

# 准噶尔大型坳陷湖盆坡折带的类型和分布特征

王英民<sup>1,2</sup>, 刘 豪<sup>2</sup>, 李立诚<sup>3</sup>, 齐雪峰<sup>4</sup>, 王 媛<sup>2</sup>

(1. 教育部石油天然气成藏机理重点实验室, 北京 102249; 2. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249;  
3. 新疆油田公司, 新疆乌鲁木齐 834000; 4. 新疆油田公司勘探开发研究院, 新疆乌鲁木齐 834000)

**摘要:** 在海相盆地和断陷湖盆中都发育坡折带, 并对层序和沉积起重要控制作用, 这一观点已得到广泛关注并被普遍接受。对准噶尔盆地侏罗系的研究表明, 在大型坳陷湖盆中也发育坡折带, 其成因类型丰富, 可划分为构造坡折、沉积坡折和侵蚀坡折。并且分布广泛, 表现为多级坡折的特点, 在剖面上具有正向阶梯状组合、逆向阶梯状组合、沟谷组合、山梁组合和沟梁组合等组合样式; 在平面上具有梳状组合、帚状组合、斜交组合、喇叭状组合和平行组合等组合样式。于一定构造背景下发育的一组有成因联系并具类似组合样式特征的坡折带可构成一个构造坡折域。在准噶尔盆地侏罗纪湖盆中共划分出6个构造坡折域。坡折带对层序、沉积和非构造圈闭的发育具有十分重要的控制作用, 在不同构造坡折域形成不同的水系和沉积体系特征。

**关键词:** 坡折带; 构造坡折域; 坳陷湖盆; 准噶尔盆地; 侏罗系。

**中图分类号:** P618.130.2; P588 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-2383(2002)06-0683-06

**作者简介:** 王英民(1954—), 男, 教授, 主要从事层序地层学与石油地质学研究。

海相盆地的层序地层学模式研究表明<sup>[1]</sup>, 同为I型层序, 如果是在具陆架坡折边缘或具生长断层边缘(断裂坡折)的盆地中, 则在低水位期坡折带以上可形成不整合面和深切谷; 坡折带以下则可能形成盆底扇、斜坡扇等陆坡体系和低水位楔形体, 这一系列沉积体系构成了典型的低位域沉积。而在不具坡折的缓坡边缘则一般只发育低水位楔形体, 深切谷通常不发育。对湖盆坡折带较系统的研究近几年才开始, 并主要集中在断陷湖盆的断裂坡折带上。林畅松等<sup>[2]</sup>的研究表明断陷湖盆中的坡折带往往使地层厚度和沉积相带发生突变, 控制着特定的沉积相域和储集层的展布, 对储层预测和隐蔽圈闭识别具有重要指导意义。

对于大型坳陷湖盆坡折带的研究相对比较薄弱, 观点分歧也比较大。赵玉光等<sup>[3]</sup>曾提出准噶尔盆地克—乌断裂带在三叠—侏罗纪早中期为前陆盆地冲断带, 并形成了可与陆架坡折类比的坡折带, 对沉积相带的展布具有重要作用。魏魁生等<sup>[4]</sup>认为松辽

大型内陆盆地缺乏理想的陆架坡折, 但可以把风暴面或高位域三角洲体系的下超坡折作为陆架坡折的替代物。为深入揭示大型坳陷湖盆坡折带发育规律, 以准噶尔盆地侏罗系为例开展了系统研究。准噶尔侏罗纪湖盆面积达 $10^5$  km<sup>2</sup>以上, 地层厚度横向上变化缓慢, 是典型的大型坳陷湖盆沉积。研究表明在大型坳陷湖盆中不仅坡折带分布广泛, 而且成因类型丰富、组合样式复杂, 与盆地不同地区的复杂的动力学背景有密切的关系, 并对层序和沉积有显著控制作用。

## 1 坡折带的成因类型

按成因机制可将坡折带划分为构造坡折带、沉积坡折带和侵蚀坡折带。

(1) 构造坡折带(tectonic slope break)。构造坡折带是指由同沉积构造长期活动引起的沉积斜坡明显突变的地带<sup>[2]</sup>。能够形成坡折带的同沉积构造活动主要有断裂和挠曲。因此与之对应, 应当将构造坡折带划分为断裂坡折带和挠曲坡折带。断裂坡折带是同沉积断裂活动产生明显差异升降和沉积地貌突变的古构造枢纽带, 构成盆内古构造单元和沉积区

