

南天山中段桑树园子韧性剪切带的形成时限 及其构造意义

邓松涛 郭召杰 张志诚 廖国辉

(北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京 100871)

摘要:南天山中段桑树园子韧性剪切带是一条近东西走向的剪切带,带内面理、线理、不对称构造广泛发育,通过运动学分析判断该剪切带为左旋走滑性质。剪切带内糜棱岩中的白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年获得坪年龄(393±6) Ma 和等时线年龄(389±3) Ma;带内雁行式裂隙中的黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年获得坪年龄(366.5±2) Ma 和等时线年龄(365±3) Ma。结合区域大地构造背景,笔者认为,桑树园子韧性剪切带是由塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块斜碰撞产生的同碰撞走滑构造带,在斜碰撞过程中起到平行板块边界方向的应变分解作用。

关键词:桑树园子韧性剪切带; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年;同碰撞;应变分解

中图分类号: P542, P597+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)03-0641-07

1 引言

前人^[1-11]研究认为古生代天山造山带位于西伯利亚板块、哈萨克斯坦—伊犁板块和塔里木板块之间。天山造山期间,塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块沿南天山斜向碰撞,南天山洋盆自东向西呈“剪刀状”闭合^[12-13]。桑树园子韧性剪切带位于塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块碰撞边界上,具有特殊的大地构造位置。笔者通过构造特征、年代学确定、区域对比分析等,讨论桑树园子韧性剪切带在南天山造山过程中的构造意义。

2 桑树园子韧性剪切带的构造特征

桑树园子韧性剪切带位于南天山中段,南天山和中天山界限处,宽度在 5 km 以上,长度在 300 km 以上,走向为近东西向—北西西向(图 1)。剪切带内广泛发育糜棱岩带。糜棱岩带内发育透入性面理、矿物拉伸线理、不对称眼球构造、长石的波状消光、条带状石英等构造样式。

2.1 桑树园子韧性剪切带宏观构造特征

2.1.1 面理和线理

桑树园子韧性剪切带的面理主要表现为流劈理和片理,它们都是剪切带中的透入性面理构造。流劈理和片理代表了

带内有限应变椭球体的压扁面,即 S 面理。对带内 40 个定向标本的面理进行统计,它们的产状主要集中在 $36^\circ \angle 45^\circ$ 附近(图 2)。

在透入性片理上发育有矿物或矿物集合体的拉伸线理。桑树园子韧性剪切带中的线理主要表现为石英、长石等矿物长轴组构和新生矿物如云母、绿泥石等矿物的定向排列,统计表明其产状集中在 $102^\circ \angle 19^\circ$ (倾伏向 \angle 倾伏角)(图 2)。

2.1.2 不对称眼球构造

桑树园子韧性剪切带中广泛发育不对称眼球构造。野外观察到的长石的 σ 型眼球构造,其核部是较大的长石碎斑,长石有较短的拖尾出现,尾部主要由石英、黑云母、白云母、长石等组成,围绕碎斑分布,呈单斜对称性,眼球比较分散,大小相差不多,不同大小眼球的形态非常相似(图 3-a)。野外看到的剪切带 δ 型不对称眼球状构造,核部为不规则锯齿状边界的长石碎斑,有较长的拖尾,尾部为石英、长石的颗粒集合体,大的眼球附近还有很多条带状的长石碎斑分布,很小的不对称眼球构造在大的眼球周围零星分布,小眼球形态和大眼球基本一致,眼球大小从几毫米到数厘米(图 3-b)。

