

Study on the Evolution of Sedimentary Phases at Paleocene and Exploration Prospect at Deepwater of Slope in the Northern South China Sea

Qiji Fu, Jun Yang

Hainan Resources and Environment Survey Institute, Haikou Hainan
Email: fuqiji25@163.com

Received: Aug. 27th, 2019; accepted: Sep. 5th, 2019; published: Sep. 12th, 2019

Abstract

The results of oil and gas exploration indicate that the Paleocene of the continental margin in northern South China Sea, deposited during the rifting stage, is important source rocks. However, due to the restriction of deep water and exploration technology, the level of exploration and geological comprehensive study is very low, especially lacks understanding on the evolution and distribution of the Paleocene among the deepwater slope of northern South China Sea. Based on the seismic data interpretation and the predecessors' research data of deposition in the shelf area of shallow water, and the study of the tectonic movement and evolution of sedimentary since Cenozoic, the author proposes that the process of deposition evolution indicates the rift-stretching evolution from the phase of alluvial to phase of river delta to phase of lake-phase of foreshore the shallow water of sea-phase of half of the deepwater sea, that is the process from the phase of land to the phase of sea. As same as the tectonic background of the sedimentary evolution of the shallow water shelf area, thick source rocks of the Paleocene are largely distributed and there's good exploration prospect of oil-gas in deepwater slope of northern South China Sea.

Keywords

Northern South China Sea, Continental Margin, Paleocene, Evolution of Sedimentary Phases

南海北部陆缘古近系沉积相演化及深水陆坡油气前景分析

符启基, 杨俊

海南省资源环境调查院, 海南 海口
Email: fuqiji25@163.com

收稿日期: 2019年8月27日; 录用日期: 2019年9月5日; 发布日期: 2019年9月12日

摘要

浅水陆架区的油气勘探成果表明, 古近系是南海北部陆缘裂陷期的沉积产物, 是重要的烃源岩层系。但由于水深及勘探技术等多种因素的制约, 南海北部陆缘深水陆坡区的勘探程度及地质综合研究程度非常低, 对古近系地层的沉积相演化及分布情况缺乏认识。本文通过最新深水陆坡区的地震剖面解释资料以及前人浅水陆架区的沉积相研究资料, 结合南海新生代以来的构造运动及演化特征分析, 对南海北部陆缘古近系的沉积相演化及分布特征进行研究, 认为南海北部陆缘古近系的沉积相演化过程反映了一个从冲积相-河流三角洲相-湖相-滨浅海相-半深海相由陆向海的陆缘断陷伸展演化过程, 深水陆坡区和浅水陆架区沉积相演化背景相同, 亦分布着巨厚的古近系地层, 存在良好的烃源岩层系, 未来深水陆坡区存在广阔的油气勘探前景。

关键词

南海北部, 陆缘, 古近系, 沉积相演化

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着陆上油气勘探与开采的难度越来越大, 未来我国的海上油气勘探与开发将会承担国家石油安全的主要责任[1]。中国四大海域中, 南海的面积占了近四分之三, 但其油气的勘探和开采程度十分不均衡, 北部勘探和开采程度相对较高, 但也主要停留在浅水陆架上(水深小于 500 米) [2]。南海北部陆缘包括浅水陆架和深水陆坡。随着国家对油气需求的日益增大以及勘探开发的深入, 深水陆坡的油气勘探程度将会越来越高[3]-[9]。迄今为止, 在南海陆架浅水盆地已发现油气田主要分布于珠江口盆地、琼东南盆地、莺歌海盆地以及北部湾盆地中, 大部分已投入开发, 体现了南海丰富的油气资源潜力[10]。2007 年中石油与哈斯基公司在 1500 m 水深珠江口盆地的荔湾凹陷打了 LW3-1-1 井, 获得了储量超过 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 重大气藏, 增添了油气工作者对深水陆坡具有丰富油气资源潜力的信心[11], 2014 年在琼东南盆地陵水凹陷又发现了千亿方级的陵水 17-2 气田, 已经表明南海北部深水油气已进入成熟的勘探开采期。但由于受水深及勘探技术等多种因素的制约和影响, 深水陆坡盆地的勘探程度及地质综合研究程度非常低, 包括对深水陆坡的展布特征、地层充填特征以及沉积构造演化特征等缺乏研究, 制约了南海北部陆缘油气勘探及开发的进程[12]。南海已有的油气勘探成果表明, 油气的烃源岩主要来自古近系, 所以了解深水陆坡盆地古近系地层的沉积充填及其演化特征就成为下一步南海深水油气勘探的首要任务。本文通过最新在深水区的地震解释剖面以及前人在南海浅水陆架的研究成果, 对古近纪南海北部陆缘沉积相演化及分布特征进行初步研究, 为未来深水区的油气勘探提供理论依据。

