

文章编号: 1674-5566(2018)03-0401-06

DOI:10.12024/j.sou.20170110004

## 船舶压载水港口接收处理设施应用研究

张波<sup>1</sup>, 张乐<sup>2</sup>

(1. 河北海事局, 河北 秦皇岛 066000; 2. 宜兴帕克德环保技术有限公司上海分公司, 上海 200023)

**摘要:** 船舶压载水公约已于 2017 年 9 月 8 日生效实施, 规定了船舶压载水排放标准。目前, 船舶需要通过安装压载水处理设备的方式满足公约的排放要求。但是, 船用压载水处理设备性能的不稳定性及港口国监督检查的严苛, 成为现阶段制约船舶有效履行公约的最大障碍。试从航运业的实际操作出发, 结合压载水公约应急措施导则的要求, 探讨使用压载水港口接收处理设施作为补充, 来提升船舶履行公约能力的可行性。通过对压载水港口接收处理设施技术的必要性和可行性分析, 对该技术与传统压载水处理技术进行了详细比较, 并对其优势及应用前景进行了客观地探索和分析。可以预见, 压载水港口接收处理设施作为一种新型的船舶压载水处理技术和港口应急技术, 有着更为绿色、经济和高效的特点, 在为船舶提供新的选择方案的同时, 也为进一步保护海洋生态环境提供了有力的保障, 体现了社会、经济及生态效益的高效统一。

**关键词:** 海洋环保; 压载水处理; 港口接受设施; 港口国监督检查

**中图分类号:** X 55      **文献标志码:** A

由于人类大量的商船贸易活动, 导致每年至少数十亿吨压载水在全球海域内不断地进行转移和交换, 由此带来了严重的生态入侵和生物污染等海洋环保问题, 并对人类的健康、财产造成了巨大损失<sup>[1]</sup>。为应对这一全球性生物转移及入侵威胁, 国际海事组织于 2004 年通过了《2004 年国际船舶压载水及沉积物控制与管理公约》(以下简称《压载水管理公约》), 旨在通过对压载水及沉积物的管理和控制来防止、减少这种不利影响。

截止目前, 全球已有 70 家压载水设备厂家研发了 95 种压载水管理设备, 涵盖紫外、电解、光(电)催化、臭氧、脱氧、空化等多种压载水处理技术<sup>[2-20]</sup>, 然而由于多方面的限制因素(例如航线、海域、空间、能耗、成本、操作、安全以及环保等问题<sup>[19]</sup>), 导致传统的船舶压载水处理设备不能适用于所有的船舶, 且不能在所有状态下达标排放, 并对公约的履约、船舶安全及港口国监督检查等带来了巨大的挑战。因此, 从业者不断将注意力转移到了近海、港区和码头, 研究和探讨如何在港口对船舶压载水进行接收和处理。

### 1 港口接收处理设施的概念

压载水港口接收处理设施, 即借助已配备压载水接收、处理能力的港区集卡拖车、驳船<sup>[3]</sup>和废水处理厂等移动或固定载体, 在近海、锚地或码头为已安装或未安装压载水管理系统的船舶提供压载水应急处理服务(压载或卸载), 确保排放或摄入的压载水满足压载水管理公约要求, 以达到控制海洋水生物传播、生物入侵及生态污染等目的。同时, 也可以减少舱内沉积物的形成, 达到水资源优化利用等目的。压载水港口接收处理设施示意图见图 1。

一方面, 港口接收处理设施可以为未安装压载水管理系统的船舶提供正常压载、排载处理服务; 另一方面, 可以提供应急、备用处理服务, 以应对船舶配备的压载水管理系统出现故障、排放不达标等紧急情况, 以及港口疫情、赤潮等紧急情况。

国际上已有机构也对类似技术(移动式的船舶压载水处理技术)展开了相关研究, 美国阿拉斯加州瓦尔迪兹港配备有日处理量可达 3 300 加

收稿日期: 2017-12-26      修回日期: 2018-03-01

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC1404600, 2017YFC1404605)

