

# 汶川 8.0 级地震中宁夏南部山区震害特征分析\*

谢晓峰<sup>1</sup>, 王兰民<sup>2</sup>, 袁中夏<sup>2</sup>, 焦德成<sup>1</sup>, 王曾光<sup>1</sup>, 雷启云<sup>1</sup>, 吕俊强<sup>1</sup>

(1. 宁夏回族自治区地震局, 银川 750001; 2. 中国地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

**摘要:** 介绍了汶川 8.0 级特大地震对宁夏南部山区造成的黄土崩塌、地裂缝等地质灾害和典型房屋破坏情况, 分析和总结了房屋破坏的致灾机理, 最后对发现的问题提出了几点建议。

**关键词:** 汶川  $M_s 8.0$  地震; 震害调查; 农村房屋

**中图分类号:** P315.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2010)01-0106-05

## 0 引言

2008 年 5 月 12 日 14 时 28 分, 四川省汶川县 (31.021°N, 103.367°E) 发生 8.0 级特大地震, 震源深度 14 km, 震中距宁夏南部边界 312 km。本次地震宁夏全区均强烈有感, 其中宁夏南部山区的隆德、泾源、彭阳、原州和西吉等县 (区) 震灾较为严重 (图 1)。该地区的地貌形态主要以山地和黄土丘陵为主, 而以塬、峁、梁、沟为主体的黄土覆盖面积占该区域总面积的 70% 以上。区内黄土沟壑十分发育, 主沟宽度很多都超过百米, 切割深度达 60 ~ 140 m (Bai, 1985; 王兰民, 林学文, 2006)。该地区在此次地震中的烈度为 VI 度, 灾区总面积达 5 780 km<sup>2</sup>。受灾人数为 13 900 人, 直接经济损失 3 100 万元。

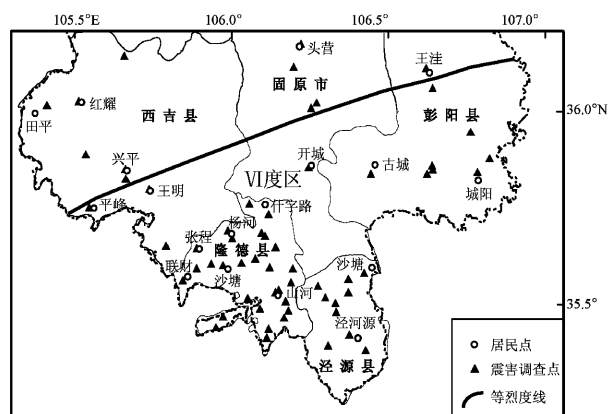


图 1 汶川地震造成的宁夏南部山区地震烈度分布图  
Fig. 1 Intensity distribution of Wenchuan earthquake in southern Ningxia

地震发生后, 宁夏回族自治区地震局迅速组织了地震灾害科学考察组, 深入灾区对在此次地震中造成的次生地质灾害及农村房屋破坏情况进行了详细的考察。本文主要介绍此次科考的部分相关成果, 并详细分析造成灾害的原因, 最后提出灾后重建建议, 希望对提高宁夏南部山区农村的建筑抗震性能有所裨益。

## 1 次生地质灾害破坏特点

### 1.1 黄土崩塌

黄土由于含水率低、结构疏松、垂直节理发育, 在冲沟的两侧和为便于出行开挖的土路两侧形成的崖、坎处, 因地震波的冲击作用极易形成崩塌。照片 1 所示为村民开挖的便道在地震发生时产生的崩塌 (周正华等, 2008; 张敏政, 2008)。这种黄土崩塌次生灾害现象在受灾较严重的隆德县、西吉县、彭阳县的各乡镇较为普遍。



照片 1 隆德县观庄乡乡间土路旁黄土崩塌  
Photo 1 A loess collapse of rural road-side in Guanzhuang Village, Longde County

1.2 地裂缝

由于黄土自身所特有的非饱和、低密度等性质，在地震的作用下容易产生突然的附加沉陷。平坦场地的黄土会因不均匀沉陷而产生粉碎性破坏或裂缝（王兰民，2006）。汶川地震中宁夏南部山区部分房屋、围墙出现的裂缝或倒塌即是由于地震诱发黄土场地不均匀沉陷而导致的地裂缝引起的。照片 2 所示为汶川地震诱发的位于隆德县庄程乡的地裂缝。



照片 2 隆德县庄程乡地裂缝

Photo 2 Ground fissures in Zhuangchen Village, Longde County

2 房屋结构破坏特点

2.1 房屋倒塌

宁夏南部山区农村的房屋多数都是就地取材和自行设计搭建而成的土木结构房屋。这种房屋以土坯墙或夯土墙作为墙体，或者下半部分为夯土墙上半部分为土坯墙。顶部为人字形木架结构或者单坡木架结构。墙体之间、墙体与屋顶之间



