

东营凹陷下第三系低位域沉积及非构造圈闭*

金武弟^{1,2}, 王英民^{1,2}, 刘书会³, 陈崇河^{1,2}

(1. 石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249; 2. 石油大学
盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 3. 中国石化胜利油田地质科学研究院, 山东东营 257015)

摘要: 低位域是一个层序地层学概念, 即发育在 I 型层序界面之上、初次水泛面之下的, 常由盆底扇、斜坡扇和低位楔状体组成的体系域。由于控制低位域发育的坡折带类型不同, 低位域的沉积体构成也就有所不同。北部陡坡断裂坡折带发育以冲积扇、小型低位三角洲、近岸水下扇和浊积扇为特征的低位域; 东部东营三角洲沉积坡折带, 发育以斜坡扇、低位三角洲和水下扇为特征的低位域; 南部缓坡带, 低位域以低位三角洲和低位滨浅湖相沉积为主。在这些低位域中, 发育了不同类型的非构造圈闭, 北部和南部坡折带为超覆型地层圈闭, 东部沉积坡折带发育岩性圈闭。经过对这些圈闭的精细描述和初步评价, 认为含油气前景比较乐观, 有望为东营凹陷非构造圈闭勘探作出重要贡献。

关键词: 低位域; 沉积; 东营凹陷; 非构造圈闭

第一作者简介: 金武弟, 男, 32 岁, 硕士生, 层序地层学

中图分类号: TE112.422 **文献标识码:** A

低位域是一个层序地层学概念, 即发育在 I 型层序界面之上、初次水泛面之下的, 常由盆底扇、斜坡扇和低位楔状体组成的体系域。当低水位期的基准面下降到坡折带以下时, 使坡折带以上成为剥蚀区或暴露区, 形成不整合面和深切谷; 坡折带以下成为沉积区, 形成盆底扇、斜坡扇等陆坡体系和低水位楔形体, 这一系列沉积体系构成具陆架坡折边缘或具生长断层边缘(断裂坡折)盆地中的典型的低位域^[1]。

东营凹陷位于济阳拗陷东南部, 是一个北陡南缓、北深南浅的半地堑型盆地。盆内发育的下第三系沙河街组三段至一段(以下简称沙三、沙二、沙一)可划分出 4 个三级层序, 几乎每个层序界面之上都发育有低位域沉积。但是, 由于控制低位域发育的坡折带类型不同, 在凹陷的不同部位形成了具有不同沉积体组合特征的低位域沉积^[2]。

1 沉积特征

1.1 北部陡坡断裂坡折带

发育于东营凹陷北部陈家庄凸起南翼的陈南、胜北断裂在早第三纪时期的活动, 使凹陷北部陡坡地区形成了多级断裂构造坡折带, 并对凹陷

内沙河街组的沉积起着明显的控制作用。由于多级断阶的落差一般较大, 就使该带对湖平面的升降变化特别敏感, 在湖平面较低时期, 在各级断阶上发育了丰富且沉积特征差异较大的低位域沉积^[3]。

在一个层序发育的早期, 湖平面位置较低, 在高断阶上往往发育下切谷, 而低断阶上的沉积多为近岸浊积扇体; 随着湖平面的上升, 在靠近凸起的最高断阶上会发育冲积扇-三角洲体系, 而在次级断阶上往往发育下切谷充填、扇三角洲的主体及近岸浊积扇沉积, 在低台阶上沉积的大多是扇三角洲远端部分及滑塌浊积体。这些沉积体构成了东营凹陷北部陡坡断裂坡折带的低位域沉积(图 1)。

在陡坡断裂坡折带沉积的冲积扇以砂砾岩为主, 夹泥岩及砂质泥岩, 测井响应为齿化箱形, 在地震剖面上显示短的楔形, 内部为短波状-杂乱结构; 扇三角洲沉积以含砾砂岩为主, 夹泥岩、砾岩, 测井响应为漏斗状、箱状及钟形, 地震上扇平原呈丘形或扁豆状, 扇前缘为楔形, 底部为扁豆状, 中-低振幅; 近岸浊积扇沉积以砂砾岩、砂岩夹暗色泥岩为特征, 测井响应呈漏斗状及箱形, 地震剖面上为短的楔形反射, 扇端可呈锯齿状, 内部为杂乱结构; 滑塌浊积体及深水浊积扇沉积多为深湖泥岩中夹的砂砾岩层, 测井上可见齿化钟形、

* 国家重点基础研究发展规划课题“中国典型叠合盆地应力场分析与构造变形三维解析”(G1999043305)

