

## 福建罗源湾贝类的养殖容量

卢振彬, 杜琦, 蔡清海, 方民杰, 钱小明, 许翠娅

(福建省水产研究所, 福建 厦门 3610120)

**摘要:**以海洋生态系统营养动力学为理论依据,通过现场对位于南海南部的罗源湾叶绿素a、初级生产力、生态效率、浮游植物有机碳含量、养殖贝类有机碳含量及其含壳重与鲜组织重比值、养殖贝类和野生滤食性动物滤水率、潮间带和潮下带及吊养区附着滤食性动物现存量等的调查和检测。应用营养动态模型、沿岸能流模型估算贝类生态容量,进而扣除野生滤食性动物现存量以估算贝类养殖容量,同时采用已报道模型估算贝类养殖容量,并用统计分析法估算贝类及其各品种的适养面积。3种模型估算的罗源湾贝类养殖容量分别为104 064 t, 127 321 t, 113 675 t。贝类适养总面积为2 622 hm<sup>2</sup>,其中缢蛏450 hm<sup>2</sup>、牡蛎2 000 hm<sup>2</sup>、贻贝125 hm<sup>2</sup>、菲律宾蛤仔20 hm<sup>2</sup>、泥蚶27 hm<sup>2</sup>。罗源湾1999年已经超容量养殖,必须调整养殖面积和数量,优化养殖种类结构,实现生态养殖,达到贝类养殖持续健康、高质、高效发展。

**关键词:**养殖容量; 适养面积; 贝类; 罗源湾

**中图分类号:**S967.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2004)02-0104-07

罗源湾位于东南沿海,福建省罗源县与连江县交界,地理位置119°48'00"~119°49'25"E, 26°30'40"~26°31'40"N,北邻三沙湾,南隔黄岐半岛与闽江口联接。罗源湾形似倒壶葫芦,口小腹大。总面积179.56 km<sup>2</sup>,平均水面面积136.6 km<sup>2</sup>,滩涂面积117.5 km<sup>2</sup>。近5年来贝类养殖发展较快,1999年养殖面积2 814 hm<sup>2</sup>,产量达120 845 t,目前养殖面积还有扩大趋势。该海湾贝类养殖容量和适宜养殖面积一直是养殖者和渔业管理部门所关注的问题。为了合理、充分开发海域资源,控制港湾、沿海水产养殖无序发展和超容量养殖的局面,于2000~2002年开展了罗源湾水产养殖容量的研究,本文进行专题报道。

### 1 材料与方法

#### 1.1 估算模型

海洋生态系的能量和物质,通过食物链的传递,按一定的效率,由低营养层次的生物向高营养层次的生物流动,营造各层次的生物,形成生态金字塔,一个生态系统的生物群落结构(种类及其数量)处于平衡状态。因此在特定的海域中各层次生物的生物量基本不变。同一营养层次的生物,一种生物量的增加,必然引起另一种生物量的减少,但是它们的

总生物量基本不变。因此,对于天然营养型的贝类即可应用营养动态模型和沿岸海域能流分析模型,估算海域贝类的生态容量(生产量),进而估计贝类的养殖容量。同时采用方建光<sup>[1]</sup>模型估算贝类总体养殖容量。

**1.1.1 营养动态模型** Parsons和Takahashi营养动态模型系估算生态系统中不同营养阶层生物的生产量,模型表达式为: $P = BE^n$ <sup>[2]</sup>,式中P为估算对象的生物量;B为浮游植物生产量,采用年初级产碳量除以浮游植物含碳率求算;E为生态效率,n为估算对象的营养级。在估算贝类含壳重的生态容量时,须再乘上含壳重与鲜组织重比值K。

**1.1.2 沿岸能流分析模型** Tait对沿岸能流的分析结果认为,初级生产量中有10%转化到滤食性动物<sup>[3]</sup>,即滤食性软体动物有机碳产量等于10%的初级产碳量。估算贝类软组织产量时,将贝类有机碳产量除以贝类含碳率。再将贝类软组织鲜重乘上含壳重与鲜组织重比值,即为贝类含壳重生产量。

**1.1.3 方建光模型<sup>[1]</sup>** 方建光以海域的初级生产力和叶绿素a含量及养殖贝类和非养殖滤食性附着动物栖息密度及其滤水率,估算贝类单位面积可养密度,进而估算海域贝类的养殖容量。模型为:

收稿日期:2003-08-12; 修订日期:2003-12-25.

