

文章编号: 1000-0550(2006)06-0819-10

准噶尔盆地莫北凸起侏罗系三工河组 沉积演化及微相构成^①

李双文^{1,2} 刘洛夫^{1,2} 张有平³ 姚卫江³ 靳军³ 赵建章⁴ 孙东⁵

(1. 中国石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室 北京 102249 2. 中国石油大学石油盆地与油藏研究中心 北京 102249
3. 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834004 4. 中国石油集团东方地球物理公司研究院 河北涿州 072751
5. 中国石油勘探开发研究院西北分院 兰州 730020)

摘要 运用高分辨率层序地层学原理将准噶尔盆地莫北凸起侏罗系三工河组划分为 10 个短期基准面旋回、2 个中期基准面旋回。按照短期基准面旋回期次分析了该区沉积演化特征,在三工河组沉积期,研究区经历了辫状河三角洲前缘、曲流河三角洲前缘及滨浅湖的交替演化过程。不同的演化期,其微相构成具有很大的差别,辫状河三角洲前缘沉积主要由辫状河水下分流河道微相及河道间微相构成,河口砂坝及远砂坝不发育;曲流河三角洲前缘沉积微相有曲流河水下分流河道、支流间湾、河口坝、远砂坝及席状砂,以水下分流河道微相为主,河口坝较发育,远砂坝、席状砂次之;滨浅湖沉积微相由砂泥坪及滩坝构成。通过分析认为,在中期基准面下降到上升的转换位置,辫状河水下分流河道叠置连通广泛分布,为本区最有利的构造油气藏储集砂体;中期基准面上升和下降的中期,曲流河三角洲前缘水下分流河道及河口坝砂体发育,孤立状分布,为形成岩性油气藏的有利储集砂体。

关键词 准噶尔盆地 侏罗系三工河组 基准面旋回 沉积微相 沉积演化

第一作者简介 李双文 男 1976 年出生 博士 储层地质和油藏描述

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 前言

基准面旋回高分辨率层序地层学是 T. A. CROSS 创立的一个新的层序地层学流派^[1]。它把影响层序及沉积构架的构造、气候、湖(海)平面升降、物源等因素的影响全部归结为基准面,并提出了许多新概念,如基准面旋回原理、沉积物体积划分原理、相分异原理、前积层自相似原理、相域等^[2]。从基准面旋回理论和可容纳空间变化的动力学观点出发,基准面旋回控制了沉积物的地层学和沉积学特征,包括旋回内部沉积物的厚度、地层保存程度、体系域类型、地层堆积样式、旋回的对称性、岩相分布与相类型和岩石物性等^[3,4]。因此,通过分析沉积基准面旋回,研究每个旋回相对应的沉积相的类型、分布及其内部的微相构成、结构、分布和储集砂体的连通性,对细致明确沉积演化、预测有利储层的分布具有重要的意义。

从早侏罗世到中侏罗世初期,莫北凸起处于相对稳定状态^[5,6]。三工河组沉积序列以三角洲和湖泊

交替沉积为特征,自上而下分为三个砂层组,分别为 J_{1s1} (三工河组上段)、 J_{1s2} (三工河组中段)、 J_{1s3} (三工河组下段)。其中, J_{1s1} 主要是一套湖相泥岩,为区域性盖层, J_{1s2} 为三角洲前缘和滨浅湖亚相,总体特征是泥岩夹砂岩。 J_{1s1} 为三角洲前缘、前三角洲和滨浅湖沉积, J_{1s2} 为三角洲前缘砂质沉积。

准噶尔盆地莫北凸起三工河组虽然埋藏较深,但仍具有较好的孔渗性^[7],是该区侏罗系的主力含油层段和勘探目的层。以沉积基准面旋回为依据,精细研究三工河组沉积演化及其微相构成,可为该区的油气勘探预测优质储层分布提供依据。

2 基准面旋回及沉积演化

2.1 基准面识别标志及旋回划分

根据基准面旋回和可容纳空间变化原理,地层的旋回性是基准面相对于地表位置的变化随时间发生空间迁移的地层响应^[8],地层记录中不同级次的地层旋回,记录了相应级次的基准面旋回。在每一级次

① 中国石油股份公司重大科技攻关项目(编号: 20040201)资助。

② Cross T. A. high resolution stratigraphic correlation from the perspective of base level cycles and sediment accommodation 西北欧层序地层会议材料, 1994

收稿日期: 2005-11-28 收修改稿日期: 2006-03-02

的地层旋回内必然存在着能反映相应级次基准面旋回所经历时间的“痕迹”^[9], 在岩性剖面上及岩石物理相上都会留下特征的标志。

在准噶尔盆地莫北凸起三工河组基准面旋回划分中, 依据基准面识别、对比技术^[8, 10~14], 主要应用了湖泛面和湖退、湖进冲刷面及其上覆的砂砾岩、含砾砂岩滞留沉积物作为基准面旋回识别、划分的标志。湖泛面具有明显的特征, 厚度一般在 2 m 左右, 横向延伸分布广, 在全区都可对比, 岩性为深灰色泥岩, 测井曲线表现为高伽马和低电阻率特征, 三工河组中段 (J_1s_2) 顶界为本区三工河组沉积期的最大湖泛面, 是基准面识别、建立高分辨率层序地层格架的最有效标志。冲刷面有两种, 一种是水下分流河道相的含砾砂岩、中—细砂岩直接覆于滨浅湖泥岩之上, 两类沉积物之间往往缺失过渡环境沉积, 主要出现在三工河组下段 (J_1s_3) 三个亚段的底界; 另一类是由于水流冲刷,

已将下伏短期旋回水下分流河道相上部的泥质沉积物剥蚀掉, 上覆水下分流河道相的砂砾岩覆盖在下伏水下分流河道相的粉—细砂岩之上, 具有削截现象, 主要出现在三工河组中段的下亚段 ($J_1s_2^2$)。

依以上特征为依据, 将各砂层组进行高频旋回划分, 共划分为 10 个短期基准面旋回和 3 个中期基准面旋回, 其中 J_1s_1 进一步分为 2 个短期基准面旋回、 $J_1s_2^2$ 分为 4 个短期基准面旋回、 J_1s_3 分为 2 个短期基准面旋回 (图 1)。在地震反演剖面上, 其沉积变化也显示了以上的短期基准面旋回特征 (图 2)。

2.2 沉积演化

在莫北凸起三工河组沉积期, 中期基准面发生了上升—下降—上升演化过程 (图 1), 在其控制作用下, 沉积环境也发生曲流河三角洲前缘—滨浅湖—曲流河三角洲前缘—辫状河三角洲前缘—曲流河三角洲前缘—滨浅湖的演化 (图 3、4、5)。

