

文章编号: 0253-9985(2004)05-0528-05

东营凹陷中带沙河街组三段浊积体 储层特征类型与成因

王居峰^{1,2}, 郑和荣³, 苏法卿²(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国石化胜利油田地质科学研究院, 山东东营 257015;
3. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 东营凹陷中带沙河街组三段的浊积扇体主要分布于洼陷的深凹部, 可按成因分为滑塌浊积扇、坡移浊积扇和湖底扇 3 种类型, 其形成与基准面的升降变化密切相关: 滑塌浊积扇形成于短期基准面下降期, 由三角洲进积过程中前缘沉积物滑塌而成; 坡移浊积扇形成于短期基准面上升期, 是湖水动力及洪水作用等对三角洲前缘及三角洲平原沉积物进行侵蚀冲刷, 使沉积物沿湖盆边缘斜坡移动至深水湖区再沉积而形成; 湖底扇形成于中期基准面上升期, 在层序中所处的位置与经典层序地层学低位体系域中的低位扇相当。3 类扇体中坡移浊积扇和湖底扇厚度大、储集物性好, 含油气性好, 是区内主要的储油砂体, 而滑塌浊积扇规模相对较小, 储集物性较差。

关键词: 基准面旋回; 浊积扇; 储层成因; 沙河街组三段; 东营凹陷

中图分类号: TE112.23 文献标识码: A

Reservoir characteristics and genesis of turbidite fans in the 3rd member of Shahejie Formation in central Dongying depression

Wang Jufeng^{1,2}, Zheng Herong³, Su Faqing²

(1. China University of Geosciences, Beijing; 2. Geological Science Research Institute of Shengli Oilfield Company Ltd., SINOPEC, Dongying, Shandong; 3. Exploration and Development Research Institute, SINOPEC, Beijing)

Abstract: Turbidite fans in the 3rd member of Shahejie Formation in central Dongying depression, mainly distributed in the deepest sag of the depression, can be divided genetically into three types: slump turbidite fan, slope-sliding turbidite fan and sublacustrine fan. Their formation was closely related to the fluctuation of base level. Slump turbidite fans were formed during the short-term falling of base level, as a result of redeposition of the slumped frontal sediments of the prograding delta. Slope-sliding turbidite fans were formed during the short-term rising of base level, as a result of redeposition of sediments sliding from marginal slope of the lake basin to deep lake area, due to erosion and washing of delta front and plain by dynamic force of lake and flood-water. Sublacustrine fans were formed during the medium-term rising of base level and located in the sequence stratigraphy corresponding to the lowstand fans in the lowstand system tract in classical sequence stratigraphy. Of these three types of turbidite fans, the sublacustrine fans and slope-sliding fans, with large thickness, good poro-perm characteristics and petroliferous properties, are the main reservoirs in this area, while slump turbidite fans are characterized by smaller sizes and relatively poor poro-perm characteristics.

Key words: base level cycle; turbidite fans; genesis of reservoir; the 3rd member of Shahejie Formation; Dongying depression

东营凹陷中带是指陈官庄断阶带以北、利津洼陷以东, 河 4 井以南、莱 1 井以西的地区, 主要

包括牛庄洼陷和中央断裂背斜带南部两个构造单元, 勘探面积约 1 000 km²。区内沙河街组三段(以

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA605A09); 中国石油化工集团公司勘探先导计划“中国东部高精度层序地层及岩性油藏勘探研究”项目

第一作者简介: 王居峰, 男, 36 岁, 博士生, 沉积地质

收稿日期: 2004-08-24

下简称沙三段) 的东营三角洲砂体及与之有关的各种浊积砂体是东营凹陷油气储集体的重要类型之一。到目前为止, 在与东营三角洲有关的砂体内已发现油气地质储量近 10×10^8 t, 约占整个东营凹陷的 50%。

近几年来, 随着岩性油藏勘探技术的应用, 东营凹陷中带沙三段的浊积扇油藏, 已成为东辛、牛庄、现河庄、郝家、史南及胜坨等油田增储上产的主要勘探目标, 每年新增石油地质储量在 10×10^6 t 以上, 显示了巨大的勘探潜力。因此, 在高分辨率层序地层对比的基础上, 深入认识并总结浊积砂体岩性圈闭的形成机制和分布规律, 对于提高岩性油气藏勘探的成功率至关重要。

