

阿尔金山各边界断裂的归属性

伍跃中¹, 李荣社¹, 王 战², 雷学武¹, 张 转¹, 谢丛瑞¹

1. 西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054

2. 西北大学地质系, 陕西西安 710069

摘要: 系统研究阿尔金山南缘断裂、西北缘断裂、北缘红柳沟—拉配泉断裂的构造属性, 对重新认识中国大陆西部构造格架具有非常重要的意义。在卫星遥感图像宏观解译和野外调查基础上, 充分参考了近年来的区域地质调查和前人研究成果, 分析了阿尔金山各边界断裂特征, 结果表明南缘断裂形成于元古宙, 早古生代中晚期是一条具有右行走滑性质的巨型陆内转换断层, 中生代分段差异复活; 西北缘断裂系形成较晚, 中生代以来发生强烈的左行走滑, 应属于亚洲共轭滑移系的组成部分; 红柳沟—拉配泉断裂属于塔里木地块中央构造带系统, 是一条蛇绿构造混杂带, 早古生代属于陆缘或陆间裂谷。它们三者分属于不同的断裂系统, 具有不同的形成演化史, 其活动形式和构造意义各有不同, 但又相互联系、相互制约。

关键词: 阿尔金山; 断裂构造; 断裂演化; 转换断层; 共轭滑移系。

中图分类号: P542

文章编号: 1000-2383(2007)05-0662-09

收稿日期: 2007-06-16

The Attribution of Altyn Marginal Faults

WU Yue zhong¹, LI Rong she¹, WANG Zhan², LEI Xue wu¹, ZHANG Zhuan¹, XIE Cong rui¹

1. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China

2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, China

Abstract The South Altyn marginal fault, northwest Altyn border fault and Hongliugou Lapeiquan fault in the northern edge of Altyn belong to different fault systems. The south marginal fault was formed in Proterozoic. In mid late Paleozoic, it was a great intracontinental transform fault of right lateral slip and in Mesozoic and Neozoic it was revived in different parts. The northwest fault was formed later. Intense left lateral slip occurred in Mesozoic Neozoic and it belongs to the Asian slump fault system. Hongliugou Lapeiquan fault zone belongs to the central tectonic system of Tarim block. It is an ophiolite complex belt and in early Palaeozoic it was the rift of continental or intercontinental margin. The three faults are different in the evolution history, movement form and tectonic significance, but they are interrelated and affect each other strongly. It is very important to study their tectonic attributions systematically for understanding the west tectonic framework of our country.

Key words: Altyn; fault structure; fault evolution; transform fault; conjugate slump fault system.

阿尔金山作为青藏高原北部边界的组成部分之一, 是青藏高原大陆动力学研究的热点。特别是对其边界断裂的认识直接关系到中国西北地区乃至中亚大陆构造格架的划分, 这对于中国西北地区油气(许志琴等, 2004; 江平和范小林, 2005)、矿产资源勘查

都具有十分重要的理论和现实意义。前人(崔军文等, 2002; 汤良杰等, 2002)一般将祁连山地块与塔里木地块之间的 5 条北东东向断裂统称为阿尔金山断裂系, 由南向北依次为: 阿尔金山南缘断裂、阿尔金山北缘断裂、米兰—红柳园断裂、且末—黑尖山断裂和罗布

基金项目: 中国地质调查局“西昆仑—阿尔金山造山带遥感地质调查”(No. 200415100001); 中国地质调查局“青藏高原北部空白区基础地质调查与研究”(No. 1212010310101)。

作者简介: 伍跃中(1965—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事构造地质学研究。E-mail: xayg@egs.gov.cn; wuyuezhong@sina.com

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

庄-星星峡断裂. 有人甚至将阿尔金地块等同于阿尔金断裂系. 但迄今为止, 对于断裂系的形成时代、演化历史、力学性质、延伸规模、位错量等许多重大问题的认识仍然众说纷纭, 莫衷一是. 同样是针对阿尔金断裂系的研究却产生了如此众多的认识分歧, 这除了测试、分析方法和研究手段等误差外, 不免让人思考. 祁连地块与塔里木地块之间的一系列北东东向断裂(或者阿尔金山各边界断裂)是否具有统一的构造应力体系和演化过程?

笔者承担完成了地质大调查项目“西昆仑-阿尔金造山带遥感地质调查”和“青藏高原北部空白区基础地质调查与研究”项目. 在此基础上, 本文综合分析了大量的前人研究成果, 尝试讨论阿尔金山边界断裂的主要特征及其相互联系、相互制约的关系. 这对于统一解释阿尔金山断裂构造的众多认识分歧和重新认识中国大陆西部构造格架具有非常重要的意义.

1 前人对阿尔金断裂系的主要认识分歧

1.1 关于断裂系形成和活动的时代以及断裂运动学性质

主要有3种观点.

(1) 一些学者认为断裂系在古生代以前就已经形成并长期活动. 如王鸿祯等(1980)、冯先岳(1982)、蔡学林等(1992)认为是一条元古宙发生的古老断裂, 从元古宙就开始活动, 一直延续至今; 张文佑等(1978)指出在新元古代一早古生代期间是以右旋为主的转换断层; 于海峰等(1998)认为形成于新元古代早期, 是一条影响到地壳中深层次的右旋剪切断裂; 周勇和潘裕生(1998)认为该断裂在奥陶纪晚期至泥盆纪发生过强烈的右旋走滑运动.

(2) 另有部分学者认为是古生代以来形成并发生多期活动的断裂, 如许志琴等(1999)、车自成等(1998)、Edward and Nicolas(1999)指出可能是晚古生代时期的板块俯冲带或转换断层; 崔军文等(2002)认为最早的逆冲、推覆作用发生在晚石炭世白垩纪开始左行走滑, 而正滑作用则发生在上新世后, 正断层作用主要发生在上新世末至第四纪.

