

文章编号:1672-9854(2009)-01-0057-04

## 库车前陆冲断带盐构造区平衡剖面研究

余一欣<sup>1,2</sup>, 王鹏万<sup>3</sup>

(1 中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室)

(2 中国石油大学盆地与油藏研究中心; 3 中国石油勘探开发研究院杭州地质研究院)



余一欣

**摘要** 通过计算库车前陆冲断带古近系库姆格列木组含盐层系初始沉积厚度,并以此作为地质约束条件,采用分层复原法对该区地质剖面进行平衡复原。复原结果表明,库车前陆冲断带南北向总缩短量为 18~31km,缩短率为 16%~34%。其中新生代变形强度最大,缩短率接近 15%。新生代最强烈的构造变形又是发生在库车组开始沉积后的喜马拉雅运动晚期,该时期缩短量已超过新生代缩短量的 80%,缩短速率达到 2.43 mm/a。

**关键词** 库车坳陷; 前陆冲断带; 盐构造; 平衡剖面

**中图分类号**: TE111.2 **文献标识码**: A

**余一欣** 1977年生,讲师。2006年毕业于中国石油大学(北京)获地质资源与地质工程专业博士学位,主要从事构造地质和含油气盆地分析。发表论文 20 余篇,曾获北京市科技进步一等奖。通讯地址: 102249 北京昌平中国石油大学盆地中心; 电话: (010)80950600

平衡剖面技术已成为国内外地质学家进行构造模型解释和定量构造解析的一种主要工具。与一般构造区相比,盐构造区地质剖面的平衡复原面临着更大的难题。由于盐体容易发生塑性流动,从而能“流进”或“流出”剖面,这样就不符合制作平衡剖面所要求的“二维面积平衡”原则。但 Hossack<sup>[1]</sup>在对墨西哥湾地区的盐体塑性流动及变形特征进行研究后指出,在区域输运方向上,盐体一般是在二维平面里发生变形,所以符合“二维面积平衡”原则。目前,依据墨西哥湾、北海、波斯湾和非洲被动大陆边缘等盐构造区的地质剖面进行过的平衡复原<sup>[2-4]</sup>,提出了多种盐构造区地质剖面的平衡复原方法<sup>[5-7]</sup>。本文主要针对我国塔里木盆地北部库车前陆冲断带盐构造区地质剖面的平衡复原进行研究,并对平衡剖面缩短量与缩短率所反映出的构造变形特征进行分析。

### 1 地质背景

库车前陆冲断带位于塔里木盆地北部南天山山

前,其形成演化过程与南天山造山带密切相关。不均衡的构造挤压作用导致库车地区形成一系列走向为北东东向、南北方向上成排成带发育的冲断推覆构造带。库车前陆冲断带整体为长条型,从北向南依次可划分为北部单斜带、克拉苏—依奇克里克构造带、拜城—阳霞凹陷带、秋里塔格构造带和前缘隆起带(图 1)。

在古近系和新近系沉积时期,库车地区气候干旱,沉积了较厚的膏盐层。但在不同地区,膏盐层的分布层位又有所差异。大致以库车河为界,西部以古近系库姆格列木组( $E_{1-2}$  km)为主,东部以新近系吉迪克组( $N_1j$ )为主。在多种因素的共同影响下,盐体向秋里塔格和克拉苏构造带流动,发生聚集增厚,形成了盐枕、盐墙、盐推覆和盐焊接等多种盐构造样式<sup>[8-10]</sup>。