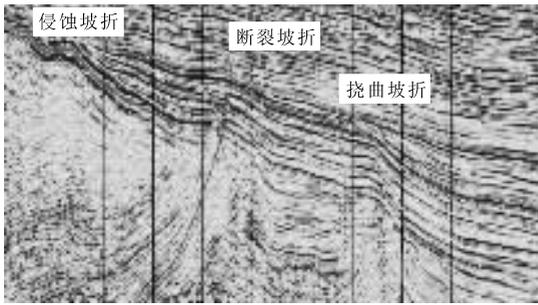


图 1 准噶尔盆地西北缘的多级坡折带

Fig. 1 Mutual grade slope breaks in the northwestern margin of Junggar basin

图中从左到右依次为侵蚀坡折带、断裂坡折带和挠曲坡折带。这是拗陷构造坡折带的典型特征。注意多级坡折带对地层超覆和剝蚀的控制,在每个坡折带下方都发育地层超覆,有些活动强烈的坡折带上部有削截

域的边界。这些断裂一旦形成,在整个裂陷期由于应力易于集中而长期活动。识别古断裂坡折带的主要标志是断裂带两盘地层厚度有明显变化,其生长系数一般在 1.4~2.0 左右<sup>[2]</sup>。在准噶尔盆地这种大型拗陷盆地中,断层的生长系数要多大才能形成明显控制沉积的断裂坡折带,目前尚无定论。暂时把在地震剖面上能明显表现出同沉积断裂特征的都识别为断裂坡折带(图 1)。在准噶尔侏罗纪大型拗陷湖盆中,除了与同沉积断裂伴生的断裂坡折带外,更多的坡折带则是由于同期深部断裂活动使浅层发生挠曲变形而产生的,或是在古梁、古断凸、古潜山之上由于披覆作用而产生的。对于这种具有普遍意义的成因类型,称其为挠曲坡折带。其主要标志是坡度突变,在坡折带下部有明显的上超和地层增厚现象,在坡折带上部可见地层削蚀(图 1)。

(2) 沉积坡折带(depositional slope break)。沉积坡折带是由于不同地区沉积速率差异造成地形坡度突变而形成的。在三角洲平原与三角洲前缘的结合部一般形成沉积坡折带,在地震剖面上一般与前积反射的顶部相对应。此外,在碳酸岩台地或生物礁体的边缘也容易形成沉积坡折带。一般说来,在构造活动较强烈的盆地中,构造坡折带往往控制了沉积坡折带的发育,使二者重合。只有在构造坡折带不发育的情况下,沉积坡折带才会显著地表现出来。

(3) 侵蚀坡折带(erosion slope break)。侵蚀坡折带是由于风化侵蚀等外动力地质作用造成地形坡度突变而形成的。在较长期发育但没有达到准平原化的不整合面处有可能发育侵蚀坡折带。其主要特

征是不整合面上表现出地形突变,以及界面下方的削蚀和界面之上的超覆等现象(图 1)。构造坡折带和沉积坡折带都是同沉积期发育,而侵蚀坡折带则在沉积之前形成,因此对沉积的控制不同。对于同沉积坡折带,其成因类型反映了构造作用的强弱,随着构造活动强度的增加,表现为从沉积坡折到挠曲坡折再到断裂坡折的系列变化。侵蚀作用、构造作用和沉积作用构成了控制坡折带形成的 3 种地质营力端元组分。从理论上讲,每一种端元组分都可相应形成一种特殊的坡折带类型。但实际上在自然界中发育的坡折带往往先后程度不等地受到不同营力的作用,因此其类型应是位于这三端元之间的过渡类型。

## 2 坡折带的剖面、平面组合样式

湖盆坡折带明显表现为多级坡折带。它们在剖面上和平面上有不同的组合样式,这与深部构造背景和构造应力状态有关,在盆地不同的构造部位往往形成不同的组合样式。初步归纳出剖面组合样式和平面组合样式各 5 种。

