



老高桩梁板式码头船舶岸电配套基坑 改造方案及要点分析

王飞朋¹, 潘金霞², 雷明月¹, 蔡圣茹¹

(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: 目前新建码头基本已推广应用船舶岸电技术, 但早期老码头一般极少配备船舶岸电系统, 同时由于建造时缺乏相应的配套基础设施而不具备直接安装船舶岸电设备的条件, 亟需采取改造措施以满足船舶岸电使用需求。以宁波舟山港北仑港区第二国际集装箱码头为例, 介绍一种老高桩梁板式码头船舶岸电配套基坑改造方案, 即通过凿除码头前沿局部面板和边梁牛腿并新增盖板止口、封闭底板、钢盖板、导缆槽、钢爬梯、钢格栅板等设施, 以满足岸电设备的安装和使用要求。此种改造方案具有构造简单、施工方便、对原结构影响小、通用性强等优点, 能够保证船舶在停靠码头时岸电供电过程的安全可靠和操作便捷。

关键词: 老码头; 高桩梁板式码头; 船舶岸电; 配套基坑; 改造

中图分类号: U 653.95

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)S1-0095-06

Analysis on reconstruction scheme and key points of ship shore power supporting foundation pit for old high pile beam slab wharf

WANG Fei-peng¹, PAN Jin-xia², LEI Ming-yue¹, CAI Sheng-ru¹

(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: At present, the ship shore power technology has been basically popularized and applied in the new wharf, but the early old wharf is generally rarely equipped with ship shore power system. At the same time, due to the lack of corresponding supporting infrastructure during construction, the old wharf does not have the conditions for direct installation of ship shore power equipment. It is urgent to take transformation measures to meet the use demand of the ship shore power. Taking the second international container terminal in Beilun Port area of Ningbo Zhoushan Port as an example, we introduce a reconstruction scheme of ship shore power supporting foundation pit of old high pile beam slab wharf, which is by chiseling off the local panel and side beam bracket of the wharf front and adding facilities such as cover plate stop, closed bottom plate, steel cover plate, fairlead, steel ladder and steel grid plate, so as to meet the installation and use requirements of shore power equipment. This transformation scheme has the advantages of simple structure, convenient construction, little impact on the original structure and strong universality. It can ensure the safety, reliability and convenient operation of shore power supply process when the ship is docked at the wharf.

Keywords: old wharf; high pile beam slab wharf; ship shore power; supporting foundation pit; reconstruction

船舶岸电技术是指在靠泊期间由岸上供电设施向船舶提供电力, 以满足船舶照明、通信及其

他设施所需的电力, 不再依靠船舶自备的燃油发电机供电。船舶岸电技术正逐步应用于港口建设、

生产以及运营等诸多方面，并取得了良好的社会、经济和生态效益^[1-4]。该技术可有效减少船舶在靠泊期间发电机运行所产生的气体和噪声污染，改善港区环境质量，降低港口对城市建设的不利影响。目前新建码头基本已推广应用了船舶岸电技术，但早期老码头一般极少配备船舶岸电系统，同时由于建造时缺乏相应的配套基础设施而不具备直接安装船舶岸电设备的条件，导致停靠船舶无法实现用电方式的转变，继续维持船舶燃油发电机供电势必加剧港区环境污染的危害程度，与水运工程环境保护所遵循的“生态安全、清洁生产、节能减排”的原则相违背，不利于推动绿色港口的建设和发展。因此，老码头对船舶岸电配套设施改造建设的需求十分迫切，是到港停靠船舶使用岸电电源替代传统燃油供电的基本前提。本文以宁波舟山港北仑港区国际集装箱码头为例，介绍一种老高桩梁板式码头船舶岸电配套设施改造方案，能够满足岸电设备的安装和使用要求，可为类似工程提供参考。

1 原码头概况

宁波舟山港北仑港区国际 10 万吨级集装箱码头于 2001 年 12 月竣工并投入试生产，采用高桩梁板式结构，排架间距 9 m，基础采用 $\phi 1200 \text{ mm}$ 预应力混凝土管桩，上部采用整体装配式结构，其中横梁、轨道梁、纵梁、管沟梁、靠船构件和面板等均为预制构件，现场装配后再浇筑成整体。码头面顶高程 7.00 m(吴淞高程)，前沿停泊水域设计底高程-17.00 m。

