



# 恶劣海况下码头工程施工工效提升方法

赵彦阳，高勇

(中交水运规划设计院有限公司，北京 100007)

**摘要：**为在可作业时间短且不连续海况条件下快速、高效、经济、安全地进行独立式墩台施工，采用全回转打桩船沉桩，在沉箱盖板上搭设施工平台，利用履带吊吊装立柱钢筋笼和钢模板、电机控制料斗启闭浇筑立柱混凝土、运输驳上放料槽运输混凝土长臂勾机浇筑墩台混凝土。通过采取一系列措施加快施工进度，保证了工期，节约施工成本，提高工效，确保人员安全，积累了恶劣海况下独立式墩台的施工经验，以供同类工程参考。

**关键词：**恶劣海况；独立式墩台；全回转打桩船；塑料模板；长臂勾机；履带吊

中图分类号：U656.1

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2023)08-0209-04

## Construction efficiency improvement methods of wharf engineering under severe sea conditions

ZHAO Yanyang, GAO Yong

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

**Abstract:** To construct independent piers and abutments quickly, efficiently, economically, and safely under short working time and discontinuous sea conditions, full rotation piling barges are applied to sink piles; construction platforms are set up on the caisson cover plate; crawler cranes are utilized to lift the column reinforcement cage and steel formwork; motor controlled hoppers are adopted to open and close the column concrete; long-arm hook machine is used to transport concrete to the chute on the transport barge to pour the pier and abutment concrete. By taking a series of measures, we guarantee the construction period, save cost, improve work efficiency, and ensure the safety of personnel. In addition, the construction experience of independent piers and abutments under severe sea conditions is accumulated for reference of similar projects.

**Keywords:** severe sea condition; independent pier and abutment; full rotation piling barge; plastic formwork; long-arm hook; crawler crane

某原油码头工程位于粤东沿海岬角海域，风大浪高水流急，每年 4—9 月为施工期，该段时间受热带低压及西南季风影响，施工时间难以保证。传统施工工艺采用固定扒杆打桩船进行斜度和平面扭角变化大的钢管桩沉桩、用料斗进行墩台大方量混凝土浇筑、用工字钢支撑进行底模搭设、用母船作为吊装平台进行吊装作业等，工序多、效率低、成本高、工期长、风险大，且施工质量难以保证。为解决以上问题，查阅《港口工程施工

手册》《全旋转打桩船“海力 801”超长超重钢管桩沉桩技术》及履带吊、长臂勾机等资料，经综合分析，确定一系列施工方案并进行实施。

## 1 工程概况

该原油码头工程位于广东省揭阳市，包括防波堤、引桥、码头等水工结构。引桥、码头共包括 13 个重力式独立墩台和 15 个高桩式独立墩台，引桥段由 46.5 ~ 108.0 m 钢桥连接，码头段由

