

文章编号: 100020550(2005)0320475208

九种现代双壳类壳体物相组成的对比研究¹

范德江 刘升发 张爱滨 于子山 王文正

(中国海洋大学 山东青岛 266003)

摘要 利用 X 射线衍射分析技术, 对黄东海常见的 9 种现代双壳类壳体进行了物相分析, 结果表明这些双壳类壳体分别属于三种类型, 即文石质壳、方解石质壳、文石 + 方解石混合质壳。其中, 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)、中国蛤蜊 (*Macra chinensis*)、四角蛤蜊 (*Macra veneriformis*)、薄片镜蛤 (*Dosinia laminata*)、毛蚶 (*Scapharca subcrenata*) 属于文石质壳, 长牡蛎 (*Crassostrea gigas*)、中国不等蛤 (*Anomia chinensis*)、海湾扇贝 (*Argopecten irradians*) 属于方解石质壳, 紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 属于文石 + 方解石质的混合质壳; 双壳类壳体物相组成与其生活方式有着一定的联系, 营底栖埋入式生活者趋于形成文石质壳, 底栖固着生活方式者趋于形成方解石质壳或混合质壳; 不同大小的菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 的物相组成上几乎没有差别, 表明其壳体物相组成不受生命效应的影响。

关键词 现代双壳类 壳体 物相组成 X 射线衍射 文石 方解石

第一作者简介 范德江 男 1965 年出生 博士 教授 沉积学和沉积地球化学

中图分类号 P736.2 **文献标识码** A

1 引言

软体动物出现于古生代, 繁荣于中生代, 新生代趋于极盛。在漫长的地质历史中, 双壳类广泛生存于大陆淡水环境、海洋中的热带海域、温带海域和寒带海域。双壳类壳体以钙质壳为主, 其钙化过程与珊瑚、有孔虫等钙质生物相似, 即壳体形成与周围的水体保持物理化学上的动态平衡^[1-4], 它有可能客观地记录环境的温度、盐度以及其它要素。在这些钙质生物壳体中, 珊瑚、有孔虫已经在第四纪古环境恢复和重建上得到广泛和成功的应用^[5-8]; 双壳类壳体在古环境恢复和定量重建上已引起有关学者的重视^[9, 10]。

在利用钙质生物壳体进行古环境恢复和重建中, 首先面对的是这些壳体的物相组成。双壳类物相组成复杂, 而物相直接影响到对环境要素的记录^[3, 4]。近期的研究显示双壳类壳体除了文石、方解石外, 还可能出现羟磷灰石^[11]、重晶石^[12]等非常见矿物。迄今为止, 对双壳类壳体物相组成的了解仍然停留在笼统的层面上, 知道双壳类既可以是文石质壳, 也可以是方解石质壳, 并从统计学上粗略地指出双壳类壳体物相类型的出现频率^[13], 但是, 对双壳类为什么出现某种或某些特定的物相缺乏了解。其次, 在利用钙质

生物壳体进行古环境重建时研究者必须面对 / 生命效应 0 问题^[14], 双壳类生长发育过程中壳体物相组成是否发生变化、是如何变化的等都密切关系到以双壳类壳体为信息载体进行古环境重建的成败。再者, 双壳类种属众多, 分布区域性特征强, 除了少数全球性种属外, 更多的属于地方性种属, 而我们对中国近海现代双壳类壳体的物相组成的知识还相当欠缺。

本研究选取黄海近海常见双壳类牡蛎科、蛤蜊科、帘蛤科、贻贝科、不等蛤科、蚶科、扇贝科中的 9 种为研究对象, 对比研究了不同种属双壳类壳体的物相组成, 以期了解双壳类壳体组成种属上的差别; 针对不同生长阶段、不同大小的蛤蜊壳体进行了研究, 以查明双壳类生长发育过程中壳体物相组成上的变化。

2 研究方法

2.1 样品的采集和预处理

九种双壳类)) 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)、四角蛤蜊 (*Macra veneriformis*)、中国蛤蜊 (*Macra chinensis*)、中国不等蛤 (*Anomia chinensis*)、薄片镜蛤 (*Dosinia laminata*)、毛蚶 (*Scapharca subcrenata*)、紫贻贝 (*Mytilus edulis*)、长牡蛎 (*Crassostrea*

