

# 数字化时代核安全监督的创新与挑战

袁占锋

阳江核电有限公司 广东省阳江市 529500

**摘要:** 本文主要聚焦于核电厂内部的核安全监督,核心在于探讨数字化时代给核电厂内部核安全监督带来的挑战与机遇。首先在文中分析了网络安全风险、系统安全与可靠性风险、合规性挑战以及人因与组织风险等方面,对于核电厂内部核安全监督的影响,随后从前沿技术应用、网络安全体系构建、法规标准完善、人机协同模式优化等多个方面提出了创新路径,并且给出了风险分级管控、技术治理与伦理框架构建、敏捷监管机制建立、全球协作网络搭建等解决策略。

**关键词:** 数字化时代; 核电厂; 内部核安全监督; 创新; 挑战

## 1 引言

随着数字化技术的飞速发展,核电厂的运营管理正逐步地向数字化、智能化转型。数字化技术则在提升核电厂运行效率、降低运营成本、优化管理模式等方面发挥着重要的作用。但数字化转型同时也给核电厂的内部核安全监督带来了新的挑战。因为核安全监督是保障核电厂安全运行的关键环节,尤其对于核电厂内部而言,有效的核安全监督能够及时地发现并消除安全隐患,进而确保核电厂可以在复杂的环境之下稳定地运行。然而在数字化的浪潮下,核电厂的内部核安全监督面临着网络安全威胁加剧、系统复杂性增加等问题,所以如何应对这些挑战并进行创新,成为了核电厂保障核安全的重要课题。本文就从核电厂内部核安全监督的角度出发,深入地剖析数字化时代带来的挑战,并探索创新路径与解决策略,希望能够为提升核电厂核安全水平提供理论与实践参考。

## 2 数字化时代核安全监督面临的挑战

### 2.1 网络安全风险

处于数字化时代当中的核电厂内部大量的引入了数字化设备与系统,如数字化仪表控制系统、信息管理系统等,而这些系统通过网络相互连接,最终形成了复杂的网络环境。此时网络安全风险便随之凸显,恶意软件攻击、黑客入侵等问题都威胁着核电厂内部核安全监督工作的正常开展。例如黑客可能会入侵核电厂的仪表控制系统,篡改关键的参数,从而导致核电厂的运行出现异常,而核电厂内部的核安全监督系统若受到了网络攻击,将无法及时且准确地监测核电厂运行状态,操作人员就难以发现其中潜在的安全隐患。

此外核电厂内部员工的网络安全意识不足,也可能成为网络攻击的突破口,像员工随意点击不明链接、使用弱密码等行为,都可能会导致网络安全事件的发生,进而影响到核安全监督的有效性<sup>[1]</sup>。

### 2.2 系统安全与可靠性风险

数字化系统的复杂性使得核电厂的内部核安全监督面临着系统安全与可靠性挑战。因为数字化系统通常包含了众多软硬件组件,各个组件之间的交互关系复杂,当中任何一个组件的故障都可能会引发连锁反应,从而影响到整个系统的正常运行。比如,核电厂的数字化安全监测系统若出现软件漏洞或者硬件故障,那么就可能会导致监测数据不准确或丢失,使得核电厂的内部核安全监督人员无法及时地获取真实的核电厂运行信息,延误工作人员对于安全隐患的判断与处理。而且跟随着数字化技术的不断更新迭代,新的系统版本可能会存在兼容性问题,同时在升级的过程中也容易引发系统不稳定,这都会增加核安全监督的难度。

### 2.3 合规性挑战

核安全相关法规与标准在数字化发展的促使下在不断地更新,以此才能适应技术发展所带来的新变化。而核电厂的内部核安全监督需要严格地遵循这些法规与标准,但在实际的执行过程中却面临着诸多的困难。一方面是数字化技术的快速发展,使得法规与标准的更新速度跟不上技术创新的步伐,此时核电厂内部可能会采用一些尚未被法规标准明确规范的新技术、新方法,进而导致核安全监督在合规性地判断上存在着模糊地带。另一方面是核电厂内部的管理流程与组织架构在数字化转型的过程中可能会发生改变,那么原有

