



国家电力投资集团

核电厂应急体系优化及有效性评价 研究报告

课题委托单位：国务院安委会专家咨询委员会

能源专业委员会

课题负责单位：国家电力投资集团公司

课题参与单位：中国核工业集团公司

中国广核集团公司

二〇一六年十二月

目 录

前 言	4
第一章 核事故应急体制	5
1.1 日本福岛核事故在核应急体制方面的经验教训	5
1.2 国际核应急体制现状及发展趋势	9
1.3 我国三级核应急管理体系概述	18
1.4 由于核应急计划区跨省和跨境带来的核应急准备和响应问题	21
1.5 由于核安保要求带来的核应急准备和响应问题	26
1.6 核电集团在核应急体系中的定位及优化建议	33
1.7 小结	40
第二章 核事故应急响应机制	41
2.1 福岛核事故前日本核事故应急响应机制简介	41
2.2 日本福岛核事故应急响应简介	46
2.3 我国核应急响应机制概述	51
2.4 问题分析	55
2.5 小结	57
第三章 核事故应急支援机制	58
3.1 日本福岛核事故应急支援机制方面的经验和教训	58
3.2 福岛核事故后各国核事故应急救援队伍建设情况	60
3.3 我国应急支援机制现状	63
3.4 问题分析与建议	63
3.5 小结	65
第四章 多堆应急响应	66
4.1 背景	66
4.2 福岛核事故分析	66
4.3 国际上多堆响应改进措施与能力分析	73
4.4 我国多堆应急状态原因分析与初始条件	76
4.5 我国多堆应急响应改进要求	80
4.6 我国多堆应急响应问题分析	80
4.7 我国多堆响应能力分析与改进建议	82
4.8 多堆应急准备和响应初步方案	92
4.9 小结	99
第五章 新堆型核事故应急要求	100
5.1 背景	100
5.2 新堆型大型反应堆	100
5.3 小型堆	103

5.4 后续关注重点	107
第六章 核电厂应急体系有效性评价及改进建议	108
6.1 核电厂应急体系有效性评价	108
6.2 核电厂应急体系存在的问题	109
6.3 核电厂应急体系优化改进建议	113
6.4 结语	115

前 言

2016年5月，国务院安委会专家咨询委员会能源专业委员会组织召开了第二次全体会议，确定依托国家电力投资集团公司开展“核电厂核应急体系优化及有效性评价”课题专题研究，中核集团和中广核集团提供支持和配合。本课题研究总目标是结合日本福岛核事故的深刻教训和经验反馈，通过研究当前我国核电多堆型、多机组投产发电等新情况下，在核事故应急组织体系建设上存在的潜在风险和改进方向，提出应对方案和措施建议，并结合当前防范恐怖主义的新要求，提出核电厂核应急体系优化方案建议。

按照国家电投集团公司王炳华董事长的批示，本课题由国家核电负责，组织国家电投集团科学技术研究院及山东核电、红沿河核电、国核示范、广西核电、吉林核电等核电产业相关单位组成课题组，开展研究工作。课题组经过多次分析、论证，明确了研究方向和计划。课题组收集、研究了美国、日本、俄罗斯、法国等主要涉核国家在核应急准备和响应领域的相关资料，特别是日本福岛核事故在核应急方面的经验与教训，以及国际核电业界在福岛后的改进行动等有关情况。课题组重点调研了秦山核电基地、大亚湾核电基地、环保部核与辐射安全中心、国家核应急技术支持中心等单位，取得了第一手资料。通过对国内外核电应急管理体制、核应急响应机制的研究，尤其是详细分析了福岛核事故过程中的核应急响应和国内历年核事故应急演练的经验，课题组对目前国内核电厂应急体系的有效性和应急体系优化方向给出了意见和建议。在课题项目实施过程中，得到了中核集团何小剑、中广核集团潘银生两位领导的大力支持，两个集团有关应急领域的专家参与了本课题的研究与成果报告的审查工作，提供了宝贵的意见和建议。

本报告按照核事故应急体制、应急响应机制、应急支援机制、多堆应急响应、新堆型应急要求等五个方面分别进行分析和论述。

第一章 核事故应急体制

1.1 日本福岛核事故在核应急体制方面的经验教训

1.1.1 事故前的核应急体制及运作情况

1.1.1.1 事故前核应急管理主要机构

福岛核事故之前，日本的核应急准备与响应的立法框架主要基于《核原料、核燃料及反应堆监管法》、《核应急准备特别处置法》、《原子力灾害对策特别措置法》。在应急准备方面，按照上述法规的要求，国家政府各部门、地方政府和营运单位均制定有应急准备行动计划，形成了三位一体的应急响应协调机制。

(1) 国家

日本国家核事故对策总部由经济产业省、文部科学省、防卫省、警察厅、环境省、厚生劳动省、农林水产省、国土交通省、消防厅等部门组成，其中经济产业省的原子能安全保安院是国家核事故应急的具体组织单位。对策总部的最高长官一般由经济产业省大臣或文部科学省大臣担任，当发生涉及公众需要撤离的严重核事故时，则由内阁首相亲自担任核事故对策总部的最高指挥官，统一指挥消除灾害的一切活动。

日本国家政府应急响应的主要职责包括：

- 首相宣布和解除核应急状态；
- 内阁办公室成立国家核事故应急指挥中心，组织各方专家研究事故应对措施，根据专家意见，向各责任方提出核应急响应行动的建议；
- 经济产业省派员至事发地场外中心，成立当地核应急指挥中心，协调各责任方的应急响应工作；
- 文部科学省实施应急辐射监测；
- 原子力安全委员会动员和派遣咨询组；
- 自卫队实施核应急救援；
- 警察厅和海上保安厅实施大范围的搜救行动。

(2) 地方

为保证核应急工作的有效实施，日本的多级地方政府都设置了应急响应组织（都道府、县、市、町及村）。各级地方政府主要负责场外应急工作。地方政府具有如下责任：

- 编制场外应急计划，并定期对各项计划进行审核、修订；
- 发生核事故后，成立地方应急响应指挥部；
- 开展应急环境监测工作；
- 发布必要的指令，指导公众开展隐蔽、撤离、服碘等应急防护行动；

- 实施核应急医疗响应；
- 及时向国家及相邻地区提出援助申请；
- 对营运单位的场内应急实施支援。

(3) 营运单位

营运单位是实施核设施场内应急的主要单位，负有如下责任：

- 编制场内应急计划，并定期对各项计划进行审核、修订；
- 在核设施内设立核应急响应组织，并要求该组织严格按照核事故预防、核应急响应及灾后恢复等方面的计划推进其负责的各项工作；
- 在核设施内指派一名核设施安全管理负责人具体负责场内应急组织的运作；
- 实施连续的辐射监测；
- 当核设施发生事故后，及时向各相关方通报事故状况；
- 启动应急组织，开展事故抢险工作；
- 为防止核灾难进一步发展实施应急响应。

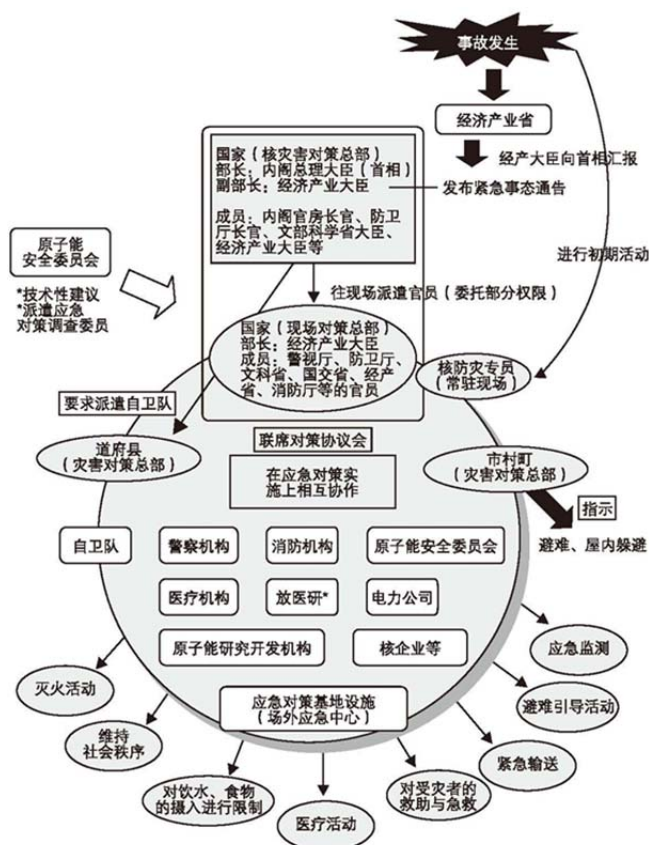


图 1-1 日本重大事故对策图

1.1.1.2 事故前核应急体系存在的问题

福岛事故发生之时日本的核应急监管结构由多个政府部门及拥有核安全责任的其他组织组成，该结构之前已经较大修改了两次，但涉及在核应急中所起作用 and 职责分工的

一些基本问题仍没有得到解决，例如关于原子力安全保安院和日本原子力安全委员会在日本监管体系内的作用和职责的监管问题。

日本核事故应急准备的行政主管部门是经济产业省的原子力安全保安院。原子力安全保安院定期向原子力安全委员会报告工作，后者执行对监管部门所实施的安全规程进行独立的监督和审查，在发生事故时负责为国家应急指挥中心的决策提供技术指导，并根据国家应急指挥中心的要求向事发地场外中心派遣核应急专家。

经济产业省负责有关核能开发和利用的政策，以及商业核设施的监管。在经济产业省内，自然资源和能源厅负责监督国家能源供应，包括促进核能。原子力安全保安院成立于 2001 年，作为自然资源和能源厅的一个下属专门机构，被委以核安全监管的责任。2007 年 IAEA 工作组通过访问得出结论认为，原子力安全保安院在其监管决策中是有效独立于自然资源和能源厅的，不过该工作组还建议，原子力安全保安院独立于经济产业省的问题应更明确地体现在立法中。

文部科学省也拥有监管责任，包括监督核电站、研究堆以及某些核电研究和设施设施的辐射防护和核材料保障。文部科学省还主管国家放射线医学综合研究所和日本原子力开发机构。

日本原子力安全委员会设在内阁府，可以向首相直接报告相关情况，是一个在核监管框架内具有咨询和监督作用的独立机构。它制订和发布原子力安全保安院在其监管工作中使用的核安全相关政策文件和监管导则。原子力安全委员会根据法律授权可要求原子力安全保安院提交报告，并监督其工作。它还有自己的工作人员进行核电厂许可证申请的独立审查和评价以及重新确认原子力安全保安院得出的结论。

日本原子力安全组织是日本主要的核安全技术支持组织。其主要职能包括开展核设施检查、对许可证持有者进行定期检查评审、提供核应急准备支持和协调安全相关研究项目。

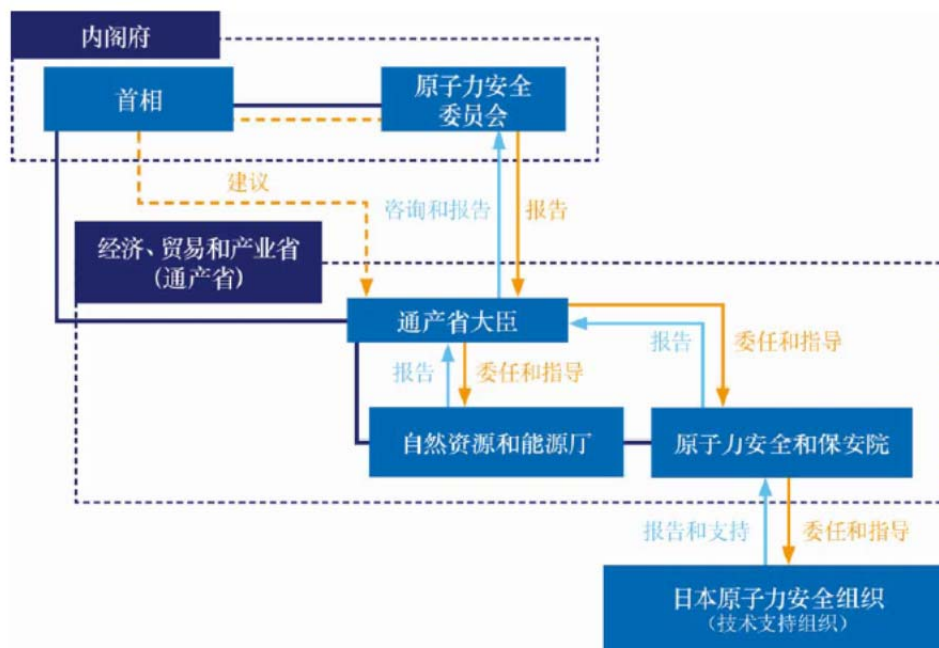


图 1-2 事故前核应急相关机构组织架构图

1.1.2 事故后在核应急体制方面所采取的改进措施

福岛核事故后，日本政府意识到其核安全监管体系和机制存在问题，2011 年 8 月日本内阁决定重组核安全监管机构，2011 年 12 月内阁就重组核安全监管机构进行了讨论，2012 年 6 月日本参议院全体会议表决批准了《原子能规制委员会设置法》。

2012 年 9 月，新的核安全监管机构——原子力规制委员会成立，其独立于原来的核能发展促进机构原子能委员会和经济产业省，设置在环境省下。将以前分配给不同政府机构的作用和职责整合到原子力规制委员会中，由环境省下的原子能规制委员会统一负责原来经济产业省和文部科学省的相关工作。原子力规制委员会拥有对国家放射线医学综合研究所和日本原子力开发机构一些活动的管辖权。日本原子力安全组织于 2014 年 3 月 1 日与原子力规制委员会合并。至此，原来分散的三个技术支持机构——原子能安全保安院下的日本原子力安全组织、文部科学省下的日本原子力开发机构和国立放射线医学综合研究所——全部成为原子能规制委员会的技术支持机构。

原子力规制委员会开展了安全导则和监管要求的审查，以期制订保护人类和环境的新规章。2013 年，有关核电站的新的监管要求生效。新的监管要求强化了抗震/抗海啸的要求；强化或新推出了设计基准的要求；新推出了防止严重事故的措施要求。

原子力规制委员会采用了于 2013 年 12 月实施的与 IAEA 安全标准相一致的定期安全审议过程。该制度要求核动力堆许可证持有者全面评估反应堆的安全性并在定期检查结束后的六个月内将结果提交原子力规制委员会，并在其中说明：

- 遵守监管要求的情况；

- 自愿改进安全的措施；
- 促进改进的安全裕度评价和审查以及概率风险评价；
- 基于上述结果和改进安全的行动计划进行的全面再评估。

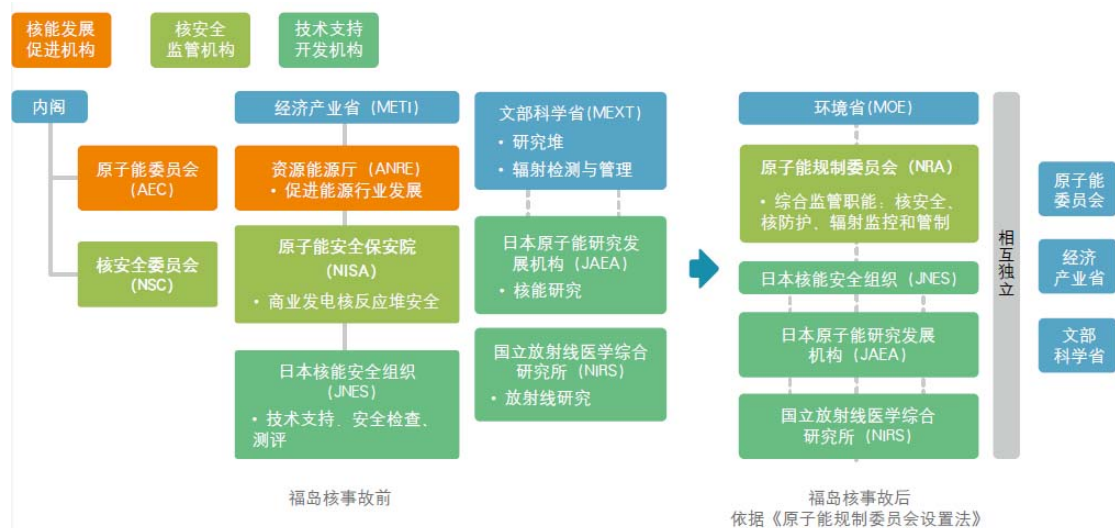


图 1-3 福岛事故后日本核应急改革前后对比

原子能规制委员会由五名委员领导，委员由首相任免，并经议会批准同意，委员会负责做出有关核电站反应堆的技术性、科学性的判断，首相无权下达命令。原子力规制委员会事務局为原子力规制厅，统一负责核安全监管工作。该委员会隶属于环境省。其中紧急事态对策官负责应急响应检测的管理（场内措施）；原子力地域安全总括官负责居民安全检测的管理（场外措施）。

日本吸取了福岛核事故处理过程中首相官邸曾介入现场工作引发混乱的教训，决定委员会在处理紧急事故等方面拥有较大的权限，向反应堆注水等专业决定今后将由该委员会做出，首相无权更改相关决定。

2013 年 6 月，日本原子能规制委员会通过了在专家会议上制定的包括多项防灾措施的核电站安全新标准要点草案，以防再次发生福岛那样的严重事故，包括核电站的设计标准、发生超过设计标准的严重事故时如何采取救灾措施等。新安全标准已于 2013 年 7 月正式实施。

1.2 国际核应急体制现状及发展趋势

1.2.1 美国核应急体系

美国核应急工作起步很早，早在 1979 年三哩岛事故发生以前，美国就要求核电厂与地方政府制定核应急计划。三哩岛核事故后，美国通过改革形成了目前的核应急管理体系。美国核应急采用四级管理体系，从上到下依次是联邦、州、地方（市或县）、营运单

位。联邦一级的核应急工作主要涉及联邦紧急事务管理局（隶属国土安全部）与核管会。

1.2.1.1 美国核应急管理主要机构

（1）联邦紧急事务管理局

联邦紧急事务管理局隶属于美国国土安全部，是专门应对各类灾害或突发事件、保护关键基础设施、公众生命和财产安全的政府机构，负责协调各种灾害管理。核电厂的场外应急管理工作即由国土安全部（联邦紧急事务管理局）负责。

联邦紧急事务管理局在核应急方面的具体职责包括：

- 评估州和地方的场外应急计划对于保护公众健康和安全是否适当；
- 评估州和地方的场外应急计划是否能够被应急响应人员使用，该计划保证在应急响应期间可以提供足够的资源和设备；
- 评估核电厂的警报和警示系统是否适用；
- 承担对州和地方官员的应急准备培训；
- 监督联邦部门的核应急协同响应工作；
- 审查由美国核管会颁发运营许可证的相关核电厂编制的场外应急计划是否充分。

（2）核管会

核管会独立于核能发展部门，负责民用核设施的核安全监管，负责核电厂的场内应急管理。核管会的核安保及事故响应办公室是民用核设施的应急管理机构，负责制定和执行核管会的事故应急预案、核应急准备管理和事故时的应急响应。

核管会在核应急方面的职责为：

- 评估核电厂场内应急计划对于保护公众的健康和安全是否适当；
- 评估核电厂场内应急计划是否能够被应急响应人员使用，并保证在应急响应期间这个计划可以提供足够的资源和设备；
- 审评联邦紧急事务管理局对场外应急准备的评价；
- 负责全国的应急准备工作，例如发放核电厂运营许可证或采取执法行动（例如违章处罚、关停核反应堆）；
- 确认联邦紧急事务管理局与州、地方关于核电厂应急准备的接口。

核管会总部及下辖四个地区监督站均建立应急技术中心，在应急响应时，对所管辖的核设施应急实行独立监管，并对场外应急准备提供协助。

（3）州和地方

州和地方在核电厂辐射应急中对于决定和实施恰当的保护公众的行动负总体责任。核应急管理职能及机构情况根据其自身法律框架和政府结构确定。

州和地方政府在核应急时有责任告诉公众采取防护行动，如撤离、隐蔽或碘防护。

州和地方作出决定的依据是核电厂运营单位提供的防护行动建议。核管会也为州和地方官员提供咨询、指导和支持。核电厂运营单位和核管会无权命令公众采取防护行动。当事故发生后，公众防护行动的指挥权属于当地政府，仅在州和地方政府提出援助请求时，联邦才调用相应资源予以增援。

(4) 运营单位

美国的核应急职责划分是以持证者作为责任主体的。美国核管会负责向核电厂运营控制者发放许可证，既可由核电厂持证，也可由核电厂所在的电力公司持证。核应急持证者的主要职责是场内事故的应对缓解，及必要的场外支援（如防护行动建议）。

1.2.1.2 美国核应急体系的福岛后改进

福岛事故后，美国能源研究所发布了 FLEX 策略，该策略于 2012 年 8 月被核管会采用。FLEX 策略是，在严重事故情况下，依靠已安装的设备、场内移动设备及场外资源准备，建立应对不确定性因素的能力。两个 FLEX 区域响应中心，分别在孟菲斯和凤凰城，见图 1-4。

建成后的区域响应中心具备向美国所有核电厂输送应急设备的能力，每个区域响应中心配备 5 套 FLEX 设备，其中 4 套支持电厂，1 套用于故障维修。同时区域响应中心还会储备核电厂的特定辅助设备。区域响应中心在接到通知的 24 小时内，根据事故电厂的距离选择陆运或空运方式，并配备与设备相应的技术人员到场，协助设备的装配和调度。区域应急响应中心和未受影响的电厂组成一个支援网络，通过陆运和空运运送应急支援设备和物资至事故电厂。区域响应中心的建立保证了核电厂事故情况下设备和物资的支援调配，同时技术人员随设备抵达现场，参与调试和安装，避免了因事故电厂维修人员不熟悉设备而耽误事故缓解和恢复的情况，而且区域响应中心与电厂维修技术人员的对接合作能够减少设备选型、接口等错误，减少人力和物力的无谓投入，从而快速、高效地投入应急响应中。

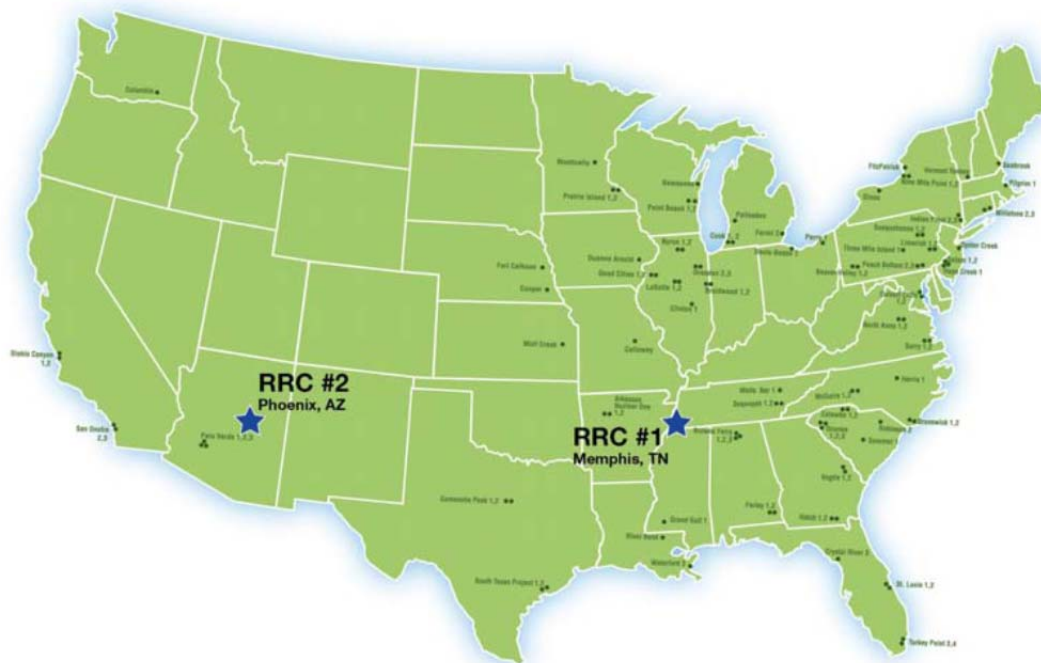


图 1-4 FLEX 策略区域响应中心分布

1.2.2 俄罗斯核应急体系

俄罗斯核应急体系的监管部门为国家环境、工业及核安全监督局，核应急响应支援部门为紧急状态部。

（1）国家环境、工业及核安全监督局

俄罗斯国家环境、工业及核安全监督局由俄总理直接领导，局长由俄联邦总统任命，负责核电站的许可证和日常检查工作。俄政府颁布法令将其部分监管职能转移到联邦自然资源和生态部，使俄罗斯国家环境、工业及核安全监督局专注于核安全监督。

国家环境、工业及核安全监督局职责主要包括：在活动领域内通过改进标准和法律法规降低人为引起的危害；防止核事故的发生，降低核事故发生率，通过实施许可证和批准活动，在活动领域内通过监督与控制使其达到要求，限制并减少人造污染对环境的负面影响。

（2）紧急状态部

俄罗斯体制的决策核心是总统，总统下面有一个专职国家安全战略的重要机构——联邦安全会议。联邦安全会议直接指挥相关的专门机构和常设的辅助机构。与核应急相关的专门机构就是紧急状态部。紧急状态部直接向总统负责，是俄罗斯处理突发事件的组织核心，其主要任务是制定和落实国家在民防和应对突发事件方面的政策，实施一系列预防和消除灾害措施、对国内外受灾地区提供人道主义援助等活动。紧急状态部是俄应对突发公共事件的中枢机构，内务部、国防部或者内卫部队协助紧急状态部处置突发

事件。紧急状态部直辖 40 万人的应急救援部队及装备，该部队作为独立警种，按部队建制，统一制服，统一警衔。

在纵向上，俄罗斯联邦、联邦主体（州、直辖市、共和国、边疆区等）、城市和基层村镇四级政府设置了垂直领导的紧急状态机构。同时，为强化应急管理机构的权威性和中央的统一领导，俄罗斯联邦和联邦主体之间设立了六个区域中心，每个区域中心管理下属的联邦主体紧急状态局。这样，全俄形成了五级应急管理机构逐级负责的垂直管理模式。联邦、区域中心、联邦主体和城市紧急状态机构下设有指挥中心、救援队、信息中心、培训基地等管理和技术支持机构，保证了紧急状态部有能力发挥中枢协调作用。

俄罗斯国家环境、工业及核安全监督局与紧急状态部的职能分配类似于美国核管会与联邦紧急事务管理局，但有一点不同，美国核管会的监管工作涉及设施各个阶段的运行与应急，但俄罗斯国家环境、工业及核安全监督局则是由紧急状态部负责针对所有危险的应急监管工作。国家环境、工业及核安全监督局和紧急状态部在其职责范围内独立进行应急准备检查，场内应急准备工作由国家环境、工业及核安全监督局负责，场外应急准备工作由紧急状态部负责。

1.2.3 法国核应急体系

法国核应急管理体系是“两条主线、两级管理、两个决策中心”的应急管理体系：

- 两条主线分别是政府行政当局和核电营运单位。
- 两级管理是指政府行政线上的法国核安全部际委员会、核安全与辐射防护总局、民防总局构成的国家级机构和以省长为主的地方级机构，以运营单位法国电力公司总部为主的国家级机构和以核电站为主的地方级机构。
- 两个决策中心分别是省长为保护公众、保护环境而采取行动的行政中心和核电厂为控制机组状态、保护电站工作人员、保证信息畅通的技术中心。

1.2.3.1 法国核应急管理主要机构

（1）法国核安全部际委员会

法国核安全部际委员会直接对总理负责，主要协调各方面行动，保证安全，保护公众和环境，制定严重事故救援计划和事故后的处置计划。

- 国防部总秘书处负责其日常工作；
- 核安全与辐射防护总局负责核应急工作的组织、协调、管理；
- 民防总局负责灾害人力资源的支援；
- 辐射防护与核安全研究院负责技术支持；
- 省级政府具体负责场外应急工作；

➤ 核电企业负责场内应急工作。

（2）核安全与辐射防护总局

这是由工业部、环保部、卫生部等共同设立的机构，负责组织、协调和管理法国的核应急工作。事故状态下向有关部门和公众、媒体通报信息，负责派技术专家到各级应急指挥中心。

（3）内务部民防总局

内务部民防总局负责核应急准备、计划编制、组织演习和救援指挥、协调应急资源等工作。该局设有一个跨部门应急指挥中心，是全法核事故应急救援的最高决策指挥机构。各种信息都集中到该中心的控制室，军队、航空、铁路、气象等各有关部门都有明确职责，事故状态下都须进入中心，负责沟通和指挥。

（4）辐射防护与核安全研究院

主要从事辐射防护与核安全的技术工作，包括辐射监测（现场测量、取样测评、分析处理）、信息数据管理、评估决策系统等。该院是法国辐射防护和核安全的技术支持单位。

（5）地方应急组织

地方应急组织设在地方政府，行使应急救援决策和指挥协调。其应急指挥中心平时作为省政府的日常工作机构，负责应急准备，及相关行政事务工作；应急响应时全体人员到位进入中心，负责应急救援指挥协调工作。

（6）核电企业的核应急机构

核电企业在总部和电厂都建有核应急机构。法国电力公司有着较为健全的应急体制，包括辐射防护研究和监测机构、应急指挥中心等。各核电厂也都有应急机构，负责应急预警、预案制定、场内应急救援等工作。

1.2.3.2 法国核应急体系的福岛后改进

（1）快速支援队

福岛核事故后，法国电力公司决定加强其总部应急组织，2011年4月发布了法国快速救援队（FARN）实施的官方声明，通过 FARN 的实施，为面临较大困难的核电厂提供人力和设备等方面支持的快速救援。FARN 的部署可以加强法国电力公司总部和当地的应急组织。

FARN 完整地包含在法国电力公司的核事故应急组织中，可分为总部和区域两个层面，包括支援队伍和物资储备中心，图 1-5 给出了法国核电厂分布和 FARN 规划分布示意图。预计需要 310 人的待命队伍并自备设备以在事故后 24 小时内支援电厂。

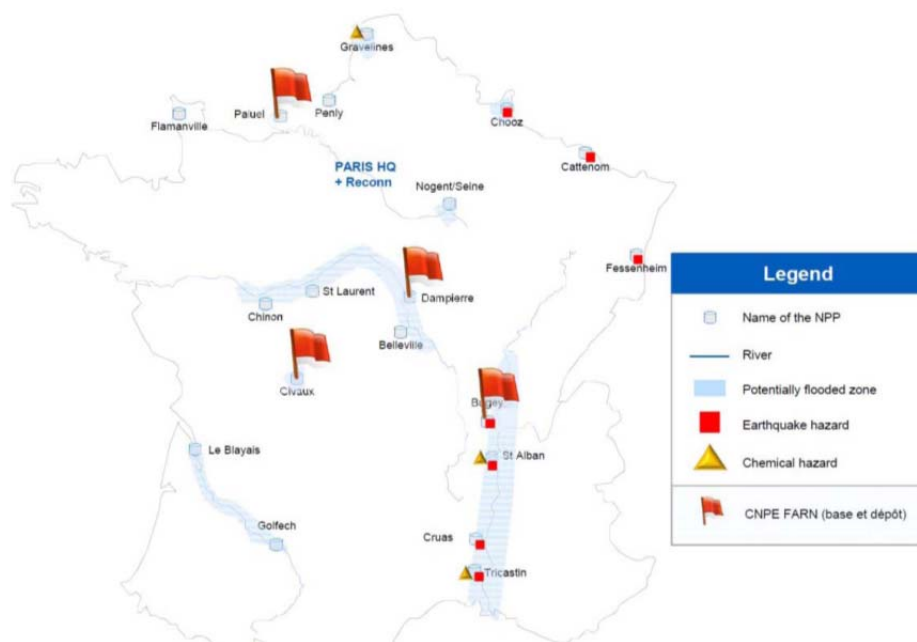


图 1-5 FARN 规划分布

FARN 总部管理整个 FARN 组织，由 5 队共 30 人的待命队伍组成，全面支援干预包括在方法、能力、人力资源、采购等救援工作。国家储备中心储存大型应急设备，可提供事故 72 小时后使用的可长期运转的设备供在全国范围内调用。

四个 FARN 区域中心，包含了相应的救援人员和区域设备基地，每个中心 70 人，含 5 支待命救援队伍（每支队伍 14 人，主要为 1 名经理+6 名运行人员+5 名维修人员+2 名其他人员）。在事故情况下，区域中心派出一支队伍使用自己的人员和设备支援两台机组。每个核电厂预先选定 4—8 个当地后备基地（如体育场、馆等），在严重事故下选择其中的一个使用。FARN 区域中心的人员主要来自于各核电厂和法国电力公司核能部门，这些人员日常工作时间的安排基本是 FARN 和原部门服务各占一半，以确保这些人员虽然被借调到 FARN，但仍能维持和发展其专业技能。

（2）重大核事故国家应急计划

法国总理府于 2014 年 2 月公布了一份用于应对《重大核事故的应急响应计划》，该计划的内容涵盖了在国内外发生的可能需要从国家级做出响应的所有核或辐射紧急情况。这份计划的编制工作是在福岛事故发生之后启动的。法国政府希望汲取此次事故的“全部教训”，以便能更有效地加强对任何重大核或辐射事故的预防以及应急响应工作。该计划详细说明了如何组织应急响应工作，如何在事件最初的“不确定”阶段保护公众以及如何处理在国内发生的涉及放射性释放的核事故和在国外发生的可能需要采取进口控制措施的核事故。这份计划完善了现有的应急措施，并涵盖了在法国境外发生的涉及放射性物质运输的严重事故。

➤ 国家应急管理组织

根据这份计划的规定，重大核或放射性紧急情况由政府负责管理，总理可随时就应急响应的政策和战略管理与法国总统进行联络。总理可以根据事件的性质、危机类型和待采取行动的政策方向将应急指挥工作委托给内政部长或外交部长，该部长以总理的名义领导部际应急小组，以其为中心组成部际应急指挥中心。负责应急指挥的部长可以调动所有的政府部门，尤其是负责能源、环境和卫生的各部门的资源。

部际应急指挥中心是总理主要依赖的应急管理组织。一旦需要，该中心可以将所有相关的部委以及核安全局、行业专家和运营者的代表汇集在一起。但是，负责应急指挥的部长不得妨碍其他部长履行其职责以及核安全局的独立性。总理还可以在必要时，会同部际应急指挥中心组建一个部际核应急委员会。

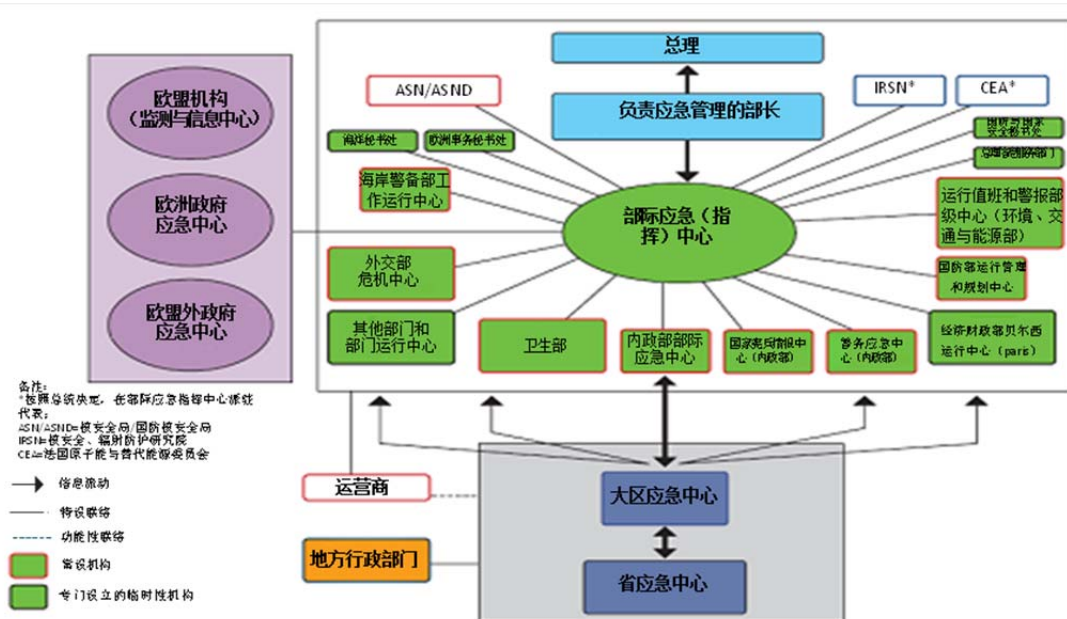


图 1-6 核应急情况下法国国家应急管理组织机构图

► 初始应急组织

鉴于核事故发展过程特别是媒体影响之快，以及组建部际应急指挥中心的滞后，应即刻成立初始应急组织。这种组织应在行政区（省长）及核行业（核安全主管部门/运营商/辐射防护与核安全研究所）两个层面设立，以确保在国家部际应急指挥中心组建之前实施应急响应措施。市长、省长、海事主管领导、巴黎警察署长、拥有海外行动权力的驻外政府代表是负责接收来自各种信息渠道报警的责任人。

