

库车褶皱冲断带克拉苏三角带的位移转换构造

杨明慧^{1,2}, 金之钧³, 吕修祥^{1,2}, 孙冬胜^{1,2}

1. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249

2. 石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249

3. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083

摘要: 根据对库车褶皱冲断带的地面地质调查和地震反射剖面的解释表明, 库车褶皱冲断带克拉苏三角带发育垂直构造走向的位移转换构造。在地面上, 位移转换构造分别表现为库姆格列木、巴什基奇克和开依雷艾肯背斜以及吐孜麻扎、喀桑托开和吉迪克背斜构造的走向侧接构造样式; 在地下表现为库—巴冲断层、喀桑托开冲断层的断距的反接关系。位移转换构造发育的动力学背景可能与南天山重力滑动构造有关。

关键词: 位移转换构造; 克拉苏三角带; 库车褶皱冲断带; 塔里木盆地。

中图分类号: P54

文章编号: 1000-2383(2004)02-0191-07

收稿日期: 2003-06-22

Displacement Transfer Zone of Kelasu Triangle Zone, Kuqa Thrust-and-Fold Belts in Tarim Basin

YANG Ming-hui^{1,2}, JIN Zhi-jun³, LÜ Xiu-xiang^{1,2}, SUN Dong-sheng^{1,2}

1. Basin & Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China

2. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation, Ministry of Education, Beijing 102249, China

3. Exploration & Production Research Institute, SEPRI, Beijing 100083, China

Abstract: The field observation and seismic data interpretation reveal that the displacement transfer zone is developed in the Kelasu triangle zone, Kuqa thrust-and-fold belts. The displacement transfer zone appears as relay ramps of the Kumugeliemu anticlines, Bashijiqike anticlines, Kaiyileiaiken anticlines to the north and Tuzimazha anticlines, Kasangtuokai anticlines, and Jidike anticlines to the south on the surface, respectively. Under the subsurface, it appears as throw deviation of Kumugeliemu-Bashijiqike thrusts and Kasangtuokai thrusts. Its dynamic occurrence may be related to the gravitational slide structures along the southern Chinese Tianshan front ranges.

Key words: displacement transfer zone; Kelasu triangle zone; Kuqa thrust-and-fold belt; Tarim basin.

“三角带”最先发现在南加拿大山前的外缘 (Gordy and Frey, 1975), 随后由 Jones (1982) 和 Teal (1983) 描述并图示。三角带是全球各地褶皱冲断带前缘常见的构造现象之一 (Morley, 1986; Vann *et al.*, 1986; Ramos, 1989), 如富含油气和煤炭资源的南加拿大落基山三角带 (Jones, 1982; Charlesworth and Gagnon, 1985) 以及北落基山深部埋藏的三角带 (Thompson, 1981; McMechan, 1985) 等。杨明慧等 (2000) 曾讨论过库车褶皱冲断带

克拉苏三角带的构造几何特征及其形成机制, 本文主要分析克拉苏三角带盐上地层的位移转换构造问题。

塔里木盆地库车坳陷 (图 1) 的克拉苏构造带是油气最为富集的地区之一。该带在地面上是由 2 个次级的背斜带和向斜带组成, 其中北部的库姆格列木背斜带由库姆格列木、巴什基奇克和开依雷艾肯 (库—巴—开) 背斜及其伴生的冲断层构成; 南部的吐孜麻扎背斜带包括吐孜麻扎、喀桑托开和吉迪克 (吐—喀—吉) 等背斜, 为古—新近系和下更新统构

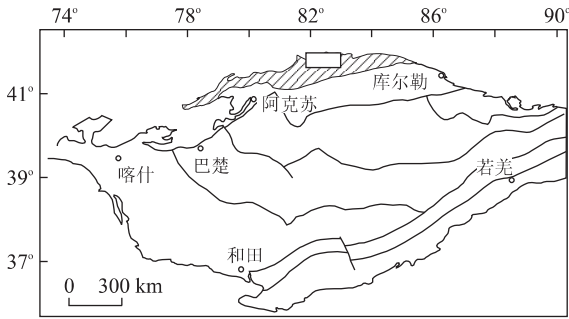


图 1 库车褶皱冲断带克拉苏三角带构造位置

Fig. 1 Location of Kelasu triangle zone in Kuqa thrust-and-fold belts, Tarim basin
阴影为库车褶皱冲断带,其中小方框为本文研究区

