

甘肃地区地震活动的正常背景

王 周 元

(兰州地震研究所)

预报地震涉及的一个重要问题是识别异常,地震活动性的各种指标也不例外。没有正常也就无所谓异常,因此一个地区地震活动的正常背景对于提取异常信息无疑十分重要。

1954年2月山丹7 $\frac{1}{2}$ 级大震和同年7月民勤7级大震以后,整个甘肃及邻近地区(以下简称甘肃地区)地震活动处于相对平静阶段,至今已20多年没有发生过6级以上大震,因而将这一时期的地震活动作为“正常背景”,研究它们的活动水平及变化特点,对于监视未来可能的6级以上大震具有一定意义。

这里侧重用频次指标考虑上述问题。注意到异常地震活动的统计提取法^{[1][2]}实际上只是着眼于频次而遇到的困难,以及频次和震级在精度上的差异,本文拟对甘肃地区的“正常背景”中不同强度级别的地震频次的变化及其特点作些对比讨论。

一、5级左右地震的分布特征

1. 活动水平渐弱 1955—1964年间,全区共发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震21次,4.0~4.9级地震除山丹和民勤两个余震区外共51次;1967—1979年间全区发生 $M_s \geq 5.0$ 级地震仅2次,4.0~4.9级地震36次。可见(1)4.0级以上地震频次明显减少;(2)前一阶段以5级以上地震活动为主,后一阶段以4级地震活动为主,地震活动水平明显下降,这就表明甘肃地区1955年以来地震活动水平逐渐减弱的趋势。

2. 周期性变化 根据上述特征作全区 $M_s \sim t$ 图(图1),可以看到一种周期性变化,1957—1964年间全区处于地震活动期,之后平静了约3年,1967—1975年间经历了第二个地震活动期,又平静了两年多,1978年中开始了第三个活动期。这种过程表现为三个特点:

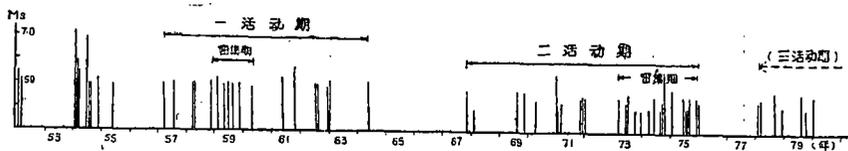


图1 甘肃地区1955年以来两个活动期的 $M_s \sim t$ 图

(1) 活动期都比平静期长得多; (2) 前两个活动期及其后面的平静期都可得到 $T \approx 11$ 年的循环周期, (3) 两个活动期中都存在一个活动密集期或者说高潮期, 第一周期中1958年底—1960年初为密集期, 其地震次数占该活动期的47%, 第二周期中1973年初—1975年底为密集期, 其地震次数占该活动期的62%。从活动期开始到密集期似有一个过渡阶段, 看来目前的第三活动期还处于开始至密集期的过渡阶段。

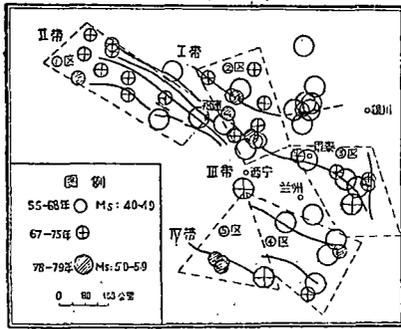


图2 甘肃地区1955—1979年间三次最大强度地震活动过程的震中分布

3. 空间分布的集中趋势 相应于各活动期的5级或4级地震震中分布(图2)表明: 从整体上讲, 这些地震集中分布于近东西走向自北至南排列的四条带上: I带以阿拉善弧为界, 主要包括1954年两个大震余震区内的地震; II带东自西海固, 中经永门古, 西至安西、敦煌、肃北一带; III带为天水—临夏—化隆一线; IV带为舟曲—若尔盖—玛曲一线。

南面三带的东端由舟曲—礼县—武山—海原一条北北东走向的震中分布带陡然截止, 形成鲜明的界限, 甘肃东部地区历史强震主要发震区位于该带东侧, 近20多年来中

小地震主要活动区位于界限之西。而带上的这些地震主要发生在1959—1962年间。

统计各活动期内相应的5级或4级地震的分布变化(表1)可以看出地震有向第II带集中的趋势, 第IV带也有活动水平缓慢增高的迹象; 反之, 第I带活动水平明显降低, 第IV带一直偏低。

