

# 震前电磁辐射异常与 地震关系研究<sup>\*</sup>

关华平 刘桂萍

(中国北京 100036 国家地震局分析预报中心)

## 摘 要

自 1976 年唐山地震后开展电磁辐射观测以来, 至今在全国已建立了 130 个观测台站, 观测频段已由初期的全频段观测改进为 0.01—20 Hz 左右的超低频和几千赫至几十千赫的点频观测, 从而减少了干扰提高了资料可信度。观测仪器主要有 5 种。对收集的 40 余次 5 级以上地震进行了统计分析, 结果表明,  $5.0 \leq M_s \leq 5.9$  异常距离为 500 km,  $6.0 \leq M_s \leq 6.9$  为 1 000 km,  $M_s \geq 7.0$  则异常距离可大于 1 000 km; 震前电磁辐射异常时间差别很大, 大部分为 2 小时至 45 天, 少数仅几分钟; 绝大多数地震震时没有观测到电磁辐射现象; 震前电磁辐射信号是不连续的、阵发性的, 其发展过程是由弱—强—弱—平静—发生地震或多次反复上述过程。异常信息时间愈长、幅度愈大, 则地震亦愈大。异常信息是频率低的出现早, 频率高的出现晚。

主题词 电磁辐射; 异常; 异常特征

## 前 言

本世纪 70 年代中期, 一些地震学家对地震前出现的电磁辐射现象开始进行观测和实验研究(阿勃杜拉别可夫, 1990), 企图寻找该方法的短临预报指标及产生该现象的物理机制。近十年来, 这一学科发展很快, 已成为世界上一些国家地震预报研究的重要课题。我国在 1976 年唐山地震后开始了震前电磁辐射的监测、研究工作, 在一些强震、中强震前取得了震前电磁辐射变化的资料。目前, 震前电磁辐射观测工作已走上正规道路, 不少地区已建立了观测网用来监视地震。

## 1 震前电磁辐射监测台站和监测系统

### 1.1 监测台站

自 1976 年唐山地震人们发现电磁异常现象之后, 在京-津-唐地区建立了电磁辐射观测点, 并取得了 1976 年 11 月 15 日宁河 6.9 级地震前电磁辐射变化资料。其后, 这一观测手段在全国得到了发展。据不完全统计, 目前全国有 130 个电磁辐射前兆观测站, 它

\* 1994 年 1 月 6 日收到初稿, 1994 年 9 月 10 日收到修改稿并决定采用。

们大部分分布在云南-四川、甘肃-青海、北京-河北-山西、江苏-山东等地震危险区，少部分台站分布在少震区和无震区。

## 1.2 监测系统

表 1 给出中国部分台站的情况。由表中可见，观测频段以超低频 20 Hz 以下居多，有部分台用甚低频点频和低频段观测，改变了 70 年代初期时采用的全频段或宽频带观测带来的干扰与异常难以区分的缺点。观测仪器种类比较多，传感器、放大器和记录仪种类分别达 10 种之多。大致可分为两类：传感器有接收电场和磁场、记录仪有模拟记录和数字记录两类。多数台为模拟记录，记录其波形；少数台站记录脉冲数。尽管仪器种类比较多，但由于传感器、放大器、记录器之间彼此是匹配的，因而记录的信息是明确的。目前，我国电磁辐射观测台站主要使用 5 种仪器：① 江苏省地震局研制的 DPJ 型点频机：传感器为磁天线，观测频段为 35—80.7 kHz 的 8 个频点；② 云南大学研制的 JD 型电磁辐射监测仪：传感器为井中电鞭天线，接收频率为 0.1—20 Hz、1.9 kHz 和 7

