

# Research on Hoisting Technology of New Energy Wind Power Project Construction

Meiying Zhou

Guodian Power Shandong New Energy Development Co., Ltd., Yantai, Shandong, 264000, China

## Abstract

With the transformation and upgrading of the global energy structure, the construction of new energy wind power projects has received more and more attention. As a key link in the construction of wind power engineering, the technical level of hoisting technology directly affects the safety, quality and efficiency of the project. This paper analyzes the main characteristics of the lifting technology in the new energy wind power project, and at the same time, the construction points of the lifting technology are deeply discussed, involving the formulation of the lifting scheme, the selection of the lifting equipment and the implementation of the lifting operation and other key links. In addition, this paper also puts forward the optimization and innovation direction of lifting technology, such as the introduction of intelligent management system, the adoption of modular lifting technology and the application of virtual reality (VR) technology for simulation, which is expected to further improve the level of lifting technology in new energy wind power projects and promote the sustainable development of wind power industry.

## Keywords

new energy; wind power engineering; hoisting technology

## 新能源风电工程项目建设吊装技术研究

周美英

国电电力山东新能源开发有限公司, 中国·山东·烟台 264000

## 摘要

随着全球能源结构的转型和升级, 新能源风电工程项目建设日益受到重视。吊装技术作为风电工程建设中的关键环节, 其技术水平直接影响到工程的安全、质量和效率。论文针对新能源风电工程项目中吊装技术的主要特点进行了分析, 同时, 对吊装技术的施工要点进行了深入探讨, 涉及吊装方案的制定、吊装设备的选型以及吊装作业的实施等关键环节。此外, 论文还提出了吊装技术的优化与创新方向, 如引入智能化管理系统、采用模块化吊装技术和应用虚拟现实(VR)技术进行模拟等, 有望进一步提升新能源风电工程项目中吊装技术的水平, 推动风电行业的持续发展。

## 关键词

新能源; 风电工程; 吊装技术

## 1 引言

随着全球对可再生能源需求的不断增长, 新能源风电工程项目建设已成为各国能源战略的重要组成部分, 在风电工程建设过程中, 吊装技术是实现风力发电机组安装的关键技术之一。由于风电工程项目的特殊性和复杂性, 吊装技术面临着诸多挑战, 因此, 深入研究新能源风电工程项目中吊装技术的特点、施工要点以及优化与创新方向, 对于提升风电工程建设的质量和效率具有重要意义。

## 2 新能源风电工程项目中吊装技术的主要特点

### 2.1 安全性

风力发电机组构件体积庞大、重量显著, 其中风轮叶片长度普遍超过 50m, 单片重量达数吨之巨, 主机舱重量更可达数百吨, 这些设备的吊装过程都需要在数十米甚至上百米的高空进行操作。风电项目多建于山地、海上等复杂地形环境, 施工场地狭小、地质条件复杂, 这进一步加大了吊装作业的安全风险。为确保吊装作业的安全性, 施工单位需建立完善的安全管理体系<sup>[1]</sup>。其一, 要对吊装区域进行全面的安全评估, 包括地基承载力检测、施工场地平整度测量等, 确保起重设备安全就位; 其二, 需配备完善的安全防护设施, 如安全防护网、安全锁扣、防坠落装置等, 并确保所有施工人员正确佩戴使用安全防护用品。青岛黄岛区的海西湾风电场项目中, 吊装团队负责将一片长 56m 的叶片吊装至

【作者简介】周美英(1990-), 女, 中国山东济南人, 本科, 工程师, 从事风电生产运维研究。

指定位置。在吊装前，团队对地质条件进行了详细勘察，并采取了加固措施确保起重机的稳定性，吊装团队严格遵守安全操作规程，成功将叶片安全吊装至 80m 高的塔筒上，项目部全程监督，确保了吊装作业的安全性和高效性。

## 2.2 高效性

新能源风电工程项目的吊装技术必须具备较高的施工效率，这不仅关系到工程进度和成本控制，更直接影响项目的经济效益。如何在保证安全的前提下提高吊装效率，在特定的施工季节完成工期，成为技术创新的重要方向。提升吊装效率的关键在于优化施工工序和改进作业方法；通过科学的施工组织，合理安排各工序的衔接，避免施工等待和资源浪费。采用模块化吊装技术，将大型构件在地面预先组装，减少高空作业时间；同时，引入智能化控制系统，实现吊装过程的精确控制，提高作业精度和效率。此外，还需要建立高效的后勤保障体系，通过优化物流运输方案，确保各类构件和设备及时到位。建立专业的设备维护团队，做好起重设备的日常保养和维护，减少设备故障影响工期。建立完善的信息化管理平台，实现施工进度、物资供应、人员调配等各个环节的协同管理，从而实现施工效率的整体提升。根据 2022 年和 2023 年的中国风电吊装统计数据，从整体趋势可以看出，风电吊装技术的效率对项目的进度和成本控制有着直接影响。