基金项目:福建省海洋与渔业局重点资助项目(闽海渔科2003-03号).

作者简介:卢振彬(1943-),男,研究员,从事海洋渔业资源和生态研究, E-mail: lzb@jzhuang.edu.cn, fj.cn

$$C_c = [P - k \times C_{chl} \sum_j (F_{Nj} \times B_j)] / (k \times C_{chl} \times F_{Nc})$$

式中  $C_c$  为估算贝类的单位面积养殖容量(个/ $m^2$ );  $P$  为初级生产力 [ $mg(C)/(m^2 \cdot d)$ ];  $k$  为浮游植物体内有机碳与叶绿素  $a$  的质量比(40:1);  $F_{Nj}$  为非养殖不同种类滤食性生物滤水率( $m^3$ /个);  $C_{chl}$  为叶绿素  $a$  平均质量浓度( $mg/m^3$ );  $F_{Nc}$  为所要估算的贝类滤水率;  $B_j$  为非养殖不同种类的滤食性附着生物密度(个/ $m^2$ );  $m$  为滤食性附着生物种类。

该模型只能估算单一品种的养殖容量。然而,罗源湾养殖贝类有5种,不可能同时估算5种贝类

的养殖容量,在此采用先逐一估算海域单一品种的养殖容量,然后按最高单产年份各种贝类养殖产量的比例进行配置贝类总体养殖容量。

1.2 模型参数的调查和检测

针对上述估算模型所必备的各项参数,于2000~2001年开展了以下诸项参数调查和检测。调查和检测均按文献[4]进行。

1.2.1 叶绿素  $a$ 、初级生产力调查 2000年5、8、11月和2001年1月在罗源湾设立11个站位(图1),进行了4个季度叶绿素  $a$ 、初级生产力调查。由国家海洋局第三海洋研究所承担。初级生产力采用  $C_{14}$  示踪法。检测结果见表1。

表1 罗源湾表层叶绿素  $a$  和初级生产力  
Table 1 Chlorophyll  $a$  and primary productivity in the sea area of Luoyuanwan Bay

项目 Item	春季 Spring		夏季 Summer		秋季 Autumn		冬季 Winter		年平均 Average	
	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average
叶绿素 $a$ ( $mg \cdot m^{-3}$ ) Chlorophyll	0.80 - 2.55	1.54	0.99 - 7.00	3.43	0.45 - 2.00	0.93	0.30 - 4.87	1.33	0.30 - 7.00	1.81
初级生产力 / $[mg(C) \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}]$ Primary production	61.94 - 236.91	133.59	183.20 - 1785.63	804.92	30.81 - 79.88	50.03	48.2 - 299.1	51.5	30.81 - 1785.63	260.01

可见,4个季表层叶绿素  $a$  平均含量  $1.81 mg/m^3$ 。初级生产力平均为  $260.01 mg \cdot (C)/(m^2 \cdot d)$ 。高于厦门大学1986~1987年在该湾初级生产力的调查值  $141.0 mg \cdot (C)/(m^2 \cdot d)^{[10]}$ ,这与20世纪90年代以来,大量发展网箱和贝类养殖,带来丰富营养盐有关。

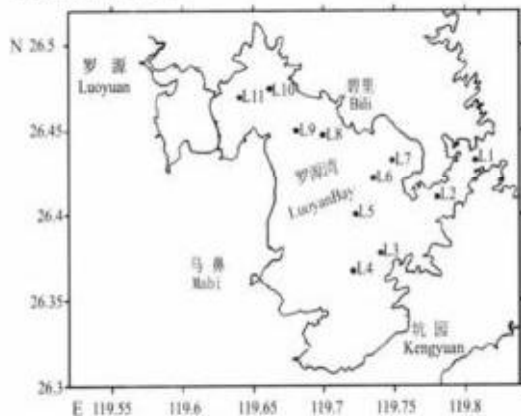


图1 罗源湾养殖容量调查站位图  
Fig. 1 Survey sites position of carrying capacity in Luoyuanwan Bay

