

# 岩石破裂时产生电磁脉冲的观测与研究

钱书清 张以勤 曹惠馨 吕 智

(国家地震局地球物理研究所)

## 摘 要

在大型的人工地下爆破试验中,距爆点 960m 处,记录到三组电磁脉冲信号,其中伴随地表岩石破裂时电磁脉冲的主能谱约为 200Hz,与我们在隋县观测的结果相近。

## 引 言

大地震前出现的电磁脉冲现象<sup>[1-6]</sup>,越来越引起国内外地震学者的关注。为了探讨其产生的机制,我们曾在湖北省隋县参加了两次花岗岩洞爆破实验,记录到伴随岩石破裂产生的电磁脉冲信号<sup>[7]</sup>。由于记录点所在位置的关系,未能把岩石破裂时产生的电磁脉冲与地震波到达测点时,因“震电效应”<sup>[8]</sup>而产生的电磁信号严格区分开。为了区分上述的两种信号,探讨地下几百米深处花岗岩破裂时,是否能在地表记录到其产生的电磁脉冲信号,并找出岩石破裂时产生电磁信号的主能谱,从而改进地表监测震前电磁脉冲的工作,我组参加了我国大型的人工地下爆破试验。在距爆点 960m 处,记录到三组电磁脉冲信号:第一组信号可能是爆炸时产生的电磁脉冲,或爆心附近岩石破裂时产生的电磁辐射;第二组信号是伴随地表岩石破裂时产生的;第三组信号是在地震波到达观测点后收到的。观测的结果表明:(1)距爆点 960m 处,地表上的观测点可以收到从数百米下发出的 200—4kHz 的电磁脉冲信号;(2)伴随地表岩石破裂时电磁脉冲的主能谱约为 200Hz,与我们在隋县观测的结果相近,并与苏联报道的 OGO-6 卫星上记录到的震前电磁辐射频率相一致<sup>[5]</sup>;(3)第三组信号的波形与干扰背景大致相同,但幅度比背景大 4—5 倍。

## 一、观测点的布置与观测系统

### 1. 距爆点 960m 处的观测系统

本文 1984 年 2 月 23 日收到,1985 年 8 月 16 日收到修改稿。

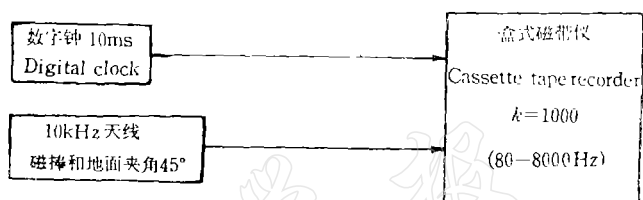
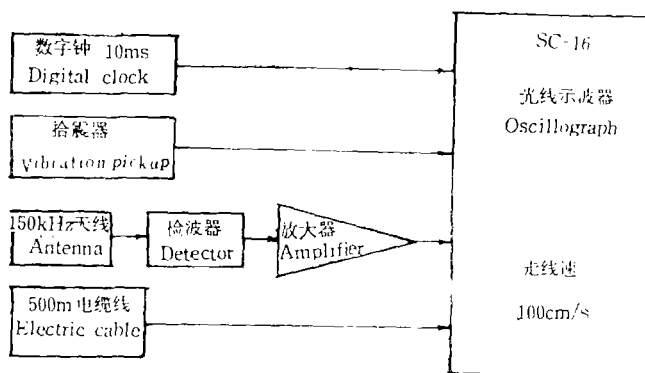


图1 观测系统框图(960m 处)

Block diagram of observation system (at 960m)

