

船舶压载水污染的控制和管理

王 琪¹ 王国正¹ 黄忠良²

1. 江苏海事职业技术学院 南京 211170 2. 南京海事局 南京 210011

摘 要 压载水对现代船舶的安全航行是绝对必要的,但它对生态、经济和人类健康构成了严重威胁,排放船舶压载水被全球环境基金组织确认为危害海洋的四大威胁之一。为防止压载水带来的生物污染,除了在深海更换压载水外,IMO 还提出了将来可能采用的一些方法,分析不同处理方法的经济性。

关键词 压载水 海洋环境 生物污染 控制

中图分类号 U664.9⁺2 **文献标识码** C

The pollution supervision and manage for ship s ballast water

WANG Qi¹ WANG Guo-zheng¹ HUANG Zhong-liang²

1. Jiangsu Maritime Technical Collage NanJing 211170

2. NanJing Maritime Safety Administration NanJing 210011

Abstract Ballast water to the safe voyage of the modern ships is absoluteness necessary, but it constituted to threaten seriously with the human health to the ecosystem,economy ,exhausting the Goba1 ballast water was organized by the world environment fund confirm to is oceanic for bane four big threaten it a. It is in bar of to ballast water that carry the living creature brings contaminative ,in addition to replacing to press to carry the water in the deep sea,the IMO still put forward the future possible to be adoptive of some method ,analyze different handle the economic of the method.

Key words ballast water ocean environment living creature pollution control

因排放船舶压载水造成的生物物种对海洋环境的侵害,已被全球环境基金组织确认为危害海洋的四大威胁之一,其它三个是:来自陆源泉的海洋污染;海洋生物资源的过度开发和海洋栖息地的物理性改变和破坏。

自从 19 世纪 80 年代以来,人们开始普遍使用水作为压载物质,由此避免了采用固体物压载时因装船而带来的时间消耗和在航行中由于固体压载物位移动而导致的丧失船舶稳性的潜在危险。

某些船舶需要相当多数量的压载水(主要是在空载航行时),这类船舶包括:散装运输船、矿石运输船、油船、液化气船、油矿石两用运输船。据悉,每年全球船舶携带的压载水大约有 100 亿 t,一艘载重 10 万 t 货船携带的压载水量达到 5~6 万 t,平均每立方米压载水有浮游动植物 1.1 亿个,舱底的沉积物中每立方厘米有 22 500 个浮游

植物孢子。每天全球在压载水中携带的生物就有 3 000~4 000 种,到目前为止被确认约有 500 种生物物种是由船舶压载水传播入侵的^[1]。这些生物以不同方式生活在压载水中,一旦入侵到新的适宜生存区域中就能发生不可控制的“雪崩式”的繁殖,疯狂地掠夺本地生物作为食物,使得有害寄生虫和病原体大面积迅猛传播,甚至引发当地物种灭绝。当前,出于科技进步和货物运输经济效益的驱使,船舶航行速度加快,船的数量及吨位增加,进而加剧了有害的外来生物物种的存活与传播,对港口水域的生态平衡和居民健康造成严重影响,并将威胁近岸海域环境。船舶压载水已经日益严重地破坏着全球海洋生态链。

1 我国压载水管理现状

中国既是港口国又是船旗国,大陆海岸线长达 18 000 km。到 1997 年已有对外开放港口 134 个。大部分港口是海港,其中一些位于河口处,水为河海混合水。本研究选择大连港为演示地。

大连拥有全国最大的油港。1997 年到港船舶 51 525 艘次,其中油船 3 890 艘。一年排入港

收稿日期 2005-03-17

修回日期 2005-06-13

作者简介 王 琪(1963-),男,大学,副教授

口水域的船舶压载水约 550 万 t。港口附近有大量渔业养殖场。

大连所处的辽东湾已被列为全国污染最严重的地区之一,也是赤潮多发地区。

根据现有的规定,船长应向海事局申报船上压载水的数量及加装地点。船舶还应在船上保持有关压载水的记录。根据检疫法的规定,凡在被国际卫生组织(WHO)列为疫区的地方加装的压载水应经过消毒剂(主要是氯化合物)处理后方可排放。

