



LUNWENJI

防震减灾论文集

全国中心城市《防震减灾论文集》编委会 编

地震出版社

序

本世纪60年代以来,全球大约有20余次7级以上强震发生于大城市或工业中心附近,给人类造成了巨大的灾难和损失,1976年中国唐山7.8级地震导致了整个城市的毁灭。因此,人们注视着地震对城市构成的威胁,党和政府更十分重视城市的防震减灾工作。1994年3月9日国务院办公厅转发国家地震局关于1994年地震趋势和防震减灾工作意见报告的通知(国办发[1994]36号)中提出:“在各级政府和全社会的共同努力下,争取用10年左右的时间,使我国大中城市和人口稠密、经济发达地区具备抗御6级左右地震的能力”。实现这个任务十分艰巨,也给城市防震减灾工作带来了新的机遇。

由于科学和技术的发展,人类对自然灾害成因和危害的认识,以及减轻灾害的方法和途径,均已取得了长足的进步,并收到了非常积极的效果。同时,国内外大量的减灾实践经验告诉我们,科学预测、政府决策以及社会民众行动三者的最佳结合是减轻灾害的有效途径。《文集》所收编的文章,大体反映了这方面的内容。《文集》的作者工作在城市防震减灾的第一线,他们的论文不仅有丰富的实际内容,而且有较强的针对性,值得一读。

16个中心城市以及其他大中城市的地震部门,是主管防震减灾工作的职能部门。随着城市经济建设的飞速发展,必须切实强化政府防震减灾工作的社会管理职能,紧紧围绕十年目标,在抓好地震监测预报和系统自身建设的基础上,努力做好城市的工程抗震、震害预测、应急抢险救灾、政府行政法规的制定等工作,加强信息交流和横向协作,认真研究部署,真正把“以防为主,走综合防御道路”的方针落到实处。

《文集》是16个中心城市地震部门广大科技工作者与管理干部多年来从事防震减灾实践的成果,是他们辛勤劳动的结晶。

我相信,《文集》的出版必将对我国的城市防震减灾起到积极的推动作用。这里,我希望大家再接再厉,努力奋斗,为早日实现我国防震减灾十年目标作出更大的贡献。

何永年

1995.3

编者的话

全国 16 个城市（哈尔滨、沈阳、长春、大连、青岛、济南、西安、成都、重庆、武汉、南京、杭州、宁波、厦门、广州、深圳）地震部门和地震工作者，把推进地震科技进步与提高城市综合抗震防灾功能紧密结合起来，通过多年的观测、试验、考察和研究工作，在分析预报、工程地震、震害预测、应急救灾、防震减灾宣传教育等方面取得了一些进展和成果，在不同的刊物上发表了不少有一定水平的报告和论文，还有相当部分在不同的会议中进行了交流。

为了集中介绍 16 个城市地震部门和地震工作者多年来辛勤工作的成果，有利于学术交流，避免日后的科研工作在同一水平上重复，我们将 1983 年以来未公开发表的部分论文、报告，收集、整理、汇编成全国中心城市《防震减灾论文集》供同行们参考。

本文集所汇编的文章，有一定的时间和阶段性，为了历史地看待城市地震工作的发展过程，本文集保留了作者当时的观点。

本论文集在整理出版过程中，始终得到了国家地震局震害防御司辛书庆副司长的热情指导和协助。参加审编工作的有杨云发、谢正章、洪时中、许贵明、童林生、江涛、余永安等，由余永安同志负责最后的统编工作。

由于时间仓促，水平有限，选编中难免有缺点错误，望读者提出宝贵的意见。

编 者

1994 年 9 月

目 录

1900 年以来我国大陆地震能量释放规律探讨	吕炳全 刘金玲 (1)
对澜沧地震后地震大形势几个问题的初步认识	洪时中 (10)
闽南沿海历史地震活动主要特征分析	叶振民 (14)
华东东部地区中强地震概率背景及其趋势估计	门可佩 赵 兵 (18)
论东南沿海发震构造	叶 清 (23)
苏 15 井水位趋势异常与江苏中强地震	许贵明 (31)
1989 年 12 月 6 日邛崃 4.8 级地震特征	王承先 (40)
唐山 7.8 级地震前后前兆手段的灰关联度时序分析	杨建军 (47)
龙门山带中南段 $M_s \geq 4.0$ 地震序列的一般特征	王树华 (57)
陕鼓厂地震观测井水位变化规律及异常原因探讨	
..... 西安市临潼县地震办公室 (60)	
卢家井震例总结及异常指标的确定	白占锐 李恩泽 (68)
重庆江北地震预测预报与对策措施	雷万明 余国政 廖登孝 (75)
台湾地震波及武汉市有感现象的初步研究	李江华 曾 柯 (79)
触发式遥测地震系统的研制与在大连遥测地震台网中的应用	
..... 张小平 李 铁 张瑞涛 谭春业 张 健 陆其鹤 (83)	
遥测副载波的检测与控制	李 铁 (90)
超短波信道指标的定义及物理意义	索世英 龚 飞 (93)
最长周期为 100 秒的超低频信号发生器	索世英 (96)
井网建设中值得注意的几个问题	江 涛 李介成 (99)
地下水监测目标管理初探	徐 波 (103)
广州市地震交通对策研究	
..... 郭钦华 丁原章 邹从学 张春阳 胡新忠 (106)	
大连市旅顺口城区地震危险性分析	张学敏 (112)
城市工业区的抗震决策	王维臣 喻虹桥 (119)
沈阳市地震防御对策的初步研究	王维臣 喻虹桥 童林生 (123)
沈阳市抗震救灾工作预案初探	李宝声 童林生 (129)
工程地震在城市建设中的作用及其社会效益	胡绍成 (134)
武汉市汉阳区鹦鹉街场地地震动反应分析	
..... 李江华 曾 柯 钱胜国 (141)	
西安地裂缝研究综述	余永安 (146)
1987 年西安地区一次地震谣传概况及对策	余永安 (151)
中心城市工程地震工作浅析	杨云发 李江华 曹真福 (154)
福建沿海三次有感地震对厦门的影响、对策及启示	严为善 (158)

