

泌阳凹陷东南部下切谷的发现及其意义

鲜本忠¹, 姜在兴¹, 操应长¹, 涂阳发²

(1. 石油大学资源系, 山东东营 257062; 2. 河南油田勘探开发研究院, 河南南阳 473132)

摘要:通过对泌阳凹陷下第三系核桃园组层序地层学研究, 于核三段二、四砂组发现两套下切谷沉积。该下切谷在地震剖面上为与上下相邻同相轴明显不协调的顶平底凹型, 内部具充填结构特征; 岩性粗, 以含砾中粗砂岩为主, 且与谷外红层和沼泽沉积明显区别; 下切谷中 Sr, P, Mn²⁺ 都处于异常高值, 表明下切谷与底部地层间沉积环境存在一个突变过程。目前, 仅在北部斜坡带的孙岗-下二门地区发现了下切谷, 垂向上分布于层序 II 和层序 III 低位域。陆相断陷湖盆中构造沉降作用很大程度上影响着下切谷的形成和充填, 使下切谷在充填上表现为特殊的“顺源堆积”充填方式; 湖侵期下切谷已被完全充填, 下切谷顶面拉平面相当于初次湖泛面; 下切谷内沉积特征和充填方式利于形成多种隐蔽圈闭。

关键词: 泌阳凹陷; 核桃园组; 下切谷; 层序边界; 初泛面; 隐蔽圈闭

第一作者简介: 鲜本忠, 男, 28岁, 博士研究生, 沉积学与层序地层学

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

下切谷(incised valley, 又译深切谷)的概念最早由 Fisk^[1]提出, 并用于描述密西西比河三角洲第四纪晚期古河谷的特征。van Wagoner^[2]将下切谷定义为由河流体系响应于海平面相对下降而向盆地方向延伸并侵蚀下伏地层所形成的河道或河谷。

有关下切谷研究文献国外的较多, 所研究地层大都是海相或海岸平原成因的^[1~6]。国内对下切谷研究的内容较局限, 地理位置上主要集中于华北平原^[7]、华东南河口三角洲^[8~10]和内陆地区及河流发育地区的露头^[11, 12]; 时代上主要集中于晚第四纪; 成因上认为主要受控于晚更新世末次冰期海平面的下降。

下切谷是层序地层学研究的一个重要内容。是否存在下切谷是确定层序和层序界面性质的重要判别依据之一, 同时下切谷内各沉积单元的特征和界面又是判别体系域性质和归属的依据^[13, 14]。

泌阳凹陷主断陷期的下第三系核桃园组自下而上可划分为核三段、核二段、核一段, 其中核三段是泌阳凹陷的主力产油气层, 厚约 1 050~2 000 m。

本次研究认为, 在孙岗-下二门地区下第三系核三段二砂组和四砂组(层序 II, III 低位域)中发育了两套下切谷沉积。

1 识别标志

1.1 地震反射

1.1.1 几何外形

在地震反射剖面上, 下切谷因其下切和充填作用而表现出独特的外形特征。在不同地理位置, 下切谷在地震剖面上表现出的几何外形有一定差别, 通常有两翼对称或不对称的倒钟型 U 型, 与上下相邻的近于水平的同相轴明显不协调(图 1)。这种不协调性是由于下切谷的下切作用使得下一层

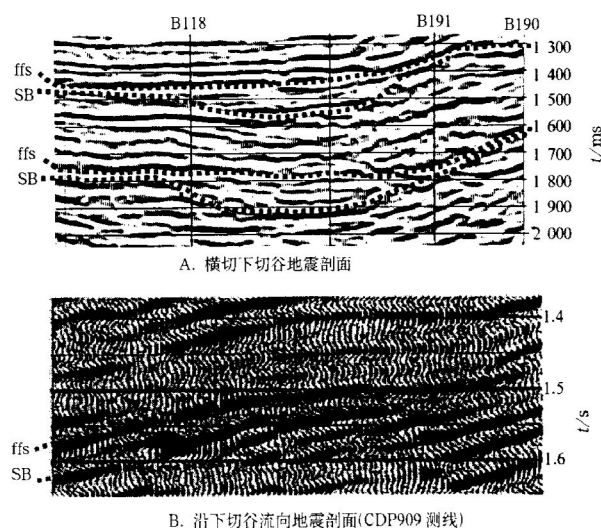


图1 下切谷的地震反射特征

Fig. 1 Characteristics of seismic reflection in incised valley

$1\,400 \times 10^{-6} \sim 1\,600 \times 10^{-6}$, $1\,700 \times 10^{-6} \sim 1\,900 \times 10^{-6}$, $4\,400 \times 10^{-6} \sim 6\,000 \times 10^{-6}$, 而其下伏地层中仅分别为 $300 \times 10^{-6} \sim 500 \times 10^{-6}$, $600 \times 10^{-6} \sim 900 \times 10^{-6}$, $900 \times 10^{-6} \sim 1\,100 \times 10^{-6}$ 。

