

2014年云南鲁甸 M_s 6.5 地震灾害区域等级划分研究*

刘军¹, 宋立军¹, 卢永坤², 孙甲宁¹, 张方浩², 谭明¹

(1. 新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 对地震灾害区域等级划分模型进行了分析, 并以2014年云南鲁甸 M_s 6.5地震为例, 对此次地震的地震灾害指数进行计算。讨论不同震害特征地震如何选取相应震害因素, 能够充分的反映出灾区区域灾害等级差异。

关键词: 灾害区域; 等级划分; 灾害指数; 鲁甸 M_s 6.5地震

中图分类号: P315.94

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2015)03-0426-06

0 前言

经历汶川8.0级、玉树7.1级和芦山7.0级等破坏性地震后, 地震科技工作人员认识到, 灾害影响范围、救灾重点区域及灾害程度等信息逐渐成为应急救援和恢复重建工作关注的重要问题。如何以地震现场调查和灾害损失评估资料为基础, 快速确定地震灾害影响区域, 并根据灾情的严重程度开展地震灾害等级划分与严重程度排序等逐渐成为破坏性震后地震应急工作重要内容之一(曲国胜等, 2007)。

地震灾害区域等级划分是以综合灾害指数作为指标, 以县级行政区划为统计单元对灾区进行的灾害程度轻重排序工作, 可为政府迅速开展抗震救灾和恢复重建提供科学依据(胡伟华等, 2010)。为满足政府的需要, 自20世纪90年代以来, 地震工作者从不同角度和层面结合地震灾害特点开展了大量地震灾区不同区域的灾害程度轻重研究工作(冯利华, 2000; 冯志铎等, 1994; 于庆东, 沈荣芳, 1997)。

本文以2014年8月3日云南鲁甸 M_s 6.5地震作为算例进行地震灾害区域等级划分, 并对工作中各震害因素的选取应用进行分析研究。数据取自云南鲁甸 M_s 6.5地震的云南、四川及贵州各灾区的灾害损失评估报告^①。

1 地震灾害区域等级划分模型概述

《地震灾害区域等级评估工作指南(2009)》^②中对于地震灾害的划分等级与国家地震应急预案中的地震灾害事件分级相对应;《指南》中规定地震灾害等级指灾害区域内地震灾害的轻重程度, 由重至轻一般划分为4级, 即极重灾区、严重灾区、较重灾区和一般灾区(魏庆朝, 张庆珩, 1996; 卢永坤等, 2011)。根据地震灾害的影响程度, 以综合灾害指数作为划分指标, 以县级行政区划为统计单元对灾区的县进行地震灾害等级划分。综合灾害指数主要考虑5类因素: 死亡和失踪人数、房屋震害系数、烈度影响系数、经济损失和地震地质灾害危害程度。

1.1 死亡和失踪人数 ($D_{p1} + M_p$)

可单独考虑死亡和失踪人数的绝对值 ($D_{p1} + M_p$) 或相对值 (D_{p2}), 也可同时参照死亡和失踪人数的绝对值和相对值。相对值 (D_{p2}) 采用统计单元内死亡和失踪人数占统计单元内总人口数的比例作为受灾的主要参数:

$$D_{p2}(i) = \frac{D_{p1}(i) + M_p(i)}{P(i)}. \quad (1)$$

式中, $D_{p1}(i)$ 为 i 统计单元内死亡人数; $M_p(i)$ 为 i 统计单元内失踪人数; $P(i)$ 为 i 统计单元内总人口数。

* 收稿日期: 2015-01-20.

基金项目: 新疆地震科学基金项目(201511)和地震科技星火计划项目(XH15044Y)联合资助.

① 云南省地震局. 2014. 2014年8月3日鲁甸6.5级地震灾害直接经济损失评估报告.

② 中国地震局. 2009. 地震灾害区域等级评估工作指南(试行).

