

## 黄海鲱鱼和黄海鲱鱼渔业\*

叶昌臣

(辽宁省海洋水产研究所)

唐启昇

(黄海水产研究所)

秦裕江

(辽宁省海洋水产研究所)

### 提 要

在本文中讨论了黄海鲱鱼的种群、移动、生长和死亡、数量变动和渔业预报渔业管理等问题。认为终年生活在黄海北纬 $34^{\circ}$ 以北海域的黄海鲱鱼是太平洋鲱鱼的一个族(种群)。黄海鲱鱼的生长特征可用 von Bertalanffy 生长方程描述。用 Delury 讨论过的方法和渔捞死亡率估算两种方法概算了1970世代在1972年1月初的资源量。两种方法的计算结果差5%，平均值为 $2082 \times 10^6$ 尾。在70年代，种群数量最多的是1972年，最少的是1977年，两者约差10倍。黄海鲱鱼数量的这种剧烈变动，是自然现象，不是过度捕捞。此外还研究了黄海鲱鱼渔业的最适网目尺寸和相应的渔捞死亡，提出了对黄海鲱鱼渔业的管理措施。

黄海鲱鱼渔业是由各类网具——机轮拖网、机轮围网、机帆船拖网、机帆船围网和沿岸多种定置或半流动网具组成的混合渔业。它曾经是黄海区的主要渔业之一。本文探讨有关黄海鲱鱼渔业和黄海鲱鱼的种群、分布、生长和死亡、数量概算和渔业管理等问题。

### 种群和分布

我们把黄海鲱鱼与日本北海(道)族、朝鲜族鲱鱼<sup>[1]</sup>的六项主要分节特征做了比较，资料列成表1。结果表明，黄海鲱鱼与北海(道)族除尾椎一项无显著差异( $t < t_{0.01}$ )外，其他五项，椎骨、躯椎、背鳍条、臀鳍条和棱鳞，差异均显著( $t > t_{0.01}$ )；黄海鲱鱼与朝鲜族相比，除椎骨和尾椎两项无显著差异( $t < t_{0.01}$ )外，其余四项，躯椎、背鳍条、臀鳍条和棱鳞，差异显著( $t > t_{0.01}$ )。说明，黄海鲱鱼与日本海的两个族在主要分节特征上均有显著差异。又根据1971—1978年8年28个航次的大面积探捕调查，和这几年千余份渔捞记录，从未在北纬 $34^{\circ}$ 以南海域发现过鲱鱼。故可认为，生活在黄海的鲱鱼是终年分布在北纬 $34^{\circ}$ 以北的黄海海域，是太平洋鲱鱼的一个族，称太平洋鲱鱼黄海族或称太平洋鲱鱼黄海种群，简称黄海鲱鱼。

黄海鲱鱼的移动分布特征。每年早春3—4月间，它分布在山东半岛和辽东半岛东南部沿岸浅水海域，进行生殖活动。主要产卵场位于山东省石岛到威海一带近岸水域，产卵时的水温约 $0-6^{\circ}\text{C}$ 。卵沉性，并粘着在海藻及其他附着物上。产卵后的鲱鱼游向外海，

\* 本文承南海水产研究所费鸿年教授，黄海水产研究所刘效舜副教授、林福生先生和本所吴敬南先生审阅。致谢意。

表1 差异显著性 t 检验\*

项 目	鱼 群	黄 海 鲱 鱼—北 海 道 鲱 鱼	黄 海 鲱 鱼—朝 鲜 鲱 鱼
椎	骨	5.41	1.29
驱	椎	7.18	2.69
尾	椎	2.37	1.50
背	鳍	6.32	8.60
臀	鳍	5.10	5.66
棱	鳞	0.96	4.10

\* t 检验所需的原始测定资料和统计量计算,本文从略。

注: 1,  $t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / \sqrt{(m_1^2 + m_2^2) / 2}$

2, 差异显著性检验,当  $df = \infty$  时,  $t_{0.01} = 2.58$ ,  $t_{0.001} = 3.29$

分散觅食。夏季主要分布在黄海中部和北部(北纬  $34^{\circ}$ — $39^{\circ}$ , 东经  $123^{\circ}$ — $125^{\circ}$ ), 水深 60—80 米的海域索饵肥育。秋、冬季分布范围较小, 主要分布在黄海中部(北纬  $35^{\circ}$ — $37^{\circ}$ , 东经  $123^{\circ}30'$ — $125^{\circ}$ ), 水深 70—80 米海区。冬末(2 月), 鱼群开始向北移动作生殖洄游。性不成熟幼鱼的分布与成鱼不同, 一般是幼鱼分布偏北, 成鱼分布偏南, 但在成鱼生殖洄游时, 两者易位。

## 生 长 和 死 亡

用实测资料绘制的黄海鲱鱼生长曲线如图 1 和图 2。图 1 是黄海鲱鱼的重量生长曲线, 图 2 是长度生长曲线。图形表明, 黄海鲱鱼的生长特征可用 von Bertalanffy 生长

