

琼东南盆地中中新统古沟谷和坡折带 特征及油气勘探意义

谭建财, 范彩伟, 宋 鹏, 刘 昆, 朱沛苑

(中海石油(中国)有限公司湛江分公司, 广东 湛江 524057)

摘要:根据地震、录井和测井等资料,利用沉积相识别、古地貌恢复等方法,分析琼东南盆地中中新统古沟谷和坡折带的发育特征、分布规律及其对沉积的控制作用,探讨在其背景下发育的岩性油气藏的成藏条件和分布规律。研究表明:研究区发育“V”型、“U”型及宽缓碟型3类古沟谷,乐东凹陷和陵水凹陷北坡易形成“V”型或“U”型古沟谷,宝岛凹陷北坡发育宽缓碟型古沟谷;坡折带可分为沉积坡折带、断裂坡折带和挠曲坡折带3种类型,乐东凹陷和陵水凹陷北坡发育沉积坡折带,陵水凹陷和松南凹陷北坡发育断裂坡折带,宝岛凹陷北坡发育挠曲坡折带。不同类型坡折带对沉积具有差异性控制作用,表现为乐东凹陷和陵水凹陷北坡发育受沉积坡折带控制的大型富砂海底扇,是研究区主要的储层,该沉积时期水动力强、发育规模大、粒度粗、物性较好;断裂坡折带对陵水海底扇沉积的控制作用表现在断层下降盘发育朵叶复合体等有利沉积微相;挠曲坡折带控制宝岛凹陷发育的海底扇沉积,该沉积时期水动力较弱、粒度细、物性较差。综合分析认为,乐东凹陷和陵水凹陷北坡坡折带是岩性油气藏发育的有利区带,是下一步深水勘探的重要区域。

关键词:古沟谷 坡折带 海底扇 乐东凹陷 陵水凹陷 中中新统 琼东南盆地

中图分类号:TE111.2

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2017)03-0030-07

Characteristics of the mid-Miocene paleo ravine-slope break zones in Qiongdongnan basin and its significance for oil-gas exploration

Tan Jiancai, Fan Caiwei, Song Peng, Liu Kun, Zhu Peiyuan

(Zhanjiang Branch, CNOOC(China)Ltd., Zhanjiang City, Guangdong Province, 524057, China)

Abstract: Through comprehensive study on the seismic data, well logging data, sedimentary facies, paleogeomorphology analysis, the paleo ravine and slope-break zones of the mid-Miocene in Qiongdongnan basin were identified, and the developmental feature, distribution rule and control over sedimentary of the paleo ravine-slope break zones were emphatically analyzed. The hydrocarbon reservoir forming conditions and distribution regularity of the lithologic reservoirs developed under the environments were discussed. The results show that there are three types of paleo ravine, including “V” shape, “U” shape and dish-like shape, and “V” or “U” ravine generally developed in Ledong sag and Lingshui sag, while the dish-like ravine developed in Baodao sag. Three types of slope-break zones developed, such as depositional slope-break zone, fault slope-break zone and flexure slope-break zone with certain distribution regularity. The depositional slopebreak zone mainly developed in Ledong sag and Lingshui sag; the fault slope-break zone developed in Lingshui sag and Songnan sag; and the flexure slope-break zone developed in Baodao sag. Different slope-break zone has different influence on sedimentary. Submarine fans with rich sand developed in Ledong sag and Lingshui sag and are the main reservoir in the study area, which were controlled by depositional slope-break zone with strong hydrodynamic environment. They developed widely

收稿日期:2017-01-10。

作者简介:谭建财(1986—),男,湖南湘乡人,工程师,硕士,从事油气地质及勘探工作。联系电话:14718222890, E-mail: tanjc1@cnooc.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项“莺琼盆地高温高压天然气富集规律与勘探开发关键技术”(2016ZX05024-005)。

with characteristics of coarse grain and good physical property. Submarine fans in Lingshui sag were controlled by fault slope-break zone to some extent, which developed at the downthrown of fault named lobate complex fanbodies. Submarine fans in Baodao sag with bad physical property were controlled by flexure slope-break zone where the hydrodynamic power was weak, and thus have fine grains. Comprehensive analysis shows that some zones in Ledong sag and Lingshui sag near the slope-break zones are favorable to form lithologic reservoirs, and should be the future exploration targets in deep water area.

