

新疆地震活动特征

戈 澍 谟

(新疆维吾尔自治区地震局)

前 言

新疆地处我国西北部,人烟稀少,昔日屡遭帝国主义份子掠夺,大量文物流失,历史资料很不完整。自1900年以来,新疆境内发生六级以上强震69次,其中七级大震10次、八级大震3次。强震活动是我国大陆上首屈一指的。

过去,新疆地震活动性的系统研究工作做得很少^[1、2],李善邦教授在研究1931年富蕴大地震时,曾写有“新疆地震”专文,至今乃是研究新疆地震的基础。认识地震活动特征、强震发生的规律,对于搞好地震趋势预报具有重要意义。

一 地震分布规律

新疆地震,沿着准葛尔和塔里木地块边缘与四大山脉(东北部的阿尔泰山、中部的天山、南部的昆仑山及阿尔金山)的衔接部位,成带分布,形成新疆境内的六个地震带^[3]。在地震带内,强震受区域性活动断裂控制主要分布在两组断裂交接处或断裂拐弯部位。如阿尔泰山区域的强震,主要发生山体两侧北西向断裂与北北西向断裂的交接部位,并沿北北西向断裂构造分布。在我国境内的富蕴——北塔山地震带,强震受北北西向的可可托海——二台断裂控制;在天山北麓,强震多发生在巨大的北西向断裂带两侧与纬向构造的复合部位^[4];天山南缘的强震活动,在东段的和靖——乌什地震带发生在一系列纬向分布的中新生代槽地边缘断裂带上。西段的柯坪——乌恰地震带,强震受柯坪断裂的控制,大致呈东西向分布;阿尔金山前的民丰——若羌地震带,且末河断裂带起着控制作用,强震呈北东向带状分布;昆仑山一带的强震,主要受南昆仑大断裂控制,沿断裂呈北西向分布。帕米尔北部山区,是地震最活跃的地方,地震活动频度高、强度大、分布宽广。

强震的上述分布,与深部地壳构造有密切关系:在地壳厚度变化大,莫氏界面起伏复杂的构造部位,如喀什周围强震特别多;在地壳厚度变化梯度带上,如柯坪、和田、民丰、库车和乌鲁木齐一带,强震亦广泛分布;在地壳厚度变化不大的塔城地区和哈密以南的广大地区,基本上没有强震活动。

新疆强震震源深度,一般多在20—30公里,少数达到50公里左右。在帕米尔邻近地区,有80—160公里的中深源地震。顺帕米尔沿北东方向至阿尔泰山区,震源深度有逐渐变浅的趋势。

二、地震活动高潮期的特征

从历史上看,地震活动时强时弱,可以划分出明显的高潮期和低潮期。联系新疆及邻近地区的大震活动与世界两大主要强震带的大震活动的关系,天山和昆仑山地区的大震活动与喜马拉雅——地中海带同时进行,阿尔泰山地区的大震伴随着环太平洋构造的西太平洋带活动。从1900年以来,它们都分别经历了二、三个不同的地震活动高潮时期,自1969年以来,两大带又同时进入新的地震活动高潮期。

在过去的每一次高潮期,新疆及邻近地区均相继发生多次七、八级大地震,在同一个高潮期中,发生大震的强度是相近的。例如1897年以后的那个高潮期,仅天山地区前后不到十年时间竟发生四次八级大震,它们是1902年阿图什 8 $\frac{1}{4}$ 级地震、1906年玛纳斯 8.0 级地震、1907年塔吉克 8.0 级地震和1911年阿拉木图 8.4 级地震,其中两次在新疆境内。在1934—1952年喜马拉雅——地中海带的又一次地震活动高潮时间,天山地区在不到六年的时间内又发生四次七级以上大震,它们是1944年乌苏 7.2 级地震、1946年塔什库梅尔 7.6 级地震、1949年库车 7.3 级地震和同年加尔姆地区的 7.6 级地震,其中亦有两次在新疆境内;帕米尔的慕士塔格在1944年还发生过一次 7.0 级地震。若把1955年乌恰的两次 7.0 级地震也考虑在内,十余年时间,新疆境内共发生五次七级大震。由此可见,进入高潮期的地震构造带,全带都处在地震活动高潮之中,大震成群成簇在一个不长的时间范围内相继发生,震级相近。

