

震前深井电磁短临前兆信息的观测和研究*

陈立德 包德修** 邹永菊 张雄 和宏伟

(云南省地震局, 昆明 650041)

摘要 本文应用大量震例研究了地震前深井电磁波短临前兆信息。研究结果表明,在1.9和27kHz信道上,地震前2—4个月和10—60天,可观测到短临型、短期型和临震型三种电磁波信号。电磁信号增强时段与孕震区小震频度增强同步,表明这些信号可能与孕震区微破裂有关。本文还利用信息源偶电体模型定量计算了组成变化的电磁场的准静场、感应场、辐射场随观测距离及方位的变化,据此对观测结果进行了初步解释。

关键词: 深井电磁波观测; 短临异常; 地震前兆; 偶电体模型

1 前言

自八十年代初我国学者系统地开展震前电磁信息观测及研究以来,绝大部份接收装置均安装在地表下面3—5m的浅部或坑道中。1984年我们研制的DZ—1型深井鞭天线电磁信息仪投入使用。该仪器可接收地下100—280m深井内0—15Hz、1.9kHz和27kHz三个频段的电磁信号^[1]。据报道,国外用深井钢管作为单极天线,开展电磁信息观测^[2,3]始于1988年,比我们晚4年。本文介绍了作者多年的观测研究成果。

2 震兆信号的识别及资料处理

现在云南地区有昆明、楚雄、保山、芒市4个深井电磁信息观测站(图1)。昆明站建于1984年。其余3个站于1987年7—10月先后投入观测。记录方式为天地线6笔模拟记录,走纸速度为60mm/h。

多年资料表明,观测深度虽在地表以下100—280m,地1.9kHz信道仍有干扰信号,干扰源为100瓦无线单边带通信机、电焊、建筑起重机工作等。天线1.9和27kHz信道白天干扰信号不断,但来源不明。

震兆信号特征表现为信号延续时间长,昆明站一般延续达10小时以上,主信号长达20—24小时^[1];信号较强,一般幅度为5—10mm,有时更大;波型复杂,有连续或离散脉冲型,也有不规则方波正异常和正弦波型等(图2)。

* 地震科学联合基金资助项目。

** 云南大学,昆明 650091。

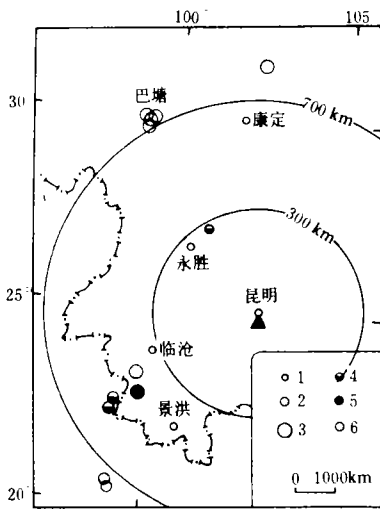


图 1 电磁波观测台站及地震分布图

- 1. $M_s=5.0-5.9$; 2. $M_s=6.0-6.9$;
- 3. $M_s=7.0-7.9$; 4. 短临型;
- 5. 短期型; 6. 临震型; 7. 电磁波观测站

Fig. 1 Epicenter and station distribution.

3 深井电磁信号的震兆特征

国内有学者提出,用某一组或几组电磁信号去对应或预报某次地震,我们认为欠妥,首先它与已有的实验结果相悖,多数岩石在应力强度达到破裂强度 50%以后或 85—95%时,电磁辐射强度达极值,宏观破裂时无电磁辐射。据此推论,孕震过程产生的电磁信息相应地也有一个从弱到强直至衰落的过程和时段,所以只看一组或几组信号的思路和方法,忽略了对过程的分析。其次当地震成组成群发生时,实际上也分不清哪组信号对应哪次地震。除个别外,电磁辐射信号有阵发性和成丛性特征,信号持续时间几分钟至几小时不等。

