

DOI: 10.5846/stxb201112081878

王彬, 秦宇博, 董婧, 李玉龙, 王文波, 李轶平, 孙明, 刘春洋. 辽东湾北部近海沙蜆的动态分布. 生态学报, 2013, 33(6): 1701-1712.

Wang B, Qi Y B, Dong J, Li Y L, Wang W B, Li Y P, Sun M, Liu C Y. Dynamic distribution of *Nemopilema nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(6): 1701-1712.

辽东湾北部近海沙蜆的动态分布

王 彬^{1,2}, 秦宇博³, 董 婧^{1,2,*}, 李玉龙^{1,2}, 王文波^{1,2}, 李轶平^{1,2}, 孙 明¹, 刘春洋^{1,2}

(1. 辽宁省海洋水产科学研究院, 大连 116023; 2. 辽宁省海洋生物资源与生态学重点实验室, 大连 116023;

3. 辽宁省海洋环境预报总站, 沈阳 110001)

摘要:通过分析 2008—2011 年 5 月下旬至 7 月下旬辽东湾北部近海的大型水母锚流网监测数据并结合 8 月份的渔业资源拖网调查和渔港访问的数据, 探讨辽东湾北部近海沙蜆的动态分布移动规律并着重分析了沙蜆幼水母的生态类型, 为渔业资源生产和灾害性预警预报提供科学依据。结果显示: 6 月份, 辽东湾北部近海发现大量沙蜆幼水母, 并且在双台子河口近海 5 m 等深线两侧水域形成密集区, 6 月上中旬沙蜆海区平均渔获密度 52.8 个·网⁻¹·h⁻¹, 6 月下旬海区平均渔获密度 46 个·网⁻¹·h⁻¹, 最高渔获密度可达 667 个·网⁻¹·h⁻¹, 出现在双台子河口 5 m 等深线内; 7 月份, 沙蜆个体增大, 逐渐进入成体阶段, 调查海区沙蜆渔获数量比 6 月份大幅度减少, 并且渔获密度的中心区向 5—10 m 等深线内偏深水域移动, 7 月上旬海区平均渔获密度 5.1 个·网⁻¹·h⁻¹, 7 月中下旬海区平均渔获密度 1.8 个·网⁻¹·h⁻¹; 8 月中旬辽东湾北部近海 5 m 等深线内沙蜆数量极少, 在 10—20 m 等深线内海域往往出现成体沙蜆的密集区并形成渔汛。沙蜆幼水母生存的海水表层温度为 17.7—27.3 °C, 表层盐度为 24.3—31.9; 渔获密度 300 个·网⁻¹·h⁻¹ 以上的沙蜆幼水母密集分布区海水表层温度为 20.4—24.4 °C, 表层盐度为 27.1—31.6。辽东湾北部河口区是沙蜆的可能发生地之一, 相对于沙蜆成体阶段表现出来的低温高盐的生态属性而言, 河口近海相对高温低盐水域往往出现沙蜆幼水母渔获的中心, 沙蜆幼水母阶段表现出相对高温低盐的生态特性。沙蜆自幼水母至成体阶段, 海区分布密集区自浅水位移至深水。

关键词:分布; 幼水母; 辽东湾; 沙蜆; 温度; 盐度

Dynamic distribution of *Nemopilema nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea

WANG Bin^{1,2}, QIN Yubo³, DONG Jing^{1,2,*}, LI Yulong^{1,2}, WANG Wenbo^{1,2}, LI Yiping^{1,2}, SUN Ming¹, LIU Chunyang^{1,2}

1 Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Dalian 116023, China

2 Key Laboratory of Marine Biological Resources and Ecology, Liaoning Province, Dalian 116023, China

3 Marine Environmental Forecasting Central Station of Liaoning Province, Shenyang 110001, China

Abstract: Since the late 20th century, giant jellyfish blooms have occurred in successive years in the northern part of the East China Sea and the Yellow Sea and resulted in ecological disasters in these areas. The main genera in bloom were *Nemopilema* and *Cyanea* spp. with *N. nomurai* as the dominant species. Fishery resources decreased sharply and normal fishing was seriously affected in the sea area where giant jellyfish bloomed. Massive aggregations of *N. nomurai* had occurred in Liaodong Bay, part of the Bohai Sea since the end of the 20th century in successive years. These blooms had serious impacts on the structure of fishery resources of Liaodong Bay. The dynamic distribution of juvenile and adult *N.*

基金项目:国家重点基础研究发展计划(国家 973 计划)(2011CB403601); 海洋公益性行业科研专项(200905019-4); 公益性行业(农业)科研专项(200903005); 国家海洋公益性科研专项(201005018)

收稿日期: 2011-12-08; 修订日期: 2012-11-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dj660228@tom.com

nomurai and the dominant ecological type reported, juvenile medusae, were analyzed based on the sampling data obtained during the anchor drift net surveys in inshore waters within a 10m isobath of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea from late May to mid to late July from 2008 to 2011 combined with sampling data from trawl fishery resource surveys within a 20m isobath of northern Liaodong Bay and fishing pier interview surveys in August every year. In our study, many *N. nomurai* juvenile medusae were found in the inshore waters of Liaodong Bay in June, concentrated around the 5m isobath in coastal estuaries of the Shuangtaizi River. The average catch density of *N. nomurai* was $52.8 \text{ ind} \cdot \text{net}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ in early and mid June, and $46 \text{ ind} \cdot \text{net}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ in late June. The highest catch density, $667 \text{ ind} \cdot \text{net}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, was found within the 5m isobath in coastal estuaries of the Shuangtaizi River. During July, the amount decreased markedly with the medusae increasing to adult size. The average catch density of *N. nomurai* was $5.1 \text{ ind} \cdot \text{net}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ in early July and $1.8 \text{ ind} \cdot \text{net}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ in mid to late July. After June the higher density area moved to deep waters. Few adult medusae of *N. nomurai* were found within the 5m isobath in inshore waters of northern Liaodong Bay in mid August, while a high-density area of adult medusae was found in the waters 10—20 meters in depth in northern Liaodong Bay. The sea surface temperatures and salinities in areas inhabited by *N. nomurai* in June were $17.7\text{—}27.3^{\circ}\text{C}$ and $24.3\text{—}31.9$ Practical Salinity Unit, respectively. The sea surface temperatures and salinities of high density areas with juvenile medusae of *N. nomurai* in June in Liaodong Bay region were $20.4\text{—}24.4^{\circ}\text{C}$ and $24.7\text{—}31.6$ PSU, respectively. Coastal estuaries of the northern Liaodong Bay were one of the possible nursery areas of *N. nomurai*. When the juvenile medusae of *N. nomurai* grew to adults, they swam into deep waters from shallow waters. In contrast to the adults, the relatively high temperatures and low salinity area of coastal estuaries was an optimum environment for growth of juvenile medusae of *N. nomurai*.

Key Words: distribution; juvenile medusae; Liaodong Bay; *Nemopilema nomurai*; salinity; temperature

沙蜇 (*Nemopilema nomurai*) 是我国近海大型水母的优势种, 是世界上最大的水母之一, 其个体最大可达 2 m, 体重 200 kg, 主要分布在东亚边缘海渤海、黄海、东海及日本和韩国沿岸水域^[1-3]。自 20 世纪 90 年代中后期起, 我国东海北部及黄海水域连续数年发生大型水母暴发现象^[4-5], 沙蜇是黄、东海大型水母暴发的主要优势种类之一, 其生物量最高、影响范围最广^[5], 并且近些年来日本和韩国沿海水域大型水母暴发现象也日益增多^[6-7]。大型水母暴发的区域内渔网被大量的堵死, 渔民被蜇伤, 渔业生产活动受到严重影响^[3], 并且大型水母与鱼类等经济资源争夺浮游饵料, 摄食鱼卵和仔稚鱼, 被视为渔业资源的巨大威胁^[6], 并对海洋生态系统带来巨大影响并形成严重的生态灾难^[8]。近几年来沙蜇作为东北亚地区大型水母暴发主要优势种之一引起了国内外学者的广泛关注, 并对沙蜇及其它大型水母的生活史及暴发机理^[3-5]、暴发对渔业资源及生态系统的影响^[6-10]、海区分布特征及生态习性^[11-14]、形态学^[15]等进行了多方面的研究。已有的调查研究显示, 沙蜇水母体阶段的寿命不超过 1a^[8], 中国海域 5—6 月已经出现沙蜇幼水母^[13,16], 夏、秋季是沙蜇暴发和繁殖季节^[3-4], 由于低温或个体衰老的原因, 沙蜇在冬季死亡消失^[8]。沙蜇的海区分布及移动研究对了解沙蜇的生态习性具有重要意义, 目前关于渤海海域沙蜇的自然生态的描述较少。辽东湾位于渤海北部, 自 20 世纪末以来沙蜇在辽东湾多次大量出现, 并成为辽东湾大型水母暴发的主要优势种之一^[13], 在对辽东湾生态系统和渔业资源结构带来负面影响的同时, 近些年来沙蜇也因为产量巨大, 在辽东湾沙蜇也形成低值渔业资源。研究沙蜇在辽东湾的分布和移动规律, 掌握沙蜇的发生机理、发生地及其生态习性, 对辽东湾渔业生产和灾害预警预报具有重要意义。本文通过 2008—2011 年 5 月下旬至 7 月下旬辽东湾北部近海大型水母的监测调查数据并结合 8 月份的渔业资源拖网调查和渔港访问的数据, 研究了辽东湾北部近海沙蜇自幼体阶段至成体阶段的动态分布特征, 并探讨了辽东湾沙蜇的发生地及幼水母阶段的生态类型。