2.2 桑树园子韧性剪切带的显微构造特征

在显微镜下,剪切带内的糜棱岩中的石英条带,彼此以弯曲或透镜形边界分开,每个条带由伸长的重结晶颗粒组

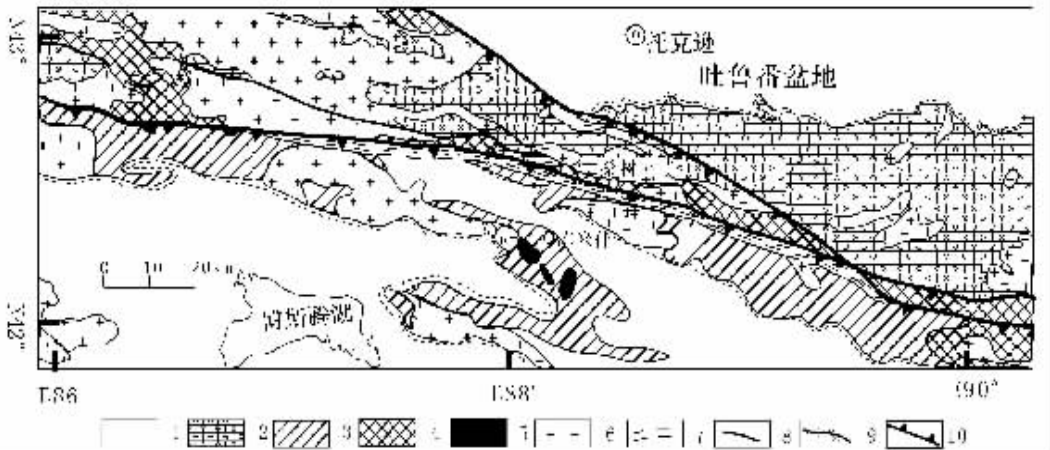


图 1 南天山桑树园子韧性剪切带地质图(据马瑞士等^[5]改编)

1—新生界;2—上古生界;3—下古生界;4—前寒武系;5—蛇绿岩;6—花岗岩;7—韧性剪切带;8—逆冲断层;9—不整合;10—板块缝合带

Fig. 1 Geological map of the Sangshuyuanzi ductile shear zone in the South Tianshan (modified from Ma Ruishi et al.^[5])

1—Cenozoic;2—Upper Paleozoic;3—Lower Paleozoic;4—Precambrian;5—Ophiolite; 6—Granite;
7—Ductile shear zone;8—Thrust fault;9—Unconformity;10—Plate suture

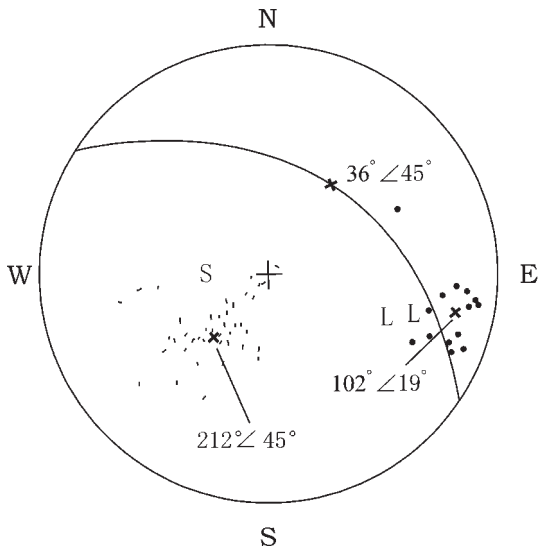


图 2 桑树园子韧性剪切带运动学要素图解

S—面理法线产状投影;L—拉伸线理投影

Fig. 2 Stereographic projection of kinematic elements in the Sangshuyuanzi ductile shear zone

S—Stereogram of foliation normal;L—Stereogram of stretching lineation

成,颗粒内发育波状消光、带状消光等现象;石英条带之间有云母、绿泥石条带与其相间排列(图 3-c)。

通过显微镜观察,可以看到带内糜棱岩中长石的波状消光现象,大颗粒长石沿变质弱化面细粒化为长石亚颗粒,破碎带处被石英、长石小颗粒充填(图 3-d)。剪切带糜棱岩中的石英条带表明石英颗粒在应变过程中发生塑性变化,晶体被拉长。长石的波状消光现象产生的原因,可能是长石

粒内变形导致的晶粒内各个消光影之间光性方位存在轻微差别。

上述构造特征表明,桑树园子韧性剪切带矿物拉伸线理倾伏角很小(19°),指示剪切带的运动性质以走滑运动为主; σ 型和 δ 型不对称眼球特征指示该剪切带为左旋剪切。综上所述,桑树园子韧性剪切带是一左旋走滑的剪切带。