收稿日期：2022-10-26

作者简介：赵彦阳（1985—），男，工程师，从事港口与航道现场施工管理工作。

14.1~55.6 m 人行桥连接。重力式墩台由沉箱、盖板、立柱、墩台组成，高桩式独立墩台由钢管桩、墩台组成(图 1)。

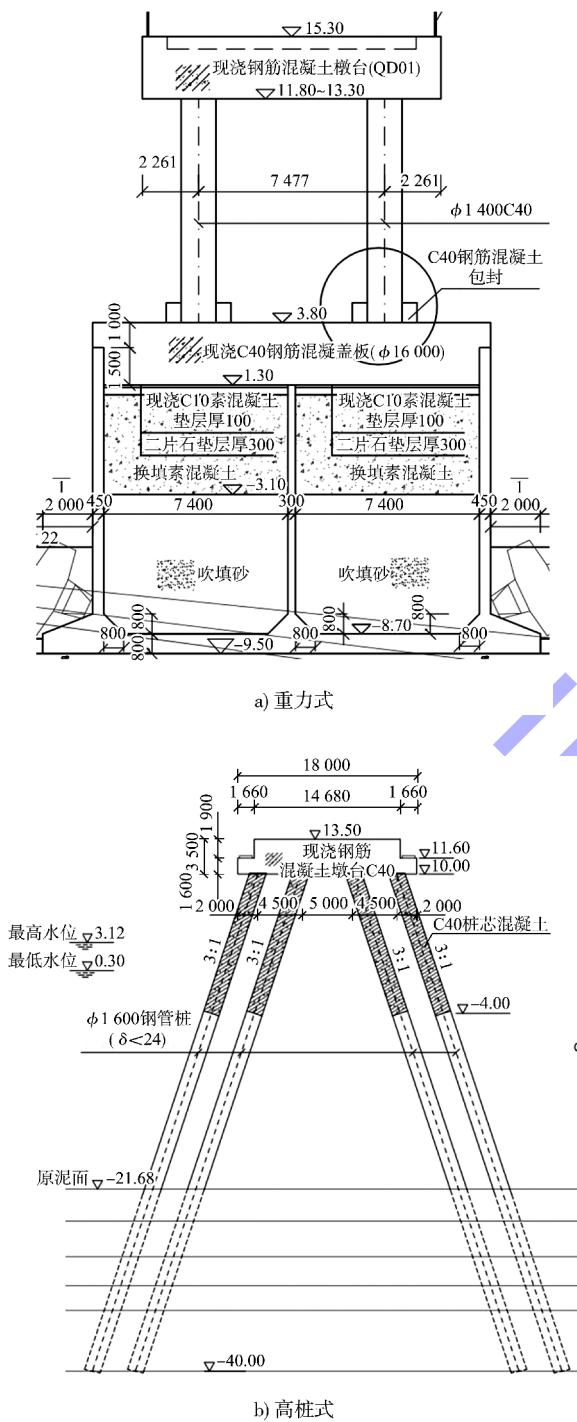


图 1 墩台断面 (高程: m; 尺寸: mm)

## 2 海况特点

项目所在海域的波浪条件差，主要受西南季风、热带气旋、东北季风 3 种天气系统影响。受东北季风影响，每年 10—次年 3 月涌浪均在 1.5 m

以上，无法进行海上作业；受西南季风及热带低压影响，每年 4—9 月呈现出波浪变化范围大的特点，该段时间为海上施工期，可作业时间不连续。现场可作业天数见表 1。由表可知，2019—2021 年 4—9 月可作业天数分别为 42 个半天+42 个全天、83 个半天+28 个全天、43 个半天+85 个全天。

表 1 2019—2021 年施工期可作业天数

年度	月份	半天/个	全天/个
2019	4	6	12
	5	8	7
	6	8	15
	7	4	7
	8	6	1
	9	8	0
	合计	42	42
2020	4	9	1
	5	12	2
	6	20	6
	7	21	7
	8	10	5
	9	8	3
	合计	83	28
2021	4	8	2
	5	4	19
	6	7	5
	7	3	11
	8	0	23
	9	0	22
	合计	43	85

注：半天指当日海上施工作业时间为 10~20 h，全天指当日海上施工作业时间 20 h 及以上。

## 3 施工内容

1) 重力式墩台共 13 个，间距 108 m，每个墩台由 6 根强度为 C40 的钢筋混凝土立柱支撑，直径 1.4 m，其中 2 根高度为 9.5 m、4 根高度为 8.0 m。立柱施工采用预制钢筋笼整体吊装的方式，立柱模板采用 2 片对称钢模板吊装工艺。墩台尺寸 18 m×12 m×3 m(长×宽×高)，墩台底模采用反吊施工工艺，在已达到设计强度的立柱上搭设反吊扁担，依次铺设主、次梁及底模作为施工平台进行钢筋绑扎、模板安装和混凝土浇筑。

2) 高桩式墩台共 15 个，墩台尺寸最小为

12 m×10 m×2.5 m, 最大为 40 m×32 m×5.0 m, 相应墩台下方钢管桩数量为 8~19 根, 钢管桩直径为  $\phi 1.4$  m、 $\phi 1.6$  m、 $\phi 2.0$  m 3 种规格, 长度 49.0~63.9 m, 斜度 6:1~3:1, 平面扭角 0°~55°。钢管桩沉桩完成后需尽快完成夹桩、搭设施工平台、绑扎钢筋、安装模板、浇筑桩芯及墩台混凝土等, 形成稳定结构。