2. 区域地质背景

南海属西太平洋最大的边缘海之一, 亦是我国四大海域中唯一具有大洋型地壳的海盆[13], 在构造位置上处于太平洋板块、欧亚板块和印度-澳大利亚板块三者交汇点上, 同时又受特提斯构造域与太平洋构造域的影响, 构造非常复杂[14][15]。

南海北部陆缘的构造带位于华南断褶带的南部, 总体上呈 NE 向(除莺歌海地堑以及北部湾地堑带外)。区域应力场特征分析表明, 燕山活动期(晚白垩世以前), 太平洋板块向欧亚大陆东缘的俯冲, 南海北部陆坡构造特征表现为压剪体系(压扭体系); 晚白垩世, 板块运动格局发生重大变化, 印度板块与欧亚板块发生“硬”碰撞, 对欧亚板块产生了强烈的挤压, 导致华南大陆岩石圈向东南方向蠕散[16][17]; 同时由于西太平洋板块发生俯冲带后撤, 使欧亚大陆东南边缘发生裂陷扩张。新生代南海北部陆缘共发生了四次大的构造运动: 神狐运动、珠江运动(包括一幕和二幕)、南海运动及东沙运动, 其中神狐运动和珠江运动是导致南海北部陆坡张裂的运动, 这期间沉积了巨厚的古近系地层, 后两次是拗陷期的构造运动。在这四次构造运动的影响上, 从而形成了现今东南西分块, 南北分带以及隆凹相间的盆地构造格局(图 1)。

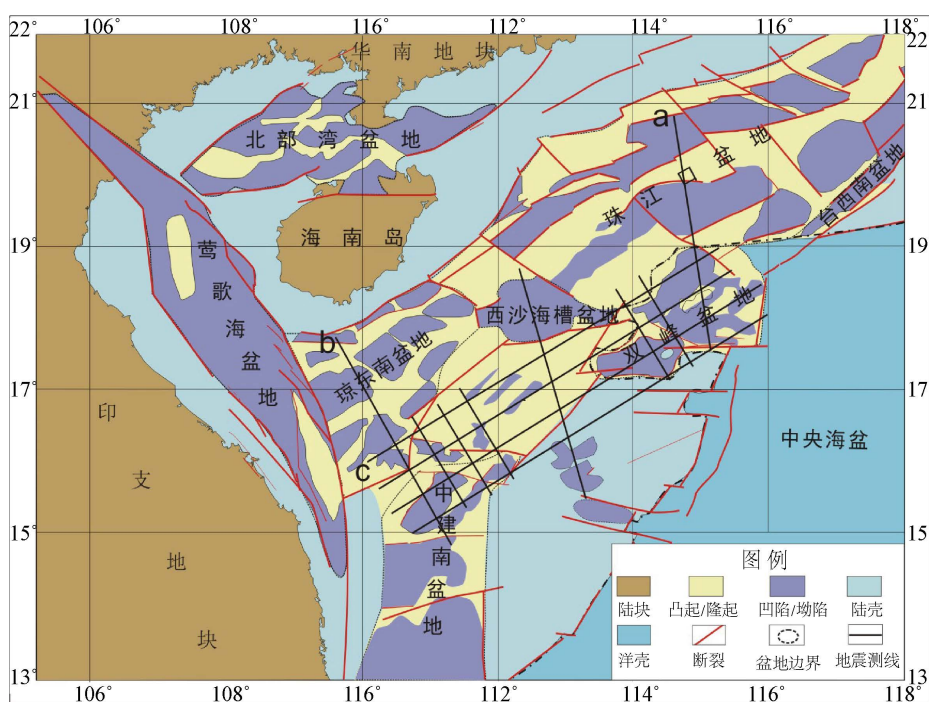


Figure 1. The main basin structure of continental slope in the north of the South China Sea
图 1. 南海北部陆坡主要盆地结构图

3. 南海北部陆缘地层发育特征

南海北部陆缘包括浅水陆架和深水陆坡两个单元, 其盆地主要可分为两类[18][19][20], 一类是裂陷型盆地, 如北部湾盆地、琼东南盆地和珠江口盆地, 另一类是走滑拉分型盆地, 如莺歌海盆地和中建南盆地。陆坡是陆架的延伸, 两个单元中的两类盆地都是在中生代基底上发育起来的新生代沉积盆地, 在盆地的结构以及构造特征上有相似性, 但各盆地地层发育各有特点[21]。通过对陆缘各盆地的地层对比分析可知, 虽然各盆地在裂陷的时间上有先后, 沉积厚度不均一, 但整体上在地层的沉积序列上具有一致性, 以白垩纪花岗岩、变质岩以及火山碎屑岩等杂岩体为基底, 其上从河流三角洲相的砂砾岩夹粉砂岩、

泥岩沉积过渡到浅湖、深湖相的泥页岩夹粉砂岩沉积, 在古近纪晚期各大盆地逐渐过渡至滨浅海相的泥页岩、粉砂岩沉积。整个沉积序列反映了南海陆缘新生代张裂, 由陆向海过渡的过程(图 2)。

