

# 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

李伟才<sup>1</sup>, 孙 军<sup>2</sup>, 王 丹<sup>2</sup>, 贾俊涛<sup>1</sup>, 雷质文<sup>1</sup>, 王小冬<sup>2</sup>

(1. 青岛出入境检验检疫局, 山东 青岛 266003; 2. 中国科学院 海洋研究所, 海洋生态与环境重点实验室, 山东 青岛 266071)

**摘要:**根据 2003 年 10 月到 2004 年 3 月间日照港和邻近锚地水域及其船舶压舱水中的浮游植物调查资料,对浮游植物的群集结构和压舱水对其影响进行了初步研究。结果表明,日照港的浮游植物群集主要由温带沿岸性物种组成,以硅藻为主,还有少量的甲藻。对比船舶压舱水中浮游植物群集发现:压舱水中浮游植物群集和本地群集结构有很大的差异,有害物种在压舱水中所占的比例较高。

**关键词:**压舱水;浮游植物;外来物种;日照港;有害藻华

**中图分类号:**Q948.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1000-3096(2006)12-0052-06

近年来由于人为活动导致的富养化等作用,使得近岸和河口区域赤潮频发。压舱水作为一种媒介物,可以将本地区以外的浮游植物带入该地区<sup>[1]</sup>,如果装载压舱水的港口和排放压舱水的港口具有相似的生态环境,那么外来的浮游植物有可能大量富集,引起有害水华。日照港是山东省重要的经济港口,2004 年吞吐量突破 5000 万 t,外来船只也影响了日照港水质的变化。2003 年 10 月到 2004 年 3 月,作者对日照港和附近锚地及其船舶压舱水中的浮游植物进行调查,初步研究了日照港压舱水中外来浮游植物的物种组成,为了解压舱水对本地海区浮游植物的影响和研究外来物种的入侵提供了参考。

## 1 调查海区与方法

调查海区设在日照港和邻近锚地,设置了日照锚地、内港和煤港 3 个站点。调查时间为 2003 年 10 月~2004 年 3 月。网采浮游植物样品采样方式按《海洋调查规范》进行<sup>[2]</sup>。采样工具为小型浮游生物网(网口直径 37 cm,网口面积 0.1 m<sup>2</sup>,网身长 270 cm,网目 76 μm),采样方式为在每个调查站位自底至表垂直拖网 1 次,样品用 5%甲醛固定和保存。于表层各站采水样 250 mL 水样,用 2%甲醛固定和保存。压舱水样品采样应用自制撞击式采样器采取,于每条船上各取前后压舱水水样,其中 250 mL 用 2%甲醛固定和保存,另一份 250 mL 水样直接送实验室进行培养鉴定。采水样品和压舱水样品分析按 Utermhl 方法<sup>[3]</sup>。结合联合国教科文组织推荐的

《浮游植物手册》,进行浮游植物物种鉴定和细胞计数<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 日照港本地海区浮游植物群集组成特征

此次调查共获得浮游植物 79 种。其中,硅藻 57 种,占总物种数的 72.2%;甲藻 22 种,占总物种数的 27.8%;此外还有两种甲藻包囊(表 1)。硅藻是日照港浮游植物的优势类群。调查期间各月浮游植物的优势物种有所差别,2003 年 10 月为斯氏几内亚藻(*Guinardia striata*);11 月为虹彩圆筛藻(*Cosinodiscus oculus-iridis*)和短角角藻(*Ceratium breve*);12 月为辐射圆筛藻(*Cosinodiscus radiatus*)和中型角藻(*Ceratium intermedium*);2004 年 1 月为尖刺伪菱形藻(*Pseudonitzschia pungens*);2 月是尖刺伪菱形藻和梭状角藻苏提变种(*Ceratium fusus* var. *schuettii*);伏氏海线藻(*Thalassionema frauenfeldii*)和虹彩圆筛藻是 3 月的优势种。

收稿日期:2005-07-11;修回日期:2006-06-24

基金项目:国家自然科学基金项目(40306025,40676089);国家出入境检验检疫局重点基金项目(K047-2001)

作者简介:李伟才(1959-),男,吉林省吉林市人,高级工程师,硕士,主要从事进口卫生和毒理检测研究;孙军,通讯作者,电话:0532-82898647,E-mail:phytoplankton@163.com

浮游植物在三个站位的分布也不均匀,在锚地  
 水位,浮游植物的优势种是斯氏几内亚藻、尖刺伪菱  
 形藻和中型角藻,在内港以辐射圆筛藻和虹彩圆筛  
 藻为优势种,虹彩圆筛藻也是煤港的优势种。本地水  
 样包括赤潮藻种 28 种,其中硅藻 15 种,占 53.6%,  
 甲藻 13 种,占 46.4%。在上述的各月优势种中,短  
 表 1 日照港本地海区浮游植物物种组成<sup>1-6</sup>

