

塔里木盆地东北缘库鲁克塔格地区的早古生代地壳变形以及造山时限

蔡志慧 许志琴 唐哲民 何碧竹 陈方远

(中国地质科学院地质研究所, 大陆动力学重点实验室, 北京 100037)

摘要:位于中亚造山带与塔里木克拉通结合部位的新疆库鲁克塔格是研究中亚造山带及塔里木克拉通关系的一个关键地区。野外观测、显微构造分析以及 Ar - Ar 测年结果揭示:(1)库鲁克塔格地区震旦纪—早古生代岩系地层变形样式为底部强烈褶皱,面理密集向北缓倾,顶部褶皱较宽缓、劈理稀疏向北陡倾,构成具有向南构造指向的铲式构造样式;(2)库鲁克塔格地区基底与盖层之间存在一条 E - W 走向、厚度约 2 km 的韧性滑脱带,带内普遍发育糜棱岩及“A”型剪切褶皱等,糜棱岩面理向 N 或 S 缓倾、拉伸线理向 NW 或 SE 倾伏,不对称旋转构造及糜棱岩中石英晶格优选方位图(EBSD 测试)指示韧性滑脱带上盘滑脱方向为自 NW 向 SE;(3)韧性滑脱带中糜棱岩内白云母的 Ar - Ar 测年结果表明滑脱时代早于 383 Ma。滑脱 - 褶皱构造是塔里木地块与中天山岩浆弧带碰撞后发生陆内俯冲的产物,说明塔里木盆地东北缘库鲁克塔格存在早古生代造山事件。

关键词:库鲁克塔格;地壳变形;早古生代;造山事件

中图分类号:P597+.3;P542+.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)04-0855-13

库鲁克塔格处于塔里木地块北缘和中亚造山带南缘天山造山系的结合部位,是研究中亚造山带及塔里木克拉通关系的一个关键地区。

前人对天山造山系已做过大量的研究,大部分学者认为,位于塔里木陆块北部的古亚洲构造体系是世界上最大的增生造山系之一^[1-13],以包含大规模的俯冲增生杂岩为特征^[1],并与蛇绿岩、弧(岛弧、洋内弧)和大陆边缘拼合而成的增生造山带,其经历了古亚洲洋洋盆生成和演化以及自早古生代开始的整个古生代增生造山和地体拼贴过程。

南天山是否存在早古生代造山事件是研究天山与塔里木克拉通关系的最有争议的问题之一。有关南天山洋闭合发生碰撞造山的时限, Brookfield^[14]、李曰俊等^[15]和 Zhang 等^[16]认为古南天山洋盆闭合碰撞造山发生在三叠纪。有的学者坚持南天山为晚古生代碰撞造山带的观点,认为早古生代时塔里木

地区位于被动陆缘,晚二叠世—三叠纪时,西伯利亚克拉通与塔里木地块之间的洋盆闭合,且发生碰撞造山^[8,12,17-19];有的学者提出关于塔里木地块与伊犁—中天山地体的碰撞为剪式碰撞,东段在泥盆纪末期之前,西段在二叠纪之前的观点^[20-21]。

通过多学科研究包括精确测年,特别是近期中天山南缘的榆树沟—铜花山蛇绿岩和蛇绿混杂堆积的研究,确定中天山南缘蛇绿岩形成于 MORB 型和 SSZ 型两种构造背景,与辉长岩和辉绿岩伴生的斜长花岗岩中岩浆锆石 SHRIMP U - Pb 定年为 $(439 \pm 1.8) \text{Ma}$,属于蛇绿岩堆晶岩系列的斜长岩年龄为 $(435 \pm 2.8) \text{Ma}$,可以认为 435~439 Ma 代表洋盆形成的时代。与蛇绿岩伴生的弧火山岩英安岩和花岗闪长岩年龄分别为 $(422.1 \pm 2.6) \text{Ma}$ 和 $(423.1 \pm 1.8) \text{Ma}$ ^[22]。结合中天山博罗克努地区出露志留纪岛弧型岩浆岩、中天山巴伦台地区存在结晶锆石

收稿日期:2011-04-20;改回日期:2011-06-15

基金项目:中石化集团前瞻性研究项目(YPH08110)及中国地质调查局基础研究项目(1212010610105)资助。

作者简介:蔡志慧,女,1980年生,构造地质学专业;E-mail:cai-zhahui@hotmail.com。

SHRIMP U-Pb 年龄为 396~416 Ma 的岛弧花岗岩^[2],中天山北缘干沟地区出露结晶锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 (393±5) Ma 及 (420±8) Ma 的岛弧型花岗岩^[13],说明存在南天山洋盆向北俯冲于中天山微陆块之下的可能性^[23]。位于缝合带以南的南天山—库鲁克塔格地区的寒武—奥陶系为被动陆缘深海盆地斜坡相沉积,南天山—库鲁克塔格地区的大地构造归属应为塔里木陆块的早古生代被动陆缘^[13,23]。

本文通过库鲁克塔格地壳变形的几何学、运动学及同位素年代学研究,厘定了库鲁克塔格的基本构造格架,进一步解析库鲁克塔格及邻区造山过程以及在中天山与塔里木陆块衔接中的重要地位。

1 地质背景

天山造山带位于中亚造山带(CAOB:Central Asian orogenic belt)的西南缘(图 1-a)。是中亚造山

带的重要组成部分,西自乌兹别克斯坦东至中国新疆与甘肃省交界处,E-W 绵延 2500 km,衔接塔里木地块与准噶尔地块。库鲁克塔格位于天山造山带东南部、塔里木盆地东北缘。根据物质组成和大地构造属性的差异,库鲁克塔格及邻区由北到南可分为 4 个部分:北天山晚古生代增生地体(I)、中天山复合增生弧地体(II)、南天山—库鲁克塔格早古生代被动陆缘(III)及塔里木克拉通(IV)(图 1-b)。各部分之间的界限为 E-W 走向的大型断裂带。北天山晚古生代增生地体(I)与中天山复合增生弧地体(II)之间以中天山北缘断裂为界;中天山复合增生弧地体(II)与南天山—库鲁克塔格早古生代被动陆缘(III)之间以中天山南缘断裂和沿着南天山的榆树沟—铜花山缝合带为界;南天山—库鲁克塔格早古生代被动陆缘(III)与塔里木克拉通(IV)以孔雀河断裂(KQHF.)为界(图 1-b)。

