

海上风电支腿船单桩沉桩技术

李海军, 张泉泉, 胡永波

(中交第三航务工程局有限公司江苏分公司, 连云港 222042)

摘要:目前我国海上风电开发已经进入了规模化、商业化的发展阶段,海上风电的建设呈现由近海到远海,由浅水到深水的趋势。在响水、东台海上风电场中,均采用稳桩平台定位、起重船吊打工艺。文章结合某海上风电工程深水条件下大直径单桩沉桩施工情况,介绍自带定位抱桩器的 1 000 t 支腿起重船沉桩施工技术。

关键词:海上风电;支腿起重船;抱桩器;单桩沉桩

随着海上风电场的不断开发,海上风电的建设呈现由近海到远海,由浅水到深水的趋势,面临的施工环境也更加复杂,为保证打桩设备在复杂的海域条件下能顺利进行施工,对沉桩船舶设备提出了更高的要求。本文以自带抱桩器的 1 000 t 支腿起重船“三航风华”号在某风电场沉桩施工为背景,浅谈支腿船单桩沉桩技术。

1 工程概况

某风电场位于大连市庄河海域,场址中心距离岸线约 22.2 km,涉海面积约 47.7 km²,场区内水深 18~24 m。

本项目单桩数量为 50 根,基础结构形式为无过渡段结构,其中 3 MW 机组 3#、4#单桩采用支腿船进行沉桩施工。桩顶直径 5.5 m,底端直径 5.8 m,桩长分别为 70 m/69.5 m,桩重 601.3 t/593.4 t,壁厚 60~75 mm,桩顶高程为 12.0 m,入土深度约 40 m,桩身垂直度(桩顶法兰面水平度)不大于 3‰。结构见图 1。

2 单桩施工难点分析

2.1 单桩施工难点

- (1)施工海域离岸距离远,水深深,海况差,工期紧,对船机设备选择时间约束性大。
- (2)钢管桩桩身上有大量附件,沉桩过程施工难度大,且要求沉桩后桩顶法兰水平度不大于 3‰。
- (3)高强度的沉桩锤击,易损坏桩顶法兰。