2 改造条件

1) 高程系统：吴淞零点高程基准与原码头一致。2) 设计水位：极端高水位为 4.91 m；设计高水位为 3.56 m。3) 设计波要素：见表 1。4) 设计荷载：结构自身重力；均载 5 kPa；波浪浮托力；基坑积水荷载(考虑雨天渗水，坑内最大积水深度按 0.3 m 计算，实际使用时要求及时通过坑内配套抽水泵将积水排出)。

表 1 50 a 一遇码头前沿设计波要素

| 波向 | 极端高水位 | | 设计高水位 | |
|-----|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | 波高 $H_{1\%}/\text{m}$ | 周期 T/s | 波高 $H_{1\%}/\text{m}$ | 周期 T/s |
| N | 3.1 | 5.9 | 3.0 | 5.9 |
| NNW | 2.7 | 5.2 | 2.4 | 5.2 |
| ENE | 3.3 | 6.1 | 3.2 | 6.1 |

3 改造方案及要点分析

船舶岸电配套基坑改造方案应根据码头平面布置、水工结构形式、到港船舶停靠位置、港口供电系统特点、电气管线敷设方式等因素综合确定^[5]，既要保证停靠期间船舶电缆与坑内插座箱连接的可行性和便利性，又要尽可能减少对老码头已有电气管线、主体结构和生产作业的影响。一般而言，船舶岸电配套基坑改造位置宜选在船尾附近，便于船舶电缆接线。此外，改造位置还应确保基坑开口远离系船柱，避免船舶带缆影响岸电设施使用。

根据工程实践，宁波舟山港北仑港区国际集装箱码头船舶岸电配套基坑改造方案及要点分析如下：

1) 面板和前边梁牛腿等原结构局部凿除。根据设备厂家对配套基坑尺度要求(包括基坑开口长度、宽度及坑内深度)，凿除改造区域内前边梁与轨道梁之间面板及前边梁牛腿。凿除区域 1 为盖板止口范围，凿除宽度 200 mm(不宜小于 200 mm)，凿除厚度 330 mm(不宜小于 250 mm)，由码头面凿至预制面板顶部，以满足钢盖板和警示灯安装要求；凿除区域 2 为基坑开口范围，为方便人员上下，开口宽度不宜小于 800 mm，同时应尽可能避免影响电缆槽、轨道等附属设施。在不影响电缆槽的前提下，该集装箱码头前边梁牛腿至电缆槽侧盖板止口的净距仅为 600 mm，过于狭窄，故通过凿除改造段前边梁牛腿以增加基坑开口宽度，使得有效净宽达到 850 mm，即可满足人员上下要求。若老码头前边梁与轨道梁间距较大，可考虑仅凿除面板以满足配套基坑开口宽度要求，不需再破坏前边梁结构。建议在面板凿除时保留电缆槽锚固钢筋以及现浇面层内一定长度的原有钢筋，以保证电缆槽牢固和增大新旧混凝土之间的黏结强度。老码头结构凿除平面及断面见图 1。

