

光伏电站日常巡检工作标准化运行管理路径探析

赖琴

国电投长江生态能源有限公司，湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/EPTSM.2026070007

摘 要：光伏电站巡检工作是设备安全运行与发电效率保障的基础环节。针对当前巡检作业中标准缺失、流程随意、数据追溯困难等现实问题，本文提出以标准化体系构建为核心、数字化手段为支撑的运行管理路径。研究围绕巡检对象分级、周期设定、作业指导书编制、现场流程规范、智能装备应用及质量监督闭环等关键维度展开系统设计，旨在形成覆盖巡检全过程的标准化运行机制。通过明确分类标准、规范作业节点、引入在线监测与数据分析模型，并配套绩效考核与动态修编制度，可有效提升巡检到位率与缺陷处置效率，为光伏电站精益化管理提供可行方法。

关 键 词：光伏电站；巡检标准化；运行管理；数字化巡检；质量闭环

Exploration of Standardized Operation and Management Path for Daily Inspection Work of Photovoltaic Power Stations

Lai Qin

Guodian Investment Yangtze River Ecological Energy Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430000

Abstract： The inspection work of photovoltaic power stations is a fundamental aspect for ensuring the safe operation of equipment and the efficiency of power generation. Addressing the current practical issues in inspection operations, such as the lack of standards, arbitrary processes, and difficulties in data traceability, this paper proposes an operational management path centered on the construction of a standardized system and supported by digital means. The research focuses on systematic design around key dimensions such as the classification of inspection objects, setting of inspection cycles, preparation of operation manuals, standardization of on-site processes, application of intelligent equipment, and a closed-loop quality supervision system, aiming to form a standardized operational mechanism covering the entire inspection process. By clarifying classification standards, standardizing operation nodes, introducing online monitoring and data analysis models, and supporting performance evaluation and dynamic revision systems, the inspection attendance rate and defect handling efficiency can be effectively improved, providing a feasible method for lean management of photovoltaic power stations.

Keywords： photovoltaic power station; inspection standardization; operation management; digital inspection; quality closed loop

引言

伴随着光伏装机规模不断增大，发电设备分布范围越来越广，运行环境也越来越复杂，故障种类也越来越多，日常巡检成了设备状态感知的第一道防线，它的作业质量直接影响到电站的安全性以及可利用小时数。但是大部分光伏电站的巡检执行仍然依靠个人的经验，没有形成统一的操作标准和过程控制手段，造成同一个设备在不同的时间段或者不同的人员进行检查的时候，得到的结果存在较大差异。这样一种粗放型的管理既不能发现设备的劣化趋向，也不能给运维决策提供可靠的数据支撑^[1]。所以有必要从标准化的角度来重新构建巡检运行逻辑，把制度的要求变成可以执行、可以检查、可以改进的具体作业路径，用数字化工具提高过程的透明度和响应的速度，以满足新能源场站集约化管理的实际需要。

一、巡检管理现状与问题分析

（一）巡检标准缺失与执行偏差

目前大多数光伏电站没有建立起和设备种类、服役年限、运

行环境相适应的差异化的巡检标准，检查项目大多沿用并网初期的通用清单，并没有随着设备的技术改造或者老化状况的变化而做出相应的调整。实际作业当中运维人员对于同一个缺陷的判定标准不一样，比如组件热斑严重程度、支架锈蚀等级这些方面缺

少可视化的参照物，从而产生出主观性的记录结果。由于缺少标准文本，新员工入职之后主要依靠师傅口传的方式去了解检查要点，学习时间较长，容易养成错误的习惯，进而使巡检行为同设备的真实健康需求产生系统性的偏差。

（二）巡检流程随意性与质量失控

从作业排序到路径选择再到检查停留时间，现场都没有刚性的流程约束。班组长每天的工作安排大多用口头传达的方式进行，并没有形成标准的派工单和路线图，巡视人员会依照当天的天气情况或者自身的经验来决定检查的先后顺序，有时候还会忽略那些距离道路较远的边远方阵。该种流程是随机的，从而造成时间上数据无法比较，同一个月内检查的时刻不一样，逆变器的温度、电流等动态参数就没有了纵向分析的意义。

