

# 山西地震带震群与地震序列活动特征

刘巍 赵新平

(山西省地震局)

## 摘 要

本文利用文献[1]、[2]和1)所采用的方法,对邢台地震后在山西地震带发生的震群和地震序列的U值、h值和k值进行了计算。结果表明,在山西地震带中,如果出现 $U \geq 0.6$ 、 $K \geq 0.8$ 或 $h > 1$ 的震群活动,在大华北东部都有中强地震发生。本文还讨论了山西震群与地震序列活动和大华北中强地震的关系。认为在1966—1976年大华北地震活动幕里,山西地震带的地震活动受其东部河北平原地震带的影响和控制。

## 一、引言

近几年,国内一些学者在对震群及地震序列前兆特性的研究中,提出了用U值、K值和h值作为一个震群或序列的判定指标,并依据这些指标来确定震群或地震序列的前兆意义和衰减规律,为今后的大震预报提供依据。

1966年河北邢台大震后,山西地震带的地震活动较为活跃,二十年来经历了一个活跃—平静—再活跃—再平静的过程。在此期间没有发生六级以上的中强地震,只有一些震群及4—5级的地震活动。本文应用上述方法对其中的一部分震群和地震序列进行了检验。

本文所涉及的山西地震带是指山西境内的部分。

## 二、山西地震带的震群及序列活动

本文按文献[1]的规定,共收集了1966—1984年的震群活动30余次,地震序列( $M_b \geq 4.0$ )活动30余次。同时规定,凡属于某一震群的四级地震,序列中不再累计。如1971年的和顺震群,共发生四级以上地震16次,按上述规定属于一次震群活动,序列中不计这些地震。

山西地震带位于大华北地震区的中间地带,历史上曾是该区域内地震活动最强烈的地带

1) 朱传镇等,前兆性震群特征的研究(待发表)。

之一。但自1815年平陆6  $\frac{3}{4}$ 级地震后，一百多年来该地震带没有发生过六级以上地震，地震活动处于一个相对平静的时期。在1966—1976年大华北地震活动阶段，山西地震带发生了一系列震群及4—5级的地震活动，这些地震活动明显地受其东部华北平原强震活动的控制。

山西地震带这一阶段的地震活动，在空间上(图1)主要集中在几个断陷盆地和山西东部的晋获大断裂中段，尤其以太原盆地的地震活动最为强烈，形成了以太原盆地的地震活动为主，南部、北部交替活动的状态。表1给出了邢台、唐山两次大震前后山西各盆地震群及地震序列活动的频次。在时间上，这一阶段山西的地震活动可分为两个时间段(图2)。第一阶段从邢台大震后开始，到1975年初基本结束，共持续活动了八年，经历了一个活跃—平静的过程，其活动主要集中在山西中部、南部和东部的晋获大断裂附近。第二阶段从唐山大震前的1975年6月灵丘震群开始，到1984年基本结束，共持续了九年半之久，也经过了一个活跃—平静的过程，地震活动主要分布在山西中部和北部，东部和南部地震极少。在这两个时间段之间的1972—1975年曾出现一个明显的空段，没有发生震群及地震序列活动。这个空段为山西地震带地震活动的一个转折点，在此之前其活动受邢台大震的影响和控制，在此之后则受唐山大震的影响和控制。

本文利用文献[2]的方法对山西震群及地震序列的衰减特征进行了检验。在本文统计的震群及地震序列资料中满足 $N \geq 40$ 的共有14次，表2给出了h值的计算结果。从表2中可以看出，唐山大震前在山西地震带出现两次序列衰减“异常”的震群活动，一次是1975年

