

中国地震台网前兆异常的统计研究^{*}

吴富春¹⁾ 许俊奇¹⁾ 张 宪¹⁾ 钱家栋²⁾
米秋霞¹⁾ 郭美娥¹⁾ 段 锋¹⁾

1) 中国西安 710068 陕西省地震局

2) 中国北京 100036 中国地震局分析预报中心

摘要 利用 1988 年来全国商会所提出的各类定点前兆异常, 研究其与下一年大陆地震的对应关系. 从 84 次地震资料的统计中得出, 除地下水外, 其它 6 种观测手段在有震区的异常比均低于无震区或全大陆的异常比. 有震区中异常比值最高的手段为地下水, 在新疆、四川和云南等地最突出; 比值次之的手段为水化和形变, 比值最高的地区分别在新疆、华南和新疆、云南; 地磁是异常比最低的手段, 比值最低的地区在内蒙古和海南; 7 种观测手段的综合异常比, 有震区为 26.85%, 无震区为 25.11%, 后者也即为中国地震前兆台网的异常本底. 该台网中, 200 km 内的 5 级、300 km 内的 6 级和 500 km 内的 7 级地震的前兆异常比分别为 26.30%、29.19% 和 29.44%. 加强无震异常的研究, 是提高地震预报水平的关键问题之一.

关键词 异常识别 异常比统计 有震区 无震区

引言

我们通常把前兆测值中排除观测误差和外界干扰之后的变化部分称为异常. 一个可靠的且符合孕震理论的异常之后, 在一定的时空间尺度和空间范围里, 发生了一定震级以上的地震, 我们就把这个异常称之为有震异常或该地震的前兆. 相反, 一个异常之后, 在一定的时空间尺度和空间范围里, 没有相应震级的地震发生, 我们就把这个异常称之为无震异常. 显然, 无震异常与有震异常可有不同的成因, 但它们与观测误差和外界干扰是完全不同的概念.

在一个台网中, 我们把某个观测手段的异常数与该手段的总台项数之比称为该手段的异常比, 把各手段的所有异常的总数与台网中各手段台项总和之比称为综合异常比.

在每年召开的各类震情会商会议上, 总要提出许多异常作为预报某些地区要发生地震的依据. 这些异常的可靠程度如何? 其中有震异常的比例有多大? 中国地震台网的异常本底是多少? 台网中有震异常和无震异常在时间和空间上各有什么特征? 这些都是中国地震预报实践中十分关键的问题. 本文将从统计的角度上对这些问题作一剖析.

^{*} 地震科学联合基金会资助项目(97-07-431).

1997-10-29 收到初稿, 1998-03-16 收到修改稿并决定采用.

1 中国地震台网及异常资料的选取

根据中国地震台网图集(国家地震局科技司, 1990), 到 1988 年底, 我国已基本建成了一个以地震预报为主的观测系统. 这个系统包括两大类 8 种科学方法, 即测震和前兆两大类, 而前兆中又包括地电、地磁、形变、水化、应力应变、水位和重力等 7 个科学方法或手段, 共 822 个台项, 各前兆手段的台项数见表 1.

表 1 中国地震台网前兆手段统计表

手 段	地 电	地 磁	形 变	水 化	应力应变	水 位	重 力	合 计
台 项	85	149	150	103	58	261	16	822

中国地震台站分布不均匀, 大陆东部台站密集(特别是华北地区), 西部稀疏(特别是青藏地区). 总的布局与大陆大的构造体系相吻合, 也与历史强震的分布大体一致, 但与近 30 年来大陆地震西部密集、东部稀少的状况正好相反. 一些东部省(区), 建台 20 多年来, 几乎没有发生过 5 级以上地震.

为研究中国地震台网前兆异常的统计特征, 我们选用 1988 年来全国会商会上所提出的历年定点前兆异常资料进行分析. 这是因为: ① 年度会商会所提出的异常较为慎重, 一般都是经过反复落实和推敲之后提出来的; ② 年度会商会用当年的异常预报来年的地震, 因此, 预报地震的时间有明确的界定; ③ 全国会商会的资料详细, 且保存较好; ④ 每年全国年度会商会大体在同一时间召开, 这也便于对历年同一时期的异常进行比较.

