

2014年鲁甸6.5级地震应急快速评估^{*}

曹彦波, 郑川, 吴艳梅, 张方浩, 赵恒

(云南省地震局, 云南昆明 650224)

摘要: 基于云南地区烈度衰减模型、人员伤亡、经济损失、次生灾害等评估模型, 在云南鲁甸6.5级地震发生后30 min内, 云南地震灾害应急指挥中心启动云南地震应急快速评估系统快速产出地震灾害损失预评估结果, 震后4 h内, 根据获取的灾情信息, 综合考虑地震震级、发震时间、震区人口密度、房屋抗震性能、自然地理环境、地质构造条件、历史地震震害特征等因素, 结合专家经验, 对预评估结果进行了修正并上报各级部门, 为鲁甸地震应急指挥决策、灾害损失评估、政府指导抗震救灾工作提供了基础信息服务。

关键词: 鲁甸6.5级地震; 地震应急; 灾害损失; 预评估

中图分类号: P315-39

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2016)04-0638-08

0 引言

破坏性地震发生后, 快速开展灾害损失评估, 及时获取灾情, 协助各级抗震救灾指挥部确定救灾重点区域、部署救援队伍、分配救灾任务, 提供地震应急科技保障、信息支撑服务是各级地震应急指挥中心的首要任务(姜立新等, 2003; 聂高众等, 2012)。

2014年8月3日16时30分10秒, 云南省昭通市鲁甸县发生6.5级地震(以下简称“鲁甸地震”)。震后10 min内, 云南地震灾害应急指挥中心启动应急指挥技术系统, 与国务院抗震救灾指挥部、云南省人民政府应急指挥中心联通视频会议; 震后30 min内, 启动云南地震应急快速评估系统, 快速产出灾情简报、震区基本信息、烈度影响场、人员伤亡、经济损失、滑坡风险等初评估结果以及应急预案响应等级启动建议、对策建议报告等; 震后1 h内, 收集震情灾情、应急响应、政府处置等信息, 向中国地震局震灾应急救援司、云南省地震局、地震应急技术协调组、现

场工作队相关人员进行快速推送服务; 震后2 h内, 制作A4、A3、A1、A0等各幅面地震应急专题图件, 上报各级部门; 震后4 h内, 根据现场反馈灾情信息, 考虑灾区人口、经济、房屋、地形地貌特征以及历史震例情况, 对初评结果进行动态修正; 震后12 h内, 跨地震行业网、地震行业卫星网、政府电子政务网, 云南地震灾害应急指挥中心与现场指挥部等多方实现音、视频互联互通。

鲁甸地震应急响应科技支撑涉及到多个层面, 尤其是震后2 h内的信息黑箱期, 为各级政府部门提供灾情速判与对策建议是应急科技保障的一个重要支撑内容, 基于云南地区评估模型的本地化集成研究成果, 本文从评估理论基础、快速评估应急实践等方面对云南鲁甸6.5级地震进行分析和总结。

1 理论基础

地震灾害损失快速评估工作涉及到评估模型、基础数据、软件集成应用等多方面内容。数据是

^{*} 收稿日期: 2015-04-15.

基金项目: 中国地震局震灾应急救援司专项课题“地震应急公共服务平台研发”和“2015年度云南省全面加强预防和处置地震灾害能力建设10项重点工程”联合资助。

评估基础，模型是评估核心，软件是模型和数据的承载平台。

1.1 评估模型

地震灾害损失评估模型是进行震害评估的数学基础，包括烈度衰减模型、人员伤亡评估模型、经济损失评估模型以及次生地质灾害评估模型等。

(1) 烈度衰减模型

烈度衰减模型是震后快速评估阶段各类模型计算的基础，对于鲁甸地震影响场大小判定，笔者采用云南滇东北地区点源烈度衰减模型进行计算算法如下：

长轴： $I_a = 6.975\ 3 + 1.306\ 7M - 4.795\ 2\lg(R_a + 23)$ ， $\sigma = 0.489\ 1$ ；
短轴： $I_b = 5.561\ 5 + 1.176\ 2M - 4.082\ 9\lg(R_b + 12)$ ， $\sigma = 0.463\ 2$ 。

(1)

(2)