1 层序地层对比与沉积相构成

1.1 层序地层划分与对比

东营凹陷下第三系沙河街组四段(以下简称

沙四段) 上亚段—沙河街组二段(以下简称沙二段) 下亚段可识别出以不整合为界的 3 个三级层序, 即沙四上—沙三下、沙三中和沙三上—沙二下^[1]。东营三角洲是沙三中区区域基准面下降期的主要沉积体系类型, 主体为典型的进积型三角洲^[2]。钻/测井、地震资料表明, 三角洲的分期性十分明显。以顶超现象或无沉积作用面及相关整合面为界可以将该三角洲至少划分为 6 期, 每期三角洲在进积作用之后均伴生一次规模不等的湖泛作用, 湖泛泥岩将不同期次的三角洲进积体分开。由此将该大型三角洲复合体进一步划分为 6 个短期基准面旋回^[3], 相当于 6 个成因层序, 自下而上称之为中 6 至中 1(图 1)。每个短期基准面旋回内均发育有浊积成因的扇体, 但扇体规模、沉积特点及其所处的层序地层位置等有不同程度的差异。

1.2 沉积相构成

与经典层序地层学高位体系域中“向上变浅”

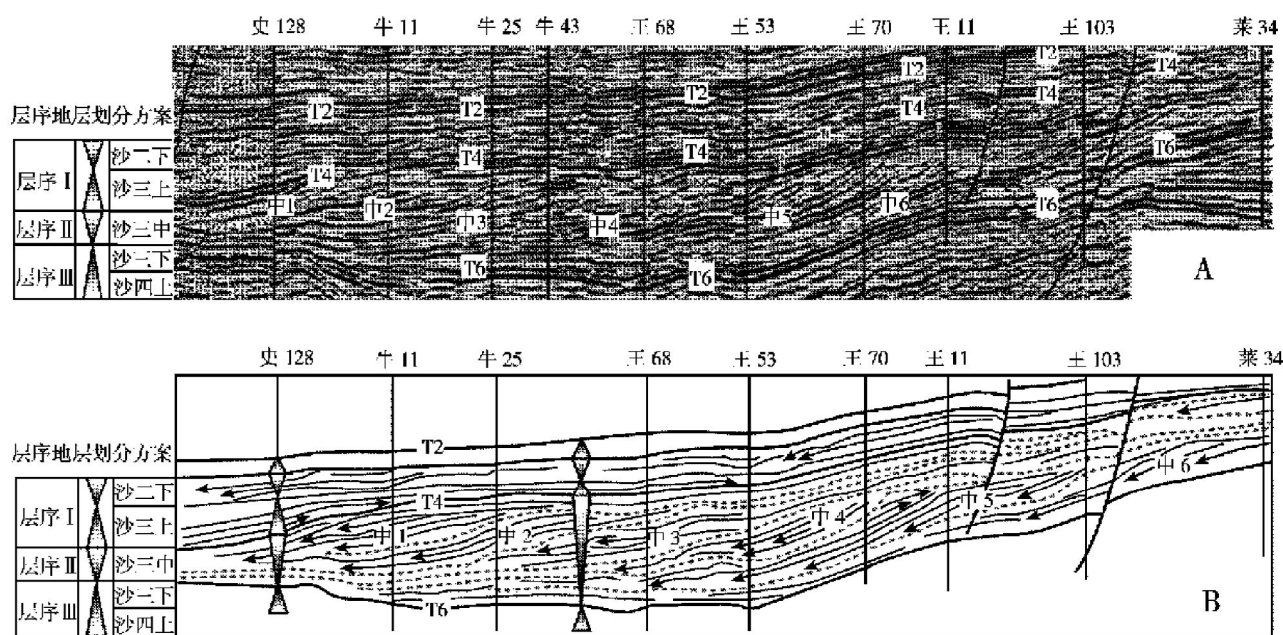


图 1 史 128—莱 34 井东西向层序地层解释剖面

Fig. 1 E-W profile of sequence stratigraphy through Shi 128 and Lai 34 wells

的准层序概念不同^[4~6], 作为三角洲—浊积扇高分辨率层序的基本构成单元——短期基准面旋回多由基准面下降期的进积三角洲和基准面上升期的湖泛泥岩两部分组成^[7]。由于三角洲的进积作用明显, 在每期三角洲的主体部位, 基准面下降期形成的地层厚度一般大于上升期的地层厚度, 旋回的不对称性显著^[8]。

