

文章编号: 1003-6482(2009)04-0025-14

# 福建主要港口外轮压舱水生物的分布 及其潜在入侵威胁\*

杨清良<sup>1</sup>, 蔡良候<sup>2</sup>, 高亚辉<sup>3</sup>, 苏展<sup>2</sup>, 陈长平<sup>3</sup>,李炳乾<sup>3,1</sup>, 许翠娅<sup>2</sup>, 林更铭<sup>1</sup>, 郑惠东<sup>2</sup>, 项鹏<sup>1</sup>

(1. 国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005; 2. 福建省水产研究所, 福建 厦门 361012; 3. 厦门大学生命科学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 根据 2006~2007 年间采自福建省 4 个主要港口 12 艘外轮(包括 8 条集装箱船和 4 条散货船)的压舱水样品, 研究压舱水生物的分布特点, 结果表明进入该水域的外来船舶压舱水生物物种丰富度和个体丰度高, 共发现浮游植物 7 门 86 属 240 种(包括 60 种赤潮生物)和浮游动物 5 门 30 属 52 种; 经 3 种网目(20, 77, 和 160 $\mu$ m)筛网收集的不同粒径生物的平均丰度分别为: 动物 38858.3 ind./m<sup>3</sup>(粒径 77~160 $\mu$ m)和 782.3 ind./m<sup>3</sup>(粒径 > 160 $\mu$ m); 植物 3625.0 cells./dm<sup>3</sup>(粒径 20~77 $\mu$ m)和 134.1 cells./dm<sup>3</sup>(粒径 77~160 $\mu$ m)。压舱水生物的分布及生存状态与水样的盐度及水龄相关。初步评估外来压舱水生物排放对福建沿海的潜在入侵风险。

**关键词:** 浮游植物和动物; 外来物种; 压舱水; 入侵风险; 福建

中图分类号: X171

文献标识码: A

## 引言

近年来港口外来船舶压舱水的排放所带来的生物入侵问题已日益受到关注。由于压舱水生物在过去的 30 多年已对海洋生态系统安全造成威胁, 甚至导致灾难性后果<sup>[1,2]</sup>, 现已被世界环保基金(GEF)认定为海洋面临的四大威胁之一<sup>[3]</sup>。

我国海岸线长达 18000km, 有 126 个国际性贸易港口, 随着全球经济一体化发展, 船舶运输越来越发达。就东南沿海的港口群而言, 目前已列入国家五大港口群建设布局, 福建正集中力量在厦门、福州等地建设集装箱港口群和其它散货港口群, 面临着较大的外来压舱水生物入侵潜在风险。我国有关外轮压舱水生物的研究已有一些成果, 但至今在总体上仍然薄弱。最早的调查工作见于香港地区<sup>[4,5]</sup>, 内地近年来才开始重视并陆续开展一些零星的初步调查<sup>[6-11]</sup>。就福建口岸而言主要集中在厦门港, 然而与国内多数港口类似仅侧重于藻类, 采水量偏少<sup>[11]</sup>。

本文着重报道 2006~2007 年采自福建 4 个主要港口 12 艘外轮压舱水中检出的各类动植物的物种组成、丰度分布以及部分生物的存活状况, 并初步讨论外来压舱水生物排放对福建沿海造成的潜在生态威胁, 为海洋外来物种入侵研究增添新的生物学资料, 也为相关的海洋生态学风险评估和防灾减灾对策的制定提供科学依据。

\* 基金项目: 国家 908 专项(908-01-ZH3; 908-02-01-02; 908-ZC-1-13); 福建省 908 专项(FJ908-01-01-ZH)资助  
第一作者简介: 杨清良(1948), 男, 福建省惠安县, 研究员, 从事海洋生物学研究。

收稿日期: 2009-01-04

## 1 材料与方法

2006~2007年间先后采集停泊于厦门港、漳州港、福州新港和江阴港4个福建主要港口的12艘外国船舶压舱水的生物样品。除1艘普通货船通过排水孔收集水样外,大多直接打开人孔或压载舱导门人工采集水舱上部水样,采水量为100~200L。为了揭示其中生物的个体大小和类别组成特点,水样经3种孔径规格(160 $\mu\text{m}$ 、77 $\mu\text{m}$ 和20 $\mu\text{m}$ )的筛绢网从大到小依次过滤,分别收集不同粒径的滤样,最后加入终浓度为5%的中性甲醛固定液固定。160 $\mu\text{m}$ 筛绢网用于采集中、小型浮游动物样品;77 $\mu\text{m}$ 和20 $\mu\text{m}$ 孔径的筛绢网主要用于采集小型动、植物和微型植物。样品的镜检分别采用体视显微镜、光学显微镜和透射电镜。

## 2 结果与分析

### 2.1 压舱水生物的物种组成(见表1)

#### 2.1.1 浮游植物

从20 $\mu\text{m}$ 和77 $\mu\text{m}$ 两种孔径网收集的滤样里鉴定藻类7门86属240种(含变种、变型和60种赤潮生物)。其中硅藻类物种最多(50属175种,占总种数72.9%),其次是绿藻门(19属36种),较多的还有甲藻门(9属19种)和蓝藻门(5属6种),金藻、裸藻和黄藻等门类较少(1~2种)。其中在20 $\mu\text{m}$ 孔径网滤样发现168种藻类,常见种(出现率 $\geq 30\%$ )是条纹小环藻(*Cyclotella striata*)、波状辐辏藻(*Actinocyclus undulatus*)、小眼圆筛藻(*Coscinodiscus oculatus*)和布氏双尾藻(*Ditylum brightwellii*)等;在77 $\mu\text{m}$ 孔径网滤样里发现140种藻类,常见种是菱形海线藻(*Thalassionema nitzschioides*)、中华盒形藻(中华齿状藻)、(*Biddulphia sinensis* = *Odontella sinensis*)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatus*)、星脐圆筛藻(*Coscinodiscus asteromphalus*)和纺锤角藻(*Ceratium fusus*)等。2种滤样的植物组成虽有不同,但均以硅藻类为主体,绿藻类其次。后者多系淡水、半咸淡水种,物种虽多出现率却较低( $< 15.4\%$ ),仅出现在压舱水盐度较低( $< 10^{-3}$ )的有关船舶。

#### 2.1.2 浮游动物

从160 $\mu\text{m}$ 和77 $\mu\text{m}$ 2种孔径网收集的滤样里记录浮游动物5门30属52种(包括16种通常无法鉴定到种的浮游动物幼体和无脊椎动物卵)。其中软体动物门(Mollusca)和环节动物门(Annelida)各2种,肉足鞭毛虫门(Sarcomastigophora)和尾索动物门(Urochorda)各1种。节肢动物门(Arthropoda)的物种最多(44种,尤其是桡足类(Copepoda),达21属39种(含10种幼体),主要包括哲水蚤目(Calanoidea)(26种)和剑水蚤目(Cyclopoida)(11种)种类。动物物种组成的主要特点有2点,其一是浮游幼体和卵比较多。除了桡足类的幼体外,还有多毛类(Polychaeta)的阔沙蚕幼体(*Platynereis larva*)等、十足类的莹虾幼体(*Lucifer larva*)、(蔓足亚纲)围胸目的藤壶无节幼虫(*Balanus nauplius larva*)、长尾类幼体(*Macruran larva*)、短尾类的蚤状幼体(*Zoea larva*(*Brachyura*))以及无脊椎动物卵(Invertebrate eggs)等;其二是小型种所占物种数量比例较高。以桡足类为例,除了幼体外的29种里小型种就占22种(75.9%),分属于拟哲水蚤科(Paracalanidae)、纺锤水蚤科(Acartiidae)、胸刺水蚤科(Centropagidae)、伪镖水蚤科(Pseudodiaptomidae)和长腹剑水蚤科(Oithonidae)等11。只发现角水蚤科(Pontellidae)唇角水蚤属(*Labiocera*)的少数几种是中、大型桡足类。