1.2 房屋震害系数 (D_{HI})

房屋震害系数是表征房屋破坏程度的指标, 可通过现场抽样调查得到:

$$D_{HI}(i) = \sum_s \sum_j \lambda_s(i,j) \times \eta_s(i,j) \times k_{HS}(i). \quad (2)$$

式中, $\lambda_s(i,j)$ 为 i 统计单元某抽样调查点 S 类房屋 j 破坏等级的破坏比; $\eta_s(i,j)$ 为 i 统计单元某抽样调查点 S 类房屋 j 破坏等级的损失比; $k_{HS}(i)$ 为 i 统计单元抽样调查点内该类房屋在所有类型房屋中所占比例。

1.3 烈度影响系数 D_{PI}

烈度影响系数是指统计单元内人口在不同烈度区影响下的加权平均值:

$$D_{PI}(i) = \sum_m \frac{I(i,m) \times P(i,m)}{P(i)}. \quad (3)$$

式中, $I(i)$ 为 i 统计单元处于不同区的烈度值, $m=6,7,8,9,10,11,12$; $P(i,m)$ 为 i 统计单元处于烈度值 m 区内的人口数; $P(i)$ 为 i 统计单元内总人口数。

1.4 地震造成经济损失 (D_{EL})

地震造成经济损失可以以绝对值 (D_{EL1}) 或相对值 (D_{EL2}) 作为参考, 也可同时考虑地震造成经济损失的绝对值与相对值。相对值 (D_{EL2}) 采用统计单元内经济损失 (D_{EL1}) 占 GDP 的比例作为灾区统计单元受灾的主要参数:

$$D_{EL2}(i) = \frac{D_{EL1}(i)}{GDP(i)}. \quad (4)$$

式中, $D_{EL1}(i)$ 为 i 统计单元内经济损失值; $GDP(i)$ 为 i 统计单元内上年度 GDP。

1.5 地震地质灾害危害度 (D_{GH})

地震地质灾害指地震引发地面崩塌、滑坡、泥石流、地震断层、砂土液化、地裂缝和地震塌陷等, 地震地质灾害发育程度可根据规模大小对各因子进行危害等级划分, 分为小、中、大 3 个级别, 将灾害危害度归一化处理后采用分级加权的方法进行处理:

$$D_{GH}(i,n) = \frac{k_a \times D_{GHa}(i,n) + k_b \times D_{GHb}(i,n) + k_c \times D_{GHc}(i,n)}{RA(A)}. \quad (5)$$

式中, $D_{GHa}(i,n)$ 为 i 统计单元 n 因子大型危害处 (所、座、公顷); $D_{GHb}(i,n)$ 为 i 统计单元 n 因子中型危害处 (所、座、公顷); $D_{GHc}(i,n)$ 为 i 统计单元 n 因子小型危害处 (所、座、公顷); k_a 、 k_b 、 k_c 为大、中、小型危害处分配的权重, 分别为 0.6、0.3、0.1; $RA(i)$ 为 i 统计单元内国土面积; n 为参与计算因子个数。各因子归一化处理后进行等权加权平均, 得到各统计单元地震地质灾害危害度指标值

$$D_{GH}(i) = \frac{\sum D_{GH}(i,n)'}{n}. \quad (6)$$

式中, $D_{GH}(i,n)'$ 为 i 统计单元 n 因子归一化处理的数据。

1.6 综合灾害指数

综合灾害指数可根据震区震害特点和灾害程度选择死亡和失踪人数、房屋震害系数和烈度影响系数 3 个参数, 并赋予其不同权重进行加权平均给出, 或增加经济损失和地震地质灾害危险度, 分别采用 4 个或 5 个参数, 并赋予其不同权重进行加权平均给出:

$$D_{AI}(i) = k_1 \times D_P(i)' + k_2 \times D_{HI}(i)' + k_3 \times D_{PI}(i)' + k_4 \times D_{EL}(i)' + k_5 \times D_{GH}(i)'. \quad (7)$$

式中, $D_P(i)'$ 、 $D_{HI}(i)'$ 、 $D_{PI}(i)'$ 、 $D_{EL}(i)'$ 、 $D_{GH}(i)'$ 分别是对 $D_P(i)$ 、 $D_{HI}(i)$ 、 $D_{PI}(i)$ 、 $D_{EL}(i)$ 、 $D_{GH}(i)$ 各自进行归一化法处理的数据; k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 分别为 $D_P(i)$ 、 $D_{HI}(i)$ 、 $D_{PI}(i)$ 、 $D_{EL}(i)$ 、 $D_{GH}(i)$ 所分配的权重; 并且 $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 = 1$ 。

一般在重大地震灾害或特别重大地震灾害下可以选用 5 个参数, 其中 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 分别取 0.30、0.25、0.20、0.05、0.2。为充分反映该地震事件灾害的特点, 可对各权重进行细微的调整。

