

· 综合研究 ·

西沙海域新近纪以来生物礁分布规律 及油气勘探方向探讨

魏喜*^{①②} 贾承造^{①③} 孟卫工^② 祝永军^② 张君峰^③

(①中国石油勘探开发研究院博士后流动站;②中国石油辽河油田博士后工作站;③中国石油天然气股份有限公司)

魏喜,贾承造,孟卫工,祝永军,张君峰. 西沙海域新近纪以来生物礁分布规律及油气勘探方向探讨. 石油地球物理勘探, 2008, 43(3): 308~312

摘要 依据地震资料,结合区域对比分析,对西沙海域生物礁进行了识别。结果表明,平面上生物礁主要分布在岛礁区、盆地内部构造凸起带和盆地边缘隆起区。岛礁区发育中新世、上新世、更新世和全新世生物礁,未被碎屑沉积地层覆盖,不具备成藏条件,是无效勘探区。盆地内部构造凸起带发育中新世和上新世生物礁,与构造高点匹配,礁基以下发育砂岩储层,成藏组合为构造—碎屑岩—生物礁复合型油气藏,具有近油源、构造—岩性复合型圈闭和生储盖配置关系好等特点,是最有利的勘探方向。盆地边缘隆起区在前寒武纪变质岩基底之上发育中新世、上新世和/或更新世生物礁,成藏组合多为单一的生物礁型油气藏,有时可能形成基岩潜山—生物礁型油气藏,这类圈闭虽然远离油源,但油气可以通过断裂、不整合面、渗透地层等输导系统长距离运移至储层,因此这类油气藏也具有较好的勘探前景。

关键词 西沙海域 新近纪 生物礁 识别依据 分布规律 油气勘探方向

1 问题的提出

西沙海域位于我国南海西北部大陆坡上,新近纪以来广泛发育生物礁(图1^[1])。截至目前,前人在该区针对岛礁区生物礁完成了西永1、西永2、西石1和西探1四口钻井,并基于这些钻孔资料先后

开展了第四纪生物礁地质研究^[2,3]、生物礁地层研究^[4~7]和沉积成岩研究^[8~10]。这些都是基于岛礁区四个钻孔开展的生物礁研究工作。西沙海域(特别是岛礁周围盆地区)生物礁分布规律的研究目前尚未开展。为了从宏观上对西沙海域生物礁的分布规律进行整体认识,本文在对前述钻探资料进行综合整理的基础上,利用大量地震资料对该海域生物礁

