

# 松辽盆地北部变换构造及其石油地质意义

胡望水

(江汉石油学院地质系 湖北江陵 434102)

王燮培

(中国地质大学石油系 武汉 430074)

松辽盆地北部变换构造包括变换断层和变换带。变换断层与正断层系直交或斜交。变换带包括同向超接、同向平行、同向趋近、共轭发散超接、共轭会聚超接及共轭平行六种。变换断层由基底先存断层活化或薄弱带活化所造成。它们对断陷盆地轴向构造变化起控制作用,对沉积物和油气分布有重要影响。

**关键词** 松辽盆地 变换构造 变换断层 变换带 变换构造成因 油气分布

**第一作者简介** 胡望水 男 30岁 讲师 石油地质

变换构造是近十年来在拉张构造环境中发现的一种新构造。它包括变换断层和变换带。勘探实践表明,正如挤压构造环境中的换断层和转移带一样,变换构造对张性盆地构造格局、沉积物及油气分布有较强的制约作用。借助这种新构造概念,重新解剖已开发的含油气盆地,对寻找新的油气聚集带有极为重要的意义。

本文着重讨论松辽盆地北部变换构造的特征及成因,分析变换构造对盆地轴向构造、沉积物和油气分布的控制。

## 一、变换断层

### (一) 变换断层及其特征

变换断层是裂谷盆地内控凹正断层系沿走向出现的一组横切调整构造<sup>[1]</sup>。在正断层近于纯倾向滑动的地方,变换断层近于直立,并与正断层垂直相交;在正断层存在显著斜向滑动的地方,变换断层也斜向滑动,且两组断层迹线不相垂直<sup>[1]</sup>。可见,变换断层的几何形态及其产状变化完全受控于与其相交的正断层系。

松辽盆地北部的变换断层为NW向断层(图1)。从变换断层与正断层系(NNE、NE向)的切割关系来看,变换断层形成的时期应晚于正断层,但这是一种常规的认识,因为变换断层对正断层并没有明显的改造和破坏,在其交接部位地层没有明显的破碎或变形,地震剖面所揭示的变换断层两侧的地层也没有明显的变形。相反,变换断层对同裂陷期沉积物有较强

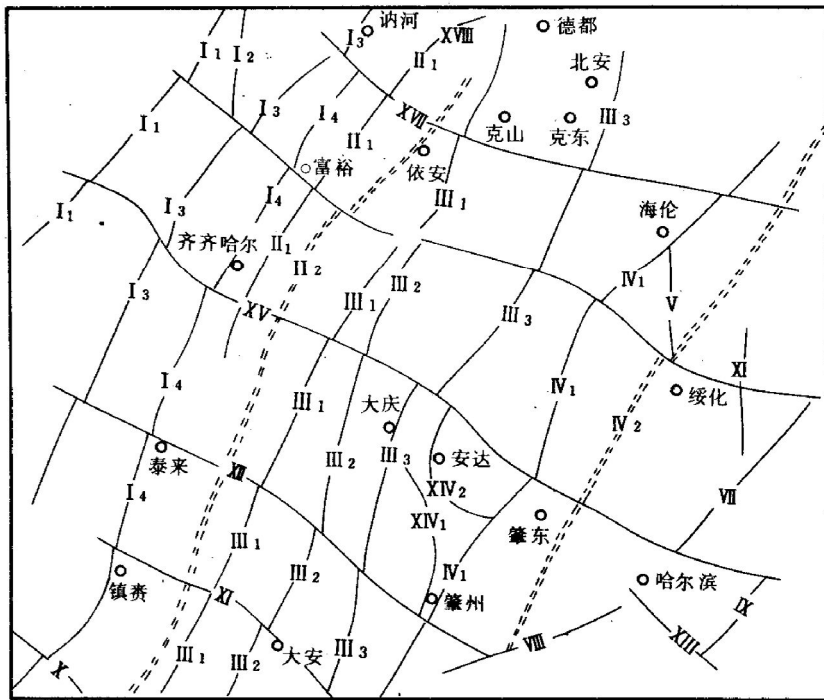


图1 松辽盆地北部断裂分布图

I—嫩江断裂带, II—依安-镇赉断裂带, III—孙吴-双辽断裂带, IV—海伦-肇东断裂带, V—四方台基底断裂, VI—庆安基底断裂, VII—巴彦基底断裂, VIII—葛山基底断裂, IX—玉泉基底断裂, X—洮安基底断裂, XI—坦途-第二松花江基底断裂, XII—扎赉特旗-肇源基底断裂, XIII—阿城南基底断裂, XIV—杏山断裂带, XV—滨州壳断裂, XVI—富裕-绥化基底断裂, XVII—依安-海伦基底断裂, XVIII—讷莫河岩圈断裂

