

# 中强地震前电磁扰动异常信息量 S 的分析<sup>\*</sup>

邓柏昌<sup>1</sup>，魏 焕<sup>2</sup>，于立业<sup>3</sup>

(1. 华南理工大学 理学院 物理系, 广州 510641; 2 山东省地震局, 济南 250014  
3 山东省龙口市地震局, 山东 龙口 265701)

摘要: 通过对 2006 年山东省地震电磁扰动监测台网的电磁扰动异常资料的分析, 定义了地震电磁扰动异常信息量 S 并用来定量研究异常信息的特征。结果表明, S 值大小可能与地震的震级有关, 并且反映了区域应力场的活动强度和研究区域的地震活动。最后从物理机制和震例两个方面对 S 作了进一步论述。  
关键词: 前兆台网; 电磁扰动观测; 异常信息量 S  
中图分类号: P315.72<sup>+</sup>1 文献标志码: A 文章编号: 1000-0666(2009)03-0241-07

## 0 前言

事实表明, 中强地震发生前震源区存在着强烈的电磁扰动异常信息, 如 1966 年邢台地震和 1976 年唐山地震前出现的无线电信号受干扰和日光灯无电自亮等现象(毛桐恩, 1989)。这些异常信息, 对于地震监测预报, 特别是地震短临预报具有重要的意义。但由于地震监测预报的复杂性, 人们对异常信息和地震的关系还不能给出精确的数学物理描述, 最近十多年来对地震电磁扰动异常存在一定的虚报、漏报(丁鉴海等, 2006), 但国内外研究表明, 电磁方法是最有可能突破地震短临预测的方法之一(王继军等, 2005; Hattori et al, 2002)。因此, 研究电磁扰动异常特征并以此预报地震是当前地震科研中的一个很有意义的课题。

2005 年底, 山东省地震局在中国地震局科技

监测司和地震预测研究所的帮助下, 全面重组了山东省电磁扰动地震前兆短临监测网。2006 年部分台站开始运行, 并获得了一些实际观测资料。笔者在对这些资料进行分析的基础上, 定义了电磁扰动异常信息量 S 并对中强地震发生前 S 值的特征进行了分析。

## 1 2006 年山东省地震前兆电磁扰动异常监测资料

### 1.1 台网概况

山东省地震前兆电磁扰动短临监测网均匀分布在省内三大主要地震防御区带——聊考带、沂沭带、胶东半岛及两侧海域。2006 年已建成 7 个省属台和 2 个地方台。各台站的具体位置见图 1, 具体参数见表 1。省属台站使用仪器均为中国地震局地震预测研究所生产的 EMAOS-I 型电磁辐射观

表 1 山东省地震前兆电磁扰动短临监测网台站情况表  
Tab 1 Observational network of precursor electromagnetic disturbance in Shandong Province

台站名称	台站类别	观测环境	构造情况及说明
安丘	省属	良好	沂沭断裂之 F1 断裂段, 2000 年建台并产出数据
聊城	省属	良好	聊考断裂, 2006 年 1 月产出数据
鄄城	省属	良好	聊考断裂, 2006 年 1 月产出数据
胶州	省属	良好	沂沭断裂之北东向分支断裂, 2006 年 1 月产出数据
烟台	省属	良好	烟台山断裂, 2006 年 1 月产出数据
大山	省属	良好	齐河—广饶断裂, 2006 年 9 月产出数据
莒南	省属	良好	沂沭断裂之 F2 断裂段, 2006 年 10 月产出数据
曲阜	地方	轻微干扰	沂沭断裂之北西向苍尼分支断裂, 2006 年 1 月产出数据
费县	地方	轻微干扰	沂沭断裂之北西向苍尼分支断裂, 垂直向天线位于 150 m 深井下, 2006 年 1 月产出数据

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2008-06-23.  
基金项目: 国家科技支撑计划 (2006BAC01B03-04-06) 资助  
?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

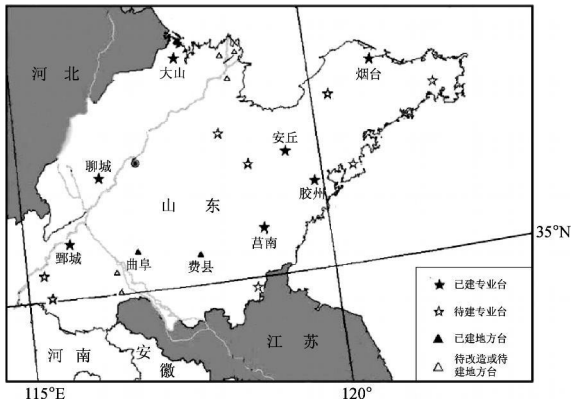


图 1 山东省地震前兆电磁扰动短临监测台网  
Fig 1 Distribution of observational network of earthquake precursory electromagnetic disturbance in Shandong Province

