

doi:10.3799/dqkx.2012.086

蒙古国塔南凹陷南屯组深凹槽远岸重力流沉积特征

苗长盛¹, 刘招君^{2,3*}, 方石², 陈永成², 胡菲², 王建鹏²

1. 中国石油化工股份有限公司东北油气分公司勘探开发研究院, 吉林长春 130062

2. 吉林大学地球科学学院, 吉林长春 130061

3. 油页岩与共生能源矿产重点实验室, 吉林长春 130061

摘要: 蒙古国塔南凹陷南屯组中发育大量远岸水下扇沉积, 综合岩石学特征、重矿物组合及地震资料分析, 确定其为盆地陡坡物源供给形成, 属于罕见的陡坡远岸水下扇。在总结陡坡远岸水下扇地震、测井及岩心特征的基础上, 将其划分为供水道、内扇、中扇、外扇 4 种亚相及若干微相, 不同相带特征差异显著。陡坡远岸水下扇主要沿中央断层呈串珠状展布, 并在低水位体系域、水进体系域及水退体系域中均有发育, 其形成和演化受物源供给、古地形及构造运动 3 方面因素共同控制。其储集物性整体较差, 但在周围高压暗色泥岩的配合下, 往往可以形成大量岩性油气藏和构造—岩性复合油气藏, 受非连续沉积及层内非均质性影响, 陡坡远岸水下扇油藏通常具有含油层数多、单一油层厚度薄、不同油层之间含油性差异大的特点。

关键词: 塔南凹陷; 南屯组; 陡坡远岸水下扇; 成因及演化; 沉积学; 油气藏。

中图分类号: P618.3

文章编号: 1000-2383(2012)04-0771-08

收稿日期: 2012-01-18

Characteristics of the Steep-Slope Off-Shore Subaqueous Fan of Nantun Formation in Ta'nan Sag in Mongolia

MIAO Chang-sheng¹, LIU Zhao-jun^{2,3*}, FANG Shi², CHEN Yong-cheng², HU Fei², WANG Jian-peng²

1. Exploration and Production Research Institute, Northeast Oil and Gas Branch, SINOPEC, Changchun 130062, China

2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

3. Key Laboratory of Oil Shale and Coexistent Energy Minerals, Changchun 130061, China

Abstract: The strata of Nantun Formation in Ta'nan sag of Mongolia developed a great number of offshore subaqueous fan deposits, which has been determined to have been formed by the supplying source of steep slope of the basin according to the synthetically analysis of the petrologic characteristics, the heavy mineral assemblages and the seismic data, and it is also found out that this subaqueous fan is a kind of infrequent steep-slope offshore subaqueous fan. On the basis of the summary of the seismic, logging and core features, the offshore subaqueous fan can be divided into four kinds of sub-facies (supply channel, inner fan, middle-fan, and outer fan respectively) and several micro facies, and there are significantly different characteristics between different facies belts. The steep-slope offshore subaqueous fan spread along the central fault in the form of string beadings and developed in low stand system tract, transgressive system tract and regressive system. The formation and evolution of the steep-slope offshore subaqueous fan were commonly controlled by three factors, namely, sediment supply, ancient landform and tectonic movement. Despite its poor reservoir properties, amounts of lithologic reservoirs and tectonic-lithologic combined reservoirs often formed in the system owing to the surrounding high pressure dark mudstone. It was influenced by the incontinuous deposition as well as the inner heterogeneity of layers. The reservoirs of the steep offshore subaqueous fan usually are featured with more oil layers, thin single oil layers and different oiliness levels in different layers.

Key words: Ta'nan sag; Nantun Formation; steep-slope off-shore subaqueous fan; genesis and evolution; sedimentology; petroleum reservoirs.

基金项目: 国家科技重大专项(No. 2008ZX05018-001-004); 吉林大学创新团队建设项目(No. 201004001)。

作者简介: 苗长盛(1982—), 男, 博士, 主要从事沉积学、石油地质学方面研究。E-mail: miaocs@foxmail.com

* 通讯作者: 刘招君, E-mail: liuzj@jlu.edu.cn

塔木察格盆地位于蒙古国东部,向北延伸进入中国与海拉尔盆地相接。塔南凹陷是塔木察格盆地的次级构造单元,主体面积约 3 000 km²,是由区域性拉张作用形成的东陡西缓箕状凹陷,被北东、北东东向的基底大断裂划分为 7 个三级构造单元。下白垩统南屯组沉积期塔南凹陷处于快速沉降阶段,在半湿润暖温带气候影响下,丰富的降水为母岩风化及沉积物大量搬运创造了条件,使得凹陷内湖泊砂体大规模发育:盆地缓坡带的西部次凹,主要发育三角洲—滨浅湖和半深湖—深湖沉积体系;中央断裂西侧、紧邻断层的中央次凹,则主要发育远岸水下扇—深湖沉积体系;东部次凹紧邻控盆主断裂,发育近岸水下扇一半深湖、深湖沉积体系(蒙启安和纪友亮,2009;苗长盛等,2011)。其中,中央次凹远岸水下扇砂体紧邻深湖烃源岩,成藏条件优越,塔南凹陷勘探之初便已在此钻获多口工业油流井(王显东等,2011),但受研究程度浅、认识不清影响,其后尚未获得理想突破。

