

青藏高原北部地区强震 活动特征与地震大形势

石特临 郭大庆 郭新铎 刘维贺 杨玉衡 肖丽珠

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文研究了青藏高原北部地区强震活动的特征, 结果是: 地震活跃期为230—250年, 平静期为130—150年; 喜马拉雅南缘、青藏高原南部地区强震与本区强震明显相关, 喜马拉雅南缘与缅甸北部地区发生强震后本区发震的概率分别为87.5%和66.7%; 本区7级地震分带交替发生, 最先发生的两个6级地震对预测未来7级地震发震地点有一定意义; 中强震在8级地震前不活跃, 而在7级地震前比较活跃, 且青海北部与西部发生6级地震后, 甘肃东南部或甘青川交界有5级地震活动。据此判断本区未来10年内存在发生7级强震的危险。

青藏高原北部地区包括甘肃、宁夏南部、青海中北部和东部以及四川北部部分地区, 区内强震十分活跃。许多学者从地震活动性、震源深度、地质构造和震源机制等方面研究了这一地区地震活动的特征。

以1985年8月23日新疆乌恰7.4级地震为标志, 我国大陆地区已进入本世纪以来第五个地震活跃时段。青藏高原北部地区地震活动在新的活跃期内处于何种水平, 是十分注目的问题。因此, 有必要研究这一地区强震活动特征及地震大形势。

一、强震活动分期

研究地震活动的分期对地震大形势的分析是有意义的, 不少学者对此做过研究⁽¹⁻⁴⁾。本文采用文献^[5]的地震目录作出陕甘宁青地区7级以上地震时序图(图1a), 由图可以看出, 自公元零年开始, 这一地区的强震活动可以分出6个活跃期, 虽然1900年以前的地震记载有缺失, 尤其是青海省中西部广大地区, 但是第五、第六两个活跃期还是比较明显的。近年来对青海花石峡地震形变带研究结果表明⁽⁶⁾, 该断层带强震复发间隔约600年, 在公元737至840年间与1232至1356年间曾发生两次强震, 这两次地震分别发生在推断的第三和第四活跃期内。因此, 上述的分期具有一定的客观性和可信性。按此分期, 陕甘宁青地区强震活跃期的时间为230—250年, 平静期为130—150年。

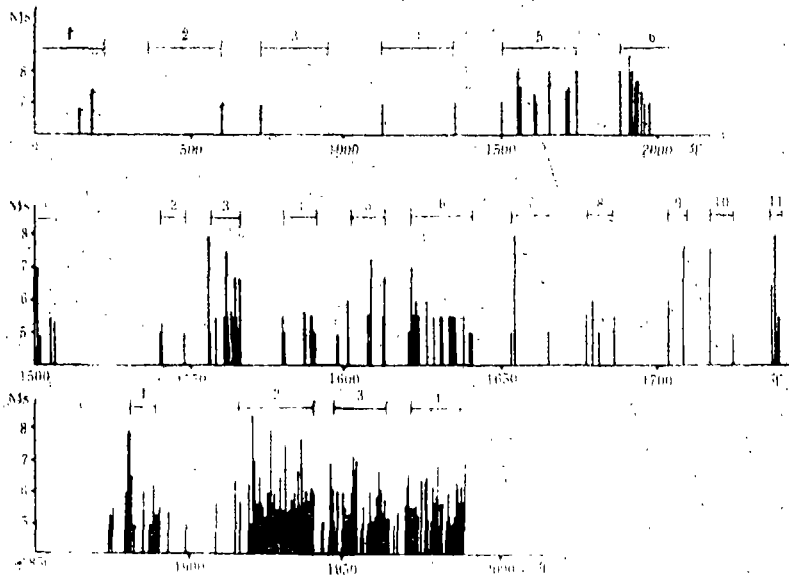


图1 陕甘宁青强震时间分布及第五、六地震活跃期中
 $M \geq 5$ 级地震时序图

- a. 陕甘宁青强震时间分布图
- b. 第五活跃期 $M \geq 5$ 地震时序图
- c. 第六活跃期 $M \geq 5$ 地震时序图

Fig. 1 The time-distribution of strong earthquakes in Shaanxi, Gansu, Ningxia and Qinghai provinces and the time series of earthquakes with $M \geq 5$ during the fifth and sixth active periods of earthquake