¹ 山东省自然科学基金 (Y2001E02)、国家自然科学基金重点基金 (批准号: 90211022) 资助。
收稿日期: 200420823; 收修改稿日期: 2004212223

gigas)、海湾扇贝 (*Argopecten irradians*) 等皆采自青岛胶州湾沿岸, 其中紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 采自黄岛近岸, 其它样品采自红岛近岸 (图 1)。紫贻贝 (*Mytilus edulis*)、菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)、长牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 为人工养殖品种, 采样时为活体样品, 于采样后第二天进行软硬体分离, 得到壳体样品; 其它种类为当地天然品种, 从采样区海滩上直接拾取贝壳样品。这些样品于 2003 年 5 月采集。

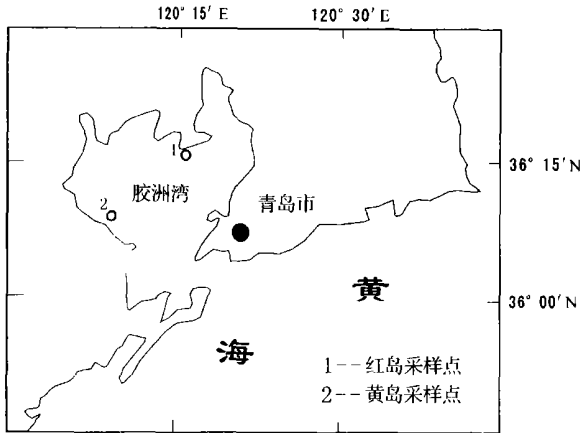


图 1 双壳类样品采样位置图

Fig 1 The locations of sampling sites

贝壳样品经过仔细刷洗, 彻底清洗沾、粘在贝壳上的沙、土以及附生生物, 之后牡蛎壳在 60℃ 的烘烤箱中烘干, 其它贝壳自然晾干, 待用。

菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)、四角蛤蜊 (*Macra veneriformis*)、中国蛤蜊 (*Macra chinensis*)、中国不等蛤 (*Anomia chinensis*)、薄片镜蛤 (*Dosinia laminata*)、毛蚶 (*Scapharca subcrenata*)、紫贻贝 (*Mytilus edulis*)、长牡蛎 (*Crassostrea gigas*)、海湾扇贝 (*Argopecten irradians*) 等 9 种双壳类分别属于七个科, 它们的分类位置见表 1。

菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 依据其壳体大小分为 8 个子样, 具体值示于表 2 中。

2.2 X射线衍射物相分析

2.2.1 X射线衍射物相分析

贝壳样品经球磨机研磨成细于 200 目的粉末, 之后上机分析。所用 X 射线衍射器为日本产 D/max-CB 型阳极旋转衍射仪, 铜靶 (K_α), 管电压 40kV, 管电流 100mA; 衍射条件: 步进长度 0.01b(2θ), 扫描速度 2b/min, 扫描范围 20b~ 60b。

2.2.2 物相含量的计算

采用自清洗法进行相对物相含量的计算, 计算公式:

$$X_a = \frac{I_a @r_a}{\sum_{i=0}^n 2 I_i @r_i} @100\%$$

式中 X_a 为物相 a 的相对百分含量, I_a 为物相 a 的窗口衍射强度, r_a 为该物相对应于此窗口衍射的强度因子, n 为总物相数。文石和方解石的窗口衍射 d 值分别是 1.97 和 3.03, 强度因子分别为 r_a = 9.3, r_c = 1.65^[15]。

表 1 九种双壳类的分类位置

Table 1 The taxonomy of the bivalves

目	帘蛤目 Veneroidea				珍珠贝目 Pterioidea			贻贝目 Mytiloidea	蚶目 Arcoidea
科	蛤蜊科 Macridae		帘蛤科 Veneridae		不等蛤科 Anomidae	扇贝科 Pectinidae	牡蛎科 Ostreidae	贻贝科 Mytilidae	蚶科 Arcoidea
属	蛤蜊属 Macra		蛤仔属 Ruditapes	文蛤属 Dosinia	不等蛤属 Anomia	Argopecten*	牡蛎属 Crassostrea	贻贝属 Mytilus	毛蚶属 Scapharca
种	中国蛤蜊 Macra chinensis	四角蛤蜊 Macra veneriformis	菲律宾蛤仔 Ruditapes philippinarum	薄片镜蛤 Dosinia laminata	中国不等蛤 Anomia chinensis	海湾扇贝 Argopecten irradians	长牡蛎 Crassostrea gigas	紫贻贝 Mytilus edulis	毛蚶 Scapharca subcrenata

