

新能源风电工程项目建设的吊装要点

高 杨

宁夏银星能源股份有限公司太阳山风力发电厂 宁夏 银川 751500

摘要：本文聚焦新能源风电工程项目建设吊装要点。阐述了风电工程吊装作业对象庞大、环境复杂、精度要求高且面临安全风险等挑战。从前期筹备、核心吊装环节、施工安全与质量管控等方面展开，涵盖吊装方案编制、场地规划、塔筒机舱等吊装要点，以及安全、质量、进度管控措施。旨在为新能源风电项目吊装施工提供全面指导，保障项目安全、高效、优质推进。

关键词：新能源风电；工程项目建设；吊装施工

引言：在全球能源转型的大背景下，新能源风电产业蓬勃发展。风电工程项目建设中的吊装作业，作为关键环节，其质量与安全直接影响整个项目的进度与效益。风电吊装作业不仅面临作业对象庞大、环境复杂等客观难题，还对施工精度、技术协调等有着严苛要求。深入剖析新能源风电工程项目建设吊装要点，对于提升施工水平、保障项目顺利实施具有重要意义。

1 风电工程吊装作业特点与挑战

风电工程吊装作业具有鲜明的特点与诸多挑战。从特点来看，其作业对象庞大。风电机组的塔筒、机舱、叶片等部件尺寸巨大、重量惊人，例如单支叶片长度可达数十米，重量数十吨，对吊装设备的起重能力要求极高。同时，作业环境复杂多样，多在野外、山区或海上进行，地形地貌差异大，海上作业还面临风浪、潮汐等海洋环境因素影响，增加了作业难度与不确定性。而且，吊装作业精度要求严苛，各部件的安装位置、角度偏差需控制在极小范围内，否则会影响风电机组的正常运行与发电效率。挑战方面，安全风险高是首要问题。大型部件吊装过程中，一旦发生设备故障、操作失误或突发恶劣天气，易导致部件坠落、碰撞等事故，造成人员伤亡与设备损坏^[1]。另外，受天气条件限制大，强风、暴雨、大雾等恶劣天气需暂停作业，影响施工进度。再者，技术协调难度大，吊装作业涉及机械、电气、控制等多领域技术，各环节需紧密配合，任何一个环节出现问题都可能影响整体吊装效果。因此，风电工程吊装作业需精心组织、科学规划，采用先进技术与设备，加强安全管理与人员培训，以应对这些特点与挑战。

2 新能源风电项目吊装前期筹备关键要点

2.1 吊装方案编制与优化

吊装方案是风电项目吊装施工的核心指导文件，编制过程需全面覆盖施工全流程，确保科学性与可行性。

编制前需深入调研项目概况，明确吊装对象的重量、尺寸、安装精度要求，结合作业场地地形、气象条件等实际情况，选定适配的吊装设备型号、吊装工艺和吊装顺序。方案中需详细规划吊装作业流程，明确各环节的操作标准、人员职责和安全保障措施，同时针对吊装过程中可能出现的设备故障、天气突变、构件损伤等突发情况，制定专项应急预案。方案编制完成后，需组织技术专家进行评审论证，结合评审意见进行优化完善，重点优化吊装设备的站位布局、吊点设置和吊装路径，通过模拟吊装等方式验证方案的合理性，降低吊装风险，确保方案能够有效指导实际施工，保障吊装作业安全、高效推进。

2.2 场地勘察与规划

场地勘察与规划是吊装前期筹备的基础工作，直接影响吊装作业的安全性和效率。勘察阶段需组织专业团队对吊装场地及周边区域进行全面勘测，重点核查场地地形地貌、土壤承载力、地下管线分布（如电缆、管道等）、周边障碍物（如树木、建筑物、高压线）等情况，形成详细的勘察报告，为场地规划和设备选型提供数据支撑。规划阶段需结合勘察结果和吊装方案要求，明确吊装作业区、设备停放区、构件堆放区、人员休息区等功能分区，确保各区域布局合理、间距合规，避免相互干扰。同时，规划场地进出道路，保障吊装设备和构件运输车辆能够顺利通行，对承载能力不足的路段和吊装区域进行加固处理；合理设置排水系统，避免雨水淤积影响场地稳定性。

2.3 设备与构件准备

设备与构件的充分准备是保障吊装施工顺利开展的前提，需从采购、检验、存储、调试等多环节严格把控。设备准备方面，根据吊装方案选定吊装设备（如履带吊、起重機、卷扬机）、辅助设备（如吊具、索具、溜尾装置）和

