



货种变化及老码头结构改造下给排水、 消防系统设计要点

王浩冉, 唐 玮, 杨粤茗

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 随着国内经济发展和环境保护要求不断提高, 老旧码头智能化、清洁化改造成为热点。以上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程为例, 对码头货种变化和结构改造等限制因素下给排水、消防设计要点进行论述。通过对比分析码头货种改变前后码头给排水、消防设施的差异, 提出宜优先考虑对老码头的消防、雨水系统设施利旧原则。通过优化给排水、消防管线布置及安装方式, 利用老码头原坑洞、牛腿、横梁等老结构, 减少码头改造后水工结构中给排水、消防设施坑洞、牛腿等尺寸和位置繁多而复杂的问题。同时, 对比总结现状码头压载水处理技术优缺点, 从保护长江和海洋生态环境角度, 提出预留码头压载水接收管线和处理设施方案, 可为同类型老码头改造项目提供参考。

关键词: 老码头改造; 给排水; 消防设计; 自动化集装箱码头; 散货码头; 压载水

中图分类号: U652.7

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)S1-0144-07

Key points of design of water supply-drainage and fire fighting systems under structural transformation of old wharf and change of cargo type

WANG Haoran, TANG Wei, YANG Yueming

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

Abstract: With the continuous improvement of the domestic economic development and the increasing requirements for environmental protection, the intelligent and clean transformation of old terminals has become a hot topic. Taking phase I automated container terminal renovation project in Luojing port area of Shanghai Port as an example, the key points of water supply-drainage and fire fighting design under restrictive factors such as the change of the terminal cargo type and structural transformation are discussed. By comparing and analyzing the differences of water supply-drainage and fire fighting facilities before and after the change of cargo type at the terminal, it is concluded that in the renovation of old terminals, the principle of benefiting fire fighting and rainwater systems of old terminal should be given priority. By optimizing the layout and installation of water supply-drainage, as well as fire fighting pipelines, we will benefit the old structures such as potholes, corbel, and beams of old wharfs, so as to avoid the numerous and complex problems of water supply-drainage, fire fighting facility potholes, and corbel in the hydraulic structure after the dock renovation. At the same time, the advantages and disadvantages of the current dock ballast water treatment technology are compared and summarized. From the perspective of protecting the ecological environment of the Yangtze River and the marine, a plan for reserved dock ballast water receiving pipelines and treatment facilities is proposed, which can provide reference for renovation projects of similar old terminals.

Keywords: renovation of old terminal; water supply-drainage; fire fighting design; automated container terminal; bulk cargo terminal; ballast water

收稿日期: 2025-05-15

作者简介: 王浩冉(1995—), 男, 硕士, 工程师, 从事给排水设计工作。

近年来,老码头改造逐渐成为城市更新和产业升级的重要组成部分^[1-2]。上海国际航运中心作为我国沿海重要的集装箱枢纽港,一直维持港口集装箱吞吐量中高速增长趋势,两翼港口占比稳步提升^[3]。随着上海国际航运中心集装箱吞吐量不断增长,为缓解上海港“十四五”期间集装箱能力瓶颈压力,实施上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程(简称罗泾改造一期工程)。罗泾港区集装箱码头位于上海市宝山区罗泾镇,长江口南支河段南岸,是全新一代自动化集装箱码头。该工程利用原上海港罗泾港区煤炭散货码头,通过对原有水工建筑进行改造,将原煤炭码头改造为自动化集装箱码头,货种为普通集装箱^[4]。

罗泾改造一期工程码头货种由散货改为集装箱,将老码头部分水工结构进行改造利旧,对码头给排水、消防系统设计造成较大困难。目前,国内研究主要聚焦相似货种码头改造过程中的给排水、消防设计,如刘荣花等^[5]以某海港油品码头改造为液化烃码头工程为背景,从给排水、消防设施的匹配性角度,探讨改造过程中的关键设计要点,并确定相应的改造方案。散货码头改造主要通过工艺升级改造来提高现状散货码头运输能力、环保和节能增效。邹玉光等^[6]从技改原则、总平面布置、装卸工艺、水工建筑物、环保等方面对散货码头的技术改造方案进行总结分析,提出散货码头改造技术与实践路线。针对码头货种变化及老码头结构改造双重限制影响下的给排水、消防设计研究较少。