青藏高原北部地区是陕甘宁青地区的主要组成部分，若单独考虑它的强震活动分期，只需去掉陕西省和银川平原三次7级以上地震（1501年陕西朝邑7级、1556年华县8级、1739年宁夏平罗8级地震）即可。进一步的研究说明，该区的地震活动分期与陕甘宁青地区大体相同。很明显，不论是陕甘宁青地区还是青藏高原北部地区，它们现今都处于第六活跃期内，这一活跃期一直要延续到公元2100年前后。

仔细分析第五、第六两个活跃期，它们又可分为若干强震幕（图1b、c）。这些结果与华北地区的地震分期^[4]基本相似。

二、大区域地震活动的相关性

青藏高原地震活动的力来自于印度板块和青藏块体间的相互碰撞或推挤^[7-9]，也有作者认为印度板块与亚欧板块的碰撞是青藏高原地震活动的重要力源之一^[10]。因此，研究喜马拉雅南缘地震活动与青藏高原强震活动的相关性是探讨青藏高原北部地区强震活动特征的重要环节。

图2是喜马拉雅南缘地震区与青藏高原南部、中部和北部地震区1897年以来6级以上地震时空图，图中也给出了马宗晋等^[11]划分的本世纪地震活跃幕和平静幕。由图可以看出：

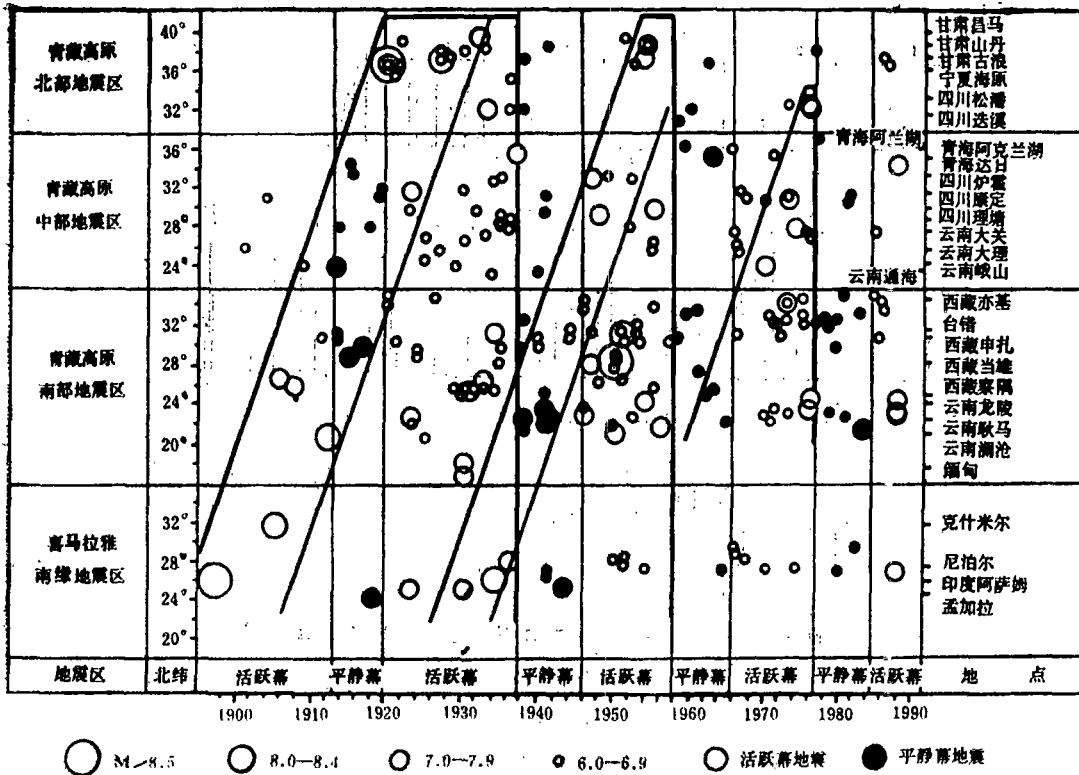


图2 喜马拉雅南缘地震区与青藏高原地震区地震时空图

Fig. 2 The time and space distribution of earthquakes in the areas of the Himalayas south border and the Qinghai-Tibet Plateau

