

赤潮藻经船舶压舱水输入厦门港的风险分析

杨清双* 熊焕昌 陈帆 马启和 杨浩 刑小丽 高亚辉 梁君荣
(厦门出入境检验检疫局) (厦门环宇卫生处理有限公司) (厦门大学)

摘要:赤潮是全球性海洋灾害之一,船舶压舱水转运是造成赤潮蔓延的重要途径。本文介绍了 40 年来厦门港赤潮发生情况和近年来船舶压舱水的活动情况、船舶压舱水赤潮藻监测和检疫对策研究进展;分析和评估了对赤潮藻经船舶压舱水输入厦门港的风险;提出了加大对压舱水研究的力度和对重点赤潮藻进行监测等建议。

关键词:赤潮藻;船舶压舱水;厦门港;风险分析

1 前言

赤潮(red tide)是水体中某些微小的浮游植物、原生动物或细菌在一定的环境条件下突发性地增殖和聚集,引起一定范围内和一段时间中水体变色的现象。水体颜色可因赤潮生物的数量、种类而呈红、黄、绿和褐色等。能引起赤潮的藻类植物统称为赤潮藻。赤潮可引起海洋异变,局部中断海洋食物链,使海域一度成为死海,一些赤潮生物可分泌毒素并通过食物链被其他生物摄入,再通过食用进入人体,导致中毒甚至死亡,从而给海洋环境、海洋渔业和海水养殖业造成严重危害,并对人类健康甚至生命构成威胁。

随着现代工农业生产的迅速发展,水体污染加剧,赤潮日趋严重,已成为全球性海洋灾害之一。美国的佛罗里达沿岸、日本的东京湾、印度洋的马拉巴尔海岸、太平洋的巴布亚新几内亚沿岸等世界许多海区曾发生过多次赤潮,近 20 年来尤甚^[1]。我国自 1933 年首次报道以来,至今已发生了数百次较大规模的赤潮,其中绝大多数在 1990 年之后^[2]。

船舶压舱水是船舶安全航行的重要保证,然而船舶压舱水转运又是造成赤潮蔓延的重要途径。众多资料表明:压舱水是外来海洋生物入侵的重要载体。早在 1908 年,人们便猜测压舱水可能是浮游生物实现迁移的机制之一;1973 年,研究人员首次证实压舱水可作为活海洋生物的转载体。据报道,澳大利亚境内现有的 170 余种外来海洋生物中,可能有 24%~33%是通过压舱水输入的;而每一天,通过船舶(包括船体及压舱水等)在世界各地转运的生物物种数则可能超过 3000 种!^[4]在澳大利亚、美国、中国香港等发达国家和地区,已有部分学者开展了关于船舶压舱水与有害赤潮生物输入关系的研究,并取得了

重要的科学证据,而该研究在我国内地尚属空白。为此,2003 年 12 月,厦门检验检疫局、厦门环宇卫生处理有限公司与厦大学生命科学院合作,率先在国内开展了“船舶压舱水有害赤潮藻检测技术与检疫对策”项目研究。以下根据该项目的初步研究成果,结合相关文献,对厦门港经船舶压舱水输入赤潮生物风险进行分析、综述。

2 厦门海域赤潮及船舶压舱水转运和监管情况

改革开放以来,随着厦门特区经济的发展,对厦门海域的开发利用程度也不断提高,特别是港口航运业和海水养殖业的高速发展,使厦门海域的海水污染及富营养化程度日益加剧,主要港湾和养殖区不断发生赤潮灾害,赤潮持续的时间也越来越长,危害越来越严重。根据不完全统计,厦门海域 1962 年—2002 年有记录的赤潮事件有 20 起,详见表 1^[5]。尽管大多数未见损失报道,但其对海水养殖业、海洋生态环境和人体健康构成的严重威胁不言而喻。

