

文章编号: 0253-9985(2006)04-0488-07

# 酒泉盆地南缘新生代冲断带的变形特征和变形时间

陈汉林<sup>1</sup>, 杨树锋<sup>1</sup>, 肖安成<sup>1</sup>, 潘正中<sup>2</sup>, 程晓敢<sup>1</sup>, 陈建军<sup>3</sup>, 范铭涛<sup>3</sup>, 田多文<sup>3</sup>

(1. 浙江大学 理学院 地球科学系, 浙江 杭州 310027;

2. 中国石油天然气股份有限公司 塔里木油田分公司 勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000;

3. 中国石油天然气股份有限公司 玉门油田分公司, 甘肃 玉门 735200)

**摘要:** 酒泉盆地南缘冲断带具有多层次的逆冲结构, 包括浅层的远距离冲断系统、中层的近距离冲断系统和深层的原地冲断系统。远距离冲断系统由奥陶系和志留系构成, 局部地区表现为飞来峰; 近距离冲断系统由古生界和中生界构成, 大部分隐伏在远距离冲断系统之下, 局部地带以构造窗的形式出露地表, 其变形样式主要为叠瓦状的冲断变形; 原地冲断系统隐伏在近距离冲断系统和第四系之下, 其南部的变形主要表现为双冲构造或堆垛构造, 往 NE 方向变形逐渐简单, 主要表现为断层传播褶皱和断层弯曲褶皱, 前锋地带表现为三角带的突起构造。酒泉盆地南缘冲断带的变形是一个具有大缩短量的薄皮冲断系统, 早峡剖面的构造缩短量为 52.7 km, 缩短率为 55.1%。酒泉盆地南缘冲断带的变形时期大致开始于 9.0 Ma 并以“前展式”向北扩张, 变形时间向北变新, 前锋断层开始活动时间约为 8.3 Ma。

**关键词:** 缩短量; 缩短率; 变形时间; 变形结构; 冲断带; 新生代; 酒泉盆地南缘

**中图分类号:** TE111.2      **文献标识码:** A

## Deformation characteristics and time of Cenozoic thrust belt in southern margin of Jiuquan basin

Chen Hanlin<sup>1</sup>, Yang Shufeng<sup>1</sup>, Xiao Ancheng<sup>1</sup>, Pan Zhengzhong<sup>2</sup>, Cheng Xiaogan<sup>1</sup>,Chen Jianjun<sup>3</sup>, Fan Mingtao<sup>3</sup>, Tian Duowen<sup>3</sup>

(1. Department of Earth Science, Zhejiang University, Zhejiang, Hangzhou 310027;

2. Petroleum Exploration and Development Research Institute, Tarim Oil Field, PetroChina, Kulele, Xinjiang 841000;

3. PetroChina Yumen Oil Field Company, Yumen, Gansu 735200)

**Abstract** The multi-layer thrust belt in the southern margin of Jiuquan basin consists of a long distance shallow thrust system, a short distance middle thrust system, and a deep in-situ thrust system. The long distance thrust system is composed of Ordovician and Silurian and some part of it shows as a klippe. The short distance thrust system that hides under the long distance thrust system and locally crops out as a structural window is composed of Paleozoic and Mesozoic and has the deformation style of imbricate structure. The in-situ thrust system, with duplex or stacking structure in its south, a simpler deformation of propagation fold and fault-bend fold in its northeast, and a pop-up in its front, is under the short distance thrust system and the Quaternary. The thrust belt in the southern margin of Jiuquan basin occurs as a thin-skinned thrust system with a large structural shortening of 52.7 km and a shortening rate of 55.1% on the Hanxia section. Deformation of the thrust belt started at about 9 Ma and extended northward progressively, with faulting beginning at 8.3 Ma in the front of thrust belt.