在部际应急指挥中心组建之前，核或放射性应急响应主要依靠两条报警信息渠道：行政渠道（主要依靠基层应急响应组织）和专业渠道（即要求运营单位向核安全局和辐射防护与核安全研究院进行汇报）。这两条渠道是互补的，并有一些交集，因此可以发挥更高的效率，并通过良好的信息传输提高应急响应能力。

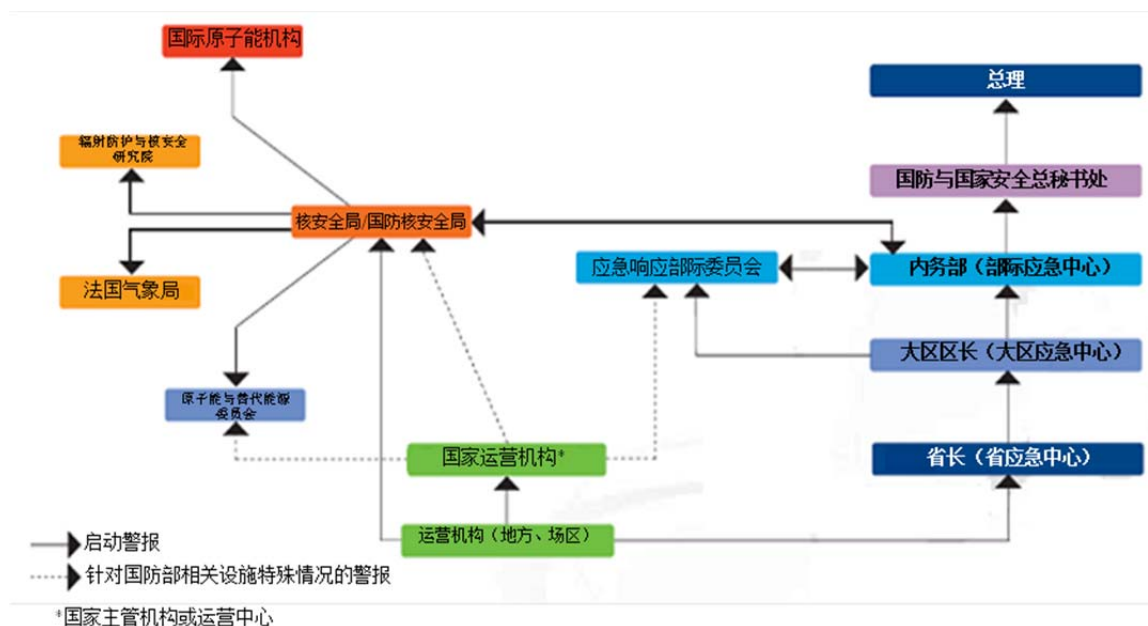


图 1-7 核应急情况下法国初始应急组织机构图

1.2.4 国际核应急体制的启示

通过对各主要涉核国家核应急的调研分析，可以获得一些启示：

（1）核应急体系

各主要涉核国家的核应急体系可以分为三个层次，分别为国家、地方和核设施营运单位，与国际原子能机构的建议一致。但是，由于各个国家政治体制、政府机构设置、国土分布和历史沿革等方面的差异，各主要涉核国家从国家到地方之间的管理层次则不尽相同，但都实行以应急主管部门为核心，其他有关部门协调配合的垂直管理体制。俄罗斯紧急状态部直接向总统负责，日本规制委员会由总统任命，具有强大的中枢决策系统，在执行和部际配合协调方面都比较有力度，组织机构健全，能够得到社会力量的广泛参与，形成多元化、立体化、网络化及运转灵活的应急管理体系。

（2）核应急监管

各主要国家除日本外，均将场内外监管职责设置在不同的政府部门。如美国的核管会和国土安全部下的联邦应急管理局，俄罗斯联邦生态、技术和原子能监督总局及紧急状态部。日本则将场内外核应急监管职能全部纳入核安全规制委员会，但在该委员会对应的管理机构分属不同的分支机构。核安全监管单位通常在核应急中作为主要的技术支持机构。另外，在国家层面，各主要国家的场外核应急都纳入到国家主管灾害应对或者民防的部门管理，使核应急准备与响应工作与应对其他各种灾害的应急准备和响应工作在统一的管理框架下。在一定程度上，如此安排既保证了战时的协同指挥，又整合了日常监管资源。如俄罗斯的紧急状况部，就是一个部级单位，直接向总统负责，法国的内

务部、民防总局，美国的国土安全部、联邦应急管理局也类似。

1.3 我国三级核应急管理体系概述

按照《核电厂核事故应急管理条例》“常备不懈、积极兼容、统一指挥、大力协同、保护公众、保护环境”的方针要求，我国实行国家、核电厂所在地与核电厂营运单位三级核应急管理体系，分别负责全国、核电厂所在省（自治区）与核电厂营运单位的核事故应急管理工作。

国家核应急组织、核电厂所在省（自治区、直辖市）核应急组织和核电厂营运单位的核应急组织分别负责全国、核电厂所在地区与核电厂营运单位的核事故应急管理工作，组织体系图见图 1-8。

（1）国家核应急组织

国家核事故应急协调委员会（以下简称国家核应急协调委）统一领导全国的核事故应急准备和响应工作。国家核应急协调委主任委员由工信部部长担任，下属国防科工局的国家核事故应急办公室承担国家核应急协调委的日常工作。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。指挥部总指挥由国务院领导同志担任。视情成立前方工作组，在国家核事故应急指挥部的领导下开展工作。

国家核事故应急力量主要由辐射监测、去污、工程抢险、消防消火、放射医学救治以及交通运输等单位组成，成员单位主要包括工信部、国防科工局、总参谋部、国家能源局、环保部（国家核安全局）、公安部、交通部、卫生部等多个部门，工信部（国防科工局）是国家核应急协调委的牵头单位。环保部（国家核安全局）主要担当核应急的技术支持工作。

国家核应急协调委设立专家委员会，由核工程与核技术、核安全、辐射监测、辐射防护、环境保护、交通运输、医学、气象学、海洋学、应急管理、公共宣传等方面专家组成，为国家核事故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。

国家核应急协调委设立联络员组，由成员单位司、处级和核设施营运单位所属集团公司负责同志担任，承担国家核应急协调委交办的事项。

在《中华人民共和国核安全法（草案）》中规定，在国务院领导下，国家核事故应急协调委员会及承担其日常工作的机构通过国家核事故应急协调机制，按照国家核事故应急预案总体部署，组织协调国务院有关部门、地方人民政府、核设施营运单位实施核事故应急救援工作。

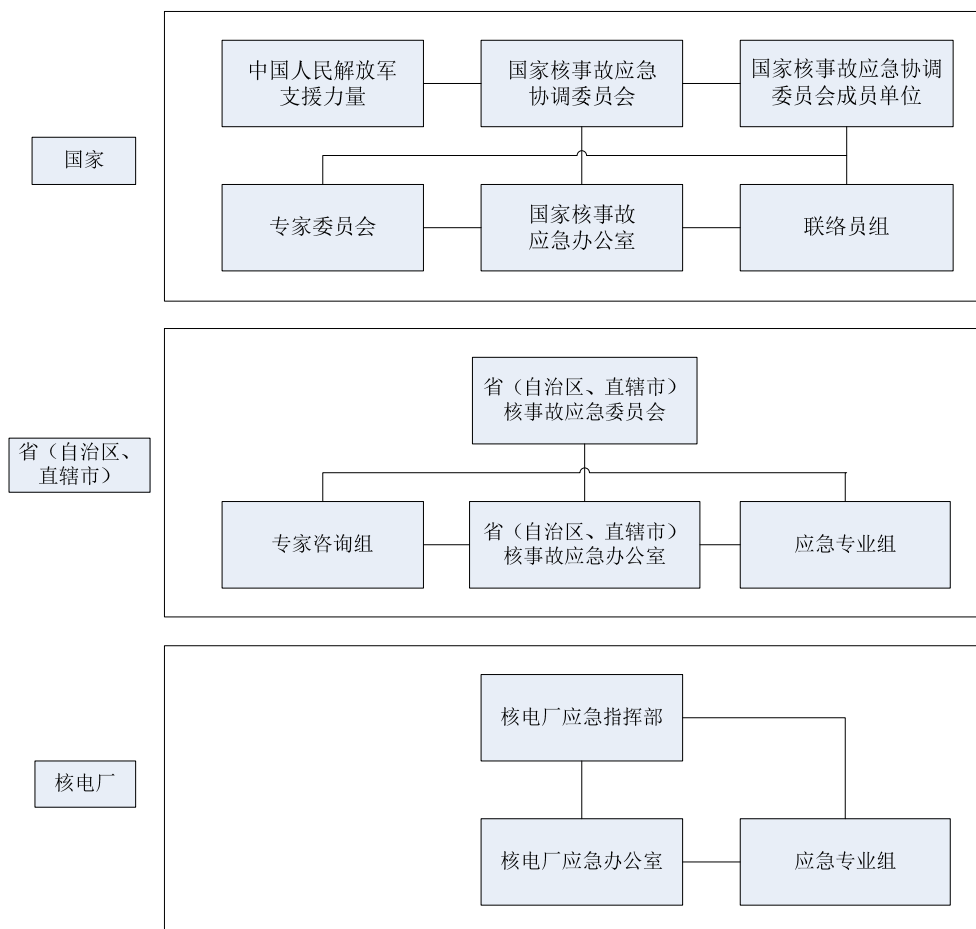


图 1-8 我国核应急组织体系图

（2）省（自治区、直辖市）核应急组织

省级人民政府根据相关规定和工作需要成立省（自治区、直辖市）核应急委员会（以下简称省核应急委），由有关职能部门、相关市县、核设施营运单位的负责同志组成、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。省核应急委设立专家组，提供决策咨询；设立省核事故应急办公室（以下简称“省核应急办”），承担省核应急委的日常工作。

未成立省核应急委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。

《核电厂应急计划与准备准则 场内应急响应职能与组织机构》（GB/T17680.6）推荐的组织架构图 1-9 所示：



图 1-9 省级核应急组织架构

(3) 核电厂营运单位的核应急组织

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。核设施营运单位所属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。核电厂营运单位的核应急组织基本组织结构为：应急指挥部和下设的运行控制组、技术支持组、运行支持组、辐射防护组和行政后勤组。各组根据管理的业务范围下设各专业组。典型的组织结构如图 1-10 所示。

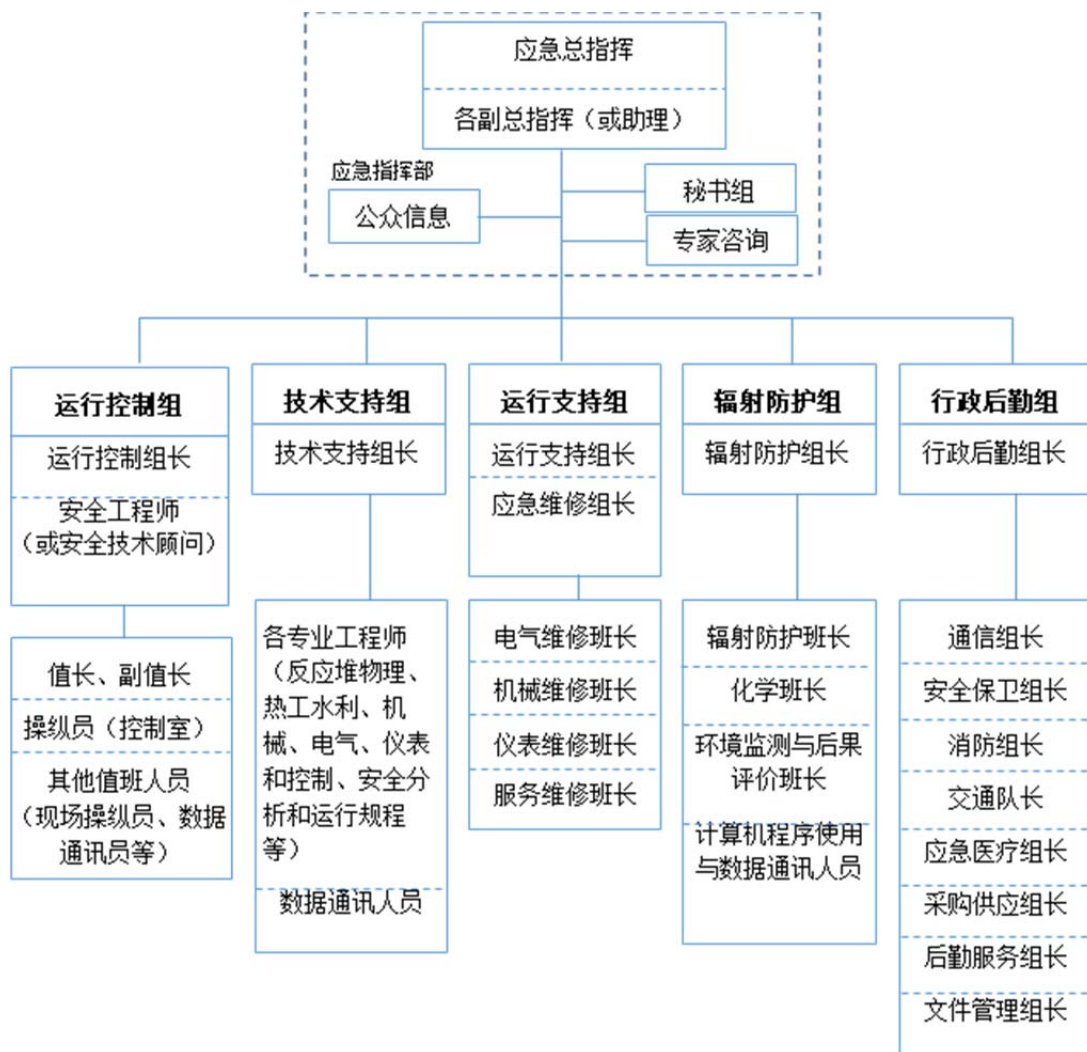


图 1-10 核电厂营运单位的核应急组织框架

1.4 由于核应急计划区跨省和跨境带来的核应急准备和响应问题

按照“十三五”核电发展规划，到 2020 年，我国运行核电装机容量将达到 5800 万千瓦，在建 3000 万千瓦。这就必然有大批核电项目相继开工，由于陆续开工的核电厂址分布较广，不可避免地会出现核电站应急计划区跨越两个或多个省份的情形，甚至在边境附近的核电站还可能出现应急计划区跨越国境的情况。不同行政区域或不同国家的社会人文、地理环境、政治制度、应急体制、技术水平等的差别，将给核电站核事故应急准备和响应工作带来一定影响，因此，核电站核应急计划区跨省和跨境问题给核事故应急准备和响应机制带来严峻挑战。

1.4.1 跨省核应急面临的问题

核事故的危害程度和范围其外界条件主要取决于天气、地形、植被和河流等自然地理状况，随着烟羽或放射性废水的扩散，影响范围可能会超出某一省份，对相邻的两个或多个省份造成危害。鉴于跨省核事故应急工作的复杂性和重要性，按照国家核应急管

理“大力协同”的方针,要求相关省份必须迅速启动应急准备和响应程序,调配和整合资源,实现核事故应急准备与响应的联动协调。但由于某些特殊原因,目前跨省核事故应急准备和响应机制存在一些问题。

(1) 缺少明确的法规规定

目前,我国以《核电厂核事故应急管理条例》、《国家核应急预案》等文件为支撑建立了国家、省(自治区、直辖市)及核电营运单位的三级应急体系。对于应急计划区跨越两个或多个省份的核电项目,《核电厂核事故应急管理条例》仅规定“核电厂所在地的省、自治区、直辖市人民政府指定的部门负责本行政区域内的核事故应急管理工作”、“及时向相邻的省、自治区、直辖市通报核事故情况”、“场外核事故应急计划由核电厂所在地的省级人民政府指定的部门组织制定,报国务院指定的部门审查批准”,场外核事故应急计划由核电厂所在地政府负责制定,发生核事故时仅负责将核事故情况通报相邻省份,对相邻省份如何开展核应急准备和响应以及省域间如何开展跨省核应急准备和响应场外联动协调等并未给出明确规定。

《中华人民共和国突发事件应对法》是我国现行各类突发事件应对的基本法,核事故也属于突发事件范畴,但该法对跨行政区域应急管理的规定较少。该法第七条规定:“县级以上人民政府对本行政区域内突发事件的应对工作负责;涉及两个以上行政区域的,由有关行政区域共同的上一级人民政府负责,或者由各有关行政区域的上一级人民政府共同负责”。上述条文规定了突发事件应对由县级人民政府(属地)负责,当突发事件涉及跨行政体系的多个区域或部门时,由相应的上一级人民政府负责。该法第八条规定:“县级以上地方各级人民政府设立由本级人民政府主要负责人、相关部门负责人、驻当地中国人民解放军和中国人民武装警察部队有关负责人组成的突发事件应急指挥机构,统一领导、协调本级人民政府各有关部门和下级人民政府开展突发事件应对工作”,当突发事件涉及跨行政体系的多个区域或部门时,却没有明确应急指挥机构的主要责任人,只是规定“根据实际需要,设立相关类别突发事件应急指挥机构,组织、协调、指挥突发事件应对工作。”这种原则性规定使得具体实施时应急协调机构的指挥缺乏一定的权威性。

总之,这些法规、条例虽然强调了纵向关系上机构之间的领导和被领导的关系,满足了应急权力的统一领导和集中配置的要求,但忽视了横向层面上各省份或区域机构之间的协调与监督,尤其是缺乏对跨省或跨区域各方在应急体系中的定位、权责分配、工作规则、响应程序、资源调配和经费保障等的规定,在发生跨省核应急突发事件时很难有效发挥指挥和协调作用。

(2) 尚未建立有效的区域合作机制

我国现行的核电厂核应急管理体系按照属地管理、分级负责的原则,核电厂所在地省级核应急组织只对其下辖的各级核应急组织拥有指挥权,而我国在国家层面尚未建立

专门的跨省核事故应急管理协调机构，制定专门的跨省核应急联动协调制度，各相邻省份之间也未建立有效的统一指挥、合作联动的核应急工作机制，使得各相关省份在核应急准备与响应过程中可能会出现信息不对等、沟通不顺畅、响应不及时、资源不到位等情况，甚至出现“互相推诿”的问题，在一定程度上削弱了跨省核事故应急响应能力。虽然在出现跨省核事故应急状态的情况下由国家核应急委统一指挥协调核应急工作，但在实际执行过程中，国家核应急委难以对各省的配合、合作程度进行有效的监督，可能使跨省核事故应急联动协调难以有效进行。

在我国常规跨省突发事件应对的实践中，为了避免出现突发事件所在地地方政府根据自己的需要进行管理和决策，缺乏统一的指挥、联动和协调等情况的发生，一些省份往往尝试在跨省突发事件发生后组建临时性的应急指挥和协调机构，但由于时间仓促，无法在短时间内明确分工、整合资源、共享信息，造成应急响应不及时、应急协调能力差等问题，贻误了应急处置的最佳时期，而核事故发生后，事故状况变化往往更快速，更需要迅速、及时的应急响应，因此这种临时组建的应急指挥协调机构很难满足跨省核事故应急准备和响应的要求。

（3）没有跨省核应急准备及响应能力和资源的明确要求

跨省核事故应急准备和响应是一项极其复杂的工作，需要在应急准备、应急行动和事故后恢复方面具有充足的资源保障，而且各省要建立完备的核应急管理体系，并经过多次的核应急演练，具备一定的核应急响应和处置能力。

《国家核事故应急预案》规定了“省级人民政府根据有关规定和工作需要成立省（自治区、直辖市）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；未成立核应急委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”。国家标准要求各省根据工作需要建立核应急委，而没有强制要求必须成立核应急委，截止 2017 年 4 月，我国只有 19 个省（区、市）成立了核应急委，其他省份还未成立核应急委。我国核电从沿海特别是东南部沿海地区开始布局，现在沿海各省份均有已建、在建或拟建厂址，绝大多数内陆省份也有计划中的厂址，但由于起步不同，核应急管理水平和参差不齐，对于已有多多年机组运行的广东、江苏、浙江等省，核应急体系比较完善，也经过了多次核应急演练，核应急能力较强，对于辽宁、福建、海南等有较短运行机组的省份，核应急体系初步建立，核应急能力有待进一步加强，而对于在建或拟建核电的省份和地区，核应急能力建设刚刚起步或者几乎没有。

应急资源的不足也是制约核应急准备和响应有效实施的重要因素。《核电厂核事故应急管理条例》第十五条对国家、省级和核电厂的应急设施、设备、通讯以及辐射监测系统和其他物资的配备提出了要求，第十六、十七条对核电厂和省级相关部门负责对员工、

社会公众和应急工作人员进行的教育培训做出了规定。条例虽然对省级应急资源配备提出了要求,但是未明确对配备情况的监督检查要求,也未制定统一的应急能力建设标准。由于我国各省发展水平的差异,应急物资和技术人员的区域分布呈不均衡性,如核电起步较早的某些东南部沿海核电大省,配备了较为完善的核事故应急资源,而其他一些省份由于核与核技术利用规模较小,或者没有成立核应急机构,配备的应急资源相对不足。

综上所述,在跨省核事故应急情况下,开展同等规模、同等水平的应急响应行动可能会存在一定难度。

(4) 缺少跨省核应急资源和经费的管理规定

充足的经费保障是保证跨省核事故应急准备和响应顺利实施的必要条件。《核电厂核事故应急管理条例》第三十四条规定:“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”;《财政部、国防科工委关于印发<核电厂核事故应急准备专项收入管理规定>的通知》规定:“场外核应急建设及投资概算,由地方省级人民政府指定部门报地方省级计划部门审批,并报国家核应急机构备案;场外核应急准备年度经费预算,由省核应急机构报地方省级财政部门审批,并报国家核应急机构备案”。这里的“地方”指的是核电企业所在的省级地方政府。因此,对于跨省核事故应急,非核电企业所在省份的核应急准备金来源将面临没有法律保障的局面,出于利益代价分析,这些省份无意愿投入更多经费来进行核应急队伍建设、开展人员培训和公众宣传、配备核应急设施和物资以及开展核应急演练等活动。核应急准备资金不足势必会影响跨省核事故应急工作的有序开展。

(5) 未建立跨省核事故应急能力评价和考核机制

虽然《核电厂核事故应急管理条例》对各省级政府的核事故应急能力建设提出了原则要求,但是由于没有统一的检验地方政府和相关部门核应急准备能力的评价标准,各省份在核事故应急能力具体建设方面参差不齐,有核电厂的省份核应急管理体系健全,核应急设备设施和物资齐全,核应急人才队伍完善,核应急能力较强;其他省份存在尚未建立核应急体系或者不健全、核应急设备设施和物资配备不足、核应急人才队伍缺乏或不足,导致核应急准备和响应能力较差。为了保证跨省核应急准备和响应顺利实施,必须保证相邻省份具备一定的核应急响应和处置能力,但应该具备什么条件或者达到什么标准才表明具备核应急能力,国家没有统一的标准,这将给跨省核应急工作的有效实施带来一定的影响。

目前,我国对地方政府的考核过分强调与其所辖区域的经济发展水平挂钩。在这种模式下,部分地方政府往往过分关注地方经济的发展,对跨行政区域公共事务的应对重视不够,缺乏对诸如跨省核事故应急等突发事件联动合作的认识,忽视全局利益,未能突破地域思想的束缚,从国民经济长远发展的角度去支持、配合跨省核事故应急准备与

响应。我国目前尚未建立一套完整而有效的干部问责惩罚机制，往往都是在重大事故发生后才强调责任的追究，对涉及跨行政区域合作不力的地方政府也没有相应的惩罚制度。制度的不健全、处罚的力度不足等原因，纵容了部分地方政府盲目追求地方利益而忽视政府合作的行为，给跨省核应急工作的正常开展造成一定困难。

1.4.2 跨境核应急面临的问题

我国与多国接壤，部分在边境附近拟建的核电站的应急计划区可能涉及跨越国境问题。目前在核事故应急方面，IAEA 制定了《及早通报核事故公约》和《核事故或辐射紧急情况援助公约》两个国际公约（以下简称两个公约），确立了在核事故应急响应中的通知原则和援助原则。这两个原则是各个国家和国际组织在核事故应急响应过程中的基本原则。通知原则要求各缔约国在发生或发现核事故后，应立即将核事故以及有关信息通报给有关国家、组织和 IAEA。而援助原则则要求援助国在接到请求国的请求后，要立即做出是否援助的决定，并将决定以及提供援助的具体内容等信息通知给相关国家和组织。我国已加入上述两个公约，在涉及跨境核应急响应中将按照两个公约的规定实施相应的通知和援助义务，但在如何具体落实相关要求方面，我国相关法规和标准规定较少，对将来顺利实施跨境核应急准备和响应工作带来一定的困难。

（1）缺失跨境核应急准备联系机制

《及早通报核事故公约》和《核事故或辐射紧急情况援助公约》是从国家层面规定了在发生核事故时的各国的响应行动，是事故发生后的国家间行为，对于核应急准备工作没有相应规定。而在我国现行的核安全法规、导则和标准中也没有相关跨境核应急方面的相关规定。随着我国跨境核电项目的出现，核电项目应急计划区和规划限制区的确定、人口统计、公众意见调查、环境影响评价等如何有效开展，核电厂与邻国相关部门如何建立信息交流渠道，联合核事故应急演练如何开展，核电厂周围辐射监测如何进行等，对我国现行核应急法规标准等提出挑战。

（2）尚没有处理核事故跨境应急的实践经验

（3）缺少涉及跨境应急数据收集途径

（4）解决跨境应急准备的资源的方式未明确

我国在加入《及早通报核事故公约》时声明不受本公约第十一条第二款所规定的两种争端解决程序的约束；在加入《核事故或辐射紧急情况援助公约》时声明不受公约第十三条第二款所规定的两种争端解决程序的约束和不适用该公约第十条第二款。由于我国在跨境核应急争端方式上不受两个公约的约束，而我国又未与相关国家签订双边或多边核应急合作协议，因此在涉及跨境核应急信息共享、核应急疏散和损失赔偿等争端时，应当采取什么方式、由哪些部门参与和具体工作流程等来有效解决相关争端没有可依据的

标准和要求，在核应急准备和响应过程中容易产生因争端未能有效解决而引起国家间外交纠纷。

1.4.3 总结及建议

跨省和跨境核事故应急准备和响应是一个影响范围广、协调难度大、利益相关方和涉及部门多的系统过程，健全的法律法规、协调机制，充足的资金和救援应急能力是跨省和跨境核应急准备和响应有效实施的前提和保障。针对我国现阶段在跨省和跨境核事故应急体制方面面临的问题，建议从以下几个方面采取应对措施。

（1）制定和完善跨省和跨境核应急法规和协调机制

完善的法规是做好跨省核事故应急准备和响应的依据。因此，建议国家有关部门认真调研和了解国内外跨区域核事故应急准备和响应的现状，及时总结经验，制定和完善核应急法规和管理制度，明确跨省核应急准备和响应的原则要求、组织机构、职责分工、协调机制、资源调配、应急准备、应急演练、监督评价等内容。

对于跨境核应急，建议国家从法规层面建立跨境核应急管理机制，在两个公约的框架内，细化和明确国家层面、地方政府、核电集团（核电厂）在涉及跨境核应急准备和响应中的职责、权限和沟通协调机制等，明确在厂址选择阶段跨境核电厂应急计划区的划分原则和开展公众调查、环境影响评价等相关要求或指导意见，对跨境核应急出现争端的不同情况提出原则要求和解决方式。

（2）合理分配和使用核应急准备资金

充足的核应急准备资金是做好核应急工作的基础。建议国家优化跨省核应急资金分配方式，打破属地管理，根据核电厂应急计划区的实际情况合理分配和使用应急准备资金，建立合理的补偿机制，如环境影响补偿、社会影响补偿、公众心理影响补偿以及电价优惠等措施。

（3）签订双边或多边跨境核应急合作协议

鉴于我国拟建核电项目涉及跨境核应急现状，根据有关国际公约规定，建议国家有关部门与跨境核电厂和所在地政府研究协商，参考国外跨境核应急工作良好实践，尽快与相关国家有关部门建立联络渠道，通过协商谈判，签订跨境核应急准备和响应双边或多边协议，明确在核应急准备和响应中各方的责任、信息交流渠道、资源协调、环境监测、应急演练、公众撤离以及争端的解决等内容。

1.5 由于核安保要求带来的核应急准备和响应问题

核安保是指预防、探知和应对涉及核材料、核设施、其他放射性物质及相关设施，以及相关活动的擅自接触、未经授权转移、盗窃、蓄意破坏或其他恶意行为。

自“9·11”恐怖袭击事件以来，核恐怖主义威胁已成为国际安全中一项最严峻的挑战。2010年、2012年和2014年的核安全峰会都把核安保问题提升到更高的政治层面，并加强了对于核恐怖主义危害的国际共识。中国积极参加了三次核安全峰会。中国领导人在第三届核安全峰会上首次提出“理性、协调、并进”的核安全观，即发展和安全并重、权利和义务并重、自主和协作并重、治标和治本并重，并作出了四个坚定不移的庄严承诺，即中国将坚定不移地增强自身核安全能力、坚定不移地参与构建国际核安全体系、坚定不移地支持核安全国际合作、坚定不移地维护地区和世界和平稳定。这些充分体现了中国领导人对核安保问题的高度重视以及积极应对核安保挑战的信心和决心。

随着国际恐怖主义的蔓延和发展，核安保问题已成为国际社会关注的焦点，世界各国已形成紧密联系的命运共同体，全球核安保休戚与共。核电大发展增加了恐怖组织获取核材料、袭击核设施的可能性，核电厂的安保问题可谓重中之重。中国作为全球核电厂建设最快、最多的国家，防范核恐怖主义的任务复杂而艰巨。

1.5.1 国际原子能机构核安保理念

经过近十多年的努力，在成员国专家的支持下，IAEA 已经逐步发展和建立了一整套核安保理念，见图 1-11。

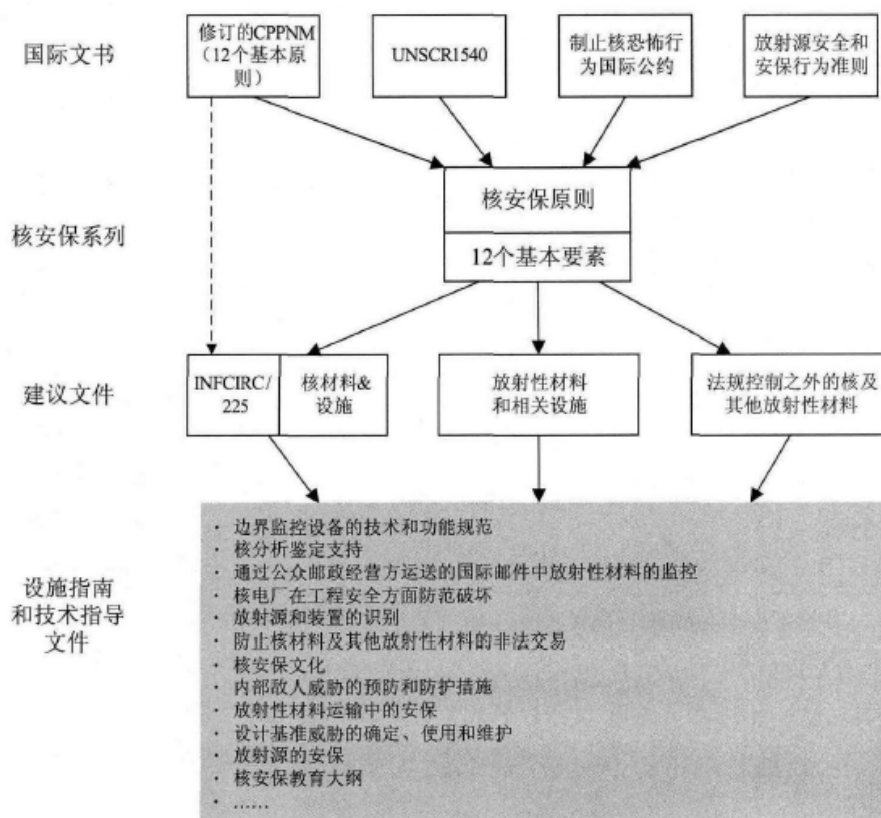


图 1-11 IAEA 核安保理念架构

在该理念体系中，处在最上层的是国际文书（法规），下一层是“IAEA 核安保系列”出版物，包括建议文件、特定设施的具体指南以及相关技术指导文件等。IAEA 正积极要求各成员国引入和推广整套最新的核安保理念，确保成员国核材料和核设施的安全。IAEA 核安保系列出版物将成为国内引入 IAEA 核安保理念，编制我国核安保相关技术标准的重要依据。

1.5.2 主要核能发达国家核安保情况

(1) 美国

美国核安保管理体制如图 1-12 所示。

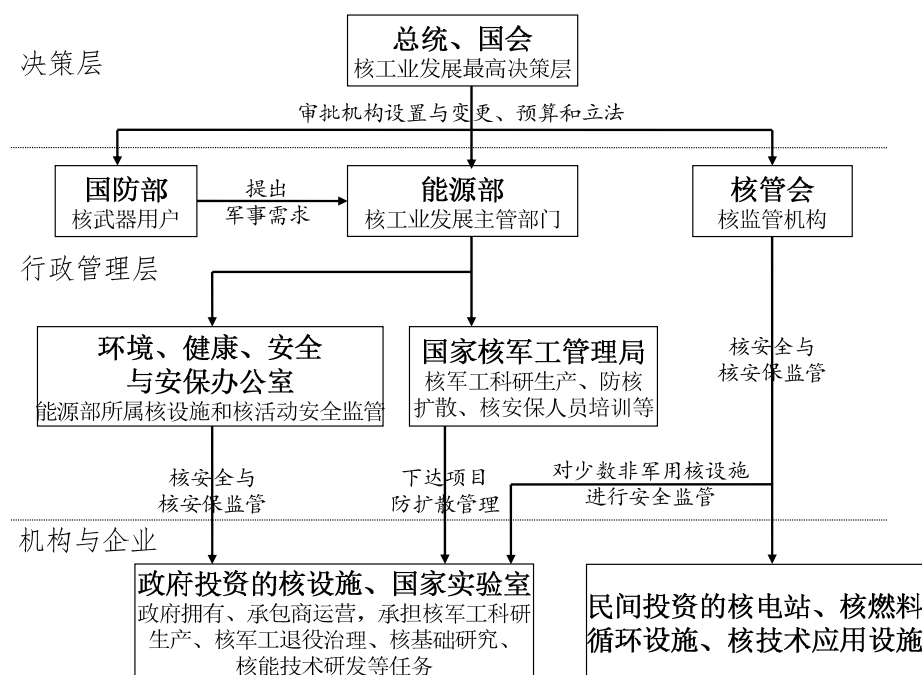


图 1-12 美国核安保管理体制

美国的核安保法规体系是以《原子能法》和《能源重组法》为基础的，根据以上两个上位法，美国能源部和核管会分别建立了各自独立的一套核安保法规体系。

美国能源部的涉核法规体系分为四个层次：第一层次国家法律；第二层次联邦法规；第三和第四层次是能源部指令，具体分为政策、命令、通知、手册和导则。

(2) 俄罗斯

俄罗斯核安保管理体制如图 1-13 所示。

俄罗斯发布的与核安保相关的联邦法律主要有：《核能使用法》、《关于部门保卫的法》及《反恐怖主义法》等。俄罗斯总统令、政府令发布的核安保相关联邦法规包括：《关于批准俄联邦内务机构的超部门保卫条例》、《关于国家清点和监督核材料系统方案的命令》、《关于批准核材料、核装置及核材料存放点实物保护条例的命令》等。

