

我国深水油气勘探领域 主要科技问题与发展对策*

李颖虹 任小波

(中国科学院资源环境科学与技术局 北京 100864)

摘要 深水油气资源全球储量丰富,已成为世界油气资源的重点勘探领域。相对于西方国家在深水油气领域的“开发热”,我国深水油气勘探开发还刚刚起步。我国南海深水油气资源丰富,但由于缺少深部地质地球物理资料和油气地质评价,地球物理普查仅限于南海北部地区,而且勘探开采过程中面临着一系列科技问题。本文对深水油气勘探领域的主要科技问题进行了剖析,并提出相应的发展对策。

关键词 深水油气勘探,科技问题,对策

DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2011.01.009



中国科学院



李颖虹博士

随着全球油气资源需求的快速增长和陆上油气的日益减少,海洋油气资源的重要性愈发凸显,其中深水油气勘查开发正成为海上油气勘探开发的热点和

主要方向。迄今为止,全球有 60 多个国家开展了深水油气的勘探。在全球 18 个典型深水盆地中已发现约 580 亿桶油当量(图 1),但据地质学家预测,全球深水油气的储量至少还有 1 000 亿桶油当量^[1]。据《世界深水报告》称,44%的油气储藏在深水中,而现在深

水油气的开发量仅占总油气储量的 3%,可见其潜力之大^[2]。因此,一个国家的深水油气勘探开发能力对其能源安全有举足轻重的作用。

1975 年,Shell 公司在美国密西西比峡谷水深约 313 米处发现 Cognac 油田^[3],从而揭开了深水油气勘探的序幕。国际通用的深浅水分界线一直是 300 米,然而随着水下作业机器人和电子遥控系统等一系列先进勘探钻采技术的应用,深水钻井的深度不断刷新。2000 年,墨西哥湾已有 50%的勘探井水深超过 1 200 米。目前,国际上已将深浅水的界限调整为 400—500 米^[4]。

全球深水油气资源储量丰富,但分布十分不均,巴西、墨西哥湾、西非 3 大热点地区占全球深水油气已探明储量的 88%,被称为“金三角”。

2010 年 4 月 20 日,英国石油公司(BP)在墨西哥湾的钻井平台发生爆炸,大量原油

* 修改稿收到日期:2010 年 10 月 15 日

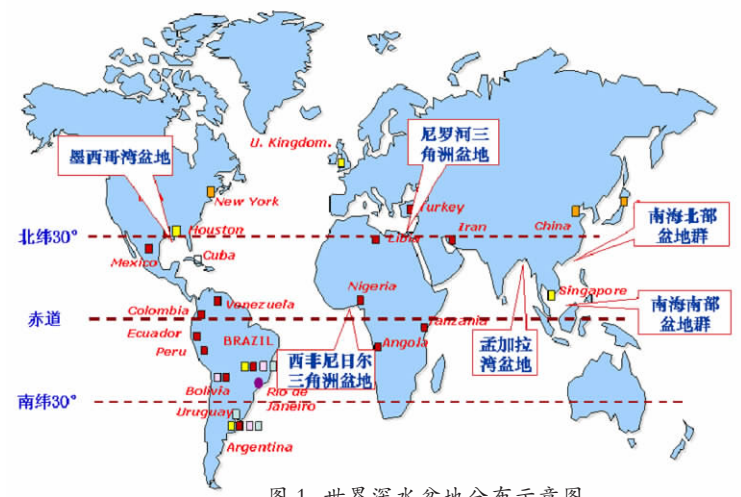


图 1 世界深水盆地分布示意图

侵入墨西哥湾，并迅速向美国海岸扩散，给墨西哥湾造成巨大的环境灾难。这一泄漏事件被美国总统奥巴马称为“一场史无前例的灾难”，深水油气勘探和开发过程中的科技问题受到了世界前所未有的关注和重视。

