

海拉尔盆地构造演化及对沉积的控制作用

余本善*^① 李薇薇^② 王兴宇^③ 杨 仓^④

(^①中国石油经济技术研究院,北京 100724; ^②中国石油勘探开发研究院,北京 100083; ^③中国石油东方地球物理公司研究院,河北涿州 072750; ^④中国石油天然气集团尼罗河公司六区项目勘探部,苏丹 10687)

余本善,李薇薇,王兴宇,杨仓. 海拉尔盆地构造演化及对沉积的控制作用. 石油地球物理勘探,2013,48(2): 289~296

摘要 中新世代海拉尔裂谷盆地发育于晚古生代华北板块和西伯利亚板块的碰撞造山带上,主要经历了三个构造幕,自下而上表现为下部伸展裂陷、中部拆离滑脱和上部拗陷。盆地演化过程中又受到由于中下地壳物质流动导致的局部隆升作用和后期强烈的挤压作用的影响,使得海拉尔盆地成为具有伸展、走滑、挤压等多种构造样式并存的复杂裂谷盆地。多期次的构造活动、多类型的构造样式对盆地内沉积体系的时空配置起着重要的控制作用。

关键词 盆地演化 构造特征 拆离断层 走滑作用 拗陷 断陷盆地

中图分类号:P631 文献标识码:A

1 引言

海拉尔盆地是松辽盆地外围最大的含油气盆地,现已成为大庆油田后备储量的战略接替区之一,因而备受关注。该盆地是一个典型的陆相裂谷盆地,具有物源多而短、相变快、相带窄、多沉积中心等特点^[1]。由于海拉尔盆地位于华北板块与西伯利亚板块拼接部位,在构造演化过程中受多个地球动力学系统影响^[2],导致它经历了多期构造幕作用和多期程度不同的改造作用,构造变形十分复杂。海拉尔盆地这种复杂构造演化特征和沉积充填特征,给盆地构造期次的划分、构造演化研究和原型盆地的恢复造成很大困难,也严重制约了对盆地成因机制、盆地油气分布富集规律及其主控因素的认识^[3]。很多学者针对该地区做了大量的研究^[4~11],并提出了一系列见解,但现今对该盆地不同演化阶段的盆地构造性质及盆地沉积体系的空间展布规律仍然没有得到统一认识。笔者通过对区内大量地震、钻井、测井及地质等资料的综合分析,参考区域背景资料,结合前人研究成果,探讨了海拉尔盆地构造演化及

对沉积的控制作用。

2 区域地质背景

海拉尔盆地位于内蒙古自治区呼伦贝尔盟西南南部,是叠置发育于华北板块和西伯利亚板块之间的古生代碰撞造山带之上的晚中生代—新生代陆相裂谷盆地。该盆地延伸至蒙古国,与其塔木察格盆地相连,构成一个统一的盆地。海拉尔盆地属于中国东北地区早白垩世“三大盆地带”(西部海拉尔—二连盆地带、中部松辽—燕山盆地带和东部三江—鸡西盆地带^[2,12,13])中的一个裂谷盆地(图1)。与松辽盆地明显不同,海拉尔盆地莫霍面隆起与沉降中心并不呈镜像关系,且该盆地地壳中局部地区出现波速异常体,它与周围岩体的地震波速明显不同,同一深度出现了波速不同的块体,相同速度块体也在不同深度出现,尤其是在深度10km附近,表现得更为明显^[14]。

