

核电工程全生命周期数智化审计模式创新

——基于数据中台与 AI 风险识别的应用

陈哲豪

中广核核电运营有限公司

摘要: 本文针对核电工程全生命周期传统审计存在的数据碎片化、风险识别滞后、覆盖不全面、效率低下等痛点,构建了以数据中台为核心支撑、AI 风险识别为关键手段的数智化审计模式,搭建“数据层-中台层-应用层”三级核心架构,并将其嵌入设计、建设、运行、退役全生命周期各阶段,实现审计从事后追溯向全流程管控转变。同时提出强化顶层设计、深化数据治理等实践路径与保障措施,该模式能有效解决传统审计问题,为核电行业高质量发展提供审计支撑,未来将在行业发展中发挥更大作用。

关键词: 数智化审计; 全生命周期; 核电工程; 风险识别

DOI:10.65976/3105-8450.2026.01.003

Innovative Digital and Intelligent Audit Model for the Entire Lifecycle of Nuclear Power Projects

——Application Based on Data Hub and AI Risk Identification

Chen Zhehao

(China Nuclear Power Operations Co.,Ltd.)

Abstract: This article addresses the pain points of traditional audits in the entire life cycle of nuclear power projects,such as fragmented data,lagging risk identification,incomplete coverage,and low efficiency.It constructs a digital and intelligent auditing model with a data middle platform as the core support and AI risk identification as the key means.It builds a three-level core architecture of “data layer-middle platform layer-application layer” and embeds it in all stages of the entire life cycle,including design,construction,operation,and decommissioning,to transform auditing from post-event tracing to full-process control.At the same time,it proposes practical paths and safeguard measures such as strengthening top-level design and deepening data governance.This model can effectively solve the problems of traditional auditing,provide auditing support for the high-quality development of the nuclear power industry,and will play a greater role in the future development of the industry.

Keywords: Digital and Intelligent Audit;Full Life Cycle;Nuclear Power Project Risk Identification

1 核电工程全生命周期传统审计模式的痛点解析

1.1 数据碎片化严重, 审计基础薄弱

传统的审计模式,核电工程各个阶段产生的数据会被分别存在不同的业务系统里,数据格式不统一,标准也不一样,慢慢就形成了信息孤岛。在数据统计这方面,设计阶段的图纸数据、建设阶段的焊接记录、运行阶段的设备监测数据,很难顺畅地连到一起,审计人员需要花费大量时间去做数据收集、整理和核对的工作,这不仅让审计效率有所下降,还容易因为数据缺漏或者出错,导致审计结论出现偏差。另外,有些建成时间比较久的核电项目,还在依赖纸质档案来记录信息,数据电子化

的程度不高,也进一步加大了审计数据获取的难度。

1.2 风险识别被动滞后, 预警能力不足

核电工程从前期规划一直到后期运维的整个生命周期里,有不少潜在的风险,如设计合规性方面的问题、施工环节的质量风险,而设备运行安全以及成本超支这类情况,也属于需要警惕的风险。传统的审计工作大多都是事后才进行的,主要靠审计人员的经验判断来做人工核查的工作,很难做到对风险的实时追踪和预警。在施工阶段,传统审计无法及时找出焊接缺陷、钢筋配置偏差这类隐蔽的质量问题;到了运行阶段,对设备异常状态的识别比故障发生要晚,没法提前避开这些安全隐

作者简介: 陈哲豪(1991—),男,本科,国际注册内部审计师、工程师,研究方向为内部审计实务。

患。就这方面来说,人工审计被个人经验限制,对跨阶段、跨领域的复合型风险没办法很好地识别,很难满足核电工程的安管理要求。

1.3 审计范围有限,全生命周期覆盖不足

核电工程全生命周期的各个阶段关联度很高,前一阶段埋下的风险隐患,很可能会传导到后面的各个环节。过去的审计工作,大多只关注单一阶段或者单一领域,像财务收支审计、竣工结算审计这类,无法对全生命周期做系统性的覆盖,也缺少联动分析。比如设计阶段出现了参数偏差,却没被审计工作及时发现的话,就可能让施工阶段不得不返工整改,还会进一步造成成本超支、进度被拖慢的问题。就这一点来说,这种碎片化的审计模式,无法形成全流程的风险防控闭环,要保障核电工程的整体安全和效益,难度也比较大。

