

李振升, 蔡嵩, 靳瑶瑶, 等. 珠江口盆地番禺低隆起新生代断裂体系及油气成藏潜力[J]. 海洋地质前沿, 2024, 40(3): 38-47.

LI Zhensheng, CAI Song, JIN Yaoyao, et al. Cenozoic fault characteristics and hydrocarbon accumulation potential of the Panyu Low Uplift in the Pearl River Mouth Basin[J]. Marine Geology Frontiers, 2024, 40(3): 38-47.

珠江口盆地番禺低隆起新生代断裂体系及 油气成藏潜力

李振升^{1,2}, 蔡嵩^{1,2}, 靳瑶瑶^{1,2}, 许新明^{1,2}, 梁杰^{1,2}

(1 中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 深圳 518054; 2 中海石油深海开发有限公司, 深圳 518054)

摘要: 番禺低隆起的油气勘探潜力受新生代断裂体系控制, 目前对其断裂特征和演化过程的研究较为匮乏。利用覆盖番禺低隆起的三维地震资料, 对研究区的结构特征、断裂平面展布、断裂剖面变形样式等进行分析; 定量计算了新生代以来各洼陷边界断裂的活动速率, 划分了断裂活动期次; 对研究区新生代演化过程进行了复原, 分析了不同时期断裂发育的动力学成因。结果表明: 番禺低隆起各洼陷均为“南断北超”结构, 控洼断裂沿走向的不连续导致洼陷具有多个沉积中心; 控洼断裂新生代活动可划分为初始裂陷期、加速裂陷期、裂后拗陷期、构造复活期和构造平静期; 其中, 文昌组沉积期和韩江组下段沉积期为断层活动的两大高峰期; 番禺低隆起新生代断裂的发育受到基底先存断裂的严格控制, 断裂走向自深到浅发生顺时针偏转, 与南海区域应力场的偏转密切相关。裂陷期断裂活动强烈, 使得番禺低隆起具备发育优质烃源岩的潜力。

关键词: 番禺低隆起; 断裂特征; 活动期次; 构造演化; 沉降中心

中图分类号: P736; P744.4;

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2023.038

0 引言

番禺低隆起位于珠江口盆地中央隆起带, 处于陆架-陆坡转换区和隆起-凹陷的过渡部位, 随着坡折带迁移, 构造地貌和断裂发育特征、活动期次和强度等在不同时期表现不同。前人对番禺及其周边构造单元如恩平凹陷、白云凹陷和陆丰凹陷等的断裂特征和演变过程等方面已经进行了较多研究^[1-6], 揭示新生代发育 NW 向和 NE 向两组断裂, 断裂活动性在裂陷期强烈, 裂后期减弱; 但亦有研究表明, 不同构造带断裂活动期次有所差异, 番禺周边构造带在裂后沉降期经历了构造复活, 断层活动有所增强^[7]。但是对于番禺低隆起, 由

于其内部凸凹相间结构复杂, 且隆起之上裂陷期地层分布范围局限, 因此, 以往的研究对其没有足够重视, 尤其是断裂变形和演化方面的研究非常薄弱。断裂体系对油气成藏有重要控制作用^[8-9]。番禺低隆起新生代的断裂特征和演化, 尤其是主干控洼断裂的展布和不同阶段的活动强度, 不仅在很大程度上控制着残洼内是否有优质烃源岩发育, 对该地区圈闭发育、油气运移和成藏期次等亦有重大影响。目前仅对番禺低隆起西北缘的番禺 4 洼进行了构造变形分析^[7, 10], 而专门针对番禺低隆起内部新生代断裂特征和演化期次的研究十分匮乏, 这极大限制了油气勘探向隆起之上残洼等新领域的拓展。鉴于此, 本文基于覆盖整个番禺低隆起及其邻区的三维地震资料, 分析了番禺低隆起的结构特征、断裂展布和样式、活动期次、演化过程和动力机制, 以及该区的油气成藏潜力。通过本文研究, 以期深化对番禺低隆起构造变形特征的认识, 为进行区域构造对比及下一步油气勘探提供依据。

收稿日期: 2023-02-24

资助项目: 中海石油公司前瞻基础研究项目“珠一坳陷隐伏断裂带特征及其控洼控藏作用研究”(KJQZ-2023-2001)

第一作者: 李振升(1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事油气成藏方面的研究工作. E-mail: lizhsh11@cnooc.com.cn

1 区域地质概况

珠江口盆地位于南海北部大陆边缘, 整体呈 NE 向展布, 自北向南由浅水陆架区过渡为深水陆坡区。盆地内部结构复杂, 呈现“隆拗相间”的构造格局, 其中, 拗陷充填古近系文昌组—恩平组, 而隆起大部分区域仅充填渐新统珠海组—第四系, 拗陷和隆起内部又可划分多个次级构造单元(图 1)。番禺低隆起位于盆地中部的中央隆起带, 西为神狐—暗沙隆起, 东为东沙隆起, 南、北分别为白云凹陷和恩平凹陷^[11-12]。珠江口盆地自新生代以来, 经历了包括晚白垩世—古新世神狐运动、古新世—始新世珠

琼运动一幕、始新世—渐新世珠琼运动二幕、渐新世中期南海运动及中中新世—晚中新世东沙运动等在内的多期构造活动的叠加改造^[13-14]。受控于珠江口盆地的构造演化^[15-17], 番禺低隆起新生代以来经历了多期构造演化, 整体分为断陷和拗陷两大演化阶段, 形成了下断上拗、先陆后海的构造沉积响应特征^[18]。番禺低隆起自新近系以来处于三角洲、滨岸和陆棚环境, 自下而上发育始新统文昌组、上始新统一下渐新统恩平组、上渐新统珠海组、下中新统珠江组、中中新统韩江组、上中新统粤海组、上新统万山组和第四系, 主要含油气层位为珠江组、珠海组及粤海组(图 2)。

