

智能化技术在水电厂设备维护中的应用与实践

付 波

贵州北源电力股份有限公司 贵州 遵义 563400

摘 要：本文探讨了智能化技术在水电厂设备维护中的应用与实践。针对传统维护模式效率低、成本高、故障应对滞后等问题，阐述物联网、大数据分析、人工智能等智能化技术的适用性与理论基础。结合水电厂设备智能化维护需求，分析各类技术应用场景，并以发电机状态监测、变压器维护为例，展示实践成效。研究表明，智能化技术可提升维护效率与质量，实现预测性维护，优化资源配置，为水电厂设备维护提供创新路径。

关键词：智能化技术；水电厂设备维护；实践

1 智能化技术与水电厂设备维护概述

1.1 水电厂设备维护现状

在能源供应体系中，水电厂作为清洁能源的重要生产单元，其设备的稳定运行直接关系到电力供应的可靠性与持续性。然而，当前水电厂设备维护工作面临诸多挑战。传统的设备维护模式以定期检修为主，这种“一刀切”的维护策略，如同给所有设备制定统一的“体检套餐”，未充分考虑设备实际运行状况。大量设备在未出现故障时就被频繁检修，不仅耗费大量人力、物力和时间成本，还可能因不必要的拆卸对设备造成二次损伤，降低设备使用寿命。与此同时，水电厂设备种类繁多，涵盖水轮机、发电机、变压器等核心设备，以及各类辅助设备，设备运行参数复杂且相互关联。人工巡检过程中，工作人员需携带多种检测仪器，穿梭于不同设备之间，凭借经验和有限的检测数据判断设备状态，效率低且容易出现漏检、误判等问题。一旦设备突发故障，由于缺乏实时、全面的监测数据，故障排查难度大，抢修时间长，给电力生产带来巨大损失。

1.2 智能化技术种类及在水电厂的适用性

智能化技术种类丰富，为水电厂设备维护提供了全新的解决方案。物联网（IoT）技术通过在设备上部署各类传感器，将设备与网络连接，实现设备运行数据的实时采集与传输，就像给设备装上了“神经末梢”，使其能够感知自身状态并“开口说话”，为设备的远程监测与管理奠定基础^[1]。在水电厂复杂的环境中，无论是潮湿的地下厂房，还是高海拔的大坝区域，物联网设备都能稳定工作，实时获取设备的温度、振动、压力等关键参数。大数据分析技术如同一个“智慧大脑”，能够对物联网采集到的海量数据进行深度挖掘与分析。它可以处理设备运行过程中产生的结构化和非结构化数据，从数据的海洋中提炼出有价值的信息，如设备运行趋势、

故障发生规律等。在水电厂设备维护中，大数据分析技术能够整合不同设备、不同时间段的数据，发现设备潜在问题，为维护决策提供科学依据。人工智能技术包含机器学习、深度学习等分支，具有强大的学习和预测能力。在水电厂设备维护领域，通过对大量历史数据的学习，人工智能算法可以建立设备故障模型，预测设备故障发生的可能性和时间点，实现从“被动维修”到“主动预防”的转变。云计算与边缘计算技术则为智能化设备维护提供了强大的计算和存储支持。云计算技术能够实现数据的集中存储与计算，方便多部门协同分析与共享数据；边缘计算技术则将计算能力下沉到设备端，减少数据传输延迟，提高数据处理的实时性，满足水电厂对设备状态快速响应的需求。这些智能化技术与水电厂设备维护场景高度契合，为提升维护水平带来了新契机。

1.3 智能化技术提升水电厂设备维护效率的理论基础

智能化技术提升水电厂设备维护效率具有坚实的理论基础。从控制论角度来看，设备运行状态可视为一个动态系统，智能化技术通过传感器实时采集设备运行数据，如同系统的反馈环节，将设备实际状态信息传递给控制中心。控制中心依据预设标准和分析结果，对设备进行调控和维护，形成一个闭环控制系统，确保设备始终处于最佳运行状态。信息论强调信息的获取、传输、处理和利用。智能化技术在水电厂设备维护中，通过物联网技术高效获取设备运行信息，利用大数据分析和人工智能技术对信息进行深度处理，挖掘信息背后的规律和价值。这些有价值的信息能够指导维护人员采取精准的维护措施，避免盲目维护，提高维护效率。系统论认为，任何系统都是由相互关联、相互作用的部分组成，整体功能大于部分功能之和。水电厂设备维护系统中，智能化技术将设备、传感器、数据处理平台、维护人员等要素有机整合，实现各要素之间的信息共享与协同工作。

