

海上风电工程基础施工效率优化措施

张雷 张坤

华能辽宁清洁能源有限责任公司 辽宁 沈阳 110170

摘要: 海上风电工程利用海洋风能资源,具有广阔发展前景,但基础施工面临诸多挑战。为提高施工效率,可采取多项优化措施。包括优化施工方法,如采用整体吊装技术替代分体吊装,优化单桩稳桩平台设计与施工流程,提升混凝土浇筑效率;推动技术创新,开发新型基础结构,应用精细化设计工具与软件,引入数字化与智能化技术;优化管理策略,制定详细工期计划,采用关键路径法确保关键任务优先,建立健全成本管理体系与安全生产责任制。这些措施共同推动海上风电工程基础施工效率的提升。

关键词: 海上风电工程;基础施工效率;优化措施

引言:在全球能源转型和可持续发展的背景下,海上风电作为清洁、可再生的能源形式,正迎来前所未有的发展机遇。然而,海上风电工程基础施工的高效实施却面临诸多挑战,包括复杂多变的海洋环境、高难度的施工技术要求以及严格的安全管理标准等。因此,探索并实践有效的施工效率优化措施,成为推动海上风电项目快速发展的关键。本文旨在通过深入分析当前施工现状与挑战,提出针对性的优化策略,以期海上风电工程的高效、安全施工提供参考。

1 海上风电工程基础施工现状与挑战

1.1 海上风电工程概述

(1) 海上风电工程的定义与特点。海上风电工程是指在海洋环境中建设风力发电设施的项目,旨在利用海上丰富的风能资源。这类工程通常包括风力发电机组、基础结构、海底电缆以及运维设施等关键部分。海上风电工程具有资源潜力大、风速稳定、占地面积小等优势,但同时也面临着复杂的施工环境和严苛的技术要求。(2) 主要施工区域与设备需求。海上风电工程的施工区域主要集中在沿海的浅海和深海区域,具体选址需考虑风速、水深、海底地质条件及交通等因素。设备需求方面,海上风电工程需用到大型起重设备、海上运输船只、基础施工设备以及专业的电气和安装工具等。这些设备不仅需要具备高效、稳定的工作性能,还需具备适应恶劣海况的能力。

1.2 基础施工现状

(1) 常用的基础类型与施工方法。海上风电工程的基础类型主要包括重力式基础、单桩基础、导管架基础和漂浮式基础等。不同的基础类型适用于不同的水深和地质条件。施工方法上,常用的有打桩法、灌注法、整体吊装法等。这些方法的选择需综合考虑工程的具体条

件、设备能力、工期要求和成本等因素。(2) 施工区域划分与总体布置。海上风电工程的施工区域划分需根据风浪、潮汐、水深和海底地形等因素进行。合理的施工区域划分有利于提高施工效率,降低安全风险。总体布置上,需综合考虑风力发电机组的布局、海底电缆的铺设、运维设施的设立等,确保工程的整体性和协调性^[1]。

1.3 面临的挑战

(1) 恶劣海况对施工天数的影响。海上风电工程常面临极端天气和海浪的挑战,如台风、巨浪等,这些都可能造成施工中断,严重影响工程进度。恶劣海况不仅增加了施工难度,还提高了作业风险,需要采取更加严格的安全措施和更高效的施工技术来应对。此外,长时间的施工中断会导致资源闲置和成本上升,对项目整体效益产生负面影响。(2) 高投入与停滞带来的安全风险及经济压力。海上风电工程是一个资本密集型行业,基础施工部分通常需要大量的资金投入。然而,由于施工周期长、技术复杂和天气不确定等因素的影响,项目很容易陷入停滞状态。这种停滞不仅增加了项目的不确定性,还可能引发一系列安全风险,如设备损坏、人员伤亡等。同时,停滞也会带来巨大的经济压力,包括资金成本上升、投资机会丧失等。(3) 政策制约与核心技术不足。海上风电工程的发展还受到政策环境的制约。尽管各国政府都在积极推动可再生能源的发展,但具体的政策支持和监管机制仍不完善。此外,海上风电工程还需要掌握一系列核心技术,如基础设计、安装技术、运维管理等。然而,目前这些技术还存在不足和短板,尤其是在深海和极端环境下的应用。这限制了海上风电工程的进一步发展,也增加了施工过程中的技术风险和成本。