针对码头货种变化及老码头结构改造等限制因素,本文通过对比研究货种变化对码头给排水、消防设备设施影响,结合老码头结构优化给排水、消防管线平面布置,提出优先利旧消防、雨水系统设施、优化管线平面布置、利旧老码头结构和预留码头压载水接收系统的设计思路,并对码头

压载水处理方式对比,以期为同类型老码头改造及自动化集装箱码头给排水、消防设计提供经验和参考。

1 工程特点分析

1.1 工程概况

罗泾改造一期工程为功能调整改造项目,工作内容为将原罗泾作业区煤炭功能区全部水域、陆域和矿石功能区部分陆域改造为集装箱功能区,改造后码头平面呈反 F 形布置,分前、后、内 3 档布置,其中前档建设 1 个 10 万吨级集装箱泊位,泊位总长度 712.1 m,可同时靠泊 2 艘 7 万吨级集装箱船或者 1 艘 10 万吨级和 1 艘 3 万吨级集装箱船;10 万吨级集装箱码头背侧(后档)建设 2 个 1 万吨级集装箱泊位,泊位长度 360 m;原煤炭装船码头位置(内档)建设 2 个 1 万吨级集装箱泊位,泊位长度 360 m。工程设计吞吐量为 260 万 TEU/a^[7],码头设置 5[#]、6[#]变电所平台。码头平面布置见图 1。

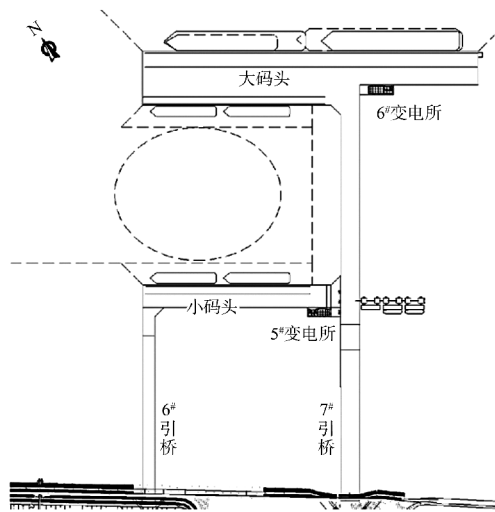


图 1 码头平面布置

Fig. 1 Plane layout of terminal

1.2 货种改变影响分析

根据罗泾改造一期工程改造前后货种变化,改造前后码头区域给排水、消防系统及设施对比见表 1。

表 1 码头改造前后给排水、消防系统对比

Tab. 1 Comparison of water supply-drainage and fire fighting system before and after terminal renovation

货种	船舶上水系统	消防系统	生活污水系统	冲洗除尘系统	雨水系统	生产污水系统	船舶污染物接收系统	船舶压载水系统
煤炭	上水栓箱	消火栓箱/消火栓井	无	冲洗栓箱/冲洗卷盘	初期雨水收集	生产污水收集	无	无
集装箱	上水栓井	消火栓箱/消火栓井	生活污水管线 生活污水集水池	无	清洁雨水外排； 集装箱大码头右侧预留初期雨水收集	无	委托有资质的单位 进行接收处置	无

由表 1 可知，码头改造完成，罗泾码头装运货种由煤炭变为集装箱。货种改变影响船舶上水形式，码头船舶上水由上水栓箱改为上水栓井，老码头上水栓箱不能利旧；消防系统中消防最大时消防水量和最大一次消防水量发生变化，老码头消防管线不能利旧，老码头消防设施(室外消火栓或消火栓箱)经专业检测合格后，可进行利旧。改造后码头面集装箱作业为清洁作业，雨水可直接排放，为保留大码头右侧改造为码头危险品集装箱的可能性，需在该处预留初期雨水集水池。对大码头右侧原排水沟、集水池进行利旧；集装箱码头不需设置冲洗除尘系统。老码头改造过程中，通过分析货种的变化，确定配备相应的给排水、消防系统及设施，原码头消防系统、雨水系统设施经专业检测合格后，可优先考虑利旧。

