

震前电磁辐射异常与 地震关系研究^{*}

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 $0.1 \sim 10$ 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 $0.1 \sim 1500$ 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 $0.01 \sim 10$ Hz, 灵敏度 $300 \mu\text{V/nT}$)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): $3 \sim 30$ kHz; ④ 低频(LF): $30 \sim 300$ 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 $0.01 \sim 20$ 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, ρ 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, $6.0 \sim 7.6$ 级地震 13 次, $5.0 \sim 5.9$ 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 $6.0 \sim 7$ 级和 $5.0 \sim 5.9$ 级地震异常情况表。

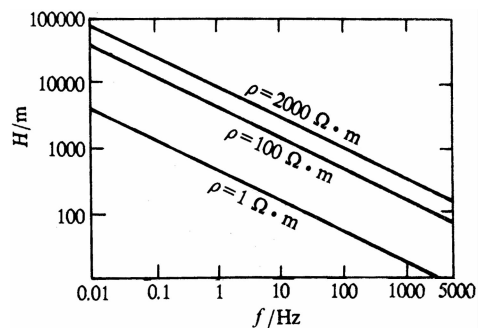


图 1 不同电阻率不同周期时的探测深度

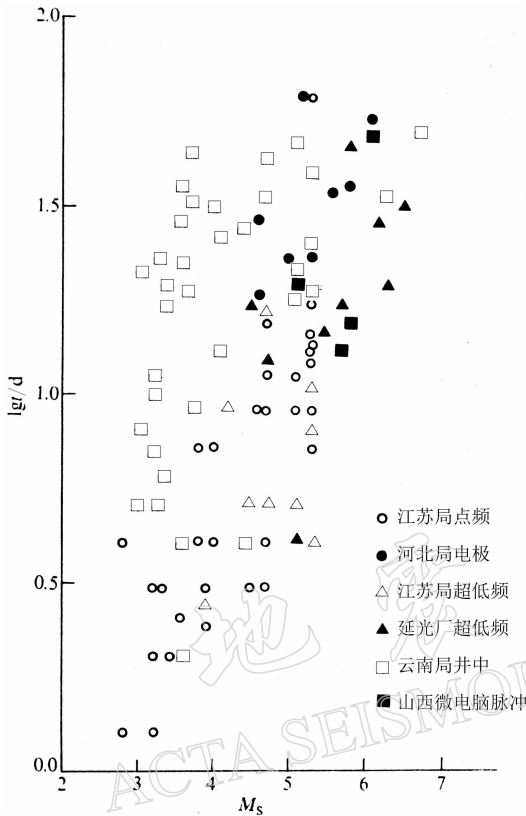


图2 异常起始时间与地震震级关系

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,滇西实验场的江苏 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

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, Δ 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

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— 7 月 6 日 16 时	3 天 2 小时	28 小时	
越南	1983-06-24	7.0	云南楚雄	442	6 月 24 日 0 时 30 分— 10 时 30 分	4 小时 47 分	10 小时	
南黄海	1984-05-21	6.2	江苏 港	70	5 月 8 日 5 时—16 日 9 时	5 天 14 小时	8 天 4 小时	
			江苏常熟	150	5 月 8 日—12 日 13 时	9 天 8 小时	4 天	
			江苏南渡	200	5 月 8 日—12 日 13 时	9 天 8 小时	4 天	
			安徽泾县	370	5 月 19 日 18 时—19 日 19 时	2 天	1 小时	
云南禄劝	1985-04-18	6.3	云南楚雄	160	3 月 30 日—4 月 18 日	3 小时	19 天	
云南澜沧 耿马	1988-11-06	7.6	昆明五里多	95	3 月 16 日—4 月 6 日	12 天	21 天	
		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	6.4		645				
	1989-10-01	6.2						
山西大同	1989-10-18	6.1	山西大同	40	10 月—11 日	7 天	8 天	
			河北廊坊	200		1 天	6 天	
青海共和	1990-04-26	7.0	武威	240	4 月 26 日 12—15 时	2 小时	3 小时	
			永登	290	4 月 26 日 12 时	4.5 小时	4 分	
			高台	370	4 月 26 日 8 时		9 小时	
			肃南	300	4 月 24 日 13 时	27 小时	0.5 小时	
甘肃天祝 景泰	1990-10-20	6.2	武威	120	10 月 20 日 8 时		7 小时	
			永登	54	10 月 12 日 11 时	7 天	15 天	
			景泰	40	10 月 6 日 20 时	14 天	1 分	
缅甸	1991-01-05	7.6	西昌	800	1 月 3—5 日		2 天	
中缅边界	1992-04-23	6.7	攀枝花	400	3 月 7 日—4 月 21 日	1 天		
		6.9	石棉	570	3 月 16 日—4 月 22 日			
			滇西实验场	360	4 月 4—16 日	6 天	5 天	江苏
					4 月 3—22 日	1 天	14 天	廊坊
					3 月 18—4 月 15 日	7 天	29 天	云大
					3 月 21 日—4 月 12 日	10 天	21 天	7 kHz 云大 1.9 kHz

