

# 1990年共和7.0级地震的发震构造讨论<sup>\*</sup>

陈玉华 张敏 张晓青

(青海省地震局, 西宁 810001)

朱德瑜 肖振敏

(中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085)

**摘要** 根据地质、地震及形变资料研究了1990年4月青海省共和 $M_s$  7.0地震的发震构造. 认为NW-NWW向的哇玉香卡-拉干逆冲盲断裂是该次地震的发震构造. 其地表形变以褶皱隆起为主. 因此, 共和地震是一次典型的“盲断裂-褶皱地震”.

**主题词** 青海 发震断裂 共和地震 盲断裂 褶皱地震

**中国图书分类号** P315.2

## 1 引言

中国西部大多数大地震常沿地表活动断裂发生, 并往往形成长达几十至上百公里的地表破裂带. 如1920年海原8.6级地震, 1937年青海托索湖7.5级地震以及阿尔金断裂带上的多次古地震等. 而近年来的研究表明, 一些大地震的发生并不受地表活动断裂的控制, 地震后也没有形成相应规模的地表破裂带, 其地表形变以褶皱(隆起)为主. 在这些地震中个别震例可对应地表活动断裂带, 而更多的地震却发生在年轻的褶皱构造之下, 是由于褶皱之下若干公里处的盲断裂(blind thrust)位移而形成的. 国外已有多例地震被认为属于此类地震. 中国新疆地区的1985年乌恰7.4级地震, 1987年乌什6.4级地震及1906年玛纳斯7.7级地震也属于此类地震<sup>[1, 2]</sup>.

1990年共和7.0级地震发生在哇玉香卡-拉干断裂上. 该断裂在地表没有出露, 但微地貌及物探、水文等资料均有显示. 该次地震后高烈度区内所出现的地表破裂大多是次生裂缝. 地震所形成的陡坎和崩塌乃是重力效应所致. 地震后的水准复测资料表明, 在极震区沿NWW方向形成新的上升隆起带. 这个隆起带的发育明显受哇玉乡卡-拉干隐伏断裂控制.

本文根据地质、地震及形变等资料对共和地震的发震构造及地震类型进行了讨论.

## 2 共和地震的发震构造研究

共和7.0级地震发生在共和盆地内. 该盆地是一个第三纪初形成的断陷盆地. 盆地内沉积着巨厚的第四系, 地表基本没有断层出露. 然而水文钻探和物探资料反演及航卫片解释均证实

收稿日期: 1997-09-10

<sup>\*</sup> 本文是青海省科委1995年10月下发的“青海共和盆地强震发生机制研究”项目的一部分. 该项目于1997年4月评审通过.

第一作者简介: 陈玉华, 女, 1956年10月生, 工程师, 原从事地震地质工作, 现从事地震预报工作.

盆地内存在多组隐伏活动断裂(图1).主要有青海南山南缘断裂( $F_1$ )、哇玉香卡-拉干断裂( $F_2$ )、新哲-茶卡断裂( $F_3$ )及哇玉香卡-新哲断裂等.

共和地震震中位置为东经  $36^{\circ}07'$ , 北纬  $100^{\circ}08'$ . 这里恰是哇玉香卡-拉干隐伏断裂带通过之处. 该次地震极震区(IX度)呈一狭长椭圆状, 其长轴方向为 NWW 向, 与哇玉香卡-拉干断裂带走向一致. 主震后所发生的 10 次  $M_S \geq 5$  强余震有 8 次在主震周围沿 NWW 向分布(图1), 而且等震线展布形态均与主震近似, 其长轴也呈 NWW 向<sup>[3]</sup>.

哇玉乡卡-拉干断裂是一条横穿震区的活动断裂, 也是控制共和盆地南缘的一条隐伏活动断裂. 该断裂西起茶卡盐湖南侧, 经哇玉乡卡南侧, 新哲农场南侧及塘格木农场向东南方向穿过黄河终止于茫拉河谷一带, 全长 150 km, 总体呈 NW-NWW 方向舒缓波状展布. 根据物探、钻探及水文资料分析, 其断面倾向 SW, 倾角深部较缓, 浅部较陡, 有的地方近于直立, 呈现南升北降的逆断层运动特征.

