设备数据收集与记录保存系统。此外,田湾核电厂开展了一回路设备寿命在线评估,宁德核电厂开展了流体加速腐蚀(FAC)老化管理工作。

14.2.6 定期安全审查

依据法规要求,在核电厂开始运行以后每十年对其进行一次 PSR。根据运行经验和相关重要安全信息,按照现行的安全标准和实践,对核电厂进行系统的安全重新评价。审查范围包括核安全的所有方面,按五大类 14 个安全要素展开。各核电厂的《定期安全审查大纲》根据《核电厂定期安全审查》的要求编制,明确了 PSR 审查方法和范围。总体方法是对比各电厂原始设计基准和当前最新基准,根据基准差异对电厂进行审查,分析差异影响情况,确定弱项,制定针对性的整改行动。原始设计基准为核电厂设计、建造时期的安全标准(包括核安全法规、规范、导则和标准)和设计文件,当前最新基准为现行安全标准以及良好实践。

PSR 的持续时间不应超过三年。在 PSR 过程中,核电厂根据审查结果确定合理可行的纠正行动/安全改进及其实施计划,充分考虑各安全要素的相互作用和相互覆盖,并考虑纠正行动/安全改进对所有安全要素的影响。对未能得到合理可行解决的弱项作出全面评价,识别相关风险,并提供可继续运行的相应证明。在 PSR 中,充分利用相关研究成果及常规安全审查、专项安全审查、PSA 等的结果,最大限度地减少重复性工作。

2012 年,秦山核电厂第二次 PSR、秦山第二核电厂 1、2 号机组首次 PSR、秦山第三核电厂 1、2 号机组首次 PSR 的《定期安全审查大纲》陆续获得环境保护部(国家核安全局)的批准。2012 年至 2015 年,秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂分别完成现场审查和审查报告的编写并提交环境保护部(国家核安全局)。

在 PSR 中,秦山核电厂发现弱项一共 26 项,需要电厂进行重大改造的弱项有 18 项,其中 1 项正在改造,其余 17 项正在进行可行性分析。秦山第二核电厂

发现弱项一共 49 项,需要电厂进行重大改造的弱项有 9 项,已完成 1 项,其余 8 项正在委托设计院进行改造可行性分析。秦山第三核电厂发现弱项一共 33 项,需要电厂进行重大改造的弱项有 3 项,正在进行改造相关工作。弱项经评估后,认为风险可接受,不影响电厂后续的继续运行。PSR 审查报告提交国家核安全局后,进入报告审评阶段。截至 2015 年底,秦山核电厂正在组织回答审评问题,预计 2016 年第三季度结束 PSR 工作。秦山第二核电厂已完成全部审评问题的回答,正在等待环境保护部(国家核安全局)给出审评结论,审查工作基本结束,后续将对弱项整改情况进行持续跟踪。秦山第三核电厂正在组织回答最后一批审评问题,预计 2016 年第二季度结束审查工作。

大亚湾核电厂完成了第二次 PSR 审查、岭澳核电厂完成了 1、2 号机组第一次 PSR 审查。审查过程中编制了定期安全审查大纲、审查细则和相关要素审查程序,形成了 PSR 审查管理体系文件。同时编制了各要素的审查标准,目前已验收通过。此外,PSR 审查过程中还建立了相关 PSR 审查网站和数据库,用于储存 PSR 审查的相关过程和成果文件。

根据两次 PSR 审查结果,大亚湾核电营运管理有限公司提出了相关的重大改进项,目前已经完成大亚湾、岭澳一期核电厂安全注入系统 RIS/安全壳喷淋系统 EAS 安全壳地坑过滤器堵塞,更换原有的地坑过滤器,消除设计缺陷。针对大亚湾核电厂小支管振动疲劳检查发现的偏差,将敏感管线增加支架、改进支撑等措施列入中长期改进计划;就核功率测量系统(RPN)的中间量程测量通道(CNI)、源量程测量通道(CNS)及功率量程测量通道(CNP)电缆存在老化现象的问题,列入中长期改造计划,计划在向状态导向规程(SOP)转换时统一更换为新型电缆。岭澳核电厂 1、2 号机组在反应堆厂房安装了非能动氢气复合器,减少氢气爆炸风险。岭澳核电厂 1、2 号机组加装一个较宽量程的安全壳压力仪表,增大压力传感器的测量范围,用于严重事故工况下对安全壳压力的监测。岭澳核电厂 1、2 号机组在设计阶段未考虑高能管道破裂事故(安全壳外)产生的环境条件对电气仪表性能的影响,对此,通过主蒸汽系统 VVP 压力变送器升级改造,使位于主蒸汽与主给水隔间内的相关设备及其线路能够承受 C 类环境条件,从而提高了机组的安全水平。大亚湾及岭澳核电厂 1、2 号机组的辐射防护监测系统(KRT)整体改造也基本完成。

田湾核电厂 1、2 号机组的 PSR 自 2012 年底开始启动,2015 年底完成审查并得到了核安全监管部门的审评批准。PSR 从电厂的设计、实际状态、事故分析、应急、环境监督、经验反馈、组织机构管理、文档等各领域、各专业对电厂进行了一次全方位的“健康体检”,组织编制了 14 份要素报告、1 份 PSR 总体报告,1 份改进行动计划。

红沿河核电厂、宁德核电厂、阳江核电厂、台山核电厂、防城港核电厂等新建核电厂暂未进行 PSR,但正在根据自身实际情况和借鉴兄弟电厂的良好实践和

经验,积极开展 PSR 的前期准备工作,包括项目前期策划和分工、经验反馈和收集等。红沿河核电厂还与苏州热工研究院有限公司就 PSR 业务运作方案进行了交流,苏州热工研究院有限公司将以“日常审查+集中审查”的模式开展红沿河核电厂 PSR 业务。

14.2.7 假设风险的再评价

中国核电厂对外部环境可能造成的危害已在核电厂选址、建造、运行阶段的许可证审批中实施全面审查,并在十年一次的定期安全审查中开展相应再评价,审查结果表明,中国核电厂的假设风险再评价工作总体开展情况良好。

环境保护部(国家核安全局)制定发布了《关于运行核电厂开展外部事件裕量评价工作的通知》,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。2012年7月,环境保护部(国家核安全局)组织对运行核电厂重要外部事件安全裕量开展了同行评估,对核电厂裕量评估工作提出意见和建议。中国各核电厂对安全裕量初步分析评估报告进行了完善和升版。

中核核电运行管理有限公司对秦山核电基地各核电厂开展了地震和外部水淹风险再评价工作。并结合实际情况分别对秦山核电厂、秦山第二核电厂和秦山第三核电厂开展了抗震裕量分析工作,结果显示各运行机组满足抗震要求。根据最新的气象资料对秦山核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂、方家山核电厂的设计基准洪水位再次进行了评价分析,评价结果显示秦山第二核电厂、秦山第三核电厂和方家山核电厂的机组都满足法规要求,仅秦山第一核电厂原设计基准洪水位偏低,故对秦山第一核电厂的海堤进行加固加高。目前中核核电运行管理有限公司正在开展其它风险再评价工作,包括方家山核电厂机组的火灾概率安全分析工作,秦山第二核电厂的发电能力损失风险评价工作,后续还将开展方家山核电厂机组的地震概率安全分析相关工作和秦山第三核电厂的二级概率安全分析工作。

大亚湾核电厂和岭澳核电厂 2014 年起开展了地震 PSA 模型开发,具体工作包括大亚湾基地地震危险性分析、6 台机组安全重要构筑物、系统和部件(SSC)地震易损度评价、6 台机组地震响应模型建立。大亚湾核电厂 2013 年至 2015 年对 PSA 模型进行了重大升级。升级后的模型考虑了大亚湾核电厂 PSA 同行评估的遗留问题,支持大亚湾核电厂 PSA 专项应用,体现和评价了大亚湾核电厂的事故处理规程由事件导向规程(EOP)转为状态导向规程(SOP)后对电厂安全性的影响;提出了“余热排出系统入口阀门控制方式改进”等一系列安全提升改进以及“设备冷却水系统反冷诊断优化”等一系列规程优化建议。岭澳核电厂 2014 年至 2015 年完成了 3、4 号机组的内部灾害 PSA 模型开发,并在最新的 1、2 号机组内部事件一级 PSA 模型基础上开展 3、4 号机组的二级 PSA 模型开发,

包括功率工况和停堆工况。

红沿河核电厂对于冷源降级、长期临停期间部分定期试验无法执行的解决策略等问题，除了开展对应的确定论安全评价外，还委托技术支持单位开展概率安全分析，并将结果作为综合决策的参考。红沿河核电厂后续将在传统确定论分析的基础上，进一步加强概率论的应用，以提高电厂的风险管理。

宁德核电厂完成了 1/2、3/4 号机的缓解系统性能指标的开发与上线，功率工况内部事件一级 PSA。1/2 号机已经完成了功率工况、停堆、放射性核素早期大量释放频率风险分析器（LERF RM）开发并上线。核安全状态评价系统预计 2016 年上线。后续将对运行阶段内部事件一级、二级、三级 PSA 模型开发及运行阶段内部事件 LERF 模型开发；更长远的计划有地震、强风、外部水淹、外部灾害叠加 PSA 开发。

阳江核电厂为新建核电厂，暂未开展假设风险再评价工作，后续将根据需要对已商运机组开展更进一步的 PSA 分析。

防城港核电厂在福岛核事故后对机组进行了抗震裕量评价，结果表明绝大多数设备的抗震能力较高，满足抗震能力要求，对于评价中发现的高置信度低概率失效值（HCLPF）构筑物或设备实施改造或制定改造方案，如对设备冷却水波动箱已实施改造，对于砌体墙已制定了改造方案。

福清核电厂根据机组实际运行情况正在系统性的开展假设风险再评价工作，并根据假设风险再评价及 PSR 结论修订、升版最终安全分析报告和技术规格书。福清核电厂计划用五年时间完成功率运行工况、低功率和停堆工况内部事件一级运行 PSA 模型开发，建立并完善电厂 PSA 设备可靠性数据库，开发风险监测器、缓解系统性能指标、安全事项重要度确定程序（SDP）等 PSA 应用工具，逐步将 PSA 分析方法运用到电厂生产活动当中，最终建立电厂完善的风险指引型管理体系。

台山核电厂对超过现有设计基准的外部洪水侵袭时，核电厂排洪沟及雨排水系统所采取的设计标准进行了复核，结果表明均满足相关规范要求，在目前的设计标准下，可不用采取相关的后期封堵措施；进行了海啸数值模拟计算及影响评估研究，作为海工构筑物在推算的可能最大海啸波作用下安全性复核的试验依据。

14.3 监督管理和控制活动

中国法律规定核电厂营运单位承担全面安全责任。环境保护部（国家核安全局）在选址、设计、建造、运行和退役等各阶段对核电厂实施独立的核安全监管，包括了技术审评、行政许可、监督检查等环节。环境保护部（国家核安全局）向各核电厂派驻现场监督人员，对核电厂的活动进行驻厂现场监督。

环境保护部（国家核安全局）通过制定核安全法规、导则、政策、标准等，

对核电厂安全评价与验证提出要求；通过核安全审评、核安全检查、PSR 等方式，对核电厂全寿期的相关活动进行监督，以确定核电厂及其活动与安全目标、原则和准则相符。

在核电厂不同阶段，监管机构的审评重点有所不同。在厂址选择阶段，环境保护部（国家核安全局）对核电厂营运单位提交的《厂址选择安全分析报告》和《环境影响报告书（选址阶段）》进行技术审评，从安全和环境影响方面审查确认所选厂址满足有关的法规和标准规范要求。重点审查所选厂址的适宜性、与厂址环境相关的设计基准以及实施应急计划的可行性；在建造阶段，核电厂主体厂房施工，即开展核岛基础混凝土浇注之前，环境保护部（国家核安全局）对核电厂安全重要构筑物、系统、设备等设计进行审评，以确认核电厂的设计符合核安全 and 环境保护的要求。建造期间，环境保护部（国家核安全局）现场监督人员对土建施工、系统与设备安装、冷态和热态调试、装料前准备等活动进行全过程监督，并对核电厂出现的各类安全质量问题进行技术审评，提出要求。在调试阶段，审查并确定核电厂是否按认可的设计建成，是否符合核安全法规的要求，是否已达到要求的质量并有完整合格的质量保证记录；在运行阶段，审查和确定试运行的结果是否与设计一致，审定修订过的运行限值和条件。在核电厂运行寿期内，环境保护部（国家核安全局）派遣监督员常驻核电厂现场，对核电厂的运行状况、运行活动等实施驻厂监督，对监督中发现的核电厂异常状况和违反运行规程的情况，提出核安全要求，保证核电厂运行安全。在退役阶段，审查并确定核电厂的退役步骤和退役各阶段的状态是否符合安全要求。

同时，环境保护部（国家核安全局）通过核安全监督，检查核安全管理要求和许可证件规定条件的履行情况，督促纠正不符合核安全管理要求和许可证件规定条件的事项。在核电厂整个运行寿期内，考虑到运行经验和从所有相关来源得到的新的重要安全信息，环境保护部（国家核安全局）要求核电厂营运单位必须采用 PSR 的方式对核电厂进行系统的安全重新评价，审查策略和需评价的安全要素须经环境保护部（国家核安全局）批准或同意，以确定现有的安全分析报告仍保持有效的程度。

环境保护部（国家核安全局）进一步加强了对运行核电厂的核安全监督、审评和运行经验反馈工作；对在建核电厂建造、调试全过程的监督管理以及对新建核电厂的审核计算和试验验证工作。三年来，环境保护部（国家核安全局）开展的主要监督管理和控制活动如下：

（1）环境保护部（国家核安全局）大力推动 PSA 技术的应用，并开始着手建立监管当局 PSA 运用的基础工作，推动可靠性数据库的建立。环境保护部（国家核安全局）对《核电厂设备可靠性数据采集》（试行）进行了修订和完善，并在此基础上，利用已建立的运行核电厂设备可靠性通用数据库，收集了各核电厂运行以来至 2013 年底的设备可靠性数据，对相关数据进行分析、整理，编制发布

了首份核电厂设备可靠性数据报告——《中国核电厂设备可靠性数据报告》（2015版）。

（2）环境保护部（国家核安全局）要求核电厂营运单位根据自身的实际情况开展 PSA 应用的试点工作，为后续制定基于 PSA 的监管模式和法规标准的建立打好基础 and 积累经验。各运行核电厂结合实际情况选定了各自的 PSA 应用试点项目，如大亚湾核电厂在役检查优化方面的应用。环境保护部（国家核安全局）正根据各电厂的应用试点计划开展相关工作，逐步推进 PSA 在运行核电厂的应用。

（3）环境保护部（国家核安全局）提出了全范围 PSA 要求（内部事件和外部事件），分析对象涵盖堆芯及乏燃料水池。全面落实了新建核电厂的 PSA 审查工作，一、二级 PSA 与初步安全分析报告、最终安全分析报告同步审查，全范围全工况的 PSA 工作正在全面推进。

（4）进一步规范核安全设备的审批管理，加强对进口民用核安全设备的监督管理。环境保护部（国家核安全局）对江苏常燕电缆有限公司、常熟华新特殊钢有限公司、浙江三方控制阀股份有限公司等多家存在质量文件造假及违法违规的民用核安全设备设计、制造、安装和无损检验单位进行了行政处罚，情节严重的吊销其许可证；针对东方电气（广州）重型机器有限公司违规补焊事件，组织召开全国民用核安全设备经验反馈现场会，通过集中反馈国内外典型案例，综合分析当前行业中存在的主要问题和根本原因，提出了相应的整改要求；组织开展了核安全设备专项大检查和“违规补焊专项整治行动”，在各持证单位设置举报箱，以提升监督实效。

（5）加快运行核电厂经验反馈体系和安全性能指标评价体系建设，推进 PSA 的应用，做好技术审评和现场监督；督促全面落实核事故后的安全改进要求，形成相应的改进行动落实情况报告。

（6）环境保护部（国家核安全局）通过加强建造、调试等环节的过程监督，对重要设备安装、安全系统调试等重要活动实施专项检查，加大建造事件和重大不符合项调查处理力度，及时发现和妥善处理核电厂建造中出现的问题。

（7）创新设计核电厂调试监管模式，做好 AP1000、EPR 等核电厂的调试监管准备；完善首堆调试审评和监督准备方案，明确了三门和海阳核电厂（AP1000）、台山核电厂（EPR）调试阶段监督检查大纲和监督项目清单，组织制定了重大试验监督程序；

（8）加强自主化设计核电厂的审评工作，针对自主化设计的华龙一号核电厂，认真研究并制定详细的技术审评方案，建立联合审评队伍，广泛邀请专家参与专项审评，高效开展了 4 台华龙一号机组初步安全分析报告、建造阶段环境影响报告书及质量保证大纲（工程设计和建造阶段）的审评工作，批复了 4 台华龙一号机组的建造许可证颁发和建造阶段环境影响报告书。

(9) 环境保护部（国家核安全局）为深入审评核电厂安全分析的正确性、可靠性，加强了审核计算工作。审核计算主要从反应堆物理、设计基准事故、严重事故、辐射防护、应力与结构抗震分析、概率安全分析、流出物排放源项等七个专业方面进行。分为初步安全分析和最终安全分析两个阶段开展，贯穿新建核电厂审评工作始终。目前，已完成 AP1000、CAP1400、华龙一号机组的审核计算工作。同时，通过引进国外的安全分析软件，和采购广泛应用和认可的商品级分析软件，已基本建立较为完整的用于安全审评的分析软件体系，包括中子物理和临界安全分析程序、热工水力分析程序、严重事故分析程序、安全壳热工水力程序、结构力学分析程序、放射性后果分析程序、概率安全分析程序等。同时，通过已有标准例题、相关试验数据等方面对软件体系进行验证。此应用软件体系已完成 AP1000、CAP1400、华龙一号机组的审核计算工作。

(10) 环境保护部（国家核安全局）为验证安全设计的有效性、安全分析软件的适用性、安全分析计算模型的正确性、数据使用和假设的可靠性等，针对 CAP1400 示范工程、华龙一号开展试验见证和验证工作，建立了独立试验验证体系和要求。开展了 CAP1400 的六个关键试验的见证评价和三项试验验证：非能动堆芯冷却系统全厂断电工况及非能动余热排出系统隔离阀前或阀后破口试验、非能动安全壳冷却系统导热能力裕度试验、熔融物堆内滞留流道变化对压力容器换热特性影响试验。开展了大型商用飞机恶意撞击问题的理论分析和屏蔽厂房动态载荷特性试验研究工作以及大型压水堆核电厂放射性废液处理系统验证试验研究工作。针对福清 5、6 号机组，开展非能动安全壳热量导出系统性能试验，二次侧非能动余热排出系统试验，堆腔注水冷却系统试验三项试验验证工作。针对防城港 3、4 号机组，开展二次侧非能动余热排出试验和熔融物冷却滞留试验两项试验验证工作。

(11) 对拟建核电厂的厂址选择安全分析报告和环境影响评价报告进行审评，发放相应的《厂址选择审查意见书》和环境影响报告批准书；根据核安全法规和相关的规定及导则的要求，通过核安全审评和现场监督，2013 年至 2015 年间累计颁发了 10 台机组的建造许可证。

15 辐射防护

每一缔约方应采取适当步骤，以确保由核设施引起的对工作人员和公众的辐射照射量在各种运行状态下保持在合理可行尽量低的水平，并确保任何个人受到的辐照剂量不超过本国规定的剂量限值。

15.1 辐射防护的基本要求

中国政府通过颁布一系列的法律、法规和国家标准来保证辐射防护目标的实现。

(1) 2003 年 6 月 28 日，全国人大常委会颁布了《中华人民共和国放射性污染防治法》，对核电厂的放射性污染防治作出了规定：

- 核电厂营运单位负责本单位放射性污染的防治，接受环境保护行政主管部门和其他有关部门的监督管理，并依法对其造成的放射性污染承担责任。
- 核电厂营运单位应当对核电厂周围环境中所含的放射性核素的种类、浓度以及核电厂流出物中的放射性核素总量实施监测，并定期向国务院环境保护行政主管部门和所在地省、自治区、直辖市人民政府环境保护行政主管部门报告监测结果。
- 核电厂营运单位应尽量减少放射性废物的产生量。向环境排放放射性废气、废液，必须符合国家放射性污染防治标准，并定期向环境保护行政主管部门报告排放计量结果。

(2) 2001 年 10 月 27 日全国人大常委会审议通过了《中华人民共和国职业病防治法》，并于 2011 年 12 月 31 日通过了对该法的修订。《中华人民共和国职业病防治法》对核电厂等企业的职业病防治作出规定：

- 用人单位必须配置防护设备和报警装置，保证接触放射线的工作人员佩戴个人剂量计。
- 用人单位应当实施由专人负责的职业病危害因素日常监测，确保监测系统处于正常运行状态。

(3) 2002 年 10 月 8 日，颁布了国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，对个人剂量限值的有关规定如下：

- 职业照射
 - 由监管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）为 20mSv；
 - 任何一年中的有效剂量限值为 50mSv；
 - 眼晶体的年当量剂量限值为 150mSv；

- 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量限值为 500mSv；
 - 特殊情况下，年均为 20mSv 的剂量可延期至 10 个连续年；并且，在此期间内，任何工作人员所接受的年平均有效剂量不应超过 20mSv，任何单一年份不应超过 50mSv；此外，当任何一个工作人员自此延长平均期开始以来所接受的剂量累计达到 100mSv 时，应对此种情况进行审查；剂量限制的临时变更，任何一年内不得超过 50mSv，且临时变更的期限不得超过 5 年。
- 公众照射
- 年有效剂量限值为 1mSv；
 - 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量限值可提高到 5mSv；
 - 眼晶体的年当量剂量限值为 15mSv；
 - 皮肤的年当量剂量限值为 50mSv。

- 应急照射

在以下情况下从事干预时，除了抢救生命的行动外，必须尽一切合理的努力，将工作人员所受到的剂量保持在最大单一年份剂量限制的 2 倍以下；对于抢救生命的行动，应做出各种努力，将工作人员所受到的剂量保持在最大单一年份剂量限制的 10 倍以下，以防止确定性健康效应的发生。此外，当采取行动的工作人员的受照剂量可能达到或超过最大单一年份剂量限制的 10 倍，只有在行动给他人带来的利益明显大于工作人员本人所承受的危险时，才应采取该行动。

- 为抢救生命或避免严重损伤；
- 为避免大的集体剂量；
- 为防止演变成灾难性情况。

(4) 国家核安全监管部门在核电厂的选址、设计、运行等一系列的法规中，提出了核电厂各阶段应遵守的辐射防护方面的各项原则性要求：

- 核电厂厂址选择时，应能确保保护公众和环境免受放射性事故释放所引起的过量辐射影响，同时对于核电厂正常的放射性物质释放也应该加以考虑；
- 核电厂的设计要充分考虑辐射防护的要求，如优化核电厂布置、设置屏蔽、尽量减少辐射区内的人员活动次数和停留时间，将放射性物质处理成适当的形态；
- 核电厂采取措施，降低厂内或释放到环境的放射性物质的数量和浓度；
- 核电厂充分考虑人员停留区域内辐射水平随时间的可能积累，尽量减少放射性废物的产生等；
- 运行核电厂要对辐射防护的要求和核电厂实际情况进行评价分析，制定和实施辐射防护大纲，通过监督、检查和监查来对各大纲的正确实施及目标的实现进行核实，必要时必须采取纠正措施；

- 核电厂营运单位制定和实施放射性废物管理大纲和环境监测大纲，评价放射性释放对环境的放射性影响。

(5) 2004 年环境保护部（国家核安全局）发布了《核动力厂设计安全规定》，要求在核电厂的设计中，应该完成核安全分析，以评估核电厂工作人员和公众所接受的辐射剂量及可能的环境后果；要求核电厂采取控制辐射照射和减少事故可能性的各项措施。核电厂的安全设计必须遵循导致高辐照剂量或放射性物质释放的事件的概率极低以及有较高概率的事件没有或有较小的辐射后果的原则。

(6) 2011 年 9 月 1 日，环境保护部（国家核安全局）修订了《核动力厂环境辐射防护规定》，对核电厂向环境释放的放射性物质对公众任何个人（成人）造成的有效剂量当量及气载和液体放射性流出物的年排放限值作出了明确规定。

- 任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值。核动力厂营运单位应根据经审管部门批准的剂量约束值，分别制定气载放射性流出物和液态放射性流出物的剂量管理目标值。
- 核动力厂必须按每堆实施放射性流出物年排放总量的控制，对于 3000 MW 热功率的反应堆，其控制值见表一和表二。对于热功率大于或小于 3000 MW 的反应堆，应根据其功率适当调整。

表一：气载放射性流出物控制(单位：Bq)

	轻水堆	重水堆
惰性气体	6×10^{14}	
碘	2×10^{10}	
粒子（半衰期 $\geq 8d$ ）	5×10^{10}	
^{14}C	7×10^{11}	1.6×10^{12}
氚	1.5×10^{13}	4.5×10^{14}

表二：液态放射性流出物控制(单位：Bq)

	轻水堆	重水堆
氚	7.5×10^{13}	3.5×10^{14}
^{14}C	1.5×10^{11}	2×10^{11} （除氚外）
其余核素	5.0×10^{10}	

- 对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在表一和表二规定值的四倍以内。对于不同堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量控制值则由监管部门批准。

(7) 中国在福岛核事故后要求核电厂应在首次装料前制定辐射防护大纲及程序并实施。辐射防护大纲必须满足国家核安全监管部门的安全要求以及符合辐射防护和辐射源安全的有关国家标准。辐射防护大纲每 5 年至少更新一次。辐射

防护大纲应对不同类型的活动在剂量约束值下分别制定合理的剂量管理目标值。在核电厂寿期内平均集体剂量不超过 1 人 Sv/堆·年。

15.2 ALARA 原则在核电厂中的具体应用

15.2.1 ALARA 原则在核电厂设计中的应用

(1) 总的设计考虑

- 含有放射性物质的构筑物、系统和部件采用适当的布置方式，并设置屏蔽；
- 设计中注意把辐射区内人员活动的次数和停留时间减至最少，以及减少厂区人员遭受污染的可能性；
- 把放射性废物处理成适当形态，以便于运输、贮存和处置；
- 采取措施，降低所产生的散布于厂内或释放到环境的放射性物质的数量和浓度。

(2) 设备的设计考虑

- 所选用的设备、部件和材料可靠耐用，减少或消除维修的需要；
- 所选用设备及部件的涂层材料便于冲洗和去污；
- 设备、部件采用模块化设计，易于拆卸和更换，或可移到低辐射区域进行修理；
- 当辐射水平可能高和当没有可行的方法降低辐射水平时，为减少立即维修的需要，设备和部件是冗余的；
- 可远距离进行设备和部件的操作、修理、维护、监测及检查等。

(3) 设备布置的设计考虑

- 提高设备的可达性；
- 为放射性设备提供屏蔽层；
- 提供适当和足够的通风和照明；
- 设置适当的监测系统设备；
- 污染控制，污染区和非污染区明显隔离，对污染区去污；
- 对放射性物质的处理工艺及探测；
- 在低辐射区布置设备、仪器和取样点等。

15.2.2 ALARA 原则在核电厂运行中的应用

三年来，运行核电厂通过改进源项控制技术、技术改造、放射性废物的减容处理等途径实施 ALARA 承诺，采取所有可能的和合理的辐射防护措施来保证辐射防护目标的实现：

(1) 完善辐射防护管理体系：核电厂在保持原有管理体系有效运作的同时，根据经验和实践，不断修改和完善辐射防护大纲和相关程序。通过对辐射控制区的管理、辐射防护全员（包括承包商）培训，高辐射风险工作特殊作业管理、控