1 远岸水下扇物源分析

目前关于远岸水下扇的研究报道多集中于缓坡型远岸水下扇(湖底扇)(高延新等,1985;吴崇筠,1986;吴朝容和杜春彦,2001;李虎山等,2003;隋风贵等,2003;韦东晓等,2006;蒋恕等,2008),通常认为其主要发育于低水位体系域,在搬运和展布方面明显受控于构造坡折带和古水道,是一种经远距离搬运后沉积于地形相对较缓的斜坡或湖盆底部的深水浊积岩体。但本区中央次凹所发育的远岸水下扇并非缓坡型远岸水下扇,综合其岩石学特征、重矿物组合及地震资料分析成果,本文确定其物源来自于盆地东部陡坡带,属于较为罕见的、具长供水道的陡坡型远岸水下扇。

1.1 岩石学分析

对研究区 105 口钻井的岩心进行观察及镜下分析,结果显示,西部缓坡三角洲及滨浅湖砂岩主要为岩屑长石砂岩,石英含量为 27%~40%,长石含量为 35%~45%,风化程度中等,岩屑含量通常小于 30%,成分以岩浆岩为主,分选中一好,磨圆为次圆—圆;中央次凹远岸水下扇砂岩类型为长石岩屑砂岩,石英含量通常小于 15%,长石含量一般不高于 25%,风化程度中等,岩屑含量在 40%~70%,成分以岩浆岩为主,碎屑分选通常为差—中,磨圆为次棱一次圆;东部陡坡近岸水下扇的主要砂岩类型为

岩屑砂岩,石英含量通常小于 22%,长石含量在 15%~35% 之间,风化程度中等,岩屑含量在 40%~75% 之间,成分主要为岩浆岩,分选差—好,磨圆为次棱一次圆。相对而言,远岸水下扇砂岩的岩石学特征与西部缓坡三角洲、滨浅湖砂岩差别较大,而与东部近岸水下扇相似,结合远岸水下扇岩心中未见任何浅水沉积标志的特征,认为其为缓坡物源供给的可能性不大,应与陡岸近岸水下扇同源。

1.2 重矿物组合分析

不同物源供给的沉积体系其重矿物组合通常是有差异的,为了确定远岸水下扇的物源方向,本次研究采用 Q 型聚类法将区内 28 口井不同深度的 380 个重矿物数据点(数据点覆盖了南屯组的所有层位及各主要沉积相类型)划分为 10 种典型组合类型(图 1)。结果显示,研究区存在西北、东部和南部 3 大物源方向,其中西北物源以 A、B 类组合为主,东部物源以 G、F 类组合为主,南部物源以 G、A 类组合为主。南屯组早、中期(T_{23} — T_3 层),中央次凹仅发育远岸水下扇沉积,重矿物组合为 G、F 类,表明其为东部物源单独供给;南屯组晚期(T_{22} — T_{23} 层),中央次凹内远岸水下扇沉积完全消失,转而发育三角洲前缘沉积,此时重矿物组合为 A、B 类,为西北物源单独供给。

1.3 地震资料分析

目前,对地震资料的处理及解释已经是沉积体系研究的常用手段(王延光,2002;贾承造等,2004;刘长利等,2011)。横向,本文主要利用地层切片、地震属性提取及砂岩厚度反演等技术,对远岸水下扇的来源和展布进行了分析。以南屯组中期(T_{23} — T_{22} 层)为例,此时中央次凹内仅发育远岸水下扇沉积,远岸水下扇与东部近岸水下扇之间可见清晰的运移路径。沉积物由东部进入盆地并向西运移,过中央断层后受地形影响运移方向变为由南向北,使得远岸水下扇呈串珠状沿中央断层向北延伸直至完全消失(图 2);纵向,综合地震剖面、波阻抗反演剖面及钻井资料编制而成的层序地层—沉积相连井剖面,可以较好地反映远岸水下扇的展布和演化。从过中央断层的 T7-2-T21 井连井剖面来看,中央次凹 T_{23} 之下发育远岸水下扇沉积、 T_{23} 之上发育三角洲沉积,其中远岸水下扇在发育时间及规模上均与东部近岸水下扇具有良好的对应关系(图 2)。综上不难看出,本区远岸水下扇为东部陡坡物源供给而成,其运移路径及展布受古地形影响显著。