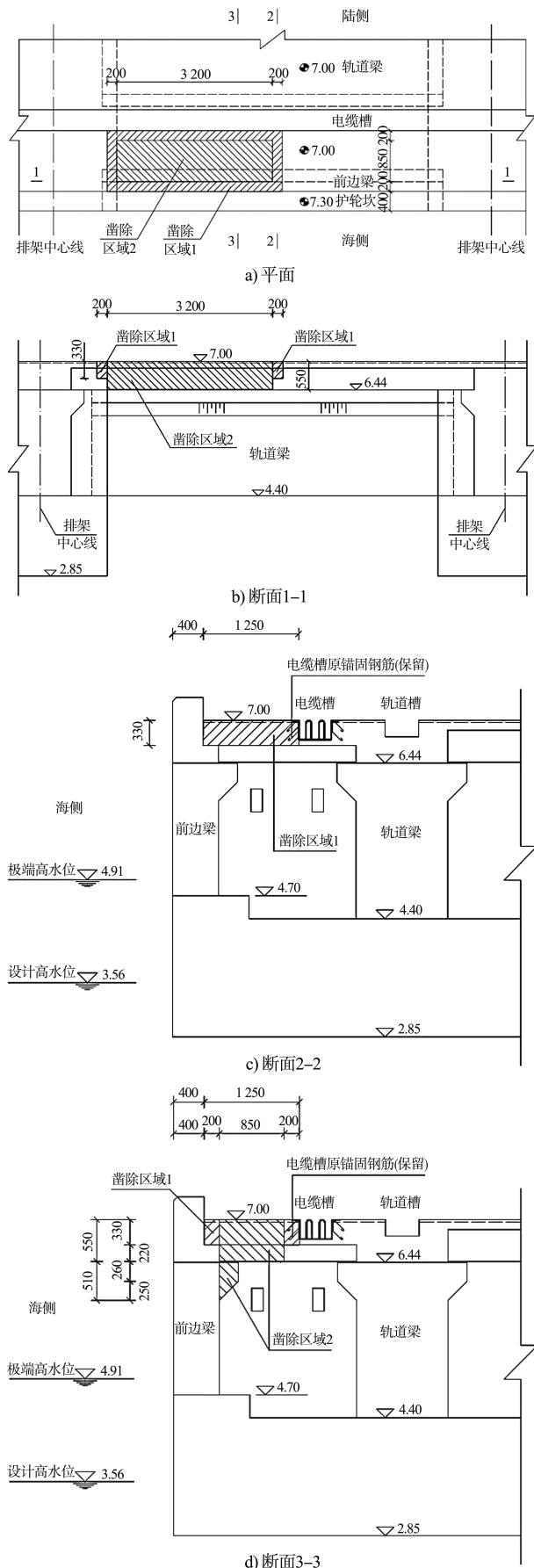


图 1 老码头结构凿除平面及断面 (高程: m; 尺寸: mm)

为确保改造结构安全, 基坑开口区域应根据使用荷载和竣工图实际配筋验算码头面板凿除后轨道梁侧剩余悬臂板的强度和裂缝宽度, 若不满足规范要求, 可考虑在轨道梁侧剩余悬臂板底部间隔设置钢支撑, 以提高结构稳定性。

2) 盖板止口采用现浇钢筋混凝土结构, 用于固定盖板, 其宽度和高度应满足盖板螺栓锚固要求, 宽度不宜小于 200 mm, 高度不宜小于 250 mm。根据实际使用需求, 盖板止口可与码头面齐平或高于码头面, 若与码头面齐平则须加强盖板防渗处理, 避免或减少暴雨等恶劣天气条件下的坑内积水; 若高于码头面则须加强交通警示, 以保障人行安全。宁波舟山港北仑港区国际集装箱码头船舶岸电配套基坑改造盖板止口采用与码头面齐平的形式。盖板止口新浇筑混凝土可通过码头面板凿除保留的原有钢筋或植筋等方式与原结构之间牢固结合。此外, 为确保使用安全, 盖板止口外表面应涂刷黑黄相间的斜向条纹作为警示标志, 并在四周布置警示灯。盖板止口结构形式见图 2。



图 2 盖板止口结构形式

3) 封闭底板是船舶岸电配套基坑改造的最为关键的结构构件。封闭底板布置要求其顶面至码头面之间的高度不宜小于 2.2 m, 以满足人行要求。

封闭底板采用现浇钢筋混凝土结构。由于宁波舟山港北仑港区国际集装箱码头前边梁底部高出轨道梁底部 300 mm, 考虑植筋施工的可靠性, 仅将封闭底板陆侧和两端通过植筋分别与轨道梁、桩帽固接, 即封闭底板为三边固接结构。若前边

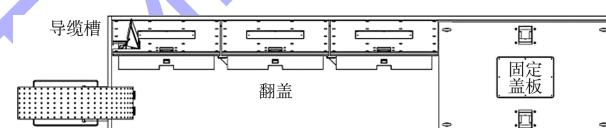
梁和轨道梁底部基本齐平，封闭底板宜四边与老码头结构固接。改造结构应重视植筋设计，主要问题如下：①植筋锚固深度应根据《混凝土结构加固设计规范》^[6]计算确定，同时须考虑混凝土强度等级和潮湿环境的影响；②应根据竣工图轨道梁配筋合理确定植筋位置，避免破坏轨道梁主筋，并要求施工时严格控制钻孔孔径，且在钻孔前使用钢筋探测仪查明原有钢筋实际分布，若植筋与原有钢筋冲突可适当调整；③为尽可能减少对老码头结构破坏，植筋数量不宜过多，建议间距按 200 mm 配筋；④相邻植筋的外露长度应不同，以保证封闭底板新设钢筋与植筋之间的焊接接头相互错开；⑤植筋用结构胶黏剂应选用湿固化 A 级胶，且随用随调，确保植筋胶的有效性；⑥为检验植筋质量，应根据《混凝土结构后锚固技术规程》^[7]的相关要求进行必要的抗拉拔试验。