### 2 盐构造平衡剖面

本文主要使用地质约束条件下的分层复原法编

收稿日期:2007-09-05; 改回日期:2008-06-10

本文受国家自然科学基金项目(编号: 40802030)资助

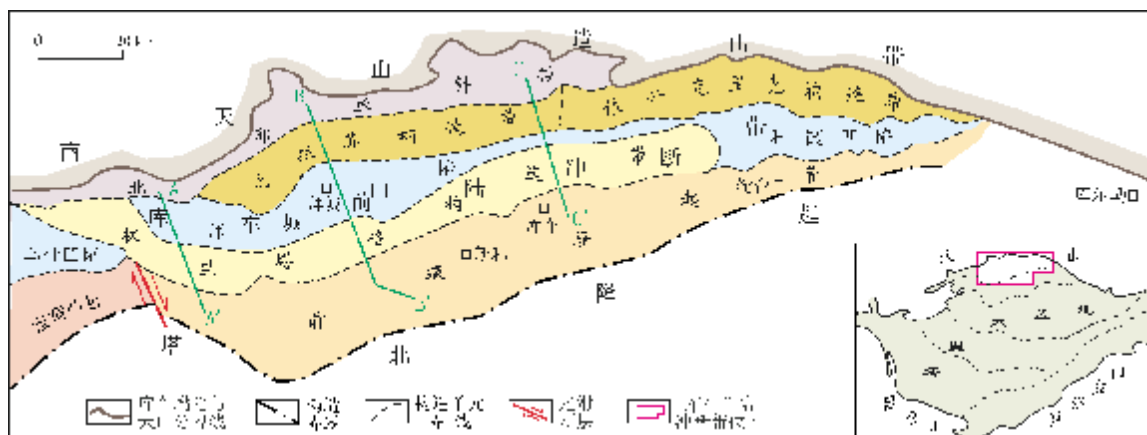


图1 库车前陆冲断带构造单元划分图

制库车前陆冲断带盐构造区平衡剖面,其基本原理是先计算含盐层系初始沉积厚度,然后运用该值对随后的复原过程进行约束。

根据库车前陆冲断带西部库姆格列木组含盐层系等厚图,首先利用三维可视化工具获取库姆格列木组三维立体图像(图2),然后再对其体积进行计算。结果表明,库车地区西部库姆格列木组现今体积约为  $1.23 \times 10^{13} \text{ m}^3$ ,而钻井和地震资料均已证实,库车地区普遍缺失上白垩统,下白垩统基本为连续、等厚沉积。据此可认为古近系库姆格列木组初始沉积时在平面上也是连续展布,厚度变化不大,并主要分布在秋里塔格构造带、拜城凹陷和克拉苏构造带,平面展布面积约为  $10550 \text{ km}^2$ 。在不考虑出露地表盐体发生溶解的情况下,可求得库姆格列木组初始沉积厚度约为  $1166 \text{ m}$ 。

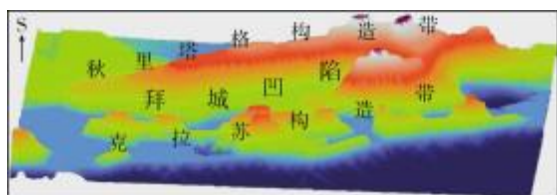


图2 库车前陆冲断带西部库姆格列木组含盐层系三维立体显示

以求得的含盐层系初始沉积厚度为约束条件,用分层复原法编制了库车前陆冲断带盐构造区的平衡剖面(图3)。从图3可以看出,秋里塔格构造带盐下古隆起雏形在侏罗纪就已开始形成。随后,由于盐下基底断裂的发育和持续活动,古隆起被断裂复杂化,形成背冲断块构造。克拉苏构造带盐下断裂开始

发育时期较早,但早期并未发生大规模的逆冲推覆。从库车组沉积末期开始,盐体从拜城凹陷向南、北两侧发生明显的塑性流动,在秋里塔格和克拉苏构造带聚集增厚,形成盐枕和盐推覆等多种盐构造样式。

