

汤原断陷下第三系构造活动对层序的控制作用

杨玉峰

(中国地质大学, 北京 100083)

王孔伟 王始波 孙德君

(大庆勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163712)

通过层序地层学分析, 汤原断陷下第三系可划分出4个三级层序。由于这些层序在形成时经历了拉张裂陷、快速沉降、挤压回返等不同的构造阶段, 因此层序发育特征各有特点。在拉张背景下形成的简单裂陷层序发育巨厚的粗碎屑低位沉积体系域; 在快速沉降背景下形成的层序发育下细上粗的湖泊收缩体系域; 而在挤压回返背景下形成的简单坳陷层序规模较小, 湖泊相不发育。在断裂活动和基底沉降共同作用下形成的快速坳陷层序和快速断坳层序都能形成良好的生储盖组合, 但快速断坳层序的生储盖组合更好。

关键词 汤原断陷 构造活动 层序地层 层序类型

第一作者简介 杨玉峰 男 34岁 工程师(博士生) 沉积学

层序地层学起源于被动大陆边缘盆地和近海盆地的地层沉积研究, 其基本观点为地层层序的几何形态及岩性特征主要受构造沉降、沉积物供给、海平面升降以及气候四个因素的控制^[1]。陆相盆地层序的形成同样也受到上述因素的影响, 只不过各因素作用的程度与海相盆地有一定的区别。

在陆相盆地中, 构造运动对盆地充填序列的控制是第一位重要因素^[2]。构造活动(包括基底沉降和断裂活动)对陆相湖盆可容纳空间和地层展布的控制作用比海相盆地更明显。构造作用控制下的可容纳空间决定了层序发育的规模、速度和空间的几何结构, 而可容纳空间的形成速率控制着层序的发育演化及层序边界的形成^[3]。构造活动产生的古地理背景(陡坡、凹陷、缓坡)对层序内部结构和形态也产生影响, 并造成层序体系域内不同的沉积体系组合。

除构造作用外, 气候因素对湖盆沉积物类型也有较大的影响作用, 如在温暖潮湿的气候条件下, 容易形成沼泽环境而沉积煤层或碳质泥岩; 在干旱气候条件下, 湖盆中容易形成膏盐层等。至于湖平面变化和沉积物的供给一般都要受到构造作用和气候因素的制约, 它们对层序的发育也有一定的影响作用, 但对层序发育起决定作用的还是构造作用和气候因素^[4]。

本文以汤原断陷下第三系地层为研究对象, 对

其层序和体系域的类型进行了探讨, 重点分析了构造活动的影响作用。

1 概况

汤原断陷为依-舒地堑北端的一个次级构造单元, 基本呈东断西超构造格局, 面积约3 000 km²。断陷内主要发育下第三系。由于断裂活动对沉积地层的控制作用强烈, 厚度分布很不均匀, 最大厚度可达5 000 m, 而在断隆及斜坡地带地层厚度仅为1 000 m左右。根据构造发育史研究, 早第三纪经历了多期拉张-挤压构造运动幕的作用, 其地质条件十分复杂。随着油气勘探的不断深入, 该断陷已积累了丰富的钻井、地震等资料, 为本文的研究创造了条件。

2 界面类型及层序划分

2.1 界面类型

陆相盆地层序分析的关键是识别不同级别层序地层单元的界面^[5]。地层中的各种界面是划分层序、进行层序结构及体系域特征研究的基础。汤原断陷下第三系可识别出以下几种界面类型。

2.1.1 古构造运动面(TCS)

这种界面常与区域构造事件相吻合, 是构造旋回划分的标志, 具有区域性分布的特点, 是划分一级层序的分界面。汤原断陷下第三系中该类界面有T₅和T₁。T₅是中生界或基底变质岩区域抬升剥蚀形成的构造不整合面; T₁是上下第三系的分界面,

3 层序、准层序及体系域类型

由于陆相断陷湖盆构造作用对层序发育起主控作用, 因此其层序和体系域类型也与海相盆地有较大的差别, 常发育不完整的体系域^[6]。

3.1 层序类型

3.1.1 简单断陷层序

简单断陷层序主要是由断裂拉张活动产生可容纳空间而沉积发育的。汤原断陷层序 1 即为这种类型的层序。层序 1 沉积时, 汤原断陷东部边界大断裂强烈活动, 导致汤原断陷整体上呈东断西超的构造格局, 边界断层的最大断距达 2 400 m, 最大沉积厚度约 2 500 m 左右。因此, 从断距和沉积厚度来看, 其沉积可容纳空间主要由断裂的拉张作用形成, 基底的沉降作用微弱。

