

渤海湾西北岸滨海湖埋藏牡蛎礁古生态环境

范昌福^{1,2}, 王宏², 裴艳东², 刘志广², 王福², 田立柱², 商志文²

(1 南京大学 海岸与海岛开发教育部重点实验室, 南京 210093; 2 中国地质调查局 天津地质调查中心, 天津 300170)

摘要: 对渤海湾西北岸沿海平原滨海湖埋藏牡蛎礁的分布形态进行了综合调查, 并对位于礁体中央部位的一个垂直剖面上的礁体下伏沉积物、礁体内的泥砂质充填物连续取样。综合研究表明, 该埋藏礁体生长于河流入海口处, 长轴方向 NW—SE, 沿古河床分布。礁体开始建造于 2 445 aBP 前, 基底坐落于当时的潮间带下部。持续建礁约 160 年后, 至 2 287 aBP 时, 礁体建造至潮间带中部海平面位置。随着岸线的推进, 河流携带的大量泥砂逐渐掩埋了平均厚度约 2 m 的滨海湖牡蛎礁。

关键词: 埋藏牡蛎礁, 礁体形态; 建礁过程; 渤海湾

中图分类号: P736.2

文献标识码: A

文章编号: 0256-1492(2008)01-0033-09

渤海湾西北岸沿海地区的埋藏牡蛎礁体, 均被 1~6 m 厚的泥质沉积物所覆盖。通常只有在水利建设或工程建设开挖过程中才有可能被发现。20 世纪初期, Licent 和 de Chardin 报道“在海河下游北岸的 Yenzhuang 村地下 20~25 英尺处发现被埋藏的牡蛎^[1-2]”。对渤海湾埋藏牡蛎及其礁体的系统科学研究, 始自 20 世纪 70 年代。翟乾祥首先将其定名为 *Ostrea gigas*, 认为是气候温暖时期海水影响的产物, 并获得了第一批¹⁴C 年龄^①。自那时以来, 一批学者研究了该地区全新世牡蛎的生态习性、牡蛎礁的内部结构、地层、礁体的时空分布与生存环境等^[2-6]。近 10 余年来, 笔者所在研究小组对渤海湾西北岸牡蛎及其礁体的生态特征、礁体的内部结构、牡蛎壳体的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 稳定同位素组成, 及其记录的古水体盐度和温度、伴生软体动物、礁体下伏和上覆泥砂质沉积物及内含的微体古生物、年代地层序列与磁性地层等不同侧面, 开展了较为系统的研究^[7]。但迄今为止, 除使用物探与钻探相结合手段调查过单个礁体的分布外^②, 更多礁体的分布范围及展布方向, 一直是渤海湾牡蛎礁研究的薄弱环节之一。此外, 由于礁体及上覆泥层总厚度达数米至十余米, 一般开挖深度很难达到礁体的底部。基于以上原因, 迄今从未系统地调查过礁体的分布形态以及礁体建造初期、建造期和结束建礁整个过程的环境演变。本文拟通过对滨海湖牡蛎礁的形成、发育及消亡过程和原因的研究, 进一步丰富对上述问题

的认识。

1 材料与方法

滨海湖(原黄港水库)埋藏牡蛎礁位于渤海湾西北岸的天津塘沽城区西北部约 10 km 处。礁体位于滨海湖西侧(图 1)。2006 年初, 由于水库库底清淤, 埋藏的原生牡蛎礁体部分出露。我们以礁体出露部位为中心, 使用荷兰 Eijkamp 槽型取样器对礁体分布范围进行了勘查, 记录各钻孔点礁顶埋深, 并使用全站仪(GDM610 型)对各孔口高程及礁体出露部位进行了水准测量, 获得 20 余个点的礁顶高程值。另在礁体出露部位开挖了穿透整个礁体的探槽(39°08′39.8″N、117°32′51.1″E), 揭露礁体厚约 2 m。在探槽内对礁体下伏沉积物、礁体内的泥砂质充填物分段进行 1 cm 或 5 cm 等间距无间断取样, 共获取 55 个样品。

对所有样品采用英国 Malvern 2000 型激光粒度仪进行粒度分析, 测量范围为 0.01~2 000 μm , 粒级分辨率为 0.1 μm , 重复测量的相对误差 < 3%, 粒度参数根据矩值法计算^[8]。

对其中 5 个样品进行了微体与软体化石鉴定。有孔虫、介形类等微体生物能够反映所在水体的盐度、深度, 有时还可以指示海岸线的位置, 从而为海面升降、海岸迁移提供证据^[9]。但是, 由于微体生物(包括细贝屑)常易被再搬运, 故判断沉积相要考虑多方面的因素。此时, 往往原地埋藏的较完整的软

基金项目: 天津塘沽区排灌管理处专项; 国家自然科学基金项目(40742011)

作者简介: 范昌福(1979—), 男, 博士生, 从事牡蛎礁环境研究。

E-mail: tjfchangfu@cgs.gov.cn

收稿日期: 2007-09-12; 改回日期: 2007-12-20。张光威编辑

① 翟乾祥. 天津“沧海桑田”的物证—长牡蛎(*Ostrea gigas* Thunberg), 天津历史博物馆, 1978: 1-4.

