

文章编号: 1000-0550(2004)01-0036-05

三水盆地古近系湖相沉积岩的氧、碳同位素地球化学记录及其环境意义

刘春莲¹ Franz T F ürsich² 白雁¹ 杨小强¹ 李国强¹

¹ (中山大学地球科学系 广州 510275)

² (Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Würzburg, Germany D97070)

摘要 三水盆地古近系莘庄组顶部至埌心组红岗段的全岩碳酸盐稳定同位素分析结果表明其形成期间经历了多次环境变迁。根据碳酸盐氧、碳同位素比值及其相互关系的变化,可识别三次海水入侵期。其时 ^{18}O 值大幅度向正值漂移。而由于受有机质降解的影响,相应时期的 ^{13}C 均表现为低值。在不直接受海洋影响的湖相沉积阶段, ^{18}O 与 ^{13}C 的相关程度虽然未达到典型的封闭型湖泊水平,但仍呈现一定的正相关变化 ($r = 0.65$),表明其湖水滞留时间较长。而频繁出现的石膏薄层沉积也指示湖盆的封闭性较好。这些均表明这一时期的三水盆地可能是一周期性封闭型湖泊。其稳定同位素组成主要受制于蒸发量/降雨量平衡的变化。而 ^{13}C 比值往往还受有机质活动的控制,更多的是反映有机质生产力、埋藏与降解率。

关键词 氧碳同位素 碳酸盐 湖相沉积 古近系 三水盆地

第一作者简介 刘春莲 女 1956年出生 博士 教授 古环境学与古生态学

中图分类号 P593 **文献标识码** A

原生碳酸盐的稳定同位素分析已经成为识别储存在湖相沉积中的古气候古环境信息的最成功的手段之一^[1-9]。湖相碳酸盐的氧、碳同位素比值变化是对湖盆盐度、温度及水文平衡变化等的响应。在有机质来源丰富的湖盆中,碳同位素组成的变化通常还与有机质活动,包括有机质生产力、降解与保存率有关^[6,10]。尤其是碳酸盐的氧、碳同位素组成之间的相互关系常被作为认识湖盆水文平衡系统的依据。对于封闭型盆地,同位素组成主要受蒸发量与汇水量之比和水体滞留时间的影响, ^{18}O 和 ^{13}C 常呈相关变化(相关系数 $r > 0.7$)。高 ^{18}O 和 ^{13}C 比值反映湖盆处于相对强烈的蒸发期,汇水量小于蒸发量。相反,低 ^{18}O 和 ^{13}C 比值反映温暖湿润条件下,湖水补给量增加,湖平面上升,水体淡化。而开放型盆地的 ^{18}O 和 ^{13}C 因受多种因素的控制,出现不同情况。它们或者有相对稳定的 ^{18}O 与 ^{13}C 值,或是有相对稳定的 ^{18}O 值而变化较大的 ^{13}C 值,或者,在某些情况下 ^{18}O 与 ^{13}C 呈现一定程度的相关变化^[5-6,10-12]。

地史时期形成的碳酸盐岩的氧、碳同位素不同程度地受到成岩作用的影响,其效应一般是使稳定同位素比值变轻。但是成岩作用对稳定同位素的改造程度随年代变化。一般认为,中生代以来的碳酸盐稳定同位素受成岩作用的影响较弱^[13,14]。此外,成岩作用对

碳酸盐稳定同位素尤其是碳同位素的影响与岩石中的碳酸盐含量有关。当碳酸盐含量小于 10% 时,成岩作用的影响显著^[15];而当碳酸盐含量较高时,成岩作用过程中稳定同位素组成变化也相对较小,尤其对于较纯的碳酸盐岩碳同位素的影响极小。只要未经较强的变质或其它变化,可以代表碳酸盐沉积时的原始同位素组成^[16]。即便成岩作用对氧、碳同位素组成有一定影响,但在一定地质时期内氧、碳同位素比值的变化趋势却是相对稳定的,因此,利用其恢复古环境变化应是有效的。

本文通过分析三水盆地古近系(下第三系)莘庄组顶部至埌心组红岗段富有机质湖相沉积碳酸盐的氧、碳同位素比值及其变化,以及导致其变化的影响因素,认识和恢复这一时期三水盆地的古气候古环境演化。

