

胶州湾水母类生态研究*

II. 优势种丰度的时空分布

张芳 杨波 张光涛

(中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071;

中国科学院研究生院 北京 100039)

(中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071)

提要 根据2003年5月—2004年9月胶州湾浮游生物浅水I型网中水母的调查资料,分析了胶州湾水母类优势种丰度的季节变化及水平分布。结果表明,对于优势度最大的优势种,半球美螭水母一年中有6月和9(8)月两个丰度高峰,2003年6月丰度最高,达 29.5 ind/m^3 ,占当月水母总丰度的47.2%;蕨枝螭水母一年中有9(8)月份和4月份两个丰度高峰,2003年9月份的丰度最高,达 12.9 ind/m^3 ,占当月水母总丰度的17.4%,4月份该种的丰度占水母总丰度的93.1%;五角水母在9月份丰度高达 28.8 ind/m^3 ,占当月水母总丰度的38.7%;八斑芮氏水母2、3月份的丰度均很高,分别为 64.7 ind/m^3 、 118.0 ind/m^3 ,分别占水母总平均丰度的99.5%和98.0%。对于优势度较小的优势种:四枝管水母、日本真瘤水母、四手触丝水母、真拟杯水母和锡兰和平水母,由于在个别月份占优势,其丰度高低随种类的不同及所在月份的不同而不同。就丰度水平分布来讲,不同优势种类的分布不同时间有所不同,但其丰度分布大都倾向于以湾顶区、湾西部、湾东北部、东部港口沿岸、黄岛沿岸为密集中心。

关键词 胶州湾, 水母, 优势种, 丰度, 时空分布

中图分类号 Q518.4

水母类是海洋浮游生物的重要类群之一,不仅种类多,数量大,而且分布广,不少种类是世界性分布。在某些近岸海域或半封闭型海湾,水母还是影响浮游动物种群数量和鱼类补充的重要因子(马喜平等, 2000a)。目前,由于越来越多的渔业捕捞和其它人类活动的干扰,使海洋生态环境发生了很大的变化,在全球的许多海湾和海区出现水母大量繁殖(Jellyfish bloom)的现象,很容易成为干扰生态系统的主要类群(Mills *et al.*, 1995; Kovalev *et al.*, 1998),从而破坏海洋生态平衡,影响鱼类资源的可持续利用。因此探讨水母类的生态特征对进一步了解水母类的年际变化及种群动力学的影响机制是非常有意义的。

位于山东半岛南岸的胶州湾是一个半封闭

型的海湾,受人类活动的影响,它已经成为高度人为干预下的典型海湾,因此其环境与生态问题已成为政府、群众和科学家共同关心的问题(贾成霞等, 2003; 吴玉霖等, 2004)。在中国科学院知识创新项目“人类活动影响下的典型海湾生态系统动态变化研究”的支持下,2003—2004年作者对胶州湾海域生态系统进行了调查。水母类群的生态学问题是其调查研究的内容之一,本文作者继胶州湾水母类从群落水平上的研究I. 种类组成及群落特征,从优势种种群水平上分析优势种丰度时空分布及其与环境的关系,探讨胶州湾水母类的生态特点之后,再从而为探讨自然或人类环境对水母类生态特征年际变化的影响机制提供基础。

* 中国科学院知识创新工程重要方向项目, KZCX3-SW-214号; 青岛市科技局科技计划项目, 04-3-HH-42; 中国科学院资源环境领域野外台站研究基金项目, 2005—2008。张芳, 助理研究, E-mail: zhangfang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2005-04-22, 收修改稿日期: 2005-06-30

1 材料与方法

水母样品采样时间、采样方法、站位、分析方法、温、盐资料见本研究Ⅰ. 种类组成及群落特征(张 芳等, 2005)。

2 结果

根据本研究Ⅰ. 种类组成及群落特征(张 芳等, 2005)可知, 胶州湾在调查时期共有 9 种优势种类: 薮枝螳水母、半球美螳水母、四枝管水母、日本真瘤水母、五角水母、四手触丝水母、八斑芮氏水母、真拟杯水母、锡兰和平水母。本文作者就这 9 种优势种类的丰度在相应月份的时空分布做一分析。

2.1 半球美螳水母丰度的季节变化

在本文的调查时间内, 该种在胶州湾都有出现, 对每个月该种的平均丰度作图 1, 从中可知, 一年中该种丰度的时间分布呈双峰形, 6 月和 9 (或 8) 月份为两个高峰期, 5—9 月份是该种丰度水平较高的时期, 10 月份至第二年的 4 月份是该种丰度的低谷时期, 其中 2003 年 6 月丰度最高, 达 $29.5 \text{ ind}/\text{m}^3$, 9 月(2003 年)或 8 月(2004 年)作为一年中的第二个高峰, 丰度分别为 $17.9 \text{ ind}/\text{m}^3$ 和 $6.90 \text{ ind}/\text{m}^3$, 分别占当月水母总丰度的 24.2% 和 49.1%。半球美螳水母作为主要的优势种类, 其 5、6、7 月份的丰度占当月水母总丰度的百分比分别为 81.7(76.6)%, 47.2(34.2)%, 50.2(60.1)% (括号中数据为 2004 年的比例, 反之为 2003 年的比例)。

