

# 船用岸电技术国内外发展综述

田鑫，杨柳，才志远，赵波

(国网智能电网研究院，北京市 昌平区 102209)

## Summary of Development of On-shore Power Supply for Vessels Technology in China and Abroad

TIAN Xin, YANG Liu, CAI Zhiyuan, ZHAO Bo

(State Grid Smart Grid Research Institute, Changping District, Beijing 102209, China)

**ABSTRACT:** There are many large ports in China, and alternative maritime power supply (AMPS) technology has been emphasized to be an important way to build the environmental friendly ports by governments since the environmental problems have become more serious in China. The development of the AMPS system in both China and other countries is proposed. The summary and evaluation about policies and standards concerning AMPS technology are presented. And the composition of the AMPS system and the electrical wiring for shore power engineering are summarized. In the end, the research and development trend of the AMPS technology in China is predicted based on the analysis.

**KEY WORDS:** alternative maritime power supply (AMPS); policies and standards; electrical circuit; development trend

**摘要：**针对我国港口众多，且随着近年来环境污染问题越来越严重，船用岸电技术成为建设绿色港口的重要技术之一，受到了各地政府的重视，对岸电技术国内外发展历程进行调研，并对国内外岸电政策和标准进行总结和评价，然后对岸电系统组成和电气配置方案进行综述，最后在综合分析的基础上对岸电技术在国内的研究发展方向进行预测。

**关键词：**船舶岸电；政策标准；电气配置；发展趋势

DOI:10.14171/j.2095-5944.sg.2014.11.002

## 0 引言

近年来，美国、欧洲等国家对节能减排、环境保护工作的重视程度越来越高。靠港船舶使用岸上电源系统供电，可作为减少港口环境污染问题的一项重要技术，已经在国外一些港口实际应用。船舶在靠港期间，主要利用船上自身携带辅机来满足船舶自用电需求，辅机发电主要依靠燃料油(重油或柴油)。燃油辅机在发电的过程中，会排放包含氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、硫氧化物(SO<sub>x</sub>)、挥发性有机化合物(VOC)和颗粒污染物(PM)在内的污染物，对港口空气及水域造成了很大的污染，同时辅机发电会产生较大的噪音，严重影响附近居民及船员的工作和生活。

船用岸电技术是船舶在停泊码头期间停止使用辅机，而改用岸上电源供电，从而获得其泵组、通风、照明、通讯和其他设施所需电力<sup>[1-2]</sup>。

据统计，岸电在港口城市应用后，船舶靠港污染物排放量明显降低。在港区应用船用岸电技术，对于保护港区、市区的环境意义重大，可为未来“绿

色港口”建设和发展做出巨大贡献，同时对于船方来讲，靠港后使用岸电可降 30%的低燃油消耗成本<sup>[3]</sup>，其经济效益显著。

## 1 国内外岸电技术发展历程

### 1.1 国外岸电技术发展历程

2000 年，瑞典哥德堡港第一个在渡船码头，设计安装了高压岸电系统。此项技术使得船舶靠港期间污染物排放减少了 94%~97%<sup>[4]</sup>，在欧盟引起了广泛关注。随后欧盟的主要港口，如荷兰鹿特丹港，比利时安特卫普港等集装箱码头，以及泽布勒赫港、哥德堡港等客滚或渡船码头也陆续应用了岸电技术<sup>[5-6]</sup>。

2001 年，美国朱诺港首次将岸电技术应用在豪华邮轮码头；2004 年，美国洛杉矶港将其应用在集装箱码头 100 号集装箱泊位上，并计划在 2014 年将给所有集装箱码头安装岸电设施；2009 年，长滩港首次将其应用在油码头。据不完全统计，截止到 2013 年，全世界使用岸电技术的港口约有 30 多家，

