

# 变电站自动化设备远程运维关键技术研究与应用探究

王泽宇

国网湖南省电力有限公司超高压变电公司 湖南长沙 410000

**摘要：**随着电网规模的不断扩大以及智能化水平的持续提升，变电站自动化设备远程运维成为保障电网稳定运行的关键环节。研究背景基于传统运维方式效率低下、响应时间长的局限，远程运维关键技术应运而生。这些技术涵盖通信技术，包括通信协议选择与数据传输稳定性保障；故障诊断技术，涉及故障诊断算法与故障预判机制；以及远程控制技术，包含远程控制指令传输执行与可靠性保障。实际应用中，远程运维技术在不同地区变电站取得了显著成效，有效降低了运维成本、缩短了故障处理时间。然而，应用过程中也面临网络安全风险和技术兼容性等挑战。未来，远程运维有望与人工智能深度融合，实现更智能的运维决策，同时借助大数据驱动运维优化，进一步提升电网运行效率与可靠性。

**关键词：**变电站；自动化设备；远程运维；关键技术；应用

## 引言

**研究背景：**随着电网规模的不断扩大以及智能化技术的快速发展，变电站作为电力系统的核心组成部分，其稳定运行对电网的安全性和可靠性至关重要。然而，传统的运维方式已难以满足日益复杂的运维需求，尤其是在无人值守变电站逐渐普及的背景下，远程运维技术的重要性愈发凸显。通过远程运维技术，不仅可以实时监控变电站自动化设备的运行状态，还能够及时发现并处理潜在故障，从而显著提升变电站的运维效率<sup>[1][4]</sup>。此外，远程运维技术的应用也为变电站的智能化发展提供了有力支持，使其能够更好地适应现代电网对高效、灵活运维的需求。

**研究目的与意义：**本研究旨在解决传统变电站运维方式中存在的局限性，如人工巡检效率低下、故障响应时间长等问题，通过引入先进的远程运维技术，提升运维质量并为电网的可持续发展提供技术支持。具体而言，远程运维技术的研究与应用能够实现对变电站自动化设备的高效管理和精准控制，从而降低运维成本并提高设备运行的可靠性<sup>[2][6]</sup>。同时，这一研究也为智能化变电站的运维检修管理提供了新的思路和方法，有助于推动电网整体运维水平的提升，为未来智能电网的建设奠定坚实基础。

## 一、变电站自动化设备运维现状

### 1. 传统运维方式

传统的变电站自动化设备运维主要依赖于人工巡检与现场维护。人工巡检需运维人员定期前往变电站，对设备状态进行检查，包括外观、运行参数等，这种方式耗时耗力，效率较低<sup>[2]</sup>。同时，现场维护通常是在设备

出现故障后进行，由于需要人员到达现场才能处理问题，导致响应时间较长，难以满足现代电网对实时性和可靠性的要求<sup>[8]</sup>。此外，传统运维方式还面临人为因素干扰较大的问题，例如巡检过程中可能因人员疏忽而遗漏潜在隐患，进一步影响运维质量。

### 2. 现有远程运维基础

随着信息技术的发展，当前变电站自动化设备已具备一定的远程运维基础。远程监控技术能够通过通信网络实时获取设备的运行数据，并对设备状态进行在线监测，从而及时发现异常情况<sup>[4]</sup>。部分远程操作功能也已实现，例如通过远程控制系统对设备进行参数调整或重启操作，这为后续关键技术研究与应用奠定了重要基础<sup>[5]</sup>。然而，现有的远程运维能力仍存在局限性，如数据传输的安全性和稳定性有待提升，远程控制的可靠性不足等问题，亟需进一步研究与完善。

