

吐-哈盆地台北凹陷侏罗系层序地层学研究

李文厚

(西北大学地质系, 西安 710069)

吐-哈盆地台北凹陷侏罗纪沉积地层可分成 4 个层序 10 个体系域, 在古构造、古地形、古气候和古物源供给等因素控制下, 层序内部发育低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域。根据地质、地震、测井及地球化学资料对吐-哈盆地台北凹陷侏罗系的层序地层学特征进行了研究, 认为台北凹陷侏罗纪沉积格局曾发生过显著变化, 早中侏罗世由南而北依次发育河流、沼泽和湖泊相沉积, 中侏罗世由南而北发育辫状河三角洲和湖泊相沉积, 中晚侏罗世由南而北则发育辫状河三角洲、湖泊和扇三角洲相沉积。其中沼泽相煤岩和较深湖相泥岩是良好的烃源岩, 辫状河三角洲、扇三角洲和河道砂体是物性较好的储层, 湖相泥岩是有利的盖层, 它们在垂向上构成了有利的生储盖组合。

关键词 台北凹陷 侏罗系 地层层序 体系域 生储盖组合

作者简介 李文厚 男 48 岁 副教授 沉积学

层序地层研究的成功经验主要源于大陆边缘盆地, 有关陆相盆地层序地层研究尚处在探索阶段。近年来, 非海相层序地层学的研究受到普遍的重视, 成为层序地层学今后进一步发展的一个重要领域^[1]。

吐鲁番-哈密盆地(简称吐-哈盆地)是一个以中、新生界为主体的内陆沉积盆地, 台北凹陷则是该盆地一级构造单元北部坳陷的一个最大凹陷, 面积约 9 600 km²。凹陷内侏罗系发育齐全, 自下而上为下侏罗统八道湾组(J_1b)、三工河组(J_1s), 中侏罗统西山窑组(J_2x)、三间房组(J_2s)、七克台组(J_2q)和上侏罗统齐古组(J_2q)、喀拉扎组(J_3k), 厚度大于 4 000 m。沉积建造以湖泊、沼泽、河流相的泥岩、粉砂岩、砂岩和煤岩为主, 蕴藏有丰富的石油、天然气和煤炭资源^[2]。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、多沉积中心等特点^[3], 为层序地层学的研究提供了物质基础。

1 地层层序分析

1.1 层序划分

台北凹陷侏罗系相当于一个二级层序, 可进一步划分出 4 个三级层序和 5 个层序边界(表 1)。4 套层序代表了 4 次主要的相对湖平面的升降过程(图 1), 湖平面的相对升降又控制着湖泊分布范围和生储盖层的展布。

表 1 台北凹陷侏罗系层序划分

地 层		层序界面特征	层序边界	层 序	体系域
白垩系	K	上超	——SB ₅ ——	IV	HST
喀拉扎组	J ₃ <i>k</i>	下剥			
齐古组	J ₃ <i>q</i>				
七克台组	J ₂ <i>q</i> ²	上超	——SB ₄ ——		TST
	J ₂ <i>q</i> ¹			LST	
三间房组	J ₂ <i>s</i> ³	下剥		——SB ₃ ——	III
	J ₂ <i>s</i> ²		TST		
	J ₂ <i>s</i> ¹	上超			
西山窑组	J ₂ <i>x</i> ⁴	下剥	——SB ₂ ——	II	HST
	J ₂ <i>x</i> ³				TST
	J ₂ <i>x</i> ²	上超			LST
	J ₂ <i>x</i> ¹				
三工河组	J ₁ <i>s</i>	下剥	——SB ₁ ——	I	TST
八道湾组	J ₁ <i>b</i>				LST
三叠系	T				

1.2 层序特征

1.2.1 第 I 层序

低水位体系域(J₁b) 沉积期, 盆地首次沉降, 沉积物分布范围小, 以辫状河为主的含煤地层广为发育, 次为湖泊沼泽及小型辫状河三角洲。湖区面积小, 盆地内河网交错, 植被繁茂。最大沉积厚度逾 1 000 m, 在地震相图上, 从 SE 到 NW 方向煤层反射的相位数逐渐增多, 反映了煤层发育程度变好, 煤层总厚度增加。这套煤系地层为凹陷中重要的烃源岩层之一, 由南向北逐渐增厚, 最厚逾 100 m。

