

层序地层学理论用于我国断陷盆地 分析中的问题

徐怀大

(中国地质大学, 北京)

层序地层学的理论基础是海平面周期性变化控制了旋回性沉积层序的产生。沉积层序内部具有一定规律分布的体系域, 对油气勘探具有特别重要的意义。这一理论原则上适用于中国东部中生代箕状凹陷的盆地分析, 但应解决几个难题, 以建立自己的层序模式。

关键词 海面升降 层序 体系域

作者简介 男 57岁 教授 石油地质、地震地层与层序地层学

80年代中期以来, 地层学由于层序地层学(sequence stratigraphy)的诞生, 而有突破性进展, 并对油气勘探带来重大影响。层序地层学的理论基础是显生宙以来, 全球同步地发生了一系列周期性海平面相对变化, 并由此产生了一系列旋回性沉积层序, 同时在每个层序内部产生按一定规律分布的几个特定的体系域(system tract)。造成海面相对变化的根本因素是全球性绝对海平面的升降、构造沉降、沉积物的供应以及气候条件。这些因素变化的综合影响, 造成沉积的可容纳空间(accommodation)的周期性变化(Vail, 1988, 1989^[1]; Jervey, 1988; Posamentier, 1988)。Haq等人(1987)编制的第三纪全球海面变化曲线, 曲线上每个周期都产生一个对应的可以全球的对比的地层层序。

尽管在层序边界划分原则上还有分歧(Galloway, 1989), 但是大量实践表明, 这一理论已成功用于北美、西欧、中东、印度等地, 并成为指导油气勘探的有力工具。然而, 这一理论能否用于中国东部中生代断陷盆地(箕状凹陷), 首先要看这些盆地当时是否与外海沟通, 以及沟通的程度如何。

一、是否与外海沟通

与外海沟通的基本标志是存在海相化石、海相自生矿物和指示海相的微量元素。

在华北地区, 作者等(1970)在研究黄骅坳陷王徐庄油田沙河街组油层时, 发现有海绿石。兹后(1973—1977), 在同一坳陷的砂体研究中, 在沙河街组和东营组中找到指示海相的有孔虫和棘皮碎屑和丰富的海绿石, 它们常产于与水进有关的砂泥岩中。后来, 郝诒纯等^[2]进一步在黄骅及济阳坳陷沙河街组一、二、四段中找到海相超微化石 *Coccolithus* sp. 和 *Sphenolithus*

sp.。在华北地区其它拗陷下第三系中找到海相有孔虫的还有东明、汶口、成武、平邑(蔡乾忠等, 1983), 垣曲^[3]和河套(袁效奇, 1987)。

在苏北, 汪品先等(1974)曾在下第三系阜宁组中找到种属单调但指示海相的有孔虫和龙介虫。作者和赵政璋等(1984)从溱潼凹陷东27和苏170井阜宁组三段砂岩中找到大量海绿石(图版I-1), 经测定, 其 K_2O 含量超过7.8%, 最大达8.9%。此值与蓟县震旦亚界青白口系海相地层和东海、南中国海现代沉积中海绿石的 K_2O 含量十分接近。在同一地层中, 还找到反映潮水往复运动的青鱼刺沉积构造和再作用面(图版I-2)。另一重要发现是从阜二、三、四段的碳酸盐岩夹层面上找到丰富的钙质超微化石, 以 *Rhabdolithus* sp. (图版I-3) 为主, 另有 *Discoaster* sp. (图版I-4), *Thoracosphaera* sp. (图版I-5), *Fasciculithus* sp., *Sphenolithus* sp. 及少量 *Coccolithus* sp. Haq (1976) 认为这种化石组合产于晚白垩世至早始新世低纬度温暖海水中, 水深相当浅。其种属的单调说明它们生活于受局限的海水中。