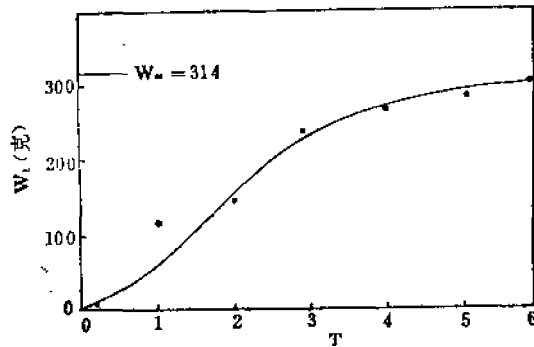


图 1 黄海鲱鱼重量生长曲线

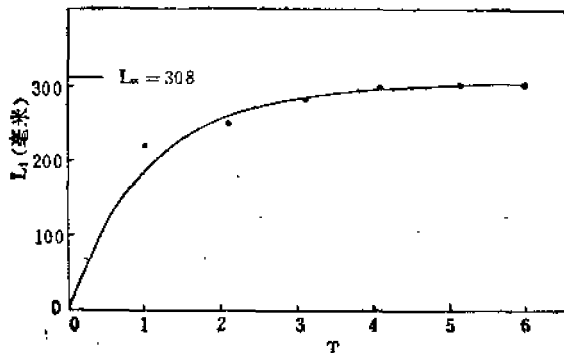


图 2 黄海鲱鱼长度生长曲线

方程描绘。用实测值计算的方程参数值为： $W_{\infty} = 314$  克， $L_{\infty} = 308$  毫米， $K = 0.59$ ， $t_0 = -0.54$ 。今将实测值和用 von Bertalanffy 生长方程的计算值列成表 2。两者相符。重量生长曲线的拐点位于  $t = 1.3$  年和  $W_{1.3} = 91.2$  克处，相当于  $0.290W_{\infty}$ 。

表 2 黄海鲱鱼体重生长实测值和计算值比较

年龄 (t)	$W_t^*$	$\hat{W}_t^{**}$	$L_t^*$	$\hat{L}_t^{**}$	备 注
1	117	67	223	184	* 实测值。
2	147	147	244	239	** 用 von Bertalanffy 方程计算, 方
3	216	211	275	270	程为:
4	262	254	289	287	$W_t = W_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]^3$
5	275	279	295	296	$L_t = L_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]$
6	299	294	301	301	

黄海鲱鱼的重量生长速度用式(1)<sup>[1]</sup> 或式(2)<sup>[8]</sup> 表示。

$$\frac{dw}{dt} = 3KW_{\infty}e^{-K(t-t_0)}[1 - e^{-K(t-t_0)}]^2 \quad (1)$$

$$\frac{dw}{dt} = 3K(W_{\infty}^{\frac{2}{3}}W_t^{\frac{1}{3}} - W_t) \quad (2)$$

式(1)和式(2)的差异在于, 式(1)是用年龄( $t$ )表示生长速度, 而式(2)是用体重( $W_t$ )表示生长速度。若计算值  $\hat{W}_t$  与实测值  $W_t$  相符, 则用式(1)和式(2)表示的生长速度相同。若  $\hat{W}_t$  与  $W_t$  不相符, 则式(1)和式(2)的结果不同, 在本例中, 两者结果相符。图 3 是黄海鲱鱼重量生长速度曲线, 表示重量生长速度随时间的变化特征。生长速度最大在  $\frac{d^2w}{dt^2} = 0$  处, 即  $t = 1.3$  年, 其值为 91.2 克。

通常用式(3)概算鱼类总死亡系数( $Z$ )。

$$L_n \frac{N_0}{N_t} = Z \quad (3)$$

式中  $N_0$  和  $N_t$  分别表示开始时和经过  $t$  时间后的资源量(尾)。式(3)仅要求比值, 合适的相对资源量指标也满足式(3)。如前所述, 黄海鲱鱼渔业是一个由各类网具组成的混合渔业。渔业统计资料和渔业具体情况不允许把渔业实际记录的渔捞努力量(fishing effort)计成统一的渔捞努力量标准单位。考虑到这个渔业中机轮拖网的产量约占总产的 50% 左右, 网次多, 作业范围广, 在渔汛期机轮拖网船的数量和类型没有很大变化, 取机轮拖网每 100 网为一个

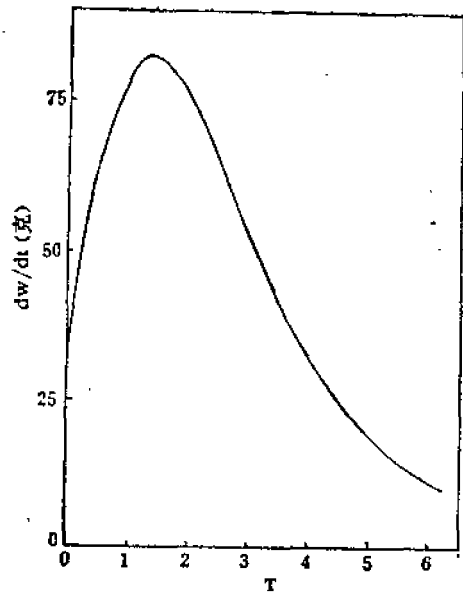


图 3 黄海鲱鱼重量生长速度曲线

(1) 叶昌臣、王有军, 1964. 辽东湾小黄鱼生长的研究. 辽宁省海洋水产研究所调查研究报告第 20 号。

渔捞努力量单位是合适的。今将原始资料和计算方法等列成表 3。一般认为,单位渔捞努力量渔获量是较好的相对资源指标。今用表 3 中  $F$  项的单位渔捞努力量渔获量资料按式 (3) 概算总死亡系数,其值为 1.05。这个数值是 1972 年 2 月初到 1973 年 2 月底的总死亡系数。

表 3 黄海鲱鱼 1970 世代单位渔捞努力量渔获量等资料

A	B	C	D	E	$F = \frac{C \times D \times 40 \times 500^{**}}{E}$	$G = \frac{B \times D \times 10^{***}}{E}$	$H = \frac{G}{F}$
时 期	渔 获 量 (吨)	$Y/f$ (箱)*	1970 世代 占%	$W_f$ (克)	$Y/f$ (尾)	捕捞尾数(尾)	渔捞努力 量( $f$ )
1972.2	15694	19500	91.8	145	$2.47 \times 10^6$	$99.36 \times 10^6$	40.2
1973.3	13292	11200	77.6	200	$0.864 \times 10^6$	$66.46 \times 10^6$	78.2

注: \*箱,每箱按 40 斤计,  $Y/f$  表示单位渔捞努力量渔获量; \*\*乘  $40 \times 500$  是由箱计成克; \*\*\*由单位吨计成位克。

