

邓景耀 叶昌臣 刘永昌 编著

# 渤海的对虾 及其资源管理



海洋出版社

# 渤海的对虾及其 资源管理

邓景耀 叶昌臣 刘永昌 编著

海洋出版社

1990年·北京

## 内 容 简 介

本书共分11章，分别对渤海对虾的生物学特性、行动分布与环境条件、种群参数、数量变动、数量预报、资源评估、渔业管理、放流增殖、今后研究方向等，作了系统而科学的论述。

本书可供水产院校的资源、捕捞、养殖专业师生和有关专业的科研人员、渔业工作者阅读，也可供海洋生物学、海洋生态学有关人员参考。

## 渤海的对虾及其资源管理

邓景耀 叶昌臣 刘永昌 编著

\*

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 北京兴华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 9.25 字数: 260千字 插页: 2

1990年5月第一版 1990年5月第一次印刷

印数: 1—1200

\*

ISBN 7-5027-0808-1/S·12 ¥: 5.50元

## 前 言

在世界上近30种对虾中,我国的对虾(*Penaeus orientalis* Kishinouye)具有分布纬度最高( $40^{\circ}00'N$ 以北)、集群并进行长距离洄游的特性;是个体较大,资源数量较多,经济价值很高的一种(最大的世代产量为5万余吨,单种产量仅次于墨西哥湾的褐对虾);是我国山东、辽宁、河北省和天津市在渤、黄海渔业生产的重要支柱,也是日本和朝鲜在黄海的重要捕捞对象之一。

我国对渤、黄海对虾资源全面系统的调研工作开始于50年代。1959年黄海水产研究所和山东省海洋水产研究所合作进行了对虾春汛生殖洄游群体及秋季索饵群体的调查,开始系统地收集对虾生物学资料,并进行了标志放流,研究对虾的洄游分布及数量变动规律。

从生产发展看,初具规模的渤海秋汛对虾渔业正式形成于1962年。随着对虾生产的发展,由黄海水产研究所牵头,山东省海洋水产研究所、辽宁省海洋水产研究所、河北省水产研究所和天津市水产研究所参加,正式组成了对虾资源调查研究协作组,协调和统一调研计划和方法,按海区分工,更进一步全面系统地开展了调查工作。

1963年开始,每年8月初对渤海三个湾幼虾的主要分布区进行相对数量调查,并据此定期地发布渤海秋汛对虾渔获量预报,预报方法逐步完善,可靠性不断提高。为了探索对虾数量变动的原因,黄海水产研究所以及河北省水产研究

所、天津市水产研究所从1963年开始还在渤海湾对虾产卵场连续进行了10余年的产卵场调查，重点了解对虾卵子、幼体数量分布以及影响对虾补充量的环境因素。

通过几个研究所的密切协作，我们取得了有关对虾的生物学、种群、早期生活史、洄游分布以及生产统计等大量第一手资料。同时不断发布渤海秋汛对虾的汛期与现场渔场预报和渔获量预报，为渔业生产者提供重要的情报，直接服务于生产，服务于社会。

为了保护 and 合理利用对虾资源，根据我们多年来对虾渔业生物学调查、捕捞对对虾资源数量的影响、亲体与补充量之间的关系等方面所取得的成果和渔业生产实践，曾经拟定了《渤海对虾繁殖保护试行办法》，以后又几经修改、补充，逐步完善为《渤海对虾繁殖保护条例》，均由国务院正式颁布施行。条例中规定了各种网具的禁渔期和禁渔区，明文规定了各种渔船和网具的开捕期，借以保护产卵亲虾和仔、幼虾，加强了秋汛对虾渔业的科学管理。

20多年来先后参加对虾资源调查研究工作的有黄、渤海区几个研究所的许多同志，除本书作者外，主要还有黄海水产研究所的张煜、康元德、朱金声，山东省海洋水产研究所的韩光祖，辽宁省海洋水产研究所的刘传楨，河北省水产研究所的胡国松和天津市水产研究所的刘厚义等诸位同志。本书中引用的资料应属大家多年的努力研究以及辛勤的海上劳动共同取得的成果，统此致意。

对虾资源的调研工作虽然已经进行了20多年，取得了大量的宝贵资料，但是应当指出的是：由于种种原因本书所需资料，还很不完整，尤其是渔业统计资料，统计的系列太短，加之作者的水平有限，错误难免，殷切希望读者予以指

