

浅析信息化创新应用提升核电本质安全的实践

曾强

台山核电合营有限公司，广东 江门 529200

摘要： 核电作为清洁、高效的能源形式，在全球能源结构中占据重要地位，核电行业的安全问题一直是社会关注的焦点。安全生产不仅是核电行业稳定运行的基石，也是保障人民生命财产安全的必要条件。随着科技的不断进步和信息技术的快速发展，信息化技术在保障核电本质安全生产质量方面发挥着越来越重要的作用，本文试图浅析信息化创新应用在持续提升核电厂本质安全生产质量的实践。

关键词： 信息化创新；本质安全；质量管理

The Practice Of Information Innovation And Application To Improve The Essential Safety Of Nuclear Power

Zeng Qiang

Taishan Nuclear Power Joint venture Co., LTD., Guangdong, Jiangmen 529200

Abstract： As a clean and efficient form of energy, nuclear power plays an important role in the global energy structure, and the safety issue of the nuclear power industry has always been the focus of social attention. Safe production is not only the cornerstone of the stable operation of the nuclear power industry, but also a necessary condition to ensure the safety of people's lives and property. With the continuous progress of science and technology and the rapid development of information technology, information technology is playing an increasingly important role in ensuring the safety production quality of nuclear power. This paper tries to analyze the practice of innovative application of information in continuously improving the safety production quality of nuclear power plants.

Keywords： information innovation; essential safety; quality management

一、引言

数字化信息时代的发展为新质生产力提供新的发展动力，为核电厂安全生产高质量发展提供更科学有效的技术支持。在安全生产的管理过程中，依靠科技设备和物联网的快速发展，通过多元化的数字信息技术设备实时监控作业现场以及生产设备、作业人员，结合数据分析和相互的信息交换，优化资源配置，实现生产本质安全 and 高质量发展效率。

二、核电本质安全生产质量管理现状

核电站是利用核裂变或核聚变反应所释放的能量产生电能的发电厂。核电站的运行工作对保障国家能源安全、促进经济社会发展具有重要意义。核电生产是一个复杂而精细的过程，需要高度专业化的知识和技术支撑。在核电站运营过程中，安全始终是首要考虑的因素。为此，核电站采取了一系列严格的安全措施，建立较为严谨的安全管理体系，制定完善的应急预案，实施严格的安全监管体系。在实践过程中，因为对安全体系的认识和理解不同，对本质安全生产质量的执行标准不统一，或多或少存在安全保障有效性和工作质量可靠性的折损。

人因失误现象依旧存在。在核电站运行、维护或操作过程

中，由于人为因素导致的错误或失误可能会影响到核电站的安全运行。由于作业人员心理原因、技术能力不足和工作疲劳等在高风险和高压力的环境下工作，核电站的运维人员可能会产生疏忽大意、冲动行为或焦虑情绪等问题，从而增加发生人为失误的风险^[1]。

工作质量低标准现象依旧存在。作业人员责任心不足，缺乏必要的技能或经验，质量意识不足，对质量标准不够重视，容易出现运行控制质量有效性降低，维修质量不稳定，运维效率降低，工作过程中的风险控制和隐患排查能力降低，工作质量得不到充分保证。

管理技术措施单一现象依旧存在。核电站对于关键操作和高风险操作，已经制定严格的监管措施，培养防人因失误的工作习惯，如实行双人操作、多人确认等制度，以减少人为失误的可能性。采用数字信息化的创新技术，特别是数字智慧视频技术和数字信息终端在核电现场的应用较少，不适应新时代核电高质量发展的需要^[2]。

三、数字信息创新应用在核电本质安全生产质量管理的实践

1. 稳定便捷的无线通信应用。设计建设基于 Wi-Fi 技术的全

* 作者简介：曾强（1983年2月-），男，汉族，四川省什邡市，台山核电合营有限公司，工程师，大学本科，核电企业数字化转型。

厂无线通信系统，解决了核电厂内部即时移动通信的需求，为核电厂运行、维修、应急等工作提供了便捷高效的通信手段，为核电厂数据业务的传输、移动应用的扩展及智能化管理的实现提供了基础设施条件。无线通信系统覆盖核电厂内所有区域，具备双向语音及短信通信的功能，具有智能射频管理、智能负载均衡、AP间无缝漫游、支持无线入侵检测系统、多种业务不同网络层面的安全保障等特点和优势。同时结合核电厂设备 EMC 鉴定情况的基础上，限制定制 Wi-Fi 移动电话和 AP 的发射功率，以及控制了 AP 的安装位置，解决了核电厂电磁干扰问题，真正实现核电厂内全面应用的双向无线通信^[3]。

