



# 某大型石化码头兼靠小型船舶 安全隐患及整改维护方案

王飞朋<sup>1</sup>, 常纪磊<sup>1</sup>, 胡宗敏<sup>2</sup>, 张世超<sup>1</sup>

(1. 宁波中交水运设计研究有限公司, 浙江宁波315000; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京100007)

**摘要:**为提高利用率和生产效益,大型石化码头往往靠泊和兼靠船型范围较大,即码头服务船舶种类多且船舶吨级和船型尺度差异大,而当靠泊附属设施布置不当时,可能导致小型船舶卡船或在强风大浪作用下摇荡、倾斜甚至侧翻,极易引发靠泊风险事故,严重影响码头生产系统的安全运行。基于实际案例,阐述某大型石化码头兼靠小型船舶的安全隐患和整改维护方案。工程实践表明,在保证码头靠泊附属设施完好的前提下,通过增加水平向靠泊点和竖向护舷布置范围或限定靠泊船型尺度等措施可达到消除小型船舶靠泊安全隐患的目的。

**关键词:** 大型石化码头; 兼靠; 小型船舶; 靠泊安全; 整改维护

中图分类号: U 656

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)08-0052-06

## Safety hazards and rectification and maintenance scheme for large petrochemical wharf with small ships berthed

WANG Fei-peng<sup>1</sup>, CHANG Ji-lei<sup>1</sup>, HU Zong-min<sup>2</sup>, ZHANG Shi-chao<sup>1</sup>

(1. Ningbo China Communication Water Transportation Design and Research Co., Ltd., Ningbo 315000, China;

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

**Abstract:** For improving the utilization rate and production efficiency, large petrochemical wharves often have a wide range of berthing and concurrent berthing ship types, i.e., there are many types of ships served by the wharves and there are large differences in ship tonnage and ship size. When the auxiliary berthing facilities are not arranged properly, small ships may get stuck or sway, tilt or even roll over under the action of strong wind and waves, which is very easy to cause berthing accidents and seriously affects the safe operation of the wharf production system. Based on the actual case, this paper expounds the safety hazards and rectification and maintenance scheme for the large petrochemical wharf with small ships. The engineering practice shows that on the premise of ensuring the integrity of auxiliary berthing facilities, the safety hazards of small ships berthing can be eliminated by increasing the horizontal berthing point and the layout range of vertical rubber fenders or limiting the scale of berthing ship type.

**Keywords:** large petrochemical wharf; concurrent berthing; small ship; berthing safety; rectification and maintenance

石化码头为高风险作业场所,具有易燃易爆性质,一旦发生意外事故将造成不可估量的损失<sup>[1]</sup>。因此,严查生产过程中存在的安全隐患并制定和落实相应的整改方案十分必要。在石化码头诸多生产环节中,作业船舶的靠泊过程是一项

不可忽视的风险因素,尤其是大型石化码头兼靠小型船舶问题应在运营期间予以高度重视<sup>[2]</sup>。对于蝶形布置的大型石化码头而言,若码头采用系靠船墩等高桩墩式结构,一般在靠船墩前沿中部或两端设置鼓型橡胶护舷;若码头采用高桩梁板

式结构, 一般在排架前沿隔跨布置鼓型和拱型橡胶护舷。上述2种常见的石化码头结构形式均使得用于直接承受船舶靠岸和横摇撞击的鼓型橡胶护舷的水平向布置间距较大, 若码头靠泊和兼靠的船型范围也较大(即船舶种类多、船舶吨级和船型尺度差异大), 将可能导致小型船舶因接触护舷数量不足而卡船。此外, 当鼓型橡胶护舷竖向布置范围偏小或高程不当时, 还可能导致小型船舶在强风大浪作用下因与护舷接触长度不足而剧烈摇荡、倾斜甚至侧翻, 极易引发靠泊风险事故, 难以保证船舶在设计高、低水位和不同吃水条件下的安全停靠。

