

翁钊强, 周坤隆, 林群, 等. 珠江口海陆联测-香港区域子台噪声测试及其观测效果分析[J]. 华南地震, 2018, 38(3): 105-111. [WENG Zhaoqiang, LIN Wei, CHEN Jiantao, et al. Co-survey of Land and Sea at the Pearl River Estuary-Noise Test and Observation Effect Analysis of Substations in Hongkong Region [J]. South China journal of seismology, 2018, 38(3): 105-111]

珠江口海陆联测-香港区域子台 噪声测试及其观测效果分析

翁钊强¹, 周坤隆¹, 林群¹, 林伟², 许大伟³

(1. 汕头地震台, 汕头 515063; 2. 广东省地震局, 广州 510070; 3. 香港天文台, 香港 1878002)

摘要: 基于香港地区5个海陆联测子台的噪声分析数据, 结合人工地震的观测结果, 对该区域噪声水平和传导机制做进一步的研究, 并分析了该台阵的地震监测水平。结果表明: 香港地区普遍噪声水平偏高, 噪声测试结果反映了该区域的噪声污染较为严重, 但在城市边缘地带仍可进行地震观测; 台阵对于天然地震的监测效果较好, 对人工地震(爆破)的监测效果较差。根据噪声水平和波形记录质量, 可进一步推断城市噪声污染和海水对爆破等产生的面波的削减作用较为明显。这一实验过程和结果对分析香港地区的环境噪声水平, 地震观测结果可信度和介质物性都有借鉴意义。

关键词: 海陆联测; 香港; 噪声水平; 观测效果

中图分类号: P315.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-8662(2018)03-0105-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2018.03.016

Co-survey of Land and Sea at the Pearl River Estuary- Noise Test and Observation Effect Analysis of Substations in Hongkong Region

WENG Zhaoqiang¹, LIN Wei², CHEN Jiantao²,
ZHOU Kunlong¹, LIN Qun¹, XU Dawei³

(1. Shantou Seismic Station, Shantou 515063; 2. Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070;
3. Hongkong Observatory, Hongkong 1878002)

Abstract: Based on the co-survey of land and sea at the Pearl River Estuary project, the seismic monitoring level of five mobile sub-stations in Hong Kong area is analyzed by combining the observed results of artificial earthquakes. The results show that the general noise level in Hong Kong is at a high level, and the noise test results reflect that the noise pollution in this area is more serious, however, it is still suitable for seismic observation in the urban fringe. The monitoring effect of the platform array is better for short-range natural earthquakes, but it is worse for artificial earthquakes (blasting). According to the noise level and the recorded wave quality, it is possible to further deduct that the reduction to surface wave generated by blasting, etc. from the noise pollution of the city and the sea water is more obvious. The experimental process and results can be used for reference in analyzing the environmental noise level, the reliability of seismic observation results and the physical properties of media in Hong Kong.

Keywords: Co-survey of land and sea; Hongkong region; Noise test; Observation effect

收稿日期: 2018-01-28

基金项目: 中国地震局“监测, 预报, 研究三结合”项目资助

作者简介: 翁钊强(1978-), 男, 工程师, 主要从事地震监测与分析工作。E-mail: 651596602@qq.com.

0 引言

香港断裂构造复杂, 全区位于 NE 向莲花山断裂带内, 发育 NE, NNE, NW, NNW 向等几组断裂。地球物理场反映明显, 如佐敦谷断裂, 在区域布格重力异常图上明显表现为一条 NE 向线性异常带, 从东北部的西贡, 通过九龙延伸到西南部的大屿山。NW 向和 NNW 向断裂连续性稍差, 对中生代岩浆活动也有一定控制^[1], 河流, 海湾, 海峡以及岸线等的展布也常受其影响^[2]。历史史料尚无香港地区发生过破坏性地震的记载, 且无论在地震频度上还是在地震强度上, 香港地区都显示为一个较低地震活动水平的地区^[3]。

由于香港地区地势空间狭小, 土地资源紧张和社会经济、金融高度发达, 导致其人口密度、建筑密度和交通设施的占比颇大, 因此, 环境噪声问题是香港地区的重要问题之一, 部分缘于其拥挤的城市结构以及八十年代之前城市规划时对噪声污染问题的忽视^[4]。噪声水平也是衡量城市环境

