

电力系统智能化运维技术的应用

刘 婷 王 召

国网湖北省电力有限公司随州供电公司 湖北随州 441300

摘要：在全球能源需求日益增长及电力系统复杂性增加的背景下，电力系统智能化运维技术已成为保障电力供应安全、稳定、高效的重要途径。智能化运维技术在提升电力设备运行效率的同时，也可以借助先进的监控、诊断与预测技术，及时发现可能存在的问题，进而规避重大故障。我国电力系统智能化发展取得显著成绩，特别是随着物联网、大数据、云计算以及人工智能的带动，电力系统智能运维被广泛运用。文章旨在讨论智能化运维技术在电力系统中的运用，以及其在促进电力系统运行可靠性、效率等方面所起到的促进作用。

关键词：电力系统；智能化；运维技术

引言

传统电力系统运维方式以定期检查为主，人工操作为辅，具有检测滞后、人工错误率大、费用昂贵等特点，很难适应现代电力系统对高效、准确、安全运行的需要。在新一代信息技术不断发展的背景下，智能化运维技术已经逐步成为电力系统管理中至关重要的手段。智能化运维以物联网、大数据、人工智能和传感器技术为支撑，可实现电力设备实时监控、故障预警、状态评估与智能决策，大大提高电力系统运行效率与管理水平。

一、电力系统智能化运维技术的理论基础

（一）智能化运维的概念与定义

智能化运维就是通过利用先进信息技术与智能化手段对电力系统运行状况进行实时监控、分析、预测与决策，从而达到自动化管理与维护设备。区别于传统定期巡检及故障处理模式，智能化运维深度结合了物联网、人工智能，大数据分析等新兴技术，可实现电力系统全方面感知及动态管理。通过智能传感器和监控设备的部署，电力设备的运行状态和环境信息能够被实时采集，并通过大数据平台进行分析，从中提取出关键的运行指标与潜在的故障隐患。智能化运维既能够提前识别出可能出现的问题并规避故障，又能够依据设备历史运行数据及实时状况制定更加准确的维护决策。引入人工智能后，该系统可持续地进行自我学习与优化以达到自主诊断与预测维修并降低人为干预造成的错误。电力系统智能化运维同时强调整个系统协同管理，不仅要要对个别设备进行性能优化，还要保证整体系统高效运转，最终促

进电力系统稳定运行、可靠性高、经济性好，符合现代电力系统安全、稳定、效率高的需求。

（二）电力系统运维现状

目前电力系统运行维护主要还是依靠传统定期检修与被动维护，该方式在以往电力基础设施比较单一，负荷平稳时效果较好。但随着电力系统的复杂性及负荷波动性加大，传统运维模式局限性日益凸显。大量电力设备靠人工巡检及定期检修，不但耗费大量人力物力，而且还存在着巡检滞后，反应时间过长等问题。有些关键设备故障常常是毫无征兆地出现，从而造成严重停电或者电网事故。另外，在新能源大规模并网的情况下，常规运维方式很难处理新能源波动性较大，间歇性较强等特点，也不能实现分布式电源实时监控与灵活调度。据统计资料表明，在传统的电力维护过程中，大约70%的问题是由于不及时维护或不恰当维护手段所导致的。尽管近些年电力系统自动化水平得到了一定程度的提高，一些地区已经开始引进智能化设备对其进行尝试性监测，但是总体来看电力运维还缺少一个统一智能化平台，数据整合及信息共享不充分，很难形成全局性、协同运维管理模式，电网运行可靠性及运行效率仍面临巨大挑战。

（三）智能化技术在电力系统中的发展历程

电力系统智能化技术发展过程随着信息技术和电力系统的进一步结合，实现了由基础自动化向智能化管理方向的变革。早期电力系统运维多依靠单纯的自动化控制技术来实现，集中表现为发电、输电和配电等各个环节自动控制和监控设备，在这一阶段，主要靠当地自动化设备实时监控运行状态，定时运行。随着计算机和通

信技术的不断进步，电力系统开始逐渐采纳更为先进的调度自动化系统，这使得电网可以通过远程控制中心进行全面的调度和管理，从而显著提升了电网的运行效率和稳定性。但目前这类自动化系统还只限于对局部进行监测，操作策略比较静态，不能适应电网不断增长复杂性的要求。21世纪以后，物联网、大数据、云计算以及人工智能的飞速发展使电力系统步入智能化运维新时代。通过推广智能传感器，电力设备运行数据可实时获取和分析，并引入人工智能算法，使系统能自主地进行故障诊断和预测性维护，突破传统电网监控限制。当前，构建智能电网已经成为世界范围内电力系统的一个重要发展方向，尤其在我国智能化技术已经被广泛地应用到电力系统各环节中，由发电向配电进行全局性智能化管理和优化。

