

# 柴达木盆地及邻区主要活动断裂 及其与地震的关系

向光中 王多杰 徐小卫 贾运鸿

(国家地震局兰州地震研究所)

## 摘 要

本文根据野外调查资料及重力、航磁等资料,对柴达木盆地及其邻区的主要活动断裂的大地构造位置、产状、深度和第四纪活动特点等进行了分析研究,并讨论了这些断裂与地震活动的关系。这一地区的地震活动强度与断裂深度有关,具左旋运动特征的全新世近东西向活断层与强地震活动的关系最为密切。

## 一、主要活动断裂带

柴达木盆地及邻区包括有几个构造单元,各个构造单元之内发育的第四纪活动断裂无论在规模或其活动时代方面都有所区别。根据断裂在地表出露的情况及其切割的地层,可将柴达木盆地及邻近地区活动断裂分为三类:即全新世活动断层、中一晚更新世活动断层及第四纪活动断层(表1、图1)。

现将柴达木盆地及邻区主要活动断层的特征分别描述于下:

### (1) 库赛湖-玛曲断裂带(简称库-玛断裂带)

位于北纬 $36^{\circ}$ 附近,为秦祁昆褶皱带与巴颜喀拉褶皱带的分界断裂带。该带西起新疆境内,向东经库赛湖北、西大滩、东大滩、花石峡、玛沁,最后延至甘肃省玛曲一带,全长千余km。断裂带呈近东西走向,宽度为 $8\sim 18\text{km}$ (图2)。沿断裂带发育有混杂堆积<sup>[1]</sup>。东段从布青山至积石山广泛分布蛇绿岩套混杂岩,玛沁附近发现有含兰闪石类矿物的浅变质岩<sup>[8]</sup>。这些事实表明,该断裂带具有板块俯冲带或碰撞带缝合线的特征。

重力资料表明,该带为宽约 $30\sim 40\text{km}$ 的重力梯级带。人工爆破及重力反演结果表明其垂直断距可达 $9\text{km}$ ,深度达上地幔,它是一条岩石圈深断裂<sup>[2]</sup>。该断裂形成于海西期,印支期活动达到高潮。新生代以来,曾有过多次强烈的活动,形成了沿断裂带的谷地及地貌雏形。

库-玛断裂带在航卫片上的影像非常清晰,断层三角面在东、西大滩南侧十分发育。西大滩南面山地有一条规模不大的冰川,侧碛垄发育良好,共有四条。形成最早的侧碛垄为山前洪积扇的组成部分,表面有覆盖物及植被;而形成较晚,出现在海拔 $4500\text{m}$ 以上山谷内的侧碛垄,无植被覆盖。与西昆仑-阿尔金冰期进行对比,早期形成的侧碛垄相当于晚更新世

