

# Earthquake Disaster Distribution and Ground Motion Characteristics of Changning M6.0 Earthquake in Sichuan

Sen Qiao, Zongchao Li, Aiwen Liu, Xueliang Chen, Changlong Li, Tiefei Li

Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

qiaosen@cea-igp.ac.cn

## 四川长宁 6.0 级地震震害分布及地震动特征分析

乔森, 李宗超, 刘爱文, 陈学良, 李昌琰, 李铁飞

中国地震局地球物理研究所, 100081 北京

qiaosen@cea-igp.ac.cn

**Abstract**—The Changning M6.0 earthquake in Yibin, Sichuan on June 17, 2019, caused heavy casualties and property losses. The highest intensity of the earthquake was VIII. In this paper, the damage characteristics and intensity distribution of Changning earthquake are emphatically analyzed, and the spatial distribution characteristics of ground motion are analyzed in detail. The results show that the E-W component PGA and N-S component of the peak acceleration of the Changning earthquake are quite different in the horizontal ground motion. The strength of the E-W component is greater than that of the N-S component in the whole. The main building structures in the disaster area are frame structure, brick-concrete structure and brick-wood structure. Frame structure and brick-concrete structure are the main building structures in disaster areas. They have seismic fortification measures and good seismic performance. However, most of the self-built brick-concrete buildings in rural areas do not have seismic fortification, and their seismic capacity is poor.

**Keywords**—seismic damage characteristics, intensity distribution, spatial distribution characteristics of ground motion, seismic fortification

**摘要**—2019年6月17日发生的四川宜宾长宁6.0级地震,造成了重大的人员伤亡和财产损失。此次地震最高烈度为Ⅷ(8度)。本文着重分析了长宁地震震害特征及烈度分布情况,详细分析了地震动空间分布特征。研究表明:长宁地震的地震动峰值加速度在水平方向上的E-W分量PGA与N-S分量存在较大差异,东西向分量强度整体大于南北向分量强度。灾区房屋结构主要是框架结构、砖混结构及砖木结构房屋。框架结构和砖混结构房屋是灾区的主要建筑结构形式,具有抗震设防措施,抗震性能较