

文章编号: 1000-1301(2004)04-0008-05

滦县 $M_L = 4.8$ 地震的局部多台数字记录

周正华^{1,2}, 吴惟廉¹, 孙茂斌¹, 刘 泉¹, 杨 程¹

(1. 中国地震局工程力学研究所, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘要: 据中国数字地震台网测定, 2004 年 1 月 20 日 16 时 34 分 11.9 秒在滦县发生了 $M_L = 4.8$ 的地震, 震中位于东经 118.77° , 北纬 39.71° , 震源深度 $H = 10\text{km}$ 。尽管地震造成的破坏轻微, 但有感范围较大, 在秦皇岛市、青龙县、北京市、廊坊市、天津市等地均有震感。这次地震使震中及其附近地区的 5 台数字强震仪触发, 记录了 5 组 3 分量数字加速度记录。本文对这次地震事件、地震地质概况作了简要介绍, 并就台站(阵)基本背景资料、数字强震仪主要技术指标作了详细说明。最后, 对获取的 15 条数字加速度记录作了初步处理分析, 如基线校正、加速度峰值计算、傅里叶谱及反应谱计算等。

关键词: 地震; 震中; 数字强震仪; 加速度记录

中图分类号: P315.6

文献标识码: A

Local multi-station digital recordings of Luan County Earthquake of Magnitude $M_L = 4.8$

Zhou Zhenghua^{1,2}, Wu Weilian¹, Sun Maobin¹, Liu Quan¹, Yang Cheng¹

(1. Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration, Harbin 150080, China;

2. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: On January 20, 2004, at 163411.9, there occurred a magnitude $M_L = 4.8$ earthquake in Luan County, Hebei, which has been given a preliminary location by China digital seismic network of 39.71° northern latitude, 118.77° east longitude and a depth of 10 kilometers. The earthquake caused light damage in epicentral region and was felt as far away as Qinhuangdao city, Beijing city, Tianjin city, Langfang city, and Qinglong County. In the event, five digital strong motion accelerographs located at epicenter and nearby were triggered and recorded 15 accelerograms. In this paper, the event and the geographical setting of the seismic activity were briefly introduced, and a detailed description of the strong motion station (array) data and the specification of three digital strong motion accelerographs was given. Finally, the initial processing of 15 accelerograms, such as baseline correction and calculation of acceleration peaks, Fourier spectra and response spectra etc., were done.

Key words: earthquake; epicentre; digital strong motion accelerograph; accelerogram

概述

据中国数字地震台网测定, 2004 年 1 月 20 日 16 时 34 分 11.9 秒在滦县发生了 $M_L = 4.8$ ($M_S = 4.2$) 地震, 震中位于东经 118.77° , 北纬 39.71° (如图 1 所示), 震源深度 $H = 10\text{km}$ 。这次地震发生在 1976 年唐山

收稿日期: 2004-07-15; 修订日期: 2004-08-02

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50178065); "九七三" 项目课题 (2002CB412706); 国家社会公益研究专项 (2002DIB30076)

作者简介: 周正华 (1962-), 男, 研究员, 博士, 主要从事地震工程研究。

7.8 级地震的老震区,有感范围较大,在秦皇岛市,青龙县,北京市,廊坊市、天津市都有震感。地震宏观震中位于王法宝村、李兴庄村,震中烈度 Ⅴ 度。据震中区居民反映,地震时大多数房屋门窗颤动作响,电灯及灯线摆动,人晃动强烈,部分人感觉上下颠动;几间老旧房墙体出现裂缝,墙皮脱落;屋内挂镜坠落,油瓶震倒。此次地震虽有感范围较广,但震害轻、地表无裂缝、无崩塌和其它地面破坏现象,亦无人员伤亡,造成的经济损失甚微。在这次地震中,位于震中区及其附近地区的 5 台数字强震仪被触发,获得了 5 组 3 分量数字加速度记录,记录波形完整,震相清楚。值得一提的是,设在响螺嘴地震台附近的基岩强震台中的 KELUNJI 数字强震仪获得了峰值为 465.6 Gal 的竖向加速度纪录,为我国第一条峰值超过 400 Gal 的数字加速度纪录。