断裂新活动在航卫片上有较清晰的显示. 它控制着共和盆地南缘地貌形态, 其南侧为高山地区, 北侧为低平原区. 据钻孔资料该断裂还控制了晚更新世以来的地层分布, 而且多处错断更新世地层, 显示出明显的最新活动特征(图2).

另外, 在塘格木农场西切吉滩西侧山梁早更新世河湖相地层中, 1996 年朱德瑜等在野外调查中发现了一个非常典型的“古地震”剖面(图3). 该剖面位于塘格木农场西北切吉滩冲沟的北岸, 哇玉香卡-拉干断裂带附近. 这一古地震遗迹以砂土液化为主要标志. 从剖面中可以看出喷砂构造和其它扰动构造等.

图3中①为下宽上窄的喇叭状喷砂构造, 其最上部仅有 12 cm 宽, 由黄色中细砂组成, 两侧是灰色中粗砂层. 受上喷动力的影响, 黄色中细砂层具有明显的倒放射状层理. 在喇叭状的喷砂构造中央有一条细脉管, 其中充填有黄色细粉砂, 其下部宽约 2 cm, 往上逐渐变窄, 至最顶部仅宽 0.5 cm. 图中②, ③和④为一些扰动砂层及其它构造现象. 由于不同粒度的砂层经震动而发生液化, 原来正常的沉积层理被破坏形成液化层, 从而使得这 3 处砂层形态杂乱, 显示出受扰动而变形的迹象.

由于条件限制, 对该次古地震遗迹未能采集到理想的测年样品, 无法确定该次古地震事件的准确年代. 但从剖面分析, 在其砂土液化层上覆有一定厚度的早更新世地层. 估计这次古地震事件可能发生在晚更新世.

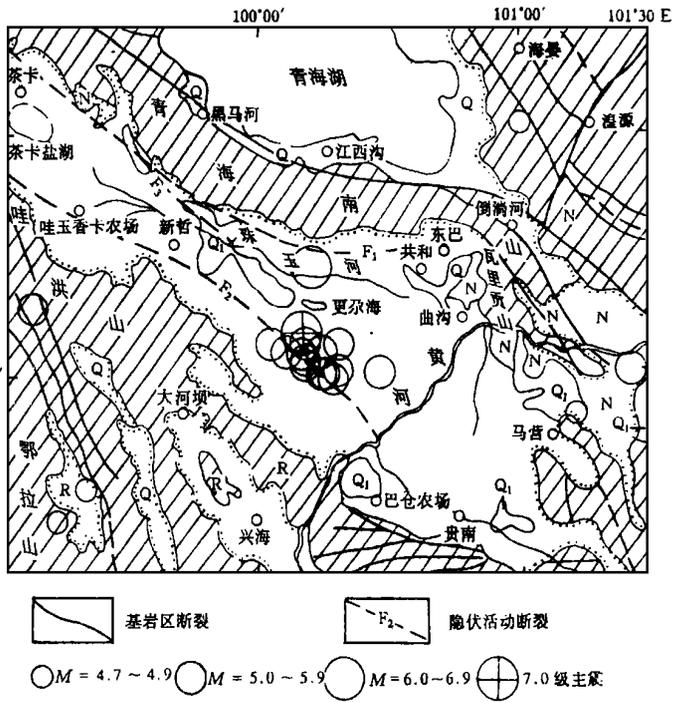


图1 共和盆地断裂构造及震中分布图

Fig. 1 Distribution of structure and epicenters in Gonghe basin.

该古地震遗迹的存在表明, 哇玉香卡-拉干断裂在晚更新世有过强烈的活动, 同时也证明该断裂具备发生强震的背景.

