

中国地震预报中地震学异常的统计研究

吴富春, 许俊奇, 张 宪, 董星宏

(陕西省地震局, 陕西 西安 710068)

P315.75

摘要:根据1988年以来全国地震趋势会商会(NMSC)所提出的各类地震学异常资料,研究每一年异常与下一年大陆地震的对应关系.9 a内46种地震学方法所提出的932项异常资料表明:在1989~1993年间,用地震学预报地震方法的数量有一个增大过程;各种方法所提出的异常对应地震的比率在0~48%之间,平均为28%左右,这也与我国地震预报中预报区数的成功率相当;统计预报、区域应力场增强、地震条带、小震调制比和 b 值等方法有较高的地震对应率,而地震活动异常平静、分数维、异常震群、 c 值和地震窗等方法要差一些;用地震学方法预报地震最成功的年份为1989年,最差年份为1990年;与预报区数的成功比率一样,其地震的对应比率并未随着时间的推移而有所提高.各种地震学方法的物理内涵及其与地震孕育的内在联系及各种地震学方法间相互关联问题是今后用地震学方法预报地震的研究课题.

关键词:地震预报; 异常; 中国; 统计研究**中图分类号:**P315.75 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0844(2000)02-0105-05

0 引言

地震学方法和前兆学方法是中国地震预报中的两大类预报方法,前者是中短期预报的主要基础,后者为短期及临震预报的基本依据.经过近30 a的地震预报实践之后,这两类预报方法到底能不能预报地震?它们的预报效果到底如何?这显然是人们十分关注的问题.在“中国地震台网前兆异常的统计研究”^[1]一文中,我们分析了前兆异常的一些特征:中国地震台网测到的无震异常比有震异常多;在有震区的前兆异常比并不高于无震区的异常比.这些结论也直接危及我们在地震预报中的一条基本原则:地震多发生在前兆异常较为集中的地区.本文拟对中国地震预报中所使用的地震学异常作一剖析,以便弄清各种地震学预报方法的统计特征及所有方法的整体效能,并就如何提高地震学方法预报地震的能力提出一些看法.本文也是“中国地震台网前兆异常的统计研究”的续篇.

1 资料的选取

为研究中国地震学异常的统计特征及其整体效能,我们选用1988~1996年间历年全国地震趋势会商会上所提出的各类地震学异常来进行分析研究.这是因为:①每年年度会商会所

收稿日期:1999-10-12

基金项目:地震科学联合基金资助项目(95-07-431)

作者简介:吴富春(1941-),男,研究员,从事地震学、地震分析预报和工程地震等研究工作.

提出的各类异常都比较慎重,且资料详尽,保存齐全;②年度会商会一般用当年的异常预报来年的地震,预报的时间有明确的界定;③每年全国会商会大体在同一时间召开,这也有利于对历年同一时期的资料进行比较。

一般来说,每年全国会商会都会勾画出10个左右的全国地震重点危险区(本文称之为Ⅰ类区)和全国地震应注意地区或可能发生6~7级强震的背景地区(本文称之为Ⅱ类区)。每个Ⅰ类和Ⅱ类区都有明确的预报震级和相应的地震学和前兆学方法的异常,本文使用的地震学异常也即这类资料。这些资料是从各省(区)和各学科提出的异常中筛选出来的。

2 资料的分析和处理

2.1 对地震学异常统计研究的原则和步骤

(1)在每年一张的中国地图上,勾画出每年的Ⅰ类区和Ⅱ类区,并标出当年可能发生5级以上地震的位置。

(2)在本文的统计中,我们并不拘泥于某预报区一定要发生预报震级的地震才算对应,而只要区内发生了5级以上地震,就认为该区被报准了,因而预报该区有震的各种地震学异常(一般是上一年提出的)也就对应了地震。如果预报区内未发生5级以上地震,我们就把预报该区有震的所有地震学异常(也是上一年提出的)都视为无震异常。

