

大兴断裂分段性研究*

赵红格, 刘池洋

(西北大学地质学系, 陕西西安 710069)

摘要: 冀中坳陷大兴断裂具有分段性, 且各段特征存在差异。根据大兴断裂展布方向的不同, 将其划分为北段(NNE 向)、中北段(NE 向)、中南段(近 EW 向)和南段(近 NS 向)4 段。各分段断层的结构、形态、伴生构造、活动时间及对沉积作用的控制等都存在较明显差异。其中, NE 走向段对整个廊固凹陷的构造特征具控制作用。各段的结合部位, 构造特征各具特色。大兴断裂作为控制凹陷的边界大断层, 在早第三纪相同的拉张应力场作用下, 其形成演化具有内在的相关性。

关键词: 廊固凹陷; 大兴断裂; 分段性; 走向; 构造特征; 结合部位; 形成演化

第一作者简介: 赵红格, 女, 25 岁, 博士生, 石油地质与盆地构造

中图分类号: P542.3

文献标识码: A

目前, 对断层分段特征的研究方法众多, 如断层几何形态、产状、滑动方向、延伸方向、两盘构造特征及地层起伏的研究; 同时结合岩浆活动、重、磁等资料, 能更深入地对断层分段特征进行剖析^[1~11]。许多文章将断层分段性与地震活动性联系起来, 通过地表断崖观察, 来分析新构造运动^[4~5, 8~10], 但其划分方法可以作为划分古断裂的参照。断裂分段性研究对认识盆地的构造格局、沉积特征及其演化、尤其是油气聚集特点具有深刻的指导意义^[11~13]。本文对廊固凹陷大兴断裂分段性的分析, 主要通过对油区大量地震剖面研究, 依据断层产状要素及伴随的构造特征的不同来进行。

1 分段特征

大兴断裂的平面展布变化较大, 不同走向段表现出不同的地质构造特征, 在重力异常图中表现更为清楚。据此将大兴断裂可分为 4 段(图 1)。

1.1 北段

该段走向 NNE, 延伸长度约 10 km; 向北与控制大厂凹陷的边界断层相接。主要特征为断面较陡, 倾角约为 47°; 在凤河营地区与桐柏镇断层交会。后者可以作为大兴断裂的一个分支断层, 中间夹二台阶(即凤河营潜山构造)。由于断层活动使得河流溯源切割大兴凸起, 并在大兴断裂面上堆积

大量的扇砾岩, 目前已在凤河营地区发现了砾岩油藏。

1.2 中北段

该段走向 NE 向, 长约 28 km; 是廊固凹陷伸展构造系统的主干断层。其剖面主要特征为: (1) 断面呈犁式, 倾角上陡下缓(图 2), 实测表明埋深 1 000 m 以上倾角为 40°, 1 000~3 000 m 为 30°, 3 000~5 000 m 为 26°, 5 000~7 000 m 为 18°, 而 7 000 m 以下仅为 12°左右, 具拆离性质, 总体为一典型的犁式正断层; (2) 剖面上, 其北部断层附近多见分支断层, 组成反“y”字型, 平面上呈羽状组合, 南部无分支断层; (3) 同北段相比, 该段大兴断层的断陷深度较大, 垂直落差可达 7 000 m, 伸展量为 18.5 km。

从地震剖面可见, 大兴断裂主要控制下第三系沉积, 而断层上升盘缺失下第三系。在断层近旁沉积厚度巨大, 沙河街组一、二、三、四段及孔店组累加厚度约 10 000 m^[14]。远离断层沉积厚度逐渐减薄, 总体呈楔形。断层控制断陷的地层分布, 平面上形成一个 NE 向展布的洼槽^[15]。沿断层根部从北向南, 均有不同时期的冲积扇体展布, 表明大兴凸起作为较稳定的物源区, 长期向廊固凹陷提供沉积物(图 2)。断层下降盘各期地层的沉积速率在 0.05~2.08 mm/a, 其中沙河街组三段最大, 达 2.08 mm/a, 沙河街组四段次之, 为 0.25 mm/a。

