

关于推进风险指引型安全管理的一些思考

Some Considerations about the Introduction of Risk-informed Safety Management

张善明 苏圣兵 邹勇平 郭建兵 陈捷飞

(广东核电合营有限公司, 广东深圳 518124)

摘要: 本文论述了在大亚湾核电站/岭澳核电站推进风险指引型运行安全管理的必要性和可行性, 简单介绍了目前国际上风险指引型运行安全管理的方法论。提出了在大亚湾核电站/岭澳核电站逐步推进风险指引安全管理的思路与步骤。

关键词: 风险指引 概率安全评价 (PSA) 运行安全管理

Abstract: This article states the necessity and feasibility of introducing risk-informed operational safety management for Daya Bay Nuclear Power Station and Ling'ao Nuclear Power Station, briefly introduces the methodology currently adopted internationally in risk-informed operational safety management. It puts forward ideas and steps in gradually promoting risk-informed safety management in GNPS and LNPS.

Key words: Risk-informed Probabilistic safety assessment (PSA) Operational safety management

1 项目背景

该项目作为安全管理改进的子项目, 已纳入广东核电合营有限公司生产五部2002年统一的改进计划。

1.1 环境因素

近年来, 国际核电行业普遍受到电力市场放松管制的影响。管制放松形成了“竞价上网”, 使核电面临着其他能源, 尤其是天然气(发电)的激烈竞争。确保核电安全、提高核电厂业绩、降低核电成本、提高电价竞争力已成为核电事业持续发展的必由之路和核电存亡的关键。由于改进了安全管理, 提高安全文化, 持续创新技术, 改革安全监管, 国际核电厂业绩总的趋势是大有提高。

而国内形势也由于电力市场的逐步开放, “竞价上网”、“西电东送”等政策使广东核电面临愈来愈严峻的市场压力。

因此, 改进目前的运行安全管理, 实现管理上和技术上的创新, 提高核电的市场竞争力已是迫在眉睫的任务。

1.2 进一步提高核电安全性和提升广东核电在国际上地位的要求

竞价上网使得核电站的营运压力非常大。要在日益开放和激烈竞争的电力市场保持竞争优势, 就必须降低成本和提高效率, 而实现这一目标的前提首先必须提高机组的安全水平和能力因子, 使大亚湾核电站/岭澳核电站的运行安全业绩与管理尽快进入国际先进行列。

风险指引安全管理可以实现风险的定量化管理, 实现风险的可知可控和优先决策, 避免不必要的保

综 述
核 电 设 计
工 程 管 理
工 程 建 造
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

守所带来的资源浪费。

1.3 PSA技术发展的必然趋势

PSA技术经过近二十年的发展，其技术本身已经成熟。美国已经建立并在全面实施基于风险指引安全管理的法规体系，IAEA也不遗余力地在世界核电范围内推广应用这一新的安全管理方法。

2 方法论

风险指引型的安全管理实质上就是可靠性工程的新技术及其研究成果在核电站的具体应用，其内涵是将风险的评价作为导向来管理核电站的安全，也就是管理风险。

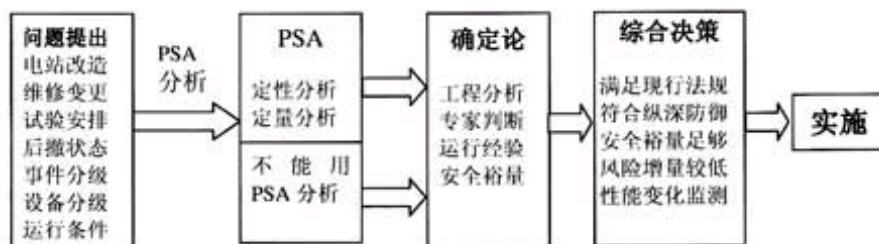
风险指引管理主要集中在以下三个方面：

(1) 安全决策支持。如电站改造方案的评价与遴选、维修策略与方案确定、后撤状态风险的比较与取舍、规程的修改与完善等，使用的工具主要为Living PSA。PSA结果的综合运用可以为电站的安全决策提供定量、一致的判断依据，解决电站运行和维修中的实际问题，在电站的决策过程中提供支持。PSA的计算分析结果与工程判断和安全裕量一起考虑形成最终的决策。在这部分中，PSA应用是其核心内容，针对不同领域，PSA应用有各自具体的方法。目前对电站来说，重要程度较高的PSA应用有：在维修中的应用、在技术规范中的应用、基于风险的状态控制、基于风险的安全指标、基于PSA的运行事件的评估和分级、安全问题的评估和支持电站的定期安全评审。