1 地震构造及地质概况

震区位于华北地震断块北部的燕山隆起与山海关隆起的相接部位。大致以滦县—乐亭断裂为界,其东为山海关隆起,其西为燕山隆起的唐山凹陷。滦县—乐亭断裂为高角度的逆冲断层,走向北西、倾向北东,断裂控制了山海关隆起与唐山凹陷的活动,其北段在马城与野鸡坨之间由 4 条近于平行的断层组成。该断裂形成于前古生代,新生代活动强烈,在滦县以西有一系列北北西向的断层残山。断裂的东侧发育上升海岸,出现了高达 20m~40m 的沙丘以及海蚀穴、陆连岛;西侧发育下降海岸,出现了三角洲、湿地。断裂两侧分布着 3 个历史时期的滦河冲积扇,它们是断裂新活动的结果。更新世晚期,断裂西侧下沉,滦河西迁,形成中晚期的冲积扇。滦河的多次迁移,反映了断裂两侧的多次升降运动。通过 1976 年滦县 7.1 级地震活动图像、震源机制解、极震区和地表破裂带的研究,可以认为滦县—乐亭断裂是 7.1 级地震的发震构造。同时也证明滦县—乐亭断裂北段是现今活动断裂。此次地震宏观震中即位于此断裂的北段。震区的地形地貌属丘陵和级阶地。基岩为上古生界的深变质岩系,其岩性以黑云斜长变粒岩为主,其次为混合岩和片麻岩。上覆第四纪地层一般厚 50m,局部厚百余米,部分基岩裸露地表。

2 台站(阵)信息

在这次地震中,记录到触发事件的 5 台数字强震仪隶属于中国地震局工程力学研究所所辖华北台网的固定强震台(赵各庄台、响螺嘴地面基岩台、滦县马庄子台)和响螺嘴井下台阵,台站(阵)位置如图 1 所示。仪器类型分别为澳大利亚生产的 KELUNJI(响螺嘴地面基岩台、滦县马庄子台),美国 Kinemetrics 公司生产的 SSR-1(响螺嘴 1# 井下台阵),中国地震局工程力学研究所生产的 GDQJ-1A(赵各庄台、响螺嘴 2# 井下台阵)。有关上述 5 个数字强震台的基本信息详见表 1,各类强震仪的主要技术指标详见表 2。

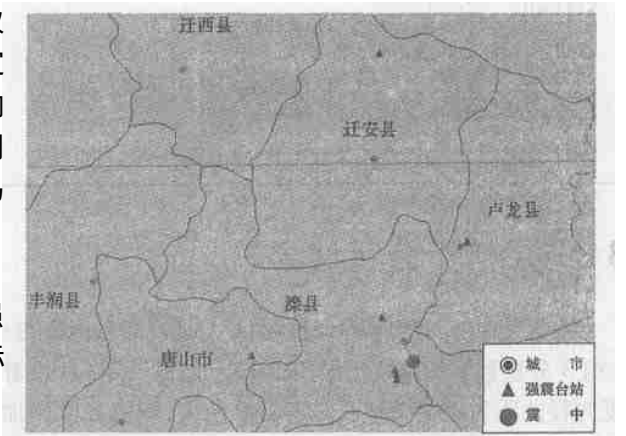


表 1 台站(阵)基本信息表

图 1 震中位置及固定强震动台站布置图

序号	台(阵)站名称	地理位置		高程/m	观测对象	仪器类型	仪器线路方向		
		经度	纬度				1	2	3
1	赵各庄台	118°27.0'	39°43.2'	76	基岩自由地表反应	GDQJ-1A	U-D	N-S	E-W
2	响螺嘴地面基岩台	118°44.2'	39°41.5'	56	基岩自由地表反应	KELUNJI	U-D	N-S	E-W
3	响螺嘴 1# 井下台阵	118°44.2'	39°41.5'	-16	井下基岩反应	SSR-1	E-W	U-D	N-S
4	响螺嘴 2# 井下台阵	118°44.1'	39°41.9'	48	土层自由地表反应	GDQJ-1A	U-D	E-W	N-S
5	滦县马庄子台	118°42.5'	39°46.5'	42	土层自由地表反应	KELUNJI	E-W	N-S	U-D

