

2001年昆仑山口西8.1级特大地震孕育过程 及中强地震活动图像演化

孙加林, 曹井泉

(内蒙古自治区地震局, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要: 通过在百年时间域、 $45^{\circ} \times 35^{\circ}$ 空间域对2001年昆仑山口西8.1级特大地震的孕震过程和中强地震活动图像演化进行时空扫描研究, 认为该地震存在清晰的长期、中期、短期和临震几个孕育阶段, 给出了各阶段清晰有序的地震活动图像, 并找出划分各孕育阶段的标志性地震. 同时指出8.1级特大地震的特殊性和预测预报的困难性.

关键词: 昆仑山口西8.1级地震; 孕震过程; 地震活动; 图像演化

中图分类号: P315.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2003)01-0028-07

0 引言

2001年11月14日在中国西部昆仑山口西发生了8.1级特大地震, 这是继1951年西藏当雄8.0级地震之后, 中国大陆上相隔50年再次发生的8级大地震. 从1988年中国大陆进入20世纪第5个地震活跃期以来, 虽然有专家提出过本活跃期中国西部有可能发生8级地震, 但声音很微弱; 多数专家认为本活跃期可能是弱活跃期, 更无人预测一个8级地震会发生在昆仑山口西. 在1990年、2001年正式出版的第三、四代中国地震烈度区划图上, 昆仑山口西基本烈度仅为VI度; 权威机构历次划定的中国主要地震带均远离昆仑山口西; 历年全国年度地震趋势会商会给出的重点地震监视区也均无昆仑山口西. 但一个8.1级特大地震竟在这里发生了. 这次地震表现出的特殊性, 给人们提出很多新的科学问题^[1]. 但8.1级特大地震的发生又不是偶然的, 经认真研究, 它有清晰的、完整的孕育过程, 震前表现出十分有序的地震活动图像演化进程, 确有诸多可捉捕的震兆异常.

1 百年尺度(1900~2001年)大地震活动背景

1.1 8.1级特大地震在近代8级大震活动的“大三角”中心空白区

图1a给出中国西部及邻近地区1900~2001年8级地震分布图, 可以看到1902~1957年有15次8级大震集中发生, 形成一个众所周知的“大三角”分布带; 1958~2001年, 中国大陆及周边出现49年的8级地震平静. 2001年11月14日昆仑山口西8.1级特大地震就发生在大三角带的正中心空白区内.

1.2 8.1级特大地震在近代7级地震环形带的空白区

图1b给出中国西部及邻近地区 $M \geq 7.0$ 地震分布图, 发现百年来7级大地震分布呈现一个宽数百公里的环形带, 带内7级地震近似均匀分布, 带外7级地震十分干净, 环内形成7级地震空白区, 百年尺度的7级地震活动平静图像十分清晰.

