

# 中强地震发生前电磁扰动机制的研究<sup>①</sup>

邓柏昌<sup>1</sup>, 魏 焕<sup>2</sup>, 屈 晔<sup>1</sup>, 招宇晏<sup>1</sup>

(1. 华南理工大学理学院物理系, 广东 广州 510641; 2. 山东省地震局, 山东 济南 250014)

**摘 要:**以山东省地震电磁扰动监测网 2006 年监测到的河南范县和山西文安两次中强地震异常数据分析为据,研究了地震电磁扰动产生机理及可能的传播方式;并从地震电磁扰动信息量  $S$  的角度对其机理作了进一步说明。

**关键词:**前兆台网;电磁扰动;电磁扰动异常信息量  $S$ ;中强地震;山东

中图分类号: P315.72<sup>+</sup>1 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2009)03-0231-06

## Research on Mechanism of Electromagnetic Disturbance before Moderate-strong Earthquakes

DENG Bai-chang<sup>1</sup>, WEI huan<sup>2</sup>, QU ye<sup>1</sup>, ZHAO Yu-an<sup>1</sup>

(1. Physical Department, College of Science, South China Univ. of Science and Technology, Guangzhou 510640, China;  
2. Earthquake Administration of Shandong Province, Jinan 250014, China)

**Abstract:** The generation mechanism of seismic electromagnetic disturbance and the model of electromagnetic wave propagation are studied based on the analysis of the abnormal data before moderate-strong earthquakes in Fanxian, and in Wen'an, observed by Shandong Earthquake Precursory Electromagnetic Disturbance Observational Network in 2006. And the conclusion is advanced by analysis with the concept of the electromagnetic disturbance abnormal quantity  $S$ .

**Key words:** Precursory observational network; Electromagnetic disturbance; Electromagnetic disturbance abnormal quantity  $S$ ; Moderate-strong earthquake; Shandong

### 0 前言

中强地震发生前存在着强烈的电磁辐射。由于其电磁辐射异常是人们进行地震短临预报的有效手段之一,因而早在 1966 年邢台 7.2 级地震现场我国就开始了地震电磁前兆有组织的研究<sup>[1]</sup>。研究包括电磁信号与地震活动相关性<sup>[2]</sup>,以及地震电磁现象的辐射及传播机制等问题,并在许多方面取得了肯定的结果。但其中最主要和最关键的问题,即地震电磁信息的捕捉和识别仍是有待提高的问题。因此,深入地研究地震电磁辐射异常与地震震级之间的关系,在地震电磁辐射机制问题上获得新的认识,是当前地震科研中的重要课题。

本文根据山东省地震局地震电磁扰动前兆短临监测网 2006 年部分台站实际观测数据,分析其电磁扰动异常和 2006 年河北范县及山西文安两地发生的中强地震关系,并研究中强地震发生前其电磁扰动的机理问题。

### 1 2006 年山东省部分台站地震前兆电磁扰动异常监测资料

山东省地震电磁扰动前兆短临监测台网分布如图 1 所示,主要是沿着省内三大主要地震防御区建设,即聊考带、沂沭带和胶东半岛及两侧海域。2006 年 10 月以前台网发现异常信号的台站有 10 台,它

① 收稿日期:2008-07-28

基金项目:国家自然科学基金(10704026);广东省科技攻关项目(2006B37201008)

作者简介:邓柏昌(1955-),男(汉族),江西吉安人,副教授,主要从事电磁场理论、地震电磁预报,以及工科大学物理教学及研究工作。

们的地理位置、构造情况如表1所示。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-L型电磁辐射观测仪,观测频率为0.1~10 Hz,天线全部埋地,电极埋深10 m,磁极埋深3 m左右。地方台站使用仪器均为江苏地震局生产的jsd-II型电磁辐射观测仪,观测频率0.1~10 Hz。

