

文章编号: 1009-3850(2014)03-0082-06

南海琼东南盆地深水区储层类型及研究意义

王 艳

(中国石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

摘要: 通过对琼东南盆地钻井及典型地震相分析,认为琼东南盆地深水区发育两种类型的储层:第一类为形成于浅水环境的储层,包括扇三角洲砂体、滨浅海相滩坝砂体和台地碳酸盐岩;第二类为形成于深水环境的储层,包括盆底扇和峡谷水道等低位砂体。其中,深水区广泛分布的海底扇、峡谷水道砂体和台地碳酸盐岩具有良好的深水油气勘探潜力。

关键词: 琼东南盆地; 储层; 深水; 海底扇; 峡谷水道; 碳酸盐岩台地

中图分类号: TE122.2+2

文献标识码: A

引言

位于南海北部大陆边缘珠江口盆地的 LW31 深水大气田的发现,标志着我国已经进入了海洋深水油气勘探领域^[1-6]。而同样位于南海北部大陆边缘的琼东南盆地目前深水区还没有重大油气突破,该盆地深水区储层分布广泛,时代从渐新世到上新世,既有形成于浅水环境的储层,又有形成于深水环境的储层^[6]。由于深水油气勘探风险大、成本高等因素,使得深水油气勘探的成败主要取决于是否存在大型储集体(朱伟林,2009)。虽然已有学者对南海北部大陆边缘盆地深水区储层类型进行了总结,但是前人对琼东南盆地并没有进行系统的研究,对该盆地深水区储层发育类型及其物性特征等进行研究具有重要意义。

1 琼东南盆地深水区勘探概况

琼东南盆地浅水区勘探程度较高,并有重要的油气发现,已经发现了 10^{11}m^3 级别的大气田和 10^8t 级的大油田(或中小型油田群),而该盆地深水区(水深大于 300m)面积更大,不仅具有与浅水区相似的油气生成、运移、聚集成藏规律,而且大型储集

体发育,勘探领域更广,潜力更大(图 1)。

将沉积相研究和浅水区钻探结果进行对比可知,琼东南盆地深水区在不同的沉积演化阶段发育不同类型的储层^[7],从沉积物性质上可分为碎屑岩沉积与碳酸盐岩沉积;从形成环境上可分为形成于浅水环境而现今处于深水区的储层,主要包括扇三角洲砂体、滨浅海相滩坝砂体、台地碳酸盐岩及本身形成于深水环境的储层,主要包括海底扇、峡谷水道等重力流砂体(图 2)。

2 形成于浅水环境的储层

该类储层形成于浅水环境而现今处于深水区,在构造演化阶段上形成于裂陷期与断拗过渡期,时代上为早渐新世-中中新世,层位上与崖城组、陵水组、三亚组、梅山组相对应,主要包括扇三角洲砂体、滨浅海相滩坝砂体和台地碳酸盐岩。

2.1 扇三角洲砂体

扇三角洲砂体在琼东南盆地早渐新世-中中新世均有发育(图 3),其中陵水组与三亚组最为发育,在平面上主要分布在各个控凹断层的下降盘,受边界断层控制(图 4)。构成 YA13 气田储层的陵水组三段扇三角洲砂岩岩心的孔隙度为 11%~21%,

收稿日期: 2014-01-16; 改回日期: 2014-03-04

作者简介: 王艳(1981-),女,硕士,工程师,从事油气勘探方面的工作。E-mail: lidong_03@163.com

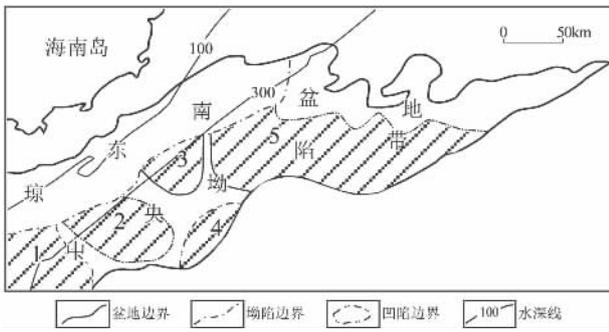


图1 琼东南盆地深水区凹陷分布

1. 乐东凹陷; 2. 陵水凹陷; 3. 松南凹陷; 4. 北礁凹陷; 5. 宝岛-长昌凹陷

Fig. 1 Distribution of the depressions in the deep-water areas of the Qiongdongna Basin

