

青海玉树 7.1 级大震的预测讨论

郭安宁, 郭增建, 焦 姣, 李 鑫

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:讨论了 2010 年 4 月 14 日青海玉树大震的震源组合模式。用临界慢化的观点讨论了玉树大震的前震。以异年倍九律与磁暴二倍法相配讨论了玉树大震的发生日期。

关键词:玉树地震; 震源组合模式; 前震序列; 临界慢化; 异年倍九律; 磁暴二倍法

中图分类号: P315.728 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2012)01-0039-05

Discussion on the Prediction of the Yushu $M_s7.1$ Earthquake in Qinghai Province in 2010

GUO An-ning, GUO Zeng-jian, JIAO Jiao, LI Xin

(Lanzhou Institute of Seismology, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The source combination model of the Yushu $M_s7.1$ earthquake in Qinghai province on April 14, 2010 is discussed. Using the view point of slowing down in critics the foreshocks before the Yushu earthquake are identified in some sense. The occurrence date prediction of the Yushu earthquake is suggested to be determined by the methods of "rhythm of multiplied nine days in different years" and the "two times of magnetic storm".

Key words: Yushu earthquake; Combination model of earthquake source; Foreshock sequence; Slowing down in critics; Rhythm of multiplied nine days in different years; Two times of magnetic storm

0 引言

2010 年 4 月 14 日青海玉树发生 7.1 级地震, 对该次地震本文作者曾有过预测。2006 年我们在《西北地震学报》上发表文章, 用“三性法”预测在 2012 年前后 2 年内青海境内可能再次发生 7 级以上地震^[1]。并指出, 对于具体的发震地区可用空区法、静中动判据和立交模式法来求; 2007 年我们在《国际地震动态》上发表文章, 用静中动判据指出: 青海玉树已进入发生强震的有效时期^[2]。已往对上述“三性法”和“静中动判据”是配合使用的。前者预测年份较好, 尽管它也可用取样地区作为预测地区; 后者预测地区较好, 尽管它也有统计得出的发震时间段的预测。但无论如何, 上述预测还只是对玉树大震的中长期预测, 作为减少伤亡来说, 最重要的是短

临预测。本文对此作回顾性预测讨论。这里所说的回顾性预测是指预测指标和方法在玉树大震前早就提出了, 但在震后回过头来用这些指标和方法结合实际资料预测玉树大震。

1 用组合模式预测发震位置和震级

组合模式是我们在 1973 年提出的震源孕育模式^[3]。该模式认为震源是由应力积累单元和其两端的应力调整单元组合而成。应力积累单元的介质强度较高或断层面上静摩擦极限较高, 它是积累应力和最后发震释放能量的主体。应力调整单元介质强度低或断层面上静摩擦极限较小, 如构造交会的岩石破碎区, 高温塑性区, 富含流体区以及蠕滑断层

收稿日期: 2010-10-15

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2012010

作者简介: 郭安宁(1962-), 男(汉族), 陕西商洛人, 研究员, 主要从事工程地震与中长期地震预测研究。

段等,它们积累应力不大时就塑性形变或断层蠕滑了,它把要承担的应力转移调整到应力积累单元的端部形成应力集中。当大震发生时,应力积累单元的断层快速错动和传播,当传播到应力调整单元时,断层就止裂了,主震结束。这就是组合模式的梗概。

对于玉树大震来说,玉树大震的震源断层走向与活动的地质断层走向是一致的,即 NW 走向,在这个震源断层东南端是玉树县城,西北端是隆宝湖(图 1,图中实直线段是地震在地表形成的断裂,取自文献[4])。玉树东南不远有 NE 向的支断层与 NW 向发震断层相交(据董治平),这里介质相对破碎,因之是应力调整单元。在巴塘乡有第四纪巴塘盆地^[5],也是调整单元的组成部分。在震源断层的西北端有隆宝湖,因水长期渗入地下,介质变弱,所以是应力调整单元。以湖泊作为调整单元在文献[6]中曾讨论过。

2007 年我们在《国际地震动态》上是用“静中动判据”这个地震活动指标预测玉树地区可能在 2010—2014 年间发生大震。但并不清楚玉树地区的具体活动断层和湖泊情况。图 1 是我们在玉树大震后才收集资料并从震源孕育的组合模式进行讨论的。