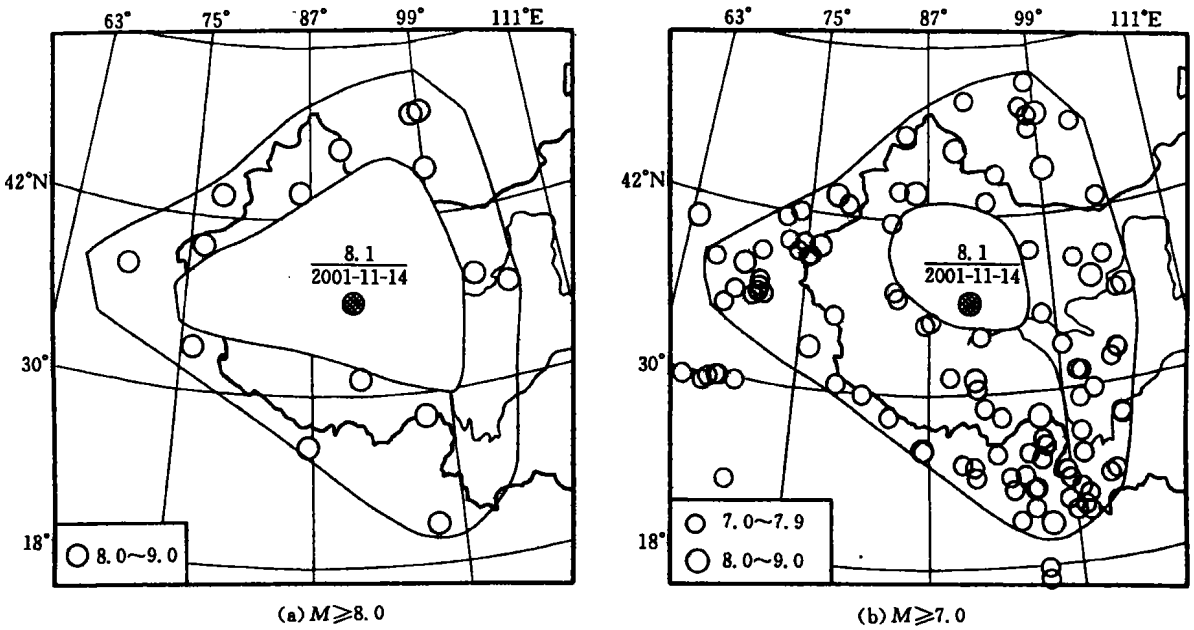


图 1 大三角地区强地震分布图(1900-01~2001-11)
 Fig. 1 Distribution of strong earthquake in the great triangle region (1900-01~2001-11).

2001 年昆仑山口西 8.1 级特大地震的发生, 打破了百年来 8 级地震空间分布格局, 又是发生在百年来 7 级、8 级大地震活动背景下的空白区内, 有其必然性。

2 中长期中强地震活动图像(1959~2001 年)

2.1 $M \geq 6.0$ 地震围空活动

1959 年 11 月 11 日在喀拉米兰山口东发生一次 6.0 级地震, 由此开始至 1994 年 8 月的 35 年间, 在 $27^\circ \times 18^\circ$ 的空间范围, 形成一个 $M \geq 6.0$ 的围空区. 图 2a 给出中强地震空间展布; 图 2b 给出空区形成的起止时间. 该空区似由东北和北西西两个走向空区组成. 由围空地地震的起始震级 ($M \geq 6.0$) 和空区形成时间 (震前 43 年), 可称为“背景空区”^[4].

2.2 $M \geq 5.0$ 地震从外围向未来震中收缩

图 2c、图 2d 是 $M \geq 5.4$ 地震随时间在经度和纬度方向展布图. 从图中看出从 1960 年到 1986 年在东西跨度 1 000 km 尺度上向未来震中迁移收缩; 1986~1989 年在震中区附近出现中强地震集中活动, 先后发生 6.4、6.1、6.8 级地震, 此时段正是中国大陆 20 世纪第 5 个地震活跃期开始的时间; 之后地震活动又开始扩展(图 2c), 震中区逐渐进入新的地震平静状态.

3 中期中强地震增强活动(1988~2001 年)

3.1 $M \geq 6.3$ 地震丛集增强活动

众所周知, 中强地震孕育到中期(震前 3 年), 其主要标志是中等地震 ($M \geq 4.0$) 增强活动^[3]. 对于 8 级特大地震孕育到中期, 其主要标志应是在震前 10 年左右时间 $M \geq 6.0$ 中强地震的增强活动. 图 3a 给出中国西部 1988~1997 年 $M \geq 6.3$ 地震分布图, 共有 3 个密集区. 其中东部区实际是一条 7 级大地震(澜沧—耿马、共和、孟连、丽江地震)的分布带, 只有中部区是一个真正的中强震—强震丛集区, 从 1988 年 11 月 5 日芒崖 6.8 级地震开始, 到 1997 年 11 月 8 日玛尼 7.5 级地震而告终. 即 8.1 级特大地震发生在千公里的空间尺度、13 年的时间尺度上中强震、强震明显出现增强丛集活动.

