

大型无动力移动平台进港停泊坐底操作探讨

兰朋学, 李 强

(烟台港引航站, 山东 烟台 264000)

摘 要: 大型无动力平台操纵是一项困难复杂的工作, 文中以大型无动力移动平台“海市蜃楼”为例, 介绍该平台拖带进港、停泊坐底的操作方案, 总结经验体会, 提出注意事项及应对措施, 与同行交流探讨。

关键词: 无动力; 移动平台; 进港; 停泊; 坐底

中图分类号: U675

文献标识码: A

文章编号: 1006-7973 (2023) 01-0007-04

烟台中集来福士是国内最大的半潜式钻井平台制造基地, 业务范围涉及平台的建造、维修、改造等。“海市蜃楼”移动平台为烟台中集来福士海洋工程有限公司自主研发设计的半潜式生活/作业支持平台, 2021 年改造变更为坐底式移动支持平台。现今, 该平台对外租赁作业任务结束, 由于在风场附近长期停泊困难, 无法有效保证平台及人员安全, 同时考虑到后续项目要对平台进一步改造, 计划回到烟台基地。因来福士烟台基地码头无空余泊位供平台停靠, 需要在烟台港水域内寻找停泊位置, 停泊水域要具有遮蔽性, 并能满足平台坐底作业的水深要求。经多方寻找及实地考察, 拟将平台停泊至烟台港八角湾西港 LNG 码头与南侧陆地形成的自然湾, 该水域 LNG 码头正处于工程建设停工阶段, 建成的码头雏形, 能够遮蔽风浪的侵袭, 但该水域未对外开埠通航, 缺乏详尽的水文资料及完整的助航设施, 引航员对该水域也缺乏了解。平台船体结构复杂, 盲区大, 无动力, 受风流影响显著^[1], 拖带至不具备通航条件的停泊水域, 对船舶引航工作来讲是一个极富有挑战力的新课题。笔者作为引航员全程参与了该项工作的整个过程, 并从中总结了一些操作体会, 与同行交流探讨。



图 1 “海市蜃楼”移动支持平台全景图
一、平台主要参数

表 1 作业平台主要参数表

总长	118m
型宽	70m
型深	38m
吃水	7.8m
排水量	18,500T
净空高度	116m

二、认真分析该水域的水文、气象情况, 确定作业条件及进港时机。

该水域紧邻烟台港西港区, 同处一个海面, 其气象情况相同。

1. 风况

该水域常风向为 N 向, 频率为 13.3%; 次常风向为 NW、W 向, 频率分别为 12.12%、11.55%。秋、冬季多北风, 春、夏季多南风。

2. 雾及能见度

西港区水域雾较少, 属于辐射雾和平流雾两类, 辐射雾多于平流雾。多发于夏季, 年平均雾日为 18d。

3. 流况

该水域的潮流为不规则半日潮流, 潮流的运动属往复流性质。涨潮流主流向大致为 ESE, 最大涨潮流流速为 87cm/s; 落潮流的主流向大致为 WNW, 最大落潮流流速为 89cm/s。落潮流速大于涨潮流速。

4. 浪况

该水域历年最多的风浪向为 NW 向, 频率为 7.4%, 最多的涌浪向为 N 向, 频率为 7.4%。N 风和 NE 风影响时, 浪高明显增强。受南风影响时, 一般不会产生大浪大涌, 最小波高小于 0.5m。

根据进港水域通航环境信息及以往引航作业经验分析提出:

作业条件:

- (1) 风力小于或等于蒲氏 5 级;
- (2) 浪高小于 1m;

收稿日期: 2022-08-26

作者简介: 兰朋学 (1966-), 烟台港引航站, 副站长, 高级引航员。

李 强 (1978-), 烟台港引航站西港分站, 副站长, 高级引航员。

- (3) 能见度大于 2 海里;
- (4) 作业时间限定在白天。

作业时间安排:

- (1) 高潮前 6h 开始拖带作业, 高潮前 4h 接近指定坐底位置, 以便获得更加便于坐底操作的水域环境。
- (2) 3 海里报告线附近登轮, 拖轮系缆时间约需 0.5h。
- (3) 拖带作业需 2h。
- (4) 平台压载坐底约需 3h。
- (5) 从拖轮开始系缆到引航员离船共需 5.5h。

