

2003 年内蒙古巴林左旗—阿鲁科尔沁旗 5.9 级地震测震学指标异常分析^{*}

韩晓明¹, 刘 芳¹, 刘文广²

(1. 内蒙古自治区地震局, 呼和浩特 010010 2 内蒙古自治区地震局 乌加河地震台, 内蒙古 临河 015000)

摘要: 2003 年 8 月 16 日, 在内蒙古巴林左旗与阿鲁科尔沁旗交界处发生 $M_s5.9$ 地震。以本次地震为研究对象, 结合震中区地震地质背景, 从地震活动性和震害分布特征两个方面进行了分析。根据 b 值、波速比 (V_p/V_s) 和地震空间相关长度在震前的变化, 探讨了地震前震源区地下介质的演变过程, 并对此次地震的孕震过程做出了初步推断。本次地震前波速比和地震空间相关长度的变化规律对该区域未来中强地震预测有一定借鉴意义。
关键词: $M_s5.9$ 地震; b 值; 波速比; 地震空间相关长度; 内蒙古
中图分类号: P315.75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0666(2010)03-0247-06

0 引言

阿鲁科尔沁旗位于内蒙古自治区中东部, 与邻近的巴林左旗、巴林右旗形成一个近似矩形的发震区域。历史地震资料 (陈立强, 张跃刚, 2006) 显示, 从公元 849 年至 2003 年, 该区域未有 $M_s5.0$ 以上地震发生, 因此 2003 年 8 月 16 日巴林左旗与阿鲁科尔沁旗交界处的 $M_s5.9$ 地震的发生, 打破了该区域一千多年来 $M_s5.0$ 以上中强地震平静。研究该地震的地震活动性以及测震学指标, 探讨该区域的地震活动规律及孕震机理, 可为华北以及东北地区的地震形势分析提供一定的震例依据。

1 本次地震的概况

1.1 震中区域地震地质背景

2003 年 8 月 16 日, 在内蒙古自治区巴林左旗与阿鲁科尔沁旗交界处 (43.9°N 119.7°E) 发生 $M_s5.9$ 地震 (以下简称巴—阿 5.9 级地震)。地震位于大兴安岭隆起带南部东坡边缘与松辽盆地过渡地带, 该地区主体构造线方向以北东、北北东和近东西向为主, 北西向较弱。东西向断裂主要展布在松辽盆地及其边缘, 北东向和北西向构造线主要分布于大兴安岭隆起带。同时, 该地区位于纵贯我国南北的北东向重力异常梯度带上。区

域地质资料 (陈立强, 张跃刚, 2006) 显示, 震中区分布着一条约 25 km 长的断层, 该断层性质不明, 可能为本次 5.9 级地震的发震构造。

高孟谭和许力生 (2005) 通过反演中国数字地震台网 (CDSN) 的长周期波形资料, 确定了本次地震的震源机制解和震害分布特征。地震发生在一个近东西走向的南倾的断层上, 断层运动的正断层分量和左旋走滑分量基本相当。

近 30 年来本次地震周边区域没有发生过强震, 但是中小地震较为活跃 (陈立强, 张跃刚, 2006)。1971~1988 年, 在本次震中区域方圆大约 65 km 范围内, 共发生 5 次 $M_s3.5$ 以上地震, 而且本次地震正好位于这 5 次地震的围空地带 (表 1、图 1), 从震级分布图可以看出, 本次 5.9 级地震属主震—余震型 (图 2)。

表 1 巴—阿 5.9 级地震震中周边地区
 $M_s3.5$ 以上地震基本参数

Tab. 1 Parameters of the $M_s\geq 3.5$ earthquakes around the epicenter of $M_s5.9$ Balinzuoqi-Arkeerkinqi earthquake

发震时间 年—月—日	震中位置		发震地点	震级 M_s
	$\varphi_N/(^{\circ})$	$\lambda_E/(^{\circ})$		
1971-11-08	44.50	119.50	巴林左旗	4.7
1981-09-18	43.73	118.67	巴林右旗	4.0
1983-11-14	44.03	120.32	阿鲁科尔沁旗	3.6
1988-04-16	43.75	120.18	阿鲁科尔沁旗	4.6
1988-04-17	43.48	120.12	阿鲁科尔沁旗	3.8

