

简析浮式风电安装船系统及设备配置

冯耀东

上海中远海运重工有限公司 上海 200231

摘要: 本文主要从当前海上风电的发展趋势着手,按照风电安装流程,简析浮式风电安装船在单桩安装过程中所配备的系统(单桩存放和运输系统MSTS,运动补偿抱桩系统MCMG&UH)以及相关设备的功用。

关键词: 海上风电;浮式风电安装船

引言

为应对全球气候变化,推动可持续发展,全球各主要国家和地区制定了相应的“碳中和”目标和具体实施方案;在该时代背景下,环境友好型的太阳能、风能、水能、核能、生物质能等清洁能源会作为各国重点发展的新宠儿。海上风能具有资源丰富、年利用小时数高,不占用土地,能够成片区大面积规模开发等优点,因此开发海上风电会成为各国大力发展可再生能源的重要战略。

1 海上风电安装流程概述

海上风电安装主要流程由单桩基础安装,风电机组安装和海缆安装三部分组成,其中涉及运输、吊装、敷设等多种施工,耗时长,施工复杂,需要分别依托运输船,海缆敷设船和风机安装船等多种船体协同作业方可完成。

1.1 单桩基础安装流程

单桩基础安装流程可分为设置稳桩平台、钢管桩运输及起吊、锤击沉桩等安装阶段;按照风电场所处水深情况又分为深水区和浅水区单桩基础安装。深水区全天候水深条件可满足大型施工船只吃水需要,可采用常规起重船、风电安装船和自升降式平台船施工;浅水区受限于水深条件需采用坐底式船只施工,同时依靠锚系统将其固定。

1.2 风电机组安装流程

风电机组安装流程可分为风机安装、塔筒吊装、机舱/叶轮及叶片吊装等阶段;大多数海上风电安装项目采用分体式安装,通过风机安装船将风机各部件在海上完成拼接。

海缆安装流程施工复杂需做专门研究,非本文重点不做展开阐述。

从上述风电安装流程不难发现风电安装船在风电安装项目中作用凸显,根据其作业特点主要可分为浮式、

坐底式、自升式、自升自航式和半浅式风电安装船;随着海上风电场逐步向大型化和深远海发展,对风机安装船的核心指标包括吊重,最大起升高度和作用水深等提出更高要求,浮式风电安装船侧重吊重和水深的优势正好与这些技术核心指标要求相契合。

2 浮式风电安装船

风电安装船的主要特征;能够自航、操纵性好、有大型起重机,安装效率高;当前自升式风电安装船占据着市场的主流船型,这与前些年火爆的钻井船市场导致市面上出现大量过剩Jack-up型钻井船有一定联系,按照市场需求一些闲置Jack-up船改建为风电安装船更具经济性;但随着风机组大型化同样具备风电安装船特性的浮式风电安装船也将迎来更多的关注,本文以Transocean钻井船Discoverer Luanda(#1)改建为浮式风电安装船为例(见图1),改建后将具备海上装运一体的单船作业能力,此类改建一般要求船舶尺度大,耐波性好,作业窗口期长,配置齐全,作业效率高,海上作业安全性就得显著提升,对工程的整体成本控制更有利;下述以海上风电安装流程为导向,简析浮式风电安装船单桩安装系统及设备配置。

2.1 单桩安装系统与设备配置

本船设计配有一个大型甲板储存区域,以便允许在主吊机和甲板室之间存放6根单桩。其中5根单桩存放在甲板上的可调节托架上,第6根单桩直接存放在翻转铰链上。同时在工作甲板上配备1套3000吨的单桩存放和运输系统、运动补偿抱桩系统,以及1台安全载荷5000吨的主甲板吊机(见图2)。