(1) 喜马拉雅南缘地震区即 I 区发生 7 级以上大震后, 青藏高原的地震活动将会逐渐增强。尤其是 I 区和青藏高原南部地震区即 II 区地震活动强烈, 发生 8 级以上巨大地震时, 整个青藏高原处于地震能量大释放阶段, 位于青藏高原北部和东北部边界的河西地震带与六盘山地震带都会发生 7 级以上大地震。

(2) 从发震时间顺序看, 一般 I、II 区先发震, 随后青藏高原中部和北部地震区即 III、IV 区发生地震活动。尤其是河西地震带与六盘山地震带的 7 级以上地震, 往往是在 I、II、III 区依次发生强震后才发生的。1944 年以后, I 区没有发生 7 级以上地震, 因而 IV 区的北缘与东北缘自 1954 年起也没有 7 级以上地震发生。

进一步研究发现, 青藏高原北部地区即甘、青、川北地区与喜马拉雅南缘、缅甸北部地区强震有比较密切的相关关系(图 3、图 4)。本世纪以来, 喜马拉雅南缘地震区共发生 7 级以上地震 8 次, 其中 7 次之后(占 87.5%) 8 个月至 4 年又 4 个月, 甘、青、川北地区发生 7 级以上地震; 缅甸北部地区发生的 8 次 7 级以上地震中, 有 5 次地震之后(占 62.5%) 3 个月至 23 个月, 甘、青、川北地区发生 7 级以上地震。1988 年 8 月 6 日缅甸北部印、缅交界处发生 7.2 级地震, 恰好经过 3 个月, 于 11 月 5 日青海唐古拉山发生 7 级地震。这对上述呼应关系是很好的印证。由此, 缅甸北部地区发生强震后, 青藏高原北部地区发震的概率可达到 66.7%。

