

# 三性法及静中动方法对甘肃岷县漳县 $M_s6.6$ 地震的趋势性前兆显现的回顾研究<sup>①</sup>

郭安宁<sup>1</sup>, 郭增建<sup>1</sup>, 张炜超<sup>1</sup>, 赵乘程<sup>1</sup>, 李 鑫<sup>2</sup>

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国机械进出口集团有限公司, 北京 100037)

**摘要:**针对 2013 年 7 月 22 日甘肃岷县漳县  $M_s6.6$  地震, 本文用三性法、静中动两种方法, 对其前兆显现、震前预测过程进行了回顾和分析。回顾表明, 在 2012 年时, 对甘肃东南部历史上 8 级、7 级以及 6 级三个震级档的地震进行三性法分析后, 预测在 2013—2014 年时间段内, 天水地区可能有 6 级地震发生。圈定的地点是在天水为中心 150 km 的范围内。另外, 注意到 1987 年 1 月 8 日迭部 5.8 级地震与“静中动地震”指标所要求与定义的震级和年份相近, 因而以此地震作为“准静中动”地震判断地区, 与该区域三性法所做的时间预测相配合, 预测在 1987 年 1 月 8 日迭部 5.8 级地震周围大约 150 km 的范围之内, 将也会在 2012 年以及 2013、2014 年发生一个 6 至 7 级的地震。而实际发生的岷县漳县地震震中距离天水 123.8 km, 距离迭部 112.1 km, 即该地震发生在预测的范围内。

由于地震预测的复杂性, 当用三性法以及静中动指标对全国和甘肃省的地震情况分析后表明, 在别的地区还有更为显著的发震指标显现, 出于危险区不能划得太多的限制, 因而把针对甘肃东南部的预测列为第二个发震可能性的方案之中, 遂在 2012 年只得出研究性的预测结果, 没有提出预测意见。

甘肃岷县漳县的  $M_s6.6$  地震实际发生验证, 甘肃省首发的强震不是在一个最有可能的静中动指标所指明的地点之中, 却在“准静中动地震”的地点发生。但该地震对三性法的震后验证表明, 其方法还是有前兆性指标显示的。该次地震的发生, 表明“准静中动指标”也是值得重视的预测指标。研究表明, 三性法相比较常用的中期尺度的预测方法, 它能在存在强震背景的情况下, 在趋势上指出一个特定的时间段, 这是其独特的地方, 与多种方法结合后, 将会进一步提高强震预测的效能。

**关键词:** 甘肃岷县漳县  $M_s6.6$  地震; 三性法判据; 静中动判据; 天水; 迭部; 中期预测

中图分类号: P315.31 文献标志码: A 文章编号: 1000-0844(2013)03-0522-09

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2013.03.0522

## Retrospective Study on the Trend of Apparent Precursors of the Minxian—Zhangxian $M_s6.6$ Earthquake with the Triplet Method and "Activity in Quiescence" Method

GUO An-ning<sup>1</sup>, GUO Zeng-jian<sup>1</sup>, ZHANG Wei-chao<sup>1</sup>, ZHAO Cheng-cheng<sup>1</sup>, LI Xin<sup>2</sup>

(1. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou, Gansu 730000, China;

2. China Machinery Import-export Co. Ltd, Beijing 10037, China)

**Abstract:** The triplet method is an analysis method based on the time frequency of the  $M > 7.0$

① 收稿日期: 2013-09-25; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2013076

基金项目: 国家科技部公益专项(8-44); 国家科技部公益专项(201208001)

作者简介: 郭安宁, 男(汉族), 研究员, 硕士生导师, 从事地震预测, 构造物理与灾害预测研究。

earthquakes. A specific approach is used for studying the time series of great earthquakes occurring in the past in a certain region by using a time series composed of periodicity, multiple periodicity, and golden section. If they fit well, we can use it for predicting the time of a future earthquake by the time series.

"Activity in quiescence" is a method for analyzing the seismic activity on the basis of considering the earthquakes in a low-tide period as a precursory index for predicting the earthquakes in a high-tide period. It calls approximately one decade when no  $M > 7.0$  earthquakes occurred in the Mainland China intermittent period, then subtracts two years from both ends of the intermittent period to eliminate the influence of the start and the end of the earthquake climax; hence, the rest of the period is called the quiet period. In the places where  $M6.0$  earthquakes occurred in the quiet period, the  $M \geq 7.0$  earthquakes may occur when the climax of the next earthquakes is reached.

