

云南测震台网“九五”、“十五”观测系统 测定汶川地震震级的比较分析^{*}

陈 慧, 李 勇, 李桂华

(云南省地震局, 昆明 650224)

摘要: 利用云南测震台网“九五”与“十五”测震观测系统记录的汶川地震序列及其它地震数据, 对用两系统测定的震级进行了分析比较。结果表明, 两系统测定的震级基本一致。

关键词: 汶川 8.0 级地震; 测震台网; 震级; 云南

中图分类号: P315.6 文献标志码: A 文章编号: 1000-0666(2008)增刊-0492-06

0 引言

目前, 云南省“十五”地震观测系统已正式投入运行。该系统较“九五”地震观测系统提高了观测动态范围, 丰富了记录的信息量; 台站数量的增加提高了台网的监控能力; 高速的网络平台建设提高了数据的传输速度, 扩大了数据的应用范围; 丰富的数据产出, 使我们有可能从地震记录中获取更多、更真实的来自地球内部介质和震源过程的信息, 从而进行更深入的地震科学研究, 为地震分析预报工作打下良好的基础。在“九五”系统运行期间, 云南地震台网测定的震级是准确可靠的。但是, 由于“十五”观测系统与“九五”观测系统存在着测量频带、动态范围及传输方式等差异, 在“十五”系统使用初期, 两套系统测定的震级是否一致是资料使用人员十分关注的问题, 也是系统可靠性是否达到设计要求的重大问题。本文中笔者利用云南测震台网“十五”系统和“九五”系统并行观测的地震资料, 采用同一场地不同观测系统记录的地震事件, 选取了汶川地震序列资料以及 2008 年 1~4 月同时记录到的 529 次地震事件, 使用同一地震定位程序对这些地震事件进行了对比研究, 试图从实际观测的角度来证明两观测系统所测定的震级的一致性。

1 云南测震台网概述

“九五”期间, 云南测震台网进行了数字化改造, 数字地震记录系统逐步取代了模拟记录系统。台网观测系统由 26 个子台和 1 个中心台组成, 数据传输为音频专线方式。台站数量较少, 台网布局疏密不均, 滇西局部地区实际监控能力可达到 1.5 级, 但云南大部分地区实际监测能力只能达到 2.5~3.0 级, 特别是云南昭通以北、中甸以北及云南南部边界地区, 监控能力明显不足 (图 1)。

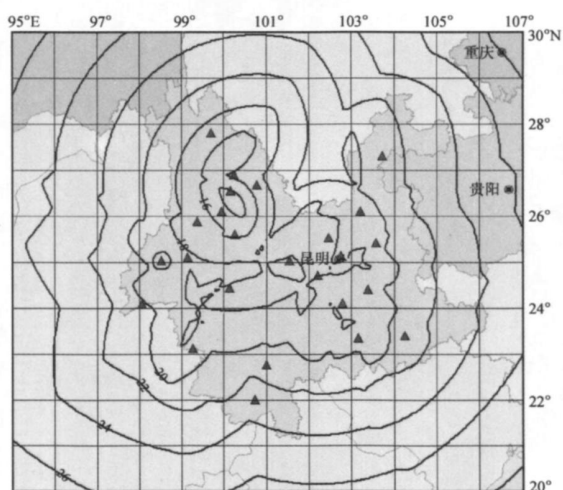


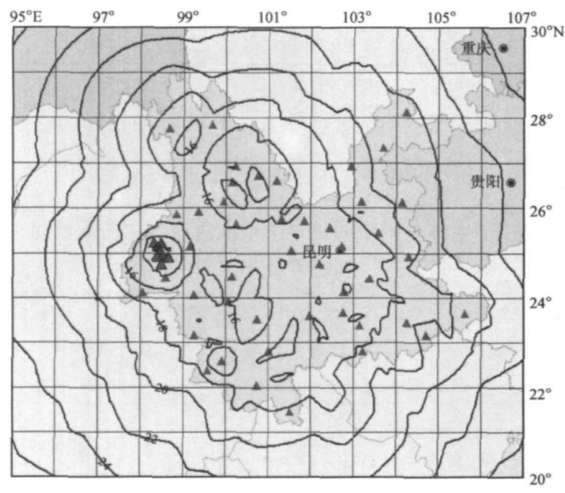
图 1 “九五”云南测震台网台站分布
及理论监测能力图

^{*} 收稿日期: 2008-07-15.

