

准噶尔盆地北东向构造及其油气地质意义

郑孟林^{1,2,3}, 金之钧^{1,2,3}

1. 中国石油化工股份有限公司勘探开发研究院, 北京 100083

2. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249

3. 石油大学石油与天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249

摘要: 准噶尔盆地深、浅层构造存在差异, 通过地震、地质资料分析了准噶尔盆地发育在中、晚二叠世、三叠纪的北东向构造特征, 认为中、晚二叠世、三叠纪地层沉积受北东和北西向正断裂控制, 由北东向正断裂控制的沉积中心构成了雁列组合特征。地质力学和大地构造背景分析认为, 盆地形成期的北东向构造与边缘断裂的左旋走滑作用有关。北东向的逆冲断裂形成于或主要活动于三叠纪末的盆地挤压反转作用。成盆拉张和反转挤压作用都使得北东向构造成为有利的油气聚集带, 上叠盆地的披盖沉积对北东向油气聚集带的保存起到重要作用。

关键词: 准噶尔盆地; 中、晚二叠世; 三叠纪; 北东向构造; 反转盆地; 油气聚集带。

中图分类号: P618.130

文章编号: 1000-2383(2004)04-0467-06

收稿日期: 2004-03-19

NE-Trending Structures and Their Significance on Petroleum Geology in Junggar Basin

ZHENG Meng-lin^{1,2,3}, JIN Zhi-jun^{1,2,3}

1. *Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China*

2. *Basin and Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China*

3. *Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, University of Petroleum, Ministry of Education, Beijing 102249, China*

Abstract: The structures in deep and shallow strata are different in Junggar basin. The NE-trending structures developed in Middle-Late Permian and Triassic in Junggar basin have been analyzed by means of seismic and geologic data. The results indicate that the sedimentation of Middle-Upper Permian and Triassic is controlled by NE- and NW-trending normal faults. Depo-centers controlled by NE-trending faults show an echelon pattern. The NE-trending structures formed in the basin formation result from the sinistral strike-slip movement of marginal faults. NE-trending reverse faults mainly formed on the end of Triassic because of the basin inversion. The belts of NE-trending structures during extension and inversion stages are available for hydrocarbon accumulation. The draping sediments of post-Triassic period superposed on the middle-late Permian and Triassic basin are very important for the preservation of oil and gas.

Key words: Junggar basin; Middle-Late Permian; Triassic; NE-trending structure; inverted basin; oil and gas accumulation belt.

大型叠合沉积盆地的发展、演化具有构造旋回性, 表现了拉张、挤压 2 种构造应力场的交替转化(李京昌等, 1998; 任纪舜等, 1999), 准噶尔盆地作为北疆地区最大的含油气盆地, 周边分别受北天山造山带、西准噶尔造山带和克拉美丽造山带的围限, 经

历了复杂的形成、演化, 至少存在上石炭统一二叠统、中—上二叠统一三叠系、侏罗系、白垩系、新生界等五大构造层系, 每一构造层都是在一定的构造环境下的盆地沉积建造。丁文龙等(2002)、李振宏等(2002)将准噶尔盆地的断裂分为深层断裂系统和浅

层断裂系统, 深层断裂系统系指主要断开三叠系及其以下地层的断裂构造, 这就意味着上、下构造层的构造演化存在差异. 本文通过盆地地震、地质资料的综合研究, 对盆地深层北东向构造的发育特征在盆地演化和油气聚集中的地质作用进行了研究.

1 北东向构造的表现特征

1.1 中、晚二叠世—三叠纪隆坳格局

众所周知, 构造控制建造, 建造特征又反映控制其展布的构造特征. 在受到强烈后期改造的含油气盆地, 特别是在经历了统一的后期改造之后的叠合盆地, 各原始盆地的构造面貌难以识别, 根据地层展布可以确定盆地沉积的古构造格局.

