

南海成因及其含油气盆地

梁德华 刘宗惠

(地质矿产部第二海洋地质调查大队)

南海的形成主要受新华夏系和南海系所控制,这两个构造体系的形成分别与南海的第一、第二次张裂有关。至今南海已发现33个沉积盆地,它们的成生和发展受构造体系所控制,可分为张性、张扭性、压性和压扭性四类,其中南海系的张性和张扭性盆地以及新华夏系的压性盆地的含油气远景最好。

在过去研究的基础上,本文重点讨论新华夏系和南海系的活动与南海早、晚两期张裂的关系,从而探讨南海成因及构造体系控制含油气盆地的生成。

一、南海构造体系类型

根据南海出现的构造形迹特点,我们曾将南海的构造体系划分为六个类型,即:纬向构造体系、经向构造体系、新华夏构造体系、南海系、NW向构造带和弧形构造体系等;分布在莺歌海至红河口一带的NW向构造形迹,过去曾划归歹字形构造,现已将其归入到NW向构造带中(图1)。各构造体系的特征,作者曾详细论述过^[1,2],不再赘

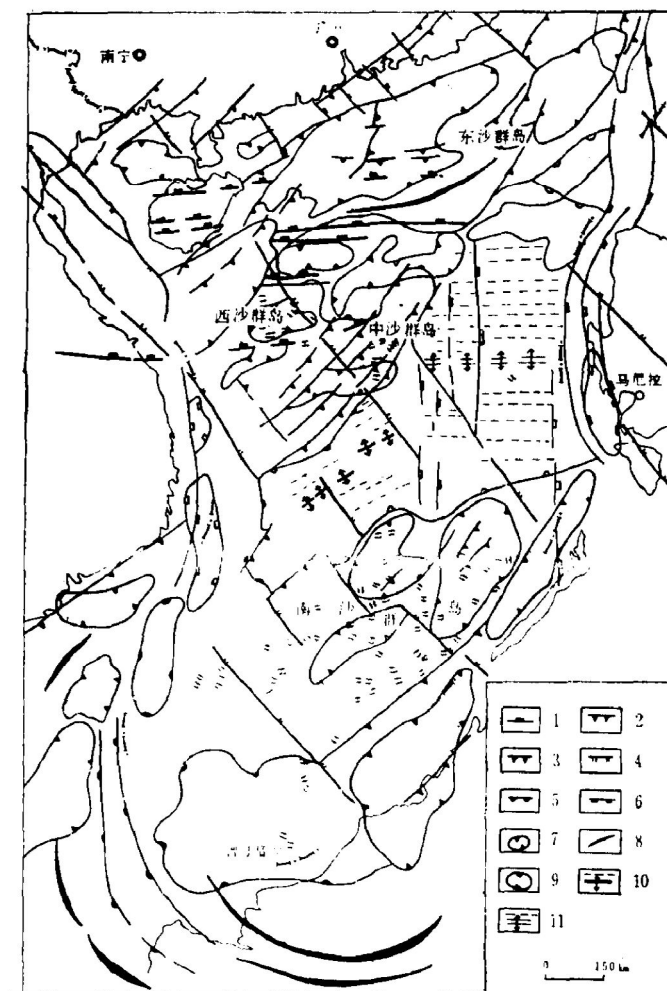


图1 南海构造体系图

1—纬向构造系, 2—新华夏构造系,
3—南海系, 4—北西向构造, 5—弧形构造, 6—经向构造, 7—盆地, 8—正隆起, 9—洋盆边界, 10—第一次扩张轴, 11—第二次扩张轴

述。本文只着重介绍新华夏系和南海系, 因为它们的活动对南海两次张裂和南海的形成是至关重要的。

二、新华夏系的活动和南海第一次张裂

新华夏系是以 NE 35—45° 走向的压扭性断裂为主体, 成生于华夏系构造的基础上。过去, 我们曾将南海海域的新华夏构造体系分成早期 (燕山期) 和晚近期 (喜山期) [1]。这种划分, 基本上反映了南海新华夏系活动的客观情况。由于早期新华夏系活动形迹难于保存, 辨别也很困难, 故本文所指的新华夏系大体上相当晚近期新华夏系, 但其活动期略提前, 即从早白垩世至晚渐新世。