“九五”测震台网观测系统由 EDAS3 数据采集器 (含 GPS 接收系统)、FBS3 宽频带地震计 (频宽 20 s~40 Hz)、数字调制解调器和电源构成。整个台网数据字长为 16 位, 采样率为 50 Hz 系统动态范围大于 90 dB 台网各子台实际观测动态范围平均为 71 dB 左右, 可测量的最小地动信号为 2.37×10^{-7} m/s (叶建庆, 2002)。

“十五”期间, 云南测震台网在“九五”的基础上建立和完善了地震观测网络, 全面提升了台网的技术水平。台站数量达到 45 个, 弥补了一些地区监测点稀少的缺陷, 加强了云南测震台网的监控能力, 全省地震监控能力达到 2.0 级, 与“九五”相比有了明显提高。

“十五”测震台网台站观测系统由 EDAS24 IP 数据采集器、宽频带地震计 (频宽 60 s~50 Hz)、IP 协议转换器和电源构成。整个台网数据字长为 24 位, 采样率为 100 Hz 系统动态范围大于 140 dB 台网各子台在 1~20 Hz 频带内实际观测动态范围为 95 dB 左右, 可测量的最小地动信号为 10^{-8} m/s (图 2)。



多。考虑到可比性,我们在对同一个地震多台定位测定的震级(平均震级)进行比较时,不仅对平均震级进行比较,而且对同一台址的各台站测定的震级也一一对应地进行了比较。对所选取的地震资料重新进行分析和定位,同时在震相分析中,对同一地震还应保证两套系统各台站的震相到时及振幅位置完全相同,以避免读数精度等人为因素造成的误差。

(2) 定位方法

云南测震台网于 2000 年开始使用地震定位程序 KMSN-N 地震定位的精度和地震速报速度都有了很大的提高。近十年来的工作实践证明该定位程序的实用性和可靠性。本文对两观测系统记录的所有地震均采用 KMSN-N 定位(何家斌等, 2004)。

(3) 震级的测定

云南测震台网全部采用宽频带数字地震计,数字观测系统采用的是速度型记录,我们从计算机上读到的数字地震波形数据只是考虑了幅频特性的“速度值”。所以, M_L 、 M_S 是按港震公司(刘瑞丰等, 1996)给出的公式来计算:

$$M_L = \lg(T \cdot V_{\max}/2\pi) + R(\Delta) + S \tag{1}$$

$$M_S = \lg(V_{\max}/2\pi) + 1.66 \lg \Delta + 3.5 + S \tag{2}$$

式中 V_{\max} 为最大速度振幅(单位 μm), T 为相应周期(单位 s), $R(\Delta)$ 为量规函数, Δ 为震中距, S 为台站校正值。

关于地震震级的一致性,李桂华等(2003)根据中国地震局制定的《地震及前兆数字观测技术规范》(陈建民等, 2001)的要求,对云南台网数字地震仪系统的频域特性进行了分析和测试,做出了含有幅频特性和相频特性的传递函数,通过反褶积把数字地震仪记录的速度信号进行仿真,消除了系统(包括仪器、线路等)对记录的影响,得到真正的地动位移和地动速度记录。在实际操作中,求震级 M 时对周期 T 的测量存在人为误差,而通过仿真后我们可直接测量最大地动位移和最大地动速度。