发生大震,往往都有一个明显地应变释放过程,它是以强震所在地带地震活动加强为背景。正如岩石破裂试验所证实的:在岩石大破坏之前,破裂在岩石内有它形成和发展的过程〔5〕。1902年阿图什大地震前的十年里,在整个天山南缘的广大地带,从库车到加尔姆附近,

破坏性强震相继发生六次(图一),它们由远而近、呈带分布、逐渐加强,在靠近阿图什大震的极震区,先后在1896年和1898年发生两次破坏性中强地震。在大震发生前的一、二十天、极震区范围内,还发生过有感前震;1949年库车大地震前,上述规律表现得更明显,自1940年至大震前,在库车至乌恰的天山南缘新疆境内一段,共发生十二次中强地震,尤其到大震前两年,频率、强度骤增,震中明显地集中到库车附近;1944年乌苏大

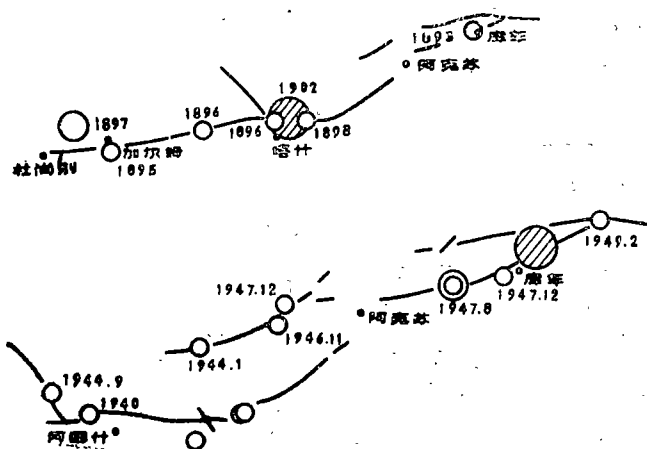


图1 1902年阿图什八级大震前天山南缘强震
($I_0 \geq VII$) 动态图

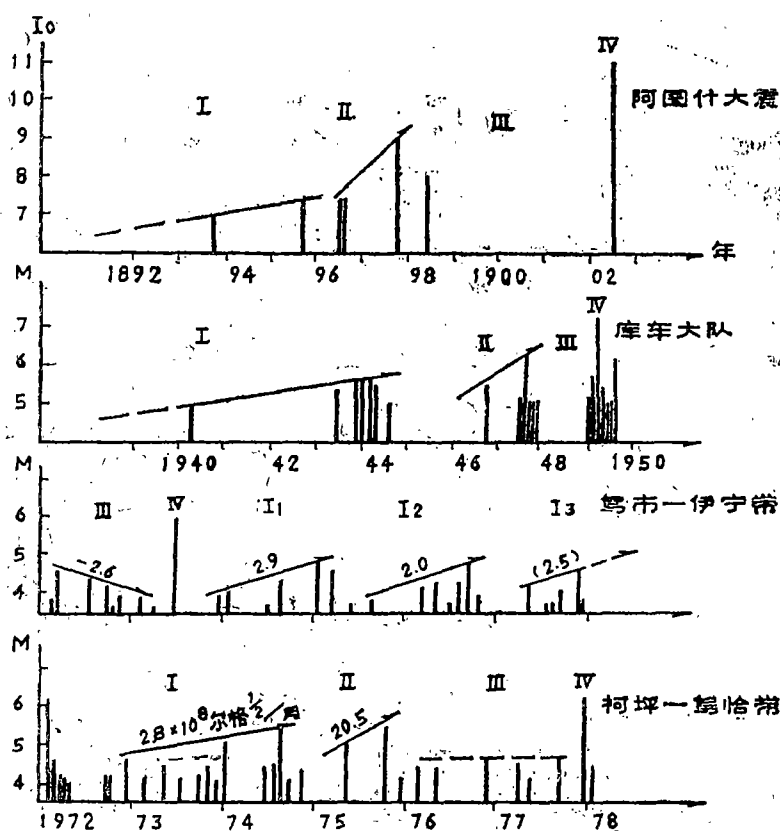
地震前及近几年发生的一些破坏性中强震前,亦有类似现象。地震活动范围宽、强度大,在这种背景之下,预示发生的大震级别就高;地震活动范围较窄、强度较低,预示发生强震的震级也低些。

