

光伏电站工程质量精细化管理与后期运维减负路径分析

杜先文 陈彬 江菲 王逸翔 郭新益
中建八局西南建设工程有限公司 四川 成都 610000

摘要：随着光伏电站建设规模的不断扩大，工程质量精细化管理与后期运维减负成为提升电站效能的核心。本文系统阐述了工程质量对电站寿命和运行稳定性的影响，分析了施工工艺、材料质量等关键因素，并提出精细化管理措施。同时，针对运维成本高的问题，探讨了技术革新、规模效益等运维减负路径。通过案例分析，为光伏电站实现高效运维与可持续发展提供了有益的参考和策略。

关键词：光伏电站；工程质量精细化管理；后期运维减负路径

引言：光伏电站作为可再生能源的重要组成部分，其工程质量与后期运维直接关系到电站的发电效率、经济效益及环境贡献。随着光伏技术的不断进步和市场竞争的加剧，如何实现工程质量的精细化管理以及运维成本的有效减负成为行业关注的焦点。本文旨在探讨光伏电站工程质量管理和精细化策略与后期运维减负的有效路径，为推动光伏电站的可持续发展提供理论与实践指导。

1 光伏电站工程质量精细化管理

1.1 光伏电站工程质量的重要性

1.1.1 工程质量对电站寿命和运行稳定性的影响：光伏电站的工程质量是其长期稳定运行的先决条件。高质量的施工能够确保光伏组件、逆变器、支架等关键部件的精确安装，减少因安装不当导致的故障率，从而延长电站的整体寿命。此外，精细的施工工艺能有效防止因连接松动、防护不当等问题引发的短路、漏电等安全隐患，提升电站的运行稳定性。稳定运行的电站意味着更高的发电效率和更少的故障停机时间，这对于提高能源产出和降低运维成本至关重要。

1.1.2 工程质量与运维成本的关联：工程质量与运维成本之间存在着直接的负相关性。高质量的建设意味着更少的维护需求和更长的设备寿命，从而显著降低运维成本。相反，低质量的工程往往伴随着频繁的故障和维修，不仅增加了运维人员的劳动强度，还导致了高昂的备件更换和维修费用。因此，从长期来看，投资于高质量的施工是降低电站全生命周期成本、提高投资回报率的关键策略。

1.2 光伏电站工程质量影响因素

1.2.1 施工工艺：施工工艺是确保工程质量的基础。正确的安装方法和设备安装顺序能够有效避免安装过程中的损坏，保证设备性能的最大化发挥。例如，光伏组件的铺设需严格遵循厂家指南，避免划伤和破损；逆变

器的安装应考虑散热和便于维护的需求；支架系统的稳固性直接影响到电站的安全运行。

1.2.2 材料质量：材料质量是工程质量的核心要素。光伏组件、逆变器、支架等关键部件的质量直接关系到电站的发电效率和耐久性。选用经过认证的高质量材料，可以减少因材料缺陷导致的性能下降和早期失效，确保电站长期稳定运行。

1.2.3 施工天气与人员素质：施工期间的天气条件对工程质量也有重要影响。高温、潮湿、大风等恶劣天气可能增加施工难度，降低作业效率，甚至引发安全问题。同时，施工人员的专业技术水平和责任心也是影响工程质量的关键因素。经验丰富的技术人员能够准确判断施工条件，灵活应对各种挑战，确保工程高质量完成^[1]。

1.3 精细化管理措施

1.3.1 制定完善的施工组织计划和项目质量保障计划：施工前，应依据项目特点和现场条件，制定详细的施工组织计划和项目质量保障计划。这些计划应明确各阶段的工作内容、责任分配、时间节点以及质量控制标准，确保施工活动有序、高效进行。

1.3.2 对施工质量目标进行有效管理，建立质量保证体系：通过建立质量保证体系，明确质量目标、责任主体、监控机制和改进措施，对施工质量进行全面、系统的管理。实施定期的质量检查和评估，及时发现并纠正质量问题，确保每一项施工活动都符合既定的质量标准。

1.3.3 加强施工质量管理，包括材料、隐蔽工程、施工工序等方面的管理：从材料采购、进场检验到施工过程的每一个环节，都应实施严格的质量控制。对隐蔽工程进行隐蔽前检查，确保其在覆盖前符合设计要求。对施工工序进行严格监督，确保每一步操作都遵循既定的工艺标准和操作流程^[2]。

1.3.4 提升施工人员的能力，引进专业技术人员并进

行技术培训：施工人员的技术水平和责任心是确保工程质量的关键。因此，应注重对施工人员的选拔和培训，提升他们的专业技能和质量控制意识。同时，引进具有丰富经验的专业技术人员，为施工团队提供技术支持和指导，确保工程的高质量完成。

