

关于阿尔金北缘活动断裂带运动方式的转变机制的讨论

邢成起 张 杰 吕德徽

(中国地震局兰州地震研究所,兰州 730000)

摘要 通过对构造变形、构造空间展布关系、断面产状变化以及构造应力场等的综合分析研究认为,阿尔金北缘活动断裂带在第四纪内的运动方式经历了由挤压逆掩为主(早更新世—中更新世初期)到左旋走滑兼具挤压逆冲(中更新世中、晚期)直至纯左旋走滑运动(晚更新世—现今)的逐渐转变过程.作用于这种转变,研究区内区域构造应力场的演变大致可以划分为三期,其主压应力轴方向由老至新依次为近南北向、北北东向和北东向.构造应力场和断裂带运动方式的这些变化主要是由于印度板块持续向北推挤导致青藏高原内部次级块体向东滑动、岩石圈物质向东流展而造成的.

关键词 阿尔金断裂带 构造应力场 主应力方向 运动方式 转变机制

1 前言

阿尔金活动断裂带是亚洲大陆内部一条举世瞩目的巨型左旋走滑构造带.它西起西藏自治区北部的郭扎错,东至甘肃省西部的金塔盆地,全长约 1 600 km,总体呈北东东方向延伸.它是青藏高原西北部的一条自然边界,斜切昆仑山,分隔塔里木盆地和柴达木盆地,阻断祁连山,因而在我国西部大地构造演化中占有极其重要的地位.

阿尔金北缘断裂带是阿尔金断裂带的重要组成部分.它沿阿尔金山北麓向东斜截祁连山西北端并继续延伸,全长约 600 km,总体走向为北东东向,局部走向变化范围为 $N 70^{\circ} \sim 90^{\circ} E$ (图 1).多方面的证据表明,该断裂带在第四纪不同时期相继发生了强烈的挤压逆掩、逆冲和左旋走滑运动,本文拟着重对此及其发生机制进行讨论.

近十几年来对阿尔金活动断裂带已进行了大量的考察和研究,取得了有重要意义的成果,尤其是《阿尔金活动断裂带》一书对该

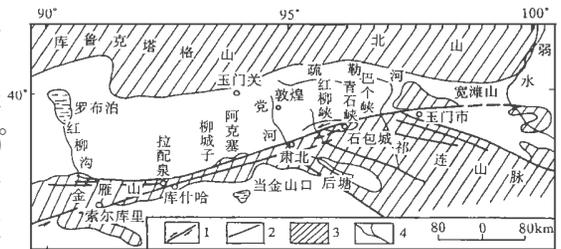


图 1 阿尔金北缘活动断裂带平面展布

Fig. 1 The schematic plan view of active fault zone along north margin of Mt. Altun.

1 阿尔金北缘断裂; 2 其它断裂; 3 山系或隆起; 4 水系

断裂带的形成演化、几何结构、滑动速率、古地震和现代活动特征等方面进行了较详细、深入的论述^[1]。然而,在这些研究工作中,对有关该断裂带在第四纪时期内运动方式的转变及其转变的时代与机制问题尚缺乏系统的分析研究。这一问题的详细研究对深刻认识青藏高原形成演化过程、区域地壳变形机制和现今地球动力学特征等都具有十分重要的理论和实际意义。

阿尔金断裂带具有长期的构造演化历史,在不同时期其运动方式是有明显变化的。这种变化不仅发生于老构造时期,而且也存在于新构造时期^[2~5]。作者通过野外考察和对有关资料的进一步分析认为,该断裂带的重要组成部分——阿尔金北缘活动断裂带第四纪内的运动方式经历了由挤压逆掩到左旋走滑兼具挤压逆冲直至纯左旋走滑运动的转变过程。其中左旋走滑兼具挤压逆冲大致开始于中更新世中期,纯走滑运动则开始于晚更新世初期以后。下面分别就有关问题进行讨论。

2 断裂带运动方式转变的证据

阿尔金北缘活动断裂带的运动方式在第四纪内发生了明显的转变,其主要证据归纳如下:

(1) 在阿尔金断裂带两侧,由晚第三纪以前地层构成的许多大型挤压褶皱的轴面与断裂带走向平行或仅以很小的角度相交,这反映了该断裂具有强烈的挤压性质。但同时,又有一些弧形断裂与主干断裂组成“入字型”构造,这种构造具有断裂东南侧的弧形向北凸出而西北侧的弧形向南凸出的特征。这又反映出断裂的左旋平移运动性质,但其量级显然很小(图 2)。

(2) 由上第三系或上第三系与下更新统构成的褶皱轴向也与断裂带走向平行或以很小锐角相交。例如花马台子向斜和土达板向斜均与断裂带走向平行,肃北西断裂带南侧水红沟背斜轴向为近东西,西水沟紧密向斜轴向为北西西,以很小角度与断裂带走向相交。另外,在断裂带北侧,即照壁山北麓的貂狐泉,疏勒河大坝及狼狗沟等处的上第三系与下更新统同时形成褶曲,轴向为南东东或近东西,也以很小的锐角与此处的断裂带走向相交。

上述(1)和(2)的情况表明,在第三纪直至第四纪早更新世末期甚至更晚一些时期内,阿尔金断裂带的运动方式一直是以强烈挤压逆冲活动为主的,但兼有少量的左旋走滑运动。

(3) 在一个天然剖面上往往

于几十米或数百米的范围内存在着走向相互平行的两条或数条断层,但最新的断层活动总是沿着高倾角断面发生,错动了中更新统或更年轻地层。那些低倾角(小于 40°)断面产生在下更

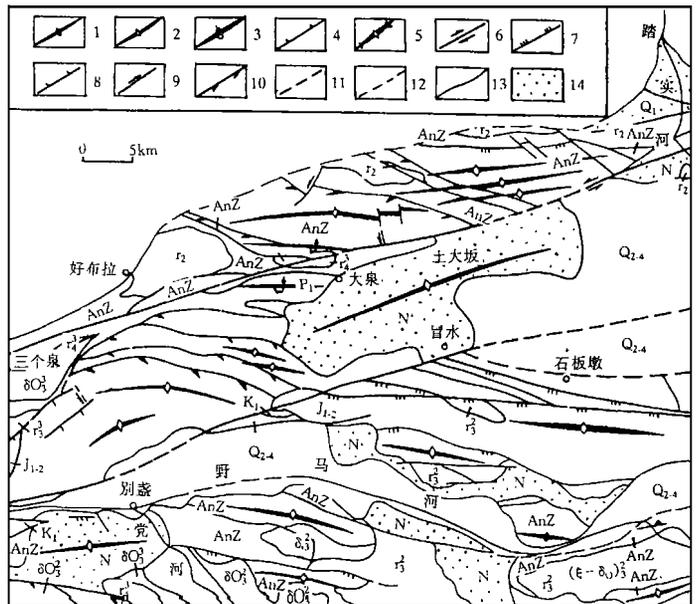


图 2 地质构造(野马山段)

Fig. 2 Geological structures (the Yemashan segment).

- 1 背斜轴; 2 向斜轴; 3 倒转向斜轴; 4 单斜;
5 短轴向斜; 6 阿尔金南北缘断裂; 7 冲断层; 8 张性断层;
9 扭性断层; 10 斜冲断层; 11 山前推隐伏断层;
12 推隐伏断层; 13 地质界线; 14 晚近槽地或盆地沉积

新统和上第三系或更老岩层之中,后者常常逆掩到前者之上,断面挤压特征十分明显(图 3 和图 4)。

(4) 表 1 统计了整个阿尔金北缘活动断裂带的断面产状。从中可以看出如下断裂活动的一些特点:

① 断裂活动由老到新,其断面倾角由小变大,即凡只错动到 Q₁ 地层的断面倾角均小于 40°,一般仅为 30°左右;凡错动了 Q₃ 或其以后更新地层的断面倾角则很大,几乎均在 70°以上,其中许多接近直立;而只错动到 Q₂ 地层的断面倾角则介于上述两种情况之间,为 50°~ 65°。

② 断裂活动由老到新,其断面倾向则由一律南倾(向山内倾斜)变为出现许多北倾(向山外倾斜)的现象,即低倾角断面

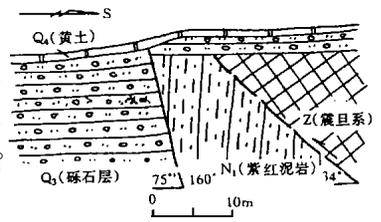


图 3 半果巴断层剖面
Fig. 3 The profile of Banguoba fault.

