

文章编号: 0253-2697(2011)04-0580-08

南海北部陆缘盆地基底结构及其油气勘探意义

鲁宝亮¹ 王璞珺¹ 张功成² 张 斌³ 孙晓猛¹ 李伍志¹ 郎元强¹

(1. 吉林大学地球科学学院 吉林长春 130061; 2. 中海油研究总院 北京 100027; 3. 中国石油辽河油田公司勘探开发研究院 辽宁盘锦 124010)

摘要: 南海北部陆缘地区中生代受太平洋板块对东亚大陆俯冲挤压作用, 发生多期次不均衡隆升, 表现为以琼海断裂和阳江—统暗沙东断裂为界, 基底呈现西老东新、侧向分块的 3 个阶梯式分布。而在垂向上则表现为不同分带结构特征, 琼海断裂以西的琼东南盆地基底为两层结构, 下部元古界, 上部古生界, 缺失中生界; 琼海断裂与阳江—统暗沙东断裂之间的珠江口盆地西部基底为不完全三层结构, 中生界呈孤岛状分布; 而阳江—统暗沙东断裂以东的珠江口盆地东部基底则为三层结构, 元古界、古生界、中生界均保存较好。对基底结构研究结果表明, 在珠江口盆地东部潮汕坳陷及东沙隆起带分布有巨厚的中生界, 发育大型宽缓褶皱带, 并且具有较厚的暗色泥岩分布, 烃源岩条件较好, 而在基底之上厚度较大的古近系可作为与之配套的盖层。因此, 借鉴台西南盆地成功的勘探经验, 推测南海北部陆缘前新生代地层也具有较好的油气勘探前景。

关键词: 南海北部; 基底; 中生界; 烃源岩; 油气前景

中图分类号: TE111.2 **文献标识码:** A

Basement structures of an epicontinental basin in the northern South China Sea and their significance in petroleum prospect

LU Baoliang¹ WANG Pujun¹ ZHANG Gongcheng² ZHANG Bin³

SUN Xiaomeng¹ LI Wuzhi¹ LANG Yuanqiang¹

(1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China; 2. CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China; 3. Research Institute of Exploration & Development, PetroChina Liaohe Oilfield Company, Panjin 124010, China)

Abstract: The epicontinental area of the northern South China Sea was influenced by the subduction and compression of the Pacific plate towards the eastern Asia continent during the Mesozoic, as a result, it uplifted heterogeneously in multiple stages. Bounded by the Qionghai fault and the eastern Yangjiang-Yitongansha fault, the basement of this epicontinental area is younger from west to east, showing a distributional pattern of being laterally divided into three stepped blocks and vertically formed by various zonal structures. The basement of Qiongdongnan Basin, westward from the Qionghai fault, is composed of a two-layer structure with the Proterozoic as the lower unit and the Palaeozoic as the upper unit but a hiatus of the Mesozoic. The western basement of the Pearl River Mouth Basin, eastward from the Qionghai fault and westward from the Yangjiang-Yitongansha fault, consists of an incomplete three-layer structure with the Mesozoic distributed as isolated islands, while the eastern basement of the Pearl River Mouth Basin, eastward from the Yangjiang-Yitongansha fault, is made up of a complete three-layer structure with the Proterozoic, Palaeozoic and Mesozoic well preserved. The result achieved from the study on these basement structures has indicated that the Chaoshan depression and the Dongsha uplift zone in the eastern Pearl River Mouth Basin have regionally thick Mesozoic strata, in which large-scale broad and gentle fold belts are developed and relatively thicker dark mudstones are distributed, suggesting a fairly good potential of source rocks. Furthermore, thicker Paleogene fault-depression deposits overlying the basement are capable of serving as caprocks in a complete petroleum system. Therefore, pre-Cenozoic epicontinental strata of the northern South China Sea are of a good petroleum prospect.

Key words: northern South China Sea; basement; Mesozoic; source rock; petroleum prospect

南海北部位于欧亚板块、太平洋板块及印-澳板块交汇处, 具有特殊的大地构造环境, 地质现象复杂, 蕴藏了丰富的石油资源^[1-2]。20 世纪 90 年代以来, 中

代残留盆地油气勘探与地质研究受到学术界及石油公司的高度重视与关注, 均提出了中生代残留盆地是油气勘探的重要新领域^[3-8], 珠江口盆地东部及台西南盆

基金项目: 国家科技重大专项(2008ZX05025)、国家重点基础研究发展规划(973)项目(2009CB219400)、东北亚生物演化与环境教育部重点实验室、吉林大学“211”工程三期建设项目和 2009 年教育部基本科研业务经费联合资助。

第一作者: 鲁宝亮, 男, 1984 年 7 月生, 2007 年获吉林大学硕士学位, 现为吉林大学在读博士研究生, 从事石油与天然气勘探研究工作。E-mail: lusk333@yahoo.com.cn

通讯作者: 王璞珺, 男, 1959 年 10 月生, 1994 年获长春地质学院博士学位, 现为吉林大学地球科学学院博士生导师, 从事火山岩和油气地质勘查研究与教学工作。E-mail: wangpj@jlu.edu.cn

地,是中国除西藏地区之外最大的中生代海相残留盆地^[9-10],前人对南海北部陆缘盆地中生界石油地质条件做了很多研究工作^[7,11-15]。南海北部在晚三叠世—白垩纪遭受 2 次海侵,沉积了相应的地层^[7]。在珠江口盆地潮汕坳陷西北斜坡的 LF35-1-1 井证实了海相侏罗系—白垩系地层的存在^[16],钻遇了有机质丰度较高、成熟度高的侏罗系烃源岩^[17],这不仅证实了中生代海相残留盆地的存在,而且表明其已具备油气成藏的烃源条件。但由于钻井稀少,地震资料缺乏等问题,难以对中生代地层做细致的研究,更多只能借助于华南大陆以及台西南、台西盆地的研究^[7,18]。