角藻、尖刺伪菱形藻和梭状角藻苏提变种是赤潮  
 藻种。短角藻和梭状角藻苏提变种是近岸暖水种,  
 而尖刺伪菱形藻为近岸广温性。由于日照港海水在  
 11 月和 2 月温度都很低,因此短角藻和梭状角藻  
 苏提变种很可能是沿岸流带来的大洋性物种。

Tab. 1 Phytoplankton species composition in Rizhao Harbor, Rizhao anchorage ground

时间(年-月)	物种出现情况		
	站点		
	锚地	内港	煤港
2003-10	21 <sup>+</sup> , 22 <sup>+</sup> , 33 <sup>+++</sup> , 38 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 64 <sup>+</sup> , 71 <sup>++</sup> , 74 <sup>+</sup> , 80 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup> , 7 <sup>+</sup> , 10 <sup>+</sup> , 13 <sup>+</sup> , 15 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 21 <sup>+</sup> , 22 <sup>+</sup> , 23 <sup>+</sup> , 29 <sup>+</sup> , 31 <sup>+</sup> , 33 <sup>+++</sup> , 39 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 41 <sup>+</sup> , 42 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 49 <sup>+</sup> , 52 <sup>+</sup> , 53 <sup>++</sup> , 55 <sup>+</sup> , 61 <sup>+</sup> , 64 <sup>+</sup> , 65 <sup>+</sup> , 71 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 74 <sup>+</sup> , 77 <sup>+</sup> , 79 <sup>+</sup>	7 <sup>+</sup> , 9 <sup>+</sup> , 10 <sup>+</sup> , 15 <sup>+</sup> , 21 <sup>+</sup> , 22 <sup>+</sup> , 23 <sup>+</sup> , 33 <sup>+++</sup> , 41 <sup>+</sup> , 42 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 52 <sup>+</sup> , 53 <sup>+</sup> , 64 <sup>+</sup> , 71 <sup>+</sup> , 72 <sup>++</sup> , 74 <sup>+</sup> , 77 <sup>+</sup> , 80 <sup>+</sup>
2003-11	7 <sup>+</sup> , 10 <sup>+</sup> , 11 <sup>+</sup> , 13 <sup>+</sup> , 14 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 21 <sup>+++</sup> , 22 <sup>+</sup> , 26 <sup>+</sup> , 28 <sup>+</sup> , 32 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 42 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 48 <sup>+</sup> , 49 <sup>+</sup> , 51 <sup>+</sup> , 52 <sup>+</sup> , 54 <sup>+</sup> , 55 <sup>+</sup> , 57 <sup>+</sup> , 58 <sup>+</sup> , 61 <sup>++</sup> , 63 <sup>+</sup> , 71 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 75 <sup>+</sup> , 80 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup> , 6 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 20 <sup>+</sup> , 21 <sup>+</sup> , 22 <sup>+++</sup> , 27 <sup>+</sup> , 31 <sup>+</sup> , 32 <sup>+</sup> , 36 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 48 <sup>+</sup> , 51 <sup>+</sup> , 52 <sup>+</sup> , 53 <sup>+</sup> , 55 <sup>+</sup> , 61 <sup>++</sup> , 63 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 75 <sup>+</sup> , 77 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 20 <sup>+</sup> , 21 <sup>+++</sup> , 25 <sup>+</sup> , 32 <sup>+</sup> , 34 <sup>+</sup> , 35 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 43 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 52 <sup>+</sup> , 55 <sup>+</sup> , 61 <sup>+</sup> , 63 <sup>++</sup> , 68 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 74 <sup>+</sup> , 75 <sup>+</sup> , 77 <sup>+</sup>
2003-12	7 <sup>+</sup> , 10 <sup>+</sup> , 11 <sup>+</sup> , 13 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup> , 21 <sup>+</sup> , 22 <sup>+</sup> , 26 <sup>+</sup> , 28 <sup>+</sup> , 32 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 42 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 46 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 51 <sup>+</sup> , 55 <sup>+</sup> , 60 <sup>+</sup> , 61 <sup>+</sup> , 63 <sup>+++</sup> , 67 <sup>+</sup> , 68 <sup>+</sup> , 72 <sup>++</sup> , 74 <sup>+</sup> , 75 <sup>+</sup> , 76 <sup>+</sup> , 80 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup> , 2 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 20 <sup>+</sup> , 21 <sup>++</sup> , 22 <sup>+++</sup> , 26 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 39 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 48 <sup>+</sup> , 52 <sup>+</sup> , 55 <sup>+</sup> , 61 <sup>+</sup> , 63 <sup>+</sup> , 75 <sup>+</sup>	