新疆及邻近地区目前又伴随世界两大强震带进入大震活动高潮。1973年在昆仑山南麓西藏境内发生7.3级地震, 1974年先后在戈壁阿尔泰山的巴彦鄂博和帕米尔北部山前发生7.1级和7.3级地震, 1975年在天山西端的乌孜别克发生7.1级和7.5级地震, 最近(1978年)又在北天山西段的奇里克发生7.2级地震。与过去的高潮期情况相比, 唯新疆境内的天山地区还没有大地震发生。近几年天山南缘从库尔勒到乌恰中强地震频频发生, 如上述可看作是震兆显示, 这是很值得注意的。

三、强震发生过程的阶段划分

强震前的地震动态, 从强震所在地带的地震活动序列分析, 可以划分出明显的四个能量释放阶段(图二)。仍以上述两大地震为例: 1895年以前, 整个天山南缘很少发生破坏性地震, 最大地震造成的破坏烈度为7度, 能量释放递增很少, 这个时期可以看作是1902年大地震前能量释放的第I阶段, 即正常的应力积累和能量释放阶段; 1896—1898年, 在这个带上地震活动水平大大提高, 先后发生8和9度破坏性强震, 能量释放明显地迅速递增, 显示该带已进入应力加强和能量释放加速的阶段, 即第II阶段; 1899—1901年全带无破坏性地震发生, 出现相对“平静”的现象, 可称为大震前能量释放异常阶段(第III阶段); 最后第IV阶段即大震发生、能量大释放, 震后调整, 释放速度明显衰减, 逐渐转入另一个活动发展的新序列。1949年库车大震前, 能量释放阶段也如此, 只是第III阶段持续时间稍短些。这与大震强度较低可能有关。

分析新疆建立台震以来的资料, 地震活动发展的能量释放四个阶段, 在强震前均明显表现。第I阶段能量释放可呈波状多次起伏, 就像乌鲁木齐——伊宁带1974年以来所表现的那样, 在此阶段能量释放递增率一般每月 $n \times 10^8$ 尔格 $^{1/2}$; 第II阶段通常只有一、两年时间, 地



图二 地震活动四阶段图

震活动水平在短期内明显加强, 能量释放递增率达到第Ⅰ阶段的三倍以上; 第Ⅲ阶段在发生六、七级地震前为一、两年时间, 地震活动水平低于第Ⅰ阶段; 第Ⅳ阶段在不同的地带调整速度不同, 有的可长达三、五年之久。各带地震活动水平不同, 各阶段持续时间、能量释放递增率不一致。但是, 只要认识第Ⅱ阶段——能量释放加速, 和释放异常的第Ⅲ阶段, 对强震前进行中近趋势分析是有益的。

从已有的几个震例资料分析, 可以用强震前各阶段地震能量释放递增率(η)的变化和大震前异常的第Ⅲ阶段持续的时间(T_{III})等因素来推算未来发生地震的可能强度($M\sqrt{E}$)。其关系式拟为:

$$M\sqrt{E} = (\eta_{II} + \frac{\eta_{III} + |\eta_{III}|}{\eta_I}) \times T_{III} + m\sqrt{E}$$

式中 $M\sqrt{E}$ 单位为 $\times 10^8$ 尔格 $^{1/2}$, T_{III} 以月计算, $m\sqrt{E}$ 系第Ⅲ阶段开始时的地震活动强度。

在实践中, 有 ± 0.5 级的偏差, 六级地震前计算结果略偏高。在1977年底发生的西克尔6.1级地震中, 又得到一次良好的验证。

四、强震的重复与填空

分析强震发生的区域特点, 重复与填空现象均有举足轻重的意义。按孤立强震与震群序列中最大的一个地震的极震区重迭的情况来看强震的重复, 如右表示: $I_0 \geq 9$ 度地震在震极区内重迭的现象目前还没有。但是, 大震附近再发生大震的现象并不少见。如巴里坤和帕米尔北部就屡次发生七级大震, 乌苏——新源、乌什、巴楚等地区都发生过多多次强震。