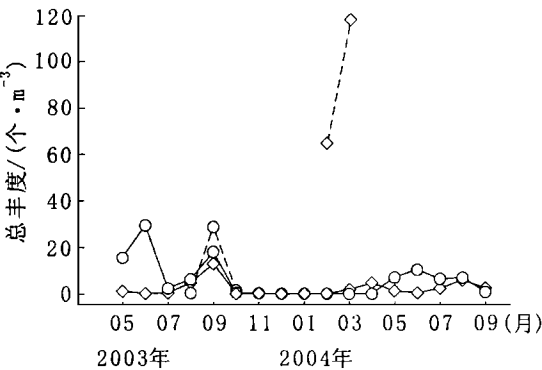


图 1 主要优势种丰度的月变化

Fig. 1 The monthly variation of abundance of *Clytia hemisphaerica*, *Muggiaea atlantica*, *Obelia* spp., *Rathkea octopunctata*
—○—半球美螳水母; --○--五角水母;
—◇—薮枝螳水母; --◇--八斑芮氏水母;
—○—*Clytia hemisphaerica*; --○-- *Muggiaea atlantica*;
—◇—*Obelia* spp.; --◇-- *Rathkea octopunctata*

2.2 半球美螳水母丰度的水平分布

从图 2a—l 可以看出, 2003 年 5 月份, 在湾西部沿岸, 湾口及湾顶沿岸是其分布的密集区, 到 6 月份, 作为半球美螳水母丰度的最高峰期, 在湾西部, 特别是西北角 A1 站(丰度高达 $205 \text{ ind}/\text{m}^3$), 港口沿岸丰度分布较高。7 月份该种的丰度骤然下降, 分布有两个小的密集区。8 月份, 以 D3 站为中心的青岛南岸和湾西部沿岸出现密集区, 9 月份该水母在胶州湾的分布水平较高, 达到一年内的另一个丰度高峰。湾内西北角, 特别是 A1 站(丰度高达 $105 \text{ ind}/\text{m}^3$), 青岛沿岸、湾中心 C3 站出现该水母的密集区, 10、11 月随着温度的逐渐降低, 该种丰度逐渐下降。

2004 年 5、6、7 月的密集区分别在湾口、湾顶沿岸、湾东北角、湾西部浅水区, 8 月份在湾西沿岸和东北角有小的密集区, 9 月份该种的丰度骤然下降, 湾北区比湾南区稍高。

2.3 薮枝螳水母丰度的季节变化

根据本文中的调查, 薮枝螳水母在全年除 1 月份外均有出现, 同样, 对每月该种的平均丰度作图 1, 从中可看出, 一年中该种有两个丰度高峰期, 分别为 9(8)月份和 4 月份。3—9 月是该水母丰度的较高时期, 10 月至次年的 2 月是该种丰度分布的低谷时期。在整个调查时间内, 2003 年 9 月份的丰度为最高峰值, 为 $12.9 \text{ ind}/\text{m}^3$, 占总丰度的 17.4%。值得注意的是, 6 月份是该种丰度出现的低值期。该种作为 4 月份主要的优势种, 它的丰度占水母总平均丰度的 93.1%, 2003(2004)年 7、8、9 月份薮枝螳水母分别占水母总丰度的 5.9(22.0)%, 18.6(42.0)%, 17.4(61.4)%。

2.4 薮枝螳水母丰度的水平分布

图 3 表示薮枝螳水母作为优势种在相应月份的丰度分布, 从中可以看出, 2003 年在该种丰度较低的 5 月份, 其分布中心在湾口和湾中心; 8 月份以湾内西北角及湾西部浅水区为密集中心, 9 月份与 8 月份很相似, 以西北角 A1 站和青岛北头 D1 站为密集中心; 11 月份湾中心和湾外有零星分布; 2004 年 4 月作为该种出现的高峰期, 其密集中心在港口沿岸; 5 月湾中心和湾西部海区有零星分布; 7 月份湾顶和西部有小的密集中心, 8 月份有湾西部和湾北部两个密集中心, 9 月份湾西部有密集中心。

