

甘肃九条岭地区地震活动的初步研究

赵振 高世奎 张伶*

(国家地震局兰州地震研究所地震观测研究室)

前言 九条岭地区是甘肃省近年来地震活动水平最高的地区,本文着重介绍该区小震活动特点,并结合地质环境、构造应力场的作用及古浪大震影响的分析,对其形成的原因进行了讨论。

一、地质构造和地震活动背景 本文研究地区位于北纬 $37^{\circ}10' \sim 38^{\circ}05'$, 东经 $101^{\circ}45' \sim 103^{\circ}00'$ 。全区面积约一万平方公里。本区地处青藏高原的东北部边缘,新生代以来,其中的许多深大断裂都有活动。

由于青藏块体的强烈升高和北推,武威盆地持续相对下降,形成了本区独特的地质构造背景。

本区地震活动频繁。1927年5月23日古浪八级大震就发生在这里。近年来,小震活动很活跃。1970年至1978年共发生 $M_L \geq 4.5$ 的地震三次, $M_L \geq 3.0$ 的地震122次,平均每年14次。释放的应变相当于一个六级地震的应变量。是甘肃省地震活动水平最高的地区。因此,研究小震活动规律,对监视预报该区的中强震是很必要的。

二、小震活动特点

1) 小震活跃区有明显的

边界。如图1所见,本区小震在东北部和西南部的活动,都有明显的边界,西南部的边界是祁连山脊冷龙岭,它与一条活动断裂恰相吻合。在这条线上,海拔高度多在四千公尺以上。东北部的边界是武威盆地与祁连山之间高差梯度最大的地方,地震集中发生在祁连山北麓,武威盆地以南。1927年古浪八级大震就发生在这条边界附近。

