

甘肃山区少数民族农居震害及抗震措施刍议^{*}

——以东乡族自治县为例

马海萍, 杨立明, 王 峻, 冯建刚

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 选定了甘肃省东乡县的12个行政村作为调查点, 对农村民房的结构类型、建筑材料及建造年代进行了详细的调查分析。结合历次地震中山区农村民房破坏的主要形式, 分析了造成山区农村民房震害的主要原因, 并根据现行的抗震设防标准以及研究区的实际情况, 提出了该地区不同建筑类型的农村民房抗震设防的具体技术措施。研究结果对于防止和减轻甘肃山区少数民族农居震害具有普遍适用性意义。

关键词: 山区农村民房; 震害特征; 抗震措施

中图分类号: P315.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2013)04-0525-07

0 引言

地震作为自然灾害之首, 给人类社会带来了巨大的灾难。地震造成的建、构筑物及岩土震害严重威胁着人民群众的生命及财产安全。因此, 科学地进行建筑场地选址, 认真开展建(构)筑物抗震设防是提高建(构)筑物防震性能, 减轻地震灾害, 保障人民群众生命财产安全的重要手段。

甘肃省地处黄土高原, 是一个经济欠发达、地震多的省份。对历史上记载的几十次中强地震震害统计结果表明, 地震共造成甘肃数十万人伤亡和严重的财产损失, 其中80%以上的震害及损失发生在农村地区。位于甘肃山区的少数民族地区, 由于受到经济发展状况的制约, 农居大多较为老旧, 房屋建筑质量普遍较差, 缺乏抗震措施。同时, 由于这些地区多处于黄土高原梁峁沟壑区, 地形地貌复杂, 地震时容易造成滑坡、震陷和泥石流等岩土地震灾害, 在历次地震中造成了较大的人员伤亡和财产损失(王兰民, 林学文, 2006; 王峻等, 2005; 钟秀梅等, 2012; 周光全等, 2006)。因此, 在这些地区, 农村民房的抗震设防和加固改造问题显得尤为迫切。

笔者以甘肃南部山区的东乡族自治县为例, 考虑到甘肃少数民族山区农居的实际情况, 在实

地调查和科学分析的基础上提出造成农居震害的主要原因和农居震害防御的主要技术措施, 对于防止和减轻甘肃省少数民族地区农居震害, 保证少数民族群众的生命财产安全具有重要的意义。

1 地质地貌特征和历史地震概况

东乡族自治县境四面为河流和沟壑, 境内山峦起伏, 沟壑纵横, 绵延叠嶂。地貌属切割破碎的黄土地貌, 山坡陡峭, 切割较深, 山体坡度一般在 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 之间, 主要有黄土斜梁状丘陵、黄土梁峁丘陵、河谷阶地、川塬台地4种地貌类型(东乡族自治县地方史志编纂委员会, 1996)。

东乡族自治县位于青藏高原北部地震区, 南北地震带兰州—通渭地震亚带的向西延伸部位, 是甘肃南部的地震高发区之一。县内发生的较大地方性地震有1590年7月7日的永靖—东乡6级地震(袁道阳等, 2007)。此外还受到发生在邻区的金城—陇西6级地震等8次地震的波及, 县境大部分位于V~VII度烈度区, 造成民房倒塌, 人员受伤, 受灾较为严重(袁道阳等, 2004)。

2 现场调查资料分析

通过查阅地震、地质灾害资料, 考虑东乡县

^{*} 收稿日期: 2013-05-24.

基金项目: 甘肃省地震局地震科技发展基金(2012M04)资助.