在中生代,太平洋板块对东亚大陆俯冲挤压,导致南海北部陆缘盆地基底发生变质变形,受强烈的白垩纪岩浆作用改造^[19],基底结构更为复杂。南海北部陆缘前新生代地层埋深大,上覆巨厚的新生代地层,钻遇前新生代的井非常少。并且现有的地震资料是针对浅层新生界而设计采集的,而新生界以下的地震资料信噪比低,资料品质低,因此加大了研究难度。前人从南海盆地基底的分布、组成及地球物理结构等方面进行了许多研究。刘以宣等^[19]依据南海及其围区地质及重磁资料研究认为南海变质基底基本轮廓是由中央向周缘自老变新的拼盘式褶皱。刘海龄等^[20]在综合分析地质、地球物理、地球化学、古生物学等多方面资料的基础上,将南海北部陆缘新生代沉积盆地的基底划分为北部湾古生界断堑基底、莺歌海古生界走滑拉分基底、琼东古生界断陷基底、西沙北古生界裂谷基底及西沙南古生界走滑伸展基底。周蒂等^[21]系统地研究了三叠纪—早白垩世南海及其围区岩相古地理,认为南海北部琼东南盆地和珠江口盆地西部在中生代时期为陆相沉积或缺失,珠江口盆地东部在晚三叠世—早白垩世为海相、海陆交互相沉积。郝天珧等^[22]利用磁异常小波处理及反演对磁性基底进行了研究,认为海盆南北两侧的磁性基底宏观特征存在一定差异,并不完全对称。鲁宝亮等^[23]以南海北部盆地陆缘区野外剖面研究和岩样密度与磁化率测量为基础,约束重磁解释,并结合过井地震剖面,建立了南海北部陆缘盆地

基底岩性的地震—重磁响应特征。笔者基于新的地震、重磁及钻井资料,综合地质与地球物理,揭示了南海北部陆缘盆地基底特征,并对前新生代油气勘探前景作了分析。

1 基底结构特征

在对钻遇南海北部陆缘盆地基底 130 余口井的岩性和时代统计^[1,24-25],有针对性的盆缘陆区野外地质考察与研究(图 1),以及对已发表的盆地基底研究成果整理基础上,充分利用南海北部陆缘盆地现有的地震、钻井、重磁等资料,结合盆地基底岩性井旁地震—重磁响应特征^[26],采用盆缘约束盆内解释,对盆内 $2.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的 104 条地震剖面进行了地震—重磁综合解释,识别出了 Tg、Tm、Tp 反射界面和基底三大构造层(表 1),并结合平面重磁异常处理解释,最终完成了基底岩性填图及断裂划分(图 2)。

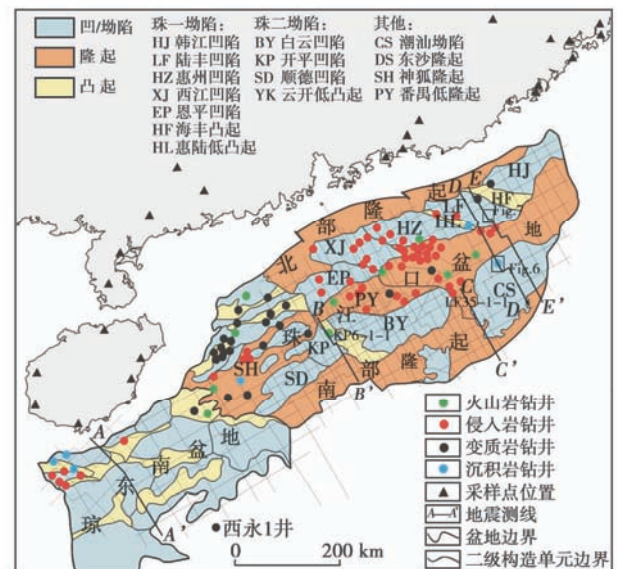


图 1 南海北部陆缘盆地钻至前新生代井、地震剖面及陆区采样点位置

Fig. 1 Location of interpreted seismic profiles and wells drilled to the pre-Cenozoic in the northern South China Sea and rock samples along the southeast coast of China

表 1 南海北部陆缘盆地基底构造层地震反射特征

Table 1 Seismic reflection characteristics of different structure layers of basement in the northern South China Sea

构造层	顶界面特征	底界面特征	内部反射特征			
			结构	频率	振幅	连续性
Tg—Tm	不整合界面	可见顶超和削截,呈断续的波阻抗差异界面	亚平行、乱岗状、杂乱反射	中频—低频	中强振幅为主、中弱振幅次之	好—中等
Tm—Tp	不整合界面	多处可见削截,呈断续的波阻抗差异界面	乱岗状、杂乱状反射为主	中频—低频	中弱振幅、中强振幅	差—中等
Tp 以下	断续的波阻抗差异界面	无底	杂乱状、拖网状、空白反射	低频	弱—中弱振幅	不连续

阳江—统暗沙东断裂以东的珠江口盆地基底分布大面积中生代沉积岩,以潮汕坳陷、白云凹陷、韩江凹陷和东沙隆起东部最发育。阳江—统暗沙东断裂以西的珠江口盆地基底主要以古生界沉积岩和浅变质岩地层为主,中生界呈孤岛状分布(图2)。琼东南盆地基底缺失中生界地层,在盆地北部以古生界沉积岩、浅变质岩地层为主;南部以元古界的片麻岩地层为主;琼东南盆地北部至海南岛之间主要为古生界的碳酸盐岩、变质砂砾岩和碎屑沉积岩;琼东南盆地东部宝岛凸起、宝岛凹陷东部、永乐凹陷东部、长昌凹陷主要为古