可以认为, 这种相关性正好反映了印度板块与亚欧板块的碰撞是造成青藏高原地震活动

的主要原因。

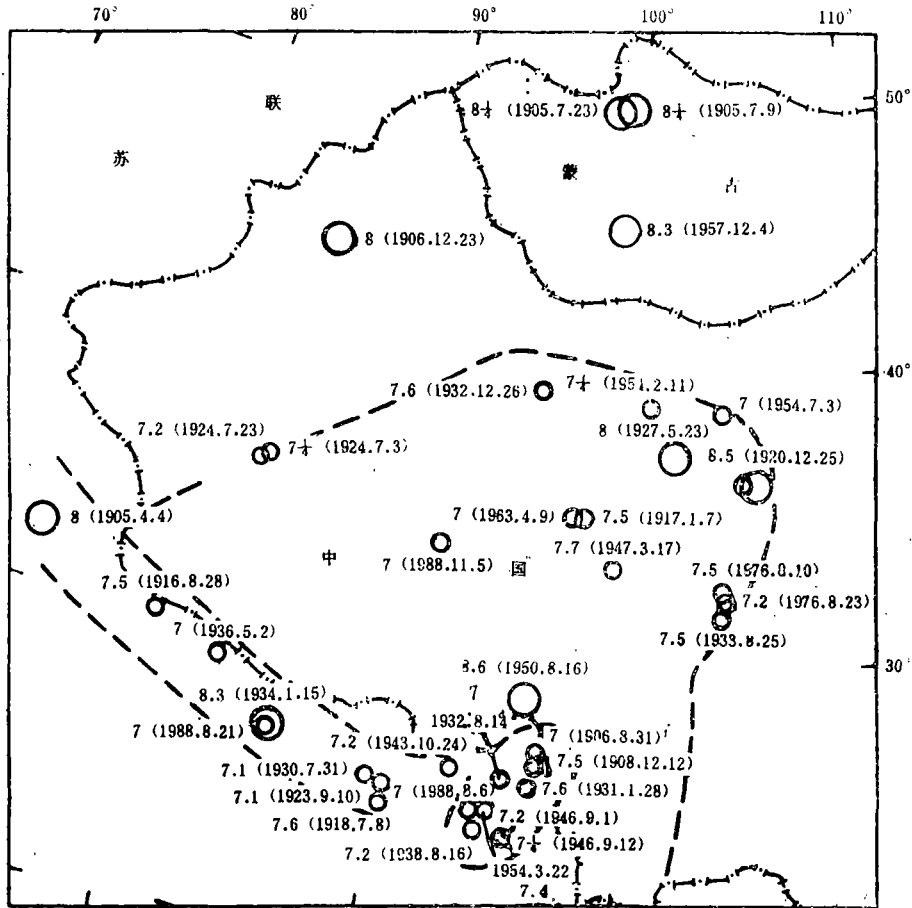


图 3 甘青地区与喜马拉雅南缘、缅甸北部地区地震分布图

Fig. 3 The space distribution of earthquake in the areas of Gansu-Qinghai provinces, the Himalayas south border and north part of Burma.

三、6 级以上地震活动特征

图 5、图 6 分别为 1900 年以来青藏高原北部地区 6 级以上地震的时序图和空间分布图。由图可以看出：

青藏高原北部地区 6 级以上地震活动可以分为三个带：（1）六盘山、中宁中卫、祁连山带（I 带）；（2）天水、兰州、茫崖带（II 带），此带又可分为东（II-1）西（II-2）两个区；（3）武都、松潘、达日、托索湖带（III 带）。

7 级以上地震在 I 带和 III 带交替发生，可分为 4 个活跃期，1917—1932 年地震在 I 带活动，1935—1947 年在 III 带活动，1951—1954 年地震又返回到 I 带活动，1960—1977 年又在 III 带活动。其能量释放随时间逐渐减少，而间歇时间逐渐增长。

每个活跃期最先发生的两个 6 级地震是值得注意的。第一个 6 级地震(图中实心黑圆)发生在哪个带，这个带就是发生 7 级以上地震的场所，而且这个 6 级地震与第一个 7 级地震的时间间隔为 3—4 年。第二个 6 级地震(图中斜线圆)所在的带就是今后 6 级地震活动的地区。

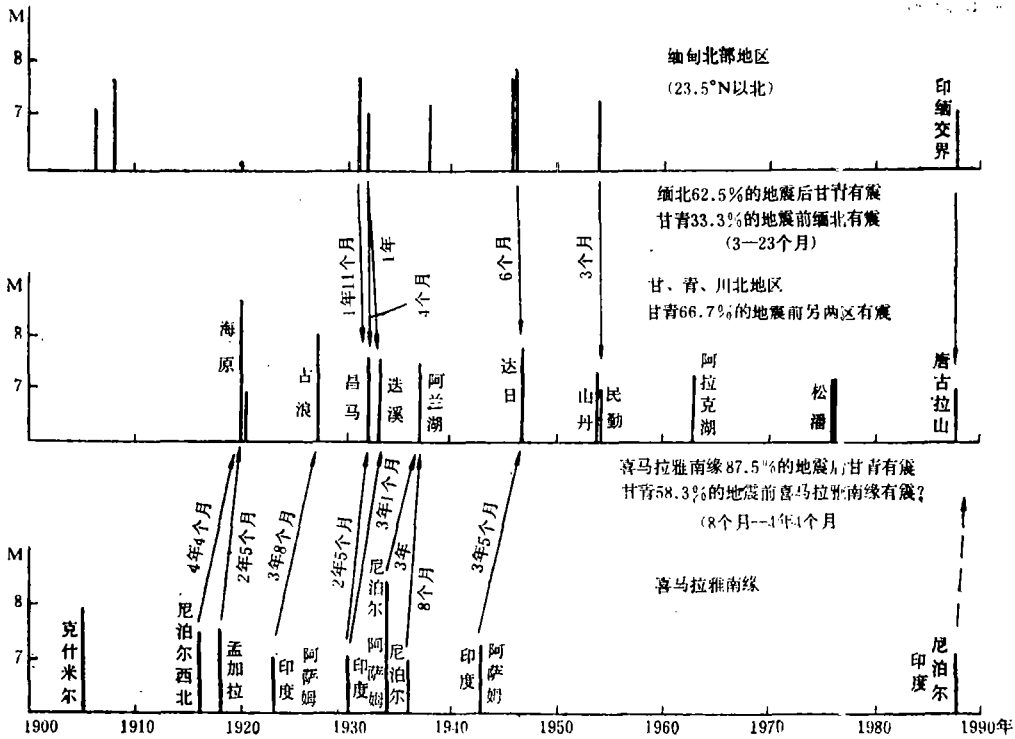


图4 甘青地区与喜马拉雅南缘、缅甸北部地区地震相关图

Fig. 4 The relation display of earthquakes in the areas of Gansu—Qinghai provinces, the Himalayas south border and north part of Burma

