

# 双臂架四钩浮吊船单船大型单桩翻桩技术

王庆鹏<sup>1</sup>, 魏楠<sup>2</sup>

(1. 烟台打捞局, 山东烟台 264012; 2. 华能烟台新能源有限公司, 山东烟台 264012)

**摘要:** 当前海上风机单桩基础施工工艺种类繁多, 其中以双浮吊配合翻桩较为常见, 但此方法浮吊船投入成本较大, 且两浮吊船配合不周将导致施工难度与安全风险的加大。针对这一问题, 本文提出了一种双臂架四钩浮吊船单船实现翻桩的方法, 大大节约了现场施工成本, 降低了施工难度, 消除了原多个浮吊船相互配合所带来的安全隐患, 且工程实践效果优异, 可为后续此类大型单桩的海上施工提供借鉴。

**关键词:** 双臂架四钩浮吊船; 多主钩; 大型单桩; 单船翻桩

中图分类号: U66 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2023) 03—0119—03

随着当前风电市场持续火热, 单桩施工工艺的优化与完善是降低施工成本、提高项目利润的重要一环。针对单桩翻桩这一工序, 目前以双浮吊船配合最为常见, 即主浮吊船连接吊耳, 辅助浮吊船通过扁嘴钩兜住单桩底部的方式。尽管这一方法施工效率良好, 但施工成本较大, 且对于两浮吊船的配合要求较高。

张亮等<sup>[1]</sup>通过在大型构件底部增焊吊耳的形式实现了单浮吊船翻转大件; 邵夕吾等<sup>[2]</sup>通过设计了一款专用工装实现单浮吊船单桩翻桩。本文则提出了一种单浮吊船四主钩配合抬桩、翻桩的方法, 既无需在单桩桩身增焊吊耳结构, 又不必投入专用工装, 同时也保留了浮吊船投入数量少、施工成本低等优点。

## 1 工艺原理

### 1.1 翻桩原理

使用本方法翻桩需浮吊船具有双臂架结构, 且单个臂架上均具有两个主钩, 具体流程如图 1 所示。

首先, 将浮吊船的其中一个臂架上的两个主钩, 分别通过索具与单桩的两个吊耳相连 (吊耳位于单桩桩身的中偏上位置); 另一个臂架上的两个主钩则通过索具、卸扣连接来为单桩进行兜底, 兜底索具以使用吊带为宜。至此, 钩头索具连接完成, 两臂架位置处即为单桩的两个抬桩受力点。

由于单桩兜底处无任何限位, 应保证浮吊船双臂架变幅与四主钩起升做到同步, 确保抬桩过程中, 单桩始终处于接近水平的状态以防止兜底索具沿桩身方向滑动。当单桩水平抬升至足够高度后, 单桩运输驳船可撤场。

随后, 浮吊船四主钩同步下落, 始终保持单桩水平, 直至单桩桩身触及海底泥面。应注意, 当桩身快要接触海底时, 在保证兜底吊带不出现相对滑动的情况下, 将桩身调至稍有倾斜的状态, 使单桩底部先触及泥面, 可通过兜底位置处主钩吊力数值显著降低来判断, 避免顶

部先触泥而导致脱钩。

当兜底的两个主钩吊力为零时, 开始同步起升另外两个主钩, 同时浮吊船向桩底方向绞船, 利用桩底和泥面的接触部位为翻转支点进行翻桩, 直至单桩竖直。至此, 单浮吊单桩翻桩完成。

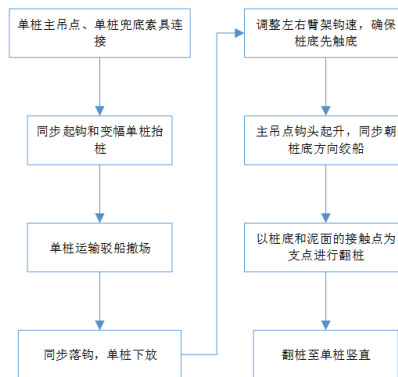


图 1 翻桩流程图

### 1.2 兜底索具脱钩原理

为保证兜底索具可实现脱钩功能, 需按图 2 所示的方式进行索具连接。即用一根环形吊带①对折挂单个钩头的双钩齿, 通过一个大卸扣与一根长环形吊带②连接, 长环形吊带兜住单桩底部, 再通过一个大卸扣与下一根环形吊带③相连, 环形吊带③再对折挂另一个主钩的双钩齿。应注意, 环形吊带③在挂前端钩齿前, 先用一根小吊带连接索具钩和钩齿上的封钩卸扣, 再将环形吊带③将其压住。