不同乡镇的经济发展水平, 选定调查点进行现场调查, 调查点分布如图 1 所示。

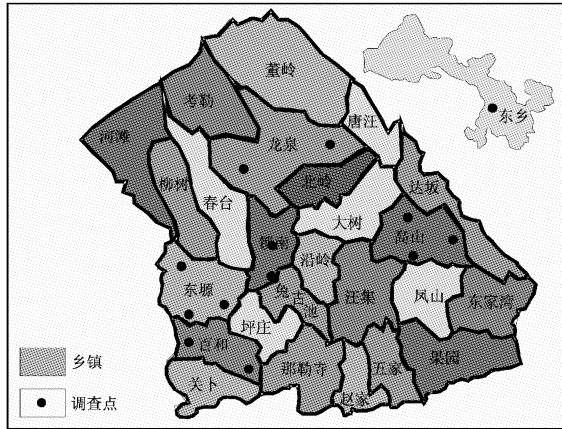


图 1 研究区及现场调查点分布

Fig. 1 Location distribution of the study area and field survey places

主要调查的事项有 4 个方面: (1) 农村民房的主要结构类型及数量; (2) 农居建筑材料的主要类型和来源; (3) 农居的建造时间; (4) 不同类型农居的主要震害形式 (非明伦等, 2005; 葛学礼等, 2005; 王琰等, 2005)。所有调查事项最终按 5 个调查点为单位分别统计汇总, 统计结果如图 2、图 3 和表 1 所示。

图 2 为东乡族自治县不同乡镇主要农居类型及其数量的统计结果。由图可知, 所有调查点农村民居均以木柱土坯房为主, 除锁南镇外, 其余调查点木柱土坯房所占比例超过了 70%, 砖柱土坯房也占了较大的比例。砖木结构和砖混结构房屋大多在公路沿线, 且多为 2000 年后新建的房屋。

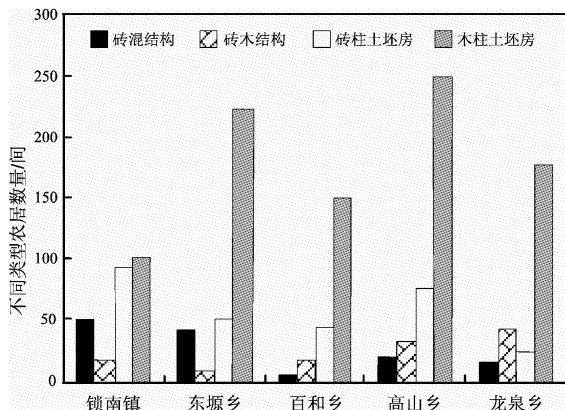


图 2 东乡族自治县主要农居类型的数量

Fig. 2 The number of major rural houses types in Dongxiang Nationality Autonomous County

调查结果还显示, 建筑材料均取自当地, 即大多为黄土, 部分地区如百和乡为红土。农居大多由当地农民工匠甚至农民自己建造, 90% 以上的房屋未经过抗震设计或未采取抗震措施, 部分房屋基础很浅或者不做基础, 使得房屋的整体性进一步削弱。因此, 一旦发生破坏性地震, 将会造成大量的农居破损和倒塌, 从而导致严重的人员伤亡和经济损失。

图 3 为东乡族自治县不同年代建造的农居所占的比例。由图可知, 研究区农村民居建造的年代以 20 世纪八九十年代居多。结合图 2 以及对不同建造年代农房用途的调查结果, 除东源乡外, 其余 4 个调查点 70 年代建造的房屋约占 20%, 这类房屋也以土木结构为主, 除部分偏远山村的贫困户住人外, 大多数作存储粮食和畜舍用; 70 年代以前修建的房屋主要用作畜舍; 2000 年以后新建的房屋以公路沿线村社居多, 多为砖混结构的平房或 3 层以下楼房, 这类房屋所占的比例在一定程度上反映了调查点的经济水平, 经济较为发达的锁南镇所占比例达到了 10%, 而位于经济发展水平落后、交通相对不便的百和乡, 砖混结构房屋所占比例仅为 1.15%。

表 1 为不同类型农居建筑材料的主要类型和来源的调查统计结果。由表 1 可知, 为了节约建筑成本, 农村民居建造所使用的建筑材料大多取自当地, 部分农居修建时建筑材料使用了从旧房上拆取的废料, 农居中所占比例最大的建筑材料——土坯的制备工艺不一, 制备质量较差。建筑材料来源和使用的不规范在一定程度上削弱了农居的抗震性能。

