

地震间隙图像与地震大趋势*

王周元 何少林 彭伟荣 姬凤英

(中国地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 分析了几个区域的地震间隙图像特征及其与地震大形势的关系. 本世纪60年代前全球经历了大震活跃期, 地震间隙基本保持平稳均匀分布, 之后活动减弱、转平静. 间隙高值的出现、显著的增大趋势和图像分散、分段成组性突出为相应的主要特点. 全球及大区地震间隙高值有近20 a的间隔优势. 各种级别的地震活动都可作为高一级的地震活动的震情“窗口”. 最后简要分析了今后几年的地震趋势.

主题词 地震活动性 地震间隙图像 地震趋势

中国图书分类号 P315.5

0 前言

研究地震活动性的方法和文献不少, 但有关地震间隙的研究报导尚不多见. 本文注重地震间隙的动态演化, 试图提取有用的信息. 地震间隙图像指研究区内一定强度独立事件时间间隔的时程演化, 这里取为震后间隙. 间隙高值出现之后间隔大, 相应于地震平静; 间隙低值后间隔小, 相应于地震密集、活跃. 换言之, 活跃期地震间隙总体偏小, 平静期地震间隙通常较大, 活跃转平静对应图像的间隙增大, 平静转活跃伴随间隙的减小.

8.0级以上大震活动可能由全球统一机制制约, 其兴衰强弱还影响着各个区带、各种级别的地震活动, 这是全局性最基本的大形势. 就全球大陆而言, 兴都库什-贝加尔-缅甸北部圈定的大三角地区因地震最活跃、活动水平最高、分布范围最广而瞩目. 全国7.0级以上大震活动是我们关注的重点, 青藏块体为我国大陆当地地震最活跃的地区. 甘肃及邻近地区近几十年地震活动水平虽然不能与上述地区相提并论, 但仍是我最关注的区域.

资料简况见表1, 选取涉及的主要问题有: ① 区域越大, 选用地震的震级下限越高, 同时要考虑一定的地震数量; ② 同一源区的6.0级以上地震以1a为限, 5.0~5.9级地震以0.5a为限选取, 限内一组地震作为一个独立事件参预分析; ③ 基于完整性及准确性要求, 资料一般从1900年前后起用; ④ 涉及国外地震统一用《世界地震目录》^[1], 国内地震统一用《中国大地震简目》^[2]; 近几年的地震使用“震情简报”.

1 五大区地震间隙图像

图1分别给出了表1中所列7个区域的间隙图像. 这里首先讨论了5个大区的图像, 有时

收稿日期: 1998-03-11

* 本文是作者在兰州地震研究所1998~2000年地震大形势研讨会上发言的修改稿.

第一作者简介: 王周元, 男, 1944年1月生, 副研究员, 主要从事地震监测预报、地壳结构反演和地震活动性研究.

也涉及两个小区. 图像的基本特点如下:

(1) 间隙分布与区域范围、地震强度有关, 区域越大、地震越多, 结果越稳定. 由表 2 可见, 除全国 7.5 级以上地震外, 80% 以上的地震间隙在 5.5a 以内, 约 50% 在 2a 以内, 可分别称为间隙分布的一般范围和密集范围. 而全国大陆 7.5 级以上地震间隙比较均匀分散、较为特殊, 可能与所取震级下限太高和地震数量少有关.

(2) 间隙高值的分布大致以 1960 年前后为界, 各大区间隙图像由基本稳定、低值转变为中高值明显增多、且表现出增大趋势, 表明地震活动由活跃开始减弱直至平静的转变过程. 全球 8.0 级以上地震间隙分布基本均匀、稳定(图 1a), 1968 年 5 月日本 8.1 级地震间隙 9.3a 是唯一的高值. 以该震为界, 2a 内的间隙由 72.7% 减小到 57.1%, 2~5a 的间隙由 25.0% 增加到 42.9%. 1968 年前为活跃期, 1960 年 5 月智利 8.9 级地震正好是活跃末期的一次特大地震. 1991 年 4 月哥斯达黎加 8.0 级地震是全球最近发生的一次大震, 至 1998 年初间隙已近 7a(图中用空心圈表示, 下同), 显然又是高值. 可见 1968 年的高值可能是全球大震活动减弱的一个重要标志和转折信号, 其后高值会更多、更大. 全国大陆和青藏块体 7.0 级以上地震间隙图像(图 1d、e)中高值情况与全球大震基本一致, 但转折时间略有提前. 大三角地区和全国大陆 7.5 级以上浅震间隙图像(图 1b、c)中高值情况实际上与以上 3 区基本一致, 尤其是 1960 年前后的转折, 突出的差别在于 1940 年前后的间隙高值, 这可能与 50 年代青藏、蒙古的大震活动有关.

