

文章编号: 1000-0550(2013)01-0032-06

南海晚中新世—上新世红河沉积体系研究^①

李冬^{1 2 3} 徐强¹ 王永凤⁴ 王英民⁵

(1. 中国海洋石油总公司 研究总院 北京 100027; 2. 中国石油大学博士后科研流动站 北京 102249;
3. 中国海洋石油总公司 研究总院博士后工作站 北京 100027; 4. 石油化工管理干部学院 北京 100012;
5. 中国石油大学地球科学学院 北京 102249)

摘要 红河沉积体系为南海西北部近期新发现的大型远源沉积体系,其主要发育于南海莺歌海盆地和琼东南盆地。重点利用大量二维地震剖面资料,根据地震反射特征对晚中新世—上新世红河沉积体系的识别特征以及平面展布进行了研究,以此为基础划分了红河沉积体系在晚中新世—上新世演化阶段。研究表明:通过地震反射特征的分析,可以识别出三角洲、水下下切水道、海底峡谷、水道堤岸复合体以及海底扇朵体等沉积;依据红河沉积体系的平面组合和展布特征,可将晚中新世至上新世的红河沉积体系演化划分为3个阶段:10.5~5.5 Ma(SQ1、SQ2)为红河海底扇发育阶段,以发育大型“三角洲—水下下切水道—海底扇”为特征;5.5~3.6 Ma(SQ3、SQ4)为限制性海底扇—中央峡谷发育阶段,以先发育限制性海底扇,后发育大型海底峡谷为特征;3.6~1.8 Ma(SQ5、SQ6)为红河沉积体系衰弱阶段,在研究区内以红河沉积体系主体不发育,海南岛陆坡发育为特征。红河沉积体系是青藏高原隆升的产物,研究红河沉积体系除有利于制定油气勘探方向外,还有助于青藏高原隆升历史恢复、红河袭夺等问题的研究。

关键词 晚中新世—上新世 红河沉积体系 地震反射特征 高原隆升

第一作者简介 李冬 男 1982年出生 博士后 沉积学、层序地层学 E-mail: lidong_03@163.com

中图分类号 P512.2 **文献标志码** A

0 引言

近期在南海北部莺琼盆地发现了巨型的海底扇沉积,其重矿物组合中磁铁矿含量为1.6%,石榴石含量为23%,ZTR含量为21.6%,明显表现为石榴石含量高而ZTR含量低的特点,与红河物源的重矿物组合相似,证明了其沉积物主要来源于红河水系所携带的青藏高原隆升遭受剥蚀的产物,并将其命名为红河海底扇^[1,2],并通过进一步研究将红河沉积体系定义为“主要由红河水系所提供的陆源碎屑所组成的一系列三角洲、海底峡谷充填和海底扇等沉积体与细粒悬浮沉积的有机组合”^[2]。在对青藏高原隆升过程中,在其周缘所形成的海底扇不仅是地质学家研究的热点^[3-7],而且因为其具有较大的油气发现深受油气勘探家的重视。本文依据大量的地震剖面,阐述了红河深水沉积体系的识别特征,总结了红河沉积体系演化规律,为红河沉积体系的深入研究奠定了基础。

1 地质概况

莺歌海盆地与琼东南盆地为南海西北部的新生代盆地。莺歌海盆地位于海南岛的西侧,呈北西向展

布,处于现今陆架浅水区,水深不超过200m;琼东南盆地位于海南岛南侧,呈北东向展布,向东与南海西北次海盆相通,西侧与莺歌海盆地相接。在晚中新世—上新世期间,莺琼盆地沉积了黄流组和莺歌海组。黄流组沉积时间为距今10.5~5.5 Ma,主要对应晚中新世,共形成两个三级层序SQ1与SQ2,分别与黄二段和黄一段对应。莺歌海组沉积时期为距今5.5~1.8 Ma,与上新世相对应,形成了4个三级层序SQ3、SQ4、SQ5和SQ6,并以S27为界分为莺一段与莺二段(见图1)。

