



# 无锚板桩 + 支撑墩码头结构在强涌浪海域 块石覆盖层条件下的应用

段蛟, 张治明, 段昶, 于洋, 孙晓伟

(中交第二航务工程局有限公司, 湖北 武汉 430012)

**摘要:** 以色列阿什杜德港项目所处环境地质条件差, 覆盖层以0~3 t块石为主; 风浪条件恶劣, 季风期有效波高达5 m以上。前期人员、设备、材料等出海的施工码头建设十分困难。通过综合分析比较高桩码头、抛石堤码头及板桩码头等传统码头形式的特点, 经科学的设计创新采用无锚板桩 + 支撑墩结构形式码头, 同时采取安全可靠的施工技术, 高效、安全地完成施工码头的建设。

**关键词:** 施工码头; 无锚板桩 + 支撑墩结构; 结构设计; 施工技术

中图分类号: U 656.1

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2015)08-0027-04

## Application of unanchored sheet pile & supporting pillar structure in strong swell sea and rock overburden

DUAN Jiao, ZHANG Zhi-ming, DUAN Chang, YU Yang, SUN Xiao-wei  
(CCCC Second Harbor Engineering Co., Ltd., Wuhan 430012, China)

**Abstract:** The geologic condition of the Hadarom port project to be built is unfavorable, and the site is dominantly covered by rocks of 0~3 t. The adverse wave condition has a maximum significant wave height of above 5 m, which causes a great deal of troubles for the offshore construction. The innovative quay design adopts the combination of non-anchor sheet pile and supporting pier based on comprehensive comparisons with traditional high-pile wharf, riprap embankment wharf and sheet pile quay, etc. With safe and reliable construction technique, the construction is completed safely with high efficiency.

**Keywords:** construction quay; non-anchor sheet pile and supporting pier; structure design; construction technique

施工码头应具有成型快、安全可靠、投入小等特点。传统码头形式一般为高桩码头<sup>[1]</sup>、抛石堤码头<sup>[2]</sup>及板桩码头等, 但结合本项目特点, 高桩码头在覆盖层为0~3 t块石的地质条件下难以沉桩; 抛石堤码头在如此恶劣的风浪条件下难以形成; 传统钢板桩码头施工复杂且投入设备种类繁多。所以, 寻找一种适用于本项目特点的新型码头结构, 并采用安全可靠的施工技术<sup>[3]</sup>成为本

项目顺利建成的关键。

### 1 工程概况

以色列阿什杜德港项目位于地中海海域阿什杜德港内, 前期施工人员、设备、材料采用施工码头出港。码头位于既有防波堤坡脚处, 设计采用无锚板桩 + 支撑墩结构, 通过板桩墙后方抛填块石形成陆域。平面布置见图1。

收稿日期: 2015-05-20

作者简介: 段蛟 (1971—), 男, 高级工程师, 从事路桥施工管理及港口码头施工管理工作。

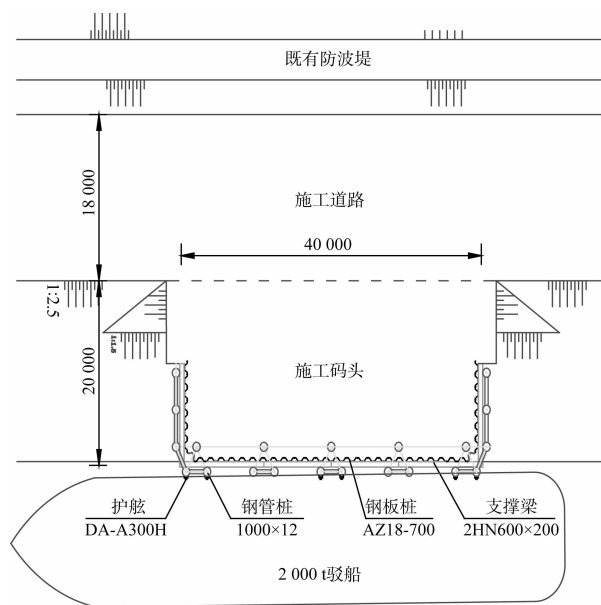


图1 施工码头平面布置 (单位: mm)

