

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

浙江煤山长兴阶有机碳 $\delta^{13}\text{C}$ 层序分布 特征及古气候意义

王万春

(中国科学院兰州地质研究所气体地球化学国家重点实验室, 730000)

李玉成

(南京大学地球科学系, 210093)

内容提要 本文通过对浙江长兴煤山 D 剖面长兴阶 56 个样品的沉积有机碳同位素 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$) 分析, 讨论了长兴期沉积有机碳 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 在地层层序分布上的特征, 及其与海水进退和碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 及 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 之间的关系。浙江煤山 D 剖面长兴阶 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 在地层层序上的分布总体呈现自下而上由重变轻的趋势, 同时, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 层序分布与生物演化及 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 层序分布之间具有对应关系。长兴期中国南方海相沉积有机质 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 相对于现代海相沉积有机质 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 偏轻 3‰~7‰, 造成这一现象的主要原因可能是晚二叠世全球大范围的海退和火山活动所引起的大气及海水中 CO_2 含量的升高。

关键词 沉积有机碳 碳同位素 层序分布 长兴期 浙江长兴

沉积岩中的碳主要以有机碳(沉积岩中总有机质中的碳)和无机碳(碳酸盐岩中的碳)的形式存在。由于生物合成过程优先利用轻碳同位素, 因此有机碳一般富集 ^{12}C , 而无机碳(包括 CO_3^{2-} , HCO_3^- 和 CO_2) 一般富集 ^{13}C 。沉积岩中有机碳和无机碳的碳同位素组成记录了大气圈、生物圈和水圈中碳循环的结果, 它们与地质时期生物的繁盛与衰落, 气候的寒冷干燥与温暖潮湿交替及海平面升降密切相关, 因而近年来被广泛应用于地层划分与对比^[1~4]、古气候指示^[5,6]、全球碳循环变化^[7]等研究领域。沉积岩中的有机碳主要为干酪根, 干酪根是生物有机质经成岩作用形成的缩聚的酸不溶物。沉积有机质在埋藏和成岩作用过程中, 碳同位素组成变化一般不大。但在热降解生烃过程中, 干酪根随温度升高将稍富集 ^{13}C (变化 $< 2\text{‰}$)^[8~10]。因此未受变质作用改造的沉积岩中有机质的碳同位素组成, 基本反映了沉积有机质的碳同位素组成。

浙江长兴煤山发育有良好二叠纪—三叠纪连续沉积地层。许多学者曾在此进行过地层、古生物及碳酸盐岩碳、氧同位素层序地层研究^[11~16]。本文将对长兴煤山 D 剖面长兴阶沉积有机碳同位素进行研究, 以期考察有机碳同位素在地层层序分布上的特征, 探讨有机碳同位素层序分布与古气候关系, 及长兴期海平面升降和火山活动对有机质碳同位素组成的影响。

1 样品与分析

样品采自浙江长兴煤山 D 剖面, 自长兴阶 40 多米厚的灰岩地层中, 共采集新鲜露头样品

注: 本文为中国科学院留学经费择优支持回国工作基金资助项目。

本文 1997 年 12 月收到, 1998 年 6 月改回, 刘淑春编辑。

161 个^[16],本文选取其中 56 个样品进行了有机碳同位素分析。

样品粉碎至 200 目,加过量 10% 盐酸浸泡 24 h。浸泡后的样品与盐酸溶液共同加热至约 90 °C,使其中的碳酸盐岩矿物完全溶解。然后用蒸馏水反复冲洗后将样品在约 60 °C 炉内烘干。烘干后的样品在通有氧气的石英玻璃系统中,于 850 °C 下充分燃烧,燃烧所生成的 CO_2 和 H_2O 收集在一外加液氮的冷阱中(−198 °C),然后将 CO_2 净化,经 Finnigen-MAT-251 稳定同位素质谱测定其碳同位素组成。所测结果以 δ 值表示:

$$\delta^{13}\text{C}(\text{‰}) = [(R_{\text{样品}}/R_{\text{标准}}) - 1] \times 10^3$$