断层下降盘褶皱发育, 自北而南分别为万庄背斜、旧州-石佛寺鼻状构造、固安背斜。其中旧州-

* 国家重点基础研究发展规划项目(G1998040808)资助

收稿日期: 2002-04-23

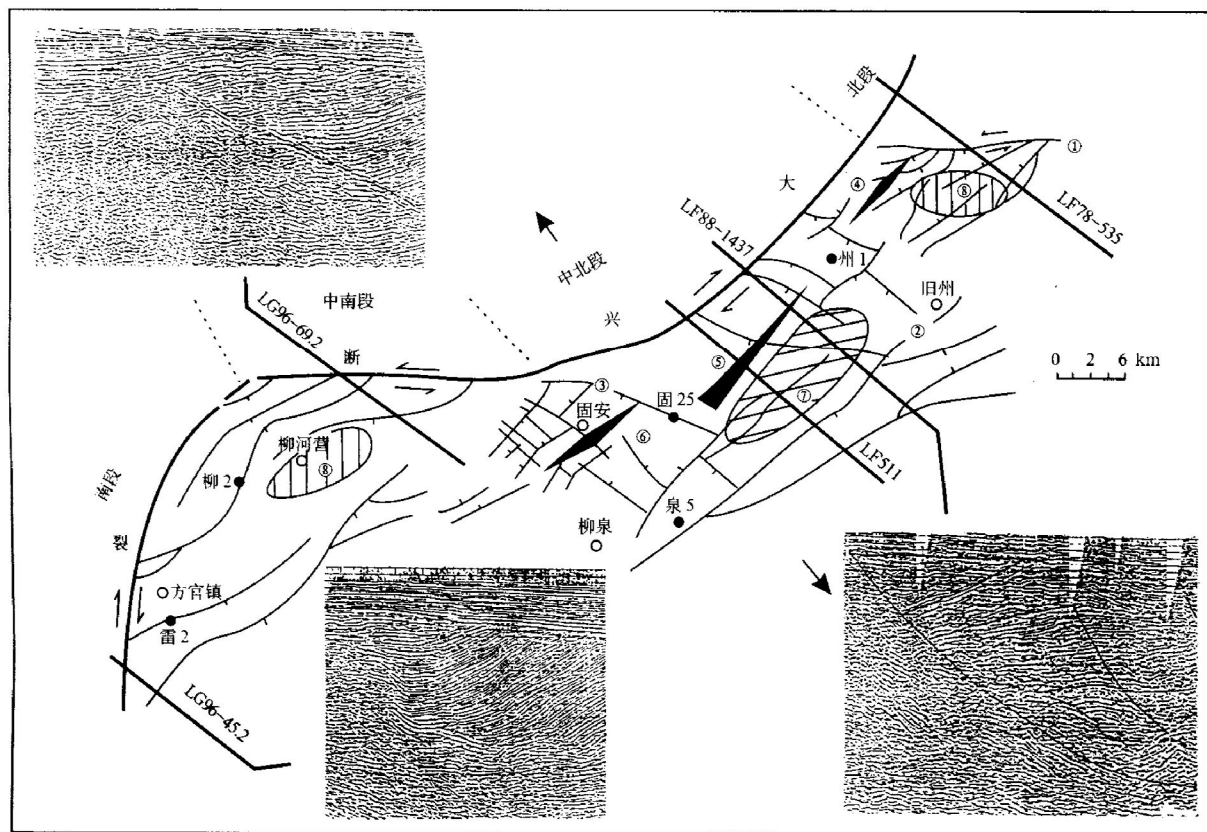


图1 大兴断裂平面分段及侧旁构造分布图

Fig. 1 Plane segmentation of Daxing fault and distribution of side structures

- ①—桐柏镇断层; ②—旧州断层; ③—石佛寺断层; ④—万庄背斜; ⑤—旧州-石佛寺鼻状构造; ⑥—固安背斜; ⑦— E_k - E_{s3} 沉积中心;
⑧— E_{s2} - E_d 沉积中心