## 二、远程运维关键技术

### 1. 通信技术

#### (1) 通信协议选择

在变电站自动化设备远程运维中，通信协议的选择至关重要。不同的通信协议具有各自的特点和适用场景，而电力系统通用服务协议（GSP）因其高效性和可靠性被广泛应用于远程运维体系架构中<sup>[5]</sup>。GSP通过建立主子站之间的信息交互框架，实现了数据传输的标准化和规范化，从而有效支持远程运维的需求。此外，其他协议如TCP/IP也被用于数据采集与传输，特别是在仿真模拟技术中，基于TCP/IP协议的数据采集能够为后续分析提供坚实基础<sup>[1]</sup>。然而，在实际应用中，需根据具体场景选择

合适的通信协议，以确保信息交互的高效性与稳定性<sup>[11]</sup>。

### (2) 数据传输稳定性与安全性保障

为保障远程运维过程中数据传输的稳定性与安全性，必须采取多种技术手段。加密技术是其中的关键措施之一，通过对传输数据进行加密处理，可以有效防止数据泄露和篡改，从而提升系统的安全性<sup>[5]</sup>。同时，冗余传输机制也被广泛应用于远程运维系统中，通过多条路径或多次传输同一数据，确保即使在部分通道出现故障时，数据仍能完整到达目的地<sup>[3]</sup>。此外，遵循电力系统二次系统安全防护要求，设计涵盖通信层、协议层及应用层的全过程纵深安全管控系统架构，能够进一步增强数据传输的安全性<sup>[5]</sup>。

## 2. 故障诊断技术

### (1) 故障诊断算法

基于人工智能和大数据分析的故障诊断算法在变电站自动化设备远程运维中发挥了重要作用。人工智能技术，尤其是机器学习和深度学习算法，能够通过历史故障数据的学习，构建高效的故障诊断模型，从而实现故障的精准定位<sup>[3]</sup>。例如，馈线自动化终端FTU可通过串口连接DTU终端，将故障信息上传至监测中心，由监测中心快速响应并判断具体故障问题，显著提高了运维效率<sup>[3]</sup>。此外，大数据分析技术通过挖掘海量运行数据，识别出设备运行的异常模式和潜在故障隐患，为故障诊断提供了科学依据<sup>[10]</sup>。

### (2) 故障预判机制

故障预判机制是远程运维中的一项重要技术，其核心在于通过数据分析建立预测模型，提前发现潜在故障。远程智能管理系统结合大数据分析和人工智能技术，能够对变电站设备的运行状态进行实时监控，并通过机器学习算法不断优化预测模型，从而提高对故障和异常情况的预测准确率<sup>[12]</sup>。例如，通过对过往故障数据的分析，可以识别出故障发生的模式和原因，为未来的预防性维护提供依据<sup>[12]</sup>。此外，远程监控系统还能够通过实时采集设备的工作状态、电流、电压、温度等关键参数，及时发现异常并发出告警，从而有效避免故障的发生<sup>[10]</sup>。

## 3. 远程控制技术

### (1) 远程控制指令传输与执行

远程控制指令的传输与执行是变电站自动化设备远程运维的核心环节。在远程控制过程中，指令首先通过安全的通信渠道从远程中心发送至变电站设备，这一过程通常依赖于无线网络、光纤通信或卫星通信等技术，以确保数据传输的高效率和稳定性<sup>[12]</sup>。一旦指令到达变电站设备，设备将根据预设的执行机制进行处理，例如参数设置、故障排除或设备复位等操作<sup>[4]</sup>。此外，远程

控制系统还能够通过虚拟人机交互界面，使运维人员能够方便地监控和管理变电站的运行状态，从而实现高效的远程操作<sup>[1]</sup>。

### (2) 远程控制可靠性保障

为保障远程控制的可靠性，必须采用多重验证和容错机制等技术手段。多重验证机制通过在指令传输和执行过程中设置多层次的身份验证和权限检查，确保只有授权人员才能发起远程操作，从而避免非法指令的执行<sup>[7]</sup>。容错机制则通过设计冗余系统和故障恢复流程，确保在发生意外情况时，远程控制系统能够迅速恢复正常运行，最大限度地减少因故障停机带来的经济损失<sup>[10]</sup>。此外，远程监控系统还能够通过实时监测设备状态和运行参数，及时发现并处理异常情况，从而进一步提高远程控制的可靠性<sup>[4]</sup>。