表 2 强震仪主要技术指标

仪器类型	主要技术指标	
	记录器	传感器
GDQJ - 1	通道数:3 满量程: $\pm 2.5V$ 动态范围:90dB 分辨率:16bit 采样率:62.5sps,125sps,250sps,500sps,可编程 频率响应:0~80Hz 触发方式:阈值触发、STA/LTA 比值或差值触发等 道间延迟:无	类型:SLJ - 100 测量范围: $\pm 2g$ 灵敏度: $\pm 1.25V/g$ 动态范围: > 120dB 频带:0~80Hz 阻尼(临界):0.7 横向灵敏度:1%g/g 线性度: < 1% 零飘: < 0.01%/ 噪声:1.25 μ 运行温度: - 25 ~ 65
SSR - 1	通道数:3 满量程: $\pm 2.5V$ 动态范围:90dB 分辨率:16bit 采样率:100sps,200sps,500sps,1000sps,可编程 频率响应:0~50Hz 触发方式:LTA/STA 比值或差值触发、带通滤波阈值、定时触发等 道间延迟:无	类型:FBA - 13 测量范围: $\pm 2g$ 灵敏度: $\pm 1.25V/g$ 动态范围: > 100dB 频带:0~50Hz 阻尼(临界):0.7 横向灵敏度:0.03g/g 线性度: < 1% 零飘: < 2% 噪声: $\pm 0.025mV$ 运行温度: - 20 ~ 70
KELUNJI	通道数:3 满量程: $\pm 5V$ 动态范围:90dB 分辨率:16bit 采样率:200sps,500sps,1000sps,可编程 频率响应:0~100Hz 触发方式:LTA/STA 比值触发,带通滤波阈值触发等 道间延迟:无	类型:SLJ - 100,SLJ - 200 测量范围: $\pm 2g$ 灵敏度: $\pm 5V/g$ (SLJ - 100) $\pm 10v/g$ (SLJ - 200) 动态范围:120dB 频带:0~80Hz 阻尼(临界):0.7 横向灵敏度:1%g/g 线性度: < 1% 零飘: < 0.01%/ 噪声:1.25 μV 运行温度: - 25 ~ 65

3 记录初步分析结果

在触发的 5 个数字强震仪中,4 个是观测自由地表运动的,另一个是观测下伏基岩运动的。从所获得的 5 组 3 分量数字加速度记录(如图 2~图 6 所示)可以看出,记录波形完整,震相清楚。图 2~图 6 所示加速度时程曲线为经零阶基线修正后的结果,即将各原始加速度记录减去事前时间记录部分的平均值^[1,2]。由初步处理分析结果(见表 3)可知,在响震地面基岩台获得了峰值为 465.63 Gal 的竖向加速度,这是我国第一条峰值超过 400 Gal 的数字加速度纪录。此外,该台东西向水平分量加速度峰值达 291.3 Gal,是这次所获取的记录中水平分量加速度峰值最大的记录。

表 3 记录初步分析结果

序号	台站名称	仪器类型	峰值加速度 A / Gal		
			N - S	U - D	E - W
1	赵各庄台	GDQJ - 1A	37.6	8.8	15.8
2	响震地面基岩台	KELUNJI	291.3	465.6	129.4
3	响震 1# 井下台阵	SSR - 1	64.9	40.3	82.0
4	响震 2# 井下台阵	GDQJ - 1A	116.4	73.6	225.3
5	滦县马庄子台	KELUNJI	63.3	73.3	98.3