宜居与否的重要指标, 同时是测震台站架设的必要条件。香港是世界著名城市, 城市用地狭小而人口众多, 市区繁华车水马龙, 给市民带来生活上方便的同时, 也造成了城市环境噪声污染, 因此很有必要研究香港区域子台的噪声水平。

1 噪声计算及测试

本次测试提出了 6 个位于规划点附近的候选点(图 1), 并实地勘选了 5 个点。在勘选过程中, 对候选点进行 1 小时以上的测试。现场下载数据进行浏览, 分析记录情况, 并进行噪声的计算, 从而现场判断候选点是否达到观测的技术要求。如海下(HX)台的勘选时, 首先在郊野公园路边上的孤石进行 1 个多小时的测试, 现场对 2015 年 6 月 2 日 13 h 00 m~14 h 00 m 时段的数据进行了处理(图 2), 发现该候选点因距离人行道只有几米, 人为干扰明显, 基岩不生根稳定性差。噪声计算出三个分向的 dB 值均大于-120dB, 明显偏大, 不符合建立流动台观测的要求。

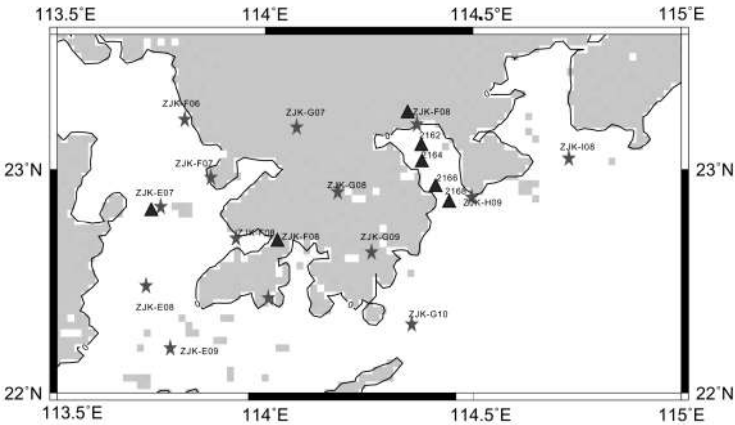


图 1 香港流动台点位图

Fig.1 Location of mobile stations in Hongkong

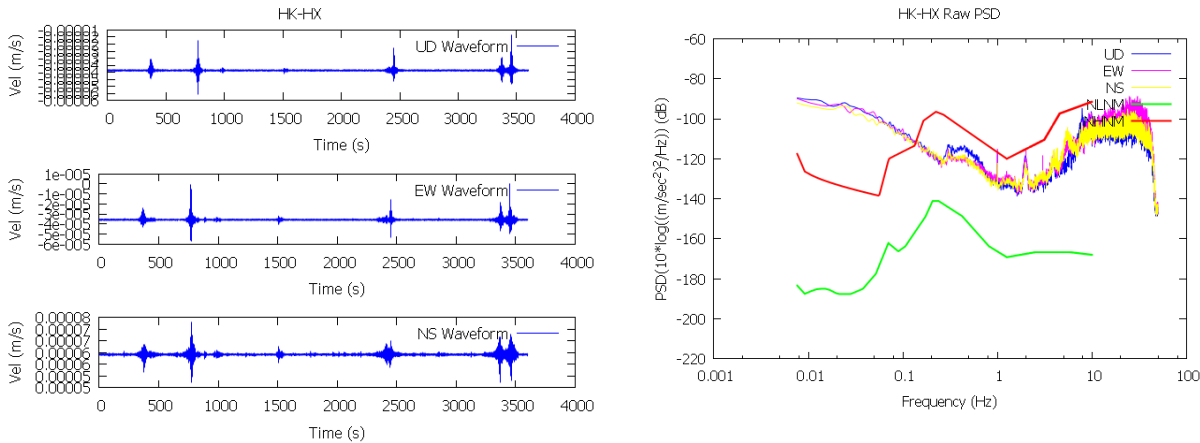


图 2 香港海下勘选点测试波形(a)及噪声对比曲线(b)

