

东海陆架 HY126EA1 孔有孔虫壳体的 氧、碳同位素记录

李双林^{1,3}, 李绍全¹, 杨文达², 陈裕迅², 龙江平³

(1. 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 2. 上海海洋石油物探公司, 上海 201208; 3. 海洋环境科学和数值模拟国家海洋局重点实验室, 青岛 266061)

摘要: 东海陆架 HY126EA1 孔有孔虫壳体氧同位素组成具有明显的阶段性变化, 通过与深海氧同位素组成曲线对比, 可将氧同位素组成变化分为 5 期, 分别对应着冰消期、末次冰期极盛期、末次冰期间冰段、末次冰期初期和末次间冰期. 碳同位素组成的变化与氧同位素组成的变化基本一致. $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关性在不同气候期存在明显差异, 主要受陆源水和海水交换复杂程度的控制.

关键词: 东海陆架; 有孔虫壳体; 氧、碳同位素

中图分类号: P736.4⁺4

文献标识码: A

文章编号: 0253-4193(2002)01-0081-07

1 引言

东海陆架介于太平洋和东亚大陆之间, 是海陆相互作用和气候环境演变较为复杂的地区. 这一地区由于受冰期—间冰期气候以及由此引起的海平面变化的影响, 形成了明显的海进、海退沉积序列^[1~3], 但由于陆架区的沉积大都不连续, 难以确定沉积记录对气候变化的直接响应关系, 因而影响到对陆架区气候环境演变的认识.

氧、碳同位素组成作为古气候环境的替代指标在深海大洋、极地冰心、内陆湖泊以及黄土中已经得到了成功的应用^[4~11]. 自 20 世纪 80 年代以来, 有关我国陆架区氧、碳同位素组成的研究已有了一系列的相关报道, 对陆架区同位素记录的气候环境意义取得了一定的认识^[12~15].

HY126EA1 孔位于东海陆架的外陆架, 其水深为 67 m, 地理坐标为 30°22.730′N, 125°45.570′E, 岩心长度为 60.11 m. 对钻孔岩心的沉积和微体古生物特征的分析结果表明, 自晚更新世以来, 钻孔所在位置主要为海相沉积, 未发现明显的陆相沉积, 但海水的深浅变

收稿日期: 2000-05-19; 修订日期: 2000-08-21.

基金项目: 海洋环境科学和数值模拟国家海洋局重点实验室开放基金资助项目(9909).

作者简介: 李双林(1962-), 男, 吉林省长春市人, 研究员, 博士, 从事海洋地球化学研究.

化却十分明显. 据朱雄华鉴定, 250 个样品中均含有孔虫壳体, 为进一步开展氧、碳同位素组成研究提供了基础.

2 样品及方法

东海陆架 HY126EA1 孔可用于进行氧、碳同位素组成测定的有孔虫种类较多, 但分布很不均匀. 考虑到不同种属的有孔虫在同位素分馏效应上的差异, 在样品尽可能均匀分布的前提下, 主要选取了两类有孔虫, 一类是 *Ammonia compressiuscula*, 另一类是 *Ammonia beccarii* var, 其中 *A. compressiuscula* 在 13~ 23 和 29~ 33 m 之间有间断, 而 *A. beccarii* var 主要分布在 0~ 30 m 的范围内.

有孔虫壳体氧、碳同位素组成的测定由青岛海洋地质研究所海洋地质测试中心完成. 采用气体同位素质谱仪, 型号为 Delta-E. 样品重 50~ 400 μg , 分析前进行了预处理, 包括用超声波清洗去除吸附杂质, 在 350 $^{\circ}\text{C}$ 下烧 35 min 以去除有机质. 分析方法采用磷酸微量分析法: 经预处理后的样品在真空下与 100% 的 90 $^{\circ}\text{C}$ 磷酸反应生成 CO_2 , 经去水后进入质谱仪分析. 样品测试的标准偏差为 0.1×10^{-3} (PDB).

