

胶州湾大型无脊椎动物数量的 多年变化与趋势预测*

刘瑞玉 黄 勃 徐凤山 李笑红

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 利用 1981、1985、1989、1993 年 5 月和 8 月的定点拖网资料,选出大型无脊椎动物主要种,研究其多年变化规律,并预测其变化趋势。统计结果表明,各年 5 月份的平均捕获量分别为:1981 年 1252、1985 年 1480、1989 年 1076、1993 年 556 个/(网·时),呈明显的指数下降趋势,这种趋势符合 $X = -4275.244e^{-0.4302066t} + 5527.244$ 的规律;每年 8 月份的资源量分别为:1981 年 3190、1985 年 8474、1989 年 2027、1993 年 631 个/(网·时),亦呈明显的下降,符合 $X = -11266.9e^{-1.202198t} + 14456.9$ 的规律。以上变化趋势表明,若不采取有关措施,资源将近枯竭。

关键词 大型无脊椎动物,数量变动,数学模型,趋势预测

中图分类号 Q958.1

胶州湾大型无脊椎动物的研究大多集中在种群的各种参数上(相建海,1992;肖永顺等,1992;刘瑞玉等,1992;郑振水等,1992),其总体数量变动规律的研究尚未见报道。作者在研究胶州湾水域这些动物的变化规律时,着重抓住大多数种亲体大量出现在胶州湾水域进行繁殖的 5 月份和幼小个体(补充群体)数量最高的 8 月份这两个关键时期。作者发现最近十几年以来,主要经济种和某些优势种在强大渔船捕捞作业的压力下,种数虽然未见显著变化,其种群密度却明显减小,拖网相对捕获量大为降低。数据统计结果表明,过度捕捞已产生了明显的恶果,使资源遭受严重破坏,尽管胶州湾水域生物生产力和生物量都是较高的。本文报道胶州湾大型无脊椎动物资源的研究结果,旨在引起有关部门对合理利用和管理这一资源的重视,呼吁资源开发管理的决策部门对胶州湾大型无脊椎动物开发必须严格认真加强保护,坚持走持续发展的道路。

1 材料与方法

逐月在选定测站以 120Hp 双拖渔网(底网网目 10mm)拖网取样 30min,取样站位图见刘瑞玉主编《胶州湾生态学和生物资源》(刘瑞玉等,1992),样品计数称重。胶州湾水温有 3—4 年的周期性变化(翁学传等,1992),用最大熵谱分析法研究结果表明变化周期为 4 年,而大型底栖生物生物量的变化与水温密切相关(黄勃等,1998)。结合实际情况,本研究选 1981 年、1985 年、1989 年、1993 年 5 月和 8 月份时间间隔为 4 年的数据来进行分析。

* 中国科学院重大项目资助, KY85-08-01 号。刘瑞玉,男,出生于 1922 年 11 月,研究员,博士生导师,中国科学院院士, E-mail: jyliu@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 1999-10-20, 收修改稿日期: 2000-03-08

2 结果

比较历年调查结果, 发现经济无脊椎动物网捕获量的变化与捕捞强度的增大直接有关。1981 年 5 月大型动物的平均网捕获量为 1252 个/(网·时), 1985 年数量稍大, 为 1480 个/(网·时), 1989 年捕获量下降, 为 1076 个/(网·时), 至 1993 年 5 月平均捕获量大幅度下降, 为 556 个/(网·时), 仅为 1981 年的 44.4%。对这些数据建模(邓聚龙, 1985):

$$X = -4275.244e^{-0.4302066t} + 5527.244 \tag{1}$$

后验差比值: $C = 0.156\ 540\ 3$ (好)

小误差频率: $p = 1$ (好)

模型值与实测值见图 1a。

从数学模型(1)及图 1a, 可以看出 5 月份资源变动呈负增长型, 总的资源量明显减少, 其中数量减少最显著的有日本

(*Charybdis japonica*)、无针乌贼(*Sepiella maindroni*)、枪乌贼(*Loligo japonica* + *L. beka*)和中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*), 后者遭到毁灭性的追捕, 数量减少更为明显。日本 4 年中 5 月份捕获量分别为 15、27、10 和 3 尾, 1993 年数量仅为 1981 年的 1/5, 为 1985 年的 1/9。无针乌贼 1981 年 5 月平均网捕获量为 44 个, 1985 年和 1989 年 5 月各捕获 1 个标本, 1993 年竟然未采到标本, 这表明进入胶州湾产卵的无针乌贼数量已大为减少。

