

# 海上风电工程造价控制措施

杨 磊<sup>1,2</sup>

1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 浙江 杭州 311122

2. 浙江华东工程咨询有限公司 浙江 杭州 311122

**摘要：**海上风电工程造价构成复杂，包括设备购置、安装、基础建设和运营维护等多方面。为有效控制造价，需采取多项措施：优化设计方案，采用先进技术和理念；选用大兆瓦风机，提高发电效率并降低成本；完善产业链，打造专业码头和产业园区，引进关键部件制造企业；规模化开发与资源获取，利用政府支持与政策导向；多样化融资手段，拓宽融资渠道；营造开放市场竞争环境，促进公平竞争。通过这些措施，可以有效降低海上风电工程造价，推动产业健康发展。

**关键词：**海上风电；工程造价；控制措施

引言：随着全球能源需求的不断增长和环境保护意识的日益增强，海上风电作为清洁能源的重要组成部分，其发展前景广阔。然而，海上风电工程造价高昂，成为制约其快速发展的关键因素之一。因此，探讨和实施有效的造价控制措施，对于降低海上风电成本、提高经济效益、推动产业可持续发展具有重要意义。本文将深入分析海上风电工程造价的构成及影响因素，并提出一系列针对性的控制措施，以期为相关从业者提供参考和借鉴。

## 1 海上风电工程造价构成及影响因素

### 1.1 造价构成分析

海上风电工程的造价构成复杂，主要包括以下几个方面：（1）设备购置费用。这是海上风电工程造价中占比最大的部分。设备购置费用主要包括风电机组（含塔筒）、海缆、海上升压站、变压器等关键设备的采购费用。风电机组作为核心设备，其性能、可靠性和价格对整体造价有直接影响。此外，海缆的质量和长度也会显著影响造价，因为海缆不仅需要具备高度的耐腐蚀性和耐磨损性，还需要满足深海铺设的技术要求。（2）安装费用。海上风电的安装费用通常较高，因为海上施工条件复杂，需要专业的船舶和人员进行作业。安装费用包括风机基础施工、风机吊装、海缆铺设等。随着技术的进步和施工经验的积累，安装费用有望逐渐降低。（3）基础建设费用。基础建设费用主要包括升压站、陆上集控中心、用海用地费用等。这些基础设施的建设对海上风电项目的稳定运行和后期维护至关重要。（4）运营与维护费用。海上风电项目的运营与维护费用也是不可忽视的一部分。这包括定期维护、设备更换、故障诊断与修复等。随着风电技术的发展和运维经验的积累，这部

分费用有望通过优化运维策略和采用智能化运维技术来降低<sup>[1]</sup>。

### 1.2 影响因素探讨

海上风电工程造价受到多种因素的影响，主要包括：（1）技术水平。技术水平的进步对海上风电工程造价有直接影响。随着风电技术的不断创新和突破，设备性能得到提升，施工难度降低，从而有助于降低造价。（2）市场规模。市场规模的扩大有助于降低海上风电工程造价。随着海上风电市场的不断发展，规模效应逐渐显现，设备采购和安装成本有望降低。（3）材料价格波动。材料价格的波动对海上风电工程造价也有重要影响。材料价格上涨会增加设备购置和安装成本，而价格下跌则有助于降低造价。（4）施工难度与海况。施工难度和海况是影响海上风电工程造价的关键因素。深海、复杂地形和恶劣天气条件都会增加施工难度和成本。因此，在项目选址和设计阶段应充分考虑这些因素。

## 2 海上风电工程造价控制措施

### 2.1 优化设计方案

（1）采用一流设计理念与技术：引入先进的设计理念和先进技术，如智能风电场设计、数字化运维等，可以有效提高风电场的效率和可靠性，同时减少不必要的冗余设计，从而降低造价。通过运用先进的模拟和仿真技术，可以对风电场性能进行精确预测，优化风机布局和功率分配，进一步提高经济效益。（2）基础形式的选择与优化：海上风电基础形式的选择对造价影响显著。单桩基础适用于较浅水域和较好的地质条件，而导管架基础则适用于更深的水域和复杂的地质环境。通过对基础形式进行精心设计和优化，可以确保在满足安全要求的同时，最大限度地降低材料和施工成本。此外，随着

