

渤海湾西北岸大吴庄牡蛎礁测年与古环境变化

范昌福¹, 李建芬¹, 王 宏¹, 阎玉忠¹, 王 福^{1,2}, 裴艳东¹, 商志文^{1,2}

(1. 天津地质矿产研究所, 天津 300170; 2. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061)

摘 要:对位于渤海湾牡蛎礁平原东部的大吴庄牡蛎礁一个完整剖面的系统¹⁴C年代测定与校正表明,该礁体的持续时间约为1 600年(7 200 ~ 5 600 cal BP)。以壳体生长纹层氧、碳同位素获得的礁体平均建造速率1 cm / yr来计算礁体的持续时间,结果仅为¹⁴C计年历时的三分之一。¹⁴C测年与壳体同位素计年结果的对比表明,礁体的每一水平层平均占据了一定的时间(约200年),这一时间段是不适宜礁体正常建造的“缓变型地质环境恶化期”。礁体正常建礁层及水平夹层的时空分布与地区性气候变化曲线对比结果表明,水平夹层与正常建礁层的转换与地区性气温波动相对应。水平夹层代表的“缓变型地质环境恶化期”,对应着地区性气温偏冷时期。

关键词:牡蛎礁; 年代测定; 地质环境变化; 渤海湾西北岸

中图分类号: P534. 63

文献标识码: A

文章编号: 1672 - 4135(2005)02 - 0124 - 06

1 引言

1970年代以来,已获得有关渤海湾西北岸牡蛎礁平原的¹⁴C年代数据近110个,其中直接与牡蛎礁定年有关的约60个^[1,2]。由于野外样品采集缺乏系统性,礁体生态学研究基础薄弱,以往¹⁴C数据未经过校正,以及实验测量二者之间缺少沟通等原因,致使一些¹⁴C数据不能合理解释。2002年以来,笔者在牡蛎礁平原东部大吴庄(图1)的一个完整的剖面进行了系统采样、¹⁴C测量和综合研究,对上述问题有了新的解释。

2 样品选择与测试校正

2.1 样品及测试部位的选择

牡蛎为双壳类软体动物,通过铰合部位的韧带连接两壳体。左、右壳大小不等,左壳较大而内凹,铰合部位较大;右壳表面较平,铰合部位小。对于整个牡

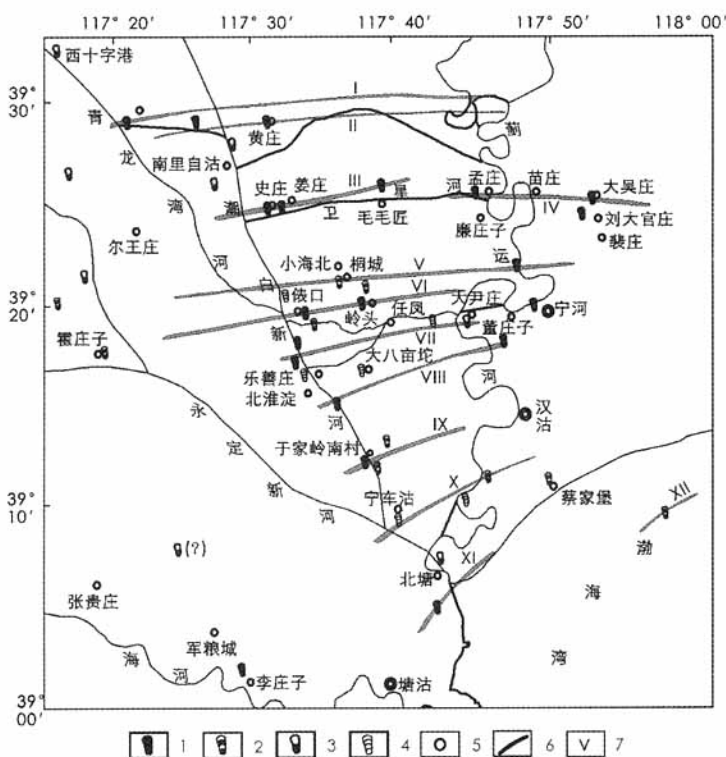


图1 渤海湾西北岸牡蛎礁平原礁体分布图(部分据文献^[3,4])

