

郭增建¹, 郭安宁, 白雪见, 等. 结合异年倍九律鉴别前震类型[J]. 地震工程学报, 2019, 41(3): 823-826. doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.03.823

GUO Zengjian¹, GUO Anning, BAI Xueji, et al. Use of Rhythm of Nine Multiplied Days in Different Years to Identify Type of Foreshock[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2019, 41(3): 823-826. doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.03.823

结合异年倍九律鉴别前震类型

郭增建¹, 郭安宁¹, 白雪见¹, 孙 昱²

(1. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 陕西省地震局, 陕西 西安 710068)

摘要: 鉴别前震的方法甚多。该文主要运用异年倍九法(或称异年倍九律)帮助鉴别前震。鉴别的方式是在欲鉴别的小震或小震群发生地区寻找组成异年倍九律的地震, 其某个第九天日期若与该小震或小震群发生日期相重或相近, 则认为这个小震或小震群可能是前震。文中列举了 2010 年玉树大震前的小震和 2008 年汶川大震前都江堰小震群的实例, 皆被鉴别为可能是前震。

关键词: 前震鉴别; 异年倍九律; 玉树前震; 汶川前震

中图分类号: P315

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2019)03-0823-04

DOI:10.3969/j.issn.1000-0844.2019.03.0823

Use of Rhythm of Nine Multiplied Days in Different Years to Identify Type of Foreshock

GUO Zengjian¹, GUO Anning¹, BAI Xuejian¹, SUN Yu²

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

2. Earthquake Agency of Shaanxi Province, Xi'an 710068, Shaanxi, China)

Abstract: Many methods have been developed to distinguish earthquake foreshock. In this study, we used the rhythm of nine multiplied days in different years to distinguish foreshocks. In this method, we look for earthquakes that conform to the rhythm of nine multiplied days in different years in regions where a small earthquake or earthquake swarm occurred. If one day among the nine in different years occurred close to the day the small earthquake or earthquake swarm occurred, we consider that this small earthquake or earthquake swarm may have been a foreshock. Two examples were identified: the small earthquake before the Yushu $M_s 7.1$ earthquake in 2010 and the small earthquake swarm before the Wenchuan $M_s 8.0$ earthquake in 2008, both of which could possibly have been foreshocks.

Keywords: foreshock recognition; rhythm of multiplied nine days in different years; foreshock before Yushu earthquake; foreshock before Wenchuan earthquake

收稿日期: 2017-03-14

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目课题(2017YFC1500906)

第一作者简介: 郭增建(1931—2017), 研究员, 原中国地震预测咨询委员会主任, 原中国地球物理学会天灾预测专业委员会名誉主任, 原国家地震局兰州地震研究所所长, 名誉所长。

通信作者: 郭安宁, 研究员, 从事地震预测研究工作。

0 引言

前震是大震预测的有利指标之一,但要鉴别它与一般性小震或小震群的区别。对此,要用综合分析判断的方法,因为前震的情况是多样的,有的发生在主震震源区内,有的距主震有一定距离,有的是震群型,有的比较单一,有的距主震时间较近,有的则稍远一些。

1973年我们提出快临近大震前的前震群其机制可能一致的观点^[1]。1976年金严等对1975年海城7.3级大震前的前震群作了研究,发现该前震群震源机制是一致的^[2]。1971年我们发现1970年西吉5.4级地震前3天的一个3级前震其“波列中具有较长周期的波,它比附近同样震级的一般的小震的波列周期要大”,遂把其列入临震的测震学指标^[3]。2009年和2015年杨立明等对前震的波谱进行了研究,发现前震波谱中低频成份比较发育,而一般同震级的地震则低频不发育^[4-5]。另外吴开统、孙加林、秦保燕分别用 b 值来区分前震群与一般性小震群^[6-8]。以上都是用前震本身的特征来鉴别前震的。另外还有一个领域就是用其他预测大震发生日期的方法,如磁暴二倍法和地磁低点位移法与所关注的小震发生的日期相对比,如相重合则认为该小震有可能是前震,即后续可能伴有较强地震。本文拟用预测强震日期的异年倍九法(又称异年倍九律)所预测的日期与所关注的小震发生日期相配,如重合则也可作为综合分析中鉴别前震的一个指标。下面具体介绍此方法。

