

论地声序列在短临预报中的应用和意义

乌 统 昱

(天津市地震局)

摘 要

本文在研究宝坻地声序列特点的基础上,进一步探讨了地声序列在短临预报中的应用和意义。结果表明,宝坻地声现场观测结果与地震活动性和岩石力学实验结果非常一致。

一、前 言

自唐山地震以后,在我国开始了对地声的观测与研究,并取得了一定的进展。宝坻地声现场观测始于1980年8月,几年来积累了大量而又丰富的地声观测资料,本文根据这些资料来探讨地声序列的特点及其在短临预报中的作用和意义。

二、地声序列特征

地声仪探头由压电换能器和前置放大器组成。其中换能器是由20只 $\phi 51 \times 45 \times 36$ mm的PZT-5压电陶瓷环组装的直线阵。它在低频段4KHz—0.01Hz范围内具有较高的灵敏度,实测为-157dB,整个探头置放在深约427米的水井底部,记录系统如图1所示。

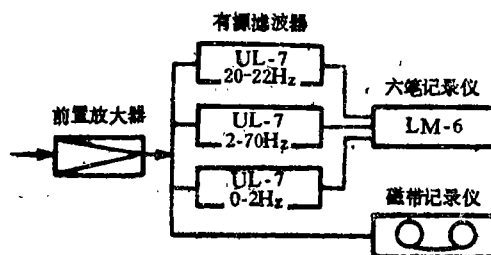


图1 地声记录系统框图

Fig. 1 Diagram of the geosound record system

现场观测使用SD-1型地声仪,由于其频带宽,灵敏度高,因此能记录到的地震事件的信息比一般微震仪要丰富得多。它不仅能记录到前兆地声,而且还能记录到极微震、微震、近震和远震。

根据宝坻地震试验场多年记录的资料,我们发现在一些中强地震发生之前,记录图上出现大量脉冲信号(图2),根据其形态可分为三种类型:

(1)脉冲型前兆地声:记录图上表现为单个脉冲或几个脉冲连接而成。在地声序列中主要出现在声发射开始期(A期)、声发射相对平静期(C期)和声发射衰减期(E期)(图2—1)。

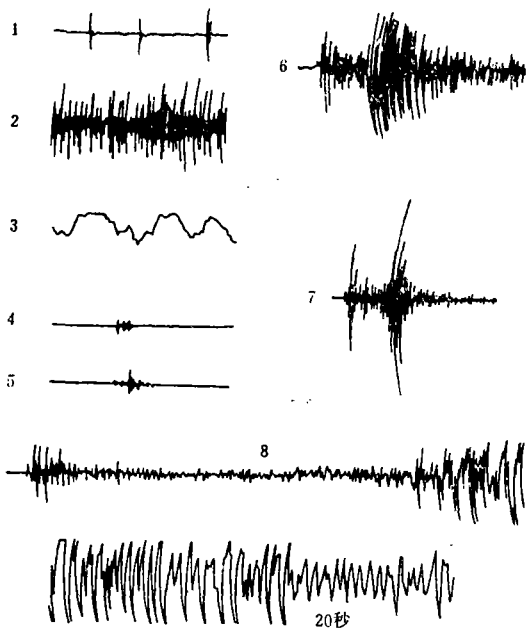


图2 宝坻地震试验场SD—1型深井地声仪记录的各种地震事件的波形

1.脉冲型前兆地声 2.连续型前兆地声 3.长周期应变波
4—5.微震 6—7.近震 8.近震

Fig. 2 Different kinds of waveforms of

events recorded by SD—1 geosound instrument

(2)连续型前兆地声:记录图上表现为无数个脉冲连接成一片,幅度也比脉冲型强。在地声序列中主要出现在声发射加速期(B期)和主发射期(D期)(图2—2)。

以上两种类型的前兆地声的频谱曲线如图3所示。

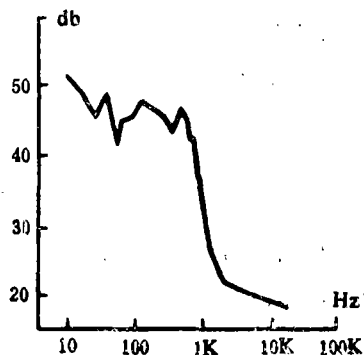


图3 地声频谱曲线

Fig. 3 Frequency spectrum curve of geosound

(3)长周期应变波:这是一种周期长达几十秒的超低频地声信号。在1982年10月19日卢龙6.2级地震前,从8月6日7时开始,地声记录图上出现一种长周期波动,一直延续到临震前消失(图2—3)。它可能是孕震区岩石在主破裂前的一种低频声发射。

图2—4是1982年8月30日,宝坻附近的一次微震的记录。图2—5是1982年10月19日卢龙6.2级地震后发生的一次小的余震的记录。由于震级较小,井下短周期地震仪均未记录到,但根据地声记录图,P和S震相还是能够辨别清楚的。

图2—6是1983年4月3日万全5.1级地震记录图,震中距约240公里。图中P₁、P₂、S震相都可以分辨出。图2—7是1982年12月10日马道峪2.0级地震记录,震中距约95公里。图中P₁、P₂和S₁、S₂震相记录均很清楚。