（三）缺陷闭环管理与数据溯源难点

缺陷从发现到消除的闭环链条存在明显的断开。巡检人员在纸质台账或者简单的电子表格里记录下异常情况之后，缺陷描述常常十分简略，并且缺少准确的位置、拍摄的角度以及环境状况这些重要的元数据，检修人员到现场之后经常因为找不到准确的位置或者现象消失而不能重现。缺陷定级标准不明确，紧急缺陷和一般缺陷的处置时限没有区别，一些小的问题一直积压着没有得到解决。更为值得重视的是历史缺陷数据没有被结构化地保存起来，不能按照设备型号、故障类型、季节变化等来检索和分析，同类重复出现的缺陷很难被发现，预防性维修缺少了数据支持。

二、巡检标准化体系总体构建

（一）巡检对象分类与等级划分

按照设备对发电安全和功率输出影响的程度来划分，把全站设备分成关键设备、重要设备和一般设备这三个层次。关键设备有升压变压器、高压开关柜和主控系统，故障会造成全站停电或者发生重大事故；重要设备有汇流箱、逆变器和跟踪支架控制单元，会影响方阵级发电效率；一般设备是组件、直流电缆、接地装置等。在此基础上加上环境修正系数，比如沿海电站防腐检查的权重提高，荒漠电站防沙尘清理次数增多^[2]。分类结果成为之后所有的标准化文件的编制依据，保证了资源分配同设备的风险等级一致。

（二）巡检周期与频次标准设定

采用“固定周期加动态加密”的双轨频次制度。根据设备的层次来决定基准值，关键设备每天巡检一次，重要设备每星期两次巡检，一般设备每星期一次巡检，并且每个月必须对整个站的所有设备做一次全面的巡检。动态加密规则同天气预警，发电负荷峰值，历史故障频率联系起来，比如雷雨大风之后两天内要给支架基础以及接地装置增添特别巡查，迎峰度夏时期逆变器散热系统由原来的每周一次变成每天一次。所有的周期参数用表格的形式加入到场站运行规程里，在数字化系统中设置好提醒阈值，防止因为人为疏忽或者随意改变而造成巡视间隔的缺失或者错误。

（三）标准化作业指导书编制要点

每一类设备作业指导书要包括检查前准备清单、逐项检查动作标准、正常和异常状态图文对照、简单的消缺操作指导和安全

注意事项这五个主要部分。文字描述必须有量化的指标来衡量，比如直流线缆温度检测时，在距离接头五厘米的地方用红外枪取三点平均值，而不能说“检查温度是否正常”。指导书要附上典型的缺陷图谱，用实拍的照片来标注判别特征，从而减小由于人的主观因素造成的判断误差。编制完成之后要经过技术骨干初审、现场试验验证、专家终审发布这三个阶段，留出空白栏位给执行人员提出实用的改进建议，每年进行一次集中修编，使指导书一直跟随着现场实际情况的变化而变化。

三、现场作业流程规范化实施

（一）巡检准备与班前会标准流程

作业前一天由运行专工按照周期计划、特殊天气预警以及近期缺陷台账来生成次日巡检任务包，并且要确定人员分组、区域划分和携带的工具清单。当日班前会控制在十五分钟之内，按点名检查劳保着装、通报前日巡视发现要点、讲解当日风险点及应急处置措施、确认通讯设备和定位终端在线、全体签字接收任务单这五个步骤完成。班前会记录要同时上传到系统里，作为人员到岗和任务下达的正式证明^[3]。准备阶段还要参照气象数据来判定是否需要改变计划，遇到极端高温的时候应当延迟组件的红外检测时间，防止受到环境辐射影响而造成测量结果不准的情况发生。

