

电力技术

基于物联网的光伏电站远程运维技术研究

张磊

浙江嘉越能源科技有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8087

[摘要] 随着全球对清洁能源的需求不断增长，光伏电站的规模日益扩大，其运维管理工作变得愈发重要且极具挑战性。本文围绕基于物联网的光伏电站远程运维技术展开深入研究。阐述了传统光伏电站运维面临的效率低下、故障发现不及时等问题，介绍了物联网技术在光伏电站远程运维中的应用原理、架构及关键技术。详细分析了该远程运维技术在实时监测、故障诊断、预测性维护等方面的功能实现与应用优势，通过实际案例展示其应用效果，旨在提升光伏电站运维的智能化水平与效率，降低运维成本，保障光伏电站稳定、高效运行，为光伏产业的可持续发展提供有力支撑。

[关键词] 物联网；光伏电站；远程运维技术；智能化运维

[中图分类号] TM615

Research on remote operation and maintenance technology of photovoltaic power station
based on Internet of Things

Zhang Lei

Zhejiang Jiayue Energy Technology Co., LTD.

[Abstract] As the global demand for clean energy continues to grow, the scale of photovoltaic power stations is expanding, making their operation and maintenance increasingly important and challenging. This paper delves into the remote operation and maintenance technology for photovoltaic power stations based on the Internet of Things (IoT). It addresses issues such as low efficiency and untimely fault detection in traditional photovoltaic power station operations, and introduces the principles, architecture, and key technologies of IoT applications in remote operation and maintenance. The paper provides a detailed analysis of the functional implementation and application advantages of this remote operation and maintenance technology in real-time monitoring, fault diagnosis, and predictive maintenance. Through practical case studies, it aims to enhance the intelligence level and efficiency of photovoltaic power station operations, reduce maintenance costs, ensure stable and efficient operation of photovoltaic power stations, and provide strong support for the sustainable development of the photovoltaic industry.

[Key words] Internet of Things; photovoltaic power station; remote operation and maintenance technology; intelligent operation and maintenance

传统光伏电站运维以人工巡检为主，存在巡检周期长不利于及时发现电站故障、人工数据记录易出错、运维效率低、人力成本高这些缺陷。物联网的迅猛发展为解决上述问题带来了新的想法和方法。物联网光伏电站运维技术远程可以实时、准确、智能监测、监控光伏电站的设备和运行状态，能有效提升光伏电站的运维精准度和及时性，对于进一步提升光伏电站整体运行效益、助力光伏产业走向智慧化发展具有十分重要的现实价值，值得深入学习和研究。

1 传统光伏电站运维现状及问题分析

1.1 运维现状概述

传统光伏电站运维模式主要是人工巡检以及常规检修结合的方式进行运行。人工巡检主要是通过专业的运维巡检人员以固定的巡检路线、巡检周期的方式，对于光伏电站的各个方位进行现场检查。巡检主要包括光伏组件、逆变器、汇流箱、支架等各个关键设备与部位。对于光伏电站运维人员来说，主要通过眼睛观察光伏组件表面有无损坏、有无积尘污垢、有无遮蔽物，使用工具对逆变器工作状态进行检查，对汇流箱的线缆接头进行检查，查看支架的可靠性等。

定期维护工作则包括对设备的清洁、紧固螺丝、更换老化部件等操作，比如定期清理光伏组件表面的灰尘以保证光照接

收效率，对松动的支架螺丝进行紧固防止出现安全隐患等。

1.2 存在问题分析

1.2.1 巡检效率与及时性问题

人工巡检受人力、时间等因素制约，巡检效率低下、及时性差。首先，光伏电站往往面积较大，特别大型地面电站有可能绵延几平方公里，运维人员需要步行或用车辆来巡检，需要花费很大时间奔波于各个地方，难以短期内完成全部巡视工作。二是巡检线路在一些交通不便利、分布于偏远山区、荒漠的光伏电站，尤其是山区光伏电站部分路段不通汽车，巡检人员需要步行前往，延长了巡检时间。

而且即使按照巡检周期定时巡检，仍然可能会存在故障没能及时发现的现象。例如，光伏组件在两次巡检间隔期内突然发生故障，如发生内部线路上的隐性故障，因不能实时监测，待下一次巡检时可能会发现，而这期间该组件不能正常发电，造成整个电站的发电效率受到影响，而且可能由于小故障未得到及时解决而发生大故障。18.9%

1.2.2 数据准确性与利用问题

人工记录运行数据易出现漏记、错记问题。运维人员在长时间巡视记录数据的过程中，记录的数据量较多，可能会由于疲劳等原因发生数据记录遗漏、错误的情况，导致后续数据的分析并不准确。

另外，随着长期积累的大量运维数据，传统的人工分析难以从中获取有用的运维数据，通常只以简单的数据形式记录在纸张或文档中，并缺乏进行数据挖掘的方法与工具，不能对数据之间相关性 & 数据背后的运行规律进行有效分析，无法为科学、客观地指导运维起到应有的作用，使得运维工作依旧“看天吃饭”以及经验的局限性不利于精确发现偏差、提升优化运维决策。