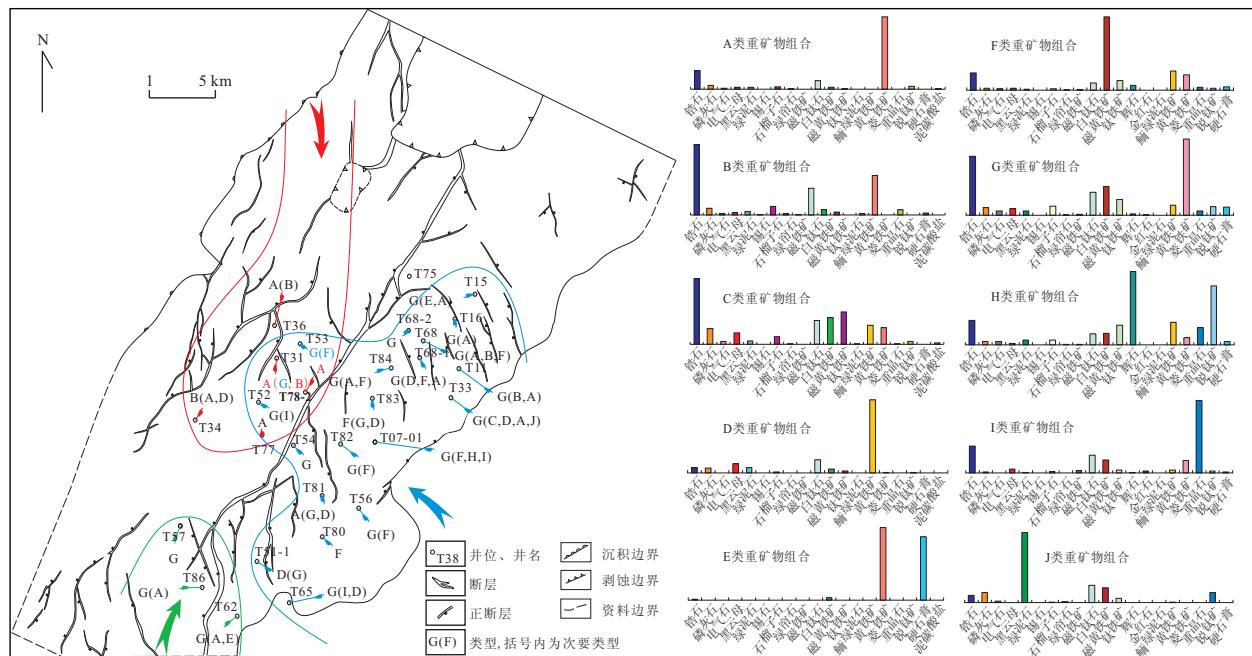


图1 南屯组重矿物组合分析

Fig. 1 Analysis of heavy mineral combination in Nantun Formation

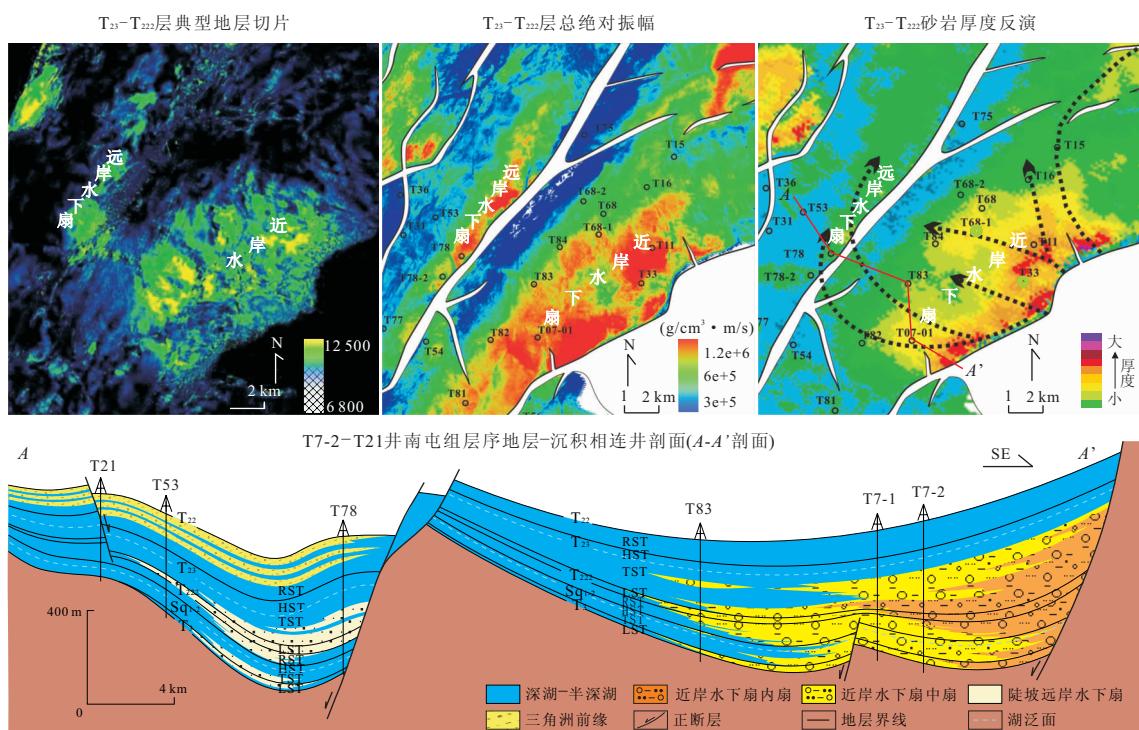


图2 南屯组陡坡远岸水下扇展布

Fig. 2 The distribution of off-shore underwater fan of abrupt slope in Nantun Formation

2 陡坡远岸水下扇沉积特征

参考前人对水下扇沉积的研究成果(吴崇筠等,1981;方爱民等,1998;Shanmugam,2000;刘招君,

2003;李磊等,2008;Fedele and Garcia,2009;Jackson and Johnson,2009),将本区陡坡远岸水下扇划分为供水水道、内扇、中扇和外扇4个亚相。其中,供水水道是陡坡远岸水下扇物质的搬运通道,同时也