2 资料的分析和处理

对中国地震台网前兆异常的统计工作, 我们按以下原则和步骤进行:

(1) 在每年一张的中国地震台网分布图上, 标出每年发生的地震位置, 并以 $R=200$ km($5.0 \leq M \leq 5.5$)、 300 km($5.6 \leq M \leq 6.5$)和 500 km($M \geq 6.6$)为半径, 勾出各个地震可能出现的前兆异常的影响范围. 我们把每年各个地震影响范围的总和称为该年大陆的有震区, 大陆的其它地区(西藏地区未作统计)则为无震区.

(2) 列出各个地震影响范围里的台站及测项, 按全国会商会上每年提出的异常, 统计各地震影响范围内上一年的各项异常.

(3) 分别统计各个地震的影响区、全大陆、全大陆有震区和全大陆无震区各手段的异常比和综合异常比.

(4) 如同一地区一年内先后发生几次地震, 且较小地震的影响范围完全落在较大地震的影响范围里, 我们只统计较大地震的异常比; 如两次地震仅有部分影响区交叉, 则分别统计这两次地震影响范围里的各项异常和台项. 在作有震区和无震区等比值统计时, 减去其交叉区内的台项及异常.

本研究中, 我们分析了 1989 以来全部可作统计的 84 次地震, 这些地震的分布见表 3 第 2 列. 它们多分布在 10 个区域内, 新疆、云南和四川地震较多, 华东、内蒙等地区的地震较少.

表 2、图 1 为中国地震台网各手段历年在全大陆、有震区和无震区的异常比随时间的变化数值和曲线, 图中还标出了各曲线的平均值. 显然, 每区仅有两条曲线是独立的.

