

甘肃地区地震活动的某些特征及其意义

王周元 姬凤英

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 研究了甘肃地区地震活动的特征. 结果表明: 甘肃地区 3 级以上地震活动表现出明显的近 32 个月的准周期性. 甘肃及附近地区的 6 级以上大震均发生在 3 级地震年频次曲线的谷段附近. 1980 年以来青藏块体北缘地震活跃期内的中强地震活动的时空图象呈现多组地震自西向东有规律且稳定地迁移. 各组地震迁移情况表明本活跃期地震活动已转向低潮, 2002 年前后可进入平静期. 青藏块体北缘西端 5 级以上地震的发生是甘肃地区中强以上地震活动过程开始的信号.

主题词 甘肃 地震活动特征 青藏高原 地震周期

1 前言

本文所指的甘肃地区包括甘肃省及毗邻的青海北部和东部、四川北部、宁夏南部、内蒙古西部地区. 区内地震活动主要分布在青藏块体北缘和东北缘. 青藏块体北缘构造较为单一, 主要为近东西走向的祁连山-海原断裂带. 其东北缘受多组构造的共同制约, 包括近东西向、近南北向、北西向和北东向等. 该区内自 1954 年山丹 7 $\frac{1}{4}$ 级地震以后无 7.0 级以上强震发生, 今后这一地区地震活动趋势如何是值得进行研究的. 本文根据作者近几年的工作, 利用研究区内近 40 年的地震资料讨论了 3 级以上地震频次和 5 级以上地震时空分布方面的某些特性, 进而对该区内地震活动趋势进行了分析. 文中所涉及的地震震级除特别申明外均指面波震级 M_s .

2 甘肃地区地震活动的某些特征

不同级别地震活动特性既有一定关系, 又有一定差异, 其意义也不尽相同.

2.1 3 级地震的准周期性

以时间窗长 12 个月, 滑动步长一个月计算得出甘肃地区 1969 年至 1996 年期间 3 级以上地震年频次曲线, 见图 1. 从图 1 可以看出, 长短不同周期迭加明显, 最短周期平均约 32 个月. 谱分析结果还显示 3 级以上地震活动具有 13.5 年及 28.5 年的长周期.

从图 1 中还可以看出, 区内 6 级以上中强地震发生在曲线的谷值附近, 如 1973 年松潘 6.3 级、1976 年松潘 7.2 级、巴音木仁 6.2 级、1986 年门源 6.4 级、1990 年共和 6.9 级、景泰 6.2 级、1993 年托来 6.0 级和 1994 年共和 6.0 级地震等. 5.0~5.9 级地震有类似对应关系的约占总数的 30%. 这些地震包括 1983 年木里 5.0 级、1988 年肃南 5.7 级、临泽 5.0 级、1995 年永登 5.8 级和 1996 年天祝 5.4 级地震等. 100% 的 6.0 级以上地震、60% 的 5.5 级以上地震和 45%

的 5 级以上地震均发生在曲线谷值点前后的半年内,实际上基本都在低值点之后.从另一方面分析,1970 年至今曲线共有 10 个低值点,以半年时间为限,其中 7 个低值点之后有 5.5 级以上地震发生,8 个低值点之后有 5.0 级以上地震发生.换句话说,年频次曲线谷值点以后半年内,在研究区内及其附近发生中强以上地震的概率在 75% 左右.此外,根据图 1 和近三年周期反推,1963 年阿兰湖 7 级、1960 年松潘 6³/₄级、1954 年山丹 7¹/₂级和民勤 7 级地震也当在低值点附近.

3 级以下地震年频次没有这种稳定而明显的周期性,说明 3 级地震相对于 4 级地震有更大的随机性及可调制性,而相对于 2 级地震则有更大的独立性和稳定性.

