

文章编号:0253-9985(2008)05-0543-05

中国海相油气勘探理论、技术与实践

牟书令

(中国石油化工集团公司,北京 100728)

摘要:以塔河油田、普光气田的勘探开发为标志,中国海相碳酸盐岩油气勘探实践表明中国海相油气领域是一个充满前景,值得探索的领域。中国海相碳酸盐岩层系油气勘探,没有适用的勘探理论与现成的工程技术,勘探难度大,风险高,给海相油气勘探开发管理带来了难题。在总结前段探索的经验和不足,逐步形成了集理论创新、技术攻关、优势团队组合于一体的集成管理理念。在理论上,海相油气理论与陆相油气理论有很大区别,中国海相油气理论与国外海相油气理论也有很大不同;在工程技术上,中国海相碳酸盐岩分布地区地形、地貌条件变化大,地下构造受多期变形叠加而复杂多变,目的层埋藏深,给油气勘探带来了难题。因此在海相油气勘探实践中,既要大胆探索理论又要探索技术,但要注意普遍技术与特殊技术的问题,要重视基础研究;也要注重基础应用,加快科学技术向生产力的转化。要做到生产与科研相结合、地质与工程相结合、理论与技术相结合、攻关与管理相结合。有必要对中国海相油气勘探理论技术和实践进行梳理和总结,以期进一步推动海相油气科技进步、加快海相油气勘探取得新的更大突破。

关键词:集成管理;技术实践;勘探理论;海相油气;中国

中图分类号:TE13

文献标识码:A

Theories, techniques and practices of petroleum exploration in marine sequences in China

Mou Shuling

(China Petroleum & Chemical Corporation, Beijing 100728, China)

Abstract: Practices of petroleum exploration in marine carbonates in China, marked by the exploration and development of Tahe oilfield and Puguang gas field, reveal a prospective exploration field worthy of research. Since there are no practicable exploration theories and mature engineering techniques, petroleum exploration in marine carbonate sequences of China is characterized by large difficulty and high risk, challenging management of exploration and development in marine sequences. An integrated management philosophy, which incorporates theoretical innovation, technical research and advantageous team, is proposed based on a summarization of previous experiences and lessons. In the context of theories, marine petroleum theories are quite different with continental petroleum theories and the marine petroleum theories in China also have large differences with oversea marine petroleum theories. While in the context of engineering techniques, marine carbonates in China are characterized by highly variable topographic and geomorphologic conditions, complexity of subsurface structures due to multi-phase deformation and superimposition and deep burial of targets, challenging oil and gas exploration. Therefore, both theoretical innovation and technical research should be emphasized in exploration of marine sequences. However, attentions should be paid to both general techniques and specific techniques, and equal stress should be laid on both fundamental and applied researches, so as to speed up transferring of science and technology to productivity. Four combinations including production with scientific research, geology with engineering, theory with technique, and research with management, should be realized. It is necessary to summarize the theories and practices of exploration in marine carbonate sequences in China, so as to further promote the advancement of ma-

收稿日期:2008-10-10。

作者简介:牟书令(1944—),男,教授级高级工程师,油气勘探开发、管理。

rine petroleum technologies and achieve larger breakthrough in exploration of marine sequences in China.

Key words: integrated management; technique, practice; exploration theory; marine oil/gas; China

1 中国海相油气勘探历程

众所周知,中国是利用石油天然气历史最悠久的民族。公元前53年—公元18年,西汉扬雄《蜀王本记》中就有:“临邛有火井,深六十余丈”的记载^[1]。尽管如此,在20世纪初叶,“中国贫油论”的帽子还是一时扣在了中国人民的头上;而这顶帽子又似乎给某些洋人指示了封锁、侵略中国的目标。为了甩掉这顶帽子,老一辈地质学家根据我国的具体石油地质条件,艰苦探索,终于在20世纪40年代创立了陆相生油理论和陆相油气勘探理论,并在此后的几十年里,成功地指导着中国陆相油气的勘探,使我国在陆相油气勘探方面立足于世界前列。

