

# 塔里木盆地晚第三纪—第四纪沉积特征、 构造变形与石油地质意义

陈楚铭<sup>1</sup> 卢华复<sup>1</sup> 贾东<sup>1</sup> 谢晓安<sup>2</sup>

1 (南京大学地球科学系 南京 210093) 2 (石油地球物理勘探局 河北涿州 072751)

**提 要** 通过对塔里木盆地晚第三纪—第四纪沉积环境、沉积中心分布特征、构造变形特征及其动力学成因的分析,认为塔里木盆地晚第三纪—第四纪的沉积和构造变形过程明显受控于阿合奇—西昆仑—阿尔金左行剪切挤压构造。它加速了生油岩的成熟过程,形成新的背斜和断层圈闭构造,而且还控制了新生代油气的运移和聚集。非构造圈闭和断层遮挡圈闭所形成的次生油气藏是巴楚断隆的有利勘探目标。

**关键词** 塔里木盆地 沉积中心 构造变形 剪切挤压构造 油气聚集

**第一作者简介** 陈楚铭 男 25岁 博士研究生 造山带与盆地构造

塔里木盆地是中国西部一大型陆内含油气盆地,也是研究中亚地区新生代陆内沉积作用和变形过程的窗口。塔里木盆地是一长期演化的复合叠合盆地<sup>[1]</sup>,其演化可分为七个阶段<sup>[2,3]</sup>。晚第三纪—第四纪是盆地最终定形的时期,它结束了盆地海相沉积的历史,以发育陆内的沉积作用和构造变形为特征,对塔里木盆地油气的形成和聚集过程有重要的意义。

塔里木盆地晚第三纪—第四纪的沉积构造演化受控于其南部印度次大陆与欧亚大陆碰撞的远距离构造效应<sup>[4]</sup>。始新世时,印度次大陆与欧亚大陆碰撞,此后,随着硬而冷的印度次大陆向软而热的青藏高原的嵌入和持续向北的推挤,在中亚地区诱发了强大的南北向挤压应力场,该应力场于晚第三纪传播到塔里木盆地,造成盆地周边古老造山带以及边界断层的再次活动。随着山脉的急剧隆升和盆地边界断层的大规模走滑运动,盆地快速沉降,而沉积了巨厚的陆相碎屑岩。另外,在盆地周缘及内部也发育了强烈的新生代构造变形。

## 1 沉积环境与沉积中心分布特征

塔里木盆地晚第三纪以来的沉积作用是在侏罗纪—早第三纪断陷盆地<sup>[2]</sup>沉积基础上发展起来的。早第三纪塔里木盆地发生了最后一次海侵事件。在侏罗—白垩纪板内伸展背景上,塔里木盆地的西南

部进一步扩张,沉降,新特提斯海的海水由西向东侵袭。塔西南坳陷发育了 200~ 1 300 m 的海湾泻湖相膏盐岩、泥岩、介壳灰岩和粉砂岩。塔东南坳陷沉积了厚 500~ 1 000 m 的河湖相碎屑岩,呈一走向北东的沉积楔形体。海水侵入到库车坳陷,发育了一套厚达 600~ 1 000 m 的海湾泻湖相膏盐岩、灰岩、砂泥岩互层沉积<sup>[5]</sup>。海水最后由东向西退出塔里木盆地的时间为渐新世—中新世。此后,塔里木盆地为周边隆起的山脉所围绕而成为一内陆盆地。

晚第三纪—第四纪塔里木盆地主要沉积了一套洪积、冲积和河流相的陆相碎屑岩,从新生界等厚图<sup>[7]</sup>(图 1)上可以看出,塔里木盆地由三个主要的沉积中心组成,即库车坳陷、塔西南坳陷和塔东南坳陷。

### 1.1 库车坳陷

位于塔里木盆地北缘的天山山前,呈北东东向展布,与天山近于平行,包括现今的库车、阿瓦提和塔北隆起的大部分地区。该区中新统主要为洪积、冲积和河流相碎屑岩沉积,有时发育间歇性湖泊沉积,厚度 300~ 1 700 m,为褐色、蓝灰色泥岩、粉砂岩、砂岩互层沉积<sup>[5]</sup>。沉积中心在阿瓦提和库车北部地区,由沉积中心向南东方向厚度减薄,为一不对称的箕状坳陷沉积。库车坳陷上新统一更新统的沉积特征与中新统相似,但沉积厚度和沉积速率明显加大,以洪积、冲积和河流相碎屑岩沉积为主,为浅灰色、

