

# 伊犁盆地南部乌孙山晚新生代变形特征及意义

张进<sup>1</sup>,李锦轶<sup>2</sup>,朱志新<sup>3</sup>

(1.中国地震局地质研究所,北京 100029;2.中国地质科学院地质研究所,北京 100037;3.新疆资源环境中心,新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘要:**中天山新生代晚期经历了自南天山向北的强烈构造挤压.在近 NS 向挤压环境下,伊犁盆地中部乌孙山崛起,整个盆地解体.南天山变形前锋主要位于乌孙山北缘断裂,该断裂为盆地中重要的活动断层,造成约 16 km 缩短量.目前伊犁盆地北部伊宁次级盆地受到来自乌孙山和北天山的挤压和逆冲,盆地范围逐渐减小.伊犁盆地南部的昭苏次级盆地已并入到南天山逆冲褶皱带中,构成一个背驮盆地,主体伊宁次级盆地则“俯冲”于两侧山体之下.

**关键词:**天山;乌孙山;新生代;造山带

天山在晚古生代碰撞造山和中生代夷平基础上,新生代由于印度-欧亚板块碰撞再次强烈隆起造山,尤其是中新世以来,天山南北缘山体快速隆升<sup>[1~9]</sup>.天山东西方向缩短量不一致,总体上自西向东变形量逐渐减小<sup>[2,10]</sup>.伊犁盆地位于中天山,平面上呈向西开口的三角形,为天山造山带中山间盆地,很多学者从不同角度进行了研究<sup>[11,12]</sup>.目前,天山新生代演化研究多集中于天山山前,缺少中天山新生代变形研究.天山内部分布着一系列前寒武古陆块(伊犁、焉耆地块等),它们在天山新生代变形中起什么作用?变形的机制和意义是什么?本文通过对伊犁盆地中部乌孙山北缘断裂研究,试图揭示伊犁盆地晚新生代的变形方式,在此基础上初步讨论古老地块在造山带后期变形中所起的作用.

## 1 地质背景

伊犁盆地所处的中天山是一古生代造山带,新生代该盆地以喀什河断裂与北部山区相邻,前人研究认为喀什河断裂仅是中天山内部断裂,新生代晚期该断裂是不同构造变形的重要分界线.断裂活动性较强,断裂以北山区强烈隆起,南侧盆地变形较弱<sup>[6,13~18]</sup>.伊犁盆地南缘是那拉提北缘断裂带,这两条断裂长期活动,性质多样.乌孙山、阿吾勒拉山、伊什基里克等次级隆起又将盆地分割为几个次级盆地或断陷(伊宁盆地、昭苏盆地、尼勒克断陷).

## 2 伊犁盆地构造分区

### 2.1 伊犁盆地

伊犁盆地为西部中天山主体,大地构造上归属天山造山带中的伊犁-中天山微地块<sup>[11]</sup>.伊犁盆地是一个造山带中稳定地块上的裂陷-拗陷复合型盆地.前人根据基底岩石组合、变形特征及盖层特征,将伊犁盆地划分为以下次级山盆构造单元:伊宁盆地、昭苏断陷盆地、乌孙山挤压推覆山地、阿吾勒拉隆起断块(图 1)<sup>[11]</sup>.新生代以来该地块变形与南北天山相比较弱,变形主要集中在地块边缘地区或重要断裂带上.新生代由于塔里木地块向北挤压,在天山地区形成近 NS 向挤压.目前 GPS 测量表明,该地块运动近 NS 向<sup>[19,20]</sup>.在这种区域应力场中,容易形成 NE 向与 NW 向共轭走滑断裂,此现象在昭苏盆地及乌孙山表现较明显,其共轭角表明为近 NS 向挤压.艾南山等得出伊犁盆地东部水系优势方向为 155°和 65°,由这组共轭剪切面推断伊犁地块东部区域主压应力方向为北东 20°左右<sup>[21]</sup>.

