

潮间带风电场浅滩机位施工方案探讨

苏小冬

江苏海上龙源新能源有限公司, 江苏 南通 226000

摘 要：江苏沿海某潮间带风电场, 长期处于水流、涌浪作用下, 海底地形持续演变, 在遇到强风、大浪等情况时, 对海底的冲刷更为严重; 此外由于大型码头建设投运, 风机基础周边海床面淤泥堆积, 导致部分机位点附近出现浅滩, 高潮位水深不足2.2m。在此背景下若出现机组大部件损坏, 大型施工船舶恐无法进点开展施工。本文立足该现状, 探讨适合浅滩机位施工的各种可行方案, 为潮间带风电场的后续大部件更换提供参考依据。^[1]

关 键 词：海上风电; 风电场; 浅滩机位; 施工方案

Discussion on Construction Scheme of Shallow Position in Intertidal Wind Farm

Su Xiaodong

Jiangsu Offshore Longyuan New Energy Co., Ltd. Nantong, Jiangsu 226000

Abstract：An intertidal wind farm in the coast of Jiangsu province, under the action of water and surge for a long time, the seabed terrain continues to evolve, in the face of strong wind, big waves and other situations, the erosion of the seabed is more serious; in addition, due to the construction of large wharf, the silt accumulation on the seabed surface around the fan foundation, resulting in the shoal near some of the machine sites, the high water depth is less than 2.2m. In this context, if the large parts of the unit are damaged, the large construction ships may not be able to carry out the construction point. Based on the current situation, this paper discusses various feasible schemes suitable for the construction of the shoal station, so as to provide a reference for the subsequent replacement of large parts in the intertidal wind farm.^[1]

Keywords：offshore wind power; wind farm; shallow station; construction scheme

引言

为了做好潮间带风电场浅滩机位施工工作, 前期开展了多次风电场实地勘测和施工方案讨论研究, 将为后续施工提供有力支撑。

一、工程概述

风电场位于江苏沿海区域, 中心离岸距离约4km, 根据资料及现场勘测, 水深较浅的机位共27台, 其中标高+1.3m~1.7m的风机20台, 全年最大潮水深2.2m; 标高+1.0~1.2m的风机7台, 全年最大潮水深2.9m。由于水深较浅, 市场主流的支腿船舶、坐滩船舶无法入场进行大型运维施工。^[2]

二、施工条件

(一) 施工机位地形

对某风电场内一台吃水较浅的机位进出航道进行现场勘测, 船舶沿临近2台机位东侧选择一条宽度200米的航道进点, 根据测量结果分析, 测试点机位半径200米范围内, 滩面地形呈北、

西、东侧高, 南侧低, 进出测试点机位滩面高程+1.61m, 其他机位水深普遍较浅, 均小于2m。

(二) 施工机位水深条件

根据江苏某港口-海洋2020年潮汐简讯与统计结合机位滩面测量图(进出航道滩面高程+1.61m), 核算7月份至10月份高潮期间相应水深。机位高潮期间相应水深为1.3m~2.11m之间, 目前市场可用坐滩安装船空载吃水2.6m, 船舶航行富余水深0.5m。进点施工需要3.1m的水深, 因此该机位水深无法满足坐滩船直接施工进点要求, 需采用其他方法进行施工。^[3]

三、施工方案

风电场更换风机大部件, 以更换某厂家风机发电机为例, 主要施工工序为: 施工准备→施工设备进场→放置象腿工装→叶轮

作者简介: 苏小冬(1989.01-)男, 汉族, 江苏省南通市人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 风电检修, 身份证号: 320682198901056596。

拆除→发电机拆除→安装新发电机→回装叶轮→线缆接线、电气测试。针对浅滩机位的水深条件，主要有铺路基板+施工平台+履带吊、开挖航道+吊装船舶、驳船（运输船舶）+履带吊、浮桥+施工平台+履带吊等施工方案。^[4]

