

阿尔金山的构造归属及其构造运动特征

伍跃中

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

摘要: 通过对阿尔金山各边界断裂性质和阿尔金山南缘断裂构造活动特点的系统分析, 结合阿尔金山与南塔里木地块岩石建造组合特征进行比较, 认为阿尔金山原属于南塔里木地块的组成部分, 长城纪以后逐渐转化为南塔里木地块边缘活动带。其3条边界断裂分属于不同的断裂系统, 具有各自不同的形成和演化历史。阿尔金山南缘断裂活动的力学性质、运动方向具有多级周期性反复的特点, 较好地揭示了阿尔金山地壳波浪状构造演化特征。

关键词: 阿尔金山; 构造运动; 断裂演化; 地壳波浪运动

中图分类号: P542⁺. 3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)02-0111-07

Tectonic Attribution and Movement Characteristic of Altyn Mountain

WU Yue-zhong

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract Through the systematic analysis of the faults in Altyn mountain and the tectonic nature of southern marginal fault of Altyn as well as petrographic formation comparison between Altyn Mountain and South Tarim block, it is considered that Altyn is a part of South Tarim block till Changchengian Period. After Changchengian Period, Altyn gradually became a marginal mobile belt of South Tarim block. The three marginal faults of Altyn belong to different tectonic systems and have different evolution histories. The activity of South Altyn fault is characterized by multi-stages and cyclical repeat both in dynamic property and movement direction, which shows the wavy tectonic evolution characteristic of Altyn.

Key words: Altyn Mountain; tectonic movement; fault evolution; wavy movement of earth crust

0 引言

阿尔金山由于其所处的特殊地理、地质位置, 历来是中外地质学者关注的对象^[1-39]。近年来, 随着青藏高原1:25万区域地质调查的全面实施、阿尔金构造带两侧盆地内油气勘探的深入开展、阿尔金成矿带找矿勘探投资力度的加大以及阿尔金山作为青藏高原隆升边界的大陆动力学意义研究等众多因素的影响, 阿尔金地区进一步成为当今地质研究的热点地区之一^[37-44]。迄今为止, 在岩石地层、断裂构造、同位素测年等许多方面都取得了大量的新资料和新认识。然而, 对于阿尔金山的构造

归属, 阿尔金断裂的动力学意义, 还有传统上所谓的阿尔金断裂系的形成时代、延伸规模、力学性质、运动方向和断裂两盘错动的距离等一些关键性地质问题的认识还远未达成共识, 许多观点甚至是完全对立的, 这也正好体现了阿尔金山地质构造的重要性和复杂性。笔者从阿尔金山各边界断裂性质和南缘断裂活动性方面讨论其构造属性和构造活动特点。

1 阿尔金山各边界断裂性质

阿尔金山呈狭长的三角形耸立于青藏高原西北边缘, 其西北缘、东南缘和北缘均以深大断裂为界,

收稿日期: 2007-12-20

基金项目: 中国地质调查局项目(200415100001; 1212010781048)

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

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

构成了截然的地理地貌和地质边界(图 1~2)。前人在讨论阿尔金断裂系的形成时代及其活动性质时一般没有将阿尔金西北缘、南缘和北缘红柳沟—拉配泉 3 条边界断裂区别对待,而是将阿尔金山整个隆起区及其与塔里木盆地东南缘发育的 3 条隐伏断裂当作统一的断裂系统来分析。对此笔者在卫星遥感图像宏观解译和野外调查基础上,充分参考了近年来大量的区域地质调查和研究成果,总结了阿尔金山各边界断裂的展布特征和构造性质,认为阿尔金山南缘断裂、西北缘断裂和北缘的红柳沟—拉配泉断裂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⁴³。

由图 2 可知,阿尔金西北缘断裂与塔里木盆地东南缘的 3 条隐伏断裂(米兰—红柳园断裂、且末—尖山断裂和罗布庄—星星峡断裂)平行,且呈近等间距展布,应属于同一应力场形成的断裂构造系统,它们与南缘断裂存在 15°~20°的夹角,因此有别于南缘断裂。西北缘断裂系向西南延伸后,部分与西昆仑北西向断裂呈弧形连接,一支(狭义的西北缘断裂)与库牙克断裂相连;向东北平直延伸,至少穿越了甘蒙交界的北山构造带,可能延伸到中国东部的西拉木伦河^[26]或穿过祁连山延伸至阿拉

