

# 新能源发电站机电设备状态监测与故障诊断技术应用研究

盛小龙

内蒙古交通集团蒙通养护有限责任公司工程分公司 内蒙古呼和浩特市

**【摘要】**本文以呼和浩特市及周边新能源电站为研究载体，聚焦风电、光伏、储能系统核心机电设备，关联公路工程机电系统，剖析高原草原环境下的配置特性与运行规律。当地沙尘、低温易引发设备故障，影响户外传感器、线缆接头等关键部件稳定，据此搭建多维度状态监测与故障诊断技术体系，探究数据采集、智能算法及可视化技术的适配应用。实践捕捉到故障前兆，提升检出率与预警提前量，降低公路机电系统运行故障发生率，推动运维向“预知维护”转型。设备适配性、数据标准等问题构成推广阻碍，研究成果仍为区域新能源电站高效运维与公路机电系统稳定运行提供双重技术支撑。

**【关键词】**新能源发电站；机电设备；状态监测；故障诊断；呼和浩特

Research on the Application of Condition Monitoring and Fault Diagnosis Technology for Electromechanical Equipment in New Energy Power Stations

Sheng Xiaolong

Inner Mongolia Transportation Group Mengtong Maintenance Co., Ltd. Engineering Branch Hohhot, Inner Mongolia

**【Abstract】**This article takes the new energy power stations in Hohhot and its surrounding areas as the research carrier, focusing on the core electromechanical equipment of wind power, photovoltaic, and energy storage systems, and linking them with highway engineering electromechanical systems to analyze the configuration characteristics and operating rules in the high-altitude grassland environment. Local sandstorms and low temperatures can easily cause equipment failures, affecting the stability of key components such as outdoor sensors and cable joints. Based on this, a multidimensional state monitoring and fault diagnosis technology system is established to explore the adaptive application of data collection, intelligent algorithms, and visualization technology. Practice captures the precursors of faults, improves detection rate and early warning, reduces the occurrence rate of faults in highway electromechanical systems, and promotes the transformation of operation and maintenance towards "predictive maintenance". The issues of equipment adaptability and data standards pose obstacles to promotion, and research results still provide dual technical support for efficient operation and maintenance of regional new energy power stations and stable operation of highway electromechanical systems.

**【Key words】**new energy power station; Mechanical and electrical equipment; Status monitoring; fault diagnosis Hohhot

## 引言

呼和浩特及周边新能源资源富集，作为交通枢纽，公路机电系统广布高原草原。沙尘、低温等环境推高风电、光伏及储能设备故障风险，也让公路机电设备出现镜头积尘、传感器灵敏度下降等问题，影响通行安全与管理效率。传统监测手段难以适配两类设备需求，故障预警滞后、定位偏差问题突出。立足区域环境特征，梳理核心设备类别与运行规律，构建针对性监测诊断体系，探究应用成效与推广瓶颈，可为提升两类系统运维水平提供技术参考。

### 一、新能源发电站机电设备类型及状态监测需求

#### （一）不同类型机电设备运行特性分析

不同类型机电设备运行特性差异显著，在呼和浩特地域环境中呈现独特表现。光伏组件光电转换效率除受光照、温

度影响，还需应对春秋季节沙尘覆盖导致的效率衰减，以及冬季低温对性能的考验，需在动态环境中维持最佳工作状态。逆变器需持续响应光照强度突变与电网负荷波动，通过最大功率点跟踪算法实时调节工作电压，确保能量转换效率稳定<sup>[1]</sup>。风力发电机组运行特性与当地风速规律高度相关，草原强阵风、乱流会使叶片和传动部件承受不规则交变应力，齿轮箱、发电机等旋转部件易因沙尘侵入加剧磨损，运行状态直接决定机组可用性。各类设备普遍结构复杂、工况多变，运行状态受高原气候、沙尘天气、昼夜温差等多重因素耦合影响，设备退化机制复杂，故障模式兼具隐蔽性与突发性。

#### （二）机电设备状态监测核心需求与现实挑战

机电设备状态监测核心需求在于实现全生命周期评估与故障预警（见图1），在呼和浩特新能源电站中，更侧重应对地域环境带来的特殊挑战。实时捕捉设备运行参数波动、提前感知故障前兆、精准定位故障部位及类型，可降低非计划停机损失、延长设备使用寿命。差异化挑战方面，新能源电站监测面临海量异构数据处理难题，设备分布偏远导

致运维响应时间长；而公路工程机电设备监测面临的独特挑战包括：1.设备点位分散，数据传输覆盖难度大；2.部分设备处于无人值守区域，被盗或人为损坏风险与环境因素叠加；3.故障影响直接关联公路通行安全，需更短的故障处置响应时间。

