

研究简报

# 闽台地区震前电磁辐射和自然 电位特征的研究<sup>\*</sup>

陈宝华 薛声明 杨德荣

(中国福州 350003 福建省地震局)

主题词 电磁辐射 水库地震 自然电位 阔台地区

福建省现有自然电位台站 2 个、电磁波测点 5 个(图 1), 基本情况见表 1. 厦门测点离市区较近, 干扰背景大, 所以仪器灵敏度较低, 其它测点干扰背景都较小. 建点以来较常见的干扰是雷电, 其波形是容易识别的.

台湾是我国地震活动最强的地区，福建省地电台站及电磁波测点距台湾震区300 km左右；近几年福建省地震活动水平明显增强，1992年是20年来最高的一年，共发生 $M_s > 4.0$ 地震5次，最大震级为5.2；1993年闽江水口大型电站蓄水之后接连发生了6次 $M_s > 3.0$ 地震，其中最大震级为3.8(2次)，这些为

研究闽台地区震前电磁辐射特征提供了有利条件。本文从震例总结入手，研究了震中在大陆地区与海域及发生在不同构造带上地震的震前电磁辐射特征，并作了一些机理探讨，这将有助于今后深入进行东南沿海地震的震前电磁辐射特征的研究。

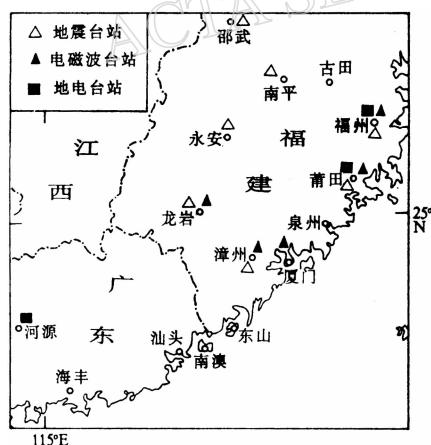


图 1 台站布设图

### 1.1.3 1986年11月15日花莲M7.6地震

福州地电台从 10 月 2 日起发现观测用的直流电表大幅度摆动, 自然电位测量基值升高, 异常持续了 26 天, 幅度达 100 mV(图 2b). 该台震前一周曾向省局作了“台湾东带近期会有 7 级左右地震发生”的预报, 效果较好. 主震后我们在该台安装了 XWX-2042 电位差计进行自记, 结果记录到当日夜里及 18 日、26 日的三次强余震前数十小时的自然电位异常波形, 频谱为 0.005~5 Hz 范围(陈宝华, 1992), 异常期

\* 国家地震局“八五”攻关项目。

1995-02-16 收到初稿，1995-09-06 收到修改稿并决定采用。

表 1 电磁波和自然电位测点基本情况

台站	岩性	高程/m	地理坐标		观测项目	仪器	始测时间 年-月	频段/Hz	测线或天线 轴方向	衰减档	标定数据
			$\varphi_N/(\circ)$	$\lambda_N/(\circ)$							
福州	二长花岗岩	16.7	26.09	119.28	(1)	DPJ-Ⅲ		$75 \times 10^3$	NS	1.0	85.7
						ULF-Ⅲ	1993-07	0.1~10	NS	0.1	0.5
								0.1~10	EW	1.0	0.6
					(2)	DDC-2B	1977-07		N10°W N80°E		
莆田	花岗岩	48.5	25.45	119.01	(1)	DPJ-Ⅲ	1991-11	$75 \times 10^3$	N40°E	0.3	54.0
					(2)	DDC-2B	1978-08		N15°E N75°W		
漳州	花岗岩	42.3	24.47	117.63	(1)	PDJ-Ⅲ	1993-12	$75 \times 10^3$	N20°W	0.1	58.5
厦门	花岗岩	54.0	24.44	118.10	(1)	PDJ-Ⅱ	1990-07	$40 \times 10^3$	N30°E	0.1	91.11
						DPJ-Ⅲ	1991-11	$75 \times 10^3$	N30°W	0.1	171.4
						ULF-Ⅲ		0.1~10	NS	0.1	0.75
								0.1~10	EW	0.1	1.00
龙岩	块状石英砂岩	370.8	25.13	117.02	(1)	DPJ-Ⅲ		$75 \times 10^3$	N5°E	0.3	56.3
						ULF-Ⅲ	1993-12	0.1~10	N5°E	1.0	0.50
								0.1~10	E5°S	1.0	0.25

注：1. 标定单位：DPJ 为  $\mu\text{V} \cdot \text{m}^{-1} \text{mm}$ , ULF 为  $\text{nT/mm}$ ; 2. 观测项目一栏中，(1) 表示电磁波，(2) 表示自然电位。

