

昆仑山口西 8.1 级地震前的地震 活动图像演变特征

董治平

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 昆仑山口西 8.1 级地震的孕育过程以地震空间图像的递进演变为特征, 可分为三个阶段: 1959 年以来 $M \geq 6$ 地震围成背景空区的阶段, 1994 年以来 $M \geq 5$ 地震围成孕震空区的阶段和震前 4 个月的“逼近地震空区”阶段. 在孕震空区的末期, 青藏块体及中国西部出现了 1~2 年的地震条带; 伴随逼近地震空区的形成, 还出现了较大范围的小震平静. 最后讨论了中国大陆西部 8 级地震的时空演变特征.

关键词: 地震图像; 地震空区; 地震条带; 昆仑山口西 8.1 级地震

中图分类号: P315.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2003)01-0059-05

0 前言

2001 年 11 月 14 日在青海昆仑山口西发生 8.1 级地震. 这是中国大陆继 1951 年当雄 8 级地震后, 50 年来发生的又一次 8 级大震. 地震波及范围东至四川北部, 西达新疆若羌, 南迄青海杂多, 北界甘肃敦煌、兰州一线. 唐古拉山以北的青藏块体北部地区均有不同程度的响应. 现已查明发震构造为东昆仑山南缘断裂带, 宏观震中初步定在布喀达坂峰东到库赛湖一带. 由于震区荒无人烟, 距震中 500 km 范围内仅有格尔木一个地震台, 监测能力很低, 因此没有获得任何有价值的震前短临近场前兆信息. 如何认识 8.1 级地震孕育发生的过程, 挖掘其尚未识别的震兆异常信息, 是研究 8 级地震演变规律, 预测未来 8 级地震发生的关键所在. 本文选定不同时段、不同震级的地震活动, 研究大区域、长时间的地震活动空间图像演化, 从远场的角度讨论 8.1 级地震前的地震活动性异常, 以探讨中国大陆 8 级地震的时空演变规律.

1 地震空区

地震空区的演变是 8.1 级地震孕育一发生全过程的主要特点, 也是该地震最显著的异常. 分阶段出现了超长时段的背景空区、中长时段的孕震空区及一年尺度的“逼近地震空区”. 空区的围空震级、空区的形态以及形成时间各具特点.

1.1 背景空区(1959~2001, $M \geq 6.0$)

1951 年当雄 8 级地震后, 在青藏块体北部北纬 $32^\circ \sim 38^\circ$, 东经 $88^\circ \sim 98^\circ$ 的范围内, 逐渐形成以东昆仑山构造带为主体的 $M \geq 6$ 地震围空区(图 1a). 东昆仑山活动构造带是青藏块体高强度、高频度地震活动带, 20 世纪以来发生 7 级以上地震 4 次; 已发掘出古地震事件 12 次. 从现代地震、历史地震、古地震、活动

收稿日期: 2002-07-03

基金项目: “十五” 国家科技攻关项目子专题(2001BA601B01-03-01)资助.

中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC2003007

作者简介: 董治平(1954-), 男(汉族), 山西平遥人, 高级工程师, 主要从事地热场、构造应力场、地震活动性及地震预测研究工作.

构造及长达40余年的围空时间判断,这个围空区属孕育大地震的背景空区,空区最大长轴约800余公里.背景空区空间尺度和持续时间与震级间存在经验关系式(1)、(2)

$$M_s = 5.35 + 1.34 \log T(a) \pm 0.51 \quad (1)$$

$$M_s = 3.39 \log L(\text{km}) - 1.48 \pm 0.41 \quad (2)$$

$$M_s = 6.02 + 1.34 \log T(a) \pm 0.48 \quad (3)$$

$$M_s = 3.69 \log L(\text{km}) - 1.71 \pm 0.47 \quad (4)$$

利用式(1)、(2)计算得主震震级分别为 7.4 ± 0.51 , 8.0 ± 0.41 , 空区长轴计算结果与实际震级接近.