2 光伏电站后期运维减负路径分析

2.1 运维成本分析与减负必要性

2.1.1 集中式与分布式电站运维成本的差异及原因分析：集中式光伏电站通常规模较大，地理位置相对集中，便于集中管理和维护。这类电站的运维成本主要体现在设备巡检、故障维修、清洁保养等方面。由于规模经济效应，集中式电站的运维成本相对较低，尤其是在采用智能化运维系统后，运维效率显著提升，进一步降低了成本。相比之下，分布式光伏电站通常规模较小，分布广泛，且往往安装在建筑物屋顶或空地等复杂环境中，这使得运维工作更为复杂和耗时。分布式电站的运维成本不仅包括设备本身的维护，还涉及到与建筑结构的协调、安全监管等多个方面，因此成本相对较高。

2.1.2 运维成本对电站经济效益的影响：运维成本是光伏电站运营成本的重要组成部分，直接关系到电站的经济效益。高运维成本会导致电站的发电成本上升，降低电站的竞争力。特别是在光伏电站补贴政策逐步退坡的背景下，运维成本的优化控制成为了提升电站盈利能力的关键。

2.2 运维减负的主要路径

2.2.1 技术进步：智能化运维技术的应用是降低光伏电站运维成本的重要途径。例如，组串式逆变器能够实现对每串电池板的独立监控和管理，一旦出现故障，能够迅速定位并采取措施，大大提高了运维效率。同时，AI监控系统的应用能够实现对电站运行数据的实时监测和分析，预测潜在故障，提前采取措施，有效避免了因故障导致的停机损失。

2.2.2 规模效应：随着光伏电站建设规模的扩大，设备采购的规模效应逐渐显现。大规模采购能够降低单位设备的采购成本，同时，规模化生产也提高了设备的可靠性和耐用性，减少了后期的维修和更换成本。此外，规模化运维也能够通过集中采购、统一培训等方式降低运维成本。

2.2.3 管理优化：标准化施工能够确保电站建设的质量和效率，减少因施工不当导致的后期运维问题。同时，集中采购能够降低采购成本，提高采购效率。通过优化运维管理流程，实现运维工作的标准化、流程化和信息化，能够进一步提高运维效率，降低运维成本^[3]。

2.3 具体运维减负措施

2.3.1 光伏组件的精细化运维：光伏组件是光伏电站的核心部件，其运行状态直接影响到电站的发电效率。因此，对光伏组件进行精细化运维至关重要。定期清洗组件表面的灰尘和鸟粪等污物，保持组件的清洁度；利用红外测温仪对组件进行温度监测，及时发现并处理热斑问题；定期对组件进行检查和测试，确保其性能良好。

2.3.2 汇流箱无线通信技术的应用：汇流箱是光伏电站中连接电池板与逆变器的关键设备。通过引入无线通信技术，可以实现对汇流箱运行数据的实时监测和远程控制。这不仅提高了数据的可靠性，还降低了人工排查成本，减少了运维人员的劳动强度。

2.3.3 逆变器维护：逆变器是光伏电站中的核心设备之一，其运行状态直接影响到电站的发电质量和效率。因此，对逆变器进行定期维护至关重要。并网前的状态检测能够确保逆变器在最佳状态下运行；运行参数巡查能够及时发现并处理异常参数；冷却系统的维护能够确保逆变器在高温环境下的稳定运行^[4]。

2.3.4 改善调压措施：光伏电站的输出电压受光照强度、温度等多种因素影响，容易出现波动。为了改善这一问题，可以采取优化负荷、使用负载稳压设备、装设无功补偿装置等措施。这些措施能够稳定输出电压，提高电站的发电效率和电能质量，从而降低因电压波动导致的运维成本。

3 案例分析

3.1 工程质量精细化管理案例

3.1.1 案例分析对象与背景：案例分析对象为甘肃某150MW集中式光伏电站，2021年开工建设，地处戈壁荒漠，风沙大、昼夜温差达20℃，且涉及3家施工单位交叉作业，存在施工标准不统一、工序衔接不畅等问题，初期组件安装偏差率超5%。

3.1.2 精细化管理措施的实施过程与效果：实施过程中，项目组建立“三级质检体系”：施工队自检、监理旁站检、业主专项检，同步制定《荒漠光伏施工规范》，明确支架安装垂直度误差≤1°、组件间距偏差≤2cm。引入BIM技术模拟风沙荷载下的结构应力，优化基础浇筑配比；采用无人机巡检跟踪施工进度，发现问题1小时内闭环整改。最终，工程验收时组件安装偏差率降至0.8%，支架抗风等级提升至12级，较计划提前15天并网，首年发电量超设计值3%。