### 3 缩短量与缩短率

本文选取了三条穿过库车前陆冲断带不同地区的NNW向地质结构大剖面(分别编号为A—A'、B—B'、C—C',剖面位置见图1),并采用地质约束条件下的分层复原法对其进行了平衡复原。复原结果表明,库车前陆冲断带南北向总缩短量为  $17 \sim 30 \text{ km}$ ,缩短率为  $15.8\% \sim 33.7\%$ ,且在东西方向上存在较明显的差异(表1)。从不同地质时期的变形强度来看,库车地区新生代变形最强,而且不同地区的缩短率和缩短速率都比较接近,其中缩短率接近  $15\%$ ,缩短速率约为  $0.24 \text{ mm/a}$ (表1)。这表明,自新生代以来,库车前陆冲断带不同地区的冲断构造变形过程和强度已趋于一致,差异构造变形主要发生在前新生代。新生代最强烈的构造变形又是发生在距今  $5.4 \text{ Ma}$  以来的喜马拉雅运动晚期(库车组开始沉积之后)(表1)。在喜马拉雅运动晚期,库车地区的南北向缩短量大于  $10 \text{ km}$ ,已超过新生代缩短量的  $80\%$ ,平均缩短速率为  $2.43 \text{ mm/a}$ ,小于青藏高原的  $7 \sim 10 \text{ mm/a}$ 。这也说明库车前陆冲断带的构造变形过程可能与印度板块和欧亚板块碰撞所引起的远程效应有关。

前人也曾使用不同的平衡复原方法对库车前陆冲断带的构造缩短量和缩短率进行过统计分析,其结果都存在一定差异。李向东<sup>[1]</sup>认为天山南缘冲断

表 1 库车前陆冲断带平衡剖面不同时期缩短量与缩短率一览表

测线 编号	现今长度 (km)	总缩短量 (km)	总缩短率 (%)	新生代变形强度			喜马拉雅运动晚期 (5.4Ma 以来)变形强度		
				缩短量 (km)	缩短率 (%)	缩短速率 (mm/a)	缩短量 (km)	缩短率 (%)	缩短速率 (mm/a)
A—A'	85	23	21.3	17.2	15.9	0.26	16.3	15.1	3.02
B—B'	91.5	17.2	15.8	15.6	14.4	0.24	12.2	11.2	2.26
C—C'	59	30	33.7	13.4	15.1	0.21	10.8	12.1	2.0