1986年2月26日邻水县甘坝乡3.5级地震的地震社会学问题	朱荣禄 (161)
城镇地震社会心理行为预测初探	林兆汉 (166)
开展工程抗震工作, 加强工程地震管理	深圳市地震、抗震办公室 (171)
开展防震减灾宣传工作的若干意见	广州、厦门、宁波市地震办公室 (173)
加大改革力度, 增强参与意识, 努力拓宽地方地震工作路子	童林生 崔朝英 (177)

1900 年以来我国大陆地震能量释放规律探讨

吕炳全 刘金玲

(西安市地震局)

一、资料来源

按照震级能量公式: $\log E (J) = 4.8 + 1.5M_s$ 。我们对 1900 年有仪器记录以来 $M_s \geq 5.0$ 级的我国地震能量释放规律作了统计分析。所采用的震级参数资料如下:

1900—1969 年: 采用科学出版社 1983 年出版顾功叙主编的《中国地震目录》有关资料。

1970—1980 年: 采用科学出版社 1983 年出版, 中国地震历史资料编辑委员会总编辑室谢毓寿、蔡美彪主编的《中国地震历史资料汇编》第五卷的有关资料。

1981—1984 年 9 月: 采用陕西省咸阳市地震学会和地办编的《咸阳地震》总第七期有关资料。

1984 年 10 月到 1985 年 9 月采用西安市地震局编的《地震资料》中有关资料。

文中涉及的 1900 年以前 $M \geq 8.0$ 级地震, 参照了中国科学院物理研究所高建国在 1984 年 2 期《西北地震学报》提出的地震目录。

二、地震能量计算范围和能量释放规律

为了比较不同范围内的地震能量释放规律, 我们作了如下划分和计算。

中国大陆地区地震能量释放曲线如图 1 (a) 所示, 地震分布范围是以我国大陆国境线内和沿海海域中水深 100m 以内的大陆地形缓慢延伸区域 (不包括台湾)。海深 100m 以上的地形坡度急剧变陡而渐和环太平洋地震带连为一体。考虑到环太平洋地震带所释放的地震能量占了全球地震能量的 80% 左右, 其地震活动有其独自的规律, 故把水深 $> 100m$ 的海域不作为大陆地区看待。

东北深源地震所释放的能量我们曾作过扣除与不扣除的比较, 其结果对全国大陆地区地震能量释放的规律性没有影响, 故将其计入。

图 1 (b) 是计算全国范围内的 (包括所属全部海域) 地震能量释放曲线。

图 1 (c) 是我国台湾和海深 $> 100m$ 以外海域的地震能量释放曲线。

从图 1 (a) 可以看出:

(1) 大陆地区地震能量释放基本上具有相同的周期性。

(2) 从本世纪开始我国即处于地震能量释放的高潮时段, 到目前已经历了能量释放的 4 个高潮时段和 4 个低潮时段。把每一个低潮时段和其后面的高潮时段作为一个能量释放周期, 并参照各周期的情况, 以年总释放能量 $\geq 15 \times 10^{15} J$ 为能量释放高潮时段, $< 15 \times 10^{15} J$ 为能量释

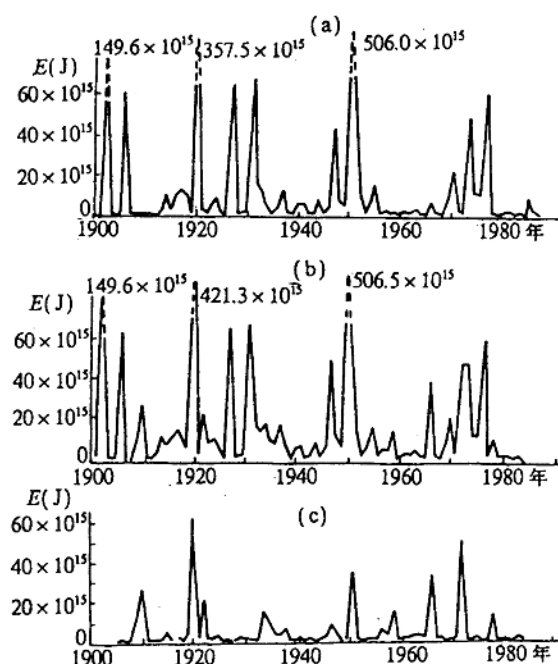


图1 $M_s \geq 5.0$ 级地震能量释放曲线图

放低潮时段。低潮时段 13—14 年，高潮时段 7—13 年。高潮期有逐渐缩短的趋势。

表 1 各地震活动期时间表

活动周期	年 段	年 数	低潮期时段	年 数	高潮期时段	年 数
1	—1906	>6			—1906	>6
2	1907—1932	26	1907—1919	13	1920—1932	13
3	1933—1955	23	1933—1946	14	1947—1955	9
4	1956—1976	21	1956—1968	13	1969—1976	8
5	1977—现在		1977—现在	9		