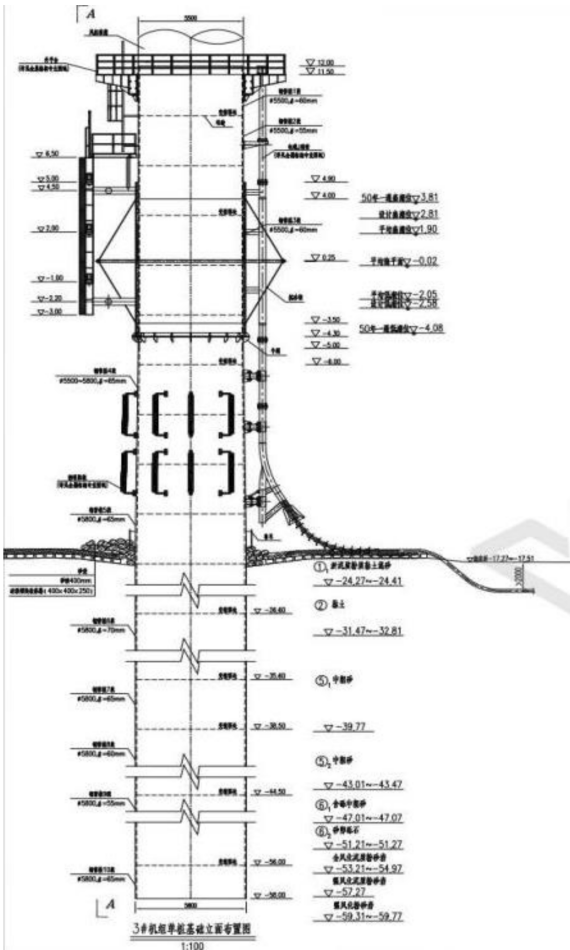


图 1 单桩基础结构

- (4)该工程最主要难点在于前期地勘阶段,各机位钻孔数量少,孔位揭示的地质情况不具备代表

性。且岩面起伏大,沉桩有困难。

2.2 针对施工难点制定应对措施

(1)选择支腿船“三航风华”号进行单桩沉桩施工。

(2)采用抱桩器作为定位导向架来控制桩身垂直度,通过自重入土、压锤入土、轻击至可调土层 3 个阶段的不断调整确保单桩质量指标。

(3)采用工装法兰保护桩顶。

(4)分析钻孔岩样,做好可打性分析,选择 S-1800 锤进行锤击沉桩。若无法锤击至设计标高时,采用钻打工艺。

3 支腿船沉桩工艺流程与沉桩系统

3.1 沉桩施工工艺流程

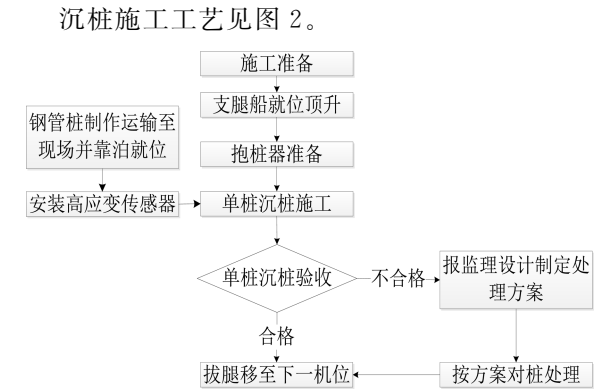


图 2 沉桩工艺流程

3.2 抱桩器

沉桩施工稳桩方式采用船载抱桩器的方式进行稳桩。抱桩器通过 4 个支腿与甲板面焊接固定在船头中心位置。该套抱桩器上下两层桁架上配有 8 个 100 t 液压系统,既具有桩体纠偏功能,还具有一定的导向扶正功能;抱桩器重 180 t,能适应的桩径范围为 $\varphi 3.8\sim 7.5$ m,最大纠偏力 100 t,最大纠偏幅度为前后左右 ± 1 m。抱桩器结构见图 3 和图 4。

该工艺的最大优点:解决了深水条件下设计、搭设独立稳桩平台的困难,且提高了工效。

3.3 顶升平台

由于采用的是船载抱桩器,故沉桩时,必须保证船舶是静止不动的。“三航风华号”装有 4 根长达 80 m 的转腿,到达作业区域后桩腿插入海底支撑并

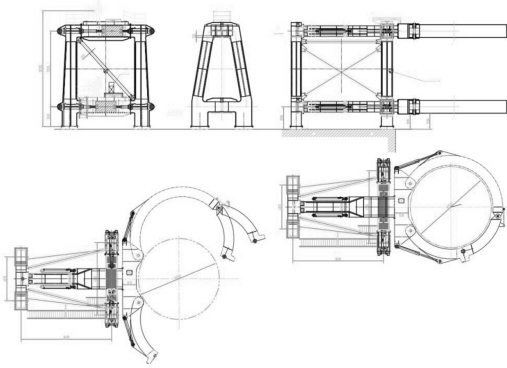


图 3 “三航风华”号抱桩器技术



图 4 “三航风华”号抱桩器实物

固定船体,通过液压升降装置可以调整船身完全或部分露出水位,形成不受波浪影响的稳定平台,可以在相对恶劣的天气海况下工作。

通过插拔腿分析,插腿深度及拔腿阻力均满足施工要求(表 1 和表 2)。

表 1 插腿深度施工可行性分析

机位 编号	高潮位水深 /m	可用插腿 深度/m	计算插腿 深度/m	施工 可行性判断
3#	20.04	34.96	9	✓
4#	21.11	33.89	9.3	✓

考虑到船身抬升后,涌浪拍打影响船体稳定性,且设计高水位为+2.81 m,船体型深 7.2 m,故将甲板面抬升后高程定为+10.2 m。

表 2 拔腿施工可行性分析

机位 编号	拔腿能力 /kN	不考虑冲腿 拔腿力/kN	考虑冲腿拔 腿力/kN	拔腿施工分析
3#	48 000	6 901	5 910	拔腿阻力不大
4#	48 000	7 781	6 521	拔腿阻力不大

3.4 打桩锤选择

合理选择打桩锤是沉桩施工成败的关键,通常情况下,根据沉桩区域的地质条件,土体的密实程度来选择液压打桩锤型号。

结合现场地质资料进行沉桩可行性分析,以 4# 桩为例的可打性分析,结果见表 3。

表 3 4# 单桩沉桩可打性分析表

参数	参数值
桩径/m	5.5~5.8
桩长/m	69.5
入土深度/m	40
锤型	S-1800
理论锤击数/击	1107
理论停锤贯入度/mm	16.2
最大锤击压应力/MPa	120