Fig.2 The test wave and noise curves in Haixia station, Hongkong

在架台正式观测期时段,下载其余 5 个各子台白天和晚上各 1 小时的数据进行了分析和噪声计算。结果见表 1 所示。各子台噪声对比曲线见图 3 所示。

表 1 珠江口海陆联测陆地台阵香港流动台噪声计算结果

Fig.1 Noise calculation results of land mobile array in Hongkong

序号	规则台位	台站代码	测试数据时间段	三分向 dB 值			三分向平均 dB 值			噪声水平等级
				UD	EW	NS	UD	EW	NS	
1	2162	JO	2015-06-07 02:00~03:00	-132.50	-133.41	-134.73	-131.37	-132.47	-133.51	Ⅲ
			2015-06-07 13:00~14:00	-130.24	-131.53	-132.28				
2	2164	WWZ	2015-06-07 03:00~04:00	-136.19	-136.11	-137.93	-134.61	-134.86	-136.29	Ⅲ
			2015-06-07 15:00~16:00	-133.03	-133.60	-134.65				
3	2166	HX	2015-06-07 05:00~06:00	-133.08	-132.84	-131.35	-130.32	-130.12	-128.64	Ⅲ
			2015-06-07 14:00~15:00	-127.57	-127.41	-125.92				
4	2166	DSK	2015-06-07 02:00~03:00	-127.78	-124.89	-124.96	-126.43	-123.69	-123.37	Ⅳ
			2015-06-07 14:00~15:00	-125.07	-122.49	-121.78				
5	ZJK-F08	XL	2015-06-07 02:00~03:00	-131.20	-131.03	-131.34	-128.63	-128.48	-128.77	Ⅳ
			2015-06-07 14:00~15:00	-126.05	-125.93	-126.20				