因此公式(1)、(2)可修改为

$$M_L = \lg[(A_{ES} + A_{NS})/2]_{\max} + R(\Delta), \tag{3}$$

$$M_S = \lg[(A_{EV} + A_{NV})/2]_{\max} + \sigma(\Delta), \tag{4}$$

其中: $\sigma(\Delta) = 1.66 \lg \Delta + 3.5 (1^\circ \leq \Delta \leq 130^\circ)$, A_{ES} 、 A_{NS} 为两水平分向位移振幅的最大值, A_{EV} 、 A_{NV} 为两水平分向速度振幅的最大值, $R(\Delta)$ 、 $\sigma(\Delta)$ 分别为 M_L 、 M_S 的量规函数。

在实际工作中,云南台网震级测定采用公式(3)、(4)。

3 统计结果分析与比较

对中国台网中心《汶川地震序列速报目录》给出的 2008 年 5 月 12 日至 6 月 11 日 84 个汶川余震震级、云南台网两观测系统测定的震级以及对 2008 年 1 月 1 日至 4 月 30 日同一台址两观测系统同时测定的 445 个网内地震的震级进行比较和讨论。

(1) 中国台网中心测定汶川地震震级与云南台网两观测系统测定震级的比较

表 1 中国台网中心测定汶川地震震级与云南台网“十五”观测系统测定震级比较

震级差 ΔM	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	合计
地震个数	9	9	20	15	17	10	2	0	1	1	84
百分比(%)	10.7	10.7	23.8	17.9	20.2	11.9	2.4	0	1.2	1.2	

总体来看, $0.0 \leq \Delta M \leq 0.5$ 的地震个数占 90.5%; $|\Delta M| \leq 0.6$ 的地震个数占 4.8% (表 1 图 5)。

表 2 中国台网中心测定汶川地震震级与云南台网“九五”观测系统测定震级比较

震级差 ΔM	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	合计
地震个数	10	10	18	17	17	6	4	0	1	1	84
百分比(%)	11.9	11.9	21.4	20.2	20.2	7.1	4.8	0	1.2	1.2	

总体来看, $0.0 \leq \Delta M \leq 0.5$ 的地震个数占 88.1%; $|\Delta M| \leq 0.6$ 的地震个数占 7.1% (表 2 图 6)。

表 3 云南台网“十五”与“九五”观测系统测定震级比较

震级差	0.0	0.1	合计
地震个数	51	33	84
百分比(%)	60.7	39.3	

通过分析,该系列数据集标准偏差为 0.039。总体来看, $|\Delta M| \leq 0.1$ 的地震个数占 100% (表 3 图 7)。

(2) 同一台址两观测系统测定网内单台地震震级的比较

震级差 ΔM	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	合计
地震个数	153	198	43	15	3	412
百分比（%）	37.1	48.1	10.4	3.6	0.7	

总体来看， $|\Delta M| \leq 0.1$ 的地震个数占 85.2%； $|\Delta M| \leq 0.2$ 的占 95.6%； $|\Delta M| > 0.3$ 的占 4.4%。通过分析，该系列数据集标准偏差为 0.116。由统计图（图 8）可以看出，两观测系统同一台址单台测定的震级差形成一个以 0.0 为对称轴的正态分布。

(3) 同一台址两观测系统测定网内多台定位地震震级的比较

表 5 同一台址两观测系统多台定位测定 33 个地震平均震级比较统计表				
震级差 ΔM	0.0	0.1	0.2	合计
地震个数	23	9	1	33
百分比（%）	69.7	27.3	3.0	