安全防护设备,确保设备型号适配、性能完好。设备进场前需进行全面检验和调试,核查设备合格证、检测报告等资料,对设备的机械性能、制动系统、控制系统等进行试运行,及时排查故障隐患^[2]。构件准备方面,提前与生产厂家对接,明确构件运输时间、路线和保护措施,确保塔筒、机舱、叶片等构件按时进场。构件进场后需进行外观检查和尺寸复核,核查构件编号、合格证等资料,对易损构件采取覆盖、支撑等保护措施,按规划区域有序堆放,避免构件变形、损坏或混淆。

2.4 人员配置与培训

风电吊装作业技术要求高、风险大,需配置专业齐全、经验丰富的作业团队,并开展系统的岗前培训。人员配置方面,根据吊装方案需求,明确项目经理、技术负责人、吊装指挥员、起重机操作员、信号工、安全员、质检员等关键岗位人员,确保各岗位人员持证上岗,具备相应的专业技能和作业经验。其中,吊装指挥员和操作员需具备大型设备吊装作业经验,熟悉风电构件吊装的特殊要求;安全员和质检员需具备较强的风险识别能力和质量管控意识。培训方面,制定专项培训计划,内容涵盖吊装方案、作业流程、操作规范、安全注意事项、应急处置流程等,通过理论讲解、案例分析、现场实操等方式开展培训。培训结束后需进行考核,考核合格后方可安排上岗作业。

3 新能源风电项目核心吊装环节施工要点

3.1 塔筒吊装关键要点

塔筒吊装是风电项目吊装的核心环节之一,需严格把控吊装流程和精度控制,确保吊装质量。吊装前需再次检查塔筒外观质量,确认法兰面无损伤、油污,清理法兰连接螺栓和螺纹孔,涂抹专用润滑脂;同时检查吊装设备和吊具的安全性,确保吊点设置符合设计要求。塔筒吊装采用分段吊装、逐节对接的方式,首节塔筒吊装时,需利用水平仪和经纬仪精准调整塔筒垂直度,垂直度偏差需控制在设计允许范围内,调整合格后及时固定地脚螺栓,确保首节塔筒安装稳固。后续各节塔筒吊装时,需先清理上下节塔筒法兰面,采用导正装置辅助对接,保障法兰面贴合紧密,对接过程中持续监测垂直度,避免出现偏差累积。对接完成后,按规定顺序紧固法兰连接螺栓,采用扭矩扳手分次、均匀施加扭矩,确保螺栓紧固力矩符合设计要求,紧固完成后进行力矩复核,合格后方可拆除吊具,进入下一节塔筒吊装工序。

3.2 机舱吊装关键要点

机舱吊装重量大、精度要求高,是风电吊装作业的重难点环节,需重点把控吊装稳定性和对接精度。吊装

前需完成塔筒顶部平台清理和机舱吊装准备工作,核查机舱重量、重心位置,确保吊具选型适配、吊点设置精准,避免吊装过程中出现机舱倾斜。吊装过程中,需缓慢起吊机舱,当机舱提升至塔筒顶部上方适当高度时,停止起吊,调整机舱姿态,使其与塔筒顶部法兰面精准对齐^[3]。对齐过程中,需安排专业人员在塔筒顶部和地面配合指挥,利用牵引绳控制机舱摆动,同时使用高精度测量仪器监测机舱水平度和同轴度,确保各项偏差符合设计要求。对接完成后,及时紧固连接螺栓,按规定进行扭矩检测,确保螺栓连接可靠。

3.3 叶片与轮毂吊装关键要点

叶片与轮毂吊装需重点关注构件保护和安装精度,避免出现构件损伤或安装偏差。轮毂吊装前,需检查轮毂外观质量和连接接口,清理接口杂质,确保接口干净平整;吊装过程中,需精准控制轮毂姿态,使其与机舱驱动轴精准对接,对接过程中监测同轴度偏差,及时调整,对接完成后紧固连接螺栓,进行扭矩复核。叶片吊装难度较大,叶片为细长易碎构件,吊装过程中需采用专用吊具,避免吊点受力不均导致叶片变形;利用牵引绳控制叶片摆动,避免叶片与塔筒、机舱等构件发生碰撞。叶片与轮毂对接时,需严格按照安装标记对位,确保叶片安装角度精准,对接过程中需缓慢操作,避免硬拉硬拽造成叶片根部或轮毂接口损坏。对接完成后,紧固连接螺栓,按设计要求进行力矩检测,同时检查叶片防雷装置连接可靠性,确保防雷功能有效。

