

震级与震源断裂长度关系的讨论

刘庆民

(国家地震局兰州地震研究所)

在地震预报中,人们往往用地面上所能观察到的发震构造段的长度以及用地震资料所估计的震源体长度来推求未来大震的震级,为此,就需要建立震源体长度与震级之间的关系。在这方面,我国某些同志已建立了一些公式。本文拟用一些大震后的余震分布长度资料来验证这些公式,并讨论一些与地震预报有关的问题。

一、震级与震源断裂长度公式的介绍

1.1965年中国科学院西北地震考察队*在甘肃河西走廊地区执行基本烈度考察任务时,郭增建、秦保燕同志试图用嘉峪关断层的长度作为震源储能体来推求任务地区未来地震的最大强度。为此,他们统计了我国和相邻的苏联与蒙古地区24次大震震级与地表断裂长度的资料,并得出了一个统计关系^{[1][2]},即、

$$M = 2.1 \lg L + 3.3 \quad (1)$$

式中M为 M_s 震级, L为不同震级的地震在地表产生的最大断裂长度,以公里为单位。他们之所以取最大断裂长度是考虑到同样震级的地震因震源深度不同以及所处的地壳介质条件不同,因之在地表产生的断裂长度也不同。并认为同样震级的各个地震中,最长的地表断裂可近似代表该震级地震在震源地方的断裂长度。因之(1)式可认为是震级与震源断层长度的关系式。

1967年中国科学院地球物理研究所在编写的“地震学参考讲义”^[3]中对(1)式的应用范围曾进行过评论。1973年郭增建、秦保燕正式发表了上述公式^[4],并认为该式中的L可代表应力积累单元的长度,即震源储能体的长度。

2.1973年国家地震局震源机制会战小组*根据地震波资料对我国109个地震的震源断层长度进行了测定,最后建立了震级(M_s)与震源断层长度L之间的关系^[5]。

对全国来说为:

$$M = 1.7 \lg L + 3.8 \quad (2)$$

分区得到公式为:

-
- *中国科学院西北地震考察队成立于1965年,当时系由中国科学院地球物理研究所、地质研究所、兰州地球物理研究所和兰州地质研究所组成。
 - *该会战小组由国家地震局主持,由中国科学院地球物理所、地质所、工程力学所,地震地质大队、广州地震大队、兰州地震大队、昆明地震大队、成都地震大队、河北省地震队、山东省地震队、宁夏自治区地震队、武汉地震大队和陕西省地震队共同组成。

$$\text{南北带} \quad M = 2.3 \lg L + 3 \quad (3)$$

$$\text{西北地区} \quad M = 2.2 \lg L + 3.2 \quad (4)$$

$$\text{东部地区} \quad M = 3 \lg L + 2.6 \quad (5)$$

$$\text{台湾地区} \quad M = 1.5 \lg L + 4.1 \quad (6)$$

以上诸式中的L以公里为单位。

3.1976年蒋溥和高维安等同志对我国27个大地震的地面断裂长度作了统计,并用最小二乘法作了计算,得出的统计公式〔6〕如下:

$$M = 6.53 + 0.28 \ln L \text{ (公里)} \quad (7)$$

式中M为 M_s 震级, L是断裂长度,以公里为单位。如果把自然对数换为常用对数,则上式变为:

$$M = 0.64 \lg L + 6.53 \quad (8)$$

4.1977年陈培善等同志〔7〕从断裂力学观点出发,并从半理论的角度上得到了震级与震源断层长度之间的关系式,即:

对于走向滑动断层

$$M = \frac{4}{3} \lg L + 4.8 \quad (9)$$

对于倾向滑动断层

$$M = \frac{4}{3} \lg L + 4.9 \quad (10)$$

对于圆盘形剪切位错

$$M = 2 \lg L + 3.7 \quad (11)$$

如果震级小于6.6级,则(11)式变为:

$$M = 2 \lg L + 3.4 \quad (12)$$

5.1978年黄怀勇〔8〕从地震矩和圆断层面半径的关系式换算为震级与震源断层长度的关系,其结果为:

$$\lg a = 0.5M + 2.7 \quad (13)$$

$$\text{或者} \quad \lg a = 0.5M + 3.1 \quad (14)$$

式中a为震源断层的半长度,以厘米为单位,如果把a值取公里为单位,并令 $L = 2a$,则上式可表为:

$$M = 2 \lg L + 4 \quad (15)$$

$$\text{或} \quad M = 2 \lg L + 3.6 \quad (16)$$

以上就是我国某些同志从不同角度所得到的震级与震源断裂长度的关系式。其中(7)式和(8)式按其统计定义仅反映不同震级地震在地表产生的断裂长度,不代表震源断层长度。

二、用大震后的余震分布讨论震源断裂的长度

就构造地震而言,浅源地震的过程,本质上是岩层快速错动造成的大破断的过程。虽然在主震时将大部分能量释放了,但要达到新的应力平衡就需要时间进行应力调整,而在调整过程中由于震源地方已经破裂,这就给剩余能量的释放提供了有利的场所,所

以余震的分布更能确切的反映震源断裂的情况，也就是说应用余震分布的长度代表震源断裂的长度是有意义的。下面我们试用近年来我国境内发生的一些大震后的余震分布长度来验证以上同志建立的关系式（表一）

表一

选用的地震		震中位置	实际震级	余震分布长度 (公里)	作者、公式及计算所得震级												参考文献考
					国家地震局震源机制委员会战小组						蒋	陈培善等			黄怀勇		
					秦增祥 保建公式 (1)	公式 (2)	公式 (3)	公式 (4)	公式 (5)	公式 (6)		傅 公式 (8)	公式 (9)	公式 (10)	公式 (12)	公式 (15)	
发震时间																	
1966年 3月8日	河北 邢台	7.2	100	7.5	7.2	7.6	7.6	8.6	7.4	7.8	7.4	7.4	7.4	8	7.6	[9]*	
1970年 1月5日	云南 南海	7.7	107	7.6	7.3	7.7	7.7	8.7	7.4	7.8	7.6	7.5	7.5	8.1	7.7	[10]	
1973年 2月6日	四川 炉霍	7.9	158	7.8	7.5	8.1	8.0	9.2	7.7	7.9	7.8	7.8	7.8	8.4	8.0	[11]	
1974年 5月11日	云南 昭通	7.1	(22) 60	(6.1) 7.0	(6.1) 6.8	(6.1) 7.1	(6.2) 7.1	(6.6) 7.9	(6.3) 7.0	(7.4) 7.7	(6.7) 7.3	(6.6) 7.2	(6.1) 7.0	(6.4) 7.6	(6.3) 7.2	[12]	
1975年 2月4日	辽宁 宁城	7.3	7.0	7.2	6.9	7.2	7.3	8.1	7.2	7.7	7.4	7.3	7.1	7.7	7.3	[13]	
1976年 4月6日	内蒙 和林格尔	6.3	18	5.9	5.9	5.9	6.0	6.4	6.2	7.3	6.6	6.5	5.9	6.5	6.1	[14]	
1976年 5月29日	云南 南陵	7.5	100	7.5	7.2	7.6	7.6	8.6	7.4	7.8	7.4	7.5	7.4	8	7.6	[15]	
1976年 7月28日	河北 唐山	7.8	140	7.8	7.4	7.9	7.9	9.0	7.6	7.9	7.8	7.7	7.7	8.3	7.9	[16]	
1976年 8月16日	四川 松潘	7.2	70	7.2	6.9	7.2	7.3	8.1	7.1	7.7	7.4	7.3	7.1	7.7	7.3	[17]	
1976年 11月7日	四川 盐源	6.7	40	6.7	6.5	6.7	6.7	7.4	6.8	7.6	6.9	7.0	6.6	7.2	6.8	[18]	

* 还有6.8级和6.7级地震各一次。

从表（一）可以看出，根据实际余震区的长度由（1）式所求得的结果与其相应的实际震级最为接近，为了清楚起见由图1表示了（1）式与不同震级余震长度的符合程度，看来符合程度很好，必须指出陈培善所统计的（11）式与（1）式是极为近似。另外符合程度较好的是（3）式和（4）式，其余一些公式符合程度差一些。对于1974年5月11日昭通