正。

本书承蒙中国水产科学研究院东海水产研究所赵传纲副所长拨冗详细地审阅和修改，武汉大学张尧庭教授百忙中对书中数理模式及计算予以审定，统此表示衷心的感谢。此外，黄海水产研究所的王义忠同志为本书的插图复墨谨表谢忱。

# 目 录

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| 第一章 对虾的生物学特性 .....            | ( 1 )  |
| 1-1 对虾的生殖习性 .....             | ( 1 )  |
| 1-1-1 交尾 .....                | ( 1 )  |
| 1-1-2 产卵 .....                | ( 4 )  |
| 1-1-2-1 产卵场的环境条件 .....        | ( 4 )  |
| 1-1-2-2 性腺发育和生殖力 .....        | ( 7 )  |
| 1-1-2-3 产卵的时间 .....           | ( 8 )  |
| 1-2 对虾的早期生活史 .....            | ( 11 ) |
| 1-2-1 受精卵的孵化 .....            | ( 11 ) |
| 1-2-2 无节幼体 .....              | ( 12 ) |
| 1-2-3 溞状幼体 .....              | ( 13 ) |
| 1-2-4 糠虾幼体 .....              | ( 14 ) |
| 1-2-5 仔虾 .....                | ( 15 ) |
| 1-3 对虾的摄食习性 .....             | ( 16 ) |
| 1-3-1 食物组成 .....              | ( 16 ) |
| 1-3-1-1 幼体的食物组成 .....         | ( 16 ) |
| 1-3-1-2 仔虾的食物组成 .....         | ( 17 ) |
| 1-3-1-3 幼、成虾的食物组成 .....       | ( 26 ) |
| 1-3-2 摄食强度 .....              | ( 29 ) |
| 1-3-3 对虾的饵料基础及其与索饵虾群的关系 ..... | ( 33 ) |
| 1-4 对虾的种群 .....               | ( 36 ) |
| 第二章 对虾的行动分布与环境条件 .....        | ( 40 ) |
| 2-1 对虾卵子、幼体的数量分布与环境的关系 .....  | ( 40 ) |

|         |                                    |        |
|---------|------------------------------------|--------|
| 2-1-1   | 对虾卵子、幼体的数量分布 .....                 | ( 40 ) |
| 2-1-2   | 卵子、幼体的垂直分布 .....                   | ( 45 ) |
| 2-1-3   | 卵子、幼体的数量分布与盐度、潮流的关系 .....          | ( 47 ) |
| 2-2     | 仔、幼虾的分布与环境条件的关系 .....              | ( 48 ) |
| 2-2-1   | 仔、幼虾的分布与盐度的关系 .....                | ( 48 ) |
| 2-2-2   | 仔、幼虾溯河洄游距离与径流量的关系 .....            | ( 49 ) |
| 2-3     | 渤海秋汛索饵虾群的洄游和分布 .....               | ( 50 ) |
| 2-3-1   | 渤海秋汛对虾标志放流的重捕率和洄游速度 .....          | ( 50 ) |
| 2-3-2   | 渤海秋汛早期对虾索饵群体的行动分布 .....            | ( 54 ) |
| 2-3-2-1 | 辽东湾虾群 .....                        | ( 55 ) |
| 2-3-2-2 | 滦河口虾群 .....                        | ( 58 ) |
| 2-3-2-3 | 渤海湾虾群 .....                        | ( 58 ) |
| 2-3-2-4 | 莱州湾虾群 .....                        | ( 59 ) |
| 2-3-3   | 渤海秋汛后期对虾索饵群体的行动分布 .....            | ( 60 ) |
| 2-4     | 渤海秋汛对虾的行动分布与水温的关系 .....            | ( 61 ) |
| 2-5     | 烟威外海早秋对虾渔场形成的条件及预报方法 .....         | ( 63 ) |
| 2-5-1   | 烟威早秋对虾渔场的形成与对虾补充量的关系 .....         | ( 63 ) |
| 2-5-2   | 烟威早秋对虾渔场形成的海况条件 .....              | ( 63 ) |
| 2-5-3   | 烟威外海早秋对虾渔场的预报方法 .....              | ( 74 ) |
| 2-6     | 渤海秋汛对虾渔场的预报 .....                  | ( 75 ) |
| 2-6-1   | 索饵期渔场预报 .....                      | ( 75 ) |
| 2-6-2   | 渤海对虾越冬洄游期的渔场预报 .....               | ( 79 ) |
| 2-7     | 黄海北部(海洋岛)渔场秋汛对虾行动分布及<br>渔场特点 ..... | ( 81 ) |
| 2-7-1   | 行动分布 .....                         | ( 81 ) |
| 2-7-2   | 渔场特点 .....                         | ( 81 ) |
| 2-8     | 山东南部(青岛-海阳)渔场秋汛对虾的行动               |        |



