



# 既有海港高桩码头升级改造方案

吴亮, 陈先威

(中交第一航务工程勘察设计院有限公司, 天津 300222)

**摘要:** 针对老码头无法满足使用需求的问题, 对老码头的升级改造技术进行系统性分析和总结。以南通某通用码头为例, 分析升级改造的特点, 从设计方案论证入手, 对码头改造后的使用年限及功能进行论述。在对老码头结构检测结果分析的基础上, 以实现功能目标为前提确定改造方案, 从结构安全性、使用性和耐久性方面进行必要的技术论证, 并总结码头改造的关键施工方案。研究成果可为类似码头的升级改造提供参考。

**关键词:** 港口; 高桩码头; 升级; 改造

中图分类号: U655.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)04-0088-06

## Upgrading and reconstruction schemes of existing seaport high-pile wharves

WU Liang, CHEN Xianwei

(CCCC First Harbor Consultants Co., Ltd., Tianjin 300222, China)

**Abstract:** In view of the problem that the old wharf can not meet the use demand, the upgrading technology of the old wharf is systematically analyzed and summarized. Taking a general wharf in Nantong as an example, this paper analyzes the characteristics of upgrading and reconstruction, and discusses the service life and function of the wharf after the reconstruction from the demonstration of the design scheme. Based on the analysis of the test results of the old wharf structure, the reconstruction scheme is determined on the premise of realizing the functional objectives, and the necessary technical demonstration is carried out from the aspects of structural safety, usability and durability. In addition, the key construction schemes for wharf reconstruction are summarized. The research results can provide reference for the upgrading of similar wharves.

**Keywords:** port; high-pile wharf; upgrading; reconstruction

随着水运行业的发展和造船技术的提高, 船舶大型化是必然的发展趋势。为满足靠泊需求, 港口需提供高等级大吨位码头, 而国家有限的岸线资源应集约化利用, 新建码头的数量也要予以控制, 对既有码头进行升级改造则成为港口发展的重要方式。改造既有码头相比于新建码头具有更大的难度, 对码头升级改造技术进行研究具有重要的现实意义。

JTS/T 172—2016《码头结构加固改造技术指南》指出, 高桩码头结构加固改造可采用设置分离

式墩台、前方桩台、柔性靠船桩或局部加固、板桩加固、调整护舷等方式<sup>[1]</sup>。目前, 国内已有不少码头进行了改造施工, 前人也进行了一些技术研究。俞红等<sup>[2]</sup>对上海港高桩码头结构升级改造方式进行归纳总结。朱鹏宇等<sup>[3]</sup>以上海港主要码头结构加固改造为例, 介绍了基于靠泊等级提升的高桩梁板码头结构加固改造方法。孟晓宁等<sup>[4]</sup>、丁杰等<sup>[5]</sup>对国内高桩码头结构加固改造常用方案进行总结分析。苏祥芳<sup>[6]</sup>介绍了新型加固方法, 即结构混凝土粘钢加固和碳纤维布加固。此外,

收稿日期: 2024-05-31

作者简介: 吴亮 (1973—), 男, 高级工程师, 从事工程技术和工程项目管理工作。

前人对高桩码头改造施工的沉桩技术、沿江高桩码头的改造和码头的老化机理及病害评估进行了专业的研究<sup>[7-9]</sup>,英鹏明<sup>[10]</sup>运用项目管理、风险管理、数理统计等理论和方法,对老码头改造项目可能存在的风险因素进行分析识别和评价。作为升级改造项目,每个码头都是独立的个体,既有条件不同,改造方式也不尽相同,采用的技术措施也各有特点。

## 1 工程概况

南通某港口老码头建于2008年,设计吞吐量为80万t/a,码头外档为1万吨级通用泊位,内档为工作船舶位。随着经济的发展,临港区域存在大量的石材、钢铁、建材等货物需要水路运输,由于运输船型较大且货物运输需求规模较大,现有码头条件无法满足使用需求,亟需对老码头进行改扩建,升级改造码头功能,提升港口的货运能力。

