

## 大同地震后华北地震形势\*

李平林 夏修军

(河南省地震局, 郑州 450000)

**摘要** 采用几种方法分析了大同地震后华北地区的地震形势。根据地震活动和构造特征划分了研究区域,用作者提出的灰色线性预测模型及可公度性预测了发震时间,用作者提出的多点测位法预测了地震危险区并用近百年大陆地震活动特征估计了震级。综合分析结果认为,1995~1996 年华北发生  $M_S \geq 5.5$  地震的概率为  $P_1\{1995 \sim 1996\} = 7/11 \sim 8/11$ ,地震危险区位于晋东南的概率为  $P_S = 7/8 \sim 1$ 。

**关键词:** 华北 地震活动性 地震断层 灰色线性预测 可公度性 多点测位法

### 1 引言

本文运用多种方法分析了大同地震后华北地震形势。根据大华北地震活动及构造特征划分了研究区范围;用作者提出的灰色线性预测模型结合可公度性预测了发震时间;用作者提出的多点测位法预测了地震危险区;用大华北及整个大陆地震活动特征估计了震级。

### 2 大华北发震构造区划

中国大陆位于欧亚板块东部,东邻太平洋板块,西南与印度板块相撞,西北受西伯利亚板块挤压;环太平洋地震带和地中海—南亚地震带横贯该区。按构造特征可将大陆分为东西两部分,分界线为南北地震带东缘。东部又可沿秦岭—大别山构造带分为南北两区,大华北和东北位于北区,区内现代活动断裂总体方向为北北东和北东,除郯庐大断裂直贯华北东北外,其它构造带被阴山—燕山纬向构造带切断。大华北自东向西构造带依次为郯庐大断裂、太行山东凹陷及山前断裂、汾渭带,西缘为贺兰—六盘带,它们均为右旋走滑性质,以张性断裂为主;而北西和近东西向活动断裂及断陷盆地则表现为左旋走滑,断块区域应力场以水平作用力为主,由于受太平洋板块和大陆西部断块挤压,华北受一顺时力偶作用,新构造差异活动东弱西强;地壳东薄西厚,其厚度为 32~44 km;近 400a 来各大构造带都发生过 8 级大震,6 级以上地震近 100 次;1069 年以来经历了 3 个活跃期,每期长约 300a<sup>[1-2]</sup>。

根据上述构造特征,大华北西界取贺兰—六盘带,北界取阴山—燕山带,东界构造特征不明显,以地震分布为界,南界基本为秦岭—大别山构造带。研究区取为  $30.5^\circ \sim 40.5^\circ \text{N}$ ,  $107.0^\circ \sim 125.0^\circ \text{E}$ ,1900~1992 年区内共发生  $M_S \geq 6.0$  地震 28 次。除去前震余震共有 17 次主震(包括 1989 年大同 6.1 级地震)。

### 3 未来地震时间预测

为便于比较预测结果和提高预测信度,用可公度性及改造后的灰色预测模型预测了华北未来发震时间。

#### 3.1 可公度性预测结果

凡区内有震年份及连续 2a 有震并在其前后 3a 内另有地震的时段取为“有震时域”(闭集),记为  $A_i$ ;凡 4a 以上无震取为“无震时域”(开集),记为  $\Phi_i$ 。其各自序列为:

$$\{A\} = \{1, 1, 2, 1, 1, 1, 5, 4, 7, 1, 1\}$$

$$\{\Phi\} = \{7, 4, 5, 5, 5, 7, 18, 7, 4, 8\}$$

\* 地震科学联合基金资助项目(90-181)

