

文章编号: 1000- 0615(2000)03- 0364- 06

东海北部哈氏仿对虾的种群动态 及其最高持续渔获量

李 明 云¹, 倪 海 儿¹, 竺 俊 全¹, 宋 海 棠², 俞 存 根²

(1. 宁波大学海洋与水产系, 浙江 宁波 315211; 2. 浙江省海洋水产研究所资源研究室, 浙江 舟山 316100)

摘要: 哈氏仿对虾是东海北部主要的拖虾渔业对象。在雌性的体长组成中, 70~ 90mm 的个体占优势, 占总数的 63%。应用 ELEFAN I 和 ELEFAN II 技术对哈氏仿对虾每月的体长资料进行分析, 结果表明: 生长参数 $K = 1.7$, 极限体长 $L_{\infty} = 128\text{mm}$, 自然死亡系数 $M = 2.7427$, 总死亡系数 $Z = 8.323$, 利用率 $E = 67.06\%$, 极限年龄为 1.3234 岁, 选择体长为 59.67mm, 补充类型为二季补充型。通过单位补充量产量 Y/R 和单位补充量产值 Y_v/R 分析表明, 该群体的利用已到了相当充分的水平, 若保持现有的捕捞水平, 把开捕体长增大至 70mm 时, 单位补充量产量可增加 1.77%, 产值可增加 10.78%。但若捕捞死亡水平继续增加, 产量几乎不再增加, 而产值却明显下降。

关键词: 哈氏仿对虾; 种群动态; 最高持续渔获量

中图分类号: S931 文献标识码: A

Population dynamics and estimation of maximum sustaining yield for *Parapenaeopsis hardwickii* in the northern area of East China Sea

LI Ming-yun¹, NI Hai-er¹, ZHU Jun-quan¹, SONG Hai-tang², YU Cun-gen²

(1. Department of Ocean and Fisheries, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Resources Laboratory, Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China)

Abstract: Based on the monthly length-frequency data obtained from the northern area of East China Sea during the periods of 1986 - 1987 and 1993 - 1995, the population dynamics and maximum sustaining yield of *Parapenaeopsis hardwickii* were studied. The dominant length group for the female was 70- 90mm, which was 63% of the total female. By using ELEFANI and II technique, the growth parameters were estimated: $K = 1.7$, $L_{\infty} = 128\text{mm}$ and $t_0 = - 0.1185$, the approximate longevity was 1.3234 years. Total mortality $z = 8.3280$, and mean selection length $L_c = 59.67\text{mm}$. Natural mortality $M = 2.7427$ was estimated by using the empirical relationship between M , the growth parameters and mean environmental temperature, and the exploitation rate, $E = F/Z = 0.6706$, was obtained. Yield-per-recruit and the value of yield-per-recruit analysis indicated that the stock of *Parapenaeopsis hardwickii* had been fully exploited. An increase in yield-per-recruit and the value of yield-per-recruit may be expected if the size of first capture has a moderate increase. The value of yield-per-recruit would be reduced with the increase of fishing mortality.

Key words: *Parapenaeopsis hardwickii*, population dynamics, maximum sustaining yield

收稿日期: 1999- 09- 20

作者简介: 李星云(1942-), 男, 教授。Tel: 0574- 7393845

东海北部海区(29°30'N~31°30', 125°00'E 以西) 气候温暖, 饵料生物丰富, 海底平坦, 适宜于各种生态类群的海洋生物繁衍生长, 尤其是虾类。它是哈氏仿对虾(*Parapenaeopsis hardwickii*) 的主要分布区域, 哈氏仿对虾在该海区的渔获量中占 35.6%, 高的可达 70%~80%, 年产量约 11 500 t^[1]。所以对哈氏仿对虾的种群动态及其最大持续渔获量的研究对于合理利用东海北部海区虾类资源具有代表意义。

因为哈氏仿对虾的月龄难以判断, 因此难以建立生长模式, 也无法对其渔业资源进行评估。所以在哈氏仿对虾的研究方面, 到目前也仅有笔者对其生物学特征研究的报道^[2]。为了分析东海北部哈氏仿对虾资源目前被利用的情况, 本文采用了 ELEFAN I 和 ELEFAN II 技术^[3,4], 估计了哈氏仿对虾的生长参数(L_{∞} , t_0 和 K)、总死亡系数(Z)、自然死亡系数(M)、利用率(E) 以及选择体长和补充类型, 在此基础上进行了单位补充量产量 Y/R 和单位补充量产值 Yv/R 的分析, 为持续合理利用哈氏仿对虾的资源提供科学的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

