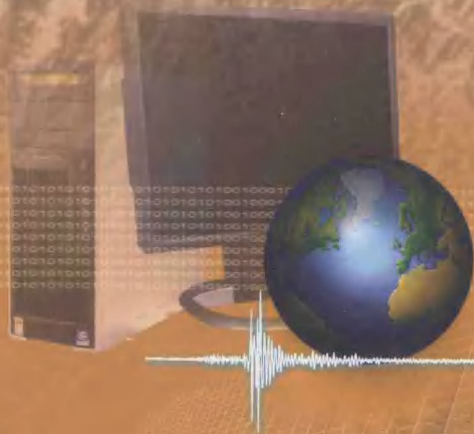


云南大姚地震近源数字地震 观测与现代新参数报告

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

云南大姚地震近源数字地震 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

云南大姚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, 2005.7
ISBN 7-5028-2694-7

I. 云... II. 秦... III. 地震台网—地震观测—震
源参数—地震报告—大姚县 IV. P315.732.744

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 067411 号

地震版 XT200500027

云南大姚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: 姚家楷

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: 68467991

总编室: 68462709 68423029

传真: 68467972

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

印刷: 北京地大彩印厂

版(印)次: 2005年7月第一版 2005年7月第一次印刷

开本: 880×1230 1/16

字数: 912千字 插页: 1

印张: 28.5

印数: 001~250

书号: ISBN 7-5028-2694-7/P·1246 (3325)

定价: 90.00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

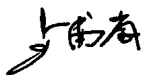
自从地球行星诞生以来,在数十亿年的地球演化过程中,全球大大小小的地震活动始终就没有停止过,尤其是一些巨大地震的发生,对全球的构造活动起到了重要作用。地震学的研究始于 100 多年前。历史上人类对“地震”这一灾害事件的记载,从某种意义上说,仅是对地震的大致时间、地点和灾情等作出粗略的定性描述。至 20 世纪初地震观测发展到能测定出发震时间、震中位置和震级,由此提供完整的地震“三要素”。地震目录的形成,使得近代地震学的研究有了重要的进展,人们对地震的认识有了很大提高,尤其是现代地震学理论、数字地震观测仪器、计算机技术以及其它先进技术的发展,使得地震学发展成为一种定量的物理学。近年来,地震学研究领域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、大地形变测量以及地震机理与预测研究等。地震学科的多层次发展不仅在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,地震位置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;震源机制的研究结果表明,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,可以毫不夸张地说,地震目录内容的更新,从某种意义上讲,反映了地震学研究的新进展。

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,增加了许多现代地震新参数,这些新参数与传统的地震“三要素”相比有着更为深刻的科学内涵。最有影响的参数是 20 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,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。

本报告编汇了云南 2003 年大姚 6.2、6.1 级地震序列的近场数字观测台网的地震观测报告和现代地震新参数（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。



2005 年 1 月

Preliminary Remarks

Since the planet of Earth came into being, seismic activities with magnitudes great or small have never stopped during its evolution in millions of years. In particular, some strong earthquakes have changed the tectonic movements of the earth. The research of seismology started from one hundred years ago. From a certain point of view, earthquakes recorded as calamities in the history of human being were only described roughly by the occurring time, location and its disaster situation. Up to the early 20th Century, it became available to observe the accurate original time, location of epicenter, and the magnitude of an earthquake, which provided 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 seismic mechanism, conversion of internal structure, theory of synthetic seismogram, space-to-ground observation, ground deformation, earthquake mechanism and prediction research. The multiple developments of seismology play a very important role not only in searching the secrets of internal earth and planets, but also in the prevention of earthquake disasters. The detailed earthquake catalogue impulse the developments of seismology study. For instance, the study on earthquake locations and parameters of focal depth play a key role in the development process of "the new theory of global tectonic plates"; the research results of focal mechanism indicate that the lithospheric plates down thrust the island arc in a large scale; to study the relations 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 termly issued by Harvard University of United States from 1980'. It consists of the moderate strong earthquakes with magnitudes around 6, and strong earthquakes greater than 7 in the world, and describes the seismic motion M_0 , inagnitude of moment M_W and the focal mechanism solution of each event. The publication of CMT catalogue offers the new significant essential data to study the problems of unified 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 parameters of modern seismic catalogue become more classified. As a result, we are confident that the research on modern seismic parameters 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 Dayao seismic sequences of M 6.2 and 6.1 occurred in 2003 in Yunnan Province, the catalogue of modern new parameters (such as seismic motion M_0 , magnitude of moment 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 some problems on how to define "the catalogue of modern new seismic parameters", and some focal model limits the calculation of focal parameters. A certain 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. Completions of The National Digital Seismic Network and the Regional Digital Seismic Network 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. This report started the first step on the study of new seismic parameters and on the compilation of its catalogue, which will truly encourage the relevant research in the future.

