



几内亚 Simandou 矿石码头 FEED 全钢结构高桩码头设计

王安华, 任增金

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 介绍了几内亚 Simandou 矿石码头 FEED 阶段全钢结构高桩码头的设计, 对该结构码头的优势、基本组成、设计内容和方法、关键施工控制点和对应的设计要求等 4 方面做介绍, 并总结了其中的设计经验。

关键词: 矿石码头; 全钢结构高桩码头; 基本组成; 设计内容和方法; 关键施工控制点

中图分类号: U 656.1⁺34

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)S1-0068-04

The design of whole-steel pile wharf for Simandou ore port project FEED in Guinea

WANG An-hua, REN Zeng-jin

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

Abstract: This paper introduces the design of whole-steel pile wharf for Simandou ore port project in FEED phase in Guinea, which includes four detail parts: whole-steel pile wharf's advantages, the main structure, design content and methods, key construction control issue and its corresponding requirement. The design experience is summarized.

Keywords: ore port; whole-steel pile wharf; the main structure; design content and method; the key construction control issue

大型全钢结构高桩码头, 由于其结构轻巧、模块化设计、现场作业量少、对环境影响较小、施工速度快, 因此其在发达国家或环境要求高的地区应用较多。我国对全钢结构高桩码头的设计和施工经验较少, 现有国内码头中尚未出现这种结构。本文介绍了在几内亚 Simandou 矿石码头 FEED 项目中采用全钢结构高桩码头的设计过程和经历。

在本项目的方案比选阶段比选了沉箱方案、高桩混凝土方案和全钢结构高桩方案, 综合考虑当地环保要求、砂石料源较少而且较贵、劳工资源较少、工期较紧等因素, 最终选择了针对本项目码头结构的最优方案——排架间距 18 m 的全钢结构高桩方案。

1 设计条件

Simandou 矿石码头位于几内亚 Morebaya 河在大西洋侧的入海口处, 码头沿河岸布置, 码头长度为 743 m, 共 2 个泊位, 1[#]泊位长度 384 m, 2[#]泊位长度 359 m。码头高程系统以海图基准面 (C. D.) 起算, 码头平台高程为 11.5 m, 靠船墩顶面高程为 6.50 m。

每个泊位配置一台装船机, 设计船型为 14 万~25 万吨级, 设计吞吐量为 4 750 万 t/a。

装船机荷载: 三腿式装船机, 输送能力为 12 624 t/h, 单个支腿 14 个轮子, 最大轮压 600 kN, 考虑单腿朝海侧和双腿朝海侧两种状态。

工程地质: 场地地质分 3 层, 一层为冲积层沉积软黏土或粉砂, 厚度为 4~7 m; 二层为冲击

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 王安华 (1983—), 男, 高级工程师, 从事港口、桥梁工程结构设计和科研工作。

沉积砂, 平均厚度为 5 m; 三层为中风化花岗岩, 岩层顶面平均高程为 -25 m。

2 全钢结构高桩码头结构

本工程全钢结构高桩码头的结构形式为框架

结构, 由码头平台和靠船墩组成。码头平台和靠船墩相互分离, 靠船墩之间、靠船墩和码头平台之间用人行钢桥和通道梯连接。码头平台由上部钢模块、钢桩帽和钢管桩组成, 靠船墩由混凝土平台和下部钢管桩组成, 码头结构见图 1。