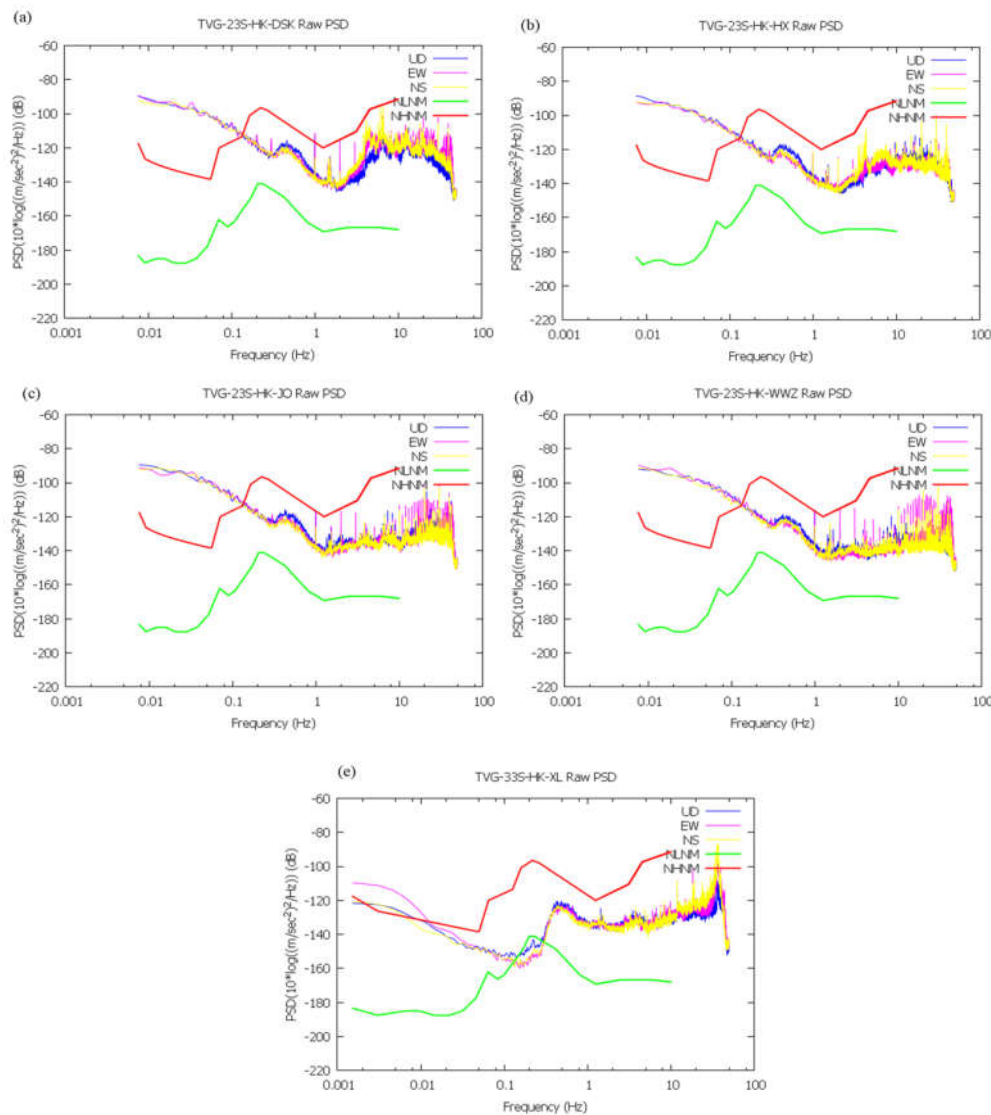


图 3 香港大水坑(a),海下(b),吉澳(c),往湾洲(d)和小榄(e)流动台站噪声对比曲线

Fig.3 Comparison of noise curves of Dashuikeng (a), Haixia (b), Ji'ao (c), Wangwanzhou (d)and Xiaolan (e)station

由表 1 可见, 香港 5 个流动台的噪声水平均达到 IV 等级以上, 满足了流动观测的技术要求。其中: JO、WWZ、HX 三个台站的噪声水平等级均为 III 类, DSK、XL 两个台的站的噪声水平等级为 IV 类。

2 波形记录质量分析

2.1 人工地震波形质量检验

经过对各个流动台下载数据的检查和统计(表 2), 结果表明 5 个台的在观测期间记录的数

据是完整和连续的, 均未出现中断现象。记录有效率达 100%, 能够圆满完成了观测和数据回收的任务。

2015 年 6 月 8 日至 6 月 28 日流动观测期间, 中国地震局地球物理勘探中心在珠江三角洲地区的 6 个炮点共进行了 6 次爆破(表 3)、广东数字地震台网记录了 6 次人工地震, 其中图 4 为 2015 年 06 月 13 日 02 时 10 分的人工地震波形, 定位结果见(表 4)。从 5 个流动台的观测波形数据看, 发现每个台都基本上清晰地记录到上述 6 次爆破事件。

表 2 珠江口海陆联测陆地台阵探测数据回收统计

Fig.2 Data recovery from land array detection in co-survey of land and sea at the Pearl River Estuary

序号	规划点位	台站名称	台站代码	开始观测时间/ 年-月-日 时:分	结束观测时间/ 年-月-日 时:分	总记录 时长/s	中断记录 时长/s	记录 有效率/%
1	2162	吉澳	JO	2015-06-08 00	2015-06-28 00	1 728 000	0	100
2	2164	往湾洲	WWZ	2015-06-08 00	2015-06-28 00	1 728 000	0	100
3	2166	海下	HX	2015-06-08 00	2015-06-28 00	1 728 000	0	100
4	2168	大水坑	DSK	2015-06-08 00	2015-06-28 00	1 728 000	0	100
5	ZJK-F08	小榄	XL	2015-06-08 00	2015-06-28 00	1 728 000	0	100

表 3 珠江口海陆联测炮点作业信息表

Fig.3 Shot points operation information in co-survey of land and sea at the Pearl River Estuary

