

文章编号: 1000-0550(2007) 01-0090-09

苏里格气田苏 6 井区下石盒子组盒 8 段沉积相特征

文华国 郑荣才 高红灿 戴朝成 李国军

(成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 成都 610059)

摘要 苏 6 井区是鄂尔多斯盆地苏里格气田主要产气区, 主产层为中二叠统下石盒子组第 8 段, 其沉积相类型及特征长期倍受众多研究机构和学者的争议。根据钻井、测井及岩芯分析化验资料, 结合前人研究成果, 认为苏 6 井区盒 8 段属河流沉积体系, 其中盒 8_F 段为辫状河, 盒 8_E 段为曲流河。在深入细致的微相分析基础上, 分别建立了缓坡型辫状河与多河道低弯度曲流河两种沉积模式, 认为最有利的储集砂体主要为高能水道心滩和边滩叠置砂体, 其次为河床滞留砂体。上述沉积相类型划分和沉积模式的建立为包括苏 6 井区在内的整个苏里格气田储集相带预测、储层评价以及大规模开发奠定基础。

关键词 苏里格气田 盒 8 段 辫状河 曲流河 沉积模式 有利储集体

第一作者简介 文华国 男 1979 年出生 博士研究生 沉积学 E-mail wenhuagu@wina.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

苏里格气田是长庆油田公司于 2000 年 5 月钻获苏 6 井等高产气井以来所发现的大型砂岩气藏, 其含气面积约 6 000 km²^[1], 然而近年来的开发效果并不十分理想, 原因与苏里格气田上古生界储层属于陆相沉积, 储集砂体具有岩性、岩相和厚度变化大, 平面分布复杂和连通性差, 以及储层物性偏低和非均质性严重等特征有关。其中苏 6 井区虽是苏里格气田最有利的天然气富集区和重点开发区^[2], 但同样面临沉积相以及砂体分布复杂、开发难度大等难题, 特别是针对该区最主要的产气层位盒 8 段^[3]的沉积相类型及特征, 一直倍受国内外研究机构和众多学者的瞩目与争议, 如魏红红^[4]和何自新^[5]认为盒 8 段属于三角洲沉积体系; 李文厚^[6]将研究区盒 8 段确定为辫状河—三角洲沉积体系; 尹志军^[7]认为盒 8 段属于辫状河三角洲沉积体系; 斯伦贝谢公司研究认为苏 6 井区盒 8 段为河流沉积体系, 并进一步确定盒 8_F 段为辫状河, 盒 8_G 段为网状河, 盒 8_E 段为曲流河; 兰朝利^[8]、邹新宁^[9]和何顺利^[10]则认为整个盒 8 段都属于辫状河相。本文根据钻井、测井及岩芯分析资料, 结合区域构造和沉积演化特征, 并对比前人研究成果, 对苏 6 井区盒 8 段沉积环境进行深入研究后提出了不同于前人的沉积相类型划分方案, 即认为盒 8_F 段为辫状河, 盒 8_E 段为曲流河, 并在细致的沉积相特征分析基础上, 分别建立了适合于包括苏 6 井区在内的整个苏里格气田储集砂体预测和评价的缓坡型辫

状河与多河道低弯度曲流河两种沉积模式。

1 区域地质概况

苏里格气田位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡西北侧, 地理范围为东到桃利庙, 西达定探 1 井, 北起伊 9 井, 南至安边, 东西宽 100 km, 南北长 196 km, 总面积约 2 × 10⁴ km², 构造形态为宽缓西倾的单斜, 区内除有少数鼻状构造外, 大都十分平缓, 平均坡降为 3~5 m/km。苏 6 井区位于苏里格庙地区中偏北部(图 1), 晚古生代地层主要由上石炭统本溪组、太原组和下二叠统山西组、中二叠统下石盒子组、上石盒子组至上二叠统石千峰组组成, 经历了泻湖、障壁岛、潮坪和三角洲的陆表海盆, 到以发育河流—湖泊三角洲为主的内陆湖盆沉积的演变历史。苏 6 井区上古气藏储层主要发育于中二叠统下石盒子组盒 8 段和盒 7 段等层位, 其中盒 8 段厚度约 80~100 m, 为苏里格气田主力产层, 有多口井在该层位钻获高产气流^[11], 可划分为盒 8_F 段和盒 8_E 段两个砂层, 并可进一步细分为盒 8_F¹、盒 8_F²和盒 8_E¹、盒 8_E²四个小层(图 2)。苏 6 井区受鄂尔多斯盆地晚古生代构造活动及沉积演化影响, 晚石炭世本溪期至太原期以沉积海相地层为主, 并平行不整合超覆于下奥陶统风化夷平面之上; 早二叠世早期属陆缘近海盆地, 中期由于海西构造使华北地台抬升, 在北高南低古地形的控制下, 海水全部退出, 从而接受巨厚的冲积—河流相沉积, 至晚二叠世

