

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2019070502

# 东海某凹陷平北区基底岩浆岩优质储层发育模式

苗清, 张武, 赵幸滨, 肖晓光, 李峻颀

中海石油(中国)有限公司上海分公司, 上海 200030

**摘要:**综合利用岩心、薄片、压汞数据、测井曲线及储层物性等资料,对平北地区基底岩浆岩储层特征及优质储层发育条件等进行研究。结果表明,储层以花岗岩储层物性最好,其储集空间以构造缝、溶蚀缝和溶蚀孔为主,其中,构造缝占比 61%,在作为良好的储集空间的同时,也为原生孔隙的连通起到至关重要的作用。本区花岗岩储层发育具 I 型模式,即,整体呈漏斗形,上部地区因裂缝、溶蚀孔洞被充填而形成致密区,储层物性差;中部大气淡水淋滤和构造应力作用下,裂缝发育,具备优异的储集空间和孔喉条件,为优质储层发育区;下部大气淡水淋滤作用弱,构造应力影响小,裂缝不发育,储层物性最差。研究认为优质基底岩浆岩储层位于基底中上部,大气淡水淋滤作用强,构造应力强,断层、断裂较为发育的地区。

**关键词:**基底岩浆岩;花岗岩储层;储层发育模式

中图分类号:P744.4 文献标识码:A

## The development model for high quality magmatic basement reservoir in a depression of East China Sea

MIAO Qing, ZHANG Wu, ZHAO Xingbin, XIAO Xiaoguang, LI Junjie

Shanghai Branch of CNOOC Ltd., Shanghai 200030, China

**Abstract:** Cores, thin sections, mercury injection data and well logging reservoir properties are adopted for research of the characteristics of basement reservoir in order to explore the high quality hydrocarbon accumulation in the Pingbei region. It is revealed that granite is the best bedrock reservoir in the region. Structural fractures, corrosion fractures and corrosion holes provided most of the reservoir space, among which, structural fractures account for 61%. Granite reservoirs in the study area could be described with the model of type I. In general, it is funnel-like in shape. The upper part is rather dense because fractures and dissolution holes are filled by the deposits of later stage, and the reservoir physical properties are poor. The middle part of the granite, however, is abundant in fractures and has excellent reservoir space and pore throat conditions by leaching and tectonic stress. The lower part becomes dense again with weak leaching by atmospheric fresh water and little influence by tectonic stress. It is believed that high quality buried basement-hill reservoir should be located in the middle and upper part of the buried hill owing to strong leaching of faults and ruptures by atmospheric fresh water.

**Key words:** magmatic basement; granite reservoir; reservoir development model

## 1 区域地质概况

东海陆架盆地是我国近海海域具石油勘探开发价值的有利区带,发育多个富烃凹陷,其中研究区所在凹陷是面积最大、油气资源最为丰富的凹陷之一<sup>[1-3]</sup>。

平北地区位于东海某凹陷平湖斜坡带北部,北为杭州斜坡带,南为天台斜坡带,东为西次凹,西为海礁隆起(南块)(图 1)。区域内发育 N-1 构造、N-2 构造等多个含油气构造<sup>[4-5]</sup>。主力油气层为平湖组碎屑岩储层,储层条件较好。对于钻遇的火山岩及

花岗岩基底,其充填特征及储层形成机制尚不十分明确<sup>[6-8]</sup>,有待进一步探究。

## 2 基底岩性特征、成因及分布

### 2.1 基底岩性特征

不同于西湖凹陷大部分地区,平北区钻遇多种火山岩,可分为火山熔岩类、火山碎屑熔岩类、火山碎屑岩以及沉火山碎屑岩 4 大类。前两者含量相对高。

资助项目:“十三五”国家科技重大专项“深层优势储层孔喉结构及成岩环境分析技术”(2016ZX05027-002)