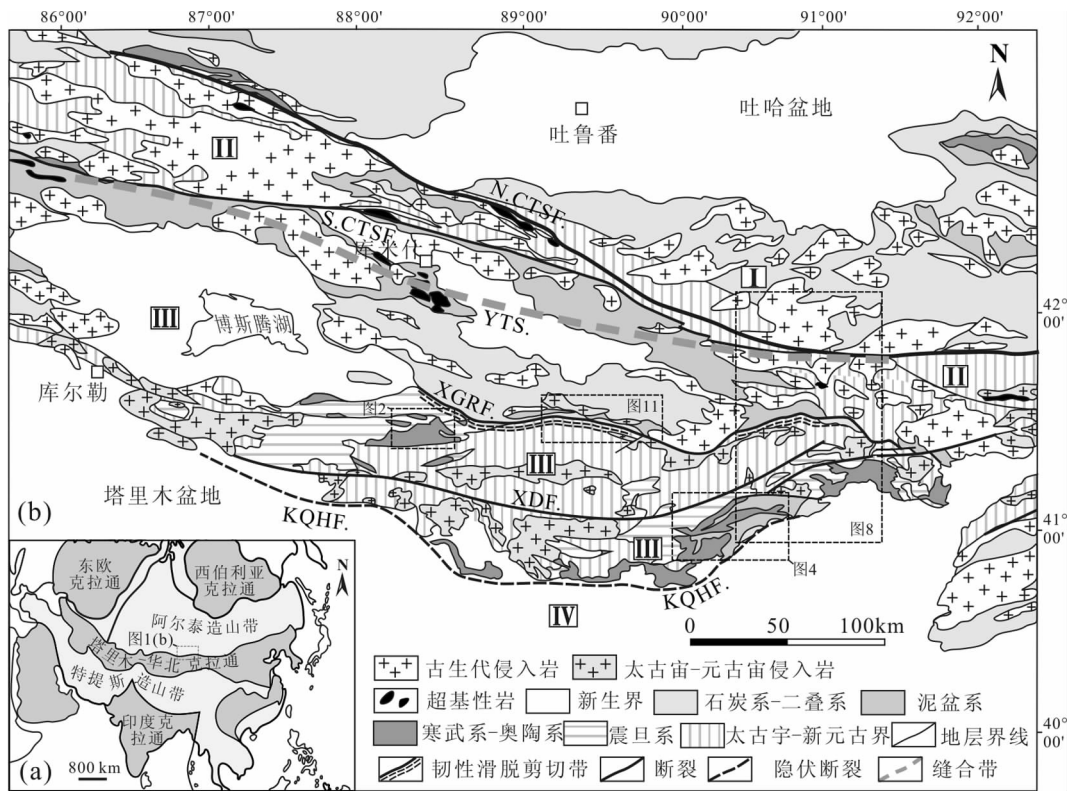


图 1 库鲁克塔格及邻区构造简图

N.CTSF.—中天山北缘断裂;S.CTSF.—中天山南缘断裂;YTS.—榆树沟—铜花山缝合带;XGRF.—辛格尔斯断裂;XDF.—兴地断裂;KQHT.—孔雀河逆冲断裂;I—北天山晚古生代增生地体;II—中天山复合增生弧地体;III—南天山—库鲁克塔格早古生代被动陆缘地体;IV—塔里木克拉通

Fig.1 Tectonic sketch map of Kuruktag and its adjacent areas

N.CTSF.—Northern Central Tianshan fault;S.CTSF.—Southern Central Tianshan fault; YTS.—Yushugou—Tonghuashan suture; XGRF.—Xinger fault; XDF.—Xingdi fault; KQHT.—Kongquehe thrust; I—Northern Tianshan late Paleozoic accretionary terrain; II—Central Tianshan complex accretionary arc terrain; III—Southern Tianshan—Kuruktag early Paleozoic passive continental margin; IV—Tarim craton

北天山晚古生代增生地体(I)主要组成为晚古生代岩浆侵入岩和火山岩等,中天山复合增生弧地体(II)以出露大量早—中古生代侵入岩为特征,南天山—库鲁克塔格早古生代被动陆缘(III)以出露大量前震旦纪结晶基底以及震旦纪—古生代地层为特征。库鲁克塔格前震旦纪基底主要包括:太古宙变质深成岩、古元古界变质碎屑岩+大理岩、中新元古界绿片岩相变质碎屑岩+碳酸盐岩组合^[24]以及标志塔里木古大陆基底最终固结的新元古代花岗岩^[25-26]。库鲁克塔格震旦系不整合覆盖在结晶基底上,由厚度约 6000 m 的火山岩+碎屑岩夹冰碛砾岩组成;寒武系以碳酸盐岩为主,夹硅质岩、砂岩及少量火山岩等;奥陶系特征为层状灰岩及钙质页岩互层;志留系在研究区内出露得比较少,主要由砂岩、粉砂岩、凝灰质砂岩夹少量泥岩灰岩组成;泥盆系出露也很少,为紫红色—灰绿色碎屑沉积;石炭系为浅海相碎屑岩及碳酸盐岩,不整合覆盖在志留系之上^[27]。

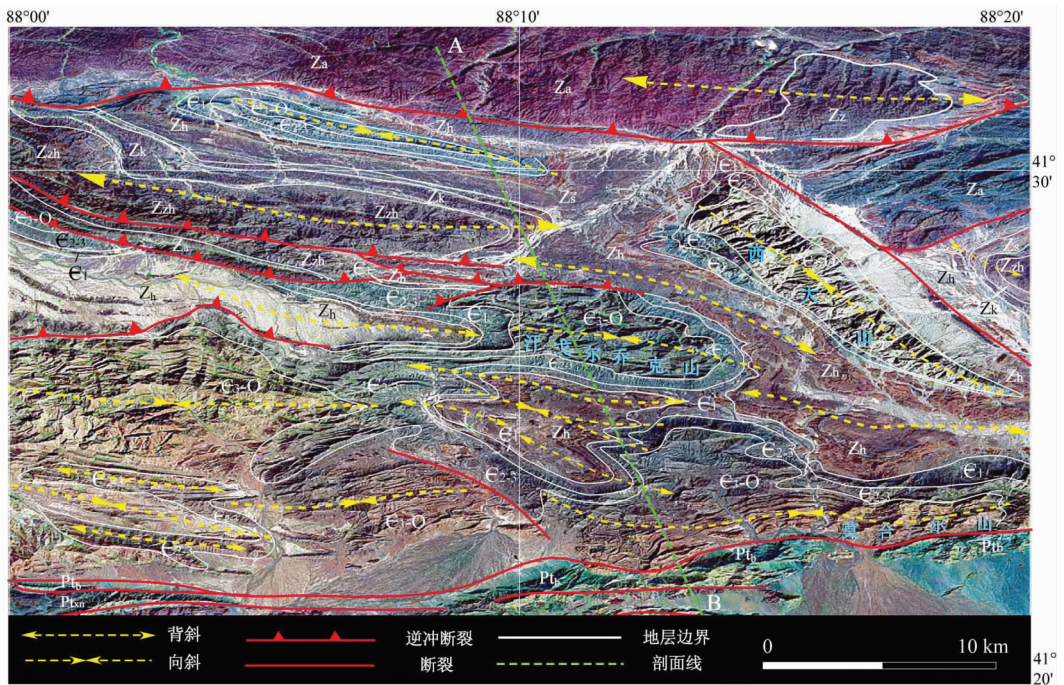
2 库鲁克塔格地区的地壳变形

2.1 库鲁克塔格震旦系—下古生界盖层变形特征

库鲁克塔格震旦纪—早古生代沉积组成巨厚盖

层。汉戈尔乔克位于库鲁克塔格北部,兴地断裂与辛格尔断裂之间,区域内主要出露震旦纪到奥陶纪地层,南侧出露少量元古宙地层。震旦系由冰碛砾岩、砂岩、粉砂岩及泥质板岩等组成,寒武系由下到上为硅质岩、火山岩及碳酸盐岩,下—中奥陶统主要为灰色及深灰色灰岩。汉戈尔乔克震旦纪—早古生代盖层变形明显。褶皱轴迹(图 2 中浅黄色虚线)走向近 E-W,略有弯曲,呈弧形向 S 凸出。褶皱波长约 5~8 km,为相似复式褶皱(图 2~3)。西大山震旦系砾岩粉砂岩中发育密集劈理,这些劈理是由于无数微小紧闭褶皱形成的,劈理产状与层理产状一致,向 N 呈中等角度倾斜(图 4-a)。寒武系薄层灰岩中发育密集的枢纽近 E-W 走向、轴面 N 倾的次级褶皱(图 4-b),以及大量走向近 E-W、向 N 中等角度倾斜的次级逆冲断裂,走向与褶皱轴迹相协调(图 2,图 4-b),说明这些逆冲断裂与褶皱具有成因上的关系。总体说库鲁克塔格北部汗戈尔乔克的盖层底部地层寒武—奥陶系变形弱于震旦系,劈理没有在震旦系中的密集(图 3)。

库鲁克塔格南部阿克布拉克的震旦纪到早古生代岩石也发生明显的褶皱变形,褶皱轴迹(图 5 中黄



ε₃-O、ε₂₋₃ 及 ε₁—下奥陶统到下寒武统; Z_h、Z₄、Z_k、Z_{zh} 及 Z₀—震旦系(由上到下); Pt_h、Pt_m 及 Pt_n—元古宇

图 2 库鲁克塔格北部汉戈尔乔克卫星影像及构造变形图(平面位置见图 1)

