



引用格式:任鹏,吕淑果,王爱民,等.南海常见双壳贝类碳含量及粤桂琼养殖贝类碳移出能力[J].海南大学学报(自然科学版中英文),2025,43(1):1-6.

Citation:REN Peng, LYU Shuguo, WANG Aimin, et al. Carbon content determination and carbon export capacity assessment for South China Sea common bivalves cultivated in Guangdong, Guangxi and Hainan[J]. Natural Science of Hainan University, 2025, 43(1): 1-6.

南海常见双壳贝类碳含量及粤桂琼 养殖贝类碳移出能力

任 鹏¹, 吕淑果^{2,3}, 王爱民^{1,3}, 杨 毅¹, 刘敬灿¹, 刘春胜^{1*}

(1. 海南大学 海洋生物与水产学学院, 海南 海口 570228; 2. 海南省环境科学研究院, 海南 海口 571126;
3. 海南国际蓝碳研究中心, 海南 海口 571126)

摘要: 为了明确南海常见双壳贝类碳含量及评估广东、广西和海南养殖双壳贝类固碳量, 对 21 种热带常见双壳贝类壳碳含量及软体部碳含量进行了测定, 同时基于所测贝类碳含量, 对广东、广西和海南 2022 年养殖双壳贝类固碳量进行了统计分析。结果显示: 21 种双壳贝类软部碳含量为 31.33% ~ 43.20%, 缢蛏最高, 橘色海菊蛤最低; 壳碳含量为 11.32% ~ 14.35%, 翡翠贻贝最高, 华贵栉孔扇贝最低; 所测双壳贝湿重碳含量为 7.10% ~ 11.48%, 栉江珧最低, 缢蛏最高; 广东、广西和海南 2022 年养殖双壳贝类固碳总量分别为 145 936、104 645 和 164 t, 养殖区单位面积固碳量分别为 2.78、3.14 和 0.15 t · hm⁻²。

关键词: 碳含量; 双壳贝; 渔业碳汇

中图分类号: P76

文献标志码: A

文章编号: 1004-1729(2025)01-0001-06

Carbon content determination and carbon export capacity assessment for South China Sea common bivalves cultivated in Guangdong, Guangxi and Hainan

REN Peng¹, LYU Shuguo^{2,3}, WANG Aimin^{1,3}, YANG Yi¹, LIU Jingcan¹, LIU Chunsheng^{1*}

(1. School of Marine Biology and Fisheries, Hainan University, Haikou 570228, China; 2. Hainan Provincial Academy of Environmental Sciences, Haikou 571126, China; 3. Hainan International Blue Carbon Research Center, Haikou 571126, China)

Abstract: To detect the carbon contents of common bivalve mollusks in the South China Sea and evaluate the carbon sequestration capacity of bivalve mollusks cultivated in Guangdong, Guangxi and Hainan, this study measured the carbon contents in the shells and soft tissues of 21 common tropical bivalve mollusks. Additionally, based on the carbon contents of these mollusks, a statistical analysis was conducted on the carbon sequestration capacity of bivalve mollusks cultivated in Guangdong, Guangxi and Hainan in 2022. The

收稿日期: 2023-10-16

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFD2401301); 海南省重点研发计划项目(ZDYF2023XDNY032); 海南省财政项目(46000023T000000939334)

作者简介: 任 鹏(1991—), 男, 河南信阳人, 海南大学水产养殖专业 2022 级硕士研究生, E-mail: renpengjiayou@yeah.net

通信作者: 刘春胜(1984—), 山东潍坊人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 贝类增养殖与碳汇渔业, E-mail: lcs5113@163.com

results showed that the carbon contents of soft tissues in 21 bivalve mollusks ranged from 31.33% ~ 43.20%, with the highest being observed in *Sinonovacula constricta* and the lowest in *Spondylus aurantius*; the carbon content of their shells ranged from 11.32% to 14.35%, with the highest in *Perna viridis* and the lowest in *Mimachlamys nobilis*; the carbon content of the whole body wet weight ranged from 7.10% to 11.48%, with the lowest content found in *Atrina pectinata* and the highest in *Sinonovacula constricta*. The total carbon sequestration capacities of bivalve mollusks cultivated in Guangdong, Guangxi and Hainan provinces in 2022 were 145, 936, 104, 645 and 164 t, respectively; the carbon sequestration capacities per unit area in these provinces were 2.78, 3.14 and 0.15 t · hm⁻², respectively.