海拉尔盆地可划分为“三拗两隆”五个二级构造单元(扎赉诺尔拗陷、嵯岗隆起、贝尔湖拗陷、巴彦山隆起及呼和湖拗陷)和十六个三级构造单元(图2),

*北京市西城区六铺炕6号中国石油经济技术研究院,100724。Email:yubenshan2002@163.com

本文于2011年11月2日收到,最终修改稿于2013年2月18日收到。

本研究受中央高校基本科研业务费专项资金项目(2011PY0209)资助。

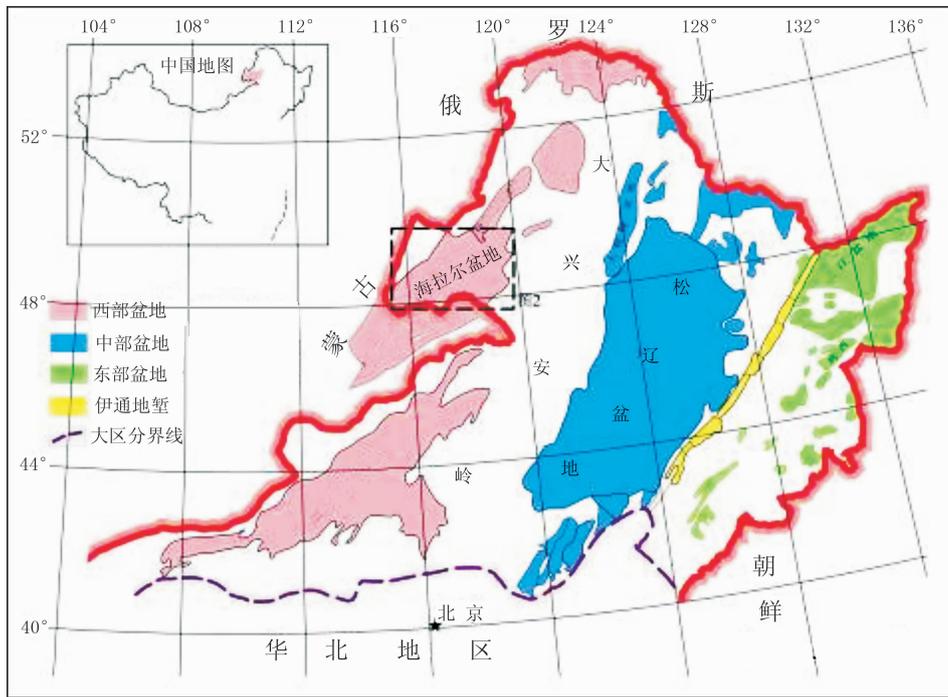


图 1 中国东北地区中生代三大沉积盆地分布图

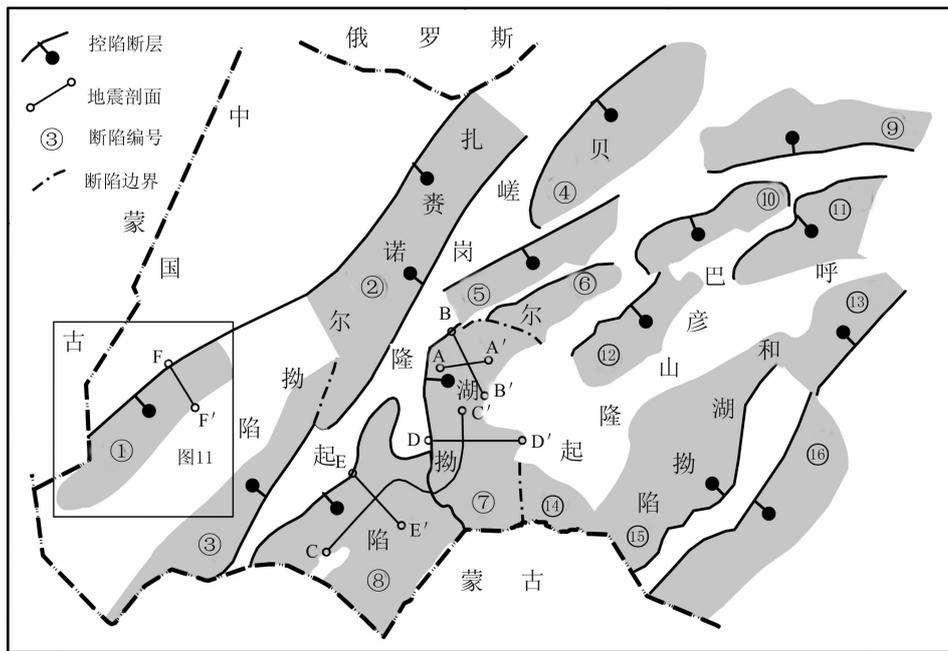


图 2 海拉尔盆地断陷分布图(地理位置见图 1)

- ①巴彥呼舒；②呼伦湖；③查干诺尔；④赫爾洪德；⑤紅旗；⑥新寶力格；⑦烏爾遜；⑧貝爾；
- ⑨東明；⑩烏固諾爾；⑪鄂溫克；⑫莫達木吉；⑬伊敏；⑭五一牧場；⑮呼河湖；⑯旧橋

其中绝大部分凹陷呈北东、北北东向展布；除呼伦湖为双断的地堑型断陷外，绝大多数为箕状断陷；大断裂一侧为地堑陡带，断层面也是基岩面，呈现断陷的滑动特点，向隆起一侧平缓超覆。该盆地充填地层主要为中、新生代地层，其中以下白垩统为主，缺失

上白垩统早期沉积，地层总厚度达 6000m。盆地充填地层序列自下而上为塔木兰沟组、铜钵庙组、南屯组一段、南屯组二段、大磨拐河组一段、大磨拐河组二段、伊敏组一段、伊敏组二十三、青元岗组等，其底界分别对应地震反射界面 T5、T4、T3、T23、T22、

T21、T1、T2、T04, 基底地层主要为古生界和前古生界变质岩系。

已有的研究成果表明, 晚侏罗世末期东亚地区发生重大构造变动, 构造活动从晚侏罗世及以前的强烈逆冲推覆、挤压造山和地壳增厚作用演变为早白垩世以来强烈的陆内伸展裂陷和岩石圈减薄作用^[2,12,14,15], 从而形成了中国东北地区包括海拉尔盆地在内的诸多裂谷盆地和变质核杂岩构造^[2,16~18]。

3 海拉尔盆地构造演化

海拉尔盆地基底在经受火山喷发、褶皱、区域动力变质作用之后, 分块发生断陷、拉张作用, 从而形成了分割式的裂谷盆地。依据 T5、T22 和 T04 三个地震反射界面所代表的重要不整合面, 可将盆地在白垩纪构造演化分为三个构造幕(图 3), 并且构造后期对前期发育的盆地进行了不同程度的改造。