为了定量而直观地反应信号强弱与地震的关系,我们用信号积分法处理资料,该方法在量出某一信道一天(24 小时)内每丛信号持续时间长短的基础上,然后再对其求和,即得一天内某信道电磁辐射信号的累计持续时间,并用它作日时序图。该方法既直观又能反应信号的发展过程。

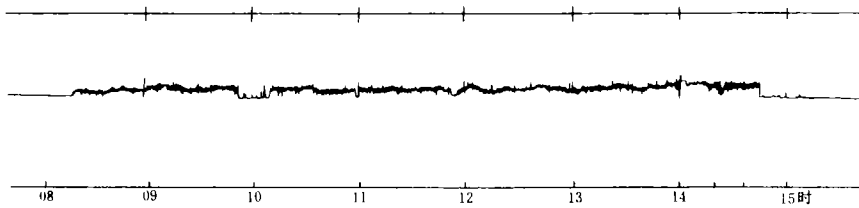


图 2 昆明站 1987 年 12 月 12 日地 1.9kHz 方波正异常

Fig. 2 Square wave anomaly of 1.9kHz on Dec. 12, 1987 of Kunming Station.

3.1 宁蒗、澜沧—耿马地震的信号特征

1988 年 1 月 10 日宁蒗东南 10km 处发生 5.5 级地震。该次地震距楚雄、昆明两个观测站分别为 250km 和 300km,两个观测站相距 117km。图 3 为楚雄和昆明两个观测站的地 1.9kHz 信道 1987 年 9 月至 1988 年 1 月电磁信号日累计值时序图。由图 3 可见,两个观测站先后于 1987 年 9 月 10 日至 10 月 4 日和 1987 年 9 月 5 日至 17 日观测到异常信号,其持续时间分别为 10 天和 4 天。1987 年 12 月 11 日至 14 日,昆明站日值又连续 4 天超噪声线,最高值达 19 小时;楚雄站同一频段于 12 月 15 日至 26 日出现 9 天高值。两站的异常信号结束后距发震时间分别为 26 天和 15 天。

震前 4 个月出现的一组信号可以作为短期预报时段的信号(以下简称短期信号);震前 30 天和 23 天出现的信号可作为临震预报时段信号(以下称临震信号)。

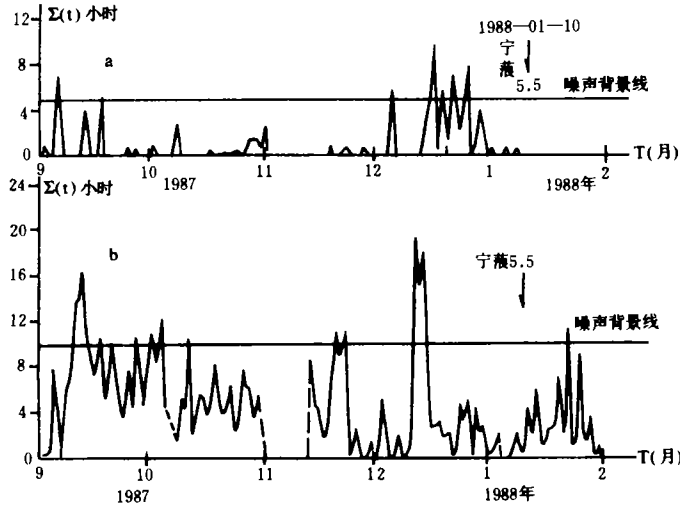


图3 宁蒗5.5级地震前昆明、楚雄地1.9kHz信道电磁信号日累计值曲线
a. 楚雄观测点; b. 昆明观测点

Fig. 2 Daily sum up time curve of short-imminent electromagnetic signals underground 1.9 kHz signal channel before the Ninglang earthquake in Kunming and Chuxiong stations.