(3) 还有部分学者则强调阿尔金断裂形成于新生代, 并发生强烈的左行走滑运动, 如李海兵等

(2001)认为在印支期开始左行韧性走滑; 刘永江等(2001)认为走滑运动起始于晚白垩纪; 陈宣华等(2002)研究了红柳沟-拉配泉正断层活动时期: 中西段为晚三叠世至早侏罗世, 东段为早白垩世末期; Tapponnier *et al.* (1981)、葛肖虹等(2001)认为断裂始新世晚期才开始发生大规模左行走滑. 此外还有少数学者(杨藩等, 1994)依据古地磁、古水文等资料认为阿尔金断裂在新生代发生了右行走滑.

1.2 关于断裂的延伸规模以及后期走滑活动的位错量

对于阿尔金断裂带的延伸规模和断裂走滑活动的位错量的不同看法, 关系到断裂对两侧前新生代构造带和盆地的错移与复位对比; 也涉及到对前新生代中国西部以及中亚大陆构造格架的重新认识.

葛肖虹等(2001)认为断裂由西向东延伸到西拉木伦河, 达3500 km; 国家地震局“阿尔金活动断裂带”课题组(1992)认为断裂西起西藏的拉竹龙附近, 东到甘肃的金塔盆地, 隐没于巴丹吉林沙漠之中, 全长1600 km; Yue and Liou(1999)则认为断裂向东北延伸切过蒙古东部, 直到鄂霍茨克海, 全长达4500 km. 目前多数学者倾向于从西藏的拉竹龙附近延伸到甘肃的金塔盆地约1600~1700 km这一长度.

关于阿尔金断层两盘间的位移量, 前人的说法也不一致. 潘桂棠等(1984)认为300~500 km, 张治洮(1985)等人估算达1200 km, 田在艺等(1990)认为750 km, 许志琴等(1999)推测阿尔金断裂左行位移了约400 km. 另外, 对阿尔金断裂的形成模式、活动形式、走滑速率及阿尔金断裂系与祁连构造带、东西昆仑构造带的相互关系等都存在不同的看法.

2 阿尔金山西北缘断裂及其西北侧三条隐伏断裂特征

由图1和图2可知, 阿尔金西北缘断裂与其西北侧的三条隐伏断裂(米兰-红柳园断裂、且末-黑尖山断裂和罗布庄-星星峡断裂)平行, 总体走向 $N60^{\circ}E$, 延伸较平直, 中东段略向西北突出, 且相互之间以近等间距分布, 它们应该属于同一应力场作用形成的由多条断裂组成的断裂系, 笔者称之为阿尔金山西北缘-北山剪切断裂系(以下简称西北缘断裂系). 该断裂系向东北延伸进入甘蒙交界的北山

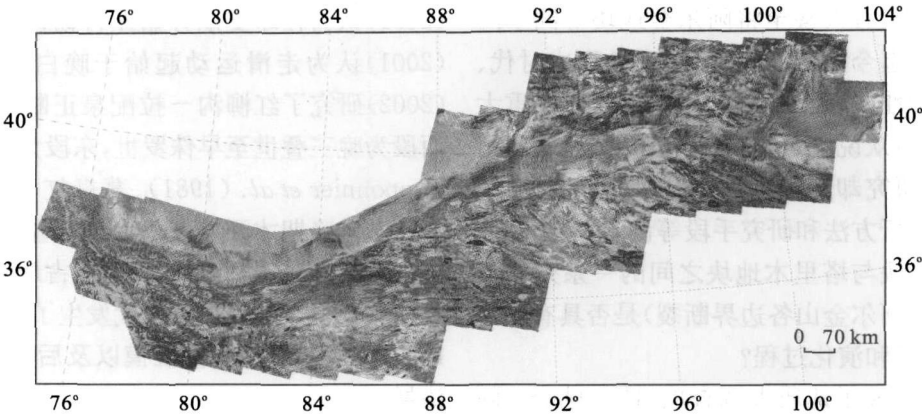


图 1 阿尔金山及邻区卫星遥感影像图(TM543)

Fig. 1 The satellite remote sensing image of Altyn and vicinal region (TM543)

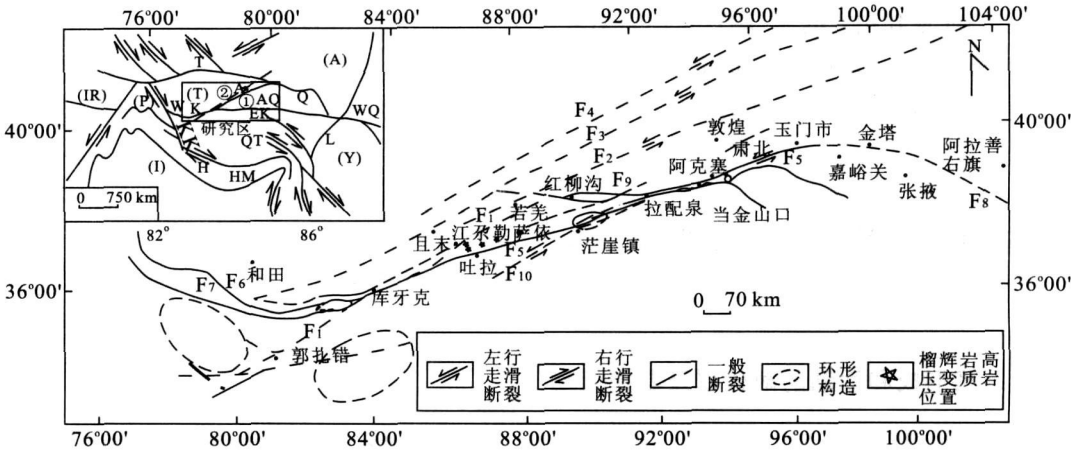


图 2 阿尔金山及邻区主干断裂与环形构造分布简图

Fig. 2 The distribution of the main faults and annulations in Altyn and vicinal region

