



高桩码头拆除工艺及造价分析

赵丽云¹, 周凡²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080)

摘要: 针对高桩码头拆除工程无成熟通用的施工工艺和水运定额的问题, 基于上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程, 对高桩码头拆除施工工艺进行研究, 对梁板切割、桩基中间挖泥、桩基截除、钢筋混凝土回收利用的工艺进行总结分析, 按照现行安全、环保要求, 得出拆除工程的合理施工工艺。基于对实际拆除案例中人、材、机用量的调研统计, 并参照类似工程的定额标准, 提出更适合水运工程的施工造价测算。在此基础上, 以高桩码头标准梁板结构为研究对象, 通过深入分析上部结构拆除分解方案, 最终确定了最为经济合理的梁板切割与吊装组合方案。研究结果表明, 宜采用先绳锯切割分段、后吊装运出的方式拆除上部梁板, 分割大小以 200 t 以内为宜, 水下桩基宜采用重型抓斗截桩或水下机械截桩, 工效为 1.5~2.0 根/d, 上部梁板结构钢筋混凝土拆除费用为 563~811 元/m³。

关键词: 高桩码头; 拆除工程; 造价

中图分类号: U658

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)S1-0175-07

Demolition process and cost analysis of high-pile wharf

ZHAO Liyun¹, ZHOU Fan²

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

2. Shanghai International Port (Group) Co., Ltd., Shanghai 200080, China)

Abstract: This study addresses the absence of mature, standardized construction techniques and formal cost estimation benchmarks for high-pile wharf demolition. Taking the container terminal renovation project in Luojing port area of Shanghai Port as a case study, the research systematically investigates demolition methodologies. It analyzes key processes including beam-slab cutting, intermediate dredging around piles, pile truncation, and reinforced concrete recycling to propose a rational demolition sequence compliant with current safety and environmental regulations. By analyzing resource consumption data from actual demolition cases and referencing quotas from similar projects, the study develops a tailored framework for cost estimation in waterway engineering. Based on this, taking the standard beam-slab structure of the high-pile wharf as the research object, the analysis identifies the most economical and efficient solution as a combined cutting-and-hoisting scheme. The results demonstrate that segmenting superstructures using wire-saw cutting into sections under 200 t, followed by hoisting, is the optimal method. For underwater pile foundations, heavy grab or underwater mechanical cutting is recommended, with a productivity of 1.5–2.0 piles per day. The estimated demolition cost for the superstructure reinforced concrete ranges from 563 to 811 CNY/m³.

Keywords: high-pile wharf; demolition engineering; cost modeling

优质港口岸线是宝贵的资源, 对既有码头进行全部或部分拆除后, 利用原有岸线进行改扩建, 是一种环保、集约、符合高质量发展宗旨的解决

方案。与码头新建工程相比, 高桩码头拆除改造项目案例较少, 在以往的工程实践中, 有一些经验总结。李小烜^[1]在广州东江口某码头结构改造

收稿日期: 2025-05-15

作者简介: 赵丽云(1979—), 女, 高级工程师, 从事水运工程设计及造价工作。

工程中,提出高桩码头局部拆除、新建设墩台结构的解决方案;王绍胜^[2]在泰州港高港港区永安作业区梅兰港务有限公司通用泊位工程改造项目中,总结了码头结构拆除工艺流程及施工技术;林龙^[3]以厦门港东渡港区0[#]~4[#]泊位改建工程原0[#]泊位滚装码头拆除工程为例,介绍了如何利用混凝土链割结合浮吊技术拆除码头墩台结构及水下灌注桩基的施工工艺;孙合军等^[4]以巴拿马科隆港集装箱码头项目三期二阶段码头改扩建工程为例,介绍了大型高桩码头整体拆除工艺应用;赵渊等^[5]以上海国际航运服务中心华顺码头拆除工程为例,总结了高桩码头拆除施工工艺;翟世鸿等^[6]总结了巴基斯坦卡拉奇港OP-II旧高桩码头群桩基础的拔除施工技术,另有国内多位学者对高桩码头拆除技术做了研究^[7-10]。上述研究成果对梁板拆除、桩基截除、清淤等均提出了较为合理的技术方案。上海港罗泾港区集装箱码头改造一期工程实施过程中需将原罗泾煤炭一期卸船码头全部拆除,是国内首个大型高桩码头全部拆除的案例,本文以该工程为依托,总结高桩码头拆除方案、施工工法,分析其施工工效及经济指标。