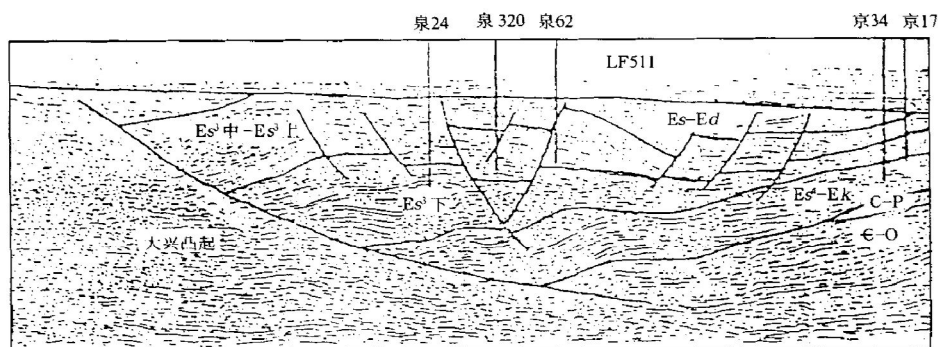


图2 大兴断裂中北段剖面形态图

Fig. 2 Profile pattern Showing mid-north segment of Daxing fault

石佛寺鼻状构造为该段的主体构造。其走向 NE, 即延伸方向平行于大兴断层。它受 NE 走向的大兴断层、旧州、旧州东等断层和 NW 向的大兴断层的分支断层(石佛寺、州 6 井南断层)共同控制。为一大型宽缓的鼻状构造, 圈闭面积为 102.48 km^2 。这一系列褶皱的形成与大兴断层的断陷、滑动作用有关。

该段大兴断层控制廊固箕状凹陷的形成、发育, 决定了油气的生成运移与聚集。其下降盘为

E_k - E_{s3} 沉积中心, 烃源岩厚度可达 $2\,000 \text{ m}$, 众多的背斜鼻状构造等提供了油气聚集的良好场所。现已发现背斜、断块、砾岩等油气藏 10 多个, 油气产量较为丰富。

1.3 中南段

该段走向急剧变化为近 EW 向, 延伸长度 18 km ; 断面南倾, 东部断面较陡, 向西变缓, 平均倾角为 40° 。断层向西延伸, 终止于柳河营西北部; 向东可能以次级断层(石佛寺断层)的形式向东延伸

一直抵达旧州断层*。断面附近发育羽状次生正断层,其与主断层的相关关系指示主断层兼具拉张、左行走滑性质。

主断层下降盘地层变形较弱,呈单斜层倾向于牛北斜坡,倾角大于 45° 。地层中不发育滚动背斜,且缺乏扇砾岩,这是该段大兴断层与前两段的又一明显不同之处。这表明该段并非同沉积断层,而是遭受到后期的改造。同时,在剖面上也可见明显的后期改造现象。断层顶部的一套地层可能为馆陶组,推测该段断层可能在馆陶组沉积之前已经停止活动。

1.4 南段

该段沿柳2井-雷2井一线,以近NS走向为主,向南延伸约20 km。断层方向多变,反映断层活动具有差异性。断面较陡,在LG96-45.2剖面可见断面上部直立,下部变缓。直立部位的两盘沉积地层地震反射剖面差别明显,说明大兴断裂的南部末端曾经发生过一定规模的走滑活动(图1),而且该段可能并不是控凹的原始边界断裂。根据其侧旁分支正断层与主断层的展布关系判断,该断层具有右行走滑性质。值得提出的是,该段西侧与大规模岩体发育区(太行山)紧邻,所以,上述断裂特征和沉积环境变化可能与花岗岩上隆活动有关。

2 分段结合处特点

位于断层各段之间的构造,特征复杂,形式多样;一般具有明显调节转换性质^[16]。常表现为明显的斜列、断崖的突然终止、山前大的凸出体、反映断层累积升降幅度局部减少的横向岩脊以及走向显著改变等^[9-10]。大兴断裂以走向变化进行分段,各段特征差异明显,其间的构造在一定程度上具有上述特点。