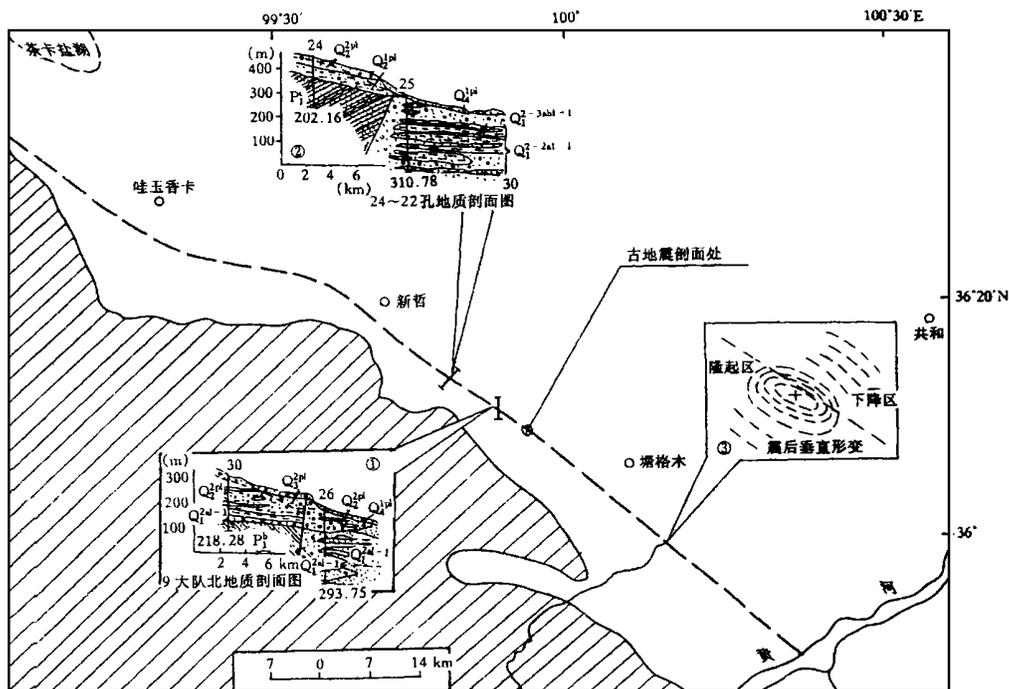


图2 哇玉香卡-拉干断裂带平面展布图

Fig. 2 Plane distribution of Wayuxiangka-Lagan fault.

陈运泰等人<sup>[4]</sup>对共和地震震源过程的复杂性进行了研究, 认为共和地震是在压力轴方向接近于水平的NE向构造应力作用下, 沿一条走向NW、倾向SW的隐伏断层发生的, 是以逆冲为主但具有左旋走滑分量的左旋-逆断层错动.

上述物探、钻探、水文等资料和古地震特征均表明, 哇玉乡卡-拉干断裂在第四纪以来有过强烈的活动. 由此可以认为, 哇玉香卡-拉干隐伏断裂可能是共和7.0级地震的发震构造.

### 3 共和7.0级地震极震区内地表形变

共和地震后, 青海省地震局多次组织专业人员进行实地考察, 1996年再次对极震区的地表裂缝进行调查. 调查发现, 位于塘格木农场场部——河卡乡

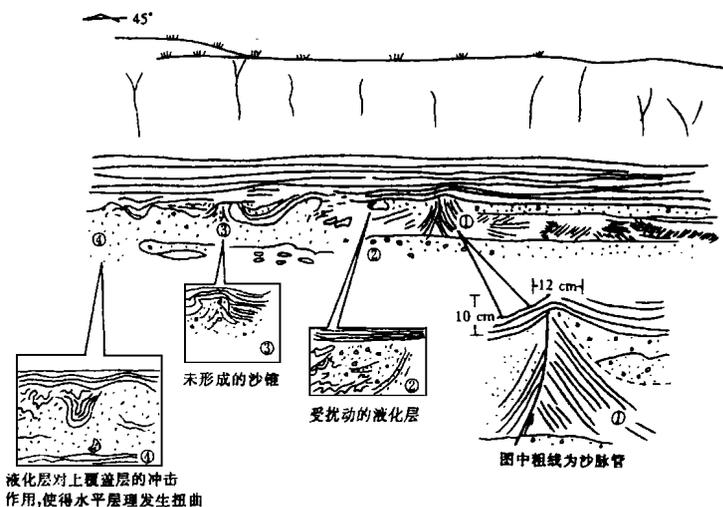


图3 切吉滩西古地震遗迹地质剖面(据朱德瑜等, 1996)

Fig. 3 Geological section of palaeoearthquake trace at west Qiejitan (from Zhu Deyu et al., 1996).