2 鲁甸 $M_s6.5$ 地震震害及灾害指数计算

2014 年 8 月 3 日, 云南省鲁甸县发生 $M_s6.5$ 地震, 造成云南省、四川省及贵州省近 10 个县, 共 55 个乡镇遭受不同程度破坏 (卢永坤等, 2014)。

本次灾害区域等级划分工作选取死亡和失踪人数相对值、房屋震害系数、烈度影响系数、地震造成的经济损失因素和地震地质灾害危害度 5 个参数作为评价指标,其中死亡、失踪人数依照当地政府上报的统计数据,房屋震害系数、烈度影响系数加权值由 GIS 系统公里格网人口密度分布积分求得,地震地质灾害数据主要通过震后航卫片解译和现场调查求得,由云南省国土资源厅提供。

2.1 死亡和失踪人数

据官方统计,截至 8 月 12 日 10 时,本次地震已造成 617 人死亡(鲁甸县 526 人,巧家县 78 人,昭阳区 1 人,会泽县 12 人),112 人失踪,3 143 人受伤。依据式(1)所得计算结果见表 1。

表 1 鲁甸地震死亡和失踪人数统计及相对值
Tab. 1 Statistic of the number of death and missing of Ludian $M_s6.5$ earthquake and its relative value

统计单元 i	总人口数 $P(i)/人$	死亡人数 $D_{p1}/人$	失踪人数 $M_p/人$	绝对值 $(D_{p1}+M_p)/人$	相对值 D_{p2}
鲁甸县	393 000	526	83	609	0.001 549 6
巧家县	520 000	78	19	97	0.000 186 5
昭阳区	794 000	1	3	4	0.000 005 0
永善县	397 000	0	3	3	0.000 007 6
会泽县	915 000	12	4	16	0.000 017 5
宁南县	189 000	0	0	0	0
布拖县	146 463	0	0	0	0
金阳县	185 600	0	0	0	0
会东县	367 800	0	0	0	0
威宁县	1456 000	0	0	0	0

2.2 房屋震害系数

根据《云南鲁甸 6.5 级地震现场评估报告》^①,以Ⅵ度区作为外边界,破坏连续分布的区域作为计算经济损失的评估区,鲁甸县城与巧家县城作为城市评估区单独进行评估。将云南省内灾区划分为 5 个评估区,贵州省内划分为 1 个灾区,Ⅸ度区与Ⅷ度区为评估区一,Ⅶ度区为评估区二,Ⅵ度区为评估区三,鲁甸县城为评估区四,巧家县城为评估区五。其中,灾评工作组调查了云南省内 482 个居民点,从中选取 64 个抽样点,贵州震

区的 31 个居民点。本次调查过程中,将鲁甸县城划分为 4 个调查子区、巧家县城分为 2 个调查子区,调查房屋建筑总面积分别为 439 610 m^2 和 440 920 m^2 ,符合规范要求。各行政区内各类结构房屋面积将民房、教育系统、卫生系统、公用房屋等汇总所得,破坏比、损失比及房屋结构比例均取自鲁甸 6.5 级地震灾害损失评估报告^①,房屋震害系数如表 2 所示。

表 2 鲁甸 $M_s6.5$ 地震房屋震害系数
Tab. 2 Damage coefficient of buildings in Ludian $M_s6.5$ earthquake-stricken area

统计单元 i	评估区	各类房屋震害系数	震害系数 D_{H1}
鲁甸县	评估区一	0.406	1.302
	评估区二	0.322	
	评估区三	0.364	
	评估区四	0.21	
巧家县	评估区一	0.385	1.226
	评估区二	0.236	
	评估区三	0.259	
	评估区五	0.346	
昭阳区	评估区二	0.09	0.448
	评估区三	0.358	
永善县	评估区三	0.193	0.193
会泽县	评估区一	0.045	0.492
	评估区二	0.123	
	评估区三	0.324	
宁南县	四川评估区	0.133	0.133
布拖县	四川评估区	0.089	0.089
金阳县	四川评估区	0.167	0.167
会东县	四川评估区	0.115	0.115
威宁县	贵州评估区	0.167	0.167

2.3 烈度影响系数

本文在计算烈度影响系数时,采用中科院地理所提供的公里格网的人口数据,由于公里格网人口数据模型是严格建立在区域人口统计、土地利用指数、平均坡度和居民点指数上更为科学的非均匀密度模型,相对于平均面积模型,其在震害损失评估中应用更为合理、准确,地震烈度影响系数如表 3 所示。

① 云南省地震局. 2014. 2014 年 8 月 3 日鲁甸 6.5 级地震灾害直接经济损失评估报告.

