

渤海对虾亲体与补充量(SRR)动态特性的研究*

邓景耀 朱金声 任胜民

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘 要 80年代以来,渤海对虾的补充量,特别是亲体数量大幅度下降。根据1983—1994年4月烟威外海对虾亲体资源量指数和渤海秋汛对虾渔获量,按Beverton—Holt和Ricker模式求得各项参数值,有

$$R_t^{-1} = 3.86 \times 10^{-3} + 1.17 \times 10^{-2} S_t^{-1} \quad R^2 = 0.74 \quad p < 0.001$$

$$R_t = 90.05 S_t e^{-0.16217 S_t} \quad R^2 = 0.51 \quad p < 0.01$$

表明:当今渤海对虾亲体对补充量有决定影响,可是80年代亲体数量的平均值只有60年代和70年代的34.4%和44.2%;而进入90年代以来,亲体数量又较80代下降了20%。80年代中期渤海沿岸产卵场的环境条件因对虾养殖业的迅速发展发生了较大变化,养殖面积和单位面积产量大幅度增加。这个新的环境因素对对虾补充量也有一定的影响。渤海对虾亲体数量严重短缺,是恢复和增加对虾补充量的主要限制因素。

关键词 中国对虾, 补充量, 亲体数量, 生态环境, 渤海

前 言

80年代初期黄渤海区从事对虾种群动态研究的学者^[1-3,5]在渤海区和辽东湾不同生态条件下,采用Ricker和Beverton—Holt繁殖模式或者通过多元回归分析的方法比较深入的研究了亲体与补充量的相关关系(SRR)。还定量地阐述了在渤海及辽东湾对虾产卵繁殖期间,渤海沿岸的大风、降水量、日照、河水径流量、盐度等多变的环境因素,对对虾的补充量以及亲体—补充量模式中各项参数的影响。80年代以来,对虾亲体数量严重不足,渤海沿岸对虾养殖业从无到有迅速发展,对虾养殖场换水对仔幼虾的损害量以及产卵场生态环境的影响日益增大。本文正是在这种新的情况下进一步探讨亲体—补充量关系的动态特征以及产卵场环境条件的变化对亲体—补充量模式中诸参数所产生的影响。

收稿日期: 1995-09-22。

* 国家“八五”攻关项目。

材 料 与 方 法

(一)资料来源

1. 渤海对虾亲体数量 取 1983-1994 年 4 月在烟威外海使用双拖网渔船取样获得的亲虾资源量指数(尾/网、小时)(表 1)。1983-1989 年由黄海 103, 104 号 600HP 的试捕调查船承担调查任务, 1989-1994 年改由 124HP 的机帆船进行试捕调查, 1989 年两对船同步对比调查, 两者的资源量指数的折算比例为 1:1.8。

2. 渤海对虾补充量指数以渤海秋汛对虾渔获量为基础 80 年代以来因为采取按秋汛产量征收增殖税的办法, 导致生产船瞒产现象严重, 我们参照准确率和精度很高的渤海秋汛渔获量预报值进行修正。1985 年渤海开始进行对虾种苗放流, 参照黄海种苗放流历年的回捕率从渤海秋汛对虾渔获量(尾数)中扣除了人工放流群体的回捕尾数(表 1)。渤海湾、莱州湾、辽东湾等三个湾历年对虾的补充量指数, 系根据 8 月初对虾相对资源量调查获得三个湾的对虾资源量指数按三个湾 8 月初幼虾分布区的面积加权按式(1)估算的。

$$y_i = \frac{a_i x_i Y}{\sum_{i=1}^3 a_i x_i} \quad (i=1, 2, 3) \quad (1)$$

这里 y_i 为三个湾对虾历年秋汛渔获尾数

a_i 为渤海三个湾 8 月初幼虾分布区面积加权系数

其中 a_1 (渤海湾) = 42.5% a_2 (莱州湾) = 40% a_3 (辽东湾) = 17.5%

即 x_1 = 渤海湾对虾资源量指数, x_2 = 莱州湾对虾资源量指数, x_3 = 辽东湾对虾资源量指数

Y = 渤海秋汛对虾渔获量(尾数)(表 1)

表 1 1983-1994 年渤海对虾亲体数量和秋汛渔获量
Table 1 Abundance indices of spawning stock and autumn catches
of penaeid shrimp in the Bohai Sea in 1983-1994