式中， I_a 、 I_b 分别表示烈度衰减模型长轴与短轴， M 为震级， R_a 、 R_b 分别为烈度为 I 时长、短半轴的长度，为标准差。

为了对影响场长轴方向进行判定，笔者对云南地区进行了构造分级分区研究，按地质构造的发震能力、活动性、历史地震的对应性进行了等级划分，提出了基于区域块体和基于地质构造（断层）2 种方法进行影响场方向的快速预判。在影响场动态修成过程中，除了考虑断层走向以外，结合余震序列分布、震源机制解、地震破裂过程等资料来对长轴方向进行了修正。

(2) 人员死亡模型

对于鲁甸地震人员死亡的评估，采用李永强（2012）提出的云南震亡多因子回归模型进行估算，算法如下：

$$Y = \exp(-1.109e + 02 + 8.489e + 01x - 2.032e + 01x^2 + 1.499e + 00x^3 + 9.826e - 04v - 6.833e - 08v^2 + 8.963e - 01z - 3.175e - 03ns + 1.148e - 06ns^2 - 2.914e - 02cs + 6.502e - 05cs^2 + 2.772e - 03GDP - 4.768e - 07GDP^2 + 9.801e - 01T + 3.910e - 04s + 9.414e - 05x * GDP).$$

(3)

式中， Y 为震亡人数， x 为震级， T 为发震时刻

（ $T = 1$ 表示地震发生在夜间， $T = 0$ 表示地震发生在白天）， z 为地震烈度， s 为人口密度， v 为烈度区面积（取该次地震的 VI 度区及以上烈度区面积之和）， ns 为农民人均纯收入， cs 为人均财政收入， GDP 为人均 GDP。

(3) 人员受伤模型

采用施伟华等（2012）提出的云南地区各烈度地震伤亡人数及比率对鲁甸地震造成的人员受伤情况进行估算，模型参数见表 1。

表 1 云南地震死亡与重伤、死亡与轻伤的比率

Tab. 1 Ratios of deaths and serious injuries, deaths and minor injuries in Yunnan

烈度	VI	VII	VIII	IX	X
死亡与重伤的比例	1:1.7	1:8.3	1:14.7	1:2.7	1:1.2
死亡与轻伤的比例	1:12.5	1:11.1	1:7.9	1:4.1	1:1.8

(4) 转移安置人员估算模型

采用《地震现场工作第 4 部分：灾害直接损失评估》（GB/T 18208.4—2011）计算鲁甸地震转移安置人员数量，算法如下：

$$T = \frac{c + d + e/2}{a} \times b - f.$$

(4)

式中， a 为户均居住面积， b 为户均人口， c 为所有住宅房屋的毁坏面积， d 为非简易房屋的严重破坏面积， e 为非简易房屋中等破坏面积与简易房屋破坏面积之和， f 为死亡人数。

(5) 经济损失模型

震后总的经济损失主要由房屋直接经济和其他直接经济损失组成，采用地震现场工作第 4 部分：灾害直接损失评估（GB/T 18208.4—2011）计算鲁甸地震经济损失，算法如下：

$$L = L_h + L_h \times R_a.$$

(5)

$$L_h = S_h \times R_h \times D_h \times P_h.$$

(6)

式中， L 为总经济损失， R_a 为其他经济损失与房屋直接经济损失比例， L_h 房屋直接经济损失， S_h 为灾区房屋建筑总面积， R_h 为破坏比， D_h 为损失比， P_h 为重置单价。

(6) 次生地质灾害评估模型

次生地质灾害评估模型是描述由于地震造成的某一烈度破坏下产生崩塌、滑坡、泥石流次生灾害的危险性及危害性,模型评价单元为 90 m 格网。

表 2 次生地质灾害风险等级

Tab. 2 The risk level of the secondary geological disaster

分级	描述	说明
1	几无	基本不会发生地震滑坡
2	轻微	发生滑坡的可能性不大,有些零星的落石、塌方现象,个别地方可能造成短暂的交通破坏
3	中等	可能有一定程度的滑坡现象,并有可能造成交通破坏和房屋等财产受损
4	严重	滑坡普遍,滑坡规模较大,地震滑坡造成交通中断、房屋受损的可能性较大,因地震滑坡可能造成数人死亡
5	特重	滑坡非常普遍,并由此可能造成交通中断、房屋受损和人员伤亡,河流流经地区可能发育大规模的堰塞湖。