|                                                          |         |
|----------------------------------------------------------|---------|
| 分布.....                                                  | ( 83 )  |
| 2-9 对虾的洄游、越冬及其与外界环境的关系.....                              | ( 84 )  |
| 2-9-1 对虾越冬洄游及其与外界环境的关系.....                              | ( 85 )  |
| 2-9-2 对虾在越冬场 ( 1—2 月份 ) 数量分布与环境的<br>关系.....              | ( 86 )  |
| 2-9-3 对虾的生殖洄游及其与环境的关系.....                               | ( 88 )  |
| <b>第三章 对虾渔业</b> .....                                    | ( 92 )  |
| 3-1 渔业特点 .....                                           | ( 92 )  |
| 3-1-1 渔汛 .....                                           | ( 92 )  |
| 3-1-2 沿岸渔业和近海渔业 .....                                    | ( 92 )  |
| 3-1-3 渔场.....                                            | ( 95 )  |
| 3-1-4 对虾渔业对鱼类资源的影响 .....                                 | ( 96 )  |
| 3-2 捕捞力量标准化 .....                                        | ( 98 )  |
| 3-3 捕捞力量的变化 .....                                        | ( 100 ) |
| <b>第四章 种群参数</b> .....                                    | ( 104 ) |
| 4-1 对虾的生长 .....                                          | ( 104 ) |
| 4-1-1 对虾的生长特征 .....                                      | ( 104 ) |
| 4-1-2 长度与体重的相关关系 .....                                   | ( 106 ) |
| 4-1-3 对虾的一般生长型 .....                                     | ( 111 ) |
| 4-1-4 体重增长系数 ( $G$ ) .....                               | ( 119 ) |
| 4-1-5 生长的年变化 .....                                       | ( 120 ) |
| 4-2 对虾的死亡 .....                                          | ( 122 ) |
| 4-2-1 总死亡值 ( $Z$ ) 的估算 .....                             | ( 122 ) |
| 4-2-1-1 用渔获尾数为相对资源量估算总死亡值.....                           | ( 125 ) |
| 4-2-1-2 用单位捕捞力量渔获尾数 ( $CPUE$ 或 $y/f$ )<br>估计 $Z$ 值 ..... | ( 126 ) |
| 4-2-1-3 用标志放流重捕结果估计 $Z$ 值 .....                          | ( 126 ) |
| 4-2-2 雄虾交尾死亡 ( $M_m$ ) 值的估算 .....                        | ( 129 ) |
| 4-2-3 自然死亡 ( $M$ ) .....                                 | ( 133 ) |

|                                               |       |
|-----------------------------------------------|-------|
| 4-2-4 捕捞死亡值 ( $F$ ) .....                     | (136) |
| 4-2-5 沿岸渔业的捕捞死亡值 .....                        | (143) |
| 4-2-6 捕捞死亡系数 ( $F$ ) 和捕捞力量 ( $f$ ) 间的关系 ..... | (146) |
| <b>第五章 对虾的数量变动</b> .....                      | (152) |
| 5-1 渔获量变化 .....                               | (152) |
| 5-2 单位捕捞力量渔获量和相对资源量的变化 .....                  | (154) |
| 5-3 估算对虾世代数量 .....                            | (155) |
| 5-3-1 世代分析 (cohort analysis) .....            | (156) |
| 5-3-2 Delury 方法 .....                         | (160) |
| 5-4 剩余部分数量下降特征 .....                          | (163) |
| 5-5 对虾数量变动原因的探讨 .....                         | (164) |
| <b>第六章 对虾渔业的数量预报</b> .....                    | (167) |
| 6-1 相对资源量调查 .....                             | (168) |
| 6-1-1 站位设置和试捕时机 .....                         | (168) |
| 6-1-2 试捕网具 .....                              | (169) |
| 6-2 预报模型 .....                                | (170) |
| 6-2-1 一元回归预报模型 .....                          | (171) |
| 6-2-2 多元回归预报模型 .....                          | (173) |
| 6-3 条件和精度 .....                               | (186) |
| 6-3-1 捕捞力量、生长和自然死亡 .....                      | (187) |
| 6-3-2 试捕条件 .....                              | (188) |
| <b>第七章 资源评估</b> .....                         | (191) |
| 7-1 对虾亲体和补充量之间的关系 .....                       | (191) |
| 7-1-1 渤海对虾亲体-补充量关系 .....                      | (193) |
| 7-1-2 环境对亲体-补充量系统的影响 .....                    | (202) |
| 7-1-3 讨论 .....                                | (203) |
| 7-2 捕捞方式对产量的影响 .....                          | (207) |
| 7-2-1 模型 .....                                | (208) |