Fig.2 Satellite image showing structural features of Hangerqiaok, Kuruktag

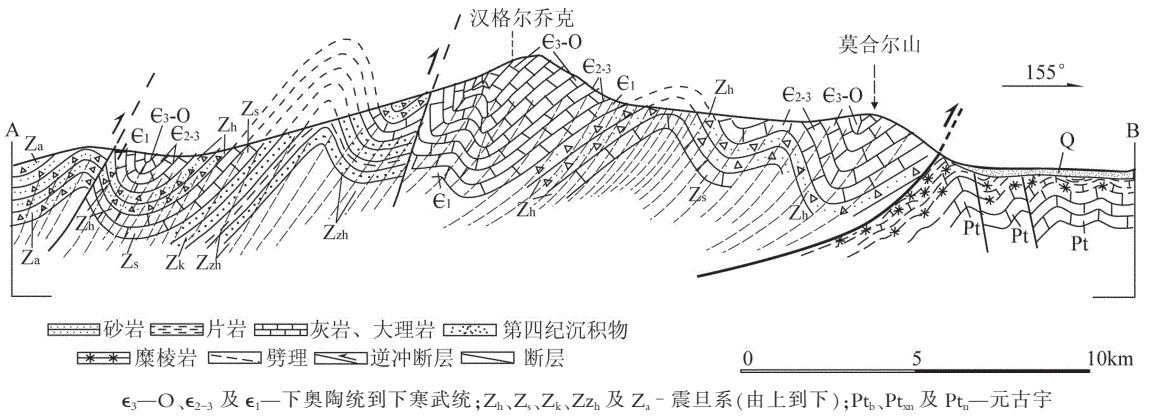


图3 库鲁克塔格北部汗格尔乔克构造剖面
 Fig.3 Structural cross section of Hangerqiaok, Kuruktag

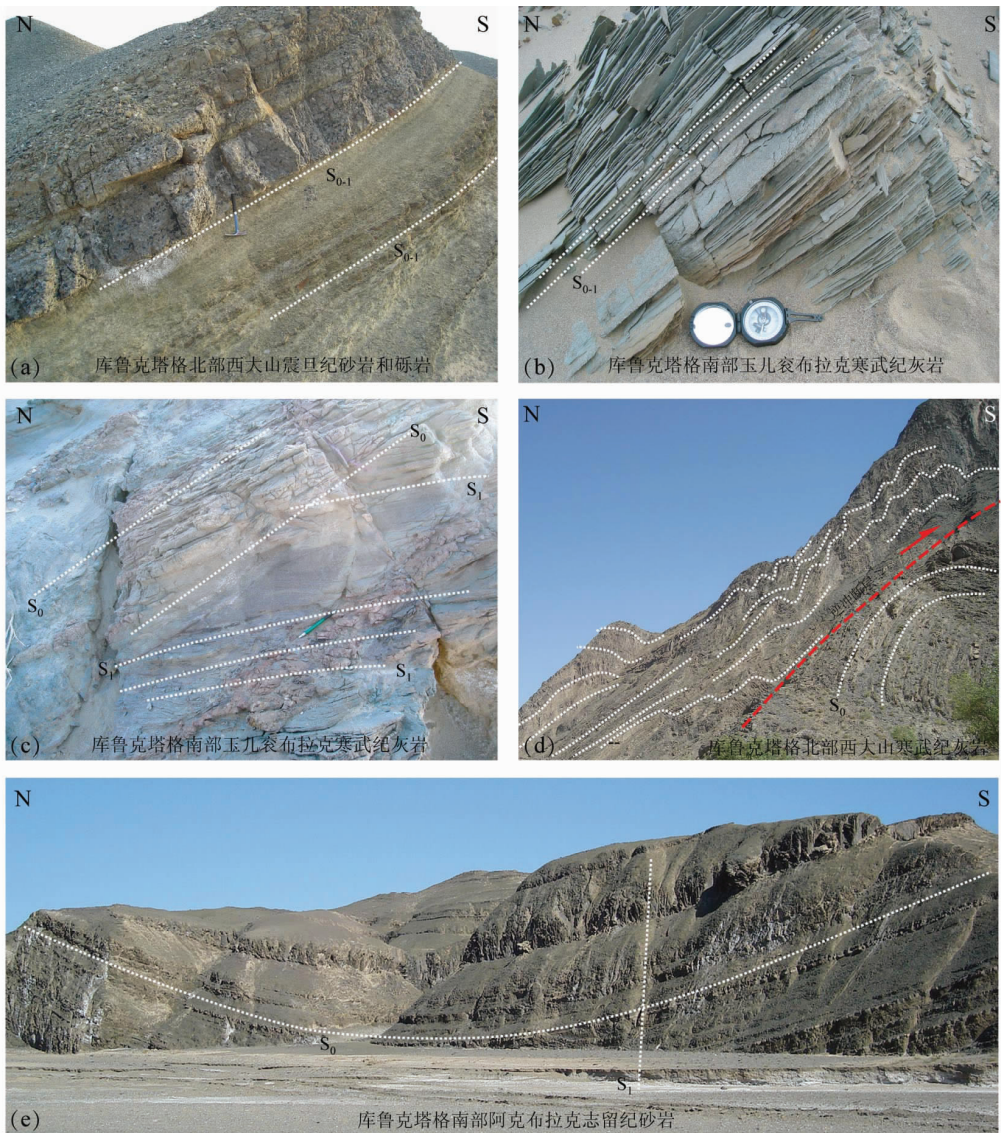


图4 库鲁克塔格震旦纪—早古生代地层野外照片(S₀—层理; S₁—劈理)
 Fig.4 Photographs showing outcrops at Kuruktag

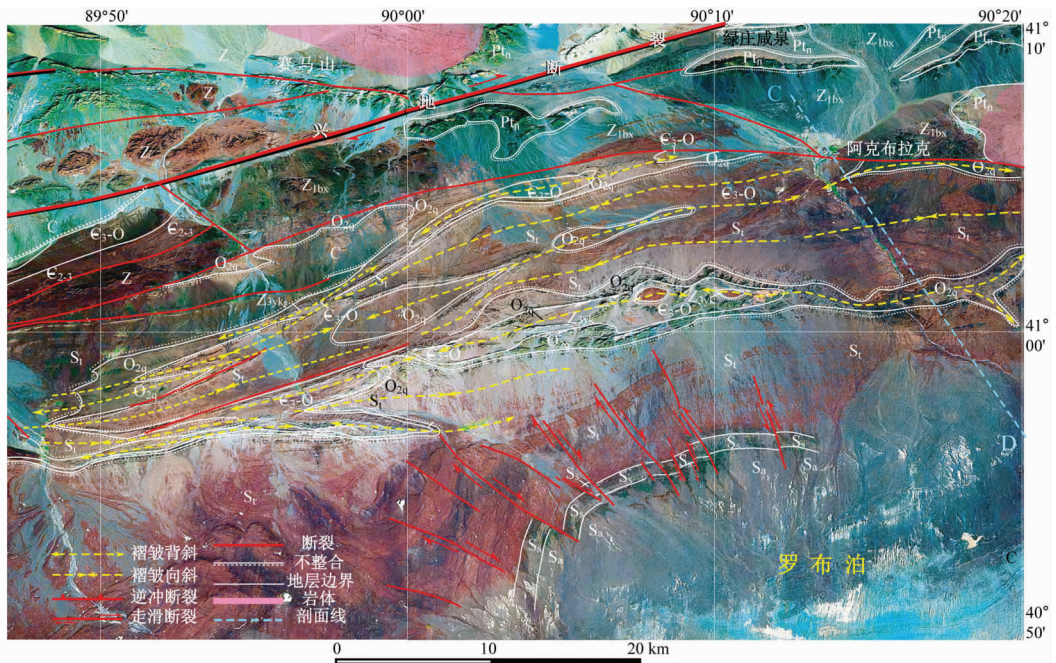
色虚线)走向近 E-W。这些褶皱为较开阔角度的褶皱,波长为 5~10 km(图 5~6)。阿克布拉克 G-H 剖面(图 6)中,阿克布拉克南部的震旦系凝灰岩不整合覆盖在元古宇大理岩上,靠近罗布泊的位置下志留统平行不整合覆盖在奥陶系灰岩上,并且与奥陶系灰岩同时发生变形。图 4-c 处为阿克布拉克志留系—奥陶系—志留系背斜的核部奥陶系灰岩。这些灰岩中劈理较密集向 N 呈中等角度倾斜,产状与层理近一致。发育许多轴面 N 倾的次级褶皱及向 S 逆冲的次级逆冲断裂,次级褶皱枢纽走向近 E-W,轴面呈中等角度向 N 倾。图 4-d 为阿克布拉克志留系砂岩、粉砂岩的构造样式,褶皱较宽缓,劈理 S1 较密集且近直立,向 N 陡倾。

