

贾培蒙, 张向涛, 陈维涛, 等. 珠江口盆地惠州凹陷惠州 21 古潜山的形成演化及其对深层油气成藏的控制[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(12): 27-37.

# 珠江口盆地惠州凹陷惠州 21 古潜山的形成演化及其对深层油气成藏的控制

贾培蒙, 张向涛, 陈维涛, 刘培, 罗明, 王文勇

(中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 深圳 518000)

**摘要:** 惠州 21 构造为具有基底古隆起背景的潜山披覆构造, 是珠江口盆地惠州凹陷油气勘探的重点地区。目前在该构造中浅层已发现惠州 21 油气田, 但深层尚未获得商业油气藏发现, 分析古潜山的形成演化对于指导构造深层油气勘探具有重要的意义。利用地震资料和周边已钻井资料, 运用平衡地质剖面技术, 对惠州 21 古潜山的地质结构和构造演化过程进行了分析, 并探讨构造演化过程对深层油气成藏的控制。结果表明, 惠州 21 古潜山的演化过程主要经历了晚中生代早白垩世岩浆侵入花岗岩基底侵位、新生代古新世火山喷发隆起、始新世断层差异活动隆升、渐新世—中新世定型 4 个阶段; 提出构造演化对深层成藏的控制主要表现在古潜山火山岩储层的改造、裂陷期沉积体系的发育和油气运移聚集 3 个方面; 指出文昌组 and 神狐组具备发育规模优质储层的条件, 是该区域深层重要的油气勘探对象。

**关键词:** 地层系统; 构造演化; 深层; 油气成藏; 惠州 21 古潜山; 惠州凹陷

中图分类号: P618.13; P736.1

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2021.187

## 0 引言

隆起构造是盆地内部的大型正向构造单元<sup>[1]</sup>, 它的形成和演化制约油气田形成和分布<sup>[2-4]</sup>, 特别是临洼或洼内隆起, 是油气聚集成藏最有利区域之一, 是油气勘探的重点区域。近年来, 在我国塔里木盆地、准噶尔盆地、四川盆地、鄂尔多斯盆地和松辽盆地古隆起新层系、新类型勘探均获得重大突破, 隆起构造的演化及其对成藏的影响受到更为广泛的关注<sup>[5-8]</sup>。

近年, 随着勘探程度的不断提高, 珠江口盆地高勘探程度区面积逐渐扩大, 中浅层显性构造已基本钻探完毕, 油气勘探方向逐步向深层扩展, 局部隆起的构造演化研究逐渐成为热点。惠州 21 构造位于珠江口盆地勘探程度最高的惠州凹陷惠西南

地区, 该构造四面环洼, 油源条件极为优越<sup>[9]</sup>, 是重要的复式油气聚集带, 中浅层渐新统珠海组和中新统珠江组已发现惠州 21 油气田, 亟待对惠州 21 古潜山的形成演化开展研究工作, 探索深层勘探潜力。

以最新的地震和钻井资料为基础, 通过精细的断层和层位解释, 运用平衡地质剖面技术, 分析惠州 21 古潜山地质结构及隆升机制, 重建其形成演化过程, 并探讨构造演化对深层古潜山火山岩储层的改造、裂陷期沉积体系的发育及油气运移聚集的控制作用。

## 1 区域地质概况

珠江口盆地位于华南大陆南缘, 是在伸展断陷基础上发育起来准被动大陆边缘型新生代沉积盆地, 盆地构造单元由“三隆两坳”组成<sup>[10-11]</sup>, 即北部断阶带、北部坳陷带、中央隆起带、南部坳陷带和南部隆起带, 珠一坳陷位于北部坳陷带的中东部, 是夹持在北部断阶带和中央隆起带之间的一个负向构造单元, 惠州凹陷位于珠一坳陷中部, 为坳陷内的次一级负向构造单元(图 1)。

收稿日期: 2021-07-14

资助项目: 中海石油重大科技专项“南海东部油田上产 2000 万吨关键技术研究”(CN00C-KJ135ZDXM37SZ)

作者简介: 贾培蒙(1987—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事油气勘探方面的研究工作。E-mail: jiapm@cnooc.com.cn

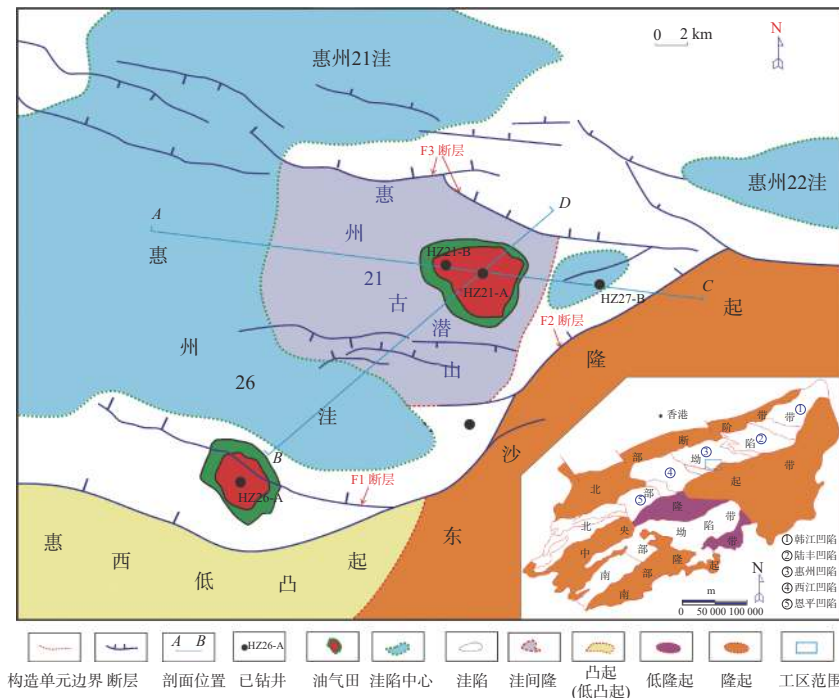


图1 惠州21古潜山构造位置与构造纲要

Fig.1 Location and structures of Huizhou 21 buried hill

研究区惠州21构造位于惠州凹陷西南部惠州21地区,南北两侧分别为惠州26洼和惠州21洼,为继承性发育的洼间隆(图1)。根据最新的钻井资料,惠州21构造地层自下而上依次为中生代侵入岩和新生代火山岩基底与新生代裂陷期文昌组( $E_{2w}$ )、恩平组( $E_{2e}$ ),共同构成下构造层(深层),裂后期珠海组( $E_{3z}$ )、珠江组( $N_{1z}$ )、韩江组( $N_{1h}$ )、粤海组( $N_{1y}$ )和万山组( $N_{2w}$ )上构造层(中浅层)。区域研究表明,裂陷期文昌组为主力生烃层系<sup>[12]</sup>,古潜山火山岩、裂陷期陆相地层和裂后期海相地层为储层主要发育层系(图2)。