(据王家林等, 1991)

的控制作用(图2a), 这说明变换断层产生于盆地的裂陷期。大多数变换断层与正断层近垂直相交(图1), 这说明后者为倾向正断层, 在活动过程中几乎没有发生斜滑, 或仅有轻微斜滑。另有极少数变换断层的某些段落, 与正断层斜交, 说明两者均产生过一定的斜向滑动。(图1)。

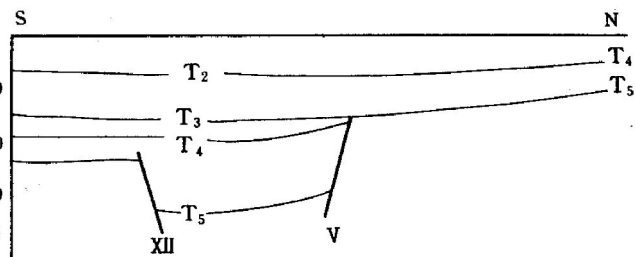


图2a 变换断层剖面构造特征

VI—扎赉特旗-肇源变换断层, XV—滨州变换断层

在地震剖面上, 变换断层一般显示为中等到非常陡的倾向正断层。平均倾角 $75^\circ$ (图2a)。变换断层控制断陷盆地的沉积, 也制约着断陷盆地的形成和发展。随着拉张裂陷作用的减弱或向拗陷作用的转化, 变换断层的活动渐弱, 直至停止。沿变换断层的走向, 断层倾角有一定的变化, 如滨洲断层西段近于直立, 东段倾角约 $65^\circ$ 。此外, 因断层倾角很大, 沿断层走向, 断层倾向也会发生变化, 扎赉特旗-肇源断层在图2a为北倾, 而在图2b则为南倾。需要强调的是, 变换断层在地震剖面上的产出状态主要受正断层的滑动方式制约。对变换断层的正确解释, 除了注意地震测线与正断层和变换断层的相交关系外, 更应注意变换断层与正断层的

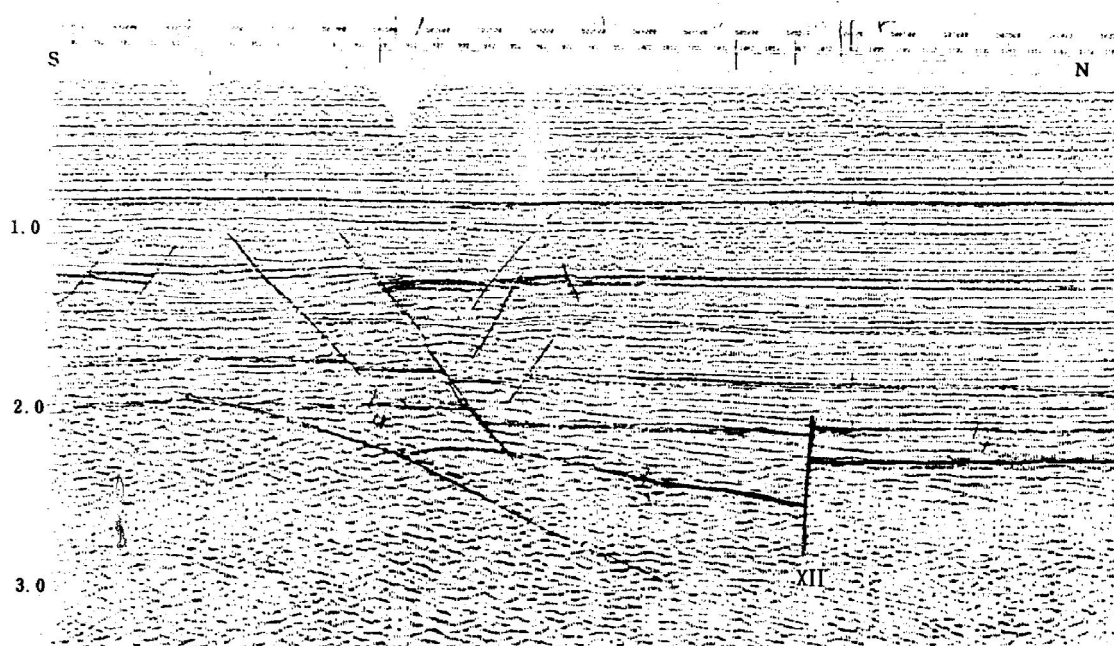


图 2b 扎赉特旗-肇源变换断层 (XII) 剖面特征

(资料据大庆物探公司, 1992)