(3) 第四周期高潮时段释放的能量是最低的一次，其总能量为 $164 \times 10^{15} \text{J}$ ，只有前一周期的四分之一（见表 2）。

(4) 我国大陆地区 $M \geq 5.0$ 级地震年释放能量在 $3 \times 10^{15} \text{J}$ 以上时均有 ≥ 7.0 级地震发生。从 1900—1955 年的 56 年中，有 33 年发生 $M \geq 7.0$ 级地震。即使在能量释放低潮时段，最多也只隔两年就要发生 $M \geq 7.0$ 级地震（1907—1912 年除外）。但第四周期的低潮时段（1956—1968 年）只有青海省阿兰湖附近 1963 年发生一次 7.0 级地震，三年后的 1966 年发生邢台 7.2 级。通常把邢台 7.2 级地震作为这一高潮时段的开始。考虑到以往的低潮时段仍不时地有

7.0—7.5 级地震发生。而邢台地震前 3 年有青海阿兰湖 7.0 级，3 年 4 个月后才发生渤海 7.4 级；1966 年总释放能量才 $8 \times 10^{15} \text{J}$ ，比前两个周期低潮时段的能量几乎还低一半，故我们认为以渤海 7.4 级地震作为我国大陆地区第 4 个地震能量释放高潮时段的开始较妥，尽管发生该地震的 1969 年地震总能量只接近 $10 \times 10^{15} \text{J}$ ，但半年后就发生了通海 7.7 级大震，明显地进入了能量释放高潮时段。

(5) 唐山 7.8 级地震后的 1977 年，我国大陆地震活动进入了第五周期的低潮时段，到 1985 年 8 月乌恰 7.4 级地震的前 9 年，大陆未发生过 $M \geq 7.0$ 级地震，其能量释放水平略低于上一低潮时段。从以往各周期低潮时段的时间间隔推断，预计于 1988 年前后才开始进入第五地震能量释放高潮时段。

(6) 台湾地区每隔 10 年左右有一次能量释放高潮，高潮多为一年，少数为 2—4 年。

三、各周期的地震活动特征

把二、三、四这 3 个全周期 $M \geq 7.0$ 级地震震中按低潮时段和高潮时段标绘于图。第一周期低潮时段在 1900 年以前无完整资料；第五周期低潮时段除 1985 年 8 月乌恰 7.4 级外，大陆未发生过 $M \geq 7.0$ 级地震，故取 6.5 级。结果如图 2、3、4、5 所示。

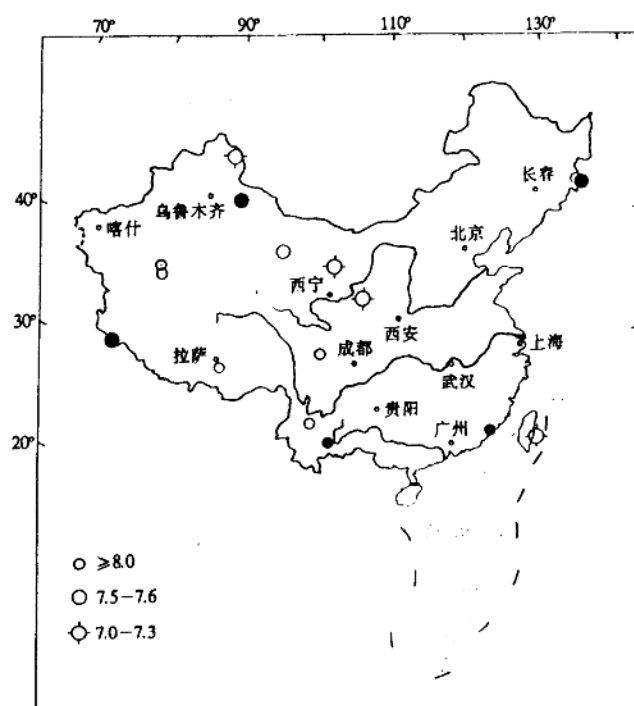


图 2 第二高潮期 $M \geq 7.0$ 级震中分布图

●：表示低潮期地震 (1907—1911)；○：表示高潮期地震 (1920—1932)