Key words: paleo ravine; slope-break zone; submarine fan; Ledong sag; Lingshui sag; mid-Miocene; Qiongdongnan basin

在陆相或海相盆地的油气勘探中,随着构造油气藏发现概率的递减,应用坡折带理论预测沉积体系分布、寻找岩性油气藏已成为研究热点,并取得了良好的实用效果^[1-5]。在渤海湾和松辽盆地建立了陆相湖盆坡折带“控砂—控藏”油气成藏模式,成功预测了湖相沉积砂体和油气藏分布规律^[6-9],在珠江口和莺歌海盆地利用坡折带理论预测深水沉积体系及砂体展布规律,发现了以深水海底扇砂体为主的荔湾3-1、东方13-1/2等高产气藏^[10-14]。因此,坡折带是易于发生构造运动和沉积活动的主要地带,也是岩性油气藏发育的重要区域,分析坡折带特征及其差异对沉积的控制作用,对预测储层和寻找岩性油气藏具有重要指导意义^[15]。

近年来,琼东南盆地油气勘探逐渐转移至深水区内中中新统黄流组水道砂体的岩性圈闭,并取得了陵水17-2等多个深水气田系列重大突破,展现了研究区岩性油气藏巨大的勘探潜力^[16],随着勘探研究的不断深入,中中新统梅山组受坡折带控制发育的海底扇砂体成为下一步岩性圈闭的有利勘探区域^[17]。但是针对琼东南盆地坡折带的研究主要集中在渐新统,对中中新统古沟谷和坡折带特征的研究较少,赵忠新等应用断坡带概念分析琼东南盆地渐新统断坡带特征及其对沉积体系的控制作用^[18],张迎朝等应用构造坡折带的概念探讨渐新统沉积体系展布和输导格架特征^[19],张亚雄等对渐新统陵水组坡折带类型和层序地层样式进行识别^[20]。近年来深水勘探实践表明,储层条件是制约勘探成败的关键因素。为此,利用地震、录井和测井等资料,综合分析琼东南盆地中中新统古沟谷和坡折带的发育特征、分布规律及其对沉积的控制作用,探讨在其背景上发育的岩性油气藏的成藏条件和分布规律,以期加快深水油气勘探。

1 区域地质概况

琼东南盆地位于南海北部大陆边缘、海南岛东南部海域,为大陆边缘新生代陆缘张性含油气盆地^[21],总体呈东北向延伸。平面上具有隆坳相间的

构造格局,分为北部坳陷、中部隆起、中央坳陷和南部隆起^[22](图1),中部隆起和中央坳陷主要以2号断裂为界,该断裂主体呈东北向展布,发育多条次级断裂,其中F2-1号次级断裂对陵水凹陷沉积具有一定控制作用,盆地西部则受莺歌海盆地红河走滑作用影响发育近东西和北西向断裂^[23],古构造运动分为裂陷沉降期、热沉降期和加速沉降期3个阶段^[24]。古近系裂陷阶段为始新统湖相、渐新统崖城组海陆过渡相和渐新统陵水组滨—浅海相沉积充填;新近系坳陷阶段为连续的巨厚层海相沉积,发育的地层由下而上依次为中新统三亚组、梅山组和黄流组,上新统莺歌海组和第四系乐东组,目的层主要为新近系中中新统梅山组,为广阔的滨海、内浅海和外浅海沉积,其中北部坳陷、中部隆起发育滨海相和三角洲沉积,中央坳陷发育内浅海和外浅海沉积,海底扇沉积主要分布于中央坳陷的乐东凹陷、陵水凹陷和宝岛凹陷。



图1 琼东南盆地构造纲要

Fig.1 Structural division of Qiongdongnan basin

2 古沟谷和坡折带特征及其对沉积的控制作用

2.1 古沟谷

古沟谷是与坡折带相伴生的负向地貌单元,经历侵蚀和填充2个阶段。当相对海平面下降至坡折点之下,地层遭受剥蚀形成侵蚀沟谷;随着海平面上升,水动力逐渐减弱,侵蚀沟谷被陆源碎屑填充,形成古沟谷。根据琼东南盆地古沟谷侵蚀及填充特征,识别出“V”型、“U”型和宽缓碟型3种类型,这

些古沟谷对物源输送和扇体发育位置具有重要控制作用。

乐东凹陷和陵水凹陷北坡三角洲物源充足,地形坡降明显,水动力强,地层遭受侵蚀,易形成“V”型或“U”型古沟谷,其中“V”型古沟谷具有明显侵蚀下切和垂向叠加的特征,反映沉积时期水动力强、碎屑物填充稳定;“U”型古沟谷表现为侵蚀和侧向加积的特征,反映沉积时期水动力较强、古沟谷侧向迁移,发育规模大,“V”型和“U”型古沟谷主要发育在乐东凹陷和陵水凹陷;宽缓碟型古沟谷主要发育在宝岛凹陷北坡,表现为下切特征不明显,内部杂乱堆积的地震反射特征,反映古沟谷是在水动力减弱后形成的,这主要是由于距离物源较远,地形坡度小,发育规模小于“V”型或“U”型古沟谷。“V”型和“U”型古沟谷代表水动力强的河道,输砂能力强,与坡折带耦合形成的海底扇往往位于凹陷沉积中心,且海底扇距离古沟谷和坡折带有较长的搬运距离;而宽缓碟型古沟谷水动力较弱,与坡折带耦合形成的海底扇粒度较细,海底扇距离古沟谷和坡折带较近。因此,古沟谷侵蚀及填充特征不仅可以判断扇体沉积时期的水动力条件,也可以预测坡折带之下扇体的展布位置。

