嘉山台自然电位研究

郑兆芯

(安徽省地震局)

摘要 本文使用嘉山地电台自1974年建台以来近20年的自然电位日均值，研究了该台自然电位与附近300 km范围内$M_L \geq 4.5$地震的关系。根据1979年的实验数据分析初步推测，该台东西向自然电位在七十年代与中强震较好的对应关系可能是由于西测量电极埋在对地震孕育敏感的部位所致。震前由于局域应力场的变化引起地下水流动和渗流的变化，影响到西测量电极周围的水文物理条件或化学条件的变化，从而造成东西方向自然电位大幅度升降，出现震前异常显示。

主题词： 自然电位 地震前兆

1 前言

国际地震学和地球内部物理学联合会地震预报分会于1988年邀请全世界科学家参与推荐和评选优秀地震前兆震例，并给出了严格的"评选优秀地震前兆指南"。于1989年8月首次初步评选，并向全世界公布。其中由日本宫越敬一郎提供的震例"在断层破碎区测得震前自然电位的异常变化"得到评论员较高的评价，认为1984年5月30日事件(指震前的自然电位异常)是一个真正的前兆异常，而且认为，岩性物性改变及流水状态的改变本身就是一种地震效应……[1]。这一事例说明自然电位的变化至今仍受到国际地震界学者的重视。中国、日本、希腊的地震学家也都观测到地震前大地电场、自然电位出现过不同形态的异常变化，并对其机理有深入的探讨[2-7]。目前在我国，各个地电台的自然电位观测为辅助观测项目，由于其受环境等干扰影响很大，自八十年代以后对它的研究较少。

嘉山台自然电位东西道的变化E_{WE}七十年代曾与地震有过较好的对应关系，故而一直受到分析人员的重视。为了对嘉山台自然电位的预报能力有一个全面的认识，整理了该台自1974年有观测记录以来的近20年资料，并研究了它与地震的关系，基本认识为：1979年前该台E_{WE}与其附近300 km以内的5次$M_L \geq 4.5$地震有较好的对应关系，震前均出现持续45到150天的明显上升异常，一般下降后50天内发震。1980年以后至1992年底在附近300 km内发生的5次$M_L \geq 4.5$地震前均无异常显示，本文讨论了这种复杂现象的可能原因。

2 嘉山台自然电位观测条件简况

嘉山台在我省嘉山县涧溪，位于郯城－庐江主干断裂东边的北东向的石坝－老子山断裂与北西向的嘉山－施营集断裂交汇处的东南(见图1)。测区基岩岩性为新第三系上新统桂五组玄武岩。图1中右下方为放大了的布极图，AB＝600 m，MN＝200 m。极板均为约1 m^2的铅板，埋深为1.5－2.0 m。1974年1月1日至1985年12月31日期间的自然电位单位为mv/km，

此后单位为 mv/200 m。为了使得图形比例一致，1974年至1985年图纵轴比例为以后多年的图纵轴比例的5倍。自1980年1月1日至1987年12月在测量极的铅板上下增铺了炭粉，电极实为铅炭混合极板，使得对外界变化的反映放大了约2.5倍。某些远大于正常值的超界点，在日均值图上均以最大极值代替，这不影响对整个曲线形态的研究。

3 嘉山台 E_{WE} 变化的基本特征

我们绘制了1974年1月1日至1993年9月30日近20年每年 E_{WE}、E_{NS} 日均值图，共计40条曲线，均为原始数据曲线。图2给出了嘉山台300 km 范围内发生 $M_L \geqslant 4.5$ 地震年份的 E_{WE}、E_{NS} 日均值原始数据曲线。从图中可以看出 E_{WE} 有以下几个基本特征：