收稿日期: 2006-04-02

第一作者简介: 陈汉林 (1964-), 男, 教授、博士生导师, 造山带与盆地构造和冲断带构造建模研究

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40472120); 国家重点基础研究发展规划 (973) 项目 (2001CB409801)

**Key words** shortening shortening rate deformation time deformation structure thrust belt Cenozoic southern Jiuquan basin

受印度板块和欧亚板块碰撞的影响, 中国中西部地区的古造山带重新活动, 在古造山带与盆地的结合带, 发育了一系列新生代冲断带<sup>[1-2]</sup>, 如北天山冲断带<sup>[3]</sup>、南天山冲断带<sup>[4-6]</sup>、西昆仑山北缘冲断带<sup>[7]</sup>和龙门山冲断带<sup>[8-9]</sup>等。这些冲断带的研究不论对我国西部新生代陆内变形的研究还是对盆地的油气勘探都具有重要意义。

酒泉盆地南缘新生代冲断带从大地构造单元上位于北祁连山造山带和酒泉盆地之间, 沿盆地南缘呈 NW 走向分布, 是新生代晚期祁连山造山带向 NE 冲断推覆的北缘部分。该冲断带的西界止于阿尔金走滑构造体系; 向东越过肃南裕固族自治县延伸到民乐盆地南缘; 冲断带的南界以前震旦系的卷入为标志, 大致位于昌马堡子—大河坝谷地南侧—牛头山—摆浪河一线; 冲断带的北部位于酒泉盆地覆盖区, 控制了酒西和酒东坳陷的新生代盆地结构(图 1)。

本论文将从酒泉盆地南缘冲断带的变形结构和变形样式入手开展变形特征研究, 并利用平衡剖面技术开展冲断带的缩短量和缩短率分析。

## 1 冲断带结构分析

图 2 是酒泉盆地南缘穿越窟窿山的 NE-SW 向剖面。从剖面上可以发现, 该冲断带由 3 套冲断体系构成。剖面最上部的奥陶系和志留系呈飞

来峰的形式出现; 剖面中部由奥陶纪—早中生代地层构成, 受控于北祁连山主冲断层的叠瓦状冲断岩片; 剖面下部则是由古生代、中生代和新生代地层构成的一系列断层相关褶皱。从这 3 套体系中单个岩片的冲断距离来看, 剖面上部冲断体系的冲断距离最大, 中部冲断体系的冲断距离次之, 而下部冲断体系的冲断距离最小。因此, 可以根据酒泉盆地南缘冲断带内部单个冲断片的冲断距离远近, 将冲断带划分为原地冲断系统、近距离冲断系统和远距离冲断系统。

### 1.1 远距离冲断系统

在酒泉盆地酒西坳陷的南缘, 远距离冲断系统的岩片由奥陶系和志留系构成, 并且具有南部为奥陶系、北部为志留系的分布特征。往东, 远距离冲断系统的岩片由奥陶系构成, 局部包含寒武系(图 2)。

由于远距离冲断系统冲断岩片的冲断距离较大, 由奥陶系和志留系构成的冲断岩片产生了较大的水平位移量, 以至于奥陶系和志留系冲断岩片向北掩覆过北缘古生界和中、新生界, 并与下伏层序呈断层接触关系。这些远距离冲断系统内部的冲断岩片受到晚期的剥蚀作用以后, 往往以飞来峰的形式出现在冲断带中。在酒泉盆地南缘发育了 5 个飞来峰: 鄯马沟飞来峰、干沟飞来峰、青稞地飞来峰、谢借子山飞来峰和草滩飞来峰(图 3)。这些飞来峰由奥陶系组成, 覆盖在志留系及