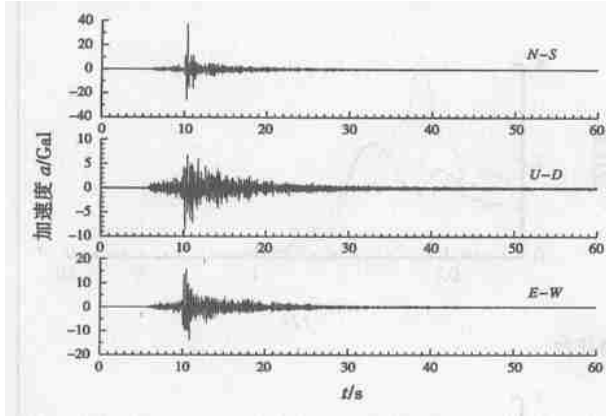


图 2 赵各庄台获取的地震加速度时程曲线

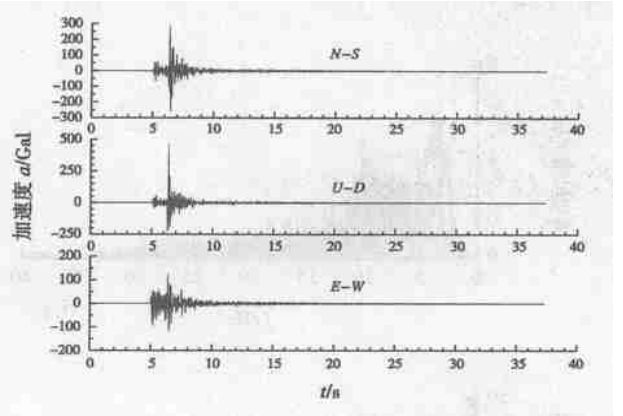


图 3 响水地面基岩台获取的地震加速度时程曲线

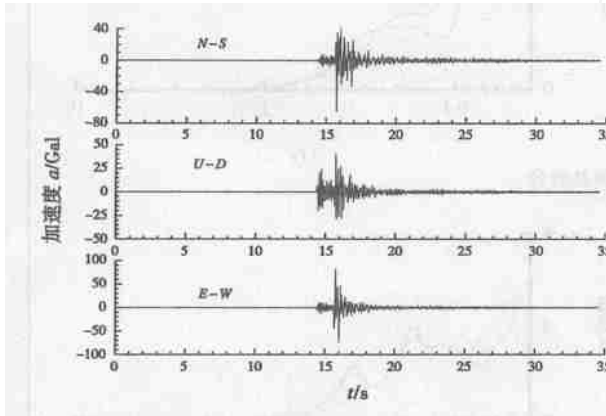


图 4 响水 1# 井下台阵获取的地震加速度时程曲线

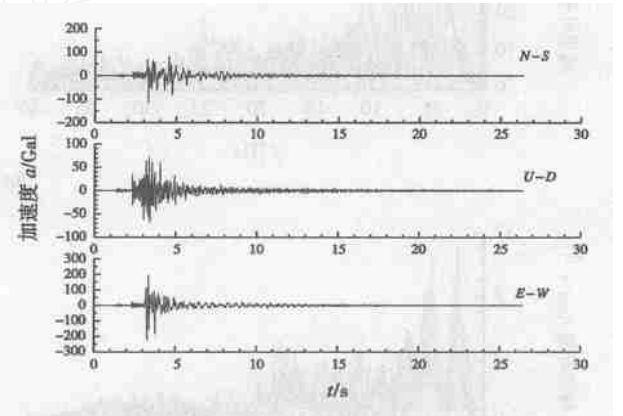


图 5 响水 2# 井下台阵获取的地震加速度时程曲线

谱分析结果(如图 7 所示)表明:基岩加速度高频分量较土层加速度高频分量丰富,在高频段(10Hz 以上),竖向分量谱值略高于水平分量谱值;中间频段(5Hz ~ 10Hz),水平分量谱值较竖向分量谱值大;5Hz 以下频段,水平分量谱值与竖向分量谱值相当。

4 结语

仪器设备陈旧、老化,维修经费缺乏是困扰我国强震观测的主要问题。井下台阵出现故障的部分仪器正是由于经费不足未能及时得到维修,从而导致井下台阵的 2 个井下测点和 1 个地表测点未能获得纪录,失去了一次获取具有重要研究价值的一组场地影响纪录的难得机会。另一方面,这一地震事件表明了加强台网维护管理的重要性,一旦发现仪器出现故障应及时进行维修或更换,以确保台网处于正常运行待震状态。

致谢:文中有关地震现场震害资料及地震地质背景资料是由河北省地震局台网中心胡斌主任提供的,作者对此表示由衷的感谢。

参考文献:

[1] Boore D M. Effect of baseline corrections on response spectra for two recordings of the 1999 Chi-chi, Taiwan, earthquake[R]. U. S. Geol: Surv. Oper-File Rep. vision 1.0,1999.

[2] Boore D M, Stephens C D, Joyner W B. Comments on baseline correction of digital strong-motion data: examples from the 1999 Hector Mine, California, earthquake[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 2002, 92(4): 1543 ~ 1560.