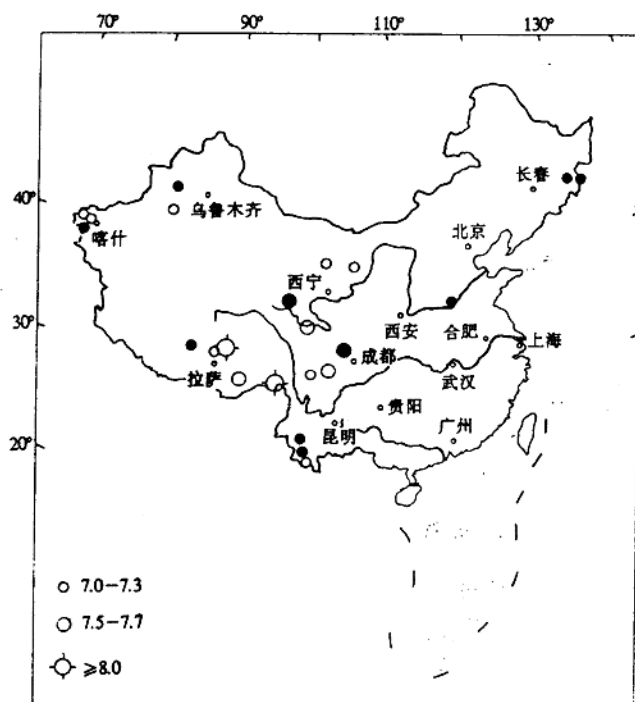


图3 第三周期 $M \geq 7.0$ 级震中分布图

●：表示低潮期地震（1933—1946）；○：表示高潮期地震（1947—1955）

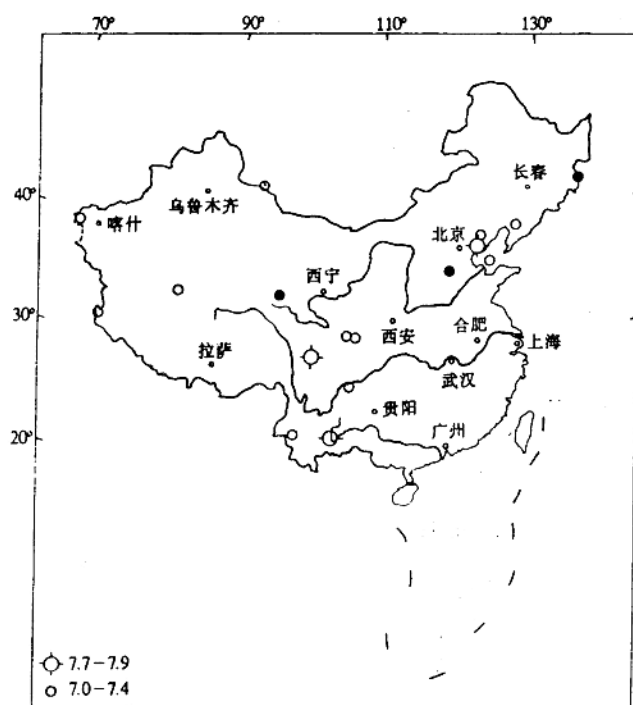


图4 第四周期 $M \geq 7.0$ 级震中分布图

●：表示低潮期地震（1956—1968）；○：表示高潮期地震（1969—1976）

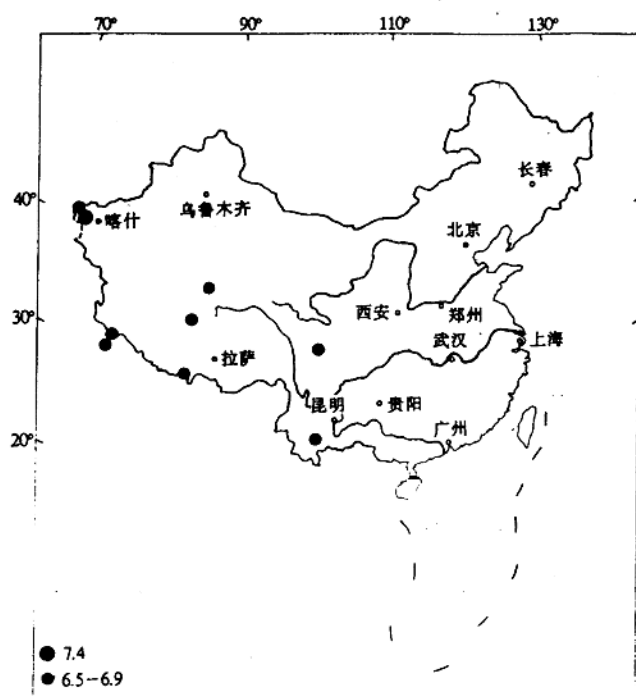


图5 第五周期低潮期（1977年以来） $M \geq 6.5$ 级震中分布图

●：表示低潮期地震（1977—现在）

(1) 从图2可知，第二周期低潮时段大陆有6次7.0—7.5级地震（其中东北深震区深源地震一次），分布于我国边境地区，很分散，整个中国大陆形似一个7.0—7.5级地震围空区。这种形势表明整个大陆地区均处于较强的应力状态。其后的高潮时段大陆有海原8.5级，古浪8.0级和新疆富蕴8.0级大震；有史以来台湾唯一的有记载的一次8.0级地震也在此期发生。这些 ≥ 8.0 级地震的发震顺序由东南向西北，震中连成一条北西向贯穿我国的一条直线，大陆的能量释放中心在南北地震带北段和西北震区。

(2) 图3显示第三周期的低潮时段有10次7.0—7.5级地震（其中东北深震区深源地震两次），主要集中在西南地震区。华北震区这时也发生了菏泽7.0级地震，说明此区活动已有所加强。这一周期高潮时段能量释放中心在西南震区，有墨脱8.5级和桑雄8.0级大震；其主震外围在低潮期共发生7.0—7.5级地震5次。

(3) 图4表明第四周期低潮时段只有三次7.0—7.2级地震，其中东北深震区深源地震一次、华北和西南震区地震各一次。这一周期低潮时段的地震活动性比以往各周期相应时段都弱（可是华北震区却显示出进一步加强，继上一期发生菏泽7.0级之后又发生了邢台7.2级），其后高潮期主震小，最大为四川炉霍7.9级，但对人民生命财产造成惨重损失的唐山7.8级地震则是华北震区二百多年来的最强震。这一高潮期的能量释放中心在西南和华北两震区，其能量释放水平较以往各期均小。