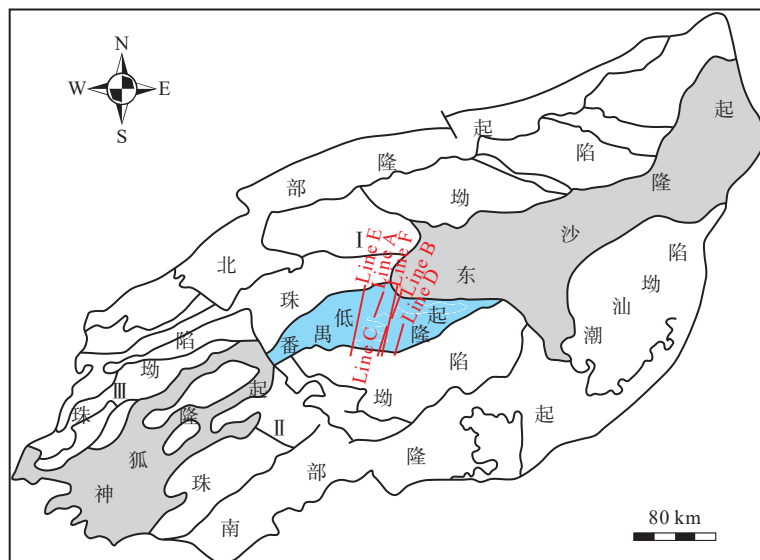


图 1 番禺低隆起区域构造及地震测线位置

Fig.1 Structural location of the Panyu Low Uplift and the seismic lines

2 番禺低隆起断裂体系发育特征

番禺低隆起基底地貌图显示其内部结构并不均一, 可划分为番禺 15、番禺 24、番禺 27 和番禺 29 四个洼陷。这些洼陷均呈现出近 EW 走向的狭长带状形态, 且均为受北倾的边界主干断层控制的“南断北超”结构(图 3)。4 个洼陷中, 番禺 15 洼和 27 洼的控洼断裂沿走向连续性较差, 番禺 24 洼控洼断裂连续性较好。

2.1 断裂平面展布特征

番禺低隆起新生代断裂的形成演化, 受控于珠江口盆地多期成盆过程的改造。番禺地区的断裂

体系表现为多期次和多方位的叠加, 不同层系的断裂展布特征也存在差异。

在对三维地震资料解释的基础上, 分别编制了番禺低隆起 Tg、T80、T70 三个层面的断裂系统图(图 4)。根据断裂对研究区的洼陷结构和沉积作用的控制作用, 将断裂级次划分为三级: 一级断裂为番禺低隆起内部各洼陷的边界断裂, 控制着洼陷沉积中心的展布; 二级断裂位于洼陷内部, 切割洼陷对其结构有明显改造, 使其具多个沉积中心, 这些断裂的差异活动导致洼陷沿走向具有分段性; 三级断裂为对洼陷形态和沉积控制作用微弱的小规模断裂。3 个层位的断裂系统图显示, 一级断裂呈弧形弯曲, 走向多为近 EW 或 NWW 向, 倾向为 N 或 NNE 向; 二级断裂的走向多为近 EW 或 NEE 向, 三

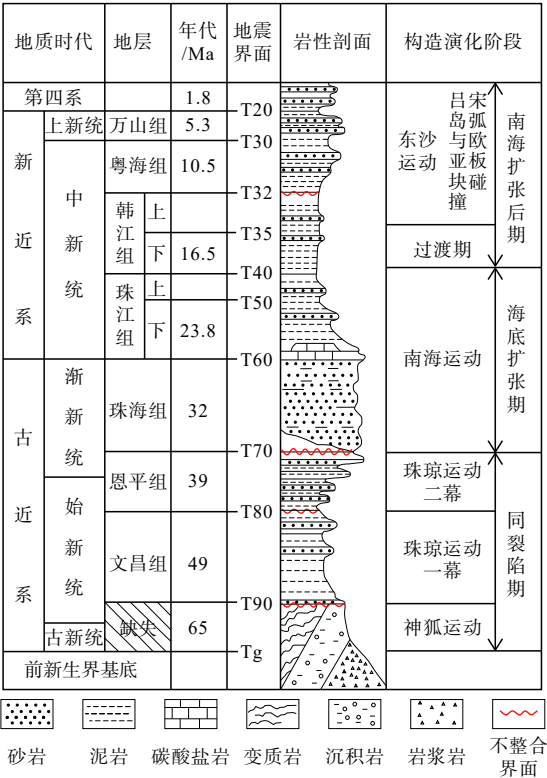


图 2 番禺低隆起新生代地层柱状图
Fig.2 Cenozoic stratigraphic histogram of the Panyu Low Uplift

级断裂绝大部分为 NW 走向,少数为 NE 走向。这与周缘构造带如西江凹陷、陆丰凹陷等断裂的优势走向有较大不同。番禺地区不同层位断裂的发育特征也有所差异,由深到浅一级控洼断裂由连续变为分段;二级断裂在 Tg 和 T80 界面数量较多,T70 界面断裂减少;三级断裂数量变化明显,T80 界面三

级断裂最为发育。断裂在不同界面的展布和发育特征表明:由深至浅,主干断裂的连续性发生破坏,部分断裂向上扩展过程中发生了消亡,而次级断裂随着裂陷作用的持续,不断增多。

2.2 断裂剖面变形特征

过番禺低隆起的地震剖面(图 5)显示,番禺低隆起 4 个洼陷一级主干断裂均表现为铲式特征,在铲式断层的上盘,常发育典型的滚动背斜。主干断裂与浅层的次级断裂组合样式呈现多米诺式和“y”型似花状,其中多米诺式断裂组合常将洼陷分割,使其具有多个沉积中心,而“y”型似花状断裂组合对洼陷的结构改造作用较弱。在番禺 27 洼,控洼断层的上盘发育多条反向调节断层,主次断裂组合呈“包心菜”样式。根据各级断裂所切割的层位,可将断层划分为 3 类:①长期活动型断层,番禺低隆起各洼陷的边界断层均属于这类断层,从前古近系基底向上一切切割至晚中新统粤海组;②后期消亡型断层,这类断层属于形成时间较早的基底断裂,但在新生代以来的构造活动中,没有发生继承性活动,部分断层向上拓展过程中终止于新生界盆地基底面附近,或终止于恩平组或珠海组层序内部;③晚期活动型断层,这类断层形成时间较晚,主要切割浅部地层,多向下切割至珠江组上段(T50—T40)。地震资料显示多数晚期活动的次级断裂终止于珠江组上段,可能是该层岩性泥质含量丰富,塑性相对较高所致。

