

苏北油田都3井泰州组*及阜宁组 二段沉积环境分析

赵霞飞 何起祥

(成都地质学院) (长春地质学院)

许靖华

(瑞士苏黎世理工学院)

江苏石油地质大队实验室寄至瑞士苏黎世理工学院地质系的数十个岩样,准备作碳氧稳定同位素分析。考虑其中大部分砂泥岩在其成岩阶段有地下水的影响,故仅选择了碳酸盐岩,给以测定。已分析样品26个,集中于都3井阜宁组二段(Ef²)和泰州组(K₂t),共20个样;其他样品取自苏高28井(阜宁组Ef²⁻⁴4个),苏泰109井(阜宁组Ef⁴1个),和泰4井(三垛组Es¹1个)。

一、运用碳氧稳定同位素解释沉积环境的原理简介

由于物理化学性质上的差异,伴随同位素物质的转变,通常发生同位素分异效应(fractionation effects)——即同位素被分开在具不同同位素比率的两种物质中。引起此种分异效应的主要作用,一为同位素交换,一为运动学过程。

同位素的交换不出现一般的化学变化;但在不同化学物质、不同相和个别分子间,同位素分布发生变化。地质上感兴趣的蒸发浓缩作用,因蒸汽压力之不同,造成同位素分异。只要蒸汽形成后即时离开残余液,则随着作用的进行,残余蒸汽中逐渐缺乏重同位素,而残余液体富集重同位素。如常见的大气CO₂——溶解的HCO₃⁻系统中,由于同位素交换,导致C¹³富集于重碳酸盐中(δC¹³≈0‰)。

运动学过程则基于不同同位素成份之反应速率不同。例如光合作用中,产物富集轻同位素(生物碳化合物δC¹³≈-25‰)。

同位素地球化学中测量的是同位素比率的微小变化,通常用δ值,以千分之若干计(‰)。δ的定义为:

$$\delta(\text{‰}) = \frac{R_{\text{样品}} - R_{\text{标准}}}{R_{\text{标准}}} \times 1000$$

其中R为同位素比率,如C¹³/C¹², O¹⁸/O¹⁶。若δA>δB,我们指A比B“重”。

*本文泰州组时代归属上白垩统(k₂t)。

碳同位素测定, 一般用PDB标准。其标准样品是南加罗林那Peedee组中的白垩纪箭石。氧同位素用SMOW标准, 即标准平均海水(Standard mean Ocean Water), 但分析化石作古温度研究时, 则用PDB标准。两标准间有以下变换式:

$$\delta_{\text{SMOW}} = 1.03086 \delta_{\text{PDB}} + 30.86$$

最后, 有必要简单提及水的盐度与碳酸盐矿物沉淀的关系。在一封闭盆地中, 随着方解石的沉淀(钙离子从溶液中离去), 湖水中Mg/Ca比率将上升, 而有低镁方解石(2—10% MgCO₃)的生成。经验观察和实验研究已查明水的Mg/Ca比与低镁方解石形成间的关系(Müller et al, 1972; Füchtbauer and Hardie 1980); 当Mg/Ca比高于5%时, 形成霰石; 高达45%以上, 是为高镁方解石, 后者是白云石的前驱。现代盐湖中, 有的以高镁方解石沉淀为主, 如匈牙利Balaton湖, 有的则生成霰石, 如超咸水的死海, Urmia湖及Van湖。

霰石属于湖水蒸发浓缩后的产物, 常具负的 δO^{18} 值。例如, 大盐湖的霰石沉积物, 其 δO^{18} 在-2‰至-7‰¹⁾。本文研究的Ef²中亦有大量霰石, 其 δO^{18} 在-2.5‰至1‰, 亦属一种超咸水沉积物; 此种霰石的 δO^{18} 值, 不如淡水湖方解石负值之低(苏黎世湖方解石的 δO^{18} 值在-9‰至-12‰间)。

白云石的成因, 长期以来是大家瞩目的对象。近年来, 这方面的研究, 有了长足的进步。对波斯湾潮上带白云石化的研究, 乃有莎布哈白云石模式。对澳大利亚南部海岸库朗区(Coorong)一些硷性湖的研究(如C.C. Von Der Borch and D. Lock, 1979)发现这些海岸带半咸湖泊中的白云石, 与莎布哈白云石大不相同。库朗白云石, 一部分是沉淀的, 形成于夏季蒸发率大于地下水补给率的一系列硷性湖中。夏季变干的湖底有白云石等碳酸盐矿物, 此时高盐度的水进入向海倾斜的含水层, 并将石盐和硫酸盐矿物溶解带走。库朗型湖泊沉积物显示一种向上变浅的旋回。在一不厚的(3米)层序中, 底部为浅海相, 往上为泻湖相的霰石、方解石沉积, 上部白云石渐增, 并有方解石, 最后全由白云石组成(图1)。