炮 序	炮点 编号	炮点桩号/ km	药量/ kg	炮点地名	爆炸时间/ 年-月-日 h:min	井数/ (口)	平均井深/ km	高程/ m	岩性	震中位置	
										经度	纬度
L1	Sp5	100.672	2 496	广东省肇庆市鼎湖区 凤凰镇新风村石龙村	2015-06-12 02:00	10	30	51	岩石	112° 32.194 3′	23° 13.853 2′
	Sp5x	152.602	1 008	广东省佛山市南海区 西樵林场	2015-06-19 02:10	2	71.5	67	岩石	112° 50.163 8′	22° 50.985 3′
	Sp2	222.766	1 992	广东省江门市新会区 崖门镇泰盛采石场	2015-06-12 02:20	4	70.5	10	岩石	113° 03.575 6′	22° 14.408 5′
L2	Sp6	101.150	2 496	广东省从化市良口镇 石岭村羊子塘	2015-06-13 02:10	5	72	241	岩石	113° 40.041 9′	23° 44.690 9′
	Sp6x	154.190	1 008	广东省惠州市博罗县 福田镇河洞村	2015-06-21 02: 00	3	75	124	岩石	113° 53.729 6′	23° 18.871 3′
	Sp3	224.622	1 992	广东省深圳市龙岗区 坪地街道红花岭石场	2015-06-110 2:20	4	72.0	30	岩石	114° 15.380 6′	22° 46.285 0′
L3	Sp2	162.059	1 992	广东省江门市新会区 崖门镇泰盛采石场	2015-06-06 02:20	4	70.5	10	岩石	110° 03.575 6′	22° 14.408 5′
	Sp3	298.467	1 992	广东省深圳市龙岗区 坪地街道红花岭石场	2015-06-11 02:20	4	72.0	130	岩石	114° 15.380 6′	22° 46.285 0′

表 4 广东台网记录 6 次人工地震分析结果

Fig.4 Analysis of 6 artificial earthquakes recorded in Guangdong network

序号	发震日期	发震时刻	纬度/(°)	经度/(°)	深度/m	震级/ M_L	震中位置	事件类型
1	2015-06-11	02:20:16.0	22.76	114.25	0	1.7	广东深圳	人工地震
2	2015-06-12	02:00:15.0	23.22	112.53	0	2.0	广东肇庆	人工地震
3	2015-06-12	02:20:16.0	22.24	113.07	0	1.7	广东江门	人工地震
4	2015-06-13	02:10:14.0	23.73	113.65	0	1.8	广东从化	人工地震
5	2015-06-19	02:10:13.0	22.85	112.84	0	1.3	广东佛山	人工地震
6	2015-06-21	02:00:14.0	23.31	113.89	0	1.6	广东博罗	人工地震