## 2 升级改造的技术特点

### 2.1 水域环境潮差大

码头位于距陆地12 km的人工岛周边无掩护海域,通过引桥与岛相连。所处海域潮流性质为规则半日潮,海流为往复流,在水文观测阶段最大潮差达7.05 m。根据以往施工经验,在中秋大潮时,潮差将超过8 m。在如此大的潮差环境下施工,难度较大。

### 2.2 改造规模大

从码头面积看,老码头面积较小,改造后面积是改造前的4倍多。码头等级方面,老码头外档从1万吨级泊位升级为5万吨级泊位,内档从工作船舶位升级为5 000吨级泊位。码头升级改造后,吞吐量将从80万t/a提升至300万t/a。

### 2.3 改造施工难度大

老码头加长124 m,并向内档一侧扩建40.5 m,

结构设计时,除了要对既有码头结构进行技术论证,还要保证新建结构与既有结构的合理结合,以保证整体结构的安全。老码头内档靠泊工作船,布置有靠泊设施,需进行改造处理,确保新老结构衔接。此外,由于港口作业任务繁忙,老码头在改扩建过程中不能停止运营,须对施工组织合理安排。

码头结构加固改造设计方案应综合考虑结构状况、自然条件、使用要求、施工条件、周边环境等因素,做到技术可靠、经济合理、施工方便。

## 3 设计方案论证

### 3.1 改造后的设计使用年限

老码头于2008年建成并投入使用,原设计使用年限为50 a,码头结构安全等级二级。在改造设计前,对老码头结构及其附属设施进行了多项检测,结果显示码头结构总体稳定。此次改造码头按永久性水工建筑物考虑,结构安全等级为二级,结构重要性系数 $\gamma_0=1.0$ ,新建构筑物设计使用年限为50 a,老码头设计使用年限维持原设计。

### 3.2 改造后的码头功能

根据使用需求,码头可运输纸浆、钢铁、石材等件杂货、砂石等散货以及集装箱,为了满足这些功能,须对不同货物设计不同的运输流程。1) 件杂货:船→门座起重机(吊钩)→牵引平板车→后方场区;2) 散货:船→门座起重机(抓斗)→移动钢漏斗→自卸车→后方场区;3) 集装箱:船←→多用途门座起重机(集装箱吊具)←→集装箱拖挂车←→后方场区。

基于工艺流程,为充分利用岸线和海域资源,提高港口的吞吐能力,码头改造后内外两侧均停靠运输船,运输车流进出码头道路独立布置。改造后码头总平面布置见图1,码头运输车流组织见图2。改造后,码头吞吐量将从80万t/a提升至300万t/a,分货类吞吐量见表1。