相交关系或断层的滑动方式。

## (二) 变换断层成因

变换断层是地壳伸展不可缺少的断层作用<sup>[1]</sup>, 是协调盆地演化中正断层伸展变化不均衡而产生的调整构造。根据 Colletta 等<sup>[2]</sup>的研究, 结合松辽盆地的实际, 有两种成因:

1. 先存断层活化 松辽盆地是在褶皱基底上发育的中、新生代沉积盆地。基底压性构造的走向为 NNE、NE, 还发育一组 NW 向先存基底断裂。后来, 在盆地发展演化中伸展应力场作用下, 为了调整盆地走向上的各种不协调性变化, 这类断层反转活化, 发展为变换断层 (图 3)。滨州基底断裂在盆地发育之前为一掀断裂, 受侏罗纪拉张作用演变为变换断层, 并与 NNE、NE 向基底逆断层反转活化变成的控凹正断层一道, 制约断陷盆地的形成和发展。

2. 基岩薄弱带活化 松辽盆地基底为非均一体, 它由浅变质岩、变质岩及花岗岩体等组成, 存在规模不等的薄弱带。薄弱带主要有两组, 一组呈 NNE 向展布, 另一组呈 NW 向展布。在伸展应力场作用下, NNE 向薄弱带易演变成应力集中带, 产生正断层; NW 向薄弱带也演变为应力集中带, 产生变换断层, 以协调盆地轴向上伸展过程中所出现的各种不协调性突变 (图 3)。扎赉特旗-肇源变换断层即属这种成因, 产生于古生界沉积岩与华力西期花岗岩接触带。

变换断层和控凹正断层是同一应力场下不同方向先存基底断层和薄弱带活化的结果, 前者为 NW 向断层活化, 后者为 NNE、NE 向的活化。它们是同一裂陷期的产物, 即形成具有同时性; 而且变换断层的产生、发展主要是受控凹正断层的产生、发展所制约。并受先存基底断层和薄弱带的限制。这就解释了变换断层为何受控于控凹正断层的几何形态和位移, 且盆地构造格局表现出与基底构造格局相同的東西分带、南北分块的特征。

变换断层既然是先存基底断层或薄弱带反转活化的结果, 因而它一般沿先存基底断层或薄弱带的位置延伸。依据这一规律, 可以认识和分析变换断层及其特征, 预测变换断层的产

出位置。

### (三) 变换断层对轴向构造的控制

人们早就认识到松辽盆地北部东西分带南北分块的构造格局, 并发现这种格局对油气生成、运移和聚集起着至关重要的控制作用; 然而长期以来, 人们在成因研究上大都只关注东西分带, 认为这是由控凹正断层作用引起的; 对南北分块现象的形成一直未作深入探讨, 因而对控制南北油气差异分布的因素不大明了。目前看来, 造成这种构造现象的因素主要为变换断层作用。绝大多数变换断层位于南北分块构造单元界线上。

随着盆地的发展演化, 变换断层活动加剧, 规模加大, 越来越显出对轴向上构造格局及沉积的控制作用。它把盆地从轴向上分割成多个块体, 使各块体进入独立的演化发展体系 (图 3)。表现为变换断层两侧相邻地区构造特征及沉积特征存在较大差别。如滨州断层 (图 1 的 XV 号断层) 以南地区, 地壳破裂程度高、伸展作用强、断块沉降幅度大, 因而侏罗系厚度大、分布广, 且常见有火山岩; 断层北侧地壳破裂程度低、伸展作用弱、断块沉降幅度小, 因而侏罗系厚度小, 分布窄。登娄库组主要分布在断裂以南, 而断裂以北几乎不发育。在磁力图上, 断裂两侧有不同的磁场特征, 北侧是相对磁力低, 南侧是相对磁力高。