湖侵体系域(J₁s) 沉积期, 盆地稳定下降, 湖水面上升, 沉积了灰绿色泥岩、粉砂质泥岩夹灰绿色薄层状粉砂岩和细砂岩, 下部常夹灰绿色砂岩, 可见鱼类及介形类化石, 与下伏八道湾组呈整合接触。三工河组的地震反射特征为弱振幅、中高频较连续亚平行反射。八道湾组煤层反射之上的上超现象反映三工河期发生过一次广泛的湖水入侵, 由于地势平缓, 湖水浅而分布广泛, 其沉积边界由八道湾组低水位期向东南方向扩张。

1.2.2 第 II 层序

低水位体系域(J₂x^{1~2}) 沉积期, 湖盆进一步扩张, 其分布范围较下侏罗统广阔, 并与下伏地层呈超覆不整合接触, 主要发育河流相、沼泽相及滨浅湖相的灰绿色及杂色泥岩。在地震剖

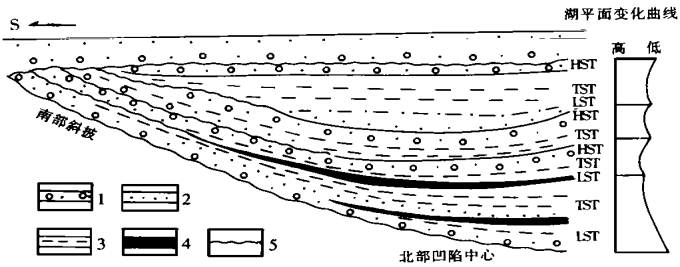


图 1 台北凹陷侏罗系层序地层学模式
1—砂砾岩; 2—砂岩; 3—泥岩; 4—煤层; 5—不整合

面上为连续的强振幅反射,煤层反射相位数具有由南向北逐渐增加,然后又减少的规律,反映了煤的发育程度,由差→好→差,煤层最厚处可达 200 m。当时的沉降中心和沉积中心均在博格达山前,从南到北由河流相、河流沼泽相过渡到滨湖沼泽相。其沉积环境同八道湾组类似,属低水位期沉积体系域。该体系域是台北凹陷分布最广的煤系地层和重要的烃源岩层。

湖侵体系域(J_2x^3)沉积期,盆地进一步沉降,水域面积增大,水体也有所加深,暗色湖相泥岩发育。地震剖面上为弱振幅-中高频地震反射,上超于其底部煤层反射之上。沉积环境转为以湖相为主。

高水位体系域(J_2x^4)沉积期,湖水面上升速率变缓乃至静止,凹陷南部斜坡抬升速率有所提高,盆地地形向北倾斜,在河流入湖处发育若干辫状河三角洲,岩性主要为灰色、灰绿色块状砂岩、砾状砂岩夹灰绿色泥岩,砂岩厚度较大,物性以低孔低渗为主,是台北凹陷主力储油层段之一。地震相由南到北主要由以下几个相带组成:低频弱振幅空白反射区、中频弱振幅连续反射区、中强振幅连续反射区、弱振幅较平行反射区、强振幅杂乱反射区。此时沉降中心仍在北部山前,沉积相由南到北为辫状河相、辫状河三角洲相、浅湖相(图 2)。因此,该体系域是在河流和辫状河三角洲不断向湖区推进而形成的一套沉积体系。

