

核电检修工程管理信息化建设研究

蒋 小

中国核工业二三建设有限公司 广东 深圳 518120

摘 要：核电检修工程管理信息化建设立足检修特性与需求，以提升管理效能和强化安全保障为核心目标，兼顾系统兼容性与扩展性，同时对安全可靠、数据精准等方面提出核心要求。其核心内容包括管理平台架构、功能模块及数据资源体系建设，关键技术涵盖数据采集、网络通信、数据处理与安全防护等方面选型。此外，还需从技术、质量、运维三方面采取保障措施，确保系统可行、可靠且长期稳定运行。

关键词：核电检修；工程管理；信息化建设

引言：在核电产业持续发展的当下，核电检修工程管理面临着更高要求。传统管理模式在应对复杂检修任务时，逐渐暴露出流程不规范、信息不共享、安全防控难等问题。为提升管理效能、强化安全保障，信息化建设成为必然趋势。核电检修工程管理信息化建设需综合考虑多方面因素，从明确基础要素中的建设目标与核心要求入手，规划核心内容、做好关键技术选型，并落实保障措施，以此构建科学、高效、安全的信息化管理体系，推动核电检修工程管理迈向新高度。

1 核电检修工程管理信息化建设的基础要素

核电检修工程管理信息化建设需立足检修工程特性与管理需求，明确核心目标与核心要求，为后续建设工作提供方向指引，其基础要素主要包括建设目标与核心要求两方面。

核心建设目标聚焦于管理效能提升与安全保障强化，具体涵盖四个角度：（1）流程规范化管控，实现检修计划制定、任务分配、过程实施、验收归档全流程的数字化闭环管理，规范作业流程与操作标准；（2）数据资源化利用，整合检修全流程数据，构建统一数据体系，为管理决策、风险预判、效率优化提供数据支撑；（3）协同高效化推进，打破多专业、多部门之间的信息壁垒，实现信息实时共享与协同作业，提升跨领域协作效率；（4）安全精准化防控，通过实时数据监测与智能分析，精准识别检修过程中的安全风险，提前预警并辅助风险处置，保障检修作业安全。（5）信息化建设还需兼顾系统的兼容性与扩展性，适配不同机组、不同检修类型的管理需求^[1]。

核心要求源于核电检修的严苛性与复杂性，主要包括：（1）安全可靠要求，系统需具备极高的稳定性与安全性，能够抵御外部网络攻击、数据泄露等风险，同时保障在复杂工况下持续稳定运行，避免因系统故障影

响检修进程；（2）数据精准性要求，需确保检修数据的采集、传输、存储全过程精准无误，数据误差控制在允许范围，为管理决策与质量管控提供可靠依据；（3）专业适配性要求，系统功能需充分适配核电检修的专业特性，覆盖设备检修、安全监测、质量验收等专业需求，符合检修技术规范；（4）操作便捷性要求，考虑到检修现场作业环境与人员操作习惯，系统需具备简洁直观的操作界面，降低人员学习与操作成本；其五，兼容扩展性要求，需与核电机组现有运维管理系统、设备管理系统等实现数据互通，同时预留功能扩展接口，适配未来检修技术升级与管理需求变化。

2 核电检修工程管理信息化建设的核心内容

2.1 信息化管理平台架构设计

信息化管理平台采用分层架构设计，确保系统的稳定性、可扩展性与可维护性，核心分为感知层、传输层、平台层与应用层。感知层作为数据采集终端，负责获取检修现场的各类实时数据，包括通过传感器采集设备运行参数、检修环境指标（如温度、湿度、辐射剂量），通过移动终端采集作业人员操作数据、现场验收数据等，实现检修过程的全面感知。传输层承担数据传输任务，采用“有线+无线”融合的传输模式，核心区域采用光纤有线传输保障数据传输的高速率与稳定性，检修现场采用工业无线通信技术实现移动数据实时传输；同时嵌入数据加密与校验模块，确保数据传输过程中的安全性与完整性。平台层是系统的核心支撑，包括数据存储服务器、计算服务器与 middleware，负责数据的集中存储、计算处理与系统资源调度，采用分布式存储架构保障海量检修数据的安全存储与高效调用。应用层是面向用户的功能载体，通过模块化设计实现各类管理功能的集成，适配不同岗位、不同部门的管理需求。