制区作业的工作过程管理等方式,保证有计划地进行和规范涉及辐射照射的所有活动,并对这些活动进行独立监督。

(2) 剂量目标管理: 核电厂定期对辐射防护目标管理值进行监测和评价,并根据经验和实践,通过加强管理和技术改造等方式不断对剂量目标值进行优化。如通过不断优化维修大纲和在役检查大纲合理安排大修和日常维修项目、通过不断优化工作组织过程在集体剂量和个人剂量之间作出平衡等。

(3) 改进源项控制技术: 如将主泵水导轴承等含锑部件更换成不含锑部件,在实践中使用更小孔径的一回路水过滤器,对核电厂含银垫片进行替换,开发研制去除局部辐射热点的设备等。

(4) 放射性废物的减容处理: 开展了放射性废物最小化研究,制定废物最小化管理导则,成功开展废树脂、活性炭解控,废过滤器解控等工作,进一步降低了放射性废物的产生量。

(5) 技术改造: 如缩小化容床前过滤器的孔径,以提高系统净化效率;针对蒸汽发生器二次侧视频检查设计加工了特制的屏蔽块,降低了检查作业人员的受照剂量;使用加工的假盖专用屏蔽工具,降低现场环境剂量水平,缩短大修时间。

(6) 加强污染防治措施: 如加强放射性系统和设备的开工条件监督,对开口作业设置辐射防护见证点等。

由于核电厂人员的辐射照射主要来源于核电厂大修期间,因此核电厂对大修期间的辐射防护活动都给予了充分的重视。上述的各项措施在大修期间都得到有效运用和强化,如对重大项目实施专人跟踪;加强现场污染控制,制订并落实ALARA计划;对大修承包商人员开展培训和考核;加强辐射防护边界管理、物项转移控制、污染控制、现场屏蔽、区域隔离和模拟演练等。核电厂通过严格执行这些措施,确保了大修期间辐射控制区边界的完整,使得放射性物质在转移过程中得到有效控制,降低了作业人员的受照剂量。

15.3 人员的照射控制

对职业照射的监测结果表明,中国已运行的核电厂工作人员年度平均有效剂量远低于国家标准规定的限值,归一化集体有效剂量不超过 $0.3\text{man} \cdot \text{mSv/GWh}$,具体见附件八。

15.4 环境的放射性监测

中国进一步加强了辐射环境监测网络的建设。已建成辐射环境监测网、核与辐射应急技术中心和辐射环境监测技术中心,对各重点城市实施常规辐射环境监测。中国辐射环境监测网络的辐射环境质量监测点已增加至 987 个,包括 161 个

辐射环境空气自动监测站, 328 个陆地辐射水平监测点, 201 个水体放射性水平国控监测断面, 37 个海洋生物监测点, 175 个土壤放射性水平监测点, 85 个电磁辐射监测点; 并在 41 个重要核与辐射设施和铀矿冶场所周围开展核安全预警和辐射环境监督性监测工作, 基本实现对全国辐射环境质量和重要核设施的全方位监测和预警; 建成了国家辐射监测数据汇总中心和 31 个省级数据汇总中心; 建立并实施“日监视、月巡检”的日常运行管理制度和定期通报机制, 自动站数据获取率提高至 90%, 实现了环境保护部网站实时发布自动站空气吸收剂量率监测结果。

核电厂营运单位根据环境影响报告书(EIR)中确定的关键核素、关键照射途径和关键人群组, 制订了环境监测大纲, 对环境的放射性水平进行监测, 确保遵守国家有关法律和法规的要求, 保证流出物的排放在排放限值以内, 保护公众免受核电厂运行造成的辐射影响。核电厂应用环境放射性监测数据对以下方面进行评价和分析:

- 评价控制放射性物质释放到环境的有效性;
- 评价核电厂流出物所造成的公众照射;
- 评价环境放射性水平变化的长期趋势;
- 评价放射性核素在环境中的扩散和迁移;
- 校核制定批准限值时所采用的评价模型的有效性和环境参数的准确性。

(1) 运行前的本底调查

核电厂运行前须完成两年的放射性本底调查。核电厂运行前对环境本底进行了测量和记录, 确保环境监测的范围和频度具有代表性, 满足相关法规的要求。

(2) 环境辐射监测

核电厂充分利用运行前调查所获得的资料, 在满足环境影响评价需要的情况下, 做到环境监测的最优化。环境监测的重点是对关键人群组剂量有重大贡献的关键途径和关键核素。核电厂按照国家环境保护法规和环境辐射监测标准, 编制了环境监测大纲, 对周围环境进行了有效的监测与评价。近三年核电厂周围环境的 γ 辐射水平、生物、空气、土壤及海洋等介质测量分析结果表明: 中国运行核电厂没有对环境带来不良影响。

(3) 放射性流出物的监测

核电厂投入运行后, 须对气载和液体放射性流出物进行监测。测量内容包括排放总量、排放浓度及要分析的主要核素。监测结果表明, 各核电厂运行期间的放射性流出物排放量, 均未超过国家标准规定的控制值。

(4) 气象观测

为了获取大气弥散状况, 核电厂制订了气象监测大纲; 选择了具有代表性监测地点对地面上空不同高度的风向、风速和温度, 以及地面气象站风、温、压、湿、辐射、降水等常规气象要素进行连续监测。另外, 核电厂与所在省的气象部

门建立了联系渠道，以获得所需更大范围的气象数据。

(5) 事故环境应急监测

核电厂在试运行前制订了环境应急监测计划，在环境应急监测计划中规定了一些导出的干预水平，以便于评价监测结果和及早决定是否需要采取相应的行动。

在核事故应急情况下，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监测资源和力量，负责场区附近的环境辐射监测。在事故后期，由于涉及大范围区域内的恢复活动，环境辐射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、场外双方共同实施。

(6) 核电厂运行过程中对公众的辐射影响

核电厂采用厂区边界 γ 辐射累积剂量的监测数据，以及对大气飘尘、陆上生物、土壤、水质等环境介质的取样分析所取得的数据，评价核电厂在运行过程中对公众造成的辐射影响。

中国核电厂所在省的辐射环境监测站对核电厂周围环境的监测结果表明：核电厂运行期间放射性流出物的排放量远低于国家标准规定的控制值，对周围公众造成的最大个人年均有效剂量远低于国家标准规定的剂量约束值。

15.5 监管机构的控制活动及能力建设

监管机构对核电厂放射性流出物的监管活动包括：

- 制定放射性废物管理方面的法规和导则；
- 制定辐射防护和放射性流出物排放方面的法规、导则和标准；
- 通过对放射性废物管理设施的设计、建造、运行，以及对人员资格和记录的审查，评价核电厂是否符合相关法规和标准；
- 对不符合导则和标准要求的事项，要求采取补救和纠正措施；
- 审批核电厂营运单位提交的环境影响报告书；
- 审查和批准申请的核电厂气载和液体放射性流出物年排放量；
- 审查核电厂营运单位提交的环境监测报告，并组织核电厂所在省的环境监测站进行环境的放射性监测。

核电厂所在省的环境保护部门在核电厂附近建立了核电厂外围监督性监测系统，对核电厂的周边环境进行监测和评价。对已获得的测量数据与核电厂的测量数据进行比对，并将结果与国外核电厂进行比较和分析。环境保护部（国家核安全局）和核电厂所在省的环境保护主管部门负责审查核电厂营运单位和地方辐射环境监测机构分别提交的监测报告，保证测量结果的准确性和真实性。

三年来，核与辐射安全监管机构主要开展了以下活动：

(1) 推进标准制修订与管理。修订了《放射性固体废物贮存和处置许可管理办法》、《放射性物品运输核与辐射安全分析报告书格式和内容》。

(2) 积极开展培训，提升队伍能力。2013 年发布了辐射安全与防护培训大纲和质量控制程序，对辐射安全与防护中级、初级培训班继续进行质量控制及现场督导，进一步督促各培训机构严格按照计划和要求开展培训，保障培训质量。

(3) 大力推进全国辐射环境监测能力建设，加强辐射环境监测制度设计。建立了国家、省和地方三级辐射环境监测队伍，初步建成了全国辐射环境监测网络体系，完成了全国辐射环境监测数据汇总及发布系统最终验收，并编制数据发布方案；建立健全全国辐射环境监测工作绩效考核和辐射环境监测机构能力评估机制，组织全国省级辐射监测机构开展质量考核与技能比武；推动辐射环境监测管理规范化，进一步完善国控网运行维护与监测质量管理制度。

(4) 启动了《核动力厂废物最小化导则》的编制。导则中已明确要求在安全分析报告中必须包括废物最小化的方案，该导则的草案已通过环境保护部（国家核安全局）核与辐射安全法规标准审查会讨论。

16 应急准备

1. 每一缔约方应采取适当步骤, 以确保核设施备有厂内和厂外应急计划, 并定期进行演习, 并且此类计划应涵盖一旦发生紧急情况将要进行的活动。

对于任何新的核设施, 此类计划应在该核设施以监管机构同意的高于某个低功率水平开始运行前编制好并做过演习。

2. 每一缔约方应采取适当步骤, 以确保可能受到辐射紧急情况影响的本国居民以及邻近该设施的国家的主管部门得到制订应急计划和作出应急响应所需的适当信息。

3. 在本国领土上没有核设施但很可能受到邻近核设施一旦发生的辐射紧急情况影响的缔约方, 应采取适当步骤以编制和演习其领土上的、涵盖一旦发生此类紧急情况将要进行的活动应急计划。

16.1 应急准备的基本要求

中国发布了《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》、等一系列法规和导则, 对国家应急管理体制以及核电厂营运单位的应急准备做了具体规定。

根据《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》、《国家突发公共事件总体应急预案》和相关国际公约, 2013 年国务院正式批准发布修订后的《国家核应急预案》, 进一步界定了核应急工作的管理范围, 明确工作原则、责任主体, 强化指挥机制, 细化应急准备与保障措施, 规范信息报告与发布程序, 并对核设施事故的善后工作作出了规定。

《核电厂核事故应急管理条例》和《国家核应急预案》明确规定: 核事故应急管理工作贯彻执行常备不懈, 积极兼容, 统一指挥, 大力协同, 保护公众, 保护环境的基本方针, 坚持统一领导、分级负责, 条块结合、军地协同, 快速反应、科学处置的基本原则。

2013 年, 环境保护部(国家核安全局)修订发布了《环境保护部(国家核安全局)核事故应急预案》和《环境保护部(国家核安全局)辐射事故应急预案》。

上述法律法规和部门规章、核安全导则以及各类技术文件一起构成了中国比较完整的核应急法规体系, 在核电厂发生严重事故时, 能迅速采取必要和有效的应急响应行动。

福岛核事故发生后, 环境保护部(国家核安全局)发布了《福岛核事故后核

电厂改进行动通用技术要求》，提出了应急补水及相关设备技术要求、应急控制中心可居留性及其功能的技术要求以及同一厂址多机组同时进入应急状态后的应急改进等技术层面的要求。

中国积极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。国家核事故应急协调委员会于 2014 年启动了《核电厂核事故应急管理条例》的修订工作，环境保护部（国家核安全局）正在组织制订核安全导则《核动力厂营运单位核应急演习》、《压水堆核电厂应急行动水平的制定》并启动了核安全导则《核动力厂应急设施的可居留性》的编制工作。

福岛事故后，环境保护部（国家核安全局）对应急计划实施可行性的评价、应急动力供应、应急控制中心以及应急准备和行动等方面做出了要求。

16.2 应急组织体系及职责

中国坚持积极兼容、资源整合、专业配套、军民融合的思路，建设并保持与核能事业安全高效发展相适应的国家核应急能力，形成有效应对严重核事故的国家核应急能力体系。按照建立一个统一的核应急能力体系，区分国家级、省级、核设施单位级三个能力层次的总体布局，着力推进核应急领域的各类力量建设，包括建设国家核应急专业技术支持中心、国家级核应急救援力量、省级核应急力量和核设施营运单位核应急力量等。

按照积极兼容原则，围绕各自职责，中国各级政府有关部门依据《国家核应急预案》明确的任务，分别建立并加强可服务保障核应急的能力体系。在国家核应急体制机制框架下，各级各类核应急力量统一调配、联动使用，共同承担核事故应急处置任务。

中国的核事故应急实行三级应急组织体系，即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的核事故应急组织，如图 6 所示。

在三级核事故应急组织体系中，国家核事故应急协调委员会负责组织协调全国核事故应急准备和应急处置工作。日常工作由国家核事故应急办公室承担。必要时，成立国家核事故应急指挥部，统一领导、组织、协调全国的核事故应对工作。国家核事故应急协调委员会设立专家委员会，为国家核应急工作重大决策和重要规划以及核事故应对工作提供咨询和建议；设立联络员组，承担国家核事故应急协调委员会交办的事项。

省级核应急委员会负责本行政区域核事故应急准备与应急处置工作，统一指挥本行政区域核事故场外应急响应行动。省级核应急委员会设立专家组，提供决策咨询；设立省级核事故应急办公室，承担日常工作。未成立核应急委员会的省级人民政府指定部门负责本行政区域核事故应急准备与应急处置工作。必要时，由省级人民政府直接领导、组织、协调本行政区域场外核应急工作，支援核事故场内

核应急响应行动。

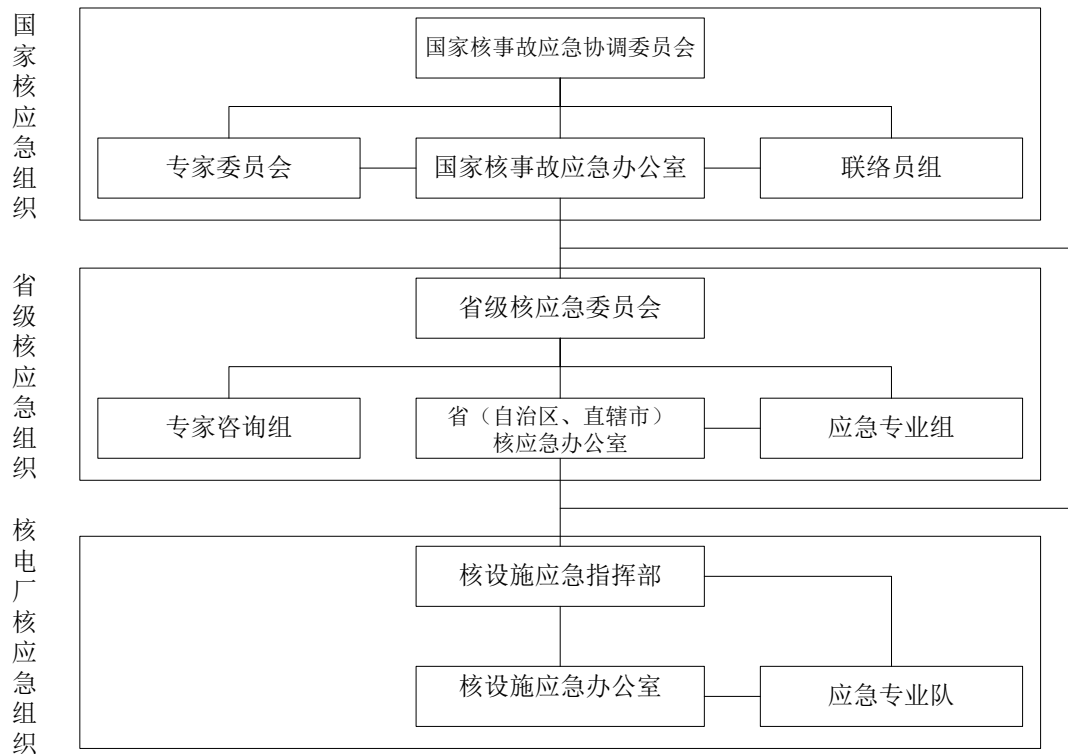


图6 国家核应急组织体系图

核设施营运单位核应急指挥部负责组织场内核应急准备与应急处置工作，统一指挥本单位的核应急响应行动，配合和协助做好场外核应急准备与响应工作，及时提出进入场外应急状态和采取场外应急防护措施的建议。核设施营运单位的集团公司负责领导协调核设施营运单位核应急准备工作，事故情况下负责调配其应急资源和力量，支援核设施营运单位的响应行动。

各层级核事故应急组织的主要职责是：

- (1) 国家核应急协调委员会组织、协调全国的核事故应急管理工作。
 - 贯彻国家核事故应急工作方针，拟定国家核事故应急工作政策。
 - 组织协调国务院有关部门、核行业主管部门、地方政府、核电厂和其他核设施及军队的核事故应急工作。
 - 审查国家核事故应急工作规划和年度工作计划。
 - 组织制定和实施国家核事故应急预案，审查批准场外应急预案。
 - 应急响应时适时批准进入和终止场外应急状态。
 - 统一决策、组织、指挥应急支援响应行动，随时向国务院请示报告。
 - 适时向国务院提出需实施特殊紧急行动的建议。
 - 负责履行核事故应急相关国际公约、双边或多边合作协议，审查批准核事故公报、国际通报，提出请求国际援助的方案。

- 承办国务院交办的其他有关事宜。
- 必要时，由国务院领导、组织、协调全国的核事故应急管理工作。

(2) 国家核应急办公室是全国核事故应急工作的行政管理机构，其建制在中国国家原子能机构。主要职责是：

- 贯彻国务院和国家核应急协调委员会的核事故应急工作方针和政策。

- 负责国家核应急协调委员会的日常工作。

- 贯彻执行国家核事故应急预案，了解、协调、督促国家核应急协调委员会成员单位的应急准备工作；检查、指导和协调有关地方政府、核电厂及其上级机构的应急准备工作。

- 负责国家核与辐射应急信息的接收、核实、处理、传递、通报、报告，管理国家核应急响应中心；作为国家对外核事故应急联络点，承办履行相关国际公约、双边或多边合作协议的具体事宜及申请国际援助的有关事宜。

- 编制国家核事故应急工作规划和年度工作计划，制定科技研究计划和应急技术支持体系方案。

- 组织审查场外应急计划、场外综合演习计划和场内、外联合演习计划，提出审查意见书。

- 组织联络员和专家咨询组活动。

- 组织有关核事故应急培训和演习。

- 应急响应时，负责收集情况，提出报告和建议，及时传达和执行国务院领导和国家核应急协调委员会的各项决策和指令，并检查和报告执行情况。

- 承办应急状态终止后国家核应急协调委员会决定的有关事宜。

(3) 核电厂所在地的省人民政府核应急委员会，负责本行政区域内的核事故应急管理工作。主要职责是：

- 执行国家核事故应急工作的方针和政策。

- 制定场外核事故应急预案，做好核事故应急准备工作。

- 统一指挥本省行政区域内的场外核事故应急响应行动。

- 组织支援场内核事故应急响应行动。

- 及时向相邻的省、自治区、直辖市或特别行政区政府通报核事故情况。

- 必要时，由省政府领导、组织、协调本行政区域内的核事故应急管理工作。

(4) 核电厂的核事故应急组织的主要职责是：

- 执行国家核事故应急工作的方针和政策。

- 制定场内核事故应急预案，做好核事故应急准备工作。

- 确定核事故应急状态等级，统一指挥本单位的核事故应急响应行动。

— 及时向国家和省核应急组织及规定的部门报告事故情况，提出进入场外应急状态和采取应急防护措施的建议。

— 协助和配合省核应急委员会做好核事故应急工作。

(5) 环境保护部（国家核安全局）、卫生与计划生育委员会、军队等国家核事故应急协调委员会成员单位和有关部门在各自的职责范围内做好相应的核事故应急工作。

16.3 应急状态的分级及报告

中国对核电厂应急状态分为以下四种等级：

(1) **应急待命**：出现可能危及核电厂安全的某些特定工况或外部事件。核电厂有关人员进入待命状态，场外某些应急组织可能得到通知。

(2) **厂房应急**：辐射后果仅限于核电厂部分区域，按核电厂应急计划，厂内人员行动，场外有关应急组织得到通知。

(3) **场区应急**：辐射后果限于场区内。场内人员行动，场外应急组织得到通知，某些场外应急组织也可能行动。

(4) **场外应急（总体应急）**：辐射后果已超越场区边界。场内场外人员行动，需实施场内和场外核事故应急计划。

以上应急状态分别对应 IV 级响应、III 级响应、II 级响应、I 级响应。前三级响应，主要针对场区范围内的应急需要进行组织实施。当出现或可能出现向环境释放大量放射性物质，事故后果超越场区边界并可能严重危及公众健康和环境安全时，进入场外应急，启动 I 级响应。

当核电厂进入应急待命状态时，核电厂核应急组织及时向核电厂的上级主管部门和环境保护部（国家核安全局）报告情况，并视情况决定向核电厂所在省级核应急委员会报告。当出现可能或者已经有放射性物质释放的情况时，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、环境保护部（国家核安全局）和省级核应急委员会报告情况。

在放射性物质可能或者已经扩散到核电厂场区以外时，迅速向省级核应急委员会提出进入场外应急状态并采取应急防护措施的建议。省级核应急委员会接到核电厂核应急组织的事故情况报告后，迅速采取相应的核事故应急对策和应急防护措施，并及时向国家核应急办公室报告情况。需要决定进入场外应急状态时，经国家核应急协调委员会批准；在特殊情况下，省级核应急委员会可以先行决定进入场外应急状态，并立即向国家核应急协调委员会报告。

当进入场外应急状态时，国家核应急办公室、环境保护部（国家核安全局）等有关部门，及时派出人员赶赴现场，指导核事故应急响应行动。

16.4 核电厂的场内和场外应急计划

针对核电厂可能发生的核事故，核电厂营运单位编制场内应急计划、地方政府编制场外应急计划、国家核应急协调委员会编制国家核应急计划。这三级应急计划在内容上是相互衔接和协调一致的，各级应急计划均有实施程序作为应急计划的补充和细化。此外，国家核应急协调委员会的主要成员单位、各后援单位及军队均制订各自的应急方案。各级应急计划和应急方案按规定进行编制、审批和定期修改。

各级应急计划的内容包括应急响应组织及其职责、应急准备和响应的详细方案、设施和设备、有关方面的配合和支援及其他技术内容。根据积极兼容原则，充分利用现有条件，建立和保持必要的应急技术支持中心或后援单位，如应急决策支持、辐射监测、医疗救治、气象服务、核电厂应急运行技术支持等技术支持中心，形成国家核应急技术支持体系，保障国家的核事故应急响应能力。

核电厂营运单位的应急计划，经国家能源局审批后，送环境保护部（国家核安全局）审评并报国家核应急办公室备案；核电厂所在地的省级政府的核事故应急计划，由国家核应急协调委员会审批；国家核事故应急预案，由国务院审批。

福岛核事故后，中国政府安排科研机构与核电厂共同研究核电基地多机组同时进入应急状态后核电厂的应对措施，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，并在《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》中对多机组应对严重事故的能力提出要求。各核电厂依据实际情况，实施了改进行动并升版了核电厂应急计划及事故规程，建立应对多机组事故的应急管理体系；制订多机组同时进入应急状态后的应急响应方案，保证其在多机组事故应急情况下，快速、有效地实施应急响应行动；规范应急决策与响应、应急状态批准与终止流程，明确内、外部支持与应急能力协调流程，优化应急资源配置。同时将新修订的应急响应方案报环境保护部(国家核安全局)备案。

环境保护部（国家核安全局）在对核电厂场内应急计划审评过程中，重点关注两台机组同时发生事故工况的情形，研究分析核电厂应急响应能力，重点分析核电厂应急组织体系、人力、物力、技术措施等方面，保障两台机组同时进入应急状态下核电厂能够有效实施应急响应行动。

16.5 应急培训及演习

中国高度重视核应急演习演练,发布《核电厂核事故应急管理条例》、《突发事件应急预案管理办法》、《突发事件应急演练指南》、《核应急演习管理规定》等规章制度,依法依规组织实施核应急演习,对各级各类核应急演习作出明确要求,规定了核应急演习的方针原则、组织机构、内容形式、分类频次、保障准备、实

施程序等。为适应核能发展需要，中国定期举行全国性核应急联合演习；相关省（直辖市、自治区）每2至4年举行一次本级场内场外核应急联合演习；核电厂营运单位每2年组织一次综合演习，每年组织多种专项演习，拥有3台以上运行机组的演习频度适当增加。

为了提高从事核应急工作人员的专业水平，国家和地方各级应急组织通过培训班、技术训练和应急知识考核等方式进行培训，加强核应急工作人力资源的培训和训练，为核应急准备和响应提供充足的人力资源保障。建立三级核应急培训制度。国家核应急管理机构负责全国核应急管理人员培训，省（直辖市、自治区）核应急管理机构负责本行政区域内核应急人员培训，核设施营运单位负责本单位核应急工作人员专业技术培训。

核电厂的应急培训包括应急基础培训、应急专项培训和应急在岗培训，分别针对核电厂一般工作人员（包括承包商）、参加应急响应组织的人员和应急响应组织中那些对技术和技能要求较高的岗位。培训内容涉及与核电厂应急准备和响应的诸多方面。福岛核事故后，中国各级组织共举办110多期培训班，培训近万人次。目前，中国核应急管理人员、专业技术人员均参加过不同级别、专业的培训。中国核电厂在首次装料前，对所有应急相关人员（包括应急指挥人员）进行系统培训和考核；在核电厂运行寿期内，每年至少进行一次与他们预计要完成的应急任务相适应的培训和考核。

为验证近几年新建成核电厂的核应急准备的有效性，均按核安全法规的要求，在核电厂首次装料之前与地方政府举行核事故应急联合演习。对已投入运行的核电厂，定期举行不同类型的应急演习，以检验、完善和强化应急准备和应急响应能力。国家定期组织三级核应急组织的国家级联合演习。福岛核事故后，核电厂按照应对多机组事故的要求，进行应急响应演习，验证应急响应能力。

2015年6月26日，中国举行了新版《国家核应急预案》发布后的第一次国家级核事故应急联合演习“神盾-2015”，此次演习由国家级、省级、核设施营运单位三级联动，国家核应急协调委员会27家成员单位参加，同时，还动用了9个国家核应急专业技术支持中心、10支救援分队以及相关救援力量。全面检验了核应急预案及其执行程序的有效性以及各级应急救援力量的协同性，有效提升了各级核组织和人员应对处置水平。法国、巴基斯坦、IAEA等派出官员和专家观摩了演习，本次演习还按照《及早通报核事故国际公约》，向IAEA进行了情况通报。

近年来，中国核电厂按照核应急法规的要求，进行了多次单项演习、综合演习和联合演习。辽宁、福建、广东、广西、海南省级核应急委分别组织实施辖区内核电厂首次装料前的场外核应急演习，检验场内外应急响应行动衔接有效性，检验军地协同响应效能，并接受国家核应急协调委指导与评估；各核电集团公司为检验核应急支援力量建设成果，在其所辖核电厂举行核应急综合演习过程中，

均实兵实装投入集团物资保障、技术支持、抢险辅助等支援力量，配合开展联演联训，应急支援能力得到较好检验和提升。已运行的秦山核电基地、大亚湾核电基地、田湾核电基地按照核安全法规要求定期举行核事故综合应急演练，每年分别举行数十次专项演练；红沿河核电厂、宁德核电厂、福清核电厂、阳江核电厂、昌江核电厂、防城港核电厂在首次装料前分别举行场内核应急综合演习，装料后，定期举行核应急综合演习和单项演练。中国核电厂综合演习和联合演习具体情况详见附件九。

16.6 在应急方面的信息公开与公众沟通

随着中国核电事业的快速发展，公众对核电安全的关注和参与意识不断提高。中国高度重视核应急方面的公众沟通和信息发布，制定相关规定，明确公开透明、客观真实、权威可信、科学通俗的工作原则。各级核应急组织建立专门的核应急宣传队伍，适时向全社会宣传国家的核能政策、核安全政策、核应急政策，增加核能发展透明度，确保公众享有核安全监督权、核应急准备与响应知情权。