* 该双壳类是从国外引进品种, 目前尚未有相应的中文属名。

表 2 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 子样划分 (单位: cm)

Table 2 The subsamples of *Ruditapes philippinarum* (Unit: cm)

代号	A	B	C	D	E	F	G	H
壳体长度区间	< 2.0	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0~3.5	3.5~4.0	4.0~4.5	4.5~5.0	> 5.0

2.2.3 方解石亚种的鉴定

利用方解石 (104) 面的 d 值 (或 \$d\$) 与 $MgCO_3$ 的关系计算 $MgCO_3$ 的含量^[16], 进而确定方解石亚类。在实际操作中, 以文石为内标, 对方解石 (104) 面的 d 实际测量值进行校正, 以校正后的 d 值作为 $MgCO_3$ 含量计算依据。

3 研究结果

3.1 不同种属双壳类壳体物相组成

X 射线衍射分析表明双壳类壳体由文石、方解石两种矿物组成。根据文石、方解石的多寡把壳体划分为三种壳质类型: 文石质壳、方解石质壳、文石 + 方解石混合质壳, 它们对应的物相组成示于表 3。

文石质壳: 该类壳体中文石含量大于 98%, 方解石的含量小于 2%, 方解石含量接近于 X 射线衍射分析的最低检测限, 仅出现 (104) 面衍射峰, 见图 2。菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)、四角蛤蜊 (*Macra veneriformis*)、中国蛤蜊 (*Macra chinensis*)、薄片镜蛤 (*Dosinia laminata*)、毛蚶 (*Scapharca subcrenata*) 等属于文石质壳。

方解石质壳: 壳体中方解石含量大于 90%, 文石的含量在 5% ~ 10% 之间, 其 X 射线衍射特点见图 3。长牡蛎 (*Crassostrea gigas*)、海湾扇贝 (*Argopecten irrada*)

diaus)、中国不等蛤 (*Anomia chinensis*) 属于方解石质壳。方解石亚类鉴定表明都为低镁方解石 (见表 4)。

表 3 双壳类壳体物相组成 (单位: 10^{-2})
Table 3 Mineral component in the bivalve shells (Unit in 10^{-2})

壳体类型	双壳类种属	文石	方解石
文石质壳	菲律宾蛤仔 <i>Ruditapes philippinarum</i>	98.8	1.2
	四角蛤蜊 <i>Macra veneriformis</i>	98.3	1.7
	中国蛤蜊 <i>Macra chinensis</i>	98.2	1.8
	薄片镜蛤 <i>Dosinia laminata</i>	99.2	0.8
	毛蚶 <i>Scapharca subcrenata</i>	98.5	1.5
方解石质壳	长牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>	4.3	95.7
	中国不等蛤 <i>Anomia chinensis</i>	6.5	93.5
	海湾扇贝 <i>Argopecten irradaus</i>	9.5	90.5
混合质壳	紫贻贝 <i>Mytilus edulis</i>	37.8	62.2