表 3 鲁甸 $M_s6.5$ 地震烈度影响系数			
Tab.3 Intensity-affected coefficient of Ludian $M_s6.5$ earthquake			
统计单元 i	各烈度区人口数 $P(i)$	烈度值 m	影响因子 D_{PI}
鲁甸县	9 428	9	7. 016 585
	75 542	8	
	198 730	7	
	112 870	6	
巧家县	228	9	6. 546 842
	13 252	8	
	118 690	7	
	410 910	6	
昭阳区	1 465	7	2. 282 374
	300 325	6	
永善县	26 640	6	0. 402 62
会泽县	1 730	8	3. 011 902
	43 250		
	406 550		
宁南县	57 688	6	1. 831 4
布拖县	47 175	6	1. 932 6
金阳县	99 022	6	1. 615 4
会东县	55 049	6	1. 779 6
威宁县	76 217	6	0. 314 081

2.4 地震造成经济损失

云南鲁甸 $M_s6.5$ 地震灾害直接经济总损失 2 357 810万元，其中，鲁甸县 1 190 070 万元，巧家县 584 170 万元，昭阳区 202 260 万元，永善县

23 670万元，会泽县 357 640 万元（表 4），经济损失数据取自鲁甸地震灾害损失评估报告^①。

2.5 地质灾害危害度

本次地震的地质灾害主要分布在鲁甸县、会泽县、巧家县、永善县及昭阳区，灾害类型主要包括崩塌、地面塌陷、滑坡、地裂缝、泥石流等。鲁甸地震地质灾害因子统计及危险度计算结果如表 5 所示。

2.6 综合灾害指数计算

根据鲁甸地震现场灾害调查结果，人员伤亡情况较为严重，地震地质灾害和基础设施破坏较为显著，鲁甸地震灾害较为严重，因此，从鲁甸地震的综合灾害指数参数评价选取 5 个参数进行计算。本文在计算综合灾害指数时， k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 、 k_5 分别取 0.30、0.25、0.20、0.05、0.2，鲁甸地震综合震害指数结果如表 6 所示。

3 总结与讨论

（1）死亡和失踪人数是地震灾害轻重最重要的判断因素（马宗晋等，1994），对于重大地震灾害，地震断层破裂尺度相比特别重大地震破裂尺度较小，极震区范围也相对较小，死亡人数比较集中。鲁甸 $M_s6.5$ 地震死亡人数 617 人，鲁甸县 526 人，巧家县 78 人，会泽县 12 人，昭阳区 1 人。可见，死亡和失踪人口也直接决定了区域灾

表 4 鲁甸 $M_s6.5$ 地震造成的经济损失							
Tab.4 Economic loss induced by Ludian $M_s6.5$ earthquake							
统计单元 i	房屋损失/万元	基础设施/万元	产业经济/万元	其他专项/万元	经济损失绝对值 D_{EL1}	GDP/万元	D_{EL}
鲁甸县	77 810	392 560	175 840	29 040	1 190 070	378 600	3. 143 3
巧家县	40 810	190 970	33 570	3 980	584 170	413 100	1. 414 1
昭阳区	20 400	28 800	27 620	5 630	202 260	1705 200	0. 118 6
永善县	1 360	5 250	3 840	2 260	23 670	400 000	0. 059 2
会泽县	21 090	82 920	30 360	1 720	357 640	1285 200	0. 278 3
宁南县	3 691	903	0	0	4 594	452 600	0. 010 2
布拖县	1 455	531	0	0	1 986	239 311	0. 008 3
金阳县	2 701	1 454	0	0	4 155	245 760	0. 016 9
会东县	4 696	417	0	0	5 113	1125 700	0. 004 5
威宁县	11 126	18 080	3 525	1 450	34 181	1236 600	0. 027 6

① 云南省地震局. 2014. 2014 年 8 月 3 日鲁甸 6.5 级地震灾害直接经济损失评估报告.

