

智能化技术在电厂运维中的应用

许 睿

国能宝清煤电化有限公司 黑龙江 双鸭山 155600

摘 要：智能化技术正深刻改变电厂传统运维模式，本文系统阐述了物联网感知、大数据分析、人工智能、AR巡检及数字孪生等关键技术在电厂运维中的核心应用，涵盖设备状态监测、故障预测诊断、运行参数优化及智能安全管控等场景。同时，分析了当前智能化落地过程中面临的设备适配性不足、数据孤岛、人才匮乏及管理机制不完善等突出问题，并针对性提出统筹设备改造、搭建数据平台、强化人才培养与健全管理体系的优化对策。智能化技术能够显著提升电厂运维效率与安全水平，为传统电厂向智慧化转型升级提供实践路径与理论参考。

关键词：智能化技术；电厂运维；设备监测；预测性维护

引言：电力系统安全稳定运行依赖电厂高效可靠的运维保障。传统运维模式以人工巡检、定期检修和事后抢修为主，存在数据感知滞后、故障响应迟缓、资源利用效率低等明显短板，难以适应现代电厂对经济性、安全性与环保性的综合要求。近年来，物联网、大数据、人工智能等智能化技术快速发展，为解决上述痛点提供了技术可能。本文聚焦智能化技术在电厂运维中的关键技术、应用场景、现存问题及优化对策，旨在为电厂智能化升级提供系统参考。

1 电厂运维核心智能化关键技术概述

1.1 物联网智能感知技术

物联网智能感知技术是电厂智能化运维的基础，依托分层分布式传感网络，在锅炉、汽轮机、发电机、变压器等核心设备及输煤、环保等辅助系统批量部署温度、振动、压力、电流、红外热成像、声纹识别等智能传感器，实现全品类设备运行状态多维度、全覆盖、全天候实时数据采集。该技术精准捕捉设备细微参数变化，采集频率高、传输延迟低，实时汇总原始数据至运维平台，打破人工监测数据滞后、精度不足、覆盖不全的局限，为状态分析、故障诊断、运维决策提供精准全面数据支撑，是实现运维从人工经验感知向数据精准感知转型的核心前提。

1.2 大数据分析处理技术

电厂运维产生海量多源异构数据，涵盖设备运行参数、检修记录、故障台账、能耗数据、环保排放、电网负荷等，数据体量庞大、类型复杂、更新迅速。大数据分析处理技术对零散运维数据进行统一归集、清洗筛选、分类整合、深度挖掘与关联分析，破除数据孤岛，搭建一体化数据共享平台。通过算法建模，深度挖掘设备运行变化规律、故障关联特征、能耗关键因素，精准

研判健康状态演变趋势，为运维计划制定、故障预警、参数优化、成本管控提供科学支撑，有效提升运维决策的科学性与针对性，避免人工经验决策的主观性与盲目性。

1.3 人工智能与机器学习技术

人工智能及机器学习技术是电厂智能化运维的核心驱动技术，涵盖故障诊断算法、强化学习、神经网络、知识图谱等核心技术模块。依托电厂运维历史海量数据与实时运行数据，搭建专属电厂运维人工智能算法模型，通过机器学习持续迭代优化模型参数，实现设备异常工况自动识别、故障类型精准判定、故障成因智能溯源、故障影响科学预判。借助强化学习算法可根据电网负荷波动、燃料品质变化、环保排放要求，自动优化锅炉燃烧参数、机组负荷分配、脱硫脱硝运行参数，实现机组高效低碳稳定运行。相较于传统人工故障排查与参数调控，人工智能技术可实现秒级异常响应、精准化故障研判与自动化运行优化，大幅提升运维处置效率与机组运营管控水平^[1]。

1.4 AR智能巡检与数字孪生技术

AR智能巡检技术依托5G通信、增强现实技术，通过智能巡检头盔、巡检终端等设备，将设备实时运行数据、历史故障记录、检修操作规范、隐患预警信息实时叠加至巡检人员视野，实现巡检作业可视化、智能化、标准化，辅助运维人员快速识别设备隐患、规范检修操作、降低巡检失误率。数字孪生技术则构建电厂核心设备与机组全生命周期虚拟仿真模型，实现物理电厂与虚拟模型实时数据同步映射，运维人员可通过虚拟模型直观观测设备内部运行状态、模拟检修操作、预判设备老化损耗趋势、仿真机组运行优化效果，无需拆机即可完成设备深度状态检测与运维方案模拟调试，有效降低运维检修作业风险与实操成本，提升运维工作精准化管控

