

电力电气设备智能运维体系构建

张李宙

中国黄金集团江西金山矿业有限公司 江西 上饶 334200

摘要: 本文围绕电力电气设备智能运维体系构建展开研究, 阐述其核心内涵、支撑技术与理论依据, 明确体系构建的原则与目标, 设计“感知-传输-数据-应用”四层总体架构及核心模块, 提出分阶段实施路径与技术、管理、资金保障措施。结合电力设备运维实际, 破解传统运维痛点, 通过技术赋能实现运维模式转型, 为电力电气设备安全稳定运行提供支撑, 助力电力系统数字化、智能化发展, 提升运维效率与质量, 降低运维成本。

关键词: 电力电气设备; 智能运维; 体系构建

引言: 电力电气设备是电力系统安全供电的核心载体, 其运维质量直接关系电网稳定与能源供应安全。传统运维模式以人工巡检、定期检修为主, 存在效率低、误差大、隐患遗漏等问题, 难以适配现代电力系统发展需求。随着物联网、大数据、人工智能等技术的迭代, 智能运维成为破解运维困境的关键路径。基于此, 本文聚焦电力电气设备智能运维体系构建, 整合技术与管理资源, 探索科学可行的构建方案, 为运维模式转型提供理论与实践参考。

1 电力电气设备智能运维相关理论与技术基础

1.1 电力电气设备运维核心内涵

(1) 电力电气设备的分类与运维需求: 核心设备包括变压器、开关柜、电缆等, 变压器运维重点是监测油质、绝缘性能及温度, 防范绝缘老化; 开关柜侧重控制回路、接线端子状态检查, 避免短路故障; 电缆需关注绝缘层完整性与局部放电情况, 保障传输安全。(2) 传统运维模式与智能运维模式的差异对比: 传统模式以人工巡检、定期检修为主, 效率低、误差大, 易遗漏隐患; 智能运维依托技术手段实现实时监测、精准诊断, 大幅减少人工投入, 实现从“被动维修”向“主动预判”转变。(3) 智能运维体系的核心特征: 兼具智能化、信息化、一体化、预判性, 通过技术赋能实现运维数据化、决策科学化, 打破各环节壁垒, 提前预判故障, 提升运维效率与质量。

1.2 智能运维核心支撑技术

(1) 状态监测技术: 传感器技术实现设备温度、电压、电流等参数的实时采集; 在线监测技术可连续监测设备运行状态, 避免离线检测的局限性; 红外检测技术能快速识别设备热异常, 精准定位接触不良、绝缘损坏等隐患, 为运维决策提供数据支撑。(2) 大数据与人工智能技术: 通过数据采集技术获取设备全生命周期数据, 借

助存储技术实现海量数据安全留存, 利用分析技术挖掘数据关联规律; 故障诊断与预警算法可快速识别故障类型、定位故障位置, 提前发出预警信号, 提升运维精度。(3) 物联网与通信技术: 物联网架构实现设备、传感器、运维平台的互联互通, 构建全面的监测网络; 5G、工业以太网等通信技术保障数据高速、稳定传输, 确保实时监测数据及时反馈, 支撑远程运维与集中管控^[1]。

1.3 智能运维体系构建的理论依据

(1) 全生命周期管理理论在设备运维中的应用: 贯穿设备采购、安装、运行、维护、报废全流程, 通过全程监测与数据追溯, 优化各阶段运维策略, 延长设备使用寿命, 降低运维成本。(2) 系统工程理论与一体化运维理念: 将设备、技术、人员、管理等要素整合为有机整体, 打破各环节壁垒, 实现监测、诊断、维修、管理的一体化, 提升运维体系的整体效能。(3) 风险管控理论在智能运维中的实践价值: 通过识别设备运行中的各类风险, 结合实时监测数据评估风险等级, 制定针对性防控措施, 提前规避故障风险, 保障电力系统安全稳定运行。

2 电力电气设备智能运维体系构建

2.1 体系构建的原则与目标

(1) 构建原则: 实用性原则, 贴合电力设备实际运维场景, 聚焦核心痛点, 确保体系可落地、能见效, 避免冗余设计; 可靠性原则, 保障体系各环节稳定运行, 数据传输与分析结果准确无误, 支撑运维决策科学合理; 可扩展性原则, 预留接口与升级空间, 适配设备更新、技术迭代及运维规模扩大的需求; 经济性原则, 平衡体系建设与运维成本, 优先选用高性价比技术与设备, 实现投入产出最大化; 安全性原则, 强化数据加密、权限管控, 防范设备故障、数据泄露等风险, 保障电力系统与运维体系安全。(2) 构建目标: 实现设备状态精准预判, 通

