

输电线路运维管理中的智能化技术应用

王金祥 郭书玮 代旅潘

中国南方电网有限责任公司超高压输电公司昆明局 云南 昆明 650000

摘要: 输电线路是电能传输关键通道,其运维管理智能化意义重大。传统人工巡检模式弊端多,智能化技术能突破局限,实时监测、精准判断、动态管理。核心智能化技术包括无人机巡检、在线监测、大数据与人工智能技术等,在复杂地形运维、故障诊断预警、运维计划优化等场景应用广泛。不过,智能化技术应用面临数据、技术标准、资金和人才等挑战,需从技术、资金、人才层面制定应对策略,以推动输电线路运维管理智能化发展。

关键词: 输电线路; 运维管理; 智能化; 应用

引言: 在电力行业蓬勃发展的当下,输电线路作为电能传输的关键命脉,其运维管理的重要性不言而喻。传统人工巡检模式受限于天气、地形等因素,存在效率低、风险高、响应迟缓等诸多弊端。随着电力负荷攀升与电压等级提高,对输电线路运维的安全性、可靠性和经济性提出了更为严苛的要求。在此形势下,输电线路运维管理智能化成为必然趋势。无人机巡检、在线监测、大数据与人工智能等核心智能化技术不断涌现,并在复杂地形运维、故障诊断预警、运维计划优化等场景广泛应用。然而,其在数据、技术标准、资金及人才等方面仍面临挑战,需探寻有效应对策略。

1 输电线路运维管理智能化的重要性

在电力系统中,输电线路作为电能传输的关键通道,其运维管理水平直接关乎整个电网的稳定运行。

(1) 传统输电线路运维管理主要依赖人工巡检模式,巡检人员需不辞辛劳地跋山涉水,对线路进行逐基杆塔、逐段导线的细致检查。然而,这种模式存在诸多弊端,劳动强度极大,且极易受到天气、地形等自然条件的制约。在恶劣天气或复杂地形下,巡检工作难以有效开展,导致巡检周期延长、漏检误检率居高不下,面对突发故障时应急响应也较为迟缓。(2) 随着社会经济的蓬勃发展,电力负荷持续攀升,输电线路的电压等级也不断提高,这对线路运维的安全性、可靠性和经济性提出了更为严苛的要求。在此背景下,智能化技术的引入为输电线路运维管理带来了新的曙光。智能化技术能够突破传统运维模式的重重局限,借助自动化的数据采集设备,实时、全面地获取线路运行信息;通过智能化的数据分析算法,对海量数据进行深度挖掘和分析,精准判断线路的健康状况;依据精准化的运维决策系统,制定科学合理的运维策略,实现对输电线路全生命周期的动态管理。(3) 具体而言,智能化运维可实时监测线路

运行状态,及时发现潜在故障隐患并提前预警,大幅提高故障处理效率;能够根据线路实际状况优化巡检计划和资源配置,避免不必要的资源浪费,降低运维成本;还能减少人工巡检的频次和强度,提升运维工作的安全性,有效规避人工巡检可能带来的安全风险。因此,推动输电线路运维管理智能化已成为电力行业发展的必然选择^[1]。

2 输电线路运维管理中的核心智能化技术

2.1 无人机巡检技术

无人机巡检技术是输电线路智能化运维的重要手段,它借助搭载了高清摄像头、红外热像仪、激光雷达等设备的无人机,实现对输电线路的全方位、高精度巡检。无人机巡检具有机动性强、巡检范围广、不受地形限制等优势,能够快速获取线路设备的图像和数据信息。(1) 高清摄像头可以清晰拍摄导线、绝缘子、杆塔等设备的外观状态,及时发现导线断股、绝缘子破损、杆塔鸟巢等显性缺陷;红外热像仪能够检测设备的温度分布,通过温度异常判断设备是否存在过热故障,如导线接头接触不良、绝缘子污秽等;激光雷达则可以精确测量导线的弧垂、杆塔的倾斜度、导线与周围物体的距离等参数,为线路的安全评估和状态分析提供数据支持。(2) 无人机巡检分为手动遥控巡检和自主巡检两种模式。手动遥控巡检适用于对特定区域或疑似缺陷点的精细检查;自主巡检则通过预先规划巡检航线,利用GPS导航和姿态传感器实现无人机的自动飞行和数据采集,大大提高了巡检效率,尤其适用于大规模、常态化的线路巡检。