2 水电厂设备智能化维护的需求

2.1 提高维护效率与质量

传统水电厂设备维护模式下,维护工作流程繁琐,效率低下。从制定维护计划到实施检修,往往需要耗费大量时间。且人工检测受主观因素影响大,检测结果准确性难以保证,导致设备维护质量参差不齐。智能化维护通过物联网实时采集设备运行数据,大数据分析和人工智能快速处理数据,能够在短时间内精准判断设备状态,为维护人员提供详细的维护方案^[2]。例如,在水轮机维护中,智能化系统可实时监测水轮机的流量、转速、振动等参数,一旦发现参数异常,系统立即发出警报,并通过数据分析确定故障原因和位置,维护人员可根据系统提供的方案快速进行检修,大大缩短维护时间,提高维护效率。智能化维护基于大量准确的数据和科学的分析方法,能够更全面、深入地了解设备状况,避免漏检、误判,确保维护工作的高质量,保障设备长期稳定运行。

2.2 预测性维护与故障预警

水电厂设备故障具有突发性和隐蔽性特点,一旦发生故障,不仅会影响电力供应,还可能引发安全事故。传统的事后维修模式在故障发生后才采取措施,无法有效避免故障带来的损失。而智能化维护的预测性维护与故障预警功能,能够提前感知设备潜在故障,将故障扼杀在萌芽状态。通过对设备历史运行数据和实时数据的分析,人工智能算法可以建立设备健康模型,预测设备性能衰退趋势。当设备运行状态偏离正常范围,接近故障阈值时,系统及时发出预警,提醒维护人员采取预防性维护措施。例如,对于发电机,智能化系统可根据其温度、电流、电压等参数的变化趋势,预测发电机绕组绝缘老化、轴承磨损等故障发生的时间,维护人员可提前安排检修,更换易损部件,避免故障发生,保障水电厂的安全稳定运行,减少因设备故障导致的经济损失^[3]。

2.3 优化资源配置与降低维护成本

在传统维护模式下,水电厂为确保设备安全运行,往往采取过度维护策略,投入大量人力、物力和财力进行定期检修。这种方式不仅造成资源浪费,还增加了设备维护成本。智能化维护通过对设备运行状态的精准监测和分析,实现按需维护。根据设备实际运行状况制定个性化维护计划,减少不必要的维护工作,合理调配维护资源。智能化维护还能通过预测性维护,提前储备所需零部件,避免因零部件短缺导致的抢修延误和额外成本。智能化系统能够对维护人员进行合理调度,提高人力资源利用效率,从多个方面降低水电厂设备维护成

本,提升企业经济效益。

3 智能化技术在水电厂设备维护中的应用

3.1 物联网(IoT)技术

物联网技术是水电厂设备智能化维护的基础,在设备维护中发挥着关键作用。在水电厂设备上广泛部署温度传感器、振动传感器、压力传感器等各类传感器,构建起全方位的设备监测网络。这些传感器如同设备的“眼睛”“耳朵”和“皮肤”,实时感知设备的运行参数。以水轮机为例,在水轮机的轴承、主轴、蜗壳等关键部位安装传感器,实时采集温度、振动、流量等数据,并通过无线网络将数据传输至监控中心。监控中心的工作人员可以远程查看水轮机的运行状态,及时发现异常情况。物联网技术还可实现设备之间的互联互通,使不同设备的数据能够相互关联分析。例如,将发电机的运行数据与水轮机的数据结合分析,能够更全面地了解整个发电系统的运行状况,为设备维护和优化运行提供更准确的依据。

3.2 大数据分析技术

大数据分析技术是水电厂设备智能化维护的核心驱动力。在水电厂设备运行过程中,物联网传感器会产生海量数据,这些数据包含着设备运行的各种信息。大数据分析技术运用数据挖掘、统计分析等方法,对这些数据进行深度处理。通过对设备历史运行数据的分析,能够总结出设备在不同工况下的运行规律,建立设备正常运行的参数模型。将实时采集的数据与模型进行对比,一旦发现数据偏离正常范围,系统立即进行报警,并进一步分析数据,找出导致异常的原因。例如,在变压器维护中,大数据分析技术可以对变压器的油温、油色谱、绕组直流电阻等大量数据进行分析,判断变压器内部是否存在局部过热、绝缘老化等故障,为变压器的维护和检修提供科学依据。同时大数据分析还能对不同水电厂的设备数据进行横向对比,借鉴先进的维护经验,提升整体维护水平。

