

牡蛎壳腔容积的两种测量方法比较

许 飞^{1,2}, 刘 晓¹, 张国范¹

(1.中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2.中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 为确定测量各种壳形态牡蛎壳腔容积的适宜方法, 比较了排水法和称重法在测量圆形与长形等两种不同形态牡蛎体积中的异同。分别选取两种形状的牡蛎各 9 只, 每个个体重复测量 5 次。结果表明, 牡蛎形状对两种方法的测量结果有显著影响, 但是形状和测量方法对测量精确度的影响不显著 ($P>0.05$)。两种方法测得的壳腔容积结果相近, 都能满足计算条件指数的要求, 其中称重法的适用性更广。

关键词: 长牡蛎 (*Crassostrea gigas*) ; 壳腔容积; 排水法; 称重法

中图分类号: S968.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2007)07-0015-05

双壳贝类常用肥满指数指示肉质部的肥瘦程度 (肥满度), 肥满指数也称条件指数 (index of condition)^[1], 一般以软体部的干物质质量与整体体积或质量的比值表示。肥满指数对于双壳贝类确定适宜采收时期、进行采卵预测等增殖过程具有指导意义, 也是重要的育种指标。肥满指数有多种计算方式, 最初在国外, 计算肥满指数主要以软体部干质量与壳腔容积的比值为基础, 然后衍生出多种计算方法; 国内则多以干肉质量/干壳质量为主要计算方法。Michael 等^[2]建议使用软体部干质量 (g) \times 1 000/壳腔容量 (g) 计算肥满指数。

迄今, 国内对贻贝^[1]、海湾扇贝^[3]、长竹蛭^[4]、四角蛤蜊^[5]、栉孔扇贝^[6]、沟竹蛭^[7]、西施舌^[8]、泥蚶^[9]、文蛤^[10]、大西洋浪蛤^[11]等贝类的肥满度研究均以干壳质量为分母; 陈敏等^[12]计算海湾扇贝的肥满指数时以软体部湿质量与全湿质量的比值来表示。而马氏珠母贝^[13, 14]的肥满指数则在分母中引入了贝壳体积的概念, 计算公式如下: 软体部湿质量 / (壳长 \times 壳宽 \times 壳高) $\times 10^5$, 杜晓东等^[15]计算文蛤肥满指数时也使用了该公式。

牡蛎一般以软体部干质量与壳腔容积的比值计算条件指数, 用于表征肥满度^[16, 17]。主要有两个方面的原因, 首先, 牡蛎的壳特别厚, 壳质量占全湿质量

的比重显著高于贻贝、扇贝等其他双壳贝类, 并且牡蛎壳的生长与软体部的生长不完全同步, 壳密度在不同生长期的变化也比较大, 因此用干壳质量作为分母难以准确反映牡蛎的肥满度^[2]; 其次, 在繁殖期前后, 牡蛎软体部的水份含量波动较大, 因此软体部湿质量也不宜用于指示肥满度。壳腔容积数据的准确性、精确性及测量方法的简便性成为决定牡蛎条件指数测量结果的重要因素。

不规则物体的体积测量方法有排液法、称重法和排气法等^[18]。壳腔容积的测量通常采用排液法, 一般使用量筒, 通过测量排水体积直接得到牡蛎完整个体或贝壳的体积。在该方法中, 需根据贝壳尺寸选用 500 mL 或 1 000 mL 量程较大的量筒, 有时精确度不够。本研究在壳腔体积测量中引入称重法, 以期得到更精确的结果, 并对排水法和称重法的结果进行了比较。

收稿日期: 2005-10-12; 修回日期: 2006-04-20

基金项目: 国家 863 计划项目 (20060110A4023)

作者简介: 许飞 (1982-), 男, 山东临沂人, 博士研究生,

研究方向: 海洋生物学, E-mail: xufei@ms.qdio.ac.cn; 刘晓

通讯作者, 电话: 0532-82898720, E-mail: liuxiao@ms.qdio.ac.cn

1 材料与方 法

1.1 实验材料

本实验使用的长牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 购自青岛水产品市场, 其中 9 个个体形状偏于长形, 9 个偏圆形。

1.2 实验方法

1.2.1 排水法 (排液法)

