

潮水盆地北部亚盆地中侏罗统 层序地层及沉积演化特征^①

葛立刚 陈钟惠 武法东

(中国地质大学, 武汉 430074)

张志洪 许太伦

(甘肃煤田地质局, 兰州 730000)

在系统分析研究区地表露头、岩心、测井和地震资料的基础上, 运用层序地层学理论和方法, 针对陆相盆地层序地层分析的实际, 将潮水盆地北部亚盆地中侏罗统龙凤山组划分为4个三级层序和2个二级层序。通过系统的沉积体系及沉积演化分析, 发现从一个三级层序到另一个三级层序, 或物源区有很大变化, 或沉积作用方式发生变化; 物源区随时间的变化, 反映了构造的控制作用。

关键词 潮水盆地 中侏罗统 层序地层 沉积演化

第一作者简介 葛立刚 男 36岁 博士生 沉积学和盆地分析

1 地质背景

潮水盆地位于甘肃省中北部和内蒙古自治区西南部。盆地范围西起合黎山, 东至腾格里沙漠, 北起北大山, 南抵龙首山。盆地基底在桃花拉山以东为前震旦系、震旦系结晶岩系, 在桃花拉山以西为古生代变质岩系。盆地在中生代沉积充填了侏罗系、白垩系、第三系和第四系。

盆地构造演化在侏罗纪可分为2个阶段, 即断陷阶段和拗陷阶段。断陷期沉积包括下、中侏罗统芨

芨沟组和龙凤山组(青土井组), 沉积充填主要受北部盆缘断裂控制, 中央隆起的发育使盆地南北部呈现为近东西向展布的相互分隔的两个半箕状地堑(图1)。在北部亚盆地早侏罗世形成冲积及浅湖沉积。中侏罗世起, 断陷速率加大, 盆地范围扩大, 水体加深, 形成了含扇三角洲、半深湖沉积的龙凤山组。晚侏罗世盆地整体下沉, 表现出拗陷盆地的特征。由于气候变化, 所沉积的沙枣河组在盆地边缘为杂色冲积平原沉积, 在盆地中心为巨厚的湖泊巧克力泥岩间夹石膏层。



图1 甘肃省潮水盆地构造区划简图

① 本文是国家自然科学基金资助项目(49472123)部分成果

2 层序地层划分

潮水盆地侏罗系形成历时约 60 多 Ma,国际上一般将侏罗系(70Ma±)划分为 10 个左右的三级层序,每个三级层序平均约 7Ma。本次研究工作根

据露头、岩芯和物探资料综合分析,将潮水盆地侏罗系划分成 8 个三级层序、4 个二级层序、3 个一级层序、2 个构造层序,其中中侏罗统龙凤山组由 2 个二级层序(J₂₋₁、J₂₋₂)和 4 个三级层序(S3、S4、S5、S6)构成。具体划分结果见表 1。

表 1 潮水盆地侏罗系层序地层划分

| CGR 地质年表 (1985) | | | 潮水盆地侏罗系层序划分 | | | | | | | |
|-----------------|-----------|----|---------------|------|------|-----|----------------|------------------|------|-----------|
| 时代 | 绝对年龄 (Ma) | | 阶名 | 时代 | 地层 | 年代 | 一级层序 | 二级层序 | 三级层序 | 构造层序 |
| | 年代 | 间隔 | | | | | | | | |
| 晚侏罗系 | 4 | | Potlandian | 晚侏罗世 | 沙枣河组 | 152 | J ₃ | J ₃₋₀ | S8 | TS I 坳陷盆地 |
| | 5 | | Kimmeridgian | | | | | | S7 | |
| | 8 | | Oxfordian | | | | | | | |
| 中侏罗系 | 7 | | Callovian | 中侏罗世 | 龙凤山组 | 152 | J ₂ | J ₂₋₂ | S6 | TS I 断陷盆地 |
| | 11 | | Bathonian | | | | | | S5 | |
| | 6 | | Bajocian | | | | | | S4 | |
| | 4 | | Alenia | | | | | | | |
| 早侏罗系 | 8 | | Toarcian | 早侏罗世 | 苜蓿沟组 | 180 | J ₁ | J ₁₋₀ | S2 | 地 |
| | 7 | | Pliensbachian | | | | | | S1 | |
| | 6 | | Sinemurian | | | | | | | |
| | 4 | | Hettangian | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