初震 重迭	$\geq 10^\circ$	9°	8°	7°	合计
$\geq 10^\circ$	0	0	1	1	2
9°	0	0	1	3	4
8°	1	1	2	2	6
7°	2	4	2	4	12
合计	3	5	6	10	24

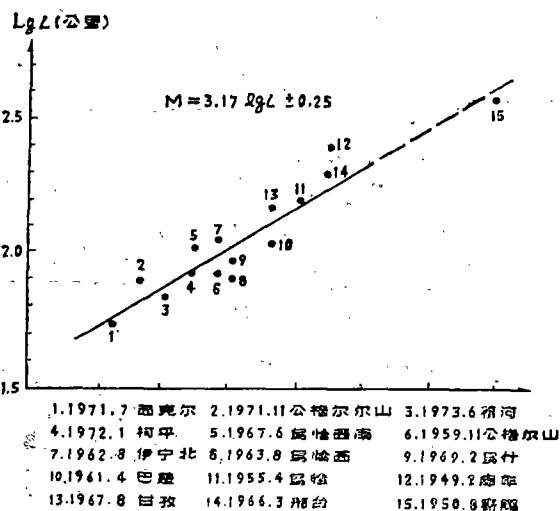


图3 空区活动断裂长度(L)与地震强度关系图

强震填空现象, 也屡见不鲜。即在强震发生前, 震区附近存在一个相当长时间的地震活动 ($M \geq 4$) 空区, 这个空区是在活动断裂构造上, 它的周围近期地震活动增强。强震发生在空区中断裂的端点、拐弯处或两组断裂交接处。以空区内活动断裂的长度 (L), 来计算未来强震震级的经验关系式为:

$$M = 3.17 \times \lg L \text{ (公里)}$$

利用上述填空特征, 我们曾对1975年和田发生的六级地震, 做过较好的趋势预报。

五、b 值 特 征

各地震带的地震活动性，可以用震级——频度关系的斜率 b 值来显示。统计1900年以来的资料，分别得到各带 b 值：西昆仑地区最高，达到0.81，该带虽未发生10度大震，但中强震频率很高；天山南缘的和靖——乌什带与柯坪——乌恰带 b 值相近，分别为0.69和0.70，但 a 值和 a/b 比值有明显差别，反映出柯坪——乌恰带有更高的地震活动强度；天山北麓的乌鲁木齐——伊宁带， b 值只有0.60，过去发生过八级大震，中强震活动水平明显的较上述各带偏低；至于富蕴——北塔山带和民丰——若羌带，统计的地震次数太少， b 值分别为0.5和0.4，是否反映出真实面貌，有待进一步工作。从现有的数据看，自帕米尔北部山区至阿尔泰山区，这样一个北东向分布，存在着 b 值逐渐降低的明显趋势。这种变化，除反映各带地质构造特点外，可能与印度洋板块在帕米尔南部插入亚欧大陆板块，引起上述地区大范围