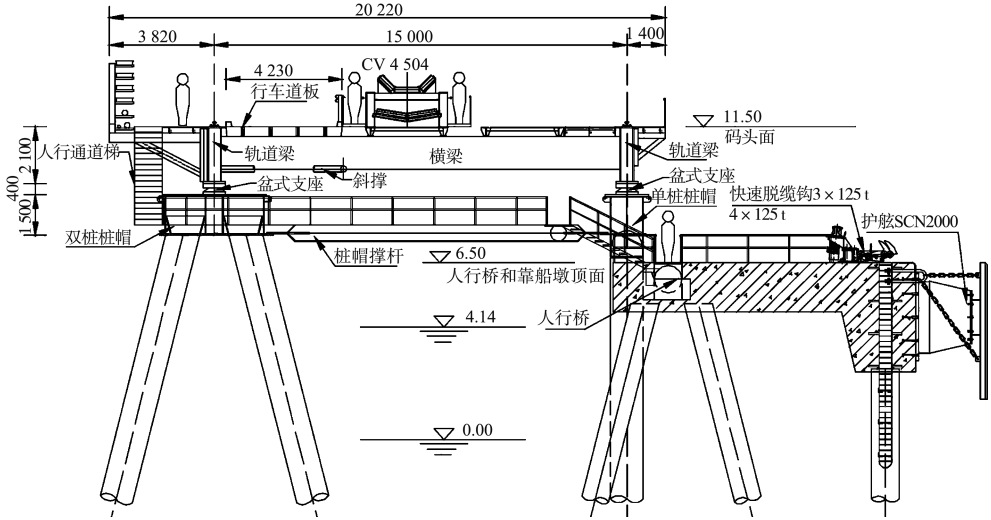


图 1 码头断面 (高程: m; 尺寸: mm)

码头平台的上部钢框架为支撑上部装船机、流机荷载和附属结构的主跨结构, 其由单榀 36 m 长的钢模块现场焊接拼接组成连续结构, 其单个泊位为一个全钢连续结构段。上部钢模块主要由轨道梁、横梁、桥面板、附属结构组成; 轨道梁和横梁为主体构件, 两侧轨道梁由横梁连接为整体; 桥面板为行车道的桥面系; 附属结构包括横梁上皮带机支撑结构和人行通道支撑结构、轨道梁两侧外伸电缆桥架及其支撑结构, 人行道上铺设钢格栅, 皮带机支撑结构上铺设钢筋网。上部钢模块由工厂内制作, 运输到现场安装后, 现场焊接连接钢模块的轨道梁以形成单个泊位段的连续段。为保证钢模块的对接精度, 在钢模块上设有对接导向柱。钢模块的纵横梁结构见图 2。

码头平台的下部桩基排架间距 18 m, 单个排架为 3 根 $\phi 1\ 200\ \text{mm} \times 25\ \text{mm}$ 钢管桩, 岸侧为一对 4:1 叉桩, 海侧为单根直桩, 桩长 31 m, 在钢管桩底部对应中风化岩面采用 $\phi 1\ 000\ \text{mm}$ 混凝土嵌岩桩, 嵌岩长度 6 m。在码头维修平台和调车平台加宽侧对应加一排单根钢管桩。

在单桩和叉桩顶部分别设置单双桩帽以形成上部的支撑平台, 桩帽由钢板组合焊接而成。钢管桩和钢桩帽之间采用焊接连接, 在焊接施工时为保证焊接风速、湿度和盐度环境需要在桩帽位置设置焊接操作室。为保证单排架的叉桩和直桩间的连接性, 在双桩桩帽和单桩桩帽之间设置桩帽撑杆连接, 并兼作横向通道梯。上部钢模块和钢桩帽之间通过焊接盆式支座连接。

和码头平台分离的靠船墩顶高程不受制于码头平台, 可充分考虑在高低水位和空满载情况下上下护舷和船舶的对应关系以充分发挥护舷的性能。根据船舶带缆分析, 泊位首尾位置靠船墩间距为 36 m, 其他靠船墩间距为 54 m。靠船墩采用 2 m 厚混凝土平台 + $\phi 1\ 000\ \text{mm} \times 25\ \text{mm}$ 钢管桩结构。靠船墩和码头平台之间采用人行通道梯连接,

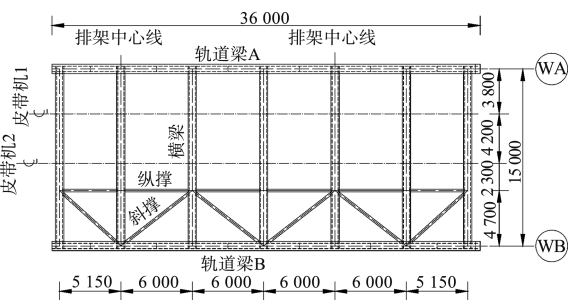


图 2 上部钢模块纵横梁结构 (单位: mm)