表1 主要活动断裂的有关参数

编号	断裂名称	性质	延伸长度(km)	深度	产状			基底落差(M)	断达地层	已发生的最大地震的震级	活动速率		最新活动时代
					走向	倾向	倾角				垂直	水平	
1	二道沟断裂带	挤压(左旋)	330	岩石圈	N70°W	NE			R	7.3		Q	
2	曲玛莱断裂带	压扭	481	岩石圈	N40°-60°W	NE向或SW	40-80°		R	6.5		Q	
	A 西段(西大滩)	压扭(左旋)	190	岩石圈	N°W	N	70-85°		Q <sub>3</sub>	4.3		Q <sub>4</sub>	
	B 中段(西大滩~诺木洪南山)	压扭(左旋)	240	岩石圈	EW	N	70-85°		Q <sub>4</sub>	有相当于7.5级的古地震形变带	3~4mm/a	Q <sub>4</sub>	
3	C 东段(诺木洪南山以东)	压扭(左旋)	170	岩石圈	NW°W-EW	多向N向或S°W	50-70°		Q <sub>4</sub>	7.5		Q <sub>4</sub>	
	布尔汉布达山断裂带	挤压	300	地壳	近E°W或NW°W	西段S东段N	75-83°		R	4.5		Q <sub>1</sub>	
4	柴达木南缘断裂(隐伏)	挤压	280	地壳	NW°W	S	较陡	3400	Q <sub>1+2</sub>	5.3	0.25mm/a	Q <sub>3</sub>	
5	乌图美仁断裂(隐伏)	南逆	50	地壳	EW	S		2500	Q <sub>1+2</sub>	5.5		Q <sub>4</sub>	
7	塔尔丁断裂(隐伏)	南逆	80	地壳	NW	SW	43°	7300	Q <sub>1+2</sub>			Q <sub>4</sub>	
8	诺木洪断裂	挤压	80	基底	EW				Q <sub>1+2</sub>	5 $\frac{3}{4}$		Q <sub>4</sub>	
	达布逊湖-霍布逊湖北断裂	压扭(左旋)	350	地壳	近E°W或NW°W				Q	6.8	0.8mm/a	Q <sub>4</sub>	
9	锡铁山断裂	压扭(左旋)	70	岩石圈	N45°W	NE	55°	3500	Q <sub>3</sub>	6.5	0.4mm/a	Q <sub>4</sub>	
10	绿梁山断裂	压扭	80	岩石圈	N45°W	NE	30-75°	1700	Q <sub>3</sub>			Q <sub>4</sub>	
11	赛什腾山断裂	北逆	100	岩石圈	N45°W	NE		750	Q <sub>3</sub>			Q <sub>4</sub>	
12	青海断裂(隐伏)	东逆	60	地壳	近E°W	S	51°	2250	Q <sub>1+2</sub>			Q <sub>4</sub>	
13	宗务农山断裂带	挤压	310	地壳	NW°W	多NE	45-65°		Q <sub>3</sub>	4 $\frac{3}{4}$		Q	
15	哈拉湖西断裂带	压扭	150	地壳	N36°W	SW	35-55°		N	5 $\frac{3}{4}$		Q	
	茫崖-油砂山断裂	压扭(左旋)	40	基底	N60°W	NW	70-75°		Q	6.4	0.25mm/a	Q <sub>4</sub>	

