

震前地声与动物异常关系的研究*

蒋锦昌 刘向群

(中国科学院生物物理研究所)

摘 要

本文根据近十年来我国地声观测的某些结果,分析了地声的时-空分布特点,并估计了透入基岩面上和水面中的声压。同时与震前动物异常特点,以及与人某些动物的听觉和振动感受器的敏感阈值进行了比较。最后,对唐山余震期间同时段内鱼和地声活动的观察结果,进行了相关分析。其结果如下:

1. 地声和动物异常的时-空分布图式基本相似,并可认为都是临震前兆。

2. 三级左右地震震中附近地区,地声透入基岩面上和水面中的声压,在 150—250 赫兹频段内,分别为 23—19 分贝和 90—86 分贝。由此可见,人耳是不可能感觉到的,但是通常在地面上栖息的猫、狗、雉和穴居的鼠是可能觉察到的,而骨鳔鱼类可能优先于这些陆生动物觉察到水中的地声信息。同时,基岩面位移的垂直振幅约为 10^{-7} 厘米。这虽比某些动物的振动感受器的阈振幅约低 3 个数量级。但可推测,在强烈地震前的地面位移的垂直振幅可达到或超过微米量级。这就可能为这些动物的振动感受器觉察到。

3. 相距约 20 公里的鱼和地声活动观察点,同期内的观察结果表明,它们共同反映了同一地区内的唐山余震活动。同时,鱼和地声活动的日频度序列之间具有一定的互相关性。

一、引 言

地震前动物异常原因的研究,不仅与地球物理-化学因素的生物效应和机理研究有关。同时与这些有关因素在孕震过程中透入地表的特征研究有关。这就引起了生物学和地震学工作者的共同关注^[1-5]。

阿姆斯特朗 (Armstrong) 在 1969 年从理论上分析了“震前地声与动物反应的关系”。当时因缺乏实际观测资料未能得出明确的结论。但是提示人们不要完全抛弃对这一问题的进一步研究^[6]。

作者及其同事们在震前动物异常现象考察的基础上,于 1969 年提出了震前动物异常可能与地声有关的设想。同时进行了多年的地声观测研究。结果表明,震前地声现象确实存在,并有可能发展成为临震预报中的一种有效方法。

本文在此基础上,分析得到了地声和动物异常在时-空分布上的相似特点。这表明它们是临震期间相伴出现的前兆现象。进而分析和估计了地声在基岩面上和水中的声压

* 1979 年 10 月 31 日收到; 本文在 1980 年 5 月第三届全国生物物理学术讨论会上宣讲。

级估计。可看到,某些弱地方震和中强地震的前兆地声,人是听不到的,但猫、狗、鼠、雉和鱼类等是有可能觉察到的。地声和鱼活动观察结果的比较分析,进一步表明了它们的活动日频度序列之间存在一定的正互相关性。

这些结果,不仅进一步阐明了前兆地声确是激起动物异常的重要因素之一,并为对这一问题的深入研究提供了一定的实际依据。同时可为地震预报中进一步发展地声观测研究,提供某些有用的线索。

二、地声和动物异常是相伴出现的临震前兆

岩石破裂试验和矿山崩塌声测量结果表明,岩体在微破裂和滑动等过程中,产生声发射现象,并与岩性和形变速率等有关^[7-11]。许多震例资料和观测结果表明,在临震期间可观察到大量的地声现象。通常可分为宏观地声和微观地声。

宏观地声是指人们在临震前数分钟至数小时,甚至 1—2 天内所听到的具有一定特征的声响^[5]。某些震例资料表明,宏观地声与动物异常在时-空分布上具有相似的特点,即在时间上主要出现在震前一天之内;在地区上主要出现在沿发震构造和有关活动断层的条带区,以及未来的震中区和高烈度区。例如,云南龙陵地震前 2—3 天至 1—2 时,在震区 30—40 公里范围内的许多点上,以及外围 100 公里左右的部分地区,同时出现了大量的动物、地声、地下水等宏观异常。内蒙和林格尔地震前的动物异常和地声现象的地区分布,都主要集中在与发震断层面 (NE18°) 大体一致的条带上,其中北端更为密集(图1)。

