

新能源电站设备全生命周期管理优化与实践研究

王燕海

620421*****201X

摘要: 在双碳目标引领下,新能源电站迎来规模化发展机遇,但设备管理水平不足成为制约其高效运营的关键瓶颈。本文基于设备全生命周期管理理论,结合新能源电站设备(风电、光伏为主)的技术特性,系统分析当前设备管理在规划设计、采购验收、运行维护、退役处置等阶段存在的问题,提出涵盖流程重构、技术赋能、体系完善的全链条优化策略,并结合实际案例验证优化方案的可行性与有效性。研究表明,通过全生命周期管理优化,可显著提升新能源电站设备可靠性、降低运维成本、延长设备使用寿命,为新能源电站高质量发展提供有力支撑。

关键词: 新能源电站; 设备全生命周期管理; 运维优化

DOI: 10.69979/3060-8767.26.01.010

1 研究背景

随着全球能源转型进程加快,风能、太阳能等新能源在能源结构中的占比持续提升。我国作为新能源装机大国,然而,新能源电站多分布在偏远地区,自然环境恶劣,设备类型复杂,且存在重建设、轻管理的现象,导致设备故障频发、运维成本居高不下、资源浪费严重等问题,严重制约了新能源产业的可持续发展。设备全生命周期管理作为一种集成化的管理模式,涵盖设备从规划设计、采购验收、运行维护到退役处置的整个过程,通过全流程的统筹规划与精细化管理,实现设备价值最大化。将全生命周期管理理念应用于新能源电站设备管理中,对优化管理流程、提升设备可靠性、降低运营成本具有重要现实意义。

1.1 研究意义

理论意义: 本文深入剖析新能源电站设备全生命周期管理的核心内涵与关键环节,结合新能源设备的技术特性完善全生命周期管理理论体系,为新能源领域设备管理研究提供新的视角与思路。**实践意义:** 针对当前新能源电站设备管理的痛点问题,提出切实可行的优化策略并通过案例验证,可为新能源电站运营企业提供实操性指导,助力企业提升设备管理水平,降低运维成本,增强核心竞争力,推动新能源产业高质量发展。

1.2 研究内容与方法

本文主要研究内容包括:新能源电站设备全生命周期管理理论框架构建;当前新能源电站设备管理各阶段存在的问题分析;设备全生命周期管理优化策略制定;优化策略的实践案例验证。研究方法采用文献研究法,梳理国内外设备全生命周期管理相关研究成果;采用实

地调研法,深入多家新能源电站了解设备管理现状;采用案例分析法,结合具体电站的管理实践验证优化方案的有效性。

2 新能源电站设备全生命周期管理理论框架

2.1 核心内涵

设备全生命周期管理是一种以设备价值最大化为核心目标,贯穿设备规划设计、采购验收、运行维护、退役处置全流程的集成化管理模式。与传统设备管理仅关注运行维护阶段不同,全生命周期管理强调全流程、系统性、精细化,通过各阶段的协同配合,实现设备从投入到淘汰的全流程价值管控。新能源电站设备全生命周期管理需结合风电、光伏设备的特性,如风电设备的大型化、高空作业难度大,光伏设备易受光照、沙尘影响等,针对性开展管理工作。

2.2 关键环节

规划设计阶段: 作为设备全生命周期管理的源头,该阶段需结合电站选址、资源条件、电网接入需求等,确定设备类型、规格型号、技术参数等,为后续设备采购与运行维护奠定基础。**采购验收阶段:** 根据规划设计方案开展设备采购,严格筛选供应商,对设备质量进行全面验收,确保设备符合设计要求与运行标准。**运行维护阶段:** 这是设备全生命周期管理的核心环节,通过实时监测设备运行状态、开展定期维护、及时处理故障,保障设备稳定运行。**退役处置阶段:** 针对达到使用年限或无法修复的设备,开展残值回收、环保处置等工作,实现资源循环利用与环境友好。

2.3 管理目标

新能源电站设备全生命周期管理的核心目标包括:

一是提升设备可靠性，降低故障发生率，保障电站安全稳定发电；二是降低全生命周期成本，包括采购成本、运维成本、退役处置成本等；三是延长设备使用寿命，充分挖掘设备价值；四是实现环保合规，确保设备退役处置符合环保要求，推动绿色发展。