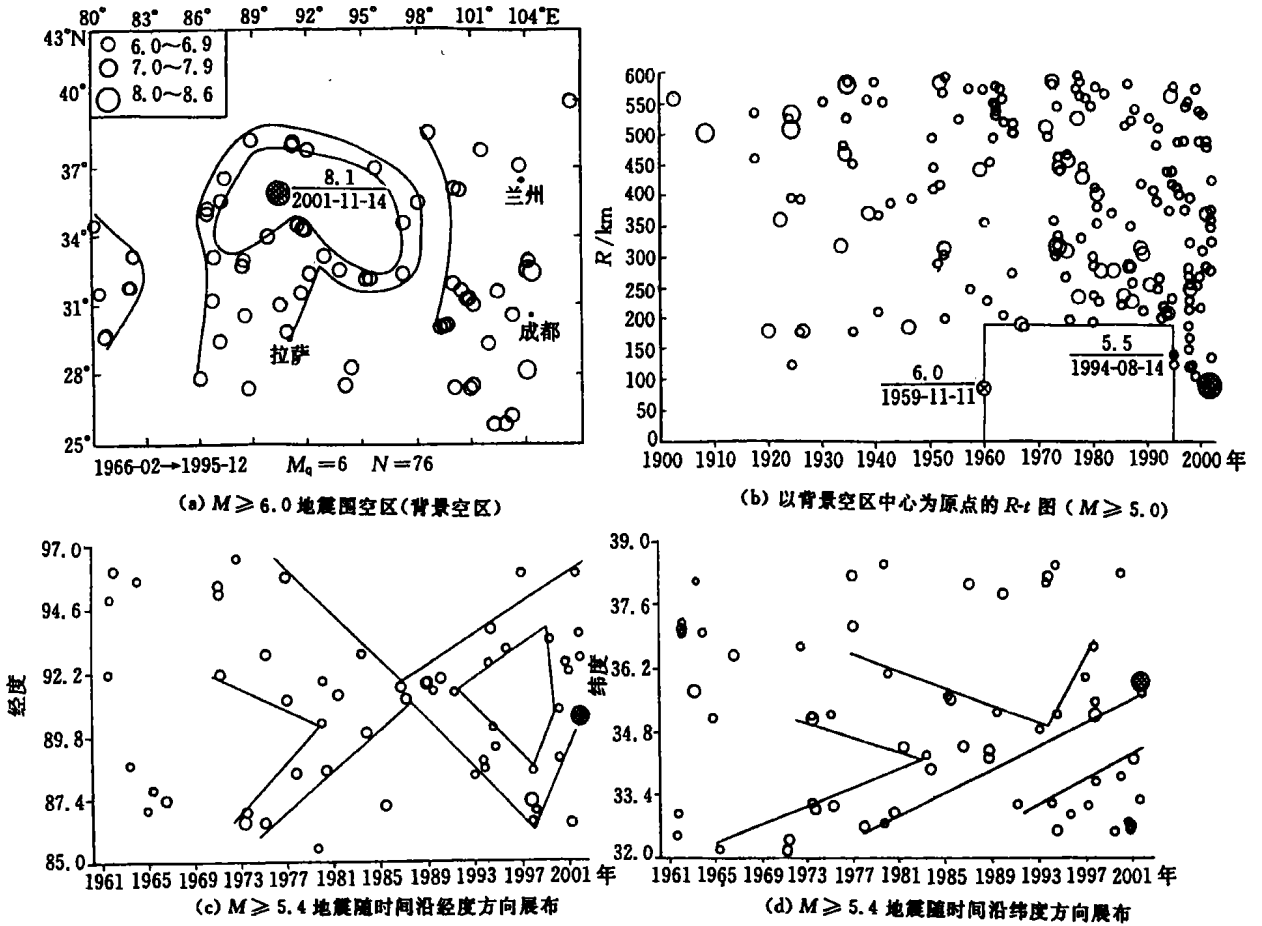


图2 中期中强地震活动图像(1959~2001)

Fig.2 Seismicity image of moderate strong earthquakes in medium-long period (1959~2001).

3.2 $M \geq 5.0$ 地震围空形成“孕育空区”

图3b 给出 1989 年 6 月至 1997 年 10 月 $M \geq 5.0$ 地震分布, 清楚看到未来 8.1 级特大地震及以东 500 km 空间上存在一个中强地震围空区, 从围空地地震的震级 ($M \geq 5.0$) 和空区形成时间(9 年)看, 该空区可称为“孕育空区”^[3]. 这种空区的形成与中强地震增强活动时间应是同步的, 在 $R-t$ 图(图 3c)上可清楚看到此空区形成起止时间是 1988 年 11 月到 1997 年 11 月.