产卵亲体数量的减少决定了 8 月份的平均渔获量, 1981、1985、1989、1993 年 8 月份的平均渔获量分别为: 3190、8474、2027、631 个/(网·时), 对这些数据建模:

$$X = -11266.9e^{-1.202198t} + 14456.9 \tag{2}$$

后验差比值: $C = 0.130\ 338\ 9$ (好)

小误差频率: $p = 1$ (好)

从图 1b 及模型(2), 可以看出 8 月份的资源变化情况与 5 月份相似, 亦为指数负增长型, 这是由于 8 月份新生个体数量的减少。枪乌贼情况稍有不同: 1981 年平均网捕获量为 67 个, 1985 年下降为 6 个, 1989 年和 1993 年捕获量稍有回升, 分别为 20 和 30 个, 但仍显著较少, 分别为 1981 年的 29.9% 和 44.8%。

中国明对虾是胶州湾的主要经济种, 一般产卵洄游时, 每年 4 月中下旬即进入胶州湾(刘瑞玉等, 1992), 每年 5 月份调查取样时间较晚, 已见不到较大的虾群, 最明显的是

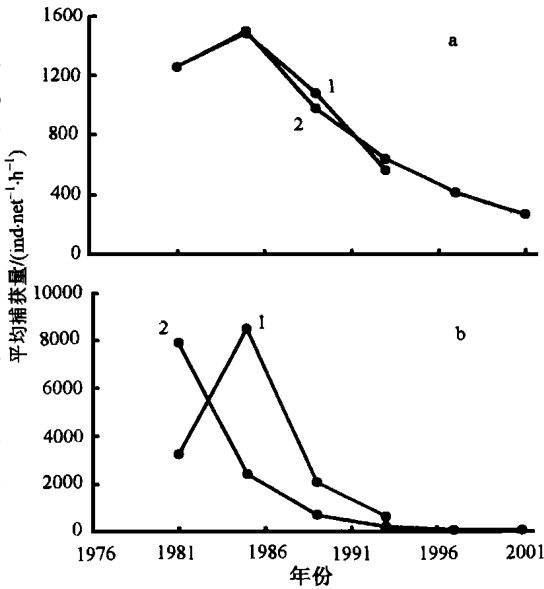


图 1 胶州湾 5 月份(a)和 8 月份(b)大型无脊椎动物数量多年变化与趋势预测

Fig. 1 Simulation and prediction of the trend of long term change in number of large invertebrates in Jiaozhou Bay in May (a) and in August (b)
1. 实测值 (Practical determination); 2. 模拟预测值 (Simulation and prediction)

1981 年, 而 1985 年的调查结果较符合实际情况, 其平均网获量为 4 尾。此后一段时间, 我国对虾养殖生产迅速发展, 春季养殖育苗对亲虾的需要量大幅度增长, 因此, 对亲虾的捕捞严重违反了繁殖亲虾休渔保护规定。春汛亲虾产卵洄游途中遭受的捕捞强度的增大, 使能进入胶州湾产卵的亲虾越来越少, 1989 年和 1993 年 5 月平均捕获量还达不到每网 1 尾的水平。因此导致 1989 年以后每年 8 月份中国对虾新生幼小个体数量大为减少, 可见过度捕捞所产生的恶果十分明显。

凶猛种口虾蛄与其它种有明显不同, 其数量不是逐年减少, 而是有所增加。它在上述 5 个年度中 8 月份的平均捕获分别为 17、164、265 和 88 个。口虾蛄是中国- 日本近岸浅海最占优势的大型凶猛无脊椎动物, 黄、渤海浅水海湾由于渔业捕捞强度的大幅度增长破坏了生态系统的结构, 某些集群性主要经济鱼虾由于过度捕捞而导致种群数量减少, 降低了虾蛄的食物竞争者的种群密度, 相对增多了饵料生物的供应, 因此使它的种群得到适宜的条件而大为发展。这一现象类似黄、渤海的毛虾(浮游生活植食性) 和黄海的鹰爪虾(底栖动物食性), 近年来由于凶猛经济鱼类成体及幼体密度的减少而获得其数量上的较大发展。