## 2 深层地层系统特征

### 2.1 地层格架

惠州21构造深层包括中生代—新生代基底火成岩和始新世裂陷期文昌组、恩平组沉积层(图2),根据地震反射特征、测井旋回、岩性组合和锆石测年等资料,详细划分地层格架,基岩进一步划分为下白垩统花岗岩和古新统火山岩地层,将裂陷期文昌组和恩平组划分为7个三级层序,其中,文昌组上文昌地层缺失,仅保留下文昌组3个三级层序(WCSQ1、WCSQ2和WCSQ3),分别对应文六段、文五段和文四段;恩平组4个三级层序(EP SQ1、

EP SQ2和EP SQ3+EP SQ4),分别对应恩四段、恩三段、恩二+一段。T72为恩平组构造转换面(准二级层序界面),将恩平组划分下恩平组和上恩平组2个准二级层序。各主要层序地层接触关系如图2和图3所示。

### 2.2 中生代—新生代火成岩基底特征

惠州21古潜山呈EW向展布,东西延伸长度17 km,南北宽可达12 km,总面积约150 km<sup>2</sup>,构造幅度超过1 000 m,西部和南部为缓坡,并逐渐延伸至惠州26洼,北侧为北倾断层,将其与惠州21洼分割,东侧为北西倾向的惠州26洼控洼边界断层,将其与东沙隆起隔断,因此,整体上惠州21基底古潜山是受西南缓坡与东、北部断层限定的较完整的隆起构造。根据现今地貌特征,可将其进一步划分为山顶区、一级陡坡、坪台和二级陡坡地貌单元,山顶区和陡坡区面积占比较小,而坪台区面积广阔,整体呈现“草帽”状(图4a)。

剖面上,该基底古潜山具有中生代花岗岩与新生代中基性火山岩“双层结构”,在地震反射特征上存在差异,花岗岩表现为杂乱、低频、陡倾角反射特征,而火山岩为中—弱连续、中弱振幅特征,但由于两者阻抗特征差异较小,分界面地震反射特征不清晰(图3),但已得到钻井证实,惠州21构造及周边地区共计4口井(HZ21-A、HZ21-B、HZ27-A

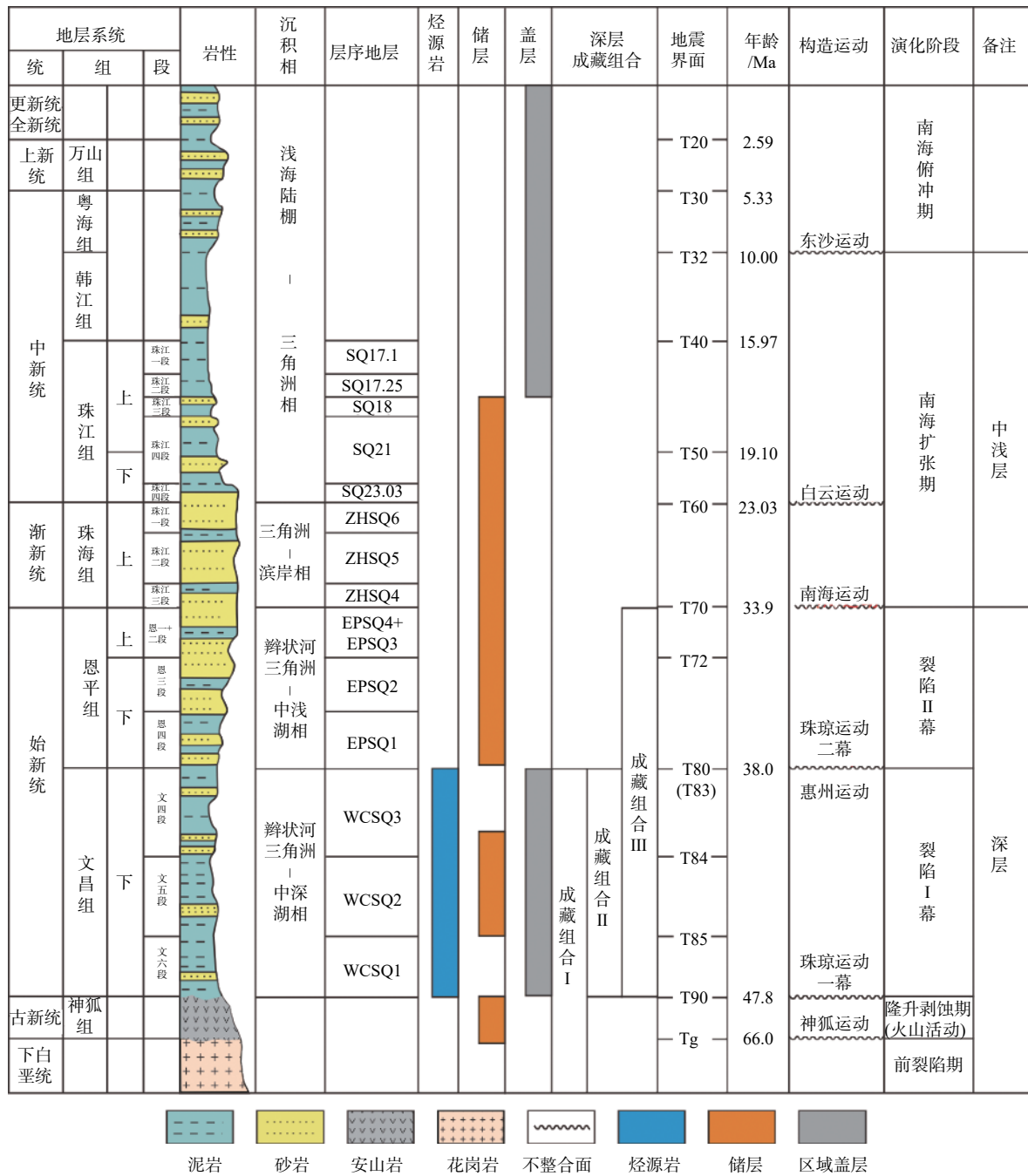


图 2 惠州 21 构造综合柱状图

Fig.2 Integrated stratigraphic column of Huizhou 21

和 HZ27-B) 钻遇基底地层, 钻探厚度 235~578 m (图 1、表 1), 且均钻遇安山岩或粗安岩, 其中 HZ27-B 井钻穿古新统火山岩层后, 钻遇下白垩统花岗岩 (图 4b), 证实惠州 21 构造基底古潜山的“双层结构”。

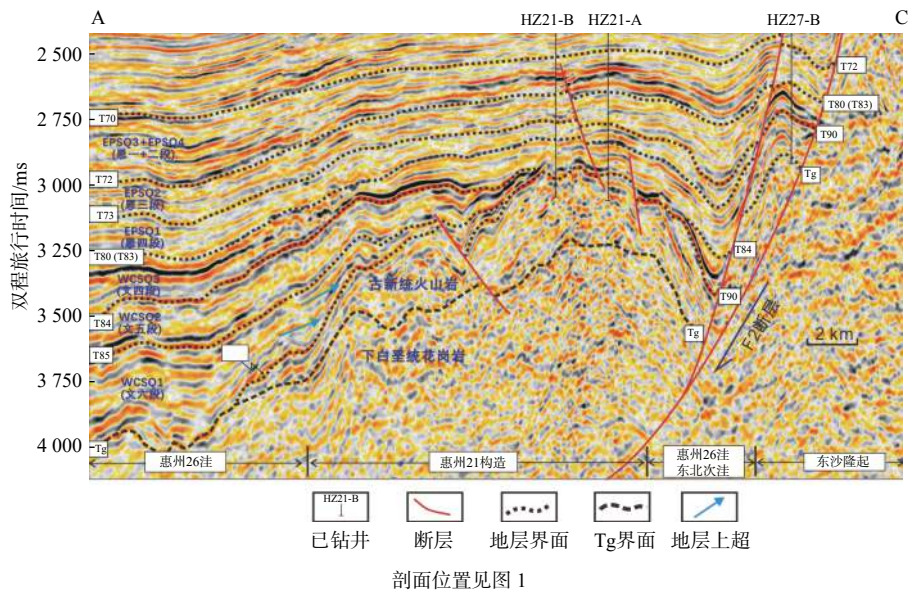
惠州 21 古潜山中生代-新生代断层十分发育, 存在 EW-NWW 和 NE-NEE 向延伸的 2 组二级断层, 两者分别与惠州 26 洼南部和东部的控洼边界断层平行, 在该构造带网状交织, 特别是西南部,