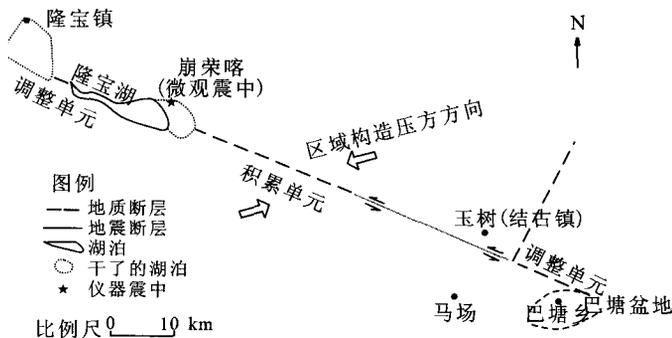


图 1 2010 年玉树 7.1 级地震的震源组合模式

Fig. 1 The combination mode of Yushu 7.1 earthquake in 2010.

如果震前知道图 1 中两个调整单元则其间的积累单元的长度约为 60 km,按此长度 L 即可用下式求出震级 M_s 为 7.0,所用公式为 $M_s = 3.3 + 2.11 \lg L$ (km)。上述结果是与实际震级 7.1 级相近的。陈运泰院士小组震后用地震波反演得出玉树大地震的断层长度为 50~70 km^[7],与上述组合模式得出的结果也是相近的。

玉树大震的前震群发生于上述应力积累单元的西北端,即隆宝湖附近的崩荣喀。它是应力积累单元和应力调整单元的交接区。如果我们事先能划出玉树大震的组合模式,则前震群发生于这个模式的

应力积累单元端部,就要思考它可能就是前震群。1975 年海城 7.3 级大震的前震群就发生在应力积累单元。这就是用组合模式为背景去鉴别前震群。按该模式,未来大震的极震区也就是应力积累单元和其端部。由于组合模式可帮助判断前震群,因之是与临震预报有关系的。

还应指出,在玉树东南的横交支断层还会起到震源断层向东南传播止裂的作用。因图 1 中震源断层的错动方向是背着支断层的,即拉张锋头是对着它的,引张可使支断层张裂,遂使震源断层的传播止裂。

2 关于前震的讨论

前震的识别一直是人们在大震预测中渴求的,但识别非常不易。作为回顾性研究,我们分析了 2010 年玉树大震前五年内(2006—2010 年)玉树地区的 4~5 级地震的活动情况,发现在这 5 年中除 2006 年 7 月 18~19 日在玉树城西 80 km 处有 $M_s 5.3$ 和 $M_s 5.8$ 地震以及后面 4 天内有 3 个 4 级地震外,以玉树城为中心周围 200 km 范围内直到 2010 年 4 月 14 日玉树大震发生再无 4 级和 4 级以上地震(据《地震》所载地震目录)。这个 5.8 级地震的余震序列似为正常的余震衰减。而且由于它距玉树大震已过去 3 年半了。我们就不把它当作前震看待了。

根据倪四道等的研究,2010 年 4 月 14 日玉树大震的前震活动很明显^[8],如图 2 所示,图 2(a)是主震前 3 小时内的前震活动,(b)图是主震前 30 小时内的前震活动,(c)图是一些前震和主震的相对位置图。

倪四道等说前震很明显,是在玉树大震后来说的。问题是在玉树大震前如何由这些中小震群来判断后面有大震呢?对此 1989 年我们曾提出用统计物理学中“临界慢化”的判据去识别它^[9],即孕震系统应力积累态向大释放态转变时犹如相变,判断相变即将发生的指标之一就是“临界慢化”。换成地震预测的语言就是孕震系统震前稍早一些时候,前震单一发生后又被系统拉回到积累态而恢复了,到快要发生大释放态前,前震就间隔缩短,或一个稍大前震跟随很多小震,这就是类似于临界慢化。刘正荣研究的前震群 h 值也属于临界慢化。对于其他前兆来说,早期一个前兆出现异常,很快又被孕震系统拉回到积累态而恢复了,但到快临震时,前兆出现的种类就多了,各前兆出现的频次也高了,或者前兆持续

