

213 7944 56.13

大同-阳高地震研究

STUDY ON THE DATONG-YANGGAO EARTHQUAKE

国家地震局科技监测司 编

地震出版社

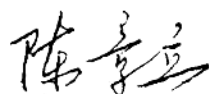
序

1989年10月18日至23日在大同一阳高一带接连发生了包含5次5级以上地震的中强震群。时隔一年半之后,1991年3月26日又在原震区发生了5.8级地震。这是华北地区在1976年唐山大地震之后,最引人注目的震情事件。

大同-阳高地震,不仅因其发生在“首都圈”的西部、我国的“煤都”大同而引起国内和国际社会广泛的关注,而且是在我国于80年代对地震前兆和预报方法进行了系统的清理和“实用化”攻关研究之后,在对地震监测系统进行调整、优化的过程中,在我国地震台网检测能力相对较强的地区发生的突出的地震事件,因此,它的发生,在科学上究竟给人们什么启示,便成为地震界十分关心的问题。不论是1989年还是1991年的地震,都发生在年度预测所确定的重点监视防御区内,但是,人们在这两次地震的短临预报的努力中,遭受了挫折。它再次把地震预报的前景和难度展示在人们的面前。很多科学问题也相应地提了出来,例如,为什么在大同一阳高地区发生了华北地区有地震记载以来,少见的如此突出的中强震群;为什么时隔一年半,原震区重复、且最大震级相近的两次中强地震,其前兆特征虽有相似之处,又有不少差异;为什么在我国大陆地震活动开始明显进入一个新的活跃期之际,在华北北部地区,出现这样一个过去罕见的中强震群活动,它对华北地区,乃至全国未来地震趋势有何影响,等等。这些问题都需要我们认真研究,努力寻找相应的科学答案。为此,国家地震局组织力量,用了两年多的时间对大同-阳高地震进行了专题和综合的研究,从地震前兆的识别、前兆场的特征、地震孕育的数值和实验模拟等各个方面进行了广泛的探索。

本书是上述研究工作部分成果的汇编,所反映出的很多成果,对广大地震工作者有一定的借鉴意义。但本书的研究成果表明,要对上面所提出的问题作出科学的回答,尚须对其作深入的研究。此外,本书作为研究成果的汇编,由于不同作者所使用的方法和引用的资料出处有别,书中存在一些不一致之处,如对1989年10月19日01时01分的最大地震,多数作者引用全国速报台网6.1级的结果,有些则引用数字化台网测定的5.8级,彼此的震级有一定的差别,本书尚未予以统一。出版本汇编的目的,在于向广大地震科技人员提供大同-阳高地震的丰富资料和阶段性的研究成果,把研究朝综深方向推进。我祝

愿本书的出版，能引起地震界对华北这一突出的中强震群研究的进一步重视，充分利用这次地震事件所提供的丰富资料，对地震孕育、发生过程和前兆特征作深入的探索，取得新的认识、新的进展，以促进地震预报水平的提高和防灾减灾工作的深入开展，特别对今后首都圈地区的地震监测预报和防震减灾作出更大的贡献。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '陈向' (Chen Xiang), written in a cursive style.

1993.6

目 录

大同-阳高 6.1 级地震在华北近期地震活动中的地位	张国民 李宣朔 (1)
大同-阳高地震序列特征	朱传镇 王琳瑛 林邦慧 (11)
大同-阳高地震的短临前兆	苗良田 景呈国 张德信 (19)
1989 年大同-阳高地震的孕育过程分析	陈绍绪 (27)
大同-阳高 6.1 级地震前北京地区前兆	
异常特征	康京国 王登宣 王燕群等 (35)
大同-阳高地震前兆特征及孕震过程的机理	曹 刚 胡再兴 纪建国 (45)
大同-阳高地震前后波速比时空变化特征	马 林 卓钰如 (51)
大同-阳高 6.1 级地震大地形变前兆研究	车兆宏 刘天海 尹荣珍 (58)
大同-阳高 6.1 级地震孕震过程中断层的活动特征	高忠宁 蒋承恩 黄佩玉 (67)
大同-阳高地震的地壳形变前兆及其机理研究	谢觉民 (77)
大同-阳高 6.1 级地震的定点形变前兆分析	杨炳顺 (89)
大同-阳高地震的重力场变化特征	王志敏 (96)
大同-阳高中强震群的地磁短期空间演变特征	马森林 任锁宝 谢美娟等 (104)
大同-阳高地震地电阻率异常变化	关华平 刘桂萍 (111)
大同-阳高地震的地下水动态异常场的基本特征	车用太 鱼金子 (118)
大同-阳高地震钻孔应力应变变化特征与	
大同-南京地震断裂带	黄相宁 葛丽明 李祥村等 (126)
精密地热动态观测与大同-阳高地震	杨修信 陈沅俊 刘永铭 (134)
大同-阳高地震群前后前兆场特征	马 丽 陈建民 陈棋福等 (142)
大同-阳高地震的前兆过程及其场-源特征	高 旭 李志雄 (169)
大同-阳高地震与首都圈前兆场演化的关系	郑熙铭 (179)
大同-阳高地震前局部形变场特征及其	
可能机制探讨	李志雄 高 旭 孙春季等 (187)
大同-阳高地震的孕育及其前兆机制的数值模拟	陈修启 张国民 (198)
大同周围地区应变场和破裂场的实验研究	郭铁拴 卢振业 (206)