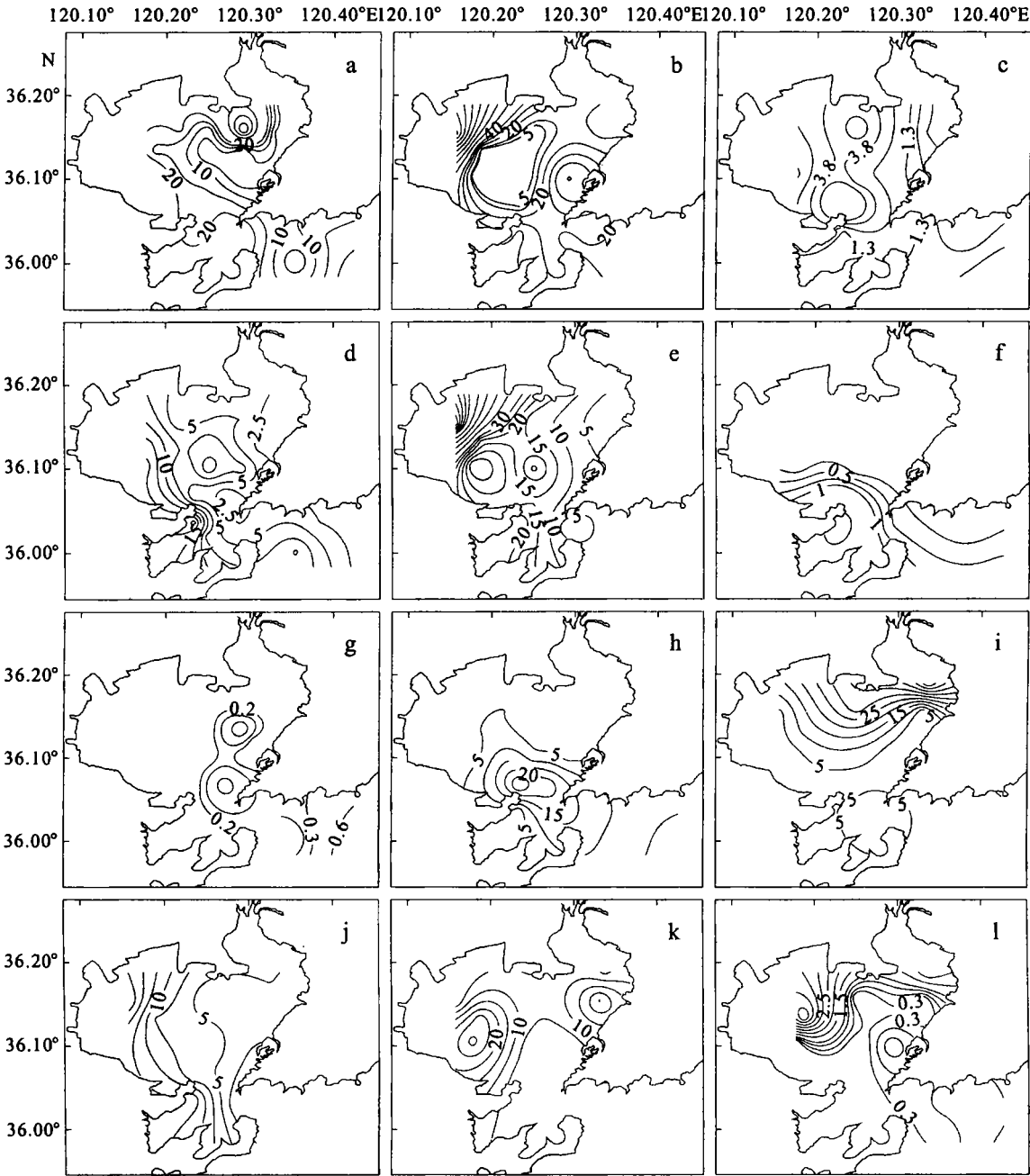


图2 不同月份半球美螳水母丰度的水平分布(a—l: 2003 年 5—11 月, 2004 年 5—9 月; 图中等值线单位: ind/m³)
Fig. 2 Horizontal distribution of abundance of *Clytia hemisphaericum* in different months (a—l: May—Nov., 2003, May—Sep., 2004; the unit of the contour line: ind/m³)

2.5 五角水母丰度的季节变化及水平分布

2003 年 8、9、10 月五角水母平均丰度的变化如图 1 所示, 其它月份的丰度或小于 0.1 ind/m³ 或为 0, 因此图 1 中未表示出这部分数据。图 4a—e 表示了五角水母作为优势种类在相应月份的丰度分布, 为追溯 9 月份的高峰, 把 8 月份的分布也列于图 4 中。从图 1 和图 4a—e 可以看出, 五角水母从 2003

年 8 月份在湾中心的小丰度分布开始(占水母总丰度的 1.3%), 至 9 月份则占了该月水母总丰度的 38.7%, 其分布水平在整个湾内均很高, 平均丰度高达 28.8 ind/m³, 以湾顶、红岛以南沿岸为密集中心分布。10 月份则以湾中心为密集中心, 向湾外延伸, 这时平均丰度下降为 1.6 ind/m³, 占水母总平均丰度的 61.5%, 到 11、12 月份时, 在湾口有较小丰度的分布。