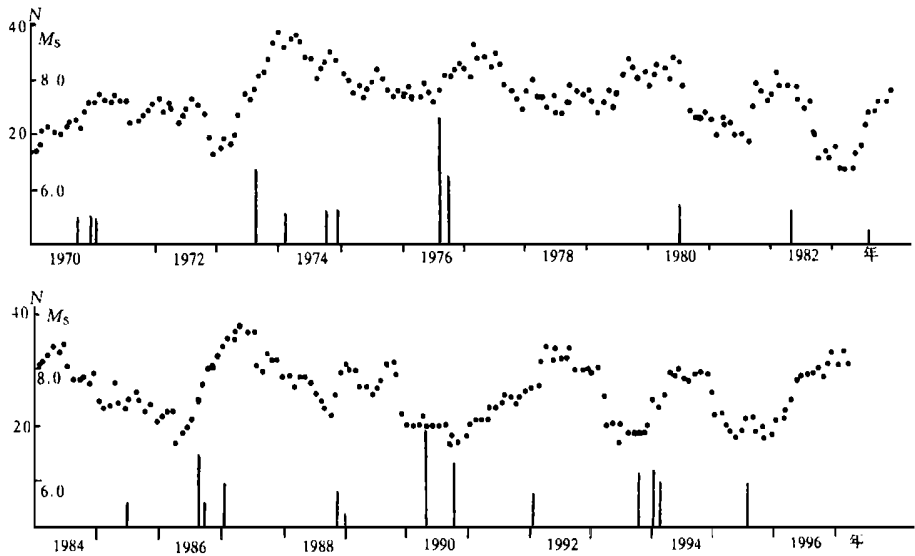


图 1 研究区内 3.0 级以上地震的年频次曲线

Fig. 1 The annual frequency curve of $M_s \geq 3.0$ earthquakes in Gansu region.

2.2 5 级以上地震时空图象的可分解性

甘肃地区 3 级以上地震震中密集带正好位于青藏块体的北缘和东北缘. 在它的南面有一个较为明显的地震平静区. 平静区的南部边界大致在西秦岭北缘断裂~共和~乌兰~北霍布逊湖. 该平静区分布在 94°~105.5°E 范围内, 宽约 2°, 呈 NWW-SEE 展布.

40 多年来研究区内的地震活动以 5.0 级以上中强地震为最高水平. 图 2 为 $M-t$ 图. 由图 2 可以看出, $M_s \geq 5.0$ 地震活动可分为 1957~1964 和 1980 年以来两个活跃期. 由谱分析得到最显著的活动周期约 28 年, 同 3 级地震活动的较长周期基本一致. 前一活跃期内地震强度较小, 活动范围以甘肃东部, 即青藏块体东北缘和南北地震带北段为主, 似与 1950 年前后中国西部大震活动后的调整释放有关. 后一活动期内地震强度较大, 活动范围以甘肃西部和青藏块体北缘为主, 地震震中呈现近东西走向的条带状分布. 取每一次地震震中的经度做图, $M_s \geq 5$ 地震时空图象的演化似可用近乎平行的三条直线来概括, 见图 3. 从图 3 中不难看出:

- (1) 震中随时间自西向东呈稳定迁移态势, 相邻两组的时间和经度间隔分别为 6.5 年和 3° 左右.
- (2) 迁移速度均在 0.45°/a 左右.

平静区南北缘的地震活动基本上都表现出这种迁移特征, 既有单独迁移, 也有混合迁移. 此外, 南缘的两个 6 级以上强震系列在不太长的时间内还表现出缓慢向西扩展之势.

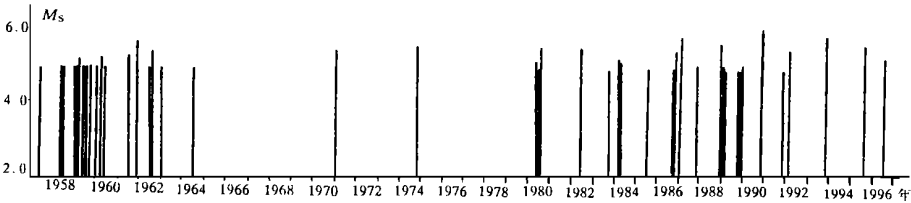


图 2 甘肃地区 5.0 级以上地震的 $M-t$ 图
Fig. 2 The $M-t$ diagram of $M_s \geq 5.0$ earthquakes in Gansu region.

