

文章编号: 1000-2634(2007)02-0068-04

退积型扇三角洲高分辨率层序地层学研究*

辛艳朋¹, 牟中海¹, 郭维华², 李阳兵³

(1. 西南石油大学, 四川 成都 610500; 2. 西北地质研究所, 甘肃 兰州 730020;

3. 西南石油局测井公司, 四川 成都 610100)

摘要: 以川西拗陷中段须四下段退积型扇三角洲沉积体系为研究对象, 采用地震、测井、录井、露头资料综合研究方法, 运用高分辨率层序地层学理论, 划分出了四、五、六三个级别的基准面旋回, 并分析了各相带不同级别旋回的特征。在此基础上, 总结了退积型扇三角洲沉积体系横向和纵向上旋回的分布规律, 提出了基准面旋回分布模式。研究认为, 川西拗陷中段须四下段为一个四级基准面旋回, 其上升半旋回代表一个典型的退积型扇三角洲沉积体系; 退积型扇三角洲平原相以基准面上升半旋回为主, 其前缘相的旋回类型较丰富; 西部龙门山冲断带主要发育上升半旋回, 凹陷区为上升半旋回为主的完整旋回, 而在远离物源的东部斜坡带多发育近似对称的完整旋回。

关键词: 退积型扇三角洲; 高分辨率层序地层学; 基准面旋回; 湖泛面; 须四下段

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

引言

扇三角洲是由冲积扇提供物质并沉积在活动扇与静止水体交界处的、全部或大部分位于水下的沉积体^[1]。根据沉积物供给速率和可容纳空间增长速率的关系可划分出退积型扇三角洲、加积型扇三角洲和进积型扇三角洲^[2,3]。退积型扇三角洲是在盆地可容纳空间增长速率大于沉积物供给速率的背景下发育的, 总体显示为一个湖泊逐渐扩张、沉积体系逐渐向盆地边缘退积的沉积过程。在垂向上一般表现为向上变细, 或者是由多个扇三角洲体系单元垂向叠加构成的一种逐渐向上萎缩的垂向序列^[4]。本文以川西拗陷中段须四下段为研究对象, 采用高分辨率层序地层学原理^[5,6], 对退积型扇三角洲不同级别的基准面旋回层序进行了精细分析, 为后续的储层预测与评价打下了良好基础。

序, 分别对应于马鞍塘组、小塘子组、须二、须三、须四、须五段。须四段可划分出三个四级层序, 最下面一个即须四下段。须四下段沉积时, 由于须三末安县运动造成龙门山强烈抬升, 造成该时期主要为扇三角洲沉积, 物源主要来自西北方向(图1, 图2)。

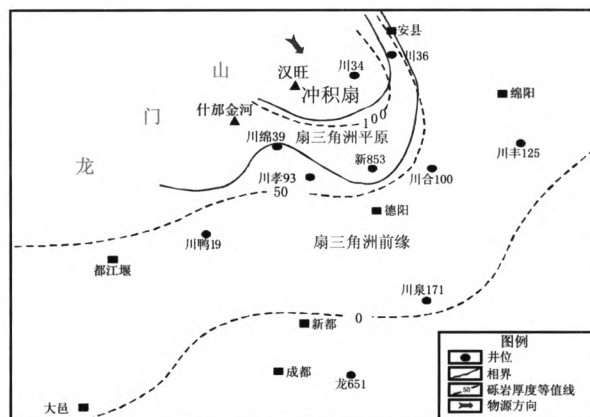


图1 研究区位置及须四下段沉积相

1 层序界面及湖泛面识别标志

川西拗陷上三叠统存在多个区域性或局部不整合, 根据地震、钻井、露头资料可识别出六个三级层

1.1 层序界面

须四下段底界是三级基准面下降到上升的转换面。在野外露头主要表现为角度不整合、假整合, 其中假整合主要在绵竹——汉旺以南以及盆地内比较

* 收稿日期: 2006-10-08

基金项目: 四川省重点学科建设项目(SZD0414)。

作者简介: 辛艳朋(1982-), 女(汉族), 河南平顶山人, 硕士研究生, 主要从事层序地层学研究。

普遍,角度不整合主要见于绵竹—汉旺以北的龙门山前山带。从钻、测井资料来看,该界面是岩性、电性突变面,界面之上主要为砂质砾岩,界面之下为泥页岩(图3,3 940~3 950 m)。在地震剖面上,该界面表现为不整合和中振幅、中连续的反射特征,不整合则主要有整合/削蚀(图2)、上超/削蚀、上超/整合、下超/整合、整合/整合等五种类型。