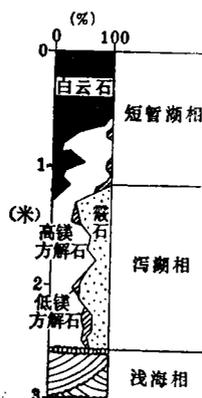


图1 库朗区海岸带现代白云石湖地层剖面和矿物特征图
(XRD资料)

纯白云石和厚白云石位于剖面顶部, 与一暂时性湖泊有关
(据 VON DER BORCH C.C. and D. LOCK, 1979)

由矿物组合及其垂向变化来看(图2), 苏北第三系阜宁组二段的沉积环境, 更象是库朗湖型, 而不象波斯湾莎布哈模式。

1) Mckenzie, J., (未出版资料)。

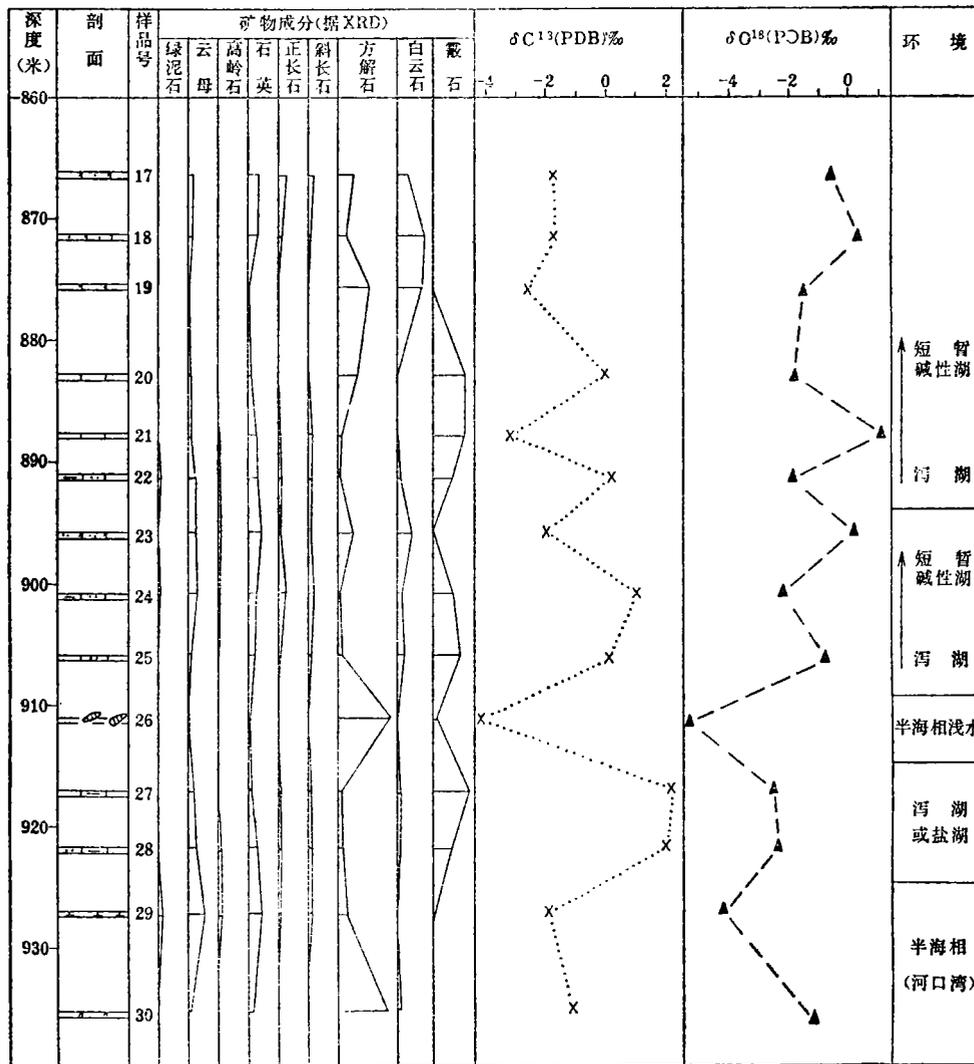


图2 苏北油田都3井E^f2碳氧稳定同位素分布, 矿物成分与岩相类型图

(剖面中仅画出采样处岩性, 并假定每样品代表0.5米厚度)