在地貌形态上, 现今的南海呈一舟状。深海平原又明显分为西南深海平原和中央深海平原两部分, 后者比前者形成时间早。西南深海平原有两条醒目的 NE 向线状海山, 海山比高 329—788 m, 在中、西沙群岛西南也出现成排的 NE 向海山。这些地貌特征都是新华夏系构造作用的反映。

穿越西南深海平原 11 条磁测剖面的解释表明¹⁾, 这里的基底是由大片玄武岩组成, 磁场的特征类似大洋磁条带的磁场背景, 显示出正负交替波浪起伏的条带状异常。并沿着 13°N, 114°E—8°N, 109°E 邻近的一条走向 NE60° 的空间重力异常为负值的槽谷对称地展布。正异常长 50—100 km, 宽 10—15 km, 异常值 20—150 γ; 负异常长 50—100 km, 宽 10—20 km, 异常值 -50—-200 γ。异常变化梯度通常约为 15 γ/km。以 Larson 和 Hilde (1975) 的地质年表为基础, 通过理论模式计算和实测曲线拟合 (庄胜国, 1985) 表明: M8—M11 序列 (图 2) 的磁条模式与实测剖面拟合得最好。从而可以确定上述槽谷即为张裂残留中心, 其年代大体距今 126—120 × 10⁶a (早白垩世)。