CONTENTS

The function of the $M_{\text{s}}6.1$ Datong-Yanggao earthquake in the present seismicities of north china	<i>Zhang Guomin Li Xuanhu</i> 1
Characteristics of the Datong-Yanggao earthquake sequence	<i>Zhu Chuanzhen Wang Linying et al.</i> 11
Study on short-term and imminent precursors before the Datong-Yanggao earthquake	<i>Miao Liangtian Jing Chengguo et al.</i> 19
Seismogenic process of the 1989 Datong-Yanggao earthquake	<i>Chen Shaoxu</i> 27
Characteristics of precursory anomalies in Beijing region before the $M_{\text{s}}6.1$ Datong-Yanggao earthquake	<i>Kang Jingwei Wang Dengxuan et al.</i> 35
Precursory features of the Datong-Yanggao earthquake and mechanism of the seismogenic process	<i>Cao Gang Hu Zaixing et al.</i> 45
Temporal and spatial variation of $V_{\text{p}} / V_{\text{s}}$ ratio before and after the $M_{\text{s}}6.1$ Datong-Yonggao earthquake	<i>Ma Lin Zhuo Yuru</i> 51
Deformation precursors of the Datong-Yanggo earthquake	<i>Che Zhaohong Liu Tianhai et al.</i> 58
Fault movements during the preparation of the Datong-Yanggao $M_{\text{s}}6.1$ earthquake	<i>Gao Zhongning Jian Chengen et al.</i> 67
Crustal deformation precursors and its mechanism of the Datong-Yanggao earthquake	<i>Xie Juemin</i> 77
Analysis on deformation precursors observed in fixed stations of the Datong-Yanggao earthquake	<i>Yang Bingshun</i> 89
Gravity variations before the Datong-Yanggao earthquake	<i>Wang Zhimin</i> 96
Features of geomagnetism in short term spatial evolution of the Datong-Yanggao moderately strong earthquake swarm	<i>Ma Senlin Ren Suobao et al.</i> 104
Anomalous variations of geoelectric resistivity before the Datong-Yanggao	

earthquake swarm	<i>Guan Huaping Liu Guiping</i> 111
Anomalous field feature of groundwater before the Datong—Yanggao earthquake	<i>Che Yongtai Yu Jinzi</i> 118
Features of borehole stress and strain variation for the Datong—Yanggao earthquake and Datong—Nanjing seismic fault zone	<i>Huang Xiangning Ge Liming et al.</i> 126
Precise geothermal dynamic survey and the Datong—Yanggao earthquake	<i>Yang Xiuxin Chen Yuanjun et al.</i> 134
Features of various precursor field before and after the Datong—Yanggao earthquake swarm	<i>Ma Li Chen Jianmin et al.</i> 142
Evolution of precursors and their field—source features before the Datong—Yanggao earthquake	<i>Gao Xu Li Zhixiong</i> 169
A study on the relationship between the Datong—Yanggao earthquake and evolution of precursor field in the metropolis	<i>Zheng Ximing</i> 179
Deformation field prior to the Datong—Yanggao earthquake and their possible mechanism	<i>Li Zhixiong Gao Xu et al.</i> 187
Numerical simulation of precursor mechanism and seismogenic process of the Datong—Yanggao earthquake	<i>Chen Xiuqi Zhang Guomin</i> 198
An experimental study on the strain and rupture field around the Datong region	<i>Guo Tieshuan Lu Zhenye</i> 206

大同-阳高 6.1 级地震在华北 近期地震活动中的地位

张国民 李宣珩

一、引言

1989 年 10 月 19 日 01 时 01 分大同-阳高 6.1 级地震,是唐山大震后老震区之外华北地区第一次 6 级地震活动。这次地震是华北地区 1966 至 1976 年强震活动高潮之后,在连续十多年无 6 级以上地震活动的平静背景上,在台网相对密集区内发生的。80 年代,在国家地震局统一部署下,我国地震工作者开展了一系列大震震例研究,进行了地震前兆和预报方法的系统清理研究以及地震预报方法实用化研究等一系列大型的科研攻关,因此,在此工作基础上发生的大同-阳高地震自然引起了广大地震工作者的关注。在震后初步总结的基础上,1990 年由国家地震局科技监测司安排,进一步开展对大同-阳高地震的深入研究,其内容包括:震前观测资料的全面分析和前兆异常的深入剖析,对多种前兆异常时空强特征的综合研究和孕震过程中场、源关系的探索,以及从实验研究、理论探索、数值模拟等方面对大同-阳高地震孕震过程、发震机制及前兆特征和机理的研究。本文将着重讨论在华北经历了 1966 至 1976 年强震高活动后,连续 13 年无 6 级地震的平静背景上发生的大同-阳高地震,将对 90 年代(或更长些时间)华北地区的地震活动带来什么样的影响,即大同-阳高地震在华北近期地震活动中占有何种地位,它标志着什么,意味着什么?