2.2 在线监测系统

在线监测系统通过在输电线路的关键部位安装各类传感器,实时采集线路的运行状态参数和环境信息,并将数据传输至监控中心进行分析和处理。在线监测系统

能够实现对输电线路的24小时不间断监测,及时掌握线路的运行状态,为运维决策提供依据。(1)常见的在线监测参数包括气象参数(风速、风向、温度、湿度、降雨量等)、导线参数(导线温度、弧垂、张力等)、设备状态参数(绝缘子泄漏电流、杆塔倾斜角、避雷器动作次数等)以及环境参数(导线与树木的距离、周边施工情况等)。这些参数通过无线通信技术(如4G/5G、LoRa等)传输至后台系统,系统对数据进行实时分析和处理,当监测到参数超过预设阈值时,会自动发出报警信息,提醒运维人员及时处理。(2)在线监测系统可以有效弥补传统巡检的不足,提高对线路故障的预警能力。例如,通过监测导线温度和弧垂,可以及时掌握导线的载流量变化,防止导线因过载而发生故障;通过监测绝缘子泄漏电流,可以评估绝缘子的污秽程度,提前安排清扫或更换工作,避免发生污闪事故。

2.3 大数据分析 with 人工智能技术

大数据分析 with 人工智能技术为输电线路智能化运维提供了强大的数据分析和决策支持能力。输电线路在运行过程中会产生大量的巡检数据、监测数据、历史故障数据等,这些数据具有体量大、类型多、价值密度低等特点,传统的数据分析方法难以充分挖掘其中的价值。

(1)大数据分析技术能够对海量的数据进行清洗、整合和挖掘,提取有用的信息和知识。通过对历史故障数据的分析,可以总结故障发生的规律和特征,为故障预测和诊断提供模型支持;通过对巡检数据和监测数据的综合分析,可以评估线路设备的健康状态,预测设备的剩余寿命,为设备的更换和维护提供依据。(2)人工智能技术则可以实现对数据的智能化处理和分析。例如,利用图像识别算法对无人机巡检获取的图像进行自动识别和分类,能够快速识别出线路设备的缺陷类型和位置,提高缺陷识别的效率和准确率;利用机器学习算法构建故障预测模型,能够根据线路的运行状态参数预测故障发生的概率和时间,实现故障的提前预警。此外,人工智能技术还可以用于优化巡检路径、调度运维资源等,提高运维管理的智能化水平^[2]。

3 智能化技术在输电线路运维管理中的应用场景

3.1 复杂地形区域的线路运维

在山区、丘陵、沼泽等复杂地形区域,传统的人工巡检难度大、成本高且安全风险高。无人机巡检技术在这些区域能够发挥独特优势,通过灵活的飞行姿态和强大的越障能力,完成对线路的巡检任务。例如,在山区输电线路巡检中,无人机可以沿着线路自主飞行,避开山体 and 树木的遮挡,获取清晰的线路图像,及时发现导

线磨损、杆塔基础沉降等缺陷。在线监测系统在复杂地形区域也能发挥重要作用。通过安装在杆塔上的气象传感器和杆塔倾斜传感器,实时监测山区的大风、暴雨、滑坡等自然灾害对线路的影响,当监测到异常情况时,及时发出预警信息,便于运维人员采取防范措施,保障线路的安全运行。

3.2 故障诊断与预警

智能化技术能够提高输电线路故障诊断的准确性和及时性,实现故障的提前预警。无人机巡检获取的高清图像和红外热像图,经过图像识别算法处理后,可以快速识别出线路设备的缺陷类型和位置。例如,通过红外热像图分析,可以准确判断导线接头的过热故障,并确定故障的严重程度;通过高清图像识别,可以发现绝缘子的自爆、破损等缺陷。在线监测系统实时采集的线路运行参数,经过大数据分析和人工智能算法处理后,可以实现对线路故障的预测。例如,通过对导线温度、张力等参数的持续监测和分析,可以预测导线的疲劳寿命,提前预警导线断股的风险;通过对绝缘子泄漏电流的监测和分析,可以评估绝缘子的老化程度,预测绝缘子闪络故障的可能性。故障预警信息能够及时通知运维人员,使其在故障发生前采取相应的处理措施,避免故障扩大造成更大的损失。