三、对该水域进行航海扫测、地质勘察、实地考察确定进港计划航线及坐底精确位置。

1. 水深信息

该水域不属于常态化引航作业区域, 引航员对该水域的了解存在一定不足, 为保障本次作业安全, 应该对拖带航路水域宽度 200m 范围内进行扫测, 获得详实的水深测量数据, 为本次作业提供可靠的数据支持。

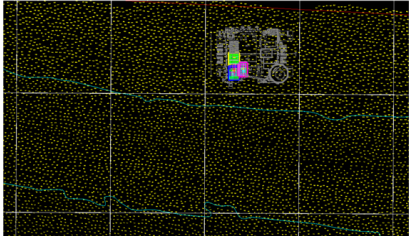


图 2 该水域水深信息

“海市蜃楼”作业平台由烟台港西港区第二报告线附近拖带进港至停泊坐底水域, 航路长约 4.6 海里, 航路西侧存在养殖区, 最窄处宽度 200m。水深自-17m, 由外向里逐渐变小。平台拖带航行时富裕水深要求 1m 以上, 可选择水深-10m 以上的区域制定计划航线。

停泊水域附近水深变化范围在-2.3~-11.5m 之间, 整个区域呈现北高南低趋势, 垂直等深线方向坡度比为 1%。该区域水深最深处位于区域西北端, 水深为-11.5m; 最浅处位于区域西南端, 水深为-2.3m。作业平台坐底作业水深范围要求是-9.01~-15.78m。可以在该水域选择 “海市蜃楼” 作业平台停泊坐底位置。

2. 地质情况

本工程地质情况分布较有规律, 主要地层为①粉细砂、粉质黏土②粉质黏土③粗砾砂; 上部砂层主要为松散~中密状, 粉质黏土层主要为软塑~可塑状或可塑~硬塑状, 下部砂层主要为中密~密实状。使用时应注意岩土层的层位变化及地层中夹层的存在。

3. 实地考察

通过对海图和掌握的资料分析, 还不能全面掌握该水域进港所需的相关资料, 必须对进港航路及停泊水域, 实地考察。

经过实地考察发现, 海图上标注的污水 3、4 号浮筒已经缺失, 几乎长达 2 海里的距离, 没有助航标志; 污水浮筒西侧存在大量的养殖, 有延伸至计划航线的情况; 污水 5 号

浮筒附近有渔民设立的灯船, 不可移动, 妨碍拖带航行, 须在 5 号浮筒的右侧通过, 转向角度增大, 前冲余地减小, 操纵困难加剧。

综合以上 1、2、3, 经过反复分析研究, 编制进港航线, 确定平台坐底区域。进港航线如图 3 所示。

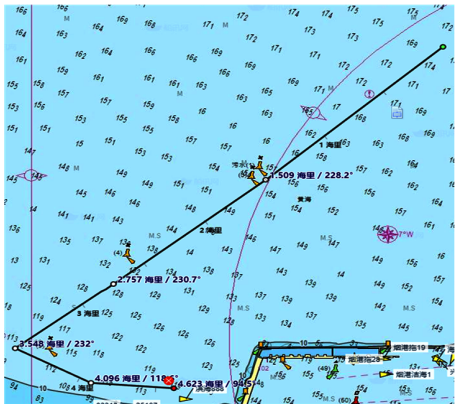


图 3 平台进港航线

平台停泊坐底区域范围: 37° 43′ 04″ 121° 02′ 54″ , 37° 43′ 04″ 121° 03′ 00″ , 37° 43′ 00″ 121° 02′ 54″ , 37° 43′ 00″ 121° 03′ 00″ 。

四、认真研究平台结构, 提出拖轮配备方案。

平台共有 6 根立柱, 结构左右对称, 中间立柱距离附体舷边 2m 左右, 且附有管线设施, 周围没有系缆桩, 拖轮无法在此顶推。其它 4 根立柱上附有长 5.7m, 宽 4.1m 的锚托架, 还有管线设施, 拖轮也无法在此顶推。立柱周围附近附体四角上有系缆桩, 且分布均匀, 拖轮可以系缆。