表1 各带地震分布统计

	I 带	II 带	III 带	IV 带
一 活动期	38.1%	38.1%	19.0%	4.8%
二 活动期	18.5%	63.0%	0	11.1%
三 活动期*	9.1%	63.6%	9.1%	18.2%

*: 第三活动期, 仅就78—80年间统计而言供对比参考。

图2还表明, 第II带上的震中分布并非均匀, 可大致以祁连和景泰为界分为三段。统计三段上地震在各活动期的分布变化(表2)不难看出, 地震有向祁连以西的西段集中的趋势, 这种集中趋势在1971年以后尤为突出。东段活动水平明显降低, 中段的变化不很突出。

表2 第II带上各段地震分布统计

	西 段	中 段	东 段
一 活动期	25%	37.5%	37.5%
二 活动期	47.1%	23.5%	29.4%
三 活动期*	57.1%	28.6%	14.3%

说明同表1

二、4 级以下地震的活动特征

由于资料所限，其它级别地震活动只能对第二活动期，特别是1970年以后作些讨论。考虑到较小地震可能出现的地区性差异，将震中分布相对集中的地区划出五个讨论区（图 2）。

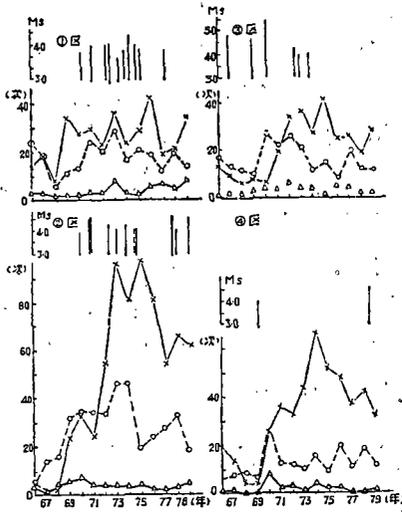


图 3 四个分区各种强度的地震频次曲线
 \times : 1.0-1.9, \circ : 2.0-2.9, Δ : 3.0-3.9.

各分区年频次曲线（图 3）¹⁾包括了 1 级、2 级和 3 级三种强度级别，4 级以上地震以 $M_s \sim t$ 图形式标于相应的图上。该图表明：

1. 同一级别地震在各分区的活动水平显然各不相同，而且变化趋势也大不一样，4 级地震在①~③区都能看出第二活动期的活动过程，但仅②区能看出第三活动期的迹象，④区则没有反映出任一活动过程；

2. 不同级别地震在各分区间的相对活动水平也不相同，1 级地震的平均活动水平从高到低的顺序是②、④、①、③；而 2 级地震是②、①、③、④；3 级地震却是①、②、③、④（表 3），除考虑台网监测水平的影响之外，还表明各种级别地震活动水平之间的差异；

表 3 1966—1979 年各分区三种级别小地震活动的平均水平

次/年 级 别 \ 分 区	①	②	③	④
1	26.2 ± 9.4	48.9 ± 32.8	21.6 ± 11.9	32.7 ± 17.4
2	17.9 ± 6.1	27.6 ± 11.8	16.2 ± 5.8	12.7 ± 5.9
3	4.0 ± 2.4 (3.0 ± 1.9)	3.7 ± 1.6	2.9 ± 1.6	1.8 ± 1.8 (1.3 ± 1.2)

3. 较高级别的地震活动水平比低级别地震稳定，3 级地震活动水平在各分区都很平稳，而且也很接近；

4. 虽然各分区的 3 级地震活动水平也各是不同的起伏变化，但它们的变化趋势都表现出既不与 1 级和 2 级地震活动水平变化趋势明显相关，也不与 4 级地震活动过程密切相关的特点。

三、各种级别地震活动的独立性

这里拟对各种级别地震活动的独立性作进一步讨论。在图 3 的基础上作各分区所有两种级别地震年频次的相关比较（图 4），这就更直观地反映了这个问题。

1) 因第⑤分区远离台网及分区上的限制等原因，这里作同其它四个分区一样对比讨论。

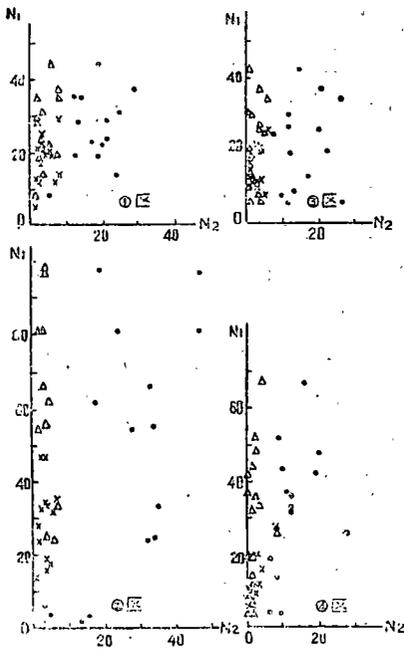


图4 各种级别地震年频次相关性比较
 ●: 1—2级, ×: 2—3级, △: 1—2级。

静, 11月后半月频次开始增加, 震前6天达高潮, 发震22次, 为该区从未有过的峰值。然而值得注意的是区内其它3.0~4.6级地震前均未发现明显的异常变化, 可见上述异常只是个特例。至于震后的余震活动引起的小震频次高值也很少见。