夫云天下大事,潮流荡荡兮适之者存。自20世纪石油成为世界第一大能源以来,石油和天然气的供需状况直接影响着一个国家的经济发展、社会稳定和国防安全。就中国来讲,尽管我国油气产量连年增长,但远不能满足国民经济快速发展的需求。同时,随着陆相老油田勘探开发程度的提高,勘探开发的难度也在不断加大,成本上升,特别是后备储备资源突显不足。自1993年我国又成为石油净进口国以来,年进口量急剧上升,2007年进口原油已达 1.63×10^8 t,油气已成为制约我国国民经济持续发展的主要瓶颈。为此,党中央、国务院将油气资源列为影响我国经济社会可持续发展的三大战略资源之一。在十六届五中全会上,胡锦涛总书记又再次强调“要把节约能源和保障能源供应作为一项重大的战略任务抓紧抓好”;2003年温家宝总理两次主持会议,专题讨论我国油气资源可持续发展战略问题。温家宝总理也指出“石油和天然气是重要的战略资源,也是关系我国能源安全的核心问题”。

2006年春节,温家宝总理到中国石化油田企业调研时针对油气资源问题指示:中国油气资源战略要“稳定东部、加快西部、准备南部、突破海上、加强国内、开拓国外”。中国石化遵照党中央、国务院及温总理的指示,抓住机遇,积极行动,科学运作,始终把油气勘探开发放在首位,努力打造

中国石化上游长板,实现油气资源可持续发展。但也无庸讳言,1998年重组后初期的中国石化的勘探空间十分有限,主要油田(胜利、中原、河南、江苏和江汉油田)勘探登记区块分布在中新生代陆相盆地内,随着油气勘探开发程度的不断提高,东部老油田的油气产量呈现出明显的递减趋势。中国石化集团公司党组敏锐地觉察到,制约今后长远发展的一大“瓶颈”就是油气资源不足;寻找新的资源接替阵地对满足国家需求、对集团公司的生存发展都具有重大的战略意义。作为国有特大型能源企业,必须站在维护国家能源安全的战略高度,在做好陆相精细勘探的同时,中国石化必须进行新领域的探索,尽快在油气资源接替方面获得突破。同时大家也清楚认识到,中国地质情况表明,除陆相油气勘探领域之外,还存在着海相油气勘探领域。但尽管勘探实践证明我国海相油气资源潜力大,由于中国海相地质情况极为复杂,理论和技术还有若干重大问题没有得到解决,勘探程度低、勘探难度、勘探风险也很大,机遇与挑战共存。在这种情况下,中国石化集团自重组以来历届党组始终把海相层系作为油气资源接替的重要领域,制定实施了从“十五”“稳定东部、发展西部、准备南方、开拓海域”到“十一五”“东部硬稳定,西部快发展,天然气大发展”的油气资源战略,全面开展海相油气勘探工作。

1999年初中国石化成立了南方海相油气勘探项目经理部,全面开展南方海相分布区的油气勘探;2000年中国新星石油公司整体并入中国石化,输入了新鲜血液;抓住国家西部大开发优惠政策的时机,迅速扩大了中国石化海相勘探的空间,2001年成立西部新区油气勘探指挥部,全面推进西部塔里木盆地、准噶尔盆地及其他中小盆地的油气勘探,加快勘探开发塔河油田;2002年成立南方勘探开发分公司,进一步加强南方海相油气勘探,同时,在系统内外多位专家的共同建议下,实现了勘探由云贵高原向上扬子地区的战略转移。2003年普光1井在长兴组—飞仙关组礁滩相储层中发现高产天然气流,发现了迄今为止四川盆地海相最大的天然气田。以塔河油田、普光气田的勘探开发为标志,中国石化海相勘探已进入一个

新阶段。实践表明中国海相油气领域是一个充满前景,值得探索的领域。海相勘探从“不得不为到已有所为,从势在必为到大有可为”。

在这风雨同舟期间,我们十分感谢相关领导、专家、学者们;各有关一线生产单位的同事们;以及各有关院校、科研院所的同仁们对我们探索工作的关心与支持。特别是中国科学院院士刘光鼎先生^[2-6],他在2001年8月向国务院提出了关于中国海相二次创业的提议。时任国务院副总理的温家宝同志在刘光鼎院士的《建议》上批示:“要重视油气资源战略勘查工作,争取在前新生代海相碳酸盐地层中有新的突破。”这一批示坚定了各有关石油公司,特别是中国石化集团公司海相勘探的信心,加快部署了海相领域的研究和勘探步伐。