3 结果及讨论

本次分析共获得氧、碳同位素组成数据 112 组, 其中 *A. compressiuscula* 数据 75 组, *A. beccarii* var 数据 37 组(表 1). 由表 1 可看出, 无论是 *A. compressiuscula*, 还是 *A. beccarii* var 壳体的 $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ 值在垂向上均具有明显变化. $\delta^{18}\text{O}$ 的最大差值可达 3.316×10^{-3} (*A. compressiuscula*) 和 3.22×10^{-3} (*A. beccarii* var). $\delta^{13}\text{C}$ 的最大差值可达 2.296×10^{-3} (*A. compressiuscula*) 和 3.834×10^{-3} (*A. beccarii* var).

表 1 HY126EA1 孔有孔虫壳体氧、碳同位素组成

<i>Ammonia compressiuscula</i>			<i>Ammonia beccarii</i> var					
深度 /m	$\delta^{18}\text{O}(\times 10^{-3})$ (PDB)	$\delta^{13}\text{C}(\times 10^{-3})$ (PDB)	深度 /m	$\delta^{18}\text{O}(\times 10^{-3})$ (PDB)	$\delta^{13}\text{C}(\times 10^{-3})$ (PDB)	深度 /m	$\delta^{18}\text{O}(\times 10^{-3})$ (PDB)	$\delta^{13}\text{C}(\times 10^{-3})$ (PDB)
0.13	-2.304	-0.278	38.19	-2.014	-1.181	0.75	-2.707	-0.866
0.22	-1.515	-0.049	38.54	-2.771	-1.089	0.95	-3.450	-0.721
0.40	-2.370	0.368	38.86	-2.001	-1.928	1.20	-3.579	-2.054
3.52	-2.398	-1.315	39.73	-0.815	-0.645	1.60	-2.513	-1.071
4.15	-0.686	-0.411	39.93	-1.409	-0.634	2.00	-1.818	-0.935
4.34	-1.675	-0.161	40.05	-1.841	-0.825	2.83	-2.333	-1.310
5.34	-2.411	-0.953	41.69	-0.596	0.096	3.22	-1.575	-0.683
7.98	-1.106	-0.628	41.77	-1.411	-0.511	3.52	-1.443	-0.729
12.62	-2.642	-1.067	41.98	-0.959	-0.286	3.96	-2.880	-1.556
23.61	-2.244	-0.882	42.15	-1.471	-0.547	4.15	-1.687	0.588
23.65	-1.642	-0.579	42.30	-1.962	-0.528	4.53	-2.961	-0.628
23.80	-1.643	-0.237	42.43	-1.243	-0.359	6.87	-2.048	-1.727
23.96	-2.027	-0.552	42.80	-2.161	-0.744	7.57	-2.146	-1.991
24.09	-1.369	-0.603	42.98	-0.880	-0.692	7.98	-1.795	-1.037