1.3 水工结构改造影响分析

刘淑晓^[8]根据船舶停靠、码头工艺布置等将码头及引桥的管道安装分为 4 种，分别为明装、管沟敷设、暗装和架空安装。原罗泾煤炭码头水工结构为高桩梁板结构，引桥为预应力空心板梁结构；原引桥给排水、消防管线沿皮带机廊道明装，原码头给排水、消防管线为架空和暗装安装。改造后，引桥给排水、消防管线采用明装，码头给排水、消防管线为暗装和明装安装。

在水工结构改造过程中，码头区域水工结构更具有利旧可行性，根据原罗泾散货煤炭码头水工结构特点、水工结构拆除方案和给排水、消防系统设置方案，分析对比后确定将大码头右侧原排水沟、集水池进行利旧；码头、引桥部分横

梁、纵梁以及墩台牛腿利旧，用于给排水、消防管线固定。老码头改造过程中，根据老码头水工结构及码头给排水、消防设施特点，可通过优化给排水、消防设施平面布置，对原码头给排水、消防设施孔洞、牛腿等未改造的水工结构进行利旧。

1.4 环评预留要求

上海港罗泾港区位于上海市宝山区罗泾地区境内，长江口南支河段南岸、陈行水库下游。为保证水库水质安全，船舶生活污水和含油污水由专业部门进行接收处置；船舶压载水性质与船舶运送的货种有关，混迹于船舶压舱水的生物入侵危害主要来自于进港外贸船舶，所有国际航行船舶均需设置压载水处理装置。

任志杰^[9]在青岛港董家口港区原油码头二期工程绿色设计中提出码头设置压载水生物灭活处理装置的绿色设计策略和技术措施，可达到保护生态环境、资源综合循环利用的目的。工程码头无外贸船舶靠岸，故不考虑船舶压载水接收，但结合码头生产需求考虑，为满足后续码头接收压载水功能，保护长江和海洋生态环境，码头预留压载水接收系统功能。

2 码头给排水、消防设计要点

2.1 码头给排水、消防设计概述

根据码头功能需求及环评要求，工程码头区域共设置 3 套给排水、消防系统，见图 2。

码头生活给水系统接自陆域生活给水系统，管道呈枝状布置，为码头船舶提供船舶上水。

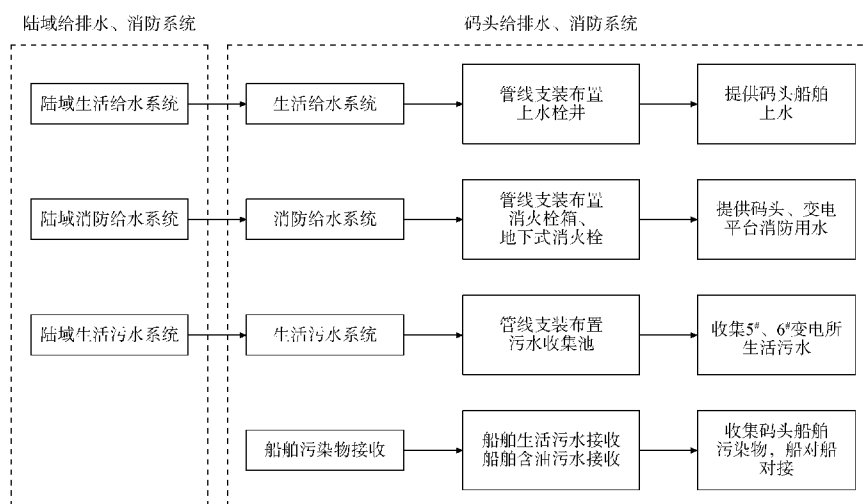


图2 给排水、消防系统

Fig. 2 Water supply-drainage and fire fighting system

码头装卸货种为普通集装箱, 火灾危险性为丙类, 罗泾改造一期工程陆域总面积(含码头及陆域) < 100 ha, 同一时间按发生一次火灾考虑。码头区域消防最不利工况为码头平台发生火灾, 码头区消防给水系统呈枝状布置, 沿护轮坎外侧、水工平台下方支腿明装敷设, 在引桥、小码头和大码头右侧单侧靠船区域设置消防栓箱, 大码头左侧为双侧靠船区域, 为满足码头双侧消防需求, 在大码头左侧中部设置地下式消防栓井。