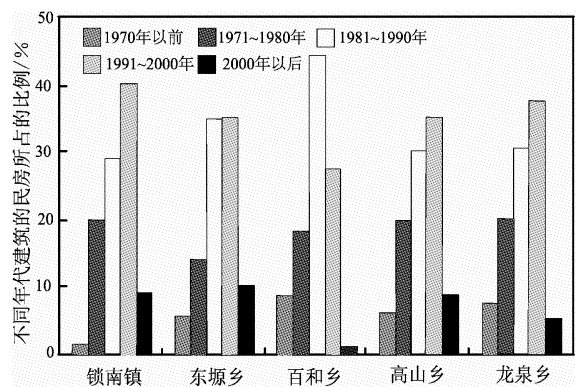


图 3 东乡族自治县农居的建造年代

Fig. 3 Construction ages of rural houses in Dongxiang Nationality Autonomous County

表 1 不同类型农居的主要建筑材料和来源
Tab. 1 The main building materials of different types of rural houses and their sources

序号	农居类型	主要建筑材料及来源
1	砖混结构	普通砖：砖窑烧制，部分做工粗糙，不符合标准，部分砖从旧房拆取 水泥：大部分为祁连山、安多及甘草等品牌 砂料：青砂或黄砂，当地砂厂从河中挖取
2	砖木结构	普通砖：同 1 木材：一般为松木或杨木，或从旧房拆取 水泥：同 1 砂料：同 1
3	砖柱土坯房	普通砖：同 1 土坯：就地取材，一般为黄土或者红粘土，部分掺加粉碎的麦草为筋，以增加强度
4	木柱土坯房	木材：同 2 土坯：同 3

3 主要类型农居震害分析

研究区主要的农居类型如图 4 所示。根据图 2

中的统计结果，研究区内所有的农居建筑形式中，土坯房（砖柱土坯房、木柱土坯房）所占的比例超过了 70%，因此土坯房为研究区农居的主要建筑形式。此外，砖木结构平房、砖混结构平房和三层以下的砖混结构楼房是近年来新建农居的主要形式。

根据现场调查和对该地区历次地震震害统计结果，总结研究区农村民房震害的主要原因如下（李德荣等，1987；王生荣，曹凯，1987；崔自治等，1997；贾冠华等，2011）：

（1）建筑场地选择不当。受地形条件制约，研究区部分村社将民房地基选在坡度较大的山沟里，部分房屋建在斜坡上（图 5a），或半挖半填的山坡上，还有部分房屋建造时对周围的斜坡进行人工开挖，减弱了斜坡的稳定性。一旦发生破坏性地震，就会造成有斜坡失稳、滑坡导致的民房受损甚至破坏。

（2）民房基础处理不好。受建筑材料缺乏和经济水平的影响，研究区部分房屋在建造时不做基础，直接从地面砌墙，或者基础的埋置深度很浅，大大削弱了房屋的整体抗震性，加重民房



图 4 研究区主要的农居建筑形式

(a) 木柱土坯房；(b) 砖柱土坯房；(c) 砖木结构平房；(d) 砖混结构平房；(e) 砖混结构二层楼房
Fig. 4 The main architectural forms of rural houses in study area
(a) adobe house with wooden column; (b) adobe house with brick column; (c) horse with brick-wood structure;
(d) horse with brick-concrete structure; (e) two stored building with brick-concrete structure

震害。此外,民房地基土多为湿陷性黄土,具有极强的湿陷性和震陷性,流水侵蚀造成的湿陷以及地震作用下的震陷极大的削弱了地基的承载力,并会产生不均匀沉降,从而导致民房破坏。

(3) 墙体质量差。土坯房在打土坯时没有严格选土,制作质量差,制成的土坯强度较低;部分砖、木从旧房拆取,因使用年限较长,强度大大衰减;部分墙体砌筑时不咬槎立砌,接头处均为通缝(图 5b);夯土墙为多段夯筑,互不咬接或拉结不好,整体性极差。在地震作用下墙体破坏严重。