Fig. 1 Distribution map of the buried oyster reefs on the Northwest Coast of Bohai Bay

1. 已有¹⁴C年龄的礁体; 2. 笔者仅作踏勘研究的礁体; 3. 文献曾报道的礁体;
4. 作者据钻孔推测的礁体; 5. 居民点; 6. 礁群分部位置; 7. 礁群单元编号

收稿日期: 2005 - 06 - 06

基金项目: 中国地质调查局“环渤海地区地下水资源与环境地质综合研究”项目(20012400002); 天津市科委“天津沿海地区近现代重大地质环境演变及对策”项目(043112711)

作者简介: 范昌福(1979 -), 男, 博士研究生, 沿海平原第四纪地质专业, E-mail: tjfchangfu@cgs.gov.cn.

蛎壳而言,其铰合部位最为致密,不易发生蚀变,是进行年代学测定的最佳部位。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 μm)是文石质的^[5]。相对于右壳,左壳铰合部位的文石含量较低^[6~8]。因此,为降低可能的因文石向方解石蚀变而产生的污染,应选择左壳铰合部位进行测试。牡蛎壳体本身常作为其它钻孔生物(如 *Martesia* sp., 马特海笋)寄居的对象。如以混合钻孔生物壳参与测年,必将影响牡蛎壳体的

真实年龄,所以在选择牡蛎壳的铰合部位后,应仔细观察并认真去除后生物种(根据我们多次对壳体切割的经验,个体较小的壳体往往受钻孔生物的影响较大,而个体较大的壳体内部很少有钻孔生物。因此,在取样时,应优先选择后者)。本次¹⁴C 年代测定在新开挖出的大约 6 m 厚的剖面 1 内,共选取了 14 个牡蛎壳与 1 个伴生的 *Rapana* sp. 壳(红螺)。样品测试在实验室采用常规法或稀释法完成,测定值以 5 730 为半衰期计年(表 1 与图 2)。

表 1 大吴庄牡蛎礁剖面 1 的系统¹⁴C 测年结果

Table 1 Systematic ¹⁴C dating results in the Section 1 of Dawuzhuang Oyster Reef

序号	样品编号	实验室编号①	测试方法	测试物及其深度 (m)	¹⁴ C 直接测定值(yr BP)②	近似惯用年龄(yr BP)③	CALIB 4.4 校正年龄④ (MARINE 98) (cal BP)
1	D1-2	2003Y084	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 4-4.3	4 742 ± 100	5 101 ± 108	5 652 (5 525 ~ 5 790)
2	D1-5	2003Y085	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 4.7-4.9	4 655 ± 100	5 014 ± 108	5 552 (5 433 ~ 5 693)
3	D1-11	2003Y086	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 5.1-5.5	4 810 ± 100	5 169 ± 108	5 723 (5 602 ~ 5 845)
4	D1-15	2003Y087	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 5.7-5.9	5 150 ± 150	5 509 ± 155	6 085 (5 921 ~ 6 259)
5	D1-18	2003Y088	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带分, 6-6.2	5 150 ± 110	5 509 ± 117	6 087 (5 940 ~ 6 211)
6	D1-21	2003Y089	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 6.2-6.4	5 471 ± 100	5 830 ± 108	6 435 (6 295 ~ 6 549)
7	D1-26-1	2003Y090	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 6.5-6.7	5 510 ± 100	5 869 ± 108	6 476 (6 344 ~ 6 605)
8	D1-26-2	2003Y093	稀释法	<i>Rapana</i> 壳, ~6.6	5 228 ± 150	5 587 ± 155	6 167 (5 976 ~ 6 327)
9	D1-32	2003Y091	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 7-7.3	5 743 ± 230	6 102 ± 233	6 746 (6 456 ~ 7 005)
10	D1-38	2004Y257	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 7.8-8.1	6 113 ± 100	6 472 ± 108	7 163 (7 022 ~ 7 289)
11	D1-39	2004Y258	稀释法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 7.9-8.2	5 909 ± 370	6 268 ± 372	6 910 (6 521 ~ 7 312)
12	D1-40-2	2004Y259	稀释法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 8.2-8.5	5 763 ± 170	6 122 ± 175	6 759 (6 652 ~ 6 861)
13	D1-40-1	2003Y092	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 8.2-8.5	5 238 ± 130	5 597 ± 136	6 178 (5 993 ~ 6 310)
14	D1-102	2004Y087	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 9.0-9.3	6 210 ± 120	6 569 ± 127	7 265 (7 146 ~ 7 416)
15	D1-101	2004Y086	常规法	<i>C. gigas</i> 左壳韧带, 9.3-9.6	6 035 ± 110	6 394 ± 117	7 076 (6 941 ~ 7 230)