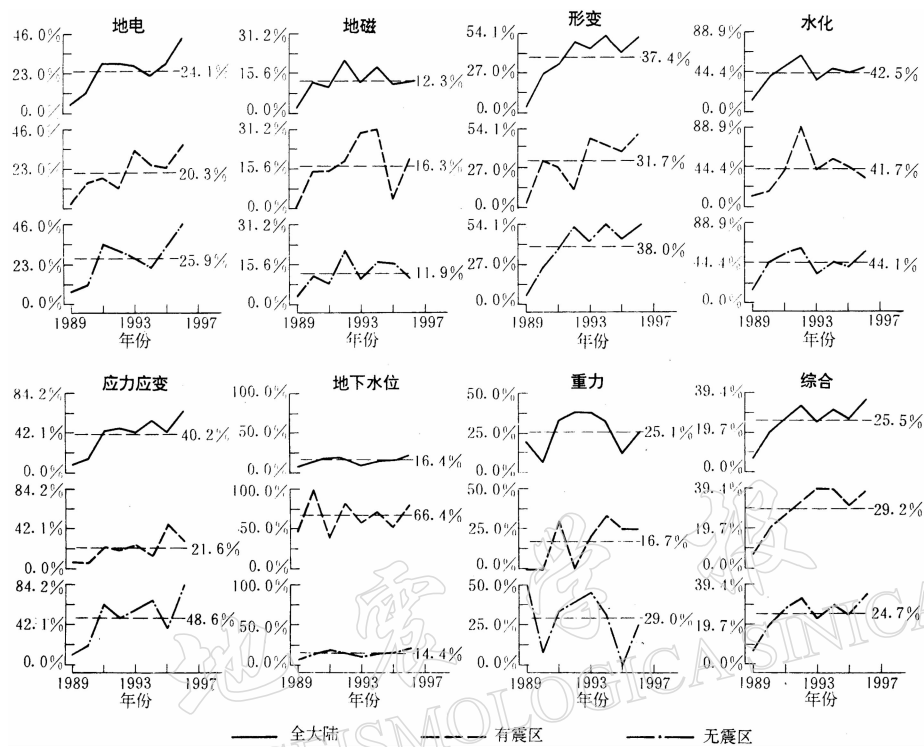


图 1 各手段前兆异常变化曲线

表 2 中国地震台网前兆异常比率统计

时间	区域	地电	地磁	形变	水化	应力应变	地下水位	重力	综合
1989	全大陆	4.71	2.01	4.67	13.59	8.62	8.43	18.75	7.06
	有震区	2.27	0.00	3.33	12.77	7.41	46.67	0.00	7.06
	无震区	7.32	3.09	5.56	14.27	9.68	6.10	50.00	7.05
1990	全大陆	11.76	12.08	26.00	37.86	15.52	15.33	6.25	18.98
	有震区	14.29	10.00	32.00	18.52	6.25	100.00	0.00	19.20
	无震区	10.94	12.61	24.80	44.74	19.05	14.01	7.14	18.94
1991	全大陆	28.24	10.07	32.67	50.49	44.63	19.92	31.75	27.13
	有震区	17.24	14.58	27.69	42.11	23.08	40.00	30.00	26.41
	无震区	33.93	7.92	36.47	55.38	62.50	18.70	33.33	27.41
1992	全大陆	28.24	20.81	48.00	63.11	46.55	17.24	37.50	32.85
	有震区	11.11	18.18	12.50	88.89	20.00	83.33	0.00	33.33
	无震区	30.26	21.01	52.24	60.64	49.06	15.69	40.00	32.81
1993	全大陆	27.06	12.08	43.33	34.95	42.28	11.88	37.50	25.18
	有震区	33.33	29.41	47.22	41.67	25.00	58.33	20.00	39.20
	无震区	25.71	9.85	42.11	32.91	57.14	9.64	45.45	22.67
1994	全大陆	21.18	18.12	52.00	47.57	55.17	16.86	31.25	30.78
	有震区	25.00	31.25	42.86	54.17	14.29	71.43	33.33	39.42
	无震区	20.55	16.54	54.10	45.57	68.18	15.35	30.77	29.53
1995	全大陆	28.24	11.41	41.33	42.72	43.10	16.86	12.50	26.52
	有震区	23.08	3.64	38.33	44.19	46.67	52.63	25.00	31.10
	无震区	32.66	15.96	43.33	41.67	39.29	14.05	0.00	24.47

续表 2

时间	区域	地电	地磁	形变	水化	应力应变	地下水位	重力	综合
1996	全大陆	43.29	12.08	51.33	49.51	65.52	24.52	25.00	35.16
	有震区	36.36	19.35	50.00	31.25	30.00	78.57	25.00	37.58
	无震区	46.03	10.17	51.79	57.75	84.21	21.46	25.00	34.55
历年平均	全大陆	24.12	12.33	37.42	42.48	40.95	16.38	25.00	25.46
	有震区	18.32	11.54	30.80	35.67	23.38	59.83	18.83	26.85
	无震区	26.38	12.56	39.91	45.35	49.68	14.38	28.43	25.11

分析图 1，我们可以得出如下观点：

(1) 每条曲线开始都有一个上升过程，到 1992 年之后方趋平缓，且处在一个高值上。代表全大陆地区的曲线最明显。这意味着，从 1988 年起，全大陆的异常数量是逐年增加的，但在这段时间内，全大陆地震活动水平，无论地震频次和年地震能量释放均无相应的增强过程。因此，这种高于地震活动水平的异常只能是无震异常。

另外，我们还统计过测震学方法和测震学异常及流动前兆异常，其数量也有一个上升且趋于高值的过程。以上结果，可以从图 2 中看出。这里的测震学方法和异常是指地震条带、空区、应变能释放和地震频度等方法 and 异常；流动前兆异常包括流动基线、流动水准及流动重力等异常。

(2) 除地下水位之外，其它 6 种手段在有震区异常比的平均值都低于无震区或全大陆异常比的平均值。各手段的综合异常比的平均值，有震区为 26.85%、无震区为 25.11%、全大陆为 25.46%。这说明，发生地震的地区，其前兆异常比与无震区或整个大陆的异常比并无明显的区别。此结果将危及我们在地震预报中的一条基本原理：地震多发生在前兆异常较为集中的地区。