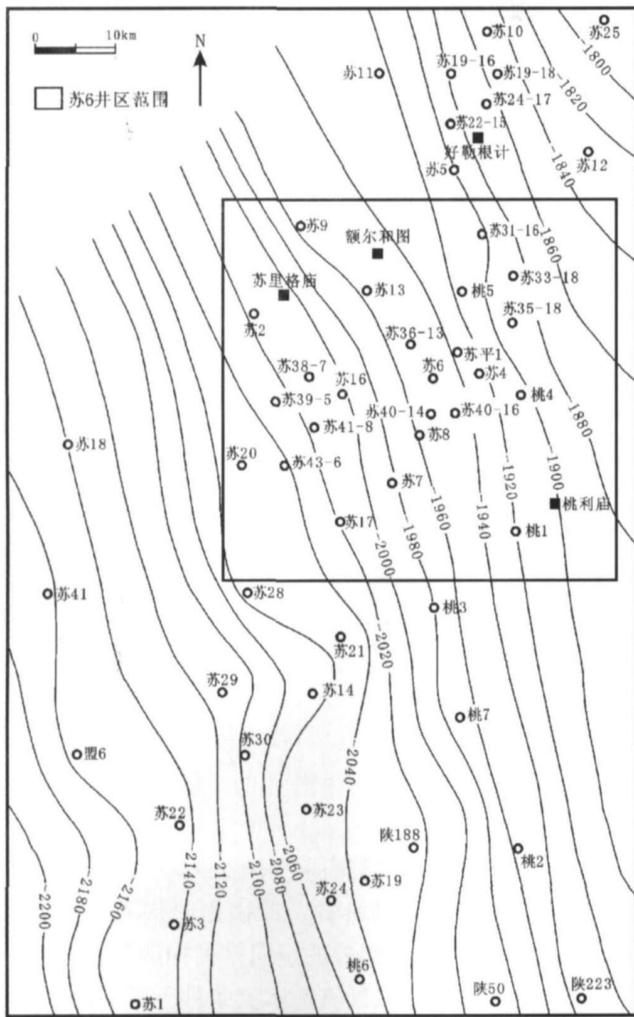


图 1 苏里格气田下石盒子组盒 8 段顶部构造及资料点分布图

Fig 1 The top structure and the datum point distribution of the 8th member of Lower Shihezi Formation in Sulige gas field

石千峰期则以湖相沉积为主。其中中二叠世下石盒子期沉积时, 气候已由温暖潮湿转为干旱炎热, 初期(盒 8 沉积期)北部内蒙古陆进一步抬升^[12], 坡度变陡, 沉积物供给充分, 整个盒 8 段以发育大型河流—冲积平原体系并大幅度向南推进为典型特征, 盒 8 沉积期早时, 物源相当丰富, 则形成盒 8_F段辫状河沉积, 晚时随着北部内蒙古陆抬升相对减弱, 沉积物补给通量减小, 河流进积作用相应减弱, 本区河流类型由盒 8_F段辫状河转变为盒 8_E段曲流河沉积。

2 沉积相标志

2.1 颜色

苏 6 井区盒 8 段的砂岩呈灰白色、灰绿色和灰

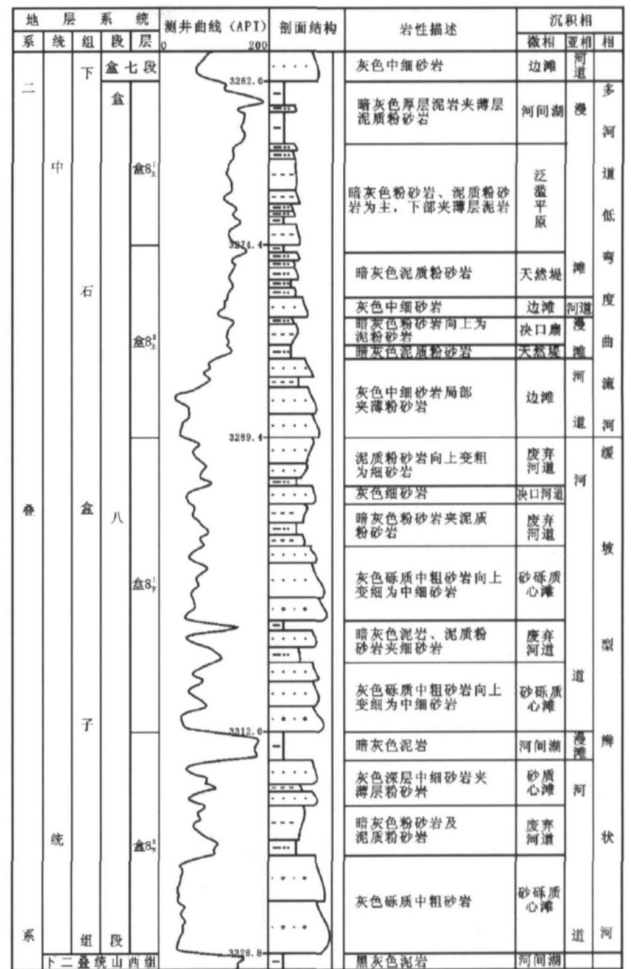


图 2 苏里格气田苏 4 井下石盒子组盒 8 段沉积剖面图 (图例同图 5)

Fig 2 Sedimentary profile of the 8th member of Lower Shihezi Formation in Su6 area of Sulige gas field (from Su4)

色, 泥岩主要为杂色、灰绿色、褐色、灰色和棕色, 次为灰黑色和深灰色, 其中棕色、褐色和杂色多见于盒 8_E、盒 8_F段的中、上部, 并且杂色或棕色(褐色)泥岩往往与灰色、灰绿色泥岩呈互层产出, 反映研究区盒 8 段沉积作用主要发生在季节性干旱气候中, 沉积水体流量变化大和经常暴露, 并具备频繁变化的氧化与还原物理化学条件。

2.2 粒度分布特征

砂岩薄片鉴定和粒度分析结果, 表明研究区盒 8 段砂岩粒度分布以粗砂和中砂为主, 占样品总体的 71.31%, 其次为细砂, 占总体的 26.64%, 砾石和粉砂含量较少; 粒度标准偏差为 0.51~3.8, 尖度为 0.51~5.46 几乎所有粒度分析样品都为正偏态, 表明研究区砂岩分选改造较差, 总体反映距离物源区较近