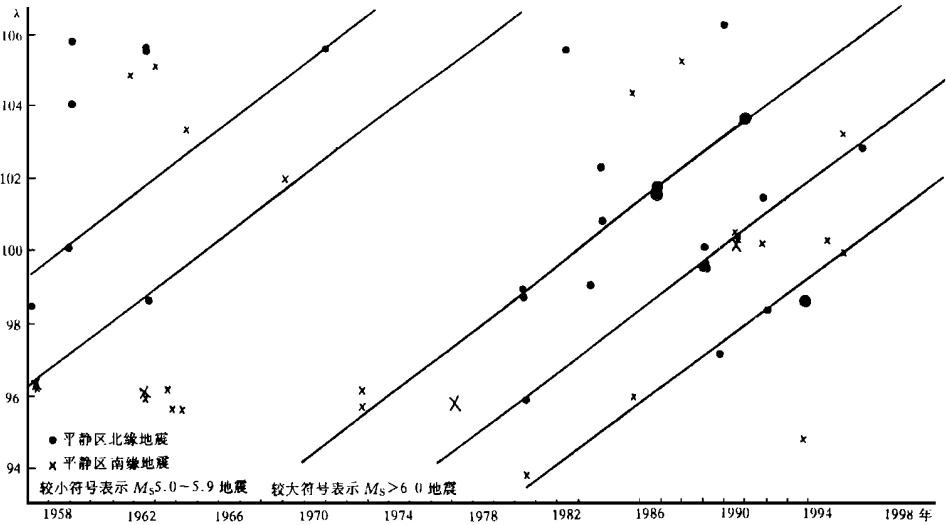


图 3 甘肃地区 5.0 级以上地震活动的时空图象
Fig. 3 The space-time distribution pattern of $M_s \geq 5.0$ earthquakes in Gansu region.

3 讨论

(1) 不仅 3 级地震活动有近 3 年的周期, 甘肃地区中强以上地震间隔 3 年左右的震例也为数不少. 前面列举的地震就有 1954 年山丹地震 ~ 1960 年松潘地震 ~ 1963 年阿兰湖地震, 1970 年西吉地震 ~ 1973 年松潘地震 ~ 1976 年松潘 7.2 级地震, 1980 年木里地震和肃北地震 ~ 1986 年门源地震 ~ 1988 年肃南地震 ~ 1990 年共和地震 ~ 1993 年托来地震 ~ 1995 年永登地震等. 实际上, 甘肃及其邻近地区 6 级以上地震无一例外落在 3 级地震年频次曲线周期变化的谷值点附近这一事实本身就表明, 这些地震具有 3 年准周期性变化特征, 其间隔或为 3 年左右或为 3 年的若干倍. 此外, 中国大陆范围内具有上述特征的大震的震例也不少^①, 如华北地区的 1937 年菏泽地震 ~ 1966 年邢台地震 ~ 1969 年渤海地震 ~ 1975 年海城地震, 青藏块体的 1904 年道孚地震 ~ 1913 年峨山地震 ~ 1925 年大理地震, 1920 年海原地震 ~ 1923 年道孚-炉霍地震 ~ 1932 年昌马地震, 1924 年民丰地震 ~ 1927 年古浪地震 ~ 1933 年茂汶地震, 1934 年申扎地震 ~ 1937 年托索湖地震, 1941 年耿马地震 ~ 1947 年达日地震和朗县地震 ~ 1950 年察隅地震和勐海地震, 1948 年理塘地震 ~ 1951 年当雄地震 ~ 1954 年山丹地震和民勤地震 ~

① 《中国地震简目》汇编组. 中国地震简目. 1988.

1963 年阿拉克湖地震, 1952 年那曲地震 ~ 1955 年康定地震, 1970 年通海地震 ~ 1973 年炉霍地震 ~ 1976 年龙陵地震和松潘地震 ~ 1988 年澜沧-耿马地震 ~ 1996 年丽江地震和喀喇昆仑山地震, 新疆地区 1949 年轮台地震 ~ 1955 年乌恰地震 ~ 1985 年乌恰地震等. 这有可能表明了地震活动近 3 年间隔的普遍性. 兰州地震研究所武山地震台水氡观测曲线^②也记录到近 3 年的周期性波动变化(图 4). 它们都可能反映了地球介质应力状态近 3 年周期性强化及调制活动特征. 对此是值得进一步研究的.