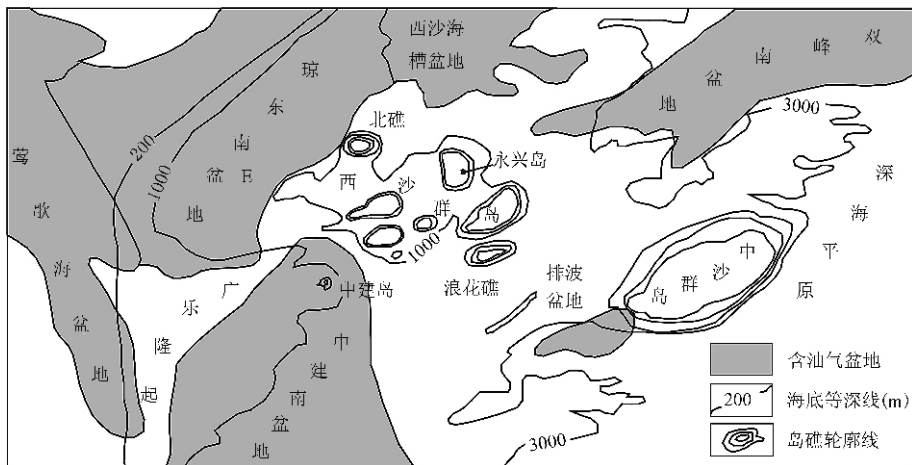


图1 西沙海域位置及盆地分布

* 辽宁省盘锦市辽河油田海南项目部,124010

本文于2007年7月22日收到,修改稿于同年11月30日收到。

进行了识别和分布规律研究。最后以珠江口盆地生物礁油气藏的成功勘探实例为参比依据,对西沙海域生物礁的油气勘探方向进行了探讨。

2 生物礁识别依据

生物礁的研究手段主要是利用野外露头、钻探和地震勘探等资料。西沙海域岛礁区有生物礁露头分布^[3],并有针对生物礁的钻探资料,其中西永 1 井钻穿生物礁,揭露的最老礁相地层为下中新统^[4,5,11],这为研究岛礁区生物礁特征和层序提供了可能。然而,钻探只能反映岛礁区局部井点生物礁的纵向分布情况,不能反映西沙海域生物礁的整体分布规律,因此,利用地震资料识别和研究生物礁,对全面认识西沙海域生物礁的空间分布及特征就显得十分必要了。在地震剖面上识别生物礁的标志主要有构造部位、地震波外形及内部结构、地震波速度和区域类比等方面。

2.1 构造部位

生物礁一般生长于水下隆起部位,因此地震剖面上的古隆起部位是寻找和识别生物礁存在与否的依据之一。另外,礁相沉积物与上下围岩在结构、构造和岩性等方面都有较大的差异,古礁格架多高出其他同期沉积物,具有明显的沉积地貌隆起特征,因此在地震剖面上寻找沉积地层厚度异常体^[12]也是寻找和识别生物礁的重要方法。

2.2 地震波外形和内部结构

生物礁是由造礁生物原地生长和堆积而成,不同类型生物礁由于生长环境的不同,表现出特定的外形轮廓和内部结构^[13,14],成为利用地震资料识别生物礁的重要标志。整体上,生物礁地震反射外形呈塔状、透镜状、丘状或桌状等反射面貌^[15],顶底部多为强振幅地震反射,界面轮廓清晰。底界面有时受礁体厚度屏蔽的影响,界面可能变得模糊不清,或表现为较弱的反射界面。生物礁内部多为空白反射,或者呈断续—杂乱状,并有反射中止现象。

2.3 地震波速度

地震波的传播速度与传播介质的弹性性质有关。理论研究和大量实践表明,地层中地震波的传播速度与岩石的地质年代、埋藏深度、岩性及其密度、孔隙度和孔隙中流体性质等因素有关^[16]。在连续沉积的地层中,横向上地质年代和埋藏深度条件

基本相同,因此地震波在地层中的传播速度主要受与岩性相关的因素影响。研究表明,页岩中地震波传播速度变化范围为 1600~3700m/s;砂岩中地震波传播速度变化范围为 2500~4500m/s;碳酸盐岩中地震波传播速度变化范围为 4500~6500m/s^[17]。生物礁由碳酸盐岩组成,其围岩一般为砂泥质沉积岩,两者的地震波速度差别大,因此地震波速度差异是识别生物礁的重要标志。

2.4 区域类比标志

生物礁的形成受控于一定的古地形和古海洋条件,因此生物礁的分布与特定海域条件密切相关。从整体上看,南海盆地中新世以后为生物礁繁盛期。鉴于南海盆地的演化特征,该区生物礁形成时间具有南早北晚、东早西晚的发育规律^[1,18~20]。对于西沙海域新探区的生物礁研究,可以通过与琼东南盆地、珠江口盆地等已钻探地区进行类比,识别生物礁并预测生物礁的发育规律。

3 生物礁分布规律

3.1 生物礁纵向发育特征

由于西沙海域岛礁区和周围盆地地区所处位置不同,导致它们的地质构造演化特征、地形地貌特征及水深条件都有一定的差别,因此它们的生物礁发育程度和纵向分布特征也有一定差异。

3.1.1 岛礁区和盆地边缘隆起区

西沙海域岛礁区共有四口针对生物礁的钻井,其中西永 1 井完钻井深最大为 1384.68m。该井在 1251m 处钻遇基底花岗片麻岩,Rb-Sr 同位素年龄为 627Ma^[21];1251m 以上全部为生物礁地层,底部为下中新统(表 1)。尽管不同学者的地层层序划分方案有所差异,但都认为揭示的中新统以上地层较齐全(表 1),说明西沙海域岛礁区中新世以来一直处于生物礁发育时期,形成中新世、上新世、更新世和全新世纯生物礁地层。实际上,现代西沙岛礁区生物礁还在生长发育^[9,22],如永兴岛、北礁和浪花礁等都有现代生物礁分布^[3,23](图 1)。因此西沙岛礁区生物礁可以形象地理解为一个直接披盖在前寒武纪变质岩基底之上的礁盖(图 1,图 2a,图 3),未被沉积岩覆盖。盆地边缘隆起区生物礁也直接覆盖在变质岩基底之上,或者在生物礁之下有薄层的台地碳酸盐岩或碎屑沉积岩,但生物礁多被沉积岩地层

