

吐哈盆地侏罗系沉积相带与砂体的展布特征

李文厚 柳益群 冯 乔

(西北大学地质系, 西安 710069)

王武和 杨珍祥 李华明

(吐哈油田勘探开发研究院, 新疆哈密 839001)

吐哈盆地侏罗系广泛发育冲积扇、河流、湖泊、扇三角洲、辫状河三角洲及曲流河三角洲相沉积。其中的中侏罗统西山窑组、三间房组和七克台组辫状河三角洲前缘水下分流河道、扇三角洲前缘水下分流河道、辫状河河道砂坝及滨浅湖滩砂等相带是良好的储集砂体,其纵向发育和横向展布是今后油气田勘探的一个重要研究课题。

关键词 吐哈盆地 侏罗系 沉积相带 砂体展布 辫状河三角洲

第一作者简介 李文厚 男 48岁 副教授 沉积学

0 前 言

吐哈盆地位于新疆东部,西起喀拉乌成山,东至梧桐窝子泉附近,北依高耸的博格达山和哈尔里克山,南抵低矮的觉罗塔格山。东西长约600km,南北宽约60~130km,总面积约53000km²。近年来的研究表明,吐哈盆地在平面上具有多物源、多沉积体系、沉积相带大体呈环带状展布的特点。侏罗纪盆地内广泛发育冲积扇沉积体系、河流沉积体系、湖泊沉积体系、扇三角洲沉积体系、辫状河三角洲沉积体系和曲流河三角洲沉积体系。其中辫状河三角洲前缘水下分流河道、扇三角洲前缘水下分流河道、辫状河河道砂坝和滨浅湖滩砂等均是良好的油气储集体。调查储层砂体的纵向发育和横向展布,了解储层物性特征及其变化规律,是目前勘探部署所面临的重大课题之一。

1 区域构造格架

侏罗纪时,吐哈盆地沉降中心偏北,盆地南部呈斜坡向隆起过渡,构造单元分为北部拗陷、艾丁湖斜坡和南湖隆起3个一级单元和若干个2级构造单元。北部拗陷呈东西分块之势,进一步分为布尔加凸起、托克逊拗陷、台北拗陷、哈密拗陷、黄田凸起,是侏罗系油气勘探的主要地区;构造成排成带出现,构造带多受断裂控制,呈北东向或北西向。侏罗系是吐哈盆地第4套生油岩,也是最主要的生油岩。目前,

北部拗陷已发现20多个2级构造带,多数集中在台北拗陷,其中丘陵和温吉桑构造带是油气非常富集的构造带。

2 下侏罗统沉积相带与砂体展布

下侏罗统八道湾组和三工河组是在地势起伏不大,气候潮湿多雨的条件下形成的泛盆地沉积,原始沉积范围大大超出了现今盆地的范围。这期间沉积的水体不深,无统一的汇水湖盆。因气候温暖潮湿,剥蚀区和沉积区都有植被生长,包括松柏类、苏铁类、银杏类和蕨类等木本及草本植物,从而沉积了一套以河湖沼泽为主,以湖相为次的暗色沉积组合,发育含煤层段,构成煤成烃的物质基础。

台北拗陷西部和托克逊拗陷八道湾组主要发育曲流河、滨湖沼泽及滨浅湖沉积,台北拗陷东部和哈密拗陷则发育冲积扇、辫状河、滨湖沼泽及浅湖沉积,在哈2和哈3井附近发育物源来自东北部的辫状河三角洲沉积。由于物源主要来自南部,因此浅湖沉积主要集中在台北拗陷北部的山前带以及哈密拗陷的北部。三工河组湖盆的范围有所扩大,浅湖沉积广布。总的看来,八道湾组主要发育辫状河和曲流河河道砂坝、小型辫状河三角洲及滨浅湖滩砂等砂体,而三工河组则以滨浅湖滩砂砂体为主。

从目前的钻井结果来看,下侏罗统在盆地内埋藏有深有浅,如托参1井八道湾组底界只有2120m,而台参1井钻达4466.9m还未抵达八道湾的底界。孔隙度和渗透率分析结果表明下侏罗统储集层属低

孔低渗型。当然,在纵向上随深度的加深,孔隙度并不是变得很小,而是存在多个次生孔隙发育带,镜下观察表明,孔隙主要为颗粒的溶解及孔隙再生,以及大量裂缝的发育。总之,寻找下侏罗统有利油气聚集带应从沉积体系的展布、次生孔隙的发育以及断裂系的分布等因素进行分析。

