

唐历山, 范彩伟, 张焱, 等. 琼东南盆地花岗岩潜山发育演化及控藏作用[J]. 海洋地质前沿, 2023, 39(3): 81-90.

TANG Lishan, FAN Caiwei, ZHANG Yan, et al. Tectonic evolution of granite buried hill and its control on reservoir accumulation in Qiongdongnan Basin[J]. Marine Geology Frontiers, 2023, 39(3): 81-90.

# 琼东南盆地花岗岩潜山发育演化及控藏作用

唐历山<sup>1,2</sup>, 范彩伟<sup>3</sup>, 张焱<sup>4\*</sup>, 熊小峰<sup>2</sup>, 段亮<sup>2</sup>, 朱继田<sup>3</sup>

(1 中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 深圳 518067; 2 中海石油(中国)有限公司海南分公司, 海口 570312;

3 中海石油(中国)有限公司湛江分公司, 湛江 524057; 4 中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广州 510075)

**摘要:**以琼东南盆地地震、钻井及测年资料为基础, 结合南海北部陆缘构造演化特征, 分析了琼东南盆地花岗岩侵入期次和分布规律, 论述了花岗岩潜山发育演化及控藏作用。研究表明, 琼东南盆地发育印支期和燕山期两期花岗岩侵入, 印支期花岗岩主要分布于 NW 向(低)凸起带, 燕山期花岗岩分布于 NE 向(低)凸起带, 琼东南盆地花岗岩潜山构造类型为残丘山, 印支期花岗岩和燕山期花岗岩潜山演化都可划分为岩浆侵入期、暴露剥蚀期和定型埋藏期等阶段。盆地花岗岩潜山暴露剥蚀时间长, 经历了多期次构造运动, 发育网格状断裂, 可形成风化壳型和断裂-裂缝型储层, 松南低凸起花岗岩潜山被多凹环绕, 发育断裂+砂体复合输导体系, 是油气有利汇聚区。

**关键词:**花岗岩; 潜山; 琼东南盆地; 中生代; 构造演化

中图分类号: P736; P744.4

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2022.199

## 0 引言

潜山是古地貌的一种形态, 呈不整合埋藏于年轻地层之下, 是盆地基底的地形高地, 国内外勘探实践表明潜山具有巨大勘探潜力, 其作为油气富集储层的重要领域得到了大量的关注<sup>[1-3]</sup>。近年来南海北部大陆边缘的琼东南盆地和珠江口盆地均在花岗岩潜山获得了勘探突破<sup>[4-6]</sup>, 花岗岩潜山油气田逐步成为中国南海油气增产上储的重要勘探目标, 有巨大的勘探潜力。目前, 琼东南盆地花岗岩潜山研究虽已取得重要进展, 但主要集中于花岗岩潜山成藏条件和储层发育特征<sup>[7-8]</sup>, 盆地花岗岩侵入期次和分布规律并不明确, 潜山演化过程和控藏机制尚

缺乏系统研究。本文基于年代-构造地质学和南海北部区域中生代构造背景分析了琼东南盆地花岗岩侵入期次和分布规律, 阐述了花岗岩潜山发育演化和控藏机理, 以期为推进琼东南盆地花岗岩潜山油气勘探突破提供依据与线索。

## 1 区域地质概况

琼东南盆地位于南海北部大陆边缘, 南、北部分别为西沙隆起和海南隆起, 西侧为莺歌海盆地, 东部为珠江口盆地, 总体上呈 NE 走向<sup>[9-10]</sup>。盆地是在前古近系基底上发育的新生代伸展断陷盆地, 整体呈隆坳相间的构造格局, 从北向南依次划分为北部坳陷、中部隆起、中央坳陷、南部隆起 4 个一级构造单元, 可进一步细分为崖城凸起、崖南低凸起、崖 13 低凸起、陵水低凸起、松涛凸起、陵南低凸起、松南低凸起和北礁凸起等 8 个二级正向构造, 崖南凹陷、崖北凹陷、松西凹陷、松东凹陷、乐东凹陷、陵水凹陷、华光凹陷、甘泉凹陷、北礁凹陷、松南凹陷、宝岛凹陷和长昌凹陷等 12 个二级负向构造单元<sup>[8]</sup>(图 1)。琼东南盆地新生代可划分为断陷和拗陷两大演化阶段, 经历了从陆相到海相的沉积,

收稿日期: 2022-07-05

资助项目: “十三五”国家重大科技专项(2016ZX05026-002); 中海石油(中国)有限公司重大科技专项(CNOOC-KJ135ZDXM38ZJ03ZJ); 中国地质调查局项目(DD20221714)

作者简介: 唐历山(1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事油气地质与勘探方面的研究工作。E-mail: tanglish2@cnooc.com.cn