(7) 区域应急预案响应等级判定模型

根据历史地震应急处置案例,结合《国家地震应急预案》(2012 年 8 月 28 日修订)相关规定,建立云南区域地震应急预案响应等级判定模型,模型影响因子包括震中位置、震中距灾区县城距

离、人口密度、人口聚集度、少数民族人口、海拔高度、地形、坡度等客观因子,以及灾区烈度、震亡人数、经济损失、地震滑坡风险等评估因子,对上述因子进行综合分析归一化处理得到应急预案启动等级判定模型,算法如下:

$$E_i = \sum_{i=1}^n W_1 \times W_2 \times W_3 . \tag{7}$$

式中, W_1 表示一级指标权重值, W_2 表示二级指标权重值, W_3 表示三级指标评分值, E_i 表示某次地震应急预案响应等级启动建议的综合评估值,分别对应 I、II、III、IV 响应等级。

1.2 基础数据

数据是地震灾害损失快速评估的基础和核心,用于本次地震快速评估的数据如表 3 所示。

1.3 评估系统

以云南地震应急基础数据库、云南历史地震应急处置案例等资料为基础,将各类本地化评估模型与 GIS 系统集成,研发云南地震快速评估系统,该系统由 7 个模块组成(表 4,图 1),通过人工或自动输入地震三要素进行触发计算,实现地震影响范围、人员伤亡、经济损失、房屋破坏、次生地质灾害风险评估等功能,产出灾情简报、震区基本信息、快速评估、对策建议报告等文档及专题图(曹彦波等,2015)。

表 3 鲁甸地震快速评估数据信息描述

Tab. 3 The description of Ludian earthquake rapid assessment data information

序号	分类	数据内容	比例尺/分辨率	数据格式	几何特征	数据来源
1	行政区划	州市、县区、乡镇界	1:5 万	矢量	线状、面状	云南省测绘局, 2011
2	居民点	县区、乡镇、行政村、自然村	1:5 万	矢量	点状	云南省测绘局, 2007
3	人口统计	县区人口统计数据	—	属性表	—	云南统计年鉴, 2014
		乡镇人口统计数据	—	属性表	—	全国第六次人口普查数据, 2010
4	经济统计	县区人均 GDP、农民人均纯收入、人均财政收入统计数据	—	属性表	—	云南统计年鉴, 2014
5	房屋统计	县区、乡镇房屋统计数据	—	属性表	—	各州市上报, 2013
6	遥感影像	遥感影像数据	—	瓦片数据	栅格	Google Earth, 2010 ~ 2014
7	地形地貌	DEM、坡度	90 m	栅格	栅格	ASTER2009 中国地形数据集

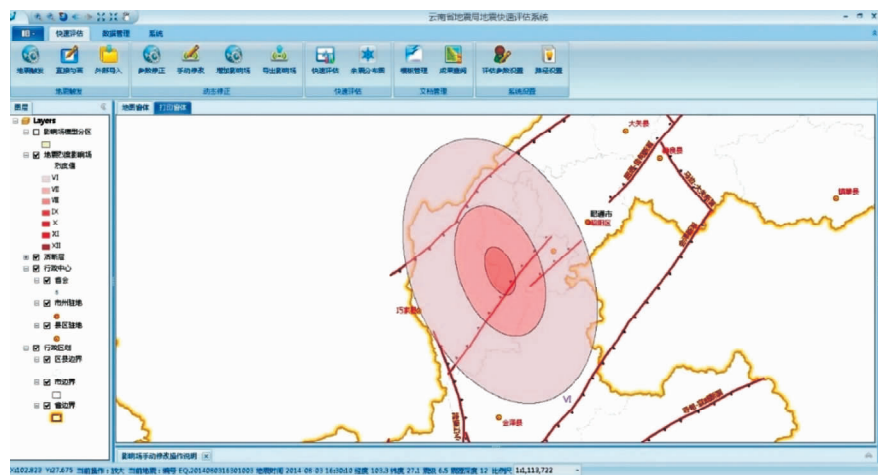


图 1 云南地震快速评估系统界面

Fig. 1 The interface of Yunnan Seismic Rapid Assessment System

表 4 云南地震快速评估系统功能模块

Tab. 4 The function module of the Yunnan Seismic Rapid Assessment System

序号	功能模块	功能描述
1	权限管理	根据操作权限不同分为高级用户和普通用户
2	数据管理	实现对数据的导入、导出、更新维护等功能
3	地震触发	自动或手动输入地震三要素进行地震触发计算
4	震害评估	地震影响场、人员伤亡、经济损失、建筑物破坏、次生灾害等评估
5	动态修正	手动对评估影响场大小和方向修正，对评估模型参数进行修改设置等操作进行二次评估
6	模板管理	专题图模板、文档模板导入、导出、修改配置等
7	成果查询	评估报告及专题图查询浏览