在海相油气领域^[7-12]的探索中,我们不仅发现了如塔河、普光这样一批大油气田,我们还在理论与技术和人才培养方面取得了长足的进展。

2 中国海相碳酸盐岩特点与理论技术发展

在海相油气理论方面,我们认识到海相油气理论与陆相油气理论有很大区别。中国海相油气理论与国外海相油气理论也有很大不同,而中国大地构造演化特征决定了中国海相层系石油地质的基本特征。

2.1 海相油气地质与陆相油气地质区别

1) 东部陆相断陷盆地沉积或沉降中心就是生烃中心,海相层系生烃中心往往并不是沉积或沉降中心。

2) 东部陆相盆地以陆源碎屑岩储层为主,海相盆地以碳酸盐岩储层为主。储集类型多样,除早期受沉积环境所控制外,后期成岩演化的作用对碳酸盐岩储集体的改造强烈,储层非均质性强,储集空间类型多样,孔、洞、缝及其复合体常形成优质的连通储集体。流体运动往往表现为非达西定律。

3) 中国陆相断陷盆地多为单旋回盆地,海相多为叠合-改造盆地。

4) 陆相盆地保存环境与海相层系保存环境存在明显的差异。

2.2 中国海相油气地质与国外海相油气地质区别

1) 国外海相碳酸盐岩层系油气田的烃源岩主要是侏罗纪以来发育的高有机碳含量的页岩,烃源岩的热演化程度相对较低,多数盆地主力烃源岩仍处于成熟阶段至过成熟阶段,烃源岩成熟期相对较晚也是这些特大储量含油气盆地的另一个重要特征。我国海相碳酸盐岩层系形成时间早、地层时代老,烃源岩经历了长期演化和复杂生烃过程、热演化程度高。

2) 国外海相碳酸盐岩储层主要是白垩纪以来发育的灰岩和古生代的白云岩,海相碳酸盐岩油气田的储层以白云岩和岩溶/裂缝储层为主要类型,含油气储集层多集中分布在2 000~3 500 m深度带。我国碳酸盐岩储层的时代主要为古生代,储层类型及发育特征与国外对比有些差异但其储层类型,但仍是类似于世界碳酸盐岩储层的主要分布规律。但我国海相碳酸盐岩储层往往由于后期陆相沉积盆地的叠加埋藏深,往往大于5 000 m的深度,储层识别与分布预测难度大。

3) 国外海相碳酸盐岩层系盖层岩性以细粒碎屑岩为主,次为蒸发岩和致密碳酸盐岩;最好的盖层是盐岩,然后依次是硬石膏、页岩、石灰岩和白云岩。盖层厚度一般在100 m左右,较厚者达200 m,较薄者只有15 m。这些高品质的区域性盖层对源自相对古老的烃源岩的油气的聚集成藏起到了较为重要的作用。中国海相碳酸盐岩层系的封盖层条件,总体上要复杂的多。从塔里木盆地和南方地区普遍分布古油藏来看,保存条件是中国海相碳酸盐岩层系成藏的关键环节。

2.3 中国大地构造演化特征决定了中国海相层系石油地质的基本特征

中国古生代海相沉积盆地经历多期(加里东、海西-印支、燕山和喜马拉雅期)构造运动的改造,现今多已成为残留盆地。原有多类型的沉积盆地经隆升、剥蚀,遭受了强烈的改造,多期构造活动导致油气多期成藏与改造。

中国大陆东西分带、南北分块的特点,是两种板块运动体制作用的结果,表现为古生代-印支运动期间,盆地沉积充填、生物群面貌及油气形成演化受大洋旋回的俯冲-碰撞造山带形成过程受

控制。海相沉积在发育与保存程度由北向南层位逐渐变新、完整。而燕山运动期以来的盆地演化表现为陆内断陷与陆内造山东西分带的特点,并对古生代盆地产生明显的改造。

因此,盆地的油气前景应是“先天条件”与“后天因素”综合作用的结果,尤其是“后天因素”影响了油气的聚集与散失。所以在这类高演化、高复杂性的叠合盆地油气勘探中,不应忽略了油气是一种流动的液态矿藏,在平衡被打破之后,可再次发生运移与聚集,达到新的平衡与成藏。必须重视后期构造运动的影响程度,以构造演化为主线,进一步评价盆地改造的有效性、多元烃源的有效性、保存环境的有效性和成藏体系的有效性。

