

# 东准噶尔卡拉麦里断裂带的地质特征及其对 中亚地区晚古生代洋陆格局重建的约束

李锦轶<sup>1</sup>, 杨天南<sup>1</sup>, 李亚萍<sup>1,2</sup>, 朱志新<sup>1,3</sup>

LI Jin-yi<sup>1</sup>, YANG Tian-nan<sup>1</sup>, LI Ya-ping<sup>1,2</sup>, ZHU Zhi-xin<sup>1,3</sup>

1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;

2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;

3. 新疆地质调查研究院, 新疆 乌鲁木齐 830000

1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

2. *Development and Research Centre, China Geological Survey, Beijing 100037, China;*

3. *Xinjiang Institute of Geological Survey, Ürümqi 830000, Xinjiang, China*

**摘要:**卡拉麦里断裂带是新疆北部乃至中亚地区一条显著的大型断裂带,是在古生代洋盆关闭以后形成的。对于其前身古洋盆关闭过程中的古洋岩石圈板块的俯冲极性,在地质界有单向俯冲和双向俯冲 2 种对立的认识,对于该带是否是不同古板块之间的缝合带也存在截然不同的论点。根据 20 多年来的研究积累和对前人资料的综合研究,简要地论述了该断裂带及其南侧地区的地质组成和构造变形特征,提出了该带是弧后盆地关闭的遗迹,其南侧为弧后盆地被动边缘,在该弧后盆地关闭的过程中古洋岩石圈板块向北俯冲的论点。最后,简要地探讨了该带对东准噶尔古构造-成矿格局演变和中亚地区古生代洋陆格局重建的制约。

**关键词:**卡拉麦里断裂带;弧后盆地被动陆缘;前陆褶皱冲断带变形;向北单向俯冲;古构造-成矿格局的改造

中图分类号:P542<sup>+</sup>.3;P542<sup>+</sup>.4

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2009)12-1817-10

LI J Y, YANG T N, LI Y P, ZHU Z X. Geological features of the Karamaili faulting belt, eastern Junggar region, Xinjiang, China and its constraints on the reconstruction of Late Paleozoic ocean-continent framework of the Central Asian region. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(12):1817-1826

**Abstract:** The Karamaili faulting belt is well-known in the Northern Xinjiang and Central Asian area, and it came into being after the closure of the Paleozoic ocean. It has been a hot-debated issue on the ancient subduction polarity of the zone as well as whether it's a suturing belt among different ancient plates. Based on our investigation and indoor research of previous literatures during the past 20 years, this paper has briefly stated major geological features of the belt and its adjacent region, and put forward to some new points that the ocean, precursor of the belt, with remark of Karamaili ophiolite belt was a back-arc basin, that the region south of the belt was part of passive margin of the basin, and that the oceanic lithospheric plate was subducted northwards in the period of closure of the basin. Finally, the constraints of the belt on the distortion of ancient tectonic as well as metallogenic framework of the East Junggar region and the reconstruction of Paleozoic ocean-continent framework of the Central Asian region are briefly discussed.

**Key words:** Karamaili faulting belt; passive margin of back-arc basin; structural deformation similar to foreland fold-thrust belt; northward subduction; distortion of ancient tectonic-metallogenic framework

收稿日期:2009-10-16;修订日期:2009-10-28

地调项目:国家“973”项目课题《大型断裂系统与古构造格局改造》(编号:2007CB411306)、《中亚型造山与成矿综合研究》(编号:2001CB409810)和中国地质调查局国土资源大调查工作项目《中美矿产资源对比研究》(编号:1212010561502-1)、《全国重要矿产成矿地质背景研究》(编号:1212010733802)、《中国北方及邻区古生代造山过程、陆壳生长及其对成矿作用制约》(编号:1212010711817)、《中国北方及邻区大型断裂活动历史及其对古构造-成矿格局的改造》(编号:1212010611806)、《东天山地区构造格架研究》(编号:200013000201)资助

作者简介:李锦轶(1956-),男,研究员,博士生导师,从事大陆内部古造山带区地壳形成演化方面的研究。E-mail:jyli2003@126.com

卡拉麦里断裂位于准噶尔盆地东北缘卡拉麦里山(图1),是新疆地质局区域地质测量大队于20世纪60年代在该区进行1:20万区域地质矿产调查时命名的,并将其作为东准噶尔地槽褶皱带与准噶尔过渡带的分界线。

李春昱等<sup>[1]</sup>在1982年出版的《亚洲大地构造图(1:8000000)及其说明书》中,把该断裂带作为哈萨克斯坦古板块和西伯利亚古板块的缝合带,从而引起了地质界对该断裂的关注,先后有许多中外地质学家对该带的组成及构造意义进行了研究。蔡文俊<sup>[2]</sup>和成守德等<sup>[3]</sup>的研究进一步支持了李春昱等的论点。李锦轶等<sup>[4]</sup>则提出了该带是西伯利亚古陆边缘的一条古俯冲带,而不是哈萨克斯坦和西伯利亚2个古板块的缝合带的不同认识。马瑞士等<sup>[5]</sup>则把该带作为塔里木古板块和西伯利亚古板块之间的缝合带,与以上的研究者认为该带前身是向北的俯冲带不同,认为该带前身洋盆的消亡是向两侧俯冲的。这一论点后来还得到顾连兴等<sup>[6]</sup>和Xiao等<sup>[7-8]</sup>的支持。