表 1 福建口岸外来船舶压舱水生物种名录

Table 1 List of organisms found in ballast water from exotic ships entering Fujian Ports

序号 No.	种 类 Species assemblage	序号 No.	种 类 Species assemblage
iv	蓝藻门 <i>Cyanophyta</i>	30	均等角毛藻 <i>Chaetoceros aequatoriale</i>
1	粘球藻 <i>Gloeocapsa sp.</i>	31	奥氏角毛藻 <i>Chaetoceros aurivillii</i>
2	平裂藻 <i>Merismopedia sp.</i>	32	* 扁面角毛藻 <i>Chaetoceros compressus</i>
3	螺旋藻 <i>Spirulina sp.</i>	33	* 旋链角毛藻 <i>Chaetoceros curvisetus</i>
4	颤藻 <i>Oscillatoria sp.</i>	34	* 柔弱角毛藻 <i>Chaetoceros debilis</i>
5	* 红海束毛藻 <i>Trichodesmium erythraeum</i>	35	密连角毛藻 <i>Chaetoceros densus</i>
6	* 铁氏束毛藻 <i>Trichodesmium thiebautii</i>	36	* 细齿角毛藻 <i>Chaetoceros denticulatus</i>
㊦	硅藻门 <i>Bacillariophyta</i>	37	* 双突角毛藻 <i>Chaetoceros didymus</i>
7	短柄曲壳藻 <i>Achnanthes brevipes</i>	38	远距角毛藻 <i>Chaetoceros distans</i>
8	爱氏辐环藻 <i>Actinocyclus ehrenbergi</i>	39	异角角毛藻 <i>Chaetoceros diversus</i>
9	洛氏辐环藻 <i>Actinocyclus roperi</i>	40	印度角毛藻 <i>Chaetoceros indicum</i>
10	辐环藻 <i>Actinocyclus sp.</i>	41	* 垂缘角毛藻 <i>Chaetoceros lacinius</i>
11	环状辐环藻 <i>Actinoptychus annulatus</i>	42	罗氏角毛藻 <i>Chaetoceros lauderi</i>
12	波状辐环藻 <i>Actinoptychus undulatus</i>	43	* 洛氏角毛藻 <i>Chaetoceros lorenzianus</i>
13	翼茧形藻 <i>Amphipora alata</i>	44	* 秘鲁角毛藻 <i>Chaetoceros peruvianus</i>
14	平滑双眉藻 <i>Amphora laevis</i>	45	* 拟旋链角毛藻 <i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>
15	* 冰河拟星杆藻 <i>Asterionellopsis glacialis</i>	46	角毛藻 <i>Chaetoceros sp.</i>
16	克氏星脐藻 <i>Asteromphalus cleveanus</i>	47	* 皇冠角毛藻 <i>Chaetoceros diadema</i>
17	* 派格棍形藻 <i>Bacillaria paxillifera</i> (= 奇异棍形藻) <i>Bacillaria paradoxa</i>	48	卵形藻 <i>Cocconeis sp.</i>
18	优美辐杆藻 <i>Bacteriastrium delicatulum</i>	49	小环毛藻(豪猪棘冠藻) <i>Corethron hystrix</i>
19	辐杆藻 <i>Bacteriastrium sp.</i>	50	非洲圆筛藻 <i>Coscinodiscus africanus</i>
20	* 锤状中鼓藻 <i>Bellerochea malleus</i>	51	蛇目圆筛藻(有光圆筛藻) <i>Coscinodiscus argus</i>
21	* 钟形中鼓藻 <i>Bellerochea horologicales</i>	52	* 星脐圆筛藻 <i>Coscinodiscus asteromphalus</i>
22	异角盒形藻 <i>Biddulphia heteroceros</i>	53	具翼圆筛藻(具翼漂流藻) <i>Coscinodiscus bipartitus</i> (= <i>Planktoniella blanda</i> )
23	活动盒形藻(活动齿状藻) <i>Biddulphia mobiliensis</i> (= <i>Odontella mobiliensis</i> )	54	* 中心圆筛藻 <i>Coscinodiscus centralis</i>
24	钝角盒形藻 <i>Biddulphia obtusa</i>	55	弓束圆筛藻 <i>Coscinodiscus curvatulus</i>
25	高盒形藻(高齿状藻) <i>Biddulphia regia</i> (= <i>Odontella regia</i> )	56	小型弓束圆筛藻 <i>Coscinodiscus curvatulus var. minor</i>
26	* 中华盒形藻(中华齿状藻) <i>Biddulphia sinensis</i> (= <i>Odontella sinensis</i> )	57	多束圆筛藻 <i>Coscinodiscus divisus</i>
27	盒形藻 <i>Biddulphia sp.</i>	58	* 格氏圆筛藻 <i>Coscinodiscus granii</i>
28	海洋管角藻 <i>Ceratanlina pelagica</i>	59	强氏圆筛藻 <i>Coscinodiscus janischii</i>
29	紧密角管藻 <i>Cerataulina compacta</i>	60	* 琼氏圆筛藻 <i>Coscinodiscus jonesianus</i>

续表 1(Continued 1)