表 1 部分台站基本情况表

观测单位	台站数	观测频率	观 测 仪 器	
			天线传感器	放大器，记录器
山西省地震局	30	0.1—1.2 kHz	铁硅铝磁棒	微电脑电磁波脉冲仪
安徽省地震局	4	0.1—10 Hz	半框天线，埋地电极，铁硅铝磁棒	DJ-2, 76A, DJ-1 记录器
江苏省地震局	12	1.1—10 Hz, 几十 千赫选频点	地电极，铁硅铝磁棒，铁硅铝天线	ULFB 放大板, DJ-1, KJ-1 记录器, DPJ 电磁波观测仪
河北省地震局	13	0.1—20 Hz 0.01—20 Hz	埋地电极铁硅铝磁棒	76A, DJ-1 记录器，微机采集数据
云南省地震局	17	0.1—20 Hz 1.9 kHz 27 kHz	深井垂直天线，地下天线，地上天线，鞭天线，框天线	KJ-1 记录器 DJ 型电磁信息接波机
机械电子工业部 电波传输研究所		0.5—4 Hz 500 Hz—5 kHz 12—160 kHz	5 m、10 m 鞭天线，1 m 正交环天线	LF-VLF-ELF 三通道接收机， 电子电位差计，环天线接收机
北京三十一中学	2	5—1.2 kHz	110 m 水平天线	Apple II 微机数据采集
国家地震局 地球物理研究所	2	0.1—10 Hz 0—1 MHz 0.5—5 kHz 120—160 kHz 1.65 MHz 15 kHz	铁硅铝磁棒，埋地天线， 鞭天线	RR-2, RR-7 干扰场强仪电磁波， 脉冲探测仪自制，DJ-1 记录器
辽宁省地震局	7	0.1—20 Hz 几十千赫选择频点	铁硅铝天线，铁硅铝磁棒	DPJ 电磁波观测仪，ULFB 放大板，DJ-1 记录器
黑龙江省地震局	4	0.1—20 Hz 几十千赫选择频点	铁硅铝天线，铁硅铝磁棒	DPJ 电磁波观测仪，ULFB 放大板，DJ-1 记录器
甘肃省地震局	10 1	0.1—20 Hz 0.01—1.2 kHz	铁硅铝磁棒	自制 DJ-1 记录器 微电脑电磁波脉冲仪
青海省地震局	3 3	0.1—20 Hz, 几十 千赫选频点 0.1—1.2 kHz	铁硅铝磁棒	DPJ 电磁波观测仪，ULFB 放大板，DJ-1 记录器，微电脑电磁波脉冲仪

kHz; ③ 河北省地震局 E-EM 仪器系统: 传感器为不锈钢电极, 记录器为放大板经改装后的 DJ-1 型地震仪记录器, 接收优势频率为 0.1—10 Hz; ④ 山西省地震局研制的 DWMJ 电磁辐射微电脑脉冲记录仪: 传感器为磁棒, 接收 0.1—1 500 Hz 的脉冲信号; ⑤ 延光机械厂生产的 CGY 磁探头传感器(分辨率 0.01 nT, 频率 0.01—10 Hz, 灵敏度 300  $\mu$ V/nT)与 DJ-1 型记录仪连结使用.

### 1.3 频率的选择

根据无线电波的划分, 我国地震电磁辐射观测通常在下列各频段观测: ① 超低频(ULF): 低于 30 Hz; ② 极低频(ELF): 3 kHz 以下; ③ 甚低频(VLF): 3—30 kHz; ④ 低频(LF): 30—300 kHz.

为了取得可靠的震前电磁波信息, 必须认识干扰源及其频率, 避开干扰频段进行观测, 以及利用波形特点区分干扰与异常.

国内外现场观测和室内岩石压力实验表明, 震前电磁辐射的频谱是很宽的, 包含了电磁波的各个频段. 由此看来, 用任何频段都可以进行监测. 但是, 由于频率在 30 kHz 以上的低频、中频、高频、甚高频、超高频等频段广泛应用在广播、电视、通讯等领域, 相互干扰现象严重, 不利于地震电磁辐射的观测. 如果利用其观测, 必须测定其干扰背景, 选择无干扰或干扰少的频段或频点进行观测, 且需识别干扰波形及特点, 否则无法认识异常. 而极低频段(300 Hz 以下)由于频率极低, 传播时衰减较慢, 还未被利用. 因此, 干扰较少, 是较理想的观测频段, 其中超低频为 0.01—20 Hz 干扰更少. 室内实验表明, 震前电磁辐射观测, 频率低的比频率高的效果好(李均之等, 1989). 此外, 极低频段和超低频段还有如下一些特点: ① 衰减最小: 地壳介质对电磁波的吸收是频率愈高吸收愈甚, 损失也就愈多. 而极低频段和超低频段由于频率极低地壳介质吸收能量较小, 穿透能力较强, 见式(1)和图 1; ② 波导理论研究表明, 甚低频段在其中一个通频带附近, 因而易于传播.

$$D \approx 500 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (1)$$

式中,  $D$  为穿透深度,  $\rho$  为视电阻率,  $f$  为频率.

综上所述, 选择超低频或极低频, 以及甚低频或低频段中无干扰的频点进行观测, 可以达到避开干扰, 取得可靠信息效果.

