

# 菏泽 5.9 级地震前后 三项地震活动性参数的空间动态演化

王红卫 刁守中

(山东省地震局, 济南 250021)

**摘要** 用地震活动性参数(地震频度  $N$ 、地震能量  $E$  和地震  $b$  值)的二维空间等值线计算机扫描技术,系统地追踪了1983年菏泽5.9级地震前后三项地震活动性参数的空间动态演化情况。结果表明,菏泽5.9级地震前1—4年,河北平原断陷南部地区特别是其东界聊考断裂带地震活动异常增强,地震频度增高,地震能量释放加速而地震  $b$  值降低;地震活动增强区的长度约200余公里,未来主震发生于地震活动增强区的边缘;震后约一年左右震中周围地震活动趋于正常。地震活动性参数二维等值线的上述变化,较清晰地显示了1983年菏泽5.9级地震前后震中周围地区地震活动性空间域的演化全貌,有助于地震孕育过程中近场异常信息的提取与动态监视,进而可能实现强震震源发展过程的追踪。

**关键词:** 地震活动性参数 空间域 近场 震源

## 1 引言

1983年11月7日菏泽5.9级地震是区域地震台网建立以来发生于山东内陆地区的一次中强地震。由于地震前后有系统的微震观测资料,且发生于近二十年来强震活动相对平静的河北平原断陷区南部,为1937年菏泽7级地震的原地重复性地震,因而作为一个较为典型的中强地震震例倍受青睐。许多作者对菏泽5.9级地震前地震活动性异常的时间进程作了有益的研究,如低  $b$  值异常<sup>[1,2]</sup>、地震应变加速<sup>[1,3]</sup>等,但对于震中周围地区地震活动性参数空间定量分布情况尚缺乏系统研究。因此,详细分析菏泽5.9级地震前后震中周围地区地震活动性参数的空间演变特征,对于认识强震前后地震活动性空间域的特点,尤其是近场(近源区)及远场(远源区)的差异或许是有意义的。

地震频度  $N$ 、地震应变  $\sqrt{E}$ 、地震活动度  $A$ 、震情指数  $A(b)$  及地震  $b$  值等多项地震活动性参数的综合分析可以代表选定的时空域的地震活动水平及反映其构造活动状态<sup>[4]</sup>。笔者等尝试开发了一种多项地震活动性参数空间自动扫描程序,可以给出多项地震活动参数二维等值线和三维曲面图,实现了地震活动性参数定量化自动空间扫描<sup>[5]</sup>。本文拟利用上述思路与技术,对菏泽5.9级地震前后地震活动性参数空间域定量分布情况及演化过程进行系统的动态追踪研究,借以提取有意义的近场异常信息,并讨论有关场源

关系问题。

## 2 参数、方法及资料简述

### 2.1 参数

为了便于与以往研究成果对比,并限于篇幅,本文选取地震频度  $N$ 、地震应变  $\sqrt{E}$  及地震  $b$  值三项地震活动性参数。它们在地震活动性研究中得到广泛应用,有较明确的物理意义并得到岩石破裂实验的支持。本文将侧重于各参数的综合性分析。

### 2.2 参数的空间扫描方法

在选定的时间域内,采用空间滑动扫描方法计算各项参数。地震频度及地震应变取  $0.25^\circ$  纬度  $\times 0.25^\circ$  经度的扫描尺度,计算结果赋予每个单位区域的中心点坐标;而地震  $b$  值作为统计量需要一定的样本数目,故取空间窗  $2^\circ$  纬度  $\times 2^\circ$  经度、滑动步长  $0.25^\circ$  纬度  $\times 0.25^\circ$  经度的扫描尺度,计算结果赋予每个空间窗的中心点坐标点,对样本数量少于 30 个地震的单位区域不予计算和赋值,以使结果较为可靠。

自动绘制二维等值线与三维曲面图的工作流程为:数值采样 $\rightarrow$ 数值网格化计算 $\rightarrow$ 谱值计算 $\rightarrow$ 插值滤波 $\rightarrow$ 输出。构成网格点数据采用按方位取点加权处理,插值与滤波采用广泛离散余弦变换。结果既可屏幕显示,也可生成打印文件,由打印机输出。