1 异年倍九律简介

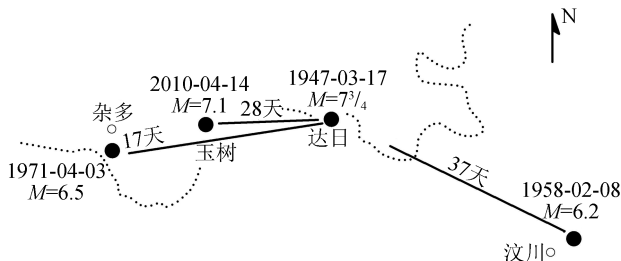
异年倍九律是1986年在《西北地震学报》上提出的预测大震发生日期的方法^[9]。该方法认为固体潮成份中的9天周期在时间长河中是连续呈现的。另外在自然界还存在着其他断断续续出现的9天周期的外因,如太阳活动中某些9天周期的电学和磁学方面的外因以及大气活动中某些9天周期的外因等。这些断断续续出现的外因,有时正好再碰上前述的在历史长河中持续出现的9天周期的外因,当它们的相位相同时可以迭加。由于不同外因的物理量性质不同,所以迭加是分别促使发震的迭加,有的使断层面摩擦力降低,有的增加震源地方的应力。这都有利于触发地震。如果某地区历史上的某震在某季节某个第9天被触发,其后许多年又在同季节与第一个地震发震日相隔若干9天的日期发生了地

震,我们就可推知这两个地震可能是历史长河中9天周期的外因触发的。第一个地震称带头地震,后面的则称被带地震。带头地震取7级以上大震,统计表明,地震越大则与外因关系越密切。但单独此震不能说明它是9天周期的外因触发的,当后面有被带地震时则在很大程度上说明第一个地震可能是9天周期的外因触发的。既然在历史上9天周期的外因能触发地震,那么现今同季节在该区域如孕育有地震,则其有被这个外因触发的可能。但我们不知道是哪个第9天发震,所以就把第一个地震的发震日期前后各个倍9天日期都考虑在内。这就是异年倍九法预测地震发生日期的观点。该预测方法的特点就是既包含发震地区又包含若干个发震日期。下面讨论如何用该方法鉴别前震。

2 2010年青海玉树7.1级地震(后修定为7.4级)

这次大震前极震区西端发生了明显的震群,最大地震达4.7级。2015年杨立明等曾对这个地震运用波谱分析作了鉴别,认为它属于低频占优势的前震类型。下面我们再用异年倍九法作讨论。

按照异年倍九法的要求,头一个大震称带头地震,其震级必须在7级以上,震级越大越好。对玉树前震所在地区来说,我们选1947年3月17日达日7 $\frac{3}{4}$ 级地震作为带头地震,它带出1958年2月8日汶川与北川之间的6.2级地震,它们之间不计年日序相隔37天($4 \times 9 + 1$),又于1971年4月3日带出杂多南6.5级地震,不计年的日序之差为17天($2 \times 9 - 1$)(图1)。说明它们在青海南部和四川北部具有9天周期的外因触发地震,因之对现今的地震也会起触发作用。2010年4月14日玉树7.1级地震也正是发生在1947年3月17日达日带头地震后不



图中点线是青海省与四川省的交界线

图1 2010年4月14日青海玉树7.1级地震前的异年倍九天地震

Fig.1 Leading earthquakes of the Yushu, Qinghai $M_s 7.1$ earthquake on April 14, 2010 conforming to the rhythm of multiplied nine days in different years

计年的日序之差 28 天($3 \times 9 + 1$)。前已述及在玉树大震前一天极震区西端有一个震群。设想当这个震群发生后, 由于它的日期和地点已知, 我们就可在青海南部和四川北部寻找组成异年倍九律的地震, 如果能寻到该类地震, 即可由它得到某个倍 9 天与发生小震的日期去比较, 如重合则该小震群可能是前震。事实上玉树小震群是发生在带头地震后 27 天, 即第 3 个 9 天。由此可推知小震群可能为前震。

3 2008 年 2 月 14—15 日四川都江堰震群

根据《5·12 汶川地震预报回顾》一书^[10], 2008 年 2 月 14—15 日四川都江堰发生 2.9 级、3.7 级、2.5 级、3.3 级、2.5 级地震。这个地震群是否是前震, 可由异年倍九律帮助判断。

1923 年 3 月 24 日四川道孚 7 $\frac{1}{4}$ 级地震作为带头地震, 可带出 1932 年 3 月 7 日康定 6 级地震, 它们不计年的日序之差为 17 天($2 \times 9 - 1$), 又可带出 1938 年 3 月 14 日松潘 6 级地震, 不计年日序之差为 10 天($9 + 1$), 另外还可带出 1970 年 2 月 24 日大邑 6.2 级地震, 不计年日序之差为 28 天($3 \times 9 + 1$) (图 2)。

