

核电厂运行风险评估与管理策略研究

文鹏, 孙志永

阳江核电有限公司, 广东 阳江 529500

摘 要：现阶段随着全球能源需求的不断增长, 核能作为一种清洁、高效的能源形式, 其已经在世界范围内得到了广泛的应用。然而核电厂的运行存在一定的风险。由于其存在潜在性、复杂性、严重性和长期性等, 因而为了确保核电厂的安全运行, 相关人员必须对其运行风险进行全面评估, 并对其采取有效的管理策略。本文首先概述了核电厂运行风险的内涵和特点, 然后再介绍了常见的核电厂运行风险评估方法, 其中包括故障树分析、事件树分析、失效模式与影响分析和概率安全分析等。接着文章还对核电厂运行风险因素进行了深入分析, 同时还针对不同的风险因素提出了相应的应对措施, 希望能够为核电厂的安全运行提供有益的参考。

关 键 词：核电厂; 运行风险; 风险评估; 风险管理

Research on the Operation Risk Assessment and Management Strategy of Nuclear Power Plant

Wen Peng, Sun Zhiyong

Yangjiang Nuclear Power Co., LTD. Yangjiang, Guangdong 529500

Abstract： Nowadays, with the increasing global energy demand, nuclear energy, as a clean and efficient form of energy, has been widely used in the world. However, there are some risks to the operation of nuclear power plants. Due to its potential, complexity, seriousness and long-term nature, in order to ensure the safe operation of nuclear power plants, relevant personnel must make a comprehensive assessment of their operation risks and adopt effective management strategies for them. This paper first summarizes the connotation and characteristics of nuclear power plant operation risk, and then introduces the common methods of nuclear power plant operation risk assessment, including fault tree analysis, event tree analysis, failure mode and impact analysis, and probability safety analysis. Then the article also makes an in-depth analysis of the risk factors of nuclear power plant operation, and also puts forward corresponding countermeasures according to different risk factors, hoping to provide useful reference for the safe operation of nuclear power plants.

Keywords： nuclear power plant; operational risk; risk assessment; risk management

引言

核能作为一种重要的能源形式, 其在全球能源结构中占据着重要地位。因而核电厂的建设和运行对于满足能源需求、减少环境污染具有重要意义。但是实践之中核电厂的运行也存在一定的风险, 如核泄漏、放射性污染等, 并且这些风险可能会对人类健康和环境造成严重的危害。因此对核电厂运行风险进行评估和管理, 是相关人员确保核电厂安全运行的关键。

一、核电厂运行风险概述

(一) 核电厂运行风险的内涵

核电厂运行风险是指在核电厂运行过程中, 其会由于各种不确定因素的影响, 从而导致核电厂发生事件或事故, 并对人类健康、环境和经济造成损失的可能性^[1]。通常核电厂运行风险包括了设备故障风险、人因失误风险、自然灾害风险和外部事件风险等。

(二) 核电厂运行风险的特点

(1) 潜在性

核电厂运行风险具有潜在性, 展开来说就是风险在没有发生

事件或事故之前, 其往往难以被察觉和识别。原因在于核电厂的运行系统非常复杂, 其涉及到多个领域的技术和知识, 而核电厂的运行过程中存在着许多不确定因素, 所以这些因素在一定条件下均可能引发事件或事故^[2]。

(2) 复杂性

核电厂运行风险具有复杂性, 其意味着风险的形成和发展受到多种因素的影响, 并且这些因素之间相互作用、相互影响, 就会使得风险的评估和管理变得非常困难。例如核电厂的设备故障风险可能受到设备设计、制造、安装、运行和维护等多个环节的影响, 而当中的人因失误风险出现则可能受到人员素质、培训、

作者简介: 文鹏 (1987.02-), 男, 汉族, 四川绵阳, 工程师, 大学本科, 研究方向: 核电安全管理、核电运行管理; 核电厂群堆管理。

管理和工作环境等多个因素的影响^[3]。

（3）严重性

实践中核电厂运行风险也具有严重性，即一旦发生事件或事故，就可能对人类健康、环境和经济造成巨大的损失。如核泄漏事故可能导致大量人员受到放射性污染，进而对人类健康造成严重威胁。同时核泄漏事故还可能对环境造成长期的污染，从而影响生态平衡^[4]。此外核泄漏事故还可能对经济造成巨大的损失，其中包括核电厂的修复费用、赔偿费用和对相关产业的影响等。核电历史上切尔诺贝利、三哩岛、福岛事故就是鲜明的例子。

（4）长期性

核电厂运行风险同样也具有长期性，具体来说就是风险的影响可能在很长时间内持续存在^[5]。举例来说，核泄漏事故可能对环境造成长期的污染，从而影响生态平衡，并且核泄漏事故还可能对人类健康造成长期的影响，如导致癌症等疾病的发病率增加。