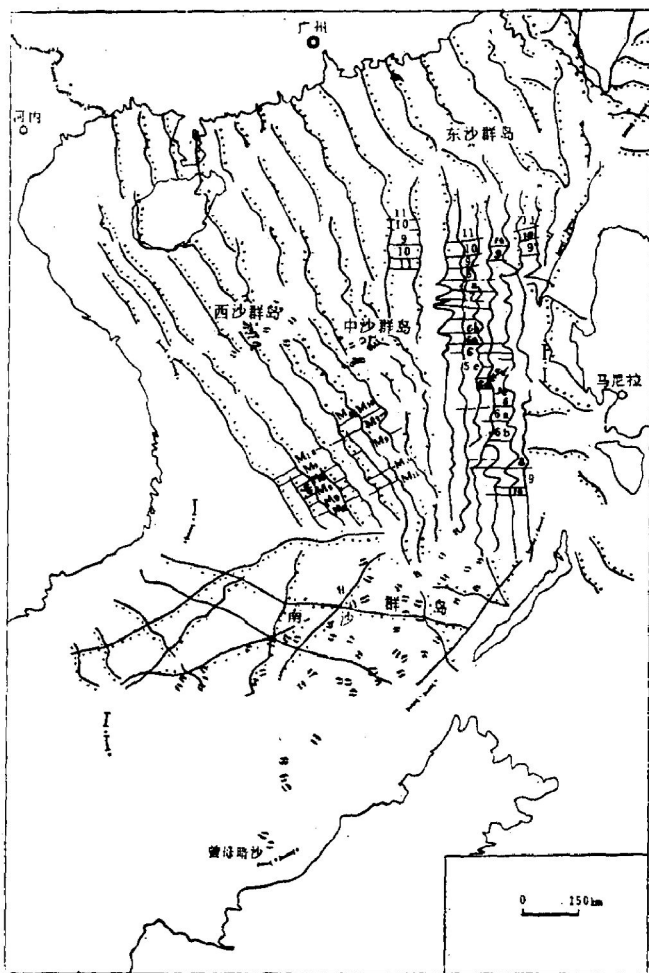


图2 南海磁异常和磁力线图

1) 地质矿产部第二海洋地质调查大队, 1985, 《南海地质地球物理图集》说明书。

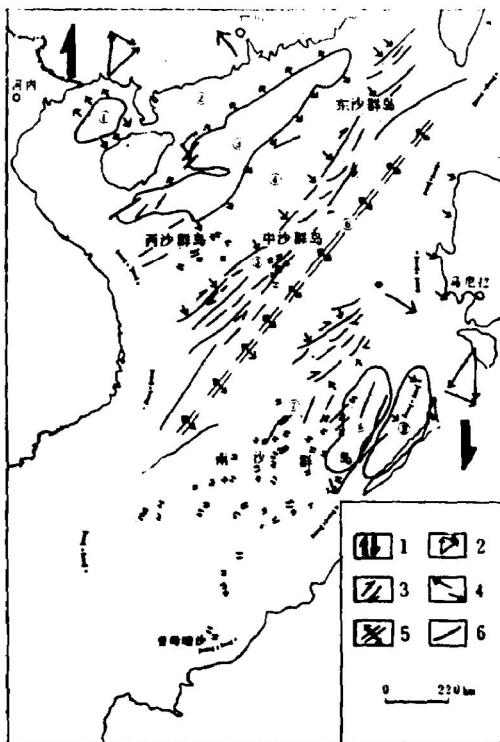


图3 南海早白垩—晚渐新世第一次扩张模式

- 1—右旋扭应力, 2—应力分解, 3—派生扭应力,
4—派生张应力, 5—扩张轴, 6—断裂;
①—北部湾凹陷带, ②—雷琼—万山隆起带, ③—珠江口凹陷带, ④—东沙—西沙隆起带, ⑤—中沙断裂带,
⑥—中沙海盆扩张带, ⑦—南沙断裂带, ⑧—礼乐凹陷带, ⑨—巴拉望凹陷带

M8—M11 磁序的确立, 揭示了南海新华夏系活动的重要性, 就是说, 由于新华夏系在早白垩世开始的强烈活动导致了古南海第一次张裂, 并形成了南海中央海盆扩张带; 同时在整个海域相应地产生了一系列的二级构造带, 如北部湾凹陷带、雷琼—万山隆起带、珠江口凹陷带、东沙—西沙隆起带、中沙断裂带、南沙断裂带、礼乐凹陷带和巴拉望凹陷带等(图3)。这些构造带的总特征是: ①展布方向均为 NE 向。②地壳结构十分复杂, 有大陆型地壳, 有速度结构接近大洋盆的大洋型地壳, 还有介于两者之间的过渡壳; 即使在同一构造单元中还存在着明显的差异性。③在相应的坳陷带内控制白垩系—始新统的分布。例如在珠江口凹陷带内的琼东南盆地、西沙西海槽盆地和珠江口盆地等次级盆地内的白垩系—始新统为 NE 向分布, 与渐新世以来 NEE 向的沉积显然不同。现今台湾西部和东沙东部以及南海西南深水平原的洋壳(层状玄武岩)就是这次张裂作用残留下来的; 在亚南巴斯群岛北, 沿 NE 向断裂广布的白垩系也属这次活动的产物。

④受后期体系活动的改造或破坏。如中央海盆扩张带大部已遭破坏, 只在西南部保留有残余扩张中心, 它可能向西南延伸到巽他陆架, 向东在 116°E 附近匿迹。显然, 新华夏系在早白垩世—早第三纪的强烈活动使南海陆壳张裂解体, 出现新洋壳, 奠定了古南海 NE 向的构造轮廓。

三、南海系的活动与南海第二次张裂

南海系是1980年我们提出的一个新的构造体系, 当时发现该体系主要出现在南海北部海域, 系呈 $\text{NE}60^{\circ}\text{—}70^{\circ}$ 走向的断裂带、隆起及坳陷。发生于渐新世末的南海运动, 其断裂几乎全部为张性或扭张性, 隆、坳格局系在引张作用下形成。当时虽也隐约感觉到中央海盆可能有其形迹存在, 但由于工作程度低, 不敢贸然肯定, 近年的地球物理测量, 特别是中美联合调查取得的宝贵资料进一步证实了原先的想法, 即南海系的构造形迹不只是局限在北部, 而且在广阔海盆中也有。由此我们更确信, 从晚渐新世至早中新世, 由于区域应力的改变和南海系的强烈活动, 引起了南海第二次扩张, 致使南海新洋壳形成, 并改变了白垩纪—始新世南海古洋壳的构造格局。

南海第二次张裂的证据何在? 通过南海中央深海平原 (116°E 以东) 的一系列近 SN 向磁测剖面解释表明, 其磁场面貌与大洋磁条带的磁场背景很相似, 为正负相间, 频繁

交替变化的线性条带状异常^[3,4]，总体走向 NEE，异常强度大，梯度大（达 $40\gamma/\text{km}$ ），规模也大。正异常通常长达 150—300 km，宽 10—30 km，异常值 100—300 γ 以上；负异常长 200—300 km，宽 15—30 km，异常值 -200—-400 γ 。通过理论模式计算与国际标准地磁年表对比表明：异常是以 15°N 附近为对称轴（残留扩张脊），可辨认出 5d—11 磁条带（见图 2），相应年代为 $32-17 \times 10^6 \text{a}$ （晚渐新一早中新世）。中央深海盆的磁条带是作为南海系的特殊构造形迹出现，它是由于南海系的活动，沿海盆的张裂带上升，由正反向磁化的层 2 大洋玄武岩大面积的溢出所形成的。显然，这种形迹无疑是南海第二次张裂的证据。