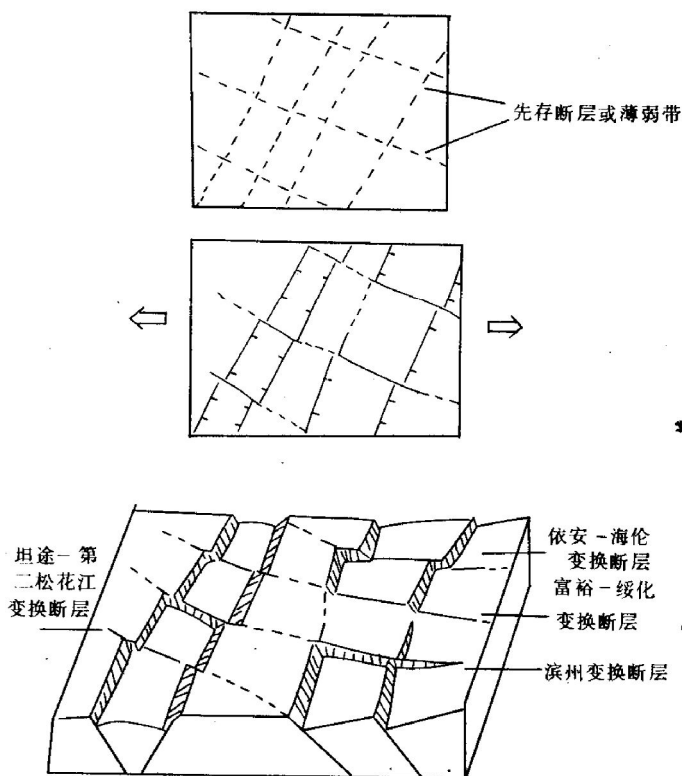


图3 先存断层或薄弱带活化形成的变换断层

## 二、变换带

Morely 等<sup>[3]</sup>在研究东非裂谷系时, 提出了一种新的构造系——变换带, 并将变换带定义为保持区域张性应变守恒而协调变形的构造系, 分类如图 4 所示。

### (一) 变换带类型及特征

沿松辽盆地北部每个断陷的轴向, 断陷深度、地层倾斜程度及倾向等均存在一定的变化。这些变化与变换带有一定的成因联系。因而通过对变换带特征的分析, 可获得认识断陷内轴向结构和构造面貌的部分信息。

1. 同向变换带 在松辽盆地北部, 同向变换带包括同向平行变换带、同向超接变换带和同向趋近变换带。同向平行变换带, 控凹边界断层平行且同倾向, 在某条断层控制的断陷深度变浅, 而在另一条断层相应处断陷加深 (图 5-a)。在对青山-莺山断陷西南端一同向平行变换带内, 从南往北正好布置了三条地震测线 A—A'、B—B'、C—C', 这些测线揭示西侧断层控制的断陷地层最大厚度分别为 300 m、500 m、300 m, 而东侧断层控制的断陷地层最大厚

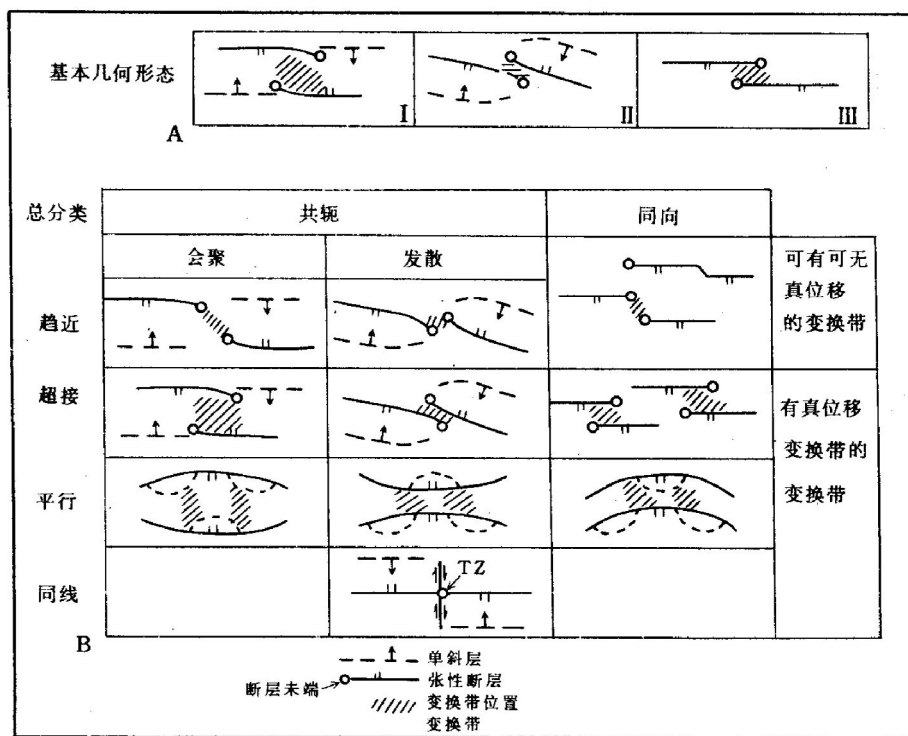


图4 变换带分类简图

(据 Morely 等 1990)

