

文章编号: 1672-9854(2009)-01-0016-05

国内外生物礁油气勘探现状 与我国南海生物礁油气勘探前景

甘玉青^{1,2}, 肖传桃^{1,2}, 张斌³

(1 长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室)

(2 长江大学地球科学学院; 3 江汉油田勘探开发研究院)



甘玉青

摘要 世界生物礁油气资源非常丰富,随着生物礁油气勘探开发的不断深入,生物礁油气探明储量和产量不断增加,所占比重越来越大。南海是我国最大的边缘海,其特殊的构造背景、多种类型礁的发育和良好的生储盖组合等都决定了南海生物礁油气勘探的广阔前景。建议加快南海勘探开发的步伐,充分利用南海丰富的油气资源。

关键词 生物礁油气藏; 油气勘探; 勘探前景; 南海

中图分类号: TE112.22 **文献标识码**: A

甘玉青 1982年生, 2004年毕业于江汉石油学院,现为长江大学硕士研究生。主要从事层序地层学研究。通讯地址: 434023 湖北省荆州市长江大学地球科学学院

1 概况

生物礁以其良好的储集性能在碳酸盐岩油气田中占有重要的地位,其蕴藏的石油天然气资源一直是世界瞩目的宝贵财富。礁型油气藏因具有储量大、产量高及勘探成本较低等特点而备受人们关注。国外生物礁油气勘探开发始于20世纪初。与国外相比,我国生物礁油气钻探及研究起步较晚。但是,经过几十年的发展,特别是近20年的发展,我国生物礁油气勘探取得了突出的成就,相继发现了一些高产油气田,油气储量得到快速增长,生物礁油气在油气勘探中已被列为重要对象。我国生物礁油气资源丰富,勘探前景好。重视礁型油气田勘探的研究,对于缓解我国油气资源供给与需求之间的矛盾,促进当前经济可持续发展具有重要意义。

全球生物礁油气资源丰富。据统计,目前世界上礁型油气田总的可采储量达 $45 \times 10^8 \text{ t}$ 以上,随着生物礁油气勘探的不断深入,更多的礁型油气田

被发现,其储量值可能远超此数。礁油气藏的储量占全球油气探明储量的比例非常大,世界上可采储量达8000万吨以上的大型生物礁油气田有10多个,主要分布在墨西哥、加拿大、美国、伊拉克和利比亚等国家(表1)^[1]。在许多国家的油气产量中,礁型油气藏占有较大的份额,如加拿大占60%,墨西哥占70%。因此,全球生物礁油气资源潜力巨大,勘探前景良好,为今后世界油气勘探开发的重要领域。

2 国外生物礁油气勘探和开发状况

生物礁油气勘探开发经历了一个由单纯的注重生物礁类型、成因、礁相带划分的地质学研究到对礁的发现及含油气性预测研究的发展过程。从科学的角度对生物礁进行研究始于18世纪末到19世纪初。上个世纪初至20年代的时间里,在墨西哥等地方发现了一批生物礁高产油井和大型的生物礁油气田(表2),随着这些井和油气田的钻探和开发,刺激

收稿日期: 2007-11-09; 改回日期: 2008-12-11

表 1 世界部分生物礁大油气田

油田名称	所在盆地	地 层	可采储量($\times 10^8 \text{t}$)
伊拉克基尔库克	波斯湾	始新统—渐新统	20.50
阿布扎比默斑·布哈沙	波斯湾	始新统—渐新统	4.10
墨西哥波扎·里卡	墨西哥湾	白垩系	3.80
墨西哥老黄金巷	墨西哥湾	白垩系	1.92
利比亚迪法	锡尔特	白垩系—古新统	2.74
利比亚茵蒂萨尔 D	锡尔特	古新统	2.06
利比亚茵蒂萨尔 A	锡尔特	古新统	1.64
利比亚拉赫拉·霍夫纳	锡尔特	古新统	0.96
美国马蹄礁	二叠盆地	上古生界	3.50
美国斯库瑞·斯奈德 *	二叠盆地	宾夕法尼亚系—下二叠统	(2.64)
加拿大天鹅丘	阿尔伯达	泥盆系	1.33
加拿大彩虹	阿尔伯达	泥盆系	1.00
加拿大红水	阿尔伯达	泥盆系	1.00
加拿大靳杜克·乌德宾	阿尔伯达	泥盆系	0.70