靠船墩之间采用人行钢桥连接，以满足作业人员和维修人员的通行需求，同时在每个靠船墩上设置落水爬梯。

3 全钢结构高桩码头设计

全钢结构码头设计计算内容有：上部钢模块计算、桩基计算、桩帽结构计算、构件细部设计、构件连接细部计算、附属构件计算，其他计算内容可根据项目实际情况而增加。计算分析内容可分为3个层次：主体构件整体模型计算分析(钢模块、桩基)、构件细部分析(桩帽、构件细部和构件连接)和附属构件单独计算分析。

码头主体构件可上下部结构分开计算，上部结构分析后，再在上部反力的基础上分析计算单个桩基排架^[1]。由于本项目的全钢结构码头平台是无横梁结构，同时单个泊位为一个连续结构段，因此需要建立整体模型进行分析以真实反映各个构件的实际受力状态，构件单元可采用梁单元。整体模型在考虑使用荷载的情况下，还可实现纵横向荷载的自由分配，特别对于纵向荷载主控的纵向叉桩的分析很直观。在整体模型计算分析时，为抓住重点和提高计算效率，将附属构件作为荷载加载到整体模型中。在计算分析中，还要对轨道梁在装船机往复移动作用下的疲劳、直桩桩基的压曲稳定、码头平台的水平位移进行重点验算。整体计算模型见图3。

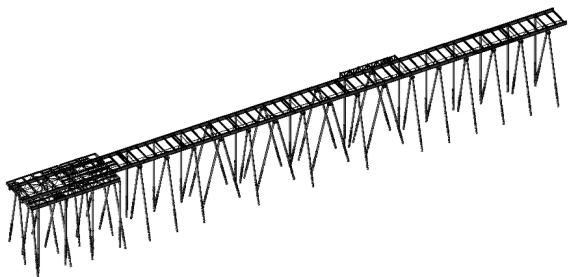


图3 全钢结构高桩码头整体计算模型

构件细部分析是在整体计算分析的内力基础上，对构件的细部截面和尺寸进行分析。其主要包括：桩帽结构计算、纵横梁的连接计算、构件节点板的连接计算、轨道梁的细部计算、支座的

连接计算等。除构件节点板可采用规范规定方法计算外，其他计算一般采用板单元建立三维模型计算分析，对板单元的有效应力、最大剪应力和屈曲分析进行判断分析^[2]。本工程的双桩帽和轨道梁的计算结果见图4、5。

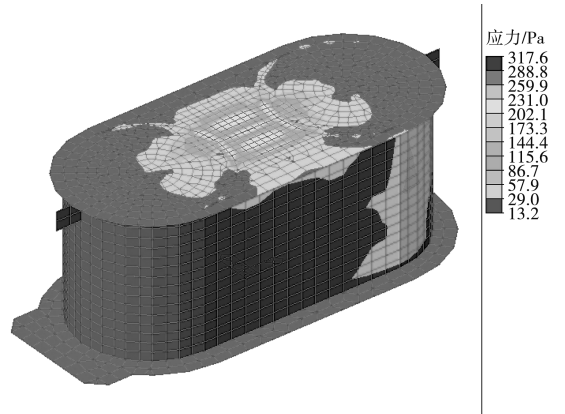


图4 双桩桩帽的有效应力

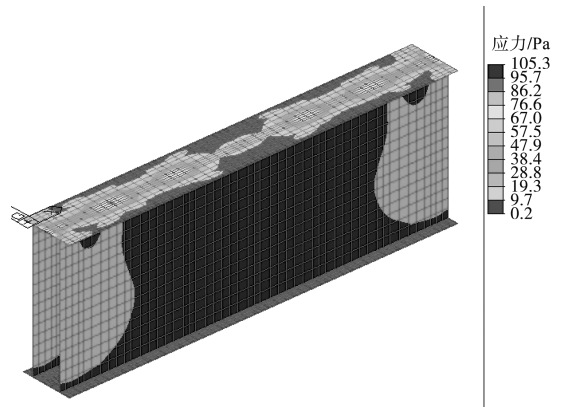


图5 轨道梁在轮压作用下的有效应力

附属结构计算主要包括：两侧电缆桥架支撑、皮带机支撑、人行道支撑、码头下人行通道梯计算、人行桥的计算。如构件简单可采用规范计算公式计算，如构件较为复杂建议采用有限元的梁单元计算分析。

