

## 研究简报

与青海共和地震有关的地面垂直形变<sup>\*</sup>

巩守文 郭逢英

(中国西安 710051 国家地震局第二地形变监测中心)

1990年4月26日在青海省海南藏族自治州共和县塘格木附近发生了 $M_s=6.9$ 地震,震区位于青藏块体的北部边缘,它正好也位于我国西部大地形变监测网的边缘地区。震后国家地震局第二地形变监测中心组成了“青海地震形变测量工作组”,立即奔赴震区,从5月2日至6月26日完成了测线长达163km的水准复测任务。

大地形变是地壳构造运动在地表的直接反映。理论和实践表明,在应变能量积累过程中,由于地壳介质的不均匀性,在某些地区会出现明显的形变异常,这些异常区可能是孕育地震的场所。本次复测的目的是测量与共和 $M_s=6.9$ 地震的孕育、发生有关的大地形变特征,考察沿线上的地质构造及宏观地震现象,为研究强震孕育及其预测提供可能的构造形变依据。本次复测的主要任务为:

(1) 根据震情和测量资料情况,复测倒花线(由倒淌河至花石峡)和万塘线(由鹅阿石给至塘格木)穿过震中区的测线,测线长约150km。在能够确定与地震有关的大地形变特征(如形变区尺度,形变的幅值、形态及其与构造的关系等)的前提下,按照实际需要进行增减。

(2) 调查测线上的地质构造和宏观地震现象,确定构造与测量标志间的相对位置,以及宏观地震现象所反映的地面运动规律。

(3) 分析大地形变特征及其与区域构造、发震构造之间的关系。

(4) 结合甘青一带的形变资料,进一步深入研究和判断甘青交界地区的地震活动趋势。

这次复测取得了与地震有关的大地形变资料,为研究构造形变与地震的关系提供了重要的依据。

## 一、地面垂直形变测量

震区内有倒花Ⅰ等水准路线和石塘Ⅲ等水准路线经过,它们分别沿倒淌河—共和—铁盖—河卡、铁盖—塘格木—新哲农场的公路布设。两条水准路线恰巧交汇于极震区附近,为测量与地震有关的大地形变提供了较好的条件,具体测量情况如下:

(1) 倒花线有三期Ⅰ等水准资料,第一、第二期是国家测绘局1968、1978年的观测成果,第三期就是这次的复测成果(由西宁环29至倒花26号点)。

(2) 石塘线有两期资料,第一期是国家测绘局1979年的Ⅲ等水准测量成果,第二期就是这次的复测

\* 1991年3月2日收到本文初稿,1991年6月13日决定采用。

成果(由倒花 21 至石塘 18 号点)。

按国家测绘局颁布的《国家水准测量规范》规定,Ⅰ等水准观测成果的每公里偶然中误差为  $\leq 0.5\text{mm}$ ,Ⅲ等为  $\leq 3.0\text{mm}$ 。

这次水准复测按国家地震局颁布的《大地形变测量规范》及其补充规定执行,要求每公里偶然中误差为  $\leq 0.5\text{mm}$ 。共复测 162.6km,每公里中误差为  $\pm 0.43\text{mm}$ 。石塘线正好穿过极震区—塘格木农场,作业时仍时有 4 级以上余震发生。观测结果表明,在震中区往返测之差较大,每公里中误差为  $\pm 0.48\text{mm}$ ;远离震中区时观测精度较高,每公里中误差为  $\pm 0.34\text{mm}$ 。这表明震后强余震活动对复测精度有一定的影响。

## 二、宏观灾害的几个特征

共和盆地是第三纪以来形成的断陷盆地。盆地主要接受中新世以来的沉积,上第三系至早更新统的河湖相堆积厚度大于 1000m。盆地边缘有 NNW 或 NWW 向断裂分布。在极震区内有一条 NW 向隐伏断裂,西起茶卡南,东止茫拉河谷,对盆地南部的地貌有明显的控制作用。

共和  $M_s = 6.9$  地震的宏观灾害有下列一些特征。等震线的长轴为 NW 向(曾秋生,1990)。地表严重破坏集中在塘格木—红旗村一带,土坯房屋全部倒塌,砖砌平房和礼堂、厂房、供电所等质量较好的建筑物也受到相当严重的破坏。地裂缝有 NNW, NW, NE 几个方向,大都是张裂,其中以 NNW 方向的数量稍多,且显示出南盘高北盘低的垂直错位。在塘格木,有成排的平房,当建筑物的排列方向为 NW 向时破坏较轻;反之,为 NE 向时破坏较重。门厅圆柱、避雷针、铁塔、砖砌烟囱等的错位和上部倒塌方向也显示出规律性。这些都表明地面经历过 NNW 方向的剧烈运动。在塘格木、铁盖等地都观察到地震时,建筑物断裂的上部相对下部作顺时针扭动的现象。扭动一般反映在围墙大门门柱断裂后的相对转动上。这表明地震时地面运动兼有顺时针方向扭动。