莺—琼盆地的陆架坡折自10.5 Ma之后开始发育,10.5 Ma以前琼东南盆地以陆架浅水沉积为主,故将S40称为陆架陆坡转换不整合。在琼东南盆地的南北向地震剖面中,根据陆坡坡度不同划分为缓坡与陡坡两大演化阶段:10.5~5.5 Ma为缓坡阶段,5.5 Ma之后为陡坡阶段,陆架坡度突然变陡,发育典型的陆坡,地震反射剖面上可见明显的陆坡前积反射,故将S30称为陆坡坡度突变不整合^[2]。

2 红河沉积体系地震反射特征

红河沉积体系主要由红河水系所提供的陆源碎

^①国家重点基础研究发展计划项目(973计划“南海深水盆地油气资源形成与分布基础性研究”课题(2009CB219407)资助
收稿日期:2011-12-22; 收修改稿日期:2012-03-27

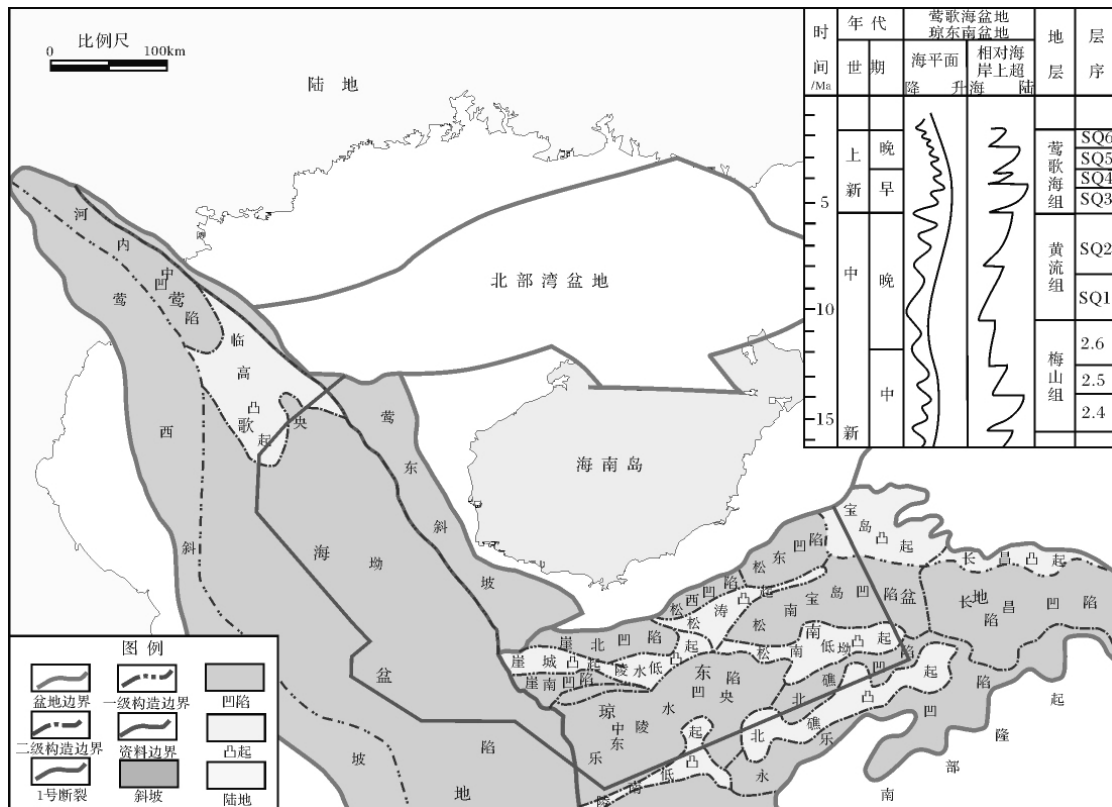


图 1 莺歌海盆地与琼东南盆地构造单元划分图

Fig. 1 Major tectonic elements of the Yinggehai and Qiongdongnan Basins

屑所组成,是青藏高原隆升的产物。其主体包括三角洲、海底峡谷充填和海底扇等。通过对地震剖面的反射特征的识别,总共识别出三角洲及海底扇朵体、水下下切水道及海底峡谷、水道堤岸复合体等沉积单元,现将其特征分述如下。