作者简介:苗清(1988—),女,硕士,工程师,主要从事沉积储层研究,E-mail:miaoqing5@cnooc.com.cn

收稿日期:2019-07-05; 改回日期:2019-08-26. 蔡秋蓉编辑

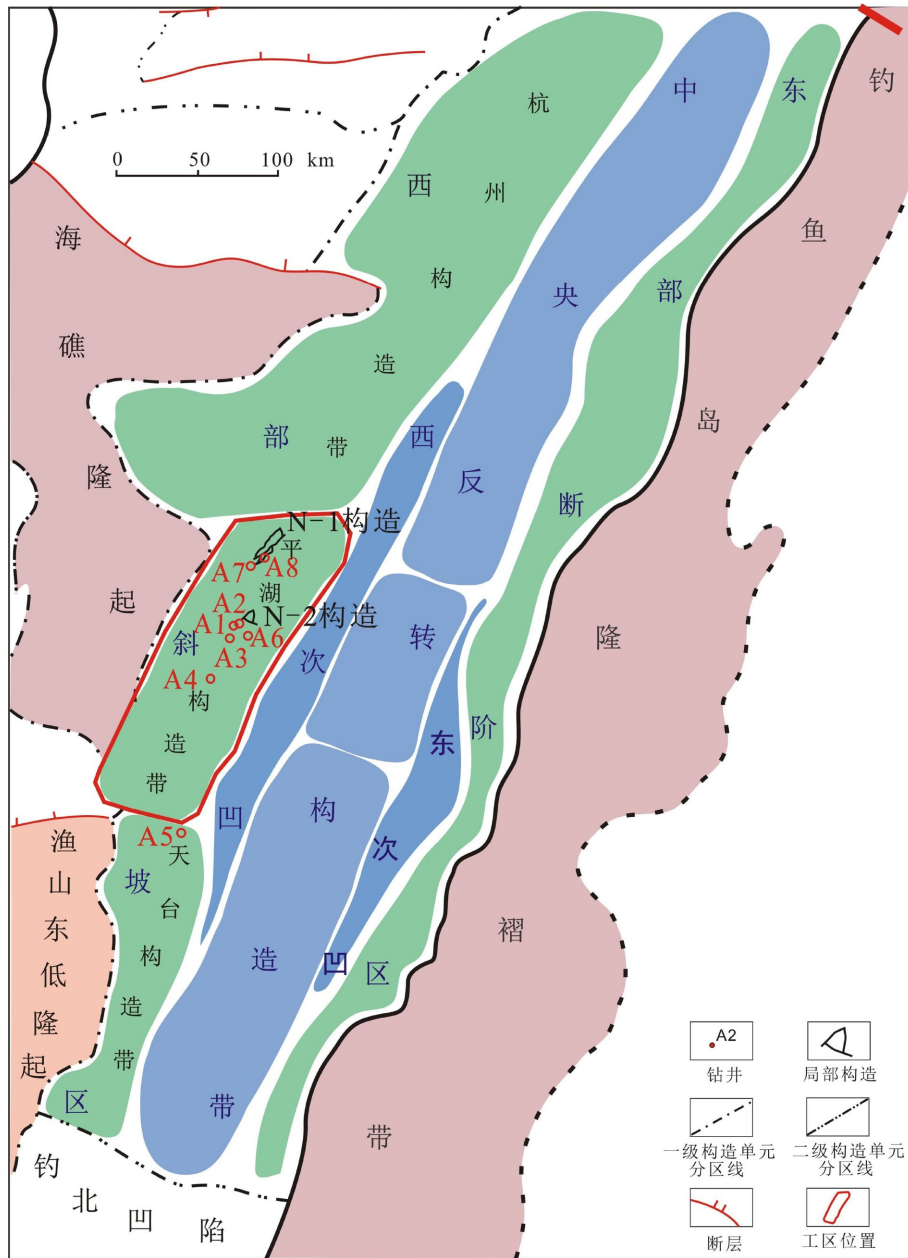


图1 东海某凹陷平北地区位置图

Fig.1 Location of Pingbei region in the East China Sea

火山熔岩类,平北区钻遇此类岩石主要有安山岩和流纹岩。

安山岩,见于A7井3864m处,无斑晶,具有交织结构,斜长石长条状微晶定向排列,期间见有少量磁铁矿分布。流纹岩,见于A8井4483m处,见到针状和纤维状的矿物集合体,呈放射性排列,构成球粒结构,见有石英。

火山碎屑熔岩类在平北区主要发育流纹质凝灰熔岩和英安质凝灰熔岩。

流纹质凝灰熔岩,见于A1井5078m处,流动构造,岩屑全为流纹岩,见有石英晶屑和棱角状长石晶屑;英安质凝灰熔岩,见于A2井4506m处,火

山碎屑结构。碎屑成分主要为石英,见有少量玻屑。

火山碎屑岩类在平北区主要发育有流纹质凝灰岩、安山质凝灰岩和英安质凝灰岩。沉火山碎屑岩类在平北区主要发育沉凝灰岩。

此外,A3井钻遇深成岩类基底,主要为花岗岩和花岗闪长岩,特征矿物组合为结晶较好的碱性长石、石英、酸性斜长石、黑云母、角闪石。

花岗岩,见于A3井4053m处,花岗结构,主要矿物为斜长石和石英,斜长石见有聚片双晶,石英有波状消光。见有一条微裂缝(图2)。

花岗闪长岩见于A3井4016m处,结晶结构,由中性斜长石、石英、钾长石和少量黑云母组成,

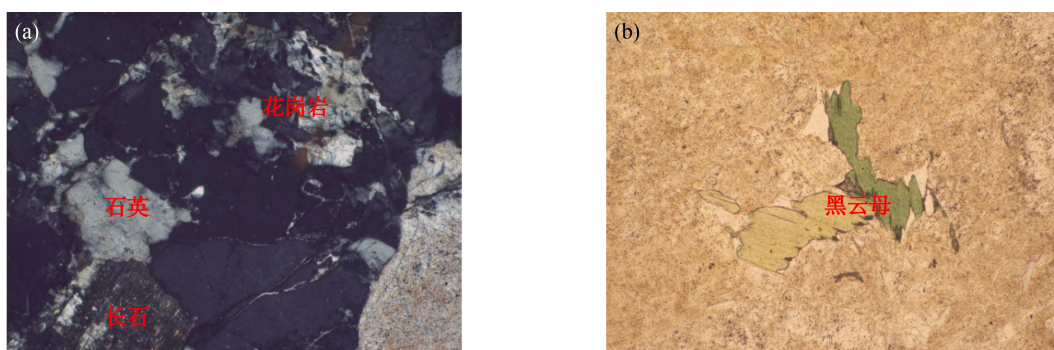


图 2 平北区基底岩浆岩镜下特征

a. 花岗岩, 花岗结构, 见有一条微裂缝, A3 井, 4 052.66 m, 石门潭组, 岩屑薄片, 正交偏光 10×(+); b. 花岗岩, 结晶结构, 黑云母发生绿泥石化, A3 井, 4 035 m, 石门潭组, 岩屑薄片, 单偏光, 10×(+)

Fig.2 Magmatic rocks under microscope from Pingbei region

a. Granite fragment, granitic texture with a microcrack, from Well A3, at 4 052.66 m, Shimentan Formation, polars crossed, 10×(+); b. Granite fragment, crystallized texture, biotite chlorinated, from Well A3, at 4 035m, Shimentan formation, polars not crossed 10×(+)

长石颗粒为自形半自形, 见聚片双晶; 石英为他形颗粒状, 波状消光; 黑云母发生绿泥石化(图 2)。

## 2.2 盆地构造演化与基底岩性构成

侏罗纪, 太平洋板块向欧亚大陆板块俯冲使东海陆架盆地及邻近地区以挤压环境为主, 表现为拗陷型沉积<sup>[9-13]</sup>。白垩纪末, 由于板块俯冲和热隆起作用, 欧亚大陆受南北挤压, 燕山运动结束, 东海陆架盆地由拗陷转为拉张、聚敛环境<sup>[7-8]</sup>。由此, 对盆地产生影响的岩浆活动可划分为 4 期, 即: 燕山期(205~