断层走向玫瑰花图可反映不同时期断层走向

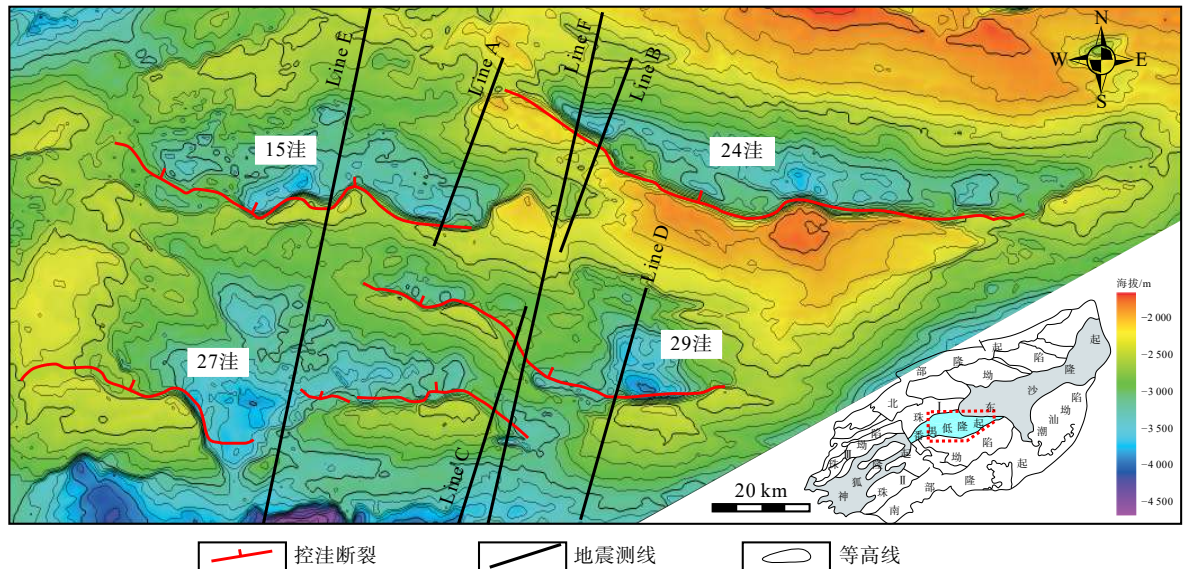


图 3 番禺低隆起基底地貌
Fig.3 Landform of the basement in the Panyu Low Uplift

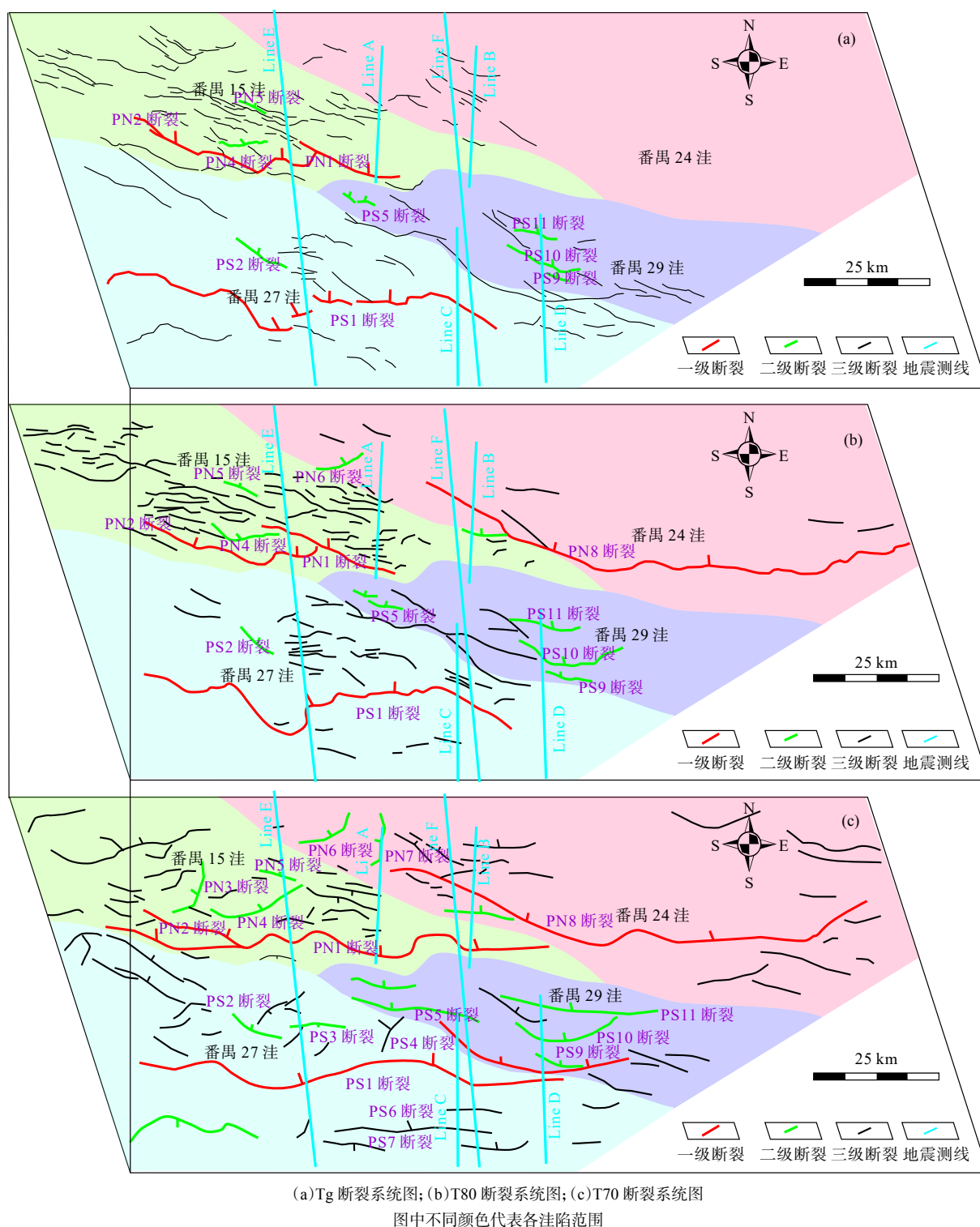


图4 番禺低隆起古近系不同层位断裂系统图

Fig.4 Fault system diagram of the Paleogene sequences in the Panyu Low Uplift

的分布规律,有助于分析断裂演化不同阶段的应力场。番禺低隆起各层位断裂的走向玫瑰花图(图6)显示,4个洼陷和整个番禺地区断裂的优势走向均为NWW—SEE向,其中,Tg层位断裂的优势走向在 $100^{\circ}\sim 105^{\circ}$,平均方位角为 104° ;T70断裂的优

