

在持续提升核电安全性方面的基本考虑

Considerations on Continuous Enhancement of Safety Performance of Nuclear Power Plant

濮继龙

(中国广东核电集团有限公司, 广东深圳 518031)

摘要 安全第一、质量第一始终是中国广东核电集团有限公司发展核电的基本方针。在电力市场竞争的条件下, 经济性是不容忽视的重要因素, 而高的安全性正是经济性的重要前提。为了提高已投运、在建和拟建核电站的安全性和经济竞争力, 中国广东核电集团有限公司始终坚持在设计阶段选用成熟而先进的技术, 努力向未来用户需求的安全标准靠拢, 在建设阶段努力抓好技术、安全、质量、工期、投资五大控制, 特别是质量控制, 在生产阶段则努力营造安全文化氛围, 不断提升技术处理能力, 引进和创造新的管理方法, 持续地向优秀电厂业绩攀登。这种对安全工作的全面整合, 符合当今的国际潮流, 也是集团公司保持长期核心竞争力的保证。

关键词 核电 安全性 经济性

Abstract "Safety First, Quality First" is a well-known basic principle in the development of nuclear power in China Guangdong Nuclear Power Holding Co, Ltd. On the competitive power market, the economy of a nuclear power station is an essential factor for the company to survive. However, the prerequisite of high economy lays on the high safety performances of the units. In order to upgrade the safety level as well as the competitiveness of the nuclear power stations ether in operation, under construction or in planning, CGNPC insists on the following technical measures: choosing advanced and proven technique in design phase, adopting as much as achievable the safety standards listed in URD; overall control the technology, safety, quality, project duration and the investment during the period of construction, especially the quality control; creating the safety culture environment; enhancing the capability of technical treatment, adopting and creating new management tools to realize continuous improvement on plant performance when power station in operation. Such an integrated safety management frame is definitely a guarantee for maintaining the company's competitiveness in a long run, and it is coherent with international practice as well.

Key words Nuclear power Safety Economy

在电力行业快步走向市场化的过程中, 核电能否占有一席之地, 完全取决于其经济竞争力。然而, 由于核电存在着跨越国界的安全问题, 存在着敏感的核材料保障与核设施保卫方面的问题, 其安全性便成为公众能否接受核电的重要因素。可以说, 没有逐步提升的安全裕量和优秀业绩使公众对核电与核保障有充分的信心, 核电便没有社会竞争力, 其经济性与安全性, 完全是不可分割的。所以核电的建设者和运行者, 都必须一如既往, 把核电的"安全第一"原则贯彻始终。中国广东核电集团有限公司(中广核集团)在过去十余年积累经验的基础上, 全面清理了有关安全的管理思路, 正在实行经过整合的全面安全观。这个观念要求我们把核安全作为贯穿核电开发、建设、运营乃至退役的全过程事务加以管理, 而不能有所偏废, 有所割裂。

核电机组的安全性, 本质上是由设计所赋予的。为了提高未来核电机组的安全水平, 我们必须采用新的技术手段, 对设计作实质性改进, 不断向理想化的"用户需求条件"和国际核能界其他新的安全保卫要求靠拢。另一方面, 我们又必须十分小心, 一定要采用经过验证的成熟技术, 充分考虑所拟改进的技术成熟性和实用性, 考虑核电经营者的经济承受能力, 使设计的实现期限不至于长到明显影响总体造

综述
核电设计
工程管理
工程建设
运行维护
核安全
核电前期
核电论坛
核电经济
核电国产化
核电质量保证
核电信息

价，同时也要使机组在投产后才能尽快达到较高的能力因子。

高的安全性是由高的设备设计、制造、安装、调试质量来保证的。全过程的质量保证体系，是机组投产以后高的安全性的重要前提。

核电运行是一个长期的任务，也是核安全具体体现的过程。为保障长期安全经济满负荷运行，我们必须要在安全管理体系建设、人员培训、设备健康管理和技术创新方面不断努力，坚持以国际先进水平为目标，持续改进。

