■ 国际社会对福岛核事故的响应与对策

1、 国际原子能机构

2011 年 3 月 11 日日本发生福岛事故后，国际原子能机构立即启用事故应急中心，与日本政府联络，密切关注事态发展。

由于福岛事故的严重程度，国际原子能机构的事故应急中心进入全面响应模式和 24 小时发布消息。每日更新和向成员国和媒体通报情况的做法持续到 2011 年 6 月。

国际原子能机构设立了一个综合性门户网站页面，其中包含日本福岛事故的新闻、相关报告和其他信息。

2011 年 3 月 18 日，国际原子能机构总干事在日本东京会见日本首相和其他高级官员，讨论日本目前的核安全紧急情况。

2011 年 4 月，2011 年 4 月《核安全公约》缔约方第五次评审会议期间，特别增加了福岛核事故不限工作组会议，讨论和分析福岛核事故的现状，对此次事故进行初步评估。闭幕时，会议主席、中国国家核安全局局长李干杰代表缔约各方表示，应从日本福岛核事故吸取教训并采取行动确保核电厂安全，会议通过了关于福岛核事故的声明。

2011 年 5 月，一个在原子能机构主持下的国际专家小组离开维也纳赴日本进行事件调查。

2011 年 6 月，赴日本调查福岛事故的国际核安全专家小组给出了一份初步安全评估报告。国际原子能机构召开部长级会议，呼吁改善全球核安全，要求总干事制定一份关于核安全、应急准备和响应、人员防护和环境保护的行动草案。

2011 年 7 月，国际原子能机构总干事前往福岛第一核电厂，广泛听取了相关报告并视察了重要位置。

2011 年 9 月，第 55 届国际原子能机构年度会议在维也纳召开，会议着重关注核安全。2011 年 10 月 7 日到 14 日，应日本政府的要求，国际原子能机构派出由多国专家组成的事故处理专家组赴日本工作。

2011 年 11 月，国际原子能机构事故处理专家组发布赴日工作的最终报告。

2011 年 12 月，福岛核事故后，国际原子能机构实施了对海洋环境的技术合作项目，监测太平洋海洋环境的放射性物质，有 21 个机构成员国和 3 个非成员国参加此项目。

1）IAEA 福岛第一核电站事故调查团

根据 IAEA 与日本政府达成的协议， 2011 年 5 月 24 日-6 月 1 日 IAEA 组织了福岛第一核电站事故国际调查团。活动的主要目的在于收集福岛核事故信息，调查事故发生的原因、发展过程以及电厂受损状态，开展初步的分析和评价，形成经验反馈和工作报告，该报告于 2011 年 6 月 20 日-24 日在维也纳召开的有关核安全的部长级国际会议上向大会汇报，并征求成员国意见。

2）有关核安全的部长级国际会议

2011 年 6 月 20 日-24 日在维也纳召开的有关核安全的部长级国际会议，在国际原子能机构的牵头下，指导在所获得的经验教训的基础上开展学习和采取行动的进程，以加强世界范围内的核安全、应急准备以及对人类和环境的辐射防护。会议主要包含三个工作组会议：第一工作组会议关于对东京电力福岛核电厂事故的初步专家评价，以及核设施安全持续改进的未来行动。第二工作组会议关于应急响应和准备，其中包括对福岛核事故的初始响应以及鉴别和学习其经验教训。第三工作组会议讨论全球的核安全框架，其中包括对现有国际框架的审查以及加强全球核安全框架的可能的方式。经过一周的会议，各国代表要求 IAEA 请原子能机构总干事以本次会议发布的“宣言”和三个工作组会议的结论和建议以及其中所载的专门技能和知识为基础，编写一份关于 2011 年 6 月原子能机构部长级核安全大会的报告和一项“行动计划（草案）”，并将该报告和涵盖了与核安全、应急准备和响应以及人类和环境辐射防护有关的所有相关问题以及相关国际法律框架的“行动计划（草案）”提交原子能机构理事会和即将于 2011 年 9 月份举行的原子能机构理事会会议。另外，已经计划了在接下来的 18 个月内关于核安全的重要会议。

2、西欧核监管协会

3 月 23 日西欧核监管协会（WENRA）要求欧洲核电厂营运单位进行自我评估，并用 6 个月的时间完成评估并提交评估结果。WENRA 指出“重新评估”就是利用现有的安全经验和工业手段，假设发生与福岛事故类似的外部事件时核电厂将会出现的情况。这一评估将应用于现有电厂和新型堆。

3、 欧洲核安全监管组织

欧洲核安全和废物管理高级别小组、欧洲核安全监管组织（ENSREG）主席 Andrej Stritar 发出关于欧盟压力测试的声明（2011 年 5 月 25 日）。

2011 年 5 月 24 日，ENSREG 包括欧委会对欧洲核电厂综合透明的风险和安全评价的范

围和形式达成一致。欧洲理事会在 2011 年 3 月 24/25 日要求开展压力测试。

2011 年 6 月 1 日起，欧盟的所有核电厂营运单位开始审查他们电厂对极端条件的响应，尤其营运单位将检查和提高任何原因引起的潜在安全功能丧失后可用的缓解措施，包括电力系统的丧失、用于反应堆热量导出的最终热阱的丧失、对反应堆堆芯和乏燃料水池冷却功能丧失的管理、安全壳完整性的维护。

营运单位的报告首先将由本国的核安全监管部门进行审查，之后他们提交国家总结报告，ENSREG 建立的审评队将审查该报告，审查分为两个阶段，在 2011 年 12 月 9 日前向欧洲理事会提交临时报告，2012 年 6 月向欧洲理事会提交最终报告。