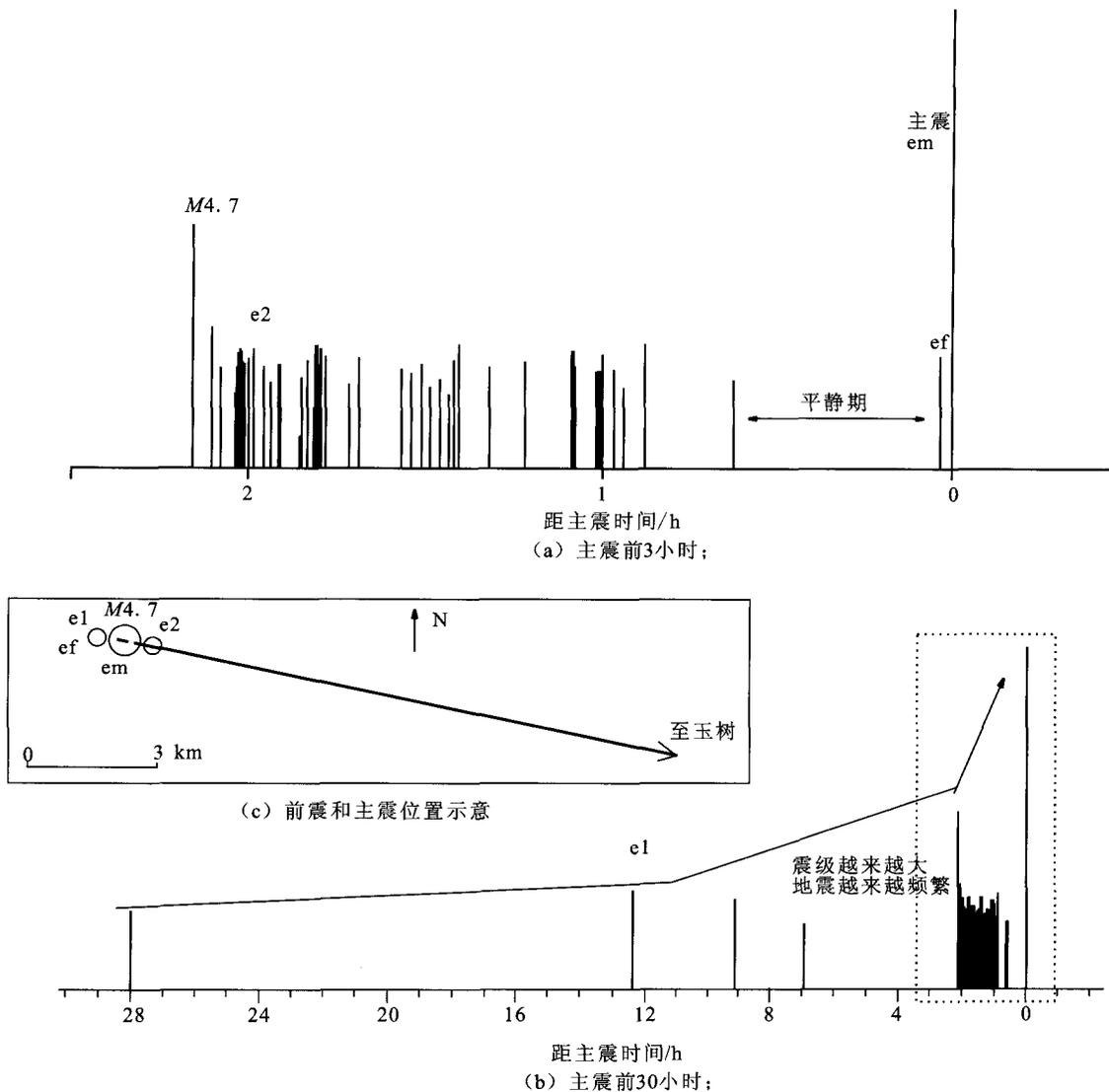


图 2 玉树地震前震序列随时间的演化

Fig. 2 The foreshocks sequences of the Yushu earthquake in time evolution.

时间拖长了,这也是慢化(我们过去称其为群体慢化),它是大释放态驱使孕震系统不易回到积累态而是向释放态发展的前奏。

对于图 2 来说,它是属于“临界慢化”的形式,因之大震就可能快要发生了。如果说我们用上述“临界慢化”的指标作判断还不好作结论。那就用 1986 年出版的《地震对策》一书 19—20 页中的“预报对策”来讨论^[10]。即:“中小地震在某地的突然活跃虽不是必然发生大震的前兆,但仍有预报决策的意义。……应当指出中小地震突然活跃随后未有大震的例子也不少。但是在作为预报决策来说,在未弄清中小地震突然活跃的根本原因之前,我们应当按后面可能还有大震来决策。其三要素的决策如下:以前震群中最大地震震级加 2.5 级定为主震震级(这是

