

南沙万安盆地油气分布特征

金庆焕 刘宝明

(地矿部广州海洋地质调查局, 广州 510760)

作者在收集万安盆地近几十年来的油气勘探资料和地震调查工作成果的基础上, 通过区域地质、沉积特征、油气地质条件与烃源岩演化关系的分析, 总结了该盆地在油气资源的分布特征, 为在该区进一步从事油气勘探提供了依据。

关键词 南沙 万安盆地 分布 油气

第一作者简介 金庆焕 男 62岁 教授级高工 石油地质

1 区域地质与基础地质

万安盆地位于南海西南海域, 其西北以昆仑隆起区与涓公盆地相隔, 西邻昆仑盆地, 南界纳土纳隆起区, 东侧受万安走滑断裂所限, 盆地总面积约 $8.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其主要部分位于水深小于 200m 以内。由于受区域构造及边界条件所限, 盆地总体呈近南北走向的纺锤状。

根据区域地质和钻井资料, 万安盆地奠基于中生代岩浆岩、火山岩和变质岩之上, 盆地内新生代(主要为始新世以来)沉积厚度最大可达 12.5km。

万安盆地是南海较典型的剪切拉张盆地, 其成因主要与万安断裂右旋扭动所产生的次一级北东向张性断裂有关(吴进民等, 1991年)。

万安盆地可划分出 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_3^1 、 T_4 、 T_5 和 T_g 7个地震反射界面, 其中 T_3 、 T_5 和 T_g 为 3个最重要的区域不整合面。我们以 T_3 和 T_5 两个不整合面为界, 可将万安盆地新生代沉积分为 I、II 和 III 3个地震超层序, 并进一步细分出 A、B、C、D、E、F、G 7个次一级地震层序(表 1)。第 I 地震超层序呈水平或近水平广布于全盆地, 而第 II 和第 III 超层序已明显褶皱变形。

根据可收集到的钻井资料, 并参照南沙群岛西南部的岛、礁、滩的名称, 我们将万安盆地的地层自下而上命名为西卫组(晚始新-渐新世)、万安组(早中新世)、李准组(中中新世)、昆仑组(晚中新世)、广雅组(上新世)和第四系(表 1)。

燕山末期运动(以 T_g 地震反射界面为标志)导

致万安盆地和基底抬升并遭受长期剥蚀。万安盆地的沉积发育可能起始于始新世, 盆地的地质构造演化经历了以下 4 个阶段:

(1) 初期的局部张裂阶段。地震资料已在万安盆地局部地段揭示 T_g - T_5 界面之间存在一套断陷沉积(我们称之为窄盆沉积, 其时代可能相当始新世早、中期), 这套断陷沉积的发育反映盆地局部张裂作用的开始。

(2) 早期的走滑拉张阶段。由于印度板块与欧亚板块在西藏南部发生的碰撞和南海西南海盆的扩张, 越东-万安断裂于始新世晚期-中中新世发生右旋走滑运动。导致在该断裂西侧产生一系列张性或张扭断裂, 形成一系列开阔的凹陷。万安盆地内的上始新统-渐新统-下、中中新统(相当于 T_5 - T_3 反射界面之间的沉积)是一套厚度巨大的广盆型沉积。 T_5 不整合面作为万安盆地窄盆型沉积和广盆型沉积的分界, 无疑是反映盆地地质构造演化的一次重要转折, 此次运动称为西卫运动。

(3) 中期的走滑挤压阶段。从中新世末开始至晚中新世于由万安断裂由右旋走滑运动转为左旋走滑运动, 致使万安盆地的前期沉积发生挤压、褶皱、抬升并遭受短暂的剥蚀。此次运动(称万安运动)是盆地内最主要的构造运动。

