

风电安装船桩腿液压提升装置安装工艺研究

张曙光

江苏大洋海洋装备有限公司

摘要：本文以 500t 自升式风电安装维护平台桩腿液压提升系统为研究对象，开展了桩腿液压提升系统的组成、安装工艺的相关研究，整理了平台桩腿液压提升系统完成的安装工艺流程，并依托该工艺流程高效、快捷的完成了 500t 自升式风电安装维护平台桩腿安装，极大的提高了生产效率，为后续同类型平台的建造提供了工程经验。

关键字：风电安装平台，插销式桩腿，液压提升装置安装

1 引言

相对于陆上风电而言，海上风电具有高风速、高稳定性、低湍流等优点，同时对环境的影响也相对较小。海上风电场又可以分为沿海风电场（包括潮间带风电场）、近海风电场和远海风电场。近年来，我国风电场也在迅速发展，截至 2015 年底，我国已建成的海上风电项目装机容量共计 1014.68MW，其中潮间带累计风电装机容量达 611.98MW，占海上装机容量的 60.31%。并将于 2020 年装机规模达到 2280MW，其中近海 1770MW，潮间带达到 510MW^[1~5]。

自升式风电安装平台是当前风电安装作业平台，作为一种移动式平台承担着安装海上风机的任务。自升式风电安装平台是兼具起重、打桩、升降、航行等功能于一身的工程船，主要由主船体、桩腿、起重机及升桩系统组成。桩腿升降系统是确保桩腿插入海底并支撑起平台离开海平面一定高度进行作业的关键系统^[6~10]。本文针对自升式风电安装维护平台桩腿液压提升系统的组成、实施工艺进行了系统研究，为后续同类型平台桩腿升降系统的安装和使用积累了工程经验。

2 自升式风电安装维护平台桩腿升降系统

自升式风电安装维护平台桩腿的提升主要形式有齿轮齿条式和液压顶升式。其中，液压顶升式桩腿升降系统由液压驱动系统提供动力，确保桩腿能够克服泥土、砂石等阻力及平台自身的重力，将桩腿插入或者拔出海床，升降安装平台。同时，平台桩腿在作业过程中必须运行平稳，无卡死现象；液压驱动装置要具备

一定节距的行程要求；桩腿液压升降系统具备自锁功能，在各种作业及非作业工况下，系统可实现自锁；通过中央控制平台，完成平台的升降作业。本文以 500t 自升式风电安装维护平台为例，开展桩腿升降系统相关研究。

2.1 平台概述

500t 自升式风电安装维护平台作业海域为我国沿海海域，兼顾欧洲以及东南亚沿海海域。当需要远距离派遣作业时，需要由半潜式平台配合运输到位后才能作业。平台为四桩腿自升式风电作业平台，流线型艏，艏部设一道呆木，艏部设有 2 套全回转推进装置，艏部设有 2 套隧道式侧推器，具有 DP-1 的动力定位能力，满足作业平台风场内移位和就位需要。平台右舷艏桩处设 1 台绕桩式起重机，回转角度 $\pm 210^\circ$ ，最大起重能力 500t \times 25 米，25 米吊距时吊高 100m（甲板以上）。平台的主尺度如表 1.1 所示。

表 1.1 主要技术参数

名 称	尺 度
型长	75.6m
型宽	39.6m
型深	6.8m
设计吃水	4.2m
载重线吃水	4.5m
航区	我国近海航区、欧洲以及东南亚沿海海域

2.2 桩腿液压提升装置的组成

液压升降装置控制系统主要由安装集中控制系统的集中控制台实现，通过与各桩腿控制单元实现控制信息的交互，实现控制平台四条桩腿的自动、半自动和手动升降控制。在集中控制系统的控制下，各桩腿既可以联动，也可以单动。风电安装维护平台上安装的电子测斜仪可以实时测量平台倾斜角度，当平台倾斜角度超过预定范围后，进行自动报警并停止升降工作，并提示人工干预调整。操作人员可以通过 PLC 程序和油缸位移传感器测量桩腿的运行位置和插销孔位置，每个桩腿高度数据将实时显示在中央控制台的人机交互界面上。

大量的实践工程已经证明风电安装维护平台桩腿插销系统、液压动力系统和控制系统具备较好的工程实用性和可靠性。在平台桩腿升降过程中，液压控制系

统能满足系统响应的即时有效性能，也能确保每个桩腿的四个插销受力均衡。系统采用单步进液压插销式结构，简单可靠，操作方便，通过控制主升降油缸的伸缩和静、动环梁上的插销与桩腿上的销孔交替受力转换来实现平台升降、拔桩、风暴自存等功能，如图 1.1 所示为桩腿液压提升装置图。