图2—8是1982年6月16日发生在四川甘孜的6.1级地震的记录。P和S震相记录清晰,面波部分的记录也要比DD—1型仪器的记录清晰。此外,对于发生在日本、千岛群岛、菲律宾、印度尼西亚和中美州、太平洋等区域内的强远震均能记录到周期为几十秒的面波。

三、地声序列在短临预报中的应用和意义

一般来说,浅源地震的孕震过程就是孕震区岩石的破裂发生和发展的过程。受力的岩石

在主破裂发生前会出现大量微破裂，因而也就会有大量声发射出现，这早已为岩石力学实验所证实。宝坻地声现场观测结果也表明，在一些地震发生前有前兆地声出现。

表 1 列出了 7 次地震的震发时刻及震前地声出现时间。图 4 为 1982 年 12 月 10 日 马道峪 4.9 级地震（震中距 95km）发生之前宝坻地震试验场的地声记录。这次地震前于 1982 年 12 月 9 日连续发生了 4 次微震，前兆地声的出现时间比第一个微震的出现时间早 64 小时。

地声出现时间与地震震发时间之比较 表 1

序 号	地 声 出 现 时 间	发 震 时 间	震 中 位 置	震 中 距 (公里)	震 级 (M _L)	地 声 提 前 时 (小时)
	年 月 日 时 分	月 日 时 分	经 度 纬 度 地 点			
1	1977 12 20 10—16	12 21 00—23	118°45′ 39°50′ 滦县北	120	5.3	14
2	1980 8 6 09—28	8 6 17—21	117°48′ 39°18′ 宁河	70	4.7	8
3	1980 11 16 00—41	11 17 22—03	118°24′ 39°44′ 古冶	90	5.1	46
4	1981 7 29 08—45	8 8 13—07	117°57′ 39°23′ 宁河	70	5.3	125
5	1981 12 6 12—00	12 20 00—48	117°11′ 39°50′ 宝坻	20	3.8	324
6	1982 8 6 07—00	10 19 20—45	119°04′ 39°57′ 卢龙	150	6.2	1776
7	1982 12 7 10—23	12 10 02—16	116°83′ 40°28′ 马道峪	95	4.9	64

1986 年作者等研究宝坻地震试验场地声记录图时，发现主震发生前后声发射的波形、频度和持续时间均有很大差异，因此提出把一个完整的地声序列划分为五个期，即声发射开始期（A 期）、声发射加速期（B 期）、声发射相对平静期（C 期）、声主发射期（D 期）和声发射衰减期（E 期）。

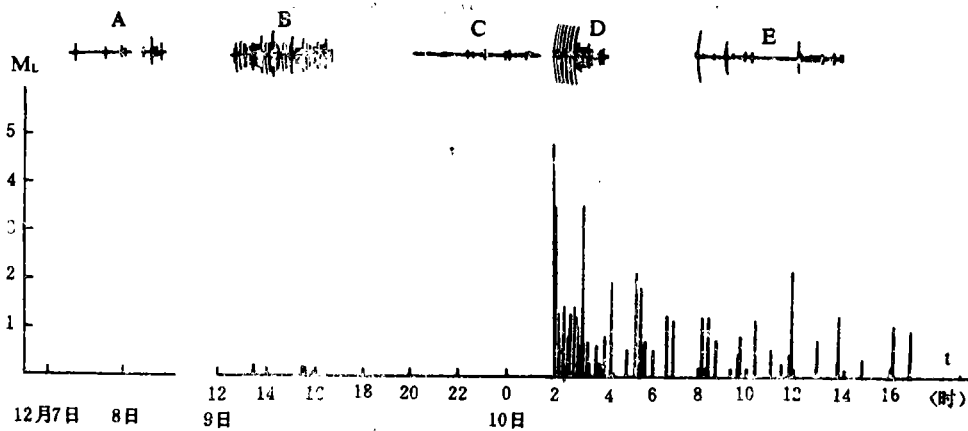


图 4 1982 年 12 月 10 日 马道峪 4.9 级地震震群序列和地声序列各期主要波形
Fig. 4 M—t map and geosound waveforms in different periods before and after the Madaoyu earthquake (M_L=4.9) on Dec. 10, 1982

宝坻地声现场观测记录表明，在主震发生之前有一段声发射相对平静期（图 5）。一般持续时间只有几十分钟，如马道峪 4.9 级地震的相对平静期为 25 分钟，宝坻 3.8 级地震为 33 分钟，宁河 5.3 级地震为 58 分钟等等。因此，如果记录图上前兆地声信号出现相对平静的现象时就意味着主震即将来临。这里所谓“相对平静”并不意味着没有任何声发射（或微破

裂)，而是相对其它各期而言，无论是声发射的频度还是强度都是比较弱的。类似的现象在
营口震区地声观测记录中也有出现。据文献〔1〕报导，在该地测得的地声频度曲线上，在与其
其相对应的地震发震前总出现一个谷值，这就是地声频度大幅度下降时期，也就是相对
平静期。