成的线状背斜(李道燧, 1993. 塔里木盆地库车坳陷构造卡片汇编; 钟端, 1998. 库车前陆盆地露头区中新世代地层构造沉积相含油气性调查研究)(图 2). 该构造在以往的研究中被多次涉及到(卢华复等, 2000; 贾承造等, 2000). 在古近系膏盐岩之下的侏罗—白垩系中, 由一系列隐伏的冲断层组成双重构造(刘和甫等, 1994; 刘和甫, 2001), 并与顶部的膏盐岩构成所谓的克拉苏“被动顶板双重构造”(杨明慧, 2002), 即克拉苏三角带(杨明慧等, 2000).

1 地层及构造岩石组合

在克拉苏地区, 出露地表的古—新近系碎屑岩地层中的构造样式远比地下的侏罗—白垩系中的简

单. 这一构造样式剧烈变化的原因在于古近系库姆格列木群膏盐岩层的存在.

三叠系主要出露在克拉苏地区以北的山前地带, 为陆相碎屑沉积, 包括俄霍布拉克组、克拉玛依组、黄山街组和塔里奇克组. 侏罗系为一套陆相含煤沉积, 可分为中下部的阿合组、阳霞组煤系地层和上部的克孜勒努尔组、恰克马克组、齐古组、喀拉扎组杂色碎屑沉积地层. 下滑脱层主要伴随阳霞煤系发生, 上二叠统比尤勒包谷孜组—三叠系—侏罗系阿合组的碎屑岩地层构成煤下的构造岩石组合.

上覆的煤—盐下构造岩石组合包括侏罗系克孜勒努尔组、恰克马克组、齐古组、喀拉扎组、下白垩统卡普沙良群(自下而上包括亚格列木组、舒善河组和巴西盖组)和巴什基奇克组. 其中, 卡普沙良群上部主要分布在克拉苏构造带库—巴背斜的核部, 为一套紫红色陆相碎屑沉积; 巴什基奇克组仅见于卡普沙良河至克孜勒努尔沟之间, 岩性以紫红色粗碎屑岩为主.

古近系包括古新统一始新统库姆格列木组和渐新统苏维依组, 出露在库—巴背斜核部, 尤其是在巴什基奇克背斜的南翼, 底部为灰白色泥灰岩, 下部为紫红色碎屑岩与膏盐岩互层; 上部为紫红色泥岩.

库姆格列木群发育的膏盐岩是上滑脱层. 盐上构造岩石组合包括古近系苏维依组、新近系吉迪克组、康村组、库车组和第四系, 主要构造样式为滑脱褶皱. 在喀桑托开背斜北翼, 库姆格列木群上部和渐

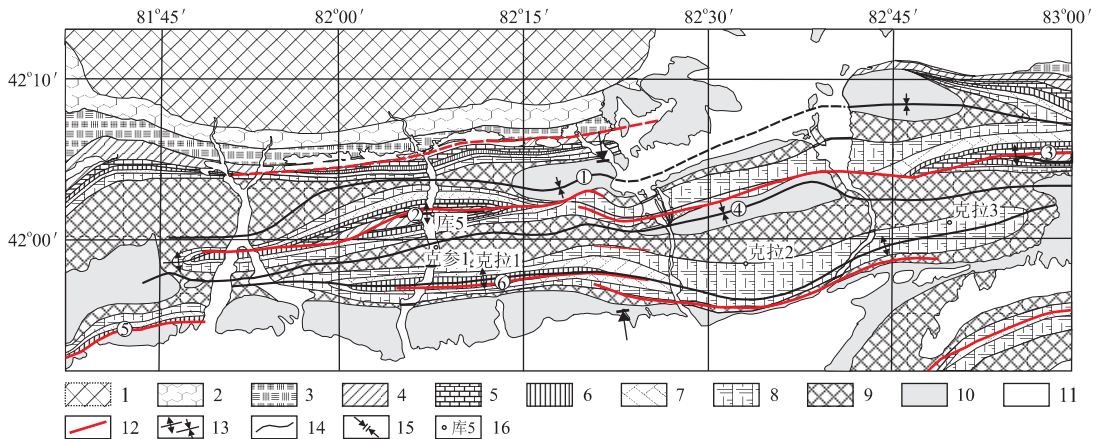


图 2 库车褶皱冲断带克拉苏构造带地质图

Fig. 2 Geological map of Kelasu triangle zone in Kuqa thrust-and-fold belts, Tarim basin