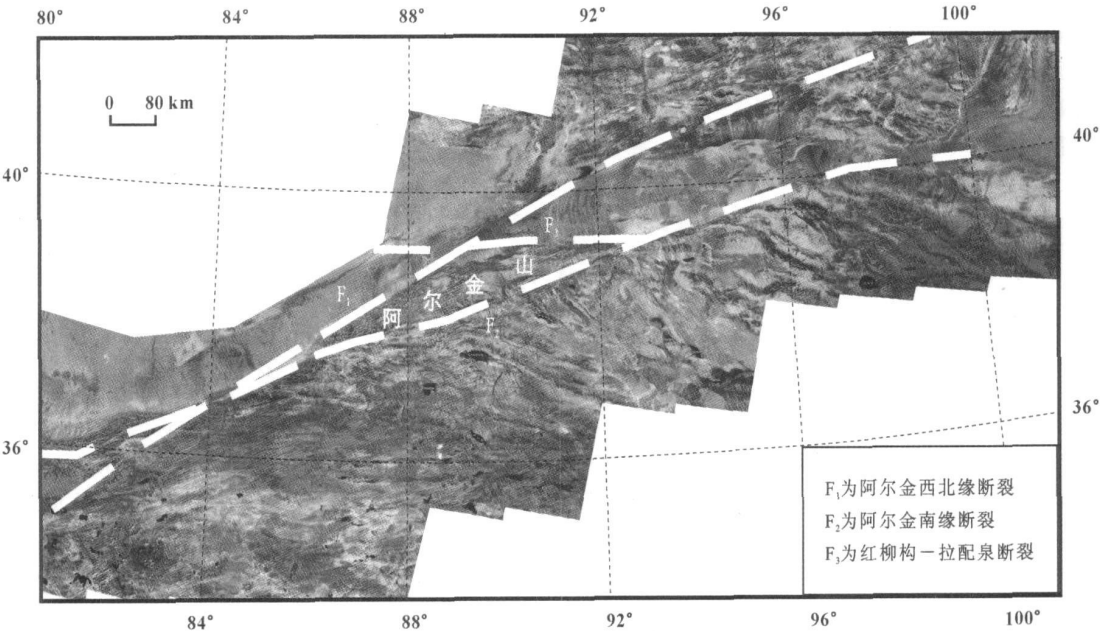


图 1 阿尔金山及邻区卫星遥感影像(TM543)

Fig. 1 Satellite Remote Sensing Image of Altyn Mountain and Vicinal Region (TM543)

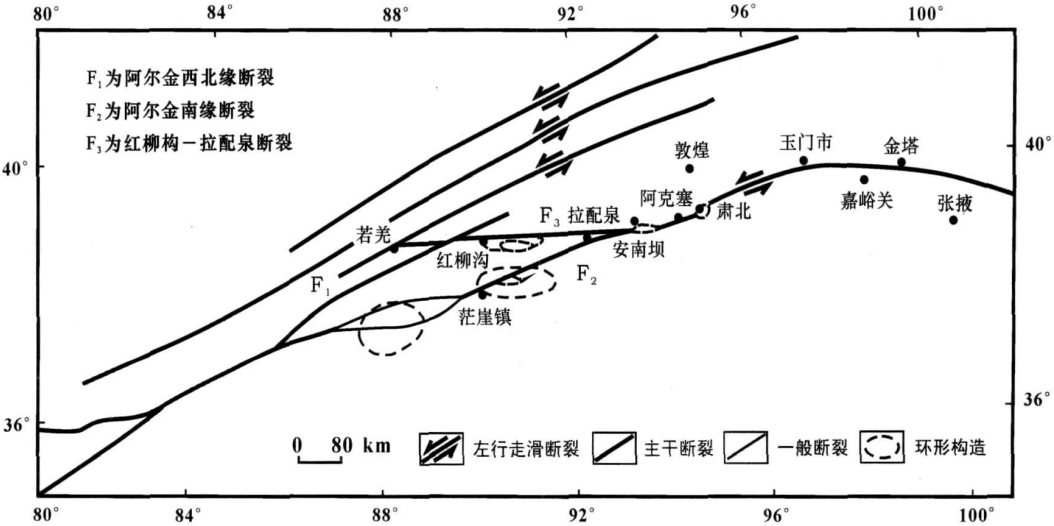


图 2 阿尔金山及邻区主干断裂与环形构造分布

Fig. 2 Distribution of the Main Faults and Annulations in Altyn Mountain and Vicinal Region