随着南海的第二次扩张，海区北部相应地产生了一系列 NEE 向的沉积盆地（图 4），这些盆地对油气的生成具有重要意义（下述）。

四、南海形成

地质力学观点认为，地壳运动的实质不能脱离力的作用，推动地壳运动的主要力量是地球自转及其速率的改变¹⁾。南海形成过程也是受全球性统一的构造应力所制约。

根据区域构造应力作用的分析，南海的形成经过了三个主要阶段。

1. 燕山早期（三叠纪—晚侏罗世）

当时南海还是亚洲大陆的一部分，它同中国东部地区一样，主要受到 NW—SE 向区域压应力的作用。从我国东部一系列 NE 向压性构造形迹的存在就说明这点，这种应力是由于地球自转，太平洋向北、亚洲大陆相对向南移动而派生出来的。由于后期构造体系活动的叠加或破坏，致使其形成的构造形迹很难辨认，保留得较好的仅有珠江口外中沙断裂带。

2. 燕山晚期（早白垩世—早渐新世）

由于地球自转速率变慢，地应力松弛，亚洲大陆相对太平洋向北运动，导致南海构造应力作用方向的改变，即以 NW—SE 向拉张应力代替了第一阶段 NW—SE 向的压应力^[5]。有资料表明，南海中部原来可能就是前寒武纪地台或稳定地块，它有利于热能的贮存。在区域 NW—SE 向拉张力的作用下沿 NE 方向开始张裂，为地幔物质上涌提供了

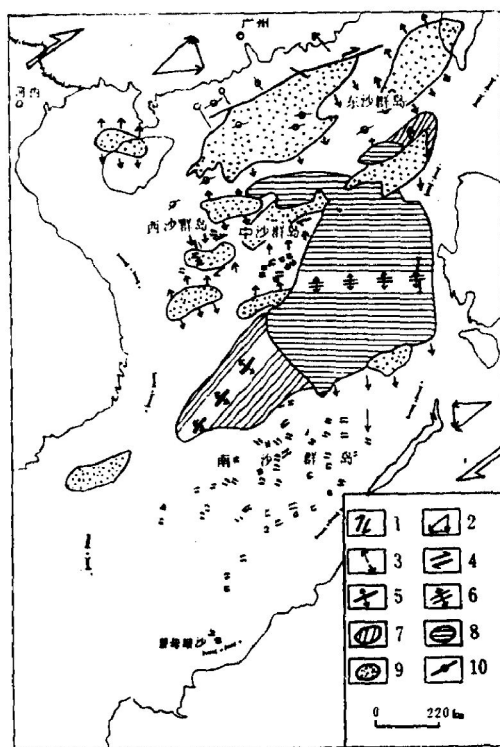


图 4 南海晚渐新一早中新世第二次扩张的应力作用模式

1—右旋扭应力，2—应力分解，3—派生张应力，4—派生扭应力，5—第一次扩张轴，6—第二次扩张轴，7—残留古洋壳，8—新洋壳，9—沉积盆地，10—断裂

1) 李四光，1970，天文、地质、古生物，

通道。深部地幔基性、超基性熔质在其上涌过程中不断对陆壳进行改造(热的作用和物质的加入),被改造的陆块密度加大而逐渐下沉,代之以大量上升的基性岩浆占据上部原陆壳的空间,形成新的洋壳。这就是上述新华夏系的活动引起南海第一次拉张的事件。新形成的洋壳以 $NE\ 60^\circ$ 左右为轴,不断向两侧扩张,西北侧的速率平均为 2.6 cm/a ,东南侧为 2.1 cm/a 。图3表示第一次拉张应力作用模式。

3. 喜山期(晚渐新世—早中新世)

渐新世末,南海的构造应力发生了大的变化,以 $NE-SW$ 向右旋扭应力代替了第二阶段 SN 向的右旋扭应力,并由此派生出近 SN 向的拉张应力,于是南海产生了第二次拉张(见图4)。拉张轴为 NEE 向,通过拟合计算表明,扩张速率非恒定,以 $6-6c$ 序列为例,在中轴以南为 $3.5-4.5\text{ cm/a}$,以北只有 2.5 cm/a ,南部远高于北部。