度分别为 600 m、400 m、500 m，这种断陷地层厚度的匹配，恰好能保持区域张性应变的守恒。同向超接变换带，控凹边界断层相互斜列，断层倾向一致，在两条断层夹持的地方，断陷深度变浅（图 5-b）。徐家围子断陷及茂兴断陷南部等轴向构造保持协调的演变方式为同向超接。在徐家围子断陷西侧发育三个同向超接变换带。地震剖面揭示两条断层夹持区断陷深度变浅，顺断层走向发育一个走向斜坡。如图 5-b 中的 A—A'、B—B' 剖面所反映的变换带，前者揭示的断陷地层厚度大（最大地震反射时间为 0.4 s），后者揭示的断陷地层厚度小（最大地震反射时间为 0.15 s）。同向趋近变换带，控凹断层倾向相同，相互接处，但不超接，在断层接近处，断陷深度明显变浅，地层倾斜程度降低（图 5-c）。

2. 共轭变换带 在松辽盆地北部，共轭变换带包括共轭发散超接变换带、共轭会聚超接变换带和共轭会聚平行变换带。共轭发散超接变换带，控凹断层倾向相反，相互超接，即重叠但不连接，断块伸展掀斜方向相反，越过超接带，在另一断层处断陷逐渐加深（图 6-a）。古龙断陷中带轴向构造演变方式为共轭发散超接变换。78.0 测线控制的变换带位于断陷中部，从地震剖面可见在两条断层的公共盘（上升盘）侏罗系很薄，越过断层侏罗系厚度加大。共轭会聚超接变换带，控凹断层倾向相反，地层掀斜方向相反，会聚处断陷深度明显变浅，沿断层走向越过变换带，断陷逐渐加深（图 6-b）。在茂兴断陷北部发育此类变换带。共轭会聚平行变换带，控凹断层倾向相对，相互平行，某一侧断陷加深，而另一侧相对应处断陷变浅（图 6-c）。古龙断陷东带和中和断陷等均以共轭会聚平行变换完成轴向构造过渡。