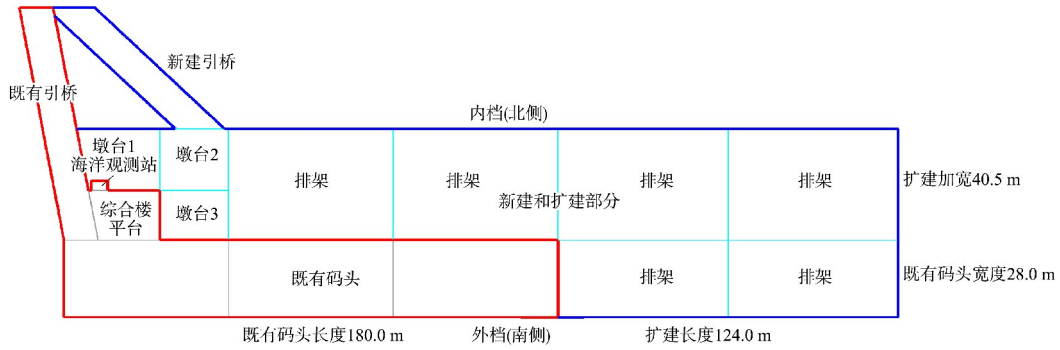


图 1 改造后码头总平面布置

Fig. 1 General layout of wharf after reconstruction

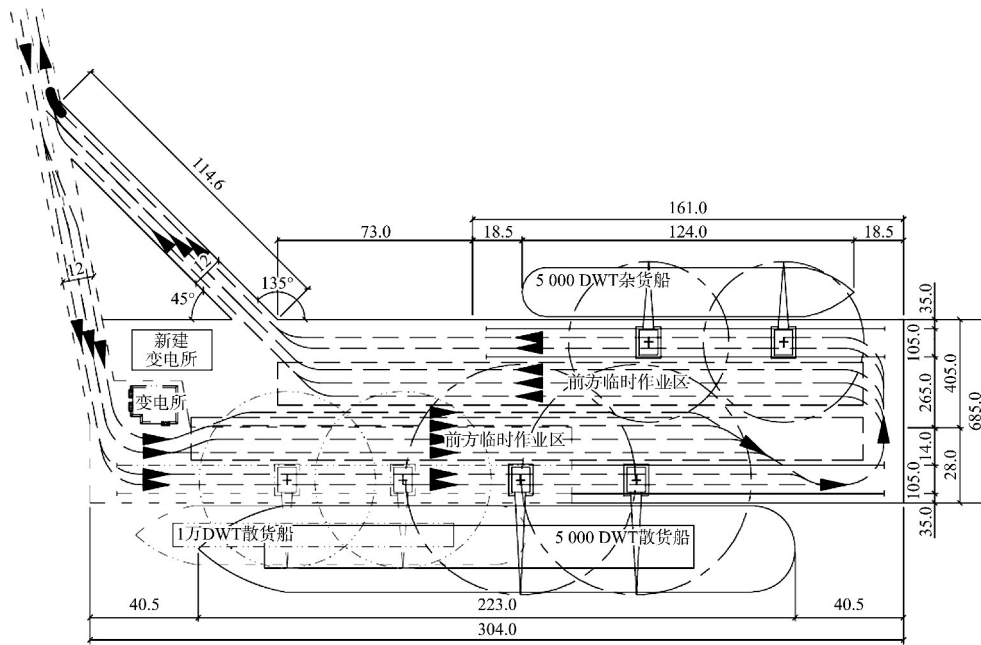


图 2 改造后码头运输车流组织 (单位: m)

Fig. 2 Organization of transportation cargo vehicle flow of wharf after reconstruction (unit: m)

表 1 改造后码头分货类吞吐量

Tab. 1 Cargo throughput of wharf after reconstruction

货种	进口/万 t	出口/万 t	合计/万 t
纸浆	120	-	120
钢铁	50	-	50
砂石	50	-	50
石材	30	-	30
集装箱	25	25	50
合计	275	25	300

### 3.3 改造方案

改造方案设计应全面分析和评估老码头现有设施状况, 尽可能利用码头现有设施, 最大限度减少对既有结构的改变, 减少工程量, 降低工程

造价。针对老码头既有结构, 进行如下改造:

1) 系船柱。对原有系船柱进行保留, 避免不必要的拆改。为满足大船系缆需求, 在横梁处新增 1 000 kN 系船柱。

2) 橡胶护舷: 考虑到靠船构件尺寸和受力的限制, 将既有的 SA600×2000H 橡胶护舷更换为吸能大反力小的 CF900 锥型橡胶护舷。

3) 回旋水域和停泊水域: 码头处于无掩护的开敞水域并且受水流影响较大, 回旋圆按椭圆形布置, 其长轴直径按 2.5 倍设计船长、短轴按 2 倍设计船长设计。码头前沿停泊水域按照 2 倍设计船宽控制。

