

# 风电场风机吊装施工技术的探讨

张 鹏

陕西德源府谷能源有限公司 陕西 榆林 719000

**摘 要：**风能作为一种绿色、清洁的可再生能源，具有极高的商业价值和发展潜力。风机吊装施工技术是风电场施工的关键技术，必须严格管理与控制，不断优化技术，提高施工质量和效率，确保施工安全。本文探讨了风电场风机吊装施工的技术要点，包括吊装设备的选择、施工方案的制定及吊装流程等，旨在为提高风电场风机吊装施工的安全性和效率提供理论参考，推动风电产业的可持续发展。

**关键词：**风电场；风机吊装；施工技术

引言：风能作为一种清洁、可再生的能源，正逐渐成为全球能源结构的重要组成部分。风电场的建设中，风机吊装施工技术是至关重要的环节，其质量和效率直接影响到风电场的发电能力和经济效益。随着风电技术的不断进步，风机吊装施工也面临着新的挑战 and 机遇。本文将对风电场风机吊装施工技术进行深入探讨，以期提升风电场建设质量，促进风能产业的可持续发展提供有益的参考。

## 1 风电场风机吊装施工技术概述

### 1.1 风机吊装施工的基本概念

风电场风机吊装施工是指将风力发电机组的大尺寸零部件，如塔筒、叶片、轮毂、机舱等，在风电场通过吊车等重型机械完成安装的过程。这是风电机组安装的必备环节，需要由具备相关经验和资质的专业团队进行，并严格按照安全规范进行操作。

### 1.2 风机吊装施工的主要流程

风机吊装施工的主要流程包括基础准备、设备卸车、塔筒安装、机舱吊装、叶轮吊装以及电气设备安装等环节。（1）基础准备：根据风力发电机组的尺寸和重量，建造适当的基础来支撑和固定发电机组，基础通常采用混凝土或钢筋混凝土浇筑。（2）设备卸车：将风力发电机组的各个部分运输到吊装现场，并按照吊装顺序进行卸车。卸车时需要确保地面承重力，避免损坏运输工装。（3）塔筒安装：采用吊车将塔筒逐段吊至基础上进行组装，使用测量仪器控制塔筒的垂直度。（4）机舱吊装：采用主吊车和辅助吊车配合的方式进行机舱吊装，确保机舱平衡并准确就位位于塔筒顶部的法兰上。（5）叶轮吊装：叶轮组装完成后，采用专用的叶轮吊装设备进行吊装，注意保护叶片避免损伤。（6）电气设备安装：按照电气设备安装图纸的要求，进行发电机、变压器、开关柜等电气设备的安装<sup>[1]</sup>。

### 1.3 风机吊装施工的技术要求与挑战

风机吊装施工需要满足一系列技术要求，包括吊装设备的选型、吊装过程中的安全控制、施工质量的保证等。同时，也面临诸多挑战，如地形复杂、气候条件多变、设备重量大且易受损等。为确保施工顺利进行，需要提前做好施工准备，制定详细的施工方案和安全措施，并加强施工过程中的监督和管理。

## 2 风电场风机吊装施工前准备

### 2.1 施工勘测与评估

（1）地形地貌分析。地形地貌分析是施工勘测的首要任务。通过对风电场所在地区的地形、地貌、土壤类型、植被覆盖等进行详细调查，可以评估出吊装作业的可能性和风险。例如，崎岖不平的地形可能需要特殊的吊装方案和额外的加固措施；土壤承载力不足的区域可能需要加固地基或采用特殊吊装设备。（2）吊装场地选择与准备。根据地形地貌分析的结果，选择合适的吊装场地至关重要。吊装场地应宽敞、平坦，便于吊车和运输车辆的进出和操作。同时，考虑到吊装作业对周边环境的潜在影响，应确保吊装场地远离居民区、高压线和其他敏感区域。在场地准备阶段，需要清理杂草、树木等障碍物，确保吊装作业区的无障碍性。（3）风机基础施工质量勘测。风机基础是支撑整个风力发电机组的重要结构，其施工质量直接关系到风机的稳定性和安全性。因此，在施工前，需要对风机基础进行施工质量勘测。这包括检查基础的尺寸、标高、垂直度、预埋件的位置和尺寸等是否符合设计要求。对于已经施工完成的基础，还需要进行承载力测试，确保基础能够承受风机的重量和风力产生的动态荷载。