根据这些条件, 分析平台受力情况, 结合以往引领经验, 提出拖轮配备方案, 提出的方案应能够控制平台偏转、横移、提速、减速, 确保平台拖带航行在预定航线上。

1. 拖轮配置方案

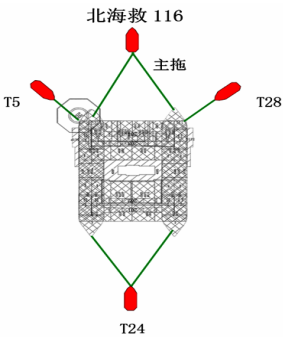


图 4 拖轮配置图

2. 拖轮资料

表 2 拖轮配备表

拖轮名称	拖轮类型	长 (m)	宽 (m)	马力 (HP)	拖力 (T)
T24	Z 型	38.67	11.4	7,000	85
T28	Z 型	41.09	12	6,000	72
T5	Z 型	36.2	10.4	5,000	60
北海救 116	救助拖轮	99	15.2	12,000	153

3. 拖轮作用

“北海救 116”负责航行主拖, 并抑制平台偏转及横移。于船头系缆, 两根拖缆系八字缆, 长度 100m。调整两根缆绳使其长度相同, 确保拖轮拖力可平均分配在两根缆绳上。

T24 于船尾系带, 在拖带过程中的负责减速和抑制偏转及横移, 系八字缆。

T5 和 T28 分别带在平台左、右舷的首部, 用于控制平台横移、偏转, 拖轮缆绳系于指定的缆桩上, 缆绳长度根据现场情况调整。

由于平台结构特点, 拖轮只能做到拖拉, 不能顶推^[2], 这给本次作业增加了不少难度, 而且给引航技术提出更高的要求。

五、引航员分工及要求

1. 引航员分工

(1) 1 名引航员担任主领, 位于钻井平台上层甲板中央位置, 对引航作业进行全方位指挥。

(2) 1 名副领引航员位于平台左舷后端附近(兼顾右舷对称位置), 确保视野开阔, 能够清晰准确地观察到钻井平台引航操纵过程中局部环境、拖轮位置的变化, 以及可能出现的突发情况, 并通过 VHF 及时向主领引航员报告。

(3) 另 1 名副领引航员位于主拖“北海救 116”驾驶室, 按照主领引航员的命令指挥主拖拖带航行, 并随时报告平台动态变化。

2. 对引航员的要求

各引航员应及时准确报告所在位置观察到的情况, 在发现问题和趋势后能及时向主领引航员报告; 主领引航员行使总指挥权并承担安全主体责任, 其他各引航员具有协助、提醒和建议主领引航员的责任和义务。

六、安全保障

(1) 拖航作业前, 组织召开航前会议, 协调各有关部门的分工及协作, 参加人员包括船厂人员、船东代表、拖轮船长、船方代理、引航组成员, 细化操纵环节, 落实安全责任。

(2) 确保所需要的拖轮处于良好的运转状态, 要求指定的拖轮驾驶员参与本次作业。

(3) 协调好钻井平台上各部门、拖轮、及船厂人员的通讯联系, 保证畅通。

(4) 作业前应得到海事部门许可, 安排海事巡逻艇全程监护。

七、引航操作实施

1. 进港引航操作过程

(1) 引航员在西港区 3 海里报告线附近登轮就位, 主拖拖轮调整缆绳至 100m 左右以便于港内操作。

(2) 所有人员和拖轮调整到位后, 主拖“北海救 116”开始起拖, 航向 228°, 航速 2-3 节左右, 航程 4.6 海里, 约 2h。

(3) 航行过程中, 由于助航标志不完善, 可选择显著的重要物标, 作为航行定位, 大约航行 3.5 海里, 平台到达 5 号污水浮, 需要大幅度转向, 这是本次拖带作业的重点位置,

关键节点, 由 232° 转向至 118°, 转向角达到 114°, 右侧紧邻养殖区, 前方转向冲距离不足 200m, 引航难度可想而知。利用左舷首部拖轮 T5 垂直平台首尾线拖拉完成转向, 必要时尾部 T24 左舷缆绳受力也可协助转向。见图 5。

