

火电厂数字化转型路径与智能化技术应用

孙 阳

华电能源股份有限公司牡丹江第二发电厂 黑龙江 牡丹江 157000

摘要：随着信息技术的飞速发展，数字化转型与智能化应用已成为各行业提升竞争力、实现可持续发展的关键。火电厂作为能源领域的重要组成部分，面临着节能减排、提高效率、保障安全等多重挑战。本文深入探讨了火电厂数字化转型的必要性，分析了当前火电厂在数字化转型过程中面临的问题，并提出了具体的数字化转型路径，同时详细阐述了智能化技术在火电厂各个环节的应用，旨在为火电厂的现代化发展提供理论支持与实践指导。

关键词：火电厂；数字化转型；智能化技术；能源效率；可持续发展

1 引言

在全球能源结构调整和环境保护要求日益严格的背景下，火电厂作为传统能源供应主体，亟需通过数字化转型与智能化技术应用，提升生产运营效率，降低污染物排放，实现绿色、高效、安全发展。数字化转型与智能化技术不仅能够帮助火电厂优化生产流程、提高设备可靠性，还能为能源管理、决策支持等方面提供强大的数据支撑和智能分析手段，是火电厂适应新时代能源发展需求的必由之路。

2 火电厂数字化转型面临的问题

2.1 数据管理与利用难题

火电厂生产过程中产生海量数据，但数据质量参差不齐，存在数据缺失、错误、不一致等问题。同时，数据分散在各个业务系统中，缺乏统一的数据标准和规范，导致数据难以整合与共享，无法充分发挥数据价值。此外，数据分析能力不足，缺乏专业的数据分析人才和先进的分析工具，难以从海量数据中挖掘出有价值的信息，为生产决策提供有效支持。

2.2 技术应用与集成挑战

数字化转型涉及多种先进技术，如物联网、大数据、人工智能、云计算等。火电厂在技术应用过程中面临着技术选型困难、技术融合难度大等问题。不同技术之间存在兼容性和集成性问题，难以实现系统之间的无缝对接和协同工作。例如，物联网设备产生的海量数据需要高效地传输到大数据平台进行处理和分析，但现有网络带宽和数据处理能力可能无法满足需求，导致数据传输延迟和处理效率低下。

2.3 人才短缺与观念转变困难

火电厂数字化转型需要既懂电力生产又懂信息技术的复合型人才。然而，目前火电厂内部此类人才相对匮乏，现有员工对数字化转型的认识和理解不足，存在畏难

情绪和抵触心理，难以适应新的工作模式和技术要求^[1]。同时，企业管理层对数字化转型的战略意义认识不够深刻，缺乏明确的转型规划和有效的激励机制，导致数字化转型推进缓慢。

2.4 安全与隐私问题

随着火电厂数字化程度的提高，网络安全和数据安全风险也日益凸显。火电厂的生产控制系统、能源管理系统等关键系统与外部网络存在数据交互，容易受到网络攻击，导致生产中断、数据泄露等严重后果。此外，在数据采集、存储和使用过程中，涉及大量企业机密信息和员工个人隐私数据，如何保障这些数据的安全和隐私，是火电厂数字化转型过程中必须面对的重要问题。

3 火电厂数字化转型路径

3.1 制定数字化转型战略规划

火电厂应结合自身实际情况和发展目标，制定全面、系统的数字化转型战略规划。明确转型的愿景、目标和阶段性任务，确定关键业务领域和重点项目，合理配置资源，确保转型工作有序推进。战略规划应具有前瞻性和可操作性，充分考虑技术发展趋势、市场需求变化和政策法规要求，为火电厂数字化转型提供清晰的路线图。

3.2 构建数字化基础设施

数字化基础设施是火电厂数字化转型的基础支撑。首先，要完善网络通信系统，提高网络带宽和可靠性，实现厂区内外设备、系统和人员之间的高速、稳定连接。采用5G、工业以太网等先进技术，构建覆盖全厂的工业互联网，满足数据实时传输和设备远程控制的需求。其次，建设大数据平台，整合全厂各类数据资源，建立统一的数据标准和规范，实现数据的集中存储、管理和分析。利用云计算技术，提供强大的计算能力和存储空间，为数据挖掘和智能应用提供支持。此外，还应加强