注: 阿尔金西北缘-北山剪切断裂系: 阿尔金西北缘断裂(F_1)、米兰-红柳园断裂(F_2)、且末-黑尖山断裂(F_3)、罗布庄-星星峡断裂(F_4); 阿尔金南缘断裂(F_5)与柯岗断裂(F_6)、康西瓦断裂(F_7)、走廊南山断裂(F_8)复合; 阿尔金北缘断裂带(F_9)。角图(据崔军文等(2002)修改): A. 阿尔金山; Q. 祁连山; L. 龙门山; H. 喜马拉雅山; T. 天山; KK. 喀喇昆仑山; WK. 西昆仑山; EK. 东昆仑山; WQ. 西秦岭; (T) 塔里木地块; (A) 阿拉善地块; (Y) 扬子地块; (I) 印度地块; (P) 帕米尔高原; (IR) 伊朗高原; (HM) 喜马拉雅前陆; (QT) 青藏高原; (A Q) 阿尔金-祁连山; ① 阿尔金西北缘-北山剪切断裂系; ② 阿尔金南缘断裂

构造带后继续向东北方向平直延伸, 形迹十分清晰, 该区地质体宏观上表现为强烈破碎的现象; 向西南延伸进入西昆仑构造带, 其中阿尔金山西北缘断裂与库牙克断裂对接, 其他 3 条隐伏断裂与西昆仑北西向断裂呈弧形连接。

库牙克断裂构成东昆仑山与西昆仑山的分界线, 主要由谷地两侧两条主干断裂及与之相伴生的次级断层组成, 断裂带由东北向西南具有由窄变宽的趋势。沿断裂带分布有前中生代地层和基性岩、超基性岩断片及新生代断陷盆地。卫星影像清晰, 宏观上表现为规模巨大的线性构造。北侧边界断裂现今表现为断裂面倾向东南的正断层, 南侧边界断裂, 断

层面向北陡倾, 较为平直。断裂破碎带中物质组成极为复杂, 涉及地层有下古生界变质火山-沉积岩系、石炭系、三叠系卧龙岗组和侏罗系叶尔羌群, 还混杂有大量蛇绿岩岩片和花岗岩侵入体。断层切断了(西)昆仑造山带所有先期形成的近东西向构造形迹, 在平面上显示出与断裂不同时期的构造变形相对应的弧形构造。

野外观察, 库牙克断裂至少经历了三期构造变形: 第一期为近东西向右行走滑韧性变形, 产生的流劈理(S_1), 拉伸线理(L_1 : $50^\circ \angle 13^\circ$); 第二期为北东向, 向北西陡倾斜的左行走滑型流劈理(S_2), 石英拉伸线理(L_2 : $215^\circ \sim 150^\circ \angle 10^\circ$); 第三期为北东向的

正滑型破劈理(S_3), 擦痕线理(L_3 : $255^\circ \angle 45^\circ$)为主^①。根据东西昆仑古生代构造带东西向展布且具有可以对接的基本事实, 表明库牙克断裂应形成于晚古生代末, 并表现为中浅构造层次的韧性-韧脆性右行走滑构造变形特点; 中生代至古近纪, 为库牙克断裂构造活动相对稳定的时期; 进入新近纪之后, 随着印度板块和欧亚板块强烈碰撞和新生代晚期青藏高原急剧隆升, 库牙克断裂发生了强烈的左行走滑, 切割了侏罗纪以前所有地质体, 沿断裂带造成一系列拉分陷盆地, 控制了新近纪湖相沉积物的分布; 在更新世后期, 山系快速隆升、塔里木盆地剧烈沉降, 沿库牙克断裂带发育一系列右旋张扭性堑垒式正断层。

由此可知, 西北缘断裂系可能形成于晚古生代末, 此时在其东北方的北山构造带已经褶皱回返, 地壳成熟度较高, 因此西北缘断裂系在该区主要表现为地质体的破碎变形现象。

根据上述库牙克断裂具有早期的右行走滑韧性变形、之后的相对稳定时期、再转变为左行走滑运动、最后又发育一系列右旋张扭性堑垒式正断层的构造演化特点可知, 西北缘断裂系的构造运动方向和力学性质发生了多次转化。

3 阿尔金南缘断裂特征

阿尔金南缘断裂影像特征十分醒目, 连续平直延伸, 总体走向 $N75^\circ E$, 与西北缘断裂系之间存在 $15^\circ \sim 20^\circ$ 的夹角。它们不是同一应力场作用的产物。倘若它们是同一应力场作用下形成的近平行分布的一组断裂, 则其延伸方向不应该存在 $15^\circ \sim 20^\circ$ 的夹角; 况且西北缘断裂系各主要断裂之间具有平行且近等间距分布的特点, 而与南缘断裂分隔较远, 其间距远大于西北缘断裂系内部断裂之间距, 这不符合同一应力场形成的平行展布的规模相当的一组断裂往往具有近等间距分布的规律。此外, 西北缘断裂系与南缘断裂也不是同一应力场作用下形成的主从断裂或两组共轭断裂系。因为如果为主从复合断裂, 则其规模应相去甚远, 且从属断裂往往呈羽状并以小角度相交于主断裂; 若为两组共轭断裂系, 则两者之间的夹角应接近 90° 。由上述可知, 南缘断裂与西北缘断裂系应该属于不同时期形成的两组断裂系。