以上不同学者关于该带构造涵义的区别可以归纳为2点:①该带是否是古板块缝合带?②该带前身洋盆的收缩乃至关闭过程中,古洋岩石圈板块是向一侧俯冲还是向两侧俯冲的?很显然,该带的构造涵义关系到对中亚地区古洋陆格局的重建和对亚洲大陆形成演化的认识,因而对其进行研究,检验已有的认识,是非常必要的。

本文基于笔者20多年来对新疆东部持续研究的资料积累和卫星影像、地表地质、岩石圈深部结构等方面的资料,论述该断裂带的空间展布特征、地质组成特征和地质构造变形特征,探讨该断裂带前身古洋盆的构造属性,该区古生代的构造格局、地质演化及其对中亚地区晚古生代构造格局重建的约束。

## 1 卡拉麦里断裂带卫星影像特征

从ETM卫星影像图(图2)可以清楚地看出,一条北西走向的线性构造带贯穿准噶尔盆地东北缘的卡拉麦里山,其南界位置在东经90°线以东,与文献中的卡拉麦里断裂吻合,以西则从清水东英云闪长岩体的北部通过,一直延伸到准噶尔盆地边缘被中、新生代堆积物覆盖;其北界大体相当于前人命名的清水-苏吉泉断裂,远没有其南界清楚。该线性构造南侧,大体以东经90°线为界,以东出露范围比较窄,具有一定的线性构造特征;以西前人划分的卡拉

麦里断裂及其两侧地区则表现为多个构造岩片的构造堆叠。该带以北的浅色影像区为文献中的老鸭泉-黄羊山花岗岩质岩基,显示出是由多个独立岩体组成的,彼此之间似乎还有一定规模的右行错动。

结合地质资料,笔者建议把贯穿全区的北西走向的线性构造带作为卡拉麦里断裂带,其南界在东经90°线以东为前人所说的卡拉麦里断裂,在东经90°线以西为该断裂带向北西的延伸,通过清水东英云闪长岩体北侧,然后隐伏到准噶尔盆地堆积物之下,其北界的清水-苏吉泉断裂,西段被老鸭泉岩基侵吞,组成该带的地质体主要为包括古洋盆残片的增生-碰撞杂岩。老鸭泉岩基侵入该带西部,给出该带形成及其前身洋盆关闭时间的上限。该带以南地区以东经90°线为界,以东为具有被动陆缘沉积岩系特征的志留纪-石炭纪陆源碎屑为主的沉积岩系,以西以前人所说的卡拉麦里断裂为界,划分为2部分,以北为岛弧杂岩和增生碰撞杂岩,以南为与东部类似的沉积岩系。

在EMT卫星影像图上,卡拉麦里断裂以南的老君庙变质岩<sup>[9]</sup>有比较清晰的显示。其长轴展布方位与卡拉麦里断裂带不协调,显示出它们之间可能没有成因联系。

## 2 卡拉麦里断裂带及其两侧的地层与岩石

### (1)卡拉麦里断裂带

如图3所示,卡拉麦里断裂带内的古生代地质体主要包括泥盆纪-早石炭世弧前沉积岩系、早石炭世洋底硅泥质沉积岩块、晚石炭世早期残余海盆沉积岩系和蛇绿岩等<sup>[10]</sup>。其中蛇绿岩的形成时代,由于还没有精确的年龄资料,目前还不清楚。但是与蛇绿岩伴生的紫红色洋底沉积的硅质岩中含有早石炭世的放射虫化石<sup>[11]</sup>,指示其所代表的洋盆在早石炭世还没有关闭。不整合覆盖蛇绿岩的石炭纪南明水组陆间残余海盆沉积岩系的灰黑色泥质粉砂岩中,含有晚石炭世早期的菊石化石<sup>[12-13]</sup>,指示那里在晚石炭世早期还发育海相沉积环境。所有这些岩石组成的混杂岩带被300Ma左右的老鸭泉后碰撞花岗岩侵入<sup>[14]</sup>,表明该带前身古洋盆的关闭发生在晚石炭世期间。