断层密集发育, 倾向主要为南和西, 中部则主要为 NE-NEE 向展布断层, 倾向分东、西 2 类, 整体断层规模小, 密度低, 东北部则零星发育北倾 EW-NWW 断层 (图 5)。

### 2.3 新生代裂陷期陆相沉积地层特征

新生代裂陷期陆相沉积地层由下文昌组文六段、文五段、文四段及恩平组陆相地层构成, 初始裂陷期文六段、文五段地层主要分布在惠州 21 古潜





剖面位置见图 1

图 3 惠州 21 构造深层典型地震剖面及结构单元划分

Fig.3 A typical seismic profile for structural unit division of Huizhou 21 deep layer

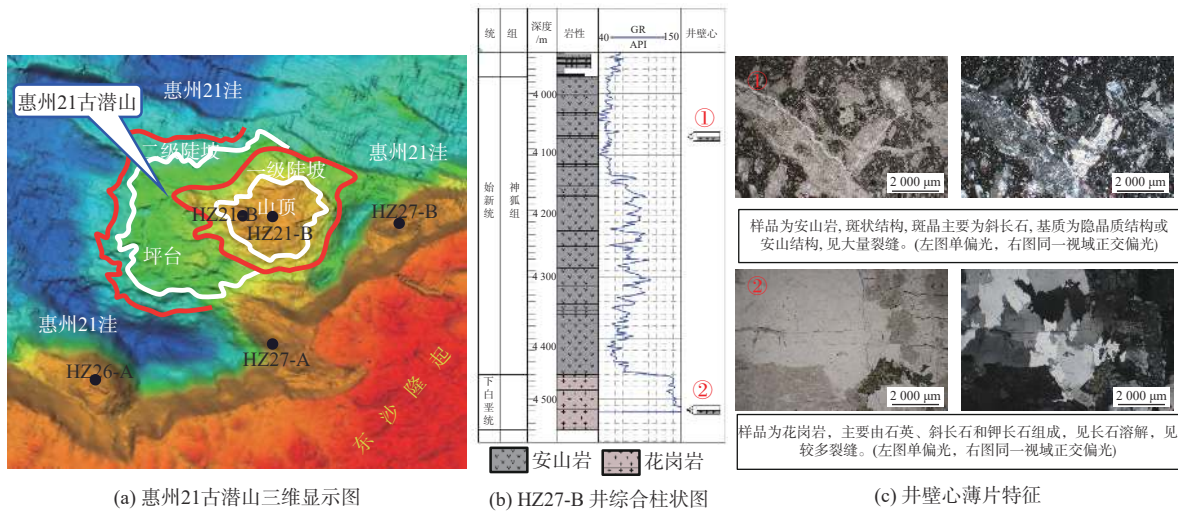


图 4 惠州 21 古潜山地貌形态及“双层结构”

Fig.4 Geomorphology and “double-layer structure” of the Huizhou 21 buried hill

表 1 惠州 21 构造及周边已钻井钻遇基底情况统计

Table 1 Statistics of the base encountered by drilling in the Huizhou 21 and its surrounding areas

井名	钻遇厚度/m		测年结果/Ma		是否钻穿
	安山岩/粗安岩	花岗岩	安山岩/粗安岩	花岗岩	
HZ21-A	266	—	59.5	—	否
HZ21-B	235	—	—	—	否
HZ27-B	488	90	56.7	116	是
HZ27-A	491	—	60.4	—	否

注: 据内部资料

山的西侧和西南侧, 惠州 26 注主注内, 整体呈楔状, 依次超覆到惠州 21 古潜山之上, 在隆起东北侧惠州 26 东北次注内也有发育, 但厚度较薄, 至强烈裂隙陷期文四段地层完全覆盖惠州 21 古潜山, 上文昌

组文三段、文一+二段地层受惠州运动<sup>[13]</sup>控制, 遭受抬升剥蚀, 未能保留, 恩平组地层直接覆盖在文昌组文四段地层之上, 地层不整合接触, 受凹陷作用影响, 恩平组地层厚度从隆起区向凹陷区沉积厚

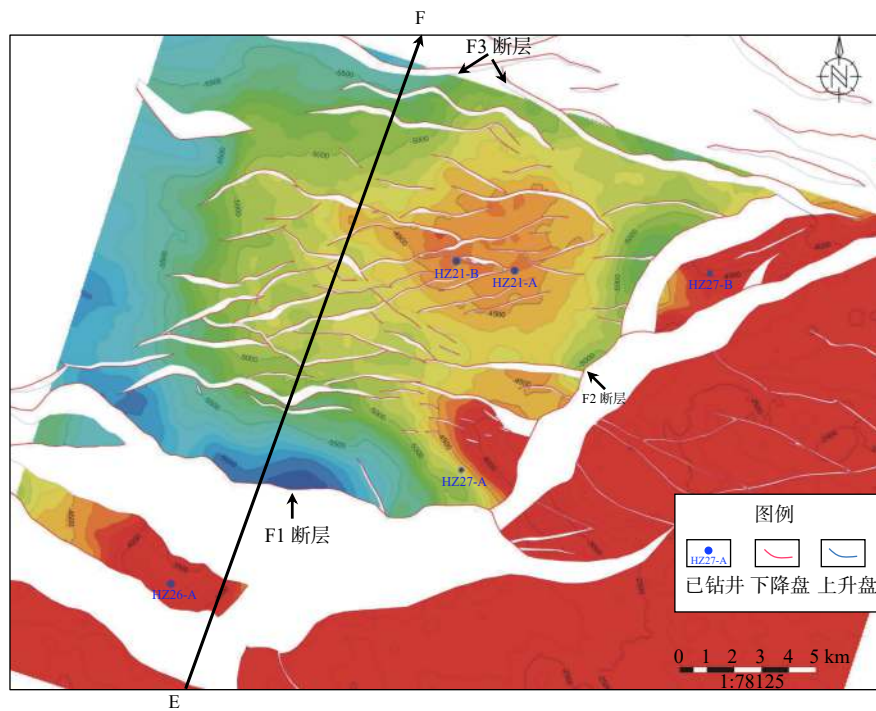


图 5 惠州 21 构造及周边基底顶面深度构造

Fig.5 Depth map basement top of Huizhou 21 and surrounding area

度增大(图 3)。

该时期 EW—NWW 断层继承性发育, 分布在隆起区南北两侧, 而 NE—NEE 断层逐渐减弱, 在惠州 21 构造带中部和东侧零星分布。

### 3 构造演化过程

构造与沉积演化互为因果、密切相关<sup>[14]</sup>, 通过对惠州 21 构造及周边精细的构造解释和层序划分(图 2), 在层序内部还识别了超覆尖灭点, 以这些地层接触关系信息为参考, 结合已钻井测年分析结果等, 利用 2D Move 软件对惠州 21 构造的典型地震剖面进行平衡剖面恢复, 重建古潜山的构造形成演化过程, 将其分为 4 个阶段(图 6)。

