

坡移扇的发现、形成条件及其油气地质意义—以牛庄洼陷南坡沙三段为例

杨怀宇

中石化胜利油田分公司地质科学研究院, 山东东营, 257015

坡移扇这种沉积类型国内最早由王居峰(2004)提出,指湖水对三角洲前缘进行侵蚀冲刷,致使大量沉积物沿湖盆边缘斜坡发生坡移而形成的沉积体。前人针对这种沉积体的研究现状来看,其沉积规律、形成条件及其是否能成藏从而有效地指导勘探的研究尚处于起步阶段(王居峰,2004;王金铎等,2003;操应长等,2007;李宇志等,2012)。牛庄洼陷南部近期完钻的牛 100(侧)、牛 119 等井在沙三段称之为坡移扇的岩性油藏获得较高的工业油流,该类型砂体以三角洲前缘砂与三角洲主体脱离并且沉积物未被液化为特点,且具有厚度大、埋藏浅和产能较高的特征。因此加强此种沉积类型的地质规律研究有利于指导下一步的精细勘探,为寻找牛庄洼陷南部的预测储量做出理论指导。

1 坡移扇的发现及其沉积特征

自 2004 年以来,牛庄洼陷南部地区沙三段探明储量一直没有新的突破,近年来探明储量之外的牛 100(侧)、牛 119 等井见到良好的油气显示,研究发现显示层段岩性主要为灰色、浅灰色中薄层细砂岩、粉砂岩及泥质粉砂岩,厚约 20~50 米,其上下均为大套暗色泥岩,一般认为是重力流形成的浊积砂体,然而通过仔细研究发现,以牛 100 井为例,块状砂岩岩心发育泥砾并常伴有植物叶片化石的痕迹,累积概率曲线上表现为三段式特征,这些特征并不具有重力流的特征,反而具有类似三角洲前缘的牵引流为主的特征。因此,这种砂体沉积类型到底是什么类型,为什么这种类似前缘砂的非构造油藏能够成藏,这些疑问促使笔者针对这种砂体类型的识别以及沉积特征等问题进行深入研究。

从沉积特征上来看,坡移扇砂体具有类似于三角洲前缘和浊积岩的特征且又不完全等同,原因如下:岩石序列上看,岩性以细砂岩为主,含有多套粉砂质泥岩和泥岩夹层,该套砂体上下均发育大段暗色泥岩,因此具有浊积岩的特征,但砂体厚度一般厚度在 20-50m 之间,比浊积岩砂体厚度大,岩心上很难找到典型鲍马序列特征,反而找到一些类似于三角洲前缘水下分流河道的特征,并且沉积旋回上明显表现为类似于三角洲前缘砂的反旋回特征。

从地震-测井相来看,牛 119 井的 SP 曲线自下而上表现为反旋回的特点,常见箱型、漏斗形的组合特征,这与典型浊积岩的正旋回或者旋回性不明显的钟形或指状曲线特征不同;通过对该套砂体进行精细的层位标定后发现,砂体顶面标定在三角洲楔形体的前积层上,且该套前积层在高部位与三角洲主体是断开的,表现为中强振幅属性,一般延伸有一定的范围,该反射特征与典型浊积岩的地震反射有一定区别,浊积岩一般标定在三角洲底积层内,反射特征表现为中弱振幅且两端迅速尖灭的特征。

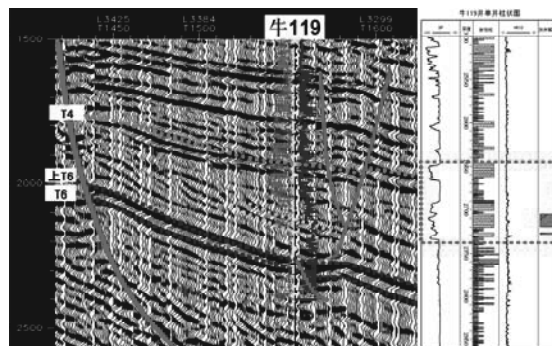


图 1 牛 119 井坡移扇地震-测井相特征

从地震-测井相来看,牛 119 井的 SP 曲线自下而上表现为反旋回的特点,常见箱型、漏斗形的组合特征,这与典型浊积岩的正旋回或者旋回性不明显的钟形或指状曲线特征不同;通过对该套砂体进行精细的层位标定后发现,砂体顶面标定在三角洲楔形体的前积层上,且该套前积层在高部位与三角洲主体是断开的,表现为中强振幅属性,一般延伸有一定的范围,该反射特征与典型浊积岩的地震反射有一定区别,浊积岩一般标定在三角洲底积层内,反射特征表现为中弱振幅且两端迅速尖灭的特征。