（二）分区区域定点巡查操作规范

根据电气接线分区以及地形特点把光伏场区分成若干个巡视网格，每个网格有一个固定的行走路线和停靠观测点，停靠点的坐标用GPS定位来确定，巡视人员到达之后要在移动终端上点击签到并且扫描设备二维码开始检查。每一个停靠点的检查动作按照作业指导书的顺序来执行，即先做目视检查外观，再用仪器测量关键参数，然后手动测试可动作的部分，并且要拍下当前的状态。操作中每完成一个勾选一个，系统会自动生成每个停靠点的停留时间和测量结果，超时或者跳过没有检测到的项目的时候终端会有提示。相邻网格之间留有交接点，保证整个站内不留死角，不走回头路。

（三）缺陷定级、记录与应急处理衔接

在现场发现异常之后，巡视人员按照缺陷分级标准卡来确定严重程度，危急缺陷马上采取隔离措施并且打电话通知值长，然后拍下视频和照片作为证据保存起来；一般缺陷用手机填写标准化表单，从下拉菜单中选择缺陷部位、类型以及可能的原因，并附上现场的照片。所有的缺陷记录都会生成一个有时间戳、位置标签的电子工单，发到检修班组待办列表里。对于需要紧急停电处理的缺陷，现场人员必须按照事先制定好的应急操作票来执行，不能随意扩大停电范围。缺陷消除以后由同一条巡视路线的复查人员在下一次巡视的时候去检验修复的效果，从而构成起一个由发现到验证的责任链条。

四、数字化巡检手段深度应用

（一）智能巡检设备与在线监测系统配置

给巡视人员配置带有红外热成像、可见光拍照、局部放电检

测、振动测量等功能的一体化智能手持终端，取代传统的分立仪表，减轻携带负担的同时也提高了数据采集的一致性。在升压站以及重要的方阵上安装固定式的在线监测设备，对油温、六氟化硫气体压力、直流母线绝缘电阻这些缓慢变化的参数展开持续的监测工作，其采样的频率被设置成了每5分钟一次，当出现异常的时候会自动发出警报信息^[4]。两种数据源在站控层融合在一起，移动终端获取的点检数据用来修正在线监测趋势基线，而在线监测的连续曲线又可以弥补人工巡视时间上的空白，两者一起形成设备状态全景图，给后来的分析赋予足够的原始资料^[5]。

（二）巡检大数据分析 with 状态预警模型

创建历史巡视数据库，把每次检查所得到的结构化字段以及影像文件保存起来，用统计过程控制的方法对温度、电流、电压这些计量型的数据制作控制图，找出超出上下控制限的异常波动。对于非计量型的外观锈蚀、连接松动等描述性的记录，用文本挖掘和图像识别相结合的方式提取特征频次，联系设备运行年限、气候事件来开展故障模式挖掘。在此基础上训练设备健康度评分模型，当综合评分连续下降的时候提前发出预防性检修的建议，把传统的“事后消缺”变成以数据为驱动的“状态预警”，降低突然停电造成的损失^[6]。

（三）无人机、机器人协同巡检作业模式

对于光伏阵列面积大、支架高、水面漂浮电站等特殊场合，采用无人机搭载双光相机做自动航线巡检工作，主要对组件热斑、隐裂、遮挡物进行检测，单架次可以完成常规人工三小时的工作量。地面巡检机器人适合于电缆沟道、变电站室内设备等狭小或者带电的地方，用气体传感器和滑环摄像头来完成定期内部检查^[7]。无人机和机器人的巡检数据经过边缘计算终端预处理之后一起送入主系统，同人工巡检的结果互相参照，如果自动检测得出的异常情况和人工判断不一样的话，就会启动三级复核程序，最后以综合诊断为准，从而达到各种巡视方法相辅相成、相互信任的效果。

