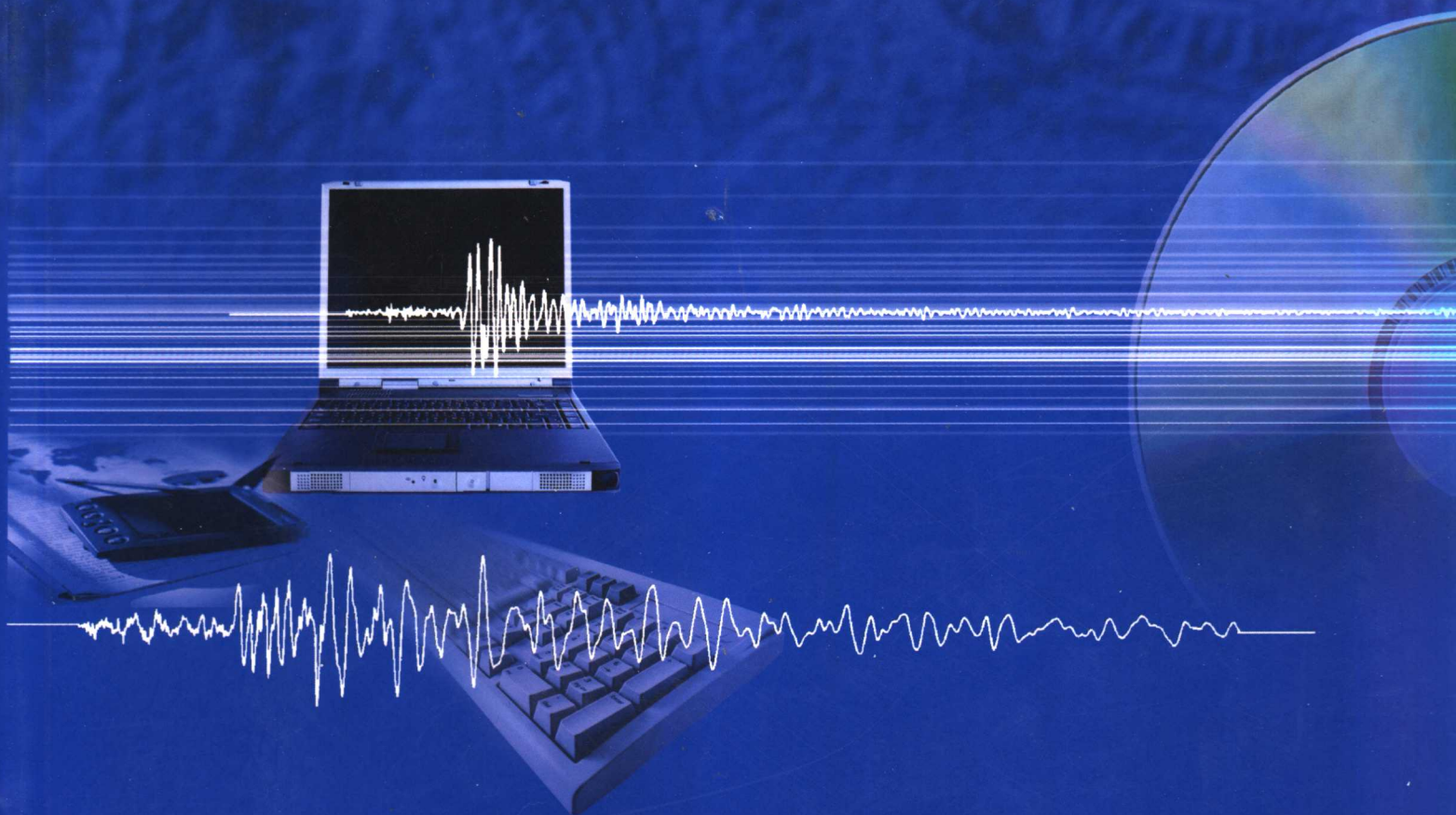


云南姚安·永胜地震近源数字地震 观测与现代新参数报告

秦嘉政 叶建庆 蔡绍平 刘学军 编



地震出版社

云南省科技厅“十五”科技攻关项目《云南强震中短期预测技术研究》(2001NG46)资助

云南姚安·永胜地震近源数字地震 观测与现代新参数报告

秦嘉政 叶建庆 蔡绍平 刘学军 编

地震出版社

图书在版编目(CIP)数据

云南姚安·永胜地震近源数字地震观测与现代新参数报告/秦嘉政等编. —北京:地震出版社, 2003.11

ISBN 7-5028-2359-X

I. 云... II. 秦... III. ①地震台网—地震观测—震源参数—地震报告—姚安县②地震台网—地震观测—震源参数—地震报告—永胜县 IV. P315.732.744

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 099419 号

云南姚安·永胜地震近源数字地震观测与现代新参数报告

秦嘉正、叶建庆、蔡绍平、刘学军 编

责任编辑:姚家榴

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 88421706

门市部: 68467991

传真: 68467972

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

印刷: 北京地大彩印厂

版(印)次: 2003 年 11 月第一版 2003 年 11 月第一次印刷

开本: 880×1230 1/16

字数: 502 千字

印张: 16.5

印数: 001~300

书号: ISBN 7-5028-2359-X/P·1179 (2958)