照片 3 隆德县联财乡一户房屋倒塌

Photo 3 A rural building collapse in Liancai Village, Longde County

没有有效的连结措施，因此一旦发生地震，房屋很容易倒塌（陈肇元，钱稼茹，2008；贾彬等，2009；刘玉海，1985）。隆德县联财乡东光村一户房屋下半部分为夯土墙，上半部分为土坯墙，在这次地震中该农居被彻底毁坏（照片 3）。

2.2 屋顶坍塌

宁夏南部山区大多数房屋屋顶的木檩条直接放置在纵墙或山墙上，没有采取任何加固措施就在其上铺上苇子和屋瓦。地震时墙体受到地震波作用产生水平晃动，很容易导致木檩条掉落，从而造成屋顶坍塌。汶川地震中以这种方式搭建的房屋均受到较为严重的破坏（照片 4）。



照片 4 泾源县泾河源镇一户屋顶坍塌

Photo 4 A roof collapse in Jinghe Town, Jingyuan County

2.3 屋顶见光

木架结构的屋顶，通常以草席、草泥和屋瓦覆盖，地震发生时的强烈作用力使屋顶泥土、瓦片掉落（照片 5）。



照片 5 隆德县沙塘镇一户屋顶见光

Photo 5 Light leakage of a roof in Shatang Town, Longde County

2.4 横梁错位

木架结构的屋顶、横梁和墙体之间没有任何拉结措施，因而汶川地震导致房屋横梁错位（照片6）。



照片6 彭阳县城阳乡一户房屋横梁错位  
Photo 6 Beam movement in Chengyang Village,  
Pengyang County

2.5 屋脊掉落和屋顶变形

汶川地震中，黄土震陷会导致地基失效或部分失效，从而引起屋顶变形。屋脊在地震发生时产生的水平力的作用下掉落（照片7）。



照片7 泾源县泾河源镇一户房屋  
屋脊掉落和屋顶变形  
Photo 7 Fastigium flopped and roof shaped  
in Jinghe Town, Jingyuan County

2.6 墙体裂缝

农民自行搭建房屋时，为了节约成本，常常就地取材，采用当地胶结度较差的黄土砌筑砖墙。

地震发生时容易导致墙体开裂（照片8）。



照片8 西吉县兴平乡一户房屋墙体开裂  
Photo 8 Wall cracks in Xingping Village, Xiji County

2.7 墙体外闪

夯土墙体相互之间没有任何连接，地震时很容易造成墙体之间错动和倒塌（照片9）。



照片9 海原县郑旗乡一户房屋墙体外闪  
Photo 9 An outward-leaning wall in Zhengqi Town,  
Haiyuan County

3 震害分析

（1）建筑选址不合适。我们在震灾调查过程中发现，地震时崖、坎所处的区域很容易形成黄土崩塌，而有些农民的房屋选址不当，恰好就建造在这些崖、坎附近，有的甚至紧挨着。地震引发的地质灾害对附近的房屋很容易造成二次破坏，从而导致本可以避免的财产损失和人员伤亡（石玉成等，2003）。

(2) 建筑结构不合理。部分村民在建造房屋时墙的下半部分用夯土墙，上半部分用土坯墙。黄土本身孔隙度大，结构疏松，抗震性能差。土坯墙和夯土墙混合搭建，由于上下结构强度的差异，一旦发生地震，地震波的强烈作用容易造成墙体失稳、倒塌。

(3) 墙体和屋顶无连结措施。村民搭建的一些简易房屋只是将木檩条横担在纵墙或山墙上，没有任何连结固定设施，木檩条的长短和粗细也不一致。地震波引起墙体晃动时很容易使木檩条掉落，从而导致屋顶塌陷。另外，墙体之间看似紧密连接在一起，但实际上每一堵墙都相互独立，地震时就容易造成墙角开裂（施伟华等，2004）。

(4) 地基处理不当。一些房屋在建造时只做了简单的地基处理或平整，一旦遇到破坏性地震，引起地基失效，墙体即便很结实也难免会开裂甚至倒塌。

(5) 房屋年久失修。宁夏南部山区自然环境恶劣，工业欠发达，农村经济十分落后，广大农村民居仍然以土坯房、夯土房、砖包土坯房、夯土与土坯合用房为主，而且很多房屋年久失修，加之一些不利的地质条件，多数房屋的抗震性能都非常差（焦德成等，2008）。

4 结语

宁夏南部山区在汶川大地震中遭受的灾害损失相对于四川震中区及邻省甘肃南部和陕西南部而言要轻得多，但是在地震灾害中凸显出的问题仍然值得我们深思和探讨。南部山区山大沟深，沟壑纵横，梁卯起伏，土质疏松，自然环境非常恶劣。居住在这里的农民很少了解抗震防灾知识，加上受经济条件限制，在盖房时多数都是就地取材自行搭建，因此房屋的抗震性能非常差，且很多房屋年久失修，一旦遇到地震很容易遭受破坏。通过对宁夏南部山区农村房屋的震害调查和分析，我们认为：

