

61-69

民和盆地巴州坳陷中侏罗 一下白垩统沉积相序列及其含油气意义

邓 涛

(西北大学地质系, 西安, 710069)

p512.2
p618.130.2

内容摘要 民和盆地巴州坳陷的中侏罗一下白垩统主要发育曲流河、辫状河、滨浅湖、水下扇和三角洲沉积。窑街组的漫滩沼泽和湖湾沉积是主要的生油岩系, 享堂组、大通河组和河口组的河道砂坝、湖滩砂体和水下扇水道砂体是主要的储集层。其中, 河道砂坝是最重要的。由于受成岩作用影响, 孔隙度和渗透率都较低, 裂缝-溶蚀孔隙改善了储层的储集性能。根据沉积特征, 提出滨浅湖砂滩和水下扇水道是值得注意的有利储集相带。中侏罗统以上的滨浅湖泥岩和粉砂质泥岩是主要的盖层。

关键词 民和盆地, 巴州坳陷, 中侏罗一下白垩统, 沉积相, 含油气性, 油气藏

民和盆地位于甘、青两省交界地带, 是一个在印支运动后发育于中祁连隆起带东端的中新生代断拗山间盆地, 民和盆地由西南部的巴州坳陷、中部的周家台隆起和东北部的永登坳陷3部分组成。前人已在民和盆地做了不少的地质工作, 在盆地中也开发了虎头崖小型油田。为了进一步探索民和盆地巴州坳陷的含油气远景, 笔者根据钻井剖面并结合地面露头, 利用岩性、沉积构造、粒度分析、古生物化石、地球化学特征、测井曲线、沉积韵律和沉积旋回等资料对巴州坳陷井下的中侏罗一下白垩统地层进行了沉积微相的划分, 初步建立了窑街组—河口组的沉积相序列, 并探讨了沉积相与含油气性之间的关系。

1 中、上侏罗统的沉积相分析

窑街组的暗色含煤及油页岩沉积为本区重要的烃源岩, 笔者以窑街组为起点, 建立起中上侏罗统的沉积相序列(图1)。由下而上描述如下:

1.1 中侏罗统窑街组

窑街组一段: 厚112 m, 为灰色中细粒石英砂岩、岩屑砂岩及粉砂岩夹棕红色泥岩。粒度概率曲线为二段式, 代表曲流河河道砂坝的特征。下部为块状的河道砂坝沉积(边滩), 中部为粉砂岩构成的天然堤沉积, 上部为泥质粉砂岩、泥岩、碳质泥岩及煤层组成的河漫滩沉积。自然伽玛曲线呈密集小齿状, 多介于50—100 API之间, 顶部个别尖峰可达138 API; 深感应曲线顶部低值, 4—12 $\Omega \cdot m$, 中下部呈尖刺状, 起伏较大, 6.7—59.7 $\Omega \cdot m$ 。测井曲线组合形态为钟形, 齿中线的内收敛。本段的砂岩粒度变化大, 从粗砂岩到细砂岩, 说明沉积时