中、晚二叠世, 盆地存在多个沉积中心, 自西而东存在玛湖、盆 1 井西、沙湾和阜康、吉木萨尔—大井、梧桐窝子和古城等沉积中心(图 1), 沉积中心呈斜列展布, 西部、南部沉积中心沉积厚度都在 2 000 m 以上, 之间受到北东向、南西向倾伏的隆起分隔, 隆起区北东向的断裂构造发育, 对地层沉积具有控制作用. 帐东地区的中、上二叠统被北东—北北东向断裂限制在石树沟—吉木萨尔、梧桐窝子和古城等小型坳陷内. 盆地沉积分割性较强, 堑、垒之间的沉积厚度差达千米以上, 使整个盆地的地层对比复杂化(赵白, 1992), 坳陷区的最大沉积厚度在 3 000 m 以

上, 表现为下部粗、中、上部细的湖相碎屑岩建造, 显示了湖盆逐渐变大、变深的演化特征.

三叠纪盆地的沉积范围较中、晚二叠世盆地范围扩大, 存在 2 个厚度区, 一个厚度区在西北缘分布于沙湾—玛湖一带, 最大厚度 2 000 m, 另一个厚度区在呼图壁—阜康一带, 最大厚度 1 800 m, 中间为厚度减薄区, 一般 700~800 m, 地层厚度仍然呈北东向展布. 帐东地区虽然整体为隆起区, 一些小型坳陷如石树沟坳陷等明显受到北东向构造的控制. 随着三叠纪盆地的扩大, 断隆区逐渐成为水下隆起或消失, 大型的准噶尔盆地逐渐形成. 早、中三叠世盆地的沉积受断裂构造控制明显, 晚三叠世表现为坳陷型湖退沉积(张继庆等, 1992).

上述事实说明, 准噶尔中—晚二叠世、三叠纪盆地的沉积演化主要受到北东向断裂的控制. 地震资料显示, 三叠系与中、上二叠统之间在盆地的边缘和隆起部位存在不整合接触, 沉积的主体部位仍然为整合接触, 显示了盆地演化构造环境的统一延续特征.

1.2 断裂构造的表现特征

在盆地的深层断裂系统中, 存在北西—近东西和北东向断裂, 2 组方向的断裂目前既存在逆冲断裂也存在正断裂. 北东向断裂在盆地内主要发育在盆地西北缘、盆地腹部及帐东隆起区, 北受陆梁隆起和克拉美丽北西向断裂系的限制, 南受北天山山前断裂系和博格达山山前断裂系的控制. 断裂在中央隆起带之南表现不清, 与地层埋藏深、地震资料品质差有关.

北东向逆冲断裂在盆地发育, 西北缘形成断阶带, 表现为向盆地的冲断. 在盆地腹部及帐东隆起区表现为向坳陷沉积区的冲断, 断裂在二叠系沉积区之间的隆起区最为发育.

北东向的正断裂在地震剖面表现明显, 盆地南部地震 EW7 线在深层的二叠系形成了分割的坳陷. 盆地东部白家海正断裂控制了东道海子北凹陷中、上二叠统、三叠系沉积(张学军等, 1999; 胡平等, 2002)(图 2a). 北西向正断裂主要存在于准噶尔南缘和中央隆起带马桥凸起区(图 2b).

对中、上二叠统—三叠系具有地质作用的断裂主要存在 2 期. 一期形成于中、上二叠世—三叠纪盆地沉积时期, 控制了地层的沉积和古隆起的形成(图 2a, 2b), 另一期形成于三叠纪末的构造运动, 对盆地褶皱的形成和上叠盆地古地貌的形成具有重要控制作用, 被侏罗系不整合覆盖或后期存在不强的再次

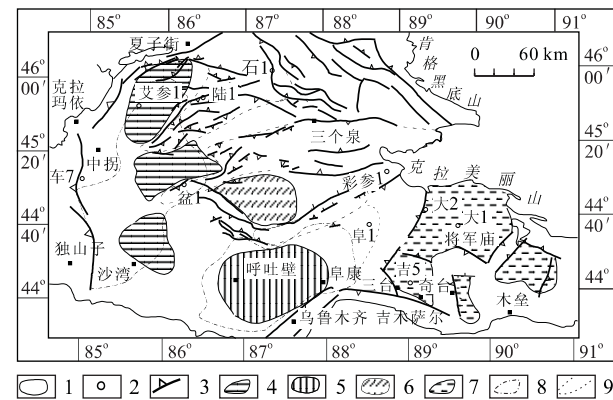


图 1 准噶尔盆地下断裂系统与中—上二叠统、三叠系沉积中心叠合

Fig. 1 Superposed map of lower fault system and depression area of Middle-Upper Permian and Triassic