中国制定并建立了核与辐射安全监管信息公开制度，相关部门均配备了相应的人员和物资，以适应核电发展的形势，推进和规范核电厂核与辐射安全信息公开，满足公众的知情权。

国家核事故应急办公室建立了信息通报网络，加强与有关部委、地方政府、核电厂和公众的信息沟通。

地方政府负责对核电厂附近公众进行核安全和辐射防护基本知识的普及教育，以及紧急情况下的报警、隐蔽、撤离、服用抗辐射预防药物等应急防护知识的宣传和指导。

核电厂营运单位通过地方的广播电视进行宣传、发放宣传资料、请当地公众来核电厂参观、参与或观看应急演练等方式，做到使公众消除核恐慌，又使公众在万一发生核事故时能有效投入核应急响应活动中。

核电厂及核电厂所在省（直辖市、自治区）的环保部门，每年通过适当的新闻媒体向公众发布核电厂年度环境监测结果。

各级核应急组织通过开展形式多样的核能公众信息沟通活动，奠定了较为广泛的核应急社会基础，促进了核电厂与临近社区、环境的和谐相处。

当发生严重核事故、进入场外应急状态时，中国对核事故和应急响应的信息实行集中统一的规范化管理，信息渠道、信息分类和信息发布等都有相应的规定和要求，以确定能够及时、统一、透明、准确地向公众发布和通报核与辐射事故的信息。

福岛核事故后，中国参考 IAEA 核安全行动计划完善了核与辐射事故发生时的信息发布机制、信息沟通机制和沟通渠道，加大核与辐射安全知识向社会公众的科普宣传教育力度，开展核与辐射事故公众心理社会效应研究。针对核事件的

特点，制定和完善公众信息规范发布的管理程序，及时化解了公众对核电安全的顾虑。

2013年以来，以“共筑核应急核安全防线、共促核能事业科学发展”为主题，中国多次组织全国范围核应急宣传活动，有关省（自治区、直辖市）核应急委员会、相关集团公司和各核设施营运单位积极参与，活动包括解读核应急领域法规制度，向公众介绍中国核应急工作近年来取得的成就，以及核应急相关科普知识等内容，国内外受众达到10亿人次。2015年11月，开展了“助推核能发展、助力‘一带一路’”采访活动，相关媒体走进中国核电企业，向国内外集中展示中国核电技术先进性、核电安全可靠、核电管理规范、核应急准备充分性，产生了积极社会反响。

中国政府正在继续完善核与辐射事故发生时的信息发布机制和公众的信息沟通机制和有效的沟通渠道，加大核与辐射安全知识的科普宣传教育力度。

16.7 监督管理和控制活动

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。

卫计委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，其中2个国家级救治基地，15个省级救治基地。建立了2支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国内和国际救援活动。

卫计委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。

16.7.1 辐射环境监测能力建设

为提高辐射环境监测能力，环境保护部（国家核安全局）建立了全国辐射环境监测网络体系，对全国辐射环境进行日常监测和应急监测；建成了核电厂辐射

环境现场监督性监测网络体系,覆盖全国所有在运和在建核电厂场区内外及周边(20公里)范围;建成了核与辐射事故应急决策支持与指挥调度系统,覆盖所有民用核设施,可实时获取关键安全参数,进行视频联络、开展后果评价;建成了国家级和20余省级核与辐射应急监测调度平台系统,可实时获取全国辐射环境自动监测网络数据,可统筹调配辐射应急监测力量,可进行视频联络;建成了两个国家级辐射环境监测实验室。

16.7.2 核电厂应对严重事故能力的建设

为提高核电厂应急准备和响应能力,环境保护部(国家核安全局)采取了相应的改进措施,特别是在福岛核事故后,发布了《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》,对核电厂提高应对严重事故的能力的改进措施提出了具体要求。核电厂营运单位所实施的改进行动包括:全部增配了应急移动电源和移动水泵,对于多堆厂址配备了至少两套移动泵设备和移动电源,并增加了高位柴油发电机;对核事故应急指挥中心进行抗震评估、升级改造和加固处理;加强了核电厂辐射应急监测力量,包括增配应急移动监测车和车载设备、抛投式应急连续实时监测设备,加密辐射环境监测自动站陆域布点;研发核事故海域监测与后果评价系统;开发并应用核电厂核事故应急演习情景库,提高应急演练的检验性、实战性和有效性;制订了多堆厂址两台机组同时发生事故工况情形下的应急响应方案。

16.7.3 核应急支援体系建设

为应对可能发生的严重核事故,做到快速反应,有效处置事故,并满足IAEA核安全行动计划中关于加强应急准备和响应的相关要求,中国依托现有能力基础,组建一支300余人的国家核应急救援队,主要承担复杂条件下重特大核事故突击抢险和紧急处置任务,并可参与国际核应急救援行动。适应核电厂建设布局需要,按照区域部署、模块设置、专业配套原则,建设了30多支国家级专业救援分队,具体承担核事故应急处置的各类专业救援任务。

2014年,在环境保护部(国家核安全局)的指导下,根据《核电集团公司核电厂核事故应急场内快速救援队伍建设总体要求》和《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)》,各核电集团公司组建了核应急支援队和核应急支援基地,构建了专业化应急支援力量,形成实战应对和支援能力,初步形成了能够应对类似福岛严重核事故的能力和机制。各核电集团公司共同签署了《核电集团公司核电厂核事故应急场内支援合作协议》,建立了集团间相互支援协作机制。核电集团救援队伍将在核电厂发生严重核事故情况下,执行场内应急救援任务和承担核电集团间快速支援任务,实现事故工况缓解与控制、

厂房关键设备抢修与恢复、堆芯诊断与评价、应急关键岗位替换与补充等。各邻近核电厂也陆续签订了相互支援协议，编制了相互支援行动方案，建立就近快速相互支援机制。基本实现了全国范围内核电厂核事故应急能力共建和应急资源共享的目标，进一步完善了应急支援体系。

16.8 核事故应急的国际安排

中国是IAEA成员国，始终致力于同各国一道推动建立国际核安全应急体系，促进各国共享和平利用核能的成果，坚定不移的支持和推进核应急领域国际合作与交流。中国与IAEA等国际组织在核应急领域开展多层次、全方位合作，不断拓展与世界有关国家核应急领域的合作与交流。同时，中国一直秉持坦诚开放的态度，与周边国家开展核应急方面的合作与交流。

中国支持IAEA在促进核能与核技术应用、加强核安全、加强核应急、实施保障监督等领域发挥主导作用。中国积极履行《及早通报核事故国际公约》《核事故或辐射紧急援助公约》等国际公约规定的国际义务，响应IAEA理事会、大会提出的各项倡议。中国代表团出席了历次IAEA组织的核应急主管当局会议。中国多次参加IAEA组织的公约演习活动。推荐中国核应急领域的专家学者数百人次参加IAEA开展的工作。

中国积极开展核应急领域的双边合作交流。中国已与巴西、阿根廷、英国、美国、韩国、俄罗斯、法国等30个国家签订双边核能合作协定，开展包括核应急在内的合作与交流。在中美和平利用核能协定框架下，中国国家原子能机构与美国能源部联合举办核应急医学救援培训班、核应急后果评价研讨班等多种培训活动。在中俄总理定期会晤框架内设立中俄核问题分委会机制，定期研讨交流核应急领域合作与交流事宜。中国与法国建立中法核能合作协调委员会机制，与韩国建立中韩核能合作联委会机制，定期开展相关活动。中国援助巴基斯坦建设核电厂，在核应急领域开展广泛深入的合作交流。

中国积极拓展多边合作，坚持合作共赢原则，与各国开展核应急领域合作与交流。2014年7月，中国在福建省举办“严重核事故下核应急准备与响应”亚太地区培训班，为11个国家和地区的专家提供交流平台；2015年10月，在首次全球核应急准备与响应大会上，中国介绍了核应急方针政策，并与90多个与会国家和10多个国际组织共同分享核应急准备与响应的成就。中国通过亚洲核安全网络、亚洲核合作论坛、亚太地区核技术合作协定等机制，在地区合作交流中积极发挥作用。中国于2004年1月正式加入世界卫生组织辐射应急医学准备与救援网络。中国持续举办核应急领域国际学术交流活动。中日韩建立核事故及早通报框架和专家交流机制，定期开展相关领域合作与交流。2014年5月，中国加入“国际核应急响应与援助网络”，为国际社会核应急体系建设提供支持。

福岛核事故发生后，中国政府部门、企事业单位、高校、科研院所，以各种

形式与国际组织合作，总结探讨后福岛时代核应急领域重大问题。这些合作交流活动，既促进了中国核应急的改进提高，也促进了国际社会对福岛核事故的经验反馈。中日韩核安全监管机构自 2008 年建立了中日韩核安全监管高官会机制，在 2011 年签署的中日韩核安全合作倡议中，将建立信息交流框架（IEF）和加强应急响应能力建设列为行动项目。2013 年 11 月，在第六次中日韩核安全监管高官会上，通过了三国核安全合作行动项目实施方案，加强了核电厂监管的信息交流和共享，同时，一方可作为观察员参加另两方举办的应急演习活动，表明了三国以务实的态度致力于信息交流和应急响应能力建设合作两个领域的优先行动。

2015 年 6 月 26 日，法国、巴基斯坦、IAEA 等派出官员和专家观摩了中国开展的“神盾-2015”核事故应急联合演习，本次演习按照《及早通报核事故国际公约》，向 IAEA 进行了情况通报。

17 选址

每一缔约方应采取适当步骤，以确保制定和执行相应的程序，以便：

(i) 评价在该核设施的预定寿期内可能影响其安全的与厂址有关的一切有关因素；

(ii) 评价拟议中的核设施对个人、社会和环境的安全可能造成的影响；

(iii) 必要时重新评价 (i) 和 (ii) 分款中提及的一切有关因素，以确保该核设施在安全方面仍然是可以接受的；

(iv) 在邻近拟议中的核设施的缔约方可能受到此设施影响的情况下与其磋商，并应其要求向这些缔约方提供必要的信息，以便它们能就该核设施很可能对其自己领土的安全影响进行评价和作出自己的估计。

17.1 厂址相关因素的评价

中国大陆目前运行和在建的核电厂址共有 13 个，均为沿海核电厂。这些核电厂的选址大多数始于上世纪末，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。

17.1.1 核电厂选址法规和要求

中国始终坚持以 IAEA 相关的法规标准作为选址评价的基本准则。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，满足中国现阶段监管需求，选址要求得到严格执行。同时，结合 IAEA 相关法规的修订以及中国近年来核电厂选址评价中积累的经验，中国适时修订核电厂选址的法规要求。

目前，适用于核电厂选址的法规要求主要有：《核电厂安全许可证件的申请和颁发》、《核电厂厂址选择安全规定》、《核电厂厂址选择中的地震问题》、《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》、《核电厂厂址选择的外部人为事件》、《核电厂厂址选择的极端气象》、《滨河核电厂厂址设计基准洪水的确定》、《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》、《核电厂的地基安全问题》、《核电厂厂址选择的大气弥散问题》、《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》、《核电厂厂址选择与水文地质的关系》、《核电厂厂址查勘》、《核电厂设计基准热带气旋》等。

17.1.2 厂址相关因素的评价准则及评价

中国核电厂选址遵守《核电厂厂址选择安全规定》的要求，在评价一个厂址是否适于建造核电厂时，必须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转移的厂址特征及其环境特征。

(3) 与实施应急措施的可能性及评价个人和群体风险所需要的有关外围地带的人口密度、分布及其它特征。

总评价准则包括：

(1) 必须调查和评价可能影响核电厂安全的厂址特征。必须调查运行状态和事故状态下可能受辐射后果影响的区域的环境特征。对所有这些特征在核电厂的整个寿期内予以观察和监控。

(2) 必须根据影响核电厂安全的自然事件和外部人为事件及各种现象的发生频率和严重程度，对推荐的核电厂厂址的安全性进行审查。

(3) 必须评价核电厂所在区域内影响核电厂安全的自然因素和人为因素在其预计寿期内可预见的演变，并在核电厂整个寿期内也必须监控这些因素，特别是人口增长率和人口分布特征。如有必要，必须采取适当措施，以保证总的风险保持在可接受的低水平。

(4) 必须对推荐的厂址和核电厂进行综合考虑以确定其设计基准外部事件。必须选择所有与重大的辐射风险有关的外部事件作为考虑事项，并确定其设计基准。

(5) 必须确定用于核电厂设计的有关外部事件的设计基准。对于一个外部事件（或事件的组合）来说，核电厂设计基准参数值的选择，应保证在发生设计基准事件时或之后能使与该事件（或事件组合）相关的安全重要构筑物、系统和部件保持其完整性，并且仍不丧失其功能。

(6) 对厂址全面评价后，如果证明所推荐的措施不能对设计基准外部事件所带来的破坏提供充分的保护，则必须认为在该厂址上不适合于建造所推荐的核电厂。

(7) 在确定有关外部事件的设计基准时，应考虑它们与周围条件（例如水文、水文地质和气象条件）的组合。同时还应考虑反应堆的运行状态。

(8) 必须评价与厂址有关的设计基准，并将其写入供国家核安全部门审查的申请文件中。这些设计基准必须得到国家核安全部门同意后，才能开始核电厂的有关部分的建造。如果对那些与厂址有关的设计基准仍有争议，而又不能在实际上提供足够的保护措施，因而认定该厂址是不合适的，则必须在这些有争议的问题得到解决以后，才能动工建造核电厂。

(9) 调查和研究的结果必须形成详尽的文件，以供国家核安全部门的独立审查。

(10) 在分析所选厂址是否合适时，必须考虑新燃料、乏燃料及放射性废物的贮存和运输等问题。

(11) 应考虑放射性排出流与非放射性排出流之间的相互作用的可能性。例如热或化学物质与放射性物质在液态排出流中的相互作用。

(12) 对每个推荐的厂址，还必须考虑包括厂址所在区域的人口分布、饮食习惯、土地和水的利用情况以及该区域其他放射性释放物所产生的辐射影响等有关因素，以评价核电厂在运行状态及事故状态（包括那些可能导致需要采取应急措施的事故状态）下对厂址所在区域的居民可能产生的辐射影响。

(13) 应尽可能在厂址选择过程的第一个阶段就确定该厂址总的装机容量。如果需要将核电总装机容量提高到高于原先批准的水平时，必须对该厂址的适合性进行重新评价。

(14) 对于所有可能影响安全和确定厂址设计基准参数的活动，都必须执行质量保证大纲。质量保证大纲可按有关规定执行。

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。根据中国核电厂的选址调查评价，影响核电厂安全的自然因素主要包括地震、地基稳定性、边坡稳定性、强风、洪水（包括由热带气旋产生的风暴潮和极端降雨产生的洪水）、龙卷风等极端自然灾害以及可能存在的灾害组合。

中国核电厂在选址时对飞机坠毁、外部爆炸、有毒化学品贮存和运输、危险气云和火灾等可能影响核电厂安全的外部人为事件的潜在源进行了调查。针对目前已有核电厂厂址的调查评价结果表明，这些因素对中国已有核电厂厂址的安全不构成影响，在核电厂设计中可不作为外部事件设计基准予以考虑。对于核电厂址附近航道上可能的运输船只对取水口的碰撞及可能的腐蚀性液体和油的溢出，通过采取适当的工程措施，完全可使其对核电厂的安全影响达到可接受的范围。

在核动力厂厂址选择过程中，依据法规要求，环境保护部（国家核安全局）要求在核电厂周围设置非居住区和规划限制区，充分考虑了厂址地区发展规划中外部人为事件源的可能影响，并对该区域在核电厂寿期内未来人为活动实施控制。

中国核电厂在选址过程中结合了厂址周围的环境特征现状和预期发展，对场外应急计划的可实施性进行了论证；同时，中国建立了分级负责的核应急管理体系，建成 3 个国家核应急培训基地，建立了 30 多支国家级专业救援分队并组建了一支 300 余人的国家应急救援队，对复杂条件下的重特大核事故突击抢险和紧急任务做了规划和部署。各核电集团公司之间建立了核应急相互支援合作机制，各邻近核电厂签订了相互支援协议。

17.1.3 确定外部事件影响的准则

17.1.3.1 确定外部自然事件设计基准的准则

(1) 对推荐厂址，必须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) 根据厂址所在区域内外部自然事件对核电厂安全运行的影响程度进行分类，以确定那些必须在核电厂设计基准中需要考虑的重要自然现象。

(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的历史资料，并分析其可靠性、准确性和完整性。

(4) 采用恰当方法确定防护这些重要自然现象的设计基准，并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) 在确定设计基准自然事件时，进行评价的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影响的所有特征及地区。

(6) 必须根据厂址的特定资料进行核电厂设计基准评价，对无法获得的资料，可采用与该厂址所在区域相类似的其它区域的适用资料。

17.1.3.2 确定外部人为事件设计基准的准则

(1) 对于推荐的厂址，必须充分调查研究可能影响安全的与设计基准外部人为事件有关的所有厂址特征。

(2) 必须查明核电厂厂址所在区域内各种可能危及核电厂安全的设施和人为活动，并根据其影响安全的严重程度进行分类，以确定出那些用于设计基准的重要人为事件。

(3) 必须收集上述重要人为事件的发生频率和严重程度的资料，并分析其可靠性、准确性和完整性。

(4) 必须采用恰当的方法确定设计基准人为事件。该方法与厂址所在区域的特征及目前的技术水平相适应。

17.1.4 监管审查和控制活动

中国核安全导则将核电厂选址过程划分为三个阶段，即厂址查勘阶段、厂址评价阶段和运行前阶段。厂址查勘阶段大致分为三个步骤：第一步，进行区域分析以查明可能厂址；第二步，筛选可能厂址以选择候选厂址；第三步，比较候选厂址、排列其优劣次序以获得优先候选厂址。厂址评价阶段要对推荐出的优先候选厂址进行更加详细的评价，其主要任务包括：一、从安全的角度出发，证明厂址的适宜性；二、确定与厂址相关的设计基准。《核电厂厂址选择安全规定》及其附属的一系列导则主要是针对厂址评价阶段确定的。环境保护部（国家核安全局）对厂址的安全分析报告和选址阶段环境影响评价报告进行审评确认后，提出

《核电厂厂址选择审查意见书》，该审查意见书是项目立项的前提。

《民用核设施安全监督管理条例》及其实施细则规定：在国家批准核电厂可行性研究报告之前，核电厂建造申请者必须取得环境保护部（国家核安全局）《核电厂厂址选择审查意见书》；必须在核电厂厂址选定前六个月向环境保护部（国家核安全局）提交《核电厂可行性研究报告》中有关厂址安全内容的文件。2013年至2015年，环境保护部（国家核安全局）共批复了4个厂址的厂址选择审查意见书和选址阶段环评报告书，分别是CAP1400示范工程，徐大堡核电厂1、2号机组，海阳核电厂3、4号机组以及陆丰核电厂1、2号机组。

17.1.5 对中国核电厂厂址的筛查

环境保护部（国家核安全局）从核安全、环境保护、区域规划和环境区划三个方面，采用“分级”加“分类”的两级技术框架对我国所有潜在的核电厂址进行了评价。评价指标体系的构建考虑我国有关核电厂选址的法规 and 标准，并结合我国核电厂址选择所提出的实际问题。

评价具体步骤包括：

（1）确定需要考虑的影响因素，包括核安全、环境保护、区域和能源发展规划、环境功能区划等的相容性等。

（2）确定各影响因素的分级指标。将有关影响因素的性质和大小分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个等级。这个过程是针对所考虑的影响因素进行评价，称为“分级”评价。

（3）综合考虑各影响因素的“分级”评价结果，将所评价的厂址分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个类别。这个过程是综合考虑各影响因素分级的评价结果对厂址进行分类，称为“分类”评价。厂址的分类以厂址的分级评价结果为主要技术依据，不考虑影响因素的“权重”，只给出厂址的分类等级。如果某个厂址的某个影响因素的分级评价结果为Ⅳ，不再对这个厂址的其他影响因素进行分级评价，而直接将这个厂址划为第Ⅳ类厂址。

第Ⅰ类厂址是与区域规划和环境功能区划等有良好相容性，同时在核安全和环境保护方面具有良好特性的厂址，相对而言是“最好”的厂址；而第Ⅳ类厂址在与区域规划和环境功能区划的相容性、核安全和环境保护之中的某个方面存在突出的缺陷，对这样的厂址需要在厂址的审评或审批中给予特别关注，相对而言是“最差”的厂址。

17.2 核电厂对人员、社会和环境的影响

在选址阶段，中国核电厂许可证申请者按照《核电厂厂址选择安全规定》的要求，对拟建的核电厂对个人、社会和环境可能造成的影响以及实施应急计划的

可行性进行了评价。

17.2.1 确定核电厂对居民和环境潜在影响的准则

17.2.1.1 确定核电厂对区域潜在影响的准则

(1) 在评价核电厂在运行状态和可能导致需要采取应急措施的事故状态下对厂址所在区域的辐射影响时,必须结合核电厂及其安全设施的设计,恰如其分地估计潜在的放射性物质释放及其影响,并恰当地确定用于厂址评价的辐射源项。

(2) 在评定核电厂释放的放射性物质可能影响人的直接或间接的途径时,要考虑区域和厂址的异常特征,并特别注意生物圈在放射性核素积累和运输中的作用。

(3) 要综合考查核电厂设计和厂址之间的关系,以保证由源项所确定的放射性物质释放给公众和环境带来的辐射风险降低到可接受的程度。

(4) 核电厂设计必须能补偿其所在区域所造成的任何不能接受的影响,否则认为该厂址是不合适的。

17.2.1.2 考虑人口因素和应急计划的准则

(1) 必须评价目前和可预见的将来厂址区域的人口分布特征以及土地和水的利用情况,并且要考虑可能影响放射性释放物对个人和群体的潜在后果的任何特有特征。

(2) 在人口特征和分布方面,厂址与核电厂的组合必须满足:

— 在运行状态下对居民的辐射照射保持在合理可行尽量低的水平,在任何情况下都符合国家规定。

— 在事故状态(包括那些可能导致需要采取应急措施的事故状态)下对居民造成的辐射风险低到可接受的水平,并符合国家的规定。

对厂址进行全面评价后,如果证明无法采用适当的措施以满足上述要求时,则认为该厂址不适合于建造所推荐的核电厂。

(3) 考虑到公众的潜在辐射后果和执行应急计划的能力,以及可能妨碍执行应急计划的任何外部事件的影响,在推荐厂址的周围建立外围地带(规划限制区)。在选址评价中要证明在核电厂外围地带不存在妨碍制定应急计划的根本问题,并论证实施应急计划的可行性。

17.2.1.3 非居住区和规划限制区

非居住区是指反应堆周围一定范围内的区域,该区域内严禁有常住居民,由核动力厂的营运单位对这一区域行使有效的控制,包括任何个人和财产从该区域撤离;公路、铁路、水路可以穿过该区域,但不得干扰核动力厂的正常运行;在

事故情况下, 可以做出适当和有效的安排, 管制交通, 以保证工作人员和居民的安全。在非居住区内, 与核动力厂运行无关的活动, 只要不产生影响核动力厂正常运行和危及居民健康与安全是允许的。

规划限制区是指由省级人民政府确认的与非居住区直接相邻的区域。规划限制区内必须限制人口的机械增长, 对该区域内的新建和扩建的项目应加以引导或限制, 以考虑事故应急状态下采取适当防护措施的可能性。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》的规定, 核动力厂等重要核设施外围地区应当划定规划限制区。规划限制区的划定和管理办法由国务院规定。中国所有核动力厂均划定了规划限制区。

《核动力厂环境辐射防护规定》要求必须在核动力厂周围设置非居住区和规划限制区。非居住区和规划限制区边界的确定应考虑选址假想事故的放射性后果, 不要求非居住区是圆形, 可以根据厂址的地形、地貌、气象、交通等具体条件确定, 但非居住区边界离反应堆的距离不得小于 500m; 规划限制区半径不得小于 5km。规划限制区范围内不应有 1 万人以上的乡镇, 厂址半径 10km 范围内不应有 10 万人以上的城镇。对于多堆厂址, 应综合考虑各反应堆的特点, 确定非居住区和规划限制区边界。在发生选址假想事故时, 考虑保守大气弥散条件, 非居住区边界上的任何个人在事故发生后的任意 2h 内通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv; 规划限制区边界上的任何个人在事故的整个持续期间内 (可取 30 天) 通过上述两条照射途径所接受的有效剂量不得大于 0.25Sv。在事故的整个持续期间内, 厂址半径 80km 范围内公众群体通过上述两条照射途径接受的集体有效剂量应小于 2×10^4 人 · Sv。

17.2.2 核电厂对居民和环境潜在影响的准则的执行

中国核电厂在选址时, 充分考虑到可能的放射性释放对周围环境和居民造成的风险, 对可能造成风险的途径进行研究和控制。

核电厂主要对放射性物质在大气中、地表水和地下水的弥散、人口分布、土地和水的利用等因素进行了广泛的调查, 并定期监测, 利用模型进行研究和分析, 有效地控制了可能的放射性释放对周围环境和居民造成的辐射风险。

根据核电厂选址有关的核安全导则要求, 核电厂营运单位在整个寿期内对影响核电厂安全的选址因素, 如地震、气象、水文、地质等进行监测和评价, 以确保核电厂的安全。

中国拥有覆盖较全面的气象、水文和地震观测台网, 核电厂营运单位能够通过临近台站的观测资料及时掌握核电厂所在区域相关自然要素的变化情况。福岛核事故后通用技术要求在应对外部自然灾害方面进一步强调了核电厂应与气象和海洋等相关部门建立合作关系, 确保能够快速、准确、及时地获得预报信息; 进一步强调核电厂应与地震部门加强沟通, 及时获得最新的数据用以评估核电厂

的抗震能力的适当性。

17.3 厂址相关因素的再评价

17.3.1 选址后的厂址相关因素的再评价

中国核安全相关法规中对核电厂厂址选择中需评价的因素有明确要求。环境保护部（国家核安全局）在厂址选择之后的不同阶段（建造许可证申请、首次装料许可阶段、运行许可）的许可文件审批中会实施全面再审查，并在十年一次的定期安全审查中开展再评价工作。

安全分析报告是分析论证核电厂设计的可靠性和安全性，以及核电厂为保障厂区人员、公众和环境免遭过量辐射危害而设置的安全措施情况。安全分析报告第二章中描述了核电厂厂址及其附近地区的地质、地震、水文及气象方面的资料数据以及目前规划的人口分布、土地使用和厂址上各种活动及管理方法，并对厂址特征如何影响到核电厂设计和运行准则进行评价论证，从安全性出发验证厂址特征的适宜性。在核电厂开工建造前的准备阶段，核电厂运营单位须向环境保护部（国家核安全局）提交《核电厂初步安全分析报告》（PSAR），就核电厂的设计原则和核电厂建成后能否安全运行进行说明，包括对厂址特征的初步说明和分析。在核电厂首次装料前，核电厂运营单位须向环境保护部（国家核安全局）提交《最终安全分析报告》（FSAR），其中包括对有关厂址特征的更新资料进行补充，对厂址特征如何影响到核电厂设计和运行准则进行再评价。

《核动力厂运行安全规定》中明确规定必须采用定期安全审查的方式对核动力厂进行系统的安全重新评价，中国核电厂每十年进行一次定期安全审查。十年安全审查的目标是按照现行核安全标准和实践，对核电厂实际状态进行综合性评估，审查其是否满足现行的核安全要求。对审查过程中发现的问题（偏差），通过分析评价，以决定如何采取纠正行动，以确保核电厂在后续的运行寿期内始终保持高的核安全水平。灾害分析是十年安全审查中考虑的重要要素，其是在对运行核电厂以往运行历史记录评价的基础上，分析由于外部环境变化带来的厂址特征变化，确定核电厂防御内部和外部灾害的能力，包括洪水（包括海啸）、强风、极端气温、地震、飞机坠毁、毒气、爆炸等。