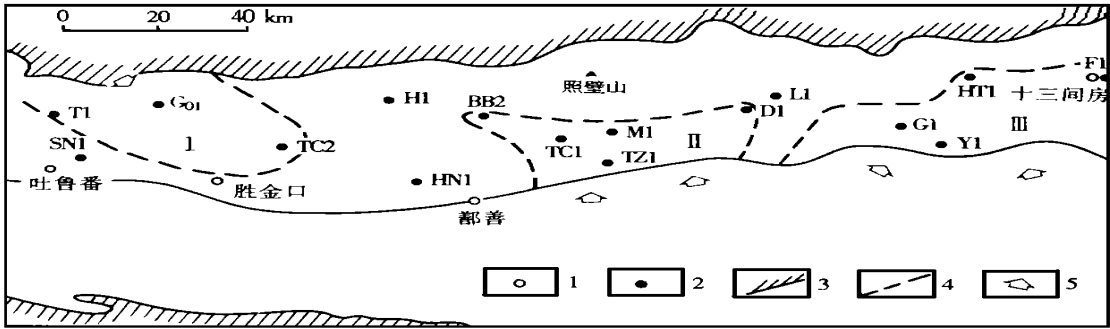


图 2 台北凹陷西山窑组层序Ⅱ高水位体系域沉积相图

I—七泉湖辫状河三角洲; II—温吉桑辫状河三角洲; III—疙瘩台辫状河三角洲
1—地名; 2—井位; 3—盆地边界; 4—砂体边界; 5—物源方向

1.2.3 第Ⅲ层序

湖侵体系域(J_2s^1)沉积期,主要为一套低频弱振幅反射,上超于西山窑组顶部,为一套向北加厚的浅湖相紫红、棕红、灰、灰绿色的杂色泥岩。沉降中心在北部山前,沉积环境从南到北有河流相、小型三角洲相、浅湖相、扇三角洲相。由于西山窑组沉积后迅速发生了湖侵,在本层序没有发育低水位期沉积体系域。

高水位体系域(J_2s^{2-3})沉积期,凹陷南部为辫状河三角洲沉积,北部为扇三角洲沉积。地震相主要为一套中强振幅、较连续-连续地震反射,北部山前带则有扇体前积反射,显然是一套河流、辫状河三角洲和扇三角洲不断向湖区推进而形成的沉积。沉积环境从南到北主要由河流相-辫状河三角洲相-浅湖相-扇三角洲相组成,浅湖相主要分布于凹陷中央一个狭长的范围内(图 3)。

1.2.4 第Ⅳ层序

低水位体系域(J_2q^1)沉积期,为一套砂泥岩互层夹薄煤层形成的强振幅稳定连续反射,反

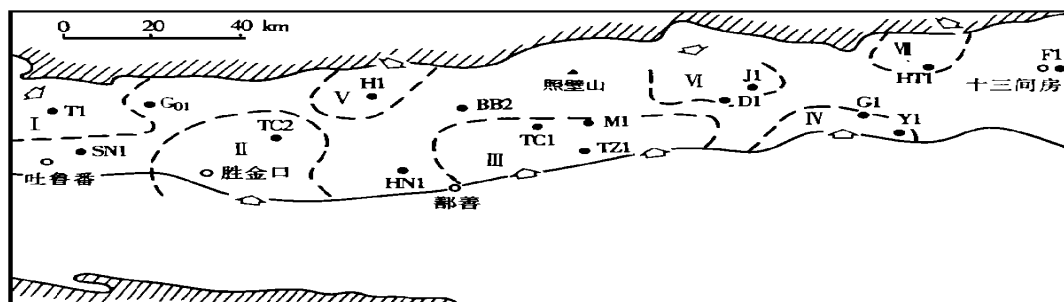


图3 台北凹陷三间房组层序Ⅲ高水位体系域沉积相图(图例同图2)

I—一七泉湖辫状河三角洲; II—胜北辫状河三角洲; III—温吉桑辫状河三角洲
IV—疙瘩台辫状河三角洲; V—H1井扇三角洲; VI—J1井扇三角洲; VII—HT1井扇三角洲

映了当时台北凹陷有一次较短期的沼泽相沉积环境,与第Ⅲ层序顶部呈超覆接触。

湖侵体系域沉积(J_2q^2)沉积期,主要为一套中弱振幅连续反射,上超于底部反射之上,为一套湖相暗色泥岩。沉降中心和沉积中心都在胜北地区,北部陡坡带发育扇三角洲及冲积扇相,南部缓坡以河流相为主,三角洲相不发育。地层中含鱼类、叶肢介及瓣鳃类化石,是重要的生油层段。

高水位体系域(J_3q-J_3k)沉积期,地层以红色泥岩夹灰紫色砂砾岩为特征,北部博格达山前带发育冲积扇沉积,湖区由北向南,由东向西逐渐推移萎缩,是凹陷的区域性盖层。