1 采样与分析方法

三水盆地位于珠江三角洲西北部,沉积面积约 2500 km² (图 1),属于小型陆缘近海拉张型断陷盆地^[17]。盆地内沉积了一套厚达数千米的白垩纪-古近纪地层。古近系始新统埌心组沉积时盆地断裂活动微弱,湖盆处于稳定沉降阶段,是湖盆发育的鼎盛时期^[18,19]。其间曾遭遇过多次较广泛的间歇性海侵^[18,20,21]。埌心组划分为四个岩性段,自下而上为红岗段、大岗段、丰岗段和高岗段^[18]。其中红岗段创名

于三水市大朗山村东的红岗油页岩开采场。主要以暗色纹层状钙质泥岩、泥质粉砂岩、泥灰岩、灰岩和劣质油页岩组成,是三水盆地的主要生油层,也是本文的主要分析对象。下伏莘庄组良坑段顶部以灰色具交错层理的粉-细砂岩夹灰黑色钙质泥岩、泥灰岩和油页岩与(C组相区别。

新近完成的 SB - 01 孔位于三水市大朗山村附近,埭心组红岗段的标准剖面旁侧(23°11'N, 112°49'E),孔深 89 m,约 72 m 处为埭心组与下伏莘庄组分界。样品取自 4.9~89 m 岩芯段。选择易于保存原始同位素组成的致密状泥晶质碳酸盐岩样品用于稳定同位素分析。岩芯样品粉碎研磨成分析级粉末状,并在 75 °C 条件下与 100% 的磷酸(H₃PO₄)反应以提取 CO₂ 供质谱分析。氧、碳同位素测试使用 Finnigan 公司的 MAT 252 型质谱仪。所获得的全岩碳酸盐氧、碳同位素比值表达为 $\delta = [(R_{\text{样品}}/R_{\text{标准}}) - 1] \times 1000$; 其中 $R = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ 或 ${}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ 。 ${}^{13}\text{C}$ 和 ${}^{18}\text{O}$ 均相对于 PDB 标准,测试精度 < 0.1‰。文中使用的有机碳和总氮含量是采用 Elementar 公司的“Vario EL”元素分析仪获得。所有测试均由德国蒂宾根大学(University Tübingen)地球化学实验室完成。

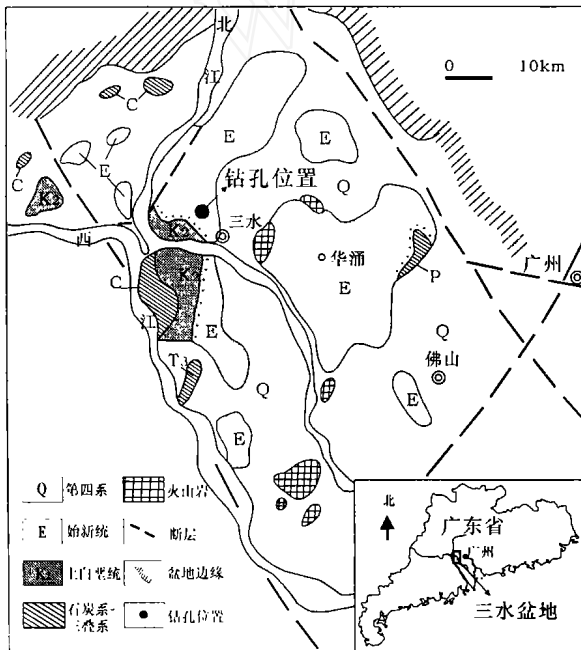


图 1 三水盆地地质背景及钻孔位置
据广东省地质矿产局(1988)

Fig. 1 Core locality and geological setting of the Sanshui Basin, modified after Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangdong Province (1988)

2 结果与讨论

SB - 01 孔岩芯全岩碳酸盐的氧、碳同位素组成分析结果见图 2。 ${}^{18}\text{O}$ 值在 - 8.31‰ 和 0.74‰ 之间变

化,平均值 - 5.1‰; ${}^{13}\text{C}$ 值在 - 7.71‰ 和 0.94‰ 之间变化,平均值为 - 2.68‰。 ${}^{18}\text{O}$ 与 ${}^{13}\text{C}$ 的变化幅度均较大。