面均为南倾,高倾角断面既有南倾也有北倾.其中一些高倾角断面在剖面上还多表现为直立的疏缓波状(图 5)。

③ 低倾角断面均为挤压逆冲和逆掩性质,挤压透镜体、片理、劈理及断层泥等沿断面十分发育.高倾角断面特别是 70°以上倾角的断面则既有逆断性质,也有许多为正断性质,沿断面已不再见有强烈挤压的现象存在。

(5) 沿整个北缘断裂带保存有大量 Q₂ 以来不同时期形成的各种断错地貌现象,其左旋水平位移

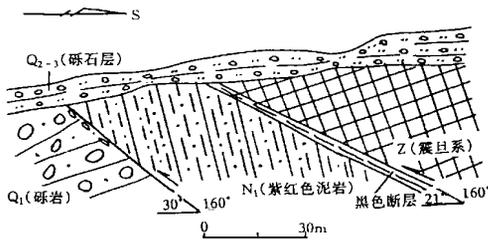


图 4 大鄂博头东附近断层剖面
Fig. 4 Profile of the fault near east Daebotou.

幅度均远大于同期的垂直位移幅度^[1].其中, Q₂ 以来两种位移分量的比值为 3~ 5, Q₃ 以来为 12,表明该断裂带的左旋走滑分量在不断增大。

(6) 区域构造应力场的研究表明^{[1]①},阿尔金断裂带展布区及其附近地区的构造主压应力轴方向自晚第三纪以来发生了明显的由北向北东方向的偏转.相对于总体呈 N 70°E 走向的阿尔金北缘断裂带而言,区域主压应力轴与该断裂带走向间的夹角在逐渐减小,直至现今,二者间的小夹角已导致了该断裂带在作纯左旋走滑型的运动。

综上所述,阿尔金北缘断裂带的运动方式在第四纪内发生了明显变化,即从早期的逆冲逆掩活动为主演变到了晚期以来的纯走滑运动.根据 Q₁ 地层在近南北向区域主压应力作用下形成普遍分布的挤压褶皱和逆掩构造这一现象推测,近南北向的挤压作用至少延续到了 Q₂

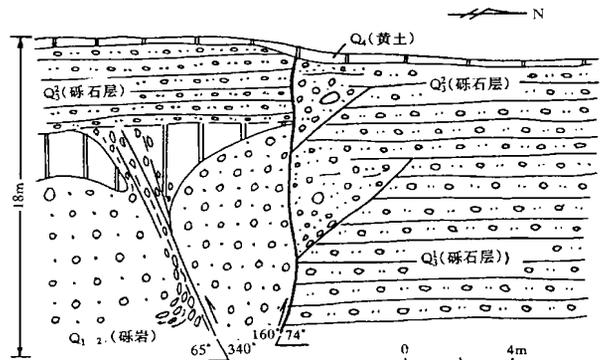


图 5 清水沟断层剖面
Fig. 5 Profile of the Qingshuigou fault.

① 邢成起.区域晚第四纪与现代构造应力场分析.《四〇四厂地区地震基本烈度复核与地震危险性分析》研究报告, 1988.