135 Ma)、四川期(135~52 Ma)、华北期(52~23.5 Ma)和喜马拉雅山期(23.5~0.78 Ma)(表 1)<sup>[14-15]</sup>。

燕山期岩浆活动非常活跃, 强度大, 波及面广, 主要影响浙闽二省东部、沿海岛屿以及东海陆架盆地中西部地区, 以大范围的喷出岩和大量侵入岩为特征。

四川期岩浆岩运动具有多期次特征, 影响浙闽隆起带、东海陆架盆地中部隆起带以及钓鱼岛隆褶带。岩浆岩受断裂控制明显, 盆地内钻遇花岗岩、安山岩、花岗闪长岩。海礁隆起礁 1 井钻遇的英安

表 1 东海陆架盆地岩浆活动期次

Table 1 Magmatism stages of East China Sea Shelf Basin

地层系统				年代 (Ma)	构造运动	岩浆活动	演化阶段
系	统	组	段				
第四系	更新统	东海群Q <sub>ph</sub>		2.6	冲绳海槽运动	喜马拉雅期 (23.5-0.78Ma)	整体沉降
新近系	上新统	三潭组N <sub>3</sub> s		5.3	龙井运动		
		柳浪组N <sub>2</sub> ll		13			
	中新统	玉泉组N <sub>1</sub> y		16.5	花港运动		
		龙井组N <sub>1</sub> l		23.3			
古近系	渐新统	花港组E <sub>3</sub> h	上段	23.3	玉泉运动	华北期 (52-23.5Ma)	拗陷-反转期
			下段	32			
	始新统	平湖组E <sub>2</sub> p	一二段	43	平湖运动		
			三段	56.5			
			四段	65			
	古新统			五段	56.5		雁荡运动
				65			
白垩系	上白垩统			65	雁荡运动	四川期 (135-52Ma)	断陷期
				96	基隆运动		

质角砾岩、凝灰质角砾岩和凝灰岩经年龄测定为69.9 Ma; 瓯江凹陷明月峰1井钻遇花岗岩, K-Ar 体积法测定年龄 113 Ma, 均为白垩纪。

华北期岩浆活动活跃时间相对短, 但对东海陆架盆地也有一定的影响。如 A4 井就钻遇两处该期岩浆岩, 分别为安山岩和凝灰岩。凹陷内 A4 井钻遇安山岩和凝灰岩, K-Ar 体积法测定年龄 42.5 和 45.9 Ma。

喜马拉雅山期岩浆活动程度减弱, 受构造、断裂因素影响大, 岩浆岩主要发育于隆起部位和断裂区。浙闽一带多出露为玄武岩, 其次为安山岩。西湖凹陷 A5 井钻遇凝灰岩, K-Ar 体积法测定年龄 14.7 Ma。

对东海陆架盆地构造、沉积影响较大的岩浆活动主要有四川期、华北期和喜马拉雅期, 它们促使了盆地中部隆起带和钓鱼岛隆褶带岩浆岩的广泛发育。前人研究<sup>[11,16-19]</sup>认为, 自浙闽陆区至东海陆架盆地, 岩浆活动具自西向东逐渐变新趋势。针对本区而言, 在四川期和华北期岩浆活动影响下, 海礁隆起发育大面积的花岗岩(图3), A3 井钻遇的花岗岩基底即来自源于此, 在本区具有一定的代表性。

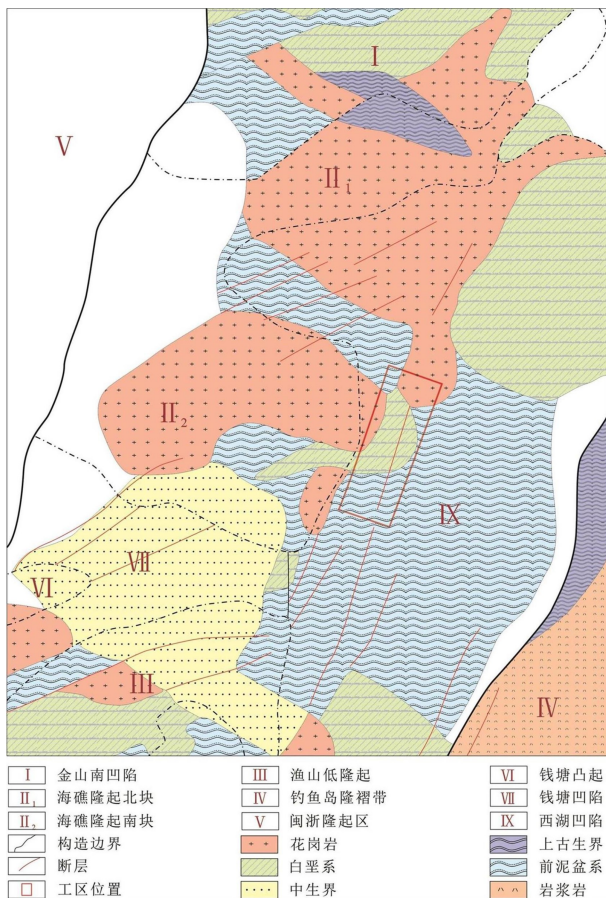


图3 东海陆架盆地新生界基底岩性及构造区划图(据徐发2012, 有修改; 框内为研究区)

Fig.3 Lithologic and tectonic map of Cenozoic basement in East China Sea Shelf Basin

### 3 优质基底岩浆岩储层特征

#### 3.1 储集空间类型

西湖凹陷平北地区花岗岩储集空间按成因分为2种类型, 分别为次生孔隙和裂缝。

##### 3.1.1 次生孔隙

晶内溶蚀孔, 多为长石被溶蚀形成, 少数为石英溶蚀形成, 呈不规则的树枝状、港湾状, 或完全溶蚀矿物, 连通性较好, 是本区良好的储集空间。粒内溶蚀孔, 岩屑部分或全部被溶蚀形成, 呈不规则状, 连通性较好, 既可以起到良好的连通作用, 又具有储集性能, 对储层物性起着良好的改善作用(图4)。

