

# 南沙海域断裂系统对含油气盆地的控制

## Fault - system control to hydrocarbon - bearing basins in Nansha sea area of the South China Sea

魏 喜<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 中国石油辽河油田南海油气勘探分公司, 辽宁 盘锦 124010)

中图分类号:P542.2 文献标识码:A 文章编号:1000-3096(2005)06-0066-03

南沙海域断裂构造十分发育, 其中长度超过 20 km 的断裂达 150 条<sup>[1]</sup>。在断裂系统划分时, 由于不同学者着眼点和侧重点不同, 对断裂系统的划分有一定的差别。龚铭等根据断裂的展布规律和形态划分出四大断裂系统: NE 向断裂系统, NW 向断裂系统, SN 向断裂系统和南缘弧形断裂系统<sup>[1]</sup>。宋海斌等利用重磁场和地震资料对南海断裂进行了识别, 并根据断裂展布方向划分出北西向断裂组、北东向断裂组、南北向断裂组和东西向断裂组<sup>[2]</sup>。吴世敏等根据反射地震和重磁场特征, 结合大陆区域分析, 对南沙地块的一级构造边界进行了分析, 强调南沙地块北部边界为南海西南次海的扩张脊, 南部边界是一条由西往东逐渐封闭的俯冲碰撞带, 自西向东依次为卢帕尔断裂、克罗克碰撞造山带和巴拉望北侧断裂<sup>[3]</sup>。金庆焕等根据断裂性质将南沙海域断裂划分为正断裂系统、逆冲断裂系统和走滑断裂系统<sup>[4]</sup>。姚永坚等从构造运动角度阐述了不同时期断裂构造的性质, 认为中生代末期以来南沙海域主要经历四次构造运动, 其中礼乐运动造成盆地初始裂离和断陷, 西卫运动使盆地断陷、断拗加剧, 南海运动使盆地由断拗逐渐转化为拗陷, 南沙运动主要表现为挤压性质<sup>[5]</sup>。刘海龄根据 Woodcock<sup>[6]</sup>等提出的双重走滑系统理论模式对南沙海域西界断裂系统进行了专项研究, 提出了西南次海西南端走滑-伸展叠瓦扇构造系统、曾母盆地西南部走滑-挤压叠瓦扇构造系统和万安盆地走滑-拉分构造系统<sup>[7]</sup>。詹文欢等根据岩石圈动力学环境对南海西南海域新构造运动进行了划分, 其中, 拉张型在本区西南部最为明显, 挤压型主要发生在南沙的南-东南缘, 平移剪切型和旋转型主要是 NW 向的廷贾、巴拉巴克断裂和 SN 向的乌鲁根断裂, 表现为断裂两侧地块的平移和旋转<sup>[8]</sup>。另外, 刘昭蜀<sup>[9,10]</sup>、刘海龄<sup>[11]</sup>和刘以宣等<sup>[12]</sup>分别从断裂

性质和特征角度对南海盆地边缘和内部断裂系统进行了研究。综合分析各家对南海西南海域断裂系统的划分, 有些观点划分原则侧重点不同, 存在一定差别, 有些划分原则相同, 只是描述词语不同。笔者认为, 南海西南海域断裂系统的划分应侧重以下几个方面: (1) 大地构造位置、动力来源和区域构造应力状态是根本, 在研究断裂和盆地生成和演化时必须首先加以考虑; (2) 从断层性质方面研究断裂系统, 有正断裂(离散伸展)、逆冲断裂(汇聚挤压)、走滑断裂以及不同性质断裂的组合; (3) 从断裂展布方位上研究断裂系统, 有 NE, NW, SN 和 EW 等不同走向。这些是断裂系统对含油盆地控制的主要方面, 体现在盆地类型、盆内次级构造单元特征和构造样式等方面。

### 1 断裂系统对盆地类型的控制

不同性质的断裂系统控制着不同类型的含油盆地。南海盆地位于欧亚板块的东南边缘, 其形成的驱动力来源于印度-欧亚板块相互碰撞, 澳大利亚板块向北俯冲, 太平洋板块向北西俯冲, 以及由此引起的壳幔相互作用的深部过程<sup>[13]</sup>。由于南海地区软流圈上拱, 导致地壳的拉张减薄作用, 形成与扩张脊平行的伸展断裂系统。南沙海域这套断裂系统呈 NE 向展布。其中一级断裂为西南次海扩张脊, 控制着南海西