作者简介: 张波(1982—), 男, 硕士, 研究方向为海上安全与环境管理。E-mail: zhangbomsa@163.com

仑/d 的压载水处理厂,但该处理厂工艺主要用于去除船舶废水中含有的废油等烃类物质,无法对压载水中的外源性生物进行处理,因此该压载水

处理厂与压载水港口接收处理设施不是同一概念。

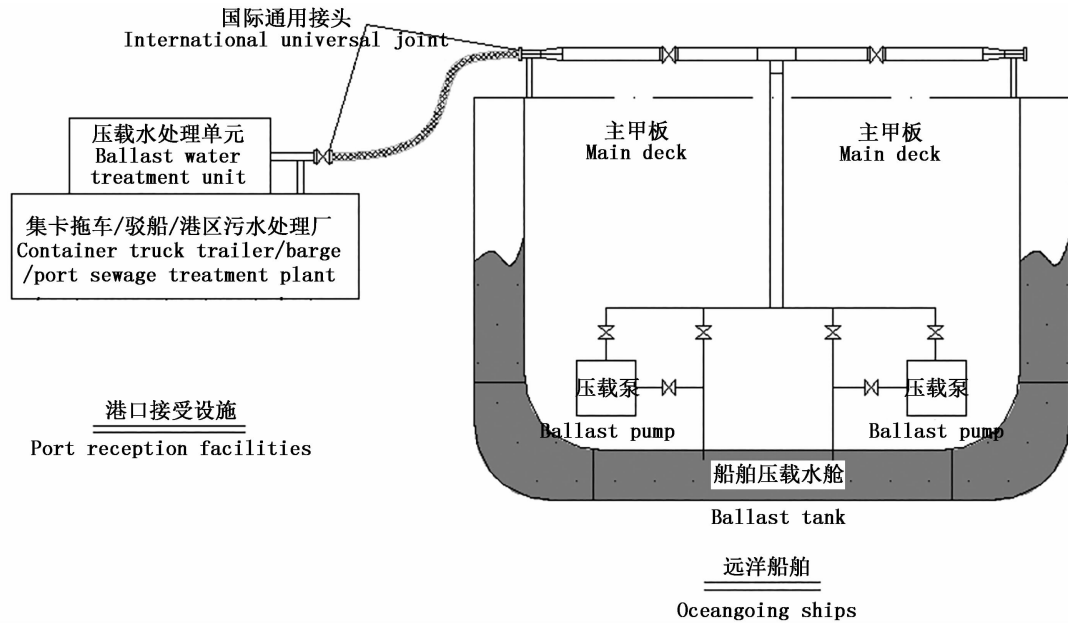


图 1 压载水港口接收设施示意图

Fig. 1 Ballast water port reception facilities

## 2 港口接收处理设施的必要性与可行性

### 2.1 必要性

根据现有压载水管理公约要求,为了满足压载水港口国监督检查及排放标准,可由 4 条途径实现:①船舶不排放压载水;②船舶使用 IMO 及港口国认可的压载水管理系统;③船舶使用港口国认可的压载水港口接收处理设施;④船舶使用港口国的市政公用水作为船舶压载水,例如自来水。由于船舶自身的客观因素及自来水价格等限制因素,目前尚无法通过第①、④条途径达到压载水管理公约要求,即压载水管理公约的核心要求是安装船舶压载水处理设备或者使用压载水港口接收处理设施。对于绝大部分没有安装压载水处理设备的船舶来说,唯一满足排放要求的途径就是利用压载水港口接收处理设施<sup>[21]</sup>。此外,一些港口国陆续出台了更严格的政策和标准,当船舶压载水处理设备排放不能持续满足标准时,需要一种新的应急、备用技术来进行二次处理,以帮助其排放达标。

截至 2014 年 8 月,市场上的船舶压载水处理设备都不能满足加利福尼亚州的排放标准,应配

备港口配备压载水港口接收处理设施,以应对突发、紧急情况<sup>[6]</sup>。因此,压载水港口接收处理设施这一新型技术的诞生,对近海海洋环境以及船东利益的保护显得尤为迫切和必要。