##### 3.1.2 裂缝

研究区花岗岩裂缝按成因可分为构造缝、溶蚀缝和解理缝3种。

构造缝, 规模不等, 既有穿切整个花岗岩体的裂缝, 也有数毫米的微裂缝。本区花岗岩构造缝缝面平直, 有一定方向性, 连通性好, 是很好的油气运移通道(图5)。

溶蚀缝, 缝面凹凸不平, 缝宽不一, 溶蚀缝具有空间分布无方向性的特点, 是良好的渗流通道和储集空间(图5)。

解理缝, 主要发育在平北地区花岗岩的晶体中, 规模较小, 黑云母和斜长石斑晶内的解理缝为主;

本区基底潜山储层储集空间以构造裂缝的比例最大, 比例为41%, 粒内溶蚀孔和晶内溶蚀孔出现频率次之, 均为26%, 溶蚀缝和解理缝出现频数所占比例比较小, 分别为4%和3%。

A3井主要在上部发育凝灰岩, 下部发育花岗岩。在凝灰岩部分主要的储集空间类型为溶蚀孔和构造裂缝。在花岗岩部分构造裂缝和溶蚀孔比较常见。A3井上部受到风化淋滤作用, 溶解作用呈先增强后减弱的趋势, 构造作用逐渐增加至花岗岩部分之后均保持很常见的趋势(图6)。

#### 3.2 储层储集物性特征

压汞法是目前储层孔隙结构研究的经典方法, 该方法所测得的毛细管压力曲线是研究孔喉特征、评价储层的储集和生产性能的基础。本节对研究区 A7 井、A3 井、A6 井 20 个样品的压汞资料进行了研究(图7)。

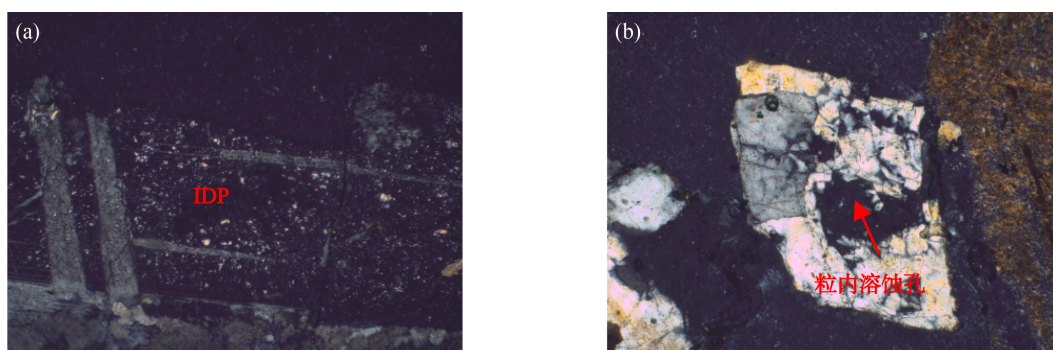


图 4 A3 井基底花岗岩次生孔隙特征

a. A3 井, 4 052.66 m, 长石溶蚀孔, 正交偏光,  $\times 10$ ; b. A3 井, 3 881 m, 花岗岩, 粒内溶蚀孔, 正交偏光,  $\times 10$

Fig.4 Secondary pores of a granite from Well A3

a. Feldspar dissolution hole, Well A3, at 4 052.66 m, polars crossed,  $10\times(+)$ ; b. Dissolution hole in granite grain, Well A3, at 3 881 m, polars crossed,  $10\times(+)$

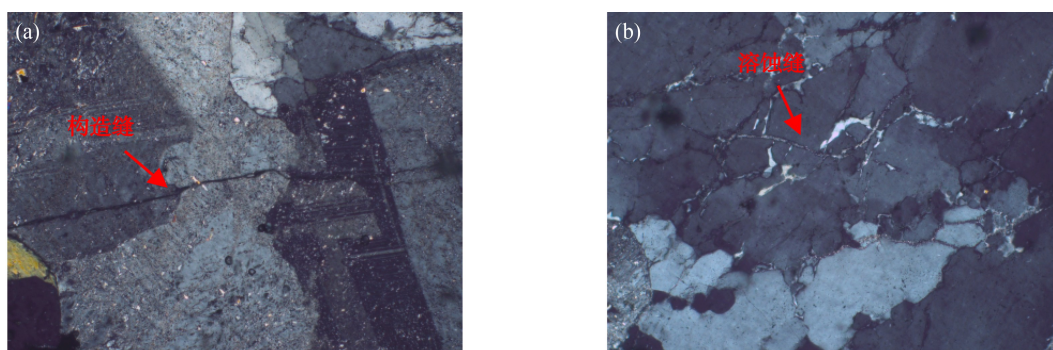


图 5 A3 井基底花岗岩裂缝特征

a. A3 井, 4 052.56 m, 花岗岩, 构造缝, 正交偏光,  $\times 10$ ; b. A3 井, 4 052.56 m, 花岗岩, 溶蚀缝, 正交偏光,  $\times 10$

Fig.5 Characteristics of granite cracks, Well A3

a. Structural fracture, granite, Well A3, at 4 052.56 m, polars crossed,  $10\times(+)$ ; b. Dissolution fracture, granite, Well A3, at 4 052.56 m, polars crossed,  $10\times(+)$

主要依据数据进行曲线分类及特征描述。在 A7 井安山岩隐爆角砾岩的压汞曲线可以看出排驱压力大, 汞饱和度中值压力较高, 最大饱和度较高。其毛管压力曲线有平台, 分选较好, 细歪度。孔喉半径小, 渗透率低, 储层物性一般。A3 井花岗岩的排驱压力小, 孔喉半径大, 渗透率高。汞饱和度中值压力中等, 最大饱和度较高, 其毛管压力曲线几乎无平台, 斜坡状, 细歪度, 分选不好, 储层物性较好。A6 井的沉积岩中, 排驱压力小, 汞饱和度中值压力中等, 最大饱和度值高。毛管曲线有平台, 分选中等, 粗歪度。孔喉半径大, 渗透率高, 储层物性好。可见, 沉积岩的储层物性好于花岗岩储层好于安山质隐爆角砾岩储层。

#### 4 基底潜山优质储层预测与意义

花岗岩属于极为坚硬致密的岩石, 与常规沉积岩相比, 更加复杂, 纵、横向变化更快<sup>[15]</sup>。构造应力

和风化破碎使得致密的花岗岩产生了许多裂缝, 越致密, 脆性越强, 构造裂缝越容易形成和保存。同时, 大气淡水淋滤作用使花岗岩自浅而深溶蚀强度逐渐减弱<sup>[20-22]</sup>。

