



# 大型原油码头群布置特点及优化设计

任增金, 丁 菟, 李元青

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:**日照港岚山港区中作业区一字型连续布置了4个30万吨级大型原油泊位,这在国内外大型原油码头的布置中绝无仅有。经过十余年的开发建设,目前已建成2个30万吨级泊位、在建1个30万吨级兼靠45万吨泊位,第4个30万吨级泊位正在进行前期论证。通过总结已建成泊位在设计使用过程中的经验教训,持续优化后续泊位的码头长度、系靠船墩布置、结构形式及引桥连接方式等。详细介绍优化设计的过程及主要理念,从码头群的角度分析泊位连续布置的特点及优缺点,为类似工程的规划设计提供参考。

**关键词:**大型原油码头; 码头群; 优化设计; 连续布置

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)10-0114-04

## Characteristics and optimization design of large crude oil wharf group

REN Zeng-jin, DING Wei, LI Yuan-qing

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

**Abstract:** In Lanshan port area of Rizhao port, four 300 000 DWT crude oil wharves are arranged successively along one line. For all large crude oil wharf groups, this kind of layout is the first try. After a decade of development and construction, two 300 000 DWT crude oil wharves have already been constructed and the third 300 000 DWT wharf (with the capacity of 450 000 DWT) is under construction. Meanwhile, the fourth one is in the stage of feasibility study. During the construction much experience has been accumulated and applied to optimize the length, the layout of breasting and mooring dolphins, the structure and the style of connection to bridge approach of subsequent wharves. The article presents the progress and principles of optimization and analyzes the advantages and disadvantages of successive layout of wharves, in order to provide a reference for the design of similar projects.

**Keywords:** large crude oil; wharf group; optimization design; successive layout

### 1 岚山港区规划概况<sup>[1-2]</sup>

日照港是我国综合运输体系的重要枢纽和沿海主要港口,是国家重要的能源和原材料运输口岸、煤炭装船港和沿海集装箱运输支线港。日照港划分为石臼和岚山2个港区,其中石臼港区以煤炭、铁矿石、粮食、水泥等大宗散货和集装箱运输为主的综合性核心港区;岚山港区以石油及液体化工品、大宗干散货运输为主,兼顾其他散杂货运输,预留集装箱运输功能。

岚山港区北起龙王河口以北约3.7 km处,南

至圣岚东路,西沿滨海路。规划整个岚山港区由多个SE向开口的环抱式港池作业区组成,总体呈“南北侧小、中间大”向东发展的布置形式。整个港区填筑陆域和防波堤布置基本不突破-10 m水深线(即北作业区东侧外轮廓及中作业区北侧防波堤东端、日照仪征30万吨级油码头、南作业区突堤及其防波堤大体与-10 m水深线一致)。岚山港区共规划生产性泊位202个,码头岸线总长59 318 m,陆域总面积5 203.8万m<sup>2</sup>,另有物流园区面积约525.4万m<sup>2</sup>。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 任增金(1978—),男,硕士,高级工程师,从事水运工程结构设计和科研。

## 2 原油码头群布置方案

### 2.1 方案的提出

根据日照港岚山港区的功能定位, 岚山港区中作业区将重点发展液体散货及大宗干散货运输为主。目前岚山港区后方已建和在建的输油管线包括日仪管线、鲁豫管线、日东管线等, 设计年输送能力达 8 800 万 t, 日照—东营管线已完成可行性研究工作, 有望近期获得核准批复, 届时整个岚山港区后方输油管线能力将超过 1 亿 t。

2009 年批复的日照港总体规划在中作业区布置的 3 个 30 万吨级大型原油泊位已不能满足后方输油管线进口原油的需求, 为此, 日照市港航管理局组织对日照港总体规划进行了修编, 通过在码头后方 300 m 建设导流堤并经潮流数模和波浪

局部整体物模验证, 创新性地提出 4 个大型原油泊位一字型布置方案并于 2013 年获得批复, 大型原油码头群布置的格局初步形成。这种布置方式有利于岸线综合利用、提高港口通过能力、便于集中管理, 但同时也增加了发生安全及环保等事故的风险。

