

晋北区中小地震活动与晋冀蒙 交界区 6 级地震的关系

王化宇, 殷志刚

(山西省地震局大同中心地震台, 山西 大同 037008)

摘要: 分析了晋北区中小地震($3.0 \leq M_L \leq 5.0$)的活动特征。统计发现, 在 1989 年山西大同一阳高 6.1、1996 年内蒙包头 6.4 和 1998 年河北张北 6.2 级中强地震前 1~2 年内晋北地区的中小地震活动年频次有明显的增强—衰减—发震这一特征; 震前主震近场区的地震条带活动对主震位置有预示意义, 而较远场的地震活动仅反映主震前应力水平的增强。并有震前活动向未来强震区靠近的特征。

关键词: 晋北区; 中小地震活动; 晋冀蒙交界区; 中强震

中图分类号: P317.75

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2005)01-0080-05

Relationship between the Medium-small Earthquake Activities in Northern Shanxi Province and M6.0 Earthquake Occured in the Juncture Area of Shanxi, Hebei, Inner Mongolia

WANG Hua-yu, YIN Zhi-gang

(Datong Centrol Seismic Station, Seismological Bureau of Shanxi Province, Datong Shanxi 037008, Chian)

Abstract: The characteristic of medium—small earthquake activity($3.0 \leq M_L \leq 5.0$) from 1982 in northern Shanxi province is analysed. It is found that 1~2 years before 1989 Datong—Yanggao $M_L 6.1$ earthquake, 1996 Baotou $M_L 6.4$ earthquake and 1998 Zhangbei $M_L 6.2$ earthquake, the yearly frequencies of medium—small earthquake active showed obviously the process of in creasing—decreasing—main earthquake occuring. The strip—like seismic activities in areas near the main—shock before the event have the mean of predicting main—shock position, meanwhile the seismicities in the areas far from main—shock can only present the increasing of stress field level. The active of medium—small earthquake often move to the area where a strong earthquake would occur.

Key words: Northern Shanxi province; Medium—small earthquake activity; The Juncture area of Shanxi, Hebei, Inner Mongolia; Moderate—strong earthquake

0 引言

晋北区位于晋冀蒙交界地区, 是华北地区中强地震频繁活动的地区之一。自 1988 年建立大同遥测地震台网以来, 经历了大同一阳高 6.1 级中强震群, 河北张北 6.2 级以及距晋北区较远的内蒙包头 6.4 级地震, 记录有完整且定位精度较高的地震活

动资料, 对研究中强震前中小震活动变化特征提供了条件。本文对晋北区中小震活动特征与晋冀蒙交界地区 6 级地震的关系进行分析研究, 从中得到一些有益的启示, 对晋冀蒙交界区未来地震趋势判断可能有所帮助。

收稿日期: 2004-08-27

作者简介: 王化宇(1953—), 男(汉族), 山西寿阳人, 工程师, 现主要从事地震监测及分析工作。

1 地质构造背景

晋北区指北纬 39°线以北,东经 112°~115°,包括大同盆地、阴山、燕山部分地区。区内发育一组走向为 NNE—NE 的断裂,为区内主控断裂,包括六棱山北缘桑干河断裂(F_1)、恒山山前断裂(F_2)、口泉断裂(F_3)、阳高断裂(F_4)^[1-3](图 1)。大同盆地东部在中、晚更新世火山活跃,在山坪一带沿南北、近东西及北东 3 组断裂处溢出岩浆,地质构造较为复杂。

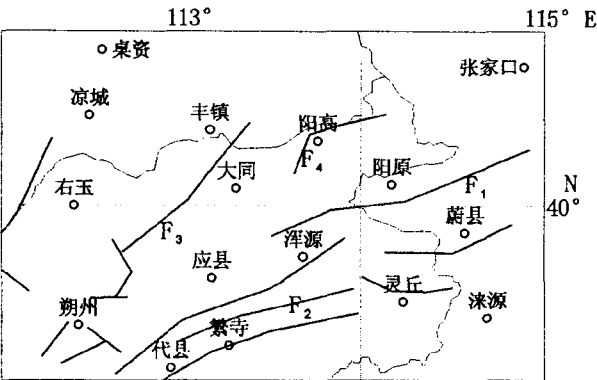


图 1 晋北区活动构造展布图

Fig. 1 Distribution of active faults in Northern Shanxi province.