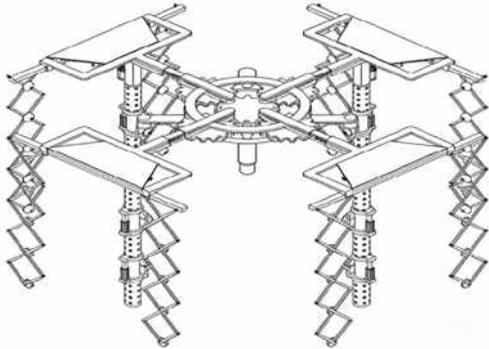


图1 一种机电设备运行状态监测系统及其使用方法

## 二、新能源发电站机电设备状态监测与故障诊断技术体系

### （一）状态监测关键技术分类及应用现状

状态监测关键技术已形成多维度协同架构，核心包含数据采集、传输与预处理技术，在呼和浩特应用中更注重地域适应性优化。数据采集通过部署多类型耐候性传感器实现全域参数感知，风电机组除常规风速风向、齿轮箱振动传感器外，增设沙尘浓度与部件温度传感器，监测沙尘侵入与低温影响。光伏电站布设辐射计、汇流箱电流电压采集模块及组件表面清洁度监测装置，同时针对公路工程机电设备，在监控摄像头旁加装镜头清洁度传感器与温湿度传感器，在收费广场配电箱内嵌入凝露监测模块，在通信光缆接头盒安装振动（防偷盗）与温湿度传感器，在供电线路关键节点部署电缆温度与绝缘性能监测装置，结合公路沿线气象站数据实现环境与设备状态联动监测。

整合当地气象站数据，涵盖风速、温度及沙尘预警等关键环境参数。数据预处理引入卡尔曼滤波算法，动态估计状态量最优值，削弱沙尘干扰、低温漂移引发的异常点对分析结果的干扰。核心公式依托状态转移矩阵、观测矩阵等参数，完成数据降噪与精准校正。针对新能源电站与公路机电设备偏远分布的特性，传输环节采用“无线专网+卫星备份+光纤骨干网”融合通信机制。公路机电系统复用已建成的高速公路光纤通信网络，实现数据高速传输；新能源电站偏远区域与公路机电偏远点位则由无线专网互补覆盖。结合数据总线与异步通信技术，采集层与分析层、交互层实现解耦，保障两类场景数据实时性与系统可扩展性。可视化技术以WebGIS平台为基础，集成专业工具，将新能源电站地理分布、公路路线走向、机电设备点位分

布与两类设备状态数据融合呈现。支持时序曲线、热力图、故障告警弹窗等多元形式，监测数据实现空间化、动态化与跨场景一体化展示，便于运维人员远程掌控偏远电站与公路沿线机电设备运行状态。

### （二）故障诊断核心方法体系及发展历程

故障诊断核心方法体系以数据驱动为核心，融合机器学习、深度学习与传统信号处理技术，经历从单一特征分析到多源数据融合诊断的发展，在呼和浩特应用中已形成适配地域故障特征且覆盖新能源与公路机电场景的模型体系。早期诊断依赖单一参数阈值判断，难以适应当地沙尘、低温导致的复杂故障模式<sup>[2]</sup>。也无法精准识别公路机电设备的复合型故障。当前主流技术通过集成时序数据库、消息队列等中间件，构建多维度分析模型，训练数据融入当地电站沙尘磨损、低温故障等特色样本。也纳入公路机电设备历年故障数据。

深度学习算法表现突出，卷积长短期记忆网络通过卷积操作提取沙尘影响下的振动、温度等局部特征，结合长短期记忆单元建模故障发展的时间依赖关系，实现故障概率精准输出，可大幅提前预警时间。随机森林等机器学习模型融合振动均方根值、频谱熵、沙尘浓度关联数据等多维度特征，故障检出高效，对沙尘导致的齿轮箱磨损、光伏组件效率衰减与公路机电设备摄像头故障、供电线路发热等故障概率精准输出，大幅提前预警时间。随机森林等机器学习模型融合振动均方根值、频谱熵、沙尘浓度、信号传输误码率等多维度特征，对沙尘导致的齿轮箱磨损、光伏组件效率衰减及公路机电设备传感器失真、电缆绝缘老化等故障检出高效。知识图谱问答算法通过TransE等表示学习方法，将设备台账、运维记录等结构化数据转化为低维矢量表示，提升故障诊断语义理解与泛化能力，可有效响应运维人员针对地域特色故障的咨询（见图2）。

- 数据驱动为核心融合技术
- 早期依赖单一参数判断
- 多源数据构建分析模型
- 深度学习精准预警故障
- 机器学习高效检出故障
- 知识图谱辅助运维咨询



图2 数据驱动故障检测与运维咨询方法

### （三）技术应用中的优势与局限性分析

现有技术体系在呼和浩特实际应用中优势显著，多源数据集成能力解决当地新能源发电设备监测的数据异构性问题，又实现公路机电设备多类型数据的融合分析，融合沙尘、低温等地域环境数据后，监测针对性大幅提升。GIS技术的空间分析与可视化功能实现偏远电站设备状态全域感知与

