

文章编号:1001-6112(2002)04-0322-05

南海西南部海区油气富集成藏类型分析

刘宝明^{1,2}, 夏斌¹, 刘振湖², 王衍棠²

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640; 2. 国土资源部广州海洋地质调查局, 广东广州 510760)

摘要:该区位于南海南部板块、陆块的碰撞、俯冲、增生部位。作者在区域地质构造背景和区域地层对比研究的基础上, 划分了多种类型圈闭和5种与之有关的油气藏类型。根据盆地模拟和含油气系统的研究成果, 作者对各种类型油气藏特征和成藏因素及其勘探前景作了分析, 指出了与已发现油气田相类似的油气藏类型的成藏时代和有利分布区, 可为油气勘探提供科学依据。

关键词:圈闭; 成藏; 油气; 南海

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

南海位于欧亚、太平洋和印度洋三大板块的交汇处^[1,2], 是西太平洋较大的边缘海之一。国外在南海南部的油气勘探活动开展得较早, 20世纪初就有一些国家在加里曼丹岛沿岸进行地质调查。1954年荷属壳牌石油公司在沙捞越近海开展地震勘探, 并于1957年钻探 Siwa-1 井, 从而在马来西亚境内发现了米里油田和在曾母盆地发现了特马那气田。60年代后期, 由于采用数字地震技术, 资料准确, 钻探成功率大大提高, 此后相继发现了一大批油气田。我国于70年代才开始在该海域进行油气调查工作, 起步较晚, 虽然随后的调查工作开展得迅速, 但至今在南部海域仍无实际的钻探和开发活动。目前南海已成为世界上一个重要的油气勘探区, 随着勘探技术的提高, 近年来其油气勘探活动已从浅水区、近岸区向深水区、陆坡区发展, 其勘探成功率之高及从中所获得的经济和社会效益令世人瞩目。鉴于此, 本文在研究南海西南部海域油气勘探资料和多年的实际调查成果的基础上, 系统地总结了该海区油气的富集成藏特征, 希望能为本地区乃至整个南海的油气勘探工作和寻找类似的大油气田提供依据。

以南及万安断裂南段以西所夹持的海区, 面积大约 $65 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。印支陆块位于华南陆块与缅甸马陆块的接廊部位。板块和陆块不断碰撞、俯冲、拼合、增生和碎裂, 从而在本区发育了以万安断裂、卢帕尔断裂和廷贾断裂为主的走滑断裂体系, 它们控制了区内盆地的形成和演化, 发育了曾母(前陆盆地)、万安、马来(走滑拉张盆地)和涠公(陆缘张裂盆地)等不同类型的沉积盆地(图1)。由这些主干断裂派生

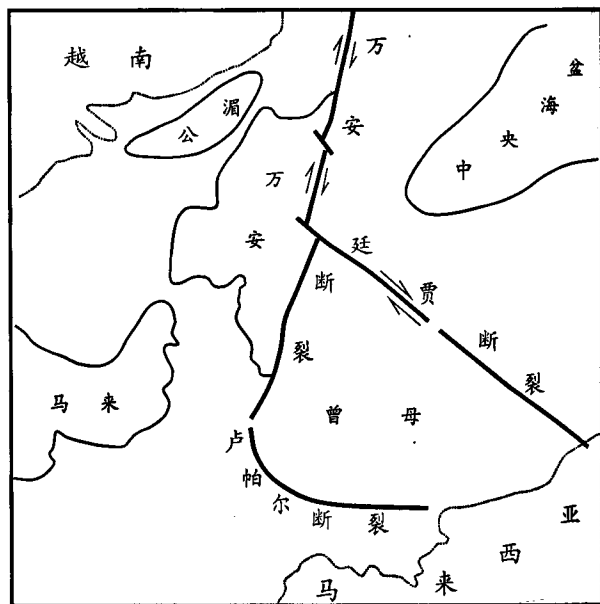


图1 研究区地理位置与构造区划图

Fig. 1 Geographical position and tectono-regional division map of the study area

1 地质概况

2.1 构造区划和地质构造特征

南海西南部海域主体位于印支陆块的南部, 是昆仑岛以东、纳土纳岛—加里曼丹岛以北、廷贾断裂

收稿日期: 2002-03-18; 修订日期: 2002-05-26.