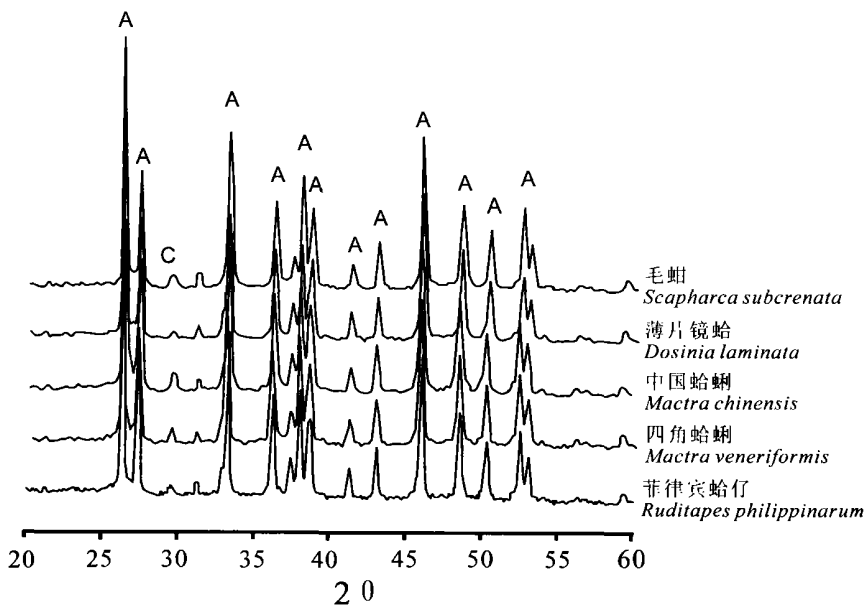


图 2 文石质壳 X 射线衍射图谱 (A- 文石衍射峰, C- 方解石衍射峰)

Fig 2 X2ray diffraction patterns of aragonite shells
(A) aragonite diffraction; C) calcite diffraction)

文石 + 方解石混合质壳: 该类壳体文石含量 37.77%, 方解石含量 62.23%, 它们的含量一个数量级, 两种矿物的衍射线很清晰, 见图 4。在所研究的九种双壳类中, 只有紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 属于混合质壳, 其中的方解石也属于低镁方解石 (见表 4)。

3.2 不同大小菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 壳体物相组成

不同大小菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 壳体物相组成列于表 5。其 X 射线衍射特点见图 5。

总体而言, 不同大小的菲律宾蛤蚧壳体物相组成差别微小, 都以文石为主体, 含量大于 99%, 方解石含量小于 1%。微小的差别表现为: 壳体长度小于 2.5 cm 的 A、B 组方解石含量较低, 在 0.53% 左右; 壳体长度在 2.5~4.5 cm 的 C、D、E、F 组方解石含量略高, 平均 0.83% 左右; 壳体长度大于 4.5 cm 的 G、H 组方解石含量降低, 约为 0.55% 左右。文石的含量变化呈现与方解石相反的变化趋势。

4 讨论与结论

4.1 文石与方解石的差别

文石、方解石的成分都为 CaCO_3 , 文石属于 9 次

配位的文石型结构, 方解石为 6 次配位的方解石型结构。两者在物理、化学性质上有着较明显的差别, 主要体现在: 文石密度大 (2.94)、硬度大 (3.5~4), 但稳定性差, 方解石硬度小 (2.715)、密度小 (3), 但稳定性强。

4.2 双壳类壳体物相组成与其生活方式关系

上述双壳类壳体物相组成表明, 在同一个科乃至同一个目之内的双壳类壳体具有相同的物相类型, 不同的科、目也可以表现为相同的物相类型。如: 帘蛤目 (中国蛤蚧、四角蛤蚧、菲律宾蛤仔、薄片镜蛤等) 和蚌目都属于文石质壳, 珍珠贝目 (长牡蛎、中国不等蛤、

表 4 方解石亚类鉴定

Table 4 The amount of MgCO_3 contained in calcites

壳体类型	双壳类种属	方解石 d_{104}	MgCO_3 / (mol%)	方解石亚类
方解石质壳	长牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>	3.0363	0.3	低镁方解石
	中国不等蛤 <i>Anomia chinensis</i>	3.0403	2.0	低镁方解石
	海湾扇贝 <i>Argopecten irradians</i>	3.0381	1.2	低镁方解石
混合质壳	紫贻贝 <i>Mytilus edulis</i>	3.0328	1.2	低镁方解石