中国海相碳酸盐岩分布地区地形、地貌条件变化大,地下构造受多期变形叠加而复杂多变,特别是受多层次滑脱面影响,导致变形具有层次性与分带性,因此,对碳酸盐岩储层、圈闭识别、解释评价是提高海相碳酸盐岩层系油气勘探成功的一个关键。

在油气勘探技术方面,我们初步形成了三大技术系列:适合碳酸盐岩裸露区、山前复杂构造带的地震成像技术;碳酸盐岩层系缝洞及礁滩储层地震预测技术;针对碳酸盐岩层系钻井遇到的“喷、漏、卡、塌、斜、硬、毒”等世界罕见难题,组织开展技术攻关和技术集成,形成了包括非常规系列井身结构、防斜打直技术、快速钻井技术、深井小间隙固井技术等在内的一整套钻井技术系列。碳酸盐岩层系储层保护与改造技术为塔河、普光等大中型油气田的发现提供了技术保障。

3 中国海相油气勘探的认识与潜力

经过多年的探索,我们得到如下共识:

1) 坚持勘探是大油气田发现的必要条件。地质工作者要解放思想,勇于实践,大胆探索,求真务实,通过“坚持不懈、锲而不舍、百折不挠”的工作,才会在前人认为不会发现大油气田的地方发现大油气田,在认为已经找不到储量的地方找到新的储量。

2) 理论创新与技术进步是海相大油气田发现的重要基础。要解决中国海相油气勘探开发难题,发现更多、更大的油气田,必须从扎实的科学理论创新上下功夫;必须把多期成藏的地质规律、

油气富集规律搞清楚;集中目标,提高勘探效率;就可以尽早、尽快发现类似塔河、普光特大型油气田。保持中国石化海相油气勘探的持续稳定发展,必须强化理论与工程技术攻关,形成特色的勘探技术,为海相领域油气勘探的进一步发展打下坚实的基础。

3) 组织管理创新是海相大油气田突破的根本保障。中国海相碳酸盐岩层系油气勘探,没有适用的勘探理论与现成的工程技术,勘探难度大,风险高,给海相油气勘探开发管理带来了难题,既不能套用国外海相油气勘探开发管理模式,也不能完全沿用我国东部陆相油气勘探开发管理经验。我们总结前段探索的经验和不足,逐步形成了集理论创新、技术攻关、优势团队组合于一体的集成管理理念,提出并实施了“集团化决策、项目化管理、市场化运作、社会化支撑”的管理模式。在中国石化的油气勘探开发工程管理中得到普遍应用,取得了明显效果。

4) 发现大油气田是增储上产、降本增效的关键。塔河油田奥陶系岩溶型特大油田自1997年发现以来,8年间储量、产量分别增长了12倍和6倍,塔河油田探明储量成本、吨油生产成本远低于东部老油区,实现了塔河油田勘探开发的快速发展。“十五”期间,中国石化由于塔河油田、普光气田、大牛地气田的发现,不但为中国石化石油、天然气储产量的快速增长奠定了基础,而且其储量发现成本低于全国平均水平。

5) 海相层系是资源战略接替的重要领域。据统计,我国海相沉积总面积大于 $455 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中陆上海相盆地28个,面积 $330 \times 10^4 \text{ km}^2$,海域海相盆地22个,面积 $125 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。全国海相油气资源为 $359 \times 10^8 \text{ t}$ (油当量),其中原油 $135 \times 10^8 \text{ t}$,天然气 $22.4 \times 10^{12} \text{ m}^3$,探明程度均不及10%。海相碳酸盐岩层系分布面积大、油气资源丰富、勘探程度低,勘探潜力大。

如上所述,中国海相碳酸盐岩层系油气勘探实践表明:1)海相油气勘探应对陆相以“源控论”为基础的理论加以完善和发展。因海相油气藏“多元生烃”的油气不一定来源于直接的烃源岩,还可能来自早期的油气藏甚至是“曾溶于水的”或“分散的”源,需要继续探索一条适合海相油气勘探的新路。2)要加强4个有效性的综合配套研究,即有效烃源(岩)、有效储层、有效保存及有效