A3 井钻遇灰白色黑云母花岗岩, 41% 的储集空间为构造裂缝, 裂缝的发育不仅增加了储集空间, 还使得原本孤立的原生孔隙得到连通, 是优质储层的主要控制因素。前人研究表明, 垂向上花岗岩风化壳裂缝分布具有分带性<sup>[23-24]</sup>, 依据裂缝的不同发育特征将花岗岩储层分为 3 种类型: ① I 型, 外形似漏斗状, 断面破碎带沿着断层面向由基岩顶部到底部逐渐收窄, 风化壳顶部裂缝基本被充填, 中上部裂缝发育, 为主要的油气储集层发育带, 下部为基岩(以也门油田为例(2009)<sup>[25]</sup>); ② II 型, 外形似酒瓶状, 风化壳自上而下分层明显, 分别为土壤、砂岩、砂砾岩、裂缝带和基岩。其中, 砂砾岩和裂缝带为优质储层发育带(渤海蓬莱花岗岩潜山例)<sup>[26-27]</sup>; ③ III 型: 外形似茶杯状, 顶部孔洞缝发育, 颈部主要

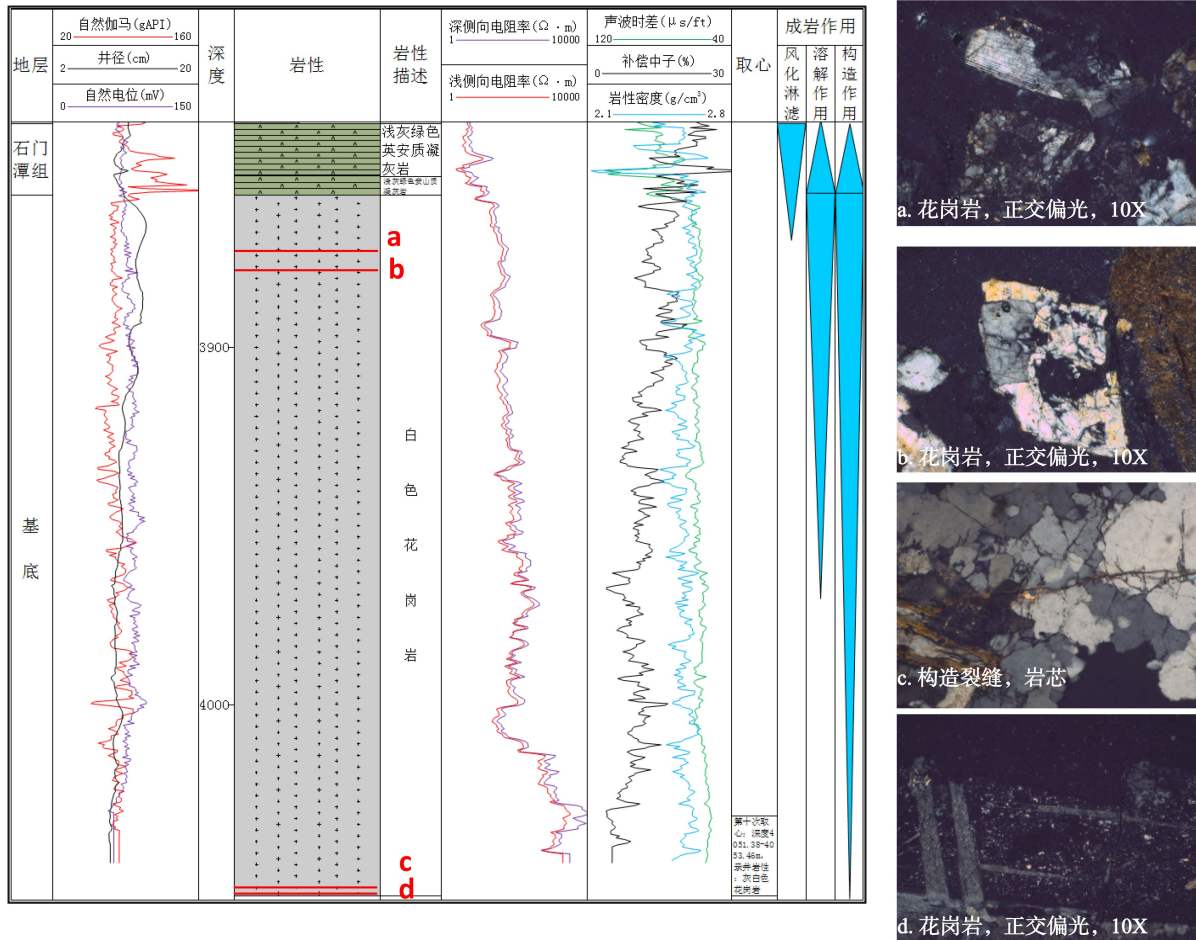


图6 平湖构造带 A3 井储层风化溶蚀及裂缝发育特征

Fig.6 Characteristics of reservoir weathering, dissolution and fracture development of the Pinghu tectonic belt, the records of Well A3