层序内一般具低连续、变振幅、平行反射结构地震相。盆地边缘可见杂乱前积或斜交前积反射结构。简单断陷层序一般只发育单一的低位沉积体系域。

3.1.2 快速断陷层序

快速断陷层序由断裂活动和基底沉降共同作

用形成可容纳空间, 其形成的时间很短, 层序 1 沉积末期, 边界断裂活动趋于停止。局部地区基底有抬升作用, 造成在盆地斜坡或古隆起部位产生剥蚀现象。到层序 2 沉积时, 边界断层又开始活动, 此时边界断层最大断距约为 1 000 m 左右, 而最大沉积厚度却达 2 100 m 以上。由此可见, 层序 2 的沉积物可容纳空间是由断裂拉张作用和基底沉降作用共同形成的。

层序的下边界在缓坡没有明显的上超现象, 上边界常见顶超现象(图 1, T₃ 之下)。陡坡带常见帚状前积反射结构, 缓坡带局部可见斜交前积结构。

3.1.3 快速断陷层序

层序 3 沉积时, 边界断层最大断距约为 500 m 左右, 而最大沉积厚度则达 1 800 m。在层序 1 和层序 2 沉积时, 沉降中心均紧靠边界断层, 而层序 3 沉积时, 沉降中心已距边界断层达 8 km 左右, 由此也可以看出, 由断裂拉张作用形成的可容纳空间进一步减少, 而由基底热沉降作用形成的可容纳空间所占的比例进一步加大。古地理形态较层序 2 沉积时进一步变缓。沉积物以泥岩、粉砂岩和砂岩为主, 砂砾岩含量较层序 1, 2 沉积时大为减少(图 2)。

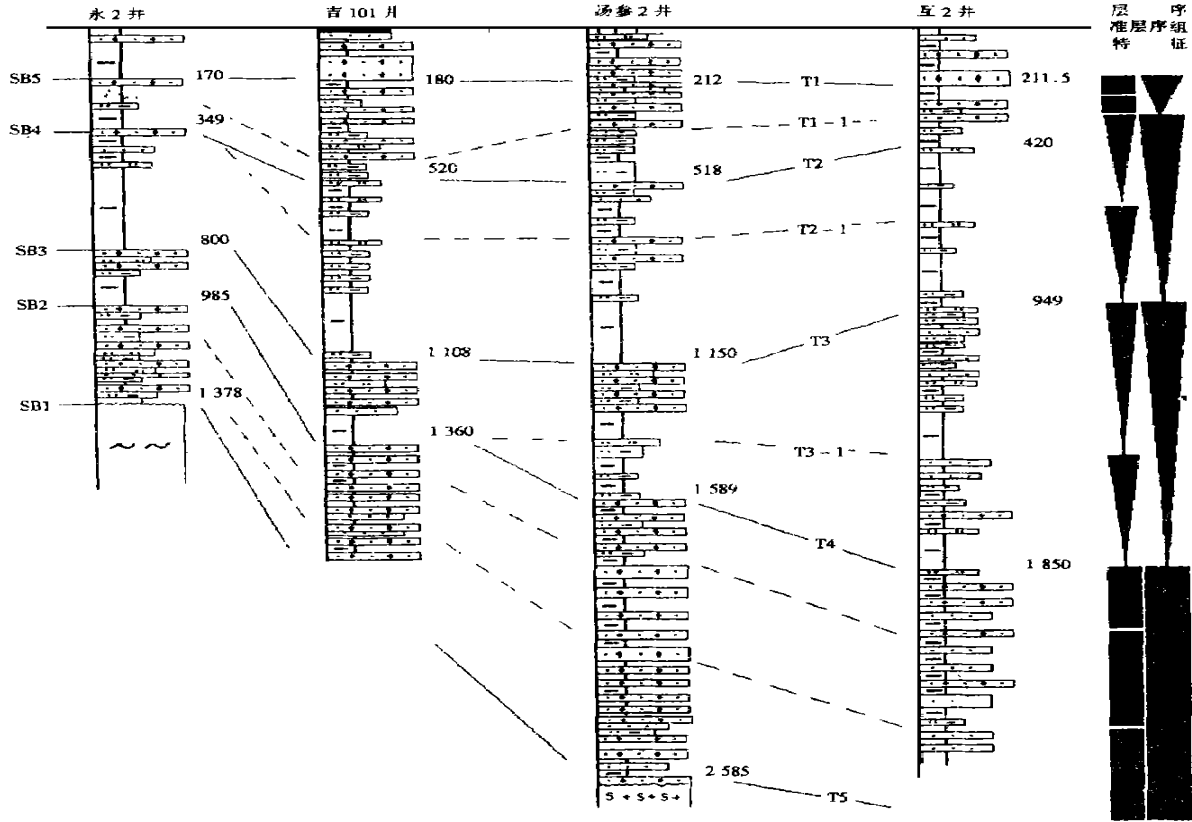


图 2 汤原断陷下第三系钻井层序划分

Fig. 2 Classification of well-drilling sequences of Lower Tertiary in Tangyuan fault depression