浅褐色泥岩、粉砂岩和砂砾岩,厚度 1 500~ 5 000 m,沉积中心向阿瓦提迁移,沉积范围向东南方向扩大。库车坳陷的新生界地层厚度最大超过 7 000 m, 具有北部沉积厚,向南部减薄的特点,沉积中心也由北向南迁移,箕状沉积一直延伸到了塔中隆起的北部斜坡。

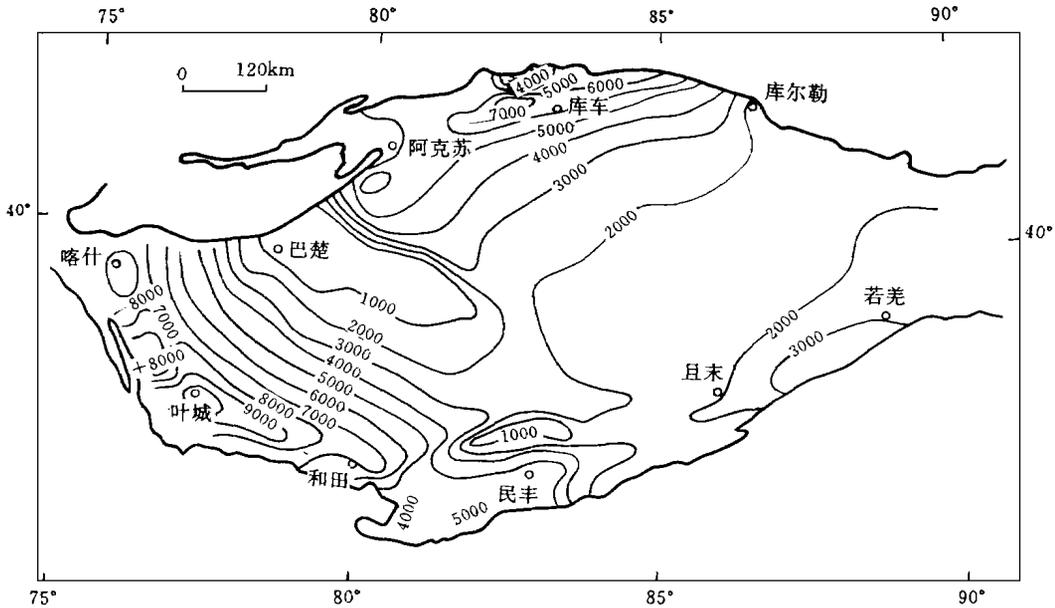


图 1 塔里木盆地新生界等厚图 (据 Li Desheng 等修改)

Fig. 1 Cenozoic isopach map of the Tarim basin

### 1.2 塔西南陷

位于塔里木盆地西南缘的西昆仑山前,呈北西北向展布,与西昆仑山近于平行,是塔里木盆地新生界沉积最厚的地方,最大厚度可达 10 000 m<sup>[6]</sup>。中新统一更新统为洪积、冲积和河流相碎屑岩沉积,厚度为 1 800~ 8 000 m,沉积中心位于西昆仑山前的喀什、叶城、和田一带,向东北方向沉积厚度减薄,到巴楚断隆沉积厚度不足 1 000 m。总体来看,塔西南坳陷的西南部沉积较厚,向东北沉积减薄,为一不对称的箕状沉积体。在地震剖面中也可以看到新生界地层不断向北东方向超覆尖灭。该箕状沉积可以从西昆仑山前向东北延伸到巴楚断隆的西南缘,即麦盖提斜坡。

### 1.3 塔东南坳陷

位于塔里木盆地东南缘的阿尔金山山前,呈北东走向,为与阿尔金山平行展布的狭长坳陷。该区的新生界为洪积、冲积和河流相碎屑岩沉积,厚度 1 000~ 5 000 m<sup>[6]</sup>。由于受阿尔金断裂新生代大规模左行走滑的影响,塔东南地区形成两个主要的沉积中心,即民丰凹陷和且末—若羌凹陷。民丰凹陷新生

界最大沉积厚度为 5 000 m 以上,且末—若羌凹陷的新生界厚度可达 3 800 m,沉积由南向北减薄,一直延伸到塔东隆起的南翼,为一不对称的箕状凹陷。

## 2 构造变形特征及动力学成因

印、藏碰撞在亚洲大陆内部所诱发的强大南北向挤压应力场于晚第三纪传播到塔里木盆地,在该应力场的作用下,塔里木盆地周边中生代—早第三纪已基本准平原化的古老造山带再次活动,并急剧隆升。塔里木盆地向天山下发生陆内俯冲作用,形成一系列造山带向盆地逆冲的冲断岩席(图 2),塔里木盆地北缘的库车坳陷发育由北向南的台阶状逆断层及断层相关褶皱组合<sup>[7]</sup>,在剖面上呈一由北向南滑脱面逐渐抬高的冲断构造楔(图 3)。在冲断岩席构造载荷和沉积载荷的作用下,盆地岩石圈发生挠曲,而沉积了巨厚的新生界陆相碎屑岩。