定价: 60.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

序 言

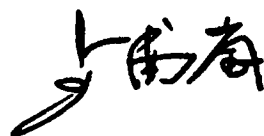
地震学的研究始于 100 多年前。历史上对“地震”这一灾害事件的记载,从某种意义上说,仅仅是对地震的时间、地点和灾情等几方面粗略的定性描述。至 20 世纪初,地震观测发展到能测定出发震时间、震中位置和震级,由此提供了完整的地震“三要素”。地震目录的形成使得地震学的研究有了十分重要的进展,人们对地震的认识有了很大提高,尤其是现代地震学理论、数字地震观测仪器、计算机技术以及其他先进技术的发展,使得地震学成为了一种定量的物理学。近年来,地震学研究领域已取得许多激动人心的进展,如地震震源理论、地震工程应用、地震机制的确定和地球内部结构的反演技术、合成地震图理论、空间对地观测技术、大地形变测量和地震机理与预测研究等。地震学科的多层次发展不仅对探索地球和行星内部奥秘起着十分重要的作用,同时对全球地震灾害预防也起着重要作用。不断完善和更加详细的地震目录,在地震学研究发展过程中起到了显著的推动作用。例如,地震目录和震源深度参数研究在“新的全球构造板块学说”的发展过程中起了关键作用;震源机制研究结果表明,岩石层板块大规模地向着岛弧下部俯冲;用地震目录研究震级-频度关系和余震序列衰减特征;利用强震目录研究地震活动重复周期等等。因此,我们可以毫不夸张地说,地震目录内容的更新,从某种意义上讲,反映了地震学领域研究的科技新进展。

随着现代宽带数字地震观测技术和数字地震学研究的进展,增加了许多地震新参数,这些参数与传统的地震“三要素”相比有着更为深刻的科学内涵。最有影响的参数是上世纪 80 年代初美国哈佛大学定期公布的全球 6.0 级左右中强地震和 7.0 级以上大地震的矩心张量解(CMT),给出每次事件的地震矩 M_0 、矩震级 M_w 以及相应的震源机制解结果,CMT 目录的持续公布为研究统一震级标度、全球地震活动性和非双力偶地震震源等多方面的科学问题提供了新的重要基础资料。近几年来,日本东京大学地震研究所将地震矩张量解参数作为地震目录一个新的补充,进行地震科技情报交流,使得现代地震目录参数向细化方向发展。由此我们认为现代地震新参数的研究发展,将对数字地震学研

究和地震预测科学水平的进一步提高起到重要的作用。

本报告汇编了云南 2000 年姚安 6.5 级地震序列和 2001 年永胜 6.0 级地震序列的近场数字地震观测台网的地震观测报告 and 现代地震新参数 (如地震矩 M_0 、矩震级 M_w 、应力降 $\Delta \sigma$ 、震源破裂半径 r 、震源拐角频率 f_0) 目录以及相应的地震波形资料, 是对现代地震新参数目录作的尝试性的研究, 可作为科技人员开展相关研究的基础资料。目前, 如何定义“现代地震新参数目录”仍有许多问题要讨论, 并且有关震源参数的计算受到使用震源模型的限制, 解决这样的问题有待于今后对地震理论、震源机理、地球介质特征以及地震波传播等科学问题的深入研究和了解。数字地震观测与数字地震学研究是当今国际地震研究领域的重要发展方向, “十五”期间国家数字地震观测网络和区域数字地震观测网络的建设, 将极大地提升我国的地震观测质量, 广泛地使用数字观测资料以及深入地开展地震机理与预测研究。本报告在国内开展地震新参数研究和建立地震新参数目录方面迈出了第一步, 相信对未来的相关研究工作能够起到积极的促进作用。