笔者以某大型石化码头为例, 分析其在兼靠小型船舶过程中的安全隐患, 并提出整改维护方案。码头改造后能够较好地保障小型船舶的靠泊安全, 避免险情发生, 可为类似工程实践提供参考。

## 1 项目背景

某5万吨级石化码头在1000吨级油船靠泊作业期间发生大角度右倾险情, 船舶侧翻或沉没风险较大。此外, 船舶和码头靠船墩前沿鼓型橡胶护舷因相互碰撞挤压作用而产生不同程度的破损缺陷: 船体侧板与护舷接触区域凹凸变形明显; 鼓型橡胶护舷防冲板下部脱开、上部变形和贴面板局部缺失问题突出, 无法再对船舶靠泊起到可靠的保障作用。经海事部门调查确认, 该石化码头存在兼靠小型船舶安全隐患, 要求立即禁止停靠小型船舶并进行整改维护, 以避免此类险情再次发生。为此, 对该石化码头靠船附属设施进行整改。

## 2 原码头概况

该码头于1997年建成投产, 主要功能为成品油的海运中转, 靠泊和兼靠船型范围较大(1000~5万吨级)。根据生产和运营需求, 该码头对1000吨级小型成品油船舶的靠泊作业不可或缺。

### 2.1 码头平面布置

码头采用蝶形布置, 由1座1万吨级工作平台、2座1000吨级工作平台、4座靠船墩、4座

系缆墩、4座桥墩及相互连接的人行桥组成, 总长360 m, 可停靠一艘1万~5万吨级油船、液化气船, 或同时停靠2艘1000~5000吨级油船、液化气船, 配套设施主要包括工艺管架、输油臂、消防炮等。码头通过一座引桥与陆域相连。

### 2.2 码头结构形式

码头采用高桩墩式结构, 桩基采用 $\phi 1200\text{ mm}$ 预应力混凝土大管桩和 $600\text{ mm} \times 600\text{ mm}$ 预应力混凝土方桩, 码头各墩台以及引桥墩之间均采用预应力混凝土箱梁连接。

### 2.3 码头靠泊附属设施布置

码头建有4座靠船墩, 每座靠船墩前沿两端各布置1组SUC1250HRo鼓型橡胶护舷(两鼓一板), 间距18 m。每组上、下2套SUC1250HRo鼓型橡胶护舷的竖向间距1.9 m, 中心高程分别为1.02和2.92 m(吴淞零点高程基准)。此外, 在码头西侧千吨级工作平台前沿中部设有1根 $\phi 1200\text{ mm}$ 靠船钢桩, 并在该钢桩海侧竖向安装有SA300H拱型橡胶护舷。

### 2.4 设计船型

码头原设计靠泊船型范围较大(表1), 最小船型为1000吨级油船、液化气船, 最大船型为5万吨级油船、液化气船。码头可停靠1艘1万~5万吨级油船、液化气船, 或同时停靠2艘1000~5000吨级油船、液化气船。

表1 码头原设计船型尺度

船舶吨级	总长 L/m	型宽 B/m	型深 H/m	满载吃水 T/m
5万	235	32	17.4	12.6
3万	212	29	15.4	11.4
2万	182	25	13.0	10.0
1万	150	20	11.4	9.0
5000	110	15	9.0	6.5
3000	100	14	7.5	5.7
1000	68	10	5.3	4.3

