

· 结构与设施 ·



盐田东集装箱码头大容量码头岸电设施设计*

朱挺松, 姚宇

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 针对船岸并网参数匹配不佳、船岸连接便捷性不高等问题, 研究了岸电系统的运行方式及岸电插座箱的连接方法。通过实地调研、查阅文献、研究国外标准等形式, 了解大型集装箱船舶辅机功率范围、岸电接口距船尾距离、岸电电缆长度、岸电变频装置并列运行控制策略等内容; 最后通过在各岸电装置之间设置联络开关、利用并机技术扩容及单泊位岸电插座箱共用电源等方式, 提高岸电系统的供电可靠性并提升岸电接电率。码头岸电设施建设方案具有安全可靠、经济合理、使用方便等特点, 可兼顾未来超大型集装箱船舶的岸电接入, 对类似工程的设计具有一定借鉴意义。

关键词: 码头岸电设施; 联络; 并列运行; 船舶大型化; 岸电插座箱供电方式

中图分类号: U656.1+35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)03-0164-06

Design of large capacity shore power facilities for Yantian east container terminal

ZHU Tingsong, YAO Yu

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: To solve the problems such as poor matching of ship-shore grid connection parameters and low convenience of ship-shore connection, we study the operation mode of the shore power system and the connection method of the shore power socket box. Through on-site surveys, literature reviews, and research on foreign standards, we obtain information on the setting range of auxiliary engine power of large container ships, the distance of shore power interface from the stern of the ship, the length of shore power cable, and the control strategy for parallel operation of shore power inverter devices. Finally, we improve the reliability of shore power supply and increase the shore power connection rate by setting interlock switches between shore power devices, using parallel operation technology to increase capacity, and sharing power among single berth shore power socket boxes. The shore power facility construction scheme has the features of safety, reliability, economic rationality, and easy use. It can take into account the shore power connection of future ultra-large container ships and has certain reference value for the design of similar projects.

Keywords: shore power facilities; interconnection; parallel running mode; large-scale shipping vessels; power supply mode of shore power socket box

自2000年起, 欧美等发达国家就将码头岸电技术应用在港口码头, 我国于2009年首次采用岸电系统^[1]。码头岸电技术采用清洁的电能替代传统的燃油发电, 船舶靠港后关闭辅机, 转由码头岸电电源向船舶输送电力, 是防治城市大气污染的有力措施, 同时在降低船方运营成本、推进绿色港口建设、改善船员工作环境等方面均具有重

要意义^[2]。随着岸电技术纳入“十二五”规划, 码头岸电设施成为建设绿色港口的重要组成部分, 我国沿海及内河港口码头针对各类船舶均不同程度配备了相应设施。但在岸电系统实际运营中, 由于船舶类型多样, 仍存在船岸并网参数匹配不佳、船岸连接便捷性不高等问题^[3]。

本文通过实地调研、查阅文献及IEC规范等

收稿日期: 2024-09-27

*基金项目: 国家重点研发计划项目 (2023YFB2604200)

作者简介: 朱挺松 (1989—), 男, 高级工程师, 研究方向为港口水运工程的供配电设计。

形式,研究大型集装箱船舶辅机功率的设置范围、岸电接口距船尾的距离、岸电电缆长度等参数,据此给出提高岸电系统供电可靠性、提升岸电接电率、兼顾未来超大型集装箱船舶岸电接用的解决方案,以期为类似工程的设计提供参考。

1 工程概况

深圳港盐田港区东作业区集装箱码头一期工程(简称“本工程”)是按照智慧化、数字化、自动化绿色港口标准打造的新一代大型集装箱港区,共建设3个20万吨级泊位(码头结构按3.2万TEU集装箱船设计),岸线总长1470m,年设计吞吐量300万TEU。项目建成后将成为盐田港打造更高水平国际航运枢纽的超级新引擎,也将成为智慧高效、绿色低碳、运营经济的世界一流港口新标杆。因此,码头岸电设施的设计需

紧密结合新一代大型集装箱港区的岸电建设要求,体现出安全可靠、经济合理、使用方便等特点。

2 码头岸电系统

2.1 船舶岸电参数

本工程主要设计船型为20万吨级(常规载箱量在1.5501万~2.0000万TEU),同时兼顾7万~15万吨级船舶的靠泊。JTS 155—2019《码头岸电设施建设技术规范》^[4]附录A列出了载箱量最高为2.0000万TEU船舶的单台辅机功率参考值为4320kW,而新一代大型集装箱船的载箱量已达到2.3992万TEU。