二、核电厂运行风险评估方法

（一）故障树分析

故障树分析是一种自上而下的逻辑分析方法，它主要是通过分析系统中可能导致事故或事件发生的各种因素来建立故障树模型，从而确定系统的故障模式和故障原因^[6]。实践之中应用故障树分析可以帮助核电厂管理人员了解系统的故障机理，并识别系统中的薄弱环节，此方面内容能够为管理人员制定风险应对措施提供依据。

（二）事件树分析

与故障树分析相反，事件树分析是一种自下而上的逻辑分析方法，它核心是通过分析系统中可能导致事故或事件发生的各种初始事件，来建立事件树模型，进而确定系统的事故序列和后果。事件树分析可以帮助核电厂管理人员了解系统的事故发展过程，以此可评估系统的事故风险，最终为其制定应急预案提供依据^[7]。

（三）失效模式与影响分析

失效模式与影响分析是一种系统分析方法，它是先分析系统中各个组成部分的失效模式和影响，再以此确定系统的潜在风险和薄弱环节。实践中失效模式与影响分析能够帮助核电厂管理人员了解系统的可靠性和安全性，从而为其制定维护计划和改进措施提供依据^[8]。

（四）概率安全分析

概率安全分析是一种定量分析方法，此法需要分析系统中各种事故或事件发生的概率和后果，以确定系统的风险水平。一般情况下应用概率安全分析，能帮助核电厂管理人员了解系统的风险状况，进而为其制定风险控制措施提供依据。

三、核电厂运行风险因素分析

（一）设备故障风险

（1）设备老化

核电厂的设备在长期运行过程中，常常会受到各种因素的影

响，如辐射、温度、压力等，进而导致设备老化、磨损和腐蚀等问题出现。而这些问题可能会影响设备的性能和可靠性，最终增加设备故障的风险^[9]。

（2）设备设计缺陷

核电厂的设备在设计过程中可能会存在一些缺陷和不足，如设计不合理、材料选择不当等。实践中这些问题可能会影响设备的性能和可靠性，从而增加设备故障的风险。

（3）设备制造质量问题

核电厂的设备在制造过程中还可能会存在一些质量问题，如制造工艺不合格、质量检验不严格等。当这些问题出现则可能会影响设备的性能和可靠性，然后将会增加设备故障的风险。

（4）设备安装和调试问题

核电厂的设备在安装和调试的过程中同样可能会存在一些问題，如安装不规范、调试不充分等。如果这些问题不解决，就可能影响设备的性能和可靠性，进而增加设备故障的风险。

（二）人因失误风险

（1）人员素质习惯问题

核电厂的运行需要高素质的人员，其中包括管理人员、技术人员和操作人员等。如果人员素质不高习惯不好可能会导致其操作失误、判断错误等问题，以此将增加人因失误的风险。

（2）培训不足问题

核电厂的人员需要接受专业的培训，通常需要包括安全培训、技术培训和应急培训等。如果对其培训不足，则可能会导致人员对设备和系统不熟悉、操作不熟练等问题，促使人因失误风险概率提升。

（3）管理不善问题

核电厂的管理需要确保科学、规范、严格。管理不善的话可能会导致人员工作态度不端正、责任心不强等问题出现，从而增加人因失误的风险^[10]。

（4）工作环境问题

核电厂的工作环境存在辐射、噪音、高温、触电等风险，而这些环境问题也许会对人员的身心健康产生影响。当工作环境不好时，就可能会导致人员疲劳、注意力不集中等问题，进而增加人因失误的风险。

（三）自然灾害风险

（1）地震风险

尽管核电厂一般会建在地质条件较为稳定的地区，但其仍然存在地震的风险。而地震可能会导致核电厂的设备损坏、管道破裂等问题，此时就会增加核泄漏的风险。

（2）山洪风险

部分核电厂周边存在山体，其就可能会受到山洪的影响。山洪出现的话会导致核电厂的设备被淹没、电力供应中断等问题，从而增加核泄漏的风险。

（3）台风风险

核电厂一般都建在沿海地区，因而可能会受到台风的影响。台风可能会导致核电厂的设备损坏、建筑物倒塌等问题出现，此啊将会导致核泄漏。

四、核电厂运行风险应对措施

核电厂运行过程中的各种潜在风险可能来源于人因失误、技术失误和外部事件。其中人因失误包括操作失误、人因陷阱等，技术失误则涉及设备质量不达标、设备失效等问题，而外部事件则涵盖了自然灾害事件和外部事件等。上述这些风险一旦发生就可能对核电厂的安全运行造成严重影响。因此核电厂相关人员进行风险评估和管理策略的制定显得尤为重要。因为通过风险评估，其可以在工作中识别潜在风险，并评估其发生的可能性和严重程度，进而为制定相应的管理策略提供依据。而管理策略的制定则需要其综合考虑风险控制措施的有效性、成本效益以及法律法规等因素。

（一）设备故障风险应对措施

（1）设备维护和保养

核电厂管理人员应建立完善的设备维护和保养制度，以此为根据定期对设备进行检查、维护和保养，确保自己能够及时发现和处理设备的故障和隐患。同时其还应加强对设备的监测和诊断，为此可在实践中采用先进的监测技术和设备，来对设备的运行状态进行实时监测和分析，从而保证自己可以及时地发现设备的异常情况。