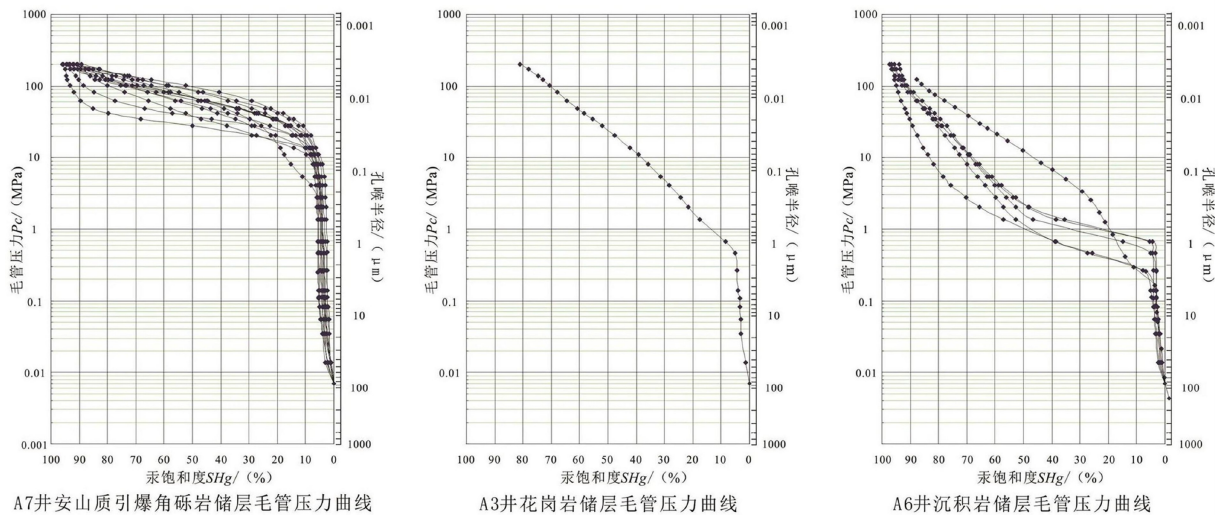


图7 储层岩石类型与物性特征(汞饱和度和毛管压力、孔喉半径的关系)

Fig.7 Lithology and physical characteristics of reservoirs

为垂直缝,中下部为裂缝发育带,包括构造缝、溶蚀缝等,是优质储层发育带,下部为基岩(以渤海湾锦州 25-1S 潜山钻井为例<sup>[28]</sup>)。参照对比前人研究成果,并通过声波测井曲线、密度测井曲线、深浅侧

向电阻率测井曲线分析以及薄片特征分析,推断本区花岗岩储层裂缝分布情况应属于 I 型(图 8)。

结合溶蚀特征和裂缝特征,将本区花岗岩储层发育模式划分为 3 个主要部分(图 9): b. 上部,裂缝

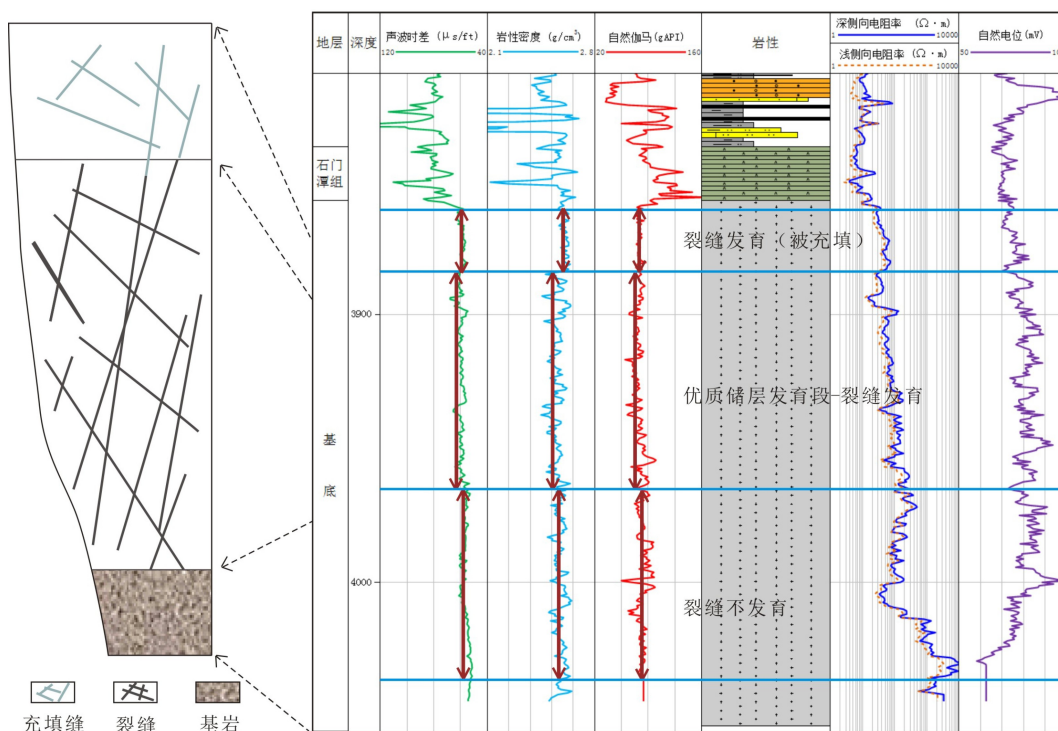


图 8 A3 井 I 型储层发育模式

Fig.8 A development model of reservoir Type I, Well A3

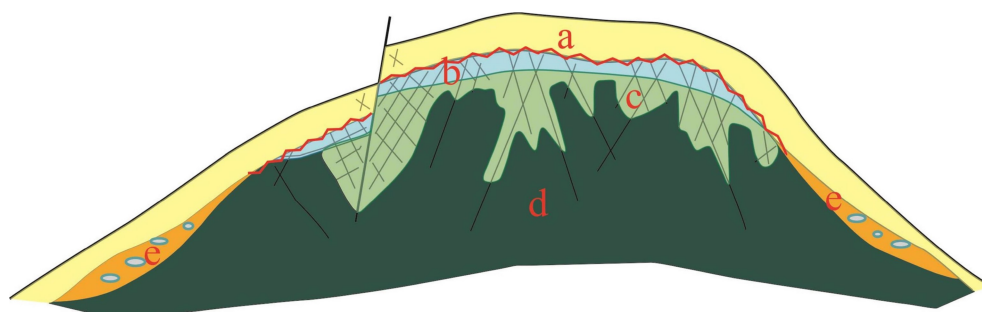


图 9 平北区基底潜山优质储层发育模式

a. 上覆沉积物, b. 上部: 致密层, 裂缝被充填, c. 中部: 裂缝层, 构造缝和成岩缝发育, d. 下部: 致密层, 基岩, e. 花岗岩冲刷沉积物

Fig.9 Development model of high quality reservoir in a basement buried hill in Pingbei region

a. Overlying sediment, b. Top: tight layers, c. Middle: fracture developed layer, rich in tectonic and dissolution fractures, d. Bottom: tight layers, basement, e. Sediments formed by erosion of granite