2.2 核心功能模块设计

核心功能模块设计以检修全流程管理需求为导向,实现对检修工程各环节的精准管控,主要包括检修计划管理、任务执行管理、质量管控、安全监测、资源管理与数据分析六大模块。检修计划管理模块实现检修计划的编制、审核、调整与跟踪功能,支持根据机组运行状态与设备缺陷数据生成优化的检修计划,明确检修任务、时间节点、责任部门与资源需求。任务执行管理模块实现检修任务的精准分配、过程跟踪与进度管控,通过移动终端实时反馈任务完成情况,支持现场文档录入、签字确认与过程影像留存,确保检修过程可追溯。质量管控模块覆盖检修质量标准管理、检验验收流程、质量问题跟踪等功能,实现检修工序的质量检验数字化记录,自动预警质量隐患并跟踪整改情况,保障检修质量符合规范要求。安全监测模块实时采集检修现场的辐射剂量、环境参数、人员定位等安全数据,设置安全阈值预警机制,当出现异常时及时触发预警并推送处置建议,强化检修安全防控。资源管理模块实现对检修人员、设备工具、物料备件的全生命周期管理,包括人员资质管理、设备工具调度与维护、物料备件库存监控与领用追溯,提升资源利用效率。数据分析模块基于检修全流程数据,通过统计分析、趋势分析等方法,生成检修效率、质量水平、安全风险等分析报告,为管理决策提供数据支撑^[2]。

2.3 数据资源体系建设

数据资源体系是信息化建设的核心基础,负责检修数据的全生命周期管理,建设要点包括数据分类梳理、数据标准制定与数据存储管理。数据分类梳理需明确数据采集范围与类型,涵盖基础数据(如设备参数、人员信息、技术规范)、过程数据(如检修作业记录、质量检验数据、安全监测数据)、结果数据(如检修验收报告、故障分析报告)三大类,确保数据覆盖检修全流程。数据标准制定需统一各类数据的编码规则、格式要求、精度标准与采集频率,规范数据录入与传输流程,避免因数据标准不统一导致的数据混乱与共享障碍;同时明确数据责任主体,确保数据采集的及时性与准确性。数据存储管理采用“集中存储+分布式备份”的模式,构建大容量、高可靠的数据存储中心,实现海量检修数据的安全存储;建立数据备份与恢复机制,定期对核心数据进行备份,确保数据在系统故障或意外情况下不丢失;此外,制定数据分级管理策略,对敏感数据(如安全监测数据、核心设备参数)进行加密存储与访问权限控制,保障数据安全。

3 核电检修工程管理信息化建设的关键技术选型

3.1 数据采集技术选型

数据采集技术需满足检修现场多场景、多类型数据的精准采集需求,核心选型包括传感器技术、移动采集技术与射频识别(RFID)技术。传感器技术优先选用高精度、高稳定性、抗干扰能力强的工业传感器,适配检修现场高温、高湿度、强辐射等复杂环境,用于采集设备运行参数、环境指标等实时数据;根据采集对象特性选择适配的传感器类型,确保采集数据的精准性。移动采集技术采用工业级智能移动终端,具备防水、防尘、防摔、抗辐射特性,支持离线数据采集与在线同步功能,适配检修现场移动作业需求,实现任务执行记录、现场验收签字、影像资料采集等功能。RFID技术用于物料备件管理与设备工具跟踪,通过在物料备件与设备工具上粘贴RFID标签,实现快速识别、库存盘点与领用追溯,提升资源管理效率。

3.2 网络通信技术选型

网络通信技术需保障数据传输的实时性、稳定性与安全性,核心选型包括工业以太网技术、无线通信技术与数据加密技术。工业以太网技术用于核心区域的有线数据传输,选用具备高带宽、低延迟、高可靠性的工业以太网设备,构建稳定的有线通信网络,保障海量数据的高速传输。无线通信技术选用适配工业环境的无线通信协议,如工业WiFi、LoRa等,实现检修现场移动终端与管理平台的实时数据交互;针对复杂遮挡环境,合理规划无线基站部署位置,确保无线信号全覆盖。数据加密技术采用对称加密与非对称加密相结合的方式,对传输数据进行全程加密处理,同时采用访问控制、数据校验等技术,防止数据在传输过程中被篡改或泄露^[3]。