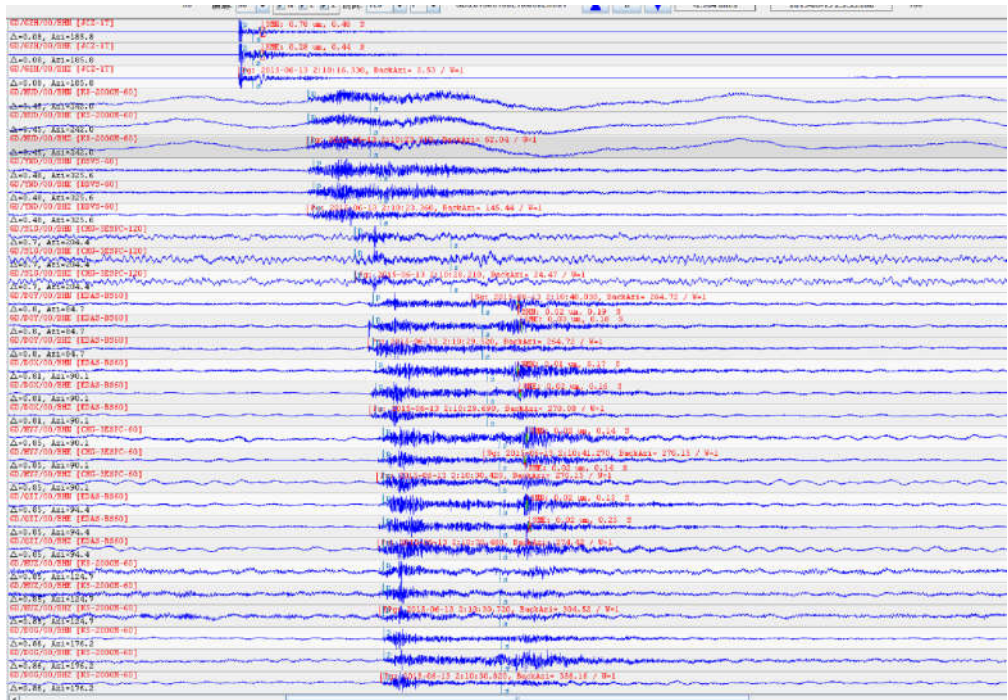


图4 广东台网记录 2015 年 06 月 13 日 02 时 10 分

Fig.4 Analysis of artificial earthquake recorded in Guangdong network on June 13rd, 2015

2.2 天然地震波形质量检验

在 2015 年 6 月 8 日至 6 月 28 日流动观测期间,广东省境内共记录 M_L 1.5 级以上地震 35 次,在 35 次地震事件中,记录地震波形比较清晰,能够识别震相的共有 4 个台站,而震相弱、无法识别震相和没有记录、无震相的共有 21 次(表 5),这主要是由于震中距离较远,震级较小,导致地震波传到海下台(HX)时已经十分微弱,因此无法记录到。

以海下台(HX)为例,在 35 次地震中,海下流

动台记录到地震波形且震相清晰的有 10 个,其中:最大的为 6 月 13 日 20 时 10 分发生在广东东源的 M_L 3.6 级的地震(图 5),最小的为 6 月 14 日 00 时 14 分发生在广东东源的 M_L 1.8 级的一次余震(图 6)。由图 5 可见,海下(HX)台记录地震事件波形完整,震相十分清晰,能清楚的记录到 PN 和 PG 波。

图 6 为 6 月 13 日 23 时 38 分广东东源 M_L 1.8 级地震事件,通过对波形分析,得出了单台定位的结果(图 6)。对比定位结果表明:震级与广东地震台网中心的定位结果偏差 0.3 级,发震时刻偏差为 3 s。

表 5 珠江口海陆联测陆地台阵香港海下(HX)流动台记录地震情况表

Fig.5 Seismological records of Haixia station, Hongkong

序号	发震日期/ 年-月-日	时间/ h:min:s	纬度/(°)	经度/(°)	深度/km	震级/ M	震中	海下(HX)台震相情况
1	2015-06-08	00:15:15.1	21.739	111.788	10	1.7	广东阳江	震相弱,无 P 头
2	2015-06-10	13:29:41.4	23.564	116.732	18	2.3	广东澄海	有震相,干扰多
3	2015-06-11	10:10:53.5	21.750	111.856	11	1.7	广东阳江	无震相
4	2015-06-12	16:25:47.4	23.755	114.627	11	2.3	广东河源	震相清晰
5	2015-06-13	01:36:41.4	22.172	111.006	12	1.9	广东高州	震相弱,无 P 头
6	2015-06-13	16:38:19.2	21.737	111.784	11	1.8	广东阳江	无震相
7	2015-06-13	20:10:10.1	23.903	114.466	9	3.6	广东东源	震相清晰, Pn、Sn 明显
8	2015-06-13	23:16:07.7	23.898	114.468	9	2.8	广东东源	震相清晰, Pn、Sn 明显
9	2015-06-13	23:33:45.5	23.895	114.470	9	2.5	广东东源	震相清晰, Pn、Sn 明显

(转下表)

(接表 5)