在地震剖面上, 基准面下降期的地层通常显

示明显的楔状体几何形态, 内部连续、低角度的前积反射发育。沉积相由薄层加积的三角洲平原相、前积的厚层前缘相和薄层前三角洲相组成, 三角洲前缘砂岩发育。在三角洲前缘沉积斜坡至前三角洲区, 发育有小规模的浊积扇体, 这些扇体厚度一般粒度较细、厚度较薄、泥质含量高、储集物性差, 多围绕三角洲前缘砂体呈裙带状分布^[9]。

基准面上升期的地层主要由湖泛期的较深水

湖相泥岩组成。在地震剖面上湖泛泥岩的地震反射为近水平的弱反射、连续性较差,通常向进积的三角洲前积楔状体超覆,二者形成一定角度,因而可以较容易地将其与进积的三角洲相分开^[10]。浊积扇体主要分布在不同级次基准面升降半旋回的中下部,与基准面下降期的浊积扇相比,这些扇体粒度较粗、厚度较大、分布面积较大、储集物性较好,且多具有较好的含油性。

2 成因类型

根据东营凹陷中带沙三段浊积扇体在层序地层中所处的位置、沉积相带的差异、地震反射特征及钻井剖面上沉积物组合特征等的差异,可将其划分为滑塌浊积扇、坡移浊积扇及湖底扇等3种成因类型。

2.1 滑塌浊积扇

基准面下降期,在三角洲进积过程中,前缘沉积物发生滑塌,经常在三角洲进积体的坡角处或

更远的深水湖区形成滑塌浊积扇沉积。其特点是几何形态上呈小型透镜体状,分布面积有限,厚度也较薄,一般数米厚。岩性细,以粉砂-细砂岩为主,发育段呈砂泥岩薄互层,粒度概率曲线多呈平缓的弧形。砂岩中见有大量的准同生变形构造,并有递变层理、冲刷面、液化构造等,多含暗色泥砾和泥岩撕裂屑,反映了沉积物滑动再沉积的特点。

滑塌浊积扇的成因主要与三角洲的主推进方向及前缘斜坡的地形特征有关,往往位于三角洲前缘的主推进方向前方的古地形低洼处。其总的特点是分布面积小、泥质夹层多、无补给水道,储积物性一般较差。

由于滑塌浊积扇的规模较小,一般小于 1 km^2 ,且常与湖泛期的泥岩相伴生,灰质含量一般较高,在地震剖面上往往难以识别(图2)。

2.2 坡移浊积扇

在每个短期旋回内,继基准面下降期的进积作用之后,均发育有规模不等的基准面上升的湖

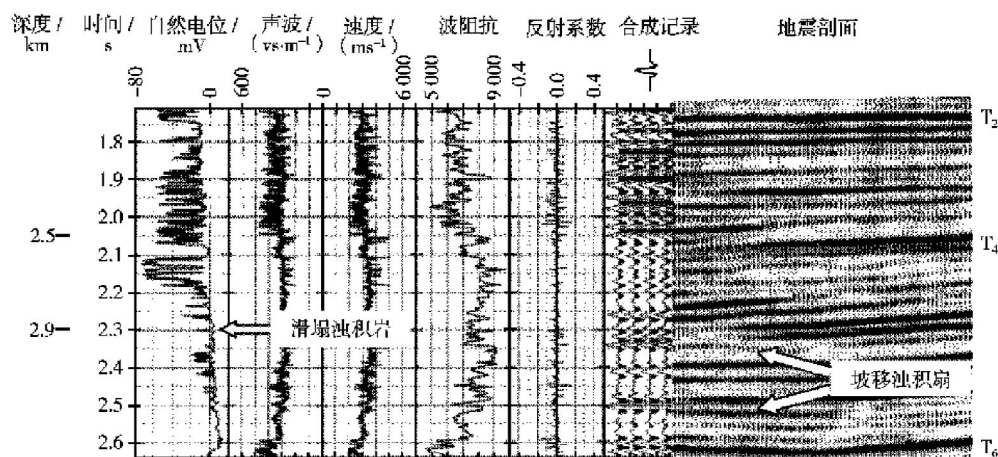


图2 滑塌浊积岩与坡移浊积扇测井、地震反射形态

Fig. 2 Logging and seismic reflection configurations of slump turbidite fan and slope-sliding turbidite fan