1 材料和方法

1.1 数据来源

2008—2011 年每年 5 月下旬至 7 月中下旬辽东湾北部近海 10m 等深线内进行的大型水母监测调查数

据。5月下旬至7月下旬的调查为定量调查分析,采用88.2kW的锚流网渔船进行调查,并根据海区中不同阶段大型水母的个体大小分别选择不同网目大小的锚流网:密眼网(60m×8m,网目1cm)、青皮网(网60m×7m,网目3cm)、海蜇网(60m×8m,网目10cm)。8月份的定性分析数据调查采用在辽东湾北部20m等深线内进行的渔业资源底拖网调查和辽东湾渔港访问调查数据。

1.2 站位设置及航次设置

5月下旬至7月中下旬的调查,在辽东湾北部近海10m等深线以内设站18个,如下图1。航次设置分为5个时间段:5月下旬、6月上中旬、6月下旬、7月上旬、7月中下旬。其中1#—11#站位是5m等深线附近及以内的站位,12#—18#站位是5m等深线至10m等深线内的站位。

1.3 分析方法

海区中大型水母的渔获量用渔获密度(个·网⁻¹·h⁻¹)表示,即每网每小时大型水母的渔获数量。并同期利用YSI-30型盐度、温度、电导测量仪和AAQ1183多参数水质监测仪同步测定调查海区中表层温度和盐度。沙蜆渔获密度及海水温度、盐度海区平面分布图用sufer8.0软件绘制。

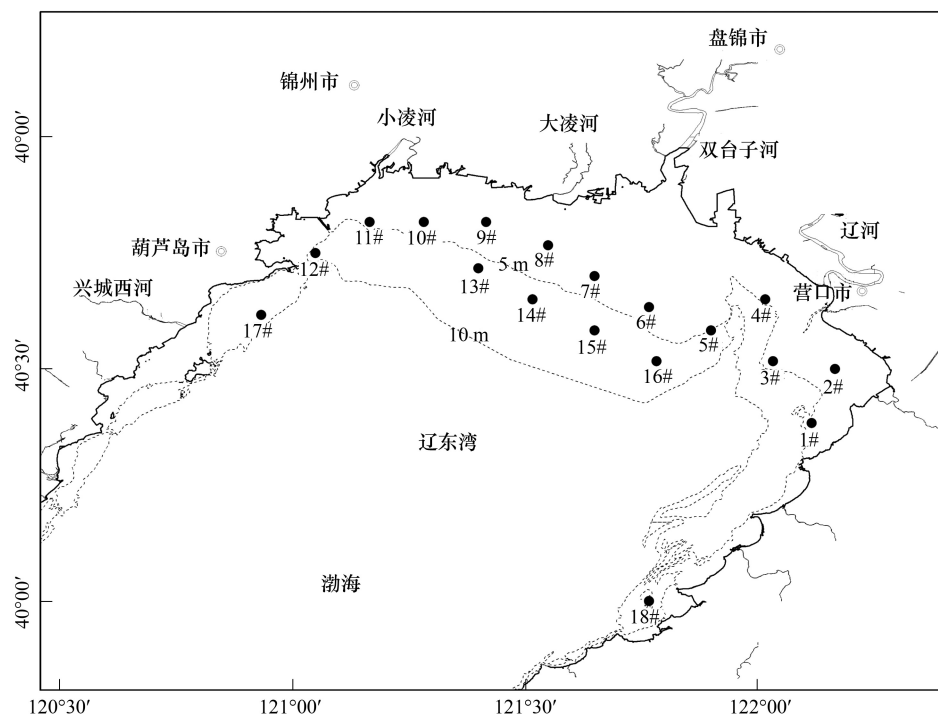


图1 渤海辽东湾北部的调查站位图

Fig.1 Sampling stations in the northern Liaodong Bay, Bohai Sea

2 结果与分析

2.1 沙蜆的海区平面分布

2.1.1 5月下旬和6月上中旬

2008年和2011年未进行5月下旬的调查,2009年和2010年均进行了5月下旬的调查,海区中未发现沙蜆的幼水母。

6月上中旬,2008年和2011年均进行了全部站位的调查,2009年和2010年只选取了海区中4#、5#、6#、7#、9#、11#站位进行调查。此时海区调查到较多的沙蜆幼水母,四年中6月上中旬沙蜆海区平均渔获密度52.8个·网⁻¹·h⁻¹。如图2所示:沙蜆海区分布极不均匀,双台子河口近海5m等深线内是沙蜆幼水母的最集中分布区,沙蜆数量较少和未出现沙蜆的站位一般位于西北部和东北部5—10m等深线内站位。从2008年至2011年,沙蜆海区站位出现率分别为83.3%、100%、66.7%和70.5%,海区沙蜆的渔获密度平均值分别为

55.4、41.9、28.9 个·网⁻¹·h⁻¹ 和 85 个·网⁻¹·h⁻¹, 出现沙蜆的站位渔获密度范围分别为 3—400、1—146、2—160 个·网⁻¹·h⁻¹ 和 1—533 个·网⁻¹·h⁻¹。6 月上中旬沙蜆渔获密度最高值为 533 个·网⁻¹·h⁻¹, 出现在 2011 年 6 月中旬双台子河口 5 m 等深线内近海, 2008 年 6 月上中旬双台子河口至辽河口间 5 m 等深线内也出现沙蜆渔获密度的高密度区, 可达 400 个·网⁻¹·h⁻¹。