2. 快速高效的移动智能化应用。基于 Wi-Fi 技术的全厂无线通信系统，核电厂生产运营期间，在运行、维修、应急、安全等工作领域，全面开展各类智能化移动应用：包括内网“微信”、移动视频专家支持、远程视频监控、移动文档查询、移动电子化审批、巡检电子化移动化、工作过程电子化移动化、人员定位、各类传感器监控等，极大提高了核电厂运维管理的效率，实现了核电厂智能化管理，为核电厂的运行成本方面带来可观的经济效益。

3. 全电厂 3D 数据模型管理应用。充分利用核电厂工程建设数据、生产运营数据、电站实时数据和电站三维模型，将工程和生产数据贯通，汇集千万级别的数据信息，实现全电厂设备级全寿期数据一站式集成、治理、归类、检索、分析，实现实体电站和数字电站的双向三维模型数据集成。应用基于 3D 轻量化及虚拟化技术，有效满足设备快速定位、距离测量、现场布置虚拟踏勘、工作交底及工作前培训等方面业务需求，通过各类静态、动态数据的采集与解析，提升核电厂机组运维数字化水平、促进电站运营管理提质增效，实现“懂设备过往、知设备现在、预设备未来”为愿景的设备数字化运维管理新方法。

4. 重要敏感区域的预警应用。通过摄像头侦测范围划定重要敏感工作区域和电子围栏，当有人员进入到特定区域后，利用无线侦测摄像头及时上报人员信息并进行匹配报警，预置的安全提醒信息及时播报提醒进入此区域的工作人员确保风险管控，同时借助手持式移动终端扫描就地二维码指引信息得到作业环境工作建议和设备历史经验反馈或操作指南，确保重要敏感区域人机接口正确准确，保障高质量工作。

5. 工作过程质量实时监控应用。基于 WiFi 网络通信实时信息上报及定位应用，通过无线 WiFi 移动电话对工作过程的全流程管控，并实时定位工作坐标，确保作业区域正确，防止走错工作间隔。通过 WIFI 网络在线工作记录仪，监测工作过程运维活动的每一道工序执行情况，防止漏项和质量不达标的工序错误下传，防止工作程序跳项或漏项，防止工序步骤和工作参数设置错误。通过 WiFi 网络在线的工作过程记录移动终端，及时将实时数据回传至后台，实现核电工作数据完整性和连续性，确保生产系统稳定运行，为预警故障诊断，状态评估及未来趋势预测提供高速的数据存储和版本对比，从而快速确定实时工作质量标准，确立工作偏差，定位故障起因，为运维团队提供有力的技术决策支持^[4]。

6. 区域物联网技术智能应用。重要仪表控制区域使用物联网，现场布置温湿度测试终端、人员红外线和数据时钟，准确实时记录仪表控制柜内温湿度和所在房间温湿度，准确记录温湿度的趋势变化，对实时数据进行自动化分析达到预警阈值时及时向指挥中心发送预警，提醒工作人员及时干预，防止控制机柜结露降低机柜元器件绝缘降低或短路的潜在风险^[5]。在环境相对恶劣的作业区域，实时监测环境数据，如温度、湿度、氧气浓度、氢气浓度、噪音等，当环境异常时系统可以立即发出警报，提醒工作人员及时撤离或采取紧急措施，以保障作业人员安全^{[6][7]}。

7. 设备数据采集及人工智能应用。通过数字信息技术，实现电站各专业领域的设备运行状态巡检和设备自动化报告数据及作业人员的手动信息数据共享式分布式实时采集和整理，实现多维度数据集成。通过人工智能对电厂设备的多维度数据学习和分析，建立设备模型来识别设备的异常或故障状态，识别出潜在的安全风险，及时预警发现并处理潜在的安全隐患，避免事态进一步发生或事故发生。同时，数据实现不同系统和专业领域间的数据共享，提供工作协同效率，便于安全管理精准数据支持和自主科学决策^{[8][9]}。

8. 作业人员状态监测应用。在电站生产现场，所有人员均需佩戴安全帽，将智能化技术应用到安全帽设计中，将射频识别 RFID 配置在安全帽使其具备安全识别作用，在数据库的支持下自动化检测现场人员的出勤及布局情况，方便对人员加强动态和全方位管理。同时，对安全帽返回的数据予以作业安全距离的识别和测定，提供预警和数据信息。在安全帽的防噪声耳罩中配置 WIFI 接收器耳机，电厂广播信息可以及时准确传递至现场工作人员，避免噪音对广播的干扰，使工作人员能够及时获取准确信息，防止信息不畅所带来的失误。现场工作人员配置 WiFi 型手环，手环既可以记录行动轨迹，又可以实现实时定位，还可以定时做好心率血压等健康监测，同时还可以作为移动电话实现顺畅通讯交流实现远程指导专家支持，对工作人员的状态良好监测和辅助判断。当健康监测采取不定时扫描测量，可以对工作人员的健康提出预警判断并报告人员定位，通过模型学习和分析，对现场工作环境做出初步的判断，便于指挥中心及时予以区域应急管控，提升现场作业的安全响应管理。

