

高压输电线路智能化运行维护技术分析

曹小平

内蒙古电力(集团)有限责任公司乌海供电分公司输电管理处 内蒙 乌海 016000

摘要: 高压输电线路智能化运维技术体系以“数据驱动、智能决策”为核心,融合状态感知、数据传输、智能分析与决策技术。状态感知涵盖线路设备与外部环境,并预处理数据;数据传输有无线、光纤及混合通信技术;智能分析决策包括数据挖掘、故障诊断与运维决策优化技术。该体系可实现主动预警、精准运维,提升运维前瞻性与主动性,保障线路安全稳定运行。

关键词: 高压输电线路;智能化运行;维护技术;分析

引言:在电力行业蓬勃发展的当下,高压输电线路的安全稳定运行至关重要。传统运维模式因被动抢修,存在效率低、成本高且易引发严重事故等弊端。为扭转这一局面,高压输电线路智能化运维技术体系应运而生。它以“数据驱动、智能决策”为核心,深度融合状态感知、数据传输、智能分析与决策等关键技术,构建起覆盖输电线路运行全流程的智能化管理框架,为保障高压输电线路安全稳定运行提供了全新且高效的解决方案。

1 高压输电线路智能化运维技术体系概述

高压输电线路智能化运维技术体系是电力行业实现智能化、高效化运维的核心支撑。它以“数据驱动、智能决策”为核心驱动力,将状态感知、数据传输、智能分析与决策等关键技术深度融合,构建起覆盖输电线路运行全流程的智能化管理框架。(1)在传统运维模式中,电力部门多处于“被动抢修”状态,即线路出现故障后才组织抢修,这不仅耗费大量人力、物力,还可能因处理不及时引发更严重事故。而智能化运维技术体系旨在扭转这一局面,实现“主动预警、精准运维”。借助先进的传感器等设备,它能实时监控线路运行状态,像监测导线温度、应力,绝缘子泄漏电流,杆塔倾斜度,以及周边环境的风速、覆冰厚度等。通过实时分析这些数据,可提前发现潜在安全隐患,及时处理,避免故障扩大。同时,依据线路实际运行状况,能精准调配运维资源,如根据故障位置和严重程度,合理安排运维人员和设备,提高资源利用效率。(2)从技术架构看,该体系包含四个紧密关联维度。感知层是数据采集前端,负责采集线路设备状态和环境参数等基础数据,为后续分析提供丰富准确的信息。传输层保障数据高效可靠传输,确保数据完整性和及时性。分析层作为核心大脑,运用智能算法深度处理挖掘海量数据,精准提取故障特征与运行规律,为运维决策提供科学依据。各技术模块协同配合,

形成完整闭环运维流程,为高压输电线路安全稳定运行筑牢坚实技术防线^[1]。

2 状态感知技术

2.1 线路设备状态感知技术

线路设备状态感知技术是高压输电线路智能化运维中至关重要的环节,其重点聚焦于输电线路核心部件运行状态的精准监测,涵盖导线、绝缘子、杆塔、金具等关键设备参数的全面采集。在导线监测领域,广泛运用光纤光栅传感器、红外测温传感器等专业设备。光纤光栅传感器可精准感知导线的应力变化,红外测温传感器能实时获取导线温度,结合弧垂监测,全面反映导线的载流能力与实际运行状态。针对绝缘子,泄漏电流传感器可监测其泄漏电流大小,以此判断污闪程度;紫外成像检测设备能捕捉绝缘子表面的电晕放电现象,直观呈现绝缘性能,及时发现绝缘老化、破损等潜在隐患。对于杆塔与金具,倾角传感器可精确测量杆塔的倾斜角度,振动传感器能采集金具的松动位移数据,从而有效评估杆塔与金具的结构稳定性。该技术要求具备高灵敏度、强抗干扰能力,且能适应户外高温、高湿、强电磁干扰等复杂环境,保障数据精准采集^[2]。

2.2 外部环境感知技术

外部环境作为影响高压输电线路运行安全的关键因素,其感知技术至关重要。该技术主要聚焦于对风、雨、雪、雷电、覆冰、山火、外力破坏等各类环境风险因素的实时监测。在覆冰灾害监测方面,部署图像识别传感器与拉力传感器。图像识别传感器可清晰捕捉导线覆冰的形态,精准测量覆冰厚度;拉力传感器则通过感知导线因覆冰增加的拉力变化,精确计算覆冰重量,为防覆冰预警提供可靠的数据支撑。针对山火风险,烟雾传感器能敏锐捕捉线路走廊内产生的烟雾信号,红外热成像设备可快速检测温度异常区域,二者协同实现山火