研究用的材料于 1986 年 10 月至 1987 年 7 月取自嵊泗县、普陀区组织的 4 艘拖虾调查船, 每航次根据生产情况 3~4 天取样 1 次, 共收集哈氏仿对虾样品 5 077 尾。由于调查船维修及季节性转产等原因, 收集的样品缺乏连续性, 因此, 在 1993 年 3 月至 1995 年 6 月, 又在宁波鱼市场码头返航销货的船上取样 3 387 尾, 并对这两批样品进行了同质性检验, 保证了样品的同质性与连续性。对收集的样品先鉴别性别, 然后按无脊椎动物生物学测定标准进行测定。

1.2 方法

求得哈氏仿对虾的体重与体长的关系式为 $W = 2.0983 \times 10^{-5} L^{2.868}$ 。根据求得的指数 $b = 2.868$ 对指数 $\beta = 3$ 进行了 t 检验, 检验结果不能否定 $\beta = 3$ 的假设 ($P < 0.01$), 因此采用 ELEFAN I 技术拟合特殊的 van Bertalanffy 生长方程 $L_t = L_{\infty}(1 - \exp(-K(t - t_0)))$ (L_t 为 t 龄虾的体长, L_{∞} 为极限体长; K 为生长常数; t_0 为理论生长起始年龄)。

用 ELEFAN II 技术估计总死亡系数 Z 、自然死亡系数 M 、平均选择体长 L_c , 并推测补充类型。

用 Beverton-Holt 模型^[4] 计算单位补充量产量和单位补充量产值。在计算单位补充产值中, 由当地市场价格, 确定价格权函数 $V(L_t)$ (分/g) 如下:

$$V(L_t) = \begin{cases} 3 & L_t < 80\text{mm} \\ 4 & 80\text{mm} \leq L_t < 90\text{mm} \\ 5 & 90\text{mm} \leq L_t < 100\text{mm} \\ 5.6 & 100\text{mm} \leq L_t < 110\text{mm} \\ 6 & L_t \geq 110\text{mm} \end{cases}$$

2 结果

2.1 哈氏仿对虾的种群动态

2.1.1 群体结构

哈氏仿对虾群体各月的体长组成见图 1, 其最大体长为 112mm, 最小体长为 20mm。从冬季捕捞汛期 12 月至 1 月份看, 体长为 70~90mm、体重为 3.5~8.5g 的个体占优势, 占总数的 63%。哈氏仿对虾的繁殖期为 5~10 月, 其中 6、7 两个月为繁殖盛期。一年中其雌雄比例有较大变化。11 月至翌年 3 月, 雌雄比为 1:1; 5 月至 12 月雌性个体明显多于雄性个体, 雌雄性比分别为 1:0.7、1:0.24、1:0.28、1:0.50、1:0.31、1:0.63。因此本文以雌性个体为代表进行分析。

2.1.2 生长规律

就各月份的渔获个体而言(图1),9月份个体平均体长最小,为52.1mm,平均体重为2.0g,体长小于50mm的个体占近40%。至12月份,平均体长增至69.4mm,平均体重增至4.3g,形成冬季拖虾生产汛期。直至翌年6、7月份,个体达到最大,平均体长为82.9mm,平均体重达8.9g,体长大于75mm的个体占优势,达到75%,大部分个体性已成熟。8月份出现生殖和补充两个群体。

哈氏仿对虾的体重(W)(g)与体长(L)(mm)呈幂函数关系: $W = 2.0983 \times 10^{-5} L^{2.868}$, $r = 0.9976$ 。

由ELEFAN I技术对体长频率分布拟合特殊的Van Bertalanffy生长曲线,得到 $L_{\infty} = 128\text{mm}$, $K = 1.7$, $t_0 = -0.1158$, 即: $L_t = 128(1 - \exp(-1.7(t + 0.1158)))$ 。

拟合生长曲线(Explained sum of peaks)为2.3976, 样本(Available sum of peaks)为13.4495, 它们的比值ESP/ASP为0.1782, 近似寿命为1.3234岁。由体长频率分布拟合的生长曲线见图1。