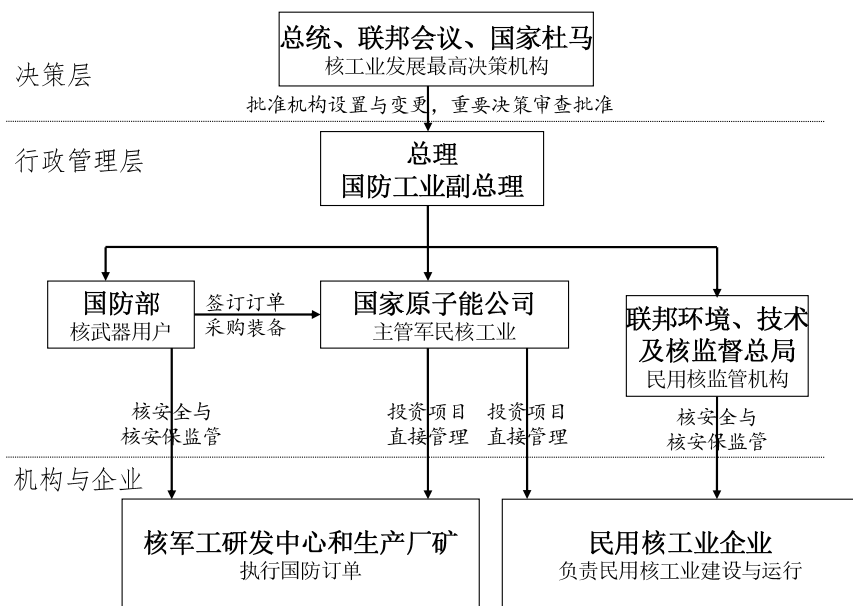


图 1-13 俄罗斯核安保管理体制

（3）法国

法国核安保管理体制如图 1-14 所示。

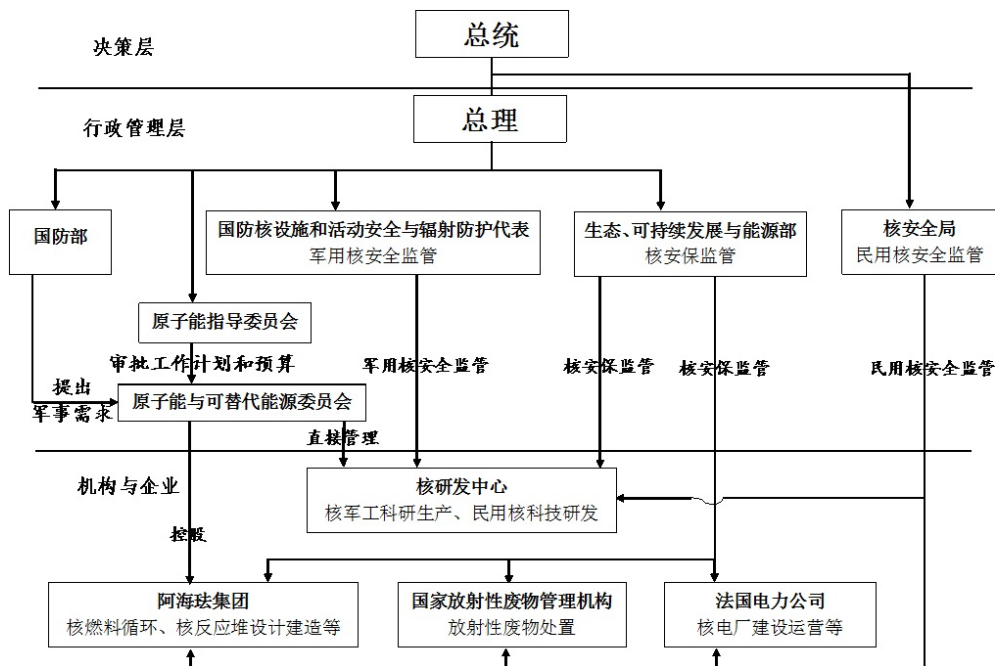


图 1-14 法国核安保管理体制

法国核安保的法律基础为 1958 年颁布的《加强重要设施保护法》。依照该法，法国先后出台了《核材料保护和控制法》、《关于核材料保护和控制法令》、《国防领域内核材料控制与保护法令》及《关于适用于必须申报的核材料的控制、密封、监视和实物保护措施的内部命令》等多部法规。近年来，法国不断加强核安保领域的立法工作。2010 年先后发布了有关核材料持有者的许可申请程序的命令、学习核材料和核设施保护措施的

程序的命令、定义实物保护措施的命令和批准核材料运输方法的条件的命令，2011 年发布了核材料保护和控制的新的监管框架，2012 年专门成立工作组着手起草有关放射源安保的法规。

（4）英国

英国的核安保管理体制如图 1-15 所示。

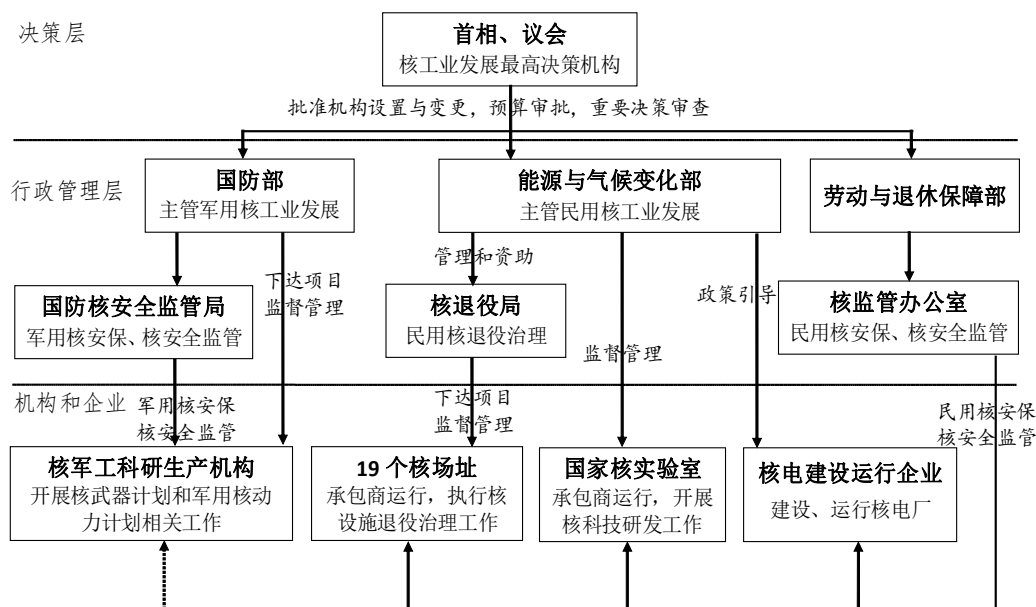


图 1-15 英国核安保管理体制

英国已经发布的涉及核安保相关法律主要有：《原子能法》、《核装置法》及《核工业法》等，2003 年，英国政府在《反对恐怖主义犯罪及安保法》的基础上制订并发布了《核工业安保条例》。

1.5.3 我国核安保法规体系

我国核安保法规体系分为四个层级：法律、行政法规、部门规章及导则与技术文件。

（1）法律

目前我国已发布的涉及核安保内容的法律主要有《放射性污染防治法》、《刑法》、《治安管理处罚法》、《突发事件应对法》、《国家安全法》及《对外贸易法》等。另外，我国核领域的“基本法”（一般法）《原子能法》正在制定中，预计不久将会出台，该法将对我国核安保工作做出原则性规定。

（2）行政法规

涉及核安保内容的行政法规主要有《核材料管制条例》、《放射性废物安全管理条例》、《企业事业单位内部治安保卫条例》、《大型群众性活动安全管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《民用核设施安全监督管理条例》及《放射性物品运输安

全管理条例》等。另外，我国正在加紧制定的核安保领域专门法规《核安保条例》已进入到征集意见阶段，预计不久将会出台，该法规旨在对我国核安保工作进行系统、全面的规范。在《核安保条例》征求意见稿中，规定当核安保事件导致或可能导致核或辐射事故时，应按照本单位的核或辐射事故应急预案启动相应的响应行动。

（3）部门规章

涉及核安保内容的部门规章主要有《核材料管制条例实施细则》、《核电站安全保卫规定》、《核材料管制视察规定》及《核材料国际运输实物保护规定》。另外，《核燃料循环设施报告制度》、《核动力厂运行安全规定》及《民用核燃料循环设施安全规定》个别章节也涉及到核安保相关内容。

（4）导则与技术文件

涉及核安保内容的导则与技术文件包括《核材料许可证申请文件编写格式与内容》、《核设施出入口控制导则》、《核设施实物保护系统初步设计专篇的内容与要求》、《核材料封记管理导则》、《核材料实物盘存管理导则》、《核材料衡算与控制视察导则》、《核材料调入、调出及内部转移管理导则》、《核设施实物保护（试行）》、《核设施周界入侵报警系统》、《核材料运输实物保护》、《核动力厂核材料衡算》、《低浓铀转换及元件制造厂核材料衡算》及《核材料和核设施实物保护》等。

我国目前尚无以核安保为主要内容的专门法律法规，涉及核安保的少数规定零星地散落在核安全等相关法规中，且仅有少数原则性规定，既缺乏全面性、完整性，又缺乏具体可操作性，已远不能满足指导和规范我国核安保工作的需要。传统上，各国把核安保工作视同为核材料与核设施的实物保护。随着形势的发展，核安保的内涵已大大超出原有范围。国际原子能机构对核安保的最新定义已明确将其他放射性物质及相关设施，以及涉及核材料和其他放射性物质的相关活动的安保都纳入了核安保的范畴。

1.5.4 国内核电厂安保现状

（1）防范恐怖袭击

核安保对于国内核电厂是个全新的概念，“9·11”恐怖袭击事件以前并未将其作为引发核应急准备与响应的重要输入条件之一进行考虑。经调研，针对国内核电厂安保体系建设问题，目前国家尚未出台明确规定或相关指导性文件，因此，尽管各核电厂已对防范恐怖袭击引起重视，但仅极少数核电厂针对恐怖袭击事件制定了专项预案，且做法不尽相同。

大亚湾核电基地成立了工地治安保卫安全委员会和大亚湾核电基地反恐怖袭击领导协调小组，两个组织机构由相同人员组成，在 DNMC 总经理部领导下统一运作。DNMC 建立了恐怖袭击应急响应机制，制定了《大亚湾核电基地恐怖袭击专项预案》。当发生恐

怖袭击事件时按预案进行处置，并采取三警联动应对方式，即电厂保卫人员、大亚湾公安分局和武警核电大队联合出动。

秦山核电基地未针对恐怖袭击制定专项应急预案，但将保安事件作为确定应急行动水平的触发条件，按照安保事件发生的区域将其划分为四个初始条件，并分别对应四个应急等级和应急行动水平，如表 1-1 所示。

表 1-1 秦山核电基地保安事件应急行动水平

初始条件索引——保安事件				
应急等级	场外应急	场区应急	厂房应急	应急待命
初始条件	HG1：导致电厂完全失控的保安事件 适用运行模式：全部	HS2：经保安部门证实在电厂安全重要区内发生了保安事件 适用运行模式：全部	HA4：经保安部门证实在电厂保护区内发生了保安事件 适用运行模式：全部	HU4：经保安部门证实发生了保安事件，并可能引起电厂安全水平降级 适用运行模式：全部
应急行动水平	敌对势力已经控制了整个电厂，以致电厂工作人员无法运行维持安全功能（反应性控制、一回路水装量和二回路热导出）所需的设备；或： 反应堆厂房或乏燃料水池受到严重破坏，造成放射性物质的大量释放。	要害区内发现可能影响安全相关设备的爆炸物；或： 正在进行的敌对势力对电厂要害区的入侵；或： 其他由突发事件应急保卫计划确定的、由保安值班长报告的、应急指挥判断已对电厂安全重要区产生损害的保安事件。	在电厂保护区内发现爆炸物，可能影响安全相关系统的运行；或： 正在进行的敌对势力对保护区的入侵；或： 其他由突发事件应急保卫计划确定的、由保安值班长报告的、应急指挥判断可能会影响安全相关系统运行的保安事件。	已经或正在发生的影响安全相关设备的蓄意破坏；或： 威胁将干扰电厂正常运行的人质扣留/勒索事件；或： 场址周围发生的国内骚乱；或： 威胁将干扰电厂正常运行的敌视性罢工活动；或： 其他由突发事件应急保卫计划确定的、由保安值班长报告的、可能引起电厂安全水平下降的保安事件。

（2）防范低空飞行物威胁

核电站的低空飞行物威胁主要来自包括轻型固定翼飞机、轻型直升机、无人机、滑翔机、动力伞、热气球、飞艇、航空模型等飞行高度相对较低、飞行速度相对较慢、体积相对较小而不易被雷达发现的“低慢小”飞行器和空飘物，其威胁类型主要分为低空飞行物撞击和无人机运送爆炸物。

尽管我国核电站在设计时就已经考虑了飞机撞击的可能性，特别是新建三代核电站，其安全壳能抵御商用大飞机撞击，但低空飞行物的撞击仍能对核电站安全壳之外的构筑物 and 设施，如汽轮机厂房、架空高压线路等造成较大威胁，从而影响核电站的正常运行。

随着轻微型无人机技术日益成熟，其应用也越来越广泛，无人机具备智能化程度高、易操作、造价相对低廉、飞行能力良好等特点，并能承载一定重量的物品（轻型无人机可装载重量可达数十千克）。根据这一特点，若恐怖分子将无人机装上炸药或危险物质，遥控飞行至核电厂敏感建筑物上方引爆或投放，将对核电厂安保工作带来前所未有的挑战和考验。而国内目前没有针对无人机管控的政策、法规不够明确，管理存在较大漏洞和隐患。

国内核电厂对于低空飞行物威胁引发的核应急准备和响应问题的研究刚刚起步，绝大多数核电厂未制定专项预案对低空飞行物威胁采取防范措施。核能行业协会选择大亚湾核电作为试点进行空中威胁防范的研究，包括对无人机的电磁干扰、对直升机的强光干扰和声音警告等。

1.5.5 问题与建议

(1) 我国正在积极完善核安保法律法规体系，并积极制定《核安保条例》及相关部门规章、技术导则，构建核安保法规框架，这势必对核电厂安保体系提出新的要求。而国内各核电厂核安保管法规尚需加强，缺乏国家层面的核安保专门法规，需要根据国家核安保体系建设要求改进相关制度、组织和设施，将核安保需求与核应急准备和响应工作紧密结合。建议国家有关部门尽快完善核安保法规标准文件体系，对于核电厂安保体系的建立给出具体指导性意见。

(2) 国内对核电厂安保形式的认识与国际反恐严峻形势尚有差距，核电厂对安保工作的认识尚不够。而目前正值国内核电大发展的重要时期，因此对于新建核电厂，在设计阶段就要考虑核安保措施，应将核安保作为设计的输入条件之一。要做到与新建核电厂同设计、同建设、同运行。建议国家有关部门考虑是否有必要将上述要求列入法规作为强制性规定。

(3) 恐怖袭击事件导致的应急响应问题存在其独特性，而目前国内核电厂针对恐怖袭击的应急响应机制尚不统一和完善，需要仔细研究恐怖袭击的形式和后果，并有针对性地制定专项预案和应急响应方案，定期举行恐怖袭击事件应急演练。

(4) 对于低空飞行物等新型威胁尚未得到足够的考虑和重视。建议国家有关部门组织开展相关工作的研究，发布具体的技术文件进行指导。

1.6 核电集团在核应急体系中的定位及优化建议

依据《核电厂核事故应急管理条例》、《国家核应急预案》及相关核应急法规、标准，我国实行三级核应急管理，即：核设施营运单位、地方政府及其有关部门和国家核事故应急协调委员会成员单位按照职责分工和相关预案各司其职开展工作。

随着我国核电产业的发展，三大核电集团运营的核电厂、核电基地数量不断增加，目前国家三级应急组织体系架构，已不能完全适应核应急的需要，核电集团在核应急体系中的地位和作用日益重要。尤其是日本福岛核事故后，国家核应急主管部门和核安全监管部对核电集团公司的核应急工作提出了更高的要求。《国家核应急工作“十二五”规划》中明确“完善核应急三级管理体制，落实核设施所属集团公司的安全应急责任”；《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》中指出“明确核电集团公司的应急职责，完善集团公司内部的应急支援制度。建立和完善集团公司应急支援制度”；《国家核应急预案》（修订版）要求“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”。

因此，在发挥核电运营单位核应急直接主体地位的同时，明确核电集团在核应急体系中的定位，加强其在核应急工作中的作用，成为当务之急。

1.6.1 核电集团在核应急体系中的定位

依据我国现行核应急相关法规，核设施营运单位是核事故场内应急工作的主体，对核电集团在核应急体系中的定位未给出明确的界定。我们认为，应当根据核电集团在核应急工作中承担的职责，核事故应急响应中的作用，以及法规条例和重要文件中对核电集团的有关要求，作为明确核电集团在核应急体系地位和作用的参照，以理清我国现行体系下核电集团的定位。

界定核电集团在核应急体系中定位的几个方面：

（1）协调集团外核应急关系

我国核电产业正呈现一址多堆及核电基地发展趋势，核电集团作为核电运营公司的上级单位，能够统筹规划、安排集团对外各项核应急工作有序开展，提升国家核应急工作的质量和效率，增强核应急能力。

依据《国家核应急预案》，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。在与国家核应急支援力量的衔接中，核电集团能够建立更加高效的协同机制，确定更加顺畅的核应急接口关系，并调动整个集团核应急力量，确保核应急准备和响应工作顺利开展。

通过开展集团整体通讯设施能力建设、通讯流程建设，各核电运营单位与核应急行政主管部门按照科学、统一的模式沟通、衔接，有利于更好地进行核应急准备，协助和配合国家、地方政府相关部门做好核事故应急管理工作。

对于多堆厂址和核电基地的核应急响应，核电集团能够统一协调场内及临近范围内集团所管核应急力量，实现应急响应能力最大化。在核电厂与场外各应急组织（包括：国家核应急组织、地方核应急组织、国家核安全监督部门、核行业主管部门及其他应急支援组织）的接口过程中，核电集团也具有核电厂不具备的统筹协调和沟通优势。

（2）确定集团核应急组织机构与职责

目前，三大核电集团均设立了各自的核应急组织体系，按照“统一指挥，分级负责”的原则建立集团公司总部核应急组织、集团公司所辖单位核应急组织。在集团层面，设立集团公司核事故应急领导机构、集团公司核事故应急日常管理机构、应急专家咨询组，以及专业部门等核应急组织机构。

中核集团的核应急准备与响应实施三级管理，由中核集团总部、业务板块及成员单位构成，并实行核应急组织与常规机构相结合的兼容体制。中核集团核应急指挥部下设核应急办公室，并设专家咨询组、应急专业组和应急技术后援中心及应急救援分队。中核集团核应急组织体系如图 1-16 所示。

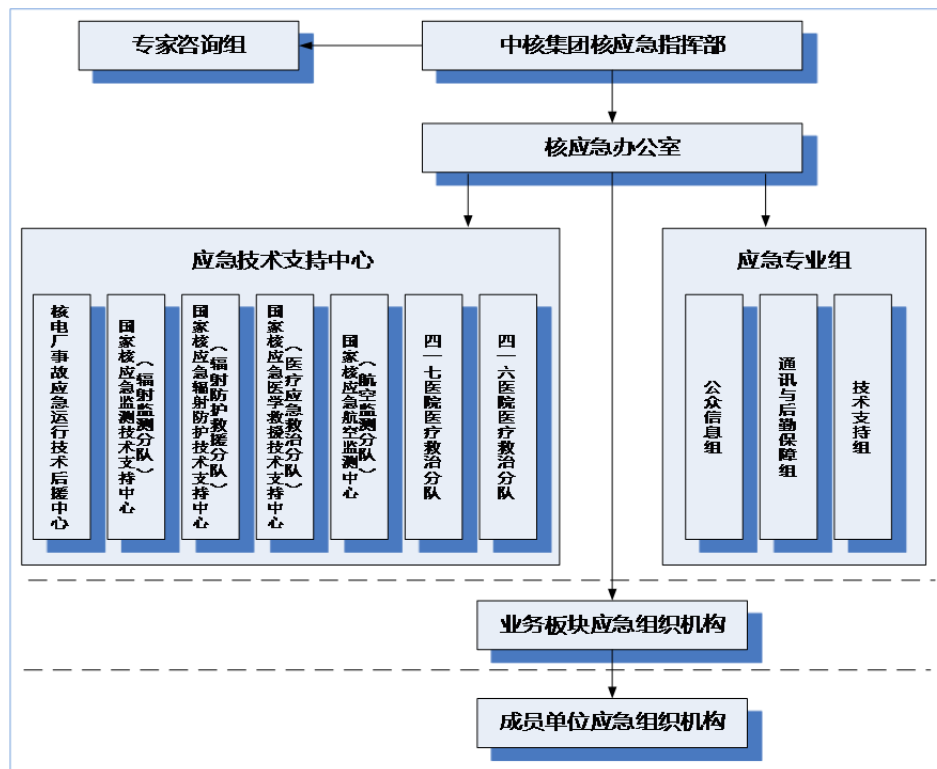


图 1-16 中核集团核应急组织体系

中广核集团的核应急组织体系实行集团（或股份公司）、电站两级应急管理，中广核集团/股份公司核应急指挥部下设应急响应技术支持专家咨询组、公众信息中心和后援组。中广核集团核应急组织体系如图 1-17 所示。

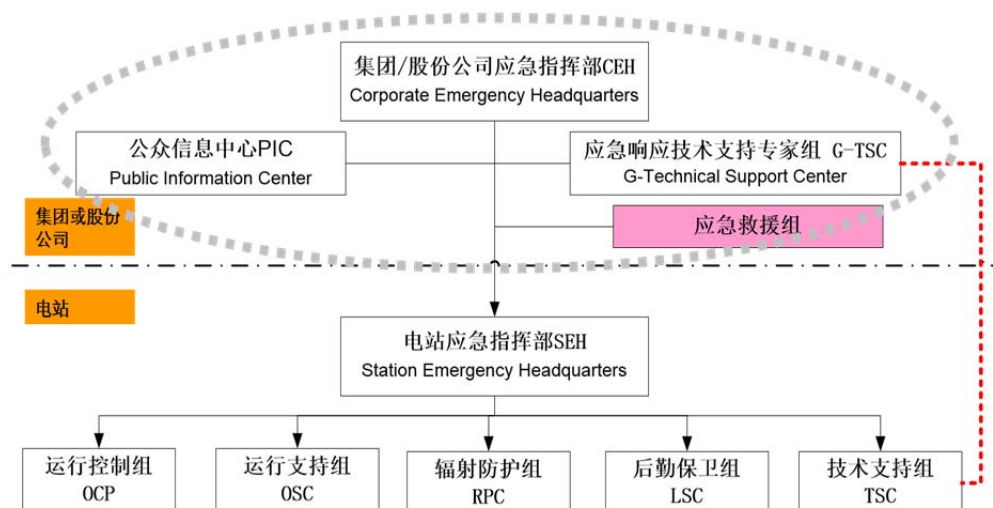


图 1-17 中广核集团核应急组织体系

国家电投集团实行两级核应急组织体系，即集团公司总部核应急组织和集团公司所辖单位核应急组织。集团公司总部核应急组织包括集团公司核事故应急委员会、集团公司核事故应急办公室、应急专家咨询组等。集团公司所辖单位核应急组织包括所辖核电厂、核应急技术支持中心、应急物资储备基地、检修专业化公司等。国家电投集团应急

组织示意图如图 1-18 所示。

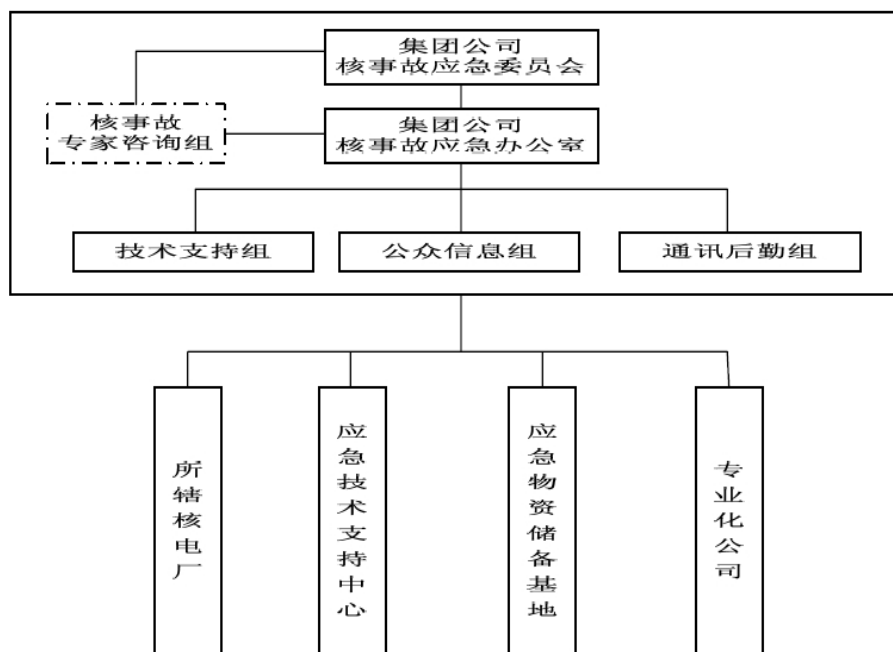


图 1-18 国家电投集团核应急组织体系

（3）建立核电集团核应急制度、程序体系

为确保核应急工作在集团内部顺利开展，各核电集团均制定了集团整体应急预案，主要内容包括：应急组织与职责；应急设施与物资；应急培训与演习；应急文件与管理；应急响应能力的保持；应急启动与响应；应急支援；应急终止与恢复行动；信息交流与公众沟通等。

各核电集团在确定集团核应急方案的同时，实施对下级单位核应急方案、制度程序的审查、批准。根据核电项目所处阶段，在核电项目厂址选定前、申报核准前，及装料前，要求下属核电公司制定相应的核应急方案和应急预案。

此外，核电集团还要求核电项目公司应制定全面详细的应急操作规程和严重事故管理导则并报集团公司核电专业部门备案；对于须报送国家核安全部门审批的核应急文件，应提前报集团审查，并在集团公司核电专业部门批准后再报国家有关部门审查、审评和备案。

（4）调配核应急力量、设施及物资

各核电集团均规定应急设施的建设与应急物资的准备要求、应急设施与物资的管理要求、应急通信系统的建设与测试要求等，并监督各核电厂按照国家相关规定建设应急设施，配备满足应急响应需要的应急设备、系统与器材，并处于良好状态。

为加强核电集团核应急的综合能力，各集团均在积极建设集团层面的核事故应急指挥中心、应急技术支持中心和应急物资储备中心等。此外，各核电集团核事故应急指挥

中心、核电项目公司应急指挥中心、专业化公司和相关单位均建设了可靠和冗余的应急通信系统，确保通信畅通并定期进行通信测试。

(5) 统筹核应急培训与演习

为加强核应急响应能力，各核电集团在核电厂应急培训与演习的基础上，在集团公司核电专业部门的指导下组织开展集团层面的应急培训，制定集团公司年度应急培训与演习计划，报集团核事故应急委员会批准后组织实施。并对核电项目公司、专业化公司和相关单位的应急培训进行科学、系统的审核与指导。

对于核电项目公司进行的综合应急演习或联合应急演习，核电集团要求将应急演习方案提交集团公司备案；参加并指导演习活动的开展；演习结束后，要求核电项目公司及时进行演习总结，提出修改应急预案和改进应急准备的具体措施上报，并对改进情况跟踪审查。

(6) 推进核应急支援与协作

目前，各核电集团正在建立健全集团应急支援体系，制定并完善集团层面的核事故应急支援方案，统筹规划集团应急支援物资的储备，组建集团核事故应急支援核心队伍，统一调配集团的应急资源，向事故核电厂提供及时有效的支援。通过签订核电集团间核事故应急相互支援协议，实现核电集团间应急支援合作。

中国核工业集团公司、中国广东核电集团有限公司、中国电力投资集团公司、国家核电技术公司、中国华能集团公司签订了《核电集团公司核电厂核事故应急场内支援合作框架协议》，核电集团公司间按照统一指挥、就近、互利互助、信息共享、可持续的合作原则，应急响应期间在核事故信息通报、应急支援信息共享、核事故应急支援、能力维持和提高及各方认可的其他合作领域和工作机制间展开合作。三大集团还按照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》及《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》筹建的集团的应急支援队伍。“中国核工业集团公司核电厂核事故应急场内救援队”和“中国广核集团核电厂应急救援队”相继于 2014 年 5 月挂牌，中电投集团（现为国家电投集团）的应急支援队和支援基地已于 2015 年 5 月 13 日完成挂牌并开始实体建设。

(7) 提升核应急响应能力

依据各核电集团制定的核应急预案，集团公司和所管核电项目公司、专业化公司和相关单位明确了应急响应、恢复计划的制定与实施、应急响应总结与报告、应急信息管理等方面的要求。集团公司能够据此指导、协调核电项目公司、专业化公司和相关单位的核事故应急响应行动，统一指挥应急支援行动。当集团公司接到核电厂进入事故应急状态的报告后，根据集团公司核事故应急预案的要求实施应急响应，指导、协调核电项目公司、专业化公司和相关单位的核事故应急响应行动，同时做好应急支援准备。当核

电集团接到支援请求时，能够及时组织协调和调配集团公司内外应急资源实施支援。

（8）法规、条例及相关文件对核电集团的要求

日本福岛核事故后，国家核应急主管部门和核安全监管部门提出加强核电集团公司核应急工作有关要求，这对进一步发挥核电集团在核应急工作中的作用，明确核电集团在体系中的定位，具有重要意义。

- 《国家核应急工作“十二五”规划》“...完善核应急三级管理体制，落实核设施所属集团公司的安全应急责任...”；
- 《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》“...明确核电集团公司的应急职责，完善集团公司内部的应急支援制度。建立和完善集团公司应急支援制度...”；
- 《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》“...核电厂营运单位考虑核电企业集团的应急支援能力，并作为重要补充纳入自身的应急准备与响应体系...”；
- 《关于印发<核电集团公司加强核事故应急支援工作研讨会会议纪要>的函》“...集团公司应进一步建立健全核事故应急支援体系，编制《核电集团公司核事故应急支援方案》...切实做好对所辖核电厂营运单位的核事故应急准备与响应的支援工作...”；
- 《国家核应急预案》（修订版）“...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”。

以上各项重要文件均对核电集团在核应急工作中的职责进行了阐述，各核电集团也据此在工作中落实执行，但相关规定未形成体系，未经过实践论证，更未落实到具体的规章制度上。

从上述核电集团在核应急体系下的工作任务和国家的相关要求可以看出，在目前我国核电发展形势下，核电集团在核应急工作中具有不可或缺的作用，由于核应急体系对核电集团定位存在不足带来的种种问题也已日渐显露。核电集团在核应急体系中的定位，应根据核电产业的发展与时俱进，否则不仅影响核应急工作的开展，更可能成为影响核安全的重大隐患。

1.6.2 核应急体系中核电集团定位问题分析

近年来我国核电事业快速发展，已有三家大型核电集团公司：中核集团、中广核集团、国家电投集团。三家集团均具有核电建设、运营、资源调控权，是核电厂的上级主管单位，掌握重大事项决策权。在我国现行的核应急体系，即国家、地方、核电厂的三

级体系中，核电集团公司未纳入其中，也没有明确核电集团的职责和定位。因此，缺少核电集团公司这一重要角色的国家核应急体系并不完善，难以充分发挥其有效的作用，具体存在以下几方面的问题和不足：

（1）在对外协调方面

核电集团在核事故应急准备和响应过程中的定位尚不明确。各核电集团的核应急组织机构设置和层级尚没有明确要求，集团层面核应急管理分工各异。另外，集团应急组织体制建立的制度程序体系缺乏明确的接口，会对核电厂核应急工作造成影响。

此外，三大集团根据国家核安全局和能源局要求筹建了集团核应急场内支援基地和支援队伍，但此基地未纳入国家的核应急支援体系，无法充分发挥应急支援的作用，也无法获得国家核应急体系各项资源。虽然几大集团签订了相互支援合作框架协议，但由于该协议属于企业间合作，并未在国家核应急体系中获得认可，其在核应急响应中能够发挥的作用，也需要在实践中加以检验。

（2）在对内管理方面

目前，核电集团作为核电厂的上级单位，在核应急工作中主要发挥统筹、协调本集团核电厂的作用，但是在应急决策上尚没有明确的职责界定。由于定位缺失，各核电集团建立的集团层面核事故应急设施、应急物资储备中心和应急通信系统，无法充分发挥效力，造成核应急资源的浪费，更可能影响核应急工作取得最佳效果。

此外，在跨区应急响应的协调、核应急人员培训、核应急公众宣传方面，在现行体系下，核电集团也无法充分发挥核电厂上级单位的作用，实现对核应急相关工作的统筹规划、系统管理，造成了国家、企业核应急资源的浪费。

（3）在法规政策方面

福岛事故后，国家核应急工作“十二五”规划、核安全与放射性污染防治“十二五”规划、国家核应急预案及相关重要文件中虽然对核电集团在核应急中应当承担的职责和工作进行了阐述，但在法规层面，尚未就集团公司的核事故应急职能给出定位。作为核电集团的上级行政主管部门，国家能源局对核电集团在应急体系中承担的职责和定位也始终未给予明确说法，造成各大集团开展核应急相关工作时，更是难以作为责任主体，充分行使权力、履行义务，最大限度发挥核应急的主体作用。

1.6.3 核电集团在核应急体系中定位的建议

随着中国核电产业的发展，核应急体系中缺少三大核电集团作为责任主体的弊端正逐步呈现。我们应当吸取现行体系的精华，同时借鉴世界核电大国核应急体系设置的长处，建立适合核电产业发展新形势的核应急体系。但是，核应急体系的确立并非一蹴而就，应当循序渐进的有序开展，以确保国家核应急能力的稳步提升。为此，提出以下两

点建议：

（1）明确核电集团在核应急体系中的定位

建议国家能源局明确核电集团在核应急工作中的各项要求，对各集团核应急组织机构设置、体制程序建设、人才队伍培养等给予指导和规范，使之符合国家核应急体系的标准；同时，出台相关规定文件，对国家核应急体系的组织机构以及各组织机构的职责分工进行调整，逐步将核电集团纳入应急体系当中，并呼吁国家修订核应急相关法律法规，最终明确核电集团在我国核应急体系中的定位。

（2）将核电集团的应急支援力量纳入国家核应急支援体系

建议将核电集团的应急支援力量纳入国家核应急支援体系之中，并予以政策和资金支持，使之能够获得国家核应急体系各项资源，作为国家核应急支援重要补充。加强对核电集团相关核应急专业人员的培训，参与国家核应急支援工作任务，提升队伍的战斗能力，最终使核电集团的核应急支援队伍成为国家核应急支援不可或缺的力量。

