

医学参考报

放射医学与防护频道

Radiological Medicine and Protection

Number 05

执行主编介绍



吕慧敏 研究员

中国疾病预防控制中心辐射安全所研究员，研究生导师。主要从事毒理学及放射生物学等学科的科研工作。曾在国内外核心期刊发表研究论文60余篇。作为主要研究者获得过北京市及以上科技进步成果奖6项。现兼任北京市及国家成果奖评审专家，财政部政府采购项目评审专家等社会工作。曾在相关学会兼任副理事长，常务理事，现兼任中国环境诱变剂学会理事。现兼任医学参考报放射医学与防护频道常务编委。

导读

- 核工业发展安全有保证 2版
- 福岛核事故后我国核应急技术与装备研发并进 3版
- 后福岛时代对我国核电安全理念及要求的重新审视与思考 4版
- 切尔诺贝利和福岛：本可避免的核事故 5版
- 福岛第一核电事故健康效应 6版
- 福岛核事故后的核泄漏将威胁海洋生物 7版
- 日本福岛核事故后的恢复 8版

消息

医学参考报社网站已开通，以放射医学与防护频道为主的各频道，现正免费注册网站会员，并可网上阅读报纸以及参加继续医学教育等学术活动。

网址：www.yxckb.com

进一步提高我国核安全水平的考虑

【据《内陆核电站及核能发展中的几个重要安全环境问题研究，中国工程院咨询研究报告，我国核能发展的再研究》2015年4月报道】题：进一步提高我国核安全的考虑（作者柴国早）

2011年3月日本福岛事故后，中国工程院组织编写了“我国核能发展的再研究”咨询研究报告，与安全环境的分课题有：《内陆核电站及核能发展中的几个重要安全、环境问题研究》（潘自强主编，原子能出版社，2015年4月）。

其中柴国早等人写的“进一步提高我国核安全水平的考虑”主要论点摘要如下：

福岛核事故已经发生六年多了，有关事故处理和后果的呈现仍在持续当中，直接影响了世界范围内的核电发展。有关福岛核事故的调查、评价以及经验总结仍是相当长时间内核能界的热点议题。

毋庸置疑，在目前情况下核电仍是我国调整能源结构，发展高效、稳定清洁能源的唯一选择，进一步提高核电站安全运行水平已经成为我国发展核电的重要前提。

福岛核事故后我国提出在确保安全的前提下，高效发展核电的战略。为确保核电安全，进一步提高核安全水平，可以从以下几个方面进行考虑。

1. 建立新的核安全目标

核安全目标一般包括定性和定量安全目标。中国政府在2012年发布的《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》中已经明确要求：“十三五”期间及以后国内新建核电机组力争实现从设计上实际消除大量放射性物质释放的可能性。类似地，欧盟理事会于2014年7月通过了《核安全指令》的修订案，要求核电站避免以下两类放射性释放：①需要场外应急措施但没足够时间实施的早期放射性释放；②需要采取防护措施且无法将防护措施限制在某一区域或时间内的大规模放射性释放。

以“实际消除大量放射性物质释放”为新的核安全目标，既有福岛核事故后恢复公众对核电站安全的信心等政治方面的考虑，也从技术和工程角度对核电站安全设计提出了更高的安全目

标，即：在设计基准事故或设计扩展工况范围内，核电站事故不会导致放射性物质显著外泄；在极端工况下，避免发生大规模的放射性物质释放，以保护人员、社会和环境免受危害，特别是避免出现类似福岛核事故情景造成对周围环境长期的严重污染。建立新的“实际消除大量放射性物质释放”的核安全目标，并以此引领核能安全的技术进步，必将进一步提高核能的安全水平。

2. 发展新的核安全理念

福岛核事故发生后，国际核能界和各国核安全监管当局开展核电站安全检查，对运行核电站进行压力测试或评估其应对极端外部灾害能力，并根据研究检查情况和分析评估的结果，提出了一系列旨在提高核电站安全裕度、改善核电站应对超设计外部事件能力的改进措施；对于新建核电站，还提出了许多新的核安全理念和更高的核安全要求。合理可达到的尽量高的核安全理念；“合理可达到的尽量高”借鉴了辐射防护合理可行尽量低（As Low As Reasonable Achievable, ALARA）和英国核安全风险合理可行尽量低（As Low As Reasonably Practicable, ALARP）的核安全理念；“合理可达到的尽量高”原则是未来核安全持续改进的动力和基础，提倡合理可达到的尽量高的核安全理念，将有利于促进采用最新技术和研究成果持续提高核安全，有助于核安全监管当局及其技术支持机构更主动地促进核安全水平的提高，并通过总结核安全改进实践和经验，进一步完善核安全要求。以及内部和外部事件设防、严重事故预防和缓解以及确定论和概率论安全分析是关系核电站设计安全的重要内容，吸取福岛核事故经验教训，新的核电站设计中需要三个方面并重。

3. 提高核电站设计安全要求

福岛核事故后，我国国家核安全局及其技术支持机构已经组织编制完成了《新建核电站安全要求》（2015），本标准更名为《核动力厂设计安全规定》（HAF102-2016），2016年已发布。后续还应进一步完善并补充有关实际消除大量放射性释放等的要求。

（中国原子能研究院 白光 报道）

专家点评



施仲齐 教授

教授，博士生导师。于清华大学从事核安全、核应急、核工程质量管理、环境保护和辐射防护等工作。现兼任国家核应急协调委员会专家委员会委员，医学参考报放射医学与放射防护频道专家委员会委员。获国家教育部科技进步一等奖、二等奖、三等奖、军队科技进步二等奖等。主编《核或辐射应急准备与响应》等多部著作。

本期集中报道日本福岛核事故的辐射影响、剂量估算、应急响应与防护措施、事故后恢复、经验教训等内容，同时报道了与此相关的世界十大核与辐射事故、我国核电的发展及其安全性等公众关注的信息。

导致福岛第一核电站核事故的直接原因是极端外部自然灾害。超出核电站设计考虑范围的地震及其引发的海啸，造成福岛第一核电站多机组、长时间的全厂完全断电、丧失最终热阱和蓄电池直流供电系统失效，无法实现堆芯和乏燃料池的冷却，导致核电站严重堆芯损坏和放射性物质向环境的大量释放。根据联合国原

子辐射影响委员会2013年报告书的评估，两个重要核素碘-131、铯-137分别占其堆芯存量的2.1%、1.3%释放到大气中，约为切尔诺贝利核事故释放的1/10和1/5。如本期所报道的，福岛核事故给人们造成了巨大的影响，但事故对人和环境的辐射影响是有限的。

福岛核事故已过去六年多，但不应忘记促成该事故的一个主要原因是：在日本，人们广泛推测日本核电站非常安全，以至于完全不可想象这种程度的核事故在日本发生，这就造成日本没有为2011年3月的此严重核事故做好充分准备。

福岛核事故引起国际社会的广泛关注，特别是正在积极发展核电的我国。

我国在福岛核事故发生后，采取了一系列措施进一步提高我国核电站的安全水平、应急响应的能力，包括在组织上加强核安全监管力量、核应急救援队伍，加强核安全文化的建设，发布新规章要求在设计上做到实际消除可能导致高辐射剂量或大量放射性释放的核电站事件序列，在技术上实现减轻放射性后果的场外防护行动是有限的甚至是可以取消的。

可以相信，福岛核电站事故的遗产将是世界各国更加重视核安全。中国 and 全世界的核电利用还将继续增长，确保这类事故不再发生。本期对这些问题进行了报道，希望借此对福岛核电站事故、对核电发展有全面、正确的认识。

终校	排版设计	年 月 日	经营监管部	年 月 日
	编辑出版	年 月 日	总编室	年 月 日

政策解读：2020年我国核电运行和在在建装机将达8,800万千瓦

核工业发展 安全有保证

【据《人民日报》2017年2月16日报道】题：核工业发展安全有保证(冯华报道，政策解读人国防科工局副局长王毅韧)

人民日报16日发表题为《核工业发展安全有保证(政策解读)》文章指出：我们的核电技术现在已经是第三代，安全性能有了更大的提升。一旦出现核事故，放射性物质会封闭在厂区以内，封闭在反应堆堆芯以内，这也为核能的发展又上了一把安全锁。

国防科工局日前印发《“十三五”核工业发展规划》《“十三五”核能开发科研规划》等。我国核工业发展将有哪些新举措？核安全如何保障？就大家关心的热点问题，本报记者冯华采访了国防科工局副局长、国家原子能机构副主任王毅韧。

目前我国核电占发电总量比重较低

国家“十三五”规划纲要提出“安全高效发展核电”，我国核电将发展到什么规模？

“到2020年，我国核电运行和在在建装机将达到8,800万千瓦。”王毅韧表示，发展新能源是实现未来可持续发展的必然趋势，核电作为低碳能源，是新能源的重要组成部分，是我国未来能源可持续发展的重要基础。

据经济合作与发展组织和国际能源署联合预测，到2050年，全球核电发电量将在现有基础上翻番，发电比例将达世界发电总量的17%。但目前我国核电在发电总量中的比重还较低，仅占3%左右，远低于全球11%的平均水平。因此，要在确保安全的前提下，高效发展核电，支撑我国能源行业机构优化。

王毅韧介绍，“十二五”期间，我国核电机组并网运行17台，开工建设13台，在建规模世界第一。核电自主创新体系不断完善，核电关键设备和材料国产化率显著提高。具有自主知识产权的“华龙一号”三代核电走出国门，国内、国外同时开工建设，为我国核电今后的安全高效发展打下了坚实基础。