渗透率为 $(0.01 \sim 1.0) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 是一套好的储层^[1](图5)。这套储层在琼东南盆地深水区分布较广, 虽然单个扇体分布面积有限, 但多期扇体相互切割叠置, 使得平面上广泛分布, 垂向上厚度较大, 具有一定的深水勘探潜力。

2.2 滨浅海相滩坝砂体

该类砂体集中发育于早中新世末期的三亚组(S50-S60), 即主要形成于南海北部陆架大规模海侵早期, 主要发育(扇)三角洲和滨海滩坝砂岩储层。在琼东南盆地深水区, 这套砂岩储层主要分布于陵南低凸起和松南低凸起, 发育层位集中于三亚组二段(图6)。BD15井三亚组二段钻遇滨岸砂沉积的细砂岩和中砂岩沉积, 测井孔隙度为11%~13%,

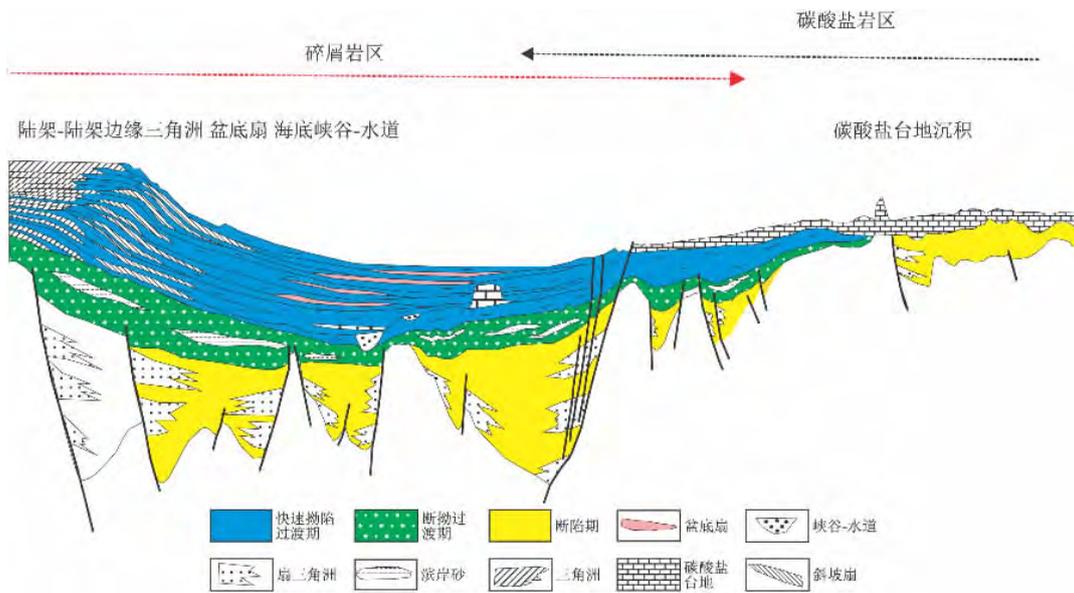


图2 琼东南盆地深水区沉积模式

Fig. 2 Sedimentary model for the deep-water areas of the Qiongdongna Basin

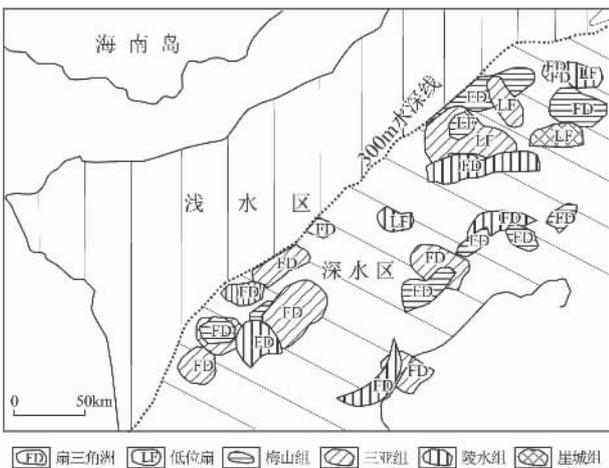


图3 早渐新世-中中新世扇三角洲分布

Fig. 3 Distribution of the early Oligocene - middle Miocene fan deltas

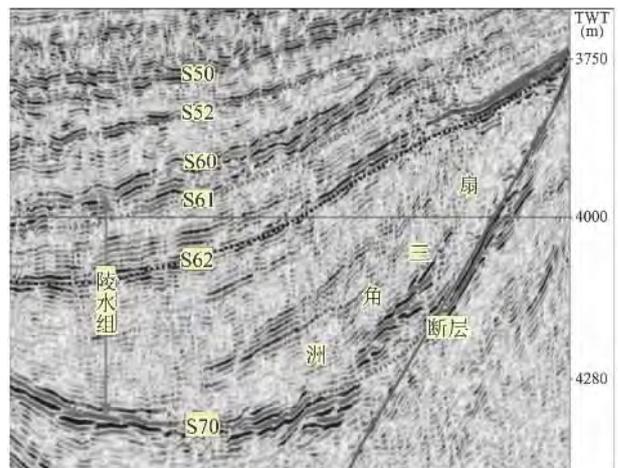


图4 扇三角洲地震剖面特征

