

# 智能巡检技术在新能源场站的应用分析

许 静

华电四川发电有限公司宝珠寺水力发电厂 四川 广元 628003

**【摘 要】**：双碳目标推进之下，风电、光伏等新能源场站装机规模不断加大，场站设备分布广、运维环境复杂、人工巡检效率低、故障漏检率较高等问题越来越严重，传统的手工运维模式已经不能满足新能源场站规模化、智能化发展的需要。智能巡检技术依靠自动化设备、智能传感、大数据分析、人工智能识别技术，对新能源场站设备实施全天候、全方位、高精度巡检。本文阐述了新能源场站智能巡检的主要技术体系，根据风电、光伏场站的实际应用场景，用工程案例数据对比分析智能巡检的应用效果，分析目前技术应用中出现的问题并提出相应的优化措施，为新能源场站智能化运维升级、提高设备运行可靠性及运维效率提供一定的参考。

**【关键词】**：智能巡检；新能源场站；风电光伏；设备运维；智能化应用

DOI:10.12417/2705-0998.26.13.003

## 引言

传统的运维方式依靠人工定期巡检、事后故障抢修，运维成本高、响应速度慢，不能满足新能源场站常态化安全运行、精细化运维的要求。智能巡检技术把机器人巡检、无人机航拍、智能传感监测、图像智能识别等前沿技术融合起来，创建起自动化、数字化、智能化的巡检体系，可以代替大部分人工高危、重复巡检工作，较好适应高海拔、山地等恶劣环境巡检工作，完成设备状态实时监测、缺陷智能识别、隐患提前预警，是新能源场站运维数字化转型的主要途径。本文通过对工程实践的系统分析，从智能巡检技术在新能源场站的应用价值、应用场景和改进建议三个角度出发，对智能巡检技术在新能源场站的应用价值进行了分析。

## 1 新能源场站智能巡检核心技术体系

### 1.1 智能传感监测技术

智能传感技术属于智能巡检的数据采集根基，借助于在风机、光伏组件、箱变、开关柜、升压站等关键设备上布置温度、振动、电流电压、倾角、环境气象等各种传感器，对设备的运行参数以及环境数据实施即时采集。传感器具备高精度、低功耗、抗干扰等特点，适合野外各种复杂环境使用，24小时不间断采集设备运行情况，为后面数据处理及缺陷判定打下基础。

### 1.2 自动化巡检设备技术

自动化巡检设备主要有地面巡检机器人、轨道巡检机器人、无人机巡检设备三种，是现场巡检作业的主要载体。地面履带式巡检机器人适应山地、荒漠等复杂的地形，可以自行完成场站地面设备的巡回检测，轨道式机器人固定布置在升压站、配电室等区域，进行精细化的定点巡检，无人机对大范围的光伏阵列、风机塔筒、叶片等进行高空巡检，弥补了人工无法到达的巡检盲区。所有的自动化设备都有自主导航、自动巡航、定点采集、数据回传的功能，不需要人全程操作。

### 1.3 机器视觉与智能识别技术

利用高清摄像头、红外热成像设备采集设备图像、热成像数据，用卷积神经网络等人工智能算法完成设备缺陷智能识别。系统用海量的设备故障样本来训练模型，可以准确地识别出光伏组件热斑、隐裂、风机叶片开裂、设备接线松动、柜体发热、绝缘子破损等常见的故障，识别精度比人工目视检测高很多，而且可以对故障进行自动分类和定位。

### 1.4 大数据云端运维技术

使用5G、物联网传输技术把巡检设备收集的图像、数据、视频等信息及时上传至云端运维平台，平台对数据加以汇总、保存、剖析并搭建模型。系统可以将设备的历史运行数据同行业标准参数进行对比，从而对设备的运行状况做出评价、对隐患的发展趋势进行分析，并且可以对设备出现的故障进行预测，进而发出预警信息，还可以自动生成巡检报告以及运维台账，从而达成巡检工作的数字化闭环管理，取代传统的手工记录和纸质保存的方式。

## 2 智能巡检技术在新能源场站的主要应用场景

### 2.1 光伏电站智能巡检应用

集中式光伏电站的组件数量多、分布广，主要分布在山地、荒漠等地区，人工巡检耗时长、效率低，并且很难发现组件内部的隐性故障。智能巡检体系主要是采用无人机高空巡检和地面机器人辅助巡检相结合的方式进行作业。无人机按照事先设定好的航线对整个光伏阵列进行全方位的巡检，用红外热成像仪获取组件的温度数据，依靠智能算法找出热斑、衰减、隐裂、遮挡这些故障，并准确找到故障组件所在的位置。地面巡检机器人主要对箱变、逆变器、汇流箱等地面电气设备进行温度、运行状况检查，寻找设备发烫、有异响、接线断裂脱落等危险情况。