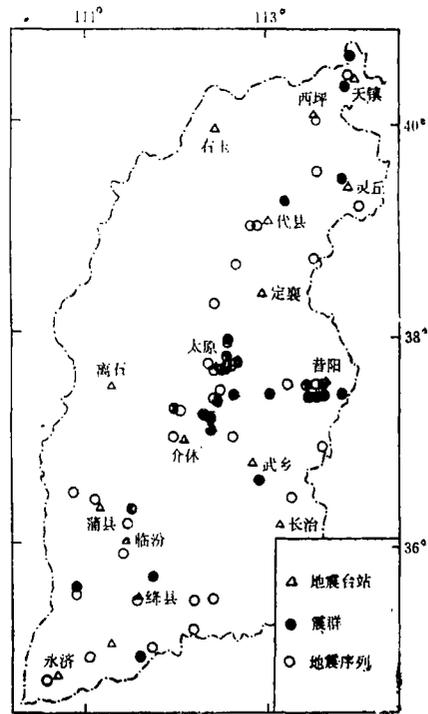


图1 山西震群及地震序列活动的分布  
Fig.1 The epicentre distribution of seismic swarms and sequences in Shanxi

表1 邢台、唐山两次大震前后山西各盆地震群及序列活动频次

时间段	地点	太原盆地		山西南部		山西北部		晋获大断裂		合计
		震群	序列	震群	序列	震群	序列	震群	序列	
1966—1975	震群	3	9.7%	2	6.5%	1	3.2%	5	16.1%	11
	序列	4	12.9%	8	25.7%	2	6.5%	6	19.4%	20
1975—1984	震群	10	32.2%	2	6.5%	5	16.1%	8	9.7%	20
	序列	6	19.4%	1	3.2%	4	12.9%	0	0	11
合计		23	35.5%	13	20.8%	12	19.2%	14	22.6%	62

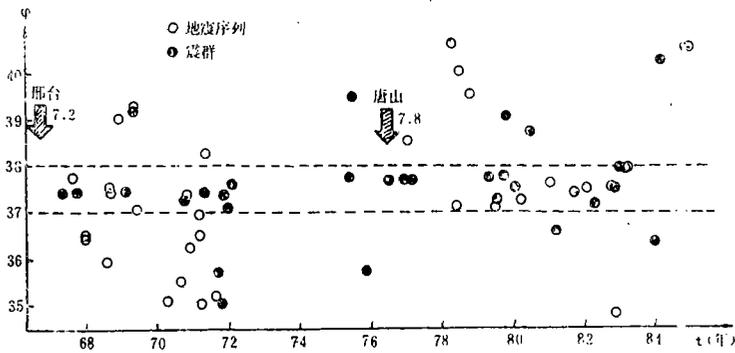


图2 山西震群及地震序列活动随时间分布

Fig. 2 The temporal distribution of seismic swarms and sequences in Shanxi

的灵丘震群，另一次是1976年的太原北格震群。这两次震群发生后，在本地区周围都没有发生中强震，而在其外围的和林格尔和河北唐山发生了6.3级和7.8级地震。除此之外，虽然还有几次地震序列的衰减开始呈“异常”状态，但其后很快就有主震发生，而主震后的衰减都是正常的。

表2 山西地震序列的h值

日期	地点	起止时间	$M_0$	$n_1$	b	h	$M_m$	对应情况 日期 $M_L$	类型	备注
70.9	平遥	9.19—9.19	2.1	41	0.71	1.10	3.5	9.11 3.3	前-主-余	
71.4	和顺	4.27—6.4	4.0	22	0.63	1.10		6.4 5.2	前-主-余	
71.12	太谷	12.19—12.24	3.0	37	0.72	0.55		12.24 4.6	前-主-余	
72.1	和顺	1.24—2.4	3.9	21	0.29	0.80		2.4 3.6	主-余	
75.6	灵丘	6.14—7.9	1.5	30	0.87	0.55			震群	和林格尔 $M_s$ +6.3
76.6	太原	6.19—10.11	3.1	36	0.64	0.70			震群	唐山 $M_s$ : 7.8
76.11	太原	10.31—11.30	3.5	27	0.75	1.70	2.6	11.7 2.7	主-余	
79.6	介休	6.19—8.7	5.5	48	0.87	1.40	3.3	7.24 3.0	主-余	
79.9	汾阳	7.17—8.26	1.2	7	0.87	0.60			震群	平遥 $M_s$ : 4.6
79.10	代县	10.30—11.10	3.5	7	0.87	0.20		11.10 3.8	双震	丰镇 $M_s$ : 5.8
80.3	平遥	3.9—3.31	5.0	21	1.09	1.70	2.1	3.27 2.0	主-系	
82.11	昔阳	11.10—11.30	4.0	69	0.58	1.20	4.6	11.12 4.2	双震	
83.1	太原	1.16—3.31	4.4	9	0.62	1.05	4.2	3.9 4.0	双震	
84.2	天镇	2.13—3.20	2.2	10	0.74	1.15	2.7	3.18 2.7	震群	

