

文章编号: 1000-0550(2009)06-1084-09

川中地区上三叠统须四段砂体成因组合 及对油气富集的影响^①

谢武仁 李熙★ 杨威 张满郎 谢增业 金蕙

(中国石油勘探开发研究院廊坊分院 河北廊坊 065007)

摘要 川中地区上三叠统须四段砂体厚度大, 沉积稳定, 为近物源区的三角洲沉积特征。沉积过程中, 物源供应速率与可容纳空间增长关系的变化, 导致须四段砂体自下而上由水退式、河道式和水进式三种不同成因类型的砂组纵向叠合而成; 层序界面之上的河道式砂组为物性最好的成因砂体。水退式砂组主要由高能削截式河道、削截式河口坝和远砂坝组成, 河道式砂组主要包括冲刷下切式河道和高能削截式河道, 水进式砂组主要包括低能河道、低能削截式河道、完整式河口坝和下缺式河口坝。由于不同的砂体组合, 不同成因砂体间形成了不同的成岩相和储集相, 河道式砂组以绿泥石衬边和溶蚀成岩相为主, 物性好, 为好的储集体; 水进式砂组由压实和胶结相为主, 物性较差; 水退式砂组中溶蚀相和胶结相发育, 物性较好, 为中等的储集体。由于河道式砂组与水退式砂组呈沉积不整合相接触, 呈现镶嵌关系, 对天然气的运移起到通道作用, 同时河道式砂组在平面上分布范围大, 其中的高能削截式河道沉积稳定, 为油气的富集提供了足够的空间, 向上的水进式砂组发生储层致密化, 形成有利的盖层, 使河道式砂组发育区成为川中天然气富集的有利部位。

关键词 川中地区 上三叠统 须四段 砂体成因 河道砂体 砂体组合

第一作者简介 谢武仁 男 1980 年出生 工程师 层序地层与沉积储层 E-mail: xwr69@petrochina.com.cn

中图分类号 TE122.2⁺21 文献标识码 A

川中地区位于四川盆地中部, 处在前陆盆地斜坡及隆起带, 其上三叠统须家河组具有物源多、沉积范围广、砂体厚度大等特点, 发育了须二段、须四段、须六段三套储集体。通过对该地区已发现气藏分布特点分析, 发现该地区须四段大套厚层砂岩控制了气藏的分布。前人对此作了许多研究工作。张金亮^[1]、库丽曼^[2]等对研究区的沉积相类型和分布进行了研究。赵强^[3]、周康^[4]等研究了须家河组储集砂体的成因类型和储层发育的主控因素。基于前人的研究工作, 笔者提出了在须四段厚层砂岩中寻找层序界面上的河道式砂组的观点与思路。通过对须四段研究, 发现其大套砂岩内部可以识别出一个沉积不整合面, 其上沉积了河道式砂组, 其下为水退式砂组, 两者之间的相互叠置, 促使了天然气的富集。因此对须四段砂体成因进行研究, 有利于下一步的油气勘探。

1 储集体成因与组合类型

1.1 储集体沉积类型

川中地区上三叠统须四段砂体厚度 30 ~ 90 m

沉积稳定, 根据野外露头剖面和岩心观察, 川中地区须四段是近源辫状河三角洲沉积^[1-5], 主要发育(水下)分流河道、河口坝、席状砂, 分流间湾等微相。岩心薄片鉴定分析, 须四段储层岩石学特征呈现结构成熟度中等, 成分成熟度中等的特点, 反映出近物源区的三角洲沉积特征。砂岩内部平行层理、交错层理发育, 生物化石少见, 纵向上旋回特征清楚, 旋回底部发育砾石(图 1)。岩石以岩屑石英砂岩、长石岩屑砂岩和长石石英砂岩为主, 石英含量 50% ~ 70%, 平均 60.2%; 长石含量 6% ~ 31%, 主要为正长石, 次为微斜长石; 岩屑含量 5% ~ 36%, 平均 18.7%, 以千枚岩、石英岩屑等变质岩岩屑为主。

1.2 储集体成因类型

不同沉积环境形成的砂体具有不同的几何形态, 沉积特征及其空间展布规律, 川中须四段沉积时期由于物源供应速率与可容纳空间增长之间关系的变化, 自下而上形成了水退式、河道式及水进式三种砂组叠置方式(图 2)。

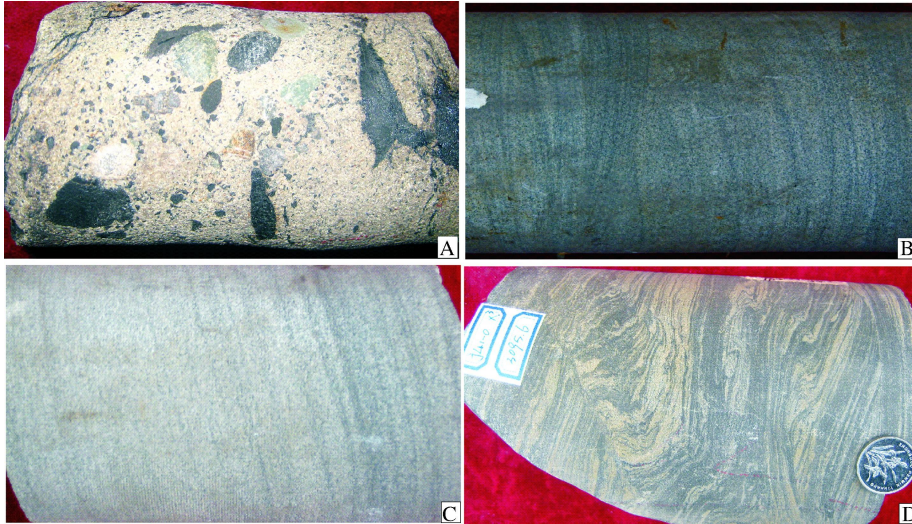
下部水退式砂组为进积湖退三角洲沉积条件下

① 中国石油天然气股份公司科技攻关项目(060101-2)部分成果。

收稿日期: 2008-07-14 收修修改稿日期: 2008-10-23

形成的, 单层砂体厚度大, 底部伴有冲蚀, 高角度交错和板状交错层理发育, 反映沉积时期物源供给相对充足, 砂层之间夹有薄层泥岩, 说明沉积时期湖平面升降频繁。该套砂组主要由水下分流河道、河口坝及席状砂组成, 下部从褐色泥岩逐渐变为泥质粉砂岩, 再

