

彝良 5.7、5.6 级地震烈度分布及烈度异常区 震害特征初步分析*

周桂华, 非明伦, 张彦琪, 郑定昌

(云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 根据彝良 5.7、5.6 级地震现场震害调查资料, 介绍了地震烈度分布及各烈度区的震害特征; 描述了两个烈度异常区 17 个点、4 250 户调查点的详细震害情况, 对异常区震害特点进行了分析, 并从地质构造、含煤地层、地形地貌及岩土性质、房屋建筑结构及质量等方面对震害异常原因进行了初步分析与探讨, 提出了异常区恢复重建需考虑的不利因素。

关键词: 震害调查; 烈度异常; 震害特点; 彝良地震

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2013)03-0364-08

0 前言

2012 年 9 月 7 日 11 时 19 分 40 秒, 云南省昭通市彝良县 (27.5°N, 104.0°E) 发生 5.7 级地震, 12 时 16 分 29 秒, 彝良县 (27.6°N, 104.0°E) 再次发生 5.6 级地震, 震源深度分别为 14 km 和 10 km, 极震区烈度达Ⅷ度。宏观震中位于洛泽河镇的毛坪村至老洛泽河村一带。

本次地震云南灾区主要涉及彝良县、昭阳区、大关县、镇雄县等 32 个乡镇、171 个行政村 (居委会); 灾区人口 715 713 人, 178 404 户。彝良县部分乡镇遭受不同程度破坏, 地震共造成 81 人死亡, 832 人受伤, 74.4 万人受灾, 20.1 万人需要转移安置。在死亡的 81 人中, 62 人因滑坡或滚石致死。由于震区的地形地貌和地质条件十分复杂, 导致震区震害加重并加大了人员伤亡数量, 在Ⅶ度和Ⅵ度区分别出现了Ⅶ和Ⅵ度异常区。

1 烈度分布

本次震害调查和烈度评定考察主要依据《地震现场工作第三部分: 调查规范》(GB/T18208.3-2012)、《中国地震烈度表》(GB/T17742-2008)。

同时, 根据震区特点, 选取典型建筑, 对各烈度区破坏标准和划分标志作出具体规定。

震区烈度评定的主要标志性建筑房屋结构类型可分为石混结构、土木结构、砖木结构、砖混结构、框架结构 5 类。

房屋破坏等级划分以《地震现场工作第 4 部分: 灾害直接损失评估》(GB/T 18208.4—2011) 中房屋破坏等级划分标准为参照, 根据震区房屋破坏情况和云南历次地震经验, 确定房屋破坏等级划分的具体标准 (非明伦等, 2006a)。

砖混结构、框架结构划分为: 基本完好 (含完好)、轻微破坏、中等破坏、严重破坏、毁坏共 5 个破坏等级。

简易房屋划分为: 毁坏 (含毁坏、严重破坏)、破坏 (含中等破坏、轻微破坏)、保留基本完好 (含完好) 3 个等级 (非明伦等, 2006b; 周光全等, 2011a, b)。

根据烈度考察得到本次地震烈度分布图 (图 1)。极震区烈度达Ⅷ度, 等震线形状呈椭圆形, 长轴走向北东向。宏观震中位于洛泽河镇的毛坪村至老洛泽河村一带, 烈度区总面积 3 697 km², 其中, 云南震区烈度面积 3 118 km², 贵州震区烈度面积 579 km²。形成了Ⅷ度、Ⅶ度、Ⅵ度 3 个破坏区及 2 个烈度异常区 (图 1)。

* 收稿日期: 2013-01-06.

基金项目: 西南地震应急对策新模式与关键技术研究 (201108013) 资助.