2004-01	7 <sup>+</sup> , 10 <sup>+</sup> , 11 <sup>+</sup> , 13 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup> , 21 <sup>+</sup> , 22 <sup>+</sup> , 28 <sup>+</sup> , 32 <sup>++</sup> , 33 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 49 <sup>+++</sup> , 55 <sup>+</sup> , 58 <sup>+</sup> , 61 <sup>+</sup> , 63 <sup>+</sup> , 67 <sup>+</sup> , 68 <sup>+</sup> , 70 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 74 <sup>+</sup> , 76 <sup>+</sup> , 77 <sup>+</sup> , 80 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup> , 7 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 21 <sup>+++</sup> , 22 <sup>+</sup> , 26 <sup>+</sup> , 32 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 46 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 49 <sup>++</sup> , 52 <sup>+</sup> , 59 <sup>+</sup> , 61 <sup>++</sup> , 63 <sup>+</sup> , 68 <sup>+</sup> , 69 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 74 <sup>+</sup> , 77 <sup>+</sup> , 80 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup> , 11 <sup>+</sup> , 13 <sup>+</sup> , 21 <sup>+</sup> , 22 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 49 <sup>+++</sup> , 52 <sup>+</sup> , 55 <sup>+</sup> , 58 <sup>+</sup> , 61 <sup>+</sup> , 63 <sup>++</sup> , 64 <sup>+</sup> , 66 <sup>+</sup> , 67 <sup>+</sup> , 68 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 74 <sup>+</sup> , 77 <sup>+</sup> , 80 <sup>+</sup>
2004-02	22 <sup>+</sup> , 32 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 48 <sup>+</sup> , 49 <sup>+++</sup> , 61 <sup>+</sup> , 62 <sup>+</sup> , 63 <sup>++</sup>	19 <sup>+</sup> , 21 <sup>+</sup> , 22 <sup>+</sup> , 32 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 49 <sup>+</sup> , 50 <sup>+</sup> , 62 <sup>+++</sup> , 63 <sup>+</sup> , 68 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 78 <sup>+</sup> , 81 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup> , 12 <sup>+</sup> , 16 <sup>+</sup> , 26 <sup>+</sup> , 27 <sup>+</sup> , 32 <sup>++</sup> , 33 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 49 <sup>+</sup> , 52 <sup>+</sup> , 55 <sup>+</sup> , 61 <sup>+++</sup> , 62 <sup>+</sup> , 63 <sup>+</sup> , 64 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 74 <sup>+</sup> , 77 <sup>+</sup>
2004-03	3 <sup>+</sup> , 4 <sup>+</sup> , 7 <sup>+</sup> , 8 <sup>+</sup> , 10 <sup>++</sup> , 22 <sup>+</sup> , 26 <sup>+</sup> , 28 <sup>+++</sup> , 30 <sup>+</sup> , 32 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 42 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 49 <sup>+</sup> , 52 <sup>+</sup> , 54 <sup>+</sup> , 55 <sup>++</sup> , 58 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 73 <sup>+</sup> , 76 <sup>+</sup> , 80 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup> , 7 <sup>+</sup> , 18 <sup>+</sup> , 20 <sup>+</sup> , 21 <sup>+++</sup> , 22 <sup>+</sup> , 25 <sup>+</sup> , 26 <sup>+</sup> , 29 <sup>+</sup> , 34 <sup>+</sup> , 35 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 42 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 55 <sup>++</sup> , 63 <sup>+</sup>	1 <sup>+</sup> , 4 <sup>+</sup> , 5 <sup>+</sup> , 7 <sup>+</sup> , 10 <sup>+</sup> , 11 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 18 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup> , 21 <sup>+++</sup> , 25 <sup>++</sup> , 26 <sup>+</sup> , 28 <sup>+</sup> , 30 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 34 <sup>+</sup> , 35 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup> , 44 <sup>+</sup> , 45 <sup>+</sup> , 46 <sup>+</sup> , 47 <sup>+</sup> , 54 <sup>+</sup> , 55 <sup>++</sup> , 56 <sup>+</sup> , 61 <sup>+</sup> , 63 <sup>+</sup> , 72 <sup>+</sup> , 75 <sup>+</sup>