量筒内预先注入一定体积的淡水并记录水的体积 (记为 V_0), 加入的水量以能够完全淹没牡蛎完整个体 (或贝壳) 但不超出量程为度。用尼龙细丝拴住个体 (或贝壳), 放入量筒完全淹没于水中, 这时水位将上升, 重新读取水的体积 (记为 V_1), 放入个体 (或贝壳) 前后水体积的增量 ($V_1 - V_0$), 即为牡蛎完整个体 (或贝壳) 的体积。为确保测量误差最小, 根据每组牡蛎的形态选用直径适宜的量筒, 每一组的所有个体使用同一量筒测量。

1.2.2 称重法

选用有较好透明度的塑料烧杯, 标定一个固定的水位 (如 400 mL 处), 使水能够完全淹没牡蛎完整个体 (或贝壳)。选用平衡至室温的蒸馏水, 测出 4 个数据: 空烧杯的质量 (W_0), 空烧杯加牡蛎完整个体 (或贝壳) 的质量 (W_1), 空烧杯加满水 (即把水加至固定水位处, 下同) 后的质量 (W_2), 空烧杯内放入牡蛎完整个体 (或贝壳) 然后加满水后的质量 (W_3)。把 4 个数代入公式 $V = \frac{(W_2 - W_0) - (W_3 - W_1)}{\rho}$ 计算 (ρ 为水的质量密度, 蒸馏水的 ρ 值为 1.0), 同样在一次测量中使用同一个烧杯。

1.3 操作步骤

1.3.1 牡蛎表面清理

清除贝壳表面的附着生物和污物。

1.3.2 牡蛎的整体体积测量

使用的每个牡蛎都要处于生活状态、壳缘完整无缺口并确认它们的壳是紧闭的。测量前把牡蛎壳润湿, 以避免第一次测量数据与随后几次测量结果之间

的误差。用排水法和称重法分别测出每个牡蛎完整个体的体积, 测量时, 注意不能让牡蛎双壳张开。可以通过观察在水中是否有气泡从双壳间冒出, 来判断牡蛎有无张口。如果发现有气泡冒出, 需把牡蛎拿出, 在淡水下冲洗, 可刺激牡蛎将双壳闭紧。每个牡蛎均分别用两种方法重复测量 5 次。

1.3.2 解剖

把牡蛎刀从壳顶绞合部插入撬开两壳, 割断闭壳肌, 剥除软体部。在解剖过程中注意避免将壳撬碎, 如果壳发生碎裂, 则保留碎片, 和壳体放在一起测量体积。

1.3.4 壳体积测量

用排水法和称重法先后测出每个牡蛎的壳体积。每个牡蛎的壳用两种方法分别重复测量 5 次。

2 结果与分析

2.1 不同形态牡蛎壳形态参数分析

牡蛎壳形态参数 (SMP 值, shell morphologic parameter) 用如下公式计算: $\frac{L \times W}{H^2}$, L 为壳长, H 为壳高, W 为壳宽, 壳长、壳高、壳宽的定义参照蔡英亚等^[19]。

其中长形牡蛎的 9 个个体分别编号为 L_1 、 L_2 、……、 L_9 , 9 个圆形牡蛎则分别编号为 R_1 、 R_2 、……、 R_9 。长形牡蛎的平均壳长和壳高分别为 $40.90 \text{ mm} \pm 3.21 \text{ mm}$ 和 $90.33 \text{ mm} \pm 5.89 \text{ mm}$; 圆形牡蛎平均壳长、壳高分别为 $47.11 \text{ mm} \pm 4.94 \text{ mm}$ 和 $83.61 \text{ mm} \pm 6.68 \text{ mm}$ 。

表 1 是长形 (L) 和圆形 (R) 两组牡蛎样本各 9 个个体的壳形态数据, 其中 L 组牡蛎的 SMP 值的分布范围是 0.13 ~ 0.17, 平均 0.154; R 组个体的 SMP 值的分布范围是 0.18 ~ 0.41, 平均为 0.268。

对 L 和 R 两组样本的 SMP 值数据进行成组检验, 得 $t = 5.25$, $P < 0.0001$ 。表明两组牡蛎的壳形态有显著差异, L 组的 SMP 值极显著小于 R 组。