向上变为中细粒砂岩, 层理由下部的水平、波状层理渐变为中部的水平、波状变形层理, 至上部出现板状交错层理、槽状交错层理。自然伽马曲线上呈现进积形态, 齿化状反映多期水退的特点。



A. 角 51-3 200 m 滞留沉积; B 营 21-2 489 m 交错层理; C 丹浅 001-1 1 454. 4 m 平行层理; D 角 41-0 3 095. 6 m 包卷褶皱层理

图 1 须四段岩心照片

Fig 1 Core photographs of the four members of Xujiuhe Formation

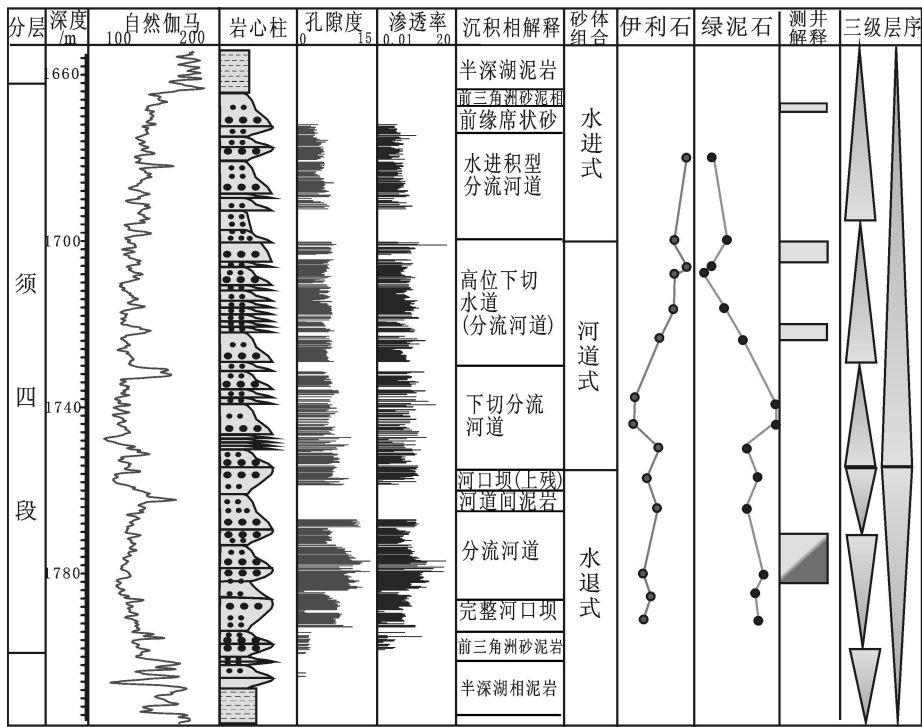


图 2 包浅 001-16 井须四段砂组叠置关系及物性

Fig 2 Sand groups superimposition relation and physical properties of the four members of Xujiuhe Formation in Well Baoqian 001-16

中部河道式砂组为湖水退到最低点时期形成的,底部冲蚀较强,下切作用明显,此段时间内湖平面平稳,陆上河流作用加强,物源供应加大,主要为三角洲河道砂体沉积而成。这段沉积时期相对较短,砂体厚度一般为 20~30 m 由 1~3 期主河道砂体叠置而成,粒度较粗,底部有些地方出现滞留沉积(一般 0.2 m 厚),砾石磨圆度差,近源沉积特点。自然伽马曲线一般为箱型,呈现加积的形态。

上部水进式砂组为退积湖进的三角洲沉积条件下形成的,砂层厚度变薄,砂地比降低,粒度变细,主要发育平行层理、波纹和交错层理,水下分流河道主要发育在砂组的底部,由于湖水变迁过快,河口坝保存不易。砂体表现为下粗上细的正韵律沉积,下部以分流河道砂为主,上部为湖相粉砂和泥,自然伽马曲线呈现退积的特点。

1.3 储集体组合类型

根据该地区岩心观察,该地区须四段厚层储集体中不同的砂体成因类型中的砂体组合类型也不相同,主要发育四种河道砂体,三种河口坝砂体,一种远砂坝砂体。水退式砂组主要由高能削截式河道、削截式河口坝和远砂坝组成,河道式砂组主要由冲蚀下切式河道和高能削截式河道组成,水进式砂组主要由低能河道、低能削截式河道、完整式河口坝和下缺式河口坝组成(表 1、图 3)。

冲蚀下切式河道主要发育在低位下切初期阶段,底部有强烈的冲刷面,滞留沉积十分发育,一般为 20 cm 厚,厚度较大的可达 50 cm 一般都是定向排列的

泥砾岩,偶见暴露和风化面的特征,其上为厚层的块状中粗砂岩,一般为多次叠置。

高能削截式河道主要发育在水退进积初期和低位下切末期,底部有较明显的冲刷面,滞留沉积发育,有些地方可以见到砾石滞留,一般砾石较小,岩性以中砂岩为主,发育块状和交错层理,厚度大,内部结构较均一。

