

新能源大型风电项目建设管理的优化策略

周 毅

国电投长江生态能源有限公司 湖北省武汉市 430000

摘 要：随着全球能源结构向清洁能源转型，新能源大型风电项目的建设规模在不断地扩大，其建设管理的复杂性与挑战性也日益凸显。为此本文聚焦新能源大型风电项目建设管理的优化策略，首先分析了该类项目建设管理的特点，随后从前期规划与可行性研究、设计与技术方案、施工管理、运维管理、风险管理与政策协同、技术创新与数字化转型、可持续发展与社会责任七个维度，提出了系统性的优化策略。

关键词：新能源；大型风电项目；建设管理；优化策略；数字化转型；可持续发展

引言

在“双碳”目标的推动下，新能源产业迎来了前所未有的发展机遇，其中风电作为技术成熟、经济性较高的清洁能源，已然在能源转型中占据了重要的地位。而大型的风电项目具有投资规模大、建设周期长、涉及范围广、技术要求高、受自然环境因素影响显著等特点，因此其建设管理水平直接关系到项目的成败。现阶段，新能源大型风电项目的建设管理面临着诸多挑战，比如选址不合理导致的风资源利用率低下、施工过程中供应链协调不畅引发的工期延误、运维模式传统造成的成本过高等。为了应对上述这些挑战，亟需对风电项目建设管理进行系统性优化，在实践中运用先进的技术、科学的方法和创新的理念，来提升项目全生命周期的管理效能。

1. 新能源大型风电项目建设管理特点

新能源大型风电项目建设管理与传统的能源项目相比，其具有鲜明的特点。第一是项目选址的依赖性强，此类项目对风资源、地形地貌、地质条件等自然因素极为敏感，哪怕一处选址的细微偏差均可能会导致项目的发电效率大幅度下降。第二是建设规模庞大，它涉及了风机、塔筒、变电站、输电线路等众多设备和设施，且各环节之间的关联性强，只有任何一个环节出现问题都会影响到整体的进度^[1]。第三是技术的复杂度高，其中涵盖了风资源评估、风机选型、基础设计、吊装施工、并网调试等多个技术领域，加之新技术、新设备不断地涌现，因此对管理人员和技术人员的专业素养提出了更高的要求。第四为受政策与市场的影响显著，国家层面的电价补贴、土地政策、环保法规等政策因素，以及风电设备价格波动、电力市场消纳情况等市场因素，均会对项

目的经济性产生重要的影响。第五则是环境的协调难度大，项目的建设可能会涉及到生态保护区、候鸟迁徙路线等敏感区域，所以需要在开发与保护之间寻求平衡，务必做好生态环境保护工作。第六是全生命周期的管理要求高，从项目前期规划再到后期运维，时间跨度长达数十年，需要建设团队建立贯穿全生命周期的管理体系，才能保障项目的长期稳定运行。

2. 系统性优化策略

2.1 前期规划与可行性研究优化

2.1.1 精细化资源评估

资源评估的精细化离不开高精度风资源测量技术，比如激光雷达测风、CFD（计算流体动力学）模拟等等，只有该精度的技术才能够准确地获取风电场区域的风速、风向、风能密度等关键参数。而在获取测量数据之后，便需要结合历史气象数据进行综合地分析，此举能够大幅度地降低风资源评估的不确定性，为项目选址提供科学的依据。同时也要充分地考虑到环境承载力和生态红线，积极地通过实地勘察、遥感监测等手段，来明确项目区域是否涉及了候鸟迁徙路线、生态保护区、自然遗产地等敏感区域，再对可能存在的环境风险进行评估，在规划阶段坚决规避环境敏感区域，从源头上减少项目对于生态环境的影响。

2.1.2 全生命周期经济性分析

全生命周期的经济性分析当中理应引入 LCOE（平准化度电成本）模型，因为该模型综合地考虑了初始投资、运维成本、发电收益及政策补贴等多个因素，能够更加全面地反映项目的经济性。像初始投资，需要详细地核算风机采购、基础施工、输电线路建设、变电站建设等各项费用；运维成

本则包括了设备维护、人员工资、备品备件储备等费用；而发电收益与项目的发电量、上网电价处于密切相关的关系；政策补贴要关注着国家及地方的相关扶持政策，如电价补贴、税收优惠等。经由 LCOE 模型的分析，得以优化项目的容量配置，寻找单机功率与土地利用率之间的平衡。

