

文章编号: 1674-5566(2018)03-0455-05

DOI:10.12024/jsou.20171210003

中国大陆到港船舶压载水生物研究

吴惠仙^{1,2}, 边佳胤³, 王飞飞^{1,2}, 马金^{1,2}, 袁长春^{1,2}, 薛俊增^{1,2}

(1. 上海海洋大学 海洋生态与环境学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 港航生态安全研究中心, 上海 201306; 3. 国家海洋局东海分局 舟山海洋工作站, 浙江 舟山 316000)

摘要: 随着中国外向型经济的发展, 从 20 世纪 80 年代初, 加快了沿海港口的建设。港口和航运业的快速发展, 导致世界各地大量的船舶压载水到达中国沿海港口, 提高了压载水生物入侵的风险。有关中国大陆港口到港船舶压载水的研究, 早期从卫生防疫的角度关注病原菌的入侵, 从赤潮防控的角度关注有害藻类的入侵, 在此基础上逐渐扩展到压载水生物多样性的研究, 但主要是在压载水生物种类调查的层面。随着《国际船舶压载水和沉积物控制与管理公约》的生效, 必将推动船舶压载水生物的研究逐步深入到压载水生物适应机制和入侵机制方面, 并推动船舶压载水检测技术的研发创新, 为公约履约和港口国监督检测提供技术支撑和保障。

关键词: 中国大陆; 港口; 船舶压载水; 微生物; 浮游植物; 浮游动物

中图分类号: Q 89; S 917 **文献标志码:** A

中国海为西北太平洋的陆缘海, 大陆海岸线自鸭绿江口至北仑河口, 长约 18 000 km, 岛屿海岸线长约 14 000 km^[1], 在漫长的海岸线上, 规划建设了众多港口。随着中国外向型经济的发展, 从 20 世纪 80 年代初, 加快了沿海港口的建设。根据《2016 年交通运输行业发展统计公报》报道, 到 2016 年末, 沿海港口生产用码头泊位 5 887 个, 其中万吨级及以上泊位 1 894 个, 完成货物吞吐量 84.55 亿吨, 完成外贸货物吞吐量 34.53 亿吨。2016 年共引领中外船舶 38.2 万艘次, 其中引领外贸船舶 32.9 万艘次^[2]。大量外贸船舶到港, 也带来了严重的船舶压载水问题。

船舶压载水指为控制船舶纵倾、横倾、吃水、稳性或应力而在船上加装的水及其悬浮物^[3]。据报道, 世界上每年由船舶转移的压载水有 100 亿吨之多^[4]。

压载水中含有细菌、微型生物、小型无脊椎动物、卵、孢子和各类幼体, 这些被转运到世界各地的生物可能新的栖息环境中存活并建立繁

殖种群成为外来入侵物种, 有可能会引起严重的生态、经济和人类健康问题^[5-7], 为了防止船舶压载水导致的外来生物入侵, 防控船舶压载水和沉积物的无控制排放导致有害水生物和病原体转移, 对环境、人体健康、财产和资源造成损伤或损害, 2004 年国际海事组织通过了《国际船舶压载水和沉积物控制与管理公约》, 该公约已于 2017 年 9 月 8 日正式生效。

中国海事部门负责管理到港船舶压载水的排放和污染防治, 检验检疫部门负责来自疫区的压载水的检测和处理。因而, 中国有关船舶压载水生物的早期研究, 主要关注压载水中的微生物(细菌), 后来随着国家贸易的发展, 促进了航运业的繁荣和港口的建设, 压载水到港量也随之增加, 外来物种的发现和潜在生态风险日益增加, 外来物种通过船舶压载水入侵问题日益引起重视, 相关压载水生物的研究逐渐开展起来。有关中国到港船舶压载水生物的研究, 曾以港口^[8]和压载水浮游生物^[9]为对象进行整理概述, 本文依

收稿日期: 2017-12-27 修回日期: 2018-03-27

基金项目: 上海市科委科研计划项目(17DZ1202905); 上海市科委研发平台专项(16DZ2293800); 上海市自然科学基金(15ZR1420900); 海洋工程装备检测试验技术国家工程实验室建设项目[沪发改高技(2016)99号]

