

文章编号: 1001-1986(2007)01-0012-04

# 吐鲁番坳陷中下侏罗统高精度层序地层格架的建立

郭刚<sup>1</sup>, 樊太亮<sup>1</sup>, 于炳松<sup>1</sup>, 付国斌<sup>2</sup>, 陈煦<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石油吐哈油田分公司, 新疆 哈密 839000)

**摘要:**运用高精度层序地层学理论, 通过对露头剖面、钻/测井和地震等资料的综合研究, 进行了露头剖面层序划分、钻/测井层序界面识别、井间层序划分与对比及地震层序划分。结果显示, 在吐鲁番坳陷中下侏罗统识别出6个三级层序, 包含着10个四级层序。四级层序更接近自然沉积旋回, 即下部以河流相或辫状三角洲相分流河道砂岩为主, 夹薄层泥质岩, 上部则以滨浅湖相泥质岩为主, 夹薄层砂岩。并建立了以寻找岩性地层油气藏为目标的吐鲁番坳陷中下侏罗统高精度层序地层格架。

**关键词:**中下侏罗统; 高精度; 层序地层; 基准面; 旋回; 吐鲁番坳陷

**中图分类号:** P539.2; P534.52 **文献标识码:** A

## Establishment of high-precision sequence framework of middle-lower Jurassic in Turpan Sag

GUO Gang<sup>1</sup>, FAN Tai-liang<sup>1</sup>, YU Bing-song<sup>1</sup>, FU Guo-bin<sup>2</sup>, CHEN Xu<sup>2</sup>

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Tuha Oilfield Company, PetroChina, Hami 839000, China)

**Abstract:** The middle-lower Jurassic in Turpan Sag is divided into six third class sequences and ten fourth class sequences by using the theories and methods of high-precision sequence stratigraphy and comprehensive studies of the outcrop section, drilling/logging and seismic data, being a research process including the division of sequence stratigraphy of the outcrop section, the identification of sequence surface of drilling/logging, the division and correlation of sequence stratigraphy among the wells, and the division of sequence stratigraphy of seismism. The fourth class sequence of the sag approaches the natural sedimentary cyclothem, the low of which is mainly consisted of the distributary channel sandstones including the lamina argillites in the fluvial facies or the braided river delta facies, and the top of which is mainly consisted of the argillites including the lamina sandstones in the shore and mere facies. On the basis of the study a high-precision sequence framework of middle-lower Jurassic in Turpan Sag is established, which is very important for looking for lithologic hydrocarbon reservoirs.

**Key words:** middle-lower Jurassic; high-precision; sequence stratigraphy; base level; cyclothem; Turpan Sag

在岩性地层油气藏逐渐取代传统的构造油气藏而成为油气勘探主要目标的今天, 适时地开展以高精度层序地层学为主要内容、以隐蔽油气藏勘探为主要目标的研究工作具有长远和现实意义。

吐鲁番坳陷是吐哈盆地的主体, 呈东西向展布, 面积约  $2.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。大致以火焰山逆冲断裂带为界, 又进一步分为断裂带北部的台北凹陷、布尔加凸起、科牙依凹陷和断裂带南部的托克逊凹陷、鲁西凸起、台南凹陷、塔克泉凸起等7个二级构造单元。盆地的沉降及沉积速度快, 湖水面变化较频繁, 地层层序边界明显, 并且具有多物源、物源近、相带窄、相变快、沉积中心多等特点<sup>[1-2]</sup>。通过总结十几年来油田的勘探成果和地质认识, 考虑到构造圈闭和构造

油气藏发现的几率越来越小, 逐步明确了吐鲁番坳陷中下侏罗统的岩性地层油气藏将是中浅层油气勘探的重要领域。因而, 开展以寻找岩性地层岩气藏为目标的高精度层序地层学研究势在必行。

本次研究着重在露头剖面、钻/测井以及井间对比研究的基础上, 对反映基准面变化的时间地层单元进行二元旋回划分, 利用基准面旋回中相邻两个时间单元的转换面来厘定层序地层的两个关键界面, 基准面下降半旋回与上升半旋回的转换面为层序界面, 基准面上升半旋回与下降半旋回的转换处为最大湖泛面<sup>[3-4]</sup>, 以此来建立研究区中下侏罗统的高精度层序地层格架。