② 刘雪松, 王兰化, 王强, 等. 天津市第四纪全新世贝壳、牡蛎资源勘察报告, 1997

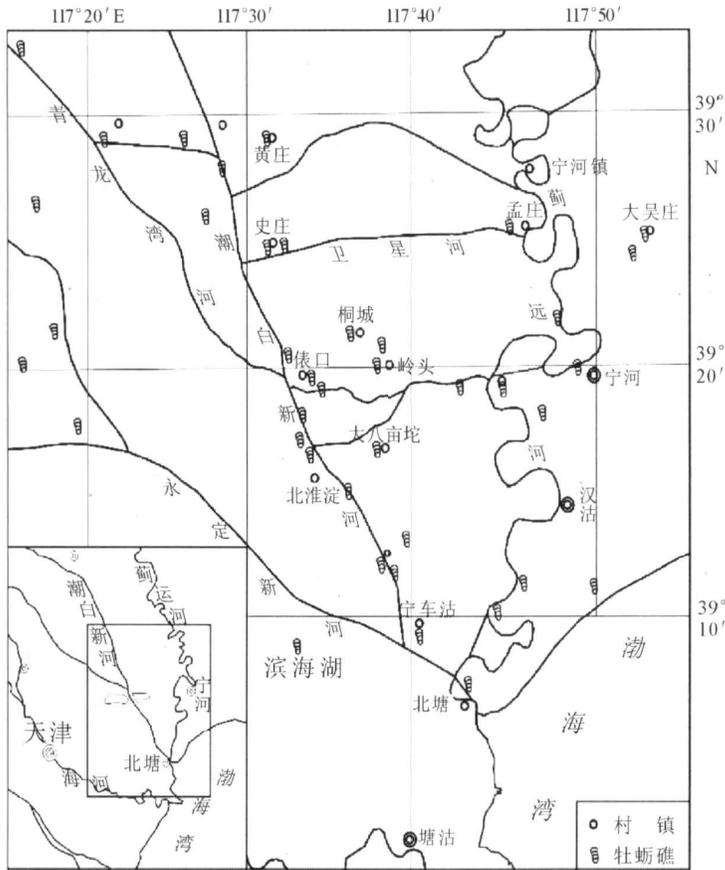


图1 滨海湖埋藏牡蛎礁在渤海湾西北岸牡蛎礁平原^[7]的地理位置

Fig. 1 Map showing the location of the Binhaihu buried oyster reef on the Oyster-Reef-Plain^[7] along the northwest coast of Bohai Bay

体化石具有更直接的指相意义^[10]。因此,本文对礁体中沉积物样品同时进行了宏体化石鉴定,并根据鉴定结果与以往研究为基础^[10-12],综合分析化石鉴定结果所反映的沉积环境。此次微、软体化石古环境鉴定遵循传统的步骤和方法:样品称重、浸泡并过筛,实体镜下鉴定与描述、综合研究^[10]。

对取自礁顶和礁底的牡蛎壳体样品进行了¹⁴C年代测定,在国土资源部青岛海洋地质研究所实验检测中心采用常规法完成,测定值以5730为半衰期计年。使用CALIB4.4校正程序^[13],并输入地区性平均 $\delta^{13}\text{C}$ 值 -2.68‰ PDB1^①^[14]和地区性海洋贮存库效应值 $-183 \pm 50 \text{ a}$ ^[15]等参数,对获得的直接测定值进行了校正^[14]。

连接左右壳的铰合部位,是整个牡蛎壳体最为致密的部分,不易发生蚀变。因此,在不进行X-衍射及化学分析时,选择此部分进行年代学测定较为可靠。壳体铰合部位主要由方解石组成,但与韧带连接的表层(棱柱状的薄层,约6~20 nm)是文石质的^[16]。相对于右壳,左壳铰合部位的文石含量较

低^[17-19]。因此,为降低可能的因文石向方解石蚀变而产生的污染,我们选择左壳铰合部位进行测量,以尽可能保证测年结果的可靠性^[20]。

2 结果

2.1 礁体平面分布形态

在滨海湖牡蛎礁及周边约0.35 km²范围内钻取了28个浅表地层全取心钻孔,结合对探槽剖面的观察,揭露了埋藏礁体的平面分布形态(图2),显示礁体长轴方向呈NW—SE向,似纺锤形,礁体长约0.5 km、平均宽约0.1 km,礁体总面积约0.05 km²。

2.2 礁体年龄

为获知礁体的年龄,选择了顶底两个代表礁体

① Wang Hong, Palaeoenvironment of Holocene Chenier and Oyster Reefs in the Bohai Bay (China), PhD Dissertation, Vrije Universiteit Brussel, 1994.