不仅如此, 较小地震表现为较大地震的前震或余震的性质一般都不突出。图3显然难以确切判断4级以上地震前各种级别的小震活动水平是否有明显变化。考虑到这些地震的强度不大, 其涉及的异常时间可能较短, 涉及的异常空间范围较小, 我们作各分区2级、3级地震的季、半年频次曲线, 也都难以发现5级左右地震前小震活动的异常变化。尽管1970年12月3日西吉5.5级地震前半年, 2级地震频次明显增加(图5), 但是震后两年仍然时有类似起伏变化, 并未伴随5级左右地震, 这就表明上述变化作为前兆异常似有疑问。

仅九条岭地区可以作出的1969—1979年间 $M_s \geq 1.0$ 级地震的月频次和该地区3.0级以上地震的 $M_s \sim t$ 图(图6), 由图可见, 11年中尽管发生了近30次3.0级以上地震, 但震前小震频次有明显变化的仅1973年12月6日4.0级地震。8—10月区内小震十分平

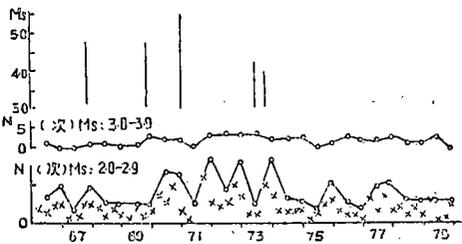


图5 西海固地区的季频次(X)和半年频次(O)

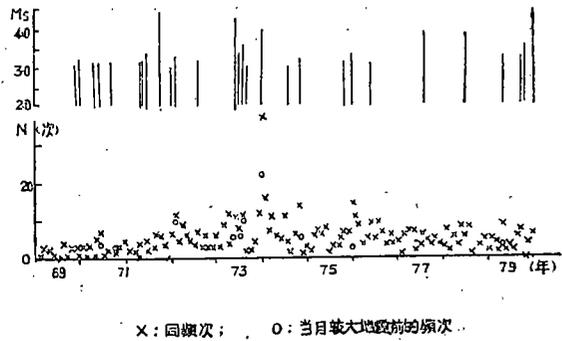


图6 古浪九条岭地区1.0—2.9级地震频次图
 ×: 月频次 O: 当月较大地震前的频次

此外, 甘肃地区地震类型的研究¹⁾得出的一条重要结论是: 近20余年来, 甘肃地区发生的中强震大多数属于孤立型, 即不论其所处地区或历史地震情况, 其前震和余震均很少或者

1) 高世磊: 甘肃地区地震活动特征(四)——甘肃及邻近地区的地震类型, 油印本。

没有，这同样表明了甘肃地区近20多年来地震活动的正常背景中各种级别地震活动的相互独立的特点。

四、几点认识和讨论

1. 甘肃地区1955年以来处于地震活动的正常时期，该期间5级左右地震存在大约11年的周期性，至今经历了1957—1964年和1967—1975年两个活动期及其后的两个平静期，1978年后开始了第三个活动期，第一活动期主要是5级地震的活动过程，第二活动期主要是4级地震的活动过程。地理分布上震中有向祁连山西部集中的趋势。

第二活动期正好同全国7级以上大震活动高潮期一致，所以它可能要受到大范围内应力场加剧的影响，但是这种影响在多大程度上起作用还不清楚。但应注意到第一、三活动期内全国范围或甘肃邻近地区并无7级以上大震活动高潮与之对应，因而可以认为：（1）这种影响似乎使甘肃地区应力松弛，因而第二活动期的活动水平比第一活动期明显偏低；（2）活动—平静的周期变化依然存在，表明这种影响至少不是唯一的因素；（3）太阳黑子活动周期也是11年左右，根据二者的对比（图7）可以看到甘肃地区1955年以来两个活动期都位于黑子活动的阶段，而且第一活动期中的密集期位于黑子活动高年附近，因此地震活动延续到低年才止，第二活动期的密集期在黑子活动低年附近，所以地震活动期立即终止。可见甘肃地区正常期的中强震活动同太阳黑子活动关系较为密切。据此，考虑到甘肃地区1978—1980年间4级以上地震活动情况和太阳黑子活动1980年达高潮这一事实，应当注意甘肃地区今后几年内发生5级地震活动过程的可能性。地理分布特点表明河西西部及其附近值得注意。