收稿日期: 1996-02-06 改回: 1996-09-10

作者简介: 邓涛, 男, 生于1963年, 西北大学, 博士, 主要从事沉积学及新生代地质与环境研究。

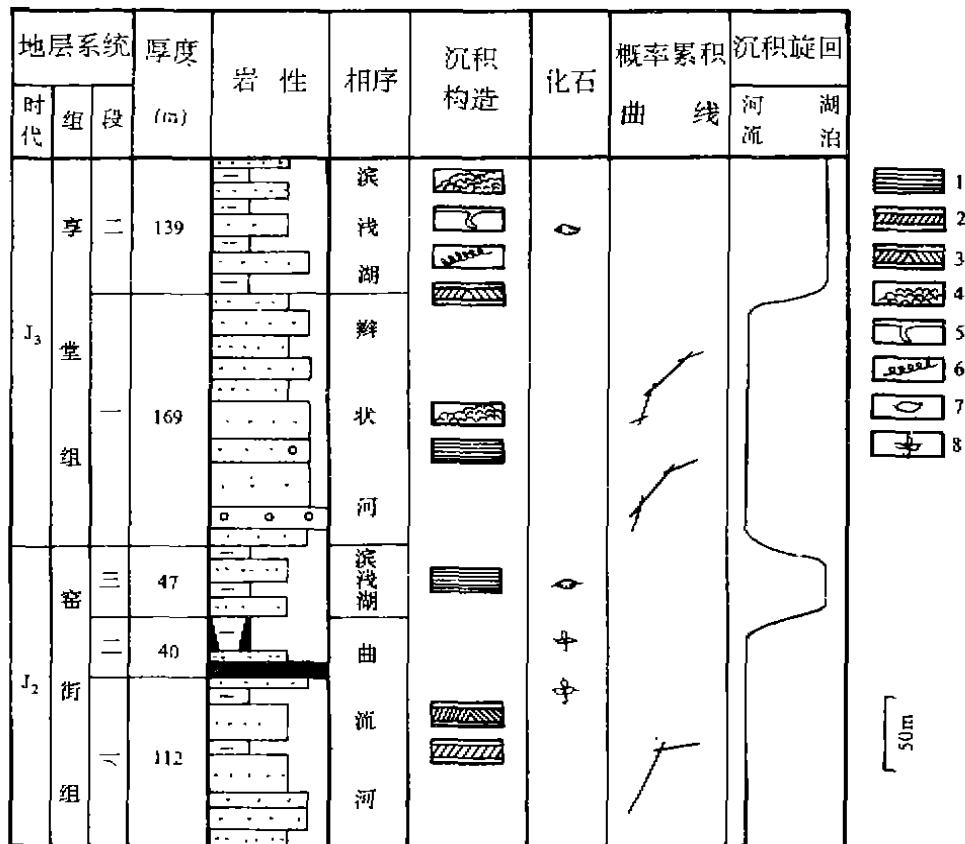


图1 巴州坳陷中、上侏罗统沉积相序列

Fig. 1 Sedimentary sequence of the Middle and Upper Jurassic in the Bazhou Depression

1. 水平层理; 2. 斜层理; 3. 交错层理; 4. 纱纹层理; 5. 垂直虫孔; 6. 水平虫迹; 7. 介形虫; 8. 植物碎片

水动力较强，沉积层序中正粒序明显。具二元结构，下部的河道砂坝和天然堤以侧向加积为主；上部的河漫滩以及漫滩沼泽，以垂向加积为主。综合上述特征，窑街组一段为曲流河相沉积（图2）。

窑街组二段：厚40m，为褐灰色碳质泥岩与煤层互层，夹多层油页岩及一薄层灰绿色细砂岩。粒度概率曲线为二段式。自然伽玛曲线顶为长齿状，30—128 API，中部为不规则小齿状，90—110 API，起伏甚微，下部呈宽齿状，变化幅度较大，40—152 API；深感应曲线顶底呈尖刺状高阻，均大于12 Ω·m，最高可达129 Ω·m，中部低阻，4—8 Ω·m。酞酐根以Ⅰ型为主，也有部分Ⅱ型。因此，腐植型占较大比例，有部分腐泥型。腐植型酞酐根代表的沉积水体较浅，并有河流作用不断带来众多的陆生高等植物并沉积下来；有机碳含量高，也说明植物繁盛；部分腐泥型酞酐根代表湖水周期性短暂侵入形成的滞留湖湾沉积，油页岩即是其典型产物。综合分析表明，窑街组二段主要为漫滩沼泽与湖湾相沉积（图2）。

窑街组三段：厚47m，为灰绿色粉砂岩与褐灰色泥岩频繁互层，中下部以粉砂岩为主，上部以泥岩为主。自然伽玛曲线呈密集齿状，多介于80—120 API之间，最小仅30 API；深

