

电力生产中智能运维检修技术应用策略

赵小宁，谢正青，刘华健，吕 静

（国网安徽省电力有限公司霍邱县供电公司，安徽 六安 237400）

摘 要 电力生产中智能运维检修技术的应用至关重要。本文介绍了智能运维检修技术的特点，包括数据驱动与精准分析、自动化与智能化决策、远程监控与协同作业，并提出构建智能运维检修技术体系、推动技术创新应用、加强人才队伍建设、完善管理制度与标准等策略，旨在为提高电力生产运维检修的效率和质量、保障电力系统的安全稳定运行提供有益参考。

关键词 电力生产；智能运维检修技术；数据驱动；远程监控

中图分类号：TM76

文献标志码：A

DOI：10.3969/j.issn.2097-3365.2025.28.024

0 引言

电力生产是国家能源供应的关键，其运维检修工作具有重大意义。随着科技不断发展，智能运维检修技术应运而生，其依靠自身优势，可有效处理传统运维检修模式的缺陷。研究电力生产中智能运维检修技术的应用策略，对提升电力生产效率、保证电网稳定运行、促进电力行业智能化转型意义重大。

1 智能运维检修技术的特点

1.1 数据驱动与精准分析

智能运维检修技术依靠海量数据作为支撑，借助先进的传感器以及监测设备等，实时收集电力设备在运行期间的各类数据，其中包括设备的电压、电流、温度、振动等参数，这些数据就像设备的“健康密码”一样，可全面且细致地呈现设备的运行状态^[1]。借助大数据分析技术，对收集的大量数据开展挖掘与分析工作，例如：利用机器学习算法构建设备故障预测模型，经历史故障数据与正常运行数据训练后，该模型可精确识别设备运行数据里的异常模式，提前预估设备可能出现的故障类型、发生时间以及故障部位。相较于传统基于经验或定期巡检的运维方式，这种以数据为驱动的精准分析能及时察觉设备潜在问题，把故障隐患消除在初始阶段，大幅提升运维的针对性与有效性，防止因设备突发故障引发停电事故及经济损失。

1.2 自动化与智能化决策

智能运维检修技术实现了运维流程的自动化。在设备监测环节，自动化监测系统可依据预先设定的规则以及频率，自行对设备展开巡检操作并采集数据，不需要人工进行干预，极大地提升了监测效率以及数据的准确性。一旦监测到设备数据出现异常情况，系

统就会自动启动报警机制，及时告知运维人员^[2]。智能运维检修技术具有智能化决策的能力，依据对设备数据的分析以及故障预测的结果，系统可自动生成最佳的运维方案，比如针对一些可借助远程操作解决的简单故障，系统可以自动下达操作指令，实现故障的迅速处理。对于那些需要现场检修的复杂故障，系统会依照故障类型、设备位置、运维人员技能等因素，智能调配合适的运维人员与检修资源，规划出最优的检修路线，保证检修工作高效且有序地开展。这种自动化与智能化决策的融合，大幅缩短了故障处理的时间，提升了运维效率与质量。

1.3 远程监控与协同作业

智能运维检修技术有远程监控功能，运维人员不用亲自到现场，借助电脑、手机之类的终端设备，便能实时查看设备运行状态与数据，如此一来，运维人员可突破地域限制，针对分布于不同地区的电力设备展开集中监控以及管理，及时察觉并处理设备问题，提升了运维的及时性与灵活性^[3]。智能运维检修技术推动了协同作业的发展，当面临复杂故障需要处理时，有不同专业背景的运维人员可借助远程协作平台展开实时的沟通与交流，实现设备数据以及故障信息的共享，共同拟定检修方案，并且该系统还可实现与设备制造商、技术专家等外部资源的远程协同，迅速获取技术支持与解决方案，这极大地提升了故障处理的效率与质量，保证电力设备可尽快恢复至正常运行状态。

2 电力生产中智能运维检修技术应用策略

2.1 构建智能运维检修技术体系

智能运维检修技术体系建设需要在智能运维平台建设、高精度数字化建模和状态传感装置开发三个维

度上协同工作,才能形成一个环环相扣、层次清晰的技术架构。智能运维平台是整个系统的枢纽,它将云计算、大数据及移动通信技术进行深度融合,打造电力设备全生命周期数字化管理枢纽^[4]。该平台通过标准化数据采集接口和传输协议对散布于电网各个节点上的设备用电数据、运行状态参数、环境温湿度等信息进行采集、集中汇聚和实时处理电压波动等多元信息,对设备运行状况全景化展示和动态化监控。当异常数据被捕获后,该系统立即启动分级预警机制,并在此基础上依靠内置智能算法模型预判潜在故障风险,从而为运维决策提供准确数据支持,有效减少了故障响应周期,提高了运维资源的配置效率。