红旗村的极震区(IX度区)内地面裂缝十分普遍,但是这些裂缝的分布无规律,大多是受地形影响而产生的裂缝.这些裂缝无一定方向,在一个地区同时可见到几个方向的裂缝,其走向不稳定,而且延伸不长(最长仅150 m),没有明显的位移.分布在农场南侧山坡边缘大冲沟的各级阶地上、土崖沟坎、水渠的两侧或水塘岸边等的裂缝明显是受地震震动而发生重力滑塌所致.从极震区内裂缝的几何形态、位移特征和应力状态等分析,它们与发震断层没有直接联系,属于非构造成因的次生裂缝.

中国地震局第二地形变监测中心从1968年开始沿倒淌河—花石峡(倒花线)和共和铁盖乡政府—塘格木农场公路(石塘线)布设两条水准测线.这两条测线恰好交汇于共和地震极震区附近.观测表明,1968—1978年震区垂直形变量很小,在1978~1990年6月(震后1个多月)震中区及附近出现隆起,隆起区两侧基本对称,形变等值线近似一椭圆,长轴方向为 $N75^{\circ}W$ ,长约42 km,短轴长约30 km.隆起最大幅度达345 mm,其北侧为一相对下沉区(图4).

由于上述垂直形变经历的时间段较长,因此很难确定这一垂直形变究竟是同地震孕育过程有关还是属于同震效应.巩守文等<sup>[5]</sup>在同震错动与震前蠕变均发生于哇玉香卡-拉干断层上的假定条件下,由位错参数、地震矩和地震波等资料反演得到共和7.0级地震时倒花20水准点上的最大垂直形变量为247 mm,在实测值中扣除理论同震形变量,可大致推算出共和7.0级地震前震区存在一个以倒花20点为中心,最大幅值约为100 mm的隆起区.

1991年5~6月(震后1年)中国地震局第二地形变监测中心在共和地震区进行水准复测.结果表明<sup>[5]</sup>,老震区在原隆起的基础上,在一年内又形成一个更大范围的隆起区,最大隆起幅度为63.5 mm(图5).震后地壳的迅速隆起表明,共和地震后,该区高应力状况未恢复到正常水平,逆冲活动没有停止.1994年共和地区发生一系列中强余震也证明了这一点.

上述形变隆起区位于哇玉香卡-拉干断裂的南侧,表现出南盘上升北盘下降的逆冲特征,这与水文、物探资料给出的该断层性质相符.

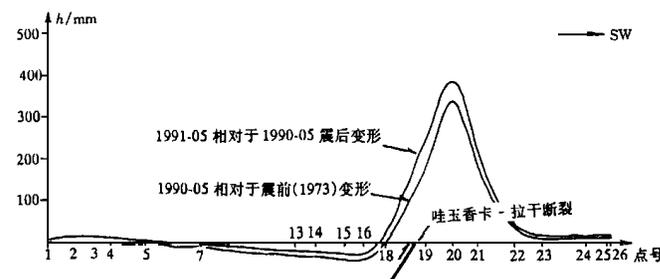


图5 共和7.0级地震形成褶皱图(据国家地震局第二地形变监测中心)

Fig. 5 Fold by the Gonghe  $M_s 7.0$  earthquake.

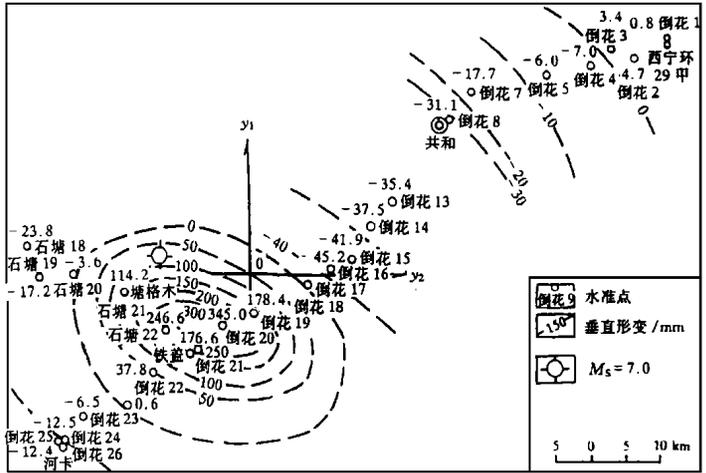


图4 共和7.0级地震前后地面垂直形变图<sup>[5]</sup>  
Fig. 4 Ground vertical deformation before and after the Gonghe  $M_s 7.0$  earthquake.