① Y-国土资源部青岛海洋地质研究所实验检测中心; ② 原以 5 730 年为半衰期的直接测定值已改为 5 568 年为半衰期的对应值; ③ $\delta^{13}\text{C}$ 的值采用渤海湾地区生活于潮间带、浅海地区的贝类的平均值-2.68‰PDB^[10]; ④ ΔR 采用国际¹⁴C 委员会推荐值-183 ± 50^[11]

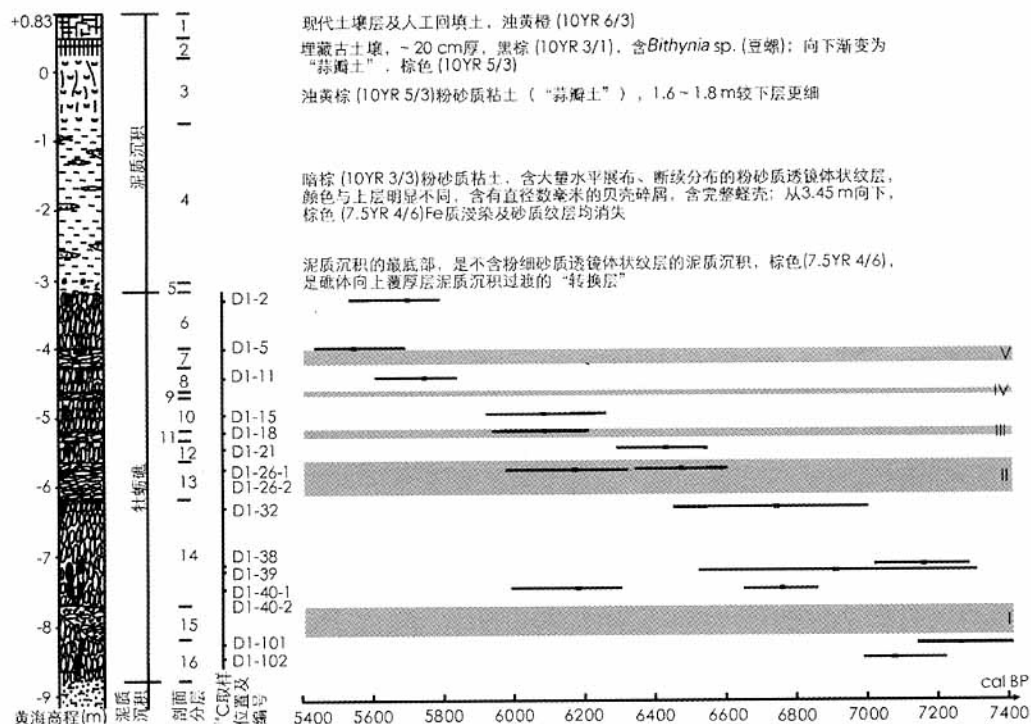


图 2 大吴庄牡蛎礁剖面 1 的地层、 ^{14}C 取样位置及校正年龄时间—深度分布图

Fig. 2 Strata of the Section 1 in the Oyster Reef and the sampling positions and the time - depth distribution of its ages

剖面分层 6、8、10、12、14、16 为正常建礁层, 主要为 *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793), 直立, 双壳闭合, 个体之间混有泥砂质沉积; 剖面分层 7、9、11、13、15 为水平夹层, 由再搬运的牡蛎壳体及其碎屑组成, 泥砂含量较正常建礁层高