(4) 晚期的区域沉降阶段。由于深部热量的消耗和均衡等因素的作用, 万安盆地自上新世以来进入区域沉降阶段。表 1 列举了万安盆地有关的基础地质问题。

万安盆地可进一步划分为: 北部拗陷、中部拗陷、南部拗陷、东部拗陷和西部拗陷 5 个二级负向构

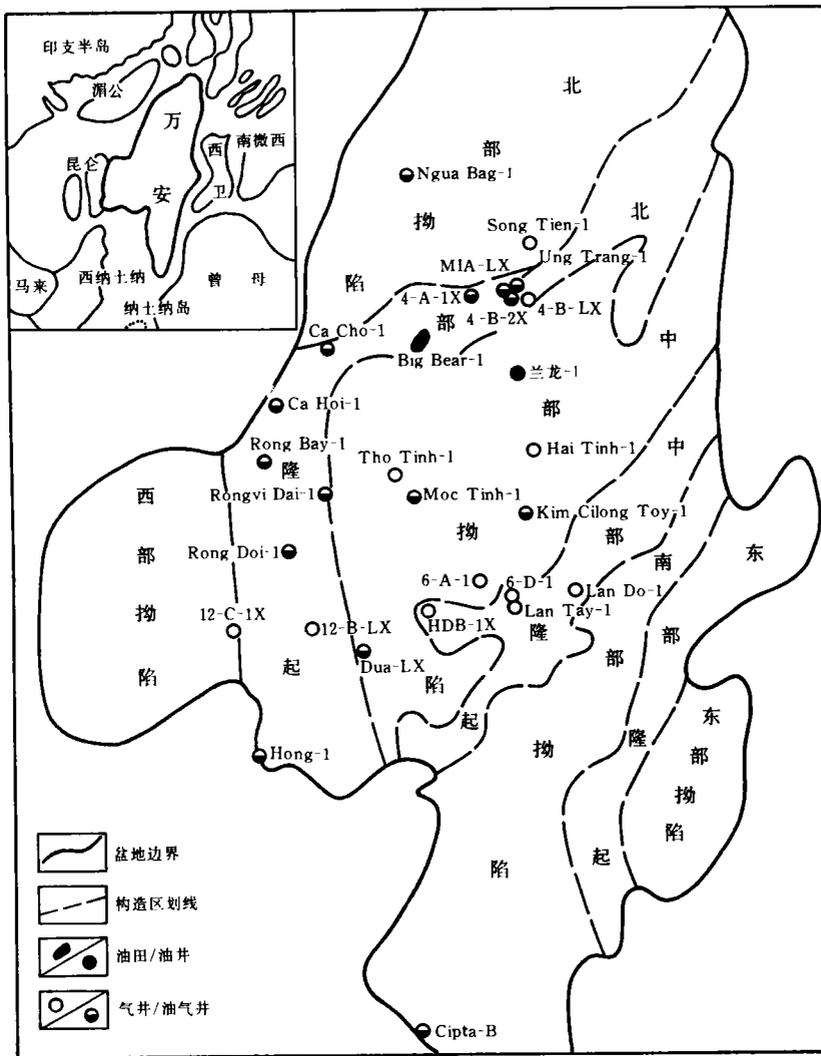


图1 万安盆地构造区划和油气田(井)分布图

造单元；北部低隆起、中部低隆起和东部低隆起3个正向构造单元(图1)。

盆地内的各拗陷大致呈南断北超、东断西超的特征,说明是受到来自东侧的构造应力造成的。

万安盆地是在万安走滑断裂作用下形成的以拉张为主的盆地。与一般的陆缘拉张盆地(珠江口盆地)相比,万安盆地走滑拉张阶段形成的断陷相对较开阔,构造分割性相对较小(金庆焕等,1989),根据统计5个拗陷占盆地总面积74%。

2 油气地质条件综述

万安盆地是在越东—万安走滑断裂作用下形成的以拉张为主的盆地。与一般的陆缘拉张盆地(如珠江口盆地)相比,万安盆地走滑拉张阶段形成的断陷

相对较开阔,构造分割性相对较小(金庆焕等,1989),根据统计5个拗陷占盆地总面积74%。钻井揭示盆地内发育渐新统和下一中中新统两套烃源岩,盆地中部拗陷和北部拗陷是烃源岩主要的分布区。