### 三、山西震群与地震序列活动的前兆意义

#### 1. 山西震群的U值

U值反映了震群能量释放的均匀程度，其大小反映了震群能量释放时间进程中的不均匀性。U值越高，震群能量释放过程越均匀。一次六级以上的中强地震之前，在一定时空范围内会出现一系列高U值前兆震群活动，强震之后还会出现一些低U值后效震群活动<sup>[1]</sup>。在本文中我们把  $0 < U \leq 0.4$  的震群称之为低U值震群，而把  $0.6 \leq U \leq 1.0$  的震群称为高U值

震群。U值介于两者之间的震群称之为一般震群。在山西的震群活动中共出现8次高U值震群，15次低U值震群和8次一般的震群。低U值震群主要集中在1971年以前，且分布在山西中部的太原盆地和晋获大断裂中段的昔阳一和顺一带；高U值震群则集中在1975年以后，且分布在山西中部和北部（见附表）。U值的这些特征也反映出这一时期山西地震带的地震活动主要受邢台、唐山两次大震的影响和控制。对于U值在0.4—0.6之间的震群，本文认为它们主要反应了当地的地震活动，而与外围的中强地震关系不大，本文中所涉及到的8次一般震群有7次是发生在山西中部的太原盆地内。

## 2. 山西震群的K值

K值是表征震群能量释放特征的又一物理量。它表示震群能量分配的均匀度，K值越大，说明震群的能量分配越均匀，一般将 $K > 0.8$ 的震群称之为前兆震群<sup>1)</sup>。据此统计，在山西地震带的震群活动中共有5次高K值前兆震群（附表），其中两次发生在唐山大震之前，一次发生在1979年山西介休5.5级地震之前。低K值震群与强震活动的关系不明显。

## 3. 山西震群活动的前兆意义

依据前人的研究成果，当一个震群的 $U \geq 0.6$ 或 $K \geq 0.8$ ，一个地震序列（或震群）的 $h < 1$ 时，该震群或地震序列即为前兆性的。本文以U值作为震群的主要判定指标，将K值、h值作为辅助判定指标，讨论山西震群活动的前兆意义。

表3给出了山西地震带前兆震群活动与华北中强震之间的对应关系。山西地震带的震群及地震序列活动自1971年开始经过三年多的平静之后，以1975年6月灵丘震群为先导，开始了一轮新的活动，到1976年6月的太原北格震群的发生，震群活动达到了高潮。唐山大震后这种震群活动延绵不断，到1979年山西介休5.5级地震前，以及1980年以后华北几次中强震前，山西地震带都曾出现一些前兆震群活动。在这些中强震之后都有一些低U值后效震群活动。