1. 六幅辐裨藻 (*Actinoptychus senarius*) # ; 2. 蛛网藻 (*Arachnoidiscus ehrenbergii*) ; 3. 布鲁氏星脐藻 (*Asteromphalus brookei*) ; 4. 辐杆藻属 (*Bacteriastrum* sp.) ; 5. 美丽盒形藻 (*Biddulphia pulchella*) ; 6. 菱形盒形藻 (*Biddulphia rhombus*) ; 7. 窄隙角毛藻 (*Chaetoceros affinis*) ; 8. 大西洋角毛藻 (*Chaetoceros atlanticus*) # ; 9. 须状角毛藻 (*Chaetoceros crinitus*) ; 10. 柔弱角毛藻 (*Chaetoceros debilis*) # ; 11. 皇冠角毛藻 (*Chaetoceros diadema*) ; 12. 悬垂角毛藻 (*Chaetoceros pendulum*) ; 13. 爱氏角毛藻 (*Chaetoceros eibonii*) ; 14. 中肋角毛藻 (*Chaetoceros costatum*) ; 15. 密联角毛藻 (*Chaetoceros densus*) ; 16. 相异圆筛藻 (*Coscinodiscus diversus*) ; 17. 巨圆筛藻 (*Coscinodiscus gigas*) # ; 18. 线形圆筛藻 (*Coscinodiscus lineatum*) ; 19. 偏心圆筛藻 (*Coscinodiscus excentricus*) ; 20. 小眼圆筛藻 (*Coscinodiscus oculus*) ; 21. 虹彩圆筛藻 (*Coscinodiscus oculus-iridis*) ; 22. 辐射圆筛藻 (*Coscinodiscus radiatus*) ; 23. 新月柱鞘藻 (*Cylindrotheca closterium*) # ; 24. 矮小短棘藻 (*Detonula pumila*) # ; 25. 布氏双尾藻 (*Ditylum brightwellii*) # ; 26. 太阳双尾藻 (*Ditylum sol*) ; 27. 伽氏筛盘藻 (*Ethmodiscus gazella*) ; 28. 浮动弯角藻 (*Eucampia zodiacus*) # ; 29. 大洋拟脆杆藻 (*Fragilariopsis oceanica*) ; 30. 热带顾氏藻 (*Gosslerella tropica*) ; 31. 柔弱几内亚藻 (*Guinardia delicatula*) # ; 32. 菱软几内亚藻 (*Guinardia flaccida*) # ; 33. 斯氏几内亚藻 (*Guinardia striata*) ; 34. 旋鞘藻 (*Helicotheca tamensis*) ; 35. 星形明盘藻 (*Hyalodiscus stelliger*) ; 36. 丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*) # ; 37. 膜状缪氏藻 (*Menuria membrane*) ; 38. 舟形藻 (*Navicula* sp.) ; 39. 奇异菱形藻 (*Nitzschia paradoxa*) ; 40. 中华齿藻 (*Odentella sinensis*) ; 41. 哈德掌状藻 (*Palmeria hardmaniana*) ; 42. 具槽帕拉藻 (*Paralia sulcata*) ; 43. 芽形石网藻 (*Petrodictyon gemma*) ; 44. 近缘斜纹藻 (*Pleurosigma affine*) ; 45. 斜纹藻 (*Pleurosigma* sp.) ; 46. 翼鼻状藻 (*Proboscia alata*) ; 47. 印度鼻状藻 (*Proboscia indica*) ; 48. 柔弱菱形藻 (*Pseudonitzschia delicatula*) ; 49. 尖刺伪菱形藻 (*Pseudonitzschia pungens*) # ; 50. 伯氏根管藻 (*Rhizosolenia bregonii*) ; 51. 粗根管藻 (*Rhizosolenia robusta*) ; 52. 刚毛根管藻 (*Rhizosolenia setigera*) # ; 53. 中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) # ; 54. 塔形冠盖藻 (*Stephanopyxis turris*) ; 55. 伏氏海线藻 (*Thalassionema frauenfeldii*) ; 56. 圆海链藻 (*Thalassiosira rotula*) # ; 57. 蜂窝三角藻 (*Triceratium faveus*) ; 58. 血红阿卡藻 (*Akashiwo sanguinea*) # ; 59. 短角角藻 (*Ceratium breve*) # ; 60. 偏转角藻 (*Ceratium deflexum*) ; 61. 梭状角藻 (*Ceratium fusus*) # ; 62. 梭状角藻苏提变种 (*Ceratium fusus* var. *schuettii*) # ; 63. 中型角藻 (*Ceratium intermedium*) ; 64. 克氏角藻 (*Ceratium kofoidii*) ; 65. 线型角藻 (*Ceratium lineatum*) ; 66. 大角角藻 (*Ceratium macroceros*) ; 67. 反射角藻 (*Ceratium reflexum*) ; 68. 三角角藻 (*Ceratium tripos*) # ; 69. 渐尖鳍藻 (*Dinophysis acuminata*) # ; 70. 奥卡鳍藻 (*Dinophysis okamurae*) ; 71. 优美球甲藻 (*Dissodinium elegans*) ; 72. 夜光藻 (*Noctiluca scintillans*) # ; 73. 海洋原甲藻 (*Prorocentrum micans*) # ; 74. 锥形原多甲藻 (*Protoperidinium conicum*) # ; 75. 扁压原多甲藻 (*Protoperidinium depressum*) # ; 76. 偏心原多甲藻 (*Protoperidinium excentricus*) ; 77. 海洋原多甲藻 (*Protoperidinium oceanicum*) # ; 78. 斯氏扁甲藻 (*Pyropharus steinii*) # ; 79. 锥状斯比藻 (*Scrippsiella trochoidea*) # ; 80. 甲藻包囊 (*Dinophyceae cyst*) ; 81. 原多甲藻包囊 (*Protoperidinium cyst*)