### 2.2 布置方案<sup>[3-6]</sup>

岚山港区中作业区已建成 30 万吨级原油泊位 2 个, 在建 30 万吨级 (兼顾 45 万 t) 泊位 1 个, 第 4 个 30 万吨级原油泊位正在进行可行性研究工作。后续泊位在设计过程中不断吸收已建泊位在施工及使用过程中的经验和教训。该原油码头群 4 个泊位平面布置见图 1, 各泊位现状及布置特点见表 1。

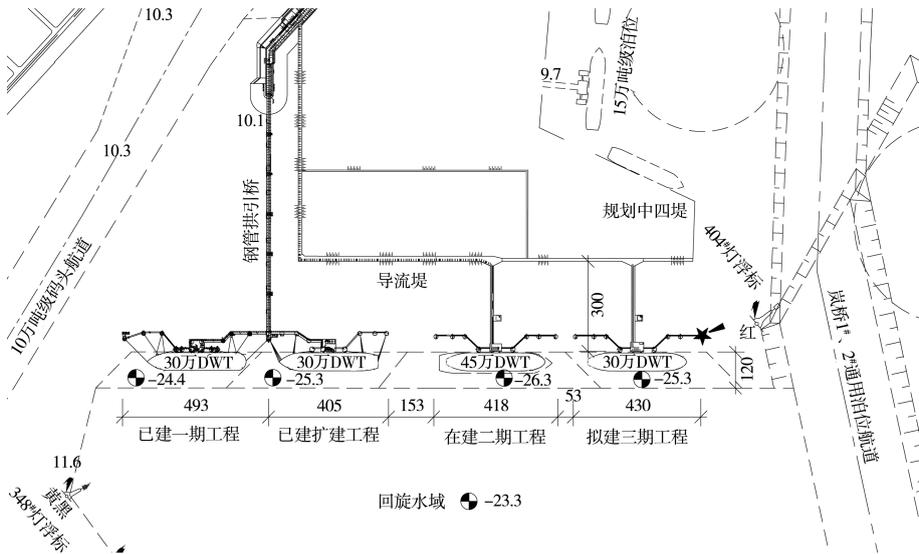


图 1 岚山港区 4 个 30 万吨级泊位平面布置 (单位: m)

表 1 岚山港区原油码头群各泊位现状及布置特点

泊位	靠泊船型 DWT/t	码头前沿 底高程/m	工作平台 尺度/m	靠船墩 数量/个	系缆墩 数量/个	引桥布置	控制楼位置
一期工程 (已建)	80 000 ~ 300 000	-24.4	50×40; 4 个圆沉箱+上部 预应力梁板结构	4	6; 其中 3 个兼做 架管桥墩	为节省工程投资, 采用 “一桥两翼”的布置方式, 两期工程共用引桥, 引桥 长度 798 m, 采用 125 m 跨 钢管拱桥。引桥与码头在 端部系缆墩相接	位于横向连系梁上, 距码头 前沿 14.3 m
扩建工程 (已建)	150 000 ~ 300 000	-25.3	50×40; 4 个圆沉箱+上部 预应力梁板结构	2	6; 其中 3 个兼做 架管桥墩	引桥长度 260 m, 采用 80.8 m 跨钢管拱桥结构, 引 桥与码头在工作平台相接	位于码头后方纵向连系梁及 沉箱墩上 (两部分完全分离), 前沿距码头前沿 27.5 m
二期工程 (在建)	150 000 ~ 450 000	-26.3	40×25; 2 个方沉箱+上部 预制块体拼接结构	2	6	引桥长度 255 m, 采用 80.8 m 跨钢管拱桥结构, 引 桥与码头在工作平台相接	位于码头后方第一跨引桥墩 的东侧, 距码头前沿约 110 m
三期工程 (拟建)	150 000 ~ 300 000	-25.3	45×30; 2 个方沉箱+上部 预制块体拼接结构	2	6	引桥长度 255 m, 采用 80.8 m 跨钢管拱桥结构, 引 桥与码头在工作平台相接	位于码头后方第一跨引桥墩 的东侧, 距码头前沿约 115 m

### 3 优化设计过程及主要内容

一期工程于2010年12月建成试投产,扩建工程于2014年9月建成试投产,二期工程已于2016年1月份开工建设。从表1各泊位的布置特点看,该大型原油码头群中单个泊位长度、工作平台尺度及控制室布置等各有特点。