表 1 不同形态牡蛎的 SMP 值

Tab.1 SMP values of 9 oysters

个体形态	个体编号									平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
长形	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17	0.154±0.015
圆形	0.18	0.22	0.24	0.25	0.27	0.28	0.28	0.28	0.41	0.268±0.063

2.2 两种不同形态牡蛎壳腔容积测量结果分析
表 2 是分别用排水法和称重法测量得到的 L 组牡

蛎 9 个个体壳腔容积的平均值,在两种测量方法中分别使用了 500 mL 量筒和 500 mL 烧杯作为测量容器。

表 2 长形牡蛎壳腔容积平均值

Tab.2 Averages of long oysters' internal shell cavity volumes

测量方法	壳腔容积平均值 (cm ³)								
	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	L ₈	L ₉
排水法	19.8	15.0	15.6	19.4	26.8	19.6	17.2	17.4	20.8
称重法	19.7	14.8	16.6	19.9	24.7	19.4	16.6	17.5	19.4

注: 每个个体的壳腔容积为 5 次重复测量的平均值

对排水法和称重法获得的壳腔容积数据进行配对 *t* 检验, 得 $t=1.06$, $P=0.3188>0.05$ 。则长形牡蛎两种测量方法所得结果无显著差异。由图 1 可以看出,

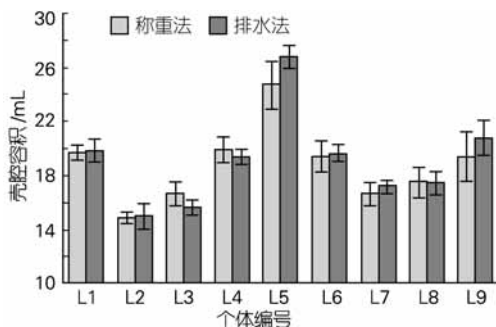


图 1 长形牡蛎壳腔容积测量结果对比

Fig. 1 Comparison of the results of long oysters' internal shell cavity volumes

每个牡蛎壳腔容积平均值相差很小,误差线(标准差)均有重叠区,说明两种方法的测量结果很接近。

表 3 是分别用排水法和称重法测量得到的 R 组牡蛎 9 个个体壳腔容积的平均值,其中排水法使用 1 000 mL 量筒,称重法使用 500 mL 烧杯作为测量容器。

对排水法和称重法获得的壳腔容积数据进行配对 *t* 检验, 得 $t=3.19$, $P=0.0128<0.05$ 。结果表明,圆形牡蛎两种测量方法所得结果有显著差异。圆形牡蛎使用排水法测得 9 个个体的壳腔容积平均值为 21.36 cm³,用称重法测得壳腔容积平均为 22.63 cm³,排水法所得结果小于称重法。由图 2 可以看出,用两种方法测得的 R₂~R₆ 个体的壳腔容积平均值差异较小;而 R₁、R₇、R₈、R₉ 壳腔容积平均值相差较大,误差线(标准差)无重叠区,并且这几个个体用排水法得到的壳腔容积都小于称重法所得结果。

表 3 圆形牡蛎壳腔容积平均值

Tab.3 Averages of round oysters' internal shell cavity volumes

测量方法	壳腔容积平均值 (cm ³)								
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉
排水法	15.6	22.2	28.6	24.6	18.8	22.0	24.0	23.6	12.8
称重法	18.1	23.0	29.1	23.8	19.0	23.2	26.7	25.7	15.1

注: 每个个体的壳腔容积为 5 次重复测量的平均值

2.3 质量控制

为验证两种方法测量的精确度有无差异,以标准差作为测量精确度的度量指标,通过建立模型 (precision=shape | method) 对牡蛎形态因素的作用、测量方法因素的作用以及他们的交互作用进行了多

因素方差分析。表 4 列出了壳腔容积 5 次重复测量的标准差。

方差分析结果显示模型的 *P* 值为 0.295 6,形状和测量方法的 *P* 值分别为 0.147 1 和 0.807 6,形状与测量方法交互作用的 *P* 值为 0.216 1。*P* 值均大于 0.05,

