天祝盆地边缘断层的全新世活动及 盆地的演化与形成

何文贵 刘百篪 吕太乙 袁道阳 刘小凤

(国家地震局兰州地震研究所,兰州 730000)

摘 要 根据作者 1/50,000 活断层地质填图的资料,讨论了天祝盆地内断层的 全新世活动及盆地的形成与演化历史。结果表明,天祝盆地内断层的全新世活动强 烈,上窑洞沟探槽揭示 3980±50 a B.P. 曾发生过一次古地震事件,天祝盆地是一个 典型的拉分盆地,其形成及演化与断裂活动密切相关。

主题词:甘肃 盆地 断层活动 全新世 古地震 盆地演化 拉分盆地

1 地貌及地质概况

天祝盆地是祁连山内的一个拉分盆地,位于甘肃省天祝县境内,处于雷公山、乌鞘岭和 毛毛山之间,面积约 35 km²,平面上呈不对称梯形(图 1)。

天祝盆地内共发育有4级 阶地。I级阶地相对高度为 3—5 m,顶部为60 cm 厚的黑 色腐植土,局部含砾石,下部 为砂砾石层。在上窑洞沟I级 阶地顶部采样进行¹⁴C 测定, 结果为 3980±50 a B. P. 和 3610±60 a B. P. (图 2 a)。I 级阶地往往与冲积低地相连, 属冲积成因。

Ⅱ级阶地在盆地东缘,为 基座阶地,高15—18 m,其中 基座高12—15 m,上覆3米多 厚的冲洪积砾石层,顶部为黄 土状土。在盆地西缘为堆积阶 地,见图2b,属洪积成因。



图 1 天祝盆地平面地貌图 1山地及丘陵;2 N级阶地;3 Ⅱ级阶地; 4 Ⅱ级阶地;5 Ⅰ级阶地及冲积低地;6 洪积扇 Fig.1 Geomorphic map of the Tianzhu basin.



图 2 上窑洞沟 I、I 阶地剖面图 (a) I 级阶地;(b) I 级阶地 ①含砾石黑色腐植土;②砂砾石层;③砂层;④泥质砾石层; ⑤黄土状亚砂土;⑥泥质含砂砾石、砾块 Fig. 2 Cross sections of terraces I and I at Shangyaodonggou.

■级阶地保存较好,主要分布在盆地东缘 和中央,形成一些高出盆地底面 30-50 m的 台地。其中东缘台地上有较厚的黄土层,盆地 中央台地上土层较薄。图 3 为三沟台尾部铁路 边所见的剖面,经 TL 样品测定为 79000± 1100 a B.P.,为冲洪积阶地。

Ⅳ级阶地只在盆地东缘孤立地保留一片。 阶地面不很平坦,高出盆地面 100—200 m。根 据阶地面高度及其剥蚀状况,推测该阶地可能 形成于中更新世,阶地形成之后又经历了剥蚀 残积作用。

盆地西缘可见到一系列全新世的小洪积 扇,这些洪积扇的规模不大,多为数百平方米。



另外,在盆地西缘及南缘可见到一些低丘陵,可能是中、晚更新世冲洪积扇被后期侵蚀切割 剩余的残丘。



天祝盆地基底为中 奥陶统中堡群(O₂zh), 是一套灰绿色的变质 岩系,在盆地周围有广 泛出露。盆地周围有广 泛出露。盆地周围有广 泛出露。盆地尾头为 中、上更新统,厚400 m左右,全新统较薄 (图4)。盆地底部可能 有下更新统埋藏,在盆 地内及其边缘都没有 见一条活断层(本文称 之为边界断层⁽¹⁾),是毛毛山北缘活动断裂带的一部分。盆地南缘的断层是金强河活动断裂的 一部分,该断裂在中更新世晚期可能已停止了活动。

2 断层的全新世活动

2.1 断层活动证据

边界断层西起安远垭豁,向北东方向通过上、下窑洞沟,野狐湾,极乐寺至盖莱坡,呈锯齿状延伸(图1),全长约11 km。断层活动方式以倾滑为主,具正断层性质。在下窑洞沟以西可见到一些冲沟被左旋断错,水平位移量约5-30 m。断层的垂直位移量较大,新活动较强, 形成了丰富的垂直断错地貌。主要表现为断层三角面、断层崖、断层陡坎、断层沟槽、断错阶 地及洪积扇等。如盖莱坡至马家窝窝地貌上呈连续的断层三角面形式出现;上窑洞沟至安远 垭豁现存的断层崖(基岩)高4.1---17.1 m,非常壮观;断层断错上窑洞沟、下窑洞沟的 I、I 级阶地及上窑洞沟至野狐湾一带的全新世洪积扇,都保留有清晰的断层陡坎。另外在黄石头 沟一带还可见到断层沟槽和断陷塘等现象。

以上断错地貌现象说明,边界断层中更新世以来的活动非常强烈。

2.2 古地震特征

2.2.1 上窑洞沟探槽剖面

探槽位于上窑洞沟 I级阶地的断层陡坎上,断坎最大高度 3.2 m,最大坡角 21°。探槽垂 直于断坎走向,方向近南北向,长 8 m,宽 2 m,深 2 m。剖面出露全新世地层,东西两壁均可见 到断层出露(图 5)。