势方向在 $100^{\circ}\sim 105^{\circ}$,平均方位角为 104° ;T80层位断裂的优势走向在 $100^{\circ}\sim 105^{\circ}$,平均方位角为 104° 。番禺地区各层位断裂走向的玫瑰花图还揭示了不同时期断裂演化的一个重要特征:自古新世文昌组开始沉积以来,断裂的优势走向发生了明显的

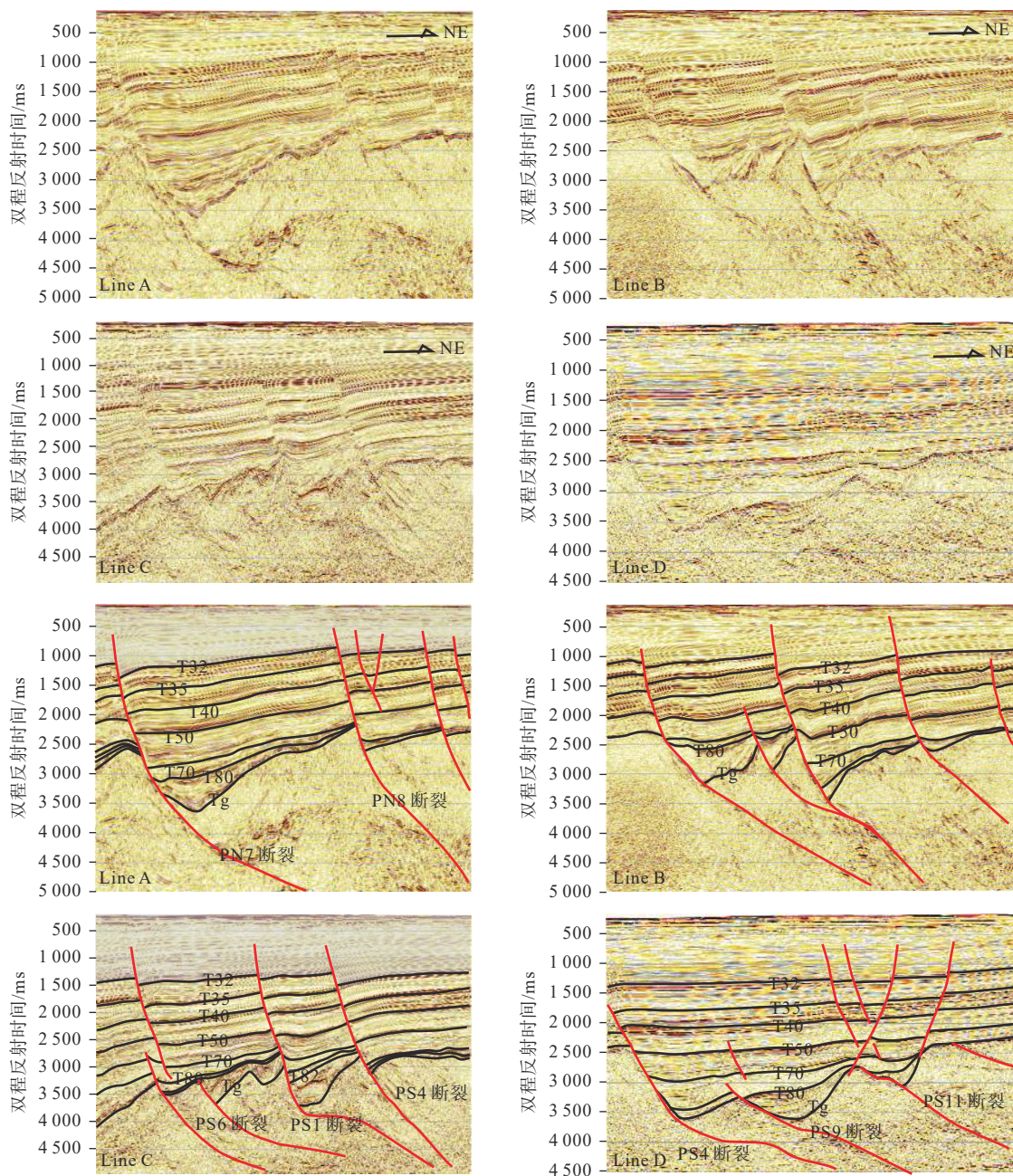


图5 番禺低隆起各残洼地震剖面及解释结果

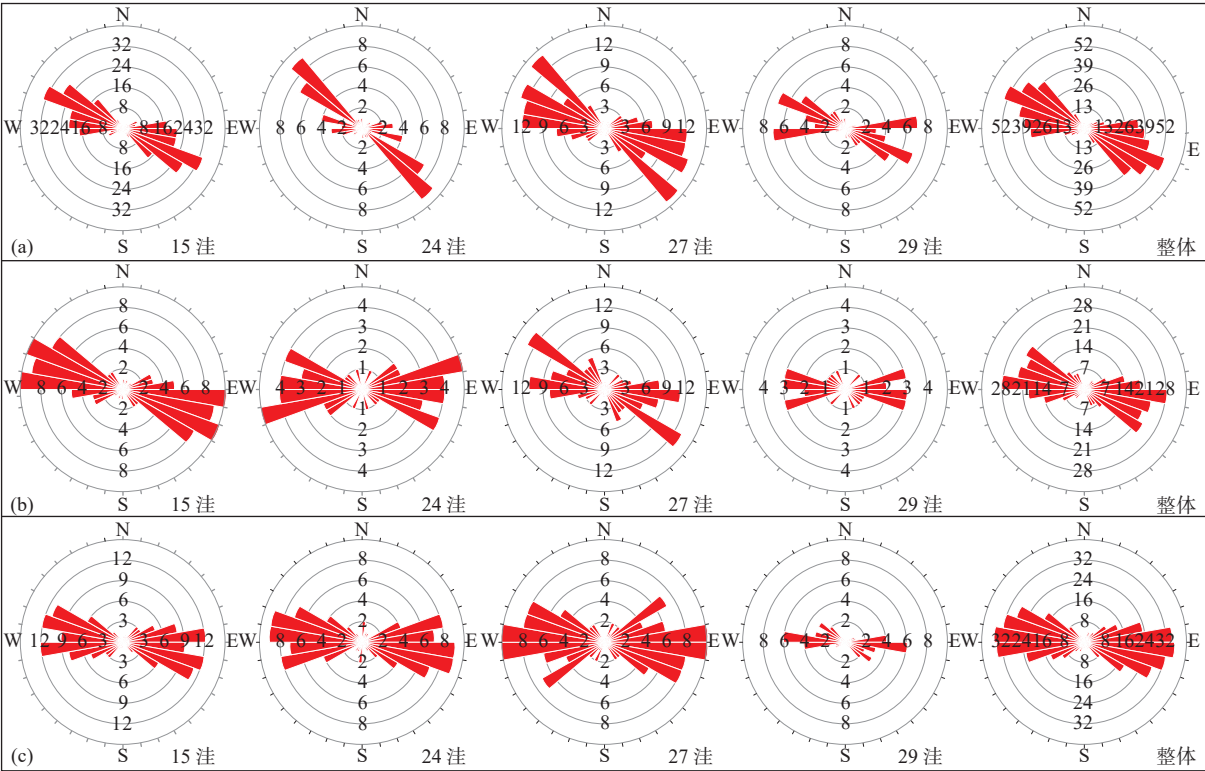
Fig.5 Seismic profiles and interpretation results of each residual sag in the Panyu Low Uplift