## 2 工程特点

1) 地质条件差: 施工码头位于既有防波堤坡脚处, 覆盖层主要为0~3 t块石。沉入式桩基础施工困难, 需先清理桩位块石, 然后沉桩。

2) 波浪条件差: 季风期有效波高大于5 m。一般透空梁板式码头结构难以承受波托力的作用; 施工过程中精度控制困难。

3) 水深适中: 4~5 m。码头结构选型不受水深影响。

## 3 施工方案选择

根据以往施工经验, 施工码头一般采用高桩码头、抛石堤码头及板桩码头。本项目在修筑施工道路过程中发现, 采用3 t以下块石进行抛填, 冲刷后坡比为1:3, 且个别石块冲刷较远, 难以靠泊。施工码头设计过程中未考虑抛石堤码头结构, 仅对高桩码头、传统板桩码头及无锚板桩+支撑墩码头进行比较。

### 3.1 高桩码头

高桩码头主要由基础、梁部、面层等结构组成。作为施工码头使用时各构件一般采用钢结构(图2)。其主要优点为受力明确、稳定性好、装配化程度高及适应水深能力强等; 但结合本项目特点, 其同时存在以下缺点:

1) 施工码头位于0~3 t块石密集区, 块石清除量大。

2) 上部结构底部轮廓形状复杂, 死角多, 水气不易排出, 在季风期恶劣风浪条件下, 面层和梁部结构难以承受波托力的作用, 季风期需临时拆除面层及梁部结构。

3) 构件类型及数量相对较多、施工相对繁琐。

4) 经济性差, 相对于板桩码头用钢量约多出100 t。



图2 高桩码头

### 3.2 传统板桩码头

传统板桩码头主要由前排桩、锚桩、桩间吹填砂及墙后吹填砂等组成, 针对本项目特点, 其相对于高桩码头结构主要具有用钢量节省、块石清除量相对较少、有效解决了波托力问题等优点; 但同时具有施工工序复杂(包括锚杆张拉、吹填砂、振冲砂等)、设备投入种类多、施工工期长等缺点。

### 3.3 无锚板桩+支撑墩码头

无锚板桩+支撑墩码头主要由前排板桩、支撑梁、组合管桩等结构组成。其主要优点为结构简单、施工便利(块石清理工作量小)、抗风浪能力强(不受波托力影响)、节约成本、节省工期等; 其缺点为受力复杂、施工精度要求高。

### 3.4 施工方案选择

分析以上3种方案, 结合杜德港项目特点, 无锚板桩+支撑墩码头结构具有明显的优越性。它不但解决了波托力作用下的受力问题, 保证码头的稳定性, 而且减少了材料用量, 同时简化结构及施工工序, 既缩短施工周期, 又节约施工成

本。尽管无锚板桩+支撑墩结构存在受力复杂、施工精度要求高的设计施工难点,但是通过科学的设计和有效的技术管控是完全可以解决的。

## 4 结构设计

### 4.1 设计思路

传统板桩码头结构主要靠前沿桩、锚桩和中间的吹填砂形成挡土结构,根据侧向力的大小调整吹填砂宽度及板桩入土深度。本项目施工码头考虑了荷载、水深以及使用时间等因素,将挡土结构转换成无锚板桩+支撑墩结构,根据荷载及水深的不同,调整板桩、支撑梁和支撑墩的型号以及桩基入土深度。

本设计的重点是支撑墩结构,考虑在波浪、土压力、履带吊等荷载综合作用下,支撑墩既受弯矩作用、又受扭矩作用,同时还受压力作用,所以每组支撑墩采用3根钢管,通过顶梁连接形成三角稳定结构(图3),共同抵抗荷载作用。