到目前为止,在该带中还没有发现老于泥盆纪的地质体。根据该带两侧发育的岩性和古生物化石都可以对比的志留纪中晚期的沉积地层,推测该带

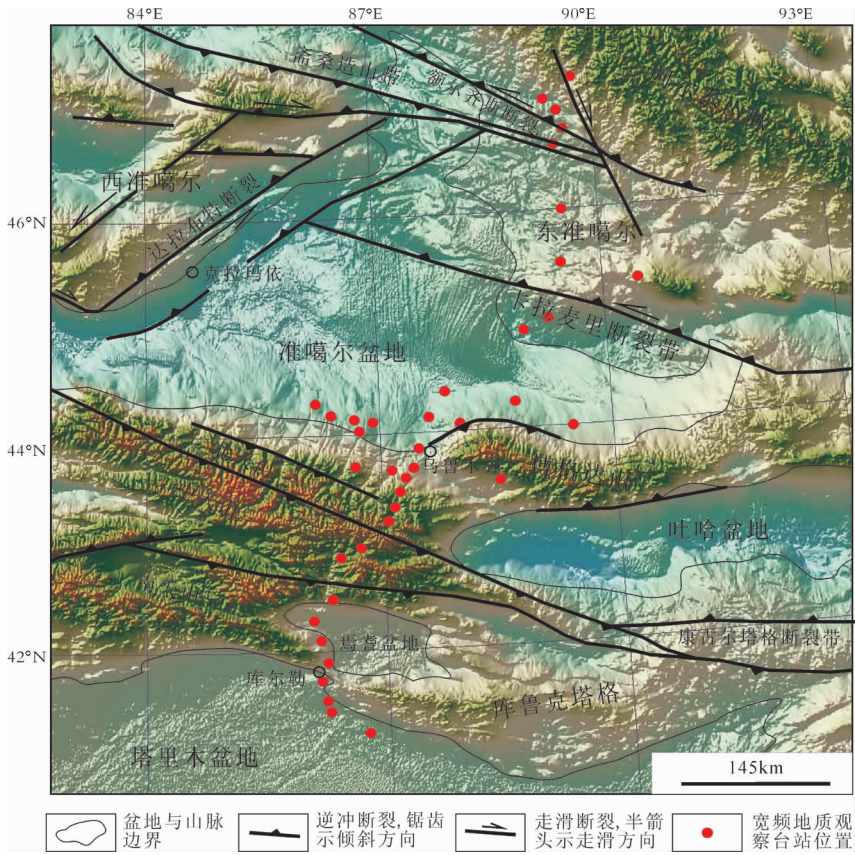


图 1 卡拉麦里断裂的地理位置与地质构造背景

Fig. 1 Geographical location and geological tectonic setting of the Karamaili fault

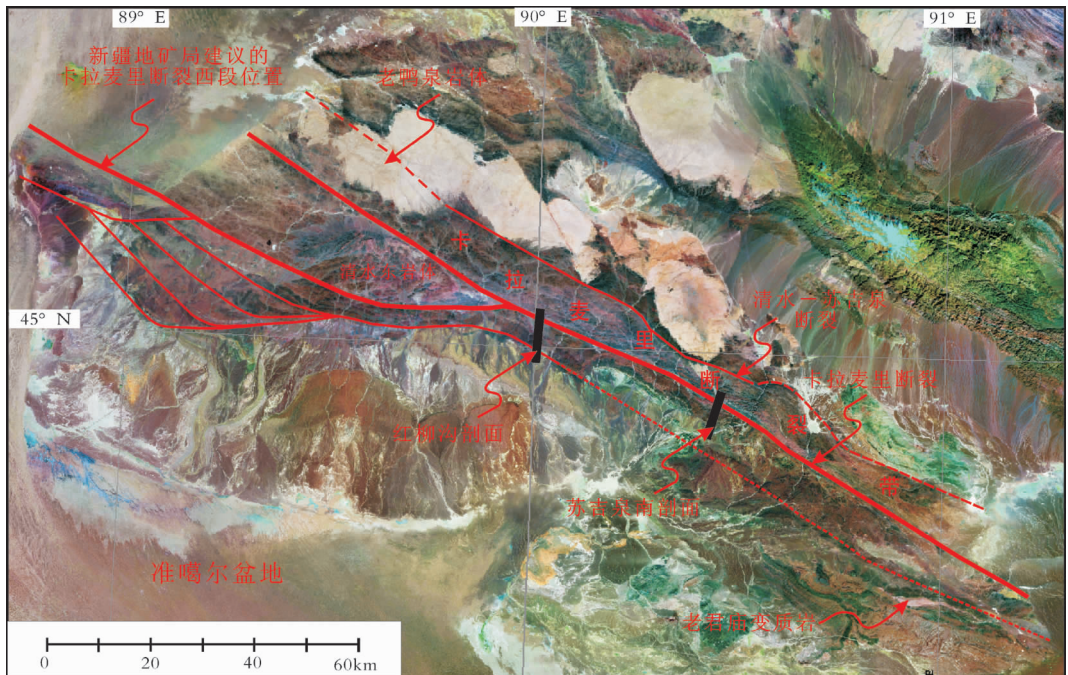


图 2 准噶尔盆地东北缘 ETM 卫星影像和地质解释

Fig. 2 ETM image of the northeastern margin of the Junggar basin and its geological interpretation