17.3.2 重大事故或极端事件后的再评价

福岛核事故后，环境保护部（国家核安全局）会同有关部门对中国运行和在建核电厂进行了综合安全检查。根据确定的“民用核设施综合安全检查实施方案”，对运行和在建核电厂外部事件综合安全检查中，重点复核评估了厂址选择过程中所评估外部事件的适当性、核电厂防洪能力和防洪预案、核电厂抗震能力和抗震预案的预防和缓解措施。

检查结论认为,由于中国大陆核电建设起步较晚,核电厂选址采用 IAEA 的法规标准作为评价依据,广泛地吸取了国际实践经验,并且在核电厂选址中认真落实。因此,选址过程中对极端外部事件评价是适当的,满足现行核安全法规和国际最新标准的相关要求。详见《〈核安全公约〉第二次特别会议中华人民共和国国家报告》第 1 章和第 2 章。

福岛核事故后,环境保护部(国家核安全局)制定了有针对性的检查程序,重点关注厂址选择过程中所评估的外部事件的适当性、核设施防洪预案和防洪能力评估、核设施抗震预案和现场抗震能力评估等十一个方面。

根据综合安全检查的结论,环境保护部(国家核安全局)对各民用核设施提出了福岛核事故后核安全改进技术要求,各核电厂均按要求完成,与厂址有关的改进行动包括:

(1) 外部事件安全裕量评估

各核电厂已根据统一要求实施完成外部极端事件下安全裕量评估工作(与欧盟实施的核电厂压力测试类似),确认各运行核电机组具备一定的应对超过设计基准的外部事件的能力,安全是有保障的。

(2) 提高核电厂的防洪能力

各已建和在建核电厂根据厂址条件对可能引起水淹事件的各项因素进行梳理和排查,复核确认原设计所采用的设计基准洪水位的有效性。运行核电厂在复核中考虑最新的观测分析数据,考虑建厂以来厂址周边环境变化等因素。根据厂址条件确定适当的超设计基准水淹场景(如设计基准洪水位情况下,叠加千年一遇降雨),复核厂区排洪能力、评估厂区积水深度。根据评估结果,采取地上防水淹措施,防止厂区积水不受控制地进入安全重要厂房。对与安全重要厂房相连接的地下管廊等通道进行全面排查重点考虑水淹可能导致电厂三大安全功能失效的地下管廊和房间,根据实际情况,采取地下防水淹措施。要求通过地下管廊等通道的地下防水淹措施,保证在上述水淹场景下和应急补水能力接入之前,至少有一个余热排出的安全序列可用。

各运行和在建核电厂,均依据上述原则开展了地下防水淹措施的专项技术研究,并对于贯穿部位实施有效的地下防水淹措施。对于地上防水淹措施和地下防水淹措施均采用永久性防水封堵或临时性防水淹措施,并制订合适的程序,指导临时措施的使用。

秦山核电厂防洪改造项目于 2012 年 12 月开始现场施工,2013 年底已整体实施完毕;秦山核电厂和其他沿海核电厂在福岛核事故后均开展了防洪风险评估,并且均采取了防止外部水淹的封堵措施,进一步提高了核电厂的防洪能力和安全裕度。

(3) 深入评价地震海啸风险

在福岛核事故后,环境保护部(国家核安全局)联合国家能源局、国家地震

局以及海洋部门等单位以更保守的方法针对可能对中国核电厂产生地震海啸威胁的马尼拉海沟和琉球海沟重新进行了评价。初步评价结果表明,可能产生地震海啸威胁的主要来源是马尼拉海沟,保守假设马尼拉海沟可能发生的最大地震为 8.8 级,其引发的海啸影响对象是广东沿岸的核电厂,大亚湾核电厂附近海域最大海啸离岸高度约为 2.7 米。针对这一海啸评估结果,大亚湾核电厂开展了详细的数学模型计算和物理模型试验,进一步确认了潜在的地震海啸风险不会影响大亚湾基地各核电机组的运行安全。

(4)提高核电厂应对严重事故的能力

在建核电机组在首次装料前实施的改进项目主要包括核安全相关厂房及设备的防水淹改进、增设移动电源和移动泵等设施、提高核电厂地震监测和抗震响应能力、完善核电厂 SAMG、深入评价地震海啸风险并开展外部事件概率安全分析、完善应急计划并提高核事故应急响应能力、制定和完善核电厂的信息发布程序、完善防灾预案和管理程序等。福岛核事故后,运行核电机组已在 2013 年完成了改进,开展首次装料的核电机组亦按计划完成了改进。

根据环境保护部(国家核安全局)的要求,在建核电厂和运行核电厂必须建立完善的应急预案。一旦发生影响到某厂址的极端自然事件,核电厂营运单位和相关设计单位需对相关设计基准及时进行复核评估。

环境保护部(国家核安全局)组织了相关专业技术人员针对突发极端自然事件进行过多次设计基准的复核评估,相继完成了《威马逊台风对相关核电厂影响调研与评估》(2014 年)、《台风彩虹及其伴生龙卷风对相关核电厂的影响》(2015 年)、《2016 年初“世纪寒潮”对中国核电厂的影响》(2016 年)等多份调研和评估报告。报告结果表明,上述极端自然事件均可被相关核电厂设计基准包络;中国核电厂相关设计基准取值合理,并留有一定的安全裕量。

17.4 与可能受核电厂影响的其他缔约方磋商

中国核电厂主要分布在东部和南部沿海地带,对于靠近边境的厂址,中国按照签署的《及早通报核事故公约》、《核事故或辐射紧急情况援助公约》与《核安全公约》的相关要求,采取双边或多边合作的方式协商解决潜在核事故对境外的影响与可能涉及的核应急领域问题。

中国与日本和韩国建立了中日韩区域核安全监管高官会机制,并签署了“中日韩核安全合作倡议”,确定将建立合作框架、承诺在地区核安全标准、区域应急响应机制和监管能力等领域开展合作行动。

中国继续保持与 IAEA 的密切合作,积极参与 OECD/NEA 框架下 MDEP 指导委员会及下设各工作组的活动;中国继续深化与核电发达国家的双边合作,加强核安全监管能力建设,并积极开展与核电发展中国家的合作,中国与日本、韩国和巴基斯坦等邻国的核安全监管当局签署了双边核安全合作协议或备忘录。

中国在重点城市设置了辐射环境自动监测站，在核电厂周围布设了大气环境、海洋环境、陆地水环境、土壤、生物、电磁辐射监测点，进行实时连续监测，并定期向社会公布辐射环境质量和运行核电厂辐射监测数据，便于邻国及时了解信息，提高区域核安全应急响应能力。

18 设计与建造

每一缔约方应采取适当步骤以确保：

(i) 核设施的设计和建造能提供防止放射性物质释放的若干可靠的保护层次和保护方法（纵深防御），以防止事故发生和一旦事故发生时能减轻其放射后果；

(ii) 设计和建造核设施时采用的工艺技术是经过实践证明可靠的，或经过试验、分析证明合格的；

(iii) 核设施的设计考虑到运行可靠、稳定和容易管理，并特别注意人的因素和人机接口。

18.1 实施“纵深防御”

18.1.1 核电厂设计和建造法规和要求

18.1.1.1 核电厂设计法规和要求

环境保护部（国家核安全局）参照IAEA相应的核安全标准和其它有关的国家标准，制定了《核动力厂设计安全规定》和有关核电厂设计的一系列导则，并在福岛核事故后对新建核电厂提出了更高的安全目标和要求，以指导新建核电厂选址、设计、建造以及相应审评、监督等核安全有关活动。

在审查进口核电厂的设计时，环境保护部（国家核安全局）要求《核电厂建造许可证》的申请单位必须说明所执行的标准和规范符合中国核安全法规和导则的要求。如果中国无此类标准和规范，采用的标准和规范须经环境保护部（国家核安全局）认可。

核电厂的安全有赖于三个基本安全功能(反应性控制、余热排出和放射性包容)的保障，纵深防御概念有助于保持三个基本安全功能，有助于使放射性物质不会危及公众和环境。

环境保护部（国家核安全局）修订了《核动力厂设计安全规定》并于2004年4月对外发布实施，该法规对核电厂设计的安全目标、安全管理要求、技术要求和设计要求作出了明确规定。

(1) 《核动力厂设计安全规定》所确立的核安全目标

在核电厂中建立并保持对放射性危害的有效防御，以保护人员、社会和环境免受危害。总的核安全目标由辐射防护目标和技术安全目标所支持，这两个目标互相补充、相辅相成，技术措施与管理性和程序性措施一起保证对电离辐射危害

的防御。

中国核电厂在整个设计中贯彻了纵深防御概念,采取所有合理可行的技术和管理手段,确保核电厂各种防御措施的有效性和多道屏障的完整性,防止发生核事故,并在一旦发生事故时减轻其后果。主要体现在以下方面:

- 提供多重的实体屏障,防止放射性物质不受控制地释放到环境。
- 保守地设计并高质量地建造和运行核电厂,确保将核电厂发生故障和异常运行的可能性减至最小。
- 利用固有特性和专设设施在发生假设始发事件期间及之后控制核电厂的行为,尽可能地使不受控制的瞬变过程减至最少甚至排除。
- 对核电厂提供附加控制,这些附加控制采用安全系统的自动触发,以尽量减少操纵员在假设始发事件早期阶段的干预。
- 提供设备和规程以控制事故发展过程和限制其后果。
- 提供多种手段来保证实现每项基本安全功能,即控制反应性、排出热量和包容放射性物质,从而保证各道屏障的有效性和减轻任何假设始发事件的后果。

为了贯彻纵深防御概念,中国核电厂在设计中尽实际可能地防止:

- 出现影响实体屏障完整性的情况。
- 屏障在需要它发挥作用时失效。
- 一道屏障因另一道屏障的失效而失效。

作为一条基本要求,任何时候各防御层次都按照不同运行方式的规定一一备齐。在缺少一个防御层次而其他防御层次虽在的条件下,继续运行就没有足够的基础。

福岛核事故证明了核电厂贯彻纵深防御原则的重要性。在福岛核事故后,环境保护部(国家核安全局)对核电厂提出了一系列新的要求,包括:深入评价地震和海啸风险;开展抗外部事件裕量分析评估;开展外部事件 PSA 等。这些要求的提出和落实进一步巩固和提高了核电厂的纵深防御能力。环境保护部(国家核安全局)对新建核电厂提出了提高核电厂抵御极端外部事件特别是极端自然灾害的能力、加强核电厂多层次纵深防御措施的要求,以保证各层次纵深防御措施的有效性以及各层次之间的独立性;同时还提出了进一步强化多样性设计要求以及利用最新技术和研究成果持续提高核安全的理念。

(2)《核动力厂设计安全规定》所确立的安全管理要求

1) 管理职责

营运单位对安全负全面责任。所有从事安全重要活动的单位,都有责任保证将安全事务放在最优先的位置。

2) 设计管理

必须保证安全重要构筑物、系统和部件具有必要的可靠性，能确保核电厂安全功能得到执行，使核电厂在其整个设计寿命期间能够安全运行，能防止事故的发生，保护厂区人员、公众和环境。

3) 经验证的工程实践

只要可能，安全重要构筑物、系统和部件就必须按照经批准的最新的或当前适用的规范和标准进行设计；其设计必须是此前在相当使用条件下验证过的；并且这些物项的选择必须与安全所要求的核电厂可靠性目标相一致。

当引入未经验证的设计或设施，或存在着偏离已有的工程实践时，必须借助适当的支持性研究计划，或通过其他相关的应用中获得的运行经验的检验，来证明其安全性是合适的。

4) 运行经验和安全研究

必须充分考虑从运行的核电厂中取得的相关运行经验和相关研究的成果。

5) 安全评价

必须对设计进行全面的安全评价，以证实交付制造、建造和竣工的设计满足设计开始时提出的安全要求。

6) 安全评价的独立验证

在提交国家核安全监管部门以前，营运单位必须保证由未参与相关设计的个人或团体对安全评价进行独立验证。

7) 质量保证

必须制定和实施描述核电厂设计的管理、执行和评价的总体安排的质量保证大纲。这个大纲必须由每个构筑物、系统和部件的更详细计划来支持，以便始终保证设计质量。

(3) 《核动力厂设计安全规定》所确立的主要技术要求

1) 纵深防御

纵深防御概念贯彻于安全有关的全部活动，包括与组织、人员行为和设计有关的方面，以提供一系列多层次的防护措施，如固有安全特性、设备和规程等，用以防止事故，或在未能防止事故时提供适当的保护。

2) 安全功能

设计中必须考虑在各种运行状态下、在发生设计基准事故期间和之后，以及尽可能考虑在发生所选定的超设计基准事故的事故工况下，都必须执行下列基本安全功能：

- 控制反应性；
- 排出堆芯热量；
- 包容放射性物质和控制运行排放，以及限制事故释放。

3) 事故预防和核电厂安全特性

核电厂设计必须使其对假设始发事件的敏感性减到最小。核电厂对任何假设始发事件的预期响应，必须是下列可合理达到的情况（以重要性为序）：

— 依靠核电厂的固有特性，使假设始发事件不会产生与安全有关的重大影响，或只使核电厂产生趋向于安全状态的变化。

— 发生假设始发事件后，核电厂借助非能动安全设施或在此状态下连续运行的安全系统的作用，以控制该事件，使核电厂趋于安全。

— 发生假设始发事件后，借助为了响应该事件而必需投入运行的那些安全系统的作用使核电厂趋于安全。

— 发生假设始发事件后，借助专门规程使核电厂趋于安全。

4) 辐射防护

设计必须以防止或减轻（在无法防止时）由设计基准事故和选定的严重事故引起的辐射照射作为目标。必须采取措施保证公众和厂区人员可能受到的辐射剂量不超过可接受限值并且合理可行尽量低。必须将有可能导致高辐射剂量或放射性释放的核电厂状态发生的概率限制在很低的水平，并必须保证发生概率高的核电厂状态仅产生微小的潜在放射性后果。

(4) 《核动力厂设计安全规定》所确立的主要设计要求

1) 安全分级

必须确定属于安全重要物项的所有构筑物、系统和部件，包括仪表和控制软件，然后根据其安全功能和安全重要性分级。它们的设计、建造和维修必须使其质量和可靠性与这种分级相适应。

2) 总的设计基准

设计基准必须规定核电厂的必备能力，以适应在规定的辐射防护要求范围内所确定的运行状态和设计基准事故。设计基准必须包括正常运行技术规格、假设始发事件造成的核电厂状态、安全分级、重要假设，以及在某些情况下特定的分析方法；除设计基准外，设计中还必须考虑核电厂在特定的超设计基准事故包括选定的严重事故中的行为。

3) 构筑物、系统和部件的可靠性设计

必须考虑防止共因故障，应用单一故障准则，采取故障安全设计等方法以保证安全重要构筑物、系统和部件等安全重要物项能以足够的可靠性承受所有确定的假使始发事件。

4) 在役试验、维护、修理、检查和监测的措施

为保持安全重要构筑物、系统和部件执行功能的能力，其设计必须满足能在核电厂整个寿期内进行标定、试验、维护、修理或更换、检查和检测，以证明满足可靠性目标。

5) 设备鉴定

必须采用设备鉴定的程序来确认安全重要物项能够在其整个设计运行寿期内满足处于需要起作用时的环境条件（如振动、温度、压力、喷射流冲击、电磁干扰、辐照、湿度或这些因素的任何可能组合）下执行其安全功能的要求。

6) 老化

设计中必须为所有安全重要构筑物、系统和部件提供适当的裕度，以便考虑到有关的老化和磨损机理以及与服役期有关的可能的性能劣化，从而保证这些构筑物、系统或部件在其整个设计寿期内能够执行所必需的安全功能的能力。

7) 优化运行人员操作的设计

厂区人员的工作场所和工作环境必须按照人机工程学原则设计。

必须在设计过程初期就系统地考虑人为因素和人机接口，并贯彻于设计全过程。

人机的界面设计必须对操纵员是“友好的”，并必须以限制人为差错的影响为目标。人机接口必须设计成不但能够为操纵员提供全面而易处理的信息，而且与作出决定和采取行动所需的时间相适应。

8) 安全分析

必须对核电厂设计进行安全分析，在分析中必须采用确定论和概率论分析方法。通过安全分析论证所设计的核电厂能够满足各类核电厂状态下放射性释放的所有规定限值和潜在的辐射剂量的可接受限值，并论证纵深防御已起到作用。

9) 其他设计考虑

在设计要求中还应对多堆公用构筑物、系统和部件、核燃料和放射性废物的运输和包装、撤离路线和通信手段，以及核电厂出入口控制和核电厂退役等方面作出了要求。

此外，《核动力厂设计安全规定》还对反应堆堆芯、反应堆冷却剂系统、安全壳系统、仪表和控制、应急控制及应急动力供应、辐射防护等核电厂重要系统的设计要求作出了具体规定。

18.1.1.2 核电厂建造法规和要求

核电厂建造的基本要求主要体现在核安全法规《核电厂质量保证安全规定》及其导则之中。针对建造活动的具体特点，核安全导则《核电厂建造期间的质量保证》要求如下：

(1) 总的要求包括：

- 制定现场建造（包括验证工作）计划并形成文件。
- 按适用于该项活动的书面程序、工作指令、说明书及图纸来规定和完成所要求的活动。
- 实施场地管理，保持要建造或安装的物项所必需的质量。

— 控制材料及设备的接收、贮存和装卸，严防滥用、误用、损伤、变坏或失去标识。

— 制定并实施流体系统和有关部件的清洗要求及清洁度的管理要求。

— 按照已批准的程序完成质量/安全相关的物项和表面的油漆或涂层活动。

— 对测量和试验设备进行管理，控制其选择、标识、标定和使用。

— 工作人员必须接受必要的培训，具备完成工作所必需的业务熟练程度等。

(2) 物项的安装、检查和试验

核电厂建造期间主要涉及三大类活动：土壤、地基、混凝土和结构钢的安装、检查和试验；机械设备和系统的安装、检查和试验；检测仪表和电气设备的安装、检查和试验。

对上述各类活动的重要环节均须进行严格的控制，包括：

— 建造、安装前的先决条件验证。

— 建造、安装过程的管理控制。

— 建造、安装活动完成后，对已完工构筑物 and 已安装设备、系统的检查和试验。

(3) 检查和试验结果的分析和评价

对检查和试验结果进行收集、整理、分析、评定，判断结构、设备和系统是否达到所要求的运行水平，进而确定相应的后续行动。

18.1.2 纵深防御的应用

18.1.2.1 纵深防御五个层次

在中国核电厂设计过程中，纵深防御概念的第一种应用为：提供一系列多层次的防御（固有特性、设备及规程），用以防止事故并在未能防止事故时保证提供适当的保护。

(1) 第一层次防御的目的是防止偏离正常运行及防止系统失效。

(2) 第二层次防御的目的是检测和纠正偏离正常运行状态，以防止预计运行事件升级为事故工况。为达到此目的，中国核电厂在设计中，提供了专用系统，并制定了运行规程。

(3) 第三层次防御基于以下假定：尽管极少可能，某些预计运行事件或假设始发事件的升级仍有可能未被前一防御层次所制止，更严重的事件可能发生及发展。

(4) 第四层次防御是针对设计基准可能已被超过的严重事故，并保证放射性后果保持在合理可行尽量低的水平。

(5) 第五层次防御是减轻可能由事故工况引起潜在的放射性物质释放造成的放射性后果。

中国为强化核电厂预防和缓解严重事故的能力,实现《核安全规划》中所要求的实际消除大量放射性物质释放的安全目标,结合 IAEA 发布的 SSR-2/1 中应对设计扩展工况的安全考虑,正在开展《核动力厂设计安全规定》的修订工作。修订内容包括纵深防御体系的调整和强化,考虑设计扩展工况等方面。

18.1.2.2 纵深防御的三道实体屏障

在中国核电厂的设计过程中,为核电厂设置三道实体屏障,防止放射性物质外逸。这些屏障主要包括燃料基体和燃料包壳、反应堆冷却剂系统压力边界以及安全壳。

18.1.2.3 核电厂设计的考虑

中国核安全法规要求,核电厂设计必须分析假设始发事件,以便确定所有可能影响核电厂安全的内部事件。这些事件可能包括设备故障或误操作,是根据确定论方法或概率论方法或这两者的组合选定的。

对于外部事件,法规要求必须结合厂址及周围区域的自然和社会环境特征,对可能影响核电厂安全的外部事件,包括地震、地质、洪水、气象等外部自然事件和飞机撞击、危险品爆炸等外部人为事件进行调查和评价,以确定厂址的适宜性和抵御外部事件的设计基准。在确定有关外部事件的危险性时,应考虑可能存在的组合效应(如水文和气象因素的组合效应)。

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。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,并将防洪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。

中国核电厂的设计基准地震的确定、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,而且一些核电厂与厂址地

震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。

福岛核事故后，中国组织开展了新建核电厂安全要求研究工作，对于严重事故的预防和缓解提出了相关要求。对于多机组厂址，还应满足下列要求：

— 对于用于严重事故预防和缓解的专用系统或设施，如主泵轴封注水系统、安全壳过滤排放系统或设施等，在多机组同时发生事故时应能保证其功能的可用性。

— 在原厂址固定式附加电源的基础上，每个多堆厂址应至少配置两套移动电源和移动泵设备，并评价和安排可用的水源。

— 必须考虑使用其他机组可利用的手段和支持，条件是其他机组的安全运行不会受到损害。

核电厂针对超过设计基准的外部事件的防护设计须留有适当的安全裕度，以提高核电厂抵御极端外部事件特别是极端自然灾害的能力。其中，核电厂的抗震设计应结合不同堆型核电厂以及厂址区域的地震活动背景进行地震裕量或地震概率安全分析，以评估超设计基准工况下的影响。核电厂还根据评估结果，制定必要的缓解措施和应急防护预案；核电厂的防洪设计还必须考虑极端洪水事件以及洪水事件组合的影响。在应对超设计基准外部事件时适当考虑小概率事件的叠加，如核电厂防水淹分析中考虑设计基准洪水位叠加千年一遇降水。

18.1.3 设计原则的应用

中国核电厂均设置有专设安全设施或安全设施以及补充安全措施，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、一回路快速卸压、堆腔注水或堆芯捕集器、移动电源、移动注水设施等。专设安全设施用来限制可能导致放射性产物屏蔽受破坏的假想事故即设计基准所造成的后果。安全设施用来应对选定的超设计基准事故，这些超设计基准事故序列通过确定论、概率论安全分析以及工程判断等方法获得，以预防和缓解超设计基准事故。通过采取补充安全措施以加强纵深防御从而减轻超过选定超设计基准事故的事故后果。

中国核电厂在设计中充分考虑了非能动安全功能或故障安全功能、自动化操作、实体和功能隔离、冗余度和多样化等设计原则，集中体现在如下几种反应堆堆型的设计中，同时也因堆型的差异而略有不同：

对于 VVER 技术的机组，为提高机组安全性，在设计上采取了一系列重要措施。非能动安全方面，设置非能动安注箱补充应对大破口冷却剂丧失事故，非能动安全壳氢气复合器以限制氢气浓度，堆芯熔融物捕集器防止安全壳地基熔穿。自动化操作方面，为全 DCS 自动化操作。冗余性、独立性和实体隔离方面，安全系统采用完全独立和实体隔离的 4 通道，设置反应堆厂房双层安全壳，设置

高压应急浓硼注入系统以实现反应性控制多样化。共因故障方面，设置四台应急柴油发电机，两台全厂断电（SBO）柴油发电机以及第七通道电源等安全设备和系统。

AP1000 通过设计多样化的安全级、非安全级仪控系统避免发生共模失效；设计了冗余的自动卸压系统，避免了高压熔融物喷射和蒸汽爆炸的发生；设计了两列共 66 台非安全相关的点火器，可以有效控制严重事故后安全壳内氢浓度；乏燃料水池设有 3 个 1E 级液位计和 1 个非 1E 级液位计，考虑了多样性和可靠性。AP1000 具有非能动安全特性，采用非能动堆芯冷却系统、非能动安全壳冷却系统、非能动主控室可居留系统、非能动堆腔淹没系统等，这些非能动安全系统能够在无操纵人员行动以及无交流电源的条件下维持长期的事故缓解。AP1000 非能动安全系统的设计满足单一故障原则，为进一步增强事故后长时间（72 小时后）电厂的事故处理能力，三门核电厂及海阳核电厂实施了增设移动泵、移动电源，完善了相应的事故规程。

CAP1400 在 AP1000 的基础上，增设了 6 台非安全级的氢气复合器，作为氢气点火器的多样化设置以控制安全壳内氢气浓度；进一步完善了安全壳过滤排放措施，提高了纵深防御能力；增强了向海水排热冷链系统设备的抗震性能，使其作为多样化最终热阱；提高了 DAS、氢气点火器、核电厂供电系统的抗震性能，增强了这些系统的可靠性。

台山核电厂采用单堆布置，每个反应堆的 4 列专设安全设施进行了实体隔离保护。用于减轻 DBC 事故的安全系统设计考虑了冗余或多样性，并对冗余设备进行了物理或地理上的隔离，以减轻安全功能丧失。分区隔离扩展到支持功能，如冷却水、供电和仪控。设计有空气对流系统、大自由容积安全壳及多台非能动氢气复合器以满足消氢要求。台山核电厂中执行 F1 安全功能的机械、电气和仪控系统的设计满足单一故障准则，此外，福岛核事故后，台山核电厂还采取了一系列改进措施以提高严重事故预防和缓解能力。为防止可能的共因故障，台山核电厂的仪控结构、ATWS 缓解系统、保护系统的设计、紧急停堆断路器装置以及控制和显示均不同程度引入了多样性。

华龙一号采用单堆布置、实现布置优化和实体隔离，采用双层安全壳，提高了核电厂安全性。反应堆厂房、燃料厂房采用 APC 壳进行全面防护；安全厂房完全实现物理隔离；柴油发电机厂房地理隔离，以保证至少一列应急柴油发电机组可用；最终热阱物项，如重要厂用水泵站及相应的管沟等，采用冗余系列、地理隔离的方式进行保护。在发生辅助给水系统失效工况下，采用非能动措施导出堆芯余热及反应堆冷却剂在 72 小时内将反应堆维持在安全的停堆状态。在核电厂发生严重事故工况时，非能动堆腔注水冷却系统通过冷却压力容器外表面，带走堆芯熔融物释放出的热量。非能动安全壳热量导出系统用于在事故工况下安全壳的非能动长期排热。设置应急硼注入系统，提供多样化的停堆手段。通过设置

足够冗余和独立的设备来提供必要的安全动作,使得能动部件的单一故障不会妨碍必要的安全动作。

对于球床模块式高温气冷堆,具有良好负反馈特性,在某些瞬态或事故发生时,通过温升引入的负反应性实现自动停堆或将堆芯功率降到一个很低水平,不会发生类似于压水堆的堆芯熔化事故。石岛湾核电厂设计有通风式低耐压型安全壳、非能动余热排出系统、非能动反应堆压力容器支承冷却系统、主控室可居留系统、二回路隔离系统、蒸汽发生器事故排放系统等专设安全设施,专设安全设施的设计中,充分考虑了实体隔离、单一故障准则和冗余性。