精准定位,缩短运维响应时间<sup>[1]</sup>。深度学习模型的时序建模能力提升故障预警提前量,卷积长短期记忆网络与随机森林模型应用,对沙尘磨损、低温故障等地域特色故障的定位效率显著提高。WebGIS构建的交互平台实现监测数据实时共享与远程交互,适配当地电站运维模式,运维效率明显提升。深度学习模型的时序建模能力提升故障预警提前量,卷积长短期记忆网络与随机森林模型应用,对沙尘磨损、低温故障等地域特色故障的定位效率显著提高,既减少新能源电站非计划停机时间,又降低公路机电系统故障导致的交通拥堵、安全隐患。WebGIS构建的交互平台实现两类场景监测数据实时共享与远程交互,适配当地电站与公路运维模式,运维效率明显提升。

### 三、新能源发电站机电设备状态监测与故障诊断技术应用

#### (一) 不同新能源场景技术应用特点

呼和浩特市及周边不同新能源场景与公路工程机电场景的技术应用呈现鲜明地域差异。草原风电场作为当地主流形式,技术应用聚焦抗沙尘、耐低温与传动系统监测。通过布设具备防尘防霜功能的高频率采样传感器与气象塔,实时监测风速、沙尘浓度、环境温度等参数,实现对叶片裂纹、齿轮箱磨损等核心故障的精准监测。同时,针对风电场周边配套公路的机电设备,结合GIS平台空间可视化功能,将风机分布与运行状态叠加展示,直观呈现关键指标空间分布与时序变化,方便偏远电站集中管控。光伏电站侧重沙尘影响监测与低温性能保障(见图1),通过辐射计、汇流箱采集模块与组件清洁度监测装置联动,实时评估光伏组件转换效率;光伏电站周边乡村公路机电设备采用“光伏+电网”双备份供电模式,依托光伏电站监测数据优化供电策略,冬季低温时段提前切换至电网供电,规避光伏供电不足引发的设备停运问题。储能系统监测聚焦“风光储”一体化需求,重点监测充放电效率、电池健康度及低温性能,为公路服务区储能系统提供技术参考,结合时序数据库实现长周期数据存储分析,支撑储能设备寿命预测与冬季运行策略优化。公路主干线机电系统依托光纤网络实现多点协同监测与快速响应,通过监控中心跨场景诊断平台,联动公路机电与新能源

电站数据,实现供电波动预警、备用电源切换及沙尘天气下的协同防护运维。

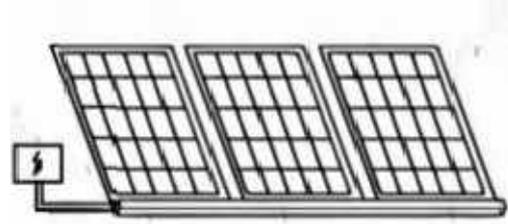


图1 光伏电站

#### (二) 技术实践应用成效总结

呼和浩特市及周边的实践表明,状态监测与故障诊断技术成效显著,可有效应对地域环境挑战。该技术与新能源电站SCADA系统、公路机电监控平台高效联动,实现设备运行与气象数据的实时交互分析;针对风电机组沙尘磨损、光伏组件积尘及公路机电设备镜头积尘、线路低温发热等重点问题,建立专项监测机制并适配算法模型,提升故障检出效能。系统可提前捕捉故障前兆,沙尘、寒潮来临前分别预警风机齿轮箱密封异常、光伏逆变器低温隐患,以及公路摄像头防护、UPS电源启动风险,为运维预留充足处置时间<sup>[4]</sup>。其精准定位能力大幅缩短偏远电站排查时长,将公路机电设备故障平均排查时间从2小时压缩至40分钟,降低非计划停机损失。基于长期监测数据,技术可为季节运维提供科学依据,推动新能源电站与公路机电系统运维从“事后维修”向“预知维护”转型,助力提升区域新能源消纳与公路通行保障水平。

### 结语

呼和浩特地区新能源电站机电设备监测诊断技术的研究与实践,精准回应地域环境对设备运维的特殊需求。构建的多源数据融合监测体系与智能诊断模型,有效破解沙尘、低温引发的设备故障监测难题,推动运维模式升级,显著降低非计划停机损失。设备适配性不足、数据标准不一等问题仍需突破。未来需进一步优化耐候型监测设备与通用化算法模型,完善地域化数据标准,强化技术落地的经济性与便捷性,助力区域新能源产业高质量发展。

### 参考文献

- [1]师伟,马雨姣,姬雨婷.新能源发电并网对电网质量的影响和应对策略[J].能源与节能,2025,(11):46-49.
- [2]王平平.新能源发电与企业经营成本的关联性探究[J].中国集体经济,2025,(32):97-100.
- [3]熊泽坤,韩玮.新能源发电企业财务风险预警指标体系的构建[J].产业创新研究,2025,(19):148-150.
- [4]于珈珩.新能源发电在电力系统中的应用探讨[J].造纸装备及材料,2025,54(09):106-108.