2.2 资源动态

2.2.1 种群总死亡系数

一般认为t时刻的死亡率(总死亡率)与当时的种群数量 N_t 成正比, 即有: $dN_t/dt = -ZN_t$, 则 $N_t = N_0 e^{-Zt}$

Z即为总死亡系数。把上式两边取对数, 得到线性方程:

$$\ln N_t = a + bt, \text{ 式中 } a = \ln N_0, b = -Z.$$

把各体长所对应的年龄(由生长方程求得)与 $\ln(N_t/\Delta t)$ (N_t 为t龄虾在样品总数中所占的比例)作散点图, 见图2。为了消除生长的非线性性, 这里的 N_t 分别除以其相应的体长组的下限生长到上限所需的时间 Δt 。选取右边的8个点, 拟合的直线方程为:

$$Y = 6.8977 - 8.3280X, r = 0.9921$$

由此得到哈氏仿对虾的总死亡系数的估计值为 $Z = 8.3280$ 。

2.2.2 自然死亡系数和捕捞死亡系数

根据Pauly建立的回归方程^[5], 自然死亡系数M与极限体长 L_{∞} 、VBGF中的参数K和水域的平均水温t有如下关系:

$$\lg M = -0.0066 - 0.2791 \lg L_{\infty} + 0.6543 \lg K + 0.4634 \lg t$$

将以上求得的 $L_{\infty} = 12.8\text{cm}$ 、 $K = 1.7$ 和该海区的平均水温 $t = 20^{\circ}\text{C}$ 代入方程, 得到自然死亡系数的估计值 $M = 2.7424$ 。由自然死亡系数 $M = 2.7424$, 总死亡系数 $Z = 8.3280$, 即可求得捕捞死亡系数 $F = Z - M = 5.5853$ 。并求得目前东海北部哈氏仿对虾的利用率 $E = F/Z = 67.06\%$ 。

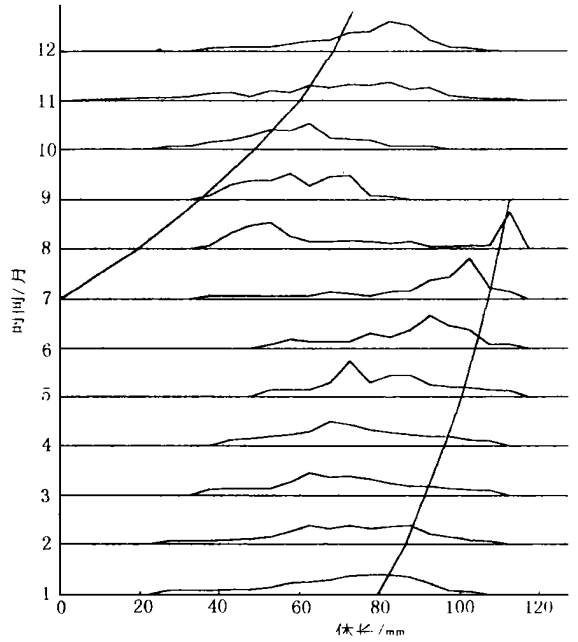


图1 哈氏仿对虾各月的体长频率分布及生长曲线
Fig.1 The monthly length frequency of *P. hardwickii* and its growth curve

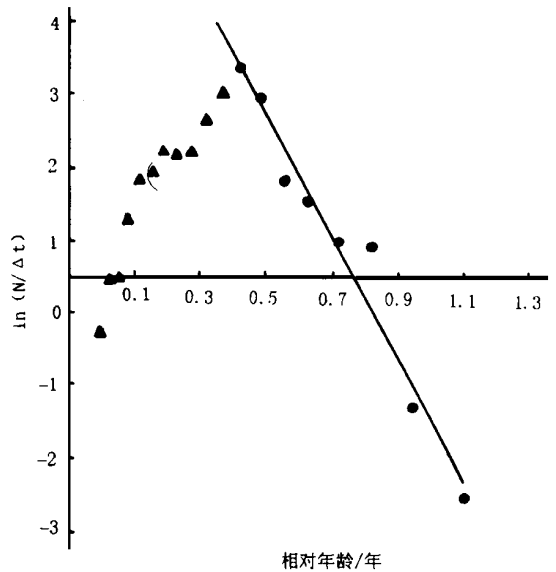


图2 相对年龄与 $\ln(N/\Delta t)$ 的关系
Fig.2 The relationship between relative age and $\ln(N/\Delta t)$