61	光亮圆筛藻	<i>Coscinodiscus nitidus</i>	96	哈德半盘藻(哈德掌状藻)	<i>Hemidiscus hardmannianus</i> (= <i>Palmeria hardmanniana</i> )
62	小眼圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus</i>	97	黄埔水生藻	<i>Hydrosera whampoenis</i>
63	虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	98	* 北方劳德藻	<i>Lauderia borealis</i>
64	* 辐射圆筛藻	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	99	* 丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>
66	维凹圆筛藻	<i>Coscinodiscus suboncavus</i>	100	* 地中海细柱藻	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>
67	细弱圆筛藻	<i>Coscinodiscus subtilis</i>	101	短楔形藻	<i>Lichophora abbreviata</i>
68	* 威氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus walesii</i>	102	波状石丝藻	<i>Lithodesmium undulatum</i>
69	维廷圆筛藻	<i>Coscinodiscus wittianus</i>	103	颗粒直链藻	<i>Melosira granulata</i>
70	苏氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus thorii</i>	104	颗粒直链藻最窄变种	<i>Mel. granulata var. angustissima</i>
71	圆筛藻 1	<i>Coscinodiscus sp. 1</i>	105	冰岛直链藻	<i>Melosira islandica</i>
72	圆筛藻 2	<i>Coscinodiscus sp. 2</i>	106	尤氏直链藻	<i>Melosira jurgensii</i>
73	圆筛藻 3	<i>Coscinodiscus sp. 3</i>	107	* 念珠直链藻	<i>Melosira moniliformis</i>
74	圆筛藻 4	<i>Coscinodiscus sp. 4</i>	108	直链藻	<i>Melosira sp.</i>
75	圆筛藻	<i>Coscinodiscus spp.</i>	109	* 具槽直链藻(具槽帕拉藻)	<i>Melosira sulcata</i> (= <i>Paralia sulcata</i> )
76	小环藻	<i>Cyclotella spp.</i>	110	点状舟形藻	<i>Navicula maculata</i>
77	扭曲小环藻	<i>Cyclotella stelligera</i>	111	串珠舟形藻	<i>Navicula monilifera</i>
78	* 条纹小环藻	<i>Cyclotella striata</i>	112	喙头舟形藻	<i>Navicula rhynchocephala</i>
79	柱状小环藻	<i>Cyclotella stytorum</i>	113	舟形藻	<i>Navicula sp. 1</i>
80	* 新月筒柱藻	<i>Cylindrotheca closterium</i>	114	钝头菱形藻	<i>Nitzschia obtusa</i>
81	披针桥弯藻	<i>Cymbella lanceolata</i>	115	颗粒菱形藻	<i>Nitzschia granulata</i>
82	蜂腰双壁藻	<i>Diploneis bombus</i>	116	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i>
83	新西兰双壁藻	<i>Diploneis novaezeelandiae</i>	117	洛伦菱形藻	<i>Nitzschia lorenziana</i>
84	* 布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i>	118	洛伦菱形藻密条变种	<i>Nitzschia lorenziana var. densestriata</i>
85	太阳双尾藻	<i>Ditylum sol</i>	119	琴氏菱形藻	<i>Nitzschia panduriformis</i>
86	* 短角弯角藻	<i>Eucampia zoodiacus</i>	120	弯菱形藻	<i>Nitzschia sigma</i>
87	脆杆藻	<i>Fragilaria spp.</i>	121	纤细菱形藻	<i>Nitzschia subtilis</i>
88	* 柔弱几内亚藻	<i>Guinardia delicatula</i> (= <i>Rhizosolenia delicatula</i> )	122	菱形藻	<i>Nitzschia spp.</i>
89	* 柔软几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i>	123	端尖斜纹藻	<i>Pleurosigma acutum</i>
90	* 斯氏几内亚藻	<i>Guinardiastriata</i> (= <i>Rhizosolenia stouterfothii</i> )	124	艾希斜纹藻	<i>Pleurosigma aestuarii</i>
91	长尾布纹藻	<i>Gyrosigma macrum</i>	125	柔弱斜纹藻	<i>Pleurosigma delicatulum</i>
92	簇生布纹藻	<i>Gyrosigma fasciola</i>	126	镰刀斜纹藻	<i>Pleurosigma falx Mann</i>
93	簇生布纹藻 弧形变种	<i>Gyrosigma fasciola var. arcuata</i>	127	飞马斜纹藻	<i>Pleurosigma finmarchia</i>
94	中华半管藻	<i>Hemiaulus sinensis</i>	128	海洋斜纹藻	<i>Pleurosigma pelagicum</i>
95	楔形半盘藻	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	129	舟形斜纹藻微小变型	<i>Pleurosigma naviculaceum f. minuta</i>

续表 1(Continued 1)

130	诺马斜纹藻	<i>Pleurosigma normani</i>	164	双菱藻	<i>Surirella</i> spp.
131	斜纹藻 1	<i>Pleurosigma</i> sp. 1	165	尖针杆藻	<i>Synedra acus</i>
132	斜纹藻 2	<i>Pleurosigma</i> sp. 2	166	肘状针杆藻	<i>Synedra ulna</i>
133	斜纹藻	<i>Pleurosigma</i> spp.	167	针杆藻	<i>Synedra</i> spp.
134	拟菱形藻	<i>Pseudonitzschia</i> sp.	168	* 菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
135	* 成列拟菱形藻	<i>Pseudonitzschia seriata</i>	169	菱形海线藻小形变种	<i>Thalassionema nitzschioides</i> var. <i>parva</i>
136	* 〇柔弱拟菱形藻	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	170	细长列海链藻	<i>Thalassiosira leptopus</i>
137	* 〇尖刺拟菱形藻	<i>Pseudonitzschia pungens</i>	171	海链藻 1(偏心型组)	<i>Thalassiosira</i> sp. 1
138	* 翼根管藻(翼鼻状藻)	<i>Rhizosolenia alata</i> (= <i>Proboscia alata</i> )	172	海链藻 2(线型组)	<i>Thalassiosira</i> sp. 2
139	* 翼管藻印度变型	<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>indica</i>	173	海链藻 3	<i>Thalassiosira</i> sp. 3
140	伯氏根管藻	<i>Rhizosolenia bergonii</i>	174	海链藻 4	<i>Thalassiosira</i> sp. 4
141	卡氏根管藻	<i>Rhizosolenia castracanei</i>	175	* 细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i>
142	距端根管藻(距端假管藻)	<i>Rhizosolenia calcar-avis</i> (= <i>Pseudosolenia calcar-avis</i> )	176	佛氏海毛藻(伏氏海线藻)	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (= <i>Thalassionema frauenfeldii</i> )
143	厚刺根管藻	<i>Rhizosolenia crassispina</i>	177	长海毛藻	<i>Thalassiothrix longissima</i>
144	* 钝棘根管藻半刺变种	<i>Rhizosolenia hebetata</i> var. <i>semispina</i>	178	地中海海毛藻	<i>Thalassiothrix mediterranea</i>
145	透明根管藻	<i>Rhizosolenia hyalina</i>	179	海毛藻	<i>Thalassiothrix</i> sp.
146	覆瓦根管藻	<i>Rhizosolenia imbricata</i>	180	范氏海毛藻	<i>Thalassiothrix vanhoefenii</i>
147	粗根管藻	<i>Rhizosolenia robusta</i>	181	蜂窝三角藻	<i>Triceratium favus</i>
148	* 刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i>	④	金藻门	<i>Chrysophyta</i>
149	* 笔尖根管藻	<i>Rhizosolenia styliforomis</i>	182	* 小等刺硅鞭藻	<i>Dictyocha fibula</i>
150	宽型笔尖根管藻	<i>Rhizosolenia styliforomis</i> var. <i>latissima</i>	⑤	黄藻门	<i>Xanthophyta</i>
151	钩状棒杆藻	<i>Rhopalodia uncinata</i>	183	黄管藻	<i>Ophiocytium</i> sp.
152	* 优美施罗藻	<i>Schroederella delicatula</i>	184	# 头状黄管藻	<i>Ophiocytium capitatum</i>
153	* 中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>	(九)	裸藻门	<i>Euglenophyta</i>
154	骨条藻	<i>Skeletonema</i> sp.	185	# 长尾扁裸藻	<i>Phacus longicauda</i>
155	* 掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	v	绿藻门	<i>Chlorophyta</i>
156	塔形冠盖藻	<i>Stephanopyxis turris</i>	186	韩氏集星藻	<i>Actinastrium hantzschii</i>
157	泰晤士扭鞘藻	<i>Streptotheca thamesis</i>	187	纤维藻	<i>Ankistrodesmus</i> sp.
158	领形双菱藻	<i>Surirella collaris</i>	188	镰形纤维藻	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
159	美丽双菱藻挪威变种	<i>Surirella elegans</i> var. <i>norvegica</i>	189	# 锥刺四棘鼓藻	<i>Arthrodesmus subulatus</i>
160	华状双菱藻	<i>Surirella fastuosa</i>	190	绿星球藻	<i>Asterococcus</i> sp.
161	流水双菱藻	<i>Surirella luminensis</i>	191	小球藻	<i>Chlorella</i> sp.
162	芽形双菱藻	<i>Surirella gemma</i>	192	厚顶新月藻	<i>Closterium dianae</i>
163	库氏双菱藻	<i>Surirella kurtzii</i>	193	新月藻	<i>Closterium</i> sp.