本项目的研究工作及出版经费得到云南省“十五”科技攻关课题《云南强震中短期预测技术研究》(2001NG46) 的资助。



2003 年 8 月

Preliminary Remarks

The research of seismology started from one hundred years ago. From a certain point of view, historical earthquakes are only roughly described by the original time, location and their disaster situation. Up to early 20th Century, the observation of earthquake was available to measure the accurate original time, location of epicenter, and the magnitude, which provide the entire “three elements of earthquake”. The catalogue of earthquakes took a very important role in the development of seismology study. The knowledge on earthquake was widely enhanced. Particularly, the development of advanced technology on theory of modern seismology, digital seismometer, computer technology and so on has turned the seismology into a quantitative physics. Many desirable achievements have been made in the fields of seismology in recent years, for example, the theory of earthquake focal, application of seismic engineering, determination of focal mechanism, conversion of internal structure, theory of synthetic seismogram, space-to-ground observation, ground deformation, earthquake mechanism and prediction research. The multiple developments of earth science play a very important role not only in searching the secrets of internal earth and stars, but also in prevention of earthquake disasters. The improved and detailed earthquake catalogue impulse the developments of seismology study. For instance, the study on earthquake catalogue and parameter of focal depth play a key role in the development process of “plate tectonic theory”; the research results of focal mechanism indicate that the lithospheric plates down thrust the island arc in a large scale; to study relation between magnitude and frequency, and the decay characteristics of after shock sequence by using earthquake catalogues; to study the re-period time of seismicity by using the strong earthquake catalogues and so on. Therefore, we can say that in a certain point of view, the renewal of earthquake catalogue reflects the evolvements of earthquake study.

With the developments of modern technology of digital broadband seismometry and digital seismology, some new parameters have been used, which consist of more scientific meaning compared with the traditional “three elements”. The most impacting parameter is the Central Moment Tensor (CMT), which was issued by Harvard University of United States in early 1980', consisting the earthquakes with magnitudes greater than 6. It describes the seismic motion M_0 , magnitude of moment M_w and focal mechanism solution of each event. The publication of CMT catalogue offers the significant essential data to study the problems of standard magnitude, the global seismicity, and de-double –couple source. In recent years, the Earthquake Institute of Tokyo University takes the parameter of seismic moment tensor as a new supplement for seismic data exchanges. It makes the parameter of modern seismic catalogue become more classified. As a result, we are confident that the research on modern seismic parameter will impulse the study of seismology and enhance the scientific level of

earthquake prediction.

The authors compile the reports on observation of Near Source Digital Seismic Network upon Yao'an seismic sequence ($M6.5$) occurred in 2000 and Yongsheng seismic sequence ($M6.0$) occurred in 2001 in Yunnan Province, the catalogue of modern new parameters (such as seismic motion M_0 , moment magnitude M_w , stress drop $\Delta\sigma$, radius of focal rupture r , focal corner frequency f_0) and the relevant data of seismic wave. It is a test study on the catalogue of modern seismic parameters that can be used as basis data for the consequent study. At present, there still exists many problems on how to define the "catalogue of modern new seismic parameters", and some focal model limits the calculation of focal parameter. Some deeper study and further understanding on seismic theory, focal mechanism, features of earth medium and propagation of seismic wave will help solving the problems. Digital seismic observation and digital seismology study become very important aspects in the recent seismic study all over the world. The National Digital Seismic Network and the Regional Digital Seismic Network completed during the "Tenth Five Year Plan" will greatly increase the quality of seismic observation. The digital observational data will be widely used in the research of seismic mechanism and earthquake prediction. The report has started the first step on the study of new seismic parameter and on the compilation of its catalogue, which will truly encourage the relevant research in the future.

The key "Research on Techniques of Mid- and short-term Strong Earthquake Prediction in Yunnan Province" (2001NG46) conducted during the "Tenth Five Year Plan" sponsored the research and publication of the project.

Huangfu Gang
Director of Seismic Bureau of Yunnan

August, 2003

目 录

说明.....	(1)
姚安地震近源数字地震台网记录的震源参数.....	(13)
永胜地震近源数字地震台网记录的余震震源参数.....	(23)
2000 年云南姚安地震近源台网观测报告.....	(27)
2001 年云南永胜地震近源台网观测报告	(200)
姚安地震近源台网地震图选	(234)
永胜地震近源台网地震图选	(248)

Contents

Illustration.....	(1)
Focal Parameters of Yao'an Earthquake Recorded by the Near Source Digital Seismic Network.....	(13)
Focal Parameters of Aftershocks of Yao'an Earthquake Recorded by the Near Source Digital Seismic Network.....	(23)
Observation Report of 2000 Yao'an Earthquake Occurred in Yunnan and Recorded by the Near Source Digital Seismic Network	(27)
Observation Report of 2001 Yongshen Earthquake Occurred in Yunnan and Recorded by the Near Source Digital Seismic Network.....	(200)
Part of Yao'an Seismogram Recoded by the Near Source Seismic Network.....	(234)
Part of Yongsheng Seismogram Recoded by the Near Source Seismic Network.....	(248)