总死亡系数是由渔捞死亡系数( $F$ )和自然死亡系数( $M$ )组成。渔捞死亡系数和渔捞努力量( $f$ )之间的关系可近似地取  $F = Cf$ ,  $C$  为捕捞系数,故有

$$Z = Cf + M \quad (4)$$

一般用式(4)把总死亡系数分成渔捞死亡系数和自然死亡系数。今将有关资料列成表 4。表中单位渔捞努力量渔获量的计算方法已在表 3 中说明了。用表 4 资料按式(4)计算结果,相关系数 0.84,  $M = 0.111$ 。表(4)资料不完全符合式(4)要求,可以把所测值近似地看成是这个时期的自然死亡值。故有  $Z = 1.05$ ,  $M = 0.111$ ,  $F = 0.939$ 。计成相应的总死亡率  $\bar{Z} = 0.65$ , 渔捞死亡率  $\bar{F} = 0.58$ , 自然死亡率  $\bar{M} = 0.07$ 。

表 4 黄海鲱鱼 1970 世代  $Z$  与  $f$  的关系

时 间	$\frac{Y}{F} \times 10^6$ 尾	$f$	$Z$
1972年2月	2.470	40	0.200
1972年3月	2.023	156	0.170
1972年4-12月	1.707	309	0.392
1973年1月	1.153	53	0.090
1973年2月	1.054	51	0.198
1973年3月	0.864	78	

## 数 量 概 算

我们以 1970 世代为例,用两种方法概算黄海鲱鱼世代数量,并将计算结果和实际捕捞相比较。

### (一) 用单位渔捞努力量渔获量资料概算

设有一个孤立种群, 取样时间间隔很短, 假定自然死亡与渔捞死亡相比, 可以忽略不计, 可导出式(5)

$$\left(\frac{Y}{f}\right)_{i+1} = N_0 C - C \sum_{j=1}^{i-1} Y_j \quad (5)$$

式中  $Y/f$  为单位渔捞努力量渔获量,  $N_0$  为渔捞开始时某世代数量(尾),  $C$  和  $Y$  分别为捕捞系数和渔获量。当  $i=0 \dots n$  时, 式(5)与 D. B. Delury 方法<sup>[4]</sup> 相同。

式(5)表明, 单位渔捞努力量渔获量与累计渔获量之间是一个简单的线性函数关系, 斜率为  $C$ , 截距为  $N_0 C$ 。如果渔业状况符合式(5)的要求, 并能取得一组对应的  $Y/f$  和渔获量资料, 就有可能用式(5)较正确地概算种群数量。今把黄海鲱鱼1970世代资料按式(5)要求制成表 5。用表中  $\left(\frac{Y}{f}\right)_{i+1}$  与  $\sum_{j=1}^{i-1} Y_j$  资料绘成图 4。相关系数  $r = -0.99$ , 统计检验  $P > 0.05$ , 斜率  $C$  为  $0.00105$ ,  $N_0 C$  为  $2.14 \times 10^6$  尾。故黄海鲱鱼 1970 世代在 1972 年 2 月初的资源量约  $2040 \times 10^6$  尾。

表 5 黄海鲱鱼 1970 世代的  $Y/f$  和  $Y$  的关系

时 间	$\frac{Y}{f} \times 10^6$ 尾	$Y \times 10^6$ 尾	$i$	$\left(\frac{Y}{f}\right)_{i+1}$	$\sum_{j=1}^{i-1} Y_j \times 10^6$ 尾
1972年2月	2.47	99.4	1	2.03	99.4
3月	2.03	315.6	2	1.71	415.0
4-12月	1.71	6.002	3	1.15	1015.2
1973年1月	1.15	61.4	4	1.05	1076.6
2月	1.05	53.7	5	0.86	1130.3
3月	0.86	66.5	6		

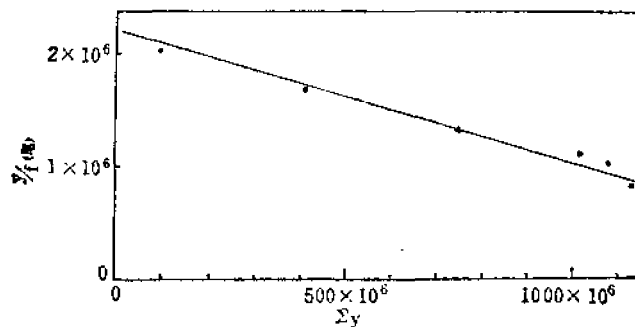


图 4 黄海鲱鱼 1970 世代  $Y/f$  与累计渔获量之间关系

### (二) 用渔捞死亡率概算

渔捞死亡率用式(6)表示,

$$\bar{F} = \frac{Y}{N_0} \quad (6)$$

因之, 渔获量 $Y$ 与渔捞死亡率 $\bar{F}$ 的比值等于开始时资源量 $N_0$ 。黄海鲱鱼从1972年2月初到1973年2月底的渔捞死亡率已测定为0.58(见上节)。这个时期捕捞1972世代 $1130.6 \times 10^6$ 尾(见表5)。故1970世代在1972年2月初的资源量约为 $1949 \times 10^6$ 尾。

用两种方法概算结果相近, 约差5%左右。平均值为 $1994 \times 10^6$ 尾。1972年1月捕1970世代 $87.9 \times 10^6$ 尾<sup>(1)</sup>。故黄海鲱鱼1970世代在1972年1月初进入补充部份时的数约为 $2082 \times 10^6$ 尾。

### (三) 概算值与实际生产结果比较

黄海鲱鱼的6龄鱼在捕捞群体中10年平均值约占0.5%左右, 它的数量对渔获量已没有什么影响了。黄海鲱鱼在2龄鱼时补充。所以一个世代可捕捞的年限是5年。1970世代在1972年初进入补充部份, 到1976年6龄鱼后, 这个世代已经在捕捞群体中消失了, 提供了用生产结果检验概算值是否可靠的机会。表6是根据历年总渔获量用生物学资料计成的1970世代在各年度的渔获量。在表6中还列出了自然死亡数量的估算值。这个资料说明, 黄海鲱鱼1970世代在它捕捞生命时期内共被捕捞了 $1709.7 \times 10^6$ 尾。自然死亡估计 $324.5 \times 10^6$ 尾。合计 $2034.2 \times 10^6$ 尾。生产结果与概算值相近。