剖面的地层如下(自上而下):

⑨黑色腐植土层,疏松,含大量有机质 及植物根系,偶含砾石,厚15-40 cm。

⑧铁锈色砂砾石层,砾径一般为 2-5 cm,厚 20 cm,向探槽坡顶方向尖灭。

⑦黑褐、褐黄色腐植土,富含有机质,偶 含巨砾石,厚 20-80 cm。

⑧细砾石层,粒径 0.5-1.5 cm,含 2--5 cm 大小的小砾石,砾石之间有砂质充填, 厚约 20 cm,分布不稳定,向坡顶方向尖灭。 在探槽东壁该层缺失。

⑤褐色次生黄土,偶含砾石,厚度 10--20 cm,向上尖灭,在探槽东壁该层缺失。

④棕黄色粗砂层,偶含小砾石,厚度 10-20 cm,呈透镜体状分布。



图 5 上窑洞沟探槽剖面

1 腐植土; 2 巨砾石; 3 砂砾石; 4 砂层;

5 实测断层; 6 推测断层; 7 ¹⁴C 采样点

Fig. 5 Trench profile at Shangyaodonggou.

③薄层状砂砾石层,砾石粒径1-2 cm,个别达10 cm,有一定磨圆度,多为扁平状,厚约10 cm。

②黑褐色薄层腐植土层,探槽东壁可见到夹有砾石透镜体,厚约15 cm。

①洪积巨砾石层,含较多巨砾石,粒径最大者可达 1.5 m,通常大于 20 cm,砾石排列不 规则,厚度大于 1.5 m,未见底。

在剖面东壁断层 F1、F2 和 F3 构成 1 m 多宽的破碎带,沿断面有砾石的定向排列。F、断层

使巨大的砾石高角度倾斜,且在层⑦的底部形成古断崖。东西两壁的断层最新活动终止于层 ⑦底部,经"C样品测年结果为 3980±50 a B.P.,此次事件应发生在这一年龄之前不久。另 外,西壁剖面 F₁ 南侧约 1.2 m 处有一古代冲沟,沟内充填有砾石及较纯净的粗砂,上部被层 ⑨覆盖。据此现象推测可能是一个在断坎上形成的横向裂缝,后来遭到流水冲刷的结果,也 可能与某种液化现象有关。因此,推测在层⑨形成以前有过一次地震事件,时间为距今 1850 ±50 a 以前。

2.2.2 李家庄东支沟剖面

该剖面位于李家庄东,是一处天然冲沟剖面(图 6),出露地层如下:

④黑色腐植土含砂砾石的坡积层,含大量 有机质及植物根系,砾径 2-5 cm,厚 0.4 m。

③砂砾黄土混乱堆积,可能属坡积(或崩 积)层。

②含粗砾、砂土坡积层,分选性极差,未见 底。

①灰绿色奥陶系变质岩,节理、片理比较 发育。

剖面中有两条明显的断层 F_1 和 F_2 ,它们都终止于层④底部,经¹⁴C 测年其年代为 940 a B. P. 。但是,在层④底部存在一个侵蚀面,其



图 6 李家庄东支沟断层剖面 Fig. 6 Cross section of the Dongzhigou fault in Lijiazhuang.

年代不详。因此,只能大致认为,距今 940 a 以来,该断层未发生过活动,而距今 940 a 以前的时间里断层可能发生过活动。

2.2.3 陡坎测量结果

我们对盆地内的断层陡坎测量了7条剖面,利用 Hanks 扩散方程⁽²⁾进行计算,在此扩散 系数 K 取 0.5。结果有4条陡坎(表1)为全新世形成的。有趣的是上窑洞的 I 级阶地陡坎实 测计算结果为 3860 a B.P.,与¹⁴C 测年结果(3980±50 a B.P.)相当吻合,两种方法相互验 证,说明此时确有一次古地震事件存在。

		方向				 क	测	值	_				坎高 (m)	年代 (ka)	地貌位量
AB.	ж					关									
黄石头沟		140°	长 度 (m)	3	2	3	3	3	3	3	3	3	4.1	8.7	⊺级阶地
			坡度(*)	4	18.5	29	26.5	21	14	15	12	11			
上窑洞沟 I		175°	长度(m)	2	2	2	2	1.5	2	2	2		1.6	3.86	⊺级阶地
			坡度(*)	4	3	12	18	17	10	8	7				
上窑洞	上窑洞沟		长度(m)	2	2	2	2	2	2	1	3				* /27 WA 14.
I		160-	坡度(*)	6	16	18	21	21	18	12	3		3. Z	11.1	L级的F地
下窑洞沟	-		长度(m)	3	3	3	3	2	3	1.5	1.5	1.5	3.0	6.95	Ⅰ 级阶地
	14	130°	坡度(⁰)	11	10	14.5	20.5	25	20	16	13	11			