是侵蚀能力最强的位置,搬运过程中浊流底部不断对早期未固结半深湖泥岩进行侵蚀,将暗色泥岩卷入浊流继续前进的同时也伴随着部分粗碎屑与暗色泥岩混杂在一起经短距离搬运或原地再次沉积。所以,本区供给水道亚相主要为灰黑色含砾砂质泥岩充填,砾石成分复杂、长轴直径为 0.3~3.5 cm,非定向悬浮于灰黑色砂质泥岩之中,底部可见冲刷面(图 3a),常见棱角状泥质撕裂块及不规则状砂质团块或条带(图 3b),具变形层理(图 3c),整体上成分成熟度和结构成熟度极低,在测井上则主要表现为中低幅齿状(图 4)。

内扇亚相在陡坡远岸水下扇中所占比例较小,可识别的微相包括主沟道与主沟道外。主沟道微相

在电性方面通常表现为高幅齿化钟形或箱形特征(图 4),以杂基支撑砾岩和含砾杂砂岩为主(图 3d、3e),砾石成分复杂、长轴直径为 0.2~3.0 cm、无定向排列,整体分选差且砾石多呈次棱角状一次圆状,反映了低成分成熟度、低结构成熟度的特点,可见正粒序及冲刷面(图 3e)。主沟道外微相典型特征通常为中低幅指状,常与主沟道共同构成齿化钟形(图 4)。主沟道外是主沟道物质搬运过程中的溢出部分,主要由深灰色含砾砂质泥岩组成,砂质含量大于供给水道沉积但小于主沟道沉积,砾石特征与主沟道相似,砾石长轴直径为 0.2~1.5 cm,常见泥砾、变形层理及滑塌构造(图 3f)。