2.1 三角洲及水下下切水道

三角洲主要发育在莺歌海盆地北部,在研究区中 SQ1—SQ4 均可见到,平面上呈扇状,纵剖面具有典型的前积反射构型(图 2a)。水下下切水道仅在层序 SQ1 陆架区发育,呈北西向延伸,剖面上深切下伏地层,呈“V”字外形,见图 2b。

2.2 海底扇朵体

红河沉积体系海底扇朵体可以表现为两种形式:一种是受地形限制的限制性海底扇沉积,发育在层序 SQ2、SQ3 和 SQ4 中,地震剖面中以连续性中等,内部下切水道发育(图 2c),平面上呈扇形为特征;另一种为非限制性海底扇,仅在层序 SQ1 和 SQ2 中发育,在归仁隆起东部横跨莺—琼盆地结合部的地震剖面中可以见到在地震反射界面 S40 与 S30 之间(即黄流组)发育有一个巨型的沉积体,在纵向地震剖面上表

现为典型的楔状斜交前积构型,自归仁隆起由西向东前积并呈楔状减薄趋势(图 2d)。

2.3 水道堤岸复合体与海底峡谷

水道堤岸复合体又称为水道—堤坝体系,属于海底扇的中扇亚相,在研究区中仅在层序 SQ2 中见到。在地震反射剖面中,水道以明显的下切反射为特征,且常以多期水道相互叠置的形式出现;而堤岸沉积则发育于水道的两侧,向远离水道方向呈现楔状减薄的地震反射特征,致使水道与堤岸在剖面中共同构成了“海鸥翼”状的反射外形(图 2e)。

而海底峡谷主要发育于层序 SQ3 与 SQ4,横剖面呈“V”字型,宽度可达 8 km,下切深度可达数百米,在纵剖面上可见 S30 界面与 S40、S50 呈明显的视割接触关系,见图,平面上呈现“S”形沿琼东南盆地中央凹陷带展布(图 2f)。

3 红河沉积体系演化

3.1 红河海底扇发育阶段

层序 SQ1 与 SQ2 为红河海底扇发育阶段,该阶段以深水区发育红河海底扇为特征。10.5 Ma 莺—

琼盆地陆坡开始发育,在莺—琼盆地出现深水沉积。此时的陆坡整体坡度较小,但由于1号断裂带的影响,在莺—琼盆地结合部形成了断裂坡折,致使在莺—琼盆地结合部坡度较大,具有较高的沉积速率(1500 m/Ma),沉积形成了巨厚的红河海底扇沉积;SQ2坡折带向莺歌海盆地内部迁移呈环形,由于莺歌海盆地此时期与海槽相类似,故将莺歌海盆地坡折带称为“槽坡”。层序SQ2形成“三角洲—限制性海底扇—水道堤岸—海底扇”的组合,该时期沉积速率最高可达400 m/Ma,平均为235 m/Ma。

3.2 限制性海底扇—中央峡谷发育阶段

层序SQ3与SQ4为限制性海底扇—中央峡谷发育阶段。该阶段深水区红河沉积体系以发育“限制性的红河海底扇—中央峡谷”组合为特征。限制性的红河海底扇发育受池状可容纳空间的限制,发育部位位于沉积中心附近。层序SQ3沉积速率可达1200 m/Ma,平均为180 m/Ma;层序SQ4中限制性海底扇与中央峡谷源头向北西方向迁移,沉积速率最高达2400 m/Ma,平均为516 m/Ma。

3.3 红河沉积体系衰弱阶段

层序SQ5与SQ6为红河沉积体系衰弱阶段,在3.6 Ma红河沉积体系发生了重大突变,红河水系沉积物供给能力突然减弱,莺—琼盆地平均沉积速率由516 m/Ma骤降到96 m/Ma。在该阶段,研究区内以红河沉积体系主体(红河三角洲、红河海底扇和中央峡谷)不发育为特征(图5),而以莺歌海盆地海南岛一侧陆坡快速推进为特征。

4 研究意义

大量研究已经表明:与高原隆升有关的大型河流前方所发育的海底扇等沉积体规模巨大,是油气勘探的重点目标,如孟加拉扇等。红河沉积体系主要由红河水系所提供的陆源碎屑所组成的一系列三角洲、海底峡谷充填和海底扇等沉积体与细粒悬浮沉积的有机组合,是青藏高原隆升的产物。红河沉积体系中三角洲、海底扇以及海底峡谷规模较大,并且在浅水区以及深水区均有油气突破,表明红河沉积体系具有较大的油气勘探潜力。另一方面,红河水系主要源于青