当浮吊船双臂架同步抬桩直至桩底先触及泥面后, 此时兜底臂架两主钩不带力, 然后起升索具钩, 将环形吊带③从对应钩齿上脱离, 则环形吊带②与③之间连接卸扣的重力会实现两吊带的分离, 分离后连接卸扣将与连接的吊带②落入泥面, 吊带③则挂于主钩的单个钩齿之上。至此, 脱钩完成, 可继续起主吊点钩头完成后续翻桩工作。

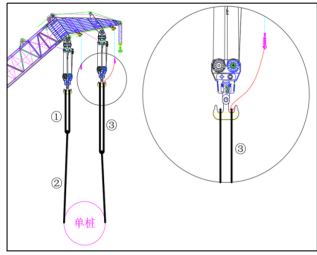


图2 脱钩示意图

## 2 翻桩条件

此方法主要是充分利用浮吊船特性完成翻桩，因此针对船舶及单桩本身结构形式需具备以下特点：

- (1) 浮吊船具有双臂架、四主钩结构，并附带索具钩等辅助钩；
- (2) 浮吊船单臂架的吊力需满足单桩总重（含索具重量及必要的动载系数和安全余量）要求；
- (3) 浮吊船双臂架间距不可过小，以避免抬桩出现不稳定；
- (4) 浮吊船单臂架前后两钩钩距与单桩两吊耳间距相近。
- (5) 单桩吊耳与其重心位置适当，确保兜底位置和主吊点位置不同时位于单桩重心的同侧；
- (6) 满足吊高等其他常规要求。

## 3 工艺实践应用

以某风场施工为例，该风场水深约31m，待施工单桩最终达1330吨，桩长最大达101m。

### 3.1 浮吊受力要求

以风场内其中一根已施工单桩为例：该桩桩长91m，桩重约1290t，桩径为6—7.3m变径，主吊耳距离桩顶37.2m，重心距离桩顶45.71m。

施工浮吊两臂架的间距为24m，由受力分析可知，在初始抬桩时，浮吊船的主吊臂架总受力约832.6t；兜底臂架总受力约457.4t。当翻桩完成后，由主吊臂架承载单桩全部重量。

### 3.2 吊索具选取

无论主吊点索具还是兜底索具，其长度均应保证单桩在水平状态下触泥时，四个主钩钩头不会入水。

(1) 主吊点索具。在单桩翻桩过程中，主吊索具会绕单桩的两个圆柱式吊耳转动，不宜使用吊带。同时，考虑到吊点距离桩顶的高度及主吊索具翻桩结束后需承载整根单桩总重，因此最终选取2根 $\phi 256\text{mm}$ 大钢丝绳圈作为主吊索具。

(2) 兜底索具。环形吊带①长度取16m，额定荷载400t，环形吊带②长度取63m，额定荷载400t；环形

吊带③长度取30m，额定荷载400t；吊带①和②之间、吊带②和③之间均采用400t卸扣连接，卸扣销轴穿过吊带②，吊带①和③均对折穿过卸扣弓背。

### 3.3 工程实践与评估

将前节所述的吊索具按要求进行连接。应注意，可先完成吊带①与②连接及挂钩，将吊带③连同同一个400t卸扣挂钩，则单桩兜底时，可直接拖拽吊带②的一端与吊带③上的400t卸扣进行连接完成兜底，如图3所示。



图3 兜底索具连接

索具完成连接后，浮吊船四主钩同步起升进行抬桩、吊桩入水，如图4所示。



图4 单桩抬桩入水

单桩水平下放时可使桩顶略高于桩底以避免桩顶内平台接口积攒淤泥。当浮吊船兜底臂架吊力开始变小时，标志桩底触泥，可继续下放直至吊力为零。当兜底吊带完全不带力后，起升索具钩将吊带③脱钩，随后主吊臂架起钩，并调整船位，实现单桩翻桩，如图5、图6所示。