### 2.2 伊犁盆地北部断裂(喀什河断裂)

该断裂带西段走向 300°,倾角 70°,切割古近—新近系,控制第四系分布和厚度,沿断层有中强地震发生.该断裂是古生界与中、新生界的分界,北盘为中天山北缘高大山体,南盘是新生界宽缓褶皱上的新生代堆积<sup>[16]</sup>.断层使小冲沟偏折拐弯或形成反地貌坎,凹槽中风成黄土堆积很薄甚至缺失,说明晚更新世及其后构造活动强烈.断裂南东段沿喀什河南缘展布,走

项目资助:国家重点基础研究发展计划(2007CB411306,2001CB409810),中国地质调查局国土资源大调查(1212010611806)共同资助

收稿日期:2008-10-10;修订日期:2008-10-29;作者 E-mail:zhangjinem@sina.com

第一作者简介:张进(1973-),男,江苏常州人,副研究员,1996年毕业于南京大学构造地质学专业,从事构造地质研究

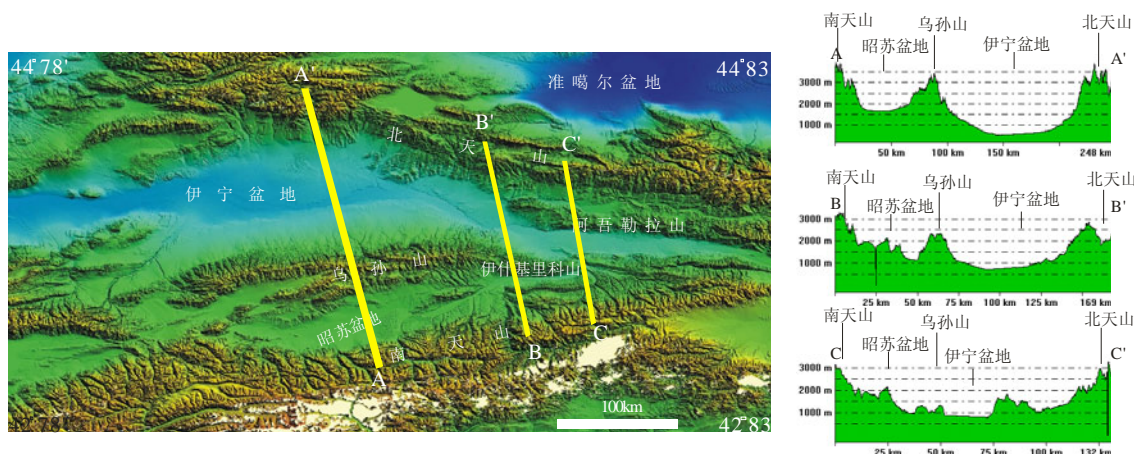


图1 西天山 DEM 数字高程影像  
Fig.1 DEM image of western Tianshan  
(数据为 NASA 的 STRM90, 黄线——地形剖面)

向  $280^\circ$ , 长约 220 km, 由多个朝北陡倾的断面构成, 新活动强烈. 目前喀什河断裂还处于活动之中, 1812 年尼勒克 8 级地震就发生在该断裂上<sup>[22]</sup>. 研究表明, 该断裂总体上以逆冲为主, 兼有右行走滑分量<sup>[17]</sup>.

### 2.3 伊犁盆地南缘断裂(那拉提北缘断裂带)

断裂走向  $70^\circ$ , 总长 120 km, 断面南倾, 倾角  $60^\circ$ , 为古板块俯冲带, 具长期活动历史. 第四纪以来垂直运动速率是 2 mm/a. 因南天山强烈隆起, 两侧地势相对高差达 2 000 m 左右, 现今仍为左行逆冲性质, 切割上更新统, 沿断裂发生 5 级以上地震 8 次, 地震活动强度和频度有增强趋势<sup>[22]</sup>.