2.3 最高持续渔获量分析

2.3.1 平均选择体长

根据 2.2.1 中拟合的线性关系, 计算线性回归中未被使用的各点的 $\ln(N/t)$ 的观察值与期望值之比的累积率, 结果见图 3。当前拖虾渔业能捕捞的哈氏仿对虾的各体长组的比例估计量是 15~ 20mm 组的 0.01% 到 70~ 75mm 组的 100%。估计当前拖网渔业的平均选择体长 L_c (保留达 50% 的体长) 为 59.7mm。

2.3.2 单位补充产量产值分析

根据估计的捕捞死亡系数 F 、自然死亡系数 M 、总死亡系数 Z 、生长参数 K 、 t_0 及体长与体重的回归方程, 代入 Beverton-Holt 模型进行积分, 分别计算单位补充量的产量和产值, 得到当捕捞死亡系数 $F = 5.5853$ 时各开捕体长 L_c 所对应的单位补充量的产量和产值见图 4、图 5。当开捕体长 $L = 60\text{mm}$ 时, 各捕捞死亡系数所对应的单位补充量的产量和产值见图 6、图 7 (图中的虚线分别表示在当前水平即捕捞死亡系数为 5.59, 初捕体长为 59.7mm 时单位补充量的产量和产值)。

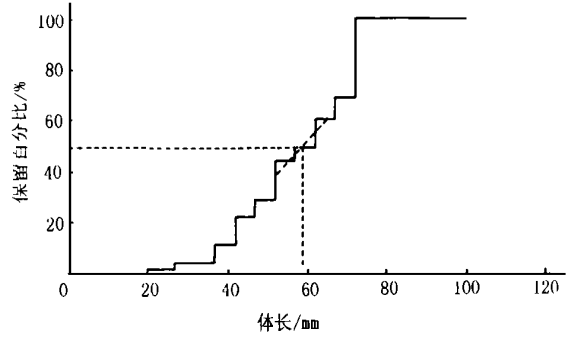


图 3 变换体长渔获曲线的保留百分数

Fig. 3 The proportional retention of length-converted catch curve

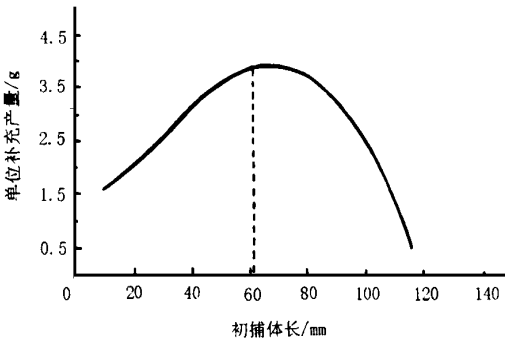


图 4 在不同的开捕体长下单位补充量的产量

Fig. 4 Yield per recruit at various lengths of first capture

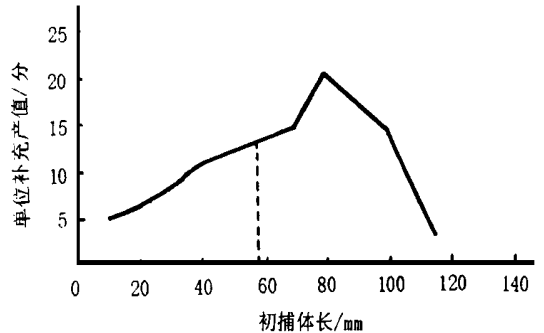


图 5 在不同的开捕体长下单位补充量的产值

Fig. 5 Value of yield per recruit at various lengths of first capture

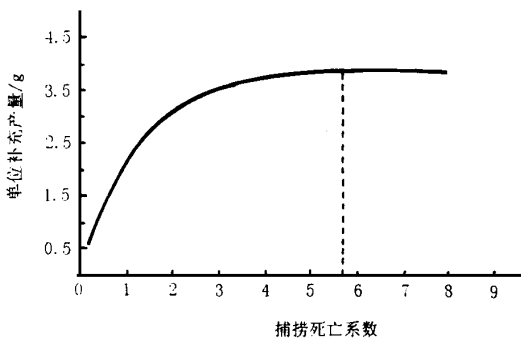


图 6 在不同的捕捞死亡系数下单位补充量的产量

Fig. 6 Yield per recruit at various levels of fishing mortality

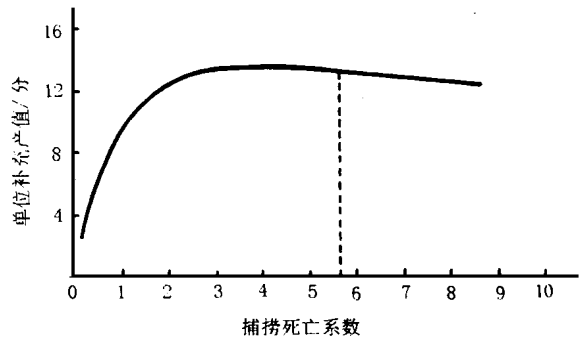


图 7 在不同的捕捞死亡系数下单位补充量的产值

Fig. 7 Value of yield per recruit at various levels of fishing mortality