1.2.2 潮下带底栖生物调查 2000年春、夏、秋季在罗源湾潮下带进行底栖生物调查(调查站位同叶绿素  $a$  和初级生产力)。调查结果见表2。平均生物量为  $28.61 g/m^2$ ,其中以棘皮动物占优势,为  $12.30 g/m^2$ ,以下依次为多毛类( $9.22 g/m^2$ ) > 其他动物( $2.69 g/m^2$ ) > 甲壳动物( $2.39 g/m^2$ ) > 滤食性动物( $1.22 g/m^2$ )。总密度为  $558.11 ind/m^2$ ,其中以多毛类占优势,为  $418.28 ind/m^2$ ,以下依次为甲壳动物( $92.56 ind/m^2$ ) > 棘皮动物( $32.33 ind/m^2$ ) > 滤食性动物( $20.61 ind/m^2$ ) > 其他动物( $5.00 ind/m^2$ )。

1.2.3 潮间带底栖生物调查 2000年7月在罗源湾潮间带设5个段面,进行4季度潮间带底栖生物调查。调查结果潮间带底栖滤食性动物生物量平均为  $9.62 g/m^2$ 。

1.2.4 吊养区非养殖滤食性附着动物调查 2000年6、11月分别在罗源湾贝类吊养区取3点进行吊养延绳、浮筏和附着基上的非养殖滤食性附着动物调查。调查结果,吊养区延绳、浮筏和附着基上的非养殖滤食性附着动物有白脊藤壶(*Balanus albicostatus pilsbry*)、翡翠贻贝(*Perna viridis*)、黑乔麦蛤(*Xe-*

*nostrobus atrata*)、角偏顶蛤(*Modiolus metcalfei*)、皱瘤海鞘(*Styela plicata*)等。生物量以角偏顶蛤为优势,其次是皱瘤海鞘,白脊藤壶居三。密度以角偏顶蛤为优势,其次白脊藤壶,皱瘤海鞘居三。总生物量和总密度分别为  $8.37 \text{ t/hm}^2$  和  $4\ 214.3 \times 10^4 \text{ 个/hm}^2$ 。

**1.2.5 浮游植物有机碳含量调查检测** 2000年5、11月在L3、L6、L8站,采用浮游植物网采集浮游生物,先使用80目筛网过滤浮游动物,然后使用220目筛网过滤浮游植物。样品经抽滤,称重,在60℃恒温连续24h烘干,再称重。干样送福建省分析测试中心检测有机碳含量。检测结果浮游植物干样和鲜样有机碳含量百分率见表2。

表2 罗源湾浮游植物有机碳含量

Table 2 Carbon content of phytoplankton in the sea area of Luoyuanwan Bay

季节 Season	干样含碳率/% Carbon content in dry		鲜样含碳率/% Carbon content in wet	
	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average
春季 Spring	32.272 - 39.350	35.811	7.617 - 9.592	8.6045
秋季 Autumn	31.686 - 32.267	31.977	6.989 - 8.194	7.5915
平均 Average	31.686 - 39.350	33.894	6.989 - 9.592	8.0980

可见,浮游植物干样含碳率平均为33.894%,鲜样含碳率为8.098%。

### 1.2.6 养殖贝类含壳重与鲜组织重比值的测定

2000年7、12月在现场取罗源湾5种养殖贝类(牡蛎、缢蛏、泥蚶、菲律宾蛤仔、翡翠贻贝)各30~50个样品,测定其含壳重与鲜组织重比值,结果见表3。其平均比值按单产最高的1999年各养殖贝类产量

比例进行加权计算为5.93。

**1.2.7 养殖贝类干组织有机碳含量检测** 在测定了牡蛎、缢蛏、泥蚶、凸壳肌蛤的含壳重与鲜组织重比值后,每种鲜组织取大、中、小个体各1个,称重,在60℃恒温连续24h烘干,再称重。干样送福建省分析测试中心检测有机碳含量。检测结果各种养殖贝类干样和鲜样有机碳含量百分率见表4。其平均含碳率按1999年各养殖贝类产量比例加权计算为5.25%。