将不断完善核安全与核应急体系

近期日本福岛第一核电站2号机组暴露出的问题再次引发民众关于核电安全性的担忧。王毅韧对此表示，这是2011年日本福岛核事故的后遗症，福岛核事故是一个极端自然灾害加人为处置不当叠加的结果。“如果当时海啸、地震发生后，相关措施到位，今天这种局面是可以避免的。”

王毅韧进一步解释：“日本福岛的核技术是第一代，我们的核电技术现在已经是第三代，安全性能有了更大的提升。一旦出现核事故，放射性物质会封闭在厂区以内，封闭在反应堆堆芯以内，这也为核能的发展又上了一把安全锁。”

据介绍，确保核工业安全发展是“十三五”时期核工业发展的重要任务。王毅韧表示，60多年来，中国一直保持着良好的核安全记录。国家原子能机构作为核工业行业主管部门，将不断完善核安全与核应急体系、提升核安保整体能力、保障铀资源和核燃料供应、加强乏燃料和放射性废物管理，确保“核安全有保证、铀资源有保障、核安保有能力、核废料有去处”。

此外，我国在“十三五”期间将进一步强化核应急组织指挥体系，完成中国核应急救援队的组建，强化核应急救援队能力。

援队能力。

海上核电站研发列入“十三五”规划

海上核动力浮动平台也被称为海上核电站，对推动我国远洋油气资源开采和水面舰船核动力技术发展具有重要意义。王毅韧透露，我国已将海上核动力浮动平台研发列入核工业发展“十三五”规划，目前已开展相关标准研究和关键技术攻关。

王毅韧说，我国要建设海洋强国，对海上资源的开采非常重要。但在海上作业，能源是个问题，目前的方法是带着柴油发电机，不仅费事，对海洋环境也不好。同时，西沙、南沙群岛有人居住和生活，他们所需的能源也要依靠柴油发电机。此外，未来一些大型船舶，也需要海上核动力。海上核动力浮动平台可以解决这些问题，应用前景广阔。

国家原子能机构组织行业权威专家进行了多轮论证，确定采用成熟技术改进的方案建设海上核动力浮动平台。

目前，我国已安排专项科研经费，先行开展相关标准规范研究，重点支持总体设计及安全技术、关键设备设计试验、运行维修技术等关键技术攻关。王毅韧说，该平台建成后，预计将率先用于海上石油勘探、天然气开采等领域。

打破跨越式发展瓶颈

根据规划，“十三五”期间，中国核工业将实施以示范快堆为代表的先进核能系统工程、乏燃料后处理科研专项、空间核动力科技示范工程等一批重大项目，解决长期制约我国核工业跨越式发展的瓶颈短板。

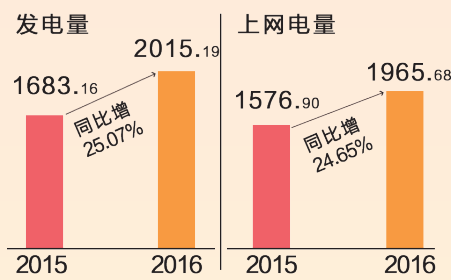
其中乏燃料后处理是大家关注的焦点。王毅韧介绍，早在上世纪80年代，我国就确定了核燃料“闭循环”的技术路线，并在顶层设计、规划引领方面做了大量工作。

在后处理产能方面，我国制定了三步走计划。一是建设每年60吨规模后处理中试厂，目前已经完成；二是要完成每年200吨规模后处理示范工厂的建设；三是实现每年800吨的工业规模后处理能力。在自主掌握大规模后处理技术之前，我国将筹划与法国合作建设一座800吨级后处理厂。他表示，通过两个五年规划，我国乏燃料后处理问题能很好解决。

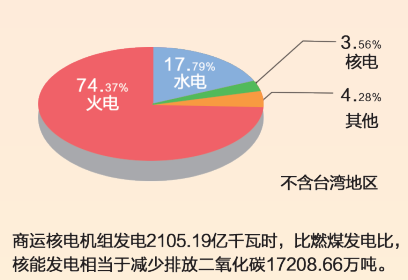
此外，我国还将促进核技术应用，壮大核产业规模。重点加大核技术在农学、医学领域的应用范围，加快辐射加工产业发展，更好地将核技术服务国民经济建设。

(中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所周湘艳 尉可道报道)

全国核电电力生产指标(亿千瓦时)



2016年全国发电量统计分布



福岛核事故发生后的剂量估算

【据《中国医学装备》2017年6月16日报道】题：福岛核事故发生后的辐射剂量以及对公众健康的影响(作者姜庆寰、李明生)

福岛第一核电站核泄漏事故后，泄漏的放射性核素碘⁻¹³¹(半衰期为短短8天)和铯⁻¹³⁷(半衰期较长，为30年)是剂量评价两种最重要的放射性核素。碘⁻¹³¹主要积聚在甲状腺。铯⁻¹³⁷则沉积在地面。日本人每年所受天然存在来源的辐射有效剂量平均为2.1毫西弗特(mSv)，终生所受辐射有效剂量总量为170毫西弗特。

联合国原子辐射影响问题科学委员会最近估算的天然存在辐射源全球年平均照射剂量为2.4毫西弗特，介于1至13毫西弗特之间，但有相当数量的人群每年所受照射剂量为10至20毫西弗特。因此在此次事故中估算的公众所受平均剂量最高的区域在20公里撤离区及计划撤离区范围内。估算公众在撤离前及撤离中所受有效剂量平均不到10毫西弗特，大约为2011年3月12日早期撤离人群所受有效剂量水平的一半。单个器官所受

下转第4版

医学参考报		放射医学与防护频道									
理事长兼总编辑：巴德年	社长：魏海明	名誉主编：吴祖泽	潘自强	张玉松	张庆	朱卫国	赵刚	赵超英	左雅慧		
副理事长：曹雪涛等	副社长：吕春雷	主编：马力文		专家委员会主任委员：尉可道							
理事会秘书长：周赞	副社长：周赞	副主编：陈英	刘强	专家委员会副主任委员：贾廷珍							
		副主编：邹跃	梁莉	委员：傅宝华	龚守良	龚怡芬	姜恩海	李开宝	罗庆良		
		常务编委：陈红红	丁振华	郭国栋	江其生	金顺子	吕慧敏	施仲齐	栗永萍	童建	王洪复
		吕玉民	李君利	李蓉	李连波	刘玉龙	冉新泽	王桂林	杨业鹏	周湘艳	张淑兰
		田梅	问清华	万玲	邢志伟	张照辉	朱国英				
		编委：崔凤梅	崔勇	曹宝山	高林峰	高玲	何玲				
		鞠永健	金义光	刘福东	凌光华	李丹	刘鉴峰				
		林智	廖京辉	马庆录	马国林	宁静	任福利				
		邹家龙	乌丽娅	王墨培	王嘉东	王治东	王志成				
		魏伟奇	肖德涛	谢萍	肖宇	徐畅	姚波				
		余长林	余祖胤	杨文峰	尹再哲	岳瑶	张继勉				
								编辑部主任：张照辉			
								编辑部副主任：曹宝山	廖京辉	宋娜玲	
								编辑：陈森	岳瑶	尹文琤	张煜
								学术发展部主任：梁莉			
								学术发展部副主任：王墨培			

终校	排版设计	年月日	经营监管部	年月日
	编辑出版	年月日	总编室	年月日



福岛核事故后我国核应急技术与装备研发并进

【据《中国核工业杂志》2016年6月报道】题：福岛核事故后我国核应急技术与装备研发并进（作者张金涛 张建岗）

我国核能正处于全面发展的战略时期，核设施和核活动数量大幅增加，加强核应急工作，特别是加强核应急技术与装备的研发是确保核安全的重要内容。福岛核事故等自然灾害导致的核应急表明，核应急技术与装备对与核应急工作至关重要。

福岛核事故经验及启示

2011年福岛核事故在国际领域造成了严重影响，这起事故的教训主要涉及外部灾害、严重事故管理和应急准备的针对性，我国也从中获得了宝贵的经验反馈。核设施营运单位应针对极端自然灾害开展应急准备。应急预案（或应急计划）应充分考虑极端外部自然灾害的纵深防御，应考虑极端自然灾害及多种灾害叠加状况下应对多机组共因故障的核应急能力；应改进安全系统和应急设备的可靠性；应急响应中心应具有抵御外部灾害和相应防护的能力，能获取安全相关参数并具有相应的通信能力；应有应对多机组事故的足够资源，包括人员、设备、物资和外部支持，并改进应对严重事故的训练；建立有效的场内辐射防护体系。需要加强国家级和集团级的应急支援能力。严重事故情况下，核设施营运单位的应急机构可能无法独立完成应急响应任务，这就需要统筹国家级和集团级的应急力量。因此，应提升国家和集团层次的资源整合能力及技术支持机构的支持能力，并在核事故缓解和辐射后果管理方面建立国家层次的核应急响应能力。

提升核应急技术能力。福岛核事故应急响应经验表明，核应急评价集成系统、多重应急监测方式、强辐射场机器人、大数据获取与分析等技术是核设施严重事故应急响应过程中必须具备的能力。

信息发布和公众沟通是核应急响应的重要组成部分。公众防护措施应通过统一的信息渠道及时、准确地传达给公众。福岛核事故也突出了辐射防护知识的重要性，应研究培训、教育和沟通方式，使公众正确了解辐射照射和核事故是十分重要的。在平时应采取切实的措施使公众理解辐射及其影响，并与媒体建立良好的沟通。

我国核应急技术与装备研发现状

1. 我国核应急基础技术的发展

我国从上世纪80年代后期，在国际经验的基础上逐步建立了法规标准体系，并首先在核电厂得到应用，并逐步拓展到其他核设施。在福岛核事故后，我国完善了应急计划区划分、应急行动水平、操作干预水平制定等的方法，建立了相关技术和软件，并在核电厂得到广泛应用。