网络安全防护体系建设，部署防火墙、入侵检测系统、加密技术等安全设备和措施，保障网络和数据安全。

3.3 推进业务流程数字化

对火电厂的生产、管理、运营等业务流程进行全面梳理和优化，实现业务流程的数字化。利用信息化手段，将传统的手工操作和纸质文档流转转变为电子化、自动化流程，提高工作效率和准确性。例如，在设备管理方面，建立设备全生命周期管理系统，实现设备采购、安装调试、运行维护、报废处置等全过程的信息化管理，通过移动终端实时记录设备运行数据和维护信息，实现设备状态的实时监控和预测性维护。在燃料管理方面，采用智能称重、自动采样、在线化验等技术，实现燃料入厂、计量、化验、结算等环节的数字化管理，提高燃料管理效率和透明度，降低燃料成本。

3.4 加强数据治理与价值挖掘

数据是火电厂数字化转型的核心资产。加强数据治理，建立完善的数据质量管理体系，对数据进行清洗、转换、整合和标准化处理，提高数据质量。制定数据安全策略和隐私保护制度，加强对数据的访问控制和加密存储，确保数据安全和隐私。同时，积极引入大数据分析、人工智能等先进技术，深入挖掘数据价值。通过建立数据分析模型，对生产数据、设备数据、市场数据等进行多维度分析，为生产优化、设备维护、能源管理、市场营销等提供决策支持^[2]。例如，利用机器学习算法对锅炉燃烧数据进行分析，优化燃烧参数，提高锅炉效率；通过大数据分析市场电价和用电需求，合理安排发电计划，实现经济效益最大化。

3.5 培养与引进复合型人才

人才是火电厂数字化转型的关键因素。一方面，加强内部员工培训，开展数字化转型相关知识和技能培训，提高员工对数字化技术的认识和应用能力。通过举办专题讲座、培训班、技术交流活动等形式，培养一批既懂电力生产又懂信息技术的复合型人才。另一方面，积极引进外部优秀人才，特别是具有数字化技术研发、应用和管理经验的专业人才，充实企业人才队伍。同时，建立科学合理的激励机制，鼓励员工积极参与数字化转型工作，对在数字化转型中做出突出贡献的个人和团队给予表彰和奖励，激发员工的创新热情和工作积极性。

3.6 推动组织变革与文化创新

火电厂数字化转型不仅仅是技术层面的变革，更是组织管理和企业文化的深刻变革。要打破传统的部门壁垒，建立跨部门、跨专业的协同工作机制，加强信息共享和沟通协作，提高工作效率和响应速度。优化组织架

构，根据数字化转型需求，设立专门的数据管理部门、数字化创新部门等，负责数据治理、技术研发和应用推广等工作。同时，培育创新文化，鼓励员工勇于尝试新技术、新方法，容忍失败，营造良好的创新氛围。加强企业文化建设，将数字化转型理念融入企业文化中，使全体员工深刻认识到数字化转型的重要性和紧迫性，形成全员参与、共同推进的良好局面。

4 智能化技术在火电厂的应用

4.1 智能燃烧控制技术

在火电厂中，智能燃烧控制技术通过实时监测和优化燃烧过程，显著提升了锅炉效率和环保性能。例如，国家电投平顶山发电分公司在1000MW机组上率先应用了煤粉流速浓度在线监测与风粉均衡调整技术。该技术利用静电传感器阵列和数据处理算法，实现了煤粉流速和浓度的精准测量，并通过自动均衡控制系统调整燃烧参数。实施后，锅炉效率提高了0.9%，煤耗降低了2.81gce/kW·h，同时NOx排放显著减少。这一案例表明，智能燃烧控制技术不仅提升了发电效率，还推动了火电厂的绿色低碳转型。

4.2 设备智能监测与故障诊断技术

设备智能监测与故障诊断技术通过集成传感器、大数据分析和人工智能算法，实现了对火电厂关键设备的实时监控和故障预警^[3]。华北某电厂在汽轮机轴承监测中引入了卷积神经网络，通过对振动频谱的特征提取，成功识别出轴瓦间隙过大的潜在故障。解体检查证实了预测结果，避免了转子动平衡失效的风险。此外，国家能源集团神华九江电厂在深度调峰下应用了燃烧器燃烧状态精细控制技术，通过实时监测和调整燃烧参数，解决了低负荷运行下的稳燃性能差、壁温超温等问题。这些案例展示了智能监测与诊断技术在提升设备可靠性和降低运维成本方面的显著效果。