2.1 油气烃源岩条件

Nguyen等(1991)认为万安盆地的渐新统(在深凹处可能包括上始新统)和下一中中新统的一部分处于生烃门限深度(2800~3700m)以下,并将这套成熟的烃源岩称为Damoli层。Damoli层的有机碳含量为0.5%~2.26%,有机质类型为I-III型(Dien等,1994),并且从隆起向拗陷有机质含量将会增加,其类型可能转为I-II型。根据地温梯度3.0~3.5℃/100m重塑的有机质转化史表明,Damoli烃源岩从早中新世末以来经历了石油、湿气—凝析

表 1 万安盆地基础地质综合简表

时代 (Ma)	地层划分	地震界面	超层序	层序	沉积构造	构造运动	构造演化	
Q	第四系	T ₁	I	A	浅海、半深海沉积体系	万安运动	区域沉降	
1.64	广雅组			B				
5.2	昆仑组	T ₂		C	台地、礁灰岩		走滑挤压	
10.4		N ₁ ¹	II	D	三角洲、浅海台地、碎屑沉积体系			
16.3	李准组	T ₃		E				
23.2	万安组	T ₄	III	F	滨海沼泽海湾沉积体系		走滑拉张	
29.3	西卫组	T ₅				G		局部河湖沉积体系
35.4								
38.4	E ₁ ¹	T _g				燕山末期运动	局部张裂	
50								
56.5								
60.5								
65								
97	K ₂						隆起剥蚀	
	K ₁							

油和干气生成三个阶段。

刘振湖等(1994)选择若干条具有代表性的地震剖面对万安盆地油气演化史进行初步模拟分析,结果表明渐新统烃源岩在深凹区的生油期为晚渐新世末至中中新世末,其生气期为中中新世一直延续至今;在浅凹区或斜坡部位渐新统烃源岩的生油期为中新世至上新世,局部地段可能直至目前仍处于生油期。

在深凹区下一中中新统烃源岩的生油期为晚中新世—上新世早期,其生气期为上新世至今;在浅凹区或斜坡部位下一中中新统烃源岩的生油期为上新世至今,其生气期则从第四纪开始。根据大熊油田的钻井揭示,Damoli 层烃源岩厚 400m,属湖相、三角洲相和浅海含煤沉积。而据我们的地震资料分析,上始新统一渐新统和下一中中新统两套烃源岩的厚度在凹陷区将超过 2000m。

2.2 油气储层条件

万安盆地二十多年的油气勘探表明:渐新世和早—中中新世碎屑岩、晚中新世碳酸盐岩是盆地内最主要的含油气层位,据外国石油公司在万安盆地钻井资料,前者的砂岩孔隙度为 12%~27%,后者的碳酸盐岩的孔隙度为 10%。另外在大熊油田已有两口井(大熊 2 井和大熊 8 井)于花岗岩和花岗闪长岩基底风化壳和裂隙中试出原油,据报导其孔隙度

为 15%~25%。在邻近的涪盆地所发现的白虎油田(图 2)(Andrew May J., 1985),其花岗岩和花岗闪长岩基岩油藏占有重要位置,该油田基岩裂隙发育(裂隙的长度为 0.1~4mm,宽度为 0.01~0.1mm)并有 8mm 大小风化形成的孔洞。白虎油田的基岩油藏单井初试产油 8000b/d,该油田目前 80%的原油产自基岩风化壳,因此应将万安盆地的基岩风化壳列为勘探对象。

利用地震资料计算的孔隙度、道积分和瞬时振幅剖面对万安盆地的砂岩储层进行评价(刘振湖等, 1993),结果表明,渐新世—中新世砂岩的孔隙度变化于 11%~21%之间,这与钻井岩芯所提供的测试数据基本一致。