|       |                                 |       |
|-------|---------------------------------|-------|
| 7-2-2 | 参数                              | (210) |
| 7-2-3 | 捕捞方式对世代产量的影响                    | (212) |
| 7-2-4 | 渤海秋汛对虾捕捞过度问题                    | (218) |
| 7-3   | 生物经济模型——渔业经济效益、就业和能源消耗          | (221) |
| 7-3-1 | 生物经济模型                          | (221) |
| 7-3-2 | 参数                              | (225) |
| 7-3-3 | 渤海秋汛对虾渔业的收入和捕捞力量之间的关系           | (227) |
| 7-3-4 | 渤海秋汛对虾渔业的 $U_{max}$ 和 $f_{eop}$ | (230) |
| 7-3-5 | 渤海秋汛对虾渔业的等利润曲线                  | (231) |
| 7-3-6 | 能源消耗                            | (233) |
| 7-3-7 | 就业                              | (236) |
| 第八章   | 对虾渔业的管理                         | (238) |
| 8-1   | 生物学和资源评估结果                      | (238) |
| 8-1-1 | 生物学                             | (239) |
| 8-1-2 | 资源评估结果                          | (239) |
| 8-2   | 管理策略                            | (240) |
| 8-2-1 | 亲虾管理和仔、幼虾的保护                    | (240) |
| 8-2-2 | 秋汛渤海对虾渔业的管理                     | (241) |
| 第九章   | 对虾资源的放流增殖                       | (248) |
| 9-1   | 增殖资源的必要性与可能性                    | (248) |
| 9-2   | 放流数量                            | (250) |
| 9-3   | 放流种苗的规格大小                       | (252) |
| 9-4   | 放流海区的选择                         | (254) |
| 9-5   | 放流种苗的跟踪                         | (257) |
| 9-6   | 对虾资源增殖的前景                       | (259) |
| 第十章   | 今后研究工作的方向                       | (261) |
| 10-1  | 环境的影响                           | (261) |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 10-1-1 已确定的环境因素的影响.....    | (261)        |
| 10-1-2 存在的主要问题和困难.....     | (262)        |
| 10-1-3 今后工作.....           | (263)        |
| 10-2 其他 .....              | (265)        |
| 10-2-1 基础资料.....           | (266)        |
| 10-2-2 捕捞力量的标准化.....       | (267)        |
| 10-2-3 亲体-补充量关系和自然死亡 ..... | (267)        |
| 10-2-4 社会经济.....           | (268)        |
| 10-3 调查项目的先后顺序和平衡 .....    | (268)        |
| <b>第十一章 简要的结论 .....</b>    | <b>(271)</b> |
| <b>参考文献 .....</b>          | <b>(277)</b> |

# 第一章 对虾的生物学特性

## 1-1 对虾的生殖习性

对虾为一年生虾类，雌、雄个体大小和性成熟的时间不同。雄虾9月下旬达性成熟，体色变黄，称为“黄虾”；雌虾10月上旬达性成熟，体色青绿，称为“青虾”。对虾的生殖活动分交尾和产卵两个阶段进行。对虾每年10月上旬至11月初进行交尾，整个交尾期持续约一个月时间；翌年春汛5月上、中旬至6月上旬产卵，产卵期持续一个月左右。