2 坡移扇形成条件及分布范围

通过调研东营三角洲的前期研究成果发现(李趁义, 2005),沙三中中期(3-5 砂组)古沉积坡度陡,浊积岩“厚而近”,早期和晚期中古沉积坡度缓,浊积岩“薄而远”,短轴三角洲沉积坡度普遍大于长轴三角洲,浊积岩沉积距离近(7km 左右)。通过研究发现,三角洲前缘砂体在盆倾断层的影响下在其前方斜坡上发育刚刚与主体脱离,尚未滑塌至深洼区的砂体易形成所谓的坡移扇砂体,可见它的形成与足够的坡度角是分不开的。由此,我们总结坡移扇的形成必须具备 3 个条件:①三角洲推进距离短,距深洼区近;②三角洲前缘前方坡度较陡;③具有横切三角洲前缘的盆倾同生断层活动。

明确坡移扇形成条件的基础上,针对以上 3 个条件的控制和叠合发现,牛庄洼陷南部受东部东营三角洲和南部的陈官庄三角洲两支物源控制,通过地震剖面的层拉平技术研究发现南部陈官庄三角洲的古坡角约为 4° - 8° 左右,相比东部的东营三角洲 2° 左右的古坡角要大;同时,牛庄南坡地区主要发育东西向断裂如王 23 断裂和王 1 断裂等,这些断裂易造成三角洲前缘砂体的断开和卸载。综合研究表明,坡移扇主要发育的地区位于牛庄洼陷南坡的中西部地区,牛庄洼陷南坡东部基本不发育。

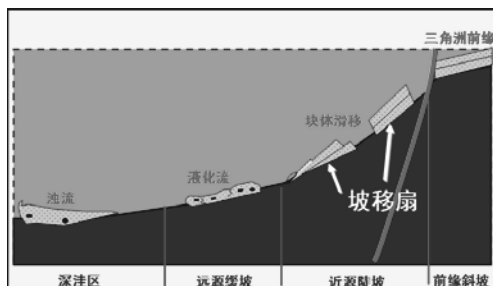


图 2 三角洲前缘岩性体发育模式(据李趁义, 2005 修改)

3 坡移扇油气地质意义

在以上分析的有利发育区内,依据坡移扇的地质模型准确识别沉积类型,针对钻遇此类型并且有录井显示的砂体进行地球物理追踪,利用各类属性分析结合剖面反射特征,共预测描述坡移扇砂体 28 个,这些砂体有 20 个有井钻遇,其中工业油流井 4 口(牛 100(侧)、官 10、王 1、牛 301)。通过解剖成功钻遇坡移扇并获工业油流的牛 100(侧)砂体可知,坡移扇砂体是纵向上多套叠置并各自在自己的高部位成藏,单层砂体充满度低,但多层含油砂体可在局部纵向叠合、平面连片,形成一定的储量规模。针对新描述的坡移扇砂体进行地质储量的初步估算约为 1695 万吨,因此本文的研究对牛庄洼陷南坡乃至整个东营凹陷勘探开发、储量接替都具有重要的战略意义。

4 结论

1) 首次针对坡移扇类型进行研究发现,它的形成是由于断裂、坡度角等原因造成三角洲前缘砂体其与主体断开脱离,并整体滑移至前缘斜坡或坡角处,沉积物主体未发生液化为特点,与典型滑塌浊积岩的重力流沉积特征不同。

2) 根据坡移扇的地质特征分析其形成的必要条件,认为坡移扇主要发育于牛庄洼陷南坡的中西部地区。同时依据坡移扇地质模型的指导进行砂体的地球物理描述与预测,共刻画坡移扇砂体 28 个,其中 4 个砂体已获工业油流,因此坡移扇的发现对本区的储量接替具有重要的油气战略意义。

参考文献 / References

- 王居峰. 东营三角洲-浊积扇高频层序叠加样式与岩性圈闭. 沉积学报. 2005, 23(2):303~309
- 王金铎, 韩文功, 于建国等. 东营凹陷沙三段浊积岩体系及其油气勘探意义. 石油学报, 2003, 24 (06): 24~29
- 李宇志, 毕明威, 刘惠民等. 沙三中亚期东营三角洲前缘滑塌浊积岩定量预测. 地学前缘. 2012, 19 (1): 146~155
- 操应长, 刘辉. 湖盆三角洲沉积坡度带特征及其与滑塌浊积岩分布关系的初步探讨. 地质论评, 2007, 53(4):454~459
- 李趁义. 东营三角洲滑塌浊积岩形成机制与高频基准面旋回控砂模式研究. 博士学位论文. 北京: 中国地质大学(北京), 2005