3 沉积体系分析

潮水盆地断陷期沉积经历了初始裂陷充填、扩张充填、萎缩充填演化的完整过程,发育了各种类型的沉积体系。经野外露头、钻井资料确认的沉积体系主要为冲积扇、河流、扇三角洲、湖泊三角洲、滨浅湖和中深湖沉积体系等。

(1)冲积扇体系 发育于龙凤山组下段的底部。其骨架沉积为灰白色砾岩、含砾砂岩、砂岩和含砾砂

泥岩,其沉积序列为下粗上细的正旋回沉积,是近源快速冲洪积物沉积复合体。

(2)河流沉积体系 发育于龙凤山组上段的底部。其骨架沉积为厚层状灰一灰白色砂砾岩、砂岩,局部夹煤线。沉积序列具典型的二元结构。

(3)扇三角洲沉积体系 是盆地的骨架沉积体系之一,发育于龙凤山组下段的顶部。根据钻井资料和野外露头的详细研究,共鉴别出 2 种类型,即陡坡扇三角洲和缓坡扇三角洲体系。陡坡扇三角洲发育于龙凤山组下段靠盆缘断裂一侧,主要以辫状河道

和泥石流沉积的含砾砂岩、砂砾岩为主，粒度较粗，单个沉积单元厚度较大；缓坡型扇三角洲发育于盆地西南部缓坡地带，以砂岩、泥岩为主，沉积物粒度总体较细。

(4) 湖泊三角洲沉积体系 仅发育于龙凤山组上段，以砂岩和泥岩为主，由贯流河体系进积形成。

(5) 滨浅湖沉积体系 发育于盆地中心地带。根据其沉积物特征可识别出 2 种类型，即潮湿型和半干旱型。潮湿型滨浅湖沉积体系发育于龙凤山组上段的下部，主要由灰色、灰绿色的细砂岩、粉砂岩和泥岩组成；半干旱型滨浅湖沉积体系发育于龙凤山组上段的上部，主要为粉砂岩和与之伴生的泥质岩、蒸发岩等。

(6) 中深湖沉积体系 以泥岩、泥质粉砂岩等细粒沉积物为主，并有深湖的细粒浊流沉积，主要发育

于龙凤山组的下段上部和上段下部，产有丰富的双壳、腹足类动物化石。

4 沉积演化

研究区龙凤山组包括 2 个二级层序(J₂₋₁、J₂₋₂)和 4 个三级层序(S3、S4、S5、S6)。每个三级层序都由不同的体系域构成，而组成体系域的沉积体系也不同。