2 晋北区中小地震活动的变化特征

以 1982 年以来沿区内展布的主控断裂活动的地震作为研究对象。为减少因不同台网产出的资料可能在震级上存在的系统偏差,故 1982—2003 年资料均取自山西省地震局分析预报中心。

2.1 大同一阳高 1989 年 10 月 19 日 6.1 级地震前中小地震活动的异常特征

1982-01-01—1988-12-31 的 7 年时间里本区中小地震($3.0 \leq M_L \leq 5.0$)共发生 18 次(表 1),年均频次 2.6 次,最高达 6 次;月均频次 0.21 次,最高达 2 次。其中 3.0~3.9 级地震 14 次;4.0~5.0 级地震 4 次,年均 0.6 次。在大同一阳高地震前,1987 年仅在河北宣化境内发生一次 M_L 4.7 地震,但进入震前一年的 1988 年,从 4 月 18 日至 9 月 25 日的 5 个多月的时间里集中发生中小震 6 次,占震前 7 年中小震总频次的 33%。其中在距大同一阳高 6.1 级地震震中约 47 km 的河北阳原县还发生 M_L 5.0 地震一次,也是震前 7 年时间所发生的 18 次中小震中最大的一次。

从应变能释放的角度分析,1982-01-01—1986-12-31 5 年时间内发生的 11 次中小震所释放的能量

占震前 7 年时间发生的 18 次中小震所释放的总能量的 32%,而 1987、1988 年两年内发生的 7 次中小震所释放的能量占总能量的近 68%。

表 1 晋北区 1982 年~1989 年 9 月 $3.0 \leq M \leq 5.0$ 地震基本参数

序号	时间	φ_N	λ_E	地名	M_L
1	1983-03-05	39°12'	113°17'	繁峙县	3.5
2	1983-08-23	39°08'	112°56'	代县	3.0
3	1983-12-25	40°25'	114°30'	怀安县	3.4
4	1984-01-06	40°30'	114°41'	怀安县	3.0
5	1984-03-12	39°00'	112°58'	代县	3.3
6	1984-11-27	40°30'	114°08'	天镇县	4.5
7	1984-11-27	40°29'	114°16'	怀安县	4.1
8	1985-01-29	40°31'	114°08'	天镇县	3.0
9	1985-10-06	39°02'	113°09'	代县	3.2
10	1986-08-24	39°03'	112°52'	代县	3.0
11	1986-10-09	39°09'	113°11'	代县	3.6
12	1987-11-11	40°17'	114°48'	宣化区	4.7
13	1988-04-18	39°18'	112°28'	朔州	3.9
14	1988-05-19	39°08'	112°44'	朔州	3.2
15	1988-07-23	40°05'	114°13'	阳原县	5.0
16	1988-07-31	39°52'	113°33'	浑源县	3.0
17	1988-09-03	39°50'	113°47'	浑源县	3.3
18	1988-09-25	40°14'	114°11'	天镇县	3.2
19	1989-01-20	40°40'	114°05'	天镇县	3.8
20	1989-05-06	39°07'	113°02'	代县	3.1
21	1989-09-29	39°20'	112°42'	朔州	3.0

1989 年大同一阳高 6.1 级地震前晋北区中小震活动趋势见图 2。可看出大同一阳高 6.1 级地震前 1982—1988 年晋北区中小震呈有起伏变化的活动。1984 年曾出现过一次相对高值(4 次);但 1988 年中小震活动出现的高值是震前 7 年中绝无仅有的,其 6 次中小震释放的能量总量为 1984 年的能量的两倍以上。再从 1988 年 6 次中小地震震中位置看,与前相比中小震活动明显向 6.1 级地震震中集中(图 3),其中最大的阳原 5.0 级地震与主震处于同一构造带。显然,上述 1987、1988 年区内中小震活动表现出的时空特征,应视为大同一阳高 6.1 级地震的中短期异常。