收稿日期: 2003-05-26

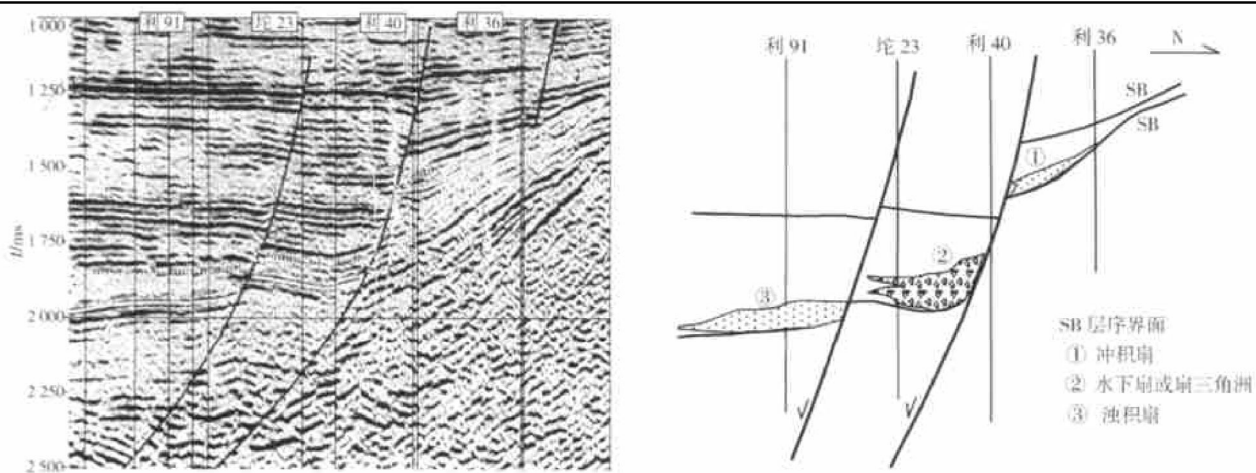


图 1 陡坡断裂坡折带低位域沉积特征示意图

Fig. 1 Sketch map showing sedimentary pattern of lowstand system tract in the northern faulted slope break

箱形和指形,地震上这些沉积体多为丘状和扁豆状外形,内部为杂乱结构^[4]。

1.2 东部沉积坡折带

东营凹陷的东部在早第三纪时期的沉积也受到北部胜北、陈南断裂的影响,沙三早期,胜北地区深陷,相对来说,东部地区沉积的扇体规模较小。沙三中、晚期,凹陷内水体由东向西变深,中央洼陷带受轴向水流控制,构造活动平稳,使东营三角洲长期继承性发育,由东向西发生了 3 次较大规模的推进,并在三角洲的前缘形成了典型的沉积坡折带。而这些坡折之上正是低位域沉积发育的位置。

在上一期高位三角洲沉积之后,水体变浅,退至三角洲前缘沉积坡折之下,此时在这些前缘斜坡上发育低位三角洲或水下扇沉积(图 2),岩性以中-细砂岩为主,夹泥质粉砂岩和泥岩,电性特征为漏斗形或箱形;地震上显示丘形或扁豆状外形,低、不连续振幅。

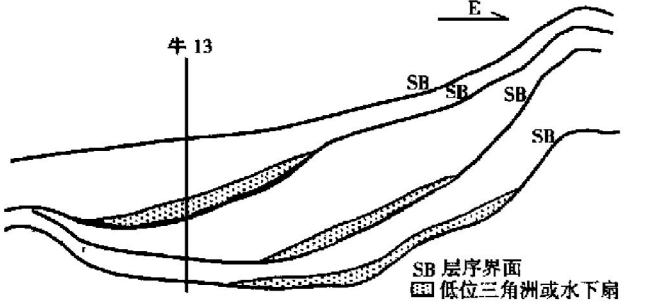


图 2 东部沉积坡折带低位域沉积特征示意图

Fig. 2 Sketch map showing sedimentary pattern of lowstand system tract in the eastern depositional slope break

1.3 南部缓坡带

东营凹陷的南部缓坡带在早第三纪主要控制一套辫状河三角洲或滨浅湖沉积体系。这个部位一般发育有一到两条盆倾断裂以及一系列小的反向调节断层,它们的活动可以导致该区斜坡沉积发生一些变化,但从整个南部缓坡带的沉积来看,这一带扇体分布范围广,相带较宽,厚度一般不大。在盆倾断裂之上的缓坡和其下的构造坡折处往往发育有不同的低位域沉积体。

当湖平面处于断裂坡折以下的较低水位时,断裂坡折以上暴露在水上,这时的缓坡产生下切水道,发育辫状河沉积体系;断裂坡折之下为浅湖环境,一般形成水下冲积扇-三角洲体系。随着沉积基准面的缓慢上升,断裂坡折之上的缓坡发育下切水道充填,坡折之下进一步发育水下冲积扇砂体和远岸浊积扇砂体。当湖平面越过断裂坡折带时,就在缓坡上形成小型的低位三角洲体系及滨浅湖相沉积,而在断裂坡折带之下发育远岸浊积扇沉积。以上这些沉积体系的组合便形成了东营凹陷南部缓坡带的低位域沉积(图 3)。