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

Huangfu Gang
Director of Seismological Bureau of Yunnan Province

January, 2005

目 录

说明.....	(1)
大姚地震近源台网记录的主余震震源参数.....	(14)
2003年7月22日至8月21日云南大姚地震近源台网观测报告.....	(39)
2003年10月17日至11月17日云南大姚地震近源台网观测报告.....	(162)
大姚地震近源台网记录图选.....	(385)

Contents

Illustration.....	(1)
Focal Parameters of Main and after shocks of Dayao Earthquake Recorded in the Near Source Digital Seismic Network	(14)
Observation Report of Dayao Earthquake, Yunnan Province, Recorded from July 22 to August 21, 2003, in the Near Source Digital Seismic Network	(39)
Observation Report of Dayao Earthquake, Yunnan Province, Recorded from October 17 to November 17, 2003, in the Near Source Digital Seismic Network	(162)
Selection of Dayao Seismograms from the Near Source Seismic Network	(385)

说 明

2003年7月21日23时16分和10月16日20时28分云南省大姚县分别发生了6.2、6.1级中强地震。两次地震发生后,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,分别在地震现场布设了流动数字化地震仪,形成一个近震源临时监测台网。7月的大姚地震现场台网自2003年7月22日08时56分至8月21日13时40分止共记录余震2173次,其震中位置如图1和图4所示。10月的大姚地震现场自2003年10月17日05时13分至11月17日15时00分止共记录余震3793次,其震中位置如图2和图5所示。图3给出两次地震序列的震中位置。

2003年7月大姚地震现场台网围绕地震震中布设了7个地震记录台,各台站的位置如图1所示,其位置、高程和台基岩性等如下表1所示。

表1 2003年7月大姚地震现场台网基本情况

台站代码	台站名称	$\phi_N/ (^{\circ})$	$\lambda_E/ (^{\circ})$	高 程/m	岩 性	运 行 时 间
30	县华	25.95	101.23	2600	沉积层	2003.7.22~8.21
31	石羊	25.85	101.10	1600	沉积层	2003.7.22~8.21
32、36	达么	25.94	101.01	1600	沉积层	2003.7.22~8.21
33	新街	25.81	101.25	1900	沉积层	2003.7.23~8.21
34	马茨	26.03	101.28	2400	风化砂岩	2003.7.25~8.21
40	六直	25.91	101.35	1860	沉积层	2003.7.25~8.21
42	三台	26.01	101.08	2140	风化砂岩	2003.7.25~8.21

2003年10月大姚地震现场台网围绕地震震中布设了5个地震记录台,各台站的位置如图2所示,其位置、高程和台基岩性等如下表2所示。

表2 2003年10月大姚地震现场台网基本情况

台站代码	台站名称	$\phi_N/ (^{\circ})$	$\lambda_E/ (^{\circ})$	高 程/m	岩 性	运 行 时 间
1	大姚县城	25.72	101.32	1858	风化砂岩	2003.10.17~11.17
2	新街	25.81	101.25	1900	沉积层	2003.10.17~11.17
3	六直	25.91	101.35	1860	沉积层	2003.10.17~11.17
4	县华	25.95	101.23	2600	沉积层	2003.10.17~11.17
5	马茨	26.03	101.28	2400	沉积层	2003.10.17~11.17

台网观测系统(表3,表4)由三部分构成。其中:拾震器有JC-V100-3D型短周期三

分量速度计和 FBS-3A 型宽频带三分量速度计；记录器为 EDAS-3M 型数字地震记录仪和 EDAS-24L 型数字地震记录仪。EDAS-3M 型数据记录字长 16 位，EDAS-24L 型数据记录字长 24 位，采样率均采用 100Hz。时间服务由 GPS 系统提供，授时精度小于 1ms。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。大姚地震震源位置用 HYPO71 定位程序确定，定位速度结构模型采用楚雄（西）速度模型参数（胡鸿翔等，1986），其参数如表 5 所示。

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 2003 年 7 月大姚 983 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为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，同时为了更加直观地了解大姚地震的震源参数，给出了所有余震震源分布的三维透视图（图 6）和各相关参数之间的关系图（图 7~10）。第二部分是 2003 年 7 月大姚台网记录的 2173 次地震和 2003 年 10 月大姚台网记录的 3793 次地震的波形震相参数，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，收录了两次大姚地震近源台网记录的全部余震波形数据，以光盘形成给出。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-1AS 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。