## 2. 距爆点 30km 处的观测系统

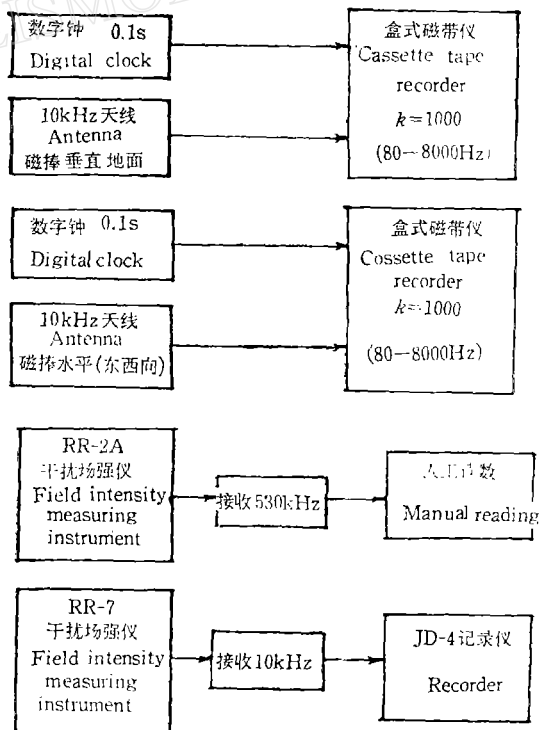


图2 观测系统框图(30km 处)

Block diagram of observation system (at 30km)