### 2.3 资料

本文选取北纬  $32^\circ-38^\circ$ 、东经  $112^\circ-118^\circ$  为研究区域,该区为河北平原断陷区南部及其邻区,1983 年菏泽 5.9 级地震(北纬  $35^\circ17'$ ,东经  $115^\circ17'$ )属于该区中部。时间窗为 3 年、滑动步长为 1 年,取 1977 年—1987 年共 11 年  $M_L \geq 2.0$  级地震目录进行滑动扫描,其中 1983 年 11 月 7 日菏泽 5.9 级地震前的最后一个时段截止时间为 1983 年 10 月 31 日,地震后的第一个时段开始时间为 1983 年 12 月 1 日,以消除菏泽 5.9 级地震及其余震序列的影响。据本区台网控制能力、震级取  $M_L \geq 2.3$ 。为节约篇幅,本文仅给出有代表性的且相互衔接时段的二维等值线图。

## 3 地震活动性参数的空间演化特征

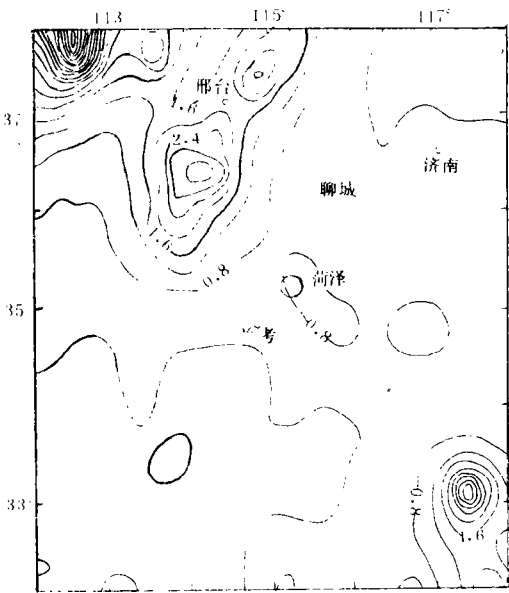
### 3.1 各单项参数的空间演变

菏泽 5.9 级地震前后,震中周围地区各单项地震活动性参数经历了阶段性发展过程。以下作简要分析。

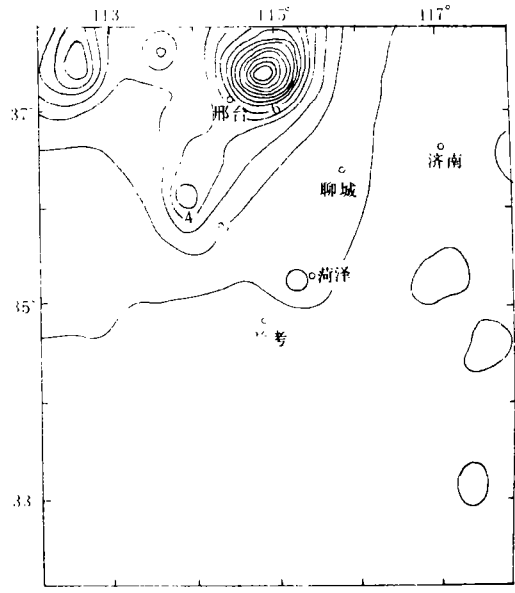
#### 1) 地震频度的阶段性变化

①正常时段为 1977—1979 年,区域地震频度值较分散,且数值较低。震中区的频度值为 0.8 次/单位面积,震中 150km 内最高频度值仅为 3 次/单位面积(图 1a),为正常活动时段。

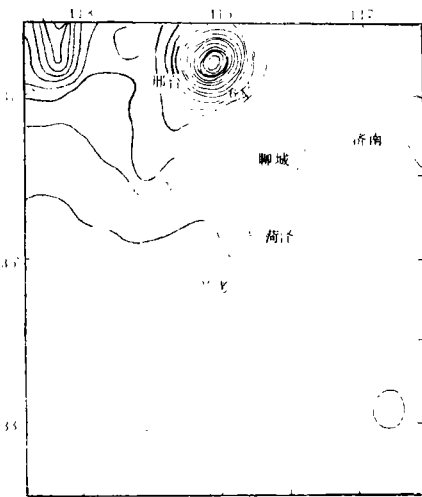
②异常时段为 1980—1982 年及 1981—1983 年 10 月,区域地震频度二维等值线分布形态发生较大变化,即地震频度等值线显示高值区局部集中于约北纬  $35^\circ$  以北、东经约  $113.5^\circ-115.5^\circ$  范围内,且等值线长轴呈北北东向,其与河北平原断陷南部相吻合,尤其数值为 1 的频度等值线明显受聊考断裂带的控制。两时段的震中区地震频度值介于 1—2