1988年11月6日澜沧—耿马一带先后发生7.6级和7.2级地震,图4为昆明观测站(震中距370km)1988年6月—12月地1.9kHz和27kHz两信道电磁信号日累计值时序图。由图4可见,该站地1.9kHz信道从7月27日至9月11日信号增强,47天内有8天超过10小时噪声线,一般为11—13小时,其中9月11日24小时内信号连续不断,同时27kHz信道亦出现较强信号。临震时段两道均无信号。

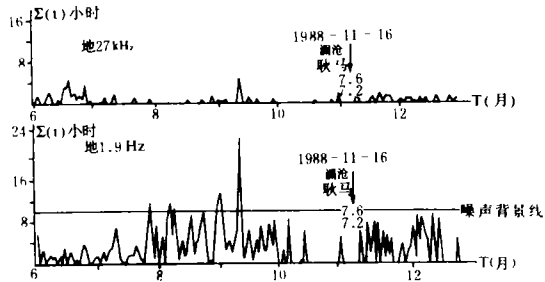


图4 1988年11月6日澜沧—耿马地震前昆明观测站电磁信号日累计值短期异常曲线
Fig. 4 Daily sum up time short-term anomalous curve of electromagnetic signals in Kunming station before the Lancang-Gengma earthquake (Nov. 6, 1988).

3.2 四川巴塘及缅甸等成组地震活动前电磁信号特征

图5给出了1989年1—12月昆明站地1.9kHz和27kHz信道电磁信号日累计值曲线。由图5可见,4月16日至5月7日巴塘和9月22日至10月1日缅甸两次成组地震活动前,昆明站两个信道的电磁信号均有明显增强过程。

巴塘6级地震组发生前12天,昆明站两信道分别于4月4日至11日先后出现8—7天24小时持续不断的离散型脉冲信号,最大幅度达13mm,但0—

15Hz频段无信号。信号结束后5—6天巴塘发生第一次6.7级地震。

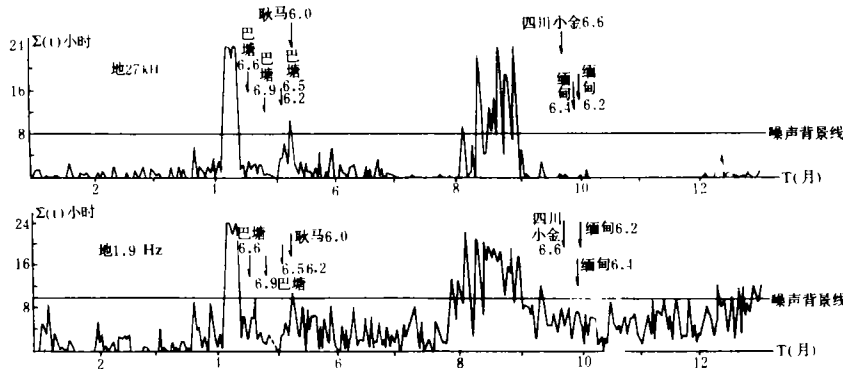


图 5 1989 年昆明站地 1.9kHz 和 27kHz 信道电磁信号日累计值曲线

Fig. 5 Daily sum up time curve of electromagnetic signals on underground 1.9 and 27 kHz channel in Kunming station.

缅甸 6 级以上地震组发生前,昆明站上述两信道先后于 7 月 29 日至 8 月 31 日(地 1.9kHz)和 8 月 4 日至 31 日(地 27kHz),即震前 60 和 54 天开始出现持续时间分别为 34 天和 27 天的电磁信号,信号结束至四川小金 6.6 级地震的时间为 22 天,距缅甸 6.4 级地震为 29 天。

上述震例表明,深井鞭天线电磁信号震兆具有下述特征

(1)震兆信号可分为短临型、短期型和临震型三类(图 6)。

短临型震兆系指震前 2—4 个月和震前一个月左右,先后出现两组超过噪声水平的电磁辐射信号。第一组信号断续维持 30—40 天左右,日累计值一般可达 10—16 小时,第二组信号断续维持 4—15 天左右,但信号强度有时较大,一般可达 16—24 小时,第二组信号结束后 15—30 天发震。前述宁蒗地震和中缅边界地震属此类型(见图 3)。

短期型系指震兆信号只出现在震前 2—4 个月时段内,震前一个月或几天无信号。此类震兆信号断续维持 30—50 天左右,其后减弱,信号日累计值可达 10—16 小时,个别达 24 小时。1988 年 11 月澜沧耿马 7.6 级地震震兆属此类型(见图 4)。

