

上海港靠泊国际航行船舶岸基供电研究

常敬州

(浦东海事局危管防污处 上海 200137)

摘要：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。本文首先对国内外岸电技术发展历程进行概述，并对国内外岸电政策和标准进行总结和评价，然后阐述船舶岸电电源系统的组成和电气配置方案，指出在上海港靠泊国际航行船舶实施岸基供电具有良好的生态效益和经济效益，应在上海港进一步推广。

关键词：船舶岸电 政策标准 变频 节能减排 绿色港口

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_x）、硫氧化物（SO_x）、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。

根据上海市环境监测中心数据显示，在上海市大气污染物排放清单中，国际航行船舶是船舶排放的首要来源，其排放占船舶排放比例达 90%以上。尤其是停泊靠岸期间，因使用发动机所产生的污染排放给本市空气质量环境改善带来很大压力。转而使用岸电后，其 NO_x排放将减少 99%，颗粒物排放也只相当于辅机发电时的 3%~17%。所以在上海港大型船舶应用岸电技术，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，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

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%，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。

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；2009 年，美国长滩港首次将其应用在油码头。据不完全统计，截止到 2014 年，全世界使用岸电技术的港口约有 40 多家，而岸电的应用也从最初的滚装码头、集装箱码头及邮轮码头，扩展到了油轮码头和天然气码头等。国外主要应用岸电技术的码头如表 1 所示。

表 1 国外主要应用岸电技术的码头

码头类别	港口所在地
邮轮码头	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
	欧盟：哥德堡港、威尼斯港等
客滚船或渡船码头	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
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
散货码头	北美：洛杉矶港等
油码头	北美：长滩港等
天然气码头	韩国：LNG 天然气码头

1.2 国内岸电技术发展

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 000T 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，深圳港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；目前福建港，宁波港、天津港

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

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

2 国内外岸电政策及标准

2.1 国外岸电政策及标准

随着各国对环境污染的日益重视，美国、欧洲各国、国际组织对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》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，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、安全连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。

2.2 国内岸电政策及标准

随着国内环保意识的增强，各地政府的重视，船舶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，交通运输部颁布并实施的《码头船舶岸电设施建设技术规范 JTS155—2012》和《港口船舶岸基供电系统技术条件 JT/T814—2012》，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、邮轮码头和客滚船码头，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 船舶岸电电源系统介绍

船舶岸电电源系统主要由码头岸上输配电系统和船舶自身岸电转换系统两大部分组成如图 1 所示。

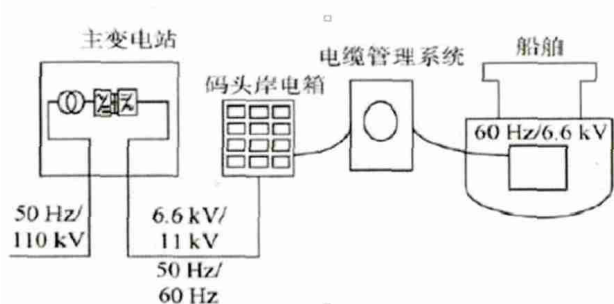


图 1 岸上输配电系统 船舶自身岸电转换系统

3.1 岸上输配电系统

我国港口使用的岸电是 380V/50Hz，而深水航行的大型船舶使用的电力为 440V/60Hz，该系统主要功能是将国内电网 50Hz 电源转换成船用 60Hz 电源。目前，岸电变频电源有 2 种结构方式。

第一种：变频电源 正弦波滤波器 电力变压器。三相电输入经变频电源整流逆变输出 60Hz 的 SPWM 波，而后经正弦波再经电力变压器调整到需要的电压。由于正弦波滤波器的电感量很高，因此要求系统中配置的电感器尺寸也很大，从而影响了系统整体效率，而目前业内厂家实测的电子静止式岸电变频电源，整体效率仅有 85% 左右。

第二种：变频电源 波形预处理电感器 逆变输出变压器与输出滤波器。三相电输入经变频电源整流逆变输出 60Hz 的 SPWM 波，而后经电感器对波形进行预处理并校正，滤波逆变器所产生的高次谐波分量。再输入到逆变输出变压器预输出滤波器对波形进行二次处理并进行调压，达到输出正弦波和需要的电压。由于对波形进行二次处理，第一次波形预处理不需要很高的电感量，仅需要较小尺寸的电感量就能达到目的。第二次波

形处理在逆变变压器预输出滤波器中进行, 逆变变压器是专门为逆变技术而设计匹配的, 具有变压和电感双重功能的一种新技术变压器, 加上交流滤波电容器, 构成一种高频陷波器, 所以具有很高的效率, 经生产厂家整体效率实测高达 93%~5%。目前, 国内船用变频电源大多采用该方式。