## 2 震前电磁辐射观测结果

对全国台网范围收集到有详细资料的 45 个 5 级以上地震的电磁辐射资料进行了整理(陈志勇等, 1993; 王盛飞、刘淑蓉, 1992; 张碧琼等, 1992; 陈宝华, 1992). 其中, 6.0—7.6 级地震 13 次, 5.0—5.9 级地震 32 次; 1976—1979 年地震 2 次, 其余 43 次地震为 1981 年后发生的. 这期间仪器已经逐步完善, 减少了干扰, 因此取得的资料是可靠的. 表 2、表 3 分别是 6.0—7 级和 5.0—5.9 级地震异常情况表.

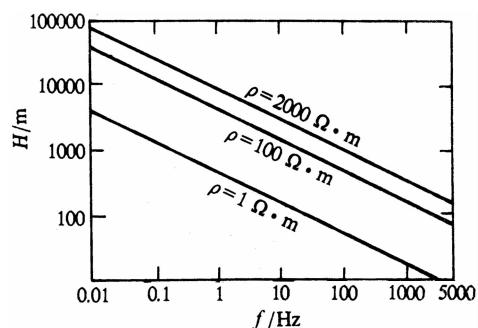


图 1 不同电阻率不同周期时的探测深度

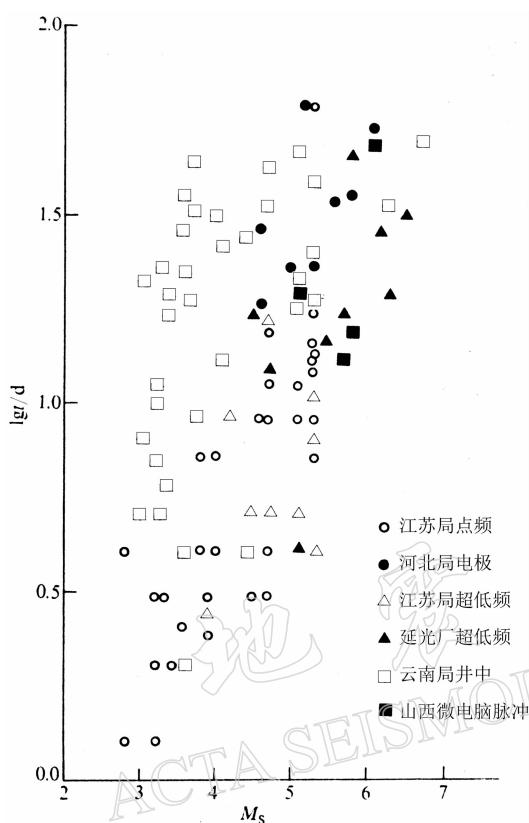


图 2 异常起始时间与地震震级关系

常时间与震级大小的关系,一般情况仍遵循震级愈大异常时间愈长、震级愈小异常时间愈短的规律.对河北台网观测的自1981年以来发生的9次5—6级、23次4.5—4.9级地震的异常时间情况进行统计,结果见表4.

由表4可见,上述三项异常时间5—6级均比4.5—4.9级地震大一倍.

### 2.1.2 电磁辐射异常距离与震级大小的关系

台站观测结果表明,电磁辐射异常距离与震级大小有关.地震大,异常距离也大;地震小,异常距离也小.图3是地震震级与异常距离关系图.由图可见,7.6级地震异常距离可达800 km,5级地震异常距离可达500 km.根据图3,我们求出震级与异常最大距离的关系

$$M_s = 0.63 \times \Delta + 1.7$$

式中,  $\Delta$ 代表震中距,单位为  $10^2$  km

### 2.1.3 阵发性波组特征

震前电磁辐射信息呈阵发性一组一组的出现,发生过程是弱—强—弱的多次反复,直至发生地震.其异常时间、异常幅度起伏变化而总趋势越来越强(图4).

震前电磁辐射信息起伏增强持续的时间、变化幅度、起伏增强次数与即将发生的地震的强度和震中距有关.起伏持续时间越长,变化幅度越大,起伏次数越多,未来地震

## 2.1 异常特征

上述45个震例虽然观测方式不完全相同,包括了前述的5种主要观测方式,但是由观测的结果仍可以得出一些共同特征.