3.3 运维计划优化与资源调配

基于大数据分析和人工智能技术,可以对输电线路的运维计划进行优化,提高运维效率和经济性。通过分析线路的历史故障数据、巡检数据和在线监测数据,确定线路的故障高发区域和高发时段,制定差异化的巡检计划,合理安排巡检周期和巡检资源,避免盲目巡检和过度巡检。在资源调配方面,智能化技术可以实现对运维人员、车辆、设备等资源的优化调度。当线路发生故障时,系统能够根据故障位置、故障类型、运维队伍的位置和技能等信息,自动生成最优的抢修方案,调配距离最近、技能最匹配的运维队伍前往处理,缩短故障抢修时间,提高供电可靠性。例如,当某条输电线路发生跳闸故障时,系统通过无人机巡检快速定位故障点,结合GIS地图和实时交通信息,为抢修队伍规划最优的行驶路线,确保抢修人员和设备能够迅速到达故障现场^[3]。

4 输电线路运维管理中智能化技术应用的挑战及应对策略

4.1 面临的挑战

尽管智能化技术在输电线路运维管理中取得了一定的应用成果,但仍面临一些挑战。(1)数据质量方面,无人机巡检和在线监测获取的数据可能存在噪声、失真

等问题,影响数据分析的准确性;数据安全方面,海量的线路运行数据在传输和存储过程中存在泄露、篡改的风险,需要加强数据安全防护。(2)技术标准方面,目前智能化运维技术缺乏统一的标准和规范,不同厂家的设备和系统之间兼容性差,不利于数据的共享和集成。此外,智能化技术的应用需要大量的资金投入,包括设备采购、系统建设、人员培训等,对于一些经济欠发达地区的电力企业来说,可能存在资金压力。(3)人才方面,智能化运维需要既懂输电线路专业知识,又掌握信息技术的复合型人才,目前这类人才较为缺乏,制约了智能化技术的推广和应用。

4.2 技术层面的应对策略

输电线路运维管理智能化对技术有着高要求,需从多方面制定应对策略。(1)数据质量是智能化运维的基础,要加强数据质量控制技术研究,开发高效的数据清洗和校正算法,精准剔除数据中的错误、重复与异常信息,提升数据的准确性和可靠性,为后续分析决策提供有力支撑。(2)数据安全至关重要,需强化数据安全防护技术研究。运用加密传输技术,防止数据在传输时被窃取篡改;通过访问控制,严格限制数据访问权限;做好数据备份,避免数据丢失损坏,全方位保障数据的安全性、完整性。(3)建立统一的数据标准和接口规范,打破不同厂家设备和系统间的壁垒,促进兼容,实现数据共享集成。同时,加大对智能化技术的研发投入,紧跟技术发展趋势,开发适应多种场景的智能化运维设备和系统,提升运维管理效能^[4]。

4.3 资金与人才层面的应对策略

输电线路运维管理智能化推进,资金与人才保障是关键。(1)资金层面,政府与企业需形成合力。政府应发挥引导作用,加大对输电线路智能化运维的资金扶持力度,设立专项基金,为企业开展智能化技术应用与创新提供启动资金和政策激励。企业则要积极作为,通过市场化运作模式,吸引社会资本参与智能化运维项目的

建设与运营,如采用PPP等合作模式,拓宽资金来源渠道,缓解资金压力,为智能化运维项目的持续推进提供坚实的资金后盾。(2)人才层面,要加强复合型人才培养。高校、企业和科研机构应深度合作,开设相关专业课程与培训项目,构建“产学研用”一体化人才培养体系,培育既精通输电线路专业知识又掌握信息技术的高素质人才。同时,建立完善的激励机制,以优厚的待遇和良好的发展空间吸引、留住优秀人才,并加强内部员工培训,提升现有运维人员的智能化技术应用能力,为智能化运维提供人才支撑。

结束语

输电线路运维管理智能化是电力行业适应时代发展的必然趋势。尽管当前在数据质量与安全、技术标准、资金投入以及人才储备等方面面临诸多挑战,但通过加强数据质量控制与安全防护技术研究、建立统一标准规范、加大资金投入与合理调配、深化“产学研用”合作培养复合型人才等针对性策略,能够有效应对。随着智能化技术的持续创新与完善,其在输电线路运维管理中的应用将愈发广泛和深入,不仅能显著提升运维效率与质量,降低运维成本与风险,更将为电网的安全稳定运行提供坚实保障,推动电力行业向更高水平的智能化、现代化迈进。

参考文献

- [1]陈巍.电力输电线路的运行维护及故障排除分析[J].科技创新与应用,2022,12(07):125-127.
- [2]李贵君,高海文.电力输电线路的运行维护[J].中国科技信息,2022(05):48-49.
- [3]秦皓.电力输电线路的运行维护及故障排除[J].科技创新与应用,2021,11(34):102-105.
- [4]冯薇玺,李清,周子强.输电线路无人机巡检智能管理系统的应用[J].数字技术与应用,2019,37(11):105+107.