虽然长期复杂的造山过程常使得许多早期变形痕迹发生改造,但在库鲁克塔格较小的范围内,各个地质单元之间的相对位置改变并不大,仍保留大量早期变形痕迹。所以通过对库鲁克塔格不同位置的震旦系—早古生界构造样式分析,剔除后期变形痕迹,可以恢复库鲁克塔格震旦系—早古生界早期变形样式为:盖层底部整体呈“铲”式形状、由 N 向 S、低-中等角度推覆在基底岩石之上(图 7)。体现在:

(1)库鲁克塔格中各个位置震旦纪—古生代岩石中的流劈理、褶皱轴面及逆冲断裂产状都是轴向 N 倾;(2)从盖层底部震旦系到盖层顶部志留系、泥盆系变形程度逐渐减弱。震旦系中由于相似紧闭褶皱造成的流劈理十分密集,寒武系、奥陶系灰岩形成许多紧闭的次级褶皱,志留系、泥盆系中也有较密集的流劈理,但没有具有相似岩性的震旦系中的流劈理密集(图 4,图 7)。而根据野外观察结果表明:泥盆纪以来的岩石中并没有密集流劈理现象,褶皱变形也明显变得舒缓。(3)盖层底部的流劈理倾角明显小于盖层顶部的流劈理倾角。如震旦系中的流劈理多较舒缓,而奥陶—志留系中的流劈理多近直立。(4)库鲁克塔格南部靠近塔里木盆地位置,地层产状变得平缓稳定,逐渐体现出稳定克拉通的特征。

2.2 库鲁克塔格基底与盖层之间的关系:韧性滑脱关系

库鲁克塔格韧性滑脱带位于库鲁克塔格北部辛格尔断裂南(图 1),滑脱带北侧多为古生代盖层岩石,南侧多为前震旦纪基底岩石。滑脱带 E-W 走向,长度可达 60 km,宽度至少 2 km。滑脱带以强烈塑性变形的糜棱岩、向 NW 或 SE 倾伏的拉伸线理



C—石炭系;S₁、S₂及 S₃—志留系(由上到下);O_{2a}—中奥陶统;ε₃-O、ε₂₋₃及 ε₁—下奥陶统到下寒武统;Z_{1bx}、Z_{2yk}及 Z —震旦系;Pt_n—元古宇

图 5 库鲁克塔格南部阿克布拉克构造卫星影像及构造变形图(平面位置见图 1)

Fig.5 Satellite image showing structural features of Akblak, Kuruktag

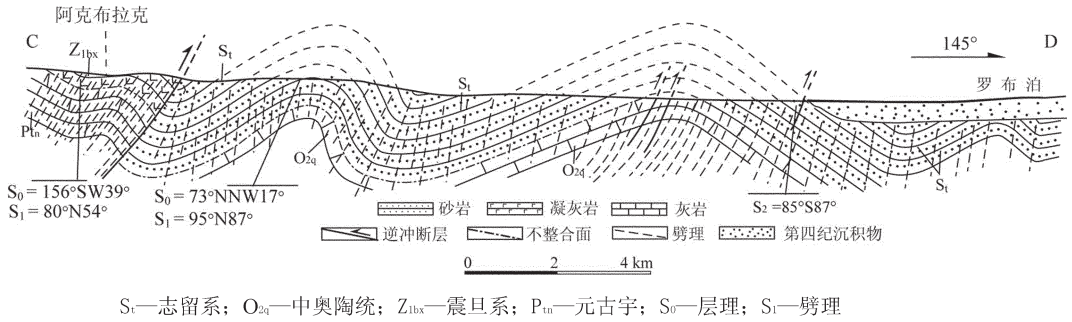


图 6 阿克布拉克剖面
Fig.6 Structural cross section of Akbulak, Kuruktag

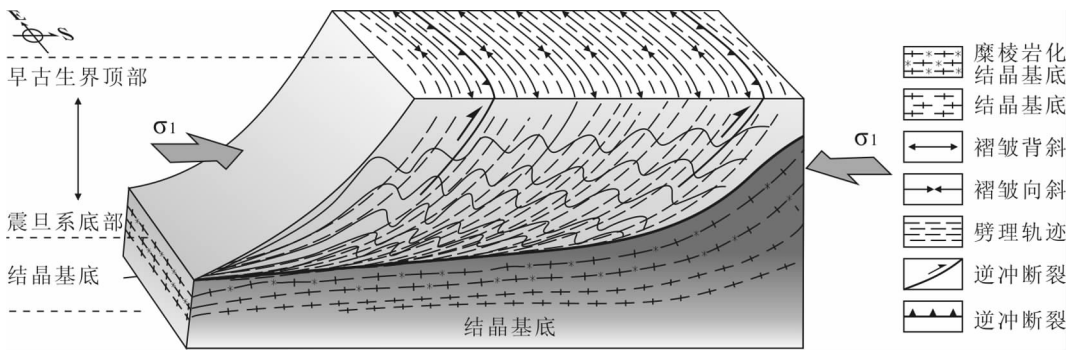


图 7 塔里木盆地东北缘盖层底部结构示意图
Fig.7 Sketch map showing structure at the bottom of cap rock, the northeast margin of Tarim basin

及“A”型剪切褶皱等为特征。

帕尔岗布拉克一带为韧性滑脱带的东段(图1),韧性滑脱带发育在由元古宇石英片岩、大理岩、砂岩及结晶灰岩等组成的基底岩石与泥盆系砾岩及砂岩等组成的盖层岩石之间(图8,图9),表现为元古宙岩石的强烈韧性变形。糜棱岩的面理向N或向S缓倾(图10-a),拉伸线理及“A”型剪切褶皱的枢纽倾伏向以NW向为主,倾伏角为15~45°(图10-b,c),元古宙云母石英片岩中的“S-C”组构指示了韧性滑脱带由NW向SE的剪切方向(图10-d)。

奥图拉托格拉克布拉克位于韧性滑脱带的西段(图1),出露太古宙托格拉克布拉克变质杂岩^[4]。托格拉克布拉克变质杂岩上覆太古宙灰色-灰白色云母石英片岩、白色、浅灰色大理岩、石榴子石云母石英片岩及少量片麻岩等。元古宙岩石主要由中等变质的浅灰色、灰黑色云母斜长片麻岩、黑云母石英片岩、角闪片岩、灰白色大理石英岩及石英大理岩等组成(图11),LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 实验结果表明

辛格尔断裂北侧片麻状花岗岩年龄为 1161 Ma^[7]。发育大量“A”型褶皱(图12-a),糜棱岩的面理产状平缓,倾角20~35°,向N或向S倾,E-W走向(图11,图12-c,d),拉伸线理倾伏向为SE向,倾伏角20~40°(图12-d)。太古宙片麻岩中的长石旋转碎斑指示了由NW向SE的剪切方向(图12-e)。

在显微尺度下判断韧性滑脱带的运动学指向十分明显。云母石英片岩样品 EX14-2-1 采自韧性滑脱带东段的帕尔岗布拉克;云母石英片岩样品 09TS19-1 和 09TS19-2,及绿泥石石英大理石 09TS21-1 都为采自韧性滑脱带西段奥图拉托格拉克布拉克地区的糜棱岩。将这些样品磨制 XZ 定向薄片。在显微镜下可以观察到矿物拉长或矿物集合体定向排列面与剪切面构成的“S-C”组构(图13-a,d)、“σ”形石英集合体构成旋转碎斑(图13-b,c)、以及“鱼”状云母(图13-a,b)等,这些现象都指示了韧性滑脱带上盘由NW到SE的剪切指向。