续表 1

<i>Ammonia compressiiscula</i>			<i>Ammonia beccarii</i> var					
深度 /m	$\delta^{18}\text{O} (\times 10^{-3})$ (PDB)	$\delta^{13}\text{C} (\times 10^{-3})$ (PDB)	深度 /m	$\delta^{18}\text{O} (\times 10^{-3})$ (PDB)	$\delta^{13}\text{C} (\times 10^{-3})$ (PDB)	深度 /m	$\delta^{18}\text{O} (\times 10^{-3})$ (PDB)	$\delta^{13}\text{C} (\times 10^{-3})$ (PDB)
24.40	-1.773	-0.403	43.16	-0.504	0.079	8.32	-1.732	-1.026
24.69	-1.452	-0.674	43.33	-0.828	-0.380	8.48	-1.601	-0.824
24.83	-2.778	-0.468	43.51	-0.350	-0.447	8.66	-2.174	-1.701
25.23	-1.275	-0.478	46.29	-2.813	-0.580	8.97	-0.889	-1.773
25.59	-1.729	-0.626	46.59	-1.405	-0.629	9.10	-1.929	1.077
25.96	-1.403	-0.293	46.71	-2.163	-0.891	9.82	-2.038	-1.916
26.13	-0.976	-0.331	47.01	-0.705	-0.281	10.19	-3.059	-1.536
26.30	-1.233	-0.622	47.26	-1.136	-0.074	10.54	-2.050	-2.403
26.48	-0.426	-0.556	47.51	-1.609	-0.334	11.08	-1.159	-1.709
27.17	-0.844	-0.471	47.73	-1.303	-0.924	11.77	-1.694	-1.775
27.56	-0.393	-0.480	47.95	-1.773	-0.581	13.57	-2.784	-2.552
27.88	-0.821	0.149	48.92	-2.182	-0.658	18.89	-3.762	-3.368
28.02	-0.968	-0.361	49.12	-0.861	-0.621	20.28	-2.967	-2.802
28.14	-2.226	-1.155	49.95	-1.330	-0.310	20.85	-4.109	-4.235
28.29	-1.446	-0.815	50.20	-1.883	-0.834	21.18	-2.838	-3.297
34.32	-2.106	-0.316	50.52	-2.250	-0.950	21.71	-3.180	-2.802
34.51	-2.856	-1.075	51.31	-2.404	-1.530	22.55	-3.689	-2.666
34.88	-2.211	-0.984	51.42	-1.683	-0.243	23.61	-1.864	-1.281
35.38	-3.500	-1.324	53.07	-2.219	-0.552	25.23	-1.755	-0.707
36.04	-2.951	-0.796	53.32	-0.816	-0.243	25.59	-1.332	-0.401
36.41	-3.328	-0.930	53.68	-3.061	-1.012	26.83	-1.810	-0.868
37.28	-0.613	-0.110	57.18	-1.517	-0.372	27.38	-1.068	-0.565
37.53	-0.757	-0.771	58.41	-1.973	-0.562	27.88	-1.859	-0.735
37.70	-0.184	-0.030						

注: $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ 的单位为 10^{-3} . 用于有孔虫的标准是 PDB, 它来自美国北卡罗来纳州白垩纪皮狄组 (Pee Dee Formation) 的似箭石.

3.1 氧同位素组成及其变化

研究表明, 海水温度和海水同位素组成是影响深海有孔虫氧同位素组成变化的根本原因, 而且对于冰期—间冰期而言, 海水同位素组成对有孔虫氧同位素组成变化的影响远大于海水温度^[12]. 在深海区, 冰期大量水被固结在冰盖和高山冰川里, 这种以冰形式存在的水富集 ^{16}O , 于是海水的 ^{18}O 按一定比例增加, 间冰期由于冰川融化, 海水的 ^{18}O 减低^[7]. 大陆内部除个别封闭盆地外, 陆地淡水的 $\delta^{18}\text{O}$ 值普遍较海水低, 且相差十分悬殊^[12].

陆架区是海陆相互作用最为强烈的地区, 表现之一就是陆源淡水与海水的混合. 前人的研究表明生物碳酸钙壳体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值与介质的 $\delta^{18}\text{O}$ 值同步消长^[10], 说明介质成分是影响有孔虫壳体同位素组成变化的主要原因之一. 陆架区的水体是陆源淡水与海水的混合体, 陆源淡水与海水的混合比例决定陆架区水体的成分, 因而也就决定了这一地区有孔虫壳体的同位素组成.