3 桑树园子韧性剪切带形成时间的确定

为了确定桑树园子韧性剪切带的形成年龄,笔者选取剪切带糜棱岩中的新生矿物白云母和剪切带中雁行式微裂隙中的黑云母作 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定。同位素样品数据测试由中国科学院地质与地球物理研究所完成,测定仪器为英国RCA-10气体源质谱计($\lambda=5.543\text{e}^{-10}/\text{年}$),测试流程与桑海清等^[14-15]、徐祥等^[16]相同,坪年龄计算使用isoplot.exe程序^[17]。白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年,照射参数 $J=0.01339$,9个阶段的升温,获得 ^{39}Ar 释放量达90%以上的阶段升温加热分析数据(表1),其中5~8阶段,表观年龄也在 1σ 误差范围内一致,获得的坪年龄为 $(393\pm 6)\text{Ma}$, ^{39}Ar 累计析出为82.4%(图4-a)。 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 初始值为298,和大气 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 的初始比值295.5很接近,根据这4个阶段得出的等时线年龄为 $(389\pm 3)\text{Ma}$ (图4-c)。黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年,照射参数 $J=0.01219$,11个升温阶段,获得阶段升温加热分析数据(表2),其中5~11阶段,表观年龄也在 1σ 误差范围内一致,获得的年龄为 $(366.5\pm 2)\text{Ma}$, ^{39}Ar 累计析出为89.8%(图4-b)。 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 初始值为299,根据这7个阶段得出的等时线年龄为 $(365\pm 3)\text{Ma}$ (图4-d)。

由于白云母样品取自糜棱岩中的新生矿物,其封闭温度为 $300\sim 350^\circ\text{C}$ ^[18-19],低于糜棱岩的形成温度^[20-21],而同位素年龄是韧性剪切带形成后冷却到白云母封闭温度时的年龄,代

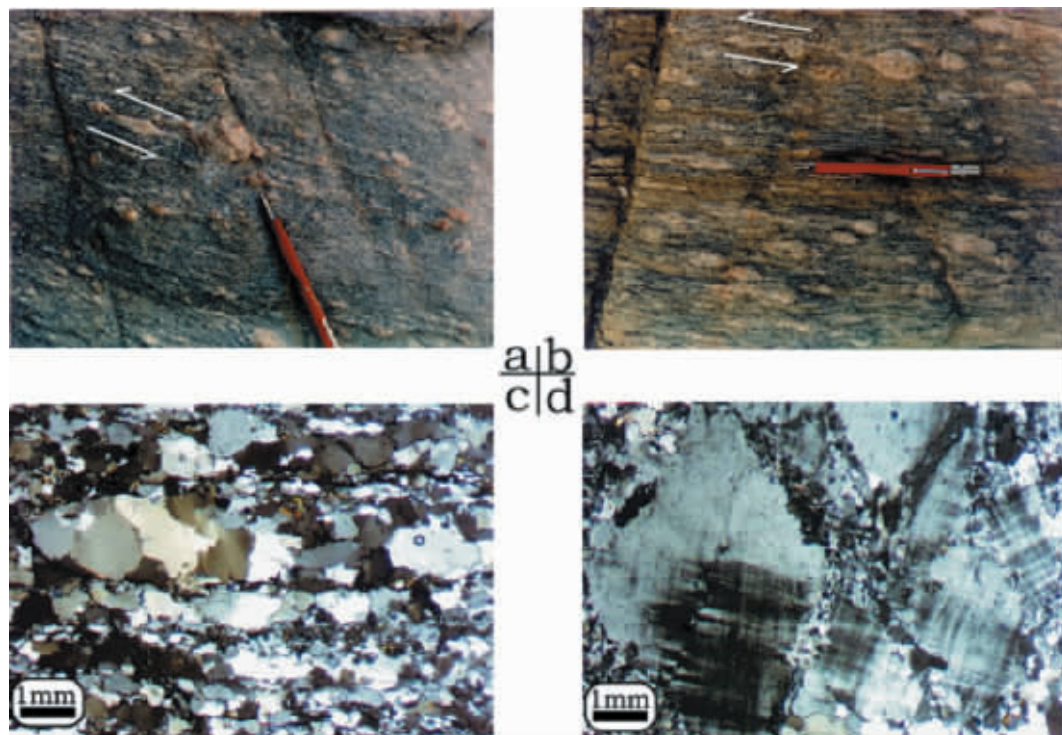


图 3 桑树园子韧性剪切带糜棱岩构造特征

a— σ 型不对称眼球状构造;b— δ 型不对称眼球状构造;c—糜棱岩中条带状石英(正交偏光);d—糜棱岩中长石的波状消光(正交偏光)

Fig. 3 Structural characteristics of mylonite in the Sangshuyuanzi ductile shear zone

a— σ -type asymmetric augen structure;b— δ -type asymmetric augen structure;c—banded quartz in mylonite(crossed nicols);
d—undulated extinction of feldspar in mylonite(crossed nicols)

表 1 白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化定年分析
Table 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ fast-neutron activation analysis of muscovites

