

1990年景泰地震前的地震活动特征

闵祥仪 侯晓钰 张幼敏 虞雪君*

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文采用时空扫描方法,对1990年10月景泰 $M_s 6.2$ 地震前1979年1月至1990年9月震中周围 $5^\circ \times 5^\circ$ 范围内的地震活动进行了分析,确定了该次地震的发震构造的闭锁区段。在发震构造带的东、西两段 $M_s \geq 2.0$ 地震的活动具有相互呼应的特点,西吉—海原段的地震活动较门源—古浪段滞后3年。结合对 b 值异常区的空间变化图象的研究,本文还讨论了用对未来地震危险区进行长时段的时空扫描的方法确定构造的闭锁区段和闭锁起始时间的可能性。

关键词:景泰地震;地震活动性;闭锁段

一、前言

1990年10月20日景泰 $M_s 6.2$ 地震($E103^\circ 36'$, $N37^\circ 07'$)是近十年来甘肃省内发生的最大的一次地震。对这次地震人们已经进行了比较广泛的研究,但是对于地震发生前震中附近地区的地震活动特征则研究较少。本文取景泰附近 $5^\circ \times 5^\circ$ 范围作为研究区($E101.5^\circ - 106.5^\circ$, $N34^\circ - 39^\circ$),研究该区的地震活动频度、能量、 b 值以及能量、频度的不均匀度的时间进程,从地震活动性方面捕捉临震信息,为研究中强地震的发震规律提供参考依据。本文还试图利用地震活动性的空间扫描和 b 值的时空扫描方法确定断层闭锁区段的位置,为地震的空间预报提供依据。

二、景泰地震前几种地震活动性参数随时间变化特征

研究时段取1979年1月—1990年9月,在此期间研究区内共发生 $M_s \geq 2.0$ 地震998次,采用模糊综合评判方法^[1],以一年作为统计时段,一月一滑动,研究三种地震活动性参数的变化特征。

1. 地震活动频度

图1a是研究区域范围内 $M_s \geq 2.0$ 地震的年频次曲线。在12年内平均每年发震次数为36次,自1986年开始至1989年初地震年频次达65次,地震主要集中在景泰以西的门源、肃南地区,而景泰附近在此期间地震很少。昌马—祁连—海原构造带通过景泰地震区。

*浙江省地震局

沿该构造带,其东部的西吉—海原地区的地震活动与其西部的门源—古浪地区的地震活动有一定的联系。自1986年开始断层西部门源—古浪地区持续三年多地震活动水平较高,断层东部的西吉—海原区却异常平静。自1989年初至1990年9月整个研究区内地震活动水平急剧下降(见图1a)。根据断层两端地震活动的明显差异和震前大面积范围内的缺震现象可以推测,景泰地震发生前的断层闭锁区应在西吉—海原一带或再偏西一些。孕震开始时间应从断层西部地区地震活动高潮开始时算起,即至少在1987年。而1989年以后地震活动的平静现象表明断层闭锁段应力集中的速率在增长,至1990年10月发生景泰Ms6.2地震。这一过程与文献[2]提出的孕震模式相符。