过多维度监测与智能分析,提前识别设备潜在故障,降低故障发生率与停机损失;实现运维流程标准化,规范监测、诊断、维修、调度等各环节操作,提升运维效率与质量;实现运维成本最优化,减少人工巡检、盲目维修带来的人力与物资消耗,延长设备使用寿命;实现系统运行稳定化,全方位保障电力电气设备持续安全运行,支撑电力系统可靠供电。

2.2 智能运维体系总体架构设计

(1) 感知层:结合变压器、开关柜、电缆等核心设备的分布特点,科学布局设备状态感知节点,实现全区域、无死角监测;根据设备运维需求,选取温度、电压、电流、绝缘性能等关键监测参数,合理部署各类传感器,确保参数采集全面、精准,为后续数据处理提供基础。(2) 传输层:构建“5G+工业以太网”融合的数据传输网络架构,兼顾数据传输的高速性与稳定性,适配海量监测数据的实时传输需求;建立完善的数据加密与安全保障机制,采用加密算法对传输数据进行保护,设置访问权限管控,防范数据泄露、篡改等风险,保障数据传输安全。(3) 数据层:对运维数据进行分类管理,涵盖设备基础信息、实时监测数据、故障记录数据、运维日志数据等;搭建分布式数据存储架构,兼顾海量数据的存储容量与读取效率,实现数据的安全留存与快速调取;采用数据清洗、去重、补全、降噪等预处理方法,提升数据质量,为后续智能分析与应用提供可靠数据支撑^[2]。(4) 应用层:设计多元化核心应用模块,状态监测模块实现设备运行状态实时可视化展示;故障诊断模块快速识别故障类型、定位故障位置;预警告警模块根据预警阈值及时发出声光、短信等告警信号;运维调度模块实现运维任务智能分配、人员高效调度、物资科学管理,优化运维全流程。

2.3 体系核心模块详细设计

(1) 设备状态监测模块:针对不同类型设备制定差异化监测方案,变压器重点监测油温、油质、绝缘电阻等指标,监测频率为每15分钟1次,采用在线采集方式;开关柜重点监测接线端子温度、回路电流等指标,每10分钟采集1次数据;电缆重点监测绝缘层状态、局部放电等指标,每30分钟采集1次数据,结合在线监测与定期抽检相结合的方式,确保监测全面精准。(2) 故障智能诊断与预警模块:设计融合神经网络、机器学习的复合诊断算法,提升故障识别的准确率,可精准诊断设备绝缘老化、接触不良等常见故障;结合设备运行标准与历史数据,科学设定各监测参数的预警阈值,区分一般预警与紧急预警;优化告警机制,明确告警分级、推送方式与处理时限,确保预警信息及时传递、快速处置。(3) 智能

运维调度模块:基于设备故障等级、运维人员技能、物资储备情况,实现运维任务智能分配,优先处置紧急故障;建立运维人员管理台账,实时掌握人员位置与工作状态,实现高效调度;搭建物资管理系统,实时监控备品备件库存,实现物资按需调配,同时优化运维流程,减少冗余环节,提升运维响应速度^[3]。

2.4 体系构建的软硬件支撑方案

(1) 硬件设备选型:传感器选用高精度、高稳定性、抗干扰能力强的产品,适配电力现场复杂环境;数据采集终端选用支持多参数采集、无线传输的设备,确保数据采集与传输的连续性;服务器选用高性能、高可靠性的工业服务器,满足海量数据存储与高速运算需求,选型均遵循标准化、通用性原则,便于后期维护与升级。(2) 软件系统开发:运维管理平台实现数据可视化、任务调度、报表统计等功能,支持多终端登录,便于运维人员实时操作;数据处理软件具备数据清洗、分析、挖掘等功能,可快速处理海量监测数据,提取有效信息;诊断预警软件集成故障诊断算法与预警机制,实现故障精准诊断与及时预警,三者协同联动,支撑智能运维体系高效运行。