说 明

2000 年 1 月 15 日清晨姚安 5.9 级和 6.5 级两次中强地震发生^[1]后, 为了取得近震源数字化地震波资料, 为了实时监测地震序列的时空变化, 在姚安地震现场布设了 6 台套流动数字化地震仪, 形成一个近震源监测台网。自 2000 年 1 月 15 日 16 时 36 分至 2 月 1 日 07 时 26 分止共记录余震 2829 次, 其震中位置如图 1 和图 2 所示 (地震参数由云南地震台网测定)。

姚安地震现场台网围绕地震震中分布了六个地震记录台, 各台站的位置如图 1 所示, 其高程和台基岩性如表 1 所示。

表 1 姚安地震现场台网基本情况

台站 代码	台站名称	高 程/m	岩 性	运 行 时 间
1	姚安宾馆	1900	沉积层	2000.1.15~2.01
2	官屯	1920	沉积层	2000.1.15~1.31
3	大河口	1840	沉积层	2000.1.15~1.31
4	茺拉	2000	砂岩	2000.1.16~1.31
5	马游	1840	沉积层	2000.1.16~1.31
6	巴拉蚌	2000	沉积层	2000.1.16~1.31

2001 年 10 月 27 日 13 时 35 分云南永胜 6.0 级大地震^[2]发生后, 为了取得近震源数字化地震波资料, 为了实时监测地震序列的时空变化, 在永胜地震现场布设了 6 台套流动数字化地震仪, 形成一个近震源监测台网。自 2001 年 10 月 28 日 22 时 15 分至 11 月 28 日 13 时 13 分止共记录余震 653 次, 其震中位置如图 3 和图 4 所示 (地震参数由云南地震台网测定)。

永胜地震现场台网围绕地震震中分布了六个地震记录台, 各台站的位置如图 3 所示, 其高程和台基岩性如表 2 所示。

表 2 永胜地震现场台网基本情况

台站 代码	台站名称	高 程/m	岩 性	运 行 时 间
1	期纳	1900	沉积层	2001.10.28~11.28
2	半屏	1920	沉积层	2001.10.29~11.27
3	黄泥田	1840	沉积层	2001.10.29~11.27
4	三道河	2000	沉积层	2001.10.29~11.27
5	涛源糖厂	1840	沉积层	2001.10.29~11.26
6	龙门村	2000	沉积层	2001.10.30~11.26

台网观测系统（表 3，表 4）由三部分构成，其中：拾震器为 JC-V100-3D 型短周期三分量速度计，记录器为 EDAS-3M 型数字地震记录仪。数据记录字长 16 位，采样率 100Hz。时间服务由 GPS 系统提供。各台站的观测到时、振幅和周期由北京港震机电技术有限公司 ISEAS 软件用震相人工识别确定。震源位置用 HYPO71 定位程序确定，姚安地震定位速度结构模型采用楚雄（西）速度模型参数^[3]，其参数如表 5 所示。永胜地震定位速度结构模型采用祥云（东）速度模型参数^[3]，其参数如表 6 所示。

表 3 姚安地震近源数字地震台网地震仪参数表

台站代码	台 名	拾震器 出厂号	响应灵敏度 Count/ (μ m/s)			
			放大倍数	垂直向	东西向	南北向
1	姚安县宾馆	317	1	2.168	2.504	2.272
			4	8.67	10.02	9.09
			16	34.68	40.07	36.36
			64	138.72	160.26	145.43
2	官 屯	336	1	2.361	2.399	2.422
			4	9.44	9.6	9.69
			16	37.77	38.38	38.75
			64	151.09	153.53	154.98
3	大河口	312	1	2.373	2.262	2.361
			4	9.49	9.05	9.45
			16	37.96	36.19	37.78
			64	151.85	144.78	151.12
4	苴拉	302	1	2.233	2.186	1.971
			4	8.93	8.75	7.89
			16	35.73	34.98	31.54
			64	142.91	139.93	126.17
5	马 游	116	1	2.527	2.144	2.032
			4	10.11	8.58	8.13
			16	40.43	34.3	32.52
			64	161.71	137.21	130.06
6	巴拉蚌	230	1	1.926	1.971	2.085
			4	7.7	7.88	8.34
			16	30.81	31.53	33.36
			64	123.24	126.11	133.44