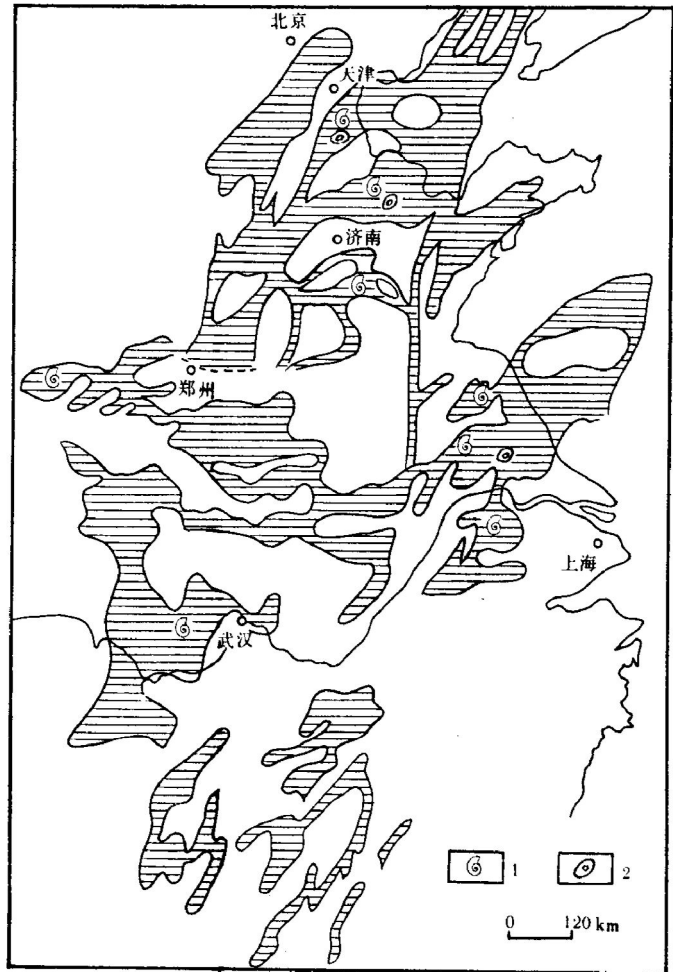


图1 中国东部老第三纪时期内陆海(或湖)分布图

(据刘群, 1987; 徐怀大, 1986)

1—有孔虫, 2—颗石藻

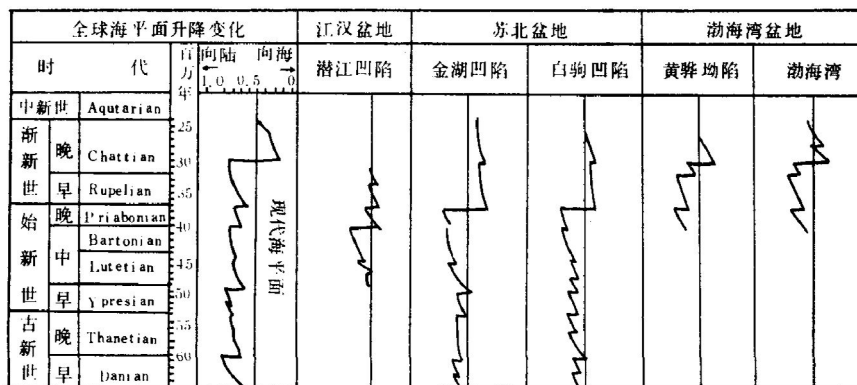


图2 江汉、苏北、渤海湾地区老第三纪时期内陆海(或湖)面相对变化曲线对比图

此外, 在潜江(汪品先, 1974), 淮安、常州、三水(刘群, 1987)等凹陷的下第三系中,

也找到有孔虫化石。根据下第三系及其中所含盐类沉积的分布,可以画出早第三纪时期中国东部内陆海(或湖)的分布图(图1)。虽然现今残存的下第三系小盆地大多数是彼此隔离的,但是根据相邻凹陷岩相的有规律变化及其构造演化史分析,它们之间在当时是彼此沟通的。种种迹象表明,伊兰-伊通地堑和郯庐断裂带在这些盆地的沟通上可能起过重要作用。作者(1986)曾将渤海湾、苏北、江汉地区的海(或湖)平面变化曲线与 Vail (1977) 的曲线进行对比(图2);由图看出,在节奏上它们是合拍的。但是最大升降幅度点出现的年代,却由江汉—苏北—渤海湾而逐渐变新,暗示外海的影响向内陆地区逐渐减弱和海水向东向北逐步退出。