间人工观测的直流仪表亦大幅度摆动。曹惠馨等(1989)曾观测到此现象，并经过试验研究认为可能是地震前的电磁波异常信息。

### 1.1.3 1990 年 12 月 14 日台湾花莲 $M_s 7.1$ 地震

震前 26 天福州台自然电位又连续出现了异常(图 2c)，指针摆动，可惜这时自己由于经费原因已停止了工作。

### 1.2 福建 5 次 $M_s > 4.0$ 地震前 DPJ-Ⅲ 都记录到电磁波异常

#### 1.2.1 1992 年 2 月 18 日福建南日岛 $M_s$

#### 5.2 地震

莆田台 DPJ-Ⅲ 从 2 月 2~11 日记到持续时间为 43 小时、幅度为 1.0 mm 的“越轨”异常(见图 3a,g)，福州台自然电位在震前持续 49 天异常，幅度达 38 mV(图 3d)。震前结合其它异常曾作了较好的短临预报。

#### 1.2.2 1992 年 3 月 3 日漳浦海域 $M_L 4.8$ 及 6 月 2 日龙海东部两次 $M_L 4.1$ 地震

三次地震均发生在长乐—汕头构造断裂带上，但后者震中在陆地，莆田台 DPJ-Ⅲ 记录到异常波形的幅度及持续时间都比前者大(表 2 及图 3b, c, h, i)。漳浦海外地震前福州台自然电位也有幅度为 18 mV 的异常显现(图 3e)。

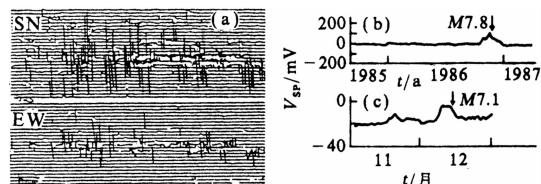


图 2 台湾强震电磁波与自然电位前兆异常图  
(a) 1992 年 4 月 20 日花莲 6.8 级地震超低频电磁波异常；  
(b) 1986 年 11 月 15 日花莲 7.6 级地震自然电位异常；  
(c) 1990 年 12 月 14 日花莲 7.1 级地震自然电位异常

表 2 异常信息统计表

台站	型号	器 频段	异 常 情 况				地 震 参 数				震前预报
			起止时间 年-月-日	持续时间	异常 组数	幅度 $\mu\text{V}/\text{m}$	时间	$M_{\text{s}}$	$\lambda_{\text{E}}/\text{(^{\circ})}$	$\varphi_{\text{N}}/\text{(^{\circ})}$	
福州	DDC-2B	0.005~5 Hz	1986-10-20	26 天	1000	1986-11-15	7.6	121.7	24.1	330	花莲 (3)
福州	XWX-2042	0.005~5 Hz	1986-11-15	23时13分	1875	1986-11-16	5.5	121.6	24.0	320	花莲
福州	XWX-2042	0.005~5 Hz	1986-11-16	34时17分	1625	1986-11-18	5.3	121.5	24.1	314	花莲 (3)
福州	XWX-2042	0.005~5 Hz	1986-11-25	28时45分	1075	1986-11-26	5.0	121.4	24.2	305	花莲 (3)
福州	DDC-2B	0.005~5 Hz	1990-11-17	26天	120	1990-12-14	7.1	121.4	24.2	305	花莲 (2)
莆田	DPJ-III	75 kHz	1992-02-02~11	43时	86	1992-02-18	5.2	119.7	25.0	80	南日岛 (2)
莆田	DPJ-III	75 kHz	1992-05-06~28	208时	856	1992-06-02	4.1.4.1*	117.9	24.3	168	龙海东
莆田	DPJ-III	75 kHz	1992-02-20~28	96时	384	1992-03-03	4.8*	118.2	24.1	171	漳浦
莆田	DPJ-III	75 kHz	1992-11-08	1时	3	1992-11-26	4.7	116.9	25.5	204	龙岩
莆田	DPJ-III	75 kHz	1992-07-08~20	61时	606	1993-07-23	3.1.3.3*	118.8	26.4	120	古田
莆田	DPJ-III	75 kHz	1992-09-02~23	20时	196	1993-09-24	3.5*	118.8	26.6	120	古田
莆田	DPJ-III	75 kHz	1992-09-26~10-11	38.5时	383	1993-10-12	3.8*	118.7	26.5	120	古田 (2)
莆田	DPJ-III	75 kHz	1993-12-04~1994-01-11	47.5时	471	1994-01-12	3.1.3.3*	118.7	26.4	120	古田
厦门	ULF-III	0.1~10 Hz	1992-04-17~19	10分	EW7.5 nT NS5, 66 nT		1992-04-20	6.8	121.7	23.8	344 花莲
龙岩	DPJ-III	75 kHz	1994-05-18~19	21时	45	3190	1994-05-24	4.5*	117.2	25.6	43 永安-连城
龙岩	DPJ-III	75 kHz	1994-05-28~30	15时	35	2441	1994-05-31	4.2.4.0*	117.2	25.6	43 古田
龙岩	DPJ-III	75 kHz	1994-06-01~02	25时	52	2065	1994-06-03	4.0*	117.2	25.6	43 古田
莆田	DPJ-III	75 kHz	1994-05-30	0.5时	5	180	1994-05-31	4.2.4.0*	117.2	25.6	180 古田
莆田	DPJ-III	75 kHz	1994-03-07~05-24	19.5天	越轨脉动	360	1994-05-24	7.0	122.5	24.1	320 花莲

