

文章编号:0253-9985(2008)04-0466-05

松辽盆地北部姚家组一段层序地层格架及形成机制

侯艳平^{1,2},任建业¹,任延广²,庄新国¹,王雅峰²

(1. 中国地质大学 资源学院,湖北 武汉 430074;

2. 中国石油天然气股份有限公司 大庆油田 勘探开发研究院,黑龙江 大庆 163712)

摘要:应用地震、测井、岩心及古生物等资料对松辽盆地北部白垩系姚家组一段层序地层格架进行了详细研究解剖。将姚一段地层分为3个四级层序,这3个四级层序呈退积式发育,底部与青山口组呈大型不整合接触,由此表明在姚一段沉积初期松辽盆地曾经经历了短暂的抬升作用,而后盆地又开始沉降、重新接受沉积,并且湖盆范围逐渐扩大。姚家组一段形成于87~88 Ma,这一时期太平洋板块发生了一系列重组事件。通过对姚一段层序地层格架内部特征及其形成机制的分析,认为姚一段沉积时期,盆地已经开始了挤压作用。姚一段层序地层格架的形成是对这一板块重组事件的响应。

关键词:太平洋板块重组;层序地层格架;姚家组一段;松辽盆地北部

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

Analysis on the sequence stratigraphic framework and its forming mechanism of the first member of Yaojia Formation in the North Songliao Basin

Hou Yanping^{1,2}, Ren Jianye¹, Ren Yanguang², Zhuang Xinguo¹, Wang Yafeng²

(1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074;

2. Exploration and Development Research Institute of PetroChina Daqing Oilfield Limited Company, Daqing, Heilongjiang, 163712)

Abstract: A sequence stratigraphic framework is established for the first member of Yaojia Formation in northern Songliao Basin by using seismic, log, core and paleontologic data. Three fourth-order retrograding sequences are recognized in the first member of Yaojia Formation. They are in unconformable contact with the underlying Qingshankou Formation, indicating that the Songliao Basin experienced transient uplifting during the early deposition of the first member of Yaojia Formation before subsiding and receiving deposits once again and getting larger in lake basin area. The first member of the Yaojia Formation was deposited in ca. 88-87 Ma when restructuring occurred in the Pacific plate. An analysis of the sequence stratigraphic framework and its forming mechanism demonstrates that compression initiated in the basin during the deposition of the first member of Yaojia Formation and its sequence stratigraphic framework was a result of this plate restructuring event.

Key words: restructure of the Pacific Plate; sequence stratigraphic framework; first member of the Yaojia Formation; North Songliao Basin

姚(家组)一段是松辽盆地北部十分重要的勘探层位,一直是中部含油系统重要的产层,但随着油气勘探工作的深入,发现岩性油气藏成藏机理与分布规律非常复杂,勘探难度增大,寻找新的油

气藏越来越困难。因此,必须引进新理论新技术,对姚一段地层重新研究重新认识,进而为我们寻找新的油气藏打下基础。20世纪90年代以来风靡全球的层序地层学已成为油气勘探中一种广泛

收稿日期:2008-05-29。

第一作者简介:侯艳平(1978—),女,博士研究生,沉积盆地构造与层序地层学。

基金项目:国家自然科学基金项目(40672089)。

应用、被国际上许多著名油公司作为一种权威性的技术,在等时地层格架内进行油气藏发育规律的研究和储层的预测已被证明是行之有效和可行的。因此对姚一段进行精细的层序地层研究具有重要的石油地质意义。

1 姚家组一段层序地层发育特征

通过对松辽盆地姚一段地层进行精细的层序地层解剖,把姚一段细分为3个四级层序(以下简称层序),自下而上分别为SS1、SS2和SS3,3个层序对应底界分别为SB1、SB2和SB3,每个层序又可以划分为低位体系域(LST)、湖扩体系域(EST)和高位体系域(HST),由于第三个层序发育时期,湖盆水位一直较高,从而缺少低位体系域。3个层序呈退积式^[1]发育。