年份 year	对虾亲体数量		秋汛对虾渔获量($\times 10^6$ 尾)			
	烟威外海 4 月对虾资源量指数(尾/网、小时)	春汛产量($\times 10^6$ 尾)	渤海 Bohai Sea	渤海湾 Bohai bay	辽东湾 Liaodong Bay	莱州湾 Laizhou Bay
1983	8.6	10.69	358.85	193.65	21.79	143.42
1984	3.8	5.66	130.55	72.44	20.92	37.18
1985	3.5	9.54	401.46	29.84	15.90	355.72
1986	6.8	10.48	217.90	24.83	77.48	115.60
1987	1.8	6.53	93.69	37.39	11.98	44.32
1988	4.1	8.08	414.91	83.02	10.33	321.56
1989	7.4	10.37	116.43	21.83	5.99	88.61
1990	6.1	/	290.35	212.45	12.12	65.79
1991	11.4	/	91.06	36.33	5.88	48.85
1992	2.2	/	68.10	23.11	4.30	40.69
1993	0.7	/	59.04	4.03	3.74	51.27
1994	0.6	/	38.08	5.75	0.95	31.38

3. 渤海及各湾对虾养殖面积和单位面积产量 取自沿海各县(市)的统计资料。
4. 渤海盐度资料 取自龙口、塘沽、秦皇岛、止锚湾、鲅鱼圈和长兴岛 6 个海洋站实际观测的平均值。
5. 渤海沿岸的大风和日照资料 系羊口、塘沽和营口 3 个气象站实测的平均值。

(二)方法

为了定量的研究亲体数量(S_t)和补充量(R_t)之间的依存关系,世界上通常使用 Ricker (1954, 1975)和 Beverton - Holt(1957)^[6]两种数学模式或称繁殖曲线(SRR)来描述种群亲体一补充量的相关关系。两条曲线的形式和性质有明显不同,前者为一条有明显隆起的曲线,当补充量增加到最大值后,随着亲体数量增加,补充量迅速减少,当亲体数量趋于 ∞ 时,补充量为零;后者是一条有渐近值的曲线,当亲体数量增加到一定程度后,补充量趋于一个稳定的水平,亲体数量趋于 ∞ 时,补充量为常数。按对虾种群的生物学特性而论,似乎选用 Ricker 模式为宜。近十余年来由于亲体数量不足渤海对虾补充量是在一个很低的水平上波动,亲体数量变化范围太小,我们同时选用了 Beverton - Holt 模式描述当前渤海对虾亲体和补充量之间的关系^[4]。

结 果

根据 Ricker 模式 $R_t = aS_t e^{-bS_t}$ (2)

和 Beverton - Holt 模式

$$R_t = \frac{1}{a + b/S_t} \quad (3)$$

求得渤海对虾亲体一补充量繁殖曲线的相关系数和各项参数值列入表 2 中。

表 2 渤海对虾亲体一补充量模式(SRR)的相关系数和参数值

Table 2 parameters and correlation coefficients in stock recruitment models (SRR)

模式类型 Model	表达式 Expression	相关系数 (R^2)	P	参数 Parameters	
				a	b
Ricker 型	$R_t/S_t = ae^{-bS_t}$	0.51	<0.01	90.054	1.622×10^{-2}
Beverton - Holt 型	$R_t^{-1} = a + bS_t^{-1}$	0.74	<0.001	3.86×10^{-3}	1.17×10^{-2}

这里 R_t 为渤海对虾的补充量, S_t 为渤海亲虾资源量指数(尾/网·小时), a 和 b 分别为与渤海产卵场的环境因素和亲体数量有关的对虾自然死亡参数^[6](图 1)。

在研究对虾产卵场生态环境因素对 1983 - 1994 年对虾亲体一补充量关系和对虾补充量的影响时,我们用逐步回归的方法选出渤海沿岸 5 月上旬—6 月的北向大风(>10m/sec)的持续时间(x_1), 5 月—6 月上旬的日照时数(x_2), 5—6 月平均盐度(x_3)和养殖对虾的单位面积产量(x_4)等 4 个环境因素,可以把它们与亲体资源量指数一起作为多个变量进行多元回归分析(式 4),也可以把上述环境因素作为一个动态变量(a'_t)导入 Beverton—Holt 亲体一补充量模式中,两者均可通过显著性检验。图 2 显示出两种补充量的计算值与补充量实