2001 年 7 月起,出入境检验检疫机构要求所有入境国际航行船舶规范申报在港压舱水作业动态。据统计,2001 年 7 月—2002 年 7 月,从厦门港入境的船舶压舱水总量为 3,429,186.8 吨,至 2004 年前 11 个月已达到 4,197,512 吨(不含从国内其他港口抵达本港的国际航行船舶和内贸船舶的压舱水数量,该数量约为入境总量的 1/2)。进入国际航行船舶申请排放压舱水 115,810 吨,约占同时段进入厦门港的压舱水总量(约为入境总量的 1.5 倍)的 1.5%,其中来自国内港口 64,000 吨、来自公海 14,579 吨、来自传染病疫区的 37,231 吨。根据规定,对 6 艘次来自传染病疫区的船舶压舱水 37,231 吨进行消毒处理后排放,对来自国内港口和公海的 78,579 吨压舱水允许直接排放。

* 作者简介:杨清双(1975-),男,毕业于上海医科大学,主管医师,已发表论文 4 篇。

项目基金:2003 年度厦门市科技项目(编号 3502Z20034003)

表 1 1962 - 2002 年厦门海域的赤潮记录

编号	时间	赤潮生物	发生地点	危害情况
1	1986 年 4 月	夜光藻	厦门同安湾	不详
2	1986 年 5 月 17 - 24 日	地中海指管藻	厦门西海域	未见损失报道
3	1986 年 6 月 18 - 28 日	裸甲藻	厦门西港	未见损失报道
4	1987 年 3 月 17 日前后	聚生角刺藻、柔弱角刺藻、短角弯角藻、尖刺拟菱形藻	厦门西海域	未见损失报道
5	1987 年 4 月 17 日前后	柔弱角毛藻、地中海指管藻	福建厦门西港	未见损失报道
6	1987 年 5 月 11 - 27 日	短角弯角藻	厦门港	未见损失报道
7	1989 年 5 月 7 日	地中海指管藻	福建厦门西港, 面积 20 - 80km ²	养殖的牡蛎、菲律宾哈仔、缢蛏均有死亡现象
8	1986 年 6 月	裸甲藻	福建厦门西港	未见损失报道
9	1994 年 7 月	塔玛亚历山大藻	厦门附近地区 虾养殖池	未见损失报道
10	1995 年 4 月	简单裸甲藻	厦门市潘涂虾场	未见损失报道
11	1997 年 10 月下旬	微型蓝藻	厦门港西海域	未见损失报道
12	1997 年 12 月 - 1998 年 1 月	棕囊藻	福建泉州 - 汕尾附近海域	损失 1.8 亿元, 鱼类大量死亡
13	2000 年 6 月 26 日	角毛藻	福建厦门西海域	养殖鱼类死亡
14	2001 年 6 月 18 日	角毛藻	福建厦门西海域	未见损失报道
15	2001 年 6 月 29 日	中肋骨条藻	福建厦门西海域	未见损失报道
16	2001 年 7 月 2 日	角毛藻	福建厦门西海域	未见损失报道
17	2002 年 5 月 8 日	中肋骨条藻	福建厦门西海域	未见损失报道
18	2002 年 6 月 3 日	中肋骨条藻、海链藻、角毛藻	福建厦门西海域	未见损失报道
19	2002 年 6 月 4 日	中肋骨条藻	福建厦门同安湾	未见损失报道
20	2002 年 6 月 21 日	中肋骨条藻	福建厦门西海域	未见损失报道

厦门港是以集装箱作业为主的港口, 集装箱轮占进出港口的船舶总数的 70% 左右, 散杂货轮主要装载石材、化工原料、矿石、粮食等进口, 空船离港。与散杂货轮相比, 集装箱轮对压舱水的压载/ 排放要求较低 (主要是因为它们在航行过程中通常都载有货物)。因此, 相比散杂货物吞吐量较大的港口, 在厦门港排放的船舶压舱水总量不大。根据厦门出入境检验检疫局卫生检疫处的统计, 2003 年 9 月至今, 共有 12 艘。