（一）铺路基板+施工平台+履带吊施工方案（方案一）

1.入场道路施工

机位距离海堤约4公里，拟从海堤路北侧修建一条道路直达机位附近，采用2公里土方铺路、2公里路基板铺设，预计使用土方6万平方，修筑道路路面高1米、宽度不小于7.5米，斜坡、护坡全部夯实、压实，路面标准须达到主吊行走承载力；路肩、护坡全部用土工布包严，防止海水冲垮。为确保主吊车通行，海堤转弯半径应大于17米。此项施工准备采用4台大型挖掘机、25台自卸王、2台大型推土机组成施工班组，24小时不间断施工，道路修设需要10天。^[5]

2.机位点吊装作业平台建设

吊装作业平台上端面积不小于50米×50米、高度高于最大潮水水位1.5米，所筑平台满足主吊站位、叶片摆放及正常吊装要求。吊装平台全部夯实、压实，平台的平整程度及耐压程度须满足650吨吊车吊装要求，吊装平台夯实后满铺路基板，周边护坡全部用土工布防护严实，防止土源流失。此项施工准备采用2台215型挖掘机、1台50吨汽车吊、1辆25吨运输卡车配合施工，工期约2天。

3.更换发电机

查勘场地，合理规划吊装工具、设备物资，利用650吨主吊（自重130吨、长15.1米、宽6.3米、高4米、最小转弯半径是15米）、220吨汽车吊、专用吊具及常用工器具进行发电机更换作业，具体步骤：放置象腿工装-叶轮拆除-安装发电机吊梁-发电机拆除-安装新发电机-回装叶轮，线缆接线完毕、电气测试通过后完成机组复役工作，此项工作预计工期6天。^[6]

综上所述，利用此施工方案预算费用450万元，施工工期约18天。

（二）疏浚航道+吊装船舶施工方案（方案二）

1.航道疏浚施工总体要求

方案主要工序是：先开挖一条航道，便于坐滩施工船舶进入机位，开挖完成后坐滩施工船舶进点施工。坐滩施工船舶空载吃水约2.6米，船舶航行富余水深0.5m。进点施工至少需要3.1米的水深，机位周围水深无法满足船舶施工进点要求。以某厂家测试机位为例，需要开挖宽度200米、长度1138米的施工进出航道进行疏浚施工。^[7]

2.施工计划总工期20天，航道疏浚完成后，绞吸船候场，等待风电安装船施工完毕，退至深水区后，绞吸船再退场。

3.疏浚工程机械和设备

据工地现场的实际情况，拟投入一艘1000m³/h的绞吸式挖泥船，具体数据见表4.1，直径650mm高密管1000m，直径520mm钢螺旋管300m。交通船1艘，驳船1艘。

4.疏浚施工方案

①施工测量

配备疏浚工程专用GPS定位测量系统，能够在操作室内准确

控制开挖断面。

②施工标志

设置挖槽标、航路标和泄泥标三种标志。用花杆和浮漂标示。

挖槽标对挖槽的边线、中线、起点、终点和转折点以及一定距离的横断面线进行标示，航路标对出挖泥船施工中转头、避让、泄泥、抛锚及布设排泥管时的安全航路进行标示，泄泥标对泄泥区的范围及泄泥的顺序进行标示。^[8]

同时，施工段受潮汐影响，水位变化幅度大，且频繁。所以，施工时设立水位信号杆和水尺，便于肉眼直观。

③挖泥船抛锚定位

采用GPS定位系统进行定位，待挖泥船驶近挖槽起点20~30m时，航速逐渐减至极慢，待船停稳后，先测量水深，然后放置下一个定位桩，并在船首抛设两个边锚，逐步将主桩位调整到挖槽中心线位置，并使绞刀头位于起挖位置。船在行进中严禁落桩。

采用对称钢桩式抛锚，一般只需抛左右横移锚用于左、右横移摆动挖泥。若流速较大或河床底质较硬时，则应首先抛锚以稳定船位。横移锚的锚缆长度抛出边线外（锚缆长度视锚型、水域条件而定），为减少移锚次数，此处锚缆采用250m。^[9]

