

文章编号:1004-7824(1999)04-0035-07

大庆徐家围子凹陷登娄库组三段 层序地层旋回分析

赵国连

(中国科学院地球物理研究所油储室, 北京 100101)

摘要:本文从沉积相、岩性和测井相入手,分析了下白垩统登娄库组三段岩性发育及相类型,并划分了层序旋回,识别出各旋回体系域归属。并对上述划分用 Fischer 点图进行检验,证明上述分析是合理的。同时,本文指出, Fischer 点图在旋回识别上有独到之处。

关键词:大庆徐家围子;登娄库组三段;沉积相;岩性;旋回;体系域;Fischer 点图

中图分类号:P534.53 **文献标识码:**A

层序地层学以地震反射面为等时面以及同级旋回等时性的假设为基础。从中可以看出,地层旋回研究的重要性,它可以佐证重大层序界面划分的正确与否。同时,对旋回本身的分析,又可以确立体系域类型,这对资料缺乏地区的横相对比,对油气藏生储盖分布的预测都是十分重要的。本文主要从岩性、沉积相与测井相研究入手,划分研究区内下白垩统登娄库组三段(K_1d^3)沉积层序体系域,并以 Fischer 点图加以验证。

本文主要研究对象是大庆徐家围子凹陷深层登娄库组三段(以下简称“登三段”)。由于深层气的研究已是大庆油田近期主要目标之一,而登三段又是其中较有希望的层段,它是盆地全面发育期的产物,横向连续性好,垂向层系发育齐全,因此是层序发育的较好的层段,有利于开展层序地层学的研究。

1 层序划分及体系域的识别

关于层序体系域的构成问题比较复杂,有人持三分立场,也有人认为应为四分(胡受权, 1997)^[1]。P.R. Vall(1977)认为,层序以不整合面(SB)为界,一个完整的层序由 LST + TST + HST 等体系域组成^[2]。而 Galloway(1989)认为,层序以最大海泛面(mfs)为界,层序由 HST + LST + TST 等体系域组成。吴因业(1994)^[3]认为,层序以不整合面为界,其体系域有四分特点,分别为 RST + LST + TST + HST。笔者也认为,层序边界应以不整合面为界,一个完整的层序自下而上应划分为 LST + TST + HST + RST。它们分别为低水位体系域、水进体系域、高水位体系域及水退体系域。体系域之间的界线类型并不一定,一般一个完整层序内部体系域间应为整合关系。不同层序的体系域间的界线可以有不整合。

收稿日期:1999-02-08;修订日期:1999-05-19

基金项目:国家自然科学基金委员会与大庆石油管理局联合资助项目(49894190)

层序划分的原则目前暂无统一标准,但至少应遵循沉积相、粒度、岩性、电测井曲线等特征的变化旋回来划分,并兼顾层序本身的特点。

每个作者在研究层序时,都有特定的研究对象,在使用体系域、小层、层序组等名词时,可能有自己的含义。本文所指的几个名词作如下说明,便于读者理解,不致产生误解。小层,是最基本的沉积单元,即砂层、泥层,本文已作了一些合并(图1);小层序,是由几个砂体或泥层组成的一个基本层序单元,它们按成因划分,本文把它当作小层序组的组成单元;小层序组,是由几个小层序组成,本文的小层序组即体系域,二者在时间持续、概念上等同。

登三段在岩性及沉积相上有四分的特点,第一段为河道相,第二段为分流河道三角洲相,第三段为三角洲远砂坝沉积,第四段为曲流河沉积。

这与常用的体系域具四分性的特点不谋而合。一般来说,一个完整的层序可以划分出低水位体系域(LST)、水进体系域(TST)、高水位体系域(HST)及水退体系域(RST)。但陆相层序并不完全遵从这种模式。本文从实际资料分析入手,划分本区登三段的体系域,及各体系域的小层组合规律。

从总体上来说,一般LST呈现低位加积—弱进积小层序组;TST为退积小层序组;HST为高位加积—弱进积小层序组;RST为进积性退积小层序组。因而各体系域有其特有的小层组合,这是进行对比的基础。