四、下一高潮时段能量释放中心地区和强度预测

(1) 能量释放中心地区：从以上的分析可以看出 2、3、4 三个完全周期低潮期主要地震活动区域就是其后高潮期强震活动主体地区。因此从图 5 的低潮期所显示的地震分布图象可能预示着下一次地震能量释放高潮期强震活动的中心地区可能是包括滇西在内的西南震区。新疆乌恰位于天山、昆仑山和纬向构造的交汇部位（据李四光著《地质力学概论》）和印度板块西侧向北突入的弧形构造顶部，是地应力易于集中，地震易于发生的场所，1985 年虽然发生了 7.4 级地震，但本世纪以来各周期都有 $M \geq 7.0$ 地震发生（第二周期的 1911 年在国境线西侧发生 7.8 级地震）。据朱世慧于 1985 年第七卷第三期《西北地震学报》所发表的“对天山地区未来 7 级大震的预测”一文认

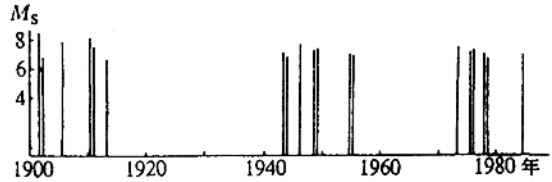


图 6 天山地区 $M \geq 7.0$ 级地震 $M-t$ 图

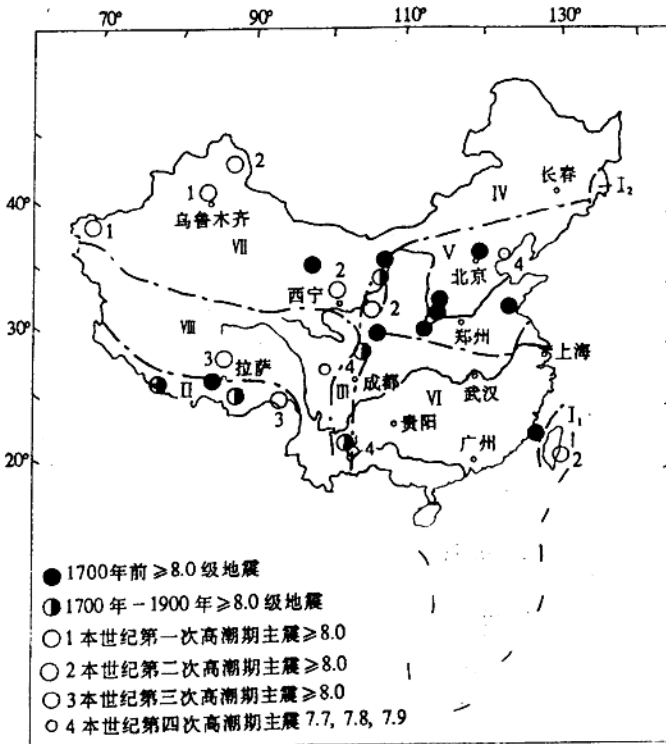


图 7 中国 ≥ 8.0 级强震和本世纪 4 次地震高潮期主震分布图

I₁、环太平洋地震带台湾地震区；I₂、环太平洋地震带东北深震区；II、地中海喜马拉雅地震带；III、南北地震带；IV、东北地震区；V、华北地震区；VI、华南地震区；VII、西北地震区；VIII、西南地震区

为，天山地区（包括我国以西的天山地区）从 1974—1986 年是本世纪第三个地震活动高潮时段，并根据前两次高潮期中出现的 $M \geq 7.0$ 级地震高峰预测还缺一次高峰，几年内要发生 1—2 次 7 级以上地震。1985 年 8 月乌恰 7.4 级地震证实了这个预测。所以该震是预示着天山地区的第三个地震活动高潮时段的结束（或即将结束），而不是该区地震高潮的来临。为了进一步分析我国大陆地区未来的地震形势，我们编绘了图 7。

该图是自公元前 1831 年有资料记载以来到现在 ≥ 8.0 级地震分布变迁图，它说明了以南北地震带为界的我国东西两部分，不仅在地形地貌、地壳和岩石圈厚度、地球物理场特征等方面有显著差别，而且在构造运动和地震活动性上也各有其特征。

东部地区地震的孕育和发生主要受控于太平洋板块的活

动,而太平洋板块向西推挤的能量大部分在与大陆毗连的俯冲消减带附近通过地震而释放,这里每年都有许多地震发生。所以我国东部大陆(主要是华北震区)大地震的能量积累需要很长时间, $M_s \geq 8.0$ 级地震活动周期有史载以来发生在1303—1695年这一段。1812年到现在的华北震区第四地震活动周期中(中科院地质所1977年《中国地震地质概论》),无 $M \geq 8.0$ 级地震,7.5—7.8级地震周期为60—90年(图8)。但唐山1976年发生7.8级地震后其地震能

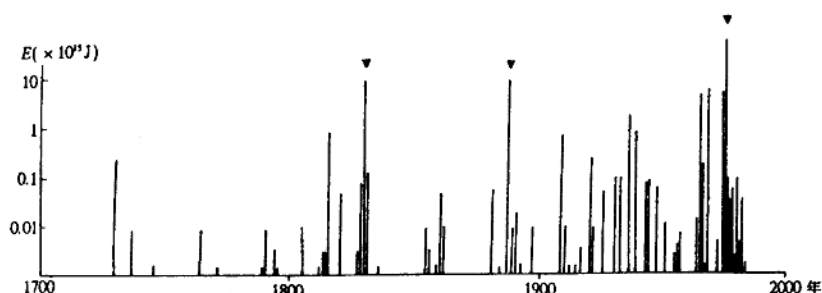


图8 华北震区 $M \geq 5.0$ 级地震年能量释放图(▼为7.5—7.8级地震)