2.2 坡折带

坡折带具有上缓、中陡和下缓的特点,坡度、宽度、长度和水深等要素共同控制沉积作用。在琼东

南盆地中中新统坡折带坡度急剧变陡,地层急剧变厚,利用地震和地层厚度对坡折带进行识别,并在平面上进行组合,确定其分布范围。按其成因机制坡折带可分为沉积坡折带和构造坡折带,其中构造坡折带又可分为断裂坡折带和挠曲坡折带^[5](图2)。

坡折带发育的规模和组合关系是控制沉积的重要因素,在划分坡折带类型时,不仅要考虑其形成的构造背景,还要明确其规模及组合关系。按其规模将坡折带划分为一级坡折带和二级坡折带2个级别,一级坡折带延伸范围广,控制沉积的发育位置和规模。乐东凹陷和陵水凹陷北坡发育一级沉积坡折带,控制凹陷中心沉积的多个大型富砂海底扇群,整体呈南北向展布;松南凹陷北坡发育一级断裂坡折带,但由于海南隆起物源供给少,松南凹陷未发育大型富砂海底扇沉积;宝岛凹陷北坡发育一级挠曲坡折带,海南隆起物源受一级挠曲坡折带及古沟谷控制发育南西向展布的海底扇(图2)。二级断裂坡折带仅在陵水凹陷发育,对沉积的控制作用表现在断层下降盘发育朵叶复合体等有利沉积微相。

2.2.1 沉积坡折带

沉积坡折带是由于沉积速率差异造成地形坡度突变形成的,主要分布在乐东凹陷和陵水凹陷北坡,发育规模大,整体呈北东—南西向展布,延伸长度超过120 km,属于一级坡折带。来自海南隆起物

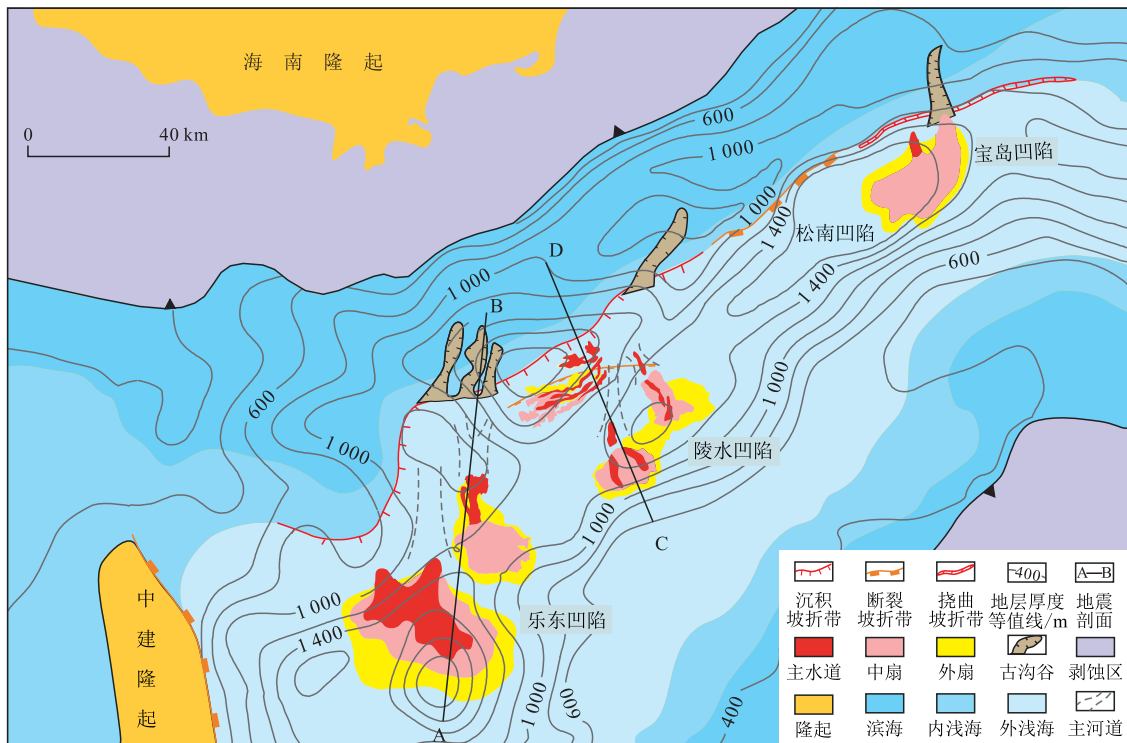


图2 琼东南盆地古沟谷和坡折带与海底扇平面分布

Fig.2 Distribution of paleo-ravine, slope-break zones and submarine fans in Qiongdongnan basin in the mid-Miocene