收稿日期: 2006-05-15

作者简介: 郭刚(1976—), 山东莱州人, 中国地质大学(北京)在读博士生, 从事石油地质研究。

1 露头剖面的层序地层划分

通过对吐鲁番坳陷周边 5 条露头剖面(柯克亚、桃树园、煤窑沟、连木沁和七克台)的深入考察,研究了主要层序界面的特征、高频旋回的构成以及纵向叠置方式,在整个中下侏罗统中识别出了 10 个四级层序(图 1)。

侏罗系的底界面是八道湾组(新疆石油管理局地调处, 1956)与下伏三叠系郝家沟组(夏公君, 1956)之间的不整合面,在柯克亚剖面上,该界面上可见八道湾组辫状河道相砂砾岩与下伏郝家沟组黄绿色泥岩呈冲刷接触。

八道湾组—三工河组可识别出 3 个四级层序。在柯克亚剖面中,下部八道湾组的两个层序中,主体以辫状河和辫状河三角洲、滨浅湖相构成的高频旋回叠置而成。这两个四级层序在纵向上呈明显的进积型叠置,显示三级基准面处于下降过程。上部三工河组(孙剑良, 1956)的 1 个四级层序,则以辫状河、曲流河、三角洲和浅湖相构成的高频旋回叠置而成。

西山窑组(高之秋, 1946)可划分为 3 个四级层序。在煤窑沟剖面中,下部两个四级层序以发育曲流河河床亚相和溢岸亚相泛滥平原微相及泛滥平原沼泽微相构成的短期旋回叠置而成;上部一个四级

层序则以发育曲流河—滨浅湖相构成的短期旋回叠置为特征。西山窑组 3 个四级层序总体也构成一个向上基准面不断上升的纵向叠置序列。

三间房组(夏公君, 1956)也可划分为 2 个四级层序。在七克台台孜村和连木沁剖面中,三间房组底部与西山窑组之间为一平行不整合面。下部四级层序以曲流河河床亚相边滩微相与溢岸亚相泛滥平原微相构成的短期旋回为主,中部基准面最高时发育为浅湖亚相。上部四级层序以滨浅湖相泥岩夹薄层粉、细砂岩为主,底部可有曲流河相短期旋回发育。三间房组的 2 个四级层序构成明显的退积序列,代表基准面的上升。

七克台组(唐祖奎, 1955)可识别出 2 个四级层序。在连木沁剖面 and 七克台台孜村剖面中,七克台组底部发育一套稳定的滨湖亚相滨湖砂坝微相中、细砂岩,砂岩中含有大量的腕足类化石。上部则以发育大套的浅湖相泥岩夹薄层粉细砂岩变特征。七克台组的 2 个四级层序也显示了进积叠置特点,代表了基准面的下降。七克台组下部四级层序发育期,是吐鲁番坳陷早—中侏罗世最大湖泛期,基准面达到最高。