而岸电的应用也从最初的滚装和、装箱及邮轮码头，扩展到了油码头与天然气码头等。国外主要应用岸电技术的码头如表 1 所示<sup>[7-9]</sup>。

表 1 国外主要应用岸电技术的码头  
Tab. 1 Main ports abroad that use AMPS technology

码头类型	港口所在地
集装箱码头	北美：洛杉矶港、长滩港、旧金山港、鲁伯特王子港等
	欧盟：鹿特丹港、安特卫普港等
客滚或渡船码头	欧盟：泽布勒赫港、哥德堡港、科特卡港、吕贝克港、凯米港、奥鲁港等
	北美：朱诺港、温哥华港、西雅图港、圣弗朗西斯科港、洛杉矶港、圣地亚哥港、新泽西港等
邮轮码头	欧盟：哥德堡港、威尼斯港等
	北美：长滩港等
油码头	北美：长滩港等
散件杂货	北美：洛杉矶港等
天然气码头	韩国：LNG 天然气码头

## 1.2 国内船舶岸电技术应用现状

国内港口的船舶岸电技术研究尚处于起步阶段，2009 年以来国内多个港口已建立船用岸电试点性工程。

2009 年青岛港招商局国际集装箱码头有限公司首先完成了 5 000 t 级内贸支线集装箱码头船舶岸电改造，但该系统仅针对内货船只，且应用面较窄；2010 年 3 月，上海港外高桥二期集装箱码头运行移动式岸基船用变频变压供电系统，其主要是针对集装箱船舶，且工程规模较小；2010 年 10 月，连云港港口首次将高压船用岸电系统应用于“中韩之星”邮轮；2011 年 11 月—2012 年 1 月，招商国际蛇口集装箱码头先后安装了低压岸电系统与高压岸电系统<sup>[10]</sup>；目前福建港，宁波港、天津港<sup>[11]</sup>等国内一些港口码头也正在进行船舶岸电系统的建设和试验。国内主要应用岸电技术的码头如表 2 所示。

表 2 国内主要应用岸电技术的码头  
Tab. 2 Main ports at home that use AMPS technology

港口	电压等级	供电频率/Hz	供电容量
青岛港招商局	低压 380 V	50	131.6 kVA
上海外高桥码头	低压 440 V	50/60	2 MVA
连云港	高压 6.6 kV	50/60	2 MVA
蛇口集装箱码头	低压 440 V	50/60	5 MVA
	高压 6.6 kV		

## 2 国内外岸电政策及标准

### 2.1 国外出台政策及标准

随着各国对环境污染的重视，船舶排放也相继出台了各项政策：

1) 美国加州是率先颁布法律限制船舶污染排放的国家。

加利福尼亚州于 2009 年生效对船舶减排的法规，法规要求自 2014 年 1 月 1 日起 50% 的船舶使用岸电并每年依次递增，到 2020 年 1 月 1 日达到 80% 的船舶使用岸电目标。目前世界上只有美国加州对船用岸电做了强制性规定。

2) 欧洲许多国家也出台了鼓励船舶采用岸电的措施。

欧盟 2006 年建议港口提供船舶岸电或含硫 0.1% 的燃油，《EU Directive 2005/33/EC—2010》<sup>[12]</sup>法令规定从 2010 年开始船舶在靠港以及在内河流域船舶建议使用船舶岸电。

3) 2012 年，国际电工委员会、国际标准化组织、电气和电子工程协会 3 家联合发布了国际标准 IEC/ISO/IEEE80005-1<sup>[13]</sup>，即《在港设施 第一部分：高压岸电系统一般要求》。

该标准对高压岸电系统的 3 个部分组成(岸基供电系统、船岸连接系统、船舶受电系统)从系统组成的设备和要求、保护系统的配置、安全联锁的实现方式和设备、船岸等电位连接的实现方式和设备、岸基供电系统的供电电制和电能质量、船岸连接设备的组成和对连接设备的特殊要求等方面进行了非常详尽的规定。除此之外，还对高压岸电系统首次应用和日常保养应进行的检测项目分别进行了规定。该标准的出台对于船用岸电技术的发展起到了积极的促进作用<sup>[14]</sup>。