本文根据以往的部分有关工作,对此作尝试性讨论。

二、大同-阳高地震有可能是 华北第Ⅳ活动期中一个新活跃幕的标志

不少作者都研究过华北地震活动的分期分幕问题^[1-3]。华北自公元 800 年以来,已经历 4 个地震活动期,每期 300 年左右,目前正处于第Ⅳ活动期后期。在每个地震活动期内,强震活动亦不均匀,呈现为时间尺度为二三十年的幕式地震活动。蒋铭等曾应用地震资料比较完整地研究了第Ⅲ、第Ⅳ两个活动期,给出了地震幕的具体划分^[2](图 1、表 1)。

由图 1 和表 1 可见,第Ⅲ活动期分 9 个地震幕。第Ⅳ活动期的基本结构与第Ⅲ活动期相似,已经历了 7 个活动幕,其中以 1966 年邢台地震到 1976 年唐山地震为主体的强震高活动时段为第 7 幕。从 70 年代后期开始,华北地区无 6 级地震活动,呈现为第 7 活动幕之后的平静。根据强震幕式活动的结构特征,曾预测 80 年代末之后华北地区可能进入新的地震活跃幕。因此,在十多年平静背景上发生的大同-阳高地震,可能是华北进入第Ⅳ活动期第 8

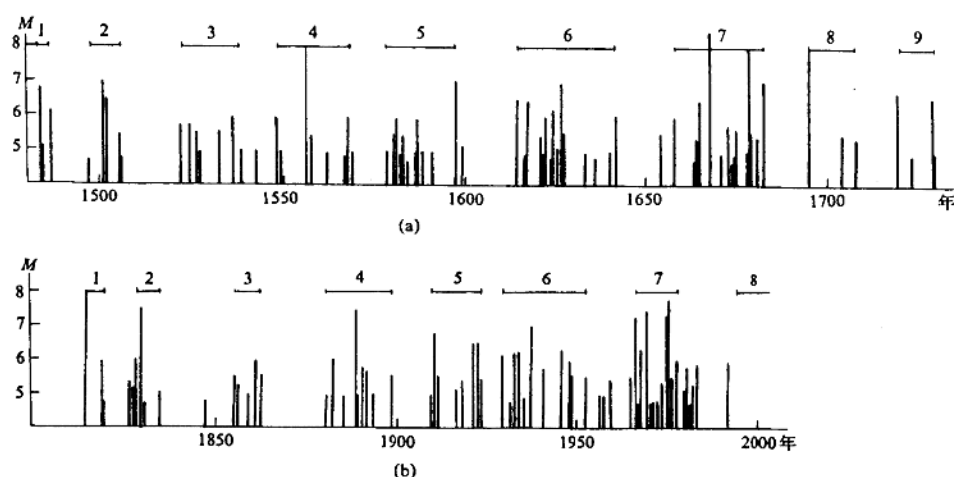


图1 华北第Ⅲ、第Ⅳ活动期的地震幕划分

(a) 第Ⅲ活动期; (b) 第Ⅳ活动期

Fig. 1 Division of seismic episodes in the third and fourth active period in North China

(a) The third active period; (b) The fourth active period

表1 华北第Ⅲ、Ⅳ地震活跃期中各幕时间对比表

Table 1 The comparison of each episode during the third and fourth active period

期	幕	起止时间 (年)	经历时间 (年)	期	幕	起止时间 (年)	经历时间 (年)
Ⅲ	1	1484—1487	3	Ⅳ	1	1815—1820	5
	1*	1488—1496	8		1*	1821—1828	7
	2	1497—1506	9		2	1829—1835	6
	2*	1507—1521	14		2*	1836—1854	18
	3	1522—1538	16		3	1855—1862	7
	3*	1539—1547	8		3*	1863—1879	16
	4	1548—1569	21		4	1880—1898	18
	4*	1570—1577	7		4*	1899—1908	9
	5	1578—1597	19		5	1909—1923	14
	5*	1598—1613	15		5*	1924—1928	4
	6	1614—1642	28		6	1929—1952	23
	6*	1643—1657	14		6*	1953—1965	12
	7	1658—1683	25		7	1966—1978	12
	7*	1684—1694	10		7*	1979—1988	10
	8	1695—1708	13		8	1989—	
	8*	1709—1719	10				
	9	1720—1730	10				
Σ	9	1484—1730	246	Σ	7	1815—?	

* 表示地震平静幕编号。

幕的信号。如这个判断正确，则 90 年代将是华北地区一个新的地震活跃时段，可能发生一系列中强以上地震。

由于为期 300 年左右的地震活动期包含有地震活动平静、增强、高潮和调整 4 个阶段^[4]，所以地震期所含的低层次的地震幕，其结构和发展过程自然受活动期内地震活动总体过程的制约。即一个地震活动期内顺序出现的各地震幕，其地震活动水平呈现为由低到高而后下降的变化。图 2 给出了第Ⅲ、第Ⅳ两活动期各地震幕的频度和应变释放曲线。可看到第Ⅲ、第Ⅳ两个活动期的地震幕发展过程十分一致。头几幕（1—3 幕）地震活动水平较低，频度和应变释放量都很低，相当于活动期内的平静阶段；中间几幕（4—6 幕）地震频度和应变释放逐渐增强，相当于期内地震活动增强阶段；第 7 幕呈现为应变释放的高峰，相当于活动期中强震活动高潮阶段。根据第Ⅲ活动期的特点，8、9 两幕的地震活动水平在第 7 幕高活动基础上呈下降趋势，相当于期内强震高潮后的调整阶段。如果上述特点是可以遵循的话，那么以大同—阳高地震为标志的当前新的地震幕将在 1966 至 1976 年高活动水平上可能有所下降。即新的地震幕 7 级以上大震连发的可能性较小，而主要以 6 级地震活动为主，其中也可能发生少量的 7 级地震。