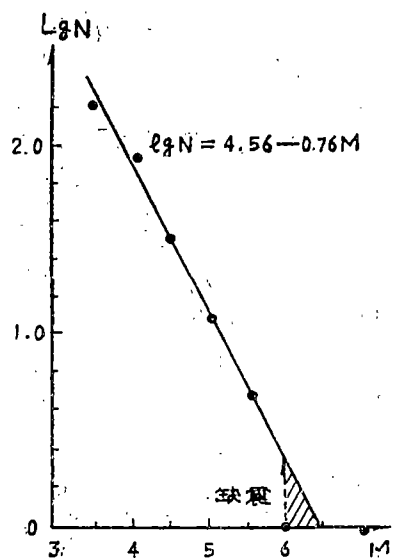


图4 1972.6—1977柯坪—乌恰带缺震情况图

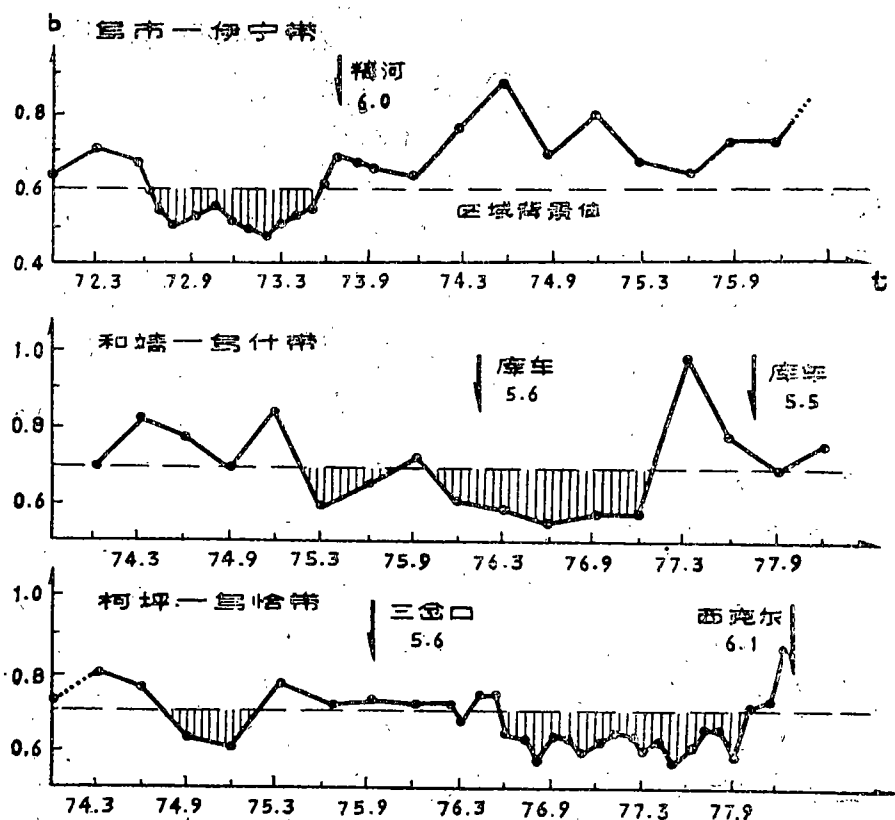


图5 b 值的时间分布图

内应力场分布状态的差异性有关^[6,7]。关于这方面的问题,将另行述及。

鉴于一个地震构造带有稳定的 b 值为背景,可以利用这个特点,在一个地震活动阶段,研究实际发震情况,找出与震级——频度曲线负偏差大的缺震震级,进行地震发展形势的估计。近年来的实践,证明是有成效的方法之一。1977年底西克尔6.1级地震前,也是用此法看出自1972年柯坪地震之后该带的缺震情况(图四)。

在一个带上,统计短时间发生的有限次地震,其系统性、完整性不同,出现 b 值随时间分布的变化(图五)。在区域台网控制较好的天山,近几年发生中强震前,往往有 b 值负异常出现。1973年精河六级地震前,连续出现十一个月的负异常,在 b 值回升到背景值以上的一个月以后,才发生强震。结合图三可以看出: b 值负异常出现的时间是在强震前能量释放异常的第Ⅱ阶段,即地震活动相对平静,小震频度骤减的结果。负异常期间的地震资料,计算出的 a/b 比值(即发生一次地震的强度)为6.1级,这与实际发生地震震级相当。1977年12月西克尔六级地震前,亦具有上述特征。 b 值负异常持续达十六个月,在震前两个月 b 值就已回升结束异常。

六、强震发生型式

新疆地震,不仅强度大、频度高,地震活动型式也是丰富多彩的。正确认识地震发生型式,有益于我们在发生强震时对未来趋势进行正确判断。考虑到分类的实用意义,按强震发生状况、地震序列中能量分配和大小地震的比例关系等标志,可以粗略划分出强震发生形式三种,共五个地震类型:

突发式:是指没有前震,强震突然发生,余震也很少很小,最大余震比主震小一级半以上,不成序列。它包括孤立型地震和主震型地震两类。前者如1959年温宿北发生的6 $\frac{1}{4}$ 级地震,在震区范围内,震前、震后1—3个月无三、四级地震发生;后者如1973年精河6.0级地震和1972年柯坪6.2级地震等,在主震发生前,震区无有感地震(二级以上),主震后三个月或更长时间,震区内只有两、三个四级余震,三级余震也不多。这种突发式强震,往往发生在断裂构造较单一的地段上。最近,库尔勒西部发生的5.8级地震也属此类。