顺时针偏转。

3 断裂体系的形成演化

珠江口盆地早白垩世至今,经历了珠琼运动一幕、珠琼运动二幕、南海运动、白云运动、东沙运动等多期构造运动。番禺低隆起作为其次级构造单元,也具有多期构造叠加特征。断层活性是划分构造演化期次,恢复构造演化史的重要参数。关于断裂活动性的定量表征,前人已经有了系统的阐述^[19]。针对研究区4个洼陷的主干边界断层,采用断层活

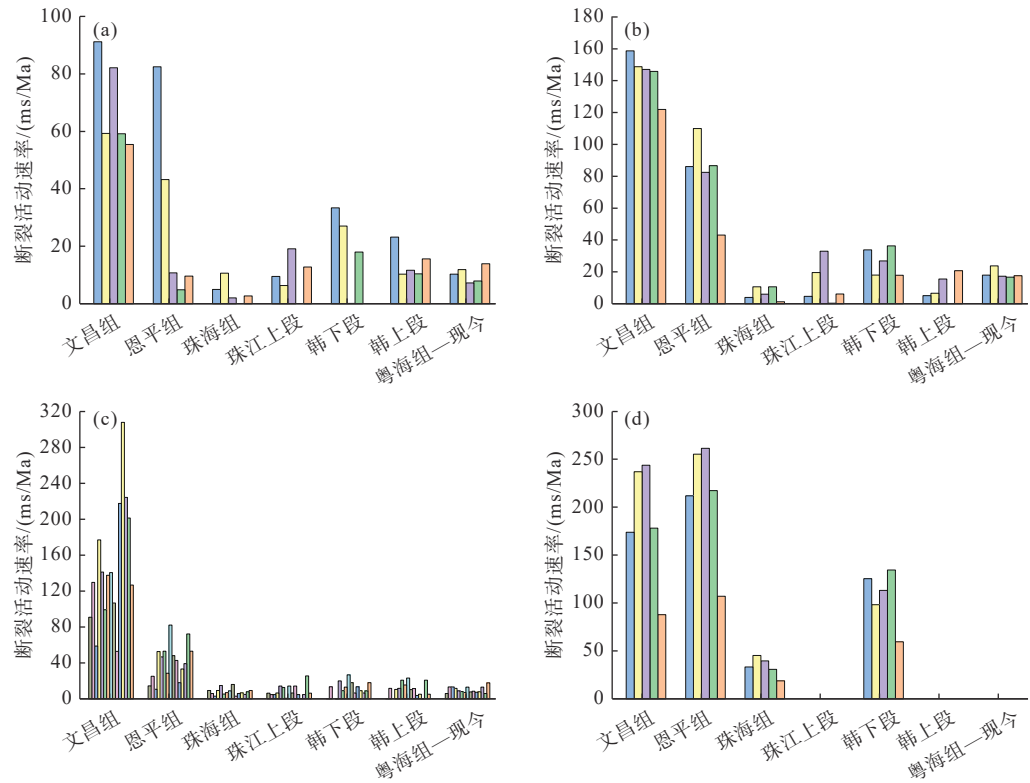
动速率法定量计算了各控洼断层新生代的活动性。从计算结果(图7)来看,番禺低隆起4个洼陷控洼边界新生代的活动性具有一致的趋势,整体上可将其划分为裂陷期、断拗转换期、裂后沉降期、复活期和构造平静期5个阶段。裂陷期为文昌组沉积期间,断层活动速率较高;断拗转换期为恩平组沉积期间,断层活动速率有所减弱;裂后沉降期为珠海组—珠江下段沉积期间,断裂活动性明显降低;珠江组上段沉积以来,断层复活,在韩江组下段达到第2次活动高峰;构造平静期为粤海组沉积现今,断层活动趋于平静。各洼陷边界断层的活动规律



(a) T70 界面断裂系统图; (b) T80 断裂系统图; (c) Tg 断裂系统图

图 6 番禺低隆起各残洼不同层位断裂走向玫瑰花图

Fig.6 Rose diagram of fault strike of different layers of each residual sag in the Panyu Low Uplift



(a) 番禺 15 洼; (b) 番禺 24 洼; (c) 番禺 27 洼; (d) 番禺 29 洼

图 7 番禺低隆起各洼陷断裂活动速率

Fig.7 Fault activity rate of each secondary sag in the Panyu Low Uplift

表明,番禺低隆起各次级构造单元形成于统一的应力场环境。

在明确番禺地区各边界断裂活动性的基础上,结合区域构造演化背景,基于平衡剖面技术,利用2Dmove软件,选取过番禺低隆起西部和东部的2条大剖面进行了构造演化史的复原。2条剖面的复原结果(图8)均显示:文昌组沉积期,裂陷开启,局