**1.2.8 生态效率测算** 以厦门大学在罗源湾开展综合调查的浮游动物生物量和丰度资料<sup>[5]</sup>,采用文献[6]的Ikeda-Motoda生理学方法测算生态效率。浮游动物生物量( $B$ ,以C计)的计算,取浮游动物的干重约为湿重的20%和C含量约为干重的40%换算<sup>[7]</sup>。以样品因福尔马林液固定的失重约为33%校正湿重<sup>[8]</sup>。

将非胶质浮游动物湿重的生物量换算成以C计的生物量 $[\text{mg}(C)/\text{m}^3]$ 。计算方法采用Ikeda-Motoda生理学方法<sup>[9]</sup>。计算步骤:

(1)将各站浮游动物湿重的生物量 $(\text{mg}/\text{m}^3)$ 除以丰度 $(\text{ind}/\text{m}^3)$ ,求得平均个体湿重 $(\text{mg}/\text{ind})$ ,并取上述生物量的湿、干重换算值和校正值,换算平均个体干重 $(\text{mg}/\text{ind})$ 。

(2)应用Ikeda关于浮游动物呼吸率与个体干重和湿重的复回归方程<sup>[10]</sup>:

$$\ln R = 0.7886 \ln W_D + 0.0490T - 0.2512$$

计算各站浮游动物的呼吸率( $R$ )。式中 $R$ 为呼吸率 $[\mu\text{mol}/(\text{个} \cdot \text{h})]$ , $W_D$ 为浮游动物平均个体干重 $(\text{mg})$ , $T$ 为水温。

(3)取呼吸商0.8,呼吸率 $R$ 换算为以C计的呼吸率 $R_c [\text{ug}(C)/(\text{ind} \cdot \text{d})]$ 。换算式为:

$$R_c = 0.8 \times (12/22.4) \times 24R = 10.286R$$

表3 罗源湾养殖贝类含壳重与鲜组织重比值

Table 3 Weight ratio of cultured shellfish with shell and fresh tissue in Luoyuan Bay

项目 Item	缢蛏 <i>S. Constricta</i>	牡蛎 Oyster	泥蚶 <i>T. granosa</i>	翡翠贻贝 <i>P. viridis</i>	菲律宾蛤仔 <i>R. philippinarum</i>	加权平均 Weighted average
比值范围 Ratio range	2.67 - 5.22	4.96 - 6.93	4.49 - 6.33	3.78 - 4.36	3.50 - 5.68	
平均比值 Average ratio	4.35	6.12	5.12	4.02	4.92	5.93
1999年产量 Yield 1999	6944	10598	255	3300	2575	
占总产量/% Percentage of total output	5.75	89.03	0.21	2.73	2.28	

表4 罗源湾养殖贝类有机碳含量  
Table 4 Organic carbon content in cultured shellfish in Luoyuan Bay

项目 Item	缢蛏 <i>S. Constricta</i>	牡蛎 Oyster	泥蚶 <i>T. granosa</i>	翡翠贻贝 <i>P. viridis</i>	菲律宾蛤仔 <i>R. philippinarum</i>	加权平均 Weighted average
含碳率范围/% Range of carbon content	4.68 - 5.78	4.52 - 5.71	3.76 - 5.01	3.87 - 4.98	2.84 - 3.77	
平均含碳率/% Average carbon content	5.3342	5.3218	4.3446	4.4012	3.3342	5.2500
1999年产量 Yield 1999	6944	107589	255	3300	2575	
占总产量/% Percentage of total output	5.75	89.03	0.21	2.73	2.28	

(4)取浮游动物同化率70%和总生长效率30%,计算各测站浮游动物的日生产量 $[P, \text{mg}(C) \text{ ind} \cdot \text{d}]$ ,计算式为: $P = 30R_c / (70 - 30) = 0.75R_c$