说明模型差异不显著,形状和测量方法对测量的精确程度无显著影响。从这个意义上来说,两者都可以用于牡蛎壳腔容积的测量。

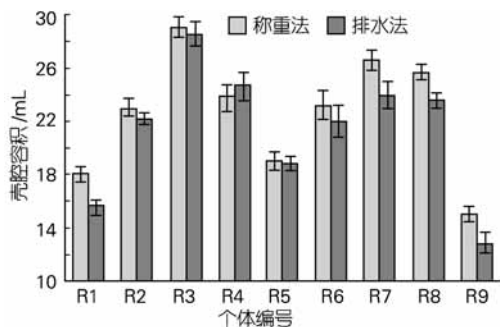


图 2 圆形牡蛎壳腔容积测量结果比较

Fig. 2 Comparison of the results of round oysters' internal shell cavity volumes

表 4 对不同形态的牡蛎用不同方法重复测量得到的标准差

Tab. 4 Standard deviations of different measure methods to different shaped oysters

牡蛎形态	测量方法	标准差									平均
		个体编号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
长形	排水法	0.75	0.52	0.52	0.55	0.82	0.52	0.00	0.84	1.21	0.637
	称重法	0.30	0.34	0.84	0.62	1.71	1.01	0.56	0.90	1.20	0.831
圆形	排水法	0.00	0.00	0.55	0.75	0.52	0.52	0.52	1.63	0.98	0.608
	称重法	0.16	0.47	0.90	0.34	0.52	0.58	0.62	0.38	0.32	0.477

称重法使用烧杯和电子天平,操作相对方便。在这种方法中测量误差主要也来源于操作者对烧杯中水位的辨别,由于烧杯内径比相同容积的量筒更大,所以理论上标定水位时的误差大于使用量筒时的误差。但是,由于测量的参数 W_2 , W_3 都是标定在同一个水位进行称重,并且电子天平的精确度高,又可以避免由于量筒刻度线不够精密带来的误差。

由表 2 的结果可知,长形牡蛎可以分别使用 500 mL 烧杯和 500 mL 量筒进行测量,用两种方法所得每个长形牡蛎的壳腔容积数据总体上非常接近,表明称重法获得的牡蛎壳腔容积测量数据的可靠性与排水法相当,即称重法所得数据可靠。然而,对于壳长与

3 讨论

水生生物体积的测量主要使用排水法。其优点是操作简单,仪器(量筒)易得,适合养殖场的一般需要,本实验中排水法是按照样本浸没于水中后量筒水位的增加值(即样本的排水体积)确定待测牡蛎的体积,其误差主要源于操作者对牡蛎浸没前后量筒中的水位进行读数时的人为误差和由于量筒刻度不够精细所带来的误差,这种误差的绝对值随量筒的量程增大而增加。在每次实验中,为将系统误差保持在相近水平,选用的量筒必须能放入待测牡蛎中壳长最大的个体,因此牡蛎的壳尺寸决定了使用量筒的量程。因此测量的误差与牡蛎的壳形有一定关系,比如 500 mL 的量筒只能适用于壳长小于 4.5 cm 的牡蛎,壳长更大的牡蛎需要使用 1 000 mL 甚至更大量程的量筒。由于量筒的刻度是不连续的,比如 500 mL 的量筒每 10 mL 才有一个刻度标识,所以在读取水位(体积)时个位数字只能是估计数,系统误差较大,此外大量程的量筒一般比较高,在操作中也会有很多不便。

其壳高接近的圆形牡蛎而言,由于壳长较大,排水法测量时必须使用 1 000 mL 的量筒,实验的系统误差比使用 500 mL 量筒时增大,但在称重法中仍然可以使用 500 mL 的烧杯,而且电子天平的精确度始终保持不变,因此对于圆形牡蛎,称重法得到的数据更为可靠。并且由于称重法可以测量的牡蛎体积范围更大,具有很大的改进潜力,可以设计成完善的测量仪器,因此,称重法具有更大的应用前景。

参考文献:

- [1] 张福绥,何义朝,刘祥生,等. 胶州湾贻贝肥满度的研究 [A]. 中国贝类学会. 贝类学论文集[C]. 北京: 科学出版社.