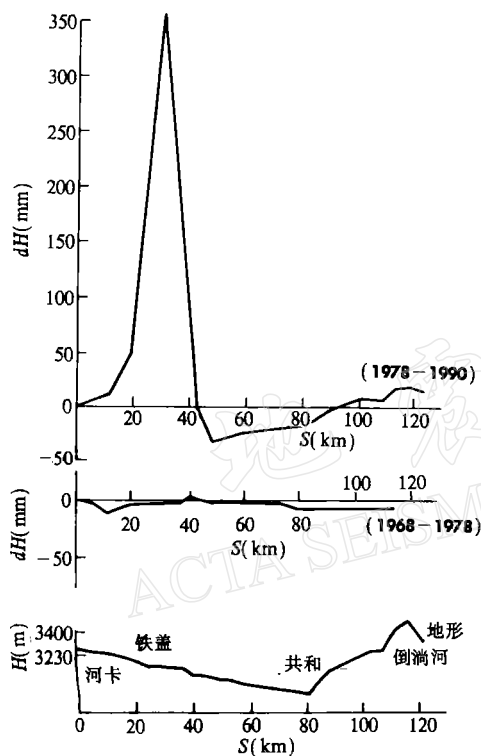


图 1 倒花线垂直形变剖面图

## 三、大地形变特征

大地形变是构造形变在地面的表象。由复测资料计算表明,震中区存在一个典型的 NNW 向形变隆起。这是与共和 6.9 级地震有关的地面垂直形变。震区的形变特征由下列的形变图表示出来,均以河卡的倒花 26 号点为相对起算点。

1. 河卡—铁盖—倒淌河的地面垂直形变(图 1) 在河卡以东 80km 的测线上,地面由西南向东北方向倾斜,地形平缓。在 1968—1978 年之间,震区没有发生形变。在 1978—1990 年 5 月之间,在河卡至共和的 30km 多的测线上(倒花 22—18 号点),出现了一剧烈的形变隆起,最大隆起位于铁盖以东(倒花 20 号点),幅值达 358mm,两侧基本对称,形变梯度为 28.0mm/km。

2. 铁盖—塘格木农场三大对的地面垂直形变(图 2) 在 1979—1990 年 5 月之间,在铁盖—红旗村(倒花 21—石塘 18 号点)一带亦出现了一形变隆起,最大幅值达 259mm,形变梯度为 14.6mm/km。

纵观形变剖面图,铁盖(倒花、20号点)是隆起的最高峰,向共和、河卡两个方向形变急剧下降;比较而言,在塘格木方向下降的坡度较缓,需要说明的一点是上述形变与地形不相关。

3. 震区地面垂直形变的等值线图 上述地形变剖面图表示的是各条测线上的形变状态,而形变等值线图才能反映出区域的形变状态。图3表明,震区的形变等值线似一椭圆形,长轴方向为NW75°,长约55km;短轴方向为NE15°,长约26km。零曲线约近似一圆形,在震区东北部与隆起相接壤的是一负形变区,直延伸至共和才又出现了零曲线,最大下沉量为32.7mm。在0—50mm的等值线区域里,西南部变化缓慢(梯度小);东北部变化较大(梯度大),且有负形变区。显然,在震区的东北部与西南部形变衰减和起伏有显著的差异。由铁盖向西南25km就是盆地的边缘,而东北方向地势开阔,远离盆地边缘约60km。因此,震区的大地形变在一定程度上受着盆地边界的约束。

宏观震中(北纬36°06′,东经100°05′)和微观震中(北纬36°07′,东经100°08′)不一致,前者在塘格木,后者在塘格木以北4.8km处。它们与形变隆起中心亦不一致,宏观震中大约在隆起的长轴方向上,距隆起中心约18.3km。微观震中距隆起中心17.0km。

1979年以前震区无显著形变,形变主要是震前10年和震时发生的。为了求得对地震预报有重要意义的震前形变信息,我们正在估算震时形变。整个形变过程尚未结束,对这样一个典型的与地震有关的地形变尚需进行跟踪监测,以了解震后形变衰减的过程。

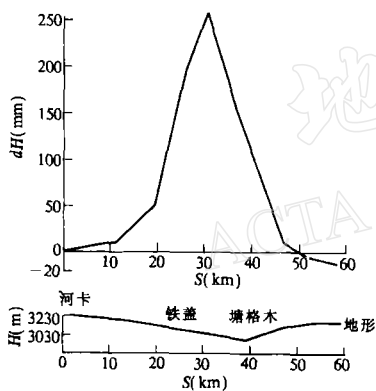


图2 石塘线垂直形变剖面图(1979—1990)

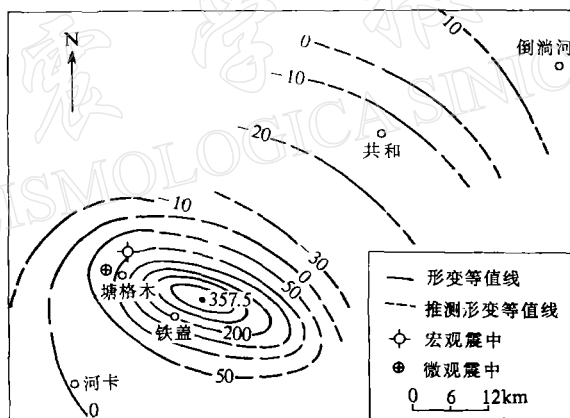


图3 共和M=6.9地震垂直形变等值线图  
(1979—1990)。单位:mm

本文主要由“青海共和6.9级地震大地形变测量复测报告”删节而成。借此对参加野外作业的同志们表示诚挚的感谢。撰写本文时得到国家地震局地球物理研究所陈运泰教授的帮助,一并表示感谢。

## 参考文献

曾秋生,1990.一九九〇年四月二十六日青海省共和、兴海间6.9级地震概况.高原地震,2,3,3—12.