低能完整式河道在水进退积末期和湖泛阶段出现,该时期水动力能量较低,各种层理、结构保存较好,河道系列的顶部出现泥岩,该类砂体单层厚度小,一般为 4 m 左右。

低能削截式河道发育在水进退积早期和高位进积中早期,底部冲刷明显,在沉积系列中出现具有平行层理的细砂岩,有时还可以出现波纹层理的泥质砂岩,砂体厚度较小,内部均一性变差。

完整式河口坝主要发育在水进退积中晚期,结构完整,从下到上有前三角洲泥岩—远砂坝—细粒席状砂,再到块状厚层中粗砂岩组成的反粒序沉积,厚度一般较大,在 5 m 以上。

削截式河口坝主要发育在水退进积中晚期,由于沉积时期水动力强度较大,顶部的厚层块状中粗砂岩被上覆的河道沉积改造,反粒序保存不完整。

下缺式河口坝主要发育在水进退积早期,受物源和沉积水动力条件的影响,河口坝下部的粉细砂岩保存不完整,上部的块状厚层砂岩发育,厚度不大,相对完整式和削截式河口坝厚度小,主要是受湖水进退频繁影响。

表 1 川中地区须家河组四段砂组组合特征

Table 1 Sandstone combination in the Upper Triassic Xu 4 member central Sichuan Basin

含气性	岩性特征	沉积构造	沉积过程	基准面升降和可容空间变化	砂组组合类型	砂组
差	具沉积构造的砂岩内段	底部伴有冲蚀,块状砂岩出现	水退三角洲进积晚期	下降 $A=S$	低能削截式河道	水退式
较好	向上变粗的砂泥岩段	高角度交错层理和块状层理等	水退三角洲进积早期	下降 $A<S$	高能削截式河道 削截式河口坝	
无	泥岩与粉砂岩段	平行层理砂岩,具水平层理黑色泥岩	湖泛期	上升—下降 $A\gg S$	远砂坝	
较差	砂泥岩互层/中细砂为主	波纹层理,平行层理交错层理	水进三角洲退积	上升 $A>S$	完整式河口坝 低能完整式河道 下缺式河口坝 低能削截式河道	水进式
好	中粗砂为主	底部冲蚀较弱,发育块状和交错层理	水道内快速沉积	上升 $A=S$	高能削截式河道	河道式
较差	厚层滞留沉积	块状,底部有强烈冲蚀下切,底砾岩	河道下切	下降—上升 $A\leq S$	冲蚀下切式河道	河道式