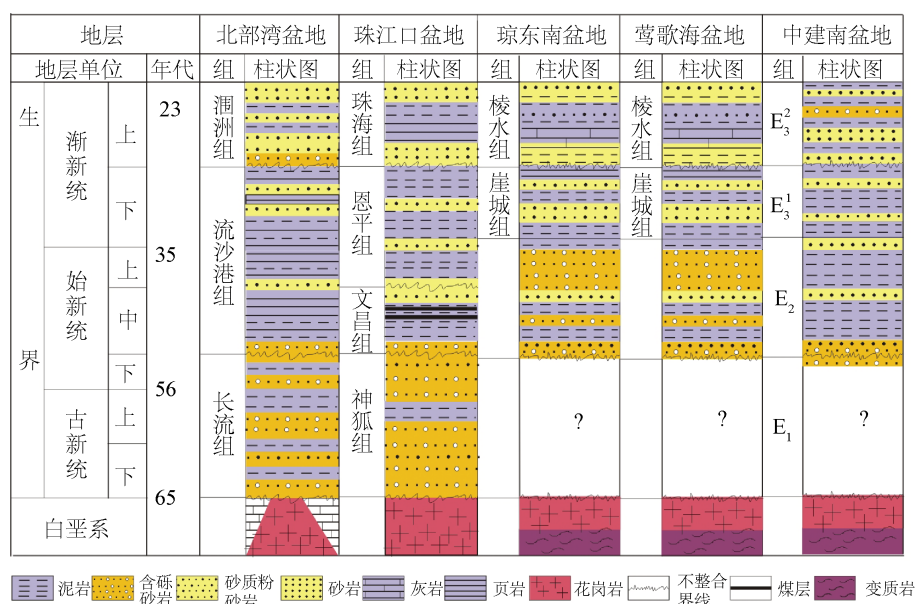


Figure 2. Comprehensive correlation map of paleogene strata in the northern continental margin basin of the South China Sea (revised according to Yan Yi *et al.* [22])

图 2. 南海北部陆缘盆地古近系地层综合对比图(据闫义等[22], 有修改)

4. 南海北部陆缘沉积相演化及分布特征

中生代末到新生代初, 燕山造山运动结束, 南海北部构造应力场改变, 由挤压转向拉伸。晚白垩世神狐运动发生, 南海北部的大陆岩石圈向东南方向蠕散[16], 北部陆缘裂陷扩张开始。对于南海北部陆缘的沉积相演化特征, 前人也作过相应的研究, 但由于缺乏深水陆坡的资料, 只能停留于浅水陆架上, 并且大多以盆地作为单元进行研究, 缺乏整体性。本文根据深水陆坡最新采集的地震资料(图 3), 结合前人浅水陆架的层序地层研究成果以及南海北部区域地质背景等相关资料, 对整个南海北部陆缘古近系的沉积相演化及其分布进行探讨。

4.1. 古新世沉积相演化及分布特征

古新世是南海北部陆缘裂陷的最初阶段, 神狐运动产生了一系列 NE 向的断裂带, 这些断裂带控制着南海北部陆缘的地层充填特征。这时期珠江口盆地与琼东南盆地相连在一起, 主要为河流相充填, 中间发育一系列北东向相互独立的浅湖相沉积[23]。随着珠江口盆地与琼东南盆地东南向的拉伸, 南海北部西缘的莺歌海盆地也开始剪切拉伸, 同时北部湾盆地和中建南盆地也开始裂陷充填[24]。珠江口盆地和北部湾盆地分别充填了神狐组及长流组, 而莺-琼盆地及中建南盆地未钻遇, 推测为砂岩夹火山碎屑岩沉积。南海北部陆缘主要围绕裂陷位置发育河流相、冲积相以及浅湖相沉积, 浅湖相位于裂陷的中心部位, 主要为富含有机质的泥岩夹细砂岩组成, 河流相发育于浅湖相的周围, 面积大, 主要为砂岩及粉砂岩组成, 冲积相位于裂陷的边缘, 主要为粗砂岩及火山碎屑岩杂层。这时期南海北部陆缘的沉积总体上呈四周向裂陷中心环绕式、串珠状充填, 现今的陆架和陆坡连在一起, 没有严格的分别, 物源主要来源于裂陷带的周围剥蚀区(图 4)。