3 新能源电站设备全生命周期管理现状与问题分析

3.1 规划设计阶段：源头管控不足

部分新能源电站在规划设计阶段存在调研不充分、设计不合理等问题。一方面，对电站选址的自然环境、资源条件评估不足，导致设备选型与实际运行环境不匹配，如在风沙较大地区选用防护等级不足的光伏组件，增加设备故障风险；另一方面，设计过程中未充分考虑后续运维需求，如风电设备检修通道设计不合理，增加运维作业难度与成本。此外，部分企业为追求建设速度，简化规划设计流程，导致设备布局不合理，影响后续运行效率。

3.2 采购验收阶段：质量管控不严

采购环节存在供应商筛选标准不科学、低价中标等问题。部分企业仅关注设备采购价格，忽视供应商的技术实力、产品质量与售后服务，导致采购的设备存在质量隐患。验收环节存在流程不规范、检测手段单一等问题。部分电站仅开展外观检查与简单性能测试，未对设备核心部件进行全面检测，无法及时发现设备存在的质量问题。此外，部分供应商为满足验收标准，采取临时整改措施，设备投入运行后易出现故障。

3.3 运行维护阶段：管理效率低下

运行维护阶段是设备管理的核心环节，也是问题最为突出的环节。一是监测体系不完善，部分电站仍采用传统的人工巡检方式，存在监测不实时、数据不准确等问题，无法及时发现设备早期故障；二是维护策略不合理，多采用事后维修或定期维修模式，未根据设备实际运行状态开展预防性维护，导致维护不足或过度维护；三是运维团队专业能力不足，新能源设备技术含量高，对运维人员的专业技能要求较高，但部分电站运维人员缺乏系统培训，无法有效处理复杂故障；四是备件管理不规范，备件库存积压或短缺现象严重，影响故障处理效率。

3.4 退役处置阶段：流程缺失无序

当前新能源电站设备退役处置仍处于无序状态，缺乏完善的管理流程与技术标准。一方面，部分企业对设备退役处置重视不足，未制定科学的退役计划，设备达

到使用年限后仍超期服役，增加安全风险；另一方面，退役设备处置方式单一，多采用拆解丢弃的方式，未开展残值回收与资源循环利用，造成资源浪费。此外，退役设备拆解过程中存在环保隐患，如电池、电子元件等处置不当易污染环境。

4 新能源电站设备全生命周期管理优化策略

4.1 规划设计阶段：强化源头统筹

完善前期调研机制：开展全面的选址调研，重点评估自然环境、资源条件、电网接入能力等因素，建立调研数据库，为设备选型提供数据支撑。针对不同区域的环境特性，制定差异化的设备选型标准，如风沙地区选用高防护等级的光伏组件与风电设备，低温地区选用耐低温的电池储能设备。融入运维导向设计：在设计过程中充分考虑后续运维需求，优化设备布局与检修通道设计，预留监测设备安装接口，方便后续运维作业。采用模块化设计理念，提高设备拆装便捷性，降低运维成本。建立设计评审机制：组建专业的设计评审团队，对规划设计方案进行全面评审，重点关注设备选型、布局合理性、运维可行性等方面，确保设计方案科学可行。

4.2 采购验收阶段：严格质量管控

优化供应商筛选体系：建立多维度的供应商评价指标体系，涵盖技术实力、产品质量、售后服务、行业口碑等方面，采用招投标方式选择优质供应商。与核心供应商建立长期战略合作关系，保障设备质量与供货稳定性。规范采购流程：制定标准化的采购流程，明确采购需求、招标、评标、合同签订等环节的操作规范，避免低价中标现象。在采购合同中明确设备质量标准、售后服务要求、违约责任等条款，保障企业权益。完善验收机制：建立全流程的验收体系，采用外观检查+性能测试+核心部件检测的全方位检测方式，引入第三方检测机构开展专业检测，确保设备质量符合要求。建立验收档案，详细记录验收过程与检测结果，为后续设备管理提供依据。

4.3 运行维护阶段：推进精细化管理

构建智能监测体系：引入物联网、大数据、人工智能等技术，构建全设备覆盖的智能监测系统。在风电设备核心部件与光伏组件安装传感器和监测模块，实时采集温度、振动等运行数据。通过大数据分析与人工智能算法，实现设备故障早期预警，提高识别准确率。优化维护策略：基于设备运行数据与故障规律，构建预防性维护体系。采用以状态维修为主、定期维修为辅的模式，制定个性化维护计划，避免过度或不足维护。建立故障

知识库，提高处理效率。加强运维团队建设：建立系统化培训体系，定期开展设备操作等方面培训，提升运维人员专业能力。引入持证上岗制度，确保人员具备专业技能。建立绩效考核机制，激发工作积极性。规范备件管理：采用信息化手段构建备件管理系统，实时监控库存，实现全流程管理。建立备件共享机制，加强区域内电站备件调配，减少积压与短缺。

