

基于泛在电力物联网的风电运维管理技术探索

曹玲燕

国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 211100

摘 要： 风电运维对于保障风电场稳定运行和提高经济效益至关重要。然而，当前风电运维管理面临专业技术人员短缺、运维成本高昂以及运维策略不合理等问题。为了解决这些挑战，基于泛在电力物联网的风电运维管理技术应运而生。该技术通过感知层技术的应用，实现对风电设备状态的实时监测；借助网络层技术的支持，实现数据的可靠传输与共享；利用平台层技术的管理，提供智能化的运维决策与优化方案。这一技术探索为风电运维管理带来了全新的解决方案，有望推动风电运维向更高效、更智能的方向发展。

关 键 词： 泛在电力；风电运维；管理技术

Exploration of Wind Power Operation and Maintenance Management Technology Based on Ubiquitous Power Internet of Things

Cao Lingyan

Guodian Nanjing Automation Co., Ltd. Nanjing, Jiangsu 211100

Abstract： Wind power operation and maintenance (O&M) is crucial for ensuring the stable operation of wind farms and improving economic benefits. However, current wind power O&M management faces challenges such as a shortage of professional technicians, high O&M costs, and unreasonable O&M strategies. To address these challenges, wind power O&M management technology based on the ubiquitous power Internet of Things (UPIoT) has emerged. This technology realizes real-time monitoring of wind turbine equipment status through the application of the perception layer, relies on the support of the network layer for reliable data transmission and sharing, and leverages the management capabilities of the platform layer to provide intelligent O&M decision-making and optimization solutions. This technological exploration brings new solutions to wind power O&M management and is expected to drive wind power O&M towards more efficient and intelligent development.

Keywords： ubiquitous power; wind power operation and maintenance; management technology

近年来，随着风电产业的快速发展，风电场运维管理面临诸多挑战，如运维成本高、专业技术人员短缺、设备故障预测能力不足等。泛在电力物联网作为新一代信息技术与传统电力系统的深度融合，通过实现电力系统各环节万物互联、人机交互，为风电运维管理提供了新的技术路径。

一、风电运维的重要性

风电运维的重要性，从其影响风电场的多个关键方面便可见一斑。它不仅关乎风电场能否安全稳定地运行，更直接影响到发电效率与整体经济效益。一个健全而高效的风电运维管理体系，能够迅速而准确地识别并解决设备运行中潜藏的问题，从而有效预防可能发生的重大安全事故，为风力发电机组营造一个无虞的工作环境。在这样的环境下，发电机组得以持续维持在最佳性能状态，从而显著提升风能转换效率，增加发电量，为风电场创造更多价值。不仅如此，通过实施精细化的运维策略，风电运维管理还能够对设备的使用情况进行细致追踪与分析，据此制定出科学合理的维护计划，有效延长设备的使用寿命。这不仅能够避免因设备过早老化或损坏而引发的额外维修成本，还能通过优化运维流程，进一步减少不必要的开支，为风电场的长期运营节省宝贵资源^[1]。所以，加强风电运维管理，不仅是对能源供应安全的

坚实保障，更是推动清洁能源发展不可或缺的一环。在能源转型与绿色低碳发展的背景下，提升风电运维管理水平，不仅能够增强风电行业的整体竞争力，还能为实现可持续发展目标贡献重要力量。通过不断优化运维策略，提高运维效率，风电运维管理正逐步成为引领风电行业迈向更加绿色、高效未来的关键驱动力。

二、风电运维管理现状

（一）专业技术人员短缺

专业技术人员短缺这一问题，在风电运维管理领域表现得尤为突出且紧迫。随着全球范围内对可再生能源，特别是风能的大力推广和应用，风电产业迎来了前所未有的发展机遇，装机容量逐年攀升，风电场遍布各地。这一迅猛的发展势头，直接推动了对风电运维专业技术人员的巨大需求。这些人员不仅需要掌握扎实的电气、机械、自动化控制等专业知识，还需具备丰富的现场

运维经验，能够迅速识别并解决风电设备在运行过程中出现的各种复杂问题。同时，高度的责任心和良好的团队协作能力也是不可或缺的，以确保运维工作的顺利进行和风电场的安全稳定运行。然而，现实情况却远非如此乐观。由于风电技术的专业门槛较高，且涉及多学科交叉，市场上真正符合上述要求的运维人才显得凤毛麟角。一方面，现有的教育体系在风电运维专业人才培养方面尚存在不足，相关课程设置和实践机会有限，难以满足行业快速发展的需求。另一方面，风电场往往位于偏远地区，工作环境相对艰苦，对人才的吸引力有限，导致许多优秀人才流失或不愿涉足该领域^[9]。这种人才短缺的现状，不仅使得运维团队的整体素质难以得到有效提升，影响了运维工作的质量和效率，还进一步加剧了风电场运维成本的上升压力。为了弥补人才缺口，企业不得不投入更多的资源和精力去培训和吸引人才，这无疑增加了运营成本，降低了企业的盈利能力。此外，人才短缺还可能导致运维工作的延误和失误，给风电场的安全稳定运行带来潜在风险，影响整个风电产业的健康发展。