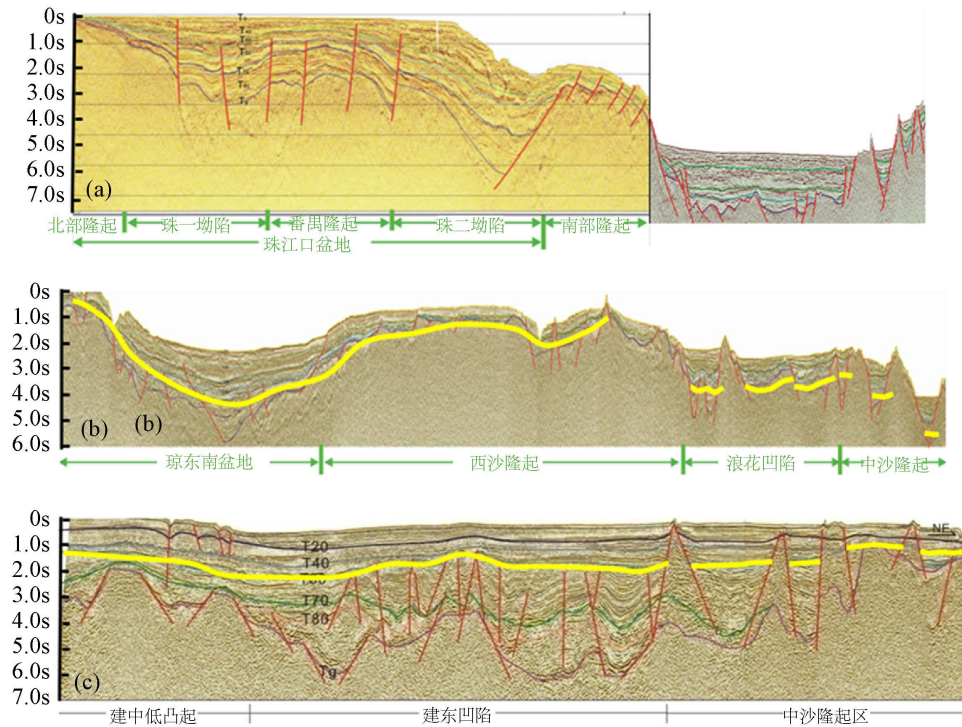


Figure 3. The seismic profile characteristics of the northern South China Sea (Note: the paleogene strata below the yellow line to the basement and the section positions are shown in **Figure 1**)
图 3. 南海北部地震剖面特征(注: 黄色线以下至基底部分为古近系地层, 剖面位置见图 1)

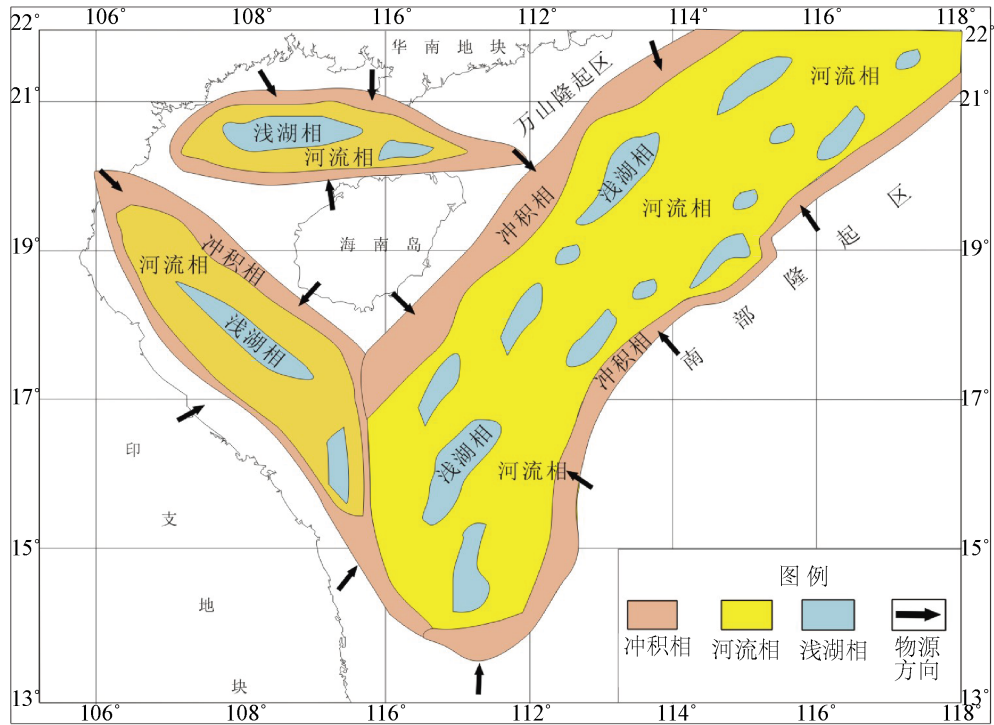


Figure 4. The cenozoic paleocene sedimentary facies map of the northern continental margin of the South China Sea
图 4. 南海北部陆缘新生代古新世沉积相图