测仪，观测频率为 0.1~10 Hz 电极和磁极天线全部埋于地下，电极埋深 10 m，磁极埋深 3 m 左右。对观测环境的选择参照了中国地震局关于地电场观测环境的规范要求（中国地震局，2001）。

1.2 2006 年台网内各台站监测到的异常

在地震监测预报中，判定异常的原则为：主异常大于正常值 5~10 倍以上，且异常延续时间大于 3 min，电磁信号基本同步。依据这一原则，可以判定 2006 年 10 月以前山东电磁扰动前兆台网一共发现 10 个台项的异常信号，它们与 2006 年河南范县地震和河北文安县地震活动有关。

(1) 与范县地震有关的电磁异常信号

2006 年 1 月 29 日，河南范县发生 3.6 级地震，距震中 40 km 的山东鄄城台的 4 个电磁测项在 1 月 18 日出现异常，其它台均无任何异常。

2006 年 4 月 9 日，范县再次发生 4.6 级地震。据震后研究，地震主破裂走向为北东向。位于主破裂面垂直方向上、距震中 40 km 的鄄城台却无任何异常反应。而在震前的 3 月 27~28 日，胶州台出现电磁异常信号，时间长达近 6 个小时，4 月 1、2、3 日又继续出现电磁信号（图 2a、2b、2c）。3 月 29 日，费县地方台垂直向深井中记录到两个异常信号（图 2e）。由于胶州台和费县地方台位于地震主破裂带上，因此其异常信号应和范县 4.6 级地震有关。

图 2f、2g 还显示，曲阜台观测到的超低频（0.1~10 Hz）磁信号平时非常平稳，但在 4 月 3 日 12 时至 4 日 5 时南北和东西向均出现异常增强信号，且南北向强于东西向。曲阜台和胶州台、费县台位于同一沂沭断裂上，由此判断其观测到

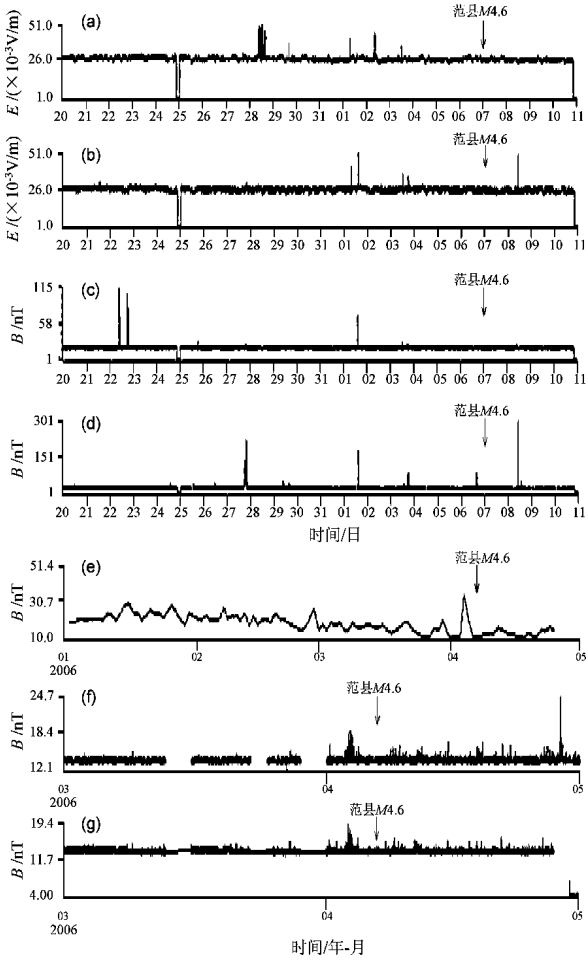


图 2 范县 4.6 级地震前山东电磁扰动异常  
(a) 胶州台北南向电磁波超低频电场（2006—03—20~2006—04—10）；（b）胶州台东西向电磁波超低频电场（2006—03—20~2006—04—10）；（c）胶州台北南向电磁波超低频磁场（2006—03—20~2006—04—10）；（d）胶州台东西向电磁波超低频磁场（2006—03—20~2006—04—10）；（e）费县台垂直向；（f）曲阜台南北向；（g）曲阜台东西向

Fig 2 Abnormal electromagnetic disturbance detected in Shandong before the M4.6 earthquake in Fanxian County Henan Province