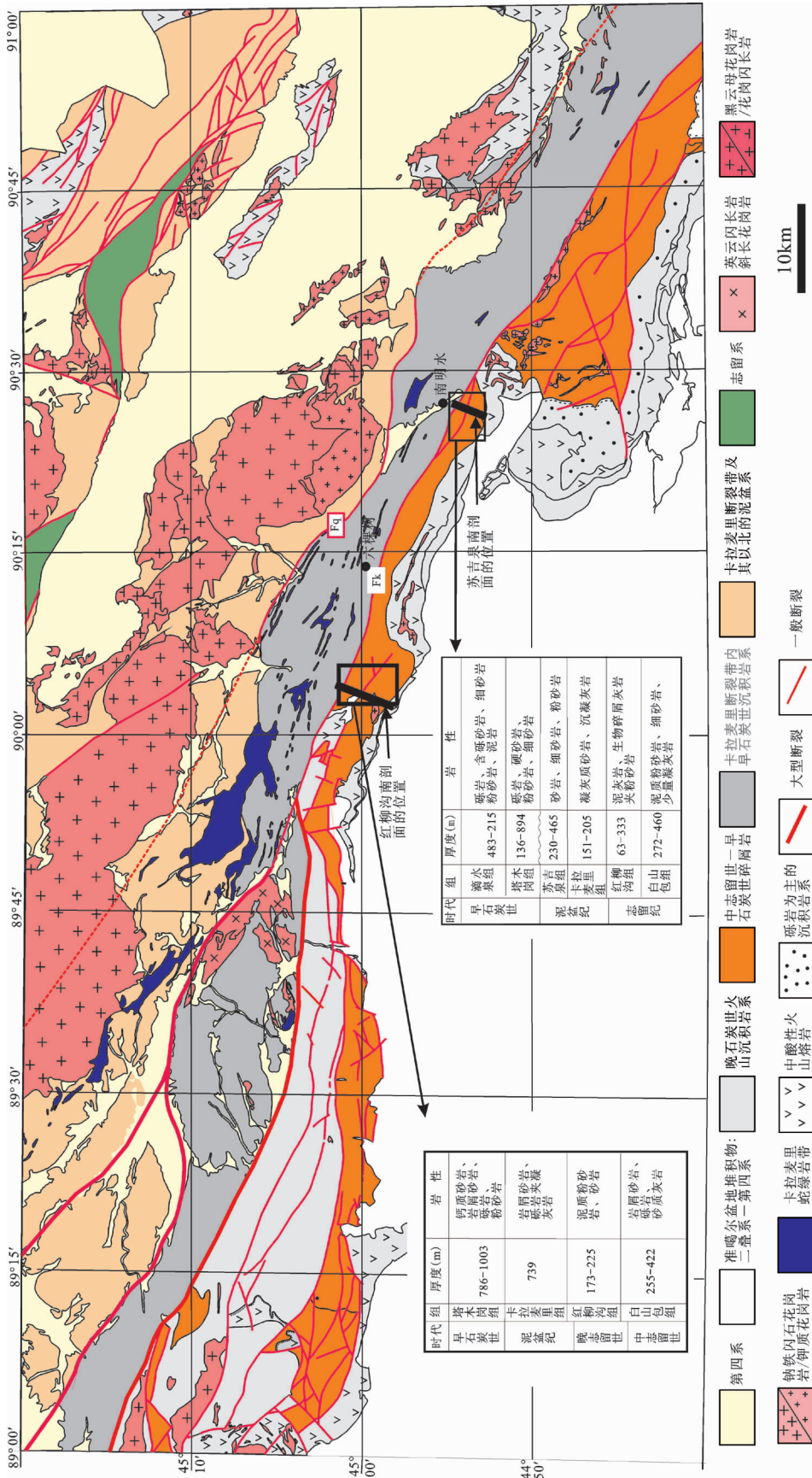


图3 卡拉麦里山地质简图(简化自新疆地质矿产局1:20万卡拉麦里幅和库普幅地质图)

Fig. 3 Simplified geological map of Karamaili Mountain

图中 Fq 和 Fk 分别是清水-苏吉泉断裂和卡拉麦里断裂,二者之间是卡拉麦里断裂带

前身的洋盆可能是在志留纪晚期形成的。

### (2) 卡拉麦里断裂带以北地区

出露类似于岛弧构造环境的泥盆纪火山岩、可能形成于弧前环境的泥盆纪—石炭纪的富含火山物质的碎屑沉积岩系和晚石炭世—早二叠世的富钾花岗岩,指示那里发育泥盆纪—早石炭世的向北的古洋岩石圈板块俯冲带<sup>[4]</sup>。对于这一点,在不同学者之间没有不同的认识。

### (3) 卡拉麦里断裂带以南地区

出露前晚奥陶世的老君庙变质岩<sup>[9]</sup>、中志留世—石炭纪富含火山物质的碎屑沉积岩系,其上被晚石炭世陆相火山岩不整合覆盖<sup>[15-17]</sup>。最下部的中志留统白山包组主要由陆源碎屑沉积岩系组成,其中含有图瓦贝动物群化石<sup>[18-19]</sup>,目前已知这一动物群主要发育在西伯利亚古陆边缘<sup>[20]</sup>。整合其上的红柳沟组为杂色细碎屑岩夹基性火山岩,其岩石组合、岩石特征及所含的古生物化石都与卡拉麦里断裂带以北的同时代地层类似。这些特征表明,在中—晚志留世期间卡拉麦里蛇绿岩代表的洋盆还没有形成。同时,红柳沟组中的基性火山岩可能指示在志留纪晚期至泥盆纪初期该区地壳处于伸展状态,卡拉麦里蛇绿岩所代表的洋盆是在那时形成的。整合在红柳沟组之上的泥盆纪卡拉麦里组和早石炭世塔木岗组主要由浅海相陆源碎屑沉积岩组成,其中不含火山岩。