第一作者简介:李平林,男,36岁,副研究员,现主要从事地震预报方法及灰色系统理论研究。

收稿日期:1994-10-04;修改稿:1994-11-30

$\Phi_{11}$ 待确定。记  $\Delta_i = |\Phi_i - \Phi_{i-1}|$ , 但  $\Phi_7 = 18$  突跳, 作一般修正处理:  $\Phi_7^1 = 1/2(\Phi_6 + \Phi_8) = 7$ , 于是有序列:

$$\{\Delta\} = \{0, 3, 1, 0, 0, 2, 0, 0, 3, 4\}$$

则  $\Phi_{11} = \Phi_{10} \pm \Delta_{11}$ ,  $\Delta_{\max} = 4$ ,  $\Delta_{\min} = 0$  有  $\Phi_{11\max} = 8 + 4 = 12$ ,  $\Phi_{11\min} = 8 - 4 = 4$ ; 而概率关系为  $P\{\Phi_{11} > \Phi_{11\max}\} = P\{\Phi_{11} < \Phi_{11\min}\} = 0$ , 实际情况  $\Phi_{11} > \Phi_{11\max}$ , 应有  $P\{\Phi_{11} > \Phi_{11\max}\} = 1/10$ ,  $P\{\Phi_{11} \leq 12\} = 1 - P\{\Phi_{11} > 12\} = 1 - 1/10 = 9/10$ ,  $P\{\Phi_{11} \geq 4\} = 1$ 。由序列  $\{\Delta\}$  知:  $P\{\Phi_{11} \leq 8\} = 5/10$ , 即  $\Phi_{11}$  很可能分布在  $4 \leq \Phi_{11} \leq 8$  范围内, 取中点有  $\Phi_{11} = (1989, 1995) = 6$  其概率  $P\{\Phi_{11} = 6\} = 0.75$ 。而  $A_{12}$  介于 1996 和 1997 两年之间的概率据  $\{A\}$  分析为:  $P\{A_{12} = [1996, 1997]\} = 7/11 \sim 8/11$ , 即 1996、1997 年在华北发震的概率为  $7/11 \sim 8/11$ 。

### 3.2 灰色预测结果

用笔者提出的真值及线性预测模型<sup>[3]</sup>对华北  $M_s \geq 6.0$  地震进行了灰色灾变预测, 结果列于表 1。表中

表 1 华北  $M_s \geq 6.0$  地震年份预测及检验

序号	建模资料		预测值 区间(灰数)	评判因子		预报及误差	
	真值	<i>n</i>		<i>c</i>	$\sigma$	Y/N	误差 <i>e</i>
1	10						
2	17						
3	21						
4	22						
5	27						
6	32	5	[32, 34, 33, 23]	0.0905	0.9599	Y	0
7	37	5	[35, 46, 36, 93]	0.3322	1.0175	N	小于等于 1
8	44	9	[42, 96, 44, 09]	0.1547	0.9589	Y	小于等于 1
9	45	5	[44, 35, 46, 04]	0.1268	0.9435	Y	0
10	48	6	[47, 23, 48, 83]	0.1140	0.7213	Y	小于等于 1
11	66	11	[54, 96, 55, 99]	0.1254	0.9599	Y	-11
12	67	8	[66, 46, 67, 91]	0.2118	0.8002	Y	0
13	69	11	[69, 50, 70, 46]	0.1687	0.8988	Y	小于等于 1
14	77	11	[75, 68, 77, 37]	0.1252	0.8016	Y	小于等于 1
15	81	4	[80, 96, 81, 92]	0.3691	1.1295	N	0
16	?	11	[89, 33, 90, 61]	0.2020	0.5236	Y	?
17	?	12	[95, 41, 96, 78]	0.2831	0.9432	Y	?