1. 盆地边界; 2. 钻井; 3. 逆冲断裂; 4. 中—上二叠统 > 2 000 m 厚度区; 5. 中—上二叠统 > 1 500 m 厚度区; 6. 中—上二叠统 > 1 000 m 厚度区; 7. 中—上二叠统残余分布区; 8. 三叠系沉积中心区; 9. 北东向断裂形成的隆起区

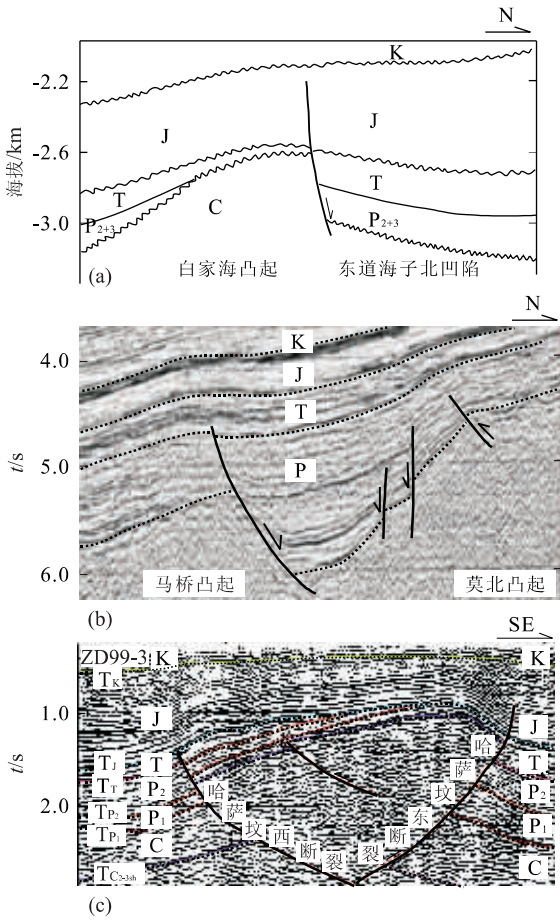


图 2 准噶尔盆地典型结构剖面

Fig. 2 Structural section of Junggar basin
a. 白家海凸起结构剖面(据胡平等,2002;张学军,1999); b. 99SN4 地震地质解释剖面; c. ZD99-3 地震地质解释剖面

活动(图 2c)。

1.3 北东向构造成因探讨

北东向构造的形成与中、晚二叠世—三叠纪盆地形成及改造息息相关。对中、晚二叠世—三叠纪盆地的成因解释,归纳起来存在以下观点:(1)裂陷、拗陷盆地(吴庆福,1986;武致中,1994;蔡忠贤等,2000);(2)晚二叠世热冷却伸展拗陷盆地、三叠纪—古近纪克拉通内盆地(蔡忠贤等,2000);(3)走滑拉分盆地(Allen *et al.*, 1995);(4)二叠纪前陆盆地(赖世新等,1999;Chen *et al.*, 2001;陈书平等,2001)。前 3 个观点都是试图解释盆地正断裂构造的成因。

区域上,准噶尔盆地北部和西部的西西伯利亚、哈萨克斯坦中部、土兰等地都存在晚二叠世—三叠纪的裂谷盆地(Khain *et al.*, 1991;Thomas *et al.*, 1999),中国北疆、哈萨克、西西伯利亚都属于同一构

造背景区(Thomas *et al.*, 1999),晚二叠世—三叠纪,天山造山带和阿尔泰造山带都曾发生左旋走滑作用(Sengör *et al.*, 1993;Bazhenov *et al.*, 1993;Allen *et al.*, 1995;Bazhenov *et al.*, 1999),在这种构造背景中,准噶尔盆地发生拉分断陷,形成断陷盆地(Allen *et al.*, 1995;Bazhenov *et al.*, 1999)。