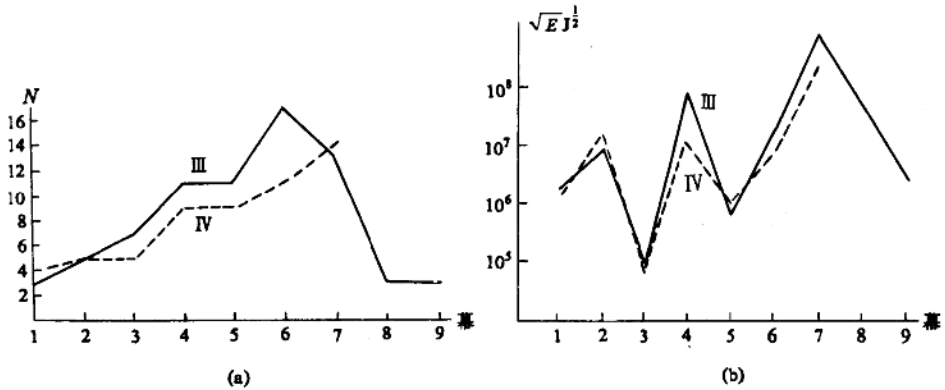


图 2 第Ⅲ、第Ⅳ两期各地震活跃幕对比

(a) 频度对比; (b) 应变释放对比

Fig. 2 Comparison of seismicity episodes during the third and fourth periods

(a) Comparison of frequency; (b) Comparison of stress relief

三、要充分注意汾渭地震带地震活动增强的可能性

大同—阳高地震打破了汾渭地震带（即山西地震带）1815 年平陆 6₄ 级地震后 170 多年无 6 级地震活动的长期平静状态。因此这次地震到底对山西地震带未来地震活动产生何种影响的问题尤其引人注目。丁国瑜将山西地震带的东北端从延怀盆地扩展到北京地堑，文献[5]将山西地震带称之为“华县—平谷地震带”。在华北前几个活动期中，尤其是第Ⅱ、第Ⅲ活动期中，山西地震带都是强震的主体活动地区。而上世纪初进入第Ⅳ活动期以来，强震的主体活动区主要在河北平原地震带（亦称磁县—唐山地震带）和郯庐带北段。表 2 中列出华北三个主要强震带在各地震活动期中（第Ⅰ活动期中因资料缺失多而未列入）的活动状态及最大地震震级。在表中，将在一个地震活动期中发生过 7.5 级以上大地震、且发生多次 7 级

以上地震的地震带作为该活动期中的强震主体活动地区。未满足主体活动区条件但有 6 级以上地震发生的地震带称之为该期的参与活动区。由表 2 可见, 在华北的每个地震活动期中, 都有 1 个或 2 个地震带成为主体活动区, 其余为参与活动区。

表 2 华北各主要地震带在历次活动期中的地位

Table 2 The position of North China seismic belts in each active period

地震带 活动期	山 西 带		平 原 带		郑 庐 带	
	最大震级	活动状态	最大震级	活动状态	最大震级	活动状态
第Ⅱ期	8.0	主体区	6.0	参与区	(资 料 不 全)	
第Ⅲ期	8.0	主体区	6.0	参与区	8.5	主体区
第Ⅳ期*	$6\frac{3}{4}$		7.8	主体区	7.5	参与区

* 第Ⅳ活动期尚未结束, 表中仅列出到目前为止的资料。

多年来, 地震工作者关注的一个重要问题是山西带会不会成为华北第Ⅳ活动期的主体活动区之一。尽管对此尚未定论, 但山西地震带至少是第Ⅳ期中的参与活动区, 这是肯定的, 因而至少不能排除该带继续发生 6 级以上地震的可能性。

根据李钦祖等研究, 华北强震具有成组活动的特点^[6], 华北地区 85 % 左右的 6 级以上强震在一个集中的时空域中成丛发生。因此, 大同-阳高 6.1 级地震后, 在未来一二十年中, 以 0.85 的概率在山西地震带 (包括华北北部) 将出现成组的 6 级以上地震活动。

从近几年华北地区中等地震 (一般为 4 级多地震) 活动和地壳活动观测资料看, 自 80 年代后期以来, 华北北部和山西地区中等地震活动十分活跃, 几乎贯穿整个山西带 (从山西南部的运城、临汾, 经介休、太原、忻州、大同, 一直到延怀盆地和北京地堑两侧), 呈现为地震活动的异常增强状态。地壳形变、断层活动、地电、地磁、地下水动态和水化学等观测资料都出现持续的或时起时伏的异常变化。大同-阳高地震后, 这种状况仍在继续, 从而显示出该区地壳活动增强和不稳定的图像。而根据文献[7]的理论研究结果, 这种状态有可能是区域性地震活动增强的信息。