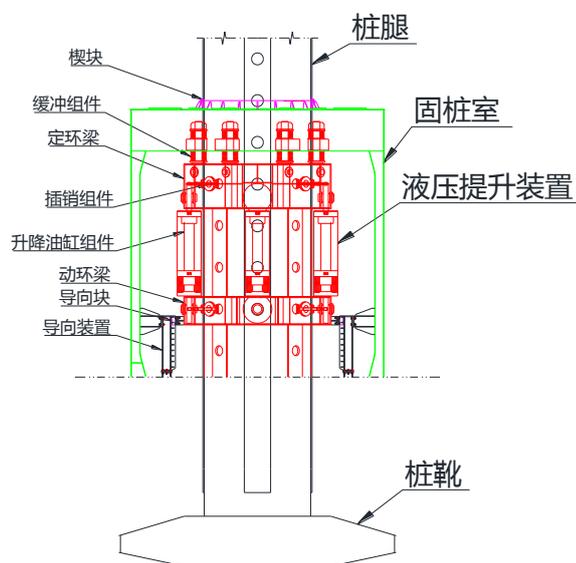


图 1.1 桩腿液压提升装置图

3 桩腿液压提升装置安装工艺研究

3.1 安装准备工作

根据桩腿液压提升装置组成构件的分析发现，安装升降油缸和导向装置是该系统的难点，要重点关注以下几点：

(1) 升降油缸的重量（单缸）为 8340kg,长度 4990mm 而油缸耳环厚度方向与环梁销轴孔单边间隙有 2mm；

(2) 动环梁重量 15200kg，最大外廓尺寸 5740mm，定环梁重量 20015kg，最大外廓尺寸 5740mm；

(3) 如何实现大吨位吊装,相关的资源准备工作。

因此，在安装前，需要以下工作项目是否满足安装要求：

- (1) 定环梁、动环梁加工精度满足安装要求；
- (2) 桩腿焊接精度满足安装要求；
- (3) 升降油缸、插销油缸及其他零件数量齐全；
- (4) 安装工装准备完成；

- (5) 准备脚手架；
- (6) 清理定环梁、动环梁安装表面，去除毛刺及杂物；
- (7) 安装工具准备齐全，具体安装工具见安装工具清单；

3.2 安装过程

3.2.1 动、定环梁安装

完成准备工作后，开始桩腿提升、安装。选取开阔场地(10m×10m)垫平，确保地面承重 100 吨，并安置动环梁在指定施工位置，安装高度为 10m。在动环梁上安装定环梁的支撑工装（每组 2 根，共 4 组），采用 M30 螺栓连接，定环梁的下部为 2800mm 长的支撑杆，需要将大吊耳朝向环梁内侧。将定环梁起吊，放置在定环梁支撑工装上，使用垫片将 4 个支撑位置调平，并使用 M30 螺栓进行连接连接。

3.2.2 升降油缸安装

升降油缸是液压升降系统的关键装备，油缸单重 8340kg，需要吊机安装。在起吊升降油缸之前，将定距环通过安装套固定在升降油缸上。如果油缸安装传感器，则需要先将传感器拆除，待油缸装到位后重新安装。油缸耳环用通过工具与缸筒简单固定，防止油缸缸杆滑出。

将吊起的升降油缸水平移动到动、定环梁之间，然后落下油缸，使下耳环与定环梁销孔对齐，油缸的油口朝外，油缸耳环厚度方向与环梁销轴孔单边间隙有 2mm；利用配重杆，将销轴穿入销孔（销轴与轴承配合间隙 0.115~0.25mm），顶出定距环安装套，卡上两个半圆环卡板，用 M20 螺栓固定。然后松开油缸杆固定，拆下进出油口的法兰，使内部气压平衡，缓慢拉升油缸，使上耳环与动环梁销孔对齐，然后安装销轴和卡板。完成第一个升降油缸的安装后，开始安装其他油缸。

3.2.3 局部定环梁支撑移除

升降油缸安装完毕后，移除上边较短一节定环梁支撑工装（高 1480mm，单重 312kg），具体的移除工序如下：

- (1) 行车吊住定环梁，松掉工装上部的螺栓；
- (2) 利用行车和吊绳提起定环梁，然后拆掉剩余连接螺栓，将工装吊出；
- (3) 重复（1）和（2），将其它三件上部工装拆除；
- (4) 将定环梁落下，用连接螺栓固定在支撑工装上，使用垫片将环梁调平。