图5 单桩翻桩 图6 翻桩完成

自单桩触泥至翻桩完成总共用时约36分钟，经记录，浮吊船主吊臂架吊力时历曲线如图7所示。

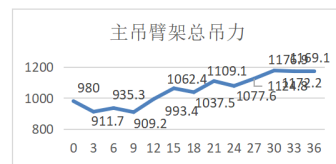


图7 翻桩时主吊臂架吊力变化曲线

# 非开挖水平定向钻在海缆穿堤工程中的应用

宋 础

(上海勘测设计研究院有限公司, 上海 200335)

**摘 要:** 海底电缆作为海上风电场工程的主动脉, 敷设环境复杂, 非开挖水平定向钻被广泛应用于海缆登陆段穿堤工程。本文总结了非开挖水平定向钻的施工特点及施工工艺流程, 研究了非开挖水平定向钻设计关键点及穿堤防渗措施, 为后续海缆登陆穿堤设计和施工提供技术参考。

**关键词:** 海底电缆; 非开挖水平定向钻; 登陆穿堤; 防渗

**中图分类号:** U65      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0121—03

中国海上风电新增投产规模在 2021 年超过 16GW, 占到全球新增投产规模的 87%。截至 2021 年末, 中国海上风电累计投产装机规模达到 26.4GW, 为全球最大的海上风电市场。一个完整的海上风电场一般由一定规模数量的风电机组和输电系统构成。输电系统中的海底电缆作为海上风电场工程的主动脉, 联系着整个风电场的“心脏”(海上升压站)与指挥中枢(陆上集控中心), 海缆敷设施工为海上风电场建设中的关键一环<sup>[1]</sup>。

海缆敷设环境较为复杂, 海缆登陆段通常需要穿越海堤等构筑物。常用的穿堤方案有门架方案、破堤方案和非开挖水平定向钻工法方案。门架方案是指海缆通过架空式门架过堤, 该方案影响海岸线的外观, 地方政府批复难度较高; 破堤方案是指海缆敷设于堤面护坡结构下过堤, 该方案对堤防影响较大, 需要破坏堤面护坡和防浪墙, 海缆敷设完毕后还需要重新修复堤面结构和工期会影响大堤的防洪安全及交通; 非开挖水平定向钻是指海缆通过水平定向钻工法敷设于堤身以下一定深度范围内, 该方案对堤防基本没有扰动, 在做好防渗措施

后基本不会对堤防产生影响, 不影响堤防的防洪安全及正常运行<sup>[2-4]</sup>。

非开挖水平定向钻方案在外观影响、施工便捷性及工程造价等方面具有显著的优势, 一般为海上风电场工程海缆敷设穿堤登陆的首选方案, 本文对该方案的施工工艺、设计要点及穿堤防渗措施开展研究, 为后续海缆登陆穿堤设计和施工提供技术参考。

## 1 施工工艺

穿堤使用水平定向钻机进行管线穿越施工, 一般分为二个阶段: 第一阶段是按照设计曲线尽可能准确的钻一个导向孔; 第二阶段是将导向孔进行扩孔, 并将管线沿着扩大的导向孔回拖到导向孔中, 完成管线穿越工作<sup>[5]</sup>。主要工序为: 测量放线→开挖工作坑→导向孔施工→扩孔→管线回拖, 施工方案如下:

(1) 测量放线。测量前对全站仪、经纬仪、水准仪等测量仪器进行校定, 仪器必须经校验合格且在有效期内方可使用。测量放线, 确定穿越距离和设计穿越线

上图显示了每隔 3 分钟主吊臂架的总吊力。由图表可知, 在翻桩过程中, 吊力呈上升趋势, 受现场涌浪影响, 吊力存在上下浮动; 初始吊力较大可能是由于桩顶接触泥面而产生的吸附力所致。

## 4 结语

相较于以往学者提出的单浮吊翻桩方法, 本文提出的单浮吊四主钩翻桩方法, 充分利用了现有船舶特性, 通过单船各钩头配合并借助泥面即可完成独立翻桩, 无需单独设计、制造专用工装或桩底加焊吊耳, 有效地降

低了施工成本, 且施工效率有所保障, 为单浮吊船实现翻桩提供了新的思路和实践经验, 之于日后此类大型单桩的翻桩施工具有指导意义。

参考文献:

[1] 杨亮, 张思恒. 单台双主钩浮吊翻转大型构件技术 [J]. 工程建设与设计, 2011(51):8-10.

[2] 邵夕吾, 石素文. 海上风电桩基单浮吊吊装工装 [J]. 中国高新区, 2018(13):180-181.