* 斯库瑞·斯奈德油田是美国马蹄礁油田的一个组成部分。

表 2 世界上生物礁日产万吨油井

国 家	盆地或产油区	油田名称	发现年代	井 号	完井时间	井深 (m)	初产量 ($\times 10^4 \text{t/d}$)	产	层
								时 代	岩 性
墨西哥	墨西哥湾坦比哥油区	圣地亚哥·特·拉玛	1908	多斯波卡斯井	1908.7.4	558	1.1~2	中白垩统阿布拉组	礁灰岩
		彼特雷罗·德·拉诺	1910	4井	1910.12.27	约 650	1.4~1.57		
		塞罗·阿苏耳	1913	4井	1916.2.10	约 500	3.174		
利比亚	锡尔特盆地	茵蒂萨尔 D	1967	D-1 井	1967	3100	1.005	古新统	礁灰岩

数据来源: 石油勘探开发规划研究院天然气室区域组。

了人们对生物礁的兴趣,掀起了全球生物礁研究的热潮,有关成果大量涌现。

20 世纪 40 年代,在墨西哥发现了波扎·里卡礁型油田,据统计,该油田的油气产量占墨西哥当年油气总产量的 65%。1948 年,美国的二叠盆地发现了斯库瑞礁型油田,可采储量 $2.636 \times 10^8 \text{t}$ 。

20 世纪 50 至 70 年代,随着世界经济的复苏,生物礁油气勘探开发迅速发展,许多国家由于礁油气藏的开采而一跃成为重要的产油国。1967 年,在利比亚的锡尔特盆地发现了茵蒂萨尔 A 和茵蒂萨尔 D 两个大型生物礁油田,可采储量分别为 $1.644 \times 10^8 \text{t}$ 和 $2.055 \times 10^8 \text{t}$ 。其中,在茵蒂萨尔 D 油田钻探的 D-1 井是至今世界上发现的四口日产万吨以上的油井之一(表 2),初产量为 $1.005 \times 10^4 \text{t/d}$ 。1968 年在伊拉克的波斯湾地区发现的基尔库克油田,可采储量高达 $20.5 \times 10^8 \text{t}$,当年的产量 $5\,375 \times 10^4 \text{t}$ 。1971 年,印

尼西部的苏门答腊岛发现了 Arun 气田,可采储量 $3.126 \times 10^8 \text{t}$ 。1972 年发现的墨西哥西美奥和卡西图斯礁型油田储量规模也相当大,投产仅两年产量就达 $1\,370 \times 10^4 \text{t}$ 。俄罗斯滨里海盆地是一个有巨大油气资源的含油气盆地,油气储集于上古生界碳酸盐岩中。在 20 世纪 70 年代以后,采用了地震共深度点法,改善了对盐下地质、构造的了解和认识,使油气发现出现高峰期,先后发现了肯尼亚克油田、阿斯特拉罕气田、扎纳若尔油田、田吉兹油气田、卡拉恰干纳克气田,这些碳酸盐岩油气田均与生物礁圈闭有关(表 3)^[1]。

20 世纪 80 年代以来,随着技术的进步和能源需求的增长,生物礁油气勘探更是不断升温,人们对生物礁油气的研究更加重视起来。20 世纪 90 年代,在里海北部发现了超大型卡萨冈礁型油田,石油地质储量达 $70 \times 10^8 \text{t}$ 。

表3 滨里海盆地大油气田概况

发现地区	发现年份	产层	岩性	圈闭	埋深(m)	面积(km ²)	储量	
							油(×10 ⁸ t)	气(×10 ¹² m ³)
肯基亚克	1970	C ₂ -P ₁	—	生物礁	3800~4300	—	0.23	—
阿斯特拉罕	1976	C ₂	石灰岩	生物礁	3800	125×150	—	2.7
扎纳若尔	1978	D-P ₁	—	生物礁	—	—	4	0.1076
田吉兹	1979	C ₁ -P ₁	石灰岩、白云岩	生物礁	3900~5600	15×13	34	1.2~1.8
卡拉恰干纳克	1979	C-P ₁	白云石化灰岩	生物礁	—	—	—	2.3

3 国内生物礁油气勘探和开发状况

与国外相比,我国生物礁研究起步较晚。20世纪70年代以前,我国在生物礁的研究方面与国外先进国家差距较大。实际上,在60年代初,我国就在贵州发现了二叠纪的生物礁,后来又在川东、鄂西等地的碳酸盐岩地层中获得了油气显示,但当时由于主要侧重于生物礁的形成、结构、分类等地质研究,对生物礁油气资源的关注力度不够。

通过几十年不懈的努力,尤其是近20年来,随着各种地球物理勘探技术的飞速发展,对礁的识别技术越来越成熟,礁油气藏的勘探在陆区和海域都获得了突破,礁型油气藏不断有新的发现。我国首先在川东二叠系生物礁中发现丰富的油气资源,建南生物礁作为本区发现的第一个礁型气藏,于1974年由建16井钻获。它的发现为我国在生物礁中寻找油气开创了新纪元。