序发式:是指在一个震区,短时间里发生很多地震,除有一个主要的强震外,既有前震,余震也多且强,最大余震与主震相差在半级至一级,余震持续时间很长。通常称之为有明显前震的主震——余震型地震。如1949年库车大震、1931年富蕴大震均属此类,前者在主震前两天发生过两次五级中强前震,在主震后三个月还发生六级强余震;后者在主震前发生过有感前震,主震两年后还发生六级强余震,最大余震达7 $\frac{1}{4}$ 级。这种类型的地震多发生在两组断裂交接处或断裂拐弯部位。

群发式:指的是在一个震区内,短时间里地震成群成簇发生,震级相差不大,没有很突出的主震,较大的地震之间震级相差在四分之一级以内。它包括双主震型和震群型两类。双主震型,如1924年民丰地震和1955年乌恰地震,它们都是同一震区先后相隔几小时至几天发生两次震级相同的七级地震;震群型地震,以1961年巴楚地震和1971年乌什地震为代表,前者在4月1—14日于同一震区先后发生了6.5级、6.4级和6.8级三次强震,五级以上中强地震还有十余次;乌什地震序列,在3月份发生6.0级和6.1级两次主要地震,随后到6月份仍在原震区又发生5.6级和5.8级两次较大地震,此外还有六次五级中强震,地震成群成对相

继发生。这类地震均发生在两组断裂构造交接部位,震源错动是在同一应力场下具有“共轭”特点,即左右旋性质的断裂或者正断层、逆断层同时错动。

强震发生型式按目前已有资料,北疆各带只有突发式和序发式两种,群发式强震仅分布在南疆的各地震带。这种现象可以看作是南疆地区受强大构造应力场作用下地震活动水平高的特征之一。

有些强震震前,震区附近小震活动频繁,空间上分布在强震震源区两侧,时间上越震越剧烈,有强度明显上升的现象。1965年博格多地震和1972年轮台地震均有这样典型的前震活动。

参 考 文 献

- [1] 李善邦 “新疆地震” 国立北平研究院院务汇报五卷一期
- [2] 梅世蓉 “中国的地震活动性” 地球物理学报九卷一期
- [3] 戈澍漠 “新疆历史地震活动” 地震战线 1977第四期
- [4] 李四光 地质力学概论 科学出版社 1973.
- [5] 张文佑等 “初论断裂的形成和发展及其与地震的关系” 地质学报 1975年第一期
- [6] 尹赞勋 “板块构造评述” 地质科学 1973年第一期
- [7] 常承法等 “中国西藏南部珠穆朗玛峰地区构造特征” 地质科学 1973年第一期

(上接第47页)

四、小 结

通过这次试验,我们取得以下几点看法。

(一)兰州地区原状黄土的动力特性试验中,模量、阻尼和动变形的实验成果比较完善,数据也较多,可供兰州地区抗震设计计算对照应用。

(二)从本区八个土样模量的实验结果看,具有一定的规律性,动弹性模量基本上随黄土硬度增大而增大,反之黄土越软模量越小。对同一土样模量随固结应力增大而增大。

(三)本地区黄土的阻尼值变化规律性不明显,很难得出什么结论,只是对阻尼值影响除土性外,滞回圈形状对阻尼值影响较大。

(四)动应力作用下兰州地区黄土的残余变形基本上与土的含水量和孔隙比成正比变化,由于黄土的残余变形较大,地震时引起的附加沉陷可能较大。

(五)黄土的强度较低,动强度比静强度稍大。黄土的动强度除动荷和振次的影响外,土性对强度的影响也较大,同一土样容重差不多,可在动力作用下产生破坏应变所需的应力和振次相差很大,如兰—1土即如此。

参 考 文 献

- [1] 西北农学院水利系; “土工抗震理论与高地震区砂土液化问题”。1978.
- [2] B. H. Seed, I. M. Idriss;
Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential.
J. SMFD. Vol.97, 1971.
- [3] 谢君斐、石兆基; “原状饱和粘土动力性能的试验研究”, 地震工程研究报告集, 第三集。