1.4 审计效率低下,资源投入成本高

核电工程有海量的数据,还有十分复杂的作业流程,在传统的人工审计方式下,审计人员要去处理一大堆纸质凭证、合同文件、技术图纸这类资料,不仅花的时间久,工作量也特别大。另外,核电工程的专业性很强,对审计人员的要求也高,需要懂工程技术、财务、法律这些不同领域的知识,然而多领域知识的复合型人才本来就少,这就让审计资源紧张的情况变得更严重了。

2 数智化审计模式的核心架构:数据中台与AI风险识别的融合

2.1 数据层:全生命周期数据采集与整合

数据层核心是从各方面去采集核电工程全生命周期的数据并做标准化处理。需要搭建多源数据采集的体系,把设计、建设、运行、退役各个阶段里的不同类型数据整合到一起——比如结构化的财务数据、合同数据、设备台账,非结构化的技术图纸、射线底片、巡检记录,还有半结构化的审批流程、会议纪要等。靠物联网设备去采集施工机械的运行数据、设备振动数据还有环境监测数据;用API接口对接各个业务系统,做到设计图纸、施工记录、财务凭证等数据的实时同步;还能用光学字符识别技术把纸质档案转成电子化的形式。除此之外,还要搭建起统一的数据标准体系,对采集来的数据做清洗、脱敏和标准化处理,保证数据的准确性、完整性和安全性,给后续的审计分析工作提供靠谱的数据支持。

2.2 中台层:数据中台的核心支撑作用

数据中台负责数据存储、治理和服务这几项核心工作,能打通传统审计里各自孤立的数据孤岛。参考数据中台安全审计机制的架构设计,核电工程审计的数据中台应采用“存储-治理-服务”的三层架构。至于存储层的搭建,会用到HDFS、HBase这类大数据存储技术,把海量审计数据做分布式存储,这样就能满足全生命周

期数据的长期留存需求。到了治理层,我们通过元数据管理、数据质量管理、权限管理这些模块,建立起数据血缘追溯的体系,确保数据流转的整个过程都能被审计、被追溯,同时也符合《数据安全法》《个人信息保护法》这类法规里的合规要求。在服务层,要构建统一的数据服务接口,给AI风险识别模块和审计应用场景提供数据查询、分析、调用的服务,做到数据一次处理,多次复用,让审计数据的利用效率有所上升。

2.3 应用层:AI风险识别的全场景落地

应用层是数智化审计模式里最核心的应用载体。根据数据中台给出的高质量数据,着手搭建AI风险识别模型,做到全生命周期审计场景的智能化使用。对于核电工程各阶段的风险特点,搭建起多维度的AI审计模型体系,比如设计合规性识别模型、施工质量缺陷识别模型这些,还有设备运行异常预警模型、成本超支预测模型。利用机器学习、深度学习、自然语言处理这类AI技术,对全生命周期的数据做实时的分析与智能研判。

3 数智化审计模式的关键应用:全生命周期场景赋能

3.1 设计阶段:合规性与可行性智能审计

核电工程的风险防控,最关键的源头就在设计阶段。数智化审计关注设计方案的合规性与安全性,同时也会考量它的经济性。先借助数据中台把设计图纸、技术规范还有法规标准之类的数据归拢。再用自然语言处理技术找出设计方案里的关键参数,和国家核安全局、IAEA出台的相关法规标准做智能比对,自动找出设计方案里的合规性风险点,比如设备选型不符合标准、设计参数超出安全阈值这类问题。

3.2 建设阶段:质量与进度动态管控审计

核电工程的建设阶段,是质量风险容易集中出现的时期,这个阶段工序繁杂、涉及面广。数智化审计就靠实时数据采集和AI图像识别这类技术,做到对施工质量与进度的动态管控。对于施工质量审计,靠智能焊接机器人、激光跟踪监测设备去采集焊接数据,再用AI模型对焊缝质量做实时的分析,找出像焊接缺陷这类质量问题;还能靠计算机视觉技术,对施工现场里像钢筋配置、混凝土浇筑这类工序做图像识别,和设计图纸做比对,自动找出钢筋间距偏差、浇筑厚度不够这类违规情况。进度管控审计的做法不同,靠数据中台把施工计划、人员设备调度、工序完成情况这类数据整合到一起,搭建起进度偏差预测模型,实时分析各工序的进度完成情况,提前预判可能出现的进度延误风险,顺着线索找到风险的源头。