1 中广核集团对核电机组安全的总体认识

几十年运行经验表明，采用传统安全管理模式即确定论方法所限定的纵深防御、安全裕量、多道屏障、质量保证等一系列安全防范措施以后，现有压水堆核电厂的运行记录良好。另一方面，核电厂系统极其复杂，稍有不慎，发生严重事故的可能性依然存在。人们已不能容忍再次发生三哩岛事故那样的事故，公众对核安全的期望值越来越高。可是我们也注意到，这些要求在一定程度上已含有越来越明显的非技术因素。一段时间以来，公众对核安全的质疑，与其说是知识问题，不如说更是信心和信任问题。这就要求我们再次认真地审视核电的安全理念和安全技术，包括与安全有关的各项技术改进。同时，创造良好的核电业绩，才是增强公众信心的基石。

20世纪90年代，世界在经历了两次大的核事故之后，人们提出了若干新的安全要求。为了实现高的安全性，人们要求以非能动的方式，以固有的物理特性，在即使没有运行人员及时干预的情况下，也要保证机组的绝对安全。这些要求当然是对的。然而，当我们把核电作为一个产业来考察时，我们不得不考虑实现安全裕量的经济代价。在现有条件下，我们必须考虑核电风险与其他替代能源手段的风险之间的恰当平衡，有核电的风险和电力短缺风险的平衡，也就是说，我们不得不考虑一种持续进步的然而又是均衡的适度的安全要求。

过去几十年中我们为了提高核电的安全水平已经做过不少工作。三哩岛事故后的行动计划，引发核电厂不断地回修改造。几十年运行经验表明，现有核电机组的设计与运行是足够安全的，核安全固然是公众关心的重大问题，但从技术上来说它已不是核电发展的主要障碍。核电的经济竞争力，已经上升为主要因素。至今二十年来，国际核能界提出的“固有安全、非能动安全、无人值守安全”概念，仍然只停留在纸面上，这恐怕与另一条重要的安全准则“行之有效的工程实践”的理解与执行有很大关系。在经济条件下，这还涉及规避经营风险、权衡投资成本与收益的问题。“三安全”概念与行之有效的纵深防御原则并不矛盾，既有继承性，也是可以借鉴的。另一方面，我们还要把核电作为电力市场上必须存活的产业来对待，提出并明确另两条同样重要的安全原则，即适度安全原则和均衡安全原则。这两条原则都与资源的合理配置有直接关系。适度安全原则，指的是安全措施应当以当前社会经济、心理承受能力为限。均衡安全，指的是核安全与其他工业活动的风险控制应有适当的比例，同时，在核电建设运行的资源投入方向上，应当指向那些对提高电厂总体安全水平最有贡献的项目上。

就深层次的安全管理而言，除了核安全以外，核电厂还有其它各种安全问题，如工业安全、消防安全、治安保卫安全等，他们与核安全有着密不可分的关系。有些是核安全问题的诱因事件，有些则是核事故的伴随事故。最近一段时间以来，由于国际总体政治形势的变化，核材料与放射性物质的恐怖性应用，以及目标针对核设施的恐怖威胁，也成了核能界人士及公众关注的热点。任何针对核电站的恐怖活动，都会直接威胁核安全，甚至造成环境的放射性后果。因此，安全管理必须全方位有机整合，相互割裂的安全管理是不可取的。

安全问题，说到底还是人的问题。企业的安全文化建设应当作为核电企业建设的基本功。随着核能界的逐步成熟，人们提出了以风险预知为基础的概率论管理方法，我们应当从心理上和技术上主动适应这一变化。管理者将更多地促进和帮助营运者自觉承担起核安全责任，主动建立企业的安全文化，不断提升安全业绩。企业经营者和主要管理者的安全意识是关键因素。

