

地震阈值监测技术中的震级校正

王 燕, 刘俊民, 王小明, 王海军, 唐恒专, 李 靓, 唐 伟

(禁核试北京国家数据中心和北京放射性核素实验室, 北京 100085)

摘 要:地震阈值监测技术能够实现对台网监测能力的实时评估,该方法利用短时平均值(STA)代替 A/T 来计算震级。为了使 STA 计算的震级跟传统震级计算结果一致,需要对利用 STA 计算的震级进行校正。本文通过分析台站检测到的历史事件,选择最优的滤波频带计算 $\log(A/T)$ 与 $\log(STA)$ 之差,得到利用 STA 计算震级的校正系数。利用新疆地震台网部分台站的数据,分析了阈值监测技术计算的台网监测能力,结果跟实际值基本一致。

关键词: 阈值监测技术; 地震台网; 监测能力; STA 震级; 震级校正

中图分类号: P315.32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2011)04-0319-03

Magnitude Calibration of Seismic Threshold Monitoring

WANG Yan, LIU Jun-min, WANG Xiao-ming, WANG Hai-jun,

TAN Heng-zhuan, LI Liang, TANG Wei

(CTBT Beijing National Data Centre & Radio-Nuclide Laboratory, Beijing 100085, China)

Abstract: Threshold Monitoring(TM) is a method of using real-time seismic data to evaluate the monitoring capability of Seismic network. After preprocessing seismic stations' data, short-term average (STA) instead of signal's amplitude is used for calculating events' magnitude, but it can product bias error. In this paper a method for calculating seismic station's parameters of TM system is researched, and magnitude's correction coefficents for parts of seismic stations in Xinjiang region are calculated, using the historical event records to choose the optimal frequency band for calculating the difference between $\log(A/T)$ and $\log(STA)$ in each stations. A correction table for these stations and evaluation of the monitoring capability including these magnitude's corrections are reasonable.

Key words: Threshold Monitoring(TM); Seismic network; Monitoring capability; Short term average(STA) magnitude; Correction of magnitude

0 引言

阈值监测技术是 Norsar 在 1989 年提出的一种利用地震实时监测数据动态反映台网监测能力变化的方法^[1],已应用到全面禁止核试验条约组织的国际数据中心(International Data Center,简称 IDC)数据处理系统中,建立了 IDC 的阈值监测(Threshold Monitoring,简称 TM)系统。TM 系统中用短时平均值(Short Term Average,简称 STA)值代替 A/T 估计震级。经过统计得知 STA 值与震相实际

振幅之差近似为一个常数,它们之间存在一个线性关系^[2],但由于台站的仪器响应不一定是速度平坦的,并且在计算中用到的滤波频带常常不同于计算震级时所用频带 0.8~4.5 Hz,所以要对该线性关系进行进一步校正,以期弥补上述原因所产生的偏差。2006 年我国禁核试国家数据中心参考 IDC TM 技术,建立了国家数据中心 TM 系统。目前国家数据中心 TM 系统部分台站数据来自 IDC,其震级校正参数可以拷贝 IDC TM 系统中的台站参数;

另一部分台站属于新增地震台站,不在 IDC 的台站列表中,其震级校正参数需要标定。本文作者曾利用最小二乘法对新疆部分台站计算震级所需参数进行了标定^[3],其局限性在于所得到的参数只适用于新疆区域地震震级的估算。本文在研究 TM 系统的新增台站参数配置方法的基础上,提出关于 TM 系统新增地震台站的震级校正参数的计算方法,得到的标定参数可适用于区域震及远震震级的估计,解决以前方法的局限性。

1 震级校正参数计算方法

对指定台站计算震级校正参数,首先在最近较长且运行稳定的一段时间记录数据中选取信噪比较高的事件及相关数据,其次计算平均噪声水平,然后选取合适的滤波频带,最后才能计算出震级校正参数。为了叙述方便和直观,本节以新疆巴里坤台站(代码为 BLK)为例,配置震级校正参数和对应的最佳滤波频带,所选事件范围为 2007 年一年的数据,选择信噪比大于 15 的事件,共有 217 个。

1.1 平均噪声水平计算

该过程主要是为了验证台站数据是否可用,主要分为三个步骤:第一,截取台站记录到事件的 P 波到时前的一段噪声数据;第二,对这些事件噪声数据进行窄带滤波;第三,计算噪声数据的 $\log(STA)$ 。图 1 给出了通过以上步骤计算的 BLK 台的平均噪声水平,其中黑色点组成的一条条竖线代表了 217 个事件的噪声数据在不同频带下计算的 $\log(STA)$ 值,黑色曲线代表了这些值的均值,上下两条黑色虚线分别限定了 $\pm 1\sigma$ 的区间。由该图可以看出 BLK 台地震事件背景噪声在各个窄带内没有出现突变,变化比较平滑,也就是说明我们选择的 217 个地震事件的数据是可用的。