层序的下边界与下部地层呈平行或下超接触,上边界常见顶超或削截现象。层序内上部在长轴方向可见S型前积反射结构,下部地层较为平坦。

3.1.4 简单拗陷层序

简单拗陷层序是在构造作用相当弱的条件下形成的。边界断层几乎对沉积失去了控制,基底沉降幅度也很小,因此沉积物的可容纳空间也很有限。早期沉积一套以泥岩、粉砂质泥岩为主的泛滥平原沉积体系,厚度不大。晚期由于构造挤压回返,沉积了粗碎屑冲积扇沉积体系(图2)。

层序4就是该种类型的层序。层序内地层常具平行反射结构,层序的顶界常具明显的削蚀现象。

3.2 准层序组类型

准层序组是由彼此相关的准层序序列按照某种方式叠置而成,反映沉积体系演化过程的地层单位^[1]。

层序1可进一步划分为3个准层序组。准层序组1为较粗的冲积扇沉积体系,由向上变粗的扇端、扇中、扇根准层序组成加积式准层序组;准层序组2由扇三角洲及滨浅湖沉积体系形成向上变粗的准层序组成,形成加积式准层序组;准层序组3由扇三角洲沉积体系准层序组成,同样形成加积式准层序组(图2)。由于3个准层序组岩性均以砂砾岩沉积为主,在地震剖面上很难识别出它们之间的分界面,因此,只能依据钻井资料进行准层序组的划分。

层序2和层序3又分别可划分出2个准层序组。这两个层序的准层序组的形成机制相似,均是在构造活动的间歇期形成的。由于构造活动间歇期可容纳空间不再增加,从而形成扇三角洲或三角洲进积序列准层序,并组成进积式准层序组(图2)。准层序组的分界面分别对应于地震剖面上的 T_{3-1} 和 T_{2-1} 界面。

层序4也可划分出2个准层序组。准层序组1由岩性较细的泛滥平原相准层序组成;准层序组2是由盆地全面回返时期形成的冲积扇准层序组成的。这两个准层序组的类型均为加积式,其分界对应于 T_{1-1} 反射界面。

汤原断陷下第三系层序边界及层序、准层序组的形成见图3。

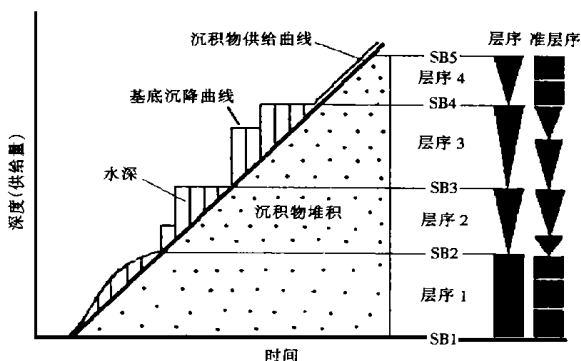


图3 汤原断陷下第三系层序形成示意图

Fig. 3 Sketch map showing the formation mechanism of Lower Tertiary sequence in Tangyuan fault depression

3.3 体系域类型

湖泊的变化一般不是单向水流的进退,而是整体性扩张与收缩^[7],因此不宜套用在海相地层中的沉积体系域名称。本文根据汤原断陷层序的发育特点将体系域命名为低位体系域(LST)、收缩体系域(CST)及非湖泊体系域(NLST)等名称。

3.3.1 低位体系域

低位体系域在汤原断陷下第三系中只发育在层序1中,它的底界为 T_5 反射,顶界为 T_4 不整合面。层序1沉积时,由于断裂活动剧烈,湖盆和物源区的高差大,物源供给充足,在较陡的地区主要沉积冲积扇—扇前冲积平原体系,在较缓的地区发育扇三角洲沉积体系。纵向上准层序组以加积式为主。