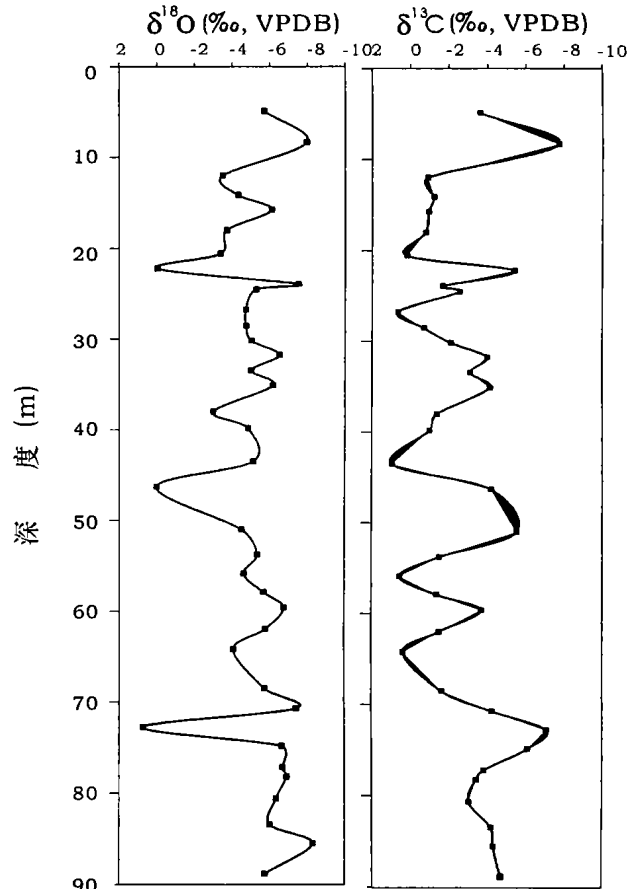


图 2 SB - 01 钻孔岩芯碳酸盐 ${}^{18}\text{O}$ 与 ${}^{13}\text{C}$ 的垂直分布
Fig. 2 Distribution of ${}^{18}\text{O}$ and ${}^{13}\text{C}$ of carbonates in core SB - 01

${}^{18}\text{O}$ 比值的变化中出现三次明显的高值期,而且均是突然上升到峰值,变化幅度分别达 7.41‰、5.37‰ 和 7.48‰(72.8 m、46.3 m 和 22.2 m 处)。这样大幅度的 ${}^{18}\text{O}$ 比值变化不可能是仅由湖水温度变化引起的。如果 ${}^{18}\text{O}$ 的变化仅由温度变化所致, ${}^{18}\text{O}$ 每发生 1‰ 的变化,则相应于温度出现 4 °C 左右的变化^[6,22]。即使对于三次 ${}^{18}\text{O}$ 值大变化中较小变幅的一次(5.37‰)来说,温度也要相应发生 20 °C 左右的变化。 ${}^{18}\text{O}$ 值变幅大时,甚至要相应于近 30 °C 的温度变化。而这样大幅度的温度变化在古近纪是不可能出现的。对这一氧同位素比值的突然上升现象,可能主要由盐度变化所致。其岩性组成也证明了这一点。三次 ${}^{18}\text{O}$ 高峰期均出现于较纯的碳酸盐岩夹层。X 射线衍射分析结果表明其矿物成分以铁白云石占绝对优势。而盐度的上升可能由两种原因引起。一方面是汇水区的气候处于干旱时期,入湖水流量减少,湖平面下

降,湖水滞留时间延长,蒸发作用加强,湖水浓缩,导致 ^{18}O 浓度上升。另一方面,三次 ^{18}O 高峰期的变化幅度很大,与海相碳酸盐同位素变化特征相似,而且其比值均落入海相碳酸盐的同位素组成范围。三水盆地在古近纪时与海洋曾出现多次间歇性连接^[20,21]。 ^{18}O 值的大幅度上升可能相应于与海洋相通时期。海水的注入导致湖水盐度增加以及准同生白云岩的形成,同时叠加蒸发作用的影响,造成 ^{18}O 值大幅度上升。

三次 ^{18}O 高峰期无一例外均对应于 ^{13}C 低值期。由于湖平面降低,湖盆底部水体基本处于氧化条件下,有机质埋藏率低,有机质降解过程中释放贫 ^{13}C 的 CO_2 ,从而导致碳酸盐的 ^{13}C 向轻值漂移。这一特征也常见于有类似环境背景、即同时受河流和海水影响的边缘海盆地^[23~25]。