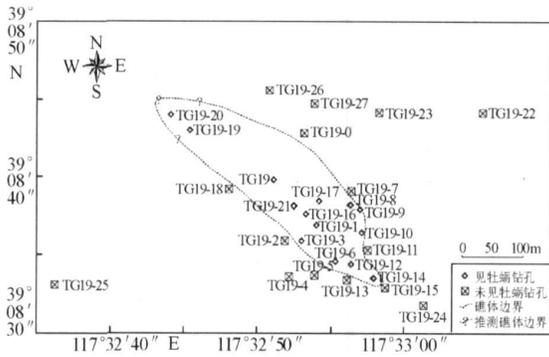


图 2 渤海湾西北岸滨海湖埋藏牡蛎礁体平面分布形态
Fig. 2 Distribution map showing the Binhaihu buried oyster reef along the northwest coast of the Bohai Bay

初始和结束时间的牡蛎壳体(图 3)进行¹⁴C 年龄测定。直接测定值的校正结果分别为 2 287 和 2 445 cal. aBP(表 1)。

2.3 礁体剖面特征

礁体下伏层为淤泥质沉积, 偶有细小的粉砂质

透镜体存在(图 3)。向上渐变为牡蛎壳碎片、幼体壳和泥质沉积物混杂堆积构成的礁体基底, 厚约 40 cm(照片 1-a)。再向上, 即转为正常建礁阶段。正常建礁层最下部保持原位生长的牡蛎壳附着在由壳体碎屑构成的基底之上, 个体之间被泥砂质沉积物和壳体碎屑充填(照片 1-a)。礁体以长重牡蛎 *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) 为主, 伴有其他软体生物, 如 *Trapezium liratum* (梯蛤)、*Rapana* sp. (红螺) 等。在礁体顶部接近结束建礁时, 伴生大量双壳闭合的梯蛤(照片 1-b)。对从该礁体中随机挑选的 130 个双壳闭合的牡蛎个体的壳高测量表明, 壳高度范围为 17~40 cm。

2.5 礁体内部沉积物特征

粒度分析结果表明, 黄海高程约-5.1~-5.0 m 的礁体下伏沉积物的平均中值粒径约为 7 Φ, 黏土粉砂质。该段内 6 个沉积物粒度样品的平均频率分布曲线呈不对称双峰曲线形态, 主峰偏细, 次峰为更细的黏土; 平均累积曲线特征表现为首尾平缓,

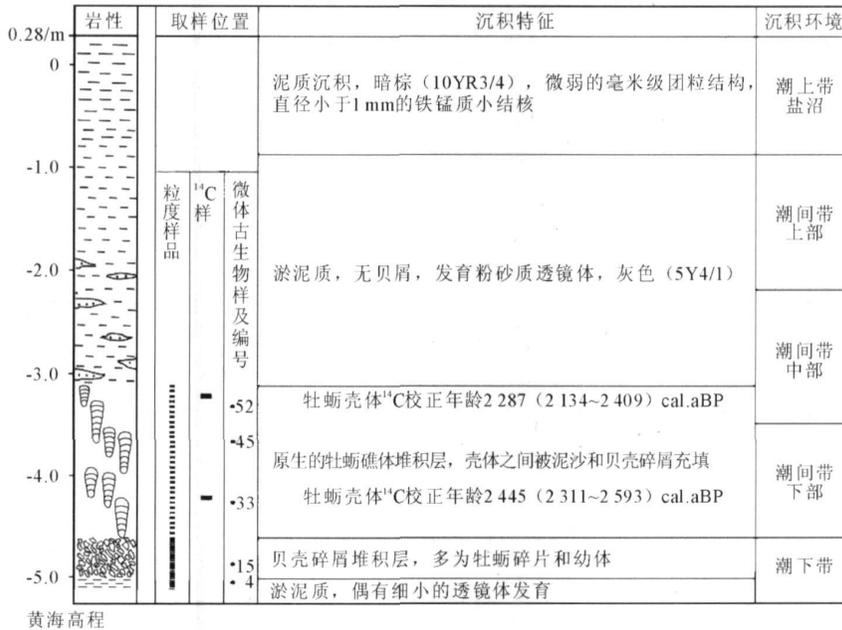


图 3 渤海湾西北岸滨海湖礁体剖面取样位置与古沉积环境

Fig. 3 The sampling positions and depositional environments of the Binhaihu reef body along the northwest coast of the Bohai Bay

表 1 渤海湾西北岸滨海湖牡蛎礁体¹⁴C 年龄

Table 1 Radiocarbon ages of the Binhaihu reef along the northwest coast of the Bohai Bay

样品编号	实验室编号	测试方法	埋深/ m	¹⁴ C 直接测定值/ aBP	CALIB 4.4 校正值 (MARINE98) (cal. aBP)
TG19-1	2006Y082	常规法	3.5	2 130±80	2 287 (2 134~2 409)
TG19-7	2006Y083	常规法	4.6	2 240±80	2 445 (2 311~2 593)

4~8 Φ 之间曲线变陡, 粒径较分散, 分选较差。向上在-5.0~-4.8 m 层位, 礁体初始阶段的沉积物粒度逐渐变粗, 黏土质组分 $<10\%$, 中值粒径位于3.4~5.5 Φ 之间, 砂质粉砂或粉砂质砂。该段内10个沉积物样品的平均频率分布曲线呈不对称多峰曲线形态, 主峰偏粗, 次峰为细砂。平均累积曲线特征为曲线首尾平缓, 3.5~7 Φ 之间曲线变陡, 显示该粒径稍集中, 分选较好。从-4.8 m 至礁体顶部-3.1 m 处, 除位于-3.5 m 处的样品外, 礁体内所含的泥质沉积物粒径有总体上逐渐减小的趋势。该段内39个沉积物样品的平均频率分布曲线呈不对称多峰曲线形态, 主峰偏细, 次峰偏粗为粗中砂。平均累积曲线特征为曲线首尾平缓, 4.5~8 Φ 之间变陡, 显示该段粒径分散, 分选较差(图5)。整个礁体剖面内, 从礁体的基底至礁体初始建礁阶段再到礁体顶部, 随着礁体在垂向空间上的相对升高, 礁顶处的水动力条件逐渐