3 经船舶压舱水输入赤潮生物的风险分析

Ricciardi (2000) 认为, 浮游期的存在和单性生殖是随压舱水迁移的生物的两大特征。大多数的藻类在生活周期中都有个浮游期, 藻类的生殖方式多变, 都能进行单性生殖^[6]。事实上, 在世界范围内, 压舱水转运已被公认为可能造成赤潮蔓延的魁首。压舱水转运造成外来物种入侵的事例并不少见, 美国斑马贻贝和黑海栉水母的入侵便是压舱水带入外来物种引起巨大经济和生态损失的典型例子。国外一些研究证据表明, 赤潮的频繁发生与船舶压舱水转运密切相关, 例如, 澳大利亚学者研究认为在该国海域屡次造成赤潮灾害的链状裸甲藻 (*Gymnodinium catenatum*) 极有可能是通过船舶压舱水从日本海传入的^[7]。从表 1 可以看出, 养殖业和航运业活动最频繁的西海域是厦门赤潮发生的重

灾区, 这可能与压舱水排放有很大关系。为证实这一推断, 从 2003 年 12 月起, 由厦门市立项, 开始了“船舶压舱水有害赤潮藻检测技术与检疫对策”课题研究, 课题组选择 7 艘集装箱班轮和 5 艘散/ 杂货轮进行压舱水采样检测, 取得压舱水样品 18 份, 另在一艘停坞修理的集装箱轮采集底泥样品 2 份。与此同时, 深入调查船舶在港的压舱水管理情况, 内容包括船舶压舱水管理计划、船舶遵守压舱水管理的国际公约和我国规定的情况、主管机构管理情况等。在对上述初步研究结果进行汇总、分析和评估后, 我们认为, 赤潮藻经船舶压舱水传入厦门港可能已经形成, 并可能仍在继续输入。主要理由如下:

3.1 许多藻类, 包括赤潮藻, 完全有能力在黑暗的船舶压载舱中生存下来。

检测结果表明: 18 份压舱水样品中有 5 份样品含有藻类, 占 27.8%, 其中 1 份样品含有重要的赤潮藻——拟菱形藻和中肋骨条藻, 另有 1 份底泥样品含有大量的硅藻, 特别是中肋骨条藻 (图 1、2) 和裸甲藻。中肋骨条藻正是厦门港近几年最主要的赤潮生物 (表 1), 而裸甲藻除了造成赤潮外, 其某些种类如链状裸甲藻 (图 3) 还可产生麻痹性贝毒素, 严重危害人体健康。



图 1 中肋骨条藻

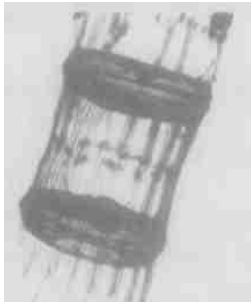


图 2 中肋骨条藻电镜照片



图 3 链状裸甲藻电镜照片

3.2 相当一部分船舶的压舱水管理状况不佳,造成局部区域的船舶压舱水无序排放。对船舶压舱水管理情况的调查表明:尽管绝大多数被调查船舶都宣称船上有符合相关规定的压舱水管理计划,并遵照执行,然而,从所查阅的一部分船舶的航海日记和压舱水测量记录等文书中却发现,不少船舶特别是航线较短的船舶仅是做了一些书面工作,实际执行马虎了事,甚或根本没执行计划。如有两艘外籍集装箱船舶向检验检疫机构申报压舱水动态时一贯声明不排放压舱水,但其压舱水测量记录却是每隔 1-2 个星期向厦门港排放一次压舱水,时间竟持续一年!据航运业内人士称,类似情况在中国其他港口,甚至在世界许多其他的港口都不少见,究其原因,主要是船方为避免压舱水卫生处理而发生的费用。有一些压舱水管理计划比较完备的船舶,特别是大型集装箱船舶,在进港口之前曾向检验检疫机构申报压舱水排放,但当获悉需要支付实施卫生处理费后就改称不排放,或将在货物装载完毕后到港外排放,而他们的所谓“港外”,往往是离码头不足 10 海里,导致被排放的压舱水随着潮流很快回流进港,污染水域。