部分或全部覆盖(图 2b~图 2d)。

3.1.2 盆地

西沙海域盆地地区大部分为水体较深的洼陷,不具备生物礁生长环境,只有在盆地内局部构造高位水体较浅时可以形成生物礁。因此,盆地内生物礁发育情况与岛礁区明显不同,纵向上生物礁体呈透镜或丘状体夹于沉积地层之中,生物礁发育之处常与背斜构造匹配(图 2e,图 2f,图 3)。

3.2 生物礁平面分布规律

西沙海域岛礁区基底隆起地势较高,新近纪以来一直处于成礁环境,因此礁相碳酸盐岩发育,分布面积大。目前钻探揭示的最大厚度为 1251m(表 1)。实际上,岛礁区海底地形等深线就是不同地史时期生物礁的生长线。其中,中新世早期除浪花礁和中建礁外,其他各礁体均以 1000m 等深线为统一礁盘,是一个巨型环礁或台地边缘礁,笔者称之为西沙礁盖,其平面分布可能大于 1000m 等深线圈定的范围(图1)。从盆地边缘隆起区到盆地区地

势逐渐变低,生物礁主要在海侵初期和海退时期在地势相对较高的凸起部位形成,因此生物礁多呈分

表 1 西沙群岛永兴岛西永 1 井礁相碳酸盐岩地层层序划分方案

地层	南筹*	张明书等 ^[22]	韩春瑞等 ^[4]	李云通等 ^[24]	王崇友 ^[2]	
全新统		22**				
更新统	上	60	44			
	中	190	84			
	下	260	258	213~235	150	150
上新统	上		340	232~259		
	中			289~337		
	下	660		350~387	300(永兴组)	300
中新统	上					
	中				600(宣德组)	
	下	1251		1251	1251(西沙组)	1251

* 该划分方案中,更新统一全新统是 1974 年石油部南海石油勘探筹备处原始钻井编录柱状图中的划分方案;中新统一上新统是 1976 年地矿部第二海洋地质调查大队的划分方案。
** 表中数字为对应地层的底界深度,单位为 m。