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	90	8月1—10日	3天	9天	
			山西太原	340	8月1—10日	3天	9天	
河北隆尧	1981-11-09	5.6	河北邯郸	90	9月26日—11月8日			
			山东济宁	280	11月3—8日	6小时	3天	
			河北廊坊	260	9月17日,9月24—28日	11天	13天	
					10月12—14日,24—28日			
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	山东兖州	150	11月4日5—11时	7小时	6小时	
			河北邯郸	165	10月7日—11月6日	5小时	30天	
			江苏南渡	500	10月18日—11月3日	4天	15天	
			江苏 港	500	10月21日—11月4日	3天	14天	
云南普洱	1985-01-18	5.2	云南楚雄	230	1月15—16日	2天	1天	
			昆明五里多	280	1月1—25日		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	178	8月31日11—19时	8天	8小时	
			昆明五里多	150	7月26日—8月31日	8天	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	100	11月13—30日	2小时	17天	
			山东嘉祥	220	11月30日14时	8小时		
			河北廊坊	300	11月13—30日	16小时	15天	
贵州水城	1985-12-02	5.0	云南楚雄	380	11月27日	4天		
			昆明五里多	280	11月5—7日	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	
					11月15日22时— 16日21时		23小时	
台湾花莲	1986-11-16	5.5	福建福州	320	11月16日14时—18日	16时	1天10小时	
台湾花莲	1986-11-18	5.3	福建福州	314	11月25日8时—26日		1天4小时	
台湾花莲	1986-11-25	5.0	福建福州	305	11月5—17日	40天	12天	
云南宁蒗	1988-01-10	5.5	昆明五里多	300	11月5—16日	5天	8小时	
甘肃肃南	1988-11-22	5.7	甘肃山丹	130	12月3—4日	21小时	1.5小时	
甘肃肃南	1988-12-04	5.1	甘肃张掖	85	11月30日18时	1天2小时		
			甘肃山丹	132	2月1—8日	2天	8天	
江苏常熟	1990-02-10	5.1	响水	330	12月26日21时	1天		
甘肃祁连	1991-01-02	5.0	甘肃肃南	85	1月2日3时	3小时	3小时	
			甘肃民乐	80	1月1—14日	14天	14天	
山西忻州	1991-01-29	5.1	忻州		1月10—15日	13天	5天	
			西山矿	60	1月30日—2月13日	5天	14天	
四川小金	1991-02-18	5.3	西昌	340	3月17—26日		9天	
山西大同	1991-03-26	5.8	忻州	200	3月11—15日	10天	4天	
			古交	300				

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	江苏 河北
			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	
			石棉	270	3月29日—4月10日	2天	12天	
河北陡河	1991-05-30	5.2	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	
					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	
			甘肃肃南	190	9月29日		1.5小时	
甘肃嘉峪关	1992-01-12	5.4	甘肃敦煌	352	1月1日	15天	1天	
			甘肃玉门	62	12月25日	25小时	6天	
黄海	1992-01-23	5.3	江苏响水	175	1月10—21日	2天	1天17小时	
			江苏连云	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		