3.3 运行阶段:安全与运维智能预警审计

设备运行阶段的审计核心落在设备安全和运维合规性上。数智化审计则是靠着物联网数据采集和AI异常检

测模型,做到了安全风险的提前预警。在设备安全审计中,用各类传感器去实时采集设备的温度、振动、压力这些运行数据,靠生成对抗网络这类 AI 模型来搭建设备正常运行的基准模型,如果监测到的数据超出了这个基准范围,就会自动发出异常预警,找出设备可能存在的故障风险。到了运维合规性审计,依靠数据中台汇总整理运维记录、票证审批、人员操作日志这类零散数据,用 AI 模型对运维流程的合规性做实时的检查,找出那些没有按规定做巡检、票证审批流程不规范的问题。

3.4 退役阶段:环保与处置合规审计

退役阶段的审计核心是关注环保合不合规、处置不安全。数智化审计依靠环境数据监测和全流程数据追溯,能在一定程度上管控好退役过程的合规性。用物联网设备去采集退役现场的放射性剂量、土壤水质这类环境数据,再用 AI 模型对环境质量做实时评估,找出像放射性污染这类环保风险。就这方面来说,还能借助数据中台搭起一条覆盖退役处置全流程的数据链,去追溯核废料运输、储存、处置这些环节的操作记录,保证退役处置过程符合环保法规与安全标准。

4 数智化审计模式的实践路径与保障措施

4.1 强化顶层设计,统筹推进数智化转型

加强核电企业与审计机构的协同联动,制定数智化审计发展规划,明确各阶段的建设目标与实施路径。同时,建立数智化审计的管理制度与标准规范,明确数据采集、存储、分析、应用的流程与责任,为数智化审计的落地提供制度保障。

4.2 深化数据治理,夯实数智化审计基础

数智化审计能不能做好,核心就在于数据治理,需要搭起一套覆盖数据全生命周期的治理体系。先着手对各个业务系统的数据做标准化改造,规范统一数据格式和编码,做到不同系统间的数据能互通互用。在数据质量的管控上,需要搭起一套评估指标体系,定期去做数据清洗和校验,保证数据的准确和完整。就数据安全而言,要严格按照网络安全等级保护第三级标准,完成身份认证、访问控制这些基础防护,再加上数据加密、行为审计的补充,以此保障审计数据的安全和隐私。

4.3 推动技术融合,提升 AI 模型适配性

借助核工程大数据平台,收集大量的历史审计数据

和项目数据,给 AI 模型的训练打底,这能让模型的识别精度和泛化能力都有所上升。另外,着手跨领域的技术联合攻关,把核电工程技术、审计业务知识和 AI 技术结合到一起,做出来适配不同审计场景的专用模型,例如焊接缺陷识别模型、设备异常预警模型。在这方面,还能用灰度发布加沙箱测试的模式,保障 AI 模型在实际应用中有比较好的稳定性和可靠性。

4.4 加强人才培养,构建复合型审计团队

开展常态化的培训,提升现有审计人员的数字素养与技术应用能力引进大数据、AI、核电工程这些领域的专业人才,团队结构建立激励机制,鼓励审计人员参与数智化审计项目与技术创新,提升团队的创新活力。

5 结语

核电工程全生命周期的数智化审计模式做创新,是当下数字经济环境里核电行业朝着更高质量方向发展的必要选择。通过搭建“数据中台+AI 风险识别”这样的核心架构,就能做到全生命周期数据的打通和风险的智能防控,能在一定程度上解决传统审计模式里数据孤岛、风险滞后、效率不高这类问题。实际操作里,需要先调整顶层设计,再从各方面做好数据治理,还要多培养相关的专业人才,这样才能保证数智化审计模式的效果。未来,技术还会不断更新换代,数智化审计在核电工程全生命周期里会发挥更大的作用,为核电行业的安全运行、高效管理、低碳发展提供帮助。

参考文献:

- [1] 肖罗婷.基于国企审计视角的全过程工程造价管控[J].江苏建材,2025(06):141-142.
- [2] 李建兵,郭锐.基于生成式人工智能的能源企业数智化碳审计平台建设[J].财会通讯,2025(19):136-143.
- [3] 徐晶.工程审计在项目全生命周期中的作用与实践[J].商讯,2025(15):159-161.
- [4] 严忠新,马琼,张燕,等.新形势下“寓内部审计于风险管理之中”实务探索——以中广核工程有限公司内部审计为例[J].中国内部审计,2023(06):12-22.
- [5] 郭群,潘长宇,郭礼全,等.基于价值增值视角的内部审计质量评估——以中广核工程公司为例[C]//全国内部审计理论研讨优秀论文集 2012.中山大学管理学院;中广核工程公司,2013:154-163.