准噶尔盆地腹部下断裂系存在正断裂和逆断裂。正断裂有 2 组,一组为北东向、一组为北西向(北西西向),2 组断裂都控制了中、上二叠统和三叠系的沉积(图 2a,2b)。2 组正断裂与盆地边界断裂发生左旋走滑作用相关。由于 2 组断裂的形成,在盆地内形成了玛湖、盆 1 井西、沙湾和阜康、吉木萨尔—大井、梧桐窝子和古城等沉降、沉积区。由于克拉美丽—三个泉造山带在泥盆纪末即已形成,且石炭纪的火山岩发育,岩性相对坚硬,而北天山造山带形成晚,山前沉积的巨厚的碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩带成为软弱带。在此次拉分断陷中,北天山山前的断裂断陷强烈,沉积厚度较大区域主要在南部。盆地整体表现为由北部的克拉美丽—三个泉造山带向南西倾斜的堑、垒结构。

三叠纪末期,盆地处于挤压兼走滑的构造背景

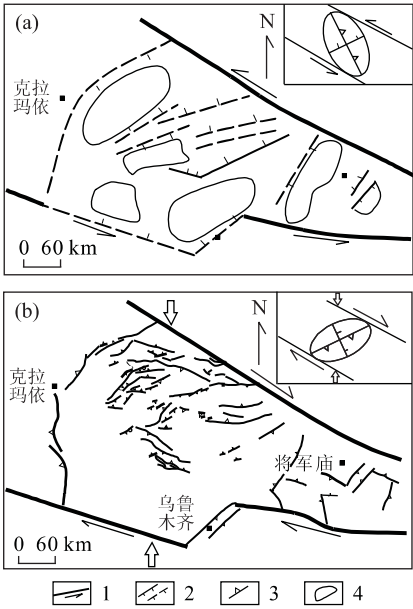


图 3 准噶尔中、晚二叠世—三叠纪盆地演化应力分析
Fig. 3 Stress analysis of formation and evolution of Junggar basin in Middle and Late Permian and Triassic

a. 中、晚二叠世—三叠纪盆地形成应力场; b. 三叠纪末盆地反转改造应力场; 1. 边界走滑断裂; 2. 正断裂、推测正断裂; 3. 逆冲断裂; 4. 沉积拗陷

中,边界断裂带发生了右旋走滑作用(图 3b),导致盆地发生强烈的反转,对早期的断陷结构进行了强烈的改造,仅有部分正断裂保存下来,形成了一系列北东向展布的逆冲断裂和褶皱构造(Vincent and Allen, 2001). 该期构造变形作用在西西伯利亚和中亚西部都有强烈的表现(Thomas *et al.*, 1999). 在西西伯利亚盆地(Khain *et al.*, 1991)和准噶尔盆地(图 2c),都表现出了三叠纪末期的构造变形作用形成的隆坳格局对侏罗纪沉积的控制特征,侏罗系及其以上地层披盖沉积于下伏地层之上.

2 北东向构造对油气聚集的控制作用

北东向构造对油气形成、聚集的控制作用表现在以下几个方面. (1)北东向构造控制了中、上二叠统烃源岩的分布. 玛湖、盆 1 井西、沙湾、阜康、吉木萨尔—大井、梧桐窝子和古城等沉积区都是中、上二叠统烃源岩最为发育的坳陷区. (2)盆地断陷期形成的地垒构造是中、上二叠统和三叠系超覆减薄的正构造区,如盆地腹部的马桥凸起、白家海凸起、帐北断褶带、石南凸起等都是盆地沉积时期的正向构造

单元,且紧邻生油坳陷,有益于形成地层和构造油气藏. (3)三叠纪末的盆地反转构造作用在盆地内形成的逆冲断裂带和褶皱带,为油气聚集提供了圈闭条件. 在盆地内部,由于沉积时期的地垒隆起区的老地层较中、上二叠统和三叠系沉积区的岩性坚硬,在后期的走滑反转作用中表现为地垒区向沉积区的逆冲,进一步强化了早期的正向构造单元. 这些地区又紧邻生油坳陷,成为盆地内重要的油气聚集带. 盆地反转过程中,在生油坳陷的内部或边缘新形成的断褶带、断阶带也成为盆地的重要油气聚集单元,如准噶尔西北缘形成的逆冲断阶带. (4)中、晚二叠世—三叠纪盆地形成之后,侏罗纪盆地沉积范围明显扩大,表现为披盖不整合接触,沿用了三叠纪末构造变形作用形成的古地貌,对早期构造进行了埋藏保存,这对油气的保存起到了重要作用. (5)目前的勘探实践表明,准噶尔盆地腹部的油气聚集带受北东向构造带的控制(图 4). 在准噶尔盆地,北东向展布着准噶尔西北缘油气聚集带、石南—达巴松油气聚集带、石西—莫北油气聚集带、石彩湾—白家海油气聚集带、帐东断褶带油气聚集带等几个油气聚集带(图 4),在这些油气聚集带都有重要的勘探发现.