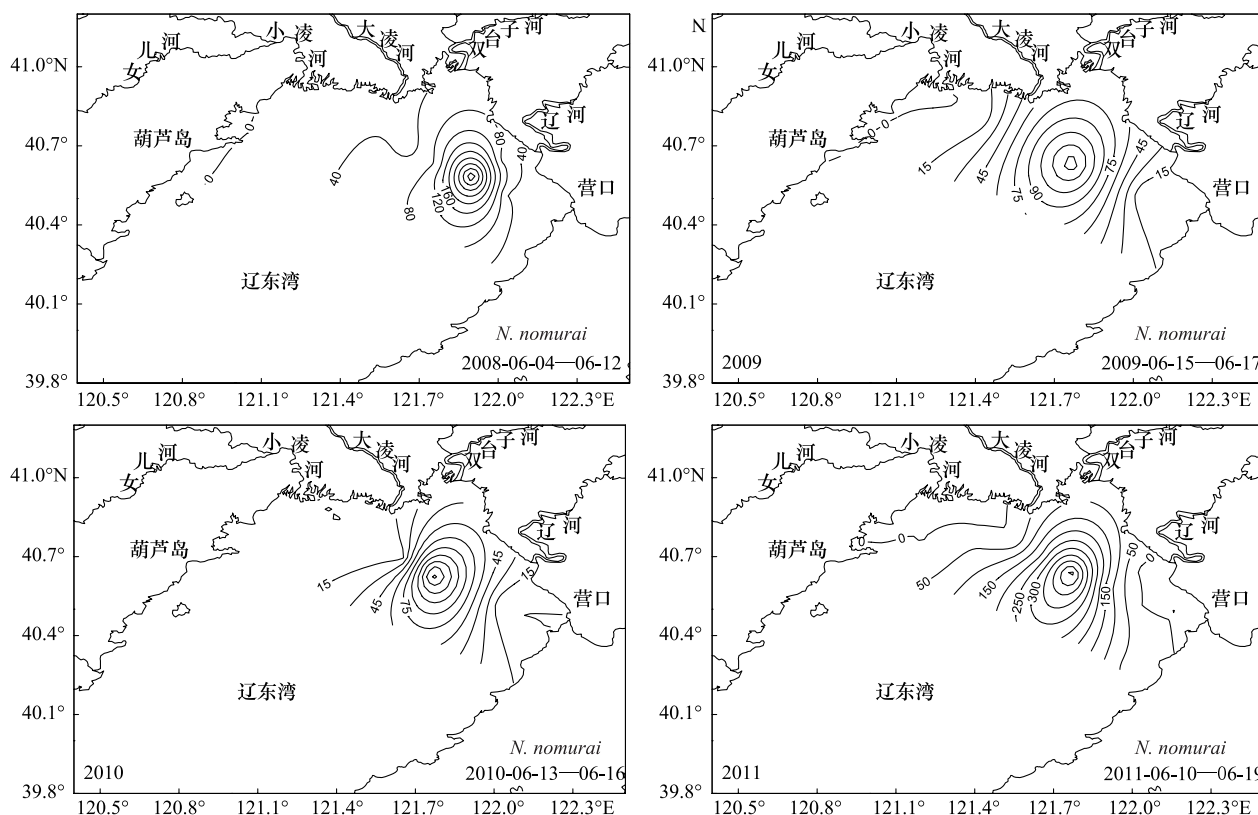


图 2 2008—2011 年 6 月上中旬辽东湾北部近海沙蜆的平面分布

Fig. 2 The horizontal distribution of *N. nomurai* in early and mid June in inshore waters of the northern Liaodong Bay in 2008—2011

2.1.2 6 月下旬

6 月下旬的调查, 各年均进行了全部站位的调查。海区中大部分站位出现沙蜆, 沙蜆数量较少及未出现沙蜆的站位也一般集中在西北部 and 东北部的 5—10 m 等深线内站位, 四年中 6 月下旬沙蜆海区平均渔获密度 46 个·网⁻¹·h⁻¹。从 2008—2011 年, 沙蜆海区站位出现率分别为 83.3%、88.9%、83.3% 和 75%, 海区沙蜆的渔获密度平均值分别为 29.4、16、131、7.6 个·网⁻¹·h⁻¹, 出现沙蜆的站位渔获密度范围分别为 0.7—269, 0.9—90, 1.3—667, 3.3—27 个·网⁻¹·h⁻¹。如图 3 所示, 双台子河口至大凌河口 5 m 等深线两侧水域是沙蜆幼水母的集中分布区。跟 6 月上中旬相比, 2008 年 6 月下旬沙蜆渔获密度的中心区向西移动, 但仍然在 5 m 等深线内, 数量明显减少; 2009 年 6 月下旬沙蜆渔获密度的中心自双台子河口向 5—10 m 等深线内移动, 且数量减少; 2010 年 6 月下旬, 沙蜆数量比 6 月上中旬明显增加, 渔获的中心在双台子河口近海 5 m 等深线内的 6#站位和 5—10 m 等深线内的 16#、15#站位, 渔获密度分别高达 667、533 个·网⁻¹·h⁻¹ 和 447 个·网⁻¹·h⁻¹; 2011 年 6 月下旬沙蜆渔获密度比 6 月中旬大幅度减少, 并且仍主要分布在双台子河口 5 m 等深线内。

2.1.3 7 月上旬

7 月上旬, 各年均进行了全部站位的调查。沙蜆在辽东湾北部近海 10 m 等深线内大部分站位有分布, 但数量比 6 月下旬明显减少, 如图 4 所示, 沙蜆渔获密度的中心区向 5—10 m 等深线内的偏深水域移动, 沙蜆数量较少或者未出现的站位仍然集中在东北部和西北部偏深水域, 四年中 7 月上旬沙蜆海区平均渔获密度 5.1 个·网⁻¹·h⁻¹。从 2008—2011 年, 沙蜆海区站位出现率分别为 94.4%、77.8%、61.1% 和 68.4%, 海区沙蜆的

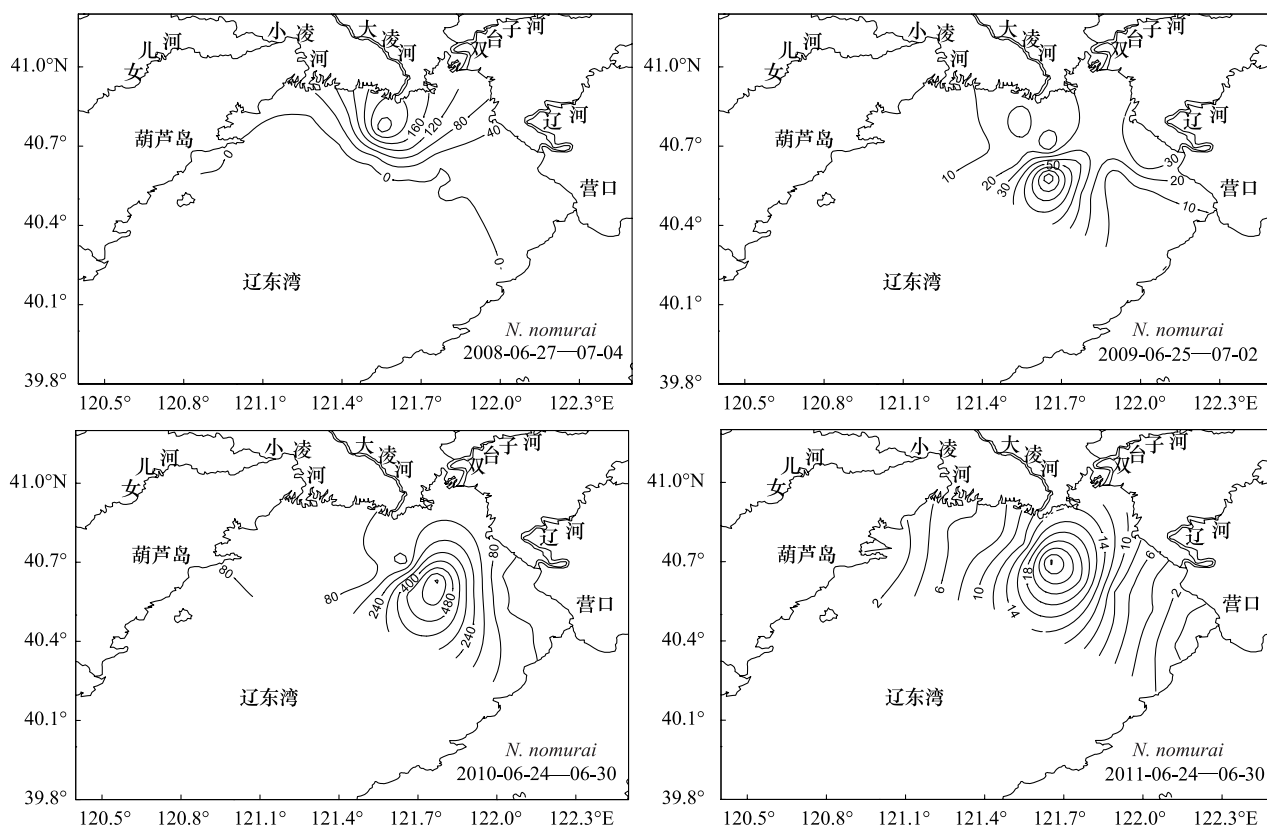


图3 2008—2011年6月下旬辽东湾北部近海沙蜆的平面分布

Fig. 3 The horizontal distribution of *N. nomurai* in late June in inshore waters of the northern Liaodong Bay in 2008—2011

渔获密度平均值分别为7.6, 5.2, 5.9个·网⁻¹·h⁻¹, 出现沙蜆的站位渔获密度范围分别为0.2—74, 0.3—30, 1.3—10, 1—37个·网⁻¹·h⁻¹。2008年7月上旬沙蜆渔获密度的中心仍然在大凌河口, 但沙蜆数量比6月下旬减少; 2009至2011年7月上旬沙蜆渔获密度的中心均移动到中西部5—10 m等深线内的13#和双台子河口外围站位15#、16#, 数量比6月下旬继续减少。