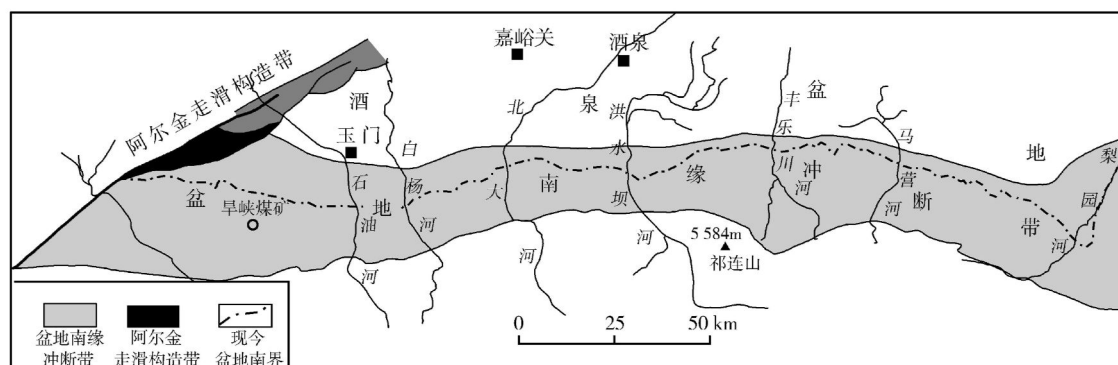


图 1 酒泉盆地南缘冲断带平面分布

Fig. 1 Areal distribution of the thrust belt in Southern Jiuquan basin



岩片直接出露在地表, 仅在南部以构造窗形式出现 (图 3)。作为近距离冲断系统出露的最主要形式, 构造窗在南部冲断带内非常发育, 主要有东大窑构造窗、西沟牧场构造窗、芨芨沟构造窗、白泉门构造窗、安门口构造窗、土达坂构造窗、红窑子构造窗、井井沟构造窗、长沟子构造窗和甘坝口构造窗等 10 个构造窗 (图 3)。

图 5 为土达坂构造窗的地质图和东侧接触关系野外照片。土达坂构造窗位于青头山南部的土达坂沟内, 构造窗内为白垩纪红色碎屑岩, 围岩是下志留统和奥陶系。构造窗的长轴沿着现今的土达坂沟, 南北长度 10~15 km, 东西宽度 5~6 km。从穿过构造窗东侧的剖面图上可以清楚的看出, 志留系以低角度掩覆于下伏的白垩系之上, 形成

长距离推覆的冲断结构。

近距离冲断系统的变形样式主要表现为叠瓦状的冲断构造, 常由多个冲断片组成, 在剖面上常呈叠瓦状, 往深部收敛到同一个滑脱面 (图 2 图 6)。单个冲断片冲断距离较为有限, 但整体缩短量仍较大。近距离冲断系统是根据单个冲断片冲断距离远较远距离冲断系统小而命名的。

1.3 原地冲断系统

原地冲断系统位于酒泉盆地南缘冲断带的北部, 隐伏于盆地之下, 为近距离冲断系统和第四系所覆盖。原地冲断系统的发育宽度大、结构复杂, 其南界为近距离冲断系统所掩盖, 北界位于红柳峡—赤金堡—白杨河—大红圈—祁连乡北—清

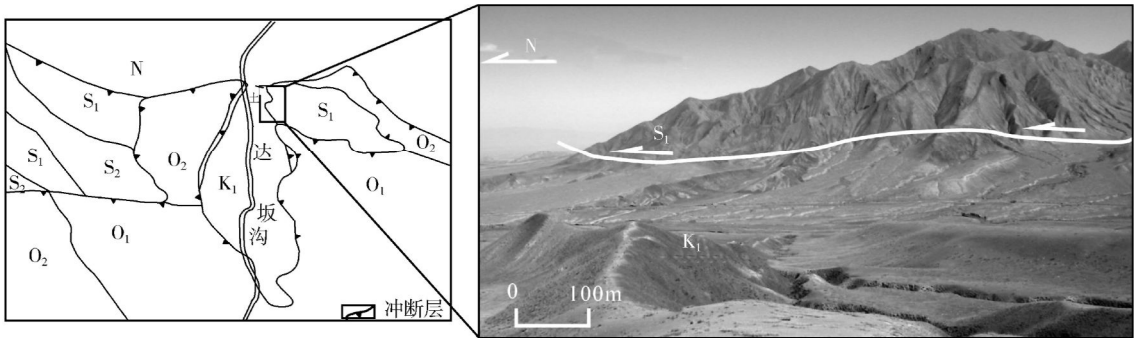


图 5 酒泉盆地南缘土达坂构造窗的地质图与东侧接触关系

Fig. 5 Geological map of Tudabai structural window and contiguity between Silurian and Cretaceous