二、成果与讨论

1. 下第三系阜宁组二段 (E^f2)

样品分布于井深860~940米之间, 其成果如图2所示。讨论如下:

1) 样品号30—29段, 此段同位素分布类似于海相沉积。一般海相方解石 δO^{18}_{PDB}

是正或负1至负2‰左右。由样品30至29, δO^{18} 减少到 -3‰, 即变轻, 是由于有同位素轻的淡水的注入。半海相环境, 如河口湾的半咸水条件, 有方解石沉淀。样品中云母类矿物和石英等增加, 也表示河流搬运来的碎屑物质明显加多。

2) 样品28—27段: 此段 δC^{13} 为正值, 即剖面中最重的碳。 δO^{18} 在 -2.5‰左右, 比

样品29增大，表示盆地中水的蒸发，浓缩，变咸。霏石大量沉淀。标志一种超咸水，可能属于半封闭的泻湖，或完全封闭的盐湖环境。

3) 样品26段——为一虫管石灰岩。此种虫管为环节动物所分泌。唯一能分泌钙质管的为Serpulidae。目前对Serpulidae管的钙化，所知不多。只知多数种属由一种腺体分泌霏石，但有的种属兼具分泌方解石的腺体。Serpulidae生活于一种半海相环境的浅水中，可以形成浅水礁，需要有湍急水流才能充分发育。

样品26显示一种高负值的 δC^{13} 和 δO^{18} ，这是反常的。这与成岩过程中，淡的地下水侵入有关。由于虫管沉积物为高孔隙高渗透的，淡地下水的侵入使霏石变为方解石，而且 δC^{13} 和 δO^{18} 也变负。反之，其上、下层位的霏石质软泥，由于渗透性底，未受淡水影响，仍保持原来的矿物形态与相对重的同位素分布。

4) 样品25—17段：有三个样品（25，22和20号）其 $\delta C^{13} \approx 0$ ，近于海相或泻湖相的碳酸盐。在粉末涂片（Smear Slides）中未发现任何超微化石（Nannofossils）。有可能属海相沉积，但化石全无，更可能是泻湖霏石沉积。样品25与24，以霏石为主，但向上减少，至样品23已不含霏石，而以方解石、白云石为主，陆源碎屑物（云母类和石英）增加。与此同时，碳、氧同位素亦有明显的变化。其 δO^{18} 的摆动可能与白云石化有关。白云石的生成导致 δO^{18} 向正的方向偏移。

样品22—20的序列亦相似，局部的差异可能与取样有关。

所以样品25—17这一段沉积剖面中，至少有二个旋回。各个旋回包含泻湖—短暂碱性湖相，即属于库朗湖型的沉积。各个旋回中同位素的变化可能与矿物相变化有关，如白云石的生成导致 δO^{18} 正偏，还原条件下有机物质的分解可造成 δC^{13} 的负偏等。