Ⅷ度区：主要涉及彝良县洛泽河镇与角奎镇，总面积约 263 km²。

Ⅶ度区：主要分布在彝良县、昭阳区与贵州省威宁县境内，东起彝良县海子乡瓦房村，西至昭阳区小龙洞乡大寨坪村—宁边村一带，北自彝良县龙安乡三乐村—恒德村一带，南到贵州省威宁县石门乡新民村。总面积 792 km²，其中云南Ⅶ

度区面积约 674 km²，贵州Ⅶ度区面积约 118 km²。

Ⅵ度区：主要涉及彝良县、昭阳区、大关县、镇雄县及贵州省威宁县，东起彝良县龙海乡大溪村一带，西至昭阳区旧圃镇红泥村，北自彝良县两河乡政府驻地一带，南到贵州省威宁县黑土河乡海嘎村。总面积 2 642 km²，其中云南Ⅵ度区面积约 2 181 km²，贵州Ⅵ度区面积约 461 km²。

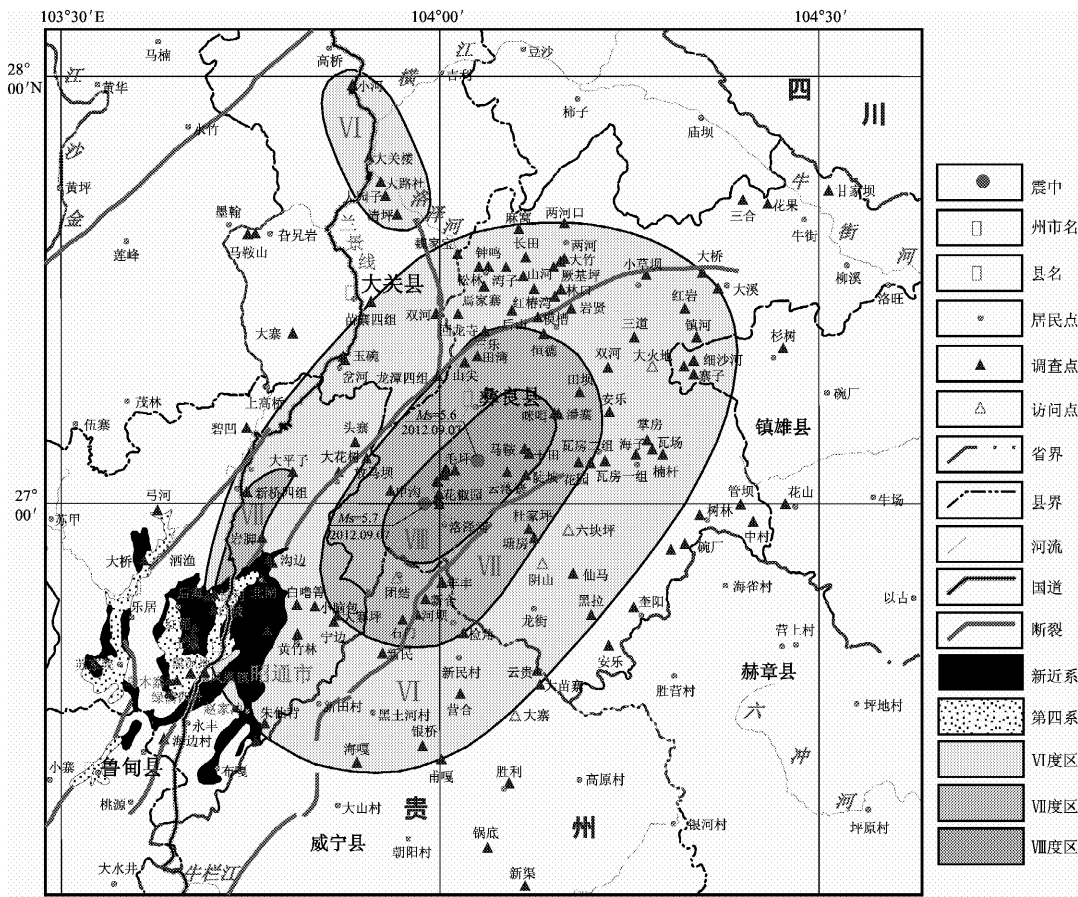


图 1 2012 年 9 月 7 日彝良地震烈度分布图（云南省地震局，2012）

Fig. 1 Intensity distribution of Yiliang M5.7, 5.6 earthquake on Sep. 7, 2012 (Earthquake Administration of Yunnan Province, 2012)