基金项目: 中国科学院创新工程项目(KZCX2-SW-117); 国家“126”专项课题(HY126-03-13-03).

作者简介: 刘宝明(1966—), 男(汉族), 江西泰和人, 博士、副研究员, 主要从事油气和天然气水合物资源评估技术与含油气构造分析等领域的研究.

或继承基底构造所形成的次级断裂体系控制了盆地内构造单元^[3]和局部构造的形成与演化。

1.2 基底和地震层序

该区基底为中生代晚期岩浆岩、火山岩和前第三纪变质岩。岩浆岩为中侏罗世—白垩纪的花岗闪长岩,火山岩为晚侏罗世—白垩纪的安山岩和流纹岩等,变质岩主要为片麻岩。

该区新生代地层的沉积^[4]在时空分布上存在差异性,曾母、万安盆地的沉积厚度逾万米,而涓公、马来盆地的沉积厚度大约皆为6km。本区新生代地层可划分为T₂、T₃、T₃¹、T₄、T₅、T_g等6个区域性不整合面和3个地震超层序。超层序I(T₃界面之上)为大套近于水平的滨海、半深海相沉积,下部发育台地相;超层序II(T₃界面之下)为一套斜交不整合、局部褶皱变形的滨浅海相、三角洲相和河湖相沉积;T₅界面为盆地裂谷早期与裂谷后沉积间断面,超层序III即为T₅界面以下的陆相沉积。盆地的地层对比结果参见表1。

2 圈闭与油气藏类型

2.1 圈闭类型

圈闭是油气成藏研究的重要组成部分,构成圈闭需要有油气储集体和防止油气逸散的封闭条件这两个基本要素。圈闭发育的类型与盆地的成盆机制有关,且是盆地形成和演化的综合反映。本区因受到板块和陆块构造活动较强的影响,形成了不同的盆地类型,从而发育了与盆地构造样式有关的不同圈闭类型^[5]。以伸展构造样式形成的圈闭包括垒式构造组合和正断层下盘掀斜断块构造组合,其运动方式以张性断裂为主,形成的圈闭主要有(掀斜)

断块、断背斜、断鼻、同生背斜等;以压缩构造样式形成的圈闭局部发育(曾母盆地南部俯冲增生带多见),圈闭类型以挤压背斜、褶皱背斜为主,它们因受到走滑断裂作用影响,部分圈闭类型可能形成花状构造。非构造圈闭^[6]发育有地层不整合、基岩潜山、古风化壳、三角洲砂体、扇状砂体和礁隆等类型。

2.2 油气藏类型

根据本区多年来的勘探资料,我们将该区主要油气田和含油气构造发育的圈闭及油气藏类型总结为表2。由表可见,本区主要存在断块油气藏、背斜油气藏、礁隆油气藏、基岩潜山油气藏及复合型油气藏。

2.2.1 断块型油气藏

断块型油气藏是本区主要的油气藏类型,大多数是在盆地走滑拉张环境下所形成的(掀斜)断块,也有一些是由背斜经后期断裂破坏而形成的断背斜、断鼻等圈闭,如兰龙油气田的下中新统油气藏等。油藏储层主要为孔隙砂岩和部分碳酸岩盐夹层。

2.2.2 背斜型油气藏

本区发育披覆背斜和褶皱背斜两种背斜圈闭,主要分布在曾母盆地南部增生带和万安盆地北部隆起上,从而在这些地区形成背斜型油气藏。比较典型的有大熊油田和特马那气田。

2.2.3 礁隆型油气藏^[7]