本次设计对各船公司最新一代大型集装箱船的辅机功率、岸电接口位置等数据进行了调研,相关参数见表1。

表1 各船公司最新一代大型集装箱船岸电相关参数

Tab.1 Shore power relevant parameters for the latest generation of large container ships of each shipping company

船名	载质量/ 万吨级	辅机功率/ kW	船长/ m	载箱量/ 万TEU	岸电设 备电压/ kV	岸电设 备频率/ Hz	岸电接口 距船尾 距离/m	岸电电缆 单根长度/ m	两舷接 口是否 可用
中海环球(CSCL GLOBE)	20	4×4 500	399.9	1.898 2	6.6	60	67	55	是
中海之春(CSCL SPRING)	12	3×2 970+1×1 980	335	1.003 6	6.6	60	3.5	63	是
中远海运天秤座 (COSCO SHIPPING LIBRA)	20	2×4 100+2×3 200	399	2.011 9	6.6	60	70	55	是
中远丹麦(COSCO DENMARK)	15	2×3 500+3×2 700	366	1.338 6	6.6	60	5	35	是
长信号(EVER FAITH)	12	4×4 000	335	1.211 8	6.6	60	62	55	是
MSC JADE	20	2×4 300+2×3 800	399	2.300 0+	6.6	60	68	55	是
MSC ILENIA	15	4×4 000	366	1.600 0+	6.6	60	68	55	是
APL CHANGI	20	2×4 000+2×3 600	398	1.729 2	6.6	60	60	32	是
APL SANTIAGO	12	4×3 600	328	0.932 6	6.6	60	76	32	是
CMA CGM J. MADISON	15	2×4 000+2×2 700	366	1.441 4	6.6	60	7	27	是

2.2 单泊位岸电系统容量确定

由表1可知,调研船型中最大辅机功率为4500kW(目前最新系列船舶的最大载箱量约为2.4万TEU,其最大辅机功率未超4500kW,因缺少其他数据,未在表1中列出)。

码头岸电系统容量通常根据泊位允许靠泊船舶的单台最大辅机功率确定。最大辅机功率的确定取决于所需配置的冷藏箱数量,不与载箱量成比例增减,船舶设计时单台辅机负载率取80%左

右,功率因数按0.8考虑^[5]。

本次设计选取单台辅机功率4500kW、发电机负载率80%、功率因数0.8,根据岸电系统容量的计算原则,单泊位岸电容量选取5MVA。

2.3 岸电供电系统

本工程3个泊位各设置1套岸电系统,容量均为5MVA。各岸电装置之间设置联络开关,以提高整个岸电系统的供电可靠性,且利用并机技术两两并列运行,将岸电容量增至10MVA,以兼

顾未来超大型集装箱船舶的岸电接用。

1) 系统间联络。盐田港是华南地区超大型船舶的首选港,是世界集装箱港口中最有市场影响力的港口之一。为提高整个岸电系统的供电可靠性,考虑在3个系统的6.6 kV侧互相设置联络开关。当某一系统的变频电源发生故障时,可通过联络开关改由其他处于空闲状态的变频电源进行供电,保证船舶岸电的连续接用。

2) 系统间并列运行。国内各大型港区的岸电接驳数据表明,岸电并网功率通常在1~3 MW,

大量装载鲜果的冷藏箱会偶尔出现4~5 MW的岸电并网功率。岸电插座箱标准配置为2个350 A插座,船上岸电接口容量据此设计为7.5 MVA^[6]。由于各国电压和频率的差异,我国码头岸电设施需设置变压变频装置,若单套岸电按7.5 MVA设计,建设成本较高。故考虑通过两两并列运行的方式^[7]扩容至10 MVA,不但满足船上岸电接口容量要求,也可兼顾未来超大型集装箱船的岸电接用(码头结构考虑3.2万TEU集装箱船靠泊)。岸电供电系统见图1。