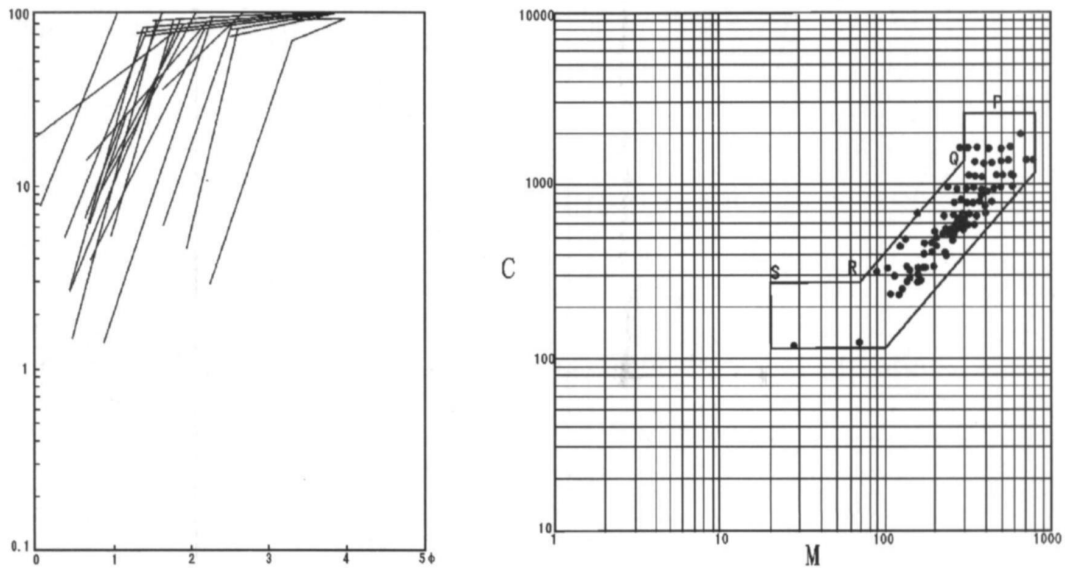


图 3 苏 6 井区下石盒子组盒 8 段河道粒度概率曲线和 CM 图

Fig 3 Granularity probability curves and CM diagram of sandstone of the 8th member of Lower Shizezi Formation in Su6 area of Sulige gas field

的特点。在粒度概率曲线中(图 3),大多数样品为跳跃组分与悬浮组分的两段式组合,滚动、跳跃和悬浮组分组合的三段式次之;在 CM 图中(图 3),样品点多落在递变悬浮沉积段(QR 段),其次在悬浮和少量滚动搬运段(PQ 段),由此说明研究区沉积水动力条件虽然较强,但沉积速率较快,导致沉积物分选改造变差,沉积负载虽包括了滚动、跳跃和悬浮三种组分,但以跳跃和悬浮组分为主,为河道沉积特征。

2.3 岩石组分

研究区盒 8 段岩性以岩屑砂岩为主,次为岩屑石英砂岩,而石英砂岩非常少见;砂岩碎屑组分以石英和岩屑为主,石英含量在 26.8%~87% 之间,平均 65.43%,岩屑含量在 2%~42.6% 之间,平均 13.95%,长石含量很少,通常不超过 3%;对盒 8 段砾岩和砂岩的成分统计表明,含砾砂岩或砾岩中砾石的成分主要为石英岩、燧石及变质岩,其次为泥砾。由此可见,盒 8 段砂岩矿物成分成熟度较低,说明沉积环境对沉积物的改造程度较低,为近源快速堆积作用的产物。

2.4 岩石结构特征

本区盒 8 段砂岩颗粒磨圆度较差,多呈次棱角状,少见次圆状,分选性中等—较差,从磨圆度和分选性特征上显示较低的结构成熟度,但杂基含量却较低,以颗粒支撑为主,接触方式以线状和近镶嵌状为主,偶见杂基支撑结构,从杂基含量考虑却有较高的结构成熟度。这种内在结构特征的矛盾,说明这些砂岩是近物源区

的高能沉积环境下快速堆积作用的产物。

2.5 沉积构造

苏 6 井区盒 8 段层面构造中底冲刷非常发育,砂体底部常见大型底冲刷构造,冲刷面起伏不平,其上可见石英砾石与泥砾组成的定向排列构造,指示单向水流发育特征,而反映低流态水流条件下的小波痕层理很少见;层理构造也非常发育,尤其在含砾中—粗粒岩屑砂岩中以反映高流态沉积特征的槽状交错层理、楔状交错层理、块状层理为主,板状交错层理、平行层理和粒序层理次之(图 4),以上沉积构造充分反映了能量较高的河流沉积特征。

2.6 古生物标志

研究区盒 8 段动物化石稀少,但砂岩交错层理面上或泥岩中含有丰富的炭屑、植物茎干、孢粉或植物叶片印模等化石,其类型多样,主要包括石松纲、苏铁纲、真蕨纲、楔叶纲和种子蕨纲等半湿地和旱地植物化石,其局部富集可形成煤线,甚至形成薄煤层。此外,在废弃河道静水沉积区堆积的泥岩中,偶尔发育底栖动物钻孔觅食形成的潜穴和生物扰动构造。

3 沉积相特征

3.1 辫状河沉积相特征

3.1.1 河道亚相

河道亚相为辫状河沉积主体,由心滩和废弃河道两微相韵律交替组成,两微相特征如下:

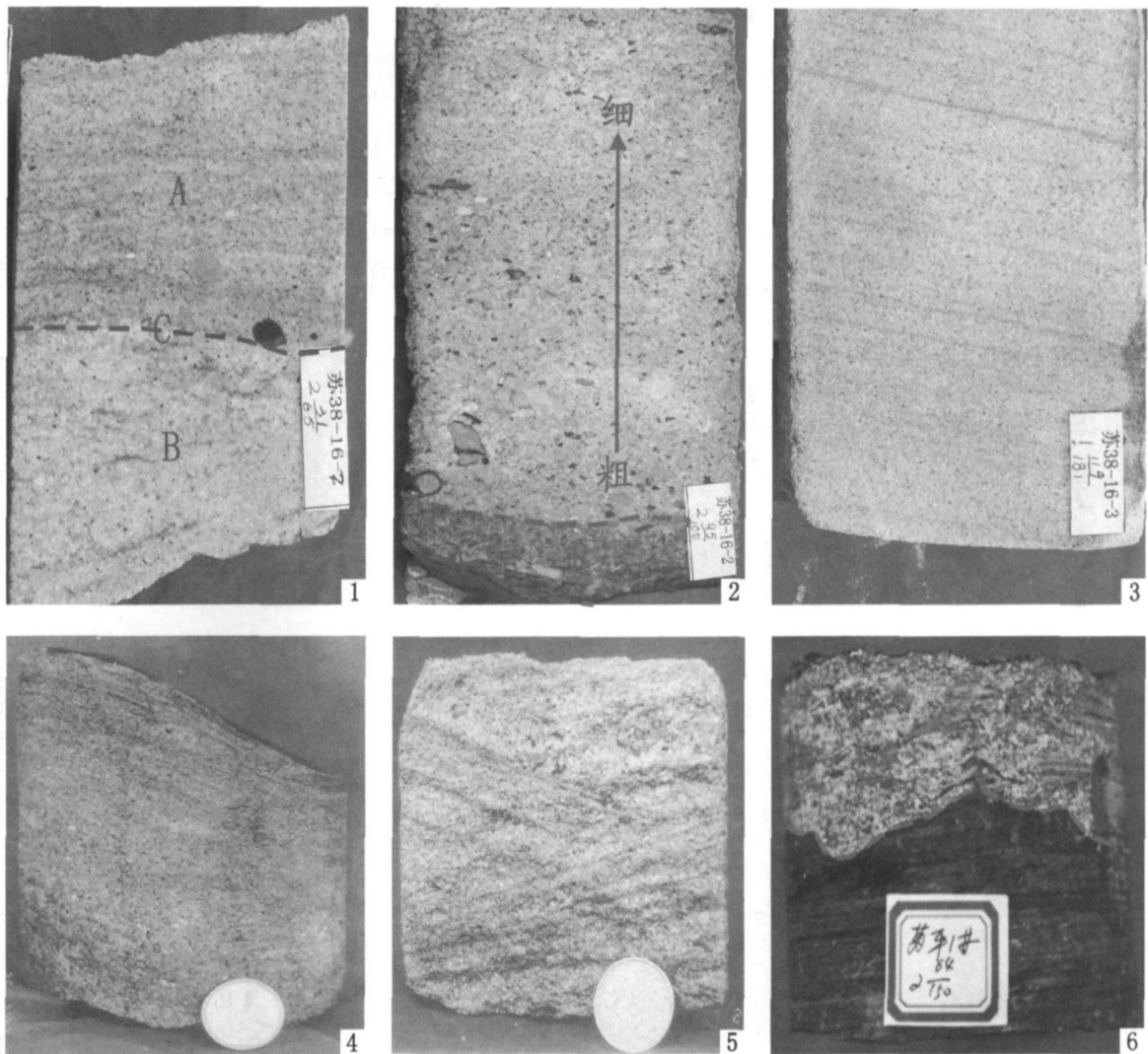


图 4 苏 6 井区下石盒子组盒 8 段河流相典型沉积构造岩芯照片

Fig 4 Photographs of typical sedimentary structures of the 8th member of Lower Shihezi Formation in Su6 area of Sulige gas field

1. 上部粗—中细粒岩屑砂岩中发育平行层理 (A), 下部粗粒岩屑砂岩中发育板状斜层理 (B), 上、下呈岩性突变的冲刷接触关系 (C), 苏 38-16-7 井, 3300 m, 盒 8_7^2 ; 2 含砾中粗—中细粒岩屑长石砂岩具下粗上细正粒序, 底部发育冲刷面 (A), 冲刷充填构造 (B), 苏 38-16-2 井, 3328m, 盒 8_7^1 ; 3 细粒岩屑长石砂岩中的板状斜层理, 苏 38-16-7 井, 3309m, 盒 8_7^2 ; 4 粗粒岩屑砂岩中的槽状交错层理, 苏 6 井, 3303 m, 盒 8_7^1 ; 5 含砾粗砂岩中的楔形交错层理, 苏 4 井, 3284 m, 盒 8_7^1 ; 6 底冲刷构造, 泥岩顶部被砂岩冲刷, 苏平 1 井, 3301 m, 盒 8_7^1

(1)心滩微相: 本区盒 8_7 段辫状河道绝大多数由心滩砂体连续叠置而成, 平面上砂体呈弯曲的短条带状或串珠状分布, 剖面上常呈透镜状产出。单个砂体厚度一般为 1.0~3.0 m, 而连续叠置砂体厚度可达十数米以上, 其底部几乎均发育有底冲刷构造、截切充填构造和滞留砾岩, 向上过渡为具大、中型槽状和板状交错层理的中—粗粒砂岩、细粒砂岩, 顶部一般缺少堤岸沉积, 这是与边滩发育的曲流河道亚相的重要区别。心滩砂岩成分比边滩更为复杂, 以成分成熟度低的长石岩屑砂岩为主, 粒度变化范围较大, 局

部含有细砾石, 自然伽玛曲线呈高幅箱形或齿化箱形。

(2)废弃河道微相: 广泛发育盒 8_7 段, 厚度很小但较为常见, 出现在心滩的上部或顶部, 与下伏心滩砂体呈岩性和岩相突变关系。由于该微相常年被水淹没, 以接受洪水期悬移沉积为主, 为非常适宜动、植物生存的低能环境, 易于沼泽化, 因而岩性以暗色的粉砂岩、粉砂质泥岩和炭质泥、页岩的薄互层组合为主, 局部夹有黑色炭质泥、页岩和薄煤层或煤线, 自然伽玛曲线为中、低幅指形和细齿形。偶尔夹有洪水期

注入的细—中粒砂岩,砂岩中发育有板状交错层理和沙纹层理,底部常常含有少量泥砾,对应的自然伽玛曲线为中、高幅齿化钟形。

3.1.2 河漫滩亚相

泛滥平原微相:泛滥平原微相的堤泛沉积偶尔出现在辫状河旋回的上部或顶部,主要由粉砂质页岩夹粉砂岩和炭质页岩组成,普遍发育沙纹和水平层理,产丰富的植物化石,与下伏心滩砂体呈岩性和岩相渐变关系而构成下粗上细的二元结构,虽有一定发育规模,但其分布范围和厚度远小于曲流河平原中的泛滥平原,自然伽玛曲线为典型的低幅齿形,往往与上覆钟形或箱形呈突变关系。

3.1.3 剖面结构特征

研究区盒 8_下段辫状河沉积具有类似 Walker^[13]提出的典型辫状河沉积序列,以苏 6 井为例,在盒 8_下段由多个辫状河心滩砂体连续叠置而成,偶夹薄层泥、粉砂岩,厚度达 34 m。剖面上可识别出两个非常相似的辫状河沉积旋回,旋回自下而上的沉积演化序