1 拟拆除结构

拟拆除的罗泾煤炭一期卸船码头长442 m,宽26 m,码头面高程7.5 m,排架间距13 m。基础采用600 mm×600 mm 预制混凝土方桩,上部为梁板式结构,断面见图1。

在此码头位置拟建设集装箱泊位,经核算,原结构无法满足新使用要求,需予以拆除,并防止影响新建结构的施工和使用。基于以上原则,需拆除全部上部梁板结构。混凝土桩基在泥面以下约40 m长,全部拔出是不现实的,因此,应拆除其上半部以免影响后续桩基打设和船舶停靠,拆除后残余桩基的顶高程定为新建泊位设计泥面高程以下2 m。主要拆除内容见表1。

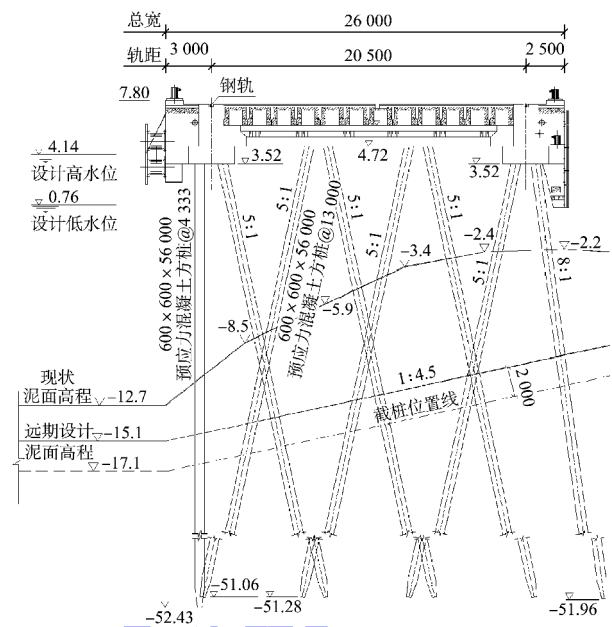


图1 罗泾一期煤炭卸船码头断面 (高程:m;尺寸:mm)
Fig.1 Cross-section of Luoqing phase I coal unloading wharf (elevation: m; dimension: mm)

表1 主要拆除内容 Tab.1 Key demolition works	
拆除项目	内容及数量
桩基	672 根
横梁	4 842 m ³
轨道梁	7 114 m ³
槽形板	4 093 m ³
靠船构件	1 271 m ³
码头附属设施	橡胶护舷、系船柱、钢轨、防撞桩
码头上土建结构	皮带机栈桥、变电所
疏浚量	9.7 万 m ³

2 拆除施工工艺

2.1 总体施工流程

拆除施工自上游向下游推进,总体施工顺序自上而下,先拆除附属设施及结构,再拆除面板和纵横梁、靠船构件,然后进行挖泥,至设计开挖深度后,拆除桩基,主要施工流程见图2。主要船机设备见表2。

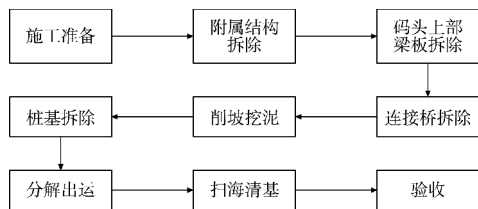


图2 拆除施工流程
Fig.2 Demolition process flow

表 2 主要船机设备
Tab. 2 Main marine machinery and equipment

设备名称	型号规格	数量	额定功率/ kW	施工内容
起重船	240 t/150 t	2 艘	680	结构拆除
小型起重船	100 t	1 艘	450	桩基拆除
疏浚船	5 m ³	2 艘	400	削坡减载
泥驳	1 000 m ³	6 艘	350	削坡减载
汽车吊	25 t	2 台	-	构件吊装
运输船	500~1 000 t	4 艘	350	块石、构件运输
镐头机(兼做挖机)	330	8 台	-	结构切割
水下切割设备		4 套	-	桩基切割
线切割设备		4 套	-	结构切割
轮切割设备		4 套	-	结构切割
运输车	7.2 m	8 台	-	构件运输
锚艇	500 HP (1 HP=735 W)	2 艘	500	抛锚
交通船	250 HP	1 艘	150	现场交通
测量船	250 HP	1 艘	150	现场测量
警戒船	1 000 HP	2 艘	500	现场警戒
油污抢险船	1 000 HP	1 艘	350	油污抢险