续表 1(Continued 1)

194	# 长拟新月藻	<i>Closteropsis longissima</i>	227	膝角藻	<i>Ceratium inflatum</i>
195	小空星藻	<i>Coelastrum microporum</i>	228	* 马西里亚角藻	<i>Ceratium massiliense</i>
196	# 华美十字藻	<i>Crucigenia lauterbornei</i>	229	美丽角藻	<i>Ceratium pulchellum</i>
197	四角十字藻	<i>Crucigenia quadrata</i>	230	角藻	<i>Ceratium</i> sp.
198	双射盘星藻	<i>Pediastrum biradiatum</i>	231	* 三叉角藻	<i>Ceratium trichoceros</i>
199	# 比韦盘星藻	<i>Pediastrum biwae</i>	232	* 三角角藻	<i>Ceratium triplos</i>
200	二角盘星藻纤细变种	<i>Pediastrum duplex</i> var. <i>gracillimum</i>	233	* $\Delta$ 具尾鳍藻	<i>Dinophysis caudata</i>
201	单角盘星藻	<i>Pediastrum simplex</i>	234	膝沟藻	<i>Gonyaulax</i> sp.
202	盘星藻	<i>Pediastrum</i> sp.	235	* $\Delta$ 米氏凯伦藻 (米氏裸甲藻)	<i>Karenia mikimotoi</i> (= <i>Gymnodinium mikimotoi</i> )
203	尖细栅藻	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	236	* 夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>
204	爪哇栅藻	<i>Scenedesmus javaiensis</i>	237	多甲藻	<i>Peridinium</i> sp.
205	龙骨栅藻	<i>Scenedesmus carinatus</i>	238	* $\Delta$ 海洋原甲藻	<i>Prorocentrum micans</i>
206	齿牙栅藻	<i>Scenedesmus denticulatus</i>	239	* 叉分原多甲藻 (叉分多甲藻)	<i>Protoperidinium divergens</i> (= <i>Peridinium divergens</i> )
207	二型栅藻	<i>Scenedesmus dimorphus</i>	240	原多甲藻	<i>Protoperidinium</i> sp.
208	斜生栅藻	<i>Scenedesmus obliquus</i>	(1)	肉足鞭毛虫门	<i>Sarcomastigophora</i>
209	裂孔栅藻	<i>Scenedesmus perforatus</i>	241	五叶抱球虫	<i>Globigerina quinqueloba</i>
210	四尾栅藻	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	(2)	软体动物门	<i>Mollusca</i>
211	极大四尾栅藻	<i>Scenedesmus quadricauda</i> v. <i>maximus</i>	242	明螺	<i>Atlanta</i> sp.
212	# 刚毛弓形藻	<i>Schroederia setigera</i>	243	李氏蜃螺	<i>Limacina lesueurii</i>
213	螺旋弓形藻	<i>Schroederia spiralis</i>	(3)	节肢动物门	<i>Arthropoda</i>
214	水绵 1	<i>Spirogyra</i> sp. 1	244	肥胖三角溇 (肥胖僧帽溇)	<i>Evadne tergestina</i>
215	水绵 2	<i>Spirogyra</i> sp. 2	245	华哲水蚤	<i>Sinocalanus sinensis</i>
216	角星鼓藻	<i>Staurastrum</i> sp.	246	微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>
217	# 二叉四角藻	<i>Tetraedron bifurcatum</i>	247	普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>
218	# 单棘四星藻	<i>Tetrastrum hastiferum</i>	248	亚强真哲水蚤	<i>Eucalanus suberassus</i>
219	# 韦氏藻	<i>Wetzelia botryoides</i>	249	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>
220	# 粗刺微茫藻	<i>Microactinium crassisetum</i>	250	针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>
221	# 香味网绿藻	<i>Dictyochloris fragrans</i>	251	强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris</i>
	× 甲藻门	<i>Pyrrrophyta</i>	252	厦门矮隆哲水蚤	<i>Bestiola amoyensis</i>
222	* $\Delta$ 链状亚历山大藻	<i>Alexandrium catenella</i>	253	刺尾纺锤水蚤	<i>Acartia spinicauda</i>
223	亚历山大藻	<i>Alexandrium</i> sp.	254	太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>
224	偏转角藻	<i>Ceratium deflexum</i>	255	中华异水蚤 (= 中华小纺锤水蚤)	<i>Acartiella sinensis</i>
225	* 叉状角藻	<i>Ceratium furca</i>	256	尖刺唇角水蚤	<i>Labidocera acuta</i>
226	* 纺锤角藻	<i>Ceratium fusus</i>	257	真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i>

续表 1(Continued 1)

258	锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>	vi	浮游幼体	<i>Pelagic larva</i>
259	海洋伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	276	短尾类蚤状幼体	<i>Brachyura zoea larva</i>
260	刷状伪镖水蚤	<i>Pseudodiaptomus penicillus</i>	277	纺锤水蚤幼体	<i>Acartia larva</i>
261	火腿许水蚤	<i>Schmackeria poplesia</i>	278	唇角水蚤幼体	<i>Labidocera larva</i>
262	星叶剑水蚤	<i>Sapphirina stellata</i>	279	角水蚤幼体	<i>Pontellina larva</i>
263	细长腹剑水蚤	<i>Oithona attenuata</i>	280	胸刺水蚤幼体	<i>Centropages larva</i>
264	隐长腹剑水蚤	<i>Oithona decipiens</i>	281	华哲水蚤幼体	<i>Sinocalanus larva</i>
265	拟长腹剑水蚤	<i>Oithona similis</i>	282	伪镖水蚤幼体	<i>Pseudodiaptomus larva</i>
266	近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i>	283	长腹剑水蚤幼体	<i>Oithona larva</i>
267	美丽大眼剑水蚤	<i>Corycaeus speciosus</i>	284	大眼剑水蚤幼体	<i>Corycaeus larva</i>
268	东亚大眼剑水蚤	<i>Corycaeus asiaticus</i>	285	桡足类无节幼体	<i>Copepoda nauplius larva</i>
269	平大眼剑水蚤	<i>Corycaeus dahlia</i>	286	桡足幼体	<i>Copepodite larva</i>
270	大眼剑水蚤	<i>Corycaeus sp.</i>	287	莹虾幼体	<i>Lucifer larva</i>
271	尖额真猛水蚤	<i>Euterpina acutifrons</i>	288	藤壶无节幼虫	<i>Balanus nauplius larva</i>
272	挪威小毛猛水蚤	<i>Microsetella norvegica</i>	289	多毛类幼体(环节动物门)	<i>Polychaeta larva(Annelida)</i>
273	背突隆剑水蚤	<i>Oncaea clevei</i>	290	阔沙蚕幼体(环节动物门)	<i>Platynereis larva(Annelida)</i>
274	节糠虾	<i>Siriella sp.</i>	291	长尾类幼体	<i>Macruran larva</i>
④	尾索动物门	<i>Urochorda</i>	292	无脊椎动物卵	<i>Invertebrate eggs</i>
275	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>			