1.4 空间分布

本次研究过程中着重对核三段进行了精细研

究, 仅在孙岗-下二门地区层序 II 和层序 III 低位域识别出两套下切谷沉积(图 3), 平面上主要分布于袁庄、程店和大杨庄一带。层序 II 低位域的下切谷末端, 分别在泌 93 井和泌 188 井附近发育有两个低位扇沉积。

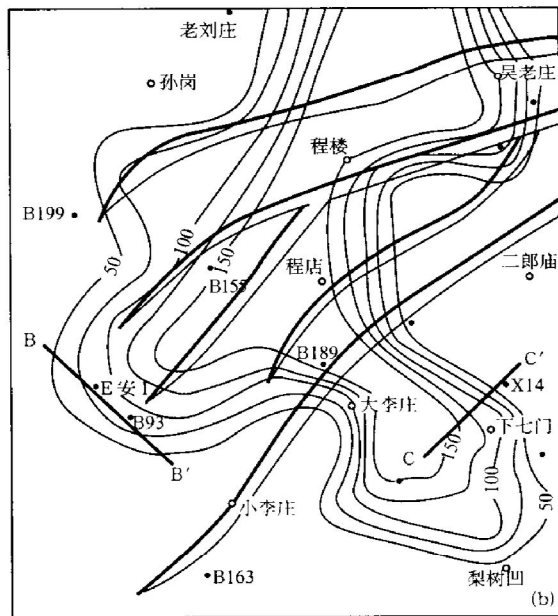
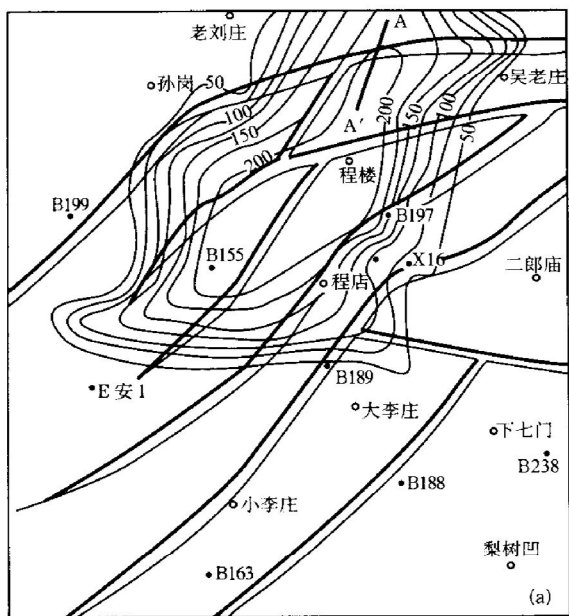


图3 层序 II (a) 和层序 III (b) 下切谷地层等厚图(根据地震解释结果)

Fig. 3 Isopach map of incised valley in sequence II (a) and sequence III (b)

2 意义

2.1 “顺源堆积论”的提出

van Wagoner^[2], Wescoot^[15] 等人对下切谷的定义中将下切谷的形成完全归因于海平面的相对下降引起的河流侵蚀。而对于下切谷的充填, 目前国内外比较普遍的观点是用海平面上升和持续海侵引起的“溯源堆积论”来解释^[16], 认为谷底砂砾层属溯源堆积, 即海(湖)平面抬升造成回水和砂砾沉积, 回水和砂砾沉积又以衰减的方式不断造成上游回水和砂砾沉积。

当我们试图用此观点来解释泌阳凹陷中发育的下切谷砂砾岩体的充填沉积时, 却发现这种关于砂砾岩沉积的解释存在一个问题, 那就是它无法解释沿下切谷流向的地震剖面及井间地层对比中出现的前积特征(图 1-B) (而不是退积)。笔者认为这主要是因为“溯源堆积论”没有考虑到规模较小的陆相断陷盆地中构造活动引起的基底沉降对沉积的控制作用。当断陷湖盆中边界断层在某一时期的持续活动对沉积产生的影响远远超过了湖平面活动对沉积产生的影响时, 甚至可以导致砂砾岩