其中 R 为 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 值;标准为国际通用标准 PDB;所测样品误差在 $\pm 0.1\text{‰}$ 之内。

2 结果与讨论

分析结果如表 1 及图 1 所示。

表 1 浙江长兴煤山 D 剖面长兴阶 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 和 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 数据表

Table 1 Data of $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ and $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ in the Changxing Stage at the D section of Meishan, Changxing, Zhejiang

层位	层序号	样品号	$\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ (PDB) (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (PDB) (‰) ^①	层位	层序号	样品号	$\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ (PDB) (‰)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (PDB) (‰) ^①
龙潭组	1	D1	−25.2	−3.0		13b	D75	−27.8	+1.9
	3	D3	−25.8	−0.4		13b	D79	−28.2	+2.5
	4a	D6	−27.2	+1.0		14	D81	−27.7	+2.5
	4a	D7	−28.1	+0.9		14	D83	−27.1	+3.1
	4b	D11	−27.8	−2.8		14	D84	−27.6	+3.9
	6	D18	−26.6	+3.7		15	D87	−27.5	+1.7
	8	D20	−27.2	+3.1		16	D98	−27.4	+3.1
	8	D21	−25.5	+2.6		16	D99	−27.6	+2.3
	8	D22	−26.4	+3.2		16	D100	−27.7	+3.0
	8	D23	−29.0	+2.4	长	16	D101	−27.3	+2.2
	9	D28	−28.6	+3.3		18	D114	−27.9	+2.1
	9	D29	−27.6	+2.3		19	D115	−28.6	+2.5
	10	D31	−29.6	+3.8		19	D119	−28.6	+2.5
	10	D32	−26.8	+0.5	兴	19	D120	−29.4	+2.1
	11	D35	−25.9	−0.2		19	D125	−29.2	+2.5
	11	D36	−26.8	+2.2		20	D132	−29.1	+2.4
	11	D38	−25.5	−2.5	组	21	D136	−29.6	+2.6
	11	D40	−25.6	+1.7		21	D137	−28.0	+3.0
	11	D44	−26.2	+1.5		22	D142	−27.9	+2.6
	12	D47	−27.1	+2.8		22	D144	−27.4	+4.0
	12	D49	−27.1	+1.4		22	D146	−28.4	+2.0
	12	D52	−27.0	+2.4		23	D149	−27.1	+1.3
	12	D55	−27.1	−1.3		23	D150	−28.7	+4.1
	13a	D57	−26.5	+1.8		23	D153	−27.4	+2.8
	13a	D60	−27.1	+2.5		24	D155	−29.6	+3.7
	13b	D66	−28.0	+1.2		24	D157	−29.2	+3.3
	13b	D68	−28.2	+2.4	殷坑组	26	D160	−28.6	−0.5
	13b	D71	−28.4	+1.6		27	D161	−27.9	−3.0