序号	发震日期/ 年-月-日	时间/ h:min:s	纬度/(°)	经度/(°)	深度/km	震级/ <i>M</i>	震中	海下(HX)台震相情况
10	2015-06-13	23:38:05.5	23.897	114.466	9	1.8	广东东源	震相清晰, Pn、Sn 明显
11	2015-06-14	00:14:15.2	23.899	114.466	8	1.6	广东东源	震相清晰, Pn、Sn 不明显
12	2015-06-14	01:31:29.2	23.895	114.466	9	1.8	广东东源	震相清晰, Pn、Sn 明显
13	2015-06-14	11:17:50.5	23.383	113.233	7	1.9	广东花都	有震相
14	2015-06-14	11:17:53.5	23.380	113.234	7	2.0	广东花都	有震相
15	2015-06-15	04:19:15.1	20.399	107.896	16	2.7	北部湾	无震相
16	2015-06-16	12:37:21.2	23.048	117.641	10	2.9	广东南澳海域	震相清晰
17	2015-06-17	13:00:43.4	23.073	117.639	15	1.8	广东南澳海域	震相十分弱, 很难识别
18	2015-06-18	17:21:00.0	23.215	117.249	9	1.6	广东南澳海域	无震相
19	2015-06-19	15:10:58.5	21.873	111.704	11	1.6	广东阳西	震相十分弱, 无法识别 P 波
20	2015-06-19	19:45:29.2	21.878	111.707	12	2.3	广东阳西	震相清晰
21	2015-06-20	01:40:40.4	23.217	117.244	9	1.5	广东南澳海域	无震相
22	2015-06-20	16:34:45.4	23.321	117.421	15	1.7	福建东山海域	无震相
23	2015-06-20	16:55:51.5	21.880	111.706	8	1.6	广东阳西	干扰大, 无法识别震相
24	2015-06-20	22:22:35.3	21.871	111.704	12	2.0	广东阳西	P 波震相不清
25	2015-06-21	09:41:56.5	23.303	115.652	6	1.6	广东陆河	震相弱, 无法识别 P 头
26	2015-06-21	13:18:20.2	21.874	111.709	13	2.1	广东阳西	震相弱, 无法识别 P 头
27	2015-06-21	19:48:28.2	21.870	111.708	14	2.8	广东阳西	震相清晰
28	2015-06-22	06:44:47.4	21.739	111.815	7	1.8	广东阳江	无震相
29	2015-06-22	06:46:08.8	21.740	111.817	7	1.7	广东阳江	无震相
30	2015-06-23	14:40:02.2	21.879	111.705	11	1.6	广东阳西	无震相
31	2015-06-23	17:54:56.6	23.265	117.759	21	2.0	福建东山海域	距离远, 无震相
32	2015-06-25	22:58:52.5	21.745	111.794	13	2.4	广东阳江	震相清晰
33	2015-06-25	23:00:26.2	21.743	111.789	10	1.9	广东阳江	震相弱, 无法识别 P 波
34	2015-06-26	11:23:17.1	24.187	112.655	8	1.7	广东清新	无震相
35	2015-06-28	12:40:23.23	23.292	117.318	17	1.6	广东南澳海域	无震相

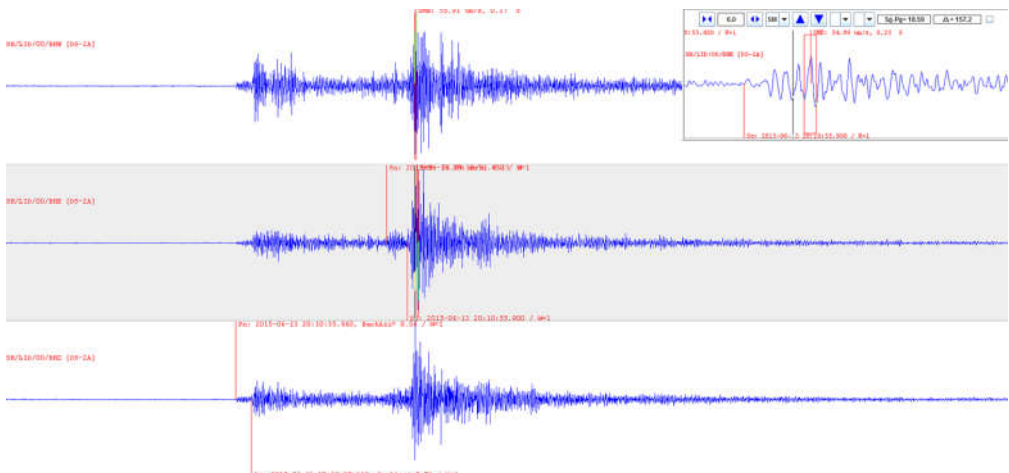


图 5 海下(HX)台 2015 年 6 月 13 日广东东源 M_L 3.6 级地震波形

Fig.5 The waveform of Dongyuan M_L 3.6 earthquake in the June 13th, 2015 recorded by HX station