表6 黄海鲱鱼1970世代生产结果和概算值比较

捕捞年份	年龄	渔获量(尾)	自然死亡数量*
1972	2	$1064.5 \times 10^6$	$218.7 \times 10^6$
1973	3	$562.5 \times 10^6$	$83.9 \times 10^6$
1974	4	$80.1 \times 10^6$	$16.0 \times 10^6$
1975	5	$2.3 \times 10^6$	$5.9 \times 10^6$
1976	6	$0.3 \times 10^6$	
合计		$1709 \times 10^6$	$324.5 \times 10^6$

\* 自然死亡数量估算方法。自然死亡数量 =  $N_0(1 - e^{-M})$ ,  $M = 0.111$ ,  $N_0 = 2082 \times 10^6$  尾  
 第一年(1972年)自然死亡数量 =  $2082 \times 10^6(1 - e^{-0.111}) = 218.7 \times 10^6$  尾  
 第二年(1973)自然死亡数量 =  $[2082 - (1064.5 + 218.7)](1 - e^{-M}) \times 10^6 = 83.9 \times 10^6$  尾  
 余类推。

## 数量变动

先叙述黄海鲱鱼剩余部份和补充部份的数量变动, 后叙述种群的数量变动。

黄海鲱鱼的剩余部份是有3龄鱼至6龄鱼(和大于6龄鱼, 不到1%)组成。按式(3), 写成  $N_t = N_0 e^{-Zt}$ , 它说明, 种群剩余部份的数量变动特征下降, 下降的速度决定于总死亡系数 $Z$ 值的大小。按黄海鲱鱼渔业的渔捞规模, 它的总死亡系数约为1.05。那么, 一个世代从补充部份转到剩余部份(从2龄鱼到3龄鱼)后, 每年将下降65%左右。按重

(1) 因统计资料不满足要求, 计算时未列入。

量计的下降速度,因有生长的补偿而稍小。图 5 是用 1970 世代资料绘制的剩余部份数量下降曲线。图中 A 线是按式  $N_t = N_0 e^{-Zt}$  绘制。 $N_0$  用概算值  $2082 \times 10^6$  尾,  $Z = 1.05$ 。图中 B 线是这个世代在不同年份以尾计的实际渔获量曲线。两条曲线基本相符。资料说明,黄海鲱鱼的一个世代,从补充时开始,经过两年捕捞,到 4 龄鱼时,它的数量和渔获量,只有在该世代补充时的 7—8%。

黄海鲱鱼补充部份的数量变动,即世代数量变动。黄海鲱鱼在 2 龄鱼时进入补充部份。机轮拖网可以捕获少量 1 龄鱼。所以用 1 龄鱼和 2 龄鱼的渔获量作为世代的相对数量,观察黄海鲱鱼世代数量变动情况。用渔获量作为资源量的相对数值,进行比较,要求满足渔捞死亡相等或相近的条件。从 1972 年开始,渔捞死亡变化不大,即从 1970 世代开始,表 7 资料才比较真实地反映出黄海鲱鱼世代的数量变动情况,可以看出黄海鲱鱼世代数量的强烈变动。这几年,1970 世代数量最多,相对数值达  $1429 \times 10^6$  尾,1975 世代数量

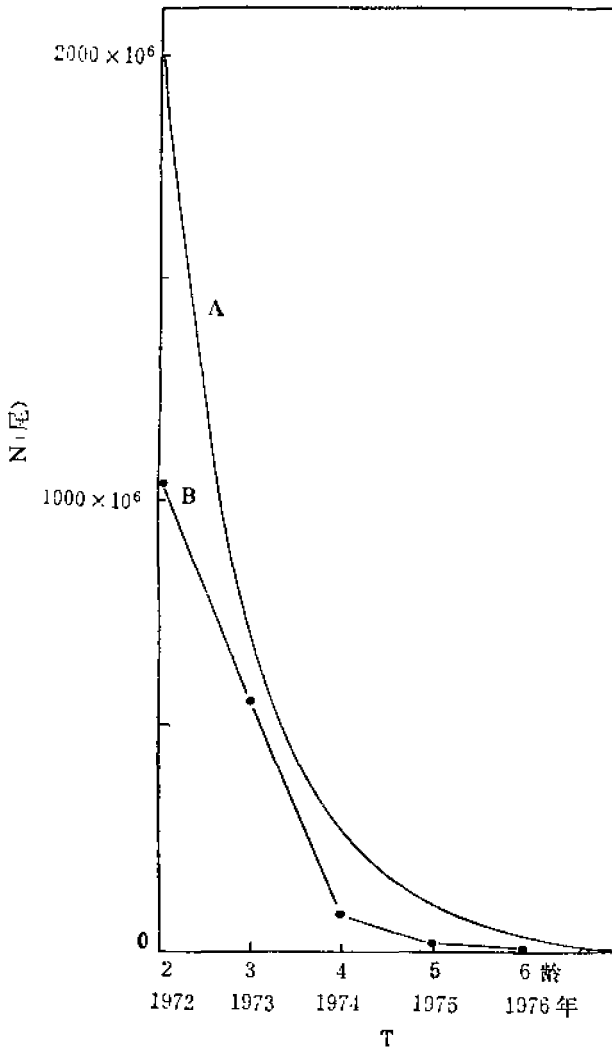


图 5 黄海鲱鱼剩余部份数量下降特征

表 7 黄海鲱鱼各世代补充时相对数量

世 代	补充时相对数(尾)
1967	$16.3 \times 10^6$
1968	$47.6 \times 10^6$
1969	$27.9 \times 10^6$
1970	$1429.4 \times 10^6$
1971	$60.3 \times 10^6$
1972	$423.5 \times 10^6$
1973	$107.8 \times 10^6$
1974	$882.5 \times 10^6$
1975	$27.3 \times 10^6$
1976	$184.8 \times 10^6$

