

短文

云南地区震源破裂长度与震级的经验关系^{*}

李忠华, 苏有锦, 蔡明军, 张俊伟, 刘祖荫

(云南省地震局, 云南 昆明 650041)

摘要: 从云南地区 1965 年有台网记录以来主震震级 $M_s \geq 4.9$ 的地震序列中选取 51 个序列, 根据直接余震的平面分布统计得到震源的破裂长度, 用最小二乘线性回归模型得到了 3 种震级范围的破裂长度与主震震级的经验关系式。

主题词: 云南; 破裂长度; 经验公式

中图分类号: P315.3⁺⁺³; P315.3⁺⁺² **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-0844(1999)03-0331-03

0 引言

关于地震震级与震源破裂长度的关系, 国内外已有不少学者进行了研究. 有学者将余震区长轴长度作为震源破裂长度, 研究余震区长轴长度与震级的经验关系^[1,2]. 但是余震分布区域随着时间的增长存在扩展现象^[3], 因此, 余震区的长轴可能不能真实地反映与地震有关的断层长度. 也有学者将地表断层长度作为震源破裂长度, 研究断层长度与地震震级的关系^[4]. 但是由于野外分布的断层常常被沉积物所覆盖, 因此有时地表断层不能反映实际震源破裂长度, 这样得出的地震震级与震源破裂长度的关系有时不是很准确. 同时由于只有 $M_s \geq 6.5$ 的地震才伴有地表破裂^[5], 这就导致震级的取值范围很有限, 而且地表破裂长度值非常离散.

云南地区的地震属于板内浅源地震. 中强地震发生后有较多的余震发生. 本文尝试使用直接余震^[6]的平面分布来得到与地震有关的震源破裂长度, 扩大震级的取值范围, 研究云南地区震级(M_s)与震源破裂长度的关系.

1 资料选取

选取云南地区 1965 年有台网记录以来, 主震震级 $M_s \geq 4.9$ 的地震序列. 1965 年至 1986 年的地震资料按《云南地震目录》选取^[7], 1987 年以后的地震资料按云南省月报目录选取. 对所有地震序列均去掉前震和无确切震中位置的余震以及 $M_s \leq 2.0$ 的余震. 将余震过少而不能描绘余震区形态的地震序列及余震分布无优势方向的序列剔除. 共得到 51 个地震序列. 对澜沧-耿马 2 次 7 级以上地震, 以北纬 $23^{\circ}06'$ 为界将其余震分为南北 2 区, 得到 2 个地震序列^[8]. 余震的定位精度一般为二类(10 km 以下)和三类(20 km 以下). 这些地震序列的主震震中分布如图 1 所示.

2 震源破裂长度与震级的关系

陆远忠等^[9]研究了 1966 年以后中国大陆 25 个 6 级以上的地震序列, 指出这些序列的主震后 3 天内余震数量集中, 衰减迅速, 衰减规律与其后的余震有所区别. 谷继成等^[9]认为, 强余震震中分布在主震断层的两端附近或主震震中附近. 按照上述余震时空分布规律, 本文约定若主震后 3 天之内发生最大强余震的就选用

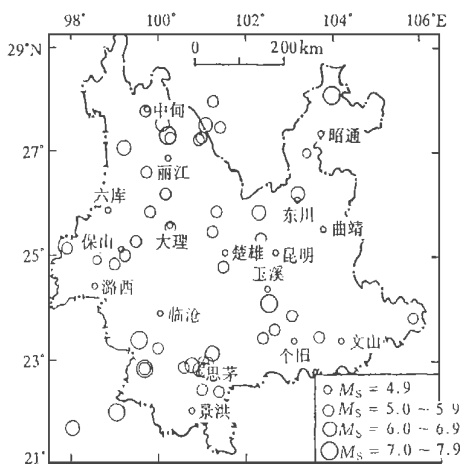


图 1 所选用地震序列的主震震中分布
Fig. 1 Distribution of main shocks in earthquake sequences selected.

收稿日期: 1998-07-27

^{*} 云南省自然科学基金资助课题.

作者简介: 李忠华(1966—), 男, 助理研究员, 主要从事地震时间序列数据分析.

主震至最大强余震发生时段内的余震. 若最大强余震的发生时间超过 3 天的, 就选取主震后 3 天内发生的余震. 根据余震的平面分布来确定震源破裂长度, 结果见表 1.

