



高桩码头结构加固改造技术

戎伟全¹, 周 娜²

(1. 宁波港股份有限公司, 浙江 宁波 315800; 2. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 介绍在宁波港光明码头 1[#]泊位高桩码头加固改造设计过程中, 对平面布置、工艺改造、码头结构加固、岸坡稳定等技术问题进行的研究工作及提出的改造技术方案。该方案在实施期间对现有码头生产运营影响小、技术可靠且经济适用, 可为类似工程提供参考。

关键词: 高桩码头; 加固改造; 适用方案

中图分类号: U 656.1⁺13

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)09-0104-04

Key technology in reinforcement and reconstruction of high-piled wharf

RONG Wei-quan¹, ZHOU Na²

(1. Ningbo Port Group Co., Ltd., Ningbo 315800, China; 2. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: This paper introduces researches on main problems including the layout and working process reform, reinforcement and reconstruction technology and slope stabilization in the reinforcement and reconstruction of built piled wharf of Ningbo Guangming No. 1 berth, and gives the final scheme, which is safe, with less disturbance on the normal work, economical and reliable. Thus it may serve as reference for similar engineering.

Keywords: high-piled wharf; reinforcement and reconstruction; suitable scheme

宁波港光明码头 1[#]泊位靠泊等级偏低, 已不能适应市场需求。为充分利用码头周边岸线资源、提高竞争力, 宁波港决定对 1[#]泊位进行加固改造, 以提升码头靠泊等级、增加码头通过能力。

宁波港光明码头 1[#]泊位是该地区煤炭中转基地的唯一装船出运泊位, 加固改造的技术方案需尽可能减少对现有码头生产运营的干扰, 维持正常运行。本文针对码头结构加固改造中的平面布置、工艺改造、水工结构、岸坡稳定等一系列技术问题深入研究, 最终经技术经济比选, 采用了适宜的改造技术方案。

1 泊位现状^[1]

宁波港光明码头 1[#]泊位原为一个万吨级装船泊位, 于 2011 年建成投产。码头平台长 190 m, 宽

18 m, 顶面高程 5.50 m, 码头前沿泥面高程 -10.9 m。

码头装船工艺采用一台移动式装船机, 轨距 8 m, 悬臂回转半径 26 m, 装船额定能力 2 000 t/h, 设计通过能力 300 万 t/a。

码头采用高桩板梁式结构, 桩基为 $\phi 1\ 000$ mm PHC 桩, 排架间距 9 m, 每榀排架 5 根桩; 码头前沿每榀排架布置 500H 拱型橡胶护舷, 并间隔设置 750 kN 系船柱, 系船柱间距为 18 m。为方便小船系泊, 码头前沿设置下层带缆平台和 450 kN 系船柱 (图 1)。

2 加固改造目标

根据光明煤炭中转基地卸船码头、堆场等整体装卸工艺能力改造要求, 1[#]泊位需改造成靠泊 3.5 万吨级的装船码头, 通过能力为 530 万 t/a。

收稿日期: 2015-01-05

作者简介: 戎伟全 (1964—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水工、工艺、电气工程。

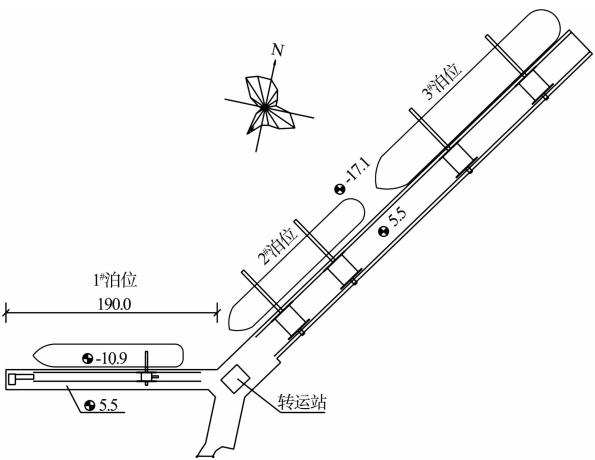


图 1 泊位布置 (单位: m, 下同)

3 改造技术^[2]