上述形变隆起区位于哇玉香卡-拉干断裂的南侧,表现出南盘上升北盘下降的逆冲特征,这与水文、物探资料给出的该断层性质相符.

哇玉香卡-拉干断裂的作用不仅是在地震之后.朱德瑜等1996年在对直亥买冲沟阶地纵剖面的研究中发现,横穿断层附近冲沟的I, II级阶地相对河床发生拱曲变形,明显发生隆起上升(图6).对阶地热释光年龄的测

定(II级阶地为  $25.23 \text{ ka} \pm 2.02 \text{ ka}$ )表明,哇玉香卡-拉干断裂的活动开始于晚更新世末。

从以上资料可以看出,共和地震的地表形变不是表现为地表破裂,而是褶皱隆起。这一形变特征与1983年美国加利福尼亚科林加6.5级盲断裂-褶皱地震相类似。该次地震前后,发震构造上覆背斜升高1 m左右<sup>[6]</sup>。

## 4 结论

通过以上分析可以认为,共和盆地内隐伏的NW向哇玉香卡-拉干断裂是共和7.0级地震的发震构造。极震区内的地裂缝大多与地形有关,没有明显的位移,与发震断层没有直接关系。该次地震前后地表形变以褶皱隆起为主。因此共和7.0级地震是一次典型的盲断裂-褶皱地震。

## 参考文献

- 1 陈杰,南凌.活动褶皱研究及识别.内陆地震,1992,6(1):25~37.
- 2 张培震,邓起东,徐锡伟,等.盲断裂、褶皱地震与新疆1906年玛纳斯地震.地震地质,1994,16(3):163~195.
- 3 张瑞斌,陈玉华.共和盆地构造背景及发震构造探讨.高原地震,1994,6(4):39~44.
- 4 陈运泰,等.青海共和地震震源过程的复杂性.见:中国固体地球物理学进展.北京:海洋出版社,1994.287~304.
- 5 巩守文,王庆良,林继华.共和6.9级地震垂直变形场位错模式及其演化特征的研究.地震学报,1993,15(3):289~295.
- 6 马宗晋.活动构造基础与工程地震.北京:地震出版社,1992.

## A DISCUSSION ON SEISMOGENIC FAULT FOR THE GONGHE $M_S7.0$ EARTHQUAKE IN 1990

CHEN Yuhua ZHANG Min ZHANG Xiaoqing

(Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001)

ZHU Deyu XIAO Zhenmin

(Institute of Crust Dynamics, CSB, Beijing 100085)

### Abstract

Seismogenic structure of the Gonghe  $M_S7.0$  earthquake on Apr. 26, 1990 in Qinghai province is studied by using data on geology, seismology and deformation. It is possible that the Wayuxiangka-Lagan blind thrust fault with trend of NW-NWW is the seismogenic fault for the Gonghe  $M_S7.0$  earthquake in 1990. Ground deformation by the Gonghe earthquake is fold-up-heaval mainly. Therefore, the Gonghe earthquake is a typical "blind fault-folding earthquake".

**Key words** Qinghai, Seismogenic fault, Gonghe earthquake, Blind fault-folding earthquake

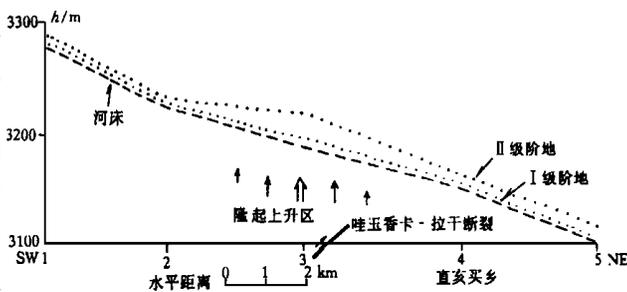


图6 直亥买冲沟阶地纵剖面图

Fig. 6 Profile of terrace at Zhihaimai gully.