\* 通讯作者: 张焱(1983—), 女, 博士, 高级工程师, 主要从事海洋地质方面的研究工作。E-mail: zhang\_yan1117@163.com

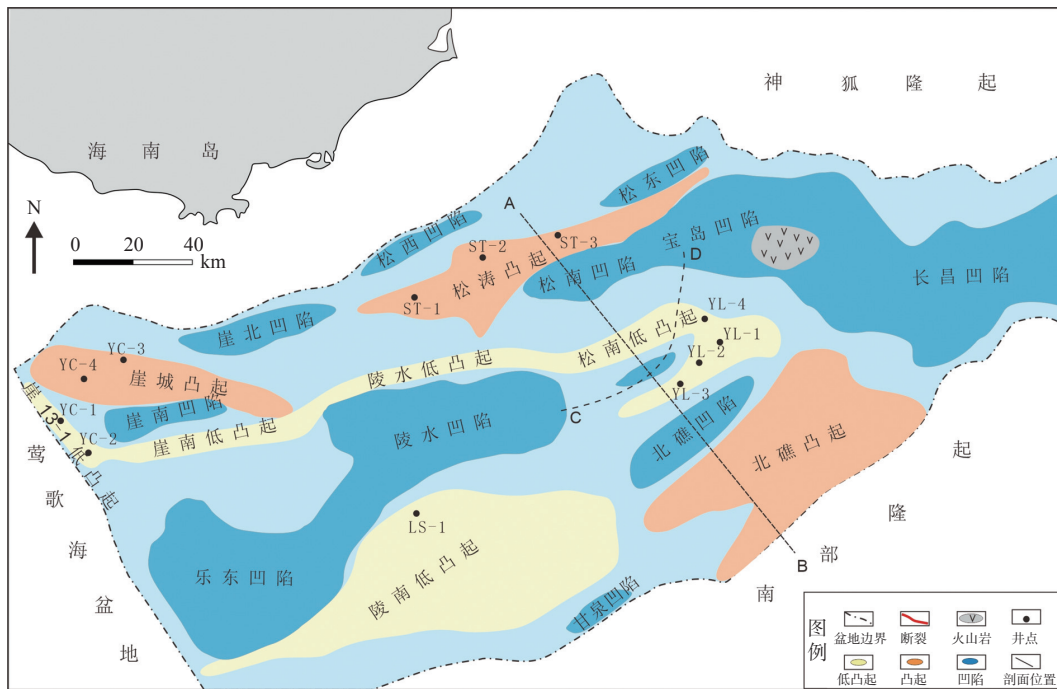


图1 琼东南盆地构造单元图

Fig.1 The structural units of the Qiongdongnan Basin

从下至上依次发育岭头组、崖城组、陵水组、三亚组、梅山组、黄流组和乐东组,其中岭头组和崖城组为盆地主要烃源层<sup>[10]</sup>。

前人对南海北部区域基底进行了大量研究,将其划分为前震旦系、震旦系—下古生界、上古生界和中生界4个构造层<sup>[11-13]</sup>。前震旦系结晶基底与华夏地块是一体的,覆盖整个南海北部区域,是普遍存在的早期构造层,震旦系—下古生界广泛分布于南海北部,是华南加里东褶皱带向海域的自然延伸,珠江口和琼东南盆地在晚古生代属于隆起,缺失上古生界,中生代南海北部各个盆地分布有差异,其中琼东南盆地以陆相-火山沉积为主<sup>[12]</sup>。琼东南盆地钻井揭示基底岩性种类较多,包含花岗岩、火山岩、变质岩、灰岩等多种类型,其中以花岗岩最多。

## 2 琼东南盆地花岗岩潜山演化

### 2.1 花岗岩侵入时间确定

锆石具有稳定的物理、化学性质,结晶时普通铅含量低,其中,U的浓度高(100~1 000 mg/kg),Th的浓度适中(10~100 mg/kg),锆石U-Pb体系的封闭温度高(>800 °C),这些特点使得锆石U-Pb法成为确定岩浆岩形成时代的优选测年方法<sup>[14]</sup>。琼

东南盆地有多口探井钻遇基底,揭示盆地基底岩性种类较多,包含花岗岩、安山岩、闪长岩、流纹岩和变质岩等多种类型,其中以花岗岩基底钻遇最多<sup>[8]</sup>。本次研究主要采集了琼东南盆地基底的岩浆岩样品,依次开展样品的预处理、矿物分选、锆石制靶、阴极发光拍照、锆石选点及U-Pb测试分析。

锆石U-Pb同位素测年在同济大学海洋地质国家重点实验室利用LA-ICP-MS分析完成,激光剥蚀系统为New Wave 213 nm,ICP-MS型号为Thermo Elemental X-Series。激光剥蚀过程中采用氦气作载气、氢气为补偿气以调节灵敏度,激光斑束大小和剥蚀频率分别选用30 Hz和10 Hz,每个样品分析数据包括约25 s的空白信号和50 s的样品信号。锆石标样使用91500,每8个待测锆石与2个标样交替进行,数据离线处理、U-Th-Pb同位素比值、表面年龄计算等采用软件ICP-MSDataCal,锆石年龄计算及协和图的绘制采用ISOPLOT 3.7<sup>[15]</sup>。根据锆石U-Pb测年实验结果,本文统计了琼东南盆地不同构造单元基底岩浆岩的年龄数据(表1,井点具体位置见图1),松南低凸起是近年潜山勘探的重点区域,钻井数据最多,其次是松涛凸起。松涛凸起上代表井ST-3井测年为(100.0±1.6) Ma(图2a),松南低凸起上代表井YL-2井测年为(229.1±2.0) Ma(图2b,表2)。年龄谱图显示琼东南盆地花岗岩类基底年龄主要集中在90~150 Ma和200~260 Ma

表 1 琼东南盆地花岗岩年龄数据表

Table 1 The age dating of the granites in Qiongdongnan Basin

构造单元	井名	岩性	同位素测年/Ma	井段/m
松涛凸起	ST-1	安山岩	93.92	2 731~2 769
	ST-2	花岗岩	106.9±1.1	2 697~2 850
	ST-3	花岗岩	100.0±1.6	2 736~2 753
崖13-1低凸起	YC-1	花岗岩	194~226	3 764~3 822.2
	YC-2	花岗岩	249	5 093~5 096
崖城凸起	YC-3	花岗闪长岩	108.1±6.3	3 116~3 157
	YC-4	花岗岩	101.8	3 095~3 125
松南低凸起	YL-1	花岗岩	239~250	2 948~3 088
	YL-2	花岗岩	229.1±2.0	2 882~2 970
	YL-3	花岗岩	238.3	2 656~2 666
	YL-4	花岗岩	241.7~261.7	2 119.5~2 230
陵南低凸起	LS-1	花岗岩	231~241	3 599~3 750

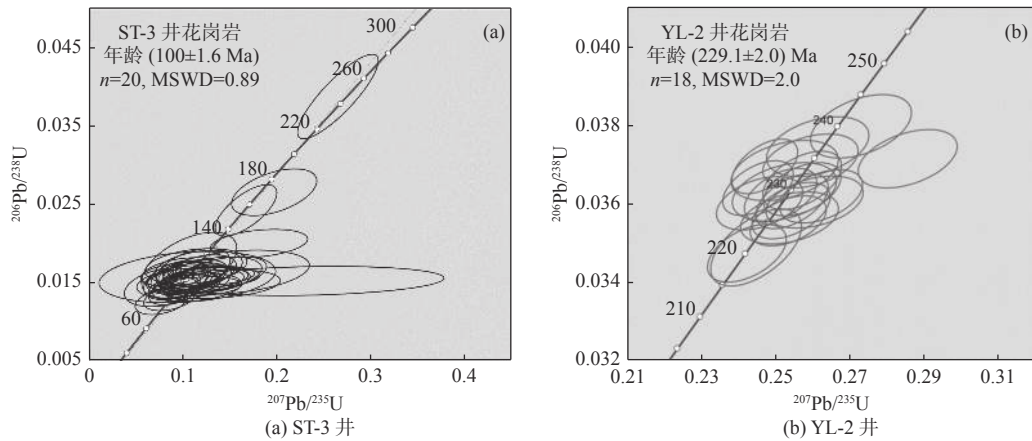


图 2 琼东南盆地代表井花岗岩锆石年龄协和图

Fig.2 Diagram of concordant zircon ages of granites from representative wells of the Qiongdongnan Basin