将采自库鲁克塔格帕尔岗布拉克的2个样品云

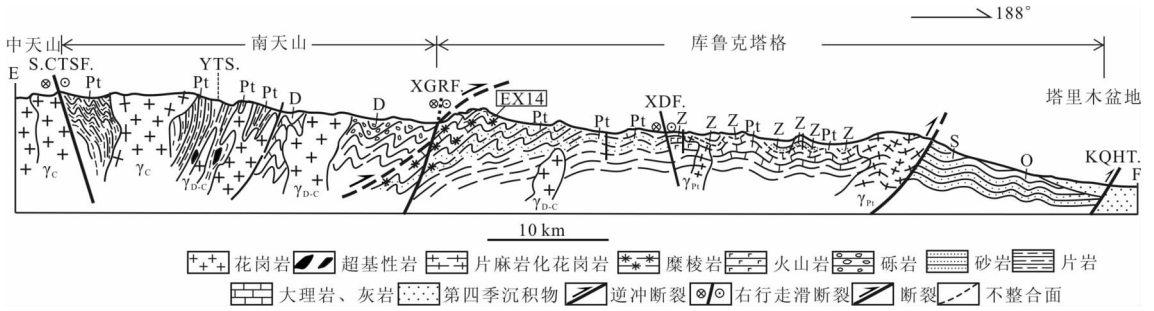


图9 库鲁克塔格帕尔岗布拉构造剖面图
Fig.9 Structural cross-section of Pargangbulak, Kuruktag

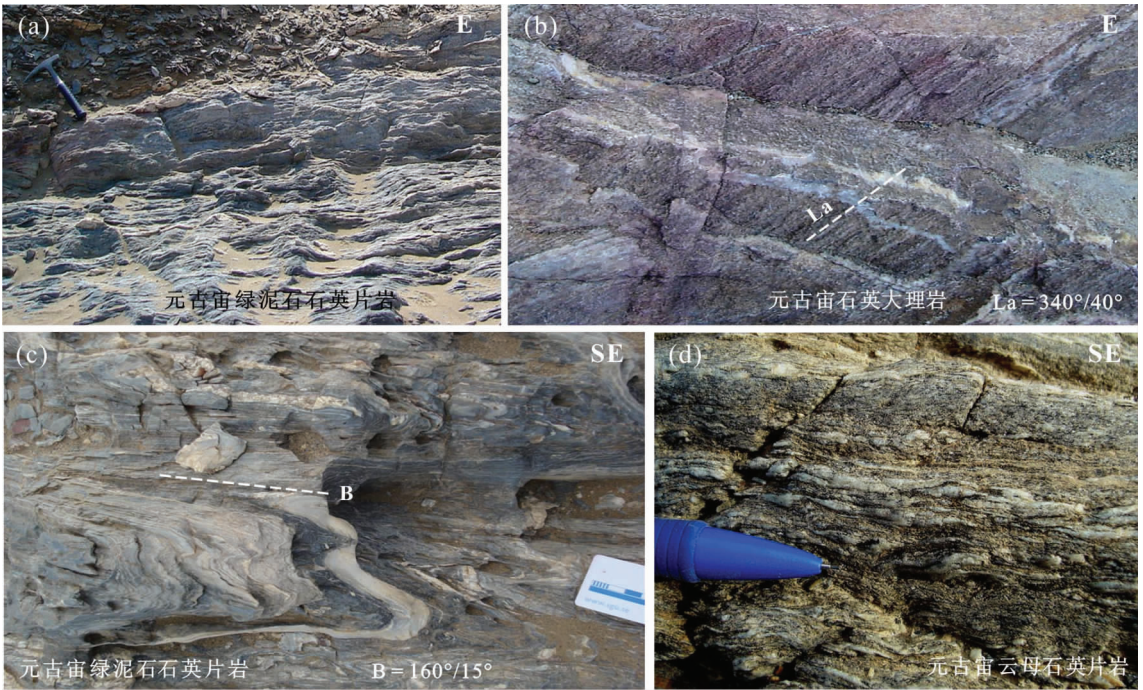


图10 库鲁克塔格帕尔岗布拉克野外照片(B - 褶皱枢纽; La - 拉伸线理)
Fig.10 Outcrop photos at Pargangbulak

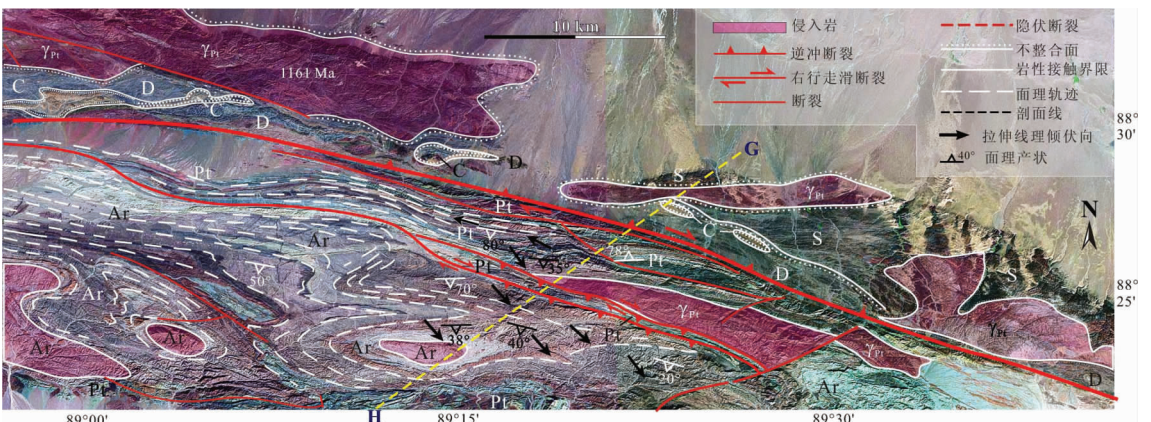


图11 库鲁克塔格奥图拉托格拉克布拉克卫星影像图
Fig.11 Satellite image of Otlatuoglakblak, Kuruktag

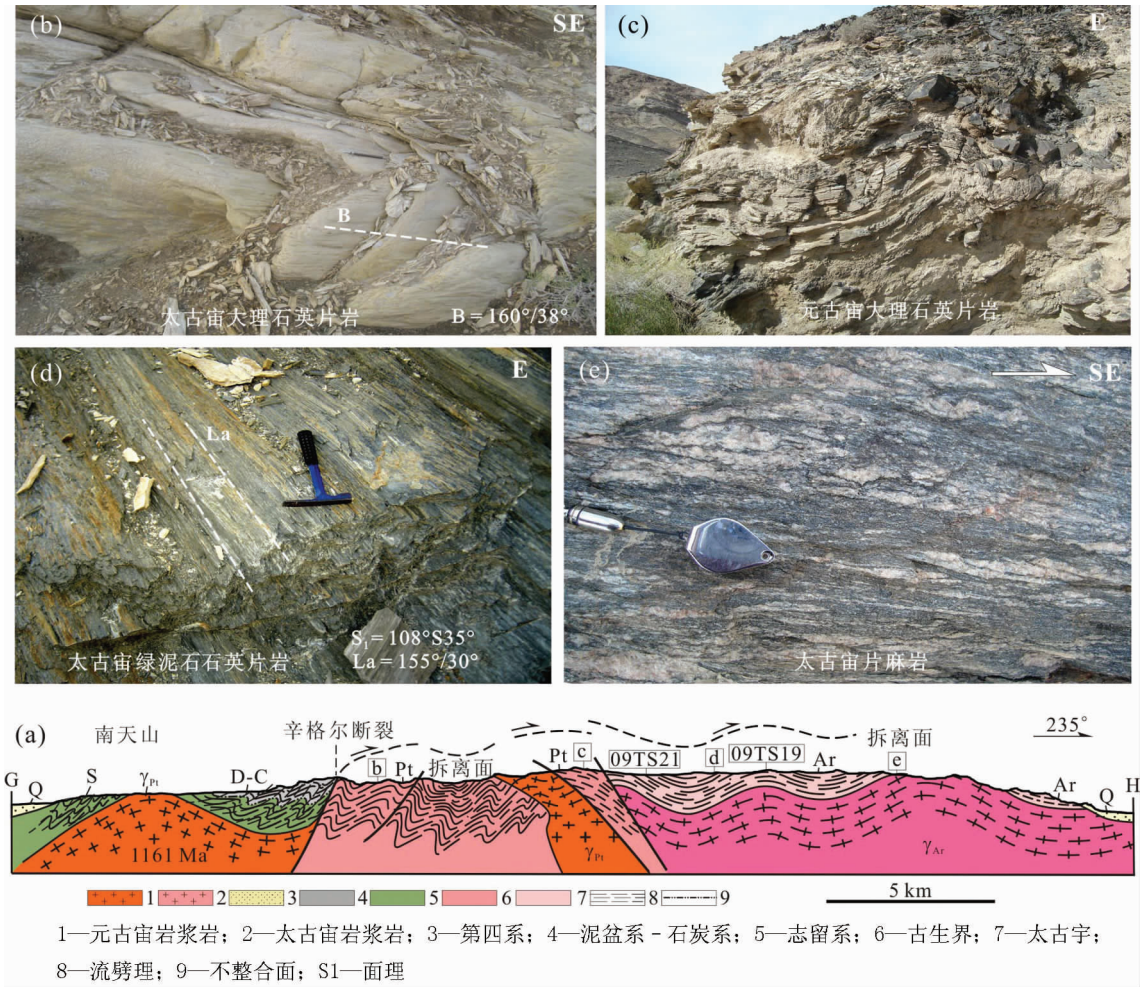


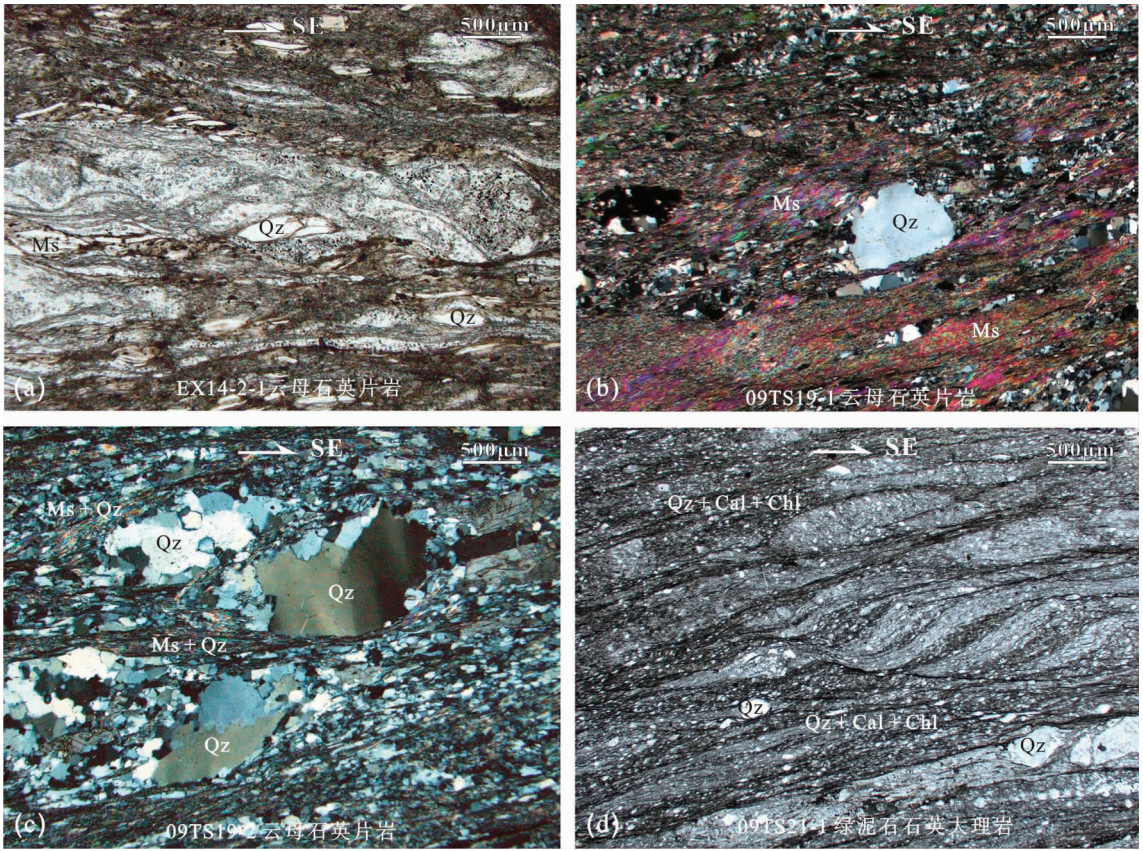
图 12 库鲁克塔格奥图拉托格拉克布拉克构造剖面图(a)及野外照片(b、c、d和e)
Fig.12 Structural cross-section of Otulatuoglablak, Kuruktag (a) and outcrop photos (b, c, d and e)

据用 CHANNEL5 软件 [28] 进行进一步处理得到组构图。此实验过程在中国地质科学院地质研究所大陆动力学重点实验室完成。EBSD 测试结果为:6 个样品中的石英晶格优选方位下半球投影图都显示了韧性滑脱带上盘由 NW 向 SE 的剪切指向。石英组构模式为低温 (<350 °C) {0001} <a> 型、中低温 (450~350 °C) 棱面 {1011} <a> 型、中温 (450~550 °C) 的柱面 {1010} <a> 型以及大于 650 °C 的高温柱面 {1010} <c> 型组构模式特征(图 14)。