源充足,在乐东凹陷和陵水凹陷北部发育高位三角洲,地震剖面上表现为强振幅、强连续和前积的反射特征,由于沉积速率差异,三角洲前缘坡度突变,形成明显的沉积坡折。

以乐东凹陷为例,受沉积坡折带控制,粗碎屑再搬运,至乐东凹陷形成大型富砂海底扇,由于沉积时期水动力强,地震剖面上表现为双向下超、强振幅且连续的反射特征(图3a),扇体呈北东—南西向展布,为典型海底扇形态,分布面积约为100 km²,包括内扇主水道、中扇分支水道和朵叶复合体等沉积微相(图3b)。主水道发育在坡折带之下,呈北西—南东向展布,延伸长度约为10 km,宽度约为1 km,W1井钻遇主水道,岩性以中砂岩为主,局部发育细砂岩,主要发育块状层理,测井曲线呈箱形。

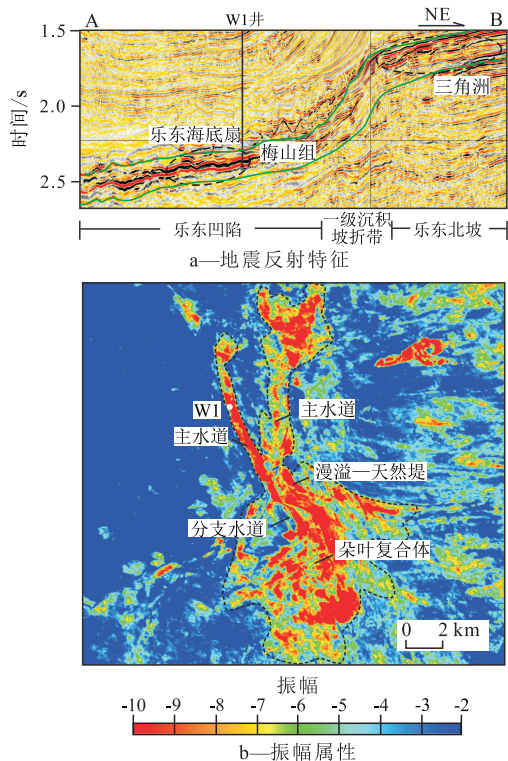


图3 琼东南盆地沉积坡折带与乐东海底扇地震特征和振幅属性

Fig.3 Sedimentary features of depositional slope-break zone and seismic features and amplitude attribute of submarine fans developed in Ledong sag of Qiongdongnan basin

2.2.2 断裂坡折带

断裂坡折带是同沉积断裂形成的地形突变地带,易形成深水沉积。琼东南盆地中新世断裂坡折带主要分布在松南凹陷和陵水凹陷北坡,整体呈北东向展布,其中松南凹陷北部断裂活动性较强,断距较大,生长系数为1.2~2.0,坡折带长度超过40 km,其延伸规模与松南凹陷相当,属于一级坡折带,

断裂上、下盘水深明显突变,坡折带之下保存了较大的可容空间,是发育海底扇的有利场所,但目前在松南凹陷低洼区没有发现大型海底扇沉积,这可能与松南北部缺乏海南隆起物源而未形成高位三角洲沉积有关。

松南凹陷的次级断裂延伸至陵水凹陷中心,分布规模小于主干断裂,活动性较弱,属于二级断裂坡折带,与一级沉积坡折带近平行排列构成组合坡折带。其中一级沉积坡折带坡度较陡,为三角洲碎屑物源再搬运提供动力条件,至凹陷中心断裂坡折带附近地层变缓,为沉积物卸载提供良好的保存场所。同时海底扇受二级断层控制,在断层下降盘发育朵叶复合体沉积,且沉积厚度大,因此一级沉积坡折带和二级断裂坡折带共同控制陵水海底扇沉积。地震剖面上表现为强振幅且连续的反射特征(图4a),扇体呈北东—南西向展布,分布面积约为40 km²,发育浊积水道、朵叶复合体、漫溢—天然堤等沉积微相(图4b),W2井钻遇浊积水道,岩性以灰色厚层粉砂岩为主,主要发育块状层理和交错层理,测井曲线呈箱形。