4 全钢结构高桩码头施工控制

全钢结构高桩码头的施工特殊之处就是码头平台的施工流程：工厂内制作钢模块→打桩→模块运输→安装桩帽→吊装模块→模块现场焊接连接→安装管线、皮带机和装船机。

全钢结构高桩码头的施工控制点和对应设计

要求: 1) 钢模块主体构件部分板较厚, 加工精度要求高, 焊接量大, 焊接质量要求高, 因此钢模块制作需要在专业化的工厂场房内制作, 工厂需要具备大型专业化的钢板整平设备, 施工前要制订详细焊接技术方案和检测方案; 2) 防腐体系对钢结构的使用寿命起到至关重要的作用, 应选择成熟的防腐体系, 并对施工过程严格控制; 3) 轨道梁钢板的对接焊接精度要求高, 为达到精度要求, 需要在相邻钢模块上设置公母对接柱; 4) 钢模块需要增设现场焊接环境, 在对接位置搭设临时焊接室, 以满足焊接的湿度、风速要求^[3]。

5 结论

1) 全钢结构高桩码头适用于对环保要求高、砂石料资源匮乏、劳工价格高、工期较紧的工程。

2) 全钢结构高桩码头一般由相互分离的码头平台和靠船墩组成; 码头平台由上部钢模块、钢桩帽和钢管桩组成, 其中上部钢模块由钢轨道梁、

横梁、行车道系和附属结构组成; 靠船墩由混凝土平台和下部钢管桩组成。

3) 该码头结构的计算内容分为主体构件整体分析(钢模块、桩基)、构件细部分析(桩帽、构件细部和构件连接)和附属构件单独分析 3 层次计算内容, 整体计算应采用整体模型, 构件细部分析应采用板单元进行模拟。

4) 该结构码头的施工关键控制点有钢模块的制作、防腐体系、现场对接、现场拼装, 在设计文件中应有相应质量控制要求。

参考文献:

- [1] JTS 167-1—2010 高桩码头设计与施工规范[S].
- [2] BS EN1993-1-6: 2007 Eurocode3-Design of steel structures-Part1-6; Strength and Stability of Shell Structures[S].26-30.
- [3] GB 50755—2012 钢结构工程施工规范[S].

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 67 页)

4 结语

1) 从营运角度看, 二期堆场矿石及煤炭一次堆存容量约为 140 万 t, 按堆场年周转 4 次计, 堆场通过能力约为 560 万 t。方案 1 进出堆场皮带机系统高程较方案 2 高差约为 6 m, 因此, 在转运站内皮带机爬坡能耗比较中, 方案 2 年营运成本可降低约 15 万元。

2) 本项目中, 进堆场和出堆场转运站拆分后皮带机布置也更加合理, 相应的设备维修保养量也相对较少, 维修保养操作也较方便。

3) 在丹东港大东港区专业化散货堆场工程中, 因装卸流程多, 进堆场和出堆场皮带机线束多, 此时采用合一的大型转运站就会带来建筑体量大, 布局浪费以及皮带机爬坡设置相对不合理等问题, 也会带来运营成本的增加。因此, 在此

项目特定要求的情况下, 采用对进堆场和出堆场转运站布局拆分优化, 是有助于降低工程投资和降低运营成本的。

参考文献:

- [1] 中交水运规划设计院有限公司. 丹东港总体规划[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2010.
- [2] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 丹东港大东港区专业化散货堆场工程工程可行性研究报告[R]. 天津: 中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 2012.
- [3] 中交水运规划设计院有限公司. 丹东港大东港区专业化散货堆场工程施工图[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2014.
- [4] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)