2.3 库鲁克塔格基底与盖层之间韧性滑脱带的形成时限

样品 EX14-2 为采自库鲁克塔格东北部帕尔岗布拉克韧性滑脱带的糜棱岩 (元古宙云母石英片

岩), 岩石面理产状平缓, 倾角为 40°, 拉伸线理向 NW 倾伏。对样品中的白云母进行 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温测年, 选取样品中的白云母用超声波和丙酮清洗, 将清洗后的白云母封进石英瓶中, 然后送核反应接受中子照射, 同期接受中子照射的还有用做监控样的标准样 ZBH-25 黑云母国内标样 (标准年龄为 132.7 Ma, K 含量为 7.6%)。将照射过的样品进行阶段升温测年实验, 质谱分析是在 MM-1200B 质谱计上进行的, 每个峰值均采集 8 组数据。该实验在中国地质科学院国土资源部同位素地质重点实验室完成。 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温测年实验得到帕尔岗布拉克元古宙糜棱岩中白云母坪年龄为 383.2 Ma (图 15, 表 1), 白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄记载的是剪切带形成以



Cal—方解石;Chl—绿泥石;Ms—白云母;Qz—石英;采样地点见图9及图12-a

图13 库鲁克塔格韧性滑脱带中岩石显微构造特征

Fig.13 Deformation microstructures in the ductile decollement in Kuruktag

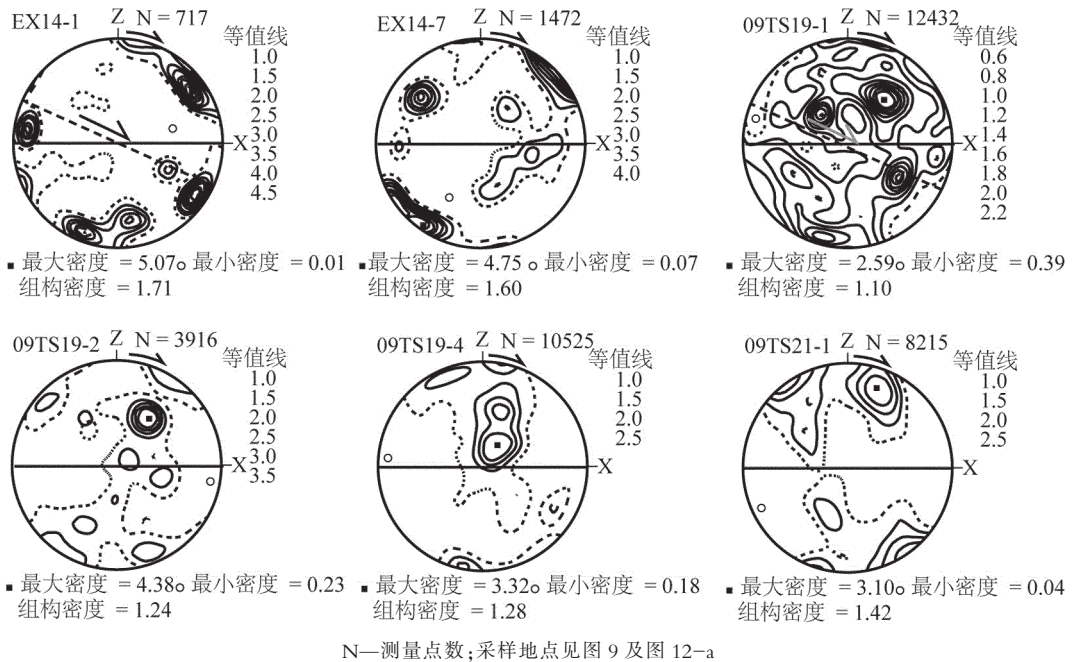


图14 库鲁克塔格韧性滑脱带内糜棱岩中石英的晶格优选方位图

Fig.14 Crystallographic preferred orientations of quartz in mylonites from Kuruktag