## 二、观测结果

1. 零时后在距爆点 960m 处的观测点，接收频率不同、放置方位不同的天线同步地

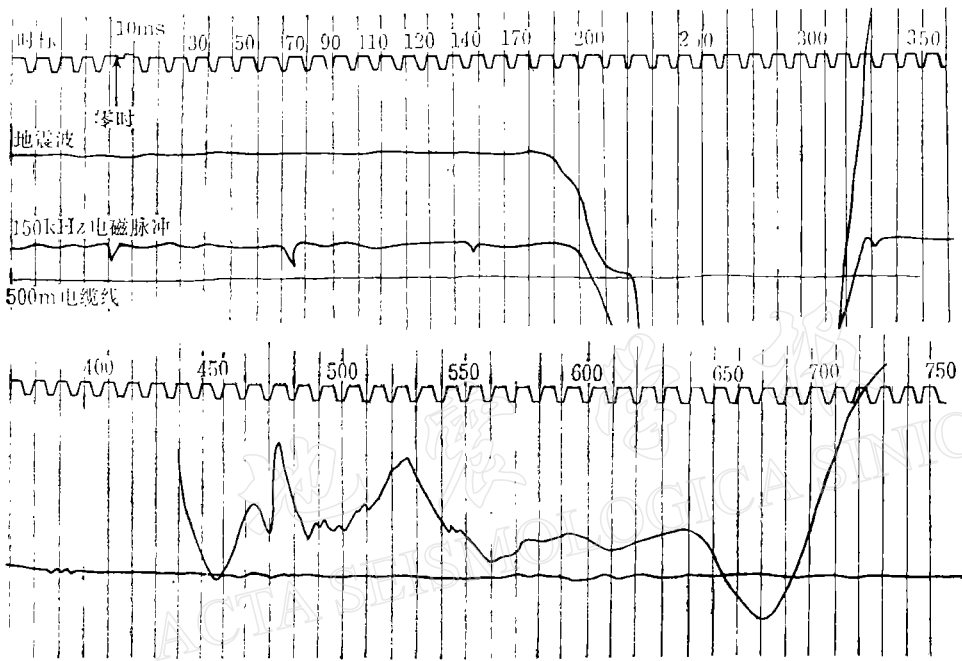


图 3 光线示波器记录  
Record by oscillograph

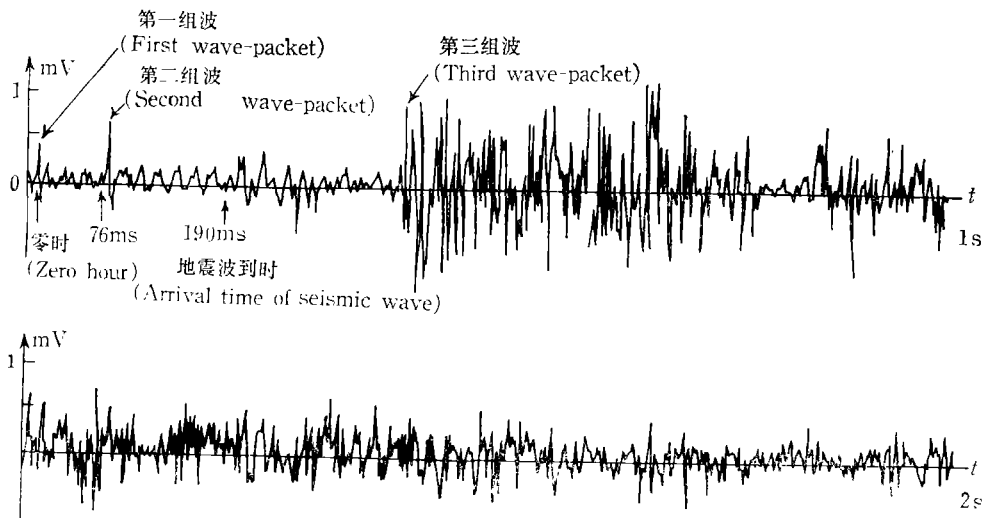


图 4 用盒式磁带记录仪记录到的零时至 2 秒的信号波形  
Signals recorded by cassette tape recorder (0—2s)

记录到三组形态不同的电磁脉冲信号(图 3,图 4).

第一组信号出现在“零时”\*至 4ms;

第二组信号出现在零时后约 76—82ms;

第三组信号出现在地震波到达观测点以后.

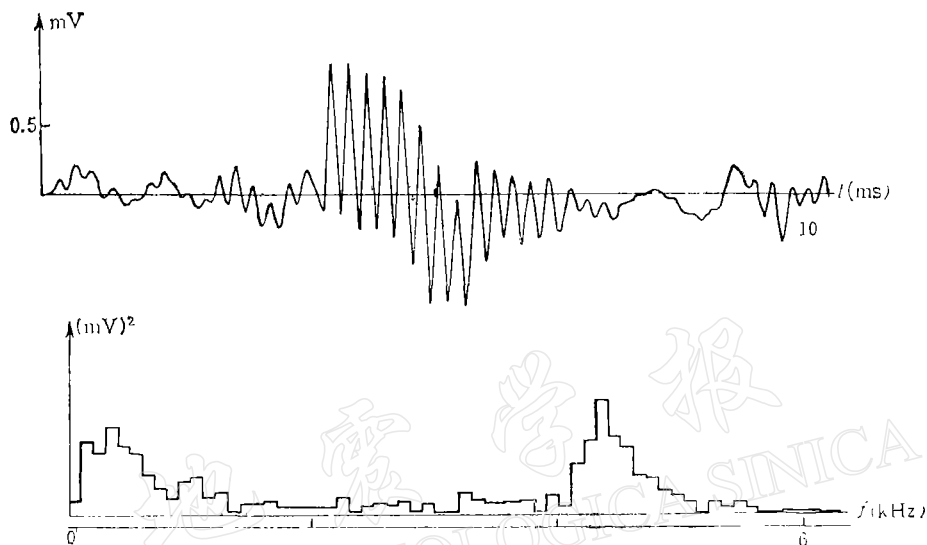


图 5 盒式磁带记录的 0—10ms 信号波形及其功率谱

Signals recorded by cassette tape recorder and their power-spectrum (0—10ms)

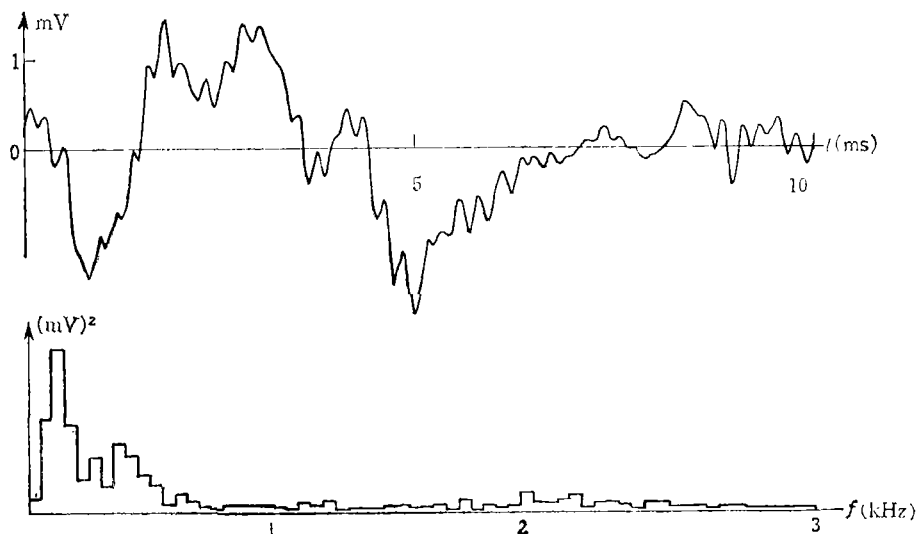


图 6 盒式磁带记录的 76—86ms 信号波形及其功率谱

Signals recorded by cassette tape recorder and their power-spectrum (76—86ms)

\* “零时”是指起爆的时刻.