量释放达到了本活动期的最高峰,以后地震活动水平将会逐渐减弱,从1977年到今最大震级是1984年黄海6.2级。结合各周期低、高潮期地震活动特点和图5的地震图象分析,不大可能是下一次地震高潮期能量释放的主体地区。不过华北地区震源较浅,又是我国政治、经济和文化中心,中强地震仍可能造成较严重的破坏和损失;尤其是唐山地震后至今 $M \geq 5.0$ 级地震分布显示出对山东及其周邻地区、渤海、黄海形成围空之势,应特别加强研究和监测,警惕7级左右地震发生。

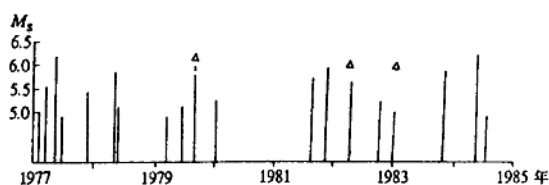


图9 华北震区 $M \geq 5.0$ 级地震 $M-t$ 图
(△为南北带北段地震)

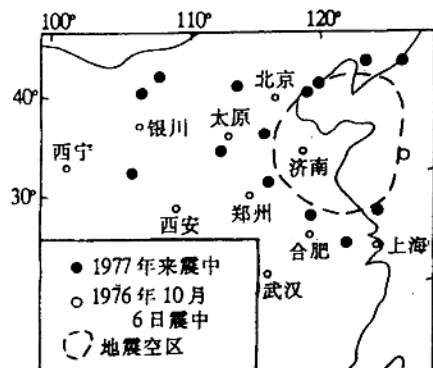


图10 1977年以来华北震区5.0—6.2级震中分布图

我国西部地区,其地震活动主要受控于印度板块。从图7可以看出,西部地区 $M \geq 8.0$ 级地震各个时期都有发生。欧亚两大板块与印度板块的缝合部位就在我国雅鲁藏布江一带,印度板块向北推挤的作用力(还可能和软流层物质的活动有关),集中在我国西部及西南诸邻国。没有太平洋板块在深海沟处俯冲消减带大量释放应力的缓冲作用,所以其地震活动要比东部频繁强烈得多。本世纪的四次能量释放高潮主体地区都在西部也说明了这一点,不过自第三周期以后其活动能量正在减弱。

(2) 能量释放强度:将各地震活动期低高潮时

段 $M_s \geq 5.0$ 级地震能量列表 2，并作出关系图 11。

表 2

活动周期	低潮年段	能量 (10^{15}J)	高潮年段	能量 (10^{15}J)
2	1907—1919	54.35	1920—1932	530.14
3	1933—1946	62.81	1947—1955	664.92
4	1956—1968	24.28	1969—1976	164.44
5	1977—1985	19.88 (今年乌恰 7.4、6.8 级地震能量约占一半)		

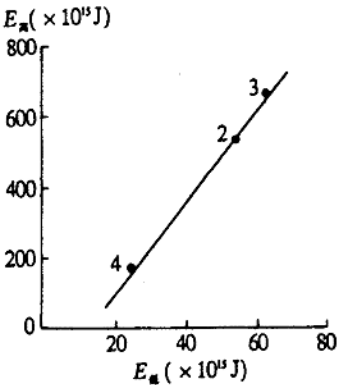


图 11 各周期低高潮时段 $M \geq 5.0$ 级地震能量关系图 (黑点数码为周期序号)

由上图可以看出，2、3、4 这三个全周期低潮时段所释放的地震能量和其后高潮时段的能量呈正相关关系，该直线方程为：

$$E_{\text{高}} = 12.92E_{\text{低}} - 153 \times 10^{15}\text{J}$$

$E_{\text{高}}$ ——地震高潮时段释放的能量； $E_{\text{低}}$ ——地震低潮时段释放的能量。

将 1900 年以来大陆地区 $M \geq 7.0$ 级地震按时间顺序绘成图 12，可以看到本世纪后半叶，大陆地区无论是低潮时段还是高潮时段，地震强度都在减弱，至今再无 $M \geq 8.0$ 级地震发生。

依据图 1—5 和图 11、12 所揭示的规律，1977 年到现在的第五周期低潮时段所发生的地震震级小， $M \geq 7.0$ 级只有乌恰一次，和其所释放的总能量低等特点，推断下一高潮时段将要释放的地震能量不会超过上一高潮期，仍将处于较低的水平；其所释放能量大小，基本上可以用上述低、高潮期能量关系式予以预测。

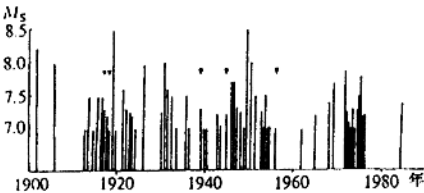


图 12 1900 年以来中国大陆 $M \geq 7.0$ 级地震 $M-t$ 图
(▼东北深震区深源地震)

五、结 语

通过对我国海深 100m 以内的大陆地区 $M_s \geq 5.0$ 级地震能量和各期地震活动规律分析认为：

- (1) 本世纪以来我国大陆地区地震能量释放有 21—26 年的周期性，其中能量释放低潮时

段 13—14 年，高潮时段 8—13 年。

(2) 我国大陆地区下一次地震能量释放高潮时段将于 1988 年前后开始，其能量释放水平不会超过上一高潮期。

(3) 1977 年到现在，除 1985 年 8 月新疆乌恰发生 7.4 级地震外，无 $M \geq 7.0$ 级地震发生，6.5—6.9 级地震集中在西南震区。预计下一次地震高潮期的能量释放中心在包括滇西在内的西南震区。