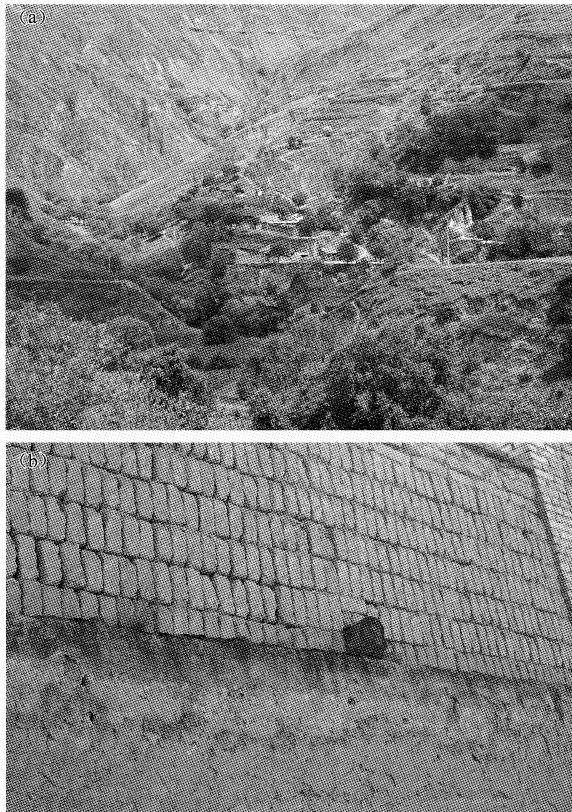


图 5 农村民居建筑场址选择不当 (a) 及墙体砌筑工艺不合理 (b)

Fig. 5 Improper selection of the building site of rural houses (a) and masonry technique of the walls is not rational (b)

(4) 屋盖整体刚度弱。墙体与木屋盖的梁柱椽檩之间连接不好,外墙屋盖处无圈梁设置,地震时易使屋盖系统散架塌落。

(5) 屋面过重。土平房、土木结构及部分砖木结构房屋的屋顶在修缮的过程中由于逐年撒土或抹草泥,造成屋面土或草泥越来越厚,荷载越

来越重,致使地震作用增大,从而造成房屋倒塌。

(6) 砖柱土坯墙震害较重。这类墙体用两种材料砌筑而成,其刚度和变形能力均不相同,房屋整体性差,地震时破坏较重。

4 地质灾害特征及其对农居安全性的影响

根据现场调查结果和历次地震的震害统计结果得出,由于地形条件和土质条件的影响,研究区内的岩土地震、地质灾害以滑坡为主。该地区黄土梁、峁相间,季节性河流、冲沟分布较多,黄土层较为疏松,黄土与下部透水性较差的红砂岩及泥岩之间极易产生裂缝而形成滑动面,且斜坡坡角多为 45° 以上,是典型的滑坡频发区(罗东海等, 2010; 董治平, 2011)。统计资料表明,1983 年 3 月 7 日发生的果园乡洒勒山大滑坡(图 6),是由基岩红粘土滑动带动上覆黄土滑动的整体基底式滑坡,滑坡体 4 000 多万立方米,波及 9 个行政村,共死亡 220 人,摧毁民房 555 间,损失十分惨重。2011 年 3 月 2 日,县城锁南镇发生大滑坡,滑坡区南北纵长约 100 m,东西宽约 70 m,高约 50 m,滑坡土方量达 20 余万立方米。滑坡导致县城东西大街至撒尔塔文体广场,长 370 m、宽 100 m 区域内的地面建筑物出现不同程度的倾斜、开裂、地面下陷,或成危房;供水、供暖、排水设施和道路、电网受到不同程度的损毁,虽未造成人员伤亡,但灾害损失巨大(付东林等, 2012)。此外,对历史地震的考证结果表明,1125 年兰州西 7 级地震造成了汪集镇池沟村、锁南镇对巴山村等大型滑坡 24 处,导致数百人死亡和大量的农居倒塌,现今多数村庄仍重建在滑坡体之上