④浮筒管线的抛设

浮筒管一般在风浪小的水域进行卡接，然后将分段管线拖到预定位置，按顺流、顺风方向逐段连接后再进位。浮筒管线的抛设，由于水域情况差异，抛设程序方法亦有所不同。

此处施工区域属沿海水域，浮筒管线抛设一般宜在高平潮时进行，先将卡接好的浮筒管线固定在吹泥区，然后将管线的另一端与挖泥船尾部的出泥管接好，用拖船或锚艇顶推水上管线使之平顺无“死弯”，及时分别将涨、落潮流向的管线锚抛设妥当。

⑤管线锚的抛设

为减少水流对管线的压力，稳定管线不使其随漂移而造成管线脱节或蹙成死角而抛设管线锚，其间隔视管线长度及水流情况而定，一般取100~200m，锚型及缆长，视流速、底质及风浪而定，风速流速影响大，底质差时锚重宜大些，缆要长些，当流速不大于1.5m/s，风速不大于11m/s时，可选用350~500kg的海军锚，若风速、流速超过上述数值时，应选500~1000kg的海军锚，锚缆用直径16~直径25的钢缆，由锚艇或拖船进行抛设。^[10]

⑥疏浚施工方法

采用对称钢桩横挖法，这是绞吸挖泥船最常用的施工方法，即以一根钢桩为主桩（左右桩均可视驾驶员习惯而定），对准挖槽中心线下插河底，并通过利用另一根钢桩（副桩）进行换桩跨步前移。主桩前移的轨迹始终保持在挖槽中心线上并等距均匀跨步，可使绞切的平面轨迹也始终保持平行前移，避免重挖或漏挖现象。其绞切平面轨迹呈月牙形。

⑦疏浚工程量预估：拟从风机东北方向进场，至风机约1.2公里，不考虑施工期回淤，将进出航道滩面疏浚至-0.2m（85高程），疏浚工程量为244284.1立方米。

综上所述,疏浚工程量 244284.1m^3 、单价 $30\text{元}/\text{m}^3$ 、总价约733万元;渔业赔偿约310万(接近606亩,每亩赔偿5000元);船舶吊装施工价格171万(同期市场价格约530万),此方案施工总费用接近1214万(不包含大部件采购),施工周期约30天。

(三) 驳船+履带吊施工方案(方案三)

驳船加履带吊的方式需要驳船甲板能够有足够的承载力和空间摆放一台600T以上履带吊和叶轮,且吃水小于2m、根据市场调研,能够满足进场施工条件的浅吃水驳船,基本上是甲板货船类型,主要功能是运输管桩等用途,虽然空载吃水满足要求,但是因船体小,且受船宽限制无空余甲板放置履带吊,更无放置叶轮的位置,故无法满足施工要求。

综上所述,测试点机位无法使用驳船+履带吊方式施工,现阶段此施工方案三不具有可行性;但此方案可在2.3m—2.6m浅水区域进行齿轮箱更换等无需摘叶轮的施工作业。

(四) 浮桥+施工平台+履带吊施工方案(方案四)

1. 入场浮桥施工

本工程所在潮间带海域海况、地势条件复杂,风场基础航道及机位附近为浅滩,该区域高潮位水深仅在1.3~2.2m之间,大型施工船舶无法进点进行吊装施工,为此,拟从海堤路北侧搭建一条长约4公里的浮(舟)桥直达机位附近,浮桥采用钢结构或钢筋混凝土结构制作。

风场滩面低潮时将完全裸露,浮桥在使用过程中会经历舟片落滩状态、静浮状态及半落滩状态,因此,浮桥的选择及搭设需结合其工作状态进行核算,确保自身结构在各状态过程中可满足车辆集中载荷、静水浮力、支耳反力、河床反力、海流、风载及横向弯矩、扭矩的联合作用等。目前,国内主流使用的为分置式承压舟浮桥。

1) 分置式承压舟浮桥简介

分置式承压舟浮桥建造工艺简单,遇恶劣天气可及时拆卸,且舟身迎水阻力小,在同期、同流速的情况下,同等长度的浮桥,承压舟浮桥迎水平均阻力约为带式浮桥迎水平均阻力的三分之一,因此承压舟浮桥系固缆绳的受力情况优于带式浮桥,承压舟浮桥更稳定。同时,承压舟浮桥适用性较强,在风场淤泥质滩涂上的漂浮状态、落滩及半落滩状态下都能正常使用。承压舟浮桥包含海中部分浮桥、连岸部分浮桥、水平固定系统(系固缆绳)及其他辅助设备等。