生界的变质岩,该区向北一直延伸至珠江口盆地西部。

珠江口盆地中部,沿断裂及其两侧分布大规模的白垩纪花岗岩,基本呈NE、NNE向展布。珠江口盆地火山岩也以白垩纪为主,基性、中性、酸性均有分布,但规模不大。琼东南盆地与珠江口盆地相比,花岗岩和火山岩规模均较小,主要分布在盆地的中部和北部(图2)。琼东南盆地南部新生代沉积层下伏的基性玄武岩与文献[29]所述的中央海盆刚性基底具有同样的特征,这类玄武岩有时刺穿新生代沉积层而形成海底山。通过对地震剖面解释结果分析,取得以下3点认识:

(1) 南海北部陆缘盆地基底以琼海断裂和阳江—统暗沙东断裂为界,分为区I、区II、区III(图2中紫色虚线分隔),在侧向上表现为西老东新、呈阶梯分布的特征。而在垂向上则表现出不同的分带结构特征:在琼海断裂以西的区I呈现出两层结构(图3),下部元古界,上部古生界,缺失中生界;阳江—统暗沙东断裂与琼海断裂之间的区II呈现为不完全的3层结构(图4),中生界呈镶嵌特点;而在阳江—统暗沙东断裂以东的区III则表现为3层结构(图5),元古界、古生界、中生界均保存较好。整体上,南海北部陆缘盆地前新生代基底具有侧向分块、垂向分带的特征。

(2) 中生代发生多次不均衡隆升。阳江—统暗沙东断裂以东珠江口盆地中部和东部地区隆升幅度较小,中生界大部分地层得以保留;在阳江—统暗沙东断裂与琼海断裂之间,隆升幅度较大,中生界大部分遭受剥蚀,仅有少量的中生界呈孤岛状残留;而在琼海断裂以西地区,隆升幅度最大,除了中生界被剥蚀殆尽之外,在琼东南盆地南部隆起,古生界也全部被剥蚀,华夏古陆的结晶基底得以出露(图3)。

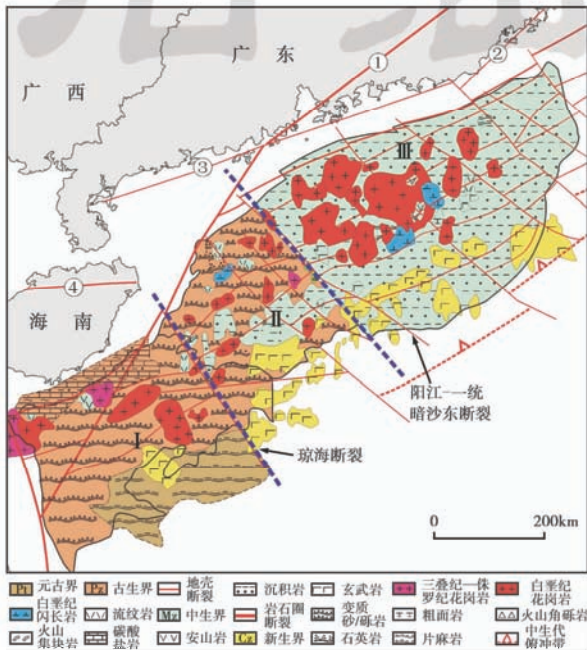


图2 南海北部大陆边缘盆地基底地质特征(俯冲带据参考文献[27];断裂①、②、③、④据文献[28—30])
Fig. 2 Geological feature of the epicontinental basin basement within the northern South China Sea

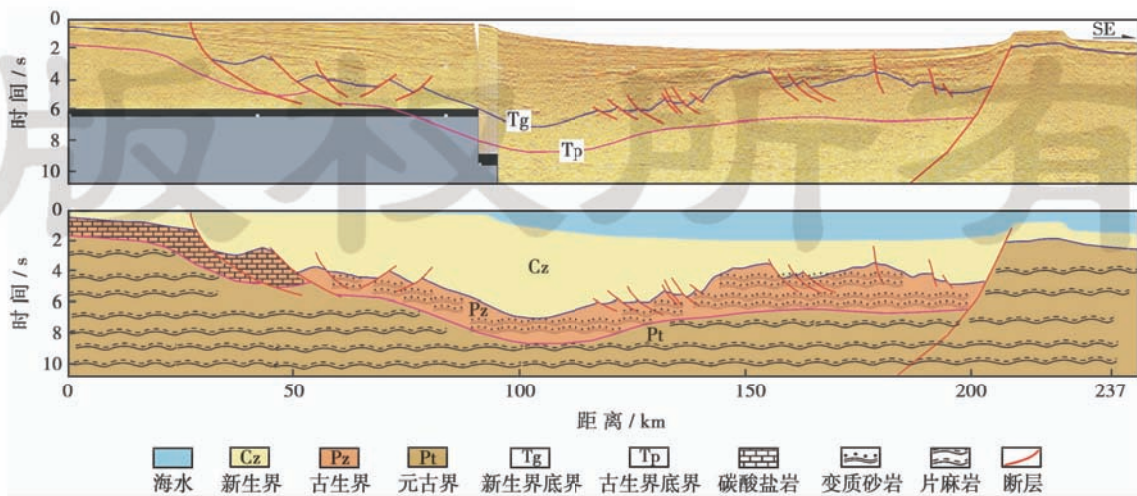


图3 琼东南盆地基底双层结构(位置见图1中测线A—A')
Fig. 3 Two layers structure of basement in Qiongdongnan Basin

