

海上风电项目运用供应链管理的研究

戈瑞增

(中交第一航务工程局有限公司总承包工程分公司)

摘 要: 海上风电建设工程面临着高成本, 复杂的供应链管理和苛刻的建设环境。为了优化施工流程、降低成本、提高效率, 以莆田石城海上风力发电项目为例, 运用供应链管理的优化策略对其展开了研究。分析表明: 采购运输不确定因素, 施工设备配合, 供应商管理与燃油控制等是施工成本与效益的关键。提出了精细化采购和库存管理, 优化供应商和分包商之间的配合, 运输和施工之间的协调以及燃油精细化管理的策略。研究发现, 通过供应链的优化, 钢管桩的采购和运输成本减少了 280 万元, 同时施工船机的燃油管理也节约了 400 万元, 从而缩短了工程周期并提高了整体项目效益, 可为类似工程提供借鉴。

关键词: 海上风电施工; 供应链管理; 降本增效

0 引言

海上风电作为可再生能源的一个重要发展方向, 具有高投资、高风险以及施工复杂性等特点, 对项目管理提出极大的挑战。其中供应链管理对于降低成本、提高施工效率以及保证项目进度等起到至关重要的作用。由于施工环境的特殊性, 在材料采购、设备调度、施工协同以及燃油管理等方面都面临着许多挑战, 因此如何通过优化供应链管理来提升整体效益成为研究的重要课题。

1 工程概述

1.1 项目概况

莆田石城海上风电场规划场址南依平海半岛, 西临黄瓜岛, 东连牛屿, 南距岸线 1~5 km, 中心距离岸线 3 km, 规划场址总面积约 19.4 km², 海域水深一般为 5~25 m(理论水深), 总体呈西浅东深态势。计划布置单机容量 7 MW 的风力发电机组共 29 台, 风机基础采用高桩承台基础形式, 总装机容量 200 MW。

1.2 项目特征与供应链管理需求

海上风电工程的特点包括复杂的工程技术要求、极其严苛的环境条件、长周期的建设过程以及高额的初期投资。这些特征决定了供应链管理在海上风电项目中的重要性。在项目实施过程中, 供应链管理不仅涉及材料采购、运输、施工的各个环节, 还必须有效应对供应商管理、库存控制、风险防控等方面的挑战。如何在如此复杂的环境中优化供应链, 确保各个环节的高效衔接, 从而

降低项目成本和提高施工效率是项目成功的关键。

以莆田石城海上风电施工工程项目为例, 项目中包括风机组基础工程、钢管桩制作与涂层、设备运输与安装等多个环节, 各环节中的每一项工序都对供应链管理提出了不同的需求。在风机组基础工程中, 尤其是涉及钢管桩的采购与运输。项目中的钢管桩规格要求较高, 材质选择为 Q355NC 型钢材, 管径达到 $\phi 2100$ mm, 壁厚在 22~32 mm 之间。此外, 钢管桩还需要进行涂层处理, 涂层材料包括环氧重防腐涂料和聚氨酯面漆等高性能材料。严格的技术要求不仅提升了采购成本, 还给材料的运输、存储、施工等环节带来了巨大的挑战。在此背景下, 通过优化供应链管理确保材料的及时供应、减少运输和储存成本、避免因材料缺货或质量问题造成的施工延误成为项目管理中的关键问题。供应链的每个环节都需要精心设计和高效管理。例如, 在钢管桩的采购过程中, 选择可靠的供应商、确保材料的质量符合设计标准并在指定的时间内交付是一个涉及多方协调的复杂任务。

2 供应链管理的挑战

2.1 采购运输不确定性

海上风电项目对施工要求极高, 尤其是在材料采购方面, 通常涉及大规模的定制化材料。以风机组基础工程中的钢管桩为例, 所使用的钢管桩具有非常严格的材质与规格要求。钢管桩材质为 Q355NC 型钢材, 管径达到 $\phi 2100$ mm, 壁厚