3 西山窑组 1、2 段沉积相与砂体展布

西山窑组 1、2 段沉积期,气候潮湿,构造活动平静,湖水下降,盆地发生明显的扩张。此时,湖盆的沼泽广布,为湖泊沼泽充填形式的沉积。台北凹陷西部以河流和漫滩沼泽沉积为主,台北凹陷东部及哈密拗陷北部才有滨浅湖沉积。盆地的四周没有大型河流供给足够的碎屑物以形成大型三角洲,仅在局部边缘地区发育小型的扇体或三角洲,哈 2 井和哈 3 井附近仍然发育辫状河三角洲。

西山窑组 1、2 段的储集砂体常见的有曲流河河道砂坝和小型辫状河三角洲,由于其规模大都很小,且埋深较大,加之煤系地层的特殊成岩作用影响,物性普遍较差。

4 西山窑组 3、4 段沉积相与砂体展布

西山窑组 3、4 段沉积期,吐哈盆地北部边缘缓

慢下沉,湖区逐渐向下沉区收缩。南部的辫状河三角洲逐渐向盆地中心扩展,使大面积湖区淤塞变浅沼泽化。沉积层序为湖相泥岩、沼泽化的高炭泥岩、煤岩与辫状河三角洲砂岩不等厚间互。在火焰山以南的水退区煤层厚度大、集中,分布比较稳定;而在盆地中央和北部下沉区,由于湖水的相对集中,水体加深,反而表现出水体由浅变深的水进沉积序列,因而煤层少而薄,横向变化大,稳定性差。

从西到东,盆地南部发育有温吉桑和疙瘩台两个大型辫状河三角洲,西北部发育七泉湖大型辫状河三角洲(图 1),东北部发育哈 2 井—哈 3 井大型辫状河三角洲,这 4 个辫状河三角洲的面积每个都在 700km² 以上。此外,在盆地的周边还发育一些小型的三角洲。

4.1 七泉湖辫状河三角洲

七泉湖辫状河三角洲范围包括朗 1、窑 1、泉 1、果 1、尤 1、桃 1、葡北 1、葡北 2、葡北 5、葡北 101 及葡北 103 等井,最东南端可达胜北 1 井和台参 2 井,面积约 1200km²(图 1)。物源来自北西方向的低缓隆起带。砂体厚度朗 1 井 98m,桃 1 井 40m,葡北 103 井 84m,葡北 101 井 80m,台参 2 井 58m,分别占地层总厚度的 41%、19%、34%、46%和 33%,单砂层最大厚度达 40m。泉 1 井孔隙度一般 2.69%~16.2%,平均 11.7%,渗透率一般 0.06×10⁻³~27.1×10⁻³μm²,平均 6.2×10⁻³μm²。

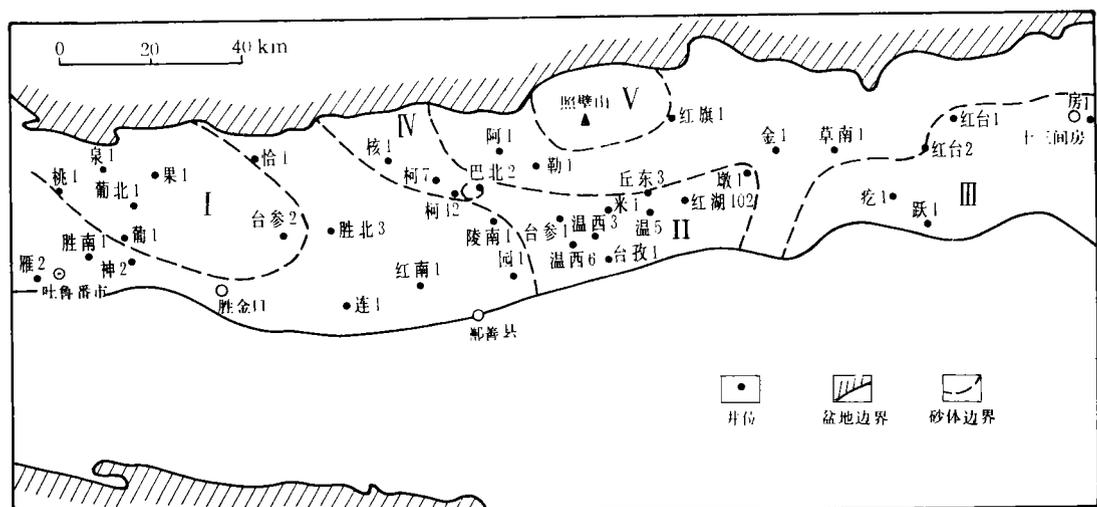


图 1 吐哈盆地台北凹陷西山窑组 3、4 段沉积相平面展布图
 I. 七泉湖辫状河三角洲; II. 温吉桑辫状河三角洲; III. 疙瘩台辫状河三角洲;
 IV. 核 1 井扇三角洲; V. 照壁山扇三角洲