## II. 种名修订参考孙军等[5] ;

III. 1~57 为硅藻(Bacillariophyceae) ; 58~79 为甲藻(Dinophyceae) ; 80~81 为甲藻包囊(Dinophyceae cyst)

VI. # 表示为有害藻类原因物种 ; + 表示物种出现 ; ++ 表示物种丰度较高 ; +++ 表示物种丰度最高

## 2.2 日照港船舶压舱水中浮游植物群落组成特征

本次调查的压舱水样品取自 23 艘停靠于日照港口的入境船舶。获得浮游植物 41 种(表 2)。其中,硅藻 36 种,甲藻 4 种,金藻 1 种,硅藻仍然是压舱水中的优势种。以沿岸广温性物种为主,如冰河拟星杆藻 (*Asterionellopsis glacialis*)、旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*)、新月柱鞘藻 (*Cylindrotheca closterium*) 等。也有外洋性物种,如密联角毛藻 (*Chaetoceros densus*)、虹彩圆筛藻和半棘钝根管藻 (*Rhizosolenia hebetata* f. *semispina*) 等。也发现了冷水种,如诺氏海链藻 (*Thalassiosira nordenskiöldii*)。以及暖水种,如菱软几内亚藻。

出现频率较高的硅藻有菱软几内亚藻 (*Guinardia flaccida*)、柔弱菱形藻 (*Pseudonitzschia delicatula*) 和中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) ,在多条船只上出现,并且丰度很高。甲藻物种少,丰度也较低,只有锥形原多甲藻 (*Protoperidinium conicum*) 在多条船只上出现。金藻只是在一条船上发现。虹彩圆筛藻尽管丰度较低,但是在多条船中出现。

赤潮藻种有 23 种,硅藻 17 种,甲藻 4 种,金藻 1 种,蓝藻 1 种。其中出现频率较高的有菱软几内亚藻、中肋骨条藻和锥形原多甲藻。后两种分布广,冷水及暖水,沿岸及远洋均有,但是菱软几内亚藻属于暖水种,常出现在暖海,因此是外来种。

表 2 日照港船舶压舱水中浮游植物物种组成<sup>I-VI</sup>

Tab. 2 Phytoplankton species composition in entry ships' ballast water of Rizhao Harbor