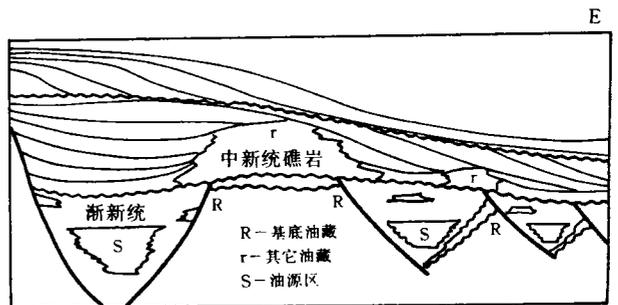


图 2 涪盆地白虎油田基岩油气藏剖面图

2.3 油气圈闭条件

万安盆地圈闭十分发育,主要圈闭类型有断块型、披覆背斜型、地层不整合型、礁块型、泥底辟及火山岩刺穿构造等。共计各类圈闭 257 个(刘宝明, 1994),其中 234 个圈闭定型于晚中新世前,只有 23 个圈闭形成于晚中新世末,圈闭面积大于 50km² 的有 120 个,圈闭面积在 10~50km² 之间的 99 个。

2.4 盖层条件

万安盆地的渐新统一下中中新统碎屑岩和中中新统顶部及上中新统碳酸盐岩是两套最主要的勘探目的层,我们分别称之为下目的层和上目的层。下目的层为砂泥岩互层,其中泥质岩厚度为数十米至数百米不等,上目的层的碳酸盐岩之间亦有泥质岩发育,它们均可作为局部性盖层。利用地震资料的密度异常进行分析表明,万安盆地的几个重点构造局部性盖层属较好—中等范畴。

万安盆地的上新统一第四系是在冷却沉降背景下形成的滨海—半深海沉积,其最大厚度可超过 4000m。经对位于北部隆起、中部拗陷和中部隆起的 6 个大型局部构造的地震相—沉积相进行分析表明,上新统一第四系以泥质岩为主,其砂岩含量约为 15%~26% 之间,是一套良好的区域盖层。

3 油气分布特征

万安盆地的油气勘探始于 1974 年,当年 8 月 Pecten Cities Services 石油公司在盆地西南侧完钻的 Hong-1 井见油气显示。1975 年 ONGC 和 BP 石油公司对完钻的 Dua-1 井进行测试获得日产原油 305t 和天然气 49.8×10⁴m³,从而揭开了万安盆地油气勘探的序幕。截止目前共发现 2 个油田(大熊、蓝龙油田),4 个气田(红兰花、西兰花、MT、HT)、29 口探井见到油气,其中 19 口探井发现具有商业价值的油气,它们的单井测试的日产量介于 232~2800t 油当量之间。大熊油田已钻 4 口探井、8 口评价井和 4 口生产井,据报导其天然气可采储量超过 850×10⁸m³。大熊油田的石油可采储量不同时期的报导相差较大,如据 1994 年 3 月的《Asian oil and gas》报道,其石油可采储量为(5~10)×10⁸b,而 1995 年 2~5 月的《远东新闻周报》认为大熊油田石油可采储量仅为 0.8×10⁸b。据报导自 1994 年 10 月以来大熊油田已进入小区开发阶段,其日产原油约 25000b。1995 年 6 月产油 30000b/d,7—9 月产量大幅度下

降。

根据目前的勘探状况及其测试结果,现将万安盆地的油气分布特征作一简要的概述:

3.1 横向上油气分布特点

根据目前的勘探成果,现将万安盆地各二级构造单元的含油气构造分布情况综合于表 2。由表可知,含油气构造主要分布于盆地的北部低隆起、中部拗陷和中部低隆起,另外在西部拗陷及北部拗陷和南部拗陷的南缘已发现少数含油气构造。并在中部低隆起、北部低隆起及中部拗陷的部分含油气构造中获得最高单井测试日产量超过 1000t 油当量。万安盆地油气(井)的横向分布见图 1。

表 2 万安盆地油气成果综合表

构造单元	油气(田)构造数	最高的测试日产量(以油当量计)
北部低隆起	13	1287t(大熊油田)
中部拗陷	7	1131t(万安北 31 构造的 Kim Citong Tay-1)
中部低隆起	4	2260—2830t(万安滩 7 构造的 Lan Do-1 井)
北部拗陷	2	见油气显示
西部拗陷	1	223t(12-C-1 井)
南部拗陷	1	显示