地震地磁的异常判定原则为:主异常应大于正常值5~10倍以上,且发生延续时间应大于3分钟,

电磁信号基本同步。在2006年10月前,山东省邻区曾发生河南范县、河北文山县两次中强地震,山东台网部分台站震前出现明显异常。

(1)和河南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。地震前的2006年1月18日鄆城台四个测项出现异常信号,其中南北向电场异常量达75 mV/m,超过正常值10倍以上。21日和22日还出现较强磁信号。

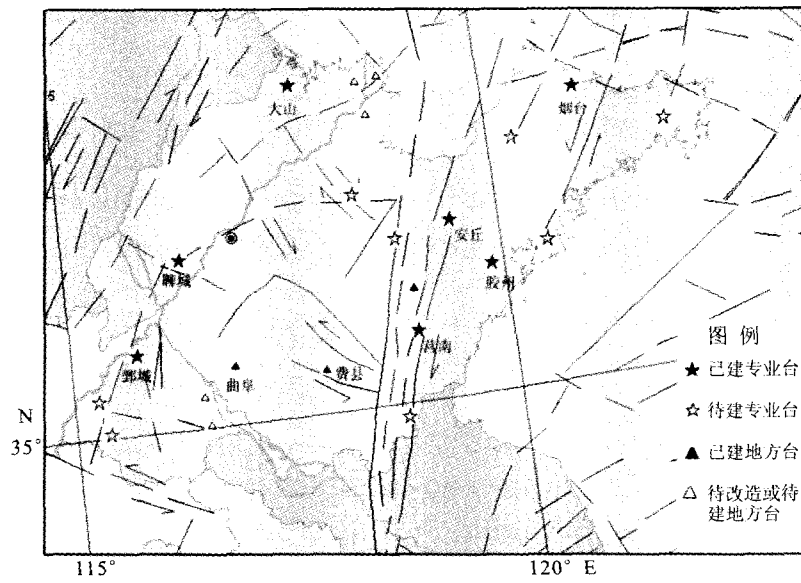


图1 山东省地震电磁扰动前兆短临监测台网分布图

Fig. 1 Distribution of earthquake electromagnetic disturbance precursory observational network in Shandong province.

表1 山东省地震前兆电磁扰动短临监测台站情况表

台站	类别	经度/°(E)	纬度/°(N)	环境	构造及建台情况说明
安丘	省属	119.2	36.4	良好	沂沭断裂之F <sub>1</sub> ,2000年建台产生数据
聊城	省属	116	36.4	良好	聊考断裂,2006年1月产生数据
鄆城	省属	115.4	35.2	良好	聊考断裂,2006年1月产生数据
胶州	省属	120	36.2	良好	沂沭断裂之北东向分支断裂,06年1月产生数据
烟台	省属	121.6	37.6	良好	烟台山断裂,2006年1月产生数据
大山	省属	117.7	38	良好	东一广断裂,2006年9月产生数据
莒南	省属	118.8	35.4	良好	沂沭断裂之F <sub>2</sub> ,2006年10月产生数据
曲阜	地方	117	35.6	轻微干扰	沂沭断裂之北西向苍尼断裂,天线位于政协办公楼六楼,2006年1月产生数据
费县	地方	117.9	35.3	轻微干扰	沂沭断裂之北西向苍尼断裂,垂直向天线位于150米深井下,2006年1月产生数据

2006年4月9日,河南范县再次发生4.6级地震。据震后研究,地震主破裂走向为NE向。由于胶州台和费县地方台位于地震主破裂带上,在震前的3月27、28日,胶州台出现电磁异常信号,电信号时间长达近6个小时,此后几天又出现不同的电磁信号。费县地方台也在3月29日垂直向深井中出现两个异常信号。曲阜地方台由于仪器架设在市政府政协办公楼六层上,超低频(0.1~10 Hz)数据平

时非常平稳,但4月3日12时至4日5时SN和EW向出现异常增强信号,SN向强于EW向,如图2所示。而位于主破裂面垂直方向上,距震中40 km的鄆城台却无任何异常反应。

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,认为附近可能会发生有感地震,但是在20天的预报期内无地震发生。