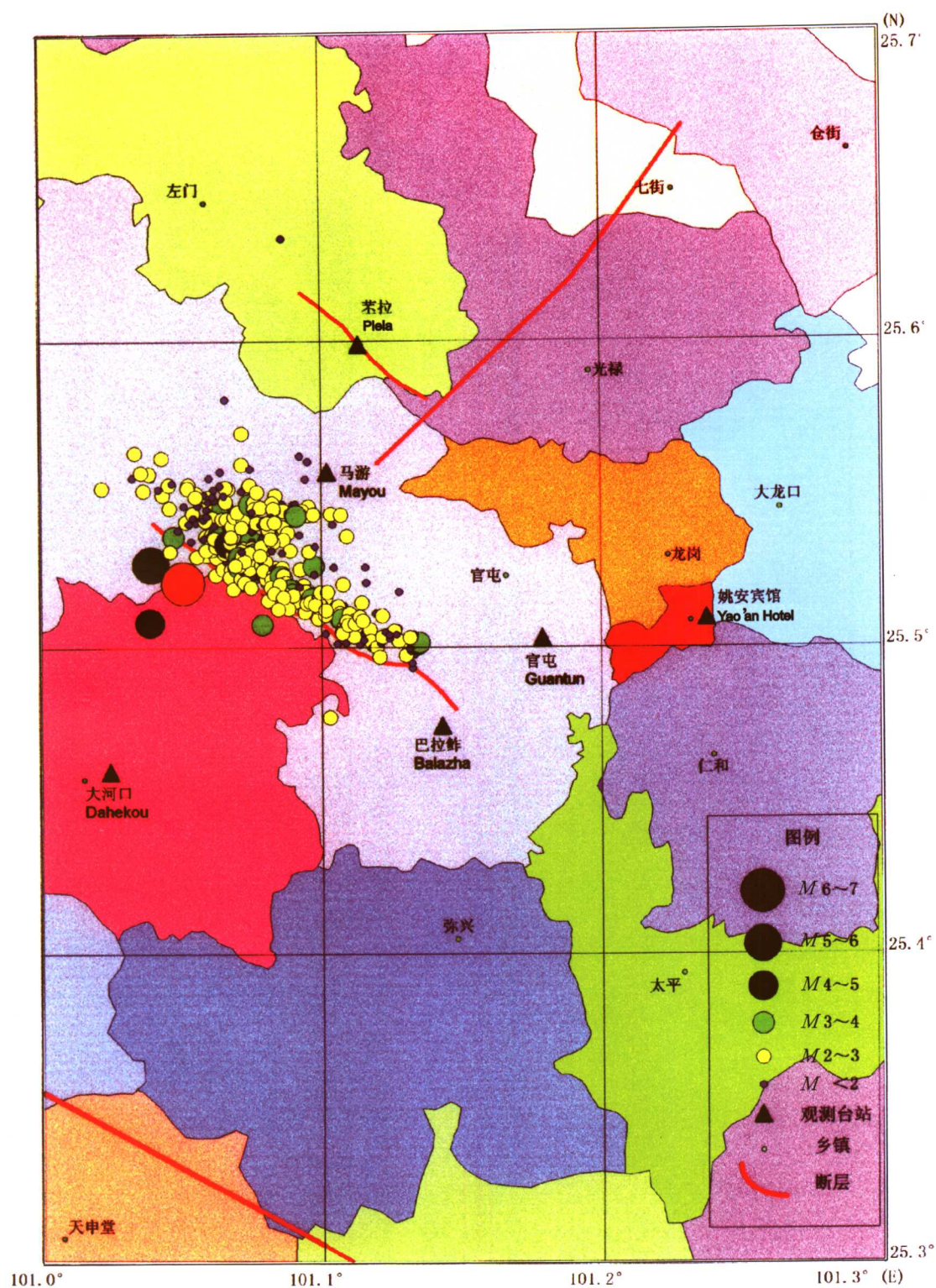


图1 姚安地震现场台网与记录余震定位事件分布及前震主震位置

Figure 1. On-site seismic network in Yao'an, distribution of located aftershocks, the locations of pre-shocks and the main shock