体向盆推进而发生“顺源堆积”。泌阳凹陷属于典型的内陆闭流断陷湖盆, 在一个较短时期内若忽略物源、气候变化发生的影响(在较短时间内, 构造活动的影响通常比物源和气候的影响要强烈得多), 该闭流湖盆总的可容空间将不受构造和湖平面的影响而保持恒定。但是, 湖盆边界断层的沉降作用导致的湖盆内各构造单元基底沉降不均必将引起断陷湖盆内部可容空间的重新分配。边界断层的沉降作用导致中央凹陷可容空间快速增大的同时, 必然会导致陡坡带, 尤其是缓坡带可容空间的快速减小(图 4)。这时, 缓坡带的沉积基准面下降, 侵蚀作用和沉积作用之间原有的平衡被打破, 下切作用发生, 下切谷开始形成。当相对湖平面开始稳定回升时, 也是由于边界断层的持续沉降致使陡坡带基底下降, 导致下切谷中搬运的沉积物除了受到相对湖平面上升产生的回水作用的影响以外, 还受到构造沉降的更大影响而产生向盆推进, 使得下切谷的砂砾岩体最后发生“顺源堆积”, 而不是“溯源堆积”。

由上面的讨论可知, 在陆相断陷湖盆中, 构造沉降对沉积基准面起着举足轻重的作用。结合泌阳

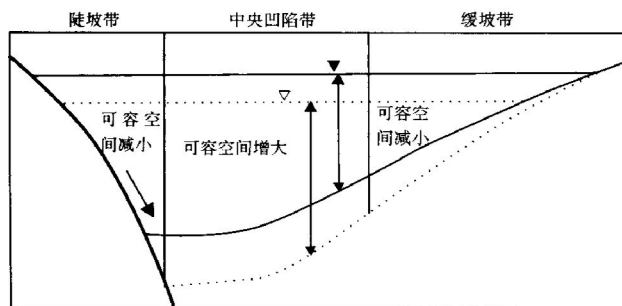


图4 泌阳凹陷边界断层沉降导致可容空间的重新分配示意图(实线为某一时刻湖泊示意图,虚线为构造沉降引起可容空间重新分配后的湖泊示意图)

Fig. 4 Sketch map showing redistribution of accommodated spaces caused by boundary fault subsidence in Biyang Depression 凹陷研究笔者认为,闭流断陷陆相湖盆中下切谷的形成和特殊充填方式主要受控于构造沉降引起的各构造单元可容空间的重新分配。

2.2 层序边界和初次湖泛面的划分

目前,在下切谷发育地区初泛面的发育时期(即初泛面的划分)仍有争议。Vail 曾将初泛面确定在下切河谷中河流相的顶部;Zaitlin^[5]却认为初泛面发育在河床相砂砾沉积之上,认为河谷充填大部分是在海侵域期形成的。通过对本区实际地震、钻井地质资料的研究后认为,相对湖平面从稳定下降转为稳定上升时期后,下切谷内开始发生充填,当湖平面转入快速上升时下切谷基本被充填满,即认为下切谷充填结束对应于初次湖泛面。地震剖面上,下切谷内同相轴结构特征相对均一,而在与谷顶基本持平的位置上同相轴的连续性和振幅都显著增强,两者之间常呈类削蚀接触(图1)。

下切谷内层序边界为谷底界面,谷间层序边界往往难以确定。曾有人提出可通过识别谷间古土壤层的发育来识别谷间层序界面。目前,在该地区尚未发现典型古土壤层的存在,但在谷间地带的核三段二砂组和四砂组底部附近取芯资料中却发现了与之对应的两套反映陆上暴露或水陆交互沉积环境的“红层”和大量反映典型的谷间沼泽沉积特征的碳屑、植物茎和完整的植物叶等古生物化石,这也是层序边界的重要识别标志。另外,在三维地震剖面上根据已识别出的下切谷底界进行侧向追踪三维闭合解释也是一种切实可行的解释方法。

初次湖泛面基本对应于下切谷充填的末期,空间分布上表现为下切谷之上的顶部拉平面,这在地震反射和钻井对比剖面上特征明显,笔者将沿下切谷顶面拉平来确定初次湖泛面的方法称为“顶面拉