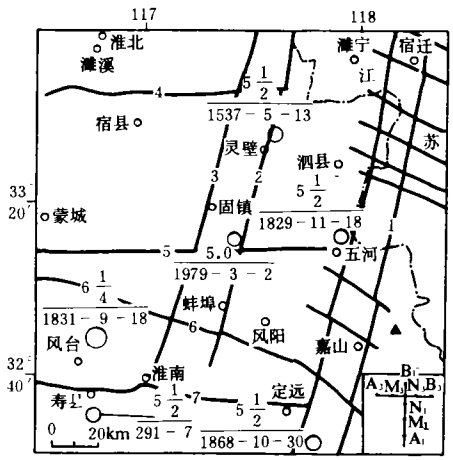

图1 嘉山台附近主要断裂及自然电位布极简图

1 郯城—庐江断裂 2 灵璧—炉桥断裂 3 固镇—怀远断裂 4 宿北断裂 5 宿南断裂 6 临泉—刘府断裂 7 寿县—定远断裂

Fig. 1 The major faults near the Jiashan station and electrode arrangement for natural geoelectric potential measurement.

(1)从20年的日均值图可见，每年1月至5月份 E_{WE} 基本平稳，无大幅度升降变化，其中1974、1977、1979年上半年的大幅度变化均有地震对应。

(2)1974－1977年 E_{WE} 全年变化基本平稳，无年变形态显示，仅在3次地震前出现明显的上升异常。

(3)1978年后，除个别年份外(1980年、1984年)，E_{WE} 均表现出雨季上升的年变形态，而且其中多数年份雨季 E_{WE} 上升幅度很大，超过纵轴上限值，尤其是1980至1987年，当铅板上下铺了炭粉的时段。每年雨季有两次上升过程。约6月份每年首次较多降雨时有一次十几天至一个月的短期上升，约8月份开始出现第二次1个月至3.4个月的较长期上升过程。由于雨季干扰大，在每年6月份以后即使有地震异常出现，也很难识别。

(4)E_{NS} 的变化规律不明显，总体看没有 E_{WE} 变化幅度大，也没有明显年变规律可循。值得注意的是，在1974年、1976年溧阳和大纵湖地震前，E_{NS} 出现过与 E_{WE} 相呼应的上升异常。

4 E_{WE} 变化与地震的对应关系

选出1974年以来东径116°15′～121°15′，北纬30°48′～34°48′范围内的 $M_L \geqslant 4.5$ 地震，列于表1，并用箭头标于图2上。可以看出，在1974年4月22日溧阳 $M_L=5.8$，1976年11月2日大纵湖 $M_L=5.0$，1977年5月10日溧水 $M_L=4.6$，1979年3月2日固镇 $M_L=5.4$ 和1979年7月9日溧阳 $M_L=6.3$ 这5次地震前 E_{WE} 均出现了非常明显的上升异常，其中4次出现在上半年平稳的背景中，一次虽出现在1976年11月，但当年背景平稳，这些异常与地震几乎一一对应。应该认为这并不是偶然事件。异常特征参数亦列于表一。而1980年以后3次地震发生在上半年，虽