在变电所平台(5#、6#变电所)上各设置1座污水收集池, 变电所内生活污水由管网收集后暂存于污水收集池内, 经水泵提升至陆域生活污水系统。

根据《上海港罗泾港区集装箱改造一期工程环境影响报告书》要求, 码头区域可不设置船舶污水

(生活污水、含油污水和压载水)接收设施。船舶舱底油污水和生活污水由专业部门处置。码头正常作业时, 禁止人工驾驶车辆进入港区作业区, 船舶污染物采用船对船方式进行接收。

2.2 管位及功能预留

为满足后续码头船舶压载水接收需求, 预留船舶污水接收设施及配套管位。根据使用需求, 为保留大码头右侧改造为危险品集装箱码头可行性, 对大码头右侧原集水池、排水沟进行利旧, 并新建排水沟和集水池, 用作后续该区域码头初期雨水收集, 同时预留初期雨水管位^[10]。码头整体预留船舶压载水接收井设施和船舶压载水接收系统 DN250 管道管位; 大码头右侧预留初期雨水收集及初期雨水系统 DN200 管道管位, 引桥典型断面预留管位布置见图3。

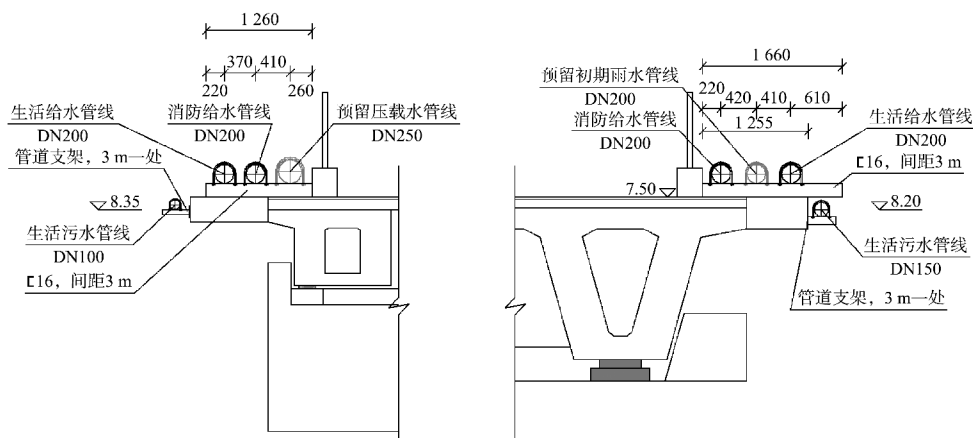


图3 引桥典型断面预留管位布置 (高程: m; 尺寸: mm)

Fig. 3 Layout of reserved pipe positions in typical section of approach bridge (elevation: m; dimension: mm)

2.3 水工结构利旧

2.3.1 管位利旧

码头给排水、消防系统设计中，通过分析给排水、消防管道平面布置与老码头现有牛腿位置，利用老码头、引桥加固区域横梁、纵梁及墩台处已建牛腿作为给排水、消防管道暗装支撑，横梁处牛腿利旧见图4。通过优化给排水管线布置，对大码头右侧和小码头部分横梁牛腿进行利旧，用于码头给排水、消防管线安装支撑。大码头右侧区域已建横梁及牛腿未拆除，通过优化船舶上水管线(DN200)平面布置，利用C5管卡、12#槽钢与横梁牛腿进行固定，可利用已建横梁牛腿作为船舶上水管线支撑。