应急计划区计划方法。确定应急计划区，首先应考虑核设施类型及其危险大小，如核电厂功率，分析时应考虑设计基准事故和严重事故，以使在所确定的应急计划区所进行的应急准备能应对严重程度不同的事故后果。同时，还应考虑核设施周围的具体环境特征（如地形、行政区划边界、人口分布、交通和通信）、社会经济状况和公众心理等因素。为此，应急计划区可以依据场址特征和周围行政管辖情况等决定实际的形状，使划定的应急计划区实际边界符合当地的实际情况，便于进行应急准备和应急响应。

核电厂应急行动水平（EAL）研究。应急行动水平是核事故时进入应急状态的主要依据。我国以美国核管会（USNRC）的应急行动水平制定方法学为基础，同时参考IAEA的事故评价程序及其他相关技术文件，结合我国压水堆核电厂厂址特点在EAL制定和应用中取得了一定的经验成果。同时，我国参考压水堆核电厂的经验，建立了重水堆核电厂的应急行动水平。

操作干预水平（OIL）制定和软件开发。核电厂操作干预水平的计算值需要结合严重事故源项、厂址典型的气象条件、房屋的屏蔽因子和人员年居留因子等确定。由于缺省的OIL值都是基于假想事故和气象等环境条件计算得到的，在实际事故发生时，需要根据实际环境监测结果进行相应的修正。核电厂操作干预水平软件系统是一个为了实现当核电厂发生事故时，根据当时的气象条件、释放源项进行操作干预水平计算，以及根据环境监测数据进行操作干预水平计算；同时，也可应用于核电厂平时的演习和培训。

2. 核事故应急评价系统

我国在核事故应急评价与决策支持系统的开发方面已有20多年的历史，系统的发展与信息技术、计算能力和辐射防护领域相关技术同步发展。

核事故应急评价与决策支持系统具备从事事故况诊断、释放源项、风场和扩散模拟、辐射剂量计算、食物链分析、防护对策分析等技术研究能力，并且在国内

核电厂、研究堆和核燃料循环设施等十多个场址具有实际应用经验，系统在国家核应急演习时得到应用。

2015年中国辐射防护研究院完成了铀浓缩设施核应急评价系统的开发，实现了核临界事故和UF₆泄漏事故的实时评价。该系统在国内首次采用了化学模型、重气模型，进行UF₆泄漏事故应急评价。该系统针对实时评价模式、交互评价模式和演习模式等三种评价模式实现了评价结果WebGIS展示、历史评价结果查询、系统管理等功能。

3. 车载、船载和机载核应急监测集成系统

快速获得事故辐射监测数据是事故早期的需求，也是做出科学应急决策的前提和基础。我国核工业有关科研院所开发了车载和船载核应急监测集成系统，包括核应急监测车、车载或船载放射性实验室等。

在严重核事故情况下，核应急监测车可沿公路线通过快速巡测获得辐射监测数据。核应急辐射监测车系统能够机动、有效地采集、存储、分析、处理和发布来自不同区域的辐射信息，并在系统中进行直观展示。核应急监测车可通过大体积NaI探测器，结合定位系统和无线数据通信系统，在发生突发核与辐射事件时，可实时将现场的剂量水平、核素信息、位置等信息迅速发送到应急指挥部。同时，核应急监测车也可搭载环境辐射巡测仪、就地 γ 谱仪、取样器等，扩展应急监测功能。

放射性移动实验室是伴随着核事故现场样品的测量分析和巡测技术发展起来的。移动实验室可对核事故中采集的样品进行现场分析，也可对核事故现场的环境进行直接监测，迅速掌握现场的辐射水平和污染分布。移动实验室可集成 γ 剂量率在线监测仪系统、气溶胶在线测量系统、车载气象测量仪以及取样和防护用具。

核工业系统建立了用于航空应急监测的NaI(Tl)谱仪系统和HPGe谱仪系统，并建立了相应的实时数据传输系统，具备了较为快速的核应急航空监测响应能力，以及相应的系统校准能力。

4. 核应急防护技术研究与设备开发

在外照射剂量监测与管理方面，基于通信技术的进步，开展了可远距离实时监控的应急外照射剂量监测系统。

在内照射监测方面，基于移动式全身计数器，开发了包含甲状腺计数器和全身计数器的内照射应急活体监测系统，并具有相应数据管理系统，可为核与辐射事故后公众和工作人员的快速内照射活体监测与剂量估算提供能力。

应急人员剂量评价与剂量重建技术，分析应急人员受照途径、防护措施以及影响应急人员受照的因素，建立应急人员剂量快速预估模型，利用剂量预测与剂量重建系统进行事故后剂量评估。

核事故生物剂量及救治技术方面，在一定剂量范围内多指标多手段联合生物剂量分析系统可分别建立并修正基因作为辐射敏感指标的剂量效应与时间效应关系曲线。近年来，建立了 β 射线皮肤损伤救治技术，开发了一些放射损伤防护剂和超铀核素促排药物。

核应急现场去污技术与装置研发等方面，开发了适用于厂房内、环境、设备、人员等的专用去污或洗消设备。

5. 核应急机器人的开发

在强辐射场机器人开发领域，中辐院、原子能院先后开发了多种型号机器人。中辐院研究的QFS-100型机器人是适用于强辐射场的轮式遥控机器人，可以在放射性污染和辐射水平不可预估或较高的强辐射条件，代替人员进行现场场景探查、辐射水平测量、取样等应急作业。机器人内部关键部件采取了抗辐射处理，并经过了严格的耐辐射性能测试。机器人配备了耐辐射摄像机和 γ 剂量率测量装置，根据需要还可以搭载其他类型的辐射测量装置，可以通过无线和有线模式进行控制。

原子能院研发的BHBot401（基本型）机器人在核事故应急中除代替人员进行近距离的信息获取、物品抓取转移等基本作业外，通过末端执行机构的灵活选择，配合专业设备，机器人也具有气体、液体取样等功能。搭载核辐射探测装置，能够提供核辐射的剂量强度、核素种类、沾染区域等信息。

我国核应急技术经过近30年的发展，形成了比较完善的核应急技术体系。在福岛核事故后，我国充分借鉴国际经验，通过进一步加强核应急能力建设完善了核应急能力。随着我国核能快速发展，我国还需要加强核应急技术基础研究、应急评价系统集成与验证、应急信息管理、防护技术研究及专用机器人开发，在方法学研究、系统集成、实验验证等方面的核应急科研能力达到国际先进水平。同时，也需要加强专业训练，提升核应急人员能力，提高演习的有效性，建立与核能发展规模相适应的核应急体系，保障核事业可持续发展。

（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 齐雪松 报道）



后福岛时代对我国核电安全理念及要求的重新审视与思考

【据《环境保护》2015年4月报道】题：后福岛时代对我国核电安全理念及要求的重新审视与思考（作者柴国早）

福岛核事故造成了厂区及其周围环境严重污染，严重影响了全球公众对核电安全的信心，以及对核能、核电的可接受性，对核电的发展造成了深远影响。福岛核事故的后果是严重的，教训也相当深刻。但福岛核事故的发生，也促使大家对核安全的理解和核电厂安全设计进行重新审视和反思，从而提高了对核安全的认识。福岛核事故证明了核电厂贯彻纵深防御原则的重要性，这需要在今后核电厂设计和运行中进一步得到加强。

同时福岛核事故也表明，核电厂仅满足“两个千分之一”（即对紧邻核电厂的正常个体成员来说，由于反应堆事故所导致立即死亡的风险不应该超过其所面对的其他事故所导致的立即死亡风险总和的千分之一；对核电厂邻近区域的人口来说，由于核电厂运行所导致的癌症死亡风险不应该超过其他原因所导致癌症死亡风险总和的千分之一）的定量安全目标及其相对应的 CDF/LRF 概率安全目标（每堆年发生严重堆芯损坏事件的概率低于十万分之一，每堆年发生大量放射性物质释放事件的概率低于百万分之一）是不够的。

为落实《核安全与放射性污染防治“十二五”规划及2020年远景目标》和国务院常务会议确定的方针政策，国家核安全局分阶段启动了核电厂安全要求的制定工作。目前，已完成《“十二五”期间新建核电厂安全要求》（报批稿）的制订工作，其中吸纳了IAEA和核能发达国家为提高核电厂安全水平所提出的改进要求，提出了提高核电厂抵御极端外部事件特别是极端自然灾害的能力、加强核电厂多层次纵深防御措施的要求，以保证各层次纵深防御措施的有效性以及各层次之间的独立性；同时还提出了进一步强化多样性设计要求以及利用最新技术和研究成果持续提高核安全的理念。

后福岛时代，重新审视我国核电安全理念及要求，应秉持“理性、协调、并进”的中国核安全观，在新的核电厂设计中，应充分考虑设计扩展工况并重视剩余风险。应采取系统性的分析方法识别核电厂设计中可能存在的安全薄弱环节，采取合理可行的安全改进措施提高核电安全水平，并采取合理可行的措施减轻剩余风险的后果，以达到实际消除大量放射性物质释放的安全目标，并贯彻核安全合理可达到的尽量高理念。

（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学研究所 邵帅 报道）

群众关注的世界十一次核与辐射事故（1957～2011）

【据《美国时代》2009年3月报道】题：群众关注的十一次核与辐射事故（作者美国时代杂志）

核事故指任何的或一系列但源自同一的、引起核损害的事故。一般来说，在核设施内发生了意外情况，造成放射性物质外泄，致使工作人员和公众受超过或相当于规定限值的照射，则称为核事故。显然，核事故的严重程度可以有一个很大的范围，为了有一个统一的认识标准，国际上把核设施内发生的有安全意义的事件分为七个等级。