（二）运维成本高昂

运维成本高昂这一难题，在风电行业中尤为凸显，成为制约其进一步发展的主要瓶颈之一。首先，从地理位置来看，风电场往往选址在风能资源丰富但人口稀少的偏远地区，这不仅意味着运维人员需要长途跋涉，穿越复杂地形，进行定期的检查和维护，还直接导致了交通成本的显著增加。加之这些地区基础设施相对落后，住宿条件有限，运维团队在执行任务时往往需要承担高昂的住宿和生活费用，进一步推高了运维的间接成本。其次，风电设备本身技术含量极高，集成了电气、机械、自动化控制等多个领域的前沿技术，这使得其维修工作极具挑战性。尤其是大型核心部件，如发电机、齿轮箱等，一旦出现故障，不仅维修周期长，而且需要专业的技术人员和精密的维修设备，维修成本自然水涨船高。此外，这些部件的更换往往涉及到复杂的物流运输和现场安装，同样需要不菲的投入。再者，风电设备长期暴露在自然环境中，极端天气条件，如强风、暴雨、雷电、低温等，都是对其性能和寿命的严峻考验。这些自然灾害不仅可能直接导致设备损坏，增加紧急维修的需求，还可能因环境因素加速设备老化，缩短其使用寿命，从而间接提高了运维成本。例如，强风可能导致叶片断裂，雷电可能引发电气系统故障，而低温则可能影响润滑油的性能和电池的续航能力，这些问题都需要及时且专业的运维处理^[9]。

（三）运维策略不合理

运维策略不合理的问题，在风电运维管理中显得尤为突出，对风电场的运营效率 and 经济效益构成了严峻挑战。具体而言，部分风电场仍然深陷于传统运维策略的泥潭，过度依赖定期检修这一被动维护方式。这种模式虽然看似稳妥，实则效率低下，资源浪费严重。定期检修往往基于固定的时间间隔进行，而不考虑设备的实际运行状况和磨损程度，导致在设备状态良好时进行不必要的维护，浪费了大量的人力、物力和财力；而在设备已经出现磨损或故障迹象时，却因未到检修周期而未能及时采取措施，错过了最佳的维修时机，不仅增加了设备故障的风险，还可能因故

障导致的停机时间延长，影响风电场的发电量和收益。更为严重的是，随着物联网、大数据、人工智能等智能化技术的快速发展，运维策略的优化和创新成为可能^[4]。这些技术能够通过实时监测设备运行状态，收集并分析大量运行数据，预测设备故障趋势，从而实现基于数据分析的预防性维护。这种策略能够大大提高运维的精准度和效率，减少非计划停机时间，延长设备使用寿命，降低运维成本。然而，许多风电场由于技术更新滞后，缺乏相应的技术支持和人才储备，或者管理观念保守，对新技术持观望态度，未能及时跟进并应用这些先进技术，导致运维策略和流程依然停留在传统模式，运维效率和效益双低，无法适应风电行业快速发展的需求。

三、泛在电力物联网的风电运维管理技术探索

（一）感知层技术的应用

在风电运维管理的广阔领域里，感知层技术无疑扮演着举足轻重的角色，它如同风电场的神经末梢，敏锐而精准地捕捉着每一处细微的变化。通过部署高精度智能传感器，这些设备如同精密的“听诊器”，能够实时且准确地采集风电设备在运行过程中的各类关键参数，包括但不限于温度、振动、电流以及电压等。这些参数的实时反馈，就像是一扇扇透明的窗户，让运维人员能够清晰地洞察到设备的内部运行状态，无论是微小的异常波动还是潜在的故障征兆，都逃不过他们的“法眼”。

不仅如此，感知层所采集的数据，还构成了后续数据分析与故障预测工作的坚实基础。借助这些数据，运维团队能够运用先进的算法模型，对设备的健康状况进行深度剖析，预测其未来的运行趋势，从而提前采取预防措施，避免或减少故障的发生。这种基于数据的运维方式，相较于传统的经验判断，无疑更加科学、准确，也更能适应现代风电运维管理的需求^[9]。而随着物联网技术的日新月异，感知层的功能也在不断拓展与深化。如今，它不仅能够实现对设备状态的实时监测，还能够完成设备身份识别与环境状态监测等任务。设备身份识别，如同为每一台风力发电机分配了一个独一无二的“身份证”，使得运维人员能够轻松追踪其全生命周期内的运行轨迹与维护记录，为设备的精细化管理提供了有力支撑。而环境状态监测，则让运维团队能够及时了解风电场所在地的风速、风向、温度等自然条件，为设备的高效运行与安全保障提供了不可或缺的信息^[6]。