剖面形态组合样式如下:(1)正向阶梯状组合。多级坡折带向盆地方向逐阶下降,与沉积物搬运方向一致。一般发育在盆地边缘斜坡带上(图 2a)。(2)逆向阶梯状组合。多级坡折带向盆地方向逐阶上升,与沉积物搬运方向相反。一般发育在盆地内部的隆起或凸起等正向构造单元上,特别是在前陆盆地的前缘隆起带上(图 2b)。(3)沟谷组合。由 2 个相向的坡折带组成,在地貌上表现为沟谷(图 2c)。(4)山梁组合。由 2 个反向的坡折带组成,在地貌上表现为山梁(图 2d)。(5)沟梁组合。由多个沟谷组合和山梁组合构成的复合体(图 2e)。后 3 种组合往往形成于扭

剖面形态组合样式		平面形态组合样式	
a. 正向阶梯状组合		f. 梳状组合	
b. 逆向阶梯状组合		g. 斜交组合	
c. 沟谷组合		h. 帚状组合	
d. 山梁组合		i. 喇叭状组合	
e. 沟梁组合		j. 平行组合	

图 2 坡折带的剖面形态和平面形态组合样式

Fig. 2 Profile shapes and plane combination models of slope breaks

动断裂系发育的地区。

平面形态组合样式如下:(1)梳状组合。梳状组合由不同级别的多组断裂坡折带构成,梳背是主干同沉积断裂,梳齿是与之垂向的一组伴生次级断裂。这种组合的形成是由于沿主干断裂走向在不同部位断距有差异,从而导致了近于垂直的调整断裂的发育(图 2f)。(2)帚状组合。帚状组合是在旋扭作用下由帚状断裂系控制的坡折带组合。在主干断裂的末端有一系列次级断裂呈帚状发散。其收敛处一般是地形坡度变化最剧烈的部位(图 2g)。(3)斜交组合。斜交组合是由 2 条走向不同的坡折带呈钝角相交形成,主要受同沉积或深部同期活动的锯齿状断裂系的控制。交角处一般是地形坡度变化最剧烈的部位(图 2h)。(4)喇叭状组合。喇叭状组合是由 2 条相向的坡折带,其间隔朝一个方向逐渐增大所组成的。一般在帚状构造的散开处发育(图 2i)。(5)平行组合。平行组合是由多条近于平行的坡折带所组成的。一般在拗陷盆地边缘发育(图 2j)。

### 3 构造坡折带的概念及划分

坡折带的成因类型和组合样式有明显的共生关系,一组有成因联系并具类似组合样式特征的坡折带构成一个坡折域。其特征和展布与盆地深部基底构造格局和区域构造应力背景有密切关系,为了强调坡折域的构造成因背景,将其称为构造坡折域。一个构造坡折域由在一定构造背景下发育的一组有成因联系并具类似组合样式特征的坡折带所构成。划分构造坡折域需要把坡折带的成因类型、组合样式特征及其展布与盆地深部基底构造格局和区域构造应力背景纳入有机的盆地动力学系统开展分析。目前在准噶尔盆地侏罗系中识别出 4 种构造坡折域类型(图 3)。

(1)西北拗陷构造坡折域。该构造坡折域位于盆地的西北缘,大体上包括中央拗陷西部的玛湖凹陷、达巴松凸起、盆 1 井西凹陷,中央隆起西部的中拐凸起,以及西部隆起。因早期的克—乌前陆冲断带在后前陆期再次活动,从而在挤压拗陷这一盆地动力学背景下形成的。其垂直于盆地边缘的纵剖面如图 1 所示,基本特征是发育同向多级阶梯状坡折带,在其西北的盆地边缘为断裂坡折带,是由于作为二叠纪—早三叠世前陆冲断带的红—车断裂带和克—乌断裂带在后前陆期再次活动所控制的,主要表现为多幕次强度不大的复活逆断层,地形坡度变化较大。向

盆地内部主要为受同期活动的深部断裂控制或在古凸起上因披覆作用而形成的挠曲坡折带,平均坡度逐渐减缓,但每到一个坡折带处都出现地层坡度的突然变化。在一些大型的坡折带下部坡度可以变得相当陡。在平面上,盆缘坡折带主要为斜交状、帚状或梳状组合,盆地内部则大多为北东向,主要为平行组合,但在克拉玛依一带坡折带转为南北向,则以斜交组合为主。再向南到车排子一带坡折带逐渐收敛到一起,形成帚状组合。此外在车排子地区由于调整断层的发育,还局部发育了梳状组合。