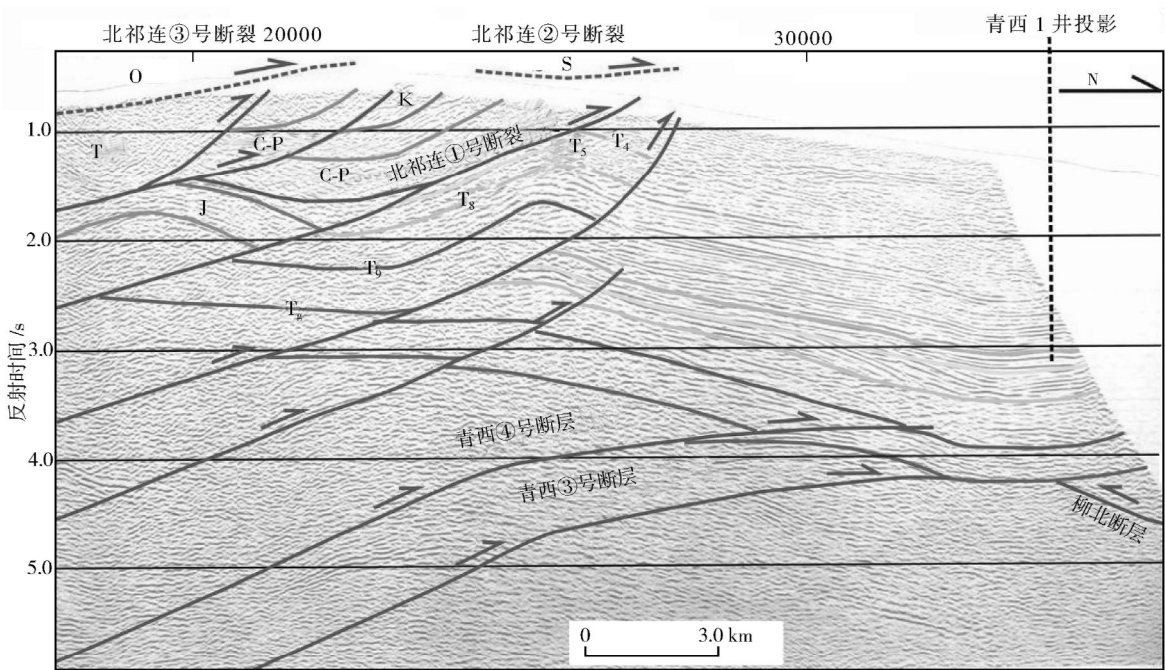


图 6 酒泉盆地南缘 JX01-03 测线的构造解释

(横坐标数字为桩号)

Fig. 6 Structural interpretation of seismic profile JX01-03 in the southern margin of Jiuquan basin

水一元山子南一线。该冲断系统的宽度从西往东逐渐变窄。在酒西坳陷西端的宽度最大,可达 25 km 以上,冲断作用涉及到了青西凹陷的全部和赤金凹陷的南缘;在酒东坳陷南缘的宽度为 10 km 左右。

被近距离冲断系统所掩盖的原地冲断系统南段,其变形结构较为复杂,为受底板滑脱层(志留系和奥陶系)控制的双重构造(图 2 图 6)。而冲断系统的北段结构相对简单,主要由山前隐伏背斜和冲断前锋组成(图 2 图 6),是原地冲断系统向前陆方向扩展的部分,变形强度逐渐变弱,冲断变形越来越简单。山前隐伏背斜为一个断层传播褶皱,图 6 中在山前隐伏背斜的北侧还发育了一个断层转折褶皱;而前锋区域则是向北的冲断层和向南的反冲断层所构成的突起构造(图 2)。原地冲断系统的冲断层向下归一到奥陶系和志留系的滑脱层中。

## 2 新生代变形平衡恢复

平衡剖面技术是构造研究的一种重要方法和手段。它可以把剖面上的变形构造通过几何原则全部复原,从而进行构造演化史研究<sup>[10]</sup>。本文运用面积平衡法对构造剖面进行平衡恢复,从而推断祁连山不同部位的构造缩短量及缩短率。