### 2.4 乌孙山逆冲带

乌孙山位于伊犁盆地南缘, 为伊犁盆地内次级隆起, 分割了伊犁盆地主体(伊犁盆地)和昭苏盆地. 山体总体走向近 EW 向, 向西山体变宽进入哈萨克斯坦, 向东变窄与伊犁南北边界断裂交汇消失(图 1). 山体南北边界为反向逆冲断层, 剖面上显示为扇状(图 2, 3), 乌孙山北界因 NE 向和 NW 向断层错移, 变化较大. 该山主体由石炭—二叠系组成, 石炭纪火山岩系尤为发育, 为盆地内最厚地区. 该区石炭系主要由下石炭统大哈拉军山组、阿克沙克组 and 上石炭统伊什基里克组组成<sup>[14, 15]</sup>. 最近研究成果已将阿克沙克组(东图津河组)划归上石炭统, 位于伊什基里克组之上<sup>[16]</sup>.

乌孙山变形总体上表现为限制在南北逆冲断裂间的褶皱带, 剖面上表现为扇状(图 2, 3). 在伊宁—昭苏公路剖面上, 构成山体主体的石炭系阿克沙克组灰岩形成 1 个向斜和 2 个背斜. 二叠纪砾岩出露于山脊附近, 山体南缘断裂向南逆冲于二叠系砾岩上, 北缘断裂向北逆冲于古近—新近系粉砂岩上(图 2). 东段乌孙山主体由下石炭统火山岩组成, 山体两侧出露上石炭统东图津河组灰岩等地层(图 3)<sup>[16]</sup>, 山体北缘逆冲于更新世黄土之上, 南缘斜冲于侏罗系含煤地层之上(图 3).

### 2.5 乌孙山北缘断裂

断裂走向近 EW 向, 长约 240 km, 倾向南, 倾角  $50^\circ \sim 75^\circ$ , 为逆断层, 由多条次级断层平行或斜列组成. 该断裂新生代晚期活动较强, 最新一次活动发生在晚更新世晚期<sup>[23]</sup>. 在伊宁—特克斯公路穿越北缘断裂处, 该断裂将砖红色-紫红色石炭系火山岩向北逆冲于更

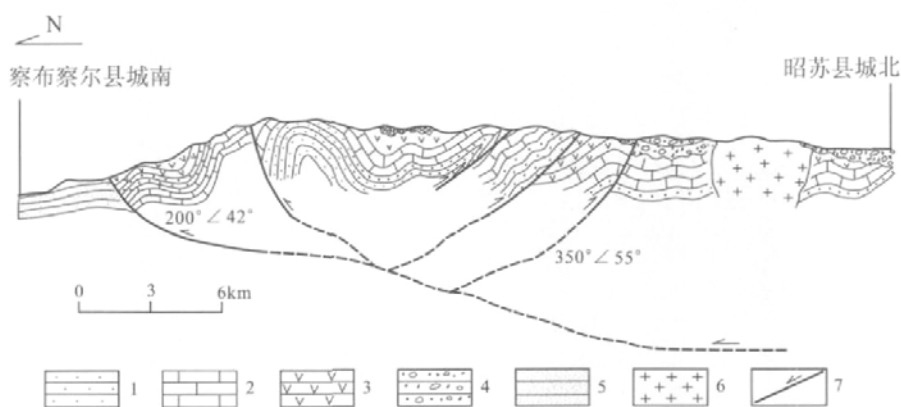


图2 伊宁—昭苏公路乌孙山西段剖面  
Fig.2 Section along the Yining—Zhaosu Road in the western Wusun Mountain  
1. 下石炭统阿克沙克组砂岩; 2. 下石炭统阿克沙克组灰岩; 3. 下二叠统火山岩; 4. 上二叠统砾岩; 5. 古近—新近系粉砂岩; 6. 花岗岩; 7. 逆断层