4.2. 始新世沉积相演化及分布特征

早始新世, 受珠琼运动一幕影响, 北部陆缘东边的珠江口盆地抬升并遭受剥蚀, 盆地从而形成彼此分离的南、北两个断陷带, 断陷的深度和面积增大, 此期主要为湖相和沼泽相的灰黑色泥岩夹砂岩, 局部发育三角洲相砂岩, 现今陆坡区的白云凹陷成为了沉积中心, 表现为裂陷强, 沉积物厚度大的特点; 中部的琼东南盆地早始新世由于当时分割性强, 多个小而孤立的断陷接受河流、湖泊相沉积, 物源则以近、短、多向供给于凹陷内, 沉积物主要由一套灰白色砂砾岩、泥岩及深灰色页岩、油页岩组成, 现今琼东南盆地南边陆坡的华光凹陷成为沉积中心; 北部湾盆地早始新世由于边缘及盆内断裂的活动导致了海中、濠西南纪家乐民、乌石、迈陈和海头北等 6 个凹陷区的形成, 这一时期的沉积物类型主要为冲积扇、辫状河及滨浅湖沉积; 莺歌海盆地始新世走滑拉分作用进一步加强, 湖相沉积面积加大, 沉积中心向南东方向迁移, 西北部主要发育冲积相; 中建南盆地依然以河流-三角洲相沉积为主, 中间发育有浅湖相, 但面积不大, 局部有深湖相和沼泽相, 形成南北两个沉积中心, 岩性以河流-三角洲相的砂砾岩、湖相的泥岩来粉砂岩为主。物源主要为西边的印支地块以及东边高地的剥蚀区。

中晚始新世以后, 珠琼运动二幕开始, 南海北部陆缘主要为早始世的继承性裂陷沉积, 表现为湖相面积进一步扩大, 河流三角洲相缩小, 南部隆起区高度下降。

始新世南海北部陆缘沉积相总的特征为裂陷进一步扩大, 各主要盆地的雏形在这时期基本形成, 河流-三角洲相沉积面积逐渐缩小, 浅湖相面积加大, 水深也加大, 物源更加集中, 主要为北部的隆起剥蚀区以及河流碎屑物的注入。这时期陆架与陆坡两个单元已经很明显, 沉积物有机质丰富, 特别是湖相沉积的泥页岩, 成为南海北部陆缘重要的烃源岩层系。南部虽然仍为隆起区, 现在双峰盆地所处的位置依然为剥蚀区, 但随着地壳的减薄拉伸以及地幔对岩石圈的底侵作用, 隆起区开始下降, 逐渐没入水中(图 5)。

始新世是南海北部陆坡快速裂陷充填时期, 沉积的物源主要仍为周边的高地剥蚀区, 但物源开始趋向集中, 古珠江水系、红河水系携带的富含有机质碎屑岩成为重要的烃源岩。

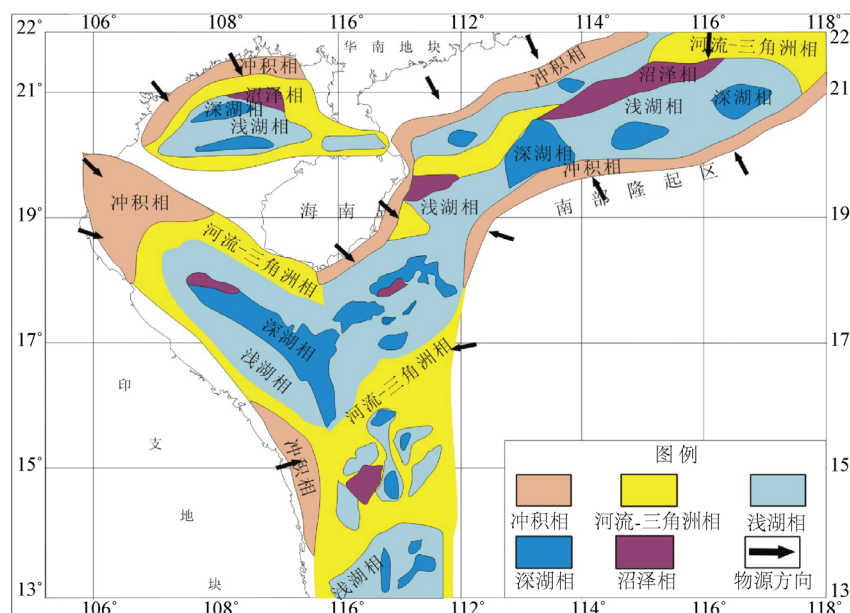


Figure 5. The cenozoic eocene sedimentary facies map of the northern continental margin of the South China Sea