3.1 构造 I 幕

构造 I 幕主要发育于塔木兰沟组、铜钵庙组、南屯组沉积时期。地层的分布明显受控于北北东、北东东和北东等三个方向的控陷断层的构造活动。楔状地层和同沉积断层的发育表征该幕构造的主要特征(图 3、图 4)。沉积地层在靠近控陷断层处明显厚度大、粒度粗, 远离断层处厚度小、粒度逐渐变细, 说明边缘正断层的活动控制着该阶段的沉积, 显示出明显的生长地层特征(图 4)。塔木兰沟组主要分布在贝尔、乌尔逊、红旗和赫尔洪德等几个断陷中, 分布范围较小。铜钵庙组广泛发育于海拉尔盆地各凹陷中, 该组沉积时期是盆地的主要断陷期, 同沉积断层活动仍很强烈, 不同地区间的升降差异明显。南屯组沉积时期拉张强度明显减弱, 断陷结构与铜钵庙组沉积时期相似, 断陷发育的范围有所扩大。南屯组沉积之后, 盆地回返, 遭受剥蚀, 形成 T22 区域不整合面, 这也是该时期的重要标志层。

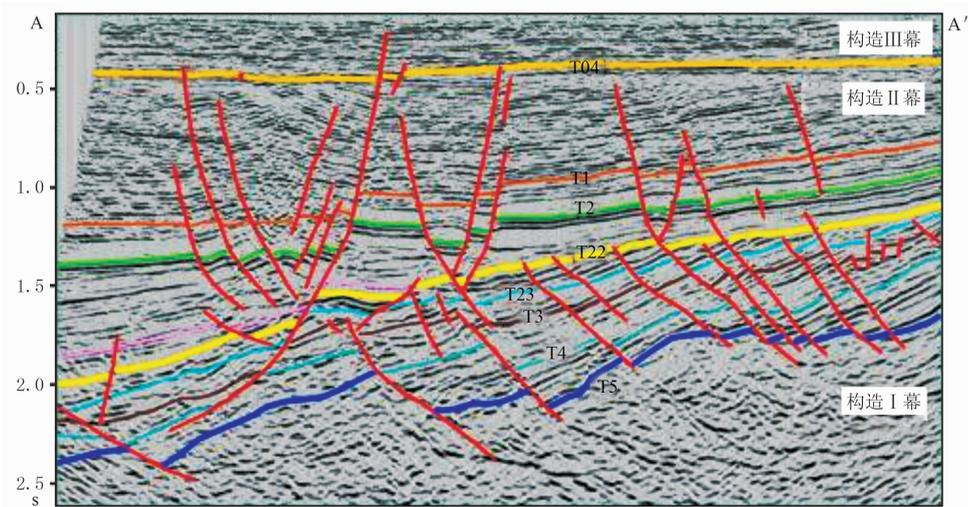


图 3 海拉尔盆地地震剖面 A-A' (剖面位置见图 2)

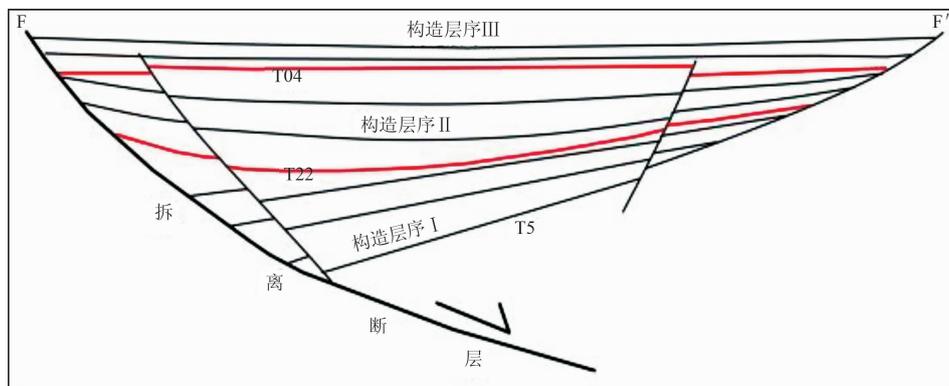


图 4 海拉尔盆地构造剖面 F-F' (剖面位置见图 2)

总之,构造 I 幕盆地沉降和沉积中心位于正断层控制的边缘部位,沉积体呈明显的楔形,沉积范围逐渐扩大,表明正断层裂隙活动控制了盆地的沉降和沉积。

3.2 构造 II 幕

构造 II 幕发育于大磨拐河组、伊敏组沉积时期。该时期地层的发育明显不同前期那样受边界断层控制,相反在控陷断层上盘、靠近断层的部位地层的沉积厚度往往较小,远离断层的地层厚度逐渐增大,在凹陷内部地层的厚度基本稳定,出现了所谓“断拗”特征(图 4)。同时,在大多数地震剖面上可见:早期

控陷断层变缓,在盆地底界之下至深部与一组水平反射层会合(图 5)。这表明早期控陷断层在盆地后期演化过程中发展为拆离断层,根据地震旅行时可推算拆离深度约为 10km,即是说该组水平反射层代表的地质界面与电法测深所得的上地壳低速高导层界面相吻合。大量资料证明上地壳低速高导层是一塑性导流层,能发生物质的侧向流动^[15]。正是这层低速高导层物质的流动导致伊敏组沉积时期发育了各种盖层滑脱型构造组合,如区内出现以大磨拐河组一段底部泥岩为滑脱面^[19]和以低角度断层为滑脱面的滑脱构造样式(图 6)。