因此大同-阳高 6.1 级地震后, 山西带 (含华北北部) 的震情将成为今后一个时期重点注意的问题。

须要说明的是本文中的山西带采用了文献[5]的划分结果, 即从华县到平谷, 包括了华北北部的北京和张家口地区。因此, 大同-阳高地震后对山西带地震形势的影响, 也就自然包括了首都圈地区。在文献[8]中, 作者曾对大同-阳高地震与延怀盆地、北京地堑等构造区地震的关系, 以及大同-阳高地震对这些地区地震活动的可能影响作过较系统的分析和研究, 这里不再赘述。

四、华北地震区强震活动分期及其主体活动区的计算机模型研究

华北地区有 3 条总体呈北东走向的强震带, 即华县-平谷地震带、河北平原带和郑庐地震带。就华北的总体看, 强震活动呈现为时空不均一性。上文已述, 强震在时间分布上显示

似周期活动特性, 公元 800 年来已经历 4 个活动期, 每期各地震带的活动水平不同, 有一定的主体活动地区 (表 2)。张立人等曾尝试将华北地震活动资料进一步向历史早期追溯, 并得到公元元年以来的 2000 年左右时间内, 有 6 至 7 个地震活动期的轮廓。奈何早期历史资料缺失太多, 如此众多周期的严格论证尚缺乏严密的科学资料基础。然而, 华北地震区具有 300 年左右的周期 (严格说应为准周期), 且每个周期的强震主体活动地区不一的基本事实已被绝大多数专家确认, 而且被广泛应用于地震趋势预测的研究中。显然, 本文在讨论大同一阳高地震对华北地震形势的影响时就应用了这一基本特性。

鉴于华北强震活动的周期性及其主体活动迁移特性在地震研究中的重要性, 许多作者从多方面对其进行了研究^[9, 10]。本文应用计算机模型结果对其成因作一初步讨论。

将华北地块模拟为一个大的孕震系统, 内含 3 个强震带, 每带含有一系列孕震区 (本文计算机模型中取每带含 12 个孕震区), 并将周围地块对华北的构造动力作用设定为孕震大系统受定常速率应变作用。华北孕震系统的计算机模型如图 3。图中 A、B、C 为三个地震带, 每个带由 12 个并联的孕震区构成。各孕震区用一个由弹簧、阻尼器和滑块组成的基本元件构成。各地震带之间由耦合元件 (由弹簧和阻尼器串联组成) 模拟断层之间的相互耦合作用。

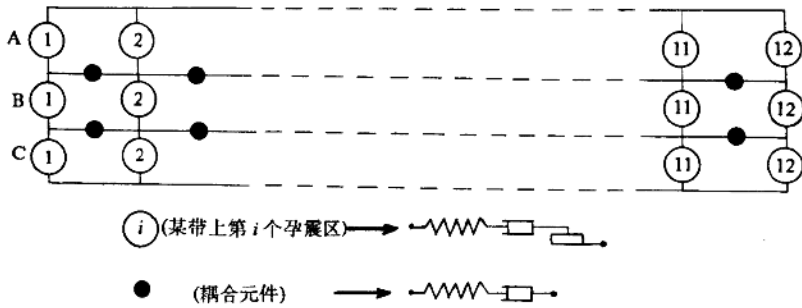


图 3 华北孕震区的计算机模型图示

A、B、C 表示三个强震带, 带数字的空圈表示第 i 个孕震区。

小黑圆表示耦合元件, 孕震区和耦合元件的力学结构如图例

Fig. 3 Computer model of seismogenic zone in North China

A, B and C indicate three seismic belts; circles with numbers indicates seismogenic zones; small solid dots show the coupling elements. seismogenic zone and dynamic structure of coupling elements are also shown in the figure

图 3 所示模型的力学方程、元件的力学参数、方程解的表达式及计算等一系列的理论推导和数学运算均在有关的文献中给出^[7]。这里应用有关的计算结果讨论华北强震的时空分布特征。

图 4 给出整个孕震系统在边界动力作用下各地震带和孕震区的应力积累变化及地震发生的图像。图中将各孕震区的应力水平用相对强度“0”到“10”给出, “10”表示震源区全应力 (最大静摩擦强度), “0”相当于动摩擦强度。某些元件的负值是由于场上应力调整引起该元件应力下降超过动摩擦强度而引起的。由图可见, 孕震过程开始时, 整个系统的各地震带和各孕震区应力水平都很低, 随着孕震过程发展, 各元件应力逐渐增大, 由于孕震区的强度极限