* 收稿日期: 2009-06-25.
基金项目: 2010 年度中国地震局震情跟踪合同制项目 (2010020104) 资助。
?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

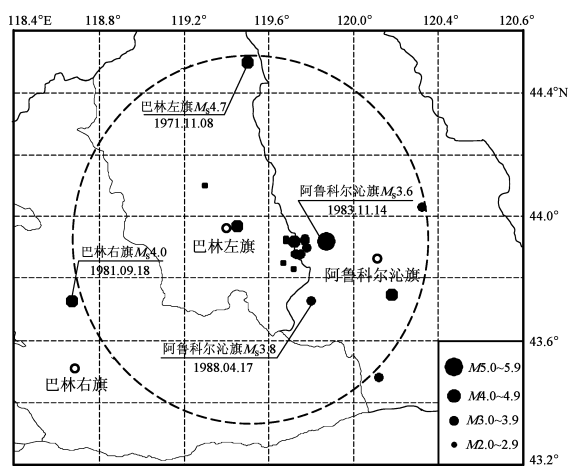


图 1 巴—阿 5.9 级地震及周边区域

$M \geq 3.5$ 地震分布图

Fig 1 Distribution of the $M_{5.9}$ Balinuoqi-Alukeerqinqi earthquake and the neighboring $M \geq 3.5$ earthquakes

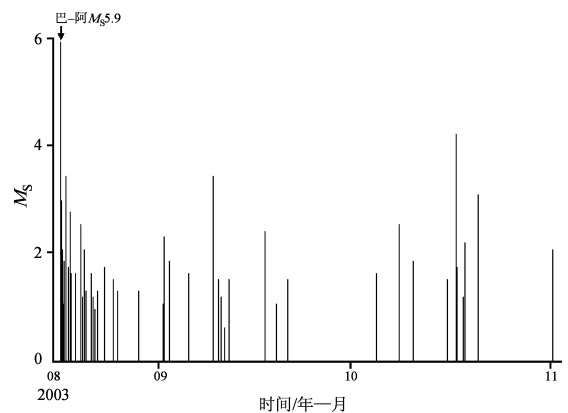


图 2 巴—阿 5.9 级地震序列

Fig 2 Earthquake sequence of the $M_{5.9}$ Balinuoqi-Alukeerqinqi earthquake

1.2 震害特征

据现场实地考察及调查资料 (高孟谭, 许力生, 2005), 本次地震的宏观震中为 $44^{\circ}03'N$ $119^{\circ}42'E$ 震中区烈度为 VIII 度, 等震线呈东西向椭圆形分布 (图 3)。

本次地震的极震区位于巴林左旗白音沟乡水泉沟村、孤山子村和阿鲁科尔沁旗西山湾村一线, 呈近东西向分布, 长约 30 km, 均位于微观震中的北侧。极震区内大部分土木结构房屋倒塌, 很多砖木结构房屋的承重系统破坏。现场工作队在辐射状调查的基础上, 对极震区的边界进行了逐村校核。VII 度区北至太平庄, 南至古北口村。位于 VII 度区与 VI 度区分界线上的古北口村, 破坏也很严重。

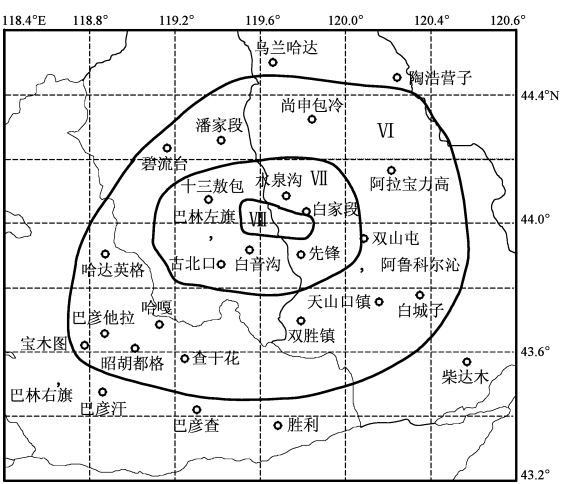


图 3 巴—阿 5.9 级地震等震线分布

(陈立强, 张跃刚, 2006)