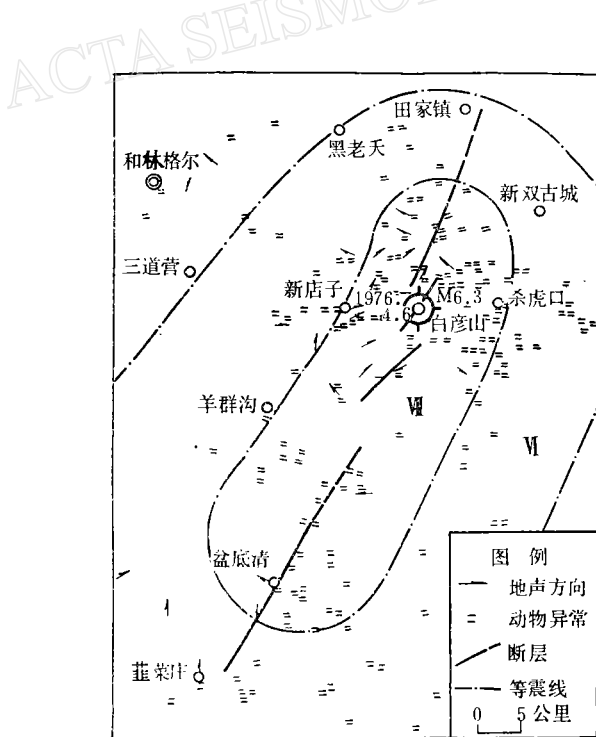


图1 和林格尔地震前的地声现象和动物异常的地区分布

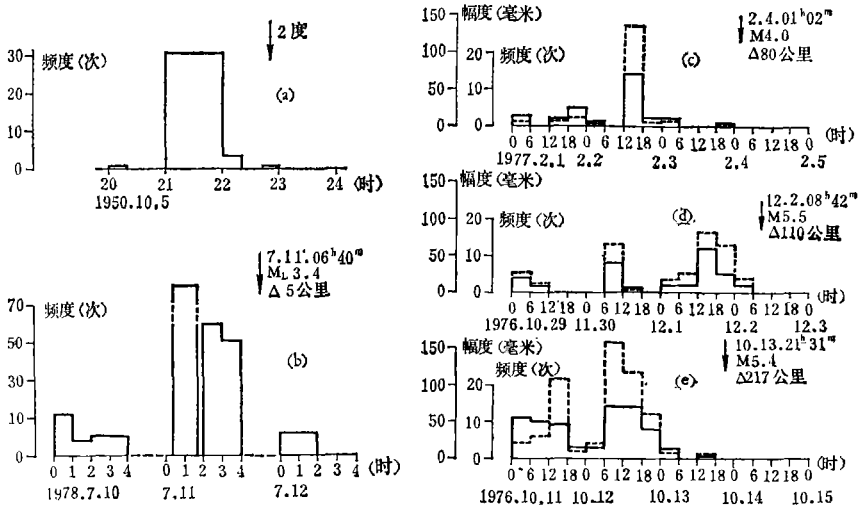


图2 前兆地声脉冲的频率(实线)和幅度(虚线)

分布直方图((a) 据文献[12]; (b) 据中国科学院生物物理研究所11室地声组的观测结果)

微观地声是用一定的观测装置,在一定的条件下检测到的地声信息。实际上,不仅可以记录到几乎与P波同时到达的震时声,同时在震前数天内就可检测到不同频率和强度分布的前兆地声脉冲(图2)^[12]。

图2表明,弱地方震前记录到的前兆地声脉冲,在震前数小时内频率明显增加。在某些中强地震前,距震中约150公里处所记录到的前兆地声脉冲的频率和幅度,在震前数小时至1—2天内呈现明显增加的特点。看来,这与震前动物异常的时间分布特点基本相一致^[13]。

由此可见,地声现象与动物异常在时-空分布上具有相似的图象,它们都是在孕震过程中相伴出现的临震前兆。

三、前兆地声的基本特点

宏观地声的声响特点一般比较低沉,犹如远处闷雷滚滚而来,有的似狂风呼啸等。闻者感到奇异,令人惊觉。

根据中国科学院生物物理研究所11室地声组的观测结果表明,弱地方震的震时声的优势频段约为30—60赫芝;前兆地声脉冲的优势频段约为100—300赫芝。在某些中强地震前,距震中约150公里处记录到的单、双峰前兆地声脉冲的瞬时频率分别约为250赫芝和300赫芝。声强度可作以下的估计:

在断层附近岩洞内基岩面上,用加速度计所接收到的地声信号。实际上可认为是普通地震仪未能记录到的,地表基岩面垂直运动所激起的高频振动。这一点可由记录到的震时声与P波同时到达的事实得到说明。希尔(Hill)等人的观测结果表明,震时声主要是由P波激起的地面垂直运动产生的^[2]。同时,前兆地声是由超小地震激起的前兆破裂,

而与地面平行传播的 SH 波并不产生地声,与地面垂直传播的 SV 波所产生的地声能量与 P 波相比较可以忽略不计^[4].

