

doi: 10.3969/j.issn.1003-3246.2021.02.032

# 鲜水河断裂带位移协调比异常与四川地震活动

张立成 薄万举

(中国天津 300180 中国地震局第一监测中心)

依据断层活动位移协调比的概念,对鲜水河断裂带上流动跨断层形变观测场地资料进行精细化处理,计算 2008 年汶川  $M_s$  8.0 地震后各场地的协调比序列,并计算同期发生在四川域内的 3 次、南北地震带北部甘肃南部的 1 次 6 级以上强震的协调比异常,发现临震前均在鲜水河断裂带上捕捉到显著或普遍的协调比异常。可见,几次强震的发生与鲜水河断裂带协调比异常在时间上高度吻合,表明该协调比异常可能是与强震密切相关的形变前兆现象,且这 4 次强震存在远场形变前兆。

断层活动位移协调比概念由中国地震局地震预测研究所黎凯武研究员提出,即断层活动位移三分量及其相互之间的比值,简称协调比。通常,协调比遵循该断层的构造活动背景,是一个常量。当断层加载外力时,断层活动的三分量发生改变,其协调比发生变化,即为协调比异常。

断层活动位移三分量通过如下数学模型获得。

$$\begin{cases} a \cos \beta_1 + b \sin \beta_1 = \Delta L_1 \\ a \cos \beta_2 + b \sin \beta_2 = \Delta L_2 \end{cases} \quad (1)$$

其中,  $a$  为水平走滑量,  $b$  为水平张压量,  $\beta_1$ 、 $\beta_2$  分别为基线观测  $L_1$ 、 $L_2$  与断层的斜交角,  $\Delta L_1$ 、 $\Delta L_2$  为基线观测长度的变化量。

由模型(1)推导断层水平的走滑量  $a$  和张压量  $b$ , 加上断层垂直形变观测的变化量  $\Delta h$ , 构成断层活动位移的 3 个分量, 其相互比值  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$  定义为断层活动位移的协调比, 即

$$f_1 = \frac{b}{a} \quad f_2 = \frac{\Delta h}{a} \quad f_3 = \frac{\Delta h}{b} \quad (2)$$

在 2018 年 1 月以前,鲜水河断裂带上具备协调比计算的流动跨断层形变观测场地有 6 个,分别是侏倭、格婆坝子、虚墟、沟普、龙灯坝及老乾宁,后因场地改造,于 2018 年 1 月启用新场地进行观测。因观测数据连续性 & 观测场地干扰等,采用 2008 年汶川地震后至新场地启用前,即 2009 年 1 月至 2017 年 12 月的观测数据资料进行分析。

2009 年 1 月至 2017 年 12 月,四川域内共发生 3 次 6 级以上强震,分别是 2013 年 4 月 20 日芦山 7.0 级地震、2014 年 11 月 22 日康定 6.3 级地震及 2017 年 8 月 8 日九寨沟 7.0 级地震;

同期,南北地震带北部甘肃南部也发生1次6级以上地震,即2013年7月22日岷县 $M_s$ 6.6强震。基于该时段鲜水河断裂带流动跨断层形变观测场地各协调比序列,可以得到以下结果。

(1)侏倭 F31 协调比序列:2013年3月7日,侏倭场地观测出现显著异常,于4月20日发生芦山7.0级强震(震中距280 km);同年7月3日,再次出现显著异常,于7月22日发生岷县 $M_s$ 6.6强震(震中距490 km)。

(2)虚墟场地协调比序列:① F233 协调比序列:2013年3月8日,虚墟场地观测出现显著异常,于4月20日发生芦山 $M_s$ 7.0强震(震中距270 km);②虚墟 F11 协调比序列:2014年11月10日,虚墟场地观测出现显著异常,于11月22日发生康定 $M_s$ 6.3强震(震中距170 km)。

(3)2017年8月8日九寨沟 $M_s$ 7.0地震前,鲜水河断裂带上的6个场地均出现协调比显著异常,且6个场地距震中均小于380 km。

以上4次强震的发生与鲜水河断裂带上的协调比异常在时间上高度吻合,表明鲜水河断裂带协调比异常可能是这些强震的形变前兆现象。另有研究表明,汶川地震临震前近场变形不动点现象与远场应力场变化具有较密切的关系。地形变观测所呈现的变化反映的不是局部变形状态,而是整个区域应力状态的迁移过程,是地应力扰动的结果。因此,四川域内及邻区发生的这4次强震存在远场的形变前兆特征。

**关键词** 断层位移协调比;远场形变前兆;强震;鲜水河断裂带

## Xianshuihe fault motion coordination ratio anomalies and seismicity in Sichuan

ZHANG Licheng and BO Wanju

(The First Monitoring and Application Center, China Earthquake Administration, Tianjin 300180, China)

**Keywords:** fault motion coordination ratio (FCR), far field deformation precursor, strong earthquake, Xianshuihe fault zone