2011 年 9 月中旬，ENSREG 发布了各成员国提交的压力测试国家进展报告。

4、 美国

地震和海啸发生后不久，美国核管会（NRC）启动其位于马里兰州的应急运行中心对日本事件进行细致监测并分析其对美国核电站和核材料的潜在影响，特别是对于西部海岸以及夏威夷、阿拉斯加和美国太平洋领土。NRC 开始与日本管理机构合作并向日本派出了两个专家团帮助位于东京的美国大使馆。

3 月 14 号，NRC 派出了一支由 11 位 NRC 员工组成的团队为美国大使馆和日本政府提供技术支持。

3 月 16 日，NRC 与其他美国政府机关合作并通过美国驻日大使建议福岛核电站周围 50 英里范围内的美国公民疏散。NRC 就日本事件通报给它的执照单位并帮助他们考虑自身电厂出现相似事件的后果以及采取恰当的特定厂址行动。NRC 为其监督员对各电厂应对立即开展的独立评估发布了指导文件。指导文件涵盖了严重事故缓解导则，全厂断电以及地震水淹问题，还包括严重事故管理导则。

NRC 要求，除已永久关闭的核电厂外，根据 NRC 发布的检查手册临时指令（TI 2515/183）进行自查，并要求运营单位在规定时间内完成自查报告。

对于核燃料循环设施，NRC 要求进行自查并采取相应行动来保证核设施有抵御外部严酷自然事件的能力，或者能够做出正确的应急措施，不强制要求出具自查报告。

美国核管会在 5 月 16 日宣布将退出对日本核应急的“监测模式”，应急响应工作由 24 小时运行中心转移到反应堆管理司（NRR）。

美国核管会的监督员针对 104 座运行核电厂在极端事件引起电源丧失或大面积厂址遭到破坏情况的应对能力进行了检查，NRC 对检查情况进行了总结。监督员重新确认了每个

电厂在此类事件下有效冷却堆芯和乏燃料水池的能力，包括“B5b”策略的使用。针对检查要求中的一项或多项， 65 个运行反应堆厂址中的 12 个存在一定问题，其中许多问题涉及到培训。

NRC 的监督员检查了电厂的 B5b 策略，以及应对洪水或全厂断电影响的预案。监督员发现 9 个厂址在其 B5b 策略的细节上存在问题，有 3 个厂址在应对全厂断电的策略上存在问题。2 个厂址在应对极端洪水事件的策略上存在问题。在这些问题中没有削弱电厂应对极端事件能力的问题。

NRC 的检查是在 3 月 11 日日本发生地震和海啸并对福岛核电厂造成破坏后的一段时间内进行的，NRC 将使用反应堆监督程序进一步评价检查结果，确保剩余问题得到解决。NRC 职员同时将审查电厂对公告 2011-01 的响应，要求电厂提供如何满足应对极端事件引发的潜在电厂大面积丧失功能的有关要求的信息。NRC 的项目组仔细审查能从福岛核电厂事件中吸取的教训，同时也审查每份检查报告，这些报告可以在 NRC 网站上找到。

按照临时检查指令 TI 2515/183“针对福岛第一核电站燃料破坏事件的后续工作”进行综合检查问题小结，检查发现问题有：

按照10CFR 50.54(hh)(2)持照者对于电厂大面积火灾的缓解能力：

- 一些设备（主要是泵）在做试验时不能运行，或者试验缺少试验验收准则；
- 一些设备缺失，或者用于其他电厂运行；
- 一些情况下，电厂的修改提出的策略难以实施；
- 泵的燃料不总是可用。

持照者缓解全厂断电的能力：

- 个别情况下，规程和培训存在缺陷。

持照者缓解设计基准内部和外部事件的能力：

- 一些设备（主要是泵）在做试验时不能运行，或者试验缺少试验验收准则；
- 发现边界和贯穿件密封存在一些不符合项。

执照者响应超设计基准事件包括火灾、洪水和地震事件的能力

- 一些缓解火灾和SBO的设备被存放在没有经过抗震鉴定和可能被水淹的地方。

按照临时检查指令 TI 2515/184“严重事故管理导则（SAMGs）的准备情况和可用性检查” 进行专项检查问题小结。SAMGs 主要是在电厂现场使用来应对严重事故的重要规程，然而发现一些情况，即应该放入 SAMGs 的没有放，而且这些文件也没有得到适当的控制。此外，虽然 SAMGs 根据核设施的设计变更进行了升版，但没有采用同样的方法进行定期审

查。最后，虽然工作人员看上去进行了有关 SAMGs 的培训，但是在 SAMGs 的演习去在所有厂址并没有定期的实施。

工作组于 2011 年 6 月 12 日提交了报告，指出继续运行以及执照活动没有立即的风险，于 2011 年 7 月 12 日发布了短期报告“有关增强 21 世纪核电厂安全的建议”。其中提出了 12 条建议。核管会考虑了短期和长期行动确保美国核电站安全。2011 年 12 月 15 日确定了借鉴福岛事故经验教训所采取建议行动的优先次序。美国 NRC 短期工作组提出的推荐行动按照优先级划分为三个层次：

第一层次的推荐行动应立即开始实施，不能有不必要的延迟。而且实施这些行动应有充分的资源，包括重要的技术能力。第一层次的推荐行动如下：

2.1　地震和洪水灾害的再评估

2.3　地震和洪水防护情况的现场巡视

4.1　全厂断电事故的管理行动

4.2　对联邦法规 10 CFR 50.54(hh)(2)中涉及设备提供适当的保护以避免设计基准外部事件的影响

5.1　加强 Mark I 型和 Mark II 型安全壳可靠的排放卸压功能

7.1　增加乏燃料水池的测量仪表

8　加强和整合应急运行规程（EOPs）、严重事故管理导则（SAMGs），和大规模破坏缓解导则（EDMGs）

9.3　应急准备的管理行动（人员配备和通讯）

第二层次的推荐行动在近期不能开始实施，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。这些行动不需要长期的研究，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。第二层次的行动包括：