3.4 特殊工况吊装要点

特殊工况吊装涵盖高空风大环境、山地陡坡场地、海上平台等复杂场景,需针对性制定专项吊装策略。高空风大环境吊装时,需严格监测实时风速,仅在允许风速范围内开展作业,选用抗风性能强的吊装设备和吊具,增加牵引绳控制构件摆动,必要时采用临时固定装置保障构件稳定性;简化吊装流程,缩短构件空中停留时间,降低大风干扰风险。山地陡坡场地吊装时,需进一步加固吊装场地和设备停放区域,采用防滑、防侧翻措施固定吊装设备;合理规划吊装路径,利用辅助设备调整构件运输和吊装角度,避免因地形限制导致吊装受阻;加强场地排水,防止雨水冲刷导致场地失稳。海上平台吊装时,需考虑潮汐、海浪、盐雾等因素影响,选择平潮时段开展吊装作业,采用适应海上环境的防腐吊装设备和构件保护措施;保障平台承载能力和稳定性,避免吊装作业与平台晃动相互影响;另外,建立海上应急救援机制,配备专业救援设备和人员,应对突发险情。

4 新能源风电项目吊装施工安全与质量管控要点

4.1 安全管控核心要点

安全管控是风电吊装施工的重中之重,需建立全流程、全方位的安全管控体系。首先,强化安全制度建设,制定完善的安全管理制度、作业流程和应急预案,明确各岗位安全职责,签订安全责任书,确保安全责任落实到人。其次,加强现场安全监管,设置专职安全员,对吊装作业全过程进行监督检查,重点核查吊装设备运行状态、吊具索具完好情况、作业人员安全防护措施落实情况,及时制止违章操作、冒险作业等行为。针对高空作业、动火作业等危险作业,严格执行审批制度,落实专项安全防护措施,如搭设安全防护平台、设置安全警示标识、配备防坠落装置等。另外,加强安全应急管理,定期开展应急演练,提升作业人员应对设备故障、人员伤亡、极端天气等突发事件的处置能力;储备充足的应急物资,如急救药品、消防器材、应急照明设备等。

4.2 质量管控核心要点

质量管控需贯穿吊装施工全流程,从构件进场到吊装完成验收,每环节均需严格把控。构件进场质量管控方面,建立严格的进场检验制度,对所有进场的风电构件和吊装设备进行检验,核查产品合格证、检测报告等资料,对构件外观、尺寸、性能等进行抽样检测,不合格构件和设备严禁进场使用。吊装过程质量管控方面,严格按照吊装方案和操作规范施工,重点把控吊装精度,如塔筒垂直度、机舱同轴度、叶片安装角度等,采用高精度测量仪器实时监测,及时调整偏差;加强对螺栓紧固力矩、构件对接贴合度等关键质量指标的检测,确保符合设计要求。吊装完成验收管控方面,制定详细的验收标准和流程,对各吊装环节进行分项验收,验收合格后方可进入下一道工序;整体吊装完成后,进行竣工验收,核查各项质量指标、技术资料是否齐全合格,确保风电设备安装质量符合设计和规范要求,保障设备后续安全稳定运行。

4.3 进度管控要点

进度管控需结合项目整体目标,制定科学合理的吊

装进度计划,确保各环节有序推进。编制详细的吊装进度计划,明确各吊装工序的起止时间、作业时长、人员配置、设备需求等,将进度目标分解到每日、每周,确保责任落实到位。加强进度动态监测,建立进度监测机制,定期核查吊装作业实际进度与计划进度的偏差,分析偏差产生的原因,如天气影响、设备故障、人员不足等,及时采取针对性措施进行调整^[4]。针对天气等不可抗力因素导致的进度延误,提前制定赶工计划,在天气条件适宜时合理延长作业时间、增加作业人员,确保进度目标补回;针对设备故障,建立设备定期检修维护制度,提前储备关键备件,确保故障发生时能够快速修复,减少停工时间。加强各参建单位的协同配合,明确各单位职责分工,保障构件运输、设备调配、技术支持等环节高效衔接,避免出现工序脱节;建立进度考核机制,激励作业团队提升工作效率,确保吊装进度按计划推进,保障项目整体竣工交付。

结束语

新能源风电工程项目建设的吊装作业是一项系统工程,涉及前期筹备、核心环节施工以及安全、质量、进度等多方面管控。通过科学合理的规划、精细严谨的操作和严格有效的管控措施,能够有效应对吊装作业中的各种挑战,确保风电设备安全、精准、高效安装。未来,随着技术不断进步,风电吊装施工将更加成熟,为新能源风电产业的持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]王振.新能源风电工程项目建设的吊装要点[J].电力设备管理,2023(15):159-161.
- [2]范扬.新能源风电工程项目建设的吊装要点[J].电力设备管理,2022(15):211-213.
- [3]刘扬.新能源风电工程项目建设的吊装要点探讨[J].电力设备管理,2022(3):192-194.
- [4]张艳梅.新能源风电工程项目建设吊装技术要点研究[J].电力设备管理,2024(8):216-218.