由图 4 和图 5 可见, 在目前捕捞水平下, 在一定范围内增加开捕体长, 单位补充量产量增加, 当开捕体长增大到 70mm 时, 单位补充量产量达到最大, 可比当前水平上升 1.77%, 若再继续增大开捕体长, 则产量反而下降。从产值曲线来看, 当开捕体长增大到 80mm 时, 单位补充量的产值达到最大, 可比当前水平增加 52.29%。从图 6 和图 7 可见, 当捕捞死亡水平从当前水平提高时, 产量几乎不再增加, 而产值

却反而减少。反之,当捕捞死亡水平降低时,产量虽略有减少,但产值反而提高。

2.3.2 补充类型

从各月补充的相对量(图8),不难看出哈氏仿对虾在一年内的主要补充量在4~7月份,占全年补充量的63.03%。其次为8~10月份,占全年补充量的28.66%。

3 讨论

3.1 关于控制开捕体长和捕捞死亡水平问题

哈氏仿对虾是一种生命周期短、繁殖力大、生长迅速、补充能力强的资源,对该资源的开发利用具有重要的社会经济价值。但因东海北部该资源开发利用较早,又缺乏科学的管理,渔船逐年增加。因此了解该资源目前的利用状况,并制定相应的对策对于今后能否持续合理地利用哈氏仿对虾的资源是极为重要的。

由以上的计算得到哈氏仿对虾目前的利用率为67.06%,而根据格雷厄姆(Graham)提出的S型曲线理论,即种群的最适利用率为50%,按照这个标准,则哈氏仿对虾群体已属于过度利用。但也有学者认为,寿命短的种类能经受利用[真道重明(农林部水产局译).南中国海拖网渔业和底鱼资源评估.1974]。笔者认为当前哈氏仿对虾群体的利用已达到了相当充分的水平。从图5、图6看出,即使再增加捕捞强度,产量也几乎不再增加,而产值反而下降。如果减少捕捞强度,反而能使产值上升。根据对单位补充量产量、产值的分析,在捕捞死亡水平不变的情况下,将平均选择体长从60mm放大到70mm时,单位补充量的产量可增加1.77%,产值可增加10.78%。综合考虑上述几个因素,同时考虑到减少捕捞强度会影响到就业问题,笔者认为,要维持哈氏仿对虾的最高持续渔获量,可将开捕体长控制在70毫米,捕捞强度保持不变。

3.2 关于确定禁渔期和禁渔区的问题

本文应用ELEFAN II技术推算了哈氏仿对虾的补充类型。这里提到的补充类型是描述群体中出现体长为零的时间和数量。Pauly^[5]提到用此方法推算补充类型的标准差与年补充“窗”的宽度有关,因此标准差可用于对补充类型进行分类。标准差范围在1.90~2.89之间的属于二个季节的补充类型,哈氏仿对虾的标准差为2.1384,所以哈氏仿对虾属于二个季节的补充类型,以4~7月为补充盛期,这与9月份出现大量幼虾相一致。9月份出现的幼虾数量多、个体小,经济价值低,而其生长速度快,是第二年拖虾渔业丰收、资源不衰的基础,所以除了在理论上确定开捕体长,在实际中制订网具规格外,为了进一步控制小组网等其它作业破坏幼虾资源,笔者认为有必要对禁渔线以西的浙北海区实行虾类禁渔区,从7月15日至9月30日约二个半月时间实行禁渔期。