## 2.3 适应性

无论是山地风电场陡峭的地形，还是海上风电场复杂的海况，都对吊装技术提出了严峻的挑战，吊装技术必须能够针对不同环境特点进行灵活调整和优化。山地风电场通常位于地势陡峭、坡度大的区域，吊装设备需要在不平稳的地面上操作，且往往难以找到合适的吊装位置。狭窄的道路和急转弯也可能限制大型吊装机械的运输和布置。海上风电场的施工环境更为复杂，风浪、潮汐、海流等自然因素都会影响吊装作业的安全和效率，海上作业还需要考虑到盐雾腐蚀、湿度高等问题，这些都对吊装设备的性能和耐用性提出了更高的要求。另外，在一些特定的风电场，尤其是在城市周边或者自然保护区内，可能存在着严格的空限制，这些限制可能会影响吊装设备的选择和作业方式，要求吊装技术必须更加精确和高效。

# 3 新能源风电工程项目中吊装技术的施工要点分析

## 3.1 吊装方案的制定

制定科学合理的吊装方案是风电工程项目顺利实施的基础。吊装方案需要综合考虑项目特点、场地条件、设备参数等多个因素，通过详细的技术论证和方案优化，确保吊装作业的可行性和经济性。其中，工程地质条件的勘察尤为重要，需要对施工场地的地形、地质特征进行全面评估，为吊装方案的制定提供可靠依据。吊装方案的内容要明确各类构

件的吊装顺序和工艺流程，针对不同构件的特点制定专项施工方案，如对于风轮叶片的吊装，需要详细规定叶片的组对方式、吊装角度、防护措施等。对于主机舱的吊装，则要重点考虑重心位置、受力分析、稳定性验算等技术要素。方案还要充分考虑施工过程中可能遇到的各类问题，制定相应的应急预案，包括恶劣天气的应对措施、设备故障的处置方案、施工意外的救援预案等，如图 1 所示。

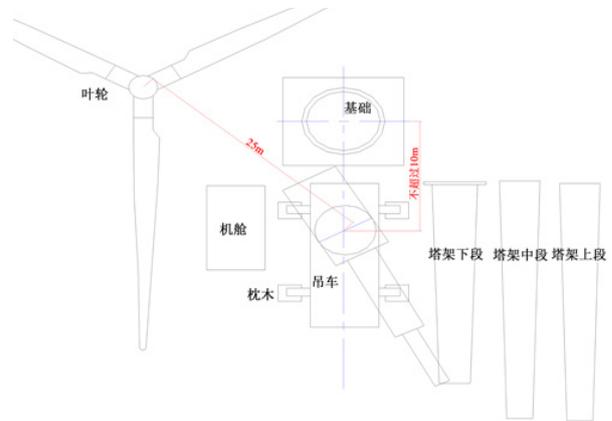


图 1 山地风电风机设备吊装施工图示

## 3.2 吊装设备的选型

吊装设备的选型直接关系到施工的安全性和效率，是确保风电机组顺利安装的关键步骤。其一，设备选型必须满足起重能力要求，考虑到风电机组构件的重量和吊装高度，通常需要选用大型起重设备。如果设备起重能力不足，将无法完成吊装任务，甚至可能导致安全事故，所以在选择设备时，必须确保其额定起重重量、最大工作幅度和最大起升高度等技术参数满足工程要求。其二，设备的机动性能和操作特性也是选型过程中需要重点关注的因素。施工现场的实际情况可能会对设备的操作和移动提出特殊要求，如狭窄的施工空间、复杂的地形条件等，在选择设备时，必须考虑其机动性能和操作特性，确保能够适应施工现场的实际情况。

## 3.3 吊装作业的实施

吊装作业的实施是整个风电工程项目的关键环节，确保各项技术要求得到落实。在实施过程中，首先要做好施工准备工作，包括场地平整、设备就位、材料准备等，同时要组织专业的施工队伍，明确岗位职责，建立有效的施工协调机制。施工过程中要加强质量控制和进度管理。通过建立完善的施工记录系统，对每道工序进行详细记录和检查验收<sup>[2]</sup>。采用先进的测量技术和检测手段，确保吊装精度满足设计要求。同时，要注意施工工序的合理安排，优化施工进度计划，提高施工效率。此外，要高度重视施工安全管理。通过定期的安全检查和隐患排查，及时发现和消除安全隐患。加强施工人员的安全教育和技能培训，提升安全意识和操作水平，建立完善的安全监督机制，确保各项安全措施得到有效落实，从而保证吊装作业的安全顺利完成。