Fig. 4 Seismic reflection profile through the fan delta

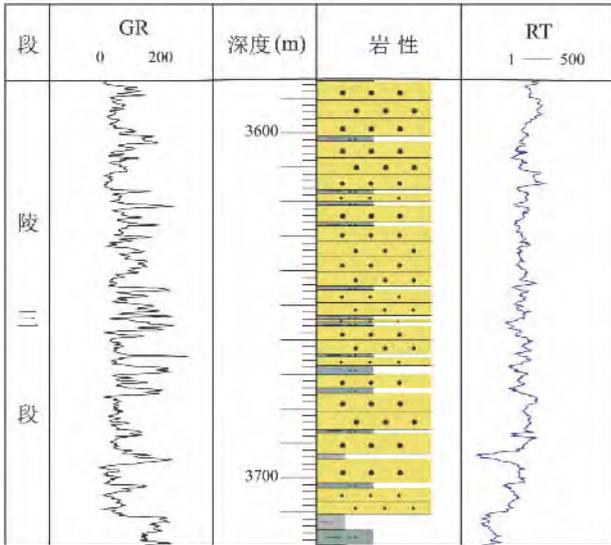


图5 YC13井扇三角洲沉积特征

Fig. 5 Vertical sequence of the fan deltas through the YC13 well

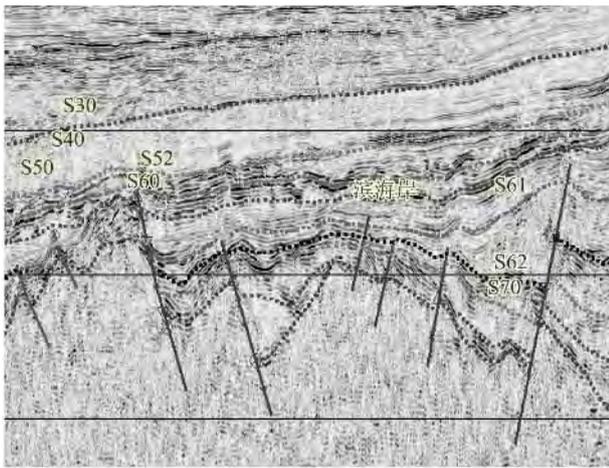


图6 滨岸砂地震剖面特征

Fig. 6 Seismic reflection profile through the littoral sandstones

储集性能良好(图7)。

2.3 台地碳酸盐岩

中新世早中期,南海北部陆架处于持续的海侵阶段,在局部的水下高地或开阔平缓的阶地上发育了碳酸盐岩台地、生物礁或碳酸盐岩与碎屑岩的混合台地沉积。区域的钻探资料也反映了这个主要的碳酸盐岩发育期。

在琼东南盆地,西部浅水区的莺6井和LT35井钻遇了三亚-梅山组红藻灰岩。对莺6井取心段(1743~1747m 礁云岩)的分析表明,孔隙度平均为9.4%,渗透率平均为 $3.41 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。神狐隆起南缘的BD23井在三亚组钻遇了近60m的由礁相和礁滩相灰岩组成的碳酸盐岩台地边缘礁,其测井孔隙度为12.4%~33.5%,为典型的孔隙型礁灰岩^[8]。另外,琼东南盆地深水区的南部永乐隆起区,位于