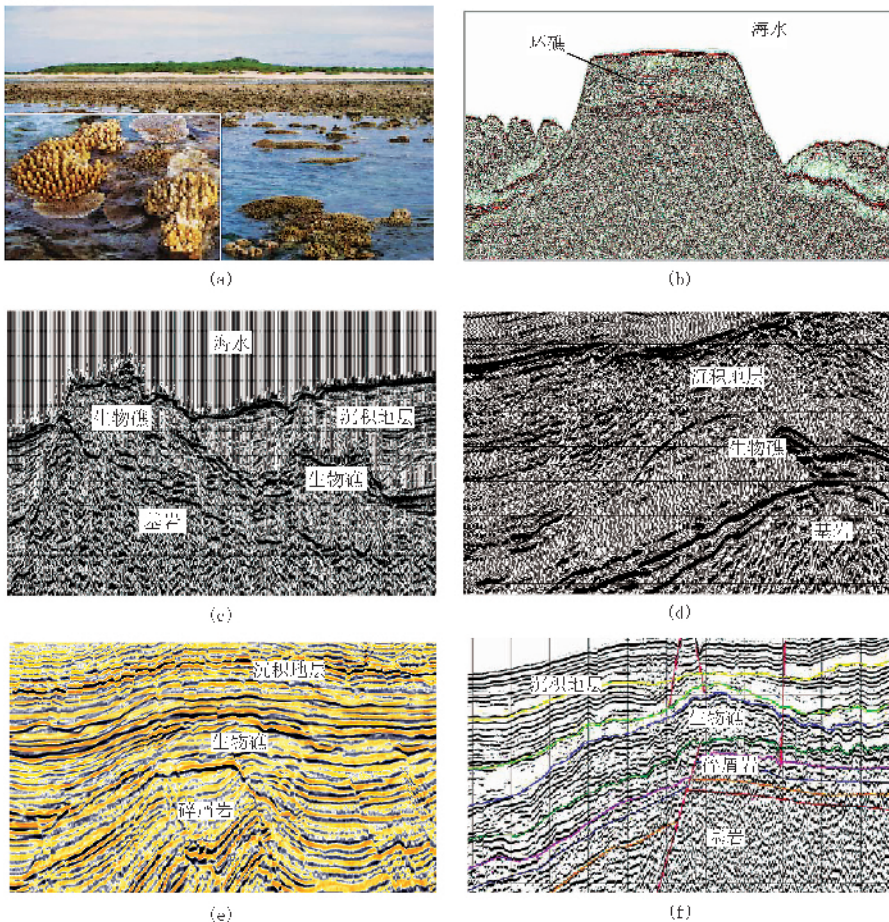


图 2 不同部位的生物礁及其地震剖面特征

图中(a)~(f)位置见图 4

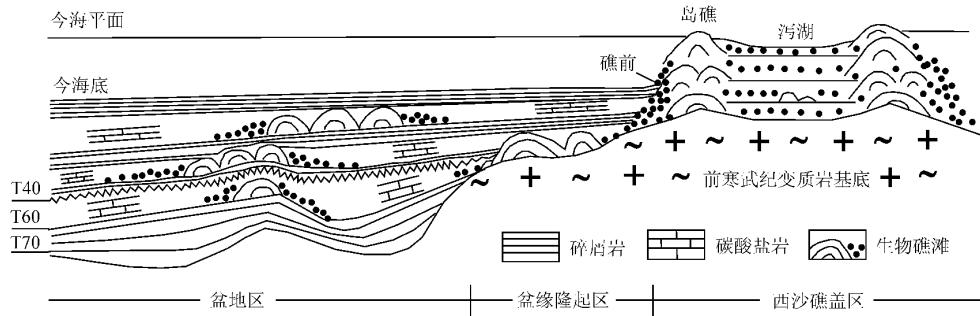


图 3 西沙海域生物礁剖面示意图

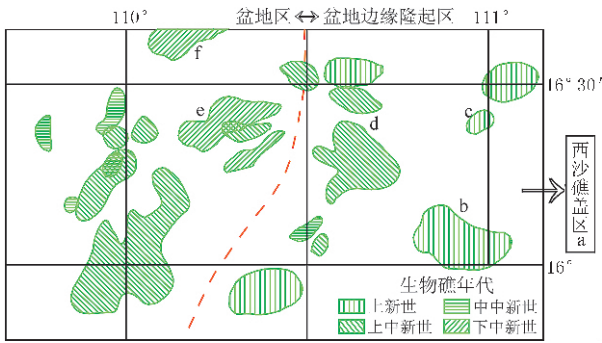


图 4 西沙海域部分地区不同构造位置生物礁分布

关系和圈闭及运移条件决定,据此提出盆地内部构造凸起带和盆地边缘隆起区两个层次的勘探方向(图 5)。

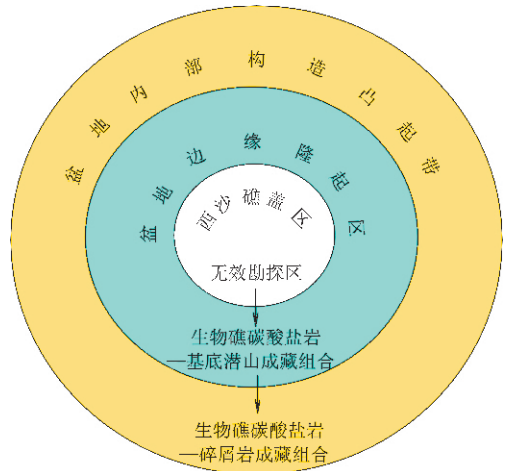


图 5 生物礁平面分布和勘探方向卡通图

散状的独立礁体存在。从整体上看,生物礁由盆地区向西沙隆起高部位呈现逐渐变新的特点(图 4)。

根据以上认识,西沙海域生物礁平面上可以划分三个带(图 3,图 4),从西沙岛礁区到周围盆地区依次是:①岛礁区生物礁发育带(西沙礁盖);②盆地边缘隆起区生物礁发育带;③盆地内部构造凸起带生物礁发育带。