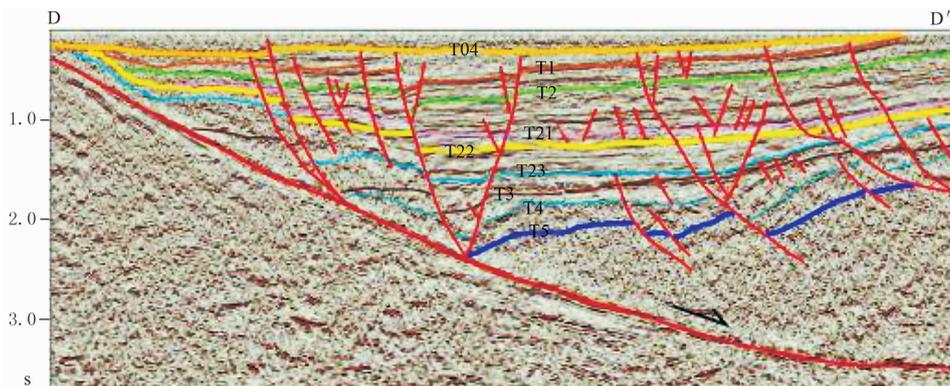


图 5 海拉尔盆地地震剖面 D-D'(剖面位置见图 2)

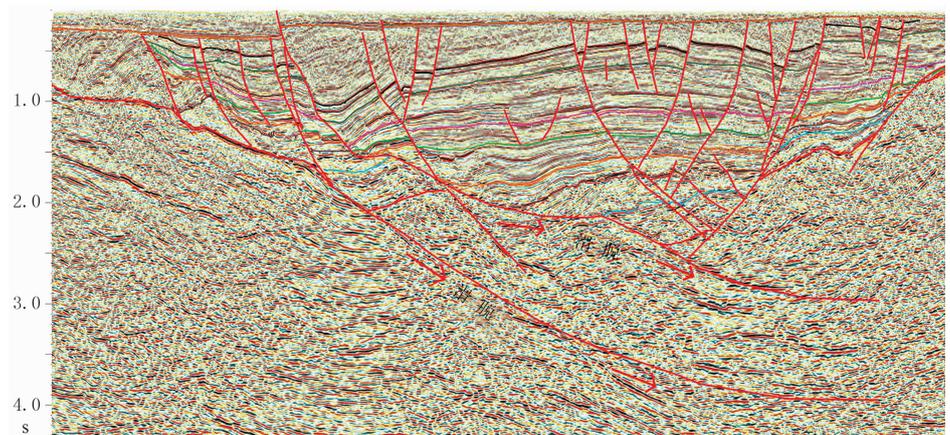


图 6 乌尔逊凹陷滑脱构造解释

南屯组末期断陷发生的短暂而强烈的隆起主要发生在贝尔、乌尔逊等几个较深的凹陷,为盆地第一期较强烈的构造变形作用。该期改造作用造成南屯组顶面形成了区域性不整合面。地震剖面上能明显看到铜钵庙组地层被削截的特征,而大磨拐河组上超沉积在南屯组沉积面之上^[4]。隆升剧烈处南屯组甚至被全部剥蚀掉,使得大磨拐河组直接披覆在铜钵庙组之上。这种盆地基底局部隆升现象在内蒙东

部及邻区盆地中均能见到,如二连、拉布达林、南华北黄口及松辽等盆地,隆升作用导致下白垩统层序受到剥蚀^[20]。

值得注意的是大磨拐河组二段沉积时地层表现明显的侧向迁移现象,并且迁移的方向与凹陷的走向平行(图 7)。这种“卸车式”沉积地层结构是走滑拉分盆地特有的建造特征^[21],说明盆地可能受到强烈走滑作用控制。根据前积反射体特征可判断是右

旋走滑。同时,这种走滑作用也得到横穿盆地的地震剖面上发育明显的负花状构造的支持(图 3、图 6),这表明构造 II 幕盆地受到拆离作用和走滑作用的联合控制。

由此可见,构造 II 幕随着正断层下盘快速隆升,早期断层逐步变缓,此时盆地边缘沉降速率和沉降

幅度降低,并且盆地边缘坡度变缓,盆地沉积和沉降中心向盆地中心,即非断层边缘不断迁移,盆地的沉积宽度不断扩大,部分盆地沉积体已开始向断层之上超覆,表明此期盆地受到拆离作用和走滑作用的共同控制,加之控盆断层侧向扩展,使得早期孤立的单型盆地也逐渐相连。

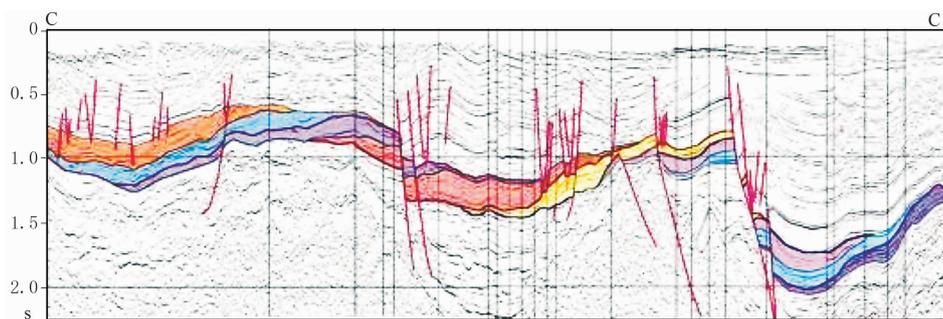


图 7 海拉尔盆地地震剖面 C-C' (剖面位置见图 2)

