

# 云南宁洱 6.4 级地震灾区范围的快速判断<sup>\*</sup>

曹 刻<sup>1,2</sup>, 王 锋<sup>1</sup>, 李永强<sup>2</sup>, 赵 恒<sup>2</sup>, 曹彦波<sup>2</sup>, 龚 强<sup>2</sup>, 曹筱璇<sup>2</sup>

(1. 昆明理工大学, 云南 昆明 650041; 2. 云南省地震局, 云南 昆明 650224)

**摘 要:** 采用云南 175 个历史强震的等震线图、云南数字等震线模型和云南 1:400 万活动断裂资料, 对常规正圆法灾区范围量化与数字等震线模型灾区范围量化得到的云南宁洱 6.4 级地震灾区范围进行了对比, 分析了地震等震线长轴方向与活动断裂的关系。结果表明, 灾害地震的灾区范围用等震线模型来量化比常规用正圆来量化更加符合地震的客观情况。

**关键词:** 宁洱地震; 灾区范围; 数字等震线; 数字等震线模型; 数字等震线模型方位

**中图分类号:** P315.9    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-811X(2008)02-0076-04

## 0 引言

1966 年以来中国大陆地震共造成 272 728 人死亡<sup>[1]</sup>。云南尤其是一个地震多发的省份, 以地震频度高、强度大、分布广、灾害重为特征。地震应急救援与监测预报、震害防御共同构成减轻地震灾害的三大工作体系。受云南省经济发展水平的制约而造成的建筑物抗震能力不足, 也由于地震短临预报难度大, 在地震发生时, 应急与救援成为减轻地震灾害最为直接和必要的手段。

随着国家“十五项目中国数字地震观测网络工程”的完成, 我国建立了覆盖全国的国家、区域、重点城市、灾害现场的 4 级应急指挥技术系统, 云南地震应急救援从无到有, 有了长足的进步。在破坏性地震发生后, 应急工作者要迅速进行灾区基本情况统计, 开展地震损失快速评估, 为组织部署有效的地震应急抢险、救助行动提供指挥决策依据, 最大限度地减轻地震灾害<sup>[2]</sup>。

那么地震灾区范围究竟如何量化? 这是每次地震发生后应急工作者都要面临的实际问题。我们针对 2007 年 6 月 3 日宁洱 6.4 级地震灾区范围的量化进行了分析。

## 1 研究资料

云南地震工作者根据多年的工作和历史考察结果, 绘制了专门的等震线图集<sup>[3]</sup>, 而且根据地

图的比例尺测量并计算出了极震区和其他烈度区等震线长、短轴的长度<sup>[4]</sup>。毛玉平等提供了  $M \geq 6$  的地震数据<sup>[5]</sup>, 王景来等整理出 1500 ~ 2005 年共 175 幅等震线图(175 次地震, 共 439 条)<sup>[6]</sup>, 李永强等在此基础上利用 GIS 技术构建了云南数字等震线模型<sup>[7]</sup>。

本文选取的资料主要是云南历史强震 175 幅数字等震线资料和在此基础上构建的数字等震线模型资料, 以及云南 1:400 万活断裂图。

## 2 常规量化法

常规情况下, 地震发生后灾区范围的量化就是以震中为圆心, 不同震级以不同半径画的圆, 半径的确定通常是操作人员根据自己的经验来确定, 没有确定的模型。

2007 年 6 月 3 日 05:34:56.8, 云南省普洱市宁洱县(23°00'N, 101°06'E)发生 M6.4 级地震。用正圆确定灾区范围是以宁洱 6.4 级地震震中为圆心, 半径没办法确定, 通常我们的做法是 10 km、20 km、30 km 等分别进行信息的汇总。

这样做的优点是, 方法简单, 每个人都可以算出一个结果。缺点是, 忽略了地震等震线的概念, 人为因素很大, 每个人经验不同, 半径取值就可不同, 提供信息就会不同, 没有统一标准, 加大了信息的不确定性和不客观性。

\* 收稿日期: 2007-09-30

基金项目: 国家“十五”重点项目“中国数字地震观测网络——云南地震应急指挥技术系统”资助

作者简介: 曹刻(1967-), 女, 河南南阳人, 副研究员, 主要从事地震应急工作. E-mail: cao\_k@sina.com

### 3 数字等震线模型

每次破坏性地震发生后,地震现场工作者以《地震现场工作第三部分:调查范围》<sup>[8]</sup>为主要技术指导对灾区进行考察,以《中国地震烈度表》<sup>[9]</sup>为烈度评定依据对灾区宏观烈度进行评定,对地震灾区进行灾害损失评估,绘制出本次地震的等震线。