Fig 3 Isoseismal distribution of the $M_{5.9}$ Balinuoqi-Alukeerqinqi earthquake (Chen Zhang 2006)

巴—阿 $M_{5.9}$ 地震的破坏区域比较广。据估计, VIII 度区面积为 169 km^2 , VII 度区面积为 3055 km^2 , V 度区面积为 11690 km^2 。VI 度区包括巴林左旗、阿鲁科尔沁旗和巴林右旗的部分地区 (陈立强, 张跃刚, 2003)。

2 利用 b 值对震源区应力环境进行分析

把岩石破裂试验中的声发射记录与天然地震过程做比较, 可以看到反映大震与小震之间比例关系的 b 值与岩石所处的应力状态以及地下介质体的不均匀性有关 (傅征祥, 1997)。Mogi (1962) 指出不均匀介质与均匀介质的破裂性质有非常大的差异。例如在均匀外应力作用下的不均匀介质, 应力将集中在介质中的不规则点上, 并在那里发生破裂, 这种局部破裂通常不会发展为大破裂, 因为它们的扩展受到介质中不同尺度的障碍体的阻挡。所以, 在不均匀介质中, 发生大破裂的概率小, 小破裂则较频繁地发生。相反, 在均匀介质中, 小破裂很少发生, 一旦发生可能会发展成大破裂。Mogi (1962) 通过实验验证了上述思想, 并得出了 b 值的区域差异受区域地壳介质不均匀性的差异制约的结论, 即某一区域地下介质体的不均匀程度越高, 该区域的 b 值就越高。Scholz (1968) 通过不同物理性质岩石样品的围压试验, 探讨了 b 值随应力变化的过程, 并发现 b 值一般随

着应力的增大而减小。基于这样的实验结果，大地震前震源区及邻近区域 b 值的降低很可能是应力增加和集中的客观表现。尹祥础等（1987）根据断裂力学的基本理论，认为 b 值反映了介质断裂构造状态（如介质裂纹系的空间分布和断裂韧度、摩擦系数等）。一个地震区的 b 值较大，表明区内长度大的断裂数目较少，长度小的断裂数目较多。其实，上述 3 种关于 b 值的研究结论是互相联系、相互映证的。在地震孕育过程中，应力水平对 b 值的影响实质上是由介质断裂构造状态发生变化造成的，同时介质的不均匀性也在时刻变化。

为了确保 b 值的计算精度，笔者根据序列中日频次的多少选择恰当的时间窗以使在这一时间窗内有一定的地震样本（不少于 10 个地震），然后以一定的时间单位进行滑动给出 b 值的时间进程曲线，所选时段为 1988 年 3 月至 2004 年 10 月。

计算过程中，由于原始数据的突跳过大（图 4 a），不能很好地判断 b 值曲线的变化趋势，因此笔者对原始数据曲线进行了 FFT 平滑处理。经过实验，采用窗长为 15 个地震，滑动步长设定为 5 个地震。从所选时间段（1988 年 3 月至 2004 年 10 月）的 b 值时序曲线来看（图 4 b），在本次地震发生前， b 值的高值回落幅度最大，降到了历年来的最低值。

根据上述 b 值与区域应力状态、介质性质和构造断裂状态的关系的研究，可以推断，在大破裂产生之前（即 $M_{5.9}$ 地震前），由于应力的作用，震中区域多为长度较短的小破裂，介质整体比较破碎，非均匀性较高，因而 b 值较高；随着时间推移，伴随着应力的不断增大，小破裂逐渐串联发展成为长度较大的破裂，介质整体性增强，非均匀性变小， b 值随之降低，应力加大到一定程度（即到达临界状态）后产生最终的大破裂（ $M_{5.9}$ 地震发生）；震后应力得到释放的同时，大破裂再次分化为许多小破裂，介质体非均匀性增强， b 值再次回升。因此，大地震发生前后， b 值表现为“下降—回升”的变化（图 4）。