列都为:底部砂砾岩组成的河床滞留微相 多个(含细砾)粗—细砂岩连续叠置组成的心滩微相 粉~细砂岩和泥岩组成的泛滥平原(或废弃河道)微相。其中以心滩为代表的河道砂体之间相互截切的底冲刷作用也非常发育,砂体内部所发育的层理类型多样,这些层理构造除底部多见大型槽状交错层理外,向上层理的叠置无一定规律,甚至出现从底部到顶部都由槽状交错层理构成的河道序列,类同于永定河现代辫状河心滩沉积特征^[14],反映河道的迁移、废弃和复活非常频繁。处于沉积序列下部的的心滩沉积更易保存,而上部的漫滩细粒沉积物在新的辫状河旋回过程中由于河道复活易遭受下切冲刷作用而很难得到较好的保存,这可能是解释以往的辫状河模式多强调心滩沉积而忽视河漫滩沉积的原因^[15],因此连续叠置的心滩砂体往往表现为底冲刷面非常发育,或底冲刷面下偶尔残留有泥质夹层的大砂体,但溢岸沉积不发育的宏观特征,总体表现为非常典型的辫状河沉积演化序列(图 5)。

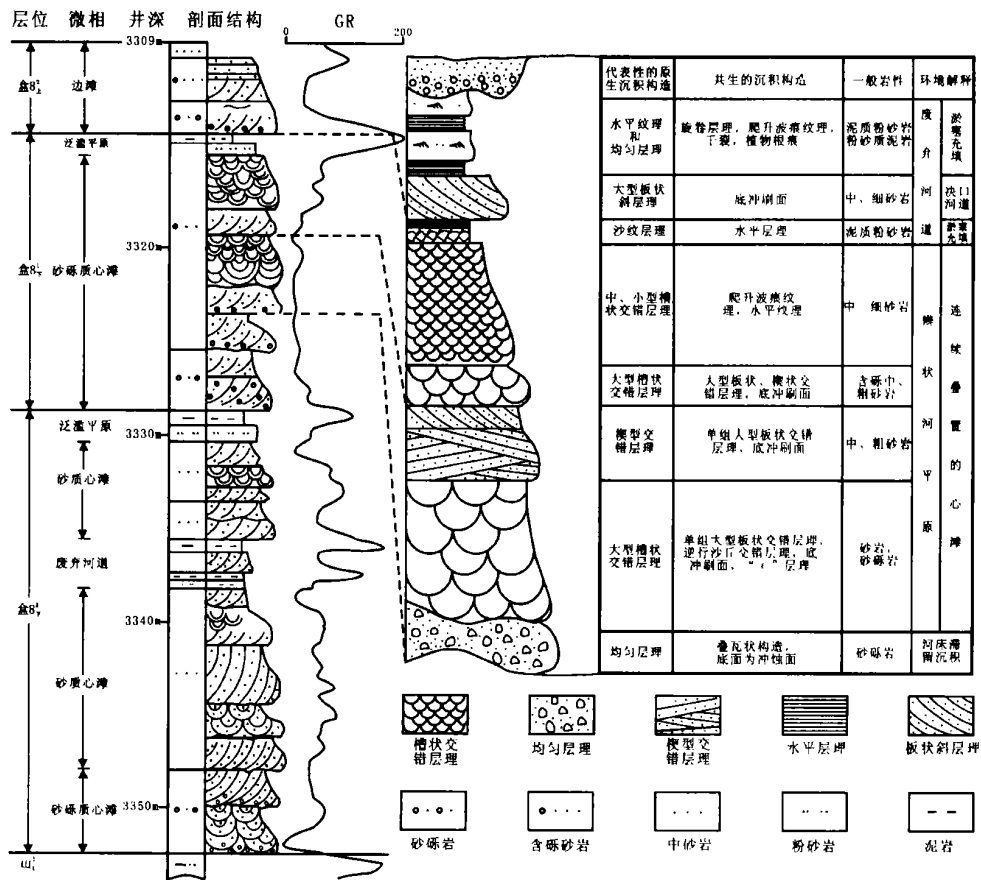


图 5 苏 6 井区下石盒子组盒 8_下段辫状河沉积序列及剖面结构特征(以苏 6 井为例)

Fig 5 Sedimentary sequence and profile characteristics of braided channel of the lower part of 8th member of Lower Shizei Formation in Su6 area of Sulige gas field (from Su 6)

3.2 曲流河沉积相特征

3.2.1 河道亚相

边滩微相: 边滩又称“点砂坝”或“内弯坝”, 在苏 6 井区盒 8_E 段普遍发育。其岩性一般较辫状河道心滩细, 主要由细—中粒岩屑砂岩组成, 局部为含细砾的中—粗粒岩屑砂岩, 其矿物成分复杂, 成熟度较低, 不稳定组分多, 显示流速较急但流向较稳定的牵引流沉积环境特征。自下而上出现由粗变细的粒序或岩性韵律, 但常因侵蚀而保存不完整。单个边滩砂体自然电位曲线呈“钟形”, 多个边滩砂体的连续叠置呈“圣诞树形”。常见大型板状和槽状交错层理, 其中作为边滩的标志性层理是向河心方向侧向迁移的大型板状交错层理(又称 π 型层理)。

3.2.2 河漫滩亚相

研究区内盒 8_E 段河漫滩亚相以发育泛滥平原微相为主, 其次为天然堤、决口扇、河间湖泊, 岸后沼泽偶尔也有发育。

(1) 泛滥平原微相: 岩性以粉砂岩为主, 亦有粘土岩的沉积, 平面上距河床愈远粒度愈细, 垂向上亦有向上变细的趋势。波状层理和斜波状层理(洪水层理)为主, 亦见水平层理, 另见不对称波痕, 泛滥平原常因间歇出露水面而在泥岩中保留干裂和雨痕。化石稀少, 一般仅见植物碎片。