2.2 主要施工工序

2.2.1 附属设施拆除

拆除的相关附属设施包括橡胶护舷、钢轨、栏杆、控制室和管道等。首先用汽车吊配合平板车清除码头面上的材料、设备等, 切割或拆除连接螺栓后, 利用汽车吊对附属设施进行拆除; 然后用汽车运出场地, 由专业单位进行回收处理, 见图 3。

2.2.2 上部梁板结构拆除

码头附属设施拆除以后, 进行上部混凝土结构的拆除。根据船机起重能力和卸船码头竣工图, 将整个卸船码头分为 8 段, 每跨分为 12 块。上部梁板拆除见图 4, 拆除分块、拆除顺序见图 5, 分刀切线见图 6。

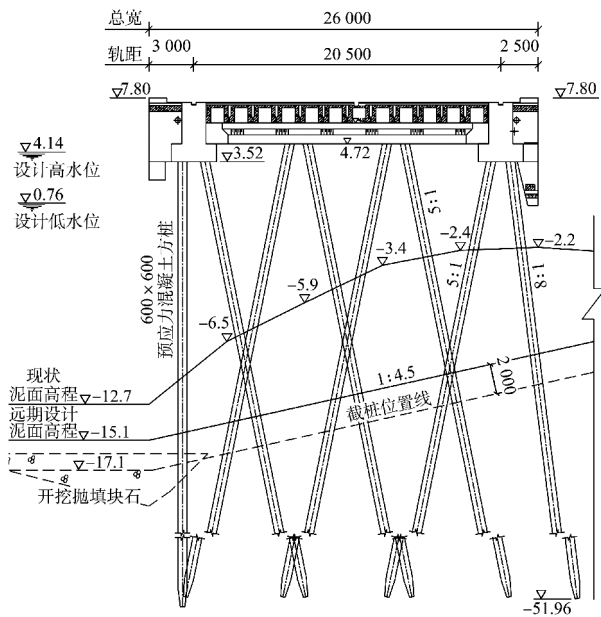


图 3 附属设施拆除 (高程: m; 尺寸: mm)
Fig. 3 Demolition of ancillary facilities
(elevation: m; dimension: mm)

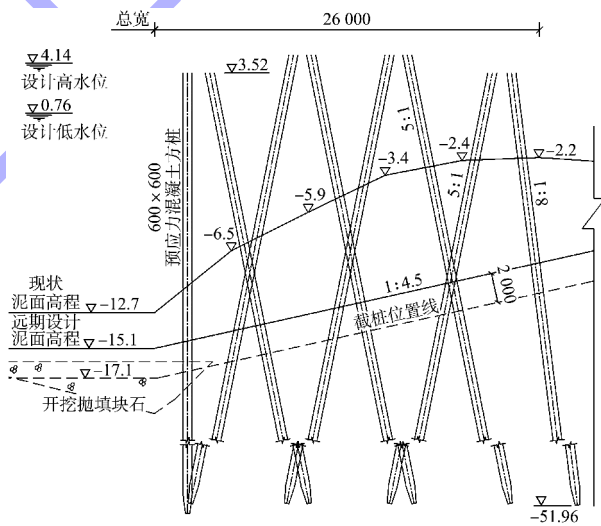
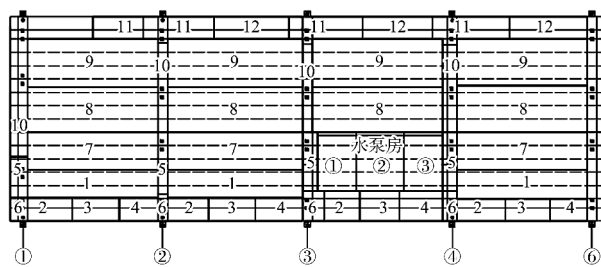
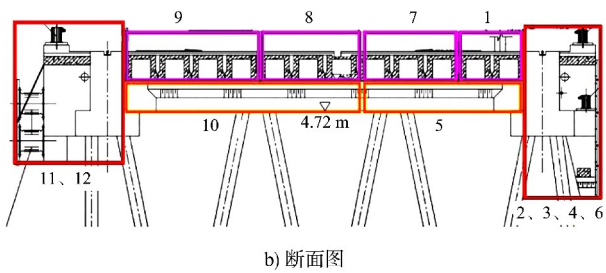