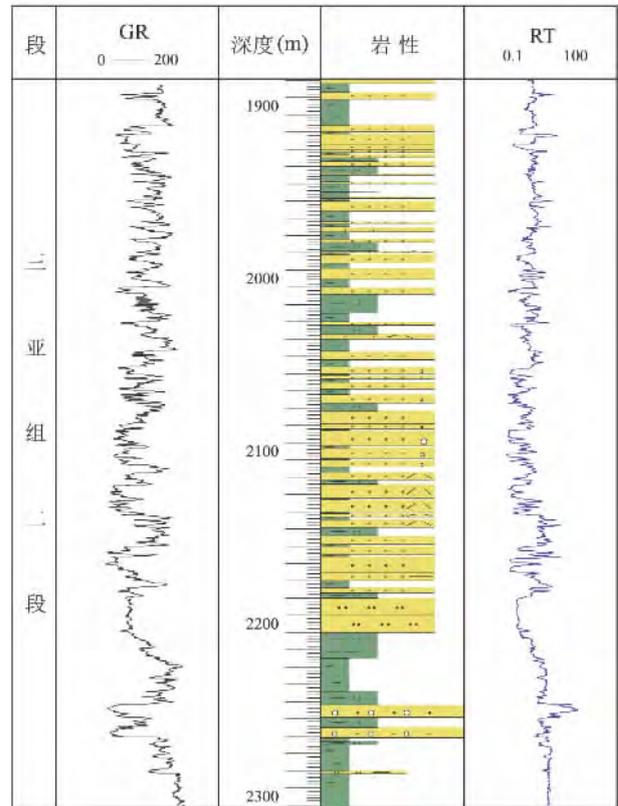


图7 BD15井滨岸砂特征

Fig. 7 Vertical sequence of the littoral sandstones through the BD15 well

永兴岛上的西永1井钻遇了自中新世早期到第四纪发育的厚约1251m的复合礁灰岩^[9],据赵述岛第四系礁灰岩分析,其孔隙度平均可达28%(一般为12%~48%),渗透率平均为 $0.551 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (一般为 $(0.021 \sim 25) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$),是非常优越的储集层。

从地震反射特征看,永乐隆起区强振幅席状或丘状反射主要见于中中新统梅山组地层内。其中丘状反射分布于北礁凹陷及北礁低凸起一带,面积约5319km²,其特征是梅山组顶面(SB40)呈丘状起伏,底面呈近平行反射,内部为断续强振幅(图8)。

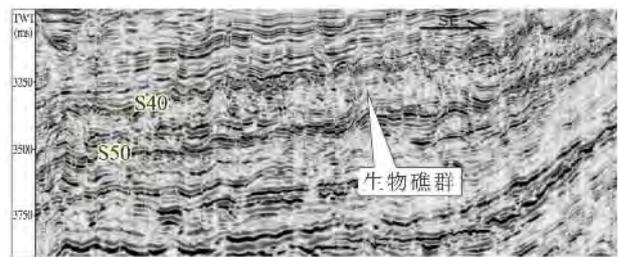


图8 北礁凹陷梅山组生物礁地震反射剖面

Fig. 8 Seismic reflection profile through the organic reefs from the Meishan Formation in the Beijiao depression

3 形成于深水环境的储层

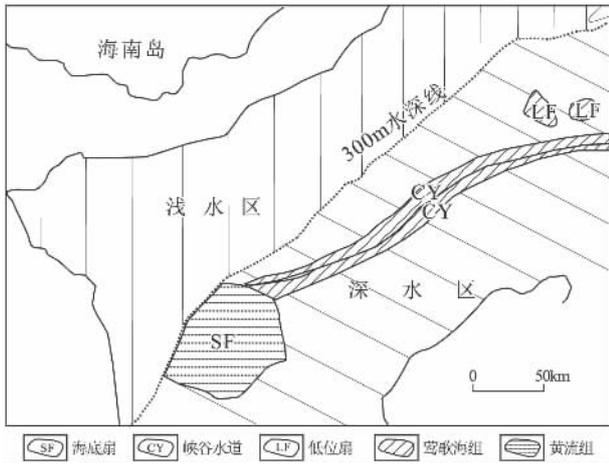


图9 晚中新世至上新世重力流砂体分布

Fig.9 Distribution of the late Moicene – Pliocene gravity flow sandstones

该类储层形成于深水环境,现今仍处于深水区,在构造演化阶段上形成于快速拗陷期,时代上为晚中新世至晚上新世,层位与黄流组和莺歌海组对应,主要是重力流形成的砂体,是深水油气勘探的主要目标^[10],包括海底扇砂体、峡谷水道砂体等(图9、10)。