1.7 小结

本小节总结了日本福岛核事故在应急体制方面的经验教训，充分调研了美国等主要核电国家的核应急体制特点和福岛后改进措施，对跨省、跨境应急和核安保需求带来的核应急准备和响应问题进行了思考，并分析了我国核电集团在核应急体系中的定位。在各项调研分析的基础上，对我国核事故应急体制提出了较为详细的改进建议。改进建议可概括为以下几点：

（1）汲取国内外核事故应急的经验和良好实践，及时更新、完善核事故应急管理法规；

（2）国家有关部门应对核应急跨省和跨境问题加强重视，并考虑从法规制定、应急机构建立、核应急资金分配方式、跨区域应急能力建设和跨境协调沟通等方面解决该类问题；

（3）优化法规和标准，将核安保需求与核应急准备与响应相结合，规范核电厂安保体系建设，使之满足日益严峻的国际反恐形势下核安保的要求；

（4）明确核电集团在核应急体系中的定位，将核电集团的应急支援力量纳入国家核应急支援体系并予以建设支持。

第二章 核事故应急响应机制

2.1 福岛核事故前日本核事故应急响应机制简介

日本实行国家、地方政府及营运单位三位一体的核应急响应机制。

2.1.1 日本核应急法规体系

1961 年，日本政府颁布了《灾害对策基本法》，作为日本灾害应急的一项基本法案，对与防灾减灾及灾害应急等有关的一些重大事项作出了比较明确的规定。

1963 年，日本在《灾害对策基本法》的基础上制定了《灾害对策基本计划》，其中该计划的第 10 卷为原子力对策篇，它规定了核应急过程中的信息收集、应急组织设置、医疗救护等事项。

1999 年 12 月，日本在《灾害对策基本法》框架下又颁布了《原子力灾害对策特别措置法》，该法规定了日本国家、地方政府及营运单位在应急准备和应急响应中的责任和要求。

为了保障《原子力灾害对策特别措置法》的实施并对其内容进行补充细化，日本于 2000 年 4 月 5 日发布第 195 号内阁令，该内阁令规定了营运单位需要向国家相关机构报告的事件和核应急状态的判定标准。

日本原子力安全委员会于 2000 年 5 月制定了《原子力设施防灾导则》，该导则规定了核事故应急计划区的划分、应急环境监测及应急响应等内容。

《灾害控制基本法》规定国家必须制定灾害预防、应急响应及事故后恢复计划；《原子力灾害对策特别措置法》也规定营运单位、各级地方政府都必须制定核应急响应计划。

福岛事故前日本核应急法规、计划关系见图 2-1 所示。

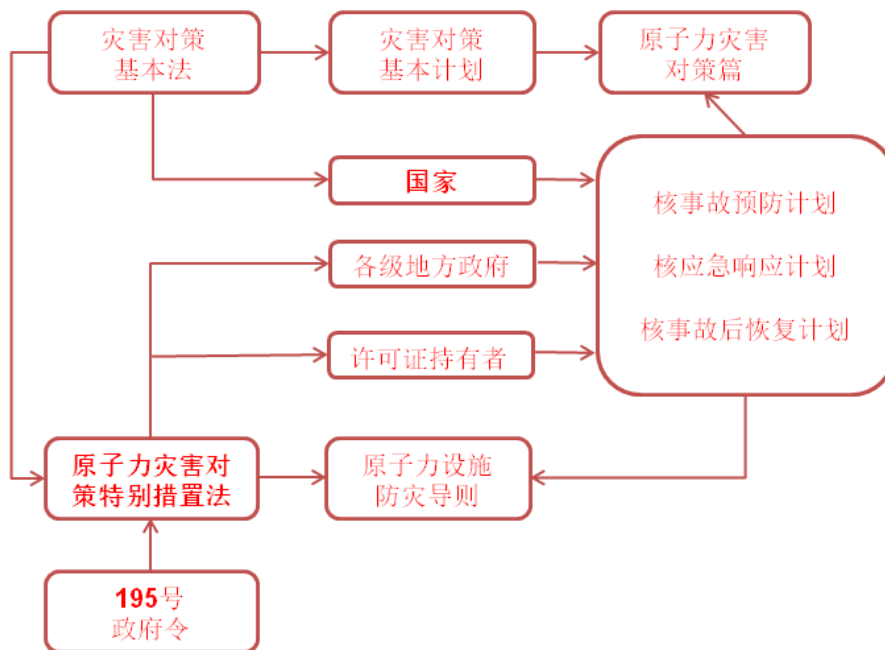


图 2-1 福岛事故前日本核应急法规、计划关系图

2.1.2 日本主要核应急机构及职责

日本实行国家、地方政府及营运单位三级核应急响应，相关应急组织见图 2-2 所示。

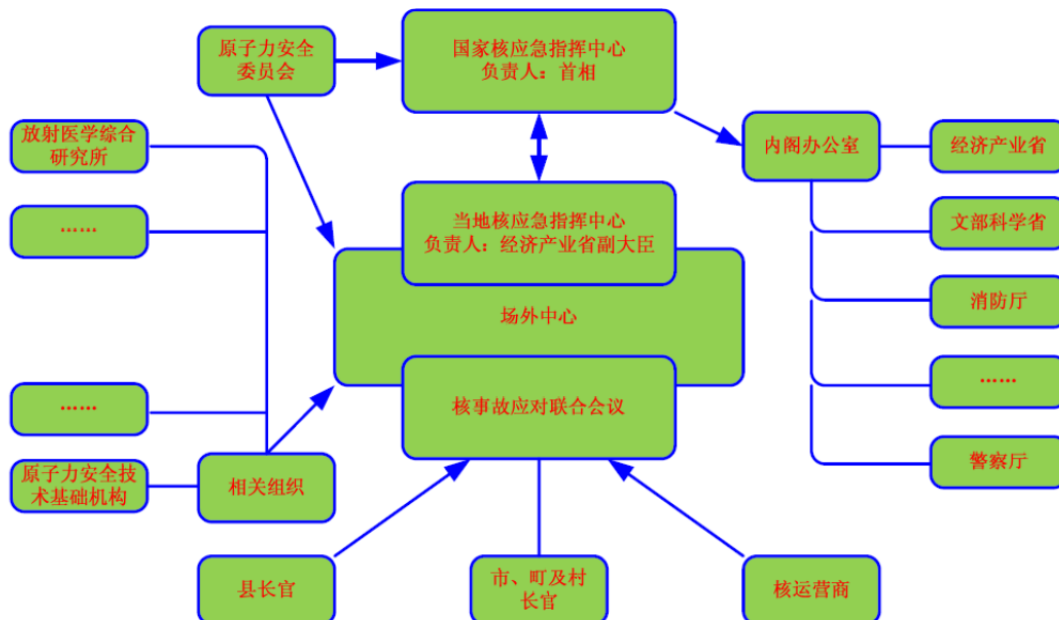


图 2-2 福岛事故前日本核应急响应组织示意图

根据《原子力灾害对策特别措置法》，国家必须通过设立核应急响应指挥中心、给予

地方政府必要的指导、实施核应急响应及灾后恢复措施来全面履行其责任。首相为日本核电站事故应急响应的最高指挥官。

国家的主要责任是：

- 统一协调各责任方的核事故应急工作；
- 根据专家意见，向各责任方提出核应急响应行动的建议；
- 根据事故发展状况，适时宣布和解除核应急状态。

经济产业省是日本核电站事故应急的具体组织单位，其责任为：

- 在内阁办公室成立国家核事故应急指挥中心，组织各方专家研究事故应对措施；
- 派遣经济产业省副大臣至事发地场外中心，成立当地核应急指挥中心，协调各责任方的应急响应工作；
- 在核事故应急响应过程中，还需要警察厅、消防厅、防卫省、海上保安厅、厚生劳动省、环境省、气象厅及外务省等部门的配合与支持。

各级地方政府主要负责场外应急工作，其主要责任为：

- 编制核事故预防、核应急响应及灾后恢复等方面的计划，并定期对各项计划进行审核、修订；
- 发生核事故后，开展应急环境监测工作；
- 发布必要的指令，指导公众开展隐蔽、撤离、服碘等应急防护行动；
- 及时向国家及相邻地区提出援助申请；
- 对核设施应急工作提供必要的支援；
- 履行《灾害对策基本法》第 5 条第 1 款中规定的其他有关核应急方面的责任。

地方政府应制定详细的应急准备计划，并积极协助国家与许可证持有者开展核事故应急演练和核应急宣传。为保证核应急工作的有效实施，日本的多级地方政府都设置了应急响应组织（都道府、县、市、町及村）。

许可证持有者的责任为：

- 日常情况下，许可证持有者在咨询相关机构后，制定运营单位的核应急准备计划，并将其提交经济产业省，并定期对各项计划进行审核、修订；
- 同时，在核设施内设立场内应急响应中心和应急准备组织，并要求该组织严格按照核事故预防、核应急响应及灾后恢复等方面的计划推进其负责的各项工作；
- 委任一名核应急管理員来负责场内应急组织的运作，根据相关规定定期开展场内应急响应演练与科普宣传；
- 当核设施发生事故后，及时向各相关方通报事故状况，启动应急组织，开展事故抢险工作。

日本核应急工作还需要其他机构的积极参与。如，日本原子力安全委员会（NSC）、

原子力安全技术基础机构（JNES）、放射线医学综合研究所（NIRS）等。

2.1.3 日本核应急响应状态分级及相应行动

日本《原子力灾害对策特别措置法》及第 195 号内阁令规定了日本的核设施应急状态，即：预报警、报警及应急状态。表 2-1 详细列举了分级标准及响应过程。

表 2-1 日本核应急分级标准及响应

级别	分级标准	响应
预报警	发生可能导致报警的事件 其他安全相关事件	核设施内的核设施安全管理负责人 开始进行其相关工作
报警	厂区边界的剂量率水平超过 $5\mu\text{Sv/h}$ 核电站发生可能导致核应急的安全功能失效 例如：轻水堆无法通过控制棒实现停堆	启动经济产业省或文部科学省的核 应急指挥中心 启动核事故发生地的地方政府核应 急指挥中心
核应急	厂区边界剂量率水平超过 $500\mu\text{Sv/h}$ 核电站发生多重安全功能失效（包括存在堆芯 损坏的可能） 发生临界事故	在内阁办公室成立国家核应急指挥 中心 在核事故事发地的场外中心成立当 地核应急指挥中心

由此可见，日本与我国的核应急状态分级不同。

（1）许可证持有者向相关责任方的事件通告标准及各责任方的响应

➤ 通告标准

- a) 对核设施厂址边界附近进行监测后，发现某点的环境辐射剂量率连续 10 分钟高于 $5\mu\text{Sv/h}$ ，或是两监测点的环境辐射剂量率同时高于 $5\mu\text{Sv/h}$ （当 γ 辐射剂量率为 $1\mu\text{Sv/h}$ 时，应测量中子辐射剂量率以确认总的辐射剂量率是否超过 $5\mu\text{Sv/h}$ ）；
- b) 当一定活度的放射性物质从核设施内释放、扩散后，对核设施厂址边界附近的正常排放点（如，烟囱等）进行监测后，发现放射性物质的释放达到等效于 $5\mu\text{Sv/h}$ 或更高的辐射水平（当进行累计辐射测量时，累计剂量大于 $50\mu\text{Sv}$ ）；
- c) 因火灾、爆炸等造成放射性物质释放或辐射剂量率上升后，对控制区外的某一点进行监测后，发现环境剂量率高于 $50\mu\text{Sv/h}$ 或放射性物质的释放达到等效于 $5\mu\text{Sv/h}$ 或更高的辐射水平；
- d) 在核设施外进行放射性物质转运，由于操作不慎造成放射性物质泄漏后，对转运容器 1 米外某点进行监测后发现环境剂量率高于 $100\mu\text{Sv/h}$ ；
- e) 发生临界事故；
- f) 发生轻水堆单一特定事件或无法通过插入控制棒实现停堆。

➤ 相关责任方对通告的响应

- a) 许可证持有者：当完成向国家、县市级政府的事事故通告后，核设施运营单位立即采取有力措施，防止事故的发展和扩大，同时还需实时跟踪事故进展，并将跟踪信息向相关部门和组织汇报；
- b) 国家：当国家接到许可证持有者的通告后，及时组织核应急专家搜集事发核设施的相关信息，并向事发地点派遣日本原子能研究所专家。此外还应在场外中心召开相关政府部门、县市官员及许可证持有者参加的“核事故应急联合会议”，以实现信息的共享、工作的协调，并根据这些信息及时开展针对报警状况的准备工作；
- c) 地方政府：县市级政府需搜集事故信息，并在核应急专家的配合下，根据事故的发展状况做好应对报警状况的准备工作；同时，加强常规辐射监测，做好应急监测准备；除此之外，地方政府还应积极维持地方社会秩序，稳定民众心态。

(2) 核应急状态判定标准及各责任方的响应

➤ 核应急状态判定标准

- a) 对核设施厂址边界附近进行监测后，发现某点的环境辐射剂量率连续 10 分钟高于 $500\mu\text{Sv/h}$ ，或是两监测点的环境辐射剂量率同时高于 $500\mu\text{Sv/h}$ （当 γ 辐射剂量率为 $5\mu\text{Sv/h}$ 时，应测量中子辐射剂量率以确认总的辐射剂量率是否超过 $500\mu\text{Sv/h}$ ）；
- b) 当一定活度的放射性物质从核设施内释放、扩散后，对核设施厂址边界附近的正常排放点（如，烟囱等）进行监测后，发现放射性物质的释放达到等效于 $500\mu\text{Sv/h}$ 或更高的辐射水平（当进行累计辐射测量时，累计剂量大于 5mSv ）；
- c) 因火灾、爆炸等造成放射性物质释放或辐射剂量率上升后，对控制区外的某一点进行监测后，发现环境剂量率高于 5mSv/h 或放射性物质的释放达到等效于 $500\mu\text{Sv/h}$ 或更高的辐射水平；
- d) 在核设施外进行放射性物质转运，由于不慎造成放射性物质泄漏后，对转运容器 1 米外某点进行监测后发现环境剂量率高于 10mSv/h ；
- e) 发生临界事故；
- f) 无法通过注入硼酸实现轻水堆停堆。

➤ 相关责任方对核应急状况的响应

- a) 许可证持有者：许可证持有者需采取有效措施，防止核应急状态的发展扩大；
- b) 国家及地方政府：国家由首相宣布“核应急状态”，同时在内阁办公室建立“核事故应急指挥中心”，在事发核设施附近的场外中心建立“当地核事故应急指挥中心”，并开展应急响应工作。为了共享信息、协调工作，场外中心还应召开“核事故应急联合会议”。地方政府应开展核事故应急辐射监测工作，同时发布相关指

令，指导当地民众进行撤离、隐蔽及服碘等应急防护措施。

2.2 日本福岛核事故应急响应简介

2.2.1 场内应急响应

(1) 应急启动和应急通报

2011 年 3 月 11 日地震发生后，福岛第一核电站 1-3 号机组自动停堆。东电公司立即启动了其位于东京的应急响应中心及福岛核电站场内应急响应中心以应对事故。(2006 年日本核安全委员会 NSC 升版《发电用核反应堆抗震设计导则》并发布，按照新导则，福岛第一核电站各机组需做抗震加固，但是直到事故发生，东电公司未对 1-3 号机组进行加固。)

海啸 41 分钟后到达现场，造成除 6 号机组的一台应急柴油发电机外，其他所有应急柴油发电机停止工作。海啸过后，约有 400 名工作人员加入到电站的事故应对工作之中。

2011 年 3 月 11 日 15 时 42 分，东电公司根据《原子力灾害对策特别措置法》将 1-5 号机组丧失所有交流电源的信息向相关部门进行了通报。

此后东电公司又先后通报了无法监测 1-2 号机组的反应堆水位、1 号机组安全壳压力可能已经超过了最大运行压力、2 号机组反应堆冷却功能可能丧失、3 号机组反应堆堆芯隔离冷却系统无法启动等状况。

(2) 应急缓解行动

地震和海啸发生后，核电站立即展开了以控制和缓解事故为核心的应急响应行动。但是在事故发生时，东京电力公司会长和社长均未到场，也联系不到。

按照决策程序核电站厂长具有决策权。但因此次事故重大，应急处理方案提交到东电公司高层和日本政府逐级请示，同时受到现场工作条件的多重限制，如测量、照明等失去电源，延误了注水等重要应急处置措施的实施。

大部分留下处理事故的工人都是在编的核电站工作人员，因为剂量监测仪表数量有限，部分工作人员共用监测仪表，部分甚至没有。大部分工作人员没有预先被告知如何处理事故，电站在未征得工作人员本人同意的情况下即要求工作人员投入工作。

工作人员误操作应急冷却系统：对 1 号机组隔离冷凝器运行状态的误判断延误了替代冷却水的注入和安全壳初始排气，错过了早期的堆芯冷却机会；而对 3 号机组替代性注水的不当操作，则直接导致了降压操作失败。

2011 年 4 月 17 日，东电公司公布了福岛核电站的“核事故处理路线图”，包括冷却、缓解、监测和去污三个方面，主要分为三个阶段。之后对路线图做了修改，新增了防地震海啸再次发生等的措施与环境的改善两个方面的内容。

2011 年 7 月 19 日，东京电公司宣布实现了第一阶段在 3 个月内将机组带到稳定状

态的目标。12月16日，福岛第一核电站达到冷停堆状态。

（3）应急环境监测

2011年3月11日失去厂外电源供应后，核电站现场固定监测点无法工作，丧失了放射性流出物排放监测能力，气象观测设备无法使用。因此东电公司使用监测车进行环境放射性监测和气象观测。3月25日恢复外电源供应后，现场固定监测点恢复监测。

此外，东电公司采集了厂址内的土壤样本并分析了钚、锶等元素。在事故第十一天，对排放口南部的海水样品进行了放射性分析。

（4）场内人员的撤离

2011年3月11日16:00，绝大部分现场工人被撤离。

2.2.2 场外应急响应

（1）应急组织启动

应急启动的主要依据是《原子力灾害对策特别措置法》。

表 2-2 主要应急组织的启动情况

时 间	启动的应急组织
2011年3月11日15:42	经济产业省建立核应急指挥中心及现场指挥中心
2011年3月11日16:00	日本原子力安全委员会成立应急技术咨询团
2011年3月11日16:36	内阁成立核事故应急响应办公室
2011年3月11日19:03	首相建立国家核应急指挥中心及当地核应急指挥中心
2011年3月15日	日本政府及东电公司成立福岛核电站联合指挥中心

（2）应急响应行动

➤ 宣布进入应急状态

2011年3月11日19时03分，日本首相宣布福岛第一核电站进入核应急状态。但是首相官邸是在接到东电公司有关福岛核电站状况报告2小时后发布的核应急状态声明，而这是政府启动应急响应的必要步骤。

➤ 建立应急指挥中心

2011年3月11日19时03分，当地核应急指挥中心在场外中心建立，并根据“应急准备基本计划”的要求开展工作。由于丧失所有电源，场外中心的通讯丧失，转移至福岛环境辐射监测中心，使用卫星电话与外部进行交流。

当地核应急指挥中心负责人经济产业省副大臣等人员于3月12日零点整到达福岛环境辐射监测中心，文部科学省的人员也在大约同一时间抵达。

3月12日3时20分，当场外中心应急电源及卫星通讯系统恢复正常工作后，当地指挥中心恢复在场外中心的工作。

在一段时间内，场外中心一直无法获得关于电厂、应急响应支持系统和应急环境剂量预测系统等方面的信息。而且场外中心辐射剂量上升和缺少燃料、食品和其它必需品，因此启用了事故前选择的备用工作场所—南相马（Minamisoma）市政厅。

3月15日，在场外中心备用工作场所重新安置好备用设施后，当地指挥中心随后移至福島县办公楼。

需要说明的是，由于对东电公司的不信任，2011年3月15日，首相亲自到福島第一核电站，打乱了东电公司、监管机构和首相办公室之间的既定指挥系统，造成了进一步的混乱，一度导致了事故的恶化。

➤ 撤离和隐蔽

表 2-3 福島事故的撤离和隐蔽情况

电站	时间	撤离半径	隐蔽半径	原因
福 岛 第一 核 电 站	3月11日20时50分	2km		福島第一核电站进入总体应急，福島县根据应急计划的要求进行响应
	3月11日21时23分	3km	10km	1号机组尚未实现冷却，事故状况可能恶化
	3月12日5时44分	10km		1号机组安全壳的压力可能还会上升
	3月12日18时25分	20km		福島第一核电站1号机组发生氢气爆炸
	3月15日11时		20-30km	1、3号机组分别于12、14日发生氢气爆炸，2号机组于3月15日发生氢气爆炸，4号机组于3月15日发生氢气爆炸并引起火灾
福 岛 第二 核 电 站	3月12日7时45分	3km	10km	福島第二核电站多台机组出现压力控制功能失效的核应急状态
	3月12日17时39分	10km		福島第二核电站1号机组发生氢气爆炸
	4月21日	8km		严重事故的风险已经降低，并且已采取了相关安全措施

2011年3月15日23时30分，原子力安全保安院宣布，当天19时整已完成了福島第一核电站20km和福島第二核电站10km范围内的撤离工作。

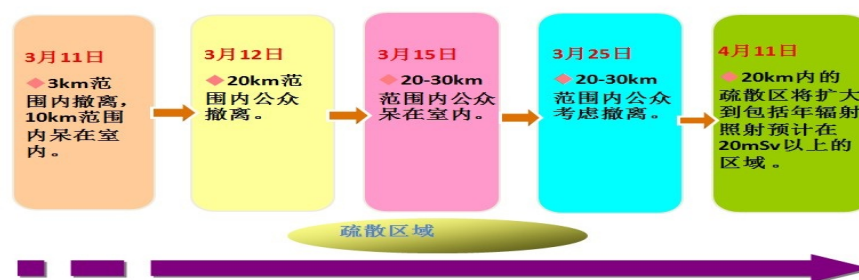


图 2-3 福岛事故撤离时间轴

➤ 出入通道控制

福岛第一核电站附近半径 20km 的撤离区设为“限制区”，并于 4 月 21 日起禁止居民进入。

首相于 4 月 22 日命令有关地方政府的负责人在半径 20km 撤离区之外建立一个计划撤离区；在半径 20km 和 30km 的室内隐蔽区内，除了计划撤离区外，建立一个紧急情况下的准备撤离区。

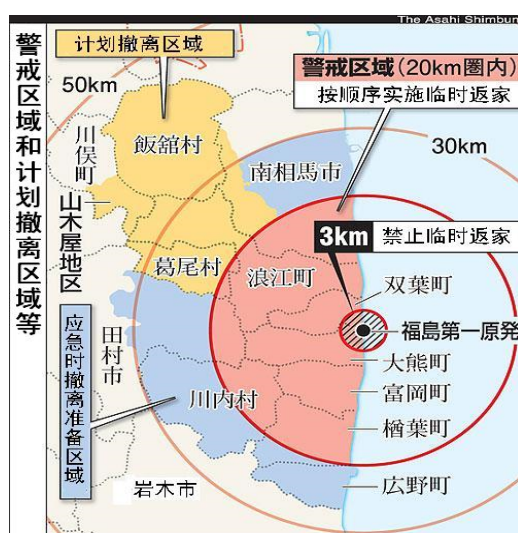


图 2-4 福岛事故撤离范围

➤ 核事故后果预测与评价

3 月 11 日 16 时 40 分，文部科学省通知核安全技术中心，将 SPEEDI 切换至“防灾基本计划”中指定的紧急模式。通过假定放射性惰性气体或碘的释放率的方式预测地面上的放射性惰性气体的 γ 剂量率及空气中放射性碘元素的浓度分布。

➤ 应急环境监测

3 月 11-15 日所开展的环境监测非常有限：福岛县 24 个监测点中的 23 个失效，场外中心监测设施和全部厂址边界监测点丧失功能；同时，地方政府均忙于搜寻灾区失踪人员等灾害响应工作以及其他意外情况的出现。

决定自3月16日起由文部科学省负责环境监测工作,并由其每天公布环境监测结果。

➤ 场外对电站的支援

事故发生后,场外应急组织在首相的指挥下全面支援核电站的事故控制。警察厅、防卫省、消防部门等对核电站实施援助,如堆芯和乏燃料池冷却、消防、提供车载应急电源、提供遥控机器人(美国)检查反应堆厂房等,以控制事故的发展。

➤ 公众信息

政府通过电视、无线广播、新闻发布会及网络宣传等方式进行公众信息通报;警察通过警务专用频道、警务巡逻车传达撤离指令。

2.2.3 核应急响应分析

(1) 场内应急文件存在严重缺陷

- 事故处理程序不能处理蓄电池和配电盘因水淹而失效的全厂断电事故;
- 没有针对冷凝器隔离操作的预案,没有手册和培训;
- 描述排气程序的图表和文件不完整或者缺失;
- 严重事故下,决策权限不清晰;
- 缺乏对外部自然灾害叠加严重事故的情况的预判;
- 未考虑多堆事故。

(2) 场内应急设备、设施和物资准备不充分

- 未按照有关经验反馈和研究成果的警告,采取有效的抵御海啸的措施,致使防波堤高度远低于此次海啸的高度;
- 应急柴油机和蓄电池等应急设备无法抵御水淹造成全部失效;
- 现场和个人辐射监测设备和仪表在水淹后丧失殆尽。

(3) 东电公司对类似事件经验的反馈不重视,安全文化存在不足

- 2002年开始,已有有关机构提醒东电公司福岛核电站有遭受到超过设计限值海啸袭击的可能。由于福岛第一核电站的设计存在缺陷,水淹对机组的安全是致命的。福岛第一核电站完全不具有抵御超出设计限值海啸的任何能力,对水淹后的情况完全没有应对能力;
- 福岛第一核电站在2010年也曾发生过短时失去全部电源的情况,且当时也未能找到有效的应对办法。在本次事件中在失去全部电源后仍缺乏必要的应对能力。

(4) 对发生严重事故的可能性认识不足

- 编制严重事故管理导则是核电站营运单位的自愿行为,不是强制性规定;
- 福岛核电站自从1992年编制事故管理导则后,从未对其进行审评、完善和改进,在发生严重事故时无法应对。

（5）场外应急组织应急准备不充分

- 场外中心在电源供应、通信、物资储备等方面的准备工作并不充分，限制了持续开展工作；
- 此前没有对核电站事故响应进行有效培训和演习，事故发生后，在核电站应急办公室、国家核应急响应指挥中心以及地方应急响应中心之间建立沟通，同时与自卫队、警察厅、消防厅以及其它组织建立合作机制都花费了一定时间，而这对事故响应却起着重要作用；
- 福岛地方区域灾难防范计划没有考虑自然灾害引起核事故；
- IAEA 的调查报告指出日本的应急准备计划无灾民再安置的内容。

（6）各级应急组织之间的职责划分不明确且沟通交流不充分

- 相关组织间职责分工不明确，特别是国家核应急响应中心和地方核应急响应中心之间、政府和东电公司之间、东电公司总部和核电厂现场之间的责任和权力未界定清楚；
- 在灾害方面，核应急准备相关的主要政府机构的职责分工不明确，面对这次大规模核事故时，一些响应活动无人负责。

（7）信息沟通存在问题

- 事故发生之初，东电公司未向首相办公室提供准确及时的信息，造成了首相对其不信任；
- 事故发生之初，日本政府没有提供足够准确和及时的信息，没有及时通知地方政府和市政当局；
- 事故初期没有公布应急环境剂量预测系统的计算结果；
- 日本与国际社会的交流同样存在很大的问题：没有设置专门部门来处理他国提供的援助，日本政府不能有效地接收世界各国提供的援助；没有事先向邻近国家和地区通告排放低放废液到大海的信息。

2.3 我国核应急响应机制概述

国务院《核电厂核事故应急管理条例》，国防科工局、国家核应急办、国家核安全局、国家能源局等发布的各种规定、条例实施细则等，以及国家标准、核应急管理导则和核安全导则等，就国家、地方、营运单位在应急响应中的职责作出了规定。经过多年实践，目前我国核应急响应机制主要情况如下：

（1）应急状态分级及应急通告

《核电厂核事故应急管理条例》第十九条规定核事故应急状态分为应急待命、厂房应急、场区应急、场外应急四级。各营运单位根据机组特点厂址特征编制应急初始条件

和应急行动水平，以方便运行控制人员快速判定机组处在哪里的应急状态。

核电厂确定电厂状态符合某级应急状态。电厂应急组织可以直接宣布进入应急待命、厂房应急、场区应急，并在 15 分钟内用电话及传真通知国家核应急办、国家核安全局、省级核应急办、国家能源局等单位或组织。

当需初次进入场外应急状态，核电厂在 15 分钟内向省核应急指挥部提出进入场外应急状态的建议，省核应急指挥部向国家核应急委提报核电厂进入场外应急状态的建议，国家核应急委批准后，省核应急指挥部向核电厂通告国家核应急委的批准意见。在省核应急指挥部尚未正式宣告进入场外应急状态以前，核电厂应急组织可按处理场外应急状态做出必要的响应，并与场外应急组织做好必要的沟通；同时核电厂向省应急指挥部提出场外防护行动建议，省核应急指挥部根据建议组织实施场外应急防护行动。

（2）应急报告

在进入应急状态后，核电厂向国家核安全局、国家能源局、国家核事故应急办公室、省核事故应急办公室、集团公司核事故应急办公室发送应急初始报告和应急后续报告，具体要求如下：

- 初始报告应在确定或宣告进入应急状态后 45 分钟之内发出。初始报告发出之后，每隔 1 小时发出一次后续报告。
- 应急状态变更或者符合升级至场外应急状态的条件确认时，立即在 15 分钟内用电话和传真进行应急通告，在 45 分钟内发出后续报告，之后每隔 1 小时进行一次后续报告。在确认核事故得到有效控制或事故状态变化相对缓慢后，可每隔 4 小时发送一次后续报告，直至应急状态终止。
- 当场外应急组织和有关单位与电厂的计算机网络联网后，场外应急组织和有关单位还可以通过网络按规定方便地获取更详细的应急信息。

（3）事故缓解

核电厂事故缓解主要由核电厂场内应急组织负责，场外应急组织提供支援。

场内应急组织在事故缓解过程中的主要职责如下：

- 应急指挥部是核电厂应急响应时的指挥核心，全面负责应急决策和指挥应急响应行动，以及与国家、地方及行业主管部门和其他应急组织的联络和协调。
- 运行控制组在事故情况下承担事故机组和非事故机组运行控制的任务，执行事故处理规程，控制和缓解事故，恢复和维持事故机组的安全状态，减轻事故的后果和影响，在应急总指挥及其替代人未启动就位前，组长和事故机组当班值长临时履行应急总指挥的职责。
- 技术支持组主要承担应急状态下对主控室和其他系统运行人员的技术支持任务，主要职责包括（1）对事故机组状态进行诊断，对控制和缓解事故的措施提供技

术支持；（2）对事故机组燃料及堆芯损伤评价提供技术支持，并利用专业软件进行堆芯损伤评价；（3）对事故机组的设备和系统状态诊断提供技术支持，对紧急维修和变通运行方案提出建议；（4）组织严重事故管理相关活动，并组织实施严重事故管理导则；（5）向应急总指挥推荐应急抢修或纠正行动的优先顺序；（6）提供机械维修、电气维修、仪控维修相关的技术支持。

- 运行支持组在应急响应期间承担机组设备和系统机、电、仪故障的维修与抢修，保障工业计算机网络系统畅通，通信联络保障等任务。
- 辐射防护组的主要职责包括负责监督电厂内人员的辐射安全，支持核电厂应急运行和辐射防护应急响应行动，监督和控制应急工作人员的受照剂量。
- 行政后勤组则在应急响应期间进行电厂出入通道控制，提供生活后勤保障、物资供应保障、交通运输保障等。

核电厂为应对核事件/事故，编制了异常运行规程、应急运行规程、严重事故管理导则（**SAMG**）以及诸多支持程序。

发生未超过设计基准的事故，运行控制组使用异常运行规程和应急运行规程处理事故，场内其他应急组织按照职责分工进行事故缓解支持。

发生超设计基准事故，则启用严重事故管理导则（**SAMG**），技术支持组依据 **SAMG** 制定策略，经应急指挥部批准后由技术支持组指导运行控制组实施策略。

核电厂可以向集团、省和国家的应急专家咨询组就事故缓解进行咨询。

事故处理期间，核电厂可根据需要向省核应急指挥部、集团公司或国家核应急委提出应急支援申请，如应急补水泵、柴油发电机、抢险车辆等设备（根据福岛事故的经验，这些设备对于事故缓解有重要帮助）。

（4）应急防护行动

应急防护行动包括撤离、隐蔽、服用稳定性碘片等。

场内防护行动由核电厂组织实施。一般在进入场区应急状态，辐射防护组向场内应急指挥部提出场内防护行动建议，应急指挥部批准后实施。

在事故达到场外应急状态的条件后，核电厂向省应急指挥部提出场外防护行动建议。省应急指挥部基于核电厂提供的场外行动建议，组织涉及到的公众实施。

（5）环境监测、事故后果评价

核电厂周边建有监测站网，包括核电厂的固定辐射监测站和省环保部门的监督性监测系统。

在核事故达到厂房应急以上等级后，核电厂将启动场区及场外环境应急监测。在事故早期，进行充分和可靠的环境监测十分困难，但此期间获取场外环境的实际数据很重要，能够对后果评价的结果进行检验和校正，提高早期防护决策的置信度。事故早期核

电厂外环境监测的范围重点是厂址周围半径 5km 之内的地域，出于与场外应急组织的监测结果进行对照、或为了追踪烟羽、或为了支援场外监测的需要，可视情况适当扩大监测范围，但一般不超过半径 10km 的范围。

核电厂建设有核事故应急决策支持系统，能够获取气象信息、进行气象预报，进行堆芯损伤评价、源项估算、事故后果评价等，为核电厂应急指挥部的决策提供技术支持。事故后果评价结果将根据场外环境监测数据进行校正，同时调整场外防护行动建议和有关应急响应决策。

核事故发生后，省核应急监测组密切关注周边环境放射性监测，开展实时气象观测。进入场区应急及以上应急状态，省核应急监测组开展场外辐射监测工作开展事故工况诊断和释放源项分析，研判事故发展趋势，评价辐射后果，判定受影响区域范围，为应急决策提供技术支持。

核电厂与省核应急组织在环境监测、气象信息方面保持紧密沟通，并将后果评价结果向省核应急组织进行报告。

(6) 场内外响应协调

场内外应急组织通过核应急专网传输机组实时关键信息。核电厂应急指挥部与省应急指挥部的沟通方式还有公网电话、视频会议系统沟通、海事卫星电话等。能够满足在事故时，场内外保持有效联络。

核电厂根据法规要求、实际情况以及场外应急组织的要求，及时向场外应急组织报告机组状态和事故缓解进程，提出有关场外防护行动建议以及后续调整建议。场外应急组织向核电厂提供环境监测信息和气象预报信息。

核电厂应急指挥部和省应急指挥部沟通场内外防护行动执行情况，以避免遗漏或延误，对公众造成不必要的健康损害。

(7) 应急响应决策

核电厂应急总指挥拥有场内应急响应决策权，而且具有较为完善的制度和程序为决策提供支撑。可以直接宣布电厂进入应急待命、厂房应急和场区应急；达到进入场外应急状态的条件后，电厂应急总指挥可以宣布电厂按照进入场外应急状态的要求进行响应，此后，场内应急组织按照场外应急状态开展响应。

省、国家层面的应急决策主要依赖核电厂通报的事故信息及达到的应急状态等级。省核应急指挥部做出的关于核电厂周边民众采取应急防护行动的决策以核电厂提出的场外防护行动建议为基础，综合考虑天气、交通、社会心理等因素做出。省内的交通管制由省应急指挥部做出，涉及到重要交通线的管制以及跨省的交通管制由国家层面作出决策。

2.4 问题分析

我国核应急组织成立于上世纪 80 年代后期 90 年代初期，目前形成了国家、地方和核电厂营运单位三级体系，采取举国体制，其优点是应急工作处于政府的统一领导之下，能够动员和调配有关的全国力量。但在应急响应体制中也存在一些问题，主要有：