1. 前三叠系; 2. 三叠系; 3. 侏罗系; 4. 白垩系; 5. 库姆格列木群; 6. 苏维依组; 7. 吉迪克组; 8. 康村组; 9. 库车组; 10. 西域组; 11. 更新统一全新统; 12. 断层; 13. 褶皱(背斜, 向斜); 14. 地层界线; 15. 位移转换构造发育位置; 16. 钻井; ①卡参齐向斜; ②库姆格列木背斜; ③巴什基奇克背斜; ④图舍科依向斜; ⑤吐孜麻扎背斜; ⑥喀桑托开背斜

新统苏维依组碎屑岩夹膏盐岩地层在喀桑托开冲断层的顺层断层作用下,发生塑性减薄。

2 地下构造样式

克拉苏三角带的地下构造样式见地震解释剖面(图 3)。由图 3 可见,喀桑托开冲断层可能与库姆格列木冲断层在库姆格列木群膏盐岩层位相通,“上浮”背驮式的图舍科依向斜(图 2)。

克拉苏三角带地下构造样式具有 4 个特点:(1)喀桑托开冲断层呈台阶状,断面基本沿上滑脱层发育,下断坪潜在煤上一盐下构造岩石组合中的次

级滑脱层或下滑脱层之中。克深背斜构造的南翼地层急剧顺层减薄;(2)库姆格列木冲断层与喀桑托开冲断层在上滑脱层沟通,构成背驮式冲断层,上叠“筏构造”的图舍科依向斜;(3)煤上一盐下构造岩石组合发育双重构造,断夹块构成的背斜构造南翼陡北翼缓,冲断层大多斜穿北翼发育。南翼陡峻,有利于解释喀桑托开深部地层的巨大落差以及对前侧被动顶板构造发育的支撑;(4)下滑脱层总体呈北高南低的单斜状,表明研究区的双重构造演化机制可能与重力滑动有关。而且,在地震剖面上见有一些“豆荚状”的反射层发育在下滑脱层之下,暗示在下滑脱层之下的构造岩石组合中还发育一些楔状构造。