有震区的前兆异常比，比中国 58 个震例（张肇诚等，1988，1990a，1990b）中的多数地震异常比高。

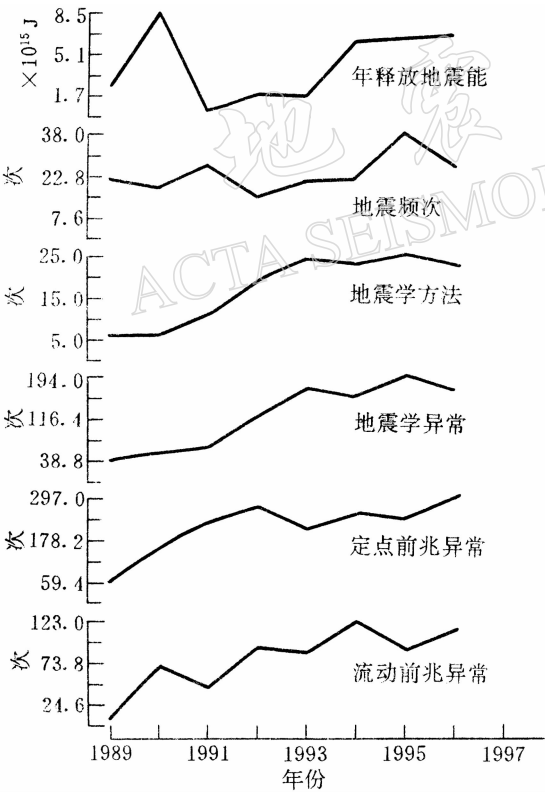


图 2 地震活动与前兆异常关系曲线

(3) 各手段在无震区的异常比，应视为各手段的异常本底。可以看出，各手段的异常本底都较高且差距较大，地磁最低(12.56%)、应力最高(49.68%)。各手段在无震区内的综合异常比为 25.11%，这即是全国台网前兆异常的综合本底。这个结果，比陕西台网的异常本底(5~6%)要高得多(吴富春，曾鸣，1989)。

另外, 判别一个手段监测地震的能力, 应看这个手段对地震前兆的敏感程度, 亦即该手段在无震时(无震区)应有较低的异常比, 而在有震前(有震区)应有较高的异常比. 综合考虑上述两个原则, 分析图 1 中的资料可以得出: 地下水位, 水化和形变是监测地震相对好一些的手段, 而应力应变手段略差一些.

为弄清各类观测手段有震异常比的地区差异, 我们对 84 次地震的前兆异常作了分区统计, 其结果见表 3.

表 3 各地区异常比统计表

地 区	地震次数	地电	地磁	形变	水化	应力应变	水位	重力	综合异常比
四 川	10	15.22%	13.64%	28.95%	23.44%	9.09%	63.16%	20.00%	22.44%
云 南	14	17.64%	20.37%	40.44%	42.99%	48.98%	62.90%	20.00%	39.26%
新 疆	27	35.29%	30.00%	46.00%	54.55%	26.09%	87.50%	60.00%	40.91%
甘 宁	9	16.67%	5.26%	38.89%	21.21%	17.86%	60.00%	20.00%	20.67%
青 海	7	9.09%	22.22%	30.00%	33.33%	5.56%	0.00%	0.00%	20.19%
山 西	4	14.71%	1.64%	25.00%	22.86%	32.00%	46.15%	12.50%	18.64%
内 蒙	3	50.00%	0.00%	25.00%	14.29%	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%
京津唐鲁	4	14.81%	1.92%	34.21%	36.36%	22.22%	30.77%	20.00%	19.88%
华 东	2	0.00%	6.25%	40.00%	37.50%	0.00%	0.00%	0.00%	19.51%
华 南	4	40.00%	0.00%	36.36%	50.00%	40.00%	0.00%	0.00%	31.94%