高精度的数字化建模为智能运维检修提供了坚实的空间信息基础。在倾斜摄影和三维激光扫描先进量测技术的支持下,针对输电线路、变电站和配电设施资产开展精细化三维建模工作,将电网物理实体准确映射为数字孪生体。利用实景三维重建技术对电网设备空间位置、几何形态和连接关系进行数字化重构并形成高精度空间坐标数据库,为电力系统规划设计、工程建设和运维检修提供了统一空间基准。在新能源飞速发展的时代背景下,该项技术进一步扩展了应用场景,风电、光伏等新能源设施被纳入数字化建模的范围,建设覆盖发电、输电、变电和配电等领域,利用电全环节全息数字空间将多源异构数据进行深度融合和协同应用以适应新型电力系统在复杂运行情景中空间信息多维要求^[5]。

在智能运维检修中,状态传感装置是“神经末梢”,也是获得装置运行状态相关信息的重要媒介。鉴于新型电力系统中因新能源和电力电子装备的接入而导致的复杂工作环境,研究和开发具有高精度、高可靠、响应快、智能化和微型化等特点的传感装置已成为一种必然的发展趋势。通过将油中溶解气体、局部放电和绝缘状态等多类传感装置布设于变压器、断路器和电缆等核心电力设备中,建立全方位、立体化设备状态感知网络。这些传感装置通过高频次、高精度地实时获取设备的运行数据,把物理量转换为数字信号传送到智能运维平台上,从而实现了从设备运行状况由“不可见”到“可视化”的转换,为故障诊断和预测性维护奠定了翔实的数据基础,使设备运维由被动检修到主动防御发生了根本变化,有效地提高了电力系统运行的安全性、可靠性。三者之间相互支持,协同工作,构建了一个完整的智能运维检修技术体系生态,促进电力生产运维模式朝着智能化、数字化和高效化发展。

2.2 推动智能运维检修技术创新应用

人工智能技术在电力设备运维检修领域有着广阔的应用前景。在设备监测与故障诊断方面,人工智能可凭借分析电力设备的运行数据,预估可能出现的问题。例如:针对变压器等关键设备的运行数据展开监测与分析,便可预测其可能出现的故障,提前采取措施进行维修或者更换,防止设备在运行过程中出现停机或者损坏的状况。以变压器故障诊断为例,传统的方式主要是采集变压器产生的油气,对其加以分析,并依据分析结果判断故障原因,这种方法耗费时间较长,且精准度较低,容易出现误判,而运用人工智能技术之后,可以构建变压器故障诊断模型,借助遗传算法的权重因子以及变异算子引入粒子群算法,提升故障诊断的准确率^[6]。

在电力线路巡检领域,无人机机动性良好、视野广阔等优点,可迅速察觉线路中的缺陷与隐患。例如:国网山阳县供电公司运用“无人机+AI”图像识别技术,对10千伏161马家店线展开巡检,借助互动巡检功能,一旦发现问题,工作人员可直接手动操作,获取无人机的控制权限,凭借图传画面配合现场作业人员对现场进行细致巡检。采用“蛙跳式”巡检,依据山区线路巡检任务半径要求,从首端机场起飞,飞行途中自动检索附近机场,精确降落、补充电量,快速充电后自动复位继续原定巡视任务,较大地提升了山区电网巡检效率,突破了续航能力不足、无法长时间作业的瓶颈。在设备检修方面,机器人可替代人工完成一些危险且繁琐的工作。例如:智能机器人可精准控制扭矩,依照设定程序快速穿梭于杆塔间,完成螺栓紧固工作,无人机可以执行挂接地线与验电工作,把原本需要数小时的工作缩短至几十分钟,极大地提升了作业安全性与效率^[7]。

传统电力系统的状态监测一般是针对特定设备以及特定监测参量展开的,各类监测数据彼此相互独立,信息处于割裂状态,在数字电网环境下,系统所面临的不确定性有所增加,新能源得以广泛接入,设备节点变得更为丰富多样,信息与能源实现了深度耦合,多源信息进行融合对于精准掌握设备状态显得更为必要。借助人工智能和神经网络来对状态开展科学评价,逐步构建起可自动学习、持续迭代以及自我完善的深度学习模型,实现知识的自我学习与成长。对设备的状态进行判断、预测以及预警等操作,比如把设备的电气参数、环境参数、运行历史等多源信息融合在一起进行分析,可更加全面地掌握设备的运行状态,提前发现潜在问题。

2.3 加强智能运维检修人才队伍建设

进行专业培训是提升智能运维检修人员技术水准的关键路径,培训内容应当包含智能运维检修技术的理论知识以及实践技能,如智能运维平台的操作、先进传感量测装置的运用、人工智能算法的应用、无人机与机器人技术的操作等多个方面,通过定期组织内部培训、外部专家讲座、线上学习等形式,促使运维人员及时知晓智能运维检修技术的最新发展态势以及应用案例。例如:邀请设备制造商的技术专家为运维人员讲解新型传感装置的原理以及使用方式,邀请人工智能领域的专家介绍人工智能在电力设备运维检修中的应用案例以及算法原理^[8]。