这 2 个时期(图 3), 对应于中生代印支运动和燕山运动两期重要构造事件<sup>[16-17]</sup>。具体到盆内不同构造带, 北部松涛凸起花岗岩的年龄集中在 100 Ma 左右, 南部松南低凸起花岗岩年龄集中在 235 Ma 左右, 表明琼东南盆地至少发育两期花岗岩体侵入。

2.2 花岗岩分布规律及形成机制

琼东南盆地基底岩性具有纵向分层, 横向分区的特征, 在纵向上可分为前震旦纪结晶基底、震旦系—古生界和中生界 3 层结构, 对应岩性分别为前震旦纪片麻岩、震旦系—古生界变质砂岩、中生界花岗岩等。平面上主体为震旦系—古生界变质砂岩, 南部隆起区为前震旦纪片麻岩, 中生界花岗岩主要分布于燕山期的松涛凸起和印支期的松南低凸起等凸起区<sup>[13]</sup>(图 4)。

中生代三叠纪, 全球构造出现变革, 冈瓦纳联合古陆解体, 印度洋、太平洋板块形成。欧亚大陆

板块西南-南部的印度板块北漂, 特提斯洋壳向欧亚板块俯冲而引发的印支运动使得欧亚大陆东-东南部普遍碰撞拼合, 华南大陆形成了一系列 NW-NWW 向的断裂带、剪切带、褶皱和变形叶理以及伴生的变质作用和岩浆活动, 华南印支期花岗岩呈面状主要分布于广西、海南、广东、江西、福建和湖南等内陆省区<sup>[17]</sup>, WANG 等<sup>[18]</sup>将华南印支期花岗岩划分为 243~228 Ma 和 220~206 Ma 两期。花岗岩岩体形成时代由南至北逐渐变新, 是印支陆块与华南陆块碰撞拼合所引起的挤压应力由南向北传递的结果<sup>[16]</sup>, 琼东南盆地位于华南大陆南部, 发育印支早期岩体(243~228 Ma), 在盆地基底的时间切片上, 可见琼东南盆地发育大量 NW 向断裂(图 5), 也形成了一系列 NWW 向和近 EW 向的构造带, 如松南低凸起、崖 13-1 低凸起、崖城凸起等都是印支期花岗岩体。

中生代华南地区经历了从印支期以近 EW 向

表2 琼东南盆地松南低凸起 YL-2 井花岗岩锆石 LA-ICP-MS 分析结果表

Table 2 Zircon LA-ICP-MS analysis results of Well YL-2 granite from the Songnan Low Uplift, Qiongdongnan Basin

测点号	Th/(mg/kg)	U/(mg/kg)	Th/U	同位素比值						年龄 /Ma			
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 1\sigma$
1	139	287	0.48	0.050 56	0.001 33	0.242 3	0.007	0.034 73	0.000 48	220	6	220	3
2	160	425	0.38	0.050 39	0.001 24	0.251 4	0.006 4	0.036 2	0.000 45	228	5	229	3
3	114	324	0.35	0.051 13	0.001 73	0.244 8	0.008 1	0.034 87	0.000 64	222	7	221	4
4	133	267	0.5	0.051 28	0.001 62	0.253 8	0.008 6	0.035 62	0.000 43	230	7	226	3
5	128	247	0.52	0.052 59	0.001 75	0.260 4	0.008 6	0.036 02	0.000 43	235	7	228	3
6	219	408	0.54	0.048 54	0.001 15	0.247	0.005 8	0.036 93	0.000 46	224	5	234	3
7	238	346	0.69	0.051 65	0.001 46	0.254 2	0.006 9	0.035 81	0.000 47	230	6	227	3
8	70	167	0.42	0.049 82	0.001 9	0.2524	0.009 5	0.036 82	0.000 51	229	8	233	3
9	266	419	0.63	0.048 86	0.001 25	0.245 3	0.006 3	0.036 39	0.000 46	223	5	230	3
10	129	274	0.47	0.049 66	0.001 6	0.245 7	0.007 7	0.035 99	0.000 45	223	6	228	3
11	195	360	0.54	0.051 25	0.001 34	0.257 1	0.006 9	0.036 35	0.000 45	232	6	230	3
12	101	226	0.45	0.050 64	0.001 92	0.252 4	0.009 2	0.036 28	0.000 49	228	7	230	3
13	138	351	0.39	0.055 29	0.001 53	0.285 4	0.008 8	0.037 12	0.000 49	255	7	235	3
14	252	388	0.65	0.051 7	0.001 39	0.253 3	0.006 7	0.035 55	0.000 42	229	5	225	3
15	317	473	0.67	0.051 11	0.001 27	0.254 4	0.006 4	0.036 05	0.000 46	230	5	228	3
16	163	291	0.56	0.050 71	0.001 78	0.261 3	0.009 1	0.037 43	0.000 5	236	7	237	3
17	159	320	0.5	0.052 11	0.001 69	0.272 9	0.008 9	0.037 95	0.000 53	245	7	240	3
18	231	349	0.66	0.050 96	0.001 35	0.257 1	0.006 9	0.036 58	0.000 49	232	6	232	3
19	148	280	0.53	0.052 49	0.001 48	0.262 2	0.007 4	0.036 17	0.000 45	236	6	229	3
20	138	230	0.6	0.050 85	0.001 75	0.259 3	0.008 5	0.037 07	0.000 45	234	7	235	3
21	259	552	0.47	0.050 8	0.001 02	0.253 1	0.005 5	0.0361 3	0.000 42	229	4	229	3
22	310	512	0.6	0.049 93	0.001 01	0.261 8	0.006 2	0.037 98	0.000 56	236	5	240	3
23	193	392	0.49	0.052 24	0.001 3	0.256 7	0.006 3	0.035 69	0.000 39	232	5	226	2
24	205	331	0.62	0.054 76	0.001 56	0.272 9	0.007 9	0.036 17	0.000 5	245	6	229	3
25	201	460	0.44	0.050 49	0.001 35	0.249 2	0.006 8	0.035 76	0.000 45	226	6	227	3
26	125	229	0.54	0.053 05	0.001 7	0.264 8	0.008 7	0.036 15	0.000 48	239	7	229	3
27	44	93	0.48	0.070 52	0.003 7	0.353 7	0.018 5	0.036 19	0.000 63	307	14	229	4
28	251	363	0.69	0.052 83	0.001 46	0.240 3	0.007	0.328 1	0.000 42	219	6	208	3
29	125	236	0.53	0.058 96	0.001 91	0.329 5	0.013 1	0.039 93	0.000 6	289	10	252	4
30	182	341	0.53	0.065 04	0.002 93	0.341 4	0.018 7	0.037 52	0.000 43	298	14	237	3
31	187	313	0.6	0.057 82	0.002 54	0.311 5	0.016 7	0.038 57	0.000 53	275	13	244	3

