

风电变电运维中的远程监控与数据分析

訾宝程

国华(宁夏)新能源有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 随着风电产业的快速发展,风电变电运维的复杂性和挑战性显著增加。远程监控与数据分析技术的融合应用,为风电变电运维带来了革命性的变革。本文深入探讨了风电变电运维中远程监控系统的具体技术、数据分析的流程与应用场景,以及这些技术在提高运维效率、保障设备安全、优化运维策略等方面的具体应用和优势。

关键词: 风电变电运维; 远程监控; 数据分析

引言

风电作为可再生能源的重要组成部分,其发展和应用对于推动全球能源结构转型具有重要意义。然而,风电场的运维管理面临着地理环境复杂、设备分布广泛、运维成本高等挑战。远程监控与数据分析技术的出现,为风电变电运维提供了智能化、高效化的解决方案,成为提升风电场运维管理水平的关键手段。

1 风电变电运维中的远程监控系统

1.1 系统构成与工作原理

风电变电运维远程监控系统主要由前端数据采集层、数据传输层、云端数据处理层和终端展示层四部分组成。(1)前端数据采集层:该层部署了各类传感器(如振动传感器、温度传感器、湿度传感器等)和数据采集仪。传感器实时采集风电变电设备的运行参数和环境参数,如振动频率、温度、湿度、电流、电压等,数据采集仪则将这些模拟信号或数字信号进行初步处理并打包。(2)数据传输层:利用有线(如光纤)或无线(如4G/5G、Wi-Fi、Zigbee等)通信技术,将前端数据采集层收集到的数据传输至云端数据处理层。为了确保数据的实时性和可靠性,该层采用了多种数据传输协议和加密技术。(3)云端数据处理层:基于云计算平台,该层具备强大的数据存储、处理和分析能力。通过运用大数据技术和机器学习算法,对接收到的数据进行深度挖掘和分析,识别设备运行状态中的异常模式和潜在故障隐患。(4)终端展示层:通过本地PC端、移动显示终端等设备,向运维人员展示监控结果和分析报告。运维人员可以实时了解风电变电设备的运行状态、故障预警等信息,并据此制定相应的运维策略。

1.2 风电变电运维中的远程监控系统的关键技术

1.2.1 物联网技术

物联网技术作为远程监控系统的感知层,其核心在于实现风电变电设备之间的互联互通。通过在风电变电

设备上部署各类智能传感器和数据采集仪,可以实时采集设备的运行状态信息,如温度、湿度、电压、电流等关键参数。这些传感器如同设备的“神经末梢”,将设备的实时状态以数据的形式传递给监控系统。同时,物联网技术的应用还离不开高效的通信协议。MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)和CoAP(Constrained Application Protocol)等物联网协议,以其轻量级、低功耗的特点,成为了设备间通信的首选。这些协议能够确保数据在设备间的稳定传输,即使在网络环境不稳定的情况下,也能保证数据的及时送达,从而实现风电变电设备的实时监测和远程控制^[1]。物联网技术的引入,不仅打破了风电变电设备之间的信息孤岛,还实现了设备状态的全面感知和实时监控。这为运维人员提供了更为丰富、准确的设备信息,有助于及时发现潜在故障,提高运维效率。

1.2.2 云计算技术

云计算技术作为远程监控系统的支撑层,为系统提供了强大的计算能力和存储资源。通过构建云端数据处理平台,系统能够实现对大规模数据的实时处理和分析。这包括数据的清洗、整合、存储以及后续的挖掘和分析工作,从而揭示出数据背后隐藏的价值信息。云计算技术的另一大优势在于其弹性伸缩特性。根据远程监控系统的实际需求,云服务可以动态调整计算资源,确保系统在高并发、大数据量的情况下依然能够稳定运行。这种按需分配资源的方式,不仅提高了系统的灵活性和可扩展性,还降低了运维成本,使得远程监控系统能够更加高效地服务于风电变电运维工作。此外,云计算技术还支持多租户模式,这意味着多个风电场或运维团队可以共享同一个云端平台,实现资源的优化配置和共享利用。这进一步提升了系统的经济性和实用性,为风电变电运维的智能化转型提供了有力支撑。