图 4 梁板拆除 (高程: m; 尺寸: mm)
Fig. 4 Demolition of beams and slabs
(elevation: m; dimension: mm)



a) 平面图



注：1~12 代表拆除顺序。

图 5 码头分阶段拆除顺序

Fig. 5 Phased wharf demolition sequence



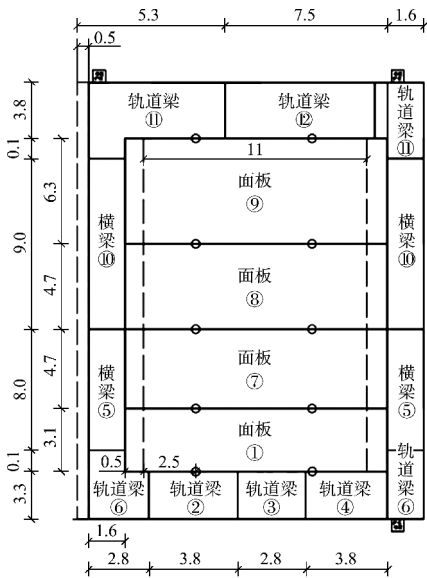
a) 切割



b) 吊运

图 7 梁板切割及吊运

Fig. 7 Beam cutting and lifting



注：江侧轨道梁切线10 cm偏差为8 t；岸侧轨道梁切线15 cm偏差为5 t；
轨道梁、横梁部分具体切线位置还需根据下方桩位置确定。

图 6 码头上部结构分刀切割平面 (单位: m)

Fig. 6 Plan of segmental cutting for wharf superstructure (unit: m)

梁板拆除工序：1) 附属结构拆除完成后，按定好的分块分段位置在码头面层上划块并切割；2) 拆除岸侧边板、轨道梁和其余槽形板，单件最大质量约为 195 t；利用 240 t 起重船整体吊出；3) 对横梁结构进行分段切割，单件最大质量约为 120 t，用起重船吊出；4) 拆除海侧轨道梁以及其与横梁交界处连接结构。梁板切割及吊运见图 7。

2. 2. 3 削坡挖泥

削坡挖泥由抓斗挖泥船施工，工艺流程见图 8。

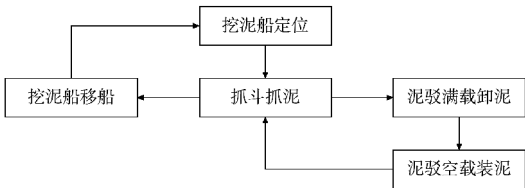


图 8 抓斗挖泥船施工工艺流程

Fig. 8 Grab dredger construction process flow

根据开挖基槽边界，利用船机自身 GPS 定位，将要施工的区域坐标计算出来，按挖泥平面分区，把已经分好网格的全部挖泥区位置图连同开挖设计轮廓线一起输入电脑，由测量控制软件控制，抓斗直接进行挖泥。削坡挖泥见图 9。

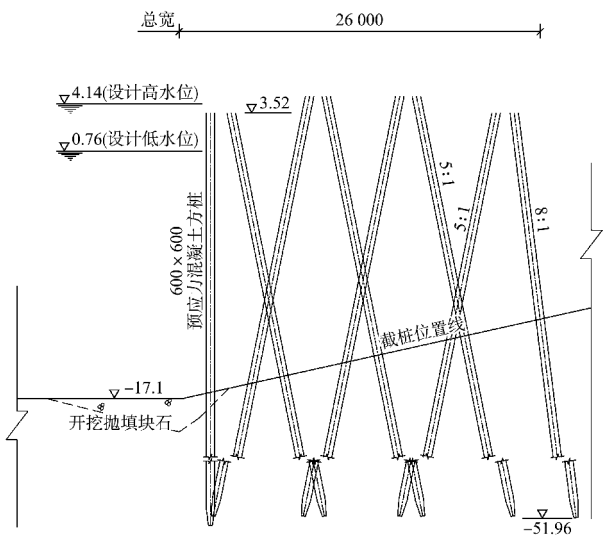


图 9 削坡挖泥 (高程: m; 尺寸: mm)