经过岩性相、沉积微相分析,本区宋深3井登三段分为4个小层组合,其构型如图1。

1. I号层序组

该层序组是冲积体系不断向湖盆进积,属浅水环境,以分流河道及分流河道间沉积为主。属于沉积速率大于沉降速率的低水位体系域。

2. II号小层序组

从图上可以看出,初期有进积特点,中后期属加积沉积,以分流河道三角洲相沉积为主。属于水进体系域(TST)。

3. III号小层序组

沉积速度近于或小于沉降速率,沉积体系不断后退,属加积—退积的高水位期。属三角洲前缘砂及前三角洲沉积。

4. IV号小层序组

为进积性的退积小层序组合。由于水面开始下降或沉积速率大于沉降速率,初期以河流进积为特点,而后又转为退积。

2 各层序组的沉积微相分析

在研究区的所有小层序组,可识别的沉积微相达8种之多,岩性相有六、七种。岩相是由岩石组成成分、粒度大小、层理类型构成的沉积岩的基本特征,据此可刻划小层的特点。各沉积相中包括若干的岩性相。

在分析时,笔者首先从测井相曲线上识别出大致的单元划分。

接着,对每个最基本的单元小层进行岩相研究,并测量其厚度。在分析岩性相时,为了便于统计,除将主要较厚的砂层划分为独立单个小层外,对一些泥岩中的粉砂质泥岩夹层,砂层中的粉砂质、泥质夹层进行合并,不作小层列出。即将泥岩中的砂岩夹层都算作泥岩,考虑到泥岩的沉降速率缓慢,在一定时间段内,泥岩层厚度就小于相应的砂岩层厚;而且泥