冰期—间冰期气候的冷暖变化控制着全球海平面的变化,在陆架区表现为海水的进退,在海水的进退过程中陆源淡水与海水的混合比例必将产生相应的变化,有孔虫壳体的同位素组成将记录这一变化。冰期海平面下降,水体积减小,具有大洋同位素组成的海水进入陆架相应减少, $\delta^{18}\text{O}$ 值也随之减小,间冰期海平面上升,水体积增大,海水进入陆架相应增多, $\delta^{18}\text{O}$ 值也随之增加。

利用表1中 *A. compressiuscula* 和 *A. beccarii* var 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值分别给出了两种有孔虫壳体的氧同位素组成变化曲线(图1)。由曲线的变化来看,尽管两种有孔虫壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 的绝对值不同,但两者的变化大致相同。将本区的氧同位素组成变化曲线与深海大洋的进行比较,结合采

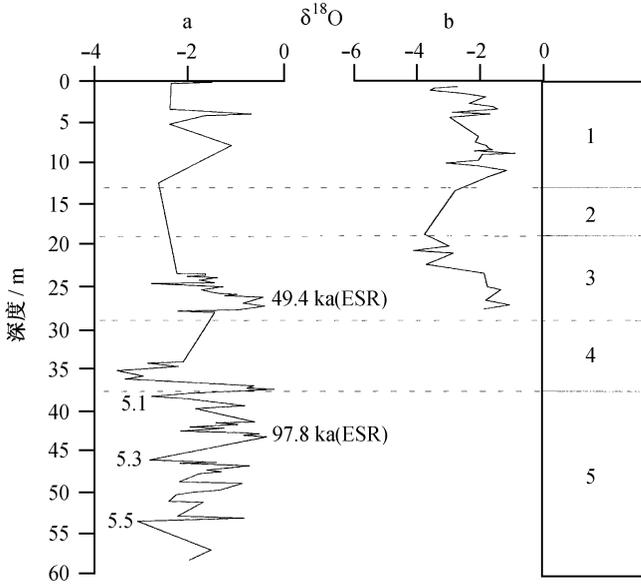


图1 东海陆架 HY126EA1 孔有孔虫壳体的氧同位素组成变化
a. *A. compressiuscula*, b. *A. beccarii* var

用石英 Ge 心进行的电子自旋共振 (ESR) 测年结果,将本区的氧同位素组成变化分为 5 期:

氧同位素 1 期代表冰后期,表现为氧同位素的快速变重。在 *A. beccarii* var 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化曲线上有较好的反映,而 *A. compressiuscula* 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值由于不连续,规律性不明显。这一时期随着末次冰期的结束,气候变暖,海平面上升,海水大量进入陆架区,致使有孔虫壳体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值快速增加。我们把 1/2 期的界限定在 *A. beccarii* var 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化由高向低的转折点,位置定在 12.62 m 处。在此深度范围内,氧同位素组成仍有波动,最明显的有两处低值,一处位于 1.20 m,另一处位于 10.19 m 处。这两个低值的具体含义目前尚不清楚,但反映出在冰消期气候仍有明显的波动。

氧同位素 2 期代表末次冰期极盛期,在 *A. beccarii* var 和 *A. compressiuscula* 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化曲线上都有明显反映,表现为 $\delta^{18}\text{O}$ 值低。这一时期气候寒冷,海平面下降到末次冰期的最低位置,海水在陆架区的比例降到最低。 $\delta^{18}\text{O}$ 值很大程度上取决于陆地淡水的氧同位素组成。在这一时期 $\delta^{18}\text{O}$ 值虽有波动,但幅度不大。综合 *A. beccarii* var 曲线和 *A. compressiuscula* 曲线的结果,我们把氧同位素 2 期和 3 期的分界位置定在 19.08 m 处。

氧同位素 3 期代表末次冰期的间冰段,在 *A. beccarii* var 和 *A. compressiuscula* 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化曲线上都有明显反映。这一时期气候变暖,海平面上升,海水在陆架水体中的比例增大。这一时期 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化有明显波动,*A. compressiuscula* 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化曲线的 24.83 和 28.14 m 处存在两个明显的低值。*A. beccarii* var 因样品的不连续没有显示。 $\delta^{18}\text{O}$ 值的明显波动反映这一时期的气候环境也有明显的波动。在 27.63 m 处我们采用石英 Ge 心进行 ESR 测年,测得的年龄是 49.4 ka,这一年龄在 Martinson^[8] 氧同位素地层年表的氧同位素 3 期年龄范