最少,相对数值仅  $27.3 \times 10^6$  尾,两相比较,差达 50 余倍。

黄海鲱鱼的剩余部份数量下降特征,和世代数量的剧烈变动,决定了种群可捕捞部份数量变动的方向和幅度。资料绘成图 6 和表 8。图 6 是黄海鲱鱼的渔获量曲线。从图上可以约略看出渔获量变化的量级。70 年代,1972 年数量最多,1977 年数量最少,两者差达 10 余倍。表 8 是历年黄海鲱鱼群体组成资料。结合图 6 表 8 资料考虑,可以认为,黄海鲱鱼的这种数量变动

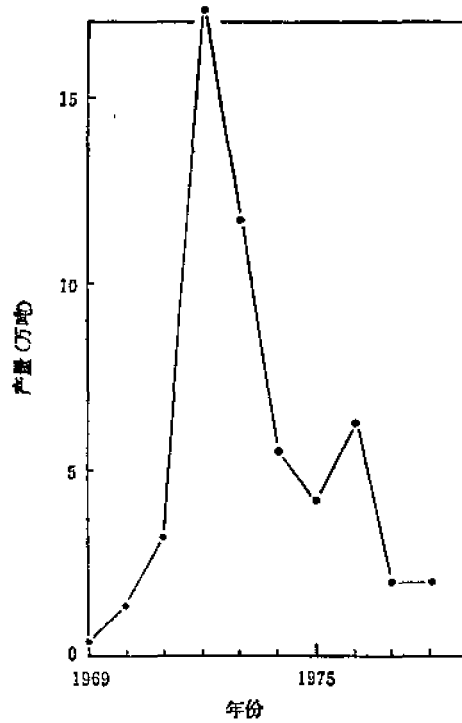


图6 黄海鲱鱼渔获量曲线

表8 黄海鲱鱼年龄组成资料

捕捞年度	补充		剩 余				平均年龄	剩 余: 补 充	标本尾数
	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	6 龄	>6 龄			
1970	31.0	23.0	46.0				3.15	69.0:31.0	200
1971	7.0	53.6	15.6	23.0	0.3		3.57	93.0:7.0	800
1972	96.0	0.4	2.1	0.5	0.9		2.10	4.0:96.0	1580
1973	7.6	89.6	0.9	0.8	0.4	0.7	2.99	92.4:7.0	1700
1974	73.3	6.0	20.1	0.2	0.3	0.1	2.49	26.7:73.3	2589
1975	51.6	42.0	3.0	3.2		0.2	2.58	48.4:51.6	750
1976	93.1	5.4	1.8	0.1	0.1		2.09	6.9:93.1	1600
1977	28.1	69.2	1.8	0.8		0.1	2.76	71.9:28.1	800
1978	89.0	4.2	5.9	0.4	0.3	0.2	2.19	11.0:89.0	1400

主要是由于世代数量变化引起。我们曾把黄海鲱鱼的产卵亲体数量和补充量作了统计处理,发现在现有的资料范围内两者不存在可置信的关系,由此推论,黄海鲱鱼世代数量的剧烈变动,不是由于过多捕捞了产卵亲鱼,而是一种受环境条件影响的自然波动现象。

## 渔 业 预 报

黄海鲱鱼渔业预报有两种,一种是预测渔场渔期的变化,称渔情预报;另一种预测数量和渔获量的变化,称数量预报或称渔获量预报。本文仅叙述黄海鲱鱼渔业的渔获量



预报。

我们用试捕资料，作为相对资源量指标，在假定历年试捕时捕捞系数相近似或渔捞死亡相同的条件下，预报渔获量。这个方法在国内已广泛采用，并有过报导<sup>[1]</sup>。根据黄海鲱鱼在秋冬季分布范围较小集中的现象，于每年 10 月在分布区设站试捕。试捕范围和站位设置如图 7。试捕范围北纬 35°—37°，东经 123°30′—125°，设试捕站位 30 个。用 3 对 250 马力拖网船试捕，每站试捕 2 小时。3 对船的平均产量为该站平均产量。考虑到鱼群分布特征年间有差异，为减少这种差异带来的影响，把每站平均产量按方块区进行滑动统计。方法是将试捕站联成 20 个方块区（见图 7），把每个方块区的 4 个探捕站的产量平均值，作为该方块区的密度指标，再把 20 个方块区的平均密度指标作为黄海鲱鱼数量的相对资源量指标。表 9 是黄海鲱鱼相对资源量指标 ( $N$ ) 和相应的渔获量 ( $Y$ ) 资料。统计分析表明，可以用两种方式描绘相对量指标和翌年渔获量之间的关系。一种是简单的线性相关，表达式为

$\hat{Y} = 0.4340N^{-8.02}$ ，相关系数  $r = 0.971 > 0.811 (P > 0.05)$ ，标准差  $S = 1.1$ 。另一种，两者