该区这套中志留统一石炭统的总厚度只有不到 1000m,显然是在相对稳定的沉积环境下缓慢堆积形成的。笔者对其中的砂岩进行了碎屑成分和碎屑锆石研究,获得的资料显示这套地层下部的砂岩含有较多的石英岩、大理岩岩屑及火山岩岩屑,其中的石英岩和大理岩与老君庙一带出露的前晚奥陶世变质岩类似,砂岩的碎屑以岩屑为主,磨圆和分选差,显示出近源沉积的特征。其中的碎屑锆石资料显示,比较年轻的砂岩中含有较年轻的碎屑岩浆锆石,显示在其沉积过程中源区有同时期的岩浆岩在形成。这些碎屑锆石还揭示出,源区的岩浆活动时代主要为奥陶纪—泥盆纪<sup>[21]</sup>,类似的岩浆岩出露在哈尔里克山和吐哈盆地中<sup>[22-28]</sup>,表明其源区为与上述地区类似的古生代岛弧。由此推测,卡拉麦里断裂带南侧的泥盆纪—早石炭世的碎屑岩形成于弧后被动边缘。在其上堆积的早石炭世山梁砾石组有厚度达 1600m 的砾岩<sup>[17]</sup>,砾石成分既有来自北侧卡拉麦里断裂带内岩石的,也有地表未见的岛弧火山岩砾石,

显示出具有前陆盆地堆积物的双源特征。

卡拉麦里断裂带西段南部出露清水东英云闪长岩岩体。由于露头不好,其与周围岩石之间的接触关系没有出露地表,根据接触变质作用在其周围不发育,推测可能以断裂为界。该岩体主体岩性为英云闪长岩,边部则为斜长花岗岩。该岩体曾经被认为是卡拉麦里蛇绿岩的组成部分<sup>[4,10]</sup>。后来唐红峰等<sup>[29]</sup>根据从卡拉麦里蛇绿岩带北侧柳树泉地区斜长花岗岩获得的锆石年龄,推测其形成于泥盆纪。最近,笔者又对这 2 个地区进行了野外调查,发现唐红峰等<sup>[29]</sup>报道的柳树泉斜长花岗岩主体也为英云闪长岩;清水东岩体中除了英云闪长岩和斜长花岗岩外,在其边部还发育具有斑状构造的斜长玢岩,显示出从边部到内部粒度变粗、结晶程度升高的岩浆侵入冷凝的特征。因此,笔者认为这 2 个地区的英云闪长岩可能都是古岛弧的残片。柳树泉岩体的晚泥盆世锆石年龄表明,在卡拉麦里断裂带以北发育晚泥盆世的岛弧岩浆侵入活动。对清水东岩体的时代目前还不清楚,在其南侧发育的被称为清水 15 号的蛇纹岩块表明,它与卡拉麦里断裂带以南的被动陆缘沉积岩系之间还发育古洋盆。这样,它的存在可能表明卡拉麦里蛇绿岩带前身的古洋盆具有多岛洋的特征。

## 3 卡拉麦里断裂带及其两侧地区的构造变形特征

图 4 两个构造路线剖面显示了卡拉麦里断裂带南部和以南地区的构造变形特征。

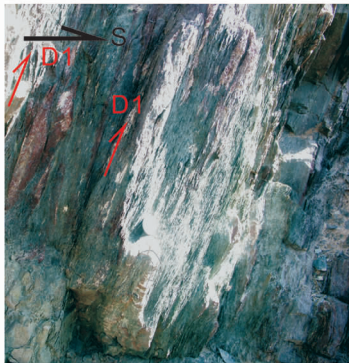
沿西侧的红柳沟剖面,卡拉麦里断裂带的构造变形以强烈的劈理化为特征,层理基本上都被劈理置换,局部可见指示向南逆冲的无根钩状褶皱(图 4 剖面 A 的 D06059 观察点和图 5-A、B)。笔者根据对该区劈理产状的测量,推测该断裂带的主构造面总体上向北陡倾斜,倾角大于 70°。多条大体平行的北西走向的断裂把该带分隔成多个构造岩片(图 4 剖面 A)。

在苏吉泉南剖面,沿卡拉麦里断裂可见晚石炭世地层中的劈理发生褶皱(图 5-D),局部还可见劈理变形形成的 S-C 组构(图 5-E),指示在挤压变形之后那里发生了左行走滑变形。在红柳沟剖面,向南逆冲的低角度断层切割了早期的劈理(图 4 剖面 A 的 D06060 观察点和图 5-C)。结合区域资料分析,笔者推测这些不同类型的构造变形揭示出该带的构





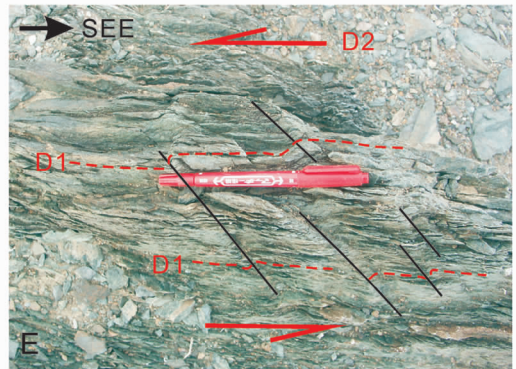
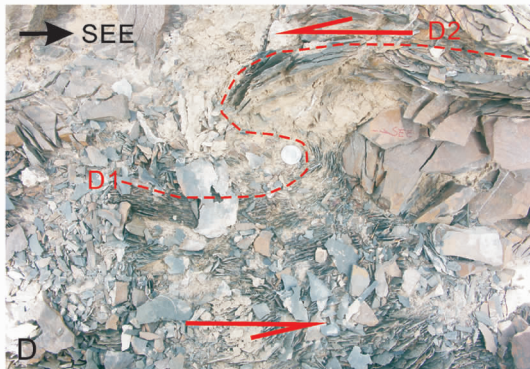
A 红柳沟剖面D06065至D06066间洋壳残片中向南逆冲的叠瓦构造