#### 3.1 早白垩世岩浆侵入花岗岩基底侵位

珠江口盆地受古太平洋板块俯冲作用的影响, 自晚侏罗世至白垩纪, 岩浆活动活跃, 珠一坳陷位于陆缘岛弧位置, 大量钻井和测年结果显示, 基底岩性以花岗岩为主, 且分布面积广阔, 形成时间主要在白垩纪, 共可划分为 2 期, 即 143~100 Ma 和 100~72 Ma。惠西南地区基底以白垩纪第一期侵入岩为主, 侵入时间 142~104 Ma, 岩性以花岗岩为主, 偶见花岗闪长岩等岩性<sup>[15-17]</sup>, 其中惠州 21 构造邻近的 HZ27-B 井钻遇基底, 揭

示厚度约 55 m, 岩性为花岗岩(图 4), 锆石 K-Ar 测年结果显示, 形成时间约为 116 Ma, 与第 1 期岩浆活动时间相对应, 表明惠州 21 构造早白垩世酸性岩浆侵入, 并经历了长期的风化剥蚀夷平, 侵入形成的花岗岩逐渐出露地表, 构成该区域下层基底(图 6d)。

#### 3.2 古新世火山喷发隆起

由于新生代喜马拉雅期陆缘扩张构造运动, 南海北部陆缘盆地珠江口盆地在新生代裂谷期和坳陷期经历了多期火山作用<sup>[18-20]</sup>, 火山岩大量发育, 珠江口盆地东部东沙隆起、惠州凹陷等地区是古新统神狐组火山岩的主要分布区, 钻井揭示岩性以中性安山岩、粗安岩为主<sup>[21]</sup>, 在惠州 21 构造及周边区域, 与白垩纪末期的深大断裂活动相伴生, 初始裂陷期中-基性岩浆活跃, 喷发堆积形成火山岩地层, 最大厚度约 600 m, 锆石 K-Ar 测年结果显示, 形成时间约为 56~60 Ma(表 1), 喷发形成时间为新生代古新世神狐期, 覆盖在花岗岩基底之上, 构成惠州 21 构造的上层基底, 这一阶段开始形成惠州 21 古潜山的雏形(图 6c)。

#### 3.3 始新世断层差异活动隆升

裂陷期断层强烈活动, F1、F2 和 F3 断层活动差异活动控制惠州 21 古潜山强烈相对抬升(图 7a)。



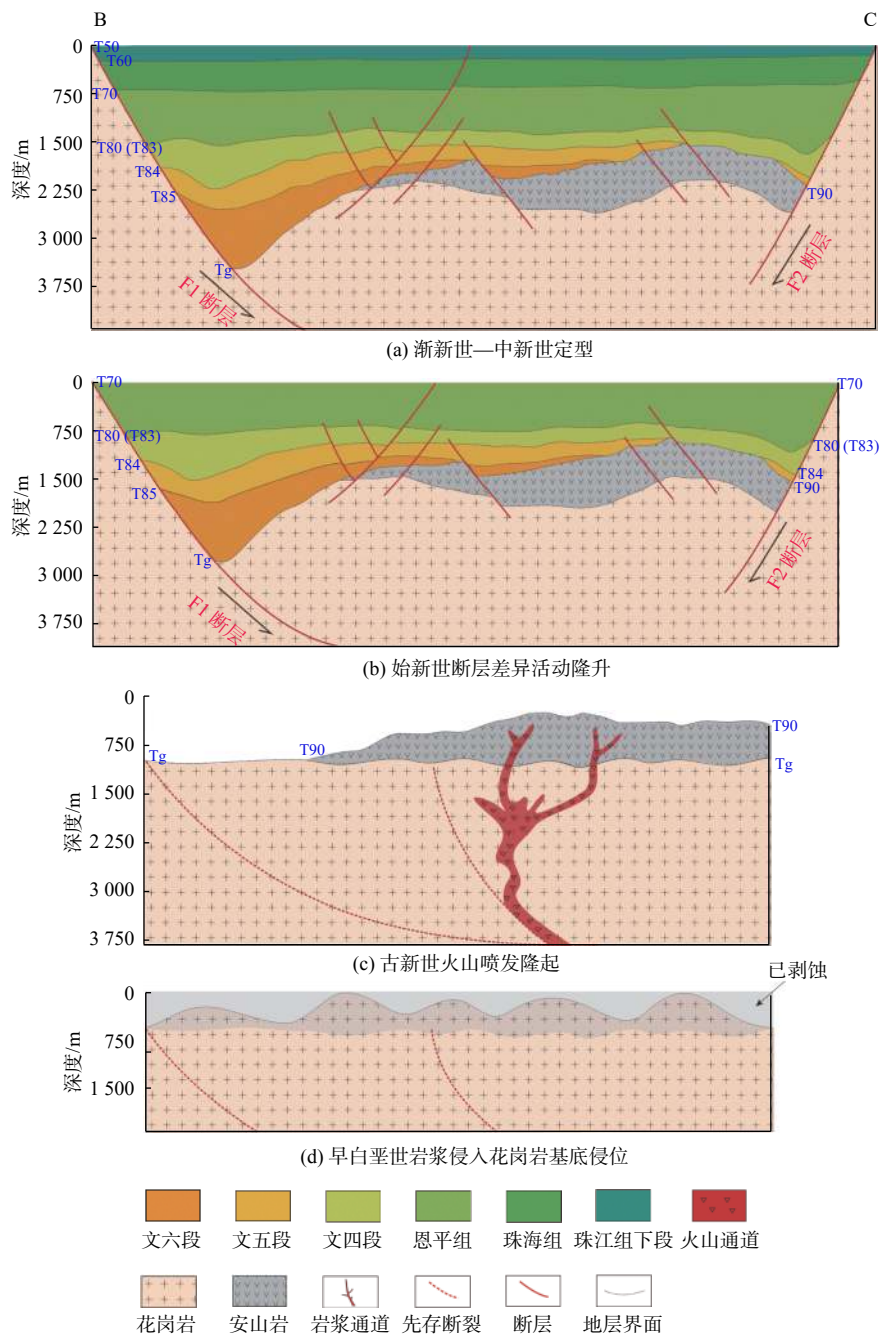


图 6 惠州 21 古潜山的形成演化

Fig.6 Formation and evolution of Huizhou 21 buried hill

裂陷期经历珠琼运动一幕, 珠江口盆地开始进入文昌组裂陷幕<sup>[22-23]</sup>, 受 NNW 向区域构造伸展应力场控制, 控洼边界断裂 F1 断层开始强烈活动, 断面呈板式, 惠州 26 洼文六段、文五段沉积由洼陷中心向惠州 21 古潜山快速减薄, 该时期 F2 断层活动性较弱, 惠州 26 东北次洼仅沉积薄层文五段地层。文四段时期为强烈裂陷期, F1 断层继续强烈活动, 断面由板式变为铲式, 地层发生明显的旋转变形, 同时 F2 断层开始强烈活动, 惠州 21 古