4.3 智能巡检技术

智能巡检技术通过机器人、无人机和物联网技术，实现了对火电厂设备的高效、精准巡检。福建连江公司的“输煤廊道挂轨式智能巡检机器人系统”是行业标杆案例。该系统由7台行走机器人和100余个定点摄像头组成，覆盖了输煤系统全流程。机器人搭载红外热成像仪、超声波传感器和高清摄像头，可实时监测皮带撕裂、跑偏、堵煤、托辊卡涩等异常。例如，在一次巡检中，机器人通过红外热成像发现某段皮带温度异常升高，结合超声波检测到托辊卡涩声，系统立即发出警报并定位故障点，避免了皮带起火事故。实施后，设备故障发现效率提升了300%，安全隐患响应时间从小时级压

缩至秒级。国家能源集团泰州电厂的“智能巡检管控系统”则展示了多场景应用能力。该系统通过WAPI+5G双网融合技术，实现了对循泵房、升压站等场景的实时监控。例如，在循泵房巡检中，机器人通过激光雷达和视觉识别技术，自动检测水泵振动、油位异常等问题，并通过多源感知矩阵生成三维故障模型。在一次巡检中，系统成功拦截了14号循泵的振动异常，避免了因轴承损坏导致的停机损失。此外，大唐南京发电厂应用了无人机巡检技术，对冷却塔、烟囱等高空设备进行外观检测，通过图像识别算法自动识别裂缝、腐蚀等缺陷，巡检效率提升了5倍。

4.4 智能发电调度技术

智能发电调度技术通过优化算法和实时数据，实现了对火电厂发电计划的精准调度和能源的高效利用^[4]。府谷电厂的智能发电运行控制系统（ICS）是典型应用案例。该系统集成了智能报警、智能分析、智能控制等功能，通过机理建模和数据分析，实时计算机组的安全、经济、环保指标。例如，在智能吹灰优化模块中，系统通过声学测温和图像识别技术，实时监测锅炉受热面的污染率，并结合煤质、负荷等参数，动态调整吹灰策略。实施后，吹灰蒸汽消耗量降低了25%，排烟温度下降了5℃，锅炉效率提升了0.5%。此外，科远智慧的OPT6000优化控制系统则展示了多目标协同优化能力。该系统在某发电项目中，通过实时监控机组发电量、煤耗、NOx排放等参数，建立了经济性-环保性-安全性多目标优化模型。例如，在电网负荷低谷期，系统通过降低锅炉氧量、调整汽轮机阀门开度，在保证环保指标的前提下，将煤耗降低了1.2gce/kW·h。

4.5 智能安全管控技术

智能安全管控技术通过视频监控、人工智能和物联网技术，实现了对火电厂作业现场的实时监控和安全预警。圣瞳科技为火电厂提供了基于人工智能的安全作业智能管控解决方案。该方案通过视频监控与智能分析

相结合，实现了对人员着装、行为、作业环境的实时监测。例如，在皮带运输监控中，系统通过视频分析实时检测皮带跑偏、异物堆积等情况，并自动控制皮带启停，避免了设备损坏和人员伤害。此外，浙江某火力发电厂在锅炉防磨防爆管理中引入了星纵智能的物联网监测解决方案，通过超声波测距传感器实时监测锅炉膨胀系数，当超过阈值时立即报警，有效预防了泄露事故的发生。这些案例表明，智能安全管控技术显著提升了火电厂的安全管理水平。

结语

火电厂数字化转型与智能化技术应用是时代发展的必然趋势，对于火电厂提升竞争力、实现可持续发展具有重要意义。尽管在转型过程中面临着数据管理、技术应用、人才短缺等诸多问题，但通过制定科学的战略规划、构建完善的数字化基础设施、推进业务流程数字化、加强数据治理与价值挖掘、培养引进复合型人才以及推动组织变革与文化创新等路径，火电厂能够逐步实现数字化转型目标。同时，智能化技术在火电厂燃烧控制、设备监测、巡检、发电调度和安全管控等领域的广泛应用，为火电厂生产运营带来了显著效益，提高了生产效率、降低了污染物排放、保障了安全生产。

参考文献

- [1] 吴玉兰.三维数字化火电厂信息管理[J].能源研究与管理,2020,(04):16-21+28.
- [2] 姜立永.论智能数字化煤场管理系统在火电厂燃料管理中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2018,38(05):48-49.
- [3] 唐坚.数字化火电厂关键技术研究与工程示范.北京市,北京华电天仁电力控制技术有限公司,2018-01-31.
- [4] 全国电站过程监控及信息标准化技术委员会(SAC/TC 376).智能火电厂技术要求:GB/T 44770-2024[S].中国标准出版社,2024.