北部低隆起总体呈北东方向,其南段折为南北向,该低隆起在北纬 8° 以北转为北东东和北东走向。北部低隆起其南北两侧面临开阔的中部和北部两个深拗陷,其西南侧又邻近西部拗陷,这为油气运移和聚集提供了非常优越的地质条件。中部低隆起面临开阔的中部深拗陷,其南部与相对较小的南部拗陷相接,为油气的运移和聚集创造了良好的地质条件。

万安盆地的中部拗陷和北部拗陷是最重要的油气生成区,而西部拗陷和南部拗陷可作为油气生成的辅助区。这一基本油气地质条件决定了盆地含油气的横向分布特点。

万安盆地是一个油气兼有,以含气为主的盆地,这是万安盆地作为一个深盆和具有中等偏高的地热场所决定的。在油气横向分布呈现明显的差异。位于北部低隆起和中部拗陷一批含油气构造,根据测试结果其中绝大多数构造天然气的产量大于石油的产量(仅西卫 24 和万安北 31 及 NB 3 个构造,油多

于气),属于天然气石油同时产出的含油气构造。位于中部低隆起和中部拗陷南部的多个构造主要为含气构造。

在万安盆地尚有少数构造经测试见到凝析油和 CO_2 气含量占 80% 的天然气。关于原油的物理性质,目前报导甚少,根据零星的资料,大熊油田等含油气构造的原油为低硫轻质油(其比重介于 0.8100~0.8750 之间,个别为 0.90)。气油比为 14.15~62.26 m^3/b 。

3.2 纵向上油气分布特点

万安盆地的油气主要赋存于下目的层(渐新统一下中中新统砂岩)和上目的层(上中新统,及中中新统顶部碳酸盐岩)。经统计在已发现的 29 个含油气构造中,油气产自下目的层的占 20 个,其余 9 个构造的产层为上目的层。大熊油田还在中生代中晚期的花岗岩及花岗闪长岩风化壳和裂隙中见到油气。万安盆地主要油气田(井)产油气情况见表 3。

表 3 万安盆地油气田(井)产油气情况统计表

盆地名称	油气田(井)名称	井深 (m)	含油气层位	产 油 气 状 况
万 安 盆 地	Ngua Bay-1	4000	N ₁	气 $5.66 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$, 凝析油 40b/d (52API)
	Bai Hung-1	3352	N ₁	产油 5300b/d
	Blue Dragon-1	4500	N ₂	几千 b/d, 估计储量 $(0.68 \sim 2.05) \times 10^8 \text{t}$
	Blue Dragon-2	4829	N ₁	产气 $66.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$, 油 1115b/d
	Kim Citong Tay-1		N ₂	油 5075b/d, 气 $43.6 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
	Moc Tinh-1		N ₂	气 $(56.6 \sim 70.7) \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$, 凝析油 137b/d, 油 1000b/d
	Hai Thach-1		N ₁	发现重大天然气, 估计储量 $283 \times 10^8 \text{m}^3$
	Tho Tinh-1		N ₁	在 4500m 处钻遇高压气层
	Lan Tay-1		N ₂	钻遇高压气层, 井喷
	Dua-1	4049	E ₂	油 305.5t/d, 气 $49.8 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
	Lan Do-1		N ₂	产气 $(226 \sim 283) \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$, 储量 $(283 \sim 566) \times 10^8 \text{m}^3$
	HDB-1	2100	N ₂	钻遇 55m 高的气柱
	Ca Cho-1	4275	N ₁ ⁻²	油 1000b/d, 气 $42.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
	Ca Hoi-1	3445		油 2100b/d, 气 $90.6 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
	Rong Bay-1	3941		油 468.4t/d, 气 $62.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
	Rong Doi-1	4780	N ₁	油 1365b/d, 气 $124.5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
	Rong Vi Dai-1	4780	E ₂	油 300b/d, 气 $73.6 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
	12-B-1	3914	E ₂	气 $23.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
	12-C-1	3657	E ₂	气 $23.2 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$
Hai Au-1	4443		油 840b/d, 气 $67.9 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$	

下目的层为天然气和石油同时赋存的含油气组合,除在 7 个构造(大熊、兰龙、西钻石、都油田以及 CC 井、RB 井、RD 井)皆以产油为主,其余构造多以产气为主。兰龙-1 井经钻杆测试于下中中新统获日产数千桶原油,而 Rong Doi-1 井在下中中新统中经钻杆测试获原油 1365b/d、天然气 $13.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