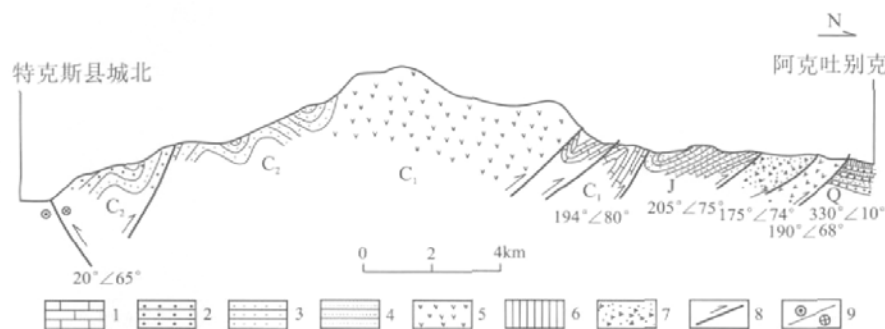


图 3 伊宁—特克斯公路乌孙山东段剖面

Fig.3 Section along the Yining—Tekesi Road in the eastern Wusun Mountain

1. 灰岩; 2. 砾岩; 3. 砂砾岩; 4. 粉砂岩; 5. 火山岩; 6. 黄土; 7. 断层角砾岩; 8. 逆冲断层; 9. 走滑断层

新世晚期的河流砾石层与黄土之上,造成砾石层牵引变形(图 4)。该区黄土为晚更新世,推断断裂在晚更新世还在活动<sup>[23]</sup>。在伊宁—昭苏公路剖面上,该断裂将石炭系灰岩逆冲于古近—新近系粉砂岩之上。同样在新源西塔德萨依沟口,断裂断错了晚更新世阶地砾石层及上覆黄土<sup>[23]</sup>。在苏阿苏河地区,该断裂同样影响了新生代晚期的沉积物<sup>[11]</sup>。根据断裂倾角和错断地层厚度,可计算出断裂位移量。伊犁盆地上二叠统砾岩、砂岩厚 3 355 m,三叠系陆相碎屑岩为 538~858 m,侏罗系含煤岩系约为 1 110 m,白垩—第四系约为 1 220 m<sup>[25~28]</sup>。上述盆地盖层总厚为 6 223~6 543 m。如果取断层倾角为 30°,地层厚度为 6 400 m,目前乌孙山顶至伊犁盆地中部察布察尔海拔高度之差为 2 850 m,断层新生代水平推覆距离约为 16 km,与从该区航磁研究得出的 15 km 相当<sup>[24]</sup>。由于不能限定该逆冲断层活动的时段,其平均缩短率还不清楚。但前人裂变径迹研究表明,中天山明显的剥露事件发生在中新世后,同样伊宁盆地与北侧山地海拔的巨大差别表明,该盆地在整个新生代还没有经历抬升作用影响<sup>[9,18]</sup>。最近 GPS 测量结果表明,西天山地壳缩短约为 8 mm/a,这一结果与百万年来平均缩短速率 6 mm/a 基本一致<sup>[10]</sup>。

## 2.6 乌孙山南缘断裂

在伊宁—昭苏公路剖面上,乌孙山南缘断裂为一条逆冲断裂,倾向 350°,倾角 55°,断裂将二叠系玄武岩逆冲于二叠系红色砾

岩之上(图 2)。该断裂在伊宁—特克斯公路剖面上为一条倾向 20°,倾角为 65°的具右行走滑分量的逆冲断裂(图 3),已影响到侏罗系含煤地层,但没有直接观察到该断裂是否切割了新生代地层。在南缘断裂南侧靠近盆地边缘发育有特克斯河断裂带,该带沿特克斯河谷地和乌勒肯吉尔尕郎河谷地延伸,向西延入哈萨克斯坦