### 2.2 可行性

在政策上,压载水管理公约在颁布之时已包括《压载水接收设备导则》(G5 导则),且 G5 导则对压载水接收设备的应用范围、一般要求、考虑因素、接收能力及相关内容已做了整体性的概述和规定。近年来,印度等 IMO 成员国对压载水港口接收处理设施的提案也受到了其他成员国的广泛赞同和积极响应。TANZERD 等建议:在 2017 年之前,将 177 个土耳其港口的废物接收处理设施改造为压载水港口接收设施,使其成为船舶压载水处理最主要和最实际的解决方案<sup>[22]</sup>。在技术上,众所周知,多数旧船由于空间<sup>[4]</sup>、电力负荷<sup>[5]</sup>、成本等限制因素,导致很多船舶无法加装压载水处理设备。然而,对于压载水港口接收处理设施而言,由于其以港口作为基地,以岸电作为能耗供应,以租赁付费的形式使用,在技术应用方面具有很强的优势和现实基础。

### 3 与传统处理设备的区别及优势

#### 3.1 区别

与传统的船舶压载水处理设备相比,压载水

港口接收处理设施在安装载体、处理方式、技术工艺、环境、安全要求等多个方面存在巨大的差异,见表 1 技术对比。

表 1 技术对比

Tab.1 Technical comparison

	压载水港口接受设施 Ballast water port reception facilities	船舶压载水处理设备 Ship's ballast water treatment equipment
安装载体 Installation carrier	可选用港区废水处理厂、码头、驳船、卡车作为移动式或固定式安装载体,对船舶空间、电力负荷没有要求	安装在船舶机舱或者甲板位置,对船舶安装空间、电力负荷有要求
处理方式 Treatment manner	借助船舶之外的设备、电力以及人员,在船舶之外提供服务	借助船舶本身的设备、电力以及人员等条件,在船舶内完成压载水的处理
可选用技术工艺 Optional technical process	以在线瞬时处理技术为主,例如,紫外、浮选、沉淀、氯气消毒、微滤、超滤、反渗透等 <sup>[7-9]</sup>	多种技术,例如紫外、电解、臭氧、电催化、脱氧、膜处理
环境要求 Environmental requirements	港区环境条件适宜,适用于大部分技术工艺	机舱及压载舱环境条件苛刻,可能导致某些技术失效
安全性 Safety	对船舶没有腐蚀、爆炸的风险,对船员没有化学品危害	可能对船舶、船员构成腐蚀、爆炸及化学品的危害
限制因素 Limiting factor	对于船东来说,不受限制因素影响	受到证书、航线、空间、能耗、水温、浊度、盐度等条件影响
智能化与通讯 Intelligentization and communication	满足 IMO 压载水公约、设备和港口国要求	根据 IMO 压载水公约要求和设备要求
升级改造 Upgrading	空间充足,且涉及的升级改造对象数量较少,后续升级改造简单	空间限制,且需要对每台船舶设备进行升级改造,程序复杂,工作量大

#### 3.2 优势

港口集中式处理,船舶需要配备安装的压载水处理系统会大量减少,有利于社会资源的节约<sup>[13-14]</sup>。据印度船级社统计,需要配备港口接收处理设施的港口数量远远少于船舶数量,2 500 个港口服务 40 000 只船舶,分布于 44 个亚洲国家的 650 个港口,仅需 2 400 套港口接受设施就可以很好地服务 18 000 只区域船舶(MEPC 66/INF.17)<sup>[18]</sup>;操作人员更加专业化<sup>[5]</sup>,操作与维护更加方便和快捷<sup>[8]</sup>;对船舶和船员更加安全,没有化学污染和爆炸风险,且排放事故风险低<sup>[7]</sup>;有利于集中监控排放控制,有利于港口国监督检查;充足的空间和设计冗余保障了优越的性能,灵活的条件允许新工艺的改造或增加,不断满足公约的变化和排放阈值的更新<sup>[13]</sup>。