(2) 天然堤微相: 主要由细砂岩、粉砂岩、泥岩组成, 粒度较边滩沉积细, 比泛滥平原沉积粗。在垂向剖面上最突出的特点是砂、泥岩组成薄互层, 下部砂岩中小型波状交错层理、沙纹层理非常发育, 上部泥岩则发育水平纹层。由于天然堤平时出露地表, 洪水期才间歇性淹没, 故常含有蒸发成因的钙质结核, 泥岩中可见干裂、雨痕、虫迹以及植物根化石等。在垂向剖面上, 天然堤砂体具正粒序, 往往直接覆盖在边滩砂体之上, 自下而上岩性自然过渡, 容易识别。

(3) 决口扇微相: 主要由细砂岩、粉砂岩组成, 粒度比天然堤沉积稍粗, 具小型交错层理、波状层理及水平层理, 冲蚀与充填构造常见, 常有河水带来的植物化石碎片。岩体形态呈舌状或扇状, 向泛滥平原方向变薄变尖, 在垂向剖面上, 决口扇砂体大多数具有不明显的逆粒序, 多数以直接覆盖在泛滥平原之上为区别天然堤的主要标志。

(4) 河间湖泊微相: 平面上此微相与泛滥平原微相密切共生, 发育于泛滥平原中相对开阔、低洼和常年积水的部位, 以接受洪水期漫流携带的泥质沉积为主, 岩性主要为暗色泥岩、粉砂质泥岩夹炭质页岩、煤

线和煤层组合, 但比辫状河泛滥平原中的河间湖泊分布范围更加宽阔, 水体要深一些, 更有利于植物生长而容易沼泽化, 因此, 又可称之为洪漫湖、河漫湖泊和岸后沼泽。

3.2.3 剖面结构特征

本区盒 8_E 段曲流河沉积具明显的下粗上细二元结构, 下部河道滞留和边滩沉积中常见斜层理及含有较多泥砾, 向上变细呈正粒序, 自然伽玛曲线呈典型的钟形, 边滩上部被粉砂岩和泥质粉砂岩组成的废弃河道、天然堤等溢岸沉积覆盖, 另外还被粉砂质泥岩、暗色泥岩组成的河间湖泊与决口扇韵律交替沉积组成的河间蓄水洼地沉积覆盖, 共同构成厚度很大的漫滩垂向演化序列, 其细粒组分在整个垂向序列中占很大比例, 表示漫滩沉积在曲流河垂向序列中是很重要的组成部分, 表现出明显与盒 8_F 段辫状河泛滥平原与河间湖泊完全不同的沉积序列(图 2)。

4 沉积模式

4.1 缓坡型辫状河沉积模式

通过对研究区单井剖面沉积微相分析和各小层砂体沉积微相平面编图, 结合苏里格庙地区宽缓西倾的单斜构造形态, 证实苏 6 井区盒 8_F 段为多条河道频繁交互汇聚而形成的缓坡型辫状河沉积环境。河道主体以发育心滩为主, 此外还发育有一定规模的废弃河道, 河道带之间发育有地势相对较高的古地貌, 这些高地貌在洪泛期可形成包括决口扇、泛滥平原、河间湖泊和沼泽在内的漫滩沉积, 据此特征, 提出苏 6 井区盒 8_F 段缓坡型辫状河沉积模式(图 6)。该模式对储集砂体有如下几点解释: 辫状河砂体的发育规模和几何形态受河道的宽度控制, 其中粗粒砂体分布主要受心滩分布控制, 考虑到苏 6 井区有效储集体多为粗粒沉积, 说明心滩微相对有效储层的控制作用明显; 辫状河交汇处易形成较宽的河道带和较大规模的心滩, 是有利储集砂体的发育位置; 心滩分布不均、大小不一, 而且各个心滩在侧向相互叠置的同时, 砂体之间往往被充填河床或废弃河道的细粒砂岩和泥岩分隔, 从而使砂体的横向连续性和连通性受到限制, 同一河道内的储集砂体非均质性也非常严重, 单砂体发育规模限于千米级范围内。河道带之间往往发育一定规模的泛滥平原、河间湖泊和决口扇

沉积, 它们对发育于各河道中的储集砂体有强烈的分隔作用, 因此, 同一河道内的储集砂体往往可形成相对独立的气藏, 由多个河道砂体的存在可造成多个相对独立的气藏并存; 辫状河砂体横向上连片分布性好, 但其内部砂体结构存在差异, 表现为粗粒心滩沉积与中—细粒河道和泥粉砂质的废弃河道充填沉积作用的交替发育。

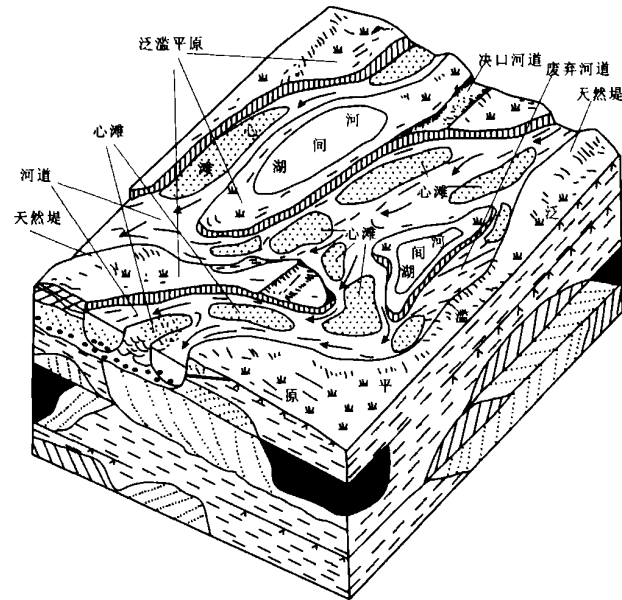


图 6 苏 6 井区下石盒子组盒 8_下段缓坡型辫状河沉积模式图

Fig 6 The gentle slope braided channel sedimentary model of the lower part of 8th member of Lower Shihezi Formation in Su-6 area of Sulige gas field