2 评估实践

2.1 快速评估

鲁甸地震发生后 30 min 内，基于云南地区评估模型、云南地震应急基础数据库、地震应急快速评估系统，云南地震灾害应急指挥中心开展地震灾害损失快速评估工作，快速产出灾情简报、震区基本信息、快速评估报告、对策建议报告以及各类地震应急专题图，上报各级指挥部。

2.1.1 震区基本情况

基于云南省 2010 年人口普查资料（云南省人口普查办公室，云南省统计局，2012）、《云南统计年鉴 2014》（云南省统计局，2014）、云南地震

应急基础数据库等资料，通过地震触发计算，本次地震影响人口约 269 万人，震中距离鲁甸县约 30 km，距市府驻地昭通市约 52 km，距昆明市约 237 km。震中鲁甸县人口密度为 266 人/km²，鲁甸县人口 39.8 万，人均 GDP 为 9 515 元，农民人均纯收入 3 649 元，震区位于滇东北高原南部、牛栏江北岸，地势东西两侧高，中间低平，地貌错综复杂，有深切中山、中切中山、岩溶高原、混合丘陵、高原湖积盆地、断陷河谷坝。县城海拔 1 917 m，属低纬山地季风气候，四季温差不大，立体气候特点突出，年均温 12.1℃。

基于地震应急专题图集成模板，快速生成 20 余幅震区专题图，包括地震震中分布图、震中距主要城市距离图、震中距主要乡镇距离图、震中距主要行政村距离图、震区坡度图、震区地形图、震区活动构造分布图、震区历史地震震中分布图、震区县乡人口密度图、震区人均 GDP 分布图、震区人均财政收入分布图、震区农民人均纯收入分布图、震区房屋分布图、震区学校分布图、震区医院分布图、震区水库分布图、震区人口公里格网分布图、震区经济公里格网分布图、震区房屋公里格网分布图等（图 2）。

2.1.2 地震灾害损失评估

（1）影响场判定

根据烈度衰减模型，快速判定本次地震影响场分布范围，本次地震影响场面积约 1.4 万 km²，极震区烈度预计达到Ⅷ度，分布在鲁甸县龙头山镇，震区面积达 1.2 万 km²。基于地震震中区域块体和地质构造（断层），本次地震影响场方向与昭

