



某大型原油码头设计理念与设计特色

豆文朋, 陈际丰, 魏红彤, 蒋华忠

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 在某大型原油码头设计过程中, 通过深入研究并改善当地自然条件对码头轴线和墩位布置进行优化, 达到了节约岸线资源、改善泊位作业条件、降低运营成本的目的; 不断探索从而实现护舷设计优化和改进输油臂回转接头制造工艺; 在混凝土主体结构中埋设应力监测设备, 为结构的全寿命设计开展基础工作; 在正式工程中首次使用快速脱缆滑车, 增强对船舶约束能力。编制针对性强的操作大纲, 对技术和管理经验进行有效总结。该工程诸多设计理念和设计特色可为类似码头建设提供借鉴。

关键词: 原油码头; 设计; 理念; 特色; 创新

中图分类号: U 656.1⁺32

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2012)09-0084-03

Design concepts and design features of large crude oil terminal

DOU Wen-peng, CHEN Ji-feng, WEI Hong-tong, JIANG Hua-zhong

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

Abstract: In the design of a large crude oil terminal, through optimizing the wharf axis and pier's layout based on an in-depth study on the local natural conditions, we achieve the aim of saving shoreline resources, improving the berth conditions, and reducing the operating cost, optimize the fender design and improve the manufacturing technology of loading arm's swivel joints through continuous exploration, carry out basic work for structures' whole-life design by burying stress monitoring equipment in the main concrete structure, and apply the quick pulley for the first time in a formal project to enhance the constraints on the ship. Moreover, we work out an operation manual and summarize technical and management experience during implementation of the project. Many of the engineering design concepts and features provide a reference for similar dock construction.

Key words: crude oil terminal; design; concept; feature; innovation

1 工程概况

该工程建设1个30万吨级原油泊位及配套设施, 可接卸45万吨油轮, 设计年接卸能力1 900万t/a。码头采用“蝶”型平面布置, 码头与引桥为“T”型布置。码头前沿设计底高程为-27.0 m, 回旋水域及航道设计底高程为-26.0 m; 码头长度446.75 m, 引桥长度193.76 m; 配备4台液压驱动DN500输油臂(3用1备), 设置2根DN1000原油卸船管线(并预留1根DN1000卸船管线), 单根原油管线长度为3.75 km, 设计作业效率1.5万~1.8万m³/h, 码头可实现与陆域8个罐区及临近30万吨级、15万吨级

和10万吨级原油泊位的原油周转。工作平台顶高程为12.0 m, 系缆位置高程为10.5 m; 系缆墩和靠船墩顶高程为9.0 m, 系缆位置高程为7.5 m^[1]。

工程区域重现期50 a波浪 $H_{1\%}=7.5$ m, 平均周期 $T_m=9.4$ s。最大可能流速 $v=2.0$ m/s, 与码头轴线夹角小于15°^[1]。码头平面位置见图1。

