

珠江口盆地与莺琼盆地油气运聚特征的差异性^{*}

蔡周荣^{1,2} 夏斌^{1,2} 万志峰² 刘维亮²

1. 中山大学海洋学院 2. 中国科学院边缘海地质重点实验室

蔡周荣等. 珠江口盆地与莺琼盆地油气运聚特征的差异性. 天然气工业, 2009, 29(11): 9-12.

摘要 已有的油气勘探成果表明, 南海北部陆缘东部与西部的油气运聚特征具有很大的差异。通过总结前人对东、西部油气运聚规律的成果和认识, 以东部的珠江口盆地与西部的莺—琼盆地为例, 分析对比了东、西部油气运聚模式的差异性。东部表现为: 油气垂向运移与侧向运移相互配合, 动力为水动力及浮力, 后期断层的活动性对油气运聚成藏起关键作用; 西部表现为: 底辟带作为油气垂向运移的主要通道, 不整合面以及砂岩疏导层作为油气侧向运移通道, 主要驱动力为高压活动流体; 流体底辟和后期断层的活动性分别对天然气的聚集和保存起关键作用。通过油气运聚差异性的对比分析, 结合南海北部陆缘的沉积特征以及构造运动背景分析, 结论认为: 这种差异性实质就是运聚过程中环境的差异, 即东部为常压环境, 西部为超压环境, 形成原因是北部陆缘东部珠江口盆地受东沙运动影响, 发育的一系列张扭性 NW 向断裂对超压层系起卸压作用, 西部受东沙运动影响弱而容易形成超压环境。

关键词 南海北部陆缘 油气运聚 特征 成藏规律 珠江口盆地 莺琼盆地 超压环境 差异

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.11.003

南海在构造位置上处于太平洋板块、欧亚板块和印度—澳大利亚板块三者交汇点上, 同时又受特提斯构造域与太平洋构造域的影响, 构造异常复杂^[1], 其海域占我国总海域面积近 3/4, 北部陆缘分布着北部湾、莺歌海、琼东南、珠江口、西沙海槽、中建南以及双峰等含油气盆地(图 1), 但总体上油气勘探程度较低, 目前发现的油气田主要位于浅水陆架区, 就整个北部陆缘而言, 勘探潜力非常大。受区域大构造背景的影响, 南海北部陆缘东部和西部的构造特征存在很大的差异, 东部以伸展构造为主, 属张裂性质, 西部以走滑拉分构造为主, 属张剪性质。这种构造上的差异决定了东西部盆地发育特征差别: 东部盆地发育相对较简单, 呈 NE 向展布, 形成隆凹相间样式; 西部则较复杂, 莺歌海盆地呈 NW 向展布, 中建南盆地呈近 SN 向, 琼东南盆地则东西部的特征兼而有之, 东边表现为拉张, 西边表现为剪切^[2-4]。由于东西部构造特征的差异性, 珠江口盆地和莺琼盆地的油气运聚模式亦存在较大差别。笔者试图总结前人在南海北部陆缘东部和西部油气运聚规律方面的成果, 通过对比分析两者油气运聚模式

的差异性, 探讨其形成原因, 总结规律, 为未来陆坡深水区的油气勘探部署提供参考依据。

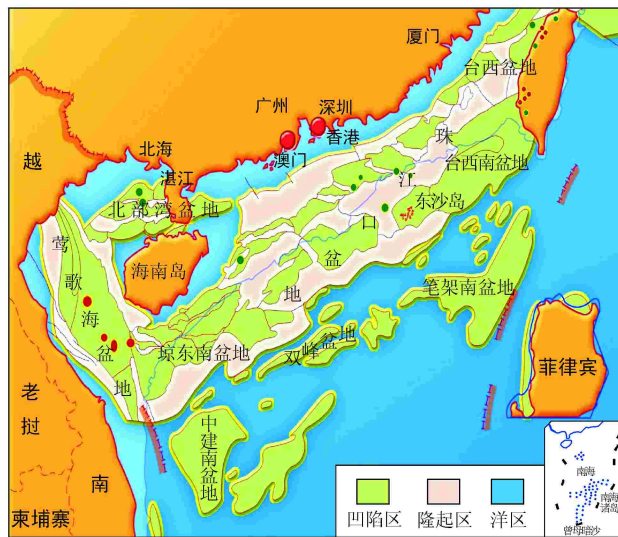


图 1 南海北部陆缘主要盆地分布示意图^[5]