(3) 间隙高值之间地震明显成组分布和各级地震次数递减趋势是图像的又一特征, 这可能是地震活动减弱的反映. 图 1b 中大三角地区地震间隙高值有 1935 年 5 月巴基斯坦 7.6 级地震的 10.5a、1957 年 12 月蒙古 8.0 级地震的 7.3a 和 1976 年 5 月龙陵 7.5 级地震的

表 1 各区地震基本数据

区域	时间范围	震级下限	地震数量
全球	1897~1991	8.0	55
大三角地区	1897~1997	7.5	38
全国大陆	1870~1997	7.5	24
全国大陆	1902~1997	7.0	57
青藏块体	1870~1997	7.0	47
青藏块体北部	1920~1994	6.0	31
甘肃地区	1957~1996	5.0	44

表 2 各地区地震间隙分布范围

区域	一般间隙		密集间隙		最大间隙 (a)
	范围(a)	比率(%)	范围(a)	比率(%)	
全球	5.0	96.3	2.0	70.4	9.3
大三角地区	5.5	91.9	2.0	59.5	12.4
全国大陆(M7.5)	4.5	60.9	3.5	47.8	14.7
全国大陆(M7.0)	5.5	96.4	2.0	67.9	9.0
青藏块体	5.5	84.8	2.0	52.2	12.2
青藏块体北部	3.5	83.3	2.0	56.7	10.7
甘肃地区	2.0	93.0	1.5	81.4	4.6

12.4a, 这 3 组地震数依次是 12, 6, 3. 图 1c 中全国大陆地区 7.5 级以上地震间隙早期都是高值, 可能由资料不完整所致, 可以考虑的有 1888 年 6 月渤海湾 7.5 级地震的 14.2a、1906 年 12 月沙湾 7.7 级地震的 7.6a、1920 年 12 月海原 8.5 级地震的 6.4a、1937 年 1 月托索湖 7.5 级地震的 10.2a、1955 年 4 月康定 7.5 级地震的 14.7a、1976 年 7 月唐山 7.8 级地震的 12.3a 和 1988 年 11 月澜沧、耿马 7.6 级地震的 9.0a, 各组地震数依次为 2, 3, 5, 5, 3, 1. 图 1d 中全国大陆地区 7.0 级以上地震间隙高值为 1955 年 4 月乌恰 7.0 级地震的 8.0a 和 1976 年 8 月松潘、平武 7.2 级地震的 9.0a, 后两组地震数为 13, 9. 图 1e 中青藏块体 7.0 级以上地震间隙高值有 1871 年年中错拉、洛扎 7.5 级地震的 8.0a、1887 年 12 月石屏 7.0 级地震的 5.7a、1896 年石