平法”。另外,在低位域时期的下切谷谷间地带常常很少或完全不发育低位域地层而直接发育湖侵域地层,表现为层序边界与初次湖泛面重合(图5)。

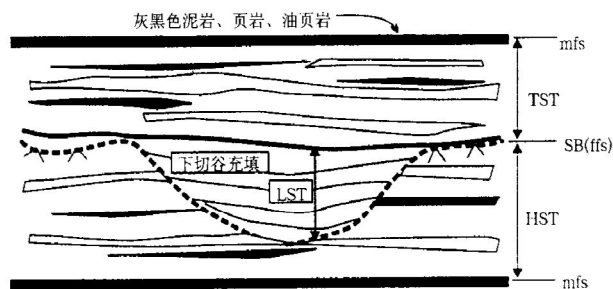


图5 核桃园组层序地层的概念模型

Fig. 5 Conceptual model of sequence stratigraphy in

Hetaoyuan Formation

SB—层序边界; ffs—初次湖泛面; mfs—最大湖泛面;

LST—低位域; TST—湖侵域; HST—高位域

由上面讨论可知,在下切谷发育地区层序地层划分有以下特征:(1)层序边界位于较窄的砂岩、砂砾岩充填的下切谷底界;(2)谷间地带表现为具红褐色、棕褐色泥岩特征的局部剥蚀或碳屑、植物茎发育特征的谷间沼泽;(3)下切谷的侵蚀作用常导致下一层序高位域地层减薄或缺失,从而致使层序边界与密集段相距较近或直接接触,这非常有利于油气向下切谷砂体运聚成藏;(4)初次湖泛面一般位于下切谷充填末期,表现为一顶部拉平面。

2.3 寻找油气圈闭

下切谷及其向湖延伸至湖相泥岩中形成的低位扇砂体良好的物性、特殊的几何形态和初次湖泛面的垂向封堵保证了下切谷、低位扇砂体在隐蔽圈闭勘探中的重要意义。值得注意的是,在下切谷的上游方向,在油气运移发生之前发育一定规模、横切下切谷的断层,形成对油气的侧向封堵是下切谷油气大量成藏的关键。笔者将这种由断层切断下切河谷砂体形成油气藏的成藏模式称为“断层切河谷”成藏体系。通过对该区下切谷在不同部位成藏条件的综合分析认为,在下切谷发育地区容易形成的5大类圈闭类型:岩性-断层复合型圈闭、岩性上翘尖灭型圈闭、岩性透镜体型圈闭、地层超覆圈闭和地层不整合圈闭,其中以前3种为主。

2.3.1 断层-岩性复合型

这种圈闭类型的形成直接与前述“断层切河谷”认识密切相关。因为下切谷砂体在下切谷两岸方向岩性侧向自然尖灭封堵,垂向上又有湖泛泥岩覆盖,所以一旦有横切河谷方向的断层发育,便会

在下切谷砂体的上翘方向形成侧向封堵的岩性-断层复合型圈闭(图 6-A)。

2.3.2 岩性透镜体型

为低位扇形体典型的成藏类型。低位域时期

在下切谷最前缘形成的深水浊积岩可形成该类圈闭类型。如 E 安 1 井附近层序 II 低位域时期、泌 188 井附近层序 IV 和层序 II 的低位域时期均发现有此类型的圈闭类型(图 6-B)。

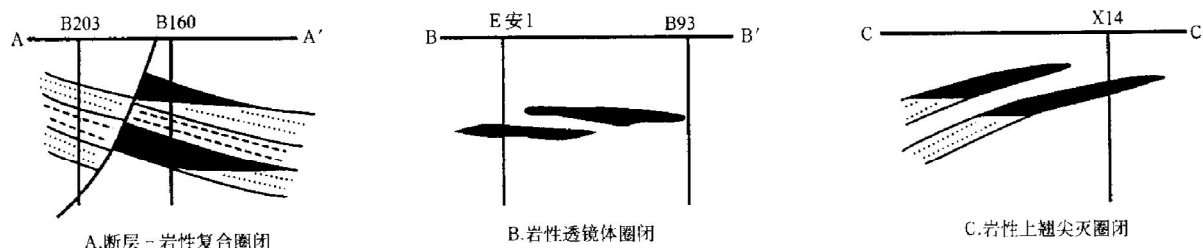


图 6 孙岗-袁庄地区圈闭成藏示意图

Fig. 6 Sketch map of pool-forming traps in Sungang-Yuanzhuang area

2.3.3 岩性上翘尖灭型

从孙岗-下二门地区的古地形来看,下二门为一继承性背斜隆起。在下二门地区,下切谷沉积时期由河谷冲积爬坡而发育的下切谷爬坡砂体在下二门背斜的后期抬升作用下表现出上翘尖灭,非常有利于岩性上翘型圈闭的发育。如下 14 井附近核二段中便发育该成藏类型(图 6-C)。