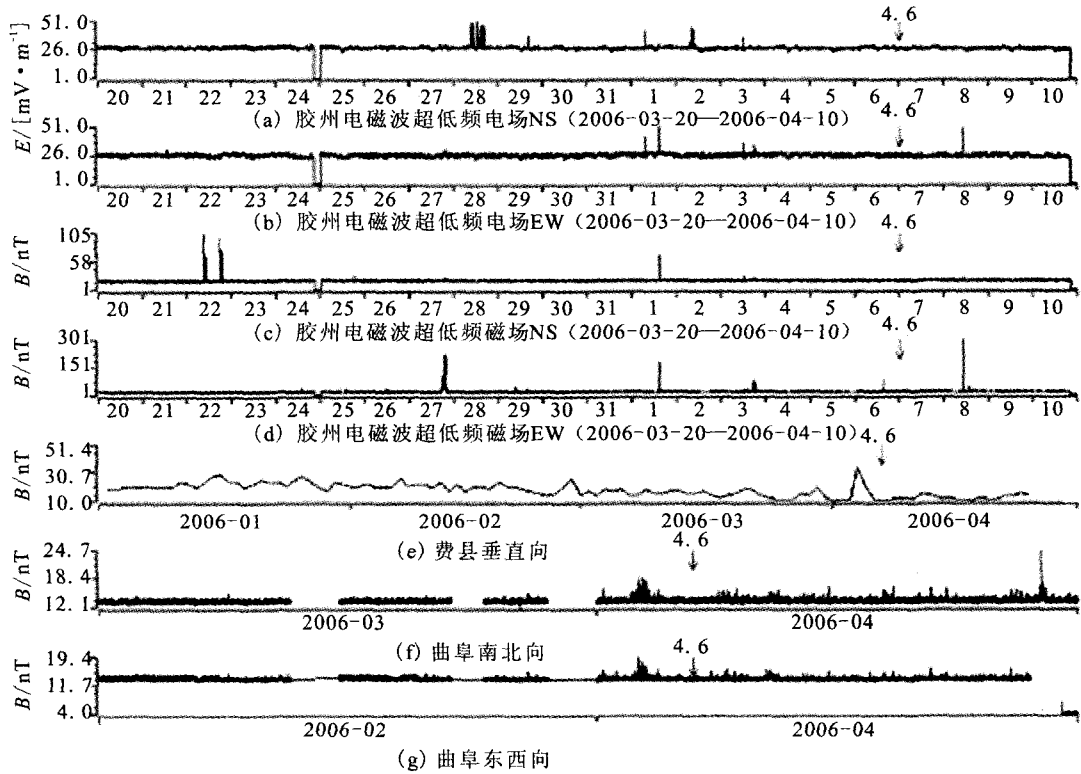


图2 2006年范县4.6级地震前山东部分台站电磁扰动异常

Fig.2 Abnormal electromagnetic disturbance detected in some stations of Shandong province before Fanxian  $M_s$  4.6 earthquake in 2006.

(2)和文安地震有关的电磁异常信号

文安5.1级地震发生在2006年7月4日11时56分,震中位于河北省文安县。地震发生前的6月20号安丘台四个测项出现电磁异常信号,此后6月24日,6月28日至7月4日接连出现较密集的磁异常信号,是建台6年来没见过情况。7月9日以后电磁信号均归于平静。而在6月20日至21日胶州台出现密集的电磁异常信号,7月4日以后仪器遭雷击出现故障停测。如图3所示。

费县地方台垂直向深井电极6月20日也出现了异常信号。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日出现高峰后信号逐步降低,异常信号EW向强于SN向,如图4所示。

(3)和小震有关的异常

8月25日鄄城台四个测项又开始出现异常信号(电异常SN最高达151 mV/m,磁异常也远大于正常值10倍以上)至9月10日结束,根据震前在周会商中对这些异常信号的评估,认为和9月12日鄄城台站南35 km处发生的3.2级有感地震有关。

2 异常特征分析和机制研究

分析上述异常特征,可得以下几点:

(1)地震电磁扰动异常不管是电场信号或磁场信号,出现的时间都在地震发生半个月之内,属于短临异常。磁场和电场信号基本同步,同步时间出现在中强地震的短临阶段。这和有些资料<sup>[3-5]</sup>介绍是一致的,可作为预报地震的依据。

有资料表明地震孕育过程中应力活动可分为三个阶段<sup>[6]</sup>:第一阶段为应力弹性应变阶段,随构造应力增加裂隙隐态扩展,但岩石的物理性能基本不变化,不产生电磁辐射源;第二阶段为裂隙串通和雪崩式发展阶段,岩石的体积形变急剧增加,新生裂隙大量产生并且串通,由于地下水的渗透裂隙两表面涂上水膜并积累正负电荷,形成动态的电偶极子层,产生电磁辐射;第三阶段为主断裂形成阶段,此时应力达到极大值后并开始卸载,导致两侧较大范围内裂隙闭合,动态的电偶极子层消失,地震电磁辐射也消失,随之地震发生。如认为电磁扰动源为电偶极子,则可认为上述异常特征对应着地震孕育过程中第二阶段。这说明地震电磁辐射应和构造应力发展阶段有关。

(2)电磁扰动空间异常信息分布具有地震前兆显示区域特征。一般5级左右地震前兆显示区在300~500 km,6级在500~1 000 km,7级要大于

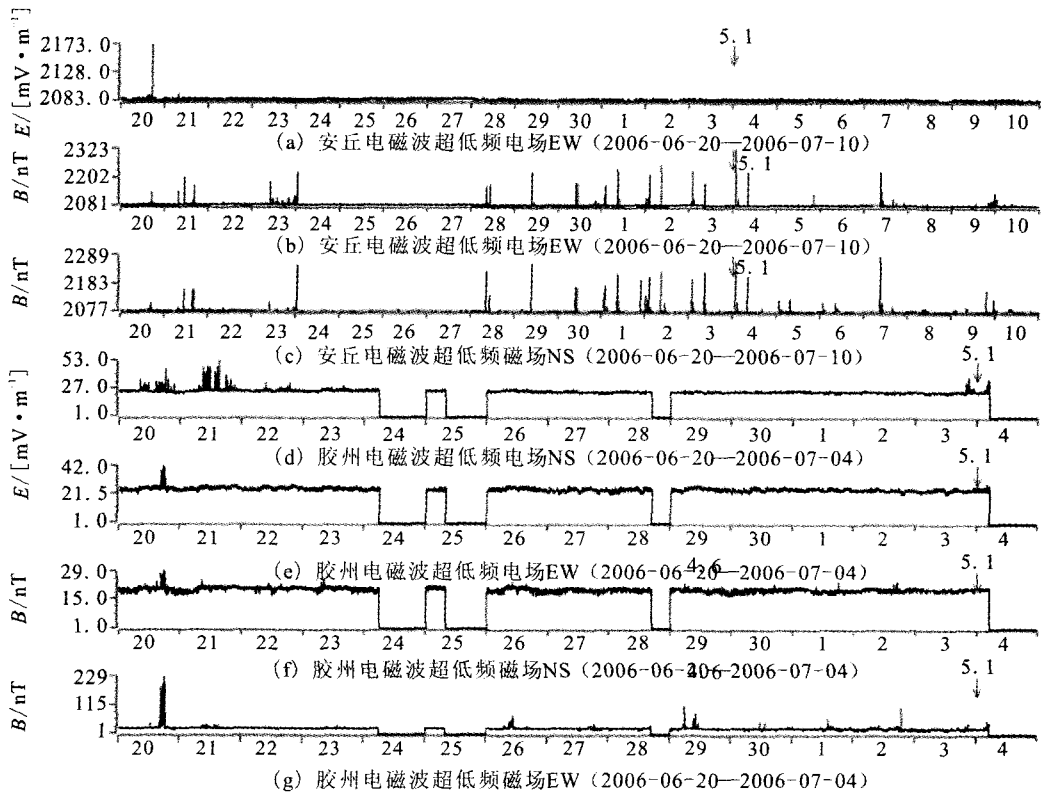


图3 2006年文安5.1级地震前山东部分电磁扰动前兆异常

Fig. 3 Precursor abnormal of electromagnetic disturbance in some stations of Shangdong province before Wen'an  $M_s$  5.1 earthquake in 2006.