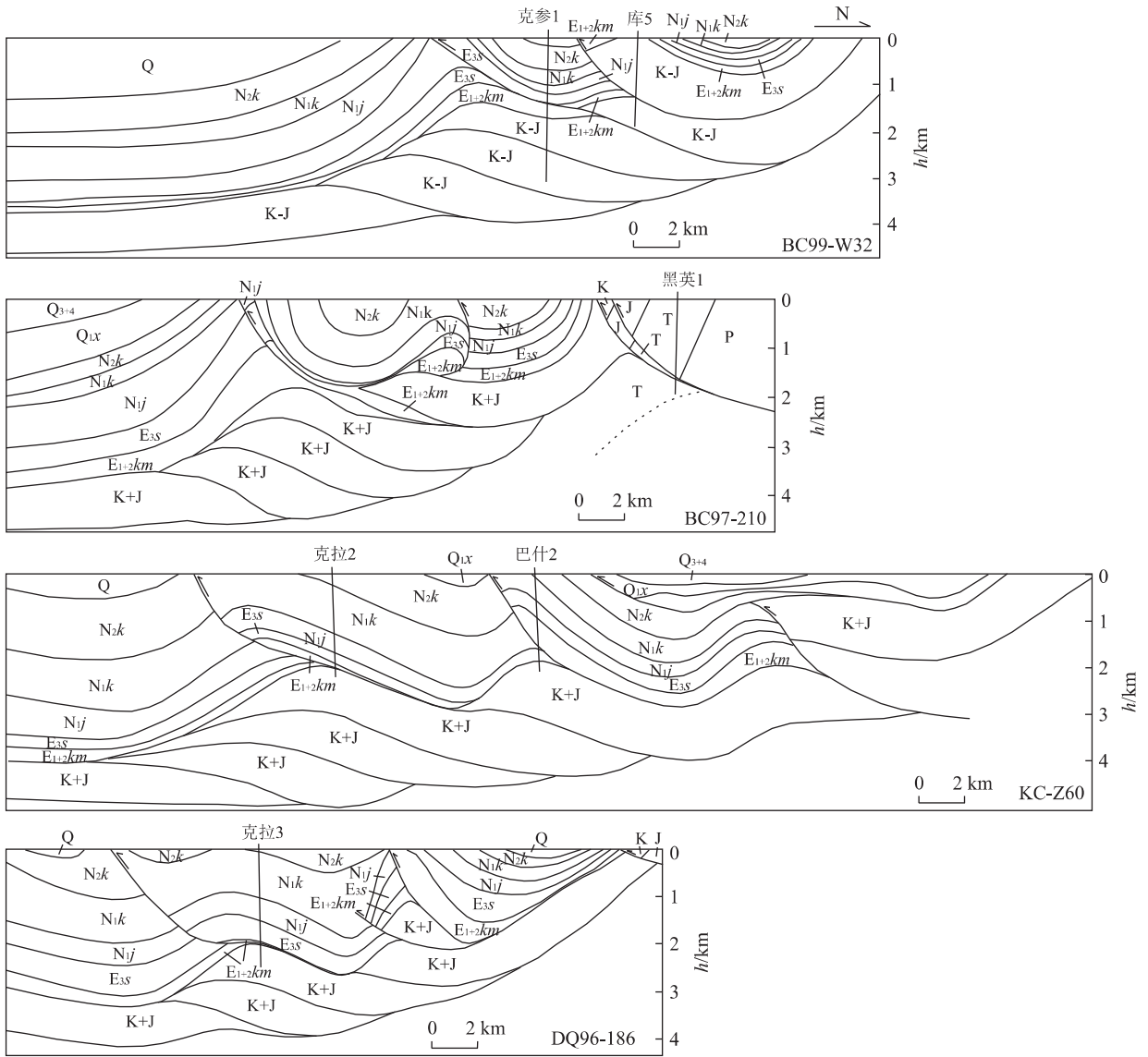


图 3 构造横剖面解释(剖面位置见图 4)