### 2.1.1 时间特征

图2给出3级以上(其中2次2.8级)地震异常起始时间与震级大小的关系分布.可见,震级愈大,异常起始时间愈早.1988年11月6日中缅边界7.6级地震,在震前90天异常开始出现,而3级地震在震前几小时甚至几分钟才出现异常.由表2、表3可见,不同地震异常时间不很相同,从1小时到几十天不等.同一个地震不同台站记录的异常时间也不等,可以相差几十倍;同一地震同一地点的几种不同的观测手段异常时间也不相同.表2中,1992年4月23日中缅边界6.7,6.9级地震,滇西实验室的江苏DPJ-Ⅲ型点频机、河北廊坊的交变电场和云南大学DZ-Ⅲ型仪记录的异常时间均不相同,差别很大.但异

强度也越大(陈志勇等, 1993). 如距廊坊 300 km 范围内的 9 次 5 级以上地震, 大同  $M_s = 6.1$  级地震异常起伏持续 54 天, 变化幅度 10.2 mV, 临震信息波组达几小时; 而其它 8 次地震持续时间一般 30 天左右, 变化幅度一般 2—4 mV, 临震波组为几十分钟.

表 2 6.0—7 级地震异常情况表

震中位置	发震时间 年-月-日	震级 $M_s$	异常台站	震中距 km	异常起止时间	异常结束至 发震时间间隔	异常时间	备注
天津宁河	1976-11-15	6.9	北大岛亭	140	11月15日11—17时	5小时	6小时	
			邮电科学院		11月15日11—17时	5小时	6小时	
			二机部二院		11月15日11—17时	5小时	6小时	
			通县观测站		11月15日11—17时	5小时	6小时	
江苏溧阳	1979-07-09	6.0	南京卫岗	80	7月5日12时—	3天2小时	28小时	
					7月6日16时			
越南	1983-06-24	7.0	云南楚雄	442	6月24日0时30分—	4小时47分	10小时	
					10时30分			
					5月8日5时—16日9时			
					5月8日—12日13时			
南黄海	1984-05-21	6.2	江苏港 江苏常熟 江苏南渡 安徽径县	70 150 200 370	5月8日—12日13时	9天8小时	4天	
					5月8日—12日13时			
					5月19日18时—19日			
					19时			
云南禄劝	1985-04-18	6.3	云南楚雄 昆明五里多	160 95	3月30日—4月18日	3小时	19天	
					3月16日—4月6日			
云南澜沧 耿马	1988-11-06 1989-04-16	7.6 7.2	昆明五里多	390	7月27日—9月11日	40天	45天	
四川巴塘	1989-04-16	6.6	昆明五里多	650	4月4—11日	4天	1天	
四川小金	1989-09-22	6.6	昆明五里多	660	7月28日—8月31日	20天	25天	
缅甸	1989-09-29 1989-10-01	6.4 6.2		645				
山西大同	1989-10-18	6.1	山西大同 河北廊坊	40 200	10月—11日	7天	8天	
青海共和	1990-04-26	7.0	武威 永登 高台 肃南	240 290 370 300	4月26日12—15时	2小时	3小时	
					4月26日12时			
					4月26日8时	4.5小时	4分	
					4月24日13时			
甘肃天祝 景泰	1990-10-20	6.2	武威 永登 景泰	120 54 40	10月20日8时	27小时	0.5小时	
					10月12日11时			
缅甸	1991-01-05	7.6	西昌	800	10月6日20时	14天	1分	
					1月3—5日			
中缅边界	1992-04-23	6.7 6.9	攀枝花 石棉 滇西实验场	400 570 360	3月7日—4月21日	1天		
					3月16日—4月22日			
					4月4—16日	6天	5天	
					4月3—22日			
					3月18—4月15日	7天	14天	
					3月21日—4月12日			