作者简介: 吴惠仙(1973—), 女, 教授, 研究方向为港航生态安全。E-mail: hxwu@shou.edu.cn

通信作者: 薛俊增, E-mail: jzxue@shou.edu.cn

据生物类群总结了中国大陆到港船舶压载水生物的检测和研究概况,为后继压载水研究提供参考。

1 微生物(细菌)检测

中国对压载水微生物(细菌)的检测历来重视,尤其是来自疫区的船舶压载水致病菌的检测,1980—1982年曾在大连港检测了来自非霍乱疫区和霍乱疫区的210艘次的油轮压载水样品401份,26.93%的样品检测到大肠菌群,没有检测到霍乱弧菌(*Vibrio cholerae*),但检测到5份NAG弧菌^[10]。2001—2003年采集珠海港58份压载水,其中50份样品中分离到致病性弧菌,检出率为86.20%,共分离到126株12种致病性弧菌,包括非O1非O139霍乱弧菌、拟态弧菌(*V. mimicus*)、梅氏弧菌(*V. metschnikouii*)、海鱼弧菌(*V. damsela*)、河弧菌(*V. fluvialis*)、弗氏弧菌(*V. furnissii*)、溶藻弧菌(*V. alginolyticus*)、副溶血弧菌(*V. parahaemolyticus*)、创伤弧菌(*V. vulnificus*)、沙鱼弧菌(*V. carchariae*)、舒伯特气单胞菌(*Aeromonas schubertii*)和类志贺邻单胞菌(*Plesiomonas shigelloides*),其中溶藻弧菌、副溶血弧菌和沙鱼弧菌的检出率为最高^[11]。2001—2004年在对湛江港来自16个国家和地区的63艘船舶的压载水调查中,58艘的大肠杆菌(*Escherichia coli*)为小于3MPN/mL,2艘为23MPN/mL,2艘为6MPN/mL,1艘为14MPN/mL^[12]。2005年检测了秦皇岛港来自日本和韩国的26艘船舶的52份压载水样品,细菌总数超过2000个/mL的14份,占检测总数的26.90%,大肠菌群阳性的2份,阳性率为3.90%^[13]。2007年8—10月秦皇岛港监测69艘次入境船舶压载水,检大肠菌群的阳性船舶11艘次,阳性率为15.94%,其中大肠菌群数量达第四类海水水质标准的9艘次^[14]。曾有报道,采自舟山远洋船舶压载水水样中,检测到*vh*和*hlyA*基因,显示压载水样品中含有霍乱弧菌和创伤弧菌的毒力基因^[15]。对宁波港压载水的细菌结构特征进行对比和分析,结果表明印度洋水样中存在假交替单胞菌属(*Pseudoalteromonas* sp.)、交替单胞菌属(*Alteromonas* sp.)、海杆菌属(*Marinobacter* sp.)和玫瑰杆菌属(*Roseobacter* sp.)、肠杆菌属(*Enterobacter* sp.)细菌;新加坡水样中存在人苍

白杆菌属(*Ochrobactrum* sp.)、甲基杆菌属(*Methylobacterium* sp.)、鞘鞍醇单胞菌(*Sphingomonas* sp.)、嗜冷杆菌属(*Psychrobacter* sp.)、伯克霍尔德氏菌(*Burkholderia* sp.)和葡萄球菌属(*Staphylococcus* sp.)、假单胞菌属(*Pseudomonas* sp.);而美洲水样中存在弧菌属(*Vibrio* sp.)、军团菌属(*Legionella* sp.)、莫拉氏菌属(*Moraxella* sp.)和不动杆菌属(*Acinetobacter* sp.)细菌^[16]。对厦门港货轮压舱水进行检测,结果显示货轮压舱水中检出大肠菌群、非O1和非O139霍乱弧菌和副溶血弧菌,检出率分别为40%、20%、15%^[17]。检测深圳盐田港船舶压载水水样49份,其中来源于公海海域32份,分别为印度洋15份、太平洋14份、大西洋3份;来源于不同国家和地区港口的17份,分别为中国台湾5份、马来西亚3份、韩国2份、中国香港2份,荷兰、法国、美国、日本、新加坡各1份。检出大肠杆菌计数大于250CFU/100mL为10份,检出率为20.41%;检出肠球菌计数大于100CFU/100mL为4份,检出率为8.16%。在对49份船舶压载水样品进行致病菌检测时,共检出12种致病菌56份次,分别为:溶藻弧菌、副溶血性弧菌、鲨鱼弧菌、拟态弧菌、创伤弧菌、海鱼弧菌、河弧菌、弗尼斯弧菌、嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)、类志贺邻单胞菌、霍利斯弧菌(*V. hollisae*)和梅氏弧菌^[18]。结果显示,到达中国港口的压载水细菌污染严重,潜在致病菌风险性高。