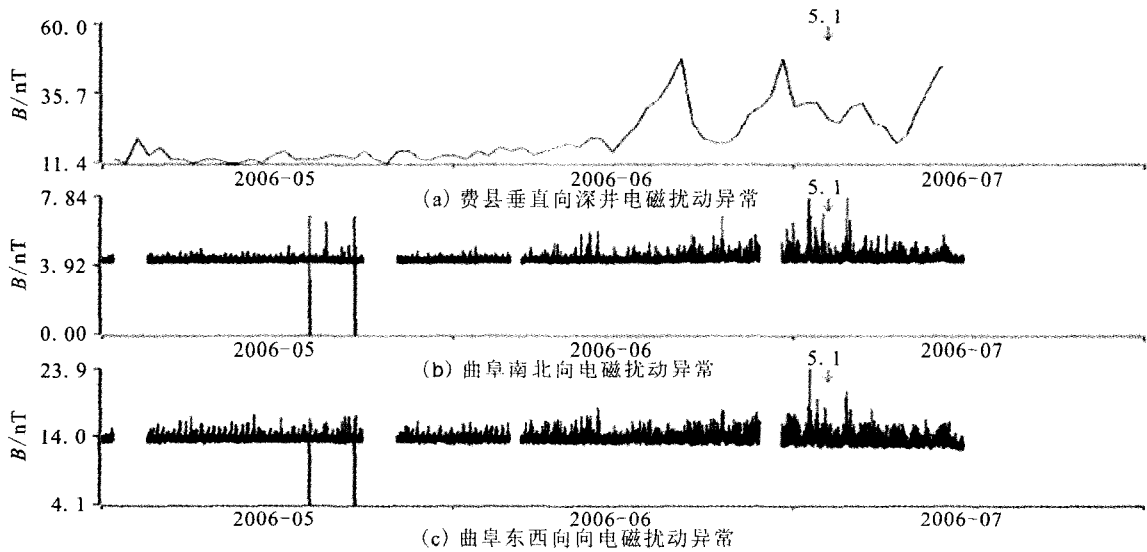


图4 文安5.1级地震前费县、曲阜台电磁扰动前兆异常

Fig. 4 Precursor abnormal of electromagnetic disturbance in Feixian, Qufu stations before the Wen'an  $M_s$  5.1 earthquake.

1 000 km。对于2006年的文安地震我们所研究的台站均在其前兆显示区内。这种区域特征进一步解释了地震多场源理论,即地震除存在震中孕育区外,还分布着其它多个孕育区(即节点)。除震中孕育区附近有强烈的应力构造活动外,在震源区外其他的

区域和构造上也同样存在着和震中孕育过程相关的应力活动,但其能量可能低于震源区。这些应力活动也会在第二阶段产生动态电偶极子层,因而产生电磁辐射<sup>[7-8]</sup>。所以,前兆显示区域内各台站接收到的异常信号我们不能认为单纯是震中位置的电偶极

子辐射引起的,其它节点上的电偶极子也有可能引起电磁辐射。也就是说,电磁扰动空间异常是各节点上的电偶极子辐射迭加引起的。因而地震震级越大,前兆显示区域就越大,节点就更多,电磁辐射源分布面越广,区域内接收到的信息越丰富。

异常的空间分布特征还存在这样一个事实:即胶州省属台位置与范县和文安两地地震震中位置距离分别为 400 和 500 多公里,之间存在一个巨大的超壳断裂——沂沭断裂带,且该台测量仪器天线埋地,其监测异常既不能考虑直接来自震源的、通过地壳传播的电磁信号,也不能考虑通过天空传播来的“地波”。只能考虑来源于区域应力场作用下,附近局部构造活动产生的微裂隙电偶极子辐射信号。事实上,因其构造上位于近年来比较活跃的沂沭断裂带之分支的北东向山相家—赫戈庄断层附近,可以作为上述考虑的一个依据。这进一步说明了电磁扰动空间异常是各节点上的电偶极子辐射迭加引起的。