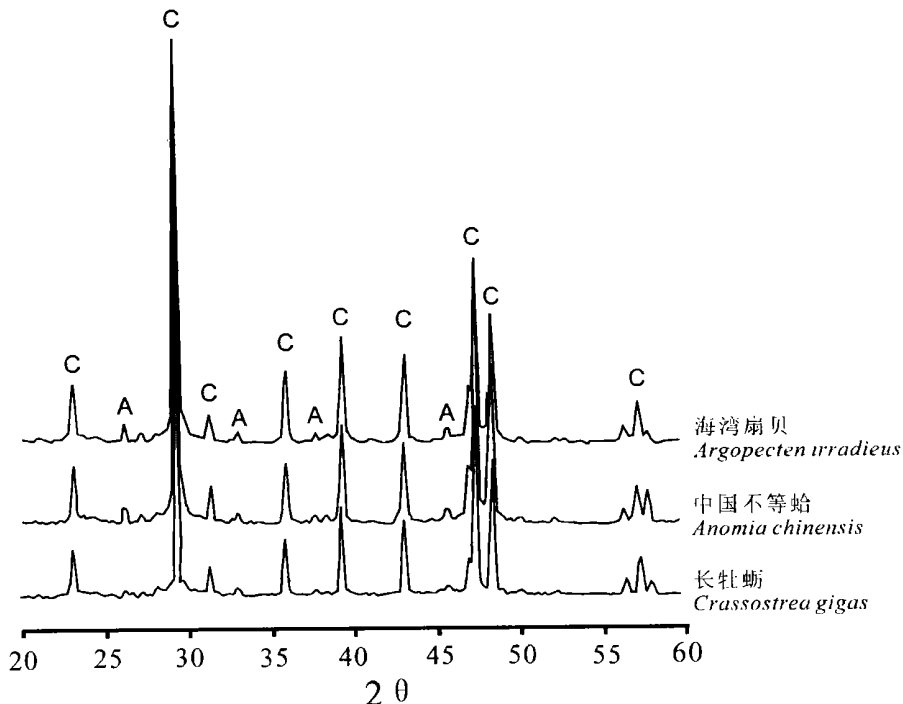


图 3 方解石质壳 X 射线衍射图谱 (A- 文石衍射峰, C- 方解石衍射峰)

Fig 3 X2ray diffraction patterns of calcite shells (A) aragonite diffraction, C) calcite diffraction)

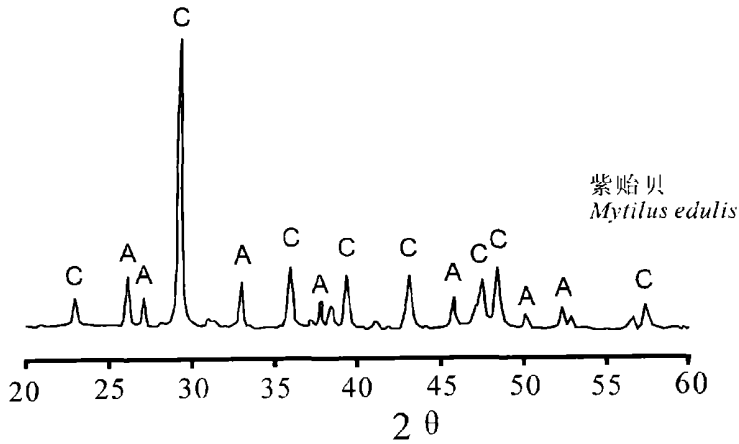


图 4 文石 + 方解石质壳 X射线衍射图谱 (A- 文石衍射峰, C- 方解石衍射峰)
 Fig 4 X2ray diffraction pattems of mixed shells(A) aragonite diffraction C) calcite diffraction)