2. 图 5—图 7 是对盒式磁带记录进行回放, 用 7T08S 型频谱仪分析得到的结果。三组信号的波形、频谱均不相同。

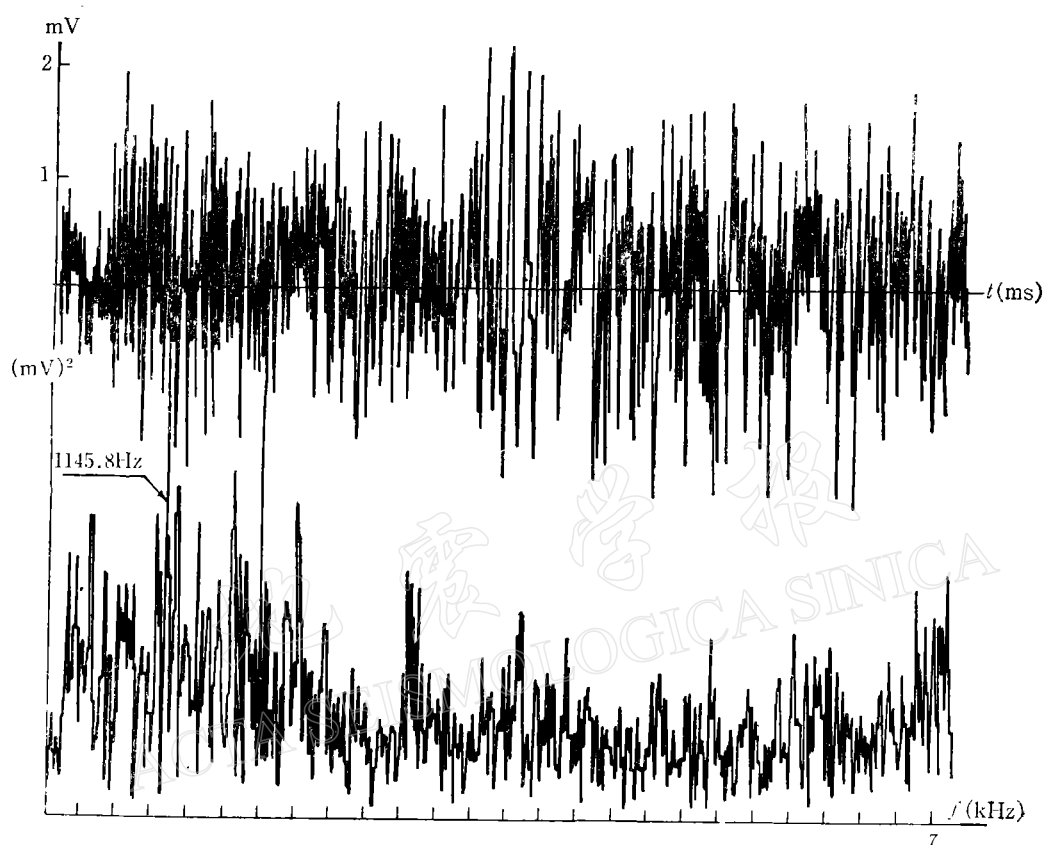


图 7 盒式磁带记录的 190ms 后一段信号波形及其功率谱

Signals recorded by cassette tape recorder and their power-spectrum (after 190ms)

第一组信号主能谱约为 200Hz—4kHz (图 5);

第二组信号低频成分多, 主能谱为 208.5Hz (图 6);

第三组信号的频谱较为丰富, 从数百 Hz 至 7kHz (图 7)。

3. 距爆点 30km 处, 第二个观测点的 4 套仪器没记到电磁脉冲信号。

### 三、讨 论

1. 我们对记录仪采取了防震措施。当人为地摆动天线或摇动联结着的电缆线时, 对记录均无影响。爆炸前后经检查, 仪器工作均正常。

2. 同步记到的第一组信号, 其频率为 200Hz—4kHz, 与空中爆炸的核电磁脉冲不同<sup>[1]</sup>, 收到的这组信号表明: 频率为 200Hz—4kHz 的电磁波可以从爆炸点穿透数百米花岗岩层到达观测点。