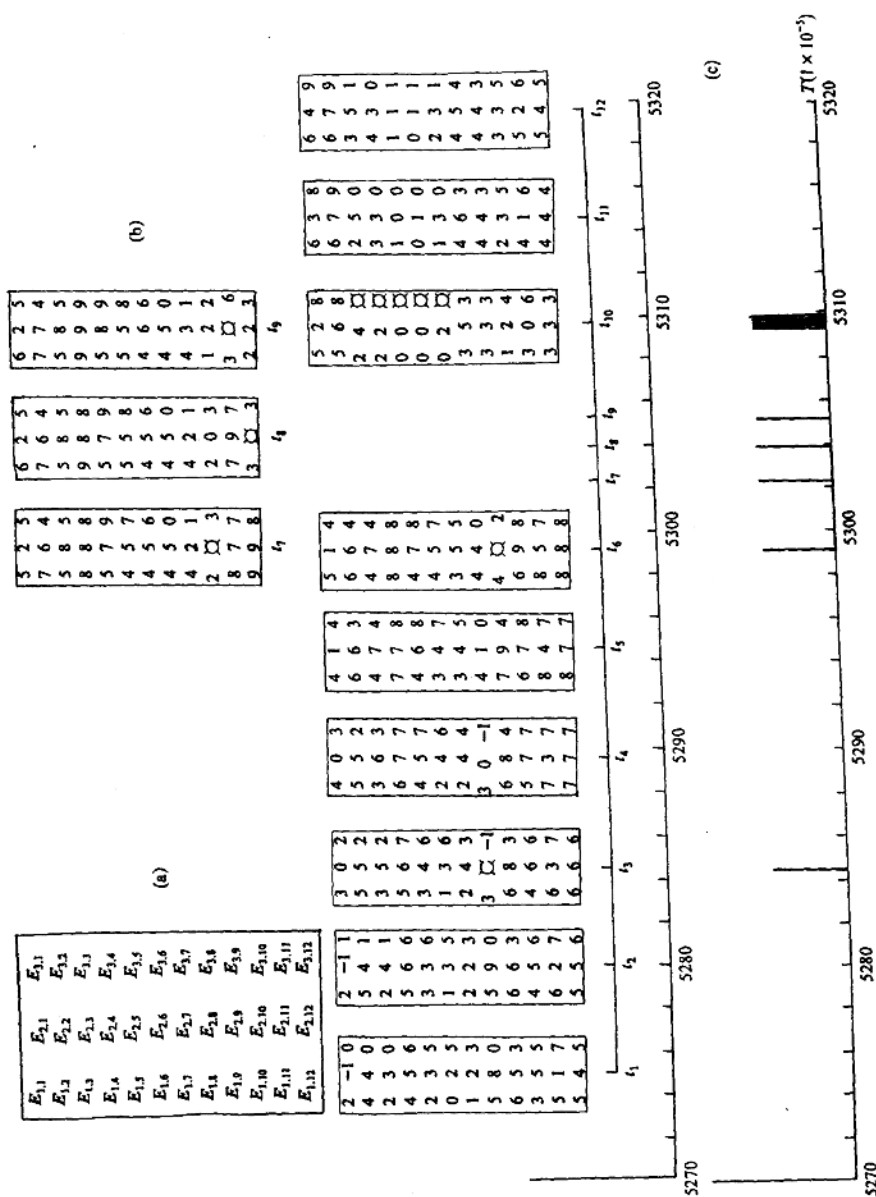


图 4 应力场演化和地震活动图像

(a) 模型中三个地震带和每带 12 个震源区的相对位置, (b) 应力场的时间演化图像, (c) 模拟中元件破裂 (地震) 时序图

Fig. 4 Stress field evolution and seismicity pattern

(a) Location of three seismic belts and 12 focal area of each belt; (b) Time evolution of stress field; (c) Time sequence of the simulated order fracture

不同，一些强度弱的孕震区会先发生地震。伴随地震发生出现应力和应变能释放并导致场内应力的调整。随着孕震过程不断发展，整个系统内各带和各孕震区应力水平继续增高，地震逐渐增多，场上应力调整及其所导致的应力不均匀分布亦不断发展，最后导致地震在一二个地震带上连发，形成强震的活动高潮及其主体活动区。强震连发所引起的应力水平迅速下降，从而造成强震活动高潮后整个孕震系统恢复到初始时的低应力状态。接着整个系统在边界动力作用下继续下一个轮回的强震孕育、发生和高潮的活动过程，并伴随有相应的主体活动地区。

图 5 给出了在计算机模型实验中相对时间 t 从 5150 到 5500 的长时间过程中孕震系统多个强震轮回的图像。图中用整个系统的平均应力曲线、应变能曲线和地震能量释放曲线给出