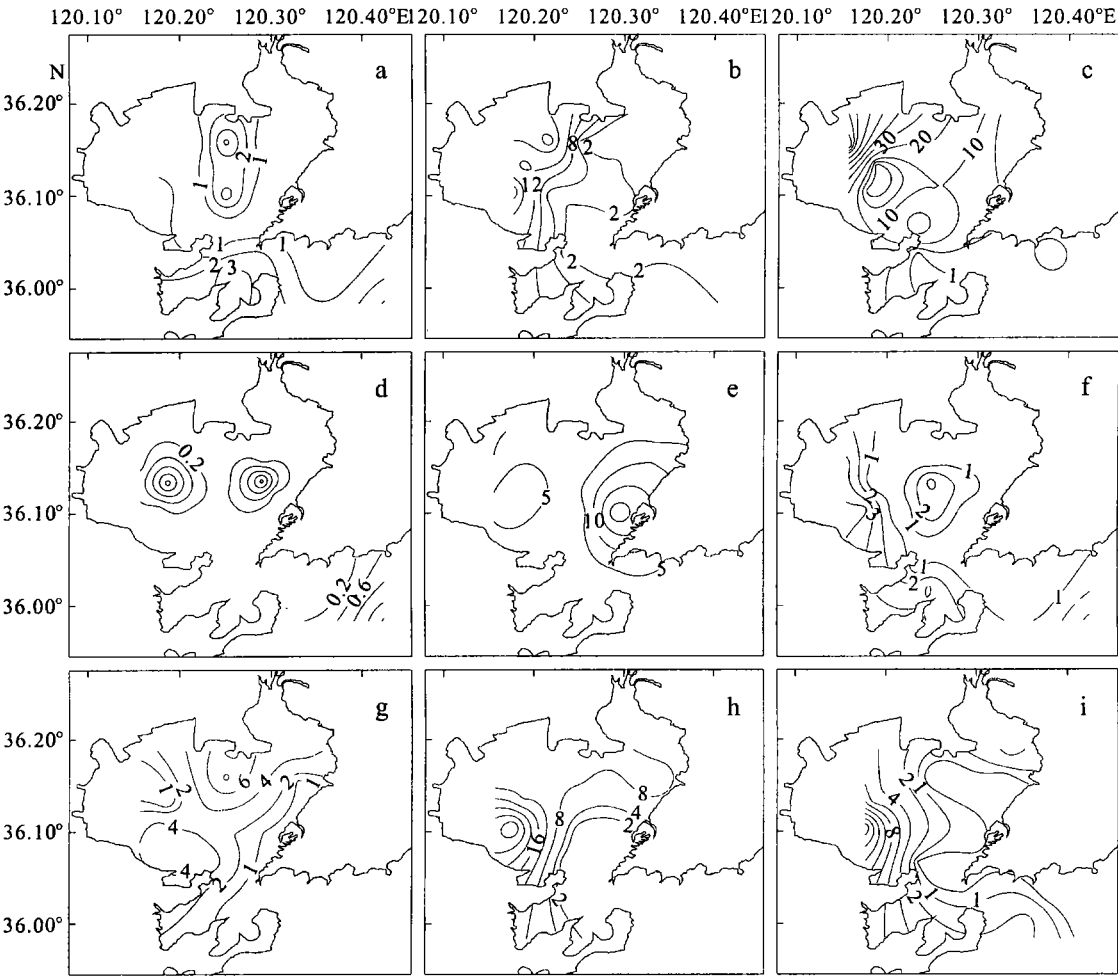


图3 不同月份薏枝螳水母丰度的水平分布(a—d: 2003年5、8、9、11月,e—i: 2004年4、5、7、8、9月; 图中等值线单位: ind/m³)

Fig. 3 Horizontal distribution of abundance of *Obelia* spp. in different month (a—d: May, Aug., Sept., Nov., 2003; e—i: Apr., May, Jul., Aug., Sept., 2004, respectively. the unit of the contour line: ind/m³)

2.6 八斑芮氏水母丰度季节变化及水平分布

同上, 图1中只表示了以八斑芮氏水母为主要优势种的2004年2、3月份的丰度, 图4f—g表示了该种在2、3月份的水平分布。从图1和图4f—g可以看出, 2月份八斑芮氏水母有两个丰度分布中心, 一个是以黄岛头(D1站, 丰度为178.1ind/m³)为中心的湾南和湾口海域, 另一个是以D8(丰度为156.8ind/m³)站为中心的湾外海区。2月份该种的丰度占水母总平均丰度的99.5%, 3月份该种在整个湾内和湾外的丰度分布水平都很高, 平均丰度高达118.0ind/m³, 占当月水母总平均丰度的97.9%, 其分布以湾口(D5和D1站)和湾外(D8站)为密集中心, 其中, D8站丰度高达287.5ind/m³, D5、D1站丰度分别为207.9、225.0ind/m³。

2.7 其它优势水母丰度的水平分布

对于优势度较小的几种优势水母种类, 其丰度高低及分布格局由于种类的不同而不同, 丰度分布如图4h—l。从该图中可以看出, 四枝管水母在2003年6月份丰度的水平分布以黄岛南岸的D3站为密集中心, 该站丰度达31.0ind/m³, 湾外也有较少分布。对于8月份的真拟杯水母来说, 它的分布格局比较明显, 以湾西部浅水区为分布中心。作为10月份优势度较小的四手触丝水母, 在湾中心C3站有一较低的丰度分布中心。2004年6月的真拟杯水母和锡兰和平水母丰度的密集区都在湾西部的浅水区, 即以C1站为最高丰度分布站位, 丰度分别为25.0和55.0 ind/m³。