礁隆型油气藏在该海域的分布较普遍,本区发育的数量仅次于断块型油气藏。迄今为止所有钻遇的该类油气藏皆以产气为主。这些气藏不仅单井产量高,而且储量也大,储层均为中—上中新统生物礁灰岩、台地碳酸盐岩。最典型的有位于曾母盆地内的亚洲最大的气田——L气田^[8](图2)和金坛油气

表1 南海西南部海区新生代地层对比表

Table 1 Correlation of the Cenozoic strata in the southwestern sea area of the South China Sea

| 时代/Ma | 地震层序 | | 涓公盆地 | 万安盆地 | 曾母盆地 | 马来盆地 | 沉积环境 |
|----------|----------------|----------------|----------------|-------------|-------|-------|------------------|
| | 反射界面 | 超层序 | | | | | |
| 第四纪 | T ₂ | I | 边同组 | 广雅组 | 穆达组 | 穆达组 | 滨海 半深海 台地相 |
| 上新世 | | | 昆仑组 | 昆仑组 | 上特隆布组 | 阿兰组 | |
| 晚中新世 | | | T ₃ | 前江组 | 李准组 | 下特隆布组 | 巴兰特组 |
| 中中新世 | T ₄ | 白虎组 | 万安组 | 阿兰组 | 乌当组 | | |
| 早中新世 | | II | 茶新组 | 西卫组 | 加布斯组 | 加布斯组 | |
| 晚渐新世 | | | 茶甸组 | | 拉让群 | 伯鲁特组 | |
| 早渐新世 | T ₅ | 宗岛组 | ? | ? | | | |
| 晚始新世 | | T ₅ | III | | | | |
| 中始新世—古新世 | T _g | | | 火山岩、侵入岩、变质岩 | | | |
| 前第三纪 | | | 火山岩、侵入岩、变质岩 | | | | |

表2 南海西南部重要油气田的圈闭及油气藏类型

Table 2 Trap and reservoir types of the major oil and gas fields in the southwestern part of the South China Sea

| 盆地名称 | 油气田 | 圈闭类型 | 油气藏类型 |
|------|-----------|----------|---------|
| 万安 | 大熊油田 | 披覆背斜 | 复合型油气藏 |
| | 都油田 | 断背斜 | 断块型油气藏 |
| 涪公 | 白虎油田 | 基岩潜山 | 基岩潜山油气藏 |
| | 龙油田 | 断背斜 | 断块型油气藏 |
| | L气田 | 碳酸盐岩隆-礁隆 | 礁隆型油气藏 |
| | D 18 油田 | 断背斜 | 断块型油气藏 |
| 曾母 | E 11 气田 | 礁隆 | 礁隆型油气藏 |
| | F 6 气田 | 碳酸盐岩隆-礁隆 | 礁隆型油气藏 |
| | F 23 气田 | 礁隆 | 礁隆型油气藏 |
| | 特马那气田 | 背斜 | 背斜型油气藏 |
| | 金坛油气田 | 碳酸盐岩隆-礁隆 | 礁隆型油气藏 |
| 马来 | Duyong 气田 | 断背斜 | 断块型油气藏 |
| | LASMO 气田 | 断背斜 | 断块型油气藏 |

田。

2.2.4 基岩潜山油气藏

基岩潜山油气藏主要分布在中生代中晚期花岗岩或花岗闪长岩构成的风化裂缝、孔隙和洞穴中,呈现出“新生古储”的特征。典型的有万安盆地大熊油田的底部油藏^[9]、涪公盆地的白虎油田(图3)^[10]等。

2.2.5 复合型油气藏

复合型油气藏是由上述几类油气藏中的两种或两种以上叠合形成的,与圈闭的成因机制和有机质的生、排烃史有直接的关系,甚至早期形成的油气藏因受到构造破坏的影响经疏导层二次运移到有利的