成藏组合。3)必须重视技术工艺。地质是基础是目标,技术工艺是保证,管理出效益出成果。4)要加强综合勘探,体现团队、整体、集成、统一的勘探理念。

对中国海相油气勘探要解放思想、大胆探索、求真务实、综合集成。解放思想,就是对海相成藏物质基础和资源,要树立信心、坚定信心,不仅有传统意义上烃源(岩),也可能存在“草根族”微生物烃源(岩);大胆探索,既要大胆探索理论又要探索技术,但要注意普遍技术与特殊技术的问题,要抓主要矛盾,解决核心(技术)问题;求真务实,要重视基础研究,及时总结经验,提高勘探效益;关于综合集成,要做到生产与科研相结合、地质与工程相结合、理论与技术相结合、攻关与管理相结合,培养有综合能力的勘探队伍。

4 结语

中国海相油气勘探前景非常广阔,我们认为有必要对海相油气勘探理论技术和实践进行梳理和总结,以期进一步推动我国海相油气勘探、进一步推动海相油气科技进步、进一步推动海相油气勘探队伍建设。

我们希望能吸引更多的地质、石油地质工作者与勘探技术人员投入到海相油气勘探这一伟大而艰巨的事业中来,并为他们提供可资借鉴的经

验与教训,为中国海相油气勘探事业的健康快速发展、为中国海相油气勘探取得新的更大突破,做出我们应尽的努力和贡献。

参 考 文 献

- 1 邱中建,龚再升. 中国油气勘探(第二卷)——西部油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1999. 241~276
- 2 刘光鼎. 中国石油天然气的一个新领域——前新生代海相残留盆地[J]. 中国海上油气(地质),2003,17(3):151~152
- 3 刘光鼎,宋海斌,张福勤. 中国近海前新生代残留盆地初探[J]. 地球物理学进展,1999,14(3):1~7
- 4 刘光鼎. 前新生代海相残留盆地[J]. 地球物理学进展,2001,16(2):1~7
- 5 刘光鼎. 中国油气资源的第二次创业[J]. 学会月刊,2002,(1):52
- 6 刘光鼎. 中国油气资源的开发需要第二次创业[J]. 科技导报,2001,(12):12~14
- 7 牟书令,蔡希源. 永无止境:中国石化“十五”油气勘探实践[M]. 北京:石油工业出版社,2007. 154~340
- 8 牟书令. 中国石化油气发展战略[J]. 中国石化油气,2003,(12):7~8
- 9 牟书令. 加快油气发展,稳固资源基础——中国石化油气勘探开发现状及发展展望[Z]. 2003. 23~25
- 10 牟书令. 从我国油气资源现状与未来发展看中国石化油气勘探开发战略[J]. 当代中国石化,2004,12(1):7~9
- 11 金之钧,蔡立国. 中国海相层系油气地质理论的继承与创新[J]. 地质学报,2007,81(8):1 017~1 024
- 12 金之钧,蔡立国. 中国海相油气勘探前景、主要问题与对策[J]. 石油与天然气地质,2006,27(6):722~730

(编辑 陈喜禄)

《石油与天然气地质》期刊稳步发展

2008年9月5日—10日,由中国科学技术期刊编辑学会、中国科学技术信息研究所和万方数据股份有限公司联合主办的“第六届全国核心期刊与期刊国际化、网络化研讨会”在广西南宁召开。大会发布了2008年《中国科技期刊引证报告(扩刊版)》。据报告统计,《石油与天然气地质》期刊的影响因子从2006年的1.528上升到2007年的2.282,总被引频次从2006年的1 725次上升到2007年的2 229次,在石油、天然气工业类期刊中位列第二。

会上还提出,应根据“十七大”确立的“建设创新型国家,把增强自主创新能力作为发展科学技术的战略重点”的重要战略思想,为适应期刊网络化的未来发展趋势,实现新的市场和技术环境下的科研出版和网络服务行业的双赢和产业转型,共同推动我国学术期刊的国际化 and 精品化进程,有利于我国全社会知识共享的实现。

(高 岩)