2 环境格局与沉积演化

大陆边缘盆地控制层序发育和形成的主要因素是海平面变化、沉降速率、沉积物供给及气候,但在陆相盆地中,控制层序发育的主要因素是基底沉降、沉积物供给和气候。气候条件主要影响沉积物类型,而构造沉降和沉积物供给则直接控制沉积体系空间配置和不同级别层序单元的界面,其中构造沉降是最关键的因素^[4]。研究表明,吐-哈盆地的古构造、古地形、古气候和古物源等因素直接控制着盆地的环境格局和沉积演化。

三叠纪末期,吐-哈盆地整体抬升,下侏罗统就是在这一背景上的充填式沉积。此时,气候温湿,植物繁盛,吐-哈盆地及其周围天山已基本上准平原化,普遍出现沼泽。台北凹陷东段,八道湾组在南缘主要发育辫状河沉积,北部则发育滨浅湖沉积,在二相带交汇处有时发育辫状河三角洲,显示古水流方向为自南而北。台北凹陷西段的西北方向八道湾组发育曲流河沉积,向东南方向则由漫滩沼泽、滨湖沼泽过渡为滨浅湖沉积,物质供给指向为自西北向东南。其中柯柯亚以西的煤窑沟和桃树园一带,八道湾组主要为曲流河沉积,砂岩的石英和云母含量可高达50%以上,磨圆、分选较好,三工河组沉积期,台北凹陷主要发育滨浅湖相沉积,砂岩碎屑组分中含有较多的石英,如煤窑沟剖面中的石英含量高达40%~50%。西山窑组总体为漫滩沼泽含煤沉积夹河道砂坝砂岩,沉积范围较下侏罗统有所扩大,局部发育有由漫滩沼泽演化而成的局限浅水湖泊沉积物。其中西山窑组一、二段除台北凹陷东部的北部发育滨浅湖相沉积外,其他地区均发育曲流河沉积,漫滩沼泽相广布,古水流指向为自南而北。西山窑组三、四段,台北凹陷南缘发育辫状河沉积,辫状河入湖处则发育一系列辫状河三角洲,盆地的主体部分以滨

浅湖相沉积占优势(图2)。除凹陷的西北部有一大型辫状河三角洲,显示古水流由西北向东南方向外,主要物质供给方向仍然是自南向北。该组是新疆北部分布最广的含煤沉积,常超覆于三叠系及上古生界之上。

台北凹陷中上侏罗统包括三间房组、七克台组、齐古组和喀拉扎组,此时盆地内部及盆地周缘差异升降运动逐渐增强,气候也由潮湿型向干旱-半干旱型转变,形成了一套紫红色、棕红色为主的杂色沉积建造,分布面积已大大缩小。三间房期和七克台期,台北凹陷的沉积格局发生了较大的变化,除仍然以南部物源为主体外,由于博格达山的隆起,北部也开始逐步成为物源区。此时,沉积盆地的范围比西山窑期大为缩小,湖盆中心也由凹陷的北缘向中部及西部发展。盆地南缘发育了辫状河沉积,向北入湖处,由西向东分布了一系列辫状河三角洲(图3);盆地北缘由西向东则出现了一系列扇三角洲,滨浅湖沉积仅局限于盆地的中部和西部一带。到了晚侏罗世齐古期和喀拉扎期,湖盆的范围更加狭小,尽管此时仍然为南北双向物源,但北部已成为主要物源区。

3 有利的生储盖组合

台北凹陷侏罗系沉积厚度巨大,垂向上具有完整的生储盖组合。通常湖侵体系域主要发育生油层,低水位体系域主要发育各类储集体,高水位体系域既发育各类储集体,又发育泥岩盖层,台北凹陷侏罗系低水位体系域也是重要的生油层,如八道湾组和西山窑组一、二段。