构造部位而再次富集成藏,从而形成在时空分布上具有成生关系的复合型油气藏。例如,我们用穿越大熊油田的实际调查剖面,通过资料的特殊处理(包括AVO分析、吸收系数、密度异常等),作出了该油田的油气成藏模式图(图4)。这一模式^[11]与油田的勘探资料表明,大熊油田除发育了背斜型油气藏(a)、断块型油气藏(b、c)外,还发育了基岩潜山油气藏(d),因此是一个复合型油气藏。

3 油气富集成藏因素分析

油气的成藏与烃类的生储盖组合类型、烃类与圈闭的动态匹配关系以及油气的运移等因素有关,下面就这些影响油气成藏的相关因素作一简要分析。

3.1 生储盖组合类型

油气藏的形成与油气的生、储、盖、圈闭等关系密切。合理的组合关系是形成大油气田的先决条件。本区发育了上始新统一渐新统、下中新统和中中新统3套湖相与海相泥岩、泥页岩烃源岩层,储层有砂岩、碳酸盐岩和风化基岩3类,上新统一第四系为良好的区域盖层,它们在时空上相互叠置而形成新生古储、自生自储、古生新储的油气组合类型,表现出油气藏类型的多样性。

3.2 圈闭与油气的动态匹配性

本区的圈闭类型以断块、断背斜、褶皱背斜和披覆背斜等构造为主,多数圈闭长期受到活动断裂和

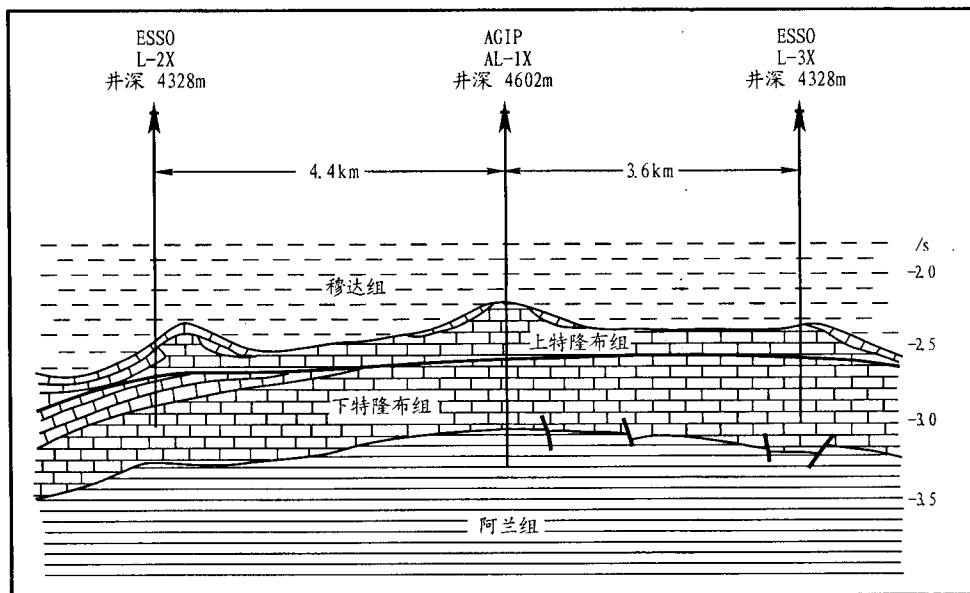


图2 曾母盆地L气田礁隆型油气藏地质剖面图^[8]

Fig.2 Geologic section of reefrise-typed reservoirs for L gasfield in the Zengmu Basin