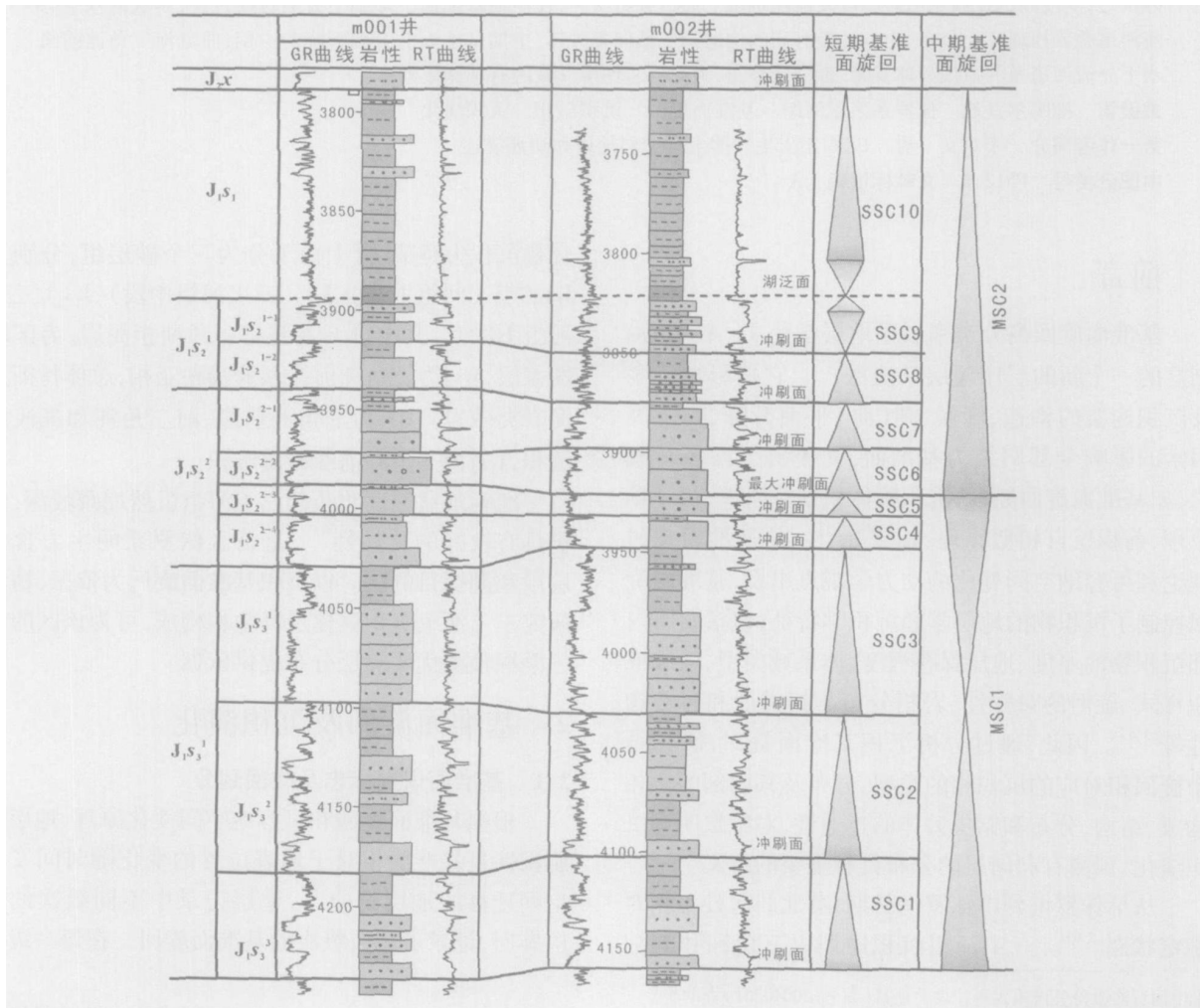


图 1 准噶尔盆地莫北凸起侏罗系三工河组中短期基准面旋回划分

Fig 1 Middle term and short term base level cycles of the Jurassic Sangonghe Formation in Mobei Uplift, Junggar Basin

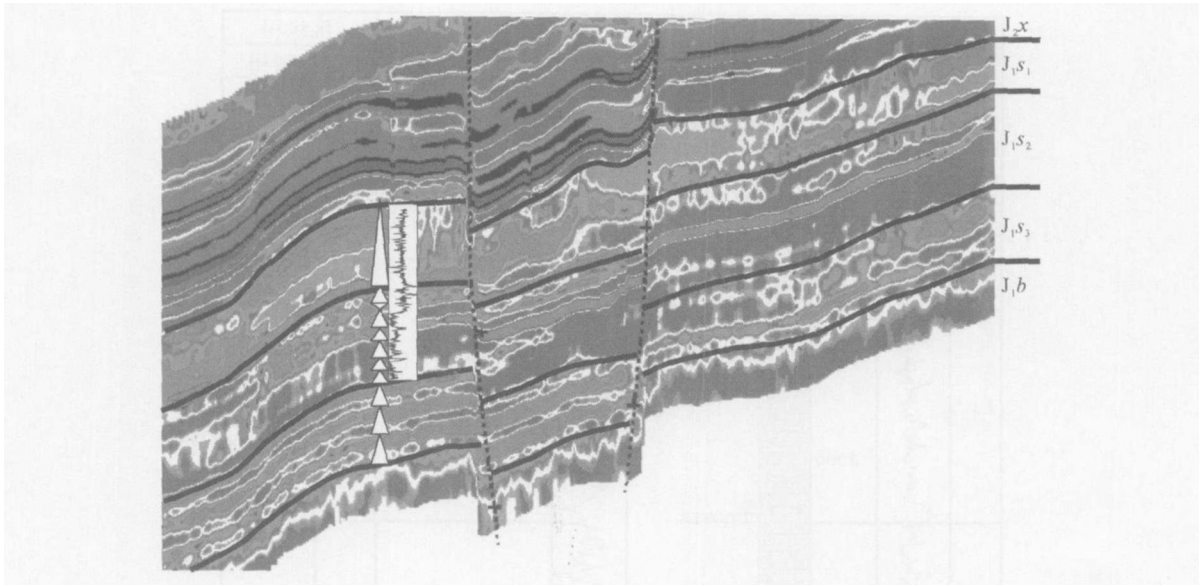


图 2 地震反演剖面高分辨率层序地层学短期基准面旋回解释

Fig 2 Interpretation of high resolution stratigraphical short term base level cycles on seismic inversion profile