文中选择了地震品质较好的 JX01-7 地震剖面,并结合详细的地表野外调查及合理的深部构造推测,建立了呈 NE 向展布的早峡构造剖面。剖面自 SW 向 NE 分别经过了四道沟、七个达坂、早峡达坂和早峡煤矿,与构造线方向基本垂直。运用 Geo-sec 2D 的面积平衡法对早峡构造剖面进行了平衡恢复。早峡构造剖面现今长度 43.0 km,经平衡恢复后计算原始长度为 95.7 km,剖面的构造缩短量为 52.7 km,缩短率为  $(52.7/95.7) \times 100\% = 55.1\%$ 。

## 3 冲断带变形时间分析

关于祁连山北缘冲断带的变形时间大多数只有一个笼统的认识,认为北祁连山在新近纪开始由南向北冲断<sup>[11~13]</sup>。陆洁民等<sup>[14]</sup>通过对酒西地区古流向分析和重矿物分析,认为北祁连山在白杨河组( $E_3b$ )沉积时期开始隆升变形。宋春晖

等<sup>[15]</sup>和方小敏等<sup>[16]</sup>通过对沉积相和沉积速率的分析,确定了北祁连山开始隆起的时间,结合磁性地层测量结果认为确切时间为 8.3 Ma。宋春晖等<sup>[17]</sup>通过对酒西地区沉积物重矿物的分析也认为,北祁连山开始隆升的时间约为 8.26 Ma。后三者测定的北祁连山隆升时间大致相当于疏勒河组牛牯套段( $N_2n$ )开始沉积时期。

生长断层转折褶皱和生长地层、生长三角等的概念的提出为构造形成定时提供了一个有力的工具。生长地层的时代为构造发育时代<sup>[18~19]</sup>。

酒泉盆地青西凹陷 NS 向地震剖面和构造剖面图显示,青西凹陷南部由于北祁连山的冲断作用形成两个隐伏背斜(图 2):一个是前锋断层形成的隐伏背斜;另一个是山前深部(南侧)的隐伏背斜。在这两个背斜的北翼均发育较为明显的生长地层。其中前者发育低角度倾斜的生长地层;后者发育高角度倾斜的生长地层。在青西凹陷三维地震剖面 Inline170 上,前锋断层形成的隐伏背斜其北翼地层向 NE 方向倾斜,下部地层的厚度及倾角(约为  $9^\circ$ )没有显著变化,是一套生长前地层;从虚线所代表的地层开始向上逐渐变缓,倾角从  $9^\circ$  逐步变化到  $5^\circ$ ,地层厚度向背斜脊部(向南)变薄,形成尖端指向南的沉积楔(生长地层楔)。这是一套较为典型的生长地层。再往上到 2.1 s 处,其上的地层厚度和倾角又是基本没有变化,倾角基本上维持在  $5^\circ$  左右,是一套生长后地层。前锋断层形成的背斜其北翼的生长地层底界位于牛牯套组( $N_2n$ )下部,顶界位于牛牯套组顶部。

在 JX97-395.5 二维测线上,山前深部(南侧)的隐伏背斜其北翼也发育生长地层。生长前地层的倾角为  $24^\circ$ ,生长地层的倾角向上逐渐变缓,从  $24^\circ$  逐渐变为  $10^\circ$ ,地层厚度向背斜脊部逐渐减薄,形成向南的生长地层楔。山前深部的隐伏背斜其生长地层的底界位于牛牯套组( $N_2n$ )之下、牂塘沟组上部,生长地层的顶界位于全新世( $Q_4$ )底,说明山前深部隐伏断层的活动开始于牛牯套组沉积前,比前锋断层活动时间要早,表现为“前展式”活动的特点。

方小敏等<sup>[16]</sup>测量了祁连山北缘老君庙背斜新生代的磁性地层。磁性地层数据表明,牂塘沟组的年龄为 8.3~13.0 Ma,牛牯套组的年龄为 4.9~