### 2.2 国内相关政策及标准

随着国内岸电技术应用与日俱增；交通运输部也组织制定了相关的标准规范：

2012 年 7 月 4 日，交通部颁布并实施的《码头船舶岸电设施建设技术规范 JTS155—2012》<sup>[15]</sup>和《港口船舶岸基供电系统技术条件 JT/T814—2012》<sup>[16]</sup>，其主要是针对船舶岸电系统的岸基部分进行的一般性的规定，并提出“新建集装箱码头、干散货码头、邮轮码头和客滚轮码头，应在工程项目规划、设计和建设中包含码头船舶岸电设施内容”的强制要求。总之，规定较为宽泛，但具体的

工程实施难以做到有章可循。

2012年7月,交通运输部发布了JT/T815—2012《港口船舶岸基供电系统操作技术规程》,尝试对船舶岸电系统日常运营管理从工作流程和应履行的手续等方面进行了规定,但由于该标准的出台主要针对连云港船舶岸电系统的情况,缺乏普适性,且随着船舶岸电技术的不断发展,该标准的借鉴价值值得商榷。

2011年5月,中国船级社发布了《船舶高压岸电系统检验原则》。该原则为现阶段国内船舶安装岸电系统入级检测提供依据,并为国内船舶岸电的设计、产品制造、建造改造提供船基设施标准,且为安装上船的高压岸电设备检验和发证。

### 3 岸电系统组成

船舶岸用电系统主要由3部分组成:岸上供电系统,船岸交互部分和船舶受电系统。船舶岸电系统示意图如图1所示。

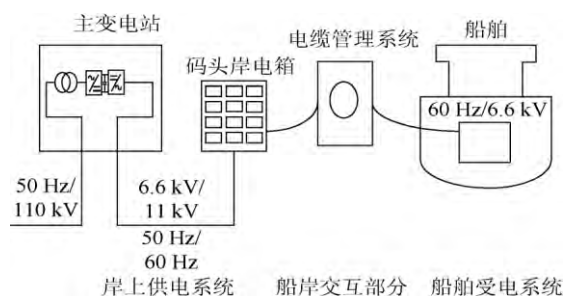


图1 船舶岸电系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of AMPS system

#### 1) 岸上供电系统。

岸上供电系统使电力从高压变电站供应到靠近船舶的连接点,即码头接电箱,完成电压等级变换、变频、与船舶受电系统不停电切换等功能。

#### 2) 船岸交互部分。

连接岸上连接点及船上受电装置间的电缆和设备,电缆连接设备必须满足快速连接和储存的要求,其不使用时储存在船上、岸上或者驳船上。

#### 3) 船舶受电系统。

在船上原有配电系统的基础上固定安装岸电受电系统,包括电缆绞车、船上变压器和相关电气管理系统等。船舶电站发电机的电压等级可分为高压和低压两种。高压船舶电站电压等级为11 kV, 6.6 kV(60 Hz), 6 kV(50 Hz), 低压船舶电站电压等级为400 V(50 Hz)或440 V(60 Hz)。

### 4 已有船用岸电电气配置方案

船舶配电电压包括高压配电和低压配电两种,高压配电主要为6.6(6) kV,低压配电为440(400) V。各港为船舶提供的岸电电压、频率不尽相同,如北美地区港口提供岸电的频率为60 Hz,欧洲大部分国家则为50 Hz,而不同类型、不同吨级船舶上的电压、频率也不相同。因此为适应各国船只到港供电与用电制式的匹配是船舶岸电系统需要重点解决的问题之一,码头上的岸电电源装置需要将岸电电源的供电制式转为与靠港船舶相应的用电电源制式。

#### 4.1 低压船舶/低压岸电供电方案

美国洛杉矶港即采用这种低压船舶/低压岸电/60 Hz直接供电方案,该供电方案示意图如图2所示。电网电压经变电站降压至6.6 kV,并接到码头岸电接电箱。因港口空间有限,6.6 kV到440 V变电箱安装在移动驳船上,船舶经由驳船上9根电缆连接岸电。