核电是一种清洁、高效和相对安全的能源。核电站发生核泄漏事故，是指核反应堆里的放射性物质外泄，造成环境污染并使公众受到辐射危害。

核泄漏一般的情况对人员的影响表现在核辐射，也叫做放射性物质，放射性物质以波或微粒形式发射出的一种能量就叫核辐射，核爆炸和核事故都有核辐射。它有 α 、 β 和 γ 三种辐射形式。 α 辐射只要用一张纸就能挡住，但吸入体内危害大； β 辐射是高速电子，皮肤沾上后烧伤明显； γ 辐射和X射线相似，能穿透人体和建筑物，危害距离远。宇宙、自然界能产生放射性的物质不少，但危害都不太大，只有核爆炸或核电站事故泄漏的放射性物质才能大范围地对人员造成伤害。

按照“史上十大核事故”发生的时间顺序，列出如下：

1 1957年10月10日温斯克大火

位于坎伯兰郡附近的一个英国核反应堆石墨堆芯起火酿成核灾难。大火导致大量放射性污染物外泄。此次核灾难是三英里岛核电站事故发生前最为严重的反应堆事故。

2 1966年1月17日帕利马雷斯氢弹事故

在西班牙海岸上空进行加油时，美国一架B-52轰炸机与KC-135加油飞机发生相撞。撞击之后，加油机彻底毁坏，B-52轰炸机遭解体，所携带的4枚氢弹“逃离”破裂的机身。其中两枚氢弹的“非核武器”撞地时发生爆炸，致使490英亩（约合2平方公里）的区域被放射性钚污染。搜寻人员在地中海发现了其中一个装置。

3 1968年1月21日图勒核事故

由于舱内起火，美国一架B-52轰炸机的机组人员被迫作出弃机决定，在此之前，他们本可以进行紧急迫降。B-52轰炸机最后撞上格陵兰图勒空军基地附近的海冰，导致所携带的核武器破裂，致使放射性污染物大面积扩散。

4 1970年12月18日加卡平地核事故

在巴纳贝利核实验过程中，美国内华达州加卡平地地下一万吨级当量核装置发生爆炸，实验之后，封闭表面轴的插栓失灵，导致放射性残骸泄漏到空气中。现场的6名工作人员受到核辐射。所有事故都是我们的历史教训。应该深刻反思，加强安全建设。核是危险的，所以一定要注意安全，小心，再小心。

5 1979年3月28日三里岛核电站事故

三里岛核电站2号反应堆发生的放射性物质外泄事故是美国历史上最为严重的核电站事故，尽管此次事故并没有造成人员伤亡。

6 1985年8月10日K-431核潜艇事故

7 1986年4月26日切尔诺贝利核泄漏事故

切尔诺贝利核泄漏事故被称之为历史上最严重的核电站灾难。1986年4月26日早上，切尔诺贝利核电站第4号反应堆发生爆炸，更多爆炸随即发生并引发大火，致使放射性尘降物进入空气中。据悉，此次事故产生的放射性尘降物数量是在广岛投掷的原子弹所释放的400倍。

8 1987年9月13日戈亚尼亚辐射事故

在巴西的戈亚尼亚，一名垃圾场工人撬开了一个废弃的放疗机，并拆掉了一小块高放射性的氯化铯，灾难就此降临到这座城市，当时共有超过240人受到照射。由于被放射性材料的亮绿色蒙骗，孩子们用手接触并涂抹在皮肤上，导致几个街区污染，不得不拆除。

9 1993年4月6日托木斯克-7核爆炸

这起发生在西伯利亚托木斯克的核事故是由硝酸清洗容器时发生爆炸导致的。爆炸致使托木斯克-7的回收处理设施释放出一个放射性气体云。

10 K-431核潜艇事故

1999年在符拉迪沃斯托克（K-431核潜艇）补充燃料过程中，E-2级K-431核潜艇发生爆炸，放射性气云进入空中。10名水兵在这起核事故中丧命，另有49人遭受放射性损伤。

11 2011年3月11日本福岛第一核电站事故

在东京电力公司（东电公司）运行的福岛第一核电站，地震和海啸造成了场内供电线路和安全基础设施的严重破坏，叠加效应导致重大核事故。

（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 周湘艳 吕慧敏 报道）

◀ 上接第2版

收剂量用毫戈瑞（mGy）表示，甲状腺对天然存在辐射源的年平均吸收剂量通常为1毫戈瑞量级。估算的甲状腺相应平均吸收剂量约达30毫戈瑞。估计1岁婴儿所受有效剂量约为成人的两倍，而其甲状腺所受剂量估计达70毫戈瑞左右，其中一半是食物放射性摄入所致的。但个体之间这一数值的差异很大，取决于其所处位置及所消费的食物。估计居住在福岛市的成人事故后第一年所受有效剂量平均约为4毫西弗特；而估算的1岁婴儿所受有效剂量约高一倍。平均而言，继续居住在福岛县的人（因此事故）终生所受有效剂量估计刚刚超过10毫西弗特；这一估算基于未来不会采取补救措施来减少剂量的假设，因此可能过高估计了。得出这一估算剂量考虑的最重要来源是沉积放射性物质的外照射。对甲状腺和全身放射性物质含量的这些测量结果表明，内照射所致剂量低于委员会估算剂量，甲状腺剂量低至约1/5～1/3，而全身剂量低至约1/10。因此，委员会认为，其剂量估算值可能高于实际照射。

（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 姜庆寰 报道）

切尔诺贝利和福岛：本可避免的核事故

【据《腾讯科学》2016年4月26日报道】题：切尔诺贝利30周年福岛5周年：本可避免的核事故（作者乔治·桑塔亚那 George Santayana）

2016年4月26日，全世界纪念灾难性的乌克兰切尔诺贝利核事故发生30周年。这起核事故大面积扩散的放射性尘埃和深远影响被描述为“任何一起核事故都是全球性的核事故。”整个人类历程都无法找出第二次对数以百万计的生命和环境造成了如此破坏性的影响。探究该事故发生的关键性根本原因，是因为安全文化的缺失。

根据国际原子能机构（IAEA）和其他相关机构大量的开创性研究，切尔诺贝利核事故发生的根本原因是安全文化的严重缺失，安全文化的缺失不仅是对切尔诺贝利核电站，而是包括事故发生时苏联对核电的设计、运行和监管的全部环节。

通常情况下，安全文化定义为组织和参与整个活动的每个人的性格和态度的组合，形成“安全问题作为压倒一切的事项根据其重要级别得到相应重视”的文化。美国核管理委员会（NRC）与美国核电运行研究所（INPO）对安全文化作出这样的定义：“核安全文化是由领导层和个人共同承诺核心的价值观和行为准则，以保护人和环境，对于商用核电产业而言，核安全仍享有至高无上的优先地位”。

创建和培育积极的安全文化基本等同于在组织和个人中灌输一种安全理念和态度，以确保安全问题被当做高度优先的事项来对待。建设安全文化的核电站应当鼓励员工培养质疑态度和严谨对待全部工作的作风，并在一线员工和中上层管理人员之间建立必要的畅通沟通渠道。包括设计的缺陷、操作人员沟通的不畅、操作人员专业知识水平的缺乏、人为关闭安全系统等多重不安全因素，导致了切尔诺贝利核事故的发生，这些不安全因素的存在，归根结底是安全文化的丧失。

在切尔诺贝利事故发生25年后的2011年3月11日，日本东北地方太平洋近海地震和海啸引发了又一起级别最严重的核事故（7级）：福岛第一核电站事故，让人意外的是，发生这样的事故是一起人为事故。福岛核事故所有的调查均得出结

论，福岛第一核电站事故基本上是可以避免的，自然灾害只是引发了后续灾难。用日本国会福岛核事故独立调查委员会（NAHC）主席黑川清博士的话来说，福岛事故是一起“人为事故”，系“日本制造”。因为日本的核电行业未能吸取三哩岛核泄露事故和切尔诺贝利核事故的教训，“这种心态导致了福岛第一核电站事故”。其他关于福岛核事故的正式报告，比如美国国家科学院的报告，也证实并大幅讨论了本次事故中安全文化的重要作用。

与福岛第一核电站造成了致命的堆芯熔毁和辐射释放截然不同的是，距离这次地震震中距离更近，海啸浪更高的女川核电站却安全关闭并且完好无损。两个核电站不同的遭遇告诉我们，福岛第一核电站事故的根本原因是企业“安全文化”的失败。

国际原子能机构（IAEA）关于福岛事故最新的长篇报告指出，贯彻安全文化的监管准则和程序有所欠缺，并宣称“有必要采取考虑到人、组织和技术相互间复杂作用的综合措施”。

看来，人的行为和组织的因素是“不断重复”的主题，是造成过去严重核事故的主要根本原因。从1961年的SL-1事故，一直到2011年的福岛第一核电站事故。而且倘若不是奋不顾身的操作人员的英勇而熟练的抢险，福岛第一核电站恐怕会造成更大的灾难。女川核电站完好无损是因为积极执行了自身的企业安全文化。

全球核能的动荡历程带给我们最重要、最明确的教训是：人的因素和安全文化可以让核电站或任何一种安全敏感型系统生存或毁灭；操作人员的个人责任意识 and 应急潜力需要由运行此类系统的组织去培养和锻炼；监管制度应该创造条件，鼓励并要求他们这样做。我们希望切尔诺贝利事件过去30年后，在IAEA的领导下，全球核电行业团结一致，吸收可靠组织（HRO）的定义特质“执着于寻找事故可能性”，在核电站和核电行业实现我们需要的集体责任意识，不仅为了铭记，而且要吸取并运用上面的重要经验；否则，正如本文题词，西班牙裔美国哲学家、散文家乔治·桑塔亚那所说：“那些不能铭记过去的人注定要重蹈覆辙”。