(a) electric field of ultra low frequency electromagnetic wave in NS direction at Jiaozhou station (2006—03—20~2006—04—10), (b) electric field of ultra low frequency electromagnetic wave in EW direction at Jiaozhou station (2006—03—20~2006—04—10), (c) magnetic field of ultra low electromagnetic wave in NS direction at Jiaozhou station (2006—03—20~2006—04—10), (d) magnetic field of ultra low electromagnetic wave in EW direction at Jiaozhou station (2006—03—20~2006—04—10), (e) vertical direction at Feixuan station, (f) NS direction at Qufu station, (g) EW direction at Qufu station

的异常是范县 4.6 级地震的前兆异常。曲阜台属于地方台, 所用仪器为江苏省地震局生产的 jsd-II 型电磁辐射观测仪 (观测频率为  $0.1 \sim 10 \text{ Hz}$ ), 仪器电、磁极天线架设在市政府政协办公楼第六层上, 因此观测到较强的磁南北向和东西向信号。

2006 年 4 月 20、22、23、28 日烟台台接连出现异常电磁信号, 且磁信号远大于正常值, 当时, 分析人员认为附近可能会发生有感地震, 但在 20 天的预报期内无地震发生。

## (2) 与文安地震有关的电磁异常信号

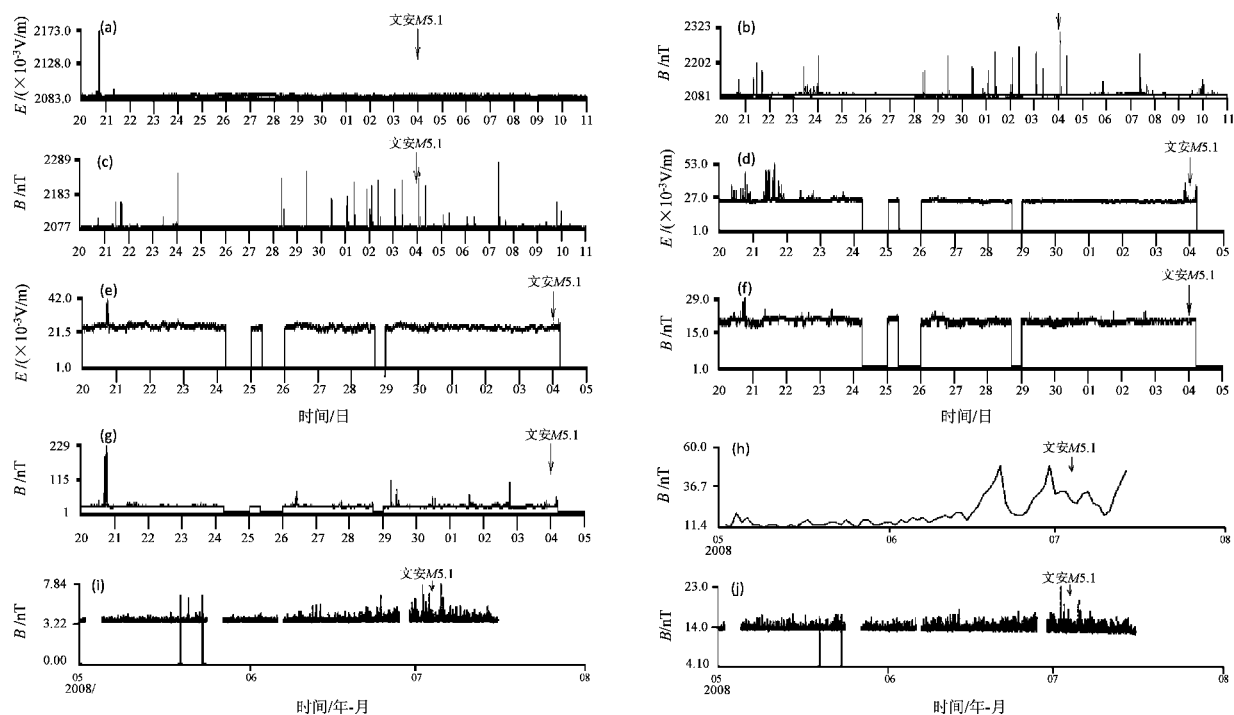


图 3 文安 5.1 级地震前山东部分电磁扰动前兆异常

(a) 安丘台东西向电磁波超低频电场 (2006-06-20~2006-07-10); (b) 安丘台东西向电磁波超低频磁场 (2006-06-20~2006-07-10); (c) 安丘台北南向电磁波超低频磁场 (2006-06-20~2006-07-04); (d) 胶州台北南向电磁波超低频电场 (2006-06-20~2006-07-04); (e) 胶州台东西向电磁波超低频磁场 (2006-06-20~2006-07-04); (f) 胶州台北南向电磁波超低频磁场 (2006-06-20~2006-07-04); (g) 胶州台东西向电磁波超低频磁场 (2006-06-20~2006-07-04); (h) 费县台垂直向深井电磁扰动异常; (i) 曲阜台南北向电磁扰动异常; (j) 曲阜台东西向电磁扰动异常