2 浮游植物(藻类)研究

中国沿海近年来赤潮爆发频繁,有些赤潮藻为外来入侵物种,因而有关压载水的藻类检测及研究受到重视,相关工作近年逐渐展开。2001—2004年在对湛江港来自16个国家和地区的63艘船舶的压载水调查中,采集到藻类37种,其中17种为当地未曾分布过的种类^[12];2002—2003年曾对宁波港52艘远洋船舶采集压载水进行浮游生物分析,采集到浮游植物48种,包括硅藻38种、甲藻4种、蓝藻3种、绿藻2种、金藻1种,其中13种为与赤潮发生密切相关的藻种,此次检测到的旋链角刺藻,在随后的2004年宁波渔山列岛和象山港海域爆发的赤潮中均有检出^[19];2003—2004年对日照港23艘入境船舶压载水采

样分析,共采集到浮游植物 41 种,其中赤潮藻种 23 种,种类组成以硅藻为主^[20];2004 年 3—5 月采集停靠烟台港的 17 艘船舶的压载水,采集到浮游植物 31 种,其中硅藻 17 属 20 种、甲藻 5 属 11 种^[21];2004 年开始,有报道关注厦门港船舶压载水引入赤潮藻的风险情况^[22];2006—2008 年对福建沿海 4 个主要港口的 12 艘国际航船所携带的压载水进行浮游植物调查,共检测出浮游植物 7 个门 86 属 239 种(含变种和变型)^[23];2006—2008 年采集停泊于厦门港、福州港、江阴港、湛江港、防城港和洋浦港等港口的 17 艘外来船舶(含 8 条集装箱船和 9 条散货船)压载水的生物样品,采集到藻类 7 门 87 属 257 种,其中 60 种赤潮藻^[24];以上 2 个报道有部分数据为共享数据;2007 年 10—12 月,采样分析了厦门港 5 艘国际货轮压载水中的硅藻,采集到 111 种硅藻,其中赤潮藻 28 种,潜在有毒种 1 种,外来种 6 种^[25];2007—2011 年,采样分析了上海港 60 艘外来船舶压载水样品的赤潮藻类,发现 62 种赤潮藻,分别隶属 5 门 32 属^[26]。分析 2013 年采集的 20 艘上海港国际航线船舶压载水,共检出浮游植物 3 门 32 属 83 种(含变种或变型),包括硅藻门 30 属 80 种,金藻门 1 属 2 种,甲藻门 1 属 1 种,其中赤潮藻 21 种,全部属于硅藻门^[27]。就目前而言,中国沿海港口船舶压载水中的浮游植物对中国沿海港口及其邻近水域具有较严重的生态威胁。

3 浮游动物研究

浮游动物是船舶压载水中生物的重要组成部分,有关船舶压载水浮游动物的研究,国内相关工作起步较迟。2002—2003 年曾对宁波港 52 艘远洋船舶采集压载水进行浮游生物分析,采集到浮游动物 18 种,包括桡足类 10 种,浮游幼虫 3 种,海洋昆虫 1 种,端足类 1 种,介形类 1 种,水母类 1 种,被囊类 1 种^[28];2001—2004 年在对湛江港来自 16 个国家和地区的 63 艘船舶的压载水调查中,采集到浮游动物 27 种,其中 8 种为当地未曾分布过的种类^[12];2006—2008 年采集停泊于厦门港、福州港、江阴港、湛江港、防城港和洋浦港等港口的 17 艘外来船舶(含 8 条集装箱船和 9 条散货船)压载水的生物样品,采集到浮游动物 5 门 30 属 52 种(包括 16 种通常无法鉴定到种