表 1 断层陡坎实测及年代计算结果

3 盆地的形成、演化与断层活动的关系

天祝盆地位于祁连山断裂带次一级构造——金强 河和毛毛山两条断裂左旋左阶区内,是一个小型拉分 盆地⁽³⁾。综合现有资料分析来看,盆地形成于第四纪 中期。

盆地的形成模式在剖面上可以理解为图 7 的形 式。剖面中的 A、B 和 C 代表早-中更新世、晚更新世 和全新世 3 个时代。

在早更新世末至中更新世初,祁连山断裂带出现 左旋走滑运动,在金强河断裂和毛毛山断裂之间的左 阶区受到拉张而产生拉分而断陷,形成天祝拉分盆地 的雏形,同时在盆地西北缘由张应力作用形成正断层



图 7 天祝盆地的理想模式图 上图是平面图,下图是剖面图;A、B、C为盆地发 育的 3 个不同阶段;1、2、3 为不同时代的沉积物 Fig. 7 Ideal model of the Tianzhu basin.

(边界断层)。盆地中4级阶地中最老的一级(Ⅳ级)阶地大致与盆地同期开始形成。边界断层 持续活动特别是后期活动强烈,使盆地发生掀斜沉陷,在盆地西缘形成较新的冲洪积物,且 各时代都有与之对应的阶地形成。掀斜沉陷使盆地西侧成为堆积阶地,盆地东侧成为基座阶 地。沿边界断层分布的晚更新世至全新世洪积扇反映了山前断层在第四纪后期垂直差异运



图 8 天祝盆地演化示意图 Fig. 8 Evolution model of the Tianzhu basin. 动强烈。

由图 4 可以看出,盆地底部的隆起,早期曾将盆 地分割为南北两个盆地。南盆地中下更新统较厚,上 更新统较薄并已被抬升为阶地。北盆地中下更新统较 薄,上更新统较厚,处于埋藏状态。这表明南盆地形成 较早,且晚更新统后期处于抬升状态;而北盆地形成 较晚,晚更新世以来处于继续下沉状态。由此可将天 祝盆地的形成演化在平面上归纳如下;

(1)上新世末的夷平面形成之后,早更新世晚期 至中更新世早期,由于金强河断裂和毛毛山断裂的左 旋走滑运动,在二者左阶搭接部位形成了早期的拉分 盆地,其西北边缘以正断作用为主,十分发育的早期 断层三角面证明了这一点。此时拉分盆地由底部隆起 和盆地西北缘的锯齿状断层可以判断为一复合型拉 分盆地,即可能由 2—3 个次级拉分盆地组成整个天 祝盆地(图 8 a)。此时的组合盆地规模较大,宽可达 4 km,长可达 10 km。

(2)中更新世晚期至全新世,盆地南缘断层段至中更新世晚期逐渐停止活动,南盘掀斜 抬升,形成了Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ级阶地及其由南向北的倾斜面。整个盆地向西北边缘逐渐收缩,北盆 地趋于消失,仅残留了西半部盆地(图8b)。下窑洞沟以西断层逐渐增加了越来越大的左旋 走滑分量,使分布在北缘的全新世冲沟乃至于洪积扇在垂直断错的同时发生了左旋位移,而 南盆地的拉分作用加大,使沉积加厚。北缘(马家窝窝至下窑洞沟)正断作用加强,形成大量 全新世洪积扇,并被正断层切断,此段的冲沟未发现走滑现象。这些现象说明全新世拉分盆 地的规模已大大缩小,其阶距已被缩小到 2 km 左右(图 8 c)。

由此可见,天祝盆地的形成与发展与断裂的演化及其力学性质的转化时代有着密切的 关系。对于盆地的研究,有助于我们加深对断裂特性的认识。

本文为国家地震局合同项目(85-02-01)的一部分,14C样品由兰州大学地理条14C实验室 曹继秀、张宇田测定,TL样品由成都理工学院三条热释光实验室要全泰测定,在此深表谢 意。

(本文 1994 年 11 月 7 日收到)

参考文献

- 1 邓起东.断层性状、盆地类型及其形成机制.地震科学研究,1984,(1)-(6).
- 2 T C Hanks, R C Bunknam, R E Wallace. Modification of wave-cut and faulting-controlled landforms. J G R, 1984, 89: 5711-5790.
- 3 国家地震局地质研究所,国家地震局兰州地震研究所,祁连山一河西走廊活动断裂系.北京:地震出版社,1993.100-103.

HOLOCENE ACTIVITY OF FAULTS AROUND THE TIANZHU BASIN AND EVOLUTIONARY PROCESS OF THE BASIN

He Wengui, Liu Baichi, Lu Taiyi, Yuan Daoyang and Liu Xiaofeng (Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000)

Abstract

In this paper, based on the 1:50,000 active fault mapping, the Holocene activity of faults in the Tianzhu basin and evolutionary process of the basin are discussed. The results show that the faults are very active in Holocene. There was an earthquake in 3980 ± 50 a B. P.. Tianzhu basin is a typical pull-apart basin and its forming and evolution are closely related with the active faults.

Key words: Gansu, Basin, Faulting, Holocene, Palaeoearthquake, Basin evolution, Pullapart basin