(4) 1976 年唐山 7.8 级地震至今，华北震区 5.0—6.2 级地震对山东省及其周邻地区和渤海、黄海有围空之势，应警惕有 7 级左右地震发生的可能。

用地震活动周期性预测预报地震早已为广大的地震工作者所采用。但是在区域选取、周期划分等方面会有所不同。我们在研究过程中虽力求资料齐全可靠和时间、区域的选取尽量合理，但因所处工作条件、作者水平等方面的限制，可能会有不妥之处，有待实践进行检验，以便不断总结提高。

对澜沧地震后地震大形势几个问题的初步认识

洪 时 中

(成都市地震局)

1988年11月6日澜沧发生7.5级地震,这是中国大陆及其邻区自1976年以后最大的一次地震,自然受到了人们的关注。澜沧地震的发生,使我国地震大形势的一些问题明朗了,同时也带来了一些新的启示与疑问。现就其中的几个问题谈谈自己的一些初浅认识。

一、活跃幕问题

1987年5月至1988年7月,中国大陆(国界内)曾有15个月未发生 $M_s \geq 6.0$ 级地震,异常的平静曾使一些同志对新的活跃幕“已经来临”或“即将来临”的推断表示怀疑。但是,8至11月短短的3个月时间,在中国大陆及其邻区的3个地点发生了4次 $M_s \geq 7.0$ 级的地震,这使人们不能不相信,中国大陆及其邻区地震活动新的活跃幕已经正式开始。其主要依据是:

(一) 中国大陆地震的幕式活动是客观存在

马宗晋等^[1]系统论述了中国大陆地震活动的世、期、幕、阶等不同层次的韵律,对地震幕作了尤为深入的研究。然而,也许仍然有人对他们客观性表示怀疑。

我们认为,这种怀疑是不正确的。至少对于中国大陆地震幕这样一个层次,我们有以下几点理由证明其客观性:

(1) 有不少人从不同的角度对中国大陆的地震幕进行了研究^[2-7],他们的工作有4个方面不一样,即统计的地区范围不一样(包括邻区或只限国界内)、所用的地震目录不一样(大体有顾功叙的与阿部胜征的两大系统)、震级下限不一样(从 $M_s 6.0$ 到7.7级)、所用方法不一样(大体有直观综合分析法、最优分割法和应变积累释放曲线法三种),但却都得到了大体一致的结果,尤以资料较为完整的第3、4个活跃幕的起止时间和第2活跃幕的结束时间最为相近。进一步的分析可以看出,不同研究者分幕上的差异正是由于上述几个不一样所引起的,但每个活跃幕和平静幕的主体时段却是完全一致的。

(2) 最优分割法(有序聚类法、Fisher法)是一种不会因人而异的、客观的方法。它的基本思想是:对有序样品找出一种统计上最优的分段,使得各段内的方差最小(段内差异最

· 本文完成于1988年12月14日,曾收入马宗晋教授主编的《地震大形势研究的述评与形势预测》(内部文集,并在1989年1月召开的全国地震趋势会商会上交流。文中最后一部分的预测意见已为1989年巴塘6.7级强震群所证实。此次发表仅将与本文中心内容关系不大的第二部分“茂木周期问题”和全部表格删去,个别数据按最新的地震目录作了调整,其余未作任何改动。

小),而段与段之间的方差最大(段间差异最大)。笔者对中国大陆及其邻区 1897—1976 年 $M_s \geq 7.7$ 级“巨大地震”间隔时间 τ 进行最优分割的结果表明^[2],分为 7 段(4 个活跃幕、3 个平静幕)时,段内方差为 3.97,段间方差为 39.02, F 值为 9.83,可以在 $\alpha=0.01$ 的显著性水平上通过检验。换句话说,这种“巨大地震”疏密相间的分幕是客观存在的,不是偶然因素而随机造成的。傅征祥等在地区范围有所不同(只限国界内)、采用的地震目录不同(阿部胜征目录)的情况下对 $M_s \geq 7.0$ 级地震的间隔时间最优分割的结果,同样可以通过统计检验^{[3],[4]},再次证实了中国大陆地震幕式活动的客观性。

(3) 本区各地震幕的 b 值明显地分为两类,正好分别与活跃幕、平静幕相对应,彼此间有显著差异。笔者用最小二乘法求出了中国大陆及其邻区 1920 年以来各幕浅源地震的 b 值(取 $M_s \geq 6.0$ 级地震,每 $1/4$ 级为一档,1920 年以前因资料不够可靠,未予采用),然后用概率统计中比较两条回归直线的方法^[8],对这些 b 值一一作了严格的统计检验(t 检验)。结果发现:各活跃幕的 b 值均在 0.74—0.84 间,彼此间没有显著差异;各平静幕的 b 值均在 1.27—1.29 之间,彼此间也没有显著差异;可是,在任意一对活跃幕与平静幕之间, b 值都有显著性差异,无一例外地都可以通过统计检验(除了一对的显著性水平为 0.05 外,其余 8 对均达到 0.01 甚至 0.001)。

还应当说明的是,这是按照古登堡-顾功叙系统的地震目录作的,笔者也用阿部胜征-程德利系统的目录计算过,得出的结论完全不变。同时,笔者还采用马宗晋等的分幕方案^[6]计算过,结论也完全一样。这就是说,上述结论是相当稳定的。

