

# 光伏发电场运维成本控制与能效提升研究

陈树伟

国家能源集团科技环保有限公司赤峰风电公司 内蒙古 赤峰 024000

**【摘要】**：在“双碳”目标深入推进及光伏行业向质量效益转型的背景下，光伏发电场普遍面临运维成本偏高、能效水平不足的痛点，本文结合电站运维实际，提出精细化成本管控、全周期设备运维、智能化技术赋能等优化策略，搭配完善的协同保障措施，实现运维成本合理压缩并且能效水平稳步提升，为光伏电站高质量运行、增强市场竞争力提供实操支撑，助力光伏产业践行国家能源绿色转型要求。

**【关键词】**：光伏发电场；运维成本控制；能效提升

DOI:10.12417/2811-0536.26.07.049

## 引言

全球能源结构向清洁低碳转型已成必然趋势，我国将光伏发电纳入“双碳”目标核心实施领域，出台多项扶持政策推动光伏产业从规模扩张向质量深耕转型，当前全国光伏发电装机容量持续增长，但多数电站仍沿用粗放式运维模式，运维成本高企、能效提升乏力等问题突出，严重压缩电站盈利空间。开展光伏发电场运维成本控制与能效提升相关研究，能够破解行业发展痛点，推动电站降本增效，助力光伏产业高质量发展，同时为国家能源绿色转型战略落地提供重要支撑，具有鲜明的现实意义与应用价值。

## 1 光伏发电场运维及能效现存核心问题

### 1.1 成本管控粗放：成本核算模糊且管控缺乏针对性

光伏发电场成本管控粗放问题在多数中小型电站及老旧电站中表现尤为突出，其核心体现为成本核算体系不完善，核算流程缺乏规范性，无法精准划分各运维环节的成本支出，导致各类成本边界模糊，难以清晰掌握成本消耗的核心节点。管控工作缺乏明确的方向与精准的切入点，未结合电站的规模、所处环境、设备状态等实际情况制定个性化管控方案，仅采用统一化的粗放式管控模式，使得部分高消耗环节未得到有效管控，部分无需过度投入的环节出现资源浪费，进一步加剧成本管控的混乱性。

### 1.2 设备效能衰减：核心设备老化且维护措施不到位

光伏发电场的核心设备长期处于户外复杂环境中，受光照、温度、湿度、沙尘等多种自然因素的持续影响，不可避免地出现性能逐年衰减的现象，尤其是早期建设的电站，核心设备已进入运行中后期，老化速度明显加快，设备运行稳定性大幅下降。设备老化引发的效能衰减问题，未得到足够的重视，相关维护工作缺乏系统性与及时性，未能根据设备运行状态制定科学合理的维护计划，导致设备老化速度进一步

加快，效能衰减幅度不断扩大，直接影响电站的整体运行水平与发电能力。

### 1.3 运维技术滞后：智能运维应用不充分且效率偏低

当前部分光伏发电场的运维技术仍停留在传统层面，与行业发展趋势脱节，智能运维技术的应用范围有限且深度不足，未能充分发挥其在运维工作中的核心作用<sup>[1]</sup>。多数电站仍依赖传统人工运维模式，人工巡检、人工监测的方式不仅劳动强度大，且运维效率低下，无法实现对设备运行状态的实时监测与精准把控，易出现故障漏检、监测不及时等问题。智能运维相关的设备与系统投入不足，技术应用缺乏专业的技术支持与人才保障，导致运维工作的精准度与效率难以提升，无法满足电站高质量运维的需求。

### 1.4 能效提升乏力：组件出力不足且调度配置不合理

光伏发电场能效提升乏力是制约电站收益提升的关键问题，其主要表现为光伏组件出力不稳定且整体出力水平偏低，组件表面易积累灰尘、杂物等遮挡物，引发热斑效应，不仅降低组件发电效率，还会缩短组件使用寿命。电站的运行调度配置缺乏科学性与灵活性，未结合光照强度、气象变化、电网负荷等实时情况进行动态调整，导致组件产生的电能无法得到充分利用，出现能源浪费现象。组件安装角度、排列方式不合理等因素，进一步加剧组件出力不足的问题，使得电站能效水平难以实现实质性提升。

## 2 光伏发电场运维成本控制与能效提升优化策略

### 2.1 精细化成本管控：完善核算体系且精准管控支出

精细化成本管控的核心是搭建一套贴合光伏电站实际运维场景的全流程核算体系，核算人员需先对电站所有运维环节进行拆解，逐一梳理人工、设备、清洁、管理及隐性损耗等各类成本的具体来源，明确每一项成本的核算标准、核算周期及责任主体。核算过程中需引入动态核算模式，每日更新各环节成本消耗