1.1 层序界面识别标志

1.1.1 SB1 识别标志

SB1亦即姚一段底界,是一条较大的区域性不整合,可作为三级层序的底界,识别标志明显。图1总结了姚一段底界的各种识别标志。在地震剖面上姚一段地层底界表现为中-低振幅中连续的反射同相轴特征,与下伏地层具有明显的削截关系,是一条区域性不整合面,在整个松辽盆地和东部许多盆地中都可以识别出来。

在岩心上,姚一段下部地层在盆地中心部位

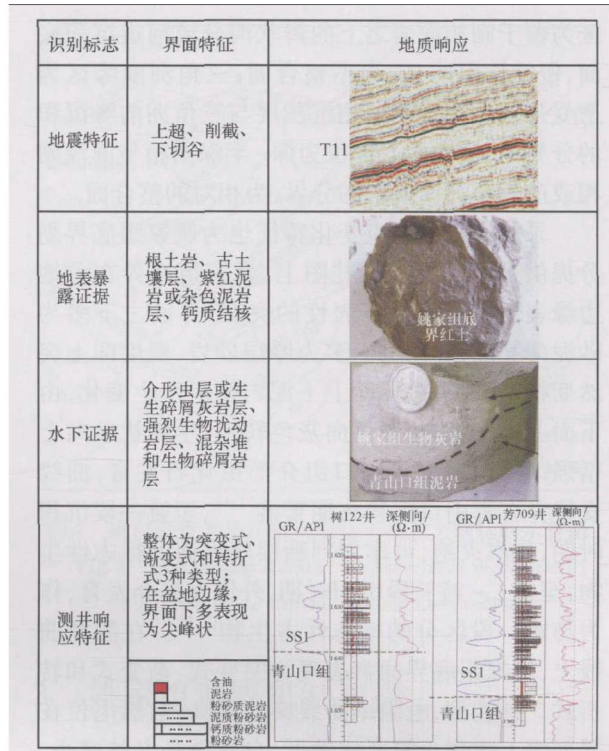


图1 姚家组一段底界识别标志

Fig. 1 Identification marks for the bottom boundary of the first number of Yaojia Formation

为厚层介壳灰岩,长垣以东三肇凹陷等地区为古红壤层,盆地边缘部位由于剥蚀作用而常形成相的突变,如厚层砂岩直接覆盖在深黑色泥岩之上。从沉积特征上来看,层序界面在盆地不同部位的特征有差别(图2),近源河流和三角洲分流平原