2 钻/测井层序地层划分

在各构造单元选择划分代表性的探井,利用录

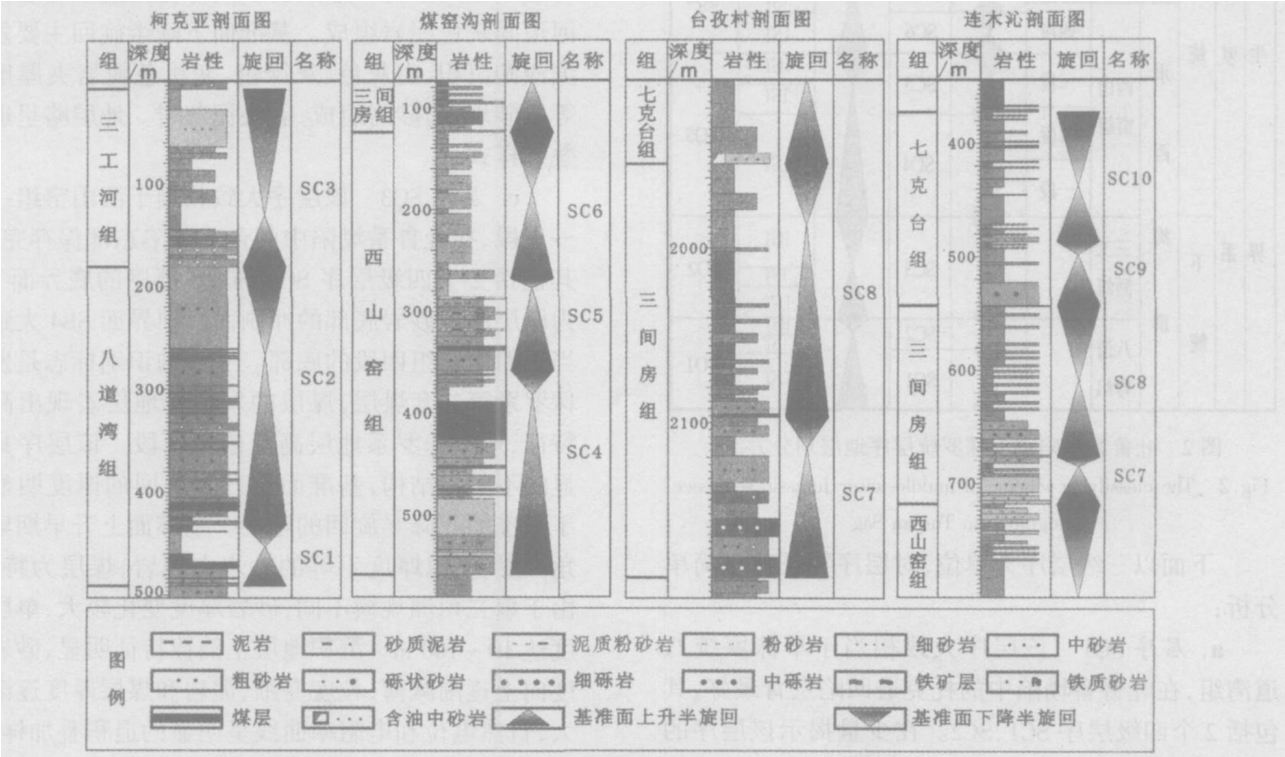


图 1 吐鲁番坳陷露头剖面中下侏罗统层序地层划分方案

Fig.1 The classifying scheme of middle-lower Jurassic sequence stratigraphy in the outcrop section of Turpan Sag

井剖面 and 测井曲线组合,分析沉积相类型及其组合、地层叠加样式,以及它们反映出来的基准面和 A/S (可容纳空间/沉积速率)比值变化趋势,确定层序界面和最大湖泛面,建立反映层序界面的识别标志。同时通过探井剖面的井—震标定确定了全区统一的钻/测井层序划分方案。

从揭穿侏罗系的多口探井的层序地层分析可知,尽管不同探井由于所处的沉积背景不同,导致其中侏罗系的沉积构成各不相同,但根据测井和录井所显示的短期旋回的纵向叠置方式所识别的四级层序的数量,以及由四级层序的纵向叠置所反映的三级层序的特征与露头剖面所识别的数量完全一致,即中下侏罗统可识别出 10 个四级层序和 6 个三级层序(图 2)。

地层系统					层序地层			
界	系	统	群	组	四级层序旋回		三级层序	
					旋回	名称	旋回	体系域
中	侏	罗	统	七克台组	二段	SC10	HST	SQ6
					一段	SC9		
				三间房组	三段	SC8	HST	SQ5
					二段		TST	
					一段	SC7	LST	
				西山窑组	四段	SC6	HST	SQ4
					三段	SC5	TST	
					二段		LST	
					一段	SC4	HST	
							TST	
下	侏	罗	统	三工河组		SC3	HST	SQ2
							TST	
				八道湾组		SC2	LST	SQ1
							HST	

图 2 吐鲁番拗陷中下侏罗统层序地层划分方案  
Fig.2 The classifying scheme of middle-lower Jurassic sequence stratigraphy in Turpan Sag

下面以三级层序为单位,对层序特征作一简单分析:

a. 层序 SQ1 该层序大致相当于早侏罗统八道湾组,在吐鲁番拗陷中的托克逊凹陷发育最好,其包括 2 个四级层序 SC1、SC2。在少量揭示该层序的钻/测井剖面中,层序的底界面 SB1 特征明显,为侏罗系与中上三叠统不整合接触,表现出岩性突变面。界面之上通常为河道成因、厚度变化较大的砂砾岩,