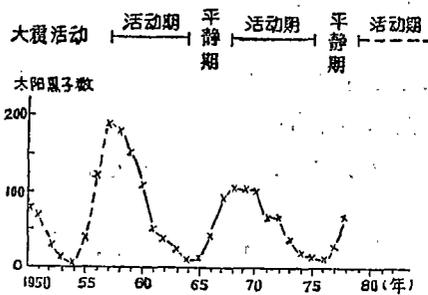


图7 1954年以后甘肃地区中强震活动同太阳黑子活动对比

2. 不少6级以上大震前其周围中小地震活动都有异常反映^{[8]-[7]}，而1966年以来甘肃地区6级以下中强震前基本上没有观测到异常活动，这就表明震前小震活动异常明显与否同未来主震强度有关系。能否观测到异常地震活动或者说活动性在多大程度上表现出异常显然还与孕震体内介质性质有关。1973年5月29日九条岭4.6级地震前无明显的异常地震活动，而半年后几乎在同一地方的4级地震却发现了明显的异常地震活动，这可能表明孕震体内薄弱或不稳定区的存在是出现异常活动的重要条件。未来主震越强，孕震体就越大，其包含不稳定区的可能性也越大。另一方面地震越大，震源体外围同样范围内的应力水平就越高，相对薄弱区出现的机率也越大，可见大的地震更易于观测到异常地震活动是可以理解的。

3. 甘肃地区1966年以来各种级别地震活动的独立性还表现在中强震后余震活动也很少见，这表明除对震前活动的上述考虑外，很可能还在于这些地震基本上都是独立的随机事件，即不是统一的应力场作用加强的结果。地震越小，要求的发震条件越低，随机起伏也大，大些的地震活动水平就相对稳定些。因此，各级地震活动原则上都可作为判定未来6级以上大震前异常地震活动的指标。但是3级地震起伏变化随机性不大，其有效资料时间也

长,各分区情况相差不大,因此将3级地震活动水平作为代表性背景指标较为客观明确,对于判定大震前异常活动最为简便。而中小地震活动彼此独立特点的明显突破似可作为甘肃地区未来6级以上大震前异常活动的另一参考依据。海城,唐山,炉霍,永善等强震前周围各种级别地震频次的异常变化及小震群活动的增加〔3〕可以说明这个问题。

4.①区内1976年以后3级地震频次逐年增加的趋势十分明显(图3),表3中①区括号内数据为1975年以前的统计结果,可见1976年以后的变化较大,因此可以认为①区或其附近今后几年内存在发生6级以上地震的可能,这同前面由4级以上地震分布特点推断的看法并不矛盾。但是其变化缓慢,区内各级地震间的独立性还无明显突破,这些现象及上述看法、方法等都应在实践中检验。

(本文1981年3月24日收到)

参 考 文 献

- 〔1〕岛崎邦彦,异常地震の统计的检出法(1),地震,25,1,1972年。
- 〔2〕牛志仁,异常地震活动的一种统计检验方法,西北地震学报,二卷二期,1980年。
- 〔3〕中国科学院地球物理研究所二室,大震前的地震活动,地震战线,1977年6期。
- 〔4〕陈立德等,一九七六年龙陵地震,地震出版社,1979年。
- 〔5〕成都基准台,龙门山和松潘地震带,地震战线,1978年3期。
- 〔6〕唐山地震工作队,唐山地震短临前兆资料,地震出版社,1977年。
- 〔7〕汪成民,关于溧阳的两次地震,西北地震学报,二卷四期,1980年。
- 〔8〕顾浩鼎,曹天青,前兆震群和S波偏振,地震学报,2卷4期,1980年。

THE NORMAL BACKGROUND OF SEISMIC ACTIVITIES IN GANSU REGION

Wang Zhou-yuan

(The Seismological Institute of Lanzhou)

Abstract

Since 1955, it has been a normal period of seismic activities without the earthquake of $M_s \geq 6.0$ in Gansu region. This paper discusses the activity characteristics of variant magnitude class earthquakes during this period. The normal background value in seismic activities and abnormal director of precursor activities of the large earthquakes with magnitude $M_s \geq 6.0$ in future are suggested. Finally, the seismic activity trend of the coming years in Gansu region is analysed