由表1可知, 码头原设计最小靠泊船型(1000吨级油船、液化气船)的船舶总长为68 m。

## 3 靠泊安全隐患

### 3.1 靠泊险情

该石化码头靠泊安全隐患为“中达油277”(1000吨级油船)在靠泊作业期间发生大角度右倾

险情，船舶和靠船墩前沿鼓型橡胶护舷因相互挤压而产生不同程度的破损缺陷。“中达油 277”船型尺度见表 2，事故当天船舶靠泊位置和方式见图 1。

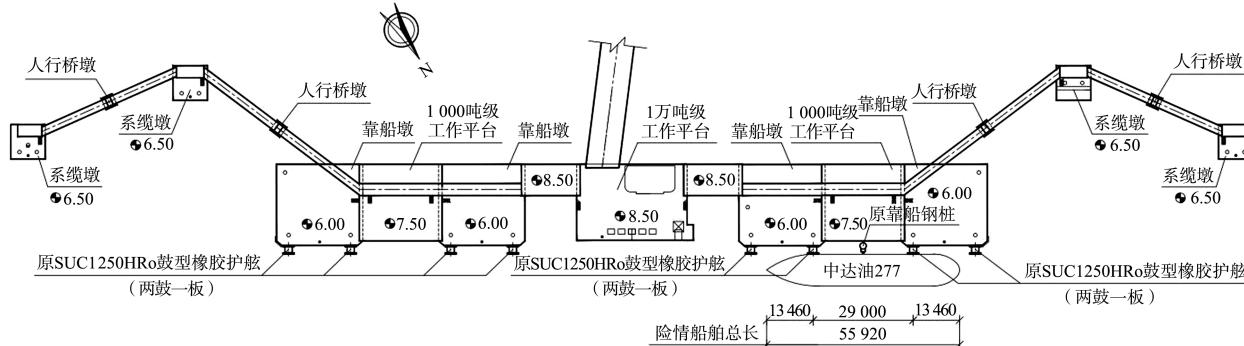


图 1 “中达油 277”靠泊平面布置 (高程: m; 尺寸: mm)

靠泊险情发生于凌晨，当时“中达油 277”停靠于码头西侧 1 000 吨级工作平台前沿且船头朝东，船舶靠泊在船首和船尾附近的鼓型橡胶护舷上(即码头西侧两座靠船墩内侧的鼓型橡胶护舷)，2 组护舷间距为 29 m，与船首和船尾距离约 13.46 m。虽然在码头西侧 1 000 吨级工作平台前沿中部设有 1 根靠船钢桩并在其海侧竖向安装有 SA300H 拱型橡胶护舷，但根据现场实测数据，靠船钢桩海侧拱型橡胶护舷前沿位于两侧鼓型橡胶护舷前沿的后面且两者前沿线距离较大(0.5~0.8 m)，导致

“中达油 277”在靠泊过程中无法与该靠船钢桩接触，因此仅有靠船墩内侧 2 组鼓型橡胶护舷能够在船舶停靠时发挥支撑作用，难以保证安全停靠。

险情发生时，“中达油 277”为空载状态，船舶干舷高度达到最大，当时最大潮位为 3.286 m。由于船舶空载且潮位较高，鼓型橡胶护舷紧贴于船舷处，受风流压差影响，船体向岸倾斜(图 2)。险情发生后码头西端靠船墩的东侧鼓型橡胶护舷防冲板下部脱开、上部挤压变形、贴面板局部脱落缺失，其余码头结构及附属设施未发现损坏。

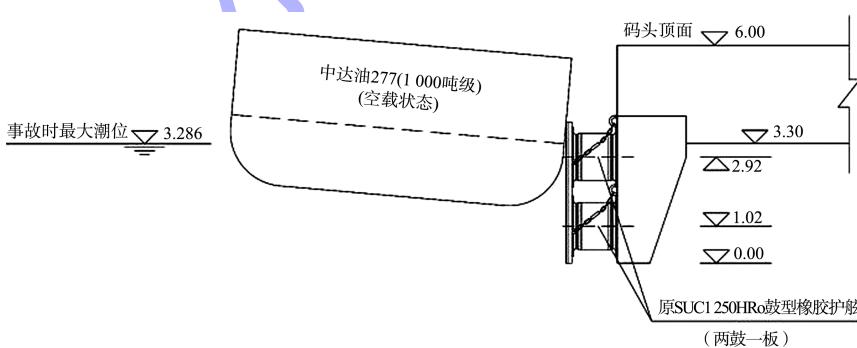


图 2 险情船舶靠泊倾斜 (单位: m)

