

大型光伏+储能电站全生命周期运维管理平台开发与应用

杜建均

浙江光线能源有限公司 浙江 杭州 310000

【摘要】：随着光伏与储能规模化发展，大型光储电站全生命周期运维管理成为保障运行稳定与投资回报的关键。针对当前各阶段协同不足、数据孤岛突出、决策缺乏系统性支撑等痛点，本文以全生命周期管理理论为指导，系统开展运维管理平台开发研究。研究明确了平台开发的核心原则，构建了“感知-传输-处理-决策-执行”五层架构体系，细化了各阶段功能模块，并通过理论性案例佐证了平台可行性，进而提出应用保障措施。研究表明，该平台能够打通数据壁垒，实现从规划设计到退役处置的全阶段协同管控，有效提升运维效率、降低成本并延长电站寿命，为大型光储电站智能化运维提供了理论支撑与实践指引。

【关键词】：大型光伏+储能电站；全生命周期；运维管理平台；架构设计；功能开发；协同管控

DOI:10.12417/3083-5526.26.01.006

引言

全球能源转型背景下，光伏+储能电站作为新型电力系统关键设施，其运维管理水平直接决定运行可靠性与经济效益。当前我国大型光储电站运维仍处初级阶段，存在四大痛点：全生命周期协同不足，各阶段相互脱节；设备运维碎片化，缺乏统一标准；数据孤岛突出，信息共享性差；决策依赖人工经验，缺乏科学支撑。智能化运维平台成为破解上述问题的重要路径。本文立足大型光储电站实际需求，以理论分析与逻辑推演为核心，系统开展运维管理平台研究，旨在解决当前痛点，提升智能化与协同化水平，为光储产业高质量发展提供理论指导。

1 相关概念界定与理论基础

1.1 大型光伏+储能电站的核心内涵与特征

大型光伏+储能电站整合大规模光伏发电与大容量储能系统，实现清洁能源生产、存储、输送与消纳一体化。核心构成包括光伏发电、储能、能源转换、监控和传输五大系统。其特征为：规模化（装机容量不低于100MW，储能配比达10%以上）、系统协同性、长周期（25-30年）、环境敏感性和智能化需求。

1.2 全生命周期管理理论核心内涵

全生命周期管理理论以系统对象全过程为管控单元，实现资源优化配置与综合效益最大化，核心思想是“系统性统筹、全阶段协同、全要素管控”。在大型光储电站领域，全生命周期运维管理构建“事前预防、事中管控、事后优化”体系。规划设计预留接口；建设安装遵循标准；运行维护依托智能化；退役处置衔接数据。该管理模式特征为全阶段性、协同性、预防性、智能化和闭环性。

1.3 智能化运维技术理论支撑

全生命周期运维管理平台依托新一代信息技术融合应用。物联网实现设备运行参数及环境因素实时监测；大数据处理与挖掘数据价值；人工智能驱动智能化决策；云计算提供存储与

计算资源。四类技术融合构成平台闭环技术底座。

2 大型光伏+储能电站全生命周期运维管理现状与核心痛点

2.1 运维管理发展现状

随着电站规模扩张和技术成熟，我国大型光储电站运维管理有三大趋势：从后维修转向预防性运维，智能化监测使故障预判成为可能；运维技术向智能化升级，物联网等融入日常管理；运维管理向集约化发展，统一标准和资源整合降低运营成本。

当前形成三种运维模式：自主运维由运营企业组建团队，响应快但成本高；委托运维引入专业机构，技术专业但协同弱；混合运维兼顾两者优势，已成主流。不过，我国光储电站运维尚处初级阶段，与发达国家有差距，协同不足等问题未解决。

2.2 全生命周期各阶段运维管理痛点

规划设计阶段：重发电效率与成本，轻运维需求。光伏运维通道预留不足、组件选型不合理；储能系统散热与空间设计欠妥，光储协同缺失；智能化监测点位与通信接口预留不足，抬高后期平台开发成本。

