

# 变电站设备智能化运维管理系统的研究与应用

韩婷 史兆元 张爽

国网河南省电力公司郑州供电公司, 河南 郑州 450000

**[摘要]**随着电力系统的不断发展和智能化水平的提高,变电站作为电力输配系统的核心部分,设备的运行状态直接影响电力的稳定供应。传统的运维模式已无法满足现代变电站对高效、智能化管理的需求。文中提出了一种基于物联网、大数据和人工智能技术的变电站设备智能化运维管理系统,分析其架构设计、技术方案及应用效果。通过对系统的设计与实践验证,表明该系统能够有效提高设备的监控、维护和管理效率,减少人工干预,提升变电站的安全性和可靠性。文中为变电站智能化运维管理提供了理论依据和技术支持。

**[关键词]**变电站; 智能化运维; 物联网; 大数据; 人工智能

DOI: 10.33142/hst.v8i3.15841

中图分类号: TM76

文献标识码: A

## Research and Application of Intelligent Operation and Maintenance Management System for Substation Equipment

HAN Ting, SHI Zhaoyuan, ZHANG Shuang

Zhengzhou Power Supply Company of State Grid He'nan Electric Power Company, Zhengzhou, He'nan, 450000, China

**Abstract:** With the continuous development of the power system and the improvement of intelligence level, substations, as the core part of the power transmission and distribution system, directly affect the stable supply of electricity through the operation status of equipment. The traditional operation and maintenance mode can no longer meet the needs of modern substations for efficient and intelligent management. The article proposes an intelligent operation and maintenance management system for substation equipment based on the Internet of Things, big data, and artificial intelligence technologies, and analyzes its architecture design, technical solutions, and application effects. Through the design and practical verification of the system, it has been shown that the system can effectively improve the efficiency of equipment monitoring, maintenance, and management, reduce manual intervention, and enhance the safety and reliability of substations. The article provides theoretical basis and technical support for intelligent operation and maintenance management of substations.

**Keywords:** substation; intelligent operation and maintenance; Internet of Things; big data; artificial intelligence

### 引言

变电站是电力系统中的关键节点,其设备运行的安全性和可靠性直接关系到电力供应的稳定。然而,传统的运维管理方式普遍存在着响应迟缓、信息滞后和人工成本高等问题。随着物联网、大数据、人工智能等技术的迅猛发展,智能化运维系统逐渐成为解决这一问题的重要手段。本文基于这些前沿技术,提出了一种新的变电站设备智能化运维管理系统,旨在通过实时数据监控、远程故障诊断和自动化运维等手段,提升变电站的管理效率和设备的运行安全性。

### 1 智能化运维管理系统的设计理念与架构

#### 1.1 系统设计理念

智能化运维管理系统的设计理念,旨在通过先进的信息技术与自动化设备的结合,全面提升变电站设备的运维效率与安全性。该系统的核心目标是实现设备的全生命周期管理,即从设备的安装、调试、运行、维护到最终的淘汰,每个阶段都能够实现智能化监控与管理。

在设计理念上,系统强调预测性维护和实时故障诊断。

传统的维护方式主要依赖于定期检查和经验判断,容易出现误判或遗漏。而智能化运维管理系统通过大数据分析和物联网技术,实时采集设备的运行数据,结合历史数据和运行趋势,能够提前预测设备可能发生的故障,实施预防性维护,大大降低了故障发生的概率。此外,系统还具备实时故障诊断功能,能够在设备出现异常时,迅速定位故障点,提供精准的故障分析和维修指导,从而减少停机时间,提高设备的运行稳定性<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 系统架构

智能化运维管理系统的架构由多个层次组成,每个层次承担不同的功能,并协同工作,确保系统的高效运行。总体架构包括数据采集层、通信层、数据分析与处理层、决策支持层和应用层五个主要部分。

数据采集层负责从变电站内的各类设备、传感器和监控终端实时采集设备的运行数据,包括电压、电流、温度、压力等参数。该层是系统的“感知”部分,通过物联网技术,确保数据的实时性与准确性。通信层确保数据的高效传输。它通过各种通信协议和网络技术(如4G、5G、Wi-Fi

等),将数据从采集层传输到上层进行处理与分析。通信层的稳定性和安全性对整个系统的可靠性至关重要。数据分析与处理层是系统的大脑,主要负责对采集到的数据进行分析与处理。通过大数据技术、人工智能算法等手段,进行故障预测、设备健康状态评估、性能分析等,为后续决策提供数据支持。决策支持层基于数据分析与处理层的输出结果,提供智能化的决策支持,帮助运维人员快速做出响应决策。例如,在预测到设备可能发生故障时,系统会自动推荐最佳的维护方案,或者调度合适的人员进行处理。

应用层是用户与系统的交互界面,主要面向运维人员和管理者,提供实时监控、故障诊断、维护建议等服务。通过可视化界面,运维人员可以直观了解设备的运行状态和健康状况,进行远程控制和操作。通过这种分层架构,智能化运维管理系统能够高效地收集、处理和分析数据,为变电站提供全方位的智能化运维支持。