2 影响海上风电工程基础施工效率的因素分析

2.1 环境因素

(1) 风浪、潮汐对施工作业的影响。海上风电工程基础施工的主要战场是海洋,因此,风浪和潮汐等自然因素对施工作业有着直接且显著的影响。强风和巨浪会导致施工船只和设备的不稳定,增加作业难度和风险。同时,潮汐的涨落会影响施工区域的水深和海底地形,对基础施工的精度和安全性提出更高要求。在风浪和潮汐较大的时段,施工往往被迫中断,从而延长了工期,降低了效率。(2) 气候条件对施工窗口期的限制。气候条件是影响海上风电工程基础施工效率的另一个重要因素。适宜的气候条件(如风力适中、天气晴朗)能够提供更好的施工环境,提高作业效率和安全性。然而,恶劣的气候条件(如台风、暴雨、雷电等)会迫使施工暂停,甚至造成设备损坏和人员伤亡。因此,合理把握施工窗口期,充分利用有利气候条件进行作业,是提高施工效率的关键。

2.2 技术因素

(1) 海上风电工程涉及的专业领域复杂性。海上风电工程涉及多个专业领域,包括海洋工程、电气工程、机械工程等。这些领域的交叉和融合,使得基础施工的技术难度大大增加。例如,基础设计需要考虑海底地质条件、风浪荷载、设备重量等多种因素;施工技术需要掌握海上吊装、焊接、灌注等多种技能。这些技术要求的复杂性,不仅增加了施工难度,也提高了对施工人员的技术水平和综合素质的要求^[2]。(2) 基础施工技术设备的局限性。尽管海上风电工程基础施工技术和设备在不断进步,但仍存在一定的局限性。例如,现有的基础施工技术可能无法完全适应深海和极端环境下的作业需求;施工设备可能因海洋环境的恶劣而出现故障或损坏。这些技术和设备的局限性,限制了施工效率的提升,也增加了施工过程中的风险和成本。

2.3 管理因素

(1) 施工计划与资源分配的合理性。施工计划的合理性和资源分配的准确性,是影响海上风电工程基础施工效率的重要因素。合理的施工计划能够确保各项作业有序进行,避免资源闲置和浪费;准确的资源分配能够确保施工所需的人员、设备、材料等资源得到及时、有效的利用。然而,在实际施工中,由于各种因素的影响,施工计划和资源分配往往难以做到完全准确和合理,从而影响了施工效率。(2) 沟通协调与成本管理体系的建立。海上风电工程基础施工涉及多个参建单位和部门,需要良好的沟通协调机制来确保各项工作的顺利进行。同时,成本管理体系的建立也是提高施工效率的关键。通过有效的沟通协调和成本管理,可以及时发现

和解决施工过程中的问题,避免不必要的延误和浪费。然而,在实际施工中,沟通协调和成本管理的难度往往较大,需要各方共同努力来克服。

3 海上风电工程基础施工效率优化措施

3.1 施工方法的优化

施工方法的合理选择与优化是提高海上风电工程基础施工效率的直接途径。(1) 整体吊装代替分体吊装。传统的海上风电基础施工常采用分体吊装方法,即将基础结构分为若干部分分别吊装并组装。这种方法不仅耗时较长,而且增加了海上作业的风险和成本。为解决这一问题,整体吊装技术应运而生。整体吊装技术通过采用大型浮吊或专用吊装设备,将基础结构作为一个整体进行吊装。这种方法减少了吊装次数,缩短了施工周期,降低了海上作业风险,同时提高了基础的稳定性和安装精度。为了实施整体吊装,需要进行详细的计算和设计,确保吊装过程中的安全性和可行性,同时需要选用适当的吊装设备和运输船只。(2) 优化单桩稳桩平台设计与施工流程。单桩稳桩平台是海上风电基础施工中的关键组件,其设计与施工流程的优化对于提高施工效率至关重要。优化设计方面,可以通过改进平台结构、选用高强度材料等方式,提高平台的承载力和稳定性。在施工流程上,可以通过优化施工顺序、减少不必要的等待时间、提高作业效率等方式,降低施工周期和成本。例如,可以采用预制桩技术,在陆地上提前完成桩体的制作和检验,然后运输到海上进行安装,从而大大缩短施工时间^[3]。(3) 提高混凝土浇筑技术与效率。混凝土浇筑是海上风电基础施工中的重要环节,其效率和质量直接影响基础的稳定性和使用寿命。为了提高混凝土浇筑效率,可以采用高性能混凝土,通过改进混凝土配方、提高混凝土强度等方式,减少混凝土的使用量和浇筑时间。同时,可以优化浇筑设备和工艺,采用自动化和智能化技术,如使用混凝土泵车、布料机等高效设备,以及利用传感器和监控系统实时监测浇筑过程,确保浇筑质量和效率。