2 广东未来核电机组的安全要求

国际上普遍认可的“用户需求条件”是三哩岛事故以后为保护核电投资者利益而提出来的，它并不是核安全管制部门的强制性要求。然而考虑到公众对核安全水平的接受程度，尽量靠拢“用户需求条件”无疑具有潜在的经济价值。根据广东地区未来若干年内经济发展和能源需求的预测，核电装机容量在本地地区将有适度的增长，十至二十年后可能会有快速的的增长。为了满足核电站设计寿期内的安全运行要求，中广核集团认真分析了现有核电机组设计与运行的安全水平，权衡了上述各种安全原则和“行之有效的工程实践”，坚持参考电站加改进的基本方针。改进的基本思路是尽量参考并靠拢国际上普遍认可的“用户需求条件”，同时充分考虑国际上核反恐的要求，采取实质性的工程改进，实实在在地提高未来核电机组的安全裕量。

广东第三核电站在安全性能方面的主要要求是：

堆芯热工安全裕量>15%;

堆芯损坏概率<10⁻⁵/堆年;

在距离反应堆800 m处, 24 h内引起全身剂量大于0.25 Sv的事故序列的概率小于1×10⁻⁶/堆年;

在发生破口当量直径小于150 mm的LOCA情况下, 燃料元件不发生破损;

反应堆的设计寿命60年。

为了实现这一目标, 对于近一、两年内即将开工的新项目, 我们将以成熟核电站为参考, 结合岭澳一期工程已作的改进, 参考先进轻水堆用户要求文件, 加以适当改进。它们将和大亚湾和岭澳的四台机组形成一个小的系列, 便于实现群堆管理。而根据初步分析, 其安全性能可以接近或达到先进轻水堆的相关要求。

对于今后五至十年间陆续开工的核电项目, 我们将密切跟踪国内外研发进展, 最终选择经过工程验证成熟的、安全裕量更大的、核燃料利用更充分的同时又更有市场竞争力的新型设计作为我们的主力堆型。为了提高竞争力, 我们将继续坚持自主化、国产化、标准化、系列化、批量化的原则。

3 提高核电机组运行安全业绩的基本策略

实现核电生产安全纪录, 靠的是国际一流水平的运行管理, 中广核集团在这一方面已经积累了较丰富的经验。

建立能实现持续改进的运行安全管理体系, 是搞好核电站安全管理的组织基础。这一体系包括安全保障体系和安全监督体系两部分, 其设计思想与企业质量循环PDCA原理一脉相承, 它以计划为龙头, 通过设定业绩目标、对相关活动进行有效控制、及时的经验反馈、有效的自我评估与外部专家评议, 维持并不断提升核安全方面的专业控制力。在组织机构方面, 设置专业的安全管理委员会, 设置专职的安全工程师岗位和专门的质保和安全监督管理部门, 都是十分有效的组织落实。而规章制度则是重要的执法依据。

运行阶段的安全保障工作的重点围绕着设备和人员两个方面进行。在人的问题上, 通过坚持持续性的培训授权上岗制度和终身培训制度, 维持和提升员工的专业知识、特殊技能和正确的工作习惯。

核电站的安全管理与业绩要求, 能否得到大多数员工发自内心的支持, 重要的安全原则能否变成员工自觉的行动准则, 是核电企业能否真正实现优秀业绩的关键保证。全力推动以安全文化为中心的企业文化建设工作, 使电厂员工的工作作风与态度不断改善, 本身是教育人培养人的大工程。安全文化是个人行为的集中体现, 它与特定民族或特定地域的传统固有文化息息相关, 在建立企业安全文化的时候, 必须认真分析本国本企业的民族心态文化特点, 扬长避短, 逐步提升。另一方面, 安全文化在本质上又是一种企业行为, 它的策划与组织实施, 要靠企业的管理主体做出决策与努力。建立良好的安全文化, 关键是领导人的认识与示范作用。