等震线的概念表明,几乎所有的地震受灾区域并不是正圆。而我们应急的时候用正圆来量化灾区范围,进行灾区信息的检索,显然与实际情况出入较大,不是最佳的选择。

通过对云南及其邻区 175 个中、强震的 439 条等震线图的制作,把历次历史地震的等震线置于同一比例尺下,在 GIS 平台上计算各等震线的长度和各烈度区的面积,在所绘制的数字等震线的基础上,对等震线的长、短轴进行了统计分析,构建了云南省数字等震线模型<sup>[6]</sup>。模型主要参数如表 1 所示。

表 1 云南数字等震线模型参数表<sup>[6]</sup>

震级	Ⅵ度区/km		Ⅶ度区/km		Ⅷ度区/km		Ⅸ度区/km	
	长轴	短轴	长轴	短轴	长轴	短轴	长轴	短轴
5.0	25	15	4	2				
5.1	26	17	5	3				
5.2	27	18	5	3				
5.3	29	19	6	4				
5.4	31	20	7	4				
5.5	33	21	8	5				
5.6	38	23	10	5				
5.7	40	25	11	6				
5.8	43	28	12	6	5	2		
5.9	48	30	15	8	6	3		
6.0	51	32	16	9	8	4		
6.1	55	35	19	10	9	5		
6.2	60	38	21	12	10	6	3	2
6.3	64	41	24	14	12	7	4	2
6.4	70	45	28	16	14	8	5	2
6.5	75	49	31	18	16	9	6	3
6.6	80	52	36	22	19	10	7	3
6.7	88	58	41	24	22	12	8	4
6.8	95	62	48	28	25	13	10	4
6.9	102	68	55	32	30	15	12	5
7.0	110	72	62	36	34	17	15	6
7.1	120	80	72	42	40	20	18	7
7.2	130	85	83	47	46	23	21	8
7.3	140	93	94	55	53	25	25	9
7.4	150	102	110	63	62	29	30	11
7.5	162	110	123	70	72	33	36	13
7.6	176	120	142	82	83	38	43	15
7.7	190	130	163	93	97	43	52	17
7.8	205	141	188	107	112	49	62	20
7.9	222	152	214	122	130	56	77	24
8.0	240	167	245	140	150	64	92	28

### 4 数字等震线模型方向判断

根据实际地震的不同走向,等震线也有不同方向,而制作的等震线模型并没有方向性,地震应急时不能直接使用。如何快速判断等震线模型的方向,是确定灾区范围的关键步骤。

显然,用带地震走向的等震线模型来量化灾区范围更加符合地震的客观事实,只要震级确定了,地震走向确定了,灾区面积随之确定。实际工作中,我们用带地震走向的等震线模型来量化灾区范围,在多次地震应急工作中得到实际应用。

通过分析震源机制解,可以初步判断出地震的走向,从而也能确定数字等震线模型的走向。可在实际的地震应急工作中,震源机制解的分析数据不能实时到达指挥中心的应急人员手中,也就是说我们不能依据震源机制解的结果来判断数字等震线模型的方向。

将现有的 1:400 万云南活动断裂图与 175 幅等震线叠加,得出结论,数字等震线模型可以把活动断裂的走向作为等震线长轴的方位<sup>[6]</sup>。

分析图 1 可知:①当只有一个方向的断裂通过地震震中时,活动断裂的走向与等震线长轴的方位一致是大概率事件;②两条或多条断裂交汇的地方发生地震时,数字等震线的方位不是唯一。

2007 年 6 月 3 日 05:34:56.8 发生的宁洱 M6.4 级地震就是位于多条地震断裂的交汇处,主要是 NW-SE、NE-SW 两个方向(图 2 红色圆圈)。

表 2 是该地区的 11 次数字地震等震线资料。从表 2 中可以看出,9 次地震的等震线是 NE-SW 向,2 次是 NE-SW 向,NW 向的断裂长,其中有无量山断裂等,NE 向的断裂短,因此可以认为,当多个方向的断裂经过一个地震时,等震线模型的方向沿重要断裂的方向是大概率事件。

表 2 灾区历史地震基本情况统计表

地震时间	地名	震级	烈度	地震走向
1884-11-14	云南普洱	6.5	Ⅷ	NW
1942-02-01	云南思茅	6.8	Ⅷ	NW
1970-02-07	云南普洱花房	6.2	Ⅶ	NE
1971-04-28	云南普洱西南浪坝	6.7	Ⅷ	NE
1972-08-27	云南思茅	5.5	Ⅵ	NW
1973-08-16	云南普洱锅底塘	6.3	Ⅷ	NW
1978-09-10	云南普洱老郭寨	5.5	Ⅶ	NW
1979-03-15	云南普洱磨黑东南	6.8	Ⅸ	NW
1981-09-19	云南普洱	5.9	Ⅶ	NW
1993-0-127	云南普洱土锅寨、同心间	6.3	Ⅷ	NW
2005-01-26	云南思茅	5.0	Ⅵ	NW