20世纪80年代以来,科学家把寻找生物礁的目光从二叠系扩展到其它层位,并相继发现了一大批生物礁油气田。1984年随着南海北部珠江口盆地惠州33-1-1,陆丰15-1-1井的相继喷油,开创了南海海域钻探礁型油气田的先河,结束了之前在学术界对中国海域及邻区含油气盆地是否存在礁油气田的争议。1987年在珠江口盆地发现了第一个大型生物礁油田流花11-1,随后在南海南部的万安、曾母、文莱—沙巴盆地也陆续发现和开发了一批中新世生物礁油气田。流花11-1油田在1996年3月29日建成并投入生产,第一批10口生产井,日产原油6500t,探明储量15378×10⁴t。

2005年中石油在塔中地区I号坡折带发现了我国第一个奥陶系超亿吨级礁型大油气田,探明加控制石油地质储量1.5×10⁸t,预测石油地质储量可达(3~5)×10⁸t,被美国石油地质家学会评为“2005年全球重

大油气勘探新发现”。2006年四川发现的特大型整装海相气田——普光气田,主要含气层段之一即为上二叠统长兴组礁滩相白云岩,到2010年底将建成年产天然气120×10⁸m³(净化气产量)的生产能力,实现了中国海相勘探理论和实践的重大突破。

4 我国南海生物礁油气勘探前景

4.1 对我国南海生物礁油气储量预测

南海是太平洋西南侧的一个边缘海,也是我国最大的边缘海,它是世界上四大海洋含油气区之一。南海蕴藏着丰富的油气资源,按全国第二轮资源评价结果,整个南海的石油地质储量约在(230~300)×10⁸t,有“第二个波斯湾”之称。

据统计,南海发现生物礁的含油气盆地有:北部陆架—陆坡区的珠江口盆地,南海西部陆架的万安盆地,南部陆架—陆坡区的曾母盆地、文莱—沙巴盆地和东部陆架区的巴拉望盆地。南海盆地各产油区生物礁油气藏的油气储量和产量占有重要的地位(表4)^[2]。

目前,南沙海域已经发现了30余个礁型油气田,通过现有的地球物理技术也在南沙海域发现了生物礁近200个,专家们推测它们中的一部分将成为未来发现生物礁油气藏勘探的重要目标。青岛海洋地质研究所、中国海洋大学、中国地质大学的专家认为,南沙海域生物礁油气藏是我国未来海域油气资源勘探的八大勘查方向之一。

南海特殊的构造背景、多种类型礁的发育和良好的生储盖组合等决定了南海生物礁油气勘探的广阔前景,是南海海区直接获得储量与产能的首选目标,同时对我国实现油气增储上产,减轻石油进口压力,提高经济安全系数具有重要意义,对推进海洋油气勘探开发,具有重要借鉴意义。但是,由于勘探技

表 4 南海部分含油气盆地生物礁油气藏油气储量

盆地名称	油田	层位	礁体类型或圈闭	油气类型	储量($\times 10^4$ bbl)
万安盆地	4-A1	N_1^{2-3}	基底高地碳酸盐岩建造	油+气	13.83
	LANDO	N_1^{2-3}	碳酸盐岩建造	气	70.83
	LANTAY	N_1^{2-3}	基底高地碳酸盐岩建造	油	274.5
曾母盆地	CiLipad1	N_1^{2-3}	点礁	油+气	104
	B12	N_1^{2-3}	点礁	气	250
	E11	N_1^{2-3}	点礁	气	551.37
	F13	N_1^{2-3}	多礁碳酸盐岩	气	230
	F14	N_1^{2-3}	碳酸盐岩建造	气	110
	F221	N_1^{2-3}	生物礁	气	73.33
	F6	N_1^{2-3}	大型复合礁	油+气	928.33
	M1	N_1^{2-3}	点礁	油+气	596.03
珠江口盆地	LH11-1	N_1^{2-3}	碳酸盐岩台地礁滩复合体	油	107.6
	LH29-1	N_1^{2-3}	塔礁	油	3.3
	LH17-2	N_1^2	塔礁	油	20.7
	HZ33-2	N_1^2	台缘礁	油	21.7
合 计					4146.11

术水平的限制,生物礁油气勘探层位还集中在新生代,研究表明,南海前新生代海相残留盆地也具有巨大的勘探潜力,因此,我国目前迫切需要发展与生物礁油气勘探和开发相关的各项地球物理技术。

4.2 对我国南海油气勘探建议

(1) 重视区域石油地质条件的研究与类比

区域石油地质条件的研究与类比贯穿于勘探的选区和以后的整个勘探过程中,必须重视区域地质条件(构造和沉积)的研究。

例如,通过对南海西南部海域含油气盆地生物礁发育规律的对比,我们发现对大型河流三角洲的研究十分重要。研究表明^[3],南海海域生物礁的生长发育明显受河流三角洲的制约。因为在远离陆地和不被三角洲波及处,物源供给有限,往往有利于生物礁的生长发育。如南海西南部海域生物礁在拉让河和巴兰河两大三角洲之间发育有南康大型生物礁群,在拉让河三角洲西侧发育有纳土纳生物礁群,但在三角洲波及部位生物礁不发育。