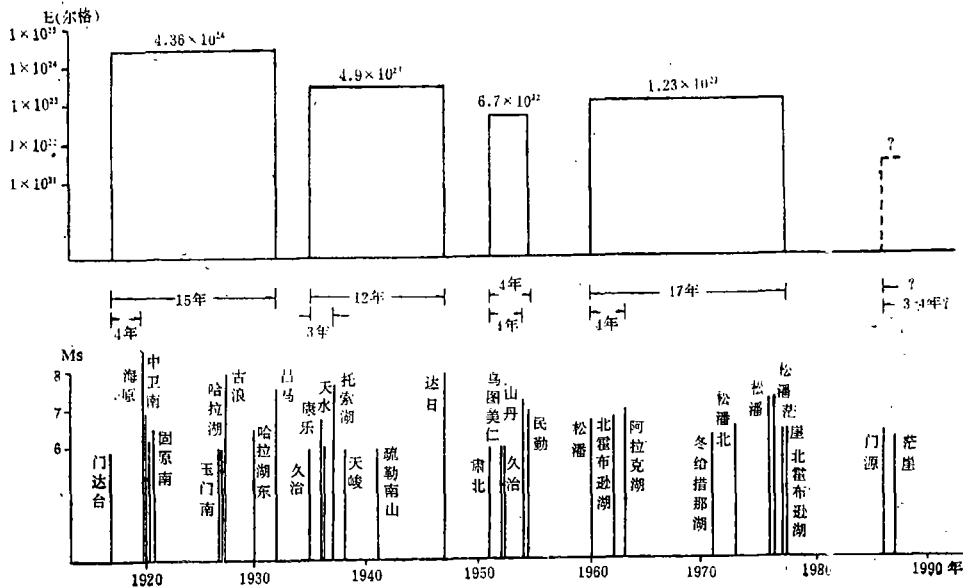


图5 青藏高原北部地震区6级以上地震时序图

Fig. 5 The time series of the earthquakes with $M \geq 6$ in the north seismic area in the Qinghai-Tibet Plateau

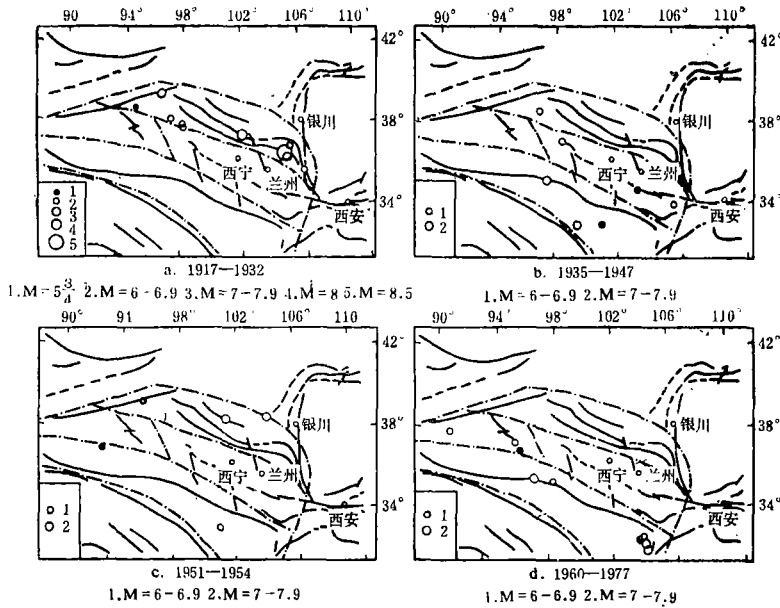


图6 青藏高原北部地区6级以上地震分布图

Fig. 6 The distributinn of the earthquakes with $M \geq 6$ in the north seismic area in the Qinghai-Tibet Plateau