地震 b 值实际上是强度(能量)分维, b 值的物理意义十分明确,活跃幕的 b 值比平静幕明显偏低这一事实可能有更为深刻的含义,它可能表征在活跃幕时整个块体处于一种“高应力”的状态。同时,它也从另一个侧面证明了地震幕式活动的客观性。

看来,地震的幕式活动不是偶然的,它可能是自然界中广泛存在的韵律性(轮回性、周期性或节奏性)的一种表现。

(二) 1988 年 8 月以来中国大陆及其邻区地震活动的特点

1977 年以后的若干年,中国大陆及其邻区的地震活动比 1976 年及其以前的几年已明显减弱,显然属于本世纪的第四个平静幕,这是有目共睹的事实,不必多谈。

值得注意的是,1988 年 8 月以来,本区地震活动与前一段时间有很大不同,已经出现了与平静幕很不一样的以下特点,显然应当归于活跃幕之中:

(1) 地震的强度、频度显著提高,在 3 个月时间内,已发生 $M_s \geq 7.0$ 级地震 4 次,总能量达到 $2.00 \times 10^{16} \text{J}$ 、“总应变能量”达到 $2.67 \times 10^8 \text{J}^{1/2}$,均远大于 1977 年以来任何一年的水平,与过去各活跃幕起始年份的水平相当。

(2) 出现了“大震连发”的现象。如将 60 天以内在本区两个以上不同地点相继发生 $M_s \geq 7.0$ 级浅源地震的现象称为“大震连发”,则本世纪以来本区已出现过这类现象 9 次,全部发生在活跃幕中。看来,“大震连发”可能是地震特别活跃的一个标志。1988 年 8 月,本区又出现“大震连发”,这说明本区已进入了活跃幕。

(3) 出现了“7 级双震”。如将同一地点两次主震均大于或等于 7.0 级、其震级差 $\leq 3/4$ 级,相距时间 ≤ 15 天的浅源地震称为“7 级双震”,则本世纪以来本区已经出现过 9 次,均发生在高潮幕中,澜沧地震则为第 10 次。看来,“7 级双震”也可能与活跃幕有一定的关系。

(三) 本活跃幕的起始年份

目前有 1985 年(乌恰地震)和 1988 年(澜沧地震)两种意见。笔者认为,这两种意见并无实质性的分歧。因为乌恰地震属于张国民所提出的“过渡幕”^[7]。如果将乌恰地震看作新的活跃幕的前奏的话,澜沧地震则是这一活跃幕正式开幕的标志。

(四) 新的活跃幕强度尚难预计,但至少将发生多次“巨大地震”

吴佳翼等指出^[9],全球地震活动水平在 50 年代初有一个显著的下降,并称这为“50 年代事件”。另外有许多人都注意到,中国大陆及其邻区本世纪第四个活跃幕和第三、四平静幕,其地震活动强度均低于前几个相应的幕。这就提出了一个问题:新的活跃幕的活动水平是否受一个更高层次的韵律的制约?其活动水平会不会比以前更低?

限于资料,目前还难以对这一问题作出回答。笔者认为,即使新的活跃幕强度再低,恐怕也应当与第四个活跃幕大体相当,也应当有多次“巨大地震”(以 $M_s \geq 7.7$ 级为参考标准)发生。作更低的估计则依据不足。

二、8 级大震问题

1946—1950 年,在缅甸、川青交界、四川、西藏、云南等地先后发生多次 7 级以上地震,接着就发生了察隅 8.6 级大地震。1988 年又在喜马拉雅弧东段及其附近发生了多次 7 级地震,很自然地会提出这样一个问题:该地是否又会在近几年内发生 8 级大震?

喜马拉雅弧无疑是具有发生 8 级大震的构造条件的,历史上也曾发生过多次。但是,1897 年、1934 年和 1950 年 3 次 8.3—8.7 级大震的极震区已经相连乃至重叠,在喜马拉雅弧东段已经找不到短期内可能发生“巨大地震”的空段,因此,尽管该段目前地震活动水平明显增强,也不可能在本幕内发生 8 级大震。对此,笔者已有另文阐述。

至于在川、滇、藏交界处等地区,目前地震活动水平还很低(7 级大震均在喜马拉雅弧外侧或红河断裂以西),还看不出有立即发生 8 级大震的迹象。1970—1976 年川滇地区“7 级大震围空”的态势早已过去了 12 年,不能作为今后发生 8 级大震的依据。要知道,1946—1950 年的“7 级大震围空”结束后,8 级大震很快就来临,而且它们同属一个活跃幕。

笔者认为,新活跃幕地震活动的主体地区目前仍然不够明朗,这是一个需要进一步研究的重要问题。

三、四川近期发生 6 级以上强震的危险性很大, 应当引起高度重视

目前,特别紧迫的问题是:澜沧地震之后,我国大陆下一次较大的地震将在哪里发生?笔者认为,四川西部及其邻区(以下简称“川西”)很值得注意,近期即可能发生 6 级以上地震,而且不排除发生 7 级左右地震的可能。

其主要依据如下:

(1)“川西”地震分幕非常明显,其“特征震级”为 6.0 级^[2]。从 1982 年 6 月至今,该区平静幕已长达 6 年半。达到并超过了前几个平静幕的水平。按这几个平静幕时段长度的均值和方差估算,该区在 1989 年 3 月底以前进入活跃幕(即发生 $M_s \geq 6.0$ 级地震)的概率为 94%,