7　增强乏燃料水池的补水能力

9.3　应急准备的管理活动（推荐行动 9.3 中的剩余部分，并除去第三层次行动中关注的应急响应数据系统（ERDS）能力）

第三层次的推荐行动需要开展进一步的研究，这些推荐行动与相对短期的工作有关系，完成这些短期工作之后才清楚更为长期需要开展的工作。这些推荐行动的开展依赖于重要的技术能力、或者第一层次行动的完成。核管会职员初期工作还是主要集中于制定第一层次和第二层次行动的时间表、里程碑、相关资源配备。一旦核管会职员完成了影响第一、二层次行动的资源的评价，将对第三层次推荐行动开展更精确的研究。第三层次推荐行动包括短期

工作组报告中所有确认为长期评价的项目。另外，职员又优化了短期工作组推荐行动将其中的 2.2，9.1，9.2，9.3（ERDS 能力）和 12 放到了第三层次行动中。第三层次推荐行动如下：

2.2　每十年确认一次地震和洪水的灾害（依赖于推荐行动 2.1）

3　　潜在的要求加强预防和缓解地震引起的火灾和洪水的能力。（长期评价）

5.2　加强其他类型安全壳设计可靠的排放卸压功能。（长期评价）

6　　在安全壳内或在其他厂房内的氢气控制和缓解。（长期评价）

9.1/9.2 加强针对长时间全厂断电和多机组事故的应急准备（依赖于具备重要的技术能力）

9.3　应急响应数据系统（ERDS）能力（与长期评价推荐行动 10 相关）

10　　额外的长时间全厂断电和多机组事故方面应急准备（EP）的课题。（长期评价）

11　　决策制定、辐射监测和公众教育方面应急准备的课题（长期评价）

12.1 修订反应堆监管大纲以反映所建议的纵深防御体系结构（依赖于推荐行动 1）

12.2 开展职员在严重事故方面的培训，以及针对驻厂监督员针对严重事故管理导则方面的培训（依赖于推荐行动 8）

5、德国

2011 年 3 月 17 日，德国国会命令联邦政府进行德国核电厂的安全要求的全面审查。RSK（Reactor Safety commission）执行该审查，并于 2011 年 5 月 17 日将结果发送给公众。审查期间，1980 前的核电厂停止运行。2011 年 6 月 1 日，德国执照持有者开始执行“压力测试”，6 月 30 日，他们和 BMU、州监管机构联合研究确定了德国压力测试的范围、时间节点和执行方法。基于 ENSREG 的要求，2011 年 8 月 15 日提交进展报告，12 月 31 日提交最终报告。2011 年 10 月 31 日，执照持有者提交了自查报告（13 份），考虑了厂址条件的具体问题。

德国核电厂“压力测试”总的结论，核电厂的设计满足纵深防御措施的 1 到 4 层次的要求。

针对抗震要求：德国核电厂设计的抗震要求满足核安全标准 KTA2201.1，不超过概率 10-5/年。

针对洪水危害：设计基准没有变化，依据核安全标准 KTA2207，不超过概率 10-4/年。

其他的气象灾害如风、雪灾依据气象的工程标准，考虑的概率不超过 50 年一次。

针对丧失厂外电的安全预防措施：对应的核安全标准是 KTA3701、3702、3703、3704。应急电力供应为 n+2 的冗余（4×50%或 3×100%）外加应急柴油发电机，蓄电池至少支持

2 个小时。已有的措施已经足够，进一步增加安全性能的措施有限。

针对丧失最终热阱：考虑到冷却水系统和重要厂用水系统，德国各个核电厂有差异。对安全重要厂用水系统，要求 n+2 的冗余。已有的措施已经足够，进一步增加安全性能的措施有限。

针对严重事故：德国核电厂严重事故的管理基于 1989 年 RSK 的建议。主要集中在预防措施。为了识别事故状态，安装压力容器水位的不同测量系统和其他措施。对于压水堆，有用的事故管理措施是以多种方式的安注保证一、二侧的充排。对于沸水堆，使用多个冷却剂注入系统对反应堆泄压。为了确保主控室的可居留性，过滤主控室的供气并维持超压。德国所有的核电厂有应急控制室保证安全停堆。对超设计基准事故的事故管理手册已经在所有核电厂使用。

在参加欧洲压力测试的核电厂中，德国执照持有者报告针对安全预防措施没有不足，也没有察觉陡变效应。德国监管者确认了这一观点。

根据压力测试的结果，RSK 将在以下方面开展进一步工作，全厂断电、丧失厂外电、丧失厂用水、事故管理措施、大飞机撞击。在接下来的三年中，GRS（技术支持组织）将开展进一步的分析和评价。将在 2012 年出版“核电厂的安全要求”。计划更新核安全标准（KTA）。

6、法国

法国总统萨科齐拒绝就是否改变核能政策进行全民公决，并称发展核电是法国确保能源独立的基本要素。萨科齐表示，法国将按照欧盟的标准和要求，对其境内所有核电厂进行测试，并将测试结果公布于众。如果测试结果不能令人满意，法国政府将立即采取行动，关闭相关核电厂。

法国核安全当局要求本国核电运营商在 6 个月内进行补充性安全评估，制定针对重大灾害的防范措施，以便在出现地震、洪水甚至多种极端事态时保障核设施安全和运营商应对危机的能力。

2011 年 9 月 15 日，法国核安全局向政府提交了《补充性安全评估初步报告》。

2012 年 1 月 3 日，法国核安全局向政府提交了《补充性安全评估最终报告》，报告指出：（1）核安全局认为参加“压力测试”的核设施达到了无需立即关闭的足够安全水平。核电站如要继续运营的话，有必要在现有安全基础上尽早加强对抗极端情况的能力，以应对类似日本大地震和海啸这样的灾害。