3.3 人工智能技术

人工智能技术为水电厂设备维护带来了质的飞跃。机器学习算法能够对设备运行数据进行自主学习,不断优化设备故障诊断模型。通过对大量正常和故障数据的训练,算法可以识别设备故障的特征模式,提高故障诊断的准确性和及时性。深度学习技术则具有更强的特征提取和模式识别能力,能够处理复杂的设备数据。在水电厂设备维护中,深度学习可以用于设备图像识别,例如通过分析设备的红外热像图,快速检测设备的热缺陷;还可以用于声音信号分析,识别设备运行过程中的

异常声音,判断设备故障。人工智能技术还可以实现设备维护决策的自动化,根据设备状态和维护规则,自动生成最优的维护方案,减少人为决策失误,提高维护工作的智能化水平。

3.4 云计算与边缘计算

云计算与边缘计算技术相辅相成,共同为水电厂设备智能化维护提供强大的计算和存储支持。云计算平台具有强大的存储和计算能力,能够存储水电厂设备运行产生的海量数据,并进行大规模的数据处理和分析。不同部门的工作人员可以通过网络访问云计算平台,共享设备数据和分析结果,实现协同工作。边缘计算技术则将计算能力下沉到设备现场,在数据源头进行初步处理和分析。在水电厂设备维护中,边缘计算设备可以实时处理传感器采集的数据,对设备状态进行快速判断,当发现异常时,立即发出警报,并将关键数据上传至云计算平台进行进一步分析。这种方式减少数据传输量和延迟,提高系统的响应速度,尤其适用于对实时性要求较高的设备监测场景,如发电机的实时保护和控制,确保水电厂设备的安全稳定运行。

4 智能化技术在水电厂设备维护中的实践案例

4.1 案例一:物联网技术在发电机状态监测中的应用

某大型水电厂在发电机状态监测中引入物联网技术,取得了显著成效。该水电厂在发电机的定子绕组、转子、轴承等关键部位安装了温度传感器、振动传感器和电流传感器等多种传感器。这些传感器通过无线网络与电厂的监控系统相连,实现了发电机运行数据的实时采集与传输。监控系统能够实时显示发电机的各项运行参数,并以图表、曲线等形式直观呈现数据变化趋势。一旦某个参数超出正常范围,系统立即发出声光报警,并通过短信、邮件等方式通知相关维护人员。例如,在一次运行过程中,系统监测到发电机某相定子绕组温度突然升高,维护人员接收到报警信息后,迅速赶到现场进行检查,发现是绕组局部绝缘损坏导致发热^[4]。由于发现及时,避免绕组进一步损坏,防止发电机故障的扩大。通过物联网技术的应用,该水电厂实现对发电机的远程实时监测,提高故障发现的及时性,降低了设备故

障风险,保障了发电机的安全稳定运行。

4.2 案例二:大数据分析技术在变压器维护中的应用

另一水电厂在变压器维护中运用大数据分析技术,有效提升了变压器的维护水平。该厂收集了变压器多年来的运行数据,包括油温、油色谱、绕组直流电阻、空载损耗等大量数据。利用大数据分析技术,对这些数据进行深度挖掘和分析,建立了变压器健康评估模型。通过该模型,能够对变压器的运行状态进行综合评估,预测变压器的性能衰退趋势。例如,通过对油色谱数据的分析,发现变压器内部存在局部过热现象,并预测出如果不及时处理,可能会导致绝缘进一步损坏。维护人员根据分析结果,提前安排变压器检修,更换存在问题的部件,避免变压器故障的发生。另外,大数据分析技术还对不同型号、不同运行年限的变压器数据进行对比分析,总结出变压器维护的最佳实践经验,为变压器的预防性维护提供科学依据,降低变压器的维护成本,提高变压器的可靠性和使用寿命。

结束语

智能化技术的应用为水电厂设备维护带来革命性变革,有效解决了传统维护模式的弊端,显著提升了设备运行的可靠性与稳定性,降低了维护成本与故障风险。随着技术不断发展,智能化技术将在水电厂设备维护领域发挥更重要作用。未来,持续探索智能化技术深度融合与创新应用,加强技术研发与人才培养,有助于推动水电厂设备维护向更智能、高效、安全的方向发展,为清洁能源稳定供应提供坚实保障。

参考文献

- [1]李华强.智能化电厂设备维护技术研究与应用[J].电力自动化设备,2023,43(6):130-134.
- [2]王明晓.基于人工智能的电厂设备故障诊断与预测[J].电力系统保护与控制,2022,50(15):78-83.
- [3]陈思远.物联网技术在电厂设备状态监测中的应用[J].电网与清洁能源,2023,39(2):76-81.
- [4]高翔琳.智能化电厂设备维护中的挑战与解决策略[J].能源与环保,2023,41(3):67-71.