4 生物礁油气勘探方向探讨

生物礁储层油气勘探前景是由这类储层的成藏条件决定,主要包括生油条件、储层条件、盖层条件、圈闭条件、运移条件和后期保存条件。根据南海盆地综合地质分析,中始新世—晚渐新世,西沙海域处于潮湿气候条件,其周围盆地具有断陷充填特征,在盆地中心形成巨厚的湖相泥岩,厚度为 1000~3000m,最厚可达 4000m。生油凹陷的总有机碳含量为 0.5%~2.65%;氯仿沥青 A 含量为 0.1%~0.434%;镜质体反射率为 0.33%~2.0%,具备较好的生油能力。中新世以后南海盆地处于区域热沉降阶段,断裂活动弱,因此除岛礁区和部分盆地边缘隆起区外,区域盖层发育,具备油气保存条件。因此,生物礁油气藏的勘探方向主要由生、储、盖配置

4.1 盆地内部构造凸起带

西沙海域周围盆地经历了早期断陷和晚期拗陷两个阶段。断陷期发生在古近纪,为陆相到海陆过渡相环境。古新世—早始新世,该区处于干旱的气候条件下,盆地主要充填陆相红色沉积物,这种充填特征在华南同期沉积盆地中亦广泛分布。中始新世—晚渐新世,是潮湿气候条件下的断陷充填,在盆地边缘大量发育扇三角洲和三角洲,在盆地中心形成巨厚的湖相泥岩。拗陷期发生在新近纪以来,为海相环境。其中,中新世和上新世除碎屑岩沉积外,在盆地内构造凸起带可形成台地碳酸盐岩和生物礁。这些生物礁常与构造高点匹配,礁基以下发育古近纪砂层,成藏组合为构造—碎屑岩—生物礁复合型油气藏。这种类型油气藏与珠江口盆地 HZ26-1 和 HZ33-1 油气藏类似,具有近油源、构造—岩性复合型圈闭和生储盖配置关系好等特点,是最有利的勘探方向。

4.2 盆地边缘隆起带

盆地边缘隆起带介于盆地主体分布区和西沙隆起区之间的过渡地带(图3)。古近纪具有类似西沙隆起的特点,未接受碎屑岩沉积或沉积地层较薄。新近纪以来具有类似西沙海域周围盆地区的特点,形成生物礁,全部或部分被上覆地层覆盖。由于盆地边缘隆起带生物礁直接生长在前寒武纪变质岩基底之上,因此成藏组合多为单一的生物礁型油气藏,有时可能形成基岩潜山—生物礁型油气藏。这种类型油气藏远离油源,油气需要长距离运移才能成藏,与LH11-1油气藏类似^[25~27]。根据珠江口盆地东沙隆起生物礁油藏的勘探实践,流花油田油源是北部惠州凹陷,距东沙生物礁水平距离达60~80km,说明水平方向油气可以通过断裂、不整合面、渗透地层等输导系统长距离运移。因此,西沙海域盆地边缘隆起带生物礁也应当具有较好的勘探前景。

5 结论

西沙海域礁相碳酸盐岩十分发育,剖面上有中新世、上新世、更新世和全新世生物礁;平面上,分为岛礁区生物礁(西沙礁盖)、盆地内部构造凸起带生物礁和盆地边缘隆起区生物礁。岛礁区生物礁未被碎屑沉积地层覆盖,不具备成藏条件,是无效勘探区;盆地内部构造凸起带生物礁与构造高点匹配,礁基以下发育古近纪砂岩沉积地层,近油源,成藏组合为构造—碎屑岩—生物礁复合型油气藏,是最有利的勘探方向。盆地边缘隆起区生物礁直接生长在前寒武纪变质岩基底之上,为单一的生物礁型油气藏,有时可能形成基岩潜山—生物礁型油气藏。这种类型油气藏远离油源,但油气可以通过断裂、不整合面、渗透地层等输导系统运移至储层,因此这类油气藏也具有较好的勘探前景。