这里需要解释一下,为什么南海构造应力会产生这种变化?大家知道,由于地球的自

转,地壳的区域性运动的方向是一致的,即高纬度的物质总是向低纬度方向推移,东部地壳总是向西推动¹⁾。南海经过上述第二阶段的变动和构造应力释放与调整后,在区域性运动的综合作用下,已洋化的南海必然受到 NE 向的推动力(即向南、向西推力的合力);同时东南亚大陆也不断地向印度洋方面推移。由于西面昆崙古老地块的阻力大于马来西亚岛弧一带的阻力,使整个南海形成一对右旋扭力,并由此派生出 NEE 向拉张应力,从而产生了南海第二次张裂。随着这次的张裂作用,大量基性熔岩(层2大洋玄武岩)溢出,把 $116^\circ E$ 以东第一次拉张形成的洋壳全部改造、“吞没”,南海的构造格局大为改观,特别是北部陆架陆坡区产生了一系列 NEE 向的含油沉积盆地。这样,南海的今貌基本形成,深海平原的地壳厚度约 10 km (图5)。

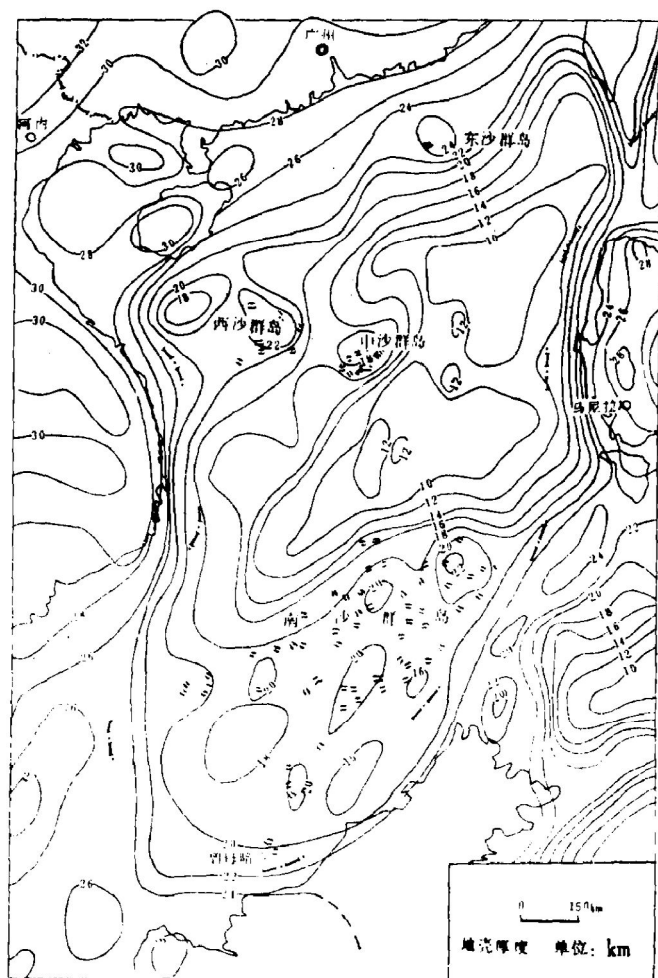


图5 南海地壳厚度图

1) 李四光, 1970, 天文、地质、古生物。

伴随着南海各构造体系的活动，特别是两次张裂，形成了一系列的沉积盆地，据现有资料已圈定出33个（图6）。这些盆地主要围绕大陆边缘分布，并位于不同性质的地壳之上。而与油气有关的盆地主要分布在陆壳或过渡型地壳上。盆地的展布与相应的构造体系分布一致，并受构造体系控制。盆地内的沉积厚度一般大于2 km，最大者逾10 km，主要为陆源碎屑和浅海相沉积。

依据盆地的成生发展及应力作用特点, 将不同构造体系所控制的盆地划分为压性、压扭性、张性和张扭性四种类型。

如上述，由于南海第一次张

如上述,由于南海第一次张裂作用的影响,在南海中部形成了NE向张裂中心,地幔上涌,致使旁侧受挤压作用而形成NE向的新华夏系的隆起和拗陷,产生了一些挤压型沉积盆地。南海系活动晚期一些地区继续受挤压,在盆地内出现隆、拗相间排列,并产生一系列的挤压背斜,多呈雁行状排列。这类盆地,多数分布在南海的东部和南部,如南巴拉望、东沙南、文莱等盆地和弧形构造体系所伴生的曾母盆地,以及经向构造体系的西吕宋海槽盆地等,它们均是以压应力作用为主导而形成的新生代盆地。盆地内新生界厚度巨大,下第三系为陆源碎屑沉积,渐新世—中新世以来为海相沉积,具有完整的几套生储盖组合。在压应力作用下,盆地内形成了与褶皱作用有