2) 震中成块状或条带状分布。小震活动集中在如图1所示的A、B、C三个块状或条

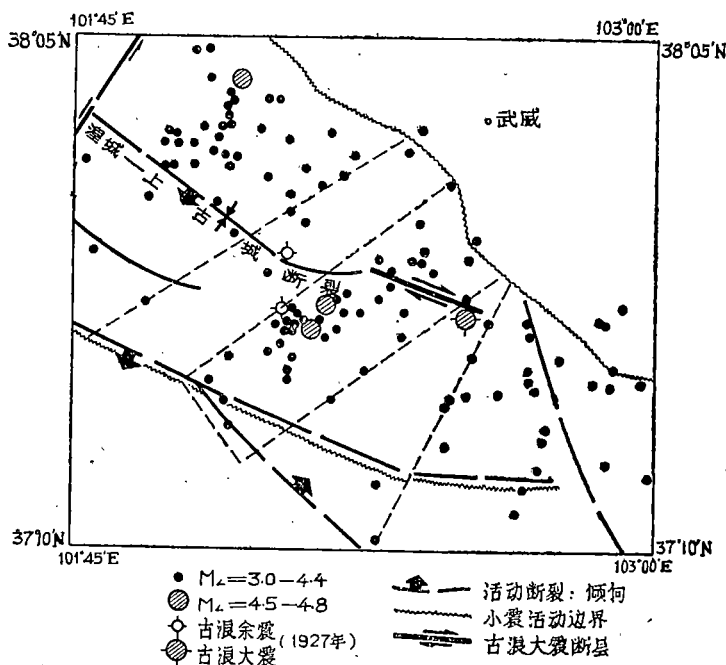


图 1

* 张勇利、曹克信同志参加了部分工作。

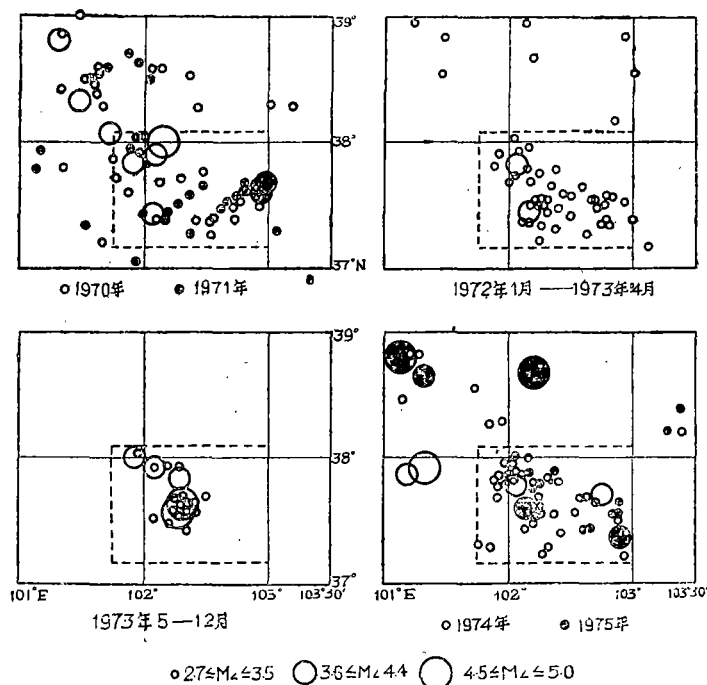


图 2

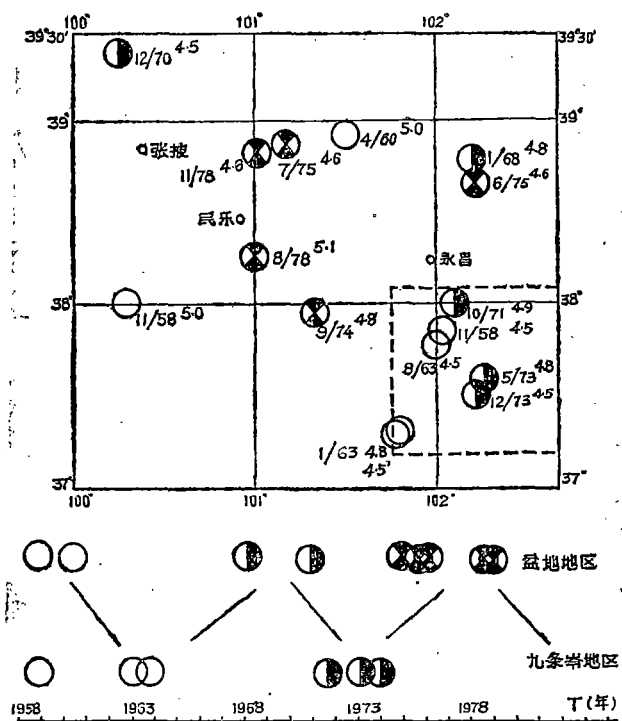


图 3

带状区域内,在这三个小区之间有明显的无震区相隔,其中以B带小震活动最为强烈。

3) 较大地震前后的小震活动是分散—集中,发震—再分散。本区较大地震前,附近地区的地震活动有逐渐减低的趋势,在地震发生前一年左右,小震几乎全部集中在本区,震后又逐渐分散,在邻区相继发生一些与本区发生的最大地震震级相当的地震。图2是1973年5月 $ML = 4.8$ 至12月 $ML = 4.5$ 级地震前后几年本区和邻区的地震活动情况。

4) 本区较大地震的发生与张掖—民乐盆地周围的同级别地震有明显的呼应关系。由图3可以看出,发震的时间间隔在缩短,似乎表明这两个地区的地震活动正在增强。

5) 地震活动的增强趋势和间歇性。表I给出了最近二十年来本区地震的应变释放、 $ML \geq 3.5$ 地震的累积频度和各时段的曲线斜率。由此可见,曲线斜率有逐渐增大即地震活动逐渐增强的趋势;在此背景上,显现出小震活动时强时弱的间歇性。经历了应变释放—积累—再释放—再积累的过程,目前正处于一个新的积累时期。

还应指出,虽然本区地震活动频繁,但并没有明显大的地震。据统计,1958年以来,本区共发生 $M \geq 4.0$ 的地震16次,其中: $M = 4.4 \sim 4.9$ 的地震有11次,震级差别不大。

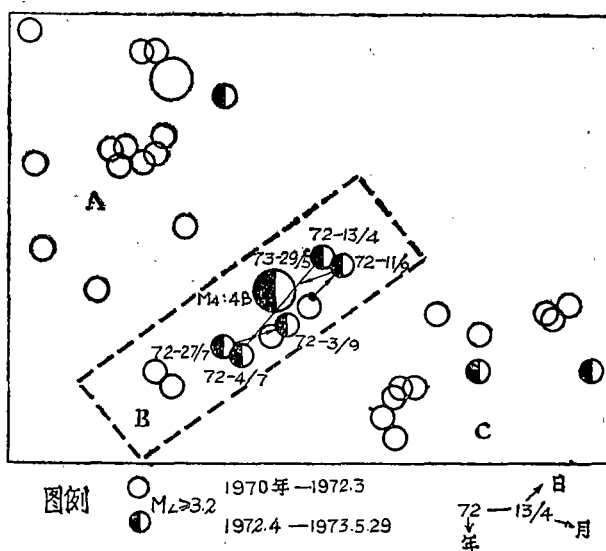


图 4

应变积累和地震累积频度的各时段斜率

表 I

时 间	1956—1963年	1964—1967	1968—1971	1972—1974	1975—1978
应变积累	1.20×10^5 (焦耳/月)	0.49×10^5	1.68×10^5	3.62×10^5	1.83×10^5
$ML \geq 3.5$ 累积频度			5.0次/年	8.5	2.0