(3)预报区1a内发生1次以上地震,预报此区的异常在统计中也未加大其权重。

2.2 统计实践

表1为历年会商会所提出的预报区数、成功比率和地震学异常及其与地震的对应比率。图1、图2为有关曲线。

表1 历年全国地震趋势会商会所提出的预报区数和地震学异常及其与地震的对应比率

年份	预报区数及成功比率						地震学异常及其与地震的对应比率					
	Ⅰ类区		Ⅱ类区		Ⅰ+Ⅱ类区		Ⅰ类区		Ⅱ类区		Ⅰ+Ⅱ类区	
	区数	比率/%	区数	比率/%	区数	比率/%	异常数	对应比率/%	异常数	对应比率/%	异常数	对应比率/%
1989	7	71.43	7	0.00	14	35.71	26	76.90	21	0.00	47	42.60
1990	7	0.00	5	20.00	12	8.33	47	0.00	23	0.00	70	0.00
1991	5	40.00	6	33.33	11	36.36	34	44.12	31	45.16	65	44.62
1992	8	25.00	—	—	8	25.00	66	22.73	—	—	66	22.73
1993	9	44.44	—	—	9	44.44	94	47.87	—	—	94	47.87
1994	8	12.50	3	33.33	11	18.18	94	13.83	21	42.86	115	19.13
1995	10	40.00	5	0.00	15	26.67	101	35.64	38	0.00	139	25.90
1996	11	27.27	6	16.67	17	23.53	96	26.04	40	27.50	136	26.47
1997	11	27.27	4	75.00	15	40.00	151	25.80	49	24.49	200	25.50
Σ	76	31.58	36	22.22	112	28.57	709	29.34	223	20.63	932	27.25

由表1、图1及图2可知:

(1)历年会商会所提出Ⅰ类区(共76个)的成功比率在0(1990年)到71.43%(1989年)之间波动,平均为31.58%;Ⅱ类区(共36个)在0(1989年)到75.00%(1997年)之间波动,平均为22.22%;Ⅰ+Ⅱ类区(共112个)在8.33%(1990年)到44.44%(1993年)之间变化,平均为28.57%。预报区数的成功率没有随时间推移而呈上升趋势,这说明中国地震预报水平在9a间无明显的提高。

(2)Ⅰ类区中地震学异常(共709项)对应地震的比率在0(1990年)到76.90%(1989年)

间波动,平均为 29.34%; II 类区异常(共 223 项)的对应比率在 0(1990 年)到 45.16%(1991 年)间波动,平均为 20.63%; I + II 类区异常(共 932 项)的对应率在 0(1990 年)到 47.87%(1993 年)间变化,平均为 27.25%。地震学异常对应地震的比率也没有随时间推移而呈上升趋势,这说明,在 9 a 中我们对地震学异常的研究也无实质性的进展。

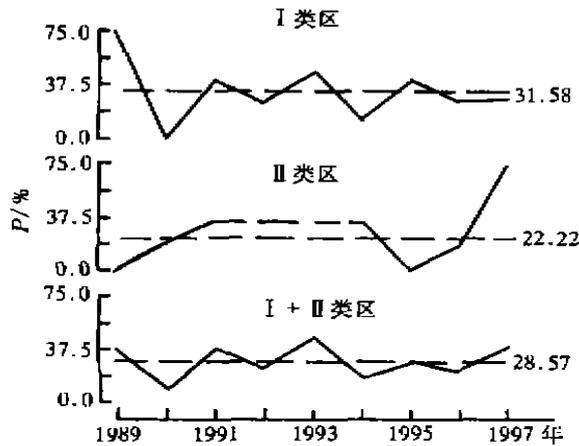


图 1 全国地震趋势会商会所提出的预报区数成功率曲线

Fig. 1 The correct ratio of the number of forecasting regions obtained from NMSC.

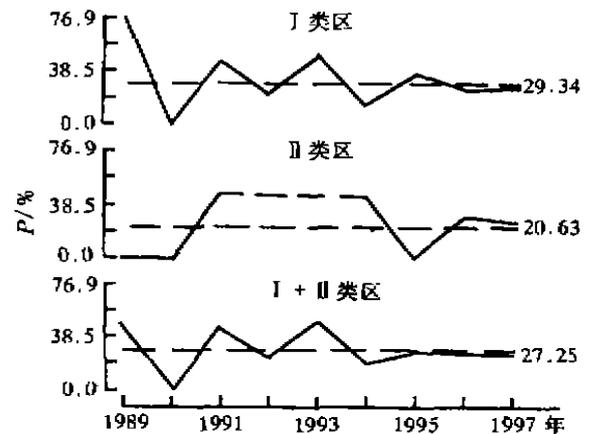


图 2 全国地震趋势会商会所提出的地震学异常对应地震的比率曲线

Fig. 2 The ratio of seismological anomalies versus earthquakes obtained from NMSC.

