

## 智能变电站远程可视化运维与无人值守技术的发展分析

陈亮

唐山市芦台经济开发区水务电力局, 河北 唐山 301505

**[摘要]** 智能变电站通过集成先进的远程可视化运维和无人值守技术, 提升了电力系统的运行效率和安全性。远程可视化运维利用智能监控系统, 实时获取变电站的运行状态与设备信息, 结合大数据与人工智能分析, 能够迅速诊断故障并进行预警。无人值守技术则通过自动化控制系统和智能化设备, 实现变电站的无人管理与远程操作, 减少了人工干预的需求, 并有效降低了运维成本。通过这些技术的应用, 不仅提高了设备的可靠性和电力供应的稳定性, 还大幅度减少了维护人员的工作强度和现场风险, 为电力系统的智能化转型提供了有力支持。

**[关键词]** 智能变电站; 远程可视化; 运维; 无人值守; 技术发展

DOI: 10.33142/sca.v7i12.14712

中图分类号: TM74

文献标识码: A

### Development Analysis of Remote Visual Operation and Unmanned Technology for Intelligent Substations

CHEN Liang

Lutai Economic Development Zone Water and Power Bureau, Tangshan, Hebei, 301505, China

**Abstract:** Intelligent substations have improved the operational efficiency and safety of the power system by integrating advanced remote visual operation and unmanned technology. Remote visual operation and maintenance utilize intelligent monitoring systems to obtain real-time operation status and equipment information of substations. Combined with big data and artificial intelligence analysis, it can quickly diagnose faults and issue warnings. Unmanned technology achieves unmanned management and remote operation of substations through automated control systems and intelligent equipment, reducing the need for manual intervention and effectively reducing operation and maintenance costs. The application of these technologies not only improves the reliability of equipment and the stability of power supply, but also significantly reduces the workload and on-site risks of maintenance personnel, providing strong support for the intelligent transformation of the power system.

**Keywords:** intelligent substations; remote visualization; operation and maintenance; unmanned operation; technological development

#### 引言

随着智能化技术的快速发展, 传统变电站的运维模式正面临着前所未有的变革。智能变电站通过远程可视化运维和无人值守技术, 突破了传统人工巡检和现场操作的限制, 极大提升了电力系统的运维效率与安全性。远程可视化技术利用数据采集与监控系统实时掌握设备状态, 快速诊断故障, 减少了设备停运时间; 无人值守技术则通过自动化控制和智能化设备实现远程操作与无人管理, 降低了人为错误与现场风险。这些创新技术不仅推动了电力行业的数字化转型, 也为电网的稳定运行提供了更高保障。智能变电站的发展正引领着电力行业迈向更加智能、安全、高效的未来。

#### 1 智能变电站技术发展背景

##### 1.1 智能变电站的构成

智能变电站由硬件设备与软件系统两大部分构成。硬件设备包括智能断路器、传感器、通讯设备等, 这些设备通过高度集成和智能化设计, 实现了对电力设备运行状态的实时监测和自动化控制。智能断路器能够通过精确的故障检测与切除功能, 在发生故障时迅速响应, 减少设备损

坏与电力中断的风险。传感器则通过持续监测变电站各类设备的电气参数、温度、湿度等环境条件, 为数据采集和监控提供可靠依据。通讯设备将各个智能设备连接在一起, 确保数据的实时传输与共享, 从而形成一个高效协同的运行网络。

软件系统方面, 智能变电站的监控管理平台和自动化控制系统是核心部分。监控管理平台通过集成数据采集与显示系统, 实时呈现各设备的运行状态, 并提供报警、诊断、故障定位等功能。自动化控制系统则根据监测数据实现对变电站设备的自动调节与控制, 优化电力资源配置, 提升电网运行效率。

通过硬件与软件的有效结合, 智能变电站能够实现对电力设备的全面监控与精准控制, 极大提高了电力系统的智能化水平。

##### 1.2 智能化运维的概念与需求

传统的变电站运维模式主要依赖人工巡检与手动操作, 存在着响应速度慢、误差较大以及人工成本高等问题。尤其是在大型变电站, 人工巡检面临着信息量大、工作强度高的挑战, 且一旦出现故障, 可能无法在第一时间做出

有效反应，导致设备停运或电力中断，影响电力供应的稳定性。

智能化运维的引入能够有效解决传统运维模式的不足。通过智能设备与信息技术的结合，变电站运维不仅能够实时获取设备状态，还能对设备故障进行早期预警与诊断，并自动完成故障修复或调度指令的下发。借助智能化运维系统，变电站的运维工作更加精准、灵活和高效，大大提升了电力系统的可靠性和服务质量。

### 1.3 运维管理的智能化方向

随着物联网、大数据和人工智能技术的发展，变电站的运维管理逐步向智能化方向转型。物联网技术通过广泛布置传感器、采集设备信息，能够实现对设备实时监测与远程控制，提升数据采集的精度和及时性。大数据技术对海量设备数据进行存储、分析和挖掘，能够提供智能决策支持，预测设备故障趋势，为运维人员提供精准的维护指引。