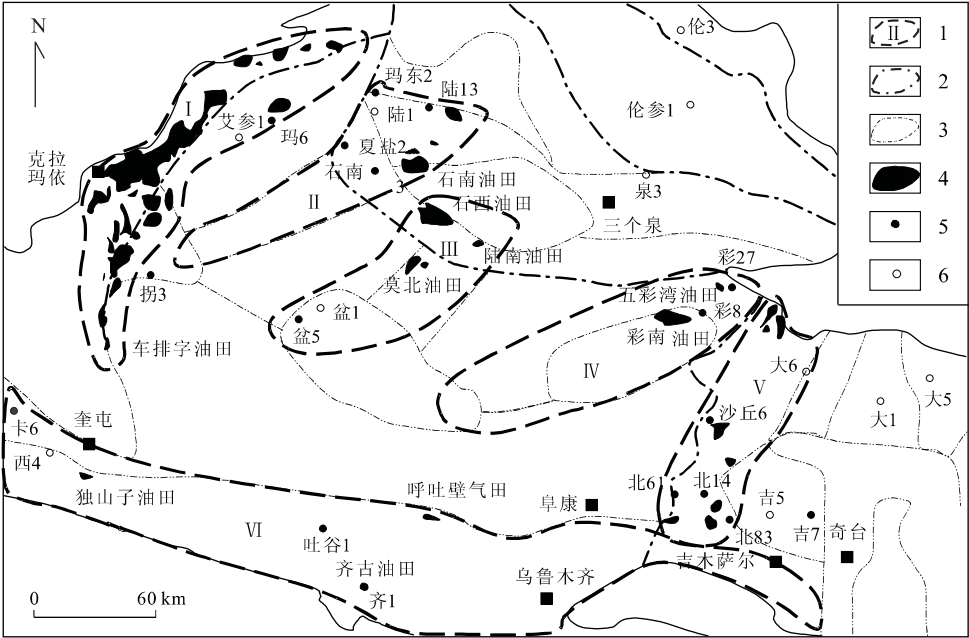


图 4 准噶尔盆地油气聚集带分布

Fig. 4 Distribution of oil and gas accumulation belt in Junggar basin

1. 油气聚集带及名称; 2. 盆地一级构造区划线; 3. 盆地二级构造区划线; 4. 油气田; 5. 油气井; 6. 钻井; I. 准噶尔西北缘油气聚集带; II. 石南—达巴松油气聚集带; III. 石西—莫北油气聚集带; IV. 石彩湾—白家海油气聚集带; V. 帐东断褶带油气聚集带; VI. 准噶尔南缘油气聚集带

3 结论

(1)准噶尔中、晚二叠世—三叠纪盆地的沉积、构造演化受到北东向和北西向2组构造的控制,是该区发生左旋走滑作用形成的拉分断陷盆地。北东向构造对中、上二叠统、三叠系主要烃源岩的形成具有重要的控制作用;(2)盆地经历了早期左旋拉分断陷和晚期右旋走滑挤压反转两大构造演化阶段,两大阶段都形成了北东向展布的正向构造带。准噶尔中、晚二叠世—三叠纪盆地为大型的反转盆地。该反转盆地得到了侏罗纪及其以后上叠盆地的披盖保存;(3)中、晚二叠世—三叠纪盆地在形成期和反转期形成的北东向构造带是盆地内的重要油气聚集单元,认识这一点对该区油气的深层勘探具有重要意义。