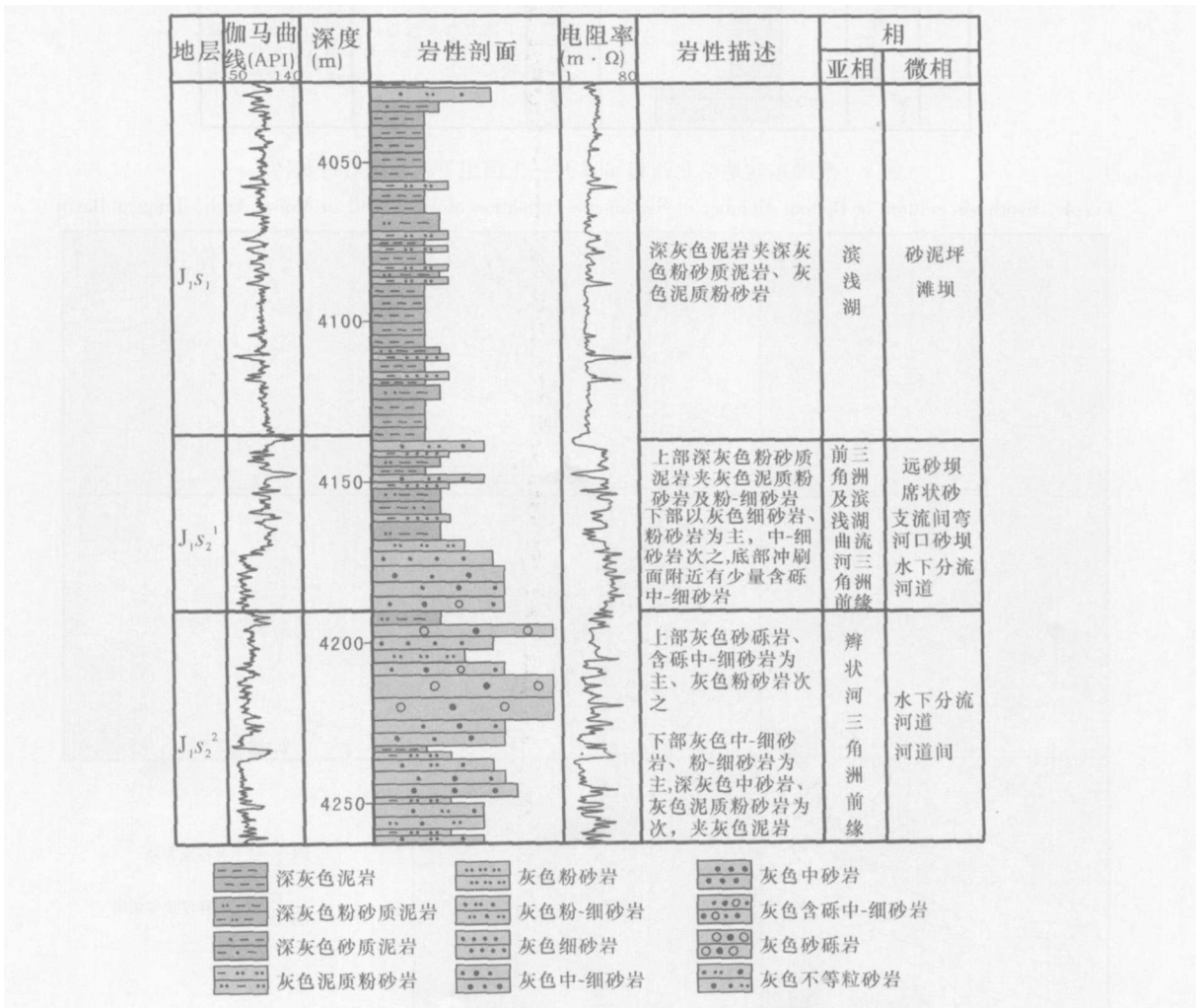


图 3 准噶尔盆地莫北凸起 m109井三工河组中段和上段综合柱状图

Fig 3 Synthesis column of Upper Member and Middle Member of Sangonghe Formation of M 109

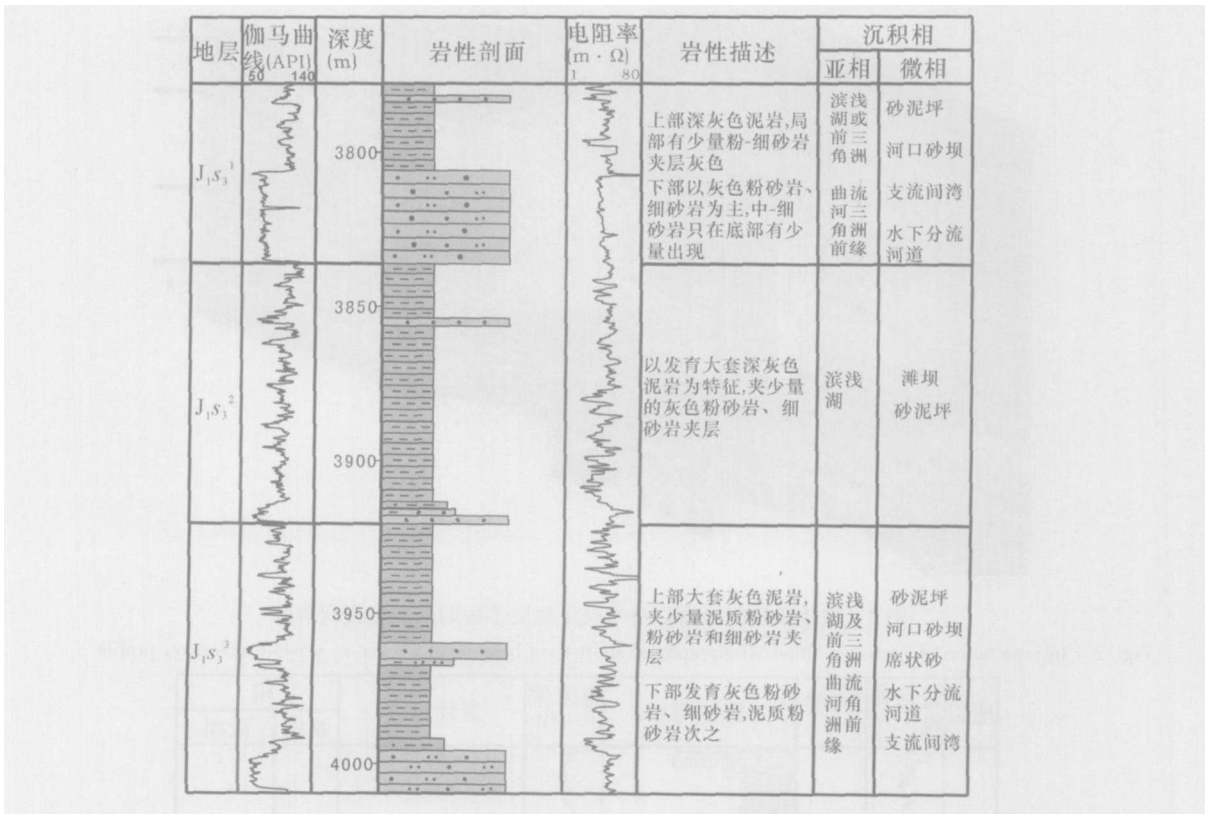


图 4 准噶尔盆地莫北凸起 m5井三工河组下亚段综合柱状图

Fig 4 Synthesis column of Bottom Member of Sangonghe Formation of Mb5W ell in Mobei Arch Junggar Basin

