

文章编号: 1009-3850(2006)03-0093-06

青藏高原东部及邻区宽频地震观测初报

唐发伟¹, 陈智梁¹, 庞友直¹, Robet Dir van der Hilst², 李永²

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 麻省理工学院, 美国 马萨诸塞州 坎布里奇 02139)

摘要: 利用宽频带数字地震仪在川西高原、云贵高原西部开展了为期一年的地震观测, 记录了许多地震波形数据, 并对川青地块、川滇地块和华南地块上的5个台站的不同地震纪录进行了频谱试分析。

关键词: 断裂带; 地块; 长周期和宽频地震观测; 川西、滇西北

中图分类号: P315.2

文献标识码: A

四川盆地西部、川西高原和云贵高原西部等为青藏高原东部及其前陆的地区, 地质上涉及到川青地块、川滇地块、华南地块和印支地块等几大地块。区域内断裂发育、活动频繁, 主要有龙门山断裂带、红河断裂带、甘孜-理塘断裂带、鲜水河断裂带和小江断裂系等(图1)。约50Ma以来, 由于受到印度板块和欧亚板块碰撞以及直至现今的板块会聚作用的驱动, 青藏高原东部各地块及其周边的断裂带再次趋于活跃。鲜水河断裂带为我国西部的强震带。被小江断裂带、红河断裂带和金沙江断裂带所围限的川滇地块, 被认为是我国西南地区最重要的活动构造单元, 川青地块并非稳定的构造单元^[1]。印支地块北部是现今地壳运动与变形的强烈地区, 云南省的6级及以上地震主要集中在这里^[2]。近年来的高精度GPS监测表明, 该区域位于围绕东喜马拉雅构造结的顺时针涡旋——滇藏涡旋及其外围。结合GPS成果和地球物理及地质分析推测, 深部物质塑性流变的推动和构造应力的传输, 产生了地壳形变的涡旋运动^[3,4]。

本次研究于2003年10月—2004年10月在高原东部及其周边北纬24°~31°、东经99°~103°的范围

内部布设了25台宽频地震仪, 组成天然地震层析成像观测台阵, 为进一步研究青藏高原边缘地区的地壳形变、断裂运动和地幔活动提供了高质量的深部数据, 弥补了仅靠人工地震和周边固定台站收集资料的不足。

1 地震台站的布置

为了保证射线对区域覆盖的均匀性, 笔者将仪器按照间隔约100km的距离均匀分布在研究区域内, 构成一个暂时性的台阵, 即原则上每台仪器之间(图1)。在数据采集时, 首先必须考虑噪音的影响, 因而在布置台站时, 尽可能远离居民集中居住点和交通线; 矿业生产或者修建大型工程的情况亦应尽量远离, 并在以后的数据处理中进行仔细分析。其次是考虑植被和方位的影响。由于采用了太阳能板对电瓶充电, 因此必须没有植被的遮挡, 并在放置太阳能板时朝向东南面, 且与水平面成一定夹角以保证太阳能板能在一天之中最大限度的采集到太阳光; 然后是探头的放置。为了考虑人为因素的影响及接收效果, 将探头放入一个直径约80cm、深约1m的洞内, 并用水泥浇筑基底, 最后用泡沫和铁皮桶封