## 2 变电站设备智能化运维的关键技术

### 2.1 物联网技术在变电站运维中的应用

物联网(IoT)技术通过在变电站内部署各类传感器,能够实时监测设备的运行状态,收集关键数据并上传至数据处理平台。这些传感器包括温度、湿度、压力、电流、电压、振动等各类检测设备,能够全面采集设备的各种运行参数,确保设备状态的可视化和透明化。

在变电站运维中,物联网技术通过形成一个智能化传感器网络,帮助运维人员实现对设备的实时监控。通过对这些数据的连续监测,运维人员能够及时识别设备的异常状态,发现潜在的故障风险。例如,当某台设备的温度或振动参数超过正常范围时,物联网系统可以立即发出警报,提示运维人员进行干预,从而避免故障的发生或扩展。物联网技术的应用不仅提高了设备监控的实时性,还增强了设备运行的透明度,使得运维人员能够全面了解设备的健康状况,进行更精准的维护和管理<sup>[2]</sup>。

### 2.2 大数据分析技术的应用

大数据分析技术在变电站智能化运维中的应用,主要体现在对设备的历史运行数据进行深度挖掘与分析。变电站设备日常运行过程中会产生大量数据,包括温度、压力、负荷、电流、电压以及故障记录等,这些数据涵盖了设备的整个生命周期。通过大数据技术对这些海量数据进行有效处理,可以从中提取出有价值的信息,帮助运维人员全面了解设备的运行状态,进而做出更加科学、精准的运维决策。

具体而言,大数据分析可以用于故障预测和健康状态评估。例如,运维系统通过分析设备的历史数据,能够发现潜在的故障信号,如温度异常升高或负荷波动等。这些信号通常是设备故障的早期征兆,通过数据挖掘技术,系统能够对故障进行早期预测,并根据预测模型判断故障发生的可能性、时间和类型。这种基于大数据的预测性维护方法,不仅可以帮助运维人员及时采取干预措施,防止设

备故障的发生,还能延长设备的使用寿命,提高设备运行的稳定性和可靠性。通过大数据技术,变电站运维能够从被动响应转向主动预防,显著提高运维效率,降低维护成本,确保电力系统的稳定运行。

### 2.3 人工智能在设备故障预测与诊断中的应用

人工智能(AI)技术,特别是机器学习和深度学习算法,在变电站设备故障预测与诊断中发挥着重要作用。机器学习可以通过对大量历史数据的学习,发现设备运行中的潜在模式和规律,进而进行故障预测。通过训练AI模型,系统能够识别出设备在不同状态下的运行特征,并及时预警即将发生的故障。

在故障诊断方面,深度学习技术尤其表现出色。深度神经网络能够处理复杂的非线性数据,通过多层次的特征抽取,精确识别设备故障的原因。例如,当设备发生异常时,深度学习模型可以自动分析传感器数据,快速识别出具体故障类型,如过载、接触不良或绝缘故障等,从而为维修人员提供精准的故障诊断结果和修复方案。AI技术还可以根据设备运行的历史数据和环境变化,不断优化其故障诊断模型,提高诊断的准确性和效率,逐步实现自动化、智能化运维管理。通过人工智能技术,变电站的运维系统能够大大提升故障检测的速度和准确性,减少人为干预,提高设备的运行安全性和可靠性。

## 3 智能化运维管理系统的实施与应用案例

### 3.1 系统实施方案

智能化运维管理系统的实施是一个综合性的工程,涉及硬件配置、软件平台搭建、数据采集与传输等多个环节。在硬件配置方面,首先需要在变电站各个设备上安装各类传感器,如温度传感器、电流传感器、振动传感器等,以确保设备的各项运行参数能够被实时采集。为了满足大规模传感器网络的部署,还需配备边缘计算设备,用于初步数据处理和筛选,从而减轻上层数据处理系统的压力<sup>[3]</sup>。

软件平台的搭建是系统实施中的核心部分,通常包括数据采集与传输、数据处理、故障诊断、决策支持等功能模块。平台的开发需要整合大数据分析、人工智能、云计算等技术,确保平台具备高效的数据存储与处理能力。此外,平台还需要与变电站的现有管理系统进行无缝对接,实现信息流的共享与协同。在数据采集与传输方面,系统通过物联网技术将现场设备的运行数据实时传输到中央处理平台。数据的传输网络一般采用有线与无线相结合的方式,保障数据的稳定性与安全性。为确保数据的实时性和准确性,通常采用5G、LTE或专用的工业通信网络。

### 3.2 应用案例分析

以某大型变电站为例,智能化运维管理系统的实施取得了显著的效果。该变电站部署了超过200个传感器,用于实时监测各类设备的运行状态。系统通过物联网技术将各类设备的数据汇集至中央平台,并通过大数据分析对设

备的运行进行全方位的监控。在设备监控方面，系统实时获取设备的温度、电流、电压等关键参数，通过可视化界面，运维人员可以随时了解设备的状态。在出现设备异常时，系统能迅速生成警报并标出故障点，避免了人工巡检的盲点和滞后性。