(1) 三级体系不够完整。

- 核电站上级主管单位核电集团公司职责不明确，尤其是断然处置措施的职责不明确，可能影响严重事故的处置。
- 市县级地方政府的作用没有充分考虑。应急时核电厂所在的市县级地方政府在民众的通知、撤离和安抚等过程中的作用十分重要，若准备工作充分则能够起到积极的作用，而目前市县级地方政府在应急响应机制中的作用没有得到足够的重视；此外，市县级地方政府对于核电厂处理场外干扰、预防恐怖袭击十分重要，如控制厂址周边低空飞行物，但是目前地方政府作为有限。

(2) 场外应急组织应对核电站事故的培训与演练需要加强。日本福岛事故暴露了其场外应急组织的培训与演习问题，我国的场外应急组织同样存在该问题，专业人员不足，应急队伍缺乏训练等。

(3) 核电厂应对极端事故的能力不足。包括类似于日本福岛核事故那样的由外部自然灾害引发的极端事故以及类似 9.11 事件那样的恐怖袭击引发的极端事故。

- 部分核电厂没有严重事故模拟机，无法有效模拟严重事故，使得包括核电厂指挥决策层、技术支持层及主控室人员缺乏有效提高应对能力的硬件手段，只能停留在桌面推演的层面，难以有效提高人员应对严重事故的应急响应能力。
- 缺乏应对极端事故的策略，此策略包括在 EOP 和 SAMG 均不适用的情况下，现场出现大范围损坏（如水淹、火灾、爆炸）情况下如何建立指挥控制体系，如何利用有限的资源，根据优先级顺序实施相关缓解行动等内容。而美国核电厂开发的 EDMG 即适用于此种情况，并针对福岛核事故后评估，EDMG 也适用于类似事故。
- 电厂对极端事故情况的培训和演练不足，包括高辐射情况下的设备抢修、高精神压力下的反应堆控制等，可能导致人员无法有效应对极端事故。
- 严重事故期间对应急人员的安抚存在不足。严重事故期间，应急人员可能由于过大的压力，对辐射的恐惧，对家人的担心，精神高度紧张，而难以实施应急响应行动。

(4) 场外应急防护行动的响应机制存在不足。由于严重事故进程很快，事故进程难以确定，事故后果影响范围大，事故后果评价结果不确定性因素很多，环境辐射监测很

慢，故决定了在事故早期场外应急防护行动必须依据工况（即应急状态分级结果）确定，之后根据环境监测结果逐步调整场外应急防护行动。《Actions to Protect the Public in an Emergency due to Severe Conditions at a Light Water Reactor (EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS 2013)》是 IAEA 根据日本福岛核事故经验反馈开发的有关严重事故期间保护公众应急防护行动的导则，对照该文件，我国在这方面存在如下不足：

- 场外应急状态建议需由核电厂向所在地方政府提出，之后由地方政府报国家核应急主管部门批准，这将延误核电厂周围公众应急防护行动的实施，尤其是非常靠近核电厂可能由于严重事故而产生严重确定性效应的公众。
- 场外应急防护行动建议仍然基于核事故场外辐射后果评价的结果，而历史上发生的三次事故表明，在严重核事故期间，无法依据核事故场外辐射后果评价结果准确提出场外应急防护行动建议。
- 严重事故期间的场外环境监测能力不足，而监测结果是调整和确定进一步场外应急防护行动的依据。在日本福岛核事故期间，为进行监测几乎调动日本所有可用的资源（440 人、94 个组织、14 个私人公司），但即使如此，核电厂周边主要道路的监测花费了 7 天，而土壤样品监测（每平方公里取测一个样品）则花费了 85 天，而我国还没有建立全国环境辐射监测力量动员机制，海上监测和空中监测力量也有待完善。
- 场外应急预案中对公众应急防护行动的考虑不够细致。如未考虑区域划分、各区域的撤离路线、撤离车辆来源、场外安置点和洗消点、食入和摄入的考虑、关键人群（孕妇、儿童、老人、囚犯、重症监护病人等）、医疗等。

（5）核事故应急决策支持能力需要加强。堆芯损伤评价、源项估算、事故后果评价等能力在应急响应实践中能否充分发挥作用还待检验。

（6）核电的应急宣传不够。全国范围和核电厂所在区域均存在对核事故应急和核电厂现实辐射安全风险分辨不准问题。

（7）运行厂址应急方案有效性评价问题。

随着区域经济发展，已运行核电厂厂址周边环境发生巨大变化，主要体现在：经济活动加剧、城镇和厂矿企业建设、居住人口大量增加、交通路况发生显著变化等等。这些变化导致现有应急方案缺乏有效性和适用性，但是目前对核事故应急预案和方案的新评价工作尚不充分。

鉴于此问题，建议定期组织开展运行核电厂/基地的应急方案评估与审查，以验证厂址周边环境发生变化的情况下应急方案的有效性、适用性，再评估的周期建议为每 10 年一次。

2.5 小结

本小节总结了日本福岛核事故在应急响应机制方面的经验教训，分析了我国核事故应急响应机制的现状和存在的问题，提出以下改进建议：

（1）完善应急体系中集团公司在核应急响应机制中的地位和责任，考虑市县级地方政府在应急响应机制中的作用，调动其积极主动性，充分发挥其在核事故应急中的作用。

（2）加强场外应急组织应对核事故的培训与演练，提高场外应急人员的知识与技能。

（3）提高各应急组织应对极端事故的能力。

- 各核电厂升级原有模拟机使其具备严重事故模拟功能，或重新购置严重事故模拟机，并针对核电厂的严重事故管理导则（**SAMG**）和扩大损害的缓解导则（**EDMG**）进行演练。
 - 制定我国的 **EDMG** 导则，核电厂按要求开发各自的 **EDMG**。
 - 加强针对极端事故的应急培训和演练，包括对指挥决策层 **SAMG**、**EDMG** 的培训、对维修人员高辐射情况下的设备抢修的演练、高精神压力下的反应堆控制的演练等。
 - 开发极端事故情况下的应急人员安抚计划，考虑应急人员的生活后勤及精神安抚方面的需要。
- （4）完善场外应急防护行动机制。
- 参考《**Actions to Protect the Public in an Emergency due to Severe Conditions at a Light Water Reactor (EPR-NPP PUBLIC PROTECTIVE ACTIONS 2013)**》和我国的实际情况，制定我国严重事故期间保护公众应急防护行动的导则。各核电厂根据导则，开发本核电厂的场外应急防护行动建议程序。
 - 全面提高极端事故情况下的环境辐射监测能力，编制国家层面的响应方案，包括在极端事故情况下动员全国力量进行环境监测的规定。
 - 各核电厂所在地的政府应编制详细的公众应急防护行动方案，包括详细的区域划分、各区域的撤离路线、撤离车辆来源、场外安置点和洗消点、食入和摄入的考虑、关键人群（孕妇、儿童、老人、囚犯、重症监护病人等）的考虑、医疗等。
 - 核事故应急资源更多的投入到核电厂所在地政府，省级的应急机构侧重于协调支援前沿市县。

（5）定期组织开展运行核电厂/基地的应急方案评估与审查，以验证厂址周边环境发生变化的情况下应急方案的有效性、适用性。

第三章 核事故应急支援机制

3.1 日本福岛核事故应急支援机制方面的经验和教训

3.1.1 日本福岛核事故前日本核事故应急支援机制

日本实行国家、地方政府及核电营运单位三位一体的核应急支援机制。

(1) 国家：内阁首相为日本核电站事故响应的最高指挥官统一协调各方核事故应急支援工作，并根据专家意见向各责任方提出核应急支援行动建议。经济产业省是国家核事故应急的具体组织单位，主要职责是在内阁办公室成立国家核事故应急指挥中心，组织各方专家研究事故应对措施，并派遣经济产业省副大臣至事发地核应急指挥中心，协调各责任方应急支援工作。此外，警察厅、消防厅、防卫省、海上保安厅、厚生劳动省、环境省、气象厅及外务省等部门的配合与支持应急支援工作。

(2) 地方政府：各级地方政府主要负责场外应急工作，主要责任有开展应急环境监测，及时向国家及相邻地区提出援助申请和对核设施应急工作提供必要的支援。此外，为保证应急工作的有效实施，日本多级地方政府都设置了应急响应组织（都道府、县、市、町及村）。

(3) 营运单位：营运单位是实施核设施场内应急的主要单位，负责提出核应急支援需求。此外，日本核应急工作还需要其他机构的积极参与。如，日本原子力安全委员会（NSC）负责为国家应急指挥中心的决策提供技术指导，并根据国家应急指挥中心的要求向事发地场外中心派遣核应急专家；原子力安全技术基础机构（JNES）、放射线医学综合研究所（NIRS）为事故救援提供专业支持。

3.1.2 日本福岛核事故应急支援方面存在的问题、经验和教训

(1) 法规与应急计划不完善

由于相关法律与应急计划未对各责任方的责任进行细化，因此在本次核应急响应过程中出现了经济产业省副大臣与地方政府、自卫队等在行政上并没有直接隶属关系的部门间的责任推诿现象。日本政府中央级核事故救援工作由文部科学省牵头，但是生产事故救援工作则由经济产业省牵头，这样导致在核事故初期，出现了多头指挥、多头负责的情况，严重影响了事故处置效率。直至泄漏危机失态不断恶化后，才由内阁府统一指挥。

(2) 国家专业支援力量不足

在发生核泄漏后，日本政府派遣自卫队前往救援。但是，由于自卫队一方面缺乏核事故应急救援的专业技能和装备，另一方面对核辐射有强烈的恐惧心理，致使救援工作未能顺利展开，导致事故进一步扩大。3月18日，东京消防厅派遣消防队前往福岛第一

核电站参与注水作业，才使事故状态得到了暂时的控制和缓解。然而，同样由于缺乏专业的救援知识、技能和装备以及必要的应急救援物资，救援效果并不理想。

由于地震和海啸对周边地区的破坏难以迅速和充分地建立救援组织来帮助应急物质和设备的分配发放以及支援事故应急管理工作。大规模自然灾害和核事故的叠加，使得联络、通讯、人力资源调配，物质采购等方面遭遇了极大的困难。缺乏工程抢险的队伍和设备。救援力量缺乏处置核事故的专业素质和技能训练，以致对事故情况研判不准，处置不当，最终导致局面失控、放射性物质大量泄漏的严重后果。

（3）东京电力公司应急支援力量不足

福岛第一核电站运营企业的东京电力公司同样缺乏专业的救援队伍和装备，未能采取及时有效的支援措施。由于地震和随后的海啸，福岛核电站场内外核应急指挥中心受到辐射剂量增加、通信环境差和照明恶化等条件限制，未能发挥其应有的作用。核应急支援训练中心为福岛事故提供应急监测支援和技术支持，并提供了部分应急物资器材，但由于该中心未配备有关键的应急支援装备，例如与福岛电厂匹配的备用电源及其他针对性设备，而未能有效阻止事故的扩大。

（4）核应急监测能力不足

环境监测响应不及时。地方政府负责核事故后的应急监测任务，但是，由于当地政府所有的环境监测设备设施在地震海啸中遭到损坏，负责外围监测的相关人员撤离“厂外中心”，因此不可能及时地开展应急监测。由于固定监测点遭到破坏，核电厂解决的办法就是派出监测车，但福岛第一核电厂仅仅配备了一辆环境监测车，相应的监测基础能力严重不足。事故后应急监测响应较慢的重要原因是监测设施未能恢复必需的电力供应。

（5）应急预案存在缺陷，导致应急准备不足

应急预案不完善，缺乏针对小概率事件的应急举措。福岛核泄漏是特大地震、特大海啸、全厂断电、应急柴油机损毁、辅助给水系统瘫痪等一系列小概率事件同时发生的。东京电力公司内部的灾难应急方案虽然获得了日本监管机构的批准，也提供了应对小概率紧急事故的处理方法，但该方案没有对出现核电厂自身无法应对的事故的解决方法，甚至没有向附近的核电厂寻求支援的条款，整个方案能够解决的事故规模与此次福岛第一核电厂面临的灾难相差悬殊。

（6）核事故应急支援队伍人力资源与培训不足

核安全及核应急准备和响应的人力资源不足，难以应对大规模自然灾害和严重核事故的综合应急响应。核应急演习有缺陷，福岛核电站在大地震一周前刚进行过地震演习，核电厂场内人员熟悉疏散路线。在大地震发生至首次海啸袭击震区期间，福岛核电站得以顺利实施人员疏散及安全确认。然而，福岛核电站未进行针对地震、海啸及丧失场外电源的叠加情况的有效演习，导致事故发生时应急抢修抢险工作缓慢，未能有效阻止事

故发展。

应急支援队伍专业培训不足，核应急响应能力欠缺。应急支援队伍未受到足够的关于核电厂事故恢复响应和严重事故后与相关组织充分协作沟通的培训与演习，自卫队、警察局、消防机关和其他组织未强化协作培训，导致事故响应的协调性差。

3.2 福岛核事故后各国核事故应急救援队伍建设情况

3.2.1 法国

（1）建设背景

日本福岛核事故给法国电力公司敲响了警钟，如果多座核反应堆同时受损，法国电力公司将无力应对，所以核快速救援队在这种背景下应运而生。2011年4月29日，法国电力公司发布了法国快速救援队实施的官方声明，拟通过快速救援队的实施，为面临较大困难的核电厂提供人力和设备等方面支持的快速救援。快速救援队的实施将使得法国原有的核应急组织框架中增加其位置，根据快速救援队的定位，增加了总部顾问和区域行动队。法国核安全局于2012年6月26日发文，要求法国电力公司于2012年年底开始快速救援队的建设、2015年完成快速救援队的建设，并要求快速救援队应配备专业的队伍及设备，能够24小时内援助事故核电厂（事故核电厂所在地的区域快速救援队能够12小时内提供援助）。

（2）快速救援队的组织

快速救援队完整地包含在法国电力公司的核事故应急组织中，可分为总部和区域两个层面，包括支援队伍和物资储备中心。由一个国家级快速救援队总部、一个国家级设备基地和4个区域性快速救援队基地组成。总部在巴黎法国电力公司总部内，4个区域快速救援队分布在Civaux, Dampierre, Paluel和Bugey核电厂。在应急状态下，快速救援队可以在24小时内响应任一个核电厂，核电厂和快速救援队将共同确保核电厂在72小时内自主救援，并在72小时后维持在安全状态。快速救援队总部和4个区域快速救援队的救援人员共计310名。其主要部门机构如下：

- a) 快速救援队总部，管理整个快速救援队组织，包括方法、能力、人力资源、采购等各方面，共30人的调查队伍，分为每队6人的5支待命队伍（含指挥），每5周轮流值班，可全面干预。
- b) 国家储备中心，储存大型应急设备，可提供事故72小时后使用的长期设备供全国范围内调用，并与Intra Group公司等互相共享。
- c) 4个快速救援队区域中心，分别位于Civaux、Dampierre、Paluel和Bugey核电厂附近/厂内，包含了相应的人员和区域设备基地，每个中心70人，含14人的5支待命救援队伍，每支救援队伍包括1名经理+6名运行人员+5名维修人

员+2 名后勤人员，每 5 周轮班。在事故情况下，区域中心派出一支队伍使用自己的人员和设备支援两台机组。各区域快速救援队基地的工作人员大约有一半人员来自于所在地的核电厂，他们一年中大约有一半时间在各自核电厂工作，一半时间在快速救援队基地接受培训、训练、演练和定期运行维护仪器设备。4 个基地共配备 280 人。

（3）快速救援队的设备

目前，只有位于 Civaux 核电厂的区域快速救援队基地已建成。下面以 Civaux 快速救援队区域中心为例简要描述其配备的主要设备。

- a) 运输设备：四驱车、高机动性卡车、清障车、卡车运输平底船；
- b) 再供应设备：应急给水箱、乏燃料池、反应堆水箱、移动泵、移动柴油发电机、移动空气压缩机、自动照明手段、自备燃油供应；
- c) 辅助设备：通讯设备、软管、压缩气体、接头等。

（4）快速救援队的启动

快速救援队成立的依据是事故超出了核电厂的应急处置能力，必须依靠外部力量进行救援，具体为：

- a) 核电站中的一座核电站发生事故，并且只有一座发生事故；
- b) 事故处理所需的资源超出场内应急计划所给出的人力和应急物资储备；
- c) 事故所造成的影响超出了事故的预期；
- d) 事故造成基础设施大面积毁坏，包括道路无法畅通；
- e) 核电厂 On-Call 人员无法及时到位；
- f) 放射性风险不断增大。

（5）响应过程

快速救援队接到救援行动的指令后，会利用一切可能的运输方式安排人员和物资向事故核电厂输运，包括动用军方的运输机等方式，快速救援队总部和 4 个区域快速救援队的救援人员共计有 310 名，分 2 个批次抵达事故现场，响应后 12 小时第一批次抵达，响应后 24 小时第二批次抵达。应急救援工作分为 3 个阶段：

- a) 第一阶段从响应行动开始到 24 小时（ $T < 24$ 小时）；
- b) 第二阶段从 24 小时到 72 小时（ $24 < T < 72$ 小时）；
- c) 第三阶段为 72 小时后（ $T > 72$ 小时）的救援，此阶段救援工作进入长期恢复阶段。

3.2.2 德国

（1）德国核应急救援力量

德国 KHG 公司作为德国唯一的专业核应急公司，负责为德国所有核电厂提供应急救援技术支持，并具备了辐射防护与监测、遥控操作、去污洗消和后勤保障的综合应急救援力量。德国 KHG 公司原隶属于卡尔斯鲁厄研究中心，为加强德国的核应急救援力量，专门组建了 KHG 公司。KHG 公司独立运行，并和联邦政府、州政府、核电厂建立数据通讯和联络接口，同时也依托研究中心的科研力量。德国把所有的核应急救援力量集中在 KHG 公司，便于集中管理、资源优化配置和合理调度。KHG 公司的人员配备采用专职和兼职结合的方式，在总部保持 20 多人的固定队伍，开展日常的机构管理、设备维护和应急演练等，另外有 40 多人分配在核电厂内部，在应急情况下，可作为 KHG 救援力量的一部分。

(2) KHG 配备的应急救援资源

KHG 包括四个组：辐射防护组、遥控操作组、去污洗消组和设备保障组。各组所配备的应急救援设备如下：

- a) 辐射防护组：应急监测车、移动实验室和内照射监测车；
- b) 遥控操作组：多种型号的遥控操作装置，包括小型的室内探查装置和低空飞行探查装置，重污染区域的中型遥控操作装置，和推土机、挖掘机等大型遥控作业设备；
- c) 去污洗消组：移动去污系统、人员洗消系统、移动过滤系统、去污帐篷等；
- d) 设备保障组：20 多台小型发电机、三台大型发电车。

3.2.3 美国

日本福岛核事故后，美国为提高核工业应对任何严峻挑战的能力，美国核电运营商批准在田纳西州孟菲斯和亚利桑那州凤凰城建设两座核应急中心，核应急中心将由通用设备仓储公司管理。根据 2012 年 2 月公布的一项倡议，美国 64 家核电设施均购置了场内便携式设备，如今，两座中心提供的材料和设备将成为场内便携式设备的补充。有了这些设备，核电厂将有能力应对包括电力或冷却水缺失在内的紧急状况。核应急中心计划于 2014 年 8 月开始运行。中心的启动费用约为 4000 万美元，投入运行后的年平均支出约为 400 万美元，这些费用将由美国核设施运营公司承担。通用设备仓储公司拥有 30 多年为美国核电行业提供通用存储服务经验。同时，该公司已与法国阿海珐集团建立起合作关系，以加强其在应急响应计划、采购和断电等方面提供服务的能力。极端事件发生后，响应中心可在 24 小时内向受影响的现场提供一整套的便携式安全设备、辐射防护设备、发电机、泵及其他应急响应设备，帮助核电厂应对丧失电力供应或冷却水或两者同时丧失的情景。中心的选址也很有考究，既能保证设备通过空运或陆运在 24 小时内运抵事故地点，同时也不至于离得太近而受事故影响。大型柴油发电机不能空运，因

此会储存在该国其他的仓库内，以确保及时陆路至事故现场。这两个中心的建设是美国核工业界在汲取 2011 年 3 月发生的日本福岛第一核电站事故经验教训的基础上采取的措施，强化了美国针对严重核事故所开展的应急准备工作。

3.3 我国应急支援机制现状

3.3.1 我国应急支援基地和专业救援队情况

福岛核事故后，我国对核应急支援方面进行了重大改进。国家核事故应急协调委员会于 2014 年发布了《关于设立首批国家级核应急专业技术支持中心和救援分队及培训基地的通知》，首批设立 1 支国家核应急救援队、8 个国家级核应急专业技术支持中心、25 支国家级核应急专业救援分队以及 3 个国家级核应急专业培训基地。国家核应急救援队由国家应急协调委直接指挥，计划 2018 年底前建成，由五家单位抽调 320 人进行专业培训。严重事故情况下，进行工程抢险，其以支援核电厂有效遏制缓解事故、封控污染源头、减轻危害后果及场内人员搜救为主要目标，并可参与国际核应急救援行动。

3.3.2 核电集团及核电厂应急支援工作情况

国家核安全局于 2014 年 4 月 30 日发布了《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》，对核电集团公司救援队组织管理及人员配备、应急设备、工作场所、能力维持等方面做出了要求。核电集团公司分别规划建设了核电集团公司层面的核电厂核事故应急场内快速救援队伍。核电集团公司层面核电厂核事故应急场内快速救援队伍的救援范围则主要是针对核电厂的应急响应行动，以进一步提高核电厂应对严重事故的响应能力。

目前中核集团公司成立应急支援总队，各个核电厂成立应急支援分队。当集团下属某一核电厂发生核事故需要外部支援情况下，由事故电厂提出支援申请，集团统一调配应急支援力量进行支援行动。中核集团层面的支援基地依托秦山核电建设，计划 2018 年底建成投运。中广核集团与国家电投集团核应急支援基地也在筹建之中。

3.4 问题分析与建议

在核电厂发生极端事故期间，事故处置的核心是确保反应堆冷却、安全壳放射性释放缓解、灭火等。从历史上发生的美国三哩岛核事故、前苏联切尔诺贝利核事故、日本福岛核事故的经验反馈来看，结合我国现状，我国在核应急支援方面存在的不足及建议如下：

(1) 目前，国家核应急救援队由国家应急协调委直接指挥，8 个国家级核应急专业技术支持中心、25 支国家级核应急专业救援分队协同配合，而集团层面的支援基地由各集团负责指挥管理，并由各集团间的相互支援协议确保能够集团间能够提供相互支援。

国家级核应急专业救援分队与集团层面的支援基地功能有交叉和互补，这与“积极兼容”、“统一指挥”的核应急工作方针不一致，可能导致重复建设，在核应急期间多头指挥和管理，进而影响事故处置。建议将三个核电集团支援基地作为国家级核应急专业救援分队，由国家应急协调委直接指挥管理，并且国家核应急主管部门负责对这三个集团支援基地给予资金、人力和技术支持。

(2) 由于核电厂事故的复杂性，应对事故必然需要很多方面的专家，但我国目前并未建立专家动员机制。建议在国家层面建立应对核电厂事故的专家库，并建立动员相应的机制，在一旦发生核事故后能够及时动员相关专家，以便为指挥层提供决策支持。

(3) 我国目前已编制了核电厂应急支援物项清单，但未对清单的完整性和适用性进行评估，这可能导致支援准备不足，事故期间不能及时有效的提供支援。建议评估、完善应急支援物项清单，并建立国家核应急支援信息系统，其中包括核电厂所需支援物项清单及所能提供的支援物项清单，由国家统一调配全国核应急资源进行支援，以提高核应急支援效率。

(4) 由于我国核电厂机组类型众多，导致事故救援中，电厂的电源、水源、气源等接口不一致，会严重制约救援实施。另外作为核事故救援的重要设备，移动电源也存在电厂需要的救援电源电压、功率不同等问题。而这是应对极端事故所必须的支援，但目前还未在国家层面建立各核电厂的接口要求及所需移动救援装备要求清单。建议紧紧围绕救援队“防止反应堆堆芯严重损坏，防止反射性物质向场外大规模释放”的目标，确定各核电厂水、电、气等移动救援装备接口要求，所需的移动救援装备要求，并建立清单。

(5) 消防队是应对极端事故的关键力量，不论是灭火还是向反应堆注水，但目前国家层面在极端核事故应对方面，未充分考虑消防队的作用，消防部门也对核电厂救援考虑不足。建议编制消防队应对核电厂极端事故的专项方案，并与核电厂定期进行演练。

(6) 不论是应对极端事故所需的大型设备、人员，还是场外公众撤离，均需要运输保障。建议建立国家层面核事故救援和撤离的运输保障机制，明确责任部门、海陆空运输力量及能力、支援机制等内容，以确保有效应对核事故。

(7) 环境辐射监测是确定公众是否采取防护行动的基本依据，涉及范围大，时间要求紧，故在日本福岛核事故期间，为进行监测几乎调动日本所有可用的资源（440 人、94 个组织、14 个私人公司），但即使如此，核电厂周边主要道路的监测花费了 7 天，而土壤样品监测（每平方公里取测一个样品）则花费了 85 天，而我国还没有建立全国环境辐射监测力量动员机制，海上监测和空中监测力量也有待完善。建议在国家层面建立统一的环境辐射监测力量动员机制，明确海陆空环境辐射监测力量、责任分工、动员机制，确保事故早期能够及时有效的进行环境辐射监测。

(8) 参考日本福岛核事故期间，美国空军提供阀门制造支援、美国和中国及德国提

供混凝土泵车支援、俄罗斯提供运输机支持、美国提供耐辐射机器人、各国的专家支持等，即在核电厂出现极端事故时，可能需要境外支援。我国虽有核事故境外支援接口联络责任单位，但是尚未建立联络机制。建议国家建立相关支援接口联络机制，包括责任部门及分工、支援流程等。

（9）推进各级核应急主管部门支援资源整合。核事故在多个省级区域同时发生的概率极低，可以通过资源整合的方式节约各级核应急主管部门核应急资源的储备量。例如以福建省为核心的环珠江三角洲四省建立了核应急相互支援协调机制，经测算每个省的碘片储备量可降低三分之一。

（10）加强后果评价能力建设。后果评价是应急防护行动决策的基础，由于后果评价技术比较复杂，培养一个合格的后果评价人员大概需要 5 至 8 年的时间，目前核电厂普遍存在后果评价能力不足的状况。建议组建国家级的后果评价专家团队，便于事故情况下对核电厂进行后果评价技术支援。

3.5 小结

本小节总结了日本福岛核事故在应急支援机制方面的经验教训，充分调研了美国等主要核电国家的核应急支援体制特点和福岛后改进措施，分析了我国核事故应急支援机制的现状与存在的问题。在各项调研分析的基础上，对我国核事故应急支援体制提出了相关改进建议，概括为以下几点：

（1）将三个核电集团地区性核应急支援基地作为国家级核应急专业救援力量，核应急响应时由国家应急协调委直接指挥管理。国家核应急主管部门对这三个集团支援基地提供资金、人力的支持，并定期开展演习。

（2）组建国家级的后果评价专家团队，便于事故情况下对核电厂进行后果评价技术支援。

（3）建立国家核应急支援信息系统，其中包括核电厂所需支援物项清单及所能提供的支援物项清单，由国家统一调配全国核应急资源进行支援，以提高核应急支援效率；确定各核电厂水、电、气等移动救援装备接口要求，所需的移动救援装备要求，并建立清单。

（4）进一步明确消防队、军队应对核电厂极端事故的专项方案，建立国家层面的运输保障机制和环境辐射监测力量动员机制，并与核电厂定期进行演练。

（5）建立跨境核电厂的核事故应急协调、联络接口机制，明确责任部门及分工、通报及支援流程等。

第四章 多堆应急响应

4.1 背景

日本福岛核事故对核电厂应急准备和响应领域的重要启示是应对重大自然灾害和多机组共模故障的应急准备。对此，国际领域不断总结福岛经验，对核应急准备与响应提出了一些新的理念。在福岛核事故前，我国核安全法规只对应急计划的制定要考虑的单机组事故提出明确的要求；在福岛核事故后，我国核安全监管部门要求核应急准备要考虑多机组事故。

2012年1月19日，国家核安全局面向全国各核电基地发出了“关于报送在建核电厂核安全改进措施的函”，提出了对在建核电厂安全改进的14项要求，其中第11项工作要求提出，“研究制订核电基地多机组同时进入应急状态后电厂的应急响应方案，并评估应急指挥能力及应急抢险人员和物资的配备、协调方案”。2012年5月，经修改的《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求(试行)》（国核安发[2012]98号文）发布，在辐射环境监测及应急改进的技术要求中明确：“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。”

4.2 福岛核事故分析

4.2.1 福岛核事故过程

表4-1 简要列出了福岛各机组事故发生进程。

表 4-1 福岛各机组事故过程

日期	事件
1 号机组	
3 月 11 日	机组额定功率运行 14:46 地震 机组自动停堆 失去外部交流电源 自动触发应急柴油发电机 开始通过隔离凝汽器（IC）冷却堆芯 重复打开和关闭隔离凝汽器阀门 15:37 海啸（波峰） 失去所有电源 18:10 开始堆芯暴露（分析） 18:50 开始堆芯损坏（分析）
3 月 12 日	05:46 开始淡水注入 14:30 排气

日期	事件
	15:36 反应堆厂房氢气爆炸，干扰了恢复工作 19:04 开始海水注入
3 月 13 日	向反应堆注入海水冷却堆芯
3 月 17 日	向乏燃料水池注水
3 月 21 日	接通厂外电源
3 月 24 日	主控室恢复照明 反应堆温度达到 400℃，远超过 300℃的设计温度 增加堆芯冷却
3 月 25 日	反应堆温度从 400℃下降到 240℃ 常规岛发现高放射性废水
3 月 29 日	向反应堆注入淡水和硼酸溶液，替代海水
4 月 7 日	向安全壳内充入氮气，防止再次发生氢气爆炸
2 号机组	
3 月 11 日	机组额定功率运行 14:46 地震 机组自动停堆 失去外部交流电源 自动触发应急柴油发电机 开始通过堆芯隔离冷却系统（RCIC）冷却堆芯 15:37 海啸（波峰） 失去所有电源
3 月 12 日	蓄电池耗尽 RCIC、HPCI 系统失效 反应堆压力容器内压力、温度升高，水位下降，堆芯开始裸露
3 月 13 日	11:00 安全壳排气（大约时间）
3 月 14 日	13:25 堆芯隔离冷却系统诊断关闭 17:00 开始堆芯暴露（分析） 19:20 开始堆芯损坏（分析） 19:54 开始海水注入
3 月 15 日	06:00 损坏抑压室大量放射性物质释放
3 月 18 日	向乏燃料水池注水
3 月 20 日	接通厂外电源
3 月 25 日	主控室恢复电力
3 月 26 日	向反应堆注入淡水和硼酸溶液，替代海水 主控室恢复照明
3 月 27 日	检测到超过正常水平 1000 万倍的放射性碘-131

日期	事件
4月2日	在反应堆取水口附近的电缆竖井中发现了辐射水平超过 1000mSv/h 的积水，这些积水从墙壁中一些 20 厘米长的裂缝泄漏到海中
4月6日	成功堵住了电缆竖井中的裂缝，阻截了放射性污水的泄漏
6月27日	16:20 开始使用废液处理设施把泄漏出来的水处理后再注入堆芯
6月28日	20:08 开始将氮气注入安全壳（PCV）
3 号机组	
3月11日	机组额定功率运行 14:46 地震 机组自动停堆 失去外部交流电源 自动触发应急柴油发电机 开始通过堆芯隔离冷却系统（RCIC）冷却堆芯 15:37 海啸（波峰） 全厂断电（SBO）
3月12日	11:36 关闭堆芯隔离冷却系统 12:35 开始高压注入（HPCI）
3月13日	02:42 关闭高压注入（HPCI） 09:10 开始堆芯暴露（分析） 09:20 排气（大约时间） 09:25 开始淡水注入 10:40 开始堆芯损坏 13:12 开始海水注入
3月14日	05:20 给主安全壳排气 11:01 爆炸引起反应堆厂房严重损坏，向堆芯的海水注入中断 16:30 使用消防车恢复注入海水大气中
3月16日	反应堆厂房内有白烟冒出，乏燃料水池内的水疑似沸腾
3月17日	动用直升机、消防车向乏燃料水池注水
3月20日	安全壳内压力继续上升，向大气排气（汽）卸压
3月22日	接通厂外电源
3月23日	主控室恢复照明
3月25日	安全壳发现有缺口，安全壳完整性已被破坏
3月26日	向堆芯注入淡水和硼酸溶液，替代海水
4月7日	向安全壳内充入氮气，防止再次发生氢气爆炸
4 号机组	
3月11日	机组检修 14:46 地震

日期	事件
	15:37 海啸（波峰） 失去所有电源
3 月 15 日	06:00 反应堆厂房氢气爆炸（大约时间）
3 月 16 日	乏燃料水池附件再次发生火灾 反应堆厂房内有白烟冒出，乏燃料水池内的水疑似沸腾
3 月 17 日	动用直升机、消防车向乏燃料水池注水
3 月 22 日	接通厂外电源
其他	
4 月 12 日	NISA 将福岛第一核电厂的核泄漏等级由目前的 5 级提高到 7 级，与切尔诺贝利核泄漏事故级别相同。NISA 同时表示，尽管事故级别与切尔诺贝利相同，但辐射泄漏量仅为切尔诺贝利的 10%
5 月 12 日	东京电力公司确认，1、2、3 号机组的燃料已部分熔化

备注：开始堆芯暴露和开始堆芯损坏时间都是来自于东京电力公司 MAAP 分析结果，且均为估计的大约时间。

4.2.2 福岛核电厂应急组织与应急支援

《原灾法》规定，核动力厂需制定场内应急计划，场内应急计划规定了场内核应急组织的构成。以日本某核动力厂为例，场内应急的组织分工参见表 4-2。场内应急人员岗位与人员参见表 4-3。

表 4-2 日本核电厂场内应急组织及分工示意

指挥部	班名	班长	副班长	班员	分工
总指挥： 核电厂厂长 副总指挥： 副厂长(负责核安全)	总务班	行政 科长	在行政科股长及主任之中，由行政科长指定的人	行政科 全体	(总)本部的筹建、运营及传达指令。同按事故应急对策组织的事务性联络。对外谈判。各班的联培。确保联络路线及通信手段。向防灾部门、官厅和地方政府机关报告或者内部呈文（除 METI、MEXT 及其派出机构）。核电厂人员和外来人员的撤离措施。医疗对策。人员输送。警卫。宣传。器材的调配运送。周边监视区内出入限制措施。协助辐射(线)管理班管理区域内出入限制措施。不属其他班的事务事项。
	情报班	技术 股长	技术股长 运用股长 调查股长	技术科 全体	收集、记录情报。掌握核事故状况。同核事故应急对策组织联络技术事项。向 METI、MEXT 及其派出机构报告或内部呈文。本部内定期的情报联络。不属其他班的技术事项。

指挥部	班名	班长	副班长	班员	分工
代理总指挥 顺序： 1. 副厂长 (负责核安全) 2. 副厂长 (负责技术， 发生事故时 核电厂负责人) 3. 副厂长 (负责行政) 4. 技术科长 5. 行政科长	安全管理班	安全管理科长	安全股长 核燃料股长	全体科员	关于发生核事故时对策措施的技术安全评价。掌握核燃料和堆芯的损害程度和实行对其管理对策。掌握放射性影响范围和预测该范围扩大的可能性。引导进入现场的人员撤离(所管工程部分)。
	辐射(线)管理班	辐射管理科长	辐射(线)股长 化学股长	全体科员	辐射测量、环境监测。掌握放射性影响范围、预测该范围扩大的可能性(协助安全管理班)。防止辐射损伤的对策(包括管理区域内限制出入措施)。防止污染扩大对策的指示、管理。去污工作方法的指示、管理。对释放的放射性的测量和评价。引导进入现场人员撤离(所管工程部分)。会同工作(但是,根据国家、府县要求出动时,要对去的地方实施环境监测)。
	运行班	运行室长	运行室值班科长、负责 日勤科长、 运行室业务 股长中,由 运行室长指 定	运行室 全体	通过运行指令装置播放信号。在防止核事故扩大和恢复方面,从运行上采取必要的措施。
	电修班	电修科长	计划股长 电气股长 测量股长	全体科员	在消除事故原因防止核事故扩大,以及在恢复等方面必要的电气等应急维修工作。救助工作。防止污染扩大对策的实施。去污工作的实施。确保通信系统正常工作。引导进入现场人员撤离(所管工程部分)。
	机修班	机修科长	计划股长 机械股长 土建股长	机修科 全体	在消除事故原因防止核事故扩大,以及在恢复等方面必要的机械等应急维修工作。救助工作。防止污染扩大对策的实施。去污工作的实施。确保通信系统正常工作。引导进入现场人员撤离(所管工程部分)。