2) 分置式承压舟浮桥参数选择

风电场距离海堤约4公里左右,承压舟浮桥由海堤路北侧连接至风场,浮桥总长约4公里,浮桥用于通行220T汽车吊、50T汽车吊、650T履带吊及各类运输卡车等机械设备,因此需达到各机械设备行驶载重要求。

4公里长承压舟浮桥共使用约160块25m长承压舟浮桥组件,浮桥通过海内锚及岸边的钢索斜拉固定于水面上,岸边堤岸需进行硬化处理。整个浮桥施工需多种起重设备、动力辅助船舶及各类辅助设施配合施工,诸多关键工作还需要乘潮水施工,初步估计浮桥现场搭设净工期约30天以上(不含浮桥钢结构设计、制作及发运至现场时间,浮桥钢结构制作时间约10个月)。

2. 机位点吊装作业平台建设

海侧浮桥端部与风机机位之间需另搭设风机吊装作业平台,用于650T履带吊组装及与220T汽车吊配合吊装风机作业。作业平台上端面积不小于 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 、高度高于最大潮水水位1.5米,所筑平台需全部进行加强处理,并由专业人员进行核算,耐压强度及平整度满足650T履带吊吊装承载力要求($10\text{T}/\text{平方}$)及叶片摆放要求,同时平台上部铺路基板,周边需进行防渗、防漏措施,防止海水冲刷造成基础松动。此项施工需2台215型挖掘机、1台50吨汽车吊、1辆25吨运输卡车配合施工,初步估算工期约15天。

3. 更换发电机

查勘场地,合理规划吊装工具、设备物资,利用650吨主吊、220吨汽车吊、专用吊具及常用工器具进行发电机更换作业,具体步骤:650T履带吊提前现场组装—放置象腿工装—叶轮拆除—安装发电机吊梁—发电机拆除—安装新发电机—回装叶轮,线缆接线完毕、电气测试通过后完成机组复役工作。从650T履带吊组装至全部工作完成,此项工作预计工期10天。

目前国内没有做过承载量这么大的浮桥,根据初步估算,承压舟浮桥制作及搭建费用以桥面面积计,单价约为5000元/平方,4公里浮桥桥面总面积约32000平方,预计不含税总造价约1.6亿元,承压舟浮桥可重复利用。

四、施工方案探讨

综上所述,本风电场浅滩机位较可行的运维施工方案为铺路基板+施工平台+履带吊和疏浚航道+吊装船舶。两种方案目前在国内都有实际施工经验,均属于成熟的施工方案。然而,本工程所在潮间带海域海况、地势条件复杂,随着时间变化,地势高程变化大,风场其他机位将来可能存在同样的问题。采用疏浚开挖航道的方法成本偏高,且存在机位航道回淤的问题,面临的挑战较大;而采用路基板的施工方案则不存在回淤的问题,且施工工艺成熟、施工价格更低、效率更高,更加适合本工程。因此本阶段推荐使用铺路基板+施工平台+履带吊作为本工程的施工方案。

参考文献

- [1]《疏浚工程技术规范》,JTJ319-99.
- [2]《水运工程质量检验标准》,JTS257-2008.
- [3]《水运工程测量规范》,JTJ203-2001.
- [4]《疏浚工程土石方计量标准》,JTJ/T231-96.
- [5]《水运工程施工安全防护技术规范》,JTS205-1-2008.
- [6]《海船系泊及航行试验通则》,GB/T3471-1995.
- [7]《风力发电机组吊装安全技术规程》,GB/T37898-2019.
- [8]《海洋工程环境影响评价技术导则》,GB/T19485-2014.
- [9]《疏浚工程施工及验收规范》,GB50644-2011.
- [10]《疏浚船舶设计规范》,GB/T16897-1997.