

# 团 体 标 准

T/CIN XXX—XXX

## 自升式海上风电安装平台插拔桩作业标准

Standard for Pile Insertion and Extraction  
for Jack-up Offshore Wind Turbine Installation Platforms  
(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国航海学会 发 布

## 目 次

前 言 .....	3
1 范围 .....	4
2 规范性引用文件 .....	4
3 术语和定义 .....	4
4 一般要求 .....	5
5 插桩及升船作业 .....	6
6 降船及拔桩作业 .....	8

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国航海学会提出并归口。

本文件起草单位：三峡物资招标管理有限公司、中交海峰风电发展股份有限公司、天津港航工程有限公司、深圳华洋船务有限公司。

本文件主要起草人：崔慧斌、孟凡月、王怀刚、王鹏、王国庆、王子予、肖燕超、张莱华、李亚光、李军勇、王徽华、赵雨来。

# 自升式海上风电安装平台船插拔桩作业技术要求

## 1 范围

本文件规定了自升式海上风电安装平台船插拔桩作业的一般要求，以及插桩及升船作业、降船及拔桩作业等的技术要求。

本文件适用于齿轮齿条式自升式海上风电安装平台船施工过程中插拔桩作业，其他型式自升式风电安装平台船可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 34000-2016《中国造船质量标准》

GB/T 36409-2018《自升式平台结构设计方法 载荷抗力系数设计法》

GB/T 37339-2019《自升式钻井平台桩腿结构设计指南》

GB/T 37457-2019《自升式钻井平台插桩工艺》

GB/T 40788-2021《船舶与海上技术 海上风能 港口与海上作业》

ISO 19905-1《石油天然气工业-自升式平台》

IMO《动力定位系统指南》

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

### 3.1 地基承载力 foundation capacity

地基土单位面积上随荷载增加所发挥的承载潜力，或指地基在同时满足变形和强度两个条件时，单位面积所能承受的最大荷载。

[来源：ISO 19905-1，7.4，有修改]

### 3.2 插桩 spudcan penetration

在平台船到达预定位置后，通过其升降系统，在平台船自重和压载水的作用下，使桩腿插入海底的过程，从而使平台船由漂浮状态达到预定气隙的站立状态。

[来源：GB/T 37457-2019，2.1，有修改]

### 3.3 拔桩 leveraging leg

拔桩是指将平台船已经插入海底中的桩腿拔出，并提升至船底预定高度的过程。

### 3.4 动力定位 dynamic positioning

动力定位是一种定位方法，具体是指利用自动控制系统，使自平台船利用其自身的动力抵御海上风、波浪和海流的影响，自动地保持在设定位置或方位上。

[来源：IMO《动力定位系统指南》，有修改]

### 3.5 预压载 preload

在平台船插桩完成后、作业状态之前，通过向压载舱注入压载水或采取其他增加重量的措施，模拟平台船在作业过程中可能遭遇的环境载荷和重力载荷，使平台船桩靴的对地压力预先达到设计预压值的过程。

[来源：GB/T 37457-2019，2.4，有修改]

### 3.6 穿刺 Punch-through

穿刺是指自升式平台船达到预定位置后，在定位与压载过程中遇到上硬下软的海底地层时，上部较硬地层被桩靴刺破后出现的一种桩靴失控快速沉降，刺入下一层较软地层的现象。

[来源：GB/T 36409-2018，6.1，有修改]

### 3.7 气隙 air gap

气隙是指海洋平台船的下层甲板底部与水面之间的垂向间距。

[来源：GB/T 37457-2019，2.5，有修改]

## 4 一般要求

### 4.1 作业前准备

插桩前应由有资质的勘察设计单位对目标海域的地质条件进行勘察，根据地勘结果进行桩腿插拔桩分析，计算结果满足要求后方可作业。作业需要关注以下方面：

#### 4.1.1 作业环境分析

- 应探清作业区域水深、海底地形地貌及地质情况。
- 应避开作业区域海缆等有关设施和障碍物。
- 应掌握作业前及作业期间作业区域内水文、气象情况，并将潮位、气温、风向、风力、海浪、海流方向及流速记录在日志内。
- 平台船就位前掌握包括预定升船时间在内的 48 小时天气变化趋势和潮水变化情况。
- 根据地质资料 and 具体情况，计算作业区域的地基极限承载力、桩腿入泥深度、拔桩力及抗滑移稳性。