Fig 3 Precursor abnormal electromagnetic disturbance in Shandong before

the M<sub>5.1</sub> earthquake in Wen'an County, Hebei Province

(a) electric field of ultra low frequency electromagnetic wave in EW direction at Anqiu station (2006-06-20~2006-07-10), (b) magnetic field of ultra low frequency electromagnetic wave in EW direction at Anqiu station (2006-06-20~2006-07-10), (c) magnetic field of ultra low frequency electromagnetic wave in NS direction at Anqiu station (2006-06-20~2006-07-04), (d) electric field of ultra low frequency electromagnetic wave in NS direction at Jiaozhou station (2006-06-20~2006-07-04), (e) magnetic field of ultra low frequency electromagnetic wave in EW direction at Jiaozhou station (2006-06-20~2006-07-04), (f) magnetic field of ultra low frequency electromagnetic wave in NS direction at Jiaozhou station (2006-06-20~2006-07-04), (g) magnetic field of ultra low frequency electromagnetic wave in EW direction at Jiaozhou station (2006-06-20~2006-07-04), (h) deep well electromagnetic abnormality in vertical direction at Feixian station, (i) electromagnetic abnormality in NS direction at Qufu station, (j) electromagnetic abnormality in EW direction at Qufu station

图 3 b显示费县地方台垂直向深井电极 6 月 20 日出现了异常信号。而曲阜地方台出现的电磁异常信号同期逐步升高, 7 月 2 日和 5 日达到峰值, 随后逐步降低 (图 3, i 3 j), 异常信号东西向强于南北向。

(3) 与小震有关的异常

2006 年 8 月 25 日鄄城台的 EMAOS-I 型观测仪南北向电、磁和东西向电、磁共 4 个测项又开始出现异常信号, 南北向电异常最高达 151 mV/m, 磁异常达到正常值 10 倍以上。异常至 9 月 10 日结束。由于 9 月 12 日鄄城台以南 35 km 处发生 3.2 级地震, 地震预报人员认为这些异常信号与该地震有关。

2 电磁扰动异常信息量 S 的定义及其与震级的关系

笔者根据上述异常资料信息, 作出山东省电磁扰动异常时序图 (图 4)。从图中可看出, 河南范县 4.6 级地震和河北文安 5.1 级地震前监测到异常的台站数占台网总台数的比例比河南范县较早发生的 3.6 级地震以及 9 月 12 日鄄城台以南 35 km 处发生的 3.2 级地震的比例要大。根据这个结论, 笔者定义物理量

$$S=\frac{\text{异常台站数}}{\text{总台站数}}\times 10$$

(1)

来分析电磁扰动异常信息的特征。这里的总台站数是指电磁扰动短临监测网包含的子台数, 由表 1 可知子台总数为 9。

根据定义, S 应具有信息量的特征, 它表示地震发生时电磁扰动空间的几何分布特征, 因此称其为电磁扰动异常信息量 S。山东省 2006 年电磁扰动异常信息量 S 如图 4 h 所示。从图中可见, 中强地震前 S 明显较大。如范县 4.6 级地震前 S=4, 文安地震前 S>5, 且地震一般发生在 S 极大值开始下降附近。当 S 较小时, 则多为小震或无震异常。这说明 S 值的大小可能与地震震级有关, 即 S<3 一般对应地方小震活动, S>4 则一般对应较有影响的中强地震活动。由于我们的研究资料中总台站数的样本太少, 这条结论还有待于电磁扰