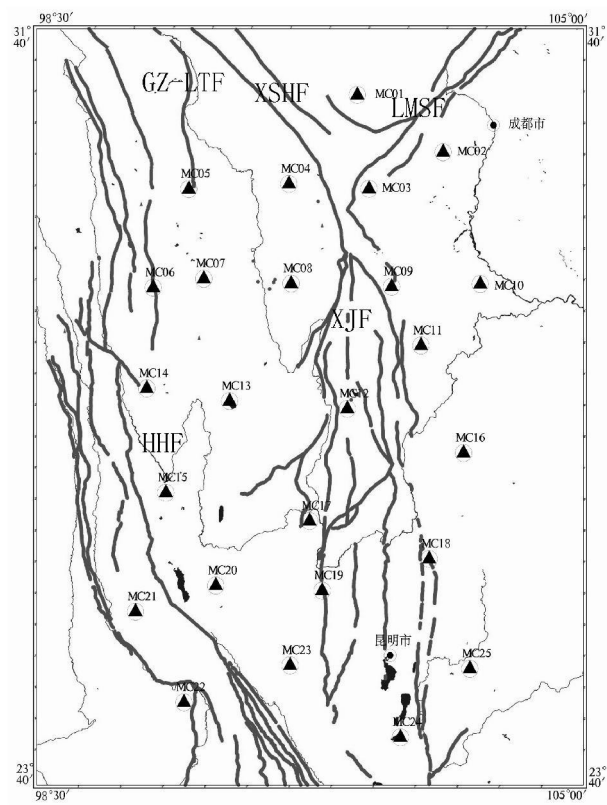


图1 区域构造与台站分布示意图

LMSF. 龙门山断裂带; XSHF. 鲜水河断裂带; XJF. 小江断裂系; GZ-LTF. 甘孜-理塘断裂带; HHF. 红河断裂带

Fig. 1 Regional tectonics and observation station distribution in the study area

LMSF= Longmenshan fault; XSHF= Xianshuihe fault; XJF= Xiaojiang fault; GZ-LTF= Garze-Litang fault; HHF= Honghe fault

好以保温。台站位置参数见表1。

2 仪器特性、数据采集与管理

台站全部使用 PASSCAL 宽频数字地震仪和长周期拾震器。观测系统主要包括2M宽频数据采集系统 Ref Tek 130-01 Stueckesen STS-2 拾震器或 GURALP CMG-3 ESP 拾震器;时间授时采用 Ref Tek 130 GPS 授时接收器;数据存储采用 1G 的 CF 卡,每次使用两个。其中,Stueckesen STS-2 型长周期拾震器的最大记录周期为 120s (0.0083 ~ 50Hz); GURALP CMG-3 ESP 型拾震器的最大记录周期为 30s (0.033 ~ 50Hz)。全部共25个台站,其中在MC02、MC06、MC12使用的是 GURALP CMG-3 ESP,其余点均为 Stueckesen STS-2。仪器电源为两个12V的直流电瓶,并利用太阳能板进行不间断充电。

数据采用连续记录的方式,采样率一般为 40sps,数据文件的长度为1个小时。在数据回收

表1 台站位置站点编号				
Table 1 Location of observation stations				
站点编号	纬度/°N	经度/°E	海拔/m	仪器编号
MC01	31.00	102.35P	2562	92A1
MC02	30.38	103.43	0528	92AB
MC03	30.00	102.49	1099	900A
MC04	30.06	101.48	3425	92A6
MC05	29.99	100.22	3939	9295
MC06	28.94	099.79	2947	9261
MC07	29.04	100.42	3656	9009
MC08	28.99	101.51	2917	9288
MC09	28.96	102.76	1095	92AA
MC10	28.98	103.87	0448	92BF
MC11	28.33	103.12	2036	92A3
MC12	27.66	102.21	1542	92AC
MC13	27.74	100.75	2728	92AE
MC14	27.86	099.73	3328	929D
MC15	26.76	099.99	2402	92A2
MC16	27.18	103.63	1978	92B0
MC17	26.47	101.74	1153	92A9
MC18	26.06	103.20	1379	92AD
MC19	25.73	101.90	1203	9290
MC20	25.78	100.61	1591	92AF
MC21	25.49	099.65	2428	929C
MC22	24.53	100.24	1122	9299
MC23	24.93	101.51	1883	92B1
MC24	24.16	102.83	1933	92A7
MC25	24.88	103.67	2093	9294

时,利用掌上机停止仪器工作后,将 CF 卡换下,换上新卡并观察仪器的工作状态。回到驻地将数据下载到便携式电脑并解压数据,观察 GPS 等的工作情况。为避免数据文件的丢失,可以将电脑里的数据用磁带机载入磁带备份。按照目前的存储能力,记录仪原则上可以连续记录 3 个月,所以野外期间要定期巡检,并换回 CF 卡。

3 数据整理与预处理

3.1 事件挑选

数据的预处理首先就要挑选事件。在为期一年的观测中,共收集到比较清晰的原始地震 289 个。根据 IRIS 发布的全球地震参数目录,为保证最终结果的精度,挑选事件必须依据以下几个原则:(1)地震必须有清晰的初动到时,保证震相精度提取在

±0.1~0.5s以内;(2)为避免区域不均匀、台站和震源地层地貌对射线走时的影响,挑选的地震震中距(Δ)应大于 20° ,且震级应大于4.5级;(3)为了使走时残差平均值不致偏离真值太远,事件必须有7个以上台站同时记录到;(4)尽可能考虑事件空间分布的均匀性^[5]。最终我们挑选到192个地震事件,共3244个P波到时。地震震中分布见图2。