3.2 船舶岸电转换系统

船舶岸电转换系统由一套高压电力转换设备组成, 主要包括插座盘、岸电与船电并电的转换开关及相应的保护装置等。由船东负责规划, 并安装于船上供连接岸电用。当船舶停靠港口时, 由该系统连接岸上供电系统, 停止船上发电机群运转, 以岸电提供停泊期间所需的电力。以美国替代航海电力系统为例 AMP(Alternative Maritime Power System)为例, 目前开发的 AMP 系统含有下列主要设备: 电缆卷轮以承载连接岸电电缆及接头 (cable reel);

电缆卷轮控制箱 (cable reel control box); 高压岸电连接盘 (high voltage shore connection panel); 岸电供电盘 (shore incoming panel); 替代航海电力管理系统 (amp management system)。

AMP 系统在船舶停泊时连接岸上供电系统后, 由管理系统主导船电的电力管理系统, 控制船电的电压、相位和频率等, 调整至与岸电的特性相匹配时即执行两电力系统的短暂并联运作, 随即执行负载转移的操作, 完成供电的交替。

4 使用岸电的意义

近几年, 随着节能减排、绿色环保等要求的不断提高, 国际上许多港口管理部门已经开始采取措施减少废气排放, 控制港口污染, 实施船舶靠港使用岸电, 就是其中重要的一项。既有较好的节能减排效益, 又能够有效降低硫化物、氮氧化物以及噪声等污染, 减少温室气体的排放。据不完全统计, 每年 1000 吨级以上的各类船舶在我国港口靠泊装卸货物期间消耗的燃油约 300 万 T, 如果改用岸电, 全国每年可减排二氧化碳 900 多万 T、减排二氧化硫约 10 万 T、减排氮化物约 20 万 T, 这无疑对全国节能减排工作具有极其重大的意义。

5 上海港岸电政策

2015 年 7 月 28 日, 上海市人民政府批准同意市交通委、发展改革委和市财政局等部门共同研究制定的《上海港靠泊国际航行船舶岸基供电试点工作实施方案》(以下简称工作方案)。该方案已由上述三个部门联合印发实施。

根据《工作方案》, 上海市将通过节能减排专项资金与港口建设费, 共同支持国际集装箱码头和邮轮码头投资建设和使用岸基供电设施, 支持范围包括岸电设施建设费、电力增容费、船舶使用岸电所致的电差差价和运行维护费。

为制定这一《工作方案》, 上海市发展改革委会同市交通委、市财政局等部门历时半年调查研究, 先后研究比较了美国

洛杉矶港、德国汉堡港、上海洋山港、深圳蛇口港等国内外情况, 并多次与上港集团、吴淞邮轮码头、上海电力公司、同盛电力公司、中远、中海等相关企业充分沟通, 在此基础上, 对支持政策进行了多方面比较, 提出本市补贴方案:

(1) 对岸电设施建设费用将按照投资额给予 30% 的节能减排专项补贴, 并由港口建设费给予 1:1 的配套补贴。

(2) 对电力增容费将由电力公司减半收取, 并由港口建设费补贴 10%。

(3) 为了避免相关设施“建而不用”, 对建设补贴的申请条件作了前置要求, 在以往项目竣工验收即可申请补贴的基础上, 增加了“使用岸电的船舶艘次需达到具有接电设施船舶靠泊艘次的 60%”的使用比率要求。

(4) 考虑国际油价波动将影响船舶使用岸电的积极性, 为更加充分地合理地引导船舶企业使用岸电, 设定了“油电联动”补贴标准调整机制, 在全额补贴基本电价的基础上, 对电度电价实行与新加坡普氏船用油价挂钩, 动态调整、定额补贴。此外, 为进一步提高港口企业投资建设岸电设备的积极性, 还将根据岸电设备的用电量对相关维护费用给予 0.07 元/千瓦时的补贴, 同时鼓励码头所在区县给予配套政策支持。

目前, 上海市洋山冠东码头和吴淞邮轮码头已启动岸电建设工作, 大型远洋集装箱船舶有望在年内实现中国境内靠港使用岸电。今后, 使用岸电基供电的码头和船舶都将进一步扩大范围。

6 结语

综上所述, 上海港靠泊国际航行船舶使用岸基供电在技术上是可行的, 具有良好的生态效益和发展前景。因此, 应

进一步开展港船之间的协作, 共同进行技术论证, 制订相应的技术规范, 实现港口供配电和船舶电气之间相互补充衔接, 逐步新建或更新大型船舶和港口的岸电电源设施, 推动上海港靠泊国际航行岸基供电的实际应用并进一步扩大。

参考文献

- [1] 袁庆林, 黄细霞, 张海龙. 港口船舶岸电供电技术的研究与应用【J】. 上海造船, 2010, (2): 35-37
- [2] 郑永高. 船舶电气工艺与操作【M】. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2005
- [3] 周南. 船舶使用岸电系统简介【J】. 船舶设计通讯, 2007, 2(3): 10-12