泛期。该时期,由于向盆地边缘方向可容纳空间增大,三角洲进积时期发生加积或过路沉积的位置被退积的三角洲前缘或三角洲平原分支河道所代替。向湖盆方向,湖水动力及洪水作用等可对基准面下降期的三角洲前缘及三角洲平原沉积物进行侵蚀冲刷,致使大量沉积物沿湖盆边缘斜坡发生坡移^[11,12],当与地形坡折背景相配置时,可以在深水湖区发生再沉积作用形成坡移浊积扇。垂向上,坡移浊积扇位于短期基准面下降到上升的转换面之上,在成因上类似三级层序低位体系域的“低位扇”(图3)。在平面上,这种成因的浊积扇

可以沿三角洲前方的深水湖区呈群状分布。

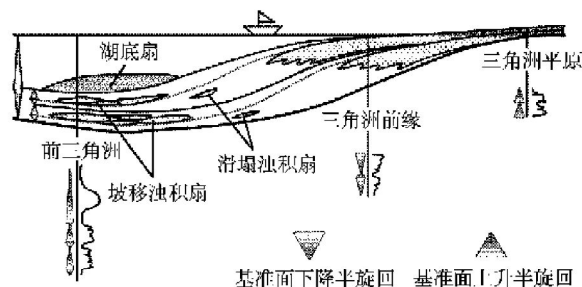


图3 坡移浊积扇与滑塌浊积扇成因模式图

Fig. 3 Genetic models of slope-sliding turbidite fan and slump turbidite fan

当三角洲进积作用较强, 基准面上升的湖泛期较短时, 即可容纳空间较低、 P/A (进积与加积比值) 较大时, 坡移浊积扇的规模较小。而在基准面上升的湖泛期较长时, 尤其是在中期基准面下降到上升的转换时期, 即大型复合三角洲发育的晚期, 浊积扇的厚度及分布范围一般较大。在沙三段中亚段沉积时期, 由于多期三角洲进积- 湖泛的交替沉积作用, 在东营凹陷中带形成了多期多个浊积扇体, 这些扇体垂向上相互叠置, 平面上叠合连片, 构成了主要的储油砂体。

在一个短期旋回内, 同样也有多个次级三角洲进积- 湖泛的交替沉积作用, 造成坡移浊积扇垂向及平面分布的迁移性。以沙三段中亚段1层为例, 自下而上可进一步划分为4个砂组, 早期的四砂组- 三砂组浊积扇的分布受沉积时的地貌形态所控制, 主要分布于地形的低洼处; 二砂组- 一砂组沉积时期, 处于三角洲的萎缩- 消亡期, 基准面上升期的湖泛持续时间较长, 浊积扇体厚度和分布范围明显增大, 平面分布形态呈现出一定的方向性, 主要沿三角洲最大主推进方向延伸(图4)。

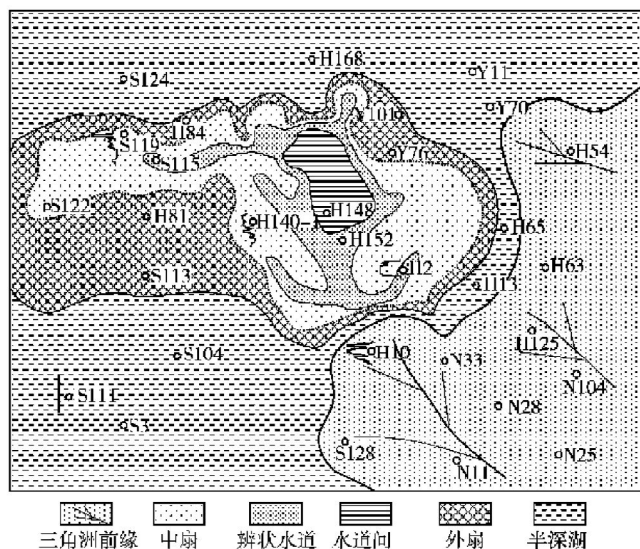


图4 坡移浊积扇沉积微相平面分布图

Fig. 4 Plane view showing distribution of microfacies of slope-sliding turbidite fan