3.3 $M \geq 5.0$ 地震由震中区向外扩散

由图 2c 可看到, 1988 年是地震活动转折年, 从 1988 年 11 月至 1997 年 11 月, 中强地震活动逐渐形成围空区同时, 又表现为从震中向外扩散活动, 这是识别强震孕育过程中期阶段的重要特征.

4 短期中强震的活动特征(1997~2001 年)

4.1 $M \geq 5.6$ 地震成条带分布

1997 年 8 月至 2000 年 11 月, 在通过未来震中区的北西向和共轭的北东向出现两条近千公里的 $M \geq 5.6$ 地震条带(图 4a), 这是强震孕育从中期过渡到短期的重要震兆特征^[3], 即 8.1 级特大地震前的中强地震条带呈花瓣辐射状.

4.2 中等地震围空形成“中短期空区”

1997 年 11 月至 2000 年 9 月, 在未来 8.1 级地震周围分别出现 $M \geq 3.0$ 、 $M \geq 4.0$ 、 $M \geq 5.0$ 地震围空

区(图 4b), 空区的长轴方向和长度分别为北东, 480 km; 北西, 600 km; 北西, 940 km. 这种在强震孕育过程中由中期向短期过渡时出现的中等地震空区称为“中短期空区”^①、^[3], 经空区外内频度比计算, 符合判据条件并通过检验(图 4c). 这种空区既具有明显前兆意义, 又具有较强普适性.

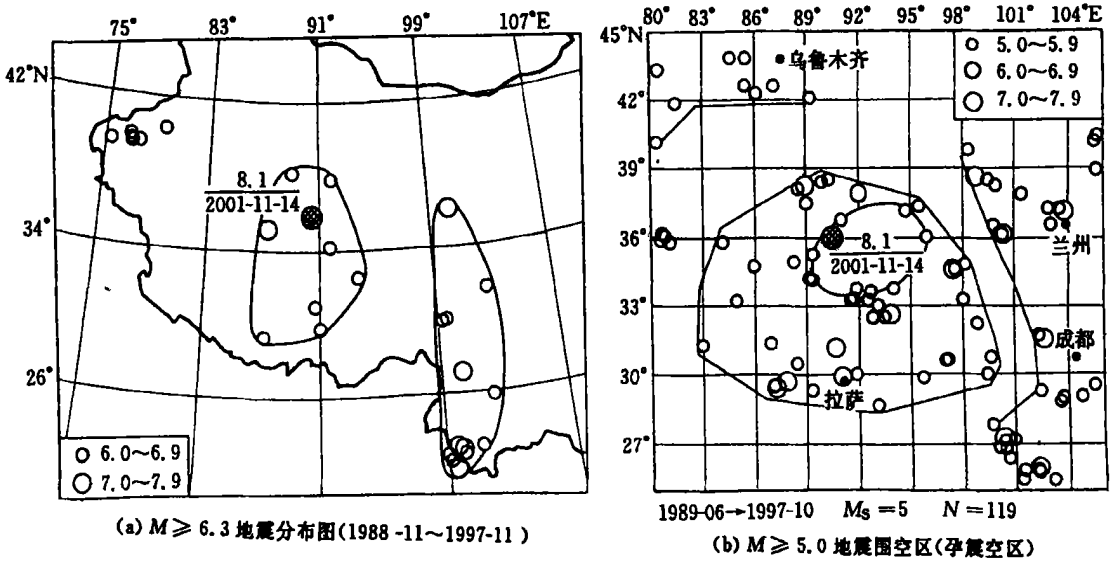


图 3 中期中强地震活动图像(1988~2001)
Fig. 3 Seismicity image of moderate strong earthquakes in medium-term(1988~2001).

4.3 中强地震由外围向震中迁移收缩

在图 2c 中, 经 1988~1997 年 $M \geq 5.4$ 地震由未来震中向外扩展迁移之后, 从 1997 年 11 月 8 日玛尼 7.5 级地震开始, $M \geq 5.4$ 地震活动出现转折, 由外围向未来震中迁移收缩, 这也是强震前短期阶段地震活动的重要特征.