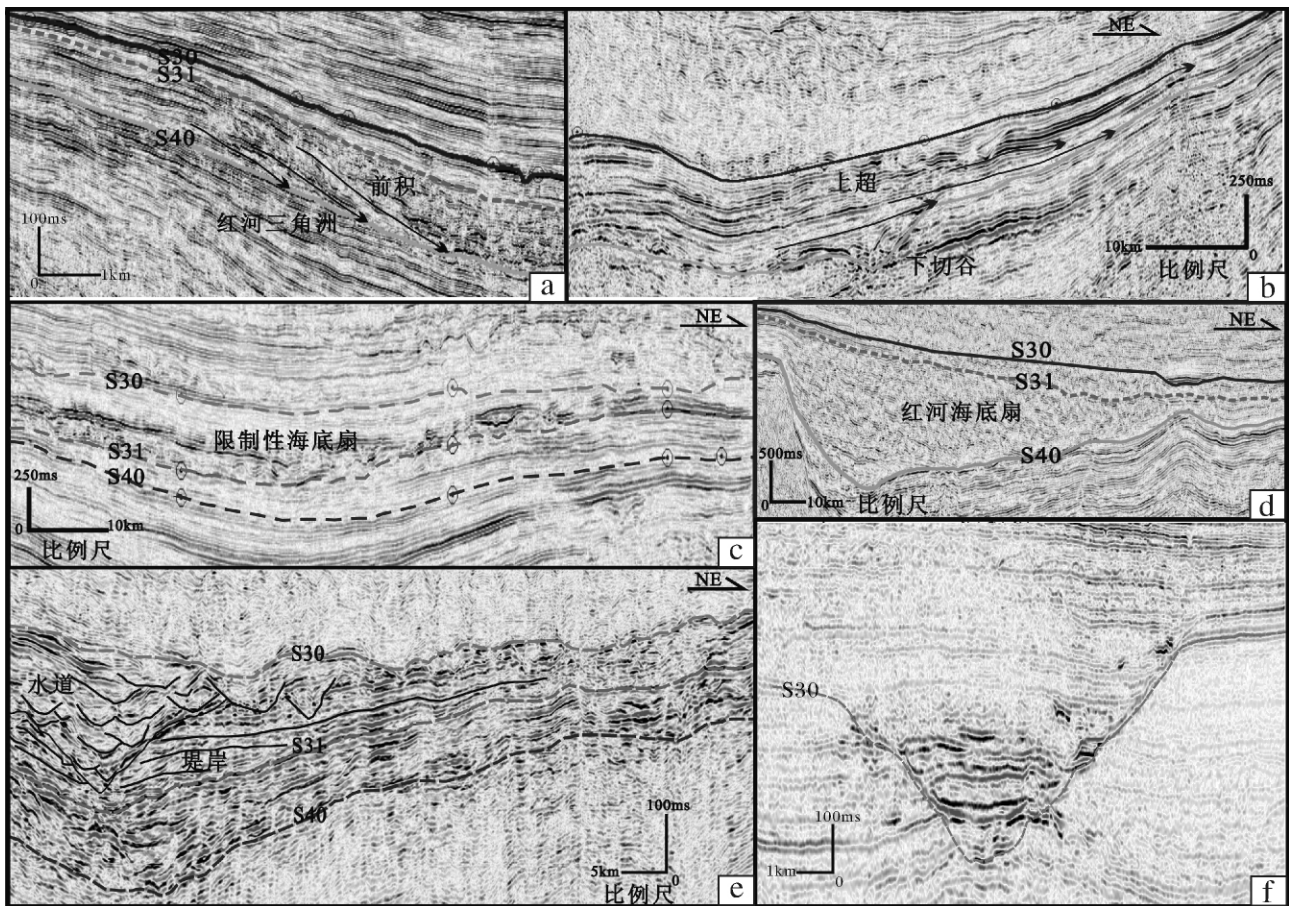


图2 红河沉积体系地震反射特征(剖面位置见图3、图4)