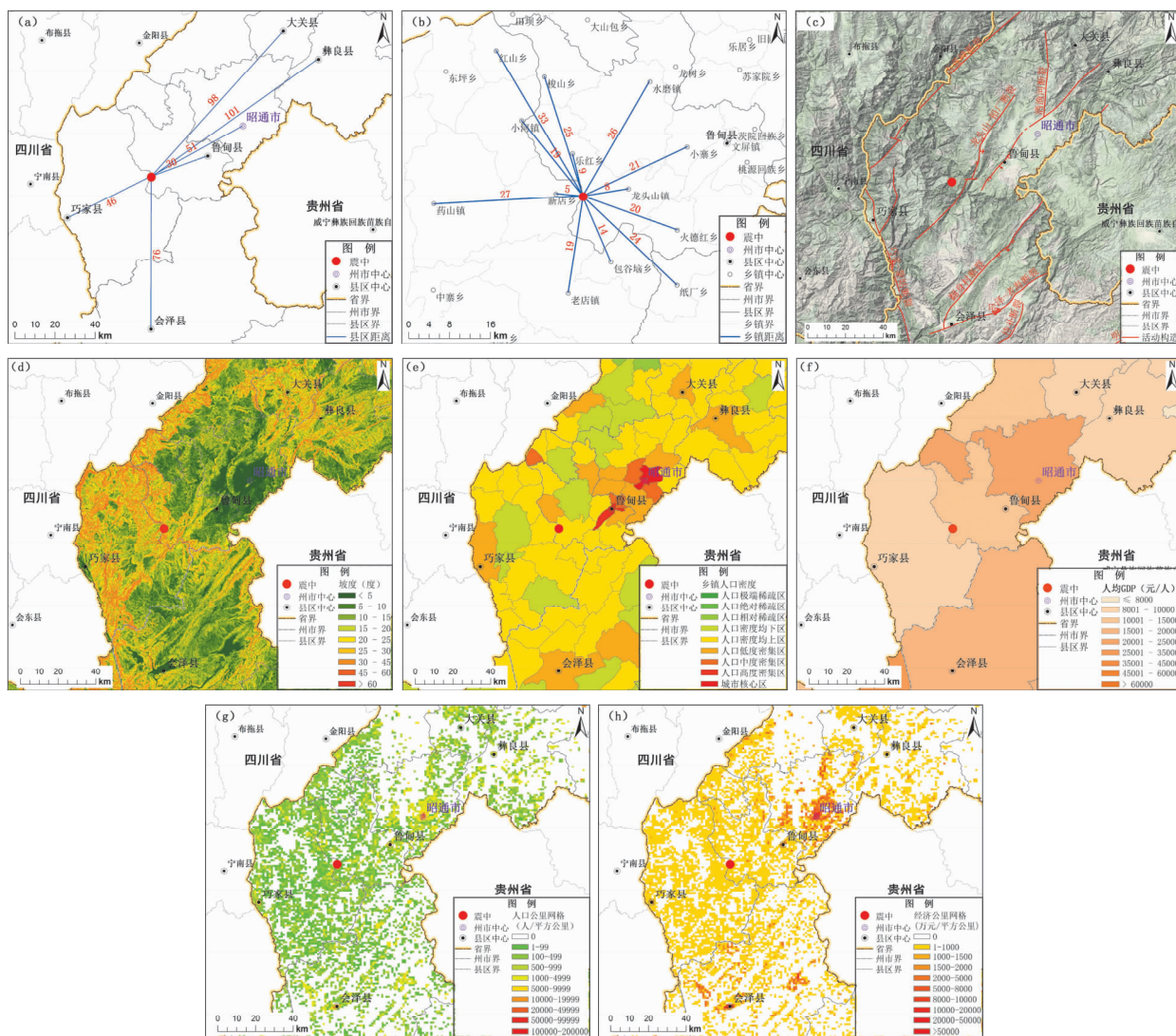


图2 鲁甸地震应急专题图

(a) 震中与主要县城距离图; (b) 震中与主要乡镇距离图; (c) 震区地表形态图; (d) 震区坡度图; (e) 震区乡镇人口密度图; (f) 震区人均 GDP 分布图; (g) 震区人口公里网格分布图; (h) 震区经济公里网格分布图

Fig. 2 The thematic map of Ludian earthquake emergency

(a) the map of the distance from epicenter to the main counties; (b) the map of the distance from epicenter to the main towns; (c) the surface morphology map in earthquake area; (d) the slope map in earthquake area; (e) the township population density map in earthquake area; (f) the per capita GDP map in earthquake area; (g) the population kilometer-grid map in earthquake area; (h) the economic kilometer-grid map in earthquake area

鲁断裂带方向一致,影响场长轴方向呈北东向展布(图3a)。

(2) 人员死亡评估

震中所在区域昭通地区具有典型的小震大灾特征,据该区域历史震例资料统计,同等条件下,昭通地震人员伤亡是云南其他地区的2~5倍。人口密度高、经济发展水平低、房屋抗震性能差等是造成该地区地震伤亡大的主要原因。地形复杂、起伏度大、坡度大、地表岩石破碎等原因使得昭

通地震崩滑次生灾害严重、造成较大人员伤亡(白仙富等,2013)。基于此,在本次地震人员死亡评估中,除了根据人员死亡评估模型估算的死亡人数外,还综合考虑了次生地震灾害造成的人员死亡叠加,通过调整软件系统修正系数,计算得出本次地震死亡约630人。

(3) 灾害损失评估

根据人员受伤、转移安置、经济损失、次生地质灾害等模型,经系统计算,本次地震造成约

56 000 人受伤，需转移安置约 20 万人，造成直接经济损失约 176 亿元，次生地质灾害属于严重等级，地震灾区滑坡普遍，滑坡规模较大，造成严重人员伤亡、房屋破坏和严重交通中断（图 3b）。

