

广西海上风电项目造价构成与降本路径探讨

陈琳薇

中国三峡新能源（集团）股份有限公司广西分公司 广西 南宁 530200

【摘要】：双碳目标牵引海上风电规模化开发进程，广西依托北部湾海域布局风电基地，海域特殊条件不断推高项目全周期造价，现有区域适配性治理方案明显缺位，管控难点集中分布于前期规划、海上施工及后期运维各阶段，治理机制适配不足问题突出。本文以全周期治理为主线，分层搭建标准化规划、本地化施工与长效运维三类管控体系，各环节成本支出获得系统性优化，治理落地既压低初始投资，又优化海工程造价结构，缩减长期运维开支，度电成本随之下降，本地海域成本管控实践缺口由此填补，区域风电平价与规模化发展也获得支撑。

【关键词】：广西海上风电；全周期项目治理；造价构成；降本路径；度电成本

DOI:10.12417/2811-0722.26.08.045

引言

清洁能源转型构成能源体系革新核心方向，北部湾海上风电基地建设正加速推进，复杂海域环境与分段粗放模式相互叠加，既有管控手段难以调和本地成本矛盾，项目整体造价持续攀升，产业平价化推进受到制约。全周期项目治理贯通各阶段成本管控逻辑，适配广西海域开发独有约束条件，依托规划、施工、运维三维度优化路径，系统梳理造价抬升内在成因，搭建本地化成本管控框架，借治理体系革新理顺造价支出结构，沿海风电产业长效低成本开发获得可行思路。

1 广西海上风电造价组成结构及行业发展态势

双碳政策牵引能源转型背景下，海上风电已确立为清洁能源开发的核心方向，全链条项目治理水平直接关乎造价管控成

效。海上风电整体造价由设备采购、施工安装、运维、资本及前期开发五大板块构成，北部湾海域项目设备采购占总成本55%-62%，施工安装占24%-32%，其余三类成本分别占10%-15%、5%-10%、5%-10%^[1]。广西加速布局北部湾海上风电，行业逐步迈入平价发展阶段，开发重心持续向外海延伸，近海淤泥层厚、涌浪频发、通航与渔业叠加管控等本地海域复杂水文地质条件放大了各环节造价压力，传统分段式管理模式难以应对深远海开发带来的成本增量。完善全周期项目治理有助于理顺各阶段管理流程、压缩无效开支，打通规划、施工与运维各环节管理壁垒，伴随治理体系持续标准化落地，区域海上风电单位造价将稳步下行，为产业规模化长效发展提供支撑。如图1。