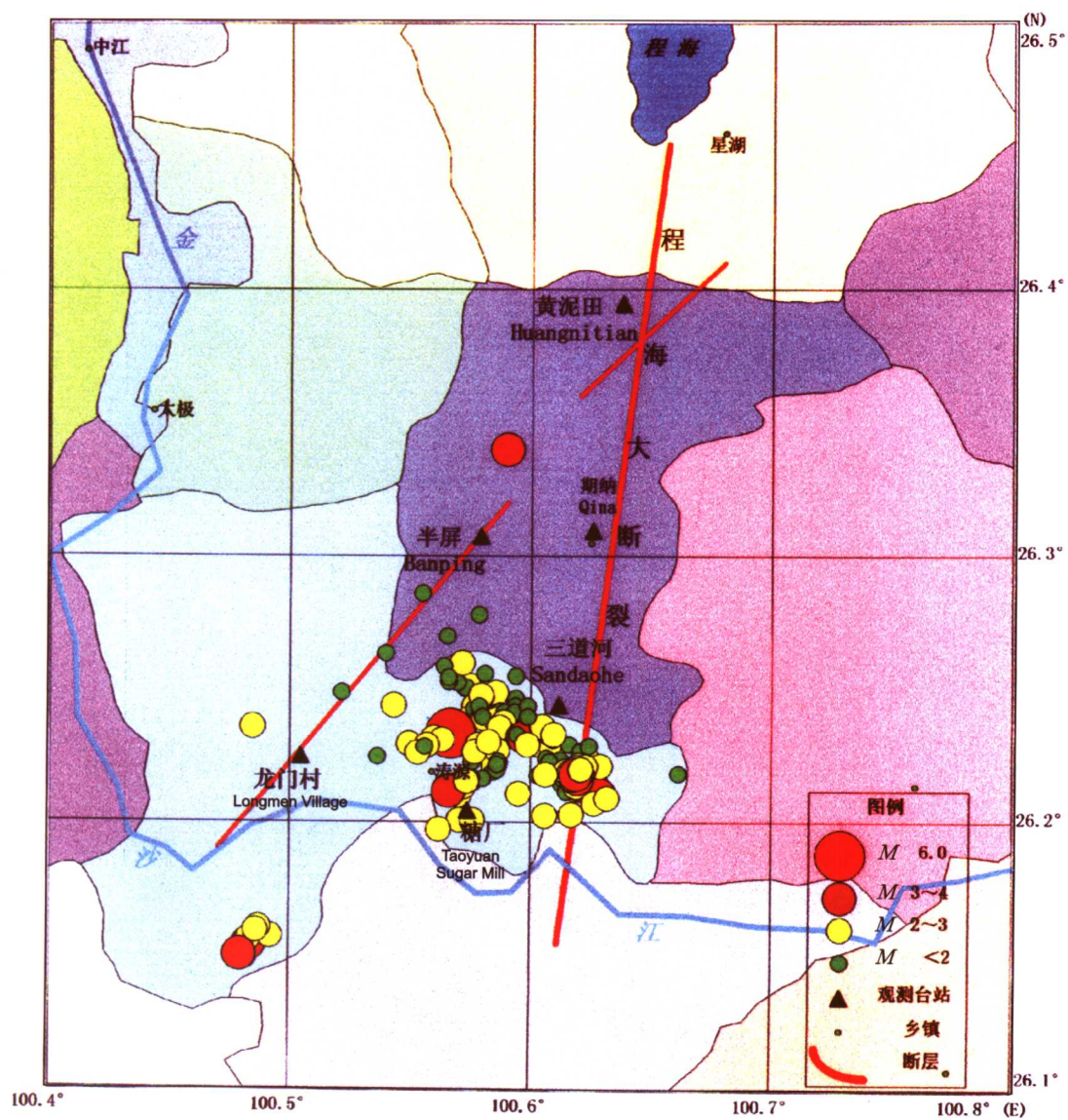


图3 永胜地震现场台网与记录余震定位事件分布及主震位置

Figure 3. On-site seismic network in Yongsheng; distribution of located aftershocks; the locations of the main shock

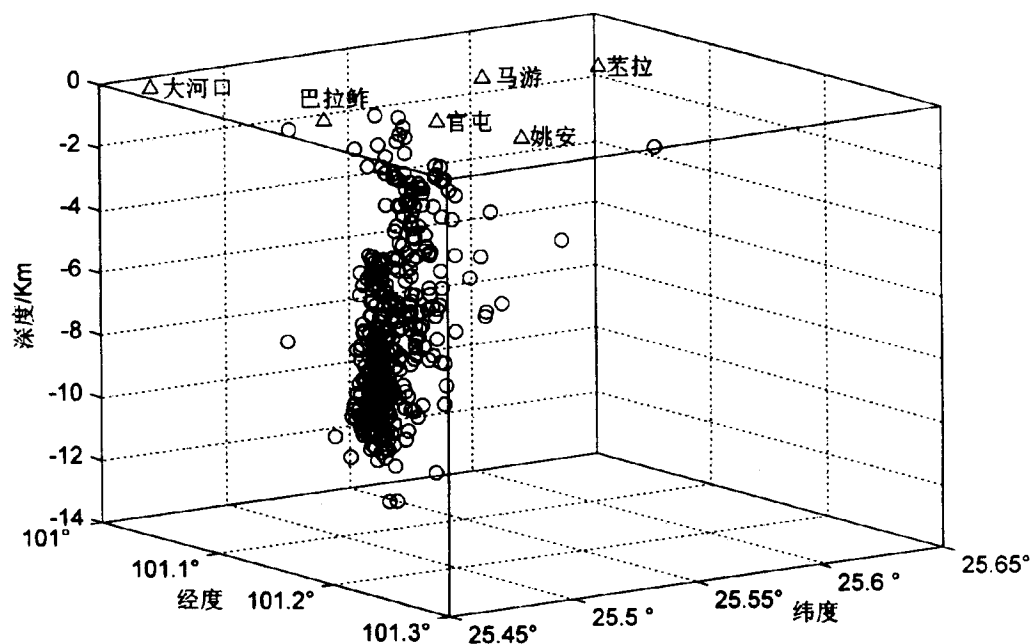


图2 姚安余震分布三维透视图
视角的方位角为305°，俯视15°

Figure 2. Distribution of 3D perspective drawing of Yao'an after shocks;
the azimuth angle of visual angle is 305°, top view is 15°