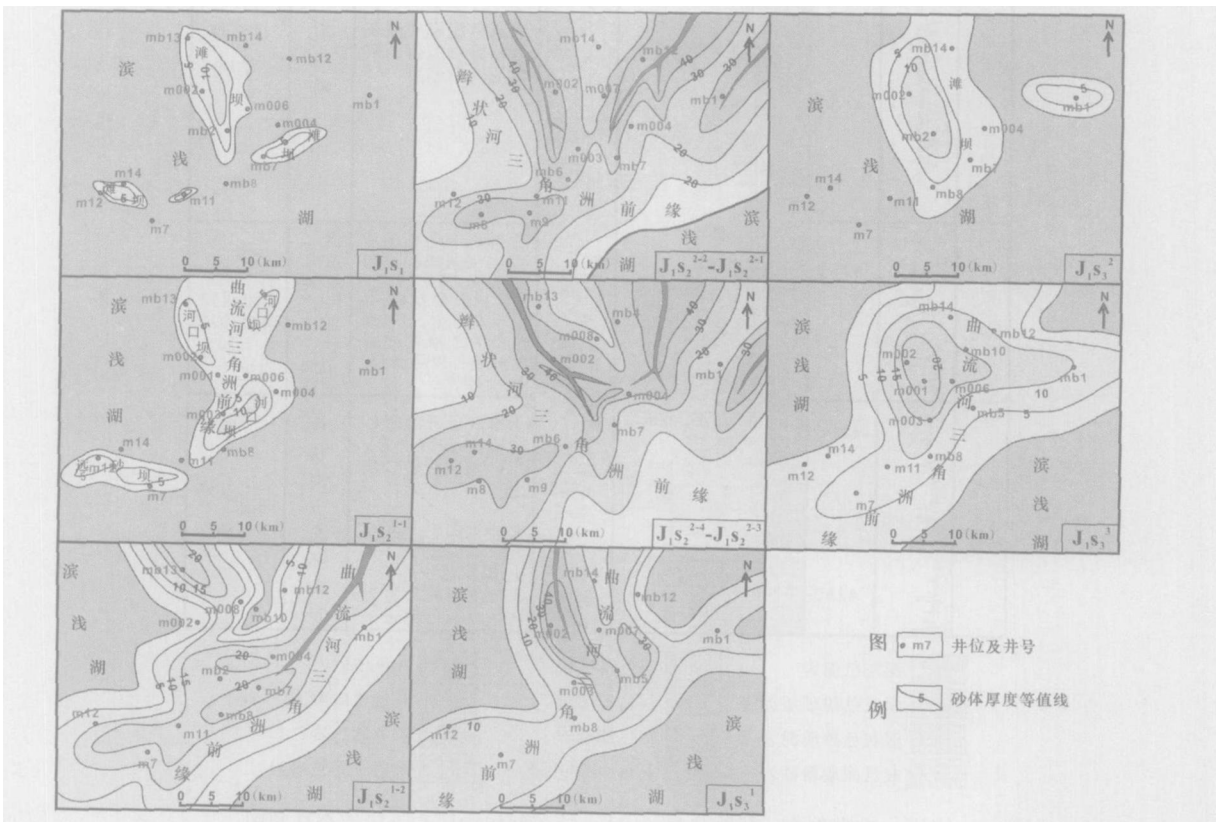


图 5 准噶尔盆地莫北凸起三工河组沉积演化平面图

Fig 5 Sedimentary evolution of Sangonghe Formation in Mobei Arch Junggar Basin

在中期基准面下降与上升的转化位置, 即基准面下降的晚期和上升的早期, 可容纳空间小, 沉积物供给速度大, A/S (可容纳空间与沉积物供给比值) 远小于 1, 沉积环境为辫状河三角洲前缘, 包括进积型和退积型两种, $J_1 S_2^{2-4} - J_1 S_2^{2-3}$ 为进积型, $J_1 S_2^{2-2} - J_1 S_2^{2-1}$ 为退积型。此时, 沉积范围广, 整个区域都为辫状河三角洲前缘砂质沉积, 只有很少的河道间泥质沉积, 形成了砂包泥的沉积结构 (图 6A)。中期基准面上

升与下降的转化位置, 即基准面上升的晚期和下降的早期, 此时可容纳空间大, A/S 远大于 1, 为滨浅湖, 沉积主要以泥质沉积为主, 只在湖湾区沉积少量的滩坝砂。另外, 当中期基准面下降幅度较小, 沉积物供给量很少时, 也可形成欠补偿的滨浅湖沉积环境, 沉积特征与前者基本相似。在中期基准面旋回的中期, 为曲流河三角洲前缘, 总的特征为泥包砂的沉积结构 (图 6B)。

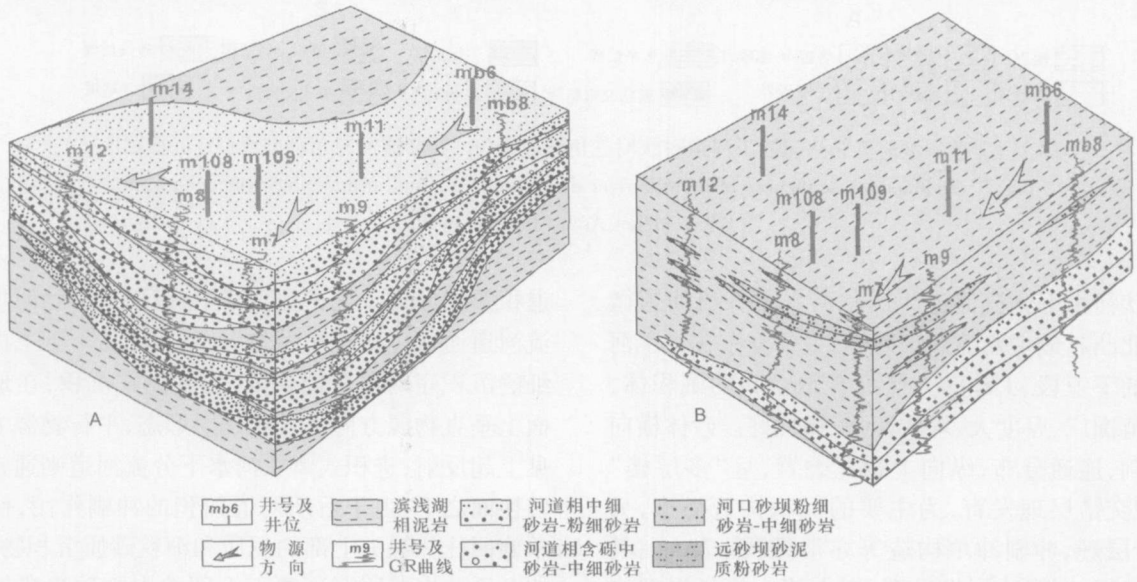


图 6 准噶尔盆地莫北凸起三工河组中段下亚段 (A) 和上亚段 (B) 沉积相模式图

Fig. 6 Depositional patterns of 2nd Submember (A) and 1st Submember (B) of Sangonghe Formation in Mobei Area, Junggar Basin