据此,由观测得到的地表基岩面的垂直运动移 A_{\perp} ,就可估计出此时所激起的地声脉冲的有效声压 P_c . 分别为,

$$A_{\perp} = 2.8\bar{V}/K_v S \omega^2 \tag{1}$$

$$P_c = \frac{1}{\sqrt{2}} \rho_0 C A_{\perp} \omega \tag{2}$$

在这里, \bar{V} 是记录到的地声脉冲代表幅值相当的直流电压; K_v 是测量系统使用的电压总增益; S 是检测探头的灵敏度; ρ_0 是空气的密度; C 是空气中的声速; ω 是地声脉冲的角频率.

实际上,式 (2) 与希尔等人得到的,当 P 波垂直入射时,分界面上的震时声声压与地面垂直运动位移之间的关系是相一致的^[4].

由余震期间地声观测结果(表 1),代入式 (1) 和式 (2),可得到不同介质中的地声声压(表 2).

表 1 余震期间的地声观察结果¹⁾

地震类别 (震级,震中距)	测量系统使用参数		前兆地声脉冲的参量		震时声的参量 ²⁾	
	K_v (倍)	S (毫伏/伽)	\bar{V} (毫伏) ³⁾	频率(赫芝)	\bar{V} (毫伏) ³⁾	频率(赫芝)
I. 弱地方震 ($M \leq 3.0$, $\Delta \leq 5$ 公里)	2×10^4	0.8	500	150—250	1500	30—60
II. 中强地震 ($M \leq 5.0$, $\Delta \leq 150$ 公里)	10^5	0.8	500	250—300		

注: 1) 根据中国科学院生物物理研究所 11 室地声组的观测结果; 2) S 在数十赫芝时约下降为 0.08 毫伏/伽;
3) 地声脉冲幅度 1 厘米相当于 500 毫伏.

表 2 不同介质中前兆地声的强度估计值

地震类别	介质名称	弹性参数		声压透射系数		有效声压(分贝)		备 注
		V_P (km/s)	ρ (g/cm ³)	岩体到 空气中	岩体到 水中	f_1	f_2	
I.	空气	0.34	0.0013			23	19	1. $f_1 = 150$ 赫芝, $f_2 = 250$ 赫芝. 2. 介质状况近似岩体 1. 3. 震时声在 30—60 赫芝的有效声压为 66—65 分贝, A_1 约为 0.7—0.2 微米.
	岩体	1. 1.8	1.6	0.31×10^{-3}	0.69	94	89	
		2. 4.0	2.6	0.85×10^{-4}	0.25	105	100	
	水	1.5	1.0	岩体 1. 透入水中		90	86	
	A_1 (微米)						10^{-3}	
II.	地表基岩面上					7	3	1. $f_1 = 250$ 赫芝, $f_2 = 300$ 赫芝
	岩体 2. 透入水中					76	73	2. 介质状况近似岩体 2.

注: 介质的弹性参数根据文献 [14]; 参考声压为 2×10^{-4} 微巴.

表 2 可见,弱地方震震时声的优势频段、声压级和基岩面的垂直运动位移振幅,与希尔等人对震级相近的地方震观测结果基本相一致^[4]。此时,前兆地声脉冲的优势频段和折算到水中的声压级,与江苏地震局等单位在同一岩洞内水井中的观测结果基本相同,即水井中测得弱地方震 ($M = 2.2$, $\Delta = 16$ 公里) 的前兆地声的主峰频率约为 100 赫芝,声压级约为 87 分贝。

四、动物对前兆地声的响应

由宏观前兆地声的声响特点看来,这类突然而来的声响对安静状态下的家畜家禽、狗、猫、鼠、鸟类等常见动物是一种强烈刺激。引起它们的敏感反应,导致惊慌不安或逃离原来的栖息地等行为活动将是完全可能的。施蒂尔曼 (Stierman) 的观察结果表明,伴随小震群所产生的每一次隆隆声,都引起观察点二百米处二条狗的连续性狂吠^[4]。

表 2 所给出的微观地声的强度能否为某些动物觉察到? 由于环境条件的复杂性,对此很难作出精确的判断。因此假定动物栖息在地声探头附近的基岩面上。此时动物的听觉器和振动感受器如同安放在基岩面上或隔一定距离的“地声探头”。据此,由表 2 给出的地声强度与人和某些动物的听觉阈值相比较(图 3)^[6,16]。