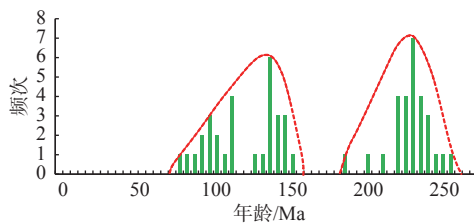


图3 琼东南盆地花岗岩年龄图谱

Fig.3 The spectrum of granite ages in Qiongdongnan Basin

为的特提斯构造域向燕山期以 NE 向为主的滨太平洋构造域的转换<sup>[19]</sup>。燕山期岩浆活动是华南中生代最显著的特征,分布范围广,呈 NE 向带状分布,以花岗岩与流纹岩为主(95% 以上)<sup>[20]</sup>。董树文等<sup>[21]</sup>

将燕山运动划分为 3 个时期,分别是强挤压-陆内造山期、主伸展期和弱挤压变形期,燕山早期周缘板块从不同方向大致同时向东亚大陆汇聚,从而引起造山作用,琼东南盆地被抬升,印支期岩体暴露剥蚀。燕山中期太平洋板块俯冲转向,古太平洋的高角度俯冲在南海北部形成弧后伸展,琼东南盆地形成 NW 向张性应力场,在张应力场作用下,断裂和岩浆活动活跃,形成 NE 向分布的侵入/喷出岩体,这期岩体主要分布于松涛凸起、崖南低凸起等 NE 向构造带(图 6)。燕山晚期,受控于古太平洋向亚洲大陆俯冲板块的边界应力场<sup>[16]</sup>,形成区域弱挤压,这期挤压应力场是对主伸展垮塌期构造应力场的



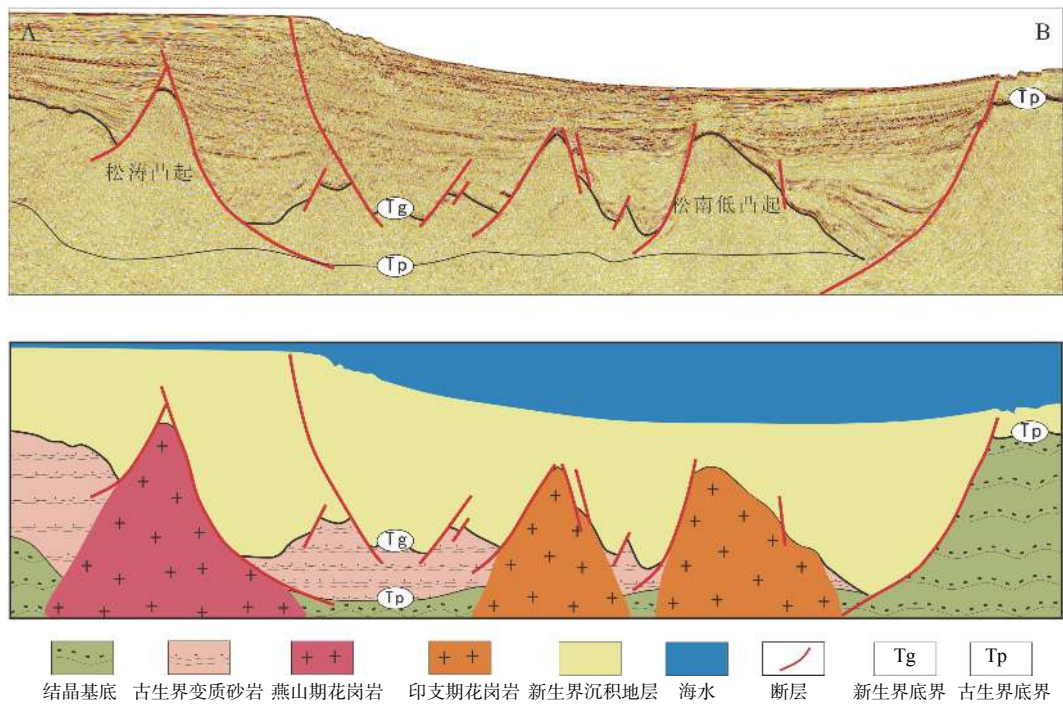


图 4 琼东南盆地地质剖面图

Fig.4 Geological section of the Qiongdongnan Basin

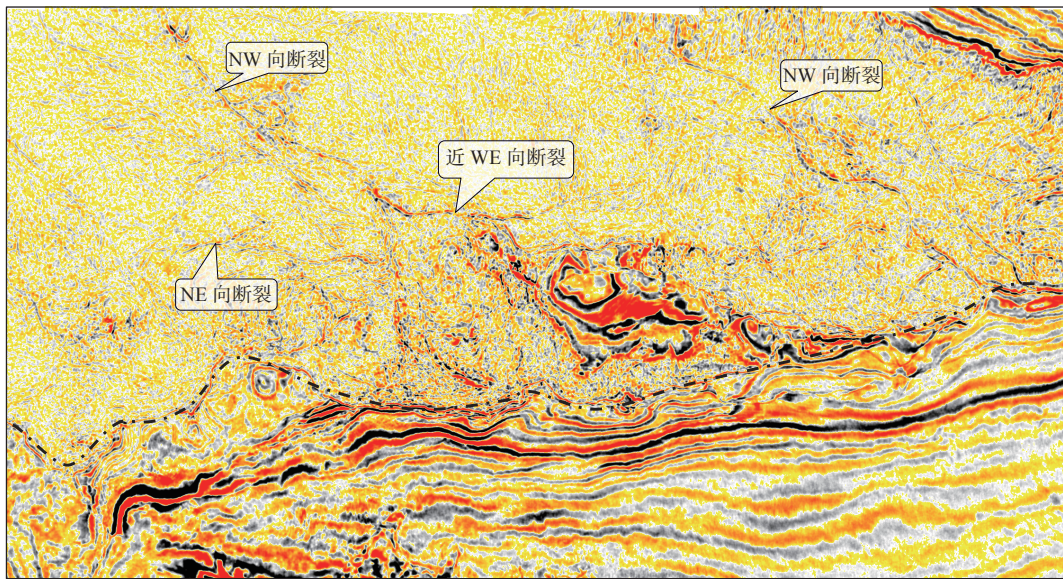


图 5 琼东南盆地崖城凸起地震时间切片 (3 000 ms)