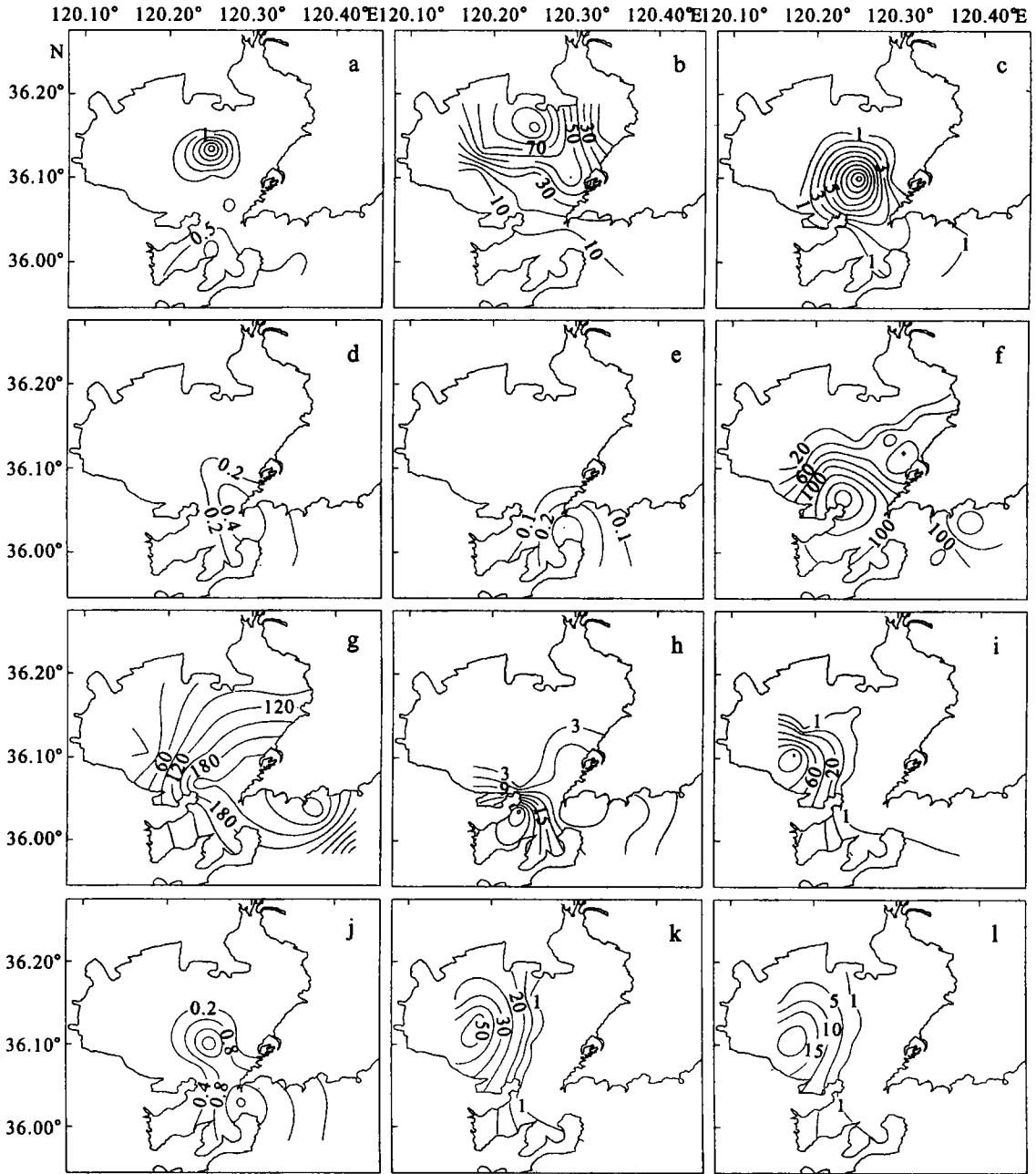


图 4 不同月份五角水母、八斑芮氏水母及其它优势种水母丰度的水平分布(a—e: 五角水母, 2003 年 8、9、10、11、12 月; f—g: 八斑芮氏水母, 2004 年 2、3 月; h: 四枝管水母, 2003 年 6 月; i: 日本真瘤水母, 2003 年 8 月; j: 四手触丝水母 2003 年 10 月; k: 锡兰和平水母, 2004 年 6 月; l: 真拟杯水母, 2004 年 6 月。图中等值线单位: ind/m³)

Fig. 4 Horizontal distribution of abundance of *Muggiæa atlantica*, *Rathkea octopunctata* and other dominant species in different month (a—e: *Muggiæa atlantica*, Aug., Sept., Oct., Nov., Dec., 2003, respectively; f—g: *Rathkea octopunctata*, Feb., Mar., 2004, respectively; h: *Proboscoidactyla flavicirrata*, Jun., 2003; i: *Eutima japonica*, Aug., 2003; g: *Lovenella assimilis*, Oct., 2003; k: *Eirene ceylonensis*, Jun., 2004; l: *Phialucium mbega*, Jun., 2004. the unit of the contour line: ind/m³)

3 讨论

从胶州湾水母优势种的丰度在相应月份的分布格局可知, 不同优势种类在不同月份的分布规律不尽相同, 造成这种水平分布格局的原因是多方面的, 比如: 水母自身的生态适应性, 温、盐度的季节变化与水平分布规律, 海流、饵料(包括桡足类、箭虫及多种浮游幼虫等)分布, 养殖区的影响(包括各种鱼、虾、蟹、蛤蜊、扇贝、贻贝、海带等)等。本文作者就以上几方面对优势种的分布格局加以讨论。

3.1 优势水母种本身的生态适应性对其丰度的季节变化及水平分布的影响

半球美螳水母广泛分布在大不列颠群岛、地中海、冰岛、挪威沿岸等海域。同本文结果一样, 该种在大不列颠沿岸也是一年中都有出现, 春季至秋季的丰度明显高于冬季, 冬季的数量明显下降。它的这种季节显现规律与之适广温低盐的生态习性一致。与半球美螳水母相似, 薏枝螳水母也是世界广布性种类, 其在大不列颠群岛沿岸也有广泛分布, 在一年中的任何时间内都会出现, 丰度高峰出现在春、夏、晚秋¹⁾。因此半球美螳水母、薏枝螳水母为胶州湾春季和夏季的主要优势种与其生态特性是分不开的。

五角水母属于管水母类, 它是胶州湾秋季和冬初的主要优势种, 是三大洋广布性种类, 也是黄海、东海和台湾海峡的优势种类之一。它的生活史中无底栖生活阶段, 其分布表现出从南向北逐渐推移的规律, 春季主要分布在东海近海, 秋天主要分布在北黄海, 在北黄海9月份达到高峰(马喜平等, 2000c)。从文中结果 2.5 可知, 在胶州湾, 五角水母8月份随着外海水流进入湾内, 9月份在湾内达到高峰。

八斑芮氏水母是偏低温低盐的种类, 广泛分布于北大西洋沿岸、北太平洋沿岸、黑海、地中海和北极海(Kramp, 1961), 它在我国边缘海的分布是黄海及其以北, 以我国内海——渤海最多, 浙江和福建沿海也有分布(张金标等, 1979)。该种在胶州湾是冬季的优势种类。