建设安装阶段：施工标准不统一，工艺差异大，安装质量参差；质量管控薄弱，存在固定不牢等问题；施工与运维脱节，数据未规范归档，导致后期运维缺乏基础信息支撑。

运行维护阶段：光伏与储能系统割裂，缺乏统一平台；数据孤岛严重，决策依据不足；智能化水平低，依赖人工巡检，难实现故障自动识别与预警；运维流程不规范，人员能力不一。

退役处置阶段：与前期阶段衔接断裂，缺乏科学退役评估；资源化利用率低，大量设备被简单废弃，造成资源浪费与环境风险。

全周期协同管控：机制缺位是根本症结——无统一责任主体，各阶段“各自为政”；信息共享与标准体系缺失，难以形成闭环管理与有效考核，制约整体运维效能提升。

3 大型光伏+储能电站全生命周期运维管理平台开发原则与总体目标

3.1 平台开发核心原则

大型光储电站全生命周期运维管理平台开发要立足实际需求，融合全生命周期管理与智能化技术理论，遵循六大核心原则，确保科学性、合理性与可行性。

首先是系统性原则，它是首要原则。要求平台统筹规划设计、建设安装、运行维护、退役处置四阶段运维需求，构建全生命周期运维管理体系，实现各阶段有机衔接与协同管控。架构与功能模块开发要从整体出发，注重协同配合，确保平台性能最优。

协同性原则要求打破阶段壁垒，实现信息共享、协同配合与闭环衔接，构建“规划 - 建设 - 运维 - 退役”协同管控机制。规划设计数据要与后期互联互通，建设施工质量数据与运行故障数据相互支撑，运行设备信息为退役处置提供依据，后段问题反馈至前段改进，形成协同闭环。

智能化原则强调融合物联网、大数据等新一代信息技术。平台要具备实时采集、自动分析、智能决策与执行能力，实现设备故障自动识别预判、运维策略智能优化，减少人工干预，提升管理效率与精准度。

标准化原则要求开发遵循统一的运维、数据与技术标准。制定统一的数据采集格式、运维流程规范、故障诊断标准，确保数据互联互通；技术架构符合行业通用规范，保障与现有系统兼容对接。

实用性原则要求功能设计贴合实际需求，注重可操作性。界面简洁直观，功能模块针对性强，能解决运维痛点；平台运行稳定可靠，适应复杂环境，确保数据安全完整。

可扩展性原则要求架构设计有良好延展性，适应技术进步与规模扩张需求。平台预留接口与扩展空间，便于新增功能模块、接入新设备新系统，实现持续优化升级，延长使用寿命。

3.2 平台开发总体目标

平台开发总体目标是构建“覆盖全生命周期、实现协同管控、具备智能决策、保障稳定高效”的智能化运维管理平台，破解运维碎片化、数据孤岛等问题，实现协同管控与智能化运维，提升运行稳定性与全生命周期经济效益。

具体目标有四个方面：一是实现全生命周期协同管控，构建协同联动机制，实现各阶段信息共享、流程衔接与闭环优化，提升管理效率。二是实现设备运维智能化，依托新技术对设备运行状态实时监测、深度分析与故障预判，快速处置故障、优化运维策略，降低故障率与成本，延长设备寿命。三是实现数据资源一体化，构建统一数据整合平台，整合各阶段数据，打破数据孤岛，实现共享共用，为决策提供精准数据支撑。四是

实现运维管理标准化，建立统一流程、标准与考核机制，规范运维行为，提升质量；确保平台通用性与可扩展性，适配不同电站运维需求。

4 大型光伏+储能电站全生命周期运维管理平台架构设计

平台基于“感知—传输—处理—决策—执行”逻辑，构建五层协同架构，支撑全生命周期智能化运维。

感知层实现全维度数据采集，覆盖规划设计、建设安装、运行维护与退役处置各阶段。通过部署环境适应性强、精度高的传感器与监测设备，按需采集设计参数、施工质量、设备状态、退役信息等数据，确保全面、实时、可靠。

传输层采用“有线+无线”混合通信模式，兼顾大容量与广覆盖需求，保障数据高效、安全、兼容传输。通过加密、容错与链路监测机制，防范中断与泄露，打通感知层与上层系统间的数据通道。

数据层构建统一数据资源池，遵循标准化原则对多源异构数据进行清洗、归一、分类与建模，支持深度分析。采用“分布式+集中式”混合存储架构，配套备份、恢复与生命周期管理机制，确保数据安全、高效、可溯。

应用层围绕全生命周期开发六大核心功能模块：规划设计辅助、建设安装管控、运行维护智能、退役处置管理、协同管控及系统管理，实现从选址评估、施工监管到故障预警、资源回收的全流程覆盖，并强化跨阶段信息共享与流程衔接。

执行层构建“智能+人工”双重执行体系，精准落实应用层指令。智能设备自动完成常规任务，人工介入处理复杂操作；同步建立执行监测与反馈机制，将结果回传至应用层与数据层，形成“决策—执行—反馈—优化”闭环，保障平台持续高效运行。