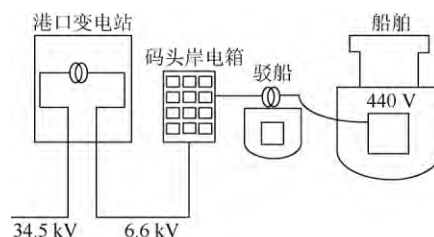


图2 低压船舶/低压岸电直接供电方案示意图

Fig. 2 Schematic diagram of direct power supply of low-voltage ships/low-voltage shore power

该方案可用于对低压配电船舶进行供电,且无需改造码头,配置简单。但因低压船舶不易安放变电箱,该设备需置于驳船,从而造成连接困难;另外使用9根电缆供电,则安装拆卸时间长。

国内上海港外高桥二期集装箱码头的岸电系统,目前采用的也是低压船舶/低压岸电供电方案,但其涉及变频技术,低压船舶/低压岸电变频供电方案示意图如图3所示<sup>[17]</sup>。方案采用的是移动式岸电电站,变压与变频主体结构装载在集装箱内,方便港口搬运移动,且可放置于岸边或者驳船上。电网10 kV/50 Hz的三相交流电压先经变压器变压到变频器工作电压,然后经变频器由50 Hz变为60 Hz,再由变压器降压到440 V/60 Hz,最后将9根电缆连接到船上<sup>[18]</sup>。

该岸电方案使用较为灵活,且无需码头提供额

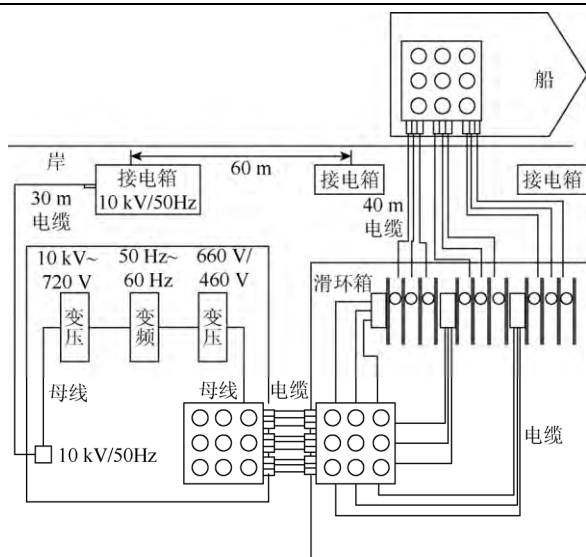


图3 低压船舶/低压岸电变频供电方案示意图

Fig. 3 Schematic diagram of variable-frequency power supply of low-voltage ships/low-voltage shore power

外电气设施。缺点是该系统网侧采用二极管不控整流，对电网有污染，必须加以解决。

对比国内外两种低压船舶/低压岸电供电方案可知，该方案的共同缺点是，由于440 V低压供电，使用9根电缆连接，供电连接操作复杂，每次船舶到港后安装与拆卸时间长。

#### 4.2 低压船舶/高压岸电供电方案

瑞典哥德堡港滚装船码头采取低压船舶/高压

岸电/50 Hz直接供电方案。该供电方案示意图如图4所示。电网电压经变电站降至6~20 kV，由码头岸电接电箱接岸电上船，因传输电压高，传输电缆使用1根高压电缆即可。上船后通过变压器降压至船舶配电电压等级向船舶供电。

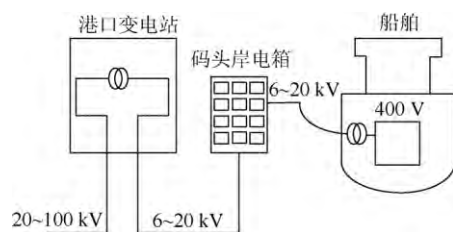


图4 低压船舶/高压岸电直接供电方案示意图

Fig. 4 Schematic diagram of direct power supply of low-voltage ships/high-voltage shore power

该方案适用于对高压配电船舶进行供电，当给低压配电船舶供电时，需在岸侧或船侧加装变压器。由于未加装变频器，当向60 Hz船舶供电时，该岸电只能给船舶上的照明等非动力负载供电。