到目前为止,我国还没有防止压载水中有害水生生物污染的统一立法或规定,只有对来自传染病疫区船舶的检疫控制,部分港口港监要求进行压载水排放申请。

一个地区受压载水污染严重程度与该地区海运进出口货物数量有关。如澳大利亚、加拿大均为散装货出口大国,到这些国家的散货船经常是空载长途空放前往装货,带去了大量跨洋压载水。而油轮的空载航次则把大量的美国压载水带到亚欧产油国。分析东亚及东南亚地区的物流情况不难发现,在我国水域内排放的压载水主要来自国内港口、日本、韩国及南亚周边国家,水生生物种类比较接近。从这个意义上来说,我国不是受压载水危害的重灾区。

然而,如前所述,压载水带来的生物污染一旦出现就几乎不可能被消除。而对于油污或工业污染,即使是渤海湾这种半封闭的内海也有 40 年自净化的能力,从历史的角度来看这种污染都是暂时的,而水生生物污染却是长期的。近年来在我国沿海水域频频发作的赤潮及其对水产养殖业造成的破坏即是明证。

2 压载水不同处理方法经济性分析

2.1 过滤

过滤元件体积小,易于操作,不需很大的安装空间,在船上安装是可能的。同时,安全因素和船员的人力也须加以考虑。估计安装压载水过滤处理装置初投资为 290 万美元,运行费用每 $1\,000\text{ m}^3$ 压载水为 117.6 美元,总费用合计为 $1\,000\text{ m}^3$ 压载水需 1 000 美元。50 μm 和 500 μm 的粗过滤装置的费用高达 240 万和 160 万美元。大尺寸过滤装置估计费用为 90 万美元,能每小时处理 $4\,000\text{ m}^3$ 压载水。

带较小过滤尺寸(300 ~ 25 μm)的编织网孔过滤器比平面过滤屏有更大的过滤表面。处理量为 $1\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 的过滤器所需空间的区域为高 2.8 m,宽 1.7 m,初投资报价为粗过滤装置 16 000 美元,细过滤装置 20 400 美元。然而,细过滤屏初投资较高,与装置的安装无关或者说细过滤装置的代价并不是过高,细过滤装置的维护费用低,需几年才换一次细滤屏。但是,这种系统在有重力过滤系统使用时不宜使用。

2.2 压载水在大洋更换

1990 年以加拿大抵靠大湖区港口的船舶为例,7 000 ~ 10 000 t 压载量的船舶,每艘费用大约为 900 美元(包括燃油费用,运行机制压载泵的电力费用)。1990 年,有 455 艘远洋船舶进入 st. Lawrence River,其中 198 艘、占 44 % 的船舶携带压载水,记录及报告费用使每船舶费用增加 35 美元。假如每年船舶数量不变,到 2000 年费用总计为 112 744 美元(含通货膨胀率 4 %),美国海岸警卫队的专家强调,消费者(船舶营运者)的花费是极少的。假如所有费用都摊到货主头上,据 1993 年计算,每吨船载货物需增加 0.099 美元。在进入大湖区前,在大洋更换压载水有助防止外来有害物种在大湖区的传播。

为了能够实现压载水的径流更换,对在散化船“Ormond”号上附加管系及阀件,包括远距离操控装置的费用达 86 万美元;对集装箱船“P&O Jervis Bay”,号,4 000 TEU,总长 292.2 m,压载水总量 $16\,613\text{ m}^3$,费用为 53.22 万美元;越洋班轮(垂线间长 242 m),压载水量 $4\,345\text{ m}^3$,压载泵流量 $250\text{ m}^3/\text{h}$,压载水全部更换需 2.17 天,总费用需 277.7 美元。