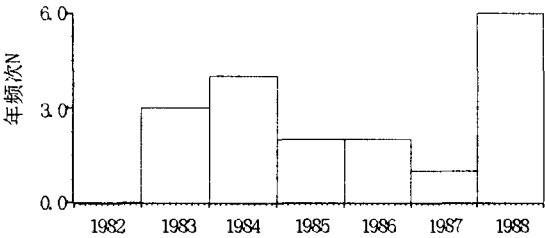


图 2 1982—1988 年晋北区中小震活动年频次图

Fig. 2 Annual frequency of medium-small earthquake in Northern Shanxi province from 1982 to 1988.

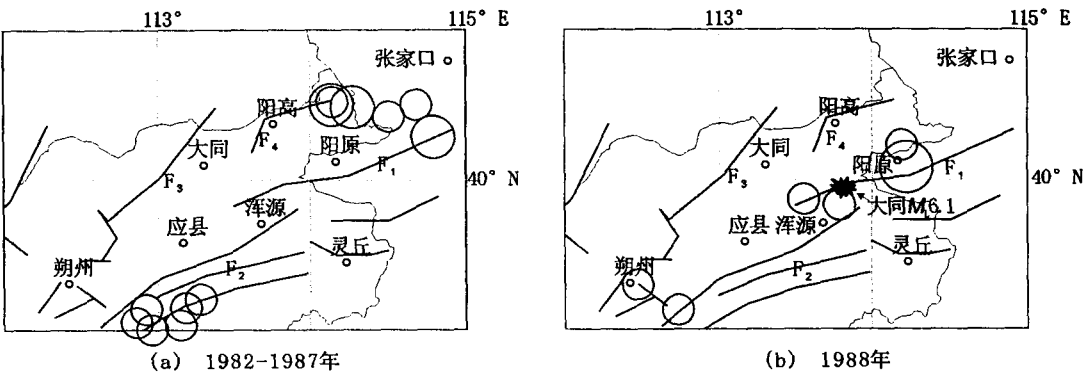


图 3 晋北区中小地震活动震中分布图

Fig. 3 Distribution of medium—small earthquakes in Northern Shanxi province.

临近 6.1 级主震发生前的 1989 年 1 月 20 日至 9 月 29 日期间,区内发生中小地震仅 3 次,月均频次 0.33 次,说明震前短期阶段活动有明显下降。同年 9 月 29 日在朔州发生的 3.0 级地震是主震前的最后一次中小震,它距 5.8 级地震时间仅 18 天。

2.2 大同一阳高地震后的中小震活动特征

大同一阳高 1989 年 10 月 5.8 首震至 2003 年 12 月 31 日,在 14 年多时间里晋北区共发生 $M_L \geq 3.0$ 地震 170 次,其中 $4.0 \leq M_L \leq 5.0$ 地震 21 次, $M_L > 5.0$ 地震 8 次。图 4 表明期间出现 6 次高值时段(按大同一阳高地震前的最高年频次 6 次作为指标),即:(1) 1989-10-18—1990-03-14;(2) 1991-03-26—1992-01-09;(3) 1993-02-06—1993-09-10;(4) 1995-02-02—11-29;(5) 1997-02-10—12-09;(6) 1999-11-01—11(表 2)。

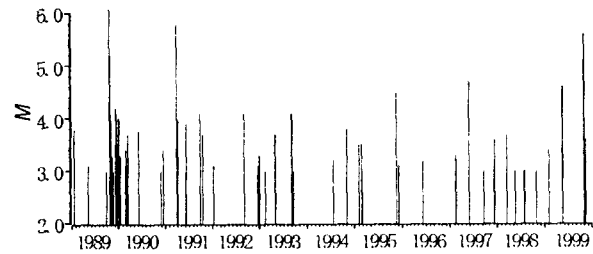


图 4 1989 年 1 月—1999 年 12 月晋北区 $M \geq 3.0$ 地震活动 $M-t$ 图

Fig. 4 $M-t$ diagram of $M \geq 3.0$ earthquakes in Northern Shanxi province from 1989-01 to 1999-12.