Fig. 3 Structural cross sections based on seismic interpretation

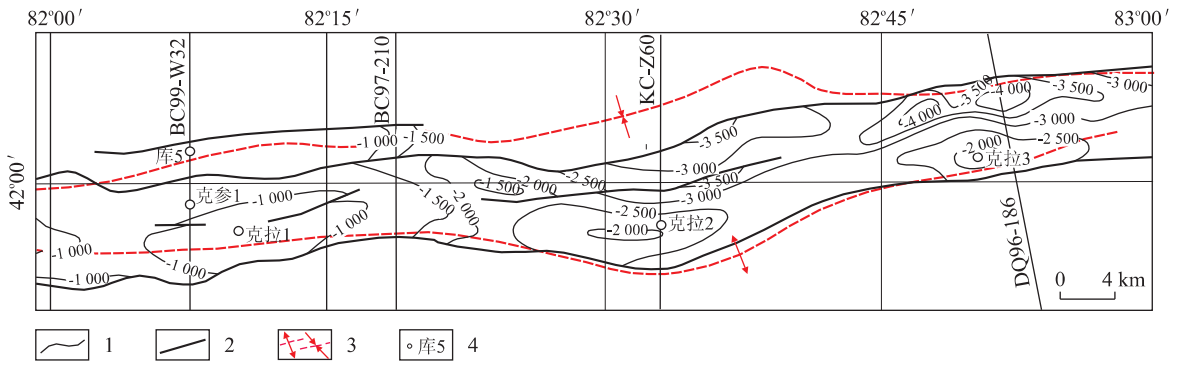


图 4 克拉苏地区构造分层偏移

Fig. 4 Structure contour map on top of Bashijiqike Formation, Kelasu area

1. 构造等值线; 2. 冲断层; 3. 地面褶皱(喀桑托开背斜、图舍科依向斜)轴向; 4. 钻井

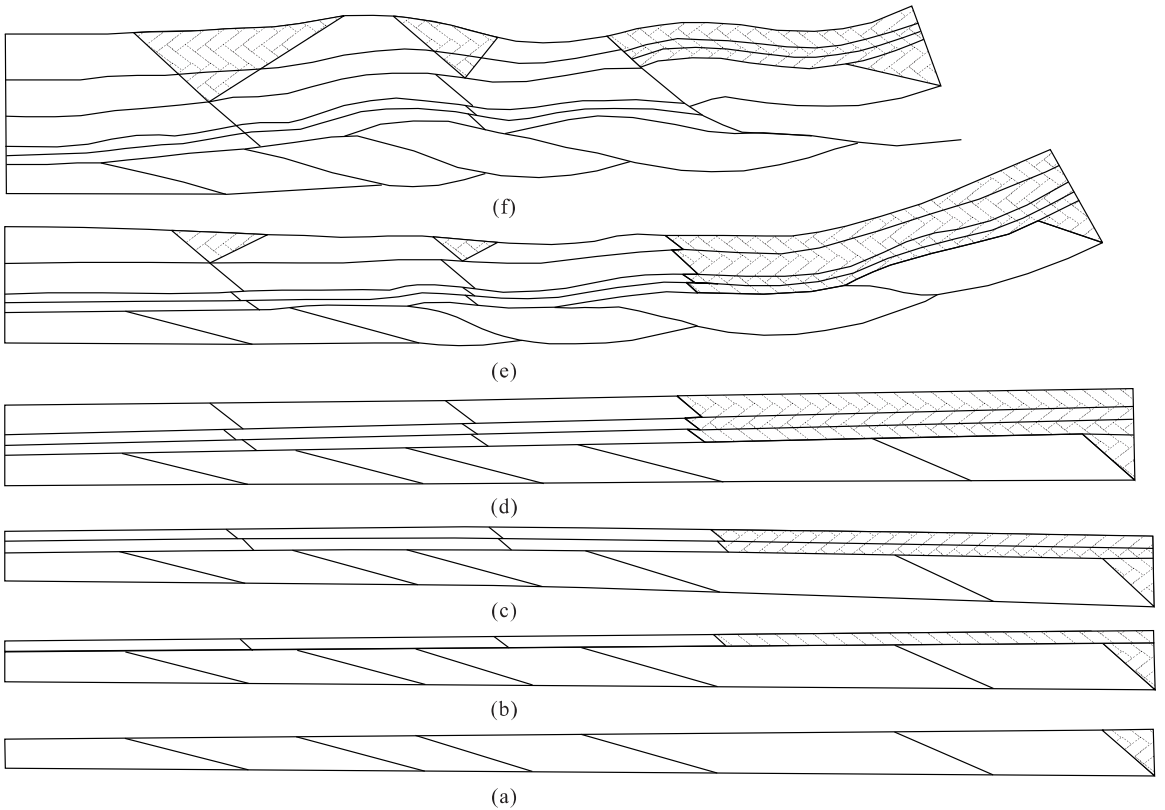


图 5 平衡剖面的序列恢复(KC—Z60)

Fig. 5 Sequential palinspastic restorations of balanced cross sections (KC-Z60)

a. 侏罗—白垩纪; b. 库姆格列木期; c. 苏维依期; d. 吉迪克期; e. 康村期; f. 库车期; 现今构造样式见图 4 中的 KC—Z60, 剖面阴影为后期被侵蚀殆尽的地层

图 4 为克拉苏三角带盐下构造岩石组合的顶面构造等值线图. 为了与地面构造比较, 图 4 中同时标示了图舍科依向斜轴. 显然, 上滑脱层的上、下构造岩石组合的构造趋势是协调的, 但是两者的轴线展布存在南北向的差异. 地面构造轴线比相应的地下构造轴线偏南, 最大约 4 km; 向两端逐渐减小, 在克拉 1 和

克拉 3 井区附近, 两者基本一致. 这一构造特征显然与褶皱冲断带的“弓箭原则”(朱志澄, 1991)相吻合.

3 平衡剖面恢复

假若没有第三维的物质损失或逸出, 则可采用

层长(Dahlstrom, 1969)和面积(Gwinn, 1964)因素恢复平衡横剖面,其中面积平衡法主要运用于塑性层段;夹在塑性层段之间的强干层段则采用线长平衡的方法.物质损失的估算主要依靠未变形地层的厚度及其变化趋势(陈书平,2002).在研究区恢复平衡剖面的过程中,吉迪克组顶底界限可能是目前唯一可利用且可靠的长度边界.其上覆地层受生长褶皱或层间滑脱影响,其下伏地层则受层间拆离影响,地层边界的长度均发生了明显的变化.实际上,目前依据地层边界的几何连续性,通过计算剖面缩短所制作的平衡剖面并非严格意义上的平衡剖面(图 5).