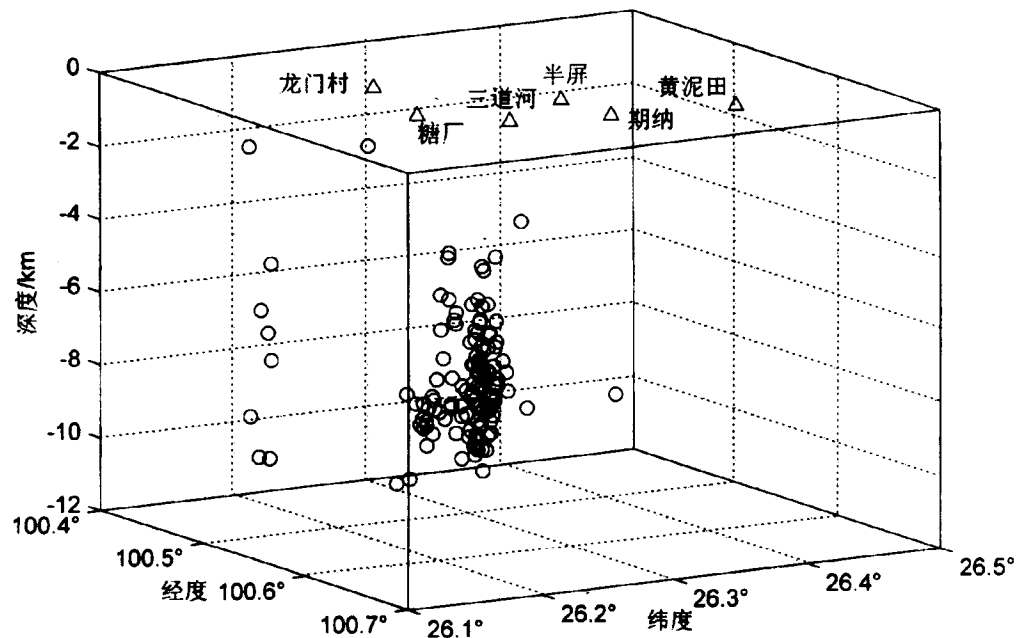


图4 永胜余震震源分布三维透视图
视角的方位角为300°，俯视15°

Figure 4. Focal distribution of 3D perspective drawing of Yongsheng after shocks;
the azimuth angle of visual angle is 300°, top view is 15°

表 4 永胜地震近源数字地震台网地震仪参数表

台站 代码	台 名	仪器号		工作时间及前置放大	响应灵敏度 Count/ (μ m/s)			
		记录仪	拾震器		放大倍数	垂直向	东西向	南北向
1	期纳	6065N	302N	2001 年 10 月 28 日 22 时至 11 月 28 日 前置放大 4 倍	1	2.233	2.186	1.971
					4	8.93	8.75	7.89
					16	35.73	34.98	31.54
					64	142.91	139.93	126.17
2	半屏	6066N	353N	2001 年 10 月 29 日 10 时至 11 月 1 日 09 时 25 分 前置放大 1 倍, 以后为 4 倍	1	2.259	1.856	1.634
					4	9.03	7.42	6.54
					16	36.14	29.69	26.15
					64	144.55	111.76	104.59
3	黄泥田	6001	116(L)	2001 年 10 月 29 日 10 时至 11 月 28 日 前置放大 4 倍	1	2.527	2.144	2.032
					4	10.11	8.58	8.13
					16	40.43	34.3	32.52
					64	161.71	137.21	130.06
4	三道河	6133N	336N	2001 年 10 月 29 日 10 时至 11 月 28 日 前置放大 4 倍	1	2.361	2.399	2.422
					4	9.44	9.6	9.69
					16	37.77	38.38	38.75
					64	151.09	153.53	154.98
5	涛源糖厂	6082N	317N	2001 年 10 月 29 日 11 时至 11 月 28 日 前置放大 4 倍	1	2.168	2.504	2.272
					4	8.67	10.02	9.09
					16	34.68	40.07	36.36
					64	138.72	160.26	145.43
6	龙门村	7020N	312N	2001 年 10 月 29 日 13 时至 11 月 28 日 前置放大 4 倍	1	2.373	2.262	2.361
					4	9.49	9.05	9.45
					16	37.96	36.19	37.78
					64	151.85	144.78	151.12