由于零时至数毫秒这段时间,人工爆炸所产生的冲击波已到达距爆心约 25m 处,而这期间正是以地下爆心为中心,岩石压碎区的形成阶段,所以我们不能区分记到的这组信号是人工爆炸电磁脉冲抑或是该处岩石破碎产生的电磁脉冲。

3. 第二组信号<sup>[2]</sup>:从信号到达观测点的时刻(零时后 76ms)、信号的持续时间(约 6ms)、信号的主能谱(208.5Hz)以及该组信号出现的时段恰与爆心产生的冲击波到达地表,并造成地表岩石破裂时段一致等诸因素考虑,我们认为该组信号是地表岩石破裂产生的。

4. 从 1981 年 4 月隋县花岗岩洞爆破时磁带记录的频谱图<sup>[7]</sup>看出,地震波到达测点前,信号的最大主能谱为 292Hz,本次记录到的第二组信号主能谱(208.5Hz)与其比较接近,与 OGO-6 卫星在 1970 年 3 月 30 日一次五级地震前,在震中区上空收到的电磁辐射信号频率 216Hz<sup>[5]</sup> 非常接近。

5. 第三组信号出现在地震波到达观测点以后,波形与干扰背景相似(图 8),但幅度比

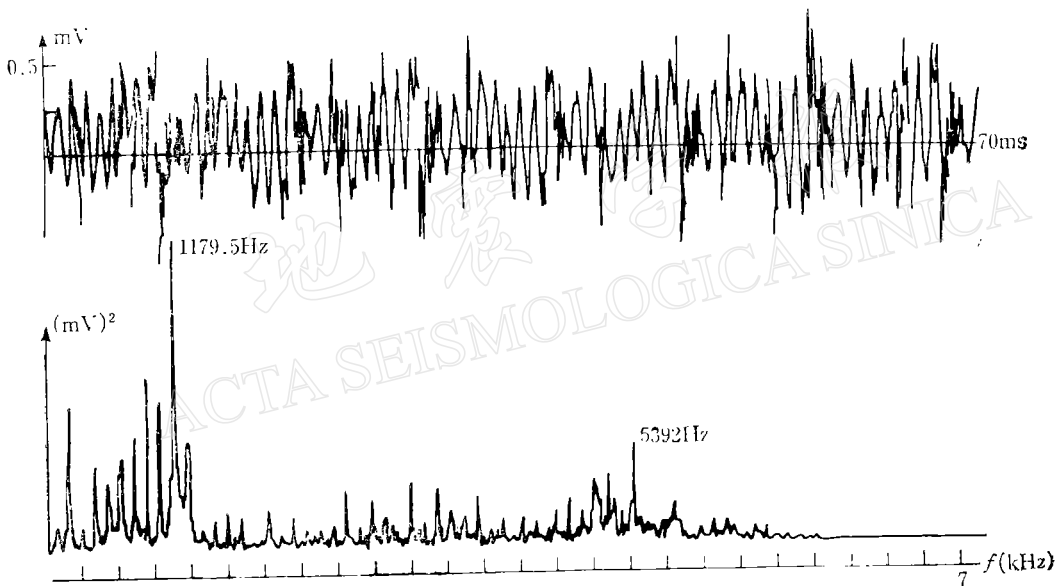


图 8 盒式磁带记录的干扰背景波形及其功率谱

Background signals recorded by cassette tape recorder and their power-spectrum

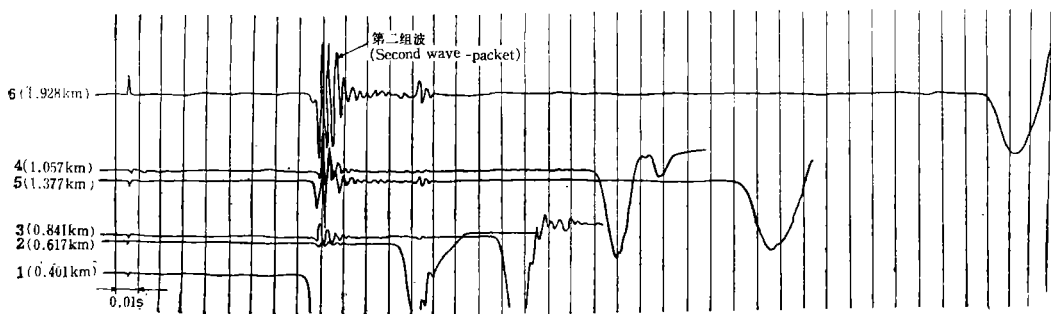


图 9 由加速度计记录到的信号波形图(用光线示波器记录)

Signals received by accelerometers (recorded by Light-oscillograph)

干扰背景大 4—5 倍,其频谱与第一、二组信号有明显地区别,从数百 Hz—数 kHz,我们认为它来自“震电效应”。

6. 我国浅源地震深度约为 10—30km,在那样高温高压的条件下,孕震后期,震源处是否有电磁脉冲辐射并被地表仪器所接收,尚没有直接的证据。本次电磁脉冲观测却启示我们: 孕震后期,震源附近的地表岩石是否会受到震源过程的影响,首先发生小破裂而产生电磁脉冲?

7. 第二个观测点没有记录到信号,可能是由于距离太远,岩石破碎产生的电磁脉冲信号在观测点处已很微弱;另外,地震波到达观测点时能量已衰减很多,测点附近的“震电效应”未能显示出来。

\*

\*

\*

### 【附注】

1. 空中爆炸的核电磁脉冲 { 频率范围: 数 kHz—数百 MHz  
主频谱: 10—15kHz  
持续时间:  $\mu$ s—数百  $\mu$ s

2. 除我们收到第二组信号外,试验场地力学组 6 套加速度记录仪也同时记录到了该组信号。6 套仪器的探头与爆点距离分别为: 0.401km, 0.617km, 0.841km, 1.057km, 1.377km, 1.928km。信号的频谱为 250—350Hz (图 9)。

### 参 考 文 献

- [1] Гохберг, М. Б., В. А. Моргунов, Е. Л. Аронов, О высокочастотном электромагнитном излучении при сейсмической активности. ДАН СССР, 1979, 248, 1077—1080.  