封闭底板厚度应根据结构计算、钢筋布置、保护层厚度等因素综合确定，其中结构计算应考虑自重、使用荷载、波浪浮托力、坑内积水等，该集装箱码头配套基坑封闭底板厚 300 mm（轨道梁底部至前边梁底部）。在封闭底板四周可设置挡水坎，其宽度不宜小于 150 mm、高度需根据坑内净高使用要求确定，一方面可防止高潮位时海水从未植筋侧渗入坑内；另一方面可用于铺设钢格栅板，保证即使在坑内存在一定积水时仍能满足人员行走需求。此外，封闭底板应在插座箱安装一侧并对应插座箱底部接线孔位置预留电气穿线孔洞，用于将与陆域电网相连的电气管线由下至上穿过封闭底板连接至插座箱。为满足后期接线需求，封闭底板预留电气穿线孔洞的数量和大小应与插座箱底部接线孔的数量和大小相对应。预留电气穿线孔洞在不使用的情况下，可采用麻油沥青或其他材料封堵，防止海水进入基坑内。封闭底板在浇筑之前，对于新旧混凝土结合面，应对原结构进行凿毛、冲洗并涂刷界面黏结剂，以增大新旧混凝土之间的黏结强度。封闭底板外表面应根据规范要求涂刷防腐涂层，以提高其耐久性并保证使用寿命。

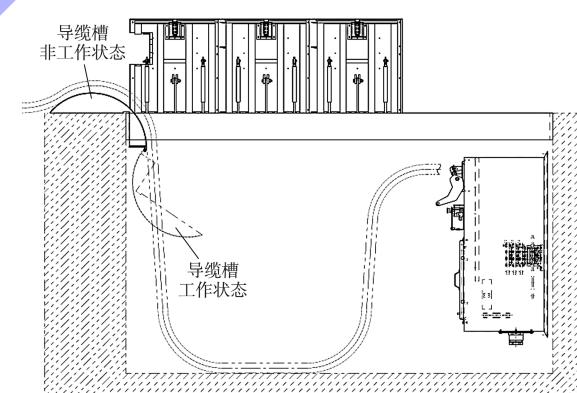
4) 钢盖板宜由船舶岸电设备厂家制作，根据

使用需求可采用翻盖或翻盖与固定盖板相结合的布置方式，且固定盖板位于插座箱上方。端部翻盖设有入缆口，以便安装导缆槽。考虑使用的安全性和便利性，翻盖宜在海侧固定，使其向海侧开启。若盖板止口与码头面齐平，钢盖板设计荷载不宜小于码头前沿荷载标准值。根据码头类别，钢盖板设计荷载范围为 10~30 kPa；若盖板止口高于码头面，钢盖板设计荷载可适当减小，不小于人群荷载即可。

5) 导缆槽一般为半圆形，安装于端部翻盖入缆口处。不使用岸电时导缆槽搁置于码头面上，使用岸电时将导缆槽翻转至基坑内，再将船舶电缆沿导缆槽伸入基坑并与插座箱连接。导缆槽的作用主要是固定船舶电缆，避免电缆晃动影响连接稳定性。导缆槽安装及状态见图 3。