注: # 福建沿海及金门岛附近物种新记录; \* 赤潮生物; △ 产毒生物; ○ 疑似产毒生物

表 2 中国有关港口间检出的外轮压舱水生物物种丰富度和丰度的比较

Table 2 Comparison of species richness and abundance of organisms found from ballast water of exotic ships among several ports in China

调查时间/口岸 Time/Port	船数(始发港) / 采样方法 No. of ships (port of departure)/ Sampling methods	物种丰富度 Species richness	平均丰度 Average abundance	压舱水理化特点 (水龄/水温/盐度 / 溶解氧/PH) Physiochemical feature of ballast water (Age/T/S/PH)	材料来源 Material source
2006 - 12 ~ 2007 - 12/ 福建 4 个港口	12 艘(东南亚、阿拉伯海等)/ 采水 100dm <sup>3</sup> ~ 200dm <sup>3</sup> ; 依次经 160、77 和 10μm 3 种不同孔径 的网过滤	植物 7 门 86 属 240 种(含赤潮种 60 种); 动物 5 门 30 属 52 种; 福建沿海和 金门一带无记录的 12 种	植物: 3625 cells/ dm <sup>3</sup> (20 ~ 77μm) 和 134 cells/ dm <sup>3</sup> (77~ 160μm); 动物: 782 ind./m <sup>3</sup> (> 160μm) 和 38858 ind./m <sup>3</sup> (77~ 160μm)	2~ 210d/ 16~ 24. 6℃/ 5 ~ 38 × 10 <sup>-3</sup>	本调查

续表 2(Continued 2)

1994- 6~ 1995 - 10/ 香港	5 艘(亚洲和北美沿岸)/定量样品用 80 $\mu$ m 孔径网自舱底到表拖网;定性样品多次拖网(侧重于动物)	植物 2 门 6 种;动物 11 门至少 62 种(未列种名录);实验室幼体培养出 7 种动物(含 3 种为定种,1 种外来入侵种)	哲水蚤目: 0~ 850 ind. /m <sup>3</sup> ; 剑水蚤目: 0~ 1500 ind. /m <sup>3</sup> ; 猛水蚤目: 0~ 350 ind. /m <sup>3</sup>	1d ~ 1a/ 24 ~ 31 $^{\circ}$ C/ 29 ~ 39 $\times$ 10 <sup>-3</sup> / 4. 8~ 10. 7mg/ dm <sup>3</sup> (DO)	文献 4
1996- 6~ 1997 - 4/ 香港	34 艘(美国奥克兰港)/采水 100dm <sup>3</sup> 经 10 $\mu$ m 孔径网过滤(侧重于植物)	植物 2 门 107 种(仅列出 15 种有害藻种名录)	植物: 550 cells/ dm <sup>3</sup> (中途换大洋水)与 4235 cells/ dm <sup>3</sup> (未换水)	20 艘: 16d; 14 艘: 9~ 17d	文献 5
1996- 6~ 1998 - 2/ 香港	9 艘(墨西哥曼萨尼约港)/采水 100dm <sup>3</sup> , 取 20dm <sup>3</sup> 水经 10 $\mu$ m 孔径网过滤(侧重于植物)	植物 2 门 59 种(中途换水的 53 种;未换的 34 种)。其时国内尚无记录的仅 3 种	植物: 436 cells/ dm <sup>3</sup> (中途换大洋水)与 838 cells/ dm <sup>3</sup> (未换水)	21 天左右/ 32. 7 ~ 35. 6‰ (没换水)与 34. 4~ 35. 8‰ (换水)	文献 5
2002- 3~ 2003 - 7 / 宁波港	52 艘((未在公海换水的国际航行船舶, 不详)/采水样(采水量不详)(侧重于植物)	植物 5 门 48 种;动物 6 类 18 种(仅列出 14“赤潮相关种”和 4 种“外洋种”)	植物: 3500 cells/ dm <sup>3</sup> ; 动物: 1640 ind. /m <sup>3</sup> ; “赤潮相关藻种”: 115 ind. /m <sup>3</sup>	-	文献 7
2004- 3~ 5/ 烟台港	17 艘(东南亚)/采水 0. 5dm <sup>3</sup> (侧重于植物)	植物 2 门 22 属 31 种, 列出 18 种同期在锚地未出现的物种	-	-	文献 9
2003 - 10 ~ 2004 - 3/ 日照港	23 艘(东南亚)/采水 0. 5dm <sup>3</sup>	植物 3 门 41 种, 还列出 21 种同期未在锚地出现的物种	-	-	文献 10
2005 - 4/ 厦门港	4 艘(欧洲, 日本, 台湾两艘)/压舱水及沉积物(样品量不详)(侧重于植物)	植物 12 种甲藻及孢囊(3 种有毒种)	甲藻及孢囊种类: 13 ~ > 100 粒/ dm <sup>3</sup> (最大密度 5761 粒/ dm <sup>3</sup> )	8 ~ 18d/ 16. 5 ~ 23. 8 $^{\circ}$ C/ 7. 5 ~ 36 $\times$ 10 <sup>-3</sup> / 0. 32 ~ 7. 75 mg/ dm <sup>3</sup> / 7. 44~ 8. 46(pH)	文献 8
2003- 9~ 2005 - 10 / 厦门港	23 艘(东南亚、国内和印度洋)/13 艘作定量分析:/采水 0. 1 ~ 15dm <sup>3</sup> ; 8 艘外轮压舱水沉积物定性分析(侧重于植物)	植物 165 种(其中含 48 种赤潮藻和 1 种待定新物种;从沉积物培养出 61 种(含 18 种赤潮藻)	植物: 2370 cells/ dm <sup>3</sup> (84. 6 ~ 12548 cells/ dm <sup>3</sup> )	2 ~ 36 天/ 14 ~ 34 $^{\circ}$ C/ 26~ 40‰	文献 11

常见种主要由沿岸低盐性类群和广盐性类群组成, 外海高盐性类群种类较少。低盐类群代表种有枝角类的肥胖僧帽溞(*Evadne tergestina*) 和众多的桡足类, 如华哲水蚤(*Sinocalanus sinensis*)、锥形宽水蚤(*Temora turbinata*)、微刺哲水蚤(*Canthocalanus pauper*)、针刺拟哲水蚤(*Paracalanus aculeatus*) 等暖温- 高温低盐种。该类群还包括火腿许水蚤(*Schmackeria*



poplesia)、太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)、海洋伪镖水蚤(*Pseudodiaptomus marinus*)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)和中华异水蚤(*Acartiella sinensis*)等广温性半咸淡河口种类;广盐类群的代表种主要包括小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、近缘大眼剑水蚤(*Corycaeus affinis*)和拟长腹剑水蚤(*Oithona similis*)等广温广盐种。高温高盐的外海类群的代表种有普通波水蚤(*Undinula vulgaris*)等桡足类。