SB-01孔岩芯碳酸盐的氧同位素比值除了三次突变期外,其余时期的变化幅度相对较小,但碳同位素比值变化却很大。 ^{18}O 与 ^{13}C 比值总体呈现一定程度的相关变化($r=0.65$)。具有这种 $^{18}\text{O}/^{13}\text{C}$ 相关程度的湖泊,与封闭型湖泊相似,其水体滞留时间应较长^[5]。频繁出现于岩芯剖面中的薄层石膏,也表明其应沉积于封闭性较好的湖泊阶段。因此,我们认为三水盆地在这一时期至少是一周期性封闭型盆地。不同阶段的 ^{18}O 与 ^{13}C 比值随湖泊环境的变化显示不同特征。

岩芯底部89~73 m代表莘庄组顶部地层,主要由灰、灰白色粉砂岩和细砂岩组成,夹灰黑色钙质泥岩,发育不连续水平层理,下部见交错层理,反映其沉积环境主要为河流相至浅水湖泊相。氧、碳同位素比值偏低,变化均较小。 ^{18}O 值在-8.31‰~-5.76‰之间变化; ^{13}C 值在-6.12‰~-3.04‰之间变化。表明气候温暖湿润,入湖水源比较稳定,以陆源或大气降雨为主。 ^{18}O 与 ^{13}C 无相关性,湖盆的开放性良好,水体滞留时间短。

72.5~46.5 m代表在经历第一次海水入侵之后的坨心组红岗段底部湖泊沉积。主要岩性为灰黑色钙质泥岩、泥质粉砂岩,发育水平细层理或纹层理,有时见泥裂纹。以浅湖相至半深湖相沉积环境为主。 ^{18}O 偏低,变化于-7.44‰~-4.1‰之间, ^{13}C 变化于-5.55‰~0.53‰之间, ^{18}O 变化幅度明显小于 ^{13}C 。但是,二者变化趋势一致,呈较明显的相关关系。由两个次级旋回组成,均表现为前期上升,后期下降。峰值分别位于64.2 m和55.8 m,其间被一低值期(59.6 m)所分隔。 ^{18}O 与 ^{13}C 相关,表明湖盆的封闭性较前一时期好,稳定同位素组成主要受降雨与蒸发作用的控制。三水盆地在始新世时是一面积广大的湖

盆,湖盆表面积/深度之比极大。这类湖泊对降雨与蒸发作用的变化更为敏感^[5]。 ^{18}O 与 ^{13}C 峰值,相应于较低的有机碳含量,代表气候相对干旱、蒸发作用相对较强时期。此时湖平面下降,湖水滞留时间增加,盐度上升。 ^{18}O 与 ^{13}C 低值代表气候湿润期。携带大量陆源植物碎屑的河水和大气降水注入湖泊,导致湖平面上升,上层湖水淡化, ^{18}O 与 ^{13}C 值同步下降。由于在温暖的热带气候条件下,缺乏显著的季节变化,较深的湖泊水体易形成温度分层。同时,海侵后滞留于底层的高盐度海水与淡水形成盐度分层。从而导致湖水垂直对流不畅,含氧的表层水不能到达底部。丰富的陆源有机质很快耗尽底层水体中的氧气,使水底处于还原环境,为有机质保存提供了有利条件,有机碳含量明显高于干旱时期。但是,还原条件下的细菌硫酸盐还原作用对有机质仍有较强的降解作用,因而对 ^{13}C 值的下降也造成一定影响,变化幅度大于 ^{18}O 比值。

坨心组红岗段中部(46.2~22.4 m)沉积于稳定同位素比值所指示的第二次海水入侵之后。主要为暗色纹层状钙质泥岩、泥质粉砂岩,夹劣质油页岩、泥灰岩和薄层石膏。 ^{18}O 变化于-7.51‰和-2.99‰之间,后半期较稳定,变化幅度较小; ^{13}C 变化于-4.14‰和0.94‰之间。 ^{13}C 变化幅度大于 ^{18}O 。二者总体相关性较弱,但中期阶段(38 m~30.2 m)相关性较显著。岩性和稳定同位素组成反映这一阶段湖盆及其流域以湿润气候条件为主,但经历过较短时间的相对干旱期。湿润期植被繁荣,陆源有机质丰富,湖平面上升,半深湖相沉积条件下形成富含有机碳的深色泥岩甚至劣质油页岩。干旱期湖平面下降,湖水盐度增加,生成石膏薄层。 ^{13}C 比值前后出现两次向正值漂移,均对应于较低的 ^{18}O 值和较高的有机碳含量(分别为3.08‰和3.42‰)。 ^{13}C 的这一变化主要与湖盆表层有机质生产力增加有关。较高的氮含量表明此时湖水营养丰富,有利于表层水体浮游植物的繁荣。浮游植物的光合作用过程吸收富 ^{12}C 的 CO_2 ,使湖水 ^{13}C 含量上升。深水分层条件以及丰富的有机质来源导致底部水体形成缺氧环境,其氧化还原界面可能位于水/沉积物分界之上,有机质埋藏率提高,来源于有机质降解的轻 CO_2 减少,从而使 ^{13}C 比值上升。