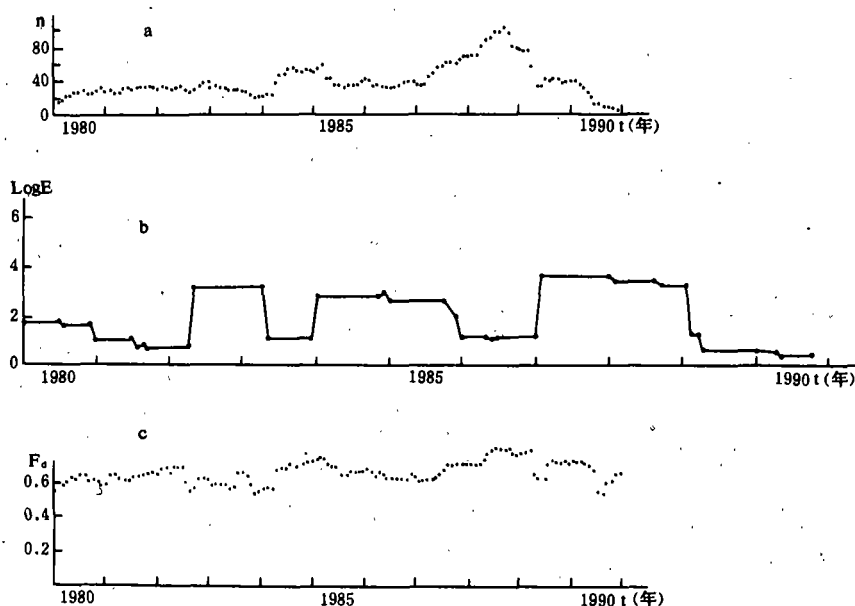


图1 景泰地震前几种地震活动性参数的时间进程图

a. 地震的年频次; b. 能量释放曲线; c. 地震频度不均匀度曲线

Fig. 1 Change of some parameters of seismicity with time before the Jingtai earthquake

2. 能量释放特征

研究区地震能量释放曲线(图1b)与频次曲线类似,同样显示1987年到1988年能量释放异常增高,而自1989年初开始至主震发生前能量释放水平下降。图中能量 E 的单位是 10^{10} 焦耳。

3. 地震频度不均匀度

地震频度不均匀度描述的是地震发生频次在时间、空间分布上的不均匀程度^[3]。由图1c可见,研究区内地震频度不均匀度的高值出现在1987年下半年,景泰地震前曾出现过

一个地震活跃期,之后又存在缺震现象,缺震时间约20个月,用文献[3]给出的地震频度不均匀度持续时间与震级关系的经验公式,推算震级约为6级,与景泰地震序列中主震的震级相符。

三、景泰地震前地震活动的空间特征

在 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 大范围内对地震活动的时间扫描不能详细反映孕震区应力积累过程及活动断层的危险区段,为此作者将景泰地震区按 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 共计划分100个小区,按小区对地震活动进行时间-空间扫描,比较各小区地震活动水平的差异,研究地震活动的空间分布特征。

1. 各小区地震的累计频次

研究区内的主要构造如图2所示。景泰地震震中位于昌马—祁连—海原构造带上,西吉—海原和门源—古浪地震区分别位于景泰震中区的东、西两端。

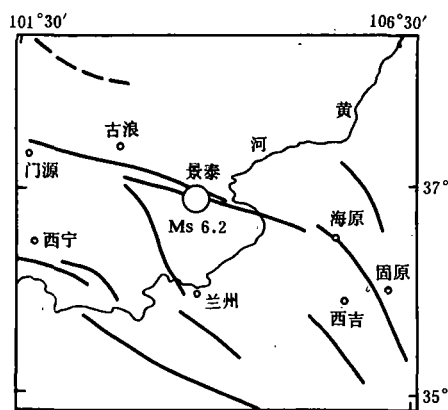


图2 研究区内地震构造图

Fig. 2 Seismotectonic map in the studied area

图3给出了1979年1月至景泰主震前每个小区的累计发震次数。由图3可见断层东部的西吉—海原地区包括4个小区,共发生地震65次;其西部的门源—古浪地区包括5个小区,所发生的地震次数为229。在景泰地震震中正南及其西南方位各存在一个雁行状无震区。

由图4给出的上述两地区的地震年频次统计曲线可见。一般西吉—海原地区地震的发生时间比门源—古浪地区延迟3—4年。在同一构造带上的两个地区地震相互呼应现象说明,西吉—海原一带地震的发生可能受制于门源—古浪地区的地震活动,即断层西端的地震活动造成断层南盘向东运动,在断层东端形成应力积累从而发生地震。力来自青藏高原北缘。1984

年断层西端的年发震次数逐渐减少,按上述地震的活动规律推算,东端的西吉—海原地区在1988年以后应有相应的地震活动,然而事实上该区地震频次锐减(1988年为6次,1990年前9个月为9次),远低于10年期间的最低水平。根据这一事实可以推测,断层的蠕滑在中段受阻,或是在西吉—海原地区正在积累应力,这两处可能发生较大地震,这样可以初步划出孕震区。

其次,图3显示了研究区内两个雁行状条带长期无地震发生,表明这两个地区为刚性块体。第一个无震区的顶点位于甘青交界地带,该地带不具备发震的构造条件,故不属于地震危险区;第二个无震区的顶点位于门源—海原断层上。两个无震区顶点所指方向一致,而且景泰地震震中位于第二个无震区的顶点附近。两组刚性块体在区域应力场北东向主压应力作用下,应力集中于其顶点附近。因此,上述现象可以作为划定地震危险区的一