加热阶段	加热温度/°C	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{39}\text{Ar}_k \cdot 10^{-12}/\text{mol}$	$(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_k) \pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}/\%$	视年龄 $t \pm 1\sigma$ (Ma)
1	450	37.19	0.0909	0.3506	0.0744	0.54	10.4±0.11	1.32	236±18
2	640	27.969	0.0564	0.3192	0.0827	0.97	11.4±0.07	2.38	255±15
3	780	15.208	0.0146	0.1439	0.0313	2.73	10.9±0.05	6.67	246±10
4	860	17.462	0.0112	0.1109	0.0194	1.75	14.1±0.07	4.27	313±15
5	950	18.942	0.0032	0.0324	0.0147	4.24	17.9±0.07	10.3	389±14
6	1050	18.452	0.0012	0.0089	0.0059	15.8	18±0.06	38.6	390±10
7	1150	18.454	0.0017	0.0174	0.0168	10.6	18.4±0.06	25.8	398±12
8	1300	18.732	0.0014	0.0106	0.0157	3.17	18.3±0.06	7.74	395±12
9	1450	40.86	0.0226	0.1835	0.0258	1.17	34.2±0.13	2.86	680±35

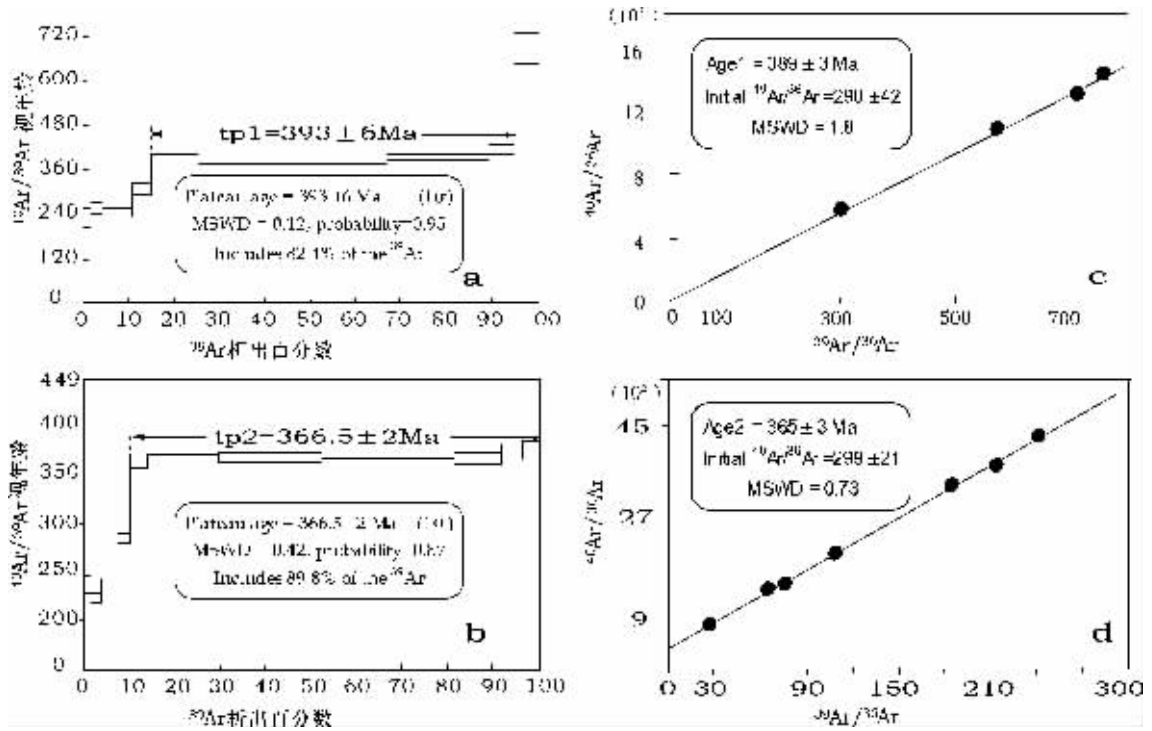
注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值;F= $^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$,代表放射成因的 ^{40}Ar 和 ^{39}Ar 比值。

表了剪切带形成年龄的上限;黑云母样品取自雁行式微张裂隙中,而雁行式微张裂隙可能是韧性剪切带形成后期的脆韧性转换阶段形成的。推断所获得的黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄可能是韧性剪切带形成后期的脆韧性转换阶段的年龄。因此,可以判断韧性剪切带开始形成的年龄不晚于 $(393 \pm 6)\text{Ma}$,在