2.3.2 设施利旧

老码头改造中应根据码头结构升级改造前后的特点^[11]，对大码头右侧排水沟、集水池进行利旧。大码头右侧排水沟、集水池平面布置见图5，集水池断面见图6。

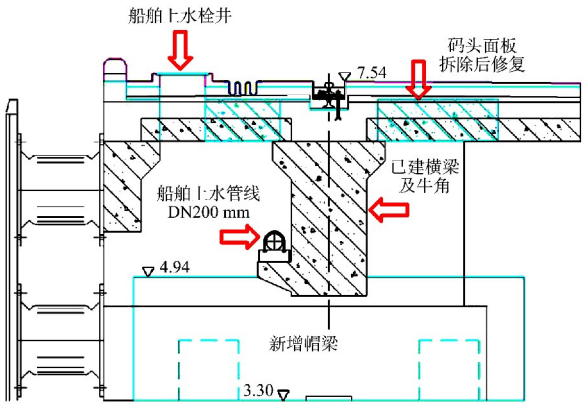
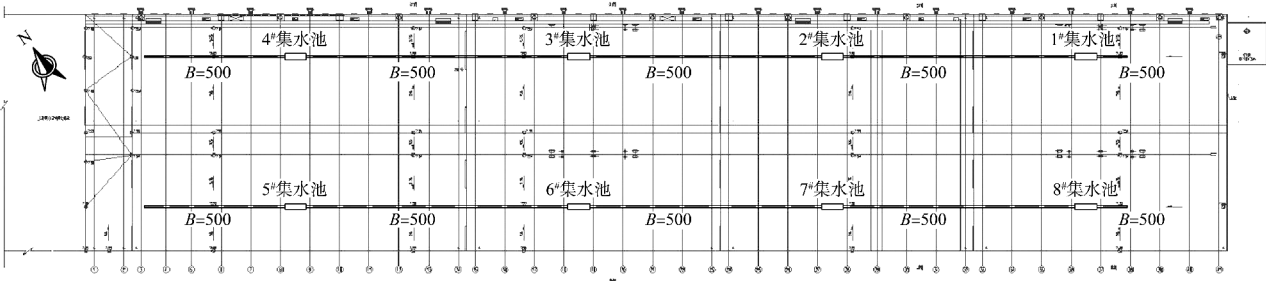


图4 码头横梁及牛腿利旧 (单位: m)

Fig. 4 Reuse of the dock beams and corbel (unit: m)

大码头右侧设置1#~8#集水池和2条排水沟，单个集水池尺寸为5.1 m×1.5 m×2.59 m(长×宽×高)，排水沟宽0.5 m、高0.7 m。1#~4#集水池和北侧排水沟均为利旧设施，5#~8#集水池和南侧排水沟为新建排水设施，以保留后续大码头右侧改造为码头危险品集装箱的可行性。



注: B 为集水池宽度。

图5 排水沟、集水池平面布置 (单位: mm)

Fig. 5 Layout of drainage ditches and water collection pools (unit: mm)

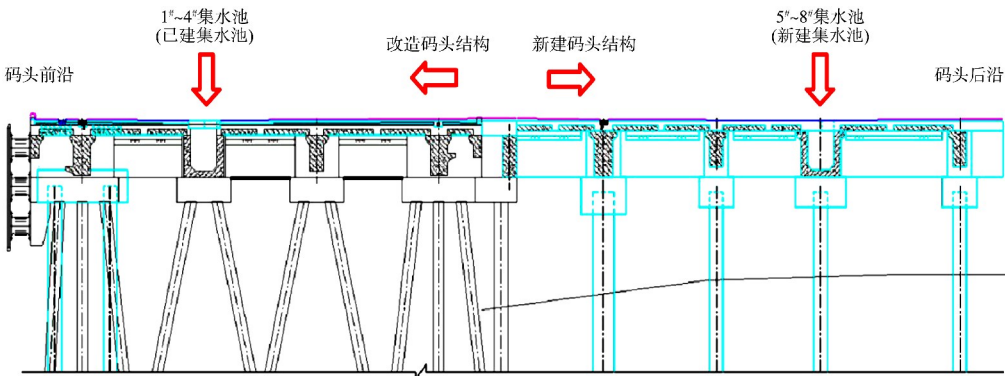


图6 集水池断面

Fig. 6 Cross section of water collection pools

2.4 码头压载水接收系统

工程不接收外贸船舶压载水, 为保留后续可能增加的船舶压载水的上岸可行性, 码头整体预留设置船舶压载水接收井, 并预留相应管线安装管位。

目前国内外船舶压载水的处理方法主要有压

载水更换、航行中热处理、过滤、紫外辐射、化学处理等手段。压载水在码头被接收后, 需要进行处理方能排放, 常用的码头压载水处理工艺主要有“过滤+紫外”和“过滤+氧化”两种方式, 其工艺特点见表 2。