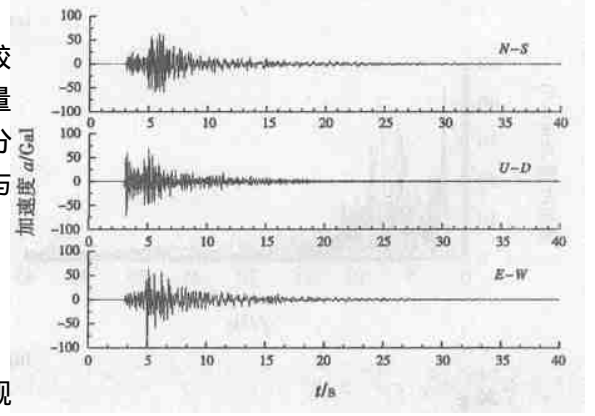


图 6 滦县马庄子台获取的地震加速度时程曲线

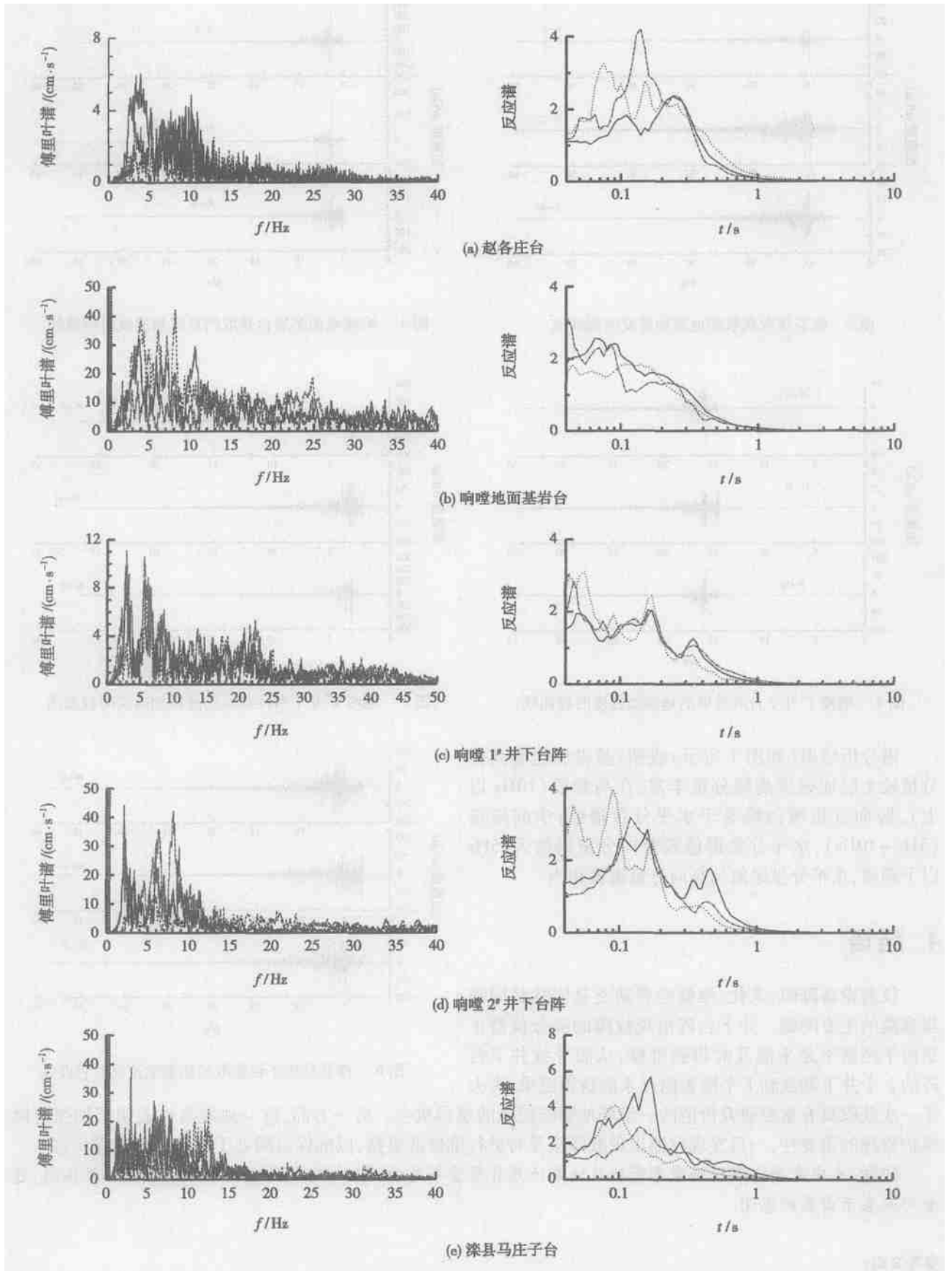


图7 加速度傅里叶谱和反应谱(实线——N-S、虚线——U-D、点划线——E-W)