表 4-3 日本核电厂核事故应急响应工作人员岗位与人数

班名	岗位	人数	班名	岗位	人数
总务班	副班长	5	辐射管理班	副班长	2
	联络员	2		出入管理员	3
	宣传员	1		测量员	8
	车辆调度员	1		野外管理员	4

	警卫人员	守卫值班全体		器材管理员	2
	管理外来者的人员	2		化学人员	6
	司机	3		协同工作人员	4
	物资器材员	2		机动人员	-
	救护员	3	运行班	副班长	2
	人事管理员	1		运行人员	22
	本部食宿员	2		机动人员	-
	机动人员	-	电修班	副班长	3
情报班	副班长	3		特殊作业人员	10
	记录员	3		机动人员	-
	联络员	5	机修班	副班长	4
	机动人员	-		特殊作业人员	10
安全管理班	副班长	2		机动人员	-
	安全管理员	1	—		
	核燃料员	2			
	机动人员	-			

同时，日本设立两处核应急支援训练中心，提供应急物资器材、应急监测支援、派遣应急专家、提供其它情报信息。核应急支援训练中心为福岛事故提供应急监测支援和技术支持，并提供了部分应急物资器材，但由于该中心未配备有关键的应急支援装备（如与福岛电厂匹配的备用电源及其他针对性设备），而未能有效阻止事故的扩大。应强化核应急支援训练中心的设备配备与机动支援能力。

东京电力集团内部、福岛核电厂协议单位与其他核电企业均对福岛核电厂开展了应急支援。其中支援人数最多来自柏崎刈羽核电厂。支援人员如表 4-4—表 4-7 所示。

表 4-4 福岛核事故应急支援人员

支援单位	11 日	12 日	13 日	14 日	15 日
东京电力集团内部	152	257	304	346	253
协议单位与其他核电企业	104	197	153	194	147

支援人数合计	256	454	457	540	400
--------	-----	-----	-----	-----	-----

注：支援的人员主要从事维修、消防、保卫和物资保障工作。

表 4-5 福岛核事故应急支援人员工作岗位（来自柏崎刈羽核电厂）

应急时班组	日最大支援人数	平均支援人数	备注
维修班	36	21	集团内部
消防班	6	6	协议单位
保卫班	42	34	集团内部

表 4-6 福岛核事故应急支援人员工作岗位（来自东电集团内部各电厂）

应急时班组	日最大支援人数	平均支援人数	备注
维修（配电）	376	303	集团内部+协议单位+其他电厂
维修（工务）	52	31	集团内部+协议单位
消防	25	11	协议单位
物资	63	43	集团内部+协议单位

表 4-7 福岛核事故应急支援人员工作岗位（来自其他协议核电厂）

日期	13 日	14 日	15 日
人数	41	116	120

注：从上述分析可以看出，主要支援人员来自东电内部，平均每日支援人数约为 400 人。救援物资主要包括消防设备、应急电源、应急防护设备和物资。

4.2.3 多堆应急状态分析

结合日本福岛事故经验反馈，及近年来因极端气候和环境变化对各核电厂安全运行造成威胁的事件逐渐增多，多机组应急状态一般可由以下几种情况导致：

（1）严重自然灾害和多重极端自然灾害叠加引起的一个甚至多个核电厂址两台甚至多台机组同时进入严重事故应急状态的情况，典型的如福岛核事故中地震加海啸的情况导致了福岛第一、第二核电厂等多台机组短时间内几乎同时进入应急状态，且福岛第一核电厂 1-4 号机组发生了严重的放射性物质释放（最后定为最严重的 7 级事故）。

（2）核电厂址一台机组发生严重事故，放射性物质的释放导致相邻机组进入应急状

态。一般情况下相邻机组并不发生严重事故，应急状态级别较低。

(3) 恐怖事件，恐怖组织对核电厂多个机组同时袭击，或某处袭击造成多个机组同时进入应急状态。鉴于核电厂为民用核设施，暂不考虑战争情况。

(4) 偶然组合，两台核电机组独立运行，由各自内部初始事件引发本台机组进入应急状态，两台机组进入应急状态之间无相互关系。

目前我国核电厂《场内应急计划》只考虑单台机组发生严重事故的情况。对于多机组核电厂址，也仅考虑一台机组发生严重事故导致相邻机组进入级别较低应急状态的情况，即第(2)种情况。

福岛核事故的经验教训表明，类似与地震加海啸的多重极端自然灾害叠加可引起同一核电厂址多台核电机组发生共因的严重事故，进入多机组应急状态，即第(1)种情况。本报告主要分析由自然灾害引起的一个核电厂址两台机组同时进入严重事故应急状态的示例。此情况即第(1)种情况下的一个较简单的示例，此示例基本可包络两台机组先后进入应急状态，以及第(4)种偶然组合的情况和第(3)种恐怖袭击的大部分情况。

4.3 国际上多堆响应改进措施与能力分析

福岛事故后，包括国际原子能机构(IAEA)、日本、美国、欧盟等国家及相关组织都针对该核事故开展了持续的总结工作，以期通过总结经验教训进一步提升核电厂在选址、设计、运行、严重事故缓解、应急等各方面的完善和有效性，提升核电厂安全性。针对同一厂址多个机组同时进入应急状态的响应要求和开展也提出了各自的观点和要求。

4.3.1 IAEA 多堆应急响应改进建议

在《国际原子能机构国际事实调查专家组针对日本东部大地震和海啸引发的福岛第一核电站核事故调查报告》(IAEA International Fact Finding Expert Mission of The Fukushima Dai-Ichi NPP Accident following the Great East Japan Earthquake and Tsunami)指出：

- 结论 3：对海啸灾害没有充分的纵深防御预案，尤其是：严重事故管理预案不足以应对多机组故障。
- 结论 10：重新审议国际原子能机构安全标准，确保其能够充分地覆盖一站多机组厂址的设计及其严重事故管理的特殊要求。
- 教训 1：需要确保在外部自然灾害中共因故障应作为一站多堆和多个电站的重点考虑内容，要保证独立的机组恢复可以使用其所有的厂内资源。
- 教训 7：外部事件有可能影响多个电站或同时影响一个电站的多台机组。这需要有充足大量的资源，包括经过培训的有经验的人员、设备、物资补给和外部支

持。应确保有充足的有经验人员团队，能够应对不同类型的机组，并可随时支持受影响的电站。

- 此次事故同时发生在不只一个反应堆上，事故响应需要资源必须分散开。而且，由于两台反应堆共用设施，反应堆之间的物理距离较小等，一个反应堆上发生的事故发展影响到附近反应堆的应急响应。

4.3.2 日本多堆应急响应改进建议

日本政府于 2011 年 6 月 7 日向国际原子能机构核安全部长级会议提交了东京电力公司福岛核电站事故的报告，报告对事故过程、事故目前进展、核事故应急响应及今后的努力方向进行了说明。

- 第 1 类的教训：加强预防措施，防止严重事故。对厂址内一个反应堆的响应，确保发生事故的反应堆独立的进行应急操作，厂址内的其他反应堆不应受到影响。核电厂营运单位应按照原原子力安全保安院（目前该单位废止并改制为环境省所属的原子力规制委员会）的进一步要求，为每个反应堆设立独立的系统，开展核事故应急响应和程序开发。此后，有多个反应堆的厂址，应确保每个反应堆的工程独立性。
- 第 2 类的教训：加强对严重事故的应对措施。改进事故响应环境，强化响应严重事故的训练。
- 第 3 类的教训：加强核应急响应。对大规模自然灾害和长期核事故同时应急的响应；加强与事故有关的沟通，我们将加强提供对事故状态和响应足够的信息；明确界定的核事故应急分布的避难场所和辐射防护指引。
- 第 4 类的教训：加强安全基础。加强核安全和核应急准备和响应的人力资源。

4.3.3 美国多堆应急响应改进建议

NRC 在 2011 年 7 月 12 日发布了《21 世纪加强反应堆安全的建议》（ Recommendations for Enhancing Reactor Safety in the 21st Century ）（ SECY-11-0093），其中提出：

- 建议九：工作组建议，NRC 应要求核电厂制定应急计划以有效应对核电厂长时间断电以及多机组发生事故的工况。
- 建议十：工作组建议，作为长期审评的一部分，NRC 继续要求核电厂提供应对多机组发生事故以及核电厂长时间全厂断电的新应急准备方案。

NRC 于 2011 年 10 月 3 日发布政策申明《对福岛的经验教训响应的优先推荐行动》（SECY-11-0137），提出了三个层次的行动建议：

(1) 第一层次：应立即开始实施的改进行动，而且实施这些行动应有充分的资源，包括重要的技术能力。包含了 **SECY-11-0124** 确定的所有行动和另外两项，与应急相关的是“建议 9.3 应急准备管理行动（工作人员和通讯）”，要求：

- 确定在多机组事故响应中所有需要工作人员岗位(包括 **NRC** 工作人员和核电营运单位的应急工作人员)，并落实；
- 提供在长时间断电下维持场内通讯（如响应队伍和设施之间的无线电）和场外通讯（如蜂窝电话和卫星电话）设备电力的措施。

(2) 第二层次：近期不能开始实施的改进行动，主要因为诸如需要进一步技术评估和调整、取决于第一层次问题、或者不具备重要的技术能力等因素的限制。

这些行动不要求长期研究，在掌握了充足的技术信息和具备了适当的资源时可以实施。与应急相关的是“建议 9.3 应急准备管理行动中的剩余部分（除去第三层次中关注的应急响应数据系统能力）”，要求：

- 新增针对应急计划的导则。针对核电厂营运单位厂址特点，该导则用于指导开发评估多机组剂量（包括乏燃料水池释放）的评估软件和方法；
- 多机组和长时间全厂断电（**station blackout, SBO**）须开展定期培训和演习。尽可能实践（模拟）明确和获取场外应急资源；
- 确保应急设施设备足以处理多机组事故状态；
- **10 CFR 50.47(b)**中应急人员编制、应急设施设备、放射性评估、应急培训、应急演练、场外应急资源、应急通讯通知均需参考建议 9.3 针对多机组事故升版。

4.3.4 法国多堆应急响应改进建议

法国电力公司福岛后改进计划中涉及多机组事故的主要是应急响应组织的改进，分为两个步骤，步骤 1 是持续应急管理改进：2012 年底前完成多堆事故管理；步骤 2 是在极端条件下（如福岛）多堆事故—逐步实现（直到 2015/2017 分为几个阶段）：场内第一个 24 小时响应（人力资源招募和培训，当地移动危机设备设施，更多的通信手段，相关程序和组织）。

4.3.5 加拿大多堆应急响应改进建议

日本福岛核事故后，加拿大核安全委员会（**CNSC**）立即采取了相关措施，成立了工作小组对全加境内的核设施进行检查。检查小组于 2011 年 11 月提交了小组报告《**CNSC Fukushima Task Force Report**》（**INFO-0824**），加拿大核安全委员会根据报告制定了响应的行动计划《**CNSC Staff Action Plan on the CNSC Fukushima Task Force Recommendations**》（**INFO-0828**）。

INFO-0824 和 INFO-0828 中提出的多堆响应相关的建议、审查结果和行动要求见下表 4-8。

表 4-8 加拿大多堆应急响应改进建议

建议	审查结果	行动要求及期限
持照者应评估应急预案，确保应急组织将能够有效应对严重事故和/或多堆事故，并在此基础上进行具有足够挑战性的应急演练。（短期 12 个月）	<p>1. 应急响应组织具备应对单一机组的超设计基准事件的能力。</p> <p>2. 对多机组事故和严重事故尚未进行评价和修订，对最低补充要求尚未开展评价。因此，不能证明现有应急响应组织将能够有效应对一个严重事故和/或多机组事故。</p> <p>3. 演习设计未基于严重事故和/或多机组事故，应急响应组织的表现未经历过严重事故和/或多机组事故的挑战。</p>	<p>1. 行动：持照单位应评价和修订应急计划以应对多堆事故和严重外部事件。这项活动应包括评估确保他们的应急组织能够有效地应对多堆事故或严重自然灾害事故的其最低补充要求。该项行动适用于所有电厂（多堆事故条件下不适用 Lepreau 和 Gentilly-2 核电厂）。该项行动的时间表：2012 年 12 月底前完成。</p> <p>2. 行动：持照单位应审查其演习和演练程序，以确保他们是具有充分的挑战性以对应应急响应组织在严重事故和/或多堆事故情况下的性能进行测试。该项行动适用于所有电厂（多堆事故条件下不适用 Lepreau 和 Gentilly-2 核电厂）。该项行动的时间表：2012 年 12 月底前完成。</p>

4.3.6 韩国多堆应急响应改进建议

福岛核事故后，韩国成立了专家委员会于 2011 年 3 月 21 日—2011 年 4 月 30 日进行了核安全设施大检查；检查目标设施主要是在运的核电厂、研究堆放射性应急医学中心。核安全设施大检查的主要 6 个领域为：地震和海啸、电源和电厂冷却、严重事故、应急响应、长时间电厂运行、研究堆和核燃料设施。之后发布了“Report of the Korean Government Response to the Fukushima Daiichi Nuclear Accident”（Policy Issue 0），其中针对多堆应急响应的详细检查结果及改进项建议如下：

检查结果：目前，有效地应对类似福岛核电厂事故的多机组应急响应，除了放射性应急预案和应急响应系统，已确定改善部分地区应急响应系统以加强当前应急响应系统。

改进措施：修改应急响应计划考虑多个反应堆同时应急事故的情况。核应急组织正在基于下列三种情况进行修改：一个反应堆进入应急；一个厂址中的两个反应堆同时进入应急状态；同一个厂址超过三个反应堆同时进入应急状态；修改核应急计划已经于 2011 年 12 月完成。

4.4 我国多堆应急状态原因分析与初始条件

4.4.1 我国核电厂可能遭受的典型自然灾害及其影响

潜在的自然灾害可能对核电厂的核安全造成影响，我国核电厂根据本电厂的厂址特性，对可能发生的自然灾害进行了详细的安全分析，如表 4-9。

表 4-9 我国核电厂可能遭受的自然灾害及其核安全影响

外部事件	对核电厂的核安全影响
极端强风和龙卷风	可能导致外电网丧失和取水口丧失（杂物堵塞取水口），以及外部飞射物撞击。
雾	可能增加地面车辆或飞机的人为危险频率；保守假设地面车辆撞击开关站；保守假设飞机撞击会使结构损坏并导致堆芯损坏或早期大量释放。
霜	主要是雪和冰。可能影响最终热阱、水箱、水管和外电网可用性。
冰雹	主要是其他飞射物。可能会增加地面车辆或人员的危险频率。
飓风	风力包含在极端强风和龙卷风中。
冰冻覆盖	冷却水流量丧失在电站设计中已考虑。
闪电	在电站设计中已有避雷措施，但闪电仍有导致电气、仪控系统设备误动作以及损坏的可能性
冬季低温	根据电站设计的设计标准，通常不会由于热应力和脆化导致设备损坏；对最终热阱的影响，通常有足够裕量的天气警告以便于能采取纠正措施。
强降水	增加屋顶负荷，对建筑结构完整性可能有影响，以及可能造成廊道等较低标高厂房内的电气设备（包括电缆）由于水淹失效。
地震活动	可能导致耐震能力较弱的设备失效，比如外电网、大型立式贮存罐。地震还可能导致火灾、海啸、山体滑坡、泥石流等并发灾害。
强降雪	强降雪可能导致外电网丧失、厂房结构完整性，以及人员行动。
海啸	可能淹没厂房，导致电气设备失效。还可能冲垮厂房，导致大面积坍塌和设备不可用。
以上极端天气组合 （台风叠加暴雨）	发生外部水淹状况，影响核电厂的安全系统

4.4.2 多堆应急状态基本假设

4.4.2.1 基本假设

根据我国典型核电厂实际情况，参考美国 NEI-12-01 号报告中对于多机组厂址应急人员和通讯能力评估的假设，本报告对我国典型核电厂多堆应急状态的基本假设如下：

（1）多重极端自然灾害叠加将导致如下情况发生：

- 多机组厂址所有机组同时受到影响；
- 由于自然灾害，核电厂失去厂外电源；
- 厂外救援物资和人员短期难以到达核电厂；
- 有两台机组同时进入严重事故应急状态。

(2) 事故发生前，所有核电厂满功率运行并成功热停堆。

(3) 超设计自然灾害发生时，未发生影响厂址的敌对行动。

(4) 事故发生时，核电厂可达性较差，具体如下：

- 事故发生 4 小时之内无法达到核电厂，由于道路损毁，需要清理抢修道路、动员运输工具；
- 事故发生 4 小时至 24 小时内核电厂仅有有限的可达性，步行、直升飞机、单个交通工具和小船可到达；
- 事故发生 24 小时后，道路重新开通，大型船只搭载重型设备达到核电厂，大规模救援、支援人员到达。

4.4.2.2 响应进程及时间

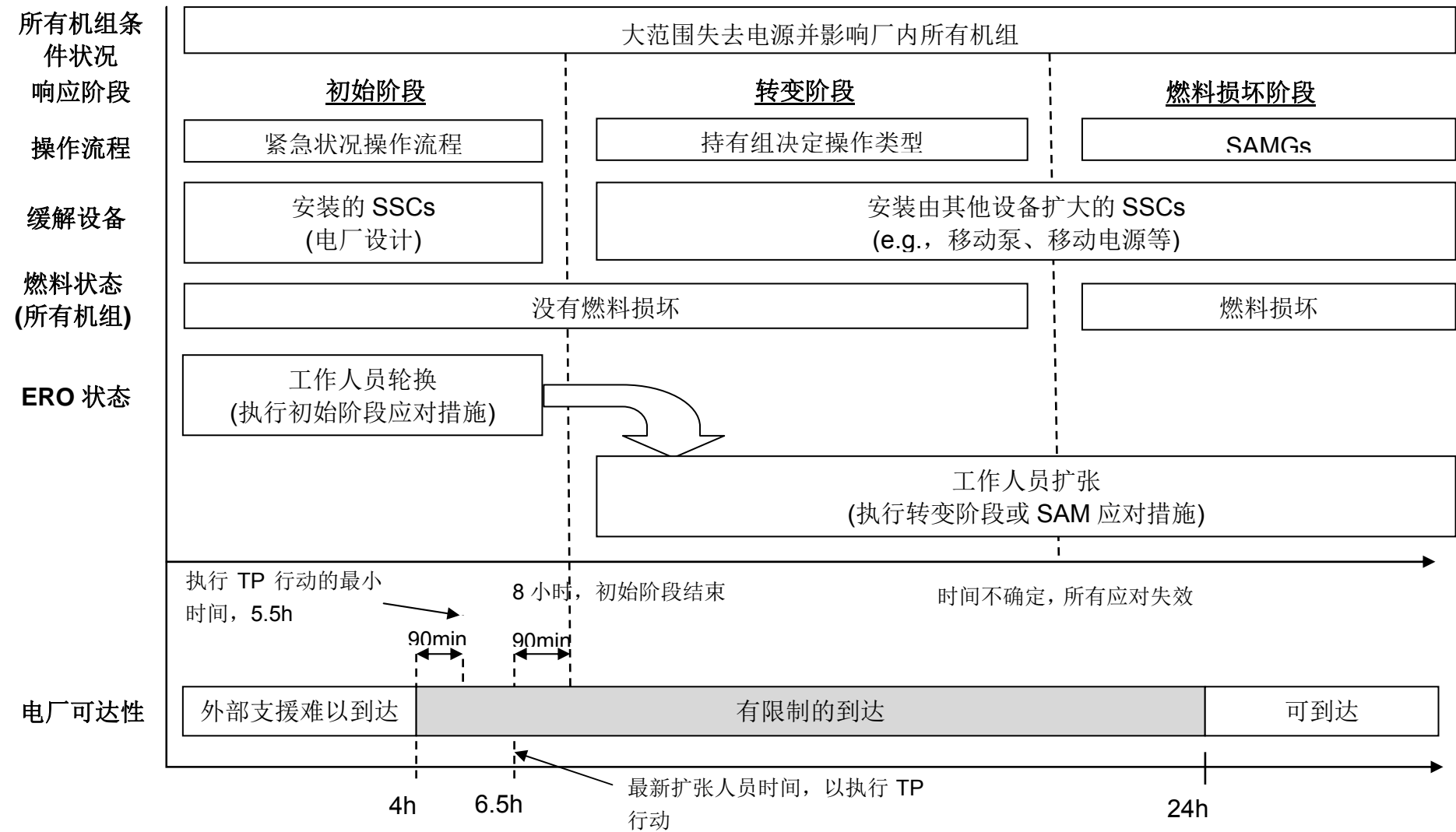
根据 NEI-12-01 报告和《改进行动通用技术要求（征求意见稿）》的要求，图 4-1 以全厂断电情况为例，给出了全厂断电情况下多机组应急响应行动简单框架，基本进程和时间假定如下：

(1) 自然灾害发生导致多机组应急响应状态确定后 4 小时内，由核电厂现有应急组织按照现有应急计划及执行程序开展应急响应工作。

(2) 多机组应急响应状态确定后 4 小时-8 小时内，针对多机组应急响应的第一批人员与设备、物资按要求依次到位。其中，要求在事故后 6 小时内完成临时注水措施的所有准备工作。

(3) 多机组应急响应状态确定后 8 小时-24 小时内，针对多机组应急响应的人员与设备、物资按要求依次全部到位。其中，要求对移动式柴油发电机组及时补充燃油。第一批场外应急支援人员与便携式应急设备与物资到位。

(4) 多机组应急响应状态确定 24 小时后，场外应急支援人员与应急设备与物资按要求到位，应急人员开始轮岗。



(注: ERO: 应急响应组织; SSCs: 核电厂构筑物、系统和设备; SAMGs: 严重事故管理指导)

图 4-1 全厂断电情况下响应行动简单框架

4.5 我国多堆应急响应改进要求

福岛核事故后，国家核安全局会同国家发展改革委、国家能源局和中国地震局共同组织实施了运行和在建核电厂开展综合安全检查检查工作，检查结果表明：我国核电厂具备一定的严重事故预防和缓解能力，安全风险处于受控状态，安全是有保障的。但为进一步提高我国核电厂的核安全水平，国家核安全局依据检查结果对各核电厂提出了改进要求，针对核事故应急，国家核安全局颁布了《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求》，对多堆厂址应急改进的要求是：

（1）考虑到我国多机组厂址机组数量的不同，核电厂目前可依据两台机组同时发生事故工况的情形，研究分析核电厂的应急响应能力，重点分析核电厂应急组织体系、人力、物力、技术措施等方面。

（2）在研究分析的基础上，制定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，实施应急准备工作，做好应急培训和演习，确保两台机组同时进入应急状态情形下核电厂能够有效实施相应行动。

各核电营运单位基于以上要求，并结合自身应急响应能力，重点从应急组织和工作人员、应急设施和设备、放射性评价和应急决策、应急培训与演习、应急通讯能力、场外支援等方面着手考虑，分别制定了多堆应急响应方案，但该方案绝大部分处于研究阶段，尚未落地实施，该项工作仍处于起步阶段。

4.6 我国多堆应急响应问题分析

通过对国内核电多堆应急响应措施情况进行调研及相关资料的研究分析发现，目前我国多堆响应工作在事故故障原则考虑、应急能力与需求分析、多堆响应措施标准建设等方面存在一定空白。主要原因是国家在核应急法规层面，尚未对核电厂多堆响应提出明确要求，福岛事故后国家核安全主管与监管部门提出的改进要求，尚未形成标准体系，如何规范性的指导或约束核电厂营运单位开展多堆响应工作，成了亟待解决的问题。

（1）开展多堆响应能力与需求分析

福岛核事故后，各核电营运单位根据《关于报送在建核电厂安全改进措施的函》和《福岛事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行版）》的要求，结合电厂自身厂址特征和实际情况，制定了一系列改进行动（PF 改进项），主要包括 11 项实体改进、12 项补充分析评估和 5 项长期研究，但各核电厂尚未基于 PF 改进行动开展多堆响应能力分析，配套的响应机制与措施不尽健全，多堆响应措施需求尚未开展全面的、有效的评价与分析。

（2）开展多堆响应措施的标准建设

尽管在福岛事故后，各核电厂分别开展了多堆响应措施研究，但国家尚未出

台规范性的指导文件，导致多堆响应措施建设标准不一，甚至存在多堆响应因素考虑不全等问题。

（3）完善落实应急救援与支援机制

根据福岛后相关改进要求，我国已初步建立国家（地方）、集团、相邻核电厂、技术支援单位等各个层面的外部救援与支援机制，对于应对多堆事故可起到一定的控制和缓解作用，但截至目前，外部支援机制（特别是国家、地方、相邻电厂与事故电厂之间的支援）尚未完全细化、落地和有效对接，基本不具备投入实战的条件。

因而看出，福岛核事故发生后，从管理和技术上都对以前的核事故应急工作提出新的挑战，综合总结相关调查报告和经验教训，与应急计划与准备密切相关的结论和教训，主要有以下几个方面：

- 福岛核事故表明，外部事件灾害的严重程度超出了以前人类的认知水平，应进一步考虑其对目前核电厂的影响，共性原因导致的故障应作为一厂多堆和多个电厂的重点考虑内容，要保证独立的机组恢复可以使用所有的厂内资源。
- 对于严重事故情况下可能丧失功能的应急设施设备，应为其考虑简单易用的功能替代。
- 核电厂要有抗震性高、适当屏蔽以及通风和装备精良的厂房，以容纳应急响应中心（与福岛第一核电站和第二核电站的性能类似），并能够抵御其他外部灾害，如洪水。需要充足的资源准备，必须为事故管理人员保证身体健康提供辐射防护。
- 应急响应中心应该有根据可靠的仪表和线路获得的特别重要的安全相关参数，如冷却剂液位、安全壳状态、压力等，并有充足可靠的通信线路与控制室和其他场内场外设施保持通信。
- 外部事件有可能影响多个电厂或同时影响一个电厂多台机组。这需要有充足大量的资源，包括经过培训的有经验人员、设备、物料补给和外部支持。应确保有充足的有经验人员团队，能够应对不同类型的机组，并可随时支持受影响的电厂。
- 日本有组织良好的应急准备和响应体系，这体现在福岛事故的处理过程中，但是复杂的结构和组织体系可能导致紧急决策的拖延。

通过分析以上福岛核事故经验和教训，表明在极端外部自然灾害的威胁下，同一厂址的多个机组有可能同时进入应急状态，也有可能由于同一厂址内的某一台机组的超设计基准事故和/或严重事故条件下造成其他机组也进入应急状态。

从影响核电厂应急准备和响应有效性的因素而言，应急组织和工作人员、应

急设施和设备、放射性评价、应急培训和演习、场外资源和应急通讯能力等六个方面准备的充分性将直接决定应急响应有效性。因此，制订多堆厂址两台或两台以上机组同时发生事故工况情形下的应急响应方案，实施应急准备工作，做好应急培训和演习，确保多机组同时进入应急状态情形下核电厂能够有效实施响应行动。

如果考虑同一核电厂内多台机组同时/顺序进入应急状态的条件下，在核电厂应急准备和响应方面面临的挑战主要表现为：

- a) 应急组织和工作人员：是否有数量足够的和有能力的应急响应人员？现有的应急值班制度、现有应急组织关键岗位应急响应人员的资格和能力要求是否可有效应对潜在的多机组应急响应？所配备的应急工作人员能否及时到达所有需要的位置？
- b) 应急设施和设备：是否有足够的应急抢修设备和物资？主要应急设施和设备可用性如何？应急设备如何及时运输至合适的位置并发挥作用，为此需要配备的相应人力资源和辅助设备。
- c) 放射性评价和应急决策：所配备的放射性评价软件是否可考虑多个源项的叠加（源项的获取）？
- d) 应急培训与演习：是否计划并开展了针对潜在的多机组应急响应的有针对性的技术和能力培训？应急指挥人员对多机组共因事故的培训，应急维修人员对于机械、电气、仪控等专业的应急通用技术培训，多机组应急时，应急技术支持人员岗位可能产生的不足。是否计划并开展了针对潜在的多机组应急响应的有针对性的演习？
- e) 应急通讯能力：应急通讯设施、通讯能力的保障和数据传输能力是否可应对潜在的多机组应急响应？
- f) 场外支援：现有的场外支援力量和资源是否可应对潜在的多机组应急响应？

4.7 我国多堆响应能力分析与改进建议

4.7.1 应急组织设置现状分析及改进建议

HAD002/01 要求核动力厂营运单位应建立应急响应组织，并明确：

- 应急指挥部的组成及各成员的职责、替代顺序；
- 工作范围覆盖通讯、应急运行、堆安全分析、环境监测、事故后果评价、应急维修与工程抢险、治安保卫、后勤保证、消防、医学救护等方面的应急行动组的组成及职责；
- 核动力厂应急指挥部与场外各应急组织的接口、联络人、相互支援与责

任分工等。

同时，对于多机组厂址的核动力厂，其应急指挥部的组成，应保证具有统一协调场内应急响应行动的能力。

GB/T17680.6 要求营运单位应建立能够完成应急响应基本职能和支持职能的应急组织并明确人员职责；明确应急人员替代顺序；应急组织机构中应包含运行控制、技术支持、辐射防护、行政后勤等各方面。对多堆厂址要求，不同堆型的核电厂在厂房应急时应各自组织应急响应，各核电厂可以有各自的应急指挥部和应急指挥，并在此基础上组成统一的核电基地应急指挥部；对于应急运行支持，行政后勤和环境监测及评价等方面共同的或可共用的部分可集中组建相应的应急响应组以充分利用应急响应资源，做到既要坚持统一指挥、大力协同，又要各业主履行核安全责任和应急准备任务。

4.7.1.1 核电厂典型的应急组织机构及职责

核电厂应急组织由应急指挥部及其领导下的运行控制组、技术支持组、运行支持组、辐射防护组、后勤保障组等构成，其典型组织机构见图 4-2 所示。

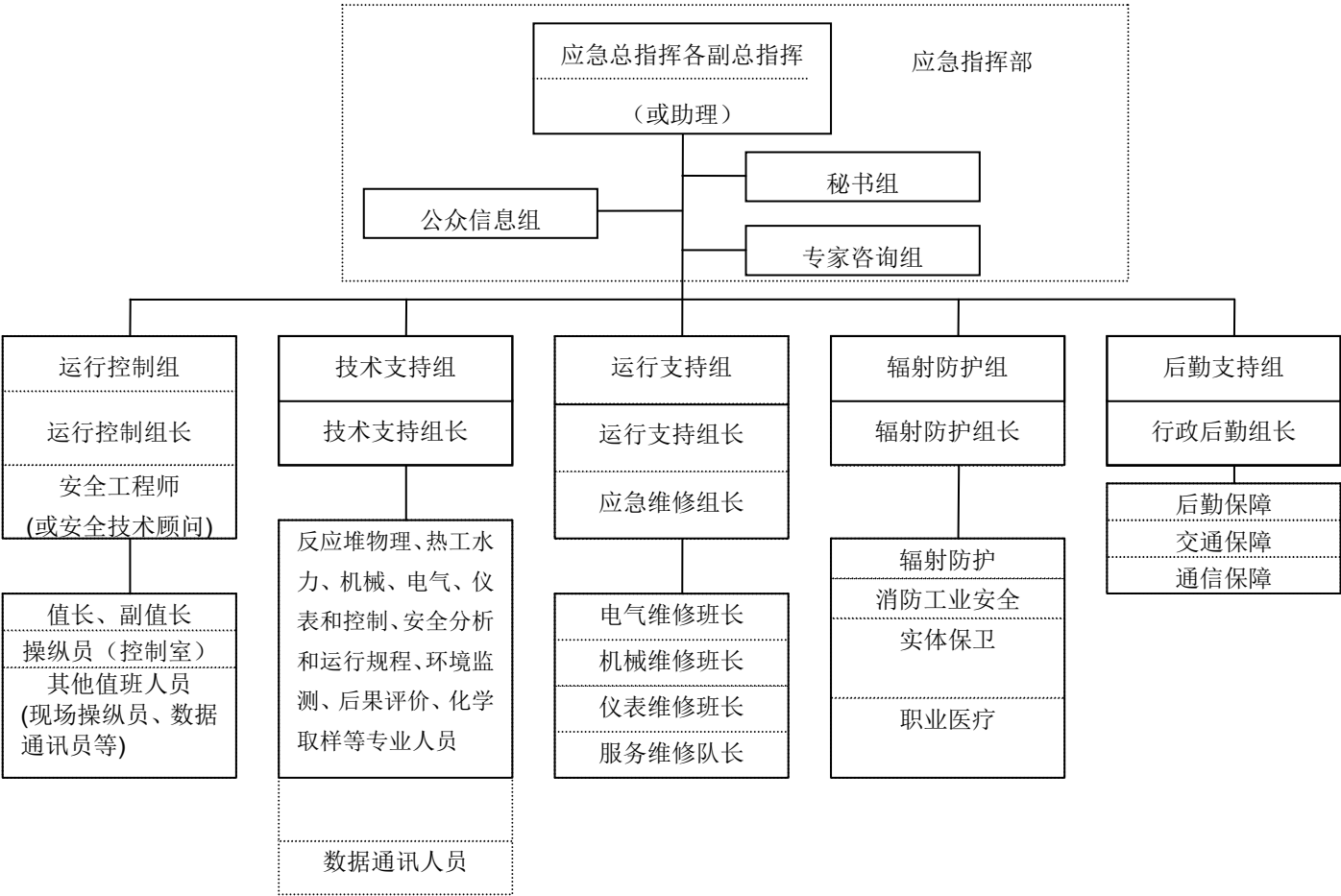


图 4-2 我国核电厂典型应急组织机构

4.7.1.2 能力评价及改进措施

（一）应急指挥部

目前,我国各核电厂应急指挥人员及指挥部其他人员配备符合我国现行法规导则要求,可满足单机组应急情况下核事故应急响应要求。针对多机组应急情况,在后续工作中,可在以下方面开展进一步的补充:

- 应急指挥人员的多机组知识培训。应急指挥员在熟悉国家核应急管理体系,核电厂核应急指挥员职责、应急计划及其实施程序的基础上,进一步掌握多机组应急状态下各机组应急实施程序的协调与指挥,了解各机组应急响应程序及有关协同事项,各机组在应急响应中的作用及接口关系。
- 考虑各机组指定相应指挥人员在技术层面负责本机组的应急响应,协助总指挥开展所负责机组内部运行、维修人员的指挥。
- 提高各机组之间协调联络人员责任,并强化人员值班,设立应急情况下联络人员。

（二）运行与维修相关响应组

应急情况下应配备足够的运行与维修相关人员,对两个机组共因故障造成严重事故发生时,同时运用场内的所有资源可以满足恢复单个机组的需要。这要求核电厂应有充足的资源储备,包括有经验的人员、设备、供应和外部支持。还应当确保有一个人员充足的、能够处理各种机组的、可以调动的经验人员库。

目前,各核电每台机组均配备有一套运行及相关人员,每台机组具备独立应对设计基准事故和部分严重事故的能力。国内核电厂自行应对日常维修与大修准备,相关的维修、仪控及物资保障部门人员编制较多,相关人力资源相对充裕,应对多机组响应的条件较为有利。