围(24.11~58.96 ka)内。根据测年结果以及沉积环境和有孔虫及介形类组合的变化,我们把氧同位素3期和4期界限位置定在29 m处。

氧同位素4期代表末次冰期早期,在 *A. compressiuscula* 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化曲线上为明显的低值段,而且是最低值段,其最低值为 -3.500×10^{-3} 。这一时期气候明显变冷,产生明显的海退,海水在陆架区的比例明显降低,陆地淡水的比例相应增加,致使 $\delta^{18}\text{O}$ 值明显偏低。氧同位素4期和5期之间表现为明显的突变,其界限定在37.28 m处。

氧同位素5期代表末次间冰期,此段的 $\delta^{18}\text{O}$ 值明显偏高,但变幅较大。这一时期从早期到晚期, $\delta^{18}\text{O}$ 值总体上逐渐变大,反映了气候逐渐变暖和海平面逐渐上升的趋势。在43.83 m处,采用石英 Ge 心进行 ESR 测年,测得的年龄是97.8 ka,这一年龄在 Martinson^[8] 氧同位素地层年表的氧同位素5期年龄范围(73.91~129.84 ka)内。在 Martinson^[8] 氧同位素地层年表中,氧同位素5期有3次低温事件5.1,5.3和5.5,年龄分别是79.25,99.38,122.82 ka。值得指出的是在图1这一区段也有3个明显的低值,分别位于38.54,46.29,53.68 m。这3个低值可能代表了氧同位素5期的3次低温事件5.1,5.3和5.5。3次低温事件在时间上与 ESR 测年结果相符。

3.2 碳同位素组成及其变化

与氧同位素可以直接反映气候变化的性质不同,碳同位素主要反映生物活动及全球各碳贮库的相对变化^[16]。事实上由于生物活动的关系,碳同位素组成变化的影响因素较氧同位素的要复杂得多,但由于碳同位素组成可以反映不同时期生物活动的程度即古生产力,而且生物活动与气候关系密切,因此碳同位素组成的变化也能够间接反映气候的变化。

在深海区碳同位素组成的变化虽可以反映冰期—间冰期气候变化,但规律性不如氧同位素明显,而且碳、氧同位素组成的变化在曲线上呈相反趋势。本区两类有孔虫壳体碳同位素组成的变化与氧同位素组成的变化具有相似的变化趋势,表现为 $\delta^{13}\text{C}$ 的高值段与 $\delta^{18}\text{O}$ 的高值段对应, $\delta^{13}\text{C}$ 的低值段与 $\delta^{18}\text{O}$ 的低值段对应,但在一些细节上碳、氧同位素组成的变化则不尽相同(见图2)。

在氧同位素1期, $\delta^{13}\text{C}$ 值为高值段并有波动。仔细对比发现, $\delta^{13}\text{C}$ 值的波动与 $\delta^{18}\text{O}$ 值的波动存在差别。氧同位素2期为 $\delta^{13}\text{C}$ 值的低值段,波动小并且变化连续。 $\delta^{13}\text{C}$ 值与 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化几乎没有差别。氧同位素3期为 $\delta^{13}\text{C}$ 值的高值段,波动明显,而 $\delta^{13}\text{C}$ 值的波动与 $\delta^{18}\text{O}$ 值的波动同样存在差别。氧同位素4期为 $\delta^{13}\text{C}$ 值的低值段且有一定的波动,但 $\delta^{13}\text{C}$ 值的波动与 $\delta^{18}\text{O}$ 值的波动差别不大。氧同位素5期为 $\delta^{13}\text{C}$ 值的高值段, $\delta^{13}\text{C}$ 值的波动幅度很大,并且出现了 $\delta^{13}\text{C}$ 的最低值。这一时期 $\delta^{13}\text{C}$ 值的波动与 $\delta^{18}\text{O}$ 值的波动有一定的相似性,表现为 $\delta^{13}\text{C}$ 存在着3个明显的低值,并且与 $\delta^{18}\text{O}$ 的3个低值对应得较好。