表 5 鲁甸 $M_s6.5$ 地震灾区地质危险度

Tab. 5 Geologic hazard in Ludian $M_s6.5$ earthquake-stricken area

统计 单元 i	崩塌			塌陷	滑坡			不稳定边坡			地裂缝	泥石流			国土面积 $RA(i)$ $/\times 10^4\text{ km}^2$	地震地质 危险度 D_{CH}
	小	中	大		小	中	大	小	中	大		小	中	大		
鲁甸县	96	56	2	0	144	42	8	17	9	2	1	8	11	3	0.148 7	0.045 750
巧家县	20	11	9	1	86	48	13	0	0	0	0	9	4	5	0.290 1	0.016 098
昭阳区	22	5	0	0	30	4	4	0	0	0	4	3	0	0	0.196 9	0.005 587
永善县	2	0	0	0	26	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0.254 7	0.002 316
会泽县	9	8	0	1	18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.532 1	0.001 597
宁南县	11	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.166 7	0.000 210
布拖县	9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.168 5	0.000 065
金阳县	3	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.158 8	0.000 120
会东县	6	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.322 7	0.000 043
威宁县	9	2	0	2	13	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0.629 5	0.001 145

表 6 鲁甸 $M_s6.5$ 地震灾区综合震害指数

Tab. 6 Integrated damage index in Ludian $M_s6.5$ earthquake-stricken area

统计 单元 i	死亡和失踪人数			房屋震害系数			烈度影响系数			地震造成经济损失			地震地质灾害危害度			综合灾害 排 指数 D_{AI} 序	
	D_{P2}	D_{P2}'	k_1	D_{H1}	D_{H1}'	k_2	D_{P1}	D_{P1}'	k_3	D_{EL}	D_{EL}'	k_4	D_{CH}	D_{CH}'	k_5	综合灾害 指数 D_{AI}	排 序
鲁甸县	0.001 549 6	1.000	0.3	1.302	1.000	0.25	7.017	1.000	0.2	3.143	1.000	0.05	0.045 75	1.000	0.2	1.000	1
巧家县	0.000 186 5	0.120	0.3	1.226	0.937	0.25	6.547	0.930	0.2	1.414	0.449	0.05	0.016 098	0.351	0.2	0.549	2
昭阳区	0.000 005	0.003	0.3	0.448	0.296	0.25	3.012	0.403	0.2	0.119	0.036	0.05	0.002 316	0.050	0.2	0.167	3
永善县	0.000 007 6	0.005	0.3	0.193	0.086	0.25	2.282	0.294	0.2	0.059	0.017	0.05	0.005 587	0.121	0.2	0.101	5
会泽县	0.000 017 5	0.011	0.3	0.492	0.332	0.25	0.403	0.013	0.2	0.278	0.087	0.05	0.001 597	0.034	0.2	0.107	4
宁南县	0	0.000	0.3	0.133	0.036	0.25	1.831	0.226	0.2	0.010	0.002	0.05	0.000 21	0.004	0.2	0.055	7
布拖县	0	0.000	0.3	0.089	0.000	0.25	1.933	0.241	0.2	0.008	0.001	0.05	0.000 065	0.000	0.2	0.048	9
金阳县	0	0.000	0.3	0.167	0.064	0.25	1.615	0.194	0.2	0.017	0.004	0.05	0.000 42	0.008	0.2	0.057	6
会东县	0	0.000	0.3	0.115	0.021	0.25	1.780	0.219	0.2	0.005	0.000	0.05	0.000 043	0.000	0.2	0.049	8
威宁县	0	0.000	0.3	0.167	0.064	0.25	0.314	0.000	0.2	0.028	0.007	0.05	0.001 145	0.024	0.2	0.021	10

害等级中极灾区的分布,对于重大地震灾害能够迅速掌握死亡人数的分布也就基本确定了极震区的分布。

(2) 房屋震害系数表征房屋破坏程度,统计单元的烈度分布和房屋各结构类型比例是房屋震害系数的两个影响因素。统计单元涉及地震灾害烈度范围决定破坏比的统计选取,鲁甸 6.5 级地震中鲁甸县位于高烈度区,在同等抗震性能情况下毁坏房屋多;房屋破坏程度一定程度上受统计单元的经济状况影响,经济社会发达地区具有抗震性能的房屋面积的比例往往越高,统计单元的经济状况对该统计单元的房屋各结构类型比例具有