表 3 5.0—5.9 级地震异常情况表

震中位置	发震时间 年-月-日	震级 $M_s$	异常台站	震中距 km	异常起止时间	异常结束至 发震时间间隔	异常时间	备注
内蒙丰镇	1981-08-13	5.6	山西大同 山西太原	90 340	8月1—10日 8月1—10日	3天 3天	9天 9天	
河北隆尧	1981-11-09	5.6	河北邯郸 山东济宁 河北廊坊	90 280 260	9月26日—11月8日 11月3—8日 9月17日,9月24—28日 10月12—14日,24—28日	6小时 11天	3天 13天	
河北唐山	1982-10-19	5.8	河北廊坊	200	10月5—18日	1天	9天	
山东菏泽	1983-11-07	5.9	山东兗州 河北邯郸 江苏南渡 江苏港	150 165 500 500	11月4日5—11时 10月7日—11月6日 10月18日—11月3日 10月21日—11月4日	7小时 5小时	6小时 30天 15天 14天	
云南普洱	1985-01-18	5.2	云南楚雄 昆明五里多	230 280	1月15—16日 1月1—25日	2天	1天 24天	
越南	1985-08-20	5.6	云南楚雄	420	8月18日9—11时	1天13小时	2小时	
缅甸	1985-08-26	5.6	云南楚雄	380	8月25日21时— 26日01时	2小时	4小时	
云南建水	1985-09-09	5.3	云南楚雄 昆明五里多	178 150	8月31日11—19时 7月26日—8月31日	8天	8小时 5天	
云南腾冲	1985-09-11	5.1	云南楚雄	350	9月9日10—20时	10小时	10小时	
河北邯郸	1985-10-30	5.3	河北邯郸 山东嘉祥 河北廊坊	100 220 300	11月13—30日 11月30日14时 11月13—30日	2小时 8小时 16小时	17天 15天	
贵州水城	1985-12-02	5.0	云南楚雄 昆明五里多	380 280	11月27日 11月5—7日	4天 25天	2天	
云南鹤庆	1986-03-13	5.2	云南楚雄	170	2月28日8—18时	13天	10小时	
四川盐源	1986-08-12	5.3	云南楚雄	250	7月30日13时— 8月2日4时	10天	2天15小时	
台湾花莲	1986-11-16	5.5	福建福州	320	11月15日22时— 16日21时		23小时	
台湾花莲	1986-11-18	5.3	福建福州	314	11月16日14时—18日	16时	1天10小时	
台湾花莲	1986-11-25	5.0	福建福州	305	11月25日8时—26日		1天4小时	
云南宁蒗	1988-01-10	5.5	昆明五里多	300	11月5—17日	40天	12天	
甘肃肃南	1988-11-22	5.7	甘肃山丹	130	11月5—16日	5天	8小时	
甘肃肃南	1988-12-04	5.1	甘肃张掖 甘肃山丹	85 132	12月3—4日 11月30日18时	21小时 1天2小时	1.5小时	
江苏常熟	1990-02-10	5.1	响水	330	2月1—8日	2天	8天	
甘肃祁连	1991-01-02	5.0	甘肃肃南 甘肃民乐	85 80	12月26日21时 1月2日3时	1天	3小时	
山西忻州	1991-01-29	5.1	忻州 西山矿	60	1月1—14日 1月10—15日	14天 13天	14天 5天	
四川小金	1991-02-18	5.3	西昌	340	1月30日—2月13日	5天	14天	
山西大同	1991-03-26	5.8	忻州 古交	200 300	3月17—26日 3月11—15日	10天	9天 4天	

续表 3

震中位置	发震时间 年-月-日	震级 $M_s$	异常台站	震中距 km	异常起止时间	异常结束至 发震时间间隔	异常时间	备注
四川宁蒗	1991-04-12	5.1	榆次长凝	290	3月 16—24 日	2 天	8 天	
			攀枝花	110	3月 21 日—4月 21 日			
			西昌	150	3月 25 日—4月 10 日	2 天	15 天	
河北陡河	1991-05-30	5.2	石棉	270	3月 29 日—4月 10 日	2 天	12 天	
			河北廊坊	200	5月 4—25 日	5 天	22 天	
保山施甸	1991-07-22	5.1	滇西实验场	160	6月 13 日—7月 14 日	7 天	15 天	江苏 河北
					6月 3 日—7月 5 日	16 天	12 天	
甘肃皇城	1990-10-01	5.1	甘肃敦煌	4.1			2 小时	
甘肃嘉峪关	1992-01-12	5.4	甘肃肃南	190	9月 29 日		1.5 小时	
			甘肃敦煌	352	1月 1 日	15 天	1 天	
黄海	1992-01-23	5.3	甘肃玉门	62	12月 25 日	25 小时	6 天	
			江苏响水	175	1月 10—21 日	2 天	1 天 17 小时	
			江苏连云港	180	1月 14—22 日	1 天	20 小时	
			江苏大丰	230	1月 16—20 日	3 天	2 天	
			山东临沂	250	1月 20—22 日	1 天	2 天	
			江苏港	270	1月 19—22 日	1 天	1 天	
			江苏海安	295	1月 13—17 日	6 天	6 天 16 小时	
			山东邹县	375	1月 10—23 日			
			山东济宁	410	1月 6—23 日		4 小时	
			江苏南渡	450	1月 15 日—22 日	1 天	9 小时	
青海共和	1992-05-17	5.0	龙羊峡	57	5月 9—12 日	4 天		