E_{WE}曲线平稳，但无异常显示。

5　E_{WE}与降雨的相关性

为了探讨自1980年以后有明显年变形态的年份E_{WE}变化与降雨的相关关系，收集了历

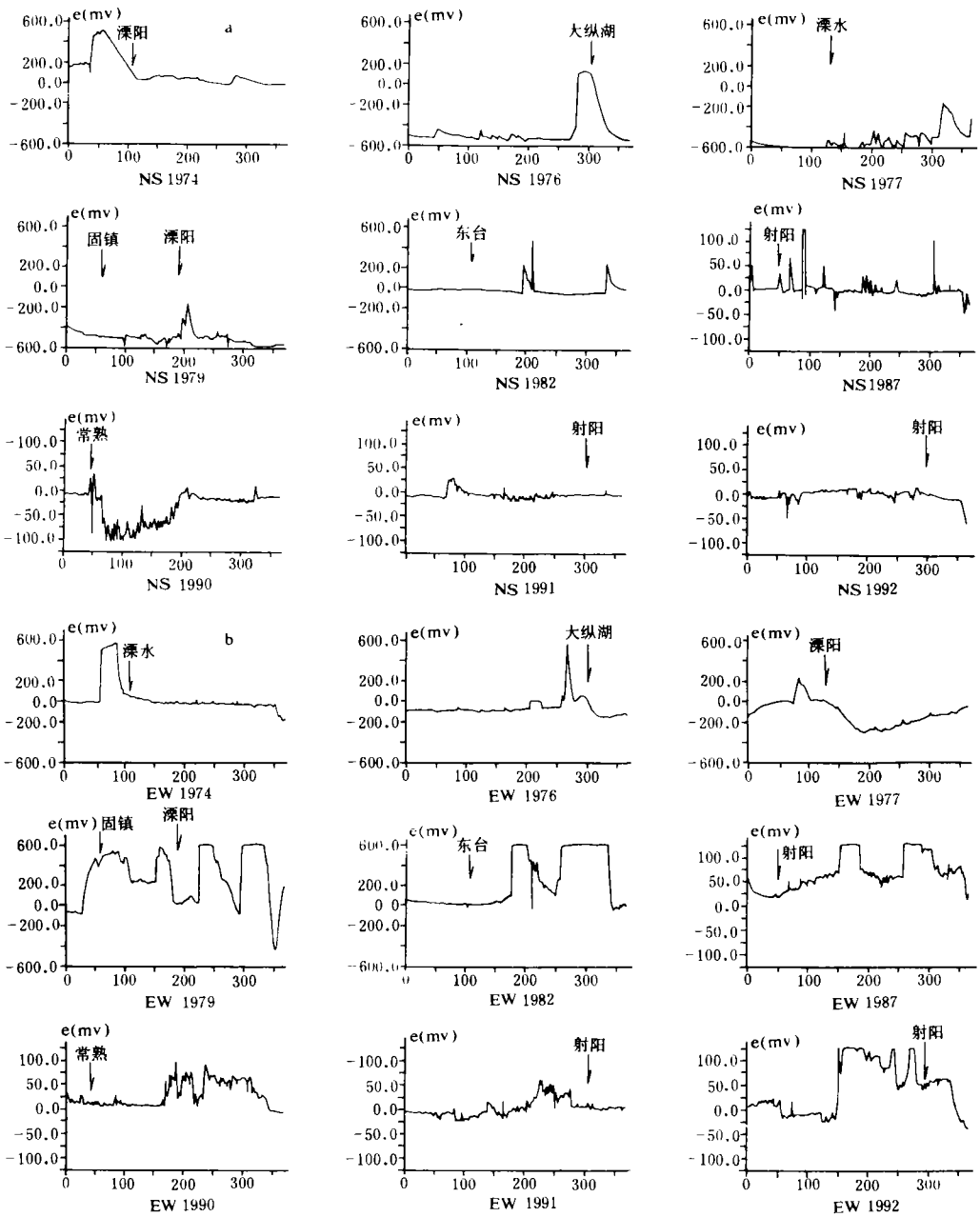

图2　自然电位日均值图

a. E_{NS}　b. E_{WE}

Fig. 2　Curves of daily means for natural geoelectric potential at Jiashan station.

年年降雨量，以每年6、7、8、9、10、11、12月的 E_{WE} 月均值的平均值为当年下半年值，均统一为 mv/200 m 单位，计算与年降雨量相关关系，13组数 R=－0.196，判定为不相关，说明 E_{WE} 变化的幅度与降雨量大小无定量的相关关系，难于用相关分析方法定量去除降雨的影响。