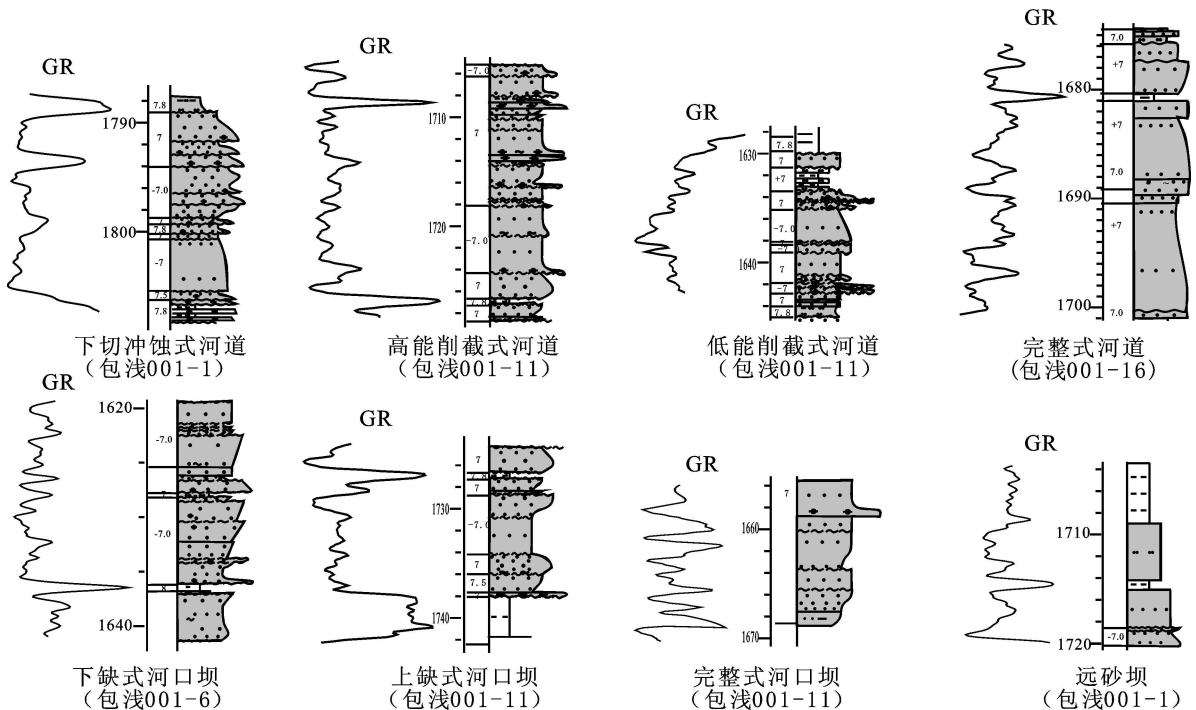


图 3 不同成因砂体类型

Fig 3 Different origin types of sandstone bodies

远砂坝主要发育在水进退积晚期和水退进积中晚期,与三角洲前缘的泥质砂岩伴生,呈现反粒序的块状砂岩沉积,厚度不大,一般不超过 10m。

1.4 储集体组合平面分布

川中地区厚层砂体由于不同水动力条件,不同沉积环境,在垂向上形成了不同砂体组合,同时在平面上它们也有着一定的分布规律。砂体组合的平面分布主要是根据沉积相带、单井剖面和该地区的沉积旋回来划分出来的。川中地区发育着四大物源体系,主要为三角洲前缘沉积为主,靠近物源的近段,水体能量强,砂体主要为三角洲水上、水下分流河道为主,因此砂体以发育河道式砂组为主;三角洲前缘近端,砂体主要发育水下分流河道和河口坝沉积为主,因此发育河道式和水退式组合为主;三角洲前缘远端和滨浅湖处,砂体主要为河口坝和席状砂沉积为主,因此发育水进式和河道式砂体组合。须四段发育大套厚层砂岩,特别是河道式砂组最为发育,分布广安,合川、荷包场等地区,而水退式砂组与水进式砂组主要发育在安岳、威东、潼南等地区,分布在三角洲前缘;水进式砂组分布在三角洲前缘远端和滨浅湖处,位于威东、安岳和蓬基等地方。

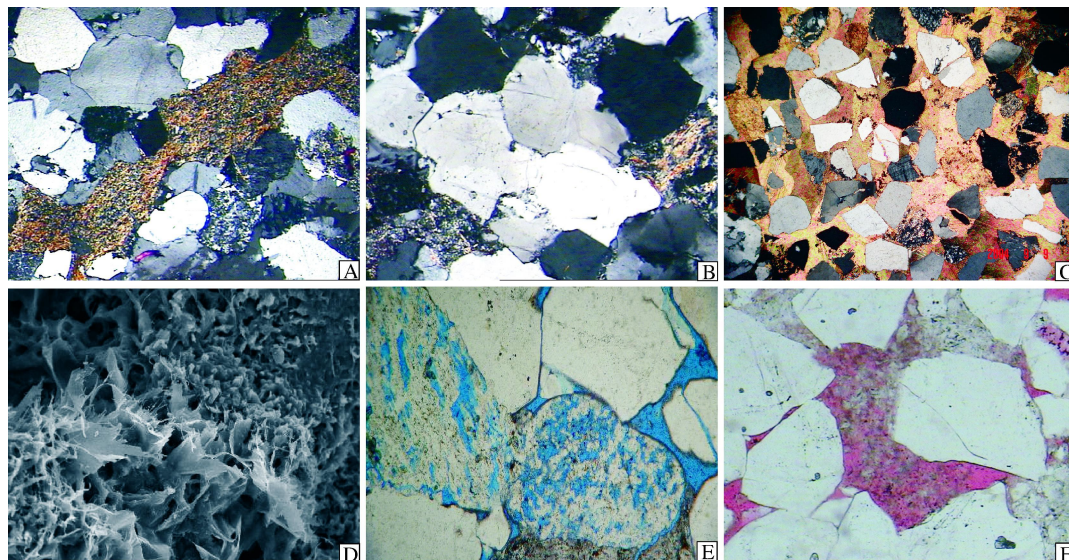
2 不同储集体组合成岩作用

2.1 典型成岩类型

上三叠统储层经历的成岩作用主要有两类,一类是破坏性成岩作用,另一类是建设性成岩作用。研究区破坏性成岩作用主要为早期压实与中晚期胶结作用,早期压实主要是破坏原生孔隙,中晚期胶结为充填粒间孔使孔隙变坏;研究区主要的建设性成岩作用主要为溶蚀作用和破裂作用。

压实作用存在于沉积岩成岩作用的全过程,本区为煤系地层,压实作用十分强烈^[6],所损失的孔隙度普遍在 20% 以上。大量塑性碎屑被挤压形成充填状,细喉道的孔隙结构类型常见,颗粒之间常呈线接触,边缘常见压溶现象。石英、长石等刚性颗粒被压裂、压碎现象常见(图 4-A)。

须家河组砂岩中胶结物成分多样,其中以硅质、方解石、白云石为主,其次有伊利石、少量绿泥石、(含)铁方解石,(含)铁白云石及菱铁矿(图 4-B、C、D)。硅质胶结以次生加大边和充填孔隙的自生石英两种形式存在,据薄片观察,加大石英的含量平均 4% 左右,最高可达 8%;加大边宽度多为 0.05 ~ 0.3 mm 最多可见到三期加大现象。该区碳酸盐胶



A 广安 11 902 6m 岩屑挤压变形 $\times 20$ B 磨 68 1967 2m 强烈硅质胶结 $\times 20$ C 潼 2 2 005. 1m 连晶方解石胶结 $\times 20$ D 角 51 井 3 146 2m 伊利石片状晶 $\times 700$ E 广安 101 2 080 57m 长石溶孔 $\times 50$ F 磨 58 井 2 058 03m 岩屑溶孔 $\times 50$

图 4 典型成岩作用

Fig 4 Typical diagenesis

结作用主要为方解石和白云石。碳酸盐胶结早期以方解石胶结为主,晚期碳酸盐胶结物主要为亮晶方解石、铁方解石及白云石和铁白云石,具较好的自形晶形,可见其对碎屑颗粒的强烈交代。

研究区内溶蚀作用普遍发育,主要发生长石、岩屑及杂基的溶蚀作用,溶蚀作用从早成岩一直持续到成岩晚期,须家河组砂岩经历溶蚀作用形成次生孔隙,大大改善储层储集性能(图 4-E、F)。

研究区破裂作用形成的裂缝和微裂缝可有效地改善致密砂岩的储集性能。研究区破裂作用主要为两期,即燕山晚期和喜山期,而喜山期的破裂最为发育。薄片观察到的微裂缝宽度以 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ 为主,小于 0.01 mm 次之,少量 $0.02 \sim 0.1 \text{ mm}$ 。