坨心组红岗段上部(22.1~4.5 m)仍以暗色钙质泥岩和泥灰岩为主,常发育纹层理,夹劣质油页岩和薄层石膏,反映多变的沉积环境。 ^{18}O 比值中等偏低,在-7.98‰和-3.38‰之间变化。 ^{13}C 值在-7.71‰和0.18‰之间变化,前半期偏高,且变化较小。在12 m处与 ^{18}O 变化趋势完全一致,二者均突然下降,幅度分别达6.82‰(^{13}C 从-0.89‰降至-7.71‰)和4.

49% (^{18}O 从 -3.49‰ 降至 -7.98‰), ^{13}C 值达整个岩芯剖面的最低值。随后, ^{18}O 与 ^{13}C 同时有所回升。 ^{18}O 与 ^{13}C 相关性明显(相关系数达 0.87), 表明在这一阶段、尤其是后期湖盆的封闭性较好。稳定同位素组成主要受制于蒸发作用的强弱。 ^{18}O 比值的变化表明气候环境有多次变化, 气候干旱时期, 由于蒸发作用导致 ^{18}O 与 ^{13}C 保持较高比值。气候潮湿阶段, 大气水的稀释作用使同位素比值降低。出现于 8.3 m 处的 ^{18}O 与 ^{13}C 值突然下降是在没有海水注入的条件下湖泊沉积发育过程中下降幅度最大的时期。指示此时大量河流或大气降雨注入湖泊, 湖平面迅速上升, 盐度下降。而此时的碳酸盐和有机碳含量均较低, 其相应的碎屑组分较高。有机质可能被入湖水流携带的碎屑物质所稀释。

3 结 论

(1) 三水盆地在古近纪期间与海水有间歇性连接, 稳定同位素组成受到海洋的影响。根据氧同位素组成以及岩性变化, 可识别三次海水入侵期。其 ^{18}O 值大幅度向正值漂移。而由于有机质降解过程释放贫 ^{13}C 的 CO_2 , 相应时期的 ^{13}C 均表现为低值。

(2) 在没有海水直接注入的湖相沉积阶段, 三水盆地在下始新统坳心组沉积时期应是一周期性封闭型湖盆。尽管 ^{18}O 与 ^{13}C 的相关程度未达到典型的封闭型湖泊的水平, 但仍呈现一定的正相关变化。频繁出现的石膏薄层沉积也表明湖盆的封闭性较好。其稳定同位素组成主要受制于蒸发量/降雨量的变化。由于三水盆地湖泊表面积大, 蒸发作用的影响尤为显著。

(3) ^{13}C 除了受蒸发量/降雨量变化的影响外, 往往还受有机质活动的控制, 更多的是反映有机质生产力、有机质埋藏与降解率。 ^{18}O 比值的波动主要是盐度变化所造成, 处于热带亚热带的古近纪三水盆地因温度变化引起的同位素比值变化是有限的。

参考文献(References)