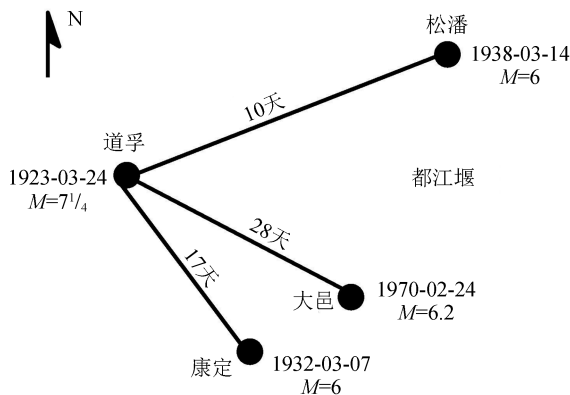


图 2 2008 年 2 月 14—15 日都江堰震群与其前的异年倍九律地震

Fig.2 Dujiangyan earthquake swarm during February 14—15, 2008 and leading earthquakes conforming to the rhythm of multiplied nine days in different years

设想当 2008 年 2 月 14—15 日都江堰震群发生后它已告诉了我们发震地点和时间。于是我们就可围绕这个地点在四川北部和在 2 月前后寻找组成异年倍九律的地震, 看是否在异年倍九律带头地震发生日期前后的倍九天中有那个倍九日与都江堰震群的发生日期相重, 如相重则都江堰震群可能是前震, 即后面可能跟随有大震。对比的结果是 1923 年 3

月 24 日道孚 7 $\frac{1}{4}$ 级带头地震发生日与 2 月 14—15 日都江堰震群不计年日序之差为 37~38 天, 这与 4 个 9 天接近。因之可判断都江堰震群可能是前震。

由以上二例可知, 异年倍九律是有可能帮助判断前震的, 但该指标也有局限性, 例如 1975 年 2 月 4 日辽宁海城 7.3 级地震前的震群很发育, 但周围数百公里范围内寻找不到组成异年倍九律的地震来证明该地域有 9 天周期的外因能触发地震。

4 讨论和结束语

以上是我们用异年倍九律对前震鉴别的讨论。最后再讨论一下统计物理学中的临界慢化与前震鉴别的关系^[11]。当孕震系统由应力积累态向大释放态转变时犹如统计物理学中的相变。判断相变即将发生的指标有很多, 其中之一就是“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, 单个前震发生后又被系统拉回到积累态而恢复了平静, 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, 此时表明孕震系统恢复能力弱了, 恢复时间拖长了。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)^[11], 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。2010 年青海玉树 7.1 级大震前的前震就是临界慢化的实例。主震前 28 个小时开始有一个小震, 其后 16 小时后又有一次小震, 此小震后约 6~7 小时又有一次小震, 此震后约 3 小时又有小震一次, 其时间间隔越来越短。然后隔稍长一段时间发生最大的 4.7 级地震, 此最大地震后面密集地跟随许多小震, 待小震平静约半小时后 7.1 级主震就发生了。在这里, “平静”是大震临震的指标, 它不是鉴别前震的指标, 它是在前震已判定的基础上判定大震即刻到来的指标。

对于 2010 年玉树大震来说, 用异年倍九法和磁暴二倍法皆求得 2010 年 4 月 13 日在青海可能发生大震, 同时 4 月 14 日又是农历三月一日(朔), 故由几方面考虑, 4 月 14 日玉树发生的最大 4.7 级地震可能是前震。对中国西部来说, 地震台站较少, 更小地震不易测出, 用较远台站只测出个别中强地震, 此时用上述异年倍九法、磁暴二倍法、固体潮触发法去助判是有实际意义的。如各方法的判定还有矛盾或只有个别方法有资料, 其他方法无资料, 此时只好由行政领导按照发布预报的得失情况作发布与否的决策。如果决定发布, 则主震震级由前震中最大地震加 2.5 级^[14] (这是统计结果, 不是严格结果), 陈颢

的研究是加 2.1 级^[15], 以前震地区作为主震发生地区(适当扩大范围)。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。

异年倍九法是一个跨年度预测地震时间的方法, 它可以多个方法相配综合对强震作出预测^[16]。

参考文献(References)