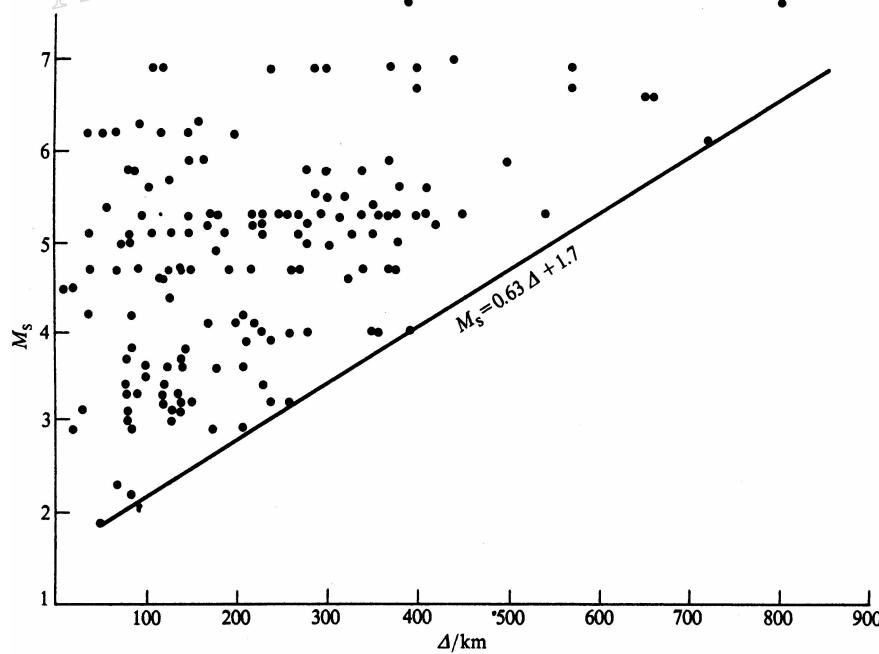


图 3 地震震级与异常距离关系

表 4 电磁辐射与地震时间相关统计

震 级 $M_s$	异常提前天数		实际异常天数		临震异常天数	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
5.0—6.0	52	8	32	13	12	6
4.5—4.9	27	3	15	7	7	3

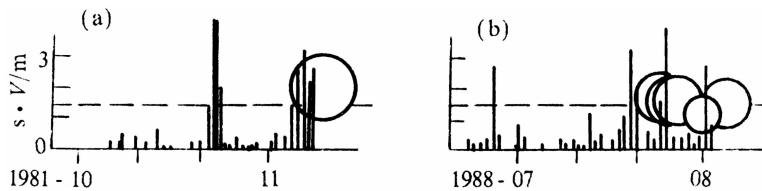


图 4 信息起伏增强日直方图(据陈志勇). (a) 1981 年 11 月 9 日邢台  $M_s$ 5.6 地震,  
(b) 1988 年 7 月 23 日—8 月 3 日阳原-唐山 5 级震群

#### 2.1.4 方向性和区域性特征

大量震例表明, 异常信息大小与传感器的埋置或架设方向有关. 同一台仪器不同方向测道所记录的震前电磁辐射异常, 其幅度的大小往往存在差异, 并且随震中方位的变化而产生新的比值变化. 用东西和南北两组正交的电极对进行交变电场观测时, 这两个方向所测量异常量的矢量和方向与未来震中方位垂直; 江苏 DPJ 点频机, 当发现有信息出现且旋转磁天线接收到最强信息时, 磁天线轴向则指向震中方位; 与此类似, 当有两根磁天线东西、南北方向正交放置时, 东西、南北二道异常量合成的结果为未来震中方向或反方向.

区域性特征即指区域波形相拟. 前述几种观测方法观测的震例表明, 同一台站记录的同一地区或同一构造区域不同时间发生的较强地震, 其震前电磁辐射信息记录的波形具有相似的频谱形态. 地震越大, 则这一特点越明显; 不同区域的震前电磁辐射信息的记录波形, 则显示差异并有其自身相似的频谱特点. 图 5 是河北廊坊台记录到邢台、唐山和河间 3 个地区内发生的不同地震部分原始记录. 可见, 同一区域内具有不同地震前信息波形相似、与其它区域信息不同的特点.