人工智能技术则通过机器学习与算法优化，在故障预测、故障诊断及自动化调度方面展现出巨大的潜力。智能化运维系统可以根据设备运行数据与历史故障记录，进行自我学习与优化，达到更加精准的故障诊断与维护策略。这些技术的结合，不仅优化了变电站的运维流程，还为电力系统的长远稳定运行提供了强有力的保障。

## 2 远程可视化运维技术

### 2.1 远程可视化运维的基本原理

远程可视化运维的核心原理在于通过高效的监控与数据采集技术，实现对变电站设备的实时监测与远程操作。传感器、PLC（可编程逻辑控制器）等设备是数据采集的基础，通过它们可以持续监测变电站设备的运行状态，如电流、电压、温度、湿度等关键参数。传感器收集到的数据通过通讯接口传输至中央控制系统，为后续分析提供信息。PLC系统则能够控制设备的开关动作，并将反馈信息传送至监控系统。通过这一过程，数据采集与实时监控得以顺利进行，确保变电站各项设备的稳定运行。

可视化运维系统通过集成并整合大量来自不同设备的数据，生成直观的图形化界面，方便操作人员进行远程监控与操作。这些界面包括设备运行状态、报警信息、故障点定位等，使得操作人员能够在不在现场的情况下，直观了解变电站的整体运行状况，并及时进行远程干预和操作调整。

### 2.2 关键技术及应用

远程可视化运维系统的关键技术之一是通信技术。随着5G、LTE和光纤网络的广泛应用，变电站的数据传输速率得到了显著提升。这些通信技术确保了数据的实时传输与高效交换，使得远程操作和监控变得更加迅速和准确。5G网络尤其具备超低延迟和高带宽特性，能够满足大规模数据采集和远程控制的需求。

此外，大数据和云计算的结合在远程可视化运维中发

挥了重要作用。海量数据通过云平台进行存储与分析，利用大数据分析技术可以对历史数据进行深度挖掘，识别设备潜在故障隐患并进行预警。云计算则为数据处理和运算提供强大的支持，确保运维人员能够快速获得准确的故障诊断与预测结果，实现更加精细化的预测性维护。这些技术共同推动了远程可视化运维的智能化和高效化。

## 3 无人值守技术

### 3.1 无人值守技术的定义与发展

无人值守技术指通过自动化和智能化手段，替代人工值守，实现变电站设备的自我监控、运行与维护。传统变电站依赖大量人工巡检与现场操作，存在较高的成本和风险。随着自动化技术的发展，逐步引入了远程监控、自动化控制和智能检测等技术，能够在没有人工干预的情况下自动进行故障诊断和处理。无人值守的应用使得变电站的管理模式从传统人工操作转向高度集成和智能化操作，大大提高了运行效率，降低了人员风险。

无人值守技术经历了从单一自动化设备到多层次智能化、自动化平台的进步。早期，自动化设备能够实现简单的开关控制与设备监测，但无法应对复杂的故障诊断与自我修复。随着技术的进步，智能化平台不仅具备了实时数据采集、监控与报警功能，还引入了机器学习与人工智能技术，使得系统可以进行自主判断与决策，大幅提升了无人值守技术的能力和可靠性。

### 3.2 无人值守技术的关键技术

无人值守技术的实现依赖于智能化控制与监控技术，包括智能传感器、自动化控制系统、机器视觉等。这些技术通过感知变电站设备的各类运行参数，如电流、电压、温度、设备状态等，能够实时监控设备运行情况。智能传感器提供精确的环境数据，自动化控制系统根据数据进行实时调整，确保设备处于最佳运行状态。机器视觉技术则通过图像识别，辅助系统检测设备的外部状态和可能的损坏。

数据集成与智能分析是无人值守技术的另一关键组成部分。系统通过实时数据监控，对设备运行状况进行分析，自动识别潜在的故障隐患，并生成预警信息。智能分析平台结合大数据技术，对历史数据进行深入分析，预测设备可能出现的故障，并提前采取预防措施，极大提高了设备的可维护性和故障恢复能力。

### 3.3 无人值守的技术挑战与解决方案

尽管无人值守技术带来了许多优势，但仍面临着一定的技术挑战。首先，技术可靠性问题不可忽视。设备故障、传感器失效、数据丢失等问题可能导致系统功能失常。为解决这一问题，智能系统需要具备冗余设计、容错机制及自我修复能力，确保在设备发生故障时，系统能够及时切换到备用设备并保持稳定运行。

其次，安全性问题也是无人值守系统的一大挑战。随着设备联网程度的增加，网络攻击和数据泄露的风险也随

之上升。为确保系统的安全性,需采取多层次的网络安全措施,包括加密技术、身份认证、防火墙和入侵检测系统等,确保设备和数据的安全传输与存储。

最后,环境适应性问题也在实际应用中不可忽视。变电站通常位于偏远或恶劣的环境中,极端天气、温湿度变化及尘土污染等因素可能对设备的运行产生影响。为提高无人值守系统的环境适应能力,需要对设备进行特殊设计,使其能够在恶劣条件下稳定运行,同时加强环境监控,实时评估环境因素对系统性能的影响,并采取相应措施进行调整。