根据青藏高原北部空白区基础地质调查与研究成果, 塔南区的新太古-古元古代地层和阿尔金山地区的阿尔金岩群都是高角闪岩相(局部有麻粒岩相)-低角闪岩相变质的片岩、片麻岩、混合岩以及磁铁石英岩、大理岩、变质火山岩, 说明阿尔金地块与塔南地块很可能原本是统一的整体, 从而推断阿尔金南缘断裂应该是在塔南地块东南边界基础上发展起来的。但两个地区的长城系却存在明显差异, 塔里木铁克力克地区为细碧角斑岩建造, 而阿尔金山区为一套陆源碎屑岩-碳酸盐岩夹火山岩沉积, 说明在长城纪阿尔金山区已经开始进入其相对独立演化的时期。陈能松等(2007)通过研究柴达木地块和欧龙布鲁克地块中的古元古代、新元古代、早三叠世以及晚三叠世不同时期岩体的主量元素、微量元素和 Nd Sr Pb 同位素组成, 认为柴达木地块和欧龙布鲁克地块基底与扬子陆块具有密切的亲缘性, 现今的扬子陆块范围可扩大到中国西部阿尔金断裂东、西两侧的微陆块。这些都说明了阿尔金南缘断裂形成的时代早, 构造意义重大。

卫星影像显示, 阿尔金及邻区的加里东构造层主要分布于祁漫塔格和祁连构造带, 它们紧靠南缘断裂带的附近发生了十分明显的牵引变形, 形成北祁连弧形山脉和祁漫塔格与阿尔喀(朝阳沟)两个巨型弧形构造, 牵引构造形迹表明南缘断裂在早古生代中晚期发生了规模较大的右行走滑运动, 其中北盘为主动盘, 相应地由于其东北的阿拉善地块的阻挡作用, 南盘在靠近断裂带附近发生牵引变形。周勇和潘裕生(1998)在该断裂带东段发现, 奥陶系受到强烈的塑性变形, 沿断裂带发育的不对称流变褶皱, II型S C组构、云母“鱼”和矿物的优选定向, 连同石英的[001]轴组构图式等, 皆一致地说明了南缘断裂发生过右旋走滑运动, 并通过野外观察确定其发生时间可能介于奥陶纪晚期至泥盆纪之间。

上述构造事件在岩石建造方面也得到了很好的响应。阿尔金山榴辉岩分布在阿尔金山的北坡(江孜勒萨依南), 而在南缘断裂带附近只有麻粒岩的出露, 没有发现榴辉岩。根据该区榴辉岩的峰期矿物组合估算其温压条件($P > 1.5 \text{ GPa}$, $T = 731 \sim 811^\circ \text{C}$), Sm Nd 及 U Pb 法获得了几乎一致的同位素年龄, 显示榴辉岩相的变质年龄为 $500 \sim 503 \text{ Ma}$ (张建新等, 1999a)。说明中晚寒武世阿尔金地区发生了强烈的构造挤压和隆升作用, 根据榴辉岩带的展布情况, 推测挤压应力来自西部。此外, 张建新等(1999b)在阿尔金

① 山西省地质调查院, 2002. 1: 25万叶亦克幅区域地质调查报告。

南缘断裂带西南段吐拉一带的孔兹岩系样品中获得 447 ~ 462 Ma 的变质锆石 U-Pb 和 Pb-Pb 年龄, 刘永江等(2003)对阿尔金南缘断裂东北段的阿克塞和当金山一带出露的元古宇、早古生界变质岩样品中云母、角闪石和钾长石单矿物进行了 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素测年研究, 获得中部剪切带北侧、南侧样品坪年龄分别为 461 ~ 445.2 Ma 和 414 ~ 342.8 Ma. 上述测试结果一致表明阿尔金地块经历了中晚寒武世的挤压隆升后, 于晚奥陶—早志留世发生了以阿尔金南缘断裂为界面的大型右行走滑运动, 其时西北盘为主动盘, 而南侧样品坪年龄可能是应力松弛冷凝的后续效应.

早古生代时, 对应于阿尔金地块的挤压隆升状态, 其东北的祁连构造带和西南的昆仑构造带正处于拉张接受海相沉积状态, 说明当时它们与阿尔金地块构造性质刚好相反, 造成阿尔金断裂右旋走滑应力在两端被刚性程度较低的构造带所吸收. 卫星图像上清楚地显示, 阿尔金南缘断裂在东北端逐渐与祁连构造带中一系列北西西向的断裂构造对接复合, 并最终与走廊南山断裂合二为一; 在西南端与一系列北西西向的断裂构造对接复合, 最终与康西瓦断裂合二为一. 而且南缘断裂与相邻构造带断裂复合连接处正好都发育了大小不等的环形构造或环形构造组合, 它们正是应力转换的节点和产物. 因此, 任纪舜和肖黎薇(2004)与刘刚等(2006)所论述的阿尔金断裂与康西瓦断裂的复合关系是存在的, 但准确的说, 应该理解为阿尔金南缘断裂在早古生代与两端北西西向断裂复合, 这样也不违背阿尔金地块古元古代以前基底属于南塔里木地块的认识. 一句话, 阿尔金南缘断裂在早古生代末是一条具右行走滑性质的陆内转换断层, 南缘断裂长约 1 600 km.

4 红柳沟—拉配泉断裂带特征

红柳沟—拉配泉断裂带总体呈近东西向展布, 是由密集发育的一系列断裂组成的断裂带(以下简称北缘断裂带). 该断裂带与南缘断裂和西北缘断裂系均存在一定夹角, 且东段明显被南缘断裂切割, 显然是不同于上述两组断裂系的另一组断裂.

据郭召杰等(1998)及天津地质矿产研究所(2006)^②研究, 从新疆的红柳沟—拉配泉到甘肃的阿克塞、肃北一线, 发育一条蛇绿混杂岩带. 在红柳

沟—拉配泉一带主要由枕状玄武岩、细碧岩、硅质岩以及大量超镁铁—镁铁质岩块组成; 在拉配泉—阿克塞之间, 主要出露蛇纹石化超镁铁岩块. 应用 Sm-Nd 同位素测定其形成年龄在 829 Ma 左右, 显然与北祁连早古生代蛇绿岩带是不能相连的. 他认为红柳沟蛇绿岩带向西自然倾伏于塔里木盆地沙漠之下, 其延伸可能对应于塔里木盆地中央东西向正磁异常条带, 即塔里木盆地中央磁异常条带可能是阿尔金北缘蛇绿岩带向西延伸的反映.

