

# 甘肃地区震势场的综合分析

李海华 张文冕 吴德珍 吴建华

(兰州地震研究所)

## 摘 要

本文从地震活动的时空概貌, 全国和全球的地震背景以及太阳—地球物理因子等多方面因素来综合分析甘肃地区的地震形势和趋势, 并从中提出了一个地区的“震势场”的概念。

本文所讨论的甘肃地区泛指阿尔金山大断裂以东到六盘山大断裂以西, 河西走廊以南至舒玛大断裂以北的广大地区。它本身似乎不是单一的地质块体, 但与其相邻的塔里木、阿拉善、鄂尔多斯及四川盆地都是较简单的块体。本区地貌高差悬殊, 等重力线密集, 许多弧形构造在本区急剧拐弯, 大震丛生, 是我国乃至全球大陆的著名地震区。

从历史记载来看, 本区东部地震似与大华北地震相呼应, 而有仪器记录的本世纪以来的情况又表明, 本区似与青藏块体地震共起伏。为把握甘肃地区地震活动的形势和趋势, 必须考察全区地震活动的背景动态, 即把全区地震置于大范围 and 长时期的地震活动总体中去考察, 同时对强震活动起伏过程中有同步关系的太阳—地球物理环境因子也应予以注意。另外, 本世纪二十年代发生的海原8.5级和古浪8级大震对本区后来的地震究竟有什么影响, 以及如何综合上述多方面的因素给出甘肃地区总体性震势, 这些就是本文所要涉及和初步讨论的问题。

## 一、地震活动的背景动态

一般认为, 全球地震主要集中在环太平洋和地中海—喜马拉雅(简称地—喜带)两大地震带, 但我国地震除台湾和西藏南部地区外, 都不属于这两大地震带的范围, 并且从全球八级大震分布来看, 一个很明显的八级大震密集区位于东亚大陆, 特别是在以喜马拉雅山脉为底边, 贝加尔湖为顶点的大三角形区内(简称“大三角区”)。“大三角区”内青藏高原的隆起, 贝加尔湖的张裂, 大震的丛集等现象证明, 这是全球范围内构造运动非常强烈、应力场较高度集中的地区。有理由认为, 甘肃地震活动受该区应力场较大的影响。

图1是全球地震活动分期、地—喜带地震活动分期与“大三角区”、全国大陆地区、甘肃地区大震活动时序的比较图。由图可见: 本世纪初、二十年代和五十年代为全球性地震活

动的主高潮期，还有一些次高潮期。由各期释放地震能量总值及平均每年释放能量值可见，本世纪上半叶较强，下半叶以来较弱，总趋势是下降的。地—喜带作为全球的一个部分，总趋势也是下降的；“大三角区”、全国大陆地区、甘肃地区的大震M—t图随时间也显示出由密集到稀疏的明显变化，并且它们的活跃期亦显示出较好的同步性。

表 1 给出上述不同尺度地区本世纪以来的活动分期（参见图 1）。表 2 是以中国大陆地区按能量分期为主，并综合考虑表 1 的结果。由表 1 和表 2 可见：高级单元的地震活动可以作为低级单元的背景，虽然在高级单元的活跃期间低级单元的活动水平不一定很高（因地而异），但低级单元强烈活动时必有高级单元强烈活动的背景；本世纪以来，我国大陆地区地震相对活跃期有四次。由表 2 可见，其时间长度依次为 16 年、15 年、14 年和 8 年，即愈来愈短。而相对平静期依次为 7 年、9 年、11 年，即愈来愈长。这个总趋势是与全球能量释放总趋势一致的。自 1977 年以来，我国大陆地区已持续四年没有七级以上地震，即现阶段已经处于第四次相对平静期之中。

综上所述，现阶段全球大震活动水平不高，我国大陆地区又处于强震活动的相对平静期，作为低级单元的甘肃地区仍将处于强震活动的低潮时期，地震形势还不至于突变，亦即还没有即将进入强震活跃期的背景。未来几年内本区主要监视预报对象仍为中强震。但应密切注意全国、“大三角区”、地—喜带乃至全球地震活动的新动态。