2.2 设计与技术方案优化

2.2.1 模块化与标准化设计

设计层面的优化核心在于模块化与标准化，为此企业要推广标准化风机基础、塔筒和电气系统设计，且制定统一的设计标准和技术规范，进而缩短设计周期，提高设计的效率，同时还能降低采购的成本。而标准化设计使得设备和构件的通用性增强，便于批量生产和采购，可帮助建设企业获得更加优惠的采购价格。另外应当采用 BIM（建筑信息模型）技术进行协同设计，借助信息化技术将建筑、结构、机电等各专业的的设计信息整合到一个三维模型当中，促使各专业之间的信息共享和协同工作得以实现^[2]。基于 BIM 模型的碰撞检测功能，还可以在在设计阶段发现各专业之间的冲突和矛盾，如管道与结构构件的碰撞、电气线路与设备的冲突等等，及时地进行调整和优化，即可减少施工阶段的设计变更和返工，有利于提高施工的效率。

2.2.2 智能选址与微观选址

若在智能选址与微观选址阶段应用 AI 算法优化风机排布，则可有效地规避尾流效应，进而风电场的整体发电效率。所谓尾流效应，是指前一台风机运行时会在其后方形成风速降低的区域，影响到后续风机的发电量。而 AI 算法能够根据风资源数据、地形数据和风机参数，经过模拟不同风机排布方案下的尾流影响，从中找出最优的排布方案。例如 OpenWind 等专业软件均可实现风机排布的优化设计，通过不断地迭代计算，终将得出发电量最大的风机布置方案。在此基础上，还需结合地形地质数据，来选择适宜的基础类型。像岩石地层条件，一般可采用岩石锚杆基础，该基础通过锚杆将风机基础与岩石层牢固连接，因此具有承载能力强、施工简便、成本较低等优点。

2.3 施工管理优化

2.3.1 供应链与物流管理

建设企业应当建立区域性的设备集散中心，在此将风机、塔筒、叶片等大型设备集中进行存储和管理，之后根据项目建设的进度统一的进行调配，如此能够减少设备运输的盲目性，提高运输的效率。对于叶片、塔筒等大部件的运输，

还需制定详细的物流方案，该方案要考虑到运输路线的路况、桥梁承载能力、交通管制等因素，再与交通部门和沿线地方政府进行协调，以确保运输畅通。或者是与供应商签订长期协议，提前锁定关键设备的价格和供应数量，进而有效地规避市场波动风险。但在协议中一定要明确设备的质量标准、交货期、售后服务等条款，保障设备的质量和及时供应。

2.3.2 施工过程精细化

对于施工过程而言，其精细化需要应用 4D 进度管理（时间+3D 模型）技术，即将项目的进度计划与 3D 模型相结合，使其形成动态的进度管理模型。通过该模型即可直观地展示项目各阶段的施工进度，帮助相关人员实时地监控关键路径的进展情况，例如风机吊装的窗口期、基础施工的关键节点等等。一旦实际进度与计划进度出现偏差，便会提醒相关人员及时地分析原因，且采取调整资源配置、优化施工工序等措施，为项目的按期完成提供保障。与此同时，在实践当中还应积极地推广预制装配式基础，就是将基础的部分构件在工厂预制生产，然后再运输到施工现场进行组装，该方式能够减少现场浇筑混凝土的时间和工作量，有助于提高施工效率和基础质量^[3]。

2.3.3 数字化施工监控

实际施工过程当中，利用无人机巡检、物联网传感器等技术，企业能够对施工质量进行实时地监测。具体来说：无人机可对风机基础、塔筒安装、输电线路架设等施工环节进行航拍巡检，帮助施工人员及时地发现施工中的质量问题和安全隐患；物联网传感器则可安装在基础钢筋、塔筒螺栓、混凝土结构等部位，用于实时监测基础沉降、螺栓扭矩、混凝土强度等参数，并将监测数据传输至数据平台进行分析和预警。而施工大数据平台当中，需要整合历史项目的施工数据、气象数据、地质数据等信息，经由数据挖掘和分析，总结出施工经验和规律，在以此为基础优化施工工期和资源配置。

2.4 运维管理优化

2.4.1 预测性维护与智能运维

一方面施工人员可以部署 SCADA（监控与数据采集）系统+AI 故障诊断技术，SCADA 系统可采集风机的转速、温度、振动、电压、电流等运行参数，AI 故障诊断算法则会对这些参数进行深度学习和分析，识别出齿轮箱、轴承、发电机等关键部件的异常状态，进而提前预测设备可能出现的故障。即借助该技术能够对风机的运行状态进行实时地监测和分析。另一方面为应用数字孪生技术，构建起风机的数