2 物联网技术在光伏电站远程运维中的应用原理与架构

2.1 应用原理

第一步是设置不同类型传感器，在光伏电站的相关部位如在光伏组件处设置光伏组件温度传感器、光照强度传感器，用来实时采集组件处的温度状态及光照强度；在光伏并网逆变器、汇流箱等电气设备处设置电流电压传感器，采集其相关电气运行参数。传感器相当于一双“手”，时刻探测着电站各部位的相关数据，并反馈到转换成电信号和数字信号。

接着，网络通信发挥“桥梁”作用，运用如 ZigBee、LoRa 等无线通信技术，或者光纤通信等有线通信方式，把传感器采集到的数据按照相应的通信协议，稳定且高效地传输至远程监控平台。无论电站地处偏远山区还是广袤荒漠，只要通信网络覆盖，数据就能突破地理限制及时送达。

2.2 架构组成

基于物联网的光伏电站远程运维系统主要由感知层、网络层和应用层构成。

感知层是系统最底层，包括各个传感器、智能仪表等，通过温度传感器实时感知光伏组件温度；光照传感器实时感知光

照状态；智能电表监测电量信息等全面、准确采集电站所有的物理量以及状态数据，为下一步的运维提供第一手资料。

数据传输依靠网络层实现，选择合适的通信方式要匹配电站规模及地理条件。小型相对集中式电站可选择 ZigBee 等短距离无线通信技术，而大型、分布广泛式的则可能需要利用 4G/5G 或者光纤通信实现数据在不同设备、不同区域间快速、稳定、安全传输，实现远程监控平台及时获取现场数据。

应用层是实现远程运维的核心功能，拥有对大量数据进行分析、处理、呈现、运维决策的能力。把收集的数据信息汇总、分析，在图形化界面呈现实电站运行概览、区域内设备健康状态、发电效率等信息，同时结合 AI 等技术进行故障诊断、预防性维护等，协助运维人员通过远程运维相关设备，实时响应，主动运维，实现电站运维稳定运行。三层协同、相互配合形成光伏电站高效的远程运维体系。

3 基于物联网的光伏电站远程运维关键技术

3.1 传感器技术

传感器技术在基于物联网的光伏电站远程运维中起着至关重要的作用。光伏电站中会运用多种类型的传感器来全方位采集电站运行所需的数据。

常见的有温度传感器，它是利用不同的物理原理，如热敏电阻随温度上升而阻值变化的原理，利用热电偶的热电效应原理，准确测量光伏发电组件、逆变器等装置的温度。在光伏发电组件上的温度过高，会影响光伏发电组件的发电效率，还易引发光伏发电组件产生热斑效应等故障，当温度传感器实时测量的温度较高时，运维人员可以实时知道组件上的温度，适时进行散热等处理。

光照传感器则利用光电效应将光照转化为电能信号，并准确掌握光伏电站各位置区域的光照情况。不同的光照条件直接影响着光伏组件的发电量，而光照不均匀意味着部分区域存在遮挡现象，通过光照传感器回传的数据，可以快速掌握并处理出现遮挡可能存在的隐患，确保组件充分的光接收进行发电。

3.2 通信技术

对于光伏电站来说，通信技术对于光伏电站远程运维的发展起到了非常重要的作用，它是实现通信数据远程传输的重要技术环节。当前市场上的光伏电站远程运维通信技术类型比较多，不同的通信技术自身特点也不同，具有自身各自适用的场合范围。

比如 ZigBee 技术是短距离无线通讯技术，这使得它因为功耗低、便宜并且具有良好的自组网能力而拥有着广泛的应用，也就适合小规模光伏电站内的近距离数据采集。比如在点位密集的光伏方阵内，传感器内部需要数据通讯、传感器和本地数据汇聚器间需要数据通讯等，利用 ZigBee 可以组建一个可靠的无线传感网，保证数据传输的通畅。

LoRa 技术可以实现长距离的传输、低功耗、强抗干扰等特点，针对分布较分散、远离市区的光伏电站可跨越一定距离将各个区域的终端采集数据传输到统一接收基站，进而完成到远程监控平台的转发，解决了长距离传输的问题。

4G/5G等蜂窝网络通讯技术传输速率高、通信范围广，适用于大规模、需要实时传输大量数据的光伏发电站，能够保障大量的传感器数据、设备工况数据等实时快速稳定地传输到远端监控平台，满足运维人员实时数据需求。

3.3 大数据与人工智能技术

大数据技术作为光伏电站运维工作对海量数据进行存储、管理和大数据分析。光伏电站每天会产生大量的运行数据，例如传感器收集实时数据、历史故障记录、设备维护数据等，大数据技术依托于分布式存储系统等对海量异构的数据进行整合存储，让海量数据得到方便的调用和分析。