地震剖面可见八期前积体,表明盆地此时受到强烈的走滑作用控制^[3]

伊敏组沉积末期,该盆地部分早期构造发生反转,以近北北东向断层的反转最强,北东向构造次之,北东东向构造反转最弱。该期变形使研究区又形成了一个区域构造不整合面(图 3、图 5、图 6),表明此时受到北西西—南东东向的挤压作用。海拉尔盆地的该期构造反转作用与松辽盆地嫩江组沉积末期发育的北东向反转构造基本可对比^[8]。

3.3 构造 III 幕

构造 III 幕发育于青元岗组及以上地层沉积时期。该期地层分布范围和沉积厚度基本不受断层控制。

在青元岗组及其以上地层沉积过程中海拉尔盆地又先后受到微弱的伸展作用和挤压作用改造,分别形成北东向分布的小型正断层和褶皱构造,使青元岗组及其以上地层受到变形改造^[5,8]。

4 构造演化对沉积体系的控制作用

大量资料证明,构造活动对盆地的形成、沉积相带的展布和沉积体系的发育起着重要的控制作用。盆地沉积充填结构在一定程度上反映了构造作用事件。海拉尔盆地经历了伸展、拆离、走滑、挤压等多种构造作用,从而对沉积作用产生了重要影响,同样沉积作用也记录着变形作用的过程。

4.1 构造 I 幕对沉积的控制

塔木兰沟组沉积时期为盆地初始张裂阶段,拉

张强度并不强,该期主要沉积的是一套以玄武岩、安山玄武岩为主的火山岩、火山碎屑岩,沉积范围不大,沉积相以山麓—冲积为主。

铜钵庙组沉积时期为盆地控陷正断裂强烈活动阶段,火山活动也较强烈。由于古地貌反差较大,古地形凹凸不平,强烈分割,各凹陷基本不连通,因此铜钵庙组地层厚度横向变化大,展布狭窄,分布零散,沉积范围小。在测井曲线上呈微齿状箱形或桶形高阻;在地震剖面上呈乱岗状,连续性从边缘到剖面深部逐渐变好,顺缓坡倾向方向为发散楔状,顺走向方向呈丘状(图 8)。说明铜钵庙组是以山麓冲积扇—扇三角洲平原的粗碎屑沉积体系为主(图 9a)。这一点也可从乌尔逊凹陷钻井资料得到支持,乌尔逊凹陷铜钵庙组岩心大多属于杂色中—细砾岩夹浅灰、褐灰色泥岩和砂岩。扇三角洲的确定依据为首先存在一定厚度暗色泥岩指示的湖相沉积背景;其次,在湖相背景中发育了多类型的砾岩、砂砾岩,或水下河道砂岩、砂砾岩等;再有,测井曲线上一般呈反旋回特征,表现为扇三角洲砂体的进积特征。凹陷的低位体系域发育近岸浊积扇;高位体系域在陡坡带发育扇三角洲,在缓坡带发育三角洲体系。随着拉张沉降量不断增大,控陷断层上盘沉降幅度大,其周围形成规模较小的湖泊。

总体来说,铜钵庙组的沉积相主要以冲积扇、扇三角洲平原、辫状河平原为主,断陷深部局部地区沉积有半深湖亚相。

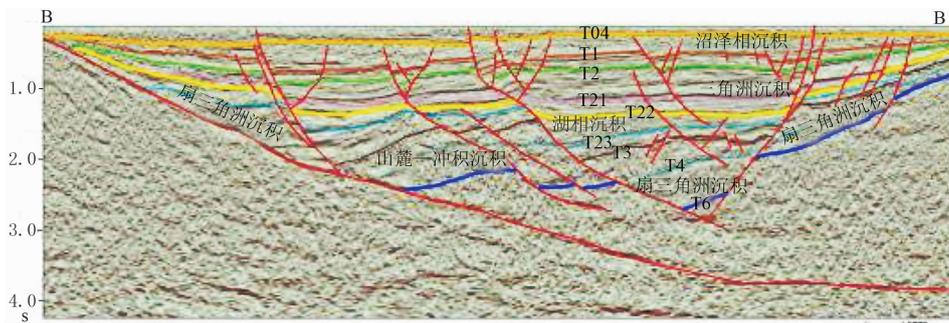


图8 海拉尔盆地地震剖面 B-B' (剖面位置见图 2)