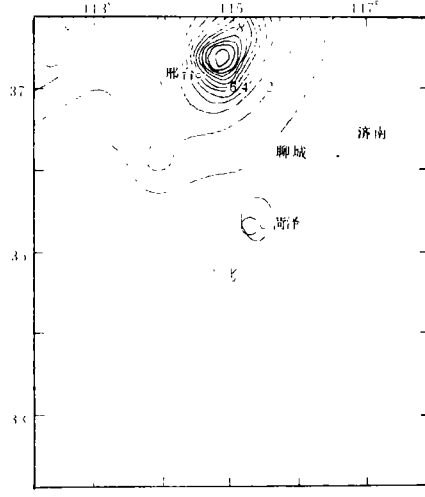
a 1977—1979年



b 1980—1982年



c 1981—1983年10月



d 1985—1987年

图1 菏泽5.9级地震前后地震频度二维等值线图

次/单位面积之间,较前稍升高,约150km范围内频度最高值两时段分别达16次/单位面积及19次/单位面积,相对于正常时段升高约5、6倍,为异常高频度时段。1983年5.9级地震发生于频度高异常区的东南边缘部位(图1b、图1c)。

③调整与恢复时段。1983年12月—1986年及1985—1987年两个时段的地震频度等值线图显示,震后第一时段的频度等值线形态与震前异常时段基本一致,而第二时段(1985—1987年)变为高值区收缩至1966年邢台7.2级地震的老震区里,菏泽5.9级地

震震中区也有小震继续活动, 但其他区域大部分活动很弱。其属于震后调整并趋于正常阶段 (图 1d)。

### 2) 地震应变的阶段变化

①正常时段: 1977—1979 年, 震中附近地震应变释放水平较低, 为正常释放阶段 (图 2a)。

②应变加速时段: 1980—1982 年及 1981—1983 年 10 月, 河北平原断陷区南部成为研究区域内地震应变释放最高的区域, 特别是后一时段地震应变释放更高一些, 且菏泽 5.9 级地震震中数十公里出现高值区。未来主震发生于应变高值区的东南角边缘。还可看出, 后一时段聊考断裂带的地震应变释放显著增高, 并控制应变等值线的形态 (图 2b、图 2c)。据计算, 这两时段应变值较正常时段增高数十倍, 属异常加速时段。

③震后恢复时段: 1983 年 12 月—1986 年及其后的 1985—1987 年, 震中附近地震应变释放明显降低, 震前地震应变加速异常恢复, 转入震后正常活动阶段 (图 2d)。

### 3) 地震 b 值的阶段变化

①正常时段: 1977—1979 年, 区域地震 b 值在 0.70—0.90 之间, 分布相对均匀, 为正常地震 b 值时段 (图 3a)。

②低值时段: 1979—1981 年, b 值空间分布状态发生明显变化, 出现低 b 值区, b 值最低为 0.62, 为异常低值; 低 b 值区在聊考断裂带附近展布, 长轴近南北向, 长约 200 公里。未来的菏泽 5.9 级地震发生于低 b 值区南部边缘 (图 3b)。之后的时段, b 值稍有回升, 但低 b 值异常区形态基本变化不大, 持续至菏泽 5.9 级地震发生 (图 3c)。

③震后恢复时段: 1983 年 12 月至 1986 年。区域地震 b 值空间分布形态及数值发生明显变化, 即原低 b 值区消失, 其 b 值恢复正常。聊考断裂带对 b 值等值线不再显示控制作用; 区域 b 值介于 0.76—1.06 之间, 属正常 b 值 (图 3d)。之后 1985—1987 年时段继续为正常, b 值介于 0.7—1.02 之间。