1 南海北部陆缘油气运聚特征

一般来说, 大油气田形成需要具备一个较完善

^{*} 本文受到国家重点基础研究发展计划(973 计划)课题“南海深水区盆地形成机理与演化过程研究”(编号: 2009CB219401)的资助。

作者简介 蔡周荣, 1979 年生, 博士; 从事构造地质和海洋石油地质研究工作。地址: (510006) 广东省广州市中山大学海洋学院。电话: (020) 85290025。E-mail: czhrs@ qq.com

的含油气系统,包括发育优质的烃源岩,良好的生储盖组合,有利于油气运移聚集的区域不整合及大型断层等。这些条件中,油气的运聚条件无疑在油气田的形成过程中具有重要作用,是连结油气生成与成藏的纽带,南海北部陆缘东西部构造特征的差异导致了东西部油气运聚特征的差异性^[6]。下面以东部的珠江口盆地与西部的莺—琼盆地为例,通过总结前人的研究成果和认识,分析对比两者油气运聚的特征及其差异性。

1.1 东部油气运聚特征

珠江口盆地是在张裂构造背景下形成的,具有下断上拗的双层结构特征^[7]。下构造层自下而上为古新统神狐组凝灰岩、始新统文昌组湖相泥岩夹砂岩和恩平组湖泊—沼泽相泥岩与砂岩互层,为典型的裂陷沉积特征;上构造层由统一的海相沉积组成,底部为大规模的三角洲相和滨岸相沉积,上覆为海

相砂页岩,局部基底高地上发育了生物礁滩,为典型的坳陷沉积特征^[5]。

珠江口盆地这种结构特征形成了油气下生上储的成藏模式。综合已有的油气勘探成果,其油气的运聚特征主要表现在以下几个方面^[8-10]:

1.1.1 油气垂向运移与侧向运移相互配合

珠江口盆地新生代裂陷期和坳陷期经历了几次大的构造运动,形成了一系列 NE、EW、NW 向的断裂,这些断裂以伸展构造样式为主,间歇性的活动为油气向上的垂向运移提供了良好的通道,这种运移方式主要位于下构造层。上构造层下部断裂的活动性减弱,油气垂向运移能力下降,此时油气运移主要通过疏导层及构造脊进行侧向运移。如上下构造层过渡带的恩平组及珠海组砂岩发育,为良好的疏导层,油气容易通过它作侧向运移,构造运动形成的不整合面(古构造脊)也是重要的通道(图 2)。