By aiming at the Minxian—Zhangxian  $M_s6.6$  earthquake that occurred on July 22, 2013, in this paper, we reviewed and analyzed the apparent precursors and prediction process before the earthquake with the triplet method and "activity in quiescence" method. The results show that, after using the triplet method to analyze historical earthquakes of magnitude 8, magnitude 7 and magnitude 6 that occurred in the southeastern Gansu, in 2012 we predicted that an  $M_s6$  earthquake would occur in Tianshui in the 2013—2014 period, and the prediction location was within a 150 km radius of Tianshui. In addition, because the magnitude and seismogenic year of the Diebu  $M_s5.8$  earthquake occurring on January 8, 1987 were similar to the index of "earthquake of activity in quiescence", we used this earthquake as the index of a "quasi-activity in quiescence", made a time prediction with the triplet method, and then predicted that from 2012 to 2014, an  $M_s6 \sim 7$  earthquake would occur in a 150 km radius of the location of the Diebu  $M_s5.8$  earthquake.

Because of the complexity of earthquake prediction, after analyzing the whole country and Gansu province by using the index of the triplet method and "activity in quiescence" method, we found that there were more significant precursor shows in other regions, so the prediction on the southeastern Gansu was just listed in the second program of earthquake risk. In 2012 we only obtained an investigational prediction result, but not put forward a prediction advice.

The reality is that the Minxian—Zhangxian  $M_s6.6$  earthquake occurs in the location of a "quasi-activity in quiescence" earthquake; however, this earthquake shows that the triplet method and "activity in quiescence" method still display earthquake precursory indicators, and the "quasi-activity in quiescence" indicators are worthy of attention. Comparing to the commonly used prediction methods for medium-term prediction, the triplet method can point out a specific time period in the background of strong earthquake, which is its obvious feature. If combined with a variety of other methods, the triplet method will further enhance its efficiency of predicting strong earthquakes.

**Key words:** Minxian—Zhangxian  $M_s6.6$  earthquake; the triplet method; "Activity in quiescence" method; Tianshui; Diebu; medium-term prediction

## 0 引言

三性法与静中动是由郭增建等<sup>[1-4]</sup>提出与完善的中期地震预测方法,是基于一至二年尺度上对 7 级以上强地震发生地点与时间的预测方法。多次强

地震表明,该方法在划定的中期趋势预测上,有着较好的验证率<sup>[5-12]</sup>。2013 年 7 月 22 日,甘肃岷县漳县发生  $M_s6.6$  地震,针对这次地震,三性法与静中动是否还是有前兆性的指标显示以及预测的验证,另

外预测指标是否还需要完善等等方面的问题,都是需要研究和讨论的。

文中回顾性的讨论了研究者在 2012 年对甘肃东南部地区用三性法和静中动方法所做的研究性预测。结果表明,三性法与静中动对这次岷县漳县地震存在有前兆性的显示指标,预测结果如下图 1 所示。但指标还处在磨棱两可的状态上,对决断提出预测意见还存在疑惑,因而没有提出正式的预测意见。文中结合 2013 年 7 月 22 日甘肃岷县漳县  $M_s 6.6$  地震,对三性法与静中动方法存在的诸问题和预测性能,给予研究和讨论。

## 1 三性法与静中动预测方法简介

三性法是基于 7 级以上强震的时间序列进行最佳分割的一种分析方法,用于预测强地震发生的时间。方法技术步骤是在一个区域内,选定一个有代表的强震发生间隔作为原始起算点和输入值,从而计算出发震时间的最大可能时间点。

其具体做法是在一个区域上,是指用周期性、倍周期性和黄金分割性组成的时间序列去拟合所研究地区过去大地震发生的时间序列,如拟合的较好就按这三性的时间序列向未来外推,以预报未来大震可能发生的时间,所得结果是中期尺度预测结果(即一年尺度或前后误差一年左右),它是基于外因触发和调制的地震预测分析方法。