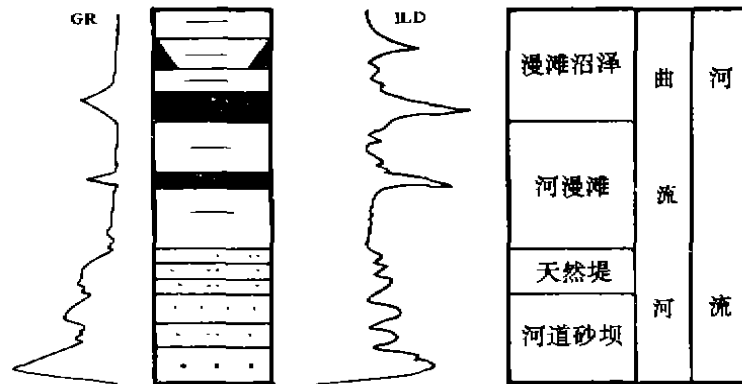


图 2 中侏罗统宿衙组曲流河沉积序列及其岩电特征图

Fig. 2 Sedimentary sequence of the meander stream in the Yaojie Formation of the Middle Jurassic and its logging characteristics

感应曲线呈尖刀峰，低—中阻， $3-24.5 \Omega \cdot m$ 。综合判断本段为滨浅湖亚相，由下部的砂滩沉积和上部的泥坪沉积组成。

1.2 上侏罗统享堂组

享堂组一段：厚 169 m，为灰色砾岩、含砾不等粒—细粒石英砂岩、岩屑砂岩夹棕红色、灰色泥岩。砾岩为块状结构，粒度概率曲线为二段式或三段式，代表辫状河的特征。岩芯中可见旋回底部为含砾粗砂岩，向上依次过渡为粗砂岩、中砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩和粉砂质泥岩，水平纹层发育。砾石质为主代表了辫状河上游的纵向砂坝沉积，砂质为主代表了辫状河中下游的横向砂坝沉积。自然伽玛曲线呈宽齿状间以槽状，下部呈尖峰状与槽状相间，

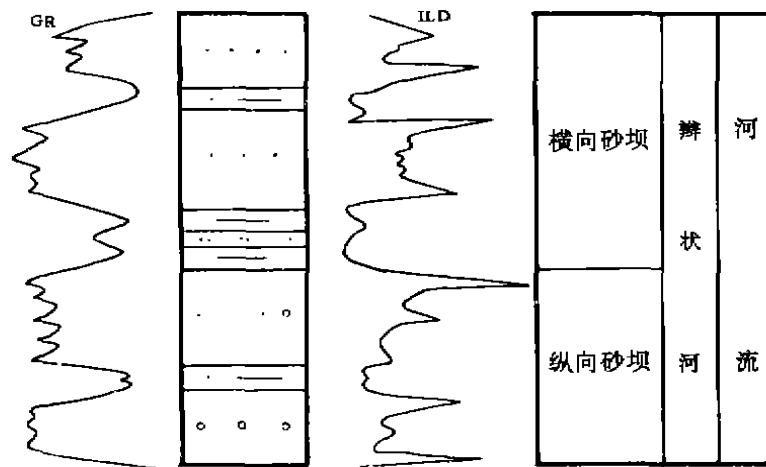


图 3 上侏罗统享堂组辫状河沉积序列及其岩电特征图

Fig. 3 Sedimentary sequence of the braided stream in the Xiangtang Formation of the Upper Jurassic and its logging characteristics

39—150 API, 起伏较大; 深感应曲线呈尖刀峰及尖刺状, $4.1-78 \Omega \cdot m$, 起伏变化也较大。测井曲线组合形态, 河道砂坝以箱型为主, 因向上泥岩变厚, 基线变明显, 曲线形态由齿化向微齿过渡。根据微量元素中相当硼含量及其古盐度计算方法(刘宝珺等, 1985), 证实本段为淡水水体。本段沉积具有以下特点: 粒级较粗, 砂砾岩发育, 局部夹粉砂和粘土, 形成所谓的“砂包泥”; 呈块状层理; 不发育泛滥平原的细粒沉积物。这些是典型的辫状河沉积特点(孙永传等, 1986), 本段由下部的纵向砂坝和上部的横向砂坝组成(图3)。