References

- Allen, M. B., Sengör, A. M. C., Natal'in, B. A., 1995. Junggar, Turfan and Alakol basins as aate Permian to ?early Triassic extensional structures in a sinistral shear zone in the Altaid orogenic collage, central Asia. *Journal of Geological Society*, 152: 327—338.
- Bazhenov, M. L., Burtman, V. S., Dvorova, A. V., 1999. Permian paleomagnetism of the Tien Shan fold belt, central Asia: Post-collisional rotations and deformation. *Tectonophysics*, 312: 303—329.
- Bazhenov, M. L., Chauvin, A., Audibert, M., 1993. Permian and Triassic paleomagnetism of the southwestern Tien Shan: Timing and mode of tectonic rotations. *Earth and Planetary Science Letters*, 118(1—4): 195—212.
- Cai, Z. X., Chen, F. J., Jia, Z. Y., 2000. Types and tectonic evolution of Junger basin. *Earth Science Frontiers*, 7(4): 431—440 (in Chinese with English abstract).
- Chen, S. P., Zhang, Y. W., Tang, L. J., 2001. Evolution of Junggar Late Carboniferous Permian foreland basin. *Acta Geologica Sinica*, 75(4): 398—409 (in Chinese with English abstract).
- Chen, S. P., Zhang, Y. W., Tang, L. J., 2001. Evolution of Junggar Late Carboniferous Permian foreland basin. *Journal of the University of Petroleum, China*, 25(5): 11—15 (in Chinese with English abstract).
- Ding, W. L., Jin, Z. J., Zhang, Y. J., et al., 2002. Study on the controlling mechanism of fault on oil and gas in Junggar basin, Xinjiang. *Earth Science Frontiers*, 9(3): 102 (in Chinese with English abstract).
- Hu, P., Shi, X. P., Xie, H. W., 2002. Dynamic system of hydrocarbon accumulation in Baijiahai-Wucaiwai area in eastern Junggar basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 23(4): 302—305 (in Chinese with English abstract).
- Khain, V. E., Sokolov, B. A., Kleshchev, K. A., 1991. Tectonic and geodynamic setting of oil and gas basins of the Soviet Union. *AAPG Bulletin*, 75(2): 313—325.
- Lai, S. X., Huang, K., Chen, J. L., et al., 1999. Evolution and oil/gas accumulation of Late Carboniferous and Permian foreland basin in Junggar basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 20(4): 293—297 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. C., Jin, Z. J., Liu, G. C., 1998. Periodity of inversion on tectonics in Tarim basin. *Journal of the University of Petroleum, China*, 22(3): 11—25 (in Chinese with English abstract).
- Li, Z. H., Tang, L. J., Ding, W. L., et al., 2002. Fault characteristics analysis for the hinterland of Junggar basin. *Petroleum Exploration and Development*, 29(1): 40—42 (in Chinese with English abstract).
- Ren, J. S., Wang, Z. X., Chen, B. W., et al., 1999. Analysis on tectonics of China in global tectonic system; A brief specification on tectonics map of China and its adjacent. Geological Publishing House, Beijing.
- Sengör, A. M. C., Natal'in, B. A., Burtman, V. S., 1993. Evolution of the Altaid tectonic collage and Paleozoic crustal growth in Eurasia. *Nature*, 364(6435): 51—84.
- Thomas, J. C., Cobbold, P. R., Shein, V. S., 1999. Sedimentary record of Late Paleozoic to recent tectonism in central Asia; Analysis of subsurface data from the Turan and south Kazak domains. *Tectonophysics*, 313: 243—263.
- Vincent, S. J., Allen, M. B., 2001. Sedimentary record of Mesozoic intracontinental deformation in the eastern Junggar basin, northwest China; Response to orogeny at the Asian margin. In: Hendrix, M. S., Davis, G. A., eds., Paleozoic and Mesozoic tectonic evolution of central Asia; From continental assembly to intracontinental deformation. Geological Society of America Memoir 194, Boulder, Colorado, 341—360.
- Wu, Q. F., 1986. Summarization of evolution stage, structural division and local structure formation of Junggar basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 7(1): 29—37 (in Chinese with English abstract).
- Wu, Z. Z., 1994. Geological condition, favourable zones and exploration direction of oil-gas in Junggar basin. *Xinjiang Geology*, 12(4): 281—323 (in Chinese with Eng-

lish abstract).