国内连云港码头采用低压船舶/高压岸电的供电方案<sup>[19]</sup>，该岸电系统同样涉及变频示意图如图5所示<sup>[20]</sup>。输入侧接10 kV/50 Hz电网电源，经岸上变频器变频，输出侧为6.6 kV/60 Hz。将变频后的高压电送至码头前沿的高压接线箱内，同时在船舶上安装配套的固定变压器。

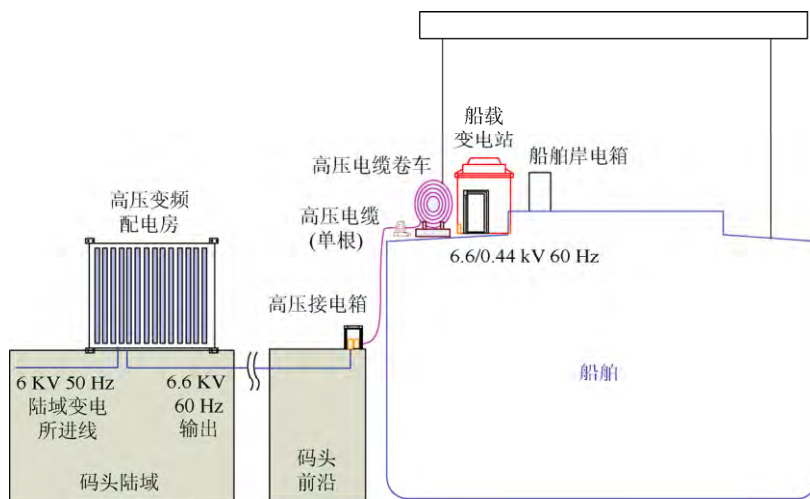


图5 连云港高压船舶/高压岸电供电方案示意图

Fig. 5 Schematic diagram of power supply of high-voltage ships/high-voltage shore power in Lianyungang

该供电方案的优点在于采用高压一根电缆上船，安装便捷，且可实现不间断供电，供电均有岸侧管理，运行方便；缺点是由于采用岸上并网方式，每台变频器对应单独的船舶，且船舶需相应改造，

技术实现成本高，灵活性较差<sup>[21]</sup>。

对比国内外两种低压船舶/高压岸电供电方案可知，该方案共有的优点是，高压供电，使用1根电缆快速连接；缺点是需要船上安装变压器，船

船改造复杂<sup>[21]</sup>。

### 4.3 高压船舶/高压岸电供电方案

美国长滩港集装箱码头即使用高压船舶/高压岸电/60 Hz 直接供电方案,该供电方案示意图如图6所示。电网电压经变电站降至6~20 kV,由码头岸电接电箱接岸电上船,上船后可直接切换至船舶配电系统并向船舶供电。国内尚未有港口应用类似方案。

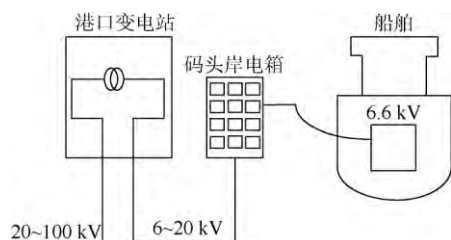


图6 高压船舶/高压岸电直接供电方案示意图

Fig. 6 Schematic diagram of direct power supply of high-voltage ships/high-voltage shore power

该方案适用于对高压配电船舶进行供电,当给低压配电船舶供电时,需在岸侧或船侧加装变压器;由于未加装变频器,当向50 Hz船舶供电时,该岸电只能给船舶上的照明等非动力负载供电。

## 5 岸电技术研究方向分析

根据船舶岸电国内外应用现状及配置方式调研结果,船舶岸电技术将以如下几个方面重点开展研究:

### 1) 大容量船舶岸电供电电源技术研究。

航运事业的飞速发展促使船舶的吨位不断增大,其所需要的电力功率也越大,且要考虑多条船舶同时应用岸电的情况,则所需要的岸电电源容量也越大。

### 2) 岸电供电变频,变压技术研究。

目前国内外船舶频率不同,电压等级也不尽相同,船舶岸电需满足国内外不同频率船舶、不同配电电压等级船舶的供电需求,同时需对不同类型船舶负荷特性进行分析,确定船舶用户对供电电能质量的需求。岸电变频、变压技术需采取相应的技术手段满足岸电电源供电品质。