（2）应负责核电站安全的执法部门要求，建议从今年开始逐步建立一支核安全快速反应队伍，集中技术专家和专业设备。一旦法国境内任何一处核设施发生紧急事态，该队伍的专业人员可携带必要设备在 24 小时之内赶赴现场。这支队伍应在 2014 年底之前完全投入运作。（3）此外，法国核安全局还要求核设施运营商在 2012 年 6 月 3 0 日前提出有关应对洪水和地震灾害的安全措施，这涉及后备电力系统等硬件设施以及运营商应对紧急情况的程序。

法国核安全局局长拉克斯特表示，该机构所提出的一系列强化安全措施预计总共将耗资数十亿欧元。运营商将视大规模投资的可行性而自行决定是否有必要继续运营。但法国总理强调，政府将督促运营商在指定的期限内贯彻落实核安全局的要求。法国能源部长表示，他将于 1 月 9 日召集法国电力、阿海珐等核电站运营商讨论和制定一份旨在“落实核安全局要求”的时间表。

法国定于 2012 年举行总统大选，而目前正是核能问题的激烈讨论阶段。当前的执政党对核能持支持态度，而社会党则表示反对，提出在 2025 年关停 24 个老旧反应堆。

7、 加拿大

加拿大政府对事故的响应包括：（1）持续监测全国环境；（2）派遣专家到国际原子能机构（IAEA）；（3）通过视频会议在日本回答加拿大人民的问题。

加拿大核安全委员会（CNSC）的响应包括：（1）2011 年 3 月 11 日开始启动 24 小时应急监测；（2）检查外部灾害发生的可能性以及抵御自然灾害的设备和发生事故时可调动的资源；（3）评估设计基准事故下限制事故发生、减轻事故对环境影响的能力；（4）与国际同行讨论，与其它政府部门沟通；（5）通过在网站上更新信息与公众进行交流。

同时，CNSC 要求总结福岛核事故教训，重新检查核电厂核安全，尤其是纵深防御概念。着重于应对如地震、洪水、火灾和极端气候等的外部危害，并完成短期和长期两份报告。

8、 英国

2011 年 3 月 11 日，日本福岛事故发生后，英国核工业迅速响应，对英国电厂的抗震和抗洪水灾害能力进行审查。

2011 年 3 月 12 日，能源和气候变化部长要求核安全局对此次福岛事故进行反思，提交英国核工业对此事故的经验总结报告。

2011 年 3 月 24-25 日，欧盟委员会发布公告，所有欧洲的核电厂应在广泛、透明的风险分析基础上进行安全审查，也就是“压力测试”。压力测试的审查包括初因事件（地震、洪

水和恶劣天气）、安全功能失效（丧失电源和最终热阱）、严重事故管理等。

为响应福岛事故，英国成立“内阁办公室简报（COBR）室”。政府首席科学顾问主持应急科学顾问团（SAGE）。政府监管当局（ONR）成立专门项目组，对福岛事故各方面的情况进行研究以借鉴其经验。核安全局成立了外方技术顾问团（TAP）为其提供支持。

2011 年 5 月 18 日，核安全局发布中期报告（第 1 版），包含 11 条结论和 26 条建议；2011 年 10 月 11 日，发布最终报告（第 2 版），在中期报告的基础上又增加了 6 条结论和 12 条建议。

2011 年 6 月 1 日，告知英国主要核电厂和潜在营运单位开始进行压力测试。

2011 年 8 月 15 日，营运单位提交压力“测试进展报告”。

2011 年 9 月 15 日，ONR 依据营运单位提交的报告编制完成“英国国家进展报告”。

2011 年 10 月 31 日，营运单位向 ONR 提交正是报告。

2011 年 12 月 31 日，ONR 完整“英国国家总结报告”并递交欧盟委员会。

英国核安全局建议：

1. **国际响应。**

建议 IR-1：加强与 IAEA 的交流和与其他国家或组织的合作，及时获得世界范围内相关核事件的官方信息，确保在适当的地方借鉴和推动改进方法。

2. **全球核安全。**

建议 FR-9：英国政府、核工业和监管当局应尽力推进依据福岛第一核电站事故提出的 IAEA 审查和执行的进程、以及其他相关的核安全标准和倡议。

3. **国内应急响应部署。**

建议 IR-2：政府应考虑对日本紧急事件响应进行研究，并识别出针对英国公众的广泛的应急计划，其中要考虑所有社会、文化和组织差异性。

建议 IR-3：核应急计划联络组应依据日本应对长期事件的经验对全国核应急部署进行审查。

建议 FR-6：核行业应与其他行业共同考虑有效的放射源项评估方法，并开展研究以测试根据环境中的放射性基本参数向厂外当局提供实时信息的实用性的，估算厂内外条件的变化幅度。

建议 FR-7：政府应审查环境剂量测量方法和预测传播、公众计量和环境影响的法的适宜性，确保有足够的最新的信息用于支持应急对策的制定。

4. 计划控制。

建议 FR-5：英格兰、威尔士和苏格兰政府相关部门应该检查核电厂址外现存商业和居住发展计划控制体系的适宜性。

5. 公开透明。

建议 IR-4 :英国核行业和 ONR 应该考虑加强措施以确保实现更加开放、透明和准确。

建议 FR-8：政府应该考虑加强对新的法定团体的立法，以此要求 ONR 对他们的决定进行公开、透明，以便使营运单位更加清楚他们是独立于个体或政府之外的提升和利用核能的独立机构。

6. 安全评价方法

建议 IR-5：一旦补充详细信息可用和研究完成，ONR 应该着手开始对安全评估准则进行正式的审查，以决定是否有必要根据福岛事故增加额外的导则，特别是“陡边效应”。