要求在 22~32 mm 之间。这种特定规格的钢管桩并非常见标准产品,其定制化程度较高,导致其采购周期长、生产工艺复杂。此外,材料的运输和存储也是供应链中的一个重要挑战。由于项目大多数建设地点位于远离陆地的海上区域,材料运输需要克服海上运输的挑战。这包括运输的时间安排、海上气候的不确定性以及运输过程中的潜在风险。海上运输受到天气、海浪、风力等自然条件的影响,常常会延误或损失。任何运输的延误或材料规格不符都会对工程进度产生严重影响,进而导致项目工期延长、成本增加。例如,如果钢管桩未能按时到达施工现场,可能会导致施工队伍的空闲期,从而增加人工费用和设备停置费用。

2.2 施工设备协调性

海上风电项目的施工涉及多个环节,包括设备的采购、制造、运输、安装等,每个环节之间的协调性要求非常高。特别是在风机组基础工程中,钢管桩的生产与运输必须与风机组的安装高度匹配。例如,风机基础施工需要等到钢管桩完成生产并运输到施工现场才能开始,而风机组的安装又需要在基础工程完成后才能进行。另外,海上风电项目施工过程中,环境因素对安装工作的影响也很大。海上作业通常受到风速、潮汐等自然因素的制约,施工时必须确保设备能够在安全的环境下进行安装。所以要求各个施工队伍和设备供应商密切合作,确保每个环节按照计划推进,否则可能会因设备未按时到位、施工队伍协调不力、海上作业安全保障不到位等而导致工程停滞或出现质量问题。此外,海上风电项目施工过程中,安装精度要求非常高。例如,风机组的安装需确保其位置和方向的精准,任何偏差都会影响风机的运行效率,甚至可能导致风机故障。

2.3 供应商分包商管理

供应商和分包商的选择及管理是保证工程顺利实施的关键之一。由于海上风电项目复杂且技术要求较高,因此选择适合的供应商与分包商不仅考虑价格,还需要注重自身的技术能力以及以往工程经验、交货能力及履约能力等。

1) 选择供应商需确保其所供应的物料及设备满足严格质量标准,如钢管桩及其他关键材料需满足规范要求且能在复杂的海上环境中长时间稳定工作。同时供应商要有较强的产能及交货能力

以保证物料能准时按量交货。

2) 分包商管理也很关键,特别是施工阶段涉及多专业团队配合。选用有经验的分包商可以保证施工质量与安全,降低工程风险。在进行管理时需要加强同供应商、分包商之间的沟通协调,以保证各参与方按预定方案实施并及时解决存在的问题,以免因为供应商或者分包商不履行而耽误工程进度。

3) 建立一套有效的合同管理机制及风险控制体系对确保工程顺利进行也具有十分重要的意义。所以,对供应商和分包商进行准确选择及科学管理不仅可以有效减少成本,还可以确保工程高效安全如期竣工。

为达到良好的管理效果莆田石城海上风力发电项目每季度对各供应商与分包商进行管理考评,在项目实施过程中进行了多种管理要素的考核与分析,并对各管理要素进行评分对比,见图 1。

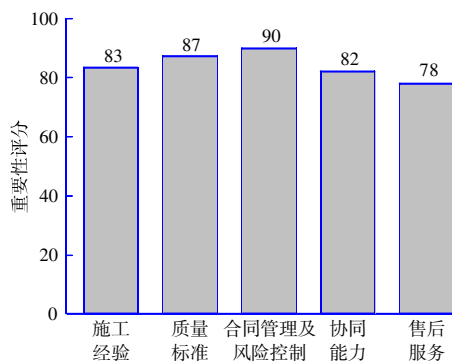


图 1 供应商与分包商管理要素评分

2.4 设备与燃油管理

海上风电项目施工船机设备及燃油管理对施工效率及项目成本有显著影响。海上风电建设高度依赖各种大型船舶设备,例如起重船、运输船和自升式安装平台等,这些设备在复杂海况下的操作需要高度的技术支持。由于海上施工容易受天气、海况等因素的影响,所以必须对其进行高效的调度管理与维护,才能保证在建设期间运行顺畅。燃油管理又是一个至关重要的难题。海上风电施工船机燃油消耗量很大,燃油成本较高。所以高效的燃油管理策略与预算控制同样重要,需要对燃油储备与消耗情况进行合理计划和核算。