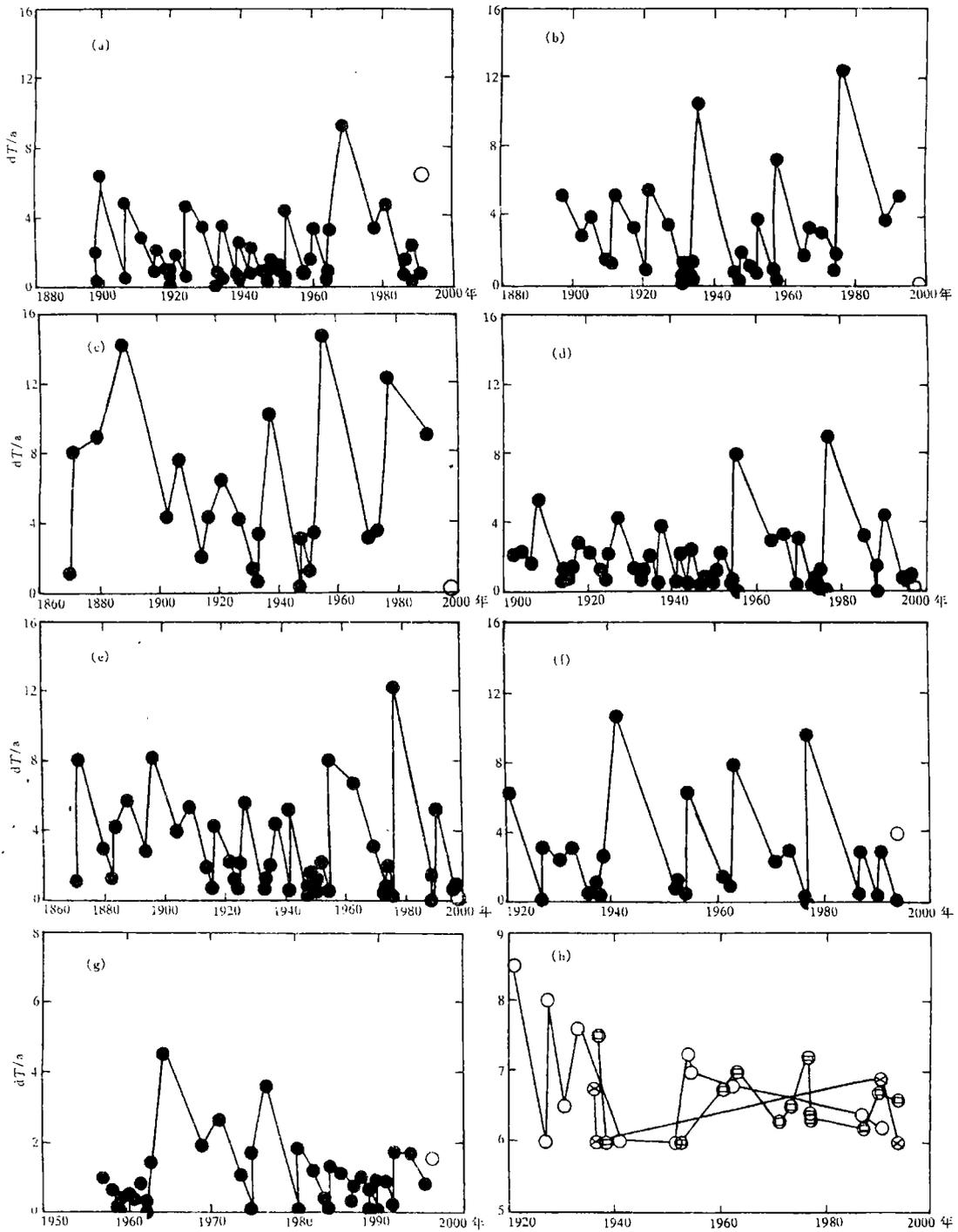


图 1 各区地震间隙(dT)图像及青藏块体北部地震活动衰减情况

Fig. 1 The earthquake interval patterns in various regions and the attenuation curve of seismicity in the north of Qinghai-Xizang block.

- (a) 全球; (b) 大三角地区; (c) 全国大陆(7.5); (d) 全国大陆(7.0); (e) 青藏块体;
- (f) 青藏块体北部; (g) 甘肃地区; (h) 青藏块体北部地震活动强度衰减曲线

渠、洛须7.0级地震的8.2a、1927年5月古浪8.0级地震的5.6a、1955年康定7.5级地震的8.0a、1963年4月阿拉克湖7.0级地震的6.7a和1976年松潘、平武7.2级地震的12.2a,地震数分别为4,2,10,15,1,6,7,无减少迹象,表明区域地震活动与大区有一定差别。

2 甘肃附近地区间隙图像

茫崖经都兰、格尔木、玛多到松潘、平武一线以北的青藏块体北部地区6级以上和甘肃及邻区5级以上地震间隙图像反映的是区域较小、时间较短、震级较低的低级别地震活动情况。

(1) 青藏块体北部6.0级以上地震间隙图像明显分为高、低值区,1941年4月脑各扎6.0级地震间隙10.7a后有缓慢增大迹象(图1f),1977年1月北霍布逊湖6.3级地震间隙9.6a,由这两次地震分开的3组地震数为11,12,8,有减少的迹象,或者当前这组地震活动尚可延续一段时间.这3组地震的强度分别为8,7,6级的水平,呈递减趋势.值得一提的是青藏块体北部的地震活动与1920年海原8.5级大震密切相关.大震前区内几乎没有6.0级以上地震,大震后块体北部6.0级以上大震活动频繁、强烈,这其中尽管有资料的完整性问题,但主要还是地震活动强化的反映.青藏块体北部6.0级以上地震集中分布在近东西向的3个带上,它们分别是北带(即块体北缘的祁连山-海原地震带)、南带(即前述南缘的舒玛断裂带)和中带(即乌兰-共和-西秦岭北缘断裂带).图1h给出了1920年海原8.5级到1994年1月共和6.0级地震的强度曲线,集中体现了块体北部大震活动强度的衰减特征,表明区内地震活动可能受到了与1920年海原8.5级大震有关的应力场的影响或制约。