临震型系指震兆信号仅在震前 10—60 天左右开始出现,断续维持约 8—30 天即告结束,其后约 5—30 天发震。这类信号特点是,一般强度较大,日累计值达 16—24 小时,并且 1.9kHz 和 27kHz 两道均有信号。

(2)震兆类型、信号强弱与震级及震中距有关。

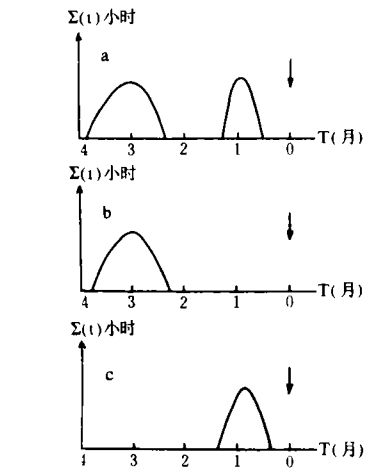


图 6 深井电磁信号类型示意图

a. 短临型; b. 短期型; c. 临震型

Fig. 6 Schematic of the types of observed deep well electromagnetic signals.

分析昆明站电磁信号的震兆类型,发现震中距小于 500km 的 5.5 级以上地震,该站信号为短临型和短期型震兆。如宁蒗 5.5 级(Δ=300km)和中缅边界 6.9 级(Δ=464km)地

震均为短临型震兆；澜沧耿马 7.6 级 ($\Delta=370\text{km}$) 地震为短期型震兆。而震中距大于 600km 的四川巴塘、缅甸等二次 6 级以上地震组其震兆信号均为临震型。另外从信号强弱比较, $\Delta \leq 500\text{km}$ 的 6.5 级以上地震信号较强, 反之则弱。总之, 信号强弱、震兆类型似与震级大小和震中距有关。

(3) 不同台站未同时记录到同一组信号。

前已指出, 宁蒗 5.5 级地震楚雄站和昆明站同一频段(地 1.9kHz) 的电磁信号在时间上不同步, 先后相差 5 天, 且强度、记录波型等均不一致。

4 地震前电磁信号的机制和信号源模型

4.1 三类电磁信号的成因机制

实验表明^[4,5], 电磁辐射强度及信号与岩性及应力水平等有关, 多数岩石电磁辐射最强时段, 均在应力积累达到破裂强度 50% 以后或 85—95% 的时期, 既宏观破裂发生前的一段时间最强。目前我们对一次 7 级左右地震孕育所需时间尚不清楚, 假设为 1—5 年, 达到应力强度 85—95% 的时间, 分别为大破裂前的 1.8—9 个月(85%) 和 0.6—3 个月(95%)。简单的估算说明, 震前几个月出现电磁信号是完全可能的。

图 7a、b 分别为宁蒗 5.5 级地震震中附近半径为 100km 范围内和澜沧—耿马 7.6 级地震震中附近长 145km, 宽 125km 范围内 $M_L \geq 2.5$ 地震月频度及昆明站地 1.9kHz 电磁信号月累计值对比曲线。

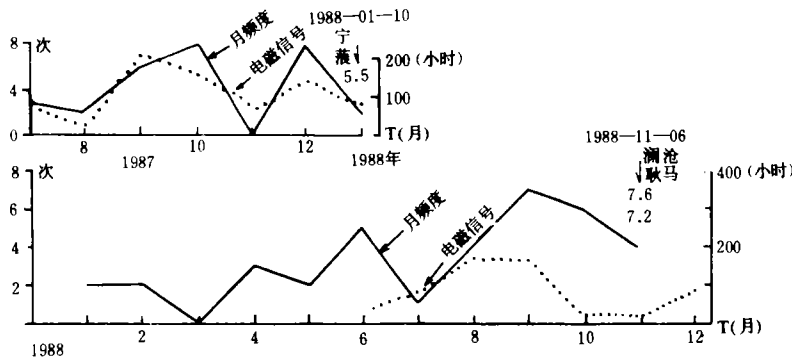


图 7 宁蒗 5.5 级和澜沧耿马 7.6 级地震震中附近小震月频度及昆明站电磁信号月累计值对比曲线

Fig. 7 Comparison between monthly sum up time of electromagnetic signals in Kunming station and small earthquake monthly frequency near Ninglang Ms 5.5 and Lancang-Gengma Ms 7.6 earthquake's epicenters.