Fig. 2 Seismic profiles showing the seismic expression of Red River Sedimentary System(see Fig. 3 and Fig. 4 for location)

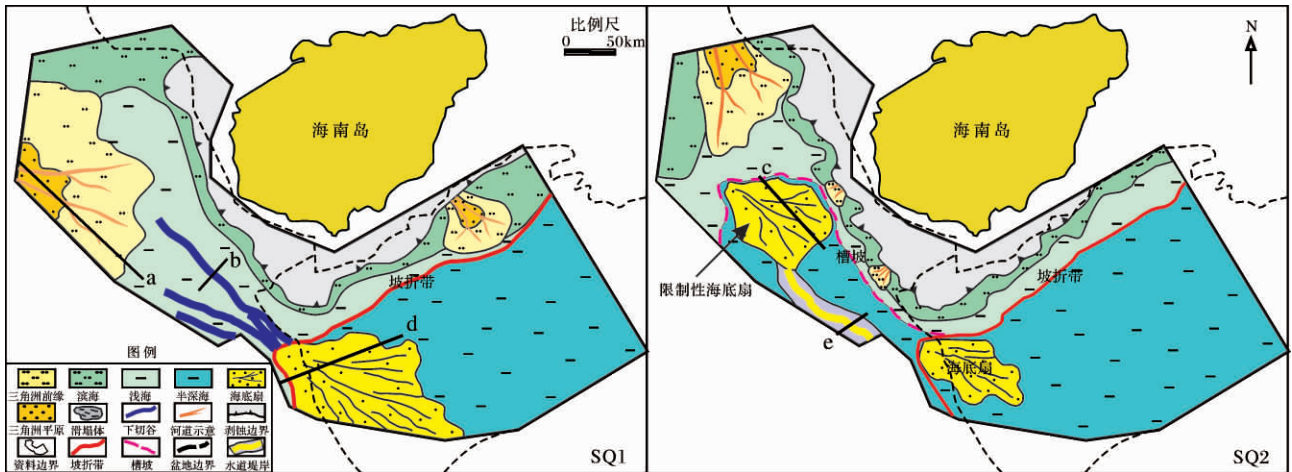


图 3 红河海底扇发育阶段各层序沉积相展布

Fig. 3 Sedimentary facies of each sequence in the development of the Red River submarine fan

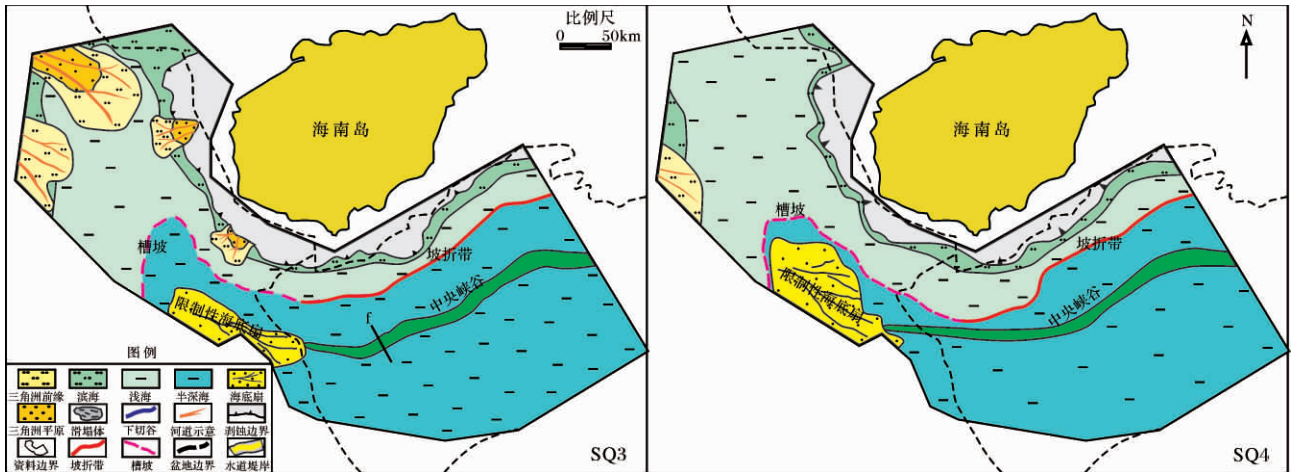


图 4 限制性海底扇—中央峡谷发育阶段各层序沉积相展布

Fig. 4 Sedimentary facies of each sequence in the development of the confined submarine fan and Central Canyon