2.2 不同储集体组合成岩区别

研究区厚层砂岩三种不同的砂体组合,其岩石类型、砂岩粒度,沉积微相组合都不同,导致它们之间的压实强度、与泥岩的接触关系有差异,酸性流体的流动范围差异,促使储集砂体的成岩作用也不相同。整个须家河厚层砂岩主要由四种河道、三种河口坝,一种远砂坝组成,这些砂组的岩石颗粒有明显差别,像河道以中粗砂岩为主,而河口坝则以中细砂岩为主,这些差别导致它们颗粒组构不同,颗粒之间充填物不同,形成了不同的抗挤压能力,不同的被溶蚀能力。河道式砂组粒度粗,颗粒间流体相对容易流动,溶蚀作用发育;水进式砂组粒度相对细,粒间杂基、岩屑含

量高,塑性成分多,抗压实能力差,形成的成岩相以压实和胶结相为主;水退式砂组和烃源岩直接接触,酸性流体容易进入颗粒间,同时颗粒间杂基含量高,促使成岩相以中溶蚀相和胶结相发育。

河道式砂组主要是中粗粒高能削截式河道和冲蚀下切式河道砂体组成,沉积时水动力强,砂体沉积稳定,颗粒结构支撑,压实作用不强烈,原生孔隙保存好,同时该砂组岩石中岩屑发育,受到烃源岩演化产生有机酸的影响,溶蚀作用较强烈,次生孔隙发育。该砂组为大孔—粗喉的孔喉组合,孔喉连通性较好,以建设性成岩作用为主,物性较好,为好储集体。

水进式砂组主要由完整式河口坝、低能完整式河道、下缺式河口坝和低能削截式河道组成,该砂组沉积时期可容纳空间较大,水动力强度较小,砂体单层厚度小,延伸范围小,以中细砂岩沉积为主,分选较差,杂基充填较多,因此该砂组压实作用较为强烈,原生孔隙保存较差,粒间孔相对少,中小孔—细喉组合,孔喉连通性中等,因此次生孔隙的发育决定此砂组的储集性能。该砂组以细砂岩为主,同时河口坝中频繁出现粉砂岩夹泥岩,因此该砂组胶结作用十分发育,以破坏性成岩作用为主。

水退式砂组主要由低能削截式河道、高能削截式河道和削截式河口坝组成,其中低能削截式河道和高能削截式河道主要为中粗粒砂岩沉积,分选较好,石英含量高,抗压实能力强,抑制压实、压溶作用,使原

生孔隙得以较好保存, 杂基充填较多, 容易产生粒间、粒内溶蚀孔隙, 构成复合型孔隙网络, 中孔—中喉组合, 孔喉连通性中等, 同时河口坝的粒度相对较细, 胶结作用发育, 导致物性变差, 因此该砂组建设性与破坏性成岩作用都发育。

3 储集体物性特征与油气富集部位

3.1 砂体组合成因与物性关系

不同沉积体系砂体由于水动力条件差异, 不同沉积砂体微相, 形成了不同砂体组合类型。川中地区厚层砂体主要有三种不同叠置类型砂组组成, 它们沉积微相不同, 不同成岩环境, 不同岩石粒度, 从而它们储集性能也不同。根据川中地区粒度与物性关系发现, 粒度越粗储层物性越好 (以广安 15 井为例), 储层物性以粗砂岩为最好, 平均孔隙度可达 9.8%, 其次为中砂岩, 平均孔隙度为 7.4%, 细砂岩储层物性较差, 平均孔隙度为 2.8%, 粉砂岩物性很差, 平均孔隙度仅为 0.8%, 仅少数石英粉砂岩中见有孔隙。因此像高能削截式分流河道、低能削截式分流河道和削截式河口坝起砂岩粒度较粗, 颗粒支撑结构, 物性一般相对较好; 低能完整式、完整式、下缺失河口坝砂岩粒度相对较细, 压实作用和胶结作用容易出现, 物性相对一般; 冲蚀下切式河道虽然砂体粒度粗, 由于滞留沉积频繁出现, 泥质含量较容易充填, 胶结作用较容易出现, 导致物性较差 (图 5)。

河道式砂组主要有高能削截式河道和冲蚀下切式河道组成, 单层砂体厚度大, 分选一般, 粒度较粗, 但底部滞留沉积发育的地方, 颗粒分选很差, 孔隙度不好。在水退式和水进式砂组中, 沉积时湖平面的波动较河道式频繁, 因此砂组中出现粉细砂岩夹层, 孔隙度变差。因此河道式砂组的储集性能优于水进式

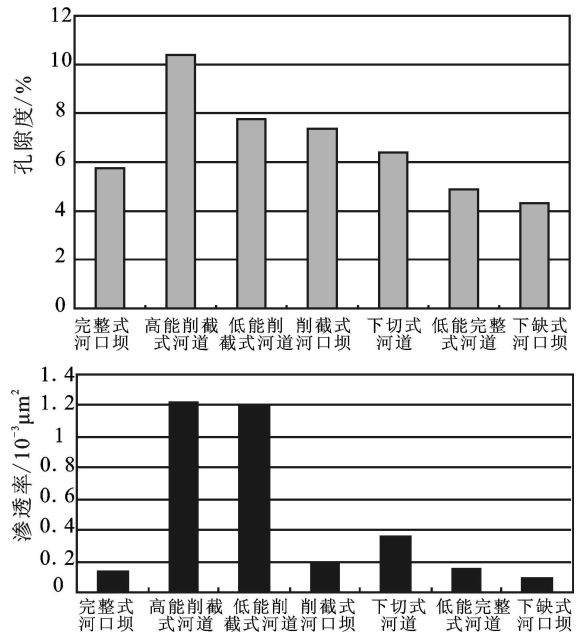


图 5 不同成因类型的砂体储集性能

Fig 5 Physical property comparison diagram of different origin types of sandstone bodies