2.1.3 应急响应等级判定

综合考虑本次地震震中位置、人口密度、地形、坡度、震中距灾区县城乡镇距离、灾区烈度预估值、震亡人数预估值、经济损失估值、地震滑坡风险等因子，基于地震应急预案响应等级判定模型，初步判定本次地震属于特别重大灾害类型，建议启动 I 级响应，由国务院抗震救灾指挥部统一组织领导、指挥协调地震应急工作，各级部门按预案规定开展相应的抗震救灾工作。

2.2 动态修正

震后 4 h 内，鲁甸地震余震序列主要展布方向为北西向，结合震源机制解和现有灾情信息，综合考虑地震震级、发震时间、震区人口密度、房屋抗震性能、自然地理环境、地质构造条件、历

史地震震害特征等因素，结合相关专家经验，将影响场长轴方向调整为北西向进行二次评估，将修正后的评估结果上报各级指挥部。

表 5 鲁甸地震灾害动态修正结果
Tab. 5 The dynamic correction results of Ludian earthquake disaster

序号	评估项目	原始评估值	修正值
1	影响场面积/万 km ²	1.4	1.2
2	极震区烈度	VIII	IX
3	影响场方向	北东向	北西向
4	影响人口/万人	269	220
5	距最近县城距离/km	30	30
6	估计死亡人数/人	630	630
7	估计受伤人数/人	56 000	5 000
8	估计经济损失/亿元	176	176
9	估计地震滑坡风险等级	严重	严重

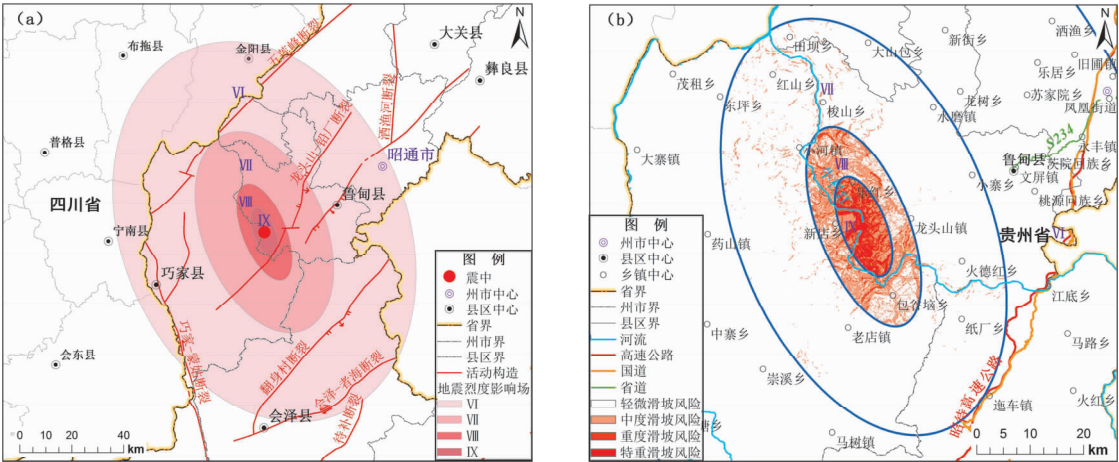


图 3 地震评估专题图
(a) 地震影响场评估图；(b) 地震滑坡风险评估图

Fig. 3 The thematic map of earthquake assessment

(a) the evaluation chart of the seismic influence field; (b) the assessment map of the earthquake landslide risk

3 对比分析

根据云南省地震局最终发布的地震灾害损失评估报告^①，笔者将快速评估软件估算结果和实际结果进行了对比分析。从评估结果看，软件模型计算值和实际值有一定差距，修正值和实际值数

量级上基本一致。从评估时间尺度上来说，快速评估结果时效性强，缺点是精度低，优点是响应快，在震后 0~2 h 灾情黑箱期内快速提供灾情初判结果，为各级指挥部调度救援部队、调配救灾物资等提供提醒式信息服务，而在 2 h 后，随着获取到的灾情信息逐渐增多，修正后的地震灾害损

① 云南省地震局. 2014. 2014 年 8 月 3 日云南鲁甸 6.5 级地震灾害直接经济损失评估（云南灾区）.