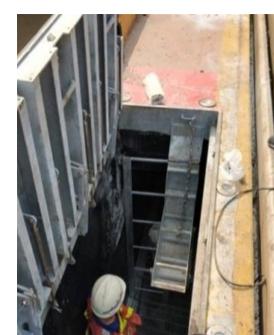
a) 安装平面



b) 安装断面



c) 非工作状态



d) 工作状态

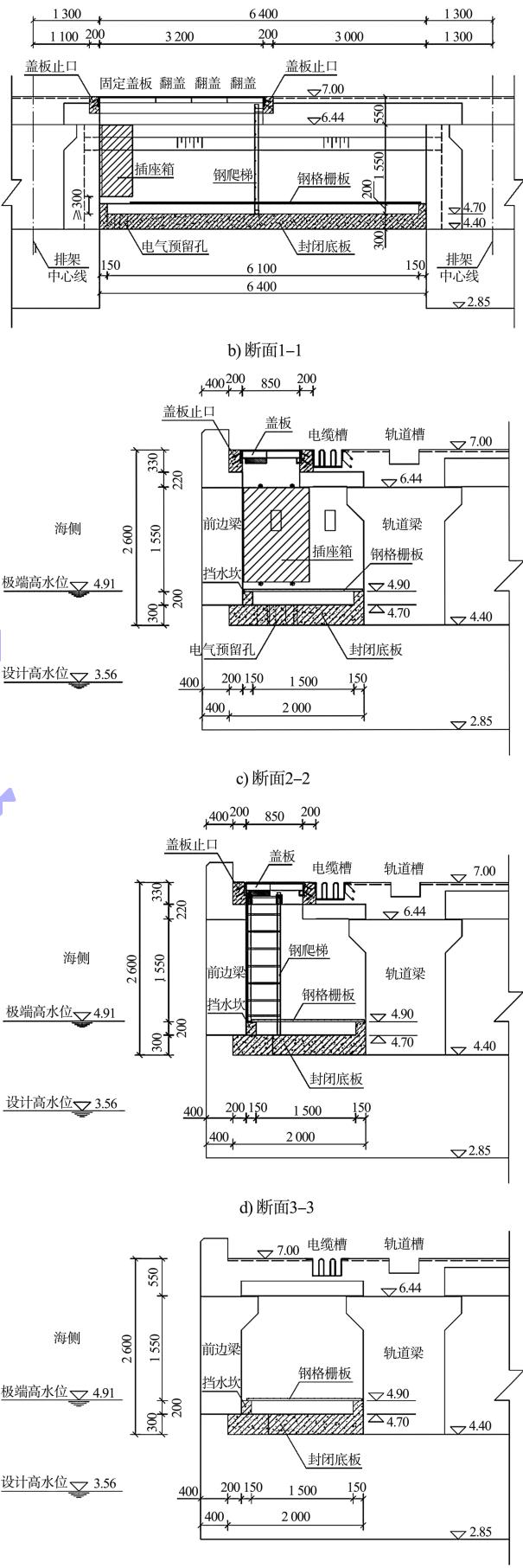
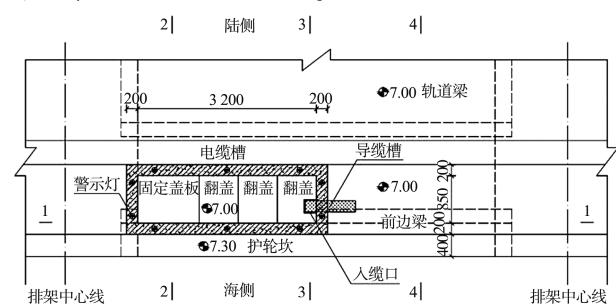
图 3 导缆槽安装及状态

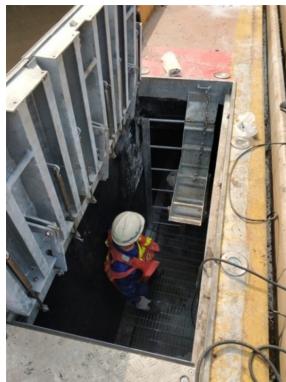
6) 钢爬梯用于人员上下，顶部和底部分别锚固于盖板止口和封闭底板。钢爬梯宽度不宜小于500 mm，横杆间距宜取250~300 mm。考虑安装和使用的便利性，钢爬梯可选择横向(垂直于码头轴线)或纵向(平行于码头轴线)布置，应尽可能避免船舶电缆在连接插座箱过程中与钢爬梯发生碰撞摩擦，造成电缆磨损破坏。

7) 为方便后期更换维护, 人行铺面由若干块钢格栅板紧密拼接而成, 单块钢格栅板质量宜以普通成年人能够拿起的原则确定, 建议不超过35 kg。安装时, 将钢格栅板两端搁置在封闭底板边侧的挡水坎上, 与封闭底板之间留有适当的富余高度, 在坑内存在一定积水的情况下, 仍能保证操作人员正常行走。钢格栅板铺设范围宜为插座箱以外区域。

8)由于船舶岸电配套基坑采用封闭式结构，在暴雨等恶劣天气条件下坑内存在积水的可能性，为及时排出积水，可在坑内安装抽水泵，并制定雨天坑内积水检查和抽水应急启动的日常管理办法。为顺利排净坑内积水，封闭底板顶面可设置坡度，便于汇水，而水泵抽水口则应位于最低处。