船只	压舱水装载地	物种出现情况
微风	澳大利亚	3 <sup>+</sup> , 34 <sup>+</sup> , 39 <sup>+</sup>
威和	韩国	8 <sup>+</sup>
阳翁	韩国	5 <sup>+</sup> , 9 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 28 <sup>+++</sup> , 31 <sup>++</sup> , 33 <sup>+</sup>
Qu Hai	韩国	7 <sup>+</sup> , 8 <sup>+</sup> , 22 <sup>+</sup>
金诚	韩国	8 <sup>+</sup> , 11 <sup>+</sup> , 13 <sup>+</sup> , 24 <sup>+</sup> , 30 <sup>+</sup> , 38 <sup>+</sup>
亚洲星	韩国	10 <sup>+</sup> , 23 <sup>+</sup>
圣星	韩国	10 <sup>+</sup>
东方宝石	韩国阳光	8 <sup>+</sup> , 12 <sup>+</sup> , 14 <sup>+</sup> , 15 <sup>+</sup> , 16 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 36 <sup>+</sup>
荣星	韩国浦项	10 <sup>+</sup>
阳翁	韩国仁川	17 <sup>+</sup> , 38 <sup>+</sup>
阳翁	韩国仁川	10 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup>
仙坛	马来西亚	10 <sup>+</sup> , 11 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup>
雅云	日本	2 <sup>+</sup> , 6 <sup>+</sup> , 14 <sup>+</sup> , 27 <sup>+</sup>
洞海	日本	9 <sup>+</sup> , 10 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 23 <sup>+</sup> , 38 <sup>+</sup>
美丽	日本	5 <sup>+</sup> , 6 <sup>+</sup> , 14 <sup>+</sup> , 17 <sup>+</sup> , 28 <sup>+</sup> , 29 <sup>+</sup> , 31 <sup>+</sup> , 33 <sup>+++</sup>
南方贵族	日本	8 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup> , 38 <sup>+++</sup>
白兰花	日本	8 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup> , 35 <sup>+</sup>
美丽	日本	1 <sup>+</sup> , 2 <sup>+</sup> , 4 <sup>++</sup> , 14 <sup>+++</sup> , 20 <sup>+</sup> , 25 <sup>+</sup> , 26 <sup>+</sup> , 28 <sup>+</sup> , 38 <sup>+</sup>
海鸥	日本	4 <sup>+</sup> , 8 <sup>+</sup> , 14 <sup>+</sup> , 21 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup> , 37 <sup>+</sup> , 40 <sup>+</sup>
宇天客	泰国	32 <sup>+</sup> , 36 <sup>+</sup>
巴劳	印度	10 <sup>+</sup> , 18 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup> , 33 <sup>+</sup>
安塞	印度	8 <sup>+</sup> , 10 <sup>++</sup> , 15 <sup>+</sup> , 19 <sup>+</sup> , 33 <sup>+++</sup> , 41 <sup>+</sup>
中联 2 号	印度	8 <sup>+</sup> , 10 <sup>+</sup> , 38 <sup>+</sup>
马德拉斯	印度	8 <sup>+</sup> , 36 <sup>+</sup>

1. 六幅辐衲藻 (*Actinopteryx senarius*) #; 2. 冰河拟星杆藻 (*Asterionellopsis glacialis*); 3. 派格棍形藻 (*Bacillaria paxillifera*) #; 4. 窄细角毛藻 (*Chaetoceros affinis*) #; 5. 旋链角毛藻 (*Chaetoceros curvisetus*) #; 6. 密联角毛藻 (*Chaetoceros densus*); 7. 小眼圆筛藻 (*Coscinodiscus oculus*); 8. 虹彩圆筛藻 (*Coscinodiscus oculus-iridis*); 9. 扭曲小环藻 (*Cyclotella comta*); 10. 新月柱鞘藻 (*Cylindrotheca closterium*) #; 11. 布氏双尾藻 (*Ditylum brightwellii*) #; 12. 浮动弯角藻 (*Eucampia zodiacus*) #; 13. 柔弱几内亚藻 (*Guinardia delicatula*) #; 14. 萎软几内亚藻 (*Guinardia flaccida*) #; 15. 斯氏几内亚藻 (*Guinardia striata*); 16. 中华半管藻 (*Hemiaulus sinensis*); 17. 丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*) #; 18. 膜状缪氏藻 (*Menuria membrance*); 19. 舟形藻 (*Navicula* sp.); 20. 太平洋菱形藻 (*Nitzschia pacifica*); 21. 中华齿状藻 (*Odontella sinensis*); 22. 具槽帕拉藻 (*Paralia sulcata*); 23. 近缘曲舟藻 (*Pleurosigma affine*); 24. 斜纹藻 (*Pleurosigma* sp.); 25. 翼鼻状藻 (*Proboscia alata*); 26. 印度鼻状藻 (*Proboscia indica*); 27. 尖刺伪菱形藻 (*Pseudonitzschia pungens*) #; 28. 柔弱伪菱形藻 (*Pseudonitzschia delicatula*); 29. 半棘钝根管藻 (*Rhizosolenia hebetata*) #; 30. 覆瓦根管藻 (*Rhizosolenia imbricata*) #; 31. 刚毛根管藻 (*Rhizosolenia setigera*) #; 32. 笔尖根管藻 (*Rhizosolenia styliiformis*) #; 33. 中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) #; 34. 诺氏海链藻 (*Thalassiosira nordenskiöldii*) #; 35. 波边膨杆藻 (*Toxarium undulatum*); 36. 渐尖鳍藻 (*Dinophysis acuminata*) #; 37. 叉状角藻 (*Cerati-um furca*) #; 38. 锥形原多甲藻 (*Protoperidinium conicum*) #; 39. 锥状斯比藻 (*Scrippsiella trochoidea*) #; 40. 小等刺硅鞭藻 (*Dityocha fibula*) #; 41. 铜锈微囊藻 (*microcystis aeruginosa*) #

. 种名修订参考孙军等[5];