①据李玉成,1996。

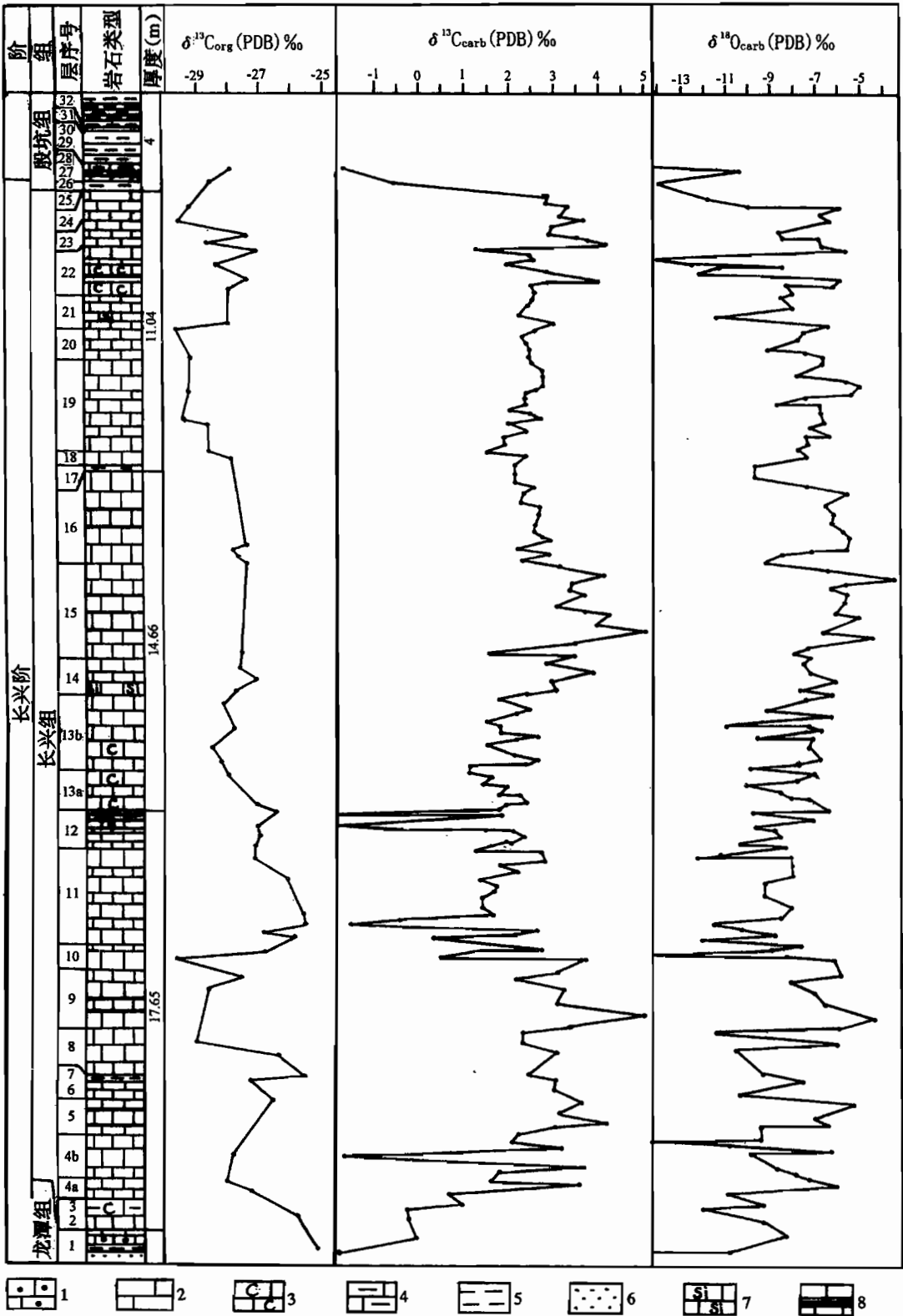


图1 浙江长兴煤山D剖面长兴阶沉积有机碳 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 及碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 层序分布图
(地层分层及厚度据杨遵仪等,1987;地层柱状图及碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 层序分布据李玉成,1996)

Fig. 1 Stratigraphic distributions of $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ of depositional organic carbon and $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ of carbonate carbon in the Changxing Stage at the D section of Meishan, Changxing, Zhejiang
(Stratigraphic classification and thickness are after Yang Zunyi et al., 1987; stratigraphic column and $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ and $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ stratigraphic distributions of carbonate are after Li Yucheng, 1996)

1—砾屑灰岩;2—灰岩;3—含沥青质灰岩;4—泥质灰岩;5—泥页岩;6—砂岩;7—含硅质结核灰岩;8—夹硅质条带灰岩
1—Calcirudite;2—limestone;3—limestone with bitumen;4—muddy limestone;5—mudstone and shale;
6—sandstone;7—limestone with nodular chert;8—limestone with chert layer