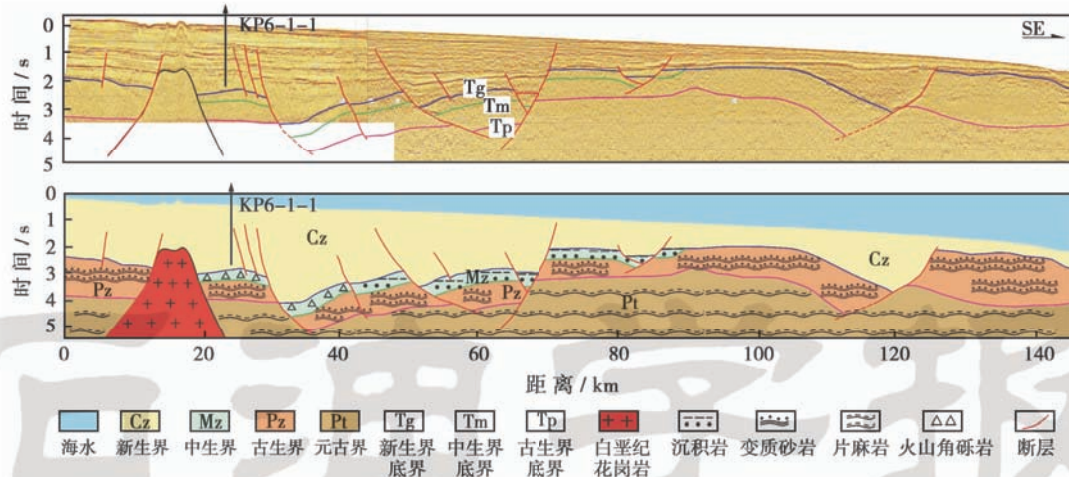


图 4 珠江口盆地西部基底不完全三层结构(位置见图 1 中测线 B—B')

Fig. 4 Incomplete three layers structure of basement in western Pearl River Mouth Basin

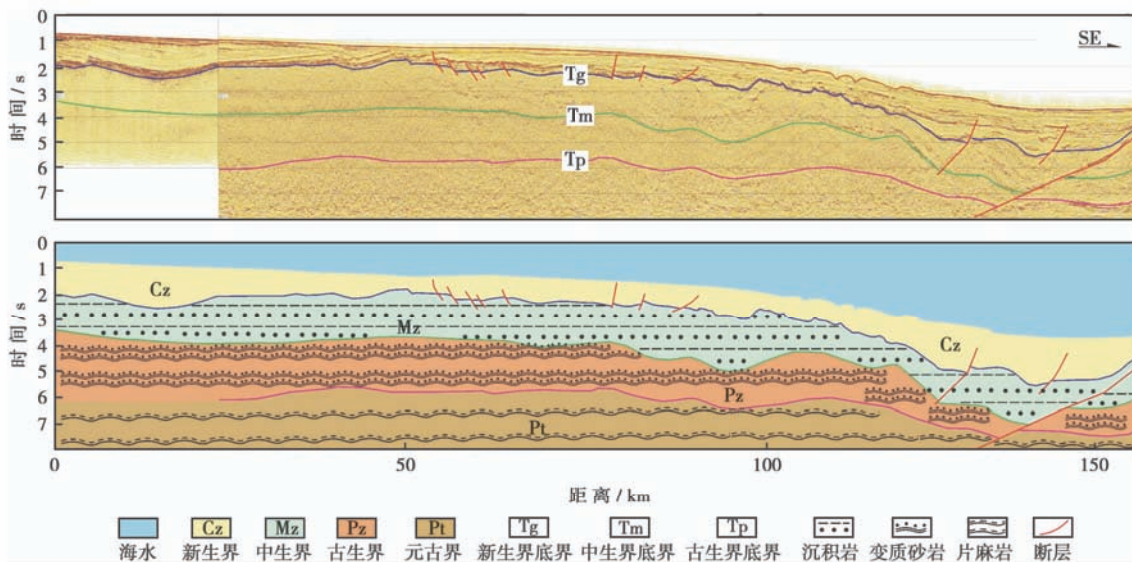


图 5 珠江口盆地东部基底三层结构(位置见图 1 中测线 C—C')

Fig. 5 Three layers structure of basement in eastern Pearl River Mouth Basin

(3)盆地内部新生代断裂发育,骨干断裂的走向以北东向和北西向为主(图 2),与区域构造线方向相同,是控制南海东北部构造格局和地形轮廓的主体断裂。其中,盆地周缘和内部一些北东向骨干断裂形成于中生代,北西向断裂形成时代略晚于北东向断裂,左旋切割了北东向断裂。这些断裂在新生代发生继承性活动,但断层性质发生明显变化,表现以张性断裂为主,断裂均切割到基底面以下的中生界。

2 前新生代有利油气远景区

南海北部陆缘盆地前新生代基底结构研究表明,在阳江—统暗沙东断裂以东,即珠江口盆地东部地区,分布有巨厚的中生界地层,存在大型的宽缓褶皱带。目前,在台西南盆地有近 30 口探井均钻遇了白垩统近海陆相地层、浅海相地层,部分钻遇到海陆过渡