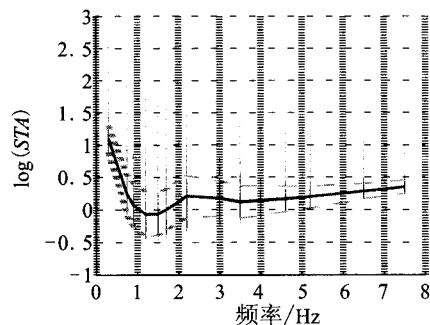


图 1 BLK 台平均噪声水平

Fig. 1 The average noise of BLK station.

1.2 滤波频带选取

对于不同的台站收集到的事件经窄带滤波后计算信噪比(SNR)。图 2 显示了 BLK 台对于不同震中距的事件在不同频率上的 SNR,可以看出所选的 BLK 台事件在震中距上还是比较完备的,在影区 97~120 度上没有事件。对于震中距小于 17 度的事件来说信噪比好的频带在 0.8 至 3 Hz,对于震中距在 17~97 度的事件来说为 0.8~2.0 Hz,而对于震中距大于 103 度的事件来说为 0.8~1.5 Hz。综合考虑,对于 BLK 台,在震中距 0~180 度上选择信噪比好的频带为 0.8~2.0 Hz。

1.3 震级校正参数计算

TM 系统中用 STA 值代替 A/T 估计震级,它们之间有近似线性关系: $A/T \approx \frac{\pi}{2} \cdot STA \cdot calib$, 其中 $calib$ 是台站仪器在参考频率下的常数^[4]。通过查找系统中相关台站仪器响应参数,可以获得新增地震台站的 $calib$ 值。由于台站的仪器响应不一定是速度平坦的,并且在计算中用到的滤波频带常常不同于计算震级时所用频带 0.8~4.5 Hz,所以要对该线性关系进行进一步校正,选择合适的滤波频带来计算 $\log(A/T) - \log(\pi/2) \cdot STA \cdot calib$,获得该滤波频带的震级校正正值。

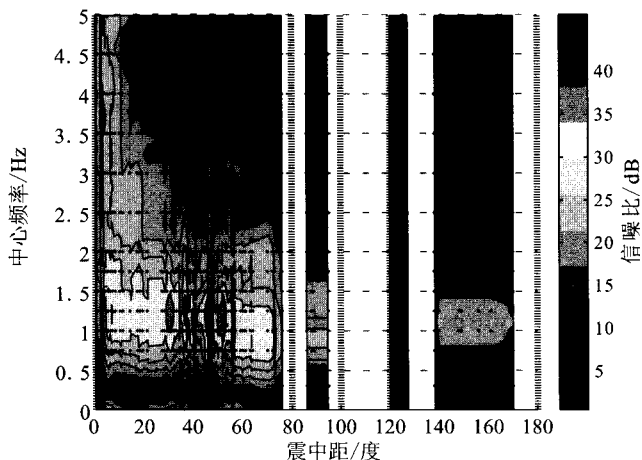


图 2 BLK 台不同震中距上的信噪比

Fig. 2 The signal and noise ratio in different epicentral distance of BLK station.

图 3 给出了在不同频带下的 BLK 台的震级校正正值。在 0.8~4.5 Hz 下,各个事件的震级校正平均值为 0.06,方差为 0.069;在 0.8~2.0 Hz 频带下,校正平均值为 0.11,方差为 0.097。虽然频带 0.8~4.5 Hz 的结果要比 0.8~2.0 Hz 的结果偏差要小,但由上节分析可以看出对于 BLK 台,信噪比好的频带是 0.8~2.0 Hz,因此选择该频带内的震级校正正值。

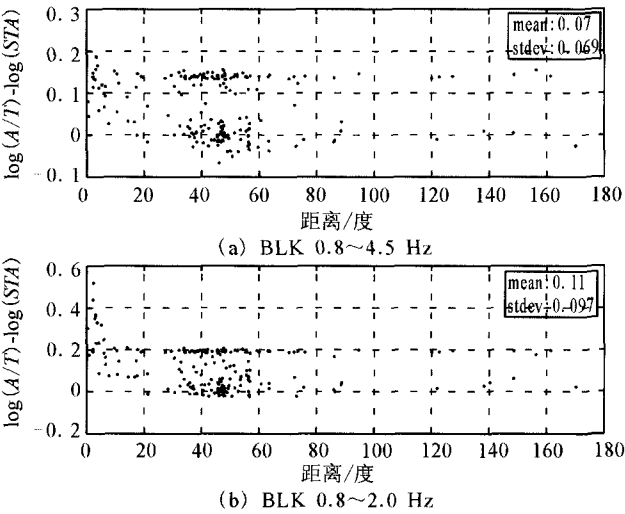


图 3 BLK 台不同频带下的震级校正值

Fig. 3 Magnitude correction factors in different filter bands at BLK station.

