



# 门架式定位桩在突堤浮码头上的应用

郑娟<sup>1</sup>, 姜云姝<sup>1</sup>, 潘金霞<sup>2</sup>

(1. 宁波中交水运设计研究有限公司, 浙江 宁波 315040; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 庄河港区陆岛客运浮码头采用突堤式布置, 由于抛锚水域有限, 探索和研究了门架式定位桩固定趸船的新型系留方式。提出在趸船首尾各设一组门架式定位桩, 在多种工况下各定位桩能共同抵抗水平力、限制趸船水平位移, 且降低工程造价。在钢质趸船首尾设置组装式钢浮箱, 便于趸船的安装、维修。

**关键词:** 突堤式浮码头; 门架式定位桩; 钢质趸船

**中图分类号:** U 656.1<sup>+</sup>16

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-4972(2016)S1-0062-03

## Application of portal framed spud in floating pier

ZHENG Juan<sup>1</sup>, JIANG Yun-shu<sup>1</sup>, PAN Jin-xia<sup>2</sup>

(1. Ningbo China Communications Water Transportation Design and Research Co., Ltd., Ningbo 315040, China;

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

**Abstract:** Due to the limited anchorage waters, we study a new mooring way using portal framed spud for fixing floating pier in Zhuanghe port which a group of portal framed spuds are set both in bow and stern of steel ship. All spuds can work together under various operating conditions. The mooring system can effectively restrain horizontal displacement and reduce project cost. The steel floating boxes are placed at both ends of steel ship, thus the ship that can be convenient installing and maintaining.

**Keywords:** floating pier; portal framed spud; steel ship

浮码头趸船的系留, 规范<sup>[1]</sup>规定可按码头靠泊船舶种类和吨位、趸船允许位移量等使用条件和趸船所处的水域限界、自然条件等选用锚链和锚、撑杆系统或定位墩等方式。若水位变幅大、流速也大、离岸较远时, 可采用锚链系统。若靠泊船舶较大且不允许趸船有较大位移时可采用撑杆系统。若水域界线有限或水底土质等原因不允许抛锚时, 可采用定位墩系留趸船。定位墩布置于趸船内侧端, 也可布置于趸船首尾结构内。在庄河港区陆岛客运浮码头的设计中, 受岸线限制

采用突堤式布置, 由于抛锚水域有限, 笔者探索和研究了门架式定位桩固定趸船的新型系留方式。

### 1 工程背景

为了改善庄河市陆岛交通运输服务水平, 适应长山群岛旅游度假区中庄河侧海岛发展的需求, 拟在庄河港区建设一个1 000 GT的客运泊位。

#### 1.1 设计船型

代表船型参数见表1。

表1 代表船型尺度参数

| 船型              | L/m | B/m | H/m | T/m  | 载客/人 | 抗风等级 | 说明   |
|-----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 300 GT 高速客船     | 45  | 6   | 2.7 | 1.30 | 200  | 7    | 兼顾船型 |
| 500 GT 高速客船     | 42  | 12  | 3.7 | 1.49 | 300  | 7    | 兼顾船型 |
| 500 GT 普通客船(渡船) | 43  | 9   | 3.8 | 2.49 | 300  | 7    | 兼顾船型 |
| 1 000 GT 渡船     | 78  | 15  | 8.8 | 3.70 | 300  | 8    | 设计船型 |

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 郑娟(1987—), 硕士, 注册港航工程师, 从事港口设计工作。

## 1.2 自然条件

1) 设计水位(庄河新港理论最低潮面)。设计高水位 5.57 m, 设计低水位 0.41 m, 极端高水位 7.01 m, 极端低水位 -1.83 m。

2) 本工程海域属于规则半日潮流, 总体上水域的浅水效应较显著, 落潮历时略大于涨潮历时。根据实测海流资料和数模计算分析, 设计水流流速为 0.98 m/s(涨潮西流)和 0.79 m/s(落潮东流), 流向与码头轴线平行。

3) 本港区东侧防波堤已建成, 西侧防波堤正在建设, 对本陆岛泊位形成掩护条件。波浪重现期参数见表 2。

表 2 波浪要素

| 重现期/a | 设计水位  | $H_{1\%}/m$ | $H_{13\%}/m$ | $T/s$ | $L/m$ |
|-------|-------|-------------|--------------|-------|-------|
| 50    | 设计高水位 | 1.33        | 0.90         | 7.2   | 63.0  |
|       | 设计低水位 | 0.64        | 0.43         | 7.2   | 48.5  |
| 10    | 设计高水位 | 1.57        | 1.08         | 7.2   | 63.0  |