3.3 目前对携带藻类数量极大、造成赤潮藻传入风

险极高的船舶压舱水底泥的监管非常薄弱。

定期清洗压载舱也是国际海事组织 (IMO) 推荐的压舱水管理计划之一,在坞修理的船舶要更经常清洗压载舱。然而绝大多数的船舶在清洗过程中都直接将污泥水通过压舱水排放口排入厦门港中,而不是排放到专门的接收设备(如驳船)。

3.4 现行的船舶压舱水处理方法可能无法有效杀灭赤潮藻,特别是对其休眠体——孢囊。

目前对压舱水采取卫生处理时针对的靶生物主要是霍乱弧菌和其他肠道致病菌,采用淡水消毒中常用的化学消毒方法,常用的消毒剂是含氯消毒剂和复合双链季铵盐。然而由于海水(在港区排放的压舱水多为海港港口水或公海海水)复杂的理化特性,这两种消毒剂的消毒效果并不如在淡水中明显,对细胞壁结构更为紧密的藻类,特别是对其孢囊的杀灭效果不大。

3.5 压舱水监管的法律体系尚不完善,亦无针对赤潮藻的压舱水监测规定。

目前我国关于船舶压舱水排放的相关法律规定甚少。《中华人民共和国国境卫生检疫法实施细则》只对“装自霍乱疫区的压舱水”作出规定,《中华人民共和国防止船舶污染海域管理条例》和《中华人民共和国海洋环境保护法》也只对油轮压舱水的排放地点、排放量和瞬时排放率等作了一些限制,主要是基于防污和船舶安全的角度,无针对赤潮藻的压舱水的监测规定。

4 应对措施

4.1 加强压舱水监控研究,增加科研投入

目前,我国的压舱水赤潮藻研究工作仍处在起步阶段,特别是对于压舱水的生物内容检测和排放管理等的报道更少,仅见有朱晓等人对远洋船舶饮水舱和压载舱中的微囊藻毒素的初步检测报告,提示远洋船舶水舱存在藻类毒素污染^[8]。事实上,压舱水的赤潮藻检测和监管在实践中遇到许多困难:如压舱水分析样品的采集,由于船舶在设计上的特殊性,常规的网采在压舱水采样中不一定适用,而不适的采样方法可能会影响检测结果;不同来源的压舱水携带的赤潮藻种类不同,且在长期的航运中赤潮藻的存在形式可能发生变化(如形成孢囊),需要针对不同的压舱水赤潮藻进行有针对性的检测和处理;海洋赤潮藻常为微型藻类,细微的形态学差异就可能是有毒藻和无毒藻的种间差别,对这些藻类的鉴定需要海洋微藻形态分类学的专业人员,必要时还需借助分子生物学技术,实现对外来赤潮藻的快速准确的鉴定等。因此,目前在我国

急需加强压舱水赤潮藻研究,包括压舱水内常见外来赤潮藻的种类组成、种类特征、生物学特性等研究,提供压舱水内的一些常见外来赤潮藻的名录和形态学特征图谱,同时针对不同来源的压舱水采取不同的处理方法,最终提出压舱水赤潮藻的检测技术和控制对策,为相关部门的检测和监管工作提供技术支撑。

4.2 加强赤潮监测,确定重点监控种类

重点监控种类是那些具有广适性且易形成赤潮的种类,比如亚历山大藻和拟菱形藻。目前能产生赤潮的种类多为甲藻,快速检测对象应以甲藻为重点。研究它们的特异性分子标记,将有利于压舱水赤潮生物的快速检测。必须强调的是,早期的发现和快速反应提供了控制赤潮藻入侵的最大机会,这一点在农业害虫的控制中已有长期的证据。