统计结果,不是严格结果),以前震地区作为主震发生地区。至于发震时间则不易说得准确,但应按临震预报的时间尺度来定。”前震群中最大地震加 2.5 级作为要防的主震,其典型震例如 1975 年 2 月 4 日海城大震前小震群中的最大地震就与主震震级差 2.5 级,1927 年 5 月 23 日古浪 8 级地震的前震为 5½ 级,就与主震相差 2.5 级。

对于玉树大震来说,如果按《地震对策》的意见,则由图 2 可知,最大前震为 4.7 级,再加 2.5 级,则为 7.2 级,这和后来实际震级为 7.1 级很接近。上述《地震对策》一书是国家地震局当时的重点成果之一,该书国家科委当时评价为“国家级成果”。遗憾的是现在没有发布地震预报的科技政策,即虚报了谁承担责任。

3 由异年倍九律和磁暴二倍法相配预测玉树大震的发生日期

大震发生日期的研究是实现短临地震预测的重要组成部分。1978年我们曾提出如何用外因、震源过程和前兆三者结合的调制模式来预测发震日期^①。但玉树大震位于青海人烟稀少地区,无前兆观测台站,因之不好用调制模式讨论玉树大震的发生日期,所以我们就用异年倍九法和磁暴二倍法相配来讨论。前者可预测地区,后者对时间预测有单解。这两个方法的长处是它们易于操作,且所用资料是可靠的。

3.1 异年倍九法简介

异年倍九法(或称异年倍九律)是我们在1986年提出的预测大震发生日期的方法^[11]。在自然界中,具有9天周期和9天韵律的现象有:日月引潮力长期项中9天的周期成分,电离层扰动的9天周期成分,大气振荡的准9天周期和韵律,磁暴后大气温压状况变化的9天周期和韵律,以及地球自转速率变化中的准9天周期成份等。由此,异年倍九法的含义是:如果某地区历史上某大震相对于后来该地区6.5级以上地震的发生日期之间符合倍九天关系,则可认为它们是由九天周期的外因触发的,这个关系对今后大震发生日期的预测也有参考价值。基于这个思考我们把作为起算时间的大震称为带头地震,称后面符合倍九天关系的地震为被带地震。带头地震一般取所研究地区内震级至少为7级的地震,震级越大更宜作带头地震。

异年倍九法是由不同年份类似季节或相近季节中的地震来讨论的。例如在华北地区1679年三河平谷8级地震发生于9月2日,它是带头地震,其后唐山在1976年7月28日发生的7.8级地震,两者相差36天(4×9);1969年7月18日渤海湾7.4级地震与1679年8级地震的日期之差为46天($5 \times 9 + 1$),这是夏季和初秋的情况。在晚冬和初春季节,1966年3月22日邢台7.2级地震与1975年2月4日海城7.3级地震相差46天($5 \times 9 + 1$),邢台地震为带头地震。在甘川交界地区,在7~8月这个季节,1879年7月1日武都文县8级地震为带头地震,其后1933年8月25日迭溪7.5级地震相差55天($6 \times 9 + 1$);1976年8月16日松潘7.2级地震与武都文县8级地震相差46天($5 \times 9 + 1$);其中迭溪与松潘地震相差9天。对于川滇地区来说,1955年4月14日康定7.5级地震,其后1974年5月11日

大关7.1级地震与其相差27天(3×9);2008年5月12日汶川8级地震与康定地震相差28天($3 \times 9 + 1$)。以上许多实例说明,异年倍九律在由带头地震的发震日期预测以后其附近地区的大震发生日期方面是有一定的参考价值的。所以我们也由它来讨论玉树大震。

前已述及,我们在2007年曾在《国际地震动态》上预测玉树地区已进入发生大震的有效时期,所以我们取与玉树较近的1947年3月17日(阴历二月二十五日)青海达日7.7级大震为带头地震(达日地震在玉树东约200 km,它是青海南部最大的一次地震)。这个大震的异年倍九天先例是它与1955年4月14日康定7.5级地震日序之差为28天($3 \times 9 + 1$,康定在达日地震东南约400 km),与1971年4月3日青海杂多6.5级地震日序之差为17天($2 \times 9 - 1$,杂多地震在达日地震西约400 km)。以上具有倍九天关系的地震在青海南部和四川中北部,这说明这一地区在3月和其前后的月份九天周期的外因是在起作用的。值得指出的是在四川和青海地域在1947年之后到2010年之间由每年3月17日到4月17日的时间范围内,只有一个6.5级以上地震不在日序差为倍九天的时间。即它与在日序差为倍九天的震例相比为少数。另一方面由1947年3月17日到2010年4月14日的天数亦可用9除尽只缺1天。这说明1947年达日7.7级地震可作为带头地震。如由异年倍九法求发震日期,则从3月17算起有一九、二九和三九三个日期,即3月26日,4月4日和4月13日为发震日。如何选择它们中那个日期是最可能的发震日期呢?这要用磁暴二倍法或低点位移法与其相配来选择。