3 微相构成及特征

莫北凸起三工河组沉积期构造相对稳定, 主要为三角洲前缘相及滨浅湖相^[15], 基准面旋回及可容纳空间的动态变化控制了不同期储集砂体的类型、空间位置及叠置样式。短期基准面以基准面上升半旋回为主, 伴随着震荡性构造运动的频繁发生, 使得 A/S 比值表现为一种非对称的动态变化, 由此控制了沉积微相类型及其叠置样式。

中期基准面下降期具进积型三角洲相特征, 经历了滨浅湖—曲流河三角洲前缘—辫状河三角洲前缘的演化过程, 早期主要为滨浅湖砂泥坪沉积, 在湖湾处发育规模较小的滩坝相砂体。中期由曲流河水下分流河道、支流间湾、河口砂坝、远砂坝和前缘席状砂组成, 以水下分流河道砂体为主。晚期沉积砂体微相类型主要由短期基准面上升半旋回叠加而成的辫状河水下分流河道组成, 由于可容纳空间总体的变化趋势是持续减小, 分支河道沉积物不断向湖区进积。

中期基准面上升期具退积型三角洲特征, 经历了辫状河三角洲前缘—曲流河三角洲前缘—滨浅湖的演化过程, 在早期沉积微相类型也主要由短期基准面上升半旋回叠加而成的辫状河水下分流河道和河道间微相组成, 中期由曲流河水下分流河道、支流间湾、河口砂坝、远砂坝和前缘席状砂组成, 以水下分流河道砂体为主, 晚期变为滨浅湖亚相的泥坪和滩坝沉积。由于可容纳空间持续增大, 分支河道沉积物不断向边缘迁移, 由辫状河水下分流河道逐渐演变为曲流河水下分流河道, 多表现为向陆退积的叠加形态, 底部的辫状河水下分流河道砂体分布范围广, 而中部的曲流河水下分流河道砂体分布面积较小。

3.1 辫状河三角洲前缘沉积特征及微相构成

辫状河三角洲前缘是以河道径流广泛发育为特征。准噶尔盆地莫北凸起三工河组辫状河三角洲前缘主要发育水下分流河道及水下河道间沉积 (图 7A)。由于水下分流河道不固定, 侵蚀下伏沉积物造成河口砂坝和前缘席状砂被冲刷而不发育。

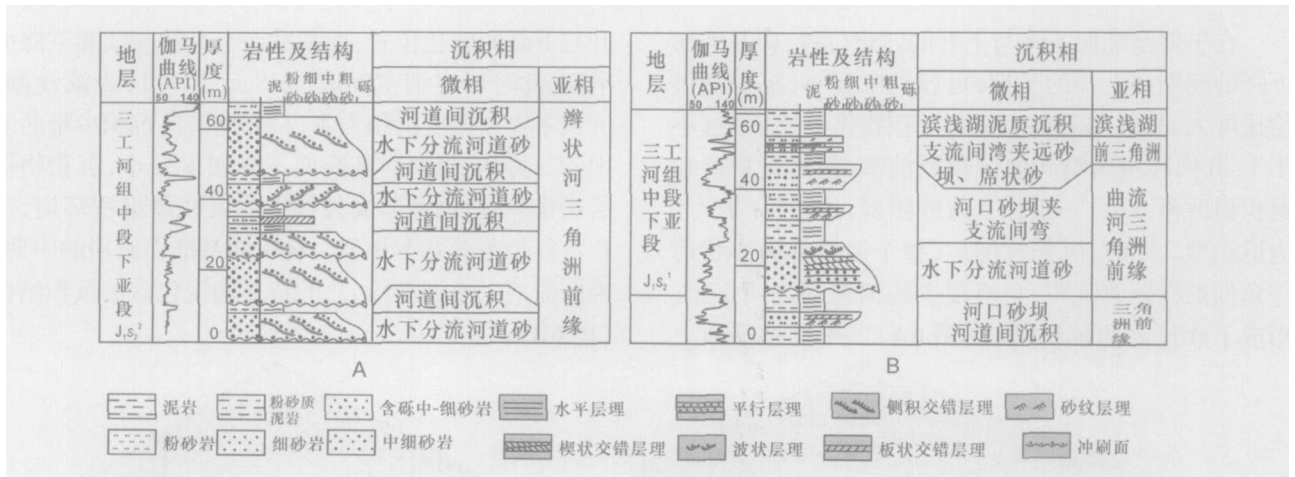


图 7 准噶尔盆地莫北凸起三工河组辫状河三角洲前缘 (A) 和曲流河三角洲前缘 (B) 沉积层序

Fig 7 Sedimentary sequences of braided river delta front (A) and meandering river delta front

(B) in Mobei Arch, Junggar Basin

辫状河水下分流河道 辫状河水下分流河道微相是莫北凸起最主要的储集砂体, 主要分布在三工河组中段的下亚段 (J_3^2), 为低可容纳空间的沉积体, 其分布范围广、厚度大、均质性强、物性好。砂体横向相互切割, 连通分布, 纵向上相互叠置, 呈“多层楼”状, 侧积交错层理发育, 为主要的沉积构造类型, 另外, 平行层理、冲刷冲填构造等亦常见 (图 7A)。具正粒序特征, 底部冲刷面发育, 向上依次为具层理构造的砂、砾岩, 顶部薄层状泥被冲刷减薄, 甚至全被冲刷掉, 因此以碎屑岩夹层的形式出现, 形成砂包泥的沉积特征。单个砂层一般厚 4~8 m, 最大厚度约 12 m。根据砂层与泥岩的组合特征、砂岩叠加样式及地震反射特征的差异, 可将其划分为进积叠加形式和

退积叠加形式 2 种类型。其中, 退积式辫状河水下分流河道通常位于转换面之上, 单旋回从下到上由粗变细的沉积序列发育较齐全, 为叠加式沉积, 在地震剖面上垂物源方向呈丘状反射形态, 平行物源方向可见上超反射; 进积式辫状河水下分流河道则通常位于转换面之下, 由于后期河道前积的冲刷作用, 使下部单旋回往往缺失上部的泥质和细粒砂质沉积物, 后期的含砾砂岩滞留沉积覆于下部的中细砂岩或细砂岩之上, 具有削截特征, 地震剖面上垂物源方向呈丘状反射形态 (图 8), 其分布范围比前者要广, 平行物源方向呈弱-中等振幅的前积叠加反射, 向湖相逐渐变为强反射同相轴。