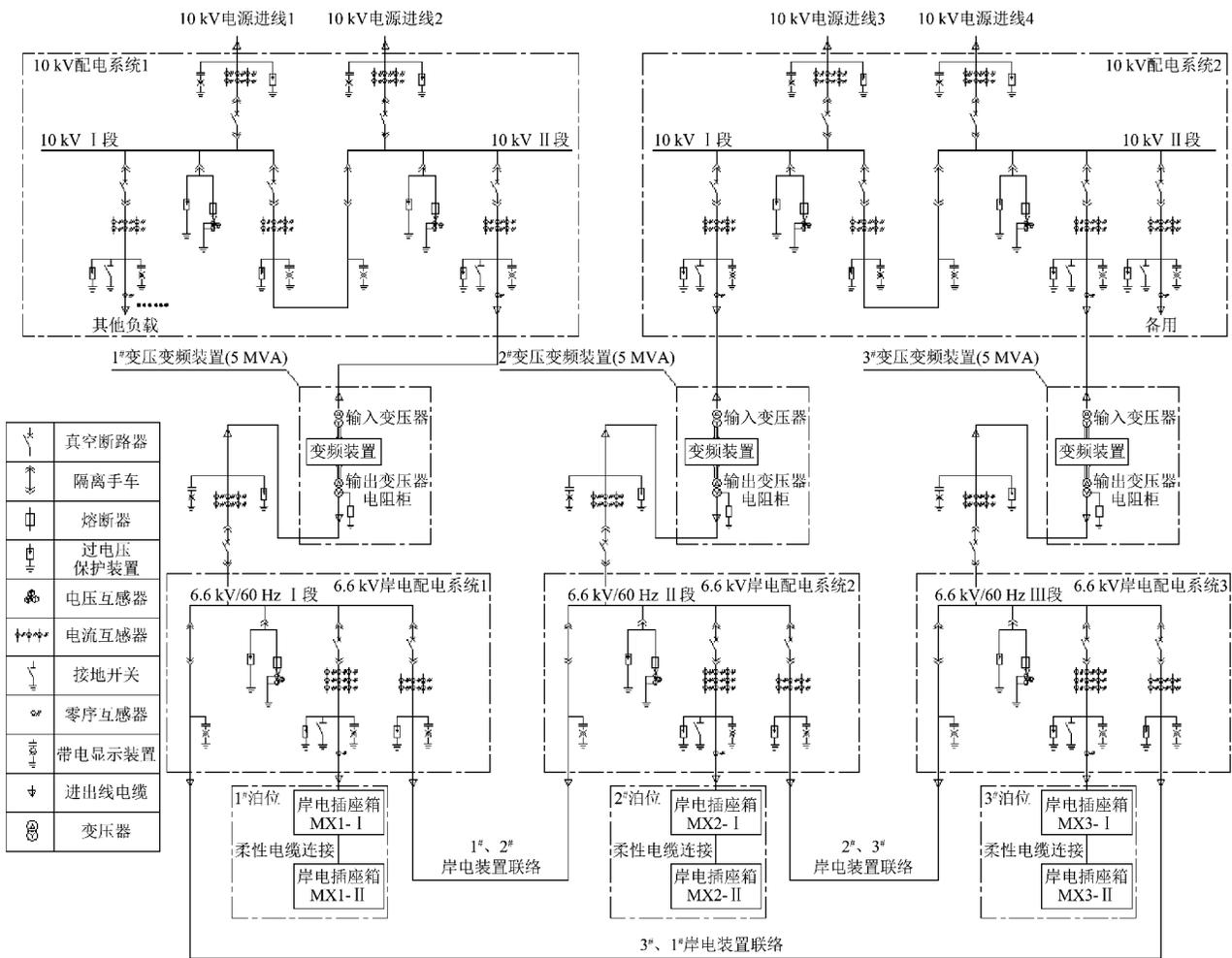


图1 岸电供电系统

Fig. 1 Shore power supply system

3 岸电主要设备

3.1 岸电装置布置

3.1.1 变压变频装置

每套变频电源的输入侧配置1台输入变压器(降压)、输出侧配置1台输出变压器(升压、隔离),10 kV/50 Hz市电经输入变压器降压后,通过变频

电源、输出变压器将其变频、升压至6.6 kV/60 Hz,经6.6 kV配电系统接至码头前沿的岸电插座箱。输出变压器兼具隔离作用,以保证每条船舶供电系统之间的电气隔离、互不干扰^[8]。

变频电源采用IGBT四象限整流,配套进线滤波装置可有效降低对进线电网的干扰,功率因数

趋近于1,同时可动态控制直流母线电压始终处于一个稳定值,避免港口电压波动对岸电输出电能质量的影响。岸电逆功也可随时反馈至电网,避免岸电系统异常停机。变频电源额定容量选择时需考虑10%的过载能力^[9],采用多模块并联结构。同时,为减少系统故障点和增强系统可靠性,单模块容量不低于系统总容量的25%。