减弱, 泥质沉积物的分选系数总体上逐渐变大, 分选性逐渐变差(图4)。

2.5 礁体内微体、软体生物组合

实验与综合研究表明, 礁体下伏地层4号样品(图3)为海相沉积, 内含丰富的海相软体、有孔虫与介形类化石(表2)。礁体基底15号样品显示海相生物组合, 其中介形类中有少量淡水分子(表2)。礁体下部33号样品为海相生物组合, 指示中低潮区环境, 有孔虫与介形类的多见种分别为 *Ammonia confertitesta* (厚壁卷转虫)、*Quinqueloculina akneriana rotunda* (圆形短五块虫)、*Protelphidium granosum* (粒突先希望虫)和 *Echinocythereis* sp. (棘艳花介)。礁体中部的45号样品显示潮间带中下部环境, 含零星植物碎片和炭屑, 植物碎片上偶有草莓状黄铁矿集合体沉淀, 表现为强还原环境^[19]。位于礁体顶部的52号样品为潮间至潮下带半咸水



照片1 渤海湾西北岸滨海湖埋藏牡蛎礁体剖面(a)及顶部伴生的大量保持双壳闭合的原生梯蛤壳体(b)

(a)礁体厚约2 m, 下部40 cm 为牡蛎壳碎片、幼体壳和泥质沉积物混杂堆积

构成的礁体基底, 基底之上为双壳闭合保持原生状态的正常建礁层; (b)顶部伴生的大量保持双壳闭合的原生梯蛤壳体

Photo 1 Whole view of the Binhaihu oyster reef with the total thickness of ~2 m

(a)As the basal portion, the lower 40 cm is composed of the mixture of oyster shell fragments, nepioconch shells and muds.

Upwards, it gradually changes to the building-up layer with articulated in situ shells; (b)Top part of the reef body showing numerous concomitants of in situ articulated *Trapezium liratum* shells filling between the oysters

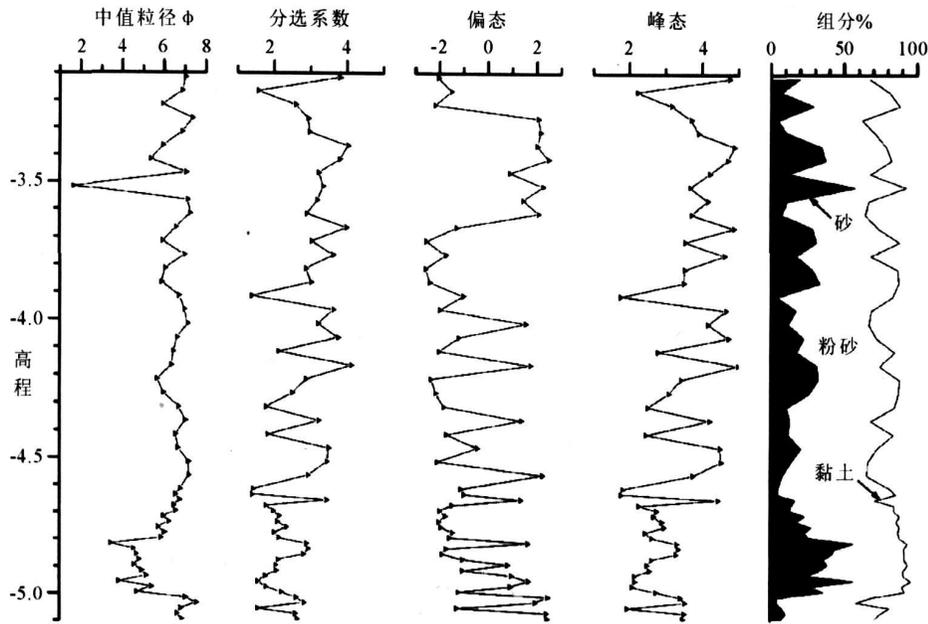


图 4 渤海湾西北岸礁体剖面内的沉积物粒度特征

Fig. 4 Grain-size characteristics of sediments inside the reef body along the northwest coast of the Bohai Bay

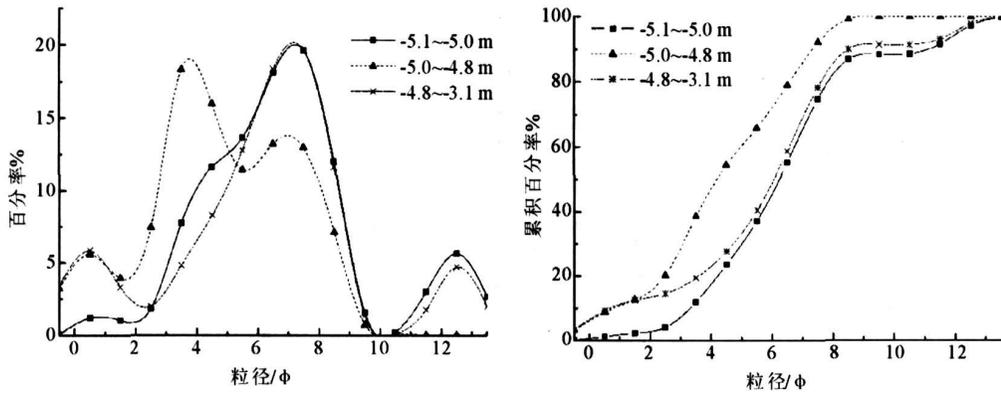


图 5 渤海湾西北岸礁体剖面内沉积物粒度分段平均频率分布和累积曲线

Fig. 5 Grain-size frequency-distribution curves and accumulation curves of sediments in three subsections of the reef body along the northwest coast of the Bohai Bay