Fig.5 Seismic time slice of the Yacheng Uplift in the Qiongdongnan Basin(3 000 ms)

调整, 局部抬升剥蚀。

从平面上看, 琼东南盆地花岗岩分布与构造带走向有一定的相关性。印支期花岗岩沿 NW 向构造带、断裂侵入/喷发, 而燕山期花岗岩沿 NE 向构造带侵入/喷发。

### 2.3 花岗岩潜山类型及演化

潜山的类型多种多样, 按构造成因分类, 潜山可以分为残丘山、断块山、褶皱山<sup>[22]</sup>, 断块山又可

分为单断山、双断山和断阶山, 断块潜山一般为后期断裂作用形成。根据潜山岩性特征分为变质岩储层潜山、火成岩储层潜山、碳酸盐岩储层潜山和碎屑岩储层潜山, 火成岩储层潜山又可以分为侵入岩储层潜山和喷出岩储层潜山<sup>[1]</sup>。按潜山的构造成因分类, 琼东南盆地潜山主要为残丘山, 从潜山物质形成时期看可划分为印支期潜山和燕山期潜山 2 类。在构造演化角度, 盆地 2 类花岗岩潜山都可分为岩浆侵入期、暴露剥蚀期、定型埋藏期等演化

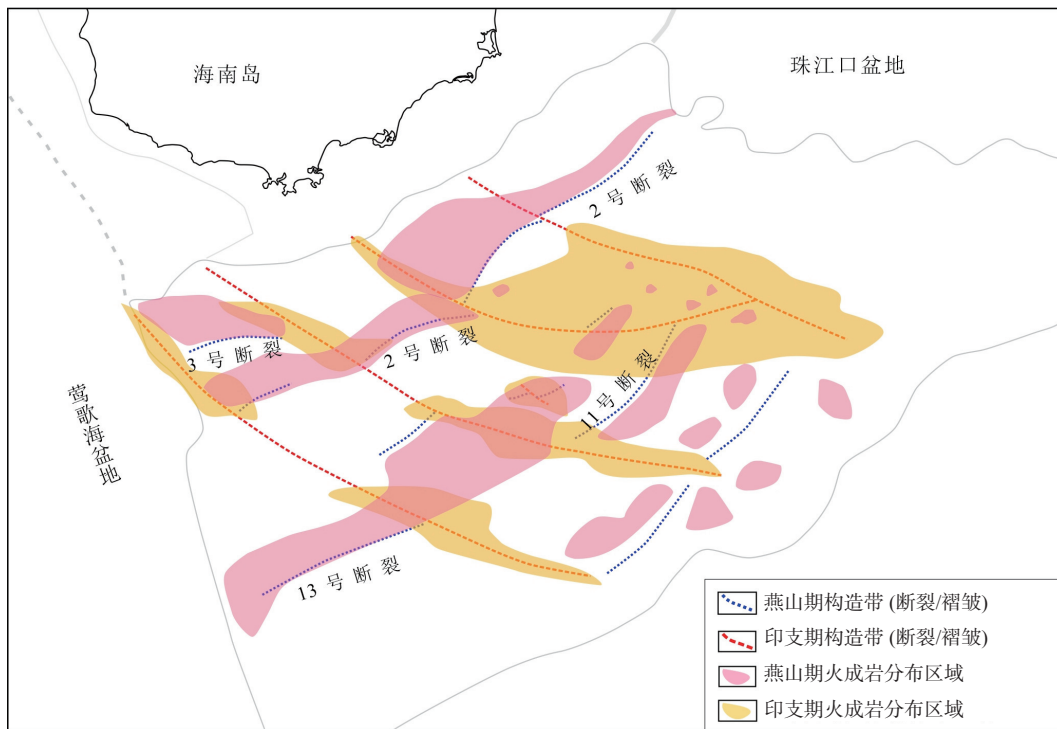


图6 琼东南盆地两期花岗岩平面分布预测

Fig.6 Prediction of granite distribution in the Qiongdongnan Basin

阶段。

印支期潜山演化可划分为：①岩浆侵入期：古生代琼东南盆地为裂谷海槽下的浅海-半深海相浊积沉积<sup>[23-24]</sup>，后经加里东期构造事件，沉积地层遭受统一的褶皱变质作用，形成广泛分布的低绿片岩相变质岩。受印支运动影响，盆地花岗岩体侵入，形成花岗岩潜山的物质基础，同期发育大量NW向断裂。②暴露剥蚀期：印支期末，松南低凸起等处于区域性隆升阶段，早期变质岩风化、剥蚀后，花岗岩揭顶，潜山雏形形成。燕山期，花岗岩侵入体经历新一期构造运动，断裂和裂缝更加发育。花岗岩遭受风化剥蚀形成风化壳，这一阶段持续时间较长，为潜山储集空间形成的重要阶段。③定型埋藏期：新生代以来，琼东南盆地以伸展断陷为主。始新世，在NW-SE向应力场控制下，基底断裂大量活化，同时，新生大量NE-NEE向断裂，控制了一系列NE向凹陷演化和沉降，渐新世，应力场顺时针旋转为SN向，新生一系列EW向断裂，进一步改造潜山，中新世盆地构造活动减弱，进入拗陷期，潜山构造定型(图7)。

燕山期潜山演化阶段上与印支期潜山有相似性，但是其构造演化经历不如印支期花岗岩潜山丰富。燕山期花岗岩潜山未经历中生代早期构造运动和印支期末的区域性隆升剥蚀阶段，花岗岩潜山

构造裂缝必然不如印支期潜山，尤其是缺少NW向构造裂缝，另一方面，燕山期潜山缺乏燕山早期的区域隆升阶段，暴露剥蚀时间比印支期潜山少100 Ma，这2个因素都导致燕山期花岗岩储层条件不如印支期花岗岩潜山。