3 降本增效策略

3.1 精细化采购与库存

在海上风电项目中,材料采购与库存管理的

精细化对于项目的顺利推进至关重要。首先，必须准确预测项目不同阶段所需的材料数量、规格以及交货时间，并根据这些需求制定详细的采购计划^[1]。对于海上风电项目而言，材料采购不仅仅是简单的购买行为，而是涉及诸多因素的协调，如供应商生产周期、海上运输时间、天气因素等。因此，通过精确的预测，可以确保所需材料的供应不会出现短缺或过剩的现象，从而避免因材料短缺导致的工期延误，或因材料过剩引起的资金浪费^[1]。在采购计划的制定过程中，结合项目的施工进度至关重要。通过信息化方法建立一个供应链管理系统，可以实时跟踪从采购、运输到库存等各环节的进展，确保各项物资在适当的时间到达指定地点。同时，合理的库存管理也能有效降低项目的资金占用，减少因库存过多或过少带来的潜在风险。

莆田石城海上风力发电项目通过对钢管桩原材料钢板采购时间的预测和供应商选择的优化管理，降低采购成本共计 250 万元，见表 1。

表 1 钢管桩采购成本优化对比

万元

阶段	钢板采购成本	制作成本	钢管桩采购成本
优化前	1 500	300	1 800
优化后	1 300	250	1 550

3.2 供应商与分包商管理

在海上风电施工项目的供应链管理中，供应商与分包商的选择和管理占据了重要位置。由于海上风电工程的特殊性，材料和设备的供应不仅要求高质量，还须具备及时供货的能力^[2]。因此，选择具有良好信誉和丰富经验的供应商和分包商至关重要，能够在项目执行过程中提供稳定且高效的服务。为了确保供应商和分包商在项目实施过程中能够按照合同约定完成任务，可以通过建立战略合作关系、签订长期合作协议等方式增强双方的责任感和合作默契。长期合作关系的建立，不仅有助于双方在价格上达成更具竞争力的协议，还能够提高物资供应的稳定性与可预测性，减少因供应商更换或采购波动带来的不确定性^[2]。此外，通过合理的激励机制和质量控制体系，可以确保供应商和分包商的高效性和服务质量^[3]。例如，设立质量奖励与惩罚机制，确保产品和服务符合合同要求；同时，设定明确的交货期和质量验收标准，避免因供应商或分包商履约不力造成

项目延误或质量问题。

3.3 运输与施工优化

海上风电项目的材料、设备运输和施工安排具有很大的关联性，这不仅仅是由于运输路线和施工环境的复杂性，还涉及海上作业的安全性和时间敏感性。为了优化运输和施工安排，可以采用多种运输方式的组合，例如结合海运和陆运确保材料的及时到达。在运输环节中，必须根据项目的具体需求，合理选择运输路线和方式，尽量减少因运输延误而带来的成本增加^[3]。例如，可以选择在适宜的季节进行海运，避免由于恶劣天气导致的运输中断，同时利用近海港口进行中转，减少运输的时间和风险。在设备的运输安排上，可以采取分批运输和集中调度的方式，以减少运输过程中的空载率和成本浪费^[4]。在施工安排上，由于海上风电项目的施工进度往往受到天气和潮汐等自然条件的影响，因此必须进行精确的施工调度与优化。例如，施工队伍需要根据天气预报和海洋环境条件制定灵活的施工计划，避免在恶劣天气下进行高风险作业。与此同时，各个施工环节之间的协调也至关重要，特别是在风机组安装、基础工程施工等环节，需要通过细化调度和时间管理，确保各作业环节衔接顺畅，避免因施工时间冲突或资源短缺导致的工期延误。