## 3.2 各地震活动性参数空间演化的综合特征

综合分析上述各单项参数的空间演变情况, 可以看出各参数的空间演变具有以下共同特征。

### 1) 相似的阶段性发展过程

菏泽 5.9 级地震前后, 震中周围地区地震频度、地震应变及地震 b 值等多项地震活动性参数的空间分布经历了相似的阶段性发展过程, 即正常→异常→主震发生→恢复正常。图 1 至图 3 给出的代表性图件较清晰地显示了这样的过程。菏泽 5.9 级地震前的各参数异常一般起始于震前三年左右, 于震前一、二年进一步发展。

2) 相似的异常空间尺度及异常展布区: 菏泽 5.9 级地震前地震频度异常增高区、地震应变异常加速区及地震低 b 值异常区的尺度基本上一致, 长轴约达 200 余公里。其异常区的展布基本相同或部分重叠, 主要分布于河北平原断陷区南部, 并显示受聊考断裂带的控制。表明地震活动性异常与活动构造的密切关系。

### 3) 未来主震在各异常区的边缘

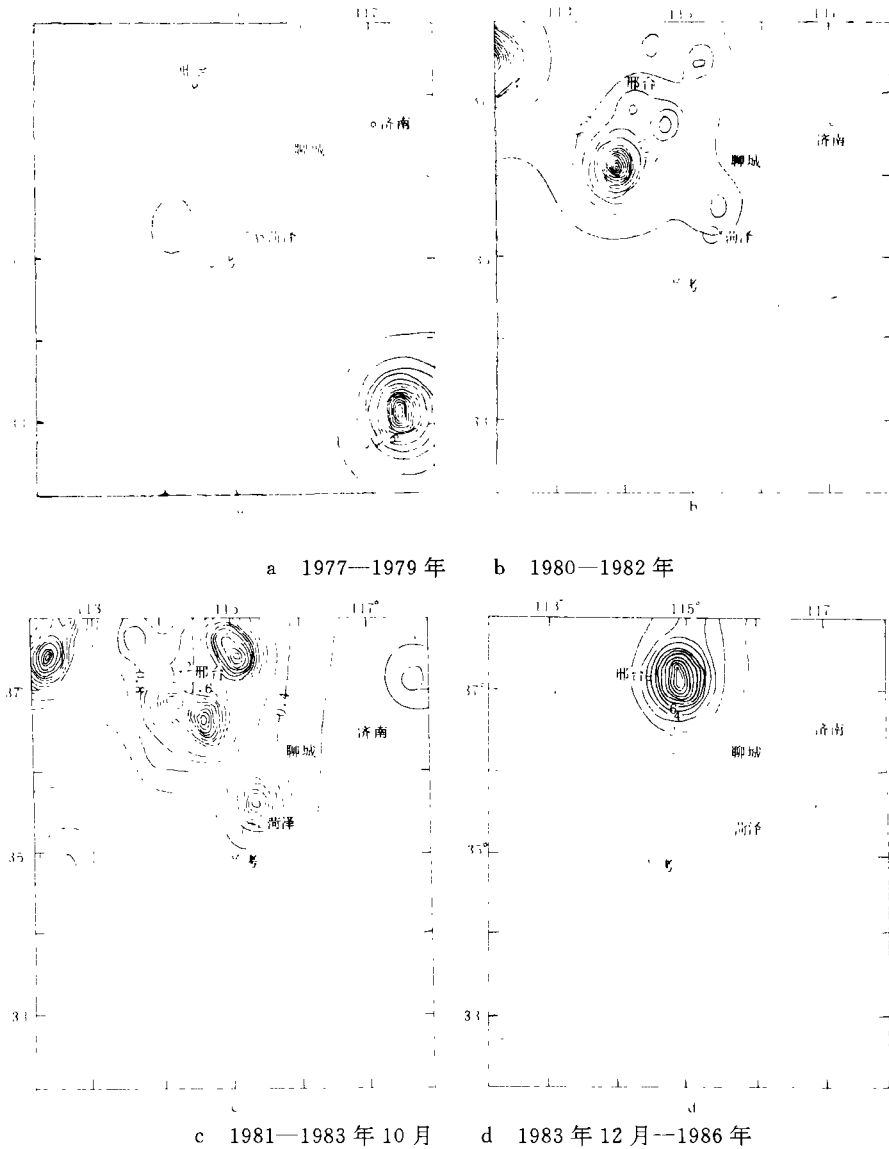


图2 菏泽5.9级地震前后地震应变二维等值线图(单位:  $\times 10^{-5} J^{\frac{1}{2}}$ )