注：1. 震前有否预报分为：(1) 正式填卡，(2) 周月会商署名意见，(3)电话报告；2. 数字上角标有 \* 的为  $M_{\text{l}}$ 。

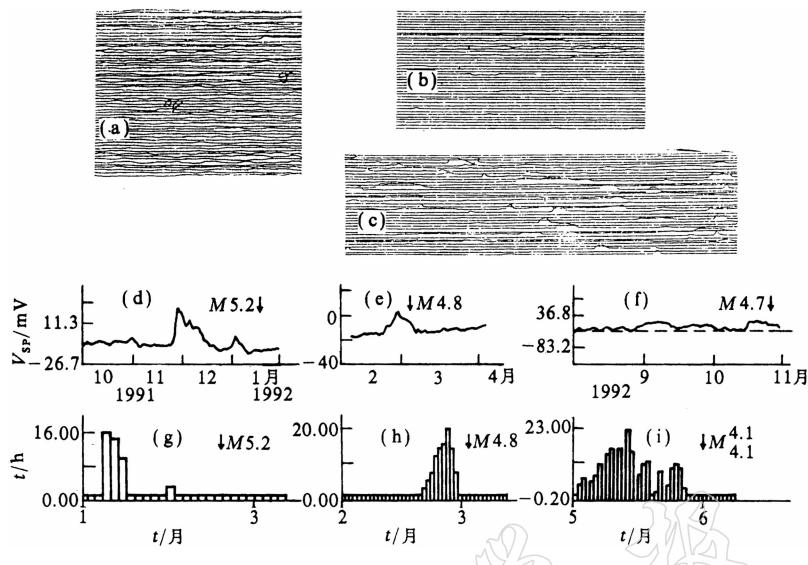


图3 福建5次中强震电磁波与自然电位前兆异常图

电磁辐射波异常图: (a) 1992年2月18日南日岛  $M_{5.2}$  地震; (b) 1992年3月3日漳浦海外

$M_{4.8}$  地震; (c) 1992年6月2日龙海东  $M_{4.1}$  地震(两次). 自然电位异常图:

(d) 南日岛; (e) 漳浦海外; (f) 1992年11月26日龙岩  $M_{4.7}$  地震.

异常持续时间图: (g) 南日岛; (h) 漳浦海外; (i) 龙海东

### 1.2.3 1992年11月26日龙岩 $M_{4.7}$ 地震

该震源位于政和—海丰断裂带中段, 莆田测点不在此构造带上, 且震中距又比上述两个地震远, 该台 DPJ-Ⅲ 在震前仅记录到幅度为 1.0 mm、持续时间为 1 小时的异常波形 (表 2). 福州台自然电位在当年 9 月起呈现异常 (图 3f), 并在 11 月初福建省年度地震趋势会商会上做了较好的短期预报.

1994 年 5 月 31 日, 在距龙岩台 47 km 的永安-连城  $M_{4.2}, 4.0$  地震前, 龙岩台、莆田台均出现异常, 其参数见表 2. 两台位于不同的构造带上, 龙岩台震前 3 天记录到持续时间为 15 小时共 35 组越轨波形, 而莆田台仅在震前一天记录到 0.5 小时共 5 组的越轨波形.