生物组合环境, 偶有淡水分子混杂, 零星的黄铁矿集合体显示局部滞水条件, 导致强还原环境产生^[10]; 有孔虫优势种(数十至上百粒, 折合成 20 g 样计量)为 *Ammonia confertitesta*。

礁体剖面不同部位的泥质沉积物样品综合分析结果显示, 礁体基底坐落于当时的潮下带位置。当壳体碎屑及泥质沉积物堆积至潮间带位置时, 礁体进入正常建礁阶段。礁体的主体由壳屑转为保持原生状态的牡蛎壳, 壳间被泥砂质沉积物充填, 并伴生有大量的其他软体生物。当礁体建造至当时潮间带中部位置时, 礁体逐渐被泥砂质沉积物替代。

3 讨论

3.1 礁体的平面分布形态与古地貌的关系

根据耿秀山等对莱州湾西岸小清河河口现代牡蛎礁体的调查, 礁体分布在河口口门(低潮线附近)以上约 1 500 m 的河道内, 沿河床底部生长, 礁体的长轴方向与河床走向一致, 大致与海岸线垂直^[21]。据此推断, 滨海湖礁体长轴的平面分布应该与当时的河口延伸方向一致, 即约 2 500~2 300 年前, 该礁体生长在一条流向为 NW-SE 的河流入海河口处, 在低洼河床内沿河流延伸方向发育繁衍。

表2 渤海湾西北岸滨海湖牡蛎礁体剖面内的微软体古生物组成

Table 2 Mollusks, foraminifera and ostracoda assemblages in the Binhaihu oyster reef body