Keywords: carbon content; bivalve; fishery carbon sink

0 引言

渔业碳汇是利用渔业生产活动促进水生生物吸收 CO₂, 继而通过水生生物产品的移除和生物沉降作用达到碳汇目的^[1-2]。人工养殖海藻、滤食性贝类和鱼类(如鲢鱼和鳙鱼等), 以及自然水域中的渔业生物群体被认为是渔业碳汇的 3 种基本形式^[2-3]。据统计, 中国 2022 年贝类养殖产量为 1 588.56 万 t, 其中牡蛎、蛤、扇贝、蛭及贻贝等滤食性双壳贝类是主要的养殖品种, 总碳汇量巨大^[4]。

作为近海生态系统的重要类群, 滤食性贝类通过摄食、钙化、呼吸、排粪等代谢活动影响着碳的生物地球化学过程^[5]。在贝类养殖活动中, 其碳汇能力体现在其生长和排粪/排泄过程中伴随的碳转移能力, 其中软体部和贝壳中的碳为可移出碳, 滤食摄入和贝壳钙化的碳称为使用碳, 排粪/排泄伴随的沉积粪便及代谢物中的碳增长称为储存碳, 呼吸及钙化过程中释放的碳称为释放碳^[6]。当前, 有关双壳贝类养殖过程中可移出碳的碳汇计量方法和碳储量变化法已形成相关行业标准《养殖大型藻类和双壳贝类碳汇计量方法 碳储量变化法》^[7]。该标准的碳汇量主要通过测量贝类产量、干湿比重及碳含量计算获得^[8]。由于目前对“储存碳”还没有标准的计算方法, 故本研究主要针对贝类养殖中的“可移出碳”(下文以“固碳量”表示这部分碳的量)。相关研究表明, 不同贝类的软体部与贝壳比例、干湿比重以及软体部和贝壳的碳含量有所不同^[6, 9-10]。因此, 开展不同养殖品种的上述碳汇计量参数的测定, 可以为精确定量不同养殖海域贝类固碳能力提供基础数据。

目前有关双壳贝类不同部位碳含量测定类群多为北方种类, 对于广东、广西和海南等南海海域相关养殖贝类的碳含量评估报道较少。基于此, 本研究对南海的广东、广西和海南 3 地常见双壳贝类的壳质量比、干湿比以及不同部位的碳含量进行了测定, 并对海水养殖贝类的固碳量进行评估, 旨在为渔业碳汇估算提供基础数据。

1 材料与方

1.1 实验材料 本实验所测定橘色海菊蛤(*Spondylus aurantius*)、舌骨牡蛎(*Hyotissa hyotis*)和珠母贝(*Pinctada margaritifera*)采集自三亚近海海域野生个体; 大珠母贝(*Pinctada maxima*)为本实验室繁育个体, 养殖于蜈支洲岛海洋牧场海域; 红树蚬(*Geloina erosa*)采集自东塞港红树林潮间带的野生个体; 其他种类的双壳贝类购自于海南、广东及广西海鲜市场, 且均为当地养殖或野生种类。

1.2 研究方法

1.2.1 前处理 实验所测定 21 种双壳贝类采集后均在低温条件下, 12 h 内运送至海南大学海洋生物与水学院。运回后, 对每种贝的表面进行清洗, 去除污物和附着生物, 然后用吸水纸将表面擦拭干净。实验所用各种贝类体重和壳长参数见表 1。体型较大种类 [如扁平钳蛤(*Isognomon ephippium*)、栉江珧(*Atrina pectinata*)、香港牡蛎(*Crassostrea hongkongensis*)、大珠母贝、珠母贝、舌骨牡蛎和橘色海菊蛤] 取 3 个个体, 其他体型较小种类取 9 只, 对其壳长、个体湿重、软体部湿重和贝壳湿重进行测量。将所有个体分别转移至烘箱中, 65 °C 烘干 48 h 至恒重, 而后对每一个体的软体部干重和贝壳干重进行测量。