水平。

2 智能化技术在电厂运维中的核心具体应用场景

2.1 设备智能状态实时监测与隐患预警应用

该应用是智能化运维的基础,通过物联网智能感知网络,在锅炉汽包、汽轮机轴承、发电机绕组等核心部位部署高精度传感器,24小时不间断采集温度、振动、电流、压力、绝缘等参数,经5G专网实时传输至大数据平台。平台利用AI算法对比标准阈值,动态绘制健康曲线,精准识别微小异常波动。当数据接近预警阈值或出现异常趋势时,系统自动触发声光报警、短信推送等多重提示,精准标注异常点位、参数类型与风险等级。运维人员可第一时间掌握隐患并提前介入,从源头避免小隐患恶化为重大故障,有效降低非计划停机率。某火电厂应用后,早期隐患识别率提升95%以上,非计划停机次数同比下降40%,运维安全保障能力显著增强。

2.2 设备故障智能诊断与预测性维护应用

利用机器学习与历史故障台账数据构建智能诊断模型,实现故障精准定位、成因溯源与预测性维护,替代事后抢修和盲目定期检修。模型录入历年故障案例、参数特征与处置方案,通过神经网络深度学习故障与运行参数的关联。当设备异常时,系统快速判定故障类型、位置及诱因,同步推送处置方案,大幅缩短排查与抢修时间。基于健康状态演化与老化规律,制定预测性维护计划,摆脱固定周期检修模式,实现“应修则修、修必精准”,既避免过度检修浪费资源,又杜绝检修不及时引发故障^[2]。

2.3 机组运行参数智能优化与能耗环保管控应用

该技术实现机组运行参数自动化动态优化,兼顾高效发电、低能耗与环保达标。传统模式下,锅炉燃烧、负荷分配等参数依赖人工手动调节,存在滞后与精度不足问题。智能系统依托强化学习与实时数据分析,对接电网负荷指令、燃料品质、环保数据,自动优化燃料量、配风比例、炉膛温度,合理分配机组负荷,精准调控脱硫脱硝参数。在满足供电与排放要求前提下,最大化燃烧效率与发电效能,降低煤耗、水耗、电耗,减少污染物排放。同时,系统自动统计能耗与环保数据,生成分析报表与达标台账,为节能改造和环保治理提供支撑,助力电厂实现高效发电与低碳发展的双重目标。

2.4 智能巡检与运维安全智能化管控应用

结合AR智能巡检、巡检机器人、视频监控,构建安全智能化管控体系。针对高温、高压、高危受限区域,部署轨道式或轮式机器人,搭载红外测温、气体检测等设备,实现全天候无人自主巡检,自动识别跑冒滴漏等

隐患,替代人工高危作业。常规巡检中,运维人员佩戴AR头盔,设备实时数据、检修记录、操作规范自动叠加显示,系统自动核对点位、记录数据、核验流程,杜绝漏检与误检。同时,视频监控结合AI行为识别,实时监测作业人员操作,及时识别违章、未佩戴防护用具、违规进入危险区等行为,自动预警并记录存档,强化运维作业全过程安全管控,筑牢电厂安全生产防线。

3 智能化技术在电厂运维应用中现存主要问题

3.1 智能化设备适配性不足,软硬件融合度偏低

当前电厂智能化升级中,智能化设备与老旧发电设备适配性不足、软硬件融合度偏低问题突出。大量存量电厂建设运营年限较长,核心设备多为老旧型号,接口不统一、数字化改造难度大,部分设备无法适配新型智能传感器和采集终端,运行数据难以有效采集接入。电厂分步采购不同厂家的软硬件设备,通信协议不统一、技术标准不兼容,导致智能监测、巡检、诊断、环保等系统相互独立,无法实现数据互联互通与协同联动。智能化设备整体效能无法充分发挥,难以形成一体化运维管控体系,严重制约智能化升级的整体成效。

3.2 数据整合共享不足,数据孤岛问题依然突出

数据是智能化技术应用的核心基础,但目前多数电厂数据管理体系不完善,数据孤岛问题未根本解决。一方面,生产运行、设备检修、能耗管控、环保治理、安全管理等数据分属不同部门和独立系统,各部门各自为政,缺乏统一的数据归集、整合、共享标准与机制,跨部门数据流通不畅、协同利用困难。另一方面,部分电厂数据采集精细化程度不足,存在缺失、滞后、失真等问题,历史数据归档不规范,导致大数据分析与AI建模缺乏全面精准的数据支撑,分析深度不足、研判精准度偏低,数据潜在价值无法有效挖掘,智能化运维决策的科学性大打折扣^[3]。

3.3 专业复合型运维人才严重匮乏

智能化电厂运维既需要传统发电设备专业知识与生产工艺技能,又需要掌握大数据、人工智能、智能设备运维等新型技术,对人员综合素养要求极高,目前复合型人才缺口较大。现有在岗运维人员多为传统技能出身,熟悉人工实操,但对智能设备操作、大数据平台运维、AI模型调试等新型技术掌握不足。而新晋智能化专业人才虽熟悉数字技术,但缺乏电厂运维实操经验,不熟悉设备工况与生产流程,难以快速适岗。复合型人才培养与引进滞后,人才技能转型跟不上智能化升级节奏,成为制约智能化技术深度落地与长效应用的核心人为因素。