善—内蒙古东部断裂至俄罗斯的鄂霍次克(Okhotsk)海^[22]。基于上述特征,笔者曾将该断裂系称为阿尔金西北缘—北山剪切断裂系。根据库牙克断裂构成东昆仑山与西昆仑山的分界线,但东、西昆仑古生代构造带具有可对接的基本事实,说明库牙克断裂可能形成于晚古生代末,亦即阿尔金西北缘—北山剪切断裂系可能形成于晚古生代末。该断裂系中新生代以来以强烈的左行走滑为主要运动趋势,是新近纪中亚共轭滑移系中左行走滑断裂的组成部分^[43]。

由阿尔金山及邻区航磁异常图(图 3)可知,阿尔金山区与南塔里木地块具有一致的正高磁异常特征,而正高磁异常可能是太古宇—古元古界结晶基底的反映。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^[46],说明阿尔金山区与南塔里木地块很可能原本是统一的整体。根据遥感影像解译的阿尔金南缘断裂带正好与区域正高磁异常东南边缘条带一致,从而推断阿尔金南缘断裂应该是在南塔里木地块东南边界基础上于中新元古代发展起来的。笔者曾经指出并还将进一步阐述,该断裂在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,其东北端最终与走廊南山断裂复合,西南端与康西瓦断裂和柯岗断裂复合;在中新生代由于塔里木地块与周围地块的相互作用以及青藏高原的快速隆升而分段差异复活,延伸长度约 1 600 km^[43]。

北缘的红柳沟—拉配泉断裂是一条由密集发

育的一系列断裂组成的断裂带,总体呈近东西向展布,与南缘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。据郭少杰^[19]及天津地质矿产研究所^[47]研究,红柳沟—拉配泉发育一条蛇绿混杂岩带,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。认为该条带可能是阿尔金北缘蛇绿岩带向西延伸的反映。该蛇绿岩岩石组合中发育一套基性火山岩,主要为钠质玄武岩、拉斑玄武岩、碱流岩和碱性粗面岩组合,但其稀土总量不高,锶同位素初始比值小于 0.710,钆质量分数远大于钇^[44],根据上述特点综合分析,该处当时很可能属于大陆边缘或陆间裂谷性质。红柳沟—拉配泉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^[31]。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,说明该断裂带虽然形成早但具有多期复活的特点。

综上所述,阿尔金山地区在新太古代—古元古代应属于南塔里木地块组成部分。但两个地区的长城系却存在明显的差异,塔里木铁克力克地区为细碧角斑岩建造,而阿尔金山区却为一套陆缘碎屑岩—碳酸盐岩夹火山岩沉积^[46],说明该区在长城纪以后才逐渐具有相对独立演化的特点。直到晚古生代末发育阿尔金北缘—北山剪切断裂系之前,两者可能始终并未彻底分隔,其间该区成为南塔里木地块东南边缘构造活动带,而红柳沟—拉配泉陆缘或陆间

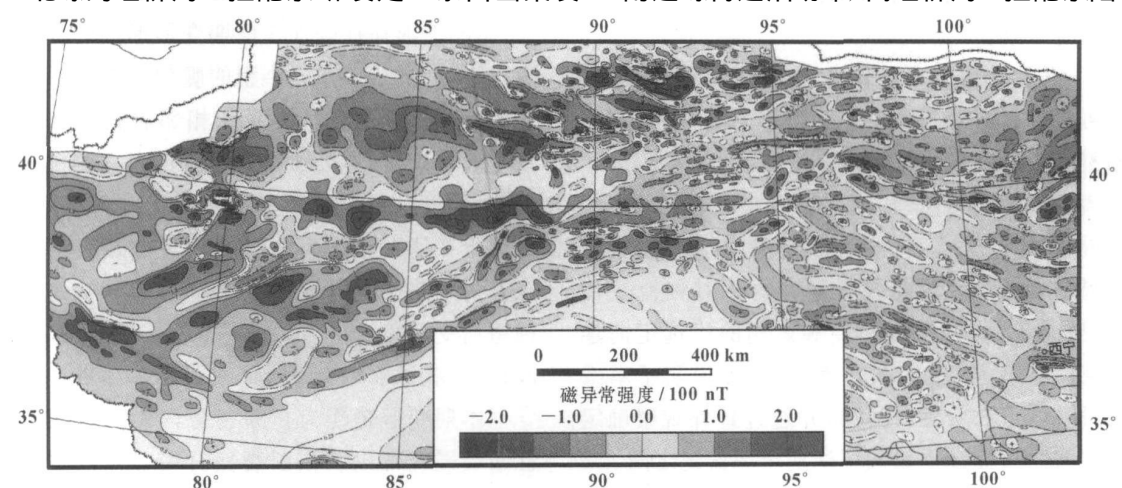


图 3 阿尔金山及邻区航磁异常(据朱英^[45]修编)