失评估结果更符合实际,对于重点救援区域确定、压埋人员搜救、紧急交通管制等具体任务的部署更具有参考性。经过对比分析,软件模型估算结果与实际灾评结果存在差异的原因是多方面的,基础数据的精度、软件系统的集成度、模型的科学性等都会影响到快速评估的精度。例如:烈度衰减模型是震后快速评估阶段各类模型计算的基础,是评估精度高低的关键。本次地震模拟计算的最高烈度为Ⅷ度,实际最高烈度为Ⅸ度,造成差异的主要原因是评估时采用了云南地区滇东北区域衰减模型,该区域 6.5 级以上震例样本数较少,6.5 级以下地震影响场样本较多,模型最高烈度回归结果与实际灾评结果有偏差,有待于后续震例补充,进一步修改完善(图 4,表 6)。

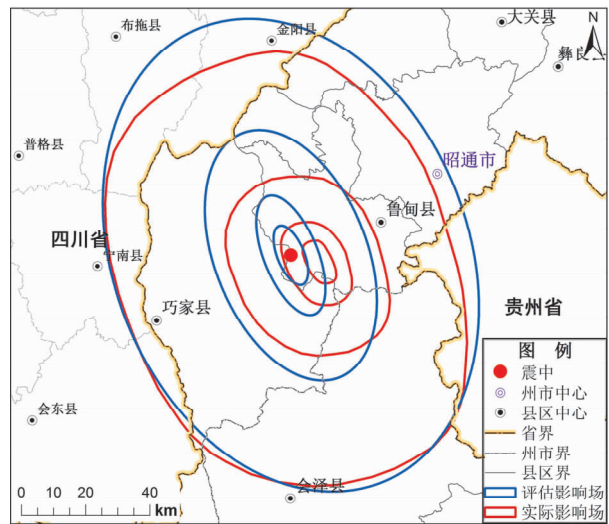


图 4 鲁甸地震影响场模拟值和实际值对比
Fig. 4 The comparison of the simulated and actual values about the influence field of Ludian earthquake

表 6 评估结果与实际对比
Tab. 6 The comparison of the evaluation and actual results

序号	对比项目	快速评估	动态评估	实际结果
1	评估时间/h	0.5	4	72
2	影响场面积/万 km ²	1.4	1.2	1
3	极震区烈度	Ⅷ	Ⅸ	Ⅸ
4	影响场方向	北东向	北西向	北西向
5	死亡人数/人	630	630	617 (112 人失踪)
6	受伤人数/人	56 000	5 000	3 143
7	经济损失/亿元	176	176	198

注:实际结果数据来源于云南省地震局鲁甸 6.5 级地震灾害损失评估报告。

4 认识与讨论

依托云南地震灾害应急指挥中心软硬件平台,通过云南地区快速评估模型本地化集成研究以及评估软件的研发,指挥中心完成了鲁甸地震灾害损失快速评估及科技保障任务。基于该系统,快速产出了震区基础信息、烈度影响场评估、人员伤亡、经济损失、滑坡风险等初评估结果以及应急预案响应等级启动建议、对策建议等,为鲁甸地震应急指挥决策、灾害损失评估、政府指导抗震救灾工作提供了基础参考信息,提高了地震应急科技保障服务能力。但是,地震快速评估是一个系统工程,涉及到数据、模型、软件、应用等诸多问题,数据、模型精度、软件的适用范围等都存在一定的局限性,云南区域差异大,评估精度的提高还有待于进一步的研究和探索。

(1) 数据问题:数据是地震快速评估基础,数据的来源、时效性、完整性、分辨率等会直接影响到评估结果的合理性,目前,云南省用于地震灾害快速评估的数据主要有 2 套,一套是“十五”期间“数字观测网络项目”建立的基于乡镇行政单元的地震应急基础数据库,另外一套是“十一五”期间“国家地震社会服务工程”建立的基于公里网格的数据库。经多次地震实际检验,基于行政单元的数据地震评估中,由于烈度区跨多个乡镇,统计方法采用人口平均密度或面积权重法,评估结果与实际灾害调查结果有一定差距,利用该算法运算速度快,一般对于 5.0~7.0 级地震评估,从启动到运算结束仅需 5~10 min,而基于公里格网的数据运算速度慢,5.0~7.0 级地震大概需 15~30 min,但精度比上述算法高。在云南省地震灾害损失评估实际应用中,笔者把 2 套数据都进行了系统集成,可以自定义选择用 1 套数据或 2 套数据进行评估,对评估结果做分析处理,在快和准之间做平衡处理。