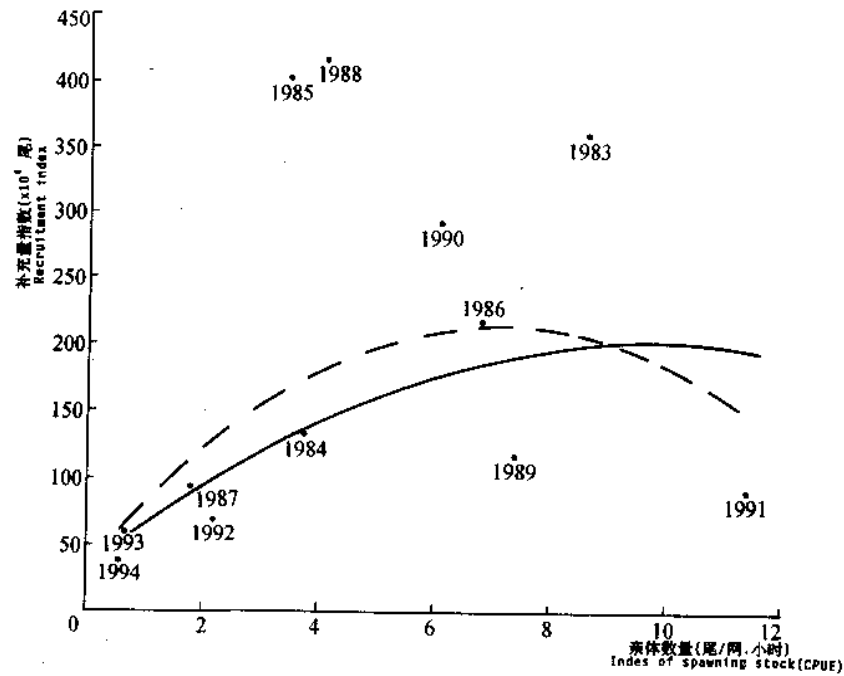


图1 渤海对虾亲体——补充量曲线

实线—Beverton-Holt 模式; 虚线—Ricker 模式

Fig.1 Stock-recruitment curve of Penaeid shrimp in the Bohai Sea

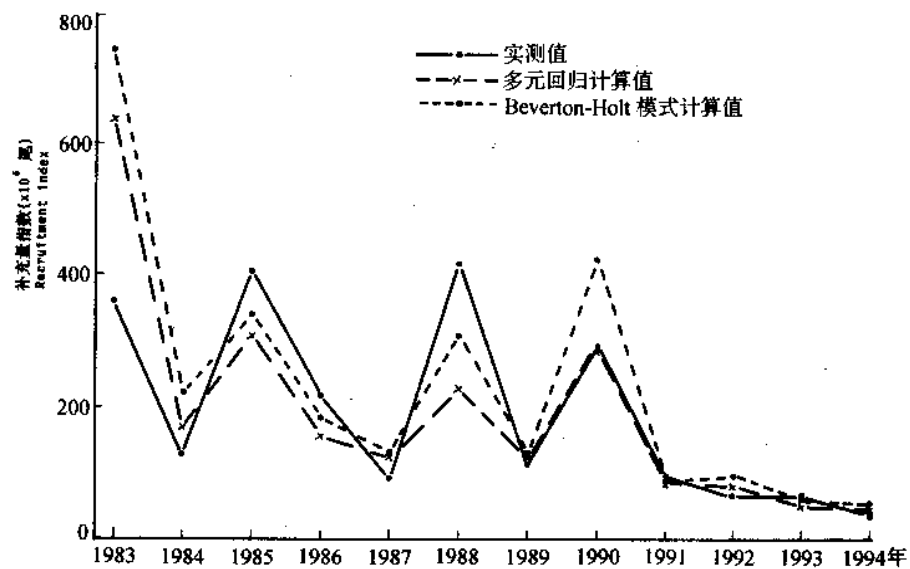


图2 渤海对虾补充量指数的实测值和计算值

Fig.2 Comparison of observed and calculated recruitment indices of Penaeid shrimp in the Bohai Sea