此带由于沉积时能量较北部陡坡带整体偏低,所以其沉积物也偏细。沉积的三角洲以小型的辫状河三角洲为主,岩性为细-粉砂岩夹粉砂质泥岩和泥岩,测井响应为箱形、钟形或复合形,地震上显示明显的楔形反射。水下冲积扇以含砾砂岩为主,夹泥岩及砂质泥岩,电性特征多为齿化箱形,地震剖面上为短楔形,内部波状-杂乱结构;远岸浊积扇多是在沉积低位期洪水通过坡折

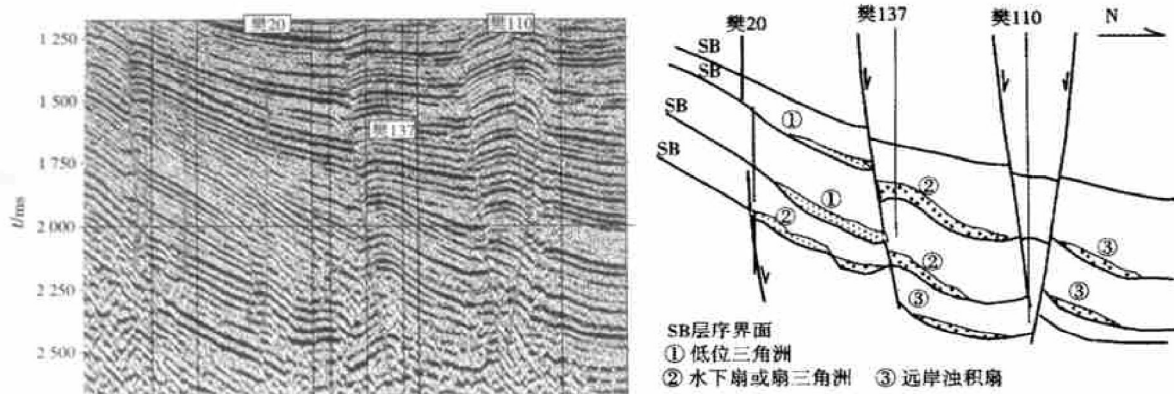


图3 南部缓坡带低位域沉积特征示意图

Fig. 3 Sketch map showing sedimentary pattern of lowstand system tract in the southern slope break

带上的浅水区,到达深湖区,所携带的沉积物在低洼部位形成的沉积体,岩性以夹于深湖泥岩中的砂砾岩为特征,电性上显示箱形或齿化钟形,地震上为丘状外形,内部杂乱结构。

2 圈闭特征

低位域由于其在地层层序中所处的位置以及沉积体发育的特殊性,而成为隐蔽圈闭形成的极有利部位^[5]。首先,低位域一般都发育在层序界面或不整合界面之上,这些界面又多是油气运移的良好通道,油气沿这些界面可以首先进入低位域砂体中聚集;再者,低位域沉积的低位楔状体、低位扇及盆底扇沉积,其发育大都与构造活动有关,因此形成的单砂体规模往往比层序内部的砂体大,物性较好,可作为性能良好的储集砂体;还有,低位域砂体又处于上一层序的水侵和高位域之上,本层序水侵和高位域之下,形成于水侵和高位域的泥岩沉积将其夹于其中,形成垂向上良好的封堵性。

在北部陡坡带的构造坡折之下的水下扇、浊积扇沉积中,往往形成岩性圈闭,如王庄、郑南地区的沙三、沙四段岩性或岩性-构造油气藏。而在构造坡折之上地区发育的低位楔状体,多超覆于层序界面之上,易形成超覆型地层圈闭,如利371地区沙三上地层中发现的地层超覆型圈闭,低位楔状体向北超覆于层序界面之上,经过层位标定和测录井对比,初步认为该低位沉积体可以形成一个有利的超覆型地层圈闭。

在东部东营三角洲前缘形成的沉积坡折带之上发育的低位斜坡扇、低位小型三角洲及水下扇

砂体中,易形成岩性圈闭。如牛庄三角洲牛13井地区沙三中发现的低位斜坡扇体,在地震剖面上为透镜状,经层位标定及多井对比后认为该透镜体是发育在沉积坡折之上的水下扇或低位三角洲砂体,能够形成岩性圈闭。

在东营凹陷的南部缓坡带的坡折之下发育的水下冲积扇及远岸浊积扇等低位域沉积,往往形成岩性圈闭或与构造坡折相匹配形成岩性-构造圈闭,如梁家楼地区的岩性油气藏;而在坡折之上的缓坡上沉积的低位三角洲和滨浅湖沉积往往超覆于层序界面之上,易于形成超覆型地层圈闭,如樊东地层超覆圈闭,就属此类。