潜山与东沙隆起分离, 惠州 26 东北次洼形成, 惠州 26 洼整体呈现出广湖深盆的沉积环境, 广泛沉积文四段地层, 并逐渐覆盖惠州 21 古潜山, 恩平期断裂在文昌期强烈伸展变形的基础上持续活动, F1 和 F2 断层近同步继续发育, 惠州 21 古潜山的隆起特征更加显著, 另外, 古潜山北侧的 F3 断层文昌至恩平期持续弱活动, 逐步形成古潜山北部断阶, 奠定惠州 21 古潜山的地貌基本格局 (图 6b)。

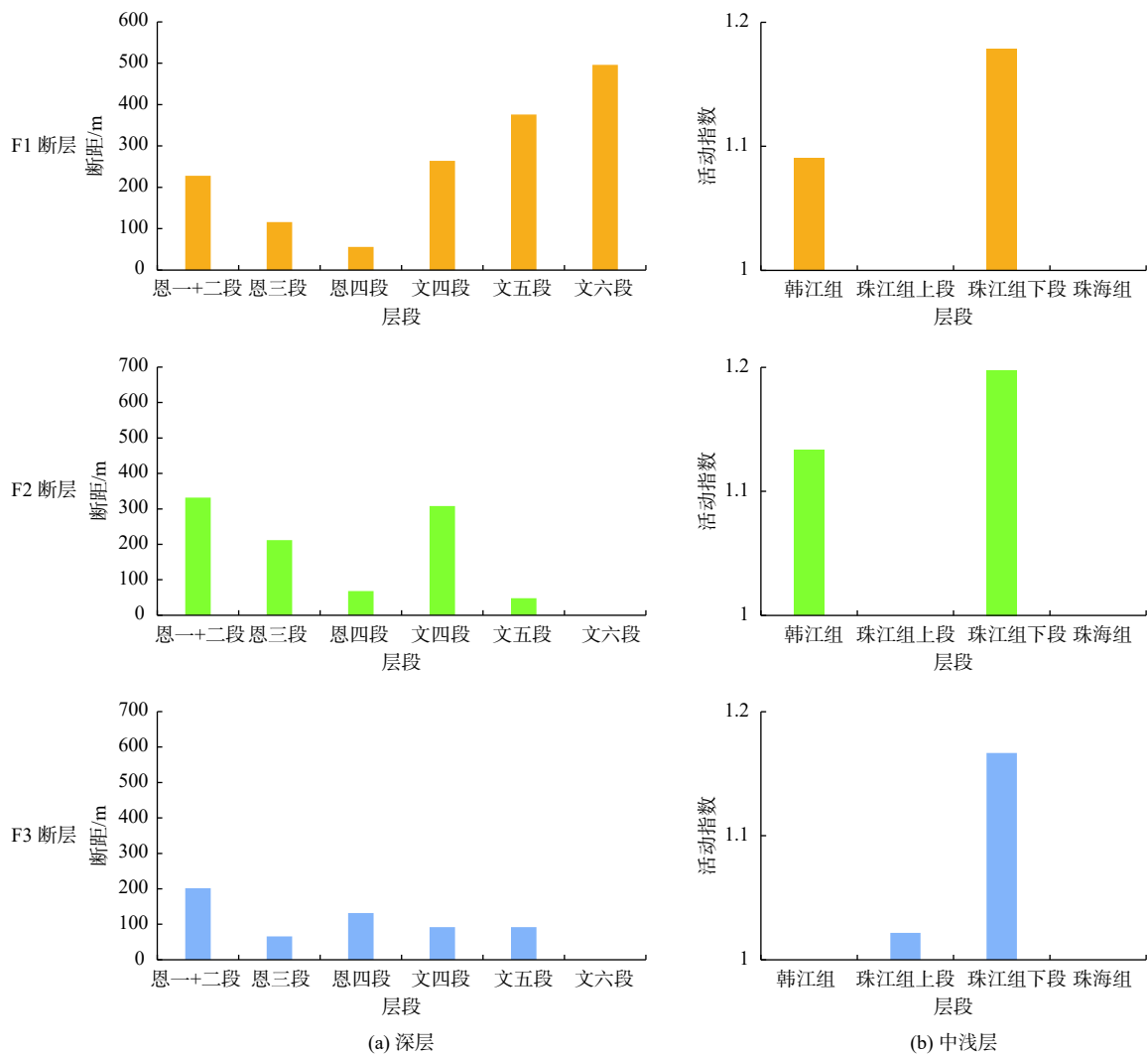


图 7 断裂活动性分析

Fig.7 Analysis of fracture activity

### 3.4 渐新世—中新世定型

渐新世—中新世珠海-韩江期沉积期, 在经历了恩平组沉积期填平补齐作用后, 惠州 26 洼进入坳陷阶段, 断层活动较为同步(图 7b), 活动期次主要集中在韩江组与珠江组下段沉积时期, 且断层造成的伸展量已经很小, 古潜山隆起形态逐渐定型, 此外, 研究区新构造运动较弱<sup>[24]</sup>, 对整体构造形态影响较小(图 6a)。

## 4 构造演化对成藏的影响

构造演化对油气成藏过程起重要的控制作用<sup>[25]</sup>, 其对烃源岩的沉积与演化、圈闭形成、储层发育、油气运移等油气成藏过程均具有重要的控制作用<sup>[26-27]</sup>。本文重点讨论构造演化对古潜山火山

岩储层的改造、裂陷期沉积体系的发育和油气运移聚集等方面的影响。

### 4.1 深层成藏组合特征

根据该惠州 21 构造及周边已钻井资料, 文昌组是该区带已证实的主要烃源岩<sup>[9]</sup>, 神狐组火山岩和始新统文昌组、恩平组沉积岩地层均发育储层, 共同构成惠州 21 构造带深层 3 套成藏组合(图 2), 且均已经获得油气藏发现, 但由于所钻遇储层物性差、有效厚度低等, 测试尚未获得工业产能。

根据地化分析的结果, 惠州 21 构造深层的油气均源自惠州 26 洼文昌组半深湖—深湖相烃源岩, 其最大厚度 > 2 000 m, 最大埋深为 7 400 m, TOC 一般介于 0.5%~6.31%, 平均为 1.86%, 有机质类型为 I—II<sub>1</sub>, 现今大范围  $R_o$  超过 1.3%, 普遍进入高成熟阶段, 体积排烃强度约为  $2\ 080 \times 10^4$  t/km<sup>3</sup><sup>[12]</sup>。油

气运移模拟结果显示,惠州 26 洼烃源岩对惠州 21 构造供烃地质资源量超过  $2.4 \times 10^8$  t。

惠州 21 构造深层古潜山火山岩和文昌组盖层条件优越,储层被文昌组文五段、文四段厚层泥岩包裹,盖层厚度大,分布广,泥岩盖层最小厚度 >200 m,盖层封盖能力强,控制深层的油气运移和分布,有利于文昌组沉积岩和神狐组火山岩油气规模富集,而恩平组厚度薄,厚度多介于 2~4 m,分布面积小,盖层条件较差,限制油气富集。