3.1.2 岸电监控装置

岸电监控装置主要用于岸电连接和断开操作中的联锁保护和时序控制,能对断路器、变频电源、变压器、岸电插座箱等设备进行监控、计量和故障诊断,并可监视继电保护、安全回路动作信号。每套岸电装置配置1台控制屏,3台控制屏

间可实现数据交互,任意一套控制屏均可实现对整个岸电系统进行监控。在控制器内设计有安全联锁,可避免因误操作而导致的安全隐患,同时也可实现在任意站点对整个岸电系统状态进行监视。

3.1.3 设备布置

岸电装置一般布置在码头后沿变电所内,变压器与变频电源常规采用电缆连接,当容量较大时,也可采用大容量密集型母线槽连接。岸电控制屏一般布置于设备间入口处。变电所可采用成套集装箱式,具有占地少、建造周期短、布置灵活等优势,适合已建盐田国际集装箱码头的岸电改建项目^[10],而钢筋混凝土变电所更适合高盐雾潮湿环境下的设备布置,日常维护更为便利。码头岸电装置布置见图2。

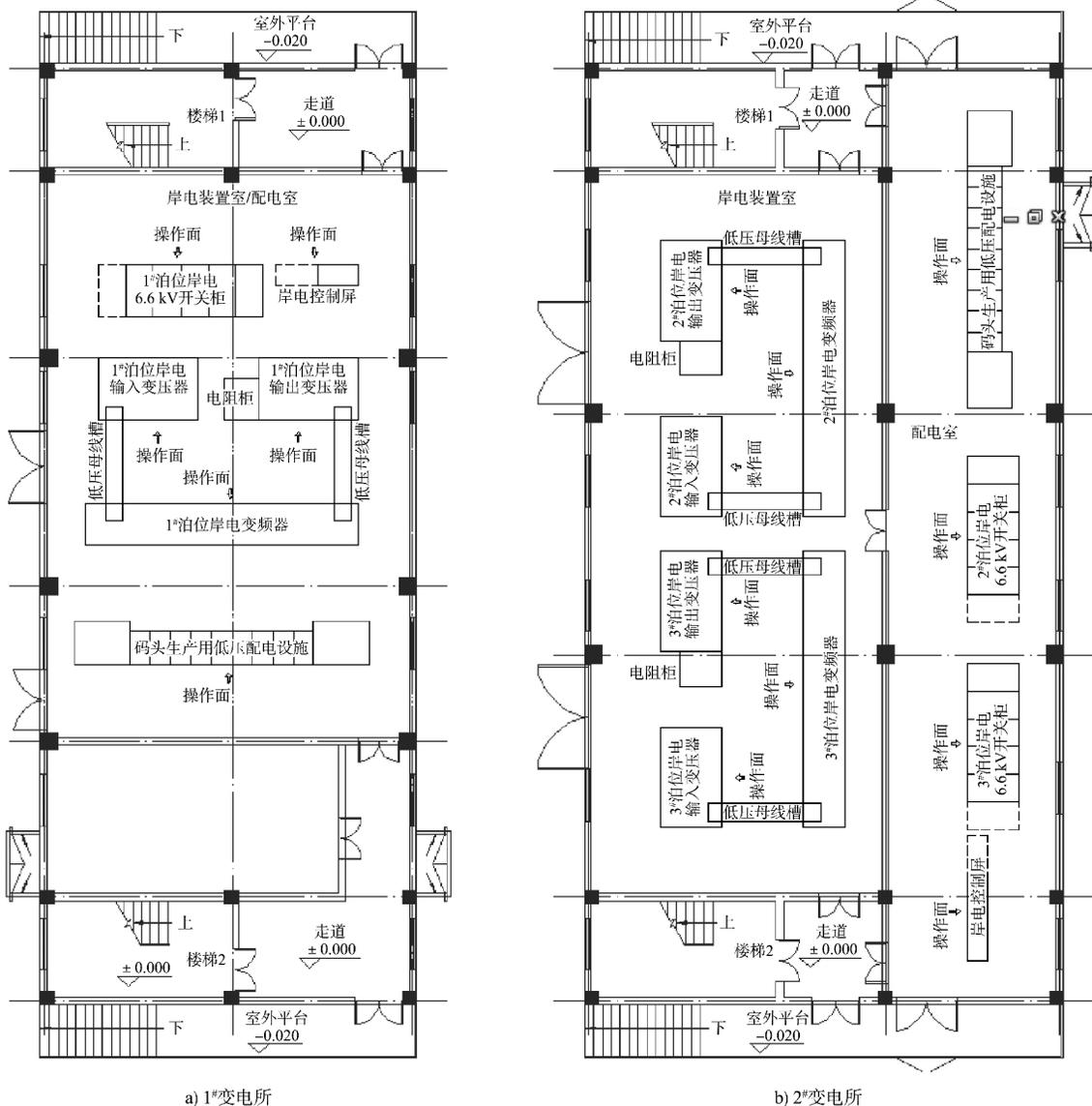


图2 变电所工艺布置 (单位: m)