表 3 2003 年 7 月大姚地震近源数字地震台网地震仪参数表

台站代码	台名	台基岩性	拾震器 出厂号	前置放大	响应灵敏度 Count/ (μm/s)			
					放大倍数	垂直向	东西向	南北向
30	县华乡	土层	107	24 位数采	1	155.630	150.615	153.544
					4			
					16			
					64			
31	石羊镇	土层	312	23 日 11 时前 4 23 日 11 时后 1	1	2.36488	2.27632	2.41902
					4	9.45955	9.10529	9.67611
					16	37.8382	36.4211	38.7044
					64	151.352	145.684	154.817
32, 36	达么	土层	302	25 日 14 时前 4 25 日 14 时后 1	1	2.28155	2.14066	1.99509
					4	9.12623	8.56267	7.98037
					16	36.5049	34.2507	31.9215
					64	146.019	137.002	127.686

续表

台站代码	台名	台基岩性	拾震器 出厂号	前置放大	响应灵敏度 Count/ ($\mu\text{m/s}$)			
					放大倍数	垂直向	东西向	南北向
33	新街	土层	116	1	1	2.51338	2.14818	2.03231
					4	10.0535	8.59275	8.12926
					16	40.2141	34.3710	32.5170
					64	160.856	137.484	130.068
34	马茨	风化砾岩	116	1	1	1.92533	2.19380	2.39433
					4	7.70132	8.77523	9.57732
					16	30.8053	35.1009	38.3092
					64	123.221	140.403	153.237
40	六直	土层	336	1	1	3.32679	3.54876	3.68484
					4	13.3071	14.1950	14.7393
					16	53.2287	56.7803	58.9574
					64	212.915	227.121	235.829
42	三台	风化砂岩	FBS-3A 359	1	1	7.04175	7.95798	7.68619
					4	28.1670	31.8319	30.7447
					16	112.668	127.327	122.979
					64	450.672	509.310	491.916

表4 2003年10月大姚地震近源数字地震台网地震仪参数表

台站代码	台名	台基岩性	拾震器 出厂号	前置放大	响应灵敏度 Count/ ($\mu\text{m/s}$)			
					放大倍数	垂直向	东西向	南北向
1	大姚县城	风化砾岩	302	1	1	2.28155	2.14066	1.995094
					4	9.12623	8.56267	7.980377
					16	36.5049	34.2507	31.92151
					64	146.019	137.002	127.6860
2	新街	土层	353	1	1	2.40271	1.95412	2.087624
					4	9.61085	7.81650	8.350497
					16	38.4434	31.2660	33.40199
					64	153.773	125.064	133.6079
3	六直	土层	336	1	1	3.32679	3.54876	3.684841
					4	13.3071	14.1950	14.73936
					16	53.2287	56.7803	58.95746
					64	212.915	227.121	235.8298
4	县华	土层	317	1	1	2.23348	2.48323	2.265413
					4	8.93394	9.93293	9.061655
					16	35.7357	39.7317	36.24662
					64	142.943	158.927	144.9864
5	马茨	风化砾岩	312	1	1	2.36488	2.27632	2.419029
					4	9.45955	9.10529	9.676118
					16	37.8382	36.4211	38.70447
					64	151.352	145.684	154.8178

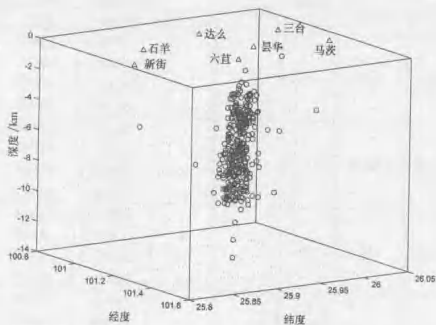


图4 2003年7月21日大姚余震震源分布三维透视图, 视角的方位角为 145° , 俯视 15°
Figure 4 Focal distribution of 3D perspective drawing of Dayao after shocks (the main shock was occurred in July 21, 2003; the azimuth angle of visual angle is 145° , top view is 15°)

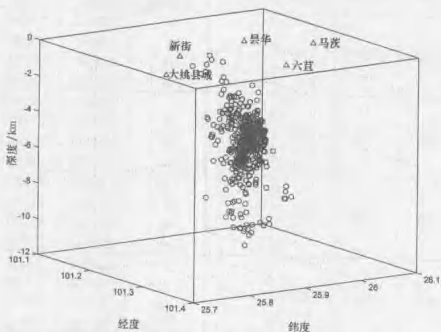


图5 2003年10月16日大姚余震震源分布三维透视图, 视角的方位角为 145° , 俯视 15°
Figure 5 Focal distribution of 3D perspective drawing of Dayao after shocks (the main shock was occurred in October 16, 2003; the azimuth angle of visual angle is 145° , top view is 15°)