表3 山西前兆震群与华北中强震之间的关系

小震群					中强震				
日期	地点	U	K	h	日期	地点	M <sub>s</sub>	距离(km)	间隔时间
71.12	太谷	0.65	0.08	0.55	73.12	河北里坦	5.3	390	24个月
75.06	灵丘	0.98	0.98	0.55	76.04	内蒙和林	6.3	190	10个月
76.06	太原	0.87	0.97	0.70	76.07	河北唐山	7.8	460	1.5个月
79.04	太原	0.62	0.93		79.03	山西介休	5.2	105	2个月
79.07	汾阳	0.51	0.95	0.60	80.03	山西平遥	4.6	5	9个月
80.06	五台	0.92	0.78		81.08	内蒙丰镇	5.8	195	13个月
81.09	太谷	0.70	0.66		81.11	河北邢台	5.8	200	2个月
82.04	平遥	0.78	0.47		83.11	山东菏泽	5.9	300	18个月
84.02	天镇	0.78	0.54	1.15	84.11	山西天镇	4.1	<10	9个月

山西前兆震群活动的一个显著特征是空间分布集中，大部分集中在山西中部的太原盆地，个别在山西东北部的代县—灵丘一带。在太原盆地内一旦出现高U值震群活动，在华北地区都有中强震发生。因此太原盆地的震群活动可起到前兆“窗口”的作用。

由于在华北这一地震活动幕里，山西地震带没有发生六级以上的强震，因此尚不能确定山西前兆震群活动与本地区中强震之间的对应关系，

附表

山西地震带震群

日期	$\phi$	$\lambda$	地点	N	T	$n_{max}$	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	U	K	备注
67.4	37.24	113.30	昔阳	16	16	6	4.0	3.6	0.19	0.57	
67.9	37.24	113.42	昔阳	24	15	20	4.5	4.2	0.27	0.42	
69.1	37.25	113.03	和顺	10	4	6	4.9	3.9	0.25	0.78	
69.4	39.14	113.16	繁峙	18	17	7	5.3	4.6	0.06	0.35	
70.9	37.14	112.20	平遥	222	15	38	3.8	3.4	0.47	0.74	流动台
71.4	37.24	113.34	和顺	1284	193	77	5.2	4.8	0.38	0.60	流动台
71.9	35.43	110.49	稷山	6	3	4	4.1	3.0	0.10	0.08	
71.10	35.01	111.34	垣曲	8	3	6	3.6	2.8	0.33	0.30	
71.11	37.23	112.24	祁县	12	7	5	4.5	4.0	0.14	0.63	
71.12	37.05	112.21	太谷	480	36	65	4.6	3.4	0.65	0.08	流动台
72.1	37.33	113.39	和顺	856	183	31	3.9	3.9	0.52	0.78	流动台
75.5	37.44	112.41	榆次	10	15	4	3.0	2.7	0.45	0.68	
75.6	39.27	113.59	灵丘	162	25	23	2.1	2.0	0.64	0.98	流动台
75.11	35.46	111.43	翼城	12	8	5	3.5	3.2	0.42	0.56	
76.6	37.40	112.33	太原	632	115	61	3.7	3.6	0.87	0.97	
76.11	37.40	112.32	太原	103	31	51	3.5	3.3	0.56	0.72	
77.2	37.39	112.33	太原	9	14	4	3.0	2.1	0.43	0.30	
79.4	37.44	112.31	太原	10	23	6	3.4	3.3	0.62	0.93	
79.7	37.16	111.52	汾阳	57	43	13	2.1	2.0	0.51	0.95	
79.9	37.47	112.31	榆次	21	45	3	3.3	2.7	0.08	0.43	
79.10	39.01	112.53	代县	196	78	30	3.8	3.5	0.37	0.86	
80.1	37.30	113.26	昔阳	6	7	5	3.2	2.7	0.10	0.40	
80.6	38.43	113.39	五台	7	13	4	3.6	3.2	0.92	0.78	
81.3	36.38	112.57	襄垣	12	10	6	3.2	2.8	0.10	0.49	
81.9	37.24	112.39	太谷	22	26	8	3.6	3.4	0.70	0.66	
82.4	37.13	112.18	平遥	10	10	3	3.8	3.4	0.78	0.47	
82.11	37.32	113.37	昔阳	230	22	90	4.2	4.0	0.27	0.67	流动台
83.1	37.54	112.36	太原	40	38	10	4.4	3.2	0.21	0.5	
83.12	36.21	111.28	洪洞	16	20	8	3.1	3.0	0.26	0.83	
84.2	40.13	114.05	天镇	49	21	9	2.9	2.7	0.78	0.54	
84.11	40.30	114.08	天镇	31	39	14	4.5	4.1	0.10	0.42	