### 1.3 水库地震前的电磁辐射特征

闽江水口大型电站 1993 年初从 8 m 左右水位开始蓄水, 4 月底达到 42 m. 此后, 3 级以下小震不断发生, 6 月份最高水位达 56.39 m, 7 月底起便接连有  $M_{l} > 3.0$  地震发生, 到 1994 年 1 月共发生 3 级以上地震 6 次, 其中  $M_{l} 3.8$  地震两次. 莆田台 DPJ-Ⅲ 5 月初起记录到与以往明显不同的异常图形: 多组、密集的“越轨”异常, 每组包络时间较短 (图 4a). 每次异常持续时间达数十小时之后会有 3 级以上地震发生. 异常波形一般经历稀小—集中—稀小—平静后发生 3 级以上地震, 但

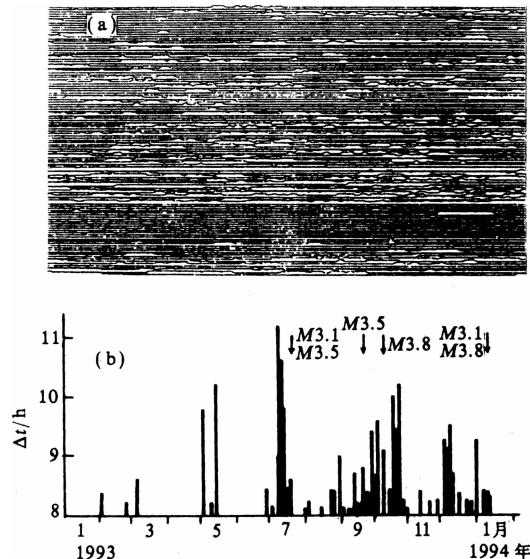


图4 水库地震电磁波异常图

(a) 震前地磁辐射异常; (b) 异常持续时间统计

有时也有经历几个回合后发震的(图 4b), 此 6 次 3 级以上地震前的异常参数见表 2.

### 3 初步结果与讨论

(1) 台湾强震的前兆特征主要表现在超低频频段, 如 1986 年 11 月 15 日  $M_s 7.6$ 、1990 年 12 月 14 日  $M_s 7.1$  和 1992 年 4 月 20 日  $M_s 6.8$  等地震. 因此, 直流低频仪表观测到的自然电位前兆异常也十分明显, 天线方向接近震中方向接收到的信号远比其它方向强. 另外, 也有 DPJ-Ⅲ 接收到的叠加在越轨波形上的随机脉动, 如 1994 年 5 月 24 日  $M_s 7.0$  地震(表 2).

(2) 震中在海里的地震与陆区地震的震前电磁辐射波形特征有明显区别: 震中距离相近, 强度相当的海中地震比陆区地震的前兆信号弱得多. 选择频率越高信号就越弱, 选择频率低( $f < 30 \text{ Hz}$ )则可以记到洋壳中大震前电磁辐射信号. 电磁波在介质中传播时, 其衰减因子  $L_s = E_R/E_O$  由下式计算(程新民, 1982):

$$L_s = \frac{2 + 0.3P}{2 + P + 0.6P^2}$$

式中,  $P = 100\pi R/(6\sigma \cdot \lambda^2)$ ,  $E_O$  为自由空间传播场强,  $E_R$  为距离  $R$  的接收点场强,  $\sigma$  为介质电导率,  $\lambda$  是波长. 可知, 孕震区产生的电磁波沿岩石圈传播到接收点时, 频率高的  $L_s$  小, 即  $E_R$  小, 而频率低的  $L_s$  大, 即  $E_R$  大. 因而超低频接收仪器能接收到海洋里发生的大震前电磁辐射信息, 而几十千赫兹的电磁波易为高电导率的海水所吸收, 沿岩石圈传播衰减又快, 这可能是设在福建陆区上的 DPJ 测点不易接收到发生在台湾东部海域中大震前的几十千赫兹电磁辐射信息之原因.

(3) 测点接收到的震前电磁辐射信号之强弱, 同测点是否与震源处同一构造带有关. 同一构造带上的信号强, 不同构造带上的信号弱. 以莆田台为例, 由表 2 可看出, 龙岩  $M_s 4.7$  地震前兆信息幅度仅 1.0 mm, 持续时间仅 1 小时, 而同一构造带上的龙海  $M_L 4.1$  双震的前兆信息幅度却达 3.0 mm, 持续时间达 20 多小时.

(4) 具有孕震背景的大型水库是研究伴随岩石微破裂发生的电磁辐射现象的天然试验场. 其前兆波形特征与构造地震明显不同. 深入进行这方面的研究对捕捉较大的水库地震的短临前兆是非常有意义的.

### 参 考 文 献

- 曹惠馨, 钱书清, 张以勤, 等, 1989. 直流低频仪表能反映震前电磁波异常信号. 见: 国家地震局科技监测司(编), 震前电磁波观测与实验研究文集. 北京: 地震出版社. 31~35  
 陈宝华, 1992. 台湾 7.6 级地震及其强余震前电磁辐射特征. 地震学刊, (4): 52~54  
 程新民, 1982. 无线电波传播. 北京: 人民邮电出版社. 102~103