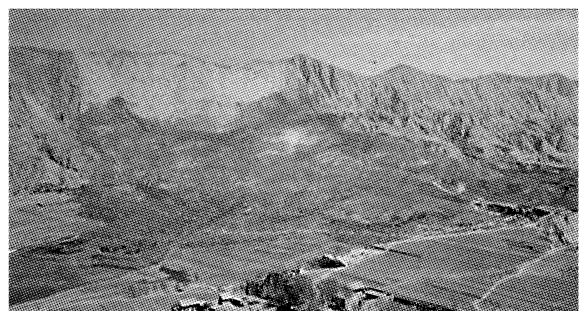


图 6 洒勒山滑坡

Fig. 6 Landslide of Sale Mountain

(雷中生等, 2000)。1590 年 7 月 7 日的永靖—东乡 6 级地震使该县龙泉乡、董岭乡部分地区产生滑坡, 从而导致农居倒塌等震害。

综上所述, 由于研究区斜坡坡角较大, 土质疏松, 因而在地震作用下极易产生滑坡灾害。研究区在不同强度地震作用下滑坡震害的主要特征为: 小震作用下不产生滑坡, 仅可能出现局部滑塌、土石掉块等现象; 中强震作用下, 研究区内山前、塬边及冲沟边缘可能出现滑坡, 规模一般较小, 塬边及冲沟边缘地面开裂, 使得斜坡稳定性降低, 从而在降雨、冻融等因素作用下产生地震诱发滑坡; 强震作用下, 研究区内黄土陡坡的前缘可能产生较密集、连续分布的滑坡, 罕遇地震作用下, 山前和塬边可能出现个别规模较大的滑坡; 地裂缝大量出现, 在降雨、冻融等因素作用下产生地震诱发滑坡的可能性显著增大。

5 研究区农村民居抗震技术措施

5.1 建筑场址的选择

场地的工程地质条件对建筑物在地震中的破坏程度具有重要的影响。合理的选择建筑场地, 对减轻农村民居震害具有重要的意义。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011 - 2010) 和《甘肃省建筑抗震设计规程》(DB62/T25 - 3055 - 2011) 对建筑场址选择的要求, 结合研究区的实际情况, 研究区新建农村民居建筑场址选择应满足以下要求:

- (1) 建筑场址应首选抗震有利地段, 如开阔的黄土塬区, 为了防止松散的大厚度黄土震陷造成的民居不均匀沉降, 建筑场地地基应进行夯实处理。
- (2) 建筑场址应尽量避开易滑坡的地段, 如坡度大于 25° 的斜坡、地形高差较大的沟谷地区、河流及水库的岸坡地带等。
- (3) 不宜在斜坡、半挖半填的地基上建房, 以免在地震时造成地基失效导致建筑物倾覆或倒塌。应选择平坦处建造, 不要改变斜坡原来的形状, 反向坡的坡上和坡下均可建造房屋。
- (4) 由于研究区为湿陷性黄土地区, 场地选择时要规划好专门的排水通道, 以免湿陷导致建筑物不均匀沉降或土层的抗震强度降低。

5.2 建筑材料的选择

建筑材料的优劣直接决定了农村民居的结构强度, 因此其对农居的抗震安全性具有重要的影响。根据《建筑抗震设计规范》(GB50011 - 2010) 和《甘肃省建筑抗震设计规程》(DB62/T25 - 3055 - 2011) 的要求, 结合研究区的实际情况, 研究区新建农村民居建筑材料选择应满足的要求如表 2 所示。

表 2 山区少数民族农村民居建筑材料应满足的要求
Tab. 2 The minimum requirements of building material of rural houses in minority mountain areas

建筑材料	应满足的要求
砖	≥MU7.5, 无破损, 尺寸符合国标要求
木料	当地所产松、柳、杨及榆木, 无虫蛀, 腐朽, 使用前应干燥处理, 干裂处应用细铁丝绑扎
水泥	正规厂家生产的普通水泥
土坯	制备时需经过选料, 不宜使用高有机质耕土, 宜用湿法制备
块石	当地所产的块石
砂料	清洗干净, 质地均匀, 无杂质