下目的层的油气主要产自下中中新统和中中新统下部。目前仅有 Rong Vi Dai-1 井的油气产自渐新统砂岩,前者经钻杆测试获日产天然气 76.3 ×

10^4m^3 、原油 300b,后者获日产油 305.5t、天然气 $49.8 \times 10^4 \text{m}^3$ 的测试结果。

上目的层作为盆地主要含气目的层已在 9 个构造中得到证实,其中 7 个构造为含气构造,另有两个含油气构造(万安北 31 构造和位于 5-3 区块的(Moc Tinh-1 井)。位于万安北 31 构造的 Kim Citong Tay-1 井,在上中新统台地边缘碎屑灰岩中经测试获日产 5075b 原油和 $43 \times 10^4 \text{m}^3$ 天然气。Moc Tinh-1 井位于 5~3 区块,该井于上中新统砂岩

中经测试获日产气 $(56.6 \sim 70.7) \times 10^4 \text{m}^3$,凝析油137b和原油1000b。最近在其相邻的构造钻探的Hai Thach-1井又有重大的天然气发现。

上目的层属运移油气成藏组合类型。它是万安盆地极为重要的产气层,如位于万安滩7东高点(又称红兰花构造)的Lan Do-1井钻遇上中新统碳酸岩顶部50m的气层,经测试产气 $(226 \sim 283) \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,BP石油公司估算其与西兰花构造一起的储量为 $600 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

由于上目的层直接被以泥质岩为主的巨厚上新统和第四系区域盖层所覆,这为大型气藏的形成与保存提供了优越的地质条件。

大熊油田(图3)是目前万安盆地勘探程度最高的一个构造。已钻探的各类钻井共计16口,揭示其基岩风化壳、渐新统、中下中新统及上中新统均含油气,但下目的层的中下中新统碎屑岩是大熊油田最主要的含油气层。DH-1P井位于大熊-2井西侧1km处,在井深2300m的下中中新统碎屑岩中钻遇多层油气,仅对其两层砂岩油层进行测试获日产原油1050t。

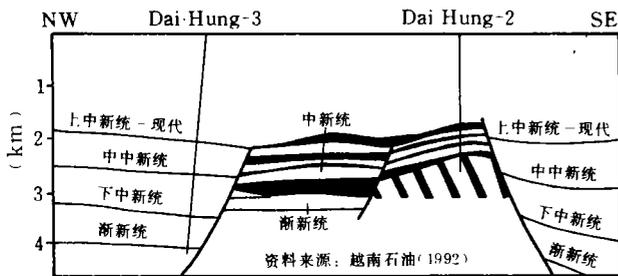


图3 万安盆地大熊油田横剖面图

前已述及万安盆地晚始新世以来的沉积最大厚度达12500m,由于渐新统和下一中中新统烃源岩(称Damoli层)在深拗及其斜坡部位的有机质类型和热演化程度的差异,导致盆地各构造部位所含石油和天然气性质的多样性。

4 结 论

(1) 构造地质和沉积特征分析表明,万安盆地分为8个二级构造单元,可识别出5个地震反射层序和6个层组,以区域性不整合面 T_3 和 T_4 为界可

划分出3套超层序。

(2) 主要烃源岩是上始新统一渐新统和下一中中新世的湖相、三角洲相以及浅海泥岩相沉积。前者在深凹区于晚渐新世至中中新世末处于生油阶段,中中新世以来处于生气阶段;而在浅凹区或斜坡部位渐新统烃源岩于中新世中新世至上新世处于生油期,局部可延续至今。

(3) 下一中中新统烃源岩在深凹区于晚中新世—上新世早期处于生油期,上新世至今为生气期;在浅部或斜坡地区该烃源岩从上新世至今处于生油期,第四纪开始处于生气阶段。

(4) 几十年来油气勘探表明,本区主要的油气储集岩是渐新统和下一中中新统碎屑岩、上中新统碳酸盐岩以及部分基底储集岩,相应存在两套勘探目的层,即渐新统一中下中新统碎屑岩和中中新统上部及上中新统碳酸岩。目前相继在这些储集岩中取得了不同程度的油气突破。