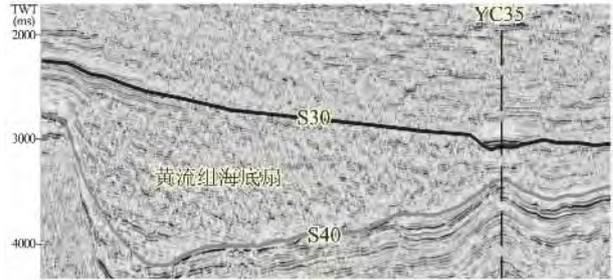


图10 乐东凹陷黄流组海底扇地震反射剖面^[11]

Fig.10 Seismic reflection profile through the submarine fan in the Huangliu Formation, Ledong depression

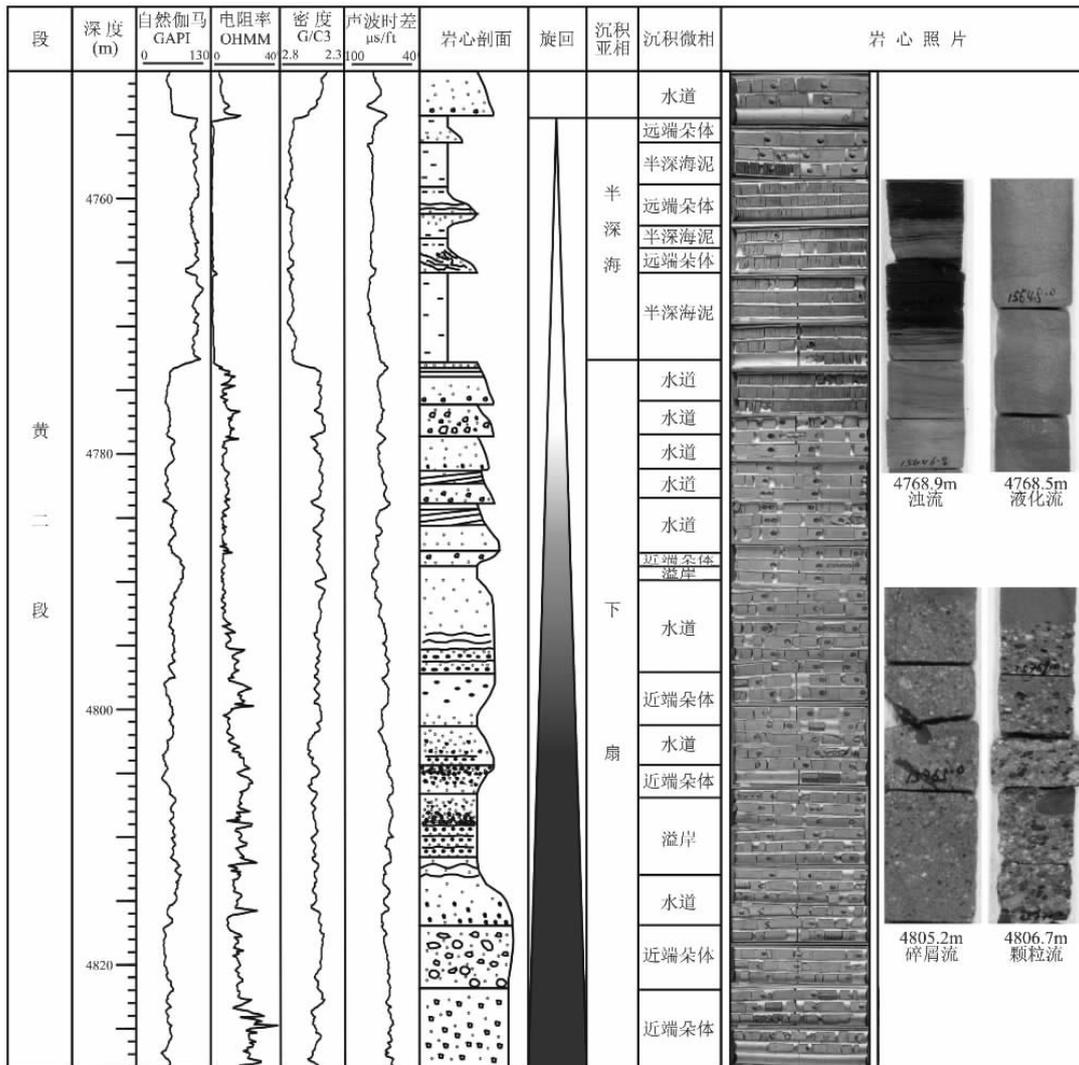


图11 YC35井海底扇砂体特征^[11]