### 1.1 三性法中的三性含义简介

#### (1) 周期性和倍周期性

周期性不难理解,强地震的发生不会连续发生,必定会产生一定的时间间隔,这些间隔可能会被用周期性来描述。

三性法所描述的地震周期,并不是说我们知道大震从开始孕育到地震发生的时间长短。它的周期性是指在外因影响下大震发生的时间间隔,而假定认为外因是具有一定周期性的,由于外因在震源体上的周期性作用,导致大震的发生具有周期性。

具体的外因例如地球自转速率变化中的周期成分、引潮力变化中的周期成分、太阳活动的周期成分以及大气活动中的周期成分等。由于各地震带或地震区中组成地壳的诸块体互相耦合不同、受力不同以及物性有差异,所以各地区大震对不同外因触发和调制的敏感程度不同,所以一般来说相应周期值  $T$  也不同<sup>[3]</sup>。

如果作用于震源体地区的外因是单一外因,那么大震发生的周期与外因作用的周期相同,但是现

实中作用于震源体上的外因并非单一外因,这种情况下三性法中所描述的大震发生周期  $T$  是由各种外因合成后形成新的周期决定的。

外因触发大震并不是在每个周期都能够触发,外因跨过多个周期触发所研究地域内的大震,则两次大震之间的时间间隔为  $nT$ 。这就是所谓的倍周期性,也叫做整倍性。在每个周期对应的时间点上,可能发生地震,也可能不发生地震。大震连续发生在周期点上,则认为符合周期性,如果间隔  $nT$ ,则符合倍周期性。倍周期性是建立在周期性基础之上,对周期性的扩展。至于有利于触发大震的外因的位相问题,在一个地域内可能是相对稳定的<sup>[3]</sup>。

### 1.2 黄金分割性

黄金分割性是三性法最奇妙的部分,黄金分割性的表达式为:

$$t^1 = t_1 + 0.618T$$

$$t^2 = t_1 + 0.382T$$

式中  $t^1, t^2$  为大震发生年份,  $t_1$  为大震周期中头一个大震的发生年份。  $T$  为大震发生周期,即上节描述的地震发生间隔所被描述出的周期值。

黄金分割性的机理的解释是,可能是基于两个外因触发大震的情况。假定大震是受两个外因触发的。如果两个外因的周期之比为 2:3,则两个外因的合成对一个地区地震能量的触发释放就会形成周期性、周期的整倍性和每个周期内的黄金分割性。在每个周期内存在两个黄金分割点即:  $0.618T$  和  $0.382T$ 。如果大震发生的时间落在周期内的黄金分割点上时,则符合三性中的黄金分割性。同样在每个周期内对应的黄金分割点上,可能发生地震,也可能不发生地震<sup>[3]</sup>。

### 1.3 静中动判据

静中动是地震活动性的分析方法,是基于低潮期发生地震来预测高潮期是否会发生强地震的思路与方法,其原理基于力学成因所得的强震发生地点的分析方法,但有时时间概念,其尺度也是基于一年或前后一到二年的尺度预测。

静中动判据于 1992 年提出,其预测目标是 7 级以上大地震位置<sup>[2,4-5]</sup>。具体方法操作上是中国大陆内部不发生 7 级地震近 10 年左右称为间歇期,把间歇期两头各扣去 2 年,以消除大震高潮开始和结束时对间歇期的影响,于是中间所剩下的时段称为平静期<sup>[9]</sup>。

从 1976 年起向后进行统计,1977—1987 年中国境内的地震均不在华北地区和西部大陆内部发

生,直到 1988 年 11 月 6 日云南澜沧北发生 7.0 级地震,该地区属于南北地震带南端。该地震发生属于下次地震高潮开始的标志。因此可以判定该 12 年为一个地震间歇期,其时间间距为 1976—1988 年。根据对地震间歇期的判定,依据平静时段的定义,在起点和终点各去除 1~2 年,这里选择去除 2 年,可以得出该平静时段为 1978—1986 年。

在平静期中发生 6 级地震的地方,其附近在将来下一次大震高潮来临时可能发生 7 级或大于 7 级的地震。因而在大陆,在平静时段 1978—1986 年发生的 6 级及以上地震称之为静中动地震。