数据，每周汇总分析成本波动情况，重点关注异常消耗节点，比如某一时间段清洁成本突然攀升，就需深入排查是否存在清洁频次不合理、清洁物料浪费等问题。管控环节需依托核算数据，将成本指标细化到每个运维小组、每台核心设备，让运维人员清楚自身岗位的成本管控重点，建立动态管控台账，实时跟踪成本支出进度，对超支环节及时预警并排查原因，比如人工成本超支时，可排查是否存在人员冗余、工作效率偏低等情况，通过精准管控每一个细节，实现运维成本的合理压缩，既不影响运维质量，又能避免不必要的资源浪费，让每一笔运维投入都能发挥实际价值。

## 2.2 全周期设备运维：强化监测预警且延缓效能衰减

全周期设备运维需贯穿设备采购、安装、运行、维护至更换的每一个环节<sup>[2]</sup>。采购阶段运维团队需全程参与，结合电站所处环境、运维难度及长期运行需求，挑选性能稳定、抗损耗能力强且运维成本偏低的设备。安装阶段需安排专业运维人员现场监督，确保设备安装规范，减少后期因安装不当引发的故障隐患。设备运行期间，需搭建全方位监测系统，在组件、逆变器、汇流箱等核心设备上部署高精度传感器，实时采集设备运行参数，包括运行温度、输出功率、损耗情况等，依托大数据分析技术对数据进行深度挖掘，精准识别设备运行异常信号，提前 7-15 天发出故障预警。日常维护需摒弃以往“故障后维修”的模式，根据设备运行状态、厂家要求及环境因素，制定个性化维护计划，比如沙尘地区需增加逆变器除尘频次，高寒地区需加强设备防冻防护，定期对设备进行全面检测、校准及保养，及时处理设备轻微损耗，延缓设备老化速度，最大限度延长设备使用寿命，减少设备更换成本。

## 2.3 智能化技术赋能：推广智能运维且提升运维效率

智能化技术赋能需打破传统人工运维的局限，结合电站规模、地形特点及运维需求，针对性引入适配的智能运维技术及设备，打造一体化智能运维平台<sup>[3]</sup>。大型集中式电站可引入无人机巡检系统，配备高清摄像头及热成像设备，每日对电站所有组件、线路进行全方位巡检，巡检过程中可自动识别组件破损、线路松动、热斑等问题，同步将数据传输至智能平台，无需人工逐片排查，大大降低运维人员劳动强度，同时提升巡检精度与效率，避免漏检、误检等情况。中小型电站可推广智能监测终端，实现设备运行状态的远程实时监测，运维人员无需现场值守，通过手机 APP 即可查看设备运行数据，接收故障预警信息。智能运维平台需整合设备运行数据、光照数据、气象数据等

各类信息，利用 AI 算法对运维工作进行智能调度，比如根据光照变化调整巡检时间，根据设备运行状态优化维护计划，同时引入智能数据分析模块，对运维数据进行深度分析，挖掘运维过程中的优化空间，让运维工作更具针对性、高效性，彻底改变以往运维效率低下、精准度不足的问题，实现运维工作的智能化、精细化升级。

## 2.4 精准化能效优化：优化组件运行且合理调度配置

精准化能效优化需以组件运行状态优化为核心，结合电站实际运行情况，从组件清洁、安装角度、运行调度等多个细节入手，实现能效水平的稳步提升<sup>[4]</sup>。组件清洁环节需摒弃以往固定频次清洁的模式，依托智能监测设备实时监测组件表面积灰情况，结合气象数据，在灰尘积累达到影响发电效率的临界值时，及时开展清洁工作，清洁过程中采用高压雾化清洁技术，避免损伤组件表面，同时根据组件安装角度、地形特点，调整清洁设备的运行参数，确保清洁彻底，减少积灰对发电效率的影响。组件安装角度需结合电站所处纬度、光照特点进行精准调整，北半球电站可将组件安装角度调整为当地纬度左右，同时优化组件排列方式，避免组件之间相互遮挡，最大限度提升组件光照利用率。运行调度环节需搭建智能调度系统，实时采集光照强度、电网负荷、气象变化等数据，动态调整组件运行参数及电站输出功率，在光照充足时，合理分配组件出力，确保电能充分输送至电网；在光照不足或电网负荷波动时，及时调整运行模式，避免能源浪费，同时结合储能系统，平抑光伏出力波动，确保电站发电量稳定，进一步提升电站能效水平。