表 2 不同码头压载水处理工艺对比
Tab. 2 Comparison of different dock ballast water treatment processes

工艺	技术原理	优点	缺点
过滤+紫外	机械过滤除去大体积生物, 紫外线照射后, 微生物细胞内 DNA 和 RNA 中的碱基产生光化学反应, 形成化学二聚体, 在细胞分裂中组织 DNA 或 RNA 链的复制, 进而杀灭压载水的微生物和致病菌	纯物理方式, 不添加化学成分, 灭活过程中不产生二期污染, 设备运行操作简单	耗电量高, 初次投资高
过滤+氧化	机械过滤除去大体积生物, 通过电解、光催化或电催化技术, 产生羟基或次氯酸钠, 进而杀灭压载水的微生物和致病菌	耗电量较紫外工艺略低, 初次投资低, 船舶内运用较多	处理时间长, 工艺复杂, 工艺流程较多

目前, 上海洋山港三期工程洋山港区依据“即时处理、即时排放、船舶不滞港”原则, 采用“过滤+紫外”的码头压载水处理工艺, 处理后出水满足《压载水公约》中压载水 D-2 排放标准; 青岛港董家口港区原油码头二期工程配置处理规模为 500 m³/h 的压载水处理装置, 压载水处理工艺采用“过滤+氧化”, 外贸船舶压载水经压载水生物灭活处理后各项水质指标均可达到《压载水公约》中压载水 D-2 排放标准。码头压载水工艺选用过程中, 应综合考虑投资费用、使用频率、环境影响等因素, 通过对比分析两种码头压载水处理工艺优缺点, 最终确定码头压载水处理工艺。

3 结语

- 1) 在老码头改造过程中, 优先考虑对老码头消防、雨水系统设施进行利旧。
- 2) 根据老码头原水工结构中给排水、消防设施坑洞、横梁、牛腿等尺寸和位置, 可通过优化给排水、消防管线布置, 对老码头结构进行部分利旧。
- 3) 为减少后续压载水排放危害, 保护长江和海洋环境, 打造绿色码头, 船舶污染物采用船对船接收方式, 提出码头整体预留压载水接收系统。通过对比总结现状码头压载水处理技术优缺点, 为后续项目码头压载水接收系统设计及设备选择提供参考。

参考文献:

- [1] 孙凌云. 基于游客满意度视角的港口旅游: 以大连老码头景区为例[J]. 中国港口, 2023(10): 57-60.
SUN L Y. Port tourism from the perspective of tourist satisfaction: taking Dalian old wharf scenic area as an example[J]. China ports, 2023(10): 57-60.
- [2] 吕威, 贝建忠, 孙国辉. 深厚泥炭质土软基条件下的老码头改扩建[J]. 水运工程, 2024(2): 66-71, 130.
LYU W, BEI J Z, SUN G H. Reconstruction and expansion of existing wharf under condition of deep peaty soft soil foundation[J]. Port & waterway engineering, 2024(2): 66-71, 130.
- [3] 刘超, 吴晓磊, 朱善庆, 等. 上海国际航运中心集装箱运输格局及发展趋势[J]. 中国港口, 2023(7): 7-12.
LIU C, WU X L, ZHU S Q, et al. Container transportation pattern and development trend of Shanghai International Shipping Center[J]. China ports, 2023(7): 7-12.
- [4] 中交水运规划设计院有限公司. 上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程施工图[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2023.
CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd. Construction drawings for phase I automated container terminal renovation project in Luoqing port area of Shanghai Port [R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2023.
- [5] 刘荣花, 李旺. 油品码头改造为液化烃码头给排水、消防设计要点分析[J]. 中国水运, 2022(4): 81-83.
LIU R H, LI W. Analysis on the key points of water supply