境内,长 150 km,总体走向近 EW,断层面北倾,倾角 80°,为逆断层。研究表明,特克斯河断裂带为全新世活动断裂<sup>[29]</sup>。1716 年沿该断裂带曾发生 7.5 级强烈地震,历史上沿断裂带还发生一些中等地震。目前乌孙山南缘主要变形带可能已南移至盆地内的特克斯河断裂带上,山体边缘的断裂活动性已显著降低,显示了断裂逐步向盆地内扩展特征。

## 2.7 昭苏盆地

昭苏盆地是由次一级地垒、地堑相间组合的中新生代复合断陷盆地。盆地北半部是以侏罗系为主的中新生代断陷盆地,其内由次级垒堑构造所组成。现今其总体构造呈由乌孙山向南逆冲推覆造成反转而成逆冲叠瓦构造样式<sup>[11]</sup>。昭苏盆地南部是新生代断陷,南界是那拉提北缘断裂带(图 4)。新生代以来,原为伊犁盆地一部分的昭苏盆地因乌孙山隆升而成为一个独立的山间盆地。盆地平均海拔也较北部伊宁盆地高

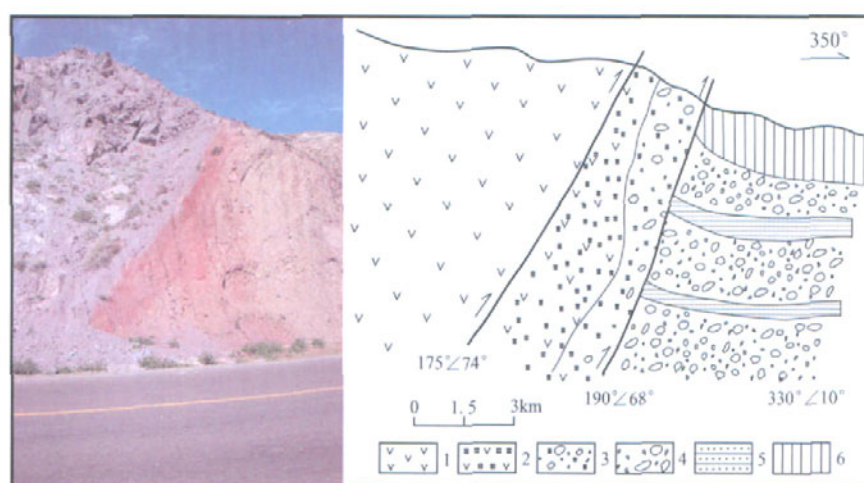


图 4 伊宁—特克斯公路乌孙山北缘断裂

Fig.4 Northern Wusunshan fault cropped out at the Yining—Tekesi Road

1. 石炭系火山岩; 2. 含砾石断裂破碎带; 3. 晚更新世粉砂质黏土; 4. 含火山碎屑断裂破碎带; 5. 晚更新世砾石层; 6. 晚更新世黄土

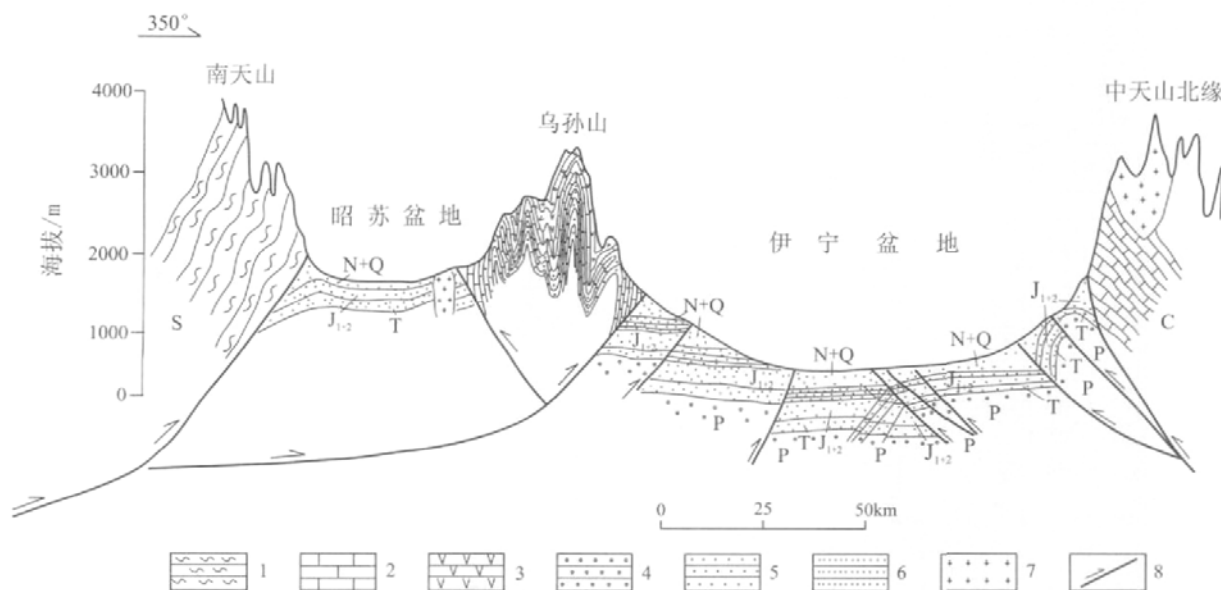


图5 横穿伊犁盆地地形-地质剖面

Fig.5 Topographic-geological sections crossing the Yili basin

(剖面位置见图1 黄线,地形数据根据 SRTM90,盆地深部资料参考石油地质剖面,乌孙山资料根据图2)