个参考依据。

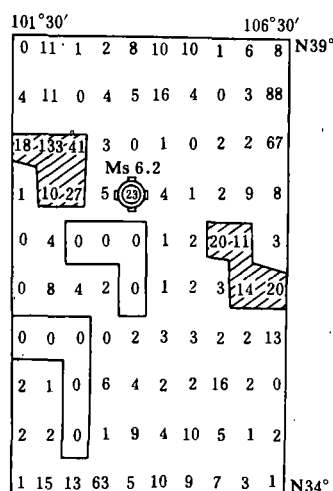


图3 研究区内各小区的地震累计次数($M_s \geq 2.0$)

Fig. 3 The number of earthquakes in each $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ of the studied area

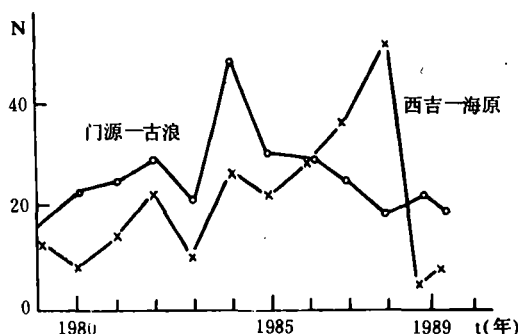


图4 西吉—海原及门源—古浪地区地震的年频次比较

Fig. 4 The comparison on yearly frequency of Menyuan—Gulang seismic area and Xiji—Haiyuan seismic area

2. 低 b 值异常区在震前的空间演化过程

根据低 b 值异常区的逐月扫描结果,绘制了低 b 值异常区($b \leq 0.6$)自1979年12月至1990年9月的空间演化过程示意图(图5)。由图5可以看出,1979年12月—1984年2月低 b 值区的空间分布没有明显的规律。若把同一时间段的低 b 值区的连线视为低 b 值区的长轴,由图5可见,从1985年开始,该长轴似有按顺时针方向逐年缓慢转动的趋势。由于低 b 值对应于介质的高应力状态,因此可以认为,景泰地震前5年孕震区的受力方向在逐渐变化。另一方面,在距主震发生前一年半的时间内,低 b 值区的分布又表现出从分散到集中的特点。特别是1990年4月至1990年9月的临震阶段,研究区内仅有极小区域显示低 b 值,且仅局限在震中附近而沿断层走向展布。在这段时间内,每月作一次 b 值扫描, b 值异常区的位置始终未变。地震发生后,沿断层的这些异常小区的 b 值全部恢复正常。

四、讨论与结论

通过上述讨论,可以得出如下几点认识:

1. 景泰 $M_s 6.2$ 地震前,震中及其附近较大范围内几种地震活动性参数的异常变化明显。

昌马—祁连—海原构造带是控制本研究区地震活动的主要断层。其西部和东部的地震活动具有一定的联系。自1986年开始断层西部的门源—古浪地区持续三年多地震活动水平较高,而东部的西吉—海原地区却异常平静。在研究区大范围内地震活动水平高于正

常年频次的期间,相邻地区地震活动的差异更显得突出,这一特点具有一定的预报意义。1987年研究区内地震频度不均匀度出现高值,孕震开始时间应从1987年算起。

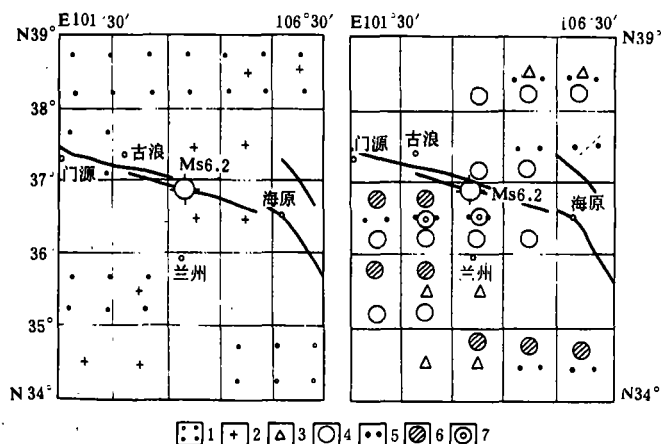


图5 低 b 值区($b \leq 0.6$)的空间演化过程

1. 1979年12月—1981年1月 b 值异常区
2. 1981年2月—1984年2月 b 值异常区
3. 1985年1月—1986年6月 b 值异常区
4. 1986年7月—1987年9月 b 值异常区
5. 1987年10月—1988年9月 b 值异常区
6. 1989年4月—1990年3月 b 值异常区
7. 1990年4月—1990年9月 b 值异常区