3.4 智能化运维管理体系与保障机制不完善

多数电厂侧重软硬件设备采购,忽视配套管理体系建设与长效保障机制,重建设轻运维、重投入轻管理问题普遍存在。传统管理制度、工作流程、岗位职责均围绕人工运维模式制定,未结合智能化特点及时修订,智能巡检、预测性维护等新型工作缺乏标准化制度与规范化流程,岗位职责划分不清,智能化工作开展杂乱无序。同时缺乏完善的考核激励机制、设备长效维护机制与技术迭代机制,系统后期维护不及时,算法模型未根据实际工况持续优化,运维人员积极性不足,智能化技术应用效果难以长效保持,转型升级难以持续发挥提质增效作用。

4 提升智能化技术在电厂运维应用效果的优化对策

4.1 统筹设备升级改造,提升软硬件系统适配融合度

电厂需结合自身设备老旧程度与实际需求,制定科学的分步升级改造规划。针对老旧设备,优先开展接口改造、线路优化,加装适配型智能传感器,保障运行数据精准采集;对改造性价比过低的设备,逐步淘汰替换为新型智能化一体设备,从源头提升适配基础。统一软硬件采购标准与通信协议,优先选用兼容性强的一体化设备,整合现有独立系统,搭建标准化统一管控平台,打通数据通信壁垒,实现监测、诊断、巡检、能耗、安全各模块协同联动,最大化发挥智能化设备集群应用效能。

4.2 搭建一体化数据管理平台,破除数据孤岛壁垒

以大数据技术为核心,搭建一体化数据集中管理共享平台,健全数据采集、归集、共享、应用全流程机制。统一数据采集、格式与传输标准,规范设备运行、检修、能耗、安全等全维度数据采集,补齐短板、修正失真数据、完善历史归档,保障数据全面精准有效。明确各部门共享职责,建立跨部门协同机制,推动运维、生产、环保、安全等数据互联互通。依托大数据深化分析挖掘,精准研判运行规律、故障趋势与能耗关键因素,为检修优化、参数调控、风险防控提供精准支撑,充分释放运维数据核心价值^[4]。

4.3 强化复合型人才培养引进,夯实人才队伍根基

坚持内部培训与外部引进双向发力,打造专业过硬的智能运维人才队伍。针对现有运维人员,定期开展智

能设备操作、大数据平台运维、AI基础应用等专项培训,邀请专家现场教学,推动传统技能转型。面向高校和市场定向招聘复合型人才,优化薪酬待遇与晋升通道,吸引优质人才入职。建立师徒结对实训机制,推动传统骨干与新晋人才双向交流、互补短板,全面提升综合业务能力。通过培养与引进协同发力,有效填补复合型人才缺口,适配智能运维长效工作需求。

4.4 健全智能化运维管理体系,完善长效保障机制

结合智能化运维实操特点,修订完善管理制度、工作流程与岗位职责体系,规范智能巡检、预测性维护、故障诊断等各项操作标准,明确各岗位职责要求,确保工作有序规范开展。建立健全考核激励机制,将设备操作规范度、隐患处置及时性、能耗管控成效等纳入绩效,奖惩分明,调动人员积极性。完善设备长效维护与技术迭代机制,定期检修维护软硬件设备,根据工况变化与技术发展持续优化算法模型和系统功能,保障智能化技术长期稳定高效应用,持续提升电厂运维整体水平。

结束语

智能化技术在电厂运维中的应用前景广阔。本文从关键技术、应用场景、现存问题到优化对策进行了系统梳理,表明物联网感知、AI诊断、数字孪生等技术能够有效提升设备可靠性、运行经济性与作业安全性。未来,随着5G、大模型、边缘计算等新技术的深度融合,电厂运维将朝向更高水平的自主感知、自主诊断与自主决策方向演进。建议电厂结合自身实际,分步有序推进智能化改造,同步完善人才与管理配套,真正实现提质增效与安全运维的双重目标。

参考文献

- [1]程伟钊.智能巡检技术在电厂设备安全运维中的应用[J].中国公共安全,2025(7):190-192.
- [2]徐波平.垃圾电厂智能化运维技术应用[J].电脑应用文粹,2024(8):49-51.
- [3]景杰,程锋,白玉.基于大数据管理系统的电厂运维决策研析[J].电力设备管理,2025(14):113-115.
- [4]高中豪.某新能源电厂运维精益化管理优化分析[J].能源研究与管理,2024,16(3):49-56.