关的众多背斜构造，包括基岩隆起、挤压背斜、刺穿背斜及与生长断层有关的背斜构造等等；同时中新世以来的海相碳酸盐礁块、珊瑚礁在南部地区的盆地内尤为发育，更丰富了这些盆地的圈闭类型。因此，这些盆地被公认是南海含油气远景最好的地区。目前已发现许多大油气田，如著名的诗里亚、米里油田等。

2. 张性盆地

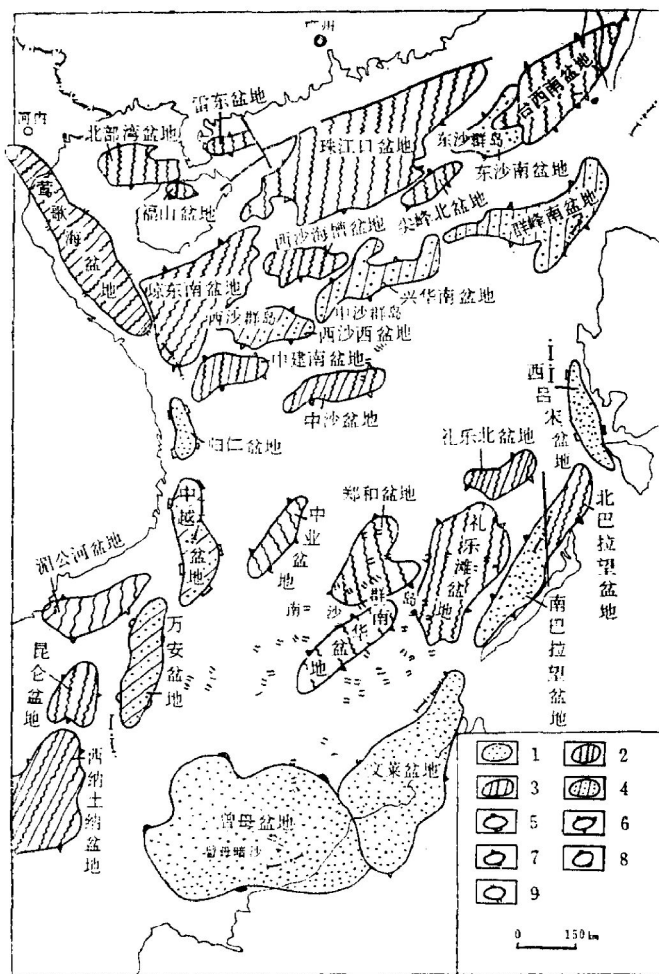


图 6 南海沉积盆地图

1—压性盆地, 2—张性盆地, 3—张扭性盆地, 4—压扭性盆地,
5—经向体系盆地, 6—新华夏系盆地, 7—南海系盆地, 8—弧形
构造系盆地, 9—北西向盆地

由于南海系的活动,导致南海晚渐新世—早中新世的第二次张裂,这对南海新生代张性盆地的发育起着极其重要的作用。特别是在南海北部,沿陆缘形成了一系列与南海第二次扩张脊走向一致的NEE向张性盆地,我们称之为南海系盆地,如珠江口、北部湾、台西南(滩南)、西沙海槽和涠公等盆地。这类盆地的特点是:

(1) 盆地的成生发展与断裂作用有关^[6]。大断裂往往控制盆地的走向、范围和规模,并影响盆地内二级构造带的发育;小断裂对局部构造的类型有直接影响。如珠江口盆地北缘大断裂,地震资料揭示为一系列NEE向断裂组成雁行断阶带,长达610km,宽24—40km,断面南倾,最大断距可达2000m。它控制了新生代沉积分布,断裂以北新生界厚度小于1000m,以南厚度达5000m以上。构造上,华南一系列新华夏系构造均截止于断裂以北,断裂之南的构造格局明显地改变为NEE和近EW向为主。重力资料表明,此断裂带为一个重力梯级带,该带以北为负异常区,以南越过一条NEE向正异常带之后,变为低值正异常区;根据重力计算,该断裂带以北地壳厚34km,以南为30—31km。磁测也表明从香港至汕头有一变化剧烈的负磁异常带,其值为-200Y,延伸长达450km以上;同时断裂也是不同磁场分区的界线。因此认为该断裂是一条基底深断裂,并可能切穿了岩石圈。