表1 嘉山台300km 内 $M_L \geqslant 4.5$ 地震及自然电位异常参数

发震时间	地点	震级(M_L)	震中距(km)	自然电位异常参数				
				测项	起始时间	结束时间	持续时间(天)	最大幅度(mv/km)
1974-04-22	溧阳	5.8	181	E_{WE}	1974 02 28	1974 05 22	83	570
				E_{NS}	1974 02 05	1974 04 22	78	400
1976-11-02	大纵湖	5.0	153	E_{WE}	1976 09 16	1976 11 01	46	550
				E_{NS}	1976 10 02	1976 12 06	65	620
1977-05-10	溧水	4.6	159	E_{WE}	1977 03 15	1977 04 29	45	225
1979-03-02	固镇	5.4	88					
1979-07-09	溧阳	6.3	177	E_{WE}	1979 01 30	1979 06 30	151	525
1979-07-10	溧阳	4.7	180					
1979-07-11	溧阳	5.2	180					
1982-04-22	东台	5.0	264					
1987-02-17	射阳	5.4	229					
1990-02-10	常熟	5.5	287					
1991-11-05	射阳	5.1	192					
1992-10-22	射阳	4.9	221					

6 E_{WE} 与地震关系的可能机制

由于嘉山台 E_{WE} 七十年代与地震的对应关系是引人注目的，当时曾做过一些简单的实验研究，试图探讨其变化的可能原因。曾用东、西、南、北4个测量电极两两组合，来测量两电极之间的地电流，使用微安表读数。表2为1979年8月至10月间的几次观测数据。从表中可以看出 I_{WE} 从20μA 升至99μA 后又降至－8μA，而 I_{NW}、I_{SW} 均有与 I_{WE} 相应的大幅度变化，只是表现为先降后升，这3组均含西极。而 I_{NS}、I_{NE}、I_{SE} 电流变化基本平稳，分别稳定在－59μA、45μA、－16μA 左右，这3组均不含西极。由 I_{WE}、I_{NW}、I_{SW} 的变化值可以粗略估计出每次西测量电极电位变化的量，其值列于表2备注栏内。可以看出 E_{WE} 变化主要是西测量电极的电位变化所致。影响其变化的因素在距离西测量电极很近的范围之内，若有更大范围地电场的变化，北、南、东的几组组合中应有某些不同程度的变化显示。

众所周知，天然的地方性的稳定电场称为自然电场，是由物理、化学作用所形成的地表局部电场，其主要组成部分为：矿体的氧化还原电场、过滤电场（包括裂隙电场、上升泉电场、山地电场、河流电场）、接触扩散电场，而以上三种主要电场都与地下水的流动和渗透有

关[8]。地震孕育过程中较大范围的区域应力场发生变化，局部地区应力、应变积累，孔隙裂隙

表2　嘉山台4个电极两两组合地电流测值（单位 μA，分别以西、南、北极升为正）

时间	I_{WE}	I_{NS}	I_{NE}	I_{NW}	I_{SE}	I_{SW}	备注
1979—08—11 20^h	20	−59	46	24	−15	−34	
1979—08—12 06^h	30	−59	46	15	−14	−43	西升9
1979—08—12 9^h30^m	43	−61	46	3	−15	−56	西升12
1979—08—12 15^h	75	−59	45	−27	−14	−83	西升30
1979—08—12 16^h	78	−60	46	−32	−16	−89	
1979—08—12 19^h	86	−59	45	−41	−16	−99	
1979—08—13 08^h	99	−59	44	−53	−16	小于−100	西升13
1979—08—15 15^h	87	−56	44	−43	−14	−98	
1979—08—21 17^h	84	−59	42	−43	−18	−99	
1979—09—21 09^h	33	−60	43	10	−18	−50	西降53
1979—10—16 09^h	−8	−58	41	51	−18	−9	西降41