(3)有资料提到<sup>[9-10]</sup>,观测台站如设在主破裂带上,即使震中距较远,震级较小,震前也可能记录到明显而且较强的电磁辐射异常。河南范县 4.6 级地

震前,曲阜地方台架设在政协办公楼 6 层上的仪器接收到超低频(0.1~10 Hz)信号,SN 向信号强于 EW 向,这个现象和曲阜地方台位于沂沭断裂之 NW 向苍尼断裂上(苍尼断裂是一个十分活跃的断层)联系起来,考虑该断裂带为一地壳中的波导,则地震震中电磁辐射信号可由该波导直接传播至埋设在地下的天线。也可考虑来自震源的波,通过地下断层与地表的连接处构成的狭缝天线,发射进入地壳表面和电离层之间形成的波导传播至天线。因该波导在水平面内向两边无限延伸,可以传播 TE 波, TM 波,会引起 SN 向和 EW 向接收到信号度不同现象。

(4)异常信息量 S 特征分析

地震电磁扰动异常信息量 S 定义为

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

为计算上述地震对应的 S,先作出各台站电磁扰动异常时序图,如图 5 所示。根据时序图作出山东省 2006 年地震电磁扰动异常信息量 S 图如图 5 中(7)所示。

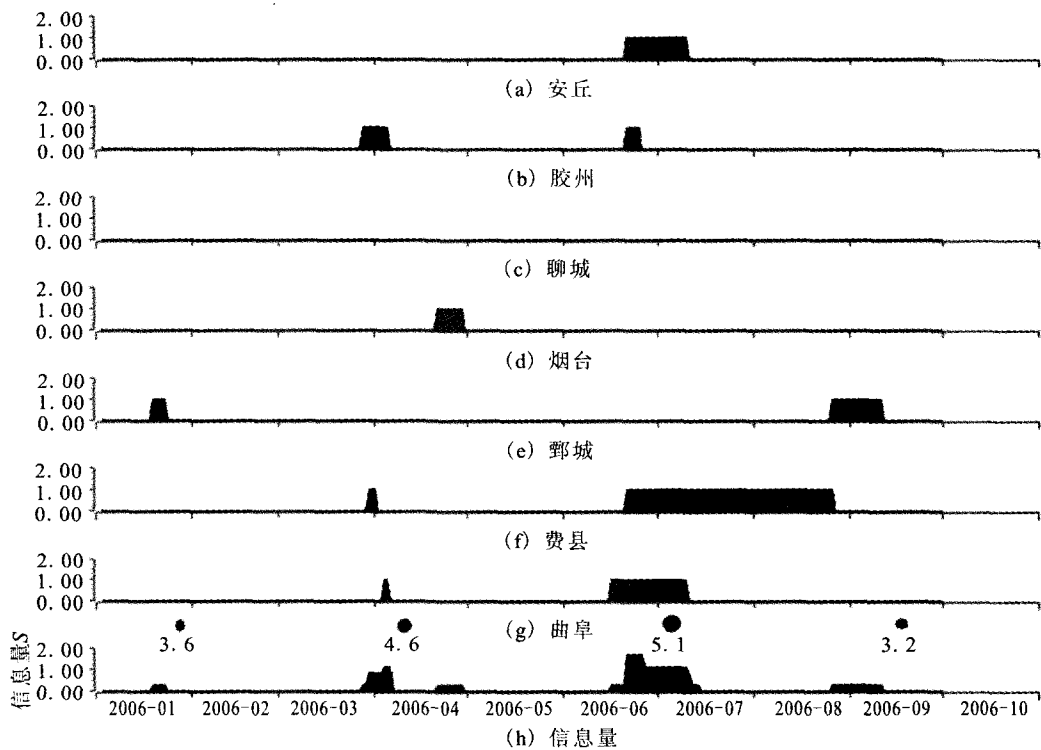


图 5 山东省地震电磁扰动异常时序及异常信息量图

Fig. 5 The sequences of abnormal electromagnetic disturbance in Shangdong province.