图 4、表 2 表明,84% 的中小以上地震发生在以上 6 个时间段;79% 的地震发生在(1)、(2)、(6)3 个时间段,即大同一阳高 6.1 级主、余震序列活动时段,且 81% 的 ≥ 4.0 级以及所有 ≥ 5.0 级地震发生在这 3 个时段,也即 93% 的能量在这 3 个时间段得到释放。图 4 显示,1992 年晋北区中小震活动已衰减到接近大同一阳高震前年份的较低值,全年共发生中

小地震仅 4 次。

表 2 大同一阳高 5.8 地震后 6 次活动高值时段统计

序号	活动高值时段	各级地震频次/ M_L			应变能 占总应 变能/%
		3.0~ 3.9	4.0~ 4.9	5.0~ 5.9	
1	1989-10-18—1990-03-14	82	11	6	≈59
2	1991-03-06—1992-01-09	20	3	1	≈22
3	1993-02-06—1993-09-10	11	2		≈2
4	1995-02-02—1995-11-29	6	1		≈1
5	1997-02-10—1997-12-09	8	1		≈2
6	1999-02-01—1999-11-11	17	3	1	≈12
合 计		144	21	8	≈98

2.3 1996 年包头 6.4 级和 1998 年张北 6.2 级地震前的中小震活动特征

晋北区自 1989 年大同一阳高 6.1 级地震以来,1992 年中小震活动年频次首次衰减到接近震前的较低值 4 次,最大为代县 4.1 级地震。1993 年 2 月 6 日—9 月 10 日,在 7 个月的时间里中小震活动又上升到 11 次的高值,其中有 9 次发生在原大同一阳高震区内,含 2 次 4.0~5.0 级地震,属典型的大同一阳高中强震群后的余震活动,因此尽管月频次达到 6 次、日频次达到 5 次的高值,但没有对应地震。1994 年全年中小震活动减少到 2 次,且均小于 4 级,由此可判断大同一阳高中强震群后的余震活动基本结束。

1995 年中小震活动又升到 6 次,地震活动呈现明显的增强,其特点与大同一阳高震前的 1988 年晋北区中小震活动具有可比性,其基本参数见表 3。全年中小震活动集中在 2 月、11 月两个月份,月频次均升至 3 次的高值,是大同一阳高 6.1 震前 7 年晋北区中小震活动从未有过的。1995 年总体强度指标弱于 1988 年,且没有大同一阳高地震余震的特征,说明可能在周边地区有新的中强震发生,结果在最后一次 1995 年 11 月 29 日 3.1 级地震后 154 天,

1996 年 5 月 3 日距晋北区约 400 km 的内蒙包头发生了 6.4 级地震,由于包头中强震前虽然 1995 年晋北区中小震活动出现 6 次高值,但分布较分散,故认为可能为较大范围应力场调整的表征。

1997 年,晋北区中小震活动从 1996 年的 1 次上升到 1997 年 8 次的高值(表 3),之后发生 1998 年 1 月 10 日张北 6.2 级地震。从中小震活动震中位置分布看,其中有 3 次发生在大同一阳高老震区,时间上较分散;4 次发生在大同一阳高老震区的附近区域,其中宣化 4.7 级地震与张北地震相距仅 80 km,与 1995 年中小震活动的分布相比趋向集中。此外虽具有大同一阳高地震后余震活动的特征,但与 1993 年的余震活动分布相比,集中度较差,说明这种活动是区域应力场水平增强的一种表现。其中最后一次中小震(1997-12-09, M_L 3.6)位于大同一阳高老震区内,与张北主震相距 120 km,相隔 31 天。