\*根据18个地震距计算的平均值

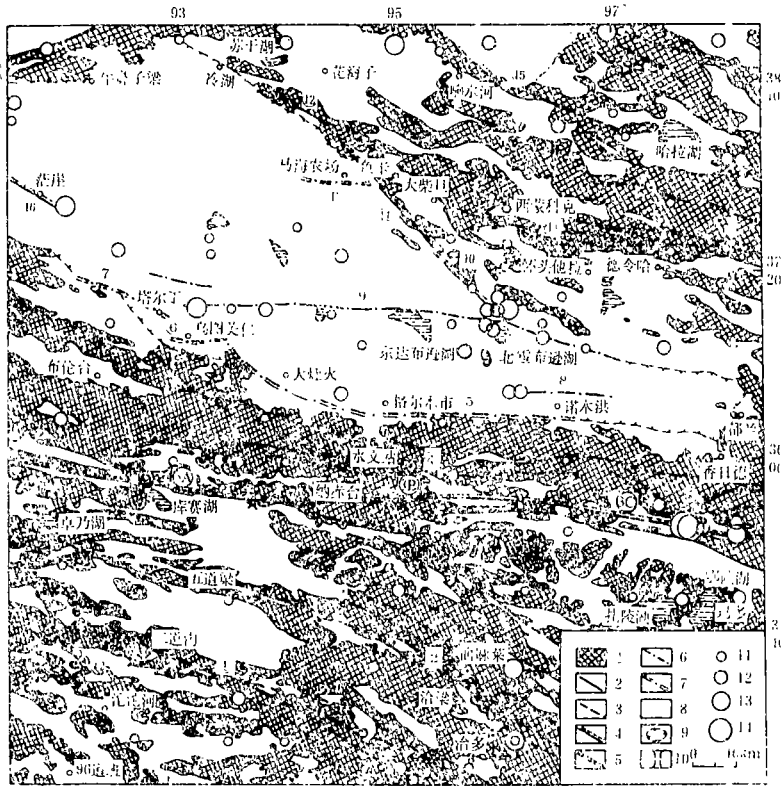


图1 柴达木盆地及邻区地震构造图

- 1. 前第三系 2. 第四纪以来的活动断层 3. 推测的活动断层 4. 全新世的活动断层 5. 全新世的隐伏活动断层
- 6. 全新世隐伏的产状不明活动断层 7. 晚更新世的隐伏活动断层 8. 第三系—第四系 9. 柴达木盆地边界
- 10. 断层不同活动段分界 11.  $M_s = 4.0 \sim 4.9$ 级地震 12.  $M_s = 5.0 \sim 5.9$ 级地震 13.  $M_s = 6.0 \sim 6.9$ 级地震
- 14.  $M_s = 7.0$ 级地震

Fig. 1 Earthquake tectonic map of Chaidamu Basin and its vicinity

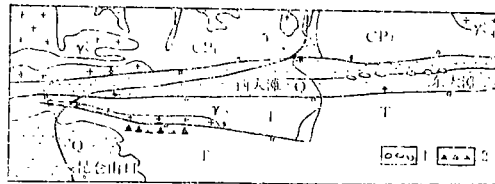


图2 库赛湖—玛曲断裂带中段地质构造略图

- 1. 古地震形变带 2. 混杂堆积

Fig. 2 Brief geological structure of middle Kusaihu—Maqu fault belt

第三冰期或第四冰期的产物，最晚的为全新世冰后期产物。以上现象都与库-玛断裂带晚更新世阶段的活动有关。

野外调查所见，发育在东大滩晚更新世洪积扇上的冲沟左移错动70~72m，二级阶地被左旋错移22m，但高于河床1m左右的一级阶地未被错移。肖振敏等人在库-玛断裂带东段地那染北坡和牟扎河见到全新世早期形成的冲沟和河流阶地被左旋水平错动35~38m〔8〕。以上事实表明，库-玛断裂是一条全新世以来的活动断裂带，其活动速率约为3mm/年。

### (2) 柴达木盆地南缘断裂带

为柴达木地块与东昆仑构造带的分界，它由一组斜列断裂所组成，总体走向为北西西。断裂带两侧地貌景观及高差极为醒目，南侧为高山，北侧为柴达木平原，相对高差为2000~2500m。

柴达木南缘断裂带南面出露的主要为一套上元古界的变质岩和海西期及少量印支期的花岗岩类岩体。这类岩层及岩体在断裂带北侧埋藏于地表以下7~8km，为柴达木盆地的基底。盆地内发育着厚度较大的新生代沉积物，中生代地层只在少数地区存在。由此可以认为，该断裂带形成于中生代印支运动，新生代活动达到高潮。

剩余重力资料表明，断裂带以南为正异常区，以北为负异常区，但航磁资料没有显示。因此，该断裂带为错断基底的壳内大断裂。

电测剖面揭示，在格尔木市南8km处，第四系的总厚度为210m，下伏为花岗岩，往北约1km处，上更新统厚度约680m还未达基底，表明柴达木南缘断裂带控制了上更新统的形成，它可能是一条中更新世和晚更新世活动的隐伏断裂带。

### (3) 柴达木盆地北缘断裂带

为柴达木地块与祁连山构造带毗邻的边缘断裂。此断裂带西起赛什腾山南，向东面延伸经绿梁山南、锡铁山南至霍布逊湖附近，全长约250km。断裂带北侧出露的主要是上元古界变质岩层，并形成中高山的地貌景观。南侧出露的地层为新生代的砂砾和粘土岩，在地貌上为丘陵、洪积扇及戈壁平原。呈透镜状的基性、超基性岩体沿断裂带断续出露。由此认为，该断裂带在加里东时期就已成雏形，并有强烈活动，印支期再次活动，形成了柴达木盆地北缘的构造格架。

航磁资料显示，断裂带南侧是升高的强磁异常区，北侧是延伸很长的线性负异常带，形成明显的梯级带。重力资料显示断裂带北侧附近也有梯级带存在。

综上所述，此断裂带可能是深达下地壳或更深的部位的一条深大断裂〔6〕。

新生代以来，这一断裂带曾有过多次活动。如绿梁山南麓上元古界逆冲于第三系之上。又如锡铁山南麓，不仅上元古界逆冲于上新统之上，上新统又逆冲于上更新统之上，而且上更新统又将前一断层覆盖（图3）。