界面具河道底部冲刷面的性质。界面之下粒度明显变细,为泥质岩或砂泥岩不等厚互层沉积。顶界面 SB2 位于三工河组底部。该层序的识别标志是层序内发育侏罗系第一套煤层。基准面升降导致的地层旋回对称性较好,基准面上升半旋回与下降半旋回发育相当。自然电位、电阻率曲线及钻井剖面均揭示地层呈明显的由加积到退积再到进积的叠加样式。早期由一套冲积河流相的砾状砂岩、含砾砂岩、砂岩与灰色泥岩不等厚互层组成。随着基底沉降速率增加、可容纳空间增大,向上逐渐变为河沼相和湖沼相灰黑色泥岩、碳质泥岩与煤层。可容纳空间最大时期,湖侵作用发生,形成一套比较稳定的浅湖相深灰色泥岩沉积。后期基底沉降速率降低,可容纳空间也逐渐变小,辫状河三角洲的进积充填作用较强,形成了一套由砂泥岩不等厚互层为特征的粒向上变粗、水体向上变浅的反旋回沉积序列。

b. 层序 SQ2 该层序大致相当于早侏罗统三工河组,在吐鲁番拗陷中的台北凹陷北部最为发育,其包括 1 个四级层序 SC3。层序的底界面 SB2 为厚度变化较大的河道砂砾岩层的底部冲刷面,局部具有明显的河道下切特征;顶界面 SB3 位于西山窑组底部。该层序中基准面上升半旋回的厚度略大于基准面下降半旋回的厚度。其基准面上升半旋回由低可容纳空间条件下形成的多期分流河道砂砾岩以及河道间灰色泥岩组成。基准面下降半旋回主要发育滨浅湖沉积,由灰色、灰绿色、灰黑色泥岩夹厚度不等的砂岩、粉砂岩组成,偶夹泥灰岩。地层略呈退积叠加样式。

c. 层序 SQ3 该层序大致相当于西山窑组一段—三段,在吐鲁番拗陷中的台北凹陷东部保存完整,其包括 2 个四级层序 SC4、SC5。层序的底界面 SB3 为厚层河道砂岩底部的冲刷面。顶界面 SB4 大致相当于西山窑组四段的底部。层序的识别标志是发育侏罗系第二套煤层,煤层的发育使地层表现出高阻特征,形成侏罗系地层高阻值发育段。该层序具明显的不对称结构,基准面上升半旋回的厚度明显大于基准面下降半旋回的厚度。基准面上升早期扇三角洲发育,以厚度不等的砂岩夹泥岩、煤层为特征。由于扇三角洲规模不同,砂岩厚度变化较大,单层厚度达 10~100 m。沉积地层正韵律特征明显,砂岩厚度向上逐渐减薄,粒度变细,泥岩和煤层厚度逐渐增大,自然电位和电阻率曲线呈明显的退积叠加样式。在该背景下形成了以湖沼相为主的厚层灰黑色泥岩与煤层互层沉积。基准面下降期,辫状三角洲的进积充填作用较强,形成了一套由砂泥岩不等厚互层

为特征的粒度向上变粗、水体向上变浅的反旋回沉积序列,自然电位与电阻率曲线清晰地显示了这一特征。

**d. 层序 SQ<sup>4</sup>** 该层序大致相当于西山窑组四段一三间房组一段,在吐鲁番坳陷中的台北凹陷东部保存完整,其包括 2 个四级层序 SC<sup>6</sup>、SC<sup>7</sup>。层序底界面 SB<sup>4</sup> 具有明显的河道下切特征;顶界面 SB<sup>5</sup> 位于三间房组二段下部。基准面上升期,盆地边缘部位发育河流相沉积,地层呈退积叠加样式。湖盆主体以滨浅湖相灰绿色与杂色泥岩为主,出现低阻段,即所谓的“细脖子”泥岩段。基准面下降期盆地边缘部位辫状河三角洲发育,形成薄层的砂岩与灰色泥岩不等厚互层。

**e. 层序 SQ<sup>5</sup>** 该层序大致相当于三间房组二、三段,在吐鲁番坳陷中的整个台北凹陷都保存完整,其包括 1 个四级层序 SC<sup>8</sup>。层序底界面 SB<sup>5</sup> 发育厚层砂砾岩的底部冲刷面,如台参 2 井、鄯科 1 井。顶界面 SB<sup>6</sup> 位于七克台组的底部。在台北凹陷东部局部地区河道的冲刷作用不甚明显,至凹陷中心该界面表现为沉积作用的转换面。该层序总体上粒度较下部层序变细,煤层不发育,自然电位与电阻率曲线幅度显著降低。

