

陕西数字地震台网的监测能力

孟智民, 王卫东, 李大伟

(陕西省地震局, 陕西 西安 710068)

摘要: 利用宽频带数字地震记录无震、无干扰事件情况下的背景噪声资料, 给出了陕西数字地震台网的监测能力. 在 1.0~10 Hz 的频域内分析了陕西数字地震台网的仪器有效测量动态范围.

关键词: 陕西; 数字地震台网; 监测能力

中图分类号: P315.61 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2002)02-0178-05

0 引言

数字地震台网的监测能力取决于子台分布的跨度、密度和台网系统参数的设置, 在台网布局确定之后, 就取决于台网系统的增益、灵敏度和各子台台址的背景噪声. 台网系统各子台的增益是根据子台台址的背景噪声人为设置的. 本文利用子台背景噪声值和实际使用系统增益值的比较方法来确定台网的监测能力.

1 台网简介

陕西数字地震台网由一个台网中心和 14 个子台组成, 分两期工程建成. 一期建成蓝田、子午、乾县、合阳、大孔、周至、华阴 7 个子台和台网中心, 1998 年 1 月正式投入观测; 二期建成彬县、安康、泾阳、宁陕、太白、陇县、汉中等子台, 2001 年 1 月并入观测. 一期建成的子台采用无线传输; 二期建成的子台采用有线传输. 台网中心由超短波数传电台、DRX-3 型数据接收器和计算机处理系统组成. 子台采用 EDAS-3 型数据采集器(采样率 50 次/s)、GPS-180 型数字钟、超短波数传电台、FBS-3 型宽频带地震仪和 JCV-100 短周期地震仪. 各子台地理位置和所使用地震仪见表 1, 子台分布见图 1.

2 资料的处理及结果

2.1 资料的选取

选数字地震监测在无震、无干扰事件情况下的背景噪声记录, 取低水平背景噪声的午夜 00:00:00~00:03:20 的 200 s 记录和高水平背景噪声的中午 12:00:00~12:03:20 的 200 s 记录, 分别量取白天和晚间噪声极大值, 最后取其均方根值作为子台的背景噪声水平(表 2).

2.2 背景噪声极大值的量取

首先对截取的夜间记录 200 s 10 000 点和白天记录 200 s 10 000 点作 1.0~10 Hz 的带

通滤波, 以避免边缘效应. 将滤波后的背景噪声记录头尾各截取 904 点, 缩至 8 192 点; 取时间窗 1 024 点, 将 8 192 点分为 8 段, 量取每段的地动速度极大双振幅, 这样共得到白天和夜间 16 段的 16 个极大双振幅. 然后对背景噪声记录进行数值积分, 将地动速度记录转换成位移记录; 再对位移记录作 1.0 ~ 10 Hz 的带通滤波. 最后对 16 段的 16 个地动位移极大值取均方根值.

2.3 工作灵敏度的采用

不同的周期, 工作灵敏度是有差异的, 有的差异还比较大. 使用时根据背景噪声的优势周期, 由正弦波标定与对应周期的系数和灵敏度最大值的乘积而确定. 对于没有对应周期或频率的情况, 采用内插法予以补插.

2.4 数字格式转换和地动速度计算

数字地震记录是以二进制形式记录的数字数(count), 需转换成 ASCII 码数据文件, 再利用 PITSA 软件进行滤波和数值积分. 地动速度的计算公式^[3]:

表 1 子台地理位置、仪器和工作参数

台站	经纬度		台基岩性	增益	仪器类型
	λ_E	λ_N			
蓝田	109.29	34.17	花岗岩	16	FBS-3
乾县	108.22	34.57	石灰岩	16	FBS-3
周至	108.32	34.06	片麻岩	16	FBS-3
华阴	110.17	34.52	花岗岩	16	FBS-3
合阳	110.06	35.41	砂岩	16	FBS-3
大孔	109.43	35.06	石灰岩	16	FBS-3
子午	108.92	34.03	花岗岩	*	FBS-3
泾阳	108.75	34.71	石灰岩	16	FBS-3
陇县	106.70	34.97	石灰岩	64	FBS-3
汉中	107.01	33.02	花岗岩	64	FBS-3
宁陕	108.32	33.33	花岗岩	16	FBS-3
太白	107.29	34.07	花岗岩	64	FBS-3
彬县	108.08	35.07	砂岩	16	JCV-100
安康	109.04	32.68	千枚岩	16	JCV-100

注: * U-16 E-1 N-1 其他子台三分向增益相同.

$$V = \frac{N \cdot V_0}{R \cdot K \cdot S} \quad (1)$$

式中: V 为实测地动速度值(m/s), N 为实测背景噪声的数字数(count), V_0 为模拟输入峰值电压(4.5 V), R 为仪器分辨率(16 位是 32768), K 为数据采集器实际工作时的增益, S 为地震计的工作灵敏度($V \cdot s/m$).