在中国大陆边缘大震特别活跃地带,上述平静期中的地震和以后发生的大震其震级相应要高一些,即静中动地震会大于 6 级,以静中动预期预测的地震会大于 7 级。具体情况为,“静中动判据”在用于中国大陆内部时,“静中动地震”为 6 级左右,在喜马拉雅地震带和太平洋地震带以及新疆西北边缘地震带,则“静中动地震”可达 7 级左右。

另外,对未来大震发生时间、地点及静中动判据适用范围有以下约定:

(1) 对于静中动地震与附近未来大震的时间间隔有两种判定指标。从大量统计数据上看,一般由静中动地震的年份算起,在其后 30—45 年这一时间段内发生更大地震的概率较高。但是短于 30 年和长于 45 年也有发生的概率。另一个时间指标是,静中动地震发生后若有新的大震高潮来临,就要考虑静中动地震附近可能发生更大的地震<sup>[6]</sup>。

(2) 对于静中动地震距未来大震的距离,根据统计数据显示未来大震一般发生在静中动地震周围 50~100 km 的范围内,有的时候可能还会更近。

## 2 2012 年以三性法对甘肃东南地区的研究性预测

### 2.1 甘东南地区震情估计

首先针对甘肃东南部的地震分析,选定了行政区划天水地区,甘东南还有陇南地区。三性法的操作,首先要对欲选研究地区的历史上发生的大地震

的时间间隔进行分析,提取出一个周期与倍周期的周期值,通过对全国大地震的周期进行的研究统计,发现大多数强地震的发生的时间间隔是在 25 年到 30 年,也就上节提到的 T,基于这个由统计的得到的通用性周期,对甘肃省东南地区进行了研究。

#### (1) 8 级特大地震时间间隔的三性法分析

在甘肃东南部,特大地震的 1654 年天水 8 级地震与 1879 年武都文县 8 级地震符合 25 年的倍数年时间间隔,即  $1879 - 1654 = 255 \text{ 年} = 9 \times 25 \text{ 年}$ 。这与全国其他 8 级大震的时间间隔是一致的。

对于 25 年和 25 年的倍数,究其成因机制,可能是极移 25 年位相周期和蒙古高压 25 年活动周期对我国 8 级大地震发生时间的调制所致。对此,还需要进行深入研究。

以 2012 为年份的时间点,从 1879 年武都文县 8 级地震到 2012 年已过去 133 年,即  $(5 \times 25 + 8)$  年。要由 8 年补够 25 年的倍数,则还需 17 年。但如按 25 年的三性分布考虑(三性分布是地震发生时间按周期性、倍周期性和每个周期的黄金分割性来分布),则这 8 年再加 1.55 年就是 9.55 年,此即 25 年的短黄金分割。这也就是说 2013—2014 年就会遇到 25 年的短段黄金分割的年份。按照三性法的规则,这个短段黄金分割段是应注意的发震时段。因之,2013—2014 年以天水为中心 150 km 半径范围内要注意可能发生强地震。

#### (2) 7 级地震的时间间隔的三性法分析

如果按历史上 7 级地震来分析,则有 1352 年静宁定西 7 级地震,1654 年天水 8 级地震,1718 年通渭 7.5 级地震和 1879 年武都文县 8 级地震,这 4 次大震的时间间隔为:

$$1654 - 1352 = 302 \text{ 年} = 12 \times 25 + 2 \text{ 年}$$

$$1718 - 1654 = 64 \text{ 年} = 2 \times 25 + 14 \text{ 年}$$

$$1879 - 1718 = 161 \text{ 年} = 6 \times 25 + 11 \text{ 年}$$

如果把上述 4 次大震的发生年份以“25 年为周期的三性分布”来排列,则如下图所示。

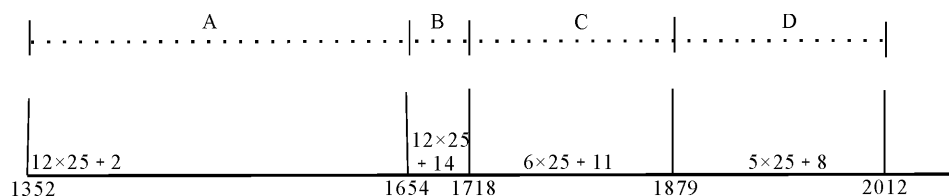


图 1 甘肃东南部四次 7 级大地震发生间隔构成的三性法分布

Fig. 1 The triplet distribution formed by intervals of 4 strong earthquakes of magnitude 7 in Southeastern Gansu