1.片岩;2.灰岩;3.火山岩;4.砾岩;5.含砾砂岩;6.砂岩;7.花岗岩;8.逆冲断层

出近 1 000 m(图 5),其原因可能是南天山向北逆冲推覆造成昭苏盆地抬升.笔者认为昭苏盆地及乌孙山整体是作为一个整体向伊犁盆地逆冲的,昭苏盆地可看作一个背驮盆地,它们是南天山向北逆冲的前缘变形带.

### 3 讨论

裂变径迹研究表明,中天山隆升在中新世后趋于停止,主要隆升发生在南北天山<sup>[3,9,18]</sup>.白垩纪时,天山尤其是西天山开始隆升<sup>[9,18]</sup>,时至今日南北天山均已成为 3 000~5 000 m 左右的高大山系,然而中天山海拔仍然很低(图 1).前人研究表明,新生代早中期天山的变形主要集中在南北天山,中天山并没有一起抬升<sup>[9,18]</sup>.由于中天山基底为前寒武纪变质岩构成,早有人认识到它们在天山中变形的重要性和特殊性,这些前寒武纪地块在天山中的分布类似“布丁构造”,它们的分布在新生代天山地区的再次变形中起到了重要作用,类似于布丁构造中透镜体与围岩的变形.可以发现在透镜体或地块的不同部位,断裂的活动性质不同.例如伊犁地块北部断裂喀什河断裂为右行斜冲断裂,而地块南缘那拉提北缘断裂带为左行斜冲断裂,夹持在这两条断裂间的伊犁地块在 NS 向缩短的背景下整体向西运动.同样焉耆地块与伊犁地块类似,其南缘断裂目前为右行走滑<sup>[30]</sup>,其北缘断裂现在还不

清楚,估计存在左行走滑分量,因此焉耆地块新生代晚期存在向东的运动.目前 GPS 测量也表明,该地区总体运动方向为 NE 向<sup>[19,20]</sup>.这种区域尺度的布丁构造可能在其它造山带中也有发育,除了逆冲与走滑造山外,它们可能代表一种重要的陆内变形方式.