再如西沙海槽南北两侧一系列的近EW向正断层组成的断阶带,基本上控制了该盆地的南北边界和走向,同时空间重力异常在盆地范围内,和两侧大不相同,磁测上出现的线状高值正磁异常带,显示有基性—超基岩性贯入;这里的地壳厚度19—20km,东侧出现厚度5km左右的洋壳,均反映有深部地幔物质上涌,因而认为是新生裂谷。从地震剖面上揭示该盆地的沉积和发育在早第三纪初至晚第三纪时,与琼东南盆地是相似的,也是一个张性盆地,只是后来被新生裂谷所改造。

(2) 盆地的成生发展经历了从张裂断陷—拗陷成盆的演化过程。如珠江口盆地的面积有150000km²,新生界最厚达10000m。在晚白垩世—早渐新世为断陷阶段,其表现特征是仅在珠一、二、三拗陷底部有一套陆源碎屑沉积;渐新世中、晚期—早中新世为断拗阶段,边断边沉积,除拗陷区外,在一些低隆起和斜坡上也接受沉积,属海陆交互相至滨海、浅海相。到晚中新世—第四纪是拗陷阶段,全盆地均有披盖式广海沉积。由于该盆地在成生发展过程中受过不同体系的影响,经历了三个演化阶段,具有各种沉积类型,致使盆地具有多套生、储、盖组合特征。

3. 张扭性盆地

包括莺歌海盆地、马来盆地和西纳吐纳盆地等。是受区域张扭性断裂作用而形成的。盆地多呈狭长状,沉降幅度大,大多发育在陆壳之上,内部结构简单,不具分割性。如莺歌海盆地位于南海西北部,系受NW向的红河深断裂之南延部分——莺歌海大断裂控制而形成的断陷盆地,其沉积厚逾10000m,盆内不是隆拗相间而是由东至西呈单斜延伸。下第三系只在早期的箕状断陷内分布,上第三系海相层普遍发育,且由陆向海明显增厚。由于快速沉积,使泥丘刺穿构造发育较好。该盆地已发现大气田,前景很好。

4. 压扭性盆地

如兴华南、群峰南盆地等,这类盆地多分布在现代陆隆之上,盆地范围不大,由多个位于隆起之间的凹地组成。地层主要是新第三纪以来的海相浊流沉积,明显受挤压扭

曲,起伏较大,而沉积厚度较小,只有2000—3000 m,砂体多呈狭长状。据初步分析,其含油远景不大。

综上所述,南海新生代盆地极为发育,多种类型的盆地中,以新华夏系的压性盆地和南海系的张性、张扭性盆地的含油气远景最好。

参 考 文 献

- [1] 梁德华、刘宗惠, 1985, 中国分省构造体系研究文集第二辑, 地质出版社。
- [2] Liang Dehua, 1983, CCOP Newsletter, Vol.10, No.182.
- [3] Taylor, B. and Hayes, D.E., 1980, Geophysical Monograph Series Vol.23.
- [4] Taylor, B. and Hayes, D.E., 1982, Part. 2 Geophysical Monograph Series. Vol.27.
- [5] 梁德华, 1982, 海洋地质研究, 第2卷, 第4期。
- [6] 刘宗惠, 1985, 中国地质科学院地质力学研究所刊, 第6号。

ORIGIN OF THE SOUTH CHINA SEA AND ITS OIL-BEARING BASINS

Liang Dehua Liu Zonghui

(No. 2 Marine Geological Investigation Party, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

According to the analysis of geological and geophysical data, there are six structural systems of different period: Latitudinal structural system, Neocathaysian structural system, Nanhai system, Meridional system, N-W structural zone and Arc-type structural system in the South China Sea.

The formation of the South China sea was mainly controlled by the Neocathaysian system and Nanhai system. The South China Sea expanded for the first time due to the activation of the Neocathaysian system, thus resulting in the N-E tectonic outline of the old South China Sea during the Cretaceous-Early Tertiary. From the Late Oligocene to Early Miocene, the South China Sea expanded for the second time due to the stress field changes and activation of the Nanhai system, thus resulting in a series of faults, uplifts and depressions.