(2)中部扭动构造坡折域。位于准噶尔盆地中部,大体上包括陆梁隆起、中央拗陷东部、中央隆起东部和昌吉拗陷东部。是在压扭背景下因帚状断裂系的同沉积断裂活动而形成的。以平行物源方向的断裂坡折带为主,呈向西散开的扇状,克拉美丽山为其扇柄。在垂直于盆地边缘的纵剖面上主要表现为—简单平缓的单斜。而在平行于盆地边缘的横剖面上则表现出压扭性的幕式活动的同沉积断裂十分发育,断裂表现为压扭性的正花状构造,以沟谷、山梁和沟梁组合为主。坡折带所引起的坡度变化垂直于盆地边界。而在平面上则以向西散开的帚状和喇叭状组合为主,明显表现出扭动构造的特点。

(3)乌伦古前陆构造坡折域。位于准噶尔盆地东北部,大致上与乌伦古拗陷相当。其北部为受红岩前陆冲断带控制的盆缘断裂坡折带,以同向阶梯状组合为主;其南部则在相当于前缘隆起部位的石英滩凸起和三个泉凸起上发育挠曲坡折带和断裂坡折带,以逆向阶梯状组合为主;平面上以平行组合和喇叭状组合为主。

(4)南缘构造坡折域。大致相当于南部断阶带、四棵树凹陷以及昌吉凹陷南部。其西段在四棵树凹陷附近地层向南增厚,向北朝车排子凸起超覆,如果把车排子凸起看作是前陆隆起,地层结构与前陆盆地较为相似。在中段地层也是明显向南增厚,因此倾向于认为南缘构造坡折域的性质为前陆构造坡折域。但由于该坡折域的大部分地区后期遭受喜马拉雅运动的强烈改造,形成新生代南缘冲断带,使侏罗系地层剥蚀强烈,原始面貌被掩盖。目前其南部边界和大部分地区的厚度变化不清楚,还不能对其成因组合类型和动力学成因背景给出确切的结论,因此暂时只称其为南缘构造坡折域。将其与西北拗陷构造坡折域和中部扭动构造坡折域区分的主要依据是坡折带走向及地层厚度变化趋势的明显差异。