中扇亚相为陡坡远岸水下扇沉积的主体,可细

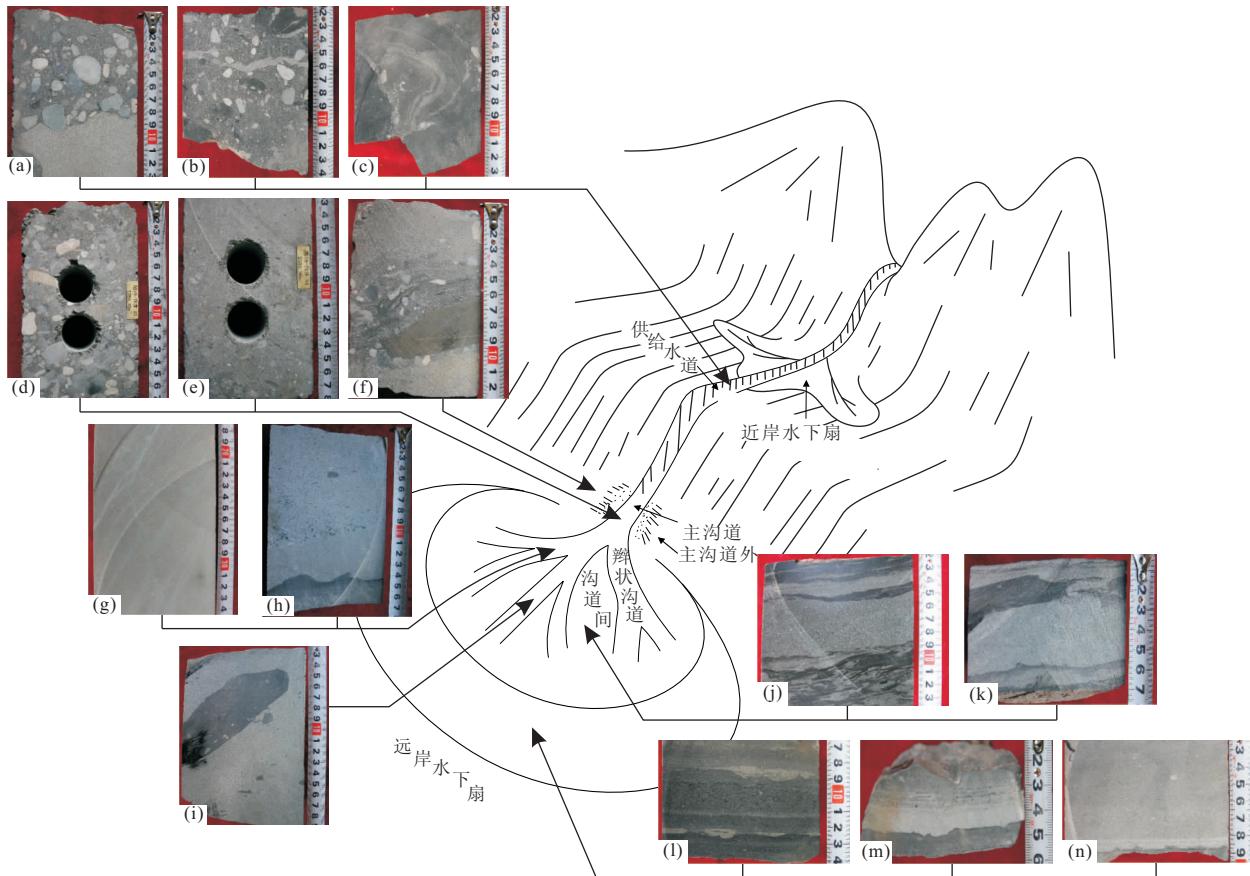


图 3 陡坡远岸水下扇沉积特征模式

Fig. 3 The sediment patterns of off-shore underwater fan of abrupt slope

- a. 含砾砂质泥岩,砾石非定向排列,下部见冲刷面, T78 井 2 593.74 m 供给水道亚相; b. 含砾砂质泥岩,含砂质条带及少量泥砾, T86 井 2 530.38 m 供给水道亚相;c. 含砾砂质泥岩,可见砾石层及砂层变形, T86 井 2 530.03 m 供给水道亚相;d. 杂基支撑砾岩,砾石非定向, T78 井 2 588.64 m 主沟道微相;e. 砾质杂砂岩,正粒序, T78 井 2 588.44 m 主沟道微相;f. 含砾砂质泥岩,具滑塌变形,下部见泥质漂砾, T78 井 2 591.09 m 主沟道外微相;g. 块状砂岩,具微断层, T27 井 2 782.8 m 辫状沟道微相;h. 含砾杂砂岩,上部为正粒序,下部可见两期冲刷面, T57-1 井 2 647.83 m 辫状沟道微相;i. 杂砂岩中的泥质漂砾,漂砾中含有少量砾石, T57 井 2 718.09 m 辫状沟道微相;j. 上部为鲍马序列 ADE 段,下部具滑塌变形, T57-1 井 2 636.05 m 沟道间微相;k. 杂砂岩夹泥岩薄层,上部可见杂砂岩碎屑脉, T57 井 2 719.19 m 沟道间微相;l. 泥岩夹粉砂岩薄层,可见水平层理及透镜状层理, T78 井 2 186.37 m 外扇亚相;m. 鲍马序列 CDE 段, T78 井 2 185.92 m 外扇亚相;n. 粉砂岩,底部可见重荷模及火焰构造, T78 井 2 187.22 m 外扇亚相

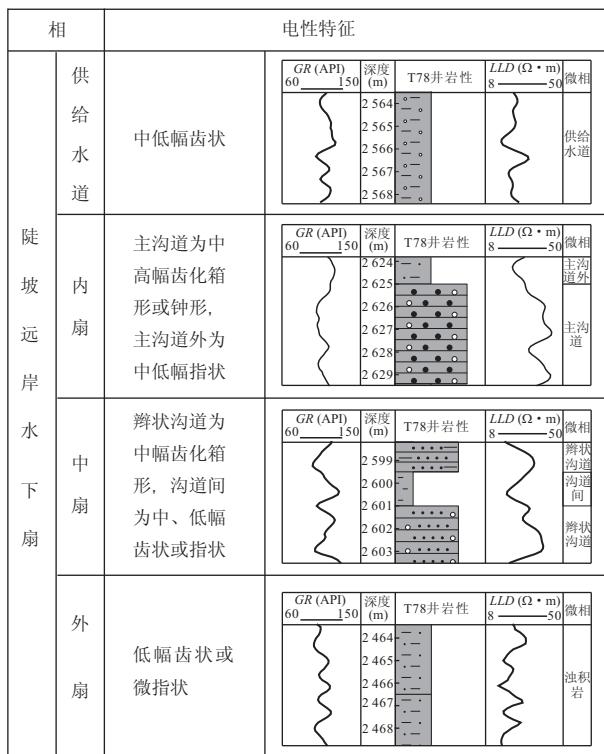


图4 南屯组陡坡远岸水下扇电性特征

Fig. 4 Electrical characteristics of off-shore underwater fan of abrupt slope in Nantun Formation

分为辫状沟道与辫状沟道间2种微相。辫状沟道通常表现为中幅齿化箱形(图4),其主体岩性为灰色含砾杂砂岩和灰白色细砂岩,其中,含砾杂砂岩通常成分成熟度低一中、结构成熟度中等,砾石长轴直径为0.2~0.4 cm,可见块状层理(图3g)、正粒序及冲刷面(图3h),局部含大量泥质撕裂块和泥质漂砾(图3i)。辫状沟道间整体表现为黑色泥岩夹灰色粉砂岩薄层,测井曲线为中低幅指状、齿状(图4),常见鲍马序列CDE段和不规则状粉砂质团块,局部见鲍马序列ADE段(图3j)及碎屑脉(图3k)。

外扇亚相是远岸水下扇与半深湖沉积的过渡带,电性特征为低幅齿状或微指状(图4),以黑色泥岩夹粉细砂岩薄层为特征,整体上分布范围大但厚度小,局部可见变形层理、透镜状层理(图3l)、鲍马序列CDE段(图3m)及重荷模(图3n)。

地震资料上,陡坡远岸水下扇通常呈楔状或丘状、楔状复合体形态(图5)。其中,供给水道因泥质含量大、沉积规模小,很难在地震剖面中与半深湖泥岩进行区分;内扇表现为中强振幅断续杂乱反射,在远岸水下扇中所占比重较小,仅在扇体根部小范围分布;中扇以中振幅断续亚平行反射为特征,是陡坡远岸水下扇在地震剖面上可识别的主要特征段;外