2.1 沉积有机碳同位素层序分布特征

研究区晚二叠世长兴期为碳酸盐台地台前凹陷沉积环境,并整体表现为一次海进海退沉积过程^[17]。由图1可见,长兴期沉积有机碳 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 在地层层序分布上总体呈现自下而上由重变轻的趋势。下部海进期 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 波动幅度很大,在 $-29.6\text{‰} \sim -25.2\text{‰}$ 之间。中部海侵高潮期 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 变化幅度较小,在 $-28.4\text{‰} \sim -27.0\text{‰}$ 之间。上部海退期 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 波动幅度较大,在 $-29.6\text{‰} \sim -27.6\text{‰}$ 之间。造成这一现象的原因可能是:①在海进和海退期沉积有机质可能为多来源。由于海生有机质与陆生有机质在碳同位素组成上有一定差异,一定量陆源物质的混入就有可能造成总有机质碳同位素组成的变化。海侵高潮期海水相对较深,沉积有机质物源比较单一,以海生有机质为主,因此沉积有机碳同位素组成相对比较稳定。②海进和海退期沉积环境变化较大,沉积物中的有机质有可能暴露于水面之上,或处于氧化环境而被部分氧化,造成保存下来的有机质在碳同位素组成上有较大变化。而海侵高潮期沉积环境比较稳定,有机质能够得以很好保存,因此其碳同位素组成比较稳定。

从图1还可看出,沉积有机碳同位素层序分布与碳酸盐岩碳同位素层序分布^[16]之间也具有一定的对应关系。D剖面下部(相当于岩石地层分层的1~12层^[14])沉积有机碳 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 波动幅度很大,自下而上由重(-25.2‰)变轻(-29.6‰)又变重(-25.5‰)。碳酸盐岩碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 波动幅度也很大,但其变化与 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 的变化相反,自下而上由轻(-1.8‰)变重($+5.1\text{‰}$)又变轻(-1.8‰)。D剖面中部(相当于岩石地层分层的13~16层) $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 相对下部地层偏轻且较稳定。 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 层序变化也较小但相对偏重。D剖面上部(相当于岩石地层分层的17~24层) $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 变化幅度又较大,但整体相对偏轻。 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 变化较小且偏重。在剖面顶部 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 出现了明显的负漂移,而 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 在剖面顶部出现了不太明显的正漂移。

杨遵仪等^[14]依据菊石、筳和牙形刺动物群将浙江煤山长兴阶分为上、下两段,下段为葆青段(1~16层),上段为煤山段(17~24层)。李玉成根据长兴阶碳酸盐岩碳、氧同位素研究,认为长兴阶碳酸盐岩碳、氧同位素值构成了低—高一低的完整碳、氧同位素旋回地层,并划分出了3个次级碳、氧同位素旋回,即下部(1~12层)旋回,中部(13a~16层)旋回和上部(17~24层)旋回^[16]。由图1可以看出,长兴阶有机碳同位素层序分布与上述生物地层划分及碳酸盐岩碳、氧同位素旋回地层划分亦具有对应性。D剖面下部(1~12层) $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 呈现高一低—高值的变化趋势,波动幅度很大,与 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 在层序分布上基本呈现反向变化。D剖面中部(13a~16层) $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值相对比较稳定,波动幅度小且相对于下部地层的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值富集 ^{12}C 。D剖面上部(17~24层) $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值相对中、下部地层 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值更富集 ^{12}C ,波动幅度较大。浙江煤山长

兴阶 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 层序分布与生物演化及 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 的对应关系,说明 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值对于地层划分与对比具有一定意义。

长兴煤山 D 剖面长兴阶沉积有机碳同位素组成与碳酸盐岩碳、氧同位素层序分布特征,反映了当时生物圈、大气圈和水圈中碳循环的结果。自然界中绝大多数碳都集中在有机碳库和碳酸盐岩碳库内。由于生物合成过程(光合作用)优先利用 ^{12}C ,生物的繁盛和有机质的快速埋藏,必然导致大气圈中 CO_2 和水圈中溶解 CO_2 及 HCO_3^- 在数量上和碳同位素组成上的改变。另外,晚二叠世全球范围的海退和火山活动也增加了大气及海水中 CO_2 的浓度,并改变了其碳同位素组成。因此长兴阶沉积有机碳和碳酸盐岩碳同位素特征是以上诸因素综合作用的结果。