## 4 施工难点及解决措施

### 4.1 工程量和工期

本工程施工工程量大, 工期紧。工程总计 28 个独立墩台, 截止 2021 年 3 月仅完成 3 个重力式墩台, 2021 年 9 月 30 日前水工结构需完成工作内容如下: 1) 126 根直径 1.6~2.0 m 钢管桩沉桩; 2) 10 个重力式墩台及 15 个高桩墩台施工, 海上混凝土浇筑工程量约 1.8 万 m<sup>3</sup>。

#### 1) 措施 1: 选用新设备。

钢管桩沉桩选用全回转打桩船“宁波海力 801”(长×宽为 80 m×30 m)代替固定扒杆打桩船“铁建桩 01”(长×宽为 78 m×28 m), 减少吊桩、移船、定位时间, 加快沉桩施工进度。固定扒杆打桩船每次沉桩前需先绞锚移动至运桩驳进行吊桩(特殊情况下需重新抛锚), 将桩吊起后再移动至沉桩位置进行绞锚精确定位, 整个过程耗时约 1.5 h。全回转打桩船抛锚驻位后, 运桩船直接停靠, 不需要抛锚, 吊桩时桩架旋转 90°即可直接吊桩<sup>[1]</sup>, 从开始吊桩到定位完成整个过程 30 min 内即可完成, 用时只有固定扒杆打桩船的 1/3。

该工程大部分钢管桩均带有一定扭角, 固定扒杆打桩船只能进行俯桩沉桩, 施工时需不停改变船位, 抛锚、移锚耗时较长, 且受现场施工条件限制(码头后方为斜坡式抛石防波堤结构, 与码头间距约 40 m), 部分钢管桩难以进行施工, 采用固定扒杆打桩船在不移锚情况下一天最多可完成 8 根钢管桩沉桩。全回转打桩船施工平面扭角变化较大的钢管桩时不需要重新抛锚, 通过旋转桩架保持桩架轴线与桩平面扭角轴线重合即可沉桩, 采用全回转沉桩船后, 每天可完成 10~12 根钢管

桩沉桩施工。

#### 2) 措施 2: 增加作业点。

加大船机、施工人员投入, 多点同步施工。原计划 4 个作业点同步施工, 为提高按期完工保证率, 另增加 2 个作业点, 6 个作业点同步施工。施工人员采用 3 班倒 24 h 连续作业方式, 确保施工进度稳步推进。船机、材料、人员提前就位, 一旦天气具备施工条件, 立即投入生产。

#### 3) 措施 3: 优化施工工艺。

①采用电机代替手工控制启闭料斗进行立柱混凝土浇筑。

②借鉴高桩码头上部结构悬吊底模式支撑系统<sup>[2]</sup>, 采用重力式独立墩台底模代替钢支撑工艺。搭设墩台底模时, 最初采用钢支撑主梁方式搭设底模及施工平台, 施工前需提前放线确定钢支撑位置, 施工时又要保证钢支撑的垂直度及稳定性, 以免主梁安放时不到位和撞倒钢支撑, 且需要吊装施工, 整个过程费时费力且安全系数不高。后经综合思考, 采用反吊工艺, 利用已完成浇筑并达到强度的混凝土立柱作为支撑, 在立柱顶设置反吊扁担, 在反吊扁担上进行主次梁铺设, 减少钢支撑吊装、固定等环节, 提高作业效率, 节省了时间。

③采用塑料模板代替钢模板进行墩台侧模板安装。钢模板质量重、面积大, 吊装时存在盲区, 危险系数大且拼装时靠人力很难调整, 必须依靠起重机配合, 受吊装位置、角度及机械惯性影响, 起重机调整很难与现场需求保持同步, 需经多次调整方能达到要求位置, 耗时耗力且危险性较大。塑料模板质量轻、支拆方便, 搬运操作劳动强度低、施工效率高<sup>[3]</sup>。经现场统计, 每人每天可完成 200 m<sup>2</sup> 塑料模板安装。