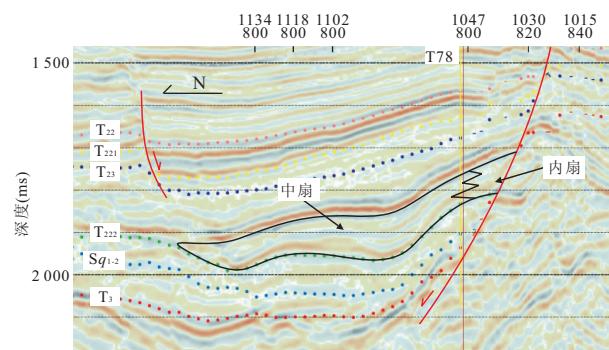


图5 陡坡远岸水下扇地震反射特征剖面

Fig. 5 The sections of seismic reflection characteristic of off-shore underwater fan of abrupt slope

扇分布范围大,但砂质含量低、厚度薄,通常表现为较连续的弱反射。

3 陡坡远岸水下扇的形成和演化

在上述分析的基础上,以单井为约束、构造演化为背景,结合地震反演及地层切片成果,在四分层序格架内对陡坡远岸水下扇的时空展布及演化进行了讨论。本区陡坡远岸水下扇在低水位体系域、水进体系域及水退体系域中均有发育,其形成和演化主要受到了物源供给、古地形及构造运动3方面因素的综合控制(图2)。

LST时期,在物源的快速供给下,首先在东次凹控盆断裂一侧形成了大规模的陡坡近岸水下扇沉积,随着这些“填平补齐”式沉积的发育,东次凹原本较为平坦的古地形逐渐变为由东向西倾斜,为陡坡远岸水下扇的形成创造了条件。所以该阶段,陡坡远岸水下扇的形成要略晚于陡坡近岸水下扇,使得中央次凹LST底部缺失粗碎屑沉积;TST时期,在重力均衡及构造运动的影响下,东次凹开始整体旋转掀斜,陡坡近岸水下扇向盆地边缘逐渐退积。受此影响,陡坡远岸水下扇发育规模也逐渐减小,直至东次凹掀斜幅度过大、古地形无法满足重力流物质远距离搬运条件而完全消失,所以TST晚期中央次凹中未见陡坡远岸水下扇沉积;HST时期,东次凹构造掀斜幅度达到最大,受古地形影响无法形成陡坡远岸水下扇沉积;RST时期,构造掀斜停止,在东部物源的快速供给下,东次凹内负地形很快被进积式陡坡近岸水下扇沉积所充填,陡坡远岸水下扇的发育条件再次被满足,从而在RST晚期继续发育进积式陡坡远岸水下扇沉积(图6)。

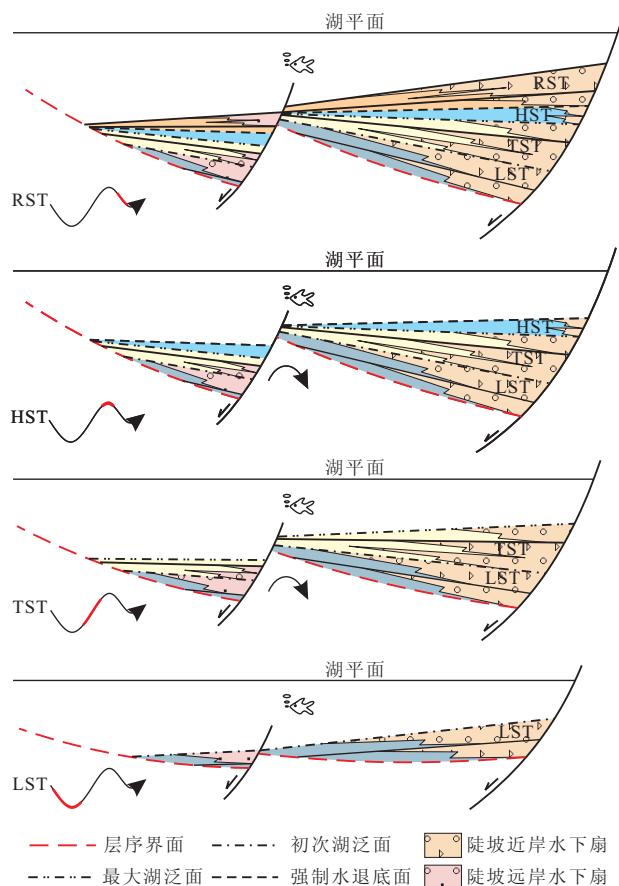


图6 陡坡远岸水下扇演化模式

Fig. 6 The evolution model of off-shore underwater fan of abrupt slope

4 陡坡远岸水下扇成藏特征

本区陡坡远岸水下扇的主要岩石类型为长石岩屑砂岩,石英含量小、岩屑含量高,整体抗压实能力较弱,加之成分成熟度和结构成熟度较低,不仅使得成岩过程中远岸水下扇砂体原生孔隙极易消失,同时也在一定程度上限制了次生孔隙的形成,导致本区远岸水下扇整体储集物性一般,仅中扇辫状沟道砂体物性略好(图7)。但这并未影响本区远岸水下扇储层大规模成藏,压力反演显示,陡坡远岸水下扇砂岩区压力系数通常在1.00~1.15之间,为常压一弱高压状态,呈孤立状或串珠状与高压暗色泥岩接触(图8),周围的高压泥岩不但是优质烃源岩,还是良好的封堵层,为陡坡远岸水下扇成藏提供了得天独厚的条件。油气在成烃超压下以砂岩骨架输导、裂缝输导和断层输导等方式首先运移至附近砂体成藏,使得陡坡远岸水下扇中大量发育岩性油气藏和