分析表 3, 可得出以下观点: ① 各手段的异常比值, 在不同的地区是不同的. 也就是说, 不同的地区, 都有异常比值较高的“王牌”观测手段. 例如地电的异常比, 在内蒙和新疆最高, 而在华东和青海较低; 地磁的异常比在新疆和青海最高, 而在内蒙和华南最低; 形变的异常比, 新疆、云南较高, 山西、内蒙较低; 水化的异常比, 新疆、华南最高, 内蒙、甘宁最低; 应力应变异常比, 云南和华南较高, 华东和内蒙较低; 地下水位的异常比, 新疆、四川和云南最高, 华东、华南和青海较低; 重力异常比, 新疆最高, 华南、华东较低; ② 各手段的综合异常比, 新疆、云南较高, 山西、华东和京津唐鲁较低.

对于有震区的地震, 我们还按不同的震级档次, 统计了它们的综合异常比值, 其结果见表 4.

表 4 不同震级综合异常比

震级	$5.0 \leq M \leq 5.5$	$5.6 \leq M \leq 6.5$	$M \geq 6.6$
地震次数	50	22	12
影响范围/km	200	300	500
异常比	26.30%	29.19%	29.44%

由表 4 可以看出, 对于 5 级左右地震, 在 200 km 范围内, 其异常比值为 26.30%; 6 级左右地震, 在 300 km 范围内, 异常比率为 29.19%; 7 级左右地震, 在 500 km 范围内异常比率为 29.44%. 总的来看, 震级越大, 前兆影响范围也越大, 异常比率也有所增加. 这个结果, 比河北地区 13 次地震的统计结果要大些(罗兰格等, 1986).

3 结论

通过对 1988 年以来历年全国会商会所提出的定点前兆异常与大陆第 2 年地震活动关

系的统计研究,我们得出以下结论:①大陆定点前兆异常数量在1988~1992年间有一个上升的过程,之后又一直处在较高的水平上,但1989年以来大陆地震活动水平一直不高,二者间无明显的呼应关系.因此,这些年来全国会商会上所提出的各类异常,绝大多数为无震异常;②中国大陆有震区的综合异常比与无震区及全大陆异常比无明显的差异,这给我们预报地震的地点带来了很大的困难;③在200 km范围内,5级地震的异常比为26.30%,在300 km内6级地震的异常比为29.19%,7级地震在500 km范围内的异常比为29.44%;④中国大陆无震区的综合异常比为25.11%,这即为中国地震台网的异常本底.只有某区的异常比值超过本底值时,才能预报该区有可能发生地震;⑤地震较多的新疆和云南地区,有震区的异常比较高,这些区内的异常也多可与区内的地震相对应;而地震较少的京津唐鲁地区和华东地区,即使其台站密集,观测条件和观测技术较好,其测值的异常也难以与地震对应.

大量存在的无震异常,是地震预报中的一大难点,其症结仍然是我们无法识辨异常,无法弄清一个异常的变化与一个地震孕育和发生间内在的和必然的联系.就目前而言,加强异常落实工作,仍是地震预报中的头等大事.

参 考 文 献

- 国家地震局科技监测司, 1990. 中国地震台网图集. 北京: 地震出版社. 5~15
- 罗兰格, 曾炬, 候建明, 等, 1986. 河北地区地震前兆观测能力的评定. 地震, (1): 19~25
- 吴富春, 曾鸣, 1989. 前兆台网异常本底的研究. 地震, (3): 52~57
- 张肇诚, 罗兰格, 李海华, 等, 1988. 中国震例(1966~1975). 北京: 地震出版社. 87, 112, 127, 136, 187
- 张肇诚, 罗兰格, 李海华, 等, 1990a. 中国震例(1976~1980). 北京: 地震出版社. 41, 102, 125, 162, 171, 272, 299, 382
- 张肇诚, 罗兰格, 李海华, 等, 1990b. 中国震例(1981~1985). 北京: 地震出版社. 11, 21, 35, 41, 75, 89, 176, 239, 264, 281