2.1.4 7月中下旬

7月中下旬, 海区中的调查站位以5 m等深线内3#、6#、7#、9#、11#和5 m等深线外的17#站位为主, 由于临近辽东湾海蜆开捕, 各年根据海区中海蜆开捕时间的允许, 增加或减少调查站位, 调查站位5—10个。从2008—2011年, 沙蜆海区站位出现率分别为50%、40%、75%和40%, 海区沙蜆的渔获密度平均值分别为0.3, 4.0, 0.5, 2.4个·网⁻¹·h⁻¹, 出现沙蜆的站位渔获密度范围分别为0.7, 4—14, 0.7个·网⁻¹·h⁻¹和0.7—17个·网⁻¹·h⁻¹。如图5所示, 此时辽东湾北部5 m等深线以内沙蜆数量极少, 各个站位均偶尔发现沙蜆的分布, 四年中7月中下旬沙蜆海区平均渔获密度1.8个·网⁻¹·h⁻¹。

2.2 调查海区沙蜆渔获密度、伞弧长及海水温度盐度的变化

图6表示了2008—2011年辽东湾北部近海海水表层温度盐度的变化情况, 可以看出海水表层温度从5月下旬至7月中下旬一直持续上升, 从8月上旬开始下降; 而盐度的变化则是不同年份不同, 一般在7月下旬至8月上旬前后, 辽东湾径流较大, 雨水充沛, 近海海水盐度不同年份有小幅下降, 2010年8月上旬和中旬比7月有较大幅度的下降。

图7则反映了各年沙蜆海区中的平均渔获密度和平均伞弧长的变化。海区中能调查到沙蜆幼水母的最早时间是6月上旬, 一般年份在6月上中旬辽东湾北部近海沙蜆数量形成高峰, 此时海水平均温度范围20.6—22℃, 平均盐度范围27.2—31.3, 沙蜆平均伞弧长范围6—12 cm, 能调查到的最小个体3 cm, 最大个

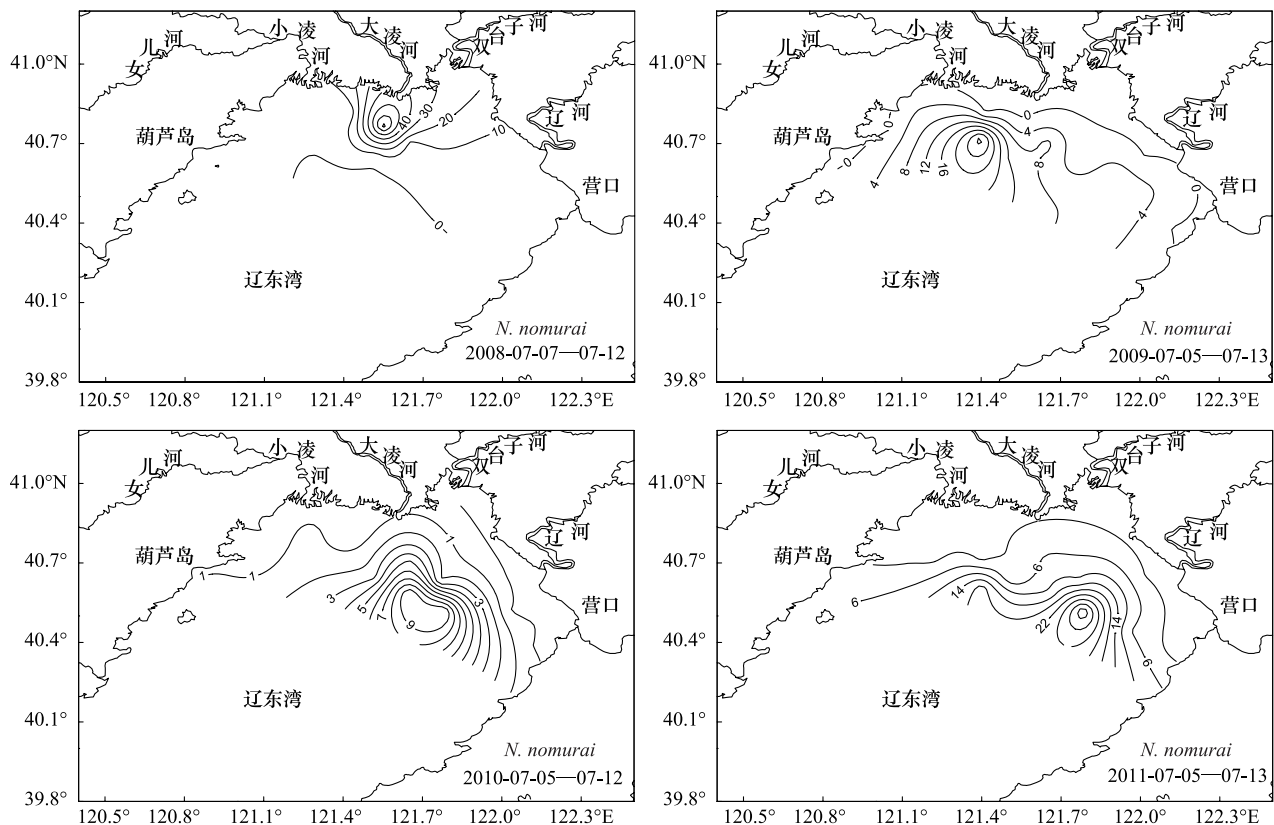


图4 2008—2011年7月上旬辽东湾北部近海沙蜆的平面分布

Fig. 4 The horizontal distribution of *N. nomurai* in early July in inshore waters of the northern Liaodong Bay in 2008—2011

体约 20 cm。6 月下旬,一般年份沙蜆数量比 6 月上中旬减少,2010 年水温持续偏低,其数量在 6 月下旬达到高峰。此时海水平均温度范围 22—24 °C,平均盐度范围 27.1—31.0,沙蜆平均伞弧长范围 18—27 cm,但沙蜆的个体大小不一,差别较大,此时大部分处于幼水母状态,最小个体 5 cm,少数大个体可达 50 cm 以上。7 月上旬,此时海水平均温度范围 24.2—26.2 °C,平均盐度范围 27.4—30.3,沙蜆逐渐进入成体阶段,辽东湾北部近海沙蜆数量逐步减少,平均伞弧长范围 33—50 cm,各年的差别也较大,最大个体可达 1 m。7 月中下旬,海水平均温度范围 25.4—26.3 °C,平均盐度范围 26.4—30.2,辽东湾北部近海 5 m 等深线内沙蜆数量极少,沙蜆平均伞弧长范围 50—65 cm,也有少数较大的个体伞弧长超过 1 m。8 月中旬前后,海水平均温度范围 24.6—28.3 °C,平均盐度范围 23.1—30,此时调查为辽东湾北部海区 20 m 等深线内的渔业资源拖网调查。由于此时调查,海区 10m 等深线附近及以外水域中沙蜆往往过多,导致拖网过沉无法正常起网或者拖网拖碎,无法正常调查其它渔业资源。此时调查一般在渔网上设计一个使沙蜆和其他渔业资源分离的装置,使捕捞到的沙蜆大部分从分离装置逃逸,因此 8 月份沙蜆渔获的数据无法与 6、7 月份比对,但是仍然可以通过拖网调查和渔港访问获得定性数据,此时辽东湾北部海域 5 m 等深线内沙蜆数量极少,沙蜆主要出现在 5 m 等深线外偏深水域,并往往在 10—20m 等深线内部分海域出现密集区并形成渔汛。此时沙蜆的伞弧长范围 50—130 cm,平均 70—80 cm,个体较大。

2.3 6 月份沙蜆幼水母聚集区的温度、盐度特征

辽东湾北部近海水深在 1—10 m 之间,水深较浅,有双台子河、大小凌河、辽河等众多河流汇入,海水温度和盐度受到气候和径流量等外界环境因素影响较大,不同年份不同。整体上看,夏季 6—8 月份,辽东湾北部近海随着水深的增加,海水温度不断降低,海水盐度则随着水深的增加而逐渐升高(图 8,图 9)。在不同年份辽东湾北部河口近海形成相对的高温低盐区,河口区盐度一般在 30 以下,2011 年属于盐度较低的年份,双台