5.3 建造工艺

农村民居基础的埋置深度一般应在当地的冰冻线以下。

- (1) 土坯宜用湿法制备, 尺寸应统一, 其高宽长之比为 1:2:4, 一般可用 85 × 185 × 350 mm 的尺寸。
- (2) 夯土墙应避免使用富含有机质的耕土或含砂量大的土, 夯制水土比例应适当, 土料的含水率应接近最优含水率 (王峻, 2005), 夯打时应均匀密实, 不得上下通缝, 墙体转角处及丁字接头处应相互咬接。
- (3) 土坯墙或砖墙砌筑应采用卧砌或三平一立的砌筑方法, 内外墙交接处必须咬槎砌筑; 施工中不能同时砌筑墙体时, 应采用放坡留踏步槎的方法。
- (4) 木架结构房屋旧屋架整体利用时, 必须测定其最大挠度, 竖向杆件应测定倾斜度, 同时用铅垂测定其侧向变形。

5.4 抗震及加固构造措施

根据《建筑抗震设计规范》(GB50011 - 2010) 和《甘肃省建筑抗震设计规程》(DB62/T25 - 3055 - 2011) 的要求, 结合研究区的实际情况, 研究

区不同建筑类型的农村民房建议采用的抗震及加固构造措施如下:

(1) 土坯房:推荐采用木柱土坯房,不宜采用砖柱土坯房;木架节点应采用夹板钉接加强连接,并另增设斜撑进行加强;周边外墙顶部应设一道木圈梁,圈梁的四角应采用扒钉钉牢,圈梁选不小于 $\Phi 200$ mm 的半圆木;应加强椽、檩、木架以及木圈梁之间的连接;墙体转角处应加设柳条等柔性拉结材料,每隔 300 mm 高度设一层;若采用土或草泥屋面,屋面厚度应小于 150 mm,且在逐年修缮的过程中进行铲薄;土墙下部应做高度不小于 120 mm 的水泥浆或石灰浆勒角。

(2) 砖木平房:纵墙及山墙应隔间设封闭圈梁;木屋架与圈梁应采用螺栓连接;木檩与屋架,椽子与木檩应以扒钉连接;外墙角及内外墙交接处设转角加筋。

(3) 砖混结构单层或多层农房:外纵墙及山墙檐口高度处应隔间设封闭圈梁,外圈梁应与预制板在同一标高;预制板支撑长度:内墙 ≥ 80 mm,外墙 ≥ 120 mm;挑檐挑长 ≤ 600 mm,板厚 ≥ 70 mm,主筋配于板顶,且 $\Phi 8@200$,农房四角转角处另加放射筋,墙身转角应加设配筋。

6 结论与讨论

(1) 甘肃省东乡族自治县经济发展落后,农村民房仍以传统的土坯房为主,且多数施工质量差,无任何防震措施;而新建的农房虽然分布在公路沿线,以砖木结构平房和砖混结构单层或三层以下房屋为主,但其中大部分未采取防震措施或防震措施达不到当地的抗震设防水准要求。

(2) 该地区农居震害的主要原因有:建筑场地选址不当、民房基础处理不好、墙体质量差、屋盖整体刚度弱及屋面过重 5 个方面,砖柱土坯房防震安全性差。

(3) 影响该地区农居地震安全性的主要岩土地震—地质灾害为滑坡,其对农村民居具有严重的威胁。

(4) 新建农村民房时应应对建筑场址进行选择,避开抗震不利地段;对建筑材料进行优选,按照标准的工艺进行施工,并采取相应的防震构造措施;未采取抗震措施的农村民房在进行加固时应采取防震构造措施,增加房屋的整体性。

(5) 研究区经济发展水平落后,农村民居防震性能较差,在甘肃少数民族地区具有典型性,本文在实地调查和科学分析的基础上提出造成农居震害的主要原因和农居震害防御的主要技术措施,对于我省少数民族地区农村民房抗震具有较好的普适性。

本文得到了甘肃省少数民族文化教育促进会 2012 年度“未来精英”奖学金资助,在此表示衷心感谢!