3.2 温、盐度对水母优势种类丰度的季节变化及水平分布的影响

温度、盐度对水母优势种类的影响其实和水母优势种类自身的适应性是一个问题的两个方

面, 下面做具体阐述(同步的温、盐资料可参看本文I图2, 见张芳等, 2005)。

温度对胶州湾近岸广温低盐型水母丰度的影响呈正相关, 它们平均丰度的月变化与各个月份表层平均水温的月变化趋势是吻合的, 比如半球美螳水母或薏枝螳水母在5—9月份是该种丰度较高的时期, 相应海水表层温度基本大于13℃, 10月份至第二年的4月或2月份是该种丰度的低谷, 相应海水表层温度也处于一年温度变化的低谷期, 温度小于10℃的冬季(12—3月)半球美螳水母的平均丰度均不足0.1 ind/m³。对于低温低盐型的八斑芮氏水母丰度的影响则正好相反。

根据翁学传等(1992), 胶州湾及临近海域水温的平面分布分为两种基本类型, 即冬季型和夏季型。冬季型(10—2月)主要特征是水温值较低, 各层水温分布趋势相同, 即近岸低、远岸高、湾顶低、湾中央和湾口高; 夏季型(4—8月)主要分布特点几乎与冬季相反, 即水温值较高, 水温分布呈现近岸高、远岸低、湾顶高、湾中央和湾口低的趋势, 等温线的分布大致与等深线平行。3月和9月是上述两种不同类型的过渡期。从本文结果中各优势种类丰度的分布格局中可以看出, 在夏季型和冬季型的时间内, 不同优势种类也表现出了类似以上温度的平面分布规律, 在4—8月也出现近岸高、远岸低、湾顶高、湾中央和湾口及湾外低的趋势, 在10—2月出现近岸低、远岸高、湾顶低、湾中央和湾口及湾外高的分布格局, 这和马喜平等(2000b)的结果相似。

盐度对水母丰度的影响不像温度那么明显, 本调查期间表层水平平均盐度范围为27.02—32.27, 这个盐度范围并没造成对广温低盐水母种类适应性的限制。但是有一点值得提出, 盐度的下降可能是水母丰度大量增加的原因之一, 比如2003年9月份是半球美螳水母和薏枝螳水母的高峰期, 2004年这个高峰期的发生提前到8月份, 至9月份丰度反而下降了。这两年中, 同样的高峰期在不同月份的出现, 有一点是相同的, 它们均为当年的最低盐度月, 盐度分别为27.02和28.73。由于蒸发量的关系, 2004年9月盐度升为31.46, 使水母丰度又降低了。这也为马喜平(2000a)中的1985年9月盐度低的情况下近岸低盐水母

1) Russell F S, 1953. The medusae of the british isles. London: Cambridge at the university press

丰度增加提供了证据。因此笔者也认为,盐度的降低可能引起生态系统的体制转换,造成近岸低盐海水母类的增加,从而改变生态系统的能流途径,成为经济鱼类和水产养殖生物的竞争者,造成渔业生产的巨大损失。

3.3 海流对水母优势种类丰度及其分布的影响

胶州湾外的海水涨潮时进入湾口后开始分向,一股北偏东进入沧口水道,另一股北偏西由中砂礁西侧进入内湾,还有一部分由中央水道北进,而退潮时朝相反方向流动,这样海水质点随着潮流作往复运动,于是湾内和湾外海水得到不断地交换。相应地,无底栖生活史阶段的管水母,如五角水母随海流逐渐进入湾内,最后在湾北区域内大量存在。这一类管水母分布于近岸低盐水域及与外海高盐水的混合区,与近岸低盐水的分布密切相关(张金标等,1980)。在潮流往复和海水交换过程中,虽然湾内水流出湾外后,在下一个潮过程中仍然能返回湾内,但并不回到原处(吴永成等1992)。相应地,潮流运动过程中湾内的水母也可带到外海,不再返回。于是在一定时间内,一些水母种类在湾内外就达到一定丰度的平衡。对于本文中作者所述优势种八斑苕氏水母2、3月份在胶州湾内的分布格局来说,因为湾口和黄岛沿岸海流流速很大,不能为水母体创造很好的附着环境,加上其分布格局从2月到3月份该种由湾外向湾内是逐渐增多的,同时又因为2月份在渤海的莱州湾也出现了该种的高密集区,马喜平等(2000c)认为,该水母的附着水母体阶段在渤海完成。由于冬季有很强的外海寒流随潮流进入湾内,因此有理由推测八斑苕氏水母2、3月份在湾外和湾口的迅速增加不是胶州湾内水域该种的水母体阶段完成的结果,而是来源于渤海。因此该种在胶州湾的丰度分布在某种程度上反映出胶州湾当时受湾外海水影响的程度。

另外,在胶州湾水母生态研究 I 讨论中提到(张芳等,2005),大洋性暖水种类也反映了黑潮分支的黄海暖流在当时对胶州湾外及湾口海域有影响,而对湾内的影响不是太大。

3.4 浮游动物或其它饵料对水母优势种类丰度及其分布的影响

Lebour(1922)对半球美螳水母的摄食情况做了观察,他观察到该水母能用很快的速度把箭虫吃掉;在桡足类和幼鱼的食物选择上,它更喜欢吃

后者,但对其现场该种的胃含物进行分析可知,它的食物组成是多样的,大部分还是浮游动物。同样,Lebour(1922、1923)发现在薮枝螳水母的胃中,也包括很多箭虫、小型甲壳类、幼鱼等。据 Biggs(1977)与 Purcell 等(1983)观察,管水母亚纲三个目的摄食对象有所不同,其中钟泳目主要捕食小型桡足类、类蚤状幼体、大眼幼体、真虾幼体、软体动物面盘幼体等(高尚武等,2002),五角水母就属于这一类。