一定影响。

(3) 烈度影响系数表征了统计单元人口在不同烈度影响下的综合权重,统计单域内人口分布于高烈度区的比例越高,烈度影响系数就高,从鲁甸 $M_s6.5$ 地震可以看出,鲁甸、巧家两县行政区国土面积基本全部位于烈度区内,且极震区仅涉及到两县,其相应烈度影响系数归一后分别为 1.0 和 0.93,明显高于灾区内其他县的烈度影响系数,第三位昭阳区烈度影响系数为 0.403。

(4) 从鲁甸 $M_s6.5$ 地震可以看出,地震造成经济损失的绝对值和相对值都表征统计单元之间地震经济损失值和经济恢复能力的高低,绝对值

反映经济损失的大小, 相对值反映经济损失占社会经济发展水平的比例多少, 间接反映统计单元的社会经济恢复能力。

(5)《地震灾害区域等级评估工作指南(2009)》^①中对地震地质灾害包含的断层错动、崩塌、滑坡、泥石流、砂土液化、地裂缝和震陷等要求要明确其规模大小, 在对各种生命线工程的危害数量所有信息提取后, 单独求出各种类型地震地质灾害对各种类型生命线工程影响系数, 再相加后求平均值。在鲁甸 6.5 级地震灾区分级中的实际操作相对繁琐, 并且在地震后也很难迅速获得如此完整的地震地质灾害信息, 因此, 实际操作中直接按地震地质灾害总量与规模的权重求和后除以统计单元国土面积, 作为地震灾害危害度。

4 结语

地震灾害区域等级划分工作是在地震发生后由政府迅速开展救灾工作的重要依据, 是地震部门将地震灾区各行政单元的灾害程度通过获取的众多地震震害数据综合分析后, 以科学直观的方法表示出来, 快速准确、方便使用。《地震灾害区域等级评估工作指南(2009)》^①中强调, 地震灾害

区域等级划分的首要任务是尽快圈定极灾区 and 灾区影响范围, 极震区的快速判定关系着生命救援, 地震微观定位、宏观震中判定、发震断层的破裂机制等信息的科学准确是判定极灾区的基础, 加强上述技术力量整合是灾害区域等级划分工作的重要支撑。

参考文献:

- 冯利华. 2000. 灾害等级研究进展[J]. 灾害学, 15(3): 72-76.
- 冯志铎, 胡政, 何钧. 1994. 地震灾害损失评估及灾害等级划分[J]. 灾害学, 9(1): 13-16.
- 胡伟华, 宋立军, 苗崇刚, 等. 2010. 地震灾区分级和灾害程度排序研究[J]. 灾害学, 25(2): 30-35.
- 卢永坤, 代博洋, 庞卫东, 等. 2011. 基于云南 3 次震例对地震灾害区域等级评估方法的探讨[J]. 地震研究, 34(2): 214-221.
- 卢永坤, 张建国, 宋立军, 等. 2014. 2014 年云南鲁甸 6.5 级地震烈度分布与房屋震害特征[J]. 地震研究, 37(4): 116-122.
- 马宗晋, 杨华庭, 高建国, 等. 1994. 我国自然灾害的经济特征与社会发展[J]. 科学导报, 26(7): 61-64.
- 曲国胜, 赵凤新, 黄建发, 等. 2007. 印度尼西亚日惹地震灾害及其特征[J]. 震灾防御技术, 36(2): 112-119.
- 魏庆朝, 张庆珩. 1996. 灾害损失及灾害等级的确定[J]. 灾害学, 11(1): 1-5.
- 于庆东, 沈荣芳. 1997. 自然灾害综合灾情分级模型及应用[J]. 灾害学, 12(3): 12-17.

Research on Classification Division in Disaster Area of Ludian $M_s6.5$ Earthquake in 2014

LIU Jun¹, SONG Li-jun¹, LU Yong-kun², SUN Jia-ning¹, ZHANG Fang-hao², TAN Ming¹

(1. Seismological Bureau of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

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

Abstract

Firstly, we analyzed the classification division model in earthquake disaster area. Secondly, taking the Yunnan Ludian $M_s6.5$ earthquake in 2014 as an example, we calculated the seismic disaster indexes of the earthquake. Finally, we discussed how to select the corresponding damage factors to the earthquake in different seismic damage characteristics, which could fully reflect disaster grade differences in the disaster area.

Key words: disaster area; classification division; disaster index; Ludian $M_s6.5$ earthquake

① 中国地震局. 2009. 地震灾害区域等级评估工作指南(试行)