3 结论

(1) 下切谷发育于层序的低位域时期。泌阳凹陷中下切谷主要发育于缓坡带的核三段二砂组和核三段四砂组中。

(2) 下切谷在地震剖面上表现为顶平底凹型,内部具充填结构特征;以含砾中粗砂岩为主,且与谷外红层和沼泽沉积明显区别;下切谷中 Sr, P, Mn^{2+} 都处于异常高值,表明下切谷与底部地层间沉积环境存在一个突变过程。

(3) 下切谷的形成对应于相对湖平面的稳定下降时期,下切谷的充填对应于相对湖平面的稳定上升时期,即下切谷充填于低水位后期。

(4) 泌阳凹陷中下切谷的发育主要受控于南部边界断层活动引起的湖盆可容空间的重新分配。这种陆相断陷湖盆特有的构造沉降致使下切谷的充填在本地区表现为“顺源堆积”。这一点与国内外报道的受控于相对海平面下降的下切谷在成因和谷内沉积叠置方式方面有一定差异。

(5) 下切谷的底界对应于层序(三级或四级层序)边界,谷间地带低位域地层发育很薄或完全缺失,这导致该区缺失低位域沉积而仅发育湖侵域和高位域沉积地层。

(6) 下切谷是油气富集的场所,本次研究总结

出“断层切河谷”成藏认识对下切谷发育地区隐蔽圈闭勘探有一定价值。

参 考 文 献

- 1 Fisk R, Mc Falan Jr E. Late quaternary deltaic deposits of the Mississippi River[A]. In: Aire P. Crust earth symposium[C]. Geologic Society of America Special Paper, 1995, 67: 297~ 302
- 2 van Wagoner J C. 前陆盆地层序地层学综述: 术语、论文摘要及层序地层学词汇[J]. 凡夫译. 国外油气勘探, 1996, 8(4): 404~ 416
- 3 Yingling V L, Heller P L. Timing and record of foreland sedimentation during the initiation of the sevier orogenic belt in central Utah[J]. Basin Research, 1992, 4: 279~ 290
- 4 Paoal C, Heller P L, Angevine C L. Lange-scale dynamics of grainsize variation in alluvial basins[J]. Basin Research, 1992, 4: 73~ 90
- 5 Zaitlin B A, Dalrymple R W, Boyd R. The stratigraphic organization of incised valley systems associated with relative sea-level changes[A]. In: Dalrymple R W, Boyd R, Zaitlin B A, eds. Incised valley systems: origin and sedimentary sequence[C]. SEPM Spec Publ, 1994, 51: 45~ 60
- 6 Leckie D A, Krystinik L F. Sequence stratigraphy (pt. I): fact, fantasy, or work in progress(?) or, when is an incised valley not a sequence boundary? [A]. In: Dalrymple R W, Boyd R, Zaitlin B A, eds. Incised valley systems: origin and sedimentary sequence[C]. SEPM Spec Publ, 1994, 51: 194~ 195
- 7 吴忱, 朱宣清, 何乃华, 等. 华北平原古河道的形成研究[J]. 中国科学(B 辑), 1991, (2): 188~ 197
- 8 鲍才旺. 珠江口陆架区埋藏古河道与古三角洲[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1995, 15(2): 25~ 34
- 9 寇养琦, 杜德莉. 南海北部陆架第四纪古河道的沉积特征[J]. 地质学报, 1994, 68(3): 269~ 277
- 10 李从先, 万明浩, 陈庆强. 苏北沿南-三仓地区的古河道及其地质意义[J]. 科学通报, 1994, 41(23): 2 168~ 2 171
- 11 李祥辉, 王成善, 曾允孚, 等. 藏南聂拉木亚来地区早石炭世纳兴组沉积层序及深切谷[J]. 沉积学报, 1997, 15(1): 1~ 6
- 12 程捷, 陈华慧, 罗绍峰, 等. 云南三江一河典型地区河谷第四系发育特征[J]. 现代地质, 1994, 8(1): 11~ 19

(下转第 318 页)