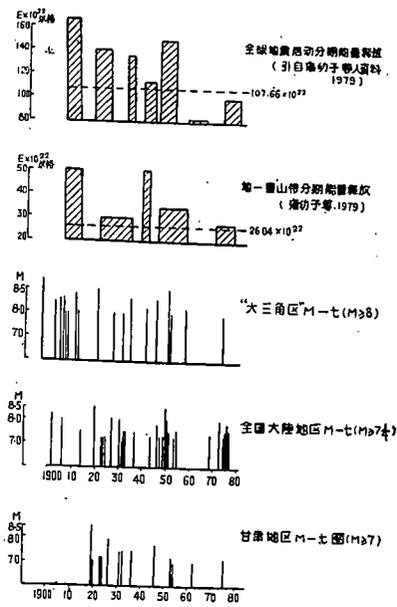


图 1

不同尺度（单元）的大震活跃期

表 1

| 全 球<br>(一级单元) | 地—喜带<br>(二级单元) | “大三角区”<br>(二级单元) | 甘肃地区<br>(三级单元) |
|---------------|----------------|------------------|----------------|
| (1897)—1911   | (1897)—1912    | (1897)—1912      | —              |
| 1917—1934     | 1920—1934      | 1920—1934        | 1920—1933      |
| 1938—1943     | 1938—1941      | 1937—1941        | 1937           |
| 1945—1952     | 1945—1957      | 1947—1957        | 1947—1954      |
| 1972—1979     | 1969—1977      | 1970—1973        | 1976           |

我国大陆地区地震活动分期 表 2

|              | 起迄年份        | 间<br>(年) | 释放总能<br>( $10^{23}$ 尔格) | 大震数            |                |
|--------------|-------------|----------|-------------------------|----------------|----------------|
|              |             |          |                         | $M \geq 7.8/4$ | $M \geq 7.1/4$ |
| 第一活跃期<br>平静期 | (1897)—1912 | (16)     | (23)                    | 2              | 2              |
|              | 1913—1919   | 7        | 2                       |                | 1              |
| 第二活跃期<br>平静期 | 1920—1934   | 15       | 44                      | 2              | 4              |
|              | 1935—1943   | 9        | 2                       |                | 1              |
| 第三活跃期<br>平静期 | 1944—1957   | 14       | 46                      | 2              | 5              |
|              | 1958—1968   | 11       | 1                       |                | 0              |
| 第四活跃期<br>平静期 | 1969—1976   | 8        | 14                      | 2              | 6              |
|              | 1977—       |          |                         |                |                |

## 二、地震活动起伏的时间尺度

上述重要的事实是不同尺度的区域（从甘肃地区到全球）地震活动不但有起伏，而且起伏还有同步性。这可能是控制地震活动的应力场在大范围内有着统一性的一种表现。

下面进一步讨论地震活动起伏的不同时间尺度，亦即地震活动的某些“周期”。对“周期”问题，国内外很多地震工作者进行了研究，结果表明，其时间尺度相当宽，约 $10^3-10^{11}$ 秒〔1〕。我们注意的是少数具有普遍性的“周期”（这里所说的周期不是严格的，只是起伏或重现性的大致间隔时间尺度）。如地震活动起伏的三百年长周期较普遍。由图2可见，甘肃地区有感地震的频次曲线在400、700、1000、1300、1500—1600、1900年等处出现峰值，其间隔时间大致为三百年。又如该图中，我国破坏性地震的世纪频次曲线显示有100—200、400—500、700—800、1000—1100、1300—1400、1600—1700、1900年等一系列峰值，间隔亦为三百年。从有较长地震历史记载的国家或地区来看，日本、朝鲜、亚美尼亚，印度、土耳其等地区在上述期间也是地震活动期〔2〕（不久前，丁国瑜介绍了美国在圣安德烈斯断层