菏泽5.9级地震震中位置不是居于各项参数异常展布区的中部,而是居于其边缘,这是它们的共同特征。

## 4 讨论与结论

### 4.1 地震活动性参数空间分布的阶段性演化可能是强震孕育的近场信息。

本文通过多项地震活动性参数的空间扫描追踪,直观而清晰地揭示了1983年菏泽5.9级地震前后区域地震活动性参数空间演化的基本面貌。菏泽5.9级地震前三、四年至一、二年,震中所在的河北平原断陷区南部,出现高频度、高应变及低b值互相配套的

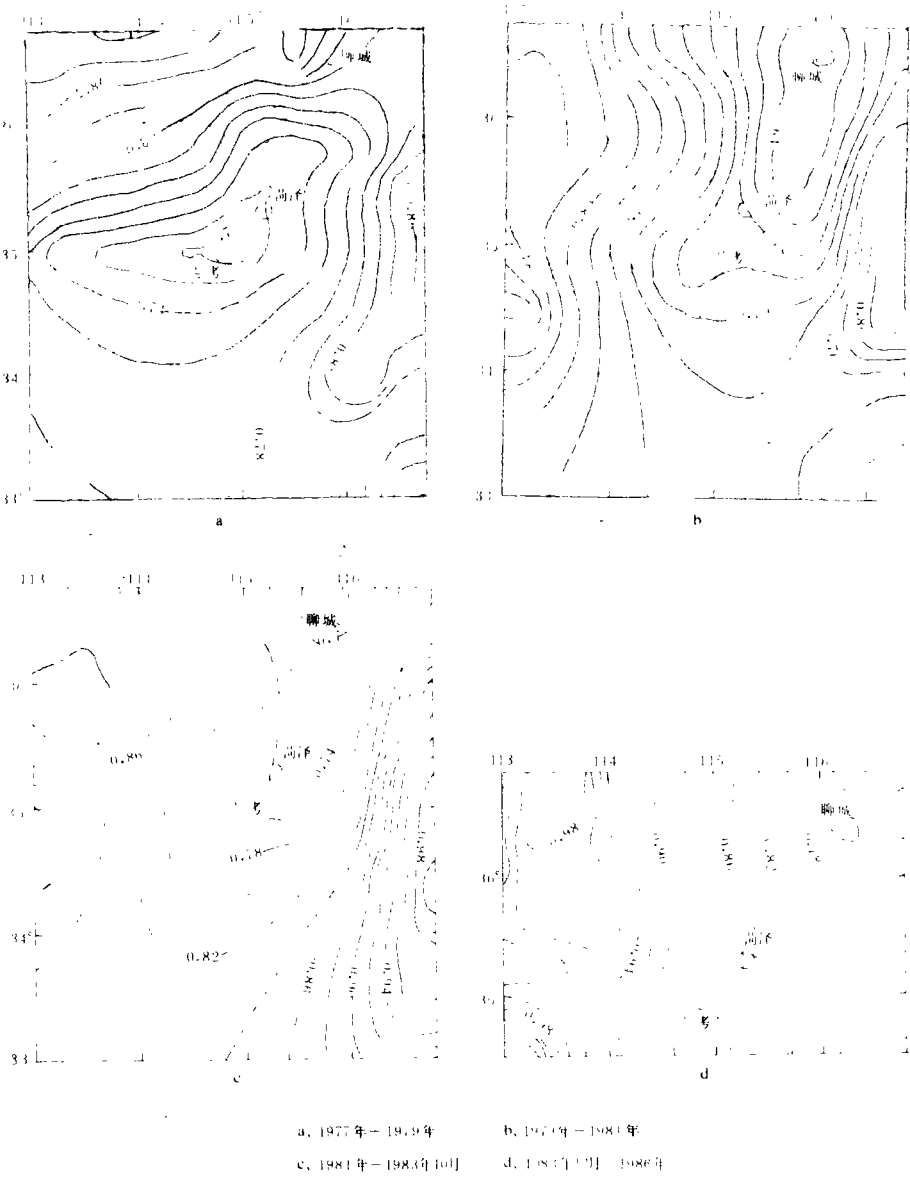


图 3 菏泽 5.9 级地震前后地震 b 值二维等值线图

异常区，异常区长轴约 200km，未来主震发生于异常区边缘。这样，从异常时间看，其属于中期背景性异常；从异常区展布尺度看，为震源区尺度（菏泽 5.9 级地震震源尺度约为 10km）的十余倍至二十倍左右；从异常区与主震关系看，主震位于异常区边缘。因此，这些异常信息可能不仅与孕震过程有关还与区域应力场的变化有关，因此应属于近场（或称近源区）异常信息。这与菏泽 5.9 级地震前其他地震学异常，如条带、月相调制地震、异常平静等现象一样主要为近场场兆信息<sup>[6,7]</sup>。但其中也可能包含了来自震源的信息。因资料所限，扫描精度尚不高，目前无法将近场前兆与源兆区别开来。

## 4.2 多项地震活动性参数的空间异常区可以用来判断未来强震危险区

本文结果及对晋冀蒙地区<sup>[5]</sup>、华东地区<sup>①</sup>及华北地区<sup>[4]</sup>的多项地震活动性参数空间扫描结果显示,多数6级左右地震震前一、二年至三、四年,震中附近一、二百里范围内地震频度、地震应变及地震活动度呈异常高值,而地震b值则为异常低值,强震发生于异常区边缘。这些结果,有助于判断未来一、二年左右中期尺度的强震危险区,实现地震场的动态监视,并进一步开展震源的过程追踪。实际上,依据笔者近年研究成果及思路,对1992年1月23日南黄海5.3级地震进行了较为成功的年度中期预报,这次地震发生在事先圈定的1992年度5—6级地震危险区内,恰在预先给出的一个高应变、低b值区的边缘<sup>①</sup>,笔者的设想已获得实际验证。

感谢胡长和研究员等给本文的指导帮助!

## 参 考 文 献

- 1 刁守中. 聊城—兰考地震带的小震活动特征. 地壳形变与地震, 1984, 4 (3): 302—308
- 2 李留藏. 菏泽5.9级地震前b值随时间的变化. 地震学刊, 1985, (4): 58—62
- 3 赵兴兰, 魏光兴, 周翠英. 菏泽5.9级地震前地震活动图像. 地震, 1986, (2): 62—64
- 4 刁守中, 蒋海昆. 华北近期多项地震活动性参数的时空扫描与构造活动. 东北地震研究, 1989, 5 (4): 61—70
- 5 王红卫, 刁守中. 地震活动性参数空间动态扫描追踪与强震危险区选择. 地震监测预报, 1991, (2): 30—37
- 6 刁守中, 魏光兴. 华北平原区中南部地震活动图像与菏泽5.9级地震. 地震, 1986, (6): 1—8
- 7 刁守中, 赵兴兰. 1983年菏泽5.9级地震的某些地震学异常的研究. 国际地震动态, 1989, (10): 5—7

① 刁守中、郭爱香、王红卫、段会川, 苏鲁交界——南黄海重点监视区再判定及震情追踪研究, 1991.