### 4 结论

通过野外观察及前人研究,新生代伊犁盆地变形可分为几个阶段:新生代中期由于印度-欧亚板块碰撞,中天山和南北天山一起开始抬升,这一期构造事件影响了整个天山地区,但主要变形集中在南北天山及其周缘盆地.由于中天山众多地块存在前寒武纪变质基底,使变形主要集中在这些地块的边缘地区;更新世以来天山地区强烈隆升,南北天山不断向其边缘盆地逆冲推覆,在近 NS 向挤压环境下,伊犁盆地中部的乌孙山崛起,整个盆地解体,原盆地南部的昭苏盆地现今已并入到南天山逆冲褶皱带之中,构成一个背驮盆地,南天山的变形前锋主要位于乌孙山北缘断裂,成为目前盆地中重要的活动断裂,并造成了约 15 km 的缩短量.乌孙山整体在南北两边缘断裂的限制下分别向两侧逆冲,目前伊犁地块北部伊宁盆地正受到来自乌孙山和北天山的挤压和逆冲,使盆地范围逐渐减小.

致谢:本项研究得到新疆自然资源与环境研究中心徐新



先生和王煜先生的热情帮助,匿名评审专家对本文提出了许多建设性的意见,在此一并表示衷心感谢。

### 参 考 文 献

- [1] Tapponnier P, Monlar P. Active faulting and Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Mongolia, and Baykal regions[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1979, 84: 3425-3459.
- [2] Avouac J P, Tapponnier P, Bai P. Active thrusting and folding along the northern Tien Shan and late Cenozoic rotation of the Tarim relative to Dzungaria and Kazakhstan[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1993, 98: 11791-11808.
- [3] Hendrix M S, Dumitru T A, Gramham S A. Late Oligocene-early Miocene unroofing in the Chinese Tien Shan: An early effect of the India-Asia collision[J]. *Geology*, 1994, 22: 487-490.
- [4] Lu Huaifu, Howell D G, Jia Dong, et al. Rejuvenation of the Kuqa foreland basin, north flank of the Tarim Basin, Northwest China[J]. *International Geology Review*, 1994, 36: 1151-1158.
- [5] Burchfiel B C, Brown E T, Deng Q D, et al. Crustal shortening on the margins of the Tien Shan, Xinjiang, China[J]. *International Geology Review*, 1999, 41: 665-700.
- [6] Bullen B C, Burbank D W, Garver J I, et al. Late Cenozoic tectonic evolution of the northwestern Tien Shan: New age estimates for the initiation of mountain building[J]. *Bulletin of the Geological Society of America*, 2001, 113(12): 1544-1559.
- [7] 邓起东, 冯先岳, 张培震, 等. 天山活动构造[M]. 北京: 地震出版社, 2000.
- [8] Soble E P, Chen J, Heermance R R. Late Oligocene-Early initiation of shortening in the southwestern Chinese Tien Shan: Implication for Neogene shortening rate variation[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2006, 247: 70-81.
- [9] 郭召杰, 张志诚, 吴朝东, 等. 中、新生代天山隆升过程及其与准噶尔、阿尔泰山比较研究[J]. *地质学报*, 2006, 80(1): 1-15.
- [10] 王琪. 中国大陆现今地壳运动研究[J]. *地震学报*, 2003, 25(5): 541-547.
- [11] 张国伟, 李三忠, 刘俊霞, 等. 新疆伊犁盆地的构造特征与形成演化[J]. *地学前缘*, 1999, 6(4): 203-213.
- [12] 王博. 西天山伊犁地块古生代地球动力学演化[D]. 南京大学博士论文, 2006.
- [13] 李锦铁, 王克卓, 李亚萍, 等. 天山山脉地貌特征、地壳组成与地质演化[J]. *地质通报*, 2006, (8): 895-909.
- [14] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区岩石地层[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1999.
- [15] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [16] 张天继, 李永军, 王晓刚, 等. 西天山伊什基里克山一带东图津河组的确立[J]. *新疆地质*, 2006, 22(1): 13-15.
- [17] 尹光华, 蒋靖祥, 张勇. 新疆伊犁喀什河断裂带及其活动性研究[J]. *内陆地震*, 2003, 17(2): 109-116.
- [18] 杜治利, 王清晨. 中生代天山地区隆升历史的裂变径迹证据[J]. *地质学报*, 2007, 81(8): 1081-1101.
- [19] 王琪, 张培震, 马宗晋. 中国大陆现今构造变形 GPS 观测数据与速度场[J]. *地学前缘*, 2002, 9(2): 415-429.
- [20] 张培震, 王琪, 马宗晋. 中国大陆现今构造运动的 GPS 速度场与活动地块[J]. *地学前缘*, 2002, 9(2): 430-438.
- [21] 艾南山, 王永新. 伊犁盆地的水系与新构造应力场的关系[J]. *干旱区地理*, 1984, 7(1): 28-34.
- [22] 尹光华. 伊犁盆地新构造运动与地震[J]. *内陆地震*, 1993, 7(2): 180-197.
- [23] 罗福忠, 柏美祥, 陈建波. 新疆伊宁盆地活动断裂新活动特征研究[J]. *内陆地质*, 2003, 17(1): 4-10.
- [24] 刘俊霞, 丁燕云, 李占奎. 伊犁盆地中部航磁异常特征与构造的关系[J]. *物探与化探*, 1997, 21(3): 198-202.
- [25] 崔智林, 梅志超, 屈红军, 等. 新疆伊犁盆地上二叠统研究[J]. *高校地质学报*, 1996, 2(3): 332-338.
- [26] 崔智林, 梅志超. 新疆伊宁盆地的三叠系[J]. *中国区域地质*, 1997, 16(4): 374-402.
- [27] 李维锋, 卢华复, 王鑫峰. 新疆中天山侏罗纪盆地群沉积演化[J]. *沉积与特提斯地质*, 2002, 22(4): 26-34.
- [28] 廖世南. 伊犁盆地生成发展概述[J]. *新疆石油地质*, 1992, 13(2): 108-114.
- [29] 沈军, 唐丽华, 寇大兵, 等. 2003 年 12 月 1 日新疆昭苏 6.1 级地震烈度与房屋震害[J]. *内陆地震*, 2005, 19(3): 207-214.
- [30] 林爱明, 傅碧宏, 守野谦一, 等. 焉耆盆地活动断层的晚第四纪右行走滑[J]. *新疆地质*, 2003, 21(1): 105-115.