图中显示:地震震级越大,其对应的电磁扰动信息量也较大,地震一般发生在 S 极大值开始下降附近。如文安 5.1 级地震前其信息量,范县 4.6 级地

震前信息量 S=4,而 9 月 12 日鄄城台站南 35 km 处发生的 3.2 级地震。

信息量的分析结果和前述(2)分析结果是一致

的。电磁扰动异常信息量  $S$  代表了区域构造活动的量,而区域构造活动量又和地震震级相关。当  $S$  值小于 3 时,中强地震发生的可能性较低; $S$  值接近或大于 5,发生中强地震的可能性就很大了。因而信息量也就丰富了。

### 3 结论

(1) 地震电磁辐射是和构造应力活动紧密相关的。构造应力活动增强到裂隙串通和雪崩式发展阶段,产生大量的动态电偶极层,引起电磁辐射。动态电偶极层分布和地震孕育区(即节点)的分布是相对应的,因此存在地震电磁辐射前兆显示区。

(2) 电磁辐射异常信号传播可能是以波导形式进行的。波导即可以存在于地壳中,也可以存在于地壳表面和电离层之间的二维无限大空间中,这时的电磁辐射是地下断层与地表的连接处突出的电偶极子(或狭缝天线)向大气层辐射的,或说在这二维无限大波导中,下表面有一电偶极子进行激励产生电磁辐射。利用该辐射模型进行理论计算,验证其辐射的电磁场波形、大小分布,是否能引起水平面内两个方向的场强不同,是我们下一步要研究的课题。

(3) 区域构造活动节点分布、电偶极辐射源分布可以用地震电磁扰动信息量  $S$  值的大小来说明。

本文由山东省地震局魏焕提供监测数据,并提出初稿框架。但魏焕不幸于 2007 年 8 月与世长辞。作者以本文悼念魏焕,纪念他为地震电磁扰动监测

做出的努力。

### 【参考文献】

- [1] 丁鉴海,申旭辉,潘威炎,等. 地震电磁前兆研究进展[J]. 电波科学学报,2006, 21(5):6.
- [2] 范小平,杨从杰,李清河,等. 远场地震电磁辐射强度与孕震震级关系[J]. 西北地震学报,2008,30(3):211-212.
- [3] Guan Huaping and Chen Zhiyong. Study on the comprehensive information of the magnetic-electronic component in a seismic electro-magnetic disturbance field [J]. Earthquake, 1998, 18 (Supp.):58-64. (in Chinese).
- [4] 牛继荣,张富芳,王玉华,等. 中强地震前兆电磁波信息变化的初步研究[J]. 西北地震学报,2003,25(3):286-288.
- [5] 关华平,陈智勇. 地震电磁辐射场磁电分量综合信息的研究[J]. 地震,1998,18(增刊):58-64.
- [6] 马占虎,杜学彬,谭大诚,等. 地震电性变化及其物理机理初步讨论[J]. 西北地震学报,2004,26(3): 234-239.
- [7] 杨兆旺,沈海宝. 电磁辐射异常信息的分析与思考[J]. 地震学刊,1997,(4):17-21.
- [8] 陈立德,包德修,邹永菊,等. 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,1994,16(2):36-44.
- [9] 董旭光,苏鸾声. 电磁波手段中强震前短临异常特征研究[J]. 东北地震研究,1998,14(4):46-53.
- [10] 关华平,张宏魁,鲁跃,等. 怀来台震前超低频电场与地震关系研究[J]. 地震,1999,19(2):142-148.
- [11] Yoshino, Tomizawa. seismogenic emissions and its application on the earthquake prediction[A]//The Technical Report of Institute of Electronic Information and Communications [G]. Tech. Rep. EMCJ, 1988.