注: 真值为有震年份; *n* 为建模数据个数; 误差为预测灰数中点与年份数之差。  $\hat{c} \geq 0.3$ ,  $\sigma \geq 1.0$  不报, 即认为预测值不准确。

第 16 行为预测值, 已为大同地震所证实。将该震时间用作新样本再建模预测了华北下次地震的发震时间, 即 1995 和 1996 年, 与可公度性预测结果基本一致。

### 4 未来地震危险区预测

笔者曾用多点测位法分析了华北地震危险区, 已为大同地震所证实<sup>[4]</sup>。本文进一步运用该法预测了华北下次地震危险区, 大同地震作为新样本加入计算, 结果如图 1 所示。交汇区位于晋东南, 边界点为太原、武安、义马、运城。据图中 a、b 状态迁移特征分析,  $P_s = 7/8 \sim 1$ 。

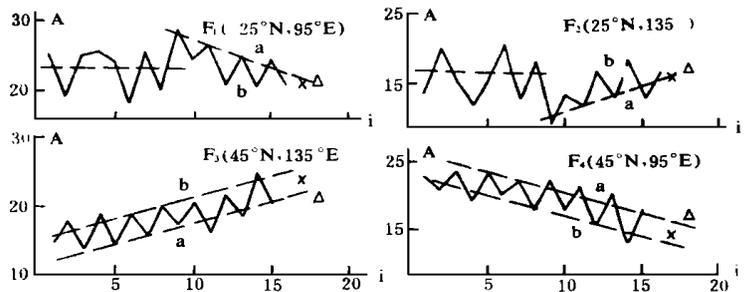


图 1 各次地震相对参考点地心角距

Fig. 1 Geocentric angular distances relative to reference points for each earthquake.

× 大同地震坐标; Δ 下次地震坐标

## 5 未来震级估计

近百年来中国大陆及邻区地震强度一直在衰减<sup>\*</sup>, 1897~1912年的15a间喜马拉雅和贝加尔-帕米尔两大地震带共发生9次 $M \geq 8.0$ 地震; 1920~1937年间震区东移, 且仅发生4次 $M \geq 8.0$ 地震; 1946~1957年间只有3次 $M \geq 8.0$ 地震; 而1966~1976年间活动区继续东移, 未发生8级以上地震, 唐山7.8级地震为最大。纵观地震空间分布, 可见大震横扫中国及邻区各震区; 而纵观地震强度, 发现其随时间的变化一直在减弱, 1985年以来的第5活跃期地震低强度活动进一步证明了这种发展趋势, 用笔者最近提出的“振荡比拟法”<sup>[5]</sup>作定量分析也得出相同结论。华北地震区受这种衰减趋势的控制, 加之已有第4活跃期内邢台、唐山等大震的减震作用, 华北未来地震强度亦应相应降低。原来以 $M \geq 6.0$ 地震为分析样本, 未来地震强度可能降到6级以下, 估计为 $M \geq 5.5$ 。

## 参考文献

- 1 邓起东, 等. 我国地震活动和地震地质主要特征. 科学通报, 1978, 23(4): 1~12
- 2 邓起东, 等. 中国构造应力场的主要特征及其与板块运动的关系. 地震地质, 1979, 1(1): 12~27.
- 3 Li Pinglin. Grey Forecasting of Earthquake ( $M \geq 6.0$ ) Frequency in China Mainland. The Journal of Grey System, 1990, 2(2): 641~659.
- 4 李平林. 直接多点测位与华北地震. 西北地震学报, 1991, 13(3): 61~68.
- 5 李平林. 中国及邻区大陆地震能量释放特征——振荡比拟法 I. 中国地震, 1996, (待发表).

## SEISMIC SITUATION IN NORTH CHINA AFTER THE DATONG $M$ 6.1 EARTHQUAKE

Li Pinglin Xia Xiujun

(Seismological Bureau of Henan Province, Zhengzhou)

### Abstract

Seismic situation in North China after the Datong  $M$  6.1 earthquake is analysed by using several kinds of methods. It is considered that probability for  $M \geq 5.5$  event to occur in the region during 1995 and 1996 is from 7/11 to 8/11 and probability to occur in southeast Shanxi Province is from 7/8 to 1.

**Key words:** North China Seismic activity; Seismic fault; Grey linear prediction; Multi-point location method

\* 李平林. 中国及邻区地震形势展望. 地震观测与预报, 1991, (1).