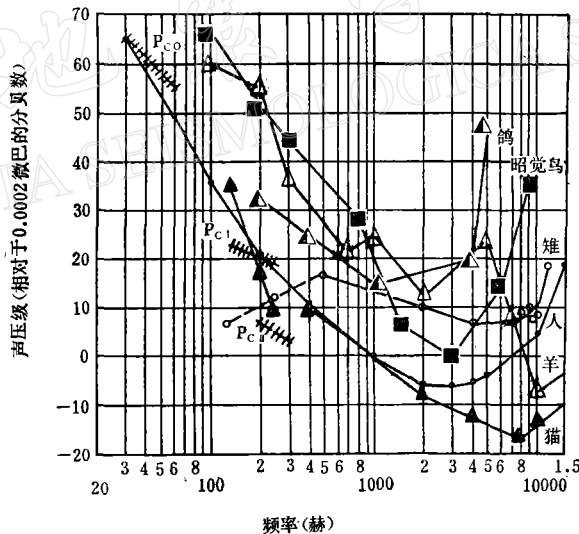


图 3 地声强度与人和某些动物听觉阈值

(P_{C0} 和 P_{C1} 分别为弱地方震基岩面上的震时声声压和前兆地声声压, P_{C2} 为中强地震约在 150 公里处基岩面上的前兆地声声压)

图 3 表明, P_{C0} 人是可听到的, P_{C1} 和 P_{C2} 人是几乎听不到的。这与观测者的当时感觉是相一致的。同时, P_{C1} 可能为猫、雉等听到,但鸽、昭觉鸟和羊等都听不到; P_{C2} 对这些陆生动物都听不到。

图 3 表明,猫对 200—400 赫芝声波的听觉阈值在 10 分贝左右,即低于 P_{C1} 。如果进一步考虑到它卧地栖息,耳几乎紧贴地面,声阻抗的匹配比人耳好得多的特点,那么优先

于人和某些其他陆生动物听到 P_{CI} 和强震前的地声信息将是十分可信的。

图 3 还表明,雉对 500 赫芝以上的声波听得比人差,但对 100 和 150 赫芝的声波听觉阈值比人低,即在 10 分贝左右,看来可觉察到 P_{CI} 。日本学者市川的报道认为,雉的震前反应是可能听到了人听不到的地声。同时,格雷森 (Kreithen) 的报告指出,猫头鹰等夜间活动的鸟类,对 300—1000 赫芝的声波听觉阈值约为 10 至 -10 分贝,比人耳约低 10 分贝^[3]。可见,猫头鹰等也有可能听到 P_{CI} 。

鼠类的听觉也是十分好的。如豚鼠对 60—125 赫芝的声波听得比人好,对 125—250 赫芝的声波听得与人差不多。同时,鼠对 10 千赫芝以上的声波听得比人好得多。如果考虑到它穴居的特点,洞穴可起到一定的谐振腔和混响腔的作用,那么觉察到 P_{CI} 和强震前的地声信息亦将是十分可能的。

由施蒂尔曼观察到的现象,即狗对某些人既无感,又无隆隆声的小震事件,仍能作出类似于听到震时声时的狂吠反应^[15]。可以推测,狗亦将可能听到 P_{CI} 。

表 2 给出的前兆地声在水面中的透射声压与某些硬骨鱼类的听觉阈值相比较,见图 4。

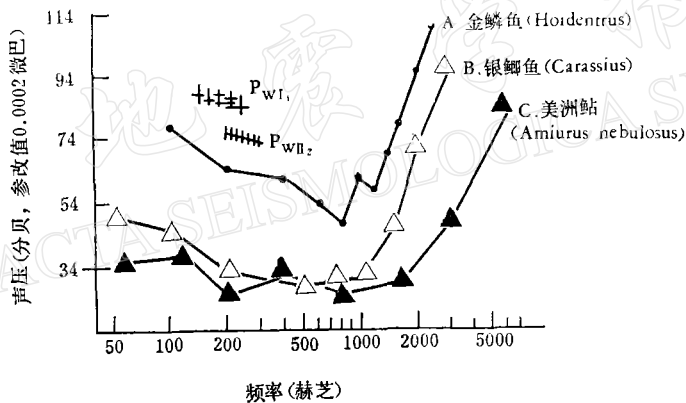


图 4 前兆地声在水面中的透射声压与某些硬骨鱼类的听觉阈值
(P_{WI} 和 P_{WII} 分别为弱地方震和中强地震在水面中的透射声压)