3.1 平面布置

1) 码头前沿线外移方案。

码头前沿线外移 13 m, 新建前方桩台与原码头结构连成整体, 利用天然水深满足 3.5 万吨级船舶靠泊 (图 2)。该方案对现有码头生产运营影响较大, 同时需要进行装船机、皮带机、转运站等工艺流程移位改造, 改造工期长且投资费用较高。

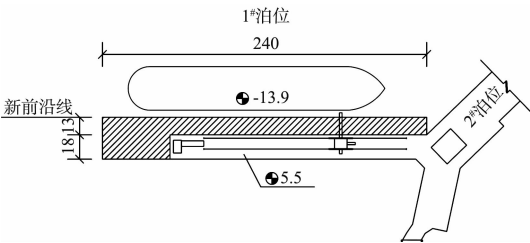


图 2 码头前沿线外移

2) 码头前沿线维持不变方案。

泊位总长度调整为 240 m, 向西扩建 50 m, 并新建 2 座系缆墩; 码头结构后沿局部改造加固, 浚深码头前沿泥面至 -13.90 m。该方案实施过程中能有效减少对原码头生产运营的干扰, 且工程投资较小。

经技术经济综合比选, 平面布置采用码头前沿线维持不变方案 (图 3)。

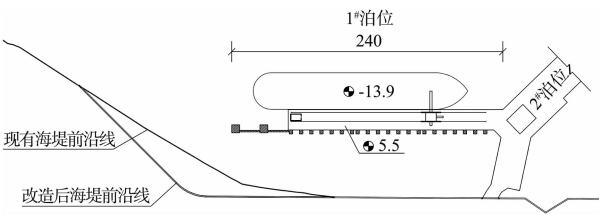


图 3 1#泊位平面布置比选

3.2 工艺改造

随着船型增大, 现有装船机高度和外伸臂不能满足 3.5 万吨级船舶装船需要, 需对现有装船机进行局部改造。装船机回转半径由原 26 m 增加到 30 m, 整体抬高约 4 m; 同时将轨道延长 22.5 m, 使其能够满足 3.5 万吨级散货船的装船要求。本次改造装船机荷载不大于原设计荷载, 轨道梁内力可以满足改造要求。改造后, 设计通过能力为 531.6 万 t/a。

3.3 水工结构改造

3.3.1 新建部分

1#泊位西侧新增 2 座系缆墩, 系缆墩顶面高程 5.50 m, 采用高桩墩台结构, 桩基采用 $\phi 1\ 000$ mm 钢管桩 (部分锚岩), 每个墩台设置 2 个 750 kN 系船柱, 系缆墩通过钢便桥与码头平台和相邻墩台连接。

3.3.2 原水工结构加固改造

1) 分离式墩台方案。

在原码头前沿线外新增 7 座分离式的系、靠船墩台, 用于独立承受船舶的荷载作用,

需局部拆除原码头梁板结构。新建墩台新增 4 根 $\phi 1\ 000$ mm 钢管桩, 现浇上部墩台 (图 4)。本方案设计时充分论证桩基施工的可实施性, 拆除后剩余结构保持稳定体系和受力要求, 系、靠船墩台与原码头是相互独立的结构, 根据计算位移量, 结构交界处应设置伸缩缝保持与原结构有足够的距离, 满足墩台在荷载作用时的结构变位要求。

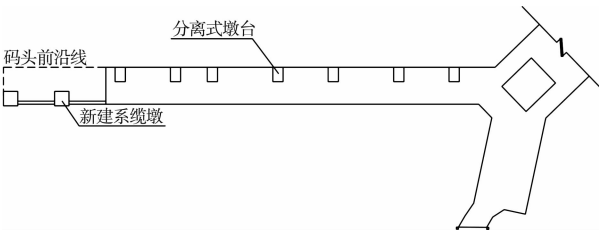


图 4 分离式墩台方案

本方案对原码头的生产运营影响较大，结构改造费用约 1 200 万元，投资较高。

2) 后沿局部加固方案。

原码头每榀排架在后沿新增 1 根 $\phi 1\ 500\ \text{mm}$ 钻孔灌注桩，共计 21 根，浇筑新节点通

过植筋使之与原码头横梁结合成整体（图 5）。该方案可充分利用原结构体系，充分发挥原有桩基承载力，改造位置有效避免码头上皮带机廊道等固定设施拆除。在结构自重永久荷载作用下，结构计算不考虑新、老结构共同作用；对其他荷