相和海相侏罗系砂泥岩及含煤岩系^[11],并发现了放射虫和菊石等海相标准生物化石^[31-32],钻探还发现了致昌(CFC)、致胜(CFS)、建丰(CGF)等含油气构造及油气田^[33]。珠江口盆地中生界油气勘探及油气地质研究程度低,但是台西南盆地与珠江口盆地拥有一脉相承的关系^[34],具有很好的借鉴意义,推测珠江口盆地东部中生界油气藏勘探前景良好。

2.1 珠江口盆地东部中生界分布特征

前人对海相中生界地层总结出了一些识别标志^[35],如地震反射结构、产状、层速度等。笔者结合前人的研究成果,并借助于有限的钻井揭示及东南沿海野外地质考察,利用盆缘地质约束盆内剖面地震—重磁解释,综合识别出了南海北部陆缘中生界残留地层(图 2),主要分布在潮汕坳陷、神狐—东沙隆起、韩江凹陷等新生代构造层之下。

潮汕坳陷中生界为一大型坳陷区,呈 NE 向展布,埋深为 1 000~3 000 m,地层厚度在 5 000~8 000 m,面积约 9 000 km²。东沙隆起东部在中生界有 2 个小型凹陷,分别呈 EW 向和 NW 向展布,埋深在 1 000~2 000 m,地层厚度在 4 000~6 000 m,总面积约 6 000 km²。东沙隆起、惠陆低凸起与陆丰凹陷交界处为一个中生界凹陷,呈 NE 向展布,埋深在 2 000~4 000 m,地层厚度在 5 000~6 000 m,面积约 2 500 km²。韩江凹陷中生界为分散的小凹陷,埋深在 2 000~4 000 m,地层厚度在 3 000~5 000 m,总面积约 3 500 km²。因此,从中生代地层厚度、分布面积考虑,潮汕坳陷为最重要的中生界有利勘探区,其次为东沙隆起东部、韩江凹陷,以及东沙隆起、惠陆低凸起与陆丰凹陷交界处。

2.2 有利构造带及烃源岩条件

珠江口盆地钻遇中生界的井少,研究程度低,更多的是借助盆缘与珠江口盆地相邻的台西南盆地的对比研究。目前仅有潮汕坳陷西北坡的 LF35-1-1 井揭示了 703 m 厚的侏罗系和 720 m 厚的白垩系^[16]。侏罗系下部为灰黑色纹层状泥岩及泥质粉砂岩夹砂岩、灰岩及鲕粒灰岩,泥岩中富含有机质碎屑,为滨浅海环境;上部为放射虫硅质岩夹玻基玄武岩、灰黑色纹层状泥岩及泥质粉砂岩,为深海沉积,但生油条件相对较差。

这可能是由于该井位于岩浆活动带,因此不能代表潮汕坳陷,推测潮汕坳陷中南部勘探可能更有利^[14]。

粤港地区及台西南盆地中生界烃源岩研究对盆内具有良好的借鉴意义。前人已做了很多关于烃源岩的研究^[12,36-38],粤东地区上三叠统烃源岩 TOC 为 0.35%~6.75%, R_o 为 1.1%~1.59%,有机质类型为Ⅲ型,基本成熟;下侏罗统烃源岩 TOC 为 0.5%~2.0%, R_o 为 2.69%~3.75%,有机质类型也为Ⅲ型,已达过成熟阶段。香港平洲岛白垩系泥页岩 TOC 为 0.88%~4.26%, R_o 为 1.11%。台西南盆地中央隆起带中部的探井钻遇下白垩统近海陆相泥页岩,其有机质类型为腐殖型(Ⅲ型),TOC 为 0.6%~2.45%, R_o 为 0.7%~1.0%;钻遇的侏罗系近海陆相黑色页岩其有机质类型为Ⅲ型,TOC 一般在 1.0%以上, R_o 为 1.0%~1.38%。整体来看,烃源岩条件良好,油气源比较充足,成熟度较高,应以生成天然气为主。并且在台西南盆地已经发现了一批含油气构造及油气田,因此推测在珠江口盆地东部中生界也应具有良好的烃源岩条件。

潮汕坳陷下部的巨厚中生代地层受北东向挤压,逆冲构造发育,并发育大型断层传播褶皱(图 6),是油气聚集的有利区带。在其相邻的陆丰凹陷的地震剖面中也见到中生代大型宽缓的褶皱带(图 7)。

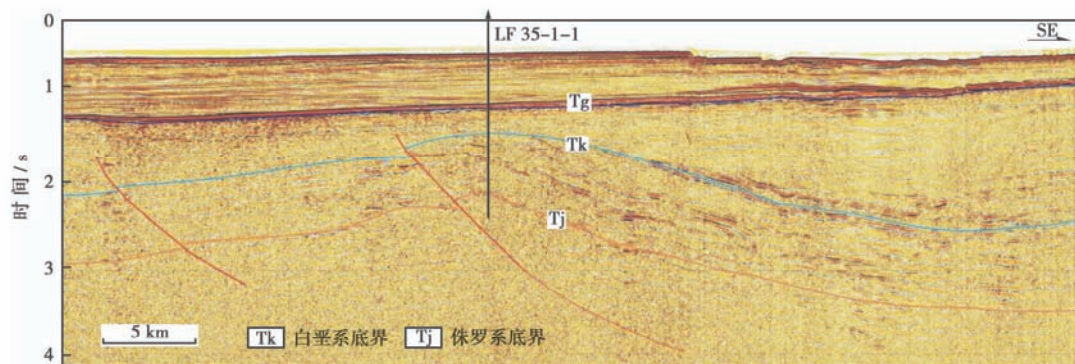


图 6 潮汕坳陷中生代断层传播褶皱(位置见图 1 中测线 D-D'方框部分)