(2) 如上所述, 甘肃地区 1980 年以来 5 级以上地震活动可以分解为沿青藏块体北缘到东北缘的由西向东的三组简单迁移的迭加. 通过分解不难得出, 青藏块体北缘地震活动自西端开始, 然后稳定东迁. 因此, 青藏块体北缘西端的 5 级以上地震活动有一定的特殊性, 可以起到信号震的作用. 也许正因为如此, 1980 年肃北 5.6 级和 1992 年嘉峪关

5.6 级两次地震没有落在甘肃地区 3 级地震年频次曲线的谷值附近. 几组地震迁移活动同时在青藏块体边缘上进行则形成地震活跃期或者说高潮期; 一

组以下的地震迁移则构成低潮期或平静期. 青藏块体北缘的长度及各组地震的间隔共同限制了其上的地震迁移活动不会超过 4 组, 这是决定活跃期中大震最高频次的重要因素之一. 1980 年以来, 3 组地震迁移活动同时出现形成了相应的地震活动高潮. 目前第一组地震已接近迁移出甘肃地区, 表明该区内中强地震高潮期已过. 大约到 2002 年第二组地震也将迁移出境. 若近期内西端不再发生中强震, 则该区内的中强震活动将转入平静期. 尽管其后仍可发生零星中强震, 但与本活跃期有关的中强震将位于 103°E 以东地区.

这种显著而稳定的迁移现象本身主要取决于青藏块体整体的活动情况, 或许还有一定的时效性.

(3) 青藏高原的隆起是印度板块与亚欧板块长期碰撞挤压的结果. 印度板块挤入青藏高原较软的下地壳内, 由于塔里木地台的阻挡, 地壳物质很可能在缓慢东流^[1]. 分析甘肃地区地壳速度的非均匀分布可知, 青藏块体北部地震活动相对平静区很可能是中上地壳物质缓慢东流的区带^[2]. 此外, 青藏块体北缘盆地凹陷中心的变化表明了块体北部强烈的现代构造活动. 新凹陷的产生和旧凹陷的迁移是现代地壳运动的主要形式之一. 全新世产生的新凹陷是第四纪凹陷转移的结果, 其展布方向与迁移方向基本一致. 盆地的变形时间具有北早南晚、西早东晚的基本特征^[3], 很可能反映了地壳物质长期缓慢的流动, 从而形成了青藏块体东北部当今的地形地貌. 震源机制解^[4~8]所反映的断裂错动、块体运动方向总体上与上述分析基本一致.

本文得到的青藏块体北缘地震活动的迁移规律可能同这种地壳物质流动有一定关系. 祁连、俄博地区的重力变化和 1989 ~ 1995 年北祁连-河西地区垂直形变速率(参见文献[9]的图 4)表明该地区重力场变化可能是介质密度的变化及地下物质迁移所致. 上地幔软流层物质加速对流及以武威、民勤为中心的岩石圈深根区的阻挡形成了区内的地壳物质密度增大和体积膨胀^[9], 地壳深部物质的流动可能同重力大面积负异常有关. 而重力高梯度带与强震孕育背景密切相关, 如 1986 年门源 6.4 级地震发生在形变高梯度带附近; 1976 年唐山 7.8 级、1989

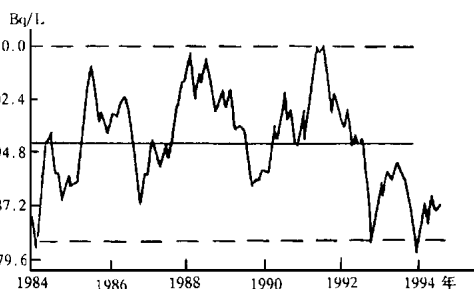


图 4 武山台水氡观测曲线

Fig. 4 Observed curve of radon in groundwater in Wushan station.

② 兰州地震研究所张慧提供资料.