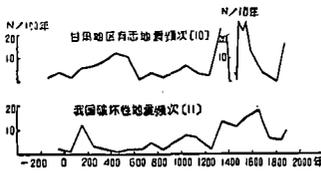


图 2

开槽进行古地震研究，初步鉴定出该断层大震复发周期平均为275年，这也接近三百年）。虽然全球地震活动是否如此不得而知，但如此广大地区中如此同步起伏绝非偶然。据此推测，本世纪甘肃地区乃至全国甚至更大范围内，是处于某种长周期（如三百年或以三百年为倍数的更长周期）的大高潮之内。因之，当本次高潮结束后将可能进入长周期的大低潮之中。

时间尺度在百年之内的“周期”，较普遍的有23年、34年等〔2,3,4〕。近百年来，甘肃地区强震在上世纪八十年代，本世纪二十年代和五十年代较活跃，似有三十年左右的周期。因之，未来几年内中强震可能有所活跃是值得注意的。

### 三、地震活动的环境因子

地球的结构是一系列同心的圈层，内有地幔与地核，外有气圈和磁圈，地震是发生在很薄的地壳圈层的一种现象。其空间因子除了上述内外圈层外，还有太阳物理场和星际空间场。大量研究工作表明〔5〕〔6〕〔2〕\*，上述不同层次的空间环境因子与全球和局地的地震活动存在不同程度的相关性。本文仅就太阳活动、大气运动与地球自转等因子进行初步的讨论。

1. 太阳活动 图3是近四百年来（1600—1976）甘肃地区大震（ $M \geq 7$ ）和中强震（5—6级，不计余震）分别在太阳活动周中的累计频次分布。有意思的是在太阳活动峰年（M年）后第六年即谷年（m年）的大震频次最高，M年附近次之，而在太阳活动周的其它位相中很少。显然，这是一个在综合判断大震发生的年份时很有用的指标。

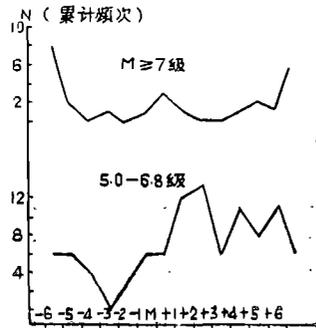


图 3

\* 刘德富、黎令仪，太阳活动影响地震的证据，1979。  
刘德富、刘学军，我国强震发生的空间环境，1979。

由图3还可见，甘肃地区中强震在M年前后有明显变化，即在M年前较少，M年后猛增。1980年为M年，本区中强震已经有所活跃，据此可估计未来一、二年内中强震可能较活跃。

2. 地球自转 图4是本世纪以来地球自转角速率相对变化。图中曲线有三次起伏，在本世纪初、五十年代和七十年代为曲线升段，不同的只是上升段幅度依次缩短。由图4可见甘肃地区及其附近的大震都位于三次上升段的相似部位。近年来曲线较平稳，表明地球自转速率变化不大。若上述对应规律在今后还能维持，就意味着未来几年内本区发生七级大震的可能性不大。

3. 气候变异 图5是祁连山园柏树令达九百多年的年轮指数曲线和甘肃地区大震对照

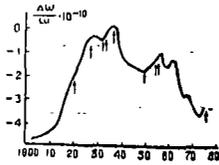


图 4

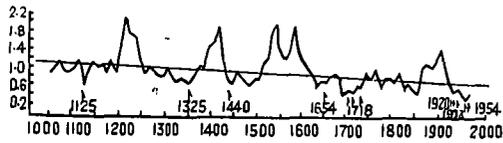


图 5

图〔7〕。由祁连山园柏的生态环境可知，图中曲线峰段和谷段分别表示干暖和冷湿的气候。由图可见，甘肃地区大震无例外地都在曲线的低谷段附近。如1125年兰州7级大震、1352年会宁7级大震、1440年兰州6.4级强震、1654年天水7½级大震、1718年通渭7½级大震以及本世纪二十年代至五十年代的几次大震等。可见冷湿气候是有利于我区大震发生的气候背景。

### 四、海原8.5级和古浪8级大震 对其后甘肃地区地震的影响

由图6可见，自本世纪廿年代发生二个八级特大地震以来，甘肃地区6级以上强震多数发生在小段圆弧附近。这些圆弧是以八级地震的震中为圆心，以5度（每度约110公里）为半径圆周的弧段（简称“5度”弧）。另外，在八级大震的震中区直径约350公里范围内没有6级以上强震（强余震除外），此即所谓“中央空区”。