上述情况表明, 由于渔业捕捞强度的增加, 影响了许多鱼类产卵群体的活动和经济无脊椎动物种群的补充。拖网渔业过度捕捞不仅减少了经济种的资源量, 也破坏了海底的栖息环境, 因而使没有经济价值的海胆种群密度也因之大大降低。最明显的是细雕刻肋海胆(*Temnopleurus toreumaticus*), 在 1981、1985、1989、1993 年 4 个取样年在 5 月份, 网捕获量分别为 330、944、89 和 20 个, 1993 年的数量仅为 1981 年的 6. 1%, 为 1985 年的 2. 1%。

春季繁殖季节过后, 许多种的新生个体迅速长大, 8 月份出现数量高峰, 1981、1985、1989、1993 年这些动物的平均网捕获量分别为 3190、8474、2027 和 631 个, 大型经济无脊椎动物数量从 1985 年以后逐年显著下降。1993 年的网获量仅为 1981 年的 20. 3%, 为 1985 年 7. 4%。

主要种中国对虾 1981 年 8 月平均网捕获量为 240 尾, 1985 年为自然补充量最好的一年, 加上人工放流种苗, 幼虾种群密度增大, 相对数量高达 2920 尾/ 网。

上述资料表明胶州湾大型底栖动物(包括经济种和不具经济价值的优势种) 数量已大幅度减少。表 1 为 1981 年 8 月和 1993 年 8 月 8 个取样站总相对捕获量的比较。

表 1 1981 年和 1993 年 8 月各站大型无脊椎动物捕获量[个/(网· 时)] 比较

Tab. 1 Comparison of catch of large invertebrates from 8 sampling stations in Jiaozhou Bay in August between 1981 and 1993

站号	1981 年 8 月	1993 年 8 月	减少(%)
0513	3509	660	81. 2
0711	3513	680	80. 6
0713	3277	269	91. 8
0715	1712	847	50. 5
0913	3787	1123	70. 3
0915	2334	509	78. 2
0917	4002	424	89. 4
0919	3143	820	73. 9

数量减少最显著的是 0713 站,1993 年与 1981 年相比总数量下降了 91.8%,数量下降最少的是 0715 站,1993 年与 1981 年相比减少了 50.5%,捕获量的下降现象普遍出现,且下降的比例较大。

3 讨论与建议

胶州湾是南黄海西北部山东半岛南岸一个较大的半封闭型浅海湾,位处暖温带海的边缘,冬季水温较低(浅水区 2 月份为 2—4℃),沿岸有结冰现象;但温暖季节较长,自 4 月下旬至 11 月其水温可保持 15℃以上(霍文毅等,2001),是许多种动植物的繁殖季节,有较长的生长期。具有经济价值的大型无脊椎动物有许多种,有些成为当地的主要渔捞对象,例如中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)、鹰爪虾(*Trachysalambria curvirostris*)、周氏新对虾(*Metapenaeus joyneri*)、日本 (*Charybdis japonica*)、口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)、曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)、金乌贼(*Sepia esculenta*)、日本枪乌贼(*Loligo japonica*)、长蛸(*Octopus variabilis*)、短蛸(*Octopus ocellatus*)、蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)等。

上述种类大都具有距离长短不同的洄游习性,一般在春季随水温的上升而由湾外进入胶州湾进行繁殖,如中国明对虾、周氏新对虾、乌贼等;一些没有较长距离洄游习性的种,如口虾蛄、日本 等,也离开底内洞穴或岩礁缝隙外出活动。因此,每年 5 月份前后,胶州湾大型无脊椎动物的种类和个体数量都显著增多,形成数量高峰。胶州湾成为多种动物共同的繁殖场和育幼场。短生命周期的种其亲体一般产卵后死亡,繁殖季节以后数量有不同程度下降,而其新生个体(补充群)摄食强度大,发育生长迅速。移动能力较强的种,如虾类、头足类等,在 8 月下旬就开始陆续向湾外移动,继续高强度摄食和迅速生长发育,入冬后随沿岸浅水水温的下降而开始其越冬洄游。8 月份湾内形成了以新生幼小个体为主的另一个数量高峰,因而成为湾内(随后成为湾外)渔业捕捞的主要对象。