#### 四、山西震群及地震序列活动的构造特征

图3给出了山西地震带的震中与构造的分布。由图3可以看出,山西的几次五级地震均发生在一些次级断裂带上,而历史上发生过七级以上大震的几条大断裂上都很平静,即使是四级地震的活动也很少,说明这一时期山西地震带是以几条次级构造活动为主,也反应了山西地震带在大华北这一地震活动幕内的从属地位。另外,震群及序列活动具有成带性,这种成带性在邢台大震后很明显。邢台大震后,1967—1971年山西地震带曾出现一个地震活动高潮,在山西中部形成一条近东西向的地震活动条带,在山西西南部形成一条北西向的地震活动条带,到1972年初消失。唐山大震后在山西北部有一北东向的地震活动条带,一直延伸到河北张家口一带。

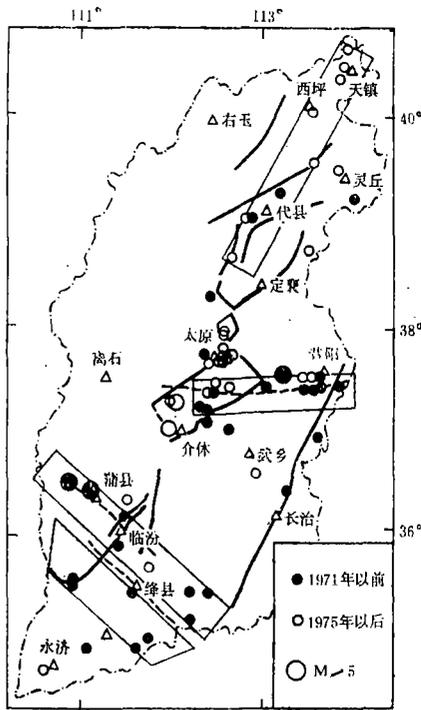


图 3 山西地震带地震震中与构造分布  
 Fig. 3 The epicentres and tectonics distribution of Shanxi seismic zone

综上所述，山西地震带的震群及地震序列活动在二十年来一直沿一些次级断裂发生，且明显受其东部邢台、唐山两次大震的影响和牵制。无论是地震活动还是构造特征，都反应在大华北1966—1976年期间的地震活动幕里，山西的地震活动处于从属地位。其前兆震群活动在一定程度上可以反映大华北东部的中强地震活动，具有一定的前兆意义。大华北的强震发生后，在山西地震带也可以引起一系列震群及四、五级地震活动。

(本文1986年10月31日收到)

### 参 考 文 献

[1] 陆远忠等，一个判断震情的指标——震群的U值，地震学报，增刊，1984。  
 [2] 刘正荣等，前震的一个标志——地震频度衰减，地震研究，Vol. 2, No. 1, 1979。

THE ACTIVITY CHARACTERISTICS OF EARTHQUAKE SWARMS AND  
EARTHQUAKE SEQUENCES IN SHANXI SEISMIC ZONE

Liu Wei, Zhao Xinping  
(*Seismological Bureau of Shanxi Province*)

Abstract

After almost twenty years of the Xingtai earthquake, more than thirty earthquake swarms and earthquake sequences ( $M \geq 4.0$ ) are recorded in Shanxi seismic zone. It is suggested that in earthquake swarm activities of Shanxi, if earthquake swarms with  $U > 0.6$ ,  $K > 0.8$ ,  $h < 1$  appear, the mid-strong earthquake will occur in the eastern part of North China. Finally, it is discussed that the relationship between the activities of earthquake swarms and earthquake sequences occurred in Shanxi and the mid-strong earthquakes occurred in North China.