据澳大利亚交通运输局估算,航程中在海上更换压载水,每吨货物需 0.17 ~ 1.30 澳元(为了充裕起见,每吨货物再加 0.06 ~ 0.30 澳元)。这种费用取决于船舶类型及尺寸,1989 年澳大利亚所有全部出口干散货为 2.44 亿 t,照此计算,这种处理的总花费将达 6 030 ~ 10 730 万美元,对“IRONWHYLLA”号,用经流法彻底更换全部压载水(3 倍舱容)约需 3 天,燃料消耗费用估计为 3 380 美元。

2.3 加热处理

为了改善热交换器对柴油机冷却水的废热利用,每艘船需 9.4 万美元,管路的改装费,对一艘

14.7 万 t 的散货船而言需 5 万美元。装置的运行费用相对来说比较便宜,它取决于全部的相关参数(比如,所要求的温度、需处理的压载水量、压载舱的位置、船舶航行的路线等)。

机舱的设备中不得不增加附加交换器、储水柜和用于水温控制的管系及仪表。

1997 年,在 4 226 DWT 的散货船“Sandra Marie”号从西尼到赫尔本的航程中对一个加热系统做了成功的实验。该船的改装经 Lloyd's 船级社和澳大利亚海事局认可。该加热系统在现在的缸套冷却水换热器上做了最小的管系改装。通用海水冷却管路走旁通,取而代之的是从压载水中吸取海水,加热后返回压载舱。处理能力为 500 t/h 的装置费用大约 35 万美元。

2.4 紫外线照射

处理量总计为 1 000 m³/h 的 3~4 套紫外线灭菌装置的初投资费用大约在 9.8~13.44 美元。为了处理抗紫外线的兰绿藻,费用需增加 10 倍。除电力消耗外,其他的费用还应包括每 4 000 h 需更换的紫外线灯及大约 2 年需更换的石英套。这 2 项的每项费用大约为 500 美元。用紫外线处理海水到目前为止仍广泛应用,在滤除大型微生物后用紫外线处理船舶压载水是一种有效且环境允许的方法,这种技术从健康及安全角度看更适于使用,并且对管路、泵及舱壁涂层无不良影响。到目前为止,没有发现已知的有毒副产物,但还不能完全排除在使用非致死剂量的紫外线照射时,致使低等级生物遗传新特性的产生或遗传物质的改变。

2.5 氯化

用高浓度氯消毒处理大量压载水时,费用高,处理 4 万 t 压载水需 4~20 t 的氯。经细过滤后再处理等量的压载水仅需 200 kg 氯,如使用这种剂量来处理压载水,那么氯化是一种相对便宜的方法。据有关文献估算,以 2 mg/L 有效氯的浓度处理能力为 4 000 m³/h 的装置费用约为 37.65 万美元。

每艘 50 000 t 的船舶每个航次需 2.4 t, 12.5 %的 NaOCl, 所有费用估计为每次 29.4 万美元。而且必须考虑,如在压载水有机物过高时,氯化的处理效果会降低,如果能允许有少量的孢子残余(不被杀灭),那以较低的浓度是可以接受的。为了防止对环境不利的压载水排出,必须用其他

化学药品进行中和(如用亚硫酸钠),这将会带来其他费用。

2.6 金属离子

用电解的方法产生铜、银离子处理压载水,若处理量为 2 万 t 的装置所需空间为 3 m × 2 m × 2 m,初投资费用约为 10 万美元。运行费用很大程度上取决于电力消耗和电极定期更换。

2.7 臭氧处理

臭氧是一种高毒水物质,使用时必然采取高度安全措施。与制氯装置相比,O₃ 产生装置的初投资总费用相对较高。处理能力为 4 000 m³/h 的 O₃ 产生设备的费用可能超过 290 万美元,而同样处理量的投氯装置费用为 37.65 万美元。其运行和维护费用远远高于氯化处理,这种处理除了费用很高外,O₃ 对压载水系统而言可能是一种潜在的腐蚀剂。