表 1 阿尔金北缘断裂带断面产状统计结果

编号	地址	倾向 (度)	倾角 (度)	性质	断层泥 厚度 (cm)	两盘地层	断层
1	阿克塞沟	340	76	正		$\frac{Q_2}{N_1} / A_n Z$	金雁山 青崖子断层
2	青崖子	150	76	正		Q_3 / Q_{2-3}	
3	青崖子东	145	30	逆	20~ 30	N_1 / Q_1	青崖子 三个泉子断层
4	红崖子	335	84	逆	无	N_1 / Q_{2-3}	
5	红崖子东 1 km	163	40	逆	80~ 100	N_1 / Q_1	
6	大鄂博头西	160	75	逆	无	N_1 / Q_3	
7	大鄂博头	155	65	逆	0.5	$N_1 / \frac{Q_2}{Q_1}$	
8	大鄂博头	155	30	逆		Z / N_1	
9	大鄂博头东	162	30	逆	±	N_1 / Q_1	
10	大鄂博头东	162	21	逆	5~ 10	Z / N_1	
11	小鄂博头	160	74	逆	30±	Z / Q_3	
12	II 1 号沟	167	70~ 75	正	无	Q_3^2	
13	II 1 号沟	150	70	正	无	Q_3^2	
14	达勒巴依探槽	160	72	逆	无	Q_3^2	
15	阿克塞县城西	162	78	正	无	Q_3^2	
16	博罗转井	340	50	逆	无	Q_2	
17	长草沟附近	335	63	(?)	±	$Q_2(?)$	
18	长草沟西探槽	160	65~ 70	逆	无	Q_{3-4}	
19	长草沟	172	74	下正上逆	20	$Q_{1-3} / \frac{Q_3}{Z}$	
20	长草沟	(?)	15	逆	2~ 5	Q_1	
21	长草沟东	160	75	正	无	$Q_3^2 / \frac{Q_3}{N_1}$	
22	阿克塞县城东 1 km	162	78	下逆上正	下部 5	$\frac{Q_3}{N_1} / \frac{Q_3}{Q_1}$	
23	三个泉子沟	160	70	正	无	$Q_3^2 / \frac{Q_3}{Z}$	
24	民主乡	160	75	逆	无	N_1 / Q_3	
25	民主乡	160	34	逆	40±	Z / N_1	
26	俄利阿斯萨依	155	81	逆	无	N_1 / Q_{2-3}	
27	黑石头沟	340	72	正	2±	Q_{2-3} / Q_1	
28	清水沟	NNW 或 SSE	74	正或逆	0.2	$\frac{Q_3}{Q_1} / Q_3$	
29	清水沟	162	74	逆	无	Q_3	
30	清水沟东 2 km	162	73	逆	10~ 30	$\frac{Q_3}{N_1} / \frac{Q_3}{Q_1}$	
31	小冰沟	155	85	逆	无	$\frac{Q_3}{N_1} / Q_3$	
32	芦草沟	340	70	正	无	Q_3^2	
33	烟丹土	150	80	逆	无	$N_1 / \frac{Q_3}{N_1}$	
34	五个泉子	155	70	正	无	Q_3 / N_1	

续表 1

编号	地址	倾向 (度)	倾角 (度)	性质	断层泥 厚度 (cm)	两盘地层	断层
35	小黑沟	160	61	正	1 000	$\in /A_n Z$	
36	大冰沟西 3 km	160	71	正	200- 300	$\in /A_n Z$	三个泉子 大冰沟断层
37	干沟	NNW	70	逆	400	$A_n Z \in$	
38	三叉河西		90			(?)	
39	水峡口	NNW	65	逆	无	$A_n Z / Q_3$	
40	青土泉	SSE	60	正	2~ 5	$C / A_n Z$	大冰沟 巴个峡断层
41	牛毛泉探槽	342	88	正	无	Q_3^2	
42	青石峡探槽	162	70	正	50	Q_3^2 / Q_2	
43	石盆湾探槽	160	85	正	无	Q_{3-4}	
44	红口子	SSE	65	逆	500	S / N_2	
45	阳凹大泉	SSE	62	不明	1 200	S	巴个峡 红柳沟断层
46	阳凹大泉东	SSE	80	不明	800	S	
47	车路沟西	NNW	65	正	大于 2 000	$\frac{Q_1}{S} / S(?)$	
48	车路沟附近	SSE	70	正	500	(?)	

初期,之后随着主压应力轴向东的偏转,阿尔金北缘断裂带的走滑分量逐渐增大,逆冲分量则逐渐减小,在经历了 Q_2 中、晚期的过渡演化过程之后,自 Q_3 初期开始在北北东至北东向主压应力作用下该断裂带发生了大规模的纯左旋走滑运动.这种活动一直延续到现今,并导致了大量近直立的陡倾角断面与南北倾向断面共存以及丰富的水平断错地貌的出现.