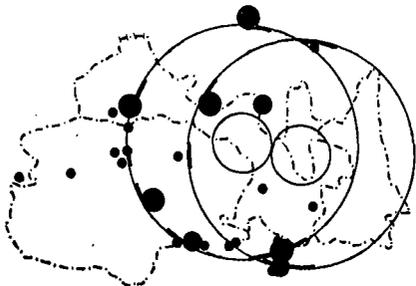


图6 海原古浪八级大震的“5度”  
弧圈与甘肃地区强震

进一步考察发现，上述“5度”弧和“中央空区”现象不是个别的，而是具有一定的普遍性，至少近四百年来（有地方志以来强震遗漏较少）我国大陆地区发生的九个八级大震（1668年郟城8.5级大震、1679年三河8级大震、1695年临汾8级大震、1739年银川8级大震、1920年海原8.5级大震、1927年古浪8级大震、1931年富蕴8级大震、1950

年察隅8.5级大震，1951年当雄8级大震）几乎都有这两种现象。图7是上述九个八级大震后，在其半径约七百公里范围内、时间为百年内发生强震的时空分布图。由图可见，八级大震后在该地区发生的强震不是杂乱而是有序的，两个最显著的事实就是“5度”弧和“中央

空区”，即强震在5度线附近有优势分布和在0—2度区域内很稀少。

“中央空区”可能就是郭增建等人的震源组合模式〔8〕中的“应力积累单元”或吉田明夫的“震源核”〔9〕。由于大震后该区内介质破碎，难以再积累发动强震的应变能。至于“5度”弧圈，可设想为应力场由原先自外向里增强（震前）和后来里面变弱（震后）因而形成“弧圈型”相对高应力区的产物。当然，这就要求八级大震发生后，除了“中央空区”外，区域应力场还要继续维持一段时期的相当高的水平。由图8可见，该应力场至少可维持三十年的高应力水平。

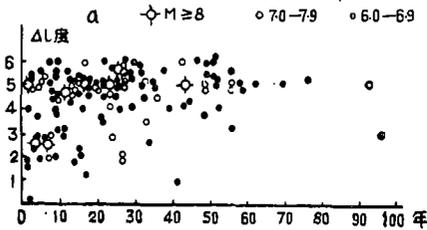


图 7

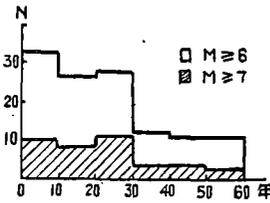


图 8

图8是以八级大震为中心，半径约七百公里范围内强震频数（九个八级大震的累计）随时间的变化。该图表明，强震在大震后三十年内相当活跃，亦即形成八级大震的应力场对其后的强震活动至少有“三十年”的强控制期。就甘肃地区而言，情况确实如此，继二十年代两个八级大震后，三十年代主要发生了1932年昌马7½级大震，1937年都兰7½级大震，1936年临夏6¾级强震等，四十年代有达日7¾级大震，五十年代有1954年山丹7¼级和民勤7级大震等。六十年代后强震活动大为衰减，至今仍处于相对平静期。按一般规律，在相对平静期内，中强震还时有起伏，偶尔也有七级左右地震发生，这只不过是八级大震的应力场在三十年强控制之后处于弱控制期中的起伏而已。这就是现阶段甘肃地区所处的“震势”的另一个侧面。

## 五、震势场的讨论

多年来地震预报的实践使人们认识到，要抓住强震首先必须要做好中长期预报这件基础性工作。这就要从总体上把握地震活动的形势、环境和背景，把握地震的宏观条件的各个方面。本文初步讨论了甘肃地区地震活动的背景动态、起伏周期、环境因子及该区八级大震所形成的“震势”等，这些都是反映了一个地区的总体特征的不同侧面。为了表述简明，我们把由多方面结合起来的并反映了总体性的东西称为“震势场”。