## 4 新能源风电工程项目中吊装技术的优化与创新

### 4.1 引入智能化管理系统

随着风电产业的迅猛发展,风电机组的体积和重量不断增加,智能化管理系统的引入为风电吊装技术带来了革命性的突破。该系统通过集成多种先进技术,实现了吊装过程的全方位监控和精准操作,大幅提升了施工效率和安全性。智能化管理系统的核心在于数据采集与分析功能,系统通过布设在吊装设备各个关键部位的传感器,实时采集设备运行状态、重量分布、风速风向等数据信息<sup>[1]</sup>。这些数据经过智能算法处理后,可为现场操作人员提供科学的决策支持。特别是在超重、大型构件吊装过程中,系统能够自动计算最优吊装路径,并对可能出现的风险进行预警,有效降低了施工风险,同时,智能化管理系统还整合了吊装设备远程控制功能,操作人员可通过控制终端实现精准操作。系统配备的自动平衡调节装置,能够在吊装过程中自动调整吊臂角度和起重力矩,确保大型风电机组部件在空中保持稳定状态,系统还具备施工过程记录和数据存储功能,可全程追踪整个吊装过程,为后续施工优化和技术改进提供有力支撑。腾屹信科技承接了中国电建的这一项目,通过安装和调试,成功完成了智慧监测系统的部署,该系统特别适用于风机吊装作业,能够实时采集履带吊的多种数据,如伸长度、高度、幅度等,并对超重、倾斜超标等风险操作进行预警,提高了吊装的安全性和效率。

### 4.2 采用模块化吊装技术

模块化吊装技术是现代风电工程建设中的一项创新技术,其本质是将庞大复杂的风电机组分解为若干个标准化模块,通过预制和现场拼装的方式完成安装,这种技术不仅简化了施工流程,还显著提高了施工效率和质量控制水平。在具体实施过程中,模块化吊装技术首先需要在设计阶段进行深入的模块划分和接口统一化设计。通过科学的模块划分,可以使每个模块的重量和体积都控制在合理范围内,便于运输和现场吊装操作。统一化的接口设计则确保了各个模块之间的精准对接,减少了现场安装误差,这种标准化设计理念极大地提升了施工的可控性和可重复性。明阳智能成功吊装了中国首批170米超高混塔风电机组,这个项目标志着明阳智能在超高混塔风电机组领域的重大突破,展示了其在模块化吊装技术方面的先进能力

### 4.3 应用虚拟现实(VR)技术进行模拟

在风电工程吊装领域,虚拟现实技术的应用开创了施工优化和人员培训的新途径。通过构建高度仿真的三维虚拟

环境,可以在实际施工前对整个吊装过程进行全方位模拟和优化,有效规避施工风险,提升施工方案的可行性。虚拟现实技术在吊装模拟中的应用主要体现在三个方面:首先是施工方案的预演和优化,系统可以根据实际工程参数构建虚拟场景,模拟不同天气条件、地形特点下的吊装过程,帮助施工人员发现潜在问题并优化施工方案。其次是设备选型和布置的优化,通过虚拟环境可以直观地评估不同型号吊装设备的适用性,优化现场设备布置方案。再次是施工人员的培训和技能提升,操作人员可以在虚拟环境中进行反复练习和技能测试,熟悉各类操作要点和应急处置流程。最后,虚拟现实技术还可以与施工现场的实时监控系统进行数据联动,实现虚实结合的施工指导,系统可以将现场采集的各类数据实时反馈到虚拟模型中,形成动态的施工指导方案。当前,HN-VWP11沉浸式风力发电VR仿真实训系统为该行业的发展带来了良好前景,该系统采用360度三维虚拟现实技术开发,实现对高精度双馈陆地型风电机组及风电场、升压站的仿真操作及对风电机组进行原理、装配、吊装等虚拟操作实训。风电机组虚拟三维物体具有高精度,包括风电机组完整设备构造,如变桨系统、偏航系统、润滑系统等,通过VR虚拟头盔设备在风电机组内部、外部进行漫游体验操作,对风电机组进行启动、偏航、停机等操作,并实现风电机组虚拟装配和运输吊装的仿真操作。

## 5 结语

综上所述,论文通过对吊装技术的主要特点、施工要点以及优化创新方向的深入分析,可以认识到在保障安全性的基础上,提升吊装技术的高效性和适应性对于风电工程的成功至关重要。随着技术的不断进步和创新,智能化管理系统的引入、模块化吊装技术的应用以及虚拟现实(VR)技术的模拟训练将极大地推动吊装技术的发展,提高风电工程的整体质量和效益。展望未来,期待吊装技术能够在新能源风电领域发挥更加重要的作用,为全球绿色能源事业的发展贡献力量。

### 参考文献

- [1] 王亚兰.探讨新能源风电工程建设施工的管理要点[J].红水河,2024,43(4):115-117+127.
- [2] 周波.新能源风电工程项目吊装施工技术要点分析[J].工程技术研究,2024,9(10):109-111.
- [3] 钱晓鹤.新能源风电工程项目建设吊装技术要点研究[C]//中国电力设备管理协会.全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(一).中国电建集团青海工程有限公司,2024:3.