充填致密层。大气淡水淋滤作用和构造应力影响大, 溶蚀作用发育, 裂缝分布广泛, 但由于风化充填严重, 裂缝、溶蚀孔洞大多被充填, 储集空间小, 孔喉条件差, 储层致密; c. 中部, 优质层。大气淡水淋滤作用和构造应力影响有所减弱, 溶蚀作用较为发育, 构造缝、成岩缝及断裂伴生缝仍然大量发育, 风化充填作用减弱, 储集空间大, 孔喉条件好, 储层质量好; d. 下部, 致密层, 大气淡水淋滤作用和构造应力影响小, 溶蚀不发育, 裂缝分布少, 储集空间最小, 孔喉条件最差, 储层最为致密。

综合本区裂缝发育特征及风化溶蚀模式分析,

优质花岗岩储层应具备以下几个先决条件: 位于潜山中上部位, 大气淡水淋滤作用强、构造应力强度大、近断层断裂发育区。

### 5 结论

(1) 平北区基底储层主要为花岗岩储层, 储集空间按成因分为 2 种类型, 分别是次生孔隙和裂缝, 裂缝为主; 花岗岩储层物性好于安山质隐爆角砾岩储层。

(2) 平北区基底岩浆岩储层垂向上具有分带

性,具I型储层发育模式,即上部,裂缝充填致密层。风化充填作用强,储集空间小,孔喉条件差,储层致密;中部,优质层。风化充填作用减弱,溶蚀作用发育,构造缝、成岩缝及断裂伴生缝分布广泛,储集空间大,孔喉条件好,储层质量好;下部,致密层。无风化充填,溶蚀不发育,裂缝分布少,储集空间最小,孔喉条件最差,储层最为致密。

### 参考文献 (References)

- [1] 叶加仁, 顾惠荣, 贾健谊. 东海西湖凹陷油气地质条件及其勘探潜力[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008, 28(4): 111-116. [YE Jiaren, GU Huirong, JIA Jianyi. Petroleum geological condition and exploration potential of Xihu Depression, East China Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2008, 28(4): 111-116.]
- [2] 周心怀, 蒋一鸣, 唐贤君. 西湖凹陷成盆背景、原型盆地演化及勘探启示[J]. 中国海上油气, 2019, 31(3): 1-10. [ZHOU Xinhuai, JIANG Yiming, TANG Xianjun. Tectonic setting, prototype basin evolution and exploration enlightenment of Xihu Sag in East China Sea Basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 2019, 31(3): 1-10.]
- [3] 陈琳琳. 东海西湖凹陷平湖组沉积环境演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, 18(4): 69-78. [CHEN Linlin. Depositional environment evolution of Pinghu formation in Xihu Depression, the East China Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1998, 18(4): 69-78.]
- [4] 刘金水, 邹玮, 李宁, 等. “储保耦合”控藏机制与西湖凹陷大中型油气田勘探实践[J]. 中国海上油气, 2019, 31(3): 11-19. [LIU Jinshui, ZOU Wei, LI Ning, et al. Hydrocarbon accumulation control mechanism of reservoir-conservation coupling and its large and medium-sized fields exploration practice in Xihu sag, East China Sea basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 2019, 31(3): 11-19.]
- [5] 张武, 侯国伟, 肖晓光, 等. 西湖凹陷低渗储层成因及优质储层主控因素[J]. 中国海上油气, 2019, 31(3): 40-49. [ZHANG Wu, HOU Guowei, XIAO Xiaoguang, et al. Genesis of low permeability reservoirs and main controlling factors of high quality reservoirs in Xihu Sag, East China Sea Basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 2019, 31(3): 40-49.]
- [6] 龚再升. 继续勘探中国近海盆地花岗岩储层油气藏[J]. 中国海上油气, 2010, 22(4): 213-220. [GONG Zaisheng. Continued exploration of granitic-reservoir hydrocarbon accumulations in China offshore basins [J]. China Offshore Oil and Gas, 2010, 22(4): 213-220.]
- [7] 薛永安, 柴永波, 周园园. 近期渤海海域油气勘探的新突破[J]. 中国海上油气, 2015, 27(1): 1-9. [XUE Yong'an, CHAI Yongbo, ZHOU Yuanyuan. Recent new breakthroughs in hydrocarbon exploration in Bohai Sea [J]. China Offshore Oil and Gas, 2015, 27(1): 1-9.]
- [8] 孟祥君, 张训华, 刘展, 等. 东海西湖凹陷北部基底构造特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2008, 28(2): 61-64. [MENG Xiangjun, ZHANG Xunhua, LIU Zhan, et al. The basement structural characteristics of north Xihu Sag in East China Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2008, 28(2): 61-64.]
- [9] 张先平, 张树林, 陈海红, 等. 东海西湖凹陷平湖构造带异常压力与油气成藏[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2007, 27(3): 93-97. [ZHANG Xianping, ZHANG Shulin, CHEN Haihong, et al. Abnormal pressure and related reservoir formation in the Pinghu Structural belts of Xihu Depression, East China Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2007, 27(3): 93-97.]
- [10] 胡芬, 叶加仁, 刘俊海. 东海西湖凹陷平湖构造带油气运聚特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(1): 95-102. [HU Fen, YE Jiaren, LIU Junhai. Characteristics of oil and gas migration and accumulation in the Pinghu Structural Belt, Xihu Depression, East China Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2003, 23(1): 95-102.]
- [11] 王舒畋, 李斌. 东海新构造与新构造运动[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2010, 30(4): 141-150. [WANG Shutian, LI Bin. Neotectonic features and movement in the East China Sea [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2010, 30(4): 141-150.]
- [12] 杨传胜, 李刚, 杨长清, 等. 东海陆架盆地及其邻域岩浆岩时空分布特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(3): 125-133. [YANG Chuansheng, LI Gang, YANG Changqing, et al. Temporal and spatial distribution of the igneous rocks in the East China Sea Shelf Basin and its adjacent regions [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2012, 32(3): 125-133.]
- [13] 张建培, 张田, 唐贤君. 东海陆架盆地类型及其形成的动力学环境[J]. 地质学报, 2014, 88(11): 2033-2043. [ZHANG Jianpei, ZHANG Tian, TANG Xianjun. Basin type and dynamic environment in the East China Sea Shelf Basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(11): 2033-2043.]
- [14] 赵志刚, 王鹏, 祁鹏, 等. 东海盆地形成的区域地质背景与构造演化特征[J]. 地球科学, 2016, 41(3): 546-554. [ZHAO Zhigang, WANG Peng, QI Peng, et al. Regional background and tectonic evolution of East China Sea Basin [J]. Earth Science, 2016, 41(3): 546-554.]
- [15] 张力方, 徐杰, 彭艳菊, 等. 东海地区新构造运动研究[J]. 地震地质, 2014, 36(3): 692-705. [ZHANG Lifang, XU Jie, PENG Yanju, et al. A study on neotectonic movement in the East China Sea [J]. Seismology and Geology, 2014, 36(3): 692-705.]
- [16] 苗清. 东海陆架盆地西湖凹陷花港组层序地层与沉积相研究[D]. 成都理工大学硕士学位论文, 2014: 6. [MIAO Qing. The study of sequence stratigraphy and depositional facies of Huagang Formation in Xihu Depression East China Sea [D]. Master Dissertation of Chengdu University of Technology, 2014: 6.]
- [17] 周瑞琦, 傅恒, 徐国盛, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷平湖组—花港组沉积层序[J]. 沉积学报, 2018, 36(1): 132-141. [ZHOU Ruiqi, FU Heng, XU Guosheng, et al. Eocene Pinghu Formation-oligocene Huagang Formation sequence stratigraphy and depositional model of Xihu Sag in East China Sea Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2018, 36(1): 132-141.]
- [18] 李家彪. 东海区域地质[M]. 北京: 海洋出版社, 2008. [LI Jiabiao. Regional Geology of the East China Sea [M]. Beijing: Ocean Press, 2008.]
- [19] 徐发. 东海陆架盆地新生界结构特征及迁移规律[J]. 石油天然气学报, 2016, 34(6): 1-7. [XU Fa. Characteristics of caenozoic structure and tectonic migration of the East China Sea Shelf Basin [J]. Journal