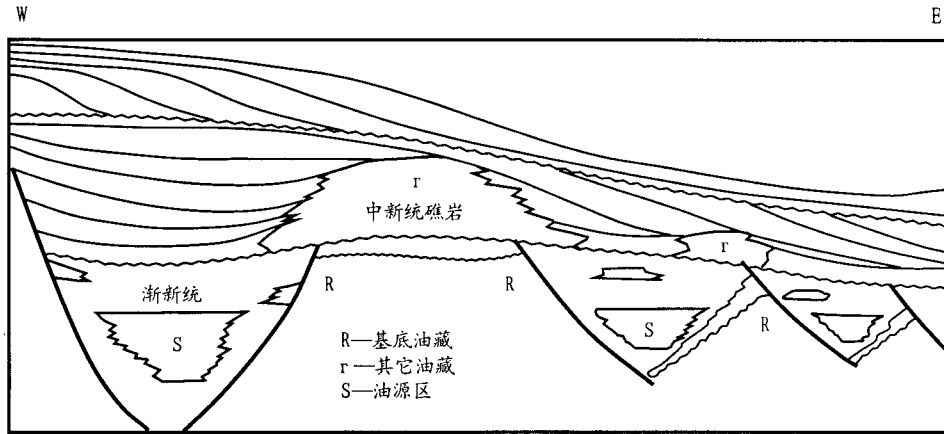


图3 涪公盆地白虎油田油气藏地质模式图^[10]

Fig. 3 Geological pattern of oil and gas reservoirs for Baihu oilfield in the Meigong Basin

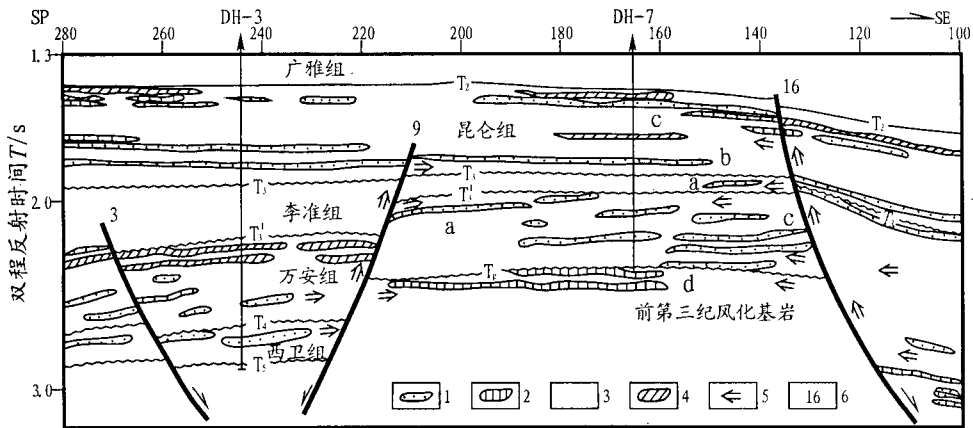


图4 万安盆地大熊油田油气藏地质模式图

1. 砂岩储层; 2. 风化基岩储层; 3. 泥岩或泥质岩; 4. 灰岩; 5. 油气运移方向; 6. 断层编号
a. 披覆背斜; b. 断块油气藏; c. 断鼻油气藏; d. 潜山油气藏

Fig. 4 Geological pattern of oil and gas reservoirs for Bigbear oilfield in the Wan'an Basin

高断块基底的控制。其形成起始于渐新世,定型于中新世末,褶皱背斜的定型时间为中中新世末。盆地模拟和含油气系统的分析表明,油气的生烃高峰期为晚中新世,次高峰期为早中新世;排烃高峰期为晚中新世,其次为早中新世和现今;油气藏形成的关键时刻为中新世末。显然,圈闭的形成与油气的生排烃高峰期和含油气系统的关键时刻匹配性好,具备了形成多种油气藏类型条件。

3.3 油气的运移

油气运移的条件包括运移的时间、距离、通道和运移方式等因素,它是油气藏后天富集程度和油气田产能的重要反映。油气运聚史和流体势模拟表明,本区油气富集带距离生烃凹陷中心均小于30km,都在油气捕集带范围内,下部烃源岩生成的油气可以沿早期断层面作垂向运移至上部,然后再通过不整合面和疏导层作侧向运移至适宜的圈闭中聚集成藏。图4展示了大熊油田油气作垂向、侧向