图 5. 南海北部陆缘新生代始新世沉积相图

4.3. 渐新世沉积相演化及分布特征

早渐新世, 南海北部陆缘东边的珠江口盆地延续着始新统恩平组的沉积, 南部开始与海连通, 珠江 I 拗陷湖盆扩大, 水体变浅, 沉积相主要为浅湖—沼泽相, 岩性为灰黑色泥岩与砂岩互层夹煤层, 从这时开始, 物源主要从北边的古珠江口源源不断的注入, 南边从开始接受海岸平原相沉积; 中间的琼东南盆地处于崖城组沉积期, 盆地进一步拉张断陷, 海水侵入, 沉积范围扩大, 以出现较多海岸平原含煤的海陆过渡相沉积为特点, 盆地内多个半地堑由沉积物楔所冲填, 在盆地基底缓倾斜末端表现出特征的超覆, 并在另一端向断层中断, 基准面上半旋回发育期, 盆地主要受边界断层的控制, 在生长断层的内侧形成冲积扇、近岸扇、及扇三角洲沉积, 在缓坡发育有下切河道、辫状河三角洲、斜坡扇等沉积体系。扇三角洲沉积, 岩性为粉砂岩及泥页岩, 冲积扇、洪积扇岩性主要为含砾砂岩夹泥岩; 西北边的北部湾盆地沉降速率和沉积物的堆积速率都有所增加, 岩性上表现出租—细—粗的韵律, 主要为扇三角洲、滨浅湖及河流沉积, 这时期沉积的地层依然为流沙巷组; 陆缘西边的莺歌海盆地进一步拉裂, 海水侵入, 原来沉积的湖相变为浅海相, 东边与琼东南盆地相连通, 浅海相呈狭长的 NW 向展布, 并且沉积中心逐渐向南东方向迁移, 边缘发育滨海相及河流三角洲相, 物源主要来自红河从北边高地带来的碎屑物, 有机质丰富, 为重要的烃源岩层系, 红河入海处发育冲积相; 陆缘西南边的中建南盆地这时期河流三角洲相范围缩小, 裂陷带进一步扩大, 裂陷中心湖水进一步加深, 沉积了一套富含有机质的湖相泥页岩。

晚渐新世, 南海运动发生, 珠江口盆地裂陷沉积阶段结束, 盆地从此开始从陆相向海相沉积过渡, 率先从裂陷阶段进入拗陷阶段。这时期海水大规模从南向北侵入, 沉积相主要为三角洲相、滨浅海相, 岩性底部为碎屑岩, 中上部为泥岩夹粉砂岩, 并且在隆起的边缘和台地上形成了生物礁和碳酸盐岩, 物源仍主要来自北部, 以河流相和三角洲相注入珠江口盆地, 南边海相沉积面积扩大, 接受滨浅海相沉积 [25]; 陆缘中部的琼东南盆地的裂陷活动主要沿 NE 向和 EW 向断陷发生, 而 NW 向断陷的裂陷则逐渐减弱, 垂向差异运动也开始减弱, 并逐渐被区域沉降所代替, 因海侵和断块掀斜作用, 盆地的沉积范围扩大, 地形高差增大, 沉积物供应量增多, 导致各凹陷中心的沉积速率加大, 沉积厚度增大, 但凹陷边缘则沉积减少, 沉积相类型包括海岸平原、扇三角洲、滨海、浅海相, 物源有所减弱, 主要来自北边的隆起区, 这时期对应的沉积地层为陵水组 [26]; 陆缘西北边的北部湾盆地凸起范围缩小, 沉积以河流平原相为主, 对应的沉积地层为涠洲组。在沉积物中除见有腹足类、瓣腮类和一些孢粉外, 还发现有海绿石和有孔虫等海相矿物及化石, 说明在渐新世中晚期本区已遭受海侵(康西栋等, 1994), 物源主要来自北边的华南陆块; 西南边的中建南盆地这时期海水侵入, 发育了一套海陆过渡相沉积地层, 岩性为泥页岩夹砂岩, 此时沉积中心位于盆地北部, 南部主要为河流三角洲相, 此期物源供给有所减弱, 主要通过周缘的河流汇入 [27]。

总之, 渐新世是南海北部海陆过渡相沉积阶段, 沉积相特征表现为早渐新世湖相面积加大, 湖水加深, 凸起面积缩小, 至晚渐新世, 南部由于拉伸作用及岩石圈拆沉作用逐渐没入水中, 与广海相连, 双峰盆地在洋壳的基底上开始接受海相沉积(图 6)。中晚渐新世, 南海运动造成南海北部区域性抬升、剥蚀, 伴有断裂和岩浆活动, 南海运动之后, 南海地壳由于冷却而发生区域沉降使陆架盆地由断陷、断拗向拗陷转化进入裂后沉降阶段, 南海北部陆坡开始接受广海沉积。现今的深水陆坡区这时期总体上已经过渡为浅海相的沉积。