2.1 桐柏镇断层

位于大兴断裂北段与中北段的结合处,走向近EW方向,延伸约10 km,断面南倾,倾角为 50° 。基岩断距可达5 000 m。下降盘地层为孔店组-东营组,上升盘出露地层以沙河街组三段为主,部分地区甚至出现沙河街组四段和孔店组。由于临近洼槽中的烃源岩,以桐柏镇断层作通道,故位于其上升盘的风河营构造带油气较为丰富并聚集成藏。

桐柏镇断层与廊固凹陷的主体构造NNE、NE向以大角度相交,且其位置特殊,似为一横向转换断层^[16];造成其两侧断层沿走向变化明显,说明对大兴断裂的分段具重要的控制作用。据两盘地层判断,其主要活动时间为沙河街组三段沉积末期-沙河街组二段沉积期。与大兴断裂相比,其明显活动时间较晚。

2.2 固安背斜

位于中北段与中南段的过渡部位,呈穹隆型,面积 33.43 km^2 。幅度较低,且被NE和NW向断层破坏。顶部剥蚀,两翼地层为沙河街组三段,核部地层主要为沙河街组三段中、上部。西翼受一系列东掉断层影响,倾角较陡;东翼受晚成西掉断层控制,上盘抬升,倾角较为平缓。该背斜沙河街组三段中下部发育烃源岩,沙河街组三段中部的砂、泥岩构成储盖组合;沙河街组三段上部砂岩与沙河街组二段泥岩构成另一套储盖组合。含油层分别出现在沙河街组二段与沙河街组三段上中部,已在固5井、18井,固古1井等井见油。

它的形成与大兴断裂的滑动-挤压作用有关^[17]。由于它位于断层两段的结合处,它又受中南段的左行走滑作用影响。这种在两段断层连接部位,出现构造高点,如转换高地或构造凸出是很常见的。

2.3 拉张断陷

中南段与南段的结合处,存在一系列近于平行的NE走向的张性断裂,与中南、南段均相交。在其下降盘形成深洼槽,主要沉积地层为沙二段-东营组,为其沉积中心。它在南东向拉张作用下形成,由于位置独特,常被称为构造凹入^[9,10]。

3 断层分段的形成演化

早第三纪,整个廊固凹陷处于SE-NW向拉张环境中,这种应力场促成了大兴断裂的形成。大兴断裂各段性质、活动时期差别较大。其主体部分中北段浅部为犁式断层,深部为拆离断层。犁式断层在浅部位断面倾角较缓,发育扇砾岩。且砾岩倾角沿大兴断裂从北向南逐渐增大;在万庄一带倾角小于 10° ,而在石佛寺一带,地层倾角可达 40° 左右,深部可达 60° 。根据沉积厚度分析,该段下降盘Ek-Es₃期沉积厚度巨大,为其沉积中心。故可知该段最早形成或显著活动于孔店期,沙河街组四段-三段沉积时期伸展活动强烈,表现为犁式断层;沙河

* 张万福. 廊固凹陷中西部三维区构造精细解释及目标评价. 1999

街组二段沉积期-东营期持续活动, 但作用极大地减弱, 渐变为拆离断层。从主断层与分支断层的关系判断, 该段断层为以张性为主兼具一定的右行走滑性质。

该段随时间推移, 向两端延伸。北段受后期活动的桐柏镇断层($E_{s2}-E_d$)左行走滑的影响, 走向更偏北一些。中南、南段形成较晚, 受后期改造作用强烈。中南段与整个冀中坳陷 NWW 向断裂作用相似, 具调节性质, 但其形成时代较晚。南段的南部右行走滑成分更多些, 剖面可见陡立走滑断面; 北部受中南段左行走滑作用的影响, 方向逐渐过渡为 NS 向。中南、南段在沙河街组二段-东营期强烈活动, 下降盘为沙河街组二段-东营组的沉积中心。