编号	样重/g	微、软体古生物组成	沉积环境
52	47.4	软体 牡蛎壳碎片(<i>Crasostrea gigas</i>)多粒、脉红螺的大型碎片(<i>Rapana venosa</i>)1粒、丽核螺(<i>Mitrella bella</i>)7粒、美丽假方格螺(<i>Pseudoliotia pulchella</i>)5粒、绯拟沼螺(<i>Assiminea latericea</i>)1粒、须蚶(<i>Barbatia</i> sp.)大于10粒、梯蛤(<i>Trapezium liratum</i>)4粒、光滑河篮蛤(<i>Potamocorbula laevis</i>)左壳1粒、菲律宾蛤仔(<i>Ruditapes philippinarum</i>)左壳2粒、右壳4粒、立蛤(<i>Standella</i> sp.)幼体壳1枚、类麋眼螺(<i>Rissoina</i> sp.)幼体壳大于10粒、小囊螺破损壳(<i>Retusa minima</i>)破损壳1粒	潮间带中下部
		优势种:厚壁卷转虫(<i>Ammonia confertitesta</i>); 多见种:圆形短五块虫(<i>Quinguebulina akmeriana rotunda</i>); 常见种:粒突先希望虫(<i>Protelphidium granosum</i>)、霜粒希望虫(<i>Elphidium nakanokawaense</i>)、多室卷转虫(<i>Ammonia multiceila</i>)、简单希望虫(<i>Elphidium Simplex</i>); 少见种:清晰希望虫(<i>Elphidium Limpidum</i>)、易变筛九字虫(<i>Cribronion incertum</i>)	
		介形类 多见种:凹陷中华美花介(<i>Sinoeytheridea impressa</i>); 常见种:滨海湾贝(<i>Loxconcha binhaieusis</i>)、东台新单角介(<i>Neomoceratina dongtaiensis</i>)、丰满陈氏介(<i>Tanella opima</i>); 少见种:纯真星介(<i>Homoeocypris</i> sp.)、棘艳花介(<i>Echinocythereis</i> sp.)	
45	61.3	软体 牡蛎壳碎片多粒、梯蛤4粒、丽核螺2粒、美丽假方格螺3粒、菲律宾蛤仔碎片2粒、立蛤1粒、光滑河篮蛤破损壳2粒、石质膜口苔藓虫(<i>Membranipora lpidosa</i>)、类麋眼螺幼体壳大于20粒、玻璃螺(<i>Vitrinella</i> sp.)1粒	潮间带中下部
		有孔虫 多见种:毕克卷转虫变种(<i>Ammonia beccarii vars.</i>)、圆形短五块虫、厚壁卷转虫; 常见种:球心虫(<i>Massilina</i> sp.)、抱环虫(<i>Spiroloculina</i> sp.)、粒突先希望虫、沼泽卷转虫(<i>Ammonia limnetes</i>)、多变假小九字虫(<i>Pseudononionella variabilis</i>); 少见种:异地希望虫(<i>Elphidium advenum</i>)	
		介形虫 多见种:凹陷中华美花介 常见种:棘艳花介、拟淡菜海星介(<i>Pontocypris mytiloides</i>)	
33	100	软体 牡蛎碎片多粒、丽核螺8粒、梯蛤幼体壳大于10粒、须蚶5粒、美丽假方格螺5粒、光滑河篮蛤破损壳2粒、脆壳理蛤(<i>Theora fragilis</i>)2粒、波纹沟海笋(<i>Zirfaea crispata</i>)破损壳1粒、蛇螺(<i>Vermetus</i> sp.)1粒、类麋眼螺3粒、小类麋眼螺(<i>Rissoina bureri</i>)大于10粒	潮间带中下部
		有孔虫 多见种:厚壁卷转虫、圆形短五块虫、粒突先希望虫 常见种:抱环虫、多室卷转虫、半角五块虫(<i>Quinqueloculina seminulangunata</i>)、易变筛九字虫 少见种:无刺仿轮虫(<i>Pararotalia inermis</i>)	
		介形虫 多见种:棘艳花介 常见种:凹陷中华美花介、皮桑双角花介(<i>Bicornucythere bisanensis</i>)、布氏威契曼介(<i>Wichmannella bradyi</i>) 少见种:网纹中华花介(<i>Sinocythere reticulata</i>)、东台新单角介	
15	118	软体 牡蛎壳碎片多粒、梯蛤多粒、双纹须蚶(<i>Barbatia bistrigata</i>)右壳1粒、须蚶幼体壳8粒、丽核螺完整壳14粒、破损壳14粒、光滑河篮蛤破损壳3粒、海螂(<i>Mya</i> sp.)幼体壳1粒、菲律宾蛤仔左壳1粒、珠带拟螺守螺(<i>Cerithidea cingulata</i>)1粒、美丽假方格螺2粒、纵肋饰孔螺(<i>Decorifera matusimana</i>)1粒、习见织纹螺(<i>Nassarius dealbatus</i>)2粒、蛇螺(<i>Vermetus</i> sp.)碎片4粒、纵肋织纹螺(<i>Nassarius variciferus</i>)2粒、波纹沟海笋(<i>Zirfaea crispata</i>)1粒、芒螺(<i>Aclis</i> sp.)2粒、立蛤1粒、小类麋眼螺大于10粒	潮下带
		有孔虫 多见种:同现卷转虫、毕克卷转虫变种、圆形短五块虫、易变筛九字虫、霜粒希望虫 常见种:高锅卷转虫(<i>Ammonia takanabensis</i>)、无刺仿轮虫(<i>Pararotalia inermis</i>)、半角五块虫、抱环虫、粒突先希望虫	
		介形类 多见种:凹陷中华美花介、棘艳花介 常见种:东台新单角介、皮桑双角花介、瞳孔穆赛介(<i>Munseyella pupilla</i>)、布氏威契曼介少见种:背瘤戳花介(<i>Stigmatocythere dorsinoda</i>)、卵形纯真星介(<i>Homoeocypris ovata</i>)	
4	88.5	软体 长牡蛎幼体壳及碎片多粒、丽核螺破损壳11粒、纵肋织纹螺(<i>Nassarius variciferus</i>)完整壳3粒、破损壳3粒、纵肋饰孔螺2粒、须蚶8粒、梯蛤3粒、菲律宾蛤仔幼体壳2粒、光滑河篮蛤完整壳4粒、破损壳2粒、类麋眼螺1粒、薄壳和平蛤(<i>Clementia va theleti</i>)	潮下带
		有孔虫 多见种:毕克卷转虫变种、菌状仿轮虫(<i>Pararotalia fungi formis</i>)、圆形短五块虫 常见种:同现卷转虫、半角五块虫、易变筛九字虫、抱环虫	
		介形类 多见种:凹陷中华美花介 常见种:皮桑双角花介、棘艳花介、布氏威契曼介、东台新单角介	

与该古河流垂直的古海岸线走向, 依小清河的情况^[21], 推断应为 NE-SW 向, 与现代海岸线方向一致。另据文献报道, 位于渤海湾西北岸牡蛎礁平原中部的俵口牡蛎礁的展布方向为 126° , 亦为 NW-SE 向, 平面分布形态近似椭圆形^①。因此, 滨海湖与俵口牡蛎礁的平面分布形态, 可能均与渤海湾地区古河流的入海河口走向有关。