(3) 历年会商会所提出 I 类区的成功比率(平均为 31.58%)与 I 类区中地震学异常对应地震的比率(平均为 29.34%)相近; II 类区及 I + II 类区上述比率也极为相近(22.22%对 20.63%, 28.57%对 27.25%)。大体上说,我国地震预报中区数的预报成功率在 30% 左右,而历年所提出的地震学异常也有近三分之一能对应地震。

2.3 统计分析

统计中我们发现:

(1) 以地震学为基础的具体的预报方法有 46 种以上(因为统计预报中又含多种方法)。1989~1997 年间每年会商会所提出的地震学预报方法种类数依次为 8, 7, 12, 18, 25, 24, 25, 23, 28, 平均为 18.89 种。显然,预报方法种类数在 1989~1993 年间有一个上升过程(图 3),这可能与当时地震系统全面推广“八五”攻关成果有关。

(2) 40 多种预报方法中,一些是久用不衰的,如应变能释放、地震频度、*b* 值、地震空区和条带等方法;一些前几年用得更多,近几年用得少了,如波速比等方法;还有一些是最近几年新发展起来的,如 Tip、Sip、GL、算法复杂性、弧波理论、强度因子 *M_f* 等方法。我们相信,今后还会发展一批批的新的预报方法。上述众多的预报方法中,有许多方法是相互关联的,它们有很强的内在联系,但其与地震的对应比率并不相同,例如地震活动异常增强和地震活动度。

2.4 预报地震的能力

为弄清各种方法预报地震的能力,我们还作了如表 2 的统计工作。由表 2 可以看出:

(1) I 类区 9 a 中累计使用 10 次以上(尽量使其具

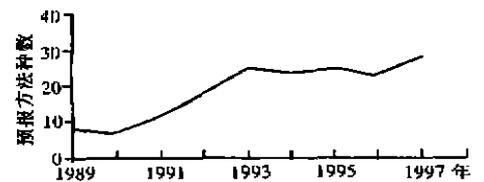


图 3 地震学预报地震的方法统计曲线

Fig. 3 Changes of kind number of seismological forecast methods obtained from NMSC.

有统计意义)的预报方法有20种,这些方法成功比率在0~44.44%之间,平均为29.94%;成功率较高的方法有统计预报、区域应力场增强、地震熵、地震活动异常增强和小震调制比及缺震;比率较低的方法有地震活动异常平静、异常震群、分数维、 η 值和 c 值。

(2) II类区9a中使用5次以上的方法有15种,它们多数也是I类区中常用的方法,其成功比率在0~33.33%之间,平均为20.60%。比率较高的方法有 η 值、地震活动异常平静、地震频度、区域应力场增强和波速比;比率较低的方法有缺震、地震活动异常增强、空区(段)、加卸载响应比和 c 值。

(3) I+II类区9a中使用20次以上的方法有18种,其成功比率在8.70%~36.36%之间,平均为27.25%;比率较高的方法有统计预报、区域应力场增强、地震条带、小震调制比和 b 值;比率较低的方法有地震活动异常平静、分数维、异常震群、 c 值和地震窗。

可以看出, I类区、II类区和I+II类区中比率较高和较低的方法并不统一, I类区中较差的方法(如地震活动异常平静)还成了II类区中最好的方法。这可能与各种方法本身有较大的不确定性,或使用频次过少不够统计意义有关。因此,从统计意义上看,以I+II类区的结果表达为好。这就是,统计预报、区域应力场增强、地震条带、小震调制比及 b 值等方法要好一些,而地震活动异常平静、分数维、异常震群、 c 值和地震窗等方法要差一些。这些结果与中国58个震例^[2-4]中的结果不完全吻合。

3 结论

通过对1988年以来每年全国地震趋势会商会所提出的地震学异常与来年中国大陆地震活动关系的统计分析,我们可以得出如下结论:

(1) 历年全国地震趋势会商会所提出I类区的成功比率平均为31.58%,这与I类区中地震学异常的地震对应率29.34%相近,II类区和I+II类区也有相似的情况。大体上说,我国地震预报的区数成功率约为30%,而历年所提出的地震学异常也约有三分之一能对应地震。