另外,还要把南海各含油气盆地已钻探地区的生物礁油气藏进行类比,做深入细致的分析,认识不同盆地生物礁发育结构、烃源岩发育程度、礁体储油物性和盖层特征、圈闭类型、运移条件、后期保存条

件的差异。例如邱燕^[4]就对珠江口盆地、莺歌海盆地、琼东南盆地、万安盆地、曾母盆地和巴拉望盆地的第三纪生物礁的含油气性进行了类比研究,指出南海北部珠江口盆地具有良好的生物礁油气藏形成条件,南部曾母盆地的生油岩评价较高,圈闭类型丰富,储层与运移条件也较其他盆地优越,因此南海珠江口盆地和曾母盆地的生物礁油气藏具有良好的含油气性;万安盆地和巴拉望盆地因烃源岩评价较低而次之;莺歌海盆地和琼东南盆地的礁油藏形成条件较差,故含油气性最为逊色。

此外,要重视对在地震剖面上与碳酸盐岩岩隆具相似外貌的地质异常体的研究,如火成岩体、火山锥、古潜山、泥底辟等,这些研究将大大推动南海含油气盆地的生物礁勘探,为开拓油气勘探新领域,进而为边缘海含油气盆地资源远景评价提供科学依据。

(2) 重视新技术新方法的应用

首先是地震新方法的应用。重视地震属性的提取,如 AVO 等烃类检测技术在加拿大礁体勘探的应用,进一步落实了礁油气藏的存在。在以前常规的叠后反演基础上,发展利用叠前地震资料基于 Knott-Zoeppritz 方程的反演技术,对埋藏深、非均质性强,勘探风险大的礁滩相储层预测效果好。对高分辨率

地震高度重视, 高分辨率地震勘探是寻找礁体的一种最有效的方法, 通过对生物礁分布的可能区域进行高密度的三维地震采集, 经特殊处理后进行三维可视化分析, 可以很好地识别礁体。随着高分辨率三维地震资料在南海珠江口盆地的加密覆盖, 深化了该盆地的地质认识, 礁型油气藏勘探潜力巨大。

先进的储层反演技术和裂缝预测技术也被人们用于生物礁的油气勘探中。在前期建立地质模型的基础上, 进行地质模型控制的测井约束地震反演, 预测孔隙灰岩发育段、裂缝发育带和有效圈闭分布范围, 与地质模型相互印证。此外, 近年来兴起的层序地层学方法对研究礁体的发育演化、确定礁体的暴露时间和程度以及推断礁体次生孔隙发育程度与位置十分有效^[5]。层序地层学方法已经在南海第三纪

生物礁油气藏的勘探过程中得到应用, 效果良好。

参考文献

- [1] 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[M]. 北京: 科学出版社, 1989, 1-134.
- [2] 卫平生, 刘全新, 张景廉, 等. 再论生物礁与大油气田的关系[J]. 石油学报, 2006, 27(2): 38-42.
- [3] 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[J]. 特种油气藏, 2007, 26(1): 22-27.
- [4] 邱燕. 南海第三纪生物礁极其含油性[J]. 南海地质研究, 2002, 13: 41-54.
- [5] 刘军, 施和生, 杜家元, 等. 东沙隆起台地生物礁、滩油藏成藏条件及勘探思路探讨[J]. 热带海洋学报, 2007, 26(1): 22-27.

编辑: 金顺爱

Situation of Bioherm Reservoir Exploration in the World and the Oil Exploration Prospect of Bioherm Reservoirs in South China Sea

Gan Yuqing, Xiao Chuantao, Zhang Bin

Abstract: Hydrocarbon resource distributing in the organic reef areas all over the world is so rich that it is estimated that it will exceed 5 billion tons of oil. With continuous development of the oil exploration and production, hydrocarbon resource in bioherm reservoirs will increase greatly. The recent oil exploration situation of bioherm reservoirs in the world is reviewed. South China Sea is the largest marginal sea in China and various kinds of organic reefs existed and buried in it. The peculiar geological conditions and the favorable bioherm reservoir conditions contribute to a good prospect for oil exploration. It is suggested that exploration and development should be regarded to the oil and gas resources of bioherm reservoirs in South China Sea.

Key words: Bioherm reservoir; Oil and gas exploration; Exploration prospect; South China Sea

Gan Yuqing: female, Master degree in progress in Yangtze University. Add: Faculty of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou, Hubei, 434023 China