因此，通过分析地震前一定时空范围内 b 值的变化，可以了解震前震中区域由应力变化、地下介质体的不均匀性以及断裂构造状态所决定的地震孕育过程。同时，也能够为下文的波速比和地震空间相关长度计算的结果分析提供依据。

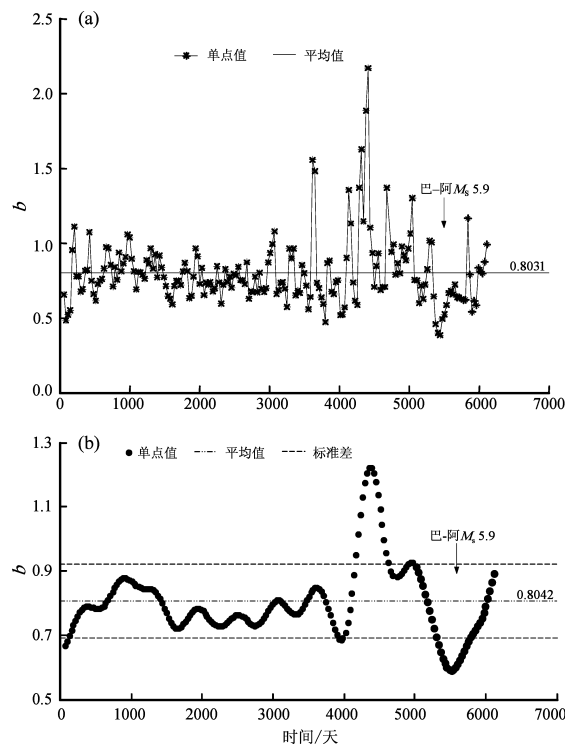


图 4 研究区域 b 值变化曲线
(a) b 值原始变化曲线; (b) b 值 FFT 平滑曲线
Fig 4 Curve of b -value in the study area
(a) Original curve of b -value (b) FFT smoothness curve of b -value

3 测震学指标分析

3.1 波速比

在地震孕育过程中，震源区介质的物理状态会发生一系列变化，如出现微破裂、扩容、塑性硬化及相变等。地震波通过震源区时，波速也会发生变化，其变化可利用波速比值的变化来测定（蔡静观，2000；蔡静观等，1999；李永莉等，2008）。

(1) 计算方法

根据 4 个以上数字地震台记录到的清晰直达波 R_s 、 S_s 震相的到时 T_p 、 T_s 用最小二乘法计算波速比

$$V_p/V_s=1+\frac{\sum_{i=1}^n\Delta T_i^2-\left(\sum_{i=1}^n\Delta T_i\right)^2}{\sum_{i=1}^n\left(\Delta T_iT_{pi}\right)-\sum_{i=1}^nT_{pi}\sum_{i=1}^n\Delta T_i}\quad(1)$$

式中 n 为台站个数， $\Delta T_i=T_{si}-T_{pi}$

(2) 资料选取

空间范围：巴—阿地震发生在内蒙古自治区中东部，该地区台站分布密度有限，而且较小的

空间范围内没有足够的地震事件参与波速比计算, 这将大大影响计算结果的精度, 因此, 我们以震中区为中心, 取 250 km 范围内的区域作为研究区 (图 5), 这样既保证了足够多的地震样本数目, 又使更多的地震台站参与计算, 从而提高波速比计算的精度和可信度。

时间范围: 依靠波速比时序曲线来判定中强地震前的波速比变化, 较短的时间内很难准确把握异常信息。根据国内研究者的结论 (蔡静观等, 2000; 李永莉等, 2008), 本次波速比研究中选取的时间范围为 2001 年 1 月至 2009 年 2 月。