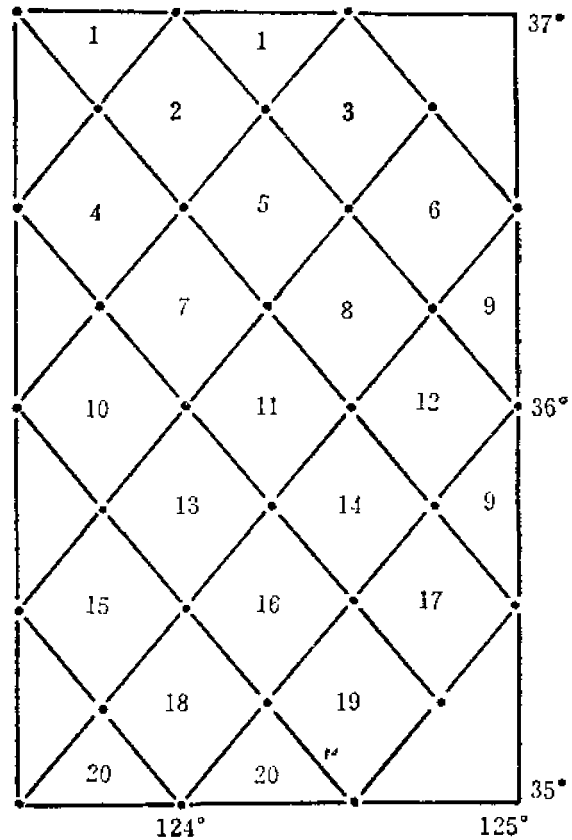


图 7 黄海鲱鱼试捕站位和方块区

● 试捕站位

表 9 黄海鲱鱼相对资源量 ( $N$ , 单位箱) 与渔获量 ( $Y$ , 单位万吨) 间的关系

年 份	1972	1973	1974	1975	1976	1977
相对资源量 ( $N$ )	31.8	25.3	8.5	19.0	12.3	10.0
翌年产量 ( $Y$ )	11.6	6.6	1.3	6.1	1.2	1.6
$\bar{Y}$	11.1	7.4	1.1	4.5	2.1	1.4

成幂函数关系，表达式为  $\hat{Y} = 2.51 \times 10^{-2} N^{1.761}$ ，相关系数  $r = 0.974 > 0.811 (P > 0.05)$ 。用这两个表达式估计值  $\hat{Y}$ ，其精度由标准差  $S$  给定。表 9 中例出了用  $\hat{Y} = 2.51 \times 10^{-2} N^{1.761}$  计算的  $\hat{Y}$  值。显然， $S$  太大，用  $\pm 25$  概率 95.4% 估计预报值时，只有当黄海鲱鱼数量较多的年份，才有实际意义，数量少的年份，仅能估计黄海鲱鱼数量变化趋势。

### 渔业管理

渔业管理有两种,一种是以最大经济利益为目标的渔业管理。另一种是以合理利用鱼类资源(指单一鱼种,下同)为目标的渔业管理。本文叙述的黄海鲱鱼渔业管理属于后者。

我们认为合理利用鱼类资源指的是,控制渔捞因素(指渔捞努力量、渔具类别和网目尺寸)获得世代最大产量又不影响后代数量,即获得自然条件允许下的最大稳定产量。在这个定义围范内,合理利用鱼类资源本质上是一个解出最佳值问题。在本世纪50年代, Schaefer<sup>[6]</sup>, Beverton 等<sup>[3]</sup>用直观的方法确定最佳值。近年来,广泛应用控制理论,把产量(或世代产量)看成目标函数,把渔捞因素等处理成控制变量,或称决策变量,用计算机处理资料,解出最佳值,已有不少报道<sup>[7-9]</sup>。以合理利用黄海鲱鱼资源为目标的渔业管理,需要确定两个控制变量的最佳值。一个是最佳网目尺寸,另一是最佳渔捞死亡。

#### (一) 最佳网目尺寸

据网目选择特性,网目尺寸可用渔获物中最小体长或相应的最小年龄表示。式7是 Beverton-Holt 模式的产量方程<sup>[8]</sup>。

$$\frac{Y}{R} = FW_{\infty} e^{-M\rho} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\Omega_n e^{-nK(t\rho' - t\rho)}}{F + M + nK} (1 - e^{-(F+M+nK)\lambda}) \tag{7}$$

式中  $\rho = t'_p - t_p$ ,  $t'_p$  是第一次能被大量捕捞的年龄(本文中称补充年龄),  $t_p$  为已进入渔场但不能被大量捕捞的鱼的年龄。按黄海鲱鱼渔业的实际情况,  $t'_p = t_p = 2$  龄鱼。  $\lambda = t_x - t_p$ ,  $t_x$  为最大年龄,按黄海鲱鱼的群体组成资料(见表8),  $t_x = 6.0$ 。  $R$  为补充时的世代数量,  $Y/R$  为每个世代提供的相对产量,称每一世代的相对产量。如果种群是稳定种群,  $Y/R$

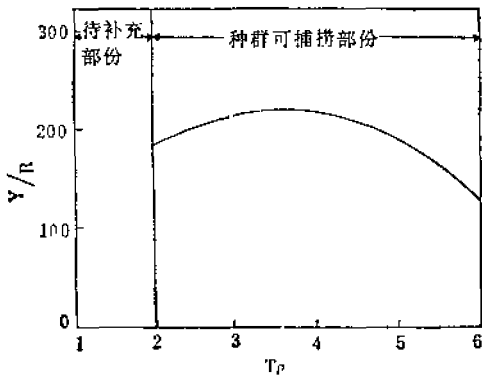


图8 黄海鲱鱼网目尺寸对产量的影响  
参考:  $M = 0.10$ ,  $K = 0.59$ ,  $t_0 = -0.53$   
 $FW_{\infty} = 311$ ,  $t_x = 6.0$

表示每年的种群相对渔获量。按式7,如果各种参数已经测得,可以把  $Y/R$  看成是  $t'_p$  (相当于网目尺寸)的函数,找出获得最大  $Y/R$  的  $t'_p$ 。图8是用黄海鲱鱼1972年资料绘制的曲线,它表明,从4龄鱼开始捕捞才能获得最大产量。由于这个值受渔捞死亡等的影响,称已定条件下的最佳网目尺寸,或称第一次允许捕捞的最佳年龄。一般地说,调整网目尺寸比调整渔捞死亡有较大的增产潜力。例如中国南海的一些鱼类和渤海小黄鱼都属这种情况<sup>[1,2]</sup>。要把这个计算结论付诸实施,有很大困难。黄海鲱鱼的第一次性成熟年龄