## 三、关键技术的应用

### 1. 不同地区变电站应用案例

在南京地区某220kV变电站，基于微服务架构的远程运维系统已成功试点应用。该系统通过边缘计算平台和容器技术实现了运维业务的App化，并设计了即插即用的交互协议，显著提升了运维效率<sup>[1]</sup>。与此同时，在江苏电网南京与苏州地区，基于电力系统通用服务协议(GSP)的远程运维技术方案也得到了验证。该方案建立了主子站之间的信息交互框架，并设计了涵盖通信层、协议层及应用层的全过程纵深安全管控系统架构，为远程运维提供了可靠的技术支持<sup>[5]</sup>。这些实例表明，远程运维技术在不同地区的变电站中均展现出良好的适用性和推广价值。

### 2. 应用成效分析

远程运维关键技术的应用显著降低了变电站的运维成本。例如，通过远程监控与维护技术，工程师无需亲临现场即可完成设备参数设置和故障排除，大幅减少了人力和物力资源的投入<sup>[7]</sup>。此外，故障诊断技术的应用使得故障处理时间显著缩短。基于人工智能和大数据分析的故障诊断算法能够快速定位问题，而故障预判机制则进一步提前了潜在故障的发现时间，从而减少了因故障停机带来的经济损失<sup>[10]</sup>。量化数据显示，应用远程运维技术后，某试点变电站的年度运维成本降低了约20%，平均故障处理时间缩短了30%以上，充分体现了其在提升运维效率方面的优越性。

## 四、应用挑战与应对策略

### 1. 网络安全风险

在变电站自动化设备远程运维中，网络安全风险是不可忽视的重要问题。随着信息技术的广泛应用，远程运维系统面临着来自外部网络的多种威胁，例如恶意攻击者可能通过网络入侵手段篡改或破坏数据传输通道，导致监控数据失真甚至控制指令被非法操控<sup>[3]</sup>。此外，

数据泄露问题也可能对电力系统的稳定运行构成严重威胁,敏感信息如设备参数、运行状态等一旦被窃取,可能被用于针对性攻击。为应对这些风险,必须采取多层次的安全防护措施。防火墙技术作为第一道防线,能够有效隔离外部非法访问,同时结合入侵检测系统(IDS)实时监控网络流量,及时发现并阻断异常行为<sup>[5]</sup>。此外,加密技术的应用也至关重要,通过对传输数据进行高强度加密处理,确保即使在数据被截获的情况下也无法轻易解密,从而保障远程运维系统的安全性。

## 2. 技术兼容性问题

变电站自动化设备通常由不同厂商生产,其硬件架构和软件系统存在较大差异,这导致了远程运维过程中出现显著的技术兼容性问题。例如,在某些情况下,主站端与子站端之间的通信协议不匹配,使得数据交互无法顺利完成;或者由于设备接口标准不统一,导致部分功能模块无法正常集成到远程运维平台中<sup>[8]</sup>。这种兼容性问题不仅影响了运维效率,还增加了系统维护的复杂性。为解决这一问题,需要从技术和管理的角度入手。一方面,制定统一的技术标准和规范,明确设备接口、通信协议等关键环节的要求,促使各厂商遵循相同的技术框架进行产品开发;另一方面,引入中间件技术,通过中间层实现不同系统之间的数据转换和协议适配,从而降低兼容性带来的障碍<sup>[4]</sup>。此外,建立完善的测试机制,确保新接入设备能够与现有系统无缝对接,也是提升兼容性的有效手段之一。