2 建筑物震害

2.1 建筑结构特点

震区房屋分布按建筑结构类型大致可分为 5 类：石混、土木、砖木、砖混和框架结构（非明伦等，2002）。

（1）石混结构：由石块砌筑而成，砂浆标号低，粘性差，无构造柱，无圈梁，混凝土屋盖，1~2 层，抗震性能极差。震区农村大量分布。

（2）土木结构：穿斗木架承重，木柱置于石墩上，墙体由夯土或土坯砌成，坡瓦顶，多为三开间，上下两层或单层。包括用墙体承重，土搁梁的瓦顶房，抗震性能差。

（3）砖木结构：砖柱、砖墙承重，“人”字木屋架置于砖柱上，瓦顶或石棉瓦顶。或穿斗架承重，围护墙体由砖砌成，瓦顶房，少数采用木板隔墙。震区少量分布。

（4）砖混结构：主要由砖墙承重，预制板或钢筋混凝土浇注楼板及屋顶。多数设有构造柱及

表 2 VII 度异常区房屋震害
Tab. 2 Building damages in VII intensity abnormal area

序号	调查点	地形	户数/户	人口/人	结构类型	震害程度	户数/户	震害指数
1	白坡	丘陵山包	61	268	土木	毁坏	6	0.23
						中等破坏	26	
					砖混	严重破坏	1	0.13
						中等破坏	5	
2	长利	丘陵山包	78	335	土木	毁坏	3	0.11
					砖混	中等破坏	16	0.09
						中等破坏	9	
3	北闸	丘陵山包	365	1 528	土木	毁坏	18	0.14
					砖混	破坏	110	
						严重破坏	2	0.13
						中等破坏	8	
						轻微破坏	15	
4	沟边	丘陵山包	427	1 591	土木	毁坏	19	0.14
					砖混	破坏	128	
						严重破坏	2	0.13
						中等破坏	10	
						轻微破坏	22	
5	红路	丘陵盆地	252	1 031	土木	毁坏	15	0.15
					砖混	破坏	92	
						中等破坏	2	0.13
						轻微破坏	4	
6	岩脚	山梁坡地	365	1 528	土木	毁坏	16	0.15
					砖混	破坏	98	
						中等破坏	1	0.12
						轻微破坏	4	
7	塘房	丘陵凹地	190	664	土木	毁坏	96	0.15
					砖混	破坏	45	
						严重破坏	1	0.12
						中等破坏	7	
						轻微破坏	18	
8	大坪子	山间盆地	268	1 196	土木	毁坏	4	0.16
					砖混	破坏	28	
						严重破坏	6	0.10
						中等破坏	22	
9	新桥四组	山间盆地	79	313	土木	毁坏	5	0.14
					土木	破坏	27	
					砖混	毁坏	12	0.16
						破坏	56	
10	青岗岭	山间盆地	210	880	砖混	中等破坏	1	0.11
					砖木	轻微破坏	6	
						毁坏	2	0.14
						破坏	10	

3.2 异常区房屋震害特点

(1) 基本情况

按地震现场房屋建筑类别划分，此次异常区房屋结构类型可分为土木、石混、砖木、砖混结构。

土木结构大量分布，在Ⅶ度异常区占房屋总量的 75% 以上；砖混结构少数分布，在Ⅶ度异常

区占房屋总量的 20% 以上；砖木结构少量分布，占房屋总量的 1.3% 多；石混结构在Ⅵ度异常区分布较多，在Ⅶ度异常区个别分布，占房屋总量的 0.13% 以上；其它结构如石木结构、土坯房屋（夯土墙草顶房）在Ⅵ度异常区少量分布。