### 2.2 吊装设备的选择与准备

（1）主吊车与辅吊车的选型。根据风机的重量、高度和吊装场地的条件，选择合适的主吊车与辅吊车至关

重要。主吊车需要具备足够的起重能力和稳定性，以应对风机的重量和吊装高度。辅吊车则用于协助主吊车完成吊装作业，如调整吊装角度、保持平衡等。在选型时，需要充分考虑吊车的工作半径、起重高度、额定载荷等参数，以确保吊装作业的安全性和高效性。（2）吊具、索具、溜绳等工具的准备与检查。吊具、索具、溜绳等工具是吊装作业中不可或缺的辅助设备。它们的质量和安全性直接关系到吊装作业的安全性和成功性。因此，在施工前，需要对这些工具进行严格的准备和检查。这包括检查工具的材质、规格、磨损程度等是否符合要求，以及进行必要的试吊和受力测试。同时，还需要准备足够数量的备用工具，以应对突发情况<sup>[2]</sup>。

### 2.3 风机部件的检查与准备

（1）机舱、发电机、叶轮等部件的清点与核查。在施工前，需要对风机的主要部件进行清点与核查。这包括机舱、发电机、叶轮等关键部件的数量、型号、规格等是否符合设计要求。同时，还需要检查部件的包装是否完好，避免在运输和存放过程中受到损坏。对于存在问题的部件，需要及时联系供应商进行更换或修复。

（2）部件的运输与存放。风机部件的运输与存放也是施工前准备的重要环节。在运输过程中，需要选择合适的运输工具和运输路线，确保部件能够安全、快速地到达吊装现场。在存放时，需要考虑部件的重量、尺寸和形状等因素，采用合适的存放方式和保护措施，避免部件受到损坏或变形。同时，还需要定期对存放的部件进行检查和维护，确保其处于良好的状态。

## 3 风电场风机吊装施工中的关键技术

### 3.1 吊具设计与承载性能分析

（1）吊具的组成与功能。吊具作为吊装作业中的核心组件，主要由吊梁、吊索、吊钩、连接件及必要的附件组成。吊梁负责连接吊车和风机部件，传递吊装力；吊索通常采用高强度钢丝绳或合成纤维带，用于连接吊梁与风机部件；吊钩则用于钩挂吊索，便于吊车操作；连接件则确保各部件之间的稳定连接。吊具的主要功能是安全、高效地将风机部件从地面或运输车辆上吊起，并准确放置到预定位置。（2）吊具的承载性能分析。吊具的承载性能是确保其安全、可靠工作的基础。在进行吊具设计时，需考虑其结构强度、材料特性、工作环境及预期的吊装重量等因素。通过有限元分析等现代设计方法，可以精确计算出吊具在承受极限载荷时的应力分布和变形情况，从而确保吊具在满足安全裕量的前提下，达到最佳的重量和体积比。此外，还需对吊具进行疲劳寿命分析，以评估其在长期、反复使用下的耐久性<sup>[3]</sup>。（3）吊

具设计的科学性评估。吊具设计的科学性评估包括结构设计合理性、材料选择的恰当性、制造工艺的先进性以及整体性能的可靠性。合理的结构设计应能够充分利用材料强度，减少不必要的重量和体积，同时保证在极端工况下的安全性。材料选择需兼顾强度、耐腐蚀性、耐磨损性和经济性。先进的制造工艺则能确保吊具的精确度和耐用性。整体性能的可靠性评估则需通过严格的测试和验证，包括静态和动态载荷测试、疲劳测试、冲击测试等。

### 3.2 起重机械的选择与操作技术

（1）起重机械的类型与特点。风电场风机吊装通常涉及大型履带式起重机、汽车起重机或塔式起重机。履带式起重机因其出色的稳定性和强大的起重能力，特别适用于复杂地形和大型风机的吊装。汽车起重机则以其机动灵活、易于转移的特点，适合地形相对平坦且吊装高度要求不高的场合。塔式起重机则主要用于高层建筑或特定工程结构内部的吊装作业。（2）起重机械的操作要求与注意事项。起重机械的操作需严格遵守安全规程和操作手册。操作前应对机械进行全面检查，包括结构完整性、控制系统功能、传动部件状态等。在吊装过程中，应确保起重机械的稳定性和平衡性，避免超载或偏载。操作人员需具备丰富的经验和专业技能，熟悉起重机械的性能和操作要点。同时，还需密切关注天气条件、风速等环境因素对吊装作业的影响。（3）起重机械在吊装过程中的配合与调整。在风电场风机吊装施工中，多台起重机械往往需要协同作业。这要求操作人员之间保持良好的沟通，确保吊装作业的同步性和协调性。在吊装过程中，还需根据实际情况对起重机械进行调整，包括调整吊装高度、角度、速度等参数，以确保风机部件能够准确、平稳地放置到预定位置。

### 3.3 施工安全与质量控制

（1）施工安全管理制度与措施。施工安全是风电场风机吊装施工的首要任务。为此，需制定严格的施工安全管理制度和措施，包括明确的安全职责分工、全面的安全教育培训、严格的现场安全管理和监督等。同时，还需设置明显的安全警示标志和防护措施，确保施工人员的人身安全。（2）施工过程中的质量监控与评估。质量监控与评估是确保吊装作业质量的关键。这包括对吊装设备、风机部件、施工工艺和人员操作等方面的全面监控和评估。在施工过程中，应对吊装设备进行定期检查和维修，确保其处于良好状态。同时，还需对吊装过程中的关键参数进行实时监测和记录，以便及时发现并处理异常情况。施工完成后，还需对风机部件进行全面