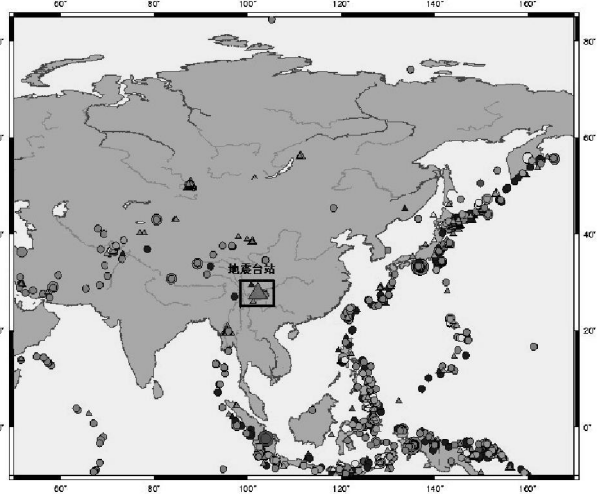


图2 台站与地震震中分布图

Fig.2 Distribution of observation stations and epicenters

3.2 数据的初步分析

按照图1,将台站做以下划分:

川青地块	MC01
川滇地块	MC04,MC05,MC06,MC07,MC08,MC12,MC13,MC14 MC15,MC17,MC19,MC20,MC21,MC22,MC23,MC24
华南地块	MC02,MC03,MC09,MC10,MC11,MC16,MC18,MC25

为检验数据质量及可能的地质意义,用不同地块上的代表性台站对3个不同类型的地震事件的数据记录,作初步的对比分析。3个地震的分布及主要参数见图3。

1.2004年2月24日发生于青海的4.9级地震
选取位于川青地块的MC01、川滇地块的MC07和MC23与华南地块的MC03、MC25作初步的对比分析(图4)。

地震波的频率范围主要集中在0.01~0.1之间,所以在进行滤波处理中,选取该范围的频率窗口,范围以外的视为噪音(下同)。该地震相对于各个台站的震中距范围是 $8^{\circ}\sim14^{\circ}$,可以将其定位为近震。图5即是5个地震台站垂直分量的频谱记录。

由频谱记录可以看出,地震波的主频频率集中在0.03~0.1范围,

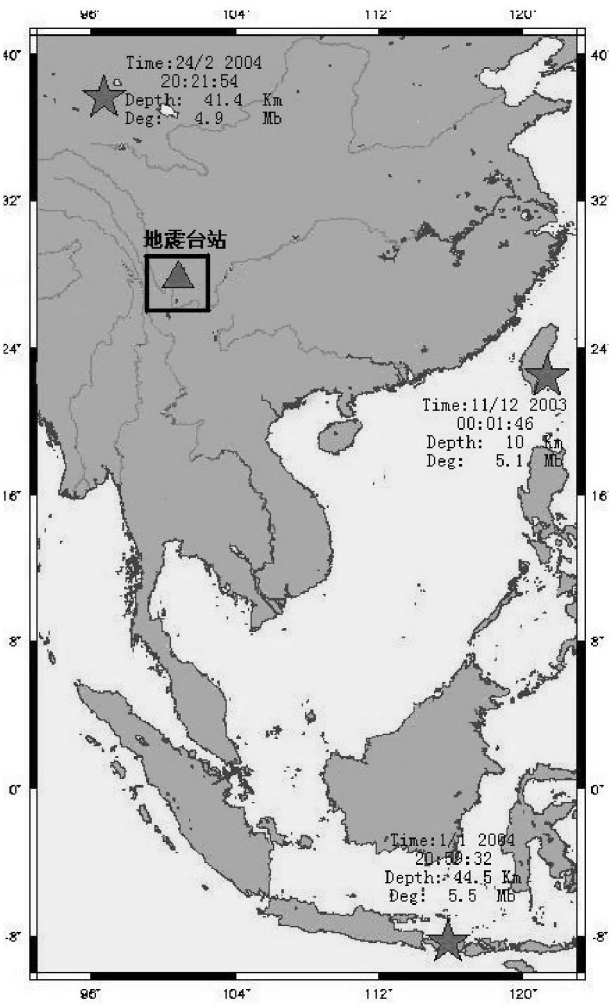


图3 地震与台站分布示意图

Fig.3 Distribution of earthquakes and observation stations

(1)位于华南地块的两个台站(MC03、MC25)的主峰值频率在0.06左右,而其他站点的频率峰值在0.07~0.08之间。

(2)华南地块的台站(MC03、MC25)的峰值频率较为平缓,而其他两个区块的台站峰值频率较为尖锐

(3)在主频范围内,位于川青地块的台站(MC01)的频谱形态明显不同于其他两个区块的频谱记录,即位于其他两个区块的台站的频谱在主频范围内有明显的拐点,而MC01则接近于线性增加。