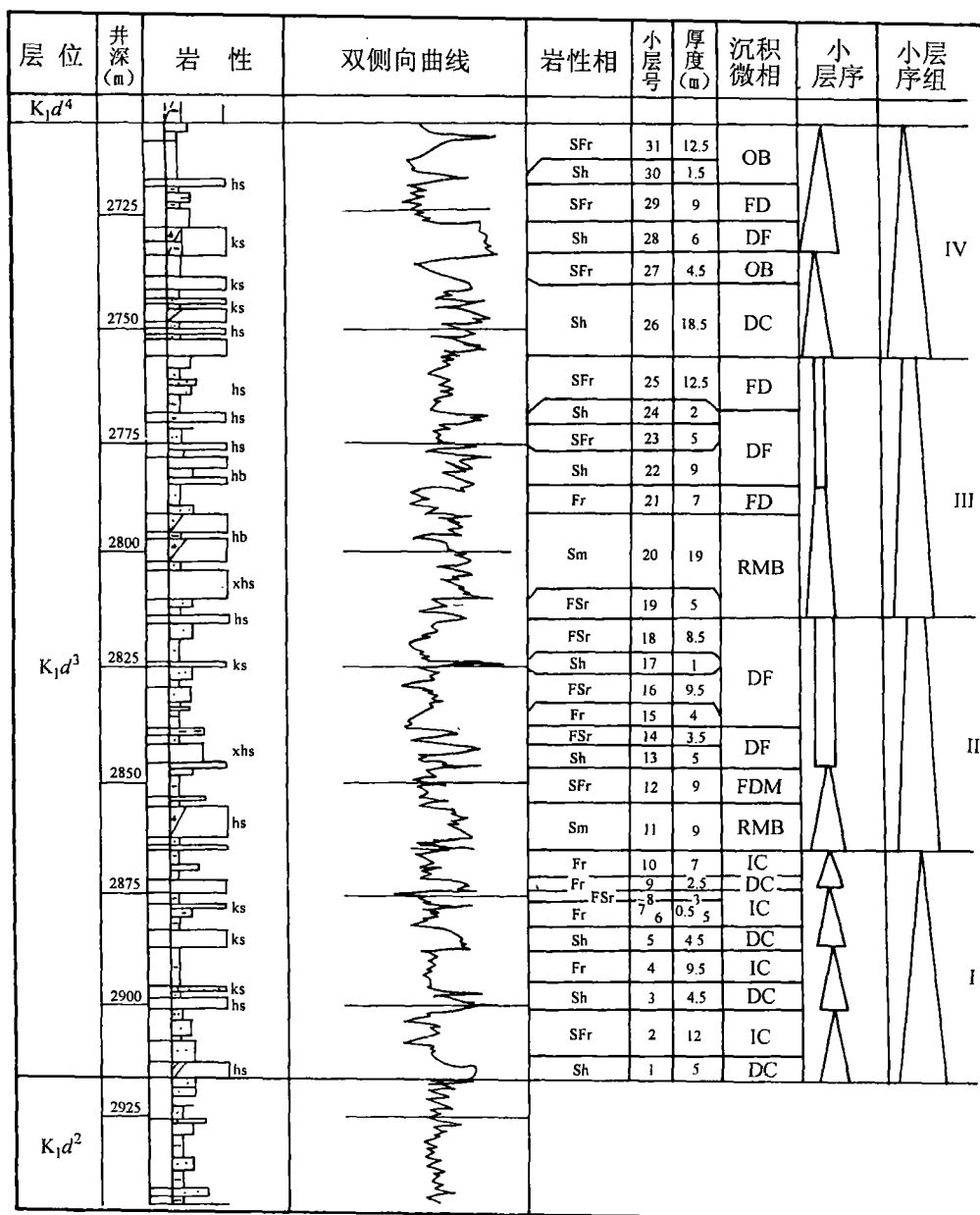


图1 本区登三段层序划分图

DC. 分流河道; RMB. 河口砂坝; DF. 三角洲前缘相; OB. 溢岸沉积相; LK. 湖相; FD. 前三角洲相。xhs. 倾角测井解释为水下分流河道; hb. 倾角测井解释为河口坝; ks. 倾角测井解释为快速充填; hs. 倾角测井解释为河道相。

SF. 砂质泥岩; S. 砂岩; IC. 河道间; h. 水平层理; r. 波纹层理; FDM. 前三角洲泥; F. 泥岩

Fig.1 Sequence stratigraphic division of the third member of the Denglouku Formation

DC = distributary channel; RMB = river-mouth bar; DF = delta front; OB = overbank facies; LK = lake facies;

FD = prodelta facies. Log interpretation: xhs = subaqueous distributary channel; hb = river-mouth bar;

ks = rapid filling; hs = channel facies. SF = sandy mudstone; S = sandstone; IC = interchannel;

h = horizontal bedding; r = ripple bedding; FDM = prodelta mud; F = mudstone

岩受成岩压实影响大,因此本文将此处理,更接近于实际。这是本次研究精度允许的。但对这个别独立的薄砂层(厚 0.5m),仍然加以独立划分。对于沉积相组合小层堆积方式的综合研究后,将本区的登三段划分为四个独立小层序组,从下往上,分别归为 LST、TST、HST、RST 等体系域。这里也用到了粒度变化的参量。总的分析结果见图 1。

3 Fischer 点图的分析

为了验证上述分析成果,也为了探索 Fischer 点图对本区研究的适用性,笔者在对本区宋深 3 井各小层序组的厚度统计后(表 1),画出了 Fischer 点图,探讨此方法对划分层序旋回的意义。

应用 Fischer 点图有两个前提:一是在潮缘水环境中的盆地呈线性沉降;二是潮缘浅水盆地中碳酸盐产率很高,新增加的可容纳空间随时可以被产生的碳酸盐物质充填。碳酸盐岩的厚度基本反映了海平面升降的幅度^[4]。

至于本区登三段,其构造背景属于凹陷期,当时地慢冷缩沉降,不同于断陷期大幅度频繁的构造作用,那时以巨砾岩为主,根本无法满足线性沉降的条件。登三段也不同于深湖相广泛发育的嫩江期,那时盆地基底沉降可能是线性,补偿性条件则无法满足。但登娄库三段时期的盆地基底沉降基本趋于稳定,我们暂假定为线性沉降,当时同沉积断裂作用不明显,至少对沉积控制作用不明显,长期分割东西部的中央隆起也被湖水淹没,盆地范围扩大。同时,以粉砂岩夹泥岩为主的岩相基本上是补偿性条件下的沉积,因此本区这时期基本满足 Fischer 点图的应用条件。

Fischer 点图是在坐标平面上用旋回厚度与平均旋回厚度的差值的累积来标定纵坐标,用时间作横坐标,成果图将反映海平面变化趋势,由于计算中采用小层厚与平均厚度的差,因此近似地反映了基准面或可容空间的变化趋势。虽然有人认为此图是要假设基底的线性沉降,各旋回持续时间相等,这有点太理想化,因此,有其局限胜(秦玉娟, 1997)^[5]。但目前,人们发现此图在盆地内外对比中都有一定的意义,因此目前仍不失为一种有效的方法(杨家碌等, 1997)^[6]。

在本次研究中,笔者作了一个小小的尝试,将各小层组分开,用各自的平均厚度,独立计算,同时,用深度作为横坐标,这样在旋

表 1 Fischer 点图计算数据表

Table 1 Calculated data for the Fischer's plots in this study

小层序组号	小层序组平均厚(m)	小层序组厚度差均累积	体系域
IV	8.7	0.8 -3.0 4.2 3.9 5.6 9.8	RST
III	8.5	-5.0 -9.0 -2.5 6.0 5.5 7.0 -3.5	HST
II	6.2	-2.4 2.8 -0.5 1.7 4.4 5.6 2.8 -0.1	TST
I	5.4	2.8 7.7 8.3 9.4 5.3 6.2 -0.4 2.0 0.4	LST