沿红柳沟—拉配泉断裂带既发育了台地碳酸盐岩, 也发育了一套复理石沉积, 二者中曾先后找到晚奥陶世、中奥陶世和晚寒武世至早奥陶世化石. 同时, 其中还赋存着一套基性火山岩, 主要为钠质玄武岩、拉斑玄武岩、碱流岩和碱性粗面岩组合(Boynton, 1984; Story *et al.*, 1992). 但其稀土总量不高, $\text{Ist} < 0.710$, $\text{Th} > \text{Ta}$, 表明地壳活动性较大(车自成等, 1995). 综上所述, 该处当时很可能属于大陆边缘或陆间裂谷性质.

北缘断裂于晚三叠世至早侏罗世和早白垩世末期发生了两期正断层(或正滑)活动, 以前一阶段为主(陈宣华等, 2002). 新生代以来则受南部印度板块的持续向北推挤, 主要表现为左行走滑或正滑作用, 发育大小不等的眼球状构造.

综上所述, 北缘断裂带虽然形成早, 但具有多期复活的特点.

5 阿尔金山三条边界断裂带相互关系简析

由于阿尔金山三条边界断裂形成和演化历史跨度大, 不可能完全恢复它们在各个地史时期的相互关系, 其中早古生代和新近纪以来两个时期构造变动中, 它们之间相互影响和相互制约关系值得探讨.

根据前述分析, 早古生代阿尔金地块主体受到近东西向的强烈挤压处于隆升状态, 其时, 阿尔金地块北缘属于拉张的大陆边缘裂谷环境, 显然, 这是当时总体趋于近东西向挤压、近南北向拉张的区域应力背景下不同方向地壳构造(破裂)带的不同地质表现. 而阿尔金南缘断裂的右行走滑运动正是挤压主应力产生的平行于南缘断裂的分力作用的结果, 同时靠近北缘断裂带由于垂直于南缘断裂的引张分力作用, 使得南缘断裂在该处局部地段形成裂陷槽.

^②天津地质矿产研究所, 2006. 1: 25 万区域地质调查(石棉幅)野外验收简报.

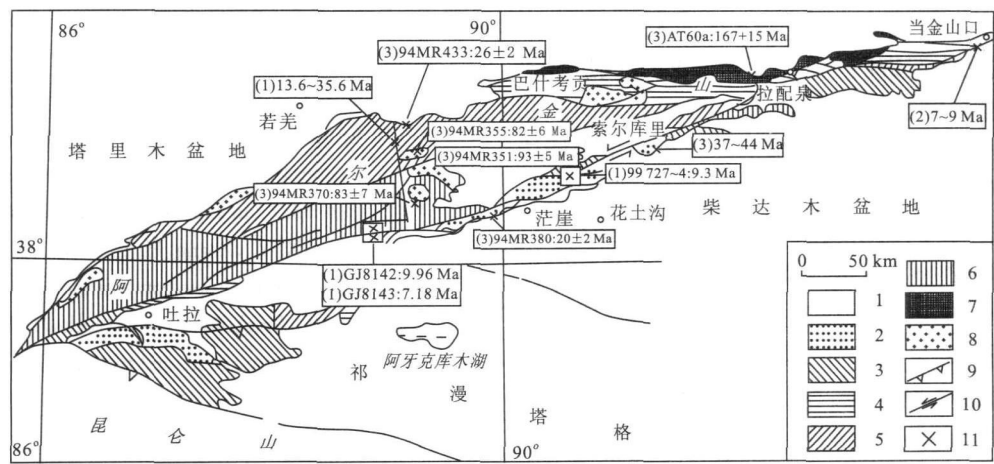


图 3 阿尔金山地质构造简图(据陈正乐等, 2002, 稍有修改)

Fig. 3 The geological structure map of Altyn

1. 新生界; 2. 中生界; 3. 古生界; 4. 奥陶系; 5. 中、新元古界; 6. 古元古界; 7. 太古宇; 8. 花岗岩; 9. 逆冲断层; 10. 走滑断层; 11. 采样位置。
(1)~(3)资料来源: (1)陈正乐等(2002); (2)万景林等 2001; (3)Edward and Nicolas(1999, 2001)

新近纪以来, 由于阿尔金山西北缘断裂系和北缘断裂带的强烈左行走滑, 直接导致了南缘断裂的分段差异复活。

卫星图像清楚地显示, 南缘断裂可以划分为特征差异明显的 5 段(图 1, 2), 自西南至东北各段特征依次为: (1)吐拉西南段呈平直刀砍状; (2)吐拉-茫崖镇段为向西南收敛的帚状断裂束; (3)茫崖镇-拉配泉段则为长条状盆地; (4)拉配泉-金塔段又呈平直刀砍状(又可分为南支和北支)。

从前述对库牙克断裂性质的描述可以了解到, 西北缘断裂系随着青藏高原的强烈隆升产生了巨型左行走滑运动。该断裂系与南缘断裂在西南端交汇复合, 于是造成了南缘断裂的西南段呈平直刀砍状纯剪变形。此外, 与西北缘断裂系平行的断裂(F_{10})应与该断裂系属于同一构造应力场的产物, 断裂(F_{10})造成南缘断裂东北段的南支复活, 亦为平直刀砍状纯剪变形。阿尔金山北缘的红柳沟-拉配泉断裂造成南缘断裂东北段的北支复活, 也表现为平直刀砍状纯剪变形。南缘断裂的茫崖至拉配泉段则因与西北缘断裂和北缘断裂距离较远, 且均呈现一定的夹角而在该带的南北先后发生正滑作用, 形成长条状盆地; 吐拉-茫崖镇段则由于紧邻西北缘断裂系主体部分, 因此表现为由一系列小断裂组成的向西南收敛的帚状断裂束。