二、沉积层序内部体系域的构成

依照定义(Vail, 1988),层序(sequence)是层序地层学的基本单位,它是在海面升降曲线上相邻两个全球海面下降转折点(inflexion point)之间沉积的、在成因上有联系的一系列地层,其顶底以不整合面和与之相对应的整合为界。每个层序都由一系列体系域构成。客观上,每个体系域由它们在边界面上的地层几何形态、在层序内所处的位置,以及内部的准层序(parasequence)的叠置方式所限定。而每个体系域都在两个相邻海面下降转折点之间的全球性海面变化曲线上占据一定的线段。

层序地层学的基本概念和模式能否为我国广大石油地质工作者接受,要看我们是否承认两个基本事实。第一个是地层呈旋回式沉积。尽管就某一单个岩层来讲,可以是韵律式的沉积,或者是阵发式(episodic)沉积,但是就一个基本层段来说,绝大多数是反复的旋回性沉积。这一事实是绝大多数人都承认的,而且从任何一条自然电位测井曲线上都可以找到。这在层序地层学中称为准层序,其底界称作海泛面(flooding surface),代表一次迅速的水进和水体加深。其顶界为另一旋回底部的海泛面。第二个基本事实是这些准层序在纵向上经常是构成自下而上由粗变细再变粗的高一级旋回。一个盆地内的沉积物就是由一个或者几个这种高一级旋回构成的。这一现象也是十分普遍的。作者检查了二连、黄骅、冀中、渤海、济阳、苏北、下辽、江汉、南海以至百色诸凹陷的一些典型剖面及测井资料,大体都符合这个规律。如二连盆地白垩统巴彦花组,其上段为灰白色砂砾岩夹浅灰色泥岩、粉砂岩,下段为灰、灰绿

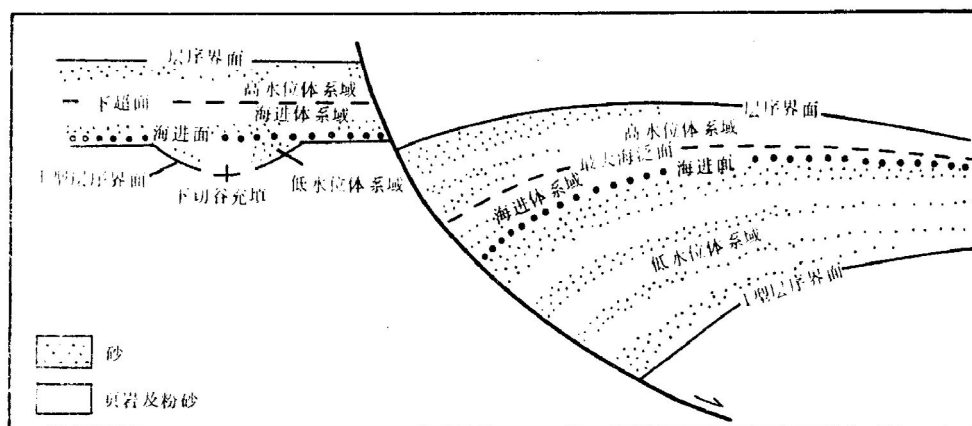


图3 生长断层背景下低水位体系域的层序地层示意剖面 (Vail, 1989)

色砂砾岩,而中段为灰及灰黑色泥岩。渤海湾地区下第三系大体上可以归纳为两大旋回,其中沙河街组一段、三段为灰黑色泥岩段,东营组、沙二段及沙四段为粗碎屑岩段。苏北地区下第三系的细段为阜宁组四段,其上下一般为粗段。江汉盆地上白垩统至下第三系由两个沉积旋回组成。第一旋回为新沟组,第二旋回为荆沙组-潜江组-荆河镇组。它们的发展过程表现为古湖泊的发生—扩大—收缩;水体深度由浅—深—较浅;水介质由淡—咸—淡;沉积粒度由粗—细—较粗(王尚文等,1983)。上述素材说明层序地层学的基本概念是可信的,即使中国东部断陷盆地与外海完全隔绝,层序地层学的研究方法也是可行的。当然作者不是说上述每个大旋回就相当于一个层序,实际工作还应更深更细地划分出更多的层序。

问题在于层序地层模式。显然,得自被动大陆边缘的层序模式是不适于中国东部断陷盆地的。Vail^[1]曾针对不同构造背景提出了三种低水位体系域的模式,即陆棚背景、缓坡(ramp)背景和生长断层背景。后一种(图3)较接近中国东部断陷盆地的地质条件。