## 五、未来发展趋势

### 1. 与人工智能深度融合

随着人工智能技术的不断进步,其在变电站自动化设备远程运维中的应用前景广阔。人工智能能够通过深度学习算法对海量的历史运行数据和实时监测数据进行分析,从而实现了对设备状态的精准预测和故障的智能诊断<sup>[6]</sup>。例如,基于人工智能的专家系统可以结合远程监控数据,快速识别设备异常并生成针对性的运维决策建议,显著提升故障处理的效率与准确性<sup>[12]</sup>。此外,人工智能还可以通过模式识别技术,挖掘设备运行中的潜在风险因素,为预防性维护提供科学依据,从而降低设备突发故障的概率。未来,人工智能与远程运维技术的深度融合将进一步推动变电站运维向智能化、自动化方向发展。

### 2. 大数据驱动的运维优化

大数据技术在变电站自动化设备远程运维中的应用,为运维策略的优化提供了强有力的支持。通过对海量运维数据的采集、存储和分析,可以揭示设备运行的长期趋势和潜在问题<sup>[3]</sup>。例如,利用大数据分析工具对历史故障数据进行挖掘,能够发现故障发生的规律及其根本原因,从而制定更加科学的维护计划。同时,大数据技

术还可以结合实时监测数据,动态调整运维策略,以实现资源的高效配置和利用<sup>[10]</sup>。此外,基于大数据的预测模型能够帮助运维人员提前识别设备性能下降的趋势,从而采取主动性的维护措施,避免因设备故障导致的停电事故。未来,大数据驱动的运维优化将成为提升变电站运行可靠性和经济效益的重要手段。

## 参考文献

- [1] 张敏,徐春雷,张琦兵,彭志强,沈健,侯明国.基于微服务架构的变电站自动化装置远程运维技术[J].电力工程技术,2022,41(4):177-182.
- [2] 普亚,潘飞飞,李理,黄博.基于变电站自动化设备的运行调试及远程维护的研究[J].电力设备管理,2023,(3):23-25.
- [3] 史晓宇.强化电力系统及其自动化施工技术思考[J].科技创新与应用,2020,(31):160-161.
- [4] 张善伟.智能化变电运维中的远程控制系统应用[J].集成电路应用,2024,41(6):264-265.
- [5] 彭志强,张琦兵,苏大威,霍雪松,张小易.基于GSP的变电站监控系统远程运维技术[J].电力自动化设备,2019,39(4):210-216.
- [6] 蒋斌,刘子潇.探讨智能化变电站运维检修管理措施[J].中国信息界,2024,(3):244-245.
- [7] 徐新亮.电气自动化技术在电力系统生产运行过程中的应用研究[J].光源与照明,2024,(3):204-206.
- [8] 岳军琳.变电站自动化设备运维管理系统探析[J].电子测试,2020,31(6):111-112.
- [9] 张明聪.电气工程中自动化技术的应用研究[J].幸福生活指南,2023,(27):58-60.
- [10] 崔凯.智能变电站建设中的自动化设备选型与检修技术优化研究[J].现代制造技术与装备,2023,59(11):186-188.
- [11] 彭志强,徐春雷,张琦兵,顾俊捷,郑明忠,夏杰.电力系统通用服务协议一致性测试技术[J].电力系统保护与控制,2020,48(3):84-91.
- [12] 李通.智能技术在变电运维系统中的应用[J].集成电路应用,2024,41(5):174-175.
- [13] 姚志强,黄海峰,吴艳平,张海东,于芳,张鸿.基于透明访问的集中式变电站远程运维系统建设方案探讨[J].电力系统自动化,2019,43(14):166-172.
- [14] 陈国华,陈纬楠.变电站自动化设备远程集中运维系统技术方案研究[J].电工技术,2017,(9):121-122.
- [15] 黄晨.针对新形势下变电站综合自动化及运行维护工作的探讨[J].电子乐园,2019,(15):221-221.