4.3 主管机关应加大压舱水监管力度和注重宣传工作

不管是港口当局还是出入境检验检疫机构,都应当从保护海洋环境、生物安全和人体健康的高度出发,注重对船舶压舱水的宏观管理。齐抓共管,在各自的职权范围内切实履行法律赋予的职责。对当前在压舱水监管中的一些漏洞,如缺乏明确规定的压舱水更换地点和合适排放地点,没有专用的压舱水底泥接收设备等,应当参考有关的国际公约,并借鉴其他一些国家的成功经验,尽早研制出适合我国国情的压舱水控制对策。一些船舶运营人对官方的压舱水监管行为存在侥幸心理,对此要加强宣传,使他们理解压舱水监管的目的和意义,了解压舱水监管的程序,以及并非所有要排放的压舱水都需要接受卫生处理,帮助他们合理管理压舱水计划,规范申报压舱水动态,使压舱水监管进入良性循环。

4.4 研制合适的针对赤潮藻的处理技术

现有的消毒技术并不能完全杀灭赤潮藻,特别是对其胞囊。国际上已进行的几项研究表明,要有效控制压舱水中包括藻类在内的各种生物,最好采用复合处理方法,即先采用初级处理方法去除压舱水中的较大生物和物质,继而以可靠的消毒方法进行二次处理^[9]。目前最备受关注的是水力旋转分离加紫外线辐射技术^[10]。然而,由于船舶结构的特殊性,目前并没有能直接在船上使用的该类产品面世。这需要水处理、船舶建造、航运等领域的专家学者共同努力,早

日开发出有效的能供船上使用的赤潮藻处理技术。

4.5 完善船舶压舱水监管的法律体系

加强船舶压舱水的排放控制,制定完善的、与国际接轨的压舱水管理法律体系,防止以船舶压舱水为载体的生物入侵及其可能对生态环境和人体健康造成的威胁。

5 小结

随着全球经济一体化的不断发展,商船航运网络越来越发达,再加上全球气候变化等因素,由压舱水引入外来藻类引发赤潮的危险性正在加大。为了保护我国各个海域不受外来物种的侵害,有效控制赤潮的发生,降低赤潮灾害给海水养殖业、海洋环境和人类健康带来的危害,需要社会各界强化生物安全和环保意识,共同关注压舱水排放所引起的有害生物输入问题。检验检疫系统作为我国船舶压舱水监管的主管部门之一,有必要与相关部门一起,为完成这项艰巨的任务而共同奋斗。

参考文献:

- [1] 林琼芳. 国外赤潮调查研究概况. 海洋环境科学, 1988, (7): 26 ~ 33.
- [2] 邹景忠, 王克行. 我国赤潮灾害研究的新进展. 海洋环境监测文集, 北京: 海洋出版社, 1995, 138 ~ 143
- [3] 杨清双, 杨颖. 船舶压舱水管理方案. 中国国境卫生检疫杂志, 2002(6): 371 ~ 375
- [4] Carlton, "Marine Invasions and Preservation of Coastal Diversity", *Endangered Species Update*, 1995. Volume 12
- [5] 高亚辉, 刑小丽等. 福建沿海赤潮生物研究综述. 何建宗等主编, 南中国海红潮预防和管理, 香港: 南海中国海赤潮学会出版, 2003, 21 ~ 31
- [6] Ricciardi A. and MacIsaac H. J. ,Recent mass invasion of the North American Great Lakes by Ponto - Caspian species. *Tree*, 2000, 15(2): 62 ~ 65.
- [7] Australian Quarantine and Inspection Service. 1993, "Ballast Water Treatment for the Removal of Marine Organisms." Report. 1993. No. 1, June
- [8] 朱晓, 吴淞等. 远洋船舶水舱藻类污染调查. 预防医学文献信息, 1999, 5(4): 304 ~ 306
- [9] Oemcke, D. 1999. "The Treatment of Ships' Ballast Water." *EcoPorts Monograph Series No. 18.*
- [10] Thomas P. Mackey et al. 2000. "Technologies for Ballast Water Management."