在盆地边缘的不同地区由东向西的红砂岗、青苔泉和宝家井等地具有不同的演化特征，下面分别论述其演化史。

图 2 是潮水盆地北部亚盆地红砂岗地区龙凤山组沉积横剖面图，它基本可以反映该地区龙凤山组的沉积演化特征。

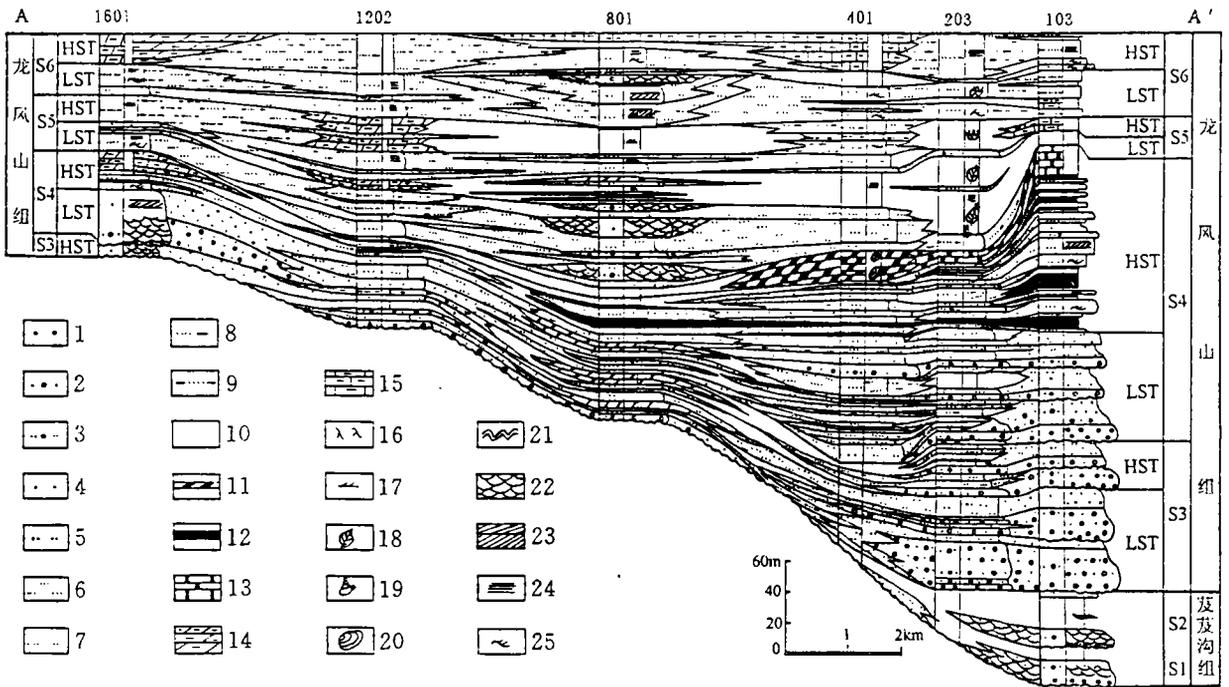


图 2 潮水盆地北部亚盆地红砂岗地区龙凤山组沉积横剖面图

- 1. 砾岩; 2. 含砾粗砂岩; 3. 含砾中砂岩; 4. 粗粒砂岩; 5. 中粒砂岩; 6. 细粒砂岩; 7. 粉砂岩; 8. 泥质粉砂岩; 9. 粉砂质泥岩; 10. 泥岩; 11. 炭质泥岩; 12. 煤; 13. 油页岩; 14. 泥灰岩; 15. 白云质灰岩; 16. 根化石; 17. 叶片化石; 18. 完整叶片化石; 19. 腹足(螺)类化石; 20. 双壳类化石; 21. 变形层理; 22. 大型槽状交错层理; 23. 大型板状交错层理; 24. 水平层理; 25. 水流波纹层理; LST 为低位体系域; HST 为高位体系域

层序 3(S3)在盆缘断裂区由 4 个准层序组成，底部是 2 个粒度向上变细的准层序，构成层序 3(S3)的低位体系域，主要是陡坡冲积扇沉积，以垂

向加积作用为主。其上部还有 2 个向上变细的准层序组，构成层序 3(S3)的高位体系域，也主要由冲积扇体系组成。但是，这些冲积扇体系的内部构成与低

位体系域的内部构成有显著差异,主要是扇尾沉积组合,总体显示向上变细的沉积充填特征。在亚盆地的南部,层序 3(S3)主要由缓坡型冲积扇体系构成,具体表现是低位体系域向盆地中心进积,而高位体系域向盆缘方向上超。冲积扇体系的特征是沉积物粒度变细,单层(成因相组合)厚度变薄,沉积物的成分成熟度和结构成熟度较盆缘断裂带一侧高。