顶界面是一个连续沉积面,一般表现为岩性、电性的突变面,界面上以泥页岩为主,界面下在不同地区为不同粒度的砂岩。在个别地区可见岩性渐变面(如川泉171井)。在地震剖面上,表现为连续、中—强振幅反射,并以界面下的弱反射和界面上的中—强振幅反射面貌为识别标志,但在安县地区界面下反射则相对较强。

须四下段可划分出2~4个五级层序,每个五级层序内可划分出多个六级层序。层序界面为不同级别的冲刷面和无沉积作用面及相似岩性和岩相组合分界面。

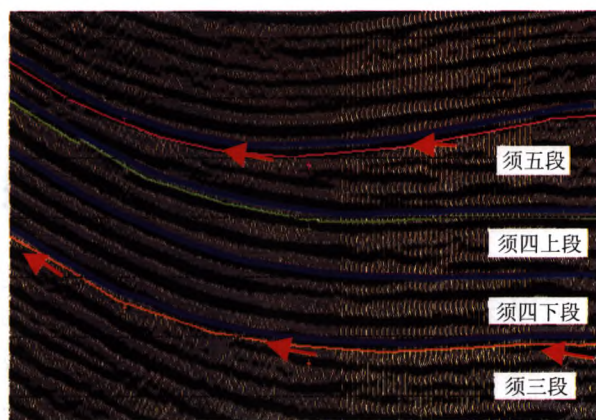


图2 须四下段底界:整合/削蚀(川西98NW310)

1.2 湖泛面的识别

本文把四、五、六级层序中的湖泛面分别定义为四、五、六级湖泛面,把三级层序对应的湖泛面定义为最大湖泛面。湖泛面是在基准面由上升到下降的转换过程中形成的^[6-8],该过程中湖侵范围相对较大,沉积物粒度相对较细,沉积环境相对稳定,所以各级湖泛面在岩性上都是以整合面和厚层泥岩为识别标志,在电性上是以高伽玛、低阻、低速为特征。四级层序中发育的湖泛面主要出现在沉积厚度大的前扇三角洲泥岩及浅湖泥岩亚相中,在盆地范围内可进行等时对比,工区内的大部分井均存在此层(如图3,3 810 m附近)。五级湖泛面对应的相类型

则比较丰富,除前述两种外,还包括分流间及间歇期湖,在较小范围内可进行对比。由于六级旋回对应于岩层组,在叠置的扇三角洲分流河道中下降半旋回不发育(图3,3 860~3 950 m),在砂坪、砂坝发育的湖泊里经常缺失上升半旋回(图3,3 750~3 800 m),所以,造成湖泛面常与六级层序界面重合。

2 基准面旋回层序的类型及特征分析

2.1 四级旋回特征分析

须四下段是一个完整的四级旋回,在基准面上升期间,湖盆面积扩大,湖泊体系扩张,盆地可容纳空间不断增大, $A/S > 1$ 而使盆地处于欠补偿状态,早期形成的大套砾岩逐渐后撤,并向上变薄变细,从而形成典型的退积型扇三角洲^[2,9],之后随着基准面的下降,滨湖相沉积于浅湖相或前扇三角洲亚相之上,这样就与下伏的扇三角洲构成了一个完整的四级旋回。由此可见须四下段的扇三角洲仅存在于基准面上升期间。在扇三角洲平原亚相带,四级旋回的基准面上升半旋回主要由扇三角洲平原亚相及少量的扇三角洲前缘亚相组成,而下降半旋回主要由滨、浅湖相组成,并且相对不发育。在扇三角洲前缘亚相,四级旋回的基准面上升半旋回主要由扇三角洲前缘亚相及少量的扇三角洲平原亚相组成,而下降半旋回主要由浅湖相组成,同样也相对不发育。

2.2 五级旋回特征分析

须四下段由2~3个五级旋回叠加而成,在扇三角洲不同亚相内它们的分布特征有所不同。

2.2.1 退积型扇三角洲平原亚相

在扇三角洲平原亚相当中,叠置的由砾岩和砂质砾岩组成的水上分支河道相对发育,所以常见五级上升半旋回,而下降半旋回则由于基准面下降期间陆上可容纳空间的不断减小而被剥蚀。底部以冲刷面为旋回界面,河道之间可见较薄层的泥岩,旋回顶部泥质含量较多。测井曲线一般在下部为带锯齿状箱型,上部为齿状钟形,其包络线主要表现为钟形(见图3)。在龙门山前缘冲断带,如川34井,由于扇三角洲前缘相不发育,这种类型的旋回分布于整个须四下段,且测井曲线主要为箱型。