4.4 发生显著地震

1997 年 11 月 8 日, 在未来 8.1 级地震西偏南 300 km 发生玛尼 7.5 级地震, 该震发生在 $M \geq 4.0$ 、 $M \geq 5.0$ 地震中短期空区的西南边缘(图 4b), 具有明显标志性意义, 为强震前的显著地震^[3]. 它的发生预示 8.1 级特大地震孕育进入短期, 中强地震活动在空间上又出现转折.

5 临震前中强地震活动的远距离呼应与逼近地震(2001-01~11)

5.1 临震前(1 年)震中区出现中小地震活动平静

图 5a 给出 2001 年 1~11 月 $M \geq 2.0$ 地震分布, 看到临近 8.1 级地震发生时震中区中小地震活动呈平静状态, 并且无明显前震发生.

① 孙加林, 曹井泉, 等. 各类地震活动性图像与地震活动参数的相互关系及中短预报效能的研究, 国家地震局 95-04-01-01 课题, 1999.

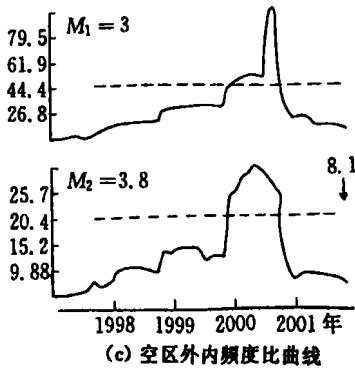
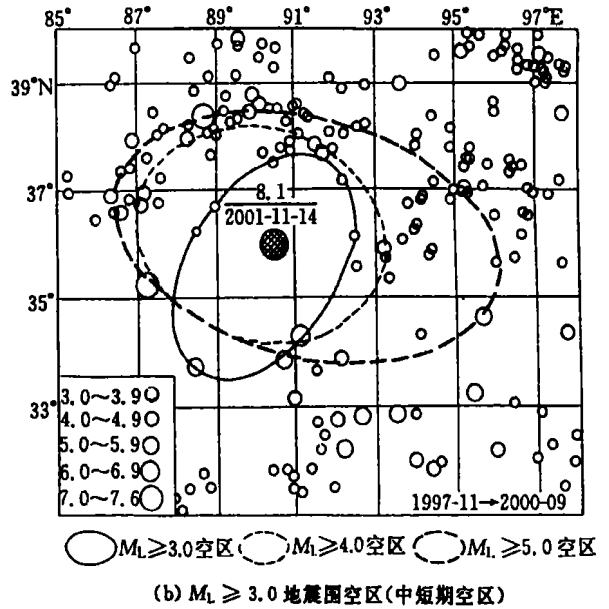
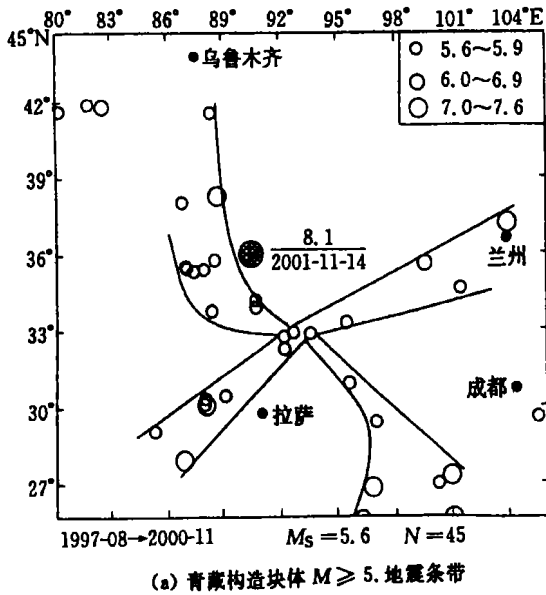


图4 短期中强地震活动图像(1997~2001)

Fig. 4 Seismicity image of moderate strong earthquakes in short-term(1997~2001).

5.2 远距离强震呼应牵动发生

从2001年1月至11月8.1级特大地震发生,在中国西部仅出现一组与8.1级地震发生有关的远距离强震呼应牵动(图5b);2月23日四川雅安6.2级→3月5日西藏玛尼6.4级→4月12日云南丽江6.0级→10月27日云南永胜6.0级→11月14日昆仑山口西8.1级地震.作者在1978年总结1976年华北块体北部边界一年内相继发生4月6日和林格尔6.3、7月28日唐山7.8、9月23日巴音木仁6.2级强震及强余震规律活动时,提出强震前,中强地震远距离呼应牵动发生是一种重要的短期和临震阶段的震兆特征.