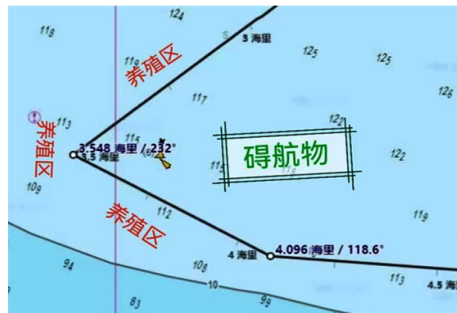


图 5 平台转向图

(4) 转向完成后, 平台把定 118°, 继续向前航行 0.5 海里, 航向调整至 94.5°, 速度 2.5 节。距离坐底区域 200m 左右, 利用 T24 开始减速, 3 条港作拖轮配合主拖, 将平台稳定在指定位置。

整个过程, 引航员应密切注意风流对平台位置的影响, 随时利用三条拖轮协助平台处于航行有利位置。

2. 作业平台停泊坐底操作

(1) 作业平台坐底作业前应根据各气象台的预报, 掌握作业窗口期内的天气变化趋势和潮水变化情况, 保持正规了望, 密切注意气象实时变化。

(2) 平台拖带至坐底区域后, 指挥 T24、T28、T5 开始调整位置, 使平台尽量迎流或随流(即流向沿平台首尾向), 而不要横流(即流向为船宽方向)。

(3) 定位准确完成后, 开始加荷载水, 作业初始阶段, 受压载水压力分布影响, 会引起平台偏转, 引航员应密切与船长配合, 及时纠正偏转。

(4) 注意调整压载水的分布, 确保对地压力沿着平台与海底的接触面均匀分布。对地有效压力是 11,000t, 平台坐底后的倾斜角度不超过 1°。

八、注意事项

1. 拖轮系、解缆

平台缆桩和导缆孔的海生物很可能磨断缆绳^[2]; 船厂应安排人员清理系缆桩和导缆孔及附近的海生物, 对拖轮缆绳进行包裹, 防止磨损缆绳;

平台吃水是 7.8m, 坐底后的吃水是 11.8m, 拖轮船头高度远远大于平台缆桩高度, 拖轮操作时, 容易造成脱缆。预先在平台拖带系缆桩上加装防脱装置。

平台坐底下潜后, 系缆桩全部浸没水中, 常规性的系缆方式, 会造成拖缆无法解掉, 所有拖轮应系回头缆, 坐底完成后拖轮自行解掉。

2. 拖航速度

平台拖带航行时, 首部左、右 T5 和 T28 受平台锚托架尺度、构造的影响, 无法保持正常的航行状态, 需要倒车伴航, 因此拖航速度不易过快, 以 2-3 节为宜。(下转第 30 页)

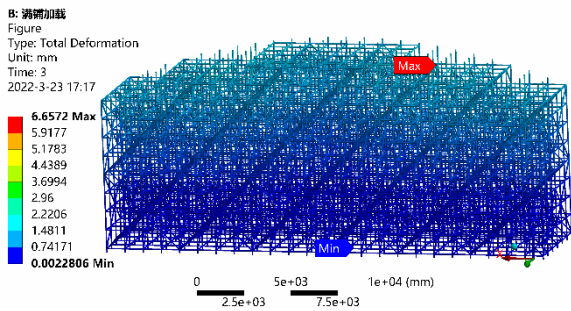


图 5 满铺加载支撑架总位移图

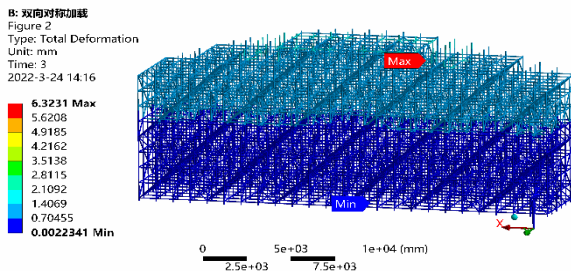


图 6 双向对称加载支撑架总位移图

通过上图所示,满铺加载时总位移最大值比双向对称加载时略大,分别为 6.657mm 和 6.323mm,且接近于 PKPM 软件计算结果 (6.021 mm),均满足钢结构规范中相关规定即最大位移小于 $L/400=60\text{mm}$ 和 10mm (L 为 24m)。从图中可以看到,支撑架从上到下位移逐渐减小,到达扫地杆位置时,位移几乎为零,支撑架顶部的位移最大,即满铺加载时支撑架总位移最大值出现在支撑架的顶部从右至左第七列第三排竖向立杆,双向对称加载时支撑架总位移最大值出现在支撑架的顶部从右至左第八列第一排竖向立杆,同理,总位移最大值出现 4 处,且呈对称分布,符合实际工程中支撑架的变形状态。