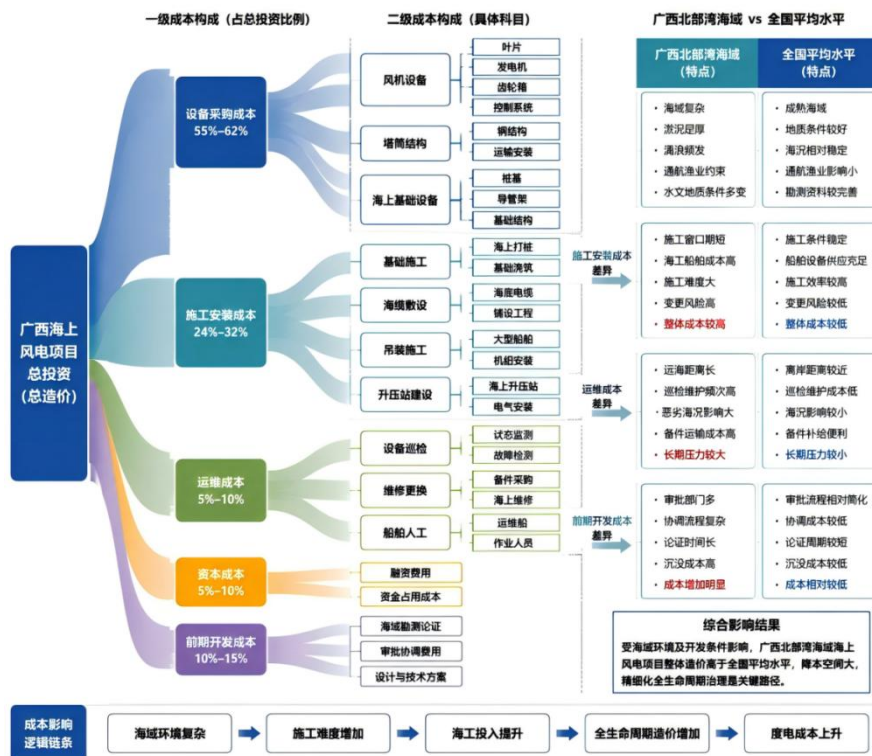


图1 广西海上风电造价构成、区域价差及成本传导

2 广西海域约束下全周期项目治理对造价的影响机制

2.1 前期规划治理标准不完善叠加海域环境复杂性抬高成本

海上风电前期工作涵盖海域勘测、方案论证及各类审批手续等多项内容，适配广西海域的统一规划治理规范仍存空白，受属地海域公共资源多头产权与外部性治理缺位影响，海域资源勘测缺少统筹管理模式，多方主体各自独立开展环境与风资源评估，重复作业产生不必要的沉没成本。海洋、渔业、通航等多部门审批存在分割治理壁垒，跨主体协同机制缺失，规划方案难以一次性契合各类海域管控要求，方案反复修改造成投资沉没损耗。项目投资评审未依托委托代理逻辑搭建分级管控流程，技术研判与财务融资规划信息互通不足，资金调配不合理抬高融资与机会成本。行业向外海拓展作为长期发展方向，远海海域水文地质条件更为复杂，规划治理层面的各类短板将持续放大前期投资压力，唯有搭建标准化治理框架、破除公共资源治理漏洞，才能逐步缓解投资上浮的现实难题。如图2。



图2 海上风电前期规划治理缺陷传导与造价抬升逻辑图

2.2 施工阶段治理与广西海况适配不足增加海工支出

海上施工船舶租赁、现场吊装与海底管线铺设构成施工环节核心支出，现行施工管理体系多照搬异地标准化范式，未依据广西海域有限施工窗口期开展资源约束视角下的柔性供应链适配设计。施工组织计划欠缺动态调度机制，供需匹配失灵造成船舶产能闲置，工期延误随之带来违约损失与设备闲置损耗。工程变更缺少全流程契约约束，不完全契约下审批流程滞后，不合规施工衍生的增量费用由此催生。本地海工人力资本储备不足、管控细则缺位，人员操作失误引发返工，施工边际成本持续抬高。开发区域向深远海延伸过程中施工难度不断攀升，适配本地资源约束的治理体系长期缺位，海工板块整体开支将被持续推高。

2.3 运维阶段治理机制缺失推高沿海运维投入

运维管理贯穿项目整个运营周期，体系完善程度直接决定长期度电成本走向。广西沿海运维资产呈碎片化运营状态，规模经济效应无法释放，风机巡检分散排布，资源统一调度机制缺失，船舶与人力重复出海抬升单位运维开销。备件采购采取单点独立订货模式，集中采购议价红利无从获取，库存分散囤积挤占流动资金，持有成本随之抬高^[2]。运维风险预警体系尚不完善，北部湾海洋灾害带来的运营不确定性难以有效对冲，

被动灾后维修产生高额应急开支。海上风电规模化开发已成行业主流趋势，运维周期覆盖项目数十年运营时段，规模经济与风险管理机制持续缺位将不断推高长期运营成本，风电平价转型落地受阻。