3.2 礁体的形成过程

通常, 牡蛎生长在硬的底质之上, 如贝壳、岩石、硬或黏的泥土。相反, 为固结的砂底质环境不稳定、易迁移, 即便牡蛎积聚, 其基底易被破坏而引起壳体损坏。此外, 水流扰动会使砂粒从粗的砂底质表面扬起, 刮擦牡蛎幼体的外表, 不利于牡蛎的繁殖生长^[22]。滨海湖礁体的基底物质粒度分析结果显示为细的泥质沉积物(图 4), 适合牡蛎的附着生长。微、软体古生物组成表明, 此层细颗粒沉积物形成于潮间带下部环境(表 1)。当这种细颗粒物质垂向堆积至当时的潮间带时, 随着水动力减弱, 开始在其上发育零星的牡蛎个体和其他贝类。但是, 偶发的较强动力(例如风暴潮), 仍会破坏这些零星发育的贝类, 形成再搬运、再沉积的贝壳碎屑层, 此即礁体建造的初始阶段。随着贝壳碎屑层的不断堆积加厚, 终于形成适合牡蛎建礁的基底, 礁体开始向上建造, 进入正常建礁阶段。在随后的约 160 年间(2 445 ~ 2 287 cal. aBP), 礁体继续向上建造至当时的潮间带中部, 即海平面位置。此时, 礁体顶部每天几乎有一半的时间因涨落潮流而暴露于空气中, 环境已不再适合礁体继续向上建造。随着岸线不断推进, 河流与潮汐搬运的大量泥砂堆积于礁体所在的河口地区, 礁体向上建造变缓甚至停止, 泥砂的堆积速率远大于礁体向上建造的速率。大量淤积在河口的泥砂覆盖于礁顶之上, 致使礁顶的活牡蛎个体窒息死亡, 礁体建造结束。

4 结论

(1) 滨海湖埋藏牡蛎礁体生长于河流入海口处的潮控古河道中, 呈纺锤型, 近 NW-SE 向分布, 礁体平均厚度约 2 m;

(2) 该埋藏礁体开始建造于 2 445 kaBP 前, 基底位于当时的潮间带下部; 持续建礁约 160 年后, 至 2 287 cal. aBP 前, 礁体建造至潮间带中部(海平面位置); 随着岸线向海推进, 河流携带的大量泥砂覆盖于礁顶之上, 礁体被掩埋而结束建礁。

致谢: 天津塘沽区排灌管理处马秀起、杨玉宝对此次调查给予极大支持; 南京大学海岸与海岛开发教育部重点实验室白凤龙在粒度分析方面提供帮助; 天津地质矿产研究所阎玉忠提供古生物鉴定资料, 在成文过程中与李凤林、王云生进行有益的讨论, 一并致谢。

参考文献(References)

- [1] Licent E, de Chardin P T. On the recent marine beds and the underlying freshwater deposits in Tientsin[J]. Bulletin of the Geological Society of China, 1927, 127-128.
- [2] 王强, 李秀文, 张志良, 等. 天津地区全新世牡蛎滩的古海洋学意义[J]. 海洋学报, 1991, 13(3): 371-380. [WANG Qiang, LI Xiurwen, ZHANG Zhi-liang, et al. Palaeo-oceanological significance in Holocene ostracean banks in Tianjin area[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1991, 13(3): 371-380.]
- [3] 赵希涛, 耿秀山, 张景文. 中国东部 2000 年来的海平面变化[J]. 海洋学报, 1979, 1(2): 269-281. [ZHAO Xi-tao, GENG Xiurshan, ZHANG Jingwen. The sea-level changes of eastern China in the past 20 000 years[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1979, 1(2): 269-281.]
- [4] 王一曼. 渤海湾西北岸全新世海侵问题的初步探讨[J]. 地理研究, 1982, 1(2): 59-69. [WANG Yi-man. A preliminary study on the Holocene transgression on the coastal plain along the North-Western Bohai Bay[J]. Geographical Research, 1982, 1(2): 59-69.]
- [5] 翟乾祥. 据历史文献及考古资料论证 5000 年以来渤海湾西、西北岸海岸线变迁[D]. 中国海平面变化(国际地质对比计划第 200 号项目中国工作组编), 海洋出版社, 1986, 70-80. [ZHAI Qianxiang. Demonstration on shoreline changes in western and northwestern coast since 5000 years based on history documents and archaeology data[D]. In: IGCP200 China Working Group ed. China Sea Level Changes. Beijing: China Ocean Press, 1986, 70-80.]
- [6] 赵希涛, 韩有松, 李平日, 等. 区域海岸演化与海面变化及其地质记录[C]//中国海面变化. 济南: 山东科学技术出版社, 1996, 52-70. [ZHAO Xi-tao, HAN You-song, LI Ping-ri, et al. Regional coastal development, sea-level change and their geological records[C]//China Sea-Level Change. Jinan: Shandong Science & Technology Press, 1996, 52-70.]
- [7] 王宏, 范昌福, 李建芬, 等. 渤海湾西北岸牡蛎礁研究概述[J]. 地质通报, 2006, 25(3): 315-331. [WANG Hong, FAN Chang-fu, LI Jian-fen, et al. Summary of the studies on Holocene oyster reefs in the Northwest Coast of Bohai Bay[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(3): 315-331.]
- [8] 贾建军, 高抒, 薛允传. 图解法与矩法沉积物粒度参数的对比[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(6): 577-582[J]. [JIA Jian-jun,