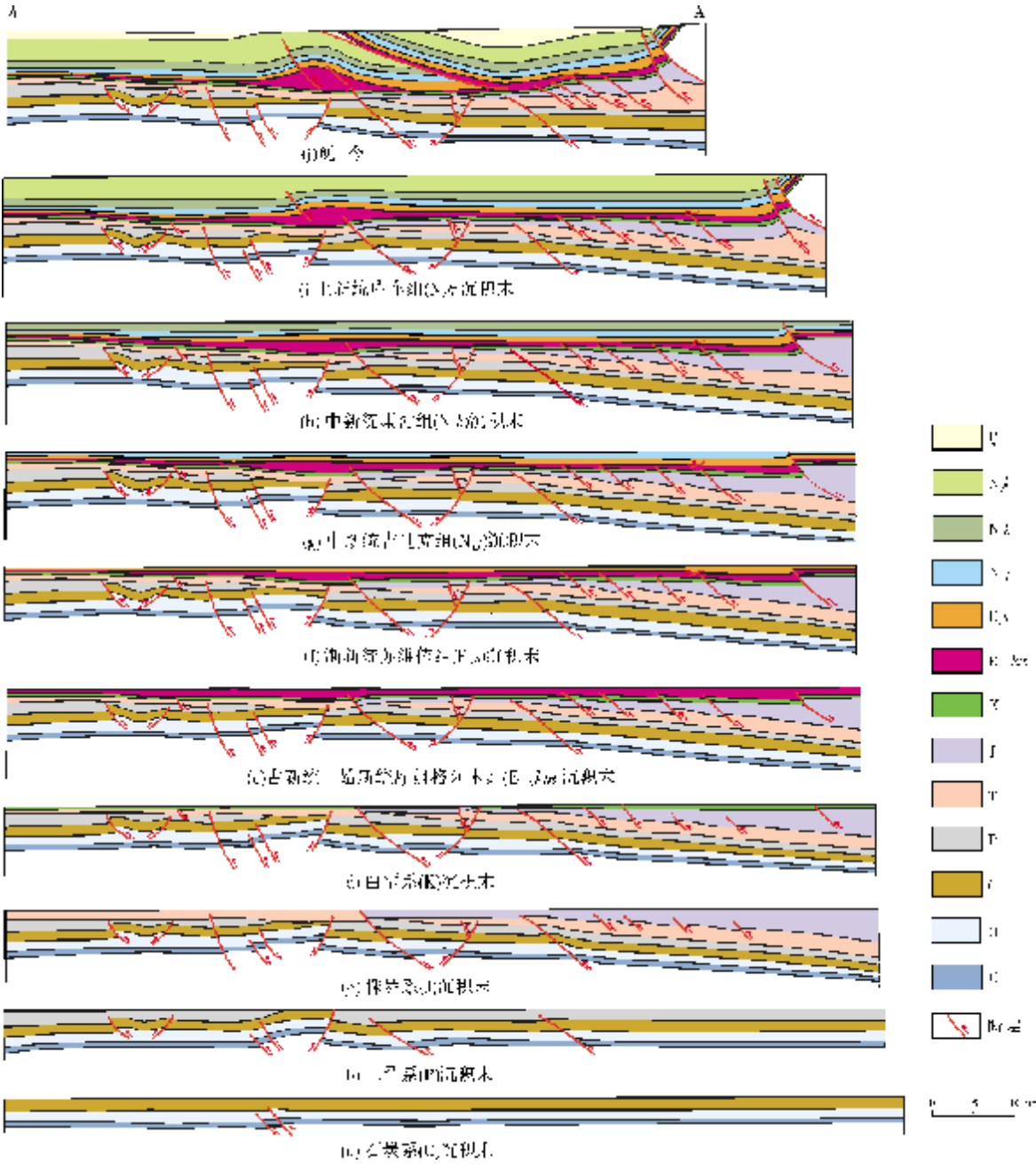


图 3 库车前陆冲断带盐构造平衡演化剖面(剖面位置见图 1 中的 A—A')

带新生代缩短量达 30 km。杨庚等<sup>[12]</sup>认为库车地区冲断构造缩短率达到 35%~45%,其中三叠纪—侏罗纪缩短 40~50 km,白垩纪—上新世缩短 27~37 km。张明山等<sup>[13]</sup>认为库车地区缩短率约为 30%~40%,库车组沉积后的缩短速率可能会达到 1.5 mm/a。施泽进等<sup>[14]</sup>认为库车前陆冲断带缩短量超过 35 km,缩短率大于 50%。与前人研究成果相比,本文计算得出的总缩短量与缩短率值总体偏小,但最大值较接近,所反映的新生代构造变形特征也比较相似。

## 4 结 论

库车前陆冲断带库姆格列木组含盐层系初始沉积厚度约为 1166m。自库车组开始沉积后,盐体发生明显的塑性流动,并在秋里塔格和克拉苏构造带聚集增厚,形成多种盐构造样式。平衡剖面分析结果表明,库车前陆冲断带南北向总缩短量为 17~30km,缩短率为 15.8%~33.7%。其中新生代变形最强,缩短率接近 15%,缩短速率约为 0.24 mm/a。新生代最强烈的构造变形又是发生在库车组开始沉积之后的喜马拉雅运动晚期,该时期缩短量已超过新生代缩短量的 80%,缩短速率为 2.43 mm/a。