2. 白垩系泰州组 (K₂t) 上部

井深1130—1165米，分析了6个样品，如图3所示：

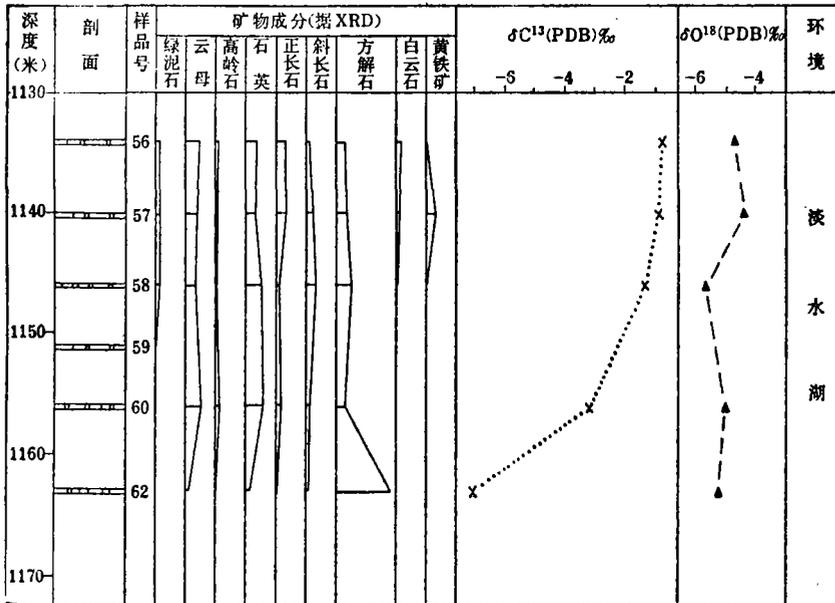


图3
苏北油田都 3 井 K₂t 碳氧稳定同位素分布，矿物成分与岩相类型图
(剖面中仅画出采样处岩性，并假定每样品代表 0.5 米厚度)

样品62为一含介形虫泥晶灰岩, δC^{13} 和 δO^{18} 皆为高负值, 为淡水湖泊碳酸钙沉积。由样品62至56, δC^{13} 由-7‰增至-0.8‰, δO^{18} 变化于-4.2‰至-5.7‰间, 即轻碳, 轻氧, 矿物为方解石, 仅样品57, 56有少量白云石, 属于淡水湖环境, 后期蒸发, 盐度增加。 δC^{13} 变化较规则, 样品62号的 δC^{13} 为-7‰, 表示湖中生物腐化后生成的碳酸较多, 至样品56号, δC^{13} 为-0.8‰, 表示生物化学生成的 CO_2 已大大减少了。

三、结 论

初步的矿物学分析(XRD), 碳氧稳定同位素和古生态研究, 使我们能对苏北油田都3井白垩纪泰州组和早第三纪阜宁组二段作出较详细的沉积环境解释。

早第三纪阜宁组二段早期可能为海相, 有海湾或河口湾环境; 以后为泻湖及以“虫管石灰岩”为代表的半海相条件。后期以数次发育库朗湖型的沉积为特征, 即属一种海岸带的硷性湖, 为气候比较干旱条件下的浅盐湖沉积。

泰州组沉积的上部主要属淡水湖环境, 后期趋咸化。

国内正开展稳定同位素地质学方面的工作, 我们将此次工作成果, 提供参考, 以便抛砖引玉, 将这方面的工作推向前进。由于不掌握全面的地质资料, 难免一管窥豹。不当之处, 欢迎读者指正。

本文作者们对江苏省石油地质大队实验室以及费富安同志提供样品, 对 Dr. J. McKenzie参与本文讨论, 提出重要意见, 深表感谢。

(收稿日期 1982年2月2日)

参 考 文 献

- [1] Eugster, H.P., K. Kelts., 1981, Lacustrine Chemical Sediments, (in press).
- [2] Hoefs, J., 1980, Stable Isotope Geochemistry, Springer-Verlag, Berlin.
- [3] McKenzie, J. A., K. J. Hsü, J. F. Schneider., 1980, Movement of Subsurface Waters under the Sabkha, ABU Dhabi, UAE, and its Relation to Evaporate Dolomite Genesis, SEPM Special Publication NO.28, P.11—30.
- [4] Milliman J. D., 1974, Marine Carbonates, Springer-Verlag, Berlin.
- [5] Pearson, F. J. Jr., T. B. Coplen, 1978, Stable Isotope studies of Lakes, in: A. Lerman, (ed.), Lakes-Chemistry, Geology, Physics. Springer-Verlag, New York.
- [6] Von Der Borch, C.C., D. Lock, 1979, Geological Significance of Coorong Dolomites, Sedimentology 26, 813—824.

THE SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF THE TAI-ZHOU FORMATION(K_2t) AND THE SECOND MEMBER OF FU-NING FORMATION (Ef^2) OF DOU 3 WELL IN NORTHERN JIANGSU OIL FIELD

Zhao Xia-fei

(Chengdu College of Geology)

He Qi-xiang

(Changchun College of Geology)

Xu Jing-hua

(Geologische Institut, ETH-Zentrum, Zürich, Switzerland)

Abstract

According to the data of x-ray diffraction, carbon and oxygen stable isotopic compositions and paleoecological study, it is suggested that the Tai-zhou formation (K_2t) of Northern Jiangsu is a fresh water lacustrine facies deposit of which the salinity slightly increased at the later period. During the deposition of the second member of Fu-ning formation the environment was marine and semi-marine at early period, but changed into a kind of brackish/salty maritime lake at later period, fitting in with the sedimentary mode of Coorong Lake.