Fig. 2 Process layout of transformer substation (unit: m)

3.2 岸电插座箱

3.2.1 配置要求

岸电插座箱安装在码头前沿岸电坑内，每套岸电插座箱配置2个7.2 kV/350 A插座，能与符合国际标准的船载高压插头简单、快捷、可靠地连接，所带把手可方便完成插头与插座的连接与脱开。

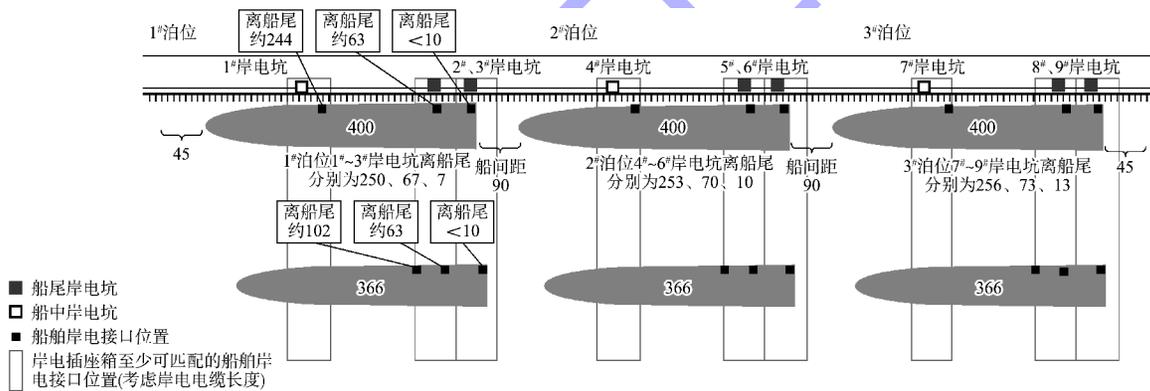
岸电插座箱应带有安全联锁装置，与岸电6.6 kV馈电柜之间进行联锁，确保不会产生带电操作和误送高压的危险。岸电插座箱配置有紧急停止按钮，船舶使用岸电期间如遇突发情况，可在插座箱处按下紧急停止按钮，使岸电6.6 kV馈电柜分闸。

3.2.2 岸电插座箱布置

本工程船舶靠岸采用右舷靠泊方式。根据表1数据，各船舶岸电接电位置不尽相同：岸电接口设置在离船尾60~70 m处较为常见，也有设置在

离船尾0~10 m处，另有少量船舶岸电接口在离船尾102、244 m处；而船方配置的20万吨级船舶的电缆相对较长，约为55 m。

针对20万吨级船舶的靠泊工况，考虑在距船尾约10、70 m位置分别布置1台岸电插座箱，每个泊位设置2台。在各泊位的船中位置预留岸电坑，为日后加装岸电插座箱提供了条件。当12万~15万吨级船舶靠泊时，可根据船上岸电接口位置，对船舶的靠泊点进行调整。如图3所示，以15万吨级船舶（船长366 m）为例，所设的2台岸电插座箱基本可做到全覆盖。若仅在靠近船尾的位置设置1台岸电插座箱，由于实际靠泊时船舶停靠位置不固定、船上岸电接电位置及停靠过程操作习惯不同等，一定程度上会降低岸电的接电率。目前常用的解决方法是配置移动式高压电缆绞车进行过渡。



注：每个泊位设置3个岸电坑，船尾2个坑内布置岸电插座箱，船中的坑为预留。

图3 岸电插座箱布置 (单位: m)

Fig. 3 Layout of shore power socket box (unit: m)

3.2.3 岸电插座箱供电方式

通常情况下，每台岸电插座箱分别由岸电变电所引接一路6.6 kV电源。本工程每个泊位的2台岸电插座箱共用一路6.6 kV岸电电源，电源电缆先接至距船尾60~70 m的1#岸电插座，2台岸电插座箱之间采用柔性电缆连接，电缆的一端带插头并悬挂于1#岸电坑内侧壁的支架上，另一端直接接入距船尾0~10 m的2#岸电插座箱。