## （二）变换带成因

松辽盆地北部主要断陷都发育有变换带，无论何种变换，都起因于裂谷盆地的成因。裂谷盆地并不是一开始就是一个连通的大盆地，现在所看到的盆地是由许多小断陷逐渐扩展最

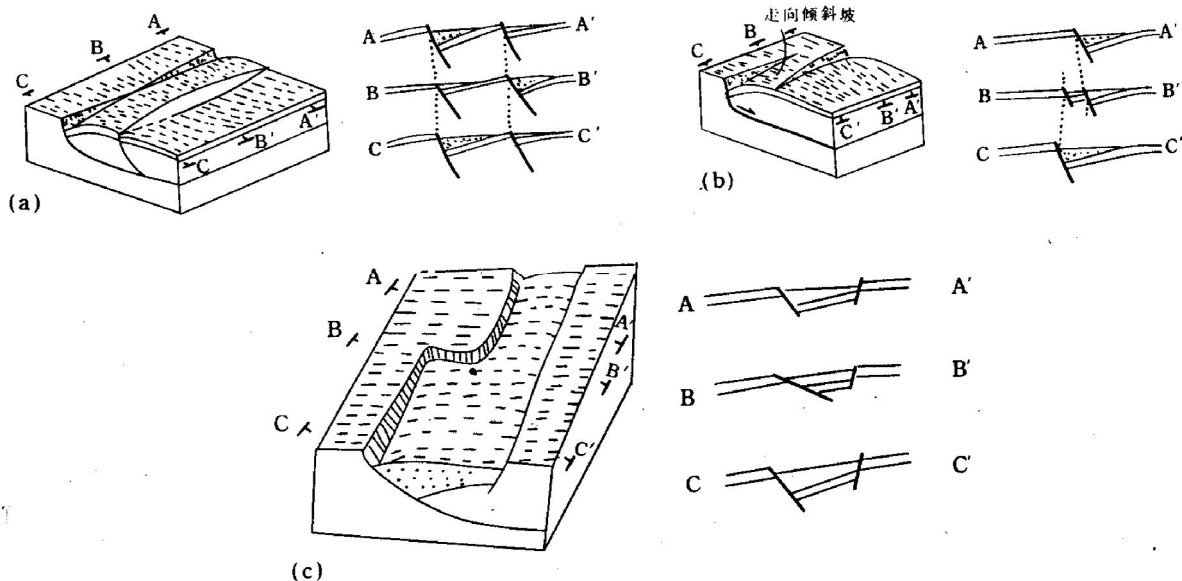


图5 同向变换带

(a) 一对青山—莺山断陷同向平行变换带；(b) 一徐家围子断陷同向超接变换带；

(c) 一林甸—李家围子断陷同向趋近变换带

(a)、(b) 立体图据 Morely 等，1990

后连通而形成的<sup>[4]</sup>。在裂谷盆地产生的初期，控凹边界断层不但规模小，而且相互独立。随着裂谷盆地的继续发展，边界断层在轴向上不断延展，其结果有些对接，有些平行或超接排列。断层之间出现了保持总体应变守恒的构造系——变换带。

随着裂谷的发展及张应力的演变，变换带就会把应力近似的断开区连接起来，控凹边界断层随之扩展成为一条规模较大或很大的断层，如林甸—李家围子断陷的主断层(图7-a)。在断块拉伸掀斜一致且断开区呈雁列式紧邻的区域，不同地段断块活动的伸展应力或伸展速率各异，为了维持整体伸展一致，就需要以同向超接变换带来协调，使一个断层的上盘过渡成另一个断层的下盘，如徐家围子断陷(图7-b)。在控凹断层倾斜相反而断开区呈雁列式紧邻的区域，断块伸展速率各异，为了保持整体张性应变守恒，需以共轭散发超接变换带来调节这种差异，如古龙断陷(图7-d)；在控凹断层倾斜相对且断开区呈雁列式紧邻的区域，则以共轭会聚超接变换带来完成这种变换，如茂兴断陷北部(图7-e)。当在两个互相平行、控凹断裂倾向和掀斜相同的相邻断开区之间，彼此的拉张强度不同时，即出现此消彼长的同

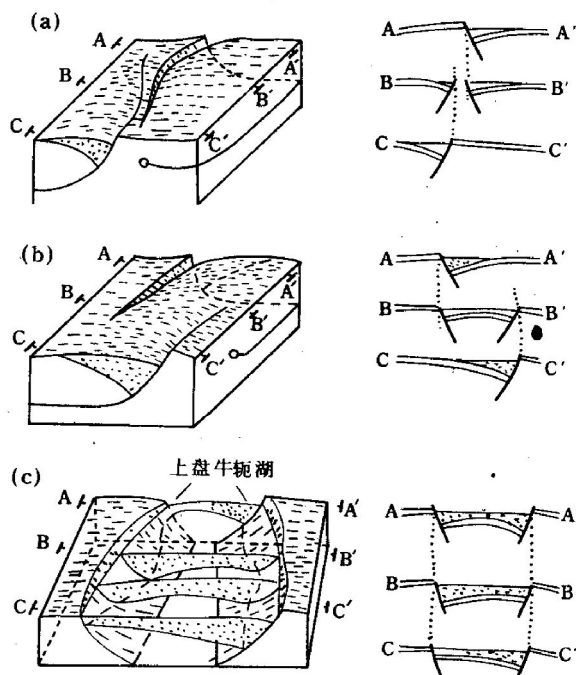


图6 共轭变换带

(a) 一古龙断陷共轭散发超接变换带；(b) 一茂兴断陷共轭会聚超接变换带；(c) 一中和断陷共轭会聚平行变换带

(b)、(c) 立体图据 Morely 等，1990

向平行变换带(图7-c),如对青山-莺山西侧的变换带属于此类。当断层倾向相反时,则会产生共轭平行变换带(图7-f),如茂兴断陷南端的变换带属于此类。无论何种变换,通常都有较强塑性变形,以完成各种不协调性的变换,从而保持区域伸展应变或断层位移在三维空间的守恒。