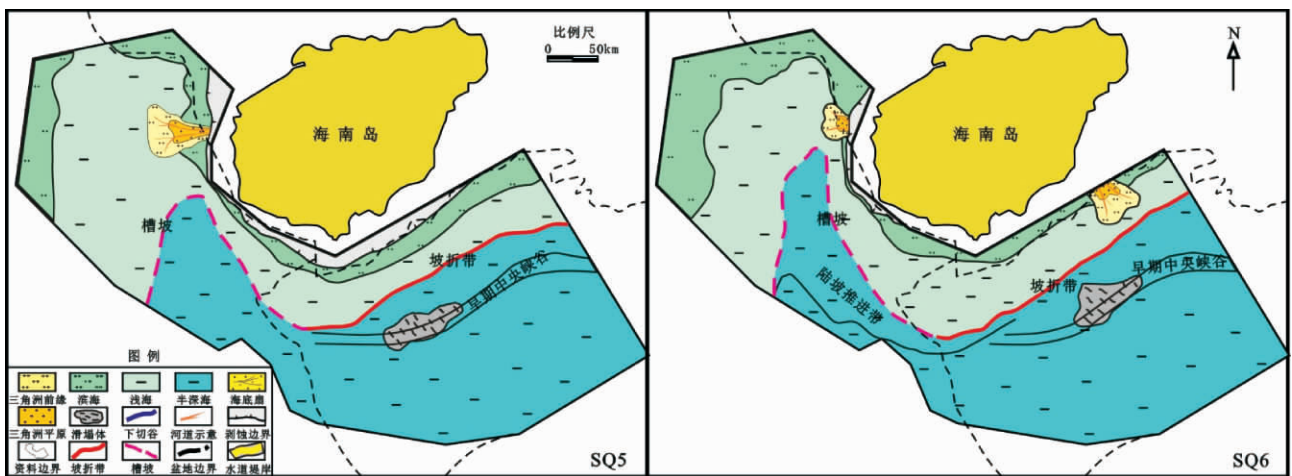


图 5 红河沉积体系衰弱阶段各层序沉积相展布

Fig. 5 Sedimentary facies of the sequences in the weakening of the Red River depositional system

藏高原的东南缘,高原的快速隆升事件必将导致红河水系沉积物的供给能力增强,在红河沉积体系上必将对高原的快速隆升有所响应,同时红河袭夺后红河水系流域减小,沉积物供给能力减弱,这在红河沉积体系上也必将对有所响应,因此研究红河沉积体系的研究也有助于青藏高原隆升历史的恢复以及红河袭夺时间的研究。

5 结论

(1) 红河沉积体系主体包括:三角洲、峡谷水道以及海底扇。地震剖面中可以识别水下水道及海底峡谷、三角洲及海底扇朵体、水道堤岸复合体等沉积单元。

(2) 晚中新世—上新世红河沉积体系可以划分为三个阶段:红河海底扇发育阶段;限制性海底扇—中央峡谷发育阶段;红河沉积体系衰弱阶段。

(3) 红河沉积体系规模巨大,具有较大的油气勘探潜力;此外,深入研究红河沉积体系也有助于与高原隆升相关课题的研究。

参考文献(References)