**f. 层序 SQ<sup>6</sup>** 该层序大致相当于七克台组,在吐鲁番坳陷中的整个台北凹陷都保存完整,其包括 2 个四级层序 SC<sup>9</sup>、SC<sup>10</sup>。层序的底界面 SB<sup>6</sup> 上部发育一套稳定的滨湖亚相滨湖砂坝微相中、细砂岩,砂岩中含有大量的腕足类化石,顶界面 SB<sup>7</sup> 的存在首先是根据凹陷边缘地震反射剖面该界面之上出现的上超现象确定的。在钻测井剖面中,明显的标志是泥岩的颜色发生较大的变化,由灰色、深灰色突变为棕红色,同时自然电位曲线与电阻曲线开始出现平直段。基准面上升期滨浅湖砂滩相发育,以薄层细砂岩与灰绿色、灰黑色泥岩不等厚互层为特征,局部出现湖沼相煤层与煤线。在湖侵背景下,滩砂发生退积作用,砂岩厚度逐渐减薄,泥岩厚度逐渐增大,颜色变暗。之后,随着盆地基底上升,基准面下降,整个凹陷发育大套浅湖相泥质细粒沉积。

### 3 井间层序划分与对比

在露头剖面层序划分、钻/测井层序界面识别、单井层序划分的基础上,建立了吐鲁番坳陷东西向和南北向钻井层序地层对比剖面。通过 11 条南北向和 5 条东西向连井层序地层对比剖面的分析,初步建立了吐鲁番坳陷中下侏罗统的层序地层格架。发现吐鲁番坳陷中下侏罗统总体具有南薄北厚的地

层分布特点,中北部层序厚度大、层序发育齐全,向南部层序厚度明显减薄、层序数量减少,层序的岩相构成也明显变粗,反映南部地区原始沉积地貌较高,是盆地侏罗纪时的主要物源区。从东西向层序地层对比剖面看,具有东西两侧层序厚度薄、层序数量少、层序发育不全,而中部层序厚度大、层序数量多、层序发育齐全的特点,且在东部小草湖以东和西部托克逊以西,其层序中的岩相构成明显变粗,代表东西两侧原始沉积古地貌也较高,也存在沉积物源。

### 4 结语

**a.** 本次层序划分与前人划分有所不同(见图 2),从三级层序划分上,前人认为吐鲁番坳陷中下侏罗统层序地层划分应采用四分法,即八道湾组—三工河组、西山窑组、三间房组和七克台组分别相当于一个三级层序。而本次层序划分认为,八道湾组与三工河组之间的层序界面比较明显,钻/测井及野外露头剖面上均具有明显的厚层砂砾岩的底部冲刷面,局部具有明显的河道下切特征,尤其在托克逊凹陷表现比较突出,且易于连续对比追踪。再者,本次划分认为三间房组底部的一套湖相杂色泥岩带,即所谓“细脖子”泥岩带与下部西山窑组四段可作为一个完整的三级层序,中间不存在区域不整合面或沉积间断面,且该层序在整个台北凹陷较为发育。因此,本次划分把西山窑组和三间房组进行了三分,层序界面(不整合面或沉积间断面)分别相当于西山窑组底、西山窑组四段底、三间房组二段底和七克台组底。

**b.** 本次划分适时的运用高精度层序地层学理论,建立了吐鲁番坳陷中下侏罗统层序地层格架,即在中下侏罗统中可识别出 10 个四级层序和 6 个三级层序。通过区域地震剖面的层序地层研究,在中下侏罗统中,识别出了 6 个地震层序,并在骨干地震剖面上进行了追踪和闭合。通过合成地震记录,这 6 个地震层序可与钻井层序地层划分中的 6 个三级层序可对比。但四级层序在区域上追踪、对比较为困难,但在局部区块是完全可以对比的。

### 参考文献

- [1] 解习农,任建业,焦养泉,等.断陷盆地构造作用与层序样式[J].地质论评.1996,42(3):239—244.
- [2] 李文厚.吐哈盆地台北凹陷侏罗系层序地层学研究[J].石油与天然气地质.1997,18(3):210—215.
- [3] 邓宏文,王红亮,祝永军.高分辨率层序地层学——原理及应用[M].北京:地质出版社,2002:1—204.
- [4] 邓宏文,王红亮.层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J].石油与天然气地质.1996,17(3):177—184.