(5) 对整个盆地油气分布特征的研究表明,万安盆地目前已发现的含油气构造主要分布于北部隆起、中部拗陷和中部隆起,这些地区是盆地内最主要的油气富集带。万安盆地是一个以油气兼有,气多于油的盆地,并大致呈现北油南气的分布特征。

本文所涉及的有关油气田(井)资料主要来自国外部分刊物和有关油气信息报道。

参 考 文 献

- 1 吴进民.南沙群岛地质构造特征与油气远景展望.南海地质研究(三),广州:广东科技出版社,1991,24~38
- 2 邱燕,吴进民.南沙海域万安盆地地震相解释与沉积相分析.南海地质研究(七),武汉:中国地质大学出版社,1995
- 3 吴进民,杨木壮.南海西南部地震层序的时代分析.南海地质研究(六),武汉:中国地质大学出版社,1994,16~29
- 4 金庆焕等.南海地质与油气资源.北京:地质出版社,1989
- 5 刘振湖.万安盆地油气成藏条件的研究.南海地质研究(七),武汉:中国地质大学出版社,1995
- 6 刘宝明.南沙海域万安盆地油气资源预测和远景评价.南海地质研究(八),武汉:中国地质大学出版社,1996
- 7 Andrew May J *et al.* Well log and seismic character of Tertiary Terumbu carbonate, South China Sea, Indonesia. AAPG, 1985, 69 (9): 1339-1358

(收稿日期:1996年12月9日)

(下转第260页)

SEQUENCE STRATIGRAPHY ON NEOPROTEROZOIC OUTCROPS, IN NORTHWEST HUNAN, SOUTH CHINA

Yin Yong Fan Xiaolin Gao Changlin

(*Central Laboratory of Petroleum Geology, MGMR*)

Zhang Linghua

(*Department of Geology and Mineral Resources, China University of Geosciences*)

Abstract

The Neoproterozoic successions in northwest Hunan, South China belong to a stable sedimentary region of paleo—continental margin along the southeast border of Yangtze platform. The paper deals with the sequence stratigraphy on Neoproterozoic (1000-570Ma) outcrops in the area. Adopting a dividing plan of gallery—typed section and comprehensive sequence stratigraphy, 14 III order sequences are divided from Neoproterozoic successions in the stable shallow marine area, based on careful field investigations on outcrops, i. e. 4 sequences in Laoshanya Formation (equal to Banxi Group); 2 in Dieshuihe Formation (equal to Liantuo Formation); 1 in Dongshanfeng (equal to Jiangkou Formation) — Xiangmeng Formations; 1 in Nantuo Formation; 2 in Doushantuo Formation and 4 in Dengying Formation. Altogether 7 type-I sequence boundaries and 7 type-II sequence boundaries and 1 immersed unconformity are identified on outcrops. By a correlation of sequence stratigraphy over the whole area (including Dongkou area in central Hunan), a Sinian (800-570Ma) synchronous stratigraphic framework is established in northwest Hunan. It is concluded that a synthetic approach suitable to the Neoproterozoic sequence stratigraphy on outcrops across the area should be adopted. And further the paper proposed new concepts about the location of stratigraphy, lithofacies — paleogeography and the evolution of paleo—tectonics.

(上接 239 页)

DISTRIBUTIVE CHARACTERS OF HYDROCARBONS IN WAN'AN BASIN, SOUTHWEST CHINA SEA

Jin Qinghuan Liu Baoming

(*Guangzhou Bureau of Marine Geological Survey, MGMR, 510760*)

Abstract

The authors analysed the regional geology, sedimentation, and the geologic conditions of petroleum, and their relationships with the evolution of hydrocarbon source rocks, based on the data collection from the petroleum exploration and seismic survey of Wan'an Basin, southwest China Sea, over the recent decades. As a result, the distributive characters of oil/gas resources in the basin are concluded, which will provide bases for further oil/gas exploration.