### 3.4 老码头结构性能论证

#### 3.4.1 结构安全性

高桩码头结构安全性评估项目包括上部结构构件及桩基承载力验算。主要评估单元包括桩基、横梁、轨道梁、靠船构件、面板。作用在码头结构上的荷载包括 5 个方面: 1) 建筑物结构的自重力; 2) 工艺荷载, 包括均布荷载、流动机械、门座式起重机; 3) 船舶作用荷载; 4) 波浪作用荷载; 5) 地震荷载。

按照规范要求, 采用多种荷载组合对码头结

构进行核算, 上部构件(横梁、轨道梁、靠船构件、面板、连系梁)的抗力值与承载能力极限值的比值均大于 1。对钢管桩的最大压桩力、最大拉桩力和钢管桩应力进行验算, 其抗力值与承载能力极限值的比值也均大于 1。码头上部结构和桩力计算结果见表 2、3。由安全性验算可知, 码头上部结构构件(横梁、轨道梁、面板、靠船构件等)和桩基承载力均满足升级改造后的安全性要求, 评估单元安全性评估等级为 A 级。

表 2 码头上部结构计算结果

Tab. 2 Calculation results of wharf superstructure

构件名称	最大正弯矩 $M_{max}/(kN \cdot m)$		最大负弯矩 $M_{min}/(kN \cdot m)$		剪力/kN		扭矩 $M_{扭}/(kN \cdot m)$	
	承载能力极限值	抗力值	承载能力极限值	抗力值	承载能力极限值	抗力值	承载能力极限值	抗力值
横梁	10 796	24 579	-8 265	-11 207	-	-	-	-
轨道梁	5 878	8 851	-4 487	-8 017	3 358	3 370	-	-
面板	x 面	85.0	391.7	-121.4	-372.6	-	-	-
	y 面	146.5	391.7	-151.5	-291.8	-	-	-
靠船构件	5 452	6 382	-	-	2 726	4 038	3 099	3 401
连系梁	2 486	5 362	-1 645	-4 311	1 378	3 291	-	-

表 3 码头桩力主要计算结果

Tab. 3 Main calculation results of wharf pile force

名称	最大压桩力/kN		最大拉桩力/kN		钢管桩应力/kPa	
	承载能力极限值	抗力值	承载能力极限值	抗力值	承载能力极限值	抗力值
排架	5 308	5 700	2 973	3 008	155	295

#### 3.4.2 码头使用性

使用性评估项目包括结构变形与变位、轨道、停靠船及防护设施情况。根据老码头检测结果计算分析可知, 老码头整体完好, 变形、变位未超出设计允许范围, 满足规范要求, 但停靠船及防护设施需进行修补或替换。另外, 对横梁、轨道梁、连系梁、面板和靠船构件的裂缝进行验算, 裂缝宽度计算值均小于裂缝规范允许值, 结构使用性判定为 A 级, 即建筑物整体完好, 变形变位均在设计允许范围内, 不必采取措施。

#### 3.4.3 码头耐久性

老码头建设时, 按照设计要求对钢管桩和混凝土构件进行了防腐处理, 目前尚在正常寿命内, 耐久性评估为 A 类, 材料劣化度符合 A 级标准规定, 耐久性满足设计使用年限要求。

### 4 关键施工方案

#### 4.1 大潮差施工要点

大潮差海域涨落潮水流流速大, 对沉桩及吊装作业影响大。为保证施工安全顺利进行, 在预算范围内应尽可能选择大型设备, 尤其是沉桩船、起重船等关键设备, 确保船舶能够稳定作业。沉桩完成后应及时进行夹桩, 避免桩基受潮水影响倾斜移位。码头前沿靠船构件安装位置受潮水影响严重, 必须采取可靠的安装方式, 保证桩基和靠船构件的稳定, 码头施工夹桩见图 3。