参考文献

- [1] 魏喜,祝永军,尹继红等.南海盆地生物礁形成条件及发育趋势.特种油气藏,2006,13(1):7~13
- [2] 王崇友.西沙群岛晚第三纪超微化石及其地质意义.中国地质科学院地质研究所所刊,1985,(11):81~100
- [3] 何起祥,张明书.中国西沙礁相地质.北京:科学出版社,1986,1~182
- [4] 韩春瑞,孟祥营.西沙晚中新世以来礁相地层中有孔动物群的分布及其意义.海洋地质与第四纪地质,1990,10(2):65~81

- [5] 王玉净,勾韵娴,章炳高等.西沙群岛西琛1井中新世地层、古生物群和古环境研究.微体古生物学报,1996,13(3):215~223
- [6] 张明书.西沙群岛西永1井礁相第四纪地层的划分.海洋地质与第四纪地质,1990,10(2):57~64
- [7] 许红,王玉净,蔡峰等.西沙中新世生物地层和藻类的造礁作用与生物礁演变特征.北京:科学出版社,1989,1~134
- [8] 蔡峰,许红,郝先锋等.西沙—南海北部晚第三纪生物礁的比较沉积学研究.沉积学报,1996,14(4):61~69
- [9] 何起祥,张明书.西沙群岛新第三纪白云岩的成因与意义.海洋地质与第四纪地质,1990,10(2):45~55
- [10] 刘健,韩春瑞,吴建政等.西沙更新世礁灰岩大气淡水成岩的地球化学证据.沉积学报,1998,16(4):71~77
- [11] 韩春瑞.西琛1井礁相沉积碳酸盐矿物及氧碳同位素特征.海洋地质与第四纪地质,1989,9(4):29~40
- [12] 徐建斌,李学义,青釜文等.四川碳酸盐岩山地地震勘探综述.石油地球物理勘探,2000,35(3):386~394
- [13] 侯伯刚,杨池银,武站国等.地震属性及其在储层预测中的影响因素.石油地球物理勘探,2004,39(5):553~558
- [14] 邱燕,王英敏.南海第三纪生物礁分布与古构造和古环境.海洋地质与第四纪地质,2001,21(1):65~73
- [15] 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.北京:科学出版社,1997,1~510
- [16] 陆基孟等编.地震勘探原理及资料解释.北京:石油工业出版社,1991,1~81
- [17] 孙建孟,王永刚.地球物理资料综合应用.山东东营:石油大学出版社,2001,1~60
- [18] 吕炳全,徐国强,王洪昱等.南海新生代碳酸盐岩台地淹没事件纪录的海底扩张.地质科学,2002,37(4):405~414
- [19] 魏喜,邓晋福,谢文彦等.南海盆地演化对生物礁的控制及礁油气藏勘探潜力分析.地学前缘,2005,12(3):245~252
- [20] 许红.中国海域及邻区含油气盆地生物礁的对比研究.海洋地质与第四纪地质,1992,12(4):41~52
- [21] 刘昭蜀等.南海地质.北京:科学出版社,2002
- [22] 张明书,何起祥,业治铮等.西沙生物礁碳酸盐沉积地质学研究.北京:科学出版社,1989
- [23] 何起祥,业治铮,张明书.四川盆地晚二叠世沉积作用的比较沉积学分析.海洋地质与第四纪地质,1990,10(2):1~12
- [24] 李云通等.中国的第三系.中国地层(13),北京:地质出版社,1984
- [25] 岳大力,吴胜和,林承焰等.流花11-1油田礁灰岩油藏沉积—成岩演化模式.石油与天然气地质,2005,26(4):518~524
- [26] 岳大力,吴胜和,林承焰等.礁灰岩油藏夹层控制的剩余油分布规律研究.石油勘探与开发,2005,32(5):113~118
- [27] 岳大力,吴胜和,林承焰等.流花11-1油田礁灰岩油藏非均质性及剩余油分布规律.地质科技情报,2005,24(2):90~96

(本文编辑:冯小球)