回分析上可以直接引用,并可以验证上述相分析的结果。因为时间是等距的,深度也是等距的;同时,二者确实是相关的。因此这一改动不会引起图形的歪曲。

图 2 就是本次所作的 Fischer 点图。可以看出,图 2b 中是用总的平均厚度对登三段进行

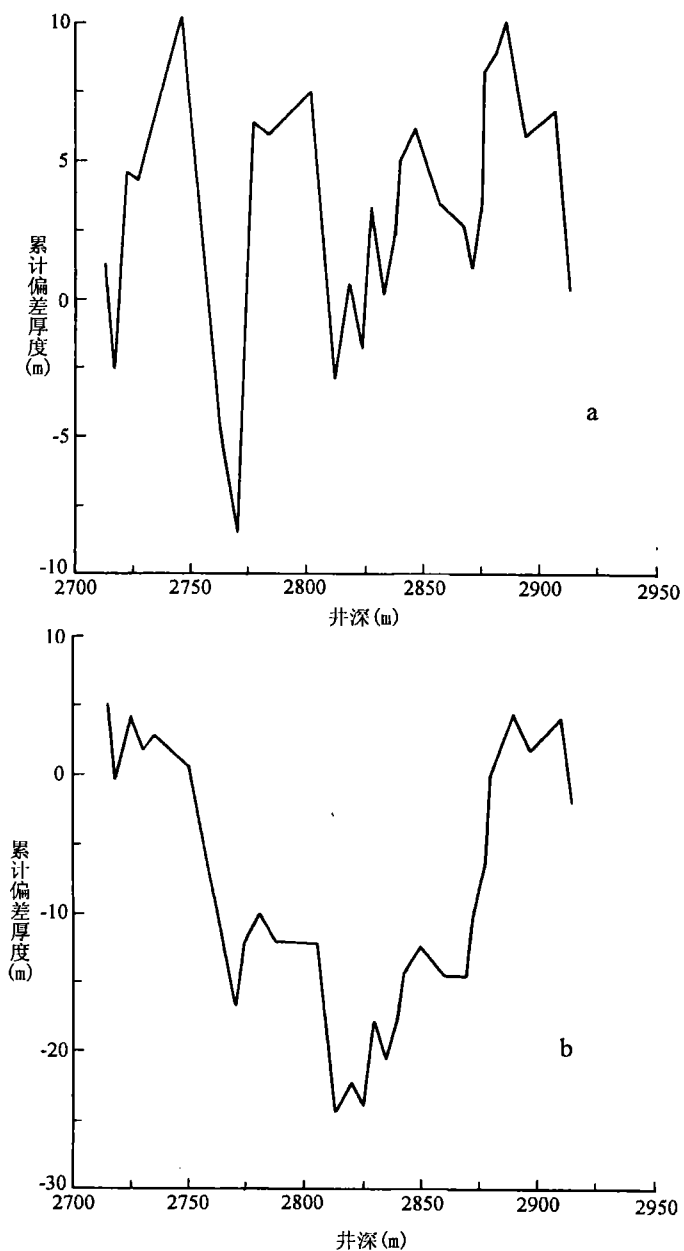


图 2 本区登三段 Fischer 点图

a. 分小层序组后以小层序组平均厚度为标准计算后成图;b. 以全段平均厚度为标准计算后成图

Fig.2 Fischer's plots for the third member of the Denglouku Formation

a. Plot based on the average thickness of the parasequence sets in the studied member;

b. Plot based on the average thickness of the whole member

处理,虽然与图 2a 中有微小差别,但总的旋回性比较明显,因此也支持了笔者关于登三段的四分的认识。同时,也必须指出,分段处理优于全局处理,所有细节反映清楚,如图 2a 示,中间两个正峰稍低于两端的正峰,与本区情况比较接近。虽然本文尝试小层序组分别统计似乎强调不同层序组构造沉降速率是变化的,这与 Fischer 所假设的基底线性沉降有矛盾,但我们已经从岩性、岩相、粒度分析上得出登三段的层序具有四分性,而且在整个登三段混合统计小层厚度以后作成的 Fischer 点图上反应出其四分的特点。以小层序组为单位实际上突出了小层序组各自的特点。同时,作者指出,虽然总体上强调基底的线性沉降,但这并不意味着一个层序的内部完全一致,体系域间的可容空间的变化本身就是构造变化的反映,同时,本次研究也告诉我们,利用 Fischer 点图不仅可以分析可容空间的变化,对于某些层段,因相似性太大,或特征标志不明显,可以据 Fischer 点图作初步的划分。说明 Fischer 点图在划分层序体系域时有独特的作用。