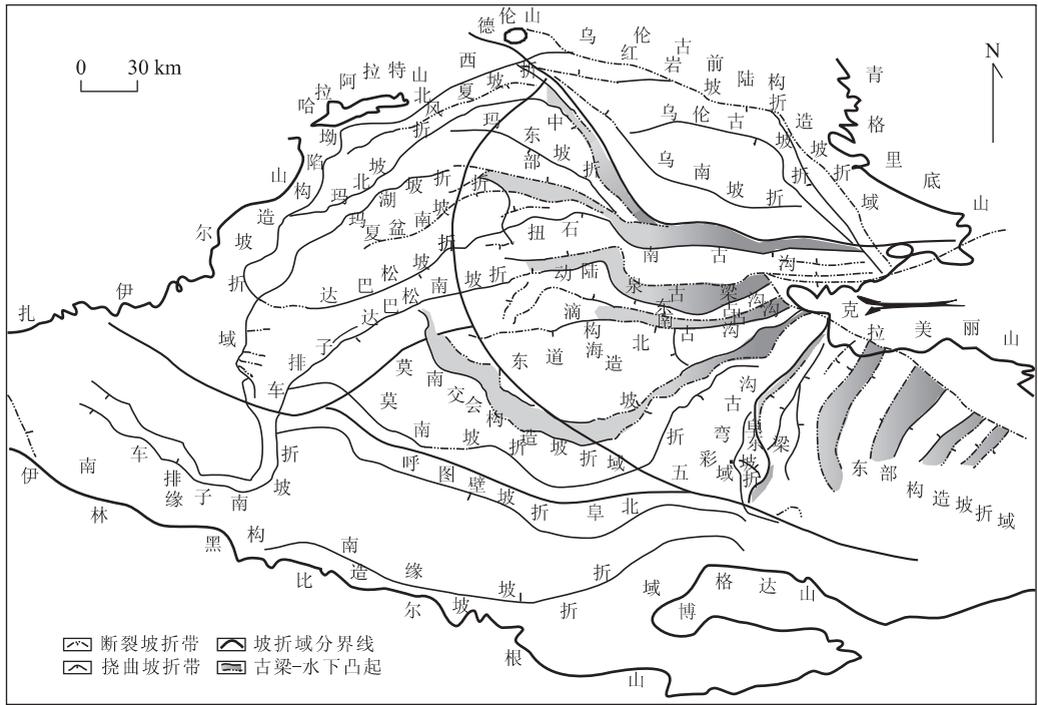


图 3 准噶尔盆地侏罗纪坡折带类型及分布

Fig. 3 Slope break types and distribution in Junggar basin, Jurassic

(5)莫南交会构造坡折域。位于莫索湾以南,大致相当于昌吉凹陷北部,其坡折带主要近东西向展布,显得南缘构造坡折域的影响较为突出,但向西受到西北坳陷构造坡折域中车排子—达巴松坡折带的限制和影响。向北跨过白家海—马桥坡折带,受到中部扭动构造坡折域的限制和影响。该区实际上是 3 大构造坡折域共同影响的结果,在早—中侏罗世该区长期处于继承性深坳陷状态。

(6)东部构造坡折域。大致相当于东部隆起带,与中部扭动构造坡折域以沙帐断裂带分界。其基本特征表现为多排近南北向的断裂坡折带,构成沟梁组合。由于该区后期改造强烈,地层残缺不全,其成因机制还有待于深入研究。

#### 4 构造坡折域对水系和沉积体系的控制

不同构造坡折域中坡折带类型和组合样式不同明显控制着其水系和沉积体系的差异。以研究程度较高的西北坳陷构造坡折域和中部扭动构造坡折域为例,在西北坳陷构造坡折域,在盆缘坡折带斜交组合的交会部一般发育为水系的源口,形成多个并列的点物源沉积体系。在盆地内部以平行展布的同

向阶梯状组合为主,总体上坡降相对较大,水体相对较深,因此横向上相带较窄、变化迅速。相带界限往往受坡折带控制。各水系从源口到湖泊的直线距离相对较短,一般在几十 km 的范围之内。盆地内的坡降在横向上通常是有变化的,而坡降是控制三角洲沉积性质的主要因素。在西北构造坡折域的西部斜坡带,从北向南坡降变小,坡折带之间的间距增大。这控制了沉积体系由北向南从辫状河三角洲(玛东 2 三角洲和玛湖三角洲)向曲流河三角洲(中拐三角洲)转化。个别地区因受多个坡折带的复合作用,局部地区坡降增大,从而出现水下扇沉积(小拐水下扇)。在各水系之间有一定间隔,发育间湾沉积。

中部扭动构造坡折域总体上呈扇状,而物源区则集中在扇柄处的克拉美丽山,构成一个点物源。水流从克拉美丽流域盆地进入中部构造坡折域后,受帚状和喇叭状展布的沟梁状断裂坡折带组合的控制,形成许多支流,呈扇状散开而广泛分布,从而形成一个由克拉美丽水系控制范围广阔的整个构造坡折域的奇特景观。由于受近东西向的同沉积发育的沟梁状断裂坡折带的控制,河流在限制性的河谷中得以长距离保持其形态,而不是象黄河下游那样在平坦的地形背景下横向大范围地迁移。从而在其南北两侧都发育有坳陷的情况下,能够在陆梁隆起上

由东向西保持上百 km 的搬运距离,并发育了相对较细的曲流河沉积。在相当大的范围内沉积相在横向上(平行盆地边缘)变化大、相变突然,而在纵向上则相当稳定,直到进入喇叭状组合的部位才转化成网状河或曲流河三角洲入湖。各分支水系从源口到湖泊的距离均达 100 km 以上。

## 5 结论

对准噶尔盆地侏罗系的研究表明,在大型拗陷湖盆中也发育有坡折带,其成因类型丰富,具有断裂坡折、挠曲坡折、沉积坡折和侵蚀坡折;分布广泛,表现为多级坡折带;空间组合样式复杂,具有正向阶梯状组合、逆向阶梯状组合、沟谷组合、山梁组合和沟梁组合等剖面组合样式;以及梳状组合、帚状组合、斜交组合、喇叭状组合和平行组合等平面组合样式。在准噶尔盆地侏罗纪湖盆中可划分出西北拗陷构造坡折域、中部扭动构造坡折域、乌伦古前陆构造坡折域、南缘构造坡折域、莫南交会构造坡折域和东部构造坡折域 6 个构造坡折域。

坡折带对层序、沉积和非构造圈闭的发育具有十分重要的控制作用,在不同构造坡折域形成不同的水系和沉积体系特征。

### 参考文献:

[1] Vail P R, Audemard F, Bowman S A, et al. The strati-

graphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology—an overview [A]. In: Einsele G, Ricken W, Seilacher A, eds. Cycles and events in stratigraphy [C]. Berlin Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1991. 617—659.