Zhang,J. Q. ,Jiang,X. S. ,Liu,Z. G. ,et al. ,1992. Sedimentation model for the Triassic and Jurassic strata of the northwestern margin in Junggar basin. *Xinjiang Petroleum Geology*,13(3):206—216 (in Chinese with English abstract).

Zhang,X. J. ,Li,P. J. ,Li,G. ,1999. Structure evolution analysis of Cai 31 well area in Baijiahai arch. *Xinjiang Petroleum Geology*, 20(6): 473—475 (in Chinese with English abstract).

Zhao,B. ,1992. Formation and evolution of Junggar basin. *Xinjiang Petroleum Geology*,13(3):191—196 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

蔡忠贤,陈发景,贾振远,2000. 准噶尔盆地的类型和构造演化. 地学前缘,7(4): 431—440.

陈书平,张一伟,汤良杰,2001. 准噶尔晚石炭世—二叠纪前陆盆地的演化. 石油大学学报,25(5): 11—15.

丁文龙,金之钧,张义杰,等,2002. 新疆准噶尔盆地断裂控油气作用机理研究. 地学前缘,9(3): 102.

胡平,石新璞,解宏伟,2002. 准东白家海—五彩湾地区成藏动力学系统. 新疆石油地质,23(4): 302—305.

赖世新,黄凯,陈景亮,等,1999. 准噶尔晚石炭世、二叠纪前陆盆地演化与油气聚集. 新疆石油地质,20(4): 293—297.

李京昌,金之钧,刘国臣,1998. 论塔里木盆地构造反转的周期性. 石油大学学报,22(3): 11—25.

李振宏,汤良杰,丁文龙,等,2002. 准噶尔盆地腹部地区断裂特征分析. 石油勘探与开发,29(1): 40—42.

任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等,1999. 从全球看中国大地构造—中国及邻区大地构造图简要说明. 北京:地质出版社.

吴庆福,1986. 准噶尔盆地发育阶段、构造单元划分及局部构造成因概论. 新疆石油地质,7(1): 29—37.

武致中,1994. 准噶尔盆地油气地质条件、有利区带及勘探方向研究. 新疆地质,12(4): 281—323.

张继庆,江新胜,刘志刚,等,1992. 准噶尔盆地西北缘三叠—侏罗系沉积模式. 新疆石油地质,13(3): 206—216.

张学军,李培俊,李钢,1999. 白家海凸起彩 31 井区构造演化分析. 新疆石油地质,20(6): 473—475.

赵白,1992. 准噶尔盆地的形成和演化. 新疆石油地质,13(3): 191—196.

(上接 460 页)

oleum Industry Press,Beijing,79—102 (in Chinese).

Li,T. M. ,1989. Introduction on quantitative study of petroleum geological process. University of Petroleum Press,Dongying,2—39 (in Chinese).

Liu,C. R. ,Chen,F. J. ,1996. A modification to basic models of the subsidence history in subsided basin. *Petroleum Exploration and Development*,23(4):15—19 (in Chinese with English abstract).

Shi,G. R. ,1994. Methods of numerical modeling of oil-gas-bearing basin. Petroleum Industry Press, Beijing, 1—268 (in Chinese).

Wang,F. Y. ,Hao,S. S. ,Lei,J. J. ,1998. The isotopic dating of authigenic illite and timing of hydrocarbon fluid emplacement in sandstone reservoir. *Acta Petrolei Sinica*,19(2):40—43 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

大庆油田石油地质志编写组,1993. 中国石油地质志卷二—大庆油田. 北京:石油工业出版社,79—307.

高瑞祺,张莹,崔同翠,1994. 松辽盆地白垩纪石油地层. 北京:石油工业出版社,11—47.

高瑞祺,蔡希源,1997. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律. 北京:石油工业出版社,79—102.

李泰明,1989. 石油地质过程定量研究概论. 东营:石油大学出版社,2—39.

刘翠荣,陈发景,1996. 对沉积史基本模型的改进. 石油勘探与开发,23(4): 15—19.

石广仁,1994. 油气盆地数值模拟方法. 北京:石油工业出版社,1—268.

王飞宇,郝石生,雷加锦,1998. 砂岩储层中自生伊利石定年分析油气藏形成期. 石油学报,19(2):40—43.