总体讲,层序 3(S3)的沉积过程主要是冲积扇体系的演化过程(图 3)。在盆缘断裂一侧为粗粒陡

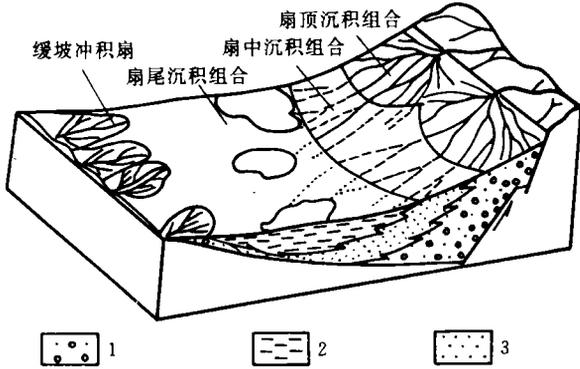


图 3 S3 沉积演化示意图

1. 砾岩和含砾砂岩; 2. 粉砂岩和泥岩; 3. 砂岩

坡冲积扇体系,整体沉积序列显示粒度由下向上变细,反映随着时间的推移,沉积物由近源沉积向远源沉积转化,由泥石流沉积为主向水携沉积占优势转化。在盆地的南部边缘为缓坡型冲积扇体系。盆地中间地带则是冲积扇远端相的洪泛平原和泥炭沼泽沉积,但无具工业价值可采煤层,主要是炭质泥岩,这些沉积特征说明在层序 3(S3)形成过程中,盆地充填速率小于沉降速率,但构造沉降的程度没有导致出现与古潜水面密切相关的稳定水体。层序 3(S3)的层序界面(顶界面和底界面)向北终止于盆缘断裂,向南终止于 TSB1,在相对连续沉积区一般为相的突变面。

层序 4(S4)的沉积序列总体显示粒度向上变细的特征。体系域的构成主要是扇三角洲和深—中浅湖沉积体系。其低位体系域在盆缘断裂地带由扇三角洲的陆上部分组成,具有冲积扇沉积特色,包括 4 个准层序组;向盆地中心过渡为中—浅湖沉积;在盆地的缓坡边缘发育缓坡扇三角洲沉积。其高位体系域在盆缘断裂地带主要由底部的扇三角洲水下沉积和上部的中—深湖沉积构成,在盆地缓坡边缘主要以细粒的扇三角洲的滨浅湖沉积为主(图 4)。

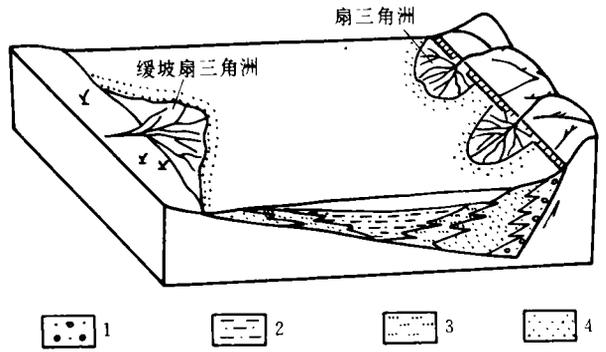


图 4 S4 沉积演化示意图

1. 含砾砂岩; 2. 粉砂岩和泥岩; 3. 细砂岩; 4. 砂岩

层序 5(S5)由龙凤山组下段的下部组成。该层序的体系域构成主要是河流沉积体系(贯流河)和滨湖沉积体系。其低位体系域是由 4 个向上变细的河流充填序列形成的准层序组组成,向盆地边缘过渡为滨浅湖沉积;其高位体系域由滨湖沉积和中—浅湖沉积组成,代表远源沉积(图 5)。