的不同门类浮游动物幼体和无脊椎动物卵)^[24];2008—2009 年采集分析了 19 艘停靠在上海洋山深水港的入境船舶压载水水样的浮游动物,共检出压载水中浮游动物 39 种,其中桡足类 37 种、淡水枝角类 1 种、海洋枝角类 1 种^[29]。2013—2014 年调查上海港的 30 艘外来船舶压舱水,共采集到浮游动物 5 门 8 纲 59 种^[30]。

4 展望

随着《国际船舶压载水和沉积物控制与管理公约》的生效,船舶压载水生物的研究将进一步地深入和扩展,国内到港船舶压载水的研究,在前期以压载水生物种类调查为主的基础上,将逐步推进到压载水生物多样性、压载水生物适应机制、压载水生物的入侵机制以及对港口及邻近海域生态影响等方面。在压载水检测领域,有关压载水生物快速检测技术的研发、检测体系的建立及标准的制定,为公约规定的港口国监督检测提供技术支撑和保障。

参考文献:

- [1] 王颖,刘瑞玉,苏纪兰. 中国海洋地理[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 1-910.
WANG Y, LIU R Y, SU J L. Chinese Oceanography[M]. Beijing: Science Press, 2013: 1-910.
- [2] 中国引航协会. 2012 年全国引航机构引航船舶艘次统计表[J]. 港口经济, 2013(3): 60. China Maritime Pilots Association. National pilotage agency pilotage ship chart statistics[J]. Port Economy, 2013(3): 60.
- [3] IMO. International convention for the control and management of ships' ballast water and sediments [S]. London: International Maritime Organization, 2004.
- [4] 张硕慧. 船舶压载水转移外来物种机制的探讨[J]. 中国航海, 2002(1): 43-47.
ZHANG S H. Discussion on mechanisms of non-indigenous species transfer via ship's ballast water[J]. Navigation of China, 2002(1): 43-47.
- [5] IMO. 2018. Global ballast water management programme. <http://globallast.Imo.org>.
- [6] 刘亮,王琼,袁林,等. 光催化与纯紫外工艺对船舶压载水微藻的处理效果比较[J]. 生物学杂志, 2014, 31(3): 29-32, 42.
LIU L, WANG Q, YUAN L, et al. The effectiveness of photocatalytic technology and pure UV technology on microalgae in ballast water. Journal of Biology [J], 2014, 31(3): 29-32, 42.
- [7] 刘艳,吴惠仙,薛俊增. 海洋外来物种入侵生态学研究[J]. 生物安全学报, 2013, 22(1): 8-16.