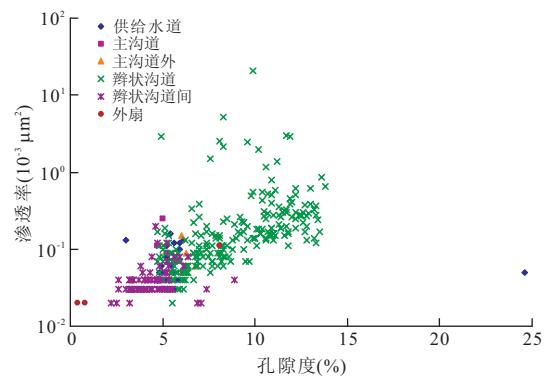


图7 陡坡远岸水下扇物性变化

Fig. 7 The physical property changes of off-shore underwater fan of abrupt slope

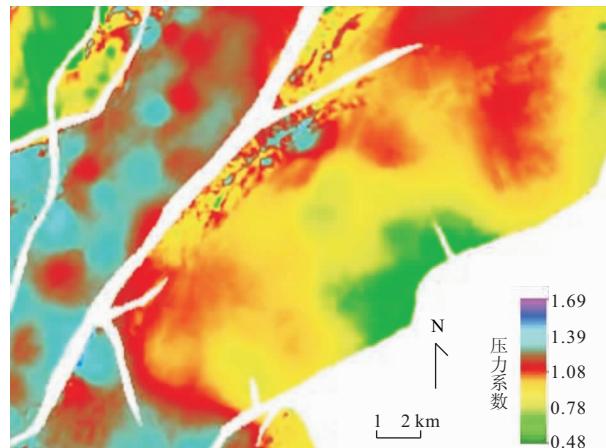


图8 T₂₃-T₂₂₂层压力反演

Fig. 8 The pressure inversion layout of T₂₃-T₂₂₂

构造—岩性复合油气藏。但受非连续沉积及层内非均质性强影响,陡坡远岸水下扇油藏通常具有含油层数较多、单一油层厚度较薄、不同油层之间含油性差异较大的特点。

5 结论

(1)岩石学特征、重矿物组合及地震资料综合分析表明,塔南凹陷南屯组远岸水下扇为东部陡坡物源供给而成,属于较为罕见的、具长供给水道的陡坡远岸水下扇。

(2)在总结陡坡远岸水下扇地震、测井及岩心特征的基础上,将其划分为供水道、内扇、中扇、外扇4种亚相,其中中扇亚相为陡坡远岸水下扇沉积的主体。

(3)塔南凹陷南屯组陡坡远岸水下扇在低水位

体系域、水进体系域及水退体系域中均有发育,但不同体系域内发育特征存在差异,其形成和演化主要受物源供给、古地形及构造运动3方面因素的综合控制。

(4)本区陡坡远岸水下扇储层为常压—弱高压,其内大量发育岩性油气藏和构造—岩性复合油气藏,但受非连续沉积及层内非均质性强影响,油藏通常具有含油层数较多、单一油层厚度较薄、不同油层之间含油性差异较大的特点。