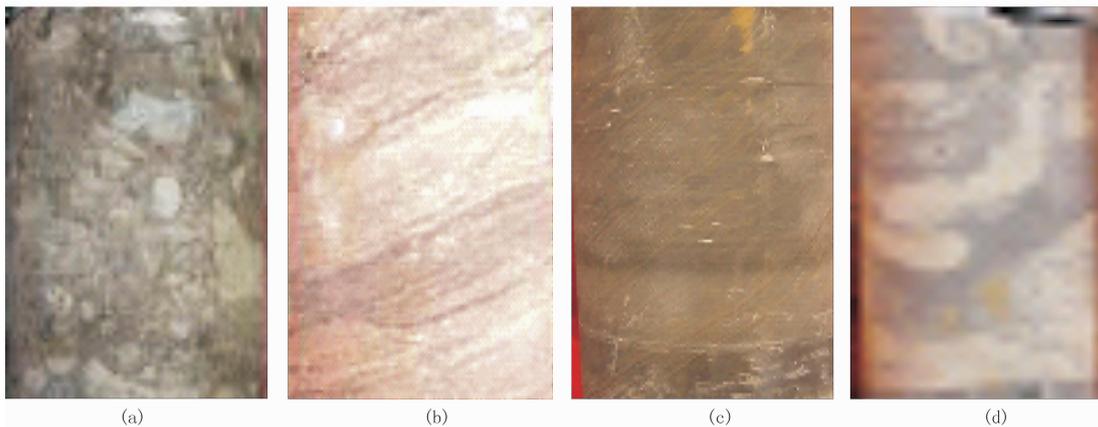


图9 海拉尔盆地岩心照片

(a) 铜钵庙组山麓—冲积沉积块状砂砾岩; (b) 南屯组扇三角洲前缘沉积砂岩; (c) 南屯组湖相沉积泥岩; (d) 大磨拐河组湖底扇沉积浊积岩

南屯组沉积时期凹陷持续稳定拉张, 地层的分布范围、分布特征与铜钵庙组相似, 断陷的结构也与铜钵庙组沉积时期相似。北东向和北东东向控盆断裂继续活动, 在南屯组沉积时期湖盆规模进一步加深、加大, 沉积作用仍以重力流为主, 产生近岸深水扇、浊积扇相及深—半深湖、辫状河三角洲相(图 9b)。

伸展裂陷期, 在盆地断层边缘主要由冲积扇、扇三角洲、湖底扇沉积体系构成, 在非断层的缓坡边缘由辫状河三角洲沉积体系构成(图 10)。

4.2 构造Ⅱ幕对沉积的控制

大磨拐河组一段不像断陷时期那样明显地受边界断层控制, 各断陷水体扩宽、变浅; 同生断裂虽然普遍存在, 但其作用已明显减弱; 重力流沉积大量减少, 沉积作用变成以牵引流为主; 浊积扇和近岸水下扇小而少, 而河湖共同成因的三角洲相较发育; 滨浅湖范围扩大, 深—半深湖范围缩小; 沉积物粗碎屑岩少, 中细碎屑岩增多。此期间随着盆地的发展演化, 沉积范围也在不断扩大, 湖泊水域逐渐连通, 大部分断陷开始具有一个统一的沉积中心(图 10、图 11)。

大磨拐河组二段地层的展布范围扩大、沉积厚度增大, 基本不发育重力流沉积。各断陷沉积相以滨、浅湖亚相为主, 中部发育三角洲沉积体系。盆地北部出现较多的沼泽和沼泽化湖相, 沉积物更变细, 炭质泥岩、煤层增多, 呈暗色含煤陆屑建造^[1,6]。在地震剖面上, 三角洲体系主要表现为斜交型、S型、复合 S—斜交型前积结构(图 8)。在三角洲形成过程中, 其朵叶体不断向深水盆地方向推进, 在剖面上可见粗粒相带覆盖于细粒相带之上, 故测井曲线上表现为反旋回特征。

海拉尔盆地各断陷进入伊敏期后均处于断陷晚期的充填萎缩阶段, 构造活动平稳, 各次级“断陷”盆地周边基本无同生断裂控制盆地形态和沉积作用; 盆地中主要为牵引流沉积物, 且水体较浅; 深—半深湖相, 大多为沼泽相或沼泽化湖相。在伊敏晚期水体变得更浅, 有更大范围的沼泽和沼泽化湖分布, 沉积区范围大大缩小, 沉积水体仍以南部的贝尔凹陷为最深, 有小范围的半深湖和朵状三角洲。正是由于该阶段盆地较前期相对稳定, 使得大磨拐河组和伊敏组中存在许多较厚的可采煤层^[1]。