2.5 台址有效测量的动态范围

仪器本身性能所允许的最大记录振幅(它由 A/D 转换器的位数决定)除以有效因子 $\sqrt{2}$, 再与经带通滤波后的均方根值相比得到的结果, 称“有效测量动态范围”. 计算公式如下:

$$D_{\text{有效}} = 20 \lg \frac{V_0}{K \cdot S \cdot J \cdot \sqrt{2}} \quad (2)$$

$D_{\text{有效}}$ 为有效测量动态范围, 单位(db); J 为背景噪声地动速度均方根值, 其余符号同式(1). $D_{\text{有效}}$ 反映了仪器本身性能指标确定后, 台址背景噪声水平对记录地震信号最大动态范围的限制(表 2).

2.6 背景噪声地动位移的计算

背景噪声的地动速度记录经数值积分, 1.0 ~ 10 Hz 的带通滤波后量取的极大值是 count

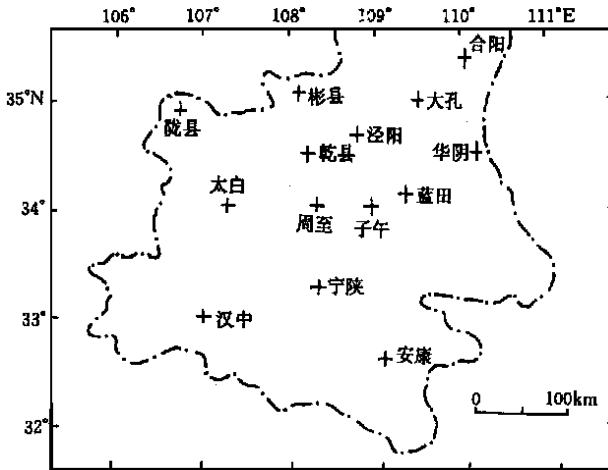


图 1 陕西数字地震台网子台分布图

Fig. 1 Distribution of the stations of Shaanxi digital seismic network.

数.背景噪声位移量 A_u 用下式计算:

$$A_u = \left(\frac{N_E}{S_E} + \frac{N_N}{S_N} \right) \times V_0 \times 10^{-6} / (4 \times R \times K) \quad (3)$$

A_u 的单位是 μm . N_E 、 N_N 、 S_E 、 S_N 分别是 EW 向、NS 向背景噪声位移值的 count 数和水平向工作灵敏度,其它符号同(1)式.各子台背景噪声位移量见表3.

表2 各子台背景噪声地动速度值和 $D_{\text{有效}}$ 值

台名	抽取记录日期	count(双)		地动速度/ $[\times 10^{-8} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$		$D_{\text{有效}}/\text{db}$	
		EW	NS	EW	NS	EW	NS
蓝田	2001-04-07	41.37	25.01	31.83	20.90	60.99	65.36
乾县	2001-01-30	15.67	14.17	13.07	10.93	69.82	70.29
周至	2001-01-30	7.13	10.18	6.82	9.11	76.25	73.16
合阳	2000-12-26	11.33	13.64	9.14	11.86	72.24	70.62
大孔	2000-12-26	25.53	32.52	19.72	28.36	65.18	63.08
子午	2000-12-26	3.38	3.41	48.22	48.23	82.74	82.66
华阴	2000-12-26	40.42	25.38	33.45	22.53	61.19	65.23
汉中	2000-12-26	33.72	29.85	6.38	5.69	62.76	63.83
陇县	2000-12-26	73.87	97.51	13.98	18.60	54.95	54.53
太白	2000-12-26	80.19	82.40	14.76	16.44	55.24	55.00
宁陕	2000-12-26	7.64	8.40	5.17	5.66	75.65	74.83
泾阳	2000-12-26	77.68	57.35	58.66	45.03	55.51	58.15
彬县	2000-12-26	9.02	8.14	20.66	20.52	74.21	75.11
安康	2000-12-26	8.21	8.82	5.14	5.64	75.03	74.41