7. 应急响应部署和演戏

建议 IR-6：ONR 应该考虑应急演习监督计划覆盖到长期严重事故的范围。

建议 IR-7：ONR 应对英国潜在的严重事故的监管响应对策进行审查，以考虑是否对极低概率事件做出更多的准备。

8. 研究

建议 FR-10：ONR 应扩大对核安全相关研究的监管范围，以便提高其对国家和国内专家监管的有效性，特别是需要学习福岛经验。这也能够保证 ONR 在有关国际较大事件中有权使用大量的相关专家来履行它的职责。

9. 厂外基础设施的恢复能力。

建议 IR-8：英国核行业应该对厂外基础设施中核安全附属设备的可用性进行审查，考虑是否有必要加强电厂的自供应能力，以保证在极端条件下厂外电网的可靠性。

建议 IR-9：一旦获得补充相关信息，英国核行业应该审查从福岛第一核电站和福岛第二核电站中能够学到哪些经验。

10. 自然灾害的影响

建议 IR-10：依据日本经验，英国核行业应该着手对洪水方面的研究进行审查，包括由海啸引起的。通过审查，验证英国核电厂的洪水设计基准和冗余。决定是否有必要在今后的新建机组和已建机组定期安全审查大纲中增加厂址洪水风险评估内容。这因该包括海平面保护。

11. 多反应堆厂址

建议 IR-11：英国核工业应该确保包含多堆的新电厂的安全情况，充分说明应对多重严重事故并发的能力，包括极端厂外灾害。

12. 乏燃料策略

建议 IR-12：英国核工业应该确保所有新乏燃料储存策略能够满足非能动安全和良好工程实践的安全评价准则。

13. 厂址和机组布置

建议 IR-13：英国核工业应该检查现有的以及提出新设计的厂房和厂区布置，确保安全系统和他们的基本供给及控制有足够的强度抵御严重水淹和其他极端外部事件。

14. 燃料池设计

建议 IR-14：英国核行业应该确保反应堆附近建立乏燃料池的设计，要减少易于产生虹吸故障的底部贯穿件和管道。任何有所涉及的设备都应该与燃料池自身抵抗缺陷保持一致。

15. 抗震能力

建议 IR-15：一但可获得混凝土、其他构筑物和设备性能状况的详细信息，英国核行业应该在理解相关设计和分析的基础上考虑可能的改进措施。

16. 极端外部事件

建议 IR-16：当考虑到这份报告中的建议时，英国核工业应该从极端灾害方面考虑，特

别是电站布局和安全相关厂房的设计。

建议 FR-2：英国核工业应该确保应对事故时需要进行管理和操控的构筑物、系统和部件，包括电厂控制房间，厂区应急控制中心和厂外应急中心，能够在灾害中得到妥善保护，这些灾害可导致数个事故并发。

建议 FR-3：应对事故时需要进行管理和操控的构筑物、系统和部件，包括电厂控制房间，厂区应急控制中心和厂外应急中心，在可能需要投入使用时，即便在可能的严重事故条件下仍然具备足够的运行能力， 能够持续足够的时间。

17. 厂外电力供应

建议 IR-17：英国核工业应该对国家电网开展进一步工作以便建立健全并预防严重灾害条件下厂外电力供应的潜在不可用。

18. 厂内电力供应

建议 IR-18：英国核工业应该考虑在危险条件下丧失厂外电力供应时，提供额外准备以及多种措施提供充足、健全的长期的独立厂内电力供应。

19. 冷却支持

建议 IR-19：英国核工业应该考虑在厂外严重破坏事件中为英国核电站提供长期冷却支持能力的需求以及是否需要强制，考虑是否需要进一步的厂内支持或是否需要更大的厂外储备。这关系到现有的和计划中的新电站的二氧化碳和新鲜水的供应。

建议 IR-20：英国核工业应该考虑制定严重事故条件下水池的电站意外事故计划，结合福岛反馈经验确认他们是否能够或应该得到增强。

20. 易燃气体

建议 IR-21:核设施通风和排放路线可能有高浓度可燃气体流动或积聚，英国核工业应该考虑是否需要进一步保护他们。

21. 应急控制中心，仪表和通讯

建议 IR-22:英国核工业应该考虑厂内应急控制的供给，仪表和通讯，考虑到福岛事故的情况，包括长期，大范围，厂内厂外破坏，以及厂内与严重事故有关的环境。

建议 IR-23:英国核工业联合其他涉及到的组织应该检查严重事故时包括大范围破坏时的必要厂外通讯系统的可靠性。

22. 人的能力与潜能

建议 IR- 24：英国核能工业应该审查现有严重事故的应急准备和培训，特别要考虑场内工作人员的身体，组织，行为，情感和文化方面的情况，尤其是长期在现场的工作人员。这应该考虑到某些场内承包商（如维修）的影响和他们可能的响应。

建议 FR- 11：英国核工业应继续向全员持续推广高水平的安全文化，利用国家核技术学院和其他方案推动“核能专业化”。

23. 安全状况

建议 IR - 25：英国核工业应该对长期严重事故的事故序列分析进行评价或确定是否需要扩展。该分析应确定适当的维修和恢复策略以便达到稳定状态，确定中央设备储备和后勤支持是否有进一步要求。

建议 FR- 1：所有核电厂执照持有者应该给予定期安全审查（PSR）适当的和一贯的优先权，以便完成标准和时间表的要求，并实施合理可行的电厂改造。

建议 FR - 4：核工业应确保对出现事故可能引起重大厂外后果的所有核设施进行 2 级概率安全分析（PSA），并利用结论公布关于严重事故管理措施的进一步思考。PSA 应考虑全部外部事件，包括超设计基准事件和延续任务的时间。

