

# 渤海湾盆地的形成机理 与油气分布特点新议

胡朝元

(石油工业部地质勘探司)

渤海湾盆地具有典型的断块结构,是块断地壳运动的结果,也是我国十分重要的含油区和地震区。搞清它的构造规律,有较大的理论和实践意义。我们在前人工作基础上,用块断运动、板块构造的理论,对本区的形成机制及区域油气分布特点进行了再探索。现以所得的一管之见,供大家讨论。

## 一、渤海湾盆地地质结构特点

揭开盆地上第三系覆盖层,首先可见冀中拗陷与其它拗陷有显著差别。以主要含油岩系渐新统分布厚度图为例(图1),沧县隆起以西,构造走向以北东为主,中生界局部发育。沧县隆起以东,以近东西向构造为主,只是在东西两侧受到郟庐及沧东大断裂的影响,局部偏转为北东向<sup>[1]</sup>。中生界大面积分布。

沧东到聊城—兰考断裂带为一重力密集带,在5—7公里距离内,重力值增加10—20米盖。从卫片解释,断裂带南北延伸大于1000公里。断裂带东部为鲁西航磁异常区,具北西向跳动弧形正负异常的特点。西部为冀陕异常区,以北东向宽缓正负异常交替为特点。

渤海湾盆地的主体位于沧东—兰考断裂带以东。它的南界是广饶—齐河断裂带。重力值在五公里距离内,降低10—12米盖。北界是昌黎—宝坻断裂带,长300公里,为另一重力密集带,在五公里距离内,重力值降低24—30米盖。东界为郟庐断裂带中段。郟庐带长4400公里,但其南北段均以中生代为主要活动期,至第三纪衰减。而中段在昌邑以北到辽河一段,在第三纪有剧烈右旋活动,成为渤海湾盆地的边界断裂。在渤海湾盆地东北、南西两端,有两个相距600公里以上,但地质特征十分相似的辽河拗陷与东濮拗陷遥相对应,它们具有以下共同特点:

1. 拗陷形态相似。辽河拗陷面积1.24万平方公里,走向北东,长200公里,宽40—50公里;东濮拗陷面积5300平方公里,长150公里,宽35—45公里。二者均呈长条状,均有近8000米的沉积盖层;
2. 垒堑结构相似。辽东凹陷东界的佟二堡—营口断裂,落差3500米,辽西凹陷的台