### 1-1-1 交尾

对虾的交尾活动在雌虾最后一次蜕皮后进行。高洪绪(1980)详细观察过对虾的交尾，认为雌虾蜕皮后在水体的中上层不停地缓缓游动，雄虾经过数小时反复地追逐雌虾后，游至雌虾的下方，并用头胸部前端顶住雌虾头胸部的腹面，两虾成锐角形(图1-1)一同向前游动，数秒钟后，雄虾突然翻身，腹部向上抱住雌虾并用第一对步足扒动雌虾交接器2—3次(图1-2)，然后雄虾迅速将身体横转，与雌虾的身体呈水平“+”字交叉，身体弯曲扣住雌虾，身体抽搐3—5次把第一个精英的豆状体(图1-3)送进雌虾的纳精囊中，同时与雌虾一起沉到池底停约3—4秒钟后，雄虾再次抽搐3—5次将另一个精英的豆状体送进纳精囊，然后两虾缓慢分离，此时两个体之间尚留有乳白色精英相连，逐渐分离至10毫米左右时雄虾突然弹跳，将精英的瓣状体由雄

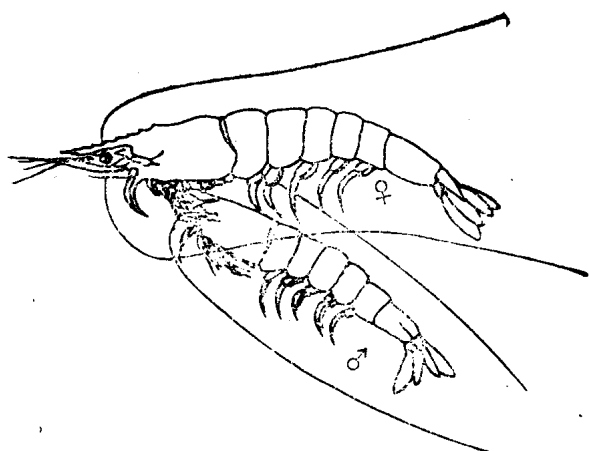


图1-1 (仿高洪绪, 1980)

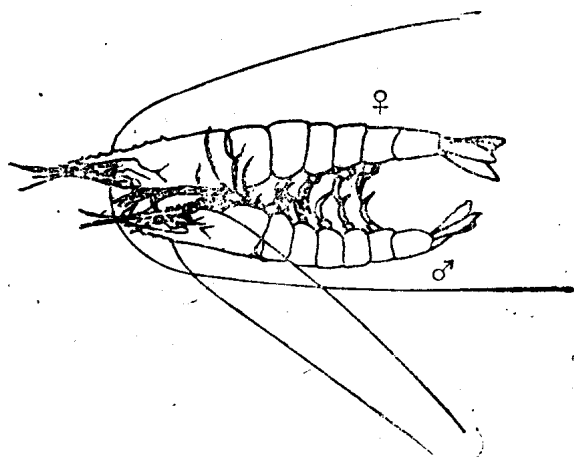


图1-2 (仿高洪绪, 1980)

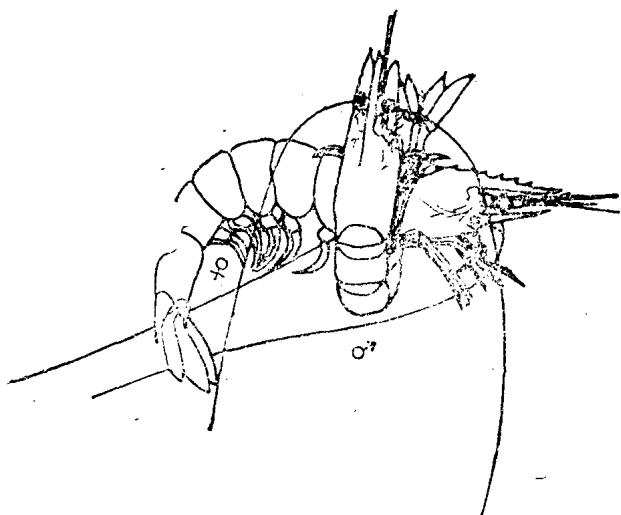


图1-3 (仿高洪绪, 1980)

虾生殖孔中全部排出，致使雌虾纳精囊内有一对精英，并有一对似花瓣状的精英附属物裸露在纳精囊的口外。人们俗称刚刚交尾后的雌虾为“带花”对虾，直至2—3天虾壳变硬以后精英才自行脱落。通常已交尾的雌虾纳精囊内仅有一对精英，但也发现极个别个体有两对精英，从而推断少量个体在蜕皮后短小时内可能进行过两次交尾。雄虾交尾后2—3天又生出新的精英，说明雄虾能多次进行交尾，但最终交尾后大部分雄虾死亡。在自然海区虽然无法观察对虾的交尾过程，但交尾期间在渔获物中雄虾的数量显著减少，也充分证明雄虾在交尾后大量死亡。