关于阿尔金山断裂中新生代以来活动时限, 前人做大量的同位素测年工作(图 3), 其中 8 Ma 左右的磷灰石裂变径迹年龄样品主要分布于南缘断裂带的

东北段的南支和西南段, 而远离断裂带的样品年龄值普遍较老, 且时间跨度较大, 如拉配泉北为(167 ± 15) Ma。这就充分说明南缘断裂带在 8 Ma 左右的左行走滑主要是受阿尔金山西北缘断裂系影响所致。其他年龄值正好是不同方向的断裂在不同时期活动的结果。由此可见, 崔军文等(2002)关于阿尔金山断裂并非共轭滑移系中的左行走滑断裂, 而是转换断裂的认识是正确的, 但应作一定的限定和补充, 即阿尔金山南缘断裂是早古生代末的陆内转换断层, 新近纪以来, 阿尔金山西北缘-北山剪切断裂系才是共轭滑移系中的左行走滑断裂系(见图 2 的角图)。

6 结论与讨论

(1)阿尔金山南缘断裂、阿尔金山西北缘-北山剪切断裂系和红柳沟-拉配泉断裂分属于不同的断裂系统, 其形成时期和活动方式各有不同, 但又相互影响和相互制约, 在力学性质上具有一定的互补性。(2)阿尔金山南缘断裂形成于元古宙, 早古生代发生了右旋走滑运动, 是当时一条巨型的陆内转换断层, 东北端最终与走廊南山断裂复合, 西南端与康西瓦断裂复合, 延伸长度约 1 600 km。(3)阿尔金山南缘断裂与祁连和西昆仑构造带的一系列北西西向断裂连接复合处以及断裂拐点处正好都发育了大小不等、形态各异的环形构造或环形构造组合, 它们正是应力转换的节点和产物。(4)阿尔金山西北缘断裂系形成时代较晚, 是新近纪中亚共轭滑移系中的左行走滑断裂

的组成部分。该断裂系规模巨大、延伸距离远,西南端部分与昆仑构造带内一系列北西向断裂成弧形连接,向东北至少穿越了北山构造带,然后一直向东北方向平直延伸。(5)阿尔金北缘断裂带是塔里木地块中央构造带的东延部分,早古生代具陆缘裂谷性质,中生代发生多次正断或正滑作用。(6)中生代以来,由于先后发生了阿尔金北缘断裂的正滑作用和西北缘断裂系的巨型左行走滑运动,共同造成了阿尔金南缘断裂的分段差异复活。

由于阿尔金地块地质演化十分复杂,断裂构造的形成和演化也具有长期性和性质多变的特点,这从南缘断裂早期发育史和库牙克断裂中生代以来的演化特征可见一斑。因此,对于阿尔金地块断裂构造的研究既要考虑主要断裂的组合特征以及它们在其形成和演化历史上的相互影响和相互制约的关系,又要考虑在不同地史时期阿尔金地块所处的周围地质环境(边界条件)的制约因素。在研究内容上,既要重视岩石变形的识别,又要充分重视不同的构造岩石组合规律的研究。也就是说,只有从时间、空间、力学性质和物质成分、结构等多种因素综合分析,才能较好的揭示区内断裂构造的形成和演化规律。也正是因为阿尔金地块地质构造演化的复杂性和所处构造位置的重要性,所以对于该区断裂构造的研究,就难免出现研究内容的片面性和认识的局限性。正因为上述缘故,尽管笔者是在汲取了众多前人十分有意义的工作基础上提出阿尔金山各边界断裂分属于不同的断裂构造系统,具有各自不同的形成和演化历史的新认识,也仍难免存在不妥之处,诚望专家指正。

References

- "Altun Active Fault Zone" Team, State Seismological Bureau, 1992. Altun active fault zone. Seismological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Boynton, W. V., 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. *DeV. Geochem.*, (2): 63 – 114.
- Cai, X. L., Wei, X. G., Liu, Y. C., 1992. Tectonic style of strike slip fault in Aejin mountains. *Journal of Chengdu College of Geology*, 19(1): 8 – 17 (in Chinese with English abstract).
- Che, Z. C., Liu, L., Liu, H. F., et al., 1998. The constituents of the Altun fault system and genetic characteristics of related Meso-Cenozoic petroleum bearing basin. *Re*
- gional Geology of China*, 17(4): 377 – 384 (in Chinese with English abstract).
- Che, Z. C., Liu, L., Sun, Y., 1995. U Pb, Sm Nd, Rb Sr, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ isotopic studies for early evolution of the structural belt in Altun area. *Acta Geoscientia Sinica*, (3): 334 – 337 (in Chinese with English abstract).
- Chen, N. S., Wang, X. Y., Zhang, H. F., et al., 2007. Geochemistry and Nd Sr Pb isotopic compositions of granitoids from Qaidam and Oulongbuluke micro blocks NW China: Constraints on basement nature and tectonic affinity. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences* 32(1): 7 – 21 (in Chinese with English abstract).
- Chen, X. H., Yin, A., George, E. G., et al., 2002. Extension in northern Tibetan plateau: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analyses and MDD modeling. *Acta Geoscientia Sinica*, 23(4): 305 – 310 (in Chinese with English abstract).
- Chen, Z. L., Wan, J. L., Wang, X. F., et al., 2002. Rapid strike slip of the Altyn Tagh fault at 8 Ma and its geological implication. *Acta Geoscientia Sinica*, 23(4): 295 – 300 (in Chinese with English abstract).
- Cui, J. W., Zhang, X. W., Li, P. W., 2002. The Altun fault: Its geometry, nature and mode of growth. *Acta Geoscientia Sinica*, 23(6): 509 – 516 (in Chinese with English abstract).
- Edward, R. S., Nicolas, A., 1999. A possible middle Paleozoic suture in the Altyn Tagh NW China. *Tectonics*, 18(1): 64 – 74.
- Edward, R. S., Nicolas, A., Marc, J., et al., 2001. Jurassic to Cenozoic exhumation history of the Altyn Tagh range, NW China constrained by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and apatite fission track thermochronology. In: Paleozoic and Mesozoic tectonics of Central Asia From continent Assembly to Intracontinental Deformation. In: Hendrix, M. S., Davis, G. A., eds., Geological Society of America Memoir, 194, 293 – 316.
- Feng, X. Y., 1982. Altun fault zone. In: State Seismological Bureau, ed., The active faults in China. Seismological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Ge, X. H., Liu, Y. J., Ren, S. M., et al., 2001. Re understanding on some academic problems of the Altun fault. *Chinese Journal of Geology*, 36(3): 319 – 325 (in Chinese with English abstract).
- Guo, Z. J., Zhang, Z. C., Wang, J. J., 1998. The Sm Nd isochronage and tectonic significance of ophiolite belt along the northern margin of the Altun mountains. *Chinese Science Bulletin*, 43(18): 1981 – 1984 (in Chinese).
- Jiang, P., Fan, X. L., 2005. Analysis of middle lower Jurassic