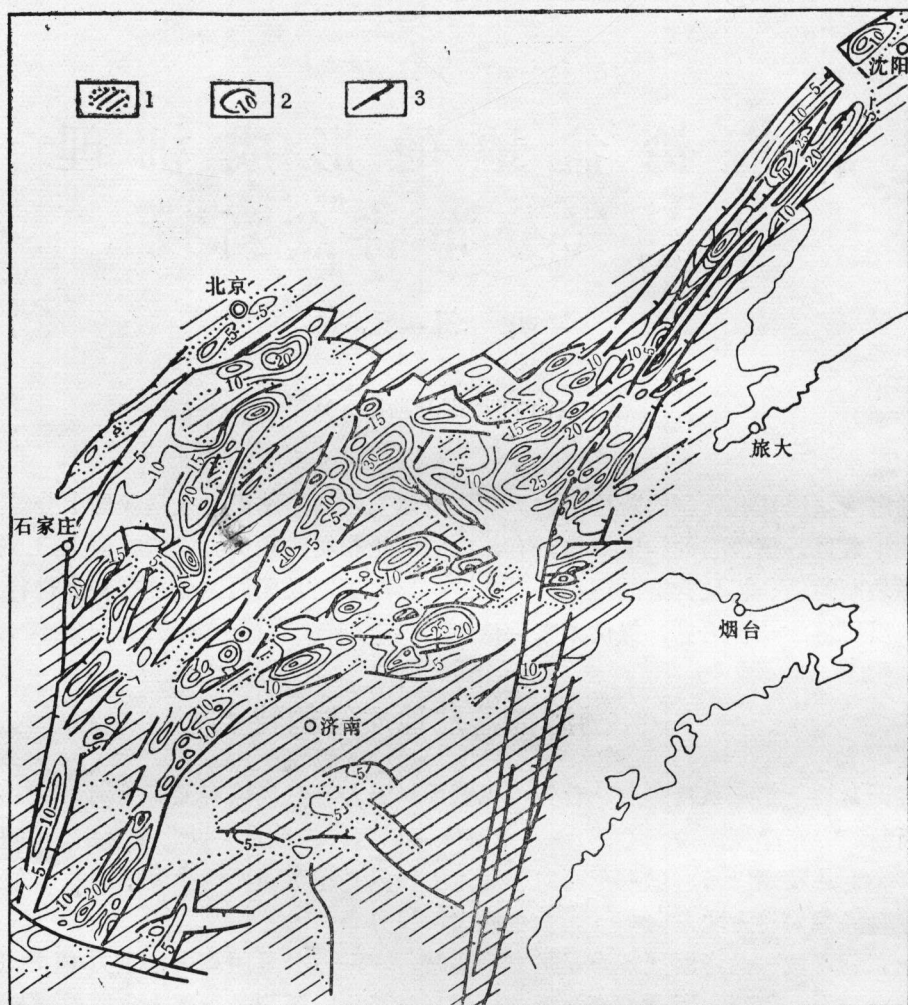


图1 渤海湾盆地地下第三系渐新统分布厚度图(据李德生等1980年)

1. 缺失区 2. 地层等厚线(以百米为单位) 3. 断层

安一大洼断裂落差6000米;东濮坳陷东侧的聊城—兰考断裂,落差也为6000米;中央垒状隆起西侧的黄河断裂,落差2800米。两个坳陷的西坡均为早期超覆,后期剥蚀,具有中央隆起或凸起性质,均具断块结构特点;

3. 岩浆及地震活动近似。辽河坳陷在1594—1978年间有5—7.3级地震五次;东濮坳陷在1502—1948年间有5—7.8级地震五次。两坳陷均有较多火山喷发岩及少量侵入体;

4. 石油地质条件相似。主要生油层均为沙河街组三、四段。辽河凹陷生油层厚1600米以上,生油区面积占全凹陷面积70—60%;东濮坳陷生油层厚1600米以上,生油区面积占坳陷面积70%,除沙二油层外,沙三、四段油层均占重要地位。

两坳陷的天然气丰度均较大。辽河坳陷油气储量之比约为每一亿吨油有70亿方天然气;东濮坳陷约为每一亿吨油有80亿方天然气,均为全渤海湾盆地内特高地区。两坳陷含油丰度之高,也居全盆地前列。

盆地中部为渤中凹陷，面积8800平方公里。这里为全盆地上第三纪的坳陷中心，厚度大于3000米，下第三系厚度大致相同。此凹陷以北的各个凹陷，如秦南、南堡凹陷以南断北超为主，北侧虽有断裂但规模较小；以南的各凹陷北断南超更加明显。南北有相互对应的趋势。

辽河坳陷向西南延伸的辽东湾凹陷与东濮坳陷向东北延伸的莘县、禹城凹陷，下第三系均较厚，均为狭长断陷，似有同一成因上的联系。从地壳深部结构看，辽河经渤海到东濮坳陷，为北东向的统一的土地幔隆起带，只是在中部的走向，转为近东西向隆起，与沉积盖层的结构吻合。冀中坳陷的深部为另一较低的地幔隆起，与东部截然不同〔2〕（图2）。

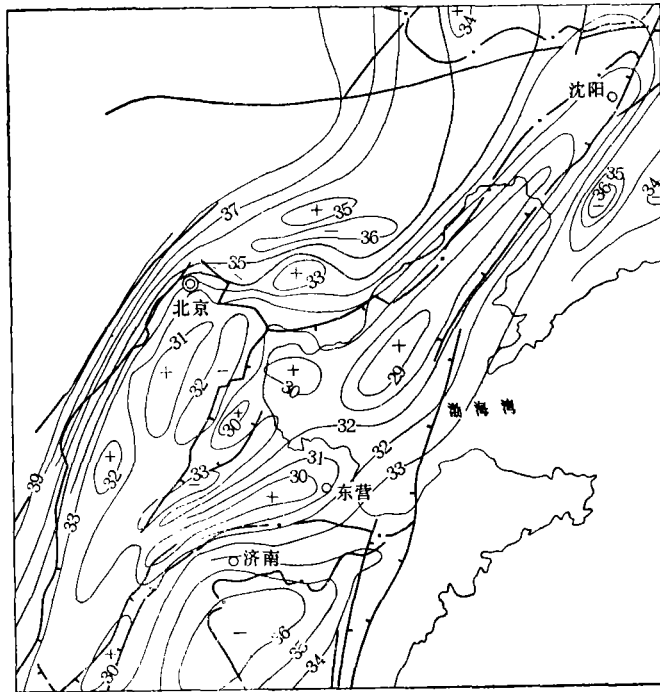


图2 渤海湾盆地莫霍面等深图

（据马力等 1981）（等深线以公里为单位）

## 二、渤海湾右旋张扭盆地的形成

对渤海湾盆地上述结构的形成机制，有各种不同的解释〔1,3,4〕。我们对本区的莫霍面隆起进行了几何图解，采用隆起幅度五公里和八公里两种方案，计算出由于幔隆引起的地壳拉张距离均小于1.2公里。