字模型,该模型将与实体风机实时同步,能够模拟设备的运行状态、老化趋势和故障演化过程。而基于数字孪生模型,建设企业可根据设备的老化趋势和故障预测,提前储备必要的备品备件,以避免因备件短缺而导致的停机时间过长。

2.4.2 无人机与机器人应用

无人机被广泛的用于巡检叶片损伤环节,因为无人机搭载高清摄像头和红外热像仪,能够对叶片进行全方位的拍摄,随后结合图像识别算法(如深度学习)对叶片表面的裂纹、腐蚀、涂层脱落等损伤进行自动识别和定位。相比传统的人工巡检,该方法具有效率高、成本低、安全性高等优势。往后随着时代的发展,相关企业应该着力于开发爬行机器人,用于检查塔筒内部腐蚀情况,由于机器人可沿着塔筒内壁爬行,且搭载了传感器和摄像头,因此能够实时地监测塔筒内部的腐蚀程度、焊缝质量等,并将监测数据传输至地面控制系统。它减少了人工高空作业的风险,直接提高了塔筒巡检的安全性和准确性。

2.5 风险管理与政策协同

2.5.1 全流程风险管控

若想有效管控全流程风险,就需要使用EPC(设计—采购—施工)总承包模式下的风险共担机制,在其中明确业主、总承包商、分包商等各方的风险责任边界。例如,对于地质勘探误差导致的基础设计变更风险,可在合同中约定由勘探单位、设计单位和总承包商按一定的比例承担责任。在此基础之上,购买项目全险,如延误险、自然灾害险、第三者责任险等等,以此将不可抗力的风险转移给保险公司。

2.5.2 政策与利益相关方管理

建设前企业应当提前与地方政府、社区、环保部门等利益相关方进行沟通,详细地了解当地的土地政策、环保要求、审批流程等,并积极办理土地使用、环境影响评价、项目核准等审批手续,务必确保项目的合法性与合规性,从而避免“未批先建”等违规行为而导致的项目停工和处罚。此外,结合项目“新能源”的特点,可以大力探索:“风电+”模式,像风电+储能、风电+制氢、风电+农业等,旨在提升项目的综合收益。

2.6 技术创新与数字化转型

2.6.1 新技术应用

目前测试漂浮式风电技术,能有效地拓展深远海风电资源的开发。因为漂浮式风电基础可漂浮在海面上,所以比较适用于水深较大的深远海区域。相比固定式风电基础,它

具有选址灵活、对海底地形适应性强等优势。但漂浮式风电技术还处于示范阶段,需要加大研发的投入,降低企业使用的技术成本,进而提高其经济性和可靠性。

2.6.2 能源管理系统集成

当建设企业在项目当中接入了虚拟电厂(VPP)平台,便能将风电项目纳入虚拟电厂的统一管理和调度。此时虚拟电厂可整合分布式能源、储能设备、可控负荷等资源,使得各类资源的优化配置和协同运行得以实现。在风电项目接入虚拟电厂之后,就能参与电力市场交易,企业根据市场电价和负荷需求可以自行调整发电量,有助于提高风电的消纳能力和经济效益。

2.7 可持续发展与社会责任

风电项目的建设需要兼顾经济效益、环境效益和社会效益,即通过生态修复和社区共建,来实现可持续发展。其重点为实施生态修复计划,在项目施工结束后,迅速对施工区域进行植被恢复、土壤改良、水土保持等生态修复工作,进而减少项目建设对生态环境的影响。同时还可以与当地社区共享收益,优先为当地居民提供就业岗位,帮助当地居民增加收入,或者是建立分红机制,将项目的部分收益分配给当地社区,将其用于社区的基础设施建设、教育、医疗等公益事业。

3. 结语

未来随着技术的不断进步和政策的不断完善,新能源大型风电项目建设管理将朝着更加智能化、数字化、绿色化的方向发展。因此需进一步地加强技术研发和创新、优化管理模式并完善政策体系,最终推动风电产业的高质量发展,为全球能源转型和“双碳”目标的实现做出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 蒋梅笑. 风电与光伏新能源项目安全管理研究——以关键因素分析与优化策略为例[J]. 中国科技投资,2024,(22):11-13.DOI:10.12433/zgkjt.20242204.
- [2] 高天宇. 新能源光伏电站项目建设管理优化策略研究[J]. 光源与照明,2022,(11):71-73.
- [3] 董丽娟. 大型建设项目的计划优化管理[J]. 现代工业经济和信息化,2017,7(04):116-117.DOI:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2017.04.53.

作者简介: 周毅,出生年月日:1998年6月2日,性别:男,民族:汉,籍贯:湖北孝感,学历:本科,职称:助理工程师,从事的研究方向:新能源建设管理