4 变形机制解释

在克拉苏三角带发展的初期,煤上一盐下构造岩石组合沿下滑脱层发生轴面北倾的一系列层间冲断层雏形.从构造复原过程可以推测,至少有 3 个以上的断面向下终止,归并于侏罗系煤系.康村期,煤上一盐下构造岩石组合发育双重构造,库一巴冲断层和喀桑托开冲断层分别向上扩展,在巴什基奇克背斜中部和喀桑托开背斜东端南翼,构成所谓的“前翼—后翼冲断层”(Mitra, 2002).在库姆格列木背斜和喀桑托开背斜西端南翼,库一巴冲断层和喀桑托开冲断层以同样的方式向上扩展:库一巴冲断层从下滑脱层向上切割到上滑脱层,并携带白垩系碎屑岩上盘向南出露地表;喀桑托开冲断层则沿库姆格列木群—苏维依组地层顺层滑动,使得褶皱南翼地层急剧减薄.库车期,双重构造形成.这种被 Morley(1986)和 Vann *et al.* (1986)图示为“被动顶板双重构造”样式的构造组合体类似于阿尔伯达向斜西端的“三角带”(Gordy and Frey, 1975; Jones, 1982).喀桑托开冲断层下盘的中生界构造楔向南移动,盐上构造岩石组合成为前端的支臂(图 3).

变形机制是沿侏罗系煤系的冲断层拆离的.但是怎样将这种拆离与下滑脱层之下的楔冲作用结合起来,综合论述库车褶皱冲断带的构造演化仍然是目前较难解决的问题.有几种现象支持重力滑动构造的观点:(1)下滑脱层作为底板在 15 km 距离内存在 7 km 的南北向落差(图 3);(2)煤上一盐下构造岩石组合发育前展式双重构造,类似于重力滑动构造的头部构造形态(图 3);(3)卡赞齐向斜不对称形态为滑动所致,北翼减薄,南翼发育外向斜冲断层(Banks and Warburton, 1986);(4)南天山山前的



图 6 南天山山前三叠系(a)和侏罗系(b)中发育的浅层重力滑动构造

Fig. 6 Gravitational slide structures showing in Triassic (a) and Jurassic (b), south Tianshan mountains front ranges

三叠系、侏罗系中发育重力滑动构造(图 6).

5 位移转换

位移转换概念已经被多次讨论过(Dahlstrom, 1970; Okeefe and Stearns, 1982; Goldburg, 1984; Banks and Warburton, 1986; Sanderson and Spratt, 1992).位移转换可能导致雁行构造的出现,在克拉苏地区,位移转换构造主要发育在各个背斜之间的斜接部位.

据地面地质调查,库一巴背斜带可分 3 段,库姆格列木背斜与巴什基奇克背斜构成反“S”侧接(relay)样式(图 2),侧接位置在库喀 5 井北西方位;巴什基奇克背斜次分为巴西和巴东 2 段,两者在背斜轴线与克孜勒苏河交会处发生反“S”弯曲.喀桑托开背斜在库东 1 井发生反“S”弯曲.野外实测,各背斜褶皱轴呈波状起伏,并分别向东、西两端倾伏(20° 左右).

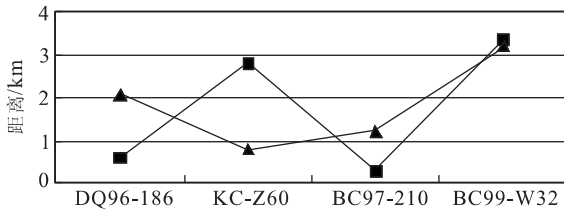


图 7 克拉苏地区断层的倾向背离(显示 2 个冲断层之间的位移转换关系)

Fig. 7 Dip-separation diagram of Kelasu area, illustrating inverse relationship in displacement between Kasanguokai anticline and Kumugeliemu-Bashijiqi anticlines indicative of displacement transfer