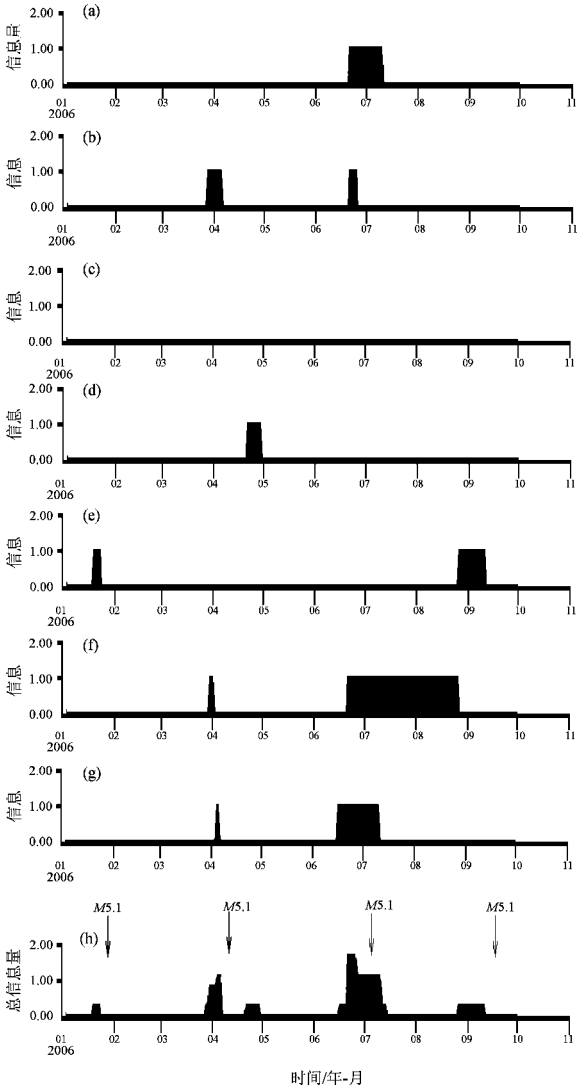


图 4 山东省地震电磁扰动异常时序及异常信息量图

(a) 安丘台; (b) 胶州台; (c) 聊城台; (d) 烟台台;  
(e) 鄄城台; (f) 费县台; (g) 曲阜台; (h) 总信息量

Fig 4 Sequence and quantity of the abnormal electromagnetic disturbance in

Shangdong Province

(a) Anqiu station (b) Jiaozhou station (c) Liaocheng station  
(d) Yantai station (e) Juancheng station  
(f) Feixian station (g) Qufu station  
(h) amount of information

动短临监测网的进一步扩建, 以及在获取大量数据后验证。

3 物理机制的认识

3.1 S 的物理意义

上文已谈到, S 具有电磁扰动信息量特征。从物

理意义来看， $S$  值和地震前兆异常区相关。一般而言，5 级地震的前兆异常区为 300 ~ 500 km，6 级地震为 500 ~ 1 000 km，7 级地震则大于 1 000 km。前兆异常区越大，接收到电磁扰动异常信息的台站数就越多，因而  $S$  值就越大；反之，就越小。

3.2 地震多源场理论的支持

由地震多源场理论可知，在中强地震孕育过程中，除震源区附近有强烈的应力构造活动外，在震源区外的其他区域和构造上，也同样有受主震孕育过程影响的、能量可能低于震源区的应力构造活动（詹志佳等，1996；李细光等，2007），因此，地震孕育区（即节点）应存在于一个包括震源及其以外的一定区域内，这就是人们常说的地震前兆异常区。由于应力构造活动发展至一定阶段时，每一个节点将成为一个电磁辐射源（杨兆旺，沈海宝，1997；陈立德等，1994），所以，震级越大，节点越多，相应的电磁辐射源也就越多，地震前兆异常区就越大，代表地震前兆异常区的  $S$  值就越大。因此  $S$  值代表了该区域内的构造活动引起的电磁辐射。笔者认为， $S < 3$  一般对应小震活动的电磁辐射， $S > 4$  则对应中强地震活动的电磁辐射。

3.3 电磁扰动异常信息量  $S$  值大小影响因素

有资料表明（董旭光，苏鸾声，1998；关华平等，1999；洪祖展，杨小生，2000），地面存在电磁异常信号观测的“盲点”和“敏感点”，这可

能和主破裂带与观测台站之间方位关系以及信号传播至监测台站的方式等有关。所以， $S$  值也可能与方位关系、信号传播方式有关。观测台站如架设在主破裂带上，由于信号沿主破裂带传播，即使震中距较远，震级较小，震前也可能记录到较强的电磁辐射异常。这些观测台站由于能接收到信号将增加  $S$  值的大小，对  $S$  值有贡献。但河南范县 4.6 级地震前，位于主破裂面垂直方向、距震中 40 km 的鄄城台出现异常信号的“盲点”，则该台站在计算  $S$  值时将没有贡献。这进一步说明电磁扰动可能通过地表和电离层形成的波导传播，被地面上的天线接收，也可能通过在地壳中由断裂形成的波导直接传播至埋设在地下的天线（冯竞，张世杰，1985；Yoshino，1988）。这两种传播都将对异常信息量  $S$  值的计算有贡献。

