



某全装配式高桩码头平面布置及工程应用

郭兆珈, 盛佳珺, 杭建忠, 兰加智

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 针对传统高桩码头装配率及标准化程度低, 存在现场和水上混凝土浇筑工作量大, 船机和施工人员配置多, 作业面狭小, 安全风险高等问题, 通过大量的理论和实验研究, 提出了以大构件、高装配率为总体设计理念的全装配式高桩码头, 并成功应用于连云港某码头。本文以全装配式高桩码头为例, 类比传统高桩码头, 介绍平面布置的总体设计方案。结果表明: 全装配式高桩码头采用模块化装配方式, 遵循标准化、大构件、少节点的原则, 具有显著的工期短、效率高、经济节约、绿色低碳等特点。

关键词: 全装配式; 高桩码头; 平面布置; 工程应用

中图分类号: U 656

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)05-0065-06

General layout and engineering application of fully prefabricated high-piled wharf

GUO Zhaojia, SHENG Jiajun, HANG Jianzhong, LAN Jiazh

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Traditional high-piled wharfs confronts many problems, such as a low prefabricated rate, low standardization, large on-site and aquatic concrete pouring workload, many ship engines and construction personnel, narrow working face, and high safety risks. Considering these problems, this study proposes a fully prefabricated high-piled wharf following the overall design concept of large members and a high prefabricated rate through massive theoretical research and tests and successfully applies it to a wharf in the Port of Lianyungang. Taking the fully assembled high-piled wharf as an example, this paper introduces the general design scheme of the plane layout by analogy with the traditional high-piled wharf. The results show that the fully prefabricated high-piled wharf adopts the modular prefabricated mode and follows the principle of standardization, large members, and few nodes, featuring a short construction period, high efficiency, good economy, and low carbon emissions.

Keywords: fully prefabricated; high-piled wharf; general layout; engineering application

早在 20 世纪初,《国家中长期科学和技术发展规划纲要》^[1]和 2016 年《“十三五”国家科技创新规划》^[2]均明确提出:应加强绿色建筑设计技术和装配式建筑研究,包括装配式建筑设计理论、技术体系和施工方法研究;结合建筑信息模型(BIM)、大数据技术,加强装配式建筑设计、施工和运维管理全过程研发应用,《绿色交通“十四

五”发展规划》^[3]也明确提出:深入推进绿色港口和绿色航道建设。全面提升港口污染防治、节能低碳、生态保护、资源节约循环利用及绿色运输组织水平,持续推进绿色港口建设工作,鼓励有条件的港区或港口整体建设绿色港区(港口)。

高桩梁板式码头是一种适合于软土地基的码头结构形式,其应用范围日益拓展,但在该结构

收稿日期: 2022-11-15

作者简介: 郭兆珈(1984—),男,硕士,高级工程师、注册土木工程师(港口与航道),从事港口工程设计研究工作。

形式设计和建造中,仍然存在着构件标准化、制作工厂化、安装机械化、施工管理信息化等突出问题,施工效率和装配化程度有待进一步提高^[4]。

本文依托全装配式高桩码头—连云港港徐圩港区六港池 64[#]~65[#]液体散货泊位工程^[5],类比相邻同规模的传统高桩码头^[6],介绍了全装配式高桩码头平面布置的总体设计方案,为国内外同类型项目设计提供了一定的参考和借鉴。

1 工程概况

连云港港地处我国沿海中部黄海海州湾西南岸、江苏省东北部。连云港港共规划 5 个港区,未来形成由海湾内的连云港区、南翼的徐圩和灌河港区、北翼的赣榆和前三岛港区共同组成的“一体两翼”总体格局。其中徐圩港区位于海州湾埭子口以北至小丁港之间海岸,64[#]~65[#]液体散货泊位工程即位于六港池东侧的液体散货泊位区,见图 1。



图 1 工程位置

工程建设 1 个 10 万吨级和 1 个 8 万吨级液体散货泊位(码头结构均按 10 万吨级船舶设计),设计年通过能力 660 万 t,泊位长 648 m。所在区域呈现淤泥质海岸特点,常用的码头结构形式为高桩梁板式结构。工程区域属非正规半日浅海潮,在每个潮汐日内出现 2 次高潮和 2 次低潮,潮差达 5 m。另外,工程所在地距离后方陆域约 16 km,仅有东防波堤和公共管廊旁 1 条 7 m 宽道路相连