. 1-35 为硅藻; 36-39 为甲藻; 40 为金藻; 41 为蓝藻

. # 表示为有害藻华原因物种; + 表示物种出现; ++ 表示出现较高; +++ 表示出现最高

### 2.3 日照港船舶压舱水中的外来物种群落组成特征

对比表 1, 表 2。得到了日照港船舶压舱水中疑似外来物种(表 3), 共 21 种, 硅藻 16 种, 甲藻 4 种, 金藻 1 种。广义上压舱水中出现的物种都应该是潜在的外来物种, 但是进一步判断是否是疑似外来物种依据两个方面: 第一, 如果调查期在压舱水中出现, 而在本地水样中根本不存在, 那么很可能是外来物种。

表 3 日照压舱水中疑似外来浮游植物物种

Tab. 3 Possible alien phytoplankton species in entry ships' ballast water of Rizhao Harbor

序号	压舱水中疑似外来物种	定为外来物种的原因
1	冰河拟星杆藻( <i>Asterionellopsis glacialis</i> )	只在压舱水中出现
2	派格棍形藻( <i>Bacillaria paxillifera</i> ) #	只在压舱水中出现
3	旋链角毛藻( <i>Chaetoceros curvisetus</i> ) #	只在压舱水中出现
4	密联角毛藻( <i>Chaetoceros densus</i> )	只在压舱水中出现、外洋性
5	扭曲小环藻( <i>Cyclotella comta</i> )	只在压舱水中出现
6	新月柱鞘藻( <i>Cylindrotheca closterium</i> ) #	只在压舱水中出现
7	菱状几内亚藻( <i>Guinardia flaccida</i> ) #	只在压舱水中出现
8	中华半管藻( <i>Hemiaulus sinensis</i> )	只在压舱水中出现
9	丹麦细柱藻( <i>Leptocylindrus danicus</i> ) #	只在压舱水中出现
10	太平洋菱形藻( <i>Nitzschia pacifica</i> )	只在压舱水中出现
11	柔弱菱形藻( <i>Pseudonitzschia delicatula</i> ) #	只在压舱水中出现
12	半棘钝根管藻( <i>Rhizosolenia hebetata</i> ) #	只在压舱水中出现、暖水种
13	覆瓦根管藻( <i>Rhizosolenia imbricata</i> ) # *	只在压舱水中出现、暖水种
14	中肋骨条藻( <i>Skeletonema costatum</i> ) #	只在压舱水中出现
15	诺氏海链藻( <i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> ) # *	只在压舱水中出现
16	波边膨杆藻( <i>Toxarium undulatum</i> )	只在压舱水中出现
17	叉状角藻( <i>Ceratium furca</i> ) #	只在压舱水中出现、暖水种
18	渐尖鳍藻( <i>Dinophysis acuminata</i> ) # *	只在压舱水中出现
19	锥形原多甲藻( <i>Protoperdinium conicum</i> ) #	只在压舱水中出现
20	锥状斯氏藻( <i>Scrippsiella trochoidea</i> ) # *	只在压舱水中出现
21	小等刺硅鞭藻( <i>Dityocha fibula</i> ) #	只在压舱水中出现

注: . 种名修订参考孙军等<sup>[5]</sup>; # 表示为有害藻类原因物种; \* 表示热带或外洋性的物种; 1~16 为硅藻, 17~20 为甲藻, 21 为金藻

在疑似外来物种中, 赤潮物种共计 14 种, 占据外来物种的 2/3。硅藻 9 种, 甲藻 4 种, 金藻 1 种。硅藻为派格棍形藻(*Bacillaria paxillifera*)、旋链角毛藻、新月柱鞘藻、丹麦细柱藻(*Leptocylindrus danicus*)、半棘钝根管藻、覆瓦根管藻(*Rhizosolenia imbricate*)、诺氏海链藻(*Thalassiosira nordenskiöldii*)、中肋骨条藻和菱状几内亚藻。甲藻为叉状角藻(*Ceratium furca*)、渐尖鳍藻(*Dinophysis acuminata*)、锥形

例如, 冰河拟星杆藻在雅云号和美丽号的压舱水中都被发现, 但是这一物种并没有在日照港的各个站点出现, 因此很可能是压舱水带入日照港的; 第二, 如果压舱水中物种属于暖水种、冷水种或外洋性物种, 不可能出现在这个季节的日照港, 那么这一物种也可以判断为外来物种。例如, 波边膨杆藻属于热带物种, 基本可以断定是船舶携带的外来物种。

原多甲藻和锥状斯比藻(*Scrippsiella trochoidea*)。金藻是小等刺硅鞭藻(*Dityocha fibula*)。

派格棍形藻、旋链角毛藻、新月柱鞘藻、丹麦细柱藻都是沿岸广温性物种, 分布极广, 但是在日照本地各站位数量极少。半棘钝根管藻和覆瓦根管藻属于偏暖外洋性, 夏季出现较多。而诺氏海链藻为北方沿岸性物种, 在中国出现的数量不多。这些都是赤潮种常见的物种, 但是对于生态环境的破坏并不严重。葵