图 4 表明, P_{WI} 和 P_{WII} 足以激起银鲫鱼等的听觉响应。波珀 (Popper) 等人的测定表明,六种骨鳉鱼类的听觉范围为 50—7000 赫芝,敏感阈值大多处在 29—49 分贝;十六种非骨鳉鱼类的听觉范围在 50—3000 赫芝,敏感阈值大多在 64—84 分贝^[17]。可见, P_{WI} 和 P_{WII} 激起这些鱼类,尤其是骨鳉鱼类的听觉响应是完全可能的。

另外,鱼体的密度近似于水,鱼在水中如同水的一个组成部分,声波能量几乎无损地传到鱼体中。测定表明,鱼在水中 100—500 赫芝声振动的敏感阈值比人耳低 3 至 1 个量级,比莺鸟约低 6 至 3 个量级^[3]。可见,某些鱼类更有可能优先于人和其他陆生动物觉察到水中的前兆声振动信息。

同时,猫、鼠、鸟和鱼等动物具有敏感的振动感受器(表 3)^[1-3,5]。

由表 2 和表 3 可见,猫等陆生动物的振动感受器不足以觉察到弱地方震前激起前兆地声波的基岩面垂直振动,但鲨鱼等仍有可能觉察到。如果考虑到一个七级左右的强烈

表 3 某些动物的振动感受器及其敏感特性

动物种类	振 动 感 受 器	敏 感 特 性	主 要 功 能
猫、鼠等	环层小体(又名: Pacini 小体)	敏感范围为 50—800 赫芝, 400 赫芝的 最小阈振幅为 0.1 微米。	感受来自地面的振动 信号。
鸟 类	小环层小体(又名: Herbst 小体)	敏感范围为 200—2000 赫芝, 400—800 赫芝的最小阈振幅为几分之一微米	感受地面, 栖木, 水中 等的振动信号
鱼 类	普通侧线器官	15 赫芝的阈振幅为 1 微米。 江鱈鱼的 阈振幅为 0.1 微米	感受水中的微弱振动 信号
	伟氏器和内耳	如比目鱼可发觉的振动位移为 10^{-4} 微米, 而鲨鱼可发觉的振动位移为 10^{-6} 微米或更低。	

地震时所释放的能量比一个三级地震大 6 个数量级的事实,似乎可以推测,七级强震前激起前兆地声波的基岩面垂直振动幅值,将有可能达到或超过微米量级。这时人体仍觉察不到,但猫等动物的环层小体却有可能觉察到。

有兴趣的是猫爪垫无毛皮肤下脂肪组织中的巴氏(Pacini)小体,主要对皮肤表面的形变加速度起敏感反应(图 5)^[18]。

图 5 表明,猫爪垫上的巴氏小体是选频特性很好的高灵敏“加速度计”,其最敏感范围为 150—300 赫芝,阈振幅为 0.5—1.5 微米左右。可见,其敏感频段与上述前兆地声的优势频段相一致。从沙蜥借助于附节机械感受器探测沙层中的压缩波和面波来定向捕食的事实看来^[19],猫借助于自己爪垫上的“加速度计”,不仅可敏感地探测来自地面鼠的行走振动信号,同时可检测到强烈地震前来自地面的前兆振动信息。

综上所述,地震前动物异常现象中较为普遍多见的猫、狗、鼠、雉等鸟类和鱼类等动物,借助于灵敏的听觉器官和振动感受器,优先于人和某些其他动物觉察到前兆地声和微振动信号,看来是有一定根据的。

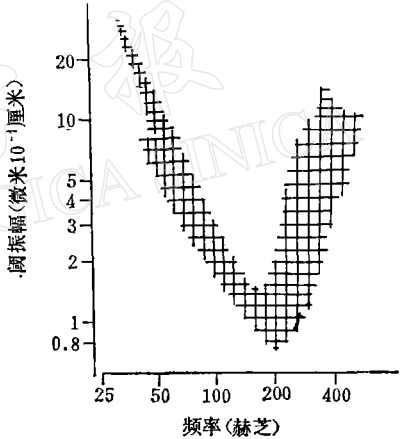


图 5 猫爪垫上的巴氏小体在正弦振动刺激下的反应阈振幅

五、地声和鱼活动观察的比较分析

上述分析指出, P_{WII} 仍可能激起某些骨鲮鱼类的听觉响应。同期内鱼活动的观察结果似乎进一步说明了这种可能性。

鱼活动观察点位于八宝山断层东南侧断层上,约距地声观测点(II)20 公里。在自然条件下,昼夜连续观察青、草、鲢、鳙等常见鱼类的行为活动,并以突然跳出水面、狂游、漂浮水面、头朝下尾露出水面打旋等行为活动为指标。观察结果表明,鱼的行为活动异常量与唐山余震活动有着明显的关系^[20]。