- 1986, 2:80-88.
- [2] Crosby M P, Gale L D. A review and evaluation of bivalve condition index methodologies with a suggested standard method[J]. *Journal of Shellfish Research*, 1990, 9(1): 233-237.
- [3] 张福绥, 马江虎, 何义朝, 等. 胶州湾海湾扇贝肥满度的研究[J]. *海洋与湖沼*, 1991, 22(2): 97-103.
- [4] 孙虎山, 王宜艳. 芝罘湾长竹蛭肥满度的研究[J]. *海洋湖沼通报*, 1995, 3: 63-68.
- [5] 张汉华, 林振碧, 梁超愉, 等. 白沙湖四角蛤蜊的繁殖期及增养殖效果的研究[J]. *南海研究与开发*, 1996, 3: 52-55.
- [6] 张涛, 杨红生, 王萍, 等. 烟台四十里湾养殖海区影响栉孔扇贝肥满度和生长因素的研究[J]. *海洋水产研究*, 2001, 22(1): 25-31.
- [7] 周时强, 郭丰, 柯才焕. 沟竹蛭的繁殖季节与生长[J]. *海洋科学*, 2001, 25(5): 5-7.
- [8] 刘德经, 王家滂, 肖华霖, 等. 西施舌生长的研究[J]. *湛江海洋大学学报*, 2003, 23(1): 17-21.
- [9] 张永普, 应雪萍, 贾守菊. 泥蚶肥满度、含水量和生化成分的周年变化[J]. *河南科学*, 2004, 22(1): 57-59.
- [10] 林志华, 单乐洲, 柴雪良, 等. 文蛤的性腺发育和生殖周期[J]. *水产学报*, 2004, 28(5): 510-514.
- [11] 林志华, 柴雪良, 单乐洲, 等. 大西洋浪蛤繁殖生物学研究[J]. *海洋科学*, 2005, 29(1): 17-23.
- [12] 陈敏, 何进金. 海湾扇贝南移后繁殖期的变动[J]. *台湾海峡*, 1994, 13(2): 118-124.
- [13] 杜晓东, 李广丽, 刘志刚, 等. 合浦珠母贝 2 个野生种群的遗传多样性[J]. *中国水产科学*, 2002, 9(2): 100-105.
- [14] 王爱民, 石耀华, 周志刚. 马氏珠母贝不同地理种群内自繁和种群间杂交子一代形态性状参数及相关性分析[J]. *海洋水产研究*, 2004, 25(3): 39-45.
- [15] 杜晓东, 邓岳文, 叶富良, 等. 广东和广西地区野生文蛤的遗传多样性[J]. *中国水产科学*, 2004, 11(1): 41-47.
- [16] Huang S C, Hsieh H L, Chen C P. Effects of the winter Monsoon on the growth, mortality, and metabolism of adult oysters in Kinmen Island, Taiwan[J]. *Aquaculture*, 2006, 251(2-4): 256-270.
- [17] Massapina C, Joaquim S, Matias D, et al. Oocyte and embryo quality in *Crassostrea gigas* (Portuguese strain) during a spawning period in Algarve, South Portugal[J]. *Aquat Living Resour*, 1999, 12 (5): 327-333.
- [18] 迟善武. 一种实现小体积测量的精确方法[J]. *化工自动化及仪表*, 1996, 23(2): 44-47.
- [19] 蔡英亚, 张英, 魏若飞. 贝类学概论[M]. 第二版. 上海: 上海科学技术出版社, 1995. 28-31.

Comparison of two methods to measure the internal shell cavity volume of oyster

XU Fei^{1,2}, LIU Xiao¹, ZHANG Guo-fan¹

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: Oct., 12, 2005

Key words: *Crassostrea gigas*; internal shell cavity volume; method of draining water ; method of weighing

Abstract: Two types of oysters with distinct shell shapes were measured simultaneously by two methods in order to obtain the internal shell cavity volumes, including the method of draining water and the method of weighing. The object was to find the best method to acquire more accurate results. 9 of each shaped oysters were selected and measured 5 times repeatedly. Results showed that: the shape of oyster as well as the method of measure affected the results, but did little in the precision ($P>0.05$). Both methods received very similar results, which could meet the needs of computing the “index of condition”. The method of weighing showed more advantages in applicability especially for large-sized oysters than the method of draining water.

(本文编辑:张培新)