四、大震前中强地震活动特征

本世纪在六盘山、中宁中卫、祁连山地震带发生了多次7级以上地震，如1920年12月海原8.5级和中卫南7级地震；1927年5月古浪8级地震；1932年12月昌马7.5级地震；1954年

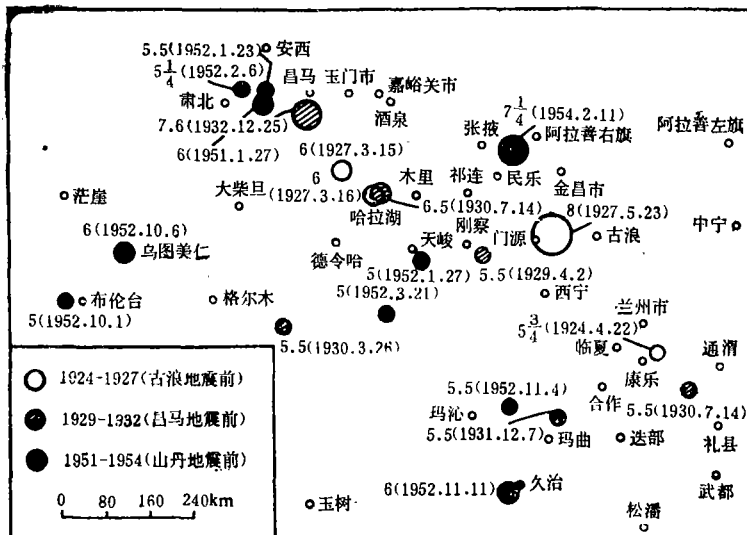


图7 河西走廊祁连山带7级以上大震前三年地震活动图象

Fig. 7 The seismic pattern of the earthquakes during three years before an earthquake with $M \geq 7$ of the Qi lian Mountain earthquake zone in the Hexi Corridor in Gansu Province

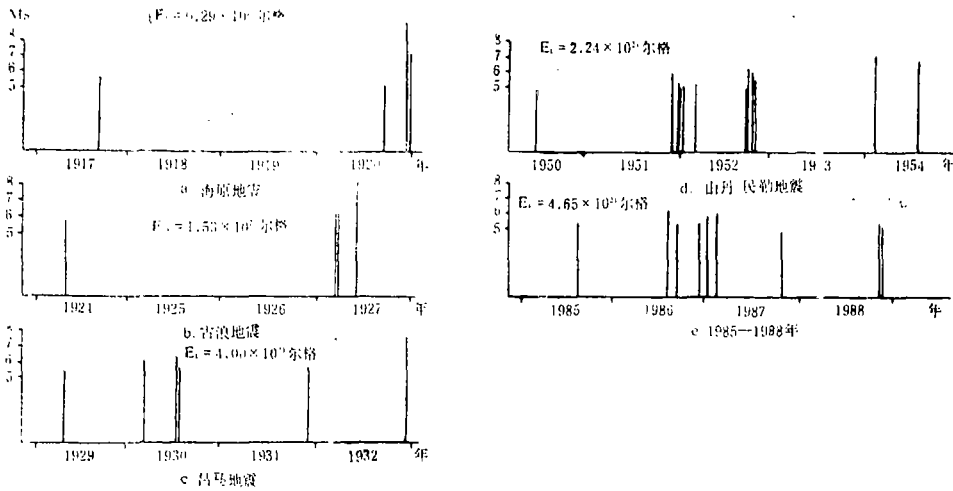


图 8 青藏高原北部地震区 I 带 7 级以上地震前三年中强震 M—t 图

Fig. 8 The M—T map of the middle—strong earthquakes during three years before an earthquake with M>7 in No.1 zone in the seismic area of north part of the Qinghai—Tibet Plateau