### 2.2 风电场智能巡检应用

陆上和海上风电场的风机设备高度高、叶片跨度大，高空

人工巡检存在很大的安全隐患，巡检精度低。智能巡检主要是依靠无人机对风机叶片、塔筒、机舱进行高空巡检，高清拍摄叶片表面裂纹、涂层脱落、雷击损伤、塔筒锈蚀等缺陷，红外检测机舱设备运行温度。同时使用升压站轨道巡检机器人对风电场升压站的一次、二次设备进行常态化的巡检，监测仪表读数、设备温升、开关状态，完成风电场全设备、全区域的智能巡检。

### 3 工程应用案例与效果分析

#### 3.1 案例概况

本次选取中国华电集团下属的两个典型的高海拔新能源场站为智能巡检技术的应用试点，分别是四川甘孜巴塘高海拔集中式光伏电站和西藏琼结超高海拔风电场，涵盖光伏、风电两种主流的新能源业态，都是高原高寒清洁能源重点项目，工况条件恶劣，运维难度大，具有很强的代表性，可以满足高原新能源场站运维工作的实际需要，具有广泛的行业推广价值。

华电四川巴塘光伏电站是川西金沙江上游清洁能源基地的核心项目，总装机容量 120MW，场址位于甘孜巴塘雪域高原，作业海拔范围为 4000~5100m。场区占地面积大、光伏组件设备多、分布零散，高海拔地区常年低温、强紫外线、昼夜温差大。华电西藏琼结风电场是国内目前在运海拔最高的风电项目，总装机容量为 40MW，风机最高机位海拔达到 5370m。场区位于高原山地，地形起伏较大，交通不便，风机点位跨度大、高差悬殊，常年八级大风、极端低温、强风沙天气，冬季冻土封山期长达数月。

两个高海拔试点场站全部建立起了智能化巡检运维体系，创建起“端-边-云”一体化智能巡检系统，主要装备有全自动自主巡检无人机、升压站轨道式智能巡检机器人、地面履带式巡检机器人和云端智慧运维管理平台，可以对整个站区的所有设备运行数据进行自动采集，能够自动识别设备的缺陷并进行智能判断，将隐患及时上传到云端，并且实现故障的自动预警和闭环管控，从而完全取代了传统的徒步巡检和高空作业方式。为了客观地评价高海拔环境下智能巡检技术的应用价值，本次研究以传统的人工巡检方式作为对照，在两个试点场站进行了为期一年的全面运维数据跟踪统计工作，从而得到一个标准的对比分析基础。。

#### 3.2 巡检模式对比试验数据

经过 1 年时间的现场试验和数据统计，对两种巡检方式下场站巡检效率、检测精度、运维成本、设备运行稳定性等主要指标进行整理，形成标准对比数据表，直观地体现出智能巡检的技术优势，具体指标如下表所示。

为了直观表现智能巡检技术的优势，选取湖南某山地风电场、西北某 200MW 集中式光伏电站作为试点，从作业效果角度出发，用实际运行数据对比分析智能巡检与人工巡检的应用

价值。两个试点场站都建立了智能巡检系统，即无人机巡检设备、轨道巡检机器人和云端运维管理平台，可以对全站设备进行智能化巡检。两类巡检模式核心指标对比数据见下表。

表 1 两类巡检模式核心指标对比数据

| 对比指标       | 传统人工巡检                 | 智能巡检系统                 | 优化效果                 |
|------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 全站巡检时长     | 光伏电站 3-4 天，<br>风电场 2 天 | 光伏电站 4 小时，<br>风电场 6 小时 | 巡检效率提升<br>85%以上      |
| 总装机容量      | >50 兆瓦                 | 120 万千瓦                | 年均利用小时数<br>约 1681 小时 |
| 巡检盲区覆盖率    | 存在 30%以上高空、<br>偏远盲区    | 无巡检盲区，全覆<br>盖巡检        | 实现场站设备全<br>方位巡检      |
| 年均设备故障停机时长 | 42.5 小时                | 11.2 小时                | 故障停机时长减<br>少         |

来源：华电新能中咱 120 万千瓦光伏发电项目、同花顺财经

<https://baike.baidu.com/item/%E5%8D%E7%94%B5%E6%96%B0%E8%83BD%E4%B8AD%E5%92%B1120%E4%B887%E5%8D%83%E7%93%A6%E5%85%89%E4%BC%8F%E5%8F%91%E7%94%B5%E9%A1%B9%E7%9B%AE/65708092>