在故障预测方面，系统通过分析设备的历史运行数据，结合机器学习算法，能够预测设备的故障趋势。例如，某台变压器的温度异常升高，系统通过数据分析识别出可能的过热故障，并提前向运维人员发出预警。运维人员根据预警信息及时对设备进行了检修，避免了设备损坏和长时间停运的风险。自动化维护方面，系统还通过智能调度功能，优化了设备的维修计划。当检测到某个设备的故障风险较高时，系统会根据设备的使用情况和维护计划，自动安排维修人员进行定期检查和修复，最大程度降低了人工干预的需求，提升了运维效率。通过这一智能化运维管理系统的实施，该变电站显著提升了设备的运行稳定性和维护效率，减少了停机时间，降低了运维成本，确保了电力供应的连续性和可靠性。

#### 4 智能化运维管理系统的挑战与发展前景

##### 4.1 当前应用面临的挑战

尽管变电站智能化运维管理系统在提升运维效率和设备安全性方面表现出色，但在实际应用过程中，仍面临诸多技术、经济和管理上的挑战。

**技术挑战：**数据安全是智能化运维管理系统面临的首要问题。由于设备和传感器收集到的大量数据都需要通过网络传输和存储，这使得数据在传输和存储过程中面临泄露、篡改或攻击的风险。因此，如何保障数据的完整性和安全性，成为系统实施中的关键问题。此外，设备的兼容性问题也不容忽视。变电站内的设备种类繁多，品牌和型号不同，很多老旧设备与现代智能化系统的兼容性较差，导致数据采集和通信不畅，影响系统的稳定运行<sup>[4]</sup>。

**经济挑战：**智能化运维系统的建设涉及高昂的初期投入，尤其是在硬件设备（如传感器、边缘计算设备等）和软件平台的开发上。许多企业尤其是中小型变电站，可能面临预算不足的问题。此外，系统的维护和升级也需要持续的资金投入，这对企业的财务状况造成了一定的压力。

**管理挑战：**智能化运维系统虽然能够提供实时数据和精准的决策支持，但其实际应用效果仍然依赖于运维人员的操作能力和管理层的决策。许多变电站的运维人员对新技术的接受度较低，缺乏足够的培训，导致智能化运维系统的潜力未能充分发挥。

##### 4.2 发展前景与创新方向

尽管当前面临一些挑战，变电站智能化运维管理系统

的未来发展前景仍然广阔，随着新兴技术的不断进步，智能化运维将进一步提升。

**5G 技术的推动：**5G 网络的高带宽、低延迟特性将大大提升变电站设备的数据传输能力。运维人员将能够在远程设备上实现更快速、更精确的操作，进一步提升系统的实时监控与故障响应能力。

**边缘计算的应用：**随着设备和数据量的增加，边缘计算将成为解决数据处理瓶颈的重要手段。边缘计算可以将数据处理和分析推到设备端，减少了对云端服务器的依赖，降低了延迟，提升了系统响应速度和数据安全性。

**区块链技术的引入：**区块链技术在智能化运维管理中有着巨大的潜力。通过区块链的去中心化和不可篡改的特性，可以确保设备数据的透明性和可信度。同时，区块链还能优化设备生命周期管理，通过智能合约自动执行设备的维护和替换流程，提高管理效率。

智能化运维管理系统将更加注重系统的集成性与智能化水平，逐步实现从单纯的数据监控到智能决策支持、自动化运维、远程操作控制等多方面功能的融合，推动变电站向更加自动化、智能化、数字化的方向发展。这将为能源供应的稳定性、可靠性提供强有力的支持，提升整体电力系统的安全性与效率。

#### 5 结束语

变电站设备智能化运维管理系统作为提升电力系统安全性和可靠性的关键技术手段，具有广阔的应用前景。本文通过对该系统的设计理念、关键技术、实施方案和应用效果的分析，展示了其在变电站运维中的重要作用。然而，智能化运维系统在实际应用中仍面临诸如技术成熟度、系统集成和数据安全等挑战。随着相关技术的进一步发展和应用，智能化运维系统必将在电力行业中发挥更加重要的作用，为变电站的高效、安全运行提供坚实保障。

##### [参考文献]

- [1] 陆郁强. 基于物联网技术的电力变电站智能化数据运维管理系统研究[J]. 电工材料, 2024(5): 36-38.
- [2] 杨立川. 针对变电运维中的智能化技术应用研究[J]. 仪器仪表用户, 2024, 31(9): 73-75.
- [3] 符大利, 齐延辉, 潘博. AR 智慧运维对黄陵矿区变电站的智能化改造[J]. 智能矿山, 2024, 5(4): 67-72.
- [4] 徐天, 王俊, 侯东方. 基于人工智能的变电站智能化运维管理系统设计与优化[J]. 电气技术与经济, 2023(8): 102-105.

作者简介：韩婷（1994.7—），女，河南省滑县人，汉族，本科，中级电力工程师，就职于国网郑州供电公司，从事变电运维技术人员工作。