(1) 费鸿年,1976年。调整网目尺寸对广东沿海渔业产量和经济效益影响的探讨。国家水产总局南海水产研究所报告

(2) 叶吕臣,1964年。应用Beverton-Holt模式研究辽东湾小黄鱼数量变动,辽宁省海洋水产研究所、调查研究报告第17号

是 2 龄鱼,平均叉长 240 毫米(6 年平均,下同)3 龄鱼 267 毫米,4 龄鱼 275 毫米。成鱼终年混栖。在目前渔捞作业条件下,希望通过网目选择特性,只捕黄海鲱鱼 4 龄鱼和大于 4 龄鱼的个体,恐难做到。鉴于这一事实,以及考虑到黄海鲱鱼的性成熟个体与幼鱼(1 龄鱼)几乎终年分栖。我们认为,在实施渔业管理时,目前只能把第一次允许捕捞的年龄定为 2 龄鱼,相应的叉长 240 毫米左右。

## (二) 最佳渔捞死亡

确定了黄海鲱鱼渔业合理的网目尺寸后,就比较容易确定最佳渔捞死亡值。

### 第一 用 Beverton-Holt 模式确定

式(7)表明,在其他参数已给定的条件下,每个世代的相对产量( $Y/R$ )仅与渔捞死亡有关。式(7)的图形称产量曲线,有极大值,相应于极值位置的渔捞死亡,称既定条件下的最佳渔捞死亡,简称最佳渔捞死亡。图 9 是用黄海鲱鱼 1972 年资料绘制的产量曲线。1972 年的  $F$  约为 0.9,1973 年约为 1.0。从直观上判断,世代最大相对产量<sup>(1)</sup>约为 176.8—176.9,相应的最佳渔捞死亡值约 0.9—1.0,与 1972,1973 年的实测渔捞死亡值相近。

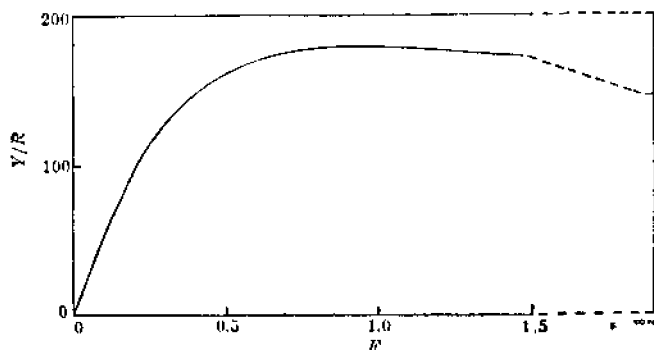


图 9 黄海鲱鱼产量曲线

$t_p F = t_p' = 2.0$  其他参数同图 8。

### 第二 用简易模式确定

简易模式是根据种群数量在死亡的影响下呈指数下降,生长用实测资料,采用累加的方法导出<sup>(2)</sup>。式(8)是简易模式的产量方程。

$$\frac{Y}{R} = \bar{F} \sum_{t=t_p}^{t_\lambda} W_t [1 - (\bar{F} + \bar{M})]^{t-t_p} \quad (8)$$

$$t_\lambda \geq t \geq t_p$$

式中  $t_p$  为补充时的年龄,即允许第一次捕捞的年龄(相当于网目尺寸), $t_\lambda$  是鱼的最大年

(1) Beverton-Holt 模式要求满足稳定种群的假定条件,即有  $R_1 = R_2 = \dots = R_n$ 。由本文第四节可知,黄海鲱鱼世代数量变动剧烈,不符合稳定种群条件。我们根据渔业实际情况,假定一个世代在可捕捞生命时间内各年的渔捞死亡相等。以 1970 世代为例,假定 1972—1976 年每年的渔捞死亡相等,计算出的  $Y/R$  值表示 1970 世代的相对产量。

(2) 叶昌臣,1978 年。一个简易数学模式。辽宁省海洋水产研究所,调查研究报告第 32 号。

龄,  $\bar{F}$  和  $\bar{M}$  分别表示渔捞死亡率和自然死亡率,  $W_t$  表示各龄鱼的实测体重。这些参数已分别在本文以上几节中加以说明。图 10 是用式(8)绘制的黄海鲱鱼 1970 世代的产量曲线图。曲线形状与图 9 相同。 $Y/R$  的最大值约位于  $F=0.5$  左右, 相应于  $F=0.69$  左

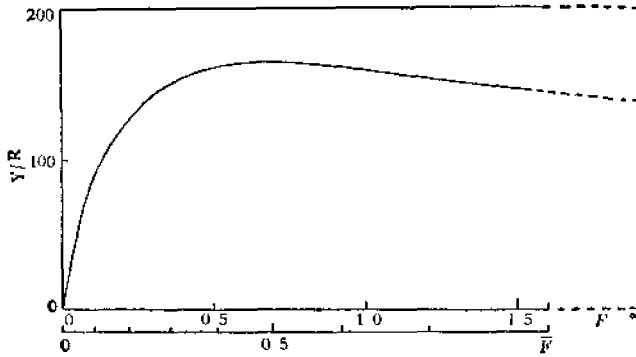


图 10 黄海鲱鱼产量曲线

参数:  $t=2.0, t_\lambda=6.0, \bar{M}=0.07, W_t$  值见表 2。

右。表 10 列出了用这两个模式计算的  $Y/R$  最大值和相应的渔捞死亡值。由这两个模式确定的最佳渔捞死亡值稍不同。B-H 模式的结果比简易模式稍大。1972 年实测渔捞死亡率约 0.53, 1973 年增加了渔船, 渔捞死亡率有所增加, 约为 0.6。据表 10 资料, 1973 年渔捞死亡率似乎稍大, 适当减少渔捞努力量是有利的。如果把鲱鱼籽的昂贵价值、渔业的整个经济利益考虑在内, 以及注意到沿岸各种定置网具捕捞产卵鲱鱼效率很高等事实, 我们认为, 在当年 11 月初到翌年 2 月底禁止捕捞黄海鲱鱼是适当的合理的。

表 10 用两种模式计算结果比较表

模式类型	$F$	$E$	$Y/R$
B-H 模式	0.90	0.59*	176.8
	1.00	0.63*	176.9
简易模式	0.69*	0.50	160.2
	0.92*	0.60	156.1