（2）设备更新和改造

核电厂管理层应根据本厂设备的运行情况和技术发展趋势，及时地对设备进行更新和改造，以提高设备的性能和可靠性。除此之外，其应加强对设备的技术管理，在实践中采用先进的技术和管理方法，进而对设备的设计、制造、安装、运行和维护等环节进行全面管理，如此可确保设备的质量和安全性。

（3）设备备件管理

核电厂内部必须建立完善的设备备件管理制度，建立此制度的目的在于加强对设备备件的采购、储存和管理，以确保设备备件的质量和数量。针对于此相关人员就应加强对设备备件的技术管理，积极地采用先进的技术和管理方法，来对设备备件的设计、制造、安装、运行和维护等环节进行全面管理，最终确保设备备件的质量和安全性。

（二）人因失误风险应对措施

（1）人员培训和教育

实践中核电厂应建立完善的人员培训和技能提升制度，进而加强对人员的安全培训、技术培训和应急培训，达到提高人员安全意识、技术水平和应急能力的目的。

（2）人员管理和监督

核电厂要具有完善的人员管理制度，才能加强对人员的管理和监督，以确保人员的工作行为符合规范和要求。实践过程中还应加强对人员的绩效考核和评价，即建立科学合理的绩效考核和评价体系，确保对人员的工作表现都能进行客观公正的评价，借此才能激励人员的工作积极性和创造性。

（3）工作环境改善

核电厂需要关注人员工作环境的改善，降低工作人员的工作强度和压力，以提高人员的工作满意度和幸福感。并且其还应加强对人员的心理健康管理，为其建立完善的心理健康管理体系，定期的对人员的心理健康状况进行监测和评估，保证能够及时地

发现和处理人员的心理健康问题。

（4）人因失误预防和控制

核电厂还应建立一套完善的人因失误预防和控制体系，达到加强对人因失误分析和研究，以及找出人因失误原因和规律的目的，针对其再采取有效的预防和控制措施，以降低人因失误的发生率。

（三）自然灾害风险应对措施

（1）地震风险应对措施

建立完善的地震监测和预警系统对于核电厂运行是至关重要的，因为借助该系统可加强对地震的监测和预警，确保相关人员能够及时发现和处理地震风险。同时还应加强对核电厂的抗震设计和建设，以提高核电厂的抗震能力和安全性。此外还需要建立完善的地震应急预案，借此加强对地震应急事件的处理和管理，最终提高核电厂对于地震应急事件的处理能力和水平。

（2）山洪风险应对措施

核电厂建立完善的洪水监测和预警系统以及预案，目的在于加强对山洪的监测和预警，确保相关人员能够及时发现和处理山洪风险。在此基础上还应加强对核电厂的防洪设计和建设，以提高核电厂的防洪能力和安全性。

（3）台风风险应对措施

针对台风风险来说，核电厂还应加强与气象部门的沟通并建立一套应对各个等级台风的预案，以加强对台风的监测、预警和措施，保证实际中可以及时发现和处理台风风险，避免对核安全设施产生影响。

五、结语

核电厂作为一种高风险、高技术含量的工业设施，其运行安全直接关系到人类的安全和生命财产安全。因此为了保障核电厂的安全运行，相关人员必须建立严格的风险管理体系。同时风险评估作为核电厂运行风险管理的重要组成部分，它对于识别潜在风险、评估风险大小以及制定相应的管理策略也至关重要。本文主要探讨了核电厂运行风险评估与管理策略，以期能够为核电厂的安全运行提供参考和指导。

参考文献

- [1] 丁震行. 核电厂运行风险管理[J]. 电力安全技术, 2002,(11):4-6.
- [2] 王建召. 核电厂运行风险管理分析[J]. 科技视界, 2018,(04):176-177.
- [3] 王梓宇. 核电厂直流系统接地故障查找与运行风险分析[J]. 科技视界, 2019,(03):220-222+234.
- [4] 岳春生. 基于风险管控的核电厂维修工作包评估用数据库[J]. 设备管理与维修, 2020,(16):48-50.
- [5] 黄兵, 张祥贵, 杨宏野, 等. 核电厂运行操作风险评估标准和风险管控研究[J]. 产业与科技论坛, 2021,20(19):216-218.
- [6] 夏中朝. 浅谈运行值的人因管理[J]. 科技视界, 2021,(12):177-179.
- [7] 姚肿, 陈齐清, 姚照红, 等. 核电厂运行人员防人因失误管理[J]. 中国核电, 2010,3(03):263-269.
- [8] 李彬. 核电厂人因失误分析及预防[J]. 广西电力, 2017,(07):54-57.
- [9] 衣同义, 析盛. 创新防人因失误工具, 提升企业安全水平[J]. 企业管理, 2019,(S2):156-157.
- [10] 高星. 核电行业的防人因失误工具[J]. 劳动保护, 2019,(08):59-61.