表 1 两种加载方式数据分析表

分析类型	中央立杆轴向压力	支撑架应力 (max)	支撑架总位移 (max)
满铺加载	13.441 KN	189.79 N/mm ²	6.657mm
双向对称加载	12.895 KN	166.11 N/mm ²	6.323mm

通过表 1 及 PKPM 数据分析可知,在 ANSYS Workb

下来 ench 有限元软件中建立的几何模型、荷载的定义、加载及计算运行过程是合理可靠的,较为符合大跨度钢筋混凝土壳体结构施工支撑架在实际工程中的工作状态,具有代表性。

四、结论

(1) 大跨度壳体结构承担上部荷载作用时,由于拱的存在,一部分荷载会分解到水平方向,在混凝土浇筑时对侧面模板产生一定的水平力,进而对支撑架产生水平力,该水平力由横向拉杆平衡,实际施工过程中需注意横向拉杆的设计与搭设。

(2) 荷载主要由立杆承担,双向对称加载时等效应力最大值比满铺加载时小,采用双向对称加载方式支撑架安全性得到提高。

(3) 双向对称加载时总位移最大值比满铺加载时略小,且均接近于 PKPM 软件计算结果,从上到下逐渐减小,符合实际工程中支撑架的变形状态。

参考文献

- [1] 王桂生. 钢管扣件式高大模板支撑架技术在泵房结构施工中的应用[J]. 广东土木与建筑, 2020, 27 (4): 75-77.
- [2] 谢楠. 混凝土浇筑期高大模板支架工作状态的试验测试[J]. 工程力学, 2011, 28 (增 1): 85-89.
- [3] 熊耀莹, 谢宇岫, 周金根. 关于模板扣件钢管支撑系统诱发荷载讨论[J]. 建筑施工, 2004, 26 (1): 56-57.
- [4] 曾凡奎, 刘学兵, 胡长明等. 高大模板支架承受的两种特殊荷载分析[J]. 青岛农业大学学报 (自然科学版), 2007, 24 (4): 308-309.
- [5] 任伟, 李闻涛, 许世展等. 大跨径桥梁施工监控精细模拟及数据分析[J]. 西安科技大学学报, 2009, 29 (5): 554-558.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50068-2018, 建筑结构可靠性设计统一标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ130-2011, 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.

(上接第 9 页)

3. 拖带转向

平台转向要平缓,不易过快。如转向过快,主拖不能转到预期位置,主拖拖缆受船尾导缆桩影响,会对平台转向产生反作用,致使平台转向延迟。主拖应在转向时将导缆桩打开,并备好前后侧推,必要时利用侧推协助转向。

航行至污水 5 号浮时,平台转向角达 114° ,可航水域只有 200m 宽度,右侧和前方都是养殖区,大大压缩了平台的转向余地和拖轮的操纵空间,操纵难度极大。平台临近转向点时,可利用尾部拖轮 T24 减速,使平台速度几乎为 0 节, T5 和 T28 都做好拖拉的准备,待转向完毕后再起拖。

九、结束语

随着平台制造业发展,特殊引航作业随之增多,平台停泊坐底作业是引航业务的开拓,是引航工作面临的新课题。目前,中集来福士船厂区域已无空余泊位,大量类似平台回到烟台母港无处停放,需要选择最佳停泊水域,总结平台进港停泊坐底的操作经验非常有必要,文中提出的操作方案、安全问题和注意事项对于以后类似的平台航行、停泊操作具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 孙昕初, 江崇功. 大型钻井平台港口附近水域引航操纵[J]. 航海技术, 2017, (2): 1-3.
- [2] 孙本荣. 大型钻井平台“海洋石油 981”进出船坞操作分析[J]. 中国水运, 2020, (7): 115-117.