在图 1 中,长竖线为发震年份;竖线之间的乘号两侧是 25 年的整倍数;加号后面的数字可与 25 年的黄金分割短段  $25 \times 0.382 = 9.55$  年和长段  $25 \times 0.618 = 15.45$  年去比较,以验证它们与三性分布接近的程度。图中最上边的虚线段 A、B、C 和 D 是代表各大震顺次的时间间隔。在 A 段“+”号后是 2 年,这可认为是 25 年的误差。B 段“+”号后是 14 年,它与 25 年的长段黄金分割 15.45 年只差 1.45 年, C 段“+”号后面是 11 年,它与 25 年的短段黄金分割也只差 1.45 年。即可以认为 A、B、C 三段以 25 年的三性分布来衡量是基本符合的,误差只是 2 年。另一方面, A 段的 2 年和 B 段 14 年加起来是 16 年,即 B 段的时间为  $2 \times 25$  年再加 16 年。这个 16 年接近 25 年的长段黄金分割,它要由 C 段一个短段黄金分割 11 年来相补,形成完整的 25 年,这样时间由 1352 年到 1879 年时,其总的时间间隔都成了 25 年的倍数年,具体情况是  $16 + 11 = 27$  年,这与 25 年相比误差为 2 年。这个误差与前述第一条相比误差是相同的,即也是 2 年,这个误差不算太大。因之,我们认为可由 1879 年向未来外推按三性法进行预测。由 1879 年到现在 2012 年是 133 年,它再加 1.55 年就等于是 1879 年之后第 6 个 25 年的短段黄金分割之年。这是一个要注意的发震年份。这个年份就是 2013—2014 年。再往后就是第 6 个 25 年的长段黄金分割之年,即 2019—2020 年是第二个值得关注的发震年份。

### (3) 6 级地震时间间隔的三性法指标

甘肃天水 and 礼县地区在 1885 年和 1936 年各发生过 6 级地震,它们之间的时间间隔为 51 年,这是 2 个 25 年多 1 年,这 1 年等于是误差。我们由 1936 年算起到现在 2012 年为 76 年。这是 3 个 25 年加 1 年,即误差亦为 1 年。这本该去年是一个发震年份,但未发生。由于此时间点刚过去的时间不长,所以 2012—2013 年都应关注的年份。

### (4) 三个震级档分析的结论

从三个震级档次皆得出“今后三年”是发震的时间,应于关注。若考虑到 1936 年天水 6 级地震发生于太阳活动高年紧邻(按太阳黑子年平均是 1937 年为高年,但 1936 年的 11 月和 12 月太阳黑子数比 1937 年该两月内的黑子数都高),所以我们考虑到现在黑子数正向高年发展,故认为“今后三年”天水地区可能有 6 级地震发生。至于发震地区则考虑为以天水为中心 150 km 半径范围内皆属发震的可能地区,如图 2 所示,而实际发生的岷县漳县地震震

中距离天水 123.8 km。

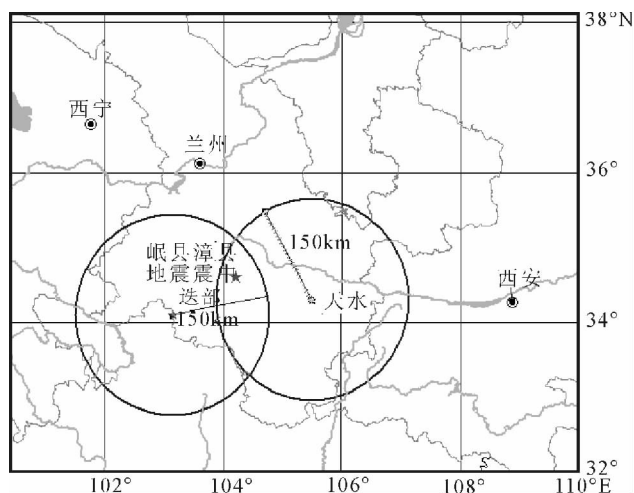


图 2 三性法与静中动预测 2013 年左右地震的地区与岷县漳县地震震中位置关系图

Fig. 2 Diagram of the relationship between earthquake region predicted by the triplet method and "Activity in quiescence" method in 2013 and epicentral location of the Mianxian—Zhangxian  $M_s 6.6$  earthquake