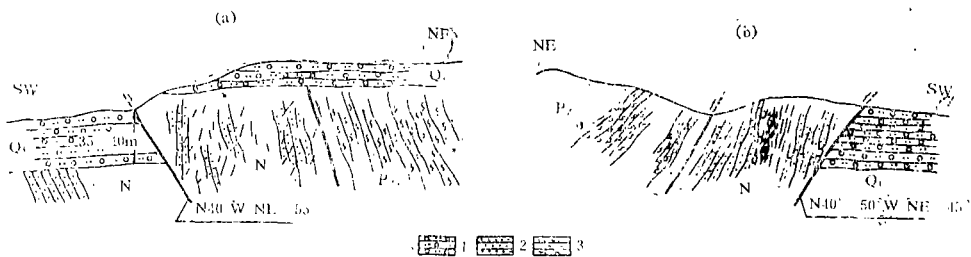


图3 锡铁山断裂剖面示意图

1. 砾石层 2. 砂岩 3. 片岩

Fig. 3 Sketch of Xitieshan fault section

锡铁山断层在锡铁山全吉车站东侧将全吉河左移错动310m，在断裂北侧，即断裂上盘部分，全吉河发育有全新世阶地，高于河床约1~2m。断面上盘有斜向擦痕，侧伏倾向西，侧伏角为75°，并显示出左移错动的特征。根据断裂两侧上新统顶面和底面的高差计

算,断裂的垂直断距为40m。该断裂自早更新世以来的水平活动速率约为3mm/年左右。由锡铁山往西,该断裂活动有逐渐减弱的趋势。

#### (4) 油砂山—诺木洪北断裂带

为柴达木地块内的一组断裂,其走向与盆地的边界大体平行。断裂带在柴达木盆地西部出露较好,地形上有明显的反差,呈斜列组合,东部呈隐伏状。由西往东依次为:

七个泉断裂:走向为北 $60^{\circ}$ 西,倾向北东,长约30km。沿断裂有7处泉水连续出露。该断裂将水系错移,形成断尾沟,显示左旋性质,高出河床1m左右的全新世一级阶地也被错移,最大水平错距为12m左右。由此可以认为,该断裂为全新世活动断裂,活动速率约为1.0~1.2mm/年。

狮子沟断裂,走向北 $40^{\circ}$ ~ $50^{\circ}$ 西,长约20km。在地貌上,断裂呈阶梯状,两侧高差可达30m。低级台面上出露有第四纪砾石层(也包括全新世的堆积物),表明其形成受该断裂控制。

油砂山断裂:走向北西,倾向北东,倾角可达 $70^{\circ}$ ~ $80^{\circ}$ ,长约50km。断裂北侧为油砂山背斜,南侧为尕斯库勒断陷。断陷内第四纪堆积物包括全新统在内,其形成受该断裂的控制。晚更新世以来,该断裂发生明显的左旋水平活动,被错动的河谷断距可达220m左右。与断层走向一致的河谷北侧,发育有高于河床1m左右的全新世阶地,表明该断裂为全新世活动断裂,活动速率约为4mm/年。

诺木洪北断裂:据物探资料,该断裂呈东西走向,长约80km,切割由上新统构成的北东东向鼻状构造。1972年8月30日诺木洪5.3地震震中位于该断裂上。推测该断裂的形成时代可能与油砂山等断裂相似,都是晚第三纪以后的产物。

#### (5) 达布逊湖-霍布逊湖北断裂带

该断裂将柴达木盆地分为东西两部分。其西起甘森湖和乌图美仁附近,经东台吉乃尔河、乌图美仁河、达布逊湖和北霍布逊湖至阿木尼克山南麓,呈近东西向延伸,长达150km左右。