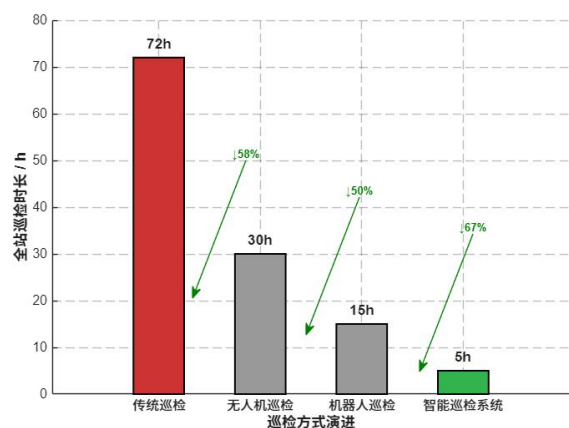


图 1 智能巡检系统效率提升瀑布图

#### 3.3 应用效果综合分析

根据华电四川、西藏两个高海拔试点场站全年实测运行数据可知，相比传统的手工巡检方式，适应高原工况的智能巡检系统在运维效率、检测精度、安全控制、经济效益这四个方

广应用价值。

从运维效率上来说,智能巡检完全摆脱了高海拔人工巡检所受到的环境和体能限制,不被高原缺氧、极端低温、大风积雪、交通闭塞、作业时间过长等恶劣条件所束缚,可以做到24小时不间断巡检、特殊天气窗口期快速补巡。巴塘高海拔光伏电站全站巡检周期从以前的3~4天缩短为现在的4小时,琼结超高海拔风电场巡检周期由原来的2天缩短为现在的6小时,巡检作业效率提高85%以上,彻底解决了传统巡检周期长、运维滞后、积雪覆冰故障处置不及时等问题,可以实时准确地对高原设备运行状态动态变化进行追踪,满足高原季节性运维的要求。

系统依靠高清航拍、红外热成像检测以及高原专用AI智能识别算法,可以准确找到高海拔环境下人工肉眼难以察觉的各种隐蔽故障,光伏组件低温隐裂、积雪残留热斑、线路低温老化发热、风机叶片高空微损伤、机舱设备密封异常等等,设备整体缺陷识别率达到99.5%,基本上消除了高海拔场站普遍存在的漏检、误检现象,实现了设备隐患早发现、早预判、早处置,大大降低了高原极端工况下设备故障的风险。

## 4 当前智能巡检技术应用存在的问题

### 4.1 复杂环境适配性不足

大部分新能源场站处在山地、荒漠、沿海地带,风沙、大雾、雨雪、强电磁干扰等恶劣天气时常出现。目前一些智能巡检设备的环境适应性较差,在大雾、雨雪天气下无人机航拍图像质量变差,影响到故障识别的准确性,山地复杂地形会使地面机器人巡检路径受阻,有些陡坡、沟壑地方不能到达,海上风电场站高盐雾、高湿度环境下传感器、巡检设备容易损坏,从而降低设备的使用寿命和运行稳定性。

### 4.2 智能识别算法有待优化

目前智能缺陷识别算法对于典型的、明显的故障识别准确率较高,但是对于微小裂纹、早期隐性衰减、轻微接线老化等

初期隐患的识别能力较差。同时部分场站设备型号老旧、设备外观差异大,通用算法模型适配性差,容易造成误识别、漏识别,算法场景适配性及精准度还有待提高。

## 5 智能巡检技术应用优化对策

### 5.1 强化设备环境适配能力升级

根据新能源场站复杂的运维环境,对巡检设备的硬件性能进行有针对性的升级。给巡检设备加装防风、防水、防尘、防盐雾防护装置,提高设备在恶劣环境下的适用性;优化地面巡检机器人底盘结构,提高设备越障、爬坡能力,适应山地复杂地形;优化无人机飞行控制系统,增加恶劣天气自适应拍摄调节功能,提高雨雪、大雾天气下图像采集清晰度,保证复杂环境下巡检工作稳定开展。

### 5.2 迭代优化智能识别算法模型

根据不同的场站设备类型和故障特征不断丰富故障样本数据库,有针对性地对本地化算法模型进行训练,提高老旧设备、差异化的设备故障识别准确率。改进微小隐患、早期隐性故障的识别算法,提高对组件轻微衰减、叶片微裂纹、设备轻微发热等初期隐患的识别能力。另外还要增加算法的自主学习功能,通过不断的巡检数据来不断改善识别精度,减少误检和漏检。

## 6 结语

目前智能巡检技术在新能源场站的应用还存在着环境适应性差、算法精度不高、数据融合度低、人员能力不足等各方面的不足。未来要不断改善设备硬件性能,更新智能算法,完备数据运维体系,加强人员专业水平,促使智能巡检技术朝着全覆盖,高精度,自主化,智能化方向前进。伴随着技术的不断发展,智能巡检将会取代传统的人员巡检,使新能源场站达到无人值守、智慧运维的目的,给新能源产业的高质量、可持续发展提供强有力的科技支撑。

## 参考文献:

- [1] 武青,周利鹏,董恩雷.新能源场站单兵智能巡检安全装备的设计与应用研究[C]//中国电子企业协会.电力安全与应急管理技术创新典型案例及论文集(2025).[出版者不详],2025:45-48.
- [2] 李阳,宋坤.新能源智能巡检系统数据安全传输方法[J].信息技术与信息化,2025,(6):153-156.
- [3] 樊玉平,梁锦文,赵海月,等.一种新能源场站智能巡检系统设计[J].科技创新与应用,2025,15(12):107-110+114.
- [4] 赵彬.新能源场站线路巡检的通信系统设计[J].长江信息通信,2025,38(10):138-139+157.
- [5] 郑鑫.AI赋能D新能源发电公司生产运维效率提升研究[D].昆明理工大学,2025.