注:2007 年 4 月 18 日,原思茅市改名为普洱市,普洱县改名为宁洱县,翠云区改名为思茅区。

表 3 通海地震区域历史地震基本情况统计表

地震时间	地名	震级	烈度	地震走向
1750-09-15	云南澄江	6.2	VIII	NE
1761-05-23	云南玉溪	6.2	VIII	NW
1761-11-03	云南玉溪	5.7	VII	NW
1763-12-30	云南通海	6.5	VIII	NW
1789-06-07	云南华宁	7	IX	NE
1799-08-27	云南石屏	7	IX	NW
1887-12-16	云南石屏	7	IX	NW
1909-05-11	云南华宁	6.5	VIII	NE
1913-12-21	云南峨山	7	IX	NW
1934-01-12	云南石屏	6	VIII	EW
1940-04-06	云南石屏	6	VIII	NW
1949-09-16	云南华宁	5.2	VI	NW
1950-09-13	云南建水	5.8	VIII	NW
1953-05-04	云南弥勒	5	VII	NW
1970-01-05	云南通海	7.7	X	NW
1970-01-27	云南华宁	4.9	VI	NE
1970-03-13	云南建水	5.5	VII	NE
1972-01-23	云南石屏	5.5	VII	NW
1975-07-09	云南建水	5.2	VI	NE
1976-10-09	云南峨山	5.3	VI	NW
2001-07-15	云南江川	5.1	VII	NW
2004-12-26	云南双柏	5	VI	NE

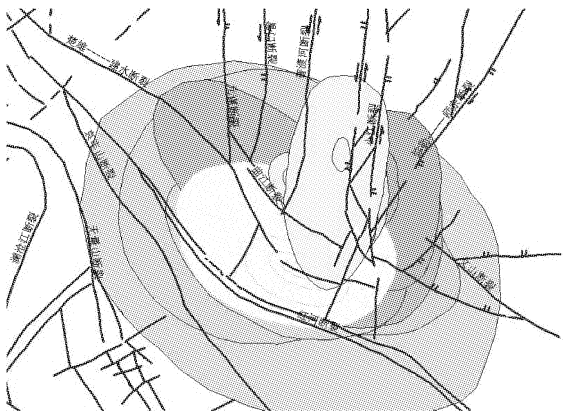


图 3 曲江断裂和小江断裂交汇处历史等震线图

为了进一步检验上述结论，我们分析了通海地震的区域(表 3 和图 3)。这是一个更加复杂的区域，但主要仍是两个走向的断裂，NW 向的有曲江断裂、红河断裂、楚雄-建水断裂、哀牢山断裂等，NE 向的主要有小江断裂、普渡河断裂、易门断裂、元谋断裂等，可以说实力不相上下。在这个区域内历史地震等震线有 22 个，14 个地震是 NW 向的，7 个是 NE 向的，1 个 EW 向。进一步分析发现 14 个 NW 向地震全部是靠近曲江断裂、楚雄-建水断裂和红河断裂的，7 个 NE 向地震全部靠近小江断裂，1 个 EW 向地震处于楚雄-建水断裂的 EW 向地段。因此认为，当多个方向的断裂经过一个地震时，等震线模型的方向沿更靠近的重要断裂的方向是大概率事件。

在这次宁洱 6.4 级地震应急中，我们开始没有分析全部历史地震的走向，也没有分析断裂的情况，只看了 1970-02-27 云南普洱 6.2 级地震的等震线是 NE-SW 向，便按照 NE-SW 向确定了等震线模型的方向，对确定的灾区进行了信息的汇总。后来笔者调出所有历史地震的等震线和该区域断裂情况进行分析，判断等震线模型的方向应该是 NW-SE 向，重新对新的灾区范围进行了灾区信息的汇总检索，并将修正结果提交地震现场指挥部。