测算结果罗源湾生态效率为春季14.8%,夏季12.1%,秋季14.3%,冬季16.0%。年平均14.3%。

**1.2.9 养殖现场勘测和历史资料收集** 采用GPS对各养殖品种的位置,面积进行现场勘测;收集1990~1999年各养殖品种的面积、当年收成面积和收成产量。主要用于统计分析估算贝类及其各种养殖贝类的适养面积。

## 2 贝类养殖容量估算

### 2.1 贝类生态容量估算

**2.1.1 营养动态模式估算** 2000年测得罗源湾年平均初级生产力为 $260.01 \text{ mg}(C) / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。平均水面面积 $136.6 \text{ km}^2$ ,则年初级产碳量为 $12\,963.8 \text{ t}$ ,浮游植物平均有机碳含量为8.0979%。换算浮游植物年产量为 $160\,088 \text{ t}$ 。生态效率为14.3%,贝类营养级为1~1.3级,这里取1.05级,则贝类鲜组织年生产量为 $20\,771 \text{ t}$ 。据表5现场测定罗源湾5种养殖贝类的含壳重与鲜组织重加权平均比值为5.93,故贝类含壳重生态容量为 $123\,172 \text{ t}$ 。

**2.1.2 沿岸能流分析模型估算** 罗源湾年初级产碳量为 $12\,963.8 \text{ t}$ ,10%转移到贝类,则贝类年产碳量为 $1\,296.38 \text{ t}$ 。据表6罗源湾5种养殖贝类的有机碳含量,加权平均为5.25%。贝类鲜组织生产量为 $24\,693 \text{ t}$ 。贝类含壳重生态容量为 $146\,429 \text{ t}$ 。以上2种模式估算贝类年生产量(包括养殖和野生贝类)平均值为 $134\,800 \text{ t}$ 。

### 2.2 野生滤食性动物现存量

**2.2.1 潮下带底栖野生滤食性动物现存量** 潮下带野生滤食性动物平均生物量为 $1.22 \text{ g}/\text{m}^2$ ,罗源湾潮下带面积 $136.6 \text{ km}^2$ ,即潮下带野生贝类现存

量为 $167 \text{ t}$ 。

**2.2.2 潮间带野生滤食性动物现存量** 潮间带野生滤食性动物平均生物量为 $9.62 \text{ g}/\text{m}^2$ ,罗源湾潮间带面积为 $117.5 \text{ km}^2$ ,即潮间带野生贝类现存量 $1\,130 \text{ t}$ 。

### 2.2.3 吊养区非养殖滤食性附着动物现存量

2000年春、秋季调查吊养区延绳和附着基上非养殖滤食性附着动物的生物量平均为 $8.37 \text{ t}/\text{hm}^2$ 。按1999年罗源湾牡蛎和贻贝面积 $2\,128 \text{ hm}^2$ 计算,即非养殖滤食性动物现存量为 $17\,811 \text{ t}$ 。

以上3项野生滤食性动物现存量总和为 $19\,108 \text{ t}$ 。

### 2.3 贝类养殖容量

**2.3.1 贝类生态容量估算养殖容量** 以上2种模型估算的贝类生态容量分别为 $123\,172 \text{ t}$ 和 $146\,429 \text{ t}$ ,扣除野生现存量 $19\,108 \text{ t}$ ,其余数 $104\,064 \text{ t}$ 和 $127\,321 \text{ t}$ ,即是罗源湾贝类养殖容量。

**2.3.2 方建光模式估算贝类养殖容量** 将罗源湾初级生产力为 $260.01 \text{ mg}(C) / (\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,叶绿素a含量为 $1.81 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和以现场海水测得罗源湾养殖贝类的滤水率和野生滤食性动物密度及参照文献[1]野生滤食性动物滤水率(表5)代入估算式,计算养殖单一品种的单位面积可养密度 $(\text{ind}/\text{m}^2)$ 。并按最高单产1999年的各养殖种类产量比例进行各种贝类养殖量的配置形成贝类总养殖容量见表6。可见,方建光模式估算贝类的养殖容量为 $113\,675 \text{ t}$ 。

以上3种模式估算罗源湾贝类养殖容量分别为 $104\,064 \text{ t}$ , $127\,321 \text{ t}$ , $113\,675 \text{ t}$ ,平均 $115\,020 \text{ t}$ 。1999年贝类实际养殖产量达 $120\,845 \text{ t}$ ,超过了估算的养殖容量。