- Anadón P, Utrilla R. Sedimentology and isotope geochemistry of lacustrine carbonates of the Oligocene Campins Basin, north-east Spain. *Sedimentology*, 1993, 40: 699 ~ 720.
- Anderson W T, Mullins H T, Ito E. Stable isotope record from Seneca Lake, New York: Evidence for a cold paleoclimate following the Younger Dryas. *Geology*, 1997, 25: 135 ~ 138.
- Dean W E, Schwalb A. Holocene environmental and climatic change in the Northern Great Plains as recorded in the geochemistry of sediments in Pickerel Lake, South Dakota. *Quaternary International*, 2000, 67: 5 ~ 20.
- Drummond C N, Wilkinson B H, Lohmann K C, et al. Effect of regional topography and hydrology on the lacustrine isotopic record of Miocene paleoclimate in the Rocky Mountains. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1993, 101: 67 ~ 79.
- Talbot M R, Kelts K. Paleolimnological signatures from carbon and oxygen isotopic ratios in carbonates from organic carbon-rich lacustrine sediments. In: Katz B J ed. *Lacustrine Basin Exploration - Case Studies and Modern Analogs*. AAPG Memoir, 1990, 50: 99 ~ 112.
- Utrilla R, Vázquez A, Anadón P. Paleohydrology of the Upper Miocene Bicorb Lake (eastern Spain) as inferred from stable isotopic data from inorganic carbonate. *Sedimentary Geology*, 1998, 121: 191 ~ 206.
- Yu Z, McAndrews J H, Eicher U. Middle Holocene dry climate caused by change in atmospheric circulation patterns: Evidence from lake levels and stable isotopes. *Geology*, 1997, 25: 251 ~ 254.
- 刘传联. 稳定同位素地球化学方法在古湖泊学研究中的应用. 见: 汪品先, 刘传联. 含油盆地古湖泊学研究方法. 北京: 海洋出版社, 1993. 96 ~ 123 [Liu Chuanlian. 1993. Application of stable isotopic geochemical methods to paleolimnological research. In: Wang Pinxian, Liu Chuanlian, eds. *Paleolimnological research methods of oil-producing basins*. Beijing: Marine Press, 1993. 96 ~ 123].
- 彭立才, 孙镇城. 青藏高原咸化湖泊沉积碳酸盐岩碳、氧同位素组成及其地质意义. *岩石矿物学杂志* 1996, 15(3): 235 ~ 240 [Peng Licai, Sun Zhencheng. Carbon and oxygen stable isotopic composition of carbonate rocks from saline lakes on Qinghai-Xizang Plateau and its geological significance. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 1996, 15(3): 235 ~ 240].
- Drummond C N, Patterson W P, Walker J C. Climatic forcing of carbon-oxygen covariance in temperate-region marl lakes. *Geology*, 1995, 23: 1031 ~ 1034.
- Li H C, Ku T L. ^{13}C - ^{18}O covariance as paleohydrological indicator for closed-basin lakes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1997, 133: 69 ~ 80.
- 刘传联, 赵泉鸿, 汪品先. 湖相碳酸盐岩碳同位素的相关性与生油古湖泊类型. *地球化学*, 2001, 30(4): 363 ~ 367 [Liu Chuanlian, Zhao Quanhong, Wang Pinxian. Correlation between carbon and oxygen isotopic ratios of lacustrine carbonates and types of oil-producing paleolakes. *Geochimica*, 2001, 30(4): 363 ~ 367].
- 张秀莲. 碳酸盐岩中氧、碳同位素与古盐度、古温度的关系. *沉积学报*, 1985, 3(4): 17 ~ 30 [Zhang Xiulian. Relationship between carbon and oxygen stable isotope in carbonate rocks and paleosalinity and paleotemperature of seawater. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1985, 3(4): 17 ~ 30].
- 邵龙义. 碳酸盐岩氧、碳同位素与古温度等的关系. *中国矿业大学学报*, 1994, 23(1): 39 ~ 45 [Shao Longyi. The Relation of the oxygen and carbon isotope in the carbonate rocks to the paleotemperature etc. *Journal of China University of Mining & Technology*, 1994, 23(1): 39 ~ 45].
- Knoll A H, Hayes J M, Kaufman J A, et al. Secular variation in carbon isotope ratios from Upper Proterozoic successions of Svalbard and East Greenland. *Nature*, 1986, 321(26): 832 ~ 838.
- 王可法. 海相碳酸盐岩碳同位素组成及其意义. *地质地球化学*, 1994, 5: 50 ~ 54 [Wang Kefa. Carbon isotopic composition in marine carbonates and its geological significance. *Geology Geochemistry*, 1994, 5: 50 ~ 54].
- 唐忠驭. 三水盆地火山活动与油气的关系. *石油与天然气地质*,