表 1 南海常见双壳贝类软体部、贝壳及总碳含量

种类	生物学性状				碳含量/%		
	壳长/mm	湿重/g	干湿比	壳质量比*	软体部	贝壳	湿重碳含量
蛤类							
文蛤 <i>Meretrix meretrix</i>	51.75±3.26	22.89±6.83	0.76±0.08	0.95±0.01	39.29±0.43	11.99±0.22	10.12
短文蛤 <i>Meretrix petechialis</i>	33.49±3.42	8.99±1.99	0.83±0.02	0.95±0.02	40.40±0.53	12.24±0.18	11.31
绿紫蛤 <i>Soletellina virescens</i>	51.63±4.94	8.34±3.3	0.59±0.03	0.88±0.01	35.69±0.61	11.94±0.31	8.66
波纹巴非蛤 <i>Neotapes undulata</i>	35.93±1.45	3.82±0.57	0.62±0.05	0.88±0.01	38.95±0.21	12.34±0.27	9.56
曲崎心蛤 <i>Anomalocardia flexuosa</i>	25.94±1.68	4.4±1.02	0.80±0.01	0.96±0.00	38.58±0.52	12.14±0.33	10.62
织锦巴非蛤 <i>Paphia textile</i>	49.59±3.86	10.66±2.58	0.62±0.13	0.86±0.03	38.73±0.44	12.45±0.37	9.97
美洲帘蛤 <i>Mercenaria mercenaria</i>	57.42±1.08	45.22±3.86	0.78±0.06	0.94±0.02	38.66±0.64	11.96±0.28	10.58
蛤仔 <i>Soletellina</i> sp.	33.82±1.35	2.61±0.54	0.55±0.08	0.85±0.01	36.90±0.49	12.66±0.19	8.98
红树蚬 <i>Geloina erosa</i>	53.25±1.64	33.79±1.06	0.63±0.04	0.94±0.02	39.19±0.39	12.91±0.26	9.10
蚶类							
泥蚶 <i>Tegillarca granosa</i>	28.81±1.78	7.48±0.6	0.75±0.10	0.92±0.03	42.78±0.22	11.88±0.32	10.77
贻贝							
翡翠贻贝 <i>Perna viridis</i>	40.52±2.98	29.06±4.53	0.67±0.03	0.90±0.01	40.37±0.55	14.35±0.37	11.34
江珧							
栉江珧 <i>Atrina pectinata</i>	175.67±0.02	68.18±4.21	0.49±0.05	0.89±0.02	36.17±0.66	11.80±0.34	7.10
扇贝类							
华贵栉孔扇贝 <i>Mimachlamys nobilis</i>	76.4±2.18	51.44±3.46	0.63±0.05	0.91±0.03	41.47±0.58	11.32±0.28	8.91
橘色海菊蛤 <i>Spondylus aurantius</i>	84.59±1.6	177.67±6.37	0.67±0.10	0.95±0.00	31.33±0.63	12.18±0.27	8.78
蛎类							
缢蛎 <i>Sinonovacula constricta</i>	60.38±1.2	8.33±1.06	0.48±0.06	0.70±0.05	43.20±0.42	12.90±0.19	10.53
牡蛎类							
香港牡蛎 <i>Crassostrea hongkongensis</i>	77.72±6.45	136.01±3.95	0.83±0.04	0.98±0.00	41.51±0.44	12.07±0.34	10.48
舌骨牡蛎 <i>Hytotissa hyotis</i>	148.29±2.66	717.82±3.71	0.78±0.05	0.98±0.01	42.30±0.48	12.02±0.41	9.88
珍珠贝类							
大珠母贝 <i>Pinctada maxima</i>	142.4±3.96	224.25±1.86	0.79±0.01	0.97±0.01	39.16±0.39	12.30±0.38	10.43
珠母贝 <i>Pinctada margaritifera</i>	113.07±1.42	235.1±5.07	0.86±0.03	0.98±0.00	37.81±0.53	12.87±0.22	11.48
马氏珠母贝 <i>Pinctada fucata martensii</i>	55±1.51	19.63±2.15	0.61±0.01	0.95±0.02	37.47±0.17	12.67±0.07	10.93
扁平钳蛤 <i>Isognomon ephippium</i>	102.71±3.61	140.1±4.7	0.88±0.08	0.98±0.00	38.90±0.49	12.30±0.27	11.22

*注: 指壳干重与贝类总干重的比值。

待样品烘干后, 体型较大贝类每一个体的贝壳和软体部用组织研磨仪(TISSUELYSER-24 L, 上海净信)研磨成匀质粉末, 并过 80 目(180 μm)筛网备用; 体型较小贝类, 每 3 只混合, 用同样方法制备贝壳和软体部待测样品。

1.2.2 碳含量测定 将 2 mg 上述研磨并过筛的粉状样品用元素分析仪(Elemental Analyzer Vario EL cube, 德国 Elementar)测定碳含量。