Fig. 9 Slope cutting and dredging (elevation: m; dimension: mm)

2.2.4 桩位测量

采用水下三维扫描声呐、多波束系统、激光扫描系统、连续运行参考站系统 (continuously operating reference station, CORS) 或差分全球定位系统 (differential global position system, 简称 DGPS) 和测深设备、水位计等技术手段, 实地进行平面与高程控制、水下地形测点平面定位、水下地形测点测深等, 并采用专业软件进行数据处理, 最终获取符合要求的桩基结构三维图、水深图及数据资料。

2.2.5 桩基拆除

工程拆除的桩基包括方桩、防撞钢管桩。上部结构拆除完毕达到一定工作面后, 使用 100 t 起重船进行桩基冲吸泥, 水下清泥达到设计高程后, 潜水员水下探摸桩基情况并进行吸泥, 至截桩高程下 2 m, 再进行桩基的拆除。

截桩时采用大型抓斗船截断桩基, 同时抓取上部桩基放至运输船舶, 桩基拆除见图 10。

2.2.6 材料收集外运

码头拆除产生的混凝土料经收集后进行破碎处理; 拆除的钢筋进行回收; 废混凝土在后续工程中作为堆场垫层等材料进行利用。

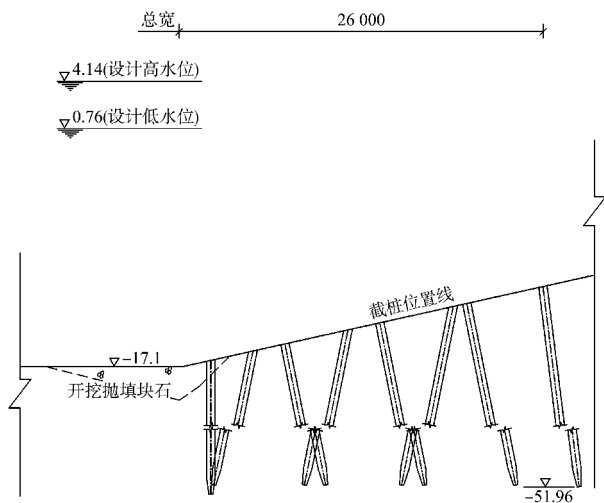


图 10 桩基拆除 (高程: m; 尺寸: mm)

Fig. 10 Demolition of pile foundation (elevation: m; dimension: mm)

2.3 施工工效

工程计划工期 6 个月, 拆除施工工期约 4.5 个月, 煤炭一期卸船码头的主体拆除工程共计拆除混凝土 22 000 m³, 包括截断方桩 773 根, $\phi 800$ mm 钢管桩 11 根, 护舷、系船柱以及码头上的变电所、廊道等附属设施。

经对实际施工经验进行统计, 一个班组拆除排架工效约为 0.2 个/d, 桩基拆除工效为 1.5~2.0 根/d。

3 拆除造价分析

3.1 桩基拆除

根据拆除要求, 煤炭一期卸船码头要求截桩在泥面以下 2 m 位置。现场实施时, 先在桩间挖泥至截桩高程, 然后通过 35 m³ 抓斗在相应位置截断方桩, 再水下切割钢筋。

计时时, 根据实际工期、租金及柴油使用量等, 将租用的 35 m³ 抓斗折算艘班单价, 再根据实际工效进行组价。不考虑钢材回收抵价的情况下, 截桩约 9 097 元/根, 包括截桩、运输 3 km、混凝土桩体破碎。

需要拆除的钢管桩则通过振动拔桩, 将桩完整拔出, 钢桩本体回收再利用。

3.2 上部结构拆除

混凝土拆除包括切割、吊运、运输、破碎等步骤，其中混凝土分段切割划分比较关键。根据不同的分段划分、起重机械的吊运能力，对一期码头的单个结构段进行测算分析。考虑起重船的起吊能力，测算中将一个排架中的梁系拆解为 60~120 t 不同构件大小，分别计算切割面积、方量、件数，见表 3。