Fig. 6 Mesozoic fault-propagation folds in Chaoshan Depression

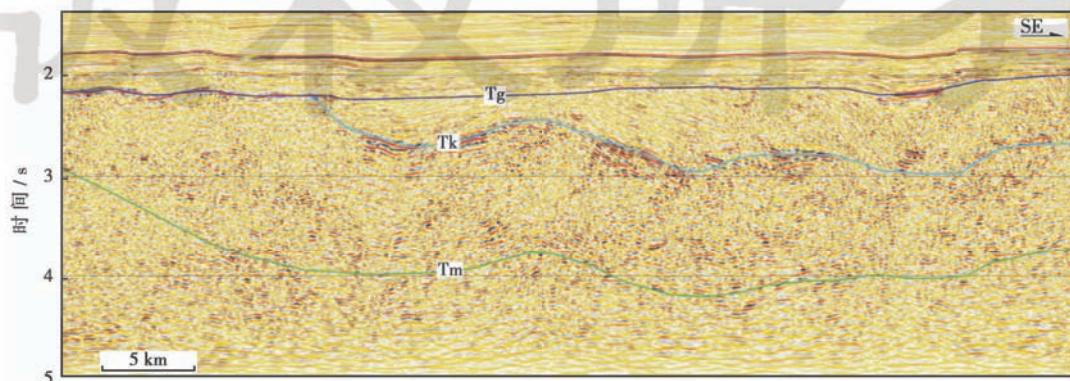


图 7 陆丰凹陷中生代宽缓褶皱带(位置见图 1 中测线 E-E'方框部分)

Fig. 7 Mesozoic broad-gentle fold belts in Lufeng Sag

珠江口盆地东部中生代背斜构造油气成藏条件较好,但由于受到北东向断裂以及隆起带和坳陷带的分隔,部分褶皱隆起遭受剥蚀,以及燕山期岩浆侵入的破坏,中生界保存程度不均一。但由于具有较厚的暗色泥岩,并在基底面之上具有厚度较大的古近系作为盖层使油气得以保存;断裂较少,而褶皱构造又较为发育,则可以形成较好的圈闭构造,因此具有较好的油气勘探潜力。

3 结论与讨论

南海北部陆缘区中生代发生多次不均衡隆升,表现为西部隆升幅度大,东部隆升幅度小,盆地基底表现为西老东新、侧向分块、垂向分带特征。岩性分布表现为,在阳江—统暗沙东断裂以东,主要为沉积岩和侵入岩,以西则主要为变质岩。白垩纪岩浆作用活跃,发育大量酸性侵入岩及火山岩。新生代断裂发育,但部分北东向骨干断裂形成于中生代,北西向断裂形成时代晚于北东向断裂,在新生代发生继承性活动,表现以张性断裂为主。

中生界残留盆地主要分布在珠江口盆地的东部,潮汕坳陷为最重要的中生界有利勘探区,其次为东沙隆起东部、韩江凹陷,以及东沙隆起、惠陆低凸起与陆丰凹陷交界处。中生界发育大型宽缓的褶皱带以及良好的烃源岩,具有很好的油气前景。

南海北部陆缘盆地基底断裂发育,主要为 NE 和 NW 向分布, NW 向断裂形成时代略晚于 NE 向断裂,基底分区界线为北西向,但北西向基底分区与华南大陆的北东向构造线方向却不一致。根据目前钻井、地震等资料的解释情况,得到了这样的结果,为何会出现这种不一致性,其地球动力学背景尚不清楚,要回答这个问题应该从更大范围尺度来进行深入研究,这也是今后南海北部陆缘盆地基底研究值得关注的问题。

参 考 文 献

- [1] 龚再升,李思田,谢泰俊,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,1997:150-163.
Gong Zaisheng, Li Sitian, Xie Taijun, et al. Continental margin basin analysis and hydrocarbon accumulation of the northern South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 1997: 150-163.
- [2] 何家雄,施小斌,夏斌,等.南海北部边缘盆地油气勘探现状与深水油气资源前景[J].地球科学进展,2007,22(3):261-270.
He Jiaxiong, Shi Xiaobin, Xia Bin, et al. The status of the petroleum exploration in the northern South China Sea and the resource potential in the deep-water areas[J]. Advances in Earth Science, 2007, 22(3): 261-270.
- [3] 朱伟林,张功成,高乐.南海北部大陆边缘盆地油气地质特征与勘探方向[J].石油学报,2008,29(1):1-9.
Zhu Weilin, Zhang Gongcheng, Gao Le. Geological characteristics and exploration objectives of hydrocarbons in the northern continental margin basin of South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(1): 1-9.
- [4] 张功成,米立军,吴时国,等.深水区——南海北部大陆边缘盆地油气勘探新领域[J].石油学报,2007,28(2):15-21.
Zhang Gongcheng, Mi Lijun, Wu Shiguo, et al. Deepwater area: The new prospecting targets of northern continental margin of South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(2): 15-21.
- [5] 朱伟林.南海北部深水区油气地质特征[J].石油学报,2010,31(4):521-527.
Zhu Weilin. Petroleum geology in deepwater area of northern continental margin in South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(4): 521-527.
- [6] 张功成.南海北部陆坡深水区构造演化及其特征[J].石油学报,2010,31(4):528-533.
Zhang Gongcheng. Tectonic evolution of deepwater area of northern continental margin in South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(4): 528-533.
- [7] 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.
Qiu Yan, Wen Ning. Mesozoic in the eastern sea area of the northern margin of the South China Sea and its significance for oil/gas exploration [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(2): 142-146.
- [8] 刘光鼎.前新生代海相残留盆地[J].地球物理学进展,2001,16(2):1-7.
Liu Guangding. Pre-Cenozoic marine residual basins [J]. Progress in Geophysics, 2001, 16(2): 1-7.
- [9] 刘光鼎,陈洁.中国前新生代残留盆地油气勘探难点分析及对策[J].地球物理学进展,2005,20(2):273-275.
Liu Guangding, Chen Jie. Analysis of difficulties in gas-petroleum prospecting in Chinese pre-Cenozoic relic basin and the corresponding solutions [J]. Progress in Geophysics, 2005, 20(2): 273-275.
- [10] 蔡乾忠.中国海域海相中生代油气[J].海洋地质动态,2003,19(8):42-46.
Cai Qianzhong. Oil and gas in marine Mesozoic of China sea areas [J]. Marine Geology Letters, 2003, 19(8): 42-46.
- [11] 何家雄,姚永坚,马文宏,等.南海东北部中生代残留盆地油气勘探现状与油气地质问题[J].天然气地球科学,2007,18(5):635-641.
He Jiaxiong, Yao Yongjian, Ma Wenhong, et al. Status of oil & gas exploration and analysis of geological character in Mesozoic residual basins, northeastern South China Sea [J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(5): 635-641.
- [12] 杨少坤,林鹤鸣,郝沪军.珠江口盆地东部中生界海相油气勘探前景[J].石油学报,2002,23(5):28-33.
Yang Shaokun, Lin Heming, Hao Hujun. Oil and gas exploration prospect of Mesozoic in the eastern part of Pearl River Mouth

- Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2002, 23(5): 28-33.
- [13] 陈洁. 潮汕坳陷地球物理特征及油气勘探潜力[J]. *地球物理学进展*, 2007, 22(1): 147-155.
Chen Jie. Geophysical characteristics of the Chaoshan depression and its hydrocarbon exploration potential [J]. *Progress in Geophysics*, 2007, 22(1): 147-155.
- [14] 郝沪军, 施和生, 张向涛, 等. 潮汕坳陷中生界及其石油地质条件——基于 LF35-1-1 探索井钻探结果的讨论[J]. *中国海上油气*, 2009, 21(3): 73-83.
Hao Hujun, Shi Hesheng, Zhang Xiangtao, et al. Mesozoic sediments and their petroleum geology conditions in Chaoshan sag: A discussion based on drilling results from the exploratory Well LF35-1-1 [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2009, 21(3): 73-83.
- [15] 魏喜, 邓晋福, 陈亦寒. 南海盆地中生代海相沉积地层分布特征及勘探潜力分析[J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 2005, 35(4): 456-461.
Wei Xi, Deng Jinfu, Chen Yihan. Distribution characters and exploration potential of Mesozoic sea facies sedimentary strata in the South China Sea Basin [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2005, 35(4): 456-461.
- [16] 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.
Shao Lei, You Hongqing, Hao Hujun, et al. Petrology and depositional environments of Mesozoic strata in the northeastern South China Sea [J]. *Geological Review*, 2007, 53(2): 164-169.
- [17] 杨树春, 全志刚, 贺清, 等. 潮汕坳陷中生界生烃历史及火成岩侵入影响分析——以 LF35-1-1 井为例[J]. *中国海上油气*, 2008, 20(3): 152-156.
Yang Shuchun, Tong Zhigang, He Qing, et al. Mesozoic hydrocarbon generation history and igneous intrusion impacts in Chaoshan depression, South China Sea: A case of LF35-1-1 Well [J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2008, 20(3): 152-156.
- [18] 周蒂. 台西南盆地和北港隆起的中生界及其沉积环境[J]. *热带海洋学报*, 2002, 21(2): 50-57.
Zhou Di. Mesozoic strata and sedimentary environment in SW Taiwan basin of NE South China Sea and Peikang high of western Taiwan [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2002, 21(2): 50-57.
- [19] 刘以宣, 詹文欢. 南海变质基底基本轮廓及其构造演化[J]. *安徽地质*, 1994, 4(1/2): 82-90.
Liu Yixuan, Zhan Wenhuan. Basic outline and tectonic evolution of the metamorphic basement in the South China Sea [J]. *Geology of Anhui*, 1994, 4(1/2): 82-90.
- [20] 刘海龄, 杨恬, 朱淑芬, 等. 南海西北部新生代沉积基底构造演化[J]. *海洋学报*, 2004, 26(3): 54-67.
Liu Hailing, Yang Tian, Zhu Shufen, et al. Tectonic evolution of Cenozoic sedimentary basements in the northwestern South China Sea [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2004, 26(3): 54-67.
- [21] 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]. *地学前缘*, 2005, 12(3): 204-218.
Zhou Di, Sun Zhen, Chen Hanzong, et al. Mesozoic lithofacies, paleo-geography, and tectonic evolution of the South China Sea and surrounding areas [J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(3): 204-218.
- [22] 郝天兆, 徐亚, 赵百民, 等. 南海磁性基底分布特征的地球物理研究[J]. *地球物理学报*, 2009, 52(11): 2763-2774.
Hao Tianyao, Xu Ya, Zhao Baimin, et al. Geophysical research on distribution features of magnetic basements in the South China Sea [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2009, 52(11): 2763-2774.
- [23] 鲁宝亮, 孙晓猛, 张功成, 等. 南海北部盆地基底岩性地震-重磁响应特征与识别[J]. *地球物理学报*, 2011, 54(2): 563-572.
Lu Baoliang, Sun Xiaomeng, Zhang Gongcheng, et al. Seismic-potential field response characteristics and identification of basement lithology of the northern South China Sea Basin [J]. *Chinese Journal of Geophysics*, 2011, 54(2): 563-572.
- [24] 李平鲁, 梁慧娴, 戴一丁. 珠江口盆地基岩油气藏远景探讨[J]. *中国海上油气(地质)*, 1998, 12(6): 361-369.
Li Pinglu, Liang Huixian, Dai Yiding. Exploration perspective of basement hydrocarbon accumulations in the Pearl River Mouth Basin [J]. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 1998, 12(6): 361-369.
- [25] 庞雄, 陈长民, 彭大钧, 等. 南海珠江深水扇系统及油气[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
Pang Xiong, Chen Changmin, Peng Dajun, et al. The Pearl River deep-water fan system and petroleum in South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 2007.
- [26] 刘昭蜀, 赵焕庭, 范时清, 等. 南海地质[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
Liu Zhaoshu, Zhao Huanting, Fan Shiqing, et al. Geology of the South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [27] 周迪, 王婉音, 王佳林, 等. 中生代俯冲-增生带在南海东北部 inferred from geophysical interpretations [J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2006, 49(5): 471-482.
- [28] 广东省地质矿产局. 广东省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
Guangdong Province Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional geology of Guangdong Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988.
- [29] 刘以宣. 华南沿海的活动断裂[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1985, 5(3): 11-21.
Liu Yixuan. The active fractures in South China coast [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1985, 5(3): 11-21.
- [30] 张虎男, 赵希涛. 雷琼地区新构造运动的特征[J]. *地质科学*, 1984(3): 276-287.
Zhang Hunan, Zhao Xitao. Characteristics of the neotectonic movement in the Hainan Island and Leizhou Peninsula area [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1984(3): 276-287.
- [31] 松本达郎, 速水格, 桥本. 台湾西部平原探井内所发现白垩纪软体动物类化石[J]. *台湾石油地质*, 1965, 4: 1-24.
Matsumoto T, Hayami I, Hashimoto W. Some molluscan fossils from the buried Cretaceous of western Taiwan [J]. *Petrol. Geol.*