[2] 姜春发、陈德元、刘成宝,震前电磁波异常小议,地震战线,1980; 1, 41—42.  
[3] 张德齐,从震前辐射现象中提取可靠的临震信息,西北地震学报,增刊(1),25—26,1980.  
[4] Гохберг М. Б., Т. Ёшино, В. А. Моргунов, Т. Огава, Результаты регистрации оперативного электромагнитного предвестника Землетрясений в Японии. Изв. АН СССР Физика Земли, 1982, 2; 85—87.  
[5] Гохберг М. Б., В. А. Пилипенко, О. А. Похотелов, Наблюдение со спутника электромагнитного излучения для эпицентральной области готовящегося землетрясения, ДАН СССР, 268, 56—58, 1983.  
[6] Ларкина В. И., А. В. Наливайко, Н. И. Гершензон, М. Б. Гохберг, В. А. Пиперовский, С. П. Шалимов, Наблюдения на спутнике “Интеркосмос-19” ОНЧ-излучений, связанных с сейсмической активностью, Геомагнетизм и аэронавтика, 23, 842—846, 1983.  
[7] 钱书清、张以勤、曹惠馨,花岗岩洞爆破时伴随岩石破裂的电磁辐射,地球物理学报,26, 887—893, 1983.  
[8] 山田功夫、村上英记,碎石爆破に伴う地电位の変化,地震, 35 393—440, 1982.

## ELECTROMAGNETIC RADIATION GENERATED BY THE ROCK RUPTURE DURING AN UNDERGROUND EXPLOSION

QIAN SHUQING, ZHANG YIQIN, CAO HUIXIN, AND LÜ ZHI

*(Institute of geophysics, state seismological bureau)*

### Abstract

Three groups of electromagnetic pulses were recorded 960 m away from the point of explosion. The principal power-spectrum is about 200 Hz, which corresponds to the rupture of the surface rock of the earth. This is similar to that observed at Suixian (in Hubei province).

地 震 学 报  
ACTA SEISMOLOGICA SINICA