表3 各子台背景噪声地动位移(扩大5倍)分贝数

台名	工作灵敏度/ $[\text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-1}]$		count(双振幅)		位移/ μm	r_i/db
	EW	NS	EW	NS		
蓝田	1 114.77	1 026.96	4.13	2.09	0.012 316 56	-24.2
乾县	982.50	1 112.79	0.81	0.73	0.003 176 67	-36.0
周至	897.70	959.33	0.45	0.61	0.002 440 04	-38.3
合阳	1 063.70	987.14	0.51	1.01	0.003 224 26	-35.9
大孔	1 111.25	984.31	1.01	1.67	0.005 590 81	-31.1
子午	962.68	970.72	0.09	0.17	0.009 167 49	-26.8
华阴	1 037.01	966.88	1.33	0.87	0.004 682 78	-32.6
汉中	1 133.94	1 124.92	2.24	2.11	0.002 065 88	-39.7
陇县	1 134.04	1 125.03	3.72	5.60	0.004 429 91	-33.1
太白	1 165.92	1 075.29	5.52	5.39	0.005 228 73	-31.7
宁陕	1 269.35	1 274.76	0.47	0.46	0.001 568 81	-42.1
泾阳	1 136.57	1 093.23	2.86	2.35	0.010 012 01	-26.0
彬县	374.82	340.49	0.40	0.38	0.004 684 68	-32.6
安康	1 371.57	1 342.19	0.44	0.44	0.001 391 79	-43.1

2.7 信噪比的确定

即多大的地震信号才可能获得清楚的P波初动记录.据文献[1]认为P波初动振幅是背景噪声的2倍时方可辨认P波,结合陕西模拟台网观测的经验和陕西数字台网观测的实际情况,且能可靠的识别P波初动,本文取S波最大振幅是背景噪声的5倍来计算陕西数字地震台网的监测能力.各子台5倍噪声分贝值由下式计算:

$$r_i = 20 \lg(5A_{ii}) \quad (4)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, 14$. 结果见表 3.

2.8 单台控制范围的计算

由近震震级公式知:

$$\lg A_u = M_L - R(\Delta)$$

设定 $M_L = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$ 及相应的震中距, $R(\Delta)$ 值取自地震台站规范, 求出不同震级、不同震中距的 S 波最大振幅分贝值 $r = 20 \lg A_u$, 如图 2. 在 $r-\Delta$ 曲线找出各子台 S 波最大振幅噪声分贝值 r_i 所对应不同震级 M_L 的震中距 Δ , 既是各台控制该级地震的最大范围, 表 4.

2.9 台网地震监测能力的确定

根据地震定位原理: 如下 4 个以上台能同时记录到某一震级的地震, 便认为台网对这一地区能监测、控制该震级的地震. 以各子台的台址为中心, 单台控制距离为半径作圆, 4 个以上圆重叠的地区作为台网对相应震级的控制范围, 见图 3.

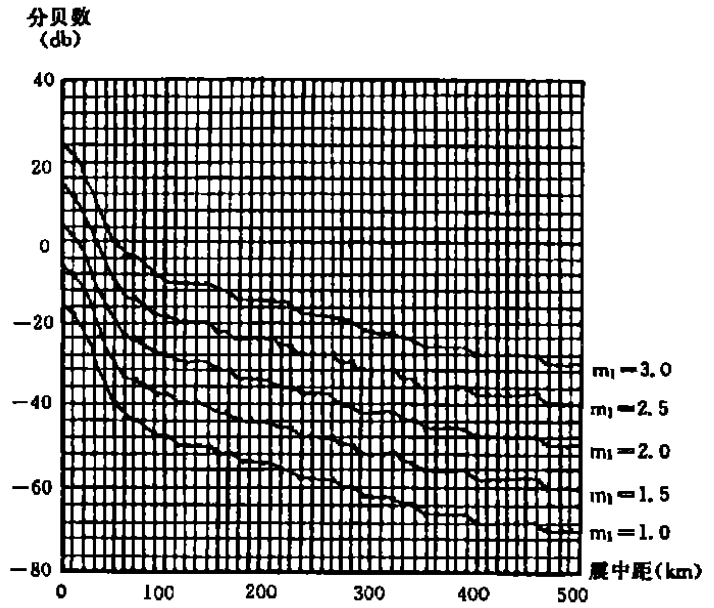


图 2 噪声分贝值与震中距曲线图

Fig. 2 Curve of relation between noise decibel(db) and epicentral distance.