3 结论

东营凹陷周缘的坡折带附近下第三系中发育有丰富的低位域沉积,由于这些低位域砂体好的储集性能及其在地层层序中所处的位置和与上下地层的接触关系的特殊性,使其具有极佳的生、储、盖配置先天条件,很容易形成岩性、地层等非构造圈闭。运用层序地层学理论对东营凹陷已发现油气藏进行分析后认为,东营凹陷下第三系已发现油气藏大多与发育在不整合面及坡折带附近的低位域沉积体有关。从整个济阳坳陷油气勘探情况来看,现在的资源探明程度已达53%,经过40多年的勘探,现在发现大中型构造油气藏的机率越来越小,那么剩余的资源应该大多赋存于非构造圈闭之中。而低位域沉积又是非构造圈闭发育的极有利场所,因此,在东营凹陷中以坡折带和不整合面为主要线索,展开对低位域的研究是非常重要的,也是极有勘探意义的。

参 考 文 献

- 1 朱筱敏. 层序地层学[M]. 山东东营: 石油大学出版社, 2000
- 2 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. “构造坡折带”——断陷盆地层序分析 and 油气预测的重要概念[J]. 地球科学, 2000, 25(5): 260~ 267
- 3 姜秀芳, 宗国洪, 郭玉新, 等. 断裂坡折带低位扇成因及成藏模式[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 143~ 144
- 4 纪友亮, 张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996
- 5 薛良清. 湖相盆地中的层序、体系域与隐蔽油气藏[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 115~ 120

PALEOGENE LOWSTAND SYSTEM TRACT DEPOSITS AND NONSTRUCTURAL TRAPS IN DONGYING SAG

Jin Wudi^{1,2} Wang Yingmin^{1,2} Liu Shuhui³ Chen Chonghe^{1,2}

(1. Key Laboratory of Hydrocarbon Accumulation Mechanism, Ministry of Education, University of Petroleum, Beijing;

2. Research Center of Basin & Reservoir, University of Petroleum, Beijing;

3. Institute of Geoscience, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong)

Abstract: Lowstand systems tract (LST) is a concept used in sequence stratigraphy. It is referred to as sediments deposited above the type I sequence boundary, and below the first flooding surface. It is usually composed of basin-floor fan, slope fan and lowstand prograding wedge. When the low-water datum declines down below the slope-break, then the area above the slope-break will become exposed or denudation, and there will be unconformity and incised valley; while that below the slope-break will become a depositional area deposited with alluvial deposit, such as basin-floor fan, slope fan, and lowstand wedges. All these will constitute a typical LST deposited in a basin with shelf slope-break margin or growth fault margin. Since there are various types of slope-breaks controlling the development of LST, there will also be different compositions of lithologic bodies in the LST. On the basis of a vast amount of 3D seismic interpretation and analyses of well and log data, the LST developed in the Paleogene Shahejie Fm in Dongying sag has been studied and identified. It is suggested that the LST developed in the slope-break with steep slope faults in northern Dongying sag is characterized by alluvial fan, small lowstand delta, nearshore submerged fan, and the LST developed in the gentle slope belt in southern Dongying sag is mainly composed of lowstand delta and coastal shallow lacustrine sediments. Being situated in a specific position in the stratigraphic sequences and characterized by the development of its lithologic body, the LST would be in an extremely favorable position for the LST is usually developed on the sequence interface or unconformity interface. These interfaces are mostly good migration pathways, oil and gas can migrate along these interfaces, and would enter and accumulated in the sand bodies in the LST; secondly, the deposition of lowstand wedges, lowstand fans and basin-floor fans in the LST are mostly related to tectonic movement, therefore the dimension of single sand body would often be bigger than the other sand bodies within the sequence, and have relatively good poro-perm characteristics, so they can be good reservoirs. In addition, the sand bodies in the LST are located on the transgressive and highstand system tracts (TST and HST) of the former sequence and under the TST and HST of its own sequence, i. e. they would be in interrelated between the mudstone deposited in the two sets of TST and HST, and thus form a good vertical sealing. All these would be favorable for the development of nonstructural traps in the LST. During this research, it is found that various types of nonstructural traps have been developed in the LSTs in Dongying sag, such as the developing stratigraphic traps in northern and southern slope-breaks, and the lithologic traps in the eastern depositional slope-break. Through detailed description and preliminary assessment of these traps, it is believed that the hydrocarbon prospects are optimistic, and it is very important to study the LST through research of slope-break and unconformity in Dongying sag. A large contribution would be made in the exploration of nonstructural traps in Dongying sag.

Key words: lowstand system tract (LST); deposit; Dongying sag; nonstructural trap