5. 深水陆坡油气前景分析

从以上沉积相演化特征可知, 古近纪南海北部陆缘浅水陆架与深陆坡沉积是在相同的构造背景下发育起来的, 其沉积演化过程具有相似的特征。

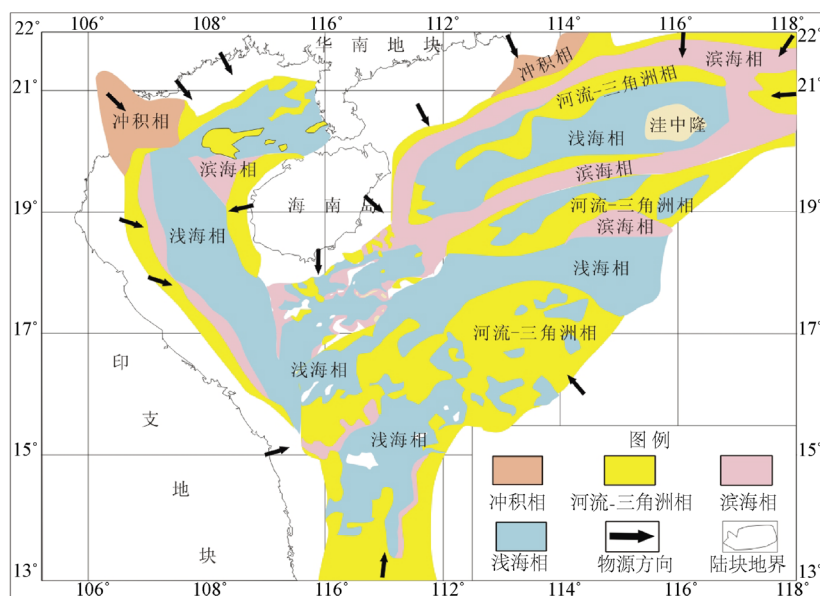


Figure 6. The cenozoic oligocene sedimentary facies map of the northern continental margin of the South China Sea

图 6. 南海北部陆缘渐新世沉积相图

南海北部已有的油气勘探结果表明, 烃源岩主要来自于古近系的湖沼相泥页岩, 所以深水陆坡的油气勘探前景很大程度上取决于古近系地层的分布范围及沉积厚度。从南海北部陆缘古近系沉积等厚图(图7)可以看出, 深水陆坡区(500 m 等深线以南)分布着比浅水陆架区范围更广、沉积厚度更大的古近系地层, 所以, 南海北部深水陆坡区应该具有广阔的油气勘探前景, 珠江口盆地和琼东南盆地的南部、中建南盆地北部以及西沙海槽盆地等都是未来油气勘探的主要目标。

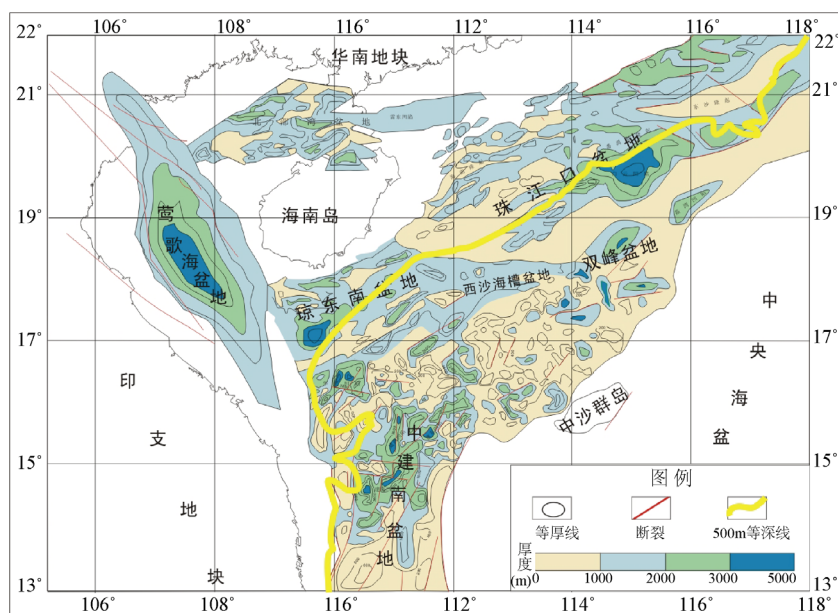


Figure 7. The isopachous sedimentary map of the paleogene in the continental margin of the northern South China Sea

图 7. 南海北部陆缘古近系沉积等厚图

6. 结论与认识

1) 南海北部深水陆坡区与浅水陆架区的地层发育特征相似, 古近纪沉积相演化总体上经历古新统河流-三角洲相、始新统浅湖-半深湖相以及渐新统海陆过渡相, 反映了一个从冲积相-河流三角洲相-湖相-滨浅海相-半深海相由陆向海的陆缘断陷伸展演化过程。

2) 裂陷初期的物源主要来自裂陷带的周围, 以河流为主要运移通道, 在湖泊处沉积, 以富含有机质的碎屑岩沉积为主, 而裂陷后期, 物源主要来自北部的隆起剥蚀区, 古珠江水系和红河水系在碎屑物的长距离搬运上起着重要的作用。这种物源特征为古近系成为重要的烃源岩层系奠定了基础。