从图 7 可见, 昆明站地 1.9kHz 电磁信号月累计值峰值与两次地震震中附近 $M_L \geq 2.5$ 地震月频度峰值同步。参考文献[5]报道的电磁脉冲与声发射率同步增衰的实验结果, 可以认为, 电磁信号可能与震源及孕震区内微破裂的突然增加有关。

4.2 偶电体模型计算及三类场型展布特征

4.2.1 偶电体模型^[6]

如前所述,当震源应力强度达到破裂应力85%以上时,由于破裂加剧导致孕震区深部岩中的水、气渗流,产生正负电荷,同时伴随着电荷的积累、中和及电荷区的收缩、扩张和方向变化等过程,并激发出变化的电磁场,产生这一过程的地区即为电磁信息源。将电磁信息源归结为一个总电荷为零的变化的偶电体,用它的特征量——偶电体的总偶极矩 \vec{P} 来描述,定义

$$\vec{P} = \iiint_V \rho(x', y', z', t) \vec{r}' dv' \quad (1)$$

式中 $\rho(x', y', z', t)$ 是 t 时刻 (x', y', z') 处的电荷密度, \vec{r}' 是源点(偶电体几何中心)到 (x', y', z') 处的径矢,积分遍及于电荷不为零的区域。

偶电体模型认为,变化的 \vec{P} 就激发出变化的电磁场。电磁场的有无取决于偶电体的总偶极矩 \vec{P} 是否随时间而变,能否被观测到取决于总偶极矩随时间的变化率及观测站所处位置。

一般地说,变化的电磁场由准静场、感应场和辐射场组成,至于观测到何种场型,则视观测站随信号源的距离和观测频率而定。

4.2.2 准静场、感应场及辐射场的某些规律

设孕震过程中各种物理化学过程形成的偶电体,某一时刻的总偶极矩为 \vec{P} ,在零级近似下,将地壳视为均匀介质,则偶电体 \vec{P} 激发的电磁场为:

$$\left. \begin{aligned} \vec{E} &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \\ \vec{P} &= \frac{\mu}{4\pi} \left(\frac{\dot{\vec{P}} \cdot \vec{r}}{r^3} + \frac{\ddot{\vec{P}} \cdot \vec{r}}{r^2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

其中 \vec{E}_1 为准静场; \vec{E}_2 为感应场; \vec{E}_3 为辐射场。

$$\vec{E}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left\{ 3 \frac{(\dot{\vec{P}} \cdot \vec{r}) \vec{r}}{r^5} - \frac{\dot{\vec{P}}}{r^3} \right\} \quad (3)$$

$$\vec{E}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon v} \left\{ 3 \frac{(\dot{\vec{P}} \cdot \vec{r}) \vec{r}}{r^4} - \frac{\dot{\vec{P}}}{r^2} \right\} \quad (4)$$

$$\vec{E}_3 = \frac{1}{4\pi\epsilon v^2} \left\{ 3 \frac{(\ddot{\vec{P}} \cdot \vec{r}) \vec{r}}{r^3} - \frac{\ddot{\vec{P}}}{r} \right\} \quad (5)$$

式中

$$\vec{P} = \vec{P}(t') = \iiint_V \rho(x', y', z', t - r/v) \vec{r}' dv'$$

$$\begin{aligned} \dot{\vec{P}} &= \partial \vec{P} / \partial t, \quad \ddot{\vec{P}} = \partial^2 \vec{P} / \partial t^2, \quad t' = t - r/v \\ v &= 1/\sqrt{\mu\epsilon} \end{aligned}$$