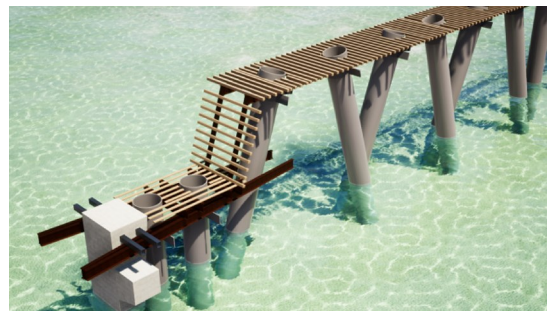


图 3 码头夹桩

Fig. 3 Wharf pile clamping



### 4.2 靠船构件安装

单个靠船构件预制部分质量超过 26 t，应采取预留孔洞穿担杠的安装方式，见图 4。施工要点：  
 1) 靠船构件安装尽量选在低潮风平浪静时进行；  
 2) 安装后靠船构件宜高出设计高程 1 cm，用于抵消上部混凝土浇筑后引起的下沉量；  
 3) 靠船构件位置低，受潮水影响大，在和下横梁全部浇筑为一体前结构薄弱，应及时与临近的靠船构件连接，组成立体空间结构。

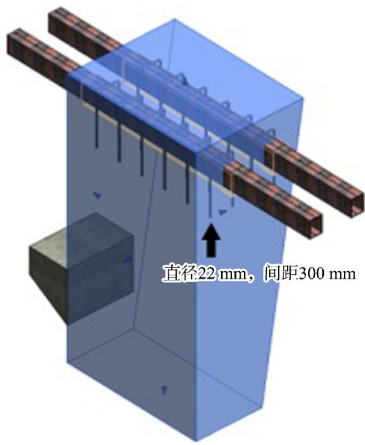


图 4 靠船构件安装方式

Fig. 4 Installation method of ship-berthing components

### 4.3 新老结构衔接

老码头加宽部位断面见图 5，为与新建结构衔接，码头内档工作船舶位需拆除部分面板、楼梯和护轮坎等混凝土结构，并新建后边梁及后边板。另外，需拆除内档的护舷、9.5 m 高程系船柱、栏杆等附属设施的处理方式见图 6、7。现场使用绳锯对各部位进行切割。

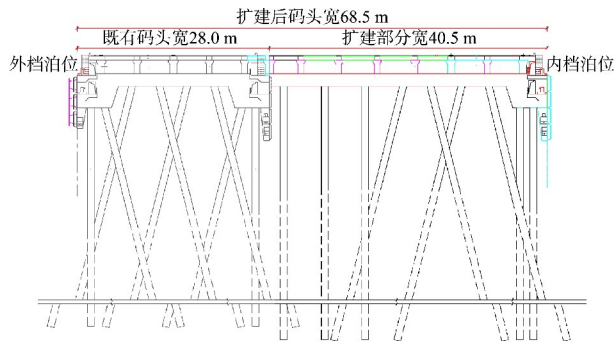


图 5 老码头加宽部位断面

Fig. 5 Section of widening part of old wharf



注：方框内为切除或拆除部位。

图 6 内档切除或拆除部位

Fig. 6 Cutting or demolition parts of inner side

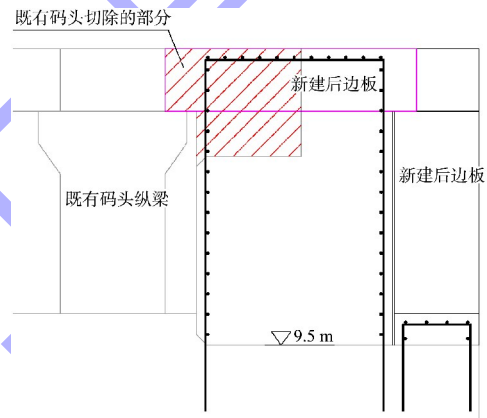


图 7 老码头结构的切除部位

Fig. 7 Cut-off parts of old wharf structure

### 4.4 绿色低碳措施

码头改造要统筹考虑资源、能源、环境等要素，主要体现在：  
 1) 雨污水收集。在码头扩建部分新建雨污水收集池，收集的雨污水经池内设置的潜水排污泵提升至陆域进行处理；  
 2) 新增岸电设施。对码头原有变电所进行扩容改造，码头上增设集装箱式变电站和岸电插座箱，使船舶停靠期间可以使用岸电代替自有燃油发电机，保护港区环境；  
 3) 桩基优化。根据不同高度桩基受力的不同，对不同高度钢管桩采用不同的壁厚，减少资源投入。