### 3.2 原因分析

经分析论证，险情发生原因主要为码头靠船墩前沿鼓型橡胶护舷、靠船钢桩等设施布置无法满足小型船舶安全靠泊要求。

1) 小型船舶靠泊护舷的水平向间距过大。参照 JTS 165—2013《海港总体设计规范》规定<sup>[3-4]</sup>，蝶形布置泊位的 2 座靠船墩中心间距为设计船长

的 30%~45%。由“中达油 277”的船型尺度可知，该船型适宜的相邻靠泊点之间的间距应为 16.78~25.16 m，而该石化码头实际靠泊护舷中心间距为 29 m，不满足规范要求。此外，受船体艏、艉部曲率变形影响，船舶实际靠泊点可能不在同一水平线上，导致 2 组靠泊护舷受力不均匀，局部挤压明显。

表 2 险情船舶“中达油 277”船型尺度

2) 高潮位时空载状态小型船舶靠泊与竖向护舷接触长度不足。险情发生时, 该石化码头所在海域恰处于高潮位, 空载状态下的“中达油 277”仅能靠在上部鼓型橡胶护舷中心线以上区域。根据核算, 当潮位达到 2.0 m 及以上时, 空载状态下的“中达油 277”靠泊时与竖向护舷的接触长度不足护舷宽度的一半, 即  $\leq 0.65$  m。在此靠泊状态下, 护舷因受偏心力作用而极易挤压变形, 再加上外部风浪荷载影响, 船舶泊稳性较差, 易沿护舷变形方向侧倾, 若货舱进水甚至有倾覆危险。

## 4 整改维护设计方案

### 4.1 补充靠泊船型

该码头整改维护主要为解决小型船舶靠泊风险隐患, 需在原设计船型基础上兼顾实际最小靠泊船型。根据码头生产运营过程中实际靠泊作业的最小 1 000 吨级油船、液化气船, 补充“中达油 277/288”“兴龙舟 658”“康发 1”等作为整改维护的兼靠船型(表 3)。与原设计 1 000 吨级油船、液化气船相比, 补充靠泊船型尺度更小。

表 3 整改维护补充设计船型尺度

船名	总长 L/m	型宽 B/m	型深 H/m	满载 吃水 T/m	空载 吃水/m
中达油 277/288	55.92	9.20	4.20	3.54	1.84
兴龙舟 658	54.66	8.80	4.25	3.65	1.798
康发 1	59.70	8.00	4.42	3.70	1.525

### 4.2 整改维护原则

综合安全性、适用性和经济性等因素, 确定

兼靠小型船舶安全隐患整改维护原则如下:

- 查明并更换因险情造成损坏的靠泊附属设施, 保证靠泊附属设施处于正常的技术状态;
- 增加小型船舶水平向靠泊点<sup>[5]</sup>, 减小靠泊点间距并保证满足规范要求;
- 增加竖向护舷布置范围, 保证高潮位时空载状态小型船舶与竖向护舷之间达到足够的接触长度, 可以有效阻挡船舶侧倾;
- 根据已有靠泊设施布置, 在满足码头生产运营的前提下, 可考虑不实施改造, 而通过限定船型尺度以达到安全靠泊的目的;
- 整改方案应避免改变码头结构受力。