通常构成胶州湾浮游动物生物量的主要成分以桡足类为主,其次是毛颚类,如强壮箭虫,这些均为水母类直接的摄食对象。肖贻昌等(1992)的研究结果表明,1980—1981年胶州湾浮游动物生物量以夏季达到全年高峰。黄世玫(1983)认为,1977年浮游动物生物量以6月份为最高峰期。从本文同步的浮游动物资料可初步看出,2003年6、9,2004年2月为浮游动物丰度的高峰期。6月份浮游幼虫的大量繁殖是促使夏季形成高峰的一个重要原因。因此6月份水母丰度高极大程度上是由于贝类养殖区的浮游幼虫大量出现造成的。另外,水母总丰度在2003年6、9月,2004年3月的三个高峰值与浮游动物生物量的高峰值是互相吻合的,这也在一定程度上说明了饵料生物对水母丰度的影响。

另外,Robert 等(1993)通过对四枝管水母的肠内含物分析认为,腹足类和双壳类的面盘幼虫在其食物数量上占65%—88%。这可能为2003年6月黄岛以南海域四枝管水母成为优势种之一的原因提供了证据。因为当时该海域正是大片鱼、海带、贻贝的养殖区,加上6月份正是贻贝眼点幼虫出现的盛期(张福绥等,1980)而造成该水母种类在此海域丰度的增长。2004年政府为建港口而禁止此海域养殖,使当年6月份该水母丰度减少,其优势地位被锡兰和平水母和真拟杯水母所替代。

浮游动物总丰度的水平分布大都以湾北区密度最大,并常在其东北部或西部浅水区出现密集点,湾南和湾外数量相对较少(肖贻昌等,1992),本文中不同月份水母优势种的丰度分布一般以湾北部的湾顶区、湾西部、湾东北部、东部沿岸、黄岛沿岸为密集中心,目前在胶州湾内有大面积的养殖区,如在湾内东北角有大片的蛤蜊养殖区、A3站以北有紫菜的养殖区、B2站有大面积蛤蜊的养殖区、龙湾崖以北有海带的养殖区,而D3和D4

站位以西区域在 2003 年以前是鱼、海带、贻贝养殖区。水母优势种类的密集中心与这些养殖区的分布格局在某种程度上是吻合的, 因此除了水螅水母自身的因素, 如水螅世代在近岸营固着生活, 倾向于在近岸浅水区繁殖外, 丰富的浮游幼虫饵料更是使它借机繁殖并生长的原因。

总之, 造成水母丰度季节变化及水平分布规律的原因是多方面的, 忽略和单一考虑任何一个方面的因素都是不可取的。有关其它浮游动物对水母种类的影响以及水母丰度的增加对胶州湾生态系统的影响问题今后将有专门的论文进行论述。

致谢 张永山、吉 鹏、陶振铨等同志参加了海上调查取样工作, 高尚武老师对部分水母进行了分类与鉴定工作, 吴玉霖老师对文章的写作提出了宝贵意见, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- 马喜平, 孙 松, 高尚武, 2000a. 胶州湾水母类生态的初步研究 I. 群落结构及其年季变化. 海洋科学集刊, 42: 91—99 [Ma X P, Sun S, Gao S W, 2000a. Ecology of jellyfishes in Jiaozhou Bay I. Seasonal and annual changes in community structure. *Studia Marina Sinica*, 42: 91—99]
- 马喜平, 孙 松, 高尚武, 2000b. 胶州湾水母类生态的初步研究 II. 数量时空变化及同环境因子的关系. 海洋科学集刊, 42: 100—107 [Ma X P, Sun S, Gao S W, 2000b. Ecology of jellyfishes in Jiaozhou Bay II. Seasonal and inter-annual variations in species composition and abundance. *Studia Marina Sinica*, 42: 100—107]
- 马喜平, 高尚武, 2000c. 渤海水母类生态的初步研究——种类组成、数量分布与季节变化. 生态学报, 20(4): 533—540 [Ma X P, Gao S W, 2000c. The ecology of medusae in the Bohai Sea—Species composition, quantitative distribution and seasonal variation. *Acta Ecologica Sinica*, 20(4): 533—540]
- 吴永成, 王从敏, 张以恩等, 1992. 海水交换和混合扩散. 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社, 57—72
- 吴玉霖, 孙 松, 张永山等, 2004. 胶州湾浮游植物数量长期动态变化的研究. 海洋与湖沼, 35(6): 518—523 [Wu Y L, Sun S, Zhang Y S *et al*, 2004. Quantitative study on long-term variation of phytoplankton in Jiaozhou Bay. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 35(6): 518—523]
- 张金标, 1979. 中国海域水螅水母类区系的初步分析. 海洋学报, 1(1): 127—137 [Zhang J B, 1979. A preliminary analysis on the hydromedusae fauna of the China Sea areas. *Acta Oceanologica Sinica*, 1(1): 127—137]
- 张金标, 许振祖, 1980. 中国海管水母的地理分布. 厦门大学学报(自然科学版), 19(3): 100—107 [Zhang J B, Xu Z Z, 1980. On the Geographical distribution of the siphonophores in the China Sea. *Universitatis Amoiensis Acta (Scientiarum Naturalium)*, 19(3): 100—107]
- 张福绥, 何义朝, 刘祥生等, 1980. 胶州湾贻贝的繁殖期. 海洋与湖沼, 11(4): 341—350 [Zhang F S, He Y C, Liu X S *et al*, 1980. The breeding seasons of mussels (*Mytilus edulis* Li) in Jiaozhou Bay, Shandong Province, China. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 11(4): 341—350]
- 张 芳, 孙 松, 杨 波等, 2005. 胶州湾水母类生态研究 I. 种类组成与群落特征. 海洋与湖沼, 36(6): 507—516 [Zhang F, Sun S, Yang B *et al*, 2005. Ecology of medusa in Jiaozhou Bay I. Species composition and community characteristics. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 36(6): 507—516]
- 肖貽昌, 高尚武, 张河清, 1992. 浮游动物, 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社, 170—203
- 翁学传, 朱兰部, 王一飞, 1992. 水文要素的结构和变化, 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社, 20—39
- 高尚武, 洪惠馨, 张士美编著, 2002. 中国动物志, 无脊椎动物第二十七卷, 刺胞动物门. 北京: 科学出版社, 36—37
- 贾成霞, 刘广山, 徐茂泉等, 2003. 胶州湾表层沉积物放射性核素含量与矿物组成. 海洋与湖沼, 34(5): 490—498 [Jia C X, Liu G S, Xu M Q *et al*, 2003. Radionuclides and minerals in surface sediments of Jiaozhou Bay. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 34(5): 490—498]
- 黄世玫, 1983. 胶州湾的浮游动物. 山东海洋学院学报, 13(2): 43—59 [Huang S M, 1983. The zooplankton of Jiaozhou Bay. *Journal of Shandong College of Oceanology*, 13(2): 43—59]
- Biggs D C, 1977. Field studies of fishing feeding and digestion in Siphonophores. *Mar Behav Physiol*, 4: 261—274
- Kovalev A V, Piontkovski S A, 1998. Interannual changes in the biomass of the Black Sea gelatinous zooplankton. *J Plank Res*, 20: 1377—1385
- Kramp P L, 1961. Synopsis of the Medusae of the world. *J Mar Biol Ass, UK*, 40: 1—496
- Lebour M V, 1922. The food of Plankton organisms. *J Mar Biol Assoc*, 12(4): 644—677
- Lebour M V, 1923. The food of plankton organisms II. *J Mar Biol Assoc*, 13(1): 70—92
- Mills C E, Sommer F, 1995. Invertebrate introductions in marine habitats two species of hydromedusae (Cnidaria) native to the Black Sea, *Maotias inexpectata* and *Blackfordia virginica*, invade San Francisco Bay. *Mar Biol*, 122: 279—288
- Purcell J E, Kremer P, 1983. Feeding and metabolism of the siphonophore *Sphaeronectes gracilis*. *J Plank Res*, 5: 95—96