## 2.2 1987 年迭部地震表现出的“准静中动”指标

在 2012 年的研究中,在对天水地区做出研究性的预测后,另外特别补充指出的是,1987 年 1 月 8 日,曾在甘肃迭部县发生 5.8 级地震,这个地震与“静中动地震”的震级和年份相近,所以对此点做出预测,考虑迭部和其周围在明后两年(指 2013 年或 2014 年),可能发生 6~7 级地震的可能,范围是迭部周围 150 km,图 2 所示。而实际发生的岷县漳县地震震中距离迭部 112.1 km,即该地震发生在预测的范围内。另外按照三性法估计,另一个发震的时间段可能性是在 2019—2020 年发震。

## 3 讨论

### 3.1 预测意见形成及权衡的过程回顾

针对上述预测的研究结果,虽然在 2012 年就做出了,但是对预测的最终选择是困难的。首先针对全国,三性法在国内在不止一个地区显现,若是针对全国性的预测,不能划出预测区过大过多,否则有撞运气之嫌,必然只能选择几个,对此,我们在全国选定限定为 4 个地区,在 4 个地区中,甘肃省也选择了一个地区。但是,对甘肃省的这个选区而言,还有一个地区的指标比甘东南的指标更为显著,因而在做最大的可能性的选择时没有把天水地区及迭部附近作为首选,列为前 4 个可能性地区之后,没有把天

水、迭部地区向全国范围的预测提交意见。

从静中动指标分析,按照静中动地震的定义,震级应是在6级以上,发生静中动地震的时间应是在强震低潮期的1986年以前,但是,1987年迭部地震震级是5.9,与定义的6级标准稍差了一点,而该地震发生于1987年1月8日,与定义的时间段存在一点小的差异,因而只能算做“准静中动”地震,鉴于此,在抉择时犹豫了。

另外,甘肃东南部的地震是较复杂的,南北带从这里通过呈南北向展布,但是这里的地震发生的构造与等震线的展布却是呈东西向,地表地震现象与大的地震带展布方向不一致,还有一些其他的原因,因而这个预测结论于2012年10月就已经做出,但是一直未作为预测意见而提出过,只作为研究性的预测而等待时间的检验。另外,本文用三性法及静中动指出的地区仍有可能发生较强地震。

### 3.2 三性法静中动与常用前兆方法效能的比较分析

针对三性法与静中动指标的特点,以甘东南为例子说明。对甘肃东南部,无论是从历史地震、地球物理、地震地质等方面,都显示出一个强震的背景,由于这个背景的存在,以及区域性的小地震频繁发生,由此无论是长与中期的预测时都不能不提及这个地区,但对预测专家的一个困难和困惑是,提及后却一年一年的不发生地震,虽然不发生地震,但去掉是更没有理由的,因而在每次划定的预测区,莫非是做小的调整而已,不会发生大的变化,跟踪是一直在跟踪,但不知何年来地震。而三性法有较好的确定在某一年度发震可能性的技术优势,在本案中,三性法预测对甘东南基本确定在2013、2014年为最大可能发震的时间,鉴于此,在中期趋势预测的时间尺度的把握上,三性法与静中动方法与现今会商通用方法可进行互补,可作为对年度时间指标判断的独特方法来参考。

## 4 结论

本文研究用三性法、静中动为主的两种方法,对2013年7月22日甘肃岷县漳县  $M_s6.6$  地震的前兆显现、预测过程进行了回顾和分析。

在2012年,对甘肃东南部历史上8、7、6级地震分别进行了三性法分析,在此基础上,预测在2013—2014年为主要时间段内天水地区可能有6级地震甚至于更强地震发生,同时,注意到1987年1月8日迭部5.8级地震是一个“准静中动”的地震,与

该区域的三性法所做的时间预测相配合,预测在迭部5.8级地震周围150 km的范围之内,将也会在2012年以及2013、2014年会发生一个6至7级的地震。

虽然上述的预测被列为可能发生地震的第二个可能性方案之中,因而未提交预测意见,但实际验证“准静中动地震”却符合了地震的发生,这是本文用三性法及静中动对2013年7月22日甘肃岷县漳县发生  $M_s6.6$  地震预测效能的研究。