B 红柳沟剖面D06059处洋壳残片中的S-C组构和A型褶皱,均指示向南逆冲



C 红柳沟剖面D06060处向北陡倾斜的第一期变形的劈理(D1)被第三期变形的向南低角度逆冲断层(D3)切割



D、E 苏吉泉南剖面卡拉麦里断裂带第一期变形劈理(D1)发生褶皱,指示左行走滑运动(D2)



F 红柳沟剖面D06070处向北陡倾斜的第一期变形的劈理(D1)被第三期变形的向南低角度逆冲断层(D3)切割

图 5 卡拉麦里断裂带构造变形特征

Fig. 5 Structural deformational features of the Kalamaili fault belt

造变形历史可以划分为3期：早期以向南的逆冲为特征，形成了向北陡倾斜的劈理和钩状无根褶皱；中期以左行走滑为特征，形成了劈理褶皱；晚期为向南的低角度逆冲运动，形成了切割早期劈理的向北缓倾斜的逆冲断层。

卡拉麦里断裂以南具有被动陆缘沉积特征的中志留世—早石炭世沉积岩系卷入了相对紧闭的褶皱变形，并且被向南逆冲的断裂所切割，总体上表现为自北向南变形强度逐渐降低的特征。如图4和图5所示，该区的褶皱构造由北向南倒转，逐渐变为直立对称；相应地，靠近卡拉麦里断裂带附近轴面劈理密集发育，强烈置换层理，向北倾斜，向南逐渐变为直立乃至消失。该区的这些构造变形特征，显示出与前陆褶皱冲断带的构造变形非常类似。这套地层的构造变形与卡拉麦里断裂带内的岩石类似之处，在于它们都遭受了晚期向南的低角度逆冲断层的改造(图4剖面A的D06070观察点和图5-F)。

#### 4 地震探测揭示的深部构造

近年来，笔者在执行国家“973”项目的相关研究工作期间，利用宽频地震探测获得了该区接收函数图像<sup>[30]</sup>(图6)。从这一图像中可以看到该区深部发育向北倾斜的转换波界面，但是没有任何迹象显示该区地壳深部存在向南倾斜的界面。

#### 5 卡拉麦里断裂带前身古俯冲带的极性

尽管后来经历了地质作用的改造，但是古板块碰撞带上还是可以大体保留古洋盆收缩过程中指示古俯冲带极性的地质组成和构造变形的痕迹。一般说来，古板块单向俯冲的地带，在构造变形方面表现为向一侧倾斜的构造变形面理，俯冲盘一侧具有前陆褶皱冲断带的变形特征，仰冲盘表现为逆冲和深剥蚀的特征；在有些情况下，例如阿尔卑斯造山带，虽然剖面上也呈现出扇型的构造样式，但是表现出