24. 下一步工作

建议 IR-26：在中期报告公布后一个月内应对报告中提出的对各项建议作出回答，包括如何处理这些建议的合理计划。所有相关回答都将汇总在 ONR 网站上。

建议 FR-12 :报告中关于响应建议而制定的程序部分应该在 2012 年 6 月之前对 ONR 可用。这应该包括电站状态，以及在那之前实施的改进细节。

9、 芬兰

1）福岛核事故后，芬兰核安全监管机构（STUK）计划与核电厂营运单位评估福岛核事故后果等一系列重大问题，并上报给有关部门。

2）芬兰核安全监管机构（STUK）提交关于核电厂如何应对异常自然现象的报告（2011年5月16日）

福岛核事故后STUK实施的调查中提到，在芬兰核电厂没有发现新的要求立刻进行安全改进的威胁因素和缺陷。

由于日本福岛核电厂事故，劳动就业与经济部要求核与辐射安全机构（STUK）开展深入调查，了解芬兰核电厂如何应对洪水和其他极端自然现象对电厂功能的影响，以及电厂如何确保多种缺陷和故障情况下电力的可用性。

导致福岛核事故的自然现象是一场大地震和极高的海啸，在芬兰是不考虑发生的。尽管如此，这次事故揭示了必须考虑的一些因素。

在它的声明中，STUK提到在电厂服役期间可以做到有效提升其安全水平，电力公司对电厂老化有长期的管理计划，可以确保预计的服役期限、电厂的现代化和安全改进。

“电力公司”自查是STUK检查的基础

2011年5月16日STUK提交给TEM的报告是基于芬兰电力公司（Fennovoima, Fortum and TVO）自身进行的检查，STUK的专家对检查情况进行了评价，同时也咨询了外部专家。

STUK应已于6月底之前提交了更全面的检查报告，这个报告不是一个公开的文件，因为其中包含了可能用于计划蓄意破坏电厂的信息。

10、韩国

韩国教育科技部（MEST）制定了评估检查计划。由管理机构、相关政府部门和专家组成的检查组，将对韩国21台运行核电机组、1台研究反应堆以及核燃料循环设施进行安全检查。该检查组通过评价现有反应堆的设计和运行来确保反应堆在最严峻状态（超设计基准地震→超设计基准海啸→全场失电→多座反应堆严重事故）下保证核电厂安全，尤其对服役超过20年的9个机组进行严格评估。

3月11日福岛核事故发生之初，韩国核安全研究院（KINS）就立即开始24小时应急监测，着手分析福岛核事故，评估辐射影响，并在机场和码头对人员进行辐射监测，加强宣传以缓解公众的焦虑情绪。

同时，KINS开始加强国内辐射监测，包括大气、土壤、饮用水、食物、海水和海底沉降物；派遣搜救人员和专家（3人）赴日保护在日韩国居民；举行专家会议（KINS 4人、韩国原子能研究所（KAERI）2人）；派遣1名KINS专家赴国际原子能机构（IAEA），评估福岛核事故的辐射影响。

11、 南非

南非核能管制委员会（NNR）对福岛核事故及国际响应进行跟踪，并对南非国内核设施安全管理提出建议。NNR 要求核设施执照持有者和申请者重新评估核设施应对超设计基准事故的能力，并出具报告。

12、俄罗斯

3 月 15 日，俄罗斯总理普京命令政府官员检查俄罗斯核设施，重新审查在日本核灾难后俄罗斯原子能雄心勃勃的开发计划。

13、斯洛伐克

斯洛伐克共和国在福岛核事故后在 Mochovce 核电厂继续建设两座新的 VVER-440/V 213 型核电厂。在 Mochovce 的核电厂，包括运行和在建的，都要求更新和优化能承受比当前限值更高的地震。

14、 西班牙

西班牙总理 Jose Luis Rodriguez 在 3 月 16 日命令对国内核电厂进行审查。

15、印度

印度总理 Manmohan Singh 在 3 月 15 日命令印度核能公司重新评价安全系统和核电厂的设计。3 月 15 日印度政府也期望在适当位置增加安保措施来保证新提议的电站的安全。印度核能公司在 3 月 14 日说，印度的核电厂在 2001 年 Bhuj 地震和 2004 年亚洲海啸中幸免。

16、 巴基斯坦

巴基斯坦政府命令巴基斯坦原子能委员会去检查和评估核电厂安全和国内所有核电厂的设计。巴基斯坦核能管理当局发布安全导则，3 月 16 日命令重新评估 KANUPP-II 和 CHASHMAN 核电联合体的设计。

17、 阿拉伯联合酋长国

阿拉伯联合酋长国（UAE）核能监管机构（FANR）向阿联酋核能公司（ENEC）发放该国第一份许可，授权该公司进行第一座核电厂选址研究。

2011 年 3 月 31 日，FANR 要求 ENEC 就福岛核事故总结经验， FANR 于 2010 年 12 月

27 日开始审查 Braka 两个电站的建造许可证，这一审查将持续 18 个月，包括由福岛核事故引起的所有追加时间。

■ 我国环保部（国家核安全局）针对福岛核事故的应急响应和应对措施

1） 应急响应及应对措施概述

在日本地震和海啸引发福岛第一核电站事故后，为确保我国核与辐射环境安全，环境保护部（国家核安全局）按照部应急领导小组的统一部署，在第一时间启动环境保护部（国家核安全局）核与辐射事故应急体系。

紧急指令部核与辐射安全中心、辐射环境监测技术中心，华北、华东、华南、西南、东北与西北等 6 个地区核与辐射安全监督站、31 个省（市、区）环保厅（局）及其辐射环境监测机构等单位应急力量迅即行动，密切跟踪、研判事故进展，积极研究并采取相应的应对措施。