表 3 晋北区 1995 年~1997 年异常(中小地震)基本参数

序号	时间	φ_N	λ_E	地名	M_L	所在构造带
1	1995-02-02	39°14′	112°49′	山阴县	3.5	F_2
2	1995-02-20	39°22′	113°38′	应县三条岭	3.5	F_2
3	1995-02-27	40°27′	114°38′	怀安县	3.0	F_1
4	1995-11-13	39°22′	113°12′	应县南泉	4.5	F_2
5	1995-11-13	40°17′	113°14′	大同新荣	3.4	F_3
6	1995-11-29	40°04′	113°17′	大同市区南	3.1	F_3
7	1997-02-10	40°00′	113°30′	大同县党留庄	3.3	F_1
8	1997-02-11	40°00′	113°31′	大同县西坪	3.0	F_1
9	1997-02-14	39°54′	113°51′	阳高县友宰	3.0	F_1
10	1997-02-16	40°01′	113°32′	大同县西坪	3.2	F_1
11	1997-05-25	40°42′	114°52′	宣化	4.7	F_1
12	1997-09-16	40°19′	113°38′	阳高县王官屯	3.0	F_4
13	1997-12-02	39°56′	113°52′	阳高县友宰	3.2	F_1
14	1997-12-09	39°55′	113°51′	阳高县友宰	3.6	F_1

由以上 3 次中强震例表明,晋北区中小震活动年频次在震前 2 年降到最低(1~2 次),到震前 1 年升至 ≥ 6 次的高值,且含有一次 $4.0 < M_L \leq 5.0$ 中等地震的活动,是统计区及周边地区发生 6 级左右中强震的重要指标。主震与震前末次中小地震的间隔时间(平静时段)随着震中距增大而增长。

3 3 次 6 级地震前 1~2 年晋北区中小地震活动的空间特征

3.1 1989 年大同一阳高地震

大同一阳高地震前一年发生频次高值的中小震分布,主要位于 F_1 桑干河断裂带,如阳原 5.0 级地震、浑源 3.0、3.3 级地震以及天镇县将军庙的 3.2 级地震,与朔州 3.9、3.2 级地震形成 NEE 向地震条

带,大同一阳高地震就发生在该地震活动条带的东北端附近。自 7 月 23 日发生阳原 5.0 级地震,7 月、9 月发生的浑源 3.0、3.3 以及天镇 3.2 级地震明显向 6.1 级震中靠近,故与 F_1 断裂带活动关系较为密切。

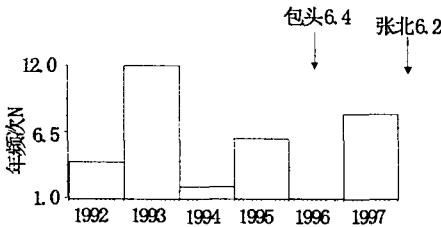


图 5 1992~1997 年晋北区中小地震活动年频次图

Fig. 5 Annual frequency of medium—small earthquake in Northern Shanxi province from 1992 to 1997.

3.2 1998 年张北地震

张北 1998 年 6.2 级地震前一年发生的高值中小震分布见图 6(b),8 次中小地震除 9 月 16 日阳高县王官屯 3.0 地级震发生在 F_4 断裂带以外,其余 7 次基本都发生在 F_1 断裂带及其近区。因此认为张北 6.2 级地震的发生同样与 F_1 断裂活动关系较为密切,全年中小震活动分布呈带状。大同一阳高地震前一年的中小震活动与张北 6.2 级地震相比在某些方面具有共性,即:后期发生的地震相对于前期移动方向是一致的。但从中小震的总体分布看又存在明显差异,且张北地震前一年后期发生的中小震较大同一阳高地震前一年后期发生的中小震已明显向东迁移。