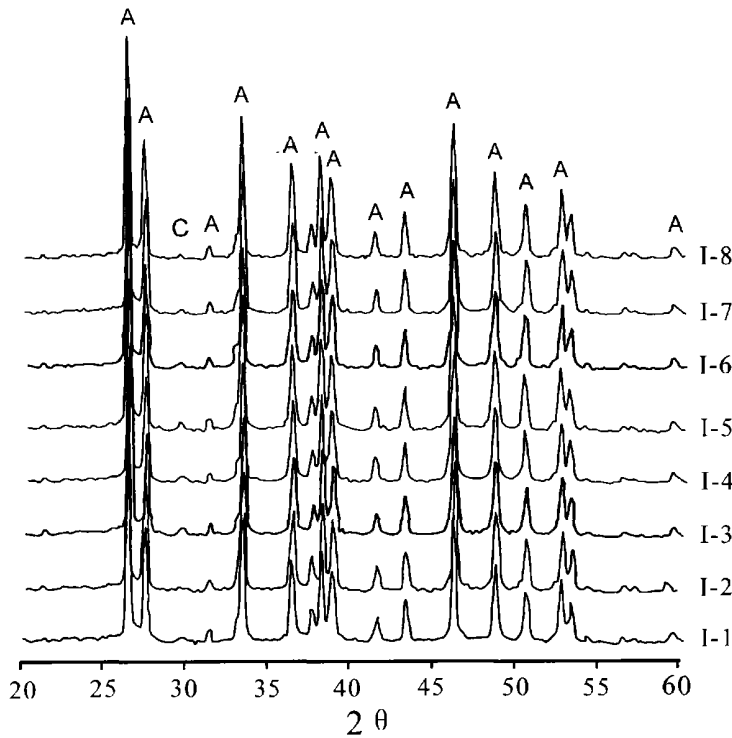


图 5 不同大小菲律宾蛤蚧 (Ruditapes philippinarum)壳体 X射线衍射图谱
 (A- 文石衍射峰, C- 方解石衍射峰)
 Fig 5 X- ray diffraction pattems of the different size shells ofRuditapes philippinarum
 (A) aragonite diffraction C) calcite diffraction)

海湾扇贝)属于方解石质壳, 贻贝目(紫贻贝)则属于混合质壳。通过对比发现, 双壳类的物相组成与其生活方式之间有着一定的联系。

文石质壳的菲律宾蛤仔 (Ruditapes philippina2

rum)、中国蛤蚧 (Maetra chinensis)、四角蛤蚧 (Maetra veneriformis)、薄片镜蛤 (Dositia laminata) 和毛蚶 (Scapharca subcrenata), 它们有着相似的生态方式, 都营底栖埋入式生活^[17,18]。菲律宾蛤仔 (Ruditapes

表 5 不同大小菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 壳体物相组成Table 5 The mineral components in the different size shells of *Ruditapes philippinarum*

长度 /cm		< 2.0	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0~3.5	3.5~4.0	4.0~4.5	4.5~5.0	> 5.0
编 号		I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8
含量 /%	文石	99.4	99.5	99.1	99.2	99.2	99.2	99.4	99.5
	方解石	0.6	0.5	0.9	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5

philippinaum)、中国蛤蜊 (*Macra chinensis*)、四角蛤蜊 (*Macra veneriformis*) 等生活在潮间带、潮下带的沙质底质中, 壳体埋入底质中几厘米到十几厘米, 可以在沉积物中做短距离移动; 毛蚶 (*Scapharca subcrenata*) 主要生活于潮下带沙泥质底质中, 壳体完全埋入底质之中, 同样地它也能在底质中做短距离移动。底栖埋入式生活的双壳类需要比较坚硬的壳体以抗拒泥沙颗粒的摩擦, 因为处在泥沙之中, 周围介质 (主要指孔隙水) 物理化学的变化相对平稳, 对壳体稳定性的要求相对降低。从文石、方解石性质差别上分析, 文石更适合这样的环境, 且双壳类形成文石壳体所付出的生物能量要小于形成方解石壳体。可以说, 这一类双壳类付出较小的代价形成文石壳体, 既满足了生活于泥沙底质之中的需要, 也满足了生命过程中的 / 最大效益 0 原则。

方解石质壳的长牡蛎 (*Crassostrea gigas*)、中国不等蛤 (*Anomia chinensis*)、海湾扇贝 (*Argopecten irradians*), 它们营底栖固着生活, 壳体直接与海水接触^[17]。这种环境下壳体不需要抵抗与泥沙摩擦, 相反则需要适应水体的物理化学环境。由于海岸带环境复杂且多变, 水体温度、盐度以及其它物理化学因素都可能在较短的时间内发生明显的变化, 比如中国东部海岸带沿岸流的季节性变化、河流对海岸的季节性影响等都很明显^[19], 这就要求以该种方式生活于海岸带中双壳类壳体具有高度的物理化学稳定性, 以适应水体环境的变化。方解石比文石具有更高的稳定性, 所以这类双壳类形成了方解石质壳体。

文石 + 方解石混合质的贻贝营底栖附着方式, 它既可以附着在坚硬的底质上, 也可以附着在柔软漂浮的物体之上^[17, 18]。贻贝与方解石质壳的长牡蛎 (*Crassostrea gigas*) 等拥有相似或相同的生活方式, 但它为混合质壳, 而不是方解石质壳。贻贝的混合质壳中方解石约占三分之二, 文石占三分之一强。由于文石稳定性低于方解石, 形成文石只需要付出较低的能量, 很显然, 从付出能量上分析, 双壳类选择混合质壳