若将养殖容量除以最高单产1999年的 $43.15 \text{ t}/\text{hm}^2$ ,可养面积为 $2\,665 \text{ hm}^2$ 。

表5 罗源湾主要滤食性动物生态参数及海域单一品种养殖容量

Table 5 Ecological coefficient and culture capacity of each species of main filtering animal in Luoyuan Bay

种类 Species	成体重量/g Adultbody weight	野生滤食性 动物密度 /(g·ind <sup>-1</sup> ) Living density of wild filtering animal	滤水率/ (L·ind <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup> ) Filtering ratio	单一品种单位 面积可养密度 /(ind·m <sup>-2</sup> ) Unit area feasible culture density of single species	海域单一品 种可养数量/(×10 <sup>4</sup> ind) Feasible culture capacity of single species	海域单一品 种可养重量 /t Feasible culture output of single species
牡蛎 Oyster	30		0.06615	16.037	407500.7	122250
缢蛭 <i>S. Constricta</i>	12		0.04465	23.770	279297.5	33516
菲律宾蛤仔 <i>R. philippinarum</i>	8		0.022146	47.903	562860.3	45029
翡翠贻贝 <i>P. viridis</i>	25		0.05615	18.893	258078.4	64520
泥蚶 <i>T. granosa</i>	10		0.022146	47.903	562860.3	56286
角偏顶蛤 <i>M. metcalfei</i>	0.2	67.1613	0.03552			
白脊藤壶 <i>B. Albicostatus pilsbry</i>	2.6	9.8995	0.00968			
皱瘤海鞘 <i>S. plicata</i>	2.5	7.5658	0.00648			

表6 罗源湾各种养殖贝类配置的总养殖容量

Table 6 Carrying capacity of shellfish in Luoyuan Bay

模式 Model	项目 Item	养殖容量 Carrying capacity	牡蛎 Oyster	缢蛭 <i>S. constricta</i>	翡翠贻贝 <i>P. viridis</i>	菲律宾蛤仔 <i>R. philippinarum</i>	泥蚶 <i>T. granosa</i>
营养动态 Nutrition dynamic model	重量/t Weight	104046	92648	5980	2824	2374	220
	数量/×10 <sup>4</sup> 个 Number	401906	308830	49833	11368	19675	2200
沿岸能流 Coastwise energy flow model	重量/t Weight	127321	113355	7316	3477	2904	269
	数量/×10 <sup>4</sup> 个 Number	491715	377850	60967	13908	36300	2690
方建光 Fang Jian guang model	重量/t Weight	113675	101206	6532	3104	2593	240
	数量/×10 <sup>4</sup> 个 Number	439015	337353	54433	12416	32413	2400
平均 Average	重量/t Weight	115020	102403	6609	3141	2624	243
	数量/×10 <sup>4</sup> 个 Number	444212	341344	55078	12564	32796	2430

注:可养数量以成品规格计算;牡蛎30g,缢蛭12g,翡翠贻贝25g,泥蚶10g,菲律宾蛤仔8g。

Note: The number of cultured shellfish was calculated on the basis of market size: oyster 30 g, *S. constricta* 12g, *P. viridis* 25g, *T. granosa* 10g, *R. philippinarum* 8g.

### 3 贝类适养面积统计分析

海域的养殖容量和环境容量有一定的限度,在养殖容量极限值之内,随着技术进步,单位面积产量

(下称单产)会有一定的提高。当养殖面积超过养殖容量时,单产下降。此时对历年的单产和养殖面积作图,单产变化曲线与养殖面积变化曲线有一交点。若交点所对应的面积,低于最高单产相应年份

的养殖面积时,该交点所对应的面积即是适养面积;若交点所对应的面积高于最高单产相应所占的养殖面积,该交点不能成为适养面积,适养面积应是最高单产相应年份的养殖面积或交点前两年的养殖面积之间;若单产变化曲线与养殖变化曲线随时间变化而上升,且2条曲线不相交时,则表明贝类养殖尚未达到饱和,还有进一步扩大养殖的潜力。根据这一统计分析原理,可以估计各养殖类型和主要种类的适养面积。