渤海湾盆地的断层面一般较平缓，有上部较陡（45—55°），下部较缓（30—40°），或上部和下部较陡（40—60°），中部较缓（30—40°）等各种情况，平均约为45°。如东营凹陷北侧断层，据638.6测线，在中部最缓处仅20°左右。因此，我们赞同李德生等

提出的意见, 凹陷的沉降幅度大致与结晶基底断裂拉开的水平距离相等<sup>[1]</sup>。华北油田研究院计算出北京—东营间, 经过五凸六凹46条正断层, 由断裂拉开的水平距离为57.7公里<sup>1)</sup>。我们根据渤海湾断陷体系的特征分析, 选择唐山—潍坊剖面, 也经过五凸六凹约30条主要断裂, 其水平拉开距离约30公里。其中昌邑凹陷3公里, 东营凹陷10公里, 沾化凹陷4.8公里, 埕北凹陷2公里, 渤中凹陷4公里, 南堡凹陷4公里, 昌黎凹陷2公里。

将以上计算结果与幔隆引起拉张对比相差近20倍。即使考虑到几何图解理论计算中假设条件的某些与地壳构造间的误差, 但差距如此之大, 加以莫霍面隆起的坡度才 $\frac{5}{170}$ , 或 $1^{\circ}40''$ 的倾斜面。因此, 我们认为, 渤海湾盆地断陷的形成, 单纯用幔隆上升底辟作用进行解释是值得商榷的<sup>2)</sup>。

A·B·拉士瓦列耶夫用大致类似的方法, 分析了阿法尔盆地的构造发育机制, 该盆地深部有10公里以上幅度的地幔隆起, 埋深约16公里, 但其沉积盖层的水平拉张距离才7.5(南部)至14.5公里(北部)。他们认为阿法尔盆地为发育不成熟的扩张洋脊, 是物质对流的结果<sup>[7]</sup>。与渤海湾相比, 更说明渤海湾盆地较低的地幔隆起, 不足以导致比阿法尔盆地更大的水平拉张距离。

即使再加上地幔柱引起的热膨胀拱起, 也不足以导致现今渤海湾盆地的形成。渤海湾地区的地壳由花岗岩与玄武岩组成, 二者的体积膨胀系数分别为 $24 \times 10^{-6}$ 及 $16.2 \times 10^{-6}$ 。据C.И.舍尔曼的研究, 地幔柱引起地壳温度平均上升约 $300^{\circ}\text{C}$ 。故本区由此引起的地壳拱起幅度最小为144米(若全为玄武岩层), 最大拱起幅度为216米(若全为花岗岩层)。地壳水平膨胀幅度为2448米(以上部花岗岩层为主算出)。这些膨胀幅度与渤海湾盆地从地质横剖面算出的三十公里水平拉开距离相比, 仍然相差一个数量级。

由此, 我们可以得出结论, 由大幅度拉开诱发的渤海湾断陷盆地, 不可能在单纯的地幔柱的底辟作用与热膨胀作用中找到真正的形成动力。我们的计算, 证实了朱夏的观点, 即地幔柱不是起因, 而更像是岩石隆起与裂开的结果<sup>[5]</sup>。后者又由板块活动引起的应力而产生。

我国许多盆地的实例也说明拉张盆地与地幔隆起间并无必然的因果联系。地幔隆起上面并非必然出现水平拉张断陷盆地。如塔里木、四川等盆地虽有6—10公里的幔隆幅度, 但沉积盖层却均为挤压式构造盆地。相反, 汾渭张扭地堑体系与渤海湾右旋裂谷相似, 但并无地幔隆起<sup>3)</sup>。这个地堑断陷体系长1200公里, 宽800公里左右。断陷最深6000—7000米, 包括渭河至大河等11个断陷。始新世开始发育, 南北部活动强烈。下第三系较厚, 碱性岩浆大面积喷溢。晚第三纪以后, 为一个整体的右旋裂谷系。盆地内部的构造型式是宁断不褶。多倾斜断块、断阶、地堑、地垒。近代地震活动较多, 自780年—1969年大于6级者87次。这些特征与渤海湾基本相同, 只是其沉积环境截然相异, 主要为红