$(366.5 \pm 2)\text{Ma}$ 处于脆韧性转化阶段。

4 桑树园子韧性剪切带在南天山斜碰撞造山过程中的意义

从区域地质背景看,在桑树园子韧性剪切带南侧、库米

图4 桑树园子韧性剪切带 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄图a—白云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱; b—黑云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱; c—白云母等时线 d—黑云母等时线Fig. 4 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age plot of the Sangshuyuanzi ductile shear zone

a—plateau age of muscovites; b—plateau age of biotites; c— isochron age of muscovite; d— isochron age of biotites

表2 黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法定年分析结果
Table 2 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ fast-neutron activation analysis of biotites

加热阶段	加热温度/°C	($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	($^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) _m	$^{39}\text{Ar}_k \cdot 10^{-12}$ /mol	($^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_k$) $\pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}/\%$	视年龄 $\pm 1\sigma$ (Ma)
1	400	34.226	0.0774	0.2009	0.2024	0.39	11.46 \pm 0.58	1.55	235.9 \pm 9
2	500	24.111	0.0454	0.1496	0.166	0.59	10.73 \pm 0.29	2.34	221.8 \pm 4.3
3	600	18.254	0.0225	0.184	0.1402	0.88	11.63 \pm 0.17	3.41	239.3 \pm 2.6
4	700	22.39	0.0286	0.3341	0.2424	0.69	13.99 \pm 0.25	2.75	284.0 \pm 4.6
5	800	23.059	0.0165	0.2768	0.1835	0.98	18.22 \pm 0.27	3.93	361.9 \pm 6.1
6	900	20.051	0.0057	0.1703	0.0748	3.87	18.37 \pm 0.20	15.5	364.7 \pm 4.7
7	1000	19.877	0.0049	0.2465	0.0881	5.66	18.43 \pm 0.11	22.6	365.6 \pm 4.6
8	1100	19.874	0.0042	0.3098	0.1057	7.35	18.62 \pm 0.11	29.3	369.1 \pm 4.6
9	1200	21.267	0.0099	0.449	0.1584	2.56	18.36 \pm 0.23	10.2	364.4 \pm 5.2
10	1300	24.381	0.019	0.5748	0.2438	1.22	18.82 \pm 0.21	4.86	372.5 \pm 7.0
11	1450	28.378	0.0324	0.3732	0.2838	0.86	18.86 \pm 0.40	3.42	373.3 \pm 9.5

注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值;F= $^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$,代表放射成因的 ^{40}Ar 和 ^{39}Ar 比值。

什以西 20km 处的榆树沟处,存在高压麻粒岩相变质蛇绿岩地体,利用锆石 U-Pb 定年获该地体年龄为 (392 \pm 7)Ma^[2],该年龄提供了南天山洋壳俯冲,洋盆消减的时间信息,表明此时南天山洋盆已经俯冲,南天山塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块已经碰撞。这一年龄与笔者所确定的桑树园子

韧性剪切带形成的上限年龄相一致。桑树园子韧性剪切带是与俯冲—碰撞同时的同俯冲—碰撞剪切带。

前文已经论述桑树园子韧性剪切带为左旋走滑剪切带。刘瑞询等^[25]和李海等^[26]曾用极摩尔圆方法对桑树园子韧性剪切带的剪切位移量进行定量分析,也证明该带是一个既有垂