表 1 地震序列的有关参数和破裂长度

编号	发震日期	震级 (M_s)	震源位置		破裂长度 / km	编号	发震日期	震级 (M_s)	震源位置		破裂长度 / km
			东经	北纬					东经	北纬	
1	1970-01-05	7.7	102.60°	24.10°	83.55	27	1978-09-10	5.5	101.17°	22.95°	12.63
2	1988-11-06	7.6	99.72°	22.83°	56.77	28	1980-02-02	5.5	101.25°	27.97°	15.35
3	1995-07-10	7.3	99.07°	21.98°	21.63	29	1988-01-10	5.5	100.93°	27.22°	13.29
4	1988-11-06	7.2	99.60°	23.38°	37.7	30	1980-06-18	5.4	103.67°	23.43°	6.9
5	1974-05-11	7.1	104.00°	28.10°	19.4	31	1981-07-07	5.4	97.92°	25.13°	11.43
6	1996-02-06	7.0	100.22°	27.30°	40.78	32	1982-07-03	5.4	99.75°	26.60°	8.104
7	1979-03-15	6.8	101.25°	23.12°	18.69	33	1982-12-28	5.4	101.03°	22.43°	9.657
8	1976-11-07	6.7	101.08°	27.50°	13.59	34	1976-11-03	5.3	99.25°	25.00°	11.15
9	1971-04-28	6.7	101.10°	22.80°	22.53	35	1978-05-19	5.3	100.30°	25.53°	11.23
10	1994-01-11	6.7	97.32°	25.08°	31.79	36	1985-09-02	5.3	102.68°	23.60°	8.828
11	1966-02-05	6.5	103.20°	26.20°	22.35	37	1986-03-13	5.3	100.17°	26.20°	10.7
12	1973-08-16	6.5	100.97°	22.82°	27.65	38	1986-10-07	5.3	102.37°	25.33°	7.572
13	1995-10-24	6.5	102.32°	25.83°	12.05	39	1993-02-01	5.3	101.35°	25.85°	11.84
14	1966-09-28	6.4	100.10°	27.50°	15	40	1975-07-09	5.2	103.08°	23.87°	13.31
15	1993-01-27	6.3	101.08°	22.93°	19.1	41	1991-07-22	5.1	99.02°	24.83°	10.79
16	1970-02-07	6.2	100.80°	22.90°	10.2	42	1975-09-04	5.0	99.85°	25.82°	9.007
17	1989-03-01	6.2	98.05°	21.67°	20.02	43	1975-12-01	5.0	100.28°	27.23°	9.377
18	1984-04-24	6.0	99.23°	27.07°	13.25	44	1986-07-10	5.0	101.43°	27.47°	11.83
19	1971-02-05	5.8	99.50°	25.27°	17.29	45	1987-05-18	5.0	100.18°	26.18°	7.827
20	1993-07-17	5.8	99.70°	27.78°	11.31	46	1988-08-15	5.0	99.72°	22.83°	11.37
21	1976-02-16	5.7	100.60°	22.87°	13.71	47	1990-01-27	5.0	100.02°	23.22°	15.48
22	1982-10-27	5.7	105.90°	23.80°	16.05	48	1991-04-12	5.0	100.98°	27.25°	14.43
23	1975-01-12	5.6	101.50°	24.80°	14.32	49	1973-06-01	4.9	98.60°	24.92°	7.757
24	1993-08-14	5.6	101.25°	25.45°	9.156	50	1983-06-04	4.9	103.40°	26.97°	8.001
25	1997-01-30	5.6	101.40°	22.40°	10.5	51	1991-07-01	4.9	99.02°	24.87°	8.031
26	1972-01-23	5.5	102.43°	23.43°	11.29						

根据前人的研究^[5,10]以及文献[11], 本文采用最小二乘线性回归模型来进行数据分析. 以震级作为自变量, 得出了 3 种震级范围地震的震源破裂长度与震级的关系式.

$$\lg L = 0.24 M_s - 0.26 \quad \sigma \lg L = 0.21 \quad R = 0.83 \quad (4.9 \leq M_s \leq 7.7) \tag{1}$$

$$\lg L = 0.28 M_s - 0.49 \quad \sigma \lg L = 0.22 \quad R = 0.85 \quad (5.3 \leq M_s \leq 7.7) \tag{2}$$

$$\lg L = 0.39 M_s - 1.24 \quad \sigma \lg L = 0.18 \quad R = 0.78 \quad (6.0 \leq M_s \leq 7.7) \tag{3}$$

其中: L 表示震源破裂长度; σ 为标准偏差, 表示数据离散程度; R 为相关系数. 这些关系式均满足置信水平 5% 时相关系数值的要求, 如图 2 所示.