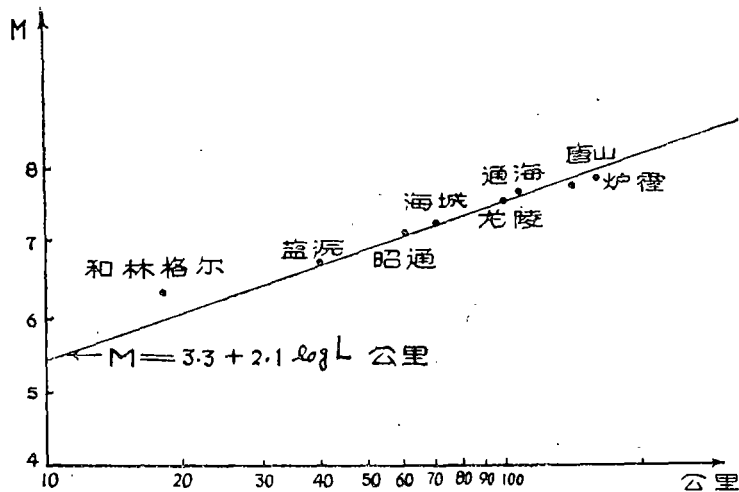


图1 (图中的点为震源长度和震级的关系点)

7.1级地震, 据刘正荣等同志的研究^[12], 这次地震的余震区是北西向分布, 长度为22公里, 而曾融生等同志^[12]通过对不同震中距离的地震图的研究, 认为昭通地震由十个以上不同震级的震源点所组成, 破裂点之间的线性长度不超过60公里, 因此昭通地震的余震区长度仍然存在有不确定性, 但如果用60公里来计算, (1)式所得的结果与实际发生的震级是相近的。

三、在地震预报中的应用

在进行烈度区划时, 可以根据某些地质标志, 借助于(1)式比较定量的估计未来地震的最大强度。1965年郭增建、秦保燕同志就曾根据中国科学院西北地震考察队地震地质组同志所鉴定的嘉峪关断层为38公里长的数据, 用(1)式算得该断层一旦同时释放能量而发震(即一次大震), 则其震级为6.7级^[2]。后来1970年宁夏地震队在进行宁夏自治区地震烈度区划时也应用了这个公式^[19]。1972年广东地震大队对广东某些地震的发震构造作了一些验证, 发现(1)式还比较合适^[20]。1974年刘国昌也指出^[21], 如果我们对一个活动断裂掌握的材料较多, 也可以用(1)式计算可能发生的震级。他指出“要求把L定的较准确, 这就要求对断层观察正确(从地应力测量和地形变测量)”。

但应指出, 公式(1)的应用是有局限的。1967年中国科学院地球物理所在其编印的地震参考讲义中写到: “按构造带长度来估计大地震的强度, $M = 3.3 + 2.1 \lg L$ [L = 构造带(断层), 长度单位是公里] 仅仅是个统计结果, 事实上有不少大构造带上只有很小的地震记载, 一旦这种构造带上发生了小地震活动, 又无法使我们肯定判断即将发生地震”。这个评语是与原作者对(1)式的应用范围所作的规定是不矛盾的, 因为任何一个统计公式其应用均有局限性, 原作者认为^{[1][2]}, 公式(1)只有当发震构造段确定后才能回答其未来可能发生的最大地震, 而不能回答那个构造段在什么时候必然发生地震。我们认为, 地质构造的指标是比较复杂的, 并不是地球表层所有的大构造带上都会发生地震的。还应指出, 有的活动性大断裂带长达数百乃至上千公里, 从地震地质的观