### 4 港口接收处理设施应考虑的问题

#### 4.1 处理工艺技术的选择

由于大部分港口没有储存大量压载水的容器,压载水在设施内没有足够的停留及处理时间,所以要求港口接收处理设施所选用的技术能

够对压载水完成瞬时、在线处理。电解、臭氧、脱氧等压载水处理技术均需要较长的生物灭活时间,且需要一定的保留时间来抑制生物再生,此类技术不适合压载水港口接收处理的应用。

#### 4.2 船舶沉积物的处理与控制

根据压载水管理公约要求,船舶压载水处理设备在当地海域打入压载水时,滤器反冲洗所产生的污泥可直接排入当地海域。然而,对于压载水港口接收处理设施来说,异地船舶带来的压载水及其沉积物中均含有异源微生物,所以滤器反冲洗所截留的船舶沉积物必须得到妥善的处置与保存,如若处理不当,可能会造成生态环境或者港口疫情等问题。此外,经过预处理的污泥应该送到危险废物管理单位进行最终处理,禁止在当地海域直接排放。

#### 4.3 安全性、稳定性与经济性

由于港口码头环境比较敏感,容易受到不良因素影响,所以在研发设计压载水港口接收处理设施时,应尽量避免所涉及技术利用、产生化学物质及其运输和储存,尽量减少对港区环境和人员的危害。需要注意的是:电解及相关技术会产

生化学物质,且产生氢气,存在爆炸的风险;膜处理工艺涉及膜的频繁清洗,该工艺有化学物质的使用和废液的产生;在冬季,某些港口处于关闭状态时,港口接收设施可能会处于闲置状态,如果采用膜分离技术,则膜需要在特殊的条件下做保温处理,以免冻坏<sup>[10]</sup>。

另外,LOVRO 等建议:不应干扰港口的正常作业和对船舶造成延误,应兼顾考虑投资和运营的经济性<sup>[3]</sup>。BROWN<sup>[10]</sup>等认为紫外和水力空化技术是最有前途的港口接收设施处理技术,并从经济性和技术角度详细分析了这两种技术作为港口接收设施处理技术的优越性。

## 5 应用及前景

压载水港口接收处理设施除了为所有到港船只提供应急服务以外,主要为以下两类船舶提供常规压载水处理服务:(1)超大型船舶(例如 VLCC, VLOC),这类船舶特点是压载水排量大、压载卸载频率低(航次少),如果考虑加装船舶压载水处理设备,一次性采购投入成本和运行维护费用将十分巨大,性价比低。研究报道:巴西超大型矿砂船(Vale Brasil vessel)拥有 400 000 载重吨,每次可携带大约 120 000 吨压载水量,每年大概执行 5 个航次,每年可转移 600 000 吨压载水量,这种船型非常适用于港口接收设施服务<sup>[12]</sup>;(2)小、旧船舶,这类船舶特点是机舱空间小,电力负荷容量低,客观条件上不满足船舶压载水处理设备安装的条件。另外,运营年限较长的旧船可能随时被拆解,退出市场,大部分船东将不打算安装船舶压载水处理设备。压载水港口接收处理设施诞生将为这些船东提供新的、更经济的租用模式,尽量延长船舶的运营寿命,以帮助他们度过经济危机。

在水处理利用方面,港口压载水接收处理设施也表现出了巨大的潜力价值,且这些可能性的实现都将填补国际空白。例如,中东地区可利用港口接收处理设施处理后的船舶压载水作为市政海水淡化厂的原水,由于其他大部分海域的海水盐度低于中东地区,相比直接利用中东海域高盐度海水,这样可以大大降低反渗透工艺的能耗。也有研究建议:对于中东和澳大利亚西部地区的原油、铁矿石、煤等装货港口来说,淡水资源十分稀缺,到达这些港口装货的船舶可考虑利用