4.2 多河道低弯度曲流河沉积模式

通过苏 6 井区盒 8_上段单井剖面和平面的沉积微相的研究, 认为研究区盒 8_上段不能用单河道曲流河沉积模式加以描述, 而是具多河道低弯度曲流河沉积特征, 在沉积记录中则表现为以细粒溢岸沉积物为主的特点, 其河道沉积物对于油气和煤炭勘探有重要意义^[16]。依据盒 8_上段主要含气层段的河道砂体与泛滥平原(河间湖泊)的平面展布特征, 建立了苏 6 井区盒 8_上段多河道低弯度曲流河沉积模式(图 7)。该模式显示: 此类曲流河中砂体成因类型较多, 有利于储层发育的砂体主要为边滩砂体、河床滞留砂体, 局部为大河道中发育的心滩砂体, 而天然堤砂体和决口扇砂体不利于储层发育。此类曲流河砂体宽度受河道侧向迁移控制, 可形成宽度为千米以上的大砂体, 平面上呈宽带状和席状分布; 受河道摆动、侵蚀影响, 天然堤沉积易被剥蚀, 垂向上不同时期沉积的

多个边滩砂体可连续叠置发育, 形成有利的储集砂体; 此类曲流河冲积平原上, 往往存在多条河流, 河道之间的河漫沉积阻隔了砂体之间的连通性。

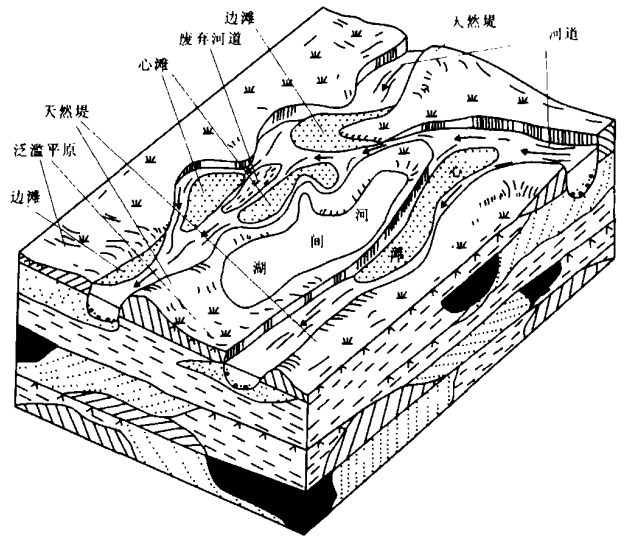


图 7 苏 6 井区下石盒子组盒 8_上段多河道低弯度曲流河沉积模式图

Fig 7 The more-channel and low-sinuosity meandering river sedimentary model of the upper part of 8th member of Lower Shihezi Formation in Su6 area of Sulige gas field

5 结论

(1) 鄂尔多斯盆地苏里格气田苏 6 井区盒 8_下段属于辫状河相, 可识别出河床滞留沉积、心滩、废弃河道、泛滥平原、决口河道、河间湖泊等沉积微相, 剖面结构上表现为多个心滩砂体连续叠置, 且底冲刷面非常发育, 溢岸沉积并不发育等特征; 盒 8_上段属于曲流河相, 可识别出河床滞留沉积、边滩、废弃河道、天然堤、决口扇、泛滥平原、河间湖泊和沼泽等沉积微相, 剖面上具明显的二元结构, 漫滩沉积在垂向序列上占很大比例。

(2) 建立了苏 6 井区盒 8 段缓坡型辫状河与多河道低弯度曲流河两种沉积模式, 可对储集砂体进行预测和解释, 认为有利储集体主要是不同时期沉积的高能水道心滩和边滩叠置砂体, 其次为河床滞留砂体, 个别的废弃河道和决口河道砂体亦具有一定的储集性, 而广泛发育的天然堤和决口扇砂体大多数为岩性非常致密的非储集体, 河道带之间的漫滩沉积对储集砂体具有一定的分隔作用。

(3) 上述沉积相类型的划分以及沉积模式的建立可对包括苏 6 井区在内的整个苏里格庙地区不同

成因类型的河流砂体进行解释, 为苏里格气田的井位部署和扩边等大规模开发提供重要依据。

参考文献 (References)

