



商品汽车滚装及杂货码头前沿顶高程设计

陈宝华¹, 潘金霞²

(1. 宁波港股份有限公司, 浙江 宁波 315800; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 结合宁波-舟山港梅山港区滚装及杂货码头工程设计, 根据工程区域的自然条件、普通杂货码头和商品汽车滚装码头装卸作业要求、码头结构设计的合理性及施工可行性、工程造价等因素确定码头前沿顶高程, 可供类似工程设计参考。

关键词: 梅山港区; 滚装码头; 码头设计; 码头前沿顶高程

中图分类号: U 56.1⁺39 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2015)11-0085-04

Design of apron's elevation of automobile ro-ro & general cargo wharf

CHEN Bao-hua¹, PAN Jin-xia²

(1. Ningbo Port Co., Ltd., Ningbo 315800, China;
2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Combining the design of automobile ro-ro & general cargo wharf in Meishan bonded port area and based on a comprehensive analysis on the natural conditions of the engineering area, operation requirement of automobile ro-ro terminal and general cargo wharf, rationality of structural design, feasibility of construction, as well as the engineering cost, etc. we determine the elevation of wharf apron, which may serve as reference for similar engineering designs.

Keywords: Meishan bonded port area; automobile ro-ro terminal; wharf design; elevation of wharf apron

随着我国经济的持续发展和汽车制造业生产规模的不断扩大, 汽车进出口业务蓬勃发展。作为我国第 5 个国家级保税港区, 梅山保税港区已成功获批成为全国第 7、浙江省唯一的汽车整车进口口岸, 通过引进吉利等汽车生产及贸易厂商, 汽车进出口业务持续增加, 水路运输需求不断加大。另一方面, 由于梅山保税港区正处于建设期, 保税港区及周边临港工业的发展, 必将产生一定规模的通用杂货水路运输需求。鉴于宁波港域其他港区能够规模化建设滚装及杂货泊位的岸线资源十分有限, 梅山港区的岸线资源相对丰富, 宁波港股份有限公司启动了宁波-舟山港梅山港区滚装及杂货码头工程的建设工作。本文通过总结该工程的设计经验^[1], 为高桩梁板码头兼顾滚装汽

车作业和杂货装卸作业时码头前沿顶高程的确定和结构处理方案提供借鉴。

1 工程概况

本工程位于宁波-舟山港梅山保税港区, 梅山一期工程西侧、汀子山北侧区域。

梅山滚装及杂货码头工程新建一座 7 万吨级码头及相应的配套工程, 设计年吞吐量为 20 万辆商品汽车与 100 万 t 钢铁等杂货。该工程码头岸线长 450 m, 码头前沿顶高程 5.82 m (以当地理论最低潮面起算), 码头结构形式为高桩梁板式。

2 码头前沿顶高程确定的主要影响因素

2.1 装卸工艺及到港船型

梅山滚装及杂货码头工程需装卸商品汽车和

收稿日期: 2015-03-31
作者简介: 陈宝华 (1961—), 男, 高级工程师, 从事港口工程管理及研究工作。

普通杂货两大类货种，其装卸工艺流程如下：

- 1) 普通件杂货：杂货船→门机→载重汽车、牵引平板车→轮胎吊、叉车→普通堆场；
- 2) 商品汽车：汽车滚装船→跳板→码头、引桥→汽车堆场。

普通件杂货通过门机进行装卸船作业，通过载重汽车和牵引平板车进行水平运输，对码头前沿顶高程的适应性相对较强；汽车滚装船的跳板主要包括舢跳、艀跳和直跳板，不同吨级的船舶型深不一，跳板与甲板间的高差也各不相同，如何提高到港船型在港作业的保证率是滚装汽车码头高程确定的关键因素。

2.2 自然条件

- 1) 设计水位。
设计高水位：4.23 m；
设计低水位：0.27 m；
极端高水位：5.7 m；
极端低水位：-0.78 m。
- 2) 设计波浪。
设计高水位时 50 a 一遇 $H_{1\%}$ 为 4.82 m，极端高水位时 50 a 一遇 $H_{1\%}$ 为 4.88 m。

3 码头前沿顶高程设计

3.1 基于普通货运码头的码头前沿顶高程

根据 JTS 165—2013《海港总体设计规范》^[2] 第 5.4.7 条，码头前沿顶高程的确定应满足码头上水控制标准和上部结构受力控制标准的要求。根据上水标准控制，码头前沿高程基本标准为 6.09 m、复核标准为 7.21 m；根据受力标准控制，码头前沿顶高程应为 7.71~8.71 m。

3.2 基于汽车滚装码头的码头前沿顶高程

区别于普通货运码头前沿顶高程的计算方法，汽车滚装码头前沿顶高程的确定应着重考虑滚装船的舢斜跳板（舷侧跳板）与码头面的搭接问题。另外，降低波浪浮托力对码头结构的影响，保证工程施工的可行性同样是需要重点关注之处。因此，汽车滚装码头前沿顶高程应在对船型尺度、装卸工艺以及结构受力等多方面因素综合论证后