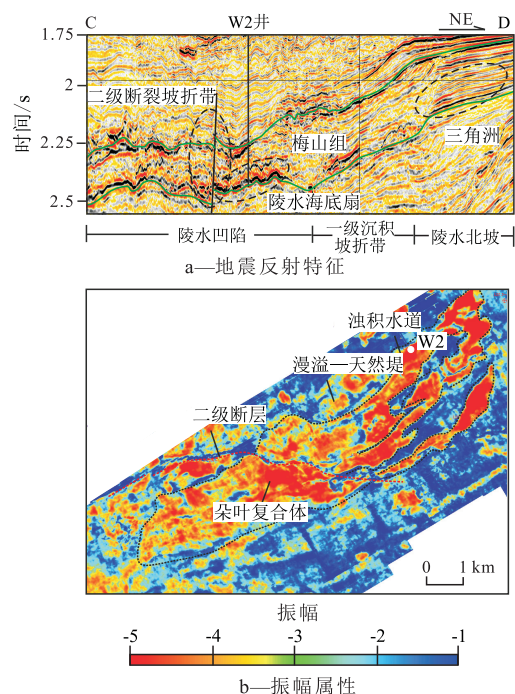


图4 琼东南盆地断裂坡折带及陵水海底扇地震特征和振幅属性

Fig.4 Sedimentary features of fault slope-break zone and seismic feature and amplitude attribute of submarine fan developed in Lingshui sag of Qiongdongnan basin

2.2.3 挠曲坡折带

挠曲坡折带是由于深部断裂活动或古凸起披覆使上部地层发生挠曲变形而产生的。琼东南盆

地挠曲坡折主要分布在宝岛凹陷北部,受隐伏式断裂和基底隆起影响,地震剖面上表现为挠曲和破碎的反射特征,呈北东向展布,延伸规模与宝岛凹陷相当,属于一级坡折带。由于坡折带距离物源较远,坡度较缓,形成较低的可容空间,在同等粒度和流量条件下,低可容空间形成的宝岛海底扇砂体厚度较薄、粒度较细,以粉砂岩为主,分布范围较广,呈北东—南西向展布,扇体在坡折带附近有明显的上超尖灭和地层减薄现象,内部表现为较强振幅、较连续的地震反射特征。

2.3 海底扇的沉积模式

一级坡折带对沉积具有明显的控制作用,不同类型坡折带对沉积的控制作用差异较大,这与物源供给速率、搬运距离、坡折带坡度和可容空间等因素有关。高位三角洲砂体在重力流作用下侵蚀坡折带形成古沟谷,在古沟谷低洼区发育海底扇,形成了源—沟—坡—扇沉积模式(图5),物源供给是海底扇形成的必要条件,古沟谷和坡折带是沉积物搬运卸载的通道和场地,控制了海底扇沉积时期的水动力条件、发育位置、分布规模及储层条件。