表 3 单段拆除工程量清单
Tab. 3 Bill of quantities for segment demolition

构件类型	构件编号	质量/t	数量/件	总量/m ³	切割面积/m ²
面板+纵梁	①	80	4	128.0	129.7
	⑦	110	4	176.0	85.0
	⑧	115	4	184.0	85.0
	⑨	115	4	184.0	95.2
轨道梁	②	90	4	144.0	65.8
	③	95	4	152.0	35.1
	④	90	4	144.0	33.6
	⑥	95	5	190.0	43.8
	⑪	195	4	312.0	57.2
	⑫	190	4	304.0	67.3
横梁	⑤	110	5	220.0	27.6
	⑩	120	5	240.0	27.6

计价时，切割及吊运按照定额计价测算，破碎混凝土按照市场询价。经计算，不考虑钢筋回收价值的情况下，拆除纵梁板综合价约 811 元/m³，拆除轨道梁约为 772 元/m³，拆除横梁约为 563 元/m³。造价指标测算中，不考虑砼料及钢筋料的回收抵价，但包含 3 km 吊运出运。单段拆除主要经济指标见表 4。

表 4 单段拆除主要经济指标

Tab. 4 Key economic indicators for segment demolition

	项目名称	数量	单价/元	合计/元
水上拆除混凝土纵梁板	金刚石链锯切割钢筋混凝土陆上切割	195 m ²	1 524	297 127
	水上吊运矩(梯)形梁(单根质量 80 t)	4 件	5 009	20 036
	水上吊运矩(梯)形梁(单根质量 120 t)	12 件	10 615	127 383
	拆除构件混凝土破碎	672 m ³	150	100 800
	每方综合单价	-	-	811.53

续表4

	项目名称	数量	单价/元	合计/元
水上拆除混凝土轨道梁	金刚石链锯切割钢筋	303 m ²	1 524	461 385
	水上吊运矩(梯)形梁(单根质量 120 t)	17 件	10 615	180 459
	水上吊运矩(梯)形梁(单根质量 200 t)	8 件	16 770	134 157
	拆除构件混凝土破碎	1 246 m ³	150	186 900
	每方综合单价	-	-	772.79
水上拆除混凝土横梁	金刚石链锯切割钢筋混凝土陆上切割	55 m ²	1 524	84 110
	水上吊运矩(梯)形梁(单根质量 120 t)	10 件	10 615	106 152
	拆除构件混凝土破碎	460 m ³	150	69 000
	每方综合单价	-	-	563.61

4 结语

1) 梁板拆除采用先绳锯切割分段后吊装运出的工艺，桩基切割采用重型抓斗截桩或水下切割工艺。

2) 切割工程单价较高，拆除混凝土结构造价，与切割划分方式关系较大，而切割面的划分与施工企业的吊运船机能力相关。因此拆除分段宜按照船吊起重能力合理布设，船吊能力宜与拆除的码头规模匹配。

3) 施工工法多为非标准工艺，桩基拆除、上部结构绳锯切割等无相应水工定额，现行水工定额中混凝土拆除等并不适用于高桩码头拆除工程。

4) 本文分析了典型高桩结构的概算计算方法，并总结了其合理概算指标，拆除纵梁板综合价为 811 元/m³，拆除轨道梁约为 772 元/m³，拆除横梁为 563 元/m³。

参考文献:

[1] 李小短. 广州东江口某码头结构改造方案[J]. 中国水运, 2022(8): 84-86.
LI X X. Wharf structural reconstruction scheme in Dongjiangkou, Guangzhou [J]. China water transport, 2022(8): 84-86.
[2] 王绍胜. 码头结构拆除工艺流程及施工技术分析[J]. 工程技术研究, 2021, 6(19): 92-93.
WANG S S. Technological process and construction technology analysis of wharf structure demolition [J].