1) 华北油田研究院: 渤海湾油气区石油地质特征与油气田分布规律

2) 作者在原稿中附有“渤海湾地幔隆起几何图解计算”, 现从略——编者

3) 刘旺, 汾渭地堑裂谷系, 全国第二届构造地质学术会议论文摘要汇编 1978, 11

色碎屑堆积,不利生油。汾渭盆地的形成机制,大多研究者都一致认为是右旋剪切作用形成。汾渭地堑体系为扭张断陷。据计算,渭河地堑的水平拉开距离为8公里,而并无地幔隆起。因此,考察一个拉张盆地的形成机制,须要从地球深层和浅层,垂直力和水平力等各方面来综合分析,可能更接近实际。汾渭地堑体系的动力学形成机制,对探索渤海湾盆地形成的机制有很大的启示作用(图3)。

众所周知,华北地区在古生代是典型的稳定克拉通区。石炭、二叠系的等厚度图、岩性图均可明显看出主要为东西向构造岩相带。中生代始,地核已由小到大,地幔内的灼热物质对流体由大到小。小对流体活动引起泛大陆解体,进而发生大陆漂移。太平洋洋脊逐步扩大,太平洋板块向欧亚大陆俯冲,导致了东亚的块断地壳活动,大面积的华夏火山带,地幔隆起以及中国东部左旋挤压性盆地体系,就是其活动的结果。

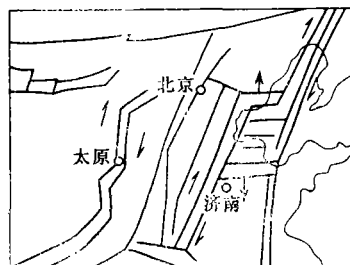


图3 汾渭地堑与渤海湾断陷体系地质动力分析示意图

始新世以后,印度板块向欧亚大陆碰撞。同时太平洋板块改变运动方向,由西北向转为西南向俯冲。菲律宾板块以北西向俯冲,使中国大陆发生再一次剧烈块断。特别是西部地区,地壳活动十分强烈,以压扭为主,主要是印度洋板块作用区。东部地区可能有印度洋、太平洋板块及深层地壳隆起对流三种动力作用。渤海湾盆地深部自中生代即已存在的弧后地幔隆起,在新生代的拉张剪切应力场中,提供了地壳局部引张断裂面形成的部位。使印度洋及太平洋板块与欧亚板块碰撞、俯冲产生的右旋剪切拉张应力,在渤海湾地区引起较大的拉开距离及其导生的较深的下沉幅度,终于形成了渤海湾盆地。渤海湾盆地的上述发育机制,在一定程度上,类似于张文佑先生所阐明的一种转换断层活动形式。渤海湾下面地幔柱的底辟作用及热膨胀作用是存在的。但它仅是加强右旋张扭力的一个因素而已。布勒克研究了加利福尼亚上第三纪含油盆地形成机制后,认为在2900万年前,太平洋板块开始与北美大陆直接碰撞,太平洋的扩散洋脊作用和太平洋板块运动方向由 $339^{\circ}$ 转为 $321^{\circ}$ ,是加州先产生压扭性盆地,后形成张扭性盆地的两个主要原因。渤海湾盆地与加州,特别是加州中南部的盆地的形成机制有一定的类似<sup>[8]</sup>。莫纳的模拟结果,对理解本区盆地的形成有参考作用。他的试验说明,在渤海湾地区存在有强大的拉张及右旋剪切应力场。但他只用印度洋板块北移做唯一的动力,是缺乏全面分析的<sup>[9]</sup>(图4)。要说我国东部的构造动力完全与太平洋及菲律宾板块无关,则和中国东部强烈的地震活动性及许多地区的构造应力方向的实际资料大相矛盾,也无法解释我国东部地震与日本地震的相关性。因此,我们赞成汪素云等同志的模拟试验Ⅳ的结果。即当印度洋板块以北东 $30^{\circ}$ 向欧亚大陆碰撞,太平洋板块以西南 $250^{\circ}$ 方向,菲律宾板块以西北 $290^{\circ}$ 方向并以印度洋板块向北压力之一半朝欧亚大陆俯冲,就可以得到更切合中国东部,特别是渤海湾地区地应力的模式,因而也就可以更好地分析清楚渤海湾盆地的形成过程<sup>[6]</sup>。