- LIU Y, WU H X, XUE J Z. The ecology of invasions by marine exotic species [J]. *Journal of Biosafety*, 2013, 22 (1): 8-16.
- [8] WU H, CHEN C, WANG Q, et al. The biological content of ballast water in China: A review [J]. *Aquaculture & Fisheries*, 2017, 2(6): 241-246.
- [9] 刘瑀,王珊,王海霞,等. 船舶压载水及其沉积物中浮游生物研究概况[J]. *海洋环境科学*, 2011, 30(6): 831-834.
- LIU Y, WANG S, WANG H X, et al. Research on plankton in ballast water and sediment [J]. *Marine Environmental Science*, 2011, 30(6): 831-834.
- [10] 徐连科. 210艘次油轮压舱水卫生细菌学调查报告[J]. *大连大学学报*, 1993(3): 94-97.
- XU L K. Investigation report on sanitary bacteriology of ballast water in 210 tankers [J]. *Journal of Dalian University*, 1993(3): 94-97.
- [11] 林继灿,杨泽,吴博慈,等. 进出境船舶压舱水致病性弧菌的调查[J]. *现代预防医学*, 2005, 32(7): 761-762, 767.
- LIN J C, YANG Z, WU B C, et al. Investigation of pathogenic vibrio in ballast water of ships entering and leaving the country [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2005, 32(7): 761-762, 767.
- [12] 王爱民,许炳芬,陈宗辉,等. 国际航行船舶压舱水外来有害生物研究[J]. *检验检疫科学*, 2007, 17(3): 9-11.
- WANG A M, XU B F, CHEN Z H, et al. External harmful living beings in ballast water on cross border vessel [J]. *Inspection and Quarantine Science*, 2007, 17(3): 9-11.
- [13] 王海军,李俊成,汪仁杰,等. 3M微生物测试片检测入境船舶压舱水卫生学指标的探讨[J]. *中国国境卫生检疫杂志*, 2006, 29(S1): 90-92.
- WANG H J, LI J C, WANG R J, et al. A study of the detecting method on the hygienic index of ballast water of entry ship by using 3M bacterial count plate [J]. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2006, 29(S1): 90-92.
- [14] 李德昕,聂维忠,汪仁杰,等. 2007年秦皇岛港入境船舶压舱水大肠菌群监测报告[J]. *口岸卫生控制*, 2008, 13(3): 36-38.
- LI D X, NIE W Z, WANG R J, et al. Surveillance report on the Coliform group in ballast water of entry ships at Qinhuangdao Port in 2007 [J]. *Port Health Control*, 2008, 13(3): 36-38.
- [15] 霍颖异,许学伟,王春生,等. PCR技术检测海运船舶压舱水病原弧菌初探[J]. *浙江大学学报(理学版)*, 2010, 37(3): 330-334.
- HUO Y Y, XU X W, WANG C S, et al. Detection of pathogenic Vibrio in the ballast water by polymerase chain reaction [J]. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2010, 37(3): 330-334.
- [16] 李春丽,刘兵,周君,等. 宁波港压载水的细菌多样性研究[J]. *生态科学*, 2012, 31(6): 636-644, 670.
- LI C L, LIU B, ZHOU J, et al. Study on genetic diversity of bacteria in ballast water from Ningbo Port [J]. *Ecological Science*, 2012, 31(6): 636-644, 670.
- [17] 黄健康,张兰,庄丽,等. 厦门港2011年货轮压舱水监测结果分析[J]. *海峡预防医学杂志*, 2013, 19(5): 71-72.
- HUANG J K, ZHANG L, ZHUANG L, et al. Analysis of Ballast Water Monitoring Results of Xiamen Port in 2011 [J]. *Strait Journal of Preventive Medicine*, 2013, 19(5): 71-72.
- [18] 李小洪,刘文正,杨燕秋,等. 盐田港船舶压舱水致病微生物入侵风险分析[J]. *中国国境卫生检疫杂志*, 2013, 36(3): 179-184, 191.
- LI X H, LIU W Z, YANG Y Q, et al. Analysis on invasion risk of pathogenic microorganisms in ship's ballast water at Yantian seaport [J]. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2013, 36(3): 179-184, 191.
- [19] 郑剑宁,裘炯良,薛新春. 宁波港入境船舶压舱水中携带浮游生物的调查与分析[J]. *中国国境卫生检疫杂志*, 2006, 29(6): 358-360.
- ZHENG J N, QIU J L, XUE X C. Study on planktons taken by ballast water of international navigation ships [J]. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2006, 29(6): 358-360.
- [20] 李伟才,孙军,王丹,等. 日照港和临近锚地及其入境船舶压舱水中浮游植物群落结构的特征[J]. *海洋科学*, 2006(12): 52-57.
- LI W C, SUN J, WANG D, et al. The characteristics of phytoplankton assemblage in Rizhao Harbor, Rizhao anchorage ground and entry ships' ballast water, China [J]. *Marine Bulletin Report*, 2006, 30(12): 52-57.
- [21] 李伟才,孙军,宋书群,等. 烟台港和邻近锚地及其入境船舶压舱水中的浮游植物[J]. *海洋湖沼通报*, 2006(4): 70-77.
- LI W C, SUN J, SONG S Q, et al. Phytoplankton community in Yantai Harbor, Yantai anchorage and entry ship's ballast water, China [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2006, (4): 70-77.
- [22] 杨清双,熊焕昌,陈帆,等. 赤潮藻经船舶压舱水输入厦门港的风险分析[J]. *检验检疫科学*, 2004, 14(S1): 96-99.
- YANG Q S, XIONG H C, CHEN F, et al. Risk analysis of red tide algae entering Xiamen port via ship ballast water [J]. *Inspection and Quarantine Science*, 2004, 14(S1): 96-99.
- [23] 李炳乾,陈长平,杨清良,等. 福建外来船舶压舱水中浮游植物种类组成与丰度及其影响因素的初步研究[J]. *台湾海峡*, 2009, 28(2): 228-237.
- LI B Q, CHEN C P, YANG Q L, et al. Preliminary study on the species composition and abundance of phytoplankton and affecting factors in ballast water of ships from outside Fujian, China [J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2009, 28(2): 228-237.
- [24] 杨清良,蔡良候,高亚辉,等. 中国东南沿海港口外轮压舱水生物的调查[J]. *海洋科学*, 2011, 35(1): 22-28.