（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 朱卫国 报道）

日本福岛核事故四年来的影响及教训

【据《中国辐射卫生》2016年4月报道】题：日本福岛核事故四年来的影响及教训（作者王燕君等）

1. 福岛核事故后人母乳中¹³¹I的污染

在切尔诺贝利核事故中，儿童甲状腺癌发生率的增加，已被证明是由于摄入被¹³¹I污染的食品为主。因此，福岛周边的婴儿、母亲及其乳汁样本情况被广泛关注。在福岛、千叶和茨城县，偶尔在哺乳期的母亲体内检测到少量¹³¹I，因此母乳中可能存在¹³¹I的污染。研究者开发了碘生物动力学模型来解释母乳中¹³¹I的污染。同时考虑到每日变化的差别和不同摄取方式，以日常消费0.0~2.0kg/d的自来水和吸入13.1~18.4m³/d的有效空气体积来计算。虽然样品每日的精确采样时间是未知的，但是测量值在每个测量开始的时候均进行校正。从整体水平来看，所测量和计算¹³¹I的浓度足以说明乳汁中的污染现象。母乳中碘的浓度主要是以气态的形式吸入或者食入从而进入血液，而以颗粒形式的吸入体内只占34%。母乳中碘浓度的计算基于摄入自来水和环境中吸入空气的模型。基于上述结果，通过测量各地居民中接受母乳喂养婴儿的甲状腺当量剂量，假设婴儿每天饮用800ml的乳汁，在Mito和Kasama市的甲状腺的当量剂量为10~11mSv，在Tsukuba和Moriya市的甲状腺的当量剂量为1.1~1.8mSv。这一结果对估计个人剂量是必要的。今后对当地人群，尤其是儿童甲状腺癌的随访研究将是健康管理的工作重点。

2. 福岛核事故撤离人员返乡后剂量估算

福岛第一核电厂核泄漏事故后，环境外照射剂量率主要来自福岛核电站泄露的¹³⁴Cs和¹³⁷Cs的辐射。2012年，日本政府依据预测的年有效剂量，新划定的区域包括：①难以返回区域（>50mSv），②限制居住区（20~50mSv），③疏散管理的生活区域（<20mSv）。在核事故后返乡重建福岛县的人员，从污染区域撤回后会接受年度个体剂量的评估。结果显示如下：在田村市为0.6~2.3mSv·a⁻¹，川内村1.1~5.5mSv·a⁻¹，饭馆村为3.8~17mSv·a⁻¹。福岛受影响的区域的辐射水平已经降至事故初期的一半，撤离人员的返乡工作也已开始，之后的研究重点将关注儿童所受到的影响。福岛核事故导致的辐射剂量暴露，被证实是对受影响地区的居民健康的长期隐患之一。虽然提出了各种剂量重建方法，但在放射性核素的短暂内照射方面，因资料不足而具有高度不确定性，特别是基于人体的测量值数据很有限。

3. 福岛核事的剂量估算对人的健康影响

日本福岛县政府的县民健康调查结果显示，福岛第一核电站事故发生时不满18岁的约36万人中，迄今有18人确诊患有甲状腺癌，另有25人是因尚未手术而无法确诊的疑似病例。UNSCEAR 2013年报告书表明在事故撤离前和撤离过程中成年人受到的有效剂量平均少于10mSv，这是2011年3月12日得到的评估值的一半，评估得到的相应的甲状腺平均吸收剂量达到约35mGy。一岁大的婴儿评估的有效剂量时成年人的2倍，甲状腺吸收剂量约80mGy，这是摄入的食物中放射活性物质值的一半。事件发生后的第一年，生活在福岛市的成年人受到的有效剂量评估值约为4mSv，一岁大的婴儿评估剂量大约是成年人的2倍左右。那些生活在福岛地区内核相邻地区的居民，评估值基本差不多或更低。评估得出的此次事故的终身有效剂量仅为10mSv。由于评估假设将来不采取任何补救措施来减少受照剂量，因此可能还高估了剂量值。评估剂量中最主要来自具有放射性活性物质的外照射。相邻国家和世界其他国家的人们在此次事故中的辐射剂量远远低于日本民众受到的剂量，有效剂量仅为0.01mSv，碘吸收剂量也少于0.01mGy，这些剂量水平对人体的健康影响不大。截至2012年10月末，大约有25,000名工人参与了福岛核电站地点的搬迁和其他活动。根据记录，25,000个工人在第一个19个月过去后的平均受照有效剂量约为12mSv，约35%的工人在此期间受到了多于10mSv的总剂量，但0.7%的工人受到的剂量超过了100mSv。委员会发布的内照射受照剂量最大的12名工人中，甲状腺受到的吸收剂量在2~12Gy之间。大部分来自于¹³¹I的吸入。除了这些人群，由美国国防部组织的8,380名个体人群的体内监测在2011年3月11日到2011年8月31日期间完成，约有3%监测者最大吸收剂量为0.4mGy和甲状腺最大吸收剂量6.5mGy。

震后四年日本灾民返乡难。这场“东日本大地震”已导致15,891人遇难，2,584人失踪，岩手、宫城、福岛三县受灾最重。如今，四年时间过去，灾后重建速度难符预期，福岛核事故后续清理遥遥无期，仍有约22.9万人未能重返家园，3,000多人因不堪生理和心理病痛而“间接死亡”。仅在福岛核电站周边，就有约5万名居民成为无家可归的“核灾民”。总体来说，灾后重建取得了可观进展，但在为无家可归的灾民提供永久性住所方面仍旧进展缓慢。截至2015年2月底，岩手、宫城、福岛三县仍有8万多人住在预制板房内。

有关福岛核电厂事故的影响，潘自强院士认为福岛核事故产生的经济损失是巨大的，但对人和环境的辐射影响是有限的，当然，其影响仍是社会和公众难以接受的。

（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所 王燕君 报道）

福岛第一核事故健康效应

【据《国际原子能辐射机构(IAEA)》2015年2月报道】题:福岛第一核电站事故健康效应(总干事天野之弥的报告)(作者天野之弥)

自福岛第一核电站事故以来,原子能机构成员国和国际组织以及国际核安全文书特别是《核安全公约》缔约方已对事故原因和后果进行了许多分析,并对事故对核安全的影响进行了详细审议。2012年8月举行了《核安全公约》缔约方特别会议,审查和讨论了对事故的初步分析结果和该公约的有效性。2015年2月,《核安全公约》缔约方在原子能机构总干事召集的外交大会上通过了维也纳核安全宣言,其中包括落实该公约防止发生具有放射后果的事故和一旦发生事故时减轻这类后果的第三个目标的原则。

健康效应

开展了《福岛健康管理调查》,以监测福岛县受影响人口的健康状况。该调查旨在早发现和早治疗疾病以及预防生活方式引起的相关疾病。在该报告撰写之时,作为调查的一部分,正在进行儿童甲状腺的集中筛查。使用高度灵敏的设备,已检测到(临床手段无法检测到的)大量被调查儿童无症状的甲状腺异常,估计这些异常不太可能与该事故的辐射照射有关,而有可能是在该年龄段儿童中自然发生的甲状腺异常。儿童患甲状腺癌是涉及放射性碘大量释放的事故后最有可能的健康效应。由于所报告的可归因于该事故的甲状腺剂量普遍很低,发生在可归因于该事故的儿童甲状腺癌增加的情况的可能性不大。然而,在儿童于该事故后即刻受到的甲状腺剂量方面仍然存在不确定性。在工作人员或公众成员中没有观察到可归因于该事故的任何早期辐射诱发的健康效应,后期辐射健康效应的潜伏期可长达数十年。因此,不可能通过照射后若干年的观察就不予考虑受照人群发生这种效应的可能性。考虑到所报告的公众成员所受剂量的低水平,该报告的结论赞同联合国原子辐射效应科学委员会(辐射科委会)向联合国大会所作的报告。该报告认为,预计受照公众成员及其后裔的辐射相关健康效应发生率不会有明显的增加,这是在与2011年日本东部大地震和海啸后,核事故引起的辐射照射水平和影响有关的健康影响的范围内所作的报告。

在接受了100毫希或更高有效剂量的工作人员群体中,辐射科委会的结论是,预计未来会增加患癌症的风险。然而,预计这批人员的癌症发病率的任何增加都不可能觉察到,因为很难参照癌症发病率的正常统计波动来确认这样小的发病率。没有观察到而且预计不会发生产前辐射效应,因为所报告的剂量远低于这些效应可能发生的阈值。未见报告可归因于辐射情况的意外终止妊娠现象。就父母所受照射导致其后代产生遗传效应的可能性而言,辐射科委会的结论是,总体来说,虽然在动物研究中得到了证实,但人群遗传效应发生率的增

加目前不能归因于辐射照射。

对儿童的辐射效应,在1岁儿童甲状腺异常的附近测量,最高周围剂量当量率为每小时0.0001毫希,这与大约50毫戈瑞的甲状腺吸收剂量(甲状腺当量剂量50毫希)相一致。据报告,2011年3月利用碘化钠(铀闪烁测量仪)在撤离区和“计划撤离区”儿童中测量的甲状腺当量剂量对95.7%的儿童而言低于约10毫希(最高43毫希)。可能所有剂量均低于1996年“基本安全标准”规定的因放射性碘所致甲状腺接受的可防止待积吸收剂量100毫戈瑞的服碘预防通用最佳干预值。它们也低于经修订的“基本安全标准”规定的头七天用于碘甲状腺阻断的预期剂量50毫希,该剂量作为应急照射情况下预防行动和其他响应行动的一般标准,以减少随机效应的危险。比较而言,切尔诺贝利事故后儿童甲状腺吸收剂量高达数千毫戈瑞,高出近100至1,000倍。