裂谷可能是南塔里木地块与北塔里木地块之间的塔中构造带最后闭合拼接带。中生代以后,阿尔金南缘断裂带两侧地质体结合较为稳固,而此时西北缘断裂系活动性相对较强,于是随着青藏高原的快速隆升,阿尔金地块便以西北缘断裂系为边界与之整体隆升,最终形成高耸的阿尔金山系。

2 阿尔金南缘断裂活动性对阿尔金地块构造运动特征的揭示

阿尔金南缘断裂自始至终都是阿尔金地块的重要边界,也被称为阿尔金主断裂,其活动性质与演化历史最能体现阿尔金地块的构造运动特点。因此,探讨阿尔金南缘断裂活动性是揭示阿尔金地区构造运动特征的最佳途径。

关于阿尔金南缘断裂带构造活动性质的探讨主要包括断裂的活动时期、受力性质、活动强度和运动学特点等,前人曾经做过大量的调查研究^[6, 9, 11-13, 15-16, 18, 20, 22-27, 29-30, 32-34],分别对某些段落(如东段)或某些地质时期(如中生代)和某些变形类型的断裂活动特征进行过专门论述,有的重点对中生代以来的断裂活动进行了大量的同位素测年工作或专门对区内超高压变质岩进行岩石学和同位素测年研究,也有的从宏观上探讨了阿尔金断裂与相邻构造带的结合关系。迄今为止,尚未有人对南缘断裂形成演化史及其构造变形和构造活动特征进行全面系统的总结。

2.1 阿尔金南缘断裂带主要变形期次

通过卫星影像判读和大量的野外调查确定,阿尔金南缘断裂带内现存可识别的一级构造变形遗迹主要有 3 期。

2.1.1 压扭性右行走滑作用形成的韧性剪切变形

本期变形断续分布,且各处宽窄不一,但在整个断裂带各段落几乎都可观察到,因此是一次区域性规模巨大的断裂活动。

周勇等^[18]在茫崖—肃北段发现,奥陶系受到强烈的塑性变形,沿着断裂带发育的不对称流变褶曲、II 型 S-C 组构、云母“鱼”和矿物的优选定向连石英的[001]轴组构图式等,皆一致说明了南缘断裂带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。

据苏吾什杰幅^[48]1:25 万区域地质调查报告,乌尊硝尔—约马克其一线,南缘断裂带的断裂谷地两侧断续出露韧性剪切带,最宽百余米。卷入该期

变形的青白口系索尔库里群碳酸盐岩和砂板岩、阿尔金岩群的副变质岩均已糜棱岩化,糜棱岩带中同构造石英脉、长英质条带剪切褶皱倒向和长石旋转碎斑以及多米洛骨牌构造也都反映出压扭性右行走滑特点。

又据瓦石峡幅^[49]和阿尔金山幅^[50]1:25 万区域地质调查报告,在黄土泉西部,该期韧性剪切带属于逆冲性质的韧性剪切带。在主断裂北侧规模一般都较大,岩石变形十分强烈,岩性已变为糜棱岩、超糜棱岩、干糜岩和糜棱片岩等,单条韧性剪切带宽度达几十米至上百米;而在主断裂南侧的岩石中仅形成一些小型的该类韧性剪切带,单条韧性剪切带宽度一般只有几米至十几米。

从上述描述的各不同段落的变形特征和卷入的岩石地层情况分析,它们应该是同一期断裂构造变形的产物。说明在早古生代中晚期,阿尔金南缘断裂带发生了一次主构造应力来自西北侧,规模巨大的压扭性右行走滑作用,主要表现为韧性剪切变形特征。