港口接收处理设施在出发港以灌溉水质水源作为船舶压载水<sup>[15]</sup>,以满足船舶需要的同时为目的港补充淡水资源。

## 6 总结

综上所述,压载水港口接收设施作为一种新型的压载水处理技术和港口应急技术,为船舶压载水处理提供了新的解决方案,也为进一步保护近海及港口海洋生态环境提供了有力的保障,该技术具有一定的历史必然性和现实可行性基础。同时,相比于船舶压载水处理设备,压载水港口接收处理设施在技术、应用及经济性方面,拥有着传统技术不可比拟的优势,更为绿色、经济及高效,体现了社会、经济及生态效益的高效统一。

未来压载水港口接收处理设施技术研究将主要集中在如下几个方面:①硬件方面,探索系统功能单元组成与结构、功能单元优化设计、工艺最优化配置以及系统模块化、标准化研究,兼顾港区特殊环境需求(防爆、防腐),研发出绿色、高效、节能的环保设备。②软件方面,开发系统智能化信号采集、运营、监控、报警逻辑控制程序,满足系统新的运行与控制需要;开发智能数据收集、处理、传输与信息通讯模块,与港口各干系方实现系统数据实时交流和在线共享。③主管机构监管:制定压载水港口接收处理设施设计、研发认证程序及指南,对该设施未来推广、应用进行规范化管理;颁布压载水港口接收处理设施运行与排放港口监督与控制相关条例,明确由此设备产生的废水、废气、固废的管理方案及程序。

## 参考文献:

- [1] DAVID M, GOLLASCH S, PAVLIHA M. Global ballast water management and the "same location" concept: a clear term or a clear issue? [J]. *Ecological Applications*, 2013, 23 (2): 331-338.
- [2] 中华人民共和国北海海事局. 压载水管理及实施[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2015: 103-124.  
Hebei Maritime Safety Administration of People's Republic of China. Ballast water management and implementation[M]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, 2015: 103-124.
- [3] MAGLIĆ L, ZEC D, FRANČIĆ V. Effectiveness of a barge-based ballast water treatment system for multi-terminal ports [J]. *PROMET-Traffic & Transportation*, 2015, 27 (5):