当停靠船舶的岸电接电位置近船尾60~70 m

时，使用1#岸电插座箱为其提供岸电；当停靠船舶的岸电接电位置距船尾0~10 m时，由2#岸电插座箱为其提供岸电(需先将柔性电缆的插头插入1#岸电插座箱)，此时1#、2#岸电插座箱均带电，其周边务必做好安全措施，如设置防护栅栏等。

相对于两路电源供电和配置移动式高压电缆绞车的方案，岸电插座箱的供电方式更具经济性，且更为便捷。

4 结语

1) 本文介绍的岸电设施设计方案安全可靠、经济合理、使用方便,符合新一代大型集装箱港区岸电需求,适应未来船舶大型化的发展趋势,对类似工程的设计具有一定借鉴意义。

2) 通过对各船公司大型集装箱船辅机功率、岸电接口位置等数据的调研,为码头岸电系统容量和运行方式的确定以及岸电插座箱布置及连接方式的设计,提供了充分的理论依据。

3) 通过设置3套岸电装置的联络开关,可提高岸电系统的供电可靠性。当某一泊位对应的岸电变频电源发生故障时,由联络开关将其余空闲的岸电变频电源装置调用至该泊位,保证船舶岸电的持续性接用。

4) 利用并机技术,通过两两并列运行的方式将岸电容量增至10 MVA,可兼顾未来超大型集装箱船舶的岸电接电需求。

5) 通过将每个泊位的2台岸电插座箱设计为共用一路6.6 kV电源,优化了岸电插座箱的常规连接方式,提升了岸电接电率。

参考文献:

- [1] 刘纯,唐苇苇,姚建新. 国内外码头岸电系统技术应用及发展综述[J]. 水运工程, 2020(5): 173-176, 234.
LIU C, TANG W W, YAO J X. View of technological application and development of terminal cold ironing system in China and abroad [J]. Port & waterway engineering, 2020(5): 173-176, 234.
- [2] 周同. 国内外码头岸电系统技术应用及发展[J]. 港工技术, 2023, 60(3): 41-44.
ZHOU T. Application and development of shore power technologies at home and abroad [J]. Port engineering technology, 2023, 60(3): 41-44.
- [3] 王新平,林科,丁凤霞,等. 制约船舶码头岸电使用率提升的影响因素分析和策略[J]. 水运工程, 2024(1): 36-41.
WANG X P, LIN K, DING F X, et al. Analysis of factors restricting improvement of shore power utilization at ship

- terminals and suggested strategies [J]. Port & waterway engineering, 2024(1): 36-41.
- [4] 交通运输部水运科学研究院. 码头岸电设施建设技术规范: JTS 155—2019[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
China Waterborne Transport Research Institute. Technical code of shore-to-ship power supply system: JTS 155-2019[S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2019.
- [5] 杜学鹏. 超大型集装箱船电气系统关键技术分析和研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
DU X P. Primary technology analysis and study of electrical system for super large container vessel [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2014.
- [6] International Electrotechnical Commission. Utility connections in port -Part 1: High voltage shore connection (HVSC) systems- general requirements: IEC/IEEE 80005-1 [S]. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2019.
- [7] 陈宇,徐晓峰,李民英,等. 高栏港4MVA船舶岸基电源系统设计与实现[J]. 建筑电气, 2022, 41(1): 31-37.
SUN Y, XU X F, LI M Y, et al. Design and implementation of 4 MVA shore-based power system in Gaolan Port[J]. Building electricity, 2022, 41(1): 31-37.
- [8] 孔德鹏,孙秋萍. 京唐港首钢码头船舶岸电系统供电设计[J]. 港工技术, 2017, 54(2): 61-63.
KONG D P, SUN Q P. Design of shore power supply system applying to Jingtang Port Shougang terminal [J]. Port engineering technology, 2022, 41(1): 31-37.
- [9] 交通运输部水运科学研究所. 码头船舶岸电设施工程技术标准: GB/T 51305—2018[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
China Waterborne Transport Research Institute. Technical standard for shore-to-ship power supply system engineering: GB/T 51305-2018 [S]. Beijing: China Planning Press, 2018.
- [10] 刘庆国. 盐田三期国际集装箱码头船舶岸电系统应用[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(1): 116-118.
LIU Q G. Application of shore power system for ships at Yantian phase III international container terminal [J]. China water transport (second half of month), 2018, 18(1): 116-118.