2.1.2 左行走滑兼逆冲作用形成的韧性-脆韧性剪切变形

本期变形在断裂带的中段各处特征较明显。据苏吾什杰幅区调报告,在乌尊硝尔正南可见侏罗系砂岩受该期断裂活动影响,发育顶厚不对称剪切褶皱,砂岩糜棱岩化、片理化。根据糜棱岩旋转碎斑构造运动指向和剪切褶皱轴向与剪切带产状关系判断,本期变形为左行走滑活动的结果。又据顶厚不对称剪切褶皱发育特征推知,本期断裂活动发生于侏罗纪砂岩同沉积或稍晚期。野外调查可见,本期变形往往叠加在前期变形形成的韧性剪切带之上,并形成一系列小型的脆韧性剪切带或劈理化带,产状近于直立,并导致相邻岩石的前期面理发生剪切旋转,形成轴面和枢纽近直立的膝折状褶皱,显示出左行走滑性质。由此可知,阿尔金南缘断裂带在侏罗纪末发生了一次规模较大的以左行走滑为主兼逆冲性质的断裂活动,主要表现为脆韧性剪切变形特征。

2.1.3 脆性破碎变形和断裂面纯剪作用

本期变形表现为在断裂带内发育一系列的脆性断裂破碎带以及主断裂面分段显示的纯剪变形现象(主要在东段和西段)。

进一步考察发现,南缘断裂带脆性变形阶段还存在着多次构造应力转变和运动方向反复的现象。

在断裂带中段苏吾什杰幅内,脆性断裂磨光面可见两组擦痕,一组擦痕产状 $75^{\circ}\sim 90^{\circ}/15^{\circ}\sim 35^{\circ}$,另一组擦痕垂直向上,明显可见前者叠加于后者之上,显示早期逆冲、晚期右行平移作用。在断裂北侧(帕夏西)发育有与主断裂相关的羽状剪节理,也显示右行走滑运动。但该段南侧主边界断裂的断裂面向南东陡倾,其最新一期脆性变形则表现为以左行走滑为主的特点。

在断裂带中段阿尔金幅内则发现,一系列次级断层发育的小型错动面擦痕和两侧第四系牵引褶皱形态特征显示,断裂带脆性变形阶段经历了早期具逆冲性质、中期具正滑性质、晚期具左行走滑性质的活动过程。

断裂带内最新一期一系列次级断裂与主断裂或平行或呈小角度交切,断裂相互切割,表现出交互脉冲的作用特点,最后形成了正断长条形凹槽和正花状、负花状构造等多种构造样式^[28]。

综上所述,南缘断裂带自新生代以来的脆性断裂活动经历了早期的逆冲兼右行、中期的正滑和晚期的左行走滑作用。以晚期南盘为主动盘的左行走滑作用最强烈,并且在该时期内还存在正滑、南北交互逆冲的脉冲作用特点。

2.2 阿尔金南缘断裂带构造活动旋回划分

从上述3期主要变形特征描述可知,时代较早的1~2期变形主要表现为压性和压扭性变形,而第3期脆性变形阶段不论在应力性质、应力方向还是应力强度等方面都存在着明显的周期性反复,造成断裂活动表现出挤压逆冲与张裂正断、右行与左行、南北对冲与反冲等周期性的转化。为何占据了那么长地史时期的构造变形却只表现出压性与压扭性而未显示出张性及张扭性呢?这是由于挤压和压扭性走滑作用往往伴随断裂两盘地质块体的紧密接触,于是造成的各类变形规模大、变形强烈、连续性好,变形遗迹容易保存。相对而言,由于张裂或张扭性作用使得两侧地质块体逐渐分离,造成的变形强度较小、连续性差,变形遗迹难以保存。因此除了新生代以外,很难从变形特征单方面全面恢复较早地质时期的断裂活动特征。

不过,大型断裂大规模张裂或张扭性活动的直接结果往往会形成一系列的裂陷盆地和拉分盆地,并接受沉积,据此不难识别对应于上述断裂前两期主要变形期的张裂或张扭活动所造就的沉积特征。沿阿尔金南缘断裂带的茫崖至拉配泉一带等多处