2 月山丹 7 ¹/₄ 级和 7 月民勤 7 级地震。图 7、图 8 分别为这些强震前三年 5 级以上中强震震中分布图和时序图，由图可见：

(1) 8 级以上特大地震发生前 3 年，甘、青地区中强地震很不活跃，仅在震前 2—3 个月有 5—6 级地震活动，其余时间没有中强地震发生。这些中强震所释放的能量小于 1.5 × 10²¹ 尔格。

(2) 7 至 7.9 级大震前 3 年，区内中强震比较活跃，至少要发生 5 次 5 级以上中强震，释放的能量大于 2.24 × 10²¹ 尔格，最后一次中强震与 7 级地震的时间间隔为 1 年 (图 8)。

(3) 在河西走廊祁连山带发生的古浪、昌马、山丹三次 7 级以上大震前 3 年，青海北部或西部 (哈拉湖、乌图美仁) 要先发生 1 至 2 次 6 级地震，同时在甘肃东南部或甘青川交界一带有 5 级地震活动 (图 7)。

五、本世纪最后 10 年的地震大形势

青藏高原北部地区的地震活动，目前正处于 1879 年开始的第六活跃期内的第四活跃幕以后的平静幕中，预计九十年代将是第五强震活跃幕 (图 1)。

1988 年 8 月以后，喜马拉雅南缘与青藏高原南部地震区 7 级以上地震十分活跃。相继发生 8 月 6 日缅甸北部印缅交界处 7.2 级地震，8 月 21 日印度、尼泊尔交界处 7.1 级地震，11 月 5 日青海唐古拉山 7 级地震以及 11 月 6 日云南澜沧、耿马 7.6 级和 7.2 级地震。这表明印度板块与亚欧板块的碰撞加剧，预示着青藏高原北部地震区的地震活动将会明显增强。再考虑 8 月 21 日印度、尼泊尔交界处 7.1 级地震与甘青地区强震的相关关系，几年内后一地区发生 7 级以上地震的概率可达 80%。

6级以上地震1960—1977年在武都、松潘、达日、托索湖带活动，下一次活动将可能转向六盘山、中宁中卫、祁连山带。而在这之后的第一个6级地震恰恰是位于祁连山带的1986年8月26日青海门源6.4级地震，第二个6级地震是1987年2月26日茫崖6.2级地震。据此，估计九十年代本区将有7级地震活动，其活动场所为六盘山、中宁中卫及祁连山带(图9)。

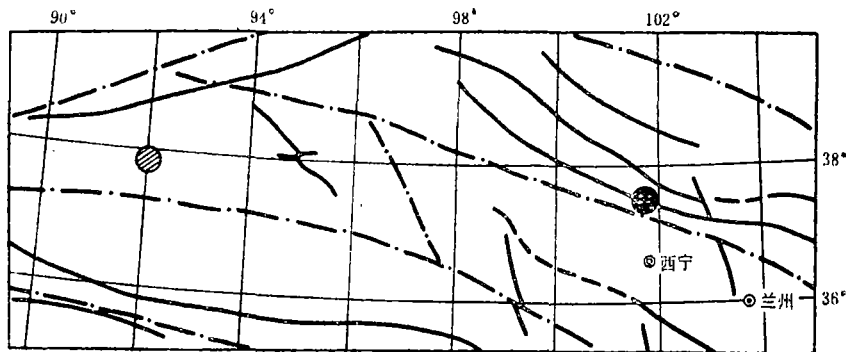


图9 青藏高原北部地震区1986年后6—6.9级地震分布图

Fig. 9 The distribution earthquakes of M = 6—6.9 after 1986 in the north seismic area in Qinghai-Tibet Plateau

青藏高原北部地区1985—1988年间已发生8次中强震，释放的能量达 4.7×10^{21} 尔格，已经达到了7级地震前几年的活动水平(图8)。同时，地震活动空间分布图象也与河西走廊祁连山地区发生的三次7级以上地震前类似，即在青海北部(门源)和西部(茫崖)发生两次6级地震，而甘肃东南部地区也已有两次5级地震(迭部和礼县)发生，见图10。因此，河西走廊祁连山带在九十年代存在发生7级大震的危险。