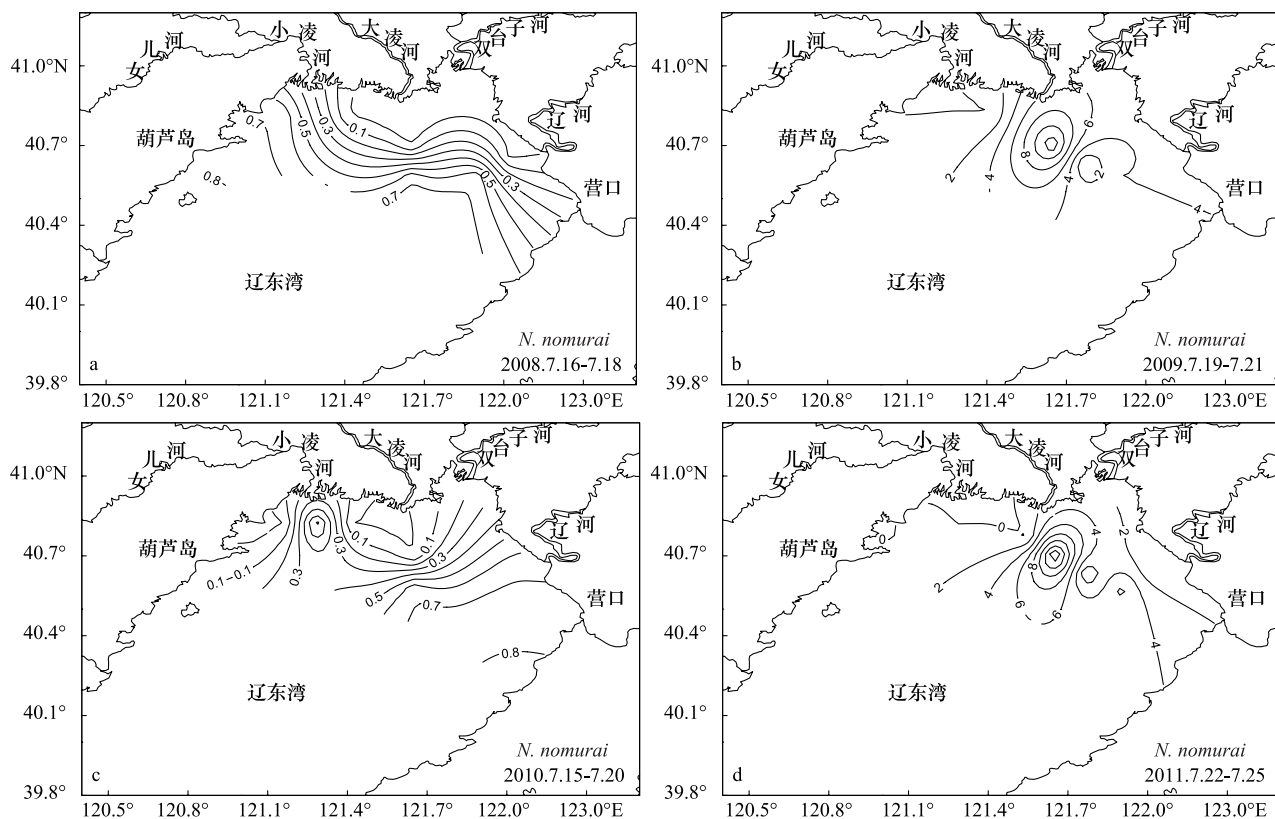


图5 2008—2011 年 7 月中下旬辽东湾北部近海沙蜆的平面分布

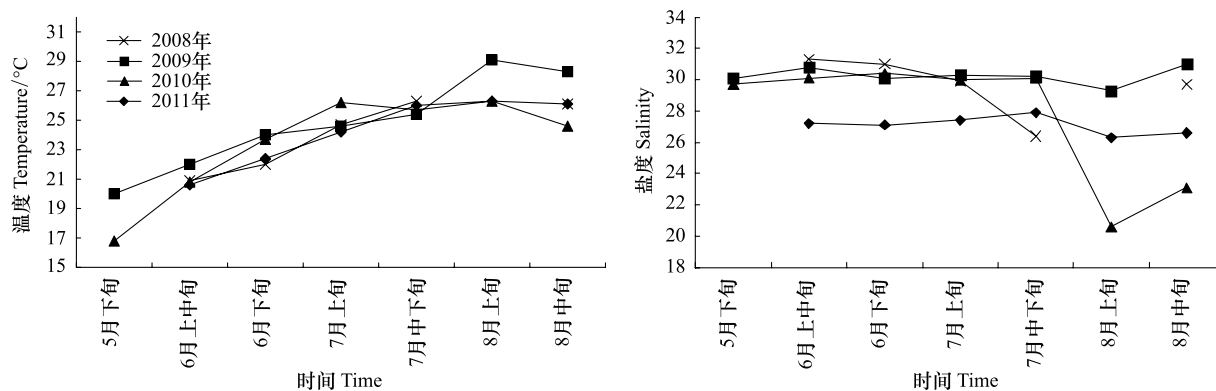
Fig. 5 The horizontal distribution of *N. nomurai* in mid-to-late July in inshore waters of the northern Liaodong Bay in 2008—2011

图6 2008—2011 年 5 月下旬至 8 月中旬辽东湾北部近海海水表层温度和盐度变化

Fig. 6 Dynamic changes of the average sea surface temperature and salinity in inshore waters of the northern Liaodong Bay from late May to mid August in 2008—2011

子河口近海 6 月下旬海水盐度降低到 24。

近海调查到沙蜆大量聚集的时期是 6 月份,此时沙蜆大多数处于幼水母阶段,7 月上旬沙蜆则逐渐进入成体阶段。以 6 月份沙蜆幼水母聚集时间为着重研究时间段,可以反映出沙蜆幼水母生存的温度盐度范围。图 10 显示了四年中 6 月份调查所有站位沙蜆的渔获密度及对应的海水表层温度盐度值。可以看出,沙蜆幼水母生存的适温范围和适盐范围均较广,海水表温 20.4—24.4 °C 的区域有沙蜆的高渔获密度区。海水表层盐度 24.7—31.6 的区域均有沙蜆的高渔获密度区,但可以看出,盐度 30 以下的区域沙蜆幼水母的渔获密度明显高于盐度 30 以上的区域。

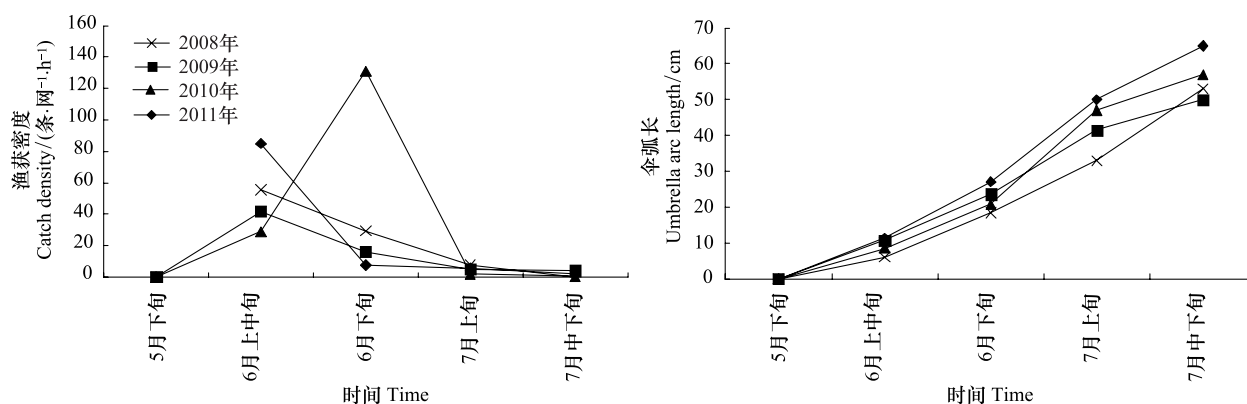


图7 2008—2011年5月下旬至7月中下旬辽东湾北部近海沙蜥的渔获密度(个·网⁻¹·h⁻¹)和伞弧长的变化情况

Fig. 7 Dynamic changes of the catch density (ind · net⁻¹ · h⁻¹) and umbrella arc length of *N. nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay from late May to mid-to-late July in 2008—2011