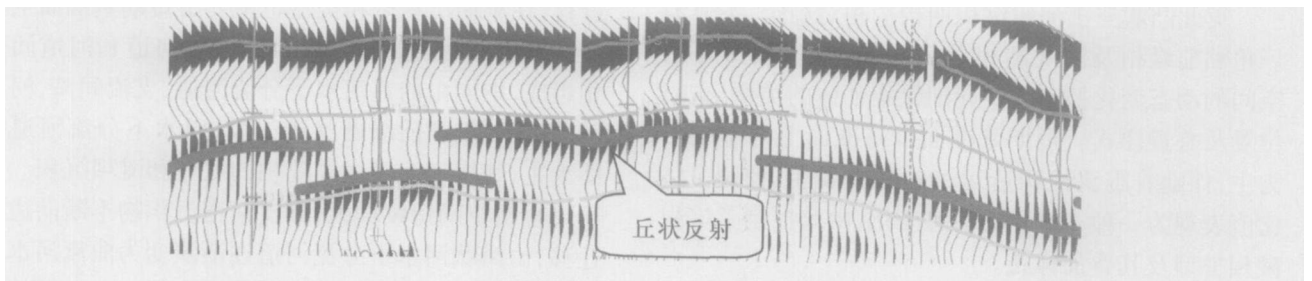


图 8 准噶尔盆地莫北凸起三工河组辫状河三角洲前缘水下分流河道砂体丘状反射特征

Fig 8 Seismic mound reflection of braided sub-water channel sand bodies within

braided delta of Sangonghe Formation in Mobei Arch, Junggar Basin

辫状河水下分流河道的测井相特征十分明显。电阻率曲线和伽马曲线多呈厚层箱状 (图 9a), 尤其在中期基准面下降旋回的晚期, 由于可容纳空间小, 后期的河道水流冲刷前期河道沉积的顶部, 使其缺失顶部泥质和细粒沉积物, 上覆砂砾岩与下伏中细砂岩

对接, 形成多个河道砂体叠置韵律和叠加复合韵律。钟形基本上发育在基准面上升的沉积期, 反映了典型的向上变细的垂向序列 (单韵律或复合韵律)。

河道间微相 在分支河道间, 沉积作用以悬浮沉积为主, 岩性一般为深灰色泥岩、粉砂质泥岩及泥质

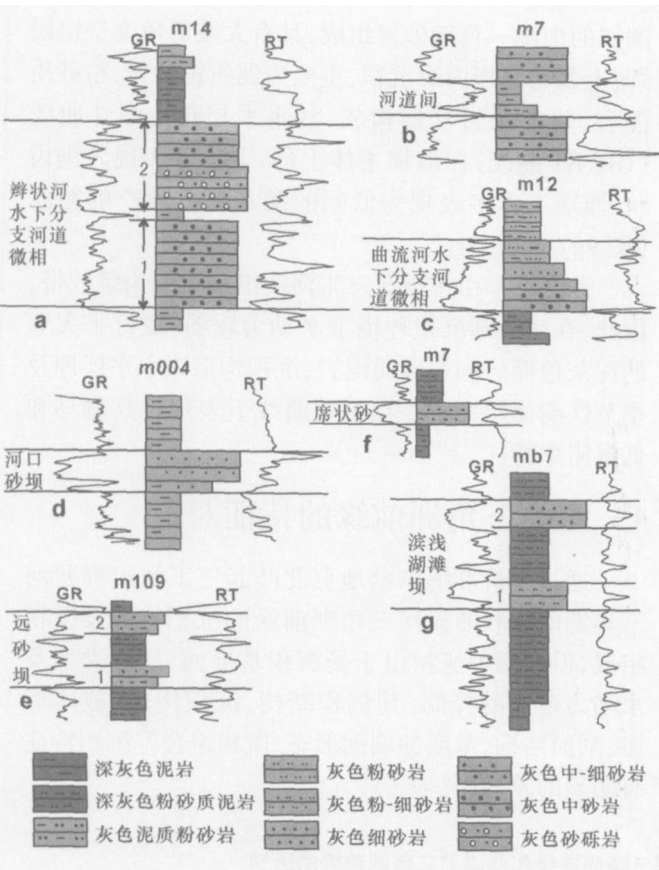


图 9 准噶尔盆地莫北凸起三工河组沉积微相伽马测井和电阻率测井特征

Fig 9 GR lg and RT lg characteristics of sedimentary micro facies in Mobei Arch, Junggar Basin

粉砂岩夹薄层状砂岩, 块状层理、小型交错层理及波状层理发育。由于水下分流河道冲刷力强, 改道频繁, 一旦发生改道, 这些沉积物就被冲刷减薄, 甚至全被冲刷掉, 因此常以碎屑岩夹层的形式出现。测井曲线上表现为高伽马和低电阻率 (图 9b)。

3.2 曲流河三角洲前缘沉积特征及微相构成

曲流河三角洲前缘是曲流河三角洲中砂层集中的发育带, 也是最主要的骨架部分。相对辫状河三角洲前缘, 曲流河三角洲前缘微相类型增多, 沉积序列从下到上依次出现水下分流河道、支流间湾、河口砂坝、远砂坝及席状砂 (图 7B), 砂体微相以分流河道和河口坝为主, 远砂坝、席状砂次之。

曲流河水下分流河道 曲流河水下分流河道微相在莫北凸起三工河组也很发育, 主要分布在中期基准面下降和上升的中期 (即低可容纳空间和高可容纳空间的过渡期), 由于基准面下降、下降速度较快, 因此, 砂体多呈孤立状分布, 侧向上连通性差, 砂层组厚度相对较薄, 最大不超过 26 m, 砂岩非均质性强,

储层物性相对较差。单砂体以中-细砂岩、粉-细砂岩为主, 在底部偶尔可见少量的含砾粗砂岩, 向上粒度逐渐变细, 顶部变为粉砂质泥岩。底部冲刷面发育, 砂岩一般不显层理, 为块状, 向上出现平行层理、交错层理、波状层理和水平层理 (图 7B)。相对辫状河三角洲前缘水下分流河道砂, 曲流河水下分流河道单个砂层变厚, 一般厚 6~12 m, 最大厚度约 18 m。在地震剖面上, 该类砂体常表现为弱反射下的较强振幅、透镜状反射特征。总的看来, 曲流河三角洲前缘水下分流河道呈一向上变细的特征, 其周围是滨浅湖泥岩或含砂泥岩 (图 6B), 测井曲线 (GR、RT 曲线) 多表现为向上沉积物粒度变细的钟状 (图 9c), 为完整的单旋回特征。

支流间湾 支流间湾是水下分流河道之间的滨浅湖区, 其岩性以灰色、深灰色泥岩为主, 其次为粉砂质泥岩和泥岩夹粉砂岩条带。见水平层理及砂纹层理。测井曲线显示为高伽马和低电阻率特征。