5 平台核心功能模块开发与理论性案例佐证

5.1 核心功能模块开发要点

基于平台架构设计与全生命周期运维需求，重点开发四大核心功能模块，贴合运维实际，解决各阶段痛点。

5.1.1 规划设计辅助模块

实现运维需求与规划设计深度融合。选址分析结合环境与电网数据评估可行性；设备选型辅助综合多因素为核心设备选型提建议；运维预留设计规划运维通道等，为后期运维与搭建预留条件；监测设备布局规划优化安装布点，确保数据采集精准。

5.1.2 建设安装管控模块

实现建设安装阶段运维标准化管控。施工进度监测实时采集数据并预警滞后问题；施工质量检测依托监控与传感器评估质量、跟踪整改；施工隐患排查预判盲区并协调整改；施工数

据归档整理记录形成档案，为后期运维提供依据。

5.1.3 运行维护智能模块

解决运维碎片化与智能化水平低问题。设备实时监控展示状态并自动预警；故障智能诊断识别故障并生成处置方案；性能衰减预判分析数据、提前制定维护计划；运维策略优化综合因素智能优化周期与配置；智能巡检调度合理调度资源，确保巡检无盲区。

5.1.4 退役处置管理模块

实现退役与前期阶段闭环衔接。退役设备评估结合数据全面评估设备；处置方案制定根据评估与环保要求制定方案；拆解回收管理监测过程、跟踪比例；退役数据归档保存报告与记录，反馈问题至规划设计模块，实现闭环优化。

5.2 理论性案例佐证

以某 200MW 光伏配 40MW/80MWh 储能电站为例，传统运维存在规划与后期脱节等问题。基于平台开发思路推演：规划设计阶段，依托辅助模块优化布局、预留接口；建设安装阶段，依托管控模块监测质量、排查隐患、规范归档；运行维护阶段，依托智能模块监控状态、诊断故障、优化策略；退役处置阶段，依托管理模块评估设备、制定方案、规范流程并反馈问题。案例表明，平台能破解运维痛点，实现全生命周期协同管控与智能化运维，佐证开发思路与功能设计的科学性、可行性与实用性。

6 平台落地应用保障措施与优化方向

6.1 平台落地应用保障措施

技术保障：持续研发创新，组建运维团队，推进标准建设。
 人才保障：培养专业人才，引进高端人才，完善激励机制。
 管理保障：健全统一运维体系，制定标准规程，加强网络安全。

参考文献：

- [1] 李宗阳. 基于全生命周期成本的光伏储能一体化项目经济效益评估与优化策略[J]. 品牌与标准化,2025(4):223-225.
- [2] 孙毅,单禹钦,陈明昊,等. 考虑生命周期与储能损耗的光-储系统低碳运行优化策略[J]. 电力系统自动化,2025,49(12):60-68.
- [3] 罗瑛,刘元,许云飞,等. 适用于光储氢集站的运维管理系统架构设计与研究[J]. 电工技术,2024(2):63-65.
- [4] 王文雅. 基于云平台的微网群智能运维管理技术的研究[J]. 西藏科技,2022(7):20-23.
- [5] 张瑞颖,严思奇,杨晨曦,等. 基于数字化+的主动式配电网电压运维管理研究[J]. 电气技术与经济,2024(1):233-234,237.

资金保障：科学编制预算，建立长效投入机制，拓宽融资渠道。

6.2 平台优化方向

面向技术演进与运维需求，平台应从技术、功能、协同三个层面持续优化。

技术优化：深化人工智能融合，应用深度学习提升预测与决策精度；优化大数据处理引擎，结合边缘计算增强实时响应能力；推动与 SCADA、EMS 等现有系统及区块链平台的集成，提升数据安全、可信与可追溯性。

功能优化：细化核心模块的子功能，支持场景化、个性化配置；强化集中管控与多端协同能力，构建高效联动机制；优化人机交互，简化操作流程，引入智能客服与语音引导，降低使用门槛。

协同优化：打通规划、建设、运行、退役各阶段数据流，实现全生命周期闭环管理；加强与电网调度、气象服务、储能控制等外部系统的协同，提升新能源消纳与系统运行效率；建立跨部门协同考核指标体系，压实责任，全面提升运维协同水平与管理效能。

7 结论

本文针对大型光储电站运维痛点，基于全生命周期管理与智能化技术，系统研究了平台开发路径与实施策略。主要结论：第一，大型光储电站运维需实现全阶段协同、预防性管控与智能决策，新一代信息技术提供关键支撑。第二，当前运维各阶段问题突出，根本症结在于全周期协同机制缺失。第三，平台应遵循六大原则，构建五层架构，重点开发四大核心模块，理论推演验证了可行性。第四，平台落地需技术、人才、管理、资金四重保障，并持续优化。本研究为光储电站智能运维平台建设提供了理论支撑与实施路径，后续可聚焦模型优化与实证验证。