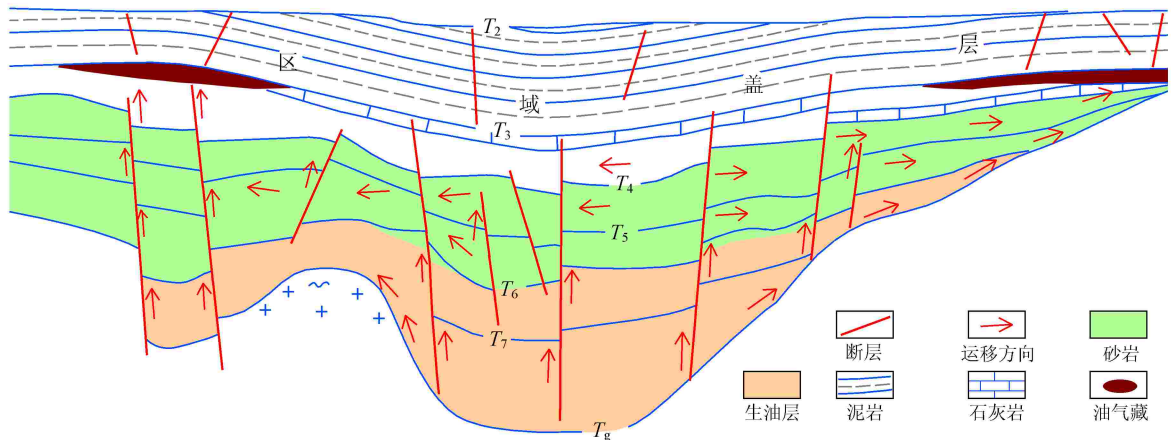


图 2 南海北部陆缘东部珠江口盆地油气运聚模式图

1.1.2 油气运移的动力为水动力及浮力

龚再升等^[10]认为油气运移的动力有很多种,在不同的环境下可以有流体动力、水动力以及气体动力等,珠江口盆地东部新近系覆盖全区,砂岩分布连续且稳定,形成全区统一的水动力系统,在钻遇新近系的探井中,均未见到异常压力,故推测浮力在油气运移中起主要作用。

1.1.3 后期断层的活动性对油气运聚成藏起关键作用

早期形成的断层对油气的运移起重要作用,但后期如果断层仍活动则对油气的成藏很不利。珠江口盆地的 NE 向断层,形成时间较早,因其具压扭性质,对油气有一定封闭作用;另一组为 NW 向断层,系张扭性断层,其既可作油气运移通道,也可使油气散失,尤其是盖层形成之后的断层对油气藏的破坏

作用更明显^[8-11],珠江口盆地东部的钻探成功率低可能与此有关。

1.2 西部油气运聚特征

南海北部陆缘西部的莺歌海盆地剪切拉分型盆地,而琼东南盆地则位于拉张和剪切作用的过渡带上,东边拉张作用明显,西边受剪切作用控制,两大盆地同属新生代发育起来断陷型盆地,与珠江口盆地一样具有断—坳二元结构^[12]。莺—琼盆地发育高温超压体,伴随发育规模巨大的活动热流体底辟构造带,油气运移与流体底辟密切相关,具有特殊的运聚模式,表现在以下方面^[8-10]:

1)底辟带作为油气垂向运移的主要通道,不整合面以及砂岩疏导层作为油气侧向运移通道。底辟构造是南海北部陆缘西部独特的构造样式(近来在珠江口盆地深水区也发现有底辟构造),虽然裂陷期

断层也是油气垂向运移通道,但拗陷期后断层的活动性减弱影响了油气的运移,而发育的底辟带成为油气垂向运移的主要通道。底辟分为流体底辟和泥底辟 2 种,是在高压环境下流体或泥质体沿裂隙或断裂带灌入形成,天然气可以随着活动流体进行垂向运移。在油气的侧向运移中,古近系陵水组上部

海陆过渡相沉积的砂岩,孔隙度较大,新近系梅山组上部、黄流组下部盆地边缘的三角洲相砂岩发育,这都是为油气运移侧向运移提供了条件,另外晚渐新世南海运动形成的区域不整合面也是重要的侧向运移通道,为油气沿斜坡带向上运移提供了有利条件(图 3)。

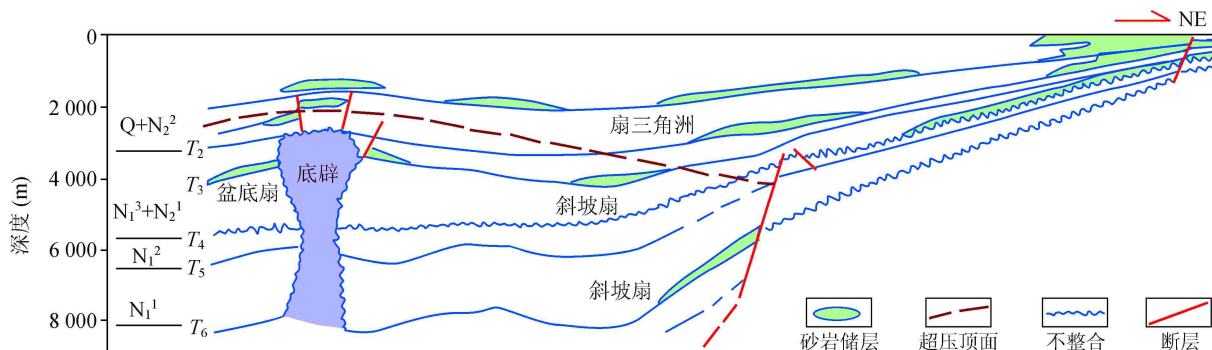


图 3 南海北部陆缘西部莺歌海盆地油气运聚模式图

注:据龚再升等^[10]