9) 考虑封闭基坑内可视性差, 尤其夜间人员操作不便, 可在老码头前边梁或轨道梁侧面安装壁灯等照明设施, 并配套开关控制系统。照明供电管线宜通过老码头原有电气预留孔接入基坑内, 若改造处无电气预留孔, 一般需要考虑对老码头梁系结构进行开孔穿线。船舶岸电配套基坑改造平面、断面及效果见图 4。





f) 效果

图 4 船舶岸电配套基坑改造平面、断面及效果
(高程: m; 尺寸: mm)

待配套基坑改造完成后,首先将插座箱通过膨胀螺栓锚固定于坑内码头排架侧面,再将电气管线从港区陆域引入配套基坑处并穿过封闭底板预留孔与插座箱连接,改造船舶岸电系统即可正常投入使用,向靠港船舶提供电力。插座箱安装时应保证其底部高出封闭底板,建议不宜小于300 mm,一方面可为电气管线穿过封闭底板预留孔后与插座箱底部接口连接时留有足够的操作空间;另一方面考虑插座箱一般不具备防水功能,若其底部与封闭底板顶面间隔一定距离,则插座箱在坑内存在一定积水的情况下不被浸泡,不影响其正常使用。

4 改造施工影响分析

1)若老码头前沿已设有电气或给水管线,且干扰船舶岸电正常使用,应采取改造措施同步调整原有管线布置,以消除管线交叉可能造成的潜在安全隐患。对于不同老码头而言,管线改造范围、工程量以及难易程度差异较大。因此,船舶岸电配套基坑改造前应根据原有管线布置情况确定最优调整方案,尽可能降低对码头生产运营的不利影响。

2)配套基坑开口混凝土凿除完成后,应及时做好警示标志和围栏防护,非施工需要禁止在改造区域范围内活动,避免港区作业人员意外坠落。

3)船舶岸电配套基坑改造施工部分在码头面下方进行,须搭设临时施工平台,施工环境差,受码头上部结构影响,操作空间狭小,同时施工

受到港停靠船舶影响较大,对现场安全和统筹协调管理要求高。为确保改造施工安全,在实施过程中应加强施工和船舶靠泊、生产作业之间的交叉管理,合理组织安排施工和港区运营,制定详尽可行的施工组织计划,避免相互冲突。

5 结语

1)通过配套基坑改造可为老高桩梁板式码头安装和使用船舶岸电设备提供必要的基础条件,有助于推动绿色港口的建设和发展。

2)配套基坑改造内容主要包括老码头结构局部凿除、新建盖板止口和封闭底板、钢盖板、导缆槽和钢爬梯安装、钢格栅板铺设、抽水泵及照明灯具等配套设施安装等,改造方案应根据使用和设备安装要求以及老码头实际建设特点合理确定,在满足功能需求的前提下尽可能减少对老码头结构的不利影响,将改造风险降低至最低水平。

3)船舶岸电配套基坑改造应充分考虑可能对码头生产运营造成的不利影响,并制定切实可行的解决方案,以策安全。不利方面主要涉及码头原有管线调整、基坑开口潜在坠落隐患、施工与到港船舶停靠作业相互影响等。

参考文献:

- [1] 卢明超, 刘汝梅, 石强, 等. 国内外港口船舶岸电技术的发展和应用现状[J]. 港工技术, 2012, 49(3): 41-44.
- [2] 谈健, 韩俊, 归三荣, 等. 船舶岸电系统发展及应用[J]. 上海海事大学学报, 2017, 38(3): 90-95.
- [3] 王宇婷, 唐国磊, 于菁菁, 等. 船舶岸电系统在集装箱码头的应用[J]. 水运工程, 2017(9): 103-107.
- [4] 宋广阔, 崔灵智, 厉复兴, 等. 港口船舶岸电技术推广应用[J]. 集装箱化, 2019, 30(4): 11-12, 20.
- [5] 交通运输部水运科学研究院. 码头船舶岸电设施建设技术规范: JTS 155—2012[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2012.
- [6] 四川省建筑科学研究院, 山西八建集团有限公司. 混凝土结构加固设计规范: GB 50367—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.
- [7] 中国建筑科学研究院, 柯达集团股份有限公司. 混凝土结构后锚固技术规程: JGJ 145—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

(本文编辑 王璁)