- of Oil and Gas Technology, 2016, 34 (6): 1-7.]
- [20] 高德章, 唐建, 薄玉玲. 东海海礁凸起、钱塘凹陷中、古生代地层展布探讨[J]. 海洋石油, 2005, 25 (3): 1-6. [GAO Dezhang, TANG Jian, BO Yuling. Study on the distribution of Mesozoic and Paleozoic layer in Haijiao doming and Qiantang Depression in the East China Sea [J]. Offshore Oil, 2005, 25 (3): 1-6.]
- [21] 王高文. 徐深气田火山岩岩性、岩相识别及有效储层分布规律[J]. 大庆石油地质与开发, 2018, 37 (5): 124-129. [WANG Gaowen. Volcanic lithology-facies identification and distribution laws of the effective reservoir in Xushen gas field [J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 2018, 37 (5): 124-129.]
- [22] 谭伟雄, 王俊瑞, 邓强, 等. 花岗岩储层储集性能定量评价方法及应用[J]. 中国海上油气, 2015, 27 (2): 31-38. [TAN Weixiong, WANG Junrui, DENG Qiang, et al. Quantitative evaluation method for granite reservoir properties and its applications [J]. China Offshore Oil and Gas, 2015, 27 (2): 31-38.]
- [23] 赵政嘉, 顾玉洁, 史原鹏, 等. 二连盆地乌兰花凹陷花岗岩储层改造技术研究及应用[J]. 中国矿业, 2019, 28 (5): 72-76. [ZHAO Zhengjia, GU Yujie, SHI Yuanpeng, et al. Study and application of granite reservoirs reconstruction technology in Wulanhua Sag, Erlian Basin [J]. China Mining Magazine, 2019, 28 (5): 72-76.]
- [24] 刘桂珍, 张德诗, 李能武. 昆北断阶带基岩储层特征及油气成藏条件[J]. 岩性油气藏, 2015, 27 (2): 62-69. [LIU Guizhen, ZHANG Deshi, LI Nengwu. Characteristics of basement reservoirs and hydrocarbon accumulation conditions in the northern Kunlun fault zone [J]. Lithologic Reservoirs, 2015, 27 (2): 62-69.]
- [25] 刘文. Rub'Al Khali盆地古生界沉积体系及石油地质特征[D]. 成都理工大学博士学位类型, 2007: 5. [LIU Wen. Characteristics of depositional system and petroleum geology in Paleozoic period of Rub'Al Khali Basin [D]. Doctor Dissertation of Chengdu University of Technology, 2007: 5.]
- [26] 李建平, 周心怀, 王清斌. 表生喀斯特作用对蓬莱花岗岩潜山油田风化壳储层发育的控制作用[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2014, 41 (5): 556-566. [LI Jianping, ZHOU Xinhui, WANG Qingbin. Control of epigenic karstification over weathering crust reservoir development of Penglai granite buried hill oilfield, Bohai Bay Basin, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2014, 41 (5): 556-566.]
- [27] 王明臣, 官大勇, 刘朋波, 等. 渤海蓬莱9-1油藏花岗岩储层特征与成储化条件分析[J]. 地质科技情报, 2016, 35 (6): 83-89. [WANG Mingchen, GUAN Dayong, LIU Pengbo, et al. Characteristics and formation conditions of the Penglai 9-1 granite oil reservoir in Bohai gulf basin [J]. Geological Science and Technology Information, 2016, 35 (6): 83-89.]
- [28] 邓运华, 彭文绪. 渤海锦州25-1S混合花岗岩潜山大油气田的发现[J]. 中国海上油气, 2009, 21 (3): 145-150, 156. [DENG Yunhua, PENG Wenxu. Discovering large buried-hill oil and gas fields of migmatitic granite on Jinzhou 25-1S in Bohai sea [J]. China Offshore Oil and Gas, 2009, 21 (3): 145-150, 156.]