3.2.4 导向杆安装

导向杆、导向杆销轴和下部碟簧片及垫板的安装工序如下：

- (1) 将两个定距环安装套装入导向杆组件轴承孔内，并将定距环套装在安装套上；
- (2) 将导向杆组件整体起吊（总重量 1005kg），从上往下放入定环梁，使导向杆轴承内孔对准定环梁上的销孔；
- (3) 利用配重杆将导向杆销轴（单重 148kg）穿入定距环内，缓慢将两个定距环安装套顶出，然后装上销轴卡板；
- (4) 使用导向杆固定块和调整块将导向杆固定；
- (5) 重复前四步将全部 8 根导向杆组件装配并固定在定环梁上；
- (6) 固定导向杆，将下碟簧片装入导向杆，注意下碟簧片 4 片一组，相邻两组方向相反，最下面一组开口朝上；

3.2.5 插销安装及其他配件安装

在插销安装过程中需要利用配重杆安装插销，然后才能安装固定压板，并以此工序安装其他插销。将动定环梁和油缸整体起吊放入固装室内，通过插销固定后，整体（总重量约 93220kg）吊至船体固桩室区域，并对准动环梁和甲板面上的基准线，落放在主甲板制定位置找正、焊接。利用环梁上的吊耳将固桩室起吊（总重量约 93220kg），提升至高度 1894mm 处，开始安装底部垫板、上部碟簧。

3.2.6 导向装置安装及配件安装

固桩室装配完成后，开始安装导向装置及相关配件，具体的工艺流程如下所示：

- (1) 将导向块用 M39 螺栓连接至动环梁；
- (2) 焊接底座，找底座距离固装室侧壁距离 $1100 \pm 1\text{mm}$ ，然后找导向块中线，使其与底座中线重合，然后将底座焊接至甲板面上；
- (3) 将导向座用 M39 螺栓固定在底座上，调整安装螺栓，使两侧面间隙 $15 \pm 0.5\text{mm}$ ；
- (4) 找正另一个底座距甲板面高度 $2226 \pm 2\text{mm}$ ，对正螺栓孔，将底座焊至固装室侧面，然后用 M39 螺栓连接；

(5) 移除插销压板，装配其余插销组件。

3.2.7 插入桩腿

完成上述工作后，可以开始插入桩腿。在桩腿插入之前，需要将插销往外拉出，以免与桩腿干涉，然后将桩腿穿过定环梁和动环梁，并调整桩腿位置，使插销与桩腿上的插销孔对正，将插销穿入桩腿、焊接桩腿。

3.2.8 安装后性能检查

桩腿安装完成后，需要对系统整体性能进行检查。具体检查内容如下：

(1) 连接液压管路及电器线路，将传感器复位。

(2) 升降单元试运行前要逐台检查升缸油口等管路是否连接正确，保证软管上球阀处于开启状态。

(3) 将升降装置载荷转移到插销上；

4 结论

本文以 500t 自升式风电安装维护平台为研究对象，深入的研究了该平台桩腿液压提升系统的组成和工程安装工艺，对平台桩腿液压提升系统的安装工艺进行了详细的归纳和总结，最后在公司总组场地完成了桩腿液压提升装置和桩腿的安装。通过理论研究和实践的验证，本文关于桩腿液压提升系统的安装工艺的研究成果大大缩短了整个风电安装船的建造周期，保证了该项目如期交付，研究成果为同类型平台的建造提供较好的工程经验。

参考文献：

- [1] 中国可再生能源学会风能专业委员会 (CWEA). 2015 年中国风电装机容量统计[J]. 风能, 2016,6(2):48-63.
- [2] Yan Y, Xia C L, Song Zhangfeng. Assessing the growth and future prospect of wind power in China[C]. IEEE Electrical and Control Engineering International Conference, Wuhan, China, 2010.
- [3] 刘林,葛旭波,张义斌等.我国海上风电发展现状及分析[J].能源技术经济,2012, 24(3):66-71.
- [4] Zhang S, Ding J, Shi X. Economy comparison of intertidal zone wind farm and normal offshore wind farm[C]. Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 International Conference on. 2011, 4(6):4475 - 4478.
- [5] Yan Y, Xia C L, Song Zhangfeng. Assessing the growth and future prospect of wind power in China[C]. IEEE Electrical and Control Engineering International Conference, Wuhan, China, 2010.
- [6] 高巍,周华.风电运维船登靠作业概率评估[J].中国海洋平台,2018, 33(6):77-84.
- [7] 王伟波,姚锦鸿. 550t 液压提升装置在核电站环吊上的研究应用[J].施工技术,2018, 6:460-462.
- [8] 叶尚武. 2600t 级液压提升装置组-拆方法创新应用[J].石油化工建设,2015, 6:102-106.

- [9]史伟峰. 液压提升装置吊装大型钢结构施工技术[J].山东工业技术,2016, 15:299-230.
[10]谭道芳.液压提升装置在大型设备吊装工程中的应用 [J].石油化工建设,2015, 1:25-30.

仅供交流



江苏船舶微信公众号



江苏船舶网上投稿系统