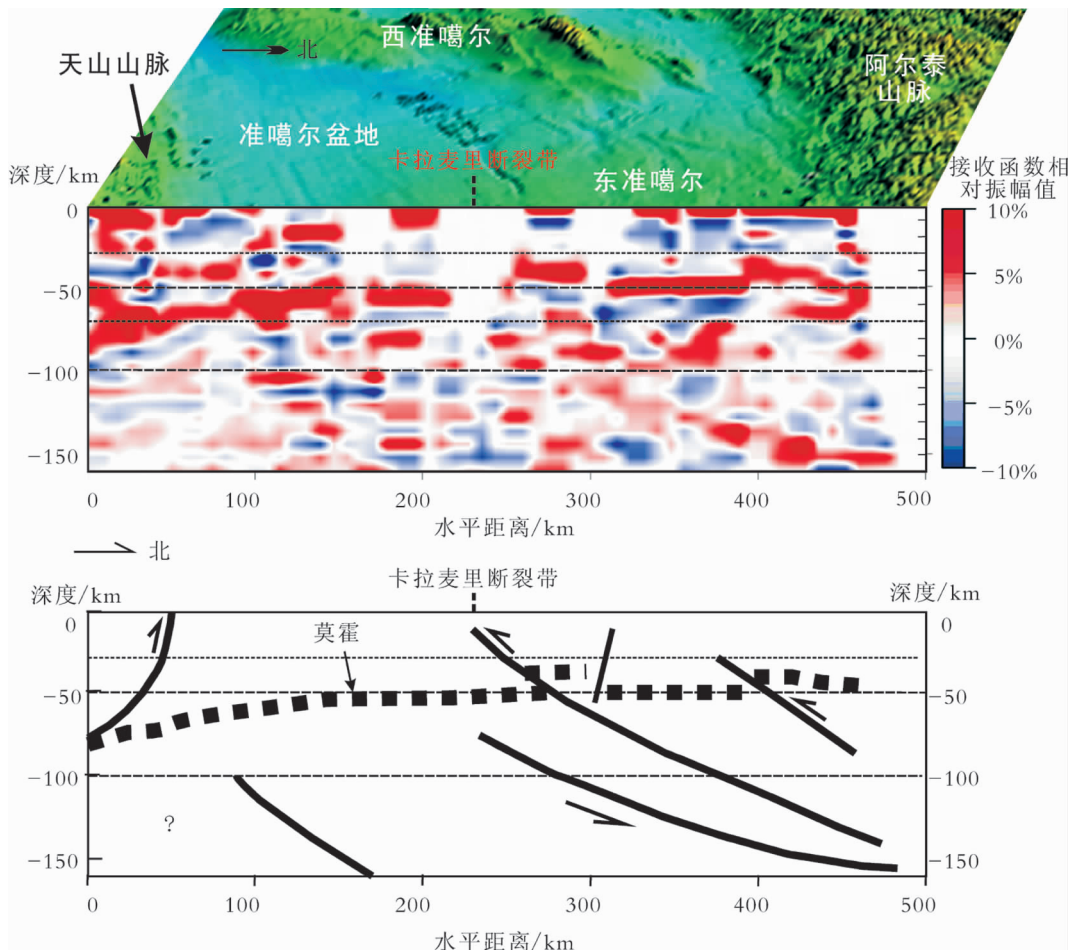


图6 东准噶尔接收函数图像及其地质解释

Fig. 6 Receiving function image of the eastern Junggar area and its geological explanation



仰冲盘一侧明显窄于俯冲盘一侧的不对称特征。同时双向俯冲的实例是非常罕见的,如果存在,应该表现为大体对称的扇型构造样式;如果不是同时双向俯冲,而是向两侧的俯冲交替出现,则也应该保留下来相应的痕迹。

卡拉麦里断裂带无疑是由古板块俯冲带演变形成的。综合以上地表地质体的组成、构造变形特征和深部结构的资料,得出的初步结论是:卡拉麦里断裂带自北向南呈现出来的岛弧杂岩、增生碰撞杂岩、具有被动陆缘特征的陆源沉积岩系和岛弧杂岩的展布特征,以及构造面理在地表和深部都一致向北倾斜的构造几何学特征,向南逆冲的构造运动学特征,都说明卡拉麦里蛇绿岩代表的古洋盆在其收缩乃至关闭过程中,古洋岩石圈板块是向北单向俯冲的。

## 6 卡拉麦里断裂带对古构造-成矿格局的改造

作为一条大型的断裂带,卡拉麦里断裂带的形成与发展,无疑对该区古构造-成矿格局有比较明显的改造。研究和了解这一改造情况,对于矿产资源评价和勘查工作,以及对中亚古构造-成矿格局的重建工作来说,都是非常必要的。

从上文关于卡拉麦里断裂带及其两侧地区的地表发育的向南逆冲的低角度逆冲断层、深部存在的向北倾斜的界面等构造变形特征的叙述不难看出,卡拉麦里断裂带的构造活动主要表现为向南的逆冲推覆,从而导致该区地壳近南北方向的缩短。该带的前身是一个古生代洋盆,据深水沉积岩系的发育推测,其宽度至少有数百乃至数千千米,但是目前所见的是古岛弧岩浆杂岩与被动陆缘沉积岩系之间的宽度,最窄处只有不到 10km。被动陆缘沉积岩系中,现今看到的只是形成于陆架相的沉积岩系,陆坡相沉积没有出露地表,同样弧前沉积岩系也基本没有保存下来。根据现今陆坡和弧前沟弧间隙的出露宽度推测,自古洋盆关闭以来,该区地壳缩短的规模是相当可观的,有可能不小于数百千米。在东准噶尔岩石圈内见到的向北倾斜的转化波界面,有可能就是插到东准噶尔之下的古洋岩石圈板片或古陆残片。不管是哪种情形,反映的都是准噶尔古陆与东准噶尔造山带之间大规模的地壳缩短。

在卡拉麦里断裂带及其两侧地区,走滑变形仅见于卡拉麦里断裂带南部,而且由于仅见小规模

劈理褶皱,推测其走滑量是比较小的,应该远小于其地壳缩短的规模。

基于以上分析,笔者认为,卡拉麦里断裂带的构造活动对古构造-成矿格局的改造主要是导致该带两侧地壳的构造叠覆,即准噶尔盆地一侧的古岛弧地壳和岩石圈向北俯冲到东准噶尔造山带之下,而走滑是次要的,甚至是可以忽略的。

因此,在中亚地区古构造-成矿格局的重建工作中,如果充分考虑卡拉麦里断裂带的运动学特征及其前身古洋陆格局、古俯冲带的向北俯冲极性,就不难发现该带原来是西伯利亚古板块活动陆缘的一部分,而不会把该带与向南俯冲的北天山蛇绿岩带联系起来,也不会把该带与向两侧俯冲的斋桑造山带或其南侧的西准噶尔达拉布特蛇绿岩带加以对比连接。

## 7 结 语

对卡拉麦里断裂带及其两侧的地质特征,包括古陆缘岩系和构造变形的研究,支持当地地质工作者关于卡拉麦里断裂带南部与北部构造活动性差异的认识,进一步明确这一差异是古洋盆及其两侧陆缘构造活动性不同造成的。卡拉麦里断裂带以南在泥盆纪-石炭纪期间具有被动陆缘的构造属性,因而那里不发育向南的古俯冲带,该区古洋盆的关闭是该古洋岩石圈板块向北俯冲的结果。正是这一向北俯冲的持续挤压,导致准噶尔盆地一侧的古岩石圈向北插入东准噶尔造山带之下,使该区的地壳大规模地构造叠覆与缩短。

致谢:在研究工作期间使用了新疆地质矿产局的 1:20 万区域地质调查资料,得到新疆地质矿产局、国家“305”项目办公室和中国地质调查局的资助与帮助。本文第一作者对卡拉麦里地区古生代构造的研究始于 20 世纪 80 年代后期,是在李春昱、肖序常、王荃、汤耀庆等先生的指导下进行的,并得到冯益民和朱宝清先生的指导与协助。此后的相关研究一直都得到肖序常先生的指导和支持。在肖序常院士 80 华诞之际,谨以此文表示衷心的祝福!