尽管如此,但我们仍然发现 Fischer 点图的缺点,因为它反映的可容空间的变化情况,与本区的实际地质情况有出入。例如,应该是 HST 体系的可容空间大,为什么反而显得小,其原因可能为:①HST 处于沉积物补给缺乏的条件下,因而沉积的物质不厚;相反,LST 由于其沉积物源充足,因此沉积厚度较大,所以应该注意作沉积厚度的校正。②成岩作用中由于压实过程受到岩性、超压和成岩过程的影响,只有地层骨架可代表当时的沉积厚度,也可代表可容纳空间,因此只在进行回剥法地层厚度校正后,方可反映真正的地质原貌。③由于沉积时水深不一样,但又不能代表当地的构造沉降,水深也可由湖平面升降控制,因此进行水深校正才能测出准确的可容纳空间的变化^[7]。④泥岩的沉积速率相对慢,因而在同样的时间内,泥岩的厚度就要小于粗碎屑岩的厚度。

4 结 论

本区登三段的四分旋回性明显,微相、测井和岩性的综合分析有助于对层序进行划分。Fischer 点图不仅证实了上述岩相岩性分析的正确性,同时也揭示了 Fischer 点图在划分层序段方面的潜在价值。

致谢徐怀大同志的热情指导。

参考文献:

- [1] 胡受权. 泌阳断陷双河-赵凹地区下第三系核三组上段沉积微相的研究[J]. 岩相古地理, 1997, 17(6): 45—54.
- [2] VAIL P A and TODD R G. North Sea Jurassic unconformities, chronostratigraphy, and sea-level changes from seismic stratigraphy [A]. ILLING L V and HOBSON G D et al. Proceedings, Petroleum Geology of the Continental Shelf, Northwest Europe Conference[C]. London: Heydon and Sons, 1981, 216—235.
- [3] 吴因业. 新疆侏罗系含油气盆地层序地层学与储层研究. 中国科学院地球物理研究所博士后报告[R], 1994.
- [4] FISCHER A G. The lofer cyclothems of the Alpine Triassic[J]. Geological Survey of Kansas Bulletin, 1994, 169: 107—149.
- [5] 秦玉娟, 贾振远, 蔡忠贤. 海平面变化定量研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22(5): 460—465.
- [6] 杨家碌, 徐世球. 湖南凤凰寒武纪 Fischer 点图及其意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 511—515.
- [7] 王龙樟, 刘海兴. 基准面变化与层序地层——以塔里木盆地陆相地层为例[J]. 岩相古地理, 1998, 18(3): 1—6.

Sequence stratigraphic cycles of the third member of the Dengloulou Formation in the Xujiaweizi subsidence, Daqing, northeastern China

ZHAO Guo-lian

(*Department of Reservoir Geophysics, Geophysical Institute of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*)

Abstract: The third member of the Dengloulou Formation is a prospect area for the oil and gas resources in the Xujiaweizi subsidence, Daqing, northeastern China. In this paper, the lithology and sedimentary facies are discussed, and sequence stratigraphic cycles and their systems tracts are discriminated on the basis of sedimentary facies, lithology and well logs. The classification has been verified by using Fischer's plots, which may be a potential tool for sequence analysis.

Key words: Xujiaweizi subsidence in Daqing; third member of the Dengloulou Formation; sedimentary facies; lithology; cycle; systems tract; Fischer's plot

(上接第 72 页)

- [47] 田景春. 中国南方二叠纪古海洋锶同位素演化[J]. 沉积学报, 1995, 13(4): 125 - 130.
- [48] 陈代钊, 陈其英. 泥盆纪海相碳酸盐岩碳同位素组成及演化[J]. 岩相古地理, 1995, 15(5): 22 - 28.
- [49] ROSS W C, HALLIWELL B A et al. Slope readjustment: a new model for the development of submarine fans and aprons[J]. *Geology*, 1994, 22: 511 - 514.
- [50] KREBS W. The geology of the Meggen ore deposits[A]. WOLF K H. Handbook of stratabound and stratiform ore deposits[C]. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company, 1981, 509 - 547.
- [51] 刘文均. 华南泥盆纪的沉积盆地特征沉积作用和成矿作用[J]. 地质学报, 1993, 67(3): 244 - 254.