2.1.1 单桩存放和运输系统

许用单桩尺寸范围规格:长度:60~120m;端部直径:7~9m;底部直径7~12m;最大锥度5°;最大重量3000t。

甲板存放和运输系统是由2辆带有独立液压起重托架的运输小车,带有电气驱动系统的小车轨道以及10台可

作者简介: 冯耀东(1987-),男,工程师,现任上海中远船务工程有限公司技术研发中心高级设计师。

调节托架（每根单桩由2台托架支撑）组成，整体实现全 机械化单桩装载。

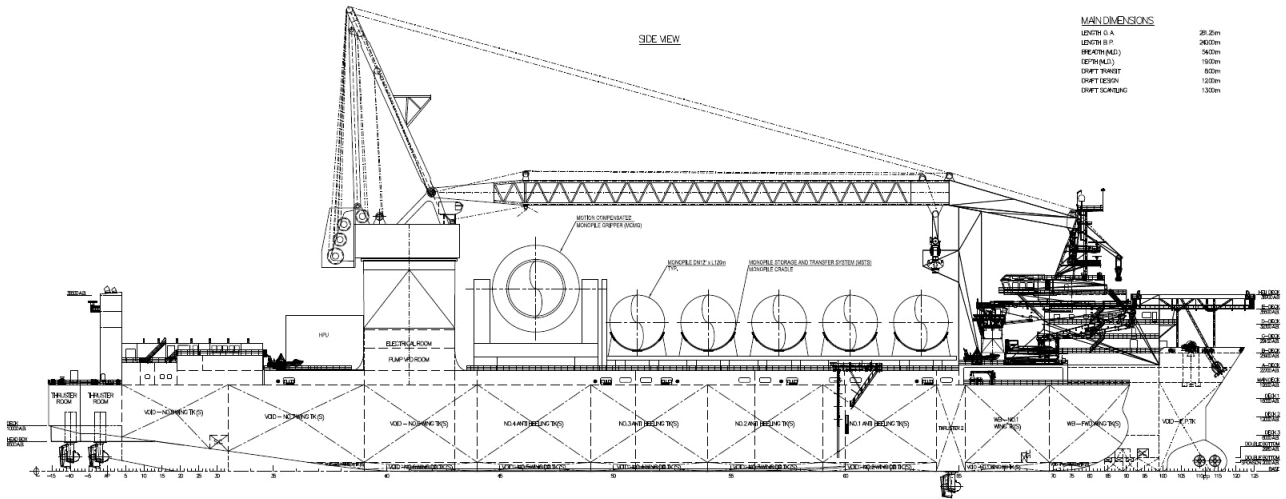


图1

船上的主甲板吊机将单桩从码头或者驳船水平装载到第一套托架上，再使用2个可调节起重小车通过安装在甲板上的轨道横向移动，依次将单桩转移到最远的空托架位置，最后一根（第六根）单桩直接使用主吊机装载到翻转架上；同时起重小车应可以直接将单桩装载到翻转架上，无需使用甲板吊机，其目的是通过一个可控的方式提升和运输来避免货物摇摆，从而实现高效和安全的材料搬运操作；起重托架应设计有紧急下降系统，用于在船舶动力丢失的情况下运行，以防止设备损坏。甲板布置可调节托架时应考虑所存放的单桩之间留足间