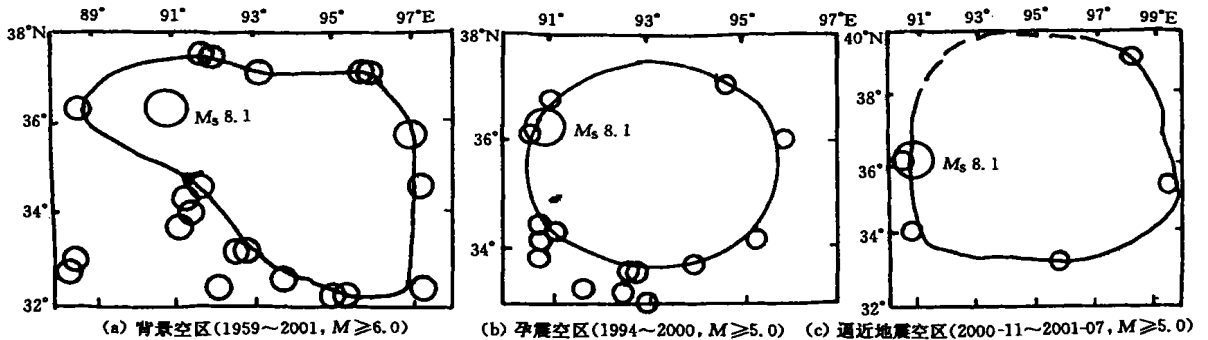


图1 昆仑山口西8.1级地震前的地震空区

Fig. 1 Seismic gaps before west to Kunlun Mountain Pass M_s 8.1 earthquake.

1.2 孕育空区(1994~2000, $M \geq 5.0$)

从1994年到2000年11月,在青藏块体北部北纬 $33^\circ \sim 38^\circ$,东经 $90^\circ \sim 96^\circ$ 间的青海省中西部地区,形成以东昆仑构造带为中心的 $M \geq 5$ 地震围空区(图1b).围空时间长约7年,围空区近似圆形.该空区与背景空区大部地区基本重叠,只是空区最大长轴较短(550 km).利用孕育空区经验公式(3)、(4)计算得主震震级分别为 7.2 ± 0.48 , 8.3 ± 0.47 ,与背景空区计算结果类似,也是空区长轴计算结果与实际震级吻合.与6级地震围成的背景空区相比,该空区向内部收缩变小,表明地震孕育过程进入第二阶段——地震活动性增强阶段.

1.3 逼近地震空区(2000-11~2001-07, $M \geq 5.0$)

2000年11月到2001年7月地震围空区发生了新的变化,在北纬 $33^\circ \sim 40^\circ$,东经 $90^\circ \sim 100^\circ$ 的区域里,由一组5级以上地震在9个月内形成了一个类似逼近地震的围空区(图1c).空区为北边半开口的椭圆形,其形成时间距主震发生约4个月.这是地震孕育的第三阶段——地震活动异常增强阶段.该空区有两个突出的特点:(1)围空区东、南边界分别是2001年7月11日甘肃肃南5.3级地震,7月17日青海兴海5.0级地震和玉树5.7级地震.这一组地震距主震发生4个月时间,其时、空、强三要素均具有逼近地震的显著特征^{1,4}.如果把该空区的围空地地震看作是逼近地震的话,则该围空区应该是“逼近地震空区”.(2)2000年11月9日发生在青海海西州的5.2级地震和玉树州的5.1级地震,在空间上构成了围空区的西边缘,而且震中位置与主震震中位置非常接近;在时间上与主震间隔一年,因而具有显著的“信号震”和逼近地震的双重特征.

2 地震条带

2.1 北西向条带

1998年11月~1999年8月,西起新疆天山至南北地震带南段,形成一条非常醒目的斜贯中国西部的北西向地震条带(图2a),由5级以上地震组成,宽约250 km,长约2500 km.

2.2 北东、北西向条带交汇

2000 年,在青藏块体同步出现了北东、北西、北北西向条带交汇的有序图像(图 2b). 北东向条带南起冈底斯山脉,北至南北地震带北段;北西向条带西起阿尔金断裂带,东至南北地震带南段,空间展布与上述北西向条带基本重合;北北西向条带南起喜马拉雅山东段,北至布喀达板峰,规模略小. 8.1 级地震的震中恰恰落在北西向与北北西向地震条带的交汇区. 从北西向地震条带的形成时间、持续时间、距主震发生的时间,空间展布、走向及其与活动构造带的关系等特征看,满足大震前出现地震条带有序图像的原则和判据^{3,4}. 与 8.1 级地震的空间及时间相关性分析表明,北西向地震条带不仅具有明确的指示意义,而且可以确认为一到两年尺度的中期异常. 这一点也可以从 1951 年以来,青藏块体 5 级以上地震活动的有序图像(条带)与 7 级以上地震的高对应关系得到佐证.

2.3 全球地震条带

2000 年,从欧亚大陆到环太平洋西南地震带也形成一条北西向分布的 7 级以上地震条带,8.1 级地震落在该地震条带的西端,这是巧合还是具有普遍意义值得探讨.

3 区域地震活动异常

为了进一步说明 8.1 级地震前可能存在的震兆异常,对以仪器震中为圆心,半径 200 km 长的区域内不同层次的地震活动做时间扫描分析.

3.1 地震活动的异常增强

图 3 显示,1980~2000 年在 8.1 级地震孕震区 5 级以上地震出现了明显的活跃过程,活跃时段集中在 1995、1999 和 2000 年. 临近主震期,地震活动呈现逐渐增强的过程,并显示信号震或逼近地震的特点. 1981~1990 年有四次 6 级以上地震发生,与主震一起构成长时段平静—短期活跃—再平静—发震模式. 2001 年 1~7 月,4 级以上地震在青藏块体北部地区表现出了异常增强的过程.