18.1.4 超设计基准事故应对

中国核电厂能够抵御涉及设计基准事故范围内的各种风险,并且对超设计基准的严重事故具备一定的控制和缓解能力。核电厂设计对极端自然灾害采取预防或者缓解措施。如果核电厂发生多种极端自然事件叠加的事故,核电厂已经开发完成应急运行规程,严重事故管理和应急响应体系等多个层次的措施可对事故后果进行有效的缓解。同时,核电厂通过定期安全审查工作对多种极端自然事件叠加事故的预防和缓解措施进行深入分析和评价,并通过实施核电厂防洪能力改进、实施应急补水及相关设备改进、增设移动电源、实施氢气监测及控制改进、高位水箱及高能蓄电池改进及新建应急控制指挥中心等来提升对超设计基准的严重事故具备一定的控制和缓解能力。

(1) 对新建核电厂的要求

福岛核事故后,中国组织开展了新建核电厂安全要求研究工作,对于严重事故的预防和缓解提出了相关要求。这些要求的主要内容将体现在即将完成的核电厂设计安全规定的升版文件中。

- 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。
- 对于能降低这些选定事件发生概率或者当这些选定事件发生时能减轻其后果的可能的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。
- 必须考虑核电厂整个设计能力,包括超过其原来预定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。
- 必须制定严重事故管理指南(含乏燃料水池的严重事故管理指南)或其他规程,对功率运行、低功率和停堆工况的严重事故以及由于外部事件导致核电厂大范围破坏的情况予以考虑,并定期进行修订。
- 针对严重事故,必须考虑的主要事项包括但不限于以下几项:

- 在设计上考虑全厂断电的可能性和处理措施；采取适当的设计措施排除由于冷水或不含硼水的快速注入而导致的严重堆芯损坏；考虑在停堆状态和安全壳打开状态下余热排出功能的可靠性。
- 采取高度可靠的手段避免高压堆芯熔融物喷射；还应根据厂址和构筑物的条件对熔融物与底板之间的作用进行评价，并确定合理的工程措施。
- 必须考虑严重事故下保持安全壳完整性的措施。
- 对于多机组厂址，还应满足下列要求：
 - 对于用于严重事故预防和缓解的专用系统或设施，如主泵轴封注水系统、安全壳过滤排放系统或设施等，在多机组同时发生事故时应能保证其功能的可用性。
 - 在原厂址固定式附加电源的基础上，每个多堆厂址应至少配置两套移动电源和移动泵设备，并评价和安排可用的水源。
 - 必须考虑使用其他机组可利用的手段和支持，条件是其他机组的安全运行不会受到损害。

福岛核事故后，环境保护部（国家核安全局）要求在建机组在装料前必须完成包括核安全相关厂房及设备的防水淹改进、增设移动电源和移动泵等设施、提高核电厂地震监测和抗震响应能力、完善核电厂 SAMG、对地震海啸风险进行深入评价、开展外部事件概率安全分析、完善应急计划并提高核事故应急响应能力、制定和完善核电厂的信息发布程序、完善防灾预案和管理程序等九个项目的实施。福岛核事故后实现首次装料的核电机组均按期按质完成了改进。

（2）已运行核电厂采取的应对措施

已运行的核电厂参考上述要求和国际的经验，结合各自电厂的实际情况，都开展了有关严重事故的研究，并计划开始逐步采取合理可行的预防和缓解措施：

- 积极调研国外机构和核电厂在严重事故研究方面的最新动态。
- 启动 SAMG 的研究与制定，包括覆盖电厂全部工况的 SAMG，达到在可能发生的严重事故工况下，对压力壳裂变产物边界和安全壳进行保护，有针对性地缓解严重事故后果，减少对环境的放射性释放，最终使核电厂恢复到可控、稳定状态。
- 开展移动设备使用导则和核电厂大范围损伤情况的事故管理导则的研发工作。
- 对缓解严重事故的系统和设施进行工程评价和改造，提高缓解严重事故的能力。
- 开发多机组核事故应急响应方案。

（3）积极推进对严重事故的管理

运行核电厂在参考国外同类型电厂实践的基础上，充分结合本厂实际情况，已编制适合本核电厂的严重事故管理大纲。中国已投入商业运行的核电机组中，

秦山核电厂、大亚湾核电厂、秦山第二核电厂、秦山第三核电厂、岭澳核电厂、田湾核电厂、红沿河核电厂、宁德核电厂、阳江核电厂、防城港核电厂已制定完成并实施了 SAMG。其中部分充分吸收了国内外核电厂关于全范围 SAMG 的最新研究成果,制定了能应对核电厂全运行模式下严重事故的全范围 SAMG。与之前已在核电厂广泛实施的功率工况 SAMG 相比,全范围 SAMG 极大地扩展了 SAMG 的适用范围,以确保核电厂严重事故管理程序能应对功率运行、低功率、停堆工况和乏燃料水池的严重事故以及由于外部事件导致核电厂大范围破坏的情况。同时部分核电厂还开展了极端工况下移动设备使用导则以及大范围损伤工况下的事故管理导则开展专题研究,大范围损伤工况下的事故管理导则覆盖现有规程体系无法覆盖的极端电厂损伤工况,是对现有核电厂事故管理体系的补充和完善,进一步提升核电厂安全性。

福岛核事故后,环境保护部(国家核安全局)要求核电厂制订同一厂址多机组同时进入应急状态后核电厂的应急响应方案和应急人员、物资的配备协调方案,完善核电厂 SAMG。各核电厂积极开展多机组同时进入应急状态的应对措施研究,实施了相应改进并升版了核电厂应急计划。中核核电运行管理有限公司统一了秦山核电基地九台机组的应急计划应对多机组事故,同时把多机组事故对应急行动水平的影响进行了综合考虑。编制了秦山核电基地应急移动设备统一调度规程,建立了应对多机组事故的应急管理体系,并进行了多机组应急响应演习,验证了秦山核电基地应对多机组事故的应急响应能力。大亚湾核电运营管理有限公司组织相关力量进行了调研、分析和研究,编制完成针对大亚湾核电厂、岭澳核电厂共六台机组可能存在的多机组核事故应急响应方案,后续还会针对多机组应急制定具体的实施程序。

18.1.5 维护实体隔离措施完整性

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。中国核电厂根据自身技术路线的特点,采取适当的措施,维持安全壳完整性以防止长期场外污染。主要包括防止超压、负压威胁安全壳完整性,为改善实体隔离效果增加防火小区的考虑,防止氢气燃烧对安全壳产生的严重威胁,防止堆芯熔融物熔穿安全壳基底等。

对于二代改进型压水堆核电机组,主要采取以下措施来维持安全壳的完整性:

(1) 采用预应力混凝土安全壳。在设计基准事故工况(失水事故和主蒸汽管道断裂事故)下,保守计算出的安全壳内压力均小于其设计压力,且具有一定的裕量。开展安全壳极限承载能力评估,证明安全壳可以承受设计压力 1.5 倍以上的极限压力,用于缓解超设计基准事故对安全壳完整性的影响。

(2) 设置或完善非能动安全壳可燃气体控制系统,增加非能动式氢气复合

器,用于控制设计基准事故和超设计基准事故工况下,安全壳内的氢气,防止局部氢气积聚导致的爆炸。

(3) 设置了安全壳过滤排放系统,在发生堆芯融化的严重事故后,当安全壳内的压力上升到其开启整定值时,对安全壳进行泄压,保证安全壳的完整性。

(4) 设置了安全级的安全壳喷淋系统,在安全壳内压力达到安全壳喷淋系统启动整定值时,触发安全壳喷淋,控制安全壳压力,并起到降低辐照的功能。

(5) 考虑稳压器卸压功能的延伸,在发生严重事故时降低一回路压力,避免高压熔堆威胁安全壳完整性。

(6) 增设移动柴油发电机、移动泵、高位水箱等。这些改进项目大大提升了核电厂对于严重事故的预防和缓解能力,有利于缓解事故后果,防止事故扩大,可以有效的降低超设计基准事故工况下安全壳破裂的风险。

(7) 制定了全范围 SAMG,进一步完善了在功率工况、停堆工况下核电厂处理严重事故的管理体系。建立 SAMG,达到在严重事故工况下对压力壳裂变产物边界和安全壳第三道屏障的保护,针对性地缓解严重事故后果,进而减少对电厂外环境的放射性释放,最后使事故机组恢复到稳定受控状态。

对于 AP1000 技术的机组,主要采取以下措施来维持安全壳的完整性:

(1) 钢制反应堆安全壳的结构设计考虑了主管道、主蒸汽管道和主给水管道的断裂事故等设计基准事故工况。在设计基准事故工况下,尤其是反应堆冷却剂系统出现大破口工况下,非能动安全壳冷却系统能够为安全壳提供冷却,防止其超温超压,进而维持安全壳完整性。

(2) 为防止压力容器失效,考虑了用安全壳内换料水贮存箱内的水淹没反应堆腔和反应堆压力容器的事故管理策略。在假想的严重事故期间,用水冷却压力容器的外表面并防止在下封头处的堆芯熔化碎片熔穿容器壁而进入安全壳。将堆芯熔融物保留在压力容器内可以防止容器外严重事故现象,如堆外蒸汽爆炸和堆芯物质与混凝土的化学反应的发生。设置氢气点火器、氢气复合器避免安全壳内发生氢气燃爆。设置冗余的大容量快速卸压阀降低一回路压力,避免发生高压熔堆,并同时提高堆腔注水成功的可能性进而保护安全壳的完整性。

(3) 对于自然灾害,三门核电厂及海阳核电厂的厂址气象条件能够包络在 AP1000 标准设计考虑的自然灾害分析范围内。钢制安全壳外侧为混凝土结构的屏蔽厂房,能够有效抵御台风、龙卷风等引起的飞射物。在设计上还考虑极端天气造成的负压瞬态对安全壳完整性的影响。同时,安全壳上还设置了真空破坏子系统,以防止外部压力超过内部压力,进而维持安全壳完整性。对于超设计基准的事故工况,为确保安全壳冷却,三门核电厂及海阳核电厂还增设了移动泵和移动电源,其储存场所在选定的超设计基准洪水位情况下,不会导致外部水淹。

对于 EPR 技术的机组,主要采取以下措施来维持安全壳的完整性:

(1) EPR 核电机组的安全壳容积约 8 万立方米,在发生严重事故后的 12 小

时内，无需启动任何系统降压也能维持安全壳压力低于其设计值。

(2) 在严重事故工况下，通过一回路专用卸压系统对反应堆冷却剂系统进行卸压，防止高压熔堆及熔融物喷射。

(3) 在严重事故工况下，通过可燃气体控制系统控制安全壳内的氢气，防止氢气爆炸。

(4) 在严重事故发生期间，通过安全壳余热排出系统的喷淋控制安全壳内压力。

(5) 堆芯熔融物滞留系统用于在严重事故工况下防止堆芯熔融物-混凝土的相互作用。

(6) 过滤通风系统收集内层和外层安全壳之间环形空间内的泄漏物以及安全厂房中未排放至烟囱的泄漏物,并过滤排放。

(7) 福岛核事故后，EPR 核电机组通过增加安全壳余热排出系统的移动补水，保证在安全壳余热排出系统喷淋不可用和全厂失电时安全壳压力的控制，以维持安全壳的完整性。

对于华龙一号机组，为防止超设计基准事故情况下放射性流体通过贯穿件漏出安全壳，所有流体管道在安全壳的区段均设有隔离阀。在发生超设计基准事故情况下，如发生安全壳内超压情况，可通过安全壳过滤排放系统主动泄压使安全壳内压力不超过承载限制，并经过滤装置对排放气体的放射性进行过滤，对放射性裂变产物进行可控排放，以确保在超设计基准事故情况下安全壳的完整性。设置非能动安全壳消氢系统和安全壳氢气监测系统对安全壳进行非能动及能动消氢和监测，以限制安全壳内氢气浓度低于安全限值，避免发生由于氢气燃烧和爆炸而导致的第三道屏障—安全壳失效的情况。

对于球床模块式高温气冷堆，所使用的安全壳为通风式低耐压型的安全壳，在原理上与传统压水堆核电厂和沸水堆核电厂安全壳略有区别，这是基于球床模块式高温气冷堆的一回路放射性释放量很小，并且具有很大的延迟。在发生了一回路失压事故后，由于堆芯热容量很大，燃料温度上升到最高温度的时间很长，这种延迟为采取事故管理措施提供了较长的宽容时间。分析表明即使没有核岛负压排风系统，无过滤释放到环境中的剂量也低于事故工况的验收剂量，不会造成严重的厂外后果。

18.1.6 核电厂设计改进

运行核电厂自机组投入商业运行以来，为提高安全性和可靠性，针对调试和运行期间暴露出来的设计和设备问题，根据确定论安全评价和概率论安全评价的结果，按照中国现行的核安全法规、国家和行业技术标准的要求，采用成熟和合格的工艺技术，对核电厂系统、设备和构筑物开展了卓有成效的技术改造工作。

秦山核电厂自机组投运以来，相继开展了压力容器顶盖及相关部件系统更

换、反应堆保护及相关设备仪控系统以及安全壳地坑滤网改造等数十项重大技术改造项目。

大亚湾核电站相继完成了防止误稀释改进、防堆芯裸露改进、余热排出系统入口死管段改造、反应堆厂房安装非能动氢气复合器改造以及 Farley-Tihange 改造等重大技术改进项目。

秦山第二核电站 1、2 号机组在设计时，根据同类电厂的建设和运行经验，实施了一系列设计改进。对 3、4 号机组，又充分吸收其 1、2 号机组的经验，进行了进一步的改进，如采用新型的 AFA3G 型燃料组件、采用新型安全壳地坑过滤器、增设超设计基准事故工况下的消氢措施、增设防硼误稀释等。

岭澳核电站根据大亚湾核电站及自身的运行实践，实施了数十项重大设计改进项目，如一回路主泵火警探测、安全壳内多点氢气测量、贯穿件 K1 级 AIR-LB 连接改进、安全壳喷淋系统试验管线改造等。

岭澳核电站的 3、4 号机组以其 1、2 号机组为参考，进行了多项技术改进，其中涉及安全方面的设计改进主要为采用先进 AFA 3G 燃料组件、反应堆压力容器堆芯活性段采用整体锻件、稳压器卸压功能延伸以防止高压熔堆工况、安全壳沙堆过滤器式卸压排放系统改造等。1、2 号机组已在反应堆厂房安装非能动氢气复合器，1 号机组已完成 Farley-Tihange 改造，2 号机组计划 2016 年完成。

秦山第三核电站自 2003 年首台机组投入商业运行以来，根据 CANDU-6 型重水堆的运行经验及中国实际情况，进行了必要的设计改进，共批准变更改造项目 2840 项，已完成实施 2000 余项，其中重大变更改造和技术改进项目 100 余项，如将不锈钢调节棒修改成钴调节棒生产钴 60、乏燃料干式贮存项目、增设再循环冷却水检修备用系统、增加两个停堆系统数据采集系统、增设辅助给水泵项目等。

田湾核电站 1、2 号机组根据 VVER-1000 型压水堆及自身的运行经验，在设计上进行了改进，如采用双层安全壳和四列安全系统、考虑了严重事故和不能停堆的预期瞬态、增设了应急硼注入系统、燃料水池位于安全壳内部并可贮存 10 年的乏燃料、安全厂房负压系统通风机组变更改造、旋转滤网整体改造等。

中国在建核电站中的自主设计二代改进型压水堆型机组，是在引进、消化、吸收国外成熟技术的基础上，结合国内外同类机组多年来的运行经验、安全研究和持续改进的成果，进行了一系列的设计改进。与国际同类型机组相比，具有较高的安全水平。

红沿河核电站、宁德核电站、阳江核电站、方家山核电站、福清核电站、防城港核电站等后续建设的二代改进型核电项目，全部采纳了参考电厂的改进项。

田湾核电站 3、4 号机组以其 1、2 号机组为参考机组，并进行了必要的设计改进。包括核岛低放废水收集及监测排放系统改进、核岛消防系统的改进、冷却剂净化系统改进等。另外还根据新的法规、标准和技术要求进行了安全壳地坑滤

网改进、增加破损燃料组件气体探测系统等措施来保证机组设计的先进性和安全性。同时，确定采用移动式设备进行蒸汽发生器和乏燃料水池的补水作为额外措施来进一步提高安全性。

中国运行核电厂通过持续不断的技术改进有效地保证了核电厂的安全稳定运行。福岛核事故发生后，各运行电厂结合全国综合安全检查和电厂自身检查的结果，依据环境保护部（国家核安全局）制定的计划，积极开展相应改进工作。各项短期安全改进项目，包括实施防水封堵，增设移动应急电源和移动泵，提高核电厂抗震响应能力等，以及中期安全改进项目包括完善核电厂 SAMG、增设或改造消氢设施、外部事件概率安全分析、秦山基地防洪改造和深入评价地震海啸风险等，均已按期完成。长期安全改进项目包括完善应急计划、提高核电厂应急响应能力、完善核电厂信息发布程序和加强核知识科普宣传等内容，各核电厂均积极开展了相关研究，采取了一系列有效措施，取得较大进展。

中国在建核电厂基本满足国家现行核安全法规和 IAEA 最新标准的要求，在选址、设计、制造、建设、安装和调试等各环节均实施了有效管理，质量保证体系和质量监控体系运转正常，工程建设满足设计要求。

18.1.7 监管审查和控制活动

(1) 环境保护部（国家核安全局）组织核安全审评、核电设计、高校等相关单位成立了专项工作组，对核电厂从设计上实际消除大量放射性物质释放的可能性进行技术调研和深入研究，并完成了 AP1000、CAP1400、华龙一号等核电技术的专题评估报告，形成了从设计上实际消除大量放射性释放相关研究报告，并计划发布实际消除大量放射性物质释放的技术政策，强化严重事故预防和缓解措施，提高外部事件设防基准，进一步推动核电设计安全水平的提升。

(2) 环境保护部（国家核安全局）针对核电建设重点和热点问题，紧密与其他相关部门、行业协会等的联系，妥善制定相应的处理方案。另外，还针对松脱部件和振动监测系统、核电厂网络信息安全调研、乏燃料干式贮存、核电厂低放废物暂存、沿海核电厂强台风影响等开展了专题调研或评价复核。

(3) 环境保护部（国家核安全局）加强对核电厂重大不符合项评价和处理，特别是在处理中国广核集团有限公司 14 台核电机组 DCS 电缆绝缘常数不符合采购规范、方家山核电厂控制棒驱动机构管座缺陷和主管道组对偏差等重大不符合项。编制印发了《关于近期发生的在建核电厂建造质量问题的通报》和《中国在建核电厂建造事件综合报告》，促进了中国核电厂建造经验的共享。

(4) 环境保护部（国家核安全局）要求纵深防御必须在核电厂设计过程中就应得到体现，并通过对核电厂初步安全分析报告和最终安全分析报告进行审查以确认纵深防御原则得到落实。此外，核电厂调试、运行以来的相关设计变更也必须经过环境保护部（国家核安全局）的审查确认。

18.2 采用成熟技术

18.2.1 法规和监管要求

中国自从开始设计、建造第一座核电厂—秦山核电厂以来，至今已逾三十余年。在此期间，国内外的核电技术得到了不断的发展，同时一些新版的法规、标准也不断颁布。为促进核电技术进步，不断提高核电机组的安全性和经济性，中国核电厂在满足新版法规、标准的条件下，根据国内外经验反馈及相关技术进步的情况，对运行、在建核电机组做持续的设计改进。特别是新建核电机组根据同类电厂及参考机组的建设和运行经验，采用新的技术将保证设计的先进性和安全性。

中国对核电厂采用成熟的技术进行设计、建造及改进的要求如下：

(1) 环境保护部（国家核安全局）要求核电厂营运单位在设计中采用成熟的和合格的工艺技术。核电厂营运单位向环境保护部（国家核安全局）提交的文件(如安全分析报告等)必须描述所采用的技术，并须得到验证和证实。

(2) 核电厂设计所采用的规范和标准，在应用前已进行过鉴定和评价，以确认它们的适用性和恰当性，确保设备的质量与所需要的安全功能相适应。

(3) 精心地制定制造和建造方法。正确地挑选和培训工作人员，并审查其资格。构筑物、系统和部件的制造和建造由国内外有经验的承包商或供货商完成，营运单位审查其承包和供货能力、工程制造和建造经验，以及能说明他们资格的文件和记录。

(4) 中国核电厂的设计与设计改进

新开工建设的核电机组其设计改进遵循以下共同原则：

- 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 及国际上其他关于先进核电堆型的设计要求中的适用部分。

18.2.2 许可证持有者采取的措施

运行核电厂自机组投入商业运行以来，为提高安全性和可靠性，针对调试和运行期间暴露出来的设计和设备问题，按照中国现行的核安全法规、国家和行业技术标准的要求，采用成熟和合格的工艺技术，对核电厂系统、设备和构筑物开展了卓有成效的技术改造工作。

在建核电厂中的自主设计压水堆型机组，在引进、消化、吸收国外成熟技术

的基础上,结合国内外同类机组多年来的运行经验、安全研究和持续改进的成果,进行了一系列的设计改进。与国际同类型机组相比,具有较高的安全水平。

田湾核电厂 3、4 号机组以田湾核电厂 1、2 号机组为参考机组,并进行了必要的设计改进。包括核岛低放废水收集及监测排放系统改进、核岛消防系统的改进、冷却剂净化系统改进等。另外还根据新的法规、标准和技术要求进行了安全壳地坑滤网改进、增加破损燃料组件气体探测系统等措施来保证机组设计的先进性和安全性。同时,确定采用移动式设备进行蒸汽发生器和乏燃料水池的补水作为额外措施来进一步提高安全性。田湾核电厂 5、6 号机组以已经投入商业运行的福清核电厂 1、2 号机组为参考机组,按照福岛核事故后国内外最高安全标准,实施了 42 项安全相关的重大技术改进,主要安全指标达到三代核电技术标准。

红沿河核电厂、宁德核电厂、阳江核电厂、方家山核电厂、福清核电厂 1-4 号机组、防城港 1、2 号机组以及田湾 5、6 号机组等后续建设的二代改进型核电项目,全部采纳了参考电厂的改进项。

18.2.3 分析、检验和试验新技术的方法

中国的核安全法规要求核电厂在设计、建造中引入未经验证的设计或实施,或存在着偏离已有的工程实践时,必须借助适当的支持性研究计划,或通过其他相关的应用中获得的运行经验的检验,来证明其安全性是合适的。这种开发性工作必须在投入使用前经过充分的试验,并在使用中进行监测,以便验证已达到了预期效果。

三门核电厂和海阳核电厂采用 AP1000 核电技术。中国针对 AP1000 机组非能动设计特点和特有的专设安全系统,在设计基准事故分析方面除了常规分析外,还开展了压力容器直接注入管线破裂、堆芯补水箱管线破裂、自动泄压系统误启动、非能动余热排出系统管线破裂等事故分析。严重事故分析主要包括:严重事故现象学分析、严重事故缓解措施有效性分析论证、一级 PSA 成功准则分析、二级 PSA 成功准则分析及源项分析、SAMG 编制。此外,AP1000 机组还汲取福岛核事故经验教训,针对超过 72 小时的长期全厂断电和丧失正常热阱工况进行了专项分析,提出了长期阶段补水的改进措施,并对相关改进进行了分析评估。中国还开展了部分 AP1000 机组安全评价独立验证和鉴定试验,安全评价独立验证主要关注非能动安全系统的功能、与安全重要相关的设计和新的事故缓解措施的可行性和有效性;鉴定试验主要是通过对设备设计和设备性能以及系统设计的试验来验证系统、设备等功能能否满足设计要求。按照建造许可证条件的相关要求,国内核电厂开展了控制棒驱动机构的抗震试验,验证了控制棒驱动机构安全分级和抗震分类的合理性,其应有的安全功能得到满足。

国核压水堆核电站示范工程 CAP1400 以 AP1000 为参考,增大了堆芯热功率。CAP1400 在 AP1000 的设计基础上增设了 6 台非安全级的氢气复合器,作为氢气

点火器的多样化设置以控制安全壳内氢气浓度；进一步完善了安全壳过滤排放措施，提高了纵深防御能力；增强了向海水排热冷链系统设备的抗震性能，使其作为多样化最终热阱；提高了 DAS、氢气点火器、核电厂供电系统的抗震性能，增强了这些系统的可靠性。

台山核电厂采用 EPR 技术路线，以法国正在建造的同类机组作为参考，并在部分系统和设备上参考芬兰正在建造的同类机组，包括增设燃料厂房非能动蒸汽排气通道。EPR 机组在设计基准事故分析方面，全面的考虑了每一类事故发生的初始工况，许多事故不仅分析了电厂标准运行工况中的 A 工况，而且分析直至换料大修等工况的 B、C、D 等工况；对每一个设计基准事故不仅分析了使电厂到达“可控状态”的过程，而且还分析了从可控状态如何达到安全停堆状态；设计基准事故的分析不仅考虑单一故障准则，而且还考虑了一系列安全系统的预防性维修假设，安全系统的设计采用了 N+3 的原则。在超设计基准事故分析方面，EPR 开展了设计扩展工况 A（DEC-A 工况，即严重事故预防工况）和设计扩展工况 B（DEC-B 工况，即严重事故缓解工况）的分析，并完成一系列严重事故预防和缓解系统的功能需求分析，开展了完整的一、二级 PSA 分析，基于确定论分析编制了覆盖功率、停堆工况的严重事故管理文件。

田湾核电厂 3、4 号机组以田湾核电厂 1、2 号机组为参考机组，并进行了必要的设计改进。包括核岛低放废水收集及监测排放系统改进、核岛消防系统的改进、冷却剂净化系统改进等。另外还根据新的法规、标准和技术要求进行了安全壳地坑滤网改进、增加破损燃料组件气体探测系统等措施来保证机组设计的先进性和安全性。同时，确定采用移动式设备进行蒸汽发生器和乏燃料水池的补水作为额外措施来进一步提高安全性。

福清核电厂 5、6 号机组及防城港核电厂 3、4 号机组采用的华龙一号技术，按照《核动力厂设计安全规定》的要求以及用户要求文件（URD），欧洲用户要求文件(EUR)的相关要求进行设计，并开展了大量的试验验证工作。华龙一号设计采用 177 个燃料组件的反应堆堆芯、多重冗余的安全系统、单堆布置、双层安全壳，采用能动与非能动相结合的系统设计，全面平衡贯彻了“纵深防御”的设计原则，设置了完善的严重事故预防和缓解措施。华龙一号在全面的始发事件工况清单基础上，开展了全范围的事故分析和概率安全评价分析，包括内外部事件的一、二级 PSA，并涵盖乏燃料储存池及其他包含大量放射性物质的设施。事故分析表明，优化的堆型及安全系统设计方案使得“华龙一号”满足 15%热工裕量和操纵员 30 分钟不干预的要求；一系列预防堆芯损坏及缓解严重事故措施的采用，使得堆芯损坏频率和放射性物质释放频率均处于较低的水平。

新建核电厂对 DCS 进行了仿真设计验证，仿真设计验证依托仿真平台软件，集成了核电厂的工艺系统、控制策略以及人机界面的仿真等技术，以及多种设计文件导入，形成一套仿真验证平台软件。仿真设计验证的验证形式为动态验证，

验证范围包括分级验证和专项验证。2008年至2015年,方家山核电厂、福清核电厂、昌江核电厂等多家核电厂开发了DCS设计验证平台并完成了设计验证工作。防城港核电厂已经完成DCS设备独立验证、DCS系统可靠性分析及模型研究。2014年,福清核电厂5、6号机组开始开展设计验证工作,验证范围从之前的主控室人机界面设计,扩展到了控制策略、事故导则。