2 震级标定参数的应用

按照上述震级标定参数计算过程,分别给出了新疆部分地震台站的最佳滤波频带和对应的震级标定参数,如表 1 所示。

表 1 新疆部分地震台站的震级校正参数

台站	距离/度	传感器	频带/Hz	A/T 校正
BLK	0~180	BHZ	0.8~2.0	0.11
WMQ	0~180	BHZ	0.8~2.0	0.13
MUL	0~180	BHZ	0.8~3.0	0.06
WUS	0~180	BHZ	0.8~2.0	0.11
KSH	0~180	BHZ	0.8~3.0	0.16
KEL	0~180	BHZ	0.5~2.0	0.05
HTI	0~180	BHZ	0.8~2.0	0.11

为了验证上述台站的震级标定参数,本文采用 2006 年 6 月 6 日新疆一次地震和 2005 年 10 月 24 日发生在巴基斯坦的一次天然地震的数据资料来分析标定后的新疆台站组成的台网对两次事件的监测能力。表 2 给出了这两次事件的详细信息。

表 2 地震事件信息

时间	发震时刻 (GMT)	震级 /M	震中	
			纬度/°	经度/°
2006-06-06	20:04:45	2.7	42.39	88.93
2005-10-24	13:14:14	4.8	34.87	73.12

图 4 是利用上述震级校正参数针对 2006 年 6 月 6 日新疆事件和 2005 年 10 月 24 日巴基斯坦事件分别给出的台网一小时内对这两个定点区域的阈值曲线。图 4(a)250 s 左右震级阈值出现峰值,这是因为此时刚好是此次地震的时间,台网所测震级阈值曲线的峰值为 2.75 级,与此次事件的震级 2.7

级相一致;图 4(b)50 s 左右震级阈值出现峰值,该值为 4.75 级,与巴基斯坦地震发生的时间和震级相一致。

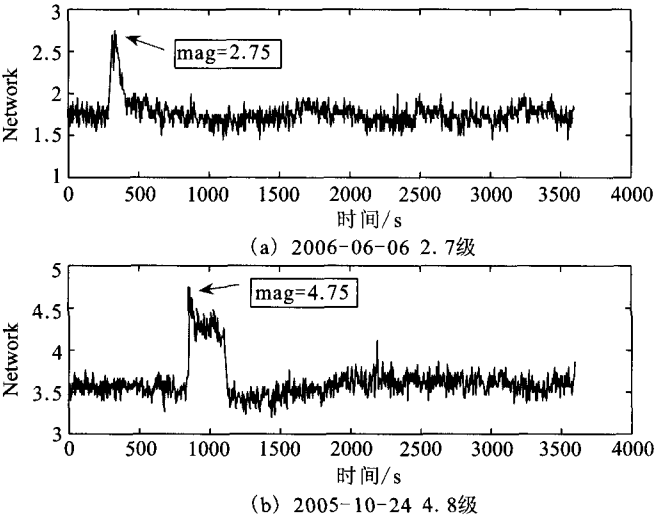


图 4 一小时内台网对两次不同事件的阈值曲线

Fig. 4 Threshold monitoring curves of the network in one hour for two events.

3 结论

TM 系统新增台站参数配置直接影响台网即时评估结果。通常情况下总是按一定规则先配置台站相关的客观参数,如台站位置参数、传感器类型、响应函数等。关键的震级校正参数,需要对最近较长时间的台站监测数据进行统计分析,对比大量已知震级的事件(如参考权威机构地震目录),以确定台站用于计算震级的优势频带以及震级校正值。本文的这种方

法为 NDC TM 系统新疆地区部分台站确定了震级校正参数表,实践证明该表的使用使得 NDC TM 系统给出的台网即时监测能力与实际情况一致。

【参考文献】

[1] Ringdal F, Kväerna T. Seismic Threshold Monitoring for Continuous Assessment of Global Detection Capability[J]. Bull. Seism. Soc. Am. 1999, 89(4):946-959.

[2] Tormod Kväerna. Advanced Regional Array Studies, Section 2. Optimized Threshold Monitoring of the Novaya Zemlya Test Site[R]. Norway: Norsar, 2001.

[3] 王燕,王海军,刘俊民. 地震阈值监测技术的研究与应用[J]. 西北地震学报, 2007, 29(4):1-3.

[4] Lyla Taylor, Tormod Kväerna, Frode Ringdal. Threshold Monitoring Operations Manual[R]. Norsar Contribution No. 639, 1998.