(2) 震害特点

Ⅶ度异常区房屋结构主要有土木、石混结

构。个别房屋墙体有局部倒塌现象，少数房屋墙体出现明显裂缝。土木结构屋顶出现少量梭、掉瓦现象，震害比周边居民点严重。对照中国地震烈度表 A 类房屋评定烈度的判定条件，大关县田坝、大园子、大关楼、寿山、小河 5 个居民点的震害指数为 0.0~0.1，经计算得到震

害指数值分别为 0.11、0.10、0.08、0.08、0.06，5 个点震害指数均符合 VI 度烈度条件（卢永坤等，2007；陈坤华等，2012；施伟华等，2011）。
VII 度异常区房屋结构主要有土木、砖混结构，其震害统计见表 3。

表 3 VII 度异常区房屋震害统计
Tab. 3 Statistics of building seismic damages in VII intensity abnormal area

结构类别	户数/户	毁坏户数及比例	破坏户数及比例	严重破坏户数及比例	中等破坏户数及比例	轻微破坏户数及比例
土木结构	1 724	189 (0.11)	584 (0.34)		42 (0.02)	
砖混结构	518			12 (0.02)	72 (0.14)	109 (0.21)
砖木结构	30	2 (0.07)	10 (0.33)			
石混结构	3					

4 震害异常分析

周锡元（1965）对场地条件对震害影响领域的工作作了较全面的总结。兰州地震大队中长期预报队抗震中队（1977）阐述了局部地形特征、地质构造、地基土性质等场地条件常常是造成震害显著差异的重要因素。胡聿贤等（1980）指出地震时出现的震害异常，往往是由于建筑场地条件的差异造成的。本次地震两个高烈度异常区的形成与其所处的恶劣地形地貌条件有不可分割的关系。

4.1 地质构造

断层地质构造的存在使地质体连续性和完整性受到破坏。发震断层一方面会因地震地表破裂造成横跨断层结构的损坏，另一方面会因两侧地震动强度不同造成断层两侧一定范围内震害的显著差异（吴章明，袁岩光，1990）。一般认为，高烈度区的震害特征与发震断裂的展布及动力学特征密切相关。刘必灯（2011）认为中强震附近的构造对地表震害有不同影响，如除断裂错动造成的直接破坏外，破裂带场地条件差使震害加重；断裂上下盘地震波传播叠加或隔震使震害加重或减轻等。

震区地处扬子准地台（Ⅰ级）滇东台褶带（Ⅱ级）的滇东北台褶束（Ⅲ级），属于川滇菱形块体东侧的华南块体（代博洋等，2011）。震区构

造复杂，主体构造为北东向断裂、褶皱，次要构造为北西向、南北向断裂。主要断裂构造为北东向昭鲁断裂及会泽断裂（吕勇等，2009）。

昭鲁断裂带由 2~3 条次级断裂组成，北西起自彝良牛街西，向南西经昭通、鲁甸，止于牛栏江西南，全长约 160 km，总体走向 30°，倾向南东，倾角 60°~80°。该断裂在航、卫片上线性影像清晰，沿断裂发育有昭通、鲁甸等新生代盆地，断裂断错的最新地层为中更新统，反映该断裂是一条第四纪活动断裂。会泽断裂南西起于小江断裂，向北东经会泽、石门坎、下寨，进入贵州后，经白碗、小营盘、拖姑梅止于花溪，全长约 170 km，总体走向 40°，倾向北西，倾角大于 70°。该断裂在航、卫片上线性影像清晰，断裂沿线断层槽谷、断错山脊、断错水系等发育，显示右旋走滑运动特征。断裂断错的最新地层为中更新统，表明该断裂是一条第四纪活动断裂。历史上这两条断裂均发生过多 5 级以上中强地震，本次双震就发生在两条断裂之间。