作为塔里木盆地新生代盆地边界的是阿合奇断层<sup>[8]</sup>、西昆仑山前断层、阿尔金断层和库鲁克塔格断层,它们构成了塔里木盆地现今的菱形面貌。在印、藏碰撞所诱发的南北向挤压应力场作用下,据滑线

场理论<sup>[9]</sup>,北东走向和北西走向的断层分别具有右行走滑和右行走滑的性质。塔里木盆地为一非对称的菱形,其西北、东南边界(约 1 000 km)明显长于西南、东北边界(约 600 km),这种几何形态决定了阿合奇断层和阿尔金断层的左行走滑占主导地位,并使得北西向边界断层也具有左行走滑的性质。另外,阿合奇断层和阿尔金断层新生代的走滑位移量和位移速率近乎相等<sup>[8]</sup>,空间上两者呈右列式的超叠错列<sup>[10]</sup>(overlapping overstep)。在它们左行侵位的过程中,其间的岩桥(西昆仑)必然处于走滑断裂中受阻弯曲<sup>[11]</sup>(restraining bend)的部位,而发育剪切挤压构造<sup>[11]</sup>(transpression tectonics)(图 4)。西昆仑因北东—南西方向剪切挤压作用而形成自南西向北东的逆冲造山带,塔西南拗陷则因西昆仑逆冲

构造的侵位而发生岩石圈的挠曲下沉,成为塔里木盆地沉降最深的地方,新生界厚达万米。沉积自西昆仑山前向东北逐渐减薄、尖灭,到巴楚断隆仅 1 000 m。巴楚断隆实际上是由于西昆仑剪切挤压造山而形成的岩石圈隆起(lithosphere bulge)。西昆仑、塔西南拗陷、巴楚断隆三者呈北北西向,相互平行,同为剪切挤压构造的产物。

塔东南拗陷中的两个次级凹陷(民丰凹陷和且末—若羌凹陷)在阿尔金断裂北侧略呈右列式排列,指示它们为阿尔金断层新生代左行走滑过程中形成的拉分盆地。

从上述分析可以看出塔里木盆地晚第三纪—第四纪沉积和构造变形明显受周边造山带的隆升过程和阿合奇—西昆仑—阿尔金剪切挤压构造的控制。

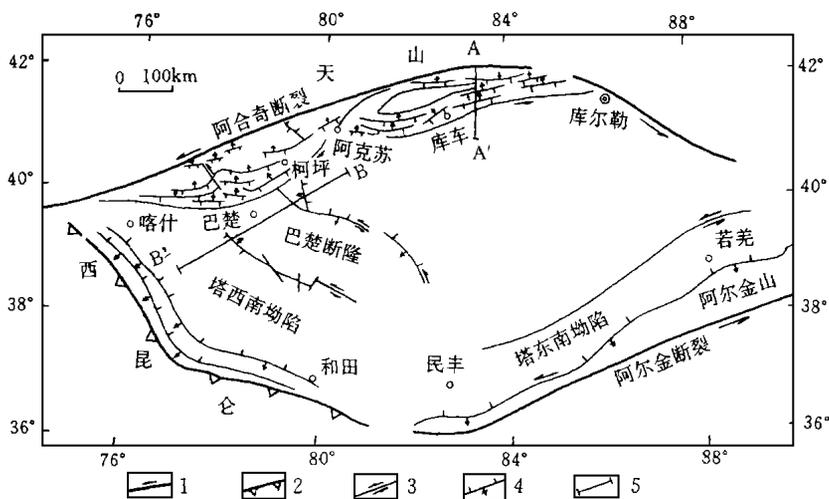


图 2 塔里木盆地晚第三纪—第四纪构造变形略图

1. 盆地边界走滑断层; 2. 盆地边界逆冲断层; 3. 盆地内部走滑断层; 4. 盆地内部逆冲断层; 5. 图 3和图 5中剖面的位置

Fig. 2 Sketch map of Neogene-Quaternary structural deformation in the Tarim basin