4 用电磁扰动异常信息量  $S$  分析中强地震

1999 年 9 月 21 日台湾集集 7.4 级地震前，大陆 20 个地震电磁扰动监测台监测到了电磁扰动异常信息（表 2）。钱书清等（2001）研究了该震例，认为在震前 3 个月有 9 个台站出现明显的地震前兆电磁扰动异常，并分析了异常的前兆特征。根据这些资料笔者计算了其异常信息量  $S$  并作出台湾集集 7.4 级地震电磁扰动前兆异常信息量  $S$  图（图 5）。

表 2 台湾集集 7.4 级地震前大陆地震电磁扰动异常进程表

Tab. 2 Procedure of abnormal electromagnetic disturbance detected in the Chinese mainland before  $M_s$  7.4 Chichi Taiwan earthquake

台站名称	震中距 / km	震中方位	观测频率 / Hz	电磁异常出现时间	电磁异常信号特征
上海崇明	858	N	0.1 ~ 20	9 月 3 ~ 6 日	南北向信号，出现许多小脉冲
浙江嘉善	780	N	0.1 ~ 20	7 月 26 日 ~ 8 月 18 日 9 月 6 日 ~ 9 月 17 日	异常时间达 18.9 h 异常时间达 16.7 h
福建福州	285	NWW	0.1 ~ 10	7 月中旬 ~ 9 月中旬	幅度达 4.2 nT
福建闽清	348	NW	5 000	9 月	共 0.8 h 异常
福建莆田	260	NW	75 000	8 ~ 9 月	共 120 h 异常
福建南安	256	NW	5 000	7 ~ 9 月	共 61 h 异常
福建尤溪	366	NW	5 000	9 月 1 ~ 5 日，11 ~ 15 日，18 日	其中 13、15 和 18 日信号幅度最大
广东汕头	432	W	0.1 ~ 15	8 月下旬 ~ 9 月 18 日 每日均出现	呈现为一组组脉波 其中 9 月 13、15 日
广东佛山	786	SWW	0.1 ~ 20	8 月 25 ~ 31 日 9 月 1 ~ 10 日	东西向信号比南北向 先出现，且频次也高