3.2 由磁暴二倍法配合异年倍九法求玉树大震的发生日期

耿庆国用磁暴二倍法求出2010年4月13日是可能发生大震的日期。另外沈宗丕也用磁暴月相二倍法求出4月13日为发震日。以上结果耿沈二同志在玉树震前就作出来了。但磁暴二倍法不知未来发震的地点在何处。把他们所求4月13日与上节异年倍九法所求日期相配,则可选择异年倍九法中第三个九天(即4月13日)为发震日期。实际上玉树大震发生于2010年4月14日,与所预测的结果

① 郭增建,秦保燕,李海华,等.论海城地震的短临前兆模式[A]//地震地球化学论文集[G].1978年全国水化专业会议资料汇编.

只差1天。

4 讨论

(1) 我们在2006年《西北地震学报》第1期上发表文章,用三性法指出2012年前后2年在青海可能再次发生7级以上地震。至于发震地区该文指出可用空区法、静中动判据和立交模式法去求。2007年我们在《国际地震动态》第6期上发表文章,用静中动判据指出青海玉树已进入发生7级以上地震的有效期。这是我们对玉树大震的中长期预测。但在所预测的2010~2014年这5年中那一年发震,我们不知道。对此如玉树周围有前兆观测资料,则有可能选出那一年发震。遗憾的是玉树周围没有前兆台网观测。

(2) 在2010年4月14日玉树7.1级大震前2时10分有一个 $M_s4.7$ 前震。如单从测震学角度来说,在中国西部发生4.7级地震,这是常见不鲜的,无法判断它是前震。但如果用组合模式作为背景,并用临界慢化的观点以及用异年倍九法和磁暴二倍法相配求出一个发震日期,则互相对照有可能帮助判断出这个前震。例如由异倍九法和磁暴二倍法相配求出4月13日是玉树大震的发生日期,则在此日附近发生4.7级且其位置符合组合模式的位置,其时间序列符合临界慢化的特征,于是该4.7级地震就应把它当前震“对待”,并紧急疏散居民避震。“对待”二字是现阶段地震对策的含义。即在地震预报在科学理论上未过关的今天,只要有某些迹象符合前震的特征,就要冒虚报的可能性,做出防大震的预

测。对此只是回顾性预测讨论。仅作为教训为今后大震预测作参考。

地震预报是国际难题。愿我国地震战线的同志们不回避目标,对准三要素而多方实验,坚持边观测边研究边预报的方针,研究与预测磨合前进。我们的本篇小说也是本着这个精神思考和讨论的。

[参考文献]

- [1] 郭增建,陆明,李革平,等.青海7级以上大震发生时间特点的研究[J].西北地震学报,2006,28(1):92-94.
- [2] 郭增建,韩延本,郭安宁.用地球物理灾害链讨论2007年6月3日云南普洱6.4级地震的中期预测[J].国际地震动态,2007,(6):1-4.
- [3] 郭增建,秦保燕,徐文耀,等.震源孕育模式的初步讨论[J].地球物理学报,1973,16():43-48.
- [4] 陈立春,王虎,冉永康,等.玉树 $M_s7.1$ 级地震地表破裂与历史大地震[J].科学通报,2010,55(13):1200-1205.
- [5] 周荣军,马声浩,蔡长星.甘孜—玉树断裂带的晚第四纪活动特征[J].中国地震,1996,12(3):250-260.
- [6] 郭安宁.湖泊在地震预报中的意义[J].内陆地震,1995,9(1):80-85.
- [7] 张勇,许力生,陈运泰.2010年4月14日玉树地震破裂过程快报速反演[J].地震学报,2010,32(3):361-365.
- [8] 倪四道,王伟涛,李丽.2010年4月14日玉树地震:一个有前震的破坏性地震[J].中国科学,2010,40(5):535-537.
- [9] 郭增建,秦保燕.灾害物理学[M].西安:陕西科技出版社,1989.
- [10] 郭增建,陈鑫连.地震对策[M].北京:地震出版社,1986:19-20.
- [11] 郭增建,秦保燕.大震发生日期的预报——异年倍九律[J].西北地震学报,1986,8(4):96-105.