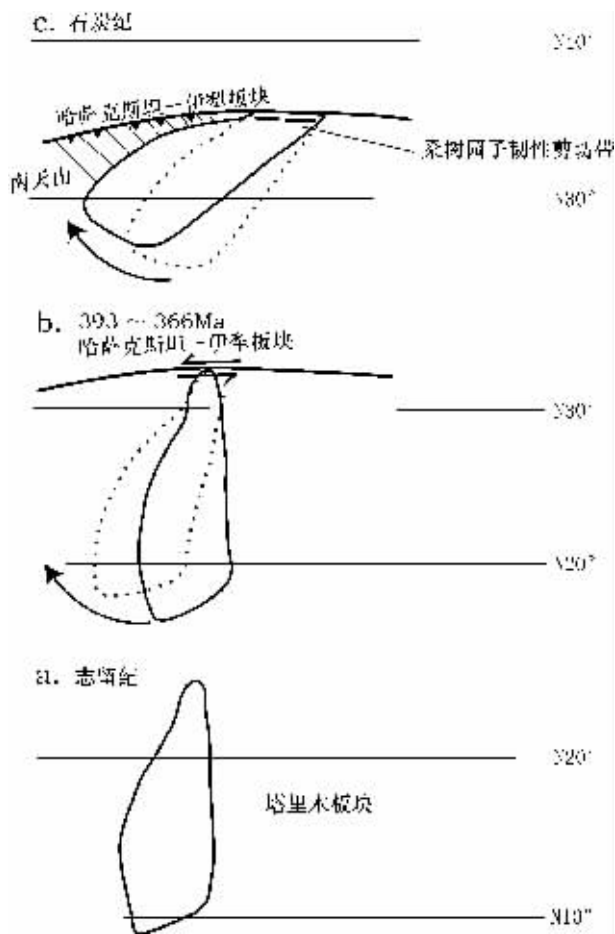


图 5 塔里木板块与哈萨克斯坦—伊犁板块碰撞演化图 (据贾承造^[27]改编)

Fig. 5 Tectonic evolution of collision between the Tarim plate and Kazakhstan-Ili plate (modified after Jia Chengzao^[27])

向(南北向)缩短又有走滑的韧性剪切带。据此可以判断,桑树园子韧性剪切带分解了平行板块边界的应变,产生应变的板块之间的碰撞为斜碰撞。其他地区的板块斜碰撞产生的结果也是这样,板块斜碰撞产生的变形分解为垂直于板块边界的挤压应变和平行于板块边界的走滑形变。前者使地壳沿垂直于板块边界的方向缩短;后者使板块边界发生大规模走滑^[25-26]。结合区域构造背景,桑树园子韧性剪切带可能是由塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块之间的斜碰撞所产生,剪切带的形成对斜碰撞过程中平行俯冲—碰撞边界方向上的应变起到重要分解作用。

贾承造^[27]根据塔里木地区的古地磁资料提出过塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块之间的斜碰撞演化图。作为同碰撞构造带的桑树园子韧性剪切带,在该过程中具有重要构造调节作用。其形成过程简述如下:

志留纪塔里木板块已经开始向北漂移(图 5-a),但并没有和哈萨克斯坦—伊犁板块相接触;此后,塔里木板块持续

向北漂移,约在 393 Ma 时或稍早南天山洋盆开始闭合,并局部与哈萨克斯坦—伊犁板块开始碰撞,塔里木板块相对哈萨克斯坦—伊犁板块顺时针旋转,同时继续向北漂移,在桑树园子附近产生平行板块碰撞边界的走滑作用,桑树园子韧性剪切带开始形成(图 5-b);石炭纪时,塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块的斜碰撞结束,南天山洋盆已经闭合,奠定了天山地区主要构造格局(图 5-c)。

5 结论

(1) 桑树园子剪切带为一个左行走滑剪切带。

(2) 桑树园子韧性剪切带的形成时间为 393~366 Ma,是与塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块之间的斜碰撞同时的同碰撞韧性剪切带;

(3) 塔里木板块和哈萨克斯坦—伊犁板块之间的斜碰撞所产生的平行板块碰撞边界方向上的应变被桑树园子韧性剪切带分解,桑树园子韧性剪切带对两板块斜碰撞过程起到重要的应变分解作用。

参考文献(References):

[1] 郭召杰,马瑞士,郭令智,等.新疆东部三条蛇绿混杂岩带的比较研究[J].地质论评,1993,39:236~247.
Guo Zhaojie, Ma Ruishi, Guo Lingzhi, et al. A comparative study on three ophiolitic melange belts in eastern Xinjiang[J]. Geological Review, 1993, 39:236~247(in Chinese with English abstract).

[2] 蔡东升,刘树文,贾东,等.南天山古生代构造演化[J].地质论评,1995,41(5):432~443.
Cai Dongsheng, Liu Shuwen, Jia Dong, et al. Paleozoic plate tectonic evolution of southern Tianshan[J]. Geological Review, 1995, 41(5):432~443(in Chinese with English abstract).

[3] 肖序常,汤耀庆,李锦轶,等.新疆北部及其邻区大地构造[M].北京:地质出版社,1992.55~60.
Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Li Jinyi, et al. Tectonics of North Xinjiang and Its Adjacent Region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992.55~60(in Chinese with English abstract).