- YANG Q L, CAI L H, GAO Y H, et al. Plankton found in ballast waters of foreign ships harboring in ports of Southeast China[J]. *Marine Sciences*, 2011, 35(1): 22-28.
- [25] 张金鹏,李超,祝跃,等. 国际远洋船舶压舱水中的硅藻研究[J]. *海洋环境科学*, 2010, 29(4): 464-468.
- ZHANG J P, LI C, ZHU Y, et al. Study on diatom in ballast water of pelagic vessels[J]. *Marine Environmental Science*, 2010, 29(4): 464-468.
- [26] 周淑辉,吴俊,孟庆松,等. 上海港外来船舶压舱水中浮游植物的调查及风险分析[J]. *中国国境卫生检疫杂志*, 2012, 35(2): 112-117, 125.
- ZHOU S H, WU J, MENG Q S, et al. Investigation and risk analysis of Phytoplankton in ballast water of entry ships on Shanghai seaport[J]. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2012, 35(2): 112-117, 125.
- [27] 宫恩昊,王钰婷,刘艳,等. 上海港船舶压载水浮游植物组成及生态因子的相关性[J]. *海洋湖沼通报*, 2015(4): 161-167.
- GONG E H, WANG Y T, LIU Y, et al. Species abundance of phytoplankton in ballast water of Shanghai Port and its correlation with ecological factors [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2015(4):161-167.
- [28] 郑剑宁,裘炯良,薛新春. 宁波港入境船舶压舱水中携带浮游生物的调查与分析[J]. *中国国境卫生检疫杂志*, 2006, 29(6): 358-360.
- ZHENG J N, QIU J L, XUE X C. Study on planktons taken by ballast water of international navigation ships[J]. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2006, 29(6): 358-360.
- [29] 薛俊增,刘艳,王金辉,等. 洋山深水港入境船舶压载水浮游动物种类组成分析[J]. *海洋学报*, 2011, 33(1): 138-145.
- XUE J Z, LIU Y, WANG J H, et al. A biological survey of zooplankton taken from ballast water of the international navigation ships entering the Shanghai Yangshan Deep-water Port in China[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2011, 33(1): 138-145.
- [30] 周淑辉,白章红,田楨干,等. 上海港外来船舶压舱水中浮游动物的调查及风险分析[J]. *检验检疫学刊*, 2015, 25(5): 28-31.
- ZHOU S H, BAI Z H, TIAN Z G, et al. The investigation and risk analysis of zooplankton in ballast waters of foreign ships harboring in Shanghai Port[J]. *Journal of Inspection and Quarantine*, 2015, 25(5): 28-31.

Research of organisms in ballast water of ships arriving in the mainland of China

WU Huixian^{1,2}, BIAN Jiayin³, WANG Feifei^{1,2}, MA Jin^{1,2}, YUAN Changchun^{1,2}, XUE Junzeng^{1,2}

(1. College of Marine Ecology and Environment, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Centre for Research on the Ecological Security of Ports and Shipping, Shanghai 201306, China; 3. Marine Workstation of Zhoushan SOA, Zhoushan 316000, Zhejiang, China)

Abstract: With the development of China's export-oriented economy, from the early 1980s, the construction of coastal ports was accelerated. The rapid development of the port and shipping industry has led to the arrival of a large amount of ship ballast water around the world to China's coastal ports, raising the risk of biological ballast water intrusion. Research on ballast water from ships arriving at ports in mainland China focused on the invasion of pathogenic bacteria from the perspective of hygiene and epidemic prevention, focused on the invasion of harmful algae from the perspective of red tide prevention and control, and gradually extended to the biological diversity of ballast water on this basis. However, it mainly focused on the survey toward the biological species in ballast water. With the entry into force of the International Convention on the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, the study of ballast water organisms will inevitably step into the ballast water bio-adaptation mechanism and intrusion mechanism. It also promotes the development and innovation of ship ballast water detection technology and provides technical support and guarantees for the performance of the Convention and port State supervision and inspection.

Key words: China mainland; port; ship ballast water; microorganism; phytoplankton; zooplankton