2.2 沉积有机碳同位素变化与古气候的关系

海相沉积有机质的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 和海相沉积碳酸盐岩的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 受以下因素影响^[5,6]:①无机碳(包括 CO_2 、 CaCO_3 和 HCO_3^-)之间的同位素平衡效应;②生物合成作用及有机质再循环造成的同位素分馏;③沉积物中碳酸盐岩及有机碳被固定及埋藏的相对速度;④大气及海洋中 CO_2 的含量。研究表明^[18,19],海相有机质 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 自白垩纪末的 -28% 变化为现代的 -22% ,是由于大气及海洋中 CO_2 含量下降造成的。对浮游植物的养殖实验及不断富集 CO_2 的温泉中藻类光合作用的观察发现^[19],在藻类的光合作用过程中, CO_2 的含量对碳同位素分馏具有重要作用,高的 P_{CO_2} 将导致同位素分馏系数的明显增大,使海相有机质相对于周围环境中总溶解碳更富集 ^{12}C 。

Bentaleb 等^[20]通过研究南印度海中浮游植物碳同位素组成与海水表面溶解 CO_2 含量的关系,认为在南印度海南部,浮游植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值与海水表面溶解 $\text{CO}_2(\text{aq})$ 含量之间有很好的相关性,其线性回归方程为:

$$\delta^{13}\text{C} = -0.586(\pm 0.023) \times [\text{CO}_2(\text{aq})] - 14.375(\pm 0.431) (n=117; r=0.925)$$

也反映出高的 P_{CO_2} 将使海相有机质更富集 ^{12}C 。

现代海相有机质的 $\delta^{13}\text{C}$ 值分布范围较宽,在 -30.0% ~ -5% 之间,但大多集中于 -24% ~ -18% ,其中温暖海水中浮游植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在 -20% 左右,较冷海水中浮游植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 值可达 -30% ^[21]。而一般认为现代海相有机质的平均 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -22% ^[5,18,19]。

浙江长兴煤山 D 剖面长兴阶沉积有机碳 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 相对于现代海相有机质 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 偏轻,大部分在 -29% ~ -27% 之间。这一现象可能主要与长兴期大气及海洋中高的 CO_2 含量有关。晚二叠世全球范围是一个海退期,但在中国南方,晚二叠世总体上是一个海侵期^[17]。大范围的海退必然造成陆地面积扩大,使已埋藏的有机质暴露并被氧化,其结果是引起大气中 O_2 的损失和 CO_2 含量的升高。另外,晚二叠世长兴期大范围的火山活动^[22,23],也造成了全球大气及海水中 CO_2 含量的升高。高的 P_{CO_2} 导致中国南方海相有机质与海水中溶解 CO_2 和 HCO_3^- 之间的同位素分馏增大,使海相有机质 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 富集 ^{12}C 。

长兴煤山 D 剖面长兴阶沉积有机碳 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 自下而上由重变轻,表明长兴期大气 CO_2 可能有逐渐增加的趋势。晚二叠世晚期全球大范围的海退和火山活动,造成大气 CO_2 含量升高,导致气候干燥炎热,生态环境恶化。因此,晚二叠世末出现了全球范围生物大量绝灭的现象。生物绝灭,使大量 CO_2 不能被固定在有机碳库中。陆地面积增加,又使已埋藏的有机质被氧化,形成 CO_2 进入大气,由此造成大气 CO_2 及海水中溶解 CO_2 、 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 的碳同位素组成变轻。因此,二叠系—三叠系界面出现了全球范围海相碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 的强烈负漂移现象。