18.2.4 监管审查和控制活动

环境保护部(国家核安全局)通过引进美国NRC、西屋电气公司、阿海珐集团的安全分析软件,并采购核电行业内普遍应用和认可的商品级分析软件,基本建立了较为完整的用于安全审评的分析软件体系。截至2015年底,环境保护部(国家核安全局)已完成三门核电厂(AP1000依托项目)最终安全分析报告、国核压水堆核电站示范工程(CAP1400技术)初步安全分析报告的审核计算,正在开展华龙一号技术的审核计算。对于AP1000,环境保护部(国家核安全局)重点对冷却剂流量全部丧失事故、反应堆冷却剂泵卡轴事故、单根蒸汽发生器传热管破裂事故、直接注射管线双端断裂小破口失水事故和主给水管道破裂等事故开展审核计算。对于CAP1400和华龙一号,环境保护部(国家核安全局)重点对反应堆物理、事故分析、辐射防护、流出物排放源项、概率安全评价验证及应力分析与结构抗震分析等方面进行审核计算。

18.3 可靠、稳定和易管理运行设计

18.3.1 法规和监管要求

中国要求核电厂在设计时应系统性的考虑人为因素特别是人机接口。《核动力厂设计安全规定》对优化运行人员操作的设计要求如下:

- (1) 厂区人员的工作场所和工作环境必须按照人机工程学原则设计。
- (2) 必须在设计过程初期就系统地考虑人为因素和人机接口,并贯彻于设计全过程。
- (3) 在适当的阶段必须对人为因素进行验证和确认,以证实设计完全适合操纵员所有必要的操作。
- (4) 人机的界面设计必须对操纵员是“友好的”,并必须以限制人为差错的影响为目标。人机接口必须设计成不但能够为操纵员提供全面而易处理的信息,而且与作出决定和采取行动所需的时间相适应。

此外,《核电厂控制室的设计》(GB/T 13630-2015)规定了核电厂主控制室设计原则、主控制室功能设计方法及功能设计和人员配备等要求,还规定了验证与确认控制室功能设计的程序。《核电厂辅助控制点设计准则》(GB/T 13631-2015)规定了核电厂辅助控制点的设计要求,包括人机接口的功能选择、

设计和组织，还规定了对系统检验和核准辅助控制点设计的程序要求。

中国核电厂的人机接口分为主控室、远程停堆站、技术支持中心、就地控制四类。主控制室可以在所有工况下提供所有过程信息、控制和通讯手段，监测并控制电厂状态。当主控制室不可用时，利用远程停堆站把电厂带入并维持在安全停堆状态。技术支持中心在事故情况下提供信息以及信息评估和通讯手段，供专家组使用。就地控制功能独立于主控制室或独立运行。核电厂在事故情况下，一般由保护系统动作，使反应堆功率降到热停堆状态。各种安全动作是自动的，以便在预计运行事件或设计基准事故开始的一段合理的时间范围内，不需要操纵员的干预。此外，操纵员能够获取足够的信息以监视自动动作的效果。

18.3.2 许可证持有者采取的措施

按照人机工效学原则，中国核电厂对运行人员的工作场所和设备布置进行优化设计：

- (1) 采取必要的措施，确保工作环境的照明、湿度和温度令人满意。
- (2) 显示器和仪器有统一的布置，使操纵人员监测和控制电厂时所需的走动最小。
- (3) 在主控制台上，信号及操作按钮按功能分区；用不同色彩区别不同的功能块；应用不同的符号表示阀类和泵类的控制。
- (4) 采用不同的音响或视像，使操纵人员能区别不同等级的报警。
- (5) 仔细地选择报警信号源，并排列优先级，避免主控室显示与报警系统信号太多太杂。
- (6) 自动系统的响应给操纵员提供足够多的时间检查和确认自动响应，并执行规定的程序，尽量减少操纵员在短期内进行干预的必要性，以减轻他们的心理负担。

(7) 控制和显示功能的标志很容易与正在受监测或控制的装置联系在一起。

(8) 控制装置及其功能显示，设计在便于操纵员操作和观看的地方。

控制室作为核电厂人机接口最为集中、运行人员直接工作的场所，中国设计单位对此予以高度重视。在最近几年新建核电厂的设计及已有运行核电厂的改造中，根据经验反馈并参考其他先进核电厂的设计理念成功应用了如下实践：

(1) 全面采用 DCS 和先进控制室的设计思路。主控制室采用数字化人机界面，将人机界面逻辑关系、运行显示画面、规程和报警系统运用数字化原则进行设计。

(2) 在后备盘布置设计中在功能分区、功能分组、设备标准化等方面充分考虑了运行人员的操作习惯，以减少人因失误。

(3) 远程停堆站等的人机接口设备与主控制室一致，可保证运行人员在使用远程停堆站时不需要再适应另外一种接口，能够使得操纵员快速的进入状态。

(4) 应用人机工程学、生理学和心理学的基础研究成果对主控制室进行环境

设计。

(5) 进行实物设计验证, 保证验证队伍的独立性; 制定人因相关设计规则并整合设计队伍。

(6) 充分考虑到核电厂设计及改造中的人因及人机接口问题。在核电厂的设计和改造中增加机组及房间语音提示, 制定机组标识规范, 如机组颜色区分、指向说明等, 启动“防走错间隔专项工作”。

18.3.3 监管审查和控制活动

环境保护部(国家核安全局)一直重视人员因素对和安全的影响, 于 1992 年发布了核安全法规技术文件—《核电厂安全分析报告的标准格式和内容 第 18 章: 人因工程与控制室》, 对控制室设计的组织机构和设计准则、控制室设计、安全参数显示功能提出了要求, 特别是控制室的设计、安全参数显示功能均需要考虑应用人因工程原则。环境保护部核与辐射安全中心也成立了相应的处室, 负责人因问题的审查和评估。各核电厂按照上述核安全法规技术文件的要求, 在核电厂初步安全分析报告及最终安全分析报告中描述了机组的控制室设计。中国绝大部分核电厂的控制室基于运行人员结构和数字化技术, 以及多种其他技术手段, 形成了以计算机技术为主的先进控制室, 常规的模拟监控措施作为计算机化监控措施的后备, 两种技术手段的应用都充分考虑了人因工程原则。环境保护部(国家核安全局)在审查核电厂初步安全分析报告和最终安全分析报告的过程中, 对人因工程与控制室相关内容进行了重点审查。

环境保护部(国家核安全局)要求在建核电厂从设计、验证和故障分析等方面分析评估安全级 DCS 的可靠性, 查找薄弱环节并实施相应的改进。环境保护部(国家核安全局)针对本次报告期间中国核电厂发生的多起计算机信息和控制系统(KIC)相关运行事件问题, 开展调研分析, 形成了《运行核电厂 DCS 异常专题报告》, 全面分析了 DCS 存在的问题和影响, 并提出了相应建议。

19 运行

每一缔约方应采取适当步骤以确保：

(i) 初始批准核设施的运行是基于能证明所建造的该设施符合设计要求和安全要求的相应的安全分析和调试计划；

(ii) 对于由安全分析、试验和运行经验导出的运行限值和条件有明确的规定并在必要时加以修订，以便确定运行的安全界限；

(iii) 核设施的运行、维护、检查和试验按照经批准的程序进行；

(iv) 制订对预计的运行事件和事故的响应程序；

(v) 在核设施的整个寿期内，在安全有关的一切领域备有必要的工程和技术支援；

(vi) 有关许可证的持有者及时向监管机构报告安全重要事件；

(vii) 制定收集和分析运行经验的计划，以便根据获得的结果和得出的结论采取行动，并利用现有的机制与国际机构、其他营运单位和监管机构分享重要的经验；

(viii) 就有关的过程而言，由核设施运行所导致的放射性废物的生成应在活度和数量两方面都保持在实际可行的最低水平；与运行直接有关并在核设施所在的同一厂址进行的乏燃料和废物的任何必要的处理和贮存，要顾及形态调整和处置。

19.1 初始批准

19.1.1 核电厂运行有关许可证的审批和检查

中国核电厂办理运行许可证的过程分为两个阶段：第一阶段，核电厂运行前，营运单位首先办理《核电厂首次装料批准书》；第二阶段，核电厂首次装料后，满功率试运行十二个月后申请办理《核电厂运行许可证》。

营运单位必须在核电厂首次向堆芯装入核燃料前向环境保护部（国家核安全局）提交核电厂首次装料申请，并提交规定的文件和资料：

- 《核电厂最终安全分析报告》；
- 《核电厂环境影响报告批准书》（首次装料前一个月）；
- 《核电厂调试大纲》；
- 《核电厂操纵人员合格证明》（首次装料前一个月）；

- 《核电厂营运单位应急计划》（首次装料前六个月）；
- 《核电厂建造进展报告》（首次装料前六个月）；
- 《核电厂在役检查大纲》；
- 役前检查结果（首次装料前一个月）；
- 《核电厂装料前调试报告》（首次装料前一个月）；
- 核电厂拥有核材料许可证的证明（首次装料前一个月）；
- 核电厂运行规程清单（首次装料前一个月）；
- 《核电厂维修大纲》（首次装料前六个月）；
- 《核电厂质量保证大纲》（调试阶段）。

其中，核电厂安全分析报告是核电厂许可证审批基础的一个重要部分和一座设施安全运行基础的一个重要部分。核电厂安全分析分为初步安全分析报告（PSAR）和最终安全分析报告（FSAR）。核电厂安全分析报告包含有关核电厂及其运行状况的准确和十分精确的资料，例如安全要求、设计基准、厂址和电厂特征、运行限值和条件以及安全分析的资料，以便监管机构能够独立地评价电厂的安全性。

环境保护部（国家核安全局）是中国核与辐射设施安全审评的组织者和责任单位，组织技术支持单位对核与辐射设施营运单位提交的申请资料做全面的审查和评价。环境保护部核与辐射安全中心是环境保护部（国家核安全局）的常设技术支持单位。对重要项目，指定机械院核设备安全与可靠性中心、苏州核安全中心和北京核安全审评中心等外部技术支持单位开展平行安全审评。环境保护部（国家核安全局）组织审评确认营运单位提交的文件资料的内容已符合国家核安全法规的要求，新建核电厂的场内和场外核事故应急计划已经审查批准，同时核电厂的核事故应急机构和省级人民政府指定的部门已经组织了场内、场外核事故应急演练，方发给申请者《核电厂首次装料批准书》。

从核电厂首次达到满功率运行之日起，经十二个月的试运行后，核电厂营运单位及时向环境保护部（国家核安全局）提交以下文件和资料：

- 《核电厂修订的最终安全分析报告》；
- 《核电厂环境影响报告批准书》；
- 《核电厂装料后调试报告和试运行报告》；
- 《核电厂质量保证大纲》（运行阶段）。

环境保护部（国家核安全局）组织审评，在确认上述文件资料的内容满足国家核安全法规的要求后，向申请者颁发《核电厂运行许可证》。

另外，调试和运行阶段环境保护部（国家核安全局）实施的控制点检查包括冷态/热态功能试验、首次装料、首次临界、功率转换/提升。核安全检查贯彻于核设施调试、运行和退役等阶段的全过程和所有重要活动，以确认营运单位在核设施各阶段与核安全有关的全部物项和活动满足核安全管理要求和许可证规定

的条件，遵守有关核安全法规及执照（运行许可证等）申请文件的要求与承诺。

19.1.2 核电厂调试

中国现有核电厂的试运行，是基于能证明所建造的核电厂符合设计要求和相应的安全分析以及调试大纲的要求。

为了保证核电厂能安全、有效并以有章可循的方式进行调试，核电厂营运单位编制并实施了调试大纲，调试大纲须得到环境保护部（国家核安全局）的认可。调试大纲在编制过程中应严格依据上游设计文件，吸纳已有的审评成果和同类机组的经验反馈；同时加强调试与设计、制造之间的接口管理，以及工程项目调试专业之间的协调沟通，进一步提升调试大纲的编制质量。调试大纲列出所需要的所有试验和有关活动，以验证核电厂的设计和建造是合适的，并能使核电厂安全地运行。同时，给运行人员提供机会来熟悉核电厂的运行。

营运单位的调试活动应严格执行调试大纲中的安全准则，如因上游设计文件变更需对安全准则进行修改，须预先报环境保护部（国家核安全局）审查认可。运行准则可作为调试大纲附录，参照执行。如发现运行准则需变更时，及时按照相关程序完成变更修改，并向环境保护部（国家核安全局）报备。

营运单位的调试大纲划分为几个阶段。其目的是指明在每个阶段内预期要完成的一组试验，并确定在继续下一阶段试验前必须完成试验结果审查的“控制点”。每个阶段包括为下阶段做准备的必要任务，特别是下阶段要用的那些系统的可用性要求。

在完成对前阶段调试试验所得结果的评价和审查，并确认已实现了全部目标和满足了全部核安全管理要求之后，营运单位才能进行下一阶段的调试试验工作。对于先决条件、过程参数和结果不符合调试大纲要求的试验项目，监督站将督促营运单位开展分析评价或重新执行。

全部调试试验按照批准的书面程序执行。对于安全上重要的调试程序及其变更，须向环境保护部（国家核安全局）提交报告。为达到安全调试的目标，营运单位全面地管理、控制和协调整个调试工作。为此制订了实用的工作计划，以便使人员、装备、方法和时间等得到最佳利用。

环境保护部（国家核安全局）组织制定了核设施/核活动标准监督检查大纲，针对特定核设施的调试监督检查，地区监督站在标准监督检查大纲的基础上，根据设施的特定要求加以扩展和细化，对安全重要系统和设备的调试监督检查制定详细的实施程序。2013年4月，环境保护部（国家核安全局）印发《百万千瓦级改进型压水堆核电厂调试阶段核安全监督检查大纲》，加强调试全过程监督。制定了《AP1000、EPR核电厂调试监管工作方案》，编制发布了AP1000、EPR核电厂的调试监督大纲，以做好AP1000、EPR等核电厂的调试监管准备。

19.2 运行限值和条件

运行限值和条件作为核电厂营运单位授权运行核电厂的一个重要依据。运行限值和条件包括对各种运行状态（包括停堆在内）的要求，这些运行状态包括启动、功率运行、停堆、维修、试验和换料。运行限值和条件应确定运行要求，以保证安全系统包括专设安全设施在所有的运行状态及设计基准事故下能执行必要的功能。核电厂中对运行负有直接责任的运行人员熟知运行限值和条件并严格遵守。

《核动力厂运行安全规定》（HAF103）已对核动力厂的运行限值和条件及运行规程做出了原则性的规定。同时发布了《核动力厂运行限值和条件及运行规程》（HAD103/01），对《核动力厂运行安全规定》有关条款进行了补充和说明，为核动力厂制定和贯彻执行核动力厂运行限值和条件及运行规程提供指导。核电厂营运单位制定运行限值和条件，并经环境保护部（国家核安全局）批准。

运行限值和条件的技术方面包括核电厂安全重要的各构筑物、系统和部件执行其在安全分析报告中假定的预定功能时需要遵守的限值和运行要求。运行限值和条件还包括运行人员所采取的行动和所遵守的限值。关于运行人员方面，运行限值和条件包括对涉及保持运行限值和条件的设备执行其功能进行必要的监督、纠正或补充行动的原则要求。某些运行限值和条件可能包括自动功能和手动操作的组合作用。

核电厂的运行限值和条件包括：

- 安全限值；
- 安全系统整定值；
- 正常运行限值和条件；
- 监督要求；
- 偏离运行限值和条件时采取的行动。

运行限值和条件基于对特定核电厂及其环境的分析，符合最终设计中所作的规定，并根据调试期间的试验结果作必要的修正，以书面形式论证每一运行限值和条件所采用的理由和必要性。

在核电厂运行寿期内，核电厂营运单位应对运行限值和条件进行定期审查，以保证其继续适用于预期目的，并根据经验的积累和技术的发展定期修改运行限值和条件。即使核电厂没有修改，也应进行这种定期审查。核电厂营运单位负责制定修改运行限值和条件所遵循的工作程序，并按照该工作程序，对运行限值和条件进行修改。

核电厂营运单位应考虑概率安全分析在运行限值和条件最优化方面的应用。概率评价方法和运行经验可一起用于运行限值和条件的论证和修改中。

预计运行事件的评价和报告作为确定是否需要修改运行限值和条件的重要依据。中国核电厂对运行限值和条件的任何修改，都要经过环境保护部（国家核

安全局) 的审查和批准。

19.3 核电厂的运行、维护、检查和试验

核电厂在运行之前, 营运单位与设计单位、供货单位合作, 制定出详细的书面运行规程。运行规程的编写、审查和修改, 符合所批准的运行限值和条件, 并留有适当的安全裕量。所制定的运行规程包括核电厂正常运行、预计运行事件和事故工况下应采取的行动。运行规程便于运行人员按照正确的顺序进行操作, 并且明文规定了运行人员被迫偏离书面情况下的责任和联络渠道。定期审查全部的运行规程, 并把任何修改通知运行人员和这些文件的其它持有者。修改按照书面规定的程序进行。

在核电厂运行之前, 营运单位为安全运行准备所必需的构筑物、系统和部件的定期维修、试验、检查和检验的大纲。该大纲还根据运行经验进行重新评价。维修、试验、检验和检查大纲满足运行限值和条件以及适用的核安全管理要求。

在对构筑物、系统和部件进行维修、试验、检验和检查之前, 核电厂营运单位与核电厂和设备的供应单位合作, 编制了书面规程和程序, 明确规定了安全重要的核电厂构筑物、系统和部件维修、试验、检验和检查的标准和周期。维修后, 在恢复正常运行前由授权人员对构筑物、系统和部件进行检查, 必要时进行相应的验证试验。

对于核电厂的在役检查而言, 在核电厂设计阶段就采取了措施, 并对系统、部件及其布置的设计进行了审查, 使得检查人员能接近受检部件和顺利进行所有要求的检验和试验, 并使检查人员受到的辐射照射保持在合理可行尽量低的水平。核电厂营运单位在运行前编制了在役检查大纲, 根据安全重要性和设备质量劣化的速率等因素, 确定需要进行在役检查的系统、部件和检查频度, 通过在役检查检验核承压部件的完整性。此外, 各核电厂跟踪无损检测新技术、新工艺的开发, 针对核电厂重大设备开发了多项新工艺, 提高了设备可靠性。

中核核电运行管理有限公司通过将在役检查项目管理、工前会、设备转运、作业指南、实施逻辑图以及项目复盘等六个方面的相关管理要求补充到核电厂的管理体系和项目实施的行业规范中, 实现在役检查项目实施过程规范管理, 降低了劳动强度, 提高了工作质量, 降低风险, 优化了进度, 并固化了经验, 促进了在役检查项目的安全、质量和进度的有效管控。

核电厂营运单位评价所有检验结果, 以确定是否符合合格标准, 经过评定确认不能继续使用的部件均进行修理和更换。

三年内, 中国核安全监管机构及运行核电厂在做好安全运行、维修和定期试验工作基础上, 在以下方面做出了更多努力:

(1) 继续利用可靠性为中心的维修优化(RCM)的方法, 对核电厂系统进行分析, 从保障系统可靠性的角度出发, 优化预防性维修大纲及预防性维修规程,

同时,对设备/系统性能进行监督监测,提前识别设备/系统性能的降级,并采取主动预防和纠正措施,防止功能失效。

(2) 环境保护部(国家核安全局)于2015年要求各核电厂营运单位正式开展核电厂设备可靠性采集工作,要求已报送数据的单位每年集中报送一次数据;而新投入运行的核电机组在满功率后应启动该项工作,收集相关数据,并于24个月内开始报送数据。在此基础上,环境保护部(国家核安全局)利用已建立的运行核电厂设备可靠性通用数据库,收集了各核电厂的设备可靠性数据,在对相关数据进行分析、整理的基础上,编制和发布了《中国核电厂设备可靠性数据报告》(2015版),这是中国首次正式公开发布核电厂设备可靠性数据报告。

(3) 更多的应用PSA来优化资源配置和提高核安全水平。环境保护部(国家核安全局)批准了大亚湾核电厂的PSA试点应用,研究项目“风险指引型技术规范优化以及风险指引型在役检查优化”。同时,对田湾核电厂开展功率工况内部事件一级和低功率及停堆工况内部事件一级PSA的同行评估工作。其他还包括:定期的运行风险评价,事件评价,指标评价,工程改造、特许申请、不符合项等专项的安全评价,突发事件的决策支持等。

(4) 继续推进大修优化管理,积累电厂最佳大修实践,积极采用新技术改进大修管理,提升工作效率。各电厂继续采取优化大修组织、大修主辅关键路径同步推进、优化规程和试验方法等手段,持续优化大修工期。

19.4 事故规程

核电厂对预计运行事件和事故都制定了相应的响应规程,并尽可能在全范围模拟机上和/或在现场对事故规程加以验证,并对操纵人员进行培训。

目前,核电厂事故响应规程主要包括两种方法,即事件导向法和状态导向法。

中国核电厂的事故规程依据设计基准事故的处置原则和专设安全设施的功能,按设计方法将事故规程分为两类:

- 单一事件确定论法规程是以预先研究事故发展过程为基础,以便将反应堆维持在安全状态或过渡到安全状态;这些规程包括异常运行工况处理规程、设计基准事故处理规程、和超设计基准事故处理规程。
- 状态逼近法规程是基于设备和/或人因的累积失效是可能发生的,为了对付多种事件的组合带来的困难,选择反应堆物理状态逼近法编写规程;它包括严重事故处理规程、异常工况下的连续监视规程和极限工况下的连续监视规程。

中国各核电厂根据电厂系统的更新改造、PSR和概率安全分析研究结果、事故规程的使用经验、事故演变的研究并积极跟踪国际进展对事故规程进行评价和修改。福岛核事故之后,为了进一步提高核电厂的核安全水平,环境保护部(国家核安全局)牵头组织了安全大检查并对严重事故管理提出整改要求,要求各核

电厂开发或优化 SAMG, 考虑各类事故工况、多堆厂址共因失效等工况, 分析评估严重事故下重要设备、监测仪表的可用性和可达性。各核电厂按照要求开展了一系列的工作, 加上核电厂已编制的操作规程, 将形成较为完善的核电厂严重事故后应对和管理体系。具体完成情况见本报告 18.1.4 节。

另外, 依据实际情况, 核电厂制订了多机组同时进入应急状态后的应急响应方案及响应程序, 考虑了共因事件以及外部共因事件 (如台风、地震、洪水等) 等导致的两台机组同时发生事故的风险和相应的应急行动水平、应急响应流程等。修订的应急响应方案已报环境保护部(国家核安全局)备案。

19.5 工程和技术支持

经过多年发展和实践, 中国基本建立了核电厂工程和技术支持体系。

中国政府和各核电集团公司对已有的核电工程设计及研究机构等单位进行适当调整或重新组合, 建立面向核电厂的技术支持体系, 包括运行研究、安全分析、辐射防护、在役检查、电厂改造、特殊试验、设备维修和安全审查等各种领域。技术支持单位包括中国核电工程有限公司、中国核动力研究设计院、中广核工程设计有限公司、上海核工程研究设计院、机械科学研究总院、核动力运行研究所、苏州热工研究院、中国辐射防护研究院、中国原子能科学研究院等。

核电厂通过自主建设、自主营运等实践, 逐步建立了运行安全必需的直属技术支持部门, 提供运行安全方面全方位的技术支持。

中国核电厂通过与 IAEA、WANO 等国际组织的合作与交流渠道, 在需要时获得国际同行的技术支持。

在事故工况下, 各核电厂可以获得多方位的技术支持。在核应急三个能力层次的总体布局中, 国家级核应急专业技术支持中心以及国家核应急专业救援分队将提供最高能力层次的技术支持, 同时, 省级和地方政府也将相应地进行协调支持。核电厂也可以获得各自集团内部的技术支持力量。另外, 依托国内各核电集团的核事故应急相互救援的合作协议, 必要的时候核电集团间将提供技术支持。

各核电厂在各自的事故管理体系下, 积极与各类组织机构合作并签订支持协议, 例如医院, 消防队, 警察、部队及反恐力量和气象及地质水文机构, 在必要的情况下, 这些组织机构将提供事故工况的专业技术支持。

19.6 运行核电厂事件报告制度

中国运行核电厂根据《民用核设施安全监督管理条例》(HAF001) 以及《民用核设施安全监督管理条例》实施细则之二附件一《核电厂营运单位报告制度》(HAF001/02/01) 中的规定, 向环境保护部 (国家核安全局) 报告所发生的符合报告准则的运行事件。

运行阶段事件报告准则为：

- (1) 违反核电厂技术规格书的事件；
- (2) 导致核电厂安全屏障或重要设备的性能受到严重损害或出现下列工况的事件；
 - 1) 明显危害安全的没有分析过的工况；
 - 2) 超出核电厂设计基准的工况；
 - 3) 在核电厂运行规程或应急规程中没有考虑的工况。
- (3) 对核电厂安全有现实威胁或明显妨碍核电厂值班人员完成安全运行的自然事件和其他外部事件；
- (4) 导致专设安全设施和反应堆保护系统自动或手动触发的事件（预先安排的这类试验除外）；
- (5) 任何可能妨碍构筑物或系统实现下列安全功能的事件；
 - 1) 停堆和保持安全停堆状态；
 - 2) 排出堆芯余热；
 - 3) 控制放射性物质释放；
 - 4) 缓解事故后果。
- (6) 导致多个独立的具有下列功能的系统、序列或通道同时失效时的共因事件；
 - 1) 停堆和保持安全停堆状态；
 - 2) 排出堆芯余热；
 - 3) 控制放射性物质释放；
 - 4) 缓解事故后果。
- (7) 放射性释放失去控制的事件；
- (8) 对核电厂安全有现实威胁或明显妨碍核电厂值班人员安全运行的内部事件；
- (9) 其他事件。

事件报告的方式分为：

- 口头通告，必须在事件发生后 24 小时内发出；
- 书面通告，在事件发生后三天内，按规定格式递交；
- 事件报告，在事件发生后 30 天内，按报告规定格式递交；
- 核电厂在应急状态下的事故报告，见本报告 16.3 节。

中国核电厂采用环境保护部（国家核安全局）推荐的根本原因分析方法查找运行事件的根本原因，制定正确的纠正措施，并在规定时间内编制完成运行事件报告，提交给环境保护部（国家核安全局）。环境保护部（国家核安全局）根据运行事件报告以及掌握的运行事件相关信息对提交的运行事件报告进行评价，并给出评价意见；如果运行事件需要进行调查，环境保护部（国家核安全局）将组

织调查组对运行事件展开调查。中国核电厂根据环境保护部（国家核安全局）给出运行事件评价意见，对运行事件报告进行修改，实施相应的纠正措施，中国地区核与辐射安全监督站跟踪监督纠正措施的执行情况。

同时，根据《运行核电厂经验反馈管理办法（试行）》运行核电厂需定期提交核电厂内部事件清单和摘要，并根据环境保护部（国家核安全局）的要求提交相应的内部事件报告，以方便核安全监管机构查找其他重要事件，及时发现核电厂安全中的不利趋势。

2013 年，中国运行核电厂共发生 30 起运行事件，其中机组商运后的事件 18 起，机组商运前的事件 12 起；2014 年，中国运行核电厂共发生 38 起运行事件，其中机组商运后的事件 13 起，机组商运前的事件 25 起；2015 年，中国运行核电厂共发生 45 起运行事件，其中机组商运后的事件 26 起，机组商运前的事件 19 起。三年间，中国运行核电厂没有发生 INES2 级及以上运行事件。

19.7 运行经验反馈

中国积极开展核电厂经验反馈交流活动，目前已建立起各级经验反馈体系，包括核电厂自身的经验反馈体系、核电集团公司经验反馈体系、核行业经验反馈体系以及环境保护部（国家核安全局）经验反馈体系。