从表 2 可看出, 1999 年 7~9 月, 异常台站数逐步增加, 从图 5 中也可看出信息量  $S$  逐渐上升,

至 9 月达到极大值, 超过 5。此后,  $S$  开始下降, 在下降的过程发生了台湾集集 7.4 级地震。

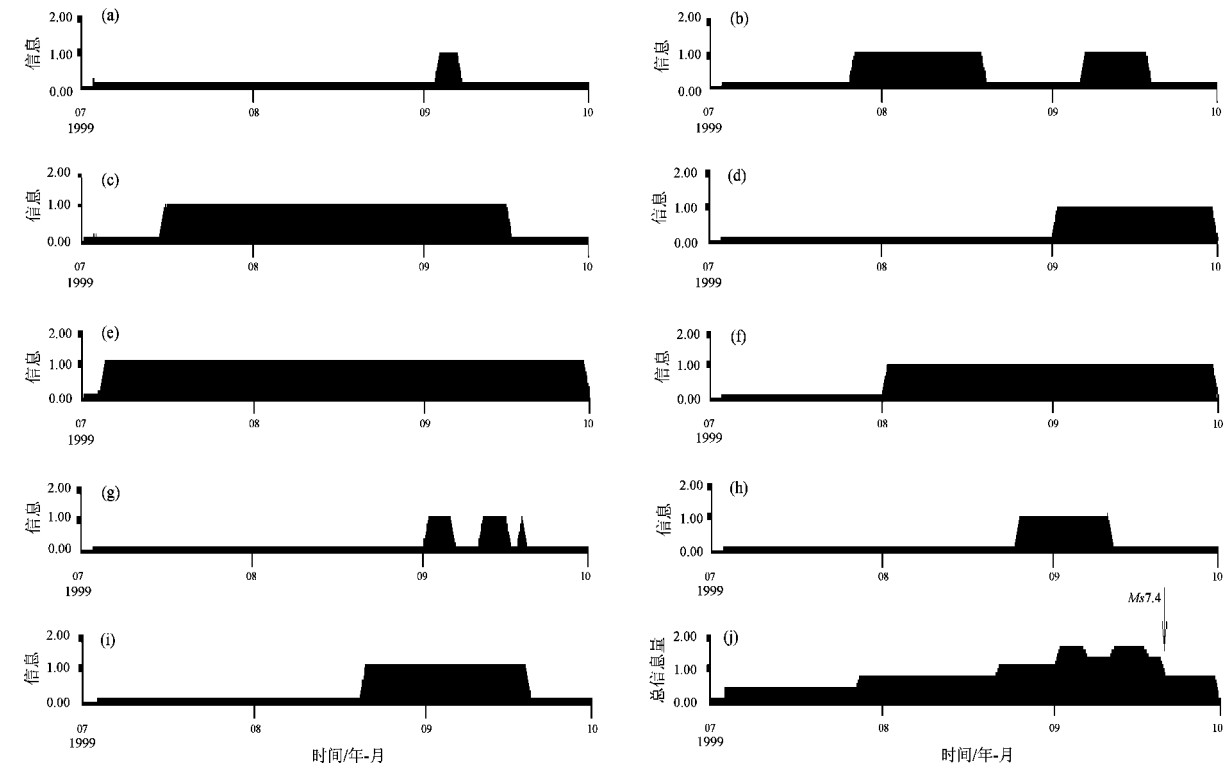


图 5 台湾集集 7.4 级地震电磁扰动异常时序及异常信息量图  
(a) 上海崇明台; (b) 浙江加善台; (c) 福建福州台; (d) 福建闽清台; (e) 福建安福台;  
(f) 福建莆田台; (g) 福建尤溪台; (h) 广东佛山台; (i) 广东汕头台; (j) 台湾信息量

Fig 5 Sequence and quantity of the abnormal electromagnetic disturbance of Ms7.4 Chichi Taiwan earthquake

(a) Chongming station in Shanghai (b) Jia Shan station in Zhejiang (c) Fuzhou station in Fujian (d) Minqing station in Fujian (e) Anfu station in Fujian (f) Putian station in Fujian (g) Youxi station in Fujian (h) Foshan station in Guangdong (i) Shantou station in Guangdong (j) amount of information in Taiwan

5 结论

综上所述, 地震电磁扰动异常可以看作是台站所在地局部应力地质构造活动引起的。由于局部应力场受区域应力场控制, 因而电磁扰动异常量  $S$  最能表现地质构造活动引起的电磁辐射空间分布大小。当  $S \leq 3$  时, 表明只有局部应力活动, 中强地震发生的可能性较低, 但如果在更大区域范围内, 各个构造带(区)都在按照一定的规则和韵律活动,  $S$  值就会接近或大于 5。那么, 发生中强地震的可能性就很大了。

本文在计算地震前兆电磁扰动异常信息量时,

只考虑了异常台站的个数, 而各台站在异常信息量计算中所占的权重并没有考虑, 这需要进行进一步研究。因为在大区域中的地震活动带中, 监测主干构造活动的台站与监测次级构造活动的台站在接收地震电磁扰动信息量的大小方面是不同的。

山东省地震局魏焕研究员生前为本研究提供了原始数据, 并撰写了论文提纲。本文纪念他为地震电磁扰动监测事业做出的贡献。

参考文献:

陈立德, 包德修, 邹永菊, 等. 1994. 震前深井电磁短临前兆信息的观测和研究 [J]. 西北地震学报, 16 (2): 36-44.  
丁鉴海, 申旭辉, 潘威炎, 等. 2006. 地震电磁前兆研究进展 [J].

- 电波科学学报, 21 (5): 791—800.
- 董旭光, 苏鸾声. 1998. 电磁波手段中强震前短临异常特征研究 [J]. 东北地震研究, 14 (4): 46—53.
- 冯亮, 张世杰. 1985. 产生地震电磁前兆的一种机制 [J]. 地震研究, 8 (1): 33—37.
- 关华平, 张宏魁, 鲁跃, 等. 1999. 怀来台震前超低频电场与地震关系研究 [J]. 地震, 19 (2): 142—148.
- 洪祖展, 杨小生. 2000. 地震电磁辐射观测技术应用研究 [J]. 地震学刊, 20 (3): 38—43.
- 李细光, 史水平, 黄洋, 等. 2007. 广西及其邻区现今构造应力场研究 [J]. 地震研究, 30 (3): 235—240.
- 毛桐恩. 1989. 中国震前电磁波观测与试验研究 [J]. 地球物理学报, 32 (专辑 D): 500—504.
- 钱书清, 郝锦绮, 周建国, 等. 2001. 1999 年 9 月 21 日台湾集集  $M_s 7.4$  地震前 ULF 电磁信号及其与模拟实验结果的比较 [J]. 地震学报, 23 (3): 322—327.
- 王继军, 赵国泽, 詹艳, 等. 2005. 中国地震电磁现象的观测与研究 [J]. 大地测量与地球动力学, 25 (2): 11—19.
- 杨兆旺, 沈海宝. 1997. 电磁辐射异常信息的分析与思考 [J]. 地震学刊, (4): 17—21.
- 詹志佳, 高金田, 张洪利, 等. 1996. 震磁前兆研究 [J]. 地震研究, 19 (4): 340—345.
- 中国地震局. 2001. 地震前兆数字观测技术规范 (试行) (电磁观测) [S]. 北京, 地震出版社.
- Hatori K, Akinaga Y, Hayakawa M, et al. 2002. ULF magnetic anomaly preceding the 1997 Koshima Earthquakes: “Seismo Electro-magnetics: Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere coupling” [M]. TERRAPUB, Tokyo, 19—28.
- Yoshino T. 1988. seismogenic emissions and its application on the earthquake prediction [R]. //The Technical Report of Institute of Electronic Information and Communications, Tech Rep EMCJ.