载作用下，结构计算将新、老结构作为整体结构共同承担作用；新、老结构之间要有可靠的连接措施。

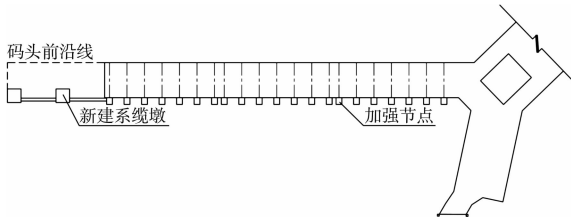


图 5 局部加固方案

鉴于本方案具有对原码头生产干扰小、造价相对低（结构改造费用约 700 万元）的特点，最终实施采用了局部加固方案。

3) 结构验算成果^[3]。

考虑 1[#]泊位是装船泊位，货船基本是空载靠泊，因此用 3.5 万吨级船舶半载来泊撞击能量和满载系泊时的系缆力和挤靠力对结构复核。船舶荷载见表 1。

表 1 3.5 万吨级船舶荷载计算

靠泊方式	最大系缆力/kN	最大挤靠力/kN	最大横摇撞击能量/kJ	载质量/t	排水量/t	靠泊能量/kJ
半载靠泊	621	378	152	22 500	27 820	234
满载靠泊				45 000	55 268	466

码头现有 750 kN 系船柱可以满足系缆要求；现有护舷 500H 超级拱型橡胶护舷（标准反力型）设计吸能 340 kJ，设计反力为 1 582 kN，可以满足 3.5 万吨级船舶半载靠泊需求。

对局部改造的结构内力进行验算。经验算，改造后码头桩基内力小于原设计桩力，结构内力也满足靠泊 3.5 万吨级船舶作业要求（表 2）。

根据本工程地质报告^[1]，钻孔 P7 单桩垂直极限承载力为 5 658 kN，单桩抗拔极限承载力为 1 945 kN，可满足桩基内力要求（表 3）。

表 2 改造前后桩基内力对比

桩	原设计 桩力/kN	加固改造桩力(实施方案)/kN		位移/ mm
		最大值	最小值	
N1	4 773	4 402		
N2	4 453	3 933		
N3	4 852	4 776	-1 273	13.81
N4	5 447	5 122		
N5	4 014	3 122		
N6		2 590		

根据上述结构计算结果，1[#]泊位横梁结构满足靠泊 3.5 万吨级的散货船舶作业要求（图 6）。

表 3 横梁内力

计算 结果	弯矩 $M/(\text{kN}\cdot\text{m})$		抗弯承载 能力/ $(\text{kN}\cdot\text{m})$	最大裂缝 开展宽度/mm	剪力 Q/kN	
	承载能力极限状态	正常使用极限状态			承载能力极限状态	箍筋是否满足
最大值	6 694	3 488	16 259	0.10	4 885	4 ϕ 16 200
最小值	-6 833	-2 891	21 410	0.09		

注：实际配筋：支座：17 ϕ 32，跨中：22 ϕ 32。

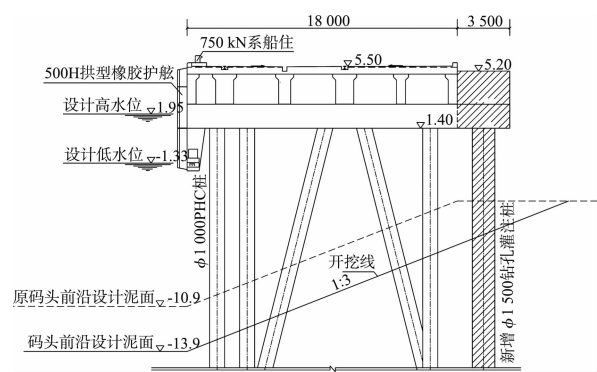


图 6 局部加固改造码头结构 (高程: m; 尺寸: mm, 下同)