3.2 地震活动的异常平静

2001 年 1~10 月 $M \geq 3$ 地震的空间分布表明,距震中约 200~300 km 范围内仅有两个小震,呈大面积、长时间的平静态.

4 讨论

(1) 大震前地震活动空间图像的演变过程研究表明,大震的孕育过程往往表现为地震空区和条带的演变过程. 众多震例在震前均形成地震空区. 但各次大震前的空区图像变化细节、持续时间、围空震级、是否出现信号震或逼近地震则各具特点. 昆仑山口西 8.1 级地震经历了一个漫长的孕育过程,并以空间图像的递进演变模式呈现出阶段性. 背景空区、孕震空区、逼近空区的形成与出现综合反映了地震孕育的长期背景异常、中长期趋势异常及中短期逼近异常,因而是本次地震最显著的震兆异常. 逼近地震空区的提出,是基于围成空区的一组地震具有显著的逼近地震特征.

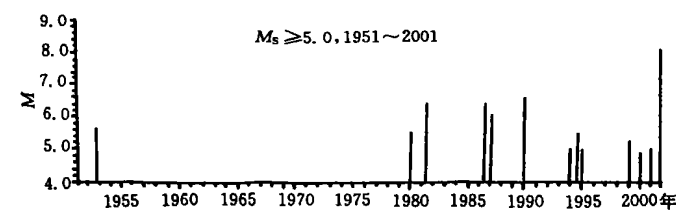


图 3 8.1 级地震孕震区地震活动 $M-t$ 图

Fig. 3 $M-t$ chart in pregnant region of the 8.1 earthquake.

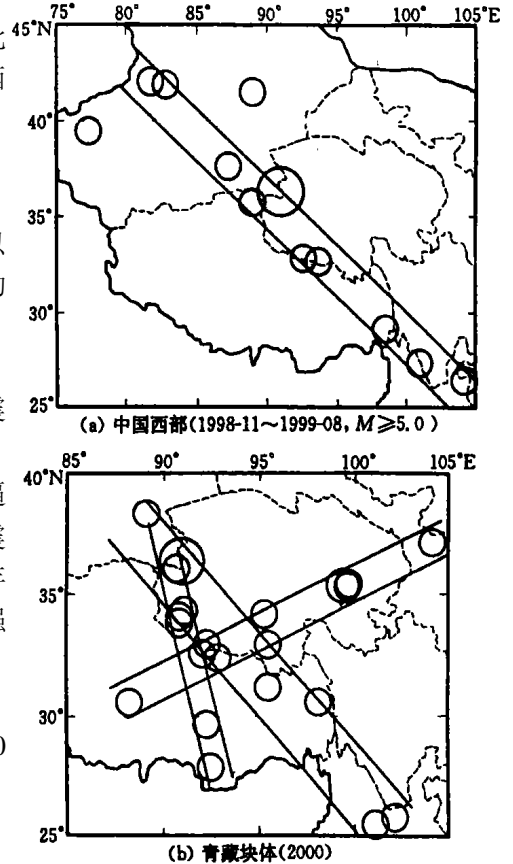


图 2 8.1 级地震前的地震条带

Fig. 2 Seismic bands before the 8.1 earthquake.

这一认识是否成立,是否具有普遍意义有待进一步研究和论证. 值得一提的是,与孕震空区的形

成同期出现了临夏地电、清水流量等观测手段显著的趋势性异常；而2000年下半年临夏地电的加速异常变化、兰州大滩水位的高值异常变化、武都应变的明显异常变化均与逼近地震空区的形成时间相吻合。这就从另一个角度论证了孕震空区、逼近地震空区的可靠性及其前兆意义。

(2) 1998年11月到2000年底，连续两年出现5级以上地震的北西向条带，在时间及空间上与8.1级地震的发生具有较高的相关性，其意义为1~2年尺度的中期异常。地震条带是地震空间图像演变的另一个显著特点。

(3) 中强地震在8.1级地震的背景空区和孕震空区存在一年和几年尺度的增强过程；震前一年在距震中200 km范围内小震活动异常平静。信号地震和逼近地震的发生是8.1级地震的中短期异常特点。