## Analysis of the Quantity of Electromagnetic Disturbance Abnormal Information $S$ before the Medium-Strong Earthquake

DENG Bai-chang<sup>1</sup>, WEI Huan<sup>2</sup>, YU Li-ye<sup>3</sup>

(1. Physical Department of College of Science of South China University of Technology, Guangzhou 510641, Guangdong, China)

(2. Earthquake Administration of Shandong Province, Jinan 250014, Shandong, China)

(3. Earthquake Administration of Longkou Municipality, Longkou 265701, Shandong, China)

### Abstract

We analyze the abnormal data observed by Shandong Earthquake Precursory Electromagnetic Disturbance Observational Network and quantitatively study the abnormal characteristics with the definition of the electromagnetic disturbance abnormal information  $S$ . The results show that  $S$  reflects the earthquake activity and intensity of the stress field and has related to the potential earthquake's magnitude. Further, we also discuss  $S$  on the physics and other example of the earthquake.

**Key words:** precursory observation network; electromagnetic disturbance observation; abnormal information quantity  $S$ .



**邓柏昌** 华南理工大学物理系副教授。1982年7月毕业于合肥工业大学地质系应用地球物理专业,获学士学位。1992年毕业于北京师范大学物理系物理教学专业,获硕士学位。主要从事电离层物理、地震电磁预报、电磁场理论及工科大学物理教学法等方面的研究工作。



**武安绪** 北京市地震局副局长。1989年毕业于云南大学地球物理系。目前主要从事地震活动、地壳形变、数字波形、综合预报、爆炸识别、信号处理、软件开发等研究工作。



**蒋锋云** 中国地震局第二监测中心工程师。2002年毕业于东华理工大学测绘系测绘工程专业,获理学学士学位。2006年毕业于中国地震局地震研究所固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地震预报与GPS数据处理及分析等方面的工作。



**段虎荣** 陕西铁路工程职业技术学院讲师。2002年7月毕业于长安大学测量工程专业,获学士学位;2006年7月毕业于长安大学大地测量与工程测量学专业,获硕士学位;2008年4月开始攻读长安大学大地测量与工程测量学博士学位。主要从事卫星大地测量研究工作。



**武艳强** 中国地震局地震预测研究所助理研究员。2003年天津大学计算机信息管理专业毕业,获学士学位;2008年中国地震局地震预测研究所固体地球物理学专业毕业,获理学硕士学位。主要从事大地测量数据处理与分析、孕震形变场识别等方面的研究工作。



**张建国** 河北省地震局邯郸地震中心台工程师。2006年毕业于中国科学技术大学地球与空间科学学院固体地球物理专业,获理学学士学位。2008年毕业于吉林大学地球探测科学与技术学院固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事地震监测工作。



**李俊** 四川大学电子信息学院在读硕士研究生。2006年毕业于四川大学电气信息学院,获工学学士学位。主要从事网络多播技术的研究工作。



**庞卫东** 2006年毕业于昆明理工大学地球科学系资源勘查工程专业,获学士学位,现为云南大学地球物理系在读硕士研究生。主要从事地球物理数据处理、地震地质及地震活动性分析方面的研究工作。



**吕坚** 江西省地震局预报中心工程师。2007年毕业于中国科学技术大学地球物理专业,获学士学位。主要从事地震活动性、地震危险性和数字地震学研究工作。



**赵刚** 中国地震局地壳应力研究所副研究员。2002年毕业于中国地震局地壳应力研究所固体地球物理专业,获理学硕士学位。主要从事前兆观测技术研究工作。

注:秦嘉政、付虹、张立、潘纪顺、王赞赞、杨国华、胡亚轩、周光全的简介已分别刊登在本刊 Vol28 No4, Vol30 No1, Vol29 No4, Vol31 No3, Vol32 No2, Vol31 No1, Vol30 No2, Vol29 No2