1. 一个地区的地震活动不是孤立的，甘肃地区地震活动与全国大陆、地—喜带乃至更大范围有关，在时空方面有隶属关系，即次一级单元依附高级单元。大范围地震活动的这种统一性反映了应力场的统一性，这是“震势场”的一个基本点。

2. 八级地震是“震势场”的核心要素。一个地区发生了八级地震，意味着在该地区一定空间尺度范围内发生成串强震，意味着一定时间尺度持续强震高潮，意味着应力场在该地区的相对集中，而且形成八级大震的区域应力场有它的特征性时空尺度。八级大震的“独特”

性质将会被人们逐渐认识，在某种意义上可以说，弄清八级大震的各个方面也就把握了“震势场”。对八级大震的研究，国内外地震学者都很重视，茂木清夫认为八级大震有它特殊的性质<sup>[12]</sup>。许绍先等人讨论了高震级地震与地壳屈曲的关系<sup>[13]</sup>。该文指出我国7½级以上的大震在一定距离上“成对”发生，有意思的是这些成对高震级地震（约23对）的相隔距离也有五百公里的优势。

从全球范围来看，一个地区八级大震的发生也不是孤立的，而是全球应力场在一定时期相对集中于某些区域的后果或表现，对此将另文讨论。

3.地震的空间环境因子如大气运动、地球自转、太阳活动等与地震相关的事实是大量存在的，但因环境因子尺度往往很大，有些甚至是作用于全球的，因而对其能否作用于单个地震使人见疑。由“震势场”观点来看，一方面，区域性地震与全球应力场有统一性，另一方面，区域性地震活动又由该地区发生的八级大震起主导作用，而八级地震是切割地壳触及地幔的，亦即地幔运动对形成八级大震的区域应力场是有作用的，因之一些空间环境因子与地壳和地幔的内部因子耦合从而对八级地震“特征性”时空尺度内的地震活动起作用是不可能的。

总之、本文提出“震势场”的概念，主要还是想说明一个地区强震的发生不是孤立的或纯随机性的事件，而是由“场”或“全局”决定的，是与多方面因素有联系的。把握了由多方面构成的“震势场”有助于从战略上去估计未来震情发展的方向，减少趋势估计的盲目性，有利于地震预报组织工作的决策和在危险区（重点监视区）观测到更多的地震短临前兆信息。

（本文1980年12月30日收到）

#### 参 考 文 献

- [1]安艺敬一，地震，第2辑8卷4号，1956.
- [2]徐道一等，天体运行与地震预报，地震出版社，1980.
- [3]Omori, F, Seism. Journ. Jap., Vol. 1, P119, 1893.
- [4]Кириллова И.Б., ДАН СССР, Т115, №4, 1957.
- [5]兰州地震大队地震气象组，气象与地震，地震出版社，1976.
- [6]刘德富、李海华等，电离层与地震，地震战线，№. 2, 1978.
- [7]卓正大、张先恭等，祁连山地区树木年轮与我国近千年的气候变化，兰州大学学报，№. 6, 1978.
- [8]郭增建等，震源孕育模式的初步讨论，地球物理学报，№.16, 1973.
- [9]胜又护、吉田明夫，震源区形成过程与地震活动，地震，32卷第4号.
- [10]刘百箴等，甘肃地区地震资料年表，1979.
- [11]王嘉荫，中国地质史料，科学出版社，1963.
- [12]茂木清夫，巨大地震论，数理科学，№.158, 1976.
- [13]许绍燮、沈佩文，地震与地壳屈曲，地震战线，№. 1, 1980.

SYNTHETIC ANALYSIS FOR "SEISMIC SITUATION FIELD"  
OF GANSU

Li Hai-hua Zhang wen-main Wu De-zhen Wu Jian-hua

( *Lanzhou Seismological Institute* )

**Abstract**

In this paper a concept of "Seismic Situation Field" is Suggested It is based on the synthetic analysis for seismic situation and trend of Gansu from many factors Such as seismic time-space relationship under general condition, seismic back ground in China or in the world, sun-earth physics and so on.