的合规管理体系就可能无法完全适应新的情况，需要重新进行梳理和调整，而这对核电厂内部核安全监督的合规性管理便提出了更高的要求。

#### 2.4 人因与组织风险

数字化地转型改变了核电厂内部员工的工作模式与职责，因此给人因与组织风险带来了新的变化。具体而言，核电厂内部员工需要掌握更多的数字化技术知识与技能，才能够适应新的工作环境，但员工的培训与能力提升往往滞后于技术发展速度，导致员工在操作数字化设备与系统时容易出现失误的情况，影响到了核安全监督工作的质量。另外，数字化系统的引入使得核电厂内部的组织架构和 workflows 发生了调整，各个部门之间的协作关系变得更加的复杂，因此信息地传递与沟通不畅将会导致核安全监督工作出现漏洞。例如在核安全监督的过程中，若不同的部门之间无法及时地共享关键信息，就可能对安全隐患的误判或漏判<sup>[2]</sup>。

### 3 数字化时代核安全监督的创新路径

#### 3.1 前沿技术赋能监管创新

核电厂内部应积极地应用前沿技术，以此提升核安全监督的能力与效率。首先可以利用人工智能技术对于核电厂运行数据进行深度地分析，通过机器学习算法识别数据中的异常模式，实现提前预测潜在的安全隐患。如基于人工智能的核安全监督系统就可以对核电厂的设备运行参数、安全监测数据等进行实时地分析，使工作人员能够及时地发现设备故障的早期征兆，为核电厂内部的核安全监督人员提供预警。其次可以选择运用大数据技术来整合核电厂内部各个系统的数据资源，以此构建一个全面的核安全监督数据平台，从而实现数据的集中管理与共享，该平台将为核安全监督的决策提供更准确、更全面的数据支持。此外区块链技术的应用可以增强核电厂内部核安全监督数据的安全性及可信度，能够确保数据的完整性和不可篡改，为核安全监督提供更加可靠的数据基础。

#### 3.2 网络安全体系创新

现阶段，构建完善的网络安全体系是核电厂应对网络安全风险的关键。因此核电厂内部应加强网络安全防护措施，在工作过程中采用先进的防火墙、入侵检测系统等网络安全设备，来防止外部的网络攻击。同时还需要建立内部网络安全管理制度，借此制度来规范员工的网络行为，并且加强网络安全意识培训，进而提高员工防范网络攻击的能力。

举个例子，核电厂可以定期地组织员工进行网络安全演练，模拟网络攻击的场景，让员工可以在实践中掌握应对网络安全事件的方法与技能。不仅如此，核电厂内部还应该建立网络安全应急响应机制，在其中制定详细的应急预案，此时一旦发生网络安全事件，就能够迅速地采取措施进行处置，进而降低事件对于核安全监督的影响。

#### 3.3 法规与标准创新

在核电厂内部需要积极开展核安全法规与标准的制定与修订工作，务必结合自身数字化转型的实践经验，来为法规标准的完善提供建议。但也要根据法规标准的新要求，及时地调整内部的核安全监督制度与流程，以确保其合规性。比如在核电厂引入新的数字化技术或设备时，应该提前评估其合规性，且按照法规标准的要求进行设计、安装与运行。与此同时，核电厂内部还应建立法规标准跟踪与评估机制，用于定期地对法规标准的执行情况进行检查与评估，助力工程及时地发现问题并进行整改，最终便能够确保核安全监督工作始终符合法规标准的要求。

#### 3.4 人机协同模式创新

优化人机协同模式的目的是充分地发挥出人和机器的优势，以此提升核安全的监督效果。基于此，核电厂内部要明确人与数字化系统在核安全监督中的职责分工，即数字化系统承担着数据采集、分析、预警等重复性、规律性的工作，核安全监督人员则负责对于复杂问题的判断、决策以及对系统的监督与管理。具体来说，数字化的核安全监测系统负责实时地采集核电厂运行数据并进行初步分析，当发现异常情况时要及时地向核安全监督人员发出预警，随后核安全监督人员根据预警信息再进行进一步调查与判断，且制定出相应的处理措施。但此时应该加强人机之间的交互与沟通，通过优化数字化系统的界面设计，使其操作变得更加便捷、直观，便于核安全监督人员获取信息与进行操作<sup>[3]</sup>。

### 4 数字化时代核安全监督的解决路径

#### 4.1 风险分级管控

借助科学的风险分级管控体系，对于核电厂内部核安全监督面临的各类风险进行评估与分级。之后根据风险的严重程度、发生概率等因素，可以将风险划分为不同的等级，并针对不同等级的风险制定相应的管控措施。其中对于高风险应采取严格的控制措施，如加强监测频率、增加安全防护设备等；而对于中低风险可以采取定期检查、优化管理流程