接,因此传统高桩码头混凝土水上现浇不便。六港池内已建成 1 个 30 万吨级原油泊位和 4 个 5 万吨级液体散货泊位,位于港池口门处的 1 座 30 万吨级原油泊位正在施工中。码头生产运营船舶通过六港池支航道进出港口,对施工船舶的进出、作业,以及施工进度造成了较大的影响,存在一定的安全隐患。

2 总体设计方案

2.1 总体设计理念

基于工程特点和背景，充分开展了理论研究和整体预制装配式桩帽及横梁相关工程的应用，相比于传统高桩码头多构件预制、多节点连接、

多现浇设计的模式，连云港港徐圩港区六港池 64#~65#液体散货泊位工程的总体设计理念为大构件、高装配率。工程采用预制横梁、预应力 π 形板、现浇横梁节点和铺装层的新型结构形式，拆分构造见图 2。

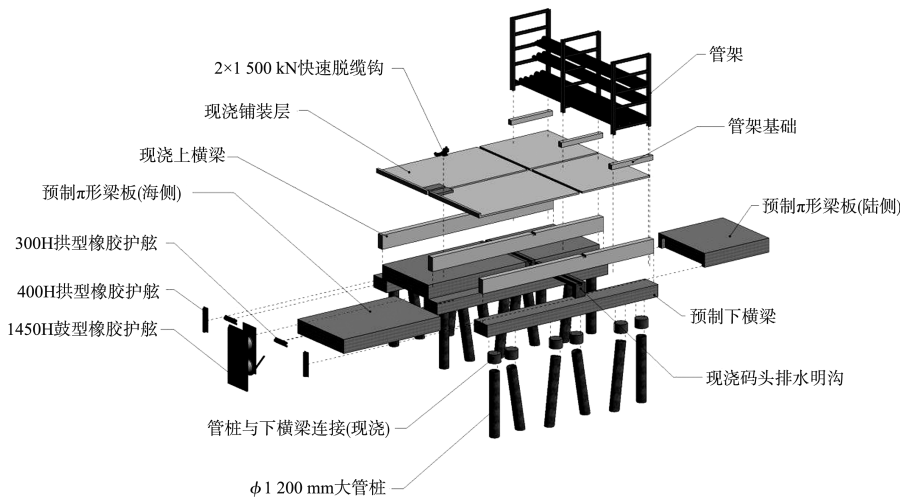


图 2 码头结构构造

2.2 总体设计方案

2.2.1 平面布置设计

本工程紧邻盛虹炼化一体化配套港储项目的

66#液体散货泊位（水工结构按照 10 万 t 油船设计），工作平台与其顺接，码头顶高程为 7.5 m（当地理论最低潮面），见图 3。

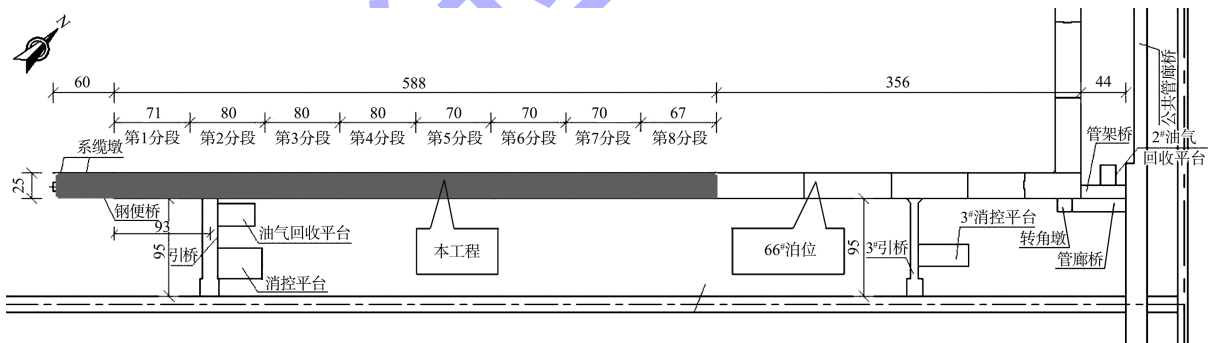


图 3 本工程与相邻工程位置（单位：m）

相邻传统高桩码头根据工程区域特点和自然条件等因素，在桩基施工完毕后现浇桩帽，然后将预制横梁和纵向梁均搁置于桩帽上，并现浇节点，纵、横梁在桩帽处为等高连接，见图 4a）。