### 5 结论

1) 老码头的改造要在充分研究的基础上进行，

在进行改造方案设计前,要对老码头结构进行检测评估,以确定升级改造的可行性。

2) 基于老码头的检测情况,并结合原设计图纸对升级后码头的结构内力进行计算,以确定加固方案,确保升级改造后结构安全可靠。

3) 老码头的改造要尽量保留既有结构,避免不必要的破坏,应特别关注新增部分与既有结构连接部位的施工,保证施工质量。

4) 老码头的升级改造必须采用适宜的绿色低碳技术,实现水运行业的绿色发展。

#### 参考文献:

- [1] 码头结构加固改造技术指南: JTS/T 172—2016[S]. 北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.  
Guidance for strengthening and renovation of wharf structure: JTS 215-2016 [S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2016.
- [2] 俞红,童志华,朱鹏宇.高桩码头升级改造前后结构受力对比分析[J].交通与港航,2014(6):45-49,69.  
YU H, TONG Z H, ZHU P Y. Comparative analysis of structural stress of high pile wharf before and after upgrading [J]. Communication & shipping, 2014 (6): 45-49, 69.
- [3] 朱鹏宇,杨靖培.基于靠泊等级提升的高桩梁板码头加固改造方法[J].水运工程,2016(6):99-105.  
ZHU P Y, YANG J P. Method of reinforcement and reconstruction for beam-slab high-piled wharf to improve berthing capacity [J]. Port & waterway engineering, 2016(6): 99-105.
- [4] 孟晓宁,边树涛.高桩码头结构加固改造常用方案[J].水运工程,2015(4):120-125.  
MENG X N, BIAN S T. Common schemes for reinforcement and reconstruction of high-piled wharf [J]. Port & waterway engineering, 2015(4): 120-125.
- [5] 丁杰,刘玉姣.高桩码头加固技术研究综述[J].湖南交通科技,2022,48(1):148-152.  
DING J, LIU Y J. Review on strengthening technology of high piled wharf [J]. Hunan communication science and technology, 2022, 48 (1): 148-152.
- [6] 苏祥芳.码头加固改造方法解析[J].中国水运,2019(8):91-92.  
SU X F. Analysis of wharf reinforcement and reconstruction methods [J]. China water transport, 2019(8): 91-92.
- [7] 高琦,罗建春.高桩码头改建沉桩施工技术[J].珠江水运,2021(9):19-20.  
GAO Q, LUO J C. Piling construction technology for reconstruction of high piled wharf [J]. Zhujiang water transport, 2021(9): 19-20.
- [8] 白如冰,方海东,王姣.江苏沿江高桩码头加固改造设计关键点研究[J].中国水运(下半月),2015,15(11):276-277.  
BAI R B, FANG H D, WANG J. Research on key points of reinforcement and renovation design of high piled wharf along the Yangtze River in Jiangsu Province [J]. China water transport (second half of month), 2015, 15 (11): 276-277.
- [9] 陈秀瑛.港口码头的老化机理与病害评估[J].水运工程,2010(2):95-98.  
CHEN X Y. Aging mechanism and disease assessment of wharves [J]. Port & waterway engineering, 2010 (2): 95-98.
- [10] 英鹏明.基于模糊综合评价法的老码头改造项目风险评估研究[D].天津:天津大学,2015.  
YING P M. The old wharf renovation project risk assessment studies based on fuzzy comprehensive evaluation [D]. Tianjin: Tianjin University, 2015.

(本文编辑 王传瑜)