启动了应急机制，及时收集分析事故信息，对事故状态进行跟踪研判，预测事故进展，分析评估对我国可能产生的影响，提出应对措施。

启动全国省会省市和地级市的辐射环境监测网络，密切监视福岛核事故放射性物质释放后的扩散情况和对我国的影响。

在应急响应过程中，环境保护部（国家核安全局）重点工作：

(1) 第一时间要求国内核电站及时采取措施，防止受到次生灾害影响。

(2) 加强运行核设施的安全管理，加强监督检查，指导企业及时发现和消除隐患

(3) 积极开展全国范围的辐射环境监测，全国 42 个主要城市和 3 个运行核电基地的伽玛空气吸收剂量率及气溶胶人工放射性核素的监测结果，每天在环保部（MEP）网站公布，并通过国家核事故应急协调委员会每日权威发布。

(4) 密切跟踪、分析研判福岛核电事故进程，与日本 NISA 热线电话联系，紧密跟踪国际社会和日本新闻媒体相关信息，组织专家开展技术交流和经验反馈。第一时间发文要求国内核电站及时采取措施，防止受到次生灾害影响。

(5) 于 3 月 12 日（地震第二天）迅即在环境保护部网站开设福岛核电事故应急专栏，推进信息公开，回应公众关注的问题，消除公众疑虑，维护社会稳定。

(6) 及时向中办和国办报送值班信息，为党中央、国务院科学应急决策提供强有力的支

撑。

在针对福岛核事故的应急工作结束后，又开展了如下重点工作：

(1) 开展运行核设施的全面核安全检查。检查采取营运单位自查、监管部门调研督查、检查团现场检查、分析评估检查结果并提出整改要求的步骤。制定了检查方案，对检查所关注的主要方面（共 11 个要素）要求营运单位现状展开自查，并派出调研组进行调研，督查。目前，由国家核安全局、能源局和地震局组成的联合检查团对运行核电厂的现场检查已经完成。

(2) 开展在建核电厂的全面核安全检查，检查涉及 12 个领域的内容。检查形式包括技术再审查和现场检查。目前，对在建核电厂的技术再审查已经完成，现场检查也将于 7 月底完成。

(3) 根据国务院的工作要求，抓紧编制核安全规划。批准前，暂停审批核电项目包括开展前期工作的项目

(4) 密切跟踪国际核安全界的见解和行动，积极参与事故调查，掌握第一手资料，为后续工作提供素材。

(5) 认真研究事故的原因和教训，与国际社会一道，参与制定统一的行动计划。

2） 辐射环境监测

(1) 环境放射性实时监测

从 3 月 13 日起，全国 43 个城市的 47 个辐射环境自动监测站，以及浙江秦山核电基地、广东大亚湾/岭澳核电站、江苏田湾核电站外围环境辐射连续监测系统的 23 个辐射环境自动监测站实时测量环境 γ 辐射空气吸收剂量率的连续变化值，对环境水平的任何非预期增加给出警告。此外杭州、大连两地还开展了惰性气体氙同位素连续采样测量。监测点位见图 3-13。

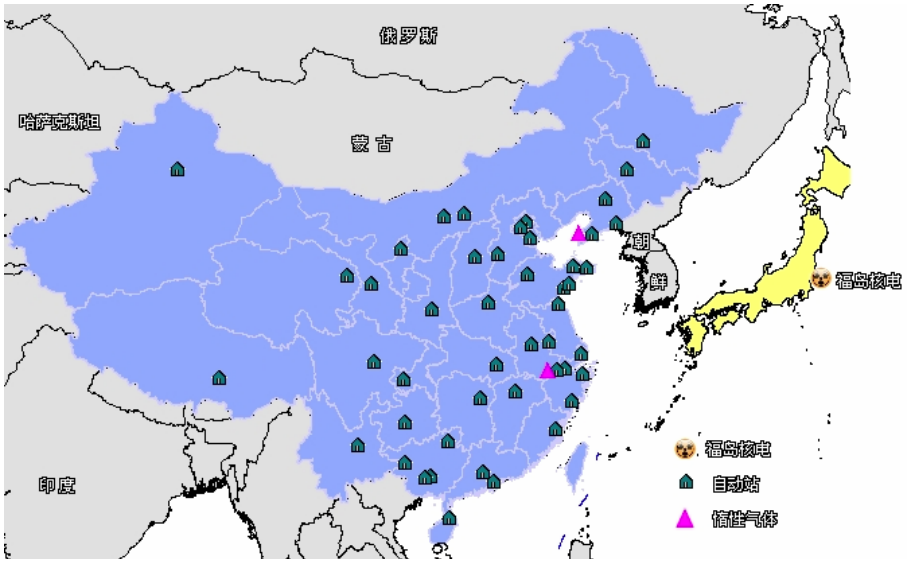

图 6-1　环境放射性实时监测点位

自 5 月份起，监测方案改为 31 个省会城市的 31 个辐射环境监测自动站和 3 个运行核电基地外围环境辐射连续监测系统的 23 个辐射环境自动监测站。

此外，3 月 15 日~4 月 8 日，在 20 个沿海城市设置了 52 个移动监测点（移动监测线路），对环境 γ 辐射空气吸收剂量率实施移动监测。

(2)　环境放射性采样监测

在日本福岛核电站事故发生期间，环境保护部制定了一个具体的辐射环境监测方案，以确定和量化气溶胶（空气中的悬浮物）中的人工放射性核素、以及气态的放射性碘（特别是 ^{131}I），并监测它们对环境和食物链（雨水、叶类蔬菜、牛奶）的影响。不同监测项目的监测点位置如图 3-14 所示，主要包括：

- 31 个省会城市、15 个其它重点城市气溶胶监测点；
- 4 个城市气态碘监测点；
- 25 个城市沉降物监测点；
- 22 个城市收集的雨水监测点；
- 11 个城市饮用水源地饮用水监测点；
- 10 个沿海城市近岸海域海水监测点；
- 25 个城市地表水监测点；
- 55 个城市土壤监测点；
- 21 个城市叶菜监测点；