[4] 何国琦,李茂松,刘德权,等.中国新疆古生代地壳演化及成矿[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994.50~57.
He Guoqi, Li Maosong, Liu Dequan, et al. Paleozoic Crustal Evolution and Mineralization in Xinjiang of China[M]. Ürumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1994.50~57(in Chinese with English abstract).

[5] 马瑞士,舒良树,叶尚夫.东天山构造格架及地壳演化[M].南京:南京大学出版社,1997.47~61.
Ma Ruishi, Shu Liangshu, Ye Shangfu. Tectonic Framework and Crustal Evolution of Eastern Tianshan Mountains [M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1997.47~61 (in Chinese with English abstract).

[6] 王作勋,邬继易,吕喜朝,等.天山多旋回构造演化及成矿[M].北京:科学出版社,1990.114~119.
Wang Zuoxun, Wu Jiyi, Lu Xichao, et al. Polycyclic Tectonic Evo-

- lution and Metallogeny of the Tianshan Mountains[M]. Beijing: Science Press, 1990.114~149(in Chinese with English abstract).
- [7] Allen MB, Windley BF, Zhang C. Paleozoic collisional tectonics and magmatism of the Chinese Tien Shan, central Asia[J]. Tectonophysics, 1993, 220:89~115.
- [8] 高俊, 汤耀庆, 赵民, 等. 新疆南天山蛇绿岩的地质地球化学特征及其形成环境初探[J]. 岩石学报, 1995, 11(增刊): 85~97.
Gao Jun, Tang Yaoqing, Zhao Min, et al. The preliminary studies on tectonics environment of formation and geological and geochemical characters of ophiolites, South Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 1995, 11(Suppl): 85~97(in Chinese with English abstract).
- [9] Gao Jun, Li Maosong, Xiao Xuchang, et al. Paleozoic tectonic evolution of the Tianshan Orogen, northern China[J]. Tectonophysics, 1998, 287: 213~231.
- [10] Guo Zhaojie, Yin An, Robinson A, et al. Geochronology and geochemistry of deep-drillcore samples from the basement of the central Tarim basin[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2005, 25: 45~56.
- [11] 陈富文, 何国琦, 李华芹. 论东天山罗塔格造山带的大地构造属性[J]. 中国地质, 2003, 30(4): 361~366.
Chen Fuwen, He Guoqi, Li Huaqin. Tectonic attribute of the Qoltag orogenic belt in the East Tianshan Mountains, northwestern China[J]. Geology in China, 2003, 30(4): 361~366(in Chinese with English abstract).
- [12] Chen C M, Lu H F, Jia D, et al. Closing history of the southern Tianshan ocean basin, western China: an oblique collision orogeny[J]. Tectonophysics, 1999, 302: 23~40.
- [13] 郭召杰, 刘树文, 张志诚. 库鲁克塔克-星星峡是古生代末天山最高地区[J]. 新疆地质, 1998, 16(4): 381~387.
Guo Zhaojie, Liu Shuwen, Zhang Zhicheng. The Kuruktag-Xingxingxia area was the highest segment in Tianshan orogenic belt of Paleozoic[J]. Xinjiang Geology, 1998, 16(4): 381~387(in Chinese with English abstract).
- [14] 桑海清, 裴冀, 王英兰. 石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段加热法定年的实验技术改进及意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(4): 444~447.
Sang Haiqing, Qiu Ji, Wang Yinglan. Some improvement $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Ar setp-heating dating technique of quartz and its significance[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2001, 20(4): 444~447(in Chinese with English abstract).
- [15] 桑海清, 丁林, 戴撞漠. 用于新生代定年的 Ar-Ar 法标准样品候选样品初测结果[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2004, 23(1): 24~27.
Sang Haiqing, Ding Lin, Dai Tongmo. BT-1 Sanidine, a New Standard Sample Candidate for $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating and a Primary Analysis Result[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2004, 23(1): 24~27(in Chinese with English abstract).
- [16] 徐祥, 侯明金, 邱瑞龙, 等. 华北陆块东南缘蚌埠地区花岗岩与相关脉岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年[J]. 中国地质, 2005, 32(4): 588~595.
Xu Xiang, Hou Jiming, Qiu Ruilong, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of granites and related dikes in the Bengbu area on the southeastern margin of the North China block[J]. Geology in China, 2005, 32(4): 588~595(in Chinese with English abstract).
- [17] Ludwig KR. Isoplot/Ex Version 2.02, A Geochronological Tool-kit for Microsoft Excel, 2002, Berkeley Geochronology Center Special Publication.
- [18] Webb L E, Hacker B R, Ratschbacher L E, et al. Thermochronologic constraints on deformation and cooling history of high and ultrahigh-pressure rocks in the Qinling-Dabie orogen, eastern China[J]. Tectonics, 1999, 18(4): 621~638.
- [19] Scheuber E, Hammerschmidt K, Friedrichsen H. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and Rb-Sr analyses from ductile shear zones, Northern Chile: The age of deformation[J]. Tectonophysics, 1995, 250: 61~87.
- [20] Nabelek PI, Liu M, Sirbescu ML. Thermo-rheological, shear heating model for leucogranite generation, metamorphism, and deformation during the Proterozoic Trans-Hudson orogeny, Black Hills, South Dakota[J]. Tectonophysics, 2001, 342(3-4): 371~388.
- [21] Harrison TM. Diffusion of in hornblende[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1981, 78: 324~331.
- [22] 周鼎武, 苏犁, 简平, 等. 南天山榆树沟蛇绿岩体中高压麻粒岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及构造意义[J]. 科学通报, 2004, 49(14): 1411~1415.
Zhou Dinwu, Su Li, Jian Ping, et al. Zircon U-Pb SHRIMP ages of high-pressure granulite in Yushugou ophiolitic terrane in southern Tianshan and their tectonic implications[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(13): 1415~1419.
- [23] 刘瑞珣, 吕古贤, 王方正, 等. 变形构造分析的量化与摩尔圆的引用与发展[J]. 中国地质, 2003, 30(2): 120~122.
Liu Ruixun, Lv Guxian, Wang Fangzheng, et al. Quantitative analysis of the deformation structure and use and development of the Mohr circle[J]. Geology in China, 2003, 30(2): 120~122(in Chinese with English abstract).
- [24] 李海, 郭召杰, 刘瑞珣, 等. 极 Mohr 圆在测量具有体积变化剪切带剪切位移量中的应用-以天山桑树园子韧性剪切带为例[J]. 中国科学(D 辑), 2000, 43(2): 151~157.
Li Hai, Guo Zhaojie, Liu Ruixun, et al. Polar Mohr diagram method and its application in calculating the shear displacements of general shear zones with loss-with the Sangshuyuanzi ductile shear zones as an example[J]. Science in China (Series D), 2000, 43(2): 151~157(in Chinese).
- [25] Basil T, Teyssier C. Strain modeling of displacement-field partitioning in transpressional orogens[J]. Journal of Structural Geology, 1994, 16(11): 1575~1588.
- [26] Basil T, Michel de Saint Blanquat. Transpressional shearing and strike-slip partitioning in the Late Cretaceous Sierra Nevada magmatic arc, California[J]. Tectonics, 1997, 16(3): 442~459.
- [27] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.106.
Jia Chengzhao. Tectonic Characteristics and Petroleum, Tarim Basin China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997.106 (in Chinese with English abstract).