3 电力电气设备智能运维体系实施路径与保障措施

3.1 体系实施的阶段划分与核心任务

(1) 筹备阶段:开展全面的现状调研,摸清现有电力电气设备运行状况、传统运维模式的短板及现有技术基础;结合运维需求与电力系统发展规划,明确体系建设的核心需求与重点方向;进行技术选型,筛选适配现场场景的传感器、通信、大数据等核心技术,组织专家开展方案论证,优化完善体系建设方案,确保方案科学可行、贴合实际。(2) 建设阶段:按照方案部署核心硬件,完成传感器、数据采集终端、服务器等设备的安装与调试,确保硬件设备正常运行;推进软件开发与调试,完成运维管理平台、数据处理软件等核心软件的开发,实现各软件功能达标;开展数据采集调试与系统联调,确保感知层、传输层、数据层、应用层协同联动,数据传输与处理顺畅。(3) 试运行阶段:选取典型区域或核心设备开展试点应用,全面检验体系各模块的运行效果;建立问题排查机制,及时发现试运行过程中的硬件故障、软件漏洞、数据偏差等问题;针对性开展体系优化与完善,调整监测参数、优化诊断算法、完善运维流程,确保体系达到设计目标^[4]。(4) 推广应用阶段:在试点成功的基础上,在全区域、全类型电力电气设备中全面部署智能运维体系;开展分层分类人员培训,提升运维人员对体系的操作、管理与故障处置能力;推动运维模式从传统人工巡检向智能运维转型,规范运维流程,实现运维工

作的标准化、智能化。

3.2 实施过程中的关键问题与解决策略

(1) 数据互通问题：针对不同设备、不同系统间数据格式不统一、无法共享的问题，制定统一的数据标准与接口规范，规范数据采集、存储、传输的格式；搭建数据共享平台，整合各设备、各系统的运维数据，实现数据互联互通；采用数据转换技术，对原有异构数据进行格式转换，确保数据兼容，打破数据孤岛。(2) 技术融合问题：针对多技术协同不畅、存在技术壁垒的问题，优化技术融合方案，明确各技术的应用场景与协同机制，实现状态监测、大数据分析、物联网等技术的深度融合；搭建统一的技术支撑平台，统筹各技术模块的运行，避免技术独立运行；组建技术攻坚团队，及时解决技术融合过程中的兼容性、协同性问题^[5]。(3) 人员适配问题：针对运维人员技能不足、无法适配智能运维模式的问题，制定分层培训方案，开展传感器操作、软件使用、故障诊断等专项培训，提升人员专业技能；建立长效人才培养机制，与高校、企业合作开展定向培养，引进专业技术人才；完善激励机制，鼓励运维人员主动学习新技术、新技能，加快适应运维模式转型。

3.3 体系运行的保障措施

(1) 技术保障：建立技术更新迭代机制，跟踪电力运维领域新技术、新设备的发展动态，及时对体系硬件设备、软件系统进行升级优化；制定完善的故障应急处理方案，明确各类故障的处置流程、责任人员与处置时限，配备应急物资与备用设备，确保体系出现故障时能够快速响应、及时处置，减少对运维工作的影响。(2) 管理保障：建立标准化运维管理制度，规范体系运行、数据管理、设备维护等各环节操作；明确各部门、各岗位的责任

分工，将运维工作任务细化到人，确保各项工作有序推进；建立科学的考核机制，将体系运行效果、运维效率、故障处置质量等纳入考核，倒逼运维工作提质增效。(3) 资金保障：制定合理的运维资金投入规划，明确资金投入范围，保障硬件更新、软件升级、人员培训、应急处置等工作的资金需求；建立成本控制机制，优化资金使用效率，避免资金浪费；开展效益分析，定期评估智能运维体系的投入产出情况，根据分析结果调整资金投入方案，确保资金投入合理、效益最大化。

结束语

本文完整构建了电力电气设备智能运维体系，明确了体系构建的理论、技术支撑与实施路径，破解了传统运维模式的痛点，实现了运维从“被动维修”向“主动预判”的转型。该体系通过四层架构与核心模块协同运行，结合完善保障措施，可有效提升运维效率、降低成本，保障设备安全稳定运行。未来可结合技术迭代优化体系功能，推动多技术融合，助力电力系统高质量智能运维。

参考文献

- [1]胡文贞.电力信息通信数据智能运维技术的应用[J].电子元器件与信息技术,2024,8(8):145-147.
- [2]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,2025,16(2):125-128.
- [3]王云涛,徐茂林,郭小双.智能电网中的变电设备运维技术研究[J].仪器仪表用户,2025,32(1):21-23.
- [4]华军军.电力系统中电力设备健康管理及智能运维关键技术研究[J].电工技术,2024,27(S2):683-685.
- [5]李思岭.电气工程及其自动化的智能化技术应用研究[J].仪器仪表用户,2024,31(10):56-58.