- petroleum system in Dunhuang basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 30(2): 211 – 214 (in Chinese with English abstract).
- Li, H. B., Yang, J. S., Xu, Z. Q., et al., 2001. The geologic and age evidence of strike slip movement of Altun fault belt in Indo Chinese Epoch. *Chinese Science Bulletin*, 46(16): 1333 – 1338 (in Chinese).
- Liu, G., Li, S. J., Zhao, F. Y., et al., 2006. A remote sensing analysis of Altun Kangxiwa shear thrust system and Pamir nappe structure. *Acta Geoscientia Sinica*, 27(1): 31 – 34 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Y. J., Ge, X. H., Genser, J., et al., 2003. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ evidence of tectonic movement in Altun Tagh. *Chinese Science Bulletin*, 48(12): 1335 – 1341 (in Chinese).
- Liu, Y. J., Ge, X. H., Ye, H. W., et al., 2001. Franz strike slip model for Altyn Tagh fault developed since late Mesozoic. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(1): 23 – 28 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Jiao, S. P., Xu, Y. R., et al., 1984. The Neozoic tectonic and orogenic characteristic in Altun mountains. In: The Tibet plateau geologic treatise committee of ministry of geology and mineral resources, China, ed., *Treatises on Tibet plateau geology*. Geology Publishing House, Beijing, 113 – 119 (in Chinese).
- Ren, J. S., Xiao, L. W., 2004. Lifting the myterious veil of the Qinghai Tibet plateau by 1 : 250 000 geological mapping. *Geological Bulletin of China*, 23(1): 1 – 11 (in Chinese with English abstract).
- Story, B. C., Alabaster, T., Macdonald, D. L. M., et al., 1992. Upper Rooterotic rift related rocks in the Pen sacola mountains, autoretica; Precursors to super contin. *Ent Breakup Tectonics*, 11(6): 1379 – 1403.
- Tang, L. J., Jin, Z. J., Dai, J. S., et al., 2002. Regional fault systems of Qaidam basin and adjacent orogenic belts. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(6): 676 – 682 (in Chinese with English abstract).
- Tapponnier, P., Mattauer, M., Proust, F., et al., 1981. Mesozoic ophiolites suture and large scale movement in Afghanistan. *Earth Plant. Sci. Lett.*, 52: 355 – 371.
- Tian, Z. Y., Chai, G. L., Lin, L., 1990. The formation and evolution of Tarim basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 11(4): 259 – 275 (in Chinese with English abstract).
- Wan, J. L., Wang, Y., Li, Q., et al., 2001. FT evidence of northern Altyn uplift in late Cenozoic. *Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry*, 20(4): 222 – 224 (in Chinese with English abstract).
- Wang, H. Z., Wang, Z. Q., Zhu, H., et al., 1980. The tectonic structure and paleogeography of late Protozoic in China. *Chinese Journal of Geology*, (2): 103 – 111 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Z. Q., Yang, J. S., Zhang, J. X. et al., 1999. Comparison between the tectonic units on the two sides of the Altun sinistral strike slip fault and the mechanism of lithospheric shearing. *Geoscientia Sinica*, 73(3): 193 – 205 (in Chinese with English abstract).
- Xu, Z. Q., Zeng, L. S., Yang, J. S., et al., 2004. Role of large scale strike slip faults in the formation of petroleum bearing compressional basin mountain range system. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(6): 631 – 643 (in Chinese with English abstract).
- Yang, F., Ye, S. J., Cao, C. C., et al., 1994. Right lateral characteristics of the middle eastern segment of Altun fault in Cenozoic era. *Scientia Geologica Sinica*, 29(4): 346 – 354 (in Chinese with English abstract).
- Yu, H. F., Lu, S. N., Zhao, F. Q., et al., 1998. Lithostruc tural evidences of ancient Altyn Tagh and its significant. *Progress in Precambrian Research*, 21(4): 10 – 15 (in Chinese with English abstract).
- Yue, Y. J., Liou, J. G., 1999. Two stage evolution model for the Altyn Tagh fault, China. *Geology*, 27(3): 227 – 230.
- Zhang, J. X., Zhang, Z. M., Xu, Z. Q., et al., 1999a. The existence evidence of Caledonian mountain root in Altun fault belt the age of Sm Nd and U Pb of eclogite in the West segment of Altun tectonic belt. *Chinese Science Bulletin (Ser. D)*, 44(10): 1109 – 1112 (in Chinese).
- Zhang, J. X., Zhang, Z. M., Xu, Z. Q., et al., 1999b. The discover of Kongzi rock system in west segment of Altun and its elementary research of petroleum and isotopic age. *Chinese Science Bulletin (Ser. D)*, 29(4): 298 – 355 (in Chinese).
- Zhang, W. Y., Ye, H., Zhong, J. Q., 1978. The Block and Plate. *Science of China (Ser. D)*, (2): 195 – 221 (in Chinese).
- Zhang, Z. T., 1985. On the geological characters of the Altun fault. *Chinese Academy of Geological Sciences, Bulletin in Xi'an Institute Geology Mineral Research*, (9): 20 – 32 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, Y., Pan, Y. S., 1998. Determination of the dextral slip of Mangya Subei segment of Altun fault. *Scientia Geologica Sinica*, 33(1): 9 – 15 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

蔡学林, 魏显贵, 刘援朝, 1992. 阿尔金山走滑断裂构造样式.