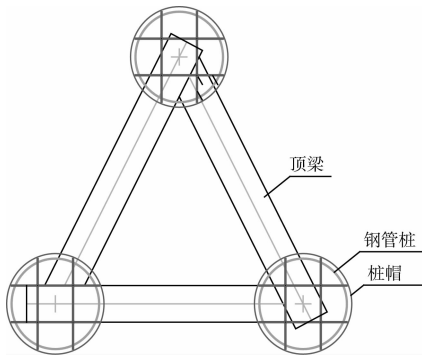


图3 支撑墩平面示意图

### 4.2 结构形式

施工码头主要由支撑墩、支撑梁、桩帽、顶梁、平联、钢板桩、墙后抛石等结构组成。结构布置见图1、4、5。

1) 支撑墩: 钢管桩采用  $\phi 1\ 020\ \text{mm} \times 12\ \text{mm}$  螺旋焊钢管。

2) 支撑梁: 前沿支撑梁分为上下两层,上层支撑梁采用  $\text{HN}600 \times 200$  型钢,位于临时码头顶部以下2 m处,下层支撑梁采用  $2\text{HN}600 \times 200$  型钢,位于临时码头顶部以下5 m处。两侧支撑梁为一层,位于码头顶部以下2 m处。

3) 桩帽: 桩帽采用组合钢板焊接而成。

4) 顶梁: 顶梁采用  $2\text{HN}600 \times 200$  型钢,与桩帽焊接连接。

5) 平联: 平联采用  $\phi 426\ \text{mm} \times 6\ \text{mm}$  螺旋焊钢管,与钢管桩通过哈弗接头连接。

6) 钢板桩: 钢板桩采用  $\text{AZ}24\text{-}700$  型锁口钢板桩。

7) 墙后抛石: 墙后抛石主要采用  $0 \sim 3\ \text{t}$  块石做为基础、 $3 \sim 5\ \text{t}$  块石做为护面石,碎石做为面层。

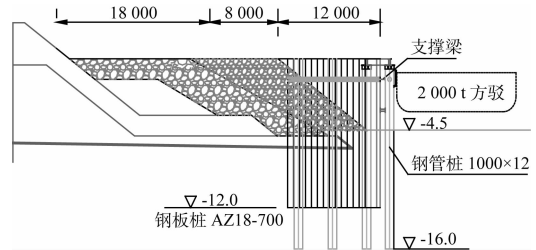


图4 施工码头纵断面(高程:m;尺寸:mm。下同)

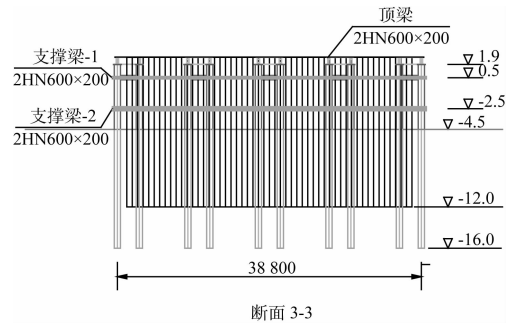


图5 施工码头横断面

## 5 施工关键技术

### 5.1 施工平台填筑

桩基施工前,采用  $0 \sim 3\ \text{t}$  块石填筑施工平台。为防止  $0 \sim 3\ \text{t}$  块石被冲刷至桩位,填筑坡脚过程中需采用  $3 \sim 5\ \text{t}$  块石护面并保证填筑底边缘距桩位不小于1 m。