3.3 关于采用ELEFAN I和II技术评估哈氏仿对虾资源的适用性问题

也曾采用密度法评估了东海北部海区现存的哈氏仿对虾资源量为16465 t^[1]。由于鉴定年(月)龄困难,对该群体一直未曾用分析模式来评估其数量变动以及计算可捕率等数据,仅根据虾类生长快、性成熟早、繁殖力强、生命周期短、资源恢复快、捕捞群体年间分二个世代等来确定可捕率为0.8,因此缺乏理论依据。应用ELEFAN I和II技术,解决了鉴定年(月)龄的困难,克服了应用体长频率分布资料在推算年(月)龄和生长参数中存在的主观性。估计的生长参数 $K=1.7$, $L_{\infty}=128\text{mm}$, $W_{\infty}=23.19\text{g}$ 符合寿命短、生长快种群的生物学特性。如刺鱼 *Gasterosteus aculeatus* 的 $K=1.788$, $W_{\infty}=1.97\text{g}$; 短棘 *Leiognathus equulus* 的 $K=1.884$, $W_{\infty}=197\text{g}$; 羽鳃鲷 *Rastrelliger kanagurta* 的 $K=5.16$, $W_{\infty}=117\text{g}$,可见短寿命的种群的K值是比较高的。

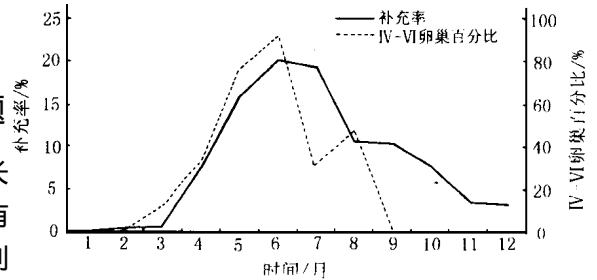


图8 补充类型

Fig.8 Recruitment pattern

采用 ELEFAN II 技术推算的总死亡系数、自然死亡系数、捕捞死亡系数、利用率等指标基本符合生产实际情况。如采用资源密度法评估的哈氏仿对虾的资源量为 16 465 t, 而实际年产量为 11 500 t, 若按利用率(67.06%) 计算, 则年产量为 11 041 t, 二者相差不多。另外, 从算得的选择体长(59.66mm) 来看, 也基本符合目前渔获的优势体长组。

应用 ELEFAN II 技术推算的补充类型见图 8, 把哈氏仿对虾各月性腺发育至 IV、V、VI 期(不包括 VI 期转入 II 期) 的样品占总样品的百分比也绘于图 8 中, 发现它与补充类型曲线较为接近的(图 8 的细线)。由此可说明 ELEFAN II 技术也适用于分析哈氏仿对虾的补充类型的确定。

参考文献:

- [1] 宋海棠, 俞存根, 丁跃平. 浙江近海虾类资源合理利用的研究[J]. 浙江水产学院学报, 1991, 10(2): 92-99.
- [2] 李凌云, 王春琳. 浙江近海哈氏仿对虾生物学特性的研究[A]. 中国动物科学研究(中国动物学研究学术会议文集)[C]. 北京: 中国林业出版社, 1999. 268-372.
- [3] 何宝全, 李辉权. 珠江河口棘头梅童鱼的资源评估[J]. 水产学报, 1988, 12(2): 125-136.
- [4] 费鸿年, 张诗全. 水产资源学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990. 412-424.
- [5] Pauly D. Studying single-species dynamics in a tropical multispecies context[A]. Pauly D, Murphy G I. Theory and management of tropical fisheries[C]. ICLARM Conference Proceedings, 1982. 9, 33-70, 360.

欢迎订阅 2001 年《上海水产大学学报》

《上海水产大学学报》是上海水产大学主办的以水产科学技术为主的综合性学术刊物。主要反映各学科科研成果, 促进学术与教学研究的交流与繁荣。主要刊载渔业资源、水产养殖和增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器、渔业经济与技术管理以及水产基础研究等方面的论文、调查报告、研究简报、综述与评述、简讯等, 并酌登学术动态和重要书刊的评介等。

本刊为季刊, 大 16 开, 国内外公开发行。每期单价: 6.00 元。国际标准刊号: ISSN 1004-7271, 国内统一刊号: CN31-1613/S。国内邮发代号: 4-604, 国际发行代号 4822Q。读者可在当地邮局订阅, 也可直接汇款到编辑部订阅。

编辑部地址: 上海市军工路 334 号, 上海水产大学 38 信箱, 邮编: 200090。

联系电话: (021) 65710892, 传真: (021) 65680965。

E-mail: xuebao@shfu.edu.cn