比选择方解石质壳更为经济。具有混合质壳的双壳类, 一方面拥有与方解石质壳相同的性能 (占三分之二的方解石完全可以涵盖整个壳体表层), 另一方面又节省了构造壳体所付出的生物能量。很明显地, 在营底栖固着生活方式下, 混合质壳比方解石质壳具有更大的优势, 这可能一定程度上反映了双壳类进化的程度。从地理分布上, 贻贝遍布世界各地, 是全球环境生物检测的基本品种^[20], 它也是双壳类中的优势种属, 这可能与其壳体组成不无关系。

4.3 双壳类生长过程与壳体组成

双壳类从诞生、幼体、成体、死亡等生命过程中经历了不同的阶段, 在不同的生命阶段, 生命活动的特点和强度有所变化。在双壳类的幼虫期, 尚未固着或潜入泥沙底质, 它们漂浮在水体之中; 许多观察表明, 双壳类的幼体生长发育快, 壳体生长得也快, 成体以后发育变慢乃至停止^[21]。因受取样的限制, 尚不清楚这几种双壳类幼虫壳体组成, 但从不同大小的菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 壳体组成上表明, 在它生长发育的不同阶段其壳体组成没有发生明显的变化。

5 结论

通过对 9 种现代双壳类壳体物相组成的研究, 得到下列几点认识:

(1) 9 种双壳类壳体物相组成包括三种类型, 文石质壳、方解石质壳和文石 + 方解石的混合质壳。菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*)、中国蛤蜊 (*Macra chinensis*)、四角蛤蜊 (*Macra veneriformis*)、薄片镜蛤 (*Dosinia laminata*) 和毛蚶 (*Scapharca subcrenata*) 属于文石质壳, 长牡蛎 (*Crassostrea gigas*)、中国不等蛤 (*Anomia chinensis*)、海湾扇贝 (*Argopecten irradians*) 属于方解石质壳, 紫贻贝 (*Mytilus edulis*) 属于混合质壳。

(2) 双壳类壳体物相组成与其生活方式有着一定的联系, 在所研究的种属中, 营底栖埋入式方式者

皆为文石质壳, 底栖固着方式者为方解石质壳或混合质壳。混合质壳可能代表了底栖固着双壳类壳体组成上的更高的进化阶段。

(3) 菲律宾蛤仔 (*Ruditapes philippinarum*) 生长发育的不同阶段, 其壳体物相组成未出现变化。这表明, 至少有一些双壳类种属, 其壳体物相组成受生命效应影响极少或不受影响。

参考文献 (References)