2.2.2 退积型扇三角洲前缘及前扇三角洲亚相

研究区内构成扇三角洲前缘的五级旋回大致有两种类型:(1)发育上升半旋回而缺失下降半旋回:主要由含砾砂岩组成的水下分流河道相沉积,每

个旋回由 2~4 个由河道构成的六级正旋回叠加而成,自下而上粒度变细,砂泥比逐渐减小,测井曲线的包络线多为钟形。形成这类旋回的原因是基准面上升时期,可容纳空间增加速率逐渐增大, A/S 向 > 1 的方向移动,沉积物由快速充填的砂砾岩向上过渡为慢速充填的细粒沉积物。而基准面下降时期,可容纳空间不断减小,以侵蚀作用为主,缺失下降半旋回;(2) 上升和下降半旋回均发育的完整五级旋回:反映了一个基准面上升到下降的完整过程,相组合及岩性组合都比较复杂,所处位置不同,旋回的结构类型也有所不同。在川西前渊带如川合 100 井(图 3)、川合 137 井区多发育以上升半旋回为主的旋回类型。在川西东部斜坡带,如川金 607 和龙 651 井,基准面下降期间的砂坝及分流间沉积增多,五级旋回就体现出了较好的对称性,也有个别井下降半旋回占主要地位。只存在下降半旋回而缺失上升半旋回的层序类型在研究层段不发育。

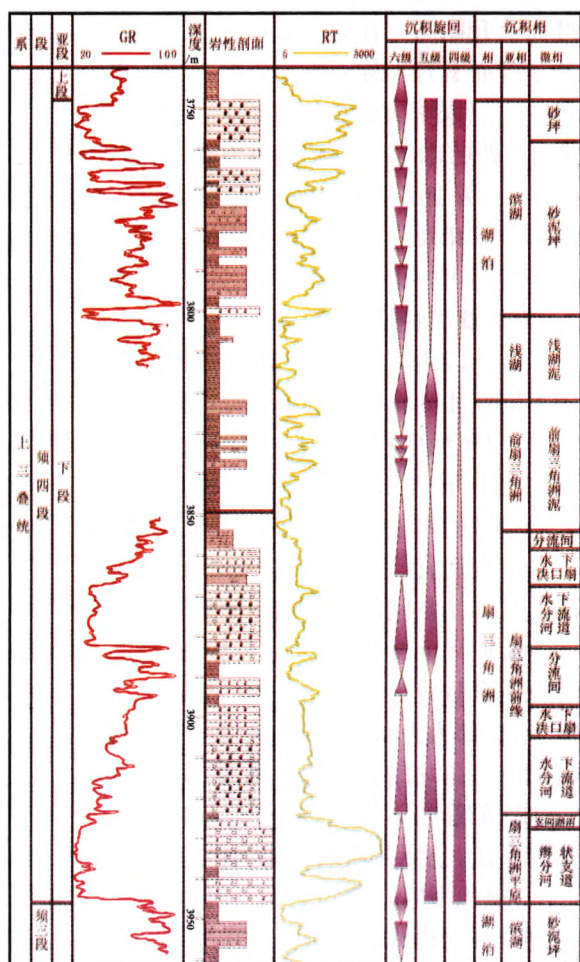


图 3 扇三角洲沉积旋回及界面特征(川合 100 井)

2.3 六级旋回特征分析

六级旋回相当于层组,为一套代表最小成因地层单元的单一岩性或相关岩性的组合。顶、底以小型的冲刷面和非沉积作用面为分界面。在研究层段出现的六级旋回类型很丰富,所以可根据岩性和电性的旋回性特征进行划分。

2.3.1 退积型扇三角洲平原亚相

本区扇三角洲平原主要由辫状分支河道组成,分支间细粒沉积物相对不发育。辫状分支河道以粒度较粗的砾岩、砂砾岩为主,测井曲线为箱形,高 RT,低 GR。若分支间细粒沉积较发育则测井曲线表现为钟形(图 3)。六级旋回一般缺失下降半旋回而发育上升半旋回。

2.3.2 退积型扇三角洲前缘及前扇三角洲亚相

扇三角洲前缘由水下分流河道砂砾岩、水下决口扇、河口坝砂岩和分流间的细粒沉积物组成。水下分流河道向上有粒度变细的特点,测井曲线大多为钟形,个别也呈箱型,表现为上升半旋回(如图 3, 3 870~3 880 m 和 3 900~3 920 m);水下决口扇在研究层段里多为正粒序,表现为上升半旋回(图 3, 3 845~3 865 m)。完整的六级旋回在研究层段保留不是很多。

3 基准面旋回的分布模式及旋回对比

如图 4 所示,在川西地区,不同级别的旋回结构类型分布有一定的相似性^[10],它们在横向上的分布规律为:在龙门山冲断带,扇三角洲平原相带主要发育上升半旋回,随着沉积体系向盆地边缘逐渐退积,在凹陷区发育扇三角洲前缘及浅湖相,之后随着基准面下降滨湖相覆盖于浅湖之上,则与基准面上升半旋回构成完整旋回,而在远离物源的东部斜坡带多见近似对称的完整旋回。