(4)可以看出随着震中距的增大,低频成分增加。

2.2003年12月11日发生于台湾的5.1级地震
选取位于川青地块的MC01,位于川滇地块MC07、MC20和位于华南地块的MC03、MC25作为分析对象(图6)。

该地震相对于各个台站的震中距范围是 $16^{\circ}\sim$

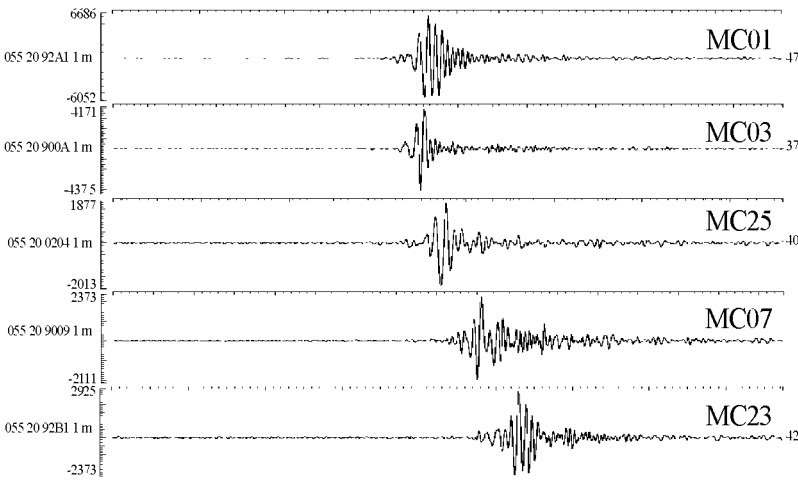


图 4 五个台站对青海 4.9 级地震的垂直分量(U-D)记录

Fig. 4 Vertical componental (U-D) records of the 4.9-magnitude shock in Qinghai on February 24, 2004 from five observation stations

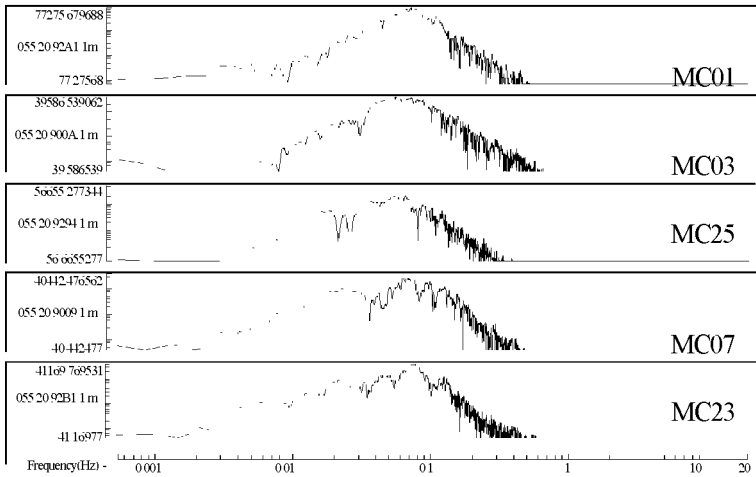


图 5 五个台站的垂直分量频谱记录

Fig. 5 Frequency spectra of vertical componental records from five observation stations