#### 4.1.2 地基承载力计算

影响地基承载力的因素较多，主要包括：土层重度、土的内摩擦角、桩靴的断面直径、面积、深度等。对于粘性土，土壤凝聚力对入泥深度影响最大，应注意剪切强度与入泥深度的关系。

#### 4.1.3 入泥深度

- 插桩完成后，入泥深度宜大于桩靴本体高度。
- 深水作业入泥较深时，需考虑气隙高度是否满足要求。

## 4.2 升船前平台船状态

### 4.2.1 升船前姿态调整

确保平台船的纵倾和横倾角度均小于 $0.3^{\circ}$

### 4.2.2 作业条件确认

风速：小于 $13.8\text{m/s}$

最大波高：小于 $3.3\text{m}$

表面流速：小于 $1.0\text{m/s}$

### 4.2.3 操作前准备

- a) 检查船舶动力系统及动力辅助系统的运行情况，确保平稳可靠；
- b) 检查船舶配电系统的运行情况，确保升船过程中电力供应的可靠；
- c) 检查升降装置滑轮、轴承等润滑点是否已经加注润滑油，检查桩腿齿条与爬升齿轮表面是否有足够的润滑脂；
- d) 检查桩腿是否处于正常状态，桩腿及其齿条、升降单元及升降框架等结构的其它部位处没有障碍物妨碍升降动作；
- e) 送电检查平台船升降装置及控制系统（包括电机、刹车、可编程序控制器、中央升降控制台、桩边控制台、电缆及仪表等）是否正常；
- f) 由平台船指挥人员安排好各岗位操作人员，明确各岗位人员职责，集控台操作人员与桩边人员、配电间人员要随时联系，相互报送运转情况，以便统筹指挥和果断决策。桩边操作人员、配电间人员应服从集控室的统一指挥，按规定程序操作；
- g) 确认风速、水流速度、潮汐等环境条件是否满足升船作业的要求；
- h) 作业前不允许外来船舶靠近平台船。