1 我国深水油气勘探领域的现状

我国深水油气基本集中在南海,且储量巨大。据估算,南海深水油气资源约占我国油气资源总量的 30%,被誉为“第二波斯湾”。南海北部琼东南盆地、珠江口盆地、台湾西南盆地和南海南部南沙海域等 13 个新生代沉积盆地均部分或全部位于深水区,从烃源岩、油气储盖组合、圈闭及油气运聚成藏条件等诸方面综合分析,均具备形成大中型油气田的基本地质条件和良好的油气勘探前景。目前,南沙海域钻井已达 1 000 多口,地震测线 126 万千米,查明油气资源量 268 亿吨,发现含油气构造 200 多个和油气田 180 个,年采石油量超过 5 000 万吨,相当于大庆油田的年产量,早已形成事实上的“开发热”。由于受技术条件的限制和海上高技术、高风险及高成本的影响,我国深水油气开发还只限于南海南北缘局部地区进行地球物理普查,在南海中南部尚没有一口钻井,地震剖面仅限于二维。水深大于 500 米的陆坡深水区面积广阔,对其进行油气地质

勘探和研究工作均做得很少,而且水下生产系统设备几乎全部依赖进口,海上原油发现率仅为 18.5%,天然气发现率仅 9.2%^[5]。

2006 年, Husky 公司和中国海洋石油总公司在珠江口盆地 1 500 米水深处发现了荔湾 3-1 深海天然气田, 开启了我国深水油气勘探的序幕; 2009 年底发现的流花 34-2 完钻并深达

3 449 米, 海域水深约 1 145 米;2010 年 2 月, 中国海洋石油总公司在南海东部海域的珠江口盆地发现流花 29-1 气田, 完钻井深达 3 331 米, 海域水深约 720 米, 这是该公司在南海海域发现的第 3 个大型深海气田, 标志着我国深水油气勘探取得重大突破。

目前的研究表明,南海深水油气主要集中在以下几个区域:珠江口盆地珠二坳陷和琼东南盆地中央坳陷的深水陆坡区(荔湾3-1深水油气田所在区域)、潮汕坳陷陆坡区和台西南盆地深水区、西沙海槽陆坡区和莺歌海盆地深水区、南沙南部海域深水区、南沙西部海域深水区^[6]。

中国海洋石油总公司在 2007 年制定了投资 150 亿元人民币建造深水钻井船等一系列深水大型装备的计划,其中 60 亿元用于研制 3 000 米水深钻井船,30 亿元用于研制 2 500—3 000 米水深管道布设船。2008 年 12 月该公司宣布,未来 10 年公司在南海的勘探开发投资将达到约 2 000 亿元,逐步建立起 1 500—3 000 米水深的油气勘探能力。届时,南海将建成年产能达 5×10^7 吨油当量的大型油气基地。目前,除了中国海洋石油总公司,中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司都已经获得南海的开发区块,并将深水油气开发列入重点项目。

2 我国深水油气勘探的主要科技问题

较之陆地和浅海等成熟勘探区,深水油气勘探尽管具有高效率、高回报的特点,但生产实际中的科技问题也注定深水油气领域存在着诸多风险,主要表现在:(1)地质风险:主要来自于储层方面,深水区距离物源供给区很远,沉积物很细,加之陆坡坡度较大及海底地形起伏剧烈,造成地震资料反射品质差,从而影响构造的厘定;(2)勘探工程技术风险:受海洋特殊环境的影响,海上工程面临着风浪、潮汐、海流、海冰、海啸、风暴潮、环境腐蚀、机械损伤等特殊因素,这些因素严重影响平台的安全和使用。海上钻井装备从技术上说与陆上钻井装备类似,但在系统配制、可靠性、自动化程度等方面都比陆上钻机要求更苛刻^[7];(3)环保风险:深水区低温高压环境下,在运输、管道对接等过程中面临原油泄漏、钻探过程中气体水合物不稳定性等问题,这些问题都有可能引发环保危机。

要降低深水油气勘探和开发面临的风险,就必须加强相关科技问题的研究。我国深水油气勘探和开发的水平与国外存在巨大差距,开发阶段主要是大型开采、铺管、输送、工程保障等一系列大型设备的差距,本文仅探讨勘探阶段的科技问题及相关建议。深水油气勘探阶段可分为初步勘探阶段和进一步勘探阶段。初步勘探阶段包括盆地评价、区块评价和圈闭评价、发现油气藏。进一步勘探阶段则以钻探井和评价井为主,以扩大含油气面积,增加和探明油气地质储量。南海深水盆地属于油气勘探和研究的新区和薄弱区、深部地质地球物理资料缺乏、探井及油气地质资料空白区众多。无论是在深水环境下盆地演化、油气生成、运移和储存等基础地质研究方面,还是在深水地球物理资料采集、地震数据处理与解释方法的研究方面,都存在许多关键性科技问题。主要表