## 3 光伏发电场运维成本控制与能效提升协同保障

### 3.1 制度保障：完善协同管理制度与考核体系

制度保障的核心是构建适配光伏电站运维实际的协同管理制度，运维管理部门需联合财务、技术等相关部门，结合电站成本控制与能效提升的核心需求，细化各项管理细则，明确各部门、各岗位在协同工作中的具体职责。制度制定过程中要充分征求一线运维人员的意见，融入实操性较强的管理要求，让制度更接地气、便于执行，避免制定出脱离实际的“空架子”制度。完善配套考核体系，将协同工作成效与岗位绩效直接挂钩，细化考核指标，明确考核标准，定期开展考核工作，考核结果直接与薪酬、晋升相关联，促使各岗位人员严格落实制度要求，主动配合协同工作，为成本控制与能效提升协同推进提供坚实的制度支撑。

### 3.2 技术保障：强化技术研发与成果转化应用

技术保障需聚焦光伏运维领域的核心技术痛点，电站可与科研机构、行业优质企业建立长期合作关系，联合开展针对性技术研发，重点攻关智能运维、能效优化及成本管控相关的关键技术，打破现有技术瓶颈，推出更贴合电站实际需求的技术方案。研发过程中要注重实操性，避免研发出无法落地的技术成果，同时建立完善的技术成果转化机制，安排专业技术人员负责对接研发成果，及时将成熟的技术、设备引入电站运维工作中，做好技术落地的调试与适配工作。

### 3.3 人员保障：加强专业队伍建设与技能培训

人员保障需打造一支专业能力过硬、责任心强的运维协同队伍，电站要优化人员招聘标准，重点选拔具备运维技术、成本核算、数据分析等相关能力的复合型人才，兼顾人员的实操能力<sup>[5]</sup>。对于现有员工，要制定常态化、系统化的技能培训计划，培训内容紧扣成本控制与能效提升的核心需求，涵盖智能运维设备操作、成本核算方法、能效优化技巧等，邀请行业专家、技术骨干开展现场授课，结合实操演练提升培训效果，让员工真正掌握相关技能。

### 3.4 资金保障：合理配置资金且争取政策支持

资金保障需合理规划运维资金，财务部门要结合

电站成本控制与能效提升的工作目标，制定科学详细的资金预算，明确资金使用范围、使用标准及使用周期，优先保障核心技术应用、设备升级、人员培训等关键环节的资金需求，同时严格控制非必要资金支出，避免资金浪费。预算执行过程中要建立动态监控机制，实时跟踪资金使用情况，及时排查资金使用过程中出现的异常问题，确保资金专款专用、高效利用。电站需安排专人对接相关部门，密切关注国家及地方针对光伏产业的扶持政策，积极申报各类资金补贴、扶持项目，主动争取政策支持，缓解资金压力，合理调配自有资金，优化资金配置结构，确保各项协同工作有充足的资金支撑，保障成本控制与能效提升工作有序推进。

## 4 结语

光伏发电场运维成本控制与能效提升是推动光伏产业高质量发展的核心举措，也是落实国家“双碳”目标的重要支撑，当前行业转型期面临的各类挑战，需通过优化策略、完善保障措施逐步破解。未来，随着光伏技术的持续迭代，电站将进一步融合智能化、精细化运维模式，深化成本与能效的协同管控，挖掘降本增效潜力，推动运维水平持续提升，助力光伏产业更好地践行能源绿色转型使命，为我国能源结构优化提供更坚实的支撑。

### 参考文献：

- [1] 付小军,邓伏文,曹磊,等.智能运维技术在新能源光伏发电系统中的应用[J].科技视界,2026,16(02):10-13.
- [2] 方占跃,胡梦浩,李利民,等.关于小微分布式光伏项目创新高效运维管理模式的探讨[J].新发现,2025,(21):28-30.
- [3] 刘才,张明豪,张前.光伏发电和光热发电联合运行模式与效益分析[J].大众投资指南,2025,(31):105-107.
- [4] 杜涵宇.光伏电站智能运维管理系统设计与应用研究[J].电力设备管理,2025,(19):84-86.
- [5] 廖章斌.大型光伏电站的组件布局与运维成本优化研究[J].现代工程科技,2025,4(14):105-108.