它们分别有下述规律:

$$(a) \quad |\vec{E}_1| \propto |\dot{\vec{P}}|, \quad |\vec{E}_2| \propto |\dot{\vec{P}}|, \quad |\vec{E}_3| \propto |\ddot{\vec{P}}|$$

$$(b) \quad |\vec{E}_1| \propto r^{-3}, \quad |\vec{E}_2| \propto r^{-2}, \quad |\vec{E}_3| \propto r^{-1},$$

$$(c) \quad |\vec{E}_1| \propto V^0, \quad |\vec{E}_2| \propto V^{-1}, \quad |\vec{E}_3| \propto r^{-2}$$

(d) 三类场的展布具有方向性:准静场和感应场沿 \vec{P} 方向最强,垂直于 \vec{P} 方向最弱;辐射场沿 \vec{P} 方向最弱($|\vec{E}_3| = 0$),垂直于 \vec{P} 方向最强。

4.2.3. 准静场、感应场的展布及辐射场的传播性。

任何随时间变化的场总能经过付立叶分析把它分解成不同频率正弦场的迭加,因此讨论频率的正弦场则不失一般性。一个电偶极矩为 \vec{P} 的偶电体激发的电场为:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left\{ \frac{\vec{P}_m \cdot \vec{r}}{r^3} \vec{r} [3 + i6\pi \frac{r}{\lambda} - 4\pi^2 \frac{r^2}{\lambda^2}] + \frac{\vec{P}_m}{r^3} [-1 - i2\pi \frac{r}{\lambda} + 4\pi^2 \frac{r^2}{\lambda^2}] \right\} e^{i2\pi(f t - r/\lambda)}$$

式中 \vec{P}_m 为偶电体总偶极矩的振幅。由上式可得场强的振幅

$$E_m = \frac{P_m}{4\pi\epsilon r^3} \left\{ (1 + 3\cos^2\theta) - 4\pi^2 \frac{r^2}{\lambda^2} (1 - 5\cos^2\theta) + 16\pi^4 \frac{r^4}{\lambda^4} (1 - \cos^2\theta) \right\}^{1/2} \quad (6)$$

式中 θ 是 \vec{P} 与 \vec{r} 之间的夹角。同理可得准静场 (E_{1m})、感应场 (E_{2m}) 和辐射场 (E_{3m}) 的振幅,分别为:

$$E_{1m} = \frac{P_m}{4\pi\epsilon r^3} (1 + 3\cos^2\theta)^{1/2} \quad (7)$$

$$E_{2m} = \frac{P_m}{4\pi\epsilon r^3} 2\pi \frac{r}{\lambda} (1 + 3\cos^2\theta)^{1/2} \quad (8)$$

$$E_{3m} = \frac{P_m}{4\pi\epsilon r^3} 4\pi^2 \cdot \frac{r^2}{\lambda^2} (1 - \cos^2\theta)^{1/2} \quad (9)$$

利用(6)–(9)可以计算出上述三类场的相对强度随夹角 θ 及观测距离 r 的变化,结果如表 1 所示。

表 1 准静场、感应场及辐射场相对强度随 r 及 θ 变化情况

θ	$r(\lambda)$	$r(\lambda)$										
		0.010	0.025	0.050	0.075	0.100	0.250	0.500	0.750	1.000	2.500	5.000
$E_{1m}/E_m(\%)$	0°	100	99	95	90	84	53	30	20	15	6	3
	15°	99	98	95	90	84	53	28	17	12	2	0.7
	45°	100	99	97	93	88	51	19	9	5	0.9	0
	60°	100	100	99	97	94	50	15	6	3	0.6	0
	90°	101	102	105	111	114	46	10	4	2	0.4	2
$E_{2m}/E_m(\%)$	0°	6	15	29	42	52	84	95	97	98	99	99
	15°	6	15	30	42	53	84	89	84	76	43	23
	45°	5	15	30	43	55	81	61	44	34	14	7
	60°	6	15	30	45	59	78	47	32	24	9	4
	90°	6	15	32	52	71	73	33	21	16	6	3
$E_{3m}/E_m(\%)$	0°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15°	0	0	1	2	4	17	37	52	64	90	97
	45°	0	0.6	3	8	15	57	85	93	96	99	99
	60°	0	1	6	14	24	80	97	97	99	99	99
	90°	0	2	9	24	44	114	104	102	101	100	100