检查和验收,确保其符合设计要求和使用标准<sup>[4]</sup>。(3) 吊装事故的预防与处理。为了预防吊装事故的发生,需加强安全管理、提高操作人员的安全意识和操作技能、完善应急预案等措施。一旦发生吊装事故,应立即启动应急预案,组织救援和处理工作。同时,还需配合相关部门进行事故调查和分析,查明事故原因,总结事故教训,并采取相应的纠正和预防措施,以防止类似事故的再次发生。

#### 4 风电场风机吊装施工技术的改进措施

##### 4.1 提升施工人员技能与素质

(1) 加强施工人员培训与训练。定期为施工人员提供专业的技能培训,包括吊装设备的操作、安全规程的学习以及应急处理措施的训练。通过模拟真实的吊装场景,让施工人员在训练中熟悉操作流程,提高应对复杂情况的能力。此外,还应鼓励施工人员参加行业内的技能竞赛和交流活动,以拓宽视野,学习先进的吊装技术和经验。(2) 提升施工人员的合作与配合能力。吊装作业往往需要多个施工小组之间的紧密配合。因此,应加强施工团队之间的沟通与合作,定期组织团队建设活动,提高团队成员之间的默契度和协作能力。通过明确的任务分工和责任制度,确保每个施工小组都能高效地完成自己的任务,并与其他小组保持协调一致。

##### 4.2 优化吊装设备与技术

(1) 引进先进的吊装设备与技术。随着科技的发展,吊装设备也在不断更新换代。风电场应积极引进具有高精度、高效率和高安全性的新型吊装设备,如智能起重机、自动化吊装系统等。这些设备能够大大提高吊装作业的效率 and 安全性,减少人工操作的误差和风险。

(2) 改进吊具设计与使用效果。吊具是吊装作业中不可或缺的部件。通过对吊具的设计进行改进,提高其承载能力和使用寿命,减少因吊具损坏而导致的停工和维修成本。同时,加强对吊具的日常检查和维护,确保其始终处于良好的工作状态。

##### 4.3 加强施工安全与质量管理

(1) 完善施工安全管理制度。建立健全的施工安全管理制度,明确各项安全规定和操作流程。加强对施工人员的安全教育和培训,提高他们的安全意识和操作技能。同时,设立专门的安全监督岗位,对吊装作业进行

全程监控,及时发现并纠正安全隐患。(2) 加强施工过程中的质量监控。建立严格的质量管理体系,对吊装作业的关键环节进行实时监控和记录。定期对吊装设备、吊具和施工质量进行检查和评估,确保所有工作都符合相关标准和要求。对于发现的质量问题,应及时采取措施进行整改和预防。

##### 4.4 应用现代科技手段提升吊装效率

(1) 使用电子眼装置与视感装置进行实时监控。在吊装作业现场安装电子眼装置和视感装置,可以实现对吊装过程的实时监控和记录。这些设备能够捕捉吊装过程中的细节和异常情况,为施工人员提供及时的反馈和指导。通过数据分析和技术支持,可以进一步优化吊装作业方案,提高吊装效率。(2) 利用自助机器进行简单维护与故障处理。引入自助机器进行吊装设备的日常维护和简单故障处理,可以大大减少人工干预的时间和成本。这些自助机器能够根据预设的程序进行自动检测和维修,确保吊装设备始终处于最佳工作状态。同时,它们还能够提供实时的设备状态信息,为施工人员提供决策支持。

##### 结束语

综上所述,风电场风机吊装施工技术是一项系统工程,涉及多方面的专业知识和技能。通过不断优化吊装方案、提升施工人员素质、引进先进设备和技术,以及加强施工安全与质量管理,可以有效提高吊装效率和施工质量,确保施工安全。未来,随着风电技术的持续进步和吊装技术的不断创新,风电场风机吊装施工技术将迎来更多挑战与机遇,为推动我国风能产业的蓬勃发展贡献更多力量。

##### 参考文献

- [1]胡汉林,刘刚伟,杨健.山地风电工程风机叶轮整体吊装施工技术研究[J].中国新技术新产品,2023,(09):106-107.
- [2]许海楠,刘志远.超高海拔风电场风机机组吊装施工技术研究[J].水电站设计,2022,(04):48-49.
- [3]张国平.风电场风机吊装施工技术[J].安装,2022,(10):113-114.
- [4]张程远,盛雷.海上风力大发电机组吊装技术研究[J].水电与新能源,2022,(08):84-85.