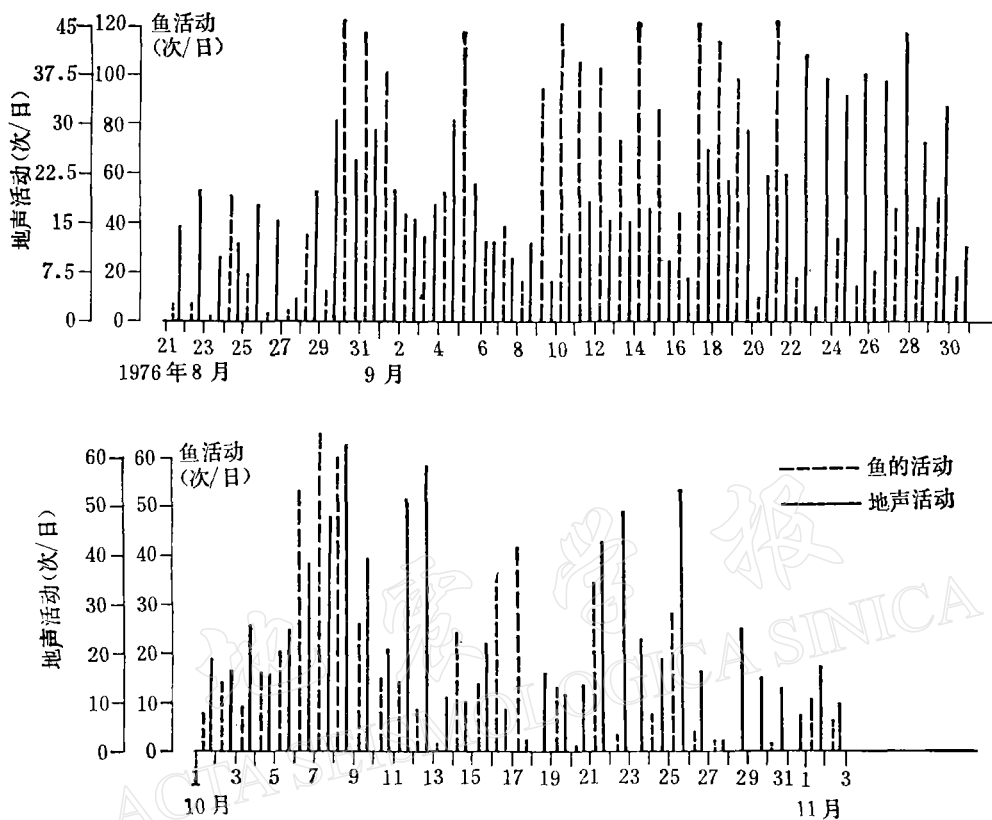


图 6 地声和鱼活动的日频序列分布

(分别据中国科学院生物物理研究所 11 室的地声观测资料和文献 [20])

把鱼活动的日频度序列与同期内地声活动的日频度序列相比较。可看到,它们具有相似分布特点,即在大部分时段内,呈现相似的变化趋势。其中,8.27—9.8 和 10.1—10.10 二个时段内近似同步变化(图 6)。

为了进一步阐明鱼活动和地声的日频度序列之间的互相关性,可作以下的互相关分析。

设地声和鱼活动日频度序列分别为 $a(a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n)$ 和 $b(b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_n)$ 。序列 a 和 b 的互相关性,可用互相关函数 $R(\tau)$ 来描写。同时,

$$R(\tau) = \frac{1}{N - \tau - 1} \sum_{i=1}^{N-\tau} \left(\frac{a_{i+\tau} - \bar{a}}{S_a} \right) \left(\frac{b_i - \bar{b}}{S_b} \right).$$

在这里, \bar{a} 和 S_a 与 \bar{b} 和 S_b 分别为序列 a 与 b 不同时段均值和标准差, N 为各个时段的长度,间隔 $\tau = 0, 1, 2$ 天。