### 5.2 桩位开挖

平台填筑完成后需对桩基范围内既有防波堤块石采用液压抓斗进行清除,清除后直接弃至填筑区。

### 5.3 钢管桩施工

#### 1) 钢管桩竖桩。

为了方便夹桩,将钢管桩套在已沉入海边的  $\text{HN}600 \times 200$  型钢上,尽量保证钢管桩竖直,以提高振动锤夹桩效率(图6)。

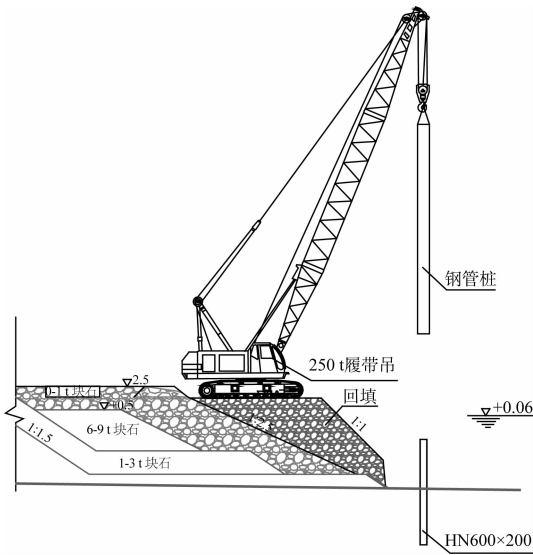


图6 钢管桩竖桩示意

2) 钢管桩沉桩。

钢管桩采用钓鱼法施工, 2台全站仪交汇控制垂直度及平面位置, 停锤以高程控制为主。

3) 施工重点<sup>[4]</sup>。

须保证钢管桩平面转角位置准确, 以满足支撑梁顺利安装。

须注意钢管桩施工过程中的平面位置及垂直度满足要求, 以保证支撑梁顺直。

5.4 支撑梁施工

支撑梁分段安装, 采用履带吊吊至已固定在钢管桩上的牛腿上, 并焊接牢靠(图7)。

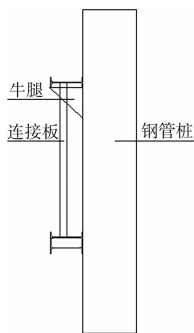


图7 支撑梁安装

5.5 钢板桩施工

钢板桩从中心向两侧逐步插打, 采用支撑梁做导梁。在插打过程中, 须严格保证插打第一、二片钢板桩的垂直度, 平面位置和方向每打入3m测量校正1次, 确保在同一直线上, 以起到样板

的作用。

其余钢板桩以已插好的钢板桩为准, 先插打到稳定的深度, 一般为2~3m, 插入桩位的钢板桩需紧靠支撑梁。待全部插打完毕后再依次打到设计高程(图8)。

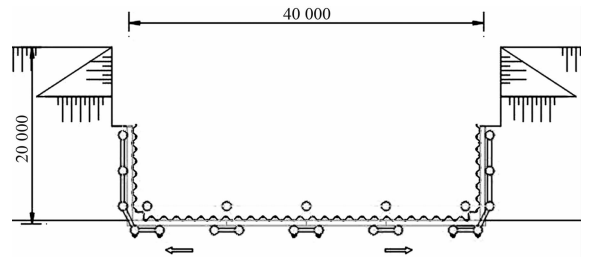


图8 钢板桩施工顺序

5.6 桩帽、顶梁施工

桩帽和顶梁安装前先将高出部分的桩头切除, 再将后场加工成型的桩帽及顶梁运输至现场焊接。

5.7 陆域回填

桩帽、顶梁等施工完毕后, 进行墙后填土施工。施工过程中须注意分层填筑。

6 结语

1) 无锚板桩+支撑墩结构作为一种新型码头结构, 相对于传统码头结构, 具有结构简单、适用性强、建成快、成本低等优点。

2) 通过现场有效的技术管控, 解决了设计要求的精度、质量等问题。

3) 通过对传统施工工艺和施工难题的透彻分析, 实现新型码头结构的应用。

参考文献:

[1] 李元青, 赵丽娟. 蛇口集装箱码头二期码头结构选型[J]. 水运工程, 2003(5): 28-32.

[2] 曹承滨. 复杂地质条件的板桩码头应用[J]. 水运工程, 2008(2): 45-49.

[3] 马有光. 钢板桩码头施工技术[J]. 重庆交通学院学报, 1995, 14(9): 64-71.

[4] 郭志龙. 码头施工中应注意的问题分析[J]. 江西建材, 2012(4): 66-67.

(本文编辑 郭雪珍)