- Taiwan, 1965, 4: 1-24.
- [32] 松本达郎. 云林北港地区所产菊石化石之再研究[J]. 台湾石油地质, 1979, 16: 51-57.
Matsumoto T. Restudy of a phylloceratid ammonite from Beikang, Taiwan[J]. Petrol. Geol. Taiwan, 1979, 16: 51-57.
- [33] 支家生. 台湾西部天然气地质研究综述[J]. 南方油气地质, 1995, 1(3): 47-61.
Zhi Jiasheng. Investigation of natural gas in western Taiwan and its coast area overview[J]. South China Petroleum Geology, 1995, 1(3): 47-61.
- [34] 杜德莉. 台西南盆地的构造演化与油气藏组合分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(3): 5-18.
Du Deli. Tectonic evolution and analysis of oil-gas accumulation in southwest Taiwan Basin [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1994, 14(3): 5-18.
- [35] 郝沪军, 汪瑞良, 张向涛, 等. 珠江口盆地东部海相中生界识别及其分布[J]. 中国海上油气, 2004, 16(2): 84-88.
Hao Hujun, Wang Ruiliang, Zhang Xiangtao, et al. Mesozoic marine sediment identification and distribution in the eastern Pearl River Mouth basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 2004, 16(2): 84-88.
- [36] 夏戡原, 黄慈流, 黄志明. 南海及邻区中生代(晚三叠世—白垩纪)地层分布特征及含油气性对比[J]. 中国海上油气, 2004, 16(2): 73-83.
Xia Kanyuan, Huang Ciliu, Huang Zhiming. Upper Triassic-Cretaceous sediment distribution and hydrocarbon potential in South China Sea and its adjacent areas[J]. China Offshore Oil and Gas, 2004, 16(2): 73-83.
- [37] 支家生, 王本善. 台湾西部地层与烃源岩潜力评估[J]. 中国海上油气(地质), 1996, 10(4): 237-243.
Zhi Jiasheng, Wang Benshan. Strata of Western Taiwan and source potential assessment [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1996, 10(4): 237-243.
- [38] 冯晓杰, 张川燕, 王春修, 等. 东海陆架和台西南盆地中生界及其油气勘探潜力[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(5): 306-310.
Feng Xiaojie, Zhang Chuanyan, Wang Chunxiu, et al. Mesozoic in the East China Sea shelf and Taixinan Basin and its petroleum potential [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2001, 15(5): 306-310.

(收稿日期 2011-01-12 改回日期 2011-03-24 责任编辑 熊英)

《石油学报》2011年第5期部分文章预告(I)

- 塔河油田南部志留系油气成藏主控因素与成藏模式 张永贵等
- 一种改进的全变分地震图像去噪技术 屈勇等
- 塔北哈拉哈塘地区奥陶系一间房组碳酸盐岩心裂缝类型及期次 高计县等
- 四川盆地南缘下志留统龙马溪组页岩气储层矿物成分特征及意义 陈尚斌等
- 渤海湾盆地饶阳凹陷新近系油气富集特点与主控因素 蒋有录等
- 致密砂岩中自生伊利石的成因及其对相对优质储层发育的影响
——以川西地区须四段储层为例 孟万斌等
- 鄂尔多斯盆地奥陶系海相碳酸盐岩天然气勘探领域 杨华等
- 伊犁盆地下石炭统阿克沙克组沉积特征及演化 熊绍云等
- 低渗透砂岩储层成岩相测井识别方法及其地质意义
——以鄂尔多斯盆地姬塬地区长8储层为例 石玉江等
- 不同热模拟实验下煤热解产物特征及动力学分析 王民等