8.3 Ma 玉门砾石和酒泉砾石的年龄分别为 0.93~3.66 Ma 和 0.14~0.84 Ma 牛牯套组和玉门砾岩、玉门砾岩和酒泉砾岩之间为不整合接触, 中间缺失了部分地层。

因此本文认为, 酒泉盆地南缘冲断带的变形时期大致开始于 9.0 Ma 并以“前展式”向北扩张, 变形时间向北变新, 前锋断层变形开始时间约为 8.3 Ma。

## 4 结论

1) 酒泉盆地南缘冲断带具有多层次的逆冲结构, 包括浅层的远距离冲断系统、中层的近距离冲断系统和深层的原地冲断系统。远距离冲断系统由奥陶系和志留系构成, 局部地带表现为飞来峰; 近距离冲断系统由古生界和中生界构成, 大部分隐伏在远距离冲断系统之下, 局部地带以构造窗的形式出露地表, 其构造变形样式主要为叠瓦状冲断变形; 原地冲断系统隐伏在近距离冲断系统和第四系之下, 其南部的变形主要表现为双冲构造或堆垛构造, 往 NE 方向变形逐渐简单, 主要表现为断层传播褶皱和断层弯曲褶皱, 前锋地带表现为三角带的突起构造。

2) 酒泉盆地南缘冲断带的变形是一个具有大缩短量的薄皮冲断系统。早峡剖面平衡恢复后的构造缩短量为 52.7 km, 缩短率为 55.1%。

3) 酒泉盆地南缘冲断带的变形时期大致开始于 9.0 Ma 并以“前展式”向北扩张, 变形时间向北变新, 前锋断层变形开始时间约为 8.3 Ma。

## 参 考 文 献

- 贾承造. 中国中西部前陆冲断带构造特征与天然气富集规律 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(4): 9~15  
Jia Chengzao. Foreland thrust-fold belt features and gas accumulation in Central and Western China [J]. Petroleum Exploration & Development, 2005, 32(4): 9~15
- 贾承造, 杨树锋, 陈汉林, 等. 特提斯北缘盆地群构造地质与天然气 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 1~161  
Jia Chengzao, Yang Shufeng, Chen Hanlin, et al. Structural geology and natural gas in basins in northern Tethys orogenic belt [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001. 1~161
- 刘楼军, 陈伟. 北天山山前带厚皮与薄皮推覆构造的几何学运动学特征 [J]. 天然气工业, 2002, 22(5): 104~105  
Liu Loujun, Chen Wei. Geometric and kinematic characteristics of the thick-skin and thin-skin thrust nappe structure in the foothill belt of North Tianshan [J]. Natural Gas Industry, 2002, 22(5): 104~105
- 卢华复, 陈楚铭, 刘志宏, 等. 库车再生前陆逆冲带的构造特征与成因 [J]. 石油学报, 2000, 21(3): 18~24  
Lu Huafu, Chen Chuming, Liu Zhihong, et al. The structural features and origin of the Kuqa rejuvenation foreland thrust belt [J]. Acta Petroli Sinica, 2000, 21(3): 18~24
- 曾联波. 库车前陆盆地喜马拉雅运动特征及油气地质意义 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 175~179  
Zeng Lianbo. Characteristics and petroleum geological significance of Himalayan orogeny in Kuqa foreland basin [J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(2): 175~179
- 汪新, 贾承造, 杨树锋. 南天山库车褶皱冲断带构造几何学和运动学 [J]. 地质科学, 2002, 37(3): 372~384  
Wang Xin, Jia Chengzao, Yang Shufeng. Geometry and kinematics of the Kuqa fold-and-thrust belt in the South Tianshan [J]. Chinese Journal of Geology, 2002, 37(3): 372~384
- 伍秀芳, 刘胜, 汪新, 等. 帕米尔-西昆仑北麓新生代前陆褶皱冲断带构造剖面分析 [J]. 地质科学, 2004, 39(2): 260~271  
Wu Xiufang, Liu Sheng, Wang Xin, et al. Analysis on structural sections in the Cenozoic Pamir-West Kunlun foreland fold and thrust belt [J]. Chinese Journal of Geology, 2004, 39(2): 260~271
- 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等. 川西龙门山冲断系构造样式和前陆盆地演化 [J]. 地质学报, 1994, 68(2): 101~118  
Liu Hefu, Liang Huishe, Cai Liguang, et al. Structural styles of the Longmenshan thrust belt and evolution of the foreland basin in West Sichuan [J]. Acta Geologica Sinica, 1994, 68(2): 101~118
- 杨克明, 朱彤, 何鲤. 龙门山逆冲推覆带构造特征及勘探潜力分析 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 685~693, 700  
Yang Keming, Zhu Tong, He Li. Structural characteristics and exploration potential of the thrust block in Longmenshan [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(6): 685~693, 700
- Dahlstrom C D A. Balanced cross section [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1996, 6(6): 743~757
- 赵贤正, 夏义平, 潘良云, 等. 酒泉盆地南缘山前冲断带构造特征与油气勘探方向 [J]. 石油地球物理勘探, 2004, 39(2): 222~227  
Zhao Xianzheng, Xia Yiping, Pan Liangyun, et al. Structural characteristics of thrust belt in southern Jiuquan basin and the oil exploration [J]. Oil Geophysical Prospecting, 2004, 39(2): 222~227
- 王崇孝, 马国福, 周在华. 酒泉盆地中-新生代构造演化及沉积充填特征 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(1): 33~36  
Wang Congxiao, Ma Guofu, Zhou Zaihua. Structure evolution and sedimentary filling of Jiuquan basin in Mesozoic-Cenozoic period, NW China [J]. Petroleum Exploration & Development, 2005, 32(1): 33~36
- 潘良云, 谢结来, 李明杰, 等. 酒泉盆地白垩纪-新生代区域构