## 5 插桩及升船作业

5.1 插桩及升船作业由动力定位下桩、插桩及举升平台船、平台船预压载、升船四个步骤完成。

5.1.1 动力定位（DP）下桩是指通过 DP 的方式保持稳定的船位。

5.1.2 插桩及举升平台船是指桩腿降至海底，并调整平台船姿态。举升平台船距离海面约  $1\text{m}$  的位置，以波浪不能拍打平台船底面为准。

5.1.3 平台船预压载是指为保证自升式平台船施工作业安全，顶升至作业高度前通过调整压载的方式使桩腿荷载达到设定值。

5.1.4 升船是指将平台船升至工作位置。

### 5.2 动力定位下桩

5.2.1 在平台船下桩作业前，需要测量出工作区域水深。

5.2.2 平台船到达指定工作区域后，使用 DP 系统定位。

5.2.3 等定位稳定后平台船开始对角下桩，考虑安全性和 DP 定位的电站负荷情况，可开启对角桩腿升降单元下桩，并实时测量桩腿下桩深度。

5.2.4 待 4 个桩腿均下放到设置点后，DP 系统需要固定当前的环境条件设置。

5.2.5 继续对角下桩，等 4 个桩腿均着地并受力后，关闭 DP 控制系统。

5.2.6 最后继续下桩到设定深度。

### 5.3 插桩及举升平台船

5.3.1 平台船在升离水面时，应以平稳、低速举升。

5.3.2 不允许靠单桩着底定位或插桩后调向扭转平台船，以防对桩腿造成破坏。

5.3.3 抬升过程中如遇到平台船倾斜宜暂停较高一侧的桩腿来保持平台船水平。

5.3.4 在船底板刚离开水面时（0 气隙），等待 20 分钟让桩腿缓慢沉降，防止穿刺。

5.3.5 在桩腿刚接触海床时宜保持船体水平（控制倾斜角度不大于 0.1 度）。

### 5.4 平台船预压载

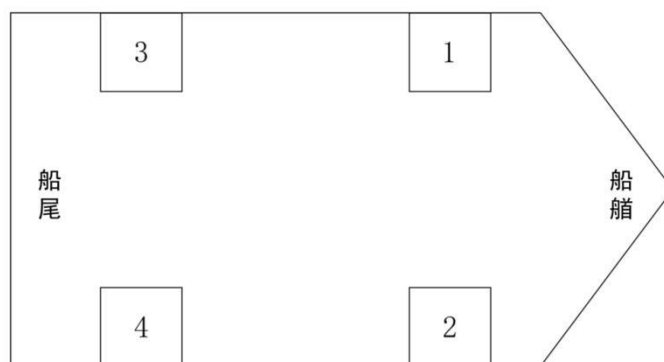


图 1 平台船桩腿编号图

预压载操作应采用对角桩腿成对方式进行，如先预压 2#、3# 桩腿，则后压 1#、4# 桩腿。压载之前，应把平台船重心调节到相应位置，使 4 条桩腿受力均匀。

预压载包括主动压载和被动压载两种方式。

#### 5.4.1 主动压载

- a) 先对 1# 和 4# 桩腿进行预压操作，核查确认 2# 和 3# 桩腿上的升降装置处于静持状态。
- b) 选择“压桩”工况按钮，对 1# 和 4# 桩腿采取“船体上升/桩腿下降”操作，使抬升重量缓慢转移到 1# 和 4# 桩腿上。
- c) 通过观察中台上 1# 和 4# 桩腿的动态载荷监测，当其达到预压载载荷时，停止动作，等待 5 分钟，重复该操作 3 次。
- d) 然后开始对 2# 和 3# 桩腿进行预压操作，核查确认 1# 和 4# 桩腿上的升降装置处于静持状态。
- e) 对 2# 和 3# 桩腿采取“船体上升/桩腿下降”操作，使抬升重量缓慢转移到 2# 和 3# 桩腿上。
- f) 通过观察中台上 2# 和 3# 桩腿的动态载荷监测，当其达到预压载载荷时，停止动作，等待 5 分钟，重复该操作 3 次。

#### 5.4.2 被动压载

- a) 先对 1# 和 4# 桩腿进行预压操作，核查确认 1# 和 4# 桩腿上的升降装置处于静持状态。
- b) 先选择“压桩”工况按钮，对 2# 和 3# 桩腿采取“船体下降/桩腿上升”操作，使抬升重量缓慢转移到 1# 和 4# 桩腿上。

- c) 通过观察中控台上桩腿 1#和 4#的扭矩传感器显示的载荷监测，当载荷达到预压载载荷时，停止动作，等待 5 分钟，重复该操作 3 次。
- d) 然后开始对 2#和 3#桩腿进行预压操作，核查确认 2#和 3#桩腿上的升降装置处于静持状态。
- e) 对 1#和 4#桩腿采取“船体下降/桩腿上升”操作，使抬升重量缓慢转移到 2#和 3#桩腿上。
- f) 通过观察中控台上桩腿 2#和 3#的扭矩传感器显示的载荷监测，当载荷达到预压载载荷时，停止动作，等待 5 分钟，重复该操作 3 次。

#### 5.4.3 注意事项

- a) 确保预压载都是在“压桩”工况下进行的；
- b) 采取“船体下降/桩腿上升”操作时，桩腿和船体之间并未产生实际的相对运动，目的是将重量转移到另外两个桩腿上；
- c) 预压过程中，若出现平台船倾斜超过  $0.3^\circ$  立刻停止动作，通过下降平台船使平台船倾斜在  $0.3^\circ$  以内；
- d) 预压过程中，应保持 4 条桩腿受力均匀，才能整体抬升船体；
- e) 若预压过程中出现明显沉降，须立即停止预压并恢复桩腿平均受力，将船体气隙提升至 1m 后开始预压。
- f) 如果对角压载 1#和 4#桩腿过程中，1#和 4#桩腿受力不均匀，需调整后继续进行预压载，同理对于 2#和 3#桩腿也适用；
- g) 桩腿升降系统受力达到预压载载荷时，需保压观察 1 小时（全船检查）直到桩腿插深不再变化。
- h) 桩腿预压的插土深度需至少大于桩靴本体高度，若加大预压负荷，仍达不到该深度，则平台船须考虑重新选择作业区域；
- i) 若桩腿预压的入泥深度太大，则要考虑会发生拔桩困难及拔不出的问题，也须考虑重新选择作业区域；
- j) 预压时，桩腿处在上硬下软的双层地基场地作业时，必须满足下列两个准则之一：硬层的承载力不大，应能容许桩腿全部穿过该层；硬层必须有足够大的承载能力，能安全的支持桩腿。其穿刺破坏的安全系数至少为 1.5 倍。