(2) 历年来预报区数的成功率没有逐年上升,地震学异常对应地震的比率也未

逐年提高。这都说明,9a来中国地震预报的实际水平没有实质性的进展。

(3) 地震学预报地震方法的数量在1989~1993年间有一个上升的过程,这可能与当时推广“八五”攻关成果有关。

表2 常用地震学方法异常对应地震的比率

序号	预报方法	I类区		II类区		I+II类区		排		
		使用次数	成功比率/%	使用次数	成功比率/%	使用次数	成功比率/%			
1	空(区)段	68	30.88	9	27	14.81	13	95	26.32	12
2	b 值	59	32.20	7	22	22.73	8	81	29.63	5
3	c 值	57	24.56	16	16	18.75	11	73	23.29	15
4	条带	44	31.82	8	19	26.31	6	63	30.16	3
5	频度	46	28.26	14	13	30.77	3	59	28.81	7
6	应变能	36	30.56	10	13	23.07	7	49	28.57	8
7	响应比	33	30.30	12	12	16.67	12	45	26.67	10
8	异常增强	32	34.38	4	13	7.67	14	45	26.67	11
9	区域应力	28	39.29	2	11	27.27	4	39	35.90	2
10	调制比	27	33.33	5	10	20.00	9	37	29.73	4
11	缺震	27	33.33	6	5	0.00	15	32	28.13	9
12	波速比	23	30.43	11	8	25.00	5	31	29.03	6
13	异常震群	22	13.64	19	4	50.00	—	26	19.23	16
14	η 值	17	23.53	17	6	33.33	1	23	26.09	13
15	分数维	19	21.05	18	3	0.00	—	22	18.18	17
16	异常平静	17	0.00	20	6	33.33	2	23	8.70	18
17	地震窗	19	26.32	15	2	0.00	—	21	23.81	14
18	地震统计	18	44.44	1	4	0.00	—	22	36.36	1
19	地震熵	14	35.71	3	5	20.00	10	19	31.58	—
20	地震活动度	17	29.41	13	—	—	—	17	29.41	—
Σ		623	29.94	199	20.60		822	27.25		

(4) 统计结果表明,地震学预报地震较好的方法有统计预报、区域应力场增强、地震条带、小震调制比及 b 值等,较差的方法有地震活动异常平静、分数维、异常震群、 c 值和地震窗等。

地震学方法层出不穷,新方法越来越多,现在急需对这些方法作一筛选,并把物理含义相近的方法加以归并,真正找出一些物理意义明确且有较高预报比率的地震学预报方法。

另外,对于各类前兆异常,人们会在震前或震后进行反复的异常落实,以便弄清其真实程度。对同一异常,也会有诸多争议。而对于地震学异常,提出异常的人在有震和无震之后很少作异常真实性方面的反思和总结,也很少有争议发生,这必然会阻碍地震学异常的深入研究,因而也是地震学异常研究中必须注意的问题。

[参考文献]

- [1] 吴富春,许俊奇,张宪,等.中国地震台网前兆异常的统计研究[J].地震学报,1998,20(5):515~520.
- [2] 张肇诚,罗兰格,李海华,等.中国震例(1966~1975)[M].北京:地震出版社,1988.
- [3] 张肇诚,罗兰格,李海华,等.中国震例(1976~1980)[M].北京:地震出版社,1990.
- [4] 张肇诚,罗兰格,李海华,等.中国震例(1981~1985)[M].北京:地震出版社,1990.

THE STATISTICAL STUDY ON SEISMOLOGICAL ANOMALIES IN EARTHQUAKE PREDICTION OF CHINA

WU Fu-chun, XU Jun-qi, ZHANG Xian, DONG Xing-hong
(*Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China*)

Abstract: By using various seismological anomalies obtained from the Meeting of National Seismological Consideration (MNSC) from 1988 to 1996, the relationship between the anomalies in a certain year and the earthquakes occurring in the Chinese mainland in the next year is studied. The data of 932 anomalies obtained by more than 46 prediction methods of the seismometry in the past nine years show that the number of the prediction methods of seismometry increased from 1988 to 1996. The corresponding ratios for different seismological anomalies with moderate or larger earthquakes are between 0 and 48%, the average value is about 28%, which is numerically equal to the corrective ratio of the forecasting regional number in Chinese earthquake prediction. The methods of the statistical prediction, the strengthening of regional stress field, the seismic bands, the modulation ratio of small earthquakes and the b -value have higher corresponding ratios with earthquakes, and the methods of the anomalous calm of seismic activity, the fractal dimension, the anomalous earthquake swarm, the c -value and the earthquake windows have lower corresponding ratios with earthquakes. The year when there is the highest forecasting ratio is 1989, and the year when there is the lowest forecasting ratio is 1990. As the same corrective ratio of the forecasting regional number, the corresponding ratio of seismological anomaly does not increase with time. The questions such as the physical meaning of every seismological prediction method and the inner relationship between the seismological anomaly and the earthquake, etc. will be studied further in the future.

Key words: Earthquake prediction; Anomaly; China; Statistical study