- Engineering and technological research, 2021, 6 (19): 92-93.
- [3] 林龙. 浅析混凝土链割结合浮吊技术在码头拆除工程中的应用[J]. 珠江水运, 2019(8): 97-101.
- LIN L. Analysis on the application of concrete chain cutting combined with floating crane technology in wharf demolition project [J]. Pearl River water transport, 2019(8): 97-101.
- [4] 孙合军, 赵建明, 随超越. 大型高桩码头整体拆除工艺应用[J]. 水运工程, 2017(9): 117-120.
- SUN H J, ZHAO J M, SUI C Y. Application of integral demolition technique for large-scale piled wharf [J]. Port & waterway engineering, 2017(9): 117-120.
- [5] 赵渊, 黄天荣, 汪金勇. 上海国际航运服务中心高桩码头拆除施工工艺[J]. 施工技术, 2015(S1): 836-838.
- ZHAO Y, HUANG T R, WANG J Y. Demolition construction technology of high-pile wharf of Shanghai International Shipping Service Center [J]. Construction technology, 2015(S1): 836-838.
- [6] 翟世鸿, 邓夕贵. 巴基斯坦卡拉奇港 OP-II 旧高桩码头群桩基础的拔除施工[J]. 中国港湾建设, 2005(1): 47-49.
- ZHAI S H, DENG X G. Extraction of group piles in old OP-II piled jetty in Karachi Port, Pakistan [J]. China harbour engineering, 2005(1): 47-49.
- [7] 陈玉进, 罗刚. 码头混凝土结构拆除施工方法的选择分析[J]. 工程建设与设计, 2020(4): 118-119.
- CHEN Y J, LUO G. Selection analysis of different methods in the demolition construction of wharf concrete structure [J]. Construction & design for engineering, 2020(4): 118-119.
- [8] 芮城新, 刘功鑫. 旧码头拆除工艺在国外码头中的应用[J]. 珠江水运, 2020(14): 37-38.
- GUO C X, LIU G X. Application of demolition technology of old wharf in foreign wharf [J]. Pearl River water transport, 2020(14): 37-38.
- [9] 张弛, 张智山. 阳江港某码头升级改造方案简析[J]. 港口技术, 2021, 58(3): 66-68, 84.
- ZHANG C, ZHANG Z S. Analysis on the upgrading and reconstruction plan of a terminal in Yangjiang Port [J]. Port engineering technology, 2021, 58(3): 66-68, 84.
- [10] 许宁. 潮州港扩建货运码头工程(复工)旧码头改造及施工控制[J]. 福建交通科技, 2021(6): 99-103.
- XU N. Renovation of existing wharf and construction control for Chaozhou Port cargo terminal expansion project (resumed construction) [J]. Fujian transportation science and technology, 2021(6): 99-103.
- (本文编辑 王传瑜)
- ~~~~~
- (上接第 158 页)
- [5] 鄢佩琦, 陈传军, 陈佳梁, 等. 基于区域繁忙度的 AGV 充电桩选址研究[J]. 制造业自动化, 2023, 45(8): 214-220.
- QIE P Q, CHEN C J, CHEN J L, et al. Research on AGV charging pile location based on region busyness [J]. Manufacturing automation, 2023, 45(8): 214-220.
- [6] 杨其飞, 兰培真. 考虑充电过程的自动化码头 AGV 调度[J]. 集美大学学报(自然科学版), 2023, 28(2): 142-149.
- YANG Q F, LAN P Z. Research on AGV scheduling of automated terminals considering charging process [J]. Journal of Jimei University (natural science), 2023, 28(2): 142-149.
- [7] 张宇欣, 朱忠烈. 洋山四期自动化码头 AGV 自动换电站系统[J]. 起重运输机械, 2018(2): 102-106.
- ZHANG Y X, ZHU Z L. Yangshan phase IV automated terminal AGV automatic swap station system [J]. Hoisting and conveying machinery, 2018(2): 102-106.
- [8] 金祺, 罗勋杰, 陈迪茂. 超大型全自动集装箱码头 AGV 电池更换站的布置模式[J]. 水运工程, 2016(9): 66-70.
- JIN Q, LUO X J, CHEN D M. Layout pattern of AGV battery exchange station in ultra-large type automatic container terminal [J]. Port & waterway engineering, 2016(9): 66-70.
- [9] 黄宇超. 自动化码头 AGV 换电站布局设计[J]. 港口装卸, 2021(4): 61-65.
- HUANG Y C. Layout design for battery swapping station of AGV of automated terminal [J]. Port operation, 2021(4): 61-65.
- [10] 姜桥. 自动化集装箱码头水平运输设备能源补充方式及应用[J]. 水运工程, 2025(3): 15-21.
- JIANG Q. Energy supplement methods and applications for horizontal transportation equipment in automated container terminals [J]. Port & waterway engineering, 2025(3): 15-21.
- (本文编辑 赵娟)