地震样本的挑选: 选取初动清晰, 易于分辨的震相, 同时选取距震中相对较近的台站的记录, 以减少传播路径上的介质对波速比的影响。

考虑到震中区及周边地区地震台站的分布情况, 我们在波速比计算过程中, 利用山西省地震局提供的震相数据转换软件, 针对每个地震事件, 对各个台站记录到的 P_s 、 S_s 震相到时进行了和达直线检验, 对偏离直线的台站震相到时进行了校对和修正, 对偏离较大且无法校正的, 在保证满足计算要求的前提下予以删除。在此基础上, 共整理出波速比标准误差小于等于 0.05、相关系数大于 0.96 的地震事件 161 次 (包括 2003 年 8 月 16 日阿鲁科尔沁旗 $M_s5.9$ 地震序列和 2006 年 11 月 3 日巴林右旗 $M_s4.3$ 地震序列), 这样既保证了足够多的地震样本数目, 也提高了数据的精度和可信度。

为了更好地显示波速比随时间的演化趋势, 笔者对原始数据曲线采用 4 点窗长、2 点步长进行近均值平滑处理, 即平滑前后波速比平均值保持不变。计算结果表明, 研究区的平均波速比值为 1.725, 波速比变化范围为 1.655 ~ 1.82, 平滑处理后的标准差为 0.027 45, 如图 5 所示。

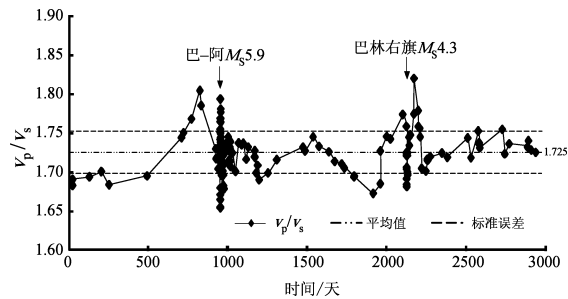


图 5 研究区域的波速比时序曲线
Fig 5 Time sequence curve of the velocity ratio (V_p/V_s) in the research area

图 5 显示, 在整个研究时段内, 在以下两次地震前后波速比曲线的波动幅度最大: 2003 年 08 月 16 日阿鲁科尔沁旗 $M_s5.9$ 地震前, 波速比值明显下降, 在下降过程结束即将回升时发震, 震后波速比值又有一定的升降变化, 但幅度明显减弱; 2006 年 11 月 3 日巴林右旗 $M_s4.3$ 地震前, 波速比值也呈显著的下降—低值—上升趋势, 在上升趋势即将结束时发震, 震后波速比值也有一定程度的升降变化, 波动范围逐渐减小, 最后趋于平稳。前苏联学者谢苗诺夫指出, 在 4 ~ 5 级地震发生之前, 波速比值往往呈下降—持续低值—回升发震的过程 (国家地震局预测预防司, 1997)。这两次地震前波速比的变化规律与谢苗诺夫的研究结论是相符的。

3.2 相关长度

(1) 计算原理与方法

相关长度可看作是一定时段中, 一定空间范围内的地震之间的特征距离或震群尺度。按照地震的自组织临界系统的观点, 如果系统接近临界点, 那么将出现以幂次律为特征的长程相互作用, 这时中强地震的相关长度 ξ 应增长, 可用下式表示 (Bruce, Wallace, 1989):

$$\xi(t) \sim (t - t_0)^{-k} \tag{2}$$

式中, t 为中强地震的发震时间, 即震源系统达到临界点的时间; k 为正数, 取决于相关长度增长的速率。

相关长度 ξ 可用单键群分析方法来估算。关于单键群分析的具体方法, Frohlich 和 Davis (1990) 有详细的论述。荣代璐等 (2006) 通过一些震例对此方法进行了一定的改进和完善; 韩晓明, 荣代璐 (2007) 也曾用此方法对 2004 年甘肃临泽震群进行了研究。

为了得到相关长度的时间演化进程, 使用滑动时间窗方法, 在选定的空间范围内, 以在主震发生前一段时间 (一般是数年) 的地震序列为基础, 以一定数目的地震作为时间窗, 用单键群分析方法计算时间窗内的相关长度, 然后, 以一定的步长移动这个时间窗, 就可得到主震发生前一段时间内相关长度随时间的演化过程。