4.2 温吉桑辫状河三角洲

温吉桑辫状河三角洲范围包括温西 6、温西 3、温西 2、温 5、红湖 2、红湖 1、温 1、温西 1、米 1、米 3、台参 1、鄯 1、陵深 1 及巴北 2 井,最西北端可达柯 13 和柯 14 井,面积约 700km²(图 1)。物源来自其南部的艾丁湖斜坡及南湖隆起。砂体厚度温西 2 井 350m,红湖 1 井 268m,温西 1 井 256m,米 1 井 352m,台参 1 井 188m,陵深 1 井 248m,巴北 2 井 132m,柯 14 井 188m,柯 13 井 186m,分别占地层总厚度的 60%、47%、53%、68%、46%、36%、33%、46%和 39%,单砂层最大厚度达 70m,温西 3 井孔隙度一般 3.89%~17.2%,平均 13.2%,渗透率 $0.05 \times 10^{-3} \sim 96.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $7.23 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,台参 1 井孔隙度一般 1.2%~18%,平均 10.5%,渗透率一般 $0.05 \times 10^{-3} \sim 41.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $9.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

4.3 疙瘩台辫状河三角洲

疙瘩台辫状河三角洲范围包括疙 1、疙 2、疙西 1、红台 1、红台 2、红台 3、红台 4、红台 5、红台 201、红台 202、跃 1 及房 1 井,面积约 900km²。物源来自其南部的艾丁湖斜坡及南湖隆起。砂体厚度疙 1 井 280m,红台 2 井 188m,跃 1 井 230m,房 1 井 108m,分别占地层总厚度的 56%、42%、72%和 57%,单砂层最大厚度达 110m。红台 1 井孔隙度一般 1.57%~12.5%,平均 9.92%,渗透率 $0.05 \times 10^{-3} \sim 12 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $1.23 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;疙 1 井孔隙度一般 4.25%~17.0%,平均 13.3%,渗透率 $0.05 \times 10^{-3} \sim 283 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $28.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

4.4 哈 2 井—哈 3 井辫状河三角洲

哈 2 井—哈 3 井辫状河三角洲范围包括哈 2 井和哈 3 井及其以西广大范围,面积约 1000km²。物源来自北东方向的哈尔里克山。砂体厚度哈 2 井 120m,哈 3 井 74m,分别占地层总厚度的 45%和 39%,单砂层最大厚度达 42m,孔隙度一般 2.07%~6.28%,平均 4.01%,渗透率小于 $0.05 \times 10^{-3} \sim 0.22 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属特低孔、特低渗储层。

5 三间房组沉积相与砂体展布

三间房组沉积早期,气候由潮湿变为干旱,台北凹陷东部明显抬升,导致该区南部西山窑组 4 段部分遭受削蚀。博格达山东段已逐渐上升,并开始向盆地提供沉积物,因此在博格达山前发育冲积扇及扇

三角洲沉积,地层厚度巨大,表现为快速沉降和快速堆积的特征。沉积中心向南迁移,盆地南部发育一系列辫状河三角洲。至三间房中晚期,湖水面上升,沉积物补偿充足,盆地南部发育一系列规模相对较小的辫状河三角洲。这是由于降雨量小,水流能量远不及西山窑组,因而砂体的厚度和延伸距离也不及西山窑期。

从西到东,盆地的北部主要发育核 1 井扇三角洲、金 1 井扇三角洲、红台 1 井扇三角洲;盆地的南部发育胜北辫状河三角洲(面积约 900km²)、温吉桑辫状河三角洲(面积约 1000km²)及疙瘩台辫状河三角洲(面积约 300km²),西北部仍然发育七泉湖辫状河三角洲(面积约 350km²)(图 2),东北部发育三堡 1 井北部辫状河三角洲(面积约 200km²)。上述砂体孔隙度多分布在 10%~20%之间,而渗透率变化范围大。平面上仍以七泉湖、七克台带及其北缘和温吉桑、丘陵构造带物性较好,多为中孔中低渗储层,并有少数中孔中—高渗型。其次为鄯善、米登、柯柯亚、红台—小草湖及火焰山带等,多为低孔特低渗储层($\Phi=10\% \sim 15\%$, $K=1 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)。其它广大区域储层物性普遍差,绝大多数为特低孔和特低渗型($\Phi < 10\%$, $K < 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$),为无效层,少部分为低孔特低渗型。其中温吉桑辫状河三角洲西起陵南 1 井附近,东到莺 1 井、北至米登、丘陵地区,南以中央断裂为界,东西宽 56km,南北延伸 26km,面积约 1000km²。温吉桑砂体储层孔隙度 3.78%~23.2%,平均 14.4%,渗透率 $0.05 \times 10^{-3} \sim 1151 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $51.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,物性在平面上由南向北逐渐变差。目前在该砂体上发现了 8 个油气藏。由于砂体向北尖灭,因而砂体北部的油气藏受构造和岩性双重控制,属岩性—构造油气藏。研究证明,砂体含油性能除了受储集性能的控制以外,油源是非常重要的条件。围绕丘东、胜北等次凹的砂体具有近油源、优先捕获油气的特点,远离生油凹陷的砂体充满度明显下降,甚至无油气显示。此外,同一类型砂体不同相带含油性也有差别,以辫状河三角洲为例,目前所发现的油气田基本上全位于砂体前缘,这也与近油源和含砂量适中有关。