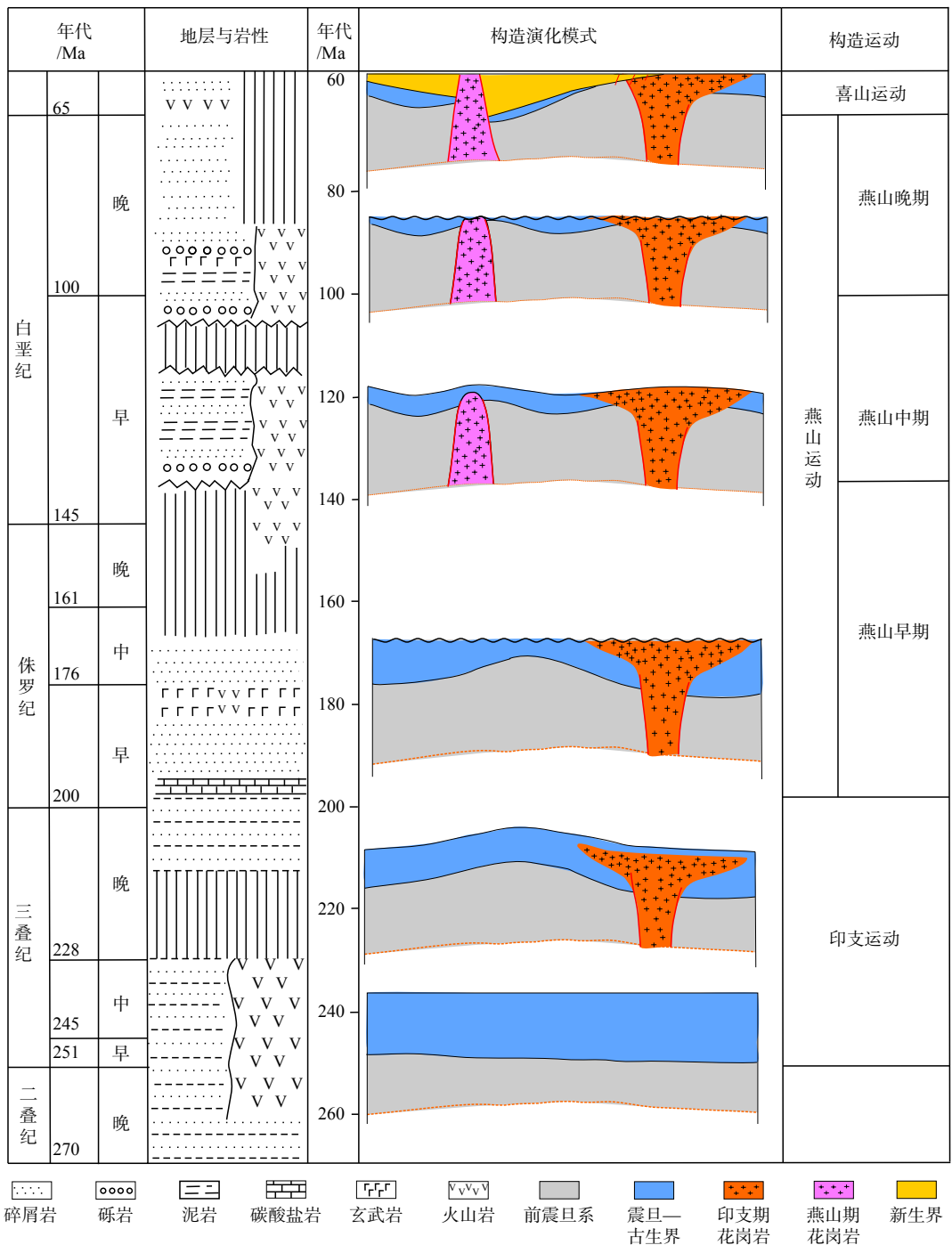
### 3 控藏作用

琼东南盆地经历了多期构造运动叠加，一方面造成了花岗岩潜山油气成藏的复杂性和特殊性，同时也为油气成藏创造了良好的成藏条件。构造作用对油气成藏的建设性在松南低凸起体现在利于储层发育和油气汇聚2方面。

#### 3.1 多期构造运动控储层发育

花岗岩本身并不具有作为储集层条件，必须经过后期风化淋滤剥蚀改造之后才能成为有利储集层，其储层物性的好坏取决于原岩的岩性、风化程度、地貌特征、构造改造及热液溶蚀等多重因素，良好的储集条件是成为大型油气田的关键因素<sup>[25]</sup>。印支期，在区域NE向挤压应力场控制下，盆地发育明显的NW向断裂和裂缝(图5)。燕山期古太平洋板向NW俯冲，形成系列NE向断裂<sup>[21]</sup>，基底切片显示发育大量NE的断裂、裂缝。新生代喜山期，





岩性部分引自文献 [16]

图 7 琼东南盆地花岗岩潜山演化模式图

Fig. 7 Evolution model of the granite buried hill in the Qiongdongnan Basin

太平洋板块俯冲后撤, 盆地处于 NW—SE 向拉张应力场<sup>[26]</sup>, 发育大量 NE 向断裂, 在松南低凸起区也有一定的体现。总体而言, 中生界花岗岩经历印支期、燕山期、喜山期等多期构造运动, 基岩潜山裂缝发育。松南低凸起花岗岩体侵入时间为 250 Ma, 后期构造抬升, 岩体暴露剥蚀, 直至新生代伸展断陷阶段, 松南低凸起潜山储层上覆崖城组(36 Ma)沉

积。从暴露剥蚀到接受沉积, 该区花岗岩潜山区至少经历了约 100 Ma 的风化剥蚀, 长期风化淋滤溶蚀是花岗岩优质储层形成的重要因素, 松南低凸起已钻井镜下薄片可见溶蚀裂缝孔发育(图 8)。

### 3.2 构造演化控油气汇聚

新生代构造演化控制了松南低凸起潜山带油

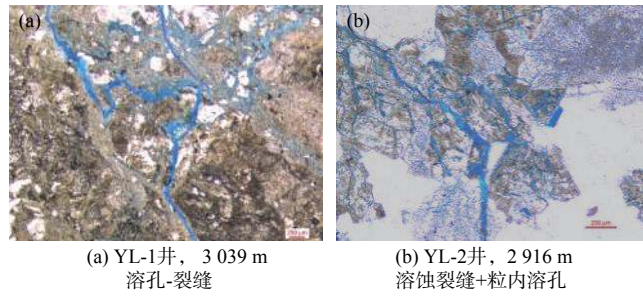


图8 松南低凸起典型井薄片照片

Fig.8 Typical thin-section photos of leached granite in the Songnan Low Uplift

气汇聚成藏,具体表现为:断陷盆地形成期,在NW—SE向至SN向顺时针旋转的伸展应力场控制下<sup>[27]</sup>,松南低凸起周缘陵水、松南、宝岛等凹陷持续裂陷,断裂活动控制了凹陷沉积沉降中心的展布,进而控制了烃源岩的分布。新近系,进入拗陷阶段,各大凹陷持续沉降,主要烃源岩层系崖城组大面积进入高成熟阶段,大量生烃,具多期生烃高峰,松南低凸起作为继承性注中隆构造带,是油气长期侧向运移的有利指向区。另一方面,松南低凸起晚白垩世以来持续隆升<sup>[28]</sup>,遭受剥蚀,崖城组早—中期剥蚀区