表 5 姚安地震定位速度模型参数

P 波波速/(km/s)	4.30	5.79	6.31	6.31	6.87	7.70	8.30
地层上界与地面距离/km	0.00	1.50	20.00	26.00	32.47	40.97	53.47

本目录中地震震级为里氏震级, 按地面运动的最大位移确定。采用以下公式确定震级,

$$M_L = \lg(A) + 0.43 + 1.49 \lg \Delta$$

式中 A 是经仪器校正的最大地动位移振幅, 单位为 μm , Δ 是震中距, 单位为 km 。

本报告分为三部分。第一部分是姚安 404 次定位地震和永胜 138 次定位地震的震源参数。震源参数采用布龙的圆位错模式计算, 对 S 波取值从 S 波起始至 S 波衰减, 数据窗长约 3~6s, 地震矩和拐角频率计算值均取两水平分量的平均结果, 各震源参数均为多台的平均计算结果。第二部分是姚安台网记录的 2829 次地震和永胜台网记录的 653 次地震的波

表 6 永胜地震定位速度模型参数

P 波波速/ (km/s)	地层上界与地面距离/km
4.30	0.00
5.92	3.23
5.92	18.70
6.54	28.00
7.75	41.90
8.30	50.60

形震相参数, 台站以代码给出。初动为 P 波方向, “+”表示向上, “-”表示向下。峰值速度是经仪器校正的最大地动速度振幅, 周期为相应的全周期。震级分别给出单台和多台平均震级。文件名前加一位台站代码便可检索地震的原始波形数据。第三部分为数字地震波形的原始数据, 收录了姚安和永胜地震近源台网记录的全部余震波形数据, 以光盘形式给出。地震的原始记录波形数据可由北京港震机电技术有限公司编制的 EDSP-IAS 软件回放地震波形。

本报告震中位置与台站分布等由 MapInfo 绘制。

编纂地震现场台网的地震新参数报告对我们来说是一项全新的工作, 由于缺乏经验, 错误和缺陷在所难免, 希望使用本报告的专家学者提出宝贵的意见。

参 考 文 献

- [1] 毛玉平、万登堡主编, 2001, 2000 年云南姚安 6.5 级地震, 昆明: 云南科技出版社。
- [2] 叶建庆、秦嘉政、蔡绍平等, 2002, 永胜地震观测与研究, 地震研究, 25 (B): 64~73。
- [3] 胡鸿翔、陆涵行、王椿镛等, 1986, 滇西地区地壳结构的爆破地震研究, 地球物理学报, 29 (2), 133~143。

Illustration

After the two moderate strong earthquakes with magnitudes $M5.9$ and 6.5 occurred in Yao'an in the morning of Jan. 15, 2000^[1], a set of 6 mobile digital seismographs was installed around the main earthquake as a near source observation network, which could obtain the digital data of seismic wave near the source and monitor the spatial and temporal variation of seismic sequence in real time. There were 2829 aftershocks recorded from 16:36 Jan. 15 to 07:26 Feb. 2, 2000. The location of the epicenter is shown in Figure 1 and 2, and the seismic parameters were detected by seismic network of Yunnan.

A network of 6 digital seismographs was set up around the epicenter of Yao'an earthquake. The location of the stations is shown in Figure 1, and their heights and lithology are shown in Table 1.

Table 1. Basic situation of on-site seismic network in Yao'an

tation Code	Name of Station	Height/m	Lithology	Period of Operation
1	Yao'an Hotel	1900	Sedimentary layer	2000.1.15~2.01
2	Guantun	1920	Sedimentary layer	2000.1.15~1.31
3	Dahekou	1840	Sedimentary layer	2000.1.15~1.31
4	Piela	2000	Sandstone	2000.1.16~1.31
5	Mayou	1840	Sedimentary layer	2000.1.16~1.31
6	Balazha	2000	Sedimentary layer	2000.1.16~1.31

After the strong earthquake with magnitude 6.0 occurred in Yongsheng at 13:35, Oct. 27, 2001^[2], a set of 6 digital mobile seismographs was installed around the main earthquake as a near source observation network, which could obtain the digital data of seismic wave near the source and monitor the spatial and temporal variation of seismic sequence in real time. There were 653 aftershocks recorded from 22:15 Oct. 28 till 13:13 Nov. 28, 2001. The location of the epicenter is shown in Figure 3 and 4, and the seismic parameters were detected by seismic network of Yunnan.

A network of 6 digital seismographs was set up around the epicenter of Yongsheng earthquake. The location of the stations is shown in Figure 3, and their heights and lithology are shown in Table 2.

The observation system consists of three parts shown in Table 3 and 4. The seismometer is a three component velocimeter with short period (Model JC-V100-3D); the word length and sampling rate of the recoder are 16 bit and 100Hz respectively (Model EDAS-3M); the time