- 1 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,2011,56(10):781-787 [Wang Yingmin, Xu Qiang, Li Dong, et al. Late Miocene Red River submarine fan, north-western South China Sea [J]. Bulletin of Chinese Science, 2011, 56(10):781-787]
- 2 李冬.南海红河体系沉积过程响应及储层条件研究[D].北京:中国石油大学,2011 [Li Dong. The Response of Sedimentary to Development Processes of Red River System and Reservoirs Analysis in the South China Sea [D]. Beijing: China University of Petroleum, 2011]
- 3 Zhang K X, Wang G C, Ji J L, et al. Paleogene-Neogene stratigraphic realm and sedimentary sequence of the Qinghai-Tibet Plateau and their response to uplift of the plateau [J]. Science in China: Earth Science, 2010, 53: 1271-1294
- 4 张克信,王国灿,骆满生,等.青藏高原新生代构造岩相古地理演化及其对构造隆升的响应[J].地球科学-中国地质大学学报,2010,35(5):687-712 [Zhang Kexin, Wang Guocan, Luo Mansheng, et al. Evolution of tectonic lithofacies paleogeography of Cenozoic of Qinghai-Tibet Plateau and its response to uplift of the plateau [J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 2010, 35(5): 687-712]
- 5 张克信,王国灿,曹凯等.青藏高原新生代主要隆升事件:沉积响应与热年代学记录[J].中国科学:地球科学,2008,38(12):1575-1588 [Zhang Kexin, Wang Guocan, Cao Kai, et al. Cenozoic sedimentary records and geochronological constraints of differential uplift of the Qinghai-Tibet Plateau [J]. Science in China: Series D, 2008, 38(12): 1575-1588]
- 6 刘燕学,侯增谦,王光辉,等.沱沱河盆地古近纪—新近纪盆地演化及青藏高原隆升的沉积响应[J].地学前缘,2011,18(4):65-76 [Liu Yanxue, Hou Zengqian, Wang Guanghui, et al. Basin evolutions of the Tuotuohe River basin and sedimentary response to the uplifting of the Qinghai-Tibet Plateau in the Paleogene-Neogene [J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(4): 65-76]
- 7 王二七.山盆耦合的一种重要形式:造山带及其侧陆盆地[J].科学通报,2004,49(4):370-374 [Wang Erqi. An important coupling mechanism of mountain and lateral foreland basins: Orogeny and basin (in Chinese) [J]. Bulletin of Chinese Science, 2004, 49: 370-374]

Research on Red River Sedimentary System of late Miocene-Early Pliocene, South China Sea

LI Dong^{1,2,3} XU Qiang³ WANG Yong-feng⁴ WANG Ying-min⁵

(1. Research Institute, CNOOC, Beijing 100027;

2. China University of Petroleum(Beijing) Post-doctoral Research Station, Beijing 102249;

3. Research Institute Working Stations for Post Doctors, CNOOC, Beijing 100027;

4. Management Institute, SINOPEC, Beijing 100012;

5. China University of Petroleum(Beijing) College of Geosciences, Beijing 102249)

Abstract: In the northwest of South China Sea, a huge far source Sedimentary System which is called Red River Sedimentary System has been discovered recently. The Red River depositional system refers to "a genetically related combination of a series of deltas, submarine canyon infillings, submarine fans and fine-grained suspension deposits deriving from the terrestrial clastics of the Red River in Neocene". The main body of this depositional system comprises the Red River delta, the Red River submarine fan and the Central Canyon. In order to understand the identify standard and distributing in the plan view, a great deal of 2D seismic profiles has been used. The paper mainly focuses on

the system which is developed during late Miocene to Pliocene. Base on the distributing in the plan view , the development history of the Red River Sedimentary system can be understood. The results show that deltas , channels , submarine canyon , channel-levee complex and lobes can be identified in the Red River Sedimentary system based on the seismic reflection characteristics. According to the combination and spatial distribution features of the Red River sedimentary system , the development history of the system can be subdivided into three stages: SQ1-SQ2 , the formation period of Red River submarine fan , which is characterized by huge submarine fan; SQ3-SQ4 , the development period of the confined submarine fan-Central Canyon , which is characterized by a confined submarine fan developed before the central Canyon; and SQ5-SQ6 , the weakening period of the Red River depositional system , which is characterized by Red River Sedimentary System fading out in the research area , instead of Hainan slope's growing. Red River Sedimentary System derives from Qinghai-Tibetan Plateau uplift. The research is not only beneficial for ascertaining Oil and gas prospecting , but also helpful for rebuilding uplift history of Qinghai-Tibetan Plateau , and answering the question whether Red River capture occurred or not.

Key words: late Miocene-Pliocene; Red River sedimentary system; characterize of seismic; Qinghai-Tibetan Plateau uplift