砂组和水退式砂组; 水进式砂组主要完整式、下缺失河口坝和低能削截式河道组成, 其砂组储集性能差于水退式砂组 (图 6), 主要是水进时湖平面一般频繁波动, 导致砂组中夹多层薄层泥岩, 为中细颗粒支撑, 沉积物压实作用强, 导致物性变差^[7-10], 同时水进式砂组中碳酸盐胶结物相对发育, 导致其孔隙被充填, 物性下降。比较这三种类型砂组, 河道式砂组单层平均厚度最大, 水进式与水退式单层砂组较小, 在相同沉积条件下, 一般单层砂体厚度越大, 物性条件也越好, 横向分布越远。在这三种类型中, 河道型砂组中溶蚀作用较强烈, 次生孔隙较发育, 发育有利的成岩相^[11]。

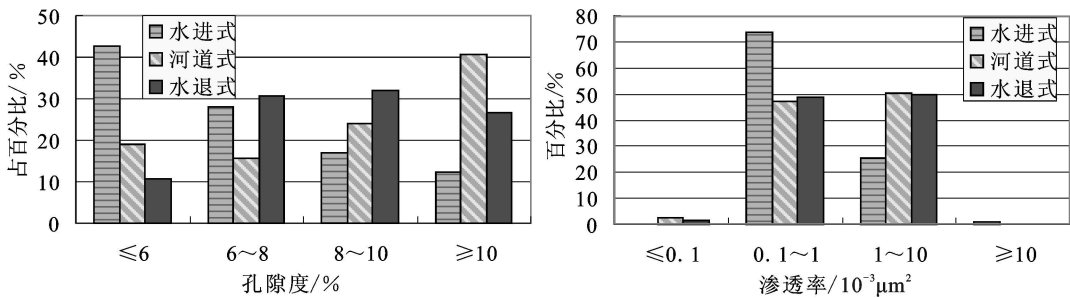


图 6 三种成因类型砂组物性比较

Fig 6 Physical property comparison diagram of three origin types of sand groups

3.2 油气富集部位

川中地区须家河组厚层砂岩其砂体成因不同,有着不同的砂体组合类型,从而影响了油气的聚集。三种成因砂体,它们的单层厚度有差别,河道式主要由下切式河道和高能削截式河道组成,河道式砂体厚度相对较大,在平面上分布较广,砂体均质性强,其次为水退式。砂体有效厚度的大小在一定程度上可以反映储层储存能力的大小,同时决定了油气产能,在油气充足的情况下,有效厚度越大,油气越富集^[12-15],因此像河道式砂组的单砂体厚度最大,也决定了油气聚集的能力最强。水退与水进式砂组主要是由低能河道、低能削截式河道、完整式河口坝和下缺式河口坝等组成,细砂岩多,中间泥质与粉细砂岩隔层较多,导致油气的流动被阻挡,不利于油气聚集。这三种砂体的有序组合,河道式砂组和水退式砂组之间存在一个不整合界面,油气可以通过不整合界面运移到河道式砂组中聚集成藏。纵向上河道式砂组与水退式砂组呈沉积不整合相接触,呈现镶嵌关系,对天然气的运移起到通道作用。水退式砂组向下嵌入气源岩中,向上与不整合面附近的河道式砂组接触,成为气源岩与储集层之间的通道^[16],同时河道式砂组在平面上分布范围大,物性好,为油气的富集提供了足够的空间,向上的水进式砂组发生储层致密化,形成有利的盖层,促使河道式砂组发育区成为川中天然气富集的

有利部位。结合研究区连井油气剖面对比,发现油气的富集一般在河道式砂组中,而且大多数聚集在高能削截式河道中(图 7 表 1)。

4 结论

(1) 川中地区须四段为近源三角洲沉积,由于物源供应速率与可容纳空间增长之间关系的变化,自下而上形成了水退式、河道式及水进式三种砂组叠置方式。

(2) 须四段厚层砂体主要发育四种河道砂体,三种河口坝砂体,一种远砂坝砂体。水退式砂组主要由高能削截式河道、削截式河口坝和远砂坝组成,河道式砂组主要包括冲蚀下切式河道和高能削截式河道组成,水进式砂组主要包括低能河道、低能削截式河道、完整式河口坝和下缺式河口坝组成。

(3) 由于砂体成因与砂体组合的差别,成岩作用也有很大的区别,河道式砂组以绿泥石衬边和溶蚀成岩相为主,物性好,为好的储集体;水进式砂组由压实和碳酸盐胶结相为主,物性较差;水退式砂组中溶蚀相和胶结相发育,物性较好,为中等的储集体。

(4) 河道式砂组由高能削截式河道和冲蚀下切河道组成,砂体厚度大,平面上分布广,发育有利的成岩相,物性较好,同时和水退、水进式砂组形成良好的生储盖组合关系,成为天然气富集的最有利部位。

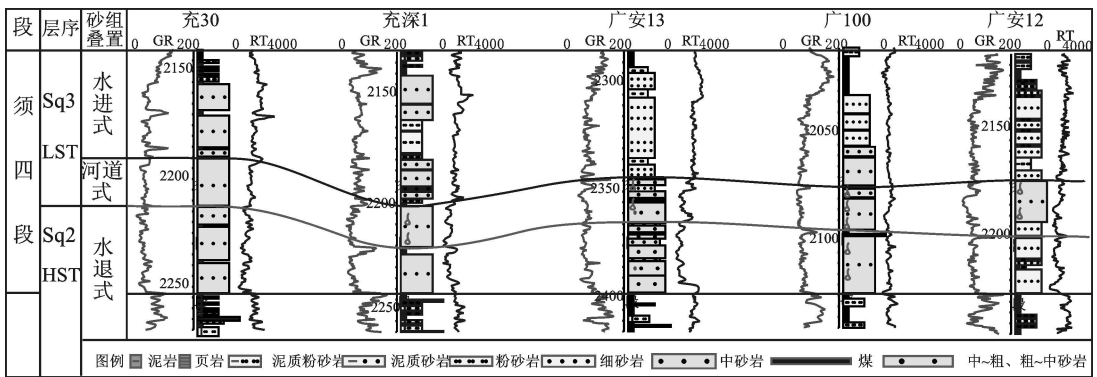


图 7 川中地区须四段砂岩叠置方式及油气富集部位

Fig 7 The patterns of superimposed sand groups and position of oil and gas enrichment of the thick bed sandstone in four members of Xujiache Formation