地震活动性观测结果表明，在一些强震前，地震活动具有“密集—平静—发震”的特征，邢台地震和海城地震是最典型的例子〔2—4〕。维诺格拉多夫等人指出〔5〕，同一种岩石标本，在不同应变速率下产生的声发射序列是极不相同的。当应变速率很快时（应变速率约 10^{-3} /秒），声发射主要集中在大破裂即将发生的时间内（图6a）。当应变速率变慢时（应变速率约 8×10^{-6} /秒），声发射的分布是比较均匀的（图6b）。当应变速率极慢时（应变速率约 10^{-9} /秒），声发射主要集中在大破裂前的一段时间内，而破裂即将发生时声发射却很少，即出现所谓“平静现象”（图6c）。文献〔6〕也指出，不同断层组合下，声发射的序列特征也不同，在 0° — 30° 断层组合时的声发射序列中，主破裂前声发射很少或者没有。

图5 声发射相对平静期（C期）
记录波形类型

Fig. 5 Waveforms of relatively quiescent period of acoustic emission (period c)

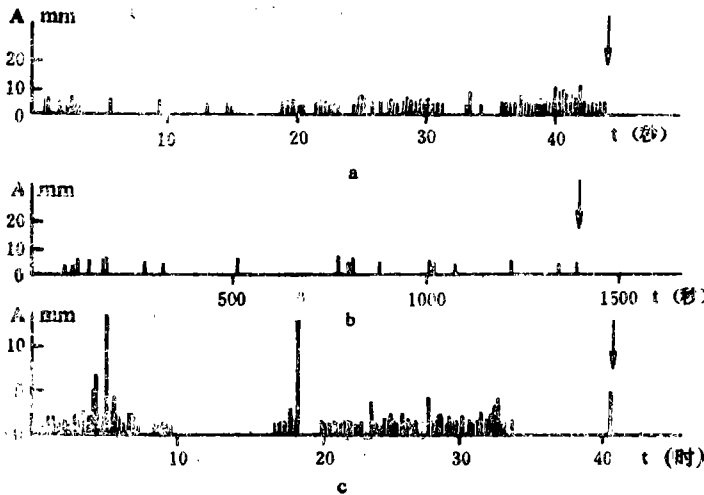


图6 岩石加压试验过程中应变速率与声发射随时间的分布关系

a. 应变速率为 10^{-3} /秒 b. 应变速率为 8×10^{-6} 秒 c. 应变速率为 10^{-9} /秒，箭头为岩石破裂时刻

Fig. 6 Distribution of acoustic emission in rocks under various strain rate, varying with time

综上所述，地声现场观测结果与地震活动性观测结果和岩石力学实验结果是十分一致的，因此，对地声序列的研究可为地震短临预报提供一条途径。

四、结 束 语

我国地声研究工作取得了一定的进展，但是由于获得的大地震前的地声记录资料还不够充分，对现有的观测资料的分析，对信号性质识别、提取等研究还不够深入，以及观测技术还不够完善等等，因此地声方法要真正成为预报地震的前兆手段还有一定距离。但是，地声方法的应用前景已经展现在我们面前，不久的将来，它一定会成为一种较好的预报地震的前兆手段。

笔者等提出的地声序列分期特点仅仅是根据宝坻地声现场观测结果。是否具有普遍意义，目前尚难定论。要解决这个问题，必须扩大地声现场观测范围，统一地声探头结构和记录方式以及积累更多的地声现场观测资料。

(本文1987年12月14日收到)

参 考 文 献

- [1]王乐群、孙怀义等，音响计数式地声探测器的震区试验，山西地震，№1，1984.
- [2]吴开统、岳明生等，海城地震序列特征，地球物理学报，Vol.19，№2，1976.
- [3]朱凤鸣、吴戈等，一九七五年海城地震，地震出版社，1982.
- [4]马宗晋、傅征祥等，1966—1976年中国九大地震，地震出版社，1982.
- [5]Виноградов, С.Д., Мирзоев, К.М., Садомов, Н.Г., Распределение во времени упругих импульсов, возникающих при разрушении образцов, Физика Земли, №4, 1975.
- [6]马瑾、张渤海等，断层交汇区附近的变形特点与声发射特点的实验研究，地震学报，Vol.5，№2，1983.

APPLICATION AND SIGNIFICANCE OF THE GEOSOUND
SEQUENCE IN THE SHORT-TERM AND
IMMINENT PREDICTION

Wu Tongyu

(*Seismological Bureau of Tianjin City*)

Abstract

In 1986, the writer et al. suggested that a whole geosound sequence can be obviously divided into five periods, namely period of acoustic emission generating, period of acoustic emission accelerated, relatively quiescent period of acoustic emission, period of main acoustic emission and period of acoustic emission decayed, based on the variation process of geosound wave form before and after earthquakes.

In this paper, the application and significance of the geosound sequence in the short-term and imminent prediction are further studied. In fact, the obtained results indicate that the observations of geosound on-site are compatible with the data of seismicity and experimental results in laboratory at all, so the geosound sequence might probably be used in the short-term and imminent prediction. Especially, the relative quiescent period in acoustic emission before earthquake can be taken as an impending earthquake signal.