点来看,无疑可做为发震构造来对待。但在估计未来发生地震的最大强度时,不可能把它们做为一个单一的孕震体,因为在一个很长的发震构造带上并不是到处介质均匀的,它们积累的能量是逐段分期释放的。在此情况如何准确分出同时释放能量的构造段,是一个地震地质的重要问题。按照文献〔4〕的观点,发震段与发震段之间应当是调整单元,在那里岩石强度小或断层面上摩擦力小,如构造破碎带、塑性区、多液区或蠕滑断层段等。由于构造交会区一般岩石破碎,且深部热物质易于上涌,所以那里也应是调整单元,因之也是构造分段的标志之一。但在野外如何确定仍是一个尚待进一步研究的问题。

应当指出,震源体积是一个三度空间问题,用线性长度来反映震源体的大小是有不足之处,但它在实际工作中便于掌握,在理论上也是能够解释通的。除了上述用发震构造标志(如构造断裂、断陷盆地)来确定可能的孕震体从而估计相应的地震强度外,还有用其他一些弱震指标来估计地震强度的,如刘正荣同志〔22〕和马怡良同志〔23〕的工作等。

总之,自从建立了震源断裂长度与震级的关系式之后,人们从各种学科领域用多种方法试图找到某一地区未来发生地震的最大强度的答案,这对地震预报来说是由定性向定量前进了一步。

参 考 文 献

- 〔1〕郭增建、秦保燕,地震时极震区所产生的断裂和形变,酒钢地震考察报告之六,1965年11月
- 〔2〕郭增建、秦保燕,用发震构造显示的构造规模来估计地震的最大强度,酒钢地震考察报告之七,1965年11月
- 〔3〕地震参考讲义,中国科学院地球物理所编,1967年
- 〔4〕郭增建、秦保燕、徐文耀、汤泉,震源孕育模式的讨论,地球物理学报,1973年
- 〔5〕国家地震局震源机制小组,地震震源机制的研究,第二集,1973年8月
- 〔6〕蒋溥、高维安,强震地面破坏效应及其成因的地质条件,地质科学,1976年1期
- 〔7〕陈培善、谷继成、李文香,从断裂力学观点研究地震的破裂过程和地震预报,地球物理学报,1977年3期
- 〔8〕黄怀勇,地震应力降的讨论,地球物理学报,1978年4期
- 〔9〕中国科学院地球物理研究所观测分析报告,邢台地震群的观测分析报告,1969年5月
- 〔10〕王椿镛、朱成男、刘玉权,用地形变资料测定通海地震的地震断层参数,地球物理学报,1978年3期
- 〔11〕蜀水,炉霍7.9级地震特征和该区的地震活动性,地球物理学报,1974年2期
- 〔12〕曾融生、师洁珊,1974年5月11日云南省永善——大关主震的多发性,地球物理学报,1978年2期
- 〔12〕刘正荣、雷素华、胡素华,1974年云南省永善——大关地震,地球物理学报,1977年2期
- 〔13〕吴开统等,海城地震序列的特征,地球物理学报,1976年2期
- 〔14〕内蒙古自治区和林格尔地震工作队,内蒙古自治区和林格尔6.3级地震初步总结,1976年

- 〔15〕 晏风桐、宋文、王兴邦、吴兴华, 龙陵地震的震源机制, 地震研究, 1978年 1 期
- 〔16〕 邱群, 1976年 7 月28日河北省唐山7.8级地震的发震背景及其活动性, 地球物理学报, 1976年 4 期
- 〔17〕 陈天长、江道崇, 松潘、平武地震的地震活动特征, 四川地震战线, 1978年 1 期
- 〔18〕 刘贵君, 盐源、宁蒗地震余震序列, 地震研究, 1978年 2 期
- 〔19〕 宁夏地震队, 宁夏自治区地震烈度区划报告, 1970年12月
- 〔20〕 广东地震大队综合队, 对地震烈度工作的一些看法, 中长期地震预报经验交流会议资料选编, 《地震战线》编辑组, 1972年
- 〔21〕 刘国昌, 地质力学在评价区域稳定性方面的应用, 地质力学技术讲座资料汇编, 1974年
- 〔22〕 刘正荣, 强震前地震的“填满”和“填空”特征, 地震学基础, 1976年
- 〔23〕 马怡良, 1718年通渭地震和1879年武都地震的前震活动, 西北地震学报, 1979年 1 期