全装配式高桩码头上部结构采用模块化装配，分为预制横梁、预制前后 π 形板，见图 4b）。在桩基施工完毕后，直接吊运安装预制横梁，铺设 π 形板即可，大幅度减少现场现浇工作量、现场

作业船机和人员数量，提高整体作业效率，缩短施工工期。码头上部结构高度低于传统码头，经济节约。

液体散货码头平面结构等方面的要求与其他货种不同，例如码头面由于没有堆货，均布荷载较小、装卸设备基本为固定式、装卸作业占地小等。码头的平面布置形式和平面尺度则由船型组合方式和停泊的船舶吨级决定。

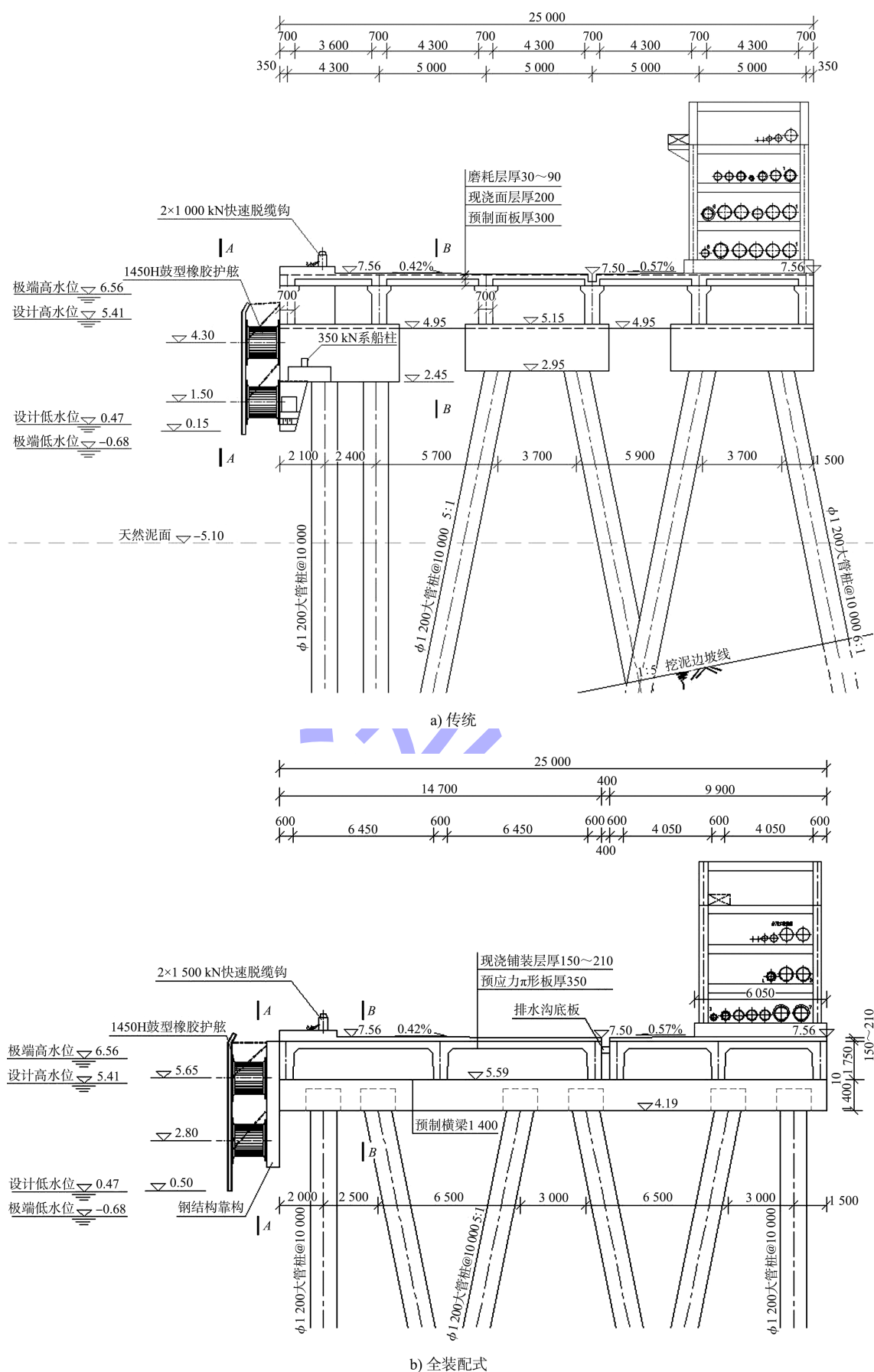


图4 高桩码头结构断面 (高程: m; 尺寸: mm)