1.2.3 固碳量的计算 贝类固碳量的计算参考葛红星等^[11]的方法。计算公式如下:

$$\text{贝类固碳量} = \text{软体部固碳量} + \text{壳固碳量}$$

$$\text{软体部固碳量} = \text{软体部干质量} \times \text{软体部碳含量}$$

$$\text{壳固碳量} = \text{壳干质量} \times \text{壳碳含量}$$

$$\text{湿重碳含量} = \text{贝类固碳量} / \text{贝类湿重}$$

$$\text{养殖固碳量} = \text{贝类产量} \times \text{湿重碳含量}$$

其中,碳含量为碳元素在贝类软体部或壳干质量中所占百分比;湿重碳含量为碳元素在贝类湿质量中所占百分比。

1.3 数据处理 本研究中 21 种常见双壳贝的壳长、碳含量等采用平均值±标准差表示。广东、广西和海南 3 地 7 大类贝类养殖产量数据参考 2023 年渔业统计年鉴,碳含量数据蛤类采用表 1 中所测 9 种蛤类碳含量平均值;蚶采用泥蚶(*Tegillarca granosa*)碳含量;贻贝采用翡翠贻贝(*Perna viridis*)碳含量;江珧采用栉江珧碳含量;扇贝采用华贵栉孔扇贝(*Mimachlamys nobilis*)碳含量;蛭采用缢蛭(*Sinonovacula constricta*)碳含量;牡蛎采用香港牡蛎碳含量。

2 结果与分析

2.1 热带常见双壳贝类碳含量 渔业统计年鉴按品种将海水养殖双壳贝类分为蛤、蚶、贻贝、江珧、扇贝、蛭、牡蛎 7 类。如表 1 所示,本研究在渔业统计年鉴分类的基础之上增加珍珠贝类,因此 21 种贝类分 8 类,并对其软体部、贝壳碳含量及湿重碳含量进行测算。实验所测贝类软体部和贝壳的干重碳含量分别为 31.33%~43.20% 和 11.32%~14.35%,湿重碳含量为 7.10%~11.48%。其中软体部碳含量橘色海菊蛤最低,缢蛭最高;贝壳碳含量栉江珧最低,翡翠贻贝最高;湿重碳含量栉江珧最低,缢蛭最高。进一步比较发现,软体部碳含量蛤类(平均 36.61%)低于珍珠贝类(平均 38.34%)。除翡翠贻贝较高外(14.35%),其余贝类贝壳碳含量为 11.80%~12.91%,各种类间差异不大。

2.2 广东、广西、海南养殖双壳贝类养殖固碳量 基于 2023 年中国渔业统计年鉴数据,对广东、广西、海南 7 类双壳贝类 2022 年的总养殖产量、养殖面积和单位产量统计分析(表 2)。相关数据表明,养殖产量和养殖面积上,广东最高,广西次之,远高于海南;单位面积产量上,广东和广西分别为 30.10 和 30.63 t·hm⁻²,亦远高于海南(4.04 t·hm⁻²)。就养殖种类而言,3 个省份牡蛎养殖量最高,其次为蛤。

表 2 2022 年广东、广西、海南 3 省双壳贝类养殖总产量、面积、单位产量^[4]

种类#	产量/t			面积/hm ²			单位产量/(t·hm ⁻²)		
	广东	广西	海南	广东	广西	海南	广东	广西	海南
蛤	193 440	315 902	1 006	10 122	18 086	411	19.11	17.47	2.45
蚶	40 244	331*	1 800	1 995	136	271	20.17	2.43*	6.64
贻贝	65 296	5 006	—	3 919	18*	—	16.66	278.11*	—
江珧	9 146	—	—	336	—	—	27.22	—	—
扇贝	118 631	1 545	110	5 629	43	—	21.07	35.93	—
蛭	2 980	141*	—	396	305*	—	7.53	0.46*	—
牡蛎	1 151 437	698 011	1 605	30 132	14 740	437	38.21	47.35	33.67
合计	1 581 174	1 020 936	4 521	52 529	33 328	1 119	30.10	30.63	4.04

注:“#”指对所测 9 种蛤类取平均值获得;蚶采用泥蚶碳含量;贻贝采用翡翠贻贝碳含量;江珧采用栉江珧碳含量;扇贝采用华贵栉孔扇贝碳含量;蛭采用缢蛭碳含量;牡蛎采用香港牡蛎碳含量;“—”指无统计数据;“*”可能为统计异常值。