3.3.2 收缩体系域

收缩体系域发育于层序2(快速拗断层序)和层序3(快速断拗层序)中。这两个层序均只发育单一的收缩体系域,因此层序的顶底即为体系域的边界。

层序2的收缩体系域沉积时由于基底的突发性沉降事件和断裂的双重作用,使盆地在短时期内形成巨大的可容纳空间,常形成较陡的古地形和深水湖泊环境。层序的底部常形成较厚的泥岩,向上岩性逐渐变粗,形成反旋回地层序列。在陡坡带碎屑物常直接入湖形成近岸水下扇—扇前浊流沉积体系。在较缓的斜坡地带发育扇三角洲沉积体系。密集段形成于体系域的底部,纵向上由向上变粗的准层序组成进积式的准层序组合(图2)。

层序3的收缩体系域以构造沉降(拗陷)作用

为主, 拉张作用减弱, 因此, 其沉积时古地理形态有所变缓, 在发育扇三角洲的同时, 也发育河流三角洲沉积体系, 其准层序组的类型及特征与快速拗断层序(层序 2) 相似。

3.3.3 非湖泊沉积体系域

非湖泊沉积体系域常发育于湖泊收缩体系域之上。在湖泊发生收缩之后, 新的层序如果是在基底沉降减缓、断裂活动趋于停止的构造背景下发育, 那么就常形成这种体系域。这种新形成的层序即为简单拗陷层序。这种层序类型只发育单一的非湖泊体系域类型。由于基底沉降缓慢, 沉积物供给速率大于可容纳空间的增加速率, 湖泊的分布范围很局限或者根本不发育湖泊, 常发育河流冲积平原、泛滥平原等沉积体系。汤原断陷层序 4 中发育的体系域就属于非湖泊沉积体系域。准层序组 1 以泛滥平原沉积体系为主; 准层序组 2 以冲积扇沉积体系为主。

4 层序地层充填模式

陆相断陷盆地的层序、体系域类型及沉积体系分布与经典的海相层序地层学分布模式有着很大的不同。经典的层序地层模式起源于构造活动弱的被动大陆边缘, 每个层序一般由低位体系域、海侵体系域和高位体系域组成^[1]。与之相比, 断陷盆地由于构造活动频繁复杂, 层序及界面的形成机理与海相层序有着较大的差别, 因此, 层序中包含的体系域类型和个数也不相同。

通过对汤原断陷层序特征的分析, 发现层序主要以单一体系域发育为主。例如快速拗断层序的可容纳空间几乎是在很短的时间内形成的, 很难划分出低水位、水进和高水位体系域。层序在发育的初期就形成水体较深的高位体系域(本文称收缩体系域), 之后沉积物不断充填湖盆, 湖盆开始收缩, 从而形成单一的收缩体系域。再如简单断陷层序, 由于可容纳空间的形成速率和沉积物的供给速率基本相同, 很难形成水进和高位体系域。

断陷盆地层序发育的复杂性和多样性并不是说它没有规律可循, 其层序类型的纵向组合关系是有一定规律的。汤原断陷下第三系层序类型的发育特征是有一定代表性的, 为此建立了其分布模式(表 2), 以期对其它断陷盆地的层序研究有一定的借鉴意义。

表 2 汤原断陷下第三系层序地层充填模式
Table 2 Depositional model of Lower Tertiary strata in Tangyuan fault depression

层序类型	体系域类型	沉积体系		
		陆坡	洼陷	缓坡及长轴方向
简单拗陷	NLST	冲积扇 冲积平原	泛滥平原 滨浅湖	泛滥平原
快速拗断	CST	进积型三角洲 三角洲-浊流 滨浅湖	滨浅湖 半深湖 浊流沉积 半深湖	滨浅湖 进积型三角洲
快速断陷	CST	扇三角洲 水下扇	浊积扇 浊流 深湖 半深湖	扇三角洲 辫状河三角洲
简单断陷	LST	冲积扇, 扇三角洲 冲积平原	滨浅湖 冲积平原	扇三角洲 冲积平原

5 生储盖组合评价

5.1 快速拗断和快速断陷层序

快速拗断层序(层序 2) 和快速断陷层序(层序 3) 虽然只发育一种体系域类型, 但由于可容纳空间形成速度快, 在层序发育的初期, 湖盆水体就很深, 盆地中心部位沉积很厚的泥岩, 形成很好的烃源岩。在盆地的边部, 水下扇、扇三角洲入湖形成良好的储集层。储集层位于烃源岩之上或与烃源岩呈指状交互, 形成下生上储、自生自储的生储组合。汤原地区获工业油气流的井如汤参 2 井、吉 1 井等均属于这种类型的生储组合, 是汤原断陷主力产气层位。