的早期预警。对于外力破坏,视频监控设备可对线路周边施工机械、车辆等动态活动进行全方位、实时监控,微波雷达传感器则能精准探测目标物体的距离与速度,及时发现违规作业等风险行为。此外,该技术还涵盖对风速、风向、湿度、温度等气象参数的采集,为全面评估环境因素对线路运行的影响提供详实依据。

2.3 感知数据预处理技术

高压输电线路运行环境极为复杂,感知层在采集数据过程中,不可避免地会受到电磁干扰、温度变化、机械振动等诸多因素的干扰,致使采集到的数据存在数据噪声、异常值以及数据缺失等问题,严重影响数据的准确性与可用性,因此必须借助数据预处理技术来提升数据质量。数据预处理技术主要涵盖数据清洗、数据融合和数据压缩三个关键环节。数据清洗环节运用滤波算法、异常值检测算法等,对采集到的原始数据进行细致筛查,精准剔除其中的无效数据与干扰数据,从而确保数据的准确性和完整性。数据融合技术则通过整合来自多个不同传感器、多维度的大量数据,实现信息之间的互补与协同,有效提高对线路状态评估的可靠性。数据压缩技术采用无损压缩或有损压缩算法,在尽可能保留数据关键信息的前提下,减少数据的传输量,进而降低数据传输成本,缓解存储系统的压力。经过预处理后的高质量数据,能够为后续的智能分析与决策提供坚实的基础支撑。

3 数据传输技术

3.1 无线通信技术

无线通信技术凭借其部署灵活、成本相对较低的特性,在高压输电线路数据传输领域,尤其是偏远地区或地形复杂区域的线路数据传输中发挥着重要作用。(1)常用的无线通信技术类型多样。4G/5G技术凭借高速率、低延迟的显著优势,可轻松满足视频监控、高清图像等大数据量传输需求,在对实时性要求严苛的场景中表现出色。LoRa与NB-IoT技术则以低功耗、广覆盖见长,将其部署在偏远地区,用于传感器数据传输,能大幅降低设备能耗,有效延长设备续航时间。微波通信技术通过无线微波信号达成点对点数据传输,对于跨越山谷、河流等复杂地形的输电线路数据传输十分适用,具备传输距离远、抗干扰能力强的特点。(2)无线通信技术在实际应用中,也面临核心挑战,即复杂环境下信号衰减与干扰问题。为提升传输可靠性,通常采取优化天线部署、采用抗干扰编码技术等措施,以保障数据稳定、准确地传输^[3]。

3.2 光纤通信技术

光纤通信技术以光纤作为传输介质,凭借传输速率高、带宽大、抗电磁干扰能力强以及传输距离远等一系列突出优势,成为高压输电线路数据传输的关键核心技术。(1)在高压输电线路的实际应用中,光纤通信通常与线路导地线进行一体化部署。具体而言,采用OPGW(光纤复合架空地线)或者ADSS(全介质自承式光缆),达成通信线路和输电线路的同步规划、同步建设与同步运维。这种部署方式不仅能有效利用输电线路的既有资源,还能降低建设成本。(2)光纤通信技术具备强大的数据传输能力,可满足海量感知数据,像高清视频、实时监测数据等的高速传输需求。并且,它不受高压输电线路强电磁环境的干扰,能始终保持较高的传输稳定性。此外,光纤通信还能与光纤传感技术深度融合,实现数据传输与状态感知功能的有机整合,进一步提升运维技术的集成化程度与工作效率,为高压输电线路的安全稳定运行提供坚实保障。

3.3 混合通信技术

混合通信技术巧妙整合了无线通信与光纤通信的显著优势,依据高压输电线路不同区段独特的地理环境特征以及多样化的传输需求,精心构建起“光纤为主、无线为辅”的混合传输架构。(1)在地形平坦开阔、光纤部署条件良好且成本可控的区段,充分发挥光纤通信技术传输速率高、带宽大、抗电磁干扰能力强的特性,采用该技术实现海量数据的高速、稳定传输,满足对数据实时性和准确性要求极高的应用场景。而对于偏远山区、地形起伏大、障碍物多且光纤铺设难度大、成本高的区段,则利用无线通信技术部署灵活、成本较低的优势进行数据补传,确保传输网络能够无缝覆盖每一个角落。(2)混合通信技术通过智能动态切换传输方式,依据实时数据流量和传输环境自动选择最优传输路径,同时优化数据分配策略,合理分配无线与光纤的传输任务,实现传输效率与覆盖范围的完美平衡,有效攻克单一通信技术在复杂环境下遭遇的传输瓶颈,大幅提升数据传输的可靠性与灵活性。