表 1 样品 EX14-2 白云母 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 阶段升温加热分析数据
Table 1 Results of ⁴⁰Ar/³⁹Ar stepwise heating dating for muscovite from sample EX14-2

T(°C)	(⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁶ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁷ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁸ Ar/ ³⁹ Ar) _m	⁴⁰ Ar(%)	F	³⁹ Ar(10 ⁻¹⁴ mol)	³⁹ Ar(Cu m.)(%)	Age (Ma)	±1σ (Ma)
Weight = 50.04 mg, J = 0.007813										
700	40.1343	0.0540	0.0000	0.0206	60.26	24.1863	0.08	0.13	312	12
800	29.8995	0.0071	0.0061	0.0140	92.95	27.7902	2.28	3.96	354.5	3.2
850	29.8425	0.0031	0.0029	0.0131	96.93	28.9273	3.91	10.53	367.6	3.3
900	30.7567	0.0031	0.0031	0.0130	97.00	29.8336	5.56	19.86	378.0	3.4
950	31.0662	0.0020	0.0011	0.0128	98.07	30.4673	13.63	42.74	385.2	3.5
1000	30.8114	0.0017	0.0025	0.0126	98.31	30.2920	7.55	55.40	383.2	3.5
1050	30.6603	0.0020	0.0032	0.0127	98.04	30.0580	5.49	64.61	380.5	3.4
1100	30.7910	0.0020	0.0032	0.0127	98.02	30.1812	4.91	72.84	381.9	3.4
1150	30.8681	0.0014	0.0027	0.0127	98.64	30.4482	10.86	91.06	385.0	3.5
1200	31.0989	0.0009	0.0054	0.0125	99.18	30.8431	4.61	98.80	389.5	3.5
1300	31.5027	0.0002	0.0458	0.0121	99.77	31.4311	0.58	99.76	396.1	3.8
1400	33.0438	0.0078	0.0229	0.0149	93.02	30.7379	0.14	100.00	388.3	6.3

注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值。

后的冷却年龄,故库鲁克塔格基底与盖层之间韧性滑脱带的形成早于 383.2 Ma。

3 讨论与结论

库鲁克塔格震旦纪—早古生代岩石的构造样式记录了塔里木盆地东北缘盖层形成以来的变形全过程。通过对库鲁克塔格震旦纪—早古生代岩石的构造样式分析,推知库鲁克塔格巨厚盖层中发育一系列北倾南冲的不对称相似褶皱,由下至上,震旦系到志留系褶皱紧闭程度逐渐变弱,由于褶皱作用形成的劈理密度逐渐变小,库鲁克塔格震旦纪—早古生代盖层整体呈现极性向南的“铲”式形状。这种“铲”式构造样式的形成常归因于较软的盖层及其下伏刚性结晶基底之间存在一个韧性滑脱带。韧性滑脱带是大陆岩石圈内重要构造,是造山后陆内俯冲的一种表现^[29]。野外观测、显微构造分析及组构测试,证实库鲁克塔格北部基底与盖层之间存在一条 2 km 厚、E-W 走向、由 NW 向 SE 滑脱的韧性滑脱剪切带。韧性滑脱带中糜棱岩内鱼形白云母 Ar-Ar 测试结果为 383 Ma(图 15,表 1),说明库鲁克塔格基底与盖层之间韧性滑脱带的形成在 383 Ma 之前的早古生代。许志琴等^[13]根据塔里木盆地东北缘造山带与盆地内发育有一定规模的志留—泥盆纪砾岩、

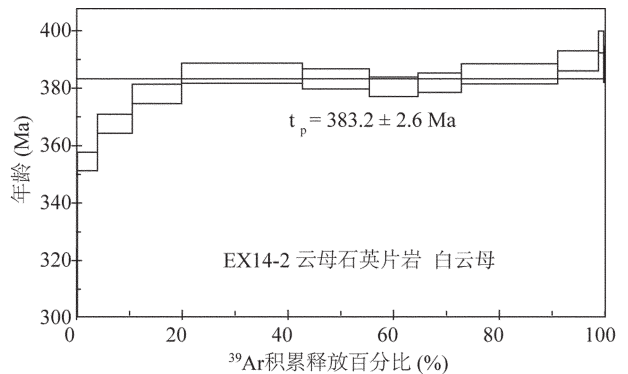


图 15 ³⁹Ar/⁴⁰Ar 阶段升温年龄谱图
Fig.15 ³⁹Ar/⁴⁰Ar age spectra

以角度不整合接触的石炭纪与奥陶纪—志留纪岩石具有不同的构造变形特征等多方面证据,认为塔里木盆地东北缘造山带中存在加里东造山事件。本文库鲁克塔格滑脱-褶皱构造就是早古生代造山事件的体现,其形成在后碰撞陆内俯冲造山阶段。早古生代末期,南天山洋盆闭合,塔里木板块与中天山—伊犁板块在中天山增生弧处碰撞合并,塔里木板块继续向中天山—伊犁地块方向移动,造成了陆内俯冲,引起在现今库鲁克塔格位置的较软盖层及刚性基底之间的塑性滑脱,形成滑脱-褶皱构造,造山极性为 S 或 SE 方向。

致谢:苏德辰研究员和新疆第三地质大队地质调查所的宋果奇主任在野外工作方面,给予大量指导和帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献(References):