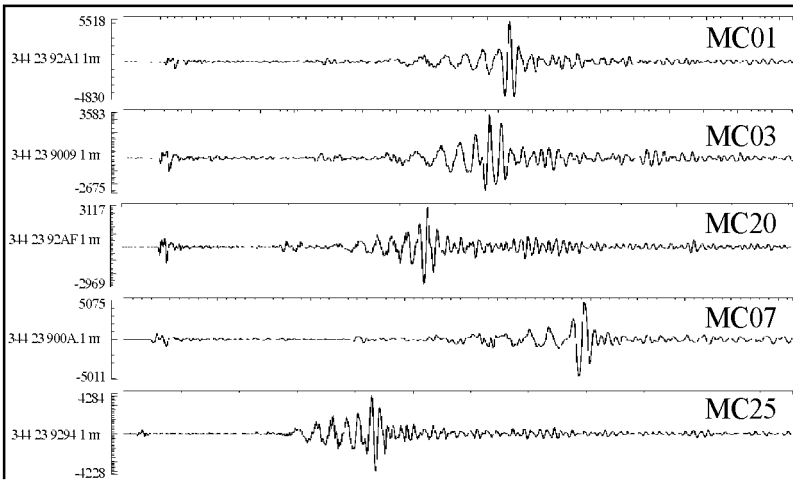


图 6 五个台站对台湾 5.1 级地震的垂直分量(U-D)记录

Fig. 6 Vertical componental (U-D) records of the 5.1-magnitude shock in Taiwan on December 11, 2003 from five observation stations

19°, 将其看作中远震。图 7 是 5 个地震台站的垂直分量频谱记录。

由频谱记录可以看出, 地震的主频频率范围在 0.03 ~ 0.07 之间

(1) 由图可以看出位于川青地块的 MC01 的峰值频率大于 0.06, 而其他站点的峰值频率在 0.05 左右。

(2) 同时可以看出 MC01 的低频成分多于其他站点。

(3) 位于川青地块的 MC01 和川滇地块的 MC07、MC20 在低频部分有明显的拐点。

3. 2004 年 1 月 1 日发生于印尼的 5.5 级地震仍然选取相同的五个站点(图 8)。
该地震相对于各个台站的震中距范围为: 35° ~

41°, 为远震。图 9 是 5 个台站的垂直分量频谱记录。

由频谱记录可以看出, 地震的主频频率在 0.02 ~ 0.06 之间:

(1) 和第二组一样, 位于川青地块的 MC01 站点的峰值频率大于 0.05, 而其他站点的峰值频率在 0.04 左右。

(2) MC01 的低频成分要多于其他站点。

4 结论及今后的工作

(1) 台站所获取的数据质量可靠, 含有丰富的深部信息。低频成分除了受震级影响之外, 也受震中距影响。震中距越大, 则低频成分越多。因而, 从不同类型的地震记录中可获得不同深部信息。

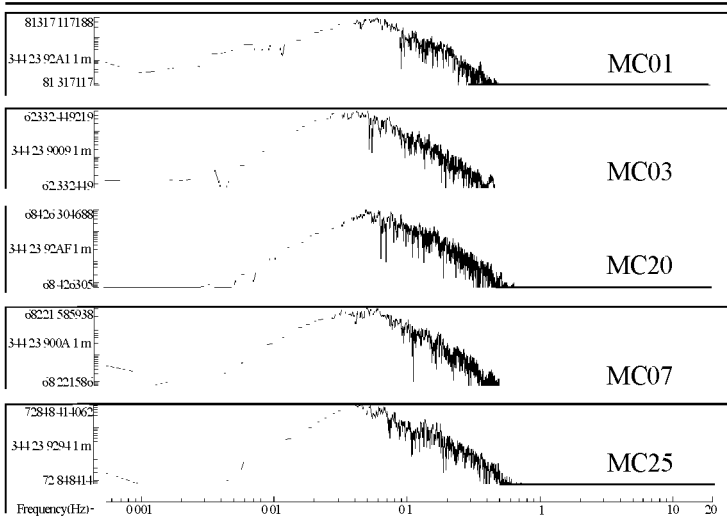


图 7 五个台站的垂直分量频谱记录

Fig. 7 Frequency spectra of vertical component records from five observation stations