在后续工作中,拟通过培训和适当调配,使每机组各配一套相对稳定的运行和维修人员,同时完善应急待召机制,以保证短时间内可调集资源,在该机组应急指挥员指挥下,保障本机组的基本应急响应能力,在事故恶化而需要增强应急资源(人员、设备、物质等)时请求核电厂应急指挥部支援,在本机组稳定停堆后可支援其他机组应急响应。

（三）其他应急响应组

各核电厂为每台机组均配备消防二级干预队,每班运行值均有二级干预队,在当班运行值接班时由值长指定本班的二级干预队人员。二级干预队队员须经过二级干预队专项授权培训并考核通过获得授权。

各核电厂分别组建了专职消防队,并配备相应的个人防护装备和灭火救援器材装备。该配置可满足单台机组消防要求,针对多机组同时响应的情况,拟通过

提升训练与培训增强消防设施设备的可用性,合理有效调配,提升消防演习质量,增加外部消防支援,并适当增加消防设备和人员来实现。

现有保卫人员可满足多机组应急,后勤人员拟通过核电厂厂内人员调配解决。多机组情况下拟增加相应应急食品等物资。多机组情况下交通运输保障结合移动电源车等专题开展,多机组应急情况下可增加辐射防护人员。

(四) 应急值班制度应对多机组响应的有效性

各核电厂建立了应急授权与值班制度,该制度能有效保证人员到位,并保证一定的人员在场区内随时待召,可应对单个核事故应急响应,并在短时间内扩大应急人员数量。

每一班应急值班至少保持有可在第一时间内组成完整的应急响应组织的人数,应急响应期间应急人员不足时可从上一班或下一班值班人员中得到增援。可在很大程度上基本满足两台机组同时应对严重事故应急响应的前期工作。

对于严重事故进程恶化至堆芯熔化及中后期阶段(进入应急状态一天后),由于每台事故机组所需抢险人员需大量增加,并需面对工程抢险等繁重任务,可通过开展相应的值班强化和取得外部支援来解决。

(五) 典型情景下的应急人员与岗位安排

- 移动电源设备的使用:操作人员来自应急抢修组(抢修队),司机来自后勤保障组。
- 紧急状态下的最终余热排出与乏燃料池冷却:操作人员来自应急抢修组(抢修队),司机来自后勤保障组。
- 全厂址防内外部水淹:潜水泵及操作与负责人员来自应急抢修组(抢修队)与保卫消防组,负责防洪沙袋制作与封堵的人员来自电厂统一安排,主要为各应急组成员,可视情况临时召集非当班应急人员。

4.7.2 应急设施、设备及物资配备现状分析及改进建议

HAD002/01 要求核动力厂营运单位应急计划应考虑日常运行和应急相兼容的原则,对主要应急设施(主控制室,辅助控制室,技术支持中心,应急控制中心,运行支持中心,公众信息中心,通信系统,监测和评价设施,防护设施,应急撤离路线等)作出明确的规定和必要的说明。

4.7.2.1 应急指挥中心

应急指挥中心是应急指挥部在应急期间举行会议及进行指挥的场所。此中心满足下列要求:

- (1) 中心的位置在厂区内与核动力厂主控制室相分离的地方;
- (2) 保证应急期间的人员可以出入,应急指挥部能尽快地从工厂控制室转

移到中心；

(3) 在中心内可取得核动力厂重要参数和核动力厂内及其邻近地区放射性状况信息；

(4) 具有联络核动力厂主控制室、辅助控制室、厂内其他重要地点以及厂内外的应急组织可靠的通信手段；

(5) 有适当的措施，尽可能长时间地防护因严重事故而引起的危害，其可居留性要求与主控制室相同。

4.7.2.2 技术支持中心

技术支持中心执行的主要功能是对主控制室的工作人员提供技术支持以缓解事故后果，是获取电站参数、信息和制定严重事故对策的工作场所，也可以作为与主控制室操作不直接相关的应急工作人员的会议地点。

技术支持中心与核动力厂主控制室分开设置，但其位置应考虑保障技术支持中心与主控制室人员的安全往来；严重事故情况下，采取防护措施以确保其正常的工作。技术支持中心的可居留性要求与主控制室相同，包括要求应设计成能抵御设计基准外部事件，如设计基准地震、强风和洪水等。技术支持中心设置常用电源和备用电源。

4.7.2.3 运行支持中心

运行支持中心是在应急响应期间供执行设备检修、系统或设备损坏探查、堆芯损伤取样分析和其他执行纠正行动任务的人员以及有关人员集合与等待指派具体任务的场所。

运行支持中心与主控制室、核动力厂内的响应队伍及场外的响应人员（如消防队）有安全/可靠的通信设备；有足够的空间用于响应队伍的集合、装备和安排工作。

运行支持中心与核动力厂主控制室、技术支持中心分开设置。设置位置在核动力厂保护区内，或在能够快速进入保护区的其他合适位置。具体位置的选择考虑了应急期间该中心的可居留性要求。确定专门用于运行支持中心的可居留性准则。当事故的实际影响使该中心不满足所要求的准则时，该中心的功能应转移到其他场所。

4.7.2.4 监测和评价设施

我国核电厂监测和评价设施具备以下功能：

- (1) 监测、诊断和预测核动力厂事故状态；
- (2) 监测核动力厂运行状态和事故状态下的气载或液载放射性释放；

(3) 监测事故状态下核动力厂厂房内有关场所、场区及其附近的辐射水平和放射性污染水平；

(4) 按有关规定，监测场址地区气象参数和其他自然现象（如地震）；

(5) 预测和估算事故的场外辐射后果。

提供的设施包括监测适当范围内有关参数的仪器设备，以便在可能的范围内可靠地调查分析事故的演变过程并进行合适的辐射防护评价。选用的仪表设备，尤其是辐射防护评价设备，即使在最严重的辐射条件下和恶劣环境条件下都应保持其充分的可运行性、灵敏度和精确度。各核电厂在应急计划中，列出用于应急测量以及连续评价应急状态的那些监测系统。

4.7.2.5 福岛后（PF）改进项新增设备

福岛核事故后，根据《福岛事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行版）》的要求，各核电结合自身厂址特征和实际情况，制定了一期工程 PF 改进行动，包括实体改进、补充分析评估和长期研究。其中针对实体改进，移动应急设备一般增设如下：

(1) 高压（或中压）移动柴油发电机 1 台；

(2) 低压移动柴油发电机 2 台；

(3) 车载柴油机移动泵 2 台；

(4) 增加固定式和移动式环境监测设备。

上述移动电源、移动泵用于核电事故机组，满足各个机组的负荷容量需求。

4.7.2.6 能力评价及改进措施

我国核电厂现有的应急设施和设备结合了核电厂机组特征和环境特征设置，满足现有法律法规和标准的要求，其主要应急设施的可居留性和设备的有效性等方面以单台机组应急状态为基础，结合福岛核事故的经验 and 现有实际情况，除开展国家核安全局要求的各项 PF 改进型工作外，在日常应急准备中，建议采取如下措施：

(1) 统一并优化基地内业主公司与各承包商的应急资源，建立应急共享机制，对基地应急组织及资源进行统一规划、管理，形成统一的应急指挥体系，并编制应急设施管理相关程序，建立设施设备的定期巡检制度与独立抽查制度。

(2) 加强各基地间移动电源和临时泵支援机制建设。丧失全部交流电源时，为确保电源供给和蒸汽发生器以及乏燃料池的供水，将结合 PF 改进项，采用移动发电机车和临时泵等进行作业。

(3) 针对多机组应急，根据应急人员增加情况适当增配能够承受高放射剂量的防护服和多套其他防护服、防护面具；根据应急人员增加情况适当增配个人

剂量计及其他辐射防护用品。

(4) 应急照明设备。丧失全部交流电源时可以由蓄电池确保一定时间的紧急用照明，在电厂内配备手电筒。

(5) 对严重事故中后期大量抢修设备、物资进入情况，结合应急支援方案，优化支援和被支援的资源梳理和接口。

(6) 结合厂址特点，在资源方面与地方应急组织密切配合，开展冬季应急响应的准备，包括大型除雪设备、专用救援设施等。

4.7.3 事故后果评价与应急决策系统及改进建议

《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01-2010)要求，核动力厂监测和评价设施应具备以下功能：

- (1) 监测、诊断和预测核动力厂事故状态；
- (2) 监测核动力厂运行状态和事故状态下的气载或液载放射性释放；
- (3) 监测事故状态下核动力厂厂房内有关场所、场区及其附近的辐射水平和放射性污染水平；
- (4) 按有关规定，监测厂址地区气象参数和其他自然现象（如地震）；
- (5) 预测和估算事故的场外辐射后果。

通过调研分析，各核电厂均已配备相关事故后果评价与辅助决策支持系统，且相关系统可满足单台机组事故状态诊断与后果评价要求，部分电厂已开发可应对多机组的支持系统，但也有部分电厂尚未完成开发或改进；考虑到多机组应急情况下可能存在的不同放射性释放点，以及源项来源的不同，在后续工作中，各核电厂可开展对该系统的升级与扩展，实现在多机组事故导致的放射性释放条件下的后果评价能力。

4.7.4 应急通讯系统及改进建议

《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01-2010)中对应急通信与常规通信相互兼容的原则，要求通信手段多重性、多样性和冗余性。

4.7.4.1 应急通信系统基本组成

各核电厂应急通信系统根据核安全导则《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAD002/01-2010)中对应急通信与常规通信相互兼容的原则，以及通信手段多重性、多样性和冗余性的要求进行设置。该系统主要由声警报系统、电力调度电话系统、计算机网络、内部对讲电话系统、有线广播系统、安全电话系统、行政电话系统和无线通信系统组成。

电厂还配有卫星电话等冗余通讯手段，确保在其他通信设施全部失效时能够

与外界保持通信联络。

4.7.4.2 能力评价及改进措施

核电厂现有应急通讯系统能满足我国相关法规、导则的要求，按现有方案可满足单台机组事故应急要求。针对多堆机组应急通讯具体的扩展措施包括以下内容：

（1）通信手段的配备：作为电厂内的通信手段，配备内部无线通信设备，各设备带有的蓄电池，当长时间丧失交流电源并发生由海啸引发的浸水时，靠配备的移动发电机车确保通信用电。

（2）配备厂房外使用的对讲机以及海事电话，厂房内使用的有线临时电话（干电池驱动）。研究增设对讲机、专用无线电通讯，短信发送等其他应急通讯方式。

4.7.5 应急培训与演练制度及改进建议

4.7.5.1 应急培训与演练体系

各核电厂按国家法规和导则已建立了较完善的核电厂应急培训和演习制度，并开展和即将开展相应的应急培训和演习。

目前，根据各核电厂场内应急计划中对培训和应急演习的要求，结合计划开展的装料前应急演习所需要具备的能力，从体系、资源、方式方法上已基本完善。

演习演练频度典型数据如表 4-10 所示：

表 4-10 演习或演练频度

演习或演练类型	频度
通信试验	每季度 1 次
应急组织的启动与通知	每半年 1 次
场内人员集合清点和撤离	每年 1 次
场内辐射监测	每半年 1 次
场外辐射监测	每半年 1 次
医疗救护	每半年 1 次
事故后果评价	每半年 1 次
场外防护行动建议	每年 1 次
应急抢修	每年 1~2 次
消防演习	三级消防演习每季度 1 次 四级消防演习每 3 年 1 次
气象数据传输与获取	每半年 1 次

SAMG 专项演习	每 2 年 1 次
场内综合演习	每 1~2 年 1 次
场内外联合演习	每 5 年 1 次
各类突发事件应急演习	每 1~2 年 1 次

4.7.5.2 能力评价及改进措施

各核电厂现有核事故应急培训、练习与演习体系满足我国相关法规、导则的要求，按现有方案可满足单台机组事故应急要求。

根据福岛事故的经验反馈，应急培训、练习和演习对事故响应的有效性有较大提高，应针对严重自然灾害设计针对性应急培训、练习和演习，考虑针对地震、海啸及丧失场外电源的叠加等极恶劣情况进行有效的培训、练习和演习，提高多机组事故发生时应急抢修抢险能力，以有效阻止事故发展。

在后续的工作中，为应对潜在的多机组事故应急状况，各核电厂在应急培训、练习和演习具体的扩展措施包括以下方面：

- （1）开展对应急指挥人员的培训，对多机组情况下各个机组的联络、指挥、协调开展培训。
- （2）完善应急人员培训方案，增加多机组响应内容。
- （3）考虑对应急抢险抢修人员开设多机组应急和严重事故应急抢修培训方案，对机械、电气、仪控、保障等专业开展应急维修通用培训。
- （4）员工培训中新增多机组响应内容。
- （5）新增短期工程抢险救援人员培训。
- （6）研究开展两台机组同时进入应急状态并逐步升级至严重事故的应急响应演习。

4.7.6 应急支援体系及改进建议

根据《核事故应急管理条例》，应急响应期间核电厂应急指挥部可通过国家核事故应急指挥部及省核事故应急指挥部请求中国人民解放军提供交通运输、治安保卫、医疗急救、洗消去污和通信保障等方面的支援。中国人民解放军将根据国家《核电厂核事故应急管理条例》之第八条参与核事故应急响应的支援行动。

福岛核事故后，国家核安全局 2012 年召开了核电集团核事故应急支援工作研讨会，初步要求：

- 根据福岛核事故经验反馈和报告与规划中相关要求，集团层面应进一步建立健全核事故应急支援体系，编制《核电集团公司核事故应急支援方

案》，并将此作为所辖核电厂开展核事故应急准备与响应工作的重要补充也是十分必要和迫切的。

- 在研究筹备核事故应急救援与处置支援力量时，应依照常备不懈、积极兼容、平战结合的工作原则，按照深入指导、大力协调、有效支援的工作定位，切实做好对所辖核电厂营运单位的核事故应急准备与响应的支援工作。
- 方案原则上应包括下述主要内容：集团所辖核电厂情况；集团应急组织机构和职责；集团应急设施与资源；应急响应能力的保持；应急响应行动；信息公开、公众宣传与舆情应对等。

4.7.6.1 应急支援机制

（1）国家支援

2014 年 8 月，国家核应急办以红沿河核电厂为试点单位，组织开展核设施重大核事故应急救援方案编制工作，对现行应急预案体系进行补充和完善。救援方案包括国家级核应急救援力量参加核事故应急救援行动总体方案，针对具体核设施场内、场外应急协同方案，以及各级核应急力量应急救援方案。

（2）集团支援

以中国广核集团公司为例，根据《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及 2020 年远景目标》、《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》、《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）》的相关要求，目前已完成集团层面应急响应与支援力量的建设，应急组织由应急指挥部、技术支持组、信息组、行政后勤保障组、应急抢修及物资备件支援组、应急支援总队和应急支援分队组成，可为事故电厂提供协调指挥、技术支持、公众信息、后勤支持、物资备件支持以及人员和移动设备等多方面支援。

（3）相邻电厂支援

各核电厂陆续与相邻核电厂签订了核电厂核事故应急场内支援合作协议等类似支援协议（包括福清&宁德、广西防城港&海南昌江、辽宁红沿河&山东海阳等），对核事故应急状态下在技术、人员、物资等多个方面的相互支援予以约定，以期建立相邻电厂相互支援机制。这些支援协议的签订标志着相应核电厂的应急保障和场外支援能力得到进一步提升。

（4）技术单位支援

按照《福岛核事故后核电厂改进行动通用技术要求（试行）》的要求，各核电厂不断完善防灾预案和相关管理程序，提高外部灾害发生时的预警和应对能力，陆续与气象监测部门、地震监测部门、海洋监测部门立了自然灾害预警及灾害信

息共享机制；与场外消防、医疗等单位共建支持协议，建立长期技术交流合作互助支援关系，不断提高各核电厂各项救援能力。

4.7.6.2 能力评价及改进措施

目前，各核电厂场外应急支援体系较为完整，文件体系完整，符合核安全法规及相关文件的要求，能及时有效处置各类应急事件。为进一步完善应对潜在多机组核事故应急准备和响应工作，在后续工作中可采取以下措施：

- a) 参与集团应急支援方案的制定并积极配合开展所需的工作；
- b) 细化与邻近核电厂的应急支援合作的实施细则；
- c) 针对如何请求外部力量支援、这些力量能提供哪些援助、有什么能力特点、如何与本级力量协同行动、如何建立指挥关系、如何实施保障等，进一步完善支援机制建设。
- d) 考虑分别建立针对各核电厂自身的应急协同方案，梳理、优化在本核电厂发生事故情况下国家、地方等各级响应力量可为电厂提供的支持；应急协同方案的主要内容可从七个方面予以考虑，包括总则、情况判断、应急力量及任务区分、指挥与协同、应急救援程序、有关保障及相关附件。

4.8 多堆应急准备和响应初步方案

结合目前我国核电厂上述描述和分析可以初步看出，各核电厂基于我国现行核安全法律、法规和标准要求所开展的场内应急计划编制、应急组织组建、应急设施和设备配备、应急后果评价系统、培训和演习、场外联系及支援等方面的工作是有效的。

作为福岛核事故的重要经验教训之一，核电厂在极端外部自然灾害情况下可能造成同一厂址内多个反应堆机组同时进入应急状态，世界范围内 IAEA、美国、日本、韩国等多个组织和国家也提出并逐步开展了多机组应急响应的工作研究，主要通过应急组织和人员、应急设施和设备、应急后果评价、应急通讯、应急能力维持、应急支援等方面进行分析，我国核安全局也要求在建核电厂开展相应的研究工作，提出多机组应急响应方案，并评估应急指挥能力及应急抢险人员和物资的配备、协调方案，以应对潜在的多机组应急状态。

通过对国外相关研究和要求的调研与分析，结合各核电厂目前的应急准备现状，本章给出了各核电厂多机组应急准备和响应的初步措施。

4.8.1 多堆应急准备初步方案

核电厂多堆应急响应总体进程和时间假设如下：

(1) 多堆应急响应状态确定后 4 小时内, 由核电厂现有应急组织按照现有应急计划及执行程序开展应急响应工作。

(2) 多堆应急响应状态确定后 4 小时-8 小时内, 针对多机组应急响应的第一批人员与设备、物资按要求依次到位。

(3) 多堆应急响应状态确定后 8 小时-24 小时内, 针对多机组应急响应的人员与设备、物资按要求依次全部到位。其中, 要求对移动式柴油发电机组及时补充燃油。第一批场外应急支援人员与便携式应急设备与物资到位。

(4) 多堆应急响应状态确定 24 小时后, 场外应急支援人员与应急设备与物资按要求到位, 应急人员开始轮岗。

多堆应急响应的方案以所开展的应急准备工作为基础, 下面通过核应急组织和人员、应急设备和物资、放射性后果评价与应急决策、应急培训、应急演习、应急通讯和场外支援等六个方面对多机组应急的要求所需的应急准备工作扩展措施的分析, 以为后续制定多机组应急响应实施程序、有针对性的培训和演习等专项工作提供技术基础。

4.8.1.1 应急组织和应急人员

应对潜在的多机组应急状况, 从应急组织配备和应急人员方面的扩展包括可能的人员数量增加和人员响应能力的加强:

(1) 每台机组指定一名应急指挥员和联络员。

(2) 增加一个技术支持组副组长和相应的技术支持人员, 技术支持组副组长负责协助组长负责增加的该技术组支持组的响应。因技术支持组最重要的职责之一是对事故机组提供技术支持, 如果多机组发生事故, 只有一个技术支持组是不够的, 可能无法有效的为多堆的响应行动提供技术支持。

(3) 由于应急抢修组组长及助理并非按单机组设置, 对于多机组事故, 一般无需增加, 但考虑到只有一个组长, 可能无法有效协调多堆的抢修活动, 另外, 具体的抢修人员可能不足, 故增加一名应急抢修组副组长, 并根据应急期间事故机组抢修需要增调相应抢修人员, 除此之外, 每台机组配备相对固定的维修人员, 值班人员应具备机械、电气、仪控和保障等专业人员; 由于需要运送应对严重事故的设备和物资, 还需增加相应的运送人员。

(4) 对维修开展严重事故应急培训, 承担应急维修值班的维修人员需掌握机械、电气、仪控和严重事故情况下应对等方面的通用抢修培训。

(5) 增加 24 小时后可增援的应急人员数量, 拟通过正在开展的集团对核电厂核事故应急支援方案研究进行细化和实施。

(6) 提升与场外应急消防组织的协作, 充分利用部队对核电厂应急工作的

支援力度。

(7) 进一步提升应急指挥人员应对多机组事故的指挥决策能力，在后续工作中逐步加强培训和演习。

4.8.1.2 应急设备和物资

各核电厂应急准备中所配备的设施、设备和物质可有效应对现有的应急响应要求，针对两台机组同时进入应急响应状态，在设施和物质方面的潜在影响和初步的准备方案包括：

(1) 潜在的全厂断电事故，需要对多堆同时提供外部电源/移动电源，以及可能的补水措施。因此，电厂将根据要求配备相应数量的移动电源和临时泵，在短期内应对应急情况；更长期的资源可依托集团公司、场外应急组织和军队的外部支援。

(2) 在基地内部，协调业主公司和各承包商的应急资源，建立应急共享机制，对基地应急组织及资源进行统一规划、管理，形成统一的应急指挥体系，并编制应急设施管理相关程序，建立设施设备的定期巡检制度与独立抽查制度。

(3) 针对多堆应急，根据应急人员增加情况增配能够承受高放射剂量的防护服和多套其他类型防护服、防护面具；根据应急人员增加情况增配个人剂量计及其他辐射防护用品。

(4) 丧失全部交流电源时可以由蓄电池确保一定时间的紧急用照明，在电厂内配备手电筒。

(5) 北方核电厂（如红沿河），针对厂址可能出现的大雪和低温天气条件，除电厂本身配备必要的除雪设施外，更多可依靠当地常规应急组织的专业设备和设施。

4.8.1.3 放射性后果评价与应急决策

各核电厂现有的放射性后果评价与应急决策支持系统的功能基本满足目前应急响应的要求，针对多堆应急响应特点和福岛核事故的经验和教训，在后续工作中将进一步优化多机组堆芯状态诊断、源项估算、后果评价等功能，并开展液态放射性物质释放的后果评价研究。

4.8.1.4 应急通讯

各核电厂根据要求配备了较为完整和有效的应急通讯设施，包括场内电话系统、有线/无线通讯网络，海事卫星电话等，在极端工况下，通讯设施还配备了备用蓄电池，以及移动发电机等，保障通讯能力，进一步的优化可在国内外要求的进一步明确和技术的进一步发展中逐步考虑并设置。

4.8.1.5 应急培训和演习

各核电厂已制定了较为完善的应急培训和演习程序，并逐步在开展和落实，针对多机组应急响应要求，在后续的修订和实施中将关注以下方面：

- （1）进一步加强应急指挥人员应对多机组应急响应能力的培训，包括各个机组的联络、协调和指挥能力，同时有针对性地进行专项演练。
- （2）在应急人员培训和演习方案中，有针对性的增加多机组应急响应内容。
- （3）对应急抢险抢修人员开设多机组应急和严重事故应急抢修培训方案，对机械、电气、仪控、保障等专业开展应急维修通用培训。
- （4）增加可能的短期工程抢险救援人员的专项培训。
- （5）研究开展两台机组同时进入应急状态并逐步升级的应急响应演习。

4.8.1.6 场外支援

各核电厂在应对核事故应急情况下，早期将依靠电厂本身所配备的较为完善的应急组织、人员、设施设备等，以缓解事故并将降低对环境的影响，但在某些极端恶劣工况下，得到场外的应急支援将十分必要，考虑到辽宁红沿河核电厂现有的条件，在场外支援方面潜在的力量主要包括：

- （1）参与集团应急支援方案的制定并积极配合开展所需的工作；
- （2）细化与邻近核电厂的应急支援合作的实施细则；
- （3）针对如何请求外部力量支援、这些力量能提供哪些援助、有什么能力特点、如何与本级力量协同行动、如何建立指挥关系、如何实施保障等，进一步完善支援机制建设。
- （4）推进协同方案（一厂一案）编制，应急协同方案的主要内容可从七个方面予以考虑，包括总则、情况判断、应急力量及任务区分、指挥与协同、应急救援程序、有关保障及相关附件。

4.8.2 多堆应急响应初步方案

4.8.2.1 多堆应急状态的启用条件

各核电厂应补充完善应急状态判断程序及应急行动水平（EAL），明确多堆应急状态下的启用条件。

4.8.2.2 多堆应急响应原则

核电基地发生多机组核事故应急情况下，应急响应原则是：

- 依靠基本应急响应组织进行初始应急响应行动（即时启动）；
- 依靠增强应急响应组织进行两台机组同时发生事故情况下的应急响应行动（第一增援启动）；

- 依靠扩大应急响应组织进行更多机组同时发生事故情况或者 2 台机组大损毁状态下的应急响应行动（第二增援启动）。

基本应急响应组织、增强应急响应组织和扩大应急响应组织的组成以及启动流程如图 4-3 所示：

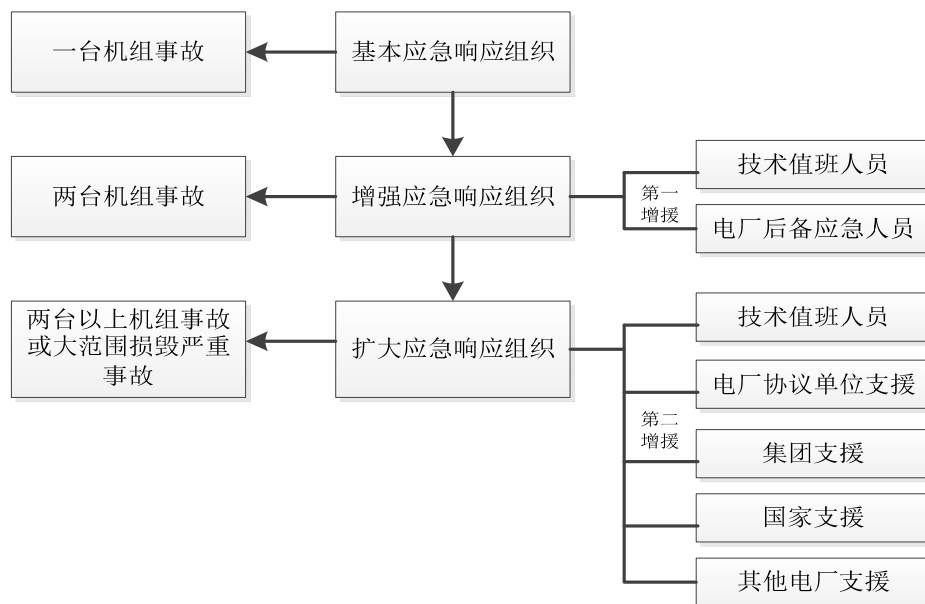


图 4-3 基本应急响应组织、增强应急响应组织和扩大应急响应组织的组成以及启动流程

基本应急响应组织：核电场内应急计划所确定的应急响应组织即为基本应急响应组织，其人员配置是根据核电基地一台机组发生严重事故为假想情景设立的。该组织 24 小时现场值班。

增强应急响应组织：是将核电基地技术值班的部分专业人员及时补充到应急响应组织，并同时增招部分应急后备人员，从而使应急响应组织得到加强。增强后的应急响应组织可以应对两台机组同时发生严重事故情况下的应急响应行动。

扩大应急响应组织：是基本应急响应组织的应急指挥部根据事故应急的需要请求集团提供应急支援以及场外协议单位（包括驻基地承包商）提供支援。外部支援的人员将统一在应急指挥部的指挥下开展应急响应行动。集团应急支援来源于集团应急支援队和集团所属其他核电厂。

4.8.2.3 电厂初始应急响应

核电厂发生事件或事故情况下，ON-CALL 电厂应急指挥根据事件或事故所对应的应急行动水平（EAL，详见各电厂场内应急计划第四章）判断并决定是否进入应急待命或厂房应急状态，或建议进入场区应急状态。当确定进入应急状态时，通知事故电厂运行控制组发布应急警报信号，启动应急响应组织。

应急值班人员（基本应急响应组织）接到应急启动信号后，应在规定的时间

内到岗，并建立起与直接领导者之间的联系。

场内应急响应组织进入应急状态后，首先进行初始响应行动，以稳定机组和消除事故后果，主要内容是：

- 按有关程序处理事故并对事故的性质和后果进行预测；
- 按规定向上级主管部门、核安全当局和场外应急组织提供核电厂事故状态的信息和数据；
- 根据需要增加参与应急行动的人力和物力；
- 适时派出环境监测队进行环境监测；
- 采取必要的防护行动，包括撤离受影响区域内的工作人员；
- 及时与场外应急组织协调有关的行动，包括消防、急救、撤离人员的安置等；
- 及时向场外应急组织提出场外防护行动建议，随时提供进一步情况报告，协调场内外的统一行动。

与此同时，应急指挥部根据发生事故或预测可能会发生不测的机组数量，决定是否启动技术值班人员和后备应急人员进场增援（两台机组），或者进一步请求集团提供支援（更多机组或发生事故的机组产生重大损毁）。

当发生两台机组发生严重事故时，则需要增强应急响应组织。

4.8.2.4 增强应急响应组织

增强应急响应组织的人员来自于 2 个方面：一是在现场的技术值班人员，二是不在值班状态的后备应急人员。当应急指挥部决定启动多机组应急响应，要求增强应急响应组织后：

- 应急指挥部发出广播和无线寻呼信息，通信人员发出手机短信，在现场值班的技术值班人员立即启动到相应的应急组，参加应急响应活动；
- 通信人员利用各类通信手段联络到部分后备应急人员。确定增援人员的原则是：按照预先确定的人员次序进行联络（该联络表放置在应急中心 EM 楼），并根据该人员的位置决定离现场最近的人员增援到岗，其他人员在指定地点待命以便轮换。由于该部分人员的应急性质属于对现场技术分析人员的补充以及辅助性应急工作人员（如秘书等），因此在接到增援指令后，允许在尽可能短的时间内到岗。

在应急响应行动中，应急指挥部将根据情况命令安排人员轮换：倒班人员将由同岗位的接班人员替换；其他人员亦由同岗位的人员替换。在与替换人员办理完工作交接之前，在原应急响应岗位的人员不得离岗。之后的人员轮换，依此类推。

4.8.2.5 扩大应急响应组织

在事故发展造成更大的破坏，或者更多的机组发生事故或严重事故，增强应急响应组织现有的人力和物资难以应对的情况下，应急指挥部将请求集团提供人员与物资等多方面的应急支援，并根据协议要求驻基地的承包商提供必要应急设备和特种人员的支援。外部支援的人员将在核电应急指挥部的统一指挥下开展应急响应行动（即形成扩大的应急响应组织）。

应急指挥部启动扩大应急响应组织，提出需要增援的项目和内容后，可获得以下支援：

- 集团应急支援：集团应急指挥部协调提供包括技术支持、维修队伍、辐射防护、运行、环境监测等多专业支援和物资提供；以及其他核电集团的专业支援；
- 驻核电基地的应急协议承包商提供特种设备支援；
- 与核电签有应急支持协议的单位提供的特种支持；
- 国家和核设施所在地政府按场外应急计划提供的支持。

各支援力量向事故核电厂提供的应急人员和设备物资资源将首先在外部增援人员集结点汇集，后根据指挥部的指示加入到相应的应急组。

4.8.2.6 增援人员的交通运输安排

增援人员在接到增援要求时，应立即启程赶往核电基地。后勤保障组将在第一时间（增援要求发出后）安排一次运输行动，将增援人员运往核电基地。

运输路线应事先规划，当交通线路因各类突发事件而无法正常运转时，电站应急指挥部将通过省应急组织采取各类运输方法，如空中、海上以及步行等形式进行增援人员的运输工作。

4.8.2.7 事故处置与缓解

➤ 停堆

在技术支持组人员（如作为核安全助理的值班安工）和其他相关人员的支持下，运行人员应尽一切可能首先将反应堆置于停堆状态。

➤ 堆芯诊断与后果评价（如果时间允许）

如果时间允许且有可用的人员，应进行初始的损坏评价，以便帮助到达或将要到达的应急响应人员做出决策和开发专门的事故处置措施。该评价应包括以下设施或设备状态：（1）反应堆、（2）非能动堆芯冷却系统（PXS）、（3）非能动安全壳冷却系统（PCS）、（4）安全壳氢气控制系统（VLS）、（5）安全壳系统（CNS）、（6）主控室应急可居留性（VES）、（7）支持系统（电力、冷却水、压缩空气等）、（8）关键的厂房或构筑物（屏蔽厂房、附属厂房、辅助厂房、应急指挥中

心等)。

➤ 处置优先顺序

应基于当时现场的实际情况,尽可能采取综合的措施处置事故,处置的优先顺序如下:(1)反应堆冷却、(2)安全壳完整、(3)安全壳放射性释放的去除、(4)灭火(如果现场出现大面积火灾或爆炸,且灭火不影响反应堆冷却或安全壳完整性)。

4.9 小结

本小节总结了福岛多堆事故的应急响应经验教训,充分调研国际和国内关于多堆响应的建议和措施,对核电厂多堆应急状态进行了定性研究,并对我国核电厂的核应急响应能力进行了分析和评价;在上述工作的基础上,提出国内核电厂多堆应急准备与应急响应的初步方案建议,重点概括为以下几点:

(1) 优化场内应急响应力量配置:

根据电厂机组数量合理增配应急组织中运行、维修、辐射防护等多机组响应所需的重点岗位人员数量,增强应急组织响应能力;

- a) 优化应急组织中岗位职责设置,完善应急人员轮换增援方案。各机组指定指挥人员在技术层面负责本机组应急响应,协同应急总指挥开展机组内各项响应行动,合理分配响应协调和指挥权限;当本机组状态稳定时,响应人员可支援其他机组应急响应;
- b) 梳理、强化个人监测与防护用品、卫星电话等辅助通信手段、应急食品、照明等各类应急设备物资的保障;
- c) 加强应急人员多机组培训和演习。强化应急人员多机组相关培训,掌握多机组应急响应知识与应急状态下响应、协调、指挥和支援等行动要点;组织开展针对多机组事故、严重自然灾害(如地震、台风、暴风雪等)、应急人员轮换增援、外部支援等多机组相关演习演练。

(2) 细化落实外部应急支援:

- a) 细化国家和地方应急组织以及部队和相关专业救援力量的应急支援、协同方案和实施细则,可考虑分别建立针对各核电厂自身的应急协同方案,梳理、优化在本核电厂发生事故情况下国家、地方等各级响应力量可为电厂提供的支持;
- b) 依托集团公司、临近电厂等应急支持和支援力量,不断完善相关支援对接方案,并通过演习演练等形式予以检验;
- c) 建立集团公司应急资源信息共享机制和平台,统一规划、协调各项应急设备、物资的使用,必要时协调为事故核电厂提供充分支援。

第五章 新堆型核事故应急要求

5.1 背景

我国在建核电机组大量采用新堆型新技术，新堆型建设正在如火如荼地开展，包括 CAP1400、华龙一号、高温气冷堆、小型堆等。压水堆重大专项 CAP1400 示范工程核电站，是我国三代核电技术自主创新的标志，同时也是三代核电技术创新发展不可或缺的试验验证平台。作为中国核电“走出去”的主打品牌，华龙一号安全指标和技术性能达到了国际三代核电技术的先进水平，具有完整自主知识产权。高温气冷堆具有良好的固有安全性，在事故下不会对公众造成损害，在经济上能够和其它发电方式竞争，并具有建设期短等优点，是有希望成为第四代先进核能系统的技术之一。小型反应堆凭借着初始投资小、建造周期短、可以有效解决中小电网输电问题的优势得到了世界各国的关注，国际原子能机构明确表示，将鼓励发展和利用安全可靠、经济上可行、核不扩散的中小型反应堆。

新堆型的设计已经在事故缓解和事故预防方面增加了许多新的安全特性，发生严重事故的概率也大大减小。然而核事故应急响应和准备仍然是减小核电站可能危害的最后和必要的屏障。