\* 用  $e^{-F}=1-\bar{F}$  换算

见于上述, 目前对黄海鲱鱼渔业采取两条管理措施。一条是禁捕 1 龄鱼, 允许捕捞的最小叉长 220 毫米(2 龄鱼); 另一条是当年 11 月初到翌年 2 月底禁止捕捞黄海鲱鱼。

采取这种管理措施后, 资源状况和渔获量会发生什么变化呢? 我们预计, 对黄海鲱鱼资源不会产生明显影响, 仍处自然波动状态, 渔获量将随黄

海鲱鱼资源的自然波动而变化, 但机轮拖网渔业鲱鱼产量占黄海鲱鱼总产量的比例将大幅度下降, 下降的数量有近岸定置渔业补足。

黄海鲱鱼 1970 世代, 2 龄鱼(1972 年)开始捕捞, 6 龄鱼(1975 年)后在捕捞群体中消失, 提供了用实际捕捞生产结果检验计算值是否符合实际情况的机会。B-H 模式和简易模式都可以计算在既定渔捞死亡和网目尺寸条件下的产量、平均体长、平均体重和平均年龄。1970 世代在可捕捞年度(1972—1975 年)内的每年渔捞死亡率约在 0.6 左右, 取  $\bar{F}=0.6$ , 或  $F=0.92$ 。我们又假定了  $t_p=t'_p$ ,  $R$  就相当于 1970 世代在 1972 年 1 月初二龄鱼的数量, 概算结果为  $2082 \times 10^6$  尾(见第 3 节), 用它乘  $Y/R$  值, 即为 1970 世代的计

算产量值。平均体重、平均叉长和平均年龄的计算方法请参阅原著。1970 世代的实际世代渔获量,由取样所得的平均体重、平均叉长、平均年龄和用两个模式的计算值列成表 11。资料说明,实际生产结果与计算值相符。由此推论,文中介绍的各种参数值和相应的结论,可能与实际情况相符。

表 11 黄海鲱鱼 1970 世代计算值和生产结果比较表

类 别	产 量(万吨)	平 均 年 龄	平均叉长(毫米)	平均体重(克)
B-II 模 式	36.8	2.94	264	201
简 易 模 式	32.5	2.57	258	180
实际生产结果	29.1	2.43	248	170

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 叶昌臣、刘传植,1979。鱼类种群补充部份数量预报。动物学杂志,3:21-23。  
 [ 2 ] 藤田经文、小元保清治,1927。鯵の研究,水产研究汇报,1(1):1-141。  
 [ 3 ] Beverton, R. T. & Holt, S. T., 1957. On the Dynamics of Exploited Population. U. K. Ministry Agric. Fish. and Food., Invest., Ser, II, 119。  
 [ 4 ] Delury, D. B., 1951. On the Planning of Experiments for the Estimatives of Fish Population. J. Fish. Res. Bd. Can. 8(4): 281-307。  
 [ 5 ] Scheafer, B. M., 1957. A Study of the Dynamics of the Fishery for Yellow Fin Tuna in the Eastern Tropical Pacific Ocean. Bull. Inter-Amer. Trep. Tuna. Comm., 2: 245-285。  
 [ 6 ] W. Allen Spivey, 1973. Optimization in Complex Management System. Trans. Amer. Fish. Soc. 102: 492-499。  
 [ 7 ] Saul B. Sail & Kurt W. Hess, 1957. Some Applications of Optimal Control Theory to Fisheries Management. Trans. Amer. Fish. Soc. 104(3): 620-629。  
 [ 8 ] Walters, C. J., 1957. Optimal Harvest for Salmon in Relation to Environmental Variability and Uncertain Production Parameters. J. Fish. Res. Bd. Can. 32: 1777-1784。

## THE HUANG HAI HERRING AND THEIR FISHERIES

Ye Changcheng and Tang Qisheng

(Research Institute of Marine Fisheries of Lianing Province)

Qin Yujiang

(Huang Hai Fisheries Research Institute)

### Abstract

This article discusses the race, migration, growth pattern, mortality and dynamics of the herring (*Clupea harengus pallasii* Valenciennes) inhabiting in Huang Hai, and attempts to make prediction and management on fisheries. The results are summarized as follows:

1. Herring inhabiting in areas north to the latitude of 34° in Huang Hai all the

year round it is believed to be a race of the Pacific herring. Hence they are traditionally called the Huang Hai herring.

2. The growth pattern of Huang Hai herring can be described by von Bertalanffy equation, and as of year 1972 the value of parameters for the equation is  $W_{\infty} = 314\text{g}$ ,  $L_{\infty} = 308\text{mm}$ , and  $K = 0.58$ . The maximum growth rate appears at  $t = 1.3$  years. From February 1972 to March 1973, the total instantaneous mortality estimated by data for the catch per effort was 1.05 which consists of the fishing mortality 0.939 and the natural mortality 0.111.

3. The numbers of the 1970 year-class in early January were estimated with two processes, Delury's method and the method of estimation of fishing mortality. The difference in value of the calculation between the two methods is about 5%. the average value is  $2032 \times 10^6$  individuals, it coincides with actual catches as shown in the table 6.

4. In the 1970s, the fluctuation in the numbers of the population happened to be maximum in the year of 1972 and minimum in 1977. The former were ten times greater than the latter. These drastic dynamics were considered to be a natural phenomenon rather than the result of over-fishing. The statistical analysis shows the interdependence between actual catches and the abundance index obtained from fish-searching in October. The relative coefficient was  $0.971 > 0.811$  ( $P > 0.05$ ), which accounts for the fact that catches can be predicted by abundance index.

5. After making a careful study of the optimal fishing mortality and mesh-size for the fisheries, and considering the economical value of the herring eggs, we worked out a strategy on the management of the fisheries for Huang Hai herring. Since the value (including the yield, average body length and weight as well as the age of the 1970 year-class) obtained by Beverton-Holt model and S-E model are similar to the results sampled from fisheries, it is suggested that the conclusion here submitted in the paper may be valid.