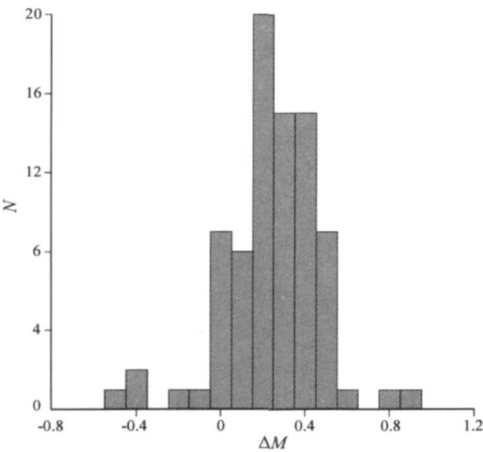


图 5 中国台网中心与云南台网“十五”系统测定震级比较统计图

总体来看， $|\Delta M| \leq 0.1$ 的地震个数占 97.0%。通过分析，该系列数据集标准偏差为 0.004。

(4) 同一台址两观测系统测定网内 33 个地震多台定位测定的 518 台次震级的比较

表 6 两观测系统多台定位测定 33 个地震 518 台次震级比较统计表						
震级差 ΔM	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	合计
地震个数	234	209	58	6	0	518
百分比（%）	45.2	42.3	11.2	1.1	0	

总体来看， $|\Delta M| = 0$ 的占 45.2%； $|\Delta M| \leq 0.1$ 的占 87.5%； $|\Delta M| \leq 0.2$ 的占 98.7%； $|\Delta M| > 0.3$ 的地震个数占 1.4%；通过分析，该系列数据集标准偏差为 0.01。由统计图 9 可以看出，两观测系统同一台址多台定位测定的震级差形成一个以 0.0 为对称轴的正态分布。