3.1.3 案例的启示与借鉴意义：启示在于：标准化体系是质量基石，极端环境下需针对性制定技术规范；技术赋能提质增效，无人机与BIM结合可实现全流程管控。

3.2 运维减负路径实践案例

3.2.1 案例电站的基本情况与运维成本分析：案例电站为江苏某50MW屋顶光伏电站，2018年投运，覆盖12栋工业厂房，运维团队12人，2022年运维成本中人工巡检占62%，设备故障响应滞后平均达8小时，年度运维费用超120万元。

3.2.2 运维减负措施的实施与成效：实施“智能运维改造”：部署200个组串级智能采集器，实时监测电流电压；引入AI故障诊断系统，结合气象数据预测组件清洗周期；将人工巡检改为“无人机+地面机器人”组合模式，保留3名核心运维人员。改造后，2023年运维成本降至78万元，故障响应时间缩短至2小时，设备可用率从92%提升至98.5%。

3.2.3 案例的推广价值与局限性分析：推广价值在于：分布式电站可复制“少人值守+智能监测”模式；但局限性明显，智能系统初期投入需30万元，回收期约3年，对装机容量<10MW的小型电站经济性不足。

4 面临的挑战与对策

4.1 面临的挑战

4.1.1 技术更新迅速，运维人员技术水平需不断提升：随着光伏技术的不断进步，新设备、新工艺层出不穷，这对运维人员的专业素质提出了更高要求。运维人员不仅需要掌握传统光伏电站的运营维护技能，还需要不断学习新技术、新知识，以适应行业发展的快速变化。然而，现实中运维人员的培训和技术更新往往滞后于技术的发展，导致运维效率和质量受到影响。

4.1.2 分布式电站布局分散，运维难度大：分布式光伏电站通常布局在屋顶、农田、山地等不同地理位置，这些电站的分散布局给运维工作带来了巨大挑战。一方面，运维人员需要穿梭于不同的地点进行巡检和维护，增加了工作量和时间成本；另一方面，由于地理位置的限制，部分电站可能难以迅速获得专业的运维支持，导致故障处理不及时，影响电站的稳定运行。

4.1.3 电网消纳瓶颈与储能技术的挑战：随着光伏电站装机容量的不断增加，电网的消纳能力成为制约光伏电站发展的关键因素。尤其是在光照充足的时段，大量光伏电力涌入电网，可能导致电网过载或不稳定。此外，储能技术的发展也面临诸多挑战，如储能成本高、技术不成熟等，这使得光伏电力在夜间或光照不足时段难以得到有效利用。

4.2 对策与建议

4.2.1 加强技术研发与创新，提升运维智能化水平：通过加强技术研发与创新，我们可以不断提升运维智能化水平，降低运维成本和提高运维效率。例如，开发智能运维系统，实现电站状态的实时监测、故障预警和远程处理；引入无人机巡检技术，提高巡检效率和准确性；利用大数据分析技术，优化运维策略和资源配置。

4.2.2 优化电站布局与运维模式，降低运维成本：针对分布式电站布局分散的问题，我们可以通过优化电站布局和运维模式来降低运维成本。例如，合理规划电站选址，减少电站之间的地理距离；采用集中运维模式，建立专业的运维团队和中心，提高运维响应速度和效率；推广标准化、模块化的电站设计，降低运维难度和成本。

4.2.3 加强政策引导与行业自律，推动光伏电站健康有序发展：政府应出台相关政策，引导光伏电站健康有序发展。例如，制定光伏电站运维标准和规范，提高运维行业的整体水平；提供财政补贴和税收优惠等激励措施，鼓励企业加大技术研发和投入；加强行业自律和监管，防止恶性竞争和资源浪费。同时，企业应积极响应政策号召，加强内部管理和技术创新，共同推动光伏电站产业的持续健康发展。

结语

光伏电站的精细化管理在工程质量与后期运维中扮演着至关重要的角色。通过深入探讨，我们发现质量管控的精细化和运维策略的智能化是提升电站效能的关键。未来，随着技术的持续进步，光伏电站的管理将更加高效、环保。本文的探讨旨在为光伏电站的长期发展提供有益参考，期待为行业的绿色转型和可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]侯瑞斌.光伏电站工程建设及运营管理研究[J].居舍,2021,(06):62-63.
- [2]李俊,葛仲奕.彭泽光伏项目质量管理实践与探讨[J].能源研究与管理,2020,(04):41-42.
- [3]张蕾.新时期光伏电站企业管理的优化策略探讨[J].中国国际财经(中英文),2021,(10):111-112.
- [4]曹履薪.光伏电站工程建设项目管理的相关探究[J].山东工业技术,2022,(09):86-87.