表 4 各子台不同震级的控制范围(单位: km)

台名	$M_L = 1.0$	$M_L = 1.5$	$M_L = 2.0$	$M_L = 2.5$	$M_L = 3.0$
蓝田	20	35	70	150	270
乾县	40	85	160	290	480
周至	45	100	200	300	540
合阳	40	85	180	290	480
大孔	30	50	110	230	350
子午	25	40	90	180	290
华阴	30	60	130	240	370
汉中	45	105	210	340	550
陇县	35	70	140	240	380
太白	30	50	110	230	350
宁陕	55	125	240	350	560
泾阳	25	40	80	170	300
彬县	30	60	130	250	370
安康	60	130	260	370	570

3 结果分析和讨论

(1) 由于近震震级公式没有涉及垂直分向, 只与水平向的振幅有关, 本文仅计算各子台水平向背景噪声位移值和有效测量动态范围. 各子台 EW 向和 NS 向有效动态范围基本相当, EW 向的 $D_{有效}$ 值在 54.95 ~ 82.74 db 之间, NS 向的 $D_{有效}$ 值在 54.53 ~ 82.66 db 之间, 有效动态范围最大的是子午台, 最小的是陇县台(表 2).

(2) 由表4知单台的 $M_L 1.0$ 地震控制范围为 20 ~ 60 km; $M_L 1.5$ 地震为 35 ~ 130 km; $M_L 2.0$ 地震为 70 ~ 260 km, $M_L 2.5$ 地震为 150 ~ 370 km; $M_L 3.0$ 地震为 270 ~ 570 km. 单台的控制范围也反映了子台的背景噪声水平. 蓝田、子午、泾阳的背景噪声水平比较高, 地震控制范围较小, 安康、宁陕、汉中、周至的背景噪声水平较低, 地震控制范围较大.

(3) 由图3看出太白县与眉县交界地区, 乾县、彬县、泾阳三县交汇地区, 西安附近地区等都可监测 $M_L \geq 1.5$ 的地震; $M_L \geq 2.0$ 地震的监测能力可覆盖整个关中地区和陕南地区的大部分; $M_L \geq 2.5$ 地震的监测能力覆盖除榆林地区外全部陕西地区和邻省的交界地区; $M_L \geq 3.0$ 地震的监测能力覆盖除榆林北部地区外的陕西地区和邻省的毗邻地区. 可知关中地区和陕南地区监测能力高, 陕北地区监测能力低, 这与子台的分布有关. 陕南是陕西地区地震多发地, 子台偏少, 有必要增加子台(如陕东南的商洛和西南的略阳各布设一个台), 提高陕南地区的地震监测能力. 陕北地区虽属于鄂尔多斯地块, 历史上未发生过地震, 但布设子台对于关中、陕南和邻省毗邻地区震中的交汇很有帮助.

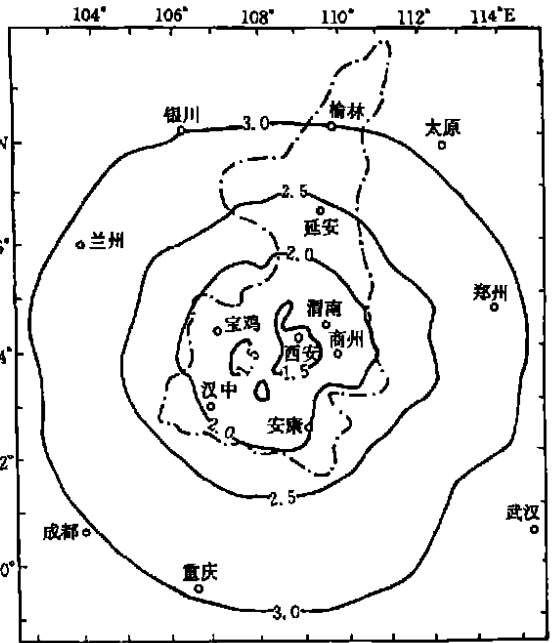


图3 陕西数字地震台网地震监测能力图

Fig. 3 Detectability of Shaanxi digital seismic network.

[参考文献]

- [1] 焦远碧, 等. 华北地区测震台网的监测能力[J]. 地震, 1986 (1): 26—31.
- [2] 陈祥熊, 等. 福建数字地震台网台址背景噪声分析[J]. 地震地磁观测与研究, 1998, 19(5): 13—21.
- [3] 国家地震局. 地震台站观测规范[M]. 北京: 地震出版社, 1978.

DETECTABILITY OF SHAANXI DIGITAL SEISMIC NETWORK

MENG Zhi-min, WANG Wei-dong, LI Dai-wei

(Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China)

Abstract: The detectability of Shaanxi digital seismic network is given by using the broad-band digital data of background noise record. The effective dynamic measurement range of net is analysed by background noise in the frequency range of 1.0 ~ 10 Hz.

Key words: Shaanxi; Digital seismic network; Detectability