致谢:研究过程中得到了雷刚林、吴超和张敬洲等的指导和帮助,在此一并致以深切的谢意。

### 参 考 文 献

- [1] Hossack J R. Geometric rules of section balancing for salt structures[C]//Jackson M P A, Roberts D G, Snelson S. Salt Tectonics: A Global Perspective. AAPG. Memoir, 1995, 65: 29-40.
- [2] Diegel F A, Karlo J F, Schuster D C, et al. Cenozoic structural evolution and tectono-stratigraphic framework of the northern gulf coast continental margin [C]//Jackson M P A, Roberts D G, Snelson S. Salt Tectonics: A Global Perspective. AAPG. Memoir, 1995, 65: 109-151.
- [3] Buchanan P G, Bishop D J, Hood D N. Development of salt-related structures in the Central North Sea: results from section balancing [C]//Alsop G I, Blundell D G. Salt tectonics. Geological Society Special Publication, 1996, 100: 111-128.
- [4] Hudec M R, Jackson M P A. Regional restoration across the Kwanza basin, Angola: salt tectonics triggered by repeated uplift of a metastable passive margin[J]. AAPG. Bulletin, 2004, 88(7): 971-990.
- [5] Rowan M G. A systematic technique for the sequential restoration of salt structures[J]. Tectonophysics, 1993, 228(3-4): 331-348.
- [6] Brewer R C, Groshong H. Restoration of cross sections above intrusive salt domes[J]. AAPG. Bulletin, 1993, 77(10): 1769-1780.
- [7] Bishop D J, Buchanan P G, Bishop C J. Gravity-driven thin-skinned extension above Zechstein Group evaporites in the western central North Sea: an application of computer-aided section restoration techniques[J]. Marine and Petroleum Geology, 1995, 12(2): 115-135.
- [8] 汤良杰,贾承造,皮学军,等.库车前陆褶皱带盐相关构造样式[J].中国科学:D辑,2003,33(1): 38-46.
- [9] 余一欣,汤良杰,王清华,等.受盐层影响的前陆褶皱—冲断带构造特征分析——以库车秋里塔格构造带为例[J].石油学报,2005,26(4): 1-4.
- [10] 余一欣,汤良杰,杨文静,等.库车前陆褶皱—冲断带前缘盐构造分段差异变形特征[J].地质学报,2007,81(2): 166-173.
- [11] 李向东.新疆北天山晚古生代洋盆演化与推覆构造[J].新疆地质,1993,11(3): 207-213.
- [12] 杨庚,钱祥麟,李茂松,等.塔里木北缘库车盆地冲断构造平衡地质剖面研究[J].地球科学:中国地质大学学报,1996,21(3): 295-299.
- [13] 张明山,陈发景.平衡剖面技术应用的条件及实例分析[J].石油地球物理勘探,1998,33(4): 532-540.
- [14] 施泽进,曾庆,苟量,等.库车前陆盆地构造特征及缩短量研究——以 BC952230 剖面为例[J].成都理工大学学报,1999, 26(4): 402-406.

编辑:金顺爱

## Balanced Cross-sections of Salt Structures in Kuqa Foreland Thrust Belt in Northern Part of Tarim Basin

Yu Yixin, Wang Pengwan

**Abstract:** Compared with the restoration of balanced cross-sections in ordinary structural settings, the balancing of salt structural sections faces more difficulties because of the viscous flowage of salt bodies. It is addressed that the balanced cross-sections of salt structures, which are restored on the basis of the original thickness of salt layers and growth strata and triangles in the Kuqa foreland thrust belt in the northern part of Tarim Basin. The results reveal that the Paleogene Kumugeliemu Formation commenced depositing without spatial variations in original thickness of about 1,130m. The growth strata and triangles show that the strongest structural distortion of salt structures occurred during later Himalayan orogeny from the Kuqa period to Quaternary. Under the influence of SN-trending compressional stresses, the SN-trending shortening strains are 20~35 km and the shortening rates are 20%~35% in the Kuqa foreland thrust belt. On the whole, the differential structural distortion in varying structural belts, sectors and layers are obvious. The intense structural distortion in the supra-salt and subsalt strata happened in the Qiulitage and Kelasu structural belts, respectively. The salt layers acted as important detachment and harmonizer in the differential structural distortion.

**Key words:** Salt structure; Balanced cross-section; Differential structural distortion; Kuqa foreland thrust belt; Tarim Basin  
Yu Yixin: male, Doctor, Lecturer. Add: Basin & Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Changping Beijing, 102249 China