(2) 模型问题:评估模型是制约评估合理性的关键,对于云南地区来说,孕震环境时空差异明显,与震害相关的地形地貌、人口、经济、房屋等承灾体差异大,国内各专家学者基于不同的模型和数学方法,给出了不同的评估模型,经过云南地区多次地震应急实践,目前没有一个数学模型能真实完整地模拟出云南地区震害特征,模

型在时间和空间上有一定的局限性。因此,在评估模型研究方面,一方面需细化评估模型研究工作,研究区域尺度从省域向州(市)、县(区)转化;另一方面,在数据能够支撑的基础上集成多个评估模型和方法,产出结果结合区域特点和专家经验进行对比分析,使结果更合理。

(3) 软件问题:软件是数据、模型和应用可视化表达的载体,系统的交互性、安全性、稳定性、可扩展性等是软件性能好坏的重要标志。在软件功能设计时,充分考虑评估过程中功能模块的完整性和可操作性,如:地震触发模块、模型参数设置模块、影响场动态修正模块、专题图模板和对策模板定制模块,数据的更新维护模块等。在软件系统集成时,充分考虑系统兼容性和可扩展性,实现应急基础数据库、数学模型和各类文档模块与GIS的无缝集成。在软件部署应用时,充分考虑系统的灵活性和伸缩性,使系统易于安装维护,形成一个科学实用的软件产品。

(4) 应用问题:评估的目的是为了服务,服务谁?怎么服务?如何在应急工作中发挥更好作用?这些问题涉及到理论、技术、管理、服务等多学科的交叉融合,就服务对象而言,评估结果是服务技术层面、专家层面、决策层面,还是社会公众层面

等一系列问题都有待于进一步的研究和实践。

总之,在实际地震应急快速评估中,除依托软件产出成果外,还应综合考虑震区地形、地貌特征,人口、经济特征、房屋结构及抗震性能、历史震例资料等,使灾情研判结果更符合实际,具有参考价值。

参考文献:

- 白仙富,戴雨炎,戴靖等. 2013. 昭通地区地震灾害区域型特征分析[J]. 地震研究, 38(1): 148-154.
- 曹彦波,李兆隆,李永强等. 2015. 云南地震应急快速评估模型本地化集成研究[J]. 地震研究, 36(4): 514-524.
- 姜立新,聂高众,帅向华等. 2003. 我国地震应急指挥技术体系初探[J]. 自然灾害学报, 12(2): 1-6.
- 李永强. 2012. 云南地震人员死亡研究[M]. 昆明: 云南科技出版社.
- 聂高众,安基文,邓砚. 2012. 地震应急灾情服务进展[J]. 地震地质, 34(4): 783-791.
- 施伟华,陈坤华,谢英情等. 2012. 云南地震灾害人员伤亡预测方法研究[J]. 地震研究, 35(3): 387-392.
- 云南省人口普查办公室,云南省统计局. 2012. 云南省2010年人口普查资料[M]. 北京: 中国统计出版社.
- 云南省统计局. 2014. 云南统计年鉴2014[M]. 北京: 中国统计出版社.
- GB/T 18208.4—2011,地震现场工作第4部分:灾害直接损失评估[S].

Emergency Rapid Assessment about Ludian $M_s6.5$ Earthquake in 2014

CAO Yanbo, ZHENG Chuan, WU Yanmei, ZHANG Fanghao, ZHAO Heng

(Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract

Within 30 minutes after the Ludian $M_s6.5$ earthquake, the pre-evaluation results of earthquake disaster loss was output rapidly by Yunnan Seismic Rapid Assessment System developed by Yunnan Earthquake Emergency Command Centre based on the establishment of the earthquake assessment models of intensity attenuation, casualties, economic losses and secondary disaster etc. in Yunnan area. Within 4 hours after the earthquake, according to the obtained disaster information, considering the earthquake magnitude, occurrence time, and the population density, housing seismic performance, natural and geographical environment, geological conditions, historical earthquake damage characteristics etc. in disaster zone, combined with expert experience, the pre-assessment results were made a correction and reported to the departments at all levels. These reports could provide basic information services for the decision making about earthquake emergency command, disaster loss assessment, and government guidance for earthquake relief work of Ludian earthquake.

Key words: Ludian $M_s6.5$ earthquake; earthquake emergency; disaster loss; pre-assessment