(2) 反应堆监管。美国核管会（NRC）推荐的新的性能指标体系覆盖反应堆安全、辐射防护和电站保安三大领域，涉及7组安全基准，共设置18项性能指标。对每一项指标都给出严格的定义和计算公式，并统一用红、黄、白、绿四种颜色标识其风险严重程度。这套指标体系从不同的角度描述机组和设备的运行情况，四色风险标识的使用不仅使风险分级有了统一的基础，而且安全当局、电站管理层和普通员工都很容易地理解和认识电厂的实际状况，迅速作出风险严重程度的判断。这是一种形象化的监管。

(3) 重要度管理。通过风险的定量化处理，对电站性能作出及时而且易于理解的评价；灵活地决定如何满足所确定的性能标准，减轻不必要的监管负担，提高安全决策与管理过程有效性；增强与安全当局的沟通，建立对话的共同平台，提高安全当局和公众的信心。将电站注意力集中在风险较大的活动，提高监督效率，改善监管效果，变对风险的管理为管理风险，充分合理高效地利用电站有限资源，降低成本。

风险指引型的决策过程见下图。



在决策过程中概率论和确定论紧密结合、综合运用以获得恰当的、性价比最佳的决策，NRC还推荐在监管过程中使用风险重要度判断法（SDP）。

3 项目推进的可行性

在岭澳和大亚湾核电站实施风险指引管理有良好的外部和内部环境及坚实的技术基础。

(1) 国际经验和共识。NRC、IAEA已经制订了很多关于风险指引管理如何实施的技术文件和导则，如何实际操作国际上也积累了丰富的经验，目前基本上已经达成了一致的意见：综合了确定论的工程原理和概率论技术两方面优势的风险指引法是核电站恰当的决策管理方法。

(2) 管理当局的支持和认可。国家核安全局已经认可PSA和基于PSA的风险管理方法，并要在国内所有电站推广PSA的应用，而且曾多次表示大亚湾核电站可以在这些方面先行一步，开拓探索，积累经验；但毕竟我国的法规都是以确定论分析为基础的，对概率论的使用没有明确的许可，尽管即将发表的核安全政策声明要求和鼓励在安全事务中使用概率论的分析，但毕竟不是法规的形式，因此，要全面、有效、合法地使用风险指引管理，必须在核安全法规中增加概率论使用的条例。

(3) 公司领导的重视和推动。长期以来，公司领导都极其重视PSA的研究和应用，投入了大量的人

力物力,公司的五年规划,把提升运行安全业绩作为首要目标。

(4) 员工的理解和配合。PSA项目组曾向500多位运行、维修和电厂工程改造等关键岗位技术人员和管理决策人员进行PSA的普及和提高培训,使电厂关键岗位技术人员和管理人员掌握了PSA的基本知识。风险指引管理有效的实施离不开员工的理解和支持,但部分员工可能需要较长的时间来适应新的管理方法,具体的操作过程可能会与原来的工作习惯不太符合,也许会对新的管理方法存有疑虑。加强员工的PSA培训和阐明实行风险指引管理所带来的效益是消除其疑虑和取得支持的有效途径。

(5) 坚实的技术基础。大亚湾和岭澳核电站都已经建立了相应的电站特有的Living PSA模型,快速的计算软件可以为决策及时的技术支持,即将完成的低功率与停堆PSA为实施风险指引管理奠定更坚实的基础。但目前大亚湾和岭澳核电站的PSA模型都只涉及到内部事件,即将完成的低功率与停堆PSA也是如此,尽管内部事件的1级PSA模型能够解决电站中大部分问题,但对分析火灾、外部危害、安全壳响应和放射性剂量评估却无能为力。因此,还要进行火灾PSA分析,增加外部事件的评价,进而发展2级,甚至3级PSA模型,PSA项目组已经制订了相应的计划。PSA的开发也必须改变思路,必须要为满足新的安全管理方法的需求而开发完善。