图 6 2015 年 6 月 13 日 23 时 38 分广东东源 M_L 1.8 级地震海下(HX)台定位结果流动台单台定位结果(左)与地震震中的位置图(右)图 7 为 6 月 27 日 00 时 16 分台湾以东海域 M_L 3.7 级地震事件,

该台也记录到此次地震的波形, 且震相清晰。虽然该台距离震中达 900 km, 但都能清楚的记录到, 由此可见该流动台的台基是稳定的, 干扰源较少, 完全达到了流动台观测技术的要求和目的。



流动台单台定位结果(左)与地震震中的位置图(右)

图6 2015年6月13日23时38分广东东源 M_L 1.8级地震海下(HX)台定位结果

Fig.6 Location results of Dongyuan M_L 1.8 earthquake at HX station

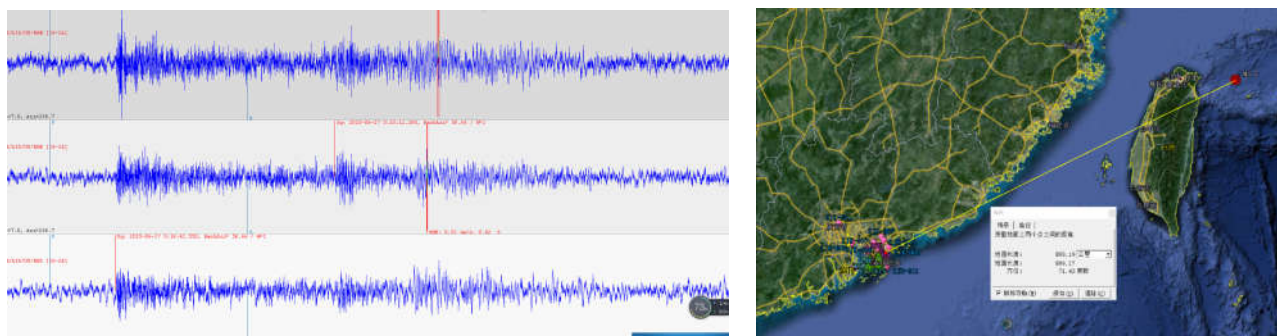


图7 海下(HX)流动台记录台湾以东海域 M_s 3.7 级地震波形(300 s)与地震震中位置图

Fig.7 The waveform (300 s) and epicentral location of M_L 3.7 earthquake in Taiwan recorded by HX station

3 结语

本文对香港地区 5 个海陆联测子台(JO、WWZ、HX、DSK、XL) 的噪声数据进行分析, 结合人工地震的观测结果, 对该区域噪声水平和传导机制做进一步的研究, 并分析了该台阵的地震监测水平。通过研究发现:

香港地区普遍噪声水平偏高，噪声测试结果反映了该区域的噪声污染较为严重，但在城市边缘地带仍可进行地震观测。

从波形记录看,这5个子台记录到天然地震的波形效果较好,对人工地震(爆破)的记录波形效果较差。

根据噪声水平和波形监测效果,可进一步推断城市噪声污染和海水对爆破等产生的面波的消减作用较为明显。这一实验过程和结果对分析香港地区的环境噪声水平,地震观测结果可信度和介质物性都有借鉴意义。

参考文献:

- [1] Campbell S D G. and Sewell R J. Structural control and tectonic of Mesozoic volcanism in Hong Kong[J]. Journal of the Geological Society, 1997, 154: 1039-1052.
- [2] Ding Y Z and Lai K W. Neotectonic fault activity in Hong Kong; evidence from seismic events and thermoluminescence dating of fault gouge[J]. Journal of the Geological Society, 1997, 154: 001-1008.
- [3] 李焯芬, 蒋溥, 梁小华. 香港地区地震风险评价和设防区划[J]. 工程地质学报, 1998, 6(1): 40-54.
- [4] 何德建, 麦卓明, 陈汉辉. 香港交通噪声问题及其控制政策综述[J]. 声学技术, 2009, 28(6): 778-786.