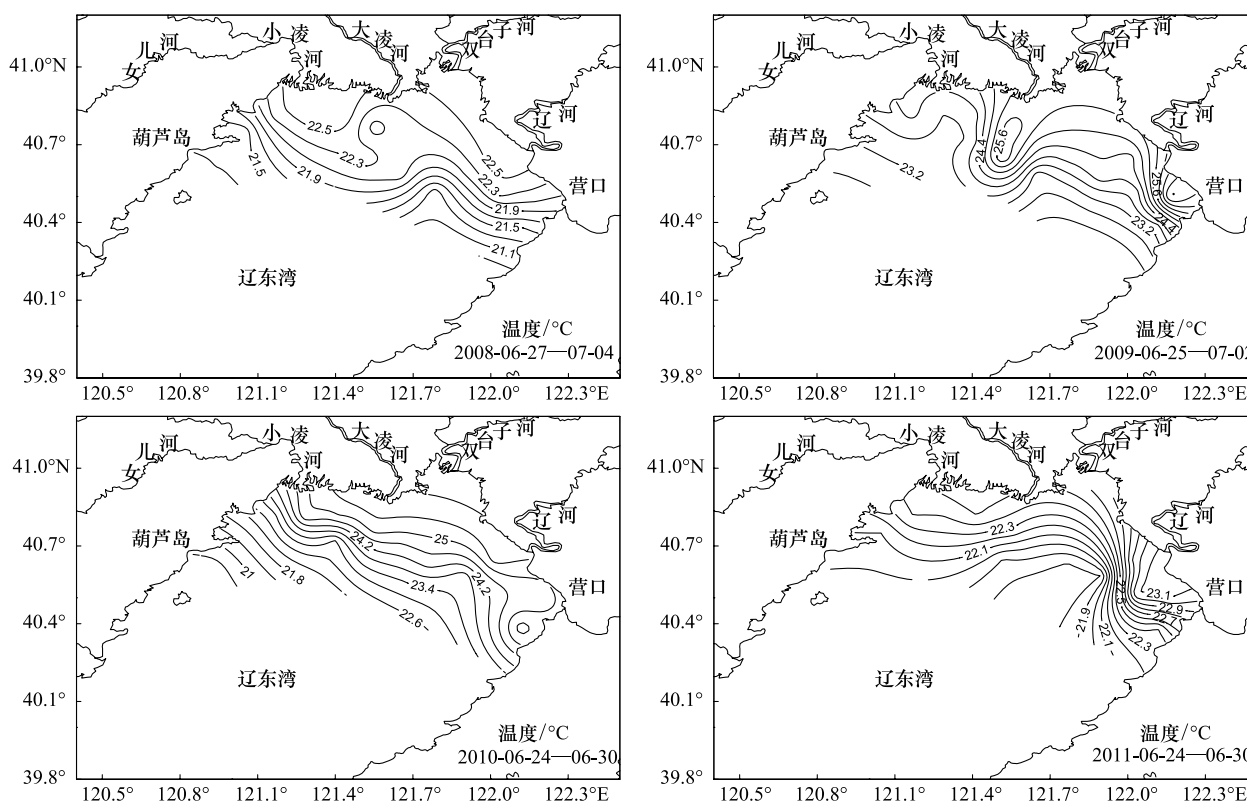


图8 2008—2011年6月下旬辽东湾北部近海海水表层温度(°C)的分布

Fig. 8 The sea surface temperature (°C) in inshore waters of the northern Liaodong Bay in late June in 2008—2011

根据图10的数据,由表1列举了2008—2011年6月份沙蜥幼水母不同渔获密度范围内的海水表层温度和盐度范围。

3 讨论

3.1 辽东湾沙蜥发生地及海区动态分布特征的探讨

我国海域常见的大型水母种类主要发生在沿岸水域^[5]。辽东湾北部近海河口区潮汐类型为半日潮,海流以潮流占绝对优势,潮流运动形式为往复流,方向为EN-WS,余流主要受到风、冲淡水流和地理环境的影响,夏、秋季方向介于E与SE向范围内^[17]。近4年来每年6月份辽东湾北部近海河口区均出现沙蜥幼水母的密集分布区,渔获的中心出现在双台子河口5m等深线的两侧水域。考虑到该区的海流特征,推测这些幼

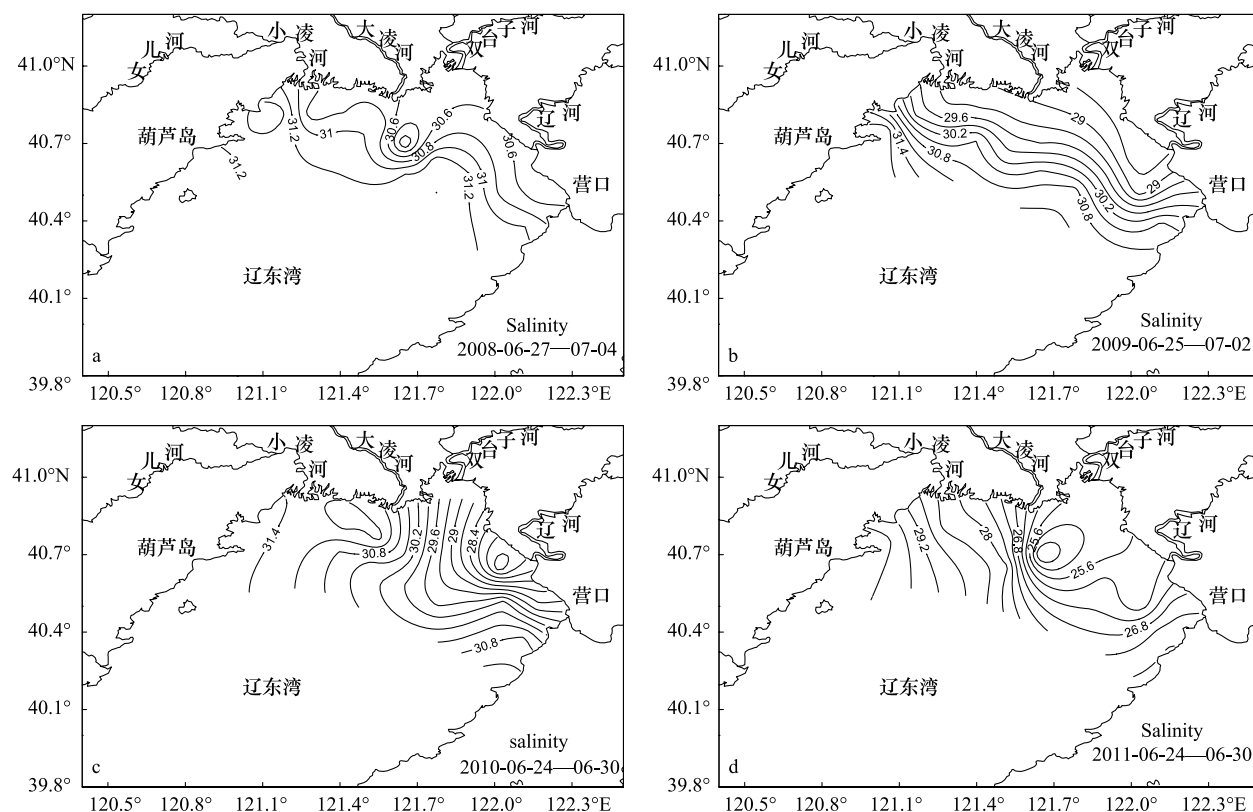
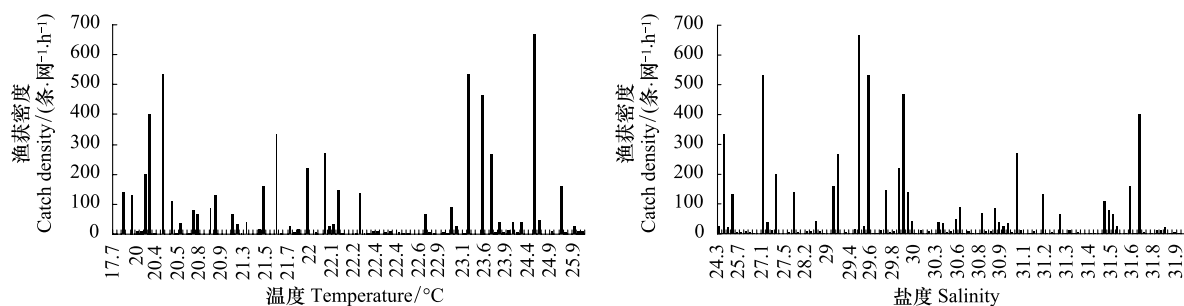