三、讨论

在讨论本区地震活动特点的时候,必须考虑三个重要因素:一是本区地质环境,二是构造应力场的作用,三是古浪大震的影响。

如前所述,本区地处青藏高原东北边缘,由于高原的不断抬升和武威盆地的相对稳定,两者之间造成显著的地形差异和应力集中;高原内部不协调的缓慢抬升形成了沿高原边界的深大断裂,并成为小震活动的南部边界,由于深大断裂的切割和古浪大震的影响,本区地壳破碎,在构造应力场的作用之下,某些部位难于积累较多的能量,而另一些部位就不同,能够积累一些能量并通过小震的发生而释放。地震发生后,应力松弛,邻区地壳应力水平相对增高,再经过一段时间的积累,也会发生一些地震。这可能就是本区地震活动级别不高,

边界明显、震中成块状分布, 活动显间歇性以及与邻近地区地震相间发生的原因。

至于B区震中的明显条带状分布, 除了上述原因之外, 还可能与下述原因有关。如前所述, B带的小震和其他两带相比, 更活跃。1970年以来, B带小震释放的应变占全区的50%, 而它的面积只占全区的六分之一; 它的大体走向为N50°E, 东北端与湟城—上古城断裂的东部转弯处相接。1973年5月和12月在该带上由东北向西南发生了两次震级分别为ML=4.8和4.5的地震, 前者前震很少, 而后者有50个前震(ML=1.2~3.4), 九条岭地震台记录到这些前震的波形相同, $\bar{P}$ 波初动全部为正; 垂直向 $\bar{P}$, $\bar{S}$ 波振幅比近似线性关系; 前震b值较本区正常值1.0低很多, 只有0.54。在这两次地震前, 从1972年4月开始, ML≥3.2的地震沿B带的走向往返牵移(图4)。这说明, 靠近湟城—上古城断裂的4.8级地震可能是一次粘滑破裂, 而后一次4.5级地震是一次新的破坏。根据他人对古浪八级大震的考查, 认为大震形成的地面可见断层很短, 全长只有20公里左右。与震级很不相称。该地震断层走向大致为N70°W, 其西端与湟城—上古城断裂相接(见图1)。考虑到上述事实 and 现今构造应力场主应力轴的取向, 对现今B区小震的带状分布做如下推测: 由于湟城—上古城断裂西部走向为N50~60°W倾向南西, 这与取向为S24°W, 仰角为35°的本区构造应力场主压应力轴(表Ⅱ)近于垂直, 因此, 该断层所受的正压力为 $\sigma = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_3 \sin^2 \alpha \approx \sigma_3$, 其中, σ_1 为主张应力, σ_3 为主压应力, α 是 σ_3 与断层面的夹角。可见当 $\alpha \sim 90^\circ$ 时, 断层面上的正压力接近最大值—该区主压应力值 σ_3 , 这样, 断层面上的摩擦力 $f = \mu \sigma \approx \mu \sigma_3$, (μ 为摩擦系数)也接近最大值, 根据现有的材料, 古浪大震除了逆冲性质外, 还有平推成分, 不论这种平推成分是左旋还是右旋, 都难于带动摩擦力很大的湟城—上古城断裂两盘产生相对滑动, 因此, 使大震破裂与该断层东端相接后, 不见有更长的地震断层, 并使该断层转弯处应力高度集中, 古浪八级地震的两个六级余震恰好发生在这条断层的转弯处, 可能就是这个原因。但是两个六级余震未必能全部释放集中在该处的应力, 加之构造应力的持续作用, 势必还将发生大量的小震。走向大体为N50°E的B带与震源机制解中走向为N52°E的节面基本一致, 如果这一节面正是地震的断层面, 那么B带既能继续释放八级大震后集中在断层转弯处附近的应力, 又能释放构造应力场不断积累起来的能量。

综上所述, 根据本区的地质构造和地震活动背景, 可以排除近几年或十几年内发生六级以上地震的可能性。但是, 结合某些地震活动性指标, 可以推测, 本区小震将继续活跃, 五至六级地震的危险是存在的。

震源机制参数

表Ⅱ

参 数 地 震	断 层 面 参 数				主 应 力 轴 参 数				备 注
	A 节 面		B 节 面		P 轴		T 轴		
	走向	倾角	走向	倾角	方位	仰角	方位	仰角	
1973.5.29 ML = 4.8	37°	47°	159°	60°	196°	53°	97°	6°	
12.9 ML = 4.5	66°	70°	160°	80°	205°	20°	112°	8°	
1971~1977年	54°	65°	157°	65°	195°	35°	106°	0°	小震单台法
1975~1977年	76°	55°	176°	75°	222°	37°	121°	13°	“ ”
平 均	58°	59°	162°	70°	204°	35°	108°	7°	