2 设计理念与设计特色

2.1 深入研究建港条件, 优化平面设计

1) 对工程区域流场和导流防波堤工程深入研究, 掌握并归顺了当地流场。如图1, 码头工程后

收稿日期: 2012-04-23

作者简介: 豆文朋(1980—), 男, 工程师, 从事港口航道工程设计研究工作。

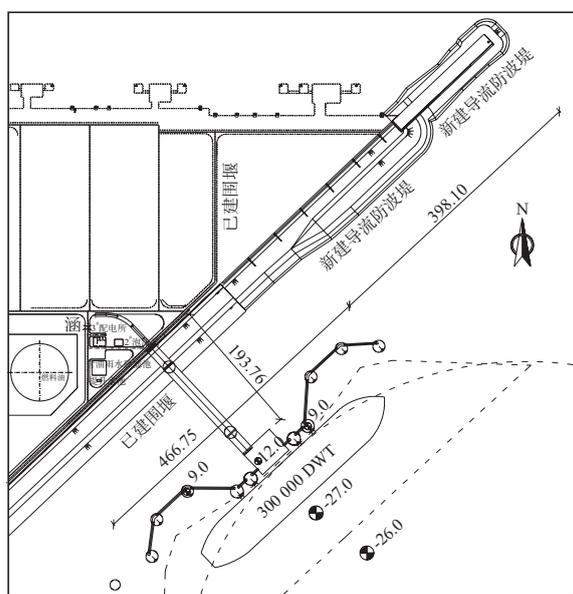


图1 码头平面位置

方为已建围堰, 码头东北侧处于围堰轴线轮廓剧烈变化处, 流场条件复杂。在设计过程中, 进行大量数值模拟和物理模型试验研究, 对原地形条件下和采取工程措施后的流场条件对比分析, 提出新建导流堤工程, 使得码头东北侧的最大横流由 0.78 m/s 减小为 0.10 m/s , 大大改善了码头流场条件^[2]。

2) 在码头前期研究过程中, 经过理论分析、数值模拟以及专家评审等环节, 泊位长度选取为 446.75 m , 使得油轮系缆力更加均匀。

《开敞式码头设计与施工技术规程》^[3]提出泊位长度可取 $1.4\sim 1.5$ 倍船长, 并提出船舶以横向运动为主的码头可适当缩短艏艉缆和泊位长度。采用国际通用船舶系缆受力计算分析软件OPTIMOOR对30万吨级油轮在各种工况下的缆绳受力分布情况均进行了数值模拟计算, 船舶受横向最不利荷载作用时, 横缆最大系缆力约为纵向最不利荷载作用时倒缆最大系缆力的 1.4 倍; 因此, 本工程为船舶以横向运动为主的码头, 缩短泊位长度对增加缆绳的横向约束从而降低总系缆力, 降低船舶运动量是有利的。按以上原则优化, 将30万吨级油轮艏艉缆与码头前沿线的夹角取为 50° , 码头最外侧系缆墩中心间距取为 430 m , 加上系缆墩的结构尺度, 泊位总长度为 446.75 m , 为 1.34 倍30万吨级油轮长度, 1.18 倍45万吨级油轮长度。在此条件

下, 对30万吨级和45万吨级油轮在正常作业和逃逸工况系缆力进行计算, 结果揭示各缆绳拉力比较均匀且最大缆绳拉力不超过 650 kN , 表明码头的泊位长度、系缆墩的布置均较合理。

引桥长度确定为 193.76 m , 码头轴线与已有30万吨级原油码头轴线基本齐平, 减少运营期生产和维护成本, 码头前沿水域开阔, 船舶航行便利。

3) 码头设置4个靠船墩, 改善小型油轮靠泊条件并增加泊位抗风险能力。内侧靠船墩中心距离 82 m , 外侧靠船墩中心间距 134 m , 改善某些小型油轮由于船头、船尾外轮廓变化引起的靠泊困难情况; 在4个靠船墩上均设置系缆设施, 适应不同船型系泊需求、增加倒缆长度并减少缆绳垂直角。特别的, 在一组护舷或靠船墩意外轻微受损情况下, 采取一定限制条件, 仍可靠泊大型油轮, 以满足大型炼化企业的生产需求。

2.2 精益求精, 改进设备设施

1) 改进输油臂回转接头制造工艺, 改善使用性能。采用全国独创的埋弧自动堆焊专有技术制造回转接头, 表面硬度高、耐腐蚀性强、耐磨性好、渗层不易剥落, 质量可靠、使用方便、寿命长, 在国内外同类产品中技术处于领先水平。

2) 优化橡胶护舷设计, 提高使用性能。防冲板设计中使用高强度的低合金材料, 降低防冲板质量 30% , 减少护舷下垂量; 防冲板设计成气密式结构, 降低质量 10% , 同时提高防腐能力 30% 。优化贴面板配方, 采用300万以上分子量的超高分子量聚乙烯板, 使得摩擦系数降低为 0.12 , 较常规PE贴面板摩擦系数降低 40% 。

3) 大口径管线波纹补偿器补偿轴向位移型式创新, 波纹补偿器在吸收盲板力(内压推力)上分为普通型波纹补偿器和压力平衡式波纹补偿器, 采用压力平衡式波纹补偿器可自身抵消内压推力, 减少对固定支架推力, 有效降低水工结构受力, 保证管线运行安全并节省工程投资^[4]。