都分布着寒武纪一早中奥陶世沉积,呈狭窄长条状展布,东北与红柳沟—拉配泉陆间裂谷相连。总体来说,该条带东北宽、沉积厚度大、活动性强;西南窄、沉积规模小、活动性弱。说明当时南缘断裂发生了自东北向西南的撕裂作用,亦即发生了左旋张扭性裂陷作用。这正好与奥陶纪中晚期开始的第1期变形作用组成一个由大型左旋张扭到大型右旋压扭的完整构造活动旋回。沿断裂带中段断续分布着早中侏罗世沉积,也呈狭窄长条状展布,从断陷盆地的构造格局、断超关系、组合特征及形成机制等方面分析,阿尔金南缘断裂带在此一时期具有右旋走滑拉分性质^[51]。这正好与晚侏罗世开始的第2期变形作用组成又一个由大型右旋张扭到大型左旋压扭的完整构造活动旋回。至于新生代以来脆性变形阶段的断裂活动旋回前面已有详细讨论,此不赘述。需要强调的是,该旋回内还可以进一步分出应力转化的次级旋回和更次一级的断裂两盘的交互脉冲作用。

除了上述3大构造活动旋回外,还存在2个断裂活动相对平静期(或隆升期)。一个大约是晚古生代至三叠纪,整个阿尔金山地区继承了早古生代末的隆起状态,未接受沉积;另一个约是晚侏罗世至白垩纪,阿尔金山地区处于挤压隆升状态,未接受沉积。当然上述2个隆升期的准确时限还有待进一步研究。

3 结语

(1)阿尔金山是由阿尔金南缘断裂、阿尔金西北缘—北山剪切断裂系和红柳沟—拉配泉断裂所围限的地块。阿尔金地块在新太古代—古元古代应属于南塔里木地块组成的部分,长城系以后逐渐转化为具有相对独立演化特点的构造活动带。3条边界断裂(带)分属于不同的断裂系统,具有不同的形成和演化历史,但又相互影响,相互制约。

(2)阿尔金南缘断裂带构造活动具有多级多旋回演化特征。一级活动旋回包括3个活动期和2个隆升期。第1个活动旋回包括寒武纪一早中奥陶世的左旋张扭和中奥陶世—泥盆纪的自北而南的逆冲压扭性右行走滑作用,之后的晚古生代到三叠纪为第1个相对稳定隆升时期。然后是第2个活动旋回,包括早中侏罗世的右旋张扭和晚侏罗世—早白垩世的左行走滑兼逆冲作用,接下来白垩纪是第2个相对稳定隆升时期。最后是第3个活

动旋回,包括新生代早期的逆冲兼右行走滑、中期的正滑和晚期的左行走滑作用。晚期以左行走滑作用为主的活动阶段还包括正滑、南北交互逆冲的脉冲作用的次级活动旋回。

(3)阿尔金南缘断裂构造活动不但具有多级多旋回演化的特点,而且同级别构造活动旋回具有活动与相对稳定的交替、运动方向的一左一右、受力性质的一张一压等所导致的逆冲与正断的多级交替反复等现象。说明该断裂带构造演化无论从走向还是从横向的空间、时间、受力强度和运动方向上都呈现出较好的波动性。张伯声等认为^[52-55],由于地球以收缩为总趋势的缩胀脉动,导致地球的形态在演化过程中呈“准球体—负准四面体—准球体—正准四面体—准球体—……”的驻波脉动,在每种形态的大阶段中,又包含着次级、更次一级的驻波脉动,于是引发级级相套的地壳波浪运动。这种地壳波浪运动无时不有,有时有,无处不在,最终在空间上表现为地质构造形迹分布的等间距性,时间上表现为构造活动与相对稳定的周期性和多旋回性。因此,上述描述的阿尔金南缘断裂的构造活动特征正是地壳波浪运动在阿尔金地块的具体体现。显然采用任何简单的左行、右行或逆冲、正滑作用模式和相应的构造类型都不能合理和全面地解释其形成和演化规律。

成文中得到西北大学王战教授的指导和帮助,谨致最衷心的感谢!

参考文献:

- [1] 张文佑, 叶 鸿, 钟嘉道. 断块与板块[J]. 中国科学, 1978 (2): 195-212.
- [2] 王鸿祯, 王自强, 朱 鸿, 等. 中国晚元古代构造及古地理[J]. 地质科学, 1980(2): 103-111.
- [3] 李春昱. 中国板块构造的轮廓[J]. 中国地质科学院院报, 1980(1): 11-22.
- [4] 潘桂棠, 焦淑沛, 徐耀荣, 等. 阿尔金山新生代构造及造山性质[C] //地质矿产部青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质论文集(15). 北京: 地质出版社, 1984.
- [5] Boynton W V. Cosmochemistry of the Rare Earth Elements; Meteorite Studies[J]. De V Geochem, 1984, 2: 63-114.
- [6] 张治洮. 阿尔金断裂带的地质特征[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1985(9): 20-32.
- [7] 黄汉纯, 王长利. 阿尔金构造带特征及其对塔里木和柴达木盆地的影响[J]. 地球学报, 1987(17): 17-31.
- [8] 田在艺, 柴桂林, 林 梁. 塔里木盆地的形成与演化[J]. 新疆石油地质, 1990, 11(4): 259-275.
- [9] 蔡学林, 魏显贵, 刘援朝. 阿尔金山走滑断裂构造样式[J]. 成都地质学院学报, 1992, 19(1): 8-17.
- [10] Story B C, Alabaster T, Macdonald D L M, et al. Upper Rooterzic Rift-Related Rocks in the Pen-Sacola Mountains, Autortica; Precursors to Super Contin[J]. Ent Breakup Tectonics, 1992, 11(6): 1379-1403.
- [11] 国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组. 阿尔金活动断裂带[M]. 北京: 地震出版社, 1992.
- [12] 杨 藩, 叶素娟, 曹春潮, 等. 新生代阿尔金断层中、东段右行走滑特征[J]. 地质科学, 1994, 29(4): 346-354.
- [13] 郑剑东. 阿尔金断裂研究进展[C] //刘若新. 现今地球动力学研究及其应用. 北京: 地震出版社, 1994.
- [14] 车自成, 刘 良, 孙 勇. 阿尔金铅、钨、铋、氧同位素研究及其早期演化[J]. 地球学报, 1995(3): 334-337.
- [15] Zhou Da, Stephan A G. Extrusion of the Altyn Tagh Wedge: a Kinematic Model for the Altyn Tagh Fault and Palinspastic Reconstruction of Northern China[J]. Geology, 1996, 24: 427-430.
- [16] Wang Erchie. Displacement and Timing Along the Northern Strand of the Altyn Tagh Fault Zone, Northern Tibet[J]. Earth Planet Sci Lett, 1997, 150(1/2): 55-64.
- [17] 于海峰, 陆松年, 赵风清, 等. 古阿尔金断裂的岩石构造依据及意义[J]. 前寒武纪研究进展, 1998, 21(4): 10-15.
- [18] 周 勇, 潘裕生. 茫崖—肃北段阿尔金断裂右旋走滑运动的确定[J]. 地质科学, 1998, 33(1): 9-15.
- [19] 郭召杰, 张志成, 王建君, 等. 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[J]. 科学通报, 1998, 43(18): 1981-1984.
- [20] 许志琴, 杨经绥, 张建新, 等. 阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制[J]. 地质学报, 1999, 34(3): 193-205.
- [21] 张建新, 张泽明, 许志琴, 等. 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[J]. 中国科学: D 辑, 1999, 29(4): 298-355.
- [22] Yue Y J, Liou J G. Two-Stage Evolution Model for the Altyn Tagh Fault, China[J]. Geology, 1999, 27: 227-230.
- [23] Rumelhart P E, Yin A, Cowgill E, et al. Cenozoic Vertical-Axis Rotation of the Altyn Tagh Fault System[J]. Geology, 1999, 27: 819-822.
- [24] Bradley D. Ritts and Ulderico Biffi Magnitude of Post-Middle (Bajocian) Displacement on the Central Altyn Tagh Fault System, Northwest China[J]. GSA Bulletin, 2000, 112: 61-74.
- [25] Eric C, Yin A, Wang X F, et al. Is the North Altyn Fault Part of a Strike-Slip Duplex Along the Altyn Tagh Fault System? [J]. Geology, 2000, 28: 255-258.
- [26] 葛肖虹, 刘永江, 任收麦, 等. 对阿尔金断裂科学问题的再认识[J]. 地质科学, 2001, 36(3): 319-325.
- [27] 李海兵, 杨经绥, 许志琴, 等. 阿尔金断裂带印支期走滑活动的地质及年代学证据[J]. 科学通报, 2001, 46(16): 1333-1338.
- [28] 刘俊来, 潘宏勋, 任收麦, 等. 阿尔金断裂双层花状构造的厘