6 七克台组沉积相与砂体展布

三间房组沉积末期,湖盆及沉积范围逐渐缩小,以致使盆地的较高部位暴露于水上,遭受剥蚀,局部

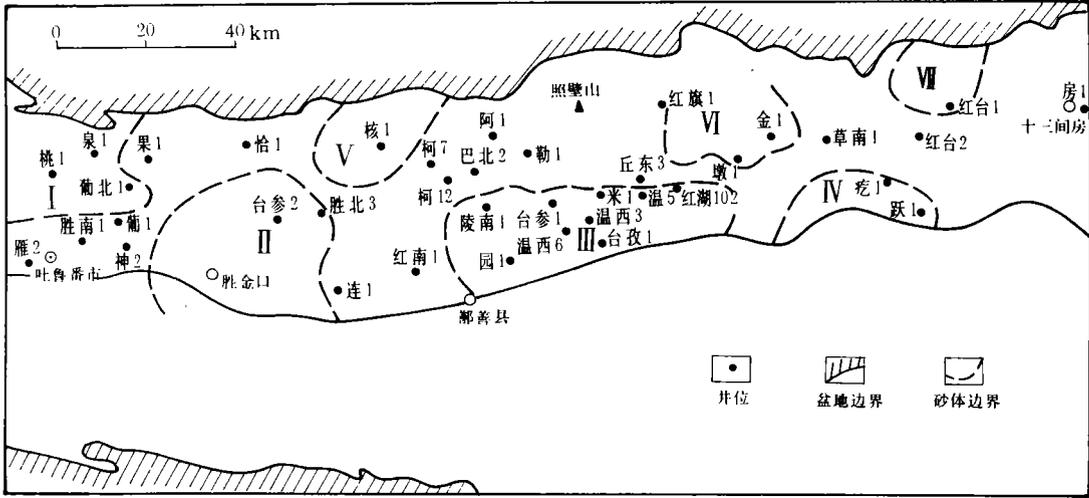


图 2 吐哈盆地台北凹陷三间房组沉积相平面展布图

I. 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. 核 1 井扇三角洲; VI. 金 1 井扇三角洲; VII. 红台 1 井扇三角洲

形成了三间房组与七克台组之间的不整合。七克台早期,盆地由于淤塞充填而趋于平坦。气候一度潮湿,盆地再次普遍沼泽化,沉积了一套厚度不足 100m 的滨浅湖滩砂及小型三角洲含薄煤层。后期,湖泊水位不断升高,泥炭沼泽被水覆盖,发展为浅湖—较深湖相沉积,湖盆主体也迁移到了胜北次凹。七克台期台北凹陷的古地形继承了早期北陡南缓、北高南低的面貌,北部山前发育了核 1 井扇三角洲和萨 1 井—金 1 井扇三角洲,南部发育胜金口辫状河

三角洲(面积约 900km²)、鄯善辫状河三角洲(面积约 400km²)和疙瘩 6 井南部辫状河三角洲(面积约 150km²)(图 3)。

七克台组砂体最大特征是砂体面积小,厚度薄,滨浅湖滩砂发育,砂体厚度一般在 100m 左右,单砂层厚度一般为 2~5m,最厚仅 7m。盆地北部砂体岩性主要为浅灰色砂砾岩与棕红、浅灰色泥岩不等厚互层,岩石类型以岩屑砂岩为主,物性较差。而盆地南部砂体岩性为浅灰、灰绿色细砂岩、粉砂岩、泥质