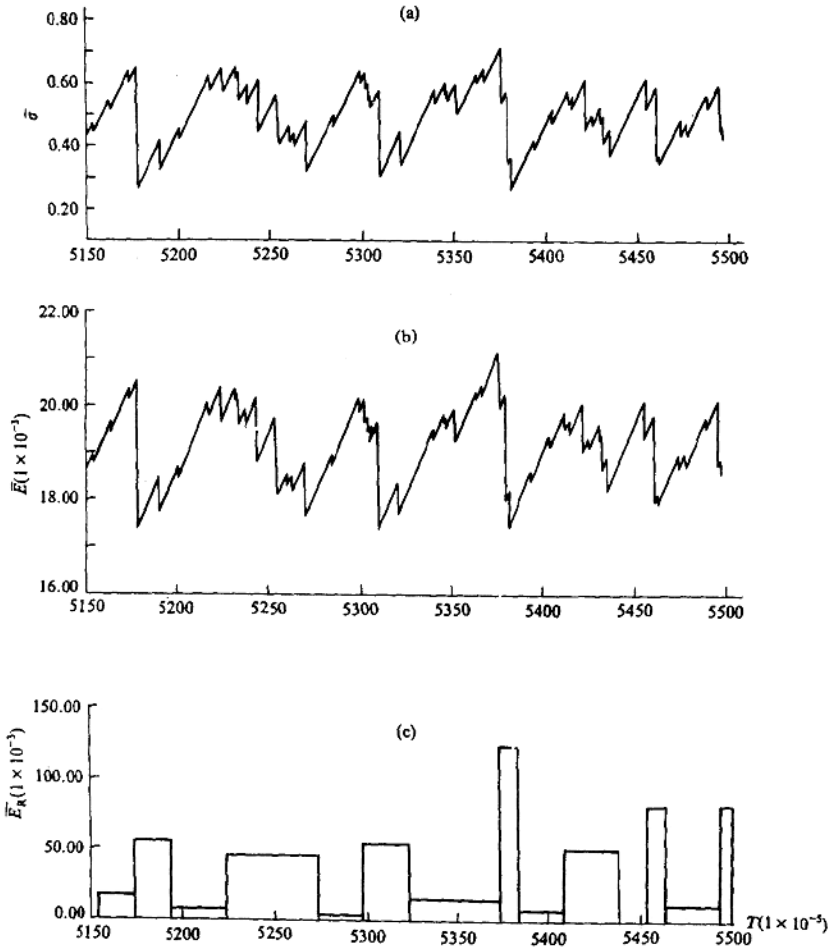


图 5 孕震系统中的平均应力水平 (a)、应变能 (b) 和地震能量释放 (c) 曲线

Fig. 5 Seismogenic system (a) Average stress level, (b) Average strain energy and (c) Average release curve of seismic energy

了该时间过程中经历的 7 个强震轮回活动周期。显然这种周期不是严格的，只是从强震活动起伏特性给出的，因而是一种似周期或准周期的特性。

图 6 是时间 t 从 5150 到 5500 期间地震活动在 3 个带上的分布，也就是图 5 中整个系统的强震活动在 3 个带上的具体分配。由图 6 可见，3 个带的地震活动既不均匀又不同步。A 带首先活动并发展为强震连发的高活动状态，而后强震活动水平逐渐下降。在 A 带呈高活动状态时，B 带和 C 带则十分平静。在 A 带强震高潮之后，B 带开始活动并向高活动状态发展；C 带是继 A、B 两带后最后开始活动并进入高潮的。因此，图 6 显示强震活动在各地震带上的迁移图像。各地震带有自身的平静、增强、高潮和衰减的轮回活动过程，但各带的活动在时间上并不同步而显示为互相交替。且各地震带的轮回过程的时间都很长，但 3 个带组合在一起，却叠加形成周期短得多的整个系统轮回活动，而且每个轮回的主体活动地区由不同的地震带组合而成。一个带的高潮活动过去之后，在剩余能量释放的过程中，还可以成为整个系统活跃期中的参与地区，乃至成为主体活动地区。这些结果不但为理解华北强震活动的分期及各活动期主体活动区的变化提供了成因依据，同时也为认识山西带在上千年过程中强震活动逐渐增多、并在 16 至 17 世纪达到高潮、之后又进入衰减活动^[1]的现象给出了有

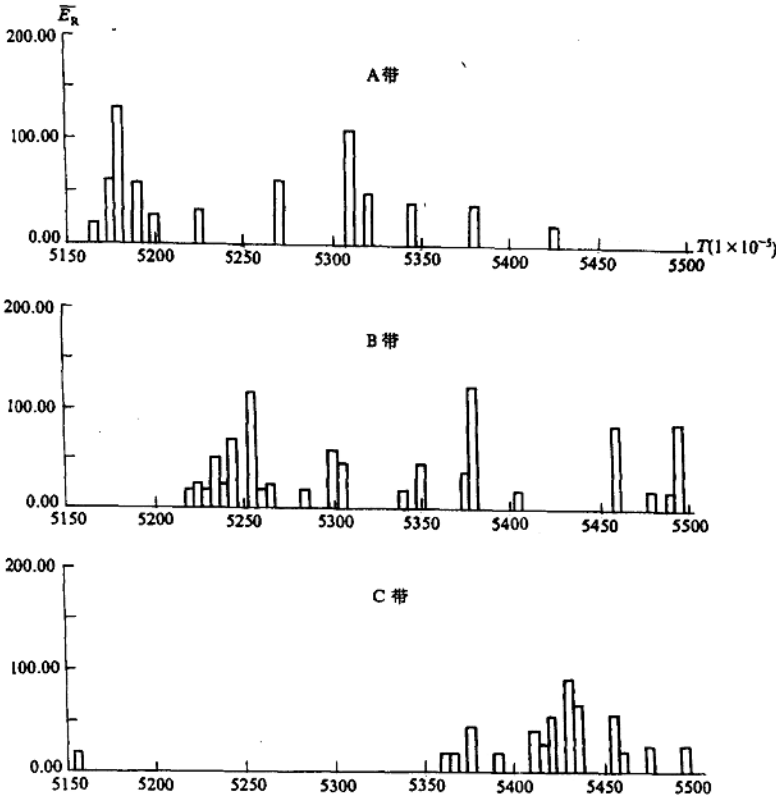


图 6 孕震系统中 A、B、C 地震带的地震活动情况
Fig. 6 Seismicity in each seismic belt (A, B, C)