惠州 21 构造深层具有明显的近源强势充注的特征,根据烃源岩与成藏组合的相对位置关系,可以将成藏模式划分为“旁生侧储”“自生自储”“下生上储”3 种类型,其中神狐组火山岩为“旁生侧储”模式,文昌组为“自生自储”模式,恩平组为“下生上储”模式。

#### 4.2 对古潜山火山岩储层的改造

前人研究表明,岩性、岩相和后期改造是控制火山岩储层发育的主要因素<sup>[28-29]</sup>。惠州 21 古潜山火山岩为中性喷发岩,钻井揭示的岩性为粗安岩,火山岩岩相以侵出相为主,部分层段为火山通道相,主要孔隙类型为碎裂缝、溶蚀缝、斑晶溶孔、基质溶孔和构造缝<sup>[30]</sup>,储层孔隙度为 1%~4.6%,平均为 2.57%,渗透率  $(0.04 \sim 24) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,且大部分样品为  $< 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,属于低孔-特低孔,低渗-特低渗储层。统计结果表明,裂缝发育段储层渗透率较高(图 8),说明裂缝对储层渗透性改善有重要作用。

惠州 21 古潜山构造演化对储层的改造作用主

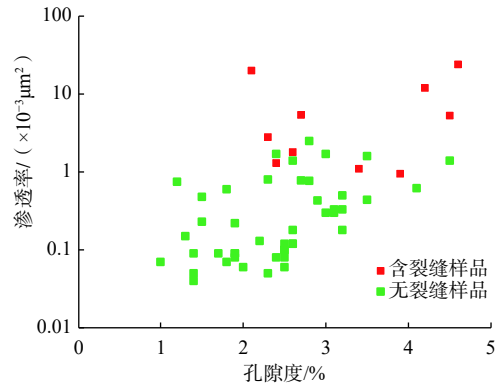
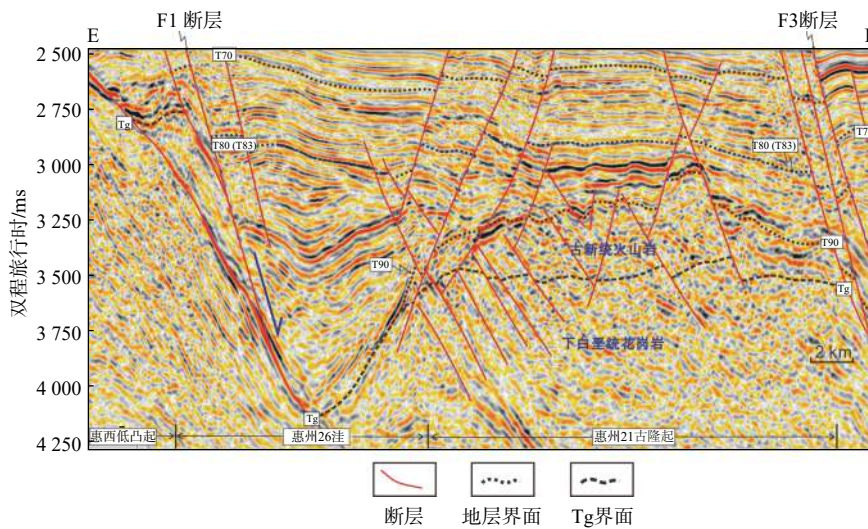


图 8 惠州 21 古潜山火山岩储层孔隙度与渗透率关系

Fig.8 The relationship between porosity and permeability of volcanic rock reservoir in Huizhou 21 buried hill.

要表现为促进断层裂缝体系的发育,从而提高储层渗透率。与区域构造演化相一致,惠州 21 古潜山中生代基底(花岗岩)经历挤压造山、剥蚀等多期构造演化过程,形成 2 组先存断裂体系,即中生代燕山期褶皱逆冲构造体系近 NEE 向断裂和晚白垩世末期张性或张扭性伸展构造体系 NNW 向断裂<sup>[31-32]</sup>。文昌期断裂活动强烈,花岗岩基底先存断裂活化,逐步向上覆火山岩地层延伸,部分断层贯穿至文昌组(图 9),形成交织的 EW-NWW 和 NE-NEE 2 组断层,另外,受文昌期 NNW 方向伸展应力的控制,与伸展应力相匹配的 EW-NWW 向先存断裂优先活化, F1 断层先于 F2 断层强烈活动,伴随惠州 21 古潜山强烈隆升,古潜山南部剧烈滚动挠曲变形<sup>[33-34]</sup>,在基底地层形成大量调节性次级断层,进一步促进火山岩地层 NNW 断层的发育。因此,惠州 21 古潜山整体断层较为发育,可识别的断裂



剖面位置见图 5

图 9 惠州 21 古潜山典型地震剖面

Fig.9 Typical seismic profiles of the Huizhou 21 buried hill



60 余条, 延伸距离大多为  $<5$  km, 平均断层密度约  $0.2$  条/ $\text{km}^2$ , 受先存断裂活化和挠曲变形的共同作用, 古潜山西南侧断裂发育密度最大, 可达约  $0.5$  条/ $\text{km}^2$ , 推测该区域是火山岩裂缝型储层最为发育的地区(图 5)。

#### 4.3 对裂陷期沉积体系发育的影响

初始裂陷期, 即文六段、文五段沉积时期, 裂陷活动强烈, 沉积中心靠近南部边界 F1 断层, 东沙隆起和惠西低凸起向洼陷提供物源, 主要发育

近岸水下扇、扇三角洲、辫状河三角洲等砂体和 中深湖相泥岩沉积(图 10a)。随湖平面上升, 文六段晚期开始沉积地层逐步超覆到惠州 21 古潜山平台区, 该区域面积广阔, 是文五段沉积时期重要的卸载区, 东沙隆起和惠州 21 古潜山局部高均向该区域供源, 沉积形成规模辫状河三角洲沉积(图 10b), 水下分流河道和河口坝等沉积亚相发育, 同时, 由于邻近惠州 26 洼深湖, 湖浪改造作用强烈, 具有发育滩坝相沉积的潜力, 推测文五段发育厚层优质储集体。