2) 油气运移的主要驱动力为高压活动流体。西部的莺琼盆地底辟带作为油气垂向运移的主要通道,底辟构造形成中的活动流体则成为油气垂向运移的主要动力和载体。但流体底辟带发现的主要气藏多在超压面之上的常压带中,如东方 1-1、崖 13-1 等气藏,为典型的随压力的释放运聚,压力箱外成藏的特征,渗透性砂层的发育为短距离的侧向运移提供了条件,从而可以完成从高压运移到常压成藏的过渡。

3) 流体底辟和后期断层的活动性分别对天然气的聚集和保存起关键作用。南海北部陆缘西部深层普遍存在高压体系,当高压体系储集的能量达到一定程度时,高压流体向外突破形成流体底辟(也有学者认为是泥底辟),流体底辟的形成过程是泄压的过程,也是天然气向有利的常压位置聚集成藏的过程。流体底辟的形成还伴随着顶部小断层的发育,这是天然气从流体底辟过渡到常压区成藏的重要通道,但天然气的聚集成藏之后的断层活动性会对油气的保存产生影响。以莺歌海盆地为例,莺中含油气系统的流体有 3 期底辟活动,配合上部泥岩盖层遮挡,形成了聚天然气的组合空间。在气藏的聚集后的保存过程中,断层的活动性控制着油气的聚集和散失两种作用,当天然气的补充量大于散失量时,则天然气在圈闭中富集,反之圈闭内的天然气开始减少,直至枯竭,莺—琼盆地早期断层活动性较强,晚期较弱并容易形成封堵,由于气藏形成较晚,气源较充足,供

气量大于散失量,仍保存了大量天然气,如东方 1-1 大气田等,推测原因是莺—琼盆地古近纪—新近纪晚期断层活动性较弱,对油气的保存起了关键作用^[13]。

2 东、西部油气运聚差异原因探讨

从以上南海北部陆缘东部与西部的油气运聚特征分析可以看出,东部与西部存在着很大的差异:①东部以断层作为油气垂向运移通道,西部则以底辟带作为油气垂向运移的主要通道;②东部油气运移的动力为水动力及浮力,西部则为活动流体作为主要的动力;③东部断层成为油气聚集、散失的主要因素,西部则是流体底辟活动决定天然气的聚集,断层活动性影响油气的保存与散失。东、西部油气运聚的这种差异,归根结底是油气运聚过程中环境的差异,即东部在油气的运聚过程中为常压环境,西部则为高压、超高压环境。

超压的形成与很多因素有关,如盆地的沉积速率、盖层的封闭性及后期断层的活动性等^[12,14-15]。前人的研究表明^[9],莺—琼盆地有 3 个自快而慢的沉降旋回:第一个沉降旋回自始新世至晚渐新世早期,第二个沉降旋回包括了渐新世晚期和早—中中新世,是裂陷阶段晚期至裂后阶段早期,第三个沉降旋回发育于晚中新世至今。对比超压形成的地层及埋藏深度可知,第三沉降旋回的莺歌海组正是超压的顶面,也就是说超压层位于第二沉降旋回中,这是莺—琼盆地的沉降高峰期,其形成原因可能是蒙脱

石转化为伊利石过程中脱水膨胀致使地层产生附加孔隙压力,加之覆盖层迅速增厚,静载增加,流体驱替受阻,导致了超压层的形成。所以,莺—琼盆地超压体系的形成是沉积、沉降、地温 3 要素在时空上的紧密配合。另外,上构造层中的海相泥页岩形成了很好的封闭性,为高压、超高压体系的形成提供了有利的条件,北部陆缘西部后期的构造活动较弱也是一个很重要的原因。