享堂组二段: 厚 139 m, 为深灰色含砾不等粒和细粒石英砂岩与粉砂岩、泥质粉砂岩和棕红色泥岩互层。岩芯观察可见小型交错层理和沙纹交错层理、泥质岩中生物扰动强烈, 虫迹、虫孔分布普遍。砂岩分选中等, 磨圆度次棱角一次圆状, 粒度概率曲线为二段式。稀土元素分析表明 Eu 亏损, δEu 为 0.26, 代表弱氧化环境(刘岫峰, 1991)。自然伽玛曲线顶部呈尖刀峰, 56—160 API, 起伏较大, 中下部呈小齿状间以槽状; 深感应曲线呈尖刺状, $8-50 \Omega \cdot m$, 变化幅度中等。测井曲线组合形态有代表滩相的钟形纵向叠加。综合判断本段为滨浅湖相沉积, 由砂泥坪、沙滩组成。

2 下白垩统的沉积相分析

下白垩统大通河组和河口组在地面露头已见油气显示, 是该地区重要的储集层段, 为此我们建立了巴州坳陷井下的下白垩统沉积相序列(图4):

2.1 下白垩统下部大通河组

大通河组 1 段: 厚 82 m, 底部为杂色砾岩, 向上递变为深灰色含砾不等粒石英砂岩、粉砂岩和棕褐色泥岩。岩芯观察可见砾岩最大砾径为 5 cm, 砾石成分中以石英岩、脉石英、变质岩和花岗岩为主, 分选差, 磨圆度次棱角一次圆状。中粗粒砂岩中斜层理发育, 粉砂岩发育爬升沙纹层理和脉状层理, 泥岩层面上可见分枝状水平虫迹。本段构成由粗到细的正旋回, 粒度概率曲线为三段式, 代表有少量滚动总体的曲流河特征。盐度计算表明为淡水环境。稀土元素分析 δEu 为 0.17, Eu 亏损, 代表弱氧化状态下的沉积。自然伽玛曲线呈齿状低值, 多在 40—75 API 之间, 个别尖峰达 115 API, 向上为齿状与槽状相间; 深感应曲线起伏较大, $5-50 \Omega \cdot m$ 。测井曲线组合形态, 下部的河道砂坝为箱形向钟形过渡, 整个层序具有钟形的特点。综合判断本段为曲流河沉积, 由下而上分别为河床滞留沉积、砂坝和河漫滩。

大通河组 2 段: 厚 58 m, 为褐色泥岩夹棕色粉砂岩。岩芯观察见底部具泥砾层和冲刷面, 可见液化构造, 为典型水下扇重力流沉积特征(邓涛, 1993, 1995), 泥岩具块状层理。但沉积物与滨浅湖相并无严格界限, 粒度概率曲线为类似浅湖沉积的三段式, 生物化石为代表浅水沉积的介形虫-轮藻组合。通过微量元素进行的盐度计算表明为低盐度环境。自然伽玛曲线呈齿状与槽状相间, 50—165 API, 起伏较大; 深感应曲线呈齿状与尖峰交替。测井曲线组合特征为齿形与箱形交替。综合判断本段为水下扇扇端沉积(图5)。

大通河组 3 段: 厚 310 m, 为棕褐色泥岩夹粉砂岩。在剖面上可见到由砾状砂岩、砂岩、粉砂岩和泥岩构成的频繁的韵律式沉积, 但并未显示出陆上和水上两种沉积作用以及由此而产生的两种沉积物之间在湖面上有明显的分界。粒度概率曲线为代表水道沉积的二段式。