2.3 勇于创新, 优化水工结构设计

1) 在混凝土主体结构中埋设光纤光栅应力监测设备, 可对结构使用情况实时监测并进一步深入研究, 在国内水运行业尚属首次, 对推动工程的安全监测和全寿命分析与设计具有重要意义。

码头工程全寿命周期设计具有重要意义,监测已建工程使用中的安全状态是开展全寿命周期设计理论研究的基础工作之一。在原油码头混凝土主体结构建设过程中,根据结构应力分布特点,选择重要位置埋设光纤光栅监测系统,可实时观测结构应变状态,对验证和完善现有设计理论,建立结构全寿命周期安全设计理论,并在此基础上建立码头结构预警机制具有重要推广意义^[5]。

2) 在国内正式工程中首次使用快速脱缆滑车,在船上缆绳数量不变的情况下增加对油轮的约束能力。大型油轮的可用缆绳数量相对确定,在较恶劣的情况下,增加有效缆绳数量从而增加对油轮的约束能力十分必要。本工程在横缆墩上设置快速脱缆滑车,可增加横缆约束能力25%^[6]。

3) 系靠船墩高程优化和阶梯状处理,改善小型兼靠油轮系缆条件,实现使用功能与经济效益的良好结合。结合码头小型油轮靠泊数量较多的使用要求,进一步降低系缆墩和靠船墩系缆区域高程,使得墩顶呈阶梯状,既可以减少上浪情况和冬季结冰风险,也可以适应小型油轮系缆要求,并节省投资。

2.4 配套各种措施,实现码头运营安全、环保、人本

1) 在国内自行制造的最大口径DN500的输油臂上配备液压快速连接器(QC/DC),可有效降低工人劳动强度。输油臂配备三级限位报警装置、紧急脱离装置(ERC)和紧急双阀切断(ESD),在紧急情况下有预警、应急设备,大大提高泊位安全度,降低环境污染风险。

2) 配备激光靠泊仪、测流仪等辅助油轮系靠泊设备,并与周边码头环境监测设备联网,便于对油轮系靠泊状态的实时、准确监控,指导油轮靠离泊和系泊作业。

3) 码头平台两侧靠船墩上设置消防塔架,共4座,其上分别设置消防水炮和泡沫炮,可以满足世界上最大的45万t油轮消防要求。

3 设计、管理成果说明与总结

1) 为指导码头使用,编制详细、全面、有针对性、操作性强的码头操作大纲,为泊位安全运营提供技术支持,内容包括总论、自然条件、设计方案、生产运行操作指南和使用建议。

2) 工程建成后,项目组与业主联合编制完成《大型原油码头安全系统研究——大连45万t原油码头建设的技术创新和操作手册》、《工程管理规范化研究——大连45万t原油码头建设的精细化管理》。上述成果的编制与完成,体现着实践、总结、提高、再实践的持续改进理念。

4 结语

在设计工作中,认真研究并改善自然条件,不断改进设备设施,优化结构设计,配套各种措施,在不断推进水运行业技术进步的同时,实现码头安全、高效运营,确保效益目标实现,是水运设计人员永恒追求的目标。在某大型原油码头设计中形成的诸多设计理念和设计特色,可为类似码头建设提供借鉴经验。

参考文献:

- [1] 中交水运规划设计院有限公司. 大连港鲅鱼湾港区22号原油泊位工程初步设计报告[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2009.
- [2] 中交水运规划设计院有限公司. 大连港新港港区防波堤工程工程可行性研究报告[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2010.
- [3] JTJ 295—2000 开敞式码头设计与施工规范[S].
- [4] 魏红彤, 白云香, 潘海涛. 液体散货码头大直径工艺管道应力分析实践[J]. 水运工程, 2011(9): 96-100.
- [5] 陈际丰, 解东升, 章少兰. 光纤光栅监测系统在码头混凝土主体结构中的应用[J]. 水运工程, 2011(8): 73-75.
- [6] 陈际丰, 魏昌理, 蒋华忠. 快速脱缆滑车在某大型原油码头中的使用[J]. 水运工程, 2011(9): 178-180.

(本文编辑 郭雪珍)