技术的进步,新的基础形式如漂浮式基础等也在逐步成熟,为深海风电开发提供了更多选择。(3) 风机微观选址与布置优化:风机微观选址需要综合考虑风速、风向、湍流强度、海况、水深以及生态环保等因素。通过科学的选址,可以使风机处于最佳工作状态,提高发电效率。同时,合理的风机布置可以优化风场的风能捕获效率,减少尾流效应对发电量的影响,从而间接降低单位电能的造价<sup>[2]</sup>。(4) 主机设计优化与载荷计算:主机设计优化包括提高风机的转换效率、降低重量和制造成本等。通过精确的载荷计算,可以确保风机结构在安全的前提下尽可能轻量化,从而减少材料和运输成本。此外,采用先进的材料和制造工艺,如高强度钢材、碳纤维复合材料等,也可以进一步降低主机成本。

## 2.2 选用大兆瓦风机

(1) 大兆瓦风机的优势分析:随着技术的发展,大兆瓦风机已成为海上风电发展的主流趋势。大兆瓦风机不仅能够提高单机发电量,降低单位电能的造价,还能减少基础数量和施工安装工作量,进一步降低成本。此外,大兆瓦风机还能提升风场的整体效率,减少运维工作量,降低全生命周期内的运营成本。(2) 减少基础数量与施工安装工作量:大兆瓦风机由于发电效率高,所需的风机数量相对较少,因此可以显著减少基础数量和施工安装工作量。这不仅降低了施工成本,还缩短了建设周期,提高了项目的经济效益。(3) 降低运营与维护费用:大兆瓦风机通常采用更先进的技术和更可靠的部件,故障率较低,维护成本也相应较低。同时,由于风机数量减少,运维人员的工作量和成本也会相应降低。

## 2.3 完善成熟产业链

(1) 建造专业码头与产业园区:在风电场附近建设专业码头和产业园区,可以方便设备的运输和组装,降低物流成本和时间成本。同时,产业园区还能吸引上下游企业入驻,形成产业集群效应,促进技术进步和成本降低。(2) 引进主机、叶片、海缆等企业:通过引进国内外优秀的主机、叶片、海缆等关键部件制造企业,可以提高产业链的完整性和竞争力。这些企业可以带来先进的技术和管理经验,推动风电产业的技术创新和成本控制。(3) 优化施工方案与降低物流成本:通过优化施工方案和物流路径,可以减少施工过程中的浪费和损失,降低物流成本。例如,采用模块化施工和海上组装技术,可以缩短施工周期,减少运输次数和费用。

## 2.4 规模化开发与资源获取

(1) 政府支持与政策导向:政府在海上风电发展中起着至关重要的作用。通过制定优惠的税收政策、提供

财政补贴和贷款支持等政策措施,可以引导社会资本投入海上风电项目,推动产业规模化发展。同时,政府还可以通过规划风电场布局、审批项目等方式,优化资源配置,提高项目的经济效益。(2) 项目集群与协同效应:将多个风电场组合成项目集群,可以实现规模效应和协同效应。项目集群可以共享基础设施和服务资源,降低建设和运营成本。同时,通过集中采购和谈判,可以争取更优惠的设备价格和服务费用。(3) 共享施工人员与运维资源:在风电场建设和运营过程中,可以共享施工人员和运维资源。例如,组建专业的施工队伍和运维团队,为多个风电场提供服务。这样不仅可以提高资源利用效率,还可以降低单个项目的成本<sup>[3]</sup>。

## 2.5 多样化融资手段

(1) 拓宽直接融资渠道:通过发行企业债券、股票等方式筹集资金,可以降低对银行贷款的依赖程度,降低融资成本。同时,直接融资还可以提高项目的透明度和市场认可度,有利于项目的长期发展。(2) 完善民间融资机制:鼓励和引导民间资本投入海上风电项目,可以通过设立投资基金、发行私募债券等方式实现。民间资本的参与可以增加项目的资金来源渠道,同时也有助于分散风险和提高项目的盈利能力。(3) 出台鼓励海上风电企业投保政策:政府可以出台相关政策,鼓励海上风电企业投保相关保险险种,如建设期保险、运营期保险等。这不仅可以为项目提供风险保障,还可以降低企业的运营成本和风险。

## 2.6 营造开放市场竞争环境

(1) 公平竞争的重要性:营造一个公平竞争的市场环境对于降低海上风电造价至关重要。通过打破行业壁垒和地域限制,促进不同企业之间的竞争与合作,可以推动技术进步和成本降低。(2) 打破资源换企业的做法:在过去,一些地方政府为了吸引企业投资风电项目,往往会采取“资源换企业”的做法。这种做法容易导致资源配置不合理和市场竞争不充分。因此,需要打破这种做法,让市场在资源配置中发挥决定性作用。(3) 政府调整与优化市场环境:政府可以通过制定相关法律法规和政策措施来优化市场环境。例如,加强对风电行业的监管和执法力度,打击不正当竞争行为;完善风电行业标准和规范体系,提高产品质量和服务水平;加强风电行业人才培养和引进力度,提高行业整体竞争力等。这些措施可以为海上风电产业的健康发展提供有力保障。