5.2 新堆型大型反应堆

5.2.1 应急计划区划分的一般方法与准则

5.2.1.1 应急计划区的概念

应急计划区是指为在核电厂发生事故能及时有效地采取保护公众的防护行动，事先在核电厂周围建立的、制定了应急计划并做好应急准备的区域。应急计划区一般包括烟羽应急计划区和食入应急计划区。我国的烟羽应急计划区又分为内、外两区，在内区应做好采取应急撤离等紧急防护措施的准备。

5.2.1.2 应急计划区划分的一般方法

应急计划区划分的一般方法是：确定应考虑的事故类型及源项，并根据厂址气象条件计算场外公众的个人剂量，然后与干预水平相对比确定应急计划区的大小。应急计划区的划分方法通常分为确定论方法和概率论方法。

1978 年，美国核管会（NRC）发表了《国家和地方政府用于制定轻水反应堆辐射应急响应计划的基础》（NUREG-0396）报告，其中研究讨论了应急计划区划分的基础、原理和方法，形成了应急计划区划分的准则，并确定了美国应急计划区的大小。报告在应急计划区划分的研究中，同时考虑了设计基准事故和严重事故谱。对于设计基准事故中的 DBA-LOCA 采用确定论评价方法，计算了 129 个核电机组 95%气象条件下 2 小时内的场外个人剂量，并与防护行动指南值相

比较；对于严重事故谱，采用了概率论评价方法，先计算每个事故发生情况下场外个人剂量超过指定剂量的气象条件概率，再根据各事故的发送概率得出条件概率的加权平均值。

5.2.1.3 我国应急计划区的法规基础

《中华人民共和国放射性污染防治法》中明确规定：核动力厂等重要核设施外围地区应当划定规划限制区。划定规划限制区是预防放射性污染的一项重要措施，其主要目的是保证核设施一旦发生事故，能够有效的实施应急计划，保护公众安全，并对该区域内的人口总数和工业增长等加以规划、限值或明确控制。

《核电厂核事故应急管理条例》要求，针对核电厂可能发生的核事故，核电厂的核事故应急机构、省级人民政府指定的部门和国务院指定的部门应当预先指定核事故应急计划。其中，应急计划的内容包括烟羽应急计划区和食入应急计划区的范围。应急防护措施包括隐蔽、服用碘制剂、控制通道、控制食物和水源、撤离、迁移、对受影响的区域去污等。

国家颁布的《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对此也作出了规定：为具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源选择场址时，应考虑可能影响该源辐射安全的各种场址特征和可能受到该源影响的场址特征，并应考虑实施场外干预（包括实施应急计划和防护行动）的可行性。

在《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）中明确规定：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。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。

在《核电厂应急计划与准备准则-应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）中规定：确定核电厂应急计划区时，既应考虑设计基准事故，也应考虑严重事故，并应遵循以下安全准则：在烟羽应急计划区之外，所考虑的后果最严重的严重事故序列使公众个人可能受到的最大预期剂量不应超过 GB18871 所规定的任何情况下预期均应进行干预的剂量水平；在烟羽应急计划区之外，对于各种设计基准事故和大多数严重事故序列，相应于特定紧急防护行动的可防止的剂量一般应不大于 GB18871 所规定的相应的通用优化干预水平。

《国家核应急预案》（2013 年 6 月）中规定：压水堆核电厂应急计划区是以核电厂厂址为中心、半径 7-10km 范围内的区域（需做好撤离、隐蔽和碘防护准备），内区半径为 3-5km（准备撤离）；其食入应急计划区是以核电厂为中心、半径 30-50km 范围内的区域（需做好事故情况下食品和饮用水的控制）。

我国应急法规体系，从核电厂的选址、设计和建造、装料和运行，都坚持了纵深防御的理念，并提供了制定应急计划的基本原理、技术准则和方法，对于非居住区、规划限制区、烟羽应急计划区和食入计划区的大小给出一个范围以及基于事故后果的划分原则，指导了核电厂应急工作的开展。

5.2.2 新堆型大型反应堆简化场外应急计划的探讨

新堆型大型反应堆事故的发生概率较目前广泛运行的反应堆大大降低，从事故发生到放射性向环境的释放具有更长的延迟时间，以及事故情况下的后果缓解措施能够将放射性的释放限制在较低的水平上。新堆型大型反应堆从其改进的安全特性受益的同时，在场外应急响应中，对于缓解应急响应的紧迫性、减轻应急的社会资源压力、实施紧急防护措施和范围等方面均可使社会受益。

5.2.2.1 缓解应急响应的紧迫性

在预计 24 小时内，新堆型大型反应堆营运单位可以缓解和控制严重事故大规模放射性场外释放，场外应急机构可以科学地预测和评价事故可能的后果，判断应急防护行动的范围，制定更周密的应急防护措施，合理应对紧急事态的发展。

需要说明的是，制定应急计划的要求不是以严重事故概率的任何特殊假设为前提的，而是从风险管理的角度来考虑的。新堆型大型反应堆只在一定程度上缓解了应急响应的紧迫性、减轻应急社会资源的投入，并不意味着可以降低对场外应急计划的要求。

5.2.2.2 优化应急计划区范围

制定应急计划要考虑的最重要的因素是预先确定需要采取防护行动的应急计划区。在确定核电厂的应急计划区时，既应考虑设计基准事故，也要考虑严重事故，以保证所确定的应急计划区内的应急准备可以应对不同事故的潜在后果。确定应急计划区的一般方法是，确定考虑的事故类型即源项，估算事故可能导致的辐射剂量，并与规定的干预水平或行动水平进行比较，从而确定应急计划区的范围。应急计划区的实际大小和形状，根据电厂的实际情况、地方政府的响应需求和响应能力、人口、地形特征、出入通道和行政区划等因素来确定。

根据新堆型大型反应堆的安全设计要求，应具有非常缓慢的瞬态响应、大量放射性场外释放概率极低等特性，对目前法规规定的应急计划区的范围进行优化成为可能。

5.2.2.3 修订场外应急防护措施

新堆型大型反应堆将严重事故的发生概率限制在较低的水平上，同时使严重事故的潜在后果低于目前在用的反应堆。这样需要采取场外应急的反应堆严重事

故的发生概率就比较低，也为修订场外应急防护措施提供了技术基础。

核电厂应急计划区的划分和预计采取的场外应急防护措施，不仅与核电厂发生事故时可能的释放源项和环境条件有关，还受到经济、政治、技术等条件的影响。对于新堆型大型反应堆，新的应急计划区可能被定义为远低于防护行动指示值的概率水平，这样的定义将导出一个不超过适用于现有核电站的危险水平。

对于新堆型大型反应堆简化场外应急计划，面临着两种选择：一种是维持现有应急计划区，修订必要的场外应急防护措施；另一种是适当缩小应急计划区，保留现有的场外应急防护措施。

5.3 小型堆

5.3.1 概况及现状

据 IAEA 统计，目前全世界正在运行的中、小型反应堆近 150 台，分布在 31 个国家，总容量超过 60000MWe，累计运行 5000 堆年以上。相对于大型核电站而言，外部约束条件（应急计划是其中之一）对小型堆的经济性具有更大的影响，尤其是对需要靠近用户的小型堆更是如此。作为克服这种约束条件的一个重要策略，小型堆在设计上追求更高的安全特性，许多小型堆都将烟羽应急计划区限制在厂址边界作为重要的设计目标之一。

5.3.2 应急计划区

小型堆的类型有轻水反应堆、气冷堆、快堆等。小型堆具有多用途特点，在发电、制氢、海水淡化、供热的多个方面可以灵活部署。小型堆普遍采用一体化设计，将堆芯、控制棒、蒸汽发生器、稳压器都集成于反应堆压力容器内，取消了一回路管道，可以从根本上避免一回路大破口事故。小型堆采用模块化制造与安装，反应堆压力容器和安全壳共同构成一个模块，模块可在工厂集中加工制造，在建造地点就地组装。小型堆施工周期短，同一厂址内可以分期分批次建设，一次性投资风险较小。

反应堆源项和反应堆功率密切相关，功率较小的反应堆产生的裂变产物相对更少，事故源项也比较小。根据现有安全设计目标，小型堆堆芯损伤频率和大量早期释放频率远低于大型反应堆。相对大型核电机组而言，小型堆从设计上具有更好的安全特性，同时其功率水平远低于前者，由此决定了它的应急计划区可以小于前者。

5.3.2.1 西欧提出的有关新反应堆应急计划区的要求

西欧核监管者协会在基于国际原子能机构基本安全原则的系统审评基础之上提出了新核电站安全目标。要求：

- 电站附近：对于新反应堆，设计上应是根据事故分析后果，假想堆芯熔化事故中放射性物质的可能释放将使得在电站附近区域之外不需采取应急撤离。设计目标应在于确定附近区域的半径，接近所建议的预防行动区范围下限即 **3km**（撤离区）。
- 有限隐蔽和服用碘片：对于新反应堆，设计目标应是根据事故分析后果，假想堆芯熔化事故中放射性物质的可能释放将使得在所建议的紧急防护行动计划区的范围下限即 **5km**（隐蔽区）之外不需采取隐蔽和服用碘片。

5.3.2.2 美国核管会为小型堆制订应急计划和准备框架

美国核管会于 2011 年 10 月 28 日发布了一份题为“为小堆制订应急计划和准备框架”的文件，小型堆的应急计划应考虑小型堆源项较小和非能动安全特性，因此可设立一种半径可变的应急计划区，并设定与小型堆事故源项、裂变产物释放及相关剂量特征相匹配的场区外应急准备要求。作为初步的考虑，美国核管会对小型堆的应急计划区提出了按照事故释放可能导致的场外剂量水平，将小型堆的应急计划区划分为若干类别的建议。例如，对于烟羽计划区，可以按照表 5-1 的方式考虑烟羽应急计划区的大小，需要指出的是，除技术测算之外，公众接受性和政府部门的立场也是决定应急计划区大小的重要因素。

表 5-1 小型堆烟羽应急计划区（EPZ）

EPZ 类别	剂量限值	EPZ 大小
I	厂址边界处预期剂量 < 10mSv	厂址边界
II	厂址边界处预期剂量 ≥ 10mSv 2 英里处的预期剂量 < 10mSv	2 英里
III	2 英里处的预期剂量 ≥ 10mSv 5 英里处的预期剂量 < 10mSv	5 英里
IV	5 英里处的预期剂量 ≥ 10mSv	10 英里

5.3.2.3 俄罗斯小型堆应急计划区半径

小型堆源项更少是减小小型堆应急计划区半径的依据。在俄罗斯可以允许根据电站的具体情况确定场外应急计划区的半径，基于在确定堆芯损坏频率和大规模放射性早期释放频率时开展的确定性分析工作和补充性概率论分析工作。

5.3.3 小型堆应急计划区半径的确定方法

5.3.3.1 概述

目前针对小型堆应急计划区半径的确定，美国核管会针对高温气冷堆提出了“七策略”方法。该方法很好的采用环保署防护行动导则、事故源项鉴定、事故谱分析等，结合高温气冷堆的设计特点，指出高温气冷堆不需要较大应急计划区和

大规模的场外响应计划，并建议高温气冷堆非居住区边界为 400m。

西屋公司 2009 年建议采用风险指引法在逐例的基础上确定应急计划区半径。

5.3.3.2 风险指引法

风险指引法建立在当前实践中的概率论风险评价技术和确定论剂量评价技术等基础之上。通过对所有事件进行计算，得到在给定距离处超过规定剂量的频率，从而对当前用于应急计划区中的可接受准则进行更完整的定义，主要分为 5 个步骤：

第一步：对在电站概率风险评估中确定的整个事故序列谱进行评审和重新分类，选择在后果的确定论评价中使用的一整套释放情景。

第二步：对后果进行确定论评价。基于最佳估计的实际模型，做出一些适当的假设，列出情景现象。然后使用适当的代码来计算在事故发生的前几天（尤其是前几个小时）内离反应堆不同距离处的假设个人吸收剂量。完成后将获得一整套剂量当量与距离的曲线，每种释放情景均对应一条曲线。

第三、四步：为了能够综合利用概率论分析和确定论分析的结果，在第 3/4 步分别确定剂量限值和频率限值。这两个限值理论上需要由监管机构确定或满足监管机构的要求。

第五步：综合使用前 4 步获得的概率论和确定论结果来确定应急计划区的半径。

5.3.4 应急计划的简化

相对于大型轻水堆而言，小型堆源项较小、非能动安全特性以及事故进程较为缓慢等特性，都有利于小型堆应急计划的简化。美国核管会认为，如果反应堆在任何可信事故发生后的 36 小时内，其辐射后果都不会超过美国环境保护部规定的防护行动指南，则应急计划中可以不必要对早期通告、隐蔽和撤离行动等进行提前计划和规定。以美国能源部提出的模块式高温气冷堆为例，在任何情况下燃料的最高温度都不会超过可能发生燃料失效的临界温度，而且事故发生 36 小时后的燃料温度要比 60-100 小时后的最高温度的计算值低很多。这意味着模块式高温气冷堆事故发生到放射性释放之间的延迟时间很长，可以为场外应急响应行动提供足够长的计划和准备时间。考虑上述辐射剂量计算结果以及放射性释放的时间特性，模块式高温气冷堆可以在技术上将烟羽应急计划区缩小到厂址处，相对于大型轻水堆，应急计划可以适当简化。

5.3.5 对确定我国小型堆应急计划区半径的几点启示

5.3.5.1 剂量限值建议

厂址选择剂量限值：GB6249-2011、GB18871-2002 等相关标准要求我国核动力厂非居住区和规划限制区的剂量限值为 0.25Sv。建议我国小型堆在进行厂址选择时，剂量限值参照执行。

应急计划剂量限值：IAEA、美国、欧洲等针对核电厂的应急计划大都是，2 天内的累积剂量为 10mSv 则采取隐蔽、服用碘片等措施。根据我国国家标准 GB18871-2002，在 2 天内可防止的剂量为 10mSv，超过此限值即采取隐蔽措施。并且在风险指引法中，西屋公司为计算应急计划区半径，采用的剂量限值也为 10mSv。故建议我国小型堆应急计划的剂量限值最高为 10mSv，具体结合代价利益分析确定。此外，主控室等应急设施的可居留性设计上可采用 0.05Sv。

5.3.5.2 应急计划区半径的计算方法

目前较为成熟的计算或定义小型堆应急计划区半径的方法，主要有美国核管会针对高温气冷堆提出的“七策略”方法和西屋公司提出的风险指引法。后者可操作性强，建议国内重点研究分析风险指引法，使其能够具体运用于我国小型堆。重点是知悉事故序列和获取风险指引法相关程序软件。

小型堆，特别是对于需要靠近用户的小型堆而言，将应急计划区限制在厂址范围之内，对于保障小型堆的经济性和增强公众的接受性是非常有益的。从目前经验来看，完全取消小型堆的场外应急准备可能性不大，但考虑小型堆的安全特性，简化小型堆的应急准备是国际上的共识，也是现实可行的。

5.3.6 华能模块式高温气冷堆应急计划区

5.3.6.1 应急计划基准事故与事故源项

《华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程核电厂址区域核应急方案》表明，模块式高温气冷堆的设计理念是依靠包覆燃料颗粒及堆本身固有的安全特性，排除在事故条件下使包含在燃料颗粒中的放射性大量释放。因此，以往反应堆在最大可信事故中所作的各种源项假设以及应急源项的设定方法不再适用。国外在模块式高温气冷堆的设计和安全审评中对选址和应急计划的事故源项采用分析特定事故过程中可能的放射性释放来加以确定。

5.3.6.2 应急计划区的建议

由于模块式高温气冷堆所采用的球形包覆颗粒燃料元件具有良好的放射性滞留能力和单堆的功率水平较低，使得事故条件下放射性的释放量非常有限，远低于目前我国在役核电厂的放射性释放量。

所完成的初步计算分析结果表明,从辐射剂量的角度来说,模块式高温气冷堆可以不需要建立烟羽应急计划区。

对于放射性释放期间和事故后的辐射监测而言,对模块式高温气冷堆建立一定范围的食入应急计划区是需要的。按照我国目前有关法规标准的要求,食入应急计划区可以在适当的应急源项等条件下进行测算。参照国际上有关模块式高温气冷堆应急计划要求的实践经验,从技术分析的角度,对模块式高温气冷堆应急计划区的划分提出如下的初步建议:

- 不需要专门建立针对隐蔽、碘防护和撤离等措施的烟羽应急计划区;
- 建立一定范围的食入应急计划区(例如 10~20km 半径范围),具体大小需要进一步的测算分析。

5.3.6.3 应急计划区的测算

根据实际情况以及《核电厂应急计划与准备准则-应急计划区的划分》(GB/T17680.1-2008)、《国家核应急预案》(2013 年 6 月)等规定,华能模块式高温气冷堆测算应急计划区如下:烟羽应急计划区内区按半径 3km 考虑、外区按半径 7km 考虑,食入应急计划区按半径 30km 考虑。

5.4 后续关注重点

尽管新堆型提出了新的应急理念,但在实际操作过程中,都遵守国家法律法规相关规定进行了应急响应和应急准备工作。后续还需要关注以下重点:

美国核管理委员会为应对建造新的反应堆高潮所面临的挑战,成立了“新反应堆办公室”,并发布了关于设计证书和“一步式”许可证申请的接受审查程序。预计涉及新堆型大型反应堆简化应急计划的相关指导文件也将陆续发布。跟踪新堆型大型反应堆许可证审查的进展,关注简化应急计划要求的正当性评价,积极开展应急计划基本原理、技术准则和方法的基础研究,有助于更好的回答应急计划“简化到何种程度是适宜的?”,以满足我国新堆型大型反应堆制定应急计划的需求。

小型商用核反应堆是目前国际核电和核动力应用的研究方向,尽量减小和消除小型商用反应堆的场外应急是小型堆的一个关键设计指标。所以原则上小型堆应以此为核事故应急目标,但是由于技术发展水平的限制,目前国际上尚没有投入建设的小型商用堆,所以也缺乏小型堆的具体核事故应急要求的实践。

对于小型堆应急计划和应急计划区划分,参照大型反应堆的经验与方法和遵循现有的通用优化干预水平是可行的。需要进一步开展课题研究的是:依据严重事故发生频率及严重事故下放射性释放源项,确定小型堆取消场外应急计划的可行性。

第六章 核电厂应急体系有效性评价及改进建议

6.1 核电厂应急体系有效性评价

三十年以来,随着我国核能事业的不断发展,核电厂核事故应急体系建设从无到有,取得了长足的进步,在核应急法律法规标准建设、体制机制建设、能力建设、专业人才培养、演习演练、公众沟通、国际合作与交流等方面取得很大成绩,既为自身核能事业发展提供了坚强保障,也为推动建立公平、开放、合作、共赢的国际核安全应急体系,促进人类共享核能发展成果作出了积极贡献。

我国已发布了《核电厂核事故应急管理条例》、《核电厂营运单位的应急准备和应急响应》(HAF002/01)、《核电厂营运单位报告制度》(HAF001/02/01)、《核动力厂营运单位的应急准备》(HAD002/01)、《核应急报告管理办法》(国核应急委[2016]1号)、《核电厂应急计划与应急准备准则》(GB/T17680)、《国家核应急预案》等一系列核电厂核事故应急相关的法规、条例、行业标准、导则、部门规章、管理办法等文件,为规范和指导各级组织和单位开展核事故应急相关工作奠定了制度基础。

我国明确了“依法科学统一、及时有效应对处置核事故,最大程度控制、缓解或消除事故,减轻事故造成的人员伤亡和财产损失,保护公众,保护环境,维护社会秩序,保障人民安全和国家安全”的核应急基本目标,确立了“常备不懈、积极兼容,统一指挥、大力协同,保护公众、保护环境”的核应急基本方针和“统一领导、分级负责,条块结合、军地协同,快速反应、科学处置”的核应急基本原则。在这些基本目标、方针和原则的指导下,建立了全国统一的核应急能力体系,部署军队和地方两个工作系统,区分国家级、省级、核设施营运单位级三个能力层次,推进核应急领域的各种力量建设。按照国家、相关省(区、市)和各核设施营运单位制定的核应急预案,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。这些法规和预案基本满足了现阶段核事故应急需求。

我国在核电的建设和运行过程中,建立了包括设置核电厂应急计划区、核事故分级、应急状态分级、开展应急防护行动、实施应急干预原则与干预水平等完整系统的国家核应急技术标准体系,为组织实施核应急准备与响应提供基本技术指南。建立核应急值班体系,各级核应急组织保持24小时值班备勤。定期举行核应急联合演习、综合演习、专项演习,建立国家、省(区、市)、核电厂营运单位三级核应急培训制度。福岛核事故后,国际原子能机构发布《核安全行动计划》,为国际社会改进核应急工作提供借鉴。我国参考新的标准和理念,全面改进国家核应急准备与响应工作;充实增加国家核安全核应急监管力量和技术支持

力量；全面检查所有核设施营运单位核应急工作，按照新的标准完善应急措施。总体上为核电的发展和应对可能的核事故提供了有效的保障，实现了核事故纵深防御的目的。

6.2 核电厂应急体系存在的问题

我国核电厂核事故应急体系建设取得了巨大的进步和成就，但也需要清晰地认识到，目前我国核事故应急工作中仍然存在着诸多不足之处，如：核应急多头管理的问题；核事故应急法规修订不及时，不能适应新形势的核事故应急需求；集团在核应急响应机制中的地位和责任还不明确；福岛核事故经验反馈还没有形成技术标准落实到核应急相关法规和标准中；由于厂址周边环境条件变化导致的应急方案有效性问题；“华龙一号”、AP1000、EPR、高温气冷堆、快堆等三代、四代核电技术的核应急技术与管理研究；针对多机组同时出现共模事故、跨地区跨国境核应急准备、核与辐射恐怖袭击事件应急处置等重大课题的研究还处于起步阶段等。这些问题的存在一定程度上削弱了应急体系有效性，但同时也为我们持续加强和改进核应急准备与响应工作，开展核应急管理提升、能力提升指明了方向。

6.2.1 核事故应急体制方面

（1）跨省跨境核事故应急准备和响应涉及范围广，协调难度大，参与部门多，影响利益相关方更为广泛，由于我国核电的快速发展，面临的问题更为突显，主要有：

- 缺少明确的法规规定；
- 尚未建立有效的区域合作机制；
- 没有跨省核应急准备和响应能力和资源的明确要求；
- 缺少跨省核应急资源和经费的管理规定；
- 未建立跨省核事故应急能力评价和考核机制；
- 缺失跨境核应急准备联系机制；
- 尚没有处理核事故跨境应急的实践经验；
- 缺少涉及跨境应急数据收集途径；
- 解决跨境应急准备的资源的方式未明确。

（2）当前国际恐怖主义威胁不断增加，对核安保提出了新的要求，我国核应急准备和响应工作也面临新的挑战，如：

- 国内各核电厂核安保管法规尚需加强，缺乏国家层面的核安保专门法规；
- 国内对核电厂安保形式的认识与国际反恐严峻形势尚有差距，核电厂对

安保工作的认识尚不够；

- 目前国内核电厂针对恐怖袭击的应急响应机制尚不统一和完善；
- 对于低空飞行物等新型威胁尚未得到足够的考虑和重视。

（3）核电集团在核应急体系中的定位问题：

随着我国核电产业的发展壮大，三大核电集团运营的核电厂、核电基地数量不断增加，核电集团在核应急体系中的地位与作用日益重要，但当前我国核应急体系存在诸多问题，如：

- 核电集团在核事故应急准备和响应过程中的定位和职责尚不明确；
- 三大集团的核应急场内支援基地和支援队伍未纳入国家的核应急支援体系，无法充分发挥应急支援的作用，也无法获得国家核应急体系各项资源；
- 各核电集团建立的集团层面核事故应急设施、应急物资储备中心和应急通信系统，无法充分发挥效力，造成核应急资源的浪费，更可能影响核应急工作取得最佳效果；
- 在跨区应急、响应的协调、核应急人员培训、核应急公众宣传方面，在现行体系下，核电集团也无法充分发挥核电厂上级单位的作用，实现对核应急相关工作的统筹规划、系统管理，造成了国家核应急整体能力的缺失和国家、企业核应急资源的浪费。
- 福岛事故后，国家核应急工作“十二五”规划、核安全与放射性污染防治“十二五”规划、国家核应急预案及相关重要文件中虽然对核电集团在核应急中应当承担的职责和工作进行了阐述，但在法规层面，尚未就集团公司的核事故应急职能给出定位。作为核电集团的上级行政主管部门，国家能源局对核电集团在应急体系中承担的职责和定位也未给予准确说法，造成各大集团开展核应急相关工作时，更是难以作为责任主体，充分行使权力、履行义务，最大限度发挥核应急的主体作用。

6.2.2 核事故应急响应机制方面

我国目前“国家、地方和核电厂营运单位”三级体系，是基于上世纪 80 年代后期、90 年代初期的实际而形成的，随着国内核电发展，国际核应急经验反馈，特别是日本福岛核事故经验反馈，在核事故应急响应机制方面，也面临如下问题：

（1）三级体系不够完整：

- 核电站上级主管单位核电集团公司职责不明确，尤其是断然处置措施的职责不明确，可能影响严重事故的处置；

- 市县级地方政府的作用没有充分考虑，应急时核电厂所在的市县级地方政府在民众的通知、撤离和安抚等过程中的作用十分重要，若准备工作充分则能够起到积极的作用，而目前市县级地方政府在应急响应机制中的作用没有得到足够的重视，此外，市县级地方政府对于核电厂处理场外干扰、预防恐怖袭击十分重要，如控制厂址周边低空飞行物，但是目前地方政府作为有限。

(2) 场外应急组织应对核电站事故的培训与演练需要加强，日本福岛事故暴露了其场外应急组织的培训与演习问题，我国的场外应急组织同样存在该问题，专业人员不足，应急队伍缺乏训练等。

(3) 核电厂应对极端事故的能力不足，包括类似于日本福岛核事故那样的由外部自然灾害引发的极端事故以及类似美国 9-11 事件那样的恐怖袭击引发的极端事故。

(4) 场外应急防护行动的响应机制存在不足。

(5) 核电的应急宣传不够，全国范围和核电厂所在区域均存在对核事故应急和核电厂现实辐射安全风险分辨不准问题。

(6) 随着区域经济发展，运行核电厂厂址周边环境条件发生巨大变化，导致现有应急方案缺乏有效性和适用性，但是目前对核事故应急预案和方案的重新评价工作尚不充分。

6.2.3 核事故应急支援机制方面

目前，国家核应急救援队由国家应急协调委直接指挥，国家级核应急专业技术支持中心和国家级核应急专业救援分队协同配合，而集团层面的支援基地由各集团负责指挥管理，并由各集团间的相互支援协议确保集团间能够提供相互支援。但我国核事故应急支援机制方面也存在有下列问题：

(1) 国家级核应急专业救援分队与集团层面的支援基地功能有交叉和互补，这与“积极兼容”、“统一指挥”的核应急工作方针不一致，可能导致重复建设，在核应急期间多头指挥和管理，进而影响事故处置。

(2) 由于核电厂事故的复杂性，应对事故必然需要很多方面的专家，但我国目前并未建立专家动员机制。

(3) 我国目前已编制了核电厂应急支援物项清单，但未对清单的完整性和适用性进行评估，这可能导致支援准备不足，事故期间不能及时有效提供支援。

(4) 我国核电厂机组类型众多，导致事故救援中，电厂的电源、水源、气源等接口不一致，会严重制约救援实施。另外作为核事故救援的重要设备，移动电源也存在电厂需要的救援电源电压、功率不同等问题，目前还未在国家层面建

立各核电厂的接口要求及所需移动救援装备要求清单。

(5) 消防队是应对极端事故的关键力量，不论是灭火还是向反应堆注水，但目前国家层面在极端核事故应对方面，未充分考虑消防队的作用，消防部门也对核电厂救援考虑不足。

(6) 不论是应对极端事故所需的大型设备、人员，还是场外公众撤离，均需要运输保障，明确尚未建立国家层面核事故救援和撤离的运输保障机制。

(7) 我国尚未建立全国环境辐射监测力量动员机制，海上监测和空中监测力量也有待完善。

(8) 我国虽有核事故境外支援接口联络责任单位，但是尚未建立联络机制。

(9) 各级核应急主管部门支援资源缺乏整合机制。

(10) 目前核电厂普遍存在后果评价能力不足的状况，尚无国家级的后果评价专家团队。

6.2.4 多堆应急响应存在的问题

过去，世界上核电厂核应急计划仅应对一台核电机组发生严重事故工况，福岛核事故出现了同时多台机组发生严重事故，都需要同时开展核应急，因此我国核事故应急应开展多堆核应急准备与响应，当前存在如下问题：

(1) 各核电厂尚未基于改进行动开展多堆响应能力分析，配套的响应机制与措施不尽健全，多堆响应措施需求尚未开展全面的、有效的评价与分析。

(2) 尽管在福岛事故后，各核电厂分别开展了多堆响应措施研究，但国家尚未出台规范性的指导文件，导致多堆响应措施建设标准不一，甚至存在多堆响应因素考虑不全等问题。

(3) 根据福岛后相关改进要求，我国已初步建立国家（地方）、集团、相邻核电厂、技术支援单位等各个层面的外部救援与支援机制，对于应对多堆事故可起到一定的控制和缓解作用，但截至目前，外部支援机制（特别是国家、地方、相邻电厂与事故电厂之间的支援）尚未完全细化、落地和有效对接，基本不具备投入实战的条件。

6.2.5 新堆型核应急存在的问题

为了进一步提高核电站的安全性、经济性，世界各国相继开发了新型核电站，新型核电站的设计增加了诸多核电站严重事故应对和缓解措施，使发生严重事故的概率大为降低，但核应急准备和响应如何应对，仍在进一步研究和探索中。我国新型核电站建设正在如火如荼地开展，如何开展新型核电站核应急工作也是面临的一个重要问题，如：

(1) 应研究新型大型核电站核应急计划基本原理、技术准则和方法，使应

急计划更具科学性、现实性、有效性、可操作性。

(2) 应形成新型核电站核应急标准体系，指导核应急工作。

(3) 小型商用核反应堆是目前国际核电和核动力应用的研究方向，尽量减小和消除小型商用反应堆的场外应急是小型堆的一个关键设计指标。所以原则上小型商用堆应以此为核事故应急目标，但是由于技术发展水平的限制，目前国际上尚没有投入建设的小型商用堆，所以也缺乏小型堆的具体核事故应急要求的实践。

(4) 对于小型堆应急计划和应急计划区划分，参照大型反应堆的经验与方法和遵循现有的通用优化干预水平是可行的，因成本高，影响大，需要进一步开展严重事故发生频率及严重事故下放射性释放源项的研究，确定小型堆取消场外应急计划的可行性。

6.3 核电厂应急体系优化改进建议

核应急是为了控制核事故、缓解核事故、减轻核事故后果而采取的紧急行为，对保护公众、保护环境、保障社会稳定、维护国家安全具有重要意义，随着我国核电事业的不断发展，出现了新堆型、多堆核应急、防恐怖威胁、跨省跨境核应急等新情况、新形势。为此，提出如下建议：

6.3.1 核事故应急体制方面

(1) 汲取国内外核事故应急的经验和良好实践，及时更新、完善核事故应急管理法。法规。

(2) 国家有关部门应对核应急跨省和跨境问题加强重视，并考虑法规制定、应急机构建立、核应急资金分配方式、跨区域应急能力建设和跨境协调沟通机制等。

(3) 明确核电集团在核应急体系中法律定位，积极发挥核电集团在核应急工作中的作用。

6.3.2 核事故响应机制方面

(1) 完善应急体系中集团公司在核应急响应机制中的责任，充分发挥市县级地方政府在应急响应机制中的作用。

(2) 加强场外应急组织应对核事故的培训与演练，提高场外应急人员知识与技能。

(3) 提高核电厂应对极端事故的能力。

(4) 完善场外应急防护行动机制，定期开展核事故应急预案、方案评价。

6.3.3 核事故应急支援机制方面

(1) 将三个核电集团地区性核应急支援基地作为国家级核应急专业救援力量,核应急响应时由国家应急协调委直接指挥管理。国家核应急主管部门对这三个集团支援基地提供资金、人力的支持,并定期开展演习。

(2) 组建国家级的后果评价专家团队,便于事故情况下对核电厂进行后果评价技术支持。

(3) 建立国家核应急支援信息系统,其中包括核电厂所需支援物项清单及所能提供的支援物项清单,由国家统一调配全国核应急资源进行支援,以提高核应急支援效率;确定各核电厂水、电、气等移动救援装备接口要求,所需的移动救援装备要求,并建立清单。

(4) 进一步明确消防队、军队应对核电厂极端事故的专项方案,建立国家层面的运输保障机制和环境辐射监测力量动员机制,并与核电厂定期进行演练。

(5) 建立跨境核电厂的核事故应急协调、联络接口机制,明确责任部门及分工、通报及支援流程等。

6.3.4 多堆应急响应措施方面

(1) 优化场内应急响应力量配置:

- 根据电厂机组数量合理增配应急组织中运行、维修、辐射防护等多机组响应所需的重点岗位人员数量,增强应急组织响应能力;
- 优化应急组织中岗位职责设置,完善应急人员轮换增援方案;
- 梳理、强化个人监测与防护用品、卫星电话等辅助通信手段、应急食品、照明等各类应急设备物资的保障;
- 加强应急人员多机组培训和演习。

(2) 细化落实外部应急支援:

- 细化国家和地方应急组织以及部队和相关专业救援力量的应急支援、协同方案和实施细则;
- 依托集团公司、临近电厂等应急支持和支援力量,不断完善相关支援对接方案,并通过演习演练等形式予以检验;
- 建立集团公司应急资源信息共享机制和平台。

6.3.5 新堆型应急要求方面

(1) 建议针对三代、四代核电技术,开展应急计划基本原理、技术准则和方法的基础研究,研究新堆型反应堆提高应急有效性、简化应急计划的可行性。

(2) 研究制定新堆型应急法规、导则、标准。

(3) 建议结合小型堆的设计和安全原则的确定,研究根据严重事故发生频

率及严重事故下放射性释放源项，确定小型堆取消场外应急计划的可行性。

6.4 结语

核安全是核电发展的生命线，事关国家安全、事关事业发展、事关公众利益、事关社会稳定。核应急是保障核安全的最后一道屏障，加强核应急能力建设，优化核应急体制机制，提高核应急能力水平，为我国核电事业健康发展保驾护航。

课题具体负责单位：国家核电技术公司

课题具体承担单位：国家电投集团科学技术研究院、山东核电、红沿河核电、国核示范电站、广西核电、吉林核电

参与单位：中核集团、中广核集团

项目总顾问：王俊、何小剑、潘银生

课题组长：李琦

课题副组长：刘振领、张清川

报告主要执笔人：许晨啸、胡明、李海成、刘烈、杜海东、孙鹏

课题总报告：核电厂应急体系优化及有效性评价研究

承担单位：国家电投集团科学技术研究院

分课题负责人：李璟涛

课题组成员：许晨啸、凌建群、胡明

分课题一：核事故应急体制

承担单位：国家电投集团科学技术研究院，吉林核电有限公司

分课题负责人：凌建群

课题组成员：胡明、周宇翔、姜全成、高原、王业沐、高焕

分课题二：核事故应急响应机制

承担单位：山东核电有限公司

分课题负责人：张初明

课题组成员：张鹏飞、张雷、李海成、张计虎、李章立、黄晶、陈义童、闫丽丽

分课题三：核事故应急支援机制

承担单位：山东核电有限公司，广西核电有限公司

分课题负责人： 张初明

课题组成员：张鹏飞、张雷、李海成、王惠泽、李献斌、张博、
庄海涛、宋德君、张俊胜、刘烈

分课题四：多堆应急响应

承担单位：红沿河核电有限公司

分课题负责人：孙明军

课题组成员：薛峰、杨峰、郭新刚、杜海东、刘瑛璞、洪丽丽、
周树东、班家伟、关海波、胡思衡

分课题五：新堆型核事故应急要求

承担单位：国核示范电站有限责任公司

分课题负责人：朱志斌

课题组成员：金益、孙鹏

第六章：核电厂应急体系有效性评价及改进建议

统稿人：王俊、许晨啸