等措施来进行管控。同时还需要风险动态监测与评估机制的助力,通过实时地跟踪风险的变化情况,及时地调整风险管控措施,进而确保核电厂内部核安全监督的有效性<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 技术管理与伦理框架

当核电厂拥有完善的技术管理与伦理框架,即可规范数字化技术在核电厂内部核安全监督中的应用。为此要明确技术应用的原则与规范,确保技术的应用均符合核安全要求和伦理道德标准。如应用人工智能技术时,核电厂需要确保算法的透明度和可解释性,务必避免因算法不透明而导致的决策失误。同时还要加强对于数字化技术应用的监督与管理,可以建立技术应用的评估与审查机制,借此对新技术、新方法的应用进行严格地评估,从而确保其安全性与可靠性。此外还应加强对于员工的技术伦理教育,只有提高了员工的技术伦理意识,使其在工作中能够正确地应用数字化技术,才能避免因技术应用不当引发的核安全问题<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 敏捷监管机制

敏捷的监管机制对于核电厂是不可或缺的,其可提高核电厂内部核安全监督对环境变化和风险的响应速度。一方面需要加强信息共享与沟通,通过打破部门之间的信息壁垒,来实现核安全监督信息的快速传递与共享。例如建立跨部门的核安全监督协同工作平台,以此实现各部门之间的实时沟通与协作。另一方面是要优化核安全的监督流程,减少当中不必要的环节,从而提高工作效率。因此核电厂需要采用灵活的监管方式,根据核电厂运行情况和风险变化,及时地去调整监管策略与措施。不仅如此,核电厂还要加强对于核安全监督人员的培训,提高其应急处理能力和综合素质,使其能够在复杂多变的环境下迅速地做出正确的决策<sup>[6]</sup>。

#### 4.4 全球协作网络

各个核电厂都要积极地参与到全球核安全监督协作网络之中,与国际同行分享自己的经验、交流技术,与其合力共同应对数字化时代核安全监督面临的挑战。即通过参与国际合作项目,来学习国际先进的核安全监督理念与技术,如此可提升核电厂的内部核安全监督水平。比如与其他国家的核电厂开展联合的研究,共同探索数字化技术在核安全监督中的应用方法与解决方案。同时加强与国际核安全组织的沟通与合作,确保自己能够及时地了解到国际核安全法规标

准的更新动态,从而为核电厂的内部核安全监督工作提供指导。另外,核电厂还应主动地向国际社会展示我国核电厂在内部核安全监督方面的成果与经验,目的是提升我国核安全领域的国际影响力。

#### 5 结语

数字化时代为核电厂内部核安全监督带来了前所未有的挑战,但同时也提供了创新发展的机遇。在面对网络安全风险、系统安全与可靠性风险、合规性挑战以及人因与组织风险等问题,核电厂需要积极地探索创新路径,在实践中通过前沿技术赋能监管、创新网络安全体系、完善法规与标准、优化人机协同模式等方式,来提升自身的核安全监督能力。与此同时,还需采取风险分级管控、构建技术管理与伦理框架、建立敏捷监管机制、参与全球协作网络等解决策略,有效地应对挑战,有力地保障核电厂的安全稳定运行。而在未来的发展中,核电厂应持续地关注着数字化技术的发展趋势,不断地创新和完善内部核安全监督体系,才能为核能的安全可持续发展奠定坚实的基础,始终助力我国核电事业稳步向前、向上发展!

#### 参考文献:

- [1] 祁婷,何剑.核安全监督管理的几点思考与建议[J].中国核工业,2022,(12):45-47.
- [2] 刘岩.大修核安全监督管理提升[J].科技视界,2020,(17):263-265.
- [3] 万斌斌.在建核电厂中美核安全监督对比研究[J].核安全,2018,17(05):1-6.
- [4] 陈婉.生态环境部西南核与辐射安全监督站马骏骏:青春常作伴守护核安全[J].环境经济,2024,(19):51-53.
- [5] 顾海荣,陈军琦,李现锋,等.企业集团层级核与辐射安全监督评估模式的创新实践[J].核安全,2024,23(03):88-93.
- [6] 许钟予.解码秦山核电核安全“密码”——专访生态环境部华东核与辐射安全监督站主任冯建平[J].中国核工业,2025,(02):18-20.

**作者简介:**袁占锋(1985年10月-),男,汉族,河南省郑州市,工程师,大学本科,研究方向:核安全