- 429-437.
- [4] ALBERT R, EVERETT R, LISHMAN J, et al. Availability and efficacy of ballast water treatment technology: background and issue paper [EB/OL]. Washington, DC: EPA, 2010 (2010-06). [https://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/0/9E6C799DF254393A8525762C004E60FF/%24File/OW\\_Paper\\_Ballast\\_water\\_technology\\_issues\\_and\\_background\\_June\\_2010.pdf](https://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/0/9E6C799DF254393A8525762C004E60FF/%24File/OW_Paper_Ballast_water_technology_issues_and_background_June_2010.pdf).
- [5] COHEN A N. Ships' ballast water and the introduction of exotic organisms into the San Francisco estuary: current status of the problem and options for management [EB/OL]. San Francisco: San Francisco Estuary Institute, 1998 (1998-10). <http://www.sfei.org/sites/default/files/1998-BallastWater224.pdf>.
- [6] California State Lands Commission. 2014 assessment of the efficacy, availability, and environmental impacts of ballast water treatment technologies for use in California waters [R]. California: California State Lands Commission, 2014.
- [7] AQIS. Ballast water treatment for the removal of marine organisms [R]. Canberra: Australian Quarantine and Inspection Service, 1993.
- [8] COHEN A N, FOSTER B. The regulation of biological pollution: Preventing exotic species invasions from ballast water discharged into California coastal waters [J]. Golden Gate University Law Review, 2000, 30(4): 787-883.
- [9] California Environmental Protection Agency (CEPA). State Water Resources Control Board. Evaluation of ballast water treatment technology for control of nonindigenous aquatic organisms [R]. Sacramento CA: State Water Resources Control Board, California Environmental Protection Agency, 2002.
- [10] Brown & Coldwell. Port of Milwaukee onshore ballast water treatment-feasibility study report [R]. Milwaukee: Brown & Coldwell, 2007.
- [11] COWI A/S. Ballast water treatment in ports. feasibility study [R]. Denmark: Danish Shipowners' Association, 2012.
- [12] PEREIRA N N, BRINATI H L. Onshore ballast water treatment: a viable option for major ports [J]. Marine Pollution Bulletin, 2012, 64(11): 2296-2304.
- [13] WDNR Study. Port of Milwaukee onshore ballast water treatment feasibility study report. Phase 2. Wisconsin department of natural resources onshore ballast water treatment study [R]. Milwaukee, WI: Brown & Caldwell, 2007.
- [14] CAPA. Feasibility of onshore ballast water treatment at California ports. Prepared by URS Corporation/Dames & Moore [R]. Sacramento, CA: California Association of Port Authorities, 2000.
- [15] American Bureau of Shipping. A moving alternative in the ballast water treatment debate [R]. Houston, TX, USA: Surveyor, 2012.
- [16] KING D M, HAGAN P T. Economic and logistical feasibility of port-based ballast water treatment: a case study at the port of Baltimore (USA) [R]. City of College Park: MERC, 2013.
- [17] MEPC 70/4/4 Harmful aquatic organisms in ballast water, Draft guidance for deploying, using and implementing treated water delivering facilities, e. g. BWT Boat as other methods of ballast water management Submitted by India [S].
- [18] MEPC 66/INF. 17 Harmful aquatic organisms in ballast water, Suitability of Port-based Mobile Ballast Water Treatment Facilities (BWTBoats) as a viable option for regional and coastal ships to comply with the BWM Convention Submitted by India [S].
- [19] VORKAPI Ć A, KOMAR I, MR ĆELI Ć G J. Shipboard ballast water treatment systems on seagoing ships [J]. Transactions on Maritime Science, 2016, 5(1): 19-28.
- [20] RAJASEKHAR D, DEEPAKSANKAR P S, RAO A, et al. An analysis on various ballast water treatment techniques for ORV Sagar Nidhi [J]. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 2014, 43(11): 2042-2052.
- [21] DENNIS K. Is port-based ballast water treatment a realistic option? [EB/OL]. S&P Global Platts, 2013 (2013-05-09). <http://www.bunkerworld.com/news/insight/121709/Dennis-King/Is-port-based-ballast-water-treatment-a-realistic-option>.
- [22] SATIR T, DO ĞAN-SA ĞLAMTIMUR N. Adaptation of port waste reception facilities to ballast water treatment system: Turkish port perspective [J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2014, 23(11a): 2895-2898.

## Research on application of ballast water port reception facility

ZHANG Bo<sup>1</sup>, ZHANG Le<sup>2</sup>

(1. Hebei Maritime Safety Administration, Qinhuangdao 066000, Hebei, China; 2. Yixing PACT Environmental Technology Co., Ltd Shanghai Branch, Shanghai 200023, China)

**Abstract:** The Ballast Water Convention, which entered into force on September 8, 2017, stipulates the discharge standards for ballast water of ships. At present, ships need to meet the discharge requirements of the Convention by installing ballast water treatment equipment. However, the instability of the performance of ballast water treatment equipment and the rigorous supervision and inspection of port States control have become the biggest obstacle to the effective implementation of the Convention at the present stage. This article attempts to proceed from the actual operation of the shipping industry in conjunction with the Guidelines for Contingency Measures of the Ballast Water Convention. The requirements of the Guidelines for Contingency Measures of the Ballast Water Convention, discuss the feasibility of using ballast water port reception treatment facilities as a supplement to enhance the ability of ships to implement the Convention, and through the analysis of the necessity and feasibility of the technology of ballast water port reception treatment facilities, the new technology and traditional ballast water treatment technologies are compared in detail, and their advantages and application prospects are objectively explored and analyzed. It can be foreseen that as a new type of ship ballast water treatment technology and port emergency technology, the ballast water port reception treatment facilities are more green, economical, and highly efficient. While providing new options for ships, they are also further protection of the marine ecological environment provides strong guarantees and reflects the efficient and unified social, economic, and ecological benefits.

**Key words:** ocean environmental protection; ballast water treatment; port reception facility; port state control