所有这些, 都是为了构筑一个良好的人文环境来保障实现安全目标。

实现运行目标的硬件环境是设备。在设备方面, 必须充分借鉴国际成功经验, 充分引进利用新理念新技术, 加强设备的健康和寿命管理。中广核集团近期将开展针对大亚湾核电站的"十年安全评估"计划, 以期利用对现有系统设备健康状况的了解, 提出技术改造要求, 以保证机组在第二个十年运行期间具有更高的安全运行业绩。电站正在实施中的以可靠性为中心的设备维修管理, 将全面提高设备的在役性能, 并同时降低检修负荷与成本。

中广核集团还及时采纳不断涌现的新技术, 实现技术与管理的创新。长周期换料技术的引入, 将在大大提高机组经济性的同时, 实现更高的安全水平和更长的电站寿命。核电站概率风险评价技术的应用, 加强了电站的安全管理。它在设计安全分析、机组安全状态实时跟踪、执照申请辅助分析评估和部分运行事件的安全分析方面, 已经发挥着重要的作用。下一步作为中国核电厂的试点单位, 大亚湾核电站将开展风险指引型安全管理的尝试。概率风险评价技术将随时针对具体设备, 按其安全重要度, 提出检修和运行的管理建议。严重事故处置导则和状态导向法应急运行规程的研发, 不仅可以提高运行核电机组的安全水平, 也有助于对下一代核电机组堆型设计的选择。IT技术在核电站管理中的应用, 包括全面的量化业绩管理指标体系和电子化工作过程管理等领域。这无疑可把核电站生产安全的管理, 提升到一个更具现代意义的平台上, 它对优秀安全业绩的贡献, 也是显而易见的。

4 以绩效为中心的质量管理与监督系统

和安全管理体一样，质量保证体系也是贯穿全过程涉及多方位的大系统。中广核集团目前的质量管理理念，既不同于传统的质量监督，也不同于广泛流行的“全面质量管理”。根据国家核安全法规的要求，参照美、法和其他核电国家的经验，按照国际最新的质量管理理念，广东核电集团创造了一些行之有效的管理办法，我们的质量管理工作除了始终坚守“质量第一”的原则和做法外，具体管理方式上已从经典的“符合性检查”逐渐向以绩效为中心的质量管理方法演进。质量检查工作已不仅检查见证“是否符合程序规范”，而且要检查实际达到的质量效果。这一新工作方法的核心是着力提高全体参与者的质量意识，自觉实现高的作业质量。通俗地说，它把质量保证工作者的角色，从“警察”变成了“教师”。

质保工作的基础是严格的规章制度和规范，无论是工程建设还是生产管理，都已经建立了金字塔式的质量保证文件体系结构。通过定期审查来保证这一文件体系的准确性和可操作性，通过符合性检查来保证其执行的严肃性，而通过不断的质量意识灌输与培训来提高员工执行规程的自觉性，这三者是相辅相成的。

在这几年的实践中，质保工作既坚持了独立性，又充分注重了实效性，逐步实现全过程多方位的全员自主化质量管理。通过开展和推广管理者的自我评估，形成了自查自检自纠的良性质量改进态势，形成了一些有自己特色的良好实践。在工程建设阶段，质保工作提出“寓监督于帮助之中”等新思路。在生产阶段，员工创造性地应用要素控制、过程控制等方法，采用风险分析、明星自检、开工会、管理巡视等方式，有效地提高了作业质量。开展多层次的质量验证，就是动员组织全体员工和管理者参与质量管理过程，落实各级管理者和员工各自的质量责任，提高他们对保障核安全与机组可靠性的信心。

5 结语

中广核集团关于提高核电机组安全性能与业绩的工作，取得了初步成效。它与国际核电同行现行的做法和发展趋势是一致的。实际达到的业绩证明这一管理方法是正确的。然而我们也看到，这一管理体系仍有不少有待改进和优化之处，特别是以绩效为基础的质量管理和风险指引型的安全监督，正在试验之中，若干技术进步活动刚刚开展，尚未收到成效，我们与国际先进水平仍有较大的差距。以国际先进水平为标杆，不断查找问题加以改进，正是我们今后努力的方向。

（本文英文版被选入第13届太平洋地区核能大会论文集）