### 3) 岸电设备紧凑化布局研究。

大容量供电设备体积较大,在码头岸电设计时,供电设备的安放位置即要满足船舶供电需求,又不能影响码头操作和交通,则需考虑隐蔽布置或移动式设备,从而减少空间需求。

### 4) 船舶岸电供电模式研究。

为实现船舶岸电技术在国内的推广应用,需提出可广泛适用于港口码头电气环境的供电模式,以满足规模化推广的需要。目前国内现有的岸电示范工程仅针对特定工程开展,不具有普适性,需在主电气接线方式、继电保护配置、岸电并网方式等多方面开展研究,形成该领域的技术规范和标准,从而推动岸电产业的发展。

### 5) 船岸交互技术研究。

靠港船舶连接岸电需同时满足快速、安全、稳定的技术需求。该技术的实现涉及到船岸连接电缆、接地方式及继电保护配置方式。目前柔性电缆技术由国外公司垄断,接地方式及继电保护配置还未形成统一的技术标准,需进一步开展此关键技术研究,促进实现岸电技术的国产化、规模化应用。

## 6 结论

近年来,随着国家对节能减排、环境保护工作的不断重视,我国各行各业都在努力开拓思路,促进节能减排、环境保护工作的具体落实。国家电网公司提出的“以电代煤、以电代油、电从远方来”的思想逐渐成为社会共识,并得到了广泛的认可。船舶岸电技术作为港口节能减排的重要举措之一,其符合国家电网公司的倡导,且具有广阔的推广前景和深远的意义。

## 参考文献

- [1] 彭传圣. 靠港船舶使用岸电技术的推广应用[J]. 港口装卸, 2012(6): 1-5.  
Peng Chuansheng. Application and promotion of on shore power technology served for berthing vessels[J]. Port Operation, 2012(6): 1-5(in Chinese).
- [2] 吴振飞, 叶小松, 邢鸣. 浅谈船舶岸电关键技术[J]. 建筑电气, 2013(6): 22-26, 60.  
Wu Zhenfei, Ye Xiaosong, Xing Ming. Review on key technology of on-shore power supply for vessels[J]. Electrotechnical Application, 2013(6): 22-26, 60(in Chinese).
- [3] 陈刚. 高压变频数字化船用岸电系统[J]. 港口装卸, 2010(6): 17-21.  
Chen Gang. High voltage frequency conversion digital ship purpose of qayside power supply syteme[J]. Port Operation, 2010(6): 17-21(in Chinese).
- [4] 彭传圣. 靠港集装箱船岸电技术的应用[J]. 集装箱化, 2011(8): 21-24.  
Peng Chuansheng. Applicaition of on-shore power supply for container ship[J]. Containerization, 2011(8): 21-24(in Chinese).
- [5] Sisternes F J. Plug-in electric vehicle introduction in the EU [D]. Boston: Massachusetts Institute of Technology, 2010.
- [6] 彭传圣. 欧盟建议的靠泊船舶使用岸电方案[J]. 水运科学研究,