关于强震前地震空间相关长度增长的现象, 国内外有许多学者做了大量研究。Zoller 等 (2001) 用此方法研究了美国加州北纬 $32^\circ \sim 40^\circ$ 之

间 1952 年以来发生的 9 次 $M_s \geq 6.2$ 地震前地震活动相关长度的增长现象。荣代潞等（2006）研究了近 17 年来甘肃及邻近地区的 6 次 6 级左右地震，发现在震前相关长度都存在不同程度增长。

（2）资料选取和计算

时间范围：为了更加深入地探讨本次 $M_s 5.9$ 地震前相关长度的变化，选取震前 3 年的地震资料进行分析。

空间范围：依据郭增建等以地震孕育的组合模式提出的有效前兆范围（荣代潞等，2006）

$$R=10^{0.508M-1.377} \quad (3)$$

其中 R 为以震中为中心的半径（单位：km）， M 为面波震级。此公式是基于震源孕育的组合模式和对观测资料的统计而得出的经验关系，地震实际孕育过程中它的应力积累的范围应当更大，因此由应力积累引起的地壳介质性质的变化范围也更大。基于这种认识并考虑到需要足够多的地震参加计算，可以在 $(R \sim 2R)$ 的范围内选取地震，根据国内外学者的总结（蔡静观等，1999；Frohlich & Davis 1990；荣代潞等，2006；韩晓明，荣代潞，2007），只要有足够多的地震参加计算，空间范围的变化不太大就不会对计算结果产生较大影响。

把 $M_s=5.9$ 代入公式（3）可求得 $R \approx 42$ km，因此可以选取震中区域方圆 84 km 范围内的地震参与计算。

震级范围：由于巴—阿 $M_s 5.9$ 地震震中区及

图 6 巴—阿 $M_s 5.9$ 地震前相关长度增长变化

Fig 6 Increase of seismic spatial correlation length before the $M_s 5.9$ Balinzuoqi-Alukeerqinqi earthquake

周边地区台站分布不是特别密集，地震监控能力也不是很高，因此首先用古登堡—里克特公式 $\lg N = a - bM$ 对所用地震目录进行完备性检验，得到所用目录的截止震级为 $M_L=1.8$ 。最终选取 118 次 $M \geq 1.8$ 的地震事件进行相关长度计算。经过实验，采用时间窗长为 4 个地震，步长设定为 2 个地震进行滑动计算，得到 58 组地震空间相关长度结果，并根据（2）式对结果进行幂次率拟合（图 6）。从图 6 可以看出，在巴—阿 $M_s 5.9$ 地震前，震源区域的地震空间相关长度有显著的增长现象，这种增长变化与震前震源区域地下介质体的运动密切相关。

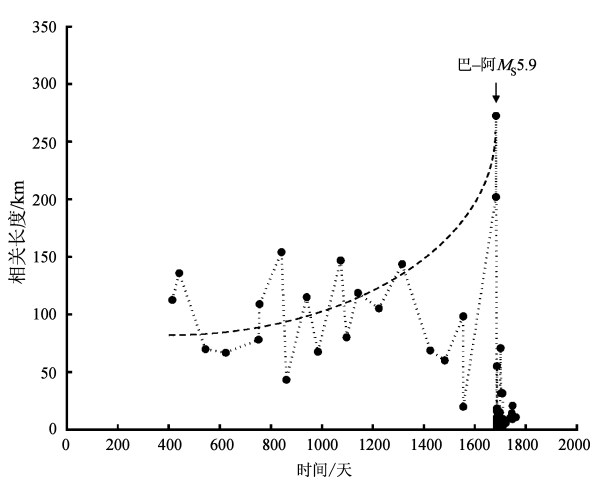
4 结论与讨论

（1）从研究区域的地震活动性分析结果来看，本次巴—阿 5.9 级地震不是孤立发生的，从 20 世纪 70 年代起该区域中等地震就时有发生，本次地震就发生在这些地震的围空的中间部位，表明此次地震是该地区地震长期孕育发展的结果。