参 考 文 献

- 1 Stewart, Mege, Taylor, et al. Structural analysis and fault segment boundary identification along the Hurricane fault in southwestern Utah [J]. *Journal of Structural Geology*, 1996, 18(8): 1 017~ 1 029
- 2 DePolo C M, Clark D G, Slemmons D B, et al. Historical surface faulting in the Basin and Range province, western North America: implications for fault segmentation [J]. *Journal of Structural Geology*, 1991, 13(2): 123~ 136
- 3 Janecke S U. Structures in segment boundary zones of the Lost River and Lemhi faults, east central Idaho [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1993, 98: 16 223~ 16 238
- 4 Machette M N, Personius S F, Nelson A R, et al. The Wasatch fault zone, Utah - segmentation and history Holocene earthquakes [J]. *Journal of Structural Geology*, 1991, 13(2): 137~ 149
- 5 Zhang P, Slemmons D B, Mao F. Geometric pattern, rupture termination and fault segmentation of the Dixie Valley- Pleasant Valley active normal fault system, Nevada, USA [J]. *Journal of Structural Geology*, 1991, 13(2): 165~ 176
- 6 Hayward N J, Ebinger C J. Variations in the along-axis segmentation of the Afar Rift system [J]. *Tectonics*, 1996, 15(2): 244~ 257
- 7 Crone A J, Haller K M. Segmentation and coseismic behavior of Basin and Range normal faults: examples from east-central Idaho and south-western Montana, USA [J]. *Journal of Structural Geology*, 1991, 13(2): 151~ 164
- 8 Miller M G. Active breaching of a geometric segment boundary in the Sawatch Range normal fault, Colorado, USA [J]. *Journal of Structural Geology*, 1999, 21(7): 769~ 776
- 9 朱世龙, 何永年, 张宏卫, 等. 活动断裂分段研究译文集 [M]. 北京: 地震出版社, 1992. 44~ 48
- 10 汉考克, P L, 耶茨 R S, 著. 活断层特性 [M]. 侯建军, 白太绪, 梁海华, 等译. 北京: 地震出版社, 1992. 16~ 29
- 11 魏国齐, 贾承造, 施央申, 等. 塔北隆起北部中生界张扭性断裂系统特征 [J]. *石油学报*, 2001, 22(1): 19~ 24
- 12 胡望水, 陈梳遂, 肖安成, 等. 塔南坳陷主要断裂带构造特征及其控油作用 [J]. *新疆石油地质*, 1997, 18(3): 201~ 207
- 13 陈布科, 刘家铎, 杜贤樾, 等. 陈王断裂带的形成机制与油气勘探 [J]. *天然气工业*, 1997, 17(1): 23~ 26
- 14 余英太. 廊固凹陷油藏类型及油气分布特征 [J]. *石油与天然气地质*, 1987, 8(3): 286~ 295
- 15 吴继龙, 卢学祺. 冀中坳陷东部地区构造格架及其形成与发展 [J]. *石油与天然气地质*, 1986, 7(1): 20~ 31
- 16 赵红格, 刘池阳, 杨明慧, 等. 调节带和转换带及其在伸展区的分段作用 [J]. *世界地质*, 2000, 19(2): 105~ 111
- 17 刘国臣, 陆克政, 严俊君. 廊固凹陷构造特征及成因解析 [J]. *地质论评*, 1996, 42(增刊): 83~ 88

RESEARCH ON THE SEGMENTATION OF DAXING FAULT

Zhao Hongge Liu Chiyang

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an)

Abstract: Daxing fault in Jizhong sag is characterized with segmentation and variations for each segment. The fault, according to its extending trends, can be divided into four segments namely; north segment(NNE trend), mid-north segment(NE trend), mid-south segment (near EW trend) and south segment(near NS trend). Each segment has a distinctive difference of its own in fault geometry, associated structures, active age and the sedimentation control etc. Especially, the NE trend segment controls the structural characteristics of the whole Langgu sag. The structural character varies in the hinge area between two segments. As a boundary fault controlling the sag, the evolution of Daxing fault has intrinsic correlations with each segment due to the same effects of extensional stress field in the early Tertiary.

Key words: Langgu sag; Daxing fault; segmentation; trending; structural characteristics; hinge Position; evolution