由此可求得各个时段,不同 τ 时的 $R(\tau)$ 值(图 7)。

通常,当 $|R(\tau)| > \frac{2}{\sqrt{N}}$ 时,两个序列的互相关可信度的概率为 0.95; 当 $|R(\tau)| > \frac{1}{\sqrt{N}}$ 时,两个序列的互相关可信度的概率为 0.60。由图 7 可见, $\tau = 0, 1$ 和 2 天时,地声

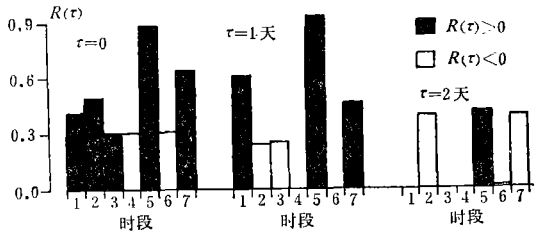


图7 序列 a 和 b 不同 τ 时各时段的 $R(\tau)$ 值直方图
(时段: 1.8.21—31, 2.9.1—8, 3.9.11—20, 4.9.21—30, 5.10.1—10, 6.10.11—20, 7.10.21—30.)

和鱼活动日频度序列互相关可信度概率在 0.60 以上的时段, 分别占观察期的 70%、43% 和 14%。由此可见, 地声和鱼活动日频度序列在同一天内的正互相关, 要比地声活动日频度序列提前一天和二天更为显著, 亦即可认为地声和鱼活动是在同一天内相伴出现的临震前兆。

上述比较分析表明, 这二个观察点虽相距约 20 公里, 但可认为是同时受到唐山余震活动应力场的影响。同时, 由表 2 给出的 P_{WH} 值来看, 图 6 所给出的鱼活动序列, 可能与此时水域中的地声活动有一定的关系。遗憾当时未能进行这二者的时时相关观察。

六、讨 论

有关报告指出, 震前动物异常可能与震前超声有关^[2]。希尔的报告指出, 如果与可听声有关, 那么人和某些动物, 如猫应同时听到^[2]。事实上, 虽在实验室内岩石样品声发射研究观测到了高达 200 千赫芝的超声信号, 但野外观测尚未记录到超过 20 千赫芝的前兆地声^[10]。我国余震期间地声观测结果表明, 前兆地声的优势频段在数百赫芝的可听声范围内。同时, 声波在介质中传播, 其主频率和能量随距离急剧衰减的事实, 表明了地震前震源体内微破裂和滑动等过程所产生的高频声波传至地表几乎是不可能的^[2,6]。同时, 鱼类、两栖动物、爬行动物等, 至少目前尚未发现它们具有接收超声波的能力, 但它们的震前异常确为常见。由此看来, 前兆地声与动物异常的关系, 应该说主要在可听声范围内。

本文的结果表明, 可听声范围内的前兆地声在地表基岩面上的声强度人是几乎听不到的, 但猫、狗、鼠和雉等鸟类是可能听到的。同时透入水中的声压级也足以激起某些鱼类的听觉响应。由此看来, 这些动物不仅具有不比人耳差的听觉器, 并具有灵敏的振动感受器, 同时它们所处的特定生活环境(如贴近地面、穴居、水生等), 使之完全有可能优先于人觉察到可听声范围内的前兆地声信息。

激起震前动物异常的原因, 不仅仅是单一因素的作用, 更可能是多种因素的综合作用结果。同时与动物的生活环境和自身的机能状态密切相关。另外, 本文所用的地声资料主要是余震期间取得的。有关主震前的地声特点, 目前还缺乏确实的观测结果。同时缺乏地声和动物行为活动的时时比较观察。所以本文的分析结果就不可避免地存在一定的局限性。