Fig. 5 Space distribution of low b value area ($b \leq 0.6$) before the Jingtai earthquake

质研究比较充分的地区^[4],统计沿主要活动构造带地震的频次并研究各区段地震频次及能量释放特点,找出各区段地震活动的规律,在此基础上随时研究其地震活动的变化情况,就有可能发现断层的闭锁区段,为地震的空间预报提供依据。若再能根据一些地震活动参数随时间的变化规律,分区段比较各区段间的地震活动起伏关系,还可以确定断层的闭锁时间从而预估未来震级的下限。

如上所述,沿昌马—祁连—海原构造带,在本文选定的 $5^\circ \times 5^\circ$ 研究区内,西吉—海原地区的地震活动与门源—古浪地区的地震活动存在相互呼应的现象,前一地区的地震活动水平比后一地区滞后三年。但自1986年开始,门源—古浪地区地震活动水平提高且持续三年,而西吉—海原地区地震活动却异常平静。再根据自1989年初开始研究区范围内的地震活动水平急剧下降,表明该区的地震活动已打破了以往规律,因此可以预测,在西吉—海原地区或上述两地区之间的某一地带可能为孕震区。最后根据 b 值异常小区的分布图象随时间的变化,从1990年4月开始 b 值异常集中分布且沿断层定向展布,进而可以确定此时的 b 值异常区附近可能进入临震状态。这一低 b 值异常区分布图象(见图5)持

景泰 $M_s6.2$ 地震前,研究区大范围内从1989年初地震活动很少,出现一年零九个月的震前平静形势。

2. b 值异常区沿断层的定向展布和空间上的明显集中,可能是地震的短临前兆

景泰 $M_s6.2$ 地震前半年,研究区内 b 值异常区($b \leq 0.6$)集中沿断层展布,并且位于震中附近。这种低 b 值小区在空间上的分布图象自1979年12月至1990年9月仅出现一次,而景泰主震后这些异常小区的 b 值全部恢复正常。因此,上述现象可以作为该次地震的短临前兆。其集中分布区可以作为预报发震地点的参考依据。

3. 震前构造闭锁区及地震危险区的判断

本文的研究表明,在地震地

续稳定了6个月时间,随后Ms6.2地震即发生。说明用地震活动的时、空扫描方法监视较大范围地震危险区,逐月捕捉临震信息,发现构造闭锁区段是可能的。

感谢秦保燕研究员对本文研究工作的指导。

(本文1991年8月6日收到)

参考文献

- (1) 虞雪君等,地震形势的模糊综合评判,地震学报, Vol. 12, No. 3, 1990.
- (2) 郭增建、秦保燕,震源物理, P117—118, 地震出版社, 1979.
- (3) 虞雪君等,孕震过程中地震活动时空不均匀性的研究,西北地震学报, Vol. 11, No. 1, 1989.
- (4) 国家地震局兰州地震研究所等,南北地震带构造、地质及近期强震危险区预测图说明书(公元1986—2000年),地震出版社, 1986.

THE CHARACTERISTICS OF SEISMICITIES BEFORE THE 1990 JINGTAI EARTHQUAKE

Min Xiangyi, Hou Xiaoyu, Zhang Youmin, Yu Xuejun

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, China*)

Abstract

The seismicity of $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ around Jingtai region in Gansu from Jan. 1979 to Sep. 1990 is analysed by means of time space scanning. The blocking segment of seismotectonics of the Jingtai Ms6.2 earthquake on Oct. 20, 1990 is determined. This blocking segment is located in the middle of Menyuan—Haiyuan tectonic belt. The scanning result shows that the earthquakes of $M_s \geq 2.0$ occurred mostly on Menyuan—Gulang segment and there are a few on Xiji—Haiyuan segment in that period. The seismicity of these segments echoes each other, and on Xiji—Haiyuan segment the seismicity is delayed for three years. It is possible that the blocking segment and start time of blocking be found if analysing seismicity by means of time space scanning, and being combined with spatial variation pattern of b value of the seismic risk region for long period.