象^[1,3,15,16]。

3 结论

① 浙江长兴煤山 D 剖面长兴阶沉积有机碳 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 在地层层序上的分布总体呈现自下而上由重变轻的趋势;同时, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 的分布与海平面升降有关。② 长兴期沉积有机碳 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 在地层层序上的分布和碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 在地层层序上的分布之间具有对应关系,即 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 趋于变轻时, $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 趋于变重; $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 趋于变重时, $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 趋于变轻。

③ 浙江长兴煤山 D 剖面长兴阶有机碳 $\delta^{13}\text{C}$ 层序分布与生物演化及碳酸盐岩 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 旋回层序具有对应关系,因此 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值对于地层划分与对比也具有一定意义。④ 长兴期中国南方海相沉积有机质 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 相对于现代海相沉积有机质 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 偏轻 3‰~7‰,其主要原因可能是由于长兴期全球大范围的海退和火山活动引起大气及海洋中高的 CO_2 含量。

参 考 文 献

- Holser W T, Schönlanb H P, Attrep Jr M, Boeckelmann K, Klein P, Magaritz M, Orth C J, Fenninger A, Jenny C, Kralik M, Mauritsch H, Pak E, Schramm J-M, Stattegger K, Schmöller R. A unique geochemical record at the Permian—Triassic boundary. *Nature*, 1989, 337:39~44.
- Meyers P A, Simoneit B R T. Global comparisons of organic matter in sediments across the Cretaceous—Tertiary boundary. *Org. Geochem.*, 1990, 16:641~648.
- Magaritz M, Bär R, Baud A, Holser W T. The carbon-isotope shift at the Permian—Triassic boundary in the southern Alps is gradual. *Nature*, 1988, 331:337~339.
- Tucker M E. Carbon isotope excursion in Precambrian—Cambrian boundary beds, Morocco. *Nature*, 1986, 319:48~50.
- Arthur M A, Dean W E, Pratt L M. Geochemical and climatic effects of increased marine organic carbon burial at the Cenomanian—Turonian boundary. *Nature*, 1988, 335:714~717.
- Des Marais D J, Strauss H, Summons R E, Hayes J M. Carbon isotope evidence for the stepwise oxidation of the Proterozoic environment. *Nature*, 1992, 359:605~609.
- Cerling T E. Carbon dioxide in the atmosphere: evidence from Cenozoic and Mesozoic paleosols. *American Journal of Science*, 1991, 291:377~400.
- Galimov E M. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ in kerogen, in *Kerogen—Insoluble Organic Matter from Sedimentary Rocks* (ed. Durand B.). Editions Technip, Paris, 1980. 271~299.
- Peters K E, Rohrbach B G, Kaplan I R. Carbon and hydrogen stable isotope variations in kerogen during laboratory-simulated thermal maturation. *AAPG Bull.*, 1981, 65:501~508.
- Lewan M D. Effects of thermal maturation on stable organic carbon isotopes as determined by hydrous pyrolysis of Woodford Shale. *Geochim Cosmochim Acta*, 1983, 47:1471~1479.
- 赵金科, 盛金章, 姚兆奇, 梁希洛, 陈楚震, 芮琳, 廖卓庭. 中国南部的长兴阶和二叠系与三叠系之间的界线. 中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 1981, (2):1~95.
- 严正, 徐道一, 叶莲芳, 刘荣漠. 浙江长兴煤山二叠—三叠系界线剖面的碳同位素异常. 中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学开放研究实验室年报(1989~1990). 南京大学出版社, 1991. 113~119.
- 张克信, 童金南, 殷鸿福, 吴顺宝. 浙江长兴二叠系—三叠系界线剖面层序地层研究. *地质学报*, 1996, 70(3):270~281.
- 杨遵仪, 殷鸿福, 吴顺宝, 杨逢清, 丁梅华, 徐桂荣. 华南二叠—三叠系界线地层及动物群. 北京:地质出版社, 1987. 1~12.
- 陈锦石, 邵茂茸, 霍卫国, 姚御元. 浙江长兴二叠系和三叠系界限地层的碳同位素. *地质科学*, 1984, (1):88~93.
- 李玉成. 华南晚二叠世至三叠世初碳酸盐岩、碳同位素序列和旋回及其记录的环境变化. 中国科学院南京地质古生物研究所, 1996.
- 杨遵仪, 吴顺宝, 殷鸿福, 徐桂荣, 张克信. 华南二叠—三叠纪过渡期地质事件. 北京:地质出版社, 1991. 1~20.
- Arthur M A, Dean W E, Claypool G E. Anomalous ^{13}C enrichment in modern marine organic carbon. *Nature*, 1985, 315:216~218.
- Dean W E, Arthur M A, Claypool G E. Depletion of ^{13}C in Cretaceous marine organic matter; Source, diagenetic, or environ-