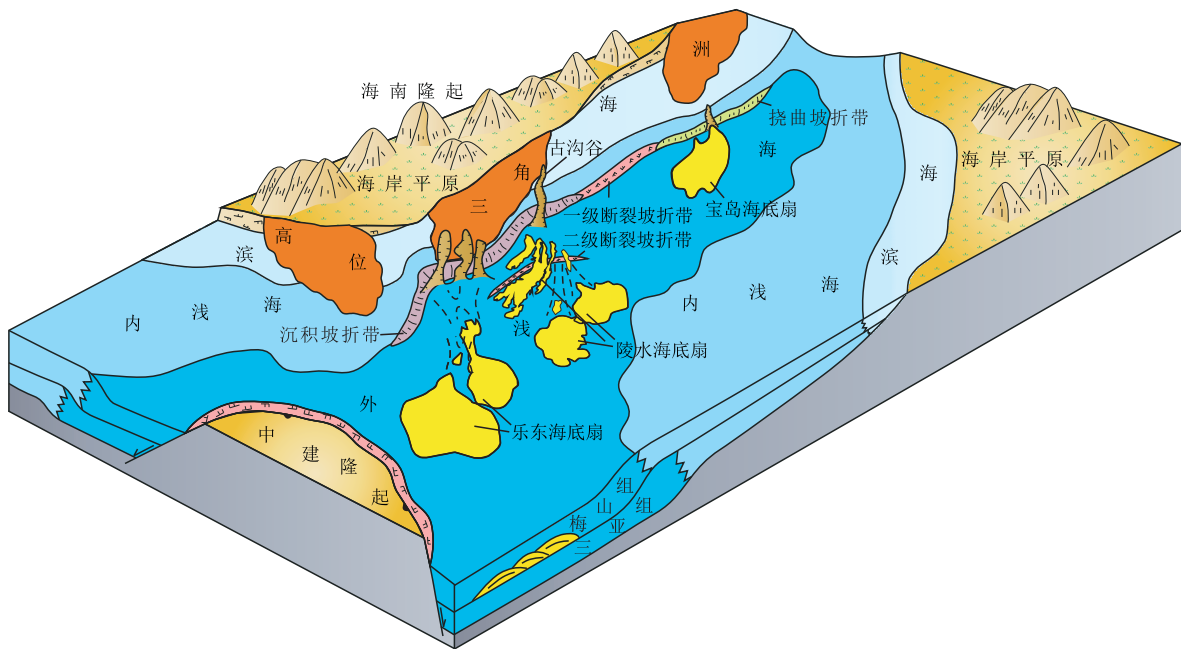


图5 琼东南盆地中新世沉积模式

Fig.5 Sedimentary model of Qiongdongnan basin in the mid-Miocene

沉积坡折带之上为高位三角洲沉积区,当沉积物供给速率增加并推进至坡折带附近时,随着相对海平面下降,物源供给充足,水动力增强,三角洲前缘砂体再搬运,易侵蚀形成“V”型或“U”型古沟谷,在古沟谷下倾方向的沉积区发育乐东海底扇和陵水海底扇(图5)。由于砂体是三角洲前缘直接向深水环境供给,在底部形成具有明显底界标志的侵蚀沟,岩性以中、细砂岩为主,厚度为30~60 m,岩石分选、磨圆好,因此乐东海底扇和陵水海底扇是中新世低位期受沉积坡折带控制形成的大型富砂海底扇,其沉积条件优越,储层物性好。松南凹陷一级断裂坡折带由于缺乏海南隆起物源未发育大型海底扇沉积,而陵水凹陷二级断裂坡折带发育,在陵水海底扇内部发育1条次级断层,该断层活动性较强,上、下盘地形高差较大,使可容空间增大,对陵水海底扇沉积的控制作用表现在断层下降盘发

育水道—决口扇复合体等有利沉积微相。宝岛凹陷发育的宝岛海底扇受一级挠曲坡折带控制,虽然扇体发育规模较大,但由于坡折带距离物源远,坡度较缓,形成的古沟谷以宽缓碟形为主,且古沟谷未下切至高位三角洲,沉积时期水动力较弱,钻井证实海底扇高部位储层粒度较细,以粉砂岩为主,物性较差。

3 油气勘探意义

3.1 岩性油气藏形成条件

烃源岩 近年来的勘探实践证明,乐东凹陷和陵水凹陷均为富生烃凹陷,渐新统崖城组烃源岩广泛分布于各凹陷沉积中心,有机质主要来自于高等植物,有机碳丰度高,干酪根以镜质组和惰质组为主,质量分数为40%~80%,有机质类型为Ⅱ₂—Ⅲ

型,处于过成熟阶段,以干气为主,具有很强的生烃潜力^[25]。重力流砂体经长距离搬运至坡折带之下卸载,与凹陷渐新统烃源岩接触,凹陷深处生成的油气可运移到储层中,因此琼东南盆地具有丰富的烃源岩。

储层与盖层 受古沟谷和坡折带的控制,大型海底扇主要位于乐东凹陷和陵水凹陷,沉积条件优越,储层物性好,而宝岛海底扇沉积水动力较弱,储层物性较差,因此乐东凹陷和陵水凹陷易形成大规模的有效储层。随着相对海平面上升进入海侵体系域沉积时期,泥质沉积物受风暴浪再次改造和三角洲前缘不稳定等因素影响,形成泥石流搬运至深水沉积,在坡折带之下沉积厚层泥岩,主要以浅海相泥岩为主,因其排替压力大、平面分布稳定等条件构成了中中新统重力流砂体良好的区域盖层。

圈闭 乐东凹陷和陵水凹陷中中新统海底扇砂体沉积规模大,面积多超过70 km²,厚度多大于150 m,圈闭类型以岩性圈闭为主,主要由沉积作用形成,表现为冲刷侵蚀和沉积尖灭,形成透镜状岩性圈闭和上倾尖灭圈闭;伴随少量断裂活动,可形成构造-岩性圈闭。

运移 中中新统输导通道包括断裂、超压裂隙及横向连通砂体。岩性油气藏形成与断裂输导作用密切相关,由于琼东南盆地2号断裂晚期再次活动,陵水海底扇构造-岩性圈闭成藏主要受F2-1号次级断裂带垂向运移控制。另外,乐东凹陷和陵水凹陷普遍发育高温高压地层,渐新统地层压力系数达2.2,这为研究区油气运移提供充足动力,同时在断裂发育或地层薄弱的变形区形成大量超压裂隙,使渐新统崖城组天然气顺着超压裂隙区运移至中中新统海底扇岩性圈闭聚集成藏。乐东凹陷和陵水凹陷海底扇砂体分布广,储层物性较好,砂体内部的连通孔隙对油气在圈闭内部聚集起良好的侧向运移作用。