确定。

滚装汽车码头前沿顶高程计算采用的经验公式^[3]为：码头前沿顶高程 = 船跳高限（或低限） - 船舶吃水 + 水位（图 1）。

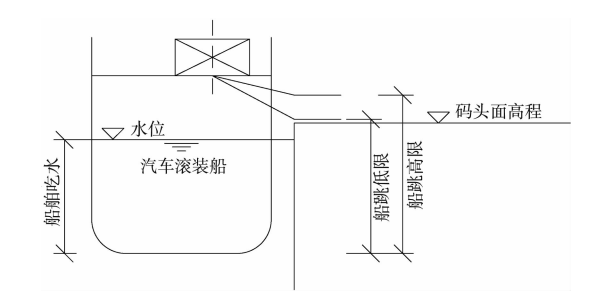


图 1 码头前沿顶高程计算模型

基于多家承担汽车滚装业务公司对 154 艘船舶（船型吨级 1 万~7 万 GT）资料统计计算结果可知，当码头前沿顶高程为 3.35~7.78 m 时，大部分船舶可以靠泊作业；当码头前沿顶高程为 4.40~4.58 m 时，91.7% 的船舶可以全天候作业；当码头前沿顶高程为 6.6 m 以上时，80% 的舢跳无法全天候作业；当码头前沿顶高程为 5.8 m 时，70% 的船舶舢跳不能全天候作业。另外，从杂货码头水平运输、滚装汽车行走的安全性以及门机等装卸设备的耐久性角度考虑，码头前沿顶高程应高于极端高水位 5.7 m；从提高滚装汽车装卸作业效率的角度考虑，码头前沿顶高程应低于 6.6 m，故选定码头前沿顶高程的合理范围为 5.7~6.6 m。

选择 5.82 m 和 6.32 m 两个高程对上述 154 艘船舶作业时间进行统计计算（表 1）。

表 1 154 艘船对码头前沿顶高程的适应性				
作业时间/h	码头前沿顶高程 6.32 m		码头前沿顶高程 5.82 m	
	船舶数量/艘	占比/%	船舶数量/艘	占比/%
> 10	136	88	147	95
> 12	126	82	139	90
> 15	97	63	127	82
> 20	57	37	77	50
> 23	31	20	53	34

由表 1 可知，当码头前沿顶高程取 6.32 m 时，82% 的船舶舢跳可作业时间将超过 12 h，20% 的船舶舢跳基本可全天候作业，可基本保证正常装卸作业的进行；当码头前沿顶高程取 5.82 m

时，90% 的船舶艀跳可作业时间将超过 12 h，34% 的船舶艀跳基本可全天候作业，船舶装卸作业基本不受水位变化的影响。

根据船舶大型化发展趋势，对上述 154 艘船舶中 5 万 GT 以上船舶(52 艘)对码头前沿顶高程的适应性统计见表 2。

表 2 52 艘 5 万 GT 以上船对码头前沿顶高程的适应性				
作业 时间/h	码头前沿顶高程 6.32 m		码头前沿顶高程 5.82 m	
	船舶数量/艘	占比/%	船舶数量/艘	占比/%
> 10	50	96	52	100
> 12	48	92	52	100
> 15	37	71	49	94
> 20	23	44	30	58
> 23	13	25	23	44

由表 2 可知，当码头前沿顶高程取 6.32 m 时，92% 的船舶艀跳可作业时间将超过 12 h，25% 的

船舶艀跳基本可全天候作业，可基本保证正常装卸作业的进行；当码头前沿顶高程取 5.82 m 时，100% 的船舶艀跳可作业时间将超过 12 h，44% 的船舶艀跳基本可全天候作业，船舶装卸作业基本不受水位变化的影响。

从提高滚装船舶靠泊作业的保证率的角度考虑，码头前沿顶高程宜取 5.82 m。

3.3 基于码头结构设计优化和施工可行性的码头前沿顶高程设计

从码头结构设计方面考虑，码头前沿顶高程的设计主要应考虑滚装船非作业期码头承受波浪力、码头结构的经济性以及施工可行性等因素。

本文针对上述 6.32 m 和 5.82 m 两个码头前沿顶高程分别计算码头上部结构所承受的波浪力情况（表 3）。

表 3 不同码头前沿顶高程码头上部结构所承受的波浪力												
规范	码头前沿顶高程 6.32 m						码头前沿顶高程 5.82 m					
	最不利 水位/m	波浪浮托 压强/kPa	波浪冲击 压强/kPa	作用 范围/m	波峰对码头顶面 的冲击力/kPa	作用 范围/m	最不利 水位/m	波浪浮托 压强/kPa	波浪冲击 压强/kPa	作用 范围/m	波峰对码头顶面 的冲击力/kPa	作用 范围/m
《手册》 ^[4]	5.70	59.3					5.70	71.6				
《规范》 ^[5]	4.23		177.8	2.5	70.7	13.7	3.73		177.5	2.6	80.9	15.1