五、巡检质量监督与绩效闭环

（一）巡检到位率与工时利用率量化考核

根据移动终端位置签到记录以及停靠点停留时长来计算出每个巡视人员到位完成率、有效作业时间占比。到位率用实际签到

停靠点数除以计划停靠点总数得到，工时利用率扣除路上行走、交接等待等非检查时间之后得出。设定月度达标基准线，到位率小于95%或者工时利用率连续两个月低于70%，就启动辅导谈话，并重新安排培训^[8]。

（二）巡检数据真实性抽查与追溯机制

采用三种抽查方法互相检验数据的真实性，视频远程抽检是值长在监控系统中随机选取巡视人员某一时刻的实时画面来核实是否和签到的位置相符，事后复检是由质量专工每周选择两条巡视路线，带着独立的检测仪器去检查一些设备，把两次的数据进行比较，找出差异所在，系统逻辑校验就是用历史同期数据做对比，如果某个时刻的测量值明显偏离了历史范围，并且没有气候突变的原因，那么就把它当作可疑数据处理。所有抽查记录要记入人员诚信档案，第一次出现数据造假给予警告并重新培训，第二次再犯就要换岗，保证巡检数据可以被审计追查^[9]。

（三）标准化动态修编与全员培训提升路径

标准化文件设定年度评审节点，搜集全年缺陷出现率、误判情况、工时数据以及员工的意见，以此来对巡检对象的级别、周期参数以及作业指导书的内容作出相应的改变。修编过程采取分组研讨加试点验证的方法，在两个方阵试行新版标准一个月之后，对比修编前后缺陷发现的数量和平均处理时间，确定改进的效果再全面推广^[10]。培训工作按照岗位分层进行，新员工主要是做基础的动作训练以及图谱识别的考核，老员工主要针对的是数字化工具的操作以及典型案例的复盘。每月开展一次标准化知识微竞赛，把竞赛结果计入到当月绩效加分数里，从而维持运维团队对于标准内容较高的熟悉程度和执行能力。

六、结语

光伏电站巡检标准化建设的关键就是把分散的经验变成可以量化的、可操作的、可追踪的系统规则。本文从分类分级、流程规范、数字赋能、质量闭环这四个方面入手来创建起一个包含巡检全部环节的运行管理途径。实践中要遵循标准同现场情况相适应的原则，不能出现制度死板的情况，并且重视数字化手段同人工经验相互配合，不能造成技术被滥用的现象。只有把动作标准化、过程数据化、考核刚性化、修编常态化结合起来才能不断提高巡检作业的质量，给光伏电站的安全经济运行提供长期的保障。

参考文献

- [1] 张毅. 智能巡检技术在光伏电站运维管理中的应用创新研究 [J]. 仪器仪表用户, 2025, 32(10): 27–29.
- [2] 张世博. 新能源光伏发电系统中的故障诊断与处理技术研究 [J]. 科技资讯, 2025, 23(16): 200–202.
- [3] 郭柏宏. 基于无人机巡检的光伏组件缺陷检测方法研究 [D]. 东北林业大学, 2025.
- [4] 欧阳旭文, 赖毅辉, 谢芳娟, 等. 基于巡检点位姿校正的光伏巡检机器人设计 [J]. 机电工程技术, 2025, 54(13): 48–53.
- [5] 廖传祺. 光伏电站空地机器人协同巡检路径规划研究 [D]. 江西理工大学, 2024.
- [6] 杜俊亮, 宋鑫. 光伏电站智能巡检与故障识别技术综述 [J]. 电工技术, 2025, 40 (12): 112–116.
- [7] 顾广民, 刘昊, 赵力可. 基于深度学习的光伏配电网无人机自主巡检路径规划 [J]. 东北电力技术, 2025, 46 (3): 23–27.
- [8] 李云翔. 基于深度学习的光伏组件无人机巡检故障检测方法研究 [D]. 西安石油大学, 2025.
- [9] 陈科明. 光伏清检一体化机器人多光谱缺陷识别系统设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2024, (9): 136–140.
- [10] 李子璠. 山地光伏电站空地协同巡检多目标路径优化研究 [D]. 大连海事大学, 2024.