#### 3.1 总平面布置优化

##### 3.1.1 总体布置思路

在4个泊位间距的布置上,前2个泊位共用引桥,二期工程和扩建工程最外侧系缆墩净距达153 m,三期和二期工程最外侧系缆墩净距为53 m,这种布置方式主要是考虑在三期工程不影响岚桥航道的前提下,二期工程和扩建工程间距尽量加大,一方面是运营组织上形成2个1组的格局,另一方面是保障码头靠离泊安全,减少碰撞事故发生的风险。

##### 3.1.2 泊位长度

一期工程设计始于2005年,根据设计时所采用的规范,开敞式码头泊位长度应为1.4~1.5倍设计船长,本工程设计靠泊船型为8万~30万吨级原油船,综合考虑码头处风、浪、流等自然条件,以及不同潮位、不同兼顾船型、不用装载量下的缆绳长度和系缆角度等因素,确定本工程泊位长度493 m,约为1.48倍设计船长。

根据国内外近年来的工程实践及研究资料表明,较短的码头长度对于改善船舶泊稳条件、约束船舶横向运动是有利的。在扩建工程设计时二期工程正在进行可行性研究工作,结合海港总平面设计规范修订,通过物理模型试验对码头长度进行了全面的专题研究<sup>[7]</sup>,分别采用1.08倍、1.2倍、1.3倍、1.4倍4种泊位长度进行对比试验。拟通过模型试验,测定系泊船舶在波浪、水流和风的作用下,不同水位、不同载重时船舶的横移、纵移、横摇、纵摇、升沉、回转等运动量,以及船舶的系缆力和挤靠能量,从而比选出最佳码头长度。物模试验的主要结论如下:

1) 码头长度为1.08倍及1.2倍船长时,艏艉缆及横缆受力较为均匀,码头长度设计合理,

码头长度为1.4倍船长时,横缆受力明显偏大,四种设计方案的倒缆受力均较小。

2) 码头长度为1.08倍及1.2倍船长时,船舶的横移运动量最小,码头长度设计合理。而船舶的纵移、升沉、横摇、纵摇、回转等运动参量在4种码头长度下差别不明显。

3) 船舶的挤靠力与载度无直接关联,与码头长度关联度也基本可以忽略。

4) 4种码头长度的设计方案中,综合船舶的系缆力、运动量及挤靠力的结果,码头长度为1.2倍船长的设计方案各组缆绳受力较均匀,运动量及挤靠力也优于其它方案,码头长度在4种设计方案中最为合理。

基于以上试验结论,并经过OPTIMOOR对比分析,设计认为泊位长度取1.2倍船长较为安全合理,考虑到与一期工程已建引桥的衔接,扩建工程码头长度取405 m,为引桥中心线至东侧系缆墩外沿的距离,约为1.21倍设计船长。二期工程最大兼顾船型为45万t油船,泊位长度取418 m,为45万t油船的1.1倍,为30万吨级油船的1.25倍,满足现行规范<sup>[8]</sup>1.1~1.3倍的要求。

扩建工程投入运营后,使用单位反映由于泊位长度相对较短,首尾缆力出现超值报警的情况明显多于一期工程,建议适当增加泊位长度。此时二期工程已获得国家发改委核准,且泊位长度比扩建工程已增加13 m,考虑到30万吨级船舶为主力船型,二期工程泊位长度按418 m实施。三期工程综合了以上3个泊位长度的优缺点,经与使用部门多次沟通,最终确定的泊位长度为430 m,为30万吨级船长的1.29倍,满足现行规范的要求。

##### 3.1.3 引桥布置

一期工程和扩建工程采用了共用引桥的布置方案,引桥长度达798 m,桥面为125 m跨的钢管拱桥结构,大大节省了扩建工程的工程费用。

二期工程和三期工程码头前沿距导流堤300 m,引桥长度260 m,在引桥布置上,从运营管理和投资两方面考虑,分别设置引桥有利于两个泊位的运营管理,而从投资方面分析,共用引桥需增加