同规模的全装配式高桩码头在港口水域、码头前沿顶高程和底高程、码头长度、宽度等方面的平面布置与传统高桩码头均相同。但全装配式高桩码头由于上部结构高度较小,其受力计算的下缘高程较高,见图4b),因此,在环境和顶高程相同的情况下,其上部结构所能承受的水平、竖向波浪作用与传统高桩码头有所不同。

根据 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[7],码头前沿顶高程根据所采用波浪和潮位组合标准的不同,应按基本标准和复核标准分别计算。

按上水标准控制的码头前沿顶高程可按式计算:

$$E = D_{WL} + \Delta w \quad (1)$$

式中: E 为码头前沿顶高程, m; D_{WL} 为设计水位, m; Δw 为上水标准的富余高度, m。

按受力标准控制的码头前沿顶高程可按下列公式计算:

$$E = E_0 + h \quad (2)$$

$$\text{其中: } E_0 = D_{WL} + \eta - h_0 + \Delta F \quad (3)$$

式中: E 为码头前沿顶高程, m; E_0 为上部结构受力计算的下缘高程, m; h 为码头上部结构高度, m; D_{WL} 为设计水位, m; η 为水面以上波峰面高度, m; H_0 为水面以上波峰面高出上部结构底面的高度, m; ΔF 为受力标准的富余高度, m。

工程及相邻传统高桩码头的水面以上波峰面高出上部结构地面的高度分别为 2.62、3.86 m。参考日本规范(OCDI)、英国规范(BS 6349)、美

国国防部规范(UFC)、西班牙规范(ROM)、德国规范(EAU)等对码头顶高程的设计方法,其考虑的影响因素基本一致,应根据水文气象条件、港口作业要求、结构受力要求、越浪要求等因素确定。对于有掩护码头设计的方法采用设计水位加上一定的安全高度;掩护条件不好的码头,各国规范采用的计算模式各有不同^[8]。

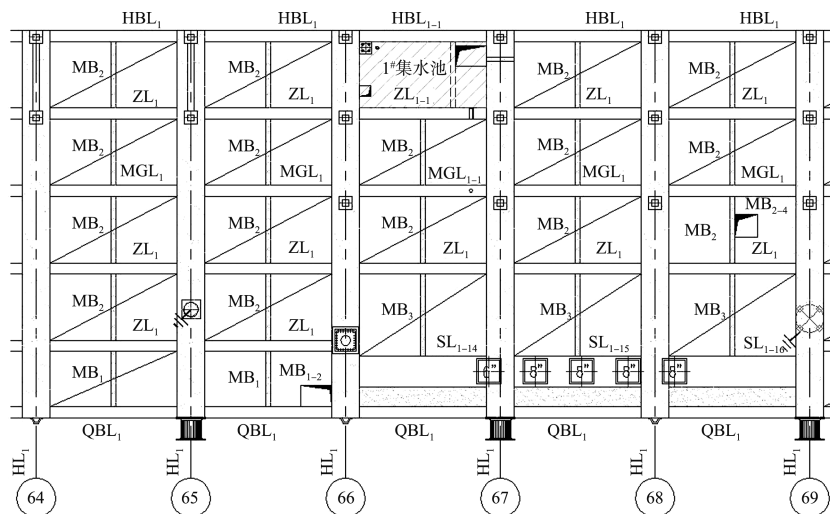
综上,宏观分析表明,在满足船舶系靠泊、安全作业等前提条件下,以及徐圩港区受掩护条件较好时,采用全装配式高桩码头,与传统高桩码头(相同的码头前沿顶高程)相比,由于其上部结构高度较小,将承受较小波浪力或者不承受波浪力,达到节约经济的效果。