根据上述原则和实际使用要求, 确定该石化码头整改维护实施内容包括西侧泊位靠船墩破损护舷更换、靠船钢桩改造、竖向新增小型船舶专用护舷以及东侧泊位最小靠泊船型限定。

### 4.3 整改维护方案

1) 西侧泊位靠船墩破损护舷更换。受险情影响, 码头西端靠船墩东侧鼓型橡胶护舷存在挤压破损, 表现为防冲板下部脱开、上部变形以及贴面板局部脱落缺失, 影响了防冲板对护舷反力的分散作用和贴面板对船体和护舷之间接触摩擦力的降低作用, 导致护舷对船体的保护作用显著下降, 极不利于船舶的靠泊作业。须对该破损护舷进行更换, 更换时护舷规格和性能保持不变(设计压缩变形、反力和吸能量), 其中锚固螺栓、U 形环和定位板利旧即可。整改维护方案平面布置见图 3。

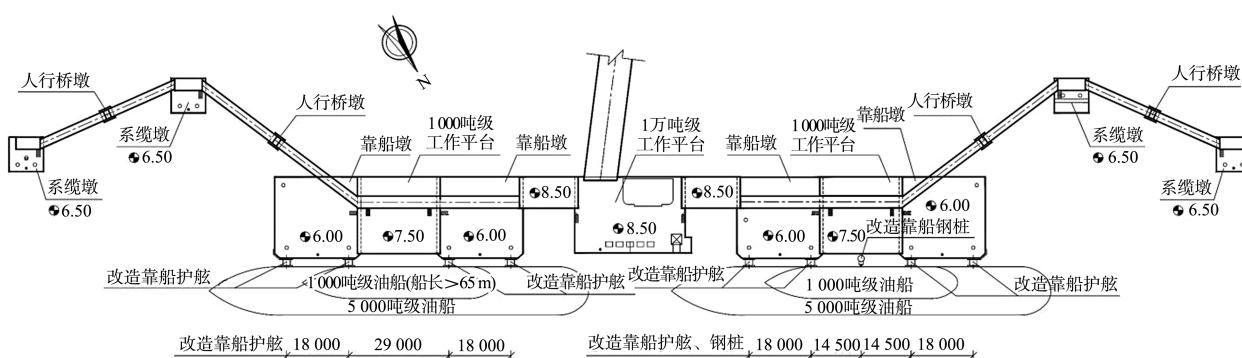
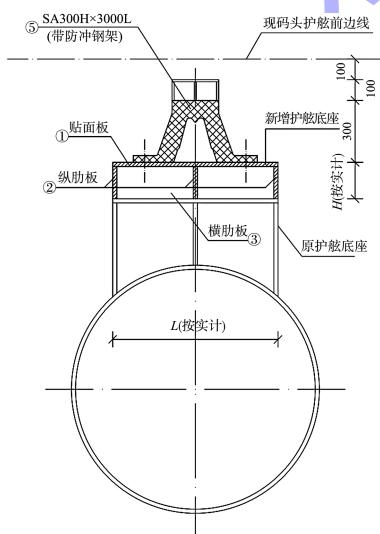


图 3 小型船舶靠泊安全隐患整改维护方案平面布置 (高程: m; 尺寸: mm)

2) 西侧泊位靠船钢桩改造。虽在码头西侧 1000 吨级工作平台前沿中部原设有 1 根靠船钢桩并在其海侧竖向安装有 SA300H 拱型橡胶护舷，但根据现场实测数据，靠船钢桩海侧拱型橡胶护舷前沿位于两侧鼓型橡胶护舷前沿的后面且两者前沿线距离较大，导致小型船舶在靠泊过程中无法与该靠船钢桩接触，不能起到靠泊点的功能。整改维护方案拟利用原有靠船钢桩作为小型船舶的新增靠泊点，通过改造使得小型船舶在靠泊时能够接触到靠船钢桩护舷(图 4)。