1.2.3 大数据技术

大数据技术作为远程监控系统的分析层，其核心在于对海量数据的存储、处理和分析。在风电变电运维领域，随着设备数量的不断增加和监测频率的提高，产生的数据量也呈现出爆炸式的增长。如何有效地管理和利用这些数据，成为了远程监控系统面临的一大挑战。通过构建分布式存储系统和并行处理框架（如Hadoop、Spark等），大数据技术能够实现对大规模数据的快速处理和深度挖掘。这些技术不仅能够高效地存储和查询数据，还能够利用并行计算的优势，对数据进行实时的分析和处理。这使得运维人员能够更快地获取到设备的运行状态和故障信息，从而及时作出决策，减少故障对风电场运行的影响。同时，大数据技术还与机器学习算法相结合，实现对数据的智能分析和预测^[2]。通过对历史数据的挖掘和学习，机器学习算法能够建立起设备故障预测模型，对未来的设备状态进行预测和预警。这有助于运维人员提前发现潜在故障，采取预防措施，避免故障的发生，从而提高风电场的稳定性和可靠性。

2 数据分析在风电变电运维中的应用

2.1 数据分析的流程

数据分析在风电变电运维中的应用遵循一套严谨的流程，以确保分析结果的准确性和有效性。（1）数据收集：利用前端数据采集层部署的传感器和数据采集仪，实时收集风电变电设备的运行数据和环境参数。（2）数据预处理：对收集到的数据进行清洗、整合和标准化处理。清洗过程去除重复、错误和异常数据；整合过程将不同来源的数据进行合并和统一格式；标准化过程确保数据在同一尺度上进行分析和比较。（3）特征提取：从预处理后的数据中提取与运维相关的特征，如设备的运行参数、环境参数以及历史故障记录等。（4）模型构建：基于提取的特征，构建数据分析模型。常用的模型包括基于机器学习的故障预测模型、性能评估模型等。在模型构建过程中，需要选择合适的算法和参数，并通过交叉验证等方法对模型进行优化。（5）结果分析与应用：将构建好的模型应用于新数据，进行运维结果的预测和分析。分析结果以图表、报告等形式展示给运维人员，帮助其制定科学合理的运维策略。同时，根据分析结果对模型进行迭代优化，以提高预测精度和实用性。

2.2 数据分析在风电变电运维中的应用场景

在风电变电运维领域，数据分析作为一项关键技术，正逐渐发挥着不可替代的作用。通过对海量运维数据的深入挖掘和分析，运维人员能够更准确地了解设备的运行状态，预测潜在故障，评估设备性能，优化运维策略，以及合理配置运维资源。

2.2.1 设备故障预测

设备故障预测是数据分析在风电变电运维中的核心应用之一。通过构建基于机器学习的故障预测模型，运维人员能够实现对设备潜在故障的精准预判。这些模型通过学习历史故障数据和设备运行参数之间的复杂关联关系，能够识别出设备运行中的异常模式，并预测出潜在的故障隐患。在模型构建过程中，支持向量机（SVM）、随机森林（Random Forest）和神经网络（Neural Network）等算法是常用的选择。SVM算法以其出色的分类性能，能够准确区分正常状态和异常状态；随机森林算法则通过构建多个决策树，提高预测的准确性和稳定性；而神经网络算法则通过模拟人脑神经元之间的连接关系，实现对复杂非线性关系的建模和预测。运维人员可以根据故障预测模型的结果，提前采取措施进行设备修复或更换部件，从而有效避免故障发生导致的停机损失和安全风险^[3]。例如，当模型预测到某台变压器的温度异常升高时，运维人员可以立即进行现场检查，发现并处理潜在的过热问题，防止故障进一步扩大。

2.2.2 设备性能评估

设备性能评估是数据分析在风电变电运维中的另一重要应用。通过对设备运行数据的全面分析，运维人员能够准确评估设备的性能表现，为后续的维护和管理提供有力支持。在性能评估过程中，发电效率、转换效率、损耗率等关键指标是评估的重点。运维人员可以利用统计分析方法和机器学习算法对设备运行数据进行建模和分析，从而识别出性能下降的趋势和原因。例如，通过对比不同时间段的数据，可以发现设备在某些特定条件下的性能下降情况；通过机器学习算法对历史数据进行训练，可以建立起性能预测模型，对未来的性能趋势进行预测。基于性能评估结果，运维人员可以更加全面地了解设备的当前状态，并预测未来的性能趋势。这有助于他们及时发现问题并采取相应措施进行改进，从而提高设备的整体性能和可靠性。例如，当发现某台风电机组的发电效率明显低于其他机组时，运维人员可以针对该机组进行专项检查和维护，以提高其发电效率。