- 1984, 5 (2): 89 ~ 100 [Tang Zhongyu. Relationship of oil and gas with volcanism in Sanshui Basin. *Oil & Gas Geology*, 1984, 5 (2): 89 ~ 100]
- 18 张显球, 周晓萍, 陈修奕. 三水盆地白垩-第三纪钻井地层划分对比图集. 北京: 海洋出版社, 1993. 181 [Zhang Xianqiu, Zhou Xiaoping and Chen Xiuyi. Atlas of Cretaceous to Tertiary strata classification and correlation in the Sanshui Basin of South China. Beijing: Marine Press, 1993. 1 ~ 177]
- 19 严俊君, 金之钧. 广东三水残留盆地特征及油气地质条件. *沉积学报*, 1997, 15(1): 141 ~ 146 [Yan Junjun and Jin Zhijun. The features of the Sanshui Relict Basin and its conditions of petroleum geology, Guangdong Province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15 (1): 141 ~ 146]
- 20 王将克, 李国藩, 汪晋三. 广东三水盆地及近邻盆地早第三纪鱼化石. *中国古生物志*, 总号第 160 册, 新丙种第 22 号. 北京: 科学出版社, 1981. 1 ~ 90 [Wang Jiangke, Li Guofan, and Wang Jinsan. The early Tertiary fossil fishes from Sanshui and its adjacent basin, Guangdong. Beijing: Science Press, 1981. 1 ~ 90]
- 21 叶敦禧. 广东省珠江三角洲地区下第三系沉积特征及含矿性. *广东地质科技*, 1982, 1: 25 ~ 38 [Ye Dunxi. Depositional features and of the Lower Palaeogene in the Pearl River Delta area of Guangdong. *Guangdong Geological Science*, 1982, 1: 25 ~ 38]
- 22 Verzer J. Depositional and diagenetic history of limestones: stable and radiogenic isotopes. In: Clauer N, Chanduri S, eds. *Isotopic signatures and sedimentary records. - Lecture Notes in Earth Sciences*. Berlin: Springer, 1992, 3: 13 ~ 48
- 23 Magaritz M. A new explanation for cyclic deposition in marine evaporite basins: meteoric water input. *Chemical Geology*, 1987, 62: 239 ~ 250
- 24 O'Shea KJ, Miles M C, Fritz P, *et al.* Oxygen - 18 and carbon - 13 in the carbonates of the Salina formation of southwestern Ontario. *Canada Journal of Earth Science*, 1988, 25: 182 ~ 194
- 25 Sheu D D. ^{13}C and ^{18}O compositions of carbonates from a cyclic carbonate-evaporate rock sequence: Evidences for meteoric water input. *Chemical Geology*, 1990, 81: 157 ~ 162

Palaeogene Environmental Changes Deduced from Stable Isotopic Data from Bulk Carbonates in the Sanshui Basin, South China

LIU Chun-lian¹ Franz T. F ürsich² BAI Yan¹

YANG Xiao-qiang¹ LI Guo-qiang¹

1 (Department of Geology, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

2 (Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Würzburg, Germany D97070)

Abstract The lacustrine environmental evolution of early Palaeogene Sanshui Basin has been established based on stable isotopic data from bulk carbonates from the Upper Xinzhuang Formation and the Honggang Member of the Buxin Formation (major oil source bed of the Basin). Three stages, when the basin had connection with the sea, have been recognized. With the transgression of sea waters and increased regional aridity, ^{18}O values showed a sharp positive shift, accompanied by the deposition of dolomites, whereas ^{13}C displayed lower values due to decomposition of organic matter that occurred at this time, which resulted in water rich in ^{13}C -depleted CO_2 . During the intervals without connection with the sea, the ^{18}O and ^{13}C pattern showed a positive covariance ($r = 0.65$). This moderately high covariance, although poorer than that reported from typical closed lakes, suggests that the basin had, like most closed lakes, relatively long residence times. Gypsum deposits that occurred frequently in the core section also indicate hydrological closure conditions. This means that the Sanshui Basin was probably a periodic hydrologically closed lake during these times. The stable isotopic compositions of carbonates were mainly influenced by variations in evaporation/precipitation balance. Higher ^{18}O values indicate overall increase in E/P ratios, low lake levels and concentrated waters. Lower ^{18}O values suggest decrease in E/P ratios and a large fluvial inflow and a subsequent high stand of water level. ^{13}C shows more variability than ^{18}O , which implies that ^{13}C was also controlled by organic activity and usually reflects the productivity, burial vs. reoxidation of organic material.

Key words stable isotopes, carbonates, lacustrine sediments, Palaeogene, Sanshui Basin