

全生命周期视角下山地风电项目的成本优化策略研究

陆成远

国家电投集团广西电力有限公司钦州分公司 广西钦州 535000

摘 要：在全球气候变暖和能源危机的双重压力下，可再生能源，尤其是风电，正逐渐成为各国电力供应的重要补充。然而，山地风电项目通常面临着较高的建设和运营成本，这主要由于地形复杂性、设备的高维护需求以及环境影响等因素。因此，对山地风电项目的成本优化研究具有重要的现实意义，不仅有助于提高项目的经济性，还能促进可再生能源的广泛应用，为实现碳中和目标贡献积极力量。本文将从全生命周期的视角出发，探讨山地风电项目的成本优化策略。

关键词：全生命周期；山地风电；成本优化

引言

随着全球能源结构的转型和可持续发展理念的深入人心，风能作为一种清洁、可再生的能源形式，正受到越来越多的关注和重视。山地风电项目作为风能发电的重要领域之一，其成本优化对于提高项目经济效益和促进风电产业发展具有重要意义。

一、山地风电项目全生命周期成本分析

（一）初期投资成本

山地风电项目的初期投资成本主要包括风力发电机、塔筒、基础建设、电气设备、输电线路以及项目管理等多方面的支出。其中，风力发电机作为核心设备，其选型与技术参数直接影响项目成本。塔筒高度的设定取决于地形条件和风速分布，需要兼顾结构稳定性和成本效益。基础建设涉及地质勘探、土建工程，需要克服山地地形的复杂性，费用相对较高。电气设备和输电线路的选型则考虑效率与可靠性。项目管理费用包括设计、招标、合同执行等环节，合理的项目管理能有效控制成本。

（二）运营维护成本

运营维护成本涵盖了设备的日常维护、故障修复、定期检修以及备件更换等。山地风电场的特殊地形导致运维难度增加，如道路维护、设备运输、维修人员安全等都是需要考虑的因素。风电设备的可靠性和可用性直接影响运营成本，高故障率会增加维修费用。定期的性能监测和维护保养计划有助于降低长期运行成本。

（三）报废处理成本

风电设备有一定的使用寿命，报废处理成本包括设

备拆卸、运输、回收和处理等环节。山地风电项目的拆卸工作更为复杂，可能需要特殊设备和专业团队，成本较高。考虑到环境保护和资源回收，设备的材料选择和回收技术选择也会影响报废处理成本。

（四）成本分布特征与规律

山地风电项目全生命周期成本分布呈现初期投资大、运营维护持续、报废处理集中的特点。初期投资往往占项目总成本的大部分，而运营维护成本则随着项目运行时间线性增长。报废处理成本在项目末期一次性支出，但可能占到总成本的一定比例。在成本规律上，通过优化设计和管理，可以降低初期投资，提高设备效率则可减少运营维护成本。报废处理方面，采用可回收材料和环保处理方式可以减轻环境压力并降低相关费用。

二、山地风电项目成本优化策略设计

（一）设计阶段优化策略

在山地风电项目的设计阶段，优化策略的实施对于降低全生命周期成本至关重要。进行详尽的地形分析，利用先进的地理信息系统（GIS）和风资源评估技术，精确选择风力资源丰富、地形条件适宜的地点，减少土建工程量和地质灾害风险。优化风机布局，考虑风场内的风速分布和湍流影响，提高发电效率，同时减少相互遮挡。采用模块化和标准化设计，提高零部件的通用性，降低定制成本，简化维护工作。

（二）采购与施工阶段优化策略

在采购阶段，通过集中采购和长期合作，与供应商谈判获得优惠价格和优质服务。严格审查供应商资质，确保设备质量，降低故障率和维修成本。施工阶段，采

用工程总承包（EPC）模式，整合设计、采购、施工资源，提高效率，减少协调成本。实施精益施工管理，减少浪费，提高施工效率。采用先进的施工技术，如无人机巡检、3D打印等，以减少人力成本和时间消耗。

（三）运营阶段优化策略

在运营阶段，实施智能化运维策略，利用物联网和大数据技术，实时监控设备状态，预测故障，进行预防性维护，降低停机损失。优化能源管理，根据风速变化调整发电策略，提高发电效率。建立完善的培训体系，提升运维人员技能，减少操作失误造成的成本。通过数据分析，持续改进运营策略，降低运维成本。

（四）报废处理阶段优化策略

在报废处理阶段，提前规划设备的退役策略，考虑设备的再利用和回收价值。推广绿色拆解技术，减少环境污染，提高材料回收率。与专业回收公司合作，确保合规处理废弃设备。通过循环经济理念，将部分组件再利用于新的风电项目，降低新项目初期投资。研究和开发可降解材料，减少长期环境影响，降低处理成本。

三、山地风电项目成本优化策略的保障措施

（一）政策支持与激励

政策环境的稳定性与支持性是推动山地风电项目成本优化的关键因素之一。政府可以通过一系列的政策措施，如财政补贴、税收优惠、低利率贷款或保证项目等，来降低山地风电项目的初期投资成本。例如，制定可再生能源发展目标和扶持政策，为风电项目提供资金支持，如投资信贷、税收减免等，可以极大地激励投资者和企业投身山地风电项目。

（二）技术研发与创新

技术进步在成本优化中起到决定性作用。通过技术创新，可以提高风电设备的能效，降低运维成本，并优

化设备的耐用性和可靠性。例如，研发更高效的风力发电机，减少机械故障率，提高发电效率，从而降低运维成本。智能化和自动化技术的发展，如远程监控和预测性维护系统，可以减少不必要的停机时间，提高风电场的总体性能。轻量化和高强度材料的应用可以减轻设备重量，降低运输和安装成本。

（三）人才培养与引进

在山地风电项目中，专业人才的培养和引进对于成本优化至关重要。拥有专业技能和经验丰富的技术人员可以提高风电场的运行效率，减少故障率，进而降低运维成本。定期的培训和继续教育项目可以确保工作人员对最新技术、安全标准和最佳实践保持熟悉。吸引和保留经验丰富的项目经理和工程师，他们能够通过有效的项目管理，如精益建造和运维实践，进一步降低成本。

结论

通过精细规划和管理，山地风电项目的初期投资成本可以得到有效控制，运营维护成本可通过技术创新和管理优化显著降低，而报废处理阶段的成本则可通过循环经济和资源回收策略最小化。政策支持、技术创新和人才培养等保障措施在实际应用中对成本优化起到了关键的推动作用。

参考文献

- [1]王帅强,段俊东,段志远.考虑风电消纳的“风-网-EV充换电站”协同优化策略研究[J].热力发电,2023,52(3):112-120.
- [2]谢君.风电产业链中风机偏航系统控制策略研究综述[J].产业创新研究,2024(12).