参考文献 (References)

1 张金亮, 王宝清. 四川盆地中西部上三叠统沉积相[J]. 西安石油学院学报: 自然科学版, 2000, 15(2): 1-7 [Zhang Jinliang, Wang Baoqing. Sedimentary facies of Upper Triassic in Western Sichuan Basin. J. Journal of Xi'an Petroleum Institute Natural Science Edition

2000, 15(2): 1-7]
2 库丽曼, 刘树根, 张长俊等. 川中地区上三叠统须家河组二段和四段沉积相[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(2): 35-37 [Ku Linan, Liu Shugen, Zhang Changjun et al. Study on sedimentary facies in second and fourth members of Xujiache Formation of upper Triassic in central Sichuan Basin [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency

- cy 2007 14(2): 35-37]
- 3 赵强, 赵路子, 田景春. 川中、川南过渡带须家河组储集砂体成因类型及特征 [J]. 沉积与特提斯地质, 2007 27(2): 74-81 [Zhao Qiang Zhao Luzi Tian Jingchun et al. The genetic types of the reservoir sandstones from the Xujiahe Formation in the central-southern Sichuan transitional zone [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology 2007 27(2): 74-81]
 - 4 周康, 彭军, 耿梅. 川中—川南过渡带致密砂岩储层物性主控因素分析 [J]. 断块油气藏, 2008 15(2): 8-11 [Zhou Kang Peng Jun Geng Mei. Analysis on main controlling factors of physical property of tight sandstone reservoir [J]. Fault-block Oil & Gas Field 2008 15(2): 8-11]
 - 5 施振生, 杨威, 金惠等. 川中—川南地区上三叠统沉积相研究 [J]. 沉积学报, 2008 26(2): 212-219 [Shi Zhensheng Yang Wei Jin Hui et al. Study on sedimentary facies of the upper Triassic in central and south Sichuan province [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2008 26(2): 212-219]
 - 6 杨晓萍, 顾家裕. 煤系地层中储层基本特征与优质储层的形成与分布 [J]. 沉积学报, 2007 25(6): 891-895 [Yang Xiaoping Gu Jiayu. General feature of reservoir in coal-bearing formation and distribution of the favorable reservoir [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2007 25(6): 891-895]
 - 7 曾大乾, 李淑珍. 中国低渗透砂岩储层类型及地质特征 [J]. 石油学报, 1994 15(1): 38-46 [Zeng Daqian Li Shuzhen. Types and characteristics of low permeability sandstone reservoir in China [J]. Acta Petrolei Sinica 1994 15(1): 38-46]
 - 8 蒋凌志, 顾家裕, 郭彬程. 中国含油气盆地碎屑岩低渗透储层的特征及形成机理 [J]. 沉积学报, 2004 22(1): 13-18 [Jiang Lingzhi Gu Jiayu Guo Bincheng. Characteristics and mechanism of low permeability clastic reservoir in Chinese petroliferous basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2004 22(1): 13-18]
 - 9 薛清太. 低渗透砂岩油藏沉积物粒度分布特征研究 [J]. 沉积学报, 2006 24(2): 414-417 [Xue Qingtai. Investigation on characteristics of granulometric distribution of sediments in low-permeability sandstone reservoir [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2006 24(2): 414-417]
 - 10 郑浚茂, 应凤祥. 煤系地层的砂岩储层特征及成岩模式 [J]. 石油学报, 1997 18(4): 19-24 [Zheng Junmao Ying Fengxiang. Reservoir characteristics and diagenetic model of sandstone intercalated in coal-bearing formation (acid water medium) [J]. Acta Petrolei Sinica 1997 18(4): 19-24]
 - 11 杜业波, 季汉成, 吴因业, 等. 前陆层序致密储层的单因素成岩相分析 [J]. 石油学报, 2006 27(2): 48-52 [Du Yebao Ji Handeng Wu Yinye et al. Single factor diagenetic facies analysis of tight reservoir in western Sichuan foreland basin [J]. Acta Petrolei Sinica 2006 27(2): 48-52]
 - 12 杨晓萍, 赵文智, 邹才能, 等. 低渗透储层成因机理及优质储层形成与分布 [J]. 石油学报, 2007 28(4): 57-61 [Yang Xiaoping Zhao Wenzhi Zou Cainan et al. Origin of low-permeability reservoir and distribution of favorable reservoir [J]. Acta Petrolei Sinica 2007 28(4): 57-61]
 - 13 李金鹏. 储层非均质特征对油气富集程度的影响 [J]. 内蒙古石油化工, 2007 6: 110-111 [Li Jinpeng. Influence of reservoir heterogeneity on the oil and gas reservoirs [J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry 2007 6: 110-111]
 - 14 闫长辉, 陈青, 张善文, 等. 博兴洼陷储层非均质性对油气充满度的影响 [J]. 断块油气田, 2007 15(3): 19-21 [Yan Changhui Chen Qing Zhang Shanwen et al. Influence of reservoir characteristics of sandstone body on fill degree [J]. Fault-block Oil & Gas Field 2007 15(3): 19-21]
 - 15 汪立君, 陈新军. 储层非均质性对剩余油分布的影响 [J]. 地质科技情报, 2003 22(2): 71-74 [Wang Lijun Chen Xinjun. Influence of reservoir heterogeneity on the distribution of remaining oil [J]. Geological Science and Technology Information 2003 22(2): 71-74]
 - 16 程克明, 熊英, 马立元, 等. 华北地台早二叠世太原组和山西组煤沉积模式与生烃关系研究 [J]. 石油勘探与开发, 2005 32(4): 142-146 [Cheng Kening Xiong Ying Ma Liyuan et al. Relationship between coal depositional modes and hydrocarbon generation of the early Permian Taiyuan and Shanxi Formation in Huabei Platform [J]. Petroleum Exploration and Development 2005 32(4): 142-146]