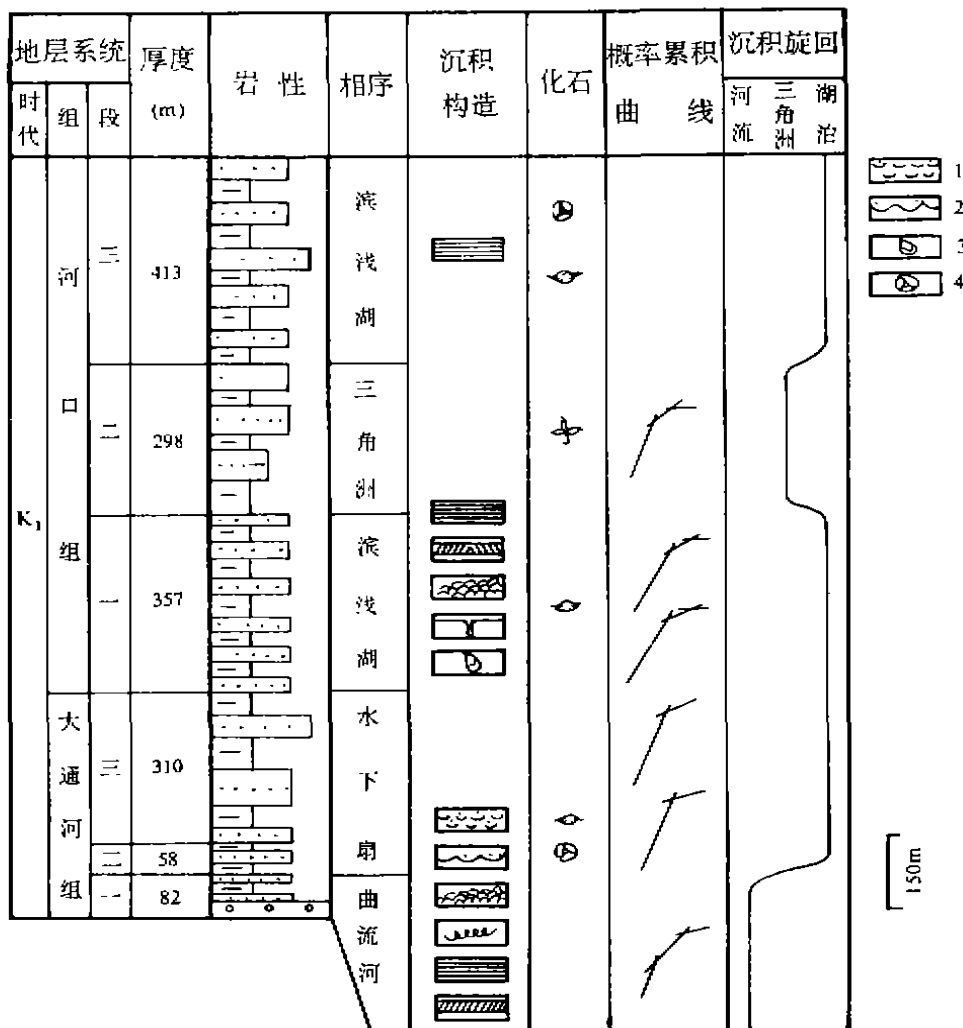


图 4 巴州坳陷下白垩统沉积相序列

Fig. 4 Sedimentary sequence of the Lower Cretaceous in the Bazhou Depression

1. 碟状构造; 2. 冲刷面; 3. 雨痕; 4. 轮藻 (其余图例同图 1)

自然伽玛曲线呈齿状间以槽状, 50—155 API, 起伏中等; 深感应曲线呈犬齿状及尖刀峰, 多介于 4—16 Ω·m, 个别尖峰可达 32 Ω·m。测井曲线组合形态为中幅齿化的箱形曲线。综合判断本段为水下扇中沉积, 包括以粉砂岩为主组成的水道沉积和以泥岩为主组成的水道间沉积 (图 3)。

2.2 下白垩统上部河口组

河口组 1 段: 厚 357 m, 为棕褐色泥岩、粉砂质泥岩与粉砂岩互层。岩芯观察可见粉砂岩具微细水平层理, 水平层理由暗色的细层和灰绿色条带相间, 还可见到沙纹层理和小型交错