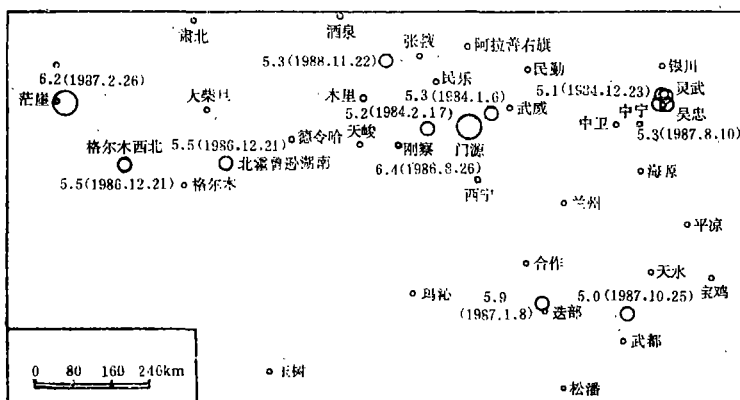


图10 1984年—1988年青藏高原北部地区地震活动图象

Fig. 10 The seismicity pattern from 1984 to 1988 in the north area of Qinghai-Tibet Plateau.

综上所述，随着印度板块与亚欧板块碰撞的加剧，青藏高原北部地区已经具备发生7级以上强震的一些特征，未来10年即90年代，对这一地区的地震活动需要给予高度重视。

(本文1988年12月30日收到)

参 考 文 献

- [1] 马宗晋等, 1966—1976年中国九大地震, 地震出版社, 1982.
- [2] 陆远忠等, 地震预报的地震学方法, 地震出版社, 1982.
- [3] 高维明等, 青藏高原的地震线及地震幕, 中国地震, Vol. 1, No. 4, 1985.
- [4] 马宗晋等, 中国的强震期和强震幕, 中国地震, Vol. 3, No. 1, 1987.
- [5] 国家地震局兰州地震研究所, 陕甘宁青四省区强震目录, 陕西科学技术出版社, 1985.
- [6] 肖振敏等, 青海花石峡地震形变带初步研究, 中国地震, Vol. 4, No. 1, 1988.
- [7] 罗灼礼等, 印度洋板块向北碰撞与我国西部及邻区现代构造应力场和地震活动的关系, 西北地震学报, Vol. 1, No. 4, 1979.
- [8] 李玉龙, 陕甘宁青四省区新构造与现代构造应力场及其动力来源的初步分析, 西北地震学报, Vol. 1, No. 4, 1979.
- [9] 杨理华, 喜马拉雅地区新构造运动与强震活动, 中国地震, Vol. 3, No. 1, 1987.
- [10] 阙荣举, 本世纪中国西南地区大震活动地区的三种秩序及其可能的力源, 西北地震学报, Vol. 9, No. 1, 1987.
- [11] 马宗晋、陈章立等, 大陆地震构造的基本特征, 大陆地震活动和地震预报国际学术讨论会论文集, 地震出版社, 1982.

THE STUDY ON THE SITUATION AND STRONGER EARTHQUAKE
ACTIVITY FEATURES IN THE NORTH AREA OF THE
QINGHAI—TIBET PLATEAU

Shi Telin, Guo Daqing, Guo Xinduo, Liu Weihe,
Yang Yuheng, Xiao Lizhu
(The Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB)

Abstract

The features of seismicity in the north area of Qinghai—Tibet Plateau are obtained:

(1) The active period of earthquake is about 230—250 years long, the tranquil period is about 130 to 150 years long.

(2) The seismicity has a relation to the seismic activity in the south area and the south edge of the Himalayas. After stronger earthquakes occurred in the south area of the Himalayas and the north area of Burma, there would be stronger earthquakes to occur in these areas with probability 87.5% and 66.7%, respectively.

(3) The earthquakes with $M \geq 7$ took place alternatively in several seismic zones. The first two earthquakes with $M = 6$ would point out the future location of next earthquake with $M \geq 7$.

(4) The medium earthquakes were not in active before the earthquakes with $M \geq 8$, but were active before the earthquakes with $M \geq 7$. Generally, the medium earthquakes happen in north and west parts of Qinghai and southeast part of Gansu or in the edge of Gansu and Sichuan before the earthquakes with magnitude about 7.

According to above results, there may be an earthquake with $M \geq 7$ in the north area of Qinghai—Tibet Plateau in coming 10 years.