运移的地质模型,图5是该油田和都油田及附近油气运移的计算机数值模拟结果。由此不难看出,本区具备类似于大熊油田的构造部位,它们位于主泄压带上,发育的断层面既可作为油气垂向运移的重要通道,也对油气富集成藏起到了封堵作用,从而在万安盆地的北部隆起、中部隆起和曾母盆地的西部台地、南康台地、巴林坚隆起区以及涪公、马来盆地的构造高部位形成多种类型的油气藏。

4 油气藏勘探前景

油气藏类型和油气勘探资料分析表明,渐新世—中新世是本地区一次重要的产油气时期,但生烃、储集均呈现多时代、类型多样性的特点,因此油气勘探的侧重点应根据不同盆地油气藏形成时间的差异及不同类型的特殊性而有所不同。万安盆地应在中部隆起、中部坳陷和北部隆起部位寻找以渐新统一

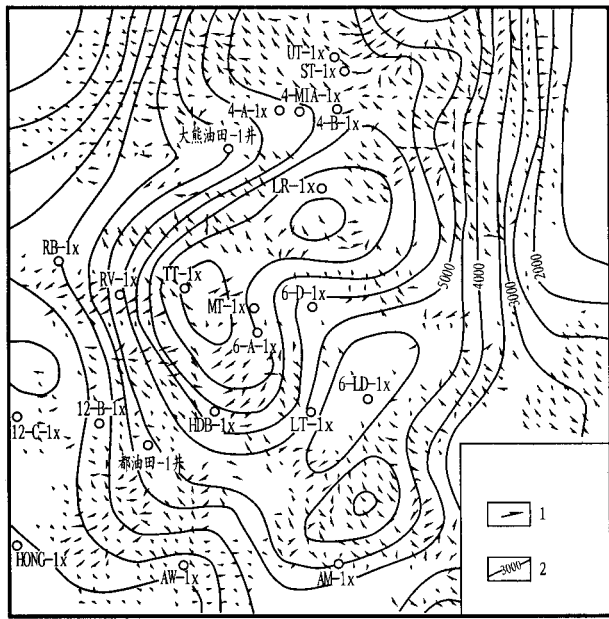


图5 万安盆地大熊油田—都油田油气运移数值模拟图
1. 油气运移方向; 2. 油气运移强度($\times 10^4 \text{t/km}^3$)

Fig. 5 Numerical simulation map of hydrocarbon migration for Bigbear oilfield to Du oilfield in the Wan'an Basin

中新统三角洲、滨海砂岩、浅海碳酸盐岩、台地灰岩、礁灰岩组成的背斜型、断块型和礁隆型油气藏,还应当重视以风化基岩作为储层组成的基岩潜山油气藏,有望找到类似于大熊油田的油气田;涪盆地以上渐新统一下中新统茶新组和白虎组砂岩为目的层,有望找到类似于白虎、龙油田的大油气田;曾母盆地应以中新统为主要目的层,在南康台地、巴林坚隆起区、西部台地和康西拗陷中寻找由三角洲、砂岩、碳酸盐岩等储集层组成的油气藏,有可能找到类似于L、F6和Jintan的大型礁隆型油气田。马来盆地的伯鲁特组—巴兰特组河湖相、三角洲相具备了油气成藏条件,其中发现了Duyong和LASMO气田,属于断块型油气藏。总之,南海西南部海区油气资源十分丰富,油气勘探前景广阔。发现并研究多种类型的油气成藏特征对实现本地区油气产量进一步递增将具有重要的现实意义。