发育，引起非弹性变形和地下水物理化学变化，会产生多种多样的复杂的前兆异常，而那些断裂的某些特殊构造部位可能对应力应变反应较灵敏[9]。嘉山台位于郯城—庐江带附近一个地质构造十分复杂的区域，西测量电极埋在一条小沟东侧不到1 m 的地方，这条沟向北延伸直通向古火山喷发的山顶，可能是一条断裂。推测，西测量电极可能埋在地震灵敏部位上，几次地震前，大区域应力场的变化使得西测量电极周围不大的范围内过滤电场或极板接触扩散电场发生变化，震前极板周围的地下水物理条件或化学条件发生变化造成西测电位变化而引起 E_{WE} 变化从而显示出异常。或许是八十年代后整个华东地区从活跃期转入平静期，应力场发生了大的调整和变化，西测量电极附近不再是应力应变较集中的局域，E_{WE} 与地震的对应关系消失。嘉山台电阻率两个方向1974年至1979年曾持续多年出现3—4%的下降异常而后恢复，1980年以后一直平稳似可做为上述推测的一个佐证。其与地震关系的消失是否是由于更换极板和1980年增铺炭粉所致，从数据分析看，可能性不大。在铺炭粉以后，曾用新、旧两组极板进行过对比观测，新极板间自然电位的变化较原来扩大了约2.5倍，因而若对地震孕育仍有敏感反应的话，应是反应更明显更突出。在1987年去掉炭粉恢复原观测条件后，其对地震的灵敏反应却仍未恢复。

7　结论

从上述分析的结果来看，E_{WE} 每年1至5月的数据平稳，受降雨干扰少，还是可靠的。今后若在这段时间内出现明显的上升异常，一般幅度应大于200 mv/km，持续时间大于40天，那么在下降后50天内在距嘉山台300 km 内可能会发生 $M_L \geqslant 4.5$ 地震。

该台自1980年至1987年在极板上下增铺了炭粉，对测量极板极化电位影响的定量计算是十分复杂的问题，还有待今后进一步深入研究。该台七十年代与八十年代自然电位和电阻率截然不同的映震能力说明地震前兆异常的复杂性及与地震孕育的非线性关系，这些都是今后有待研究的问题。

(本文1994的3月3日收到)

参考文献

1 中国地震学会地震前兆专业委员会. IASPEI 邀请全世界科学家参与推荐和评选优秀地震前兆震例的活动. 地震,1991,(2):1—14

2 赵玉林,等. 大地电场临震前兆模式及功率谱分析. 地震预报方法实用化研究文集(地磁地电专辑),学术书刊出版社,1990:391—394

3 赵玉林. 唐山地震前后自然电场的周期变化. 地震预测—地电方法论文集,福建科学技术出版社. 1986:292—300

4 水谷仁,等. 利用电磁方法研究断层的活动性—伴随断层的自然电位异常. 地震预测—地电方法论文集,福建科学技术出版社,1986:286—291

5 毛可. 几次地震前河西地区地电场的异常特征. 西北地震学报,1991,(3):26—32

6 力武常次. 耿庆国主译. 地震前兆现象. 地震出版社,1991:65—66

7 耿杰译. 四次希腊地震的震源动力学参数及其与前兆地震电信号超前时间的可能关系. 世界地震译丛,1989,(2):29—33

8 孙正江,等. 地电概论,地震出版社,1984:19—32

9 梅世蓉,等. 中国地震预报概论. 地震出版社,1993:241—263

STUDY OF NATURAL GEOELECTRIC POTENTIAL AT JIASHAN STATION

Zheng Zhaobi

(*Seismological Bureau of Anhui Province*)

Abstract

In this paper, relationship between natural geoelectric potential observed at Jiashan station of Anhui Province and moderate earthquakes ($M_L \geqslant 4.5$, $\triangle \leqslant 300$ km) around this station has been studied based on the all curves of daily means from 1974 to 1993. According to the field experiment results in 1979, the better response of natural potential to the moderate earthquakes in the 1970_S is probably caused by the positions where west measuring electrode is sensitive to earthquake preparation. In the seismogenic process, the variations of regional tectonic stress field result in changes of the level, physical properties and chemical constituents of ground water around the west measuring electrode, thus make natural potential E_{WE} rise or drop by a big margin

Subject words: Natural geoelectric potential, Earthquake precursor