3.3 1996 年包头地震

包头 1996 年 6.4 级地震前一年发生的高值中小震分布见图 6(a)。其中 1995 年 11 月发生的大同新荣 3.4 级以及大同市区南 3.1 级地震应属 F_3 口泉断裂活动的结果。主震前最大地震为应县 4.5 级地震,比大同一阳高地震前最大地震阳原 5.0 级地震向西偏 100 km。而且 1995 年发生的 6 次中小震中有 5 次已明显向西迁移。这都与大同一阳高震前一年以及张北震前一年中小震活动存在明显差异。

由上可知,各次 6 级地震前一年晋北区中小震活动各自有其明显的特征。当年频次、强度达到一定指标后,不同地区在震前一年后期发生的 2~3 次中小地震相对前期中小震的移动方向对未来中强地震发生的震中方位判断具有指示意义。如 1988 年

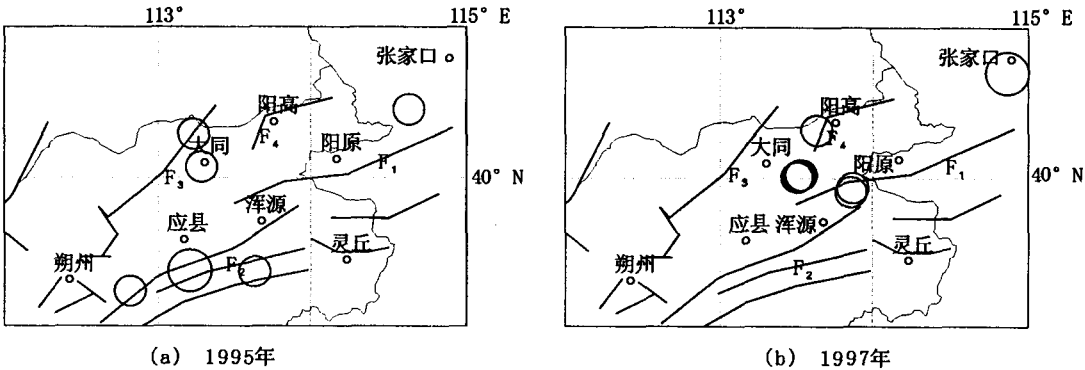


图 6 晋北区中小地震活动高值(异常)段震中分布图

Fig. 6 Distribution of medium—small earthquakes with high value anomalies in Northern Shanxi province.

小震活动从朔州向东迁移,大同一阳高中强震群就发生在了朔州的北东方向;1995 年小震活动从应县、怀安向西迁移,故 1996 年包头 6.4 地震发生在了应县、怀安县的北西方向;1997 年 5 月以后发生的地震从大同县向东迁移,故 1998 年张北 6.2 地震发生在了大同县北东方向。

4 结论

晋北区中小地震活动主要受区内展布的一组北东向的主控断裂控制,中小地震年活动以强弱交替有序地进行。当中小地震年活动水平达到 6 次的高值且含有一次中等地震时,在次年晋冀蒙交界地区或距晋北区较远的地区可能会对应 6 级地震发生。震前一年后期发生的 2~3 次中小地震相对前期中

小震的移动方向对未来中强地震发生的震中方位判断具有指示意义。

本研究得到中国地震局兰州地震研究所秦保燕研究员的帮助,特此致谢。

[参考文献]

[1] 陈国顺. 对大同断陷盆地形成演变过程的几点认识[J]. 华北地震科学,1983,1(2):31—34.

[2] 王秀文. 山西大同一阳高 6.1 级地震形变异常的再研究[J]. 山西地震,2001,(1):1—8.

[3] 王焱,刁桂苓,张四昌,等. 1999 年山西大同 $M_s5.6$ 级地震的震源断层[J]. 中国地震,2002,18(1):96—101.

[4] 王化宇,殷志刚. 晋冀蒙交界区 5.0 级以上地震演化过程之研究[J]. 山西地震,2004(2):19—22.