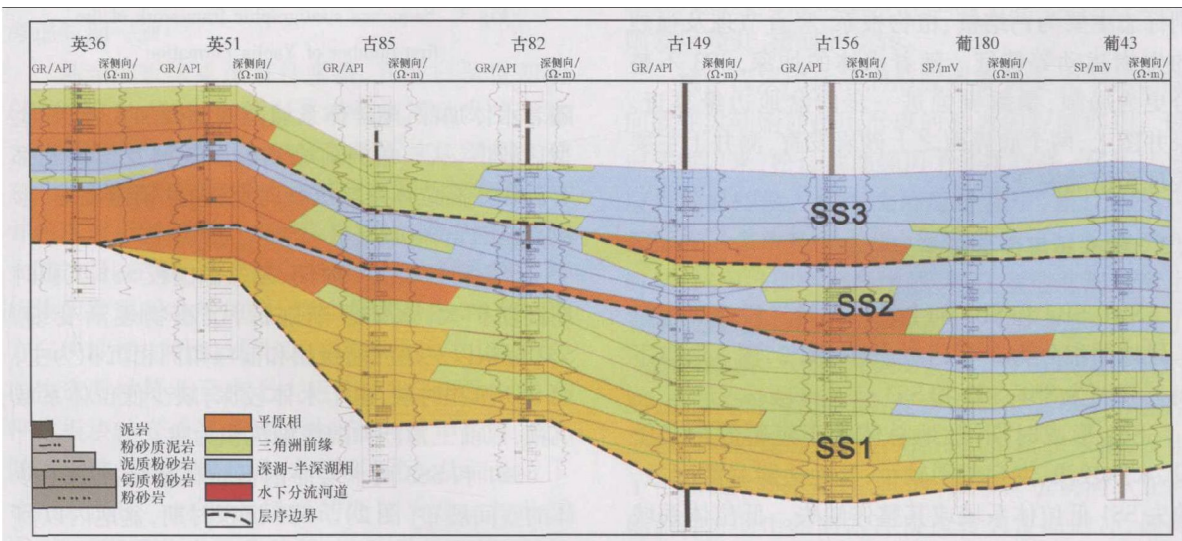


图2 姚家组一段层序地层特征

Fig. 2 Sequence stratigraphic features of the first number of Yaojia Formation in the northern Songliao Basin

区为覆于湖相泥岩之上的辫状河分流河道沉积底面,侵蚀作用明显,为不整合面;三角洲前缘区为遭受强烈生物扰动湖相沉积层与三角洲前缘沉积的分界面,盆地中心部位为深-半深湖相与滨浅湖相或前三角洲泥质岩的分界,为相对的整合面。

录井和测井响应变化特征也为姚家组底界划分提供了依据。在录井图上,姚家组底界在盆地边缘表现为界面上下岩性的突变,界面之下多为砂泥薄互层,界面之上多为厚层砂岩,粒度向上突然变粗,盆地中央界面上下泥岩颜色发生变化,由下而上由黑色、灰黑色向灰色转变,生物扰动向上增强。界面之下青山口组介形虫化石发育,曲线女星介在青山口沉积末期繁盛^[2,3],至姚一段沉积时期,基本灭绝,可作为判断层序界面的标志性生物,至姚二-姚三段沉积时期,外饰女星介发育,作为与姚一段区分的标志性古生物^[2,3]。在测井曲线上,姚家组底界通常表现为突变式、渐变式和转折式3种类型,电阻率曲线突然增高,自然电位在界面之上表现为箱形或钟形,自然伽马突然减小。该界面合成地震记录的特征受构造单元影响较大,在盆地边缘曲线变化幅度低;而在中央坳陷区,界面上下曲线形态、值均发生突变,界面以下声波时差急剧增大,而密度和波阻抗显著减小。

1.1.2 SB2 和 SB3 识别标志

SB2 和 SB3 级别相对较小,不整合分布局限,在盆地内大部分地区为相对整合面。岩心上的识别标志主要为钙结核、植物根系、竖直节理及强烈的生物扰动等特征。随着水体的加深,SB3 不整合更为局限,暴露剥蚀进一步向盆地边缘靠近。录井图上,两个底界面之上砂岩发育,测井上主要表现为值的突变。

1.2 姚一段层序地层格架特征

SB1, SB2 和 SB3 加上姚二与姚三段底界把姚一段地层细分为3个四级层序(图2,图3),自下而上分别为SS1, SS2 和 SS3。

SS1 形成时期,盆地总体处于短暂的抬升阶段,水体较浅,发育范围较小,盆地边缘暴露剥蚀,缺失SS1 低位体系域或其整体缺失。低位体系域砂体发育,盆地边部主要为河道沉积、向盆地中心部位逐渐过渡为水下分流河道、前三角洲沉积。