现在以下几个方面:

(1)南海深水盆地形成的地球动力学背景及其大陆边缘构造演化机理。南海位于欧亚、印-澳及太平洋3大板块相互作用的交汇处,区域构造动力学条件相当复杂,对南海成因及其扩张时序的认识目前仍存在较大分歧,这是认识南海深水盆地演化及油气成藏关系的前提。大陆边缘盆地成因的动力学机制和盆地后期温度场、压力场、主要控盆构造动力学性质等对油气运移具有重要影响。

(2)南海陆坡深水区盆地结构的区域地质研究。如盆地结构与演化特征、沉积充填特征及层序地层格架和沉积模式、储层物性及其预测技术、不同期次构造变形对油气运聚成藏和分布的控制作用。远离物源区的深水盆地,陆坡区不同扇体砂岩储层发育状况差异明显,何种物源条件对其起主导控制作用?在远离物源的深海扇中,是否存在其他搬运机制和侵蚀—沉积过程,可否形成不同类型深水沉积砂体?

(3)油气生烃潜力及动力学机制。如生烃凹陷的确定及主要烃源岩生烃潜力、烃源岩的分布、成熟演化特征、主要储盖组合及勘探目的层、可能的含油气系统、油气运聚的动力学过程及成藏控制因素。

(4)盆地的类比分析与油气资源潜力评价。美国海上油气勘探在盆地勘探早期,特别重视同世界各国含油气盆地之间的类比分析,这是整个勘探工作的基础。由于南海勘探研究程度非常低,缺少探井油气地质资料,所获评价成果及基础数据精度及可靠性较差,缺少基于有效生烃凹陷评价的不同圈闭类型的油气资源量计算和预测的研究。

(5)深水条件下的地球物理勘探技术与设备。国内在深水条件下的地球物理勘探技术与世界先进深水油气勘探公司存在巨大



中国科学院

的差距。深水油气勘探的盆地评价、区块评价与圈闭评价都需要获取大量的地震剖面,我国大型油气勘探船与国外存在巨大差距。另外,深水地质和天然气水合物的存在对钻井技术和装备提出很高的要求,用于深水钻井的钻井平台与国外差距巨大^[8]。

(6)深水条件下的地球物理勘探资料的获取和处理技术。在缺少钻探数据的情况下,正确分析盆地结构及构造发育特征主要依靠地震数据。提高深水油气勘探成功率的关键是如何提高地震勘探资料的获取和处理技术水平。深水地震数据处理和成像技术较之陆地和浅海更加关注深层地震波能量的恢复、多次波的消除、崎岖海底造成的能量散射、介质横向不均匀性和各向异性等问题。

3 我国深水油气勘探领域的科技发展对策

3.1 重视基础地质研究

在深水油气勘探领域,高性能的装备毋庸置疑是重中之重,但基础地质研究是降低投资风险的关键。深水油气勘探区域往往是浅水及陆上石油勘探区的自然延伸。世界范围的深水油气藏,主要形成富集于被动大陆边缘构造动力学背景下和深水浊积扇沉积体系发育的储集层砂体之中,其油气则主要来自于断陷期和断坳期富含有机质的陆相和海陆过渡相烃源岩以及热沉降坳陷期发育的海相烃源岩^[9]。据统计,“金三角”的储集层绝大多数为物理性质极好的浊积扇砂岩体或深切水道浊积砂岩,其中,第三系深水浊积砂岩(包括三角洲砂体)是寻找深水油气藏的重要目标^[10]。因此,加强深水盆地形成构造格局与动力学机制研究、深水盆地结构区域地质研究、油气生烃潜力及动力学机制、盆地的类比分析和油气资源潜力评价等基础地质问题的研究,对开展深水油气勘

探有重要的基础支撑作用。

3.2 提高深水地球物理勘探技术和数据获取及处理能力

由于深水油气赋存的特殊地质条件,勘探技术更多地依赖地球物理方法,且以地震勘探为主。水深对地震资料质量的影响很大,因此,应加强勘探技术的研究,以获取高质量的深水地震勘探数据,包括长缆地震观测和信号处理分析技术、深水大型储集层识别技术及隐蔽油气藏识别技术;此外,还要进一步提高深水条件下的地球物理勘探资料处理能力,包括复杂介质成像、多次波消除及应用、海量数据的并行计算等。