- 1 Urey H C. The thermodynamic properties of isotopic substances. *Journal of Chemistry Society*, 1947, 562~581
- 2 Epstein S, Bushbaum R, Lovenshon H, et al. Revised carbonate-water isotopic temperature scale. *Geology Society of America Bulletin*, 1953, 62: 417~426
- 3 Detman D L, Reische A K, Lohmann K C. Controls on the stable isotope composition of seasonal growth bands in aragonitic freshwater bivalves (Unionidae). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1999, 63: 1049~1057
- 4 Grossman E L, Ku T L. Oxygen and carbon isotope fractionation in biogenic aragonite: temperature effects. *Chemical Geology*, 1986, 59: 59~74
- 5 Beck J W, Edwards R L, Ito E, et al. Sea surface temperature from coral skeletal strontium/calcium ratios. *Science*, 1992, 257: 644~647
- 6 Shen C, Hastings D W, Lee T, et al. High precision glacial/interglacial benthic foraminiferal Sr/Ca records from the eastern equatorial Ocean and Caribbean Sea. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, 190: 197~209
- 7 Martin P A, Lea D W, Rosenthal Y, et al. Quaternary deep sea temperature histories derived from benthic foraminiferal Mg/Ca. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 198: 193~209
- 8 Stott L, Poulsen C, Lund S, et al. Super ENSO and global climate oscillations at millennial time scales. *Science*, 2002, 297: 222~226
- 9 Kim B, Kraantz D E, Grette J B. Stable isotope profiles of Last Interglacial (Pelikian Transgression) mollusks and paleoclimate implications in the Bering Strait Region. *Quaternary Science Reviews*, 2001, 20: 463~483
- 10 Owen R, Kennedy H, Richardson C. Experimental investigation into partitioning of stable isotopes between scallop (*Pecten maximus*) shell calcite and seawater. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleogeology*, 2002, 185: 163~174
- 11 Watabe N. Shell structure. In: Wibur K M ed. *The Mollusca: Form and function*. New York: Academic Press, 1988, 69~104
- 15 Friz L W, Ragone L M, Lutz R A. Bimneralization of barite in the shell of the freshwater Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Mollusca: Bivalvia). *Limnology Oceanography*, 1990, 35: 756~762
- 16 梅冥相. 碳酸盐岩导论. 北京: 地质出版社, 1998 [Mei M Xiang. *Carbonate Rock Theory Introduction*. Beijing: Geological Publishing House, 1998]
- 17 Anadon P, Ghetti P, Gliozzi E. Sr/Ca, Mg/Ca ratios and Sr and stable isotopes of biogenic carbonates from the Late Miocene Volona Basin (central Apennines, Italy) provide evidence of unusual nonmarine Messinian conditions. *Chemical Geology*, 2002, 187: 213~230
- 18 俞旭, 江超华. 现代海洋沉积矿物及其 X 射线衍射研究. 北京: 科学出版社, 1984 [Yu Xu, Jiang Chao Hua. *Study of Modern Marine Sediment Mineral and Its X-ray Diffraction*. Beijing: Science Press, 1984]
- 19 Goldman J R, Graf D L, Heard H C. Lattice constants of the calcium magnesium carbonate. *American Mineralogy*, 1961, 46: 453~457
- 20 徐凤山. 中国双壳类软体动物. 北京: 科学出版社, 1997 [Xu Feng Shan. *Chinese Bivalvia*. Beijing: Science Press, 1997]
- 21 齐钟彦. 中国经济软体动物. 北京: 中国农业出版社, 1998 [Qi Zhongyan. *Chinese Economic Bivalvia*. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1998]
- 22 程天文, 赵楚年. 我国主要河流入海径流、输沙量及对沿岸的影响. *海洋学报*, 1985, 4: 461~471 [Cheng Tianwen, Zhao Chunian. The main stream flong sediment discharge and its influences on coast. *Acta Oceanologica Sinica*, 1985, 4: 461~471]
- 23 Beliaeff B, O'Connor T P, Daskalakis D K, et al. Mussel Watch Data from 1986 to 1994: Temporal Trend Detection at Large Spatial Scales. *Environmental Sciences Technology*, 1994, 31: 1411(1415)
- 24 Matthews T G, Fairweather P G. Growth rates of the infaunal bivalve *Solella alba* (Lamarck, 1818) (Bivalvia: Psammobidae) in an intermittent estuary of southern Australia. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2003, 58: 873~885

Comparison Study on the Shell Mineralogy of 9 Species of Modern Bivalves Living in Yellow Sea

FAN Dejiang LU Shengfa ZHANG Aibing YU Zishan WANG Wenzheng

(Ocean University of China, Qingdao Shandong 266003)

Abstract 9 popular species of modern bivalves living in Yellow Sea were selected for their shell mineral analyses. By means of X-ray powder diffraction method, the types of minerals in the shells were discerned and their components were calculated. The result shows that aragonite or calcite is the dominant mineral in the shells. According to the component of mineral, shells were divided into three subtype, namely aragonite shell, calcite shell and mixed shell. With component of mineral by > 98% aragonite, > 90% calcite, 37% aragonite and 63% calcite, respectively. Species in Veneroida, Arcida had aragonite shell. Species in Pterioida had calcite shell. And species in Mytilida had mixed shell. This research suggests that mineral component of bivalve shell closely relates to its living pattern. Bivalves that live in the sand sediments are apt to form aragonite shell. In contrast, bivalves that live by attaching themselves on the hard bottom are apt to form calcite shell or mixed shell. Furthermore, this research also suggests that at least in some species the shell size has no significant influence on the mineral component of the shell.

Key words modern bivalve, shell, mineral, X-ray diffraction, aragonite, calcite