3.3 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关性

$\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 之间的相关性可指示水体交换的复杂程度。深海有孔虫壳体的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 值的相关程度很高,如位于印度洋西南近极地区 RC-120 孔冰消期 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关系数为 -0.9345 。这种高相关性与深海的水循环和水交换稳定、单一的特性相一致^[13]。

本区两类有孔虫壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关系数分别为 0.5486 和 0.6188 , 近于一致,总体表现为正相关。由于冰期—间冰期陆架区环境的变化,因此表现在 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关性上也应存在差异。为了证实这种差异性,我们按照上述的氧同位素分期对各期 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相

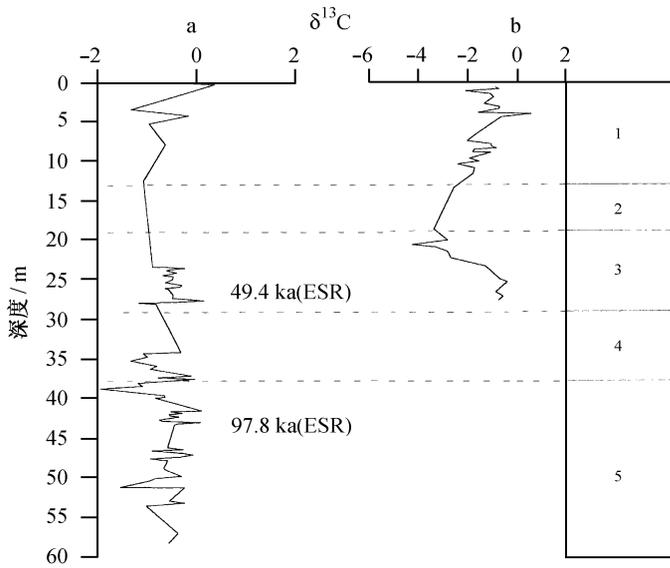


图2 东海陆架 HY126EA1 孔有孔虫壳体的碳同位素组成变化
a. *A. compressiuscula*, b. *A. beccarii* var

这种相关性的差异是陆架海区特有的. 在冰期由于海退, 水体变浅, 水体交换及其氧、碳同位素组成变化主要受陆地径流或沿岸流的控制, 因此 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 呈显著正相关. 对于冰消期、末次冰期间冰段和末次间冰期, 由于海进, 水体变深, 海水和陆地径流的交换复杂多变, 这种复杂性导致了氧、碳同位素的不同响应, 因此 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关性不明显或仅为弱的正相关.

4 结论

(1) 东海陆架 HY126EA1 孔有孔虫氧同位素组成变化具有明显的阶段性, 与深海大洋氧同位素组成曲线可以对比, 但变化趋势相反.

(2) 氧同位素组成的变化可分为 5 期, 分别对应着冰消期、末次冰期极盛期、末次冰期间冰段、末次冰期初期和末次间冰期.

(3) 碳同位素组成的变化也显示了明显的阶段性变化, 与氧同位素组成的变化趋势基本一致.

(4) $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关性在不同气候期存在明显差异, 主要受冰期和间冰期陆架区水体交换复杂程度的控制.

参考文献:

- [1] 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉, 等. 东海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 125—209.
- [2] 黄庆福, 苟淑名, 孙维敏, 等. 东海 DC2 孔柱状岩心的地层划分[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1984, 1(4): 11—26.
- [3] 唐保根. 东海陆架第四纪地层层序的初步研究[J]. 上海地质, 1996, 2: 22—30.
- [4] IMBRIE J, KONK J, KIPP N G. Palaeoclimatic investigation of a late Pleistocene Caribbean deep-sea core: comparison of isotope and faunal methods[J]. Quat Res, 1973, 3: 10—38.
- [5] SHACKLETON N J, OPDYKE N D. Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V-28-238: oxygen isotope temperature and ice volumes on a 105 year and 106 year scale[J]. Quat Res, 1973, 3: 39—55.