中国核电厂根据核安全监管机构的规定、所属核电集团公司管理要求以及核行业相关规定，定期向相应的经验反馈平台提交运行事件报告，确保各核电厂运行事件信息在行业内得到充分的分享。同时，作为经验反馈平台的补充，核安全监管机构、核电集团公司、核行业协会、各核电厂通过编制和发布运行季报、年报、国内外事件周报、年度经验反馈报告、关键业绩指标报告等方式进一步促进经验反馈的交流。

核安全监管机构、核电集团公司以及核行业协会还定期举办运行核电厂经验反馈交流会议，对发生的重要运行事件进行研讨，以便查找核安全监管或核电厂安全管理中存在的漏洞或薄弱环节，提高核电厂的安全水平。同时为提高从事经验反馈工作人员的业务能力，提高普通员工对经验反馈的认识，各相关机构会定期组织相关的经验反馈培训活动。

对于发生较多的共因或共模事件，环境保护部（国家核安全局）、核电集团公司、核行业协会经常组织技术力量深入调查，编写相应的经验反馈报告。近年来环境保护部（国家核安全局）针对核电厂工作人员走错隔间事件、核电厂重要厂用水系统冷源问题、数字化仪控系统事件以及蒸汽发生器水位调节不当导致的反应堆停堆等共因事件编写和发布了大量的经验反馈报告。这些报告在统计分析事件根本原因的基础上，结合相应核电厂设计特点、运行经验以及实际的安全管理情况，提出了相应的监管建议和纠正措施，避免了或减少了类似运行事件的发生。

在加强和完善国内运行经验反馈交流的同时,中国还加强了国际运行经验反馈交流,与欧盟、美国、俄罗斯、日本和韩国等国家核安全监管机构和核电营运单位,以及 IAEA、WANO、INPO 等国际组织和研究机构保持密切的联系,定期或不定期地召开经验反馈交流活动,互相派遣人员进行学习和培训活动,按照其事件报告准则和要求提交事件报告,分享彼此之间的经验。为了进一步跟踪分析国际间热点的核安全问题,环境保护部(国家核安全局)还专门建立了国际信息研究和经验反馈队伍,强化对重大核与辐射安全国际问题的分析和研究能力,为核安全监管决策和监管实施提供重要参考。

针对核安全国际合作的实际需求,环境保护部(国家核安全局)设计和开发国际合作管理信息平台,建立较为完整的核安全国际合作电子档案库,方便对历史资料的检索、查询和使用,提高国际交流信息的利用率和使用价值。

环境保护部(国家核安全局)先后就 AP1000 依托项目 PMS 测试方案、CPR1000 项目 CRDM 移动衔铁电流超差、EPR 项目反应堆压力容器封头碳当量超标等与 NRC、ASN 等进行了反馈交流;同时针对其他国家反馈的供应商造假等问题组织开展了中国国内的梳理排查工作,促进了相关反馈成果的利用。

三年来,中国在核电厂运行经验反馈方面的主要活动如下:

(1) 建立和完善了环境保护部(国家核安全局)经验反馈体系。环境保护部(国家核安全局)经验反馈体系包括文件体系、信息平台和经验反馈专家库三个方面内容。

文件体系包含三个层次文件,最高层次文件为《运行核电厂经验反馈管理办法》以及《运行核电厂经验反馈工作指南》。《运行核电厂经验反馈管理办法》是整个经验反馈体系的纲领性文件,明确了核安全监管机构以及核电厂在经验反馈体系中的职责。《运行核电厂经验反馈工作指南》规定了运行经验反馈体系的运作机制,包括经验反馈信息的来源与收集,经验反馈信息的筛选和评价,纠正行动、监督检查结果的跟踪,运行核电厂安全状态评价,经验反馈信息的应用和发布,经验反馈体系有效性评价等;同时也对经验反馈信息网络平台、运行核电厂经验反馈交流和培训提出了相关要求,并列出了各自适用的下层具体工作程序。第二层次是经验反馈工作程序,规定了经验反馈工作中各项管理流程,以及相关单位职责。第三层次是技术文件,目的在于规范经验反馈工作中使用的各种技术方法和手段,例如,事件的根本原因分析方法、事件筛选准则等。

经验反馈平台(以下简称“平台”)是体系内经验反馈相关信息交互的网络门户和平台,并在该网络平台中设有经验反馈信息系统的各专业数据库模块,可对其进行集中访问和管理。平台功能范围包括监管信息、经验反馈信息、安全状态评价、培训与交流、有效性评价、经验反馈体系文件、专家库、维护管理等八个模块。

环境保护部(国家核安全局)能够通过平台有效地运转经验反馈体系,利用

平台已开发的模块和工具比较方便地对国内、国际发生的各类核事件的原因、过程与后果进行深入分析和总结。其经验反馈信息在核安全监管活动中的应用主要包括改进监督检查活动、改进执照申请审查、修改法规导则等。环境保护部（国家核安全局）负责经验反馈结果和监管要求的发布，发布的形式包括信息通告、管理要求、改进要求三种。地区核与辐射安全监督站利用经验反馈平台可以对核电厂采取的改进和纠正行动实施的时效性和有效性情况进行跟踪。

经验反馈专家库是由在核与辐射安全领域具有较高学术水平、丰富实践经验的人员组成，其主要职责是：

- 为经验反馈信息的筛选、评价及应用提供技术支持；
- 为核电厂事件的调查与评价提供技术支持；
- 为核电厂的安全状态评价提供技术支持；
- 为经验反馈体系的有效性评价活动提供技术支持；
- 为经验反馈体系提供其它所需的额外技术支持。

通过经验反馈体系建设，使环境保护部（国家核安全局）能够有效地收集和筛选重要安全信息，通过分析和研究，及时地发布监管要求，提高了核安全监管的效率。

（2）中国核能行业协会继续推进中国核电厂经验交流与信息共享工作。成立核能行业设备根本原因分析（RCA）、人因管理等 17 个专题工作组，有针对性地开展相关研究工作。同时，定期开展以概率安全分析（PSA）、核电厂老化与寿命管理、在役检查与无损检验、核级泵技术等为主题的行业研讨会，促进核行业管理水平的提高和技术进步。

（3）各核电集团公司建立并完善经验反馈统一平台，进行一体化管理。依托统一平台，推行状态报告标准化以及经验反馈信息的共享机制，实时地收集国内外其它核电厂的事件信息，提炼经验教训并形成经验反馈材料发布，进行适应性分析等手段。各核电集团实现集团内部运行事件梳理和筛选，对于重要的共因或共模事件能够迅速响应，查找事件的根本原因，帮助管理层及时地改进安全管理措施，提高集团下属各核电厂的运行安全水平。

（4）中国核电厂持续改进和优化经验反馈信息处理方案、流程和外部事件反馈机制。目前，中国核电厂均已建立信息化的管理平台，实现了经验反馈工作的信息化，提高了经验反馈工作的效率。同时，中国核电厂在组织制度和管理程序上不断完善，提高经验反馈工作在日常工作中的地位。各级部门均设置有专门的经验反馈工程师，核电厂还设置有专门的经验反馈机构，负责整个核电厂经验反馈工作组织和协调工作。核电厂管理层将经验反馈列入到安全管理政策中，积极对核电厂员工进行经验反馈的宣贯，鼓励员工发现核电厂安全中存在的问题。其所属核电集团定期组织对各核电厂经验反馈有效性的评估，核电厂也积极参加各种同行评估活动，查找经验反馈工作存在的问题，提高经验反馈的工作水平。

19.8 乏燃料和放射性废物的管理

中国政府颁布的《中华人民共和国放射性污染防治法》，从法律层面上进一步明确放射性废物管理工作的各项要求，进一步推动了各项放射性废物管理目标的实现。国家对放射性污染的防治，实行预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，建立了放射性污染监测制度。国务院环境保护行政主管部门对全国放射性污染防治工作依法实施统一监督管理。核电厂营运单位按规定的排放方式向环境排放符合国家放射性污染防治标准的放射性废气、废液，应当向审批环境影响评价文件的部门申请放射性核素排放量，并定期报告排放计量结果。对不得向环境排放的放射性废液进行处理或贮存。低、中放固体废物在符合国家规定的区域实行近地表处置，高放固体废物实行集中的深地质层处置。

2012年颁布的《放射性废物安全管理条例》，对放射性废物的处理、贮存和处置及其监督管理等活动进行了规范。放射性废物的安全管理，应当坚持减量化、无害化和妥善处置、永久安全的原则。国家对放射性废物实行分类管理。环境保护部统一负责全国放射性废物的安全监督管理工作，并会同国务院核工业行业主管部门和其他有关部门建立全国放射性废物管理信息系统，实现信息共享。

中国在2012年发布的《核安全规划》中明确提出，污染治理的具体目标是建设与核工业发展水平相适应的、先进高效的放射性污染治理和废物处理体系，基本建成与核工业发展配套的中、低放废物处置场。2020年远景目标是全面开展放射性污染治理，早期核设施退役取得明显成效，基本消除历史遗留放射性废物的安全风险，完成高放废物处理处置顶层设计并建成地下实验室。

中国正在编制《核动力厂放射性废物最小化导则》，并已完成征求意见稿，该导则提出，核动力厂放射性废物最小化应以确保核电厂运行安全和废物安全为前提，以废物安全处置为核心，通过减少废物产生、减容处理、再循环、再利用及相应管理措施，确保核电厂正常运行产生的气、液态流出物解控排放，最终形成的废物体和废物包性能满足处置要求且废物产生量合理可行尽量低。对于固体废物最小化的目标值为，内陆核电厂每年55m³，滨海核电厂每年50m³。

中国核电厂营运单位编制并实施了废物管理大纲，制定了关于废物处理、贮存和处置以及有效地限制流出物排放的各种措施。通过规定详细的程序及按照设计意图和假设进行废物管理系统的运行，并通过实施适当的监督、培训和质量保证措施，对废物管理系统的运行和维护有关的全部活动进行有效的管理，减小与废物管理系统有关的异常事件发生的概率，并使放射性废物的产生量实际可行尽量少。开展放射性废物的减容处理，制定废物最小化管理导则，目的是使放射性固体废物产生量达到管理目标值；降低放射性废物处理过程中人员所接受的辐射剂量；降低放射性废物处理过程中的放射性活度和放射性材料数量以及降低核电厂放射性废物管理成本。

中国核电厂通过源项控制、采用最佳可用工艺、优化设备管理、严控分类收集、循环利用、废物减容、严格控制区出入管理和清洁解控等措施来有效控制和减少放射性废物的产生量,监测产生废物的工艺流程以提供关于放射性废物的来源和特征的资料并证明符合操作规程。监测结果表明,核电厂运行期间的放射性流出物释放量远低于国家标准规定的排放限值。

中国核电厂在正常运行期间和预计运行事件中产生的废物有足够的设施贮存。在废物处理过程中,避免未处理废物的过量累积。废物贮存量的记录和资料按照有关法规和质量保证的要求保存。

为了保证乏燃料的完整性和保持次临界,中国核电厂的营运单位按照书面程序、在经批准的设施内采用经批准的设备来操作、贮存乏燃料。乏燃料的水下贮存和水质条件符合规定的化学和物理特性。随着核电厂运行时间的积累,乏燃料后续离堆储存工作已做好相应的准备。各运行核电厂陆续与相关技术服务单位签订了乏燃料外运和处置服务协议,明确乏燃料的处置方式及场外运输、贮存的相关责任。同时还开展乏燃料运输容器的研制工作,为乏燃料运输做准备。各在建核电厂也陆续与技术服务单位签订了乏燃料运输长期服务协议暨乏燃料接收和贮存服务协议。这标志着中国核电厂乏燃料离堆处理处置工作已准备就绪。

乏燃料离堆贮存设施符合设计和安全要求。营运单位建立了乏燃料贮存的安全运行方案,包括运行规程、调试计划、质量保证大纲、培训计划、辐射防护大纲、应急准备等,防止放射性物质向环境释放等。定义了设施运行限值和工况,包括保持次临界、辐射安全、余热排出等内容,如乏燃料临时干式贮存设施要求任何一个装入燃料篮中的乏燃料棒束至少已在乏燃料池中冷却了6年,模块准备区和乏燃料贮存区的剂量率限值为 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

乏燃料临时干式贮存设施的运行、维护、监测、检查和试验按照已制定并经批准的程序进行。上述计划、规定、程序和要求包括:乏燃料贮存计划,贮存模块、贮存筒、燃料篮位置编号管理规定,燃料篮检查下水、装篮、烘干焊接、运输和吊装要求, γ 连续监测管理规定,贮存模块区辐射防护监督管理规定,贮存筒日常检查和监督规定,贮存模块、贮存筒、燃料篮和屏蔽工作箱的检查和维修计划,以及设备维护、试验和验收程序。乏燃料临时干式贮存设施寿期内可获得一切与安全有关的工程和技术支持。

福岛核事故后,为满足核电厂全厂断电工况下反应堆堆芯冷却、乏燃料水池冷却和保持必要的事故后监测能力,各核电厂按照《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》,对乏燃料水池的监测手段、监测范围、监测仪表和系统可用性的要求进行改进,通过增设乏燃料水池监测设备和手段,如液位、温度监测,以获取事故后乏燃料水池的必要信息。

19.9 核电厂网络信息安全

近年来，随着核电厂控制系统数字化和网络化程度的不断提高，核电厂在网络信息安全方面面临的威胁也越来越受到重视。

中国各核电集团和核电厂在网络信息安全方面开展了相关工作，建立了网络信息安全管理组织，制定了网络信息安全管理制度以及相关管理程序。按照安全分区、边界隔离、等级防护以及多层防御的原则保障核电厂网络信息安全，核电厂将管理信息网络依据业务类型分为多个区域，各区域边界部署安全设备和隔离措施，设置安全策略，采取多种安全防护设备，如在内网部署防火墙、入侵防御、恶意代码检测、垃圾邮件网关、中间机等设备。

此外，核电集团公司还组织开展了网络信息安全的应急演练工作。组织开展了对外门户网站和对外服务的信息系统 DDOS、非法入侵和恶意篡改等重要信息系统的应急演练工作。每年还邀请外部第三方力量，模拟黑客通过互联网对公司网络与信息系统进行渗透攻击，以检验公司网络信息系统安全保障能力及应对信息安全突发事件的处理能力。

附件一：中国核电厂清单（截至 2015 年 12 月 31 日）

核电厂名称		机组号	堆型	额定功率 MW(e)	开工日期	首次并网 日期	商业运行 日期
秦山核电厂		CN-01	压水堆	310	1985-03-20	1991-12-15	1994-04-01
大亚湾核电厂	1 号机组	CN-02	压水堆	2×984	1987-08-07	1993-08-31	1994-02-01
	2 号机组	CN-03			1988-04-07	1994-02-07	1994-05-06
秦山第二核电厂	1 号机组	CN-04	压水堆	4×650	1996-06-02	2002-02-06	2002-04-15
	2 号机组	CN-05			1997-04-01	2004-03-11	2004-05-03
	3 号机组	CN-14			2006-04-28	2010-08-01	2010-10-05
	4 号机组	CN-15			2007-01-28	2011-11-25	2011-12-30
岭澳核电厂	1 号机组	CN-06	压水堆	2×990	1997-05-15	2002-02-26	2002-05-28
	2 号机组	CN-07			1997-11-28	2002-09-14	2003-01-08
	3 号机组	CN-12		2×1080	2005-12-15	2010-07-15	2010-09-15
	4 号机组	CN-13			2006-06-15	2011-05-03	2011-08-07
秦山第三核电厂	1 号机组	CN-08	重水堆	2×700	1998-06-08	2002-11-19	2002-12-31
	2 号机组	CN-09			1998-09-25	2003-06-12	2003-07-24
田湾核电厂	1 号机组	CN-10	压水堆	2×1060	1999-10-20	2006-05-12	2007-05-17
	2 号机组	CN-11			2000-09-20	2007-05-14	2007-08-16
	3 号机组	CN-45			2012-12-27		
	4 号机组	CN-46		2×1060	2013-09-27		
	5 号机组	CN-55		2×1080	2015-12-27		
	6 号机组	CN-56			已核准		
红沿河核电厂	1 号机组	CN-16	压水堆	6×1080	2007-08-18	2013-02-17	2013-06-06
	2 号机组	CN-17			2008-03-28	2013-11-23	2014-05-13
	3 号机组	CN-26			2009-03-07	2015-03-23	2015-08-16

核电厂名称		机组号	堆型	额定功率 MW(e)	开工日期	首次并网 日期	商业运行 日期
	4号机组 5号机组 6号机组	CN-27 CN-49 CN-50			2009-08-15 2015-03-29 2015-07-24		
宁德核电厂	1号机组 2号机组 3号机组 4号机组	CN-18 CN-19 CN-34 CN-35	压水堆	4×1080	2008-02-18 2008-11-12 2010-01-08 2010-09-29	2012-12-28 2014-01-04 2015-03-21	2013-04-15 2014-05-04 2015-06-10
福清核电厂	1号机组 2号机组 3号机组 4号机组 5号机组 6号机组	CN-20 CN-21 CN-42 CN-43 CN-51 CN-52	压水堆	4×1080 2×1150	2008-11-21 2009-06-17 2010-12-31 2012-11-17 2015-05-07 2015-12-22	2014-08-20 2015-08-05	2014-11-22 2015-10-16
阳江核电厂	1号机组 2号机组 3号机组 4号机组 5号机组 6号机组	CN-22 CN-23 CN-40 CN-41 CN-47 CN-48	压水堆	6×1080	2008-12-16 2009-06-04 2010-11-15 2012-11-17 2013-09-18 2013-12-23	2013-12-31 2015-03-10 2015-10-18	2014-03-25 2015-06-05
方家山核电厂	1号机组 2号机组	CN-24 CN-25	压水堆	2×1080	2008-12-26 2009-07-17	2014-11-04 2015-01-12	2014-12-15 2015-02-12
三门核电厂	1号机组 2号机组	CN-28 CN-29	压水堆	2×1250	2009-04-19 2009-12-15		
海阳核电厂	1号机组 2号机组	CN-30 CN-31	压水堆	2×1250	2009-09-24 2010-06-20		

核电厂名称		机组号	堆型	额定功率 MW(e)	开工日期	首次并网 日期	商业运行 日期
台山核电厂	1 号机组	CN-32	压水堆	2×1750	2009-11-18		
	2 号机组	CN-33			2010-04-15		
昌江核电厂	1 号机组	CN-36	压水堆	2×650	2010-04-25	2015-11-07	2015-12-25
	2 号机组	CN-37			2010-11-21		
防城港核电厂	1 号机组	CN-38	压水堆	2×1080	2010-07-30	2015-10-25	
	2 号机组	CN-39			2010-12-23		
	3 号机组	CN-53		2×1180	2015-12-24		
	4 号机组	CN-54			已核准		
石岛湾核电厂	示范工程	CN-44	高温气冷堆	210	2012-12-09		

附件二：中国核电厂运行事件统计（2013 年至 2015 年）

事件发生时电厂状态 核电厂名称		2013		2014		2015	
		商运前	商运后	商运前	商运后	商运前	商运后
秦山核电厂	1 号机组	/	1	/	0	/	1
大亚湾核电厂	1 号机组	/	0	/	1	/	0
	2 号机组	/	0	/	0	/	1
秦山第二核电厂	1 号机组	/	1	/	0	/	1
	2 号机组	/	1	/	1	/	1
	3 号机组	/	1	/	0	/	2
	4 号机组	/	1	/	0	/	0
岭澳核电厂	1 号机组	/	0	/	0	/	0
	2 号机组	/	0	/	1	/	0
	3 号机组	/	1	/	1	/	0
	4 号机组	/	0	/	1	/	0
秦山第三核电厂	1 号机组	/	0	/	0	/	1
	2 号机组	/	0	/	0	/	1
田湾核电厂	1 号机组	/	1	/	0	/	0
	2 号机组	/	0	/	0	/	2
红沿河核电厂	1 号机组	10	0	/	0	/	0
	2 号机组	2	/	3	2	/	3
	3 号机组	/	/	3	/	4	0

事件发生时电厂状态 核电厂名称		2013		2014		2015	
		商运前	商运后	商运前	商运后	商运前	商运后
宁德核电厂	1 号机组	4	5	/	4	/	2
	2 号机组	1	/	4	1	/	0
	3 号机组	/	/	/	/	3	2
阳江核电厂	1 号机组	1	/	6	0	/	0
	2 号机组	/	/	/	/	3	0
	3 号机组	/	/	/	/	2	/
方家山核电厂	1 号机组	/	/	3	0	/	0
	2 号机组	/	/	1	/	1	1
福清核电厂	1 号机组	/	/	5	1	/	6
	2 号机组	/	/	/	/	3	2
防城港核电厂	1 号机组	/	/	/	/	1	/
昌江核电厂	1 号机组	/	/	/	/	2	0
合计		18	12	25	13	19	26

附件三：中国运行核电机组的 WANO 性能指标（2013 年至 2015 年）

表 1 2013 年运行核电机组的 WANO 性能指标

指标（单位）		机组能力因子 (%)	非计划能力损失因子 (%)	强迫损失率 (%)	电网相关损失因子 (%)	临界 7000 小时非计划自动停堆数(次)	临界 7000 小时非计划停堆数(次)	安全系统性能			燃料可靠性 (Bq/g)	化学性能	集体辐照剂量 (man · Sv)	工业安全事故率	承包商工业安全事故率
								高压安注系统	辅助给水系统	应急交流供电系统					
电厂机组															
秦山核电厂	CN01	81.61	0.02	0.02	0.00	0.97	0.97	0.0003	0.0001	0.0002	0.037	1.00	0.495	0.00	0.00
大亚湾核电厂	CN02	86.83	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0005	0.0004	0.037	1.00	0.892	0.00	0.00
	CN03	85.93	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.877		
秦山第二核电厂	CN04	85.79	0.75	0.86	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0189	0.037	1.00	0.362	0.00	0.00
	CN05	88.74	1.10	1.23	0.00	0.88	0.88	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.362		
	CN14	93.50	0.15	0.16	0.00	0.84	0.84	0.0003	0.0003	0.0001	0.037	1.01	0.226	0.00	0.00
	CN15	84.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0001	0.0000		0.037	1.03	0.226		
岭澳核电厂	CN06	82.94	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	1.862	0.00	0.00
	CN07	88.58	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	1.377		
	CN12	90.11	0.65	0.72	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0003	0.037	1.00	0.252	0.00	0.00
	CN13	88.95	0.24	0.27	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.325		
秦山第三核电厂	CN08	89.91	1.10	1.21	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.502	0.00	0.00
	CN09	99.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.128		
田湾核电厂	CN10	90.70	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.283	0.00	0.00
	CN11	89.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.381	1.00	0.184		
红沿河核电厂	CN16	99.90	0.01	0.01	1.42	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0003	163.444	1.39	0.006	0.00	0.00
宁德核电厂	CN18	99.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0023	0.0000	0.0484	250.441	1.01	0.995	0.00	0.00

表 2 2014 年运行核电机组的 WANO 性能指标

指标 (单位)		机组能力因子 (%)	非计划能力损失因子 (%)	强迫损失率 (%)	电网相关损失因子 (%)	临界 7000 小时非计划自动停堆数 (次)	临界 7000 小时非计划停堆数 (次)	安全系统性能			燃料可靠性 (Bq/g)	化学性能	集体辐照剂量 (man · Sv)	工业安全事故率	承包商工业安全事故率
								高压安注系统	辅助给水系统	应急交流供电系统					
电厂机组															
秦山核电厂	CN01	91.41	1.97	2.11	0.00	0.00	0.00	0.0001	0.0001	0.0001	0.037	1.02	0.253	0.00	0.00
大亚湾核电厂	CN02	99.66	0.32	0.32	0.00	0.80	0.80	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.052	0.00	0.09
	CN03	75.58	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	1.460		
秦山第二核电厂	CN04	83.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0002	0.0000	0.037	1.00	0.455	0.00	0.00
	CN05	85.01	1.84	2.12	0.00	0.92	0.92	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.450		
	CN14	91.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0003	0.0006	0.037	1.00	0.123	0.00	0.12
	CN15	89.56	1.18	1.30	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0001		0.037	1.00	0.082		
岭澳核电厂	CN06	90.44	2.71	0.03	0.60	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.612	0.00	0.11
	CN07	94.55	0.20	0.21	0.05	0.83	0.83	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.246		
	CN12	89.42	0.05	0.05	0.16	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.302	0.00	0.00
	CN13	90.31	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.322		
秦山第三核电厂	CN08	96.01	3.95	3.96	0.00	0.00	0.00	0.0010	0.0000	0.0006	0.037	1.00	0.143	0.00	0.00
	CN09	89.75	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.578		
田湾核电厂	CN10	89.83	0.44	0.09	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	17.035	1.00	0.316	0.06	0.05
	CN11	91.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.181		
红沿河核电厂	CN16	70.04	7.25	9.17	0.00	1.06	1.06	0.0000	0.0005	0.0000	0.037	1.12	0.745	0.00	0.00
	CN17	75.69	9.37	11.01	0.00	2.01	4.02	0.0000	0.0000		0.037	1.14	0.250		
宁德核电厂	CN18	57.31	20.46	22.77	0.00	0.00	1.26	0.0003	0.0000	0.0009	0.037	1.01	0.763	0.00	0.00
	CN19	99.83	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0004	0.0000		0.037	1.00	0.008		
阳江核电厂	CN22	99.93	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.01	0.008	0.00	0.00

表 3 2015 年运行核电机组的 WANO 性能指标

指标 (单位)		机组能力因子 (%)	非计划能力损失因子 (%)	强迫损失率 (%)	电网相关损失因子 (%)	临界 7000 小时非计划自动停堆数 (次)	临界 7000 小时非计划停堆数 (次)	安全系统性能			燃料可靠性 (Bq/g)	化学性能	集体辐照剂量 (man · Sv)	工业安全事故率	承包商工业安全事故率
								高压安注系统	辅助给水系统	应急交流供电系统					
电厂机组															
秦山核电厂	CN01	90.92	0.09	0.10	0.00	0.00	0.00	0.0001	0.0001	0.0003	0.037	1.00	0.405	0.00	0.00
大亚湾核电厂	CN02	78.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.990	0.00	0.00
	CN03	98.65	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.045		
秦山第二核电厂	CN04	88.93	0.68	0.76	0.00	0.88	0.88	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.332	0.00	0.00
	CN05	90.84	4.71	4.93	0.00	0.87	0.87	0.0000	0.0003		0.037	1.00	0.035		
	CN14	85.60	6.06	6.61	0.00	0.00	0.00	0.0073	0.0000	0.0002	0.037	1.72	0.197	0.00	0.00
	CN15	90.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.119		
岭澳核电厂	CN06	86.80	0.34	0.07	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0004	0.0000	1661.6	1.00	1.284	0.00	0.08
	CN07	93.64	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.334		
	CN12	90.10	0.35	0.24	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.312	0.22	0.00
	CN13	90.29	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.285		
秦山第三核电厂	CN08	83.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0006	0.0000	0.0024	0.037	1.00	0.649	0.00	0.00
	CN09	97.47	2.51	2.51	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.155		
田湾核电厂	CN10	91.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.297	0.00	0.00
	CN11	88.22	0.78	0.87	0.00	0.89	0.89	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.223		
红沿河核电厂	CN16	87.75	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.347	0.00	0.00
	CN17	65.53	0.35	0.17	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.670		
	CN26	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0002	0.0000		0.037	1.00	0.003		
宁德核电厂	CN18	88.22	0.17	0.19	0.00	0.00	0.00	0.0003	0.0000	0.0012	0.037	1.00	0.805	0.00	0.00
	CN19	80.73	0.17	0.21	0.00	0.00	0.00	0.0005	0.0012		0.037	1.00	1.022		
	CN34	94.37	5.61	5.61	0.00	1.59	1.59	0.0011	0.0000		1.212	1.09	0.005	0.00	0.00