4) 地质情况。地质勘探结果揭示, 工程所在地土层上部以淤泥和粉质黏土为主, 层厚约为 22~26 m, 力学指标较差; 其下为厚度约为 2 m 的砂砾层, 分布不连续, 中密; 再下为全风化和强风化片麻岩, 强度较高。

5) 海冰。冰期约 2~3 个月, 以流冰为主, 固定冰较少见。

## 2 系留方式选择

本码头位于庄河港区内, 北侧为拟建 2 万 GT 滚装码头和与本码头同期建设的 1 000 GT 的滚装码头, 东南侧为规划的支持系统码头岸线和在建的杂货码头岸线。为合理利用有限的岸线, 平面布置采用突堤式(图 1)。

若采用锚链系留结构, 客运泊位北侧为滚装泊位前沿水域, 东南侧为支持岸线水域, 西侧为回旋水域。锚系结构的趸船码头锚链有一定的曲线高度, 影响趸船周边水域的有效水深, 对运营期船舶靠离泊、航行等产生安全隐患, 并增加管理难度。若在趸船一侧采用双撑杆结构, 仅能单侧靠泊, 不满足远期双层靠泊可持续发展的需求。

定位桩(墩)作为趸船系留在浮码头工程上应用较多, 一般分为混凝土定位墩和单根或多根钢管桩组成的定位桩式。

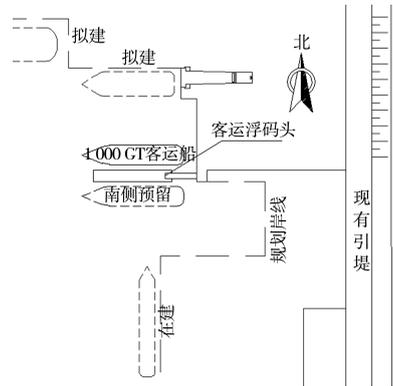


图 1 客运码头平面布置

若趸船两侧采用定位墩式结构进行定位, 西侧可采用预制桩为基础的混凝土墩台, 下设预制靠船构件, 上设安装橡胶护舷的靠船立柱。东侧因有钢引桥搭设, 定位墩设为凹型, 立柱布置于引桥两侧。但东侧墩台因为低水位时引桥高度较低而受限, 墩台局部需水下浇注混凝土。由于水下混凝土浇注, 混凝土强度无法保障, 且施工工艺较多而被否决。若采用在趸船海陆侧 4 个角上分别设置 4 根独立的钢管桩定位, 水平荷载由钢管桩全部承担, 但受到本工程区域可调遣打桩船舶最大仅可施打直径 1.2 m 桩的限制。

根据上述分析, 对本工程趸船系留方式进行了优化设计, 采用了门架式定位桩系留方式(图 2)。主体结构为一艘 60 m×9 m 的钢质趸船, 一座 24 m×4.5 m 钢质引桥, 趸船两端由箱式横向联系梁与相邻的两根直径 1 200 mm 钢管桩刚接, 形成门架式定位桩体系, 陆侧横梁高出海侧 4 m。根据规范, 客运码头引桥坡度不宜陡于 1:7, 设计低水位时, 高差为 4.76 m, 在趸船上设斜坡道以减小钢引桥跨度。在趸船两侧设组装式钢浮箱, 拆装方便, 以满足定期船检、清淤、流冰期等需求, 同时, 在陆侧横梁上设吊耳, 可吊起钢引桥。趸船和钢浮箱上设置 SA300H 橡胶护舷满布。钢管桩与橡胶护舷间留 10 cm, 在趸船和钢管桩间作用传递起到缓冲作用。