3.3 数据处理与安全防护技术选型

数据处理技术需实现对海量检修数据的高效处理与深度分析,核心选型包括大数据处理技术与数据分析算法。大数据处理技术采用分布式计算框架,具备海量数据的快速存储、计算与处理能力,适配检修全流程数据的处理需求;通过数据清洗、数据转换等技术优化数据质量,为后续分析应用提供可靠数据基础。数据分析算法选用适配检修管理需求的统计分析、趋势分析与关联分析算法,实现对检修效率、质量问题、安全风险等的深度分析,辅助管理决策。安全防护技术需构建全方位的安全防护体系,核心选型包括防火墙、入侵检测系统、数据加密存储技术与访问权限管理技术。防火墙与入侵检测系统用于抵御外部网络攻击,实时监测网络访问行为,拦截异常访问;数据加密存储技术对核心敏感数据进行加密处理,防止数据泄露;访问权限管理技术

采用分级授权机制,根据用户岗位与职责分配不同的系统访问权限,确保数据安全与操作规范。

4 核电检修工程管理信息化建设的保障措施

4.1 技术保障措施

技术保障是信息化建设的核心支撑,需建立健全技术支撑体系。首先,组建专业的技术团队,汇聚信息技术、核电检修技术、项目管理等多领域人才,负责信息化建设的方案设计、技术选型、系统开发与技术难题解决,确保建设过程的技术可行性。其次,建立技术验证机制,对选用的关键技术、核心设备进行充分的技术验证与测试,评估其在核电检修环境中的适配性与可靠性,避免因技术选型不当导致的建设风险;加强技术研发与创新,针对核电检修信息化的特殊需求,开展专项技术攻关,提升系统的专业适配性。最后,建立技术文档管理体系,完整记录信息化建设过程中的技术方案、设计图纸、测试报告等技术资料,为系统后续维护与升级提供技术依据。

4.2 质量保障措施

质量保障是确保信息化建设效果的关键,需建立全流程质量管控体系。设计阶段开展多轮方案评审,组织技术专家与检修管理专家对信息化建设方案的合理性、适配性进行全面评估,优化设计方案;明确各阶段的质量控制目标与要点,制定详细的质量控制计划。建设阶段严格把控设备采购质量与系统开发质量,设备采购需选择资质齐全、技术成熟的供应商,对进场设备进行严格检验;系统开发遵循标准化的开发流程,开展阶段性代码评审与测试,及时发现并修复开发过程中的质量问题。验收阶段制定严格的验收标准,对系统的功能完整性、性能稳定性、数据精准性等核心指标进行全面检测,邀请专业机构与用户代表参与验收,确保系统质量符合建设要求^[4]。

4.3 运维保障措施

运维保障是确保信息化系统长期稳定运行的重要支撑,需建立常态化运维管理体系。首先,制定完善的运

维管理制度,明确运维人员的岗位职责、工作流程与操作规范,规范系统日常巡检、故障处理、数据备份等运维工作;建立故障应急处置预案,明确故障响应流程与处置措施,确保系统故障能够快速解决。其次,加强运维人员专业培训,提升运维人员对系统架构、运行原理、操作方法及故障诊断的掌握能力,确保运维人员能够高效开展运维工作。最后,构建运维管理监控平台,实现对信息化系统运行状态、设备性能、网络质量的实时监测,及时发现系统异常与设备故障;建立设备台账与运维记录,实现运维工作的可追溯与规范化管理;定期对系统进行优化升级,修复系统漏洞,提升系统运行效果。

结束语

核电检修工程管理信息化建设是一项复杂且意义重大的系统工程。从明确建设目标与核心要求,到规划核心内容、选型关键技术,再到落实保障措施,每一步都紧密关联、不可或缺。通过科学合理的信息化建设,可实现检修流程规范、数据高效利用、协同高效推进、安全精准防控。未来,需持续强化技术保障、质量保障与运维保障,紧跟技术发展趋势与检修管理需求变化,不断优化完善信息化系统,提升核电检修工程管理的智能化、精细化水平,为核电安全稳定运行提供坚实有力的支撑。

参考文献

- [1]刘超杰,杜筱甜.核电工程移交投产信息化实践探讨[J].中小企业管理与科技,2022(2):120-122.
- [2]汪淑平,黄萍,王贝贝.面向核电信息化业务的软件开发管理工具链集成研究[J].科技创新导报,2021,18(30):1-4.
- [3]温银波.互联网时代下工程管理的信息化革新与实践[J].中国装饰装修,2024(11):71-73.
- [4]何俊镗.互联网时代工程管理信息化的实现对策思考[J].中国住宅设施,2024(5):86-88.