参考文献:

- 崔自治,张祖棉,史耀宇. 1997. 生土农房建筑抗震试验研究[J]. 工程抗震, (2): 46-48.
- 东乡族自治县地方志编纂委员会. 1996. 东乡族自治县志[M]. 兰州:甘肃文化出版社.
- 董治平. 2011. 甘肃省东乡县城发生大滑坡[J]. 城市与减灾, (3): 58-62.
- 非明伦,卢永坤,冉华,等. 2005. 云南会泽 5.3 级地震灾害现场调查与烈度分布[J]. 地震研究, 28(4): 415-418.
- 付东林,黎志恒,赵成,等. 2012. 甘肃东乡县城滑坡综合治理中的排水工程设计思路[J]. 中国地质灾害与防治学报, 23(4): 112-116.
- 葛学礼,王亚勇,申世元,等. 2005. 村镇建筑地震灾害与抗震减灾措施[J]. 工程质量, (12): 671-674.
- 贾冠华,邹立华,袁中夏,等. 2011. 农村自建砌体房屋墙体的震害特征及机理研究[J]. 工程抗震与加固改造, 33(3): 127-132.
- 雷中生,包向农,张颖. 2000. 1125 年兰州 7 级地震震中位置初探[J]. 西北地震学报, 22(2): 191-193.
- 李德荣,黎海南,陈丙午. 1987. 甘肃农村土墙承重平房抗震性能的试验研究[J]. 工程抗震, (3): 14-19.
- 罗东海,吴玮江,王念秦,等. 2010. 陇南市三家地黄土地震滑坡形成机理研究[J]. 铁道工程学报, 162(3): 17-21.
- 王峻,王兰民,李兰. 2005. 永登 5.8 级地震中黄土震陷灾害的探讨[J]. 地震研究, 28(4): 393-397.
- 王峻. 2005. 黄土地区农村民房生土建筑墙体材料抗震性能试验研究[J]. 西北地震学报, 27(2): 158-162.
- 王兰民,林学文. 2006. 农村民房抗震理论与技术[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社.
- 王生荣,曹凯. 1987. 黄土土坯墙墙体抗剪强度的试验研究[J]. 工程抗震, (1): 31-35.
- 王瑛,史培军,王静爱. 2005. 中国农村地震灾害特点及减灾对策[J]. 自然灾害学报, 14(1): 82-89.
- 袁道阳,雷中生,刘小凤,等. 2004. 138 年金城—陇西 6 级地震的史料考证与发震构造背景探讨[J]. 地震地质, 26(1): 52-60.
- 袁道阳,雷中生,张俊玲,等. 2007. 1590 年 7 月 7 日甘肃永靖东南地震考证[J]. 震灾防御技术, 2(2): 158-165.
- 钟秀梅,袁中夏,贾冠华,等. 2012. 甘肃省农村居民地震常识情况的调查分析[J]. 震灾防御技术, 7(2): 184-192.

周光全,非明伦,施伟华,等. 2006. 1992~2005年云南地震灾害及其对农村民居的影响[J]. 地震研究, 29(4): 407~410.

DB62/T25-3055-2011, 甘肃省建筑抗震设计规程[S].
GB50011-2010, 建筑抗震设计规范[S].

Humble Opinion on Earthquake Damage and Aseismic Measures of Rural Houses at Minority Mountain Areas in Gansu Province

——Taking the Autonomous Country of Dongxiang Nationality as an Example

MA Hai-ping, YANG Li-ming, WANG Jun, FENG Jian-gang
(Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou, 730000, Gansu, China)

Abstract

We selected 12 administrative villages of the Autonomous County of Dongxiang Nationality as the investigate points to investigate and analyze the structure type, building materials and construction age of the rural houses in the county. Based on the results of field survey, combined with the principal forms of the rural houses damages in previous earthquakes, we analyzed the main reasons for the damage of the rural houses. Moreover, according to the Earthquake Resistant Design Code (GB50011-2010) and the Specification for Seismic Design of Building in Gansu Province (DB62/T25-3055-2011), in light of the actual situation, we put forward the specific technical measures on seismic fortification of rural houses with different types. The results have universality sense on which to prevent and reduce the damage of the rural houses in the minority mountain areas.

Key words: rural houses in Mountain area; earthquake damage characteristics; seismic measure