图9 2008—2011年6月下旬辽东湾北部近海水表层盐度的分布

Fig. 9 The sea surface salinity in inshore waters in the northern Liaodong Bay in late June in 2008—2011

图10 2008—2011年6月份不同海水表层温度和盐度的沙蜆渔获密度(个·网⁻¹·h⁻¹)Fig. 10 The catch density(ind·net⁻¹·h⁻¹) of *N. nomurai* in different sea surface water temperature and salinity in inshore waters of the northern Liaodong Bay in June in 2008—2011

水母的发生地来自于北部河口区,受到潮流、河口冲淡水流和风的影响出现在5 m等深线附近。辽东湾北部河口区是沙蜆的可能发生地之一。

通过4a的调查发现,每年6月份辽东湾北部河口近海出现沙蜆幼水母的密集分布区,不同年份在6月上中旬或者下旬在双台子河口近海5 m等深线两侧水域形成高峰,西北部和东北部的非河口水域沙蜆幼水母的数量极少。7月份,沙蜆在辽东湾北部近海5 m等深线两侧水域数量大幅度减少,沙蜆渔获密度的中心区向深水移动。8月中旬,辽东湾北部海域5 m等深线内沙蜆数量较少,成体沙蜆主要分布在5 m等深线外偏深水域,并往往在10—20 m等深线内部分海域出现密集区并形成渔汛。沙蜆在辽东湾北部近海的分布呈现出密集区逐步从浅水位到深水的特征,据此推测沙蜆幼水母至成体阶段可能具有从浅水向深水移动的特性。

表 1 2008—2011 年 6 月份沙蜚生存不同渔获密度(个·网⁻¹·h⁻¹)范围的海水表层温度和盐度范围Table 1 The range of the sea surface temperature and salinity in different catch density(ind·net⁻¹·h⁻¹) range of *N. nomurai* of inshore waters in the northern Liaodong Bay of June in 2008—2011

年份 Year	渔获密度>0 Catch density (生存区) Surviving area		渔获密度≥100 Catch density (较密集区) Intensive area		渔获密度≥300 Catch density (密集区) High-density area		渔获密度≥500 Catch density (中心区) The highest density area	
	温度/℃ Temperature	盐度 Salinity	温度/℃ Temperature	盐度 Salinity	温度/℃ Temperature	盐度 Salinity	温度/℃ Temperature	盐度 Salinity
2008	20—22.8	30.0—31.8	20.4—22.7	30—31.6	20.4	31.6	20.4	31.6
2009	20.9—27.3	28.5—31.9	22—22.1	29.7—30.6	—	—	—	—
2010	17.7—25.6	28.2—31.6	21.5—24.4	29.1—31.5	23.4—24.4	29.4—29.9	24.4	29.4
2011	19.9—26.7	24.3—29	19.6—21.5	24.7—27.9	20.4—21.5	24.7—27.1	20.4	27.1
综合 Total	17.7—27.3	24.3—31.9	19.6—24.4	24.7—31.6	20.4—24.4	24.7—31.6	20.4—24.4	27.1—31.6

3.2 沙蜚幼水母阶段适宜生存的海水温度盐度及生态类型的探讨

若干研究结果表明,温度和盐度对水母种群数量变动有重要的影响^[18-19],温度和盐度显著影响到大型水母幼水母的生长和发育^[20-21]。通过本文的比对,辽东湾近海沙蜚幼水母生存的海水表温范围在 17.7—27.3℃之间,表盐范围在 24.3—31.9 之间;将沙蜚分布的密集区(渔获密度≥300 个·网⁻¹·h⁻¹)及中心区(渔获密度≥500 个·网⁻¹·h⁻¹)的海水表层温度为 20.4—24.4℃,表层盐度为 24.7—31.6。6 月份辽东湾沙蜚大部分处于幼水母阶段,根据调查,沙蜚伞弧长从 6 月平均 6—27 cm 至 7 月份增长到平均 33—65 cm,生长速度较快。辽东湾北部近岸河口区夏初较高的水温,密集的河流带来了大量的有机质,有利于浮游生物的繁殖生长,为沙蜚幼水母的生长提供了良好的条件。从沙蜚生存的海水温度范围来看,丁峰元^[11]报道东海区 6 月份沙蜚最适宜生存的海水表层温度范围 17—21℃,底层温度 15—18℃,张芳^[16]报道黄东海沙蜚适温范围较宽,海水表层温度 11.10—30.17℃,底层温度范围 7.67—26.12℃。本文研究辽东湾 6 月份沙蜚幼水母也具有较宽的栖息温度范围;从沙蜚生存的海水盐度范围来看,丁峰元^[11]报道东海区 6 月份沙蜚最适宜生存的海水表层盐度 28—32,底层盐度 31—32.5,张芳^[16]报道黄东海沙蜚栖息的海水表层盐度范围 27.32—33.81,底层盐度范围 29.80—34.21,如果将沙蜚分布的密集区及中心区的海水环境看做沙蜚幼水母适宜生存的环境,本文研究辽东湾 6 月份沙蜚幼水母的最适宜生存盐度范围的跨度较大,相对低盐的环境沙蜚的渔获密度更高。不同海区研究沙蜚生存的适温适盐范围有一定的差异,究其原因,沙蜚在不同生长阶段的生态类型及地理位置的差异可能导致了研究结果的不同。李建生^[14]报道沙蜚在高速生长期呈现出高温低盐的生态特性,从辽东湾沙蜚幼水母的调查结果来看,沙蜚幼水母在盐度 30 以下相对低盐区的渔获密度要明显高于 30 以上的相对高盐区,从渔获密度的空间分布来看,河口近海相对高温低盐水域往往出现沙蜚幼水母渔获的高密集区。与成体阶段相比,沙蜚幼水母表现出相对高温低盐的生态特性。

3.3 沙蜚幼水母至成体阶段移动分布原因的分析

Moon 等^[22]基于 ROMS 模型进行了质点追踪实验,认为风和海流可能对沙蜚在黄、东海及日本海的移动分布起重要作用。但仅考虑到辽东湾北部近海区域海流和风的影响,并不能完全解释辽东湾沙蜚自幼水母至成体阶段从浅水向深水移动的趋势。因为同属一片海域的海蜚的幼水母阶段主要在 5 m 等深线内密集,成体阶段并未在海流或者风的作用下离开幼水母阶段的密集分布区,部分年份海蜚幼水母阶段至成体水母阶段受到海流的影响也有从西向东移动的趋势,并且大北风有可能导致海蜚分布密集区向深水区扩散。但近几年的调查发现海蜚成体阶段主要分布在辽东湾北部近海 5 m 等深线两侧水域,比幼水母阶段略向深水扩散^[23],并且 5 m 等深线以内仍然是海蜚分布的最集中分布区,并不移动到 10 m 等深线外偏深的水域,因此沙蜚向偏深水域移动推测可能还有其它的原因。从成体沙蜚的生态属性考虑,成体沙蜚的生态属性为低温高盐^[5,11],从 6 月到 7 月是辽东湾北部近海的水温不断上升的时期,近岸海区水温上升较快,海水盐度低于深水区。7 月份辽东湾北部近海海域逐渐升高的水温和偏低的盐度很可能不利于成体沙蜚的生存,因此具有一定游泳能力的成体沙蜚从浅海河口的高温低盐水域游向更加适宜生存的深水低温高盐水域。从沙蜚生存空间的角度考虑,

随着浅海河口近海较多的沙蜥幼水母不断生长,需要有更大的生存空间,深水环境则提供了更大的生存空间,因此沙蜥随着个体增大向深水区移动;并且7月份辽东湾辽东湾北部近岸以沙蜥和海蜥为主的大型水母均逐渐进入成体阶段,成体水母需要摄食更多的浮游动物,对浮游动物有巨大的潜在消耗^[16]。当水母大量生长时,同海域中浮游动物短时间内降至很低甚至为零^[24],大型水母的高密集区往往分布在浮游动物密集区的边缘或者相邻地带^[12-13]。较多的成体沙蜥和成体海蜥可能会对辽东湾北部近海浮游动物和生产力形成较大的潜在压力,并且产生饵料的竞争,使沙蜥在辽东湾近岸河口浅海的生存压力增大,也促使了具有较强游泳能力的成体沙蜥向深水区寻找更大的生存空间。因此寻找更大的生存空间,也有可能是促使沙蜥向深水移动的因素之一。因此沙蜥幼水母至成体阶段的分布移动,分析是受到了沙蜥生态习性和生存环境的综合影响。