5.3 临震前震中区附近的逼近地震

在图5c的R-t图中,清楚地看到2000年11月26日在震中区附近发生一次5.5级地震,宣布了中短期空区解体;又过3个月,发生3月5日玛尼6.4级,逼近地震^[4],预示未来大地震即将发生.

6 讨论

经震后回顾性研究,在昆仑山口西8.1级特大地震孕育过程中,分别在震前百年(大背景)、43年(中长期)、13年(中期)、3年(短期)、1年(临震)的几个时间尺度上表现出物理意义十分明确的阶段性.孕育过程的阶段性是以震中区附近发生的几次重要标志性地震划分的:

(1) 1959年11月11日喀拉米兰山口东6.0级地震.该震距未来8.1级特大地震约170 km.在此之前的1902~1957年,是中国西部三个地震活跃期15次8级大震连发时期,8.1级特大地震震中区附近中等、中强地震活动近似均匀分布(图2c);之后,未来震中区的中强地震开始有序活动,8.1级特大地震的孕育

进入了中长时间期.

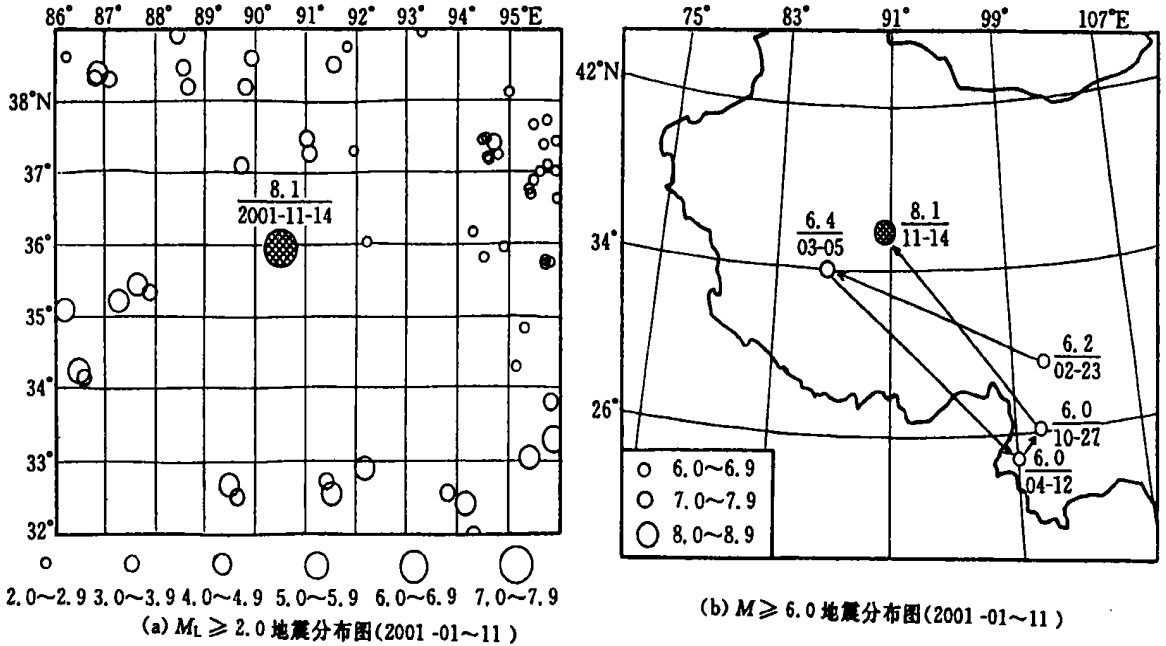


图 5 临震地震活动图像(2001-01~11)
Fig. 5 Seismicity image of impending period(2001-01~11).

(2) 1988 年 11 月 5 日青海芒崖 6.8 级地震. 该震距未来 8.1 级特大地震为 220 km, 与 1988 年 11 月 6 日澜沧—耿马 7.6 级强震相差 1 天. 后者标志中国大陆地震活动进入了 20 世纪第 5 个活跃期; 前者标志未来 8.1 级特大地震的孕育进入中期阶段.