作者对中国东部某些断陷盆地的层序划分作了初步尝试。其中廊固和坝县凹陷的划分与图3的模式相近,但在分析溱潼凹陷时,出现了一些不同的情况。图4为溱潼凹陷SZ293测线及其层序划分结果。苏112井

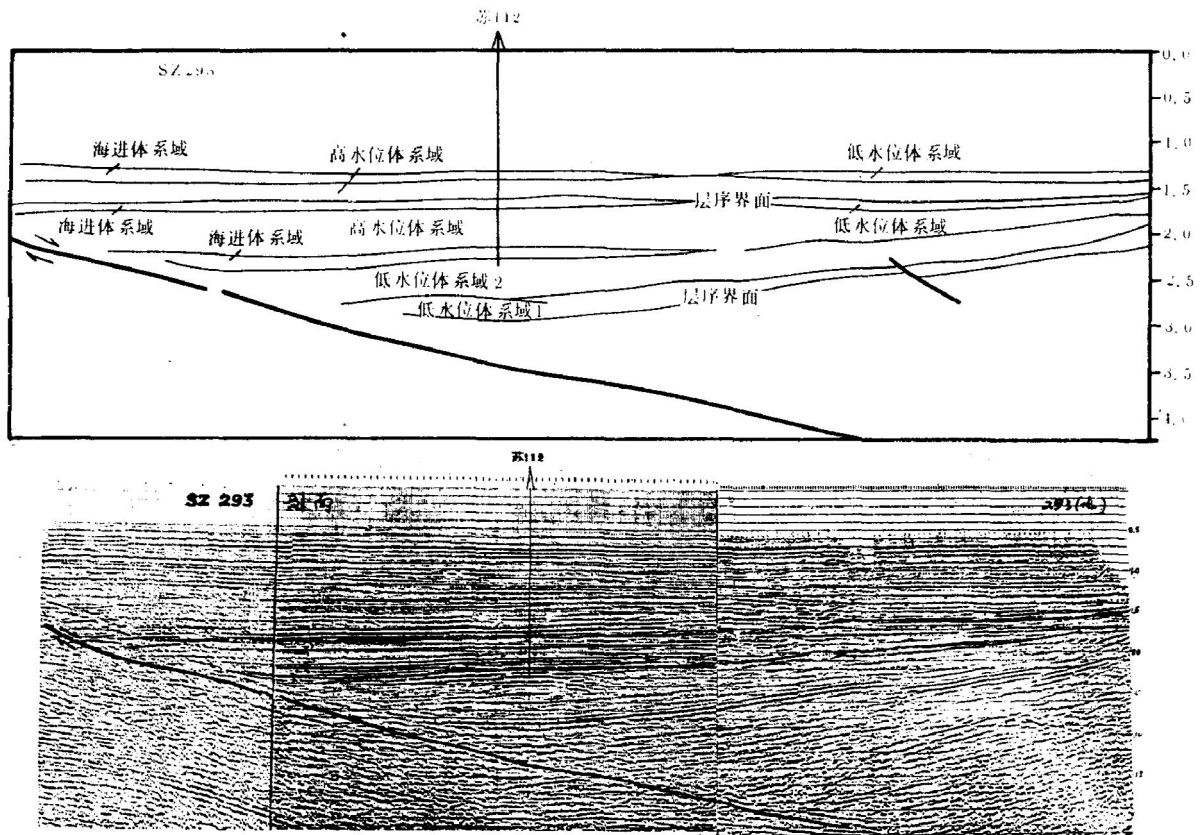
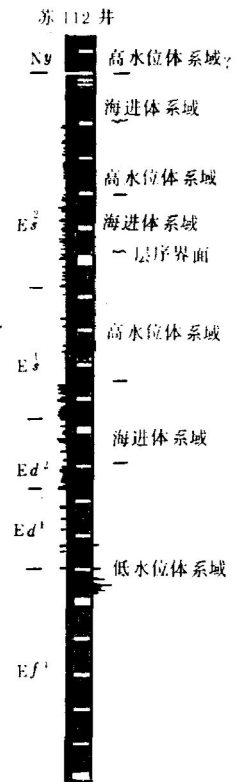