### 5.5 升船

5.5.1 确认预压负荷达到要求；

5.5.2 依据波浪高度和作业特点确定气隙高度；

5.5.3 4 条桩腿同步抬升至预定高度，即完成平台船的升船过程。

## 6 降船及拔桩作业

### 6.1 降船及拔桩作业应由降船作业、桩靴喷冲、拔桩作业三个步骤完成

6.1.1 降船作业是指将有气隙高度的平台船降至水面的过程。

6.1.2 桩靴喷冲是指通过高压水破除桩周土体结构、再用压缩空气消除桩底负压的联合工艺，本质是主动削弱土壤对桩腿的吸附力与摩阻力，使拔桩力降至平台设计安全范围内。

6.1.3 拔桩作业是指将插入海底的桩腿安全拔出的系统过程，其核心目标是在保障平台稳性的前提下，



克服土壤阻力使桩腿脱离海床。

## 6.2 降船作业

- 6.2.1 尽量减轻平台船的重量，提高平台船的干舷高度；
- 6.2.2 将起重机吊臂置于搁架上，吊钩置于吊钩箱内，并进行固定；
- 6.2.3 按要求固定平台船的可移动设备；
- 6.2.4 海水提升泵应全部提起，机械支撑装置将其固定好；
- 6.2.5 根据平台船上可变载荷和空船重量，估算平台船的航行吃水。

## 6.3 桩靴喷冲

拔桩前先使用高压水喷冲桩靴顶面和底面，再用压缩空气喷冲桩靴底面，然后提升对角两桩腿，如已松动则停止喷冲；如不动则再喷冲，直至桩腿松动为止。

## 6.4 拔桩作业

- 6.4.1 拔桩作业时应充分考虑潮位变化带来的风险，选择适合的潮位进行拔桩作业，尽力避免出现不可控情况的发生。
- 6.4.2 在充分喷冲之后，方可进行拔桩作业。
- 6.4.3 平台船降至水中，需留有 1m 以上的干舷高度，确保平台船安全并具有足够的拔桩力。
- 6.4.4 拔桩操作只允许对角桩腿成对进行，即 1#和 4#桩腿或 2#和 3#桩腿“成对”拔。而且在拔桩腿时，都只能做交替间隙操作，稍拔 1#和 4#桩腿，立即改拔 2#和 3#桩腿，继而再拔 1#和 4#桩腿，如此交替直至四条桩腿相继拔松为止；
- 6.4.5 不要单条桩腿拔桩，特殊情况下，可采用单桩拔桩，先拔入泥深的桩腿，后拔入泥浅的桩腿。
- 6.4.6 桩腿完全脱离泥面前应打开船舶动力定位系统保持船位稳定。
- 6.4.7 在提升桩腿过程中，应注意观测桩腿的高度位置，以免桩腿提升超出允许的范围。在桩腿下端设有警戒线。在提升桩腿过程中，当观察人员看到警戒线后，应及时通报指挥员，在桩腿航行位置标志线与指示牌对齐时，此刻应停止升桩。
- 6.4.8 在提升桩腿结束后，使升降装置处于刹车状态。

## 6.5 作业安全注意事项

- 6.5.1 在单桩拔桩时要控制平台船的倾斜度，以防止破坏平台船主体结构和升降装置；同时平台船主甲板不能入水。
- 6.5.2 在其他 3 条桩腿拔出的情况下对单桩进行拔桩作业时，要注意平台船的倾斜情况。必要时向该桩的对角压载舱加注压载水，调整平台船的浮态，避免拔桩时引起平台船更大的倾斜。
- 6.5.3 防止其他 3 条桩腿同时离开泥面而发生平台船旋转现象。
- 6.5.4 应采用对角线浮力拔桩，应将降低平台船和冲桩综合进行，不能仅靠无限制的增加平台船吃水来增加平台船拔桩力

- 6.5.5 应该根据环境条件、气象条件、潮位变化和天气变化趋势，在拔桩作业整个过程中都必须保证平台船足够的安全干舷高度（至少 1.0 米），防止甲板浸水。
- 6.5.6 本平台船拔桩作业应在高潮位进行，拔桩过程中遇到低潮位则停止拔桩，举升平台船到达安全高度，等待下个高潮位再开始拔桩。
- 6.5.7 拔桩作业应特别注意潮位，低潮位拔桩会存在因潮水上涨过快造成平台船甲板浸水风险。