隙，以降低货物损坏的风险、以满足安全装卸和索具进入的要求；同时在甲板储存托架和运输小车的设计中留有通道，用于日常维护与检查。

单桩是通过托架上配有的摩擦垫进行固定，另外也应配有适用于风暴条件的额外海上固定装置；单桩存放和运输托架应能完全根据单桩直径的范围进行手动调节。

10台甲板安装的可调节托架设计为可拆卸形式，将来在用于甲板的重新配置过程中不需要进行大量的焊接作业；单桩存放和运输系统可重新配置为导管架储存与运输系统。

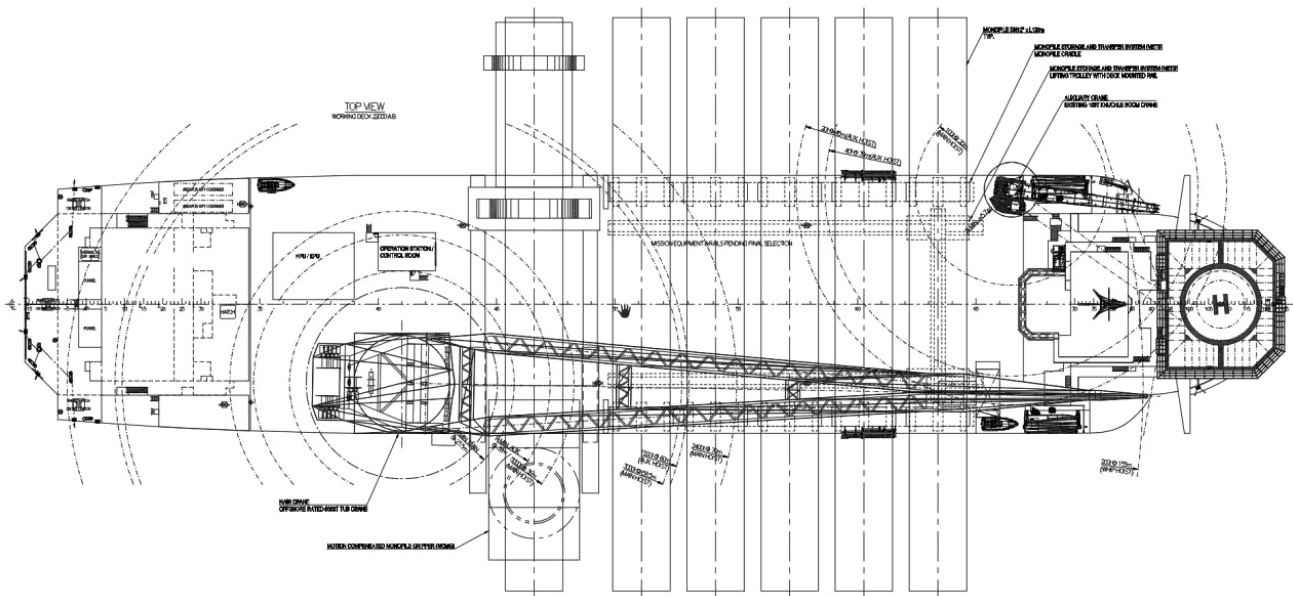


图2

2.1.2 运动补偿抱桩系统

运动补偿抱桩系统是由运动补偿抱桩器和翻转架组

成，确保其在DP2动力定位系统工作的条件下，满足单桩在海底安装期间保持垂直和稳定。

船舶主甲板吊机配备一个合适的免提起吊工具，连接到单桩的顶部，并使用翻转架进行单桩翻转，以确保单桩从水平存放位置平稳、安全和可控地平移到垂直安装位置。翻转架是由可折叠和旋转的翻转铰链组件安装在框架上构成，并具备横向滑动运动功能，以使单桩底部直径与底部支撑架完全对接，然后折叠回操作位置。运动补偿抱桩器是由一套环形抱桩系统（抱桩环）组成，该系统悬挂在一个可水平移动的横纵向导架上，抱桩环直接作用在单桩上，以补偿船舶垂荡、横摇、纵摇、艏摇运动。单桩从翻转架移交至抱桩器的过程是通过甲板吊机实现的，底部支撑架脱离并折叠，使其远离下部单桩直径，并接合抱桩器夹持辊。

单桩安装期间，如果船舶在风和波浪运动中移动，应在抱桩器内保持静止，以便与主吊机一起固定、定位和降低单桩。

单桩安装过程见图3。

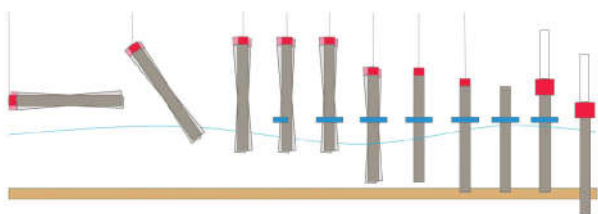


图3

2.1.3 系统设备配置特征：

- ◆自重轻，可实现船舶有效载荷的最大化
- ◆通过调整抱桩器的垂直位置，实现内置存储时较低的重心位置
- ◆结构刚度高，提高对单桩的控制及精度
- ◆滚轮配置兼容滚轮箱伸缩运动，同时保持对单桩的完全控制
- ◆可满足目前所有行业的降噪标准要求
- ◆拆装运输简洁快速
- ◆集成起重设备，提高安全性、效率及可操作性

◆关键设备的最低设计使用寿命应至少为20年连续使用

2.2 风机安装系统

风机安装系统主要由平衡梁及索具系统、上部吊架系统、缓冲系统、下部就位系统以及中央控制系统组成。其中平衡梁及索具系统用于完成风机的组拼、海上运输及吊装；其它系统共同作用完成塔筒对接的导向、缓冲、同步升降以及精准定位自动对中，使风机顺利安装在单桩基础上；中央控制系统则通过监测和控制来实现风机整体安装的自动化。

3 未来海上风电安装船发展趋势

目前海上风电场建设多数是采用装、运分离的工艺路线，该方式在整个风电安装过程中需要多种辅助船协同作业，近海作业影响不是很显著，但随着海上风电场建设向深海化和风电机组大型化发展，多船协同作业对完成整体工程的效率和成本控制非常不利；发展运输与安装一体化的海上风电安装作业船将成为新趋势，此类船舶主甲板承载能力、装载能力以及综合作业能力优势突出，作业效率高。尤其将自带DP定位系统的船舶改建为浮式风电安装船可更大程度的实现成本节约。

结语：近些年海上风电发展迅速，在促进经济增长、加强能源安全方面发挥着重要作用；市场的蓬勃发展带动了风电产业逐步走向成熟，技术水平不断提高；随着漂浮式风电技术的不断突破，海上风电制氢等融合发展模式的推出，也将为风电产业提供更广阔的发展空间和机遇。

参考文献

- [1]刘璐,张成芹,王俊杰,黄艳红.海上风电单桩基础风机整体安装技术[J].中国港湾建设,2020(07):43-45+73.
- [2]Huisman. Offshore Wind Equipment. Huisman Product Brochure. 2023.
- [3]DNV RULES FOR CLASSIFICATION OF SHIPS. 2023.