由于受到调查时间段和范围的限制,本文着重研究了沙蜥5月末至7月下旬在辽东湾北部近海的分布特征,沙蜥的自然生态习性还需要更多的调查研究。

References:

- [1] Kishinouye K. Echizen kurage (*Nemopilema nomurai*). Dobutsugaku Zasshi, 1922, 34: 343-346
- [2] Omori M, Kitamura M. Taxonomic review of three Japanese species of edible jellyfish (Scyphozoa: Rhizostomeae). Plankton Biology and Ecology, 2004, 51(1): 36-51.
- [3] Kawahara M, Uye S, Kohzoh O, Hitoshi I. Unusual population explosion of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) in East Asian waters. Marine Ecology Progress Series, 2006, 307: 161-173.
- [4] Cheng J H, Li S F, Ding F Y, Yan L P. Primary analysis on the Jellyfish blooms and its cause in the East China Sea and the Yellow Sea. Modern Fisheries Information, 2004, 19(5): 10-12.
- [5] Cheng J H, Ding F Y, Li S F, Yan L P, Ling J Z, Li J S, Liu Y. A study on the quantity distribution of macro-jellyfish and its relationship to seawater temperature and salinity in the East China Sea Region. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(3): 440-445.
- [6] Uye S. Blooms of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai*: a threat to the fisheries sustainability of the East Asian Marginal Seas. Plankton and Benthos Research, 2008, 3(Suppl): 125-131.
- [7] Yoon W D, Yang J Y, Shim M B, Kang H K. Physical processes influencing the occurrence of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) around Jeju Island, Korea. Journal of Plankton Research, 2008, 30(3): 251-260.
- [8] Uye S. Human forcing of the copepod-fish-jellyfish triangular trophic relationship. Hydrobiologia, 2010, 666(1): 71-83.
- [9] Ding F Y, Cheng J H. The analysis on fish stock characteristics in the distribution areas of large jellyfish during summer and autumn in the East China Sea region. Marine Fisheries, 2005, 27(2): 120-128.
- [10] Yan L P, Li S F, Ding F Y. The preliminary studies on the dynamics of macro-jellyfish resources and their relationship with fisheries in the East China Sea and Yellow Sea. Marine Fisheries, 2004, 26(1): 9-12.
- [11] Ding F Y, Cheng J H. Dynamic distribution of *Stomolophus meleagris* in the East China Sea Region. Journal of Fisheries Sciences of China, 2007, 14(1): 83-89.
- [12] Li H Y, Li J S, Ding F Y, Cheng J H. Distribution characteristics of *Nemopilema nomurai* (Scyphozoa: Rhizostomeae) and zooplankton in East China Sea. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(12): 1974-1980.
- [13] Wang B, Dong J, Liu C Y, Sun M, Yu X G, Liu X Z, Li Y P, Li P J. Distribution of giant jellyfish and major zooplankton in Jellyfish release area of Liaodong Bay, Bohai Sea in early summer. Progress in Fisheries Science, 2010, 31(5): 83-90.
- [14] Li J S, Ling J Z, Cheng J H, Li H Y. Analysis on the resources of *Stomolophus meleagris* in the northern part of east China Sea in summer and autumn of 2008. Marine fisheries, 2009, 31(4): 444-449.
- [15] Sun M, Ding J, Zhao Y, Fu Z L. Morphological studies on advanced metephyrae of *Nemopilema nomurai* and *Rhopilema esculentum*. Progress in Fishery Sciences, 2010, 31(1): 48-53.
- [16] Zhang F. Zooplanktivorous Gelatinous Taxa: Medusas in the Yellow Sea and East China Sea [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2008.
- [17] Wu G, Wang X H, Liu H K. Characteristics of current distribution in shallow water area at Liaodong Bay-head. Marine Science Bulletin, 1991, 10(5): 8-13.
- [18] Purcell J E, White J R, Nemazie D A, Wright D A. Temperature, salinity and food effects on asexual reproduction and abundance of the scyphozoan *Chrysaora quinquecirrha*. Marine Ecology Progress Series, 1999, 180: 187-196.
- [19] Purcell J E. Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,

2005, 85(3): 461-476.

- [20] Lu N, Liu C Y, Guo P. Effect of salinity on larvae of edible medusae (*Rhopilema esculentum* Kishinouye) at different development phases and a review on the cause of jellyfish resources falling greatly in Liaodong bay. *Acta Ecologica Sinica*, 1989, 9(4): 304-309.
- [21] Huang M X, Wang Y S, Sun Z. The effect of temperature and salinity on the growth and development of the ephyrae of the jellyfish (*R. esculenta* K.). *Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science Edition*, 1987, 6(2): 105-110.
- [22] Moon J H, Pang C L, Yang Y Y, Yoon W D. Behavior of the giant jellyfish *Nemopilema nomurai* in the East China Sea and East/Japan Sea during the summer of 2005: A numerical model approach using a particle-tracking experiment. *Journal of Marine Systems*, 2010, 80(1/2): 101-114.
- [23] Wang B, Dong J, Wang W B, Li Y L, Li Y P, Liu X Z, Fu J. The quantity distribution of giant jellyfish and its relationship to seawater temperature and salinity in inshore waters of the northern Liaodong Bay Region. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2012, 43(3): 568-578.
- [24] Greve W. The 1989 German bight invasion of *Muggiaea atlantica*. *ICES Journal of Marine Science*, 1994, 51(4): 355-358.

参考文献:

- [4] 程家骅, 李圣法, 丁峰元, 严利平. 东、黄海大型水母暴发现象及其可能成因浅析. *现代渔业信息*, 2004, 19(5): 10-12.
- [5] 程家骅, 丁峰元, 李圣法, 凌建忠, 李建生, 刘勇. 东海区大型水母数量分布特征及其与温盐度关系的初步研究. *生态学报*, 2005, 25(3): 440-445.
- [9] 丁峰元, 程家骅. 东海区夏、秋季大型水母分布区渔业资源特征分析. *海洋渔业*, 2005, 27(2): 120-128.
- [10] 严利平, 李圣法, 丁峰元. 东海、黄海大型水母类资源动态及其与渔业关系的初探. *海洋渔业*, 2004, 26(1): 9-12.
- [11] 丁峰元, 程家骅. 东海区沙海蜇的动态分布. *中国水产科学*, 2007, 14(1): 83-89.
- [12] 李惠玉, 李建生, 丁峰元, 程家骅. 东海区沙海蜇与浮游动物的分布特征. *生态学杂志*, 2007, 26(12): 1974-1980.
- [13] 王彬, 董婧, 刘春洋, 孙明, 于旭光, 刘修泽, 李轶平, 李培军. 夏初辽东湾海蜇放流区大型水母和主要浮游动物. *渔业科学进展*, 2010, 31(5): 83-90.
- [14] 李建生, 凌建忠, 程家骅, 李惠玉. 2008 年夏秋季东海区北部沙海蜇资源状况分析. *海洋渔业*, 2009, 31(4): 444-449.
- [15] 孙明, 董婧, 赵云, 付志璐. 沙蜇与海蜇晚期碟状体的形态学研究. *渔业科学进展*, 2010, 31(1): 48-53.
- [16] 张芳. 黄东海胶质浮游动物水母类研究 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2008.
- [17] 吴冠, 王锡侯, 刘恒魁. 辽东湾顶浅海区海流分布特征. *海洋通报*, 1991, 10(5): 8-13.
- [20] 鲁男, 刘春洋, 郭平. 盐度对海蜇各发育阶段幼体的影响——兼论辽东湾海蜇资源锐减的原因. *生态学报*, 1989, 9(4): 304-309.
- [21] 黄鸣夏, 王永顺, 孙忠. 温度和盐度对海蜇碟状体生长及发育的影响. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 1987, 6(2): 105-110.
- [23] 王彬, 董婧, 王文波, 李玉龙, 李轶平, 刘修泽, 付杰. 辽东湾北部近海大型水母数量分布和温度盐度特征. *海洋与湖沼*, 2012, 43(3): 568-578.