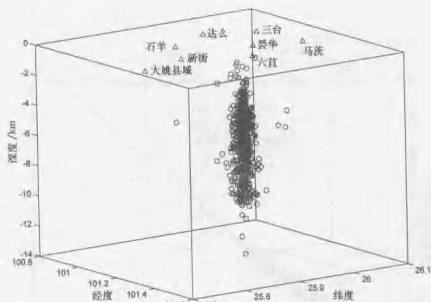


图 6 2003 年大姚余震震源分布三维透视图, 视角的方位角为 145° , 俯视 15°
 Figure 6 Focal distribution of 3D perspective drawing of Dayao after shocks in 2003;
 the azimuth angle of visual angle is 145° , top view is 15°

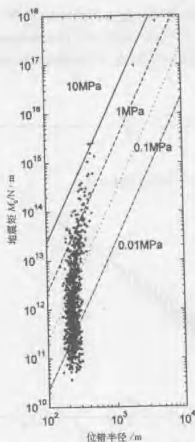


图 7 大姚地震震源半径与地震矩分布图, 图中斜线为应力降等值线
 Figure 7 Distribution of focal radius and seismic moment of Dayao earthquake
 The oblique line in the map means the isoline of stress drop

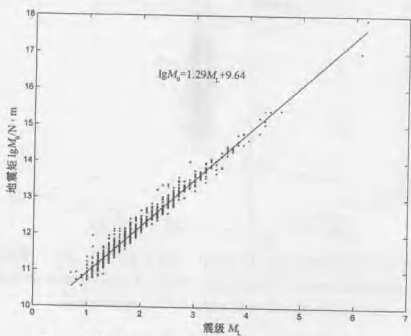


图8 大姚地震地震矩 $\lg M_0$ 与震级 M_L 线性回归关系图
Figure 8 Relations of linear regression between seismic moment $\lg M_0$ and magnitude M_L of Dayao earthquake

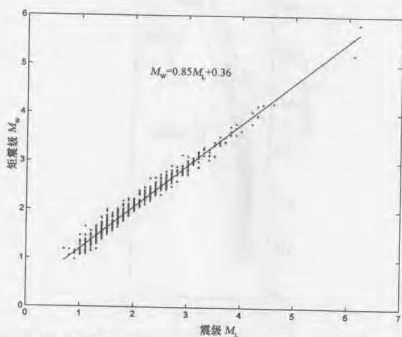


图9 大姚地震震矩震级 M_w 与地方震震级 M_L 线性回归关系图
Figure 9 Relations of linear regression between magnitudes of seismic moment M_w and magnitude of local earthquake M_L of Dayao earthquake

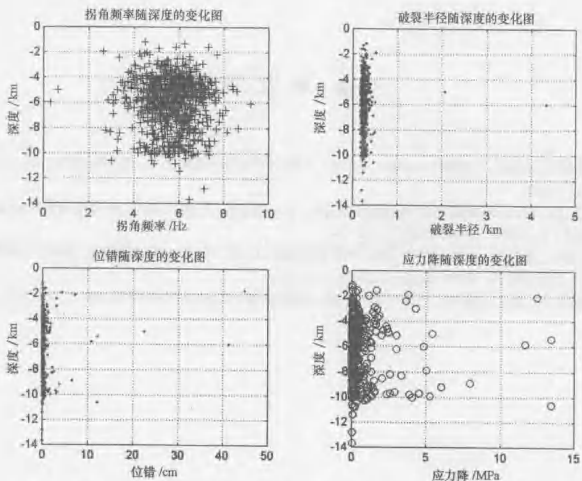


图 10 震源参数与深度的变化图
Figure 10 Variations of focal parameters and depth

表 5 大姚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
5.79	1.50
6.31	20.00
6.31	26.00
6.87	32.47
7.70	40.97
8.30	53.47

参 考 文 献

- [1] 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[J], 地球物理学报, 29 (2), 133~143。
- [2] 叶建庆, 2001, 近场流动数字地震台网监测[A], 见: 毛玉平、万登堡主编, 2000年云南姚安 6.5 级地震[C], 昆明: 云南科技出版社, 55~84。
- [3] 叶建庆、秦嘉政, 2001, 数字地震记录震源参数测定[A], 见: 毛玉平、万登堡主编, 2000年云南姚安 6.5 级地震[C], 昆明: 云南科技出版社, 85~99。
- [4] 秦嘉政、叶建庆、钱晓东等, 2003, 2000 年姚安地震的震源参数[J], 地球物理学报, 46 (5), 633~641。