事实证明，经过分析判断的方向是正确的，图 2 蓝色部分是宁洱 6.4 级地震的实际等震线，粉红色部分是数字等震线模型图，其地震方向为 NW-SE 走向。

分析我们还发现实际等震线范围比等震线模型范围要广，对比其他地震，同样有这个现象，这说明我们的等震线模型有偏差，需要进一步改进。

另外，如果有更大比例尺的断裂图，对于其他情况下如何判断等震线模型的方向，还有待研究。

5 结论与讨论

(1)灾害地震的灾区范围用等震线模型来量化

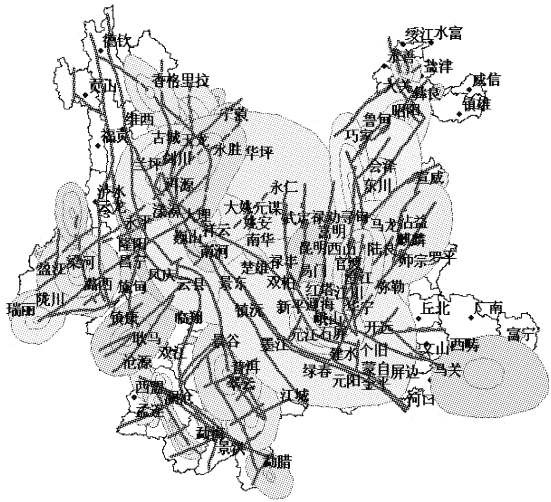


图 1 云南省活动断裂和等震线分布图

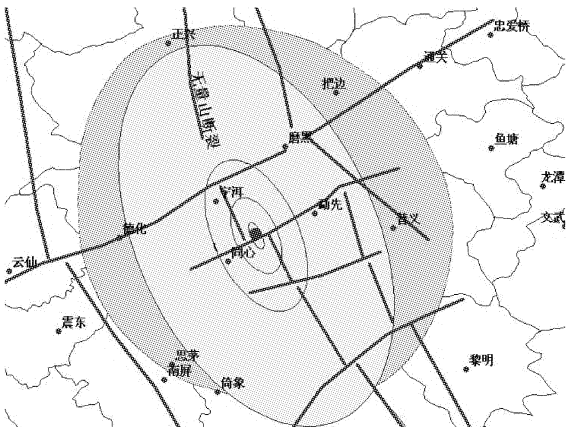


图 2 宁洱地震的震中位置图

比常规用正圆来量化更加符合地震的客观情况,在此基础上汇总得出的信息可信度更大。

(2)当只有一个方向的断裂通过地震震中时,活动断裂的走向与等震线长轴的方位一致是大概率事件。

(3)当多个方向的断裂经过一个地震时,数字等震线的方向不是唯一的,沿更靠近的重要断裂的方向是大概率事件。

(4)实际等震线范围比等震线模型范围要广,这说明我们的等震线模型有偏差,有待在今后的实际应用中进一步修正。

## 参考文献:

[1] 李永强, 杨杰英, 曹刻, 等. 云南相似大震人员伤亡差异因

素分析[J]. 灾害学, 2007, 22(1): 40-43.

[2] 王晓青, 丁香. 地震现场灾害损失评估地理信息系统[M]. 北京: 地震出版社, 2002.

[3] 闵子群, 陈敬, 沈斯伟, 等. 云贵地区地震等震线图集[J]. 地震研究, 2000, 23(S0): 26-31.

[4] 毛玉平, 韩新民, 谷一山, 等. 云南地区强震( $M \geq 6$ )研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003.

[5] 王景来. 减轻地震对云南国民经济的冲击[J]. 地震研究, 1996, 19(4): 396-404.

[6] 王景来, 宋志峰. 地震灾害快速评估模型[J]. 地震研究, 2001, 24(2): 162-167.

[7] 李永强, 龚强, 王景来. 基于 GIS 的数字等震线模型[J]. 地震研究, 2006, 29(4): 401-406.

[8] GB/T18208. 3-2000, 地震现场工作第三部分: 调查规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.

[9] GB/T17742-1999, 中国地震烈度表[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.

## Fast Judgment of Disaster Area of Ning'er M 6.4 Earthquake in Yun'an

Cao Ke<sup>1,2</sup>, Wang Feng<sup>1</sup>, Li Yongqiang<sup>2</sup>, Zhao Heng<sup>2</sup>, Cao Yanbo<sup>2</sup>,  
Gong Qiang<sup>2</sup> and Cao Xiaoxuan<sup>2</sup>

(1. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650042, China;

2. Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, China)

**Abstract:** According to the digital isoseismal map of 175 historical strong earthquakes of Yunnan, digital isoseisms model and 1:400 active fault maps of Yunnan, the damage area based traditional way is compared with the area based the digital isoseisms model and the relationship between the long-axis of digital isoseisms and active fault is analyzed. The results show that it accords with the objective condition of earthquake when we adopt the digital isoseisms model instead of the traditional way of circular analysis.

**Key words:** Ning'er earthquake; damage area; digital isoseisms; digital isoseisms model; orientation of digital isoseisms model