鼓励技术创新可有效激发运维人员的积极性与创造力,推动智能运维检修技术持续发展。企业可设立技术创新奖励基金,针对在智能运维检修技术研发以及应用过程中取得优异成绩的团队和个人给予表彰与奖励,比如针对开发出新型智能运维算法、提出创新性运维方案、解决实际运维难题的团队和个人,给予物质奖励以及荣誉证书。搭建技术创新实践平台是非常有必要的,企业可设立专门的智能运维检修创新实验室,配备先进的设备以及软件,为运维人员提供一个将创新想法付诸实践的场地,鼓励运维人员以项目小组的形式开展创新课题研究,在实践过程中持续探索并且完善新技术、新方法,加强行业交流与合作可以拓宽运维人员的视野。组织运维人员参与行业研讨会、技术交流会等活动,使他们可与同行分享经验、交流心得,了解行业前沿动态与先进技术,还可与其他企业、科研机构建立合作关系,共同开展技术研发项目,实现资源共享、优势互补。以技术能力、创新成果、工作业绩等多维度为评价指标,全面、客观地评价运维人员的工作表现。通过评价机制,为优秀人才提供更多的晋升机会和发展空间,激励他们不断提升自身素质,为智能运维检修人才队伍的壮大和智能运维检修技术的发展贡献更大力量。

2.4 完善智能运维检修管理制度与标准

科学合理地制定智能运维检修流程是保证运维工作有序开展的关键。流程需要包含设备监测、故障诊断、检修计划制定、检修作业实施以及检修效果评估等各个方面。例如:在设备监测环节,要清晰确定监测的具体内容、频率以及方法;在故障诊断环节,需规定诊断所依据的标准;在检修计划制定环节,要考量设备的运行状况、故障严重程度以及检修资源等诸多因素;在检修作业实施环节,要制定出详细的作业步骤以及安全措施;在检修效果评估环节,要构建评估指

标和方法,对检修效果进行量化评价。规范运维流程可提升运维工作的效率与质量。

考核评价涉及工作质量、工作效率、安全意识以及创新能力等诸多方面。例如:针对工作质量的考核可借助设备故障发生率、检修合格率等相关指标给予衡量;对于工作效率的考核可以依据任务完成时间、响应速度等指标来开展衡量;关于安全意识的考核可凭借安全规章制度执行情况、安全事故发生率等指标进行衡量;而对于创新能力的考核则可以凭借技术创新成果、提出的合理化建议数量等指标加以衡量。按照考核评价得出的结果,对表现出色的运维人员给予相应奖励,对表现欠佳的运维人员实施督促并开展培训。

建立统一的数据管理平台,对设备运行数据、检修记录、故障案例等数据进行集中存储和管理。制定数据标准和规范,确保数据的准确性、完整性和一致性。例如:规定数据的采集格式、存储方式、访问权限等。

3 结束语

在电力生产领域,智能运维检修技术的运用是行业发展的必然趋势。通过构建技术体系、推进创新应用、强化人才建设以及完善管理制度与标准等方式,可将智能运维检修技术的优势充分呈现出来。未来,随着技术的不断发展,智能运维检修技术会持续进行优化升级,为电力生产带来更高效且更智能的运维检修解决办法,为电力系统的安全稳定运行提供有力保障,推动电力行业朝着更高质量的发展阶段迈进。

参考文献:

- [1] 李继军. 电力设备智能运维管理系统在高速铁路的研究与应用 [J]. 电气时代, 2025(02):125-128.
- [2] 何航,汪少勇,周家慷,等. 高空风能电站运维辅助系统研究与设计 [J]. 南方能源建设, 2025,12(01):22-30.
- [3] 吴晓俊. 供电智能运维系统方案研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(S1):120-122.
- [4] 彭蔚. 面向电力通信设备智能运维的知识图谱应用 [J]. 无线互联科技, 2024,21(23):64-68.
- [5] 徐欧琨,吕佳芮. 人工智能技术在配电网电力设备运维检修中的应用 [J]. 中国机械, 2024(29):48-51.
- [6] 鲍眺,卢雷. 基于群体智能算法的电力设备现场智能化运维检修研究 [J]. 无线互联科技, 2024,21(19):43-45.
- [7] 张良嵩,杨清,关城,等. 面向新型电力系统的配电通信故障衍生告警智能运维技术 [J]. 电力信息与通信技术, 2024,22(09):90-95.
- [8] 牟忱. 智能控制技术在电力运维检修中的应用 [J]. 集成电路应用, 2024,41(09):174-175.