收稿日期: 2005-02-05; 修回日期: 2005-04-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40234048); 科技部资助项目(2001cb711002)

作者简介: 魏喜(1964-), 男, 吉林伊通人, 高级工程师, 博士生, 从事海洋石油地质研究, 电话: 010-82320802, 0427-7298936, E-mail: weixi6367@163.com

南海域含油气盆地的形成、演化和展布;次一级断裂广泛分布于南沙地块,并控制着南沙地块内部和边缘的断陷盆地,主要有北康、南薇西、礼乐、北巴拉望等盆地和南沙地块中部的几个小型断陷盆地。

板块构造学说的基本要点之一是板块在离散边界处的扩张增生得到汇聚边界处俯冲消减的完全补偿,地球体积总体不变<sup>[14]</sup>。南海盆地的生成和发展,伴随着洋壳的增生和南沙地块的南移,这势必导致古南海的逐渐减小,古南海洋壳向巽他陆块之下俯冲,直至消亡。这一过程中,在南沙地块和加里曼丹地块之间产生挤压应力场,形成俯冲带和逆冲断裂系统。这套断裂系统的展布方向和形态与古南海的洋-陆边界条件有关。其中一级断裂有卢帕尔断裂、穆卢断裂、南沙海槽东缘断裂和巴拉望北缘断裂等;次一级断裂基本平行于一级断裂展布。南沙海域这套断裂系统分布和形态较复杂,南部呈弧形,北部呈北东向展布,控制着与汇聚板块相关的含油气盆地。由于汇聚的阶段、程度和部位不同,盆地类型有一定差别<sup>[1,15]</sup>。如南沙海槽为残留洋盆地(汇聚初期);西北巴拉望、文莱-沙巴为弧前盆地(汇聚中期);曾母盆地为前陆盆地(汇聚晚期)。

南海盆地形成是地壳伸展减薄、海底扩张的结果,这一过程导致局部地块差异运动。走滑断裂系统在南海形成过程中起到重要的调节作用。南沙海区走滑断裂系统有SN和NW向两组,前者一级断裂有南海西缘、中南-礼乐和乌鲁根等断裂,次级断裂如万安西和南薇西断裂等与之平行;后者一级断裂为(李准-)廷贾断裂,次一级断裂有沙巴-文莱、巴拉巴克和礼乐断裂等。这些断裂除对陆块的差异运动和旋转起到调节作用外,其中的部分断裂还对含油气盆地的形成起到控制作用。南海西缘断裂实际上应当属于古特提斯洋转换断层的一部分<sup>[16]</sup>,具有长期的活动性。中生代末-新生代初,印度板块向北运动并与欧亚板块碰撞,导致印支地块向SE逃逸<sup>[17]</sup>,此时南海西缘断裂表现为左旋走滑;渐新世末-中新世,南海扩张使该断裂转变为右旋拉张性质,万安盆地就是在这一应力性质转变过程中产生的。廷贾断裂是古南海关闭到一定程度时产生的一条走滑(转换)断层,它不仅在古南海的关闭、新南海的打开和婆罗州地块的旋转过程中起到重要的调节作用,对曾母和北康盆地的形成也起到明显的控制或改造作用<sup>[1,18]</sup>。

从南海的初始打开,到目前的稳定沉降,南沙海域经历了一系列的构造运动,如礼乐运动、西卫运动、南海运动和南沙运动等<sup>[5]</sup>。由于不同时期断裂活动性质和强度的转化,可能引起盆地类型的转换。如曾母盆地的初始类型是残余洋盆地;随着南沙地块和巽他地块汇聚程度增强,盆地类型转变为弧前盆地、前陆

盆地或周缘前陆盆地;后来受廷贾走滑断裂活动的影响,盆地又具有剪切拉张性质<sup>[1]</sup>。北康和南薇西盆地在某种程度上也受到南海西缘和廷贾走滑断裂活动的影响,具有走滑盆地的某些特点。