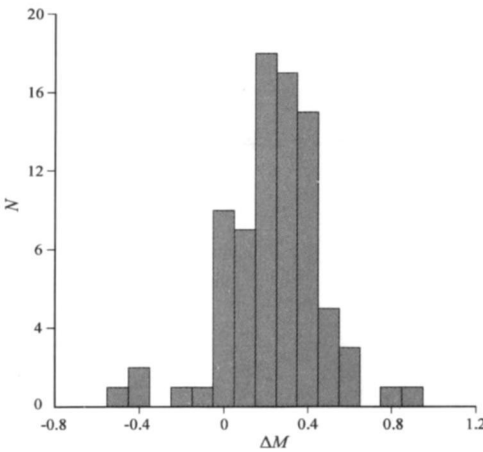


图 6 中国台网中心与云南台网“九五”系统测定震级比较统计图

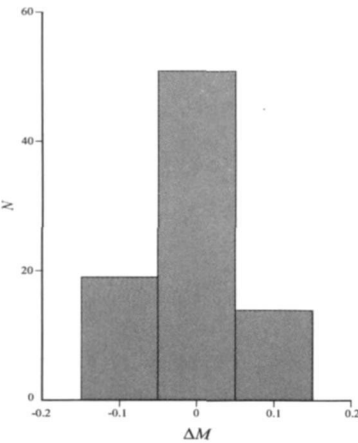


图 7 云南台网“十五”、“九五”两系统测定汶川地震震级比较统计图

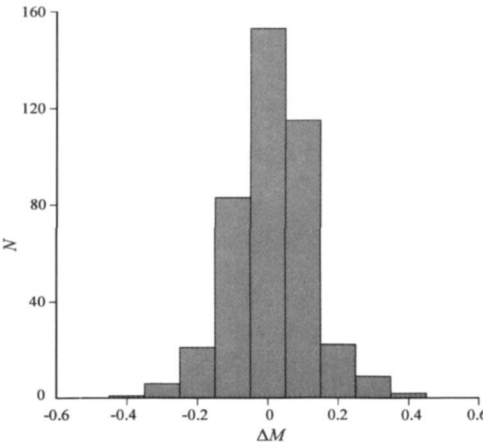


图 8 同一台址两观测系统对网内 412 次单台地震震级比较统计图

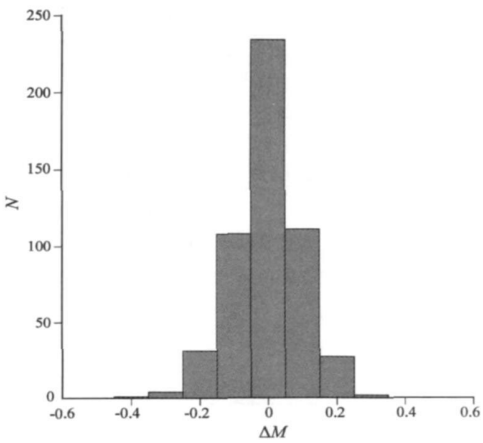


图 9 同一台址两观测系统测定网内 33 个地震多
台定位测定的 518 台次震级比较统计图

4 结论与讨论

- (1) 通过对中国地震台网中心《汶川地震序列速报目录》给出的震级与云南台网测定的汶川地震序列震级进行分析与对比可以看出, 云南台网测定的汶川地震的震级小于中国台网中心测定的震级, 对于网外的地震, 云南台网测定的震级平均偏小 0.3 级左右。震级差在 0.0~0.4 之间的占 79.8%; 震级差在 0.0~0.5 之间的占 90.5%; 震级差的绝对值大于 0.6 的占 4.8%。这种差异除人为因素造成的误差以外, 主要是参与计算的台站不同所致, 因为震级大小与场地响应和地震波传播路径以及地震波传播衰减规律有关。
- (2) 同一台址云南台网“九五”与“十五”观测系统测定的汶川地震序列 84 个地震的震级差为 0 的占总数的 60.7%; 震级差小于等于 0.1 的占 100%。
- (3) 同一台址“九五”与“十五”观测系统对网内 412 次单台测定的地震, 震级差为 0 的占总数的 37.1%; 震级差的绝对值等于 0.1 的占

- 48.1%; 震级差的绝对值等于 0.2 的占 10.4%。绝大部分震级差小于等于 0.2 占总数的 95.6%; 震级差大于 0.3 只占 4.4%。
- (4) 同一台址“九五”与“十五”观测系统对多台定位测定的网内 33 个地震平均震级的震级差为 0 的占总数的 69.7%; 震级差小于等于 0.1 的占 97%; 100% 的震级差小于等于 0.2。
- (5) 从“十五”云南测震台网台站分布及台网监测能力图 (图 2) 可以看出, “十五”观测系统台站数量增加, 使云南台网布局更趋合理, 加强了云南东北、西北以及南部边界地区的监控能力。
- (6) 通过对汶川地震序列、网内 412 次单台地震和同一台址多台定位测定的 33 个地震中的系列数据集进行比较, 标准偏差分别为 0.039、0.116 和 0.004, 说明云南台网两系统测定的震级差异较小, 波动范围不大, 测定的结果基本一致。

本文在成文过程中得到了颜其中研究员、叶建庆高级工程师的悉心指导与帮助, 在此表示诚挚的感谢。

参考文献:

何家斌, 高杰, 颜其中, 等. 2004. 昆明区域数字遥测台网技术系统的改进及完善 [J]. 地震地磁观测与研究, 25 (S): 64—70.

李桂华, 刘国华, 何家斌, 等. 2003. 昆明数字遥测台网近震震级的测定 [J]. 地震地磁观测与研究, 24 (5): 32—38.

刘瑞丰, 党京平, 陈培善, 等. 1996. 利用速度型数字地震仪记录测定面波震级 [J]. 地震地磁观测与研究, 17 (2): 17—21.

龙永红. 2004. 概率论与数理统计 [M]. 北京: 高等教育出版社: 127—148.

叶建庆. 2002. 数字地震资料研究震源参数 [G] // 黄雅, 张建国, 乔森. 2001 年云南施甸中强震群研究. 昆明: 云南科技出版社: 134—165.

中国地震局. 2001. 地震及前兆数字观测技术规范: 地震观测 [M]. 北京: 地震出版社: 11—12.

Comparative Study: Magnitudes of the Wenchuan Earthquake Sequence Determined by Yunnan Seismic Networks in the 9th and 10th 5-Year Plan Projects

CHEN Hui LI Yong LI Guihua

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Two seismic network systems built in the 9th and 10th 5-Year Plan projects respectively are running at the same time in Yunnan Province. We determine and compare the magnitudes of the Wenchuan earthquake sequence according to the data recorded by two systems. The magnitudes determined by the two systems are basically accordant.

Key words: Wenchuan Ms8.0 earthquake; seismic network; magnitude; Yunnan