Fig.11 Vertical sequence of the submarine fan sandstones through the YC35 well

3.1 海底扇砂体

海底扇发育于大陆坡麓,被沉积物覆盖,呈向海缓斜的扇形地。海底扇多展布于海底峡谷前缘,主要由峡谷运来的大量沉积物在峡谷口外堆积而成。琼东南盆地于乐东凹陷黄流期发育一套巨型的海底扇体,分布面积可达 10000km²,YC35 井在钻遇的该海底扇体砂岩(4600.0~4839.3m 井段,砂砾岩和砂岩沉积),单层厚度为 7.5~24.0m,砂岩累计厚度为 193m,含砂面积可达上千平方千米,测井解释发现多套气层,4690.78~4710.5m 岩心段平均孔隙度为 16%,渗透率为 11.8 × 10⁻³ μm²,是一个富砂型海底扇,储层非常优越,是琼东南盆地深水区很有勘探潜力的目的层(图 11)。

3.2 峡谷水道砂体

于琼东南盆地晚中新世以来沿陆架斜坡前缘带发育一条平行于岸线的中央峡谷,总长 570km,宽 3~8km,为琼东南盆地主要的深水重力流沉积之一(图 12)。位于琼东南盆地西部的 LD30 井(图 13),在莺歌海组钻遇此类砂岩 8 层,总厚度为 345m,单层厚度为 18.6~87.0m,主要为长石石英细-粉砂岩,平均孔隙度为 20%。由于粒度中值较小和自生绿泥石粘土矿物发育,该砂岩渗透率较低,平均为 11.88 × 10⁻³ μm²,属于高孔低渗储层,测井解释 3240.8~3623.0m 井段为含气水层。

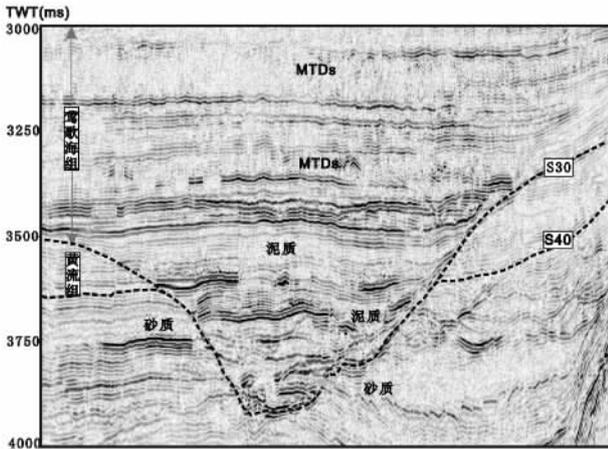


图 12 峡谷水道地震反射剖面

Fig. 12 Seismic reflection profile through the canyon channels

4 研究意义

与国际上相比,我国深水油气勘探起步较晚,深水油气勘探的经验尚不丰富。在深水油气勘探领域,一般来讲,深水区不缺乏烃源岩,而主要缺乏大规模的储集体。由于深水油气勘探是一个高风

险、高投入的勘探行为,这就使得深水油气勘探必须寻找大型储集体,才能获得较好的效益。琼东南盆地深水区较为发育,通过研究总结发现,该盆地深水区发育了红河海底扇、中央峡谷水道大型碎屑岩储集体和台地碳酸盐岩,这些储集体具有较好的深水油气勘探潜力,是琼东南盆地深水油气勘探的主要目标。