- mental signal?. Mar. Geol., 1986, 70: 119~157.
- 20 Bentalab I, Fontugne M, Descolas-Gros C, Girardin C, Mariotti A, Pierre C, Brunet C, Poisson A. Organic carbon isotopic composition of phytoplankton and sea-surface P_{CO_2} reconstructions in the Southern Indian Ocean during the last 50,000 yr. Org. Geochem., 1996, 24: 399~410.
- 21 Sackett W, Brooks G, Conkright M, Doyle L, Yarbrow L. Stable isotope compositions of sedimentary organic carbon in Tampa Bay, Florida, U. S. A.: implications for evaluating oil contamination. Applied Geochem., 1986, (1): 131~137.
- 22 王立亭, 陆彦邦, 赵时久, 罗晋辉. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用. 北京: 地质出版社, 1994. 61~65.
- 23 何锦文, 芮琳, 柴文芳, 马淑兰. 浙江长兴地区二叠、三叠系之交的火山活动. 地层学杂志, 1987, 11(3): 194~199.

Stratigraphic Distribution and Paleoclimatic Significance of Organic Carbon $\delta^{13}C$ in the Changxing Stage of Meishan, Zhejiang

Wang Wanchun

(State key Laboratory of Gas Geochemistry, Lanzhou Institute of Geology,
Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000)

Li Yucheng

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093)

Abstract

Analysis of the carbon isotopic composition of sedimentary organic carbon of 56 samples in the Changxing Stage from the D section of Meishan, Changxing, Zhejiang, indicates that in terms of the stratigraphic distribution, depositional organic carbon $\delta^{13}C_{org}$ in the Changxing Stage has a tendency to become lighter from below upward at the D section of Meishan and is also related to the rise and fall of the sea level. There is a correlation between the stratigraphic distributions of $\delta^{13}C_{org}$ and $\delta^{13}C_{carb}$ in the Changxing Stage, that is, when $\delta^{13}C_{org}$ become lighter $\delta^{13}C_{carb}$ become heavier, and vice versa. The stratigraphic distribution of $\delta^{13}C_{org}$ of the Changxing Stage corresponds to the biological evolution and $\delta^{13}C_{carb}$ and $\delta^{18}O_{carb}$ cyclostratigraphy of the Changxing Stage at the D section of Meishan, Changxing, indicating that the $\delta^{13}C_{org}$ value also has certain significance in stratigraphic classification and correlation. The $\delta^{13}C$ value of marine organic carbon in the Changxing Stage in southern China is 3‰ to 7‰ lighter than that of modern marine depositional organic matter, this was principally due to the high concentration of CO_2 in ocean and atmosphere brought about by global marine regression and volcanic activities during the Changxing Stage.

Key words: sedimentary organic carbon; carbon isotope; stratigraphic distribution; Changxing Stage; Changxing, Zhejiang

作者简介

王万春, 女, 1962 年生。1984 年毕业于兰州大学地质系, 1987 年获中国科学院兰州地质研究所地球化学专业硕士学位。现为中国科学院兰州地质研究所副研究员, 从事稳定同位素地球化学、油气地球化学的研究。通讯地址: 730000, 兰州市东岗西路 324 号, 中国科学院兰州地质研究所。