2.2.3 运维策略优化

运维策略优化是数据分析在风电变电运维中的又一关键应用。通过对历史运维数据的深入分析，运维人员能够发现运维过程中的规律和趋势，从而制定出更加科学合理的运维计划。在运维策略优化过程中，数据挖掘和机器学习算法是常用的工具。关联规则挖掘（Association Rule Mining）算法能够发现运维数据中的关联关系，帮助运维人员识别出影响运维效率的关键因

素；聚类分析（Clustering Analysis）算法则能够将运维数据划分为不同的类别，为运维人员提供更为清晰的运维视角。基于分析结果，运维人员可以制定出更加精细化的运维策略。例如，通过关联规则挖掘发现某些设备故障往往与特定的环境因素有关，运维人员可以在这些环境因素出现时加强对相关设备的巡检和维护；通过聚类分析发现某些设备之间的运维需求具有相似性，运维人员可以制定统一的运维计划，提高运维效率^[4]。此外，运维策略优化还包括对巡检路线、维护周期、运维资源配置等方面的优化。通过数据分析，运维人员可以制定出更加高效的巡检路线，减少不必要的重复劳动；根据设备的实际运行状况和维护需求，合理调整维护周期；根据运维任务的数量和难度，合理分配运维资源，确保运维工作的顺利进行。

2.2.4 资源配置优化

资源配置优化是数据分析在风电变电运维中的最后一项重要应用。通过对运维需求的分析和预测，运维人员能够更加合理地配置运维资源，提高资源利用效率并降低运维成本。在资源配置优化过程中，时间序列分析和预测算法是常用的方法。ARIMA模型能够准确预测未来一段时间内的运维需求变化趋势；LSTM神经网络则能够处理具有长期依赖关系的运维数据，提高预测的准确性。基于预测结果，运维人员可以更加精准地调整运维人员的数量和分布。例如，在预测到未来某段时间内运维任务将大幅增加时，可以提前调配更多的运维人员到现场进行支援；在预测到运维任务将减少时，则可以合理安排部分运维人员进行休假或培训，以提高工作效率和降低人力成本。同时，资源配置优化还包括对备品备件的库存管理和采购计划的优化。通过数据分析，运维人员可以准确预测未来备品备件的需求量和种类，从

而制定出更加合理的库存管理和采购计划。这有助于避免备品备件的积压和短缺现象，提高备品备件的利用率并降低采购成本。此外，资源配置优化还可以考虑与其他风电场或运维团队进行资源共享和协作。通过数据分析，运维人员可以发现不同风电场或运维团队之间的运维需求和资源差异，从而实现资源的优化配置和共享利用。这有助于降低整个风电行业的运维成本，提高运维效率和经济性。

结语

风电变电运维中的远程监控与数据分析技术对于提高运维效率、保障设备安全、优化运维策略等方面具有重要意义。随着物联网、云计算和大数据等技术的不断发展，远程监控与数据分析技术将在风电变电运维领域发挥越来越重要的作用。未来，我们可以期待更加智能化、高效化的运维解决方案的出现，为风电产业的可持续发展提供有力支持。同时，随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，远程监控与数据分析技术还将在其他领域发挥重要作用，推动各行各业的数字化转型和升级。

参考文献

- [1]凌阳.风电行业设备智能运维发展模式探讨[C]//中国农业机械工业协会风能装备分会.第十一届中国风电后市场交流合作大会论文集.安徽容知日新科技股份有限公司,2024:3.
- [2]李晓璐,王崧,赵冰,等.面向风电机组运维数据的知识图谱构建方法[J].动力工程学报,2024,44(06):886-894.
- [3]李子航,曹柏寒,高敏,等.基于物联网技术的海上风电运维监测与故障诊断研究[J].自动化应用,2024,65(12):264-266.
- [4]陈泉,刘斐斓,刘磊,等.风电智慧守护者:透明风场一体化运维平台[J].自动化博览,2024,41(06):36-39.