(3) 1997 年 11 月 8 日玛尼 7.5 级地震. 该震距未来 8.1 级特大地震约 300 km, 此后未来 8.1 级地震震中区地震活动出现新的转折, 包括中短期空区形成, 中强地震条带出现, 新的一次地震收缩活动等. 标志着未来 8.1 级特大地震的孕育进入短期.

(4) 2000 年 11 月 26 日昆仑山口西 5.5 级地震. 该震距 8.1 级特大地震仅 9 km. 它的发生使震中区的中强地震活动又出现转折, 中短期空区解体. 它是大震前的逼近地震, 标志着 8.1 级特大地震孕育进入临震状态; 2001 年 3 月 5 日玛尼 6.4 级地震更进一步逼近主震的发生.

由上看到一个重要现象, 即 4 次标志性地震与未来 8.1 级特大地震均发生在 11 月份, 并且与标志中国大陆进入 20 世纪第 5 个活跃期的澜沧—耿马 7.6 级地震也是相同月份. 这是具有深刻物理意义的启示, 也说明本文对 8.1 级特大地震孕育阶段的划分是客观和合理的.

由上也可看到, 8.1 级特大地震孕震过程的各阶段的时间明显长于强震、中强地震. 在“八五”、“九五”预报攻关研究中, 作者曾总结强震中强地震前中等地震增强活动(中期)一般在震前 2~6 年, 而 8.1 级特大地震为震前 13 年; 强震中强地震的短期阶段一般为震前 1 年左右, 临震阶段为震前几个月, 而 8.1 级特大地震分别为震前 3 年和 1 年.

尽管如此, 客观地讲, 如果重新走这段历史, 要对昆仑山口西 8.1 级特大地震作出准确的预测预报依

然是困难的. 因为: ① 从长期角度看, 昆仑山口地区一直未列入我国地震高烈度区和地震危险区; ② 一个 8 级特大地震孕育在时间上达百年, 在空间上达千公里以上, 我们目前认识水平还难以把握, 没有这方面的经历和经验; ③ 无前兆观测资料, 没有大尺度的形变场资料很难综合分析判断; ④ 在一个大的地震活跃期(指 50~300 年)开始时的首发大地震的地点预测是目前科学难题.

[参考文献]

- [1] 孙加林. 2001 年新疆—青海交界 8.1 级特大地震的特殊性, 发震动力背景及未来地震形势估计[J]. 国际地震动态, 2002, (9): 11—14.
- [2] 陆远忠, 沈建文, 王炜. 中国大陆的地震空区[A]. 见: 地震空区与地震预报[C]. 北京: 地震出版社, 1989. 191—199.
- [3] 曹井泉, 孙加林, 杨毅. 进入短期阶段的空区识别及判据指标研究[J]. 地震学报, 1997, 19(1): 36—44.
- [4] 孙加林, 曹井泉. 强震前显著地震与逼近地震的震兆特征及判据指标[J]. 地震, 16(4): 315—322.

THE PREGNANT PROCESS OF WEST TO KUNLUN MOUNTAIN PASS EARTHQUAKE WITH $M_s 8.1$ IN 2001 AND SEISMICITY IMAGE EVOLUTION OF MODERATE STRONG EARTHQUAKES

SUN Jia-lin, CAO Jing-quan

(*Seismological Bureau of Inner Mongolia, Huhhot 010051, China*)

Abstract: The pregnant process of west to Kunlun Mountain Pass earthquake with $M 8.1$ in 2001 is researched in a hundred years and $45^\circ \times 35^\circ$ space, and the seismicity image evolution of moderate strong earthquakes is scanned in time and space. It is considered that in long, middle, short, and impending terms the different pregnant stages of the $M 8.1$ earthquake are clear, the systematic seismicity images for every stage are given, and the symbolical earthquakes are found for each stage. Finally, the particularity of great earthquake with $M 8.1$ and difficulty of earthquake prediction are showed.

Key words: West to Kunlun Mountain Pass earthquake with $M 8.1$; Pregnant process of earthquake; Seismicity; Image evolution.