4.4 退役处置阶段：构建规范化流程

制定科学退役计划：根据设备运行年限、性能状态、维护成本等因素，制定设备退役计划，明确退役时间、处置方式、责任主体等内容。建立设备全生命周期档案，详细记录设备采购、运行、维护、故障等信息，为退役决策提供依据。完善退役处置技术标准：制定新能源电站设备退役处置技术规范，明确不同类型设备的拆解流程、残值回收方法、环保处置要求等。推广绿色拆解技术，提高退役设备的残值回收率，实现资源循环利用。强化环保管控：严格执行环保法规，对退役设备中的电池、电子元件、油污等有害物质进行规范处置，避免环境污染。引入专业的退役处置企业，确保处置过程符合环保要求。

5 新能源电站设备全生命周期管理实践案例

5.1 案例背景

某大型光伏电站建于2018年，装机容量为100MW，主要设备包括光伏组件、逆变器、汇流箱、变压器等。该电站投运初期采用传统设备管理模式，存在设备故障频发、运维成本居高不下、监测不实时等问题。2022年，该电站引入设备全生命周期管理理念，实施管理优化方案，经过1年的实践，设备管理水平显著提升。

5.2 优化措施实施

规划设计复盘与优化：对电站规划设计方案进行复盘，针对光伏组件布局不合理、检修通道狭窄等问题进行优化，重新规划组件排列方式，拓宽检修通道，提高运维便捷性。采购验收体系完善：重新梳理供应商评价指标，与3家优质光伏组件、逆变器供应商建立长期合作关系。完善验收流程，引入第三方检测机构对采购设备进行全面检测，确保设备质量。智能监测与维护体系建设：引入智能监测系统，在光伏组件、逆变器等设备上安装传感器，实时采集运行数据，通过大数据分析实现故障预警。基于设备运行状态制定预防性维护计划，替代传统的定期维护模式。开展运维人员专业培训，提升团队故障处理能力。退役处置预案制定：建立设备全生命周期档案，对已运行5年以上的设备进行性能评估，

制定科学的退役计划，与专业退役处置企业签订合作协议，确保设备退役后得到规范处置。

5.3 优化效果分析

通过实施全生命周期管理优化方案，该光伏电站设备管理效果显著：一是设备可靠性提升，光伏组件故障发生率从优化前的3.2%降至1.1%，逆变器故障发生率从2.8%降至0.9%；二是运维成本降低，年均运维成本较优化前减少230万元，降幅达21%；三是发电效率提升，电站年发电量较优化前增加1200万kWh，增幅达3.5%；四是管理效率提升，故障平均处理时间从优化前的8小时缩短至2小时。实践表明，设备全生命周期管理优化方案具有显著的可行性和有效性。

6 结论

基于设备全生命周期管理理论，结合新能源电站设备技术特性，系统分析当前新能源电站设备管理在规划设计、采购验收、运行维护、退役处置等阶段的问题，提出强化源头统筹、严格质量管控、推进精细化管理、构建规范化流程的全链条优化策略，并用实际案例验证优化方案有效性。研究表明，设备全生命周期管理可提升新能源电站设备可靠性、降低运维成本、提高发电效率，是推动新能源电站高质量发展的重要手段。随着数字技术与新能源产业深度融合，新能源电站设备全生命周期管理将向智能化、数字化、协同化发展。一方面，加强数字技术应用，推广5G、区块链、数字孪生等技术，构建全流程数字化管理平台；另一方面，推进产业链协同，加强设备制造商、电站运营商、运维企业、退役处置企业合作，构建全生命周期管理生态体系；此外，完善标准体系建设，加快制定相关标准，规范管理流程，促进行业高质量发展。

参考文献

- [1]慈松.基于全生命周期优化管理的锂电池梯次利用[J].新材料产业,2015(4):6.DOI:CNKI:SUN:XCLY.0.2015-04-010.
- [2]孙宁宁,雷平,张立.充电桩建设项目投资后评审指标体系构建与实践[J].中国审计,2023(20).
- [3]朱如平.新能源汽车电池故障诊断与维修系统优化研究[J].汽车测试报告,2025(6):46-48.
- [4]牟令.新能源企业设备全生命周期管理[J].工程技术(引文版),2016(4):00033-00033.
- [5]李刚.物业机电设备日常运维管理优化策略研究[C]//工程技术与新能源经济学术研讨会论文集(一).2025.