Genetic Combination of the Sandbody in the Fourth Member of Xujiahe Formation (Upper Triassic) and Its Influence on Oil and Gas Reservoirs

XIE Wu-ren LIXI-zhe YANG Wei ZHANG Man-lang XIE Zeng-ye JIN Hui

(The Geology Institute of Langfang Branch Petroleum Exploration and Development Research Institute Langfang Hebei 065007)

Abstract The sandbody of Upper Triassic Xu 4 member in central Sichuan basin is thick, continuous sedimentation and characterized by shore-shallow lacustrine-delta front-delta plain which is proximal. During sedimentation, there were different accommodation space /sedimentary supply values, the Xu 4 member sandbody consists of three vertical superposed types which is regressive channel and transgressive from bottom to top, and the channel sandbody composition on sequence boundary is the best genetic sandbody. Regressive sandbody mainly includes high energy truncation style channel, truncation style mouth bar and far bar sands, channel model sandbody mainly includes eroded style

channel high energy truncation style channel] transgressive sandbody mainly includes low-energy channel low-energy truncation channel complete mouth bar and lower part deletion mouth bar. Because the distribution of the different sand bodies combination the different contributing sandbody formed different diagenetic facies and reservoir facies the diagenesis of the channel sandbody is corrosion facies and lining ch. brite facies high porosity so it is good reservoir; the diagenesis of the transgressive sandbody is compaction and binder facies poor physical property the diagenesis of the transgressive sandbody is corrosion and binder facies better physical property so it is medium reservoir. Because the interface between channel model and regressive model is unconformity which constitutes the pathways for gas migration. In addition the channel model sandbody is wide-ranging distribution, high energy truncation style channel sandbody stable deposition and providing sufficient space for enrichment of oil-gas. The transgressive model sandbody reservoir on the top becoming tight as favorable caprock and promotes the channel model sandbody to become the favorable position of central Sichuan basin.

Key words central Sichuan Basin Upper Triassic series Xu 4 member genesis of sand body channel sand combination of sandbody

全球深水沉积储层国际学术研讨会 在中国石油勘探开发研究院召开 ——全球深水浊流与砂质碎屑流大讨论

2009年10月9日—11日,由中国石油勘探开发研究院等单位主办的“全球深水沉积储层国际学术研讨会”在北京召开,会议主要目的是研究讨论国内外深水沉积区大规模储层形成机制与分布规律,为我国在海陆深水区油气勘探提供理论指导。会议特别邀请了美国著名的 Shamugan 教授,介绍他在全球研究海域深水砂质碎屑流的最新成果,勘探院专家介绍中国陆相湖盆深水沉积特征和砂质碎屑流的最新认识。来自中国石油勘探开发研究院,长庆、大庆、大港等油气田的专家,以及中国石油大学、中国地质大学等学者,近 100 位代表参加了会议和热烈讨论。

Shamugan 教授在会议上主要介绍了浊流、砂质碎屑流分别形成的机制与分布规律,详细讲解了砂质碎屑流在野外露头、钻井岩心、物理模拟等方面的沉积储层特征,对浊流沉积的经典鲍马序列提出了完全不同的观点和挑战,引起了与会学者的广泛兴趣和大讨论。勘探院岩性地层油气藏项目介绍了我国陆相湖盆中心也发育大规模砂质碎屑流的新成果,得到 Shamugan 教授等学者的认同。

Shamugan 教授是全球著名的深水沉积学家,在 35 年研究中描述了超过 10 000 m 的常规岩心和露头 (1:20 至 1:50 的比例),研究了世界范围内 32 个深水砂岩油藏,还组织了若干次深水砂岩研讨会。共出版了 325 部著作,其中包括 2 本专著,125 篇专家审议过的论文,3 篇在线论文以及 65 篇摘要。其中 1996 年在 *Journal of Sedimentary Research* 上发表的“高密度浊流岩:是否是砂质碎屑岩?”论文,在全球沉积界引起广泛关注。

近年来,中国油气勘探已从构造油气藏转向岩性地层油气藏,沉积储层成为研究的重点和热点。陆相湖盆中心发育有多种砂体,如小浊流、大型河道砂、大规模砂质碎屑流等,过去主要强调浊流,但砂体规模很小。最近岩性地层油气藏重大科技攻关项目通过对中国重点盆地湖盆中心沉积的研究,取得两点新认识:一是陆相湖盆大型畅流型浅水三角洲,容易形成“满盆富砂”;二是湖盆中心可以形成大规模砂质碎屑流,使勘探从湖盆边部推进到了湖盆中心,突破了湖盆中心主要发育浊流的旧模式和传统观点。

此次学术交流会的学术观点和思想,将对陆相、海域深水沉积规律与模式有一个更加客观的认识,未来的研究成果对湖盆中心和深水区油气勘探也将发挥更大的引领作用。

(邹才能 王岚 袁选俊 朱如凯 陶士振等供稿)