关性分别进行了计算, 结果表明在冰期与间冰期 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关系数存在明显差异. 在代表冷期气候环境的氧同位素 2 期和 4 期, 即末次冰期极盛期和末次冰期初期, $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 呈显著正相关, 相关系数分别为 0.932 5 和 0.853 0. 在代表暖期气候环境的氧同位素 1 期、3 期和 5 期, 即冰消期、末次冰期间冰段和末次间冰期, $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关性不明显或呈弱正相关, 相关系数分别为 0.223 5, 0.484 5 和 0.609 5.

很显然, 上述不同气候期 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 相关性的差异既不同于深海大洋, 也不同于大陆内部^[10, 12],

- [6] SHACKLETON N J. The oxygen isotopic stratigraphic record of the Late Pleistocene[J]. *Philos Trans R Soc London, Ser, B*, 1977, 280: 169—182.
- [7] SHACKLETON N J. Oxygen isotopes, ice volume and sea level[J]. *Quat Sci Rev*, 1987, 6: 183—190.
- [8] MARTINSON D, PISIAS N G, HAYS J D, et al. Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high resolution 0 to 300 000-year chronostratigraphy[J]. *Quaternary Research*, 1987, 27: 1—29.
- [9] 卫克勤, 林瑞芬. 内陆封闭湖泊自生碳酸盐氧同位素剖面的古气候意义[J]. *地球化学*, 1995, 24(3): 215—223.
- [10] 吴敬禄, 王苏民. 若尔盖盆地 RM 孔自生碳酸盐 $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ 记录所揭示的环境演化特征[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1997, 17(4): 61—71.
- [11] 张虎才, 张林源, 张维信. 兰州九州台黄土剖面碳氧同位素及黄土沉积环境研究[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 1990, 26(3): 117—126.
- [12] 郑光膺, 孙嘉诗, 林和茂, 等. 南黄海第四纪层型对比[M]. 北京: 科学出版社, 1989. 216—228.
- [13] 王圣洁, 李绍全, 刘健, 等. 南黄海东西两侧陆架冰消期以来稳定同位素记录的比较研究[J]. 1997, 17(4): 25—33.
- [14] 杨子赓, 林和茂, 王圣洁, 等. 对末次间冰期南黄海古冷水团沉积的探讨[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1998, 18(1): 47—58.
- [15] 唐保根. 东海陆架第四纪地层[A]. 杨子赓, 林和茂. 中国第四纪地层与国际对比[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 56—75.
- [16] 王律江. 南海北部晚第四纪碳同位素记录与古生产力——以 SO49-8KL 柱状样为例[M]. 业治铮, 汪品先. 南海晚第四纪古海洋学研究. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1992. 219—226.

Oxygen and carbon isotopic record of foraminiferal crusts from HY126EA1 hole in the continental shelf of the East China Sea

LI Shuang-lin¹, LI Shaoguan¹, YANG Wen-da², CHEN Yuxun², LONG Jiang-ping³

(1. *Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China*; 2. *Shanghai Offshore Petroleum Geophysical Corporation, Shanghai 201208, China*; 3. *First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061 China*)

Abstract: Based on the analysis of oxygen and carbon data, it is found that there are clear stage changes at oxygen and carbon isotopic composition of foraminiferal crusts in HY126EA1 hole. Compared with oxygen isotopic composition of deep sea, the change of oxygen isotopic composition can be divided into five periods, which correspond to the deglaciation, the last glacial maximum, the interglacial stage of last glacial age, late last glacial age, and the last interglacial period, respectively. The change of carbon isotopic composition is almost the same as that of oxygen's. According to the correlation analysis of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$, obvious difference in different oxygen isotopic periods can be seen, which indicates the difference of exchange of water body at different periods.

Key words: continental shelf of East China Sea; foraminiferal crust; oxygen and carbon isotope