河口坝微相 在曲流河三角洲沉积期, 水下分流河道迁移较少, 在分流河道入湖的河口处, 湖水相对较深, 发育规模较大的河口砂坝。其特征是具有向上变粗的沉积序列, 自下而上为泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩、中-细砂岩。砂坝中上部主要为厚层一块状的砂质层, 分选、磨圆较好, 具前积型或板状交错层理, 以及平行层理、波状层理和水平层理 (图 7B)。层面上有时见波痕, 泥质粉砂岩中见生物逃逸遗迹。砂体横剖面为上凸下平的透镜状或双凸状。测井曲线呈漏斗状, 底部为渐变形, 顶部为突变形 (图 9d)。

远砂坝 这类砂体主要是由于前缘主砂体 (河口砂坝和分流河道) 受湖流或弱波浪作用改造, 部分细粒砂质发生再次搬运而在坝间、坝前甚至前三三角洲沉积而成的。由于湖流或波浪能量较弱, 砂体并未连片, 分布面积有限, 呈夹于泥岩中的薄层砂, 以粉砂岩为主, 并有少量粘土和细砂, 砂体垂向韵律不明显, 与河口砂坝相比, 缺少板状交错层理, 主要发育小型交错层理、砂纹层理。伽马曲线和电阻率曲线呈低幅的锯齿状 (图 9e)。

席状砂 席状砂系在河口砂坝周围和前方呈大范围分布的细-粉砂岩薄层, 与滨浅湖相泥岩呈互层。砂岩、粉砂岩具波状层理、小型交错层理及水平层理, 生物遗迹较丰富。砂体以粉细砂岩为主, 向上变为中细砂岩, 砂质纯, 分选、磨圆相对较好。垂向上具反韵律或均质韵律, 常发育小型槽状交错层理, 向岸方向加厚, 向深湖方向减薄, 测井曲线上表现为中

幅的漏斗状 (图 9f)。

3.3 前三角洲

莫北凸起前三角洲亚相主要为前曲流河三角洲, 而前辫状河三角洲不发育。前曲流河三角洲沉积物粒度较细, 为灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩薄层组成, 多为水平层理和砂纹层理。

3.4 滨浅湖微相构成

滨浅湖沉积期由于欠补偿沉积 (A/S 远大于 1), 沉积微相变得较单一化, 由砂泥坪和滩坝组成, 以砂泥坪为主, 滩坝很少, 呈透镜状夹于厚层泥岩之中。

砂质滩坝微相 当湖浪和沿岸流侵蚀、搬运大量碎屑物质流经部分湖岸线向陆方向凹的湖湾时, 由于湖岸线的拐弯变化, 造成沿岸流和湖浪能量的消耗, 使得经淘洗的砂粒沉积下来, 形成平行岸线伸展的长条状湖岸砂嘴, 并逐步发展为条带状滩坝。沉积物由成分和结构成熟度都较高的中—细砂岩和粉砂岩组成, 多数为下细上粗的反韵律 (图 9g)。下部为滩坝外缘沉积, 由粉砂岩和粉砂质泥岩互层组成, 具有水平纹理或波状交错层理; 中部为滩坝主体, 由分选、磨

圆好的中细—粉细砂岩组成, 具有大型低角度交错层理; 上部为滩坝内缘沉积, 主要为泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、暗色泥岩互层构成, 具水平层理。测井曲线 (GR、RT 曲线) 在滩坝主体上部、下部都表现为锯齿状, 滩坝主体多表现为低幅的漏斗状或微小的箱状 (图 9g)。

砂泥坪 由于该区三工河组沉积时期为缓坡带, 因此, 在滨浅湖沉积环境下水动力较弱, 发育了大套的深灰色泥岩和粉砂质泥岩, 沉积构造以水平层理及季节性韵律层为主。在测井曲线上表现为高伽马和低电阻率特征。

4 两类三角洲前缘的特征对比

通过分析准噶尔盆地莫北凸起三工河组辫状河三角洲前缘和曲流河三角洲前缘的沉积特征及微相组成, 得出两种亚相由于受沉积基准面、河流类型及水动力条件的控制, 其沉积结构、沉积构造、砂体形态、剖面结构、基底冲刷面形态、微相组合等沉积特征有明显的差异 (见表 1)。

表 1 准噶尔盆地莫北凸起三工河组辫状河三角洲前缘和曲流河三角洲前缘的区别

Table 1 Difference of braided river delta front and meandering river delta front of Sangonghe Formation in Mobei Arch Junggar Basin

沉积亚相类型	辫状河三角洲前缘	曲流河三角洲前缘
水下分流河道类型	辫状河	曲流河
水下分流河道稳定性	不稳定	较稳定
流量可变性	大	较小
在中期基准面旋回中的位置	处于中期基准面下降的晚期和上升的早期	处于中期基准面上升与下降半旋回的中期
沉积结构特征粒度	以砾状砂岩、中—细砂岩为主	以粉细砂岩为主
分选	中—差	中—好
沉积构造特征	侧积交错层理、板状交错层理、平行层理	平行层理、交错层理、波状层理
砂泥含量	砂泥比高, 都远大于 1	砂泥比低, 小于或接近于 1
河口坝、远砂坝、席状砂	不发育	发育
砂体分布	拼合板状, 广泛分布	豆荚状、透镜状, 分布局限
砂岩、泥岩组合状态	砂包泥	泥包砂
砂体连通性	好	差
剖面结构	多期河道砂体叠置, 缺乏二元结构和细粒沉积	垂向微相发育完整, 具河道二元结构
基底冲刷面	冲刷面较平坦	冲刷面起伏强烈
叠置河道数量	多	1~2个
水动力条件及水介质密度	水动力条件相对强, 粒度概率累积曲线为三段式, 由滚动、跳跃和悬浮总体组成, 水介质密度大	水动力条件相对较弱, 粒度概率累积曲线为二段式, 由跳跃组分和悬浮组分组成, 水介质密度相对较小

5 有利储层预测

低可容纳空间 ($J_1 S_2$) 期 (即中期基准面上升半旋回的底部和基准面下降半旋回的顶部), 发育了该区最有利储集砂体, 厚度最大、范围最广, 沉积微相主要为辫状河水下分流河道, 碎屑颗粒磨圆中等, 分选

较好, 孔隙度在 12.46% 左右, 渗透率约为 $36.84 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。在中期基准面上升 ($J_1 S_2^{1-2}$) 和下降 ($J_1 S_3^1$) 半旋回的中期, 也发育比较有利的储集砂体, 砂体微相类型以曲流河水下分流河道为主, 另外还有河口砂坝, 其中, $J_1 S_2^{1-2}$ 孔隙度在 11.97% 左右, 渗透率约为

$6.35 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 孔隙度在 12.46% 左右, 渗透率约为 $0.79 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。高可容纳空间期(中期基准面上升的后期和下降的早期), 砂体微相主要为滨浅湖滩坝, 岩性以细砂岩、粉砂岩为主, 孔隙度都小于 6.45%, 渗透率小于 $0.18 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 不能构成有利的油气储集体。