益的启示。因此,计算机模拟结果可作为讨论大同—阳高地震在华北近期地震活动的地位以及它对山西带地震活动影响的参考依据。

结 束 语

在华北地震活动特定背景上发生的大同—阳高地震,是地震工作者特别关注的对象。本文仅简要分析了此次地震在华北近期地震活动的地位,且由于工作的仓促和水平的限制,所讨论提出的观点,尚不成熟。好在本书的其他文章,从各种实际观测资料和地震序列特征出发,分析了各学科方法的震前异常变化、综合特征、场源关系,以及对孕震过程等方面的理论探索。显然,通过这些研究,对于进一步认识6级左右地震的孕震过程和前兆表现,对于检验从地震前兆与预报方法的系统清理研究、地震预报方法的实用化研究中得到的多方面成果提供了一个科学的实例。

参 考 文 献

- [1] 马宗晋等, 1966—1976年中国九大地震, 地震出版社, 1982.
- [2] 蒋铭等, 华北第三、第四地震活跃期对比, 地震, 第6期, 1985.
- [3] 张国民, 我国大陆强震的韵律性特征, 地震地质, Vol.9, No.3, 1987.
- [4] 时振梁等, 我国强震运动和板块构造, 地质科学, No.4, 1973.
- [5] 张立人, 华北强震平均重复周期的探讨, 地震科学研究, 第4期, 1984.
- [6] 李钦祖等, 华北地区大地震成组活动特点, 地震科学研究, 第一辑, 1980.
- [7] 张国民等, 强震活动轮回特性的计算机模型研究, 中国地震, Vol.9, No.1, 1993.
- [8] 张国民等, 中等地震活动增强与华北地震趋势, 国家地震局分析预报中心编, 中国地震趋势预测研究(1992年度), 地震出版社, 1991.
- [9] 河北省地震局分析预报室地震地质组, 关于河北省地震危险性的探讨, 地球物理学报, Vol.20, No.3, 1977.
- [10] 国家地震局《1976年唐山地震》编辑组, 1976年唐山地震, 地震出版社, 1982.
- [11] 蒋铭等, 山西地震带地震活动的层次分析, 中国地震, Vol.7, No. 4, 1991.

THE FUNCTION OF THE $M_s6.1$ DATONG-YANGGAO EARTHQUAKE IN THE PRESENT SEISMICITIES OF NORTH CHINA

Zhang Guomin

(Center for Analysis and Prediction, SSB)

Li Xuanhu

(Department of Seismic Monitoring and Scientific Programming, SSB)

Abstract

Based on the study of substage and episode of seismicity in North China, we believe that the 1989 Datong-Yanggao earthquake ($M6.1$) may start a new seismicity episode in North China. The total level and main region of the new seismicity episode are described and the special function of the Datong earthquake in the present seismicity episode is discussed. Simulating the seismic belts and seismogenic zone in North China, we study the genetic mechanism of seismic substage (e.g. cycle activities) in North China. Based on the results of theoretical computation, major seismic area and strong motion migration in different seismicity periods are analysed.

大同-阳高地震序列特征

朱传镇 王琳璞 林邦慧

一、序列的基本情况

自 1989 年 10 月 18 日起在华北大同-阳高地区发生了一组中强地震, 最大震级为 $M_s=5.8$; 一年半以后, 几乎是在同一地区又发生了一次 5.8 级地震。由于这群地震是唐山地震后 13 年来发生在华北北部地区最强的地震, 也是山西带上近 174 年来最突出的地震事件, 因此引起了各方面人士的广泛关注。

大同-阳高两次 5.8 级地震的基本参数如表 1 所示。

表 1 大同-阳高地震基本参数

Table 1 Basic parameters of the Datong-Yanggao earthquake

日期 (年.月.日)	时间 (时.分)	震中位置		震级 M_s	震源深度 (km)
		$\varphi(N)$	$\lambda(E)$		
1989.10.19	01.01	39° 58', 113° 50'		5.8	10.0 ± 2
1991. 3.26	02.02	39° 52', 113° 50'		5.8	12.0 ± 2

两次 5.8 级地震余震分布分别示于图 1 (a)、图 1 (b)。由图 1 可见, 这两次地震余震密集区均呈北北东的条带分布。分布区域大小相近, 但第一次 5.8 级地震后强余震主要分布在集中条带的两侧, 而第二次 5.8 级地震的强余震则主要分布在条带的东侧, 且 $M_L > 3.0$ 地震呈北西向展布, 与余震主分布带基本正交。上述特点与一般纯走滑断层形成的地震有明显不同, 看来, 这两次地震的发震机制和成因比较复杂, 有必要结合当地地质构造和深部介质环境特点作深入探讨。图 2 给出了整个大同-阳高地震序列的 $M-t$ 图和地震频度分布图。由图可以看到, 1990 年底大同-阳高地区地震频度出现一个明显的增高过程。

二、大同-阳高两次 5.8 级地震特征的对比

大同-阳高中强地震序列, 是在我国西南地区强震异常活跃, 华北地区燕山地震带和山西地震带地震活动普遍增强的背景上发生的, 它的出现对华北北部的地震形势会带来什么影响, 是否意味着是华北一个新活动时期的开始? 为此有必要对这次地震序列的性质进行研究, 首先又应对这次序列中两次最大地震的特征作一番对比, 分析它们之间的异同点, 以便对这次地震序列取得一个总体的认识。

1. 两次地震前 1—3 个月小震分布具有相似性