部发生裂陷,沉积范围局限;恩平组沉积期,裂陷作用持续,湖盆变广;珠海组—珠江组下段沉积期,番禺低隆起进入拗陷沉降期,断层活动结束,地层沉积基本不受断层控制,在区域内呈毯状沉积;韩江组沉积期,断层活动有所增强,生长地层特征明显;粤海组至今:断层活动再次减弱。

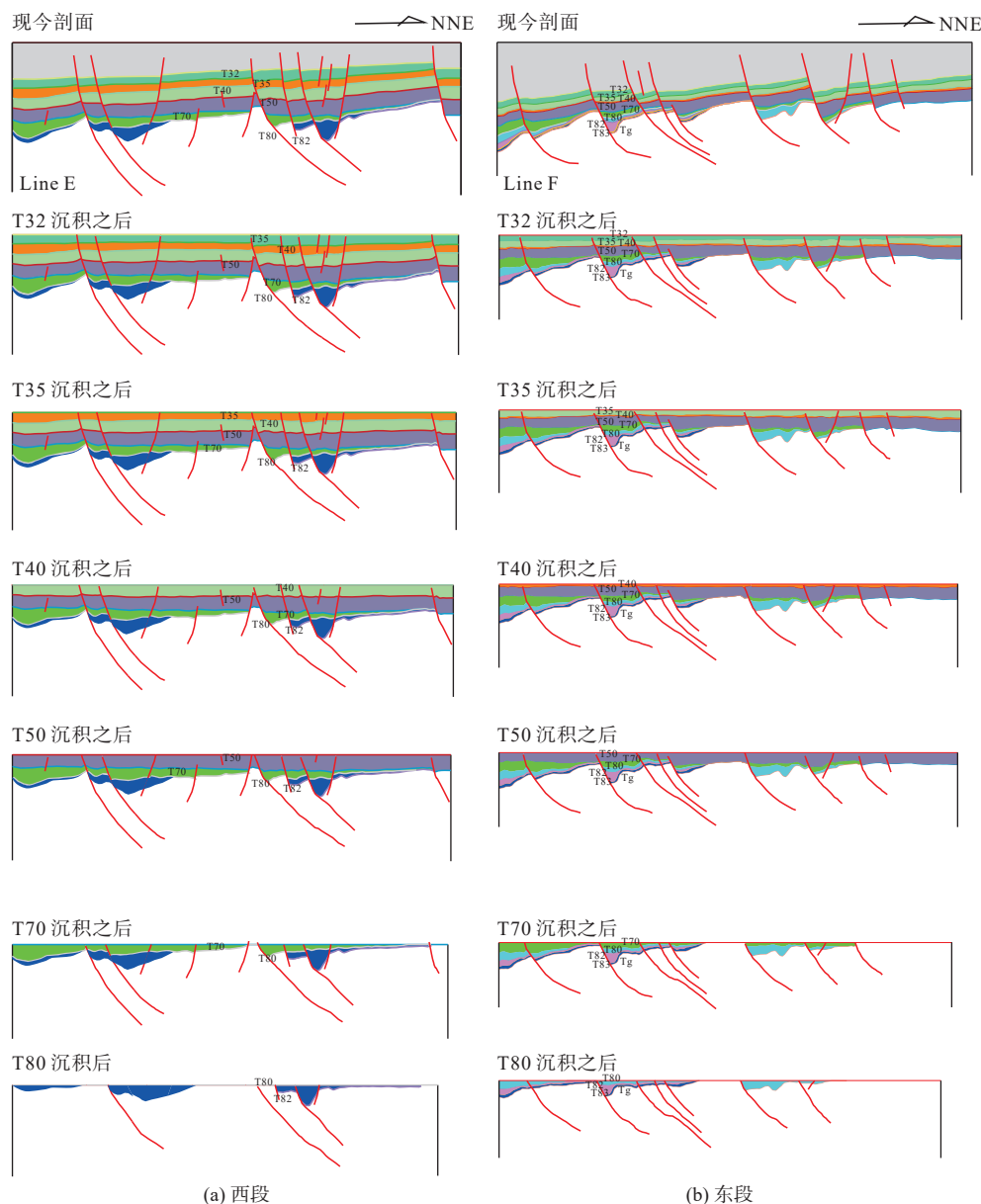


图8 番禺低隆起新生代构造演化复原结果

Fig.8 Restoration results of structural evolution in the Panyu Low Uplift

4 断裂演化的动力学机制

前人的研究表明,在新生代珠江口盆地裂陷之前,在古太平洋向华南板块俯冲效应导致的逆

冲背景下已发育NW-NWW向和NE-NEE向2组先存断裂^[20],这些先存断裂对珠江口盆地新生代的构造格局和盆地演化起着至关重要的控制作用。番禺低隆起Tg层面的断裂系统图显示,该地区发育多条NWW向断裂。以往的研究大多根据断裂

切割地层的层位,将所有切割基底的断裂均视为基底断裂。但这些断穿基底的断裂中,部分是形成于前新生代的先存断裂,而另一部分可能是新生代裂陷作用诱发的向下断穿基底的断裂。根据吴婷婷等^[20]提出的“两方法一特征”的判断方法,结合番禺低隆起地震资料解释成果以及地震剖面的平衡复原结果,将研究区 Tg 层位的断裂进行分期配套,认为番禺低隆起各洼陷的控洼断层属于基底先存断裂。这些先存构造薄弱面在新生代裂陷初期就发生明显活化,从根源上控制着番禺地区的基本构造格局和后期断裂演化。

新生代初期印度板块向欧亚板块高速俯冲,太平洋板块向中国东部大陆的俯冲速率降低,并发生 NNW 向俯冲带后撤,拖曳中国东部岩石圈发生减薄,珠江口盆地进入 NW—SE 向拉张环境^[21-23]。文昌组沉积时期番禺低隆起受 NW—SE 向拉伸,理论上将诱发 NE—SW 走向的伸展断裂;但由于 NW 向基底先存断裂和薄弱面的存在,会造成局部应力场的偏转^[24],导致新发育的断裂走向非常接近于先存断裂。恩平组沉积期间,印度板块向北与欧亚板块发生硬碰撞并挤入,导致印支地块旋转挤出^[25]。在此期间太平洋板块的运动方向也由 NNW 向逆时针偏转为 NWW 向且俯冲速率加大^[26-27],再加上古南海的拖拽作用,对南海施加了近 NS 向的伸展应力场^[28],珠江口盆地遭受了珠琼运动二幕。先存的近 EW 向和受其影响产生的 NWW 向断裂,在近 NS 向应力条件下经历了斜向拉伸,部分断裂发生了消亡,而新生断裂(三级断裂)的走向发生了顺时针的偏转,由 NWW 向转为 NW 向。珠海组—珠江组下段沉积期,古南海向南部的加里曼丹-苏禄地区加速俯冲,最终导致古南海消亡而新南海开始扩张形成^[29],新南海的扩张中心决定着整个南海地区的扩张。此阶段包括珠江口盆地在内的南海北缘块体处于裂后的构造平静期,断裂活动性较弱,部分断裂消亡。