对儿童潜在的辐射效应是特别令人关切的一个问题。国际辐射防护建议和标准考虑到了受照人群中的儿童。为辐射防护的目的,它们假定对包括儿童的全部人口具有潜在辐射风险,这种风险比假定的成年人口的风险高约30%。就儿童甲状腺癌而言,儿童比成人更具放射敏感性。就放射性碘的给定摄入量而言,婴儿甲状腺所受的剂量比成人高八到九倍。碘-131在环境中的大量存在可能导致儿童患甲状腺癌。某些类型甲状腺癌在儿童中的正常发病率较低,但儿童甲状腺对辐射的灵敏度却较高,鉴于这种较高的灵敏度,在事故发生后,重要的是进行后续筛查行动,以便及早检测这种类型癌症发生率的任何潜在增加情况。筛查项目覆盖了事故发生时年龄在0~18岁约37万儿童。在初步筛查之后又进行了从2014年开始的全面甲状腺检查,并将在此后几年对居民进行定期监测。采用高灵敏度超声波超声显像设备对甲状腺进行筛查,检测出了如使用标准设备筛查无症状儿童本不可能检测出来的无症状的甲状腺结节、囊肿和癌症。在对生活在远离事故影响区的儿童进行相同的筛查时得到了类似的结果。辐射诱发甲状腺癌的潜伏期比自事故以来至本报告撰写之时已过去的四年多时间。

在许多情况下,在青少年的儿童中发现了甲状腺癌,但在2011年3月11日不足5岁的最脆弱儿童群体中却没有发现任何病例。可疑或恶性病例的比例与福岛县各地2011~2013年初次筛查时几乎完全一样。这些因素表明,在调查中检测出的甲状腺异常不大可能与该事故引起的辐射照射有关。

辐射诱发的产前健康效应“产前或出生前”照射效应”是提及辐射对胚胎和胎儿的效应时所用的术语。在低于100毫戈瑞吸收剂量下,辐照在胚胎发育的胚胎植入前期间的致命效应被认为是非常罕见的,而诱发其他效应则有一个大约100毫戈瑞的吸收剂量阈值。可

归因于该事故的胚胎和胎儿吸收剂量,均远低于这些效应发生的阈值吸收剂量。

作为《福岛健康管理调查》一部分进行的孕期调查,帮助向2010年8月1日和2011年7月31日之间收到了《母子健康手册》的母亲及其子女提供适当的医疗照顾和支持。将每年对这项调查进行更新,以考虑特别是关于怀孕和生育的新数据。这样做的目的是收集可能改进产科和产前护理的数据,并对事故后在福岛县怀孕或生产的妇女提供支持。根据调查结果,没有产生显著的不良后果,而且死胎、早产、低出生体重儿和先天畸形的发生率被认为类似于日本其它地方。辐射科委会的报告说,“虽然在动物研究中得到了证实,但人群遗传效应发生率的增加目前不能归因于辐射照射”。因此,该报告中的结论表示,没有任何遗传效应可归因于该事故。

心理后果

据报道,在受核事故影响的人群中出现了一些心理状况。由于其中许多人遭受了大地震和毁灭性海啸以及事故的综合影响,因此很难评估在何种程度上将这种影响单独归因于核事故。《福岛健康管理调查》的心理和生活方式调查结果显示,在受影响人口的一些弱势群体中出现了相关的心理问题,如焦虑上升和创伤后应激障碍。辐射科委会估计,事故引起的最重要健康效应涉及与地震、海啸和核事故的影响,所感受到的与电离辐射照射风险有关的恐惧等心里后果虽然不能直接归因于辐射照射,但在本报告中做了考虑。辐射科委会报告说:最重要的健康效应涉及与地震、海啸和核事故的巨大影响有关的心理和社会安宁,以及与所感受到的电离辐射照射风险有关的恐惧和羞于见人的

感觉。已经收到了关于抑郁症和创伤后应激症状等效应的报告,开展一些关于福岛第一核电站事故后的心理状况的研究。这些研究主要集中于孕妇和哺乳期妇女、救援和清理工人以及撤离人员,在受灾人群中检测到一些心理影响。根据这些研究,在事故早期阶段和发展过程中向公众通报和传播准确的信息有助于减轻不必要的心理反应。

研究是作为《福岛健康管理调查》的一部分,其目的主要为患者创伤后应激障碍、焦虑和压力等心理健康问题的较高风险的撤离人员提供适当的照顾。“调查表”包含了对创伤后应激障碍和心理困扰(焦虑)等症状的标准衡量指标,以及涉及对地震和海啸引起的辐射照射和逆境(如失去家人或亲戚、房屋损坏、失业、收入减少、在福岛县内部或向外迁移)的担忧的各种问题。心理健康和生活方式调查的结果已经公布,其中确认受影响人群经历了相当大的困扰和创伤后应激障碍的症状。该调查显示,很多撤离人员家庭在灾难发生后分离,而且不得不几经搬迁,暗示这就是出现心理状况的原因。采用了两种其他方法来评估成年撤离人员的心理健康状况,并进行了一次补充调查。这些调查表明,心理健康症状大大严重于对普通人群所做调查的预期。儿童心理健康状况采用另一种问卷方法进行了评估,评估情况表明被调查儿童有一些心理上的困难,但每年相对而言有所改变。2011年4月至6月福岛第一核电站和福岛第二核电站工作人员情况的比较研究发现,福岛第一核电站工作人员较一般人心理困扰和创伤后应激反应症状明显。在这两组工作人员的上述两种状况的症状之间既有统计学差异。

(中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所吕慧敏报道)

研究报道居民返回福岛是安全的

【据《Science 生态和环境》2017年3月13日报道】题:研究报道居民返回福岛是安全的(作者 Katherine Komei)

2011年3月11日,一场特大地震袭击了日本东北沿海。地震和随之而来的海啸,引发了东京电力公司运营的福岛第一核电站的核泄漏。6年过去了,数千名之前撤离的当地居民如今正在重返家园。但这里安全吗?一项研究给出了肯定的答案。该研究发现生活在60公里外的一些从未疏散的居民在有生之年根本无需担心辐射的危险影响。研究人员同时指出,对于降低辐射水平而言,自然放射性衰变和来自雨水的风化作用比昂贵的人工净化工作,例如去除表层土更加值得信赖。

并未参与该项研究的挪威生命科学大学环境化学家 Deborah Oughton 表示,这些研究结果将有助于居民决定是否返回疏散命令已被取消的地区。在本月早些时候,大约52,000名疏散

人员将被邀请返回福岛县。

该项新研究由福岛医科大学放射学家 Makoto Miyazaki 和东京大学物理学家 Ryugo Hayano 联合主持。研究人员分析了由直升机采集的辐射测量结果,追踪了伊达(位于第一核电站反应堆附近的一个未撤离的村庄)上空的辐射水平如何随着时间而变化。

研究人员发现,辐射水平(主要是放射性铯)在2011年到2013年间下降了60%。通过估算未来70年辐射水平将如何继续减少并将结果转换为地面辐射水平,研究人员推断伊达不同地区的累计辐射剂量。

研究人员在即将出版的《放射防护杂志》上报告指出,在该市污染最严重的A区,源于事故的辐射剂量平均为18毫西弗。考虑到国际放射防护委员会认为每年1到20毫西弗之间的剂量都是可以接受的,这一辐射水平

下转第8版 ▶

终校	排版设计	年 月 日	经营监管部	年 月 日
	编辑出版	年 月 日	总编室	年 月 日

福岛核事故后的核泄漏将威胁海洋生物

【据《中国医学装备杂志》2013年10月报道】题：地震和海啸引发福岛核灾难的深思（作者李文红等）

当福岛第一核电站事故后，大量放射性同位素倾倒入太平洋。同位素污染会被海洋大大稀释，短期内不会对海洋生物造成直接的危害，但随着食物链对长半衰期同位素的累积，污染物会造成鱼类和海洋哺乳类生物群体死亡率的增加。因此，科学家们呼吁尽快对福岛周围地区生态学系统的放射性污染进行调查。马萨诸塞州伍兹霍尔海洋研究所的海洋地球化学家 Ken Buesseler 称：“福岛事故是人类排放到海洋放射污染物最多的一次，我们还没有看到足够的证据来评价其危害，因此，所有进一步的监测都是受欢迎的。福岛核反应堆附近到30公里远的海岸边收集到的海水样本中，含有高浓度的放射性污染：包括半衰期为8天的¹³¹I以及半衰

期为30年的¹³⁷Cs。尽管有很多不确定性，在日本千叶县的国家放射科学研究所（NIRS）的科学家还是设计了一些监测放射性核素的研究，旨在监测放射性核素在海洋生物肌肉、内脏、卵以及骨骼的积累，他们还设计了放射性同位素在海洋中的长期行为与受照海洋生物的整体剂量模型。NIRS海洋放射生态学家 Tatsuo Aono 称需要获得放射性铯和碘在不同海洋生物的比浓度才能评估其生态影响。法国辐射防护与核安全研究所（IRSN）Dominique Boust 教授的研究小组，通过估算从福岛核电站释放的同位素数量和从海洋监测的放射性同位素比率，来预测海洋生物和沉淀物的放射性同位素污染水平。据该团队计算，在福岛核电站300米内的海水50种同位素的整体浓度大约10,000Bq/L，而事故前¹³⁷Cs的浓度为0.003Bq/L，没有监测到¹³¹I。基于这些数据，研究人员