那么,为什么在南海北缘东部的珠江口盆地没有形成超压环境呢?对比莺—琼盆地超压层系以及对应时期的构造运动可知,中中新世莺—琼盆地第三沉降旋回开始时(超压顶面形成时),南海北部陆缘东部由于菲律宾海板块发生逆时针旋转与欧亚大陆碰撞而引发了一次局部的构造运动——东沙运动^[5,8-10,16]。这次构造运动产生了一系列张扭性的 NW 向断裂带,这些断裂带起到了很好的卸压作用。而南海北部陆缘的西部由于受东沙运动影响较小,没有形成对莺—琼盆地超压环境的破坏作用。所以,东沙运动是南海北部陆缘东部和西部压力环境差异的根本原因,也间接影响到了油气运聚特征的东西部差异。

3 结论与认识

1)南海北部陆缘东部油气的运聚特征主要表现为:断层作为油气垂向运移通道,砂岩疏导层及构造脊作为油气侧向运移通道;油气运移的动力为水动力及浮力;油气在运聚过程中断层对油气聚集、再分配、散失起重要作用。

2)南海北部陆缘西部油气的运聚特征主要表现为:底辟带作为油气垂向运移的主要通道,不整合面以及砂岩疏导层作为油气侧向运移通道;油气运移过程为高压环境,成藏则为常压环境;天然气的聚集取决于流体底辟活动,而断层的活动性则决定着气藏的保存与散失。

3)分析对比南海北部陆缘东、西部油气运聚的差异认为,根本原因是油气运聚过程中环境的差异,即东部为常压环境,西部则为高压、超高压环境,而形成这种差异的原因是东沙运动产生的一系列张扭性 NW 向断裂带对珠江口盆地的卸压作用,西部则由于受东沙运动影响较小而形成超压环境。

参 考 文 献

- [1] 李思田,林畅松,张启明,等.南海北部大陆边缘盆地幕式裂隙的动力过程及 10 Ma 以来的构造事件[J].科学通报,1998,43(8):797-810.
- [2] 陈国达.东亚陆缘扩张带——一条离散式大陆边缘成因的探讨[J].大地构造与成矿学,1997,21(4):285-293.
- [3] 何家雄,夏斌,孙东山,等.南海北部琼东南盆地油气成藏组合及运聚规律与勘探方向分析[J].石油勘探与开发,2006,33(1):53-58.
- [4] 谢锦龙,黄冲,向峰云.南海西部海域新生代构造古地理演化及其对油气勘探的意义[J].地质科学,2008,43(1):133-153.
- [5] 朱伟林,张功成,高乐.南海北部大陆边缘盆地油气地质特征与勘探方向[J].石油学报,2008,29(1):1-9.
- [6] 邱燕,温宁.南海北部边缘东部海域中生界及油气勘探意义[J].地质通报,2004,23(2):143-147.
- [7] 王存武,陈红汉,陈长民,等.珠江口盆地深水扇识别和油气成藏的关键要素[J].西南石油大学学报,2007,29(3):12-16.
- [8] 刘昭蜀.南海地质构造与油气资源[J].第四纪研究,2000,20(1):69-77.
- [9] 龚再升,李思田.南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M].北京:科学出版社,1997.
- [10] 龚再升,李思田,杨甲明,等.南海北部大陆边缘盆地油气成藏动力学研究[M].北京:科学出版社,2004.
- [11] 江德昕,杨秋惠.珠江口盆地早第三纪油源岩形成环境[J].沉积学报,2000,18(3):469-474.
- [12] 殷秀兰,李思田,杨计海,等.莺歌海盆地 DF1-1 底辟断裂系统及其对天然气成藏的控制[J].中国地质大学学报,2002,27(4):391-396.
- [13] 李绪宣,刘宝明,赵俊青.琼东南盆地古近纪层序结构、充填样式及生烃潜力[J].中国海上油气,2007,19(4):217-223,239.
- [14] 王敏芳.琼东南盆地超压特征及超压体与油气分布的关系[J].海洋石油,2003,23(1):15-22.
- [15] 徐辉龙,丘学林,孙金龙.莺歌海盆地新构造运动与超压体系喷溢油气成藏作用[J].海洋地质与第四纪地质,2006,26(3):93-100.
- [16] 蔡周荣,夏斌,王冉.关于底侵作用和拆沉作用在南海中的指示意义[J].海洋通报,2007,26(6):48-52.

(修改回稿日期 2009-09-23 编辑 罗冬梅)