从表 1 可见:

- (1) 观测距离 $r \leq 0.1\lambda$ 的全方位范围内, 准静场 $E_{1m} > 84\%$, 占绝对优势;
- (2) 观测距离 $r \approx 0.1\lambda - 0.25\lambda$ 范围内, 准静场和感应场之和 ($E_{1m} + E_{2m}$) 占绝对优势。其中感应场区在 $\theta = 0^\circ - 15^\circ$ 区间内, 当 $r = 2.5\lambda - 5.0\lambda$ 时还有相当强度;
- (3) 观测距离 $r \approx 0.25\lambda - 1\lambda$ 范围内, 感应场和辐射场之和 ($E_{2m} + E_{3m}$) 占绝对优势。感应

场在 $\theta \approx 45^\circ - 90^\circ$ 区间较弱;

(4) 观测距离 $r > 2\lambda$ 的区域内辐射场占绝对优势;

(5) 对我们深井电磁信号丰富的地 1.9kHz 频段,分别计算了 $\theta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ \dots, 90^\circ$ 不同区域, $r = 10 - 500\text{km}$ 的 E_1, E_2, E_3 三类场的展布情况,得出在 $r = 10 - 20\text{km}$ 内准静场(E_1)占 80% 以上,然后很快衰减; $r = 20 - 60\text{km}$ 时,感应场(E_2)增大到极值达 90% 以上,向外逐渐减弱并被辐射场取代,总之,对 1.9kHz 信道而言 20—60km 范围为准静场和感应场的极值拐点。

再分别取 $r = 300, 400, 500\text{km}$ 计算 E_1, E_2, E_3 随 $\theta (\theta = 0^\circ - 90^\circ)$ 的衰减,发现在 $\theta = 7^\circ - 12^\circ$ 角域区, 300—500km 范围内感应场和辐射场均在 80% 左右,当 $\theta > 12^\circ$ 后随 θ 的增大感应场逐渐减弱,辐射场增大(图 8)。

理论计算表明,1.9kHz 信道(其它信道类同),能否观测到信号及观测到哪类场信号,与观测站距电磁信号源的距离及 \vec{P} 与 \vec{r} 的夹角(θ)等有关。

运用上述结果我们对不同台站的同一频段不能同时观测到同一组信号,信号强弱也不相同等问题可作如下解释:

由于各类场型信号的强弱,与 r 及 θ 有关,因此若观测站位于强信号区就能观测到信号,反之则观测不到;在(7) — (9)式中当 $P_m, \theta, \gamma, \lambda$ 固定后,场强与岩石介磁常数 ϵ 呈反比,实际上各地的介磁常数差异很大,因此又导致信号强弱的差异。

4 主要结论

综上所述,可以得到以下初步结论:

(1) 震前电磁信号群可分为短临型、短期型及临震型等三种类型。

(2) 震兆类型和信号强弱与震级、震中距(r)及观测站位置(θ)等有关。

(3) DZ—1 型深井电磁信息仪,地

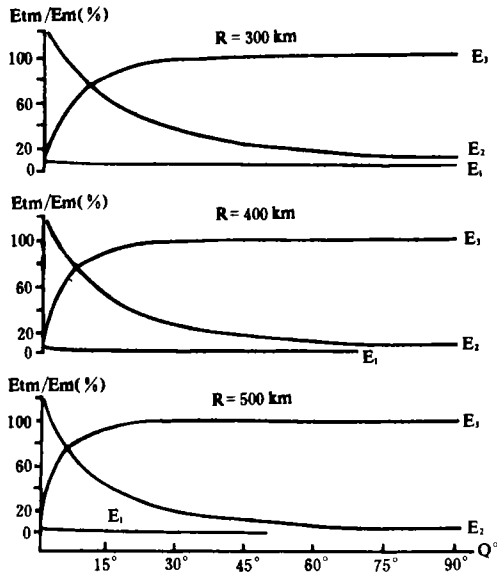


图 8 特定距离内 $f = 1.9\text{kHz}$ 频段三类场强度随夹角 θ 的变化曲线

a. $r = 300\text{km}$; b. $r = 400\text{km}$; c. $r = 500\text{km}$

Fig. 8 Change of strength of three types of electromagnetic field with direction angle on $f = 1.9\text{kHz}$ channel at fixed observed distance.