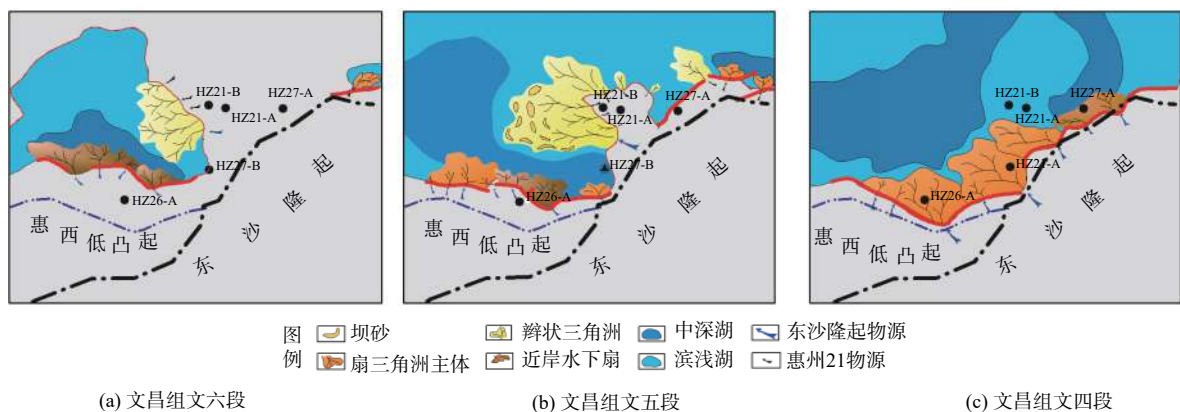


图 10 文昌组沉积相

Fig.10 Sedimentary facies of the Wenchang Formation

强烈裂陷期文四段沉积时期, F1 断层和 F2 断层同时强烈活动, 惠州 21 地区与东沙隆起分割, 形成独立的洼中隆地貌, 惠州 26 东北次洼的发育阻挡东沙隆起物质向惠州 21 构造带输运, 辫状河三角洲沉积体系逐步停止发育, 随该时期湖平面快速上升, 主要沉积稳定的厚层滨浅湖相泥岩(图 10c), 实钻厚度均超过  $200$  m, 仅在文四段底部沉积薄层砂岩, 厚度约  $30$  m, 岩性为中—粗砂岩, 分选差, 储层物性条件较差, 实测孔隙度  $4.2\% \sim 9.1\%$ , 渗透率  $(0.0024 \sim 0.233) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 测试产能仅约  $15 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

裂陷期后期恩平组沉积时期与惠西南地区整体特征一致, 断陷作用弱, 湖盆主体始终处于补偿沉积背景, 地势平缓, 水体较浅, 且邻近广阔的东沙隆起物源供给区, 浅水三角洲沉积体系十分发育, 主要发育三角洲平原相沉积<sup>[35]</sup>, 岩性为以砂砾岩、含砾砂岩及中砂岩为主, 同时, 惠州 21 构造具有继承性古隆起背景, 该区域水体更浅, 钙质和白云质胶结作用显著, 同时发育大量煤层, 水动力改造条件弱, 泥质含量高, 储层物性条件较差, 主要为低孔-低渗储层, 井壁心孔隙度  $2.9\% \sim 14.2\%$ , 平均  $10.1\%$ ; 渗透率  $(0.002 \sim 22.2) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 平均  $2.35 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

#### 4.4 对油气运移聚集的控制

始新世惠州 21 古潜山持续隆升, 与此同时, 沉积文五段、文四段主力烃源岩地层, 逐步超覆并最终覆盖整个古潜山, 一方面引起烃源岩地层产状向隆起上倾, 使该区带成为油气运移主要指向, 油气运移条件极为优越; 另一方面, 文四段厚层、稳定分布的泥岩盖层导致惠州 21 构造深层与中浅层油气的差异聚集, 惠州 26 洼具有“油气兼生、晚期快速生气”的特征<sup>[36]</sup>, 盆地模拟结果显示, 洼陷文昌组主排油期为  $23 \sim 10$  Ma, 即中新世早期和中期, 在中新世晚期(约  $10$  Ma)烃源岩达到成熟—高成熟阶段, 开始大规模排气, 文四段泥岩盖层, 限制了油气向中浅层的运移, 深层基岩潜山和文昌组砂岩储层油气持续强充注, 有利于形成高气油比油藏或凝析气藏; 中新世晚期(约  $10$  Ma)惠州 21 构造南部部分 EW—NWW 向展布断层沟通烃源, 短期强烈活动, 形成油气向浅层运移的“窗口期”, 油气沿断层垂向运移至恩平组及更浅的层系, 形成低气油比油藏, 惠州 21 油田珠江组和珠海组已发现油层气油比仅为  $36 \sim 190 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (图 11)。

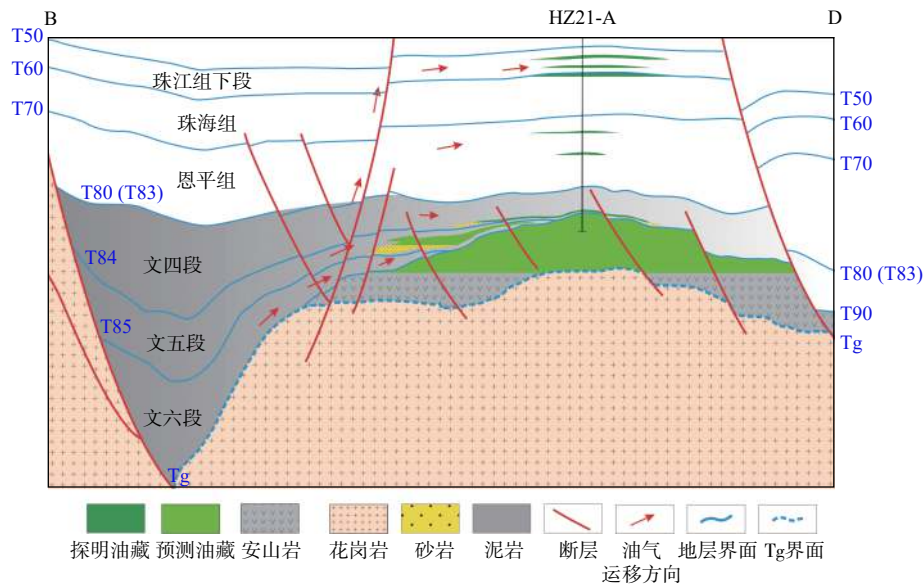


图 11 惠州 21 古隆起复式油气藏成藏模式

Fig.11 Accumulation model of complex reservoir on Huizhou 21 Paleo-uplift

## 5 结论

(1) 惠州 21 古潜山的演化过程主要经历了晚中生代早白垩世岩浆侵入花岗岩基底侵位、新生代古新世火山喷发隆起、始新世断层差异活动隆升、渐新世—中新世定型 4 个阶段。

(2) 惠州 21 古潜山构成演化对深层成藏的控制作用主要表现在古潜山火山岩储层的改造、裂陷期沉积体系的发育和油气运移聚集 3 个方面。

(3) 惠州 21 古潜山坡构造是油气运移的重要指向区, 但深层勘探程度低, 神狐组火山岩和始新统文昌组文四段、文五段沉积岩, 具备发育规模优质储层的条件, 具有较大的勘探潜力, 是该区带未来勘探的主要方向。

### 参考文献:

[1] 阎家祺, 译. 马万钧, 校. 《国际构造地质词典》英语术语[M]. 北京: 地质出版社, 1983.

[2] 戴金星, 王庭斌, 宋岩, 等. 中国大中型天然气田形成条件与油气分布规律[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 66-78.

[3] 何登发, 谢晓安. 中国克拉通盆地中央古隆起与油气勘探[J]. 勘探家, 1997, 2(2): 11-19.

[4] 何登发, 李德生, 董晓光, 等. 多期叠加盆地古隆起控油规律[J]. 石油学报, 2008, 29(4): 475-488.

[5] 庞雄奇, 周新源, 李卓, 等. 塔里木盆地塔中古隆起控油模式与有利区预测[J]. 石油学报, 2011, 32(2): 189-198.