2.8 过氧化氢

采用较高浓度,一般 5 万 t 船舶,处理其压载水估计需 150 t,35 %的过氧化氢。每次所需费用约 200 万澳元,这种处理方法的费用非常高难以接受,而且文献证明压载水中有机物含量增高时,处理效果下降。

另一个例子是,一艘压载水量为 5 万 t 的散货船需要 1 000 t 过氧化氢(工业用 50 %过氧化氢水溶液每吨 2 940 美元),结果,每个航次需花费 290 万美元,对某些孢囊,可以使用较低的浓度或延长处理时间,但是,即使降低浓度也非常贵,每 5 万 t 压载水约需 1.47 万美元。

2.9 盐度调节

盐度调节需要大量 NaCl,对小型船舶需 210 t。这种处理物质(即 NaCl)腐蚀性很强,并且会对压载舱、管系造成损伤。其它的损失包括装载及储存 210 t 散货造成的延误。

2.10 有机杀生剂

使用有机杀生剂的费用包括两个例子:在挪威石油钻井平台上使用的细菌处理剂和在大湖区对外来生物采用鳃鳗处理。

在北海钻井平台上采用注水处理在 20 年前就开始了。在 20 世纪 70 年代每吨处理的注水大约 0.12 美元,现在价格已降低到每吨 0.018 4 美元。采用另一种化学剂使价格降低 6 倍成为一种可能。

在大湖区每年对引入大湖的外来生物七鳃鳗

用化学药剂处理。1993 年花费包括化学药物和使其栖息地的改变,超过 1 亿美元。

2.11 陆上处理装置

以每年岸上处理 $1\,150\,000\text{ m}^3$ 的处理装置,其设备费用(包括舱柜、过滤装置、紫外线照射系统、化学处理装置、剩余物处理及控制等费用),估计为 $1\,320\sim 2\,790$ 万美元,运行费用为 $1\,000\text{ m}^3$ 压载水 132 美元(包括化学品、电力、维护保养、人力、检测和残余物处理等),总计费用估计为 $1\,000\text{ m}^3$ 压载水 500~900 美元。

2.12 船上处理

以船上每年处理 $50\,000\text{ m}^3$ 压载水作计算(以每艘船每月计算)。

1) 商船。估计安装过滤装置处理船舶压载水,初投资费用非常高,因此这种方法不适宜。

2) 专用处理船。若处理量在 $4\,000\text{ m}^3/\text{h}$ 的船舶,船上处理装置的费用估计每 $1\,000\text{ m}^3$ 压载水 400 美元,总费用为处理 $1\,000\text{ m}^3$ 压载水 790 美元。

人们目前正在加以研究的处理方法主要有:物理处理法(如采用加热、超声波、紫外线、银离子、磁化等方法进行处理);机械处理法(过滤、改善船舶设计等);化学处理法(臭氧、抽氧、加氯处

理等);杀死有害生物的生物处理法。其中,在深海(水深 $2\,000\text{ m}$ 以上)更换压载水被认为最为简便和有效,但此举可能不利于船舶安全,尤其是在恶劣天气和海况下,如果认为采用排空后再重新装载压载水的方法影响船舶结构和稳定性,可采用径流更换法。一般认为更换压载水 90% 以上即为合格^[2]。

3 结束语

为防止压载水带来的生物污染,除了在深海更换压载水外,IMO 还提出了将来可能采用的一些方法,如加热、超声波、化学方法或生物防治等。在这些方法未大范围投入使用时,压载水更换看来是目前的最佳选择。我国不妨参照一些国家的做法,要求有条件的船舶在适当水域更换压载水,最大限度地减少有害水生物进入国门的机会,保证优良的海洋生态环境。

参考文献

- 1 黄忠良,王锦法,王 琪. 船舶压载水污染的防与治. 中国水运,2002,(3)
- 2 党 坤,王真茂. 船舶压载水不同处理方法的经济性分析. 世界海运,2003,(3)