1.9kHz 信道信号最丰富。

(4) 电磁信号强烈时段与孕震区小震频度增强时段同步的事实表明,电磁信号与孕震区微破裂加速发展有关。

(5) 电磁信号源的偶电体模型表明,观测距离 $r < 0.1\lambda$ 范围内准静场占绝对优势; $r = 0.1\lambda - 0.25\lambda$ 范围内,准静场和感应场之和占绝对优势; $r = 0.25\lambda - 1\lambda$ 范围内感应场和辐射场之和占绝对优势; $r > 2\lambda$ 的区域辐射场占绝对优势。

(6)三类场型在空间的分布强度,有明显的方向性。准静场和感应场沿 $\vec{P}(\theta=0^\circ)$ 方向最强,垂直于 \vec{P} 方向($\theta=90^\circ$)最弱;辐射场则相反。

(7)对信号比较丰富的地 1.9kHz 信道理论计算表明,在 $r=10-20\text{km}$ 内,准静场占80%以上,向外很快减弱; $r=20-60\text{km}$ 内,感应场增大到90%的极值,向外逐渐减弱。

计算地 1.9kHz 信道 $r=300,400,500\text{km}$,夹角 $\theta=0^\circ-90^\circ$ 的不同角域区三类场的分布表明,上述距离内 $\theta=7^\circ-12^\circ$ 的角域区感应场和辐射场成份均在80%左右, $\theta>15^\circ$ 后感应场很快减弱,并逐步为辐射场取代。

(本文 1992 年 12 月 2 日收到)

参考文献

- 1 陈立德,等.一种新型电磁波观测装置——深井垂直天线及初步观测结果.西北地震学报,1987,9(4):55-62.
- 2 Y. Fujinawa,等.钱书清译.1989年伊东震群和海底火山喷发前的前兆电磁辐射.世界地震译丛,1991,(2):41-42.
- 3 H. Takahashi,等.金耀译.临震预报的地震——电波源层析成像法.世界地震译丛,1991,(2):38-40.
- 4 萨多夫斯基编.施良骥,等译.地震的电磁前兆.北京:地震出版社,1986:40.
- 5 徐为民,等.岩石破裂过程中电磁辐射的实验研究.地球物理学报,1985,28(2):181-189.
- 6 包德修,等.地震电磁信息的偶电体模型.中国地震,1991,7(4):83-86.

DEEP-WELL OBSERVATION AND RESEARCH ON PRESEISMIC SHORT-IMPENDING ELECTROMAGNETIC PRECURSOR

Chen Lide, Bao Dexiu*, Zou Yongju, Zhang Xiong, He Hongwei
(Seismological Bureau of Yunnan Province, Kunming 650041)

Abstract

Through the observation and research of deep-well short-term and imminent electromagnetic information(EI) using whip-liked antenna,it is stated that;in time period 10 days to 4 months before an earthquake, three types of seismo-precursory signals such as short-imminent, short-term and imminent can be detected on 1.9kHz and 27kHz underground signal channel. The fact that the increasing and decreasing period of EI is correspond to that of small earthquake frequency in seismogenic zone stated that there may exist some relations between the excitation of EI and the mini fracture development in seismogenic zone. The dipole charged body model(DCBM) proposed by us points out; the changing electromagnetic field is composed by three types of field such as quasi-static field,inductive field ,and radiative field. Some quantitative results of these three type fields changing with observation distance and direction are given in this paper.

Key Words: Observation of deep-well electromagnetic wave; Short-impending anomaly; Earthquake precursor; Dipole charged body model

* Yunnan University, Kunming, 650091