From the point of view of geomechanics, the stress effects in this region can be divided into three stages,

1. Early Yenshanian (the Triassic to the Early Cretaceous) stage was mainly NW-SE trending compression;
2. Late Yenshanian (the Late Cretaceous to the Early Oligocene) stage was mainly NW-SE trending tension;
3. Himalayan (the Late Oligocene to the Early Miocene) stage was characterized by nearly SN trending tensile stress. This suggests that the changes of regional stress of the South China Sea were caused by the variation of the earth's rotative velocity.

Sediments, generally thicker than 2000 m and the thickest over 10000 m, are mainly terrigenous and shallow-sea facies. Up to now, thirty five sedimentary basins have been found in the South China Sea. It is obvious that they are controlled by the structural systems (particularly the Nanhai system). In the light of stress character, these basins can be grouped into four types: tensile, tensile-shearing, compressive and compressive-shearing basins among which tensile and tensile-shearing basins of the Nanhai system and compressive basins of the Neocathaysian system are the most promising in oil and gas potential.

我国石油航空物探成果卓著

我国的石油航空物探工作,从1956年开始。根据1955年石油普查战略东移的总部署,首先在松辽平原和华北平原南部,约80万平方公里的面积上,用了不到一年的时间,完成了1:100万的石油航磁普查,为发现大庆油田作出了重要贡献。

迄今,我国陆地上的主要含油气盆地,除西藏西部以外,都已经完成了面积性的构造石油航磁工作,总面积达300多万平方公里。除最先进行的1:100万(测线距10km)测量之外,在绝大多数可能的含油区,都进行了1:20万(测线距2 km)的航磁测量。

海洋航空磁测是在1959年从渤海开始的,之后于1963年完成了海南岛和北部湾的海上航磁。七十年代,先后完成了南黄海、东海、南海北部及北黄海的大面积工作。至今完成的沿海海上航磁面积共计120多万平方公里。

截至1986年止,我国构造石油航空磁测已完成的总工作量,约有250多万测线公里,几乎全部都是由地质矿产部航空物探总队完成的。

早在1960—1961年,我国曾在东北、华北和准噶尔盆地作过一些石油航空放射性测量,其中以济黄地区的面积最大。近来又在柴达木盆地作了一些能谱飞行。放射性找油,受地面水和石油污染的严重干扰,取得效果的前提条件较苛刻,所以做得不多。

三十年来,石油航磁取得了很重要的地质成果,大致有如下几个方面:

1. 构造航磁在大地构造研究,包括沿海大陆架的研究方面,发挥了重要的作用。例如,我们首先在1957年发现了郑城—庐江深大断裂带,1958年又首先指出松辽地块的存在,1960年阐明了渤海的大地构造性质等等,我们还查明了沿海大陆架地质构造的基本特征,圈出了其中总面积约33万平方公里的坳陷带。从而为油气勘探提供了依据。

2. 直接发现油气储集的二级构造带。如大庆长垣的位置和规模,是首先由航磁圈出来的。这种“定凹探隆”工作为油气评价提供了重要依据。我们在渤海航磁报告中指出的沉积盆地特征,被后来的海洋地震所证实。海4井油田,就是在那个报告中明确指出过的。

3. 由于航空磁测的精确度较高,发现了不少与弱磁性沉积岩有关的局部构造。三十多年来,我们已在这方面取得了很大成绩。在将近300个沉积盆地中圈出了2000多个局部构造,提出了200多个含油远景地带,其中不少在后来已被证实是重要油气田。1982年,利用高精度光泵磁力仪在松辽盆地中央作了6万平方公里的磁测工作,共发现147个局部异常,其中105个已为地震勘探所证实(其余42个尚无地震资料验证),这就为大庆油田扩大找油范围指明了方向。特别值得指出的是,我们在1963年解决了水平微商曲线的制作方法,以及在1978年提出的计算深度方法,为这方面的工作,开辟了良好的前景,并已取得了不少经验。

1:100万及1:20万航磁扫面工作的完成,标志着石油航磁工作一个历史阶段的结束。今后工作应该是加强综合研究,并用大比例尺(1:5万)有目的有针对性地进行局部工作,以期能在协助面积性地震勘探中,取得较好的地质效果。

(朱 英)