本文的震例回顾表明,今后对“准静中动指标”也是值得重视的预测指标。另外,进一步证明了对有强震背景下中期趋势的年度进行预测评判时,由于三性法的预测相对固定在一些特定的年份,因而在某一特定的区域,对其趋势时间的判断有所长的预测效能,与多种预测方法相结合后<sup>[14-18]</sup>,将会进一步提高预测的能力。

## 参考文献(References)

- [1] 郭增建,韩延本,吴谨冰.由三性法和静中动判据预测大震[J].地质前缘,2003,10(1):210-211.  
GUO Zeng-jian, HAN Yan-ben, WU Jin-bing. On Prediction of Strong Earthquakes by means of Three Triplet Method and Criterion of Activity in Quiescence [J]. Earth Science Frontiers, 2003,10(1):210-211. (in Chinese)
- [2] 郭增建,韩延本,吴谨冰.从震源物理角度讨论外因对地震的触发机制[J].国际地震动态,2001,20(1):13-15.  
GUO Zeng-jian, HAN Yan-ben, WU Jin-bing. Discussion on Earthquake Triggering Mechanism by External Factors from the Angle of Earthquake Source Physics [J]. Recent Developments In World Seismology, 2001,20(1):13-15. (in Chinese)
- [3] 郭增建,秦保燕,李革平.未来灾害学[M].北京:地震出版社,1992.  
GUO Zeng-jian, QIN Bao-yan, LI Ge-ping. Science of Future Disaster [M]. Beijing: Press of Seismology, 1992. (in Chinese)
- [4] 李鑫.静中动与三性法指标预测大地震的方法系统研究及成因探讨[D].兰州:中国地震局兰州地震研究所,2012.  
LI Xin. Static Method of Moving Targets in Three of the Earthquake Prediction Research Method and Origin of the System [D]. Lanzhou: Lanzhou Institutue of Seismology, 2012. (in Chinese)
- [5] 郭安宁,郭增建.二外因合成预测地震[G]//灾害预测方法集成.北京:气象出版社,2010:191-193.  
GUO Zeng-jian, GUO An-ning. Prediction of Earthquake by Synthesis of Two External Factors [G]// Integration of Disaster Prediction Methods. Beijing: China Meteorological Press, 2010:191-193. (in Chinese)
- [6] 郭安宁,郭增建.5·12汶川地震预报回顾[M].西安:西安地图出版社,2009.