从卫星影象上可以见到该断裂带两侧的地貌有明显差别,北侧为丘陵,南侧为湖泊沼泽凹地。新生界的分布也受断裂活动制约。第三系出露于断裂带北侧,南侧第四系的厚度远大于北侧。但新生代地层在断裂两侧附近均有明显的变形,如在阿木尼克山南麓,前震旦系向南逆冲于新第三系和下、中更新统( $Q_{1+2}$ )之上。1962年5月21日6.8级地震发生在该断裂带上,近年来沿断裂带一些小震呈线性分布。

综上所述,该断裂带在全新世以来仍有活动,其深度可达基底之下或更深部位。

## 二、主要地震分布及其特征

柴达木盆地及其邻近地区自公元1900年以来曾多次发生中强以上的地震,现将地震分布特征按震级大小分为三类叙述如下:

(1) 该区发生的 $M \geq 7.0$ 级地震,除阿尔金山索尔库里古地震外<sup>[4]</sup>,均分布在库-玛断裂带上。如1937年1月7日7.5级地震及1963年4月19日7.0级地震等。1963年4月19日7.0级和1971年3月24日6.8级地震的震源机制解见表2。

野外考察结果表明,库-玛断裂带内史前曾发生过多次 $M \geq 7.0$ 级的地震,如在东大滩一

表 2 地 震 断 层 面 解

日 期	震 级	北 纬	东 经	切面 A		切面 C		P 轴		T 轴		B 轴	
				倾角	方位角	倾角	方位角	倾角	方位角	倾角	方位角	倾角	方位角
1963年 4 月 19 日	7.0	35.53	96.44	21	098	10	192	07	054	22	147	67	306
1971年 8 月 24 日	6.8	35.46	98.17	18	082	35	185	48	232	38	126	14	224

带，古地震形变带发育在断层谷地的中部，如图 2 所示。东起东大滩黑茨沟附近，向西延至西大滩，长度约 30~40km，主要形变现象有地震陡坎、鼓包和鼓梁、地震凹塘及地裂缝等。

出露在黑茨沟四级阶地面上的断层陡坎，高度为 2.3m，最大坡角 17°。但在其西面出露的陡坎，在同一剖面上，最大坡角可达 27°，并与地震鼓包伴生。坡度角的变化是多次地震造成的。用 T.C.Hanks 等提出的方法进行初步计算，前者形成的年代  $T = 9500$  年左右，后者  $T = 2700 \sim 3100$  年。另外，鼓包和鼓梁分布在东大滩内，总体走向近东西。单个方向如图 4 所示。鼓包和鼓梁的最大长度可达 50m 以上，一般为 10~20m，宽度最大为 15~20m，一般为 4~5m。鼓包的坡角也有明显变化，说明存在着多次地震事件的影响。

地震凹塘常与鼓包和鼓梁伴生（图 4），但并不是所有地段都能见到。

东大滩一带古地震形变带的规模以及鼓包的大小和地震陡坎的高度等，都与昌马 7.6 级地震的形变现象大体相似。据此估计这一带古地震的强度可能大于 7.0 级。

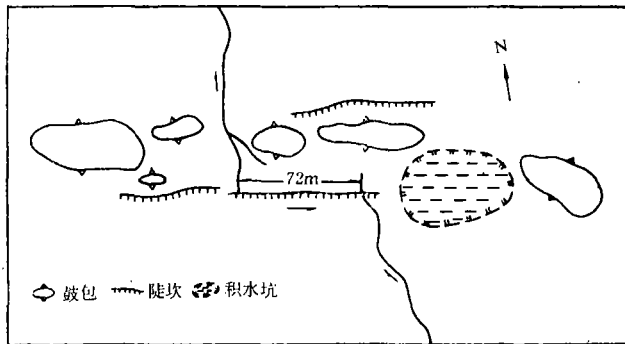


图 4 东大滩南侧部分古地震形变带分布示意图

Fig. 4 Sketch of a part of ancient seismic deformation belt in south side of Dongdatan