因此,选用 S-1800 液压锤进行单桩沉桩施工,可顺利将工程桩沉至设计标高。

3.5 桩顶法兰保护

设计要求沉桩后桩顶法兰的平整度、强度、疲劳等不产生任何损伤,要环形焊缝 100%UT 检测等级为Ⅰ级。故施工时在桩顶增加工装替打法兰,见图 5。通过工装法兰的应用,使桩顶法兰面上的应力水平大大降低,不会对桩顶法兰面的平整度产生破坏,不会对法兰的棱角产生塌角破坏。

3.6 平衡梁

合理的设计使用平衡梁可以合理分配或平衡各点的荷载,保证单桩起吊时的安全性。单桩起吊使用了长度 8 m,吊重 1 000 t 平衡梁,克服了“三航风华”号主吊是单钩的难点。且在钢管桩—4.3 m 高程处有一圈 30 cm 宽的环板,钢丝绳避开了直接与环板摩擦。

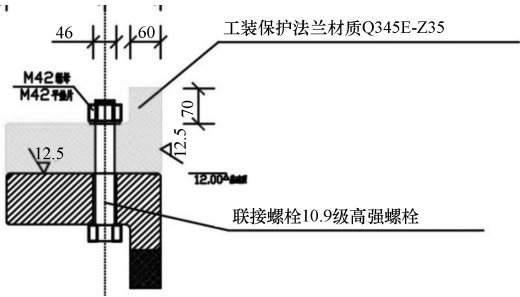


图 5 工装保护法兰

4 沉桩施工控制

4.1 测量前期准备

为满足风电项目风机基础沉桩测量控制要求,在工程整个施工过程中测量必须始终遵循:从整体到局部、先控制后细部、由低精度到高精度的控制原则。投入的测量设备有:GPS 及基站、弯管全站仪、激光扫平仪、电子靠尺等。

因为施工现场离岸距离 22.2 km,而 GPS 基站电台信号一般只能覆盖 20 km 范围,如果发射距离不能完全覆盖施工区域,就必须在海上做测量控制点当参考站进行信号传递。在实际施工中,选择在施工现场附近的测风塔平台上做测量控制点并建立参考站,以保证基站完全覆盖施工区域。

4.2 沉桩平面位置控制

“三航风华”号先通过参考站信号,利用船上动力定位 DP 系统进行粗定位,再利用船上安装的 GPS 精确定位,在电脑平台上控制船定位及桩位。最后由手持 GPS-RTK 校核桩位,GPS 信号固定,满足设计规范要求。

4.3 沉桩过程控制

在“三航风华”号甲板上固定两个呈 90°布置的支架以架设全站仪,通过扫视钢管桩切边来控制桩身垂直度。沉桩施工过程控制主要分为 6 个阶段,分别为入龙口阶段、自重下沉控制阶段、开锤前垂直度确认阶段、正常沉桩垂直度可调阶段、连续沉桩阶段、桩顶标高控制阶段。

同时采用电子测倾仪在下桩和沉桩过程中控制桩身垂直度,在桩身的 90°方向分别设置测倾仪,稳桩、套锤、沉桩过程中多次观测,将垂直偏差控制在 2‰以内。

5 结语

根据该项目海况恶劣情况和施工工期紧的特点,采用“三航风华”号支腿船自带抱桩器进行沉桩施工,船舶定位系统为挪威进口 DP 系统,成功完成了本项目 2017 年的施工进度计划,给监理、业主单位留下了良好印象。沉桩后桩顶法兰水平度均小于 3‰,满足设计要求。此次采用自带抱桩器的支腿船进行沉桩施工是局内首例,证明了“三航风华”

号设备在沉桩方面是可行的,为后续支腿船沉桩积累了宝贵的经验。

参考文献

[1] 上海勘测设计研究院.三峡新能源大连庄河风电项目工程地质勘察报告[R].2017-K-14.
[2] 徐维钧.桩基施工手册 [M].北京:人民交通出版社,2007.
[3] 荷兰 IHC S1800 液压冲击锤技术报告[R].