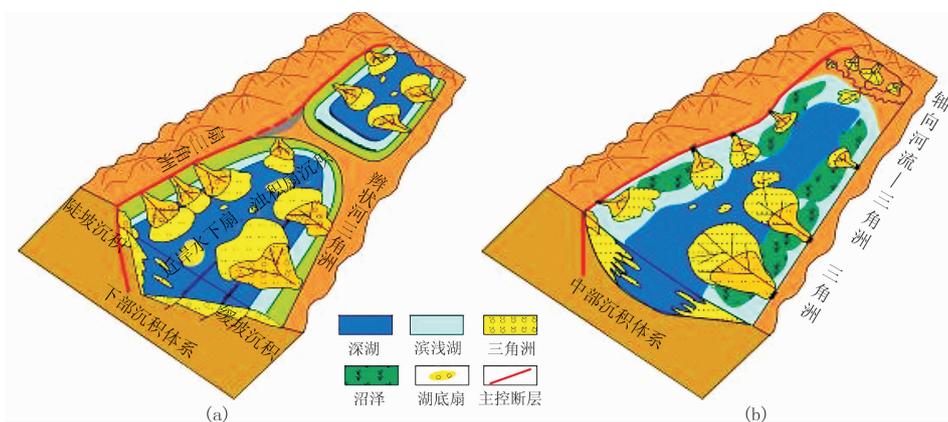


图 10 海拉尔盆地伸展断陷期和拆离滑脱期沉积模式
(a)构造 I 幕沉积体系; (b)构造 II 幕沉积体系

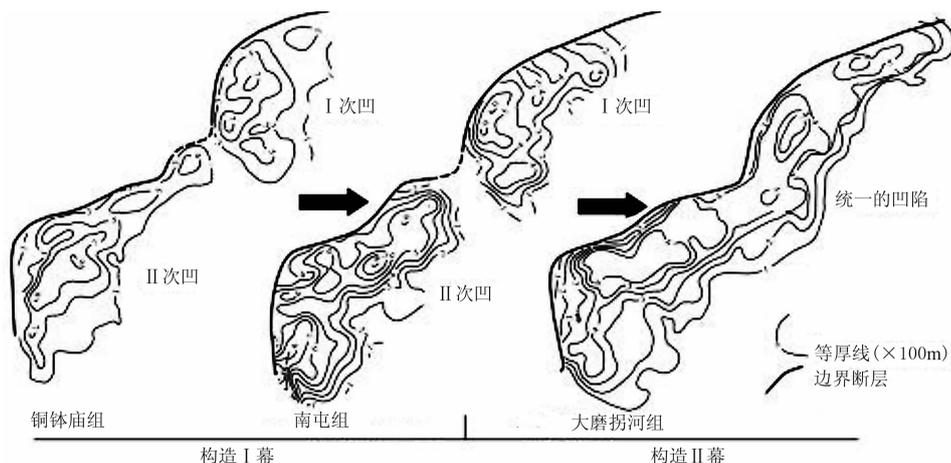


图 11 海拉尔盆地巴彦呼舒凹陷地层厚度变化特征(地理位置见图 2)
铜钵庙组、南屯组沉积时期同一凹陷分别具有两个相对独立的沉积中心,即同一凹陷可分为两个次凹,中间被盆内高地隔开,至大磨拐河组同一凹陷水体连通。

5 结论

海拉尔盆地具有幕式演化特征,具体分为三幕,自下而上分别表现为裂陷伸展、拆离滑脱和拗陷。构造 I 幕沉积体楔形形态清晰,沉积厚度明显受控于控陷断层,沉积作用以重力流为主;发育陡坡带和缓坡带两种沉积体系,陡坡带沉积体系主要为冲积扇、扇三角洲、半深湖—深湖沉积,缓坡带发育辫状河三角洲、前三角洲浊积、深湖—半深湖泥质沉积等。盆地经历伸展裂陷之后,伴随着中下地壳的物质流动,盆地边缘断层发生缓倾角拆离,此时盆地受到拆离作用和走滑作用共同影响,沉积和沉降中心向远离断层边缘方向迁移,沉积地层超覆于部分基底隆起或拆离断层之上。沉积作用主要为牵引流,沉积相以三角洲、滨浅湖、深湖—半深湖为主。盆地

沉降幅度和沉积厚度以伊敏组上段最大,说明拆离式沉降作用不断加大。伊敏组沉积晚期及之后盆地发生了构造反转,沉积地层发生褶皱和逆冲构造,造成伊敏组与上白垩统青元岗组之间为全区范围的不整合接触,后者是拗陷作用的沉积,青元岗组的沉积厚度基本不受断层控制。海拉尔盆地的构造演化特征与二连盆地、松辽盆地断陷期发育特征在时间上几乎一致,沉积特征也基本可对比,表明它们可能具有统一的演化过程。

参考文献

- [1] 张长俊,龙永文. 海拉尔盆地沉积相特征与油气分布. 北京:石油工业出版社,1999,12~15
- [2] 程三友. 中国东北地区区域构造特征与中、新生代盆地演化[博士学位论文]. 北京:中国地质大学(北京),2006
- [3] 吴河勇,李子顺,冯子辉等. 海拉尔盆地乌尔逊—贝