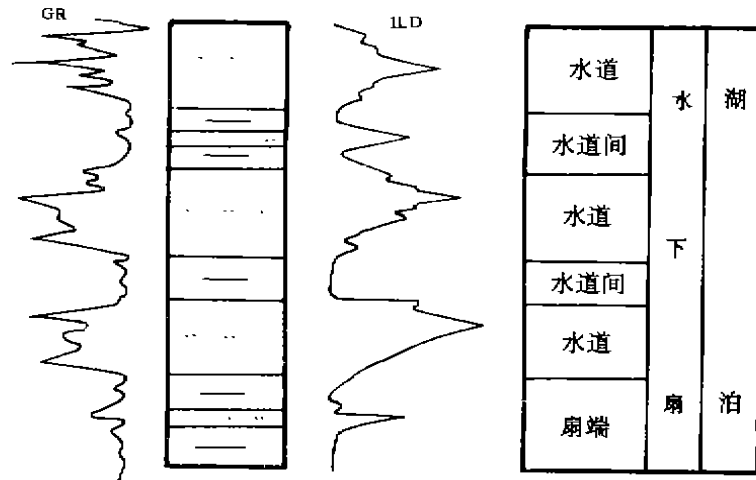


图5 下白垩统大通河组水下扇沉积序列及其岩电特征图

Fig. 5 Sedimentary sequence of the subaqueous fan in the Datouge Formation of the Lower Cretaceous and its logging characteristics

层理；生物扰动构造发育，可见垂直虫孔；部分层位的泥岩层表面可见雨痕和冰雹痕，泥岩具脉状层理。粒度概率曲线为代表滨浅湖沉积的三段式或滚动总体不发育的二段式。稀土元素分析 δEu 为 0.19，表明 Eu 亏损，代表弱氧化环境。自然伽玛曲线呈齿状间以槽状，高低起伏，一般 65—140 API；深感应曲线呈小齿状与剪刀、尖刀峰相间，4—20 $\Omega \cdot m$ ，起伏中等。测井曲线组合形态为齿形与箱形相间。综合判断本段为滨浅湖沉积，由泥坪、砂泥坪和砂滩等组成（图 6）。

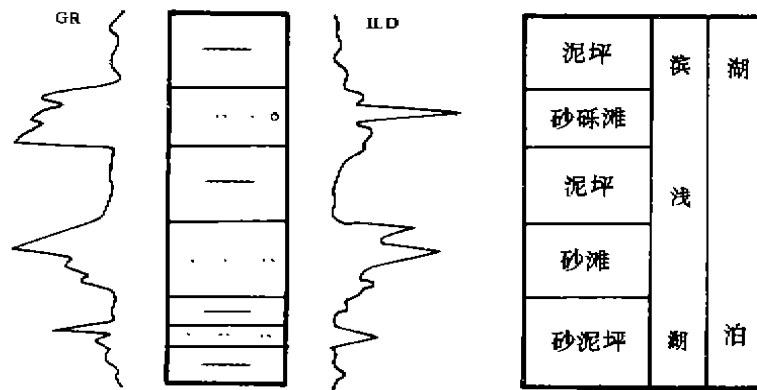


图6 下白垩统河口组滨浅湖沉积序列及其岩电特征图

Fig. 6 Sedimentary sequence of the shore-mere lake in the Hekou Formation of the Lower Cretaceous and its logging characteristics

河口组 2 段：厚 298 m，为褐灰色泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩构成的下细上粗的反旋回，

代表三角洲沉积的特点。底部的细粒沉积物类似于加厚的浅湖相沉积;中部的粉砂岩具块状构造,粒度概率曲线为代表三角洲沉积的三段式;顶部的沉积物中可见爬升沙纹层理等构造。自然电位曲线下部平直,上部呈低幅度负异常;视电阻率曲线下部呈山峰状,高低相间,中部呈锯齿状夹小尖峰,上部呈齿状及尖刀峰,3—14 $\Omega \cdot m$ 。上述特点代表了湖相三角洲的沉积特点(曾允孚等,1986),由下而上依次为底积层、前积层和顶积层。