- [1] 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(1): 43-48.
GUO Zengjian, QIN Baoyan, XU Wenyao, et al. Preliminary Study on a Model for the Development of the Focus of an Earthquake[J]. Acta Geophysica Sinica, 1973, 16(1): 43-48.
- [2] 金严, 赵毅, 陈隅, 等. 辽宁省海城地震前震震源错动方式的一个特点[J]. 地球物理学报, 1976, 19(3): 156-164.
JIN Yan, ZHAO Yi, CHEN Yong, et al. A Characteristic Feature of the Dislocation Model of Foreshocks of the Haicheng Earthquake, Liaoning Province[J]. Acta Geophysica Sinica, 1976, 19(3): 156-164.
- [3] 兰州地震大队. 用地震资料推断近期地震危险区[J]. 地震战线, 1971(8): 14-18.
Lanzhou Seismological Brigade. Deducing the Forthcoming Earthquake Risk Region by Seismological Data[J]. Earthquake Frontier, 1971(8): 14-18.
- [4] 杨立明. 汶川地震临震地脉动记录特殊频率波动现象及其重现性初步研究[J]. 国际地震动态, 2009(1): 14-19.
YANG Liming. Preliminary Study on the Tremors with Special Frequency Recorded by Seismograph before Wenchuan Earthquake and Its Charaters[J]. Recent Developments in World Seismology, 2009(1): 14-19.
- [5] 杨立明, 梅秀苹, 姜佳佳, 等. 前震或广义前震识别的频谱偏移法及其应用研究[J]. 中国地震, 2015, 31(2): 188-197.
YANG Liming, MEI Xiuping, JIANG Jiajia, et al. Research on Spectrum Deviation Method of Identification of Foreshocks or Generalized Foreshocks and Its Application[J]. Earthquake Research in China, 2015, 31(2): 188-197.
- [6] 吴开统, 岳明生, 武宦英, 等. 海城地震序列的特征[J]. 地球物理学报, 1976, 19(2): 95-109.
WU Kaitong, YUE Mingsheng, WU Huanying, et al. Certain Characteristics of Haicheng Earthquake ($M=7.3$) Sequence[J]. Chinese Journal of Sinica, 1976, 19(2): 95-109.
- [7] 孙加林. 前兆震群中出现的高 b 值及其可能机制[J]. 西北地震学报, 1980, 2(4): 19-24.
SUN Jialin. High b value in the Precursory Earthquake Swarm and Its Possible Mechanism[J]. Northwestern Seismological Journal, 1980, 2(4): 19-24.
- [8] 秦保燕, 姚立珣, 李亚荣. 大震前震源外围区高 b 值震群产生的一种物理机制[J]. 地震, 1983, 3(6): 6-11, 36.
QIN Baoyan, YAO Lixun, LI Yarong. A Physical Mechanism of High b -valued Earthquake Swarms in the Peripheral Region of the Source before the Earthquake[J]. Earthquake, 1983, 3(6): 6-11, 36.
- [9] 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(2): 96-105.
GUO Zengjian, QIN Baoyan. The Predication for the Date of the Occurrence of Large Earthquakes: The Multiplied Nine-Day Regularity in Different Years[J]. Northwestern Seismological Journal, 1986, 8(2): 96-105.
- [10] 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 Anning, GUO Zengjian. Review of the 5·12 Wenchuan Earthquake Prediction[M]. Xi'an: Xi'an Map Press, 2009.
- [11] 郭增建, 秦保燕. 灾害物理学[M]. 西安: 陕西科技出版社, 1989.
GUO Zengjian, QIN Baoyan. Disaster Physics[M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1989.
- [12] 刘正荣. 地震预报[M]. 修定版. 北京: 地震出版社, 2008.
LIU Zhengrong. Earthquake Prediction[M]. Revised Edition. Beijing: Seismological Press, 2008.
- [13] 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.
NI Sidao, WANG Weitao, LI Li. Yushu Earthquake on April 14, 2010: A Destructive Earthquake with Pre-seismic Earthquake[J]. Chinese Science, 2010, 40(5): 535-537.
- [14] 郭增建, 陈鑫连. 地震对策[M]. 北京: 地震出版社, 1986.
GUO Zengjian, CHEN Xinlian. Earthquake Countermeasures[M]. Beijing: Seismological Press, 1986.
- [15] 陈颢, 刘杰, 杨文. 前震序列的图像特征研究[J]. 中国地震, 2015, 31(2): 177-187.
CHEN Yong, LIU Jie, YANG Wen. Pattern Characteristics of Foreshock Sequences[J]. Earthquake Research in China, 2015, 31(2): 177-187.
- [16] 郭安宁, 郭增建, 任栋, 等. 磁暴二倍法与异年倍九法相配对强震时间短临预测的震例验证研究[J]. 地震工程学报, 2015, 37(B12): 152-156.
GUO Anning, GUO Zengjian, REN Dong, et al. Case Study of Impending Strong Earthquake Prediction Combining the Rhythm of Multiplied Nine Days in Different Years and Double Magnetic Storm Time Method[J]. Northwestern Seismological Journal, 2015, 37(B12): 152-156.