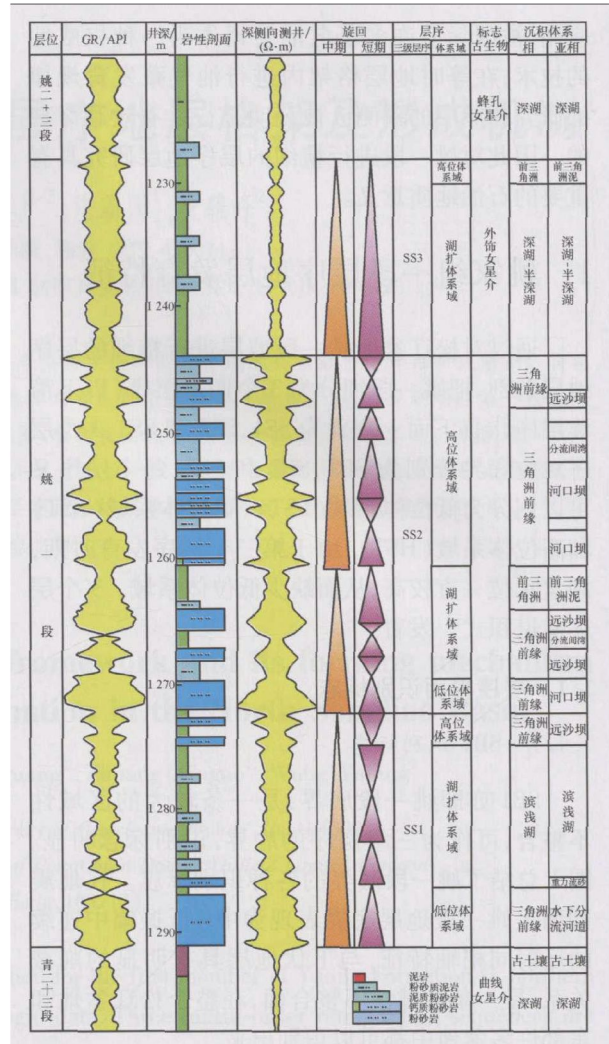


图3 姚家组一段层序地层格架

Fig. 3 Sequence stratigraphic framework of the first number of Yaojia Formation

随着水体加深,湖扩体系域范围稍微加大,沉积类型比较广,从三角洲前缘到前三角洲及滨浅湖都有沉积。高位体系域沉积时期,湖盆稍微萎缩,形成高位三角洲沉积。

SS2 和 SS3 沉积时期,湖盆范围较 SS1 沉积时期逐渐扩大,水体逐渐加深,沉积物逐渐变细。SS2 沉积以三角洲前缘相和前三角洲相沉积为主,而 SS3 沉积时期,由于水体较深,缺少低位体系域沉积,以前三角洲和滨浅湖沉积为主。

SS1 和 SS2 两个层序的低位体系域控制了砂体的空间展布(图2)。SS1 沉积时期,盆地内以河流相为主。而后,伴随着湖盆的逐渐沉降,SS2 沉积时期,在盆地中部出现了小型湖泊,至 SS3 沉积

时期,湖盆面积可达 10 000 km² 左右,沉积相以滨浅湖相和三角洲相为主,同时在盆地东部发育大面积的淤积相。各层序砂体具有规模向上变小、厚度向上减薄、粒度向上变细的特征,3 个层序在垂向上形成一个退积沉积序列,水体向上逐渐加深,湖盆范围逐渐增大,湖相沉积逐渐增加,三角洲相逐渐后退。由此表明姚一段地层沉积初期,盆地曾经经历了短暂的抬升作用,形成了短暂的沉积间断,而后盆地又开始沉降、重新接受沉积。

2 姚家组发育时期的动力学环境

从姚一段底界特征及姚一段层序地层格架特征,我们可以看出松辽盆地在姚一段沉积时期地经历了短暂的抬升作用,有过短暂的沉积间断。

从断层角度出发,青山口组沉积时期发育的断层走向主要以北东、北北东为主,是在近东西向的拉张伸展应力场作用下的形成的;姚家组沉积时期发育的断穿姚家组的断层走向近东西向为主,是在近南北向的拉张应力场作用下形成的;嫩末以后发育的断层走向以北北西、北西向为主,是在近南北向左行压扭应力场中形成的。由此表明姚家组形成时期,应力场的方向发生了变化,控制盆地发育的应力体制发生了变化。

从全球海平面变化来看,姚一段沉积时期与青山口组及嫩江组两次全球大海侵之间的全球大海退时期一致^[4,5]。

从全球板块重组事件来看,在晚白垩世初期(距今 88 Ma 左右),西太平洋板块活动发生了重大的调整^[6-9](图 4)。伊泽纳崎板块运动到东亚东北部边缘消亡,库拉板块替代伊泽纳崎板块^[8],并转变为正向俯冲。太平洋板块出现在中国东部大陆边缘,在 88 Ma 左右,太平洋板块对欧亚大陆板块俯冲速度突然加快,俯冲角度也由 340°NNW 方向快速逆时针旋转为 294°NW 方向^[8],这一正向快速俯冲持续至整个古近纪^[8,9]。正是由于太平洋板块转变成高角度正向俯冲,使中国东部大陆下出现了软流圈上涌、岩石圈拆沉,从而造成了中国东部这一时期大规模的断陷发生。与此同时,北部鄂霍茨克洋盆关闭,陆陆发生碰撞,对松辽盆地也产生了一个挤压应力作用。