4 智能分析与决策技术

4.1 数据挖掘技术

数据挖掘技术作为智能分析与决策技术的关键组成部分,凭借对海量感知数据的深度剖析,为高压输电线路运维提供有力支撑。它运用统计分析、模式识别以及关联分析等多种方法,深入挖掘数据背后潜藏的线路运行规律与故障演化趋势。在实际应用中,该技术首先针对预处理后的结构化数据,像传感器采集的各类参数,以及非结构化数据,例如视频、图像等,进行精准的特

征提取操作,将复杂的数据转化为便于分析的特征向量。接着,借助聚类分析、关联规则挖掘等先进算法,对正常运行状态下的数据模式进行精准识别,进而构建起科学合理的线路运行状态基准模型。最后,通过细致对比实时数据与基准模型之间的差异,敏锐捕捉异常数据特征。一旦发现异常,便可为故障预警提供坚实可靠的依据。数据挖掘技术具备强大的数据处理能力,能够有效应对高压输电线路运维中产生的海量异构数据,实现对潜在故障隐患的早期精准识别,显著提升运维工作的前瞻性与主动性。

4.2 故障诊断技术

故障诊断技术是保障高压输电线路安全稳定运行的关键手段,它以数据挖掘技术所提取的异常特征为基础,深度融合输电线路故障机理与专家经验,能够精准判断故障类型、确定故障位置并评估故障严重程度。(1)该技术主要运用机器学习算法构建故障诊断模型,像支持向量机、神经网络、随机森林等都是常用的算法。在模型构建过程中,会使用大量标注好的训练样本数据对模型进行训练,不断优化模型参数,以此提高诊断的精度和可靠性。(2)对于不同类型的故障,如导线断股、绝缘子污闪、杆塔倾斜等,故障诊断技术会针对性地提取对应的特征指标,将这些指标输入到训练好的诊断模型中进行分类识别,从而准确确定故障类型。同时,结合GPS定位数据以及传感器在输电线路上的部署位置信息,能够实现对故障位置的精准定位。此外,通过深入分析故障特征的演化趋势,该技术还可以评估故障的发展速度以及可能产生的潜在影响,为运维人员制定科学合理的应急处置方案提供有力的技术支持^[4]。

4.3 运维决策优化技术

运维决策优化技术是提升高压输电线路运维管理水平核心环节,它以故障诊断结果和线路运行状态评估为依据,充分考虑运维资源(涵盖人员、设备、时间等方面)的现实约束条件,精准生成最优运维方案。(1)该技术以实现运维成本最低、运维效果最优为明确目标,综合

运用运筹学、遗传算法、粒子群优化等先进算法,对运维任务的优先级排序、运维人员的合理调度、运维设备的科学配置等关键环节进行深度优化。例如,当面对多个故障隐患时,会依据故障的严重程度、影响范围、发展趋势等因素,运用科学的评估方法确定处理优先级,确保先处理对线路安全威胁大的故障。针对不同区域的运维需求,借助优化算法规划运维人员与设备的调度路径,减少不必要的行程和时间浪费,提高运维效率。(2)运维决策优化技术通过这种精细化的优化手段,能够实现运维资源的合理、高效配置,有效降低运维成本,显著提升运维工作的科学性与经济性,为高压输电线路的安全稳定运行提供坚实保障。

结束语

高压输电线路智能化运行维护技术体系,通过状态感知、数据传输、智能分析与决策等技术的协同运作,构建起全方位、智能化的运维管理模式。状态感知技术精准捕捉线路设备与外部环境信息,为运维提供详实数据;数据传输技术保障数据高效稳定传输,打破信息壁垒;智能分析与决策技术深度挖掘数据价值,实现故障精准诊断与运维决策优化。这一体系有效解决了传统运维模式的诸多弊端,大幅提升了运维效率与可靠性,降低了运维成本。随着技术的持续创新与完善,高压输电线路智能化运维技术必将在保障电力供应安全稳定、推动电力行业高质量发展方面发挥更为关键的作用。

参考文献

- [1]惠鑫,于腾蛟,张龙.输电线路智能化运行维护技术浅析[J].电力系统装备.2021(06):65-66
- [2]李金科.输电线路运行维护中的技术问题分析[J].电子技术,2021,50(09):138-139.
- [3]韦忠宇,吴中瑶,王宇航.超高压输电线路运行维护安全管理的问题与对策[J].中外企业家,2020,(19):47.
- [4]班德贵.高压输电线路运行及维护策略研究[J].仪器仪表用户,2024,31(12):77-79.