河口组3段:厚413 m,为棕红色泥岩夹棕褐色粉砂岩。本段含丰富的介形虫和轮藻化石,反映典型的滨浅湖生态环境。自然电位曲线呈平直基线状,个别层位有低幅度负异常;视电阻率呈锯齿状低阻,个别层位具小尖峰。综合判断本段为滨浅湖沉积,包括泥坪、砂泥坪和沙滩等微相。

3 沉积相与油气的关系

3.1 中侏罗统窑街组是油气生成的主要层系

通过对巴州坳陷生油岩地球化学特征和生油条件的研究发现,窑街组是唯一可构成生油岩的地层,其主要的有机质类型是I型页岩,中侏罗统的生油岩有机质均已进入成熟阶段,因此,窑街组是主要的烃源岩。其沉积环境为漫滩沼泽及湖湾相,具有繁茂的植物和滞留的水体,是形成生油岩系的有利相带。从区域上看,中侏罗统窑街组在民和盆地内分布面积广,在盆地中也是目前发现的唯一的一套良好的生煤、生油岩系,其中泥岩中含有大量的孢粉、轮藻、介形虫等动植物化石,表明盆地内水生生物也很发育,为盆地生油奠定了丰富的物质基础。

3.2 河道砂坝、湖滩滩砂和下水扇水道砂体是重要的油气储集体

巴州坳陷上侏罗统和下白垩统储层砂体比较发育,分布于享堂组、大通河组和河口组中,储层单层厚度一般为1—3 m,最厚达10 m。钻井油气显示及试油结果表明油气层确实集中在上侏罗统和下白垩统地层中,在相带上则主要分布于曲流河和辫状河河道砂坝、滨浅湖沙滩及下水扇水道砂体中。

巴州坳陷的曲流河河道砂坝主要由石英砂岩和岩屑砂岩组成,以细粒结构为主,其次为中细粒和粗粒结构,单层厚度中等;辫状河纵向砂坝和横向砂坝主要由岩屑砂岩、石英砂岩和少量长石砂岩组成,上游地区的纵向砂坝以粗粒结构为主,中下游地区的横向砂坝以中粒结构为主,其次为粗粒和细粒结构,辫状河砂坝的单层厚度大。由此看来,巴州坳陷的曲流河和辫状河河道砂坝都是不可忽视的油气储集体。同时也要看到,巴州坳陷的河道砂坝岩性致密,粒间孔隙及粒内孔隙极少,渗透性也很差,以钻井中见油气显示的层段为例,平均厚度3.7 m,平均孔隙度仅9.8%,平均渗透率仅为 $0.5 \times 10^{-4} \mu m^2$ 。巴州坳陷油气运移的主要途径是通过裂缝和溶蚀裂缝,并配合以残余孔隙和溶蚀孔隙。裂缝—溶蚀孔隙型孔隙结构是河道砂体储集层的最佳类型,这种孔隙不仅为运移提供了良好的通道,而且也将改善储层的储集性能。

巴州坳陷的下水扇水道砂体主要由石英砂岩和岩屑砂岩组成,以细粒结构为主,单层厚度中等。下水扇水道砂体也是不可忽视的油气储集体(邓涛,1995),但巴州坳陷的这种相带砂岩也存在岩性致密的问题,以见油气显示的层段为例,平均厚度3.2 m,平均孔隙度仅

7%，平均渗透率仅为 $0.09 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

巴州拗陷的滨浅湖砂滩的滩砂是另一类重要的储集层，砂滩主要沉积的是石英砂岩和粉砂岩，在相位上常夹于泥坪和砂泥坪沉积之中，以细粒结构为主，单层厚度中等，且常成连片分布。由于湖岸的水动力条件较强，因此，滩砂的粒度均匀，分选较好，磨圆度以次圆状为主，以具油气显示的层段为例，单层厚度平均 3 m，孔隙度平均 8.2%，渗透率平均 $0.17 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，储集性能介于河道砂坝和水下扇水道砂体之间，主要为致密型和裂缝或孔隙型结构。