## 参考文献

- [1]李春昱,王荃,刘雪亚,等.亚洲大地构造图(1:8000000)及说明书[M].北京:地图出版社,1982.
- [2]蔡文俊.新疆准噶尔东北缘板块构造初步研究[C]//中国北方板块

- 构造论文集,第1集.北京:地质出版社,1986:1-26.
- [3]成守德,王广瑞,杨树德,等.新疆古板块构造[J].新疆地质,1986,4(2):1-26.
- [4]李锦轶,肖序常,汤耀庆,等.新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征[J].地质论评,1990,36(4):305-316.
- [5]马瑞士,叶尚夫,王赐银,等.东天山造山带构造格架和演化[J].新疆地质科学,1990,(2):21-36.
- [6]顾连兴,胡受奚,于春水,等.论博格达俯冲撕裂型裂谷的形成与演化[J].岩石学报,2001,17(4):585-597.
- [7]Xiao Wenjiao, Zhang Lianchang, Qin Kezhang, 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 Wenjiao, Han Chunming, Yuan Chao, 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]李锦轶,肖序常,陈文,等.新疆准噶尔盆地东部的前晚奥陶世陆壳基底:来自盆地东北缘老君庙变质岩的证据[J].中国区域地质,2000,19(3):297-302.
- [10]李锦轶.新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史[J].岩石学报,1995,11(增刊):73-84.
- [11]舒良树,王玉净.新疆卡拉麦里蛇绿岩带中硅质岩的放射虫化石[J].地质论评,2003,49(4):408-412.
- [12]李锦轶,朱宝清,冯益民.南明水组和蛇绿岩之间不整合关系的确认及其意义[J].中国区域地质,1989,(3):250-255.
- [13]李锦轶,朱宝清,冯益民.新疆东准噶尔卡拉麦里地区南明水组研究的新进展[J].新疆地质科学,1990,(2):1-8.
- [14]韩宝福,季建清,宋彪,等.新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(I)——后碰撞深成岩浆活动的时限[J].岩石学报,2006,22(5):1077-1086.
- [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志[M].北京:地质出版社,1993:1-841.
- [16]新疆维吾尔自治区区域地层表编写组.西北地区区域地层表新疆维吾尔自治区分册[M].北京:地质出版社,1981:1-496.
- [17]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].武汉:中国地质大学出版社,1999:1-430.
- [18]王宝瑜.关于图瓦贝动物群的时代及古地理意义[J].科学通报,1990,35(18):1413-1415.
- [19]张梓歆,戎嘉余,邸巧玲.新疆巴里坤地区志留纪的大型图瓦贝组合[J].古生物学报,1983,22(3):278-294.
- [20]苏养正.论图瓦贝 Tuvaella 的时空分布和生态环境[J].古生物学报,1981,20(6):567-576.
- [21]李亚萍,李锦轶,孙桂华,等.准噶尔盆地基底的探讨:来自原泥盆纪卡拉麦里组砂岩碎屑锆石的证据[J].岩石学报,2007,23(7):1577-1590.
- [22]曹福根,涂其军,张晓梅,等.哈尔里克山早古生代岩浆弧的初步确定——来自塔水河一带花岗质岩体锆石 SHRIMP U-Pb 测年的证据[J].地质通报,2006,25(8):923-927.
- [23]郭华春,钟莉,李丽群.哈尔里克山口门子地区石英闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J].地质通报,2006,25(8):928-931.
- [24]李亚萍,孙桂华,李锦轶,等.吐哈盆地东缘泥盆纪花岗岩的确定及其地质意义[J].地质通报,2006,25(8):932-936.
- [25]宋彪,李锦轶,李文铅,等.吐哈盆地南缘克孜尔卡拉萨依和大南湖花岗质岩基锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J].新疆地质,2002,20(4):342-345.
- [26]孙桂华,李锦轶,高立明,等.新疆东部哈尔里克山闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J].地质论评,2005,51(4):463-469.
- [27]孙桂华,李锦轶,朱志新,等.新疆东部哈尔里克山南麓石炭纪砂岩碎屑锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J].中国地质,2007,34(5):778-789.
- [28]李锦轶,王克卓,孙桂华,等.东天山吐哈盆地南缘古生代活动陆缘残片:中亚地区古亚洲洋板块俯冲的地质记录[J].岩石学报,2006,22(5):1087-1102.
- [29]唐红峰,苏玉平,刘丛强,等.新疆北部卡拉麦里斜长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J].大地构造与成矿学,2007,31(1):110-117.
- [30]李海鸣,姜枚,王亚军,等.新疆富蕴-库尔勒剖面接收函数方法获得的地壳上地幔结构图像[J].地质学报,2006,80(1):135-141.