## THE LATE CENOZOIC DEFORMATION OF THE WUSUNSHAN MOUNTAIN IN THE YILI BASIN AND ITS SIGNIFICANCE

ZHANG Jin<sup>1</sup>, LI Jin-yi<sup>2</sup>, ZHU Zhi-xin<sup>3</sup>

(1. Institute of Geology, CEA, Beijing, 100029, China; 2. Institute of Geology, CAGS, Beijing, 100037, China; 3. Research Center for Natural Recourse and Environment of Xingjiang, Urumqi, Xinjiang, 830011, China)

**Abstract:** During the Late Cenozoic, the Central Tianshan Mountain had undergone strong tectonic event(s) from the direct northward compression of the Southern Tianshan Mountain. In this environment, the Wusunshan Mountain uplifted in the center of the Yili basin, which resulted in the dismemberment of the former basin. The deformation front of the southern Tianshan mountain is located along the northern Wusunshan mountain fault. This fault now is one important active fault in the Yili basin. About 16km shortening resulting from this thrust fault was obtained. Now the sub-Yining basin in the north of the Yili basin is undergoing combined compression from the Wusunshan Mountain to the south and northern Tianshan mountain to the north, the basin reduced gradually. The sub-Zhaosu basin to the south as one piggy-back basin is now incorporated into the thrust belt of the southern Tianshan mountain, and the sub-Yining basin to the north underthrusts the Wusunshan Mountain to the south and northern Tianshan mountain to the north.

**Key words:** Wusunshan; Tianshan; Cenozoic; Orogenic belt