二、电力系统智能化运维技术的具体应用

（一）智能化状态监测

智能化状态监测在电力系统运维技术中占据着重要地位，其目的在于通过对电力设备运行状态进行实时数据采集来实现系统全方位监控与动态管理。它以物联网、大数据以及传感器技术为支撑，通过将大量智能传感器部署到电力设备中，实现了电压、电流、温度以及振动等重要参数的实时监控。将上述数据传输至中央监控系统或者云端平台中，通过大数据分析及人工智能算法对其处理以提取设备健康状态，潜在故障风险及性能趋势。通过智能化监测实现了电力系统对故障的实时预警与精准定位，有效降低了传统人工巡检所导致的滞后与盲区，避免了因突发性故障而造成系统瘫痪或者大范围停电。

智能化状态监测在提升电力系统运行安全性与可靠性的同时，也为电力设备预测性维护奠定重要基础。该智能系统在全面分析设备历史运行数据与实时监测数据基础上，能够对设备磨损情况及剩余寿命进行判断，以便合理地安排维护计划以避免无谓停机及过度维修。同时智能监测技术能够实现电网内各种新能源设备状态跟踪及负荷预测，尤其适用于光伏、风电等间歇性新能源并网运行时，智能监测可以及时对电网运行方式进行调整与优化，保证电力系统运行稳定灵活。该技术的开发表明电力系统已由被动管理转向主动预防，由定期维护转向预测性维护，极大地促进了整个电网运行维护效率与经济效益。

（二）智能故障诊断与预警系统

电力系统故障智能诊断及预警系统起着关键作用，

它的核心是通过先进监测技术及数据分析手段对设备或者系统可能存在的故障隐患进行实时辨识，在出现问题前进行报警。该系统依托传感器网络、物联网、大数据平台等，能够实时采集电力设备的运行状态数据，如电压、电流、温度、压力和振动等参数，并将其上传到中央监控系统进行处理和分析。引入人工智能算法及机器学习技术后，该系统能够从大范围数据中检测到设备早期异常行为信号、对可能出现的故障模式进行分析、及时产生预警信号。

系统自学习能力强，可依据设备历史数据及环境变化对诊断模型进行持续优化，从而提高了诊断准确率及效率。依据相关的科学研究，智能故障诊断系统在故障预测方面的准确率能够达到超过90%，这有效地规避了传统运维模式中由于人为错误判断或反应延迟所引发的各种问题。智能故障诊断既可以准确地定位出故障点，又可以通过故障类型识别模块对故障性质及严重程度做出判断，并预先采取相应的措施以避免问题的进一步扩展，确保电网的安全平稳运行。另外，该预警系统还能根据故障趋势对设备剩余使用寿命进行预测，并给出维修及更换意见，降低了计划外停电事故的发生。智能故障诊断与预警系统显著提高电力系统运行的可靠性，效率及安全性，促进由事后维护转向主动预防，它对于管理大规模复杂电网具有无可取代的重要作用。

（三）智能巡检机器人与无人机的应用

智能巡检机器人及无人机的使用对电力系统运维表现出极大的技术优势，特别是对处理复杂环境，提高巡检效率以及保障人员安全等发挥着至关重要的作用。传统的电力巡检方式主要依靠人工进行，特别是在高压线路和变电站这样复杂或者危险的环境下，采用人工巡检具有高风险和低效的特点。智能巡检机器人、无人机等技术的推出改变了这一状况。智能巡检机器人具备在变电站或其他类似环境中独立或半独立工作的能力，它可以利用各种传感器，例如红外摄像头、激光雷达和超声波等，来实时监测设备的温度、电流和震动等核心参数。它具有自动化巡检能力，有效降低人工操作带来的失误，同时可在危险环境下长期运行，显著提升巡检效率与精确度。

无人机在电网的巡查活动中，尤其是在高空线路的监测和检查中，其应用显得尤为突出。无人机携带高精度摄像头、红外成像仪以及激光雷达，可以从多个角度实时拍摄输电线路并采集数据，尤其是在山区，森林以