3 断裂运动方式转变的机制

始于晚始新世—渐新世初期的喜马拉雅运动第一幕使印度板块与欧亚板块碰撞,欧亚大陆内部主要表现为地壳的缩短,其间北东东向的阿尔金断裂带开始遭受强烈的南北向挤压作用.此后,印度板块向北继续推挤,尤其是在上新世至更新世初期的喜马拉雅运动第三幕,青藏高原地区在强大的挤压应力作用下,地壳缩短、增厚,垂直运动剧烈,伴随着山体的强烈隆起,在阿尔金山、祁连山等山前出现十分强烈的挤压构造作用,造成老地层普遍逆掩于第三纪和早更新世地层之上,同时使后者产生了强烈的褶皱变形.随着印度板块的进一步强烈推挤,加上青藏高原西北部和北部塔里木、阿拉善等刚性块体的阻挡作用,高原区地壳被高度压缩,因此在引起区内地壳纵向压缩变形的同时也产生了横向的侧向运动,导致阿尔金断裂带南侧的块体向东滑动和岩石圈物质向东流展,从而派生出了向东的运动并使得青藏高原北部地区内主压应力轴方向发生顺时针偏转,即由原来的近南北方向转为北北东至北东方向.在此应力场作用过程中,阿尔金北缘活动断裂带的运动方式也由早期的挤压逆掩活动为主逐渐转变成为左旋走滑运动为主乃至纯左旋走滑运动.

4 结论

(1) 阿尔金北缘断裂带在第四纪时期的运动方式经历了由挤压逆掩为主到纯左旋走滑运动的逐渐转变过程.其中,早更新世—中更新世初期以挤压逆掩为主;中更新世中、晚期为主要

过渡时期,但期间以走滑兼具挤压逆冲运动占优势;晚更新世初期以来基本转为纯走滑运动性质。

(2) 依据断面产状及其力学性质的演变特点结合现今区域构造应力场的研究结果进行推测,阿尔金地区第四纪构造应力场的转变大致可以划分为三期,其主压应力轴方向由老至新依次为近南北向、北北东向和北东向,并由此导致了上述断裂带的三种运动方式。

(3) 断裂带运动方式和力学性质的转变以及区域构造主压应力轴向东的偏转主要是由于印度板块持续向北推挤,青藏高原地壳强烈缩短、增厚,并在西北部和北部刚性块体的阻挡作用下导致高原内部次级块体向东滑动、岩石圈物质向东流展的结果。

参考文献

- 1 国家地震局阿尔金活动断裂带课题组.阿尔金活动断裂带.北京:地震出版社,1992.
- 2 张文佑.断块与板块.中国科学,(2): 195~ 211.
- 3 冯先岳.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,1982.
- 4 .阿尔金北缘断裂带东段活动断层的初步考察与研究.西北地震学报,1986,8(3): 111~ 113.
- 5 ,等.阿尔金断裂东段第四纪活动的时空特征.中国地震,1987,3(增): 35~ 50.

DISCUSSION ON CHANGE AND ITS MECHANISM OF MOVEMENT FORMS OF THE ACTIVE FAULT ZONE ALONG NORTH MARGIN OF MT. ALTUN

XING Chengqi ZHANG Jie LU Dehui
(Earthquake Research Institute of Lanzhou,CSB)

Abstract

Based on the comprehensive analysis of tectonic deformation, tectonically spatial distribution relation, fault plane occurrence change, tectonic stress field, etc., it is considered that the Quaternary movement forms of the active fault zone along north margin of Mt. Altun underwent a gradual change process from compressional thrust through left-lateral strike slip simultaneously with compressional thrust to pure left-lateral strike slip. Acting upon the change, evolution of regional tectonic stress field in the studied area is roughly divided into three stages during which the directions of compressive principal stress axes are near NS, NNE and NE in the order from the earlier to the later. The changes of tectonic stress field and fault movement form mainly are caused by the eastward slip of secondary block and eastward flow of lithospheric mass resulting from continuously northward push and pressure of the Indian plate.

Key words Altun fault zone, Tectonic stress field, Principal stress orientation, Movement form, Change mechanism