- 尔凹陷构造特征与油气成藏过程分析. 石油学报, 2006, 27(增刊): 1~6
- Wu Heyong, Li Zishun, Feng Zihui et al. Analysis on structural features and reservoir-forming process of Wuerxun and Beier sags in Hailaer basin. *Acta Petrolei Sinica*, 2006, 27(Sup): 1~6
- [4] 吴亚东, 沈华, 张云绵. 海拉尔盆地贝尔凹陷反转构造研究. 中国石油勘探, 2006, 11(5): 26~29
- Wu Yadong, Shen Hua, Zhang Yunmian. Research on inversion structures of Beier Sag in Hailaer Basin. *China Petroleum Exploration*, 2006, 11(5): 26~29
- [5] Liu Zhihong, Liu Hangjun, Wang Peng et al. Discovery of compressional structure in Wuerxun-Beier sag in Hailaer basin of Northeastern China and its geological significance. *Earth Science Frontiers*, 2009, 16(4): 138~146
- [6] 大庆石油地质编写组. 中国石油地质志(卷二). 北京: 石油工业出版社, 1993
- [7] 冯志强, 任延广, 张晓东等. 海拉尔盆地油气分布规律及下步勘探方向. 中国石油勘探, 2004, 9(4): 19~22
- Feng Zhiqiang, Ren Yanguang, Zhang Xiaodong et al. Law of oil and gas distribution in Hailaer Basin and orientation for exploration at next stage. *China Petroleum Exploration*, 2004, 9(4): 19~22
- [8] 陈均亮, 吴河勇, 朱德丰等. 海拉尔盆地构造演化及油气勘探前景. 地质科学, 2007, 42(1): 147~159
- Chen Junliang, Wu Heyong, Zhu Defeng et al. Tectonic evolution of the Hailaer Basin and its potential of oil-gas exploration. *Journal of Geology*, 2007, 42(1): 147~159
- [9] 张晓东, 刘光鼎, 王家林. 海拉尔盆地的构造特征及其演化. 石油实验地质, 1994, 16(2): 119~127
- Zhang Xiaodong, Liu Guangding, Wang Jialin. Structural characters of the Hailaer basin and its geological evolution. *Experimental Petroleum Geology*, 1994, 16(2): 119~127
- [10] 张吉光. 海拉尔盆地构造特征与含油气性探讨. 大庆石油地质与开发, 1992, 11(1): 14~20
- Zhang Jiguang. The structural feature & hydrocarbon potential in Hailaer basin. *Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing*, 1992, 11(1): 14~20
- [11] Meng Qingren, Hu Jianmin, Jiuqiang. Tectonics of the late Mesozoic wide extensional basin system in the China-Mongolia border region. *Basin Research*, 2003, (15): 397~415
- [12] 张岳桥, 赵越, 董树文等. 中国东部及邻区早白垩世裂陷盆地构造演化阶段. 地学前缘, 2004, 11(3): 123~130
- Zhang Yueqiao, Zhao Yue, Dong Shuwen et al. Tectonic evolution stages of the Early Cretaceous rift basins in Eastern China and adjacent areas and their geodynamic background. *Earth Science Frontiers*, 2004, 11(3): 123~130
- [13] 周建波, 张兴洲, 马志红等. 中国东北地区的构造格局与盆地演化. 石油与天然气地质, 2009, 30(5): 530~538
- Zhou Jianbo, Zhang Xingzhou, Ma Zhihong et al. Tectonic framework and basin evolution in Northeast China. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(5): 530~538
- [14] 葛肖虹, 马文璞. 东北亚南区中—新生代大地构造轮廓. 中国地质, 2007, 34(2): 212~227
- Ge Xiaohong, Ma Wenpu. Mesozoic-Cenozoic tectonic framework of southern Northeast Asia. *Geology in China*, 2007, 34(2): 212~227
- [15] 万天丰. 中国大地构造学纲要. 北京: 地质出版社, 2011
- [16] 段秋梁, 谭未一, 杨长春等. 华北东部晚中生代伸展构造作用. 地球物理学进展, 2007, 22(2): 403~410
- Duan Qiuliang, Tan Weiyi, Yang Changchun et al. A review on the late Mesozoic extensional tectonics on the Eastern North China Craton. *Progress in Geophysics*, 2007, 22(2): 403~410
- [17] 王涛, 郑亚东, 李天斌等. 中蒙边界区亚干变质核杂岩的组成与结构. 地质科学, 2002, 37(1): 79~85
- Wang Tao, Zheng Yadong, Li Tianbing et al. Composition and Texture of the Yagan Metamorphic core complex bordering China and Mongolia. *Chinese Journal of Geology*, 2002, 37(1): 79~85
- [18] 刘俊来, 关会梅, 纪沫等. 华北晚中生代变质核杂岩构造及其对岩石圈减薄机制的约束. 自然科学进展, 2006, 16(1): 21~25
- Liu Junlai, Guan Huimei, Ji Mo et al. Late Mesozoic Metamorphic core complex in North China and its constrains on the mechanism of lithospheric thinning. *Progress in Natural Science*, 2006, 16(1): 21~25
- [19] 杨懋新, 杨树锋, 陈汉林等. 乌拉逊凹陷滑脱型构造样式与油气成藏. 浙江大学学报(理学版), 2003, 30(5): 597~600
- Yang Maoxin, Yang Shufeng, Chen Hanlin et al. Detach-type structure styles and pool formation in Wuerxun depression. *Journal of Zhejiang University (Science Edition)*, 2003, 30(5): 597~600
- [20] 马新华, 肖安成. 内蒙古二连盆地的构造反转历史. 西南石油学院学报, 2000, 22(2): 1~4
- Ma Xinhua, Xiao Ancheng. Structure reversal history of Erlan basin in Inner Mongolia. *Journal of Southwest Petroleum Institute*, 2000, 22(2): 1~4
- [21] 刘和甫, 李晓清, 刘立群等. 走滑构造体系盆地山耦合与区带分析. 现代地质, 2004, 18(2): 139~150
- Liu Hefu, Li Xiaoqing, Liu Liqun et al. Petroleum play analysis and strike slip system basin mountain coupling. *Geoscience*, 2004, 18(2): 139~150

(本文编辑: 朱汉东)