- and drainage and fire protection design of oil products terminal into liquefied hydrocarbon terminal [J]. China water transport, 2022(4): 81-83.
- [6] 邹玉光, 孙萍. 散货码头改造技术与实践[J]. 珠江水运, 2022(7): 113-116.
- ZOU Y G, SUN P. Reconstruction technology and practice of bulk cargo terminal [J]. Pearl River water transport, 2022(7): 113-116.
- [7] 杨粤茗, 唐玮, 王浩冉. 基于现有结构扩容改造泵房的优化设计研究[J]. 水电能源科学, 2024, 42(3): 152-155.
- YANG Y M, TANG W, WANG H R. Optimization design on expansion project of pumping station based on existing structure [J]. Water resources and power, 2024, 42(3): 152-155.
- [8] 刘淑晓. 码头给排水及消防设计中疑难问题的探讨[J]. 中国给水排水, 2018, 34(6): 45-48.
- LIU S X. Discussion on the difficult problems of the design of water supply and drainage system and fire fighting system of wharf [J]. China water & wastewater, 2018, 34(6): 45-48.
- [9] 任志杰. 青岛港董家口港区原油码头二期工程绿色设计[J]. 水运工程, 2022(S1): 36-41.
- REN Z J. Green design for Dongjiakou Crude Oil Terminal (Phase II) in Dongjiakou at Qingdao Port [J]. Port & waterway engineering, 2022(S1): 36-41.
- [10] 沈建霞, 邵琪, 杨文浩. 高桩梁板码头排水方式探讨[J]. 水运工程, 2019(8): 89-91, 96.
- SHEN J X, SHAO Q, YANG W H. Discussion on drainage method of high piling beam-slab quay [J]. Port & waterway engineering, 2019(8): 89-91, 96.
- [11] 吴亮, 陈先威. 既有海港高桩码头升级改造方案[J]. 水运工程, 2025(4): 88-93.
- WU L, CHEN X W. Upgrading and reconstruction schemes of existing seaport high-pile wharves [J]. Port & waterway engineering, 2025(4): 88-93.
- (本文编辑 王传瑜)
-
- (上接第 129 页)
- [4] 毛利进, 张胤祺. 高桩码头钢管桩牺牲阳极防腐设计及施工[J]. 中国水运(下半月), 2013, 13(8): 290, 135.
- MAO L J, ZHANG Y Q. Anti-corrosion design and construction of sacrificial anode for steel pipe piles in high-pile wharf [J]. China water transport (the second half of the month), 2013, 13(8): 290, 135.
- [5] 陈龙, 李海洪, 潘峻. 咸淡水钢管桩牺牲阳极设计与施工[J]. 水运工程, 2015(3): 128-131.
- CHEN L, LI H H, PAN J. Design and construction of galvanic anode for steel pipe piles in brackish water [J]. Port & waterway engineering, 2015(3): 128-131.
- [6] 水下局部排水二氧化碳保护半自动焊作业规程: JT/T 371—1997[S]. 北京: 人民交通出版社, 1997.
- The operation rules for underwater semi-automatic protection welding by way of water partially drained by CO₂: JT/T 371-1997 [S]. Beijing: China Communications Press, 1997.
- [7] 水运工程钢结构设计规范: JTS 152—2012[S]. 北京: 人民交通出版社, 2012.
- Code for design of steel structures in port and waterway engineering: JTS 152-2012 [S]. Beijing: China Communications Press, 2012.
- [8] 港口工程荷载规范: JTS 144-1—2010[S]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- Load code for harbour engineering: JTS 144-1-2010 [S]. Beijing: China Communications Press, 2010.
- [9] 港口工程荷载规范: JTS 144-1—2010(局部修订)[S]. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- Load code for harbour engineering: JTS 144-1-2010 (partial revision) [S]. Beijing: China Communications Press, 2010.
- [10] 王飞朋, 常纪磊, 姜云姝, 等. 海岸港老码头钢管桩牺牲阳极阴极保护系统的更换与维护[J]. 水运工程, 2021(1): 66-72.
- WANG F P, CHANG J L, JIANG Y S, et al. Replacement and maintenance of sacrificial anode cathodic protection system for steel pipe piles in old quay of coastal port [J]. Port & waterway engineering, 2021(1): 66-72.
- [11] 史忠裕, 范卫国, 李森林. 杭州湾某码头改造工程钢管桩牺牲阳极阴极保护[J]. 水运工程, 2007(8): 49-51.
- SHI Z Y, FAN W G, LI S L. Cathodic protection by sacrificial anode for anti-corrosion of steel pipe piles in a wharf renovation engineering of Hangzhou Bay [J]. Port & waterway engineering, 2007(8): 49-51.
- (本文编辑 赵娟)