指标（单位）		机组能力因子（%）	非计划能力损失因子（%）	强迫损失率（%）	电网相关损失因子（%）	临界 7000 小时非计划自动停堆数（次）	临界 7000 小时非计划停堆数（次）	安全系统性能			燃料可靠性（Bq/g）	化学性能	集体辐照剂量（man·Sv）	工业安全事故率	承包商工业安全事故率
								高压安注系统	辅助给水系统	应急交流供电系统					
电厂机组	阳江核电厂	CN22	79.45	0.01	0.01	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.037	1.00	0.630	0.00	0.00
		CN23	99.64	0.35	0.35	0.00	0.00	0.0000	0.0000		0.037	1.00	0.009		
福清核电厂		CN20	74.08	3.58	2.09	0.00	2.05	0.0000	0.0003	0.0026	78.788	1.06	0.781	0.00	0.00
方家山核电厂		CN24	83.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0002	0.0000	0.0001	1.384	1.05	0.657	0.00	0.00
		CN25	91.89	0.03	0.03	0.00	0.00	0.0000	0.0001		1.343	1.00	0.437		

附件四：中国有关核电厂核安全方面的法律、法规和规章

(截止到 2015 年 12 月 31 日)

I. 国家法律

1. 中华人民共和国职业病防治法
(2001 年 10 月 27 日 中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过；2011 年 12 月 31 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过修订)
2. 中华人民共和国环境影响评价法
(2002 年 10 月 28 日 中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过)
3. 中华人民共和国放射性污染防治法
(2003 年 6 月 28 日 中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过)

II. 国务院行政法规

1. 中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例(HAF001)
(1986 年 10 月 29 日 国务院发布)
2. 核电厂核事故应急管理条例(HAF002)
(1993 年 8 月 4 日 国务院发布)
3. 中华人民共和国核材料管制条例(HAF501)
(1987 年 6 月 15 日 国务院发布)
4. 民用核安全设备监督管理条例
(2007 年 7 月 11 日 国务院发布)
5. 放射性物品运输安全管理条例
(2009 年 9 月 14 日 国务院发布)
6. 放射性废物安全管理条例
(2011 年 12 月 20 日 国务院发布)
7. 放射性同位素与射线装置安全和防护条例
(2005 年 9 月 14 日发布)
8. 中华人民共和国核出口管制条例
(1997 年 9 月 10 日发布)
9. 中华人民共和国核两用品及相关技术出口管制条例
(1998 年 6 月 10 日发布)

III. 部门规章

1. 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一——核电厂安全许可证件的申请和颁发 (HAF001/01)

- (1993 年 12 月 31 日 国家核安全局发布)
2. 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一附件一
—核电厂操纵人员执照的颁发和管理程序 (HAF001/01/01)
(1993 年 12 月 31 日 国家核安全局发布)
3. 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)
(1995 年 6 月 14 日 国家核安全局发布)
4. 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附件一
—核电厂营运单位的报告制度 (HAF001/02/01)
(1995 年 6 月 14 日 国家核安全局批准发布)
5. 核电厂核事故应急管理实施细则之一
—核电厂营运单位的应急准备和应急响应 (HAF002/01)
(1998 年 5 月 12 日 国家核安全局批准发布)
6. 核电厂质量保证安全规定 (HAF003)
(1991 年 7 月 27 日 国家核安全局令第 1 号发布)
7. 核与辐射安全监督检查人员证件管理办法 (HAF004)
(2013 年 12 月 环境保护部 (国家核安全局) 发布)
8. 核电厂厂址选择安全规定 (HAF101)
(1991 年 7 月 27 日 国家核安全局令第 1 号发布)
9. 核动力厂设计安全规定 (HAF102)
(2004 年 4 月 18 日 国家核安全局批准发布)
10. 核动力厂运行安全规定 (HAF103)
(2004 年 4 月 18 日 国家核安全局批准发布)
11. 核电厂运行安全规定附件一
—核电厂换料、修改和事故停堆管理 (HAF103/01)
(1994 年 3 月 2 日 国家核安全局批准发布)
12. 民用核燃料循环设施安全规定 (HAF301)
(1993 年 6 月 17 日 国家核安全局第 3 号令发布)
13. 放射性废物安全监督管理规定 (HAF401)
(1997 年 11 月 5 日 国家核安全局批准发布)
14. 放射性固体废物贮存和处置许可管理办法 (HAF402) (2013 年 12 月 环
境保护部 (国家核安全局) 发布)
15. 中华人民共和国核材料管制条例实施细则 (HAF501/01)
(1990 年 9 月 25 日 国家核安全局、能源部、国防科学技术工业委员会
发布)
16. 民用核安全设备设计制造安装和无损检验监督管理规定 (HAF601)

- (2007 年 12 月 28 日 国家环境保护总局 (国家核安全局) 令发布)
17. 民用核安全设备无损检验人员资格管理规定 (HAF602)
(2007 年 12 月 28 日 国家环境保护总局 (国家核安全局) 发布)
18. 民用核安全设备焊工焊接操作工资格管理规定 (HAF603)
(2007 年 12 月 28 日 国家环境保护总局 (国家核安全局) 发布)
19. 进口民用核安全设备监督管理规定 (HAF604)
(2007 年 12 月 28 日 国家环境保护总局 (国家核安全局) 发布)
20. 建设项目环境影响评价分类管理名录
(2015 年 4 月 9 日发布)
21. 放射性物品运输安全许可管理办法 (HAF701)
(2010 年 9 月 25 日 国家核安全局批准发布)
22. 放射性同位素与射线装置安全许可管理办法 (HAF801)
(2008 年 12 月 6 日 国家核安全局批准发布)
23. 放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法 (HAF802)
(2011 年 4 月 18 日 国家核安全局批准发布)
24. 电磁辐射环境保护管理办法
(1997 年 国家核安全局批准发布)

IV.核安全导则

1. 核动力厂营运单位的应急准备和应急响应 (HAD002/01)
(2010 年 8 月 20 日 国家核安全局批准发布)
2. 地方政府对核动力厂的应急准备 (HAD002/02)
(1990 年 5 月 24 日 国家核安全局、国家环境保护局、卫生部批准发布)
3. 核事故辐射应急时对公众防护的干预原则和水平 (HAD002/03)
(1991 年 4 月 19 日 国家核安全局、国家环境保护局批准发布)
4. 核事故辐射应急时对公众防护的导出干预水平 (HAD002/04)
(1991 年 4 月 19 日 国家核安全局、国家环境保护局批准发布)
5. 核事故医学应急准备和响应 (HAD002/05)
(1992 年 6 月 24 日 卫生部、国家核安全局批准发布)
6. 核电厂质量保证大纲的制定 (HAD003/01)
(1988 年 10 月 6 日 国家核安全局批准发布)
7. 核电厂质量保证组织 (HAD003/02)
(1989 年 4 月 13 日 国家核安全局批准发布)
8. 核电厂物项和服务采购中的质量保证 (HAD003/03)
(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布)
9. 核电厂质量保证记录 (HAD003/04)
(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布)

10. 核电厂质量保证监查 (HAD003/05)
(1988 年 1 月 28 日 国家核安全局批准发布)
11. 核电厂设计中的质量保证 (HAD003/06)
(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布)
12. 核电厂建造期间的质量保证 (HAD003/07)
(1987 年 4 月 17 日 国家核安全局批准发布)
13. 核电厂物项制造中的质量保证 (HAD003/08)
(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布)
14. 核电厂调试和运行期间的质量保证 (HAD003/09)
(1988 年 1 月 28 日 国家核安全局批准发布)
15. 核燃料组件采购、设计和制造中的质量保证 (HAD003/10)
(1989 年 4 月 13 日 国家核安全局批准发布)
16. 核电厂厂址选择中的地震问题 (HAD101/01)
(1994 年修订)
17. 核电厂厂址选择的大气弥散问题 (HAD101/02)
(1987 年 11 月 20 日 国家核安全局批准发布)
18. 核电厂厂址选择及评价的人口分布问题 (HAD101/03)
(1987 年 11 月 20 日 国家核安全局批准发布)
19. 核电厂厂址选择的外部人为事件 (HAD101/04)
(1989 年 11 月 28 日 国家核安全局批准发布)
20. 核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题 (HAD101/05)
(1991 年 4 月 26 日 国家核安全局批准发布)
21. 核电厂厂址选择与水文地质的关系 (HAD101/06)
(1991 年 4 月 26 日 国家核安全局批准发布)
22. 核电厂厂址查勘 (HAD101/07)
(1989 年 11 月 28 日 国家核安全局批准发布)
23. 滨河核电厂厂址设计基准洪水的确定 (HAD101/08)
(1989 年 7 月 12 日 国家核安全局批准发布)
24. 滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定 (HAD101/09)
(1990 年 5 月 19 日 国家核安全局批准发布)
25. 核电厂厂址选择的极端气象现象 (HAD101/10)
(1991 年 4 月 26 日 国家核安全局批准发布)
26. 核电厂设计基准热带气旋 (HAD101/11)
(1991 年 4 月 26 日 国家核安全局批准发布)
27. 核电厂的地基安全问题 (HAD101/12)
(1990 年 2 月 20 日 国家核安全局批准发布)

28. 核电厂设计中总的的原则 (HAD102/01)
(1989 年 7 月 12 日 国家核安全局批准发布)
29. 核电厂的抗震设计与鉴定 (HAD102/02)
(1996 年修订)
30. 用于沸水堆、压水堆和压力管式反应堆的安全功能和部件分级
(HAD102/03)
(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布)
31. 核电厂内部飞射物及其二次效应的防护 (HAD102/04)
(1986 年 10 月 30 日 国家核安全局批准发布)
32. 与核电厂设计有关的外部人为事件 (HAD102/05)
(1989 年 11 月 28 日 国家核安全局批准发布)
33. 核电厂反应堆安全壳系统的设计 (HAD102/06)
(1990 年 5 月 19 日 国家核安全局批准发布)
34. 核电厂堆芯的安全设计 (HAD102/07)
(1989 年 7 月 12 日 国家核安全局批准发布)
35. 核电厂反应堆冷却剂系统及其有关系统 (HAD102/08)
(1989 年 4 月 13 日 国家核安全局批准发布)
36. 核电厂最终热阱及其直接有关输热系统 (HAD102/09)
(1987 年 4 月 17 日 国家核安全局批准发布)
37. 核电厂保护系统及有关设施 (HAD102/10)
(1988 年 10 月 6 日 国家核安全局批准发布)
38. 核电厂防火 (HAD102/11)
(1996 年修订)
39. 核电厂辐射防护设计 (HAD102/12)
(1990 年 5 月 19 日 国家核安全局批准发布)
40. 核电厂应急动力系统 (HAD102/13)
(1996 年修订)
41. 核电厂安全有关仪表和控制系统 (HAD102/14)
(1988 年 10 月 6 日 国家核安全局批准发布)
42. 核动力厂燃料装卸和贮存系统设计 (HAD102/15)
(2007 年 1 月 23 日 国家核安全局批准发布)
43. 核动力厂基于计算机的安全重要系统软件 (HAD102/16)
(2004 年 12 月 8 日 国家核安全局批准发布)
44. 核动力厂安全评价与验证 (HAD102/17)
(2006 年 6 月 5 日 国家核安全局批准发布)
45. 核动力厂运行限值和条件及运行规程 (HAD103/01)

- (2005 年 1 月 1 日 国家核安全局批准发布)
46. 核电厂调试程序 (HAD103/02)
(1987 年 4 月 17 日 国家核安全局批准发布)
47. 核电厂堆芯和燃料管理 (HAD103/03)
(1989 年 11 月 28 日 国家核安全局批准发布)
48. 核电厂运行期间的辐射防护 (HAD103/04)
(1990 年 5 月 19 日 国家核安全局批准发布)
49. 核动力厂人员的招聘、培训和授权 (HAD103/05)
(2013 年 5 月 24 日 国家核安全局批准发布)
50. 核动力厂营运单位的组织和安全管理 (HAD103/06)
(2006 年 6 月 5 日 国家核安全局批准发布)
51. 核电厂在役检查 (HAD103/07)
(1988 年 10 月 6 日 国家核安全局批准发布)
52. 核电厂维修 (HAD103/08)
(1993 年修订)
53. 核电厂安全重要物项的监督 (HAD103/09)
(1993 年修订)
54. 核动力厂运行防火安全 (HAD103/10)
(2004 年 12 月 8 日 国家核安全局批准发布)
55. 核动力厂定期安全审查 (HAD103/11)
(2006 年 6 月 5 日 国家核安全局批准发布)
56. 核动力厂老化管理 (HAD 103/12)
(2012 年 5 月 23 日 国家核安全局批准发布)
57. 核电厂放射性排出流和废物管理 (HAD401/01)
(1990 年 5 月 19 日 国家核安全局批准发布)
58. 核电厂放射性废物管理系统的设计 (HAD401/02)
(1997 年 1 月 16 日 国家核安全局批准发布)
59. 放射性废物焚烧设施的设计与运行 (HAD401/03)
(1997 年 2 月 15 日 国家核安全局批准发布)
60. 放射性废物的分类 (HAD401/04)
(1998 年 7 月 6 日 国家核安全局批准发布)
61. 放射性废物近地表处置场选址 (HAD401/05)
(1998 年 7 月 6 日 国家核安全局批准发布)
62. 高水平放射性废物地质处置设施选址 (HAD401/06)
(2013 年 5 月 23 日 国家核安全局批准发布)
63. γ 辐照装置退役 (HAD 401/07)

- (2013 年 5 月 24 日 国家核安全局批准发布)
64. 核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术要求 (试行)
(HAD4XX)
(2004 年 3 月 17 日 国家核安全局批准发布)
65. 低浓铀转换及元件制造厂核材料衡算 (HAD501/01)
(2008 年 9 月 1 日 国家核安全局批准发布)
66. 核设施实物保护 (试行) (HAD501/02)
(2008 年 9 月 1 日 国家核安全局批准发布)
67. 核设施周界入侵报警系统 (HAD 501/03)
(2005 年 7 月 22 日 国家核安全局批准发布)
68. 核设施出入口控制 (HAD501/04)
(2008 年 9 月 1 日 国家核安全局批准发布)
69. 核材料运输实物保护 (HAD501/05)
(2008 年 9 月 1 日 国家核安全局批准发布)
70. 核设施实物保护和核材料衡算与控制安全分析报告格式和内容
(HAD501/06)
(2008 年 9 月 1 日 国家核安全局批准发布)
71. 核动力厂核材料衡算 (HAD501/07)
(2008 年 9 月 1 日 国家核安全局批准发布)
72. 民用核安全机械设备模拟件制作 (试行) (HAD601/01)
(2013 年 5 月 24 日 国家核安全局批准发布)
73. 民用核安全设备安装许可证申请单位技术条件 (试行) (HAD601/02)
(2013 年 5 月 24 日 国家核安全局批准发布)
74. 放射性物品运输容器设计安全评价 (分析) 报告的标准格式和内容
(HAD701/01)
(2010 年 5 月 31 日 国家核安全局批准发布)
75. 放射性物品运输核与辐射安全分析报告书标准格式和内容
(HAD701/02)
(2014 年 6 月 9 日 国家核安全局批准发布)

附件五：中国核电厂接受的国内外评估活动清单（2013 年至 2015 年）

序号	时间	受评单位	评估内容	评估组织
1	2013.04.15-04.26	阳江核电厂	1 号机组启动前同行评估	WANO
2	2013.06	三门核电厂	调试准备评估	CNNP
3	2013.06.24-07.01	红沿河核电厂	2 号机组 WANO CPO 和 SOER 评估	WANO
4	2013.07.15-08.02	宁德核电厂	核安全管理、运行、维修、技术支持、消防、辐射防护、化学环境、厂房管理等八大领域	CGN
5	2013.08.15-08.16	方家山核电厂	1、2 号机组调试准备回访	CNNP
6	2013.08.19-08.23	红沿河核电厂	OSART 回访(包括 2 号机组)	IAEA
7	2013.08.26-09.06	宁德核电厂	2 号机组启动前同行评估	WANO
8	2013.08.31-09.08	石岛湾核电厂	建设阶段综合评估	CNEA
9	2013.09.08-09.13	秦山第三核电厂	1、2 号机组人员绩效专项评估	CNEA
10	2013.09.23-09.25	福清核电厂	文档管理专项评估	CNNP
11	2013.10.14-10.18	秦山第二核电厂	1、2 号机组 WANO 同行评估回访	WANO
12	2013.10.14-11.01	红沿河核电厂	运行机组核安全、运行、维修、技术等 8 大领域评估	CGN
13	2013.10.27-11.01	大亚湾核电基地	功率工况内部事件一级 PSA 模型和报告	CNEA
14	2013.11.03-11.08	秦山第二核电厂	3 号机组 303 大修专项评估	CNNP
15	2013.11.23-11.29	中核运行	运行和维修领域核安全文化专项评估	CNNP
16	2013.12.02-12.04	秦山核电基地	公众宣传教育试评估	CNEA
17	2014.01.04-01.17	福清核电厂	1 号机组启动前同行评估	WANO
18	2014.01.06-01.17	方家山核电厂	1 号机组启动前同行评估	WANO
19	2014.02.17-02.21	大亚湾核电基地	2012 年 WANO 同行评估回访	WANO
20	2014.04.12-04.24	红沿河核电厂	3 号机组启动前同行评估	WANO

序号	时间	受评单位	评估内容	评估组织
21	2015.01.05-01.07	石岛湾核电厂	建设阶段回访再评估	CNEA
22	2015.04.13-04.25	红沿河核电厂	4号机组启动前同行评估	WANO
23	2014.05.12-05.30	岭澳核电厂	1、2号机组核安全、运行、维修、技术等8大领域评估	CGN
24	2014.11.10-11.14	岭澳核电厂	1、2号机组严重事故管理评估	CNEA
25	2014.03.31-04.04	田湾核电厂	维修领域的2号机组大修相关活动以及培训领域的模拟机培训评估	WANO
26	2014.05.18-05.27	阳江核电厂	2号机组启动前同行评估	WANO
27	2014.06.16-06.20	秦山核电厂	1号机组115大修专项评估	CNNP
28	2014.08.25-08.29	福清核电厂	3、4号机组生产准备专项评估	CNNP
29	2014.09	三门核电厂	核安全文化评估	CNNP
30	2014.09.09-09.12	秦山第二核电厂	1、2、3、4号机组SOER专项评估	WANO
31	2014.09.12-09.26	田湾核电厂	运行、维修、技术支持、辐射防护、培训等11个领域评估	WANO CNEA
32	2014.09.15-09.19	秦山核电厂	WANO同行评估回访	WANO
33	2014.10	三门核电厂	调试准备评估跟踪回访	CNNP
34	2014.10.13-10.21	阳江核电厂	核安全、运行、维修、技术等8大领域评估	CGN
35	2014.10.18-11.01	福清核电厂	1、2、3、4号机组工程建设同行评估 & 福清核电5、6号机组FCD前同行评估	CNEA
36	2014.10.18-10.24	江苏核电有限公司	公司领导力、治理、监督与监控、独立监督、支持与绩效、人力资源、沟通	WANO
37	2014.10.19-10.31	宁德核电厂	3号机组启动前同行评估	WANO
38	2014.10.20-10.22	福清核电厂	CNNP电力公司同行评估（福清分组）	WANO
39	2014.11.15-11.28	中核运行	中核运行7台机组综合评估	CNEA
40	2014.11.24-11.28	秦山第三核电厂	人员绩效评估回访	CNEA
41	2014.12.08-12.15	方家山核电厂	2号机组启动前同行评估	WANO

序号	时间	受评单位	评估内容	评估组织
42	2015.01.19-01.26	福清核电厂	2 号机组启动前同行评估	WANO
43	2015.03.12-03.26	秦山第三核电厂	1、2 号机组 WANO 同行评估	WANO
44	2015.03.16-03.27	防城港核电厂	1 号机组启动前同行评估	WANO
45	2015.03.30-04.05	宁德核电厂	核安全管理、运行、维修、技术支持、消防、辐射防护、化学环境、厂房管理等八大领域改进绩效跟踪回访评估	CGN
46	2015.06.28-07.10	阳江核电厂	3 号机组启动前同行评估	WANO
47	2015.07	三门核电厂	备品备件专项评估	CNNP
48	2015.07.27-07.31	方家山核电厂	2 号机组启动前同行评估回访	WANO
49	2015.07.30-08.13	秦山第二核电厂	1、2、3、4 号机组 WANO 同行评估	WANO
50	2015.09	三门核电厂	生产准备专项评估	CNNP
51	2015.09	三门核电厂	设计管理专项评估	CNNP
52	2015.09.07-09.11	福清核电厂	生产领域人员行为规范专项评估	CNNO
53	2015.09.09-09.18	台山核电厂	核安全文化评估	CGN
54	2015.09.14-09.18	福清核电厂	生产程序体系评估	CNNP
55	2015.10.08-03.16	防城港核电厂	核安全文化评估	CGN
56	2015.10.20-10.22	福清核电厂	外事专项评估	CNNP
57	2015.10.26-10.30	福清核电厂	1 号机组 101 大修专项评估	CNNP
58	2015.11.16-11.20	福清核电厂	项目投资管理专项评估	CNNP
59	2015.11.09-11.21	宁德核电厂	4 号机组启动前同行评估	WANO

附件六：中国核电厂计划接受的国内外评估活动清单（2016 年至 2018 年）

序号	时间	受评单位	评估内容	评估组织
1	2016.01	昌江核电厂	2 号机组启动前同行评估	WANO
2	2016	福清核电厂	核安全文化专项评估	CNNP
3	2016.01	方家山核电厂	2 号机组 201 大修专项评估	CNNP
4	2016.03	福清核电厂	3 号机组启动前同行评估	WANO
5	2016.03	防城港核电厂	2 号机组启动前同行评估	WANO
6	2016.04	大亚湾核电基地	WANO 同行评估	WANO
7	2016.05	三门核电厂	消防领域专项评估	CNNP
8	2016.06	三门核电厂	辐射防护专项评估	CNNP
9	2016.07	台山核电厂	WANO CPO 和 SOER 评估	WANO
10	2016.09	宁德核电厂	独立安全监督评估	CGN
11	2016.09	中核运行	中核运行 7 台机组综合评估回访	CNEA
12	2016.10	阳江核电厂	4 号机组启动前同行评估	WANO
13	2016.11	三门核电厂	1 号机组启动前同行评估	WANO
14	2016.11	方家山核电厂	1、2 号机组 WANO 同行评估	WANO
15	2017.01	台山核电厂	Pre-OSART	IAEA
16	2017.03	福清核电厂	4 号机组启动前同行评估	WANO
17	2017	福清核电厂	防异物管理专项评估	CNNP
18	2017.06	宁德核电厂	一期项目同行评估	WANO
19	2017.07	石岛湾核电厂	启动前同行评估	WANO
20	2017.12	江苏核电有限公司	同行评估回访	WANO
21	2017 年底或 2018 年初	阳江核电厂	OSART	IAEA

序号	时间	受评单位	评估内容	评估组织
22	2018	中核运行	OSART	IAEA
23	2018	三门核电厂	OSART	IAEA
24	2018	红沿河核电厂	1、2、3、4号机组 WANO 同行评估	WANO
25	2018	福清核电厂	备品备件专项评估	CNNP
26	2019.01	福清核电厂	首次运行评估	WANO

附件七：中国商业运行核电厂操纵人员有效持照人员统计（截至 2015 年 12 月 31 日）

核电厂 项目	秦山 核电厂	大亚湾 核电厂	秦山第 二核电 厂	岭澳 核电厂	秦山第 三核电 厂	田湾 核电厂	红沿河 核电厂	宁德 核电厂	福清 核电厂	阳江 核电厂	方家山 核电厂	昌江 核电厂	防城港 核电厂
操纵员	35	45	57	109	53	51	82	57	92	138	38	61	86
高级操纵员	36	63	114	145	51	100	88	98	45	49	35	27	22

附件八：中国核电厂的职业照射情况

核电厂（项目）		项目	年人均 有效剂量 (mSv)	年度最大 个人剂量 (mSv)	年度集体 有效剂量 (man.Sv)	归一化 集体有效剂量 (man.mSv/GWh)
秦山 核电厂	2013		0.281	6.073	0.495	0.215
	2014		0.143	4.035	0.253	0.096
	2015		0.201	4.278	0.405	0.157
大亚湾 核电厂	2013		0.549	13.345	1.769	0.119
	2014		0.462	6.906	1.512	0.100
	2015		0.331	7.190	1.035	0.067
秦山第二 核电厂	2013		0.385	8.730	1.170	0.058
	2014		0.336	8.980	1.110	0.055
	2015		0.163	5.120	0.485	0.029
岭澳 核电厂	2013	(1、2号 机组)	0.887	13.696	3.238	0.220
		(3、4号 机组)	0.188	5.660	0.577	0.034
	2014	(1、2号 机组)	0.300	7.731	0.858	0.054
		(3、4号 机组)	0.185	4.098	0.624	0.037
	2015	(1、2号 机组)	0.502	8.505	1.619	0.105
		(3、4号 机组)	0.193	5.261	0.597	0.035
秦山第三 核电厂	2013		0.324	6.362	0.630	0.053
	2014		0.342	7.192	0.721	0.062
	2015		0.366	4.964	0.804	0.072
田湾 核电厂	2013		0.177	2.615	0.467	0.028
	2014		0.180	2.994	0.497	0.030
	2015		0.169	2.866	0.520	0.031

核电厂（项目）\项目		年人均 有效剂量 (mSv)	年度最大 个人剂量 (mSv)	年度集体 有效剂量 (man.Sv)	归一化 集体有效剂量 (man.mSv/GWh)
红沿河 核电厂	2013	0.0158	1.112	0.033	0.006
	2014	0.2977	8.076	1.005	0.089
	2015	0.2949	5.623	1.028	0.075
宁德 核电厂	2013	0.012	1.272	0.026	0.004
	2014	0.311	6.604	0.786	0.068
	2015	0.497	12.008	1.841	0.094
福清 核电厂	2013	/	/	/	/
	2014	0.016	3.323	0.028	0.017
	2015	0.258	6.072	0.787	0.094
阳江 核电厂	2013	/	/	/	/
	2014	0.008	1.023	0.017	0.002
	2015	0.176	6.715	0.669	0.052
方家山 核电厂	2013	/	/	/	/
	2014	0.012	2.528	0.016	0.039
	2015	0.389	6.904	1.102	0.071
昌江 核电厂	2015	0.0004	0.016	1.22E-04	0.002

附件九：中国核电厂应急演习清单（2013 年至 2015 年）

年份	组织单位	联合演习次数	综合演习次数	单项演习次数
2013 年	中核运行	0	4	79
	大亚湾核电基地	0	1	18
	田湾核电厂	0	0	31
	红沿河核电厂	0	1	9
	宁德核电厂	0	0	11
	阳江核电厂	1	1	16
2014 年	中核运行	1	1	102
	大亚湾核电基地	0	2	19
	田湾核电厂	0	1	31
	红沿河核电厂	0	1	31
	宁德核电厂	0	1	16
	福清核电厂	1	1	23
	阳江核电厂	0	0	25
	昌江核电厂	0	0	3
2015 年	中核运行	0	1	90
	大亚湾核电基地	0	1	15
	田湾核电厂	1	0	30
	红沿河核电厂	0	1	42
	宁德核电厂	0	1	13
	福清核电厂	0	0	50
	阳江核电厂	0	1	28
	昌江核电厂	3	3	22
	防城港核电厂	2	2	23

注：根据国家核安全局 2010 年 8 月 20 日批准发布的《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD 002/01-2010）第 9.2.2 章节的定义应急演习包括场内应急组织的单项演习（练习）、综合演习和与场外应急组织的联合演习，练习可以是演习的一个组成部分。