（2）在本次地震前，震中区域平均波速比变化过程为：下降—低值—回升—发震，这个过程与其他研究者的结论是一致的。由此可以推断震前震源区域地下介质的运动过程为：震前一段时间内，震源区域压力开始增大，岩石由整体变为破碎，波速比开始减小，随着压力的进一步增大，波速比持续低值，岩石裂隙逐渐减小，破碎程度减小，整体性增加，波速比开始回升，当压力增加到超越临界值时发震；本次地震前，地震空间相关长度也有显著的增长趋势。这种增长变化可能反映了地震前震源区域地下介质体在应力作用下产生的微裂隙的变化过程。这个理论也与上述 b 值的研究结论相符。

（3）通过对比分析 b 值、波速比和相关长度在 $M_s 5.9$ 地震前的变化规律，可以发现震中区域地下介质变化过程为：在应力作用的初期阶段，岩石中的微裂隙密度增加，但岩石总体并没有发生宏观破坏。随着应力的增大，微裂隙密度增加，但在大的尺度上宏观破坏现象仍不显著。当应力和微裂隙密度增加到某一程度（大于临界值）时，就发生宏观破坏（即地震）。

（4）震前 b 值、波速比和地震空间相关长度的显著变化与发震区域的地质构造密切相关。巴



林左旗—阿鲁科尔沁旗地区的区域地质构造相对简单,地下介质整体性较好,刚度较强,因此,地震发生前,震中区域地下介质的细微变化(主要表现为介质破碎程度增加)会直接影响波速比和空间相关长度的变化。对于同一区域,由于其固定的地质构造条件,发生在该区域内的地震往往表现为相同的地震类型,而且孕震过程也有一定程度的相似性,因此,本次巴—阿 5.9 级地震前波速比和空间相关长度的变化规律,可以为该区域未来中强地震的预测预判提供参考依据。

参考文献:

蔡静观. 2000. 波速比计算中的不确定因素和在地震预报中的应用 [J]. 地震研究, 23(1): 51—56.

蔡静观, 梅世蓉, 张喜铃, 等. 1999. 从高波速比试论云南丽江 7 级地震的孕震模式 [J]. 地震研究, 22(2): 122—129.

陈立强, 张跃刚. 2006. 2003 年内蒙古巴林左旗—阿鲁科尔沁旗 5.9 级地震及其前兆异常分析 [J]. 华北地震科学, 4(1): 43—46.

傅征祥. 1997. 中国大陆地震活动性力学研究 [M]. 北京: 地震出版社.

高孟潭, 许力生. 2005. 2003 年 8 月内蒙古 M_s 5.9 级地震的震害分布特征及其成因分析 [J]. 地震学报, 27(2): 205—212.

国家地震局预测预防司. 1997. 测震学分析预报方法 [M]. 北京: 地震出版社.

韩晓明, 荣代路. 2007. 2004 年 6 月甘肃临泽震群前的地震学参数变化研究 [J]. 高原地震, 18(3): 1—7.

李永莉, 毛慧玲, 赵小艳, 等. 2008. 云南地区数字地震波波速比的区域特征 [J]. 地震研究, 31(3): 203—208.

荣代路, 李亚荣, 韩晓明. 2006. 地壳介质破裂的尺度理论在研究山丹—民乐 6.1 级地震地震学前兆特征中的应用 [J]. 地震学报, 28(4): 438—447.

尹祥础, 李世愚, 李红, 等. 1987. 从断裂力学观上探讨 b 值的物理实质 [J]. 地震学报, 9(4): 364—374.

赵根模. 1981. 我国板内大地震之间的一种联系—诱发作用 [J]. 地震研究, 4(3): 253—265.

Bruce A, Wallace D. 1989. Critical Point Phenomena: universal physics at large length scales in the New Physics [M]. Cambridge Univ Press, New York: 236—267.

Frohlich C, Davis D. 1990. Single-link cluster analysis as a method to evaluate spatial and temporal properties of earthquake catalogues [J]. Geophys J Int 100: 19—32.