韩江组沉积后期,研究区又经历了一次重要的构造运动——东沙运动。该时期南海已停止扩张,菲律宾海板块运动方向由 NW 向转变为 NWW 向,同时吕宋岛弧与欧亚板块发生弧-陆碰撞^[30-31]。由于受到来自东部 NWW 向挤压及弧-陆碰撞联合作用下,造成了 NE 向展布的珠江口盆地由 NW、NWW 向挤压转变为 NE 向剪切,从而在南海北部大陆边缘表现为 NE 向右旋走滑应力场。在此背景下,番禺低隆起先存的 NWW 向和近 EW 向断裂复活,并

在浅层粤海组及上覆地层产生新的断裂,这些断裂相对于早期深层发育的断裂,走向发生了偏转。

5 油气勘探潜力分析

珠江口盆地裂陷期主要发育文昌组和恩平组 2 套烃源岩,前者为湖相生油型烃源岩,后者为煤系油气兼生型烃源岩。由于番禺低隆起之上文昌组和恩平组发育相对局限,其油气潜力在以往的勘探中没有受到足够重视。番禺低隆起的结构分析表明,番禺低隆起发育 4 个洼陷,为烃源岩发育提供了可容空间。断裂发育和演化特征显示,番禺低隆起不同级次断裂十分发育,边界断裂在裂陷期活动性很强,为烃源岩的发育提供了可能。番禺低隆起烃源岩主要形成于文昌组沉积时期的中深湖相,其中,文昌组下段烃源岩主要发育于番禺 27 洼西次洼和东次洼;文昌组上段烃源岩分布范围较广,在番禺 27 洼、15 洼和 24 洼都有分布。番禺 27 洼发育了整个区域范围最广和厚度最大的烃源岩,其中,文一、二段中深湖相烃源岩面积 149 km²,厚度最大达 800 m;文三段中深湖相烃源岩面积 141 km²,厚度最大达 1 000 m。根据目前的模拟结果,该区烃源岩的 R_o 热演化值普遍超过 1%,深洼处超过 2%,已到达高成熟—过成熟阶段,具有较好的生烃潜力。此外,番禺低隆起两侧的恩平和白云两大凹陷,也可为其提供丰富的烃源来源。在储层方面,番禺地区在海陆过渡相三角洲平原-三角洲前缘沉积环境下,广泛发育珠海组储层。在油气运聚方面,番禺低隆起周边的番禺 4 洼的研究结果显示,文昌组烃源岩在珠江组沉积后期成熟并开始生烃,在韩江组沉积末期达到高成熟发生大规模生排烃^[32-33]。根据前文关于番禺低隆起断裂活动期次的分析,在韩江组下段断层发生复活,强烈的断层活动为圈闭和油气输导体系的就位提供了良好条件。综上分析,番禺低隆起具备一定的勘探潜力,目前在研究区已有部分油气显示,其中,番禺 27 洼烃源岩条件相对最佳,可作为有利勘探区带。

6 结论

(1) 番禺低隆起由 4 个带状洼陷组成,均呈 EW 展布、“南断北超”的半地堑结构,主要受近 EW 向北倾边界断裂控制;除番禺 24 洼外,其他洼陷受控洼断裂沿走向不连续性和二级断层的改造,

导致洼陷结构沿走向具有分段性。

(2)番禺低隆起各残洼和番禺地区整体的断裂优势走向与周缘构造单元有较大不同;断裂的优势走向自深层向浅层呈顺时针旋转,与周缘构造带相似。番禺低隆起地区控洼断裂活动性具有明显脉动式特征,划分为初始裂陷期、加速裂陷期、裂后沉降期、构造复活期和平静期。恩平组沉积期和韩江组下段沉积期为断层活动的高峰,珠海组—珠江下段沉积期和粤海组沉积期至今为断层活动的低谷。

(3)根据主干断裂活动差异划分为早期活动型(裂陷期活动裂后期消亡)、持续活动型(裂陷期+沉降期+构造复活期均活动)和晚期活动型(构造复活期新生断裂)。断裂的展布和不同时期的活动,严格控制着各洼陷沉降中心的展布。

(4)番禺低隆起断裂裂陷期的强烈活动为文昌组—恩平组烃源岩的发育提供了可容空间,晚期断裂复活发生在油气大规模运聚前,为构造圈闭和油气输导体系的发育提供了有利条件;其中,27洼为有利勘探区。

参考文献:

- [1] 米立军,张功成,傅宁,等.珠江口盆地白云凹陷北坡-番禺低隆起油气来源及成藏分析[J].中国海上油气(工程).2006,18(3):161-168.
- [2] 施和生,秦成岗,张忠涛,等.珠江口盆地白云凹陷北坡-番禺低隆起油气复合输导体系探讨[J].中国海上油气.2009,21(6):361-366.
- [3] 施和生,秦成岗,高鹏,等.珠江口盆地番禺低隆起—白云凹陷北坡天然气晚期成藏特征[J].中国海上油气.2008,20(2):73-76,95.
- [4] 陈国俊,杜贵超,张功成,等.珠江口盆地番禺低隆起第三系储层成岩作用及物性影响因素分析[J].天然气地球科学.2009,20(6):854-861.
- [5] 刘勇,都小芳,胡鹏,等.基于“层序矢量滑距”的生长断层活动强度定量表征:以珠江口盆地番禺低隆起M区为例[J].石油地球物理勘探.2018,53(6):1256-1262,1114.
- [6] 舒梁锋.番禺低隆起东南缘珠江组下部陆架边缘沉积体系与坡折带地貌研究[D].北京:中国地质大学(北京),2019.
- [7] 吴智平,胡阳,钟志洪.珠—坳陷番禺4洼新生代断裂特征及其区域动力背景[J].中国石油大学学报(自然科学版),2015,39(4):1-9.
- [8] 于水明,陈雪芳,梅廉夫,等.珠—坳陷断层特征及对油气成藏的作用[J].石油天然气学报.2012,34(1):50-54,166.
- [9] 彭光荣,刘从印,吴建耀,等.珠江口盆地番禺4洼晚期断裂系统对油气成藏的控制作用[J].特种油气藏.2013,20(3):41-45,152.
- [10] 蓝倩.珠江口盆地番禺4洼结构,构造特征及其与油气成藏关系[D].武汉:中国地质大学(武汉),2011.
- [11] 代一丁.珠江口盆地西江南洼古近系构造演化与沉积特征[J].中国海上油气,2013,25(3):1-7.
- [12] 陈长民.珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M].北京:科学出版社,2003.
- [13] 漆家福,吴景富,马兵山,等.南海北部珠江口盆地中段伸展构造模型及其动力学[J].地学前缘,2019,26(2):203-221.
- [14] 郑金云,高阳东,张向涛,等.珠江口盆地构造演化旋回及其新生代沉积环境变迁[J].地球科学,2022,47(7):2374-2390.
- [15] 刘从印,周平兵,曾驿,等.番禺4洼地区新近系油气成藏主控因素分析[J].中国海上油气,2009,21(2):91-94.
- [16] 陈雪芳,李洪博,高鹏,等.珠—坳陷浅层新领域油气勘探潜力条件分析[J].石油天然气学报,2012,34(4):52-56,166.
- [17] 余烨,张昌民,李少华,等.惠州凹陷珠江组泥岩地球化学特征及其地质意义[J].中国石油大学学报(自然科学版),2014,38(1):40-49.
- [18] 钟志洪,中海石油,钟志洪,等.珠江口盆地构造-地层格架及成因机制探讨[J].中国海上油气,2014,26(5):20-29.
- [19] 吴智平,李伟,郑德顺,等.沾化凹陷中、新生代断裂发育及其形成机制分析[J].高校地质学报,2004,10(3):405-417.
- [20] 吴婷婷,张丽丽,吴哲,等.珠江口盆地前新生代先存断裂特征及动力背景:以惠州凹陷和番禺4洼为例[J].海洋地质前沿,2022,38(6):54-62.
- [21] 包汉勇,郭战峰,张罗磊,等.太平洋板块形成以来的中国东部构造动力学背景[J].地球科学进展,2013,28(3):337-338,340-346.
- [22] 周蒂,陈汉宗,吴世敏,等.南海的右行陆缘裂解成因[J].地质学报,2002,76(2):180-190.
- [23] 任纪舜,陈廷愚,牛宝贵,等.中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿[Z].北京:地质矿产部地质研究所,2008.
- [24] 童亨茂,聂金英,孟令箭,等.基底先存构造对裂陷盆地断层形成和演化的控制作用规律[J].地学前缘.2009,16(4):78-104.
- [25] TAPPONNIER P, LACASSIN R, LELOUP P H, et al. The Ailao Shan/Red River metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indochina and South China[J]. Nature, 1990, 343(6257): 431-437.
- [26] ENGBRETSON D C, COX A, GORDON R G. Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific Basin[J]. Geological Society of America Special Papers, 1985, 206(9): 1-60.
- [27] MARUYAMA S, SEND T. Orogeny and relative plate motions: example of the Japanese Islands[J]. Tectonophysics. 1986, 127(3/4): 305-329.
- [28] 张亮.南海构造演化模式及其数值模拟[D].青岛:中国科学院研究生院(海洋研究所),2012.
- [29] HALL R. Late Jurassic-Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean[J]. Tectonophysics. 2012, 570/571(11): 1-41.
- [30] 赵淑娟,吴时国,施和生,等.南海北部东沙运动的构造特征及动力学机制探讨[J].地球物理学进展,2012,27(3):1008-1019.

- [31] 耿威, 张训华, 温珍河, 等. 台湾东部海岸山脉对弧陆碰撞的响应 [J]. 地质论评, 2013, 59(1): 129-136.
- [32] 傅宁, 米立军, 张功成. 珠江口盆地白云凹陷烃源岩及北部油气成因 [J]. 石油学报, 2007, 28(3): 32-38.
- [33] 胡润. 珠江口盆地东沙隆起珠江组灰岩成藏主控因素研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2016.

Cenozoic fault characteristics and hydrocarbon accumulation potential of the Panyu Low Uplift in the Pearl River Mouth Basin

LI Zhensheng^{1,2}, CAI Song^{1,2}, JIN Yaoyao^{1,2}, XU Xinming^{1,2}, LIANG Jie^{1,2}

(1 Shenzhen Branch of CNOOC (China) Ltd., Shenzhen 518054, China; 2 Deepwater Development Ltd. of CNOOC (China), Shenzhen 518054, China)

Abstract: The potential for oil and gas accumulation in the Panyu Low Uplift is strongly controlled by the development and activity of faults. At present, research on its fault characteristics and evolution process is relatively scarce. Using three-dimensional seismic data covering the Panyu Low Uplift, the structural characteristics, fault plane distribution, and the deformation styles at fault profile of the study area were analyzed. The activity rates of boundary faults in various sags since the Cenozoic were calculated based on the division of the fault activity periods. The evolution process of the Cenozoic in the research area was reconstructed and the dynamic causes of fault development in different periods were analyzed. Results show that all the sags in the Panyu Low Uplift are characterized by faulting in the south and stratigraphic overlapping in the north, and the discontinuous distribution of depression-controlling faults along the strike leads to multiple subsidence centers of depression. The Cenozoic activity of depression-controlling fault could be divided into periods from initial rift, accelerated rift, post rift, tectonic reactivation, to tectonic quiescence. The sedimentation periods of the Wenchang Formation and the lower Hanjiang Formation are two peak periods of faulting. The development of the Cenozoic faults in the Panyu Low Uplift is strictly controlled by the pre-existing faults in the basement, and the fault direction deviates clockwise from deep to shallow in depth, which is closely related to the deviation of the stress field of the South China Sea. The strong activity of faults during rifting in this area has given the low uplift the potential to develop high-quality source rocks.

Key words: Panyu Low Uplift; fault characteristics; activity period; structural evolution; subsidence center