3) 南海北部深水陆坡区是浅水陆架区的延伸, 存在分布范围广阔、沉积巨厚的古近系沉积地层, 在裂陷期广泛发育的湖沼相泥页岩是重要的烃源岩层系, 未来珠江口盆地和琼东南盆地的南部、中建南盆地北部以及西沙海槽盆地等区域是油气勘探的重要靶区, 有广阔的油气勘探前景。

参考文献

- [1] 李文浩, 张枝焕, 李友川, 张功成, 傅宁. 世界深水含油气盆地烃源岩的发育特征及对中国南海北部深水区烃源岩的启示[J]. 中国地质, 2014, 41(5): 1673-1681.
- [2] 张强, 贺晓苏, 王彬, 孙国忠. 南海沉积盆地含油气系统分布特征及勘探潜力评价[J]. 中国海上油气, 2018, 30(1): 40-49.
- [3] 邓运华. 试论中国南海两个盆地带油气地质差异性[J]. 中国海上油气, 2016, 28(6): 1-8.
- [4] 米立军, 柳保军, 何敏, 庞雄, 刘军. 南海北部陆缘白云深水区油气地质特征与勘探方向[J]. 中国海上油气, 2016, 28(2): 10-22.
- [5] 陈国达. 东亚陆缘扩张带——一条离散式大陆边缘成因的探讨[J]. 大地构造与成矿学, 1997, 21(4): 285-293.
- [6] 邱燕, 温宁. 南海北部边缘东部海域中生界及油气勘探意义[J]. 地质通报, 2004, 23(2): 142-146.
- [7] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 秦德余. 中国大地构造及其演化[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [8] 张文佑. 断块构造导论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1984.
- [9] Ben Avraham, Z. and Uyeda, S. (1973) The Evolution of the China Basin and the Mesozoic Paleogeography of Borneo. *Earth and Planetary Science Letters*, **18**, 365-376. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(73\)90077-0](https://doi.org/10.1016/0012-821X(73)90077-0)
- [10] 龚再升, 李思田, 杨甲明, 等. 南海北部大陆边缘盆地油气成藏动力学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [11] 米立军, 张忠涛, 庞雄, 刘军, 张博, 赵庆, 冯轩. 南海北部陆缘白云凹陷油气富集规律及主控因素[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(5): 902-913.
- [12] 张功成, 屈红军, 刘世翔, 谢晓军, 赵钊, 沈怀磊. 边缘海构造旋回控制南海深水区油气成藏[J]. 石油学报, 2015, 36(5): 533-545.
- [13] 薛万俊. 南海地貌图[M]//何廉声, 等, 主编. 南海地质地球物理图集. 广州: 广东省地图出版社, 1987.
- [14] Karig, D.E. (1971) Origin and Development of Marginal Basins in the Western Pacific. *Journal of Geophysical Research*, **76**, 2543-2561. <https://doi.org/10.1029/JB076i011p02542>
- [15] 李思田, 林畅松, 张启明, 杨士恭, 吴培康. 南海北部大陆边缘盆地幕式裂陷的动力过程及 IOMa 以来的构造事件[J]. 科学通报, 1998, 43(8): 797-806.
- [16] 夏斌, 崔学军, 张宴华, 等. 南海扩张的动力学因素及其数值模拟讨论[J]. 大地构造与成矿学, 2005, 29(3): 328-333.
- [17] 方念乔, 姚伯初, 万玲, 等. 华南和南海北部陆缘岩石圈速度结构特征与沉积盆地成因[J]. 地球科学, 2007, 32(2): 147-154.
- [18] 符启基, 蔡周荣, 马驰. 南海形成演化综合模式的初步探讨[J]. 海洋地质动态, 2007, 23(9): 1-7.
- [19] 刘昭蜀. 南海地质构造与油气资源[J]. 第四纪研究, 2000, 20(1): 69-77.
- [20] 姚伯初, 曾维军, 等. 中美合作南海调研报告[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
- [21] 龚再升, 李思田, 等. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [22] 闫义, 夏斌, 林舸. 南海北缘新生代盆地沉积与构造演化及地球动力学背景[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005,

25(2): 53-61.

- [23] 姚伯初. 南海海盆在新生代的构造演化[J]. 南海地质研究, 1991(3): 9-23.
- [24] 康西栋, 赵文翠, 潘治贵, 等. 北部湾盆地层序地层格架及其内部构成[J]. 地球科学, 1994, 19(4): 493-502.
- [25] 江德昕, 杨秋惠. 珠江口盆地早第三纪油源岩形成环境[J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 469-474.
- [26] 李绪宣, 刘宝明, 赵俊青. 琼东南盆地古近纪层序结构、充填样式及生烃潜力[J]. 中国海上油气, 2007, 19(4): 217-223+239.
- [27] 高红芳, 白志琳, 郭依群. 南海西部中建南盆地新生代沉积相及古地理演化[J]. 中国海上油气, 2000, 14(6): 411-416.