另一方面，结合大数据分析算法，比如数据分析的算法，数据挖掘算法，关联分析算法等，挖掘出数据背后隐藏着的规律及潜藏的问题，例如分析不同时段、不同季节发电数据与环境数据之间的相关性，找出影响发电效率的重要因素，作为优化运维策略的依据。

人工智能技术更使得远程运维的智能化得以变革。机器学习的监督学习算法可以根据大量的历史故障数据和相应的设备运行状态数据训练得出故障诊断模型，在接收到实时数据时可快速准确地辨识设备是否发生故障以及故障类型、故障位置等，辅助运维人员准确及时地进行维修。

深度学习中的神经网络，凭借其强大的非线性拟合能力，还能对设备的运行趋势进行预测，实现预测性维护。通过分析历史数据中设备运行参数的变化趋势，提前预判可能出现的故障隐患，制定相应的维护计划，变被动的故障应对为主动的预防，延长设备使用寿命，降低运维成本，极大地提升了光伏电站运维的智能化水平和整体效益[4]。36.8%

4 基于物联网的光伏电站远程运维技术的功能实现与应用优势

4.1 功能实现

实时监测功能：

通过物联网技术，光伏电站中分布着大量的各类传感器，它会将多个重要数据进行实时监控，这样就能够达到一个全面的、精准的、实时的全面监控状态。以光照为例，光伏发电站中分布了光照传感器，能够随时将各个地区所接收的光照数据进行上报，告诉运维人员目前光伏组件光照状态如何；以温度为例，能够实时获取组件设备等的温度参数，当温度出现异常情况时，运维人员可以及时发现。另外，还通过电流电压传感器对逆变器、汇流箱等电气设备的数据进行实时采集，通过网络传输上报至远程监控平台上，以数据化的方式表现光伏电站的运行情况，例如电站的各个设备健康指数、电站的发电功率等，在光伏电站的监控平台上以可视化的方式呈现，运维人员在监控平台上可以对各光伏电站的设备健康状态等进行分析 and 了解，运行情况无论在家还是出差到什么地方都可随时查看，就像在电站一样，这无形中提高了对光伏电站运行情况的掌握及时性和精准度。

故障诊断功能：

基于物联网实时采集的数据，通过大数据、人工智能挖掘分析实现故障诊断功能。当设备运行状态参数突破正常阈值时，如光伏组件发电功率突然下滑、逆变器电流突变等情况发生时，通过前期建立的故障诊断模型、历史数据、实时采集数据特征快速准确地确定设备故障类型，定位故障发生的部位，甚至分析故障原因，比如光伏组件内部线路损坏，还是逆变器某个电子元件故障等，为运维人员实施维修措施提供支撑依据，大大缩短了故障排查周期，减少因故障造成的发电损失。

4.2 应用优势

适用性：物联网远程运维在运维管理方面的作用一是降低运维工作强度。传统模式往往依靠人工现场巡检，通过物联网远程运维技术，大大减少了人工现场巡查的工作量，远程检测即可进行发现问题，通过对故障的诊断快速锁定故障点，故障处理时间大大缩短，使得远程运维工作更加高效、有序地完成。

二是降低运维成本。准确的故障诊断防止不必要的全面排查和过度维修，预知性维护减少因意外故障造成的产品毁损以及停机损失，降低人力物力投入，控制好运维成本，提升光伏电站的经济效益。

最后，确保电站长期可靠运行。在线监测、故障及时诊断处理及先期潜在风险防范等功能实现了电站各种设备长期、可靠、高效运行，发电出力长期稳定在较高水平，提高了电站的可靠性，更好地满足用电要求，促进光伏产业健康稳定发展。

5 结语

物联网光伏电站远程运维技术对于光伏电站的运维管理模式形成了一种全新的变革，很好地解决了传统运维模式下的一些难题，提高了光伏电站的运维效率，降低了运维成本，保障光伏电站的有效安全运行。目前的运行中虽然还存在一些需要完善的地方，但是随着相关技术的不断创新和完善，相信光伏电站的远程运维技术会在光伏产业发挥出更大的优势，促进清洁能源的发展，为全球可持续发展目标的实现贡献更多的力量。

【参考文献】

- [1]史轶.光伏电站智能监控系统设计与应用[J].智能物联技术, 2024, 56(2): 101-105.
 - [2]黄大巧 王鹏飞 丁娇.基于物联网技术的光伏场站智慧运维管理平台设计与应用[J]. 2025.
 - [3]郭勇.基于物联网技术的电气仪表远程计量方法设计[J].自动化应用, 2024, 65(11): 205-207, 211.D01: 10.19769/j.zdhy.2024.11.064.
 - [4]赵阳.基于物联网技术的电气工程设备远程监测与控制研究[C]//2024 新技术与新方法学术研讨会.库柏(宁波)电气有限公司, 2024.
 - [5]刘志其, 李博, 任大磊, 等.基于物联网技术的分布式光伏电站智能运维系统[J].通讯世界, 2024, 31(6): 106-108.
- 作者简介：张磊（1991.10—），男，汉族，江西吉安人，本科学历，工程师，从事工作为光伏新能源、电力工程。