#### 4 智能变电站远程可视化运维与无人值守技术的融合发展

##### 4.1 智能化与自动化的结合

远程可视化运维与无人值守技术的结合,标志着变电站运维进入了全流程自动化与智能化的新阶段。远程可视化运维通过实时监控、数据采集、远程诊断等功能,能够精确跟踪变电站设备的运行状态,及时发现潜在问题。而无人值守技术则依赖自动化控制系统,通过智能化设备实现设备的自主操作、故障检测与自我修复。两者结合后,形成了一个高度集成与协同的运维体系,能够从设备监控到故障处理的全过程实现自动化,极大地减少了人工干预。在此过程中,智能化传感器实时采集各类数据,自动化调度系统根据监控信息进行操作调整,数据分析平台通过对大量实时数据的分析,为故障预测与决策提供依据。整体来看,这种技术融合不仅提高了变电站的运维精度,还大幅提升了电网响应速度与运行效率。

在实际应用中,远程可视化系统与无人值守技术通过共享数据和实时反馈,互相补充和增强。远程监控系统实时获取各类运行数据并传输至智能平台,平台利用机器学习算法进行实时分析和故障预测。同时,自动化系统根据监控数据执行预定的控制动作,如切换负载、调整设备参数等,确保变电站始终处于最优状态。两者协同工作,不仅大幅减少了人为操作错误,还提升了变电站的运行效率和安全性。

##### 4.2 智能化运维系统的未来发展趋势

随着技术的进步,智能化运维系统将迎来更深层次的发展。人工智能(AI)和机器学习在故障诊断中的应用,将使变电站能够通过智能分析提前预测设备故障。机器学习算法能够通过历史数据的深度分析,识别出设备可能发生事故的潜在风险,并根据这些数据进行预警。智能系统可以自动判断何时进行维护或更换设备,降低突发性故障的风险,提高电网的稳定性与可靠性。

此外,5G与边缘计算技术的应用将极大提升智能化运维的效率。5G网络提供超高速的通信能力和超低延迟,使得远程监控和实时数据传输更加稳定与流畅。边缘计算

则将数据处理从中心云端移至现场,减少了数据传输过程中的延迟,提高了数据处理的实时性,特别是在对时效性要求较高的运维场景中尤为关键。5G与边缘计算的结合将为智能运维提供强大的数据支撑,使得变电站能够实时响应各种设备变化和突发状况。

无人机与机器人技术的应用,将进一步提升变电站的巡检能力。这些智能设备能够执行高风险、高强度的巡检任务,例如高空设备检查、紧急故障排查等,替代人工完成这些工作。无人机通过搭载高清摄像头和传感器,能够在危险环境下进行高效巡检,及时发现潜在隐患。机器人则能够进行现场维护和修复作业,减少了人工在危险环境中的暴露,提升了整体运维效率和安全性。这些先进技术的结合与发展,将推动智能变电站迈向更加高效、精准、智能的运维新时代。

#### 5 结束语

智能变电站的远程可视化运维与无人值守技术代表了电力行业未来发展的方向。通过智能化监控、自动化控制以及大数据分析,这些技术实现了变电站的高效、智能化运维,不仅提升了设备管理的精确性和响应速度,还显著降低了人工成本和安全风险。远程可视化运维系统和无人值守技术的结合,使得变电站能够在无人工干预的情况下完成设备监控、故障诊断与处理,推动了电力系统的智能化升级。未来,随着AI、5G、边缘计算等技术的不断成熟,智能化运维系统将更加高效、智能,为电力行业提供更强大的支撑,进一步优化电力资源管理,提升电力供应的安全性和可靠性。智能变电站的技术创新不仅是行业发展的必然趋势,也为全球能源转型和绿色发展提供了有力支持。

#### [参考文献]

- [1]王莉. 浅谈变电站远程可视化顺序控制系统[J]. 智能城市, 2018, 4(14): 167-168.
  - [2]栾士岩, 杨晶鑫, 王永辉, 等. 智能变电站远程可视化运维与无人值守技术研究及实现[J]. 电气应用, 2023, 42(1): 7-14.
  - [3]羊大海. 基于物联网技术的远程可视化智能变电站运行维护实施方案研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(10): 78-80.
  - [4]涂福荣. 智能变电站预制舱远程可视化运维方案研究[J]. 电气时代, 2023(6): 88-90.
  - [5]黄亮. 基于物联网技术的远程可视化智能变电站运维实施方案研究[J]. 电气技术与经济, 2023(8): 171-173.
- 作者简介: 陈亮(1988.8—), 男, 河北省唐山市人, 汉族, 本科学历, 助理工程师, 就职于芦台经济开发区水务电力局, 从事电力调度变电站运维相关工作。