在湖侵体系域的较深湖区,湖底为还原环境,主要是泥质沉积,有机质以浮游生物和藻类为主。陆源植物残体混入物较少,因此有机质的质量好,干酪根为混合型(Ⅱ)和腐泥型(Ⅰ),有机碳含量也高,保存和转化条件都较好,是湖相中最好的生油相带。浅湖区湖底属半还原至半氧化环境,泥砂沉积为主,有机质除湖内水生生物外,陆源有机质大量增加,干酪根多属混合型(Ⅱ)和腐殖型(Ⅲ),保存和转化条件变差,有机碳含量减少,生烃能力降低。潮湿气候条件下的湖湾区内常有大量陆生植物生长,向滨湖沼泽和漫滩沼泽转化,并沉积丰富的煤炭层,干酪根为混合型(Ⅱ)和腐殖型(Ⅲ), $R_o > 1.2$,为有利的煤成烃生油层。对吐哈盆地煤岩有机质丰度评价结果是,八道湾组煤岩在台北凹陷为好烃源岩,西山窑组煤岩为较好烃源岩^[5]。

台北凹陷第Ⅰ层序、第Ⅱ层序和第Ⅲ层序低水位体系域和高水位体系域广泛发育辫状河、辫状河三角洲和扇三角洲砂体,虽然储层的物性普遍较差,以低孔低渗为主要特点,但比较起来,中侏罗统的物性相对较好。鄯善油田三间房组油层孔隙度一般为13.2%~15.7%,渗透率为 $3.5 \times 10^{-3} \sim 27.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;丘陵油田三间房组平均孔隙度14.1%,渗透率 $18.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,西山窑组孔隙度13.2%,渗透率 $6.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;温吉桑油田中侏罗统储层平均孔隙度15.6%,渗透率 $28.85 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

研究区第Ⅲ层序和第Ⅳ层序高水位体系域湖相泥岩和滨湖沼泽相泥岩沉积厚度较大,封盖能力较强,是较为有利的盖层。

参 考 文 献

- 1 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
- 2 胡见义,黄第藩.中国陆相石油地质理论基础.北京:石油工业出版社,1993.164~234
- 3 解习农,任建业,焦养泉等.断陷盆地构造作用与层序样式.地质论评,1996,42(3):239~244
- 4 解习农,李思田.陆相盆地层序地层研究特点.地质科技情报,1993,12(1):22~26
- 5 程克明.吐哈盆地油气生成.北京:石油工业出版社,1994.36~84

SEQUENCE STRATIGRAPHY OF JURASSIC IN TAIBEI SAG, TURPAN – HAMI BASIN

Li Wenhou

(*Department of Geology, Northwest University, Xian, Shaanxi*)

Abstract

4 sequences and 10 sedimentary system tracts could be identified in the sedimentary strata of the Jurassic in Taibei Sag of the Turpan-Hami Basin. The lowstand system tract, transgressive system tract and highstand system tract developed under the control of ancient structure, paleotopography, paleoclimate, sediment supply, and so on. In this paper, the sequence stratigraphy of the Jurassic in Taibei Sag is studied on the basis of geological, seismic, well logging and geochemical data. It is considered that sedimentary framework of the sag experienced great changes in Jurassic. From south to north, fluvial, swamp and lake deposits developed well in Early-Middle Jurassic. Braid river deltaic and lake deposits developed in Middle Jurassic; and braid river, lake and fan deltaic deposits developed in Middle-Late Jurassic. Among them, coal bed of swamp and mudstone of deep lake are good hydrocarbon source rocks, braid river delta, fan delta and river channel sand bodies are good reservoirs, and lake mudstone is good cover rock. They constitute vertically favourable source-reservoir-cap rock assemblages.

(上接第 209 页)

FLUID DYNAMIC MECHANISM OF UPPER TRIASSIC RESERVOIR IN WEST SICHUAN FORELAND BASIN

Zhao Yongsheng

(*State Key Lab. of Oil/Gas Reservoir Geology and Exploration,
Chengdu Institute of Technology, Chengdu, Sichuan*)

Abstract

The Upper Triassic reservoir in west Sichuan foreland basin has experienced normal compaction and ancompaction. Restored paleofluid dynamic field shows that Upper Triassic fluids primarily migrated towards lower fluid potential area and central Sichuan in the late stages of the Early and Late Jurassic; Jiangyou, Mianzhu, Xiaoqian, Sansuchang, Sumatou and Sandawan regions are favourable places for hydrocarbon accumulation.