5 结论

本区位于南海南部板块、陆块的碰撞、俯冲、增生部位,构造活动强烈,形成了4个不同类型的盆

地,主干断裂及其派生的次级断裂控制了本区构造单元和盆地的形成与演化以及圈闭发育的类型、分布。地层对比和圈闭类型分析表明,本区发育6个不整合地震反射界面和3个地震超层序,发育了与伸展构造样式有关的断块、断背斜、断鼻、披覆背斜圈闭和与挤压构造样式有关的褶皱背斜、挤压背斜圈闭以及碳酸盐岩台地、地层超覆、古风化壳等地层-岩性圈闭,从而划分了与圈闭成因有关的断块型、背斜型、礁隆型、基岩潜山和复合型5种油气藏类型,并对各种油气藏类型特征和成藏因素及其勘探前景作了分析。在盆地模拟和含油气系统研究的基础上,笔者认为本区存在3套烃源岩和多种类型的储集体,生烃高峰期为晚中新世和早中新世,圈闭的定型时间和生油气关键时刻皆为中新世末,生储盖组合匹配性好,具备形成多种类型油气藏和发现大型油气田的条件。因此,加快本地区的油气勘探工作将会取得明显的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 朱夏. 论中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社, 1982.
- [2] 金庆煊. 南海地质与油气资源[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- [3] 刘宝明, 金庆煊. 南海曾母盆地油气地质条件及其分布特征[J]. 热带海洋, 1997, (4): 18-25.
- [4] Lee, G H, Watkins J S. Seismic sequence stratigraphy and hydrocarbon potential of the Phu Khanh basin, offshore central Vietnam, South China Sea[J]. AAPG Bulletin, 1998, 82(9).
- [5] 刘宝明. 南海西南部含油气区圈闭类型与成因分析[M]. 石油实验地质, 1999, 21(4): 302-306.
- [6] 吴金才, 刘宝明, 等. 万安盆地层序地层学基本特征及非构造圈闭预测[M]. 北京:石油工业出版社, 1997.
- [7] Epting M. Sedimentology of Miocene carbonate buildups, Central Luconia, offshore Sarawak[J]. Geol Soc Malaysia, 1980, Bulletin 12: 17-30.
- [8] Andrew M J, et al. Well log and seismic character of Tertiary Terumbu carbonate, South China Sea, Indonesia[J]. AAPG Bulletin, 1985, 69(9): 1339-1358.
- [9] Areschev E G, Dong T L, San N T, et al. Reservoirs in fractured basement on the continental shelf of Southern Vietnam[J]. Journal of Petroleum Geology, 1992, 15(14): 451-464.
- [10] New discovery stimulates interest in Southeast Asian "Basement" reservoirs[J]. Petromin, 1994: 14-19.
- [11] 梁金强, 等. 南海西南部潜山披覆构造油气成藏条件分析[J]. 南海地质研究, 1998, (10): 56-70.

(下转第333页)

(continued from page 326)

ANALYSIS ON THE ENRICHMENT AND ACCUMULATION TYPES OF HYDROCARBON IN THE SOUTHWESTERN SEA AREA OF THE SOUTH CHINA SEA

LIU Bao-ming^{1,2}, XIA Bin¹, LIU Zhen-hu², WANG Yan-tang²

(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China*;

2. *Guangzhou Marine Geological Survey, Ministry of Land & Resources, Guangzhou, Guangdong 510760, China*)

Abstract: The study area is located on the collision, underthrusting and accretion parts of plates and landmasses in the southern part of the South China Sea. Based on the study of regional geologic structural background and regional stratigraphic correlation, some kinds of traps and five kinds of related reservoirs were classified. According to the results from basin simulation and petroleum system research, the characteristics, pool-forming factors and exploration prospects of each type of reservoirs were analysed, and the pool-forming times and favorable distribution areas of the reservoir types similar to the oil and gas fields found were pointed out. This will provide scientific bases for hydrocarbon exploration.

Key words: trap; accumulation; oil and gas; the South China Sea