## 3 海上风电工程造价控制的挑战与对策

### 3.1 面临的挑战

(1) 技术更新速度快。海上风电技术日新月异,新技术、新材料、新设备不断涌现,这不仅提高了风电场的效率和可靠性,也带来了造价控制的挑战。一方面,新技术的研发和应用需要投入大量资金和时间,增加了项目的初期成本;另一方面,技术更新快也导致了设备更新换代频繁,给运维和管理带来了较大压力。此外,新技术的可靠性和稳定性仍需经过时间的检验,存在一定的风险。(2) 施工难度与海况复杂。海上风电施工环境恶劣,受风浪、潮汐等自然条件影响大,施工难度大、安全风险高。同时,不同海域的海况差异大,需要采取不同的施工方法和设备。这使得海上风电项目的施工成本难以控制,尤其是在深海和复杂地形条件下。此外,施工过程中的环境破坏和生态影响也是不容忽视的问题,需要进一步研究和解决。(3) 融资与成本压力。海上风电项目投资规模大,回收周期长,需要大量的资金投入。然而,当前融资渠道相对有限,银行贷款是主要的资金来源之一,但利率较高,增加了项目的融资成本。此外,由于技术更新和市场竞争的影响,海上风电项目的造价不断下降,给投资者带来了较大的成本压力。如何在保证项目质量的前提下,降低造价、提高盈利能力,是投资者面临的重要问题。

### 3.2 应对策略

(1) 加强技术研发与创新能力。面对技术更新速度快的挑战,应加强技术研发和创新能力,提高海上风电技术的自主可控能力。一方面,要加大对基础研究和前沿技术的投入力度,推动技术创新和突破;另一方面,要加强产学研合作,促进科技成果转化和应用。通过技术创新,提高设备的性能和可靠性,降低生产成本和维护费用。同时,还要加强对新技术、新材料、新设备的评估和测试工作,确保其满足风电场的安全和运行要求。(2) 提升项目管理水平。针对施工难度和海况复杂的挑战,应提升项目管理水平,优化施工组织和流程。一方面,要加强施工前的勘察和设计工作,充分了解海域环境、地质条件等因素,制定合理的施工方案和应急预案。另一方面,要引进先进的施工技术和设备,提高施工效率和质量,降低施工成本。同时,还要加强

施工过程中的安全管理和环保措施,确保施工安全和环境友好。在项目管理中,还应注重信息化和数字化技术的应用。通过建立完善的信息管理系统,实现对项目进度、质量、成本等方面的实时监控和管理。运用数字化技术,如三维建模、大数据分析等,对风电场设计、施工和运维进行优化,提高效率和准确性。这不仅有助于降低项目造价,还能提升风电场的整体性能和可靠性。

(3) 拓宽融资渠道与降低成本。针对融资与成本压力,应积极拓宽融资渠道,降低融资成本。一方面,要加强与金融机构的合作,争取更优惠的贷款条件和利率。通过发行债券、股权融资等方式,增加项目的资金来源渠道,分散融资风险。另一方面,要积极探索创新融资模式,如政府和社会资本合作(PPP)、产业基金等,吸引社会资本投入海上风电项目。在降低成本方面,可以从多个方面入手。首先,通过优化设计和施工流程,减少不必要的浪费和损失。采用标准化、模块化的设计和施工方法,提高生产效率和质量,降低生产成本。其次,加强供应链管理,与供应商建立长期合作关系,争取更优惠的采购价格和服务。同时,要注重设备的维护和保养,延长设备使用寿命,降低运维成本。

### 结束语

综上所述,海上风电工程造价控制是一个复杂而系统的工程,需要从设计方案优化、大兆瓦风机选用、产业链完善、规模化开发、融资多样化以及市场竞争环境营造等多个方面入手。通过这些措施的综合运用,可以有效降低海上风电项目的造价,提高经济效益和竞争力。未来,随着技术的不断进步和政策的持续支持,海上风电产业将迎来更加广阔的发展前景。我们期待更多创新和实践,共同推动海上风电事业的繁荣发展。

### 参考文献

- [1]刘汉明,游人桦.电力工程造价管理策略研究[J].四川水泥,2021,(09):127-127.
- [2]张宁.关于加强工程造价管理的策略探究[J].四川水泥,2021,(17):150-151.
- [3]刘佰琼.我国海上风电发展的主要问题及对策建议[J].海洋开发与管理,2021,(07):62-63.