此外, 由于快速拗断层序之上发育了快速断陷层序, 因此不仅其生储组合好, 而且快速断陷层序下部的厚层泥岩可作为其很好的区域性盖层。由生储盖组合来判断, 快速拗断层序要比快速断陷层序好, 因为后者往往缺乏较好的盖层。

5.2 简单断陷和简单拗陷层序

简单断陷层序由于层序内只发育低位体系域, 且沉积物堆积速度快, 主要为冲积扇沉积体系。砂、砾、泥岩混杂, 分选性差, 对油气的储集不利。湖泊的分布范围局限, 细相带不发育, 因此其生油气条件也很差。

简单拗陷层序由于常发育于湖泊收缩体系域之上, 本身又以非湖泊沉积体系为主, 因此烃源岩缺乏。

参 考 文 献

1 威尔格斯 C K. 层序地层学原理. 徐怀大, 魏魁生, 洪卫东, 译. 北京: 石油工业出版社, 1993. 49~ 85
2 解习农, 程守田, 陆永潮. 陆相盆地幕式构造旋回与层序构成.

地球科学, 1998, 23(1): 27~ 33

张强, 邵震杰. 走滑环境中陆相盆地充填层序特征——以云南先锋盆地为例. 沉积学报, 1997, 15(4): 11~ 22

纪友亮, 张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学. 北京: 石油工业出版社, 1996. 22~ 43

樊太亮, 朱琳. 吉尔嘎朗图凹陷沉积层序几何构型. 石油与天然气地质, 1998, 19(2): 99~ 105

郭建华, 宫少波, 吴东胜. 陆相断陷湖盆 T-R 旋回沉积层序与研究. 沉积学报, 1998, 16(1): 8~ 14

李思田, 林畅松. 大型陆相盆地层序地层学研究. 地学前缘, 1995, 2(3~ 4): 133~ 136

CONTROLLING THE TECTONIC ACTIVITY TO SEQUENCES LOWER TERTIARY OF IN TANGYUAN FAULTED DEPRESSION

Yang Yufeng

(China University of Geosciences, Beijing)

Wang Kongwei Wang Shibo Sun Dejun

(Daqing Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Daqing, Heilongjiang)

Abstract

According to sequence stratigraphic analysis, 4 sequences of third-order could be identified from the Low Tertiary in Tangyuan faulted depression. These sequences are different from each other in scale and composition since they underwent different tectonics. In extension-rifting background, fault-depressed sequences are mainly composed of thick coarse-fragments of lowstand system tract(LST); in rapid extension-subsiding background, the sequences are characterized by fine-grain in lower part and coarse-grain in upper part; in the compression-uplift background, sequence scale is small and lacustrine facies is poorly development. The most favorable sequence types are quickly depressed-faulted sequences and quickly faulted-depressed sequences, for they both contain best source, reservoir and seal rocks.

Key Words: Tangyuan faulted-depression tectonism sequence stratigraphy sequence type

三维地震综合解释取得丰硕成果

由中国新星石油公司勘探研究院沉积储层研究所王果寿所长和杨飞、王琳等承担, 华东石油局参加的《十屋断陷新鲜工区三维地震资料综合解释》研究报告于 1998 年 10 月 28 日至 30 日在北京通过专家评审、验收。

该报告是中国新星石油公司地质资料二次开发东北项目组下属科研课题的一项研究成果。专家认为该课题所进行的三维精细构造解释做到了层位闭合、断层面闭合, 达到了所要求的解释精度。并采用一系列新技术、新方法和新思路, 结合钻井资料及地质勘探成果, 通过综合研究取得了丰硕成果。

针对研究区构造复杂、断裂发育的特点, 他们采用三维构造精细解释、RM、BCI 储层预测及综合油气评价技术, 结合钻井资料开展构造解释、地震相研究和沉积相分析, 并运

用神经网络成果进行含油气性预测及圈闭综合评价, 共编制 7 层构造图, 发现局部构造 20 个; 对储油气有利相带的发育与分布进行预测, 提出了研究区主要非构造圈闭类型和发育区。

该课题组还运用三维叠加速度、空间速度分析结果, 划分出 I、II、III 级有利油气构造带, 提出了各层有利勘探部位, 在此基础上评价出 3 个有利的构造圈闭, 并进行了天然气资源预测, 提出了 5 口择优上钻的井位部署建议。

专家认为, 该课题以人机联作解释工作站为手段, 以三维构造精细解释为基础, 综合运用储层预测技术及神经网络理论, 取得了丰硕的研究成果, 为该地区的油气勘探开发提供了大量的新信息和科学依据, 具有重要的指导作用。

(杨建超)