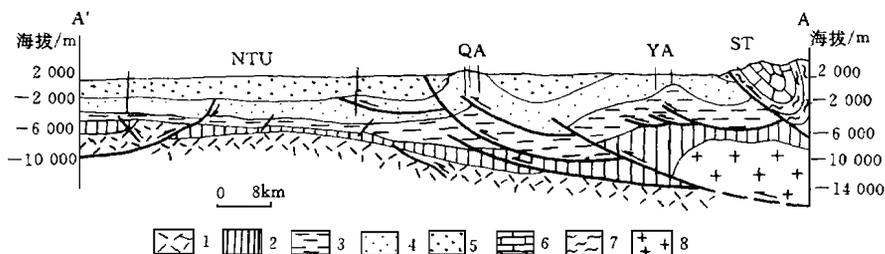


图 3 库车拗陷构造横剖面图(剖面位置见图 2)

ST. 南天山; YA. 依奇克里克背斜; QA. 秋里塔格背斜; NTU. 塔北隆起

1. 前震旦纪结晶基底; 2. 古生界; 3. 中生界; 4. 古统一—中新统; 5. 更新统一第四系; 6. 结晶灰岩; 7. 千枚岩; 8. 花岗岩

Fig. 3 Structural cross-section of Kuche depression

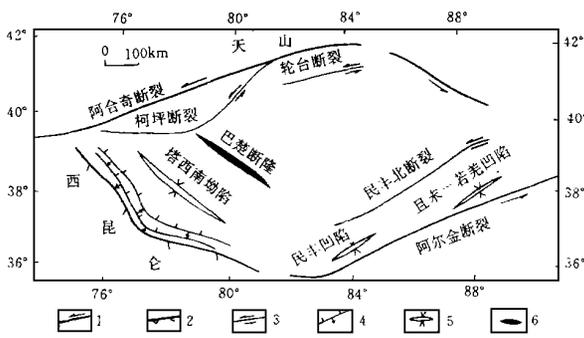


图 4 塔里木盆地晚第三纪—第四纪剪切挤压构造  
 1. 盆地边界走滑断层 2. 盆地边界逆冲断层 3. 盆地内部走滑断层 4. 盆地内部逆冲断层 5. 坳陷或凹陷 6. 岩石圈隆起

Fig. 4 Neogene-Quaternary transpression tectonics of the Tarim basin

### 3 石油地质意义

阿合奇—西昆仑—阿尔金晚第三纪—第四纪剪切挤压构造对塔里木盆地的油气形成、运移和聚集

有重要的控制作用。它加速了生油岩的成熟过程,形成许多新的背斜和断层圈闭构造,而且还控制了新生代油气的运移和聚集。

库车坳陷、塔西南坳陷是塔里木盆地主要的生油坳陷,坳陷中的上古生界和中生界中都存在着很好的生油岩。由于周边山脉的隆升和边界断层的大规模走滑而造成盆地岩石圈挠曲下沉,生油岩的埋藏深度增大,从而加速了上述生油岩的成熟过程。库车坳陷三叠、侏罗系湖相泥岩和侏罗系煤层的生油高峰期为中新生至今,塔西南坳陷下二叠统生油岩的生油高峰期为晚第三纪至今,侏罗系生油岩的生油高峰期为晚第三纪末期至今<sup>[5]</sup>。

在库车坳陷发育的台阶状逆断层及断层相关褶皱以及塔西南坳陷发育的冲断构造,可以形成许多背斜和断层圈闭。另外,构造形成期与油气成熟高峰期的匹配关系较好,有利于油气藏的形成。依奇克里克、柯克亚油田的勘探实践和大宛其含油气构造的发现,充分显示了这类构造圈闭良好的油气勘探前景。

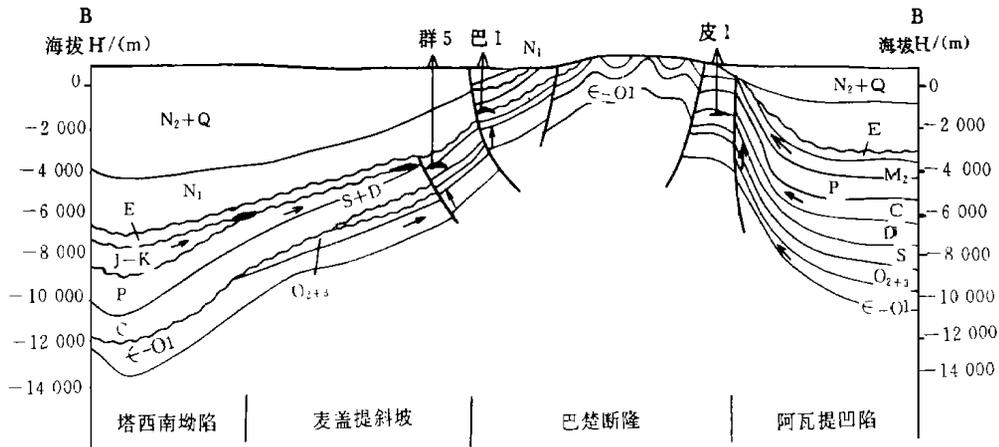


图 5 巴楚断隆油气运移、聚集模式图 (箭头表示油气运移方向)