3.2 技术创新与应用

技术创新是推动海上风电工程基础施工效率提升的关键驱动力。(1) 新型基础结构的开发与应用。传统的基础结构在海上风电施工中存在诸多局限性,如成本高、施工难度大、环境适应性差等。为了克服这些局限性,需要开发新型基础结构。新型基础结构应具有成本低、施工简便、环境适应性强等特点。例如,可以开发浮动式基础结构,利用浮力将风力发电机支撑在水面上,避免了海底复杂地质条件对基础施工的影响。此

外,还可以探索其他新型基础结构,如导管架基础、重力式基础等,以适应不同水深和地质条件下的施工需求。(2)精细化设计工具与软件的应用。精细化设计是提高海上风电基础施工效率和质量的重要手段。通过应用先进的设计工具与软件,可以对基础结构进行精确的计算和分析,优化设计方案和施工流程。例如,可以利用有限元分析软件对基础结构进行强度、稳定性和耐久性等方面的分析;利用三维建模软件对基础结构进行可视化设计和模拟施工;利用优化设计算法对基础结构进行优化设计,降低材料消耗和成本。这些工具与软件的应用不仅提高了设计效率,还降低了设计错误和重复工作的可能性。(3)数字化与智能化技术的应用。数字化与智能化技术是推动海上风电工程基础施工效率提升的重要趋势。通过应用数字化与智能化技术,可以实现施工过程的实时监测和控制,提高施工精度和效率。例如,可以利用无人机技术对施工现场进行航拍和监测,实时掌握施工进度和现场情况;利用物联网技术对施工设备和人员进行实时监控和管理,确保施工设备和人员的安全;利用人工智能技术对施工数据进行分析和预测,优化施工计划和资源分配。这些技术的应用不仅提高了施工效率,还降低了施工风险和成本^[4]。

3.3 管理策略的优化

管理策略的优化是提高海上风电工程基础施工效率的重要保障。(1)制定详细工期计划并优化资源利用。为了确保海上风电工程基础施工的顺利进行,需要制定详细的工期计划。工期计划应该包括各个施工阶段的开始和结束时间、关键路径和里程碑等要素。在制定工期计划时,需要充分考虑各种因素对施工进度的影响,如天气、潮汐、设备故障等。同时,需要优化资源利用,通过合理配置人员、设备、材料等资源,确保各项施工任务能够按时完成。为了应对施工过程中的不确定性和突发情况,需要建立有效的资源调配机制,确保资源的灵活性和可调性。(2)采用关键路径法确保关键任务优先完成。关键路径法是项目管理中常用的方法之一。在海上风电工程基础施工中,通过识别和分析施工过程中的关键路径和关键任务,可以确保这些任务得到优先完

成。关键路径通常包括基础结构的安装、混凝土浇筑、吊装作业等关键环节。为了确保关键任务的顺利完成,需要采取有针对性的措施,如增加人员和设备投入、优化作业流程、加强现场管理等。同时,需要建立有效的进度监控和反馈机制,及时发现和解决进度延误和偏差问题,确保施工计划的顺利执行。(3)建立健全成本管理体系与安全生产责任制。成本管理和安全生产是海上风电工程基础施工中的关键环节。为了降低施工成本和提高安全生产水平,需要建立健全成本管理体系和安全生产责任制。成本管理体系应该包括成本控制、成本核算、成本分析和成本考核等方面。通过加强成本管理,可以及时发现和解决成本超支和浪费等问题,确保施工成本在可控范围内。同时,需要建立安全生产责任制,明确各级管理人员和操作人员的职责和责任。通过加强安全教育和培训,提高施工人员的安全意识和技能水平,确保施工过程中的安全生产。此外,还需要建立健全应急管理和事故处理机制,以应对施工过程中的突发事件和事故,确保施工安全。

结束语

综上所述,海上风电工程基础施工效率的优化是一个系统工程,需要从施工方法、技术创新与管理策略等多个维度综合施策。通过实施整体吊装、技术创新、精细化管理等措施,不仅可以显著提升施工效率与质量,还能有效降低项目成本与安全风险。未来,随着技术的不断进步和管理的日益精细,海上风电工程基础施工效率优化将持续深化,为可再生能源的广泛应用贡献力量。

参考文献

- [1]崔旭阳.探究风电场风机基础大体积混凝土浇筑技术[J].现代物业(中旬刊),2019,(11):91-92.
- [2]苗广威.风电工程风机基础大体积混凝土施工与质量控制[J].科技创新导报,2019,(03):18-19.
- [3]王现飞,蔡宇飞.风机基础施工技术[J].科技创新与应用,2019,(15):157-158.
- [4]陈绍峰.风力发电场工程风机基础混凝土施工方案[J].中国西部科技,2019,(02):17-19.