的架管桥费用与单独设置引桥的费用相当, 因此推荐二期工程和三期工程分别设置引桥的方案, 引桥和码头在工作平台衔接。

### 3.1.4 工作平台尺度

一期工程和扩建工程工作平台尺度均为  $50\text{ m} \times 40\text{ m}$ , 码头综合控制楼均位于工作平台上。而二期和三期工程设计时建议控制楼离管线的距离不小于  $15\text{ m}$ , 为避免工作平台过大, 二期和三期工程均推荐控制楼和工作平台分离的布置方式。二期工程工作平台尺度为  $40\text{ m} \times 25\text{ m}$ , 其上仅布置工艺设备及管线和一组制氮设备, 目前二期工程施工图设计已完成, 虽然此尺寸在平面布置上是完全可以实现的, 但总体上略显局促, 因此在三期工程设计时将工作平台尺度调整为  $45\text{ m} \times 30\text{ m}$ 。

### 3.1.5 系缆墩布置

由于系船墩均为孤立墩式布置, 墩子的相对位置对系缆力的影响较大, 特别是需要满足不同船型带缆的需要。从 4 个泊位系缆墩的实际布置来看, 一期工程两侧各 3 个系缆墩均采用蝶式布置, 中间两个系缆墩中心距码头前沿  $61.5\text{ m}$ , 最端部 2 个系缆墩距码头前沿  $43.5\text{ m}$ , 最东侧系缆墩后方增设一个引桥墩兼做架管桥墩。

扩建工程最西侧系缆墩与一期工程共用, 由于扩建工程泊位长度仅为  $405\text{ m}$ , 为保证各缆绳受力均匀, 将最东侧系缆墩后移至  $61.5\text{ m}$  的位置, 东侧 3 个系缆墩形成一字型布置。经 OPTIMOOR 软件多工况分析, 二期工程和三期工程两侧系缆墩均采用一字型布置, 系缆墩距码头前沿线距离均为  $51.0\text{ m}$ , 各缆绳缆力分布较为均匀。

### 3.2 水工结构优化

随着一期工程和扩建工程相继建成投产, 后续工程施工条件将更加苛刻: 除了复杂的风浪流等自然条件外, 还须考虑施工对已建泊位运营的影响。水工结构设计的重要原则尽量采用预制构件, 减少现场作业量。

二期和三期工程水工结构优化的主要是工作平台和引桥两部分。

已建 2 个泊位工作平台均为 4 个圆沉箱+上部纵横向预应力混凝土梁板的结构方案, 现场工作

量较大。二期和三期工程优化工作平台尺度后, 水工结构采用 2 个超大型方沉箱, 上部为预制空心块体并现浇接缝, 顶面现浇混凝土的方案, 此方案得到了业主和施工单位的一致认可。

在引桥结构形式的选择上, 考虑采用跨度较小的钢管拱桥方案, 此方案桥面及上部管架基础可以一并完成后整体吊装, 且无需灌注拱肋混凝土, 吊装完成后仅需做好两端的抗震设施连接即可。

### 3.3 装卸工艺优化

一期工程工作平台管线采用低支墩敷设, 位于地面不便于维修及操作, 并占用了较大的平台空间, 在扩建工程及后续工程中, 均考虑从汇管开始做高架布置, 距地  $2.5\text{ m}$ 。一期工程平台管线变电所处电伴热 PLC 控制柜位于室外, 其缺点是控制柜夏季散热不好, 容易造成 PLC 模块损坏, 后续工程中已将此控制柜移至室内布置。输油臂液压及电气控制站设置在控制楼内导致控制站内监护人员不能观察到船上对接情况, 除一期工程外输油臂液压及电气控制站均布置在输油臂附近, 便于及时观察、联络。

### 3.4 安全环保要求及优化

近年来各行业的标准、规范也都进行了大规模的更新, 对安全、环保方面的要求也是越来越严格。根据山东省交通运输厅等三部门 2015 年联合发布的关于强化港区危险化学品储存场所本质安全措施的通知要求, 码头工作平台上不再设置控制楼及其他房建设施, 二期和三期工程控制楼移至码头后方引桥第一跨桥墩的位置, 距码头前沿约  $110\text{ m}$ , 将主要通过大屏幕观察输油臂对接情况, 反映了整体设计理念的提升。

在二期工程和三期工程安全专项审查时, 要求按 2 个 30 万吨级泊位同时着火考虑消防设施的配备, 此要求已高于现行规范, 但考虑到 4 个大型原油码头群布置的特点, 适当加强安全防护等级也是合理的, 但由于扩建工程和一期工程设计时是按 1 个 30 万吨级泊位着火设计, 因此消防上只能满足除一期和扩建工程外的任意 2 个泊位同时灭火的要求。