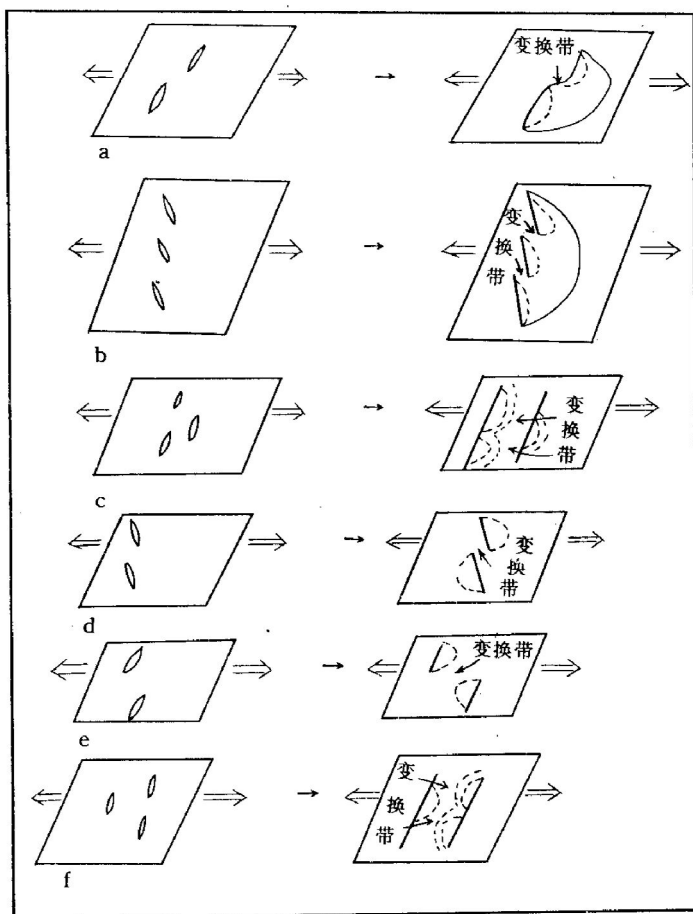


图7 变换断层成因图解

变换断层和变换带均是裂谷盆地裂陷期的产物,都与控凹断层的产生、发展有直接联系,因而变换断层与变换带也有一定的联系,在变换带内可以发育变换断层。

### 三、对沉积及油气分布的制约

#### (一) 变换断层的制约作用

裂谷盆地轴向上沉积及油气分布差异主要起因于变换断层的出现和变换断层所引起的裂谷盆地轴向上构造特征的变化。变换断层以和控凹边界正断层相似的方式影响同裂谷期沉积相的发育。变换断层往往较陡,形成断崖,断层两侧地势差一般较大,水流越过变换断层会产生急剧变化,因而断层两侧沉积体系会存在明显差别。如滨州断层南侧沉积体种类繁多,沉积物厚度大,而其北侧刚好相反,甚至没有同裂谷期的沉积物(图2-a)。地震相和沉积相研究表明,在滨州断层南侧同裂谷期沉积中存在有利的储集体,如在徐家围子断陷北端近滨州断层处存在水下扇体,在林甸-李家围子断陷南端近扎赉特旗—肇源

断层处存在河流入湖三角洲。其次,变换断层能为断陷湖盆提供障壁,为形成理想的烃类生油岩沉积的有限湖相环境提供了条件。

在控凹正断层和变换断层的交接部位,可以出现重要的“天窗”式圈闭,为油气聚集提供场所。但目前松辽盆地深部勘探程度较低,因而至今还未找到这样的油气藏。尽管如此,但是“天窗”式圈闭距断陷内油气源岩很近,且位于油气运移的指向上,因此这类油气藏仍不失为松辽盆地深部勘探的重要目标之一。

作为长期构造活动带,变换断层带具有较高渗透性,因此是好的渗流通道。当烃类沿断陷轴向顺层运移达到变换断层时,烃类会顺变换断层进行穿层运移。因而在松辽盆地裂谷期后变换断层上方登娄库、泉头组内就能找到大量侏罗系天然气。徐家围子断陷北部泉头组内所找到的侏罗系天然气藏,不位于正断层附近泉头组内,而直接位于滨州断层上方泉头组内。这为变换断层起到集中烃类运移作用提供了佐证。

## (二) 变换带的制约作用

变换带对断陷构造样式起制约作用, 构造样式又对沉积产生重要影响。边界断层消失的地方, 下盘隆起不太剧烈, 常常是不同河流汇合进入断陷的部位。因此发散超接和同向超接变换带, 通常分别是较粗碎屑进入断陷盆地的源区和通道, 同向超接变换带是储集体的汇集点。地震相和沉积相研究结果表明, 在同向超接变换带内, 往往发育三角洲、冲积扇等各类有利储集体, 如徐家围子断陷西侧变换带内就找到了该类储集体。在近发散超接变换带断层尖灭端附近断陷内, 往往发育河流入湖形成的砂体, 在古龙断陷西北部发育此类砂体。在与同向超接变换带有关的下盘隆起裂谷前地层内, 在与发散超接变换带有关的地垒裂谷前地层内, 通常发育裂隙, 在裂谷期后盖层发育的条件下, 这类变换带更可能是储油区。芳深2井位于徐家围子断陷西侧同向超接带(从南往北第四变换带)内。该井基岩日产天然气约100m<sup>3</sup>, 天然气来自侏罗系油源层, 储集空间为裂隙。肇州西气藏也是位于同向超接变换带内的基岩裂隙气藏。