- [1] Sengor A M C, Natalin B A, Burtman V S. Evolution of the Altaid tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia [J]. *Nature*, 1993, 364:299-307.
- [2] Sengor A M C, Natalin B A. Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis [C]//Yin A, et al (eds.). *The Tectonic Evolution of Asia* [M]. Cambridge:Cambridge University Press, 1996:486-640.
- [3] Mossakovsky A A, Ruzhentsev S V, Samygin S G, et al. The Central Asian fold belt; geodynamic evolution and formation history [J]. *Geotectonics*, 1993, 26, 455-473.
- [4] Dobretsov N L. Evolutions of structures of the Urals, Kazakhstan, Tien Shan, and Altay-Sayan region within the Ural-Mongolian fold belt [J]. *Russian Geology and Geophysics*, 2003, 44:5-27.
- [5] Dobretsov N L, Busloy M M, Safonova I Y, et al. Fragments of oceanic islands in the Kurai and Katun' accretionary wedges of Gorny Altai [J]. *Russian Geology and Geophysics*, 2004, 45:1381-1403.
- [6] Jahn B M, Windley B, Natalin B, et al. Phanerozoic continental growth in Central Asia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2004, 23: 599-603.
- [7] Xiao W J, Zhang L C, Qin K Z, et al. Paleozoic accretionary and collisional tectonics of the eastern Tianshan (China): Implications for the continental growth of Central Asia [J]. *American Journal of Science*, 2004, 304:370-395.
- [8] Xiao W J, Han C M, Yuan C, et al. Middle Cambrian to Permian subduction-related accretionary orogenesis of Northern Xinjiang, NW China: Implications for the tectonic evolution of central Asia [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2008, 32:102-117.
- [9] Xiao W J, Huang B C, Han C M, et al. A review of the western part of the Altai: A key to understanding the architecture of accretionary orogens [J]. *Gondwana Research*, 2010, 18:253-273.
- [10] Yakubchuk A. Architecture and mineral deposit settings of the Altaid orogenic collage: A revised model [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2004, 23:761-779.
- [11] 李继亮. 增生型造山带的基本特征 [J]. *地质通报*, 2004, 23: 947-951.
Li Jiliang. Basic characteristics of accretion-type orogens [J]. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23:947-951 (in Chinese with English abstract).
- [12] 高俊, 钱青, 龙灵利, 等. 西天山的增生造山过程 [J]. *中国地质*, 2009, 28(12):1804-1816.
Gao Jun, Qian Qing, Long Lingli, et al. 2009. Accretionary orogenic process of Western Tianshan, China [J]. *Geological of China*, 2009, 28(12):1804-1816(in Chinese with English abstract).
- [13] 许志琴, 李思田, 张建新, 等. 塔里木地块与中亚/特提斯构造体系的对接 [J]. *岩石学报*, 2011, 27(1):1-22.
Xu Zhiqin, Li Sitian, Zhang Jianxin, et al. Paleo-Asian and Tethyan tectonic systems with docking the Tarim block [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27 (1):1-22 (in Chinese with English abstract).
- [14] Brookfield M E. Geological development and Phanerozoic crustal accretion in the western segment of the southern Tianshan (Kyrgyzstan, Uzbekistan and Tagikistan) [J]. 2000, 328(1/2):1-14.
- [15] 李曰俊, 杨海军, 赵岩, 等. 南天山区域大地构造与演化 [J]. *大地构造与成矿学*, 2009, 33(1):94-104.
Li Yuejun, Yang Haijun, Zhao Yan, et al. Tectonic framework and evolution of south Tianshan, NW China [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2009, 33(1):94-104 (in Chinese with English abstract).
- [16] Zhang L, Aia Y, Lia X, Rubatto D, et al. Triassic collision of western Tianshan orogenic belt, China: Evidence from SHRIMP U-Pb dating of zircon from HP/UHP eclogitic rocks [J], 2007, 92:266-280.
- [17] Allen M B, Windley B F, Zhang C. Palaeozoic collisional tectonics and magmatism of the Chinese Tien Shan, central Asia [J]. *Tectonophysics*, 1992, 220:89-115.
- [18] Gao J, Long L L, Klemd R, et al. Tectonic evolution of the south Tianshan orogen and adjacent regions, NW China: geochemical and age constraints of granitoid rocks [J]. *International Journal of Earth Science*, 2009, 98:1221-1238.
- [19] 肖文交, 韩春明, 袁超, 等. 新疆北部石炭纪二叠纪独特的构造作用: 对中亚洋构造域南部大地构造演化的制约 [J]. *岩石学报*, 2006, 22(5):1062-1076.
Xiao Weojiao, Han Chunming, Yuan Chao, et al. Unique Carboniferous-Permian tectonic-metallogenic framework of northern Xinjiang (NW China): Constraints for the tectonics of the southern Paleasian Domain [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5):1062-1076 (in Chinese with English abstract).
- [20] Chen C M, Lu H F, Jia D, et al. Closing history of the southern Tianshan oceanic basin, western China: an oblique collisional orogeny. *Tectonophysics*, 1999, 302:23-40.
- [21] 高俊, 龙灵利, 钱青, 等. 南天山: 晚古生代还是三叠纪碰撞造山带 [J]. *岩石学报*, 2006, 22(5):1049-1061.
Gao Jun, Long Lingli, Qian Qing, et al. 2006. South Tianshan: a Late Paleozoic or a Triassic orogen [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2006, 22(5): 1049-1061(in Chinese with English abstract).
- [22] 杨经绥, 徐向珍, 李天福, 等. 新疆中天山南缘库米什地区蛇绿岩的锆石 U-Pb 同位素定年: 早古生代洋盆的证据 [J]. *岩石学报*, 2011, 27(1):77-95.
Yang Jingsui, Xu Xiangzhen, Li Tianfu, et al. U-Pb ages of zircons from ophiolite and related rocks in the Kumishi region at the southern margin of Middle Tianshan. Xinjiang: Evidence of Early Paleozoic oceanic basin [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27 (1):77-95 (in Chinese with English abstract).
- [23] 蔡志慧. 塔里木盆地东北缘早古生代造山带的构造特征、造山过程及对塔里木盆地的响应 [D]. 中国地质科学院, 博士学位论文, 2010:1-165.
Cai Zhihui. Structure, Evolution and the Influence on the Tarim Basin of the Early Paleozoic Orogenic Belt on the Northeast Margin of Tarim Basin [D]. Dissertation submitted to Chinese

- Academy of Geological Science for Doctoral degree, 2010:1-165 (in Chinese with English abstract).
- [24] 陆松年, 等. 中国前寒武纪重大地质问题研究: 中国西部前寒武纪重大地质事件群及其全球构造意义 [M]. 北京:地质出版社, 2006: 1-206.
- Lu Songnian, et al. The Research of Important Precambrian Geological Problems of China: A Group of Important Precambrian Geological Problems of Western China and the Global Tectonic Significance [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 1-206 (in Chinese with English abstract).
- [25] 高振家, 王务严, 彭昌文等. 新疆震旦系 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985: 35-73.
- Gao Zhenjia, Wang Wuyan, Peng Changwen et al. The Sinian System of Xinjiang [M]. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House, 1985: 35-73 (in Chinese with English abstract).
- [26] 罗新荣, 石福品, 樊卫东, 等. 新疆库鲁克塔格新元古代花岗岩年龄和地球化学 [J]. 资源调查与环境, 2007, 28(4): 235-241.
- Luo Xinrong, Shi Fupin, Fan Weidong, et al. Age and geochemistry of Neoproterozoic granite from Kuruketage in the Horth of Tarim, Xinjiang [J]. Resources Survey and Environment, 2007, 28(4): 235-241 (in Chinese with English abstract).
- [27] 周济元, 崔炳芳, 肖惠良, 等. 中国新疆库鲁克塔格-星星峡地区金、银和铜矿地质及预测 [M]. 北京:地质出版社, 2008: 1-429.
- Zhou Jiyuan, Cui Bingfang, Xiao Huiliang, et al. Metallogenic Regularities and Prognosis of Gold, Silver and Copper in the area of Kurktag - Xinxingxia, Xinjiang, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 1-429 (in Chinese).
- [28] Schmidt N H, Olesen O. Computer-aided determination of crystal-lattice orientation from electron channeling patterns in the SEM [J]. Canadian Mineralogist, 1989, 28: 15-22.
- [29] 许志琴, 卢一伦, 汤耀庆, 等. 东秦岭复合山链的形成: 变形演化及板块动力学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988: 1-193.
- Xu Zhiqin, Lu Yilun, Tang Yaoqing et al. Formation of the Composite Eastern Qinling Chains [M]. Beijing: Environmental Publishing House of China, 1988: 1-193 (in Chinese with English abstract).

The crustal deformation during the Early Paleozoic period and the timing of orogeny in Kuruktag area on the northeast margin of Tarim Basin

CAI Zhi-hui, XU Zhi-qin, TANG Zhe-min, HE Bi-zhu, CHEN Fang-yuan

(Key Laboratory of Continental Dynamics, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: Located at the junction part between the Tianshan orogenic belt and the Tarim craton, Kuruktag area in Xinjiang is a key area for the study of the relationship between the Central Asian orogenic belt and the Tarim craton. According to structural and micro-structural investigations and Ar - Ar dating of Kuruktag area, the authors have reached the following conclusions: (1) Sinian - Early Paleozoic cap rocks were deformed obviously at the bottom with dense cleavages dipping gently northward, but they were deformed slightly at the top with sparse cleavages steeply dipping northward, forming southward spread spade-shape structural style in NS direction. (2) A decollement exists between the cover rocks and the basement stretching in EW direction with a width of 2 km, characterized by "A" type folds, mylonites, gentle mylonite foliation, whose stretching lineation plunges northwest or southeast. Studies of asymmetrical rotational structure and crystallographic preferred orientations of quartz in mylonites (EBSD analysis) indicate a movement of the hanging wall of the ductile decollement in SE direction. (3) Ar - Ar dating result of the muscovite in the mylonite from the ductile decollement shows that the decollement was formed earlier than 383 Ma. The decollement was a product of the intercontinental subduction after the collision event between the Tarim block and the Central Tianshan magmatic arc, and it means the existence of the early Paleozoic orogenic event in Kuruktag area on the northeast margin of Tarim Basin.

Key words: Kuruktag; crustal deformation; early Paleozoic; orogenic event

About the first author: CAI zhi-hui, female, born in 1980, majors in structural geology; E-mail: cai-zhahui@hotmail.com.