(6) 实践经验。PSA项目组一直致力于运用PSA技术帮助电站进行运行、维修及工程改造的决策支持,迄今已为13个项目成功地进行了分析,为电站取得了明显的安全和经济效益。这些成功的应用为风险指引管理的实施积累了宝贵的经验。尽管PSA在电站中已经有了初步的应用,并取得了不错的效果,但对实施风险指引管理而言,这些经验是远远不够的。但有一点是肯定的,世界上有不少的核电站已经实施了风险指引管理,而且取得了巨大的成功,电站的业绩有大幅度的提高。因此,新的管理方法是有效和可行的,而且这些电站为我们提供了许多值得借鉴和学习先进的经验,很多东西不用再盲目摸索直接就可以应用。

可见,大亚湾和岭澳核电站已经基本具备实施风险指引管理条件。

4 项目计划和建议

为了实现进入世界先进核电站行列的目标,就必须实施风险指引管理方法。国际的实践证明,这种管理方法是确实有效、可行的。但值得注意的是,向新的管理方法的过渡是逐步进行的,不可能一蹴而就。因此,我们首先要找出确实可行的切入点,从法规没有明确限制的地方着手,逐步实施,为全面实施风险指引管理积累经验。

我们初步议定该项目分三步走:

(1) 调研和研讨,包括请进来(NRC, NNSA)研讨,走出去调研;

(2) 建立内部核安全监管方法(包括业绩指标和SDP方法),及确定优化对象(如技术规范)和申请NNSA的批准;

(3) 推广实施(先简后难,逐步推广)。

以下是项目下一步计划的具体建议:

(1) 首先,建立新的指标体系。参考NRC推荐的指标体系,尤其是开发出适应大亚湾及岭澳核电站预警的风险验收准则(其中融入了PSA的应用),采用简单明了的四色风险分级,此指标体系作为STA新的反应堆安全监管模式。与此同时,要注重数据采集工作,完善电站设备性能数据库。另外,对同一故障或事件的不同表述进行统一,如设备故障的编码就有几种不同体系,PSA、RCM和COMMISSIONS均有自己的命名方法。

(2) 采用风险重要度判断法(SDP)。结合新的指标体系,使用风险矩阵确定安全风险等级,从而采取相应的措施,将SDP方法的实践应用到日常的安全监督工作中。

(3) 推广PSA应用。在电站的安全事务决策中有意识地使用PSA分析,在不同的领域成立相应的专题小组,优先应用的领域有:

a. 大修计划优化。应用PSA评估须在大修中检修的设备是否可以在功率运行期间进行检修,这样可以减少大修的检修活动,从而缩短大修工期。

b. 安全设备分级。应用PSA对设备进行重要度评估并依之分级,确定需RCM重点分析的对象,调整设备在役维修和在役试验的时间和频率,减少维修费用,而且还可以评估所需备品配件的数量,减少库存。

c. 技术规范优化。应用PSA评估技术规范中的运行限值是否过于严格，减轻运行压力。

d. 状态控制。发生设备故障或事件时，应用PSA评估机组是否需要后撤，确定后撤状态和后撤时间，提高机组的可用率。

(4) 完善PSA模型。进行火灾、外部事件的分析，逐步开发实时风险监测系统，减少PSA模型中的不确定性，提高分析结果的可信度。

5 展望

从近几年的国际经验来看，风险指引管理确实提高电站业绩和减轻监管负担。因此，正如本文所讨论的，有核安全局的大力支持和充分信任、公司领导的积极推动、全厂员工的密切配合以及电站PSA模型的完善和其它相关技术的发展，风险指引管理一定能够在电站顺利地付诸实施，在不断总结经验和逐步完善的基础上，将风险指引管理推广到电站所有的领域，公司业绩就会得到进一步的提高，早日实现进入世界先进核电站的目标。