- GUO An-ning, GUO Zeng-jian. 5·12 Wenchuan Earthquake Prediction Review [M]. Xi'an: The Xi'an Map Publishing House, 2009. (in Chinese)
- [7] 郭安宁, 郭增建. 从震源模式讨论 2008 年汶川 8 级地震的回顾性预测[J]. 西北地震学报, 2010, 32(1): 115-126.
- GUO An-ning GUO Zeng-jian. A Discussion on the Retrospective Prediction of the  $M_s$  8.0 Wenchuan Earthquake in 2008 by Means of Earthquake Source Modles[J]. Northwestern Seismological Journal, 2010, 32(1): 115-126. (in Chinese)
- [8] 郭增建, 陆鸣, 李革平, 等. 青海 7 级以上大地震发生时间特点的研究[J]. 西北地震学报, 2006, 28(1): 92-94.
- GUO Zeng-jian, LU Ming, LI Ge-ping, et al. Study on the Temporal Regularity of Large Earthquake ( $M \geq 7$ ) Occurrence in Qinghai Province [J]. Northwestern Seismological Journal, 2006, 28(1): 92-94. (in Chinese)
- [9] 郭增建, 郭安宁. 用非传统方法回顾性讨论 2008 年新疆于田 7.3 级地震的预[J]. 西北地震学报, 2009, 31(1): 102.
- GUO Zeng-jian, GUO An-ning. Reviewing Discussion on the Prediction of Yutian  $M_s$  7.3 Earthquake in Xinjiang on March 21, 2008, by Nontraditional Prediction Method [J]. Northwestern Seismological Journal, 2009, 31(1): 102. (in Chinese)
- [10] 郭增建, 秦保燕. 由“中动判据”对 1996 年 2 月 3 日丽江 7 级大震的中长期预测[J]. 地震学报, 2002, 22(4): 442-445.
- GUO Zeng-jian, QIN Bao-yan. The Mid-long Term Prediction of the February 3, 1996 Lijiang Earthquake ( $M_s=7$ ) by “Criterion of Activity in Quiescence” [J]. Acta Seismologica Sinica, 2002, 22(4): 442-445. (in Chinese)
- [11] 郭增建, 郭安宁. 华北地区某些地震问题讨论[J]. 内陆地震, 2011, 25(4): 300-306.
- GUO Zeng-jian, GUO An-ning. Discussion on Some Problems of Earthquake Activities in North China [J]. Inland Earthquake, 2011, 25(4): 300-306. (in Chinese)
- [12] 郭安宁, 郭增建, 焦姣, 等. 青海玉树 7.1 级大震的预测讨论[J]. 西北地震学报, 2012, 34(1): 39-43.
- GUO An-ning, GUO Zeng-jian, JIAO Jiao, et al. Discussion on Prediction of Qinghai Yushu  $M_s$  7.1 Earthquake [J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(1): 39-43. (in Chinese)
- [13] 郭安宁, 李鑫, 赵乘程, 等. 2013 年庐山 7.0 级地震一年尺度预测的回顾性研究[J]. 地震工程学报, 2013, 35(2): 257-265.
- GUO An-ning, LI Xin, ZHAO Cheng-cheng, et al. Retrospective Study on One-year Prediction for 2013 Lushan  $M_s$  7.0 Earthquake [J]. China Earthquake Engineering Journal, 2013, 35(2): 257-265. (in Chinese)
- [14] 董蕾, 杨立明. 汶川大震前数字地震仪位移地脉动低频异常现象研究[J]. 西北地震学报, 2012, 34(3): 268-273.
- Dong Lei, Yang Li-ming. Research on Low-frequency Anomalies of Microtremor Displacement Recorded by Digital Seismograph before the Wenchuan Earthquake [J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(3): 268-273. (in Chinese)
- [15] 余怀忠, 程佳, 张小涛, 等. 多方法联合分析未来地震发生趋势[J]. 西北地震学报, 2012, 34(1): 1-9.
- YU Huai-zhong, CHENG Jia, ZHANG Xiao-tao et al. Multi-method Linked to Study Future Seismic Tendency [J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(1): 1-9. (in Chinese)
- [16] 王双绪, 张希, 祝意青, 等. 南北地震带北段强震形变异常特征与预测指标研究[J]. 西北地震学报, 2012, 34(2): 105-113.
- WANG Shuang-xu, ZHANG Xi, ZHU Yi-qing et al. Study on the Characteristics of Strong Earthquake Deformation Anomalies and Forecasting Index in the North Segment of the South-north Seismic Belt of China [J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(2): 105-113. (in Chinese)
- [17] 焦姣, 郭安宁, 高思如, 等. 水库区地震前兆在地震预报中的意义[J]. 西北地震学报, 2012, 34(3): 294-298.
- JIAO Jiao, GUO An-ning, GAO Si-ru, et al. Significance of the Earthquake Precursor in Reservoir Area for Earthquake Prediction [J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(3): 294-298. (in Chinese)
- [18] 许康生, 李秋红, 李英. 大地震前近台背景噪声的频谱分析[J]. 西北地震学报, 2012, 34(2): 150-153.
- XU Kang-sheng, LI Qiu-hong, LI Ying. Analysis on the Spectrum of Background Noise in Station near by Epicenters of Two Great Earthquake [J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(2): 150-153. (in Chinese)
- [19] 李杰, 王晓强, 王琪, 等. 2008 年于田 7.3 级地震前西昆仑地形变的 GPS 初步研究[J]. 西北地震学报, 2012, 34(3): 256-263.
- LI Jie, WANG Xiao-qiang, WANG Qi, et al. Crustal Deformation in Western Kunlun Tectonic Zone from GPS Measurements before the Yutian  $M_s$  7.3 Earthquake in 2008 [J]. Northwestern Seismological Journal, 2012, 34(3): 256-263. (in Chinese)