区内地震一般间隙范围仅为3.5a,把1920年海原8.5级地震间隙6.2a、1954年7月民勤7.0级地震间隙6.3a及1963年4月阿拉克湖7.0级地震间隙7.9a考虑在内,5组地震数依次为10,4,3,5,8,就是说细分起来地震活动频次经历了由减小到增多的转折,转折时间大致在1963~1968年.图1h中空心圈、带方块圈、带差圈分别代表北带、南带和中带,从中可见,北带无论频次还是强度都明显减弱,南带频次明显增大,南、中两带强度都有增加迹象,中带活动水平最低.区内地震活动表现出向中南部收缩集中的态势.海原大震的影响制约作用在北带最突出.如果小范围低级别地震活动能反映大范围高级别地震活动发展趋势的话,区内中、南带及附近的应力强化趋势值得重视。

(2) 甘肃及邻近地区5.0级以上地震间隙的两个低值密集段为图像的突出特点(图1g),相应的时段分别是1957~1964、1968~1976、1980~1996年,地震数为17,6,21,地震活动明显经历了活跃-平静-活跃期^[3].前一活跃期88.2%的间隙在1a以内,后一活跃期85.0%的间隙在1.5a以内.1964年5月和政5.0级地震间隙4.6a、1976年8月松潘、平武7.2级地震间隙3.7a为两个间隙相对高值.前一活跃期发生的都是强度低于6.0级的中强地震,主要分布于1954年山丹、民勤和1920年海原这3个强震源区,实际上是强震的晚期调整释放.平静期对应西南地震活跃,当然该时期也有部分地区地震活动,活动主要集中在松潘、平武-玛曲一带边缘地区.后一活跃期地震绝大多数发生在祁连山-海原断裂带上,3次6.0级以上地震标志着强度比前一活跃期有所提高.这一点与青藏块体北部一致。

3 讨论和结论

(1) 间隙图像反映出本世纪前半叶各大区都经历了地震活动高潮,1968年以后全球8.0级以上大震活动开始减弱;各大区也表现出基本同步的衰减,其转折时间早于全球大震.在间隙图像上地震活动减弱主要表现在间隙高值增多和增大趋势明显、分段成组的非均匀性增强

及各组地震数递减等方面.甘肃和青藏块体北部这两个小区的低级别地震活动在1963~1976年先后完成了从减弱到增强的转折,这期间全球及各大区地震活动恰好由活跃转平静,表明该两区地震活动不仅与华北、西南反相,也与全球及各大区地震活动反相.青藏块体间隙图像中各组地震数变化与其它大区的差异可能是附近几个大区地震活动即将度过低谷的前奏.

(2)地震是应力集中引起介质破裂的结果.同一源区地震间隙的大小代表了源区震后应力调整释放、介质愈合和应力重新积累到再释放的历程.小范围内间隙图像还应该反映出断层活动互相影响即地震发生后加震、减震^[4]的综合作用,而大区域的大震间隙图像主要反映高层次应力场的强弱变化.这里的间隙值变化属后一种,地震间隙减小应反映大范围应力场的加强,增大反映大范围应力场的减弱,稳定的间隙分布代表了较长周期应力场变化中相对平稳的一段.几个区的地震间隙绝大多数都在5.5a以内,一半以上在2a以内,表明这些区有关的应力场正处于比较稳定的时段.

8.0级以上大震活动演变是全球统一应力场变动的表征.全球大震活动的减弱反映了地震活动及全球应力场存在相当缓慢的强弱变化.从本文的图像不难看出,全球大震活动变化周期远大于100a,大区强震活动的周期也不小于100a.今后若干年内,这些地震活动将继续处于低水平,但低水平活动仅表明地震频度、强度的相对降低,并不意味着无地震发生.

低级别地震活动容易受到较大区域应力场调制,同时也反映了较大区域应力的变化,因此,人们用低级别地震活动震情“窗口”^[5]来监视预测高级别地震.结果表明,除微震外,区域中强震和大区强震都可作为震情“窗口”追踪大区及全球的应力变化.

(3)各区间隙高值相当部分集中在1935~1941、1955~1957、1963~1968和1976~1977年,同一区的高值间隔多在20a左右或是它的倍数,平均约19a,最典型的是大三角地区、全国大陆地区7.5级以上地震及7.0级以上地震.总体上看,大多数间隙高值年份可分为两组,组间相距约10a,组内间隔约20a.两组高值交替出现;一组是1871-1888(1887)-1906-1927-1968-1988年,另一组为1896-1920-1937(1935、1941)-1955(1957)-1976(1977)年.1963、1964年的间隙高值例外,可能与较低级别地震活动或平静转折期有关.表明全球及各大区地震间隙高值的间隔具有某种稳定性,高间隙值地震具有某种标志作用,值得进一步探讨.据此,1997年年底藏北7.5级地震间隙很可能是高值;此外,根据有关间隙高值的间隔总体平均约8a及1991年4月8.0级地震后接近的一组间隙高值系列推测,近两三年内全球发生8.0级以上地震的可能性较大.