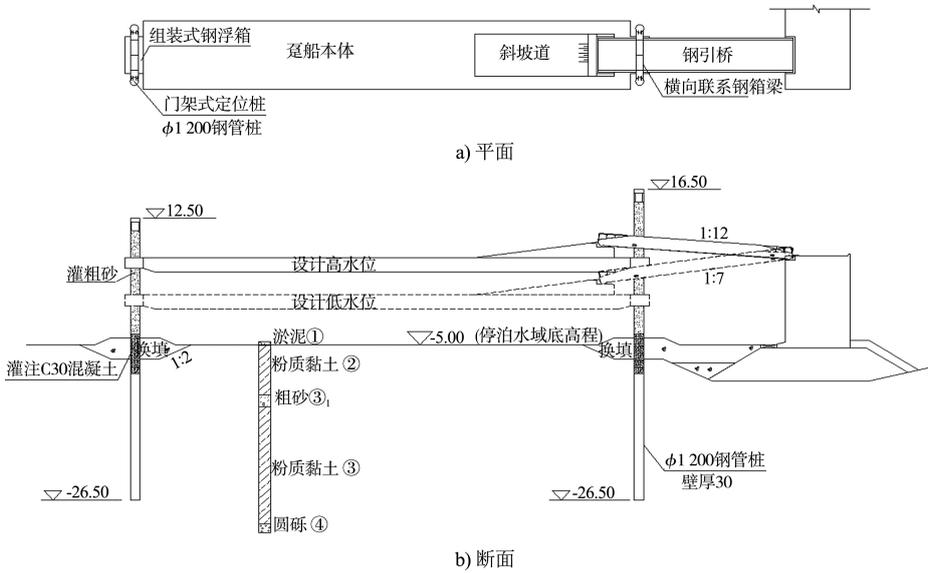


图2 浮码头 (高程: m; 尺寸: mm)

### 3 门架式定位桩设计

#### 3.1 设计荷载

结合工程特点主要考虑以下荷载: 船舶荷载 (系缆力、撞击力)、水流力、波浪力<sup>[2]</sup>。依据 JTS 144-1—2010《港口工程荷载规范》、JTS 152—2012《港口工程钢结构设计规范》、JTJ 294—1998《斜坡码头及浮码头设计与施工规范》、JTJ 297—2001《码头附属设施技术规范》。

经分析本工程可能最不利的3种工况(图3)为:

- 1) 工况1。两侧均有船舶系泊, 风向为S时, 北侧为吹开风引起的船舶系缆力  $N$ , 南侧为吹拢风引起的挤靠力  $P$ 。
- 2) 工况2。仅北侧有船舶系泊时, 系缆力  $N$ +波浪力  $W$ 。
- 3) 工况3。北侧有船舶系缆, 南侧有船舶靠泊时, 系缆力  $N$ +撞击力  $S$ 。

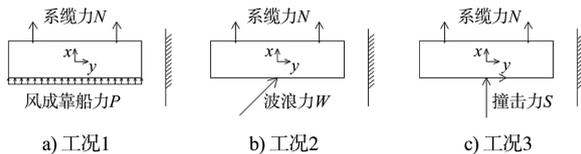


图3 荷载组合

#### 3.2 桩基计算

经计算分析, 得到最不利工况为设计高水位情况下的工况2。X方向系缆力通过趸船传递到海陆两侧门架式定位桩上, 两侧分力相同并考虑不均匀系数。SW向波浪传递到趸船上的波浪力, 形成垂直于趸船和平行于趸船的分力  $W_x$  和  $W_y$ ,  $W_x$  通

过趸船传递到两侧门架式定位桩上,  $W_y$  通过趸船传递到陆侧定位桩上。陆侧门架式定位桩承受最大水平力设计值  $F_x$  为 899 kN、 $F_y$  为 102.3 kN。作用在陆侧门架北侧桩上, 作用点为高程 6.32 m 处。

采用 Staad 有限元软件, 建立平面钢架模型。采用  $m$  法计算<sup>[3]</sup>, 桩周设土弹簧模拟桩土相互作用。计算显示, 最大应力为  $168 \text{ N/mm}^2 < f (= 295 \text{ N/mm}^2)$ , 满足设计要求。同时, 对单定位桩式进行计算对比, 最大应力为  $505 \text{ N/mm}^2$ 。经优化整体结构体系, 门架中桩基、横梁变形协调, 共同承担水平力, 最大应力大大减小。单定位桩式和门架式定位桩应力见图4。

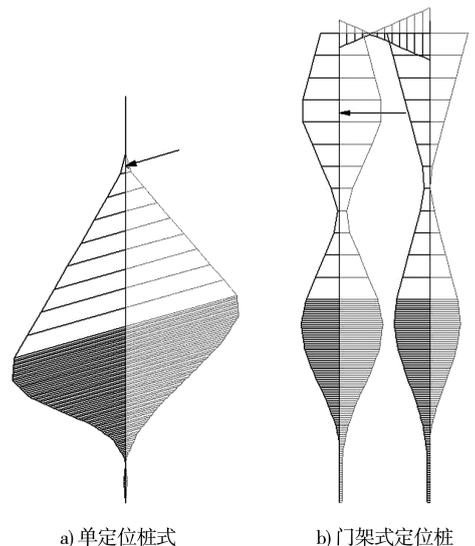


图4 桩应力 (下转第102页)