Mogi K. 1962. Study of the elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous materials and its relation to earthquake phenomena [J]. Bull Earthquakes Res Inst Univ of Tokyo 40: 125—173.

Scholz C H. 1968. The frequency-magnitude relation of microfracturing in rock and its relation to earthquakes [J]. BSSA 58: 399—415.

Zoller G, Hainzl S, Kurths J. 2001. Observation of growing correlation length as an indicator for critical point behavior prior to large earthquakes [J]. JGR 106(2): 2167—2175.

Analysis of the Abnormality of Seismometry Index before Balinzuoqi-Alukeerqinqi M_s 5.9 Earthquake in Inner Mongolia Autonomous Region in 2003

HAN Xiaoming, LIU Fang, LIU Wenguang

- (1. Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous Region, Huihot 010010, Inner Mongolia, China)
- (2. Wujiahe Seismic Station, Earthquake Administration of Inner Mongolia Autonomous Region, Linhe 015000, Inner Mongolia, China)

Abstract

On August 16, 2003, an M_s 5.9 earthquake occurred in the bordering area of Balinzuoqi and Alukeerqinqi Inner Mongolia Autonomous Region. We analyze the seismic activity and the distribution of earthquake disaster on the basis of the seismological settings in the earthquake area. By analyzing the variation of b-value, velocity ratio (V_p/V_s) and correlation length before the earthquake event, we discuss the evolution of underground media in the hypocentral area before earthquake event and preliminarily deduce the seismogenic process of the earthquake. The variation regularity of these three indexes can serve for forecasting the future medium and strong earthquakes in this region.

Key words: M_s 5.9 earthquake, b-value, velocity ratio (V_p/V_s), seismic spatial correlation length, Inner Mongolia



张宇翔 陕西省地震局高级工程师。1986年毕业于陕西工学院电子系无线电专业,获学士学位。陕西省地震学会学术委员会委员,陕西省地震学会地震监测技术委员会主任。主要从事地震监测技术、地震灾害研究等工作。



曹玲玲 甘肃省地震局副研究员。1996年毕业于南京大学地球科学系,获学士学位;2001年毕业于中国地震局兰州地震研究所,获硕士学位。主要从事地下流体地震预报研究工作。



方宏芳 福建省漳州市地震局工程师。1990年毕业于中国地质大学水文地质工程地质专业,获工学学士学位;2009年12月毕业于云南大学固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地下流体、体应变监测及地震预测研究工作。



程建武 甘肃省地震局高级工程师。1996年毕业于西安地质学院矿产勘查专业,获理学学士学位;2001年毕业于中国地震局兰州地震研究所地球物理专业,获理学硕士学位;2010年毕业于中国地震局地质研究所,获博士学位。主要从事活动构造与地震危险性评价工作。



李罡风 安徽省地震局工程师。1996年毕业于安徽大学数学系应用数学专业,获理学学士学位。主要从事地震前兆观测数据分析处理和地理信息系统开发等工作。



徐春迪 宝鸡文理学院地理科学与环境工程系副教授。1997年毕业于西北大学城市与资源学系,获理学学士学位;2007年毕业于华东师范大学资源与环境学院地理信息系统与地图学专业,获理学硕士学位。主要从事3S技术应用及资源与灾害方面的教学和研究工作。



韩晓明 内蒙古自治区地震局工程师。2004年毕业于河南理工大学测绘与国土信息工程学院大地测量专业,获工学学士学位;2007年毕业于中国地震局兰州地震研究所固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地震活动性以及测震学方面的研究工作。



史杰 中国地震局兰州地震研究所在读硕士研究生。2003年毕业于新疆大学资源勘查系资源勘查工程专业,获工学学士学位。主要从事活动构造研究工作。

注:张昱、李永莉、莘海亮、曾宪伟、谢晓峰、刘丽芳、胡毅力、曹彦波、倪泰山的简介已分别刊登在本刊:
Vol.31, No.3 Vol.29, No.3 Vol.31, No.2 Vol.31, No.2 Vol.33, No.1 Vol.28, No.4 Vol.29, No.2 Vol.30
No.3 Vol.32, No.1.