④利用运输驳上放料槽+长臂勾机卸料方式进行墩台混凝土浇筑, 其施工顺序为: 将料斗(容量为 75 m<sup>3</sup>)吊装在运输驳上→运输驳丁靠在码头→泵车通过船舶跳板装料→料斗装满后船舶行驶至混凝土浇筑点(或靠上母船)→长臂勾机卸料浇筑混凝土(图 2)。原采用泵车固定在母船上进行混凝土浇筑, 由于泵车质心较高, 受涌浪影响, 浇筑

凝土出口泵管摆动较大，施工人员很难靠近，安全系数低。后采用长臂勾机卸料方式，运输驳到位后，通过长臂勾机卸料，效率稳定，经统计，1 台长臂勾机卸料效率约  $25 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

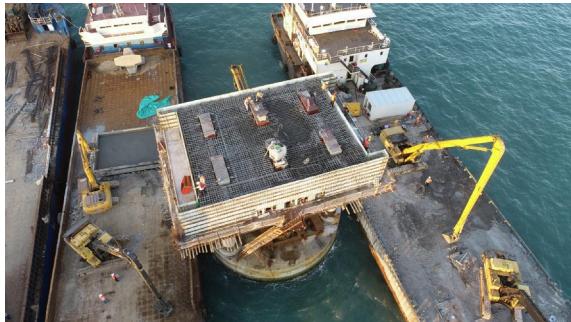


图 2 长臂勾机浇筑混凝土

#### 4.2 作业条件

工程区域海况差、吊装平台不稳。前期利用母船作为吊装平台进行钢筋笼及钢模板吊装，船体受涌浪影响有所摇摆，导致钢筋笼及模板摆幅很大，很难固定且施工人员很难靠近摇摆中的吊件，危险性系数高，1 个吊件从起吊到安装就位至少需 4 h 以上，特别是当涌浪大于 1 m 时吊装工作很难进行。

为加快施工进度，确保施工人员安全，先后采取了 2 种方案。

1) 方案 1：克令吊方案。在沉箱盖板混凝土浇筑时提前预埋螺栓，待混凝土强度满足要求后安装克令吊作为起重设备，进行立柱钢筋笼、钢模板、混凝土浇筑及墩台施工等。优点是起重过程平稳，不受海况限制，只要运输驳停靠即可作业。缺点是基础需提前预埋，安装和拆卸过程比较麻烦(需海上吊装)。受设备仰角限制(图 3)，3#立柱无法利用克令吊进行吊装作业(图 4)，仍需海上吊装。

2) 方案 2：履带吊方案。在沉箱盖板上搭设悬挑施工平台<sup>[4]</sup>，履带吊利用悬挑平台进行吊装作业(图 5)。该方案优点为：1) 沉箱盖板混凝土强度满足设计要求后，履带吊即可通过船跳板行驶至沉箱盖板上进行立柱钢筋笼、模板吊装及混凝土浇筑作业。2) 履带吊自身可完成搭设悬挑平台，无需其他起重设备辅助。3) 吊装过程平稳，

安全可靠。4) 无需拆除，使用完成后通过船跳板行驶至船甲板即可。5) 可根据现场作业需求配置不同吨位履带吊，机动灵活，经济易行。



图 3 液压顶升系统

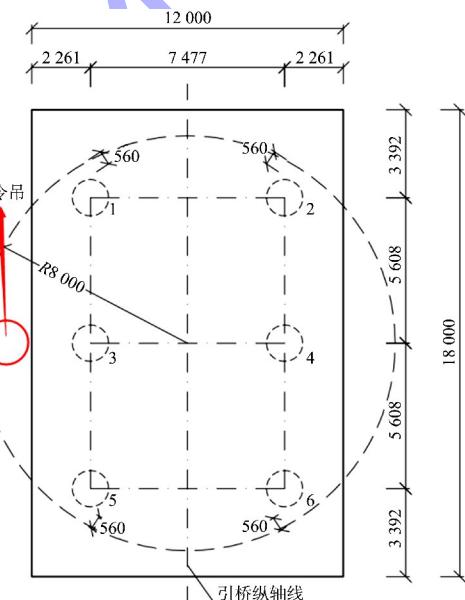


图 4 克令吊平面位置 (单位: mm)



图 5 履带吊吊装作业

(下转第 218 页)