由彝良 5.7、5.6 级地震烈度分布图（图 1）所示：VII 度异常区处于昭鲁主断裂带边上，VI 度异常区处于昭鲁次级断裂带边上。有研究表明，与主发震断裂关系密切的活动断裂往往使烈度增高，断层破碎带上震害往往也加重等。

4.2 含煤地层

鲁甸至昭通一带有大型褐煤矿床分布，煤层

埋深仅数米，含煤层厚约 80 m。昭通盆地主要由新近系粘土及褐煤组成（含膨润土），新生代沉积物最厚达 490 m，而Ⅶ度异常区南边的长利、白坡、红路、沟边、北闸等 5 个调查点均位于昭鲁盆地内。在Ⅶ度异常区中，白坡、北闸、沟边、红路、塘房 5 个点地下有新生代含煤地层，由于含煤地层软弱，易风化、破碎而导致震害加重。

太平子、新桥四组和青岗岭 3 个调查点处于松散沉积物较厚的山间盆地内，岩性主要由新近系粘土、砂质粘土组成。

巨厚煤层的地震波放大效应加重震害的现象在本次地震中异常突出，据陈光明（1981）的研究结果，煤层的厚度变化与煤层顶、底板反射波振幅有一定的相依关系，即与煤层有关的反射波，当煤层变厚时振幅增强，煤层变薄时振幅减弱。

4.3 地形地貌及岩土性质

Ⅵ度异常区田坝、大园子、大关楼、寿山、小河 5 个居民点均处于高约 2 000 m 的山梁、边坡或陡坎边上，这里沟壑纵横、山高坡陡，山体岩石破碎，沟谷与山梁海拔高差达 1 000 m。历史地震震害考察经验的结果表明，对山高坡陡且处于山梁、边坡和陡坎边上的建（构）筑物震害有明显加剧现象，地震动观测研究结果也表明孤突山梁地形的地震动峰值有放大效应。

彝良县区域地质属扬子地台沉积盖层发育的中心地带，岩性以侏罗、白垩系“红层”砂页岩为主，其次为玄武岩、碳酸盐岩夹页岩、煤，构造以褶皱为主，断裂次之，构造线走向中部以北东向为主，南、北以北北西向为主。

异常区大多数居民点均座落在基岩薄覆盖层上，由于岩性的强度和抗风化的程度不同，建筑物的震害表现并不相同。

表 4 Ⅵ异常区抽样点地形地貌及地层岩性描述

Tab. 4 Discription of the topography and geomorphology and formation lithology of sampling points in Ⅵ intensity abnormal area

序号	抽样点	地形地貌	岩性特征
1	小河	处于山梁一侧	二叠系下统基岩 P _{1m} ：灰白色厚层一块状灰岩
2	田坝	处于坡地上	泥盆系基岩 D ₁₋₃ ：下部砂岩、页岩，上部白云岩、灰岩
3	塘房	处于山脚坡地上	二叠系中统基岩 P _{2B} ：玄武岩
4	里底	处于河谷边坡地上	志留系下统基岩 S ₁ ：砂岩、页岩夹灰岩
5	杓兒	处于半山坡上	志留系中统基岩 S ₂ ：粉砂岩、砂岩、页岩夹灰岩
6	马鞍山	处于半山坡上	志留系上统基岩 S ₃ ：泥质粉砂岩、粉砂质页岩
7	大寨	处于山顶坡地上	二叠系中统基岩 P _{2B} ：玄武岩

表 5 Ⅶ异常区抽样点地形地貌及地层岩性描述

Tab. 5 Discription of the topography and geomorphology and formation lithology of sampling points in Ⅶ intensity abnormal area