Timing of the formation of the Sangshuyuanzi ductile shear zone in the central segment of the South Tianshan and its tectonic significance

DENG Song-tao, GUO Zhao-jie, ZHANG Zhi-cheng, LIAO Guo-hui

(Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution of the Ministry of Education, Peking University, Beijing, 100871, China)

Abstract: The Sangshuyuanzi ductile shear zone in the central segment of the South Tianshan is an east-west-trending shear zone, in which foliations, lineations and asymmetric structures are well developed. Based on a kinematic analysis, the authors think that the Sangshuyuanzi ductile shear zone is of sinistral strike-slip nature. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of muscovites from mylonite in the shear zone yields a plateau age of 393 ± 6 Ma and an isochron age at 389 ± 3 Ma. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of biotites from en-echelon fractures in the zone gives a plateau age of 366.5 ± 2 Ma and an isochron age of 365.0 ± 3 Ma. According to the above-mentioned study, combined with the regional tectonic background, this paper suggests that the Sangshuyuanzi ductile shear zone is a syncollisional strike-slip tectonic zone formed by oblique collision between the Tarim plate and the Kazakhstan-Ili plate, which resulted in strain partitioning parallelly to the boundary of the two plates.

Key words: Sangshuyuanzi ductile shear zone; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating; syncollisional; strain partitioning

About first author: DENG Song-tao, Ph.D in Peking University, majors in tectonics and structure geology; E-mail: stdeng@pku.edu.cn.