[6] 苏桂萍, 李忠权, 应丹琳, 等. 四川盆地加里东古隆起形成演化及动力学成因机理[J]. 地质学报, 2020, 94(6): 1793-1812.

[7] 何登发, 邵东波, 崔永平, 等. 鄂尔多斯盆地西缘马家滩古隆起

的厘定、成因及地质意义[J]. 石油学报, 2018, 39(6): 609-619.

[8] 孙立东, 孙国庆, 杨步增, 等. 松辽盆地北部中央古隆起带古潜山天然气成藏条件[J]. 天然气工业, 2020, 40(3): 23-29.

[9] 朱明, 施洋, 朱俊章, 等. 惠州凹陷HZ21-1构造油气成因来源及有利滚动勘探区预测[J]. 中国海上油气, 2017, 29(6): 12-22.

[10] 陈长民, 施和生, 许仕策, 等. 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.

[11] 杜晓东, 彭光荣, 吴静, 等. 珠江口盆地阳江东凹始新统的源汇过程: 碎屑锆石定年及物源示踪[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2021, 41(6): 124-137.

[12] 田立新, 刘杰, 张向涛, 等. 珠江口盆地惠州26-6大中型泛潜山油气田勘探发现及成藏模式[J]. 中国海上油气, 2020, 32(4): 1-11.

[13] 施和生, 杜家元, 梅廉夫, 等. 珠江口盆地惠州运动及其意义[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(3): 447-461.

[14] 孙林, 漆家福, 吴蕾, 等. 塑性变形区的构造演化分析[J]. 石油地球物理勘探, 2013, 48(2): 297-302, 332.

[15] 施和生, 舒誉, 杜家元, 等. 珠江口盆地古近系石油地质[M]. 北京: 地质出版社, 2017.

[16] 孙晓猛, 张旭庆, 张功成, 等. 南海北部新生代盆地基底结构及构造属性[J]. 中国科学: 地球科学, 2014, 44(6): 1312-1323.

[17] XU C H, SHI H S, BARNES C G, et al. Tracing a late Mesozoic magmatic arc along the Southeast Asian margin from the granitoids drilled from the northern South China Sea[J]. International Geology Review, 2016, 58(1): 71-94.

[18] 倪金龙, 夏斌, 刘海龄. 南海及邻区前中生代构造演化与东特提斯构造域阴[J]. 海洋地质动态, 2005, 21(10): 11-16.

[19] 何家雄, 刘海龄, 姚永坚, 等. 南海北部边缘盆地油气地质及资源前景[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.

[20] 李思伟, 王璞珺, 丁琳, 等. 南海北部陆缘古新世埃达克质岩的岩石成因[J]. 地球科学, 2020, 45(11): 4091-4117.

[21] 张斌, 王璞珺, 张功成, 等. 珠-琼盆地新生代界火山岩特征及其

- 油气地质意义[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(6): 657-665.
- [22] 熊亨, 毛敏, 关利军. 惠州凹陷古近系文昌组、恩平组录井解释方法研究[J]. 海洋地质前沿, 2019, 35(1): 67-73.
- [23] 李平鲁. 珠江口盆地新生代构造运动[J]. 中国海上油气, 1993, 7(6): 11-17.
- [24] 张向涛, 刘培, 王文勇, 等. 珠一坳陷古近系文昌期构造转变对油气成藏的控制作用[J]. 地球科学, 2021, 46(5): 1797-1813.
- [25] 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]. 2012, 27(3): 1008-1019.
- [26] HALBOUTY M T. Giant oil and gas fields of the decade: 1990-1999[M]. Tulsa: AAPG, 2003.
- [27] 隋立伟, 方世虎, 孙永河, 等. 柴达木盆地西部狮子沟—英东构造带构造演化及控藏特征[J]. 地学前缘, 2014, 21(1): 261-270.
- [28] 张东东, 刘池洋, 黄翼坚, 等. 歧口凹陷北大港凸起构造带形成演化及其油气意义[J]. 地学前缘, 2015, 22(3): 129-136.
- [29] 王璞珺, 迟元林, 刘万洙, 等. 松辽盆地火山岩相: 类型、特征和储层意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003(4): 449-456.
- [30] 唐华凤, 王璞珺, 边伟华, 等. 火山岩储层地质研究回顾[J]. 石油学报, 2020, 41(12): 1744-1773.
- [31] 李思伟. 珠江口盆地惠州凹陷新生代火山岩: 从岩石成因到火山岩储层[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [32] YE Q, MEI L F, SHI H S, et al. A low-angle normal fault and basement structures within the Enping Sag, Pearl River Mouth Basin: insights into late Mesozoic to early Cenozoic tectonic evolution of the South China Sea area[J]. Tectonophysics, 2018, 731: 1-16.
- [33] 刘海伦. 珠江口盆地珠一坳陷裂陷结构: 基底属性与区域应力联合制约[D]. 武汉: 中国地质大学, 2018.
- [34] 漆家福, 杨桥, 童亨茂, 等. 构造因素对半地堑盆地的层序充填的影响[J]. 地球科学, 1997(6): 45-50.
- [35] 郭巧珍, 陈峰, 杨香华, 等. 珠江口盆地惠州凹陷恩平组浅水辫状河三角洲沉积[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33(1): 25-32.
- [36] 田立新, 施和生, 刘杰, 等. 珠江口盆地惠州凹陷新领域勘探重大发现及意义[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(4): 22-30.

## TECTONIC EVOLUTION OF HUIZHOU 21 BURIED HILL AND ITS CONTROL OVER DEEP OIL ACCUMULATIONS IN THE HUIZHOU SAG OF PEARL RIVER MOUTH BASIN

JIA Peimeng, ZHANG Xiangtao, CHEN Weitao, LIU Pei, LUO Ming, WANG Wenyong

(Shenzhen Branch of CNOOC (China) Ltd., Shenzhen 518000, China)

**Abstract:** The Huizhou 21 structure, a drape structure over a buried hill, is a key area for oil exploration in the Huizhou Sag of the Pearl River Mouth Basin. However, the Huizhou 21 oil and gas field is the only one discovered in the middle and shallow layers, no commercial hydrocarbon discoveries have been detected so far in the deep. As we know, the analysis of structural evolution of the buried hill is the key to deep-layer oil exploration. Based on seismic data and drilling results, using the balanced geological profiling as a tool, the geological structure and tectonic evolution process of Huizhou 21 buried hill and the influence of tectonic evolution process on hydrocarbon accumulation are carefully studied in this paper. It is found that the Huizhou 21 buried hill tectonic belt has experienced four stages of evolution: magmatic intrusion and granite basement emplacement in Early Cretaceous, volcanic eruption in Paleocene, uplifting and differentiated faulting in Eocene and getting into shape in Oligo-Miocene. The control of tectonic evolution over deep reservoir formation is mainly manifested in three aspects: the reformation of volcanic reservoir, the development of sedimentary system in rifting period and the migration and accumulation of oil and gas. There are high quality and large scale reservoirs in the Wenchang and Shenhu Formations of the study area, and they are important oil exploration targets in the deep.

**Key words:** stratigraphic system; tectonic evolution; deep layer; hydrocarbon accumulation; Huizhou 21 buried hill; Huizhou Sag