3.3 建设产学研结合的创新体系

深水油气开发涉及多领域、多学科的研究,应优化科技力量布局,加强基础研究和应用研究,一方面发挥科研院所和高校系统的基础地质理论研究、勘探和数据处理技术的优势,另一方面充分发挥企业在海洋技术创新中的主体作用,加快研究成果转化,建设以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的海洋油气勘探技术创新体系,构建开放、流动、竞争、协作的运行机制。

3.4 加大经费支持力度,加强人才队伍建设

目前我国深水油气研究队伍比较薄弱,与研究起步晚和经费支持力度弱均有关系,但我国在大陆地质学和地球物理学领域有着雄厚的人才队伍储备,可适当引导部分研究人员“下海”,深入开展深水油气勘探领域的研究,同时注重培养年轻的深水油气勘探研究队伍。

3.5 建立产学研用相结合的深水油气勘探技术和装备队伍

深水油气开发涉及多领域、多学科的研究,建议针对我国海洋深水的特殊环境条件,大力扶持海洋科技企业,发挥企业在海洋技术创新中的主体作用,同时发挥科研院

所和高校系统的基础地质理论研究、勘探和数据处理技术的优势,优化科技力量布局,建设以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的深水油气勘探技术和装备队伍。

主要参考文献

- 1 Jennifer P H. Deepwater not played out. Offshore, 2002,62(10):26.
- 2 李清平.我国海洋深水油气开发面临的挑战.中国海上油气,2006,18(2):130-133.
- 3 Jennifer P H. Deepwater Discovery Survey Shows Increase from 2001. Offshore,2003,63(1):36-40.
- 4 Marshall D. US gulf deepwater discoveries slowing, but drilling steady. Offshore,1998,58(10):48-49.
- 5 潘继平,金之均.中国油气资源潜力及勘探战略.石油学报,2004,25(2):1-6.
- 6 段铁军,张抗.中国海域深水区油气勘探方向与领域.当代石油石化,2006,14(8):23-25.
- 7 江怀友,潘继平,鲁庆江.世界海洋石油工业勘探现状与方法.石油知识,2008(5):7-9.
- 8 白云程.石油工程中的水合物抑制.特种油气藏,2006,13(2):5-7.
- 9 何家雄,夏斌,施小斌等.世界深水油气勘探进展与南海深水油气勘探前景.天然气地球科学,2006,17(6):747-752.
- 10 Anderson J E. Controls on turbidity sand deposition during gravity-driven extension of a passive margin: examples from Miocene sediments in Block 4, Angola. Marine and Petroleum Geology, 2000,17 (10):1 165-1 203.

The Main Scientific and Technological Problems and Countermeasures for the Development of the Deep-water Oil and Gas Exploration

Li Yinghong Ren Xiaobo

(Bureau of Science & Technology for Resource & Environment CAS 100864 Beijing)

Abstract The global reserves of deep-water oil and gas resources are abundant and has become a key exploration field for oil-gas resources in the world. However, deep-water oil and gas exploration and exploitation in China has just started. Deep-water oil-gas resources in the South China Sea are copious, however, due to the lack of deep exploration wells, geological and geophysical data, there is a huge void for oil and gas geological evaluation. At present, geophysical survey has been only carried out in the northern South China Sea. A series of technological problems need to be solved for the exploration and exploitation. In this paper the main scientific and technological problems in the field of the deep-water oil and gas exploration are analyzed and the corresponding countermeasures for development are proposed.

Keywords deep-water oil and gas exploration, scientific and technological problems, countermeasures

李颖虹 中国科学院资源环境科学与技术局大气海洋处助理研究员,海洋生态学博士。1978年10月出生,籍贯陕西。目前主要从事大气科学和海洋科学的科研管理工作。E-mail: yhli@cashq.ac.cn。

任小波 男,中国科学院资源环境科学与技术局大气海洋科学处处长,理学博士。1971年5月出生于四川。现从事大气科学和海洋科学科研管理工作。E-mail: xhren@cashq.ac.cn



中国科学院