依据收集1990~1999年罗源湾逐年贝类及其

各品种养殖面积,当年收成面积和当年收获量资料,进行统计分析作图,估算罗源湾贝类及其各养殖品种的适养面积列入表7。可见罗源湾贝类适养面积为2622 hm<sup>2</sup>。与养殖容量换算可养面积2665 hm<sup>2</sup>相近。而1999年罗源湾贝类实际养殖面积达2814 hm<sup>2</sup>,已经超过了适养面积192 hm<sup>2</sup>,与上述1999年养殖产量超过估算的养殖容量的结论一致。其中仅有翡翠贻贝未超过估算的适养面积,其他品种都不同程度超过估算的适养面积。

表7 罗源湾贝类及其各养殖品种的适养面积

Table 7 Proper culture area of each shellfish species in Luoyua Bay

项目 Item	贝类 Shellfish	缢蛏 <i>S. constricta</i>	牡蛎 Oyster	翡翠贻贝 <i>P. viridis</i>	菲律宾蛤仔 <i>P. philippinarum</i>	泥蚶 <i>T. granosa</i>
适养面积/hm <sup>2</sup> Optimal farming area	2622	450	2000	125	20	27
1999 实养面积/hm <sup>2</sup> Actual culture area in 1999	2814	541	2014	114	105	40

## 4 讨论

### 4.1 估算模型的实用性

本研究采用方建光等在桑沟湾实验区对孔扇贝养殖容量研究所建立的碳收支平衡模型外,还首次应用营养动态模型、沿岸能流分析模型在贝类养殖容量估算上。实践证明3种模型都具有较好的应用价值。估算结果的平均值为115 020 t,相对误差分别为9.52%、10.69%和1.17%,平均7.13%。

至于3种模式估算值有差异,是因为模式不同,关键参数也不同。营养动态模式取决于生态效率、浮游植物有机碳含量和贝类营养级;沿岸能流模式取决于贝类有机碳含量;方建光模式取决于养殖贝类滤水率和非养殖滤食性附着动物栖息密度及其滤水率。模式不同,参数不同,估算结果存在差异是正常的。

3种模式同时进行,且估算结果都相接近,表明估算值的可靠性,也表明模式的适用性。

### 4.2 适宜养殖面积的可操作性

养殖容量指的是一个特定海区某种生物的可养殖数量和可养殖重量。本研究在采用3种模式估算贝类的可养殖数量和可养殖重量的同时,辅助以统计分析法估算贝类及其养殖品种的适宜养殖面积。贝类养殖系统属于天然营养型养殖系统,其生长过

程主要取决于天然饵料的丰度,遵循逻辑断崖增长模式,可靠性和置信度较强。以统计分析法估算贝类适养面积为2622 hm<sup>2</sup>,与营养动态模式、沿岸能流分析模式和方建光模式估算的养殖容量平均值,换算为可养面积2665 hm<sup>2</sup>很接近( $\bar{X} \pm 21.5$ ) hm<sup>2</sup>,相对误差1.64%。表明适养面积的统计分析法也具有较好实用性,同时也具有较强的可操作性,因为养殖容量(可养重量和可养数量)在实施养殖规划和品种优化配置上,比较难以操作,而面积为单位比较直观,便于操作,具有更强的实用意义。

### 4.3 养殖结构的优化

为使贝类养殖能走上健康、高质、高产、高效可持续发展道路,必须按照估算的贝类及其各品种的适养面积,对现有养殖面积和养殖结构进行调整。调整养殖面积之后,剩余空间有所增大,这时可以控制在养殖容量的前提下,尽量均匀分布,适当扩大养殖间距(扩大12%左右),以充分利用空间和饵料。同时,采取生态养殖措施,多种类,多类型养殖合理搭配。在贝类养殖区内适当设置一些网箱养殖,以增加营养盐,供浮游植物生长繁殖需要。网箱养殖区周围间养部分大型藻类和贝类,以防富营养化导致赤潮发生,达到不同养殖系统之间的互利互补,实现生态养殖,达到养殖业的可持续发展之目的。