①拆除靠船钢桩原有拱型橡胶护舷；②增厚护舷基础底座将护舷前沿线前移，增厚部分由纵、横肋板和端封板组成，并保证与原护舷基础底座之间牢固焊接；③在增厚的护舷基础底座上重新安装 SA300H 拱型橡胶护舷并配套防冲钢架，护舷性能与原护舷应保持一致。改造施工时，护舷基础底座宽度及增加厚度应根据现场实测确定，保证在护舷安装完成后防冲钢架前沿线位于原码头靠船墩 SUC1250HRo 鼓型橡胶护舷(两鼓一板)前沿线后侧 0.1 m 处。由于上述改造方案未改变护舷规格和性能，因此不影响靠船钢桩受力，其可靠性能够满足使用要求。



a) 平面

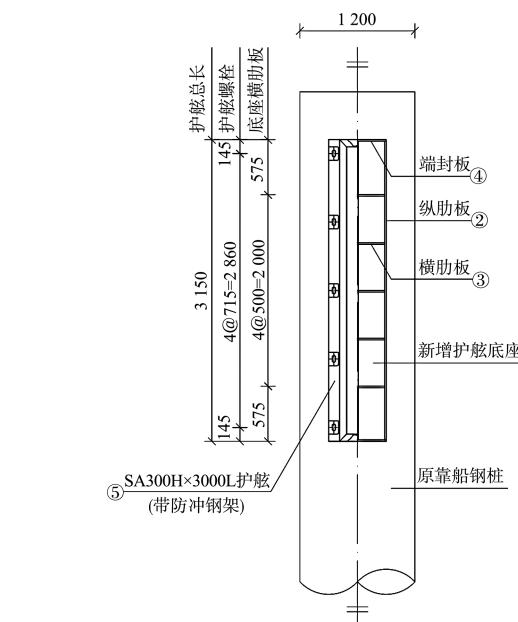
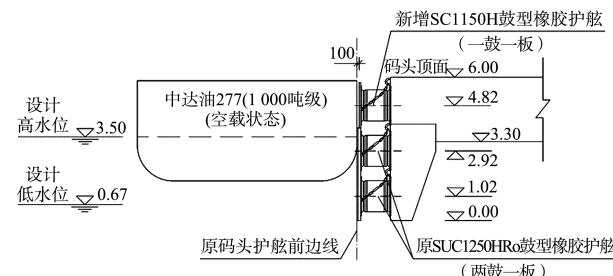
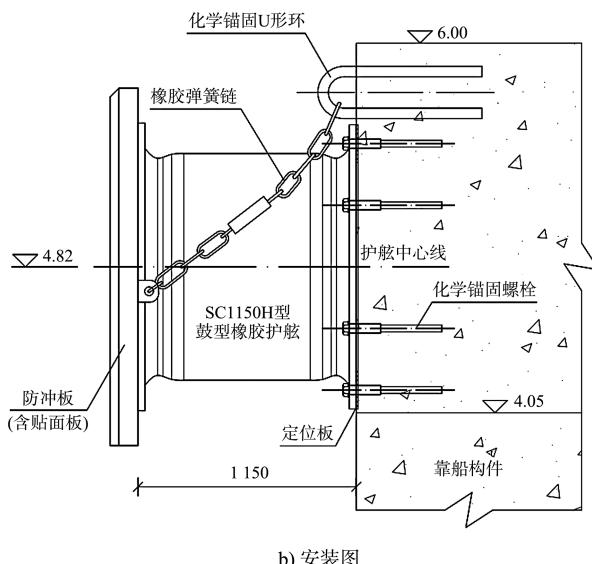


图4 靠船钢板护舷改造方案 (单位: mm)

3) 西侧泊位靠船墩新增小型船舶专用靠泊鼓型橡胶护舷。由靠泊险情分析可知,码头靠船墩前沿鼓型橡胶护舷(两鼓一板)布置高程较小,护舷顶部与设计高水位基本齐平,致使高潮位时小型船舶在空载状态下靠泊与竖向护舷接触长度不足,导致其大角度侧倾。因此,增加小型船舶靠泊时与竖向护舷的接触长度是防止高潮位时船舶空载侧倾的必要举措。整改维护拟在原靠船墩鼓型橡胶护舷(两鼓一板)上方增设1套SC1150H型鼓型橡胶护舷,锚固螺栓和U形环埋设均采用化学植筋方式(图5)。由于新增护舷规格较已有护舷小,即新增护舷前沿线位于已有护舷前沿线后侧0.1 m处,船舶在正常靠泊过程中不会接触到新增护舷,因此不改变靠船墩受力状态。



a) 斷面



b) 安装图

图5 西侧泊位靠船墩新增护舷 (高程: m; 尺寸: mm)