3.2 有利区带预测

琼东南盆地中中新统古沟谷和坡折带控制扇体分布位置及储层物性,而晚期断裂活动、超压裂隙及广泛分布的连通砂体控制圈闭的油气运移。乐东凹陷和陵水凹陷北坡发育的“V”型或“U”型古沟谷和沉积坡折带耦合形成的海底扇沉积条件优越,水动力条件强,储层物性好,乐东凹陷发育超压裂隙,陵水凹陷断裂晚期活动,因此在乐东凹陷和陵水凹陷北坡坡折带形成了有利的岩性油气聚集带,发育透镜状、上倾尖灭岩性圈闭和少量受断裂控制的构造-岩性圈闭。

4 结论

古沟谷和坡折带分布特征是盆地沉积构造活动的响应。琼东南盆地中中新统发育“V”型、“U”型和宽缓碟型3种类型古沟谷,在乐东凹陷和陵水凹陷北坡易形成“V”型或“U”型古沟谷,宝岛凹陷北坡发育宽缓碟型古沟谷;坡折带可分为沉积坡折带、断裂坡折带和挠曲坡折带3种类型,乐东凹陷和陵水凹陷北坡发育沉积坡折带,陵水凹陷和松南凹陷北坡发育断裂坡折带,宝岛凹陷北坡发育挠曲坡折带。

不同类型坡折带对沉积的差异控制作用表现在乐东凹陷和陵水凹陷发育的海底扇是受沉积坡折带控制的大型富砂海底扇,也是研究区主要的储层,沉积时期水动力强、发育规模大、储层粒度粗、物性较好;断裂坡折带对陵水海底扇沉积的控制作用表现在断层下降盘发育朵叶复合体等有利沉积微相;挠曲坡折带控制宝岛凹陷发育海底扇沉积,沉积时期水动力较弱,储层粒度细、物性较差。

古沟谷和坡折带是岩性油气藏形成的有利部位,对岩性油气藏形成具有重要控制作用。通过对乐东凹陷和陵水凹陷的烃源岩、储盖、圈闭和运移条件的分析认为,中中新统海底扇具备形成岩性油气藏的有利成藏条件,沉积坡折带附近是下一步深水勘探的重要区域。

参考文献:

- [1] Brown L F, Bemspm J M, Brink G J, et al. Sequence stratigraphy in offshore South African divergent basin—an Atlas on exploration for Cretaceous lowstand traps[J]. AAPG Studies in Geology, 1995, 41: 1-182.
- [2] Xiang C F, Pang X Q, Yang W J, et al. Hydrocarbon migration and accumulation along the fault intersection zone—a case study on the reef-flat systems of the No.1 slope break zone in the Tazhong area Tarim Basin[J]. Petroleum Science, 2010, 7(2): 211-225.
- [3] 侯冠群, 周文, 王永诗. 车镇凹陷北部陡坡带深水浊积扇发育特征及控制因素——以车66井区沙三段下亚段为例[J]. 油气地质与采收率, 2016, 23(4): 27-33.
Hou Guanqun, Zhou Wen, Wang Yongshi. Development features and controlling factors of deep-water turbidite fans in north slope of Chezhen sag—A case study of the block Che66 in the lower third member of Shahejie Formation [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2016, 23(4): 27-33.
- [4] 张善文, 王英民, 李群. 应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 5-7.
Zhang Shanwen, Wang Yingmin, Li Qun. Searching subtle traps