#### 2.2 不同观测方式结果比较

由图 2 我们可以看出, 不同的观测方式, 其异常起始时间不同. 一般情况是云南井中观测的 JD 型仪器异常信息出现的较早, 江苏省地震局接收几十千赫信息的 DPJ 点频机异常出现比较晚, 其它几种观测介于这两者之间. 其中, 河北省地震局用埋地电极方式观测的结果又比陕西延光机械厂超低频磁天线记录和山西省地震局微电脑脉冲磁天线记录信息出现得早. 因此, 从上述几种观测方式, 可看出电场接收方式异常出现的一般较早, 而磁场接收方式异常出现则相对较晚; 从频率高低看, 一般频率低的异常时间出现早, 频率高的异常出现则较晚.

图 6 给出 1991 年 3 月 26 日大同 5.8 级地震前河北三河县台磁场、电场记录结果. 仪器接收频率基本相同, 磁传感器为延光机械厂研制的 CGY 型, 其接收频率为 0.01—

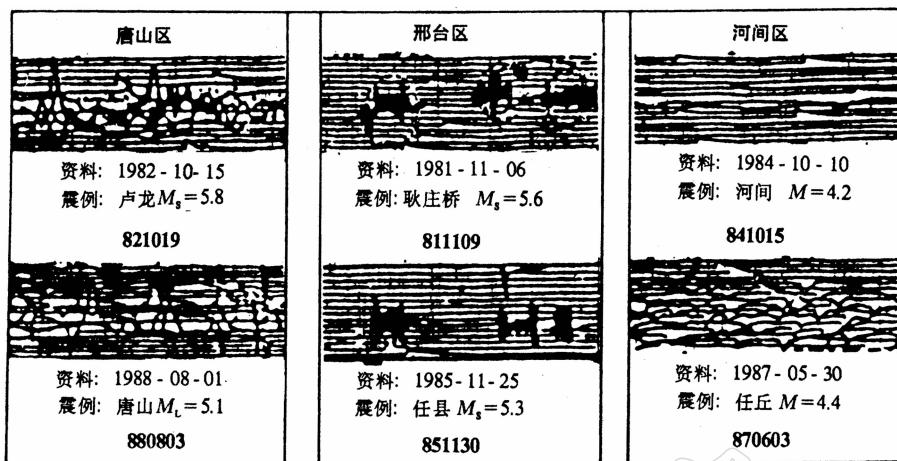


图 5 区域波形相似特征实例图(据陈志勇)