序号	抽样点	地形地貌	岩性特征
1	白坡	处于丘陵山包上	二叠系中统基岩 P _{2B} ：玄武岩
2	长利	处于丘陵山包上	二叠系中统基岩 P _{2B} ：玄武岩
3	北闸	处于丘陵山包上	二叠系下统基岩 P _{1q+m} ：深灰色厚层状灰岩、白云岩
4	沟边	处于丘陵山包上	三叠系下统基岩 T _{1f} ：紫红色、紫色粉砂岩、细砂岩
5	红路	处于丘陵盆地上	二叠系下统基岩 P _{1q+m} ：深灰色厚层状灰岩、白云岩
6	岩脚	处于山梁坡地上	二叠系中统基岩 P _{2B} ：玄武岩
7	塘房	处于丘陵凹地上	二叠系中统基岩 P _{2B} ：玄武岩
8	大坪子	处于山间盆地上	二叠系中统基岩 P _{2B} ：玄武岩
9	新桥村四组	处于山间盆地上	泥盆系中下统基岩 D ₁₋₂ ：灰白色块状细粒石英砂岩夹页岩
10	青岗岭村	处于山间盆地上	二叠系下统基岩 P _{1q+m} ：深灰色厚层状灰岩、白云岩

从表4、表5可以看出,这些烈度异常区主要分布在断裂控制的断陷盆地、河谷阶地、边坡及山梁一侧等断裂破碎带附近。这些区域烈度异常与断层控制的局部特殊地质构造有关,因而断层和地基土层对震害的影响很难分开,局部场地的覆盖土层、地表地形或基岩面都成为震害异常的重要因素(张彦琪等,2008)。

4.4 房屋建筑结构及质量

(1) 震区一般房屋建筑没有采取抗震措施,房屋的结构形式、材料、砌筑方法等一般都不利于抗震。

(2) 异常区土木结构和石混结构房屋大量存在。

土木结构房屋破坏程度和它的结构有直接的关系,该类房屋结构简易,属墙抬梁,地震时容易倒塌;就地取材的粘土的粘性较差,导致土墙容易开裂而降低了房屋承载;这也是次异常区土木结构房屋墙体多数遭到破坏的重要原因之一。

石混结构房屋由于组成特点和砌筑特点,承重墙体采用乱石与泥浆彻筑,泥浆标号极低,砌体基本没有形成整体强度,加之多数屋顶采用混凝土屋盖,加大了房屋自身的重量,整体性较差。震区由于经济和技术水平有限,在建造房屋中,只凭经验,未经设计计算,况且施工方法不理想,施工质量差,大多数石混结构房屋整体性和抗震能力极差,在地震灾害中破坏严重(林建华等,1998;郭子雄等,2009)。

5 结论及讨论

震害异常区主要受到含煤层场地、陡峭地形及房屋建筑结构及质量的影响,因此在恢复重建或城乡规划中,居民点的设置要充分考虑这些不利因素(秦松涛等,2010):

(1) 含煤层场地不利于作为建筑物地基,能避开的尽量避开,如受地域条件等所限非要在这些地基上修建建筑物时,必须依据含煤层场地的特性,有针对性地对地基进行相应处理。

(2) 陡峭地形、孤突山梁和山间盆地等地域不适合直接建盖居民点,如要建盖必须依据地质、地形地貌、土层和岩层特征进行科学考察,做好地基处理工作。

(3) 房屋建筑须严格按照抗震设防标准,加

强抗震设计和施工监理,不要再继续修建当地抗震能力极差的“土木结构”和“石混结构”房屋。

本次地震引发的多处高烈度异常区震害情况与含煤层场地煤层的厚度、埋藏深度等的关联性还有待考证,包括软弱土层、地质灾害等对震害异常的影响也是值得进一步研究和探索的。

参考文献:

- 陈光明. 1981. 煤层厚度与地震波振幅关系的初步探讨[J]. 煤田地质与勘探, (4): 52-67.
- 陈坤华, 卢永坤, 张彦琪, 等. 2012. 盈江 5.8 级地震的震害特征及破坏机理[J]. 地震研究, 35(1): 110-116.
- 代博洋, 卢永坤, 周光全, 等. 2011. 盈江 5.8 级地震震害特点分析及讨论[J]. 震灾防御技术, 6(3): 300-310.
- 非明伦, 崔建文, 赵永庆, 等. 2002. 施甸地震震害分析[J]. 地震研究, 25(2): 192-199.
- 非明伦, 余庆坤, 谢英情, 等. 2006. 鲁甸 5.6 级地震震害分析[J]. 地震研究, 29(1): 87-91.
- 非明伦, 周光全, 谢英情, 等. 2006. 盐津 5.1 级地震现场调查与烈度分布[J]. 地震研究, 29(4): 411-417.
- 郭子雄, 黄群贤, 柴振宇, 等. 2009. 石结构房屋抗震防灾关键技术研究及展望[J]. 工程抗震与加固改造, 31(6): 47-51.
- 胡丰贤, 孙平善, 章在塘, 等. 1980. 场地条件对震害和地震动的影响[J]. 地震工程与工程振动, (1): 34-41.
- 兰州地震大队中长期预报队抗震中队. 1977. 场地条件对震害的影响[J]. 勘察技术资料, (4): 10-22.
- 林建华, 王全凤, 施养杭, 等. 1998. 石砌体结构抗震性能及其模糊抗震可靠度的研究[J]. 土木工程学报, 31(6): 40-48.
- 刘必灯. 2011. 断层场地对地震动影响研究[D]. 哈尔滨: 中国地震局工程力学研究所.
- 卢永坤, 曾应青, 周光全, 等. 2007 年宁洱 6.4 级地震震害综述[J]. 地震研究, 30(4): 364-372.
- 吕勇, 李高良, 张贵, 等. 2009. 彝良县地质灾害分布特征及防治建议[J]. 中国岩溶, 25(2): 219-224.
- 秦松涛, 李智敏, 谭明, 等. 2010. 青海玉树 7.1 级地震震害特点分析及启示[J]. 灾害学, 25(3): 65-68.
- 施伟华, 陈坤华, 杨树明, 等. 2011. 盈江 2011MS5.8 与 2008 年 MS5.9 地震的震害差异及原因[J]. 地震研究, 34(4): 518-524.
- 吴章明, 袁岩光. 1990. 地震地表破裂与发震断层的性状[J]. 灾害学, (4): 14-19.
- 张彦琪, 华均, 刘娜, 等. 2008. 云南地震重点监视防御区震害异常软弱岩石的调查研究[J]. 内陆地震, 22(4): 324-331.
- 周光全, 非明伦, 谢英情, 等. 2011a. 2011 年 3 月 10 日盈江 5.8 级地震 VIII 度区烈度评定探讨[J]. 地震研究, 34(2): 207-213.
- 周光全. 2011b. 云南地区简易房屋的震害指数研究[J]. 地震研究, 34(1): 884-95.
- 周锡元. 1965. 土质条件对建筑物所受地震荷载的影响[A]//中国科学院工程力学研究所地震工程研究报告集(第二集)[C]. 北京: 科学出版社.

**Analysis on Intensity Distribution and Seismic Disaster Characteristics
in Intensity Abnormal Areas of Yiliang M5.7, 5.6 Earthquakes**

ZHOU Gui-hua, FEI Ming-lun, ZHANG Yan-qi, ZHENG Ding-chang
(*Earthquake Administration of Yunnan Province, Kunming 650224, Yunnan, China*)

Abstract

According to the seismic damage survey data of Yiliang M5.7、5.6 earthquakes, we introduced the intensity distributions and seismic damage characteristics of the earthquakes, and described the detailed earthquake damage situations of 17 disaster investigation points and 4250 households in two intensity abnormal areas. Then we analyzed seismic damage characteristics in intensity abnormal area, and preliminarily analyzed and discussed the reason of seismic damage abnormality in terms of geologic structure, coal-bearing strata, topography and geomorphology and rock property, building structure and quality etc. . Finally, the unfavorable factor of restoration and reconstruction in intensity abnormal were proposed.

Key words: earthquake damage investigation; intensity anomaly; characteristics of seismic damage; Yiliang M5.7, 5.6 earthquake