共轭会聚平行变换带、同向平行变换带、同向趋近变换带, 在断陷内会造成宽阔, 但不太高的地形凸起, 可能对同裂谷期断陷内早中期沉积物起制约或改造作用。该高地把断陷内早中期沉积分开, 形成多个沉积中心或凹陷, 在其它条件满足下, 其中会沉积较好的生油岩。在对青山-莺山断陷内, 生油岩存在多个分布中心, 这很可能是高地的分隔作用造成的。在高地的周围也会沉积较好的储集岩。因为湖水变浅, 可能使高地处于浪蚀或浪击面附近, 风浪的淘洗作用, 会把高地上已沉积物质中的细粒成分搬运到断陷内, 留下分选磨圆较好的较粗成分, 即高质储集物。通过对部分地震剖面作构造和地震相分析, 发现在茂兴断陷南部共轭变换带和对青山-莺山断陷南部同向平行变换带内, 不仅存在这种高地, 而且在高地及其周围确实存在分选好的砂岩, 与沉积相分析的结论近一致。这类砂岩是侏罗系油气聚集的最佳场所, 因而应作为油气勘探的重点。

## 四、结 论

(1) 松辽盆地北部NW向断层为变换断层, 变换断层几何形态完全受控于NE、NNE向正断层系的形态和位移。在地震剖面上, 变换断层显示为中等到极陡的倾向正断层。

(2) 变换断层是由先存断层或薄弱带活化所形成, 是造成断陷盆地南北分块、轴向构造不连续的根本因素。

(3) 松辽盆地北部变换带包括同向平行、超接、趋近及共轭发散、会聚、平行六种变换带。变换带是裂谷盆地发展演化中, 为保持区域伸展应变守恒, 而产生的协调伸展变形的构造系。

(4) 变换断层和变换带是造成松辽盆地轴向河道变化、沉积相变化、储集体发育的主要因素之一。在控凹断层与变换断层交接处, 可出现“天窗”式圈闭。变换断层是油气运移的良好通道, 变换带是断陷盆地内油气聚集最有利地带。

本文在编写过程中, 曾得到何隆运、钱奕中高级工程师和宋延光讲师的指导和帮助, 特此致谢。

## 参 考 文 献

- 1 Etheridge M A. et al. Application of the detachment model for continental to hydrocarbon exploration in extentional basin. *APPA*

- Journal, 1988, 1, 167—167
- 2 Colletta B. et al. Longitudinal evolution of the Suez rift structure (Egypt). *Tectonophysics*, 1988, 153 (3/4): 221—233
  - 3 Morely C K. et al. Transfer zone in the east African rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts. *AAPG Bull.*, 1990, 74 (8): 1234—1253
  - 4 Nelson R. A et al. Rift—segment interaction and its relation to hydrocarbon exploration in continental rift system. *AAPG Bull.*, 1992, 76 (8): 1153—1169

## TRANSFORM STRUCTURES IN NORTHERN PART OF SONGLIAO BASIN AND ITS SIGNIFICANCE IN PETROLEUM GEOLOGY

Hu Wangshui

(Jiangnan College of Petroleum, Jiangling, Hubei)

Wang Xiepei

(China University of Geosciences, Wuhun)

### Abstract

Transform structures in the northern part of Songliao Basin include transform faults and transform zones. The transform faults are orthogonal to or oblique to normal faults. Their geometric forms were largely determined by the geometric forms and displacements of the normal faults that controlled the depression. The faults, resulted from the activation of the pre-existing faults or weak belts on the basement, were the fundamental factor that divided fault-depressed basins into blocks from south to north, and discontinuous in axis. Transform zones are structural systems which adjusted extensional deformation during the evolution of rift-basin. The transform zones could be divided into synthetic collateral, synthetic overlap, synthetic approach, conjugate divergent, conjugate convergent and conjugate collateral types. All of the above mentioned faults, zones and normal faults formed in rifting stage.