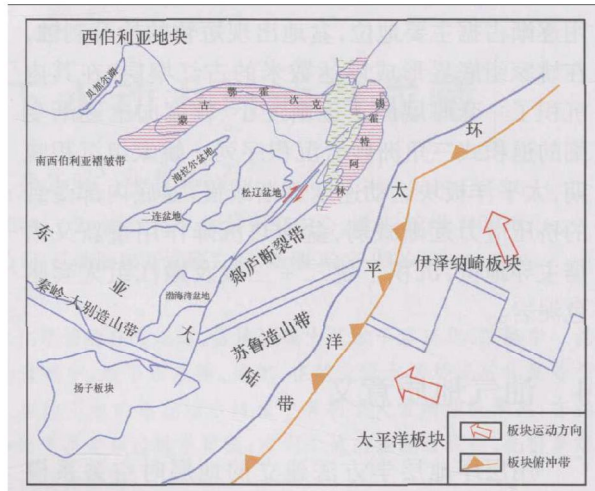


图 4 晚白垩世太平洋板块相对于欧亚大陆运动示意图

Fig. 4 Sketch map showing the movement of Pacific plate relative to Eurasia in Late Cretaceous

3 姚家组形成机制初探

传统观点认为松辽盆地的形成主要受 3 个动力机制的影响和控制:一是深部地幔柱构造的热动力;二是太平洋西北缘板块向亚洲大陆的俯冲挤压形成的动力;三是北侧鄂霍茨克海的闭合与碰撞作用形成的动力。松辽盆地的整个演化过程实际上是这 3 种动力学相互平衡演化的过程,当地幔柱上隆引起大陆壳张裂应力超过周缘板块的挤压应力时盆地发生引张断陷;当周缘板块的挤压应力超过地幔柱上升产生的引张应力时,盆地则发生隆升、褶皱和反转。

姚一段层序地层的形成主要是受太平洋板块向欧亚大陆俯冲挤压形成的动力的控制作用。晚白垩世以来,松辽盆地经历了多次拉张-挤压区域应力场的转换。在多次挤压过程中,松辽盆地内部形成了多次构造抬升、反转运动。泉头组沉积时期,热回沉作用逐渐增强,松辽盆地北部逐渐由裂陷型盆地转化为坳陷型盆地,在此期间,形成了一系列河流、三角洲沉积序列。青山口组发育时期,由于全球海侵作用,在青山口组沉积了一套厚层湖相暗色泥岩。随后,青山口组沉积末期,发生了全球性大海退事件,同时,太平洋板块向欧亚大陆俯冲方向由斜向俯冲快速转为正向俯冲,俯冲速度也突然加快,北部鄂霍茨克洋盆关闭,陆陆相碰,由此导致松辽盆地内部挤压作用强化,挤压作

用逐渐占据主要地位,盆地出现短暂的抬升剥蚀,在姚家组底界形成厚达数米的古红壤层,在其内沉积了一套厚度向上逐渐变小、粒度向上逐渐变细的退积式三角洲砂岩沉积序列。姚家组沉积晚期,太平洋板块运动速度逐渐减慢,盆底内部受到的挤压应力逐渐减弱,盆地热沉降作用重新又占据主导地位,沉积了姚二+三段及嫩江组大套暗色泥岩。

4 油气地质意义

用层序地层学方法建立的地层时空关系模式为分析预测姚一段油层提供了新思路,对于储层分布模式和圈闭类型分析提供了帮助,层序形成机制研究有助于帮助我们理解油气运移和保存。