我们(韩光祖等, 1980)按交尾率的变化，把对虾交尾期分为三期：

初期：10月上旬至10月15日前后。开始时仅发现少量个体交尾，进入交尾盛期之前交尾率也只有10—30%。此时大多数雌性个体即将进入交尾蜕皮阶段，虾体甲壳内已生出新壳，是为“双壳”形成期，这时对虾活动力减弱，群体稳定，有利于拖网生产。

盛期：10月中、下旬大量雌虾最后一次蜕皮，进行交尾，“软皮”虾数量比较多，一般集中在短短的2—5天时间内，交尾率迅速增至80—90%。对虾蜕皮前后不摄食，检查可见空胃率较高。刚交尾的“软皮”虾活动力很弱，卧伏海底，不易捕到，网获量显著下降。

末期：10月末至11月初，尚有少量雌虾蜕皮交尾，至11月初对虾交尾基本结束。

交尾的对虾群体多分布在底层水温相对高温区域，交尾期间水温为16—20℃，交尾盛期的水温为18—19℃。对虾的蜕皮和交尾与潮汐密切相关，多集中在10月中旬至11月初的大潮汛（朔、望）期交尾。如交尾期间连续刮北向大风、冷空气频繁活动，可以刺激对虾蜕皮并交尾。对虾蜕皮和交尾活动一般在夜间进行。交尾后对虾性腺开始发育，再经过一段时间索饵肥育即开始越冬洄游，越冬洄游时，雌、雄个体分群，雌先、雄后经过渤海海峡游出渤海。

### 1-1-2 产卵

#### 1-1-2-1 产卵场的环境条件

渤海对虾的产卵场主要分布在渤海湾、莱州湾和辽东湾的黄河、海河、捷地减河、大口河、套儿河、大清河、小清河、滦河和辽河等河口附近海区（图1-4），产卵场的总面积约为1.2万平方公里，其中渤海湾产卵场面积约为4 800平方公里，占总面积的40%左右；莱州湾约为4 000平方公里，



占33.3%左右；辽东湾约为2 000平方公里,占16.7%；滦河口海区约为1 200平方公里,占10%左右。三个海湾产卵场的面积大小不同,产卵亲虾的数量和产卵场的环境条件也各有差异,因而三个湾发生的对虾资源补充量也大不相同。20多年来为对虾秋汛渔获量预报所进行的幼虾相对数量调查进一步证实了这一点。

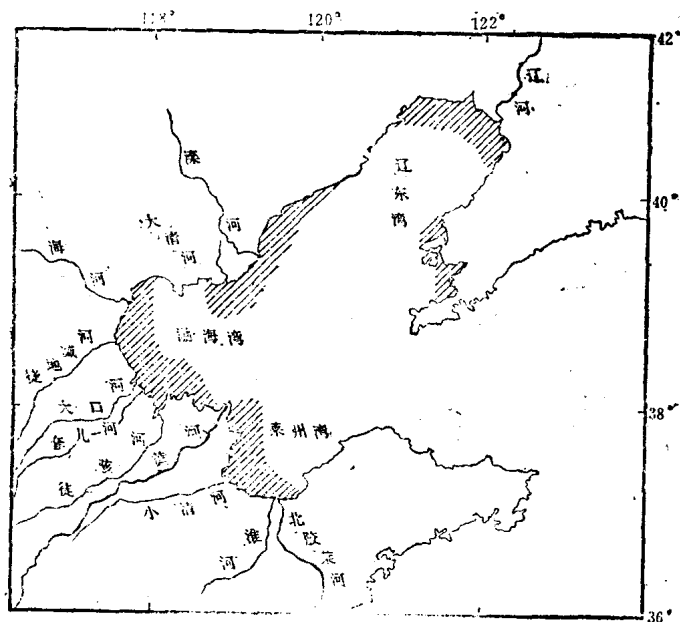


图1-4 渤海对虾产卵场分布图

对虾产卵场主要分布在水深10米以下的浅水区,有淡水注入,软泥底质,大风过后海水浑浊,透明度很小。对虾产卵期间底层水温为13—23℃,13℃是对虾产卵的最低温度;受径流量变化的影响,盐度变动较大,一般为23—32‰<sup>1)</sup>。

1) 盐度1‰=新盐标1。