### 三、地堑体系中凹陷的部位与含油性

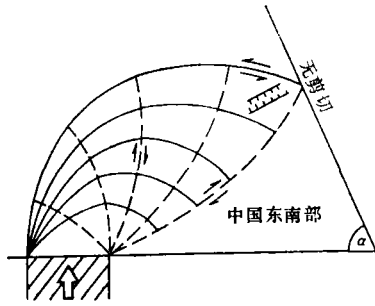


图4 印度板块北移碰撞中国  
东部应力状况示意图  
(据P.Molnar)

根据以上的分析，渤海湾右旋裂谷的形成，始于4000万年前的始新世，在右旋剪切拉张应力场的控制下，沿古生代及中生代的古构造及地幔隆起控制的北东向及东西向的锯齿状破裂面，大小地壳块体剧烈升降扭转，构成了按一定规律排列的地堑或箕状凹陷体系。各个断陷所处部位不

同，其受力状况、拗陷幅度深浅、发展历史等自然相异。这就导致每个断陷含油性的特殊性。在一些相似的对应部位上的断陷，由于地质发育史和结构上的相互近似，具有相似的含油潜力。由此观点出发，我们对渤海湾盆地各断陷的含油性进行了对比分析和预测。辽河拗陷与东濮拗陷的结构与含油性相类似，可用同属于右旋裂谷体系的两臂而得到合理的解释。冀中拗陷型的特大潜山油田在东部是极难重现的，因为冀中与东部右旋裂谷系是截然不同的两个构造体系。渤中凹陷是东营组以后的沉积中心，是渤海湾右旋裂谷系的中轴区，与其它拗陷差别很大，不能用济阳或黄骅拗陷的含油性去硬套，要探索它自己独有的含油特点。南堡凹陷、秦南凹陷可能与临南凹陷相对应。北塘乐亭、昌黎凹陷与潍北侯镇牛头镇拗陷可能是相互对应的拗陷，辽东湾海域北部的拗陷可能与莘县、聊城、禹城等拗陷相对应，等等。这些相互对应的拗陷，可能具有相近似的含油潜力。因此，南堡凹陷、北塘拗陷具有较好的含油气前景。而莘县、禹城、辽东湾等区的含油性由于对应地区之钻井少，尚无确切资料进行油气资源预测。但它们是具有较好的相类似含油气远景的。这是笔者试图将构造理论用于勘探实践的初步尝试。构造成因只是成油条件中的一个因素，因此，上述推论尚须从其它条件的结合中加以综合评定。

(收稿日期 1981年10月23日)

### 参 考 文 献

- [1] 李德生，渤海湾含油气盆地的地质和构造特征，石油学报，1980年，第1卷，第1期。
- [2] 刘元龙等，根据重力资料探讨北京—天津及其邻近地区的地壳构造，地球物理学报，1978年第1期。
- [3] 张文佑等，华北断块区的形成与发展，中国科学院地质研究所，科学出版社，1980年。

〔4〕 阎敦实、王尚文、唐 智，渤海湾含油气盆地断块活动与古潜山油气田的形成，石油学报，1980年第2期。

〔5〕 朱 夏，中国东部板块内部盆地形成机制的初步探讨，石油实验地质，1979年，第1辑。

〔6〕 汪素云等，中国及邻区现代构造应力场的数值模拟，地球物理学报，1980年第1期。

〔7〕 M. C. Blake, et al., 1978, Neogene Basin Formation in Relation to Plate Tectonic Evolution of San Andreas Fault System, California, AAPG, Vol. 62, No. 3.

## GEODYNAMIC ENVIRONMENT OF BOHAI GULF BASIN AND ITS OIL OCCURRENCE

Hu Zhaoyuan

(Department of Geology, Ministry of Petroleum)

### Abstract

In this paper a geometrical analysis and estimate of mantle cushion in Bohai Gulf area is described. At the same time the total horizontal displacement across the Cenozoic basin has been computed from geological sections. Comparing the calculated data, it may be concluded that the diapiric and expanding strain of mantle cushion alone cannot lead to the formation of the grabens superimposed on the cushion. The development of Bohai Gulf Basin appears to be closely related to the dextral tensile-shear stress resulted from the collisions between the Asiatic Continent and the Indian Plate and between the Asiatic Continent and the Pacific Plate. Such a geodynamic environment has a direct influence on oil occurrence in the studied region.