另外, 基准面旋回也控制了储层砂体的内部结构及连通性, 影响着不同层位的油气藏类型。在低可容纳空间、中期基准面下降与上升的转化位置, 以辫状河水下分流河道为主, 砂体相互切割, 叠置连片分布, 连通性好, 是构成构造油气藏有利的储层层段。高可容纳空间、中期基准面下降与上升的过渡期, 河道迁移少, 发育的曲流河水下分流河道砂体孤立分布, 并且河口砂坝数量增多, 为隐蔽油气藏发育提供了有利的储集空间。

参考文献 (References)

- 1 Cross T A. Controls on coal distribution in transgressive regressive cycles: Upper Cretaceous Western Interior U. S. A. In Wilgaus C K, *et al* Sea level changes: an integrated approach. SEPM Special Publication, 1988, 42: 371~380
- 2 Cross T A. Application of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis. In: Proceedings of the 7th Exploration and Production Research Conference, Paris, Techniq, 1993, 11~13
- 3 郑荣才, 尹世民, 彭军. 基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析. 沉积学报, 2000, 18(3): 369~375 [Zheng Rongcai, Yin Shimin, Peng Jun. Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base level cycle. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 369~375]
- 4 Cross T A, Lessenger M A. Sediment volume partitioning: rationale for stratigraphic model evaluation and high resolution stratigraphic correlation. In Gradstein F M, Sandvik K O, and Milton N J, eds. Sequence Stratigraphy Concepts and Applications. NPE Special Publication 1998, 8: 171~195
- 5 杨文孝, 赵铮亚. 准噶尔盆地侏罗系勘探进展及成藏特征. 新疆石油地质, 2002, 23(6): 466~469 [Yang Wenxiao, Zhao Zhengya. Advances Exploration of Jurassic in Junggar Basin and its secondary hydrocarbon pools formation and enrichment. Xinjiang Petroleum Geology, 2002, 23(6): 466~470]
- 6 李振宏, 汤良杰, 丁文龙, 等. 准噶尔盆地腹部地区断裂特征分析. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 40~42 [Li Zhenhong, Tang Liangjie, Ding Wenlong, *et al*. Fault characteristic analysis for the hinterland of Junggar basin. Oil & Gas Geology, 2002, 29(1): 40~42]
- 7 况军, 姚根顺, 朱国华, 等. 准噶尔盆地腹部地区侏罗系三工河组相对优质储集层的成因. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 34~37 [Kuang Jun, Yao Genshuo, Zhu Guohua, *et al*. The origin of favorable sandstone reservoirs of Sangonghe Formation, Lower Jurassic in central Junggar basin. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(6): 34~37]
- 8 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派—高分辨率层序地层学. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89~97 [Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S.: high resolution sequence stratigraphy. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 89~97]
- 9 邓宏文, 王洪亮, 李熙喆. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177~184 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xizhe. Identification and correlation techniques of sequence stratigraphic base levels and their application. Oil & Gas Geology, 1996, 17(3): 177~184]
- 10 何玉平, 刘招君, 杜江峰. 高分辨率层序地层学基准面旋回识别. 世界地质, 2003, 22(1): 21~25 [He Yuping, Liu Zhaojun, Du Jiangfeng. Recognition of base level cycle in high resolution sequence stratigraphy. Global Geology, 2003, 22(1): 21~25]
- 11 郑荣才, 彭军, 吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义. 沉积学报, 2001, 19(2): 49~255 [Zheng Rongcai, Peng Jun, Wu Chaorong. Grade division of base level cycles of terrigenous basin and its implications. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(2): 49~255]
- 12 邓宏文, 王洪亮, 李小孟. 高分辨率层序地层对比在河流相中的应用. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 90~295 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xiaomeng. Application of high resolution sequence stratigraphic correlation to fluvial facies. Oil & Gas Geology, 1997, 18(2): 90~295]
- 13 樊太亮, 李庆谋. 沉积基准面变化分析技术及其应用. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 108~114 [Fan Tailiang, Li Qingmou. Analytical techniques of sedimentary base level and their application. Oil & Gas Geology, 1997, 18(2): 108~114]
- 14 段秋梁, 陈永进, 陈国强, 等. 测井曲线在地层基准面旋回划分中的应用. 沉积与特提斯地质, 2002, 22(2): 35~39 [Duan Qiuliang, Chen Yongjin, Chen Guoqiang, *et al*. Applications of well logs to the division of stratigraphic base level cycles. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2002, 22(2): 35~39]
- 15 王居峰, 邓宏文, 蔡希源. 准噶尔盆地腹部下侏罗统三工河组沉积体系. 新疆石油地质, 2005, 22(2): 137~141 [Wang Jufeng, Deng Hongwen, Cai Xiyuan. Depositional system of Sangonghe Formation of Lower Jurassic in hinterland of Junggar Basin. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 22(2): 137~141]

Sedimentary Evolution and Microfacies Architecture of the Jurassic Sangonghe Formation in Mobei Arch Junggar Basin

LI Shuangwen^{1,2} LIU Luo fu^{1,2} ZHANG You ping³ YAO Wei jiang³
JIN Jun³ ZHAO Jian zhang⁴ SUN Dong⁵

1. Key Laboratory For Hydrocarbon Accumulation Mechanism in China University of Petroleum, Ministry of Education, Beijing 102249

2. Basin and Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249

3. Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development of Xinjiang Oilfield Company, CNPC, Karamay, Xinjiang 834009

4. BGP Geophysical Institute, CNPC, Zhuozhou 072751; 5. Northwest Branch, RIPED, PetroChina, Lanzhou 730020

Abstract Based on the high-resolution stratigraphic principles, the Jurassic Sangonghe Formation is divided into 10 short-term base-level cycles and 2 middle-term base-level cycles. The analysis of sedimentary evolution was carried out based on the short-term base-level cycles. In the period of Sangonghe Formation sedimentation, the 3 kinds of sedimentary conditions (braided-river delta front, meandering-river delta front and shore-shallow lacustrine) occurred alternately. In the different sub-periods, there are different microfacies. The microfacies of braided-river delta front mainly include braided sub-water channels and interchannels; debouch bars and mat shape sands scarcely occur. Meandering-river delta front mainly consists of sub-water meandering branch channels, interchannels, debouch bars, far bars and mat shape sands. While shore-shallow lacustrine consists of mudflats and bank bars. The study result shows in braided-river delta front sub-water channels that superimpose and distribute widely in succession are favorable reservoirs for structural oil pools and exist in change place of middle base-level from descending to ascending. In center of middle base-level ascending and descending, sub-water channels and debouch bars that distribute isolatedly are the main microfacies in meandering-river delta fronts. They are advantageous reservoirs for lithologic oil pools.

Key words Junggar Basin, Jurassic Sangonghe Formation, base-level cycle, sedimentary microfacies, sedimentary evolution