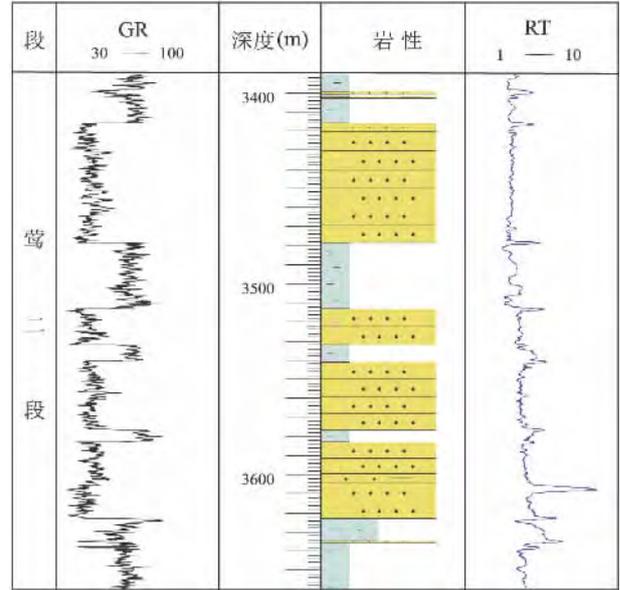


图 13 LD30 井峡谷水道岩性特征

Fig. 13 Vertical sequence of the canyon channel sandstones through the LD30 well

5 结论

琼东南盆地深水区发育不同类型的储层。从形成环境看,可分为两大类:(1)形成于浅水环境而现今处于深水区的储层,包括扇三角洲砂体、滨浅海相滩坝砂体和台地碳酸盐岩,形成时代为早渐新世-中中新世;(2)形成于深水区的储层,包括海底扇和峡谷水道等砂体,是深水区最具特色的储层类型,分布形成于晚中新世至上新世。

琼东南盆地深水区形成于深水环境的重力流砂体,如海底扇、峡谷水道等,在纵向上多层系发育,平面上广泛分布,生储盖配置良好,是深水区最具勘探潜力的目标;形成于浅水环境的台地碳酸盐岩储层,分布广,物性好,储层性质优越,也是深水区具有勘探潜力的目标之一。此外,扇三角洲砂体单个扇体分布面积虽然有限,但多期扇体相互切割叠置,使得平面上广泛分布,垂向上厚度较大,同样具有一定的深水勘探潜力。

琼东南盆地深水区面积较大,储层类型多样,

分布广泛,是我国深水油气勘探的又一新的潜力领域。

参考文献:

- [1] 龚再升, 陈斯忠, 郭水生, 等. 中国近海大油气田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 148 - 177.
- [2] 许仕策. 预测勘探目标中的层序地层学理论与实践—以珠江口盆地为例[J]. 中国海上油气(地质), 1999, 13(3): 152 - 158.
- [3] 庞雄, 申俊, 袁立忠, 等. 南海珠江深水扇系统及其油气勘探前景[J]. 石油学报, 2006, 27(3): 11 - 15.
- [4] 彭大钧, 陈长民, 庞雄, 等. 南海珠江口盆地深水扇系统的发现[J]. 石油学报, 2004, 25(5): 20 - 26.
- [5] 刘铁树, 何仕斌. 南海北部陆缘盆地深水区油气勘探前景[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(3): 164 - 170.
- [6] 何仕斌, 张功成, 米立军, 等. 南海北部大陆边缘盆地深水区储层类型及沉积演化[J]. 石油学报, 2007, 28(5): 51 - 56.
- [7] 王春修. 琼东南盆地晚新生代层序地层学研究[J]. 中国海上油气(地质), 1992, 6(5): 11 - 19.
- [8] 刘春兰, 冯正祥, 宝岛, 2321 构造生物礁地质评价[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(3): 171 - 175.
- [9] 张明书, 何起祥, 业治铮, 等. 西沙生物礁碳酸盐沉积地质学研究[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [10] WAGNER E P. Shelf-fed turbidite system model and its application to the Oligocene deposits of the Campos Basin, Brazil [J]. AAPG Bulletin, 1993, 77(1): 81 - 101.
- [11] 王英民, 徐强, 李冬, 等. 南海西北部晚中新世的红河海底扇[J]. 科学通报(待刊)

Types and significance of the deep-water reservoirs in the Qiongdongnan Basin, South China Sea

WANG Yan

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Daqing Oil Field Company, CNPC, Daqing 163712, Heilongjiang, China)

Abstract: Two types of deep-water hydrocarbon reservoirs are recognized on the basis of boreholes and seismic facies analysis in the Qiongdongnan Basin, South China Sea. Type 1 reservoirs are formed in the shallow-water environments including the fan delta sandstones, littoral-shallow marine beach/bar sandstones and platform carbonate rocks, and type 2 reservoirs are originated from the deep-water environments including basin-floor fan and canyon channel sandstones. The submarine fan and canyon channel sandstones and platform carbonate rocks widespread in the deep-water areas are believed to be highly prospective for the deep-water hydrocarbon exploration.

Key words: Qiongdongnan Basin; hydrocarbon reservoirs; deep water; submarine fan; canyon channel; carbonate platform