## 2 断裂系统的成生关系及其对盆地次一级构造单元的控制

断裂系统除对盆地类型起控制作用外,对盆地内部次一级构造单元展布也有重要的影响。根据扭动构造体系图解<sup>[18]</sup>,在一定方向的应力作用下,必将产生平行于应力的张裂、垂直于应力方向的褶皱和一组共轭的一级扭动,一级扭动又派生出二级扭动和牵引褶皱,依此类推。例如南海西缘断裂为南北向右旋走滑断裂(一级),盆内一系列北北东向张剪性断裂构成二级构造单元边界,两者呈一锐角相交,二级构造单元呈北北东向雁列式三隆四拗构造格局<sup>[19,20]</sup>。这说明南海西缘断裂(一级断裂系统)控制着万安盆地内的次一级构造单元。

海盆的形成是岩石圈减薄和上地壳伸展作用的结果。在印度板块向北俯冲派生的NNE向应力作用下,形成西南次海洋中脊裂谷,派生出多级与一级裂谷平行的张性断裂,这在岩石圈减薄和上地壳伸展模式<sup>[21-23]</sup>中得到充分体现。北康盆地是南沙地块(克拉通)内部-边缘的断陷盆地,盆内二级构造单元及其主要边界断层呈北东向展布,与南海西南次海扩张脊(一级断裂系统)基本一致。这一特点与大陆伸展和海盆形成模式符合。礼乐盆地、九章盆地、安渡北盆地、南薇东盆地也具有类似的分布特点。说明南海西南次海的伸展扩张明显控制南沙地块内断陷盆地的形成和展布。

从构造应力场角度分析,南沙海域SN, NE, NW三组断裂系统之间具有一定的成生联系<sup>[18]</sup>。詹文欢的研究结果<sup>[24]</sup>表明,南海及周缘所受的外力主要来自NNE向,其次为NNW向,而在南海南部最大主应力方向为近SN向。根据应变椭球体分析,大型SN向走滑断裂是印澳板块向北推挤时产生的转换断层,属于一级断裂。而在SN向挤压中产生的NW向和NE向断裂是一组共轭剪切断裂,它们是二级断裂。由于二级断裂在不同地区发育强度不同,如西部NW向断裂发育,NE向断裂不发育;东部NE向断裂发育,NW向断裂不发育,因而,表现为偏共轭的特点。实际上,南海南部边缘的近东西向的俯冲缝合带也是在相同的应力场作用下形成的。

## 3 断裂系统对盆地构造样式的控制

不同应力机制形成不同的断裂构造体系,控制着不同的构造样式。与逆冲断裂(汇聚挤压)相关的构

造样式有压缩构造、褶皱构造、反转构造、逆冲推覆构造、底辟构造。如曾母盆地是被走滑断裂复杂化的周缘前陆盆地，基底变形强烈，有蛇绿岩套或增生混杂岩堆积，盆地南部以挤压引起的褶皱构造为主，中北部则发育大量的由走滑拉张引起的断背斜、断块构造。与走滑断裂有关的构造样式有走滑构造、花状构造、掀斜构造、压扭性断块。如万安盆地是走滑拉张型盆地，与万安盆地东部南海西缘走滑断裂相关的构造样式有挤压背斜构造和骨牌式构造。与正断裂(离散伸展)有关的构造样式有伸展构造、堑-垒组合、断块、断背斜等构造样式。如北康盆地是陆内断陷盆地，具有稳定的结晶基底，以张扭断块组合型构造样式最为典型，如断块和断背斜等堑-垒组合样式。南薇西盆地在盆地形成机制、演化史和构造特征方面与北康盆地具有相似性，构造样式以伸展走滑性质为主，如压扭性断块、断背斜以及刺穿构造，但南薇西盆地受走滑断裂活动和岩浆活动较大，与刺穿伴生的组和样式较多<sup>[25]</sup>。

#### 4 结论

南沙海域断裂系统形成受控于欧亚、印度、澳大利亚、菲律宾和太平洋板块相互作用，形成于SN、NE和NW向的构造应力场。按照断裂性质和展布方位可分为：(1)以南海盆地西南次海中扩张中心为一级断裂的NE向张性断裂系统；(2)以卢帕尔断裂、穆卢断裂、南沙海槽东缘断裂和巴拉望北缘断裂等为一级断裂的NW-WE-NE向弧形挤压断裂系统；(3)以南海西缘、中南-礼乐和乌鲁根等为一级断裂的近SN向走滑断裂系统；(4)以廷贾断裂为一级断裂的NW向走滑断裂系统。由于这些断裂系统的活动，在南沙地块内相应地形成了NE向展布为主的陆内断陷盆地，以NW和NE向展布为主的残余洋、弧前和前陆等汇聚板块边界型盆地，和以近SN向展布的走滑拉张盆地。同时，不同断裂系统对相应的含油气盆地的演化、盆内次级构造单元的展布和构造样式起着明显的控制作用。