- 造演化与油气勘探 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 62~69
- Pan Liangyun, Xie Jielai, Li Mingjie et al. Cretaceous-Cenozoic regional tectonic evolution and petroleum exploration in Jiuquan basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(1): 62~69
- 14 陆洁民, 郭召杰, 赵泽辉, 等. 新生代酒西盆地沉积特征及其与祁连山隆升关系的研究 [J]. 高校地质学报, 2004, 10(1): 50~61
  - Lu Jieming, Guo Zhaojie, Zhao Zehui et al. Cenozoic sedimentation characteristics of Juxi basin and uplift history of northern Qilian mountain [J]. Geological Journal of China Universities, 2004, 10(1): 50~61
  - 15 宋春晖, 方小敏, 李吉均, 等. 青藏高原北缘酒西盆地 13 Ma 以来沉积演化与构造隆升 [J]. 中国科学 (D 辑), 2001, 31(增刊): 155~162
  - Song Chunhui, Fang Xiaoming, Li Jiejun et al. Tectonic uplift and sedimentary evolution of the Juxi basin in the northern margin of the Tibetan Plateau since 13 Ma BP [J]. Science in China (Series D), 2001, 31(S0): 155~162
  - 16 方小敏, 赵志军, 李吉均, 等. 祁连山北缘老君庙背斜晚新生代磁性地层与高原北部隆升 [J]. 中国科学 (D 辑), 2004, 34(2): 97~106
  - Fang Xiaoming, Zhao Zhijun, Li Jiejun et al. Magnetostratigraphy of the Late Cenozoic Laojunmiao anticline in the northern Qilian mountains and its implications for the northern Tibetan plateau uplift [J]. Science in China (Series D), 2004, 34(2): 97~106
  - 17 宋春晖, 孙淑荣, 方小敏, 等. 酒西盆地晚新生代沉积物重矿物分析与高原北部隆升 [J]. 沉积学报, 2002, 20(4): 552~559
  - Song Chunhui, Sun Shurong, Fang Xiaoming et al. Analysis of tectonic uplift and heavy minerals of sediments on Juxi basin in the northern margin of Tibetan plateau since the late Cenozoic [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(4): 552~559
  - 18 Suppe J, Chou G T, Hook S C. Rates of folding and faulting determined from growth strata [A]. In: McKelvey K R, ed. Thrust tectonics [C]. London: Chapman Hall Publisher, 1992. 105~121
  - 19 Shaw J, Suppe J. Active faulting and growth folding in the eastern Santa Barbara channel, California [J]. Geological Society of American Bulletin, 1994, 106(5): 607~626