（二）网络层技术的支持

网络层，作为泛在电力物联网架构中的中坚力量，其重要性在风电运维管理的实践中得到了淋漓尽致的体现。它如同一座无形的桥梁，连接着感知层与平台层，确保数据能够高速、实时且可靠地在两者间流通。在风电运维管理的场景中，网络层技术充分利用了高通量卫星、5G等前沿的无线通信技术，这些技术不仅具备极高的数据传输速率，还拥有极低的时延表现，能够在瞬息万变的风电场环境中，迅速且稳定地将感知层所采集的各类设备数据，如温度、振动、电流、电压等关键参数，以及设备身份信息和环境状态数据，准确无误地传输至平台层^[7]。

这一传输过程的高效与稳定，得益于这些先进通信技术对复杂环境的强大适应能力。无论是偏远地区风电场的信号覆盖难题，还是风电设备在高空、强风、严寒等极端条件下的数据传输挑战，高通量卫星与5G通信技术都能凭借其卓越的抗干扰能力和信号稳定性，确保数据的连续、完整传输。这种能力，对于风电运维管理来说至关重要，因为它直接关系到运维团队能否及时、准确地掌握设备状态，进而做出正确的决策与行动。有了网络层的坚实支持，风电场运维团队得以实现对设备状态的远程监控与实时诊断^[8]。他们无需亲临现场，就能通过平台层接收到的实时数据，对风电设备的运行状况进行全方位、全天候的监控，一旦发现异常或潜在故障，便能迅速响应，制定并执行相应的维修计划。这种高效的运维模式，不仅极大地提高了运维效率，缩短了故障响应时间，还有效降低了运维成本，提升了风电场的整体运营效益。

（三）平台层技术的管理

平台层，作为泛在电力物联网架构中的智慧大脑，其在风电运维管理领域扮演着举足轻重的角色。这一层级通过一系列精心设计的组件，如数据平台与物联管理中心，构建了一个高效、智能的数据处理与决策体系。在风电运维管理的日常运作中，平台层技术如同一位不知疲倦的数据分析师，对感知层所采集的海量数据进行统一的接收、处理、存储与分析。这些数据涵盖了风电设备的温度、振动、电流、电压等关键运行参数，以及设备身份识别与环境状态监测的详细信息，为风电场的智能化运维提供了宝贵的资源^[9]。

平台层不仅实现了数据的实时更新与共享，让运维团队能够随时随地获取到最新的设备状态信息，更通过大数据与云计算等前沿技术的深度应用，对风电设备的运行状态进行了全面而深入的挖掘与预测。借助这些技术，平台层能够发现设备运行中的微妙变化与潜在规律，提前预警潜在的故障风险，为运维人员提供了宝贵的决策依据^[10]。另外，平台层还具备强大的决策支持功能。它为运维人员提供了一系列便捷的决策支持工具，如故障预警系统、维修计划生成器与运维流程优化器等。这些工具不仅能够帮助运维人员快速定位故障点，准确判断故障类型与严重程度，还能够根据设备的运行状况与历史数据，智能生成维修计划与备件需求预测，大大提升了运维工作的效率与准确性。同时，通过对运维流程的持续优化，平台层还能够有效减少不必要的停机时间，提高风电设备的利用率与可靠性。

四、结语

风电运维管理对于确保风电场安全高效运行具有重要意义。当前，专业技术人员短缺、运维成本高昂及运维策略不合理等问题限制了风电运维管理的发展。基于泛在电力物联网的风电运维管理技术，通过感知层、网络层及平台层技术的综合应用，为风电运维管理带来了革命性的变革。这一技术探索不仅提升了运维效率，降低了运维成本，还实现了运维策略的智能化优化，为风电运维管理的未来发展指明了方向。

参考文献

- [1]李颖杰. 电力泛在物联网网关安全接入节点辨识模型构建[J]. 微型电脑应用, 2023, 39 (07): 139-142.
- [2]刘畅, 田里, 周亮, 王捷. 计及泛在电力物联网的室外设备安全接入方法[J]. 电子设计工程, 2023, 31 (14): 89-92+97.
- [3]赵伟国. 基于泛在电力物联网的无人值守变电站消防策略探究[J]. 消防界(电子版), 2023, 9 (11): 105-107.
- [4]金兆鹏. 泛在电力物联网应用场景探索及工程实践[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13 (05): 270-272.
- [5]周允升. 泛在电力物联网在生产中的系统设计——以小龙虾养殖为例[J]. 信息与电脑(理论版), 2023, 35 (07): 32-34.
- [6]刘鑫. 基于泛在物联网的电力物资信息化管理系统[J]. 信息与电脑(理论版), 2022, 34 (24): 213-215.
- [7]程天宇, 李龙, 林志强. 基于泛在电力物联网的智能安全监测系统设计[J]. 制造业自动化, 2022, 44 (09): 202-206.
- [8]王振乾, 朱珠, 任江华. 基于泛在电力物联网的电力运维平台设计与实现[J]. 自动化技术与应用, 2022, 41 (08): 76-79+139.
- [9]何立民. 泛在电力物联网中的智能电表[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2022, 22 (08): 4-6.
- [10]张哲宁. 云桌面在电力企业信息系统安全运维管理中的应用[J]. 现代信息科技, 2018, 2 (10): 163-164.