Fig. 5 Model of hydrocarbon migration and accumulation on the Bachu uplift

作为岩石圈隆起的巴楚断隆,紧靠南(塔西南坳陷)北(阿瓦提凹陷)生油坳陷,是油气运移的指向区。多期的构造演化和频繁的水进水退,形成了丰富的地层超覆,地层不整合,岩性和断层遮挡圈闭,可望形成次生油气藏(图 5)。作为构造圈闭贫乏的巴楚地区来说,非构造圈闭和断层遮挡圈闭所形成的次生油气藏将是该区重点勘探目标。

致谢:衷心感谢南京大学地球科学系郭令智、施央申教授的鼓励和指导以及塔里木石油勘探开发指

挥部总地质师贾承造教授的指导和帮助。

### 参 考 文 献

- 1 贾承造,姚慧君,魏国齐等.塔里木盆地板块构造演化和主要构造单元地质构造特征.见:董晓光,梁狄刚主编.塔里木盆地油气勘探论文集.乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992.207~225
- 2 贾承造,魏国齐,姚慧君等.盆地构造演化与区域构造地质.北京:石油工业出版社,1995.175~180

tion. Meanwhile, the relations between orientation Index and mineral compositions and physicochemical properties (density, recovery percent, expansion percent, cation exchange capacity etc.) are discussed. A new concept—Comprehensive Index of shales is introduced on the basis of Orientation Index of shales. Then, the shales of easy collapsing formations are classified into four types according to Orientation Index and Comprehensive Index of shales. This work has an important theoretical significance and applied value in oil drilling engineering for studying mechanism of wellbore stability and preventing collapse of wellbore.

**Key Words** X-ray diffraction Orientation Index physicochemical properties shale classification well-bore stability

(Continued from 116)

- 3 顾家裕. 塔里木盆地沉积层序特征及其演化. 北京: 石油工业出版社, 1996. 70~ 80
- 4 郭令智, 施央申, 卢华复等. 印藏碰撞的两种远距离构造效应. 见: 李清波, 戴金星等主编. 现代地质学研究文集 (上). 南京: 南京大学出版社, 1972. 1~ 7
- 5 何登发, 李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集. 北京: 地质出版社, 1996. 56~ 67
- 6 Li Desheng, *et al.* Hydrocarbon accumulations in the Tarim Basin, China. AAPG Bull, 1996, 80(10): 1578~ 1603
- 7 Lu Huaifu, *et al.* Rejuvenation of the Kuqa foreland Basin, northern flank of the Tarim Basin, northwest China. International Geology Review, 1994, 36: 1151~ 1158
- 8 Lu Huaifu, *et al.* Kalpin transpression tectonics, northwestern Tarim Basin, western China. International Geology Review, 1994, 36: 975~ 981
- 9 Tapponnier P, Molnar P. Slip-line theory and large scale continental tectonics. Nature, 1976, 264: 319~ 324
- 10 Woodcock N H, Schubert C. Continental strike-slip tectonics. In Hancock P L, ed. Continental Deformation, Oxford. Pergamon Press. 1994. 251~ 263
- 11 Harland W R. Tectonic transpression in Caledonian Spitzbergen. Geology Magazine, 1971, 108: 27~ 42

## Neogene-Quaternary Sedimentary Features, Structural Deformation of the Tarim Basin and its Petroleum Geological Significances

Chen Chuming<sup>1</sup> Lu Huaifu<sup>1</sup> Jia Dong<sup>1</sup> Xie Xiaon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Dept of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

<sup>2</sup>(Bureau of Geophysical Prospecting, CNPC Zuozhou Hebei 072751)

### Abstract

The analyses of Neogene-Quaternary sedimentary environment, depocenter distribution and geodynamic origin of structural deformation of the Tarim Basin suggest that Aheq-West Kunlun-Altyn sinistral transpression tectonics controlled the Neogene-Quaternary sedimentation and structural deformation of the Tarim basin. It accelerated the hydrocarbon maturation process, formed many new anticline and fault traps, and controlled Cenozoic hydrocarbon migration and accumulation. The secondary oil and gas accumulation in the non-structural traps and fault screened traps are favorable prospecting targets on the Bachu uplift.

**Key Words** Tarim basin depocenter structural deformation transpression tectonics hydrocarbon accumulation