实心正方形、三角形分别为喀桑托开冲断层和库—巴冲断层的断距

在地震剖面解释中,位移转换构造表现为在走向上倾向位移增加和减少之间的反转关系,以及与褶皱和冲断层有关的地层缩短量之间的反转关系。在构造剖面上,喀桑托开、库—巴冲断层的位移测量显示喀桑托开冲断层的位移与库—巴冲断层的位移成背离关系(图 7)。在一定意义上,喀桑托开冲断层被动地携带库—巴冲断层的下盘,库—巴冲断层在向西消失时调节喀桑托开冲断层的一些位移。从地面露头外推下盘和上盘的终止位置及对库—巴冲断层的地下解释表明,沿喀桑托开冲断层的位移规模并不大。库—巴冲断层在 DQ96—186 附近保持较大位移,当喀桑托开冲断层上的位移向西逐步增加时,缩短量由褶皱作用逐步减弱调节。从剖面 DQ96—186 到 BC99—W32,煤上—盐下构造岩石组合的构造加厚量的增加证实了这一点。

6 油气分布与潜力

库车褶皱冲断带克拉苏三角带内的油气分布被限制在构造带的中部,包括盐下的白垩系巴什基奇克组气藏,和/或盐上碎屑岩层序内的次生油藏。在碎屑磨拉石组成的盐下深层,在克拉苏三角带内有可能发现构造堆叠的油气藏。这些油气主要来自侏罗系煤系,由所谓的侧断坡作为侧向封隔层构筑成叠置的侧断坡相关背斜油气封存箱,并由库姆格列木群膏泥岩提供有效的盖层(杨明慧,2002)。

7 结论

(1)克拉苏地区的中新生代地层分别以侏罗系阳霞煤系和古近纪库姆格列木群膏盐岩为下、上滑脱层,分别具有不同构造样式的岩石组合。盐上构造岩石组合主要发育滑脱褶皱,而煤上—盐下构造岩石组合主要发育双重构造。(2)根据对库车褶皱冲断带的地质调查和地震反射剖面的解释表明,库车褶皱冲断带克拉苏三角带发育位移转换构造。位移转换构造表现为在走向上的倾向位移增加和减少之间的反转关系,以及与褶皱和冲断层有关的地层缩短量之间的反转关系。在地面上,位移转换构造分别表现为库姆格列木、巴什基奇克和开雷艾肯背斜以及吐孜麻扎、喀桑托开和吉迪克背斜构造的走向侧接构造样式;在地下表现为库—巴冲断层、喀桑托开冲断层的断距的反接关系。(3)研究表明,库车褶皱冲断带发育的动力学背景可能与南天山重力滑动构造有关。

References

- Banks, C. J., Warburton, J., 1986. "Passive-roof" duplex geometry in the frontal structures of the Kirthar and Sulaiman mountain belts, Pakistan. *J. Structural Geology*, 8, 229—237.
- Charlesworth, H. A. K., Gagnon, L. G., 1985. Intercutaneous wedges, the triangle zone and structural thickening of the Mynheer coal seam at Coal Valley in the Rocky Mountain foothills of central Alberta. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 33, 22—30.
- Chen, S. P., 2002. Cenozoic salt tectonics origin and evolution in the western Kuqa foreland area (Dissertation). University of Petroleum, Beijing, 58—65 (in Chinese with English abstract).
- Dahlstrom, C. D. A., 1969. Balanced cross sections. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 6, 743—757.
- Dahlstrom, C. D. A., 1970. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 18, 332—406.
- Goldburg, B. L., 1984. Displacement transfer between thrust faults near the Sun River in the Sawtooth Range, northwestern Montana. In: McBane, J. D., Garrison, P. B., eds., *Northwestern Montana and adjacent Canada*. Montana Geological Society 1984 Field Conference and Symposium, 211—220.
- Gordy, P. L., Frey, F. R., 1975. Structural cross sections