2.2 数据校正

考虑到对 ^{14}C 数据进行校正的必要性^[1,2], 依照国际 ^{14}C 委员会通行的步骤^[1,2,9] 对测年数据进行了校正。首先对其进行半衰期校正, 把以 5730 为半衰期的测定值转换为以 5568 年为半衰期的值; 第二步进行分馏效应校正, 获得其惯用年龄或近似惯用年龄, 采用渤海湾沿海实测半咸水和开放浅海区 (潮坪及潮下带上部) 贝壳 $\delta^{13}\text{C}$ 地区性平均值 -2.68‰ PDB^[10] 作为牡蛎及其伴生物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值; 第三步进行海洋贮存库效应校正; 最后进行大气含量变化校正。经上述系统校正后, 即可获得校正年龄。只有经系统校正后的 ^{14}C 测年值方可与 OSL、考古等日历年龄相比较^[1]。

3 测年结果与讨论

除少数样品 (D1-40-1 和 D1-26-2) 外, 牡蛎壳体的年龄基本遵照从下到上逐渐年轻的

规律 (图 2), 但样品 D1-40-1 年龄明显偏年轻。为求证该样品年龄的可靠性, 又在 D1-40-1 相邻部位选择了 3 个样品仍送同一实验室进行测定 (表 1)。新测试的三个 ^{14}C 结果与其上下壳体的其它年龄基本吻合, 表明 D1-40-1 样品年龄有误, 故舍去此数据。

与 D1-26-1 牡蛎壳体位于同一层的伴生 *Rapana* 壳体 (D1-26-2) 年龄偏年轻约 300 yrs。相对于固定生长的牡蛎壳而言, *Rapana* sp. 是一种分布于潮间带可移动捕食的腹足类动物, 它能捕食蛤仔、文蛤、泥蚶等^[12]。礁体内部发现的众多伴生梯蛤 (未发表资料) 恐为其捕食对象。因此年龄的偏年轻可解释为 *Rapana* sp. 是后生的, 因捕食而潜入当时的礁体内部死亡, 故年龄相对于同一层的牡蛎壳体偏年轻。

去除可能有偏差的测年数据后, ^{14}C 校正结果显示大吴庄牡蛎礁体的持续时间约为 1600 年 (7200 ~ 5600 cal BP)。这与同一礁体内相

距约 170 m 的剖面 2 顶、底部的光释光测年结果所显示的持续时间(~ 1200 年^①)一致(将另文专述)。

4 测年结果揭示的周期性气候波动

大吴庄牡蛎礁剖面 1 中自上而下 15 个壳体的系统¹⁴C 测年结果,与另一剖面 OSL 测年结果对比后^①,厘定出礁体的持续时间为 ~ 1600 yrs;根据壳体生长纹层氧、碳同位素获得的礁体平均建造速率 1 cm/yr 计算^{[13]②},约 6 m 厚的正常建礁层所经历的时间 ~ 600 yrs,由此即确定礁体中非正常建礁期(水平层发育期)累计为 ~ 1000 yrs,平均每一水平夹层所持续的时间为 ~ 200 yrs。

中国东部金川泥炭所记录的近 6 000 yrs 的

气候变化^[14]与青藏高原敦德冰芯^[15]、红原泥炭及世界上其它气候代用指标所记录的气候变化一致^[16]。为了将时间分布为约 7 200 $\sim$ 6 500 cal BP 的大吴庄牡蛎礁时空分布图与气候代用指标对比,选择了时间跨度比金川泥炭更长的敦德冰芯气候曲线(图 3)。对比结果显示,大吴庄牡蛎礁中正常生长层、水平夹层的时空分布与气候代用指标的高、低大致相吻合。当气温升高时,礁体开始正常生长,形成正常建礁层;气温降低时,礁体停止发育,形成水平夹层。个别层的不吻合似可解释为二者时间分辨率的不一致和定年准确程度的不同。敦德冰芯气候指标的时间分辨率为 100 年^[15];同样,牡蛎礁体的¹⁴C 测年的分辨率也仅是数十年级别的(表 1),在精度上二者具有可比性。