- 2007(6): 44-46 .
- Peng Chuansheng . EU proposes berthing of ships using shore power program[J] . Research on Waterborne Transportation , 2007(6) : 44-46(in Chinese) .
- [7] 卢明, 刘汝梅, 石强, 等. 国内外港口船舶岸电技术的发展和运用现状[J] . 港工技术, 2012(6) : 41-44 .
- Lu Mingchao, Liu Rumei, Shi Qiang, et al . Development and application of technology for shore power supply for vessels in port in china and abroad[J] . Port Engineering Technology , 2012(6) : 41-44(in Chinese) .
- [8] Marine Environment Protection Committee . 2012 guide-lines on the method of calculation of the attained energy efficiency design index (EEDI) for new ships[R] . London : International Marine Organization , 2012 .
- [9] Chris Whall . UK ship emissions inventory[R] . London : Entee UK Limited , 2010 .
- [10] 陈晓宏, 王闯. 蛇口集装箱码头船用供电系统方案设计[J] . 水运工程, 2012(1) : 74-78 .
- Chen Xiaohong, Wang Chuang . Design of marine power supply system for Shekou container terminal[J] . Port & Waterway Engineering , 水运工程, 2012(1) : 74-78(in Chinese) .
- [11] 佟志国. 天津港船舶岸电系统技术经济研究[D] . 天津: 天津大学, 2013 .
- Tong Zhiguo , Technology and economy research on shore-side electricity system of Tianjin port[D] . Tianjin : Tientsin University , 2013(in Chinese) .
- [12] EU Directive 2005/33/EC—2010 The european parliament and of the council[S] . Europe : Official Journal of the European Union , 2005 .
- [13] IEC/ISO/IEEE80005-1 Utility connections in port-part1 : high voltage shore connection (HVSC) systems—general requirement[S] . ISO : International Standard , 2012 .
- [14] 王正甲, 谢立新, 万芳. 高压岸电在散货船上的应用研究[J] . 船舶与海洋工程, 2012(4) : 42-45 .
- Wang Zhengjia, Xie Lixin, Wan Fang . Application of high voltage shore power boat in bulk[J] . Naval Architecture and Ocean Engineering , 2012(4) : 42-45(in Chinese) .
- [15] JTS155—2012 码头船舶岸电设施建设技术规范[S] . 北京: 人民交通出版社, 2012 .
- [16] JT/T814—2012 港口船舶岸基供电系统技术条件[S] . 北京: 人民交通出版社, 2012 .
- [17] 包起航, 黄细霞, 葛中雄. 上海港口外高桥六期码头岸电试点项目方案论证[J] . 港口科技, 2009(12) : 6-10, 14 .
- Bao Qihang, Huang Xixia, Ge Zhongxiong . Plan proving of the on shore power supply trial project in Shanghai port Waigaoqiao terminal[J] . Science & Technology of Ports , 2009(12) : 6-10, 14(in Chinese) .
- [18] 包起航, 江霞. 上海港岸基船用供电系统研究与实践[J] . 水运工程, 2010(5) : 11-16 .
- Bao Qifan, Jiang Xia . Research and application of on shore power supply system for vessels in Shanghai port[J] . Port & Waterway Engineering , 2010(5) : 11-16(in Chinese) .
- [19] 张国桥, 穆鑫. 探索岸电技术建设绿色港口-连云港船舶靠港接用岸电项目调查[J] . 港口经济, 2011(1) : 36-38 .
- Zhang Guoqiao, Mu Xin . Shore power technology to explore the construction of green port-Lianyungang port connection with the ship on shore power project survey[J] . Port Economy , 2011(1) : 36-38(in Chinese) .
- [20] 河北远洋运输集团股份有限公司. “富强中国”轮使用岸电项目[J] . 交通节能环保, 2013(3) : 15-20 .
- HOSCO . “ Prosperous China ” to use shore power project[J] . Energy Conservation & Environmental Protection in Transportation , 2013(3) : 15-20(in Chinese) .
- [21] 苏勇, 章广春, 陈钢. “中韩之星”轮船舶高压岸电技术的应用[J] . 港口技术, 2012(9) : 8-12 .
- Su Yong, Zhang Guangchun, Chen Gang . Application of shore technology with high pressure of ship on China-Korea star[J] . Science & Technology of Ports , 2012(9) : 8-12(in Chinese) .
- 
- 收稿日期: 2014-08-13.
- 作者简介:
- 田鑫(1985), 男, 硕士, 工程师, 主要从事柔性交流输电技术, 电气节能相关技术研究工作, tianxin@sgri.sgcc.com.cn ;
- 杨柳(1984), 女, 硕士, 助理工程师, 主要从事电气节能相关技术研究工作 ;
- 才志远(1983), 男, 助理工程师, 主要从事电气节能相关技术研究工作 ;
- 赵波(1977), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事柔性输电、节能及储能技术研究。
- (编辑 李静)