认为该地区沉积物中放射性浓度大约为0.01~10MBq/Kg；而鱼类可携带10~100KBq/Kg；藻类，特别是一些容易摄取碘的藻类可能包含100MBq/Kg；而日本对食用鱼类有严格的法律限制，每公斤鱼肉的¹³⁷Cs含量不能超过500Bq，¹³¹I不能高于2,000Bq。

IRSN放射生态学和生态毒理学家 Thomas Hinton 称，如果没有进一步的核泄漏的发生，放射性污染物剂量会随着时间和距离迅速减少，但是仍然会给海洋环境造成长期持续的低剂量污染，通过国际性的长期评估是了解这些环境影响的最好办法。美国科罗拉多州立大学环境和放射卫生专家 Ward Whicker 认为，这种调查非常必要，需要对放射性污染物排放点附近以及较远地区进行大量的采样，监测海水、沉积物、浮游生物、贝壳类、海藻和鱼类中的放射性浓度，进而监测海洋生态系统的健康程度。

Ward Whicker 还指出，尽管鱼类、贝类、海藻的放射性同位素浓度可能在近期超过人类的食用标准限值，但这些污染不太可能造成海洋生物可以检测到的遗传效应，任何受同位素污染的生物，可能会迅速分散进入太平洋或者很快死去。从众多影响因素（如传统水体污染和海啸等自然灾害）中排除放射损伤效应非常困难。

IRSN放射生态学家 Bruno Fievet 称寻找一种合适的代表性物种值得关注，他认为最合适的物种是海带，日本的太平洋沿岸海域无处不在的海带吸收碘帮助自身抵御水污染等环境压力，其自身碘浓度可以比周围海水多10,000倍，是碘摄取最高的，因此，相比其他海洋生物，海带是一个很好的放射性标记物。

（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所李文红报道）

福岛核事故的影响还会持续多久？

【据《中国环境报》2017年3月30日报道】题：福岛核事故的影响还会持续多久？（作者孙学智）

今年3月11日是日本福岛第一核电站发生核泄漏事故六周年。六年过去了，福岛核事故的影响还会持续多久？

福岛核事故元凶与影响是什么？

福岛核事故是核泄漏事故，对环境对人类影响的祸根在于放射性物质的释放。6年前，日本东部发生的里氏9.0级地震和海啸摧毁了福岛第一核电站的应急供电系统，核电站反应堆冷却系统丧失作用，1~3号机组反应堆内部温度过高导致极严重的堆芯熔化，之后1、3、4号机组反应堆厂房发生氢气爆炸，引起大量放射性物质向环境释放。漂浮在空中的放射性核素随风扩散，或落在地表、建筑物上，或随风雨入土，或进入江河，是放射性污染的源头之一。有专家估计，福岛核事故泄漏的放射性物质分布于日本、太平洋和世界其他地区的比重大约为18%、80%和2%。可见，就放射性物质大气沉降而言，福岛核事故的主要影响局限在日本本土，其他国家测量到的空气及土壤等其他环境介质放射性活度较低。

放射性污染的另一源头是核电厂放射性废水排放

东电公司公布的相关信息显示，福岛事故后发生数次放射性污水向海洋泄漏事件。最引人瞩目的是2013年7月8日，日本政府原子能灾害对策总部公布的福岛核电站每天约有300吨核污染水流入海洋的大范围泄漏事件。事件的起因是，1~4号机组周边每天流动着约1,000吨地下水，其中约400吨流入反应堆厂房地下，剩余600吨中约有300吨地下水流入与厂房相连的坑道后，受到滞留在其中的高活度污水污染，流向大海，另外的300吨地下水则是在未受

到污染的情况下流向大海。也就是说，福岛第一核电站泄漏入海的放射性污水每天至少能达到300吨，而这种泄漏可能从事故发生后就已经开始。这些污水中含有大量放射性物质，其中主要是铯-90和铯-137。铯-90的半衰期长达29年，与钙有着近似的性质，容易进入人体的骨头，可能引起骨髓癌、造血机能障碍等疾病，对人体健康危害很大。铯-137的半衰期为30年，若通过进食或呼吸摄入铯-137，或受到沉降在地面上的铯-137辐照，会对身体有较持久的影响，进入体内的放射性铯主要滞留在全身软组织中，尤其是肌肉中。

电厂内恢复与整治

为了指导核电站早日恢复，日本政府和东电公司共同制定了“事故恢复路线图”，是福岛第一核电站事故后现场恢复行动计划，主要解决5类10个方面的问题，如冷却反应堆及乏燃料池、减少和控制地下水及积水等。这一计划于2011年4月17日开始实施。事故发生9个月后，福岛第一核电厂1~3号机组安全功能重新建立，能够可靠地维持稳定状况，放射性物质向环境释放达到可控，实现了“事故恢复路线图”既定目标，至此1~4号机组进入退役阶段。退役工作分3个阶段实施，主要内容包括维持电厂状态稳定，减少辐射剂量，缓解海水污染，取出乏燃料，清理燃料碎片，研发退役关键技术，拆除反应堆设施，以及放射性废物处理和处置等，完成退役工作的时间可能需要30~40年。现在，在控制放射性污水处理和贮存以防泄漏的同时，清理燃料碎片成了一大难题。前些日子，东电公司对2号机组布放机器人调查熔堆燃料碎片的结果显示，当时内部空间辐射量推算值为每小时530Sv（希沃特），这是

第一核电站发生事故以来观测到的最大值。下一步，东电公司将调整调查路径，利用机器人继续对2号机组安全壳内部情况进行调查。同时，为取出1号至3号机组乏燃料池中的燃料棒做准备，将于2018年夏天取出3号机组乏燃料池中的566根燃料棒，于2020年取出1号、2号机组乏燃料池中的燃料棒。

场外恢复与治理

福岛核事故后，日本启动了多层次、网络型、立体式辐射环境监测系统，采用定点测量、重点测量、航空测量、巡逻车测量等多种手段开展广泛的事故后场外辐射水平调查。调查覆盖日本全境47个都道府县及一些离岛，调查对象包括空气、土壤、食品、自来水、地表水、海水和生物样品，调查结果被实时公布在NISA、环境省、文部科学省等官网上。根据场外辐射水平，福岛核电站周边占福岛县面积约10%的区域被划为避难区，这一区域内辐射水平严重超标，居民被要求强制疏散。而经过去污作业和环境整治，这一避难区面积已缩小至福岛县总面积的7%，预计到今年4月，将进一步缩小至全县面积的2.6%。除福岛核电站周边“无人区”内空气剂量率仍远超正常水平外，设置在福岛县内公共设施、学校、保育所、公园等地的3,700多台实时辐射检测仪显示，现在福岛县内空气辐射值已与世界主要城市处于同样水平。

存在哪些问题和隐患？

从东电公司提供的2017年1月~2月的周报数据看，福岛核电厂每天处理贮存的污水能力在400m³左右。目前核电站容量为1,000吨、高10米的巨型贮罐数量已达近千个，共存贮了近百万吨经过净化的核污水，贮罐以每周1个的速度继续增加，处理不断增长的放射性污水是目前最棘手的问题。另外，

“多核素除去设施”的大型污水净化装置采用除铯除铯吸附、反渗透、蒸发、多种核素去除等工艺（ALPS工艺），可除去污水中的放射性铯、锶等物质，但无法除去放射性氚。目前含氚污水对海洋的影响知之甚少，所以不允许因为急于腾出贮罐而贸然把大量含氚污水排入海。据悉，解决方法已隐约可见。美国一家公司表示已研究出一种催化过程，可把福岛核电站所有的氚集中到体积仅有5m³的水中，其费用是10亿美元。但其技术效果如何，日本政府是否认可只能拭目以待。

废物安置、减容问题

虽然日本政府已经在废物处理方面做了大量细致而繁重的工作，但目前依然存在诸多问题。根据环境省的估计，去污中产生的污染土壤、植物等废物数量在政府直辖地区约为840万m³，市町村实施的地区约为720万m³，如此庞大的，带有放射性的垃圾放在谁家，都是一大心病。有关福岛县内保管污染土壤及废弃物的过渡性贮存设施用地的谈判，上个月新签86人。至今政府已与2,360名产权所有者中的719人签约，取得的用地面积为336公顷，还只相当于预定面积的21%。过渡性贮存设施用地征用及废物处置库选址急需得到当地居民理解和配合。如何沟通获得民心是政府要直面的问题。巨大废物量对废物最终处置必然是一个巨大的负担。现阶段需要考虑为废物减容以减少废物安置用地和最终处置费用，比如通过各种技术对废物进行分类、粉碎、干燥、压缩、浓缩等。由于福岛事故产生的废物来源多样，物理、化学性质差异非常大，大量研究工作亟待开展。

（中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所苟巧报道）

日本福岛核事故后的恢复

【据《The Fukushima Daiichi Accident》2015年8月报道】题:事故后恢复(IAEA出版)(作者 Yukiya Amano)

日本福岛核事故的发生令世人心痛,不得不接受的现实是事故对环境、健康、食品安全均产生了影响。目前,大家最为关注的是灾后重建,环境恢复及补救行动。从以下方面对福岛核事故灾后恢复进行阐述。