图4 溱潼凹陷SZ293测线及其层序划分

位于测线的中部。根据地震及测井资料,初步划分出三个大层序,随着工作的深入,将会划分出更多的中、小层序。根据这一划分结果,首先发现过去的上、下第三系的分界可能存在着问题,真正的界面似应上提。其次是发现图3的模式未必能万无一失地套用到中国东部的断陷盆地中。其原因是:

第一,Vail等人的模式只涉及与生长断层毗邻的部分,是单方向供应沉积物的。而狭长的中国内陆断陷盆地是从四周供应沉积物。根据厚度及地质年龄推算,其供应速度是很高的。因此,对于箕状凹陷,不仅需要建立陡坡的层序模式,也需要建立缓坡和狭长盆地两端的模式,由此而构成的盆地地层层序构架(sequence framework)肯定要比Vail的模式复杂。即使从陡侧上看,当沉积物供应过快时,其古地貌的坡折点,可能前推到盆地内部。这样,图3的模式就不适用了。滦潼和二连盆地都有这种情况发生。

第二,Vail的模式是以海相为基础。在低水位时期,对于硅质碎屑岩层系来说,是产生以浊积为主的盆地扇、堤水道复合体。对于中国中、新生代内陆断陷盆地来说,许多层序内部体系域的构成和分布是与此相似的。但是这些盆地的下部常常赋存有丰富的盐类和红色粗碎屑沉积。它们所反映的环境究竟是残余海的海底扇,还是干涸的干旱盆地是值得研究的。其次,按照海相的观点,只有低水位时期,才能使中国各内陆盆地与外海隔绝。而在海进和高水位时期,则应与外海沟通而有海相生物栖息(尽管这种沟通很局限)。因此,古生物工作还亟待深入,特别是应当重点研究密集段附近的海相标志,以便证实或否定Vail的层序模式。

结 论

1. 层序地层学的理论基础是海平面周期性变化造成了旋回式地层层序。因此,以旋回式沉积为特征的中国东部断陷盆地中的中、新生代地层,理应可以用层序地层学的理论加以解释,而不管它们是海平面还是湖平面周期性变化造成的。

2. 日益增多的事实表明,中国东部大多数箕状凹陷在中、新生代时期受到过外海的影响。然而它的影响程度如何还有待于深入研究。一方面要加强指相化石、指相矿物和微量元素的研究,研究的重点应当放在下超面附近的密集段上。另一方面要大量开展同位素年龄测定和海面或湖面升降规律的研究,看看它们是否与反映外海的全球海平面变化周期及幅度合拍。

3. 中国东部中、新生代箕状凹陷是内陆条件下的产物,不同于墨西哥湾的外海箕状凹陷。二者在决定可容纳空间的三要素(沉积物供应速度、构造沉降速度、海面变化速度)上也有很大差别。这些差别要求我们建立自己的模式,以适应油气勘探的需要。

参 考 文 献

- [1] Vail P. R., Sangree J. B., *AAPG Short Course*, 1989.
- [2] 郝诒纯、李惠生, *科学通报*, 1984; 29 (12): 741.
- [3] 刘 群、陈郁华等, *中国中、新生代陆源碎屑-化学岩型盐类沉积*, 北京科学技术出版社, 1987.

PROBLEMS IN ANALYSIS OF FAULTED BASINS OF CHINA BASED ON SEQUENCE STRATIGRAPHIC THEORY

Xu Huaida

(China University of Geosciences, Beijing)

Abstract

The basic principle of sequence stratigraphic theory is the eustatic sea level changes which control the occurrence of cyclic depositional successions within a basin. System tracts within any sequence have a specific stratal pattern and are significant for oil and gas exploration. Most of Mesozoic and Cenozoic depressions in the east part of China are faulted basins (half grabens) filled by more than one cyclic sequences and ought to be analyzed based on the theory of sequence stratigraphy regardless they are marine in origin or not. However, some difficulties must be solved and some of their own specific patterns must be established before this theory can be used because of many inland faulted basins in East China had been linked up with the open sea occasionally, and their stratal patterns are different from the Vail's one as the result of abundant sediments have been supplied from peripheral areas surrounding the basins.