测值的拟合程度。上述环境因素互相搭配的综合作用,能够为补充量带来新的有影响的信息,相关系数明显增大,从而提高了回归的精度。

$$\text{有 } R_c^{-1} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + bS_c^{-1} \quad (4)$$

$$\text{这里 } a_0 = -0.2976 \quad a_1 = 0.0003 \quad a_2 = 0.0001 \quad a_3 = 0.0077$$

$$a_4 = 0.0201 \quad b = 0.01433 \quad R^2 = 0.925 \quad p < 0.005$$

据此分析渤海对虾补充量的变化有 90% 以上被亲体数量和已知环境因子所控制,而环境因素中起主导作用的是养殖对虾的单位面积产量,非了解信息的控制程度不足 8%。

1990-94 年在渤海湾塘港养虾场及邻近的塘沽盐场扬水站 6 月纳水对仔虾损害量(尾/m³)表明:它与渤海湾对虾补充量呈显著的正相关关系($r = +0.992$ $p < 0.001$)。可见渤海沿岸盐田、电厂特别是养虾场纳水对对虾补充量有直接的影响。(表 3)

表 3 1990-1994 年 6 月盐田和养虾场扬水站纳水损害仔虾数量

Table 3 The death numbers of post larvae from water intakes
by salt industries and shrimp farming

年份 Year	地 点 Location	纳水损害仔虾数量			渤海湾对虾补充量指数 ($\times 10^6$ 尾) Recruitment index Nr. $\times 10^6$
		损害总尾数 ($\times 10^4$) Numbef	尾数 $\times 10^4$ /day Nr. $\times 10^4$ /day	尾/m ³ Nr./m ³	
1990	塘港养虾场 Shrimp farm of Tanggu—Dagang	1411.0	117.6	15.3	212.45
1991	天津对虾增殖站 Shrimp enhancement Station of Tianjin	79.7	4.4	3.5	36.33
1992	塘沽盐场 Salt industries of Tanggu	54.7	3.65	0.12	23.11
1993	塘沽盐场 Salt industries of Tanggu	91.8	5.74	0.12	4.03
1994	塘沽盐场 Salt industries of Tanggu	127.4	7.50	0.29	5.75

讨 论 与 结 论

1. 亲体数量 渤海秋汛对虾渔业 60 年代初开始形成以来,叶昌臣等^[1]和 Tang 等^[5]曾经先后使用 1961-1976 年和 1962-1983 年渤海对虾春汛(S_c)和秋汛渔获量(R_c)资料,用 Beverton-Holt 和 Ricker 模式描述过两者之间的相关关系,相关系数分别为

$$R^2 = 0.36 (p < 0.05) \text{ 和 } R^2 = 0.39 (p < 0.002)$$

在渤海秋汛对虾渔业两个不同时期(1962-1983 和 1983-1994)我们分别使用春汛对虾渔获量和烟威外海亲虾单位捕捞力量渔获量(CPUE)作为亲体资源量指数,后者应当更能代表产卵亲虾的实际数量。但是,根据现有的 1983-1989 年的资料(表 1)用渤海春汛产量(Y)和烟威外海亲虾资源量指数(X)进行回归分析的结果表明

$$(Y = 5.36 + 0.66X \quad r = +0.80) (p < 0.005)$$

两者的变动趋势是一致的,因此都有一定的代表性。

实际上是渤海对虾渔业前后两个时期对亲体一补充量的关系的主要影响因素发生了变

化, 1983 年以来补充量特别是亲体数量大幅度下降。两个时期两种亲体—补充量模式的相关系数 R^2 分别为 0.36^[1] 或 0.39^[5] 和 0.74 或 0.51。可见亲体资源量指数在前后两个时期的作用, 即对补充量控制的程度显著不同。

80 年代以来亲体数量的平均值只有 60 和 70 年代的 34.4% 和 44.2%, 90 年代因为没有可靠的统计资料不便对比, 按烟威外海亲虾相对数量调查值估计 90 年代前半期亲体数量的平均值又较 80 年代下降了 20%。因此亲体数量越来越少, 是恢复和增加渤海对虾补充量的主要限制因素。当前要增加亲体数量是很困难的, 因此开展种苗人工放流是增加渤海补充量的重要途径。

2. 产卵场生态环境的变化 Tang 等^[5] 在 1962—1983 年亲体—补充量模式中(Ricker)引入了一个对补充量有重要的综合影响的可变的环境因子参数(a'), 它包括了渤海沿岸对虾产卵场的降水量、日照、盐度和黄河径流量等环境因子。60、70 和 80 年代这个环境参数(a')的平均值分别为 38.9、57.3 和 59.7, 可见 80 年代以来原有的对亲体—补充量产生影响的环境因素没有发生明显的变化。但从 80 年代开始, 渤海沿岸对虾养殖业兴起并迅速发展, 养殖面积由 1983 年的 5700 公顷增至 1988—89 年近 7 万公顷; 产量也由 248kg/公顷增至近 1400kg/公顷, 这是一个 80 年代以来新增加的重要环境因素。