3.3 盖层的发育程度及对烃类的封闭能力

巴州拗陷具有多套储盖组合，盖层的岩性为泥岩和粉砂质泥岩，大多属于滨浅湖沉积，其中上白垩统一下第三系滨浅湖相沉积的泥岩中含有石膏或有膏盐夹层，进一步增强了泥岩的可塑性。巴州拗陷的泥岩约占地层总厚度的 70%，这些条件使盖层对烃类具有良好的封闭能力。

4 结 论

(1) 民和盆地巴州拗陷中侏罗一下白垩统主要发育曲流河、辫状河、滨浅湖、水下扇和三角洲等相带的沉积，储层砂体类型主要为河道砂坝、湖滩滩砂和水下扇水道砂体。

(2) 曲流河河道砂坝以及辫状河纵向砂坝、横向砂坝主要由石英砂岩和岩屑砂坝组成，由于受成岩作用影响，孔隙度和渗透率都较低，裂缝—溶蚀孔隙改善了储层的储集性能。

(3) 滨浅湖砂滩沉积和水下扇水道沉积是值得注意的储集层，滩砂由于长时间受湖浪、湖流的簸洗作用，杂基含量低，而水下扇水道砂体具有颗粒流沉积的特点，因此它们都具有相对较好的孔隙结构。

(4) 生储盖组合以中、上侏罗统窑街组、享堂组和下白垩统大通河组、河口组相对较好。窑街组的暗色含煤和油页岩沉积是巴州拗陷唯一的烃源岩；享堂组、大通河组、河口组中的河道砂坝、湖滩滩砂和水下扇水道砂体是较理想的储集层；滨浅湖泥岩及粉砂质泥岩是很好的区域盖层。

参 考 文 献

- 1 邓 涛. 四川盆地地下侏罗统大安寨段重力流扇相模式. 见: 欧阳自远, 彭汝明主编. 矿物岩石地球化学新探索. 北京: 地震出版社, 1993, 63—65
- 2 邓 涛. 川中金华地区大安寨段重力流沉积物及其含油气性. 西南石油学院学报, 1995, 17(5): 8—15
- 3 刘毓峰. 沉积岩实验室研究方法. 北京: 地质出版社, 1991, 213—218
- 4 刘宝珺、曾永孚. 岩相古地理基础和工作方法. 北京: 地质出版社, 1985, 311—321
- 5 孙永传、李惠生. 碎屑岩沉积相和沉积环境. 北京: 地质出版社, 1986, 109—184
- 6 曾允孚、夏文杰. 沉积岩石学. 北京: 地质出版社, 1986, 219—231

SEDIMENTARY SEQUENCE AND OIL— GAS SIGNIFICANCE OF THE MIDDLE JURASSIC—LOWER CRETACEOUS IN THE BAZHOU DEPRESSION OF THE MINHE BASIN

Deng Tao

(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069*)

Abstract

The Middle Jurassic—Lower Cretaceous in the Bazhou Depression of the Minhe Basin between Gansu and Qinghai Provinces mainly develops sediments of the meander stream, braided stream, shore-mere lake, subaqueous fan and lacustrine delta. The sediments of the backswamp and lacustrine bay in the Yaojie Formation are main hydrocarbon source rocks. The channel bars, beach sands and subaqueous fan's channel sands in the Xiangtang, Datonghe and Hekou Formations are main reservoirs. The channel bars among them are the most important, however, their porosities and permeabilities are very small, because they have been affected by diagenism. Fissure-dissolution pores have improved the capabilities of these reservoirs. On the basis of sedimentary characteristics, we think that the beach sands and subaqueous fan's channel sands are beneficial reservoirs which merit our attention. The mudstones and silty mudstones of the shore-mere lake facies above Middle Jurassic are main caprocks.

Key words Minhe Basin Bazhou Depression Middle Jurassic—Lower Cretaceous sedimentary facies Oil-gas significance