- 成都地质学院学报, 19(1): 8–17.
- 车自成, 刘良, 刘洪福, 等, 1998. 阿尔金断裂系的组成及相关中生代含油气盆地的成因特征. 中国区域地质, 17(4): 377–384.
- 车自成, 刘良, 孙勇, 1995. 阿尔金铅、钨、铋、氧同位素研究及其早期演化. 地球学报, (3): 334–337.
- 陈能松, 王新宇, 张宏飞, 等, 2007. 柴–欧微地块花岗岩地球化学和 Nd Sr Pb 同位素组成: 基底性质和构造属性启示. 地球科学——中国地质大学学报, 32(1): 7–21.
- 陈宣华, 尹安, George E. G., 等, 2002. 青藏高原北缘中生代伸展构造⁴⁰Ar/³⁹Ar 测年和 MDD 模拟. 地球学报, 23(4): 305–310.
- 陈正乐, 万景林, 王小凤, 等, 2002. 阿尔金断裂带 8 Ma 左右的快速走滑及其地质意义. 地球学报, 23(4): 295–300.
- 崔军文, 张晓卫, 李朋武, 2002. 阿尔金断裂: 几何学、性质和生长方式. 地球学报, 23(6): 509–516.
- 冯先岳, 1982. 阿尔金断裂带. 见: 中国地震学会地震地质专业委员会编, 中国活动断裂. 北京: 地震出版社.
- 葛肖虹, 刘永江, 任收麦, 等, 2001. 对阿尔金断裂科学问题的再认识. 地质科学, 36(3): 319–325.
- 国家地震局阿尔金活动断裂带课题组, 1992. 阿尔金活动断裂带. 北京: 地震出版社.
- 郭召杰, 张志成, 王建君, 等, 1998. 阿尔金山北缘蛇绿岩带的 Sm Nd 等时线年龄及其大地构造意义. 科学通报, 43(18): 1981–1984.
- 江平, 范小林, 2005. 敦煌盆地中、下侏罗统含油气系统分析. 地球科学——中国地质大学学报, 30(2): 211–214.
- 李海兵, 杨经绥, 许志琴, 等, 2001. 阿尔金断裂带印支期走滑活动的地质及年代学证据. 科学通报, 46(16): 1333–1338.
- 刘刚, 李述靖, 赵福岳, 等, 2006. 阿尔金–康西瓦剪切–推覆系统和帕米尔推覆构造的遥感解析. 地球学报, 27(1): 31–34.
- 刘永江, 葛肖虹, Genser, J., 等, 2003. 阿尔金断裂带构造活动的⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄证据. 科学通报, 48(12): 1335–1341.
- 刘永江, 葛肖虹, 叶慧文, 等, 2001. 晚中生代以来阿尔金断裂的走滑模式. 地球学报, 22(1): 23–28.
- 潘桂棠, 焦淑沛, 徐耀荣, 等, 1984. 阿尔金山新生代构造及造山性质. 见: 地质矿产部青藏高原地质文集编委会编, 青藏高原地质论文集(15). 北京: 地质出版社, 113–119.
- 任纪舜, 肖黎薇, 2004. 1:25 万地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱. 地质通报, 23(1): 1–11.
- 汤良杰, 金之钧, 戴俊生, 等, 2002. 柴达木盆地及相邻造山带区域断裂系统. 地球科学——中国地质大学学报, 27(6): 676–682.
- 田在艺, 柴桂林, 林梁, 1990. 塔里木盆地的形成与演化. 新疆石油地质, 11(4): 259–275.
- 万景林, 王瑜, 李齐, 等, 2001. 阿尔金山北段晚新生代山体抬升的裂变径迹证据. 矿物岩石地球化学通报, 20(4): 222–224.
- 王鸿祯, 王自强, 朱鸿, 等, 1980. 中国晚元古代构造及古地理. 地质科学, (2): 103–111.
- 许志琴, 杨经绥, 张建新, 等, 1999. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制. 地质学报, 73(3): 193–205.
- 许志琴, 曾令森, 杨经绥, 等, 2004. 走滑断裂、“挤压性盆–山构造”与油气资源关系的探讨. 地球科学——中国地质大学学报, 29(6): 631–643.
- 杨藩, 叶素娟, 曹春潮, 等, 1994. 新生代阿尔金断层中、东段右行走滑特征. 地质科学, 29(4): 346–354.
- 于海峰, 陆松年, 赵风清, 等, 1998. 古阿尔金断裂的岩石构造依据及意义. 前寒武纪研究进展, 21(4): 10–15.
- 张建新, 张泽明, 许志琴, 等, 1999a. 阿尔金构造带西段榴辉岩的 Sm Nd 及 U Pb 年龄—阿尔金构造带中加里东期山根存在的证据. 科学通报, 44(10): 1109–1112.
- 张建新, 张泽明, 许志琴, 等, 1999b. 阿尔金西段孔兹岩系的发现及岩石学、同位素年代学初步研究. 中国科学(D 辑), 29(4): 298–355.
- 张文佑, 叶鸿, 钟嘉道, 1978. “断块”与“板块”. 中国科学(D 辑), (2): 195–221.
- 张治洮, 1985. 阿尔金断裂带的地质特征. 中国地质科学院西安地质矿产研究所刊, (9): 20–32.
- 周勇, 潘裕生, 1998. 茫崖—肃北段阿尔金断裂右旋走滑运动的确定. 地质科学, 33(1): 9–15.