坡移浊积扇的特点是厚度较大, 一般为10~40 m, 粒度较粗, 以含砾砂岩为主, 常含有由三角洲平原区携带而来的红色泥砾。单个扇体的分布面积差别较大, 一般为1~3 km², 有的可以达到5 km²以上。在地震剖面上常呈中- 强振幅的透镜状, 比较容易识别和描述(图2)。

2.3 湖底扇

与滑塌浊积扇和坡移浊积扇不同, 湖底扇的形成主要与中期基准面的变化有关, 主要分布于中期基准面上升的早期, 在层序地层中所处的位置与经典层序地层学低位体系域中的低位扇相同。区内的湖底扇主要发育于沙三段上亚段沉积时期, 地震剖面上位于T₄反射界面之上, 呈双向下超的地震反射特征(图5)。

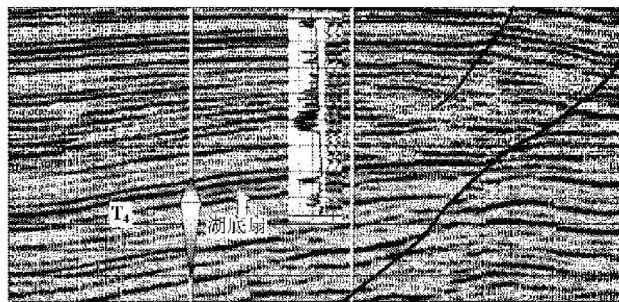


图5 湖底扇地震反射特征

Fig. 5 Seismic reflection characters of sublacustrine fan

沙三段中亚段沉积时期, 三角洲自东向西推进, 使湖盆范围持续缩小。至沙三段上亚段沉积早期, 湖盆水域只局限在利津洼陷, 可容纳空间减少到沙三段沉积时期的最低值, 形成了蒸发环境下的白云岩沉积。之后, 来源于湖盆东南方向的河流注入湖盆, 使可容空间开始增大, 河流所携带的大量砂砾级沉积物在湖盆的较深水区堆积下来, 形成了大规模分布的湖底扇沉积。

湖底扇砂体的特点是岩性粗, 厚度大, 分布面积大, 储集物性好。岩性以砾岩、含砾砂岩为主, 沉积构造以鲍玛序列的大量发育为主要特征。扇体单层厚度及叠加厚度大, 单层厚度一般10~30 m, 叠加厚度可达100 m以上。平面上扇体叠合面积达400 km²以上, 构成了纯化、梁家楼、史南等油田沙三段上亚段的主要储油砂体^[13]。

3 油气勘探意义

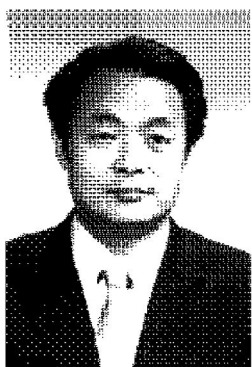
随着含油气盆地勘探程度的提高, 岩性等隐蔽型油气藏的勘探逐渐成为主要的目标。陆相断陷湖盆三角洲砂体及与三角洲有关的浊积砂体蕴藏着丰富的油气, 尤其在富油气凹陷, 油气藏勘探中处于极为重要的地位^[14]。通过对东营凹陷中带高分辨率层序地层格架的研究, 可以很好地确定浊积岩(扇)体的成因类型、分布、发育程度及其与三角洲的进积方向间的密切联系, 更好地指导三