式(1)是由表 1 的全部数据得到的关系式, 如图 2a 所示; 式(2)是由表 1 中前 39 个数据得到的关系式, 如图 2b 所示; 式(3)是由表 1 中前 18 个数据得到的关系式, 如图 2c 所示. 由于式(3)所用数据明显偏少, 因此由于数据的离散导致其相关性较差.

3 讨论和结论

主震后数小时至数天的余震分布通常反映了震源破裂的最大范围, 因此可以用余震的空间分布来估计震源破裂的长度和区域.

确定余震区范围的精确度依赖于余震的定位精度. 而余震定位精度又依赖于记录台站的方位和距离以及地壳结构速度模型的精确性. 由于缺少震源深度数据, 因此, 用余震的平面分布来确定震源破裂长度存在一定的误差.

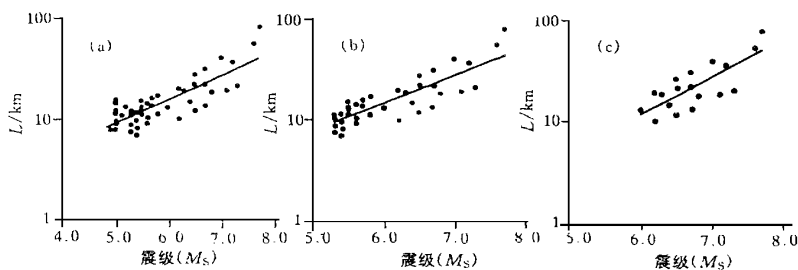


图2 震源破裂长度与震级(M_S)的回归关系

Fig. 2 Regression relationship among source rupture length and magnitude(M_S).

(a) $4.9 \leq M_S \leq 7.7$; (b) $5.3 \leq M_S \leq 7.7$; (c) $6.0 \leq M_S \leq 7.7$

式(2)中震级 M_S 的平均值为 6.1. 对于震级接近 6.1 的地震, 由式(2)可对其震源破裂长度作出较精确的估计. 云南地区发生的破坏性地震大多在 6 级左右, 因此, 本文给出的震源破裂长度与震级的关系对云南地区是适用的. 这将有助于对云南地区地震灾害的分析.

[参考文献]

- [1] 吴开统, 焦远碧, 吕培苓, 王志东. 地震序列概论[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 124~150.
- [2] Donald L W and Coppersmith K L. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement[J]. Bull Seism Soc Am, 1994, 84: 974~1002.
- [3] 吴军. 大地震后余震区的扩展[J]. 华北地震科学, 1984, 2(2): 14~18.
- [4] 韩新民. 云南地区活断层长度与震级的统计关系及潜在震源区边界确定原则的研究[A]. 见: 闵子群编. 云贵地区地震危险性研究文集. 昆明: 云南科技出版社, 1989. 191~196.
- [5] 陈达生. 地震引起的地表破裂长度与震级之间的经验关系[J]. 华北地震科学, 1984, 2(2): 26~32.
- [6] 陆远忠, 吴培稚, 沈建文. 直接余震和间接余震[J]. 地球物理学报, 1983, 26(4): 355~365.
- [7] 云南省地震局. 云南地震目录(1965~1975)、(1976~1980)、(1981~1983)、(1983~1986)[Z].
- [8] 王绍晋, 阚荣举, 宋文, 黄毓珍. 澜沧-耿马大地震孕育、发生过程中应力场的时空调整变化[A]. 见: 云南地球物理文集. 昆明: 云南大学出版社, 1992. 58~66.
- [9] 谷继成, 谢小碧, 赵莉. 强余震的空间分布特征及其理论解释[J]. 地震学报, 1982, 4(4): 380~388.
- [10] 沈建文, 邱瑛, 赵志贺. 震级-破裂长度关系与断层破裂模型[J]. 地球物理学报, 1990, 33(2): 242~248.
- [11] 王保福. 概率论及数理统计[M]. 上海: 同济大学出版社, 1988. 303~328.

EMPIRICAL RELATIONSHIPS BETWEEN MAGNITUDE AND SOURCE RUPTURE LENGTH IN YUNNAN

LI Zhong-hua, SU You-jin, CAI Ming-jun, ZHANG Jun-wei, LIU Zu-yin

(Seismological Bureau of Yunnan Province, Kunming 650041, China)

Abstract

Earthquake sequences in which magnitude of main shock is over 4.9 since 1965 in Yunnan area are selected. According to spatial distribution of early aftershocks of 51 earthquake sequences, data of source rupture length are obtained. The empirical relationships between magnitude and source rupture length are calculated by least squares linear regression model. The results of this paper is useful to analyze seismic hazard in Yunnan where shallow-focus earthquakes often take place.

Key words: Yunnan; Rupture length; Empirical formula