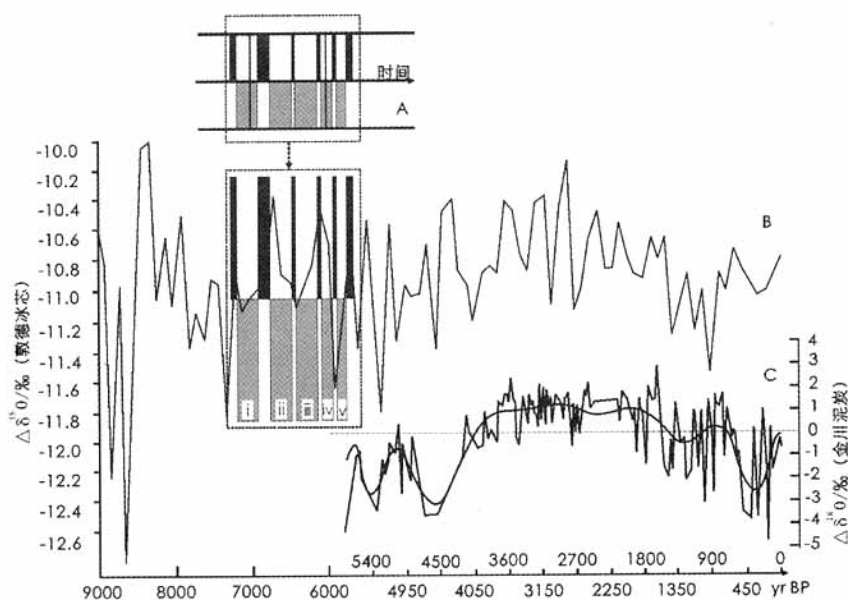


图 3 大吴庄礁体内正常建礁层、水平夹层时空分布与地区性气候变化曲线对比图

Fig. 3 Contrast of the time-space distribution of the horizontal and normal layers in Dawuzhuang

Oyster Reef body with the regional climate curve

A. 大吴庄牡蛎礁正常建礁层(黑色)与水平夹层(灰色)的转换,它们在时间长轴上的分布特征,清楚地显示相对缓慢的环境变化在全新世进程中的重要性;B. 青藏高原敦德冰芯 9 000 年以来的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化曲线^[15]; C. 中国东部吉林金川泥炭 6 000 年以来的 $\Delta\delta^{18}\text{O}$ 变化曲线^[14]

① Zhang J F, Fan C F, Wang H et al. Equivalent dose determination using different OSL signals from silt-sized quartz and polymineral fine grains; application to dating an oyster reef on the coast of Bohai Bay, China. in review.

② 王宏,范昌福,等. 渤海湾牡蛎礁水平夹层、上覆转换层与全新世环境变化,2005.

上述分析表明,古气温波动可能是触发大吴庄牡蛎礁体中正常建礁层与水平夹层相互转换的因素之一,即牡蛎礁正常建礁层与水平夹层的转换指示了古气温的波动,牡蛎礁体可作为恢复古气温的代用指标^[17]。

5 结论

(1)系统的¹⁴C年代测定与校正结果表明,大吴庄牡蛎礁体的持续时间约为1600年。

(2)礁体¹⁴C测定持续时间远大于以壳体同位素或生态学计年所获得的持续时间。造成这一偏差的原因是礁体内部的每一水平夹层均占据了一段时间(~200年),这一时间段是不适宜于礁体正常建礁的“缓变型地质环境恶化期”。

(3)礁体中水平夹层与正常建礁层的时空转换与地区性气温波动相对应。水平夹层代表的“缓变型地质环境恶化期”,对应着地区性气温偏凉时期。

致谢 天津冶金地质研究院王云生,吉林大学地球科学学院王锡魁、隋维国在成文过程中提出了宝贵的建议;专家评委提出了中肯的修改意见,在此一并致谢。

参考文献:

- [1]王宏,李凤林,范昌福,等.环渤海海岸带¹⁴C数据集(I)[J].第四纪研究,2004,24(6):601-613.
- [2]王宏,范昌福.环渤海海岸带¹⁴C数据集(II)[J].第四纪研究,2005,25(2):141-155.
- [3]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.
- [4]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.
- [5]M R Carriker, R E Palmer. A new mineralized layer in the hinge of the oyster[J]. Science, 1979, 206: 627-629.
- [6]M R Carriker. Chapter 3. The shell and ligament[A]. V S Kennedy, R I E Newell, A F Eble eds. The Eastern Oyster, *Crassostrea virginica*[C]. Maryland Sea Grant, 1996, 105.
- [7]D M Surge, K C Lohmann, D L Dettman. Controls on isotopic chemistry of the American oyster, *Crassostrea virginica*; implications for growth patterns[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2001, 172: 283-296.
- [8]D M Surge, K C Lohmann, G A Goodfriend. Reconstructing estuarine conditions: oyster shells as recorders of environmental change, Southwest Florida. Estuarine[J]. Coastal and Shelf Science, 2003, 57: 737-756.
- [9]M Stuiver, P J Reimer. Extended ¹⁴C database and revised CALIB radiocarbon calibration program[J]. Radiocarbon, 1993, 35: 215-230.
- [10]H Wang, E Keppens, P Nielsen et al. Oxygen and carbon isotope study of the Holocene oyster reefs and paleoenvironmental reconstruction on the Northwest Coast of Bohai Bay[J]. China Marine Geology, 1995, 124: 289-302.
- [11]J Southon, M Kashgarian, M Fontugne et al. Marine reservoir corrections for the Indian Ocean and South-east Asia[J]. Radiocarbon, 2002, 44: 167-180.
- [12]赵汝翼,程济民,赵大东.大连海产软体动物志[M].北京:海洋出版社,1982,55-56.
- [13]王宏.渤海湾全新世贝壳堤和牡蛎礁的古环境[J].第四纪研究,1996,(1):71-79.
- [14]Y T Hong, H B Jiang, T S Liu et al. Response of climate to solar forcing recorded in a 6000-year $\delta^{18}\text{O}$ time-series of Chinese peat cellulose[J]. The Holocene, 2000, 10(1):1-7.
- [15]施雅风,孔昭宸,王苏民,等.中国全新世大暖期的气候波动与重要事件[J].中国科学(B辑),1992,12:1300-1307.
- [16]徐海,洪业汤,林庆华,等.红原泥炭纤维素氧同位素指示的距今6Ka温度变化[J].科学通报,2002,47(15):1181-1186.
- [17]S M Carbotte, R E Bell, W B F Ryan et al. Environmental change and oyster colonization within the Hudson River estuary linked to Holocene climate[J]. Geo-Marine Letter, 2004, 24: 212-224.

Age and Paleoenvironmental Change of Dawuzhuang Oyster Reef on the Northwest Coast of Bohai Bay

FAN Chang-fu¹, LI Jian-fen¹, WANG Hong¹, YAN Yu-zhong¹, WANG Fu^{1,2},
PEI Yan-dong¹, SHANG Zhi-wen^{1,2}

(1. *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Tianjin 300170;*

2. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061*)

Abstract: The results of radiocarbon dating of the fifteen shells in the section 1 of Dawuzhaung Oyster Reef, which is located in the Northwest Coast of Bohai Bay, show that the duration of this reef is about 1 600 yrs (from ca. 7 200-5 600 cal BP). The whole thick of this reef is about 6 m. And if we calculate with the mean building-up rate of 1 cm/yr to this oyster reef, which is based on both the analysis to stable isotopes of the live and fossil oyster shells and count to the amount of concave up and concave down ridges on the hinge, the duration of it is only one third of the results given by radiocarbon dating. The difference between the two is attributed to the horizontal layers in the oyster reef. Each horizontal layer lasts a relative long period of ca. 200 yrs, which is not suitable for oyster growing and its reef building-up. And we name this as chronic geo-environmental change recorded in the oyster reef during the middle Holocene in Northwest Coast of Bohai Bay, China. Comparing between the time-space of horizontal layers and normal layers in the Dawuzhuang reef body with the local paleoenvironmental curve inferred from the peat cellulose and ice core has shown that the interchanges of horizontal with normal layers match the fluctuations of the regional paleoenvironment changes. The normal layers represent the warmer periods and the horizontal layers were for the cooler periods during the Middle Holocene.

Key words: oyster reef; radiocarbon dating; paleoenvironmental change; Northwest Coast of Bohai Bay