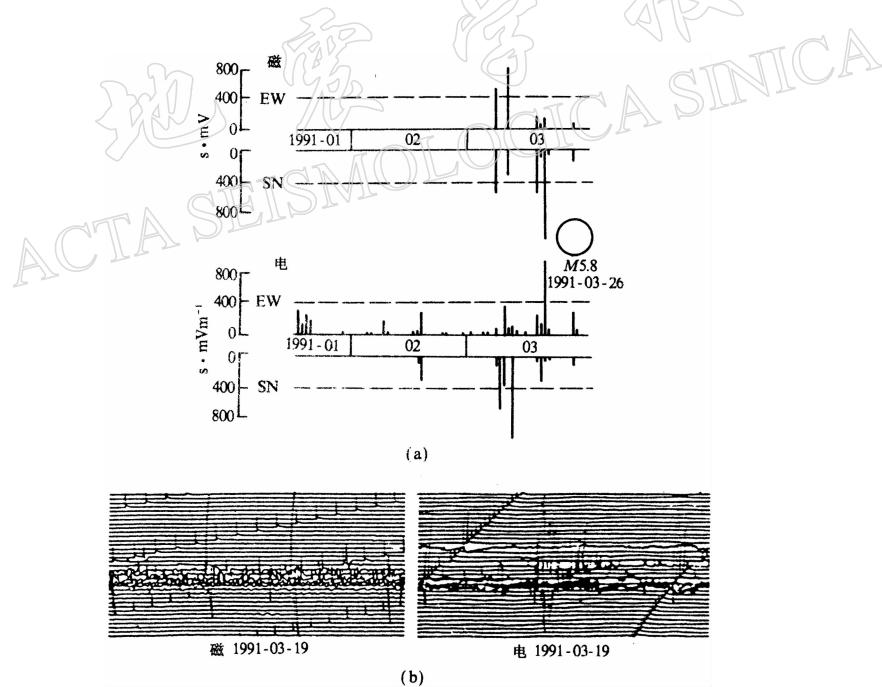


图 6 三河台磁、电对比结果. (a) 日变信息对比图; (b) 异常记录震例

10 Hz; 电传感器为埋地电极, 仪器经滤波等则接收 0.1—10 Hz 的频率. 图 6a 为磁、电分量日变信息对比图, 图 6b 为磁、电同一时间记录的异常图. 还有一些震例也记到了上述类似的变化. 由图可见: ① 电场信息比磁场信息出现的早, 信息总量也是电场比磁场量高; ② 电场信息持续时间长, 磁场信息异常时间短, 但它们的信息均呈波组状, 在震前达到高值, 然后平静, 直至发生地震; ③ 磁场、电场分量的强度方向, 显示正交特点. 由上述可知, 电场观测可以接收到短临早期的前兆, 磁场观测主要接收短临较晚期前

兆, 二者强信息同步出现与临震关系密切, 因此采取磁、电同台接收, 可以获得更好的监测效果.

### 3 问题与认识

#### 3.1 不同步现象

大量震例观测实践表明, 对于同一个地震, 震前电磁辐射信息在不同台站出现的时间不同, 它们之间的差别很大, 可以相差几小时甚至几天, 异常结束至发震时间间隔也不相同, 异常时间的长短也不相同; 此外, 震前电磁辐射信息也并非是在一定范围内的台站全都有异常信息出现, 有时较近台站未有异常信息, 但较远处台站却有信息出现. 如 5.0—5.9 级地震, 在 500 km 范围内的台站, 一般有异常的台站仅占其异常范围台站数的  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ . 震例观测还表明, 绝大多数地震和大多数台站在震时未能观测到电磁辐射信息, 而在震前和震后却观测到不同程度的电磁辐射信息. 上述这些现象统称为异常信息不同步现象. 这些现象很难用电磁辐射产生于“震源”的单一源的观点来解释. 笔者初步认为是由于在区域应力场作用下, 电磁辐射是“多源”微破裂产生的, 每个台站受到其附近“点源”和较远处“点源”(能够影响该台的源)的综合影响, 由于不同台站受到影响的源不同, 因而接收的电磁辐射信息的综合结果也不同, 有可能产生了上述不同步现象. 至于这一问题的可靠证据, 尚有待今后在观测中和实验中进一步研究.

#### 3.2 地震电磁辐射现象是客观事实

大量震例结果表明, 地震电磁辐射这一现象是客观存在的事实. 在地震预报中, 尤其是在短临中可以起到一定的作用. 实验室实验中也多次发现岩石微破裂过程中有电磁辐射现象; 在定点大地电磁测深(关华平、鲍振钢, 1990)和地磁场观测中也发现了地震前电磁场有变化. 它们的变化原因用天然电磁场的变化或压磁、压电变化都得不到满意的解释, 用岩石微破裂产生电磁辐射与天然电磁场叠加, 使我们的观测结果发生了较大变化的观点, 有可能得到较满意的解释.

## 4 结 论

大量震例表明, 地震前确有电磁辐射现象. 震前电磁辐射信息的时间长短、信息强弱与地震大小、震中距有关系, 其辐射的信息具有阵发生、方向性和区域性特征. 开展这一方法的观测研究和理论研究, 对于地震的短临预报是有意义的.

## 参 考 文 献

- 阿勃社拉别可夫, 卡·纳·(著), 蒋宏耀(译), 1990. 地壳中的电磁现象, p. 195. 学术书刊出版社, 北京.
- 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: 51—54.
- 陈志勇、杜晓泉、徐东红、宋志新, 1993. 大震前电磁辐射信息的观测研究. 地震学报, 15, 83—90.
- 关华平、鲍振钢, 1990. 北京东三旗台大地电磁测深重复观测实验研究, 地震预报方法实用化研究文集——地磁地电专辑, 401—405. 学术书刊出版社, 北京.
- 李均之、夏雅琴、沈壮, 1989. 岩石破裂辐射电磁波实验研究与地震预报, 震前电磁波观测与实验研究文集, 147—152. 地震出版社, 北京.
- 王盛飞、刘淑蓉, 1992. 江苏两次地震前电磁信息资料的分析研究. 地震学刊, 4: 8—13.
- 张碧琼、周本诚、卢开南, 1992. 震前电磁波前兆观测研究. 地震学刊, 4: 14—19.