① 刘雪松, 王兰化, 王强, 等. 天津市第四纪全新世贝壳、牡蛎资源勘察报告. 1997

- GAO Shu, XUE Yun-chuan. Grain size parameters derived from graphic and moment methods: a comparative study [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2002, 23(6): 577-582.]
- [9] 汪品先. 微体化石在海侵研究中的应用与错用 [J]. 第四纪研究, 1992, 4, 321-331. [WANG Pin-xian. The use and misuse of microfossils in marine transgression studies [J]. *Quaternary Sciences*, 1992, 4, 321-331.]
- [10] 阎玉忠, 王宏, 李凤林, 等. 渤海湾西岸 BQ1 孔揭示的沉积环境与海面波动 [J]. 地质通报, 2006, 25(3): 357-382. [YAN Yu-zhong, WANG Hong, LI Feng-lin, et al. Sedimentary environment and sea-level fluctuations revealed by Borehole BQ1 on the west coast of the Bohai Bay, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(3): 357-382.]
- [11] 李建芬, 王宏, 李凤林, 等. 渤海湾牡蛎礁平原中部兴坨剖面全新世地质环境变迁 [J]. 地质通报, 2004, 23(2): 169-176. [LI Jian-fen, WANG Hong, LI Feng-lin, et al. Holocene geo-environmental changes at the Xingtuo section in the central part of the Oyster Reef plain, Bohai Bay [J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23(2): 169-176.]
- [12] 林防, 李凤林, 李建芬, 等. 渤海湾西北岸全新世介形类组合特征及海进海退旋回 [J]. 地球学报, 2004, 25(1): 53-58. [LIN Fang, LI Feng-lin, LI Jian-fen, et al. Holocene ostracoda assemblages and marine transgression regression cycle in the northwestern coastal area of the Bohai Gulf [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2004, 25(1): 53-58.]
- [13] Stuiver M, Reimer P J. Extended ^{14}C database and revised CALIB radiocarbon calibration program [J]. *Radiocarbon*, 1993, 35: 215-230.
- [14] 王宏, 李凤林, 范昌福, 等. 环渤海海岸带 ^{14}C 数据集 (I) [J]. 第四纪研究, 2004, 24(6): 601-613. [WANG Hong, LI Feng-lin, FAN Chang-fu, et al. The ^{14}C database (I) on the circum-Bohai Sea-coast [J]. *Quaternary Science*, 2004, 24(6): 601-613.]
- [15] Southon J, Kashgarian M, Fontugne M, et al. Marine reservoir corrections for the Indian Ocean and Southeast Asia [J]. *Radiocarbon*, 2002, 44: 167-180.
- [16] Carriker M R, Palmer R E. A new mineralized layer in the hinge of the oyster [J]. *Science*, 1979, 206: 627-629.
- [17] Carriker M R. Chapter 3. The shell and ligament. In: Kennedy V S, Newell R I E, Eble A F eds. *The Eastern Oyster, Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant, 1996: 105.
- [18] Surge D M, Lohmann K C, Dettman D L. Controls on isotopic chemistry of the American oyster, *Crassostrea virginica*: implications for growth patterns [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2001, 172: 283-296.
- [19] Surge D M, Lohmann K C, Goodfriend G A. Reconstructing estuarine conditions: oyster shells as recorders of environmental change, Southwest Florida [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, 57: 737-756.
- [20] 范昌福, 李建芬, 王宏, 等. 渤海湾西北岸大吴庄牡蛎礁测年与古环境变化 [J]. 地质调查与研究, 2005, 28(2): 124-129. [FAN Chang-fu, LI Jian-fen, WANG Hong, et al. Age and paleoenvironmental change of Dawuzhuang oyster reef on the northwest coast of Bohai Bay [J]. *Geological Survey and Research*, 2005, 28(2): 124-129.]
- [21] 耿秀山, 傅命佐, 徐孝诗, 等. 现代牡蛎礁发育与生态特征及古环境意义 [J]. 中国科学 B 辑, 1991, 8: 867-875. [GENG Xiu-shan, FU Ming-zuo, XU Xiao-shi et al. The evolution of modern oyster bioherms and their ecological character with significance of paleo-environment [J]. *Science in China (Series B)*, 1991, 8: 867-875.]
- [22] Seilacher A. Constructional morphology of bivalves: Evolutionary pathways in primary versus secondary soft-bottom dwellers [J]. *Palaeontology*, 1984, 27(2): 207-237.

PALAEOECOLOGICAL ENVIRONMENT REVEALED BY THE BURIED BINHAIHU OYSTER REEF ON THE NORTHWEST COAST OF BOHAI BAY

FAN Chang-fu^{1, 2}, WANG Hong², PEI Yan-dong², LIU Zhi-guang²,
WANG Fu², TIAN Li-zhu², SHANG Zhi-wen²

(1 Ministry of Education Key Laboratory of Coastal and Island Development, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2 Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Tianjin 300170, China)

Abstract: Holocene buried oyster reefs were widely distributed over the coastal areas in the northwest Bohai Bay. All the reefs were exclusively covered with 1 to 6 m thick muddy sediments. In the old days, it was nearly impossible to obtain the distribution of a whole individual oyster reef, and there was no proper opportunity to sample sediments throughout the whole section of a reef body, including the underlying and inside-reef-body filling muddy deposits as well. In this study, with excavator and handle driller, the distribution of the Binhaihu oyster reef is revealed and sequential sampling is also given from the underlying to the upper portion of the reef body.

The results indicate that the reef, 2 m for its mean thickness and located in an estuary while it was living, extended its body along the riverbed in the direction of NW-SE. It started at 2 445 cal BP with the body-basement located on subtidal zone and at around 2 287 cal BP after nearly 160-year-buildup, the top portion of reef body reached the position of mean sea level. Then, it ceased building-up following the shoreline progradation and the reef was covered with muddy deposits.

Key words: buried oyster reef; distribution of reef body; process of reef building-up; Bohai Bay