## THE TIME AND SPACE DYNAMIC EVOLUTION OF THREE SEISMICITY PARAMETERS BEFORE AND AFTER THE HEZE M5. 9 EARTHQUAKE

Wang Hongwei Diao Shouzhong

(Seismological Bureau of Shandong Province, Jinan 250021)

### Abstract

By computer scanning technique of two-dimensional space isogram of seismicity parameters (seismic frequency  $N$ , seismic energy  $E$  and  $b$ -value), we systematically traced the space dynamic evolution process of three seismicity parameters before and after the 1983 Heze M5. 9 earthquake. The result shows that before the Heze M5. 9 earthquake in the southern region of Hebei Plain fault and especially in Liaokao fault zone on its east boundary, the seismic activity exceedingly increased, seismic frequency raised, seismic energy release accelerated and  $b$ -value decreased; the length of the region where seismic activity increased is more than 200km, the coming major earthquake occurred on the margin of theseismic activity increased region about one year after the earthquake, the seismic activity around the epicenter turned to normal. The above variation of two-dimensional isogram of seismicity parameters clearly shows the whole space evolution process of the seismic activity around the epicenter before and after the 1983 Heze M5. 9 earthquake, this contributes to extraction of near-field anomalous information during earthquake preparation and to dynamic monitoring and then can trace the source developing process of strong earthquakes.

**Key words:** seismicity parameters, spatial domain, near field, seismic source