中国科学院生物物理研究所沈淑敏教授审阅了本文,并提出了许多宝贵意见。该所地震研究组的同事们对本文进行了评论,提出了许多修改意见。中国科学院声学研究所地声组的田时秀、孔凡永、胡兴康等同志,国家地震局地球物理研究所宋良玉同志等,在本文的撰写中,提供了许多有益的讨论和帮助,并审阅了全文,提出了许多修改意见。在此一并表示致谢。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院生物物理研究所地震组编,动物与地震,地震出版社,1977.
- [2] J. F. Everden (Eds), EHRP Conference I: Abnormal animal behavior prior to earthquakes, 1976.
- [3] P. D. Andriese, Ed., EHRP Conference II: Abnormal animal behavior prior to earthquakes, 1979.
- [4] T. Rikitake, Can animal predict earthquake? TOKYO KODANSHA (in Japanese), 1978.
- [5] 蒋锦昌编著,奇异的本领,地震出版社,1980.
- [6] B. H. Armstrong, Acoustic emission prior to rockbursts and earthquakes. *B. S. S. A.*, **59**, 3, 1259—1279, 1969.
- [7] K. Mogi, Study of elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous materials and its relation earthquakes phenomena, *Bull. Earth. Res. Inst.*, **40**, 125—173, 1962.
- [8] C. H. Scholz, Experimental study of fracturing process in brittle rock, *J. G. R.*, **73**, 4, 1447—1454, 1968.
- [9] С. Д. Виноградов, и др. Распределение во времени упругих импульсов, возникающих при разрушении образцов, *Физика Земли*, Изд АН СССР, **4**, 3—9, 1975.
- [10] 陈颙,声发射技术在岩石力学研究中的应用,地球物理学报, **20**, 4, 312—322, 1977.
- [11] М. С. Анцыферов, Применение сейсмоакустических методов в горном деле, Изд “Наука”, М, 1964.
- [12] М. С. Анцыферов, и др. Сейсмоакустические исследования повторных толчков, *Ташкенское Землетрясение 26 Апреля 1966 Года*, 154—163, 1974.
- [13] 蒋锦昌,动物异常是一种临震前兆,地震学报, **2**, 3, 304—313, 1980.
- [14] D. P. Hill, et al. Earthquake sounds generated by body-wave ground motion, *B. S. S. A.*, **66**, 4, 1159—1171, 1976.
- [15] D. J. Stierman, Earthquake sounds and animal cues: Some field observations, *B. S. S. A.*, **70**, 2, 639—643, 1980.
- [16] R. G. Busel, (Ed), Acoustic behaviour of animals, 1963.
- [17] A. N. Popper, and R. R. Fay, *J. Acoust. Soc. Am.*, **53**, 1515—1529, 1973.
- [18] M. Zimmermann, Mechanoreceptors of the glabrous skin and tactile acuity, *Studies in Neurophysiology*, 267—288, 1978.
- [19] P. H. Brownell, Compressional and surface waves in sand: Used by desert scorpions to locate prey, *Science*, **197**, 479—482, 1977.
- [20] 殷春阳、王少韩、蒋锦昌,鱼的异常活动与唐山余震关系的观察研究,动物学杂志, **2**, 11—14, 1981.

A STUDY OF THE RELATION BETWEEN ACOUSTIC EMISSION AND ANIMAL UNUSUAL BEHAVIOR PRIOR TO EARTHQUAKES

JIANG JIN-CHANG LIU XIANG-QUN

(*Institute of Biophysics, Academia Sinica*)

Abstract

This paper is an analysis of some observed results of acoustic emission prior to earthquakes occurred in the last ten years in China for the temporal and space distribution pattern of such acoustic emission before large earthquake events and an estimation of the transmitted sound pressure above the bed rock and in surface water. The distribution pattern was then compared with that of the animal unusual behaviors before earthquakes. Besides, the threshold values of sensation to hearing and vibration of human and some animals have also been compared. Finally, a cross-correlation analysis of the observed acoustic emission and the activities of fishes during the aftershock period of the Tangshan earthquake for the same time intervals was made. The results are as follows:

1. The pattern of temporal and space distribution of acoustic emission and animal anomalous behavior before earthquakes are generally similar. They are commonly referred to as the earthquake short-term precursors.

2. Transmitted sound pressure of acoustic emission before an earthquake of the magnitude around 3 near the epicentral region above the bed rock and in the surface water equals respectively to 23—19 db and 90—86 db in the frequency band of 150—250 Hz. It can be seen that human ears are not able to sense this sound pressure level on ground surface, but possibly cats, dogs and pheasants living on ground surface and usually rats living in holes, can sense it, and perhaps teleost fishes are superior to ground animals in sensing acoustic emission prior to earthquakes. At the same time, the vertical amplitude of displacement of the bed rock surface amounts to about 10^{-7} cm. Although this value is about 3 orders of magnitude lower than the amplitude thresholds of sensation to vibration for some animals, we might infer that the vertical amplitude of ground surface displacement before strong earthquakes can be of the order of microns or more, so that they should be able to sense the vibrations.

3. When the observational sites for the activities of fishes and acoustic emission are about 20 km apart, the results show not only that they reflect the aftershock activity of the same regions in Tangshan but also certain cross-correlation between the sequences of daily frequency of activities of fishes and acoustic emission.