综上所述,福建港口所获外轮压舱水生物样品检出的外来物种至少含 10 门(32 目)116 属 292 种的动植物,物种丰富度明显高于目前国内有关港口已报道的(见表 2)。需要说明的是文中所列出的还仅仅是 3 种孔径滤样记录的定量物种。相关的定性研究<sup>1</sup>表明本次调查采样过程透过滤网流出的水样残液中还含有较多常规镜检无法辨认的微型生物,如美丽曲壳藻(*Achnanthes amoena*)和孟氏小环藻(*Cyclotella meneghiniana*)等。从物种的生态特点看,本次调查所记录的物种多数具有广布性。仅出现于压舱水而锚地乃至整个福建近岸水域和金门一带<sup>12-15</sup>尚无记录的主要有隶属于绿藻门、黄藻门和裸藻门 3 个门类的 12 种淡水或半咸淡水种(表 1),分别由来自胡志明港的金星银海号轮和途中在广州港加水的晋祥号轮携带。

## 2.2 压舱水生物的丰度分布

根据从 12 艘外来船舶的压舱水水样(经 3 种不同大小孔径筛网过滤)所获得各类生物的平均丰度数据(见表 3)分析,藻类总平均密度(含 20 $\mu$ m 和 77 $\mu$ m 2 种孔径网滤样)与以往的调查结果<sup>7,11</sup>处在同一数量级(1000.0~5000.0 cells/dm<sup>3</sup>)。动物的平均密度从 160 $\mu$ m 孔径网滤样的密度水平看,也与国内仅有的零星报道<sup>4,7</sup>相近(1500 ind./m<sup>3</sup>左右),而 77 $\mu$ m 孔径网滤样因检出大量动物幼体导致个体密度高出数十倍。动物密度水平实际上可比性较差,因为随着船舶压舱水来源、中途换水方式、采样方法(包括采水量、采集层次和采样工具等)以及动物类群自身的生理生态习性等诸多因素的不同,动物密度都可能出现较大差异<sup>4,16-19</sup>。从本调查的各船采样总体变动趋势(见图 1、2,图中样品编号详见表 4)看,压舱水生物丰度与水样盐度和水龄同样存在相当程度的关联性。在盐度上,水样在 3.0~31.0 间的较低盐度区间(港湾近岸水)时丰度通常较高,水样在 31.0~38.6 间的较高盐度区间(近海-外海水)则相反;从压舱水水龄的长短看,生物丰度较高的船舶其最后所装载的压舱水水龄较短(一般<10d)。

表 3 12 艘船压舱水样品中的各类生物的平均丰度

Table 3 Average abundance of the different groups of ballast water biota from 12 ships

不同粒径生物 Size-fractionated organisms	20 $\mu$ m 孔径网滤样的藻类 Algae filtered through a mesh-size of 20 $\mu$ m (cells/dm <sup>3</sup> )	77 $\mu$ m 孔径网滤样的藻类 Algae filtered through a mesh-size of 77 $\mu$ m (cells/dm <sup>3</sup> )	77 $\mu$ m 孔径网滤样的动物 Zooplankton filtered through a mesh-size of 77 $\mu$ m (ind./m <sup>3</sup> )	160 $\mu$ m 孔径网滤样的动物 Zooplankton filtered through a mesh-size of 160 $\mu$ m (ind./m <sup>3</sup> )
平均密度	3625.0	134.1	38858.3	782.3
不同船舶间的 密度波动范围	2.0~29569.4	0.3~905.4	0.0~448600.0	0.0~4240.0
生物体粒径 / $\mu$ m	20~77	77~160	77~160	$\geq 160$

<sup>1</sup> 李炳乾等, 2008. 福建外轮压舱水中的微型生物(待投稿)

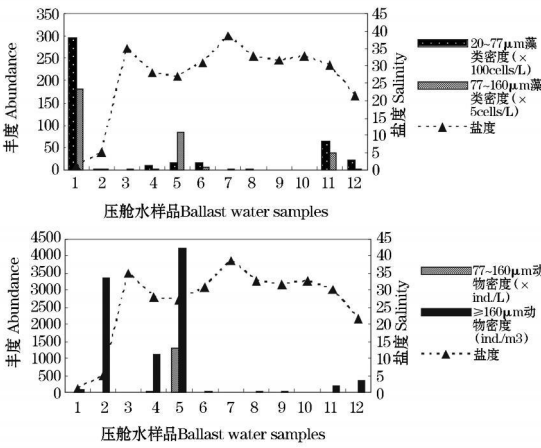


图1 浮游植物(上)和浮游动物(下)丰度与压舱水盐度的关系

Fig.1 Abundance of the phytoplankton (above) and zooplankton (below) against the salinity of ballast water

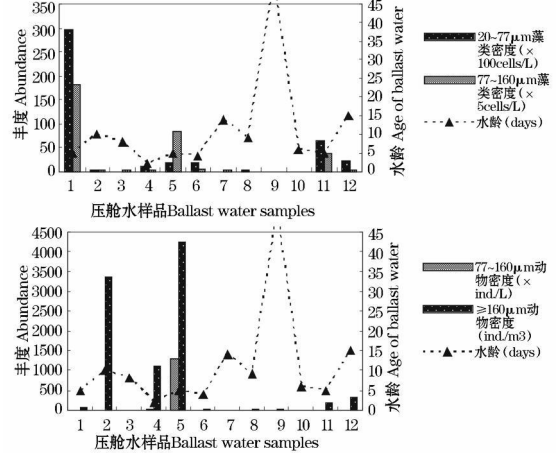


图2 浮游植物(上)和浮游动物(下)丰度与压舱水水龄的关系

Fig.2 Abundance of the phytoplankton (above) and zooplankton (below) against the age of ballast water

### 3 压舱水生物生存状态

压舱水生物的生存状态与物种组成及丰度一样,都是其入侵锚地的重要的生物学基础。本次调查侧重于浮游植物的存活状况开展研究。

表4 压舱水 20μm 孔径网滤样中活细胞与死亡细胞的组成

Table 4 Composition of live and dead cells from ship's ballast water samples filtered with a 20μm mesh plankton net

船 舶	样品编号	船型	盐度	压舱水水龄	活细胞密度	死细胞密度	总细胞密度	活细胞比例
Ships	Serial no. of samples	Type of ships	Salinity	Age of ballast water/ d	Living cell density	Dead cell density	Total cell density	Ratio of living/ total cells
					(10 <sup>2</sup> cells/ dm <sup>3</sup> )			
晋祥 JIN XIANG	1	散货船	3	5	252.81	42.88	295.69	0.85
金星银海 SILVER OCEAN	2	集装箱船	5	10	2.26	0.93	3.19	0.71
南极星 NANJI XING	3	散货船	35	8	0.29	0.21	0.5	0.58
芳妮 FANY	4	散货船	28	2	9.97	1.42	11.39	0.88
海神 OCEAN SPIRIT	5	散货船	27	5	14.69	3.3	17.99	0.82
地中海露德维卡 MSCLUDOVICA	7	集装箱船	31	4	12.12	5.87	17.99	0.67
中外运青岛 SINOTRANSQINGDAO	8	集装箱船	38.6	14	0.03	0.01	0.05	0.77
达飞马尔斯 VILLE DE MARS	9	集装箱船	32.7	9	1.29	0.95	2.24	0.58
海洋摩尔多瓦 OCEAN Moldova	9	集装箱船	31.6	210	0.3	0.73	1.03	0.29
达飞阿谷拉 CMA CGM AGUILA	10	集装箱船	32.7	6	0.01	0.01	0.02	0.5
达飞多哥 CMA CGM TOGO	11	集装箱船	30.1	6	20.41	43.21	63.62	0.32
远见 QCLZSOH	12	集装箱船	21.5	15	6.32	14.96	21.28	0.3