(编辑 李 军)

## (上接第 487 页)

- Wang Jinrong, Huang Huaifang. The tectonic effect of transcompressional fault in Qaidam basin [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 1994, 30(4): 116~121
- 14 吴汉宁, 刘池阳. 用古地磁资料探讨柴达木地块构造演化 [J]. 中国科学 (D 辑), 1997, 27(1): 9~14
  - Wu Hanning, Liu Chiyang. A study on the tectonic evolution of Qaidam block based on geology and paleomagnetism data [J]. Science in China Series D-Earth Sciences, 1997, 27(1): 9~14
  - 15 魏国齐, 李本亮, 肖安成, 等. 柴达木盆地北缘走滑-冲断构造特征及其油气勘探思路 [J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 397~402
  - Wei Guoqi, Li Benliang, Xiao Ancheng et al. Strike-slip structures and petroleum exploration in northern Qaidam basin [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(4): 397~402
  - 16 王步清, 肖安成, 程晓敢, 等. 柴达木盆地北缘新生代右行走滑冲断构造带的几何学和运动学 [J]. 浙江大学学报 (理学版), 2005, 32(2): 225~230
  - Wang Buqing, Xiao Ancheng, Cheng Xiaogan et al. Geometry and kinematics of Cenozoic right-lateral strike-slip thrust structural belt in the north margin of the Qaidam basin [J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition), 2005, 32(2): 226~230
  - 17 肖安成, 陈志勇, 杨树锋, 等. 柴达木盆地北缘晚白垩世古构造活动的特征研究 [J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 451~457
  - Xiao Ancheng, Chen Zhiyong, Yang Shufeng et al. The study of late Cretaceous paleostructural characteristics in northern Qaidam basin [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(4): 451~457
  - 18 王伴月, 邱占祥, 王晓鸣, 等. 甘肃省党河地区的新生代地层和青藏高原隆升 [J]. 古脊椎动物学报, 2003, 41(1): 66~75
  - Wang Ban, Yue Qian, Zhan Xiang, Wang Xiaoming. Cenozoic stratigraphy in Danghe area, Gansu province, and uplift of Tibetan plateau [J]. Vertebrata Palasiatica, 2003, 41(1): 66~75
  - 19 李明杰, 郑孟林, 曹春潮, 等. 柴达木古近纪-新近纪盆地的形成演化 [J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2005, 35(1): 87~90
  - Li Mingjie, Zheng Menglin, Cao Chunchao et al. Formation and evolution of Qaidam Paleogene and Neogene basin [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2005, 35(1): 87~90
  - 20 赵加凡, 陈小宏, 杜业波. 柴达木第三纪湖盆沉积演化史 [J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 41~44
  - Zhao Jiafan, Chen Xiaohong, Du Yebo. The tertiary sedimentary evolution of the Qaidam basin, Northwest China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(3): 41~44
  - 21 Tapponnier P, Xu Z, Roger F, et al. Oblique stepwise rise and growth of the Tibet Plateau [J]. Science, 2001, 294: 1671~1677
  - 22 周炎如, 李相搏, 袁剑英. 祁连-柴达木构造域盆地-造山带耦合构造体系 [J]. 新疆石油地质, 2000, 21(5): 337~390
  - Zhou Yanru, Li Xiangbo, Yuan Jiangying. The basin-orogeny coupling in Qilian-Qaidam tectonics territory [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(5): 337~390
  - 23 郑荣章, 徐锡伟, 王峰, 等. 阿尔金构造系晚更新世中晚期以来的逆冲活动 [J]. 地震地质, 2005, 27(3): 361~373
  - Zhen Rongzhang, Xu Xiwei, Wang Feng et al. The Thrust Activity of the Alayn fault zone since the middle and late Pleistocene [J]. Seismology and Geology, 2005, 27(3): 361~373

(编辑 高 岩)