通过 1981、1985、1989 和 1993 年 4 次调查大型无脊椎动物捕获量数量的比较分析,可看出胶州湾经济动物资源已经由于捕捞过度而受到严重破坏。根据模型(1),预测 5 月份的资源变动趋势为 411(1997 年 5 月)、267(2001 年 5 月);根据模型(2),8 月份资源变化趋势为:214(1997 年 8 月)、62(2001 年 8 月)。这种变化趋势表明,若不及时采取措施,资源将近枯竭。这种现象应引起有关方面的足够重视。

当前,领导部门和科技工作者都在强调自然资源的持续利用和发展,对于可更新(可再生)的生物资源,科学管理与繁殖保护是非常重要的措施。只要管理、开发得当,使捕获量不超过资源的再生能力,就能够保持它的持续开发、利用,永远为胶州湾周围的人民所享用,为了保护资源再生与持续发展,建议:

1. 严格禁止建造和消减小型渔船,以防捕捞过度而破坏资源。
2. 严格执行禁捕产卵群体的规定,认真保护经济动物的产卵群体。产卵群体是生物资源补充、发展的基础,一种动物的自然种群每年必须有一定数量新生个体补充入种群中来,才能维持群体数量使它得到持续利用。
3. 应大力保持经济种,禁止捕捞经济种的幼小(稚、幼期)个体。新生个体在产卵场和育幼场处在高强度摄食生长迅速阶段,例如中国对虾等多数种,特别是 6—7 月份仔幼虾大量聚集在低潮线附近的浅水区摄食活动,在此期间应严格禁止个体渔民叉推网作业。

4. 为了提高渔获物质量, 保护幼虾生长, 应推迟黄渤海放流增殖对虾开捕期为 9 月 10 日[根据黄、渤海资源保护渔业管理规定, 增殖对虾可于 8 月下旬(25 日) 开捕, 而野生的自然虾群的开捕期是 9 月 10 日]。严防个体渔民早在 8 月初开始偷捕。近来这一现象愈来愈加重。对此, 必须严厉惩处, 绝对禁止提前偷捕, 以保证自然资源迅速增长, 走持续发展的道路。

参 考 文 献

- 邓聚龙, 1985. 灰色系统理论的 GM 模型. 模糊数学, 2: 23—32
- 刘瑞玉, 崔玉珩, 徐凤山等, 1992. 放流对虾的生态学. 见: 刘瑞玉主编. 胶州湾生态学和生物资源学. 北京: 科学出版社, 317—329
- 肖永顺, 刘瑞玉, 崔玉珩, 1992. 中国对虾仔虾在河口区的移动. 见: 刘瑞玉主编. 胶州湾生态学和生物资源学. 北京: 科学出版社, 308—316
- 郑振水, 刘瑞玉, 崔玉珩, 1992. 周氏新对虾幼虾生态学. 见: 刘瑞玉主编. 胶州湾生态学和生物资源学. 北京: 科学出版社, 330—338
- 相建海, 1992. 中国对虾主要资源参数. 见: 刘瑞玉主编. 胶州湾生态学和生物资源学. 北京: 科学出版社, 298—307
- 翁学传, 朱兰部, 王一飞, 1992. 水文要素的结构与变化. 见: 刘瑞玉主编. 胶州湾生态学和生物资源学. 北京: 科学出版社, 20—39
- 黄 勃, 刘瑞玉, 1998. 胶州湾生态系统非生物环境因子统计分析. 华东师范大学学报(动物学专辑), 131—134
- 霍文毅, 俞志明, 邹景忠等, 2001. 胶州湾中肋骨条藻赤潮与环境因子的关系. 海洋与湖沼, 32(3): 311—318