#### 参考文献：

[1] 龚 铭, 李唐根, 吴亚军, 等. 南沙海域构造特征与盆地演化[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2001. 1-88.  
 [2] 宋海斌, 郝天珧, 江为为. 南海地球物理场特征与基底断裂体系研究[J]. 地球物理学进展, 2002, 17(1): 24-33.  
 [3] 吴世敏, 周蒂, 刘海龄. 南沙地块构造格局及其演化特征[J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(1): 23-28.  
 [4] 金庆焕, 李唐根. 南沙海域区域地质构造[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(1): 1-8.  
 [5] 姚永坚, 姜玉坤, 曾祥辉, 等. 南沙海域新生代构造运动特征[J]. 中国海上油气(地质), 2002, 16(2): 113-124.  
 [6] Woodcock NH, Fischer M. Strike-slip duplexes[J]. J S-

truct Goel, 1986, 8(7): 725-735.  
 [7] 刘海龄. 南沙西部海域伸缩型右旋走滑双重构造系统及其动力学过程[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(3): 11-17.  
 [8] 詹文欢, 钟建强, 刘以宣. 南沙西南地区新构造运动及其动力学机制[J]. 海洋通报, 1995, 14(6): 53-60.  
 [9] 刘昭蜀. 南海地质构造与油气资源[J]. 第四纪地质, 2000, 20(1): 69-77.  
 [10] 刘昭蜀. 南海地质[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 1-502.  
 [11] 刘海龄, 郭令智, 孙岩. 南沙地块断裂构造系统与岩石圈动力学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 1-123.  
 [12] 刘以宣, 钟建强, 詹文欢. 南海及邻区新构造运动基本特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14(4): 1-14.  
 [13] 马昌前. 大陆岩石圈与软流圈之间的耦合关系[J]. 地质前缘, 1995, 2(1-2): 159-165.  
 [14] 马宗晋, 杜品仁, 洪汉净. 地球构造与动力学[M]. 广州: 广东科技出版社, 2003. 1-564.  
 [15] 金庆焕. 南海地质与油气资源[M]. 北京: 地质出版社, 1989. 1-417.  
 [16] Ben-Avraham Z. The evolution of marginal basins and adjacent shelves in east and southeast Asia[J]. Tectonophysics, 1978, 45: 267-288.  
 [17] Molnar P, Tapponnier P. Relation of the tectonics of eastern China to the India-Eurasia collision: application of slip-line field theory to large-scale continental tectonics[J]. Geology, 1977, 5: 212-216.  
 [18] 杨木壮, 吴进民. 南海南部新生代构造应力场特征与构造演化[J]. 热带海洋, 1996, 15(2): 45-51.  
 [19] 刘伯土, 陈长胜. 南沙海域万安盆地新生界含油气系统分析[J]. 石油实验地质, 2002, 24(2): 110-114.  
 [20] 姚伯初. 南沙群岛万安盆地构造演化史再探讨[J]. 热带海洋, 1997, 16(3): 15-22.  
 [21] Donald J, Daley E E. Neodymium isotopes in basalts of the southwest basin and range and lithospheric thinning during continental extension[J]. Chemical Geology, 2000, 169: 157-185.  
 [22] 刘海龄, 杨树康, 周蒂. 南沙北部伸展构造的基本特征及其动力学意义[J]. 高等地质学报, 1998, 4(1): 64-72.  
 [23] 姚伯初. 南海西南海盆的岩石圈张裂模式探讨[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(2): 37-48.  
 [24] 詹文欢, 钟建强, 丘学林. 南海及邻区现代构造应力场与形成演化[M]. 北京: 科学出版社, 1993.  
 [25] 白志琳, 王后金, 高红芳. 南沙海域主要沉积盆地局部构造特征和组合样式研究[J]. 石油物探, 2004, 43(1): 42-48.

(本文编辑: 刘珊珊)