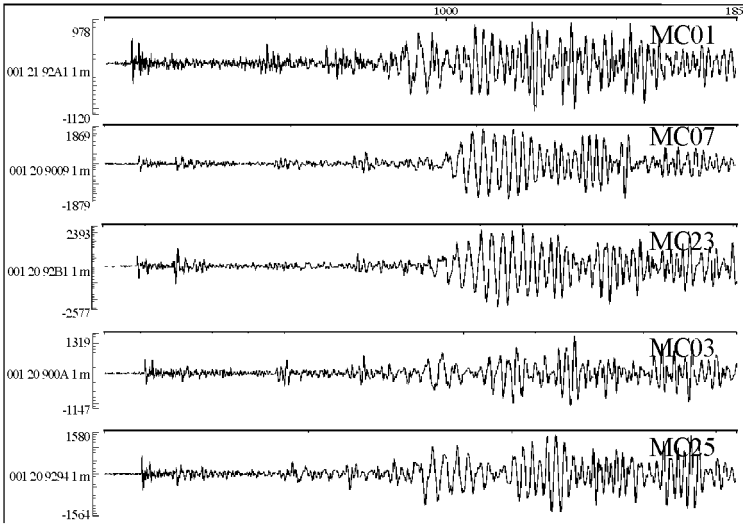


图 8 五个台站对印尼 5.5 级地震的垂直分量(U-D)记录

Fig. 8 Vertical component (U-D) records of the 5.5 magnitude shock in Indonesia on January 1, 2004 from five observation stations

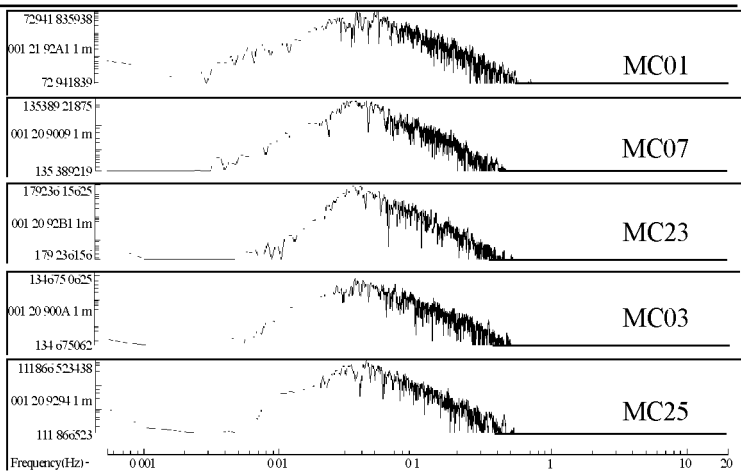


图 9 五个台站的垂直分量频谱记录

Fig. 9 Frequency spectra of vertical component records from five observation stations

(2)频谱曲线中出现的明显的拐点可能与断裂带有关,这对研究区地质构造分析意义重大。

(3)对比位于 3 个不同地块的站点的主频频率可看出:川青地块的主频频率普遍高于其他两个地块的主频频率,可能是由于该地块巨厚的地壳所致。而川滇地块的主频频率最低,可能受低速层影响所致。华南地块则介于另二者之间,相对比较稳定。

不同的地震具有不同的震相和频谱特征,这与震源位置、深度等因素有关。但地震台站记录到的波形特征更多的反映了地震波传播路径上的介质特征,涉及到壳幔混合层、低速层、速度间断面、活动断裂带等诸多介质因素。与地表的地质工作相对应,对深部的地质构造的大概轮廓的确定,天然地震层析成像有着非常重要的作用,所以进行射线追踪和

速度反演以初步确立研究区域的地下地震波速度结构即是下一步的工作。

参考文献:

[1] 陈智梁,刘宇平,等.南水北调西线一期工程区地壳活动有关问题[J].山地学报,2005 23(6): 641—650.
[2] 杨国华,等.云南地区现今地壳水平运动与变形特征[J].大地测量与地球动力学,2003, (2): 7—14.
[3] ROYDEN L.H. et al. Surface Deformation and Lower Crustal flow in Eastern Tibet [J]. Science, 1997, 276(5313): 788—790.
[4] 陈智梁,刘宇平,等.全球定位系统测量与青藏高原东部流变构造[J].第四纪研究,1998, (3): 263—270.
[5] 吕庆田,姜枚,马开义.三维走时反演与青藏高原南部深部构造[J].地震学报,1996 18(4): 451—459.

Preliminary report on the broadband seismic observations on the eastern Qinghai-Xizang Plateau and its adjacent areas

TANG Fa-wei¹, CHEN Zhi-liang¹, PANG You-zhi¹, Robert Dir van der Hilst², LI Chang²
(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge 02139, Massachusetts, USA)

Abstract: The seismic observations were made for the eastern Qinghai-Xizang Plateau and its adjacent areas by using PASSCAL broad digital seismometers during the period from October 2003 to October 2004. The tentative analysis of frequency spectra was finished for the seismic records from five stations installed within the Sichuan-Qinghai, Sichuan-Yunnan and South China blocks, respectively.

Key words: fault; block; long-period and broadband seismic observation; western Sichuan; northwestern Yunnan