3 基于全周期治理优化的海上风电造价控制路径

3.1 搭建适配海域条件的标准化前期规划治理框架

（1）海域资源统一勘测管理：建立区域勘测统筹共管机制，可谓优化广西海上风电前期规划治理的核心抓手，依托属地行业主管部门划定勘测准入规范，从制度层面杜绝企业私自独立勘测带来的资金浪费。由主管单位牵头统筹整合区域内风资源、水文、地质及生态勘测任务，搭建具备数据强制接入要求的海域公共数据库，硬性约束各开发主体复用存量勘测成果，重复勘察消耗的人力、船舶及设备开支由此削减。多部门联合勘验会商制度的建立，使勘测阶段同步核验海域生态、航道管控硬性条款成为可能，会审结果作为方案报审前置条件，方案返工风险得以规避。海上风电开发持续向远海延伸之际，海域勘测作业难度与成本同步抬升，这套标准化共管机制能够刚性约束勘测作业流程、压降无效开支，贴合产业降本增效的长期趋势，为区域风电规模化平价开发筑牢前期成本管控基础。（2）项目投资分级评审管控：落地权责绑定式分级投资评审机制，是完善广西海上风电前期投资治理体系的关键举措，以分级否决规则平衡技术方案、资金规划与项目收益。三级评审权责清单的设置，对应场址初筛、方案深化与立项终审三个节点，硬性核验场址适配度、设备选型经济性、融资可行性及电力消纳能力，成本风险排查设为节点放行必备条件。技财人员固定联席评审制度的建立，使各节点资金测算报告得以出具，评审结论用于限定融资渠道与拨付时序，资金持有成本由此压低。评审设置硬性否决阈值，经济性不达标方案直接终止报审，低效投资从源头即遭拦截。行业走向平价上网与深远海开发的背景下，权责闭环的分级评审机制可刚性锁定初始投资上限，优化区域风电造价水平，稳固项目长期盈利空间。

3.2 完善匹配本地海况的施工全过程治理管控机制

（1）海上施工资源统筹调配：推行区域海工资源统一调度约束机制，是适配广西海域施工约束的有效路径，依托行业平台刚性统筹资源，分散调度引发的浪费得以消解。区域调度平台归集吊装船、铺缆船与勘探平台建立统一调度池，以施工窗口期作为调度优先级标准，装备共享协议明确闲置赔付规则，单独租赁产生的空置损耗由此削减。本地持证人员备案用工体系搭建后，外包层级人员薪酬与调派标准得以划定，按工期动态派工，异地远距离外派频次得到控制。开发向深远海拓展后装备使用周期拉长、调动成本上升，带协议约束的统筹调度体系理顺供需关系，刚性压降施工非必要支出，适配降本与规模化诉求，施工造价稳步压降。（2）海工工序分段流程管控：落地工序分阶段闭环管控制度，补齐广西海上风电施工治

理短板,依托制式流程刚性约束各环节成本损耗。按基础施工、海缆敷设、机组吊装与升压站安装拆分施工单元,各单元绑定定额成本考核指标,台账更新频次及偏差预警触发条件以制度明文敲定,施工进度随之动态复盘。工序交接核验规范的订立,使供货排期与海上作业时序以交接单据作为衔接凭证,工序脱节诱发工期延误的风险得以规避。分级变更审批权责清单要求工序变更未完成成本研判与签章不得动工,违规施工造成的额外花费被刚性堵住。深远海施工工况复杂度持续提升,闭环分段管控实现全流程精细化约束,返工窝工损耗得到压缩,匹配风电平价目标,海工板块投入稳步缩减。

4 全周期治理优化下广西海上风电造价发展趋势与价值

4.1 标准化规划治理实现项目初始投资稳步下降

标准化规划治理将海域勘测、投资评审与多部门协同审批整合为统一执行框架,从项目决策源头约束各类无效投入,测算可压缩前期沉没成本 8%-12%^[3]。统一勘测模式消除多主体重复勘察造成的船舶与人力消耗,同步对接海洋、环保及通航管控要求,方案反复修改带来的沉没成本由此减少。分级投资评审机制分层校验场址适配性、设备选型、融资规划与电力消纳条件,经济性薄弱的开发方案被及时剔除,绿色融资渠道的合理拓宽有助于降低综合融资利率,匹配广西北部湾碳达峰能源基地建设指标。当前海上风电开发持续向远海推进,海域作业难度不断攀升,粗放式前期管理极易推高初始投资,拖累区域非化石能源占比提升进度。标准化治理打通前期各环节管理壁垒,理顺全流程工作逻辑,持续压缩规划阶段冗余支出,长期带动区域项目初始投资平稳回落,降低项目静态投资额电分摊基数,为广西完成清洁能源替代与海上风电平价规模化开发筑牢前端成本管控根基。