注:活细胞:细胞内含有叶绿体的体积占细胞总体积的 1/3 以上

经测定发现活细胞所占的平均比例为 61%。75% 的船舶都可超过 50%。从表 4 可以看出,活细胞所占比例的高低与压舱水水龄有关。在比例小于 50% 的 3 艘外轮中,压舱水水龄都较长(15~ 211d)。集装箱船压舱水水龄通常较长,从整体看,集装箱船压舱水中活细胞所占比例(平均 51.7%) 小于散货船压舱水内活细胞所占比例(平均 78.3%)。上述测定与邢小丽对厦门港压舱水藻类的观察结果一致<sup>[11]</sup>。

## 4 小结与讨论

### 4.1 外来压舱水生物的物种丰富度和丰度

本次调查共检出福建口岸外轮携带的压舱水生物 10 门(32 目) 116 属 292 种的浮游动、植物。每吨( $m^3$ ) 压舱水所含的各类不同粒径生物的平均数量分别为:浮游动物 38858.3 ind. (77~ 160 $\mu m$ ) 和 782.3 ind. (> 160 $\mu m$ );浮游植物  $3625.0 \times 10^3$  (77~ 160 $\mu m$ ) 和  $134.1 \times 10^3$  cells (20~ 77 $\mu m$ )。福建港口检出的外来压舱水生物的多样性之所以高于国内其它港口的检出结果原因有多方面,采样方法的不同是其中之一。由于目前我国对压舱水生物采样方法没有统一的操作规程可循,以往有关的调查采样体积看来普遍偏少,加上对大量无脊椎动物幼体通常没开展实验室培养和鉴定工作(包括本次调查),因此可以认为外来压舱水生物的物种丰富度和丰度在较大程度上被低估。

此外,本调查结果发现,进入福建港口的散货船由于压舱水通常水龄较短,盐度较低等原因,所携带的生物丰度大多比集装箱船高,生物(藻类)的存活状况也相对较好,与国外的调查结果<sup>[20]</sup>一致。据研究,集装箱船不排放或少排压舱水,有时还在公海换水,航行时间较长,因此存活在压舱水及其沉积物中的赤潮藻类大多为适应能力较强的赤潮藻类及其休眠孢子或孢囊;而散杂货轮一般不在公海换水,且排放大量的压舱水进入目的地,海上航行时间短,多为 3~ 10d,压舱水中含有大量海洋生物,80% 物种仍可在目的地存活,因此这些船舶对引入外来物种存在更大风险。

### 4.2 外来压舱水生物入侵性及其对福建沿海生态的潜在危害

从检出的外来压舱水物种来看,至今尚未在福建沿海(包括金门岛一带)发现的有 12 种,其入侵性尚待今后进一步观察。其余物种在福建沿海都有记录,分布也较为广泛。其中包括赤潮生物 60 种(含产毒种 4 种,疑似产毒种 2 种),多数是危害福建海洋生态健康与安全的赤潮常见种。由于缺少足够的生物学和生物地理学资料,目前中国海域纪录的物种绝大多数无法考证其原产地,鉴别外来物种的入侵趋势困难<sup>[11,21]</sup>。在外来压舱水动物方面,国内仅香港通过培养幼体发现一种入侵种,这也是中国迄今唯一在压舱水里记录到的较为明确的外来入侵动物,即沙筛贝(*Mytilopsis salleri*),不过其成体与幼体不同,一般是通过附生船底入侵,我国内地是在福建最早发现,现已在福建沿海一些半封闭海湾蔓延并造成严重危害<sup>④[4,22]</sup>;在外来压舱水植物的入侵方面,尽管同样也缺乏直接的证据,但普遍认为海域有毒有害新物种的出现以及赤潮的频发现象等与外轮压舱水排放有密切关系<sup>[2,11,23-25]</sup>。孙美琴(2005)从进入厦门港的 14 艘船舶压舱水及沉积物中检测到 12 种甲藻及孢囊,其中 3 种为有毒种类。本次从压舱水检出的 3 种产毒种之一是链状亚历山大藻,可产麻痹性贝毒素(PSP)。该种上世纪 80 年代仅在日本和韩国发现其孢囊,1990 年代以后才在世界各地被发现,并从进入澳大利亚的日

④ 黄宗国等,2002. 中国海洋外来物种和入侵种,国海洋局第三海洋研究所.

本和韩国船舶压舱水中被成功培养出来,证明压舱水及其沉积物在外来物种入侵中起到重要的媒介作用。因此, Ruiz et al. 提出, 随着赤潮污染在全球范围的加剧, 由压舱水携带的外来有害赤潮藻如有毒、有害的赤潮藻及其孢囊在全球范围进行传播, 已经成为有毒、有害藻华全球传播的一个最重要途径<sup>[1, 2, 26]</sup>。本次还检出的米氏凯伦藻(*Karenia mikimotoi*), 能产生溶血性(hemolytic)毒素和鱼毒(ichthyotoxins), 有溶解鱼类细胞(Cytolytic)作用, 破坏鱼鳃组织结构, 使鱼类无法正常呼吸而窒息死亡。1980年代曾在福建南部的厦门港和诏安湾发生有毒裸甲藻赤潮, 其中发生在诏安湾的赤潮成为中国首例致人中毒死亡的恶性赤潮事件。由于采样和分类上的原因, 2次的赤潮形成种(*Gymnodinium* sp.) 都没能鉴定到种, 有可能分别是米氏凯伦藻和可产麻痹性贝毒素的链状裸甲藻(*Gymnodinium catenatum*)<sup>[22, 27]</sup>。笔者注意到随着福建港务运输业近年来的长足发展, 米氏凯伦藻等有毒赤潮在其发生频率逐年增加的同时, 还有进一步往闽中(平潭)和闽东(连江)海域转移或扩散的趋势<sup>〔四〕<sup>11, 28]</sup>。但两者间的相关程度如何还有待于今后作深入研究和长期跟踪观察。外来压舱水生物对赤潮频发所起的作用可能有两方面, 一是播种作用, 给锚地带来新的赤潮物种; 二是干预和强化作用, 缩短了锚地已有物种赤潮的自然形成过程, 包括环境胁迫下的物种演替过程。</sup>

关于外来压舱水物种的入侵性还有一点值得顺便指出, 即目前有关编目<sup>[29]</sup>里提及的若干种所谓“海洋外来入侵物种”实际上有误。如柔弱拟菱形藻、冰河星杆藻和新月筒柱藻等物种, 在中国海早有广泛分布, 只因其存在同种异名的缘故先是被误认作“中国海没有纪录”的外来压舱水物种<sup>(3)</sup>, 后又据此被阴差阳错收录进“中国海洋外来入侵种”编目。这些物种本次调查也记录到, 但不以为然。