- 1 张明禄, 达世攀, 陈调胜. 苏里格气田二叠系盒 8 段储集层的成岩作用及孔隙演化. 天然气工业, 2002, 22 (6): 13~ 16 [Zhang Minglu, Da Shipan and Chen Tiaosheng. Diagenesis and pore evolution of reservoir in Sulige gas field. Natural Gas Industry, 2002, 22 (6): 13~ 16]
- 2 郑荣才, 彭军. 陕北志丹三角洲长 6 油层组高分辨率层序分析与等时对比. 沉积学报, 2002, 20 (1): 92~ 100 [Zheng Rongcai and Peng Jun. Analysis and isochronostratigraphic correlation of high-resolution sequence stratigraphy for Chang 6 oil reservoir set in Zhidan Delta, Northern Ordos Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20 (1): 92~ 100]
- 3 何自新, 付金华, 席胜利, 等. 苏里格大气田成藏地质特征. 石油学报, 2003, 24 (2): 6~ 12 [He Zixin, Fu Jinhua, Xi Shengli, et al. Geological features of reservoir formation of Sulige gas field. Acta Petroli Sinica, 2003, 24 (2): 6~ 12]
- 4 魏红红, 彭惠群, 李静群, 等. 鄂尔多斯盆地中部石炭系—二叠系沉积相带与砂体展布. 沉积学报, 1999, 17 (3): 403~ 406 [Wei Honghong, Peng Huiqun, Li Jingqun, et al. Distribution of sedimentary facies belts and sandstone bodies of Permian-Carboniferous in the central part of Ordos basin. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17 (3): 403~ 406]
- 5 何自新, 付金华, 席胜利, 等. 苏里格大气田成藏地质特征. 石油学报, 2003, 24 (2): 6~ 12 [He Zixin, Fu Jinhua, Xi Shengli, et al. Geological features of reservoir formation of Sulige gas field [J]. Acta Petroli Sinica, 2003, 24 (2): 6~ 12]
- 6 李文厚, 魏红红, 赵虹, 等. 苏里格庙地区二叠系储层特征及有利相带预测. 西北大学学报 (自然科学版), 2002, 32 (4): 335~ 340 [Li Wenhou, Wei Honghong, Zhao Hong, et al. Prediction of oil-bearing facies belts and reservoir characteristics of Permian System in Sulige Miaotao Region. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2002, 32 (4): 335~ 340]
- 7 尹志军, 余兴云, 鲁国永. 苏里格气田苏 6 区块盒 8 段沉积相研究. 天然气工业, 2006, 26 (3): 26~ 27 [Yin Zhijun, Yu Xingyun, Lu Guoyong. Sedimentary facies of 8th member of Shhezifm in block Su 6 in Sulige gas field. Natural Gas Industry, 2006, 26 (3): 26~ 27]
- 8 兰朝利, 何顺利, 门成全. 利用岩心或露头的交错层组厚度预测辫状河河道带宽度——以鄂尔多斯盆地苏里格气田为例. 油气地质与采收率, 2005, 12 (2): 16~ 18 [Lan Chaoli, He Shunli, Men Chengquan. Prediction of braided channel belt width based on cross-stratum sets thickness measurements of cores or outcrops—taking Sulige gas field, Ordos Basin as an example. PGRE, 2005, 12 (2): 16~ 18]
- 9 邹新宇, 孙卫, 张盟勃, 等. 沼泽沉积环境的辫状河道特征及其识别方法. 石油地球物理勘探, 2005, 40 (4): 438~ 443 [Zou Xinping, Sun Wei, Zhang Mengbo, et al. Braided channel characters in swamp environment and its identified methods OGP, 2005, 40 (4): 438~ 443]
- 10 何顺利, 兰朝利, 门成全. 苏里格气田储层的新型辫状河沉积模式. 石油学报, 2005, 26 (6): 25~ 29 [He Shunli, Lan Chaoli, Men Chengquan. New braided river model in Sulige Gas Field of Ordos Basin. Acta Petroli Sinica, 2005, 26 (6): 25~ 29]
- 11 刘锐娥, 孙粉锦, 等. 苏里格庙盒 8 气层次生孔隙成因及孔隙演化模式探讨. 石油勘探与开发, 2002, 29 (4): 47~ 49 [Liu Rui'e, Sun Fenjin, et al. An approach to the generating mechanism of secondary pores and pore evolution model of He 8 gas layer in Sulige gas field. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29 (4): 47~ 49]
- 12 王张华, 张国栋. 鄂尔多斯伊克昭盟晚古生代沉积环境与岩相古地理. 古地理学报, 1999, 1 (3): 28~ 39 [Wang Zhanghua, Zhang Guodong. Sedimentary environment and lithofacies palaeogeography of the Late Palaeozoic of Ikh Ju Meng area in Ordos Basin. Journal of Palaeogeography, 1999, 1 (3): 25~ 39]
- 13 Walker R G, et al. Facies Models. Geoscience Canada, 1982, 20~ 35
- 14 廖保方, 张为民, 李列, 等. 辫状河现代沉积研究与相模式——中国永定河剖析. 沉积学报, 1998, 16 (1): 34~ 39 [Liao Baofang, Zhang Weimin, Li Lie, et al. Study on modern deposit of a braided stream and facies model—Taking the Yongding River as an example. Acta Sedimentologica Sinica, 1998, 16 (1): 34~ 39]
- 15 Skelly Raymond L, Bristow Charlie S, et al. A reitecture of channel belt deposits in an aggrading shallow sandbed braided river the lower Niobrara River, northeast Nebraska. Sedimentary Geology, 2003, 158 (3~ 4): 249~ 270
- 16 Smith D G. Anastomosed fluvial deposits. Modern examples from Western Canada. Special Publishing of International Sedimentology Association, 1983, 6: 155~ 168

Sedimentary Facies of the 8th Member of Lower Shihezi Formation in Su6 Area Sulige Gas Field

WEN Hua-guo ZHENG Rong-cai GAO Hong-can DA I Chao-cheng LI Guo-jun

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation Chengdu University of Technology Chengdu 610059)

Abstract Su6 area is the main gas-producing district in Sulige gas field. There is a lot of debate among institutes and scholars on the type and characteristic of sedimentary facies in the 8th member of the Middle Permian Lower Shihezi Formation which is the main gas-producing strata. According to comprehensive studies of well logs, cores and previous study, the authors conclude that the kind of depositional system is river in the 8th member of Lower Shihezi Formation and it could be further classified into two kinds as the braided-river in the lower part and the meandering-river in the upper part. Based on the deliberate analysis of microfacies, the authors set up the gentle-gradient braided river sedimentary model and the multi-channel and low-sinuosity meandering river sedimentary model, and think that the most favorable reservoir is overriding sand bodies of channel bar and point bar and channel bed sand bodies is sub-favorable reservoir. The establishment of the sedimentary facies type and sedimentary model gives a good method to favorable facies belts prediction, reservoir evaluation and exploitation in Sulige gas field including the whole Su6 area.

Key words Sulige gas field, the 8th member of Lower Shihezi Formation, braided channel, meandering river, sedimentary model, favorable reservoir

(Be continued from page 64)

from late Permian to Jurassic west Bogda was in post-rifting stage, east Bogda showed the rudiment of mountain with further uplifting, southern margin was in weak pressure-flexure subsidence stage, from late Jurassic to Quaternary west Bogda rifting was folded into the mountains by inversion, northern and southern margins were evolved into forelands, east Bogda experienced further uplifting. The evolution of basin formation, hydrocarbon generation and petroleum accumulation of Bogda region suggests lacustrine source rock developed in west Bogda during post-rifting (P_2), which experienced deep burial history (T-J), later uplifting from rifting by inversion destroyed former reservoir, far-sourced petroleum accumulating is favorable before incipient uplifting. southern margin of east Bogda experienced multi-phases pressure-flexural subsidences, multi-interbedded mudstone and coal hydrocarbon of lake-swamp facies developed (P_2-J_2), former Jurassic rise controls far-sourced oil and gas accumulation of upper Permian petroleum system, the fault-related folds traps by orogeny since late Jurassic control vertical oil and gas accumulation in Jurassic source rock.

Key words Bogda, segmentations, basin formation, hydrocarbon generation, petroleum accumulation