软几内亚藻引起的赤潮经常引起鱼类的死亡,造成渔业减产。中肋骨条藻引起的赤潮则可以严重影响海洋生态系统。锥状斯比藻属于近岸广布种,世界范围内分布,属于无毒无害赤潮物种。叉状角藻也是典型的沿岸广布种,广泛分布于热带和寒带海洋,是渤海、东海和南海习见种。锥形原多甲藻分布广,冷水及暖水,沿岸及远洋均有,在中国沿海也为广布种。渐尖鳍藻为暖水种,产于温带、亚热带及热带海区,是有毒赤潮生物物种,可产生腹泻性贝毒(DSP),对海洋生物影响很大,甚至影响人类的健康。小等刺硅鞭藻是世界性物种,在黄海、东海和南海广泛分布,但是数量较少。属于有毒赤潮藻种,可以分泌毒素,影响着浮游动物的摄食,进而影响了整条食物链。

这些赤潮藻种都可以生活在富营养化的水域中,在适宜的条件下,很容易大量繁殖,从而引发赤潮。赤潮的发生极大地影响了本地生物的生存,甚至使本地物种灭绝,影响海洋生态系统的平衡。由于日照港日益富营养化,因此外来物种的入侵有可能严重损害了日照港的生态环境。

### 3 结论

日照港浮游植物主要以沿岸广温性硅藻为主,各月的优势种有所不同,硅藻为绝对优势种,共 57 种,甲藻丰度也较高,达到 22 种。日照港停靠船舶调查得到硅藻 35 种,甲藻 4 种,金藻 1 种,蓝藻 1 种。船舶压舱水有可能带入外来物种,作者初步判断疑似外来物种共 21 种,以硅藻为主,有 16 种,甲藻 4 种,金藻 1 种,值得注意的是外来物种包括常见赤潮

藻种 14 种,占据了 2/3,压舱水中的甲藻和金藻都是赤潮藻种。外来物种有可能影响日照港本地物种的生存,进而影响日照海区的生态环境。

但是应该指出的是本研究还很初步,因为对日照港本身的浮游植物本底调查还很少,所以很多中国海区常见物种被列在疑似外来物种中,今后随着这方面工作的开展,相信研究会进一步深入下去。另外对压舱水中浮游植物物种及其包裹的生理生态学研究还需要进一步开展,这样才能综合评价入侵物种对此海区的潜在危害。同时仍需进一步了解疑似外来物种分子生物学特征的地理差异,以确定物种的传输途径,为船舶压舱水的管理提供科学依据。

#### 参考文献:

- [1] Hallegraeff G M, Bolch C J. Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ships' ballast water: Implications for plankton biogeography and aquaculture [J]. *Journal of Plankton Research*, 1992, 14: 1 067-1 084.
- [2] 国家海洋局. 海洋调查规范(第 5 分册) [M]. 北京:海洋出版社,1975.
- [3] 孙军,刘东艳,钱树本. 一种海洋浮游植物定量研究方法——Utermöhl 方法的介绍及其改进[J]. *黄渤海海洋*, 2002, 20(2): 5-112.
- [4] Sournia A. Phytoplankton manual. Monographs on Oceanographic Methodology [M]. Paris: UNESCO Press, 1978. 1-337.
- [5] 孙军,刘东艳. 中国海区常见浮游植物种名更改初步意见[J]. *海洋与湖沼*, 2002, 33(3): 271-286.

## The characteristics of phytoplankton assemblage in Rizhao Harbor, Rizhao anchorage ground and entry ships' ballast water, China

LI Wei-cai<sup>1</sup>, SUN Jun<sup>2</sup>, WANG Dan<sup>2</sup>, JIA Jun-tao<sup>1</sup>, LEI Zhi-wen<sup>1</sup>, WANG Xiao-dong<sup>2</sup>  
(1. Qingdao Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Qingdao 266002, China; 2. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Science, Qingdao, 266071, China)

Received Jul. 11, 2005

**Key words:** ballast water; phytoplankton; alien species; rizhao harbor; harmful algal bloom

**Abstract:** Based on the survey from October, 2003 to March, 2004 in Rizhao Harbor, local anchorage ground and entry ships' ballast water, we carry out the preliminary study on the phytoplankton assemblage structure. The results show that phytoplankton assemblage in Rizhao Harbor was composed mainly of the temperate coastal species, which are dominated by diatom and dinoflagellates. The potential alien species may be carried into Rizhao Harbor by ballast water.

(本文编辑:张培新)