(2)  $7.0 \geq M \geq 6.5$  级地震，除在库-玛断裂带上仍可发生外，主要发生在柴达木盆地北缘断裂带的锡铁山断裂与达布逊湖-霍布逊湖北断裂带交汇地区，如 1962 年 5 月 21 日 6.8 级地震、1964 年 3 月 16 日 5.8 级地震和 1971 年 8 月 30 日 6.5 级地震等。前两次地震的震源机制解表明，主断面基本上呈东西走向，并具有左旋特征（图 5），说明以上两条断裂对地震的发生都起作用。

(3)  $6.5 \leq M < 4 \frac{2}{3}$  级地震，多发生在达布逊湖-霍布逊湖北断裂带与柴达木盆地南缘断裂带的交汇地区，或者发生在柴达木盆地南侧的盖层断裂内。如 1930 年 3 月 26 日诺木洪 5 号级地震、1943 年 2 月 24 日甘森 5.5 级地震、1952 年 10 月 6 日乌图美仁 6.0 级地震、1972 年 8 月

10日诺木洪5.3级地震、1977年1月2日油砂山6.4级地震、1986年12月21日格尔木西北5.5级地震和1987年2月6日茫崖附近6.2级地震等。另外，尚有一些4.5~6.0级的中强震大体上沿达布逊湖-霍布逊湖北断裂呈近东西向分布。

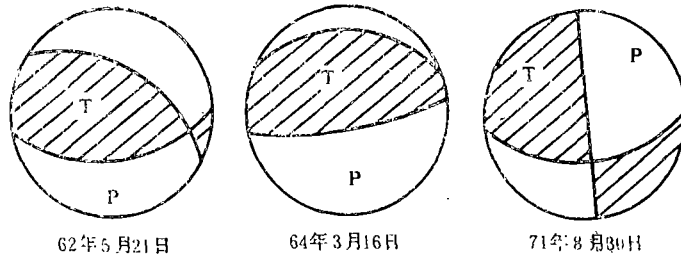


图5 1962年6.8级地震、1964年5.8级地震和1971年6.5级地震震源机制解

Fig. 5 Focal mechanism solutions of three earthquakes (M=6.8 in 1962, M=5.8 in 1964, M=6.5 in 1971)

综上所述，可以认为：

(1) 该区的地震活动的强度与断裂的深度有关。如柴达木南缘断裂和柴达木北缘断裂两者长度相差不大，但前者地震活动的强度逊于后者，其原因在于后者深度较大，为岩石圈断裂，而前者为地壳内断裂。此外，同一断裂与不同深度断裂的交汇地区，其发生的地震强度也不一样。

(2) 全新世并且具左旋运动特征的近东西向活断层与强地震活动的关系最为密切。从前面所述的 $M \geq 6.5$ 级地震的震源机制解和地震形变带的特征都可以看出，东西向断裂对强震的发生具有重要作用，这类断裂同时具有左旋的特征。这种情况也存在于整个青藏块体北部地区。

地震活动与构造的关系是复杂的，上述情况，还有待今后深入研究。

(本文1988年12月30日收到)

### 参 考 文 献

- [1] 朱志直等，东昆仑南麓西大滩混杂堆积，地质出版社，1984.
- [2] 任纪舜等，中国大地构造及其演化，科学出版社，1983.
- [3] 肖振敏等，青海花石峡地震形变带的初步研究，中国地震，Vol. 4, No. 1, 1988.
- [4] 曾秋生等，阿尔金断裂带中段的新活动与古地震的初步探讨，西北地震学报，Vol. 10, 增刊，1988.

THE MAIN ACTIVE FAULTS AND THEIR RELATIONS WITH EARTH-  
QUAKES IN CHAIDAMU BASIN AND ITS NEIGHBOURING AREA

Xiang Guangzhong,      Wang Duojie,  
Xu Xiaowei,              Jia Yunhong

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Gansu, China*)

**Abstract**

This paper studies tectonic position, occurrence, depth and active characteristics in Quaternary Period of main active faults in Chaidamu Basin and its vicinity, based on field investigation data, gravity and aeromagnetic data, discusses relationship between the faults and earthquakes. In this area, earthquake activity intensity relates to fault depth; active faults of EW with left lateral movement characteristic of Holocene is closely relative to strong earthquake activity.