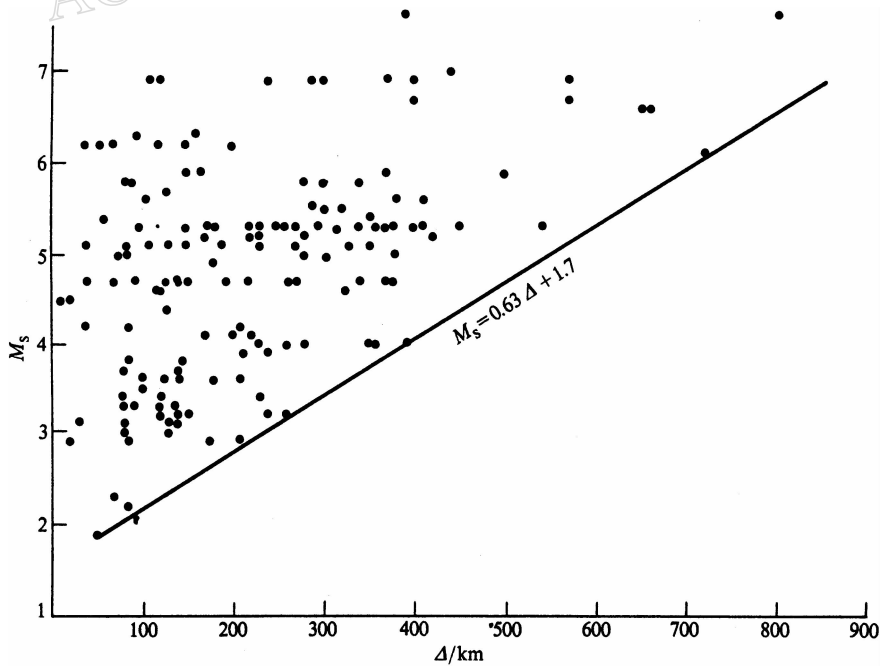


图 3 地震震级与异常距离关系

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

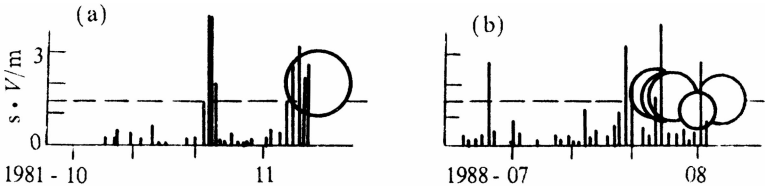


图 4 信息起伏增强日直方图(据陈志勇). (a) 1981 年 11 月 9 日邢台 $M_s5.6$ 地震, (b) 1988 年 7 月 23 日—8 月 3 日阳原-唐山 5 级震群

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似.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,其它几种观测介于二者之间.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—

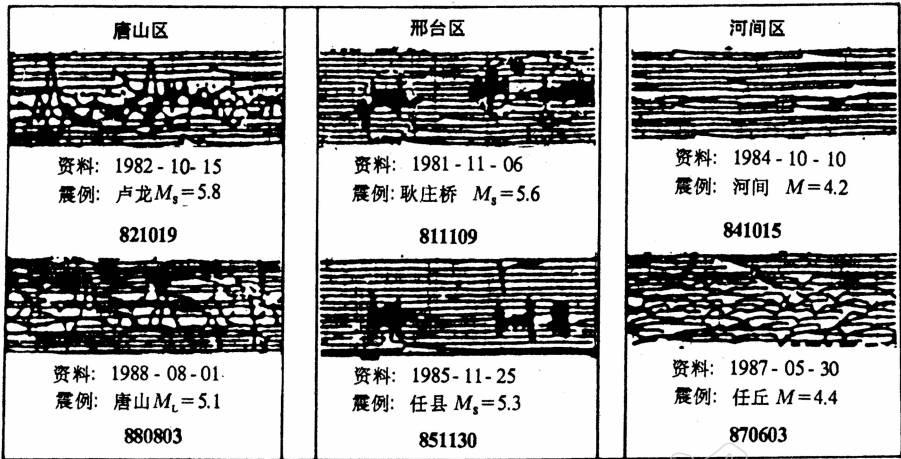


图 5 区域波形相似特征实例图(据陈志勇)

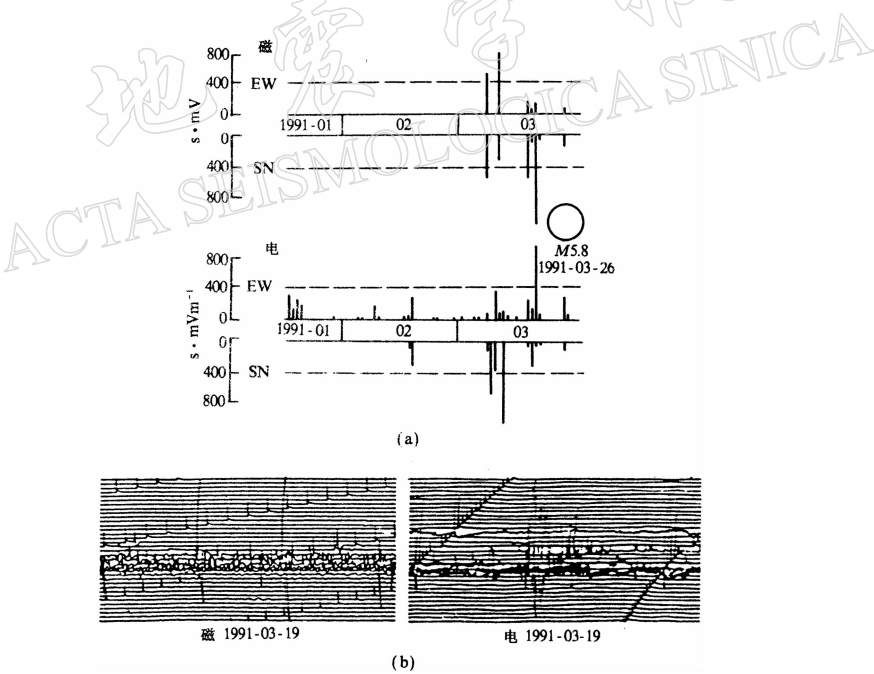


图 6 三河台磁、电对比结果。(a) 日变信息对比图；(b) 异常记录震例

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

- 阿勃杜拉别可夫,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.