References

- Fang, A. M., Li, J. L., Hou, Q. L., 1998. Sedimentation of turbidity currents and relative gravity flows: a review. *Geological Review*, 44(3): 270—280 (in Chinese with English abstract).
- Fedele, J. J., Garcia, M. H., 2009. Laboratory experiments on the formation of subaqueous depositional gullies by turbidity currents. *Marine Geology*, 258(1—4): 48—59. doi:10.1016/j.margeo.2008.11.004
- Gao, Y. X., Wu, C. Y., Pang, Z. F., et al., 1985. The sedimentary characteristics of the lacustrine fans in the Dalinghe oil bed of Liaohe basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 3(4): 83—93 (in Chinese with English abstract).
- Jackson, C. A. L., Johnson, H. D., 2009. Sustained turbidity currents and their interaction with debrite-related topography; Labuan Island, offshore NW Borneo, Malaysia. *Sedimentary Geology*, 219(1—4): 77—96. doi:10.1016/j.sedgeo.2009.04.008
- Jia, C. Z., Zhao, W. Z., Zou, C. N., et al., 2004. Two key technologies about exploration of stratigraphic/lithological reservoirs. *Petroleum Exploration and Development*, 31(3): 3—9 (in Chinese with English abstract).
- Jiang, S., Wang, H., Weimer, P., 2008. Sequence stratigraphy characteristics and sedimentary elements in deep-water. *Earth Science—Journal of China University of Geoscience*, 33(6): 825—833 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Z. J., 2003. Lacus subaqueous fan sedimentary characteristics and influence factors: a case study of Shuangyang Formation in Molijing fault subsidence of Yitong basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 21(1): 148—154 (in Chinese with English abstract).
- Li, H. S., Wu, Y. T., Lv, Y. J., et al., 2003. Development and distribution rule of far bank turbidite fan in Es_3 of Niuzhuang area. *Oil & Gas Recovery Technology*, 10(2): 11—13 (in Chinese).
- Li, L., Wang, Y. M., Zhang, L. M., et al., 2008. Sedimentary patterns and structural control across Toe Thrust belts, Niger Delta. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 33(5): 643—650 (in Chinese with English abstract).
- Liu, C. L., Zhu, X. M., Hu, Y. S., et al., 2011. Application of seismic sedimentology on lacustrine turbidite deposition identification. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 41(3): 657—664 (in Chinese with English abstract).
- Meng, Q. A., Ji, Y. L., 2009. Controlling of paleo geomorphology to distribution of sedimentary system in the Cretaceous of Tanan depression. *Acta Petrolei Sinica*, 30(6): 843—855 (in Chinese with English abstract).
- Miao, C. S., Liu, Z. J., Fang, S., et al., 2011. Sedimentary characteristics and favorable oil-bearing facies belts analysis of near-shore subaqueous fan of Nantun Formation in Tanan depression. *Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science)*, 35(1): 34—39 (in Chinese with English abstract).
- Shanmugam, G., 2000. 50 years of the turbidite paradigm (1950s—1990s): deep-water processes and facies models—a critical perspective. *Marine and Petroleum Geology*, 17(2): 285—342. doi:10.1016/S0264-8172(99)00011-2
- Sui, F. G., Luo, J. Q., Hao, X. F., et al., 2003. The sequence of far-shore turbidite fan systems on gentle slope and its petroleum-bearing feature in central depression belt of Dongying. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 23(3): 76—81 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y. G., 2002. Seismic reservoir inversion algorithm and the key problems and policies in its application. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 41(3): 299—303 (in Chinese with English abstract).
- Wang, X. D., Jia, C. Z., Meng, Q. A., et al., 2011. Main controlling factors of the formation and distribution of Nantun Formation lithologic reservoirs in the abrupt slope zone, Tanan sag. *Acta Petrolei Sinica*, 32(4): 564—572 (in Chinese with English abstract).
- Wei, D. X., Tian, J. C., Ni, X. F., 2006. Sedimentary characteristics of lacustrine turbidite sand body and its significance on petroleum exploration. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 13(5): 15—21 (in Chinese).
- Wu, C. Y., Liu, B. J., Wang, D. F., et al., 1981. Patterns of sedimentary facies of clastics in China. *Acta Petrolei Sinica*, 2(4): 1—10 (in Chinese with English abstract).
- Wu, C. Y., 1986. Sandbodies in lake basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 4(4): 1—24 (in Chinese with English abstract).

Wu, C. R., Du, C. Y., 2001. The distal turbidite fan of Shahejie Formation, Lower Paleogene in west depression, Liaohe basin. *Journal of Chengdu University of Technology*, 28(3): 267—272(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 方爱民,李继亮,侯泉林,1998.浊流及相关重力流沉积研究综述. *地质论评*,44(3):270—280.
- 高延新,吴崇筠,庞增福,等,1985.辽河盆地大凌河油层湖底扇沉积特征. *沉积学报*,3(4):83—93.
- 贾承造,赵文智,邹才能,等,2004.岩性地层油气藏勘探研究的两项核心技术. *石油勘探与开发*,31(3):3—9.
- 蒋恕,王华,Weimer, P., 2008.深水沉积层序特点及构成要素. *地球科学——中国地质大学学报*, 33(6): 825—833.
- 刘招君,2003.湖泊水下扇沉积特征及影响因素——以伊通盆地莫里青断陷双阳组为例. *沉积学报*, 21(1): 148—154.
- 李虎山,吴云桐,吕义军,等,2003.牛庄地区沙三段远岸浊积扇发育与分布规律. *油气地质与采收率*, 10(2): 11—13.
- 李磊,王英民,张莲美,等,2008.尼日尔三角洲坡脚逆冲带沉积样式及构造控制. *地球科学——中国地质大学学报*, 33(5): 643—650.

刘长利,朱筱敏,胡有山,等,2011.地震沉积学在识别陆相湖泊浊积砂体中的应用. *吉林大学学报(地球科学版)*, 41(3): 657—664.

蒙启安,纪友亮,2009.塔南凹陷白垩纪古地貌对沉积体系分布的控制作用. *石油学报*, 30(6): 843—855.

苗长盛,刘招君,方石,等,2011.塔南凹陷南屯组近岸水下扇沉积特征及有利含油相带分析. *中国石油大学学报(自然科学版)*, 35(1): 34—39.

隋风贵,罗佳强,郝雪峰,等,2003.东营中央洼陷带缓坡远岸浊积扇体系序列及其含油气性. *矿物岩石*, 23(3): 76—81.

王延光,2002.储层地震反演方法以及应用中的关键问题和对策. *石油物探*, 41(3): 299—303.

王显东,贾承造,蒙启安,等,2011.塔南断陷陡坡带南屯组岩性油藏形成与分布的主控因素. *石油学报*, 32(4): 564—572.

韦东晓,田景春,倪新锋,2006.湖相浊积砂体沉积特征及油气勘探意义. *油气地质与采收率*, 13(5): 15—21.

吴崇筠,刘宝珺,王德发,等,1981.碎屑岩沉积相模式. *石油学报*, 2(4): 1—10.

吴崇筠,1986.湖盆砂体类型. *沉积学报*, 4(4): 1—24.

吴朝容,杜春彦,2001.辽河油田西部凹陷沙河街组远岸浊积扇. *成都理工学院学报*, 28(3): 267—272.