低级别地震活动反映较短的时程特性,高间隙值及其上述优势间隔都不太清晰,就是说地震的时空强有一定的对应关系,不同级别地震活动在时空强总体上存在层次上的差异.

(4)大震趋势判断中,活跃期应侧重考虑间隙低值时发震的几率较大,平静期应侧重考虑图像里间隙中、高值趋势发展.据此及各区最近一次地震间隙的可能范围推知:全球下一个8.0级以上大震发生的可能性已经很大.大三角地区和全国大陆7.5级以上地震活动明显减弱,地震数呈递减趋势,近几年再发震的可能性不大.全国大陆7.0级以上地震图像及后两组地震数表明新的间隙高值前应再有几次地震,低间隙值趋势表明1997年年底藏北地震后1a左右发震可能性较大;如果该震不发生,按照中等间隙值增大趋势(图1d)应注意3a后发震的可能.

青藏块体地震间隙图像中最后两组地震数基本相当,块体北部和甘肃地区地震活动都已走过低谷,附近较大范围,首先是青藏块体应当注意这一增强态势,去年底藏北地震后近期可能再发生7.0级以上地震,但地震个数不会太多.块体北部再现间隙高值的可能性较大,最近一次地震间隙已达4a,正好在间隙中等值增大趋势发展线上(图1f),要注意近期发生6.0级

以上地震的可能. 甘肃地区后一活跃期持续时间已相当于前两期之和, 即将转入平静, 这与文献[5]的结论一致, 区内今后将保持平静, 但其间隙高值不过4a左右, 近2a内发生5.0级以上地震的可能性仍然很大.

综上所述, 近期特别值得注意的是全球8.0级以上、全国大陆和青藏块体7.0级以上、青藏块体北部6.0级以上和甘肃地区5.0级以上地震.

未来地震的地点不属于本文讨论重点, 这里可以简要提及的是应重点考虑前面推测有震区域的交叉部位及各种构造与现今活动区、带的交汇部位. 本文认为, 全国大陆、青藏块体及块体北部这3个区交汇的青藏块体中北部地区有可能发生一组7.0~7.4级或一个更大的地震, 当然也可能是各区分别发生不同级别的地震. 此外, 包头-共和-唐古拉山北东向6.0级以上地震条带的形成与全球8.0级以上地震平静时间基本同步, 该条带及延伸与活动构造、地震活动带交汇区, 即勘察加半岛-千岛群岛-阿留申群岛交汇处, 也是近年来全球7.0级以上大震异常平静的地方, 值得注意, 预期地震强度可达8.0级以上; 拉萨西、和林格尔-五原、舒玛断裂带中段及祁连山中东段也值得注意, 预期地震强度在7.0级左右.

参考文献

- 1 时振良, 赵荣国, 王淑贞, 等. 世界地震目录(1900~1980, $M \geq 6$). 北京: 地图出版社, 1986.
- 2 《中国地震简目》汇编组. 中国地震简目. 北京: 地震出版社, 1988.
- 3 王周元, 姬凤英. 甘肃地区地震活动某些特征及其意义. 西北地震学报, 1998, 20(1): 65~69, 84.
- 4 Guo Zengjian, Qin Baoyan. Repetition of strong earthquake and reduction of seismic risk. Northwestern Seismological Journal, 1984, 6(4): 89~96.
- 5 姜秀娥, 陈非比, 汤淮. 邢台震群的应力场“窗口”效应. 地震, 1981, (2): 11~12.

THE EARTHQUAKE INTERVAL PATTERNS AND SEISMIC MAJOR TREND

Wang Zhouyuan He Shaolin Peng Weirong Ji Fengying
(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000)

Abstract

Analysed the features of earthquake interval pattern in some regions and their relation to seismic trends. Before the 1960s, the whole world had gone through a seismicity period, the earthquake intervals kept stable and uniform distribution basically, then, weakened and changed to quiety. The chief characteristics are higher values, increased situation remarkably, scattered pattern and existence in groups outstandingly. The higher values of intervals for global and larger regions have inermision vantage of near 20 years. A seismicity may be taken as a 'window' of seismic situation of higher grade seismicity. Finally, the seismic trends in the future years are discussed.

Key words Seismic activity, Earthquake interval pattern, Seismic trend