4.2 施工治理提质增效推动海工造价结构持续优化

适配本地海况的施工治理体系,通过资源统筹与工序分段管控重构海工造价支出逻辑,装备闲置、工序脱节及变更失控带来的成本浪费由此改变,预计整体海工造价可下降 10%左右^[4]。区域海工船舶与作业人力统一调度能够平衡不同项目施工需求,单独租赁装备造成的资源闲置得以规避,分段工序管控

明确各施工节点目标,本地风机与海缆装备供货时序得到协调,窝工与返工产生的额外开销相应减少,工程变更全流程研判则杜绝无序施工增加造价。深远海项目施工环境愈加复杂,海工相关支出占比随之抬升,精细化施工治理能够优化人力、船舶及建材分配比例,恶劣海况对施工成本的冲击被弱化,海工造价内部支出结构持续调整,依托本地海工与风电装备产业链摊薄施工增量成本,以提质增效实现施工板块投入收窄,项目 LCOE 进一步压低,海上风电相较火电及陆上风电的价格竞争优势由此提升。

4.3 成熟运维治理体系降低长期度电成本助力产业规模化

完整长效的运维资产管理体系能够改变分散巡检、零散采购物资的粗放运维模式,可长期将全周期运维分摊成本降低,项目全生命周期运营支出由此持续压缩。统一巡检机制统筹航线、船舶与作业班组,依托在线监测精准定位设备故障,无意义出海带来的资源损耗得以减少,区域备品备件集中集采依靠批量采购压低零部件采购价格,共享仓储调拨机制则降低资金囤积压力,设备损耗规律用于合理规划物资储备规模。海上风电运营周期漫长,运维支出长期决定 LCOE 水平,伴随广西北部湾千万千瓦级海上风电基地批量落地,成熟运维治理模式能够跨项目分摊运维资源投入,单位电量运维分摊成本持续压低。更低的长期运营负担显著抬升海上风电综合收益,加速广西非化石能源消费比重达标,同步拉动本地运维服务、风机制造及海洋工程配套产业集聚,依托低成本电价优势支撑区域工业绿色转型,助力全区碳达峰中长期战略落地,实现能源结构优化与海洋产业链协同发展双重价值。

5 结语

海上风电造价管控构成北部湾风电产业可持续发展的核心抓手,海域环境所带来的成本压力需依托全周期项目治理予以化解。规划、施工与运维各阶段存在的治理短板会持续推高项目综合投入,标准化勘测评审、统筹化海工调配及一体化运维资产管理可针对性化解各类造价损耗。全链条治理体系落地能够稳步压降初始投资、优化海工支出结构并削减长期运维成本,持续降低度电成本。治理模式持续完善将推动区域海上风电走向平价规模化开发,为沿海清洁能源产业高质量发展提供支撑。

参考文献:

- [1] 陈启民,张扬,何婧.海上风电全生命周期成本构成及控制措施[J].人民长江,2023,54(S2)220-225.
- [2] 刘钟淇,吕循岩,王哲,等.海上风电开发潜力与外送经济性分析[J].可再生能源,2024,42(11)1498-1503.
- [3] 樊启祥,林鹏,王鑫,等.海上风电全生命期资产闭环智慧管理方法及应用[J].清华大学学报(自然科学版),2026,66(4)796-809.
- [4] 朱彬,刘碧飞,黄绍幸.海上风电项目风电机组设备运输方案[J].船舶工程,2022,44(S1)38-42+96.