面积约1 600 km<sup>2</sup>,具有源区面积大,供源能力强的特征,形成有利的物源区,在凸起周缘连片发育三角洲砂体,已钻井证实崖城组发育厚层粗碎屑三角洲砂岩,砂地比>70%,储层物性好,这些砂体一方面可作为良好的输导层<sup>[29]</sup>,同时也可与多期次的断裂结合,共同构成构成高效的断裂+砂体复合输导体系(图9),沟通源岩与潜山储集体。多凹供烃、有利的储集体、继承性构造高地、高效的输导体系等这些成藏要素的良好配置,形成了松南低凸起这一有利的油气聚集区。

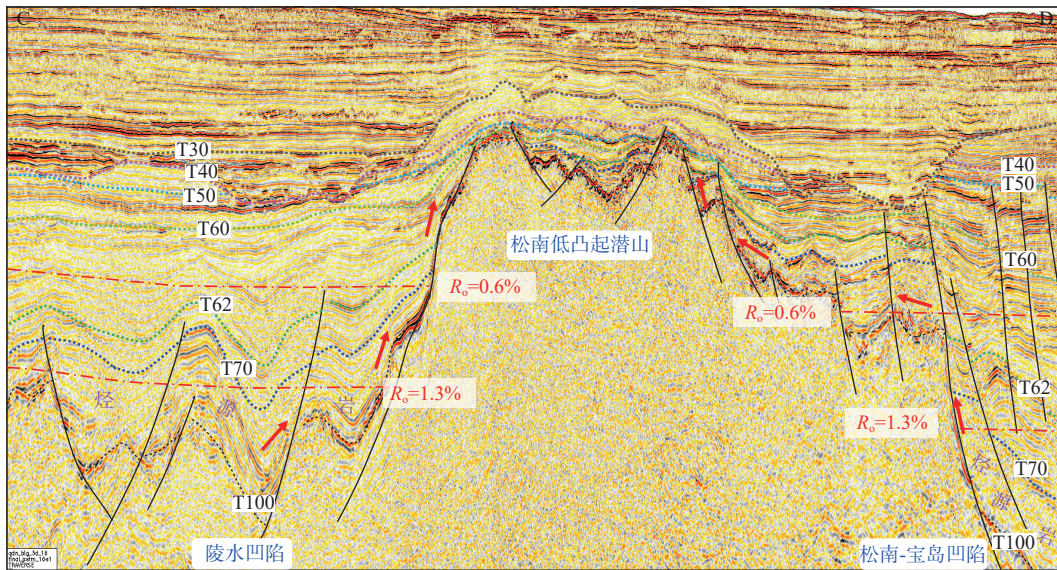


图9 松南低凸起潜山输导体系剖面

Fig.9 Cross section of buried hill transport system in the Songnan Low Uplift

### 4 讨论与建议

琼东南盆地发育印支期和燕山期两期花岗岩潜山,并且在松南低凸起印支期花岗岩潜山获得勘探突破,但该区的燕山期花岗岩潜山并未实现勘探突破,与之对比在南海北部的珠江口盆地则在燕山期花岗岩潜山已获得较大的勘探发现,那么琼东南

盆地燕山期花岗岩潜山是否具备勘探潜力?燕山期花岗岩经历了白垩纪晚期至渐新世的长期剥蚀,同样也经历了燕山期至喜山期的多期次构造活动,推测燕山期花岗岩同样具备发育良好储层的条件,松涛凸起ST-2井岩芯观察表明,岩块沿裂隙破碎,表面经风化溶蚀作用明显,薄片鉴定表明有溶蚀孔隙发育,测井解释有储层响应,油气能否成藏的关键可能不仅仅需要考虑储层条件,琼东南盆地内成



藏要素条件配置好的燕山期花岗岩潜山区,是下一步勘探工作需要关注的目标。

## 5 结论

(1)构造年代学研究表明琼东南盆地发育印支期和燕山期两期花岗岩侵入,琼东南盆地基底岩性具有纵向分层,横向分区的特征,平面上花岗岩分布于各凸起带,其中印支期花岗呈NW向展布,燕山期花岗岩呈NE向展布;

(2)琼东南盆地花岗岩潜山构造类型为残丘山,印支期花岗岩和燕山期花岗岩潜山演化都可以划分为岩浆侵入期、暴露剥蚀期和定型埋藏期三大演化阶段。

(3)盆地花岗岩潜山暴露剥蚀时间长,经历了多期次构造运动,发育网格状断裂,可形成风化壳型和断裂-裂缝型储层,松南低凸起被多凹环绕,发育断裂+砂体复合输导体系,是油气的有利汇聚区。