由表 3 可知，随着码头前沿顶高程降低，码头上部结构所承受的波浪浮托力和波峰对码头顶面的冲击力加大，码头结构的造价也将相应增加，初步估算将在 20% 以上。

工程拟建区域施工水位约为 2 m，若要保证现浇结构能正常施工，现浇部分底高程应在 2 m 以上，从提高施工质量的角度考虑，应尽量采用预制构件，减少现浇构件，码头上部结构宜采用预制装配式，即在桩基上现浇桩帽节点，上部采用正交梁系结构，横梁、轨道梁、纵梁均为预制构件。

如码头结构确定为 5.82 m，则桩帽、码头上部梁系及面板的总高度不宜大于 3.8 m。

3.4 码头前沿顶高程的最终确定

综合分析工程区域自然条件、基于普通货运码头和汽车滚装码头的码头前沿顶高程、结构设

计和施工可行性等因素，最终确定码头前沿顶高程为 5.82 m。

4 结论

1) 兼顾商品汽车和杂货装卸作业的码头，因杂货装卸船设备对码头前沿顶高程的适应性较强，故对于此类码头的码头前沿顶高程的确定，关键在于如何提高商品汽车滚装船在港作业的保证率。

2) 汽车滚装码头前沿顶高程应在对船型尺度、装卸工艺以及结构受力等多方面因素综合论证后确定，并着重考虑滚装船的艀斜跳板（舷侧跳板）与码头面的搭接问题。梅山滚装及杂货码头前沿顶高程的确定，依据了经验公式，并结合大量实船资料的统计分析得出，最终确定为 5.82 m，与紧邻的梅山一期集装箱码头工程码头前沿顶高程相差 1.7 m，滚装船舶装卸作业基本不受水位变化

的影响。

3) 梅山滚装及杂货码头前沿顶高程较低, 码头上部面板需承受较大的波浪力, 码头结构设计中对此进行了相应的处理, 如减小排架间距、增加桩基的抗拔能力、优化上部梁系设计、增加面板厚度等措施。

参考文献:

[1] 中交水运规划设计院有限公司. 宁波-舟山港梅山港区

滚装及杂货码头工程初步设计报告[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2014.

[2] JTS 165—2013 海港总体设计规范[S].
[3] 张英杰. 汽车滚装码头高程研究[J]. 水运工程, 2012(6): 125-128.
[4] 交通运输部第一航务工程勘察设计院. 海港工程设计手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
[5] JTS 145-2—2013 海港水文规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 74 页)

3) 靠船时的突发状况、船舶非正常靠泊等情况, 均有可能对码头结构的安全产生不利影响。建议结合项目所在地的操船条件和自然条件, 以及船舶与护舷的碰撞方式, 有针对性地考虑非正常靠泊状况下的安全系数。

参考文献:

[1] JTS 144-1—2010 港口工程荷载规范[S].
[2] BS6349. Maritime structures—Part 4: Code of practice for design of fendering and mooring systems [S].

[3] 上田茂. けい留中の大型タンカーの衝突力[R]. 东京: 港湾技术研究所, 1980.
[4] PLANC. Report of the PLANC Working Group 33, Guidelines for the Design of Fenders Systems [M]. Belgium: International Navigation Association, 2002.
[5] 陈际丰, 魏林, 李雪野, 等. 系泊船舶在横浪作用下撞击能量计算参数 C_m 取值研究[J]. 水运工程, 2015(2): 163-166.
[6] Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour facilities in Japan[S]. 2009.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 84 页)

4 结论

1) 装卸机械水平力对码头横向排架作用效应的计算, 可以按照弹性支承在横向排架上的水平向连续梁计算水平支座反力, 支座弹性系数取横向排架在轨道梁搁置位置的水平刚性值。

2) 尽管码头横向排架水平向刚度与竖向刚度之间差异较大, 但装卸接卸水平力取竖向轮压值的 10% 时, 通过轨道梁传递到码头横向排架上的水平力, 约为竖向轮压在轨道梁上支座反力的 10%。因此, 在码头横向排架计算时, 为简化计算, 可以先计算竖向轮压在横向排架上的竖向支座反力标准值, 直接取竖向支座反力标准值的

10%, 作为水平力施加在横向排架上轨道梁相应位置, 用于计算装卸机械水平力对横向排架的作用效应, 其计算误差也是可以满足工程要求的。

参考文献:

[1] JTS 144-1—2010 港口工程荷载规范[S].
[2] 张政生, 金香花. 宽支承轨道梁计算系统的开发及结果分析[J]. 港口科技动态, 2006(4): 25-27.
[3] JTS 167-1—2010 高桩码头设计与施工规范[S].
[4] 吴志良. 高桩梁板码头按平面横向排架计算时门机荷载作用取值[J]. 水运工程, 2007(4): 35-42.

(本文编辑 郭雪珍)