3.4 岸坡稳定

1#泊位改造后, 码头和墩台前沿均需浚深至 -13.9 m, 新建系缆墩与原海堤间距最近处约 28 m, 原大堤稳定性不能满足要求, 须采取相应的工程措施。

1) 斜顶桩方案。

维持现有海堤前沿线, 在老海堤海侧浇筑承台结构 (图 7), 承台下打设 OZ 系列钢板桩以及 $\phi 1\ 200$ mm 钢管桩。承台沿海堤连续布置, 断面尺寸 4 m $\times$ 2 m (宽 $\times$ 高), 钢板桩采用 OZ37 钢板桩, $\phi 1\ 200$ 钢管桩间距 3 m 布置, 钢管桩桩顶 2 m 范围内灌注 C35 混凝土。

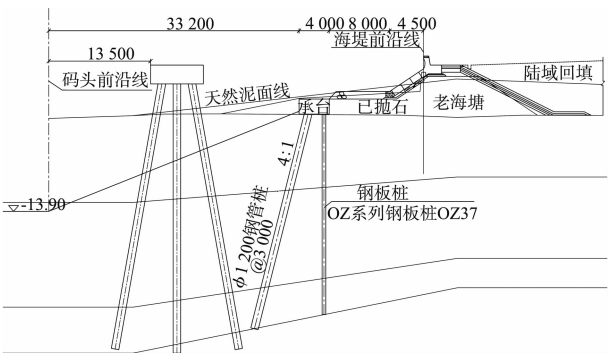


图 7 斜顶桩方案

海堤整体稳定性根据 JTS 147-1—2010《港口工程地基规范》进行计算, 本方案在使用期的抗力分项系数 γ_R 为 1.37, 满足规范要求。方案利用原大堤部分结构, 不改变海堤堤顶线, 但是斜顶桩在工程实践中运用较少, 结构复杂, 施工难度大, 造价高。

2) 海堤后移方案。

将部分老海堤进行改造, 海堤轴线后移, 与

原海堤在停泊水域边线后约 80 m 的位置圆滑连接, 改造长度约 265 m, 后移最大距离约 35 m (图 3、8)。

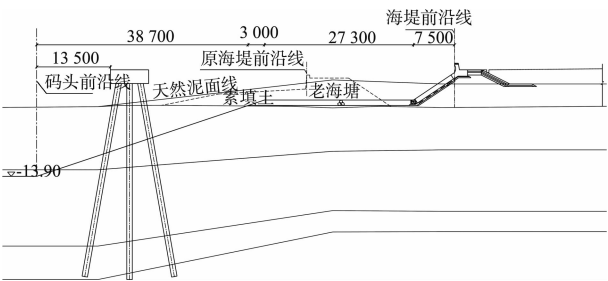


图 8 海堤后移

本方案在使用期的抗力分项系数 γ_R 为 1.35, 满足规范要求。方案需要开挖原大堤, 但是施工简单、造价低, 同时本方案经码头公司与水利部门及规划部门沟通, 也不影响其规划使用功能。综合比选后, 最终采用海堤岸线后移方案。

4 结语

1) 泊位加固改造应根据现状情况、结构特点、使用要求, 技术方案在平面布置和码头加固改造方面开展技术方案讨论, 减少对现有码头生产运营的干扰。

2) 工艺改造利用已有装船机及廊道, 可避免码头上皮带机廊道等固定设施拆除及改造。

3) 码头加固改造前沿水深疏浚时, 应复核对方海堤整体稳定性的影响, 并采取工程措施。

4) 采用了合理的改造方案, 最大程度地减少了对现有码头生产运营的干扰, 节省工程改造投资, 带来良好的经济效益。

参考文献:

[1] 中交第三航务工程勘察设计院. 宁波光明通用泊位工程初步设计说明书[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院, 2008.

[2] 中华人民共和国交通运输部. 码头结构加固改造技术指南(初稿)[S].

[3] JTS 167—2010 高桩码头设计与施工规范[S].

[4] JTS 167—2012 港口工程桩基规范[S].