- 定[J]. 地质科学, 2003, 38(1): 52-59.
- [29] 刘永江, 葛肖虹, 叶慧文, 等. 晚中生代以来阿尔金断裂的走滑模式[J]. 地球学报, 2001, 22(1): 23-28.
- [30] 万景林, 王 瑜, 李 齐, 等. 阿尔金山北段晚新生代山体抬升的裂变痕迹证据[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2001, 20(4): 222-224.
- [31] 陈宣华, 尹 安, George E G, 等. 青藏高原北缘中生代伸展构造 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年和 MDD 模拟[J]. 地球学报, 2002, 23(4): 305-310.
- [32] 陈正乐, 万景林, 王小凤, 等. 阿尔金断裂带 8 Ma 左右的快速走滑及其地质意义[J]. 地球学报, 2002, 23(4): 295-300.
- [33] 崔军文, 张晓卫, 李朋武. 阿尔金断裂: 几何学、性质和生长方式[J]. 地球学报, 2002, 23(6): 509-516.
- [34] Yin A, Rumelhart P E, Butler R, et al. Tectonic History of the Altyn Tagh Fault System in Northern Tibet Inferred from Cenozoic Sedimentation[J]. GSA Bulletin, 2002, 114: 1257-1295.
- [35] 李 侠. 阿尔金构造带形成机制探讨[J]. 长安大学学报: 地球科学版, 2003, 25(1): 7-10.
- [36] 刘永江, 葛肖虹, Genser J, 等. 阿尔金断裂带构造活动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄证据[J]. 科学通报, 2003, 48(12): 1335-1341.
- [37] 任纪舜, 肖黎薇. 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[J]. 地质通报, 2004, 23(1): 1-11.
- [38] 中国地质调查局. 阿尔金—昆仑山地区区域地质调查成果与进展[J]. 地质通报, 2004, 23(1): 68-96.
- [39] 王永和, 校培喜, 张汉文, 等. 苏吾什杰幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报, 2004, 23(5/6): 560-563.
- [40] 李 江, 覃小锋, 陆济璞, 等. 瓦石峡幅、阿尔金山幅地质调查新成果及主要进展[J]. 地质通报, 2004, 23(5/6): 579-584.
- [41] Wang Yu, Zhang Xue-min, Wang Erchie, et al. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Thermochronological Evidence for Formation and Mesozoic Evolution of the Northern-Central Segment of the Altyn Tagh Fault System in the Northern Tibetan Plateau[J]. GSA Bulletin, 2005, 117: 1336-1346.
- [42] 刘 刚, 李述靖, 赵福岳, 等. 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[J]. 地球学报, 2006, 27(1): 31-34.
- [43] 伍跃中, 李荣社, 王 战, 等. 阿尔金山各边界断裂的归属性[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2007, 32(5): 662-670.
- [44] 覃小锋, 夏 斌, 李 江, 等. 阿尔金山西段巴什库尔干群斜长角闪岩地球化学特征及构造意义[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(3): 227-233.
- [45] 朱 英. 中国及邻区大地构造和深部构造纲要——全国 1:100 万航磁异常图的初步解释[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [46] 西安地质矿产研究所. 青藏高原北部空白区基础地质调查与研究成果报告[R]. 西安: 西北地质资料馆, 2006.
- [47] 天津地质矿产研究所. 1:25万区域地质调查(石棉矿幅)野外验收简报[R]. 西安: 西安地质矿产研究所, 2006.
- [48] 西安地质矿产研究所. 苏吾什杰幅 1:25万区域地质调查报告[R]. 西安: 西北地质资料馆, 2003.
- [49] 广西壮族自治区地质调查研究院. 1:25万瓦石峡幅区域地质调查报告[R]. 西安: 西北地质资料馆, 2003.
- [50] 广西壮族自治区地质调查研究院. 1:25万阿尔金山幅区域地质调查报告[R]. 西安: 西北地质资料馆, 2003.
- [51] 姚 超, 焦贵浩. 中国含油气构造样式[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- [52] 张伯声, 王 战. 中国的镶嵌构造与地壳波浪运动[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 1974(1): 7-17.
- [53] 张伯声, 王 战. 论地壳的波浪运动[J]. 西安地质学院学报, 1984, 6(1): 9-17.
- [54] 王 战. 新四面体理论与磁极倒转[J]. 西安地质学院学报, 1990, 12(2): 38-45.
- [55] 张伯声, 王 战. 地壳波浪状镶嵌构造学说撮要[J]. 西安地质学院学报, 1993, 15(4): 6-10.