年大同 6.1 级^[10] 及 1990 年景泰 6.2 级地震发生在垂直形变四象限分布的中心附近, 似乎可以说明地壳物质的流动与地震孕育的深层关系。

4 结语

根据上述讨论, 从地震活动性的角度, 可以对甘肃及其邻近地区地震趋势进行预测。

(1) 由区内 3 级地震年频次曲线的低值点, 可以推测未来 5.5 级以上地震发生的大致时间。

(2) 每次大震后 3 年左右或其数倍时段附近, 应注意在甘肃邻近地区或对应的地震区带上大震发生的可能性。1993 年 10 月托来 6 级地震后下一个要注意的时段是 1999 年。

(3) 要注意青藏块体北缘西端 5 级以上中强地震的信号震作用。根据它们呈规律性稳定东迁可推测其后中强以上地震的大致位置。根据迁移组数的多少、组间间隔可确定该地震活动过程的强烈程度。根据当前青藏块体北缘上的三组地震迁移情况可知, 1997 年东经 101° , 103° 和 106° 附近是值得注意的地方。1998 年底前后对于 101.5°E 和 104.5°E 附近要予以注意。

参考文献

- 1 曾融生, 朱介寿, 周兵, 等. 青藏高原及其东部邻区的三维地震波速度结构与大陆碰撞模型. 地震学报, 1992, 14(增刊): 523~533.
- 2 王周元, 范世宏, 姬凤英, 张树勋. 甘肃地区地壳速度的非均匀分布. 西北地震学报, 1996, 18(2): 18~25.
- 3 钱生华. 根据凹陷中心的变化探讨青藏高原现代构造活动特征. 西北地震学报, 1995, 17(4): 48~55.
- 4 温增平. 1990 年 10 月 20 日天祝-古浪 6.2 级地震震源机制解. 西北地震学报, 1991, 13(1): 92.
- 5 侯珍卿, 才树华. 甘肃景泰 6.2 级地震. 西北地震学报, 1990, 12(4): 48.
- 6 高元勤, 杨玉衡. 1988 年 11 月 22 日甘肃南 5.7 级地震. 西北地震学报, 1989, 11(3): 78~81.
- 7 . 1991 年至 1994 年甘肃地区发生的部分地震的震源机制解. , 1994, 16(3): 93~94.
- 8 . 1994 年 1 月 3 日至 10 月 12 日共和地震的震源机制解. , 1996, 18(4): 77~79.
- 9 . - . , 1997, 19(1): 22~26.
- 10 , , , . , 1995, 17(2): 156~163.

(下转 84 页)

INVERSION OF THE PRESENT KINEMATICS CHARACTERISTICS OF FEN-WEI FAULT ZONE FROM SEISMIC MOMENT TENSOR

WANG Weidong ZHANG Xingzhong WANG Ping

(*Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710068*)

Abstract

In this paper, the theory and method for inversing the kinematics parameters of a fault zone are discussed, and applying them, the present kinetic characteristics of Fen-wei fault zone are studied. The results show that Fen-wei fault zone extends in the direction of $N22^{\circ}W$ and is compressed in the direction of $N68^{\circ}E$. The mean extending rate is 0.15 mm/a .

Key words Inversion of seismic moment tensor, Fracture zone, Fen-wei seismotectonic zone, Fault activity, Strain rate

上接(69)页

SOME CHARACTERISTICS OF SEISMICITY IN GANSU REGION AND ITS SIGNIFICANCE

WANG Zhouyuan JI Fengying

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000*)

Abstract

About 32 months quasi-periodicity was clearly shown in activity of $M_s \geq 3.0$ earthquakes in Gansu region. The great shocks with $M_s \geq 6.0$ in and near the region occurred near the valley of annual frequency curve of $M_s \geq 3.0$ earthquakes. Since 1980, moderate shocks in Gansu region migrated regularly and steadily in groups from west to east along the northern edge of Qinghai-Xizang block. The migrations show clearly that seismicity in current period has been at a low ebb now, and may enter on a quiet phase in about the year 2002. There will be a seismic activity of $M_s \geq 5.5$ at about the end of the year 1998 in the Gansu region and its vicinity. That the moderate events of $M_s \geq 5.0$ occurred at the west end of northern edge of Qinghai-Xizang block is a signal of the beginning of active process of strong-moderate earthquakes in Gansu region.

Key words Gansu, Seismicity feature, Qinghai-Xizang plateau, Seismic period