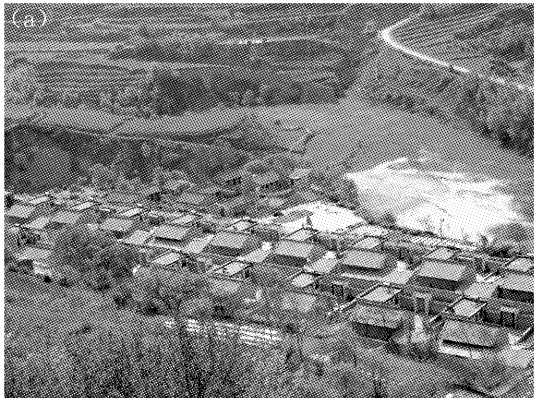
首先要加大对农村，特别是边远山区农民的抗震防震知识的宣传和教育力度，让农民真正了解地震灾害知识并学会在地震发生时开展自救。

其次，应提高农村房屋的抗震设防能力，研究适当地情况的经济可行的抗震加固方法。地

震发生时，农村通常都会成为地震的重灾区，这是因为农村房屋的抗震性能非常差，不能抵御地震带来的破坏。

最后，对于居住在地质条件差，容易产生滑坡、崩塌区域的农民，政府应通过财政补贴等形式对其实施整体搬迁，远离安全隐患。

令人欣慰的是，宁夏回族自治区政府已在“十五”期间开始实施“塞上农民新居”工程，对全区的危窑危房进行有计划有步骤的搬迁或改造，拟在“十一五”期间搬迁或改造南部山区 4 万户危窑危房。在调查中我们也发现，农村新建房屋虽然与危窑危房相距不远，但是在这次地震中没有受到明显影响和破坏（照片 10）。



照片 10 “塞上农民新居” (a) 与危窑危房 (b) 对比（隆德县庄程乡）

Photo 10 The contrast of “Frontier Farmers New Home” (a) and the old collapsed building in Zhuangcheng Village, Longde County (b)

本文是在中国地震局兰州地震研究所进行学术交流期间完成的。兰州地震研究所人事教育处

的李青霞处长和骆渭芳科员为笔者提供了工作条件等方面的帮助,黄土地震工程室吴志坚博士在交流访问期间给予悉心指导。宁夏回族自治区地震局汶川地震现场科考组的柴炽章研究员、兰宁高级工程师以及李翔、周德宁、金涛、谭俊林等人提供了本文的照片和其它方面的帮助,在此表示诚挚感谢!

## 参考文献:

- 陈肇元,钱稼茹. 2008. 汶川地震建筑震害调查与灾后重建分析报告 [M]. 北京:中国建筑工业出版社.
- 贾彬,王文一,王汝恒,等. 2009. 绵阳地区建筑结构在汶川地震中的震害特征与机理分析[J]. 西南科技大学学报,24(1):20-23.
- 焦德成,王增光,谭俊林,等. 2008. 汶川 8.0 级地震宁夏烈度调查报告[R]. 宁夏回族自治区地震局.
- 刘玉海. 1985,墨脱 8 $\frac{1}{2}$ 级地震宏观震害及烈度特征的考证[J]. 地震

- 研究,8(5):477-483.
- 施伟华,周光全,赵永庆,等. 2004. 2003 年大姚 6.2 级地震房屋震害特征及分析[J]. 地震研究,27(04):374-378.
- 石玉成,林学文,王兰民,等. 2003. 黄土地区生土建筑震害特征及防灾对策研究[J]. 自然灾害学报,12(3):87-92.
- 王兰民,林学文. 2006. 农村民房的地震破坏特征与震害预测[J]. 震灾防御技术,1(4):337-344.
- 王兰民. 2006. 西部大开发中的黄土地震灾害问题[M]. 学术纵横,(9):154-156.
- 张敏政. 2008. 汶川地震中都江堰市的房屋震害[J]. 地震工程与工程振动,38(3):1-6.
- 周正华,魏景芝,王玉石,等. 2008. 汶川 8.0 级地震房屋建筑震害特征[J]. 震灾防御技术,3(4):384-390.
- Bai M X. 1985. Earthquake hazards to the earth buildings in Ningxia [C]//Proceedings of the International Symposium on Earth Architecture. Beijing:Architectural Society of China,1-4.

# Analysis of Seismic Damage Characteristics in Southern Area of Ningxia during Wenchuan $M_s8.0$ Earthquake Event

XIE Xiao-feng<sup>1</sup>, WANG Lan-min<sup>2</sup>, YUAN Zhong-xia<sup>2</sup>, JIAO De-cheng<sup>1</sup>,  
WANG Zeng-guang<sup>1</sup>, LEI Qi-yun<sup>1</sup>, LV Jun-qiang<sup>1</sup>

- (1. *Earthquake Administration of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750001, Ningxia, China*)  
(2. *Lanzhou Seismic Institute, China Earthquake Administration, Lanzhou 730000, Gansu, China*)

## Abstract

This paper depicts the geological hazards of the mountain Region in the southern part of Ningxia Hui autonomous region, such as loess-collapse, geosuture, and typical damaged houses. The reason why there is so much destruction is analyzed thoroughly and summarized in detail. Several proposals are given to these problems.

**Key words:**  $M_s8.0$  Wenchuan earthquake; earthquake damage investigation; rural building