PREDICTION OF LONG TERM CHANGE OF ABUNDANCE OF LARGE INVERTEBRATES IN THE JIAOZHOU BAY, YELLOW SEA

LIU Rui-Yu(J. Y. Liu), HUANG Bo, XU Feng-Shan, LI Xiao-Hong

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

Abstract The shallow waters along the Yellow Sea coast are rich in large economic invertebrates such as the decapod and stomatopod crustaceans and cephalopod molluscs which are main catches of local fisheries. Most species of these groups spawn in shallow coastal waters in late spring or early summer by May, the new born juveniles feed and grow fast in summer and autumn when water temperature is comparatively high. Some of them migrate to offshore waters where food organisms are rich. Most of them may grow up into the recruitment stock and the peak of their abundance appeared generally in August. Recent over-exploitation of coastal fishery resources by growing fishing effort resulted in great change of abundance and stock size of most species of these invertebrates. The stock size of most of these economic species decreased obviously in recent years as compared with those data obtained in the 1980's excepting certain species whose stock size seems to be increased. The present paper predicts the trend of the long term change in abundance of the main species of large invertebrates by the functions based upon the trawling data obtained in May and August of 1981, 1985, 1989 and 1993. The functions simulating the trend of this change in May, model (1), and in August, model (2), are developed as follows:

$$X = -4275.244e^{-0.4302066t} + 5527.244 \quad (1)$$

$$X = -11266.9e^{-1.202198t} + 14456.9 \quad (2)$$

Where X is individual number, t is time (year).

According to model (1) and Fig. 1, the number of individuals of these invertebrates show a declining trend since 1985, when an average catch of 1480 ind. / (net • h) in 1989 decreased to 1076, in 1993 to a low of 556. The most obviously decreased number may be seen in *Charybdis japonica*, *Sepiella maindroni*, *Sepia esculenta* and *Fenneropenaeus chinensis*. The decrease of brood stock of *Sepiella* in May resulted in the decrease of its number of individuals in August.

Based on the model (2) and Fig. 2, similar results have been seen with the exception of *Loligo* spp. the catch of which increased somewhat in 1989 and 1993 after its decrease in 1985.

Overfishing of the matured females of *Fenneropenaeus chinensis* in April in the year resulted in the decrease of the abundance of its broodstock in May and the new born young shrimps in August. Different results may be seen in the change of number of the predator species *Oratosquilla oratoria* and the non-economic sea urchin *Temnopleurus toreumaticus*. The stock size of the former species increased distinctly in recent years. The number of individuals of it in August is 17, 164, 265 and 88 in 1981, 1985, 1989 and 1993 respectively. The increase in number of individuals is distinctly the result of overfishing and the change of ecosystem structure in the related coastal waters; the decrease in number of its competitor, the predator fishes, and the increase of food organisms may increase the stock size of the mantis shrimp. Overfishing of trawling fishery damaged not only the living resources, but also destroyed the bottom environments, the habitats of most bottom dwelling organisms, and resulted in the decrease of stock density of certain non-economic species such as the sea urchin *Temnopleurus toreumaticus*, the total catch of it decreased from 3190, 8474 and 2027 in 1981, 1985 and 1989 respectively to 631 ind. / (net • h) in 1993.

The data listed in Table 1 have shown the decrease of total relative catch of large invertebrates from each sampling stations.

The results of this study have shown that the decrease of stock size of large invertebrates is due to over exploitation. The predicted change trends of the invertebrate resources in the studied area indicates that the following effective measures to enhance the management of fishing activities and the preservation of fishery resources in the Yellow Sea should be immediately adopted for the maintenance of their sustainable development:

1. To decrease the fishing effort in coastal areas by cutting off or restricting the number of small fishing boat;
2. To forbid the catching of the broodstock (spawning stock), the juveniles and young stages of economic important species of large invertebrates in their spawning and nursing areas;
3. To postpone the open time of autumn catching season of restocked (released) Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*, from August 25 to September 10 (the fast grow period) in the Yellow Sea and Bohai Sea.

Key words Large invertebrate, Change of abundance, Mathematical model, Trend prediction