致谢: 参加本职工作的还有厦门大学梁君荣博士, 上海海事大学邢小丽博士, 福建水产研究所黄美珍研究员和方民杰工程师等, 在此一并致谢。

## 参考文献

- [1] Roberts L. Zebra mussel invasion threatens U. S waters [J]. Science, 1990, 249: 1370-1372.
- [2] Hallegraeff G M, Bolch C J. Transport of dinoflagellate cysts in ship's ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture [J]. Journal of Plankton Research, 1992, 14: 1067-1084.
- [3] 全球压舱水管理项目中国国家项目实施小组. 全球更换压舱水管理项目[J]. 交通环保, 2001, 1: 1-4.
- [4] Chu K H, Tam P F, Fung C H, et al. A biological survey of ballast water in container ships entering Hong Kong [J]. Hydrobiologia, 1997, 352: 201-206.
- [5] Fangzhu Zhang, Mike Dickman. Mid-ocean exchange of container vessel ballast water. 1: Seasonal factors affecting the transport of harmful diatoms and dinoflagellates; 2: effects of vessel type in the transport of diatoms and dinoflagellates from Manzanillo, Mexico, to Hong Kong, China [J]. Marine Ecology Progress Series, 1999, 176: 243-262.
- [6] 朱晓, 邹频, 陈金龙, 等. 远洋船舶水舱藻类污染调查[J]. 预防医学文献信息, 1999, 5(4): 304-306.
- [7] 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, 6: 358-360.
- [8] 孙美琴. 厦门近岸海域外来甲藻的入侵研究[D]. 厦门: 厦门大学硕士学位论文. 2005: 114.
- [9] 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,

〔四〕 2007年福建沿海赤潮灾害监视监测网络的报告

2006, 4: 70-77.

- [ 10] 李伟才, 孙军, 王丹, 等. 日照港和邻近锚地及其入境船舶压舱水中浮游植物群集结构的特征 [ J]. 海洋科学, 2006, 30( 12): 52-57.
- [ 11] 邢小丽. 船舶压舱水与沉积物中的微藻类及对厦门港浮游植物群落动态的潜在影响 [ D]. 厦门: 厦门大学. 2007, 164.
- [ 12] 林更铭, 杨清良. 台湾海峡小型浮游植物的物种多样性和分布特征 [ J]. 生物多样性, 2007, 15( 1): 31-45.
- [ 13] 钦娜, 王全喜. 福建金门岛的藻类植物 [ J]. 上海师范大学学报( 自然科学版). 2006, 35( 1): 83-90.
- [ 14] 张壮丽, 叶孙忠. 福建海区浮游动物种类组成及数量分布特点 [ J]. 南方水产, . 2005, 6: 34-38.
- [ 15] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布( 增订版) [ M]. 北京: 海洋出版社. 2008.
- [ 16] McCollin T, Macdonald E, Dunn J, et al. Investigations into Ballast Water Exchange in European Regional Seas [ R]. FRS Marine Laboratory. Proceedings of the Second International Conference on Marine Bioinvasions, New Orleans, La., April 2001.
- [ 17] Murphy K R, Ritz D, Hewitt C L. Heterogeneous zooplankton distribution in a ship's ballast tanks [ J]. Journal of Plankton Research, 2002, 24: 729-734.
- [ 18] Keun-Hyung Choi, Wim Kimmerer, George Smith, et al. Post-exchange zooplankton in ballast water of ships entering the San Francisco Estuary [ J]. Journal of Plankton Research, 2005, 27(7): 707-714.
- [ 19] Gollasch, H. Rosenthal, H. Botnen, et al., Species Richness and Invasion Vectors: Sampling Techniques and Biases [ J]. Biological Invasions, 2004, 5(4): 365-377.
- [ 20] Carver C E, Mallet A L. A Preliminary assessment of the risks of ballast water-mediated introduction of non-indigenous phytoplankton and zooplankton species into Nova Scotian waters [ C]. Mallet Research Services Ltd. 2000, 51.
- [ 21] 黄建辉, 韩兴国, 杨亲二, 等. 外来种入侵的生物学与生态学基础的若干问题 [ J]. 生物多样性, 2003, 11( 3): 240-247.
- [ 22] 黄宗国, 厦门湾物种多样性 [ M]. 北京: 海洋出版社. 2006: 587.
- [ 23] Mills E L, Leach J H, Carlton J T, et al. Exotic species in the Great Lakes: A history of biotic Hallegraeff, G. M., C. J. Bolch, Transport of dinoflagellate cysts in ship's ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture [ J]. Journal of Plankton Research, 1992, 14: 1067-1084.
- [ 24] 齐雨藻. 中国沿海赤潮 [ M]. 北京: 科学出版社. 2004: 348.
- [ 25] 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: 96-99.
- [ 26] Ruiz G M, Carlton J T, Grosholz E D, et al. Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. American Zoology, 1997, 37: 621-632.
- [ 27] 齐雨藻, 张家平. 中国沿海赤潮—深圳湾富营养化与赤潮研究 [ J]. 暨南大学学报( 赤潮研究专刊), 1989: 10-21.
- [ 28] 许珠华, 侯建军. 福建沿岸海域赤潮发生特点及防治措施 [ J]. 台湾海峡, 2006, 1: 143-150.
- [ 29] 徐海根, 强胜. 中国外来入侵物种编目 [ M]. 北京: 中国环境科学出版社. 2004: 432.

## STUDY ON DISTRIBUTIONAL CHARACTERISTICS OF ORGANISMS IN BALLAST WATER OF EXOTIC SHIPS ENTERING MAJOR PORTS OF FUJIAN AND ITS POTENTIAL INVASION THREAT

YANG Qingliang<sup>1</sup>, CAI Lianghou<sup>2</sup>, GAO Yahui<sup>3</sup>, SU Zhan<sup>2</sup>, CHEN Changping<sup>3</sup>,  
LI Bingqian<sup>3,1</sup>, XU Cuiya<sup>2</sup>, LIN Gengming<sup>1</sup>, ZHENG Huidong<sup>2</sup>, XIANG Peng<sup>1</sup>

(1. Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005, China;

2. Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen 361012, China;

3. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Distribution characteristics and survival state of organisms from ballast water samples collected from 12 exotic ships (including 8 container ships and 4 bulks) entering 4 major ports of Fujian between 2006 and 2007 were studied. The results show that rich diversity and high abundance of organisms in ballast water of exotic vessels entered Fujian. A total of 240 taxa belonging 86 genera of 7 phytoplankton phyla (including 60 red tide species), and 52 taxa (including planktonic larva) belonging 30 genera of 5 zooplankton phyla were found. The average abundance of size-fractionated organisms concentrated through a series of sieves (20, 77, and 160  $\mu\text{m}$  mesh) were 38858.3 and 782.3 ind./ $\text{m}^3$  of zooplankton (particle size of 77~160  $\mu\text{m}$  and >160  $\mu\text{m}$ , respectively), and 3625.0 and 134.1 cells/ $\text{dm}^3$  of phytoplankton (particle size 20~77 $\mu\text{m}$  and 77~160 $\mu\text{m}$ , respectively). The distribution characteristics and survival state of organisms are correlated the age and salinity of ballast water. The potential invasion risk of discharge of organisms from exotic ship's ballast water to Fujian waters were assess roughly.

**Key words:** plankton; alien species; ballast water; invasion risk; Fujian