(4) 1900年以来，全国发生8级以上地震10次，有两次在台湾岛，8次在大陆西部。如简单取算术平均的话，每10年一次8级以上地震。研究表明，8级大震的发生与中国大陆地震的活跃期不存在明显的相关性。在时空域里自成体系。如图4所示，时间演变表现为活跃与平静的准周期性：1~2年、4~6年的短周期；13、19年的中长周期；30年的长周期等。昆仑山口西8.1级地震的发生，如考虑台湾8级地震则与30年周期相合；如只考虑中国大陆或中国西部，则说明8级以上地震还存在50年的超长复发周期。据中国西部8级地震复发的短周期及其发生时间间隔的可公度性判断，数年之内仍存在发生8级地震的可能。8级地震分布图(图5)显示，空间域存在500 km以上的间距性、填充性及沿大构造带的有序迁移现象，迁移时间为1.4、7年。由此判断，未来1~7年8级左右地震很有可能沿东昆仑山构造带、阿尔金山构造带，与这两个构造带相交汇的构造带及其交汇区跳迁发生。

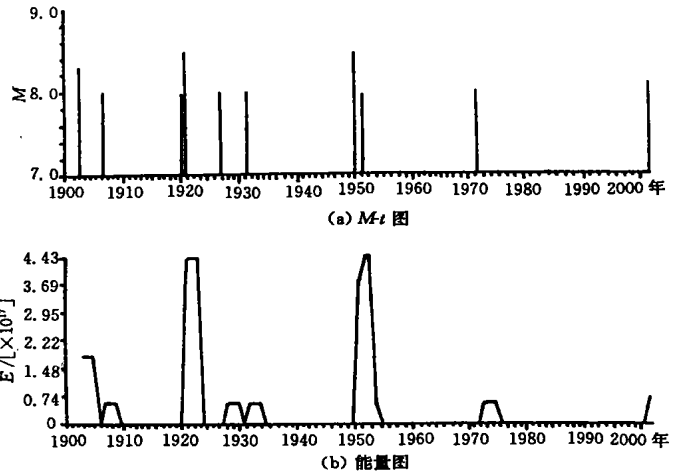


图4 中国8级大震 M-t 图和能量图

Fig.4 M-t chart and energy release chart in China.

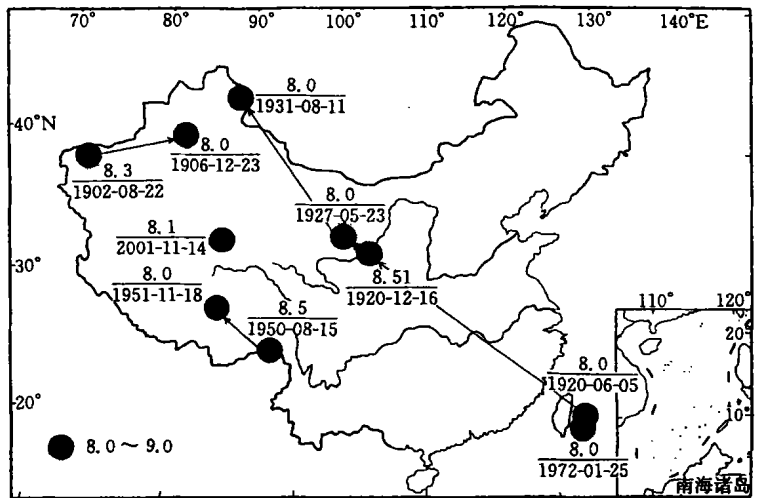


图5 中国8级大震分布图

Fig.5 Distribution of $M_s \geq 8.0$ earthquakes in China.

[参考文献]

[1] 陆远忠, 沈建文, 宋俊高, 等. 地震空区与“逼近地震”[J]. 地震学报, 1982, 4(4): 327—325.
 [2] 陆远忠, 王炜, 沈建文, 等. 地震空区与逼近地震(续)[J]. 地震学报, 1982, 5(2): 129—143.
 [3] 梅世蓉, 冯德益, 等. 中国地震预报概论[M]. 北京: 地震出版社, 1993. 49—65.

[4] 国家地震局科技监测司. 地震学分析预报方法程序指南[M]. 北京: 地震出版社, 1990. 7—14.

EVOLUTION CHARACTERISTICS OF SEISMICITY PATTERN BEFORE WEST TO KUNLUN MOUNTAIN PASS $M_S 8.1$ EARTHQUAKE

DONG Zhi-ping

(*Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China*)

Abstract: Seismogenic process of west to Kunlun Mountain Pass $M_S 8.1$ earthquake is consists of three evolutionary stages for seismicity pattern. The first stage is background gap formed by $M_S \geq 6$ earthquake from 1959; the second stage is pregnant gap formed by $M_S \geq 5$ earthquakes from in 1994, and the third stage, "imminent earthquake gap" lasts 4 months before the $M_S 8.1$ earthquake. At the later period of the pregnant gap, seismic bands in 1~2 years appeared in Qinghai—Xizang block and western China. Along with the formation of the "imminent earthquake gap", no small earthquake occurred in the region. The time-space evolutionary feature of $M_S 8$ earthquakes in western China is discussed at the end.

Key words: Seismicity pattern; Seismic gap; Seismic band; West to Kunlun Mountain Pass $M_S 8.1$ earthquake