角洲有关的浊积岩发育层段、地区以及含油性的预测和油藏描述工作,为岩性油气藏的勘探提供有效的地层约束和研究工具。

参 考 文 献

- 1 郑和荣,王宁,李秀华,等.东营凹陷层序地层学研究在隐蔽油气藏勘探开发中的应用[A].见:顾家裕,邓宏文,朱筱敏.层序地层学及其在油气勘探中的应用[C].北京:石油工业出版社,1997.87~93
- 2 姜在兴,杨伟利,操应长.东营凹陷沙河街组三段一二段下亚段沉积层序及成因[J].石油与天然气地质,2002,23(2):127~129
- 3 邱桂强,王居峰,张昕,等.东营三角洲沙河街组三段中亚段地层格架初步研究及油气勘探意义[J].沉积学报,2002,19(4):569~574
- 4 Wheeler H E. Baselevel lithosphere surface and time stratigraphy[J]. Bull Geol Soc America, 1964, 75: 599~610
- 5 纪友亮,张世奇.陆相断陷盆地层序地层学[M].北京:石油工业出版社,1996.6~11
- 6 van Wagoner J C, Mitchum R M, Campion K M, et al. Siliclastic sequence stratigraphy in well logs, cores, and outcrops: concepts for high resolution correlation of time and facies[J]. AAPG Methods in Exploration, 1990, 7: 1~55
- 7 王居峰,贾光华,刘军钊,等.史南地区沙三段浊积砂体成因模式探讨[J].油气地质与采收率,2003,10(4):8~10
- 8 邓宏文,王洪亮.层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J].石油与天然气地质,1996,17(3):177~184
- 9 王居峰,蔡希源,邓宏文,等.东营凹陷中央洼陷带沙三段高分辨率层序地层与岩性圈闭[J].石油大学学报,2004,28(4):7~11
- 10 Payton C E. 地震地层学(在油气勘探中的应用)[M].牛毓荃,徐怀大译.北京:石油工业出版社,1980.70~83
- 11 Cross T A, Homewood P W. Amant Gressly's role in founding modern stratigraphy[J]. Geological Society of America Bulletin, 1997, 109: 1617~1630
- 12 Cross T A, Lessenger M A. Sediment volume partitioning: rationale for stratigraphic model evaluation and high resolution stratigraphic correlation[A]. In: Gradstein F M, Sandvik K O, Milton N J. Sequence stratigraphy concepts and application[C]. NPF special publication, 1998, 8: 171~195
- 13 李筱瑾.济阳坳陷浊积岩岩性油藏[A].见:潘元林,孔凡仙,杨申铨,等.中国隐蔽油气藏[C].北京:地质出版社,1998.46~56
- 14 袁选俊,谯汉生.渤海湾盆地富油气凹陷隐蔽油气藏勘探[J].石油与天然气地质,2002,23(2):130~133

缅怀我国层序地层学先驱者之一徐怀大教授



徐怀大教授(1933—2000)

徐怀大教授早年从事油矿地质学、沉积学、石油地质学等领域的教学与科研工作。20世纪80年代早期,开始致力于地震地层学理论的引进、推广和应用实践;20世纪90年代,率先在国内开展层序地层学的研究工作。先后在鄂尔多斯盆地、松辽盆地、苏北盆地、渤海湾盆地和塔里木盆地等开展地震地层学和层序地层学的科学研究,在建立地层层序格架、确定沉积体系、进行油气成藏区带评价等方面,均有重要的建树和贡献。对我国陆相地震地层学和层序地层学的发展做出了重要贡献。

在层序地层学与油气勘探方面,徐怀大教授发表了大量的学术论文、译著和专著。其中,代表性的译著和专著有:《地震地层学(在油气勘探中的应用)》、《层序地层学原理(海平面变化综合分析)》、《地震地层学解释基础》、《非海相层序地层学》、《油藏描述中的信息处理技术》、《新疆塔里木盆地北部应用层序地层学》、《新疆塔里木盆地层序地层特征》、《从地震地层学到层序地层学》等。其学术思想和观点在国内产生了广泛的影响。在此期间,徐怀大教授曾多次应邀赴美国、德国、澳大利亚、日本等国家访问,开展讲学、学术交流以及科研合作,为本学科领域在国际上赢得了应有的地位和荣誉,为促进层序地层新理论、新技术在我国油气勘探领域中的应用、丰富与发展石油地质理论起到巨大的推动作用。