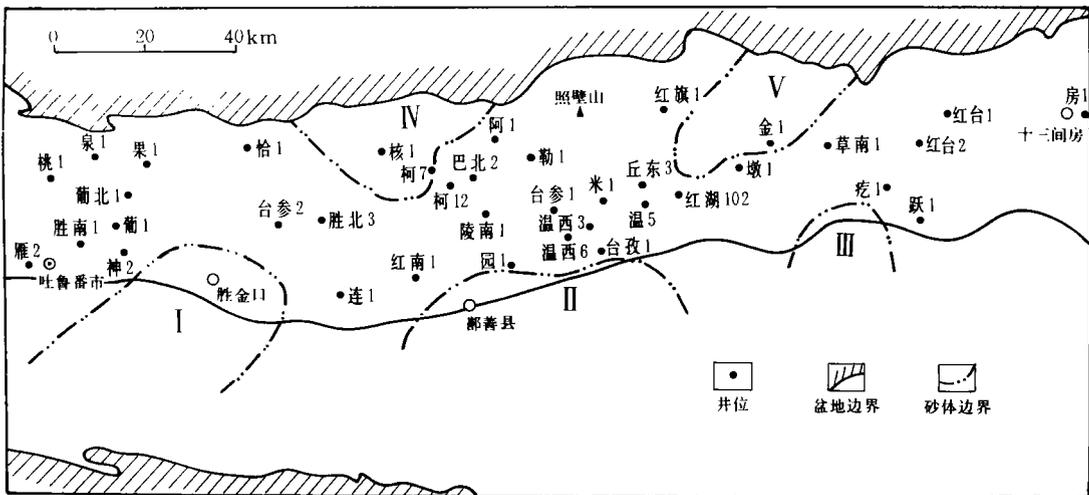


图 3 吐哈盆地台北凹陷七克台组沉积相平面展布图

I. 胜北辫状河三角洲; II. 温吉桑辫状河三角洲; III. 疙瘩台辫状河三角洲; IV. 核 1 井扇三角洲; V. 金 1 井扇三角洲

粉砂岩、泥岩与灰黑色炭质泥岩及煤互层,岩石类型以长石岩屑砂岩为主。储集性能较差,但在后期成岩作用影响下,物性有所改善。平面上以南部火焰山-七克台构造带物性最好,孔隙度一般 8.8%~28.9%,渗透率一般 $0.1 \times 10^{-3} \sim 973 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,盆地中央次之,北部最差。

焰山构造带,盆内覆盖区分布于台北凹陷中部及吐鲁番-鲁克沁向斜一带,岩性以棕红色砂砾岩为主,北粗南细。在胜北次凹和丘东次凹厚度较大,最大厚度 400m 左右。鄯善弧形构造带和火焰山构造带厚度较薄,一般为 150m 左右。自凹陷中央向北被剥蚀,向南过火焰山逐渐尖灭。

7 上侏罗统沉积相与砂体展布

晚侏罗世时,由于博格达山快速抬升且向南挤压,造成盆地面积减小,主要局限在台北凹陷的西部。齐古组主要分布在台北凹陷,以大套红色泥岩及粉砂质泥岩、砂岩、砂砾岩为主,岩性自西向东砂质成分增多,颜色变杂。自凹陷中心向边缘,岩性变粗,厚度减薄,最大厚度近 1200m。喀拉扎组仅出露于火

参 考 文 献

- 1 顾家裕等著. 沉积相与油气. 北京:石油工业出版社,1994
- 2 李文厚等. 吐鲁番-哈密盆地的两种粗碎屑三角洲. 沉积学报. 1996,14(3)
- 3 薛良清等. 扇三角洲、辫状河三角洲与三角洲体系的分类. 地质学报,1991,65(2)

(收稿日期:1996 年 11 月 18 日)

DISTRIBUTING CHARACTERISTICS OF SEDIMENTARY FACIES BELTS AND SANDSTONE BODIES OF JURASSIC IN TURPAN—HAMI BASIN

Li Wengou Liu Yiqun Feng Qiao

(Department of Geology, Northwest University, Xian 710069)

Wang Wuhe Yang Zhenxiang Li Huaming

(Research Institute of Petroleum Exploration Department, Turpan—Hami Oilfield, Xinjiang Hami 839001)

Abstract

Alluvial fan, fluvial, lake, fan delta, braid river delta and meandering river delta facies sediments are widely developed in Jurassic in Turpan-Hami basin. The good reservoir sandstone bodies include the facies belts of underwater distributary channel of braid deltas front, underwater distributary channel of fan deltas front, stream channel bar of braid river and beach sands of shore shallow-lake in middle Jurassic (Xishanyao Formation, Sanjianfang Formation, Qiketai Formation). Its vertical development and lateral spreading will be an important subject of oilfield exploration in the future.