### 参考文献:

- [1] 杨明慧. 渤海湾盆地潜山多样性及其成藏要素比较分析[J]. *石油与天然气地质*, 2008, 29(5): 623-631.
- [2] 马龙, 刘全新, 张景廉, 等. 论基岩油气藏的勘探前景[J]. *天然气工业*, 2006, 26(1): 8-11.
- [3] TRINH X C, WARREN J K. Bach Ho field, a fractured granitic basement reservoir, Cuulong Basin, offshore Se Vietnam: a "buried-hill" play[J]. *Journal of Petroleum Geology*, 2009, 32(2): 129-156.
- [4] 谢玉洪, 高阳东. 中国海油近期国内勘探进展与勘探方向[J]. *中国石油勘探*, 2020, 25(1): 20-30.
- [5] 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.
- [6] 施和生, 杨计海, 张迎朝, 等. 琼东南盆地地质认识创新与深水领域天然气勘探重大突破[J]. *中国石油勘探*, 2019, 24(6): 691-698.
- [7] 唐历山, 朱继田, 姚哲, 等. 琼东南盆地松南低凸起潜山演化及成藏条件[J]. *特种油气藏*, 2017, 24(1): 87-91.
- [8] 徐守立, 尤丽, 毛雪莲, 等. 琼东南盆地松南低凸起周缘花岗岩潜山储层特征及控制因素[J]. *地球科学*, 2019, 44(8): 2717-2728.
- [9] 李绪宣, 钟志洪, 董伟良, 等. 琼东南盆地古近纪陷构造特征及其动力学机制[J]. *石油勘探与开发*, 2006, 33(6): 713-721.
- [10] 谢文彦, 王涛, 张一伟, 等. 琼东南盆地西南部新生代裂陷特征与岩浆活动机理[J]. *大地构造与成矿学*, 2009, 33(2): 199-205.
- [11] 孙晓猛, 张旭庆, 张功成, 等. 2014. 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.
- [12] 朱伟林, 王国纯. 中国近海前新生代油气勘探新领域探索[J]. *地质前缘*, 2000, 7(3): 215-226.
- [13] 鲁宝亮, 王璞珺, 张功成, 等. 南海北部陆缘盆地基底结构及其油气勘探意义[J]. *石油学报*, 2011, 32(4): 580-587.
- [14] 许德如, 夏斌, 李鹏春, 等. 海南岛西北部前寒武纪花岗岩质岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及地质意义[J]. *大地构造与成矿学*, 2006, 30(4): 510-518.
- [15] LUDWIG K R. User's manual for isoplot 3.00: a geochronological toolkit for microsoft excel[J]. Berkeley: Geochronology Centre Special Publication, 2003, 4: 74.
- [16] 张岳桥, 董树文, 李建华, 等. 华南中生代大地构造研究新进展[J]. *地球学报*, 2012, 33(3): 257-279.
- [17] 毛建仁, 厉子龙, 叶海敏. 华南中生代构造-岩浆活动研究: 现状与前景[J]. *中国科学: 地球科学*, 2014, 44(12): 2593-2617.
- [18] WANG Y J, FAN W M, SUN M, et al. Geochronological, geochemical and geothermal constraints on petrogenesis of the Indosinian peraluminous granites in the South China Block: a case study in the Hunan Province[J]. *Lithos*, 2007, 96: 475-502.
- [19] 张岳桥, 徐先兵, 贾东, 等. 华南早中生代从印支期碰撞构造体系向燕山期俯冲构造体系转换的形变记录[J]. *地质前缘*, 2009, 16(1): 234-247.
- [20] 刘凯, 厉子龙, 徐维光, 等. 华南中生代岩浆岩时空分布和迁移与古太平洋板块俯冲过程[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2016, 35(6): 1141-1155.
- [21] 董树文, 张岳桥, 李海龙, 等. "燕山运动"与东亚大陆晚中生代多板块汇聚构造: 纪念"燕山运动"90周年[J]. *中国科学: 地球科学*, 2019, 49(6): 913-938.
- [22] 李丕龙, 张善文, 王永诗, 等. 断陷盆地多样性潜山成因及成藏研究: 以济阳拗陷为例[J]. *石油学报*, 2004, 25(3): 28-31.
- [23] 周蒂, 孙珍, 陈汉宗, 等. 南海及其围区中生代岩相古地理和构造演化[J]. *地质前缘*, 2005, 12(3): 204-218.
- [24] 邵磊, 尤洪庆, 郝沪军, 等. 南海东北部中生界岩石学特征及沉积环境[J]. *地质论评*, 2007, 53(2): 164-169.
- [25] 王昕, 周心怀, 徐国胜, 等. 渤海海域蓬莱9-1花岗岩潜山大型油气田储层发育特征与主控因素[J]. *石油与天然气地质*, 2015, 36(2): 262-270.
- [26] 张迎朝, 甘军, 杨希冰, 等. 琼东南盆地陵水凹陷构造演化及其对深水大气田形成的控制作用[J]. 2017, *海洋地质前沿*, 33(10): 22-31.
- [27] 张焱, 唐历山, 甘军, 等. 琼东南盆地新生代伸展量的时空分布研究[J]. *大地构造与成矿学*, 2020, 44(2): 267-275.
- [28] 周杰, 杨希冰, 杨金海, 等. 琼东南盆地松南低凸起古近系构造-沉积演化特征与天然气成藏[J]. *地球科学*, 2019, 44(8): 2704-2716.
- [29] 郭明刚, 曾小宇, 江汝锋, 等. 琼东南盆地深水松南低凸起油气复式聚集条件与成藏模式[J]. *地质找矿从论*, 2017, 32(4): 577-587.

## Tectonic evolution of granite buried hill and its control on reservoir accumulation in Qiongdongnan Basin

TANG Lishan<sup>1,2</sup>, FAN Caiwei<sup>3</sup>, ZHANG Yan<sup>4\*</sup>, XIONG Xiaofeng<sup>2</sup>, DUAN Liang<sup>2</sup>, ZHU Jitian<sup>3</sup>

(1 Shenzhen Branch of CNOOC (China) Ltd., Shenzhen 518067, China; 2 Hainan Branch of CNOOC (China) Ltd., Haikou 570312, China;

3 Zhanjiang Branch of CNOOC (China) Ltd., Zhanjiang 524057, China;

4 Guangzhou Marine Geological Survey, China Geological Survey, Guangzhou 510075, China)

**Abstract:** Based on the gravity and magnetic, seismic, drilling, and age dating data of the Qiongdongnan Basin, combined with the tectonic evolution characteristics of the northern continental margin of the South China Sea, we analyzed the intrusion period and distribution law of granite in the basin, and discussed the development and evolution of granite buried hill and its reservoir control. Results show that the Indosinian and Yanshanian granite intrusions developed in the basin. The Indosinian granites were mainly distributed in NW (low) uplift zone, and the Yanshanian granites were distributed in NE (low) uplift zone. The tectonic type of granite buried hill in the basin is residual hill. The evolution of granite buried hill in the Indosinian and Yanshanian periods can be divided into magmatic intrusion period, exposure and denudation period, and final burial period. The evolution difference between them is mainly reflected in the intrusion time of magma. The granite buried hill in the basin has been exposed and eroded for a long time, and has experienced multi-stage tectonic movements. The grid-like faults were developed, which formed weathering crust reservoirs and fault-fracture reservoirs. The Songnan Low Uplift is surrounded by multiple concaves, in which fault + sand body composite transportation system is developed, forming a favorable oil and gas accumulation area.

**Key words:** granite rock; buried hill; Qiongdongnan Basin; Mesozoic; tectonic evolution