莆田石城海上风力发电项目通过对钢管桩运输时机的合理决策和优化管理，降低运输成本共计 30 万元，见表 2。

表 2 钢管桩运输成本优化对比

万元

阶段	钢管桩运输成本
优化前	600
优化后	570

3.4 船机与燃油管理

海上风电项目船机设备管理策略的核心是高效调配和智能化管理资源。通过搭建统一调度平台，实现与附近同时施工的龙源南日岛海上风电项目协同调度，强化设备标准化及维护管理等措施，显著提升了船机资源利用效率，减少了不必要的闲置与浪费，继而促进了工程整体运作效率的提高，降低了成本，缩短了工期^[4]。因船机设备数量较多、燃油消耗量较大、成本较高，为降低采购成本和控制油品质量选择集团战略供应商进行燃油供应。为避免燃油超耗和丢失，采用限额

供油的管理方式,即控制每次供油数量,根据船机设备功率大小、作业时长等因素,为每条船舶做好供应计划,海上供油时采用流量计和量仓的计量方式双控供油数量,陆上供油时采用过磅计量方式。建立油耗动态管理工作群,每艘船舶每日上报工作时长、工作内容和油耗量;建立船机设备燃油消耗月统计台账核算每艘船舶燃油消耗水平,对消耗异常船舶进行调查分析;运用船管易软件实时监测每艘船舶燃油余量。通过多种途径和方式对燃油数量进行管控,做到精细化管理。

莆田石城海上风力发电项目通过对船机资源合理高效调配提高船机使用效率和对燃油的精细化管理,共计降低成本约 400 万元,见表 3。

表 3 船机管理和燃油管理优化前后对比

万元

阶段	船机租赁成本	船机燃油成本	船机使用总成本
优化前	7 760	1 300	9 060
优化后	7 420	1 240	8 660

4 成效评估

在项目实施过程中,供应链管理的实施显著提升了项目的资源配置效率和运行效果,特别是在成本控制方面取得了显著成效。经核算通过优化采购、运输和设备调度等环节,钢管桩的采购与运输费用降低约 280 万元,同时,施工船机设备的高效利用和燃油成本的优化,使得施工成本

进一步降低了约 400 万元,项目的总体成本得到有效控制,提高了资金使用效率,并为项目的顺利推进提供了有力支持。此外,供应链管理的有效实施还提高了项目整体运作效率,缩短了工期,并减少了因设备闲置或运输延误导致的损失。

5 结语

综上所述,本研究以莆田石城海上风力发电建设项目为例,论述供应链管理对优化成本、提高建设效率的重要性。结果表明项目成本显著降低、施工效率显著提高。另外,利用信息化技术加强供应链透明度与管理精准度,提高整体施工管控能力。可为同类型施工项目的成本管理提供有利经验。尽管研究取得了一定成效,但仍存在进一步优化空间,如更深入的智能化管理、供应链协同机制的完善以及跨区域物流调度优化等。将来,在大数据、人工智能以及数字化监控技术不断发展的大背景下,海上风电建设供应链管理会实现更加准确和高效地运行,从而为产业降本增效提供更为切实可行的途径。

参考文献:

- [1] 石娟,钟光远.一种基于海上风电工程的数字化交付实施方法[J].中国科技信息,2024(11):59-62.
- [2] 卫慧.海上风电工程技术资产数字化平台设计[J].电脑知识与技术,2022,18(7):92-94,97.
- [3] 袁志涛,李键,余庆.海上风电工程施工通航安全监管体系构建研究[J].航海,2020(5):62-66.
- [4] 苏文,吴霓,章柳立,等.海上风电工程对海洋生物影响的研究进展[J].海洋通报,2020,39(3):291-299.