1. 整治政策由日本政府制定,特别是《有关放射性污染处理的特别措施》的制定,是允许在受影响地区实施补救措施的关键一步。

2. 整治策略整治的重点是外照射,整治工作中相关部门间就修复工作会进行磋商和协议,这对制定修复活动的战略、规划和实施至关重要。

3. 辐射防护原理的应用福岛事故后设立的放射标准是公众和政府辩论的最后结果。当局在恢复计划策略中采纳了一个保守的参考水平(即1毫西弗/年附加剂量的长期目标)。

4. 公众受照射途径在福岛核事故中,外照射是生活在受影响地区的人们的主要受照途径。在这种情况下,通过对住宅、工厂和教育机构进行去污染来

达到减小外照射剂量,是减少普通公众受照率的有效方式。

5. 指导补救活动的剂量评估日本在2011年补救早期阶段,应用保守方法评估人们受照剂量,导致过高评估了剂量率和参考水平。这样就使得补救活动中产生的污染材料增加,因此增加了成本和有限资源的需求。

6. 环境监测监测了食物、土壤和其他环境介质中的 γ 剂量率以及放射性铯活度,这些结果为总结和更新恢复计划提供了可能。

7. 示范项目针对实施的修复方法进行测试。这在特定场所修复措施的效率和应用可能性以及公众信任和信心的建立提供培训和评估中均发挥了重要作用。

8. 公众返回撤离区专业去污区(SDA)整治工作的优先次序,以居住在那些区域的人们受到的潜在辐射剂量和参加整治工作的工人辐射剂量的评估为基础,同时公共区域和居民住宅区给予优先考虑。

9. 污染物质的产生与初期管理由于时间关系需要建立临时存储设施,在每个受影响的城市,许多临时存储站点实施初始废物存储。

10. 出于整治的目的对放射性铯的环境行为进行预测福岛核事故后对放射性铯的环境行为的数据进行分析,用来以保守的方式设置一些行动水平。

11. 战略规划福岛核事故后为了长期的巩固和清理工作,制定的一个针对整个项目的战略规划。

12. 现场水管理截至到2015年二月,处理过的水在现场被储存为826罐。其他的处理设施正在持续进行增加和升级。

13. 废燃料和损坏的核心燃料碎片东京电力公司从2013年11月开始移除4号机组中存储池里的废旧燃料,这个工作在2014年12月结束。完成4个机组反应堆中废旧燃料的移除和新燃料的组装将需要几年时间。

14. 退役福岛核事故为如何实现多个损坏机组的退役,提供了独特的经验。计划退役体现了从一个机组到下一个机组退役的过程。

15. 组织与管理事故发生后,日本政府和东京电力公司在现场退役工作中承担各自的责任。虽然东京电力公司负有责任,并负责退役措施的具体实施和操作,但政府在水污染对策实施上,日本东京电力公司进行监管中也发挥了重

要作用。

16. 社区与基础设施振兴恢复并不意味着返回到原先的状态,而是形成一个新的常态。一个复苏的基础设施和社区包括:一个称其为家的地方;一种安全感;社会结构和就业机会;医疗保健和老年护理机构的保证;教育和休闲设施;经济福利;农产品和地方食物生产保证;参与决策。

17. 利益相关者的参与和沟通突出了利益相关者的多样性,以及他们在充当各自角色和承担责任时面临的挑战。因此,需要采取相应的沟通方法,来适应不同的利益相关者各种信息需求。

18. 传播与信息渠道福岛县的复苏和恢复工作解决了一系列问题,比如基础设施重建、社区支持和补偿。也引入了一个核心思想,即认识到核事故不仅仅是辐射问题,它具有一定的社会经济后果。目前,与公众沟通仍然是一个挑战,但重建信任在恢复工作中具有举足轻重的地位。受影响人群在决策和恢复过程中的参与已给予了较多的关注,同时人们更加意识到利益相关者参与的重要性。

中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所高玲报道)

◀ 上接第6版

是极低的。此外,18毫西弗小于一个人在整个生命周期中从地壳的放射性元素和轰击大气层的高能粒子中自然接受的辐射剂量。

Miyazaki和Hayano同时还分析了昂贵的人工净化工作,例如去除表层土和冲洗屋顶对于伊达市的辐射水平是否有任何可以量化的影响。利用采集自生活在A区的425人的个人辐射测量数据,研究人员发现,没有证据表明从2012年10月开始的净化工作使同时期的辐射水平下降了。

Hayano表示:“在全体居民中,我们没有看到个人辐射剂量出现大幅度下降。”研究人员强调,这并不是说不应该开展净化工作。他说:“对于有的个人或家庭来说,净化工作可能是有效的。”但他和Miyazaki推断,辐射水平的下降主要缘于放射性铯的物理衰变以及雨雪的冲刷。

美国科瓦利斯市俄勒冈州立大学核科学与工程学校辐射防护学家Kathryn Higley对于净化的作用非常有限并不感到吃惊。她说,只有人们的住宅会得到净化,但“人并不会总待在屋子里”。

该研究成果将缓解伊达市民以及返回福岛县其他地区的撤离人员的紧张心情。Miyazaki和Hayano也希望他们的研究有助于对未来核灾难的响应做出指导。

Miyazaki说:“如果有另一个意外当然我们希望不会有,我们的工作可能会帮助评估辐射剂量寿命和设置净化时间表。”

福岛核泄漏事故6周年之际,仍有近8万名强制疏散的原福岛县居民在县内、外避难,福岛县政府通过在全国设置咨询服务点、协助民间团体在避难地开展援助活动及发行地方刊物等形式,帮助避难居民将生活稳定下来,并努力维持着他们与故乡的联系。

核泄漏事故后,日本政府将福岛核电站周边占福岛县面积约10%的区域划为避难区,这一区域内辐射水平严重超标,居民被要求强制疏散。如今这一避难区面积已有调整,占福岛县总面积7%左右。

据介绍,截至今年4月1日,福岛县避难区面积将进一步缩小至全县面积的约2.6%。在已解除避难禁令的地区,部分市町村返乡居民比例达七成,但有些市町村只有约一成居民返乡。

福岛县知事内堀雅雄表示,解除避难禁令不是终点,只是当地复兴的起点。为了让更多避难居民返乡,福岛县将与日本中央政府以及基层市町村一起努力治理生活环境。此外,还将基于解除避难禁令的新动向,为避难者早日返乡及生活重建提供支援。(中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所郝述霞报道)

福岛核事故后核电厂的改进及经验总结

【据《内陆核电厂及核能发展中的几个重要安全、环境问题研究》2015年4月报道】题:福岛核事故后核电厂的改进及经验总结(作者柴国早等)

福岛核事故后,各核电国家开展了广泛的行动并实施了大量的改进,我国核安全监管机构也开展了核安全检查并提出了改进要求。按安全检查表明,目前我国核电安全是有保障的,提出的改进要求也已经分阶段得到落实,进一步提高了我国核电厂的安全水平。然而,对于福岛核事故的经验和教训还需要进一步总结,还需要开展更多的调查和研究工作。该报告总结了福岛核事故相关的经验教训,提出以下几方面建议:

(1)地震引发的海啸是导致福岛第一核电厂核事故的直接原因。福岛核事故警示我们,超过设计基准的极端外部事件是有可能发生的,在核电厂设计和运行中需要加强对超设计基准外部事件的考虑,以避免在发生超过设计基准事故时核电厂存在“陡边效应”。

(2)福岛第一核电厂多台机组、长时间全厂断电并丧失最终热阱和蓄电池直流供电,超出了核电厂设计考虑的范围。考虑到核电厂严重事故的复杂性租不确定性,需要进一步开展严重事故机理和现象的试验研究以及严重事故预防和缓解措施的研究。

(3)核电厂设计考虑范围应从设计基准事故延伸至设计扩展工况,同时还应考虑核电厂剩余风险。建议完善核电厂设计的纵深防御体系,在保持原来五个层次的基本框架不变的情况下,把原来第四个层次细分成两部分,用于应对超过设计基准的设计扩展工况,同时把第五个层次加强,用于应对剩余风险。建议核电厂设计中配置适当的专设安全设施(用于应对设计基准事故)、附加安全设施(用以应对设计扩展工况)和补充安全措施(用以减轻剩余风险后果)。

(4)世界核电发展史上的三次严重事故,充分体现了核能行业相比其他行业凸显的技术复杂性、事故突发性、处理艰难性、后果严重性、社会敏感性。核安全已经成为我国国家安全的重要组成部分,考虑到核电厂安全的极端重要性以及认知的局限性,核电厂安全设计中应倡导合理可达到的尽量高(AHARA)的核安全理念。

(5)福岛核事故告诉我们,对安全的认识在一定程度上决定了能否保证核电厂安全,需要通过不断查找核电厂可能存在的薄弱环节,并实施合理可行的安全改进,以提高核电厂安全水平。为此,应通过认真理解、强化和维持卓越核安全文化原则和特征的内涵,进一步提升核安全监管部门与核电企业的核安全文化。

(6)福岛核事故引起了社会对核能安全的质疑,使得核电的可接受性面临巨大挑战。因此,建立健全信息公开和公众参与制度,制定信息公开和公众参与管理程序,明确信息公开的内容、时机和要求以及确定公众参与的时机、方式和渠道是十分必要的。建议构建决策者、科技界以及公众广泛参与的公开、透明的沟通体系。

福岛核事故后,我国提出在确保安全的前提下,高效发展核电的战略。该报告提出的核电厂需要在设计中加强应对外部事件的考虑、进一步开展严重事故相关研究工作、重视核电厂剩余风险、提倡合理可达到的尽量高的安全理念、加强核安全文化建设、提升核安全公众参与水平等以进一步提高核电厂设计安全的建议,目的是引领核能安全发展的方向,对这些核安全理念以及新的核安全要求的广泛讨论和研究,必将对进一步提高我国核能安全水平起到积极的作用。

(中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所张庆报道)