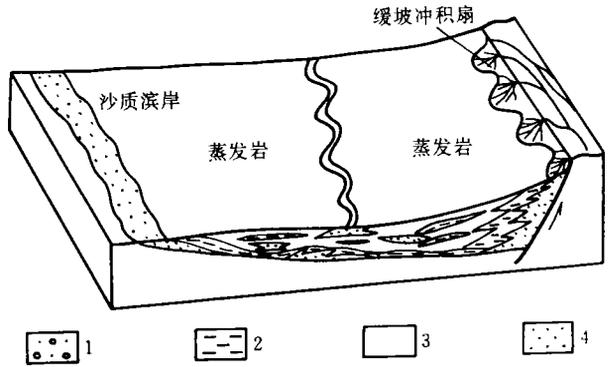


图 5 S5 沉积演化示意图

1. 含砾砂岩; 2. 粉砂岩和泥岩; 3. 泥质和白云质灰岩; 4. 砂岩

层序 6(S6)由龙凤山组上段的上部组成,主要沉积体系是河流三角洲(贯流河)沉积,河流沉积及滨浅湖沉积和深湖沉积。其低位体系域由进积的三角洲序列构成。在垂向序列上表现为由细砂岩构成的远端坝过渡到由中砂岩构成的近端坝及粗砂岩、砂砾岩构成的河流河道沉积。在地震剖面上显示了比较典型的湖泊三角洲进积结构。其高位体系域由三角洲前缘沉积和中深湖沉积组成。在贯流河和三角洲的侧向上相变为蒸发环境下滨浅湖沉积物,主要为钙质泥岩和蒸发岩。

在青苔泉地区,龙凤山组下段(S3、S4)发育齐全,属典型的冲积扇沉积体系。由于剖面位置的关

系,剖面上没有出现扇的近端沉积组合,而主要是冲积扇的中端和远端沉积。通过详细的沉积学编图,S3、S4 是以垂向加积作用为主,物源的供给一直来自北方盆缘断裂一侧,与红砂岗地区 S3、S4 的总体演化趋势是相同的。

龙凤山组的上段(S5、S6)基本上由砾质辫状河沉积体系组成,因后期剥蚀,故缺失较多。S5 与 S6 的界面仅在 102 井中见到。

另外,在盆地北缘西部发育的龙凤山组,仅发育下段,即 S3、S4,基本上为冲积扇沉积,主要为中端和远端沉积。

总之,潮水盆地北部亚盆地的龙凤山组的沉积演化是受益缘断裂和盆地轴向(NWW)沉积构成控制,S3 和 S4 时形成接受来自盆缘和自西向东的轴向补给,形成了具工业价值的煤层。

S5、S6 形成时,盆缘断裂活动强度减弱,接受自西向东的补给,主要是轴向河流沉积体系发育。反映了构造作用导致的物源区的变化和盆地内沉降和上隆形式的变化。

5 层序地层及沉积演化特征

综合地表露头、钻井岩心和物探资料,研究区龙

凤山组层序地层及沉积演化可简单归纳为:

(1)对三级层序而言,从一个层序到下一层层序,主要物源区有很大的变化。如穿过 S4 与 S5 之间的层序界面,物源区方向由以盆缘断裂一侧为主突变为以盆地的轴向为主。

(2)从一个三级层序到下一个三级层序沉积作用方式发生变化。

(3)穿过层序界面通常发生沉积介质的变化(水介质、空气介质)。

(4)沉积演化受构造运动的影响,具体表现为盆地长轴平行于主断裂,沉积中心靠近主断裂一侧。主要沉积物供给来源于盆缘断裂一侧和盆地长轴方向。

上述层序地层及沉积演化特征将为研究区实施有效的油气储层预测提供重要的理论基础。

参 考 文 献

- 1 玉门油田石油地质志编写组. 中国石油地质志卷十三. 北京:石油工业出版社,1989
- 2 Shanley K W, McCabe P J. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata. *AAPG Bulletin*, 1994, 78: (4): 544 ~ 568

(收稿日期:1997年9月25日)

SEQUENCE STRATIGRAPHY AND SEDIMENTARY EVOLUTION OF THE MIDDLE JURASSIC IN NORTHERN CHAOSHUI BASIN

Ge Lingang Chen Zhonghui Wu Fadong

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Zhang Zhihong Xu Tailun

(Gansu Coalfields Geological Bureau, Lanzhou 730000)

Abstract

On the basis of systematic analysis of outcrops, well cores, log and seismic stratigraphy, the stratigraphic sequence of the Middle Jurassic in northern Chaoshui basin was divided into 4 third-order sequences and 2 second-order sequences. According to depositional system and sedimentary evolution analysis, it was indicated that the provenance changed rapidly and the sedimentary style varied from one third-order sequence to another, The variation of provenance with time reflected tectonic control.