基于不同贝类的湿重碳含量,对广东、广西和海南养殖贝类总养殖固碳量和单位养殖面积固碳量进行计算(表 3)。广东、广西和海南养殖海水双壳贝类的贝壳固碳量分别为 131 836、93 954 和 146 t,软体部固碳量分别为 14 100、10 691 和 164 t,总固碳量分别为 145 936、104 645 和 164 t,单位面积固碳量分别为 2.78、3.14 和 0.15 t·hm⁻²。

表 3 2022 年广东、广西、海南双壳贝类养殖贝类贝壳、软体部及单位面积固碳量

省份	贝壳固碳量/t	软体部固碳量/t	总固碳量/t	单位面积固碳量/(t·hm ⁻²)
广东	131 836	14 100	145 936	2.78
广西	93 955	10 691	104 645	3.14
海南	146	18	164	0.15

3 讨 论

3.1 不同贝类碳含量的差异性 本研究通过对 21 种南海常见双壳贝类的软体部、贝壳碳含量及湿重碳含量进行测算, 结果表明其软体部和贝壳的碳含量分别为 31.33% ~ 43.20% 和 11.32% ~ 14.35%, 湿重碳含量为 7.10% ~ 11.48%。贝类软体碳含量与环境因素有关。环境因素如温度、盐度、饵料等在空间分布上存在差异。因此, 生长在不同区域中贝类的软体部生化组成可能不同, 如黄艳球等^[12] 发现不同养殖海区的钦州大蚝软体部蛋白质、脂肪等含量存在较大差异。在本研究中, 蛤类、珍珠贝类等养殖环境通常有较大的不同, 蛤类多养殖在潮间带, 而珍珠贝类多养殖在浮排或潮下带。这可以作为蛤类与珍珠贝类软体部碳含量不同的一种解释。潮间带贝类易受低氧胁迫, 相比于其他营养物质, 糖类碳含量低, 氧化需氧量较少, 潮间带蛤类通过直接储存和消耗糖类以减少耗氧量。这一结果与李晓英等^[13] 报道的两种蛤类软体部的总糖含量明显高于马氏珠母贝一致。贝壳除主要成分碳酸钙外, 还有少量有机质^[14-17], 因此, 贝壳碳含量差异可能是壳中碳酸钙与有机质占比不同的结果。贝壳有机质如多糖、蛋白质等中碳含量显著高于碳酸钙中的碳含量, 翡翠贻贝壳碳含量明显高于其他贝类, 这可能是由于其壳中有机质含量较高导致的。湿重碳含量直观反映了鲜贝固碳量与质量的关系, 可以作为衡量贝类移出碳能力的指标之一。

本研究所测贝类多数壳干质量为软体部干质量的 10 倍以上, 软体部碳含量却仅为壳碳含量的 3 倍左右。同时, 贝类收获以后, 软体部中碳元素会快速回到碳循环中, 而壳中碳元素却能够被长期封存, 从这个角度讲, 贝类移出碳主要是壳中碳元素。因此, 在评价贝类移出碳能力时, 应当综合考虑贝类湿重碳含量和壳质量比, 这可以为未来开展贝类养殖增汇工作提供一定的参考。

3.2 广东、广西、海南贝类固碳量差异性 依据固碳量的计算过程, 发现影响 3 省养殖贝类固碳量的因素主要有两个: 一是养殖产量, 二是贝类的养殖比重。根据 3 省贝类产量的统计数据, 3 省贝类固碳量的巨大差异主要是由产量差异导致的。贝类养殖产量与养殖面积有关, 依据统计结果, 广东省贝类养殖面积远高于其他两省, 这可能是广东省产量较高的主要原因。广东省在政策也支持贝类养殖产业的发展, 而海南省作为旅游港、自贸港, 其环保政策较为严格, 贝类养殖产业的发展受到限制^[18]。此外, 较高的盐度对贝类生长不利, 而海南近岸表层海水盐度较两广高^[19-21]。因此, 较高的海水盐度也制约了海南省贝类养殖业的发展, 限制了贝类养殖的产量。

参考文献:

- [1] 贺义雄, 王燕炜, 谢素美, 等. 我国海洋碳汇研究进展——基于 CNKI(2006—2021 年)的文献分析 [J]. 海洋经济, 2022, 12(4): 1-16.
- [2] 唐启升, 蒋增杰, 毛玉泽. 渔业碳汇与碳汇渔业定义及其相关问题的辨析 [J]. 渔业科学进展, 2022, 43(5): 1-7.
- [3] 张继红, 方建光, 唐启升. 中国浅海贝藻养殖对海洋碳循环的贡献 [J]. 地球科学进展, 2005, 20(3): 359-365.
- [4] 农业农村部渔业渔政管理局, 全国水产技术推广总站, 中国水产学会. 2023 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2023.
- [5] 蒋增杰, 方建光, 毛玉泽, 等. 滤食性贝类养殖碳汇功能研究进展及未来值得关注的科学问题 [J]. 渔业科学进展, 2022, 43(5): 106-114.
- [6] 任黎华. 桑沟湾筏式养殖长牡蛎及其主要滤食性附着生物固碳功能研究 [D]. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2014.
- [7] 中华人民共和国自然资源部. 养殖大型藻类和双壳贝类碳汇计量方法 碳储量变化法: HY/T 0305—2021[S]. [出版地不详]: [出版者不详], 2021.
- [8] 张继红, 刘毅, 吴文广, 等. 海洋渔业碳汇项目方法学探究 [J]. 渔业科学进展, 2022, 43(5): 151-159.
- [9] TUROLLA E, CASTALDELLI G, FANO E A, et al. Life cycle assessment (LCA) proves that Manila clam farming (*Ruditapes philippinarum*) is a fully sustainable aquaculture practice and a carbon sink[J]. Sustainability, 2020, 12(13): 5252.
- [10] 姜妮妮, 房景辉, 蔺凡, 等. 胶州湾菲律宾蛤仔生态容量评估及其碳汇功能 [J]. 渔业科学进展, 2022, 43(5): 61-71.
- [11] 葛红星, 赵杰, 董志国. 2016—2020 年江苏省海水养殖贝类生产情况及碳汇评估 [J]. 江苏海洋大学学报(自然科学版),

- 2022, 31(2): 1-6.
- [12] 黄艳球, 杨发明, 秦小明, 等. 不同养殖区香港牡蛎的化学组成及特征气味成分分析 [J]. 食品科学, 2019, 40(14): 236-242.
- [13] 李晓英, 董志国, 阎斌伦, 等. 青蛤与文蛤的营养成分分析与评价 [J]. 食品科学, 2010, 31(23): 366-370.
- [14] 张先基. 基于 XRF 测碳技术的中国海水贝类养殖碳汇研究 [D]. 大连: 辽宁师范大学, 2014.
- [15] 赵鲁苹, 徐焕志, 陈东, 等. 厚壳贻贝壳的微结构及光谱分析 [J]. 浙江大学学报(理学版), 2015, 42(3): 339-346.
- [16] KOBAYASHI I, SAMATA T. Bivalve shell structure and organic matrix[J]. Materials Science and Engineering: C, 2006, 26(4): 692-698.
- [17] 姜雨婷, 孙琦, 刘宏汉, 等. 翡翠贻贝外套膜转录组及贝壳珍珠质层和肌棱柱层蛋白质组分析 [J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2018, 34(10): 1080-1090.
- [18] 周昌仕, 慕永通. 广东东部沿海地区牡蛎产业调查分析 [J]. 中国渔业经济, 2013, 31(3): 133-140.
- [19] FRIEDER C A, APPLEBAUM S L, PAN T C F, et al. Metabolic cost of calcification in bivalve larvae under experimental ocean acidification[J]. ICES Journal of Marine Science, 2017, 74(4): 941-954.
- [20] POURMOZAFFAR S, JAHROMI S T, RAMESHI H, et al. The role of salinity in physiological responses of bivalves[J]. Reviews in Aquaculture, 2020, 12(3): 1548-1566.
- [21] 包永波, 尤仲杰. 几种环境因子对海洋贝类幼虫生长的影响 [J]. 水产科学, 2004, 23(12): 39-41.

(责任编辑: 陈 俊)

刊期和文种变更公告

经主管部门和主办单位同意, 并报海南省新闻出版局和国家新闻出版署批准, 《海南大学学报(自然科学版)》(CN46-1013/N)期刊业务范围中的文种由中文变更为中英文, 新编国内统一连续出版物号为 CN46-1091N, 《期刊出版许可证》上期刊名称登记为“《海南大学学报(自然科学版中英文)》”, 出版单位登记为“《海南大学学报(自然科学版中英文)》编辑部”, 刊期由季刊变更为双月刊, 逢偶数月份 25 日出刊, 其他登记事项不变。

特此公告

《海南大学学报(自然科学版中英文)》编辑部