2.2.2 平面和结构梁板布置设计

本次全装配式码头的宽度、桩基数量和形式、排架间距(10 m)均与同类的传统高桩码头一致,仅桩基布置的位置根据结构受力不同而不同。

传统高桩码头在桩基施工完毕后,单排架需完成3个桩帽的现浇施工,桩帽上搁置预制横梁。另外,排架间还需设置10块预制板以及6根预制纵向梁,见图5a)。

全装配式码头在桩基施工完毕后,现场安装预制横梁,仅需对桩与横梁节点处进行现浇连接。排架间设置前后共2块预制 π 形板,板之间为排水沟,见图5b)。预应力 π 形板为整体式预制框架构件,由顶部面板、纵向肋梁、横向端板组成。



a) 传统

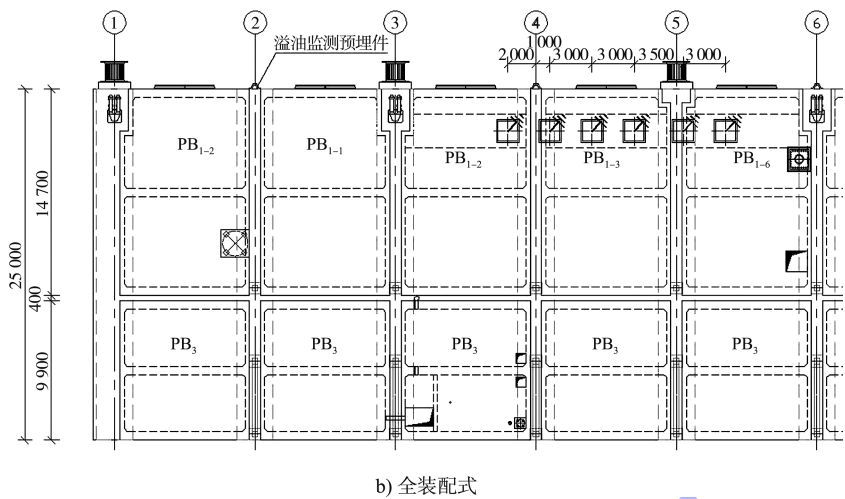


图 5 高桩码头局部梁板安装 (单位: mm)

表 1 传统高桩码头与全装配式高桩码头构件对比

项目	单个混凝土用量×数量/(m³×个)					混凝土 总用量/m³	构件 数量/个
	现浇桩帽	预制面板	纵向梁	预制横梁	预制π形板		
传统高桩码头	(37.3/44.62)×3	(3.56/6.54)×10	(10.9/11.4)×6	113.4×1	—	360	20
全装配式高桩码头	—	—	—	79.2×1	71.4/88×2	239	3

通过表 1 构件对比可知,全装配式高桩码头大大减少了构件数量,也大幅度降低了混凝土的现浇量及混凝土总用量,实现了标准化设计、模块化安装,节约工程投资效果、缩短施工工期、提升施工效率。但是,设计时需根据工程区域施工单位的吊运能力,统筹考虑大构件的尺度设计。

3 结语

1) 同规模的全装配式高桩码头在港口水域、码头前沿顶高程和底高程、码头长度、宽度等方面的平面布置均相同。但全装配式高桩码头的施工工艺便捷,基本不受自然条件、现浇等因素影响。装配式码头上部结构高度较小,与传统高桩码头相比承受了较小的波浪力或者不承受波浪力,经济效益显著。

2) 全装配式高桩码头在构件数量、混凝土现浇量以及混凝土总用量等方面比传统高桩码头具备更大优势,节约工程投资、缩短施工工期、提升了施工效率。

3) 为国内外同类型项目设计提供了一定的借鉴和参考意义。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)[R]. 北京: 中华人民共和国国务院, 2006.

[2] 中华人民共和国国务院. 国务院公报《“十三五”国家科技创新规划》[R]. 北京: 中华人民共和国国务院, 2016.

[3] 中华人民共和国交通运输部. 绿色交通“十四五”发展规划[R]. 北京: 中华人民共和国交通运输部, 2021.

[4] 江义, 程泽坤, 吴志良, 等. 装配式桩基码头设计建造应用现状与展望[J]. 水运工程. 2018(6): 103-109.

[5] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 连云港港徐圩港区六港池 64#~65#液体散货泊位工程施工图设计文件[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2021.

[6] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 盛虹炼化一体化配套港储项目施工图设计文件[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2019.

[7] 中交水运规划设计院有限公司, 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2014.

[8] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 基于国内外规范和标准的海港工程总平面设计指南[M]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.

(本文编辑 赵娟)