- 8 个城市牛奶监测点；
- 8 个沿海城市海洋指示生物监测点。

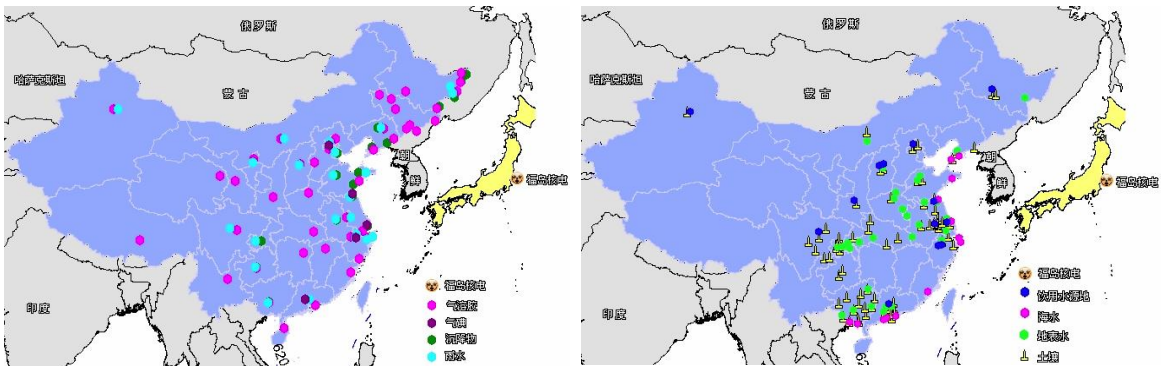

图 6-2　不同监测项目的监测点位分布

受由西向东气流和北太平洋中部上空分流气流的影响，3 月 26 日我国东北和中部部分城市空气中监测到来自日本福岛核事故释放的人工放射性核素 ^{131}I，此后在全国范围内多种环境介质中监测到更多种类的人工放射性核素，但其活度浓度极其微量，远低于公众健康和环境影响的关注水平。到 4 月底已基本监测不到这些人工放射性核素。

3） 放射性后果的评估

应急响应期间，由于缺乏事故放射性释放量的详细资料，放射性后果的分析采用了两种方法，一是根据堆芯放射性盘存量和不同保守程度的释放假设而进行的保守估计；二是利用单位释放量定性分析烟羽的轨迹和相对分布范围。图 3-15 是利用《境外核事件放射性物质大尺度大气迁移后果评价软件（RADCON）》定性预测 3 月 12 日~18 日放射性烟云浓度的结果。

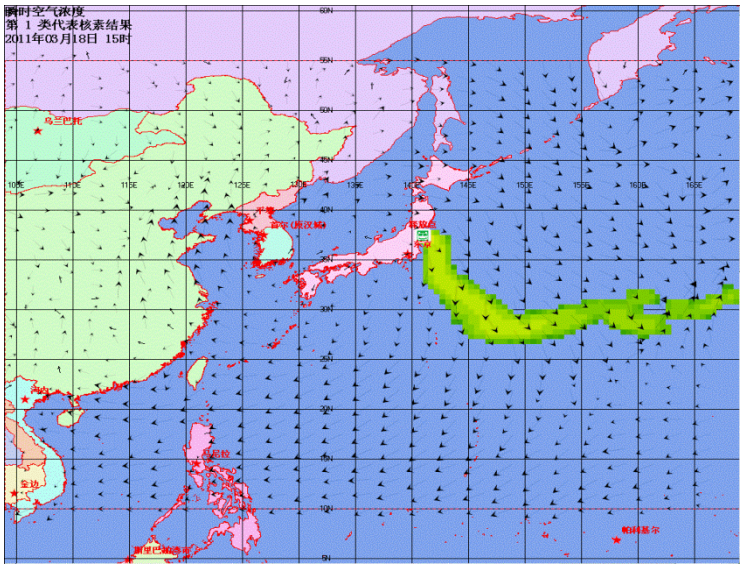

图 6-3　RADCON 定性预测的放射性烟云浓度（3 月 12 日~18 日）

4）　环境信息公开

于 3 月 12 日（地震第二天）迅即在环境保护部网站开设福岛核事故应急专栏，推进信息公开，回应公众关注的问题，消除公众疑虑，维护社会稳定。最典型的是在 γ 空气吸收剂量率本底范围图上配发实际监测的 γ 空气吸收剂量率曲线图（见图 3-16），为消除公众疑虑起到了至关重要的作用。

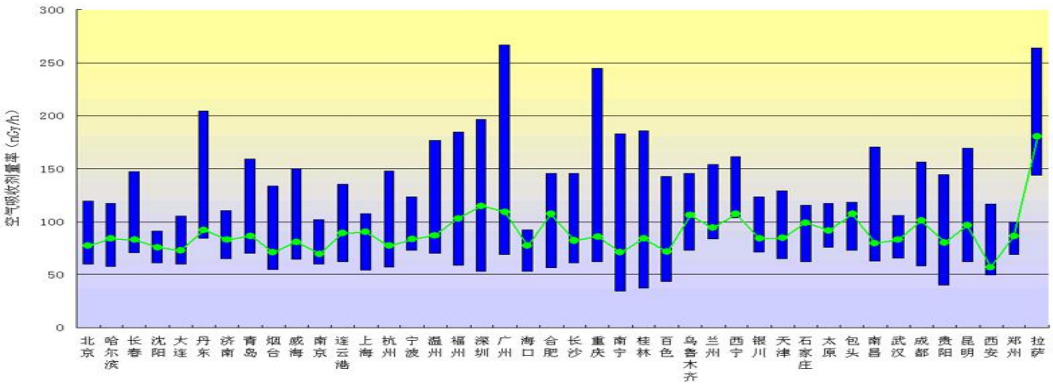

图 6-4　全国 γ 空气吸收剂量率（3 月 15 日 16 时发布）