## 参考文献:

- [1] 方建光,匡世煥,孙慧玲,等. 桑沟湾栉孔扇贝养殖容量的研究[J]. 海洋水产研究, 1996, 17(2): 18-26.
- [2] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 农业出版社, 1993. 257-270.
- [3] 沈国英, 施炳章. 海洋生态学[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1990. 181-190.
- [4] 国家海洋局. 海洋监测规划[M]. 北京: 海洋出版社, 1989.
- [5] 黄加洪, 李少菁, 陈亚萍. 罗源湾浮游动物种类组成和数量分布. 福建省罗源湾海域综合调查研究专集[J]. 厦门大学学报, 1989, 28(增刊): 85-95.
- [6] 李松, 郑榕. 闽南-台湾浅滩渔场上升流区浮游动物产量[A]. 闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 346-355.
- [7] Omori M. Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton in the North Pacific Ocean[J]. BIOL, 1969, 3: 3-10.
- [8] Giguere L.A. Can we estimate the true weight of zooplankton samples after chemical preservation? [J]. Can J Fish Aquat Sci, 1989, 46: 522-527.
- [9] Ikeda T, Motoda S. Estimated zooplankton production and their ammonia in the Kuroshio and adjacent seas[J]. Fish Bull, 1978, 76: 357-367.
- [10] Ikeda T. Metabolic rates of epipelagic marine zooplankton as a function of body mass and temperature temperature[J]. Mar Biol, 1985, 85: 1-11.
- [11] 李文权, 王亮, 郭劳动, 等. 罗源湾初级生产力评价. 福建省罗源湾海域综合调查研究专集[J]. 厦门大学学报, 1989, 28(增刊): 65-70.

## Culture capacity of shellfish in Luoyuan Bay, East China Sea

LU Zhen-bin, DU Qi, CAI Qing-hai, FANG Ming-jie, QIAN Xiao-ming, XU Cui-ya  
(Fujian Fisheries Research Institute, Xiamen 3610120, China)

**Abstract:** Luoyuan Bay is a semi-closed bay, located in the south of East China Sea, surrounded by Luoyuan County and Lianjiang County, Fujian Province. It has a total water area of 136.6 km<sup>2</sup> and beach area of 117.56 km<sup>2</sup>. In the past five years, shellfish culture has developed increasingly year by year. In 1999, the culture area was 2 814 hm<sup>2</sup> and the production of shellfish was 120 845 t. The culture area has a tendency of enlarging up to now. So the culture capacity of shellfish and the suitable culture area have been a considerable problem and have been paid more attention by the local government and researchers. The investigation was conducted from 2000 to 2002 to evaluate the culture capacity. Based on the theory of nutritional dynamics in marine ecological system, the investigation and determination was carried out on chlorophyll a, primary production, ecology effects, organic carbon content in plankton and cultured shellfish, and the weight ratio of whole shellfish and fresh tissue, filtering ratio of cultured shellfish and wild filtering animal, existence of filtering animal in tidal area, under tidal area and hanging culture area. Nutrition motive model and coastal energy flowing model were used to estimate shellfish ecological capacity. The shellfish culture capacity was estimated by excluding the existence of wild filtering animal. Fang Jian-guang's model was also used to estimate proper culture area for each shellfish species. Statistic analysis was used to estimate proper culture area for each shellfish species. The shellfish culture capacities of Luoyuan Bay estimated by the three models were 104 064 t, 127 321 t and 113 675 t, respectively. The shellfish proper culture area in total was 2 622 hm<sup>2</sup>, among which *Sinonovacula constricta* was 450 hm<sup>2</sup>, oyster 2 000 hm<sup>2</sup>, mussel 125 hm<sup>2</sup>, short-neck clam 20 hm<sup>2</sup>, blood clam 27 hm<sup>2</sup>. Obviously, the culture amount in 1999 was over its capacity. It is necessary to regulate the culture area and quantity, and to improve the culture structure of species and accomplish ecological culture, so that the sustainable development of shellfish culture can be attained.

**Key words:** culture capacity; suitable culture area; shellfish; Luoyuan Bay

\* This research is supported by Key Funded Project of Marine and Fishery Bureau of Fujian Province.