姚一段沉积时期,松辽盆地北部主要以大型叶状三角洲复合体为代表,低位体系域发育时期,河流-三角洲向盆地推进,在拗陷中心部位沉积大面积叠置连片的三角洲进积朵体,等时地层格架下砂体的时空分布对油气藏形成具有重要的作用。低位体系域沉积时期为砂体最为发育时期,大面积前缘沉积被滨浅湖泥质沉积隔开有利于油气聚集和保存。

板块运动过程中,盆地的挤压作用对油气产生的影响主要体现在以下几个方面:一方面构造应力通过产生机械能及化学作用促进了干酪根热降解,促使油气的生成;另一方面构造应力通过影响油气的流体势,使油气从高势区向低势区运移,并同时使油气得到富集,另外挤压使地层拱张,产生裂缝,从而改善了盆地的储集性能^[10-13]。

5 结论

1) 松辽盆地北部姚一段沉积初期盆地经历了短暂的抬升剥蚀,形成了短暂的沉积间断,其下部地层在盆地中心部位为厚层介壳灰岩,长垣以东三肇凹陷等地区为古红壤层,盆地边缘部位由于剥蚀作用而常形成相的突变,如厚层砂岩直接覆盖在深黑色泥岩之上。

2) 白垩纪末期,太平洋板块进行了一系列的板块重组事件,伊泽纳崎板块消失,库拉板块形成,太平洋板块向欧亚大陆俯冲角度突然改变,俯冲速率突然加大,这一板块重组事件是姚家组层序地层格架形成的重要动力学机制。

3) 姚一段沉积初期的挤压作用对油气运移与保存具有重要的意义,不仅为油气聚集提供了场所,而且促进了油气的再次运移,并且挤压使地层拱张,产生裂缝,从而改善储集性能。

参 考 文 献

- 1 任延光,王雅峰,王占国,等. 松辽盆地北部葡萄花油层高频层序地层特征[J]. 石油学报,2006,27(增刊):25~30
- 2 梁江平,辛仁臣,王树恒,等. 松辽盆地中部含油组层序地层格架及介形类特征的响应[J]. 地层学杂志,2005,29(4):405~409
- 3 叶德泉. 松辽盆地白垩纪介形类生物地层学[M]. 北京:石油工业出版社,2002. 133~138
- 4 魏魁生,徐怀大,叶淑芬,等. 松辽盆地白垩系高分辨率层序地层格架[J]. 石油与天然气地质,1997,18(1):7~14
- 5 Hou Dujie, Li Maowen, Huang Qinghua. Songliao marine transgressive events in the gigantic freshwater lake paleontological and geochemical evidence[J]. Organic Geochemistry, 2000, 31(4): 763~768
- 6 朱光,王道轩,刘国生,等. 郯庐断裂带的演化及其对西太平洋板块运动的响应[J]. 地质科学,2004,39(1):36~49
- 7 朱光,王道轩,刘国生,等. 郯庐断裂带的伸展活动及其动力学背景[J]. 地质科学,2001,36(3):269~278
- 8 Stepashko A A. The Cretaceous dynamics of the Pacific Plate and stages of magmatic activity in northeastern Asia[J]. Geotectonics, 2006, 40(3):225~235
- 9 Ren Jianye, Tamakib Kensaku, Lia Sitian, et al. Late Mesozoic and Cenozoic rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas[J]. Tectonophysics, 2002, 344(1):175~205
- 10 侯贵廷,冯大晨,王文明,等. 松辽盆地的反转构造作用及其对油气成藏的影响[J]. 石油与天然气地质,2004,25(1):49~53
- 11 靳久强,宋建国. 中国板块构造对油气盆地演化和油气分布特征的控制[J]. 石油与天然气地质,2005,26(1):2~8
- 12 任延广,陈均亮,冯志强,等. 喜山运动对松辽盆地含油气系统的影响[J]. 石油与天然气地质,2004,25(2):185~190
- 13 周荔青,雷一心. 松辽盆地断陷层系大、中型油气田形成条件及勘探方向[J]. 石油与天然气地质,2006,27(6):820~826, 840

(编辑 董立)