- through the foothills west of Calgary. In: Evers, H. J., Thorpe, J. E., eds., *Geology of the foothills between Savanna Creek and Panther River, Southwestern Alberta, Canada*. Canadian Society of Petroleum Geologists and Canadian Society of Exploration Geophysicists, 37—64.
- Gwinn, V. E., 1964. Thin-skinned tectonics in the plateau and northwestern valley and ridge provinces of the central Appalachians. *Geological Society of American Bull.*, 75: 863—900.
- Jia, C. Z., He, D. F., Lei, Z. Y., et al., 2000. Oil and gas exploration of foreland thrust zone. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Jones, P. B., 1982. Oil and gas beneath east-dipping under-thrust faults in the Alberta foothills, Canada. In: Powers, R. B., ed., *Geologic studies of the Cordilleran thrust belt*, 1.
- Liu, H. F., 2001. Geodynamics scenario of coupled basin and mountain system. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 26(6): 581—596 (in Chinese with English abstract).
- Liu, H. F., Liang, H. S., Cai, L. G., et al., 1994. The structural style and foreland basin evolution of the foreland thrust system on the south and north sides of the Tianshan mountain. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 19(6): 727—741 (in Chinese with English abstract).
- Lu, H. F., Chen, C. M., Liu, Z. H., et al., 2000. The structural features and origin of the Kuqa rejuvenation foreland thrust belt. *Acta Petrolei. Sinica*, 21(3): 18—24 (in Chinese with English abstract).
- McMechan, M. E., 1985. Low-taper triangle zone geometry: An interpretation for the Rocky Mountain foothills, Pine Pass-Peace River area, British Columbia. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 33: 31—38.
- Mitra, S., 2002. Fold-accommodation faults. *AAPG Bull.*, 86(4): 671—693.
- Morley, C. K., 1986. A classification of thrust front. *AAPG Bull.*, 70: 12—25.
- O'keefe, F. X., Stearns, D. W., 1982. Characteristics of displacement transfer zones associated with thrust faults. In: Powers, R. B., ed., *Geologic studies of the Cordilleran thrust belt; Rocky Mountain Association of Geologists*, 1: 219—233.
- Ramos, V. A., 1989. Andean foothills structures in northern Magallanes basin, Argentina. *AAPG Bull.*, 73(7): 887—903.
- Sanderson, D. A., Spratt, D. A., 1992. Triangle zone and displacement transfer structures in the eastern Front Ranges, southern Canadian Rocky Mountains. *AAPG Bull.*, 76(6): 828—839.
- Teal, P. R., 1983. The triangle zone at Cabin Creek, Alberta. In: Bally, A. W., ed., *Seismic expression of structural style. AAPG Studies in Geology Series* 15, 3: 48—53.
- Thompson, R. I., 1981. The nature and significance of large blind thrusts within the northern Rocky Mountains of Canada. In: McClay, K. R., Price, N. J., eds., *Thrust and nappe tectonics. Geological Society of London (Special Publication)*, 9: 449—462.
- Vann, I. R., Graham, R. H., Hayward, A. B., 1986. The structure of mountain fronts. *J. Structural Geology*, 8(3—4): 215—227.
- Yang, M. H., 2002. The structural characteristics of thrust-and-fold belt in intracontinental foreland basin: A case study from Kuqa depression in Tarim basin, China. University of Petroleum, Beijing (in Chinese with English abstract).
- Yang, M. H., Jin, Z. J., Lü, X. X., et al., 2000. Kelasu triangle zone and its hydrocarbon potential in Kuqa thrust-and-fold belts, Tarim basin (northwestern China). *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(6): 745—750 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, Z. C., 1991. Thrust and nappe tectonics. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈书平, 2002. 库车前陆区西段新生代盐构造形成和演化(博士论文). 北京: 石油大学, 58—65.
- 贾承造, 何登发, 雷振宇, 等, 2000. 前陆冲断带油气勘探. 北京: 石油工业出版社.
- 刘和甫, 2001. 盆地—山岭耦合体系与地球动力学机制. 地球科学——中国地质大学学报, 26(6): 581—596.
- 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等, 1994. 天山两侧前陆冲断系构造样式与前陆盆地演化. 地球科学——中国地质大学学报, 19(6): 727—741.
- 卢华复, 陈楚铭, 刘志宏, 等, 2000. 库车再生前陆逆冲带的构造特征与成因. 石油学报, 21(3): 18—24.
- 杨明慧, 2002. 陆内前陆盆地褶皱冲断带构造特征——以塔里木盆地库车坳陷为例. 北京: 石油大学.
- 杨明慧, 金之钧, 吕修祥, 等, 2000. 库车褶皱冲断带克拉苏三角带及其油气潜力. 地球科学——中国地质大学学报, 27(6): 745—750.
- 朱志澄, 1991. 逆冲推覆构造. 武汉: 中国地质大学出版社.