4) 东侧泊位靠泊最小船型限定。考虑到小型船舶靠泊频次较小, 在满足生产运营要求的前提下, 为减小改造费用, 仅对码头西侧泊位进行整改维护, 对东侧泊位则通过限定船型尺度以保证靠泊安全。根据该石化码头1 000吨级工作平台2座靠船墩内侧护舷间距核算, 当靠泊船长不小于65 m的船舶时, 能够满足靠泊安全需求, 故东侧泊位仅允许船长65 m及以上船舶停靠作业。此外, 当1 000吨级船舶为空载状态时, 尤其在强风大浪情况下, 建议停靠于西侧泊位, 避免高潮位时在风浪作用下发生船舶侧倾。

## 5 结论

1) 在石化码头诸多生产环节中, 作业船舶的靠泊过程是一项不可忽视的风险因素。若水平向和竖向靠泊附属设施布置不当或不完善, 则可能导致小型船舶靠泊安全隐患, 造成卡船、摇荡、倾斜甚至侧翻等问题。

2) 对于兼靠小型船舶存在风险隐患的大型石化码头, 在保证码头各靠泊附属设施完好的前提下, 可考虑通过增加水平向靠泊点和竖向护舷布置范围或限定靠泊船型尺度等措施, 达到消除小型船舶靠泊安全隐患的目的。同时, 整改方案应尽可能避免改变原码头结构受力状态, 否则应根据改造后的新增工况对原码头结构进行验算。

## 参考文献:

- [1] 崔文罡. 油码头生产作业安全风险研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2017.
- [2] 钱奇勇, 金明清. 某大型油码头靠泊小油船兼容性设计[J]. 中国港湾建设, 2012(4): 62-64.
- [3] 中交水运规划设计院有限公司. 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2014.
- [4] 宋伟华, 叶剑, 费达, 等. 蝶形布置油码头平面设计要点[J]. 水运工程, 2021(3): 70-73, 82.
- [5] 华英杰, 于梅. 某石化5万吨级码头兼靠300~500吨级小船改造方案[J]. 科技信息, 2010(36): 653-655.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第44页)

- [2] 章定文, 王安辉. 地聚合物胶凝材料性能及工程应用研究综述[J]. 建筑科学与工程学报, 2020, 37(5): 13-38, 4.
- [3] 石小康. 基于碱渣的高含水率疏浚淤泥固化土的力学性质研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2020.
- [4] 杨俊钊, 张广鑫, 陈伟, 等. 新型硅铝基固化剂加固海底淤泥效果及影响因素试验研究[J]. 中国港湾建设, 2020, 40(12): 35-39.
- [5] PELISSER F, GUERRINO E L, MENGER M, et al. Micromechanical characterization of metakaolin-based geopolymers[J]. Construction and building materials,

2013, 49(6): 547-553.

- [6] 曹德光, 苏达根, 宋国胜. 低模数硅酸钠溶液的结构及其键合反应特性[J]. 硅酸盐学报, 2004(8): 1036-1039.
- [7] 汤怡新, 刘汉龙, 朱伟. 水泥固化土工程特性试验研究[J]. 岩土工程学报, 2000, 22(5): 549-554.
- [8] 朱伟, 张春雷, 高玉峰, 等. 海洋疏浚泥固化处理土基本力学性质研究[J]. 浙江大学学报(工学版), 2005, 39(10): 1561-1565.

(本文编辑 郭雪珍)