渤海沿岸对虾养殖业无论是扩大养殖面积抑或是提高单位产量, 都对对虾的补充量产生不利的影响, 至于影响的机制是否可以从以下两个方面来分析: 一方面, 渤海沿岸共有中小型扬水站 300—400 处, 纳水损害仔虾的数量当是十分可观的, 对补充量的直接影响也是显而易见的; 另一方面, 无论是扩大养殖面积还是提高单位面积产量, 都要求增加换水量并加剧因对虾残饵和排泄物增加的有机污染, 从而对对虾的补充量产生直接的或间接的影响。在对虾养殖业中提倡使用高质量的配合饲料不仅有利于提高养殖对虾产量, 还可减少对沿岸水域的剩余有机物的排放, 从而有利于改善养殖、放流增殖以及野生群体种苗赖以生存水域的生态环境。

3. 仔、幼虾的保护 为了保护仔幼虾, 增加渤海对虾补充量, 迟恩绪等^① 针对纳水损害仔、幼虾问题, 在渤海诸湾养虾场扬水站选点开展了在进水口附近设置仔、幼虾防护网的试验, 找到了一种简单易行、费用低廉、防护效果很好的防护方法。每年 6 月上中旬在渤海沿岸的各纳水口附近普遍设置防护网, 查禁秋汛对虾开捕前, 特别是 7 月份, 沿岸各种渔具违规捕捞, 可以大大增加对虾野生和人工放流群体的补充量和回捕率, 振兴渤海秋汛对虾渔业。

参 考 文 献

- [1] 叶昌臣、刘传桢、李培军, 1980。对虾亲体数量与补充量之间的关系。水产学报, 4(1): 1~7
- [2] 吴敬南、王有君、崔维喜, 1982。辽东湾对虾补充量的变动。海洋渔业, (4): 147
- [3] 刘海映、李培军、王文波、马莹, 1993。辽东湾中国对虾亲体和补充量关系。水产科学, 12(6): 1—3
- [4] 费鸿年、张诗全, 1990。水产资源学, 493—517。中国科学技术出版社。
- [5] Tang, Q., J. Deng, and T. Zhu, 1989. A family of Ricker SRR curves of the prawn(*Penaeus orientalis*) under different environmental conditions and its enhancement potential in the Bohai Sea. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci, 108: 335—339.
- [6] Ricker W. E., 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bull of the Fish. Res.

① 见黄渤海渔政局已鉴定的成果, 1994。

Board of Canada., 191: 291—293.

TUDY ON DYNAMIC OF STOCK RECRUITMENT RELATIONSHIP(SRR) OF PENAEID SHRIMP (*PENAEUS CHINENSIS*) IN THE BOHAI SEA

Deng Jingyao Zhu Jinsheng Ren Shengmin

(Yellow Sea Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

ABSTRACT Recruitment has considerably fluctuated annually since the early 1960 's during the development of penaeid shrimp fishery in autumn. Penaeid shrimp recruitment, especially the spawning stock, has significantly decreased in the Bohai Sea since the 1980 's. The relationship between the stock and recruitment can be well described by Beverton – Holt and Ricker models based on CPUE of the spawning stock and the catch in autumn from 1983 – 1994 in the Bohai Sea. The formula and parameters are $R_t^{-1} = a + bS_t^{-1}$, where $a = 0.0039$, $b = 0.0117$, $R^2 = 0.74(p < 0.001)$, R_t = catch in fall fishing season and S_t = CPUE of the spawning stock. Results indicate that the recruitment was controlled largely by the spawning stock size. There was a considerable decrease of the spawning stock in the 1980 's, which was 34.4% and 44.2% to that in 1960 's and 1970 's respectively. The spawning stock in 1990 's decreased by about 20% comparing that in 1980 's. Environmental factors on the spawning grounds played less role in SRR model. Further, shrimp farming along the coast of Bohai Sea is a new factor affecting the recruitment since 1980 's. The shortage of spawning stock is the main limiting factor in the restoration to the levels of the 1970 's. It is difficult to increase the spawning stock in the Bohai Sea, so artificial release of post larvae has become an important way to raise recruitment of penaeid shrimp in the Bohai Sea.

KEYWORDS *Penaeus chinensis*, Spawning, Stock, Recruitment, Environment, BoHai sea