- using the theory of slope break[J].Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(3):5-7.
- [5] 王英民, 金武弟, 刘书会, 等. 断陷湖盆多级坡折带的成因类型、展布及其勘探意义[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 199-203.
Wang Yingmin, Jin Wudi, Liu Shuhui, et al. Genetic types, distribution and exploration significance of multistage slope breaks in rift lacustrine basin[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 199-203.
- [6] 王德英, 于海波, 李龙, 等. 渤海海域石臼坨凸起新近系岩性油藏充满意度特征及主控因素[J]. 油气地质与采收率, 2015, 22(5):21-27.
Wang Deying, Yu Haibo, Li Long, et al. Characteristics of fullness degree of trap and its main controlling factors of the Neogene lithologic reservoir in the Shijiutuo uplift, Bohai Sea[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(5):21-27.
- [7] 冯有良, 徐秀生. 同沉积构造坡折带对岩性油气藏富集带的控制作用——以渤海湾盆地古近系为例[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(1):22-31.
Feng Youliang, Xu Xiusheng. Syndepositional structural slope-break zone controls on lithologic reservoirs—A case from Paleogene Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(1):22-31.
- [8] 王颖, 王晓州, 王英民, 等. 大型坳陷湖盆坡折带背景下的重力流沉积模式[J]. 沉积学报, 2009, 27(6):1 076-1 083.
Wang Ying, Wang Xiaozhou, Wang Yingmin, et al. Depositional model of gravity flow of slope in large down warped lake basins[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(6):1 076-1 083.
- [9] 张顺. 松辽盆地北部地层学与沉积学研究进展[J]. 大庆石油地质与开发, 2015, 34(3):1-8.
Zhang Shun. Research progresses of the stratigraphy and sedimentology for North Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2015, 34(3):1-8.
- [10] 柳保军, 庞雄, 颜承志, 等. 珠江口盆地白云深水区渐新世—中新世陆架坡折带演化及油气勘探意义[J]. 石油学报, 2011, 32(2):234-242.
Liu Baojun, Pang Xiong, Yan Chengzhi, et al. Evolution of the Oligocene—Miocene shelf slope-break zone in the Baiyun deep-water area of the Pearl River Mouth Basin and its significance in oil-gas exploration[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(2):234-242.
- [11] 秦成岗, 施和生, 张忠涛, 等. 珠江口盆地番禺低隆起—白云凹陷北坡SQ21.0层序陆架坡折带沉积特征及油气勘探潜力[J]. 中国海上油气, 2011, 23(1):14-18.
Qin Chenggang, Shi Hesheng, Zhang Zhongtao, et al. Sedimentary characteristics and hydrocarbon exploration potential along the SQ21.0 sequence shelf-break zone on Panyu low-uplift and the north slope of Baiyun sag, Pearl River Mouth basin[J]. China Offshore Oil and Gas, 2011, 23(1):14-18.
- [12] 张忠涛, 秦成岗, 高鹏, 等. 珠江口盆地白云凹陷北坡陆架坡折带地质特征及其油气勘探潜力[J]. 天然气工业, 2011, 31(5):39-44.
Zhang Zhongtao, Qin Chenggang, Gao Peng, et al. Geological characteristics and exploration potentials of the shelf break zone on the north slope of the Baiyun Depression, Pearl River Mouth Basin[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(5):39-44.
- [13] 谢玉洪, 王振峰, 解习农, 等. 莺歌海盆地坡折带特征及其对沉积体系的控制[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(5):569-574.
Xie Yuhong, Wang Zhenfeng, Xie Xinong, et al. Patterns of slope-break zone and their depositional models in the Yinggehai Basin[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2004, 29(5):569-574.
- [14] 张建新, 袁超, 党亚云, 等. 莺歌海盆地乐东中深层大型储集体发育特征[J]. 特种油气藏, 2016, 23(1):62-66.
Zhang Jianxin, Yuan Chao, Dang Yayun, et al. Developmental features of middle-deep large reservoirs in Ledong region of Yinggehai Basin[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2016, 23(1):62-66.
- [15] 王观宏, 黄传炎, 刘恩涛, 等. 佛山凹陷南部缓坡流沙港组坡折带特征及对沉积、油气成藏的控制[J]. 中南大学学报:自然科学版, 2014, 45(5):1 531-1 541.
Wang Gaunhong, Huang Chuanyan, Liu Entao, et al. Characteristics of slope-breaks and its control on sedimentation and hydrocarbon accumulation of Liushagang Formation in gentle slope of south Fushan sag[J]. Journal of Central South University: Science and Technology, 2014, 45(5):1 531-1 541.
- [16] 谢玉洪. 南海北部自营深水天然气勘探重大突破及其启示[J]. 天然气工业, 2014, 34(10):1-8.
Xie Yuhong. A major breakthrough in deepwater natural gas exploration in a self-run oil/gas field in the northern South China Sea and its enlightenment[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(10):1-8.
- [17] 姚哲, 朱继田, 左倩媚, 等. 琼东南盆地深水重力流沉积体系及油气勘探前景[J]. 天然气工业, 2015, 35(10):21-30.
Yao Zhe, Zhu Jitian, Zuo Qianmei, et al. Gravity flow sedimentary system and petroleum exploration prospect of deep water area in the Qiongdongnan Basin, South China Sea[J]. Natural Gas Industry, 2015, 35(10):21-30.
- [18] 赵忠新, 王华, 陆永潮. 断坡带对沉积体系的控制作用——以琼东南盆地为例[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(1):25-27.
Zhao Zhongxin, Wang Hua, Lu Yongchao. Controlling role of fault-break zones on sedimentary system—Taking Qiongdongnan basin as an example[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(1):25-27.
- [19] 张迎朝, 范彩伟, 徐新德, 等. 南海琼东南盆地东区天然气成因类型与烃源探讨[J]. 石油实验地质, 2015, 37(4):466-472.
Zhang Yingzhao, Fan Caiwei, Xu Xinde, et al. Genesis and sources of natural gas in eastern Qiongdongnan Basin, South China Sea[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2015, 37(4):466-472.
- [20] 张亚雄, 朱筱敏, 陈欢庆, 等. 琼东南盆地渐新统陵水组坡折带类型及层序地层样式[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(4):473-479.
Zhang Yaxiong, Zhu Xiaomin, Chen Huanqing, et al. Slope-break types and sequence stratigraphic styles of the Oligocene Lingshui Formation in Qiongdongnan Basin, South China Sea[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(4):473-479.