[2] 林畅松,潘元林,肖建新,等. “构造坡折带”——断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25(3): 260—266.

LIN C S, PAN Y L, XIAO J X, et al. Structural slope-break zone: key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(3): 260—266.

[3] 赵玉光,丘东洲. 西准噶尔界山前陆盆地晚期(T-J)层序地层与油气勘探[J]. 新疆石油地质, 1993, 14(4): 323—331.

ZHAO Y G, QIU D Z. Sequence stratigraphy and petroleum exploration in the late stage of foreland basin, western mountain of Junggar basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1993, 14(4): 323—331.

[4] 魏魁生,徐怀大,叶淑芬,等. 松辽盆地白垩系高分辨率层序地层格架[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(1): 7—14.

WEI K S, XU H D, YE S F, et al. High resolution sequence stratigraphy framework in Cretaceous, Songliao basin [J]. Petroleum & Gas Geology, 1997, 18(1): 7—14.

## Types and Distribution Characteristics of Slope Breaks of Large-Type Down-Warped Lake Basins

WANG Ying-min<sup>1,2</sup>, LIU Hao<sup>2</sup>, LI Li-cheng<sup>3</sup>, QI Xue-feng<sup>4</sup>, WANG Yuan<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Education, Beijing 102249, China; 2. Basin & Oil Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. Xinjiang Petroleum Company, Urumchi 834000, China; 4. Exploration and Exploitation Institute of Xinjiang Petroleum Company, Urumchi 834000, China)

**Abstract:** Slope breaks are developed in both marine and rift lake basins, and their controlling impact on sequence and deposition has already been widely concerned and accepted. However the study in Jurassic Junggar basin shows that slope breaks are also developed in large down-warped lake basins. Their genetic types can be divided into structural slope break, sedimentary slope break and erodent slope break. These breaks are distributed widely, showing mutual grades characteristics. On the profiles,

they have forward direction grade combination, downward direction grade combination, ditch-valley combination, mountain combination and ditch-mountain combination. On the planes, they display pectination combination, broom combination, oblique combination, trumpet combination and parallel combination. A set of slope breaks developed in the specific structural settings with genetic correlations and similar combination characteristics consist of a structural slope break domain. The Jurassic lake basin, Junggar, was distinguished into 6 structural slope-break domains. It is evident that slope breaks have an important control on sequence, deposition and the development of tectonic traps and different water systems and different depositional characteristics are formed in different structural slope-break domains.

**Key words:** slope break; structural slope-break domain; down-warped lake basin; Junggar basin; Jurassic.

\* \* \* \* \*

(上接 670 页)

quantitative analysis of aromatics such as dibenzofuran, dibenzothiophene and fluorene are also used for the evaluation. The results indicate that the pyrrolic nitrogen compounds and some heavy molecular compounds such as dibenzothiophene in the oils reveal significant fractionation effects. First, the main charging point of the Bamianhe fracture belt is at the location of the Xiaoqinghe River, where Mian 1 to Jiao 4 wells are located and also the oils migrated from the main charging point to the south and north respectively. Second, in the south part of the fracture belt, there are obvious migration fractionation effect laterally and vertically, suggesting most of the oil being accumulated at the south part. While the northern part of the fracture belt just shows slight oil migration fractionation effect from the main charging point to north. Third, at the end of the northern part of the fracture belt, the migration direction is seen to be from north to south, suggesting another source-cooker nearby. Fourth, according to the fractionation effect of the nitrogen compounds and aromatics, fractures and unconformity surfaces are inferred as the main migration paths, and the oils of the Bamianhe oilfield are assumed to come mainly from Niuzhuang and Guangli sags. It is also suggested that the oils are probably generated from the deep parts of the Niuzhuang and Guangli sags, not as what is suggested previously from the shallow sedimentary intervals in the south slope of Niuzhuang sag. Therefore, most of the oils are in fact normal oils generated by source rock in the oil-generating window.

**Key words:** pyrrolic nitrogen compounds; migration of oil; accumulation model; Bamianhe oilfield.