Robert J, Toonen, Chia F S, 1993. Limitations of laboratory assessments of coelenterate predation: Container effects on the prey selection of the Limnomedusa, *Proboscoidactyla flavicirrata* (Brand). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 167(2): 215—235

ECOLOGY OF MEDUSAE IN JIAOZHOU BAY

II. SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF DOMINANT SPECIES

ZHANG Fang, YANG Bo, ZHANG Guang-Tao

(Key Lab of Marine Ecology & Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071; Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039)

(Key Lab of Marine Ecology & Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract In recent years, jellyfish bloom appeared frequently in coastal areas around the world. Increase of jellyfish biomass was thought having a great influence on zooplankton population dynamics and fish recruitment in marine ecosystems, especially in marginal seas. Jiaozhou Bay in Shandong of China is a semi-closed area severely affected by human activities. This paper continued to provide basic data about spatial and temporal distribution of dominant medusae species nowadays followed paper I. Species Composition and Community Characteristics in Jiaozhou Bay, and aimed to show how much the medusae community has changed since we entered the 20th century.

Spatial and temporal distribution of dominant medusae species in Jiaozhou Bay is analyzed based on zooplankton samples collected by 50cm diameter net (mesh size 500 μ m) from May 2003 to September 2004.

As far as seasonal variation of abundance was concerned, *Clytia hemisphaerica*, as dominant species with the maximum dominance in one month, peaked twice over one year in June and September 2003 (or August 2004). Its abundance was the maximum 29.5 ind/m³ in June 2003, accounting for 47.2% of total medusae abundance at the same month, and 17.9 (6.9) ind/m³ in September 2003 (August 2004), accounting for 24.2% (49.1%) of total medusae abundance. Two abundance peaks of *Obelia* sp. appeared over one year in September (August) and April. Its abundance was the maximum 12.9 ind/m³ in September 2003, accounting for 17.4% of total medusae abundance, and 4.7 ind/m³ in April 2004, accounting for 93.1% of total medusae abundance. The maximum abundance of *Muggiaea atlantica* was 28.8 ind/m³ in September, 2003, accounting for 38.7% abundance of total medusae species. The abundance of *Rathkea octopunctata* was as high as 64.7 and 118.0 ind/m³ in February and March, accounting for 99.5% and 98.0% of total medusae abundance at the same month. As far as the less dominant species, *Proboscoidactyla flavicirrata*, *Eutima japonica*, *Lovenella assimilis*, *Phialidium mbenga*, *Eirene ceylonensis*, were concerned, their abundance varied with corresponding month they sporadically appeared, and can not be described with one rule.

As for spatial distribution of these dominant species abundance, this study also showed that the distribution pattern of different dominant species changed monthly. Generally, they inclined to distribute in the inner, west, and northeast parts of Jiaozhou Bay, the coast of port and the Huangdao area, i. e. these areas are the distribution center of them. The influence of ecotype of dominant species and environmental factors, such as temperature, salinity, ocean current, zooplankton distribution, and aquaculture activities, on spatial and temporal distribution of dominant medusae species were discussed.

Key words Jiaozhou Bay, Medusae, Dominant species, Abundance, Distribution