9. 虚拟仿真技术的应用。虚拟现实技术的应用，可以帮助作业人员进行虚拟训练以应对潜在的安全风险，通过佩戴 VR 头显设备模拟辐射控制区的作业环境进行安全操作演练，实现辐射控制区作业的精炼和工作时间优化。通过佩戴 AR 设备，可以将虚拟信息与现实信息统筹，为作业人员提供安全指导和提示信息展示，更进一步了解设备状态、操作流程和操作要领及历史经验反馈，提高操作的准度和精度^{[10][11]}。

10. 智慧视频图像识别技术的应用。通过固定式和移动式智慧摄像头、无人机及机器人等多元化载体对核电站设备进行巡检和监视，依靠移动侦测和图像识别技术快速、准确识别和分析电力设备的图像，完成设备的损伤和缺陷检测，及时发现潜在的隐患，降低事故发生的风险，提高设备的运行效率。同时，结合设备数据趋势变化与时间的高度匹配性，能够在瞬息万变的参数变

化间，快速找出关键特征，提高预警的准确性，为系统的稳定和安全运行提供技术支撑^{[12][13]}。

四、总结

本质安全质量是从源头上消除隐患最有效的质量保证风险管控策略，建立科学、系统、主动、超前、全面的安全保障和事故预防提醒，对生产经营全过程、技术工艺全环节、生产作业全要素、实施全员、全面、全时的本质安全质量管控。数字信息创新技术的目标是持续提升核电企业的本质安全质量，在实施的过程中要始终贯彻迭代的思想，坚持与专业融合，与业务融合，保障

安全生产的同时，充分考虑作业人员，管理人员和决策人员的体验和反馈，使其总能持续地提升本质安全质量。随着数字信息技术的不断发展，新一代数字信息技术将与核电生产技术更加深度融合，为核电安全生产和高质量发展提供更加丰富、全面的产品数据管理、智能模型决策及先进管理模式和手段。在数字中国和数字经济背景下，核电生产需要及时引入更多的新技术、新理念，并将其积极应用于自身的业务流程中，实现安全生产指挥调度数字化、智能化、增强核电安全生产的感知、监测、预警、处置和评估能力，加速安全生产从静态分析向动态感知、事后应急向事前预防、单点防控向全局联防的转变，提高核电本质安全生产质量，丰富和发展核能，为人类造福。

参考文献：

[1] 郭希培, 邹涛. 本质安全设计在提升核电工程安全管理方面的探索和实践 [J]. 中国核电, 2023, 16(06): 914-920.

[2] 陈宝智, 吴敏. 本质安全的理念与实践 [J]. 中国安全生产科学技术, 2008(03): 79-83.

[3] 余韬. 浅谈电力工程安全管理的过程与措施 [J]. 中国新技术新产品, 2018(20): 147-148.

[4] 黄江东. 试论电力工程安全管理的重要性及有效措施 [J]. 技术与市场, 2018, 25(09): 210+212.

[5] 吕磊. 在电网基建工程安全管理中应用层次分析法的对策 [J]. 通讯世界, 2016(24): 125-126.

[6] 李继森. 项目工程安全管理工作探析 [J]. 电力安全技术, 2008(04): 42-43.

[7] 楼安华, 贺晓刚. 安全创新举措在海外核电安全管理中的应用与研究 [J]. 中国核电, 2021, 14(05): 684-687.

[8] 张红军. 对在建核电项目 生产安全事故考核的思考 [J]. 中国核工业, 2016(06): 47-48.

[9] 陈志威. 浅谈电力工程项目安全生产管理 [J]. 科技资讯, 2011(18): 159.

[10] 马瑞. 智能预警信息系统在建设项目安全生产管理中的应用 [J]. 工程设计与设计, 2020(09): 168-170.

[11] 李中印. 浅谈电力工程项目安全生产管理 [J]. 行政事业资产与财务, 2011(22): 137-138.

[12] 王宏伟. 山地光伏建设项目安全生产管理对策研究 [J]. 科技创新导报, 2019, 16(24): 148+150.

[13] 牛华庆, 朱先清. 电力工程安全管理的方法与实践 [J]. 价值工程, 2015, 34(21): 66-67.