在纵向上,较短期旋回在分流河道发育的部位多为上升半旋回或以上升半旋回为主的完整旋回,当存在滨浅湖相时,向上则变为近似对称的旋回或以下降半旋回为主。

旋回对比采用由大到小的原则进行。在层序划分的基础上,首先以四级湖泛面为起始点,以层序界面为终点,对湖泛面两侧五级旋回分别进行自下而上和自上而下相当时间-地层反演的逐层对比。在对四级基准面下降半旋回进行自下而上的对比时,应以当时沉积最早地区为起始点,并在分析地层起

伏的情况下,进行岩层对岩层、界面对界面或界面对岩层、岩层对界面等多种复杂对比,最后确定高势区无沉积作用造成缺失的五级旋回。在对四级基准面上升半旋回进行自上而下的对比时,应以当时保存完整的地区为起始点,同样在分析地层起伏的情况下,进行岩层与界面本身及其间的各种复杂对比,最后确定高势区剥蚀作用造成缺失的五级旋回。而对于其它次一级旋回的对比,方法同上,这里不再赘述。

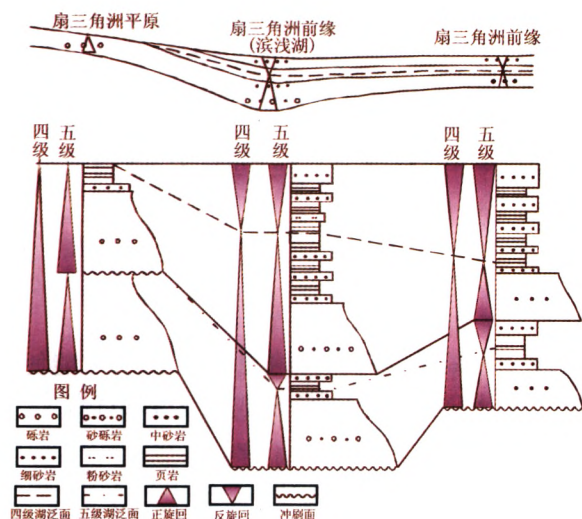


图4 基准面旋回分布模式

4 结论

(1) 川西拗陷中段须四下段为一个四级基准面旋回,其上升半旋回代表一个典型的退积型扇三角洲沉积体系,自下而上由扇三角洲平原、扇三角洲前缘、前扇三角洲组成,构成向上变细的正旋回。

(2) 退积型扇三角洲平原相以基准面上升半旋回为主,其前缘相的旋回类型较丰富,有基准面上升半旋回,也有不同形态的完整旋回。

(3) 不同级别的基准面旋回分布特征大致相同,在平行于物源的方向上呈现规律性变化:西部龙

门山冲断带主要发育上升半旋回,凹陷区以上升半旋回为主的完整旋回,而在远离物源的东部斜坡带多发育近似对称的完整旋回。

(4) 不同级别的基准面旋回内部均发育湖泛面,但是其意义有所不同,一般四级湖泛面可以进行区域对比,以建立该地区的高分辨率层序地层格架,五级湖泛面在较小范围内可进行对比,而六级湖泛面一般在局部地区进行对比。

参考文献:

- [1] Nemec W, Stell R J. Fan Deltas: Sedimentology and Tectonic Settings [M]. Blackie and Son, 1983: 3-13.
- [2] 王寿庆. 扇三角洲模式 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [3] 邓宏文, 王红亮, 翟爱军, 等. 中国陆源碎屑盆地层序地层与储层展布 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20 (2): 108-114.
- [4] 赵俊青, 纪友亮, 夏斌, 等. 扇三角洲沉积体系高精度层序地层学研究 [J]. 沉积学报, 2004, 22 (2): 303-309.
- [5] 邓宏文, 王红亮, 祝永军, 等. 高分辨率层序地层学——原理及应用 [M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [6] 邓宏文, 王红亮, 宁宁. 沉积物体积分配原理——高分辨率层序地层学的理论基础 [J]. 地学前缘, 2000, 7 (4): 305-313.
- [7] 池秋鄂, 龚福平. 层序地层学基础与应用 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [8] 邓宏文, 王红亮, 李小孟. 高分辨率层序地层对比在河流相中的应用 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18 (2): 90-95.
- [9] 张春生, 刘忠保, 施冬, 等. 扇三角洲形成过程及演变规律 [J]. 沉积学报, 2000, 18 (4): 521-527.
- [10] 樊中海, 杨振峰, 张成, 等. 高精度层序地层格架在扇三角洲体系储层精细对比中的应用——以泌阳凹陷赵凹油田为例 [J]. 地质科技情报, 2005, 24 (2): 33-38.

(编辑 宋艾玲)