及其他具有复杂地形的输电线路地区。无人机在提升巡检覆盖范围与准确性的同时也显著减少巡检所需时间,调研数据表明,与传统人工巡检相比较,其巡检效率能够提升3-5倍,且可以在特殊气候条件下执行任务,保证巡检的连续性和可靠性。通过和大数据分析平台相结合,能够将无人机和智能巡检机器人获取到的数据进行及时上传和分析,以便快速检测电力设备中存在的隐患问题。巡检机器人,无人机等设备的使用表明电力系统巡检技术向智能化,现代化方向转变,在提升系统安全稳定性的同时也明显降低运维成本。

(四) 边缘计算与传感器技术的结合应用

传统电力系统监测主要依靠传感器把海量数据上传到中央云端处理,该方法面对数据量大、设备监控复杂等特点易产生延迟及带宽瓶颈。而边缘计算的提出则使这种情况发生了变化,使计算及处理能力向更接近设备的方向下沉,接近数据源头边缘节点处,从而使传感器收集到的数据能够在当地得到初步的处理及分析,降低了向远程中心传输数据的要求,使延迟明显减小,数据处理实时性增强。

将传感器技术高度融合并结合边缘计算,可实现电力设备精准监控及实时诊断。比如智能传感器能够对变压器、输电线路温度、电流和电压等重要参数进行连续监测,边缘计算平台通过本地处理能力,快速分析数据,确定异常状态及可能的故障点,在数毫秒之内引发报警或实施预防性控制措施。多项相关研究证实,边缘计算技术能够将数据处理的延迟时间降低超过70%,从而显著加快电力系统的反应速度,特别是在电力负荷经常波动的环境下,这一效果更为明显。

另外边缘计算可以通过结合人工智能算法进行智能预测及优化决策。如通过本地分析历史运行数据,使边缘设备能够预估其健康状态及剩余寿命等信息,积极调整运维策略。边缘计算和传感器技术相结合,在加强电力系统自主调控能力的同时,由于海量数据不需要传输至云端就能完成处理,显著提高了数据安全及隐私保护。

(五) 配电网智能运维管理平台

配电网智能运维管理平台作为现代电力系统管理中的一种重要手段,通过融合先进数字技术实现了配电网全方面的监测、管理与优化调度。平台以物联网、大数据和云计算为基础,把配电网各种数据整合成统一管理平台,对电力设备运行状态、负荷变化等实时数据进行

综合收集与监测。通过布设于各个节点上的智能传感器对配电网中的电压、电流、负载和温度等关键参数进行实时监控,同时采用大数据分析技术将其进行全面处理,从而构建了配电网智能运行维护与管理平台,及时确定设备运行是否存在过载、短路或者设备老化异常。

该平台还配备了智能化的故障诊断与恢复功能,利用人工智能和机器学习算法,它能够基于历史数据和实时数据对故障进行快速定位和诊断,预测潜在的设备故障,提出优化维护建议。这种能力显著地提高了配电网在故障时的响应速度和准确性。有相关研究指出,利用智能运维平台,配电网的故障恢复周期可以缩短超过40%。另外,该智能运维管理平台具有灵活负荷管理等功能,可针对不同地区用电需求对电力分配进行动态调整,保障电力资源高效利用和稳定供给,尤其当负荷高峰期或者新能源接入占比较高时,该平台能够对调度策略进行优化,避免过载及电力短缺等现象。借助智能运维管理平台可以实现电力公司全流程数字化、自动化管理,减轻人工巡检及故障排查工作量,显著提高运维效率并降低运营成本。

结束语

智能化运维技术在电力系统中的运用代表了电力行业由传统被动维护向主动预防、智能管理转变的一次重大改革。通过将物联网、大数据、人工智能等先进技术深度融合,电力系统在安全性、可靠性以及运行效率方面都有明显提升。智能化运维既可以对设备状态进行实时监控,对故障进行准确诊断,又可以对设备健康状态进行预测,对运维策略进行优化,降低突发故障及停电事件。该技术的广泛运用在降低运维成本的同时也促进了电力资源利用效率的提高,同时也为解决复杂电网运行和新能源接入带来的难题提供强有力的保障。

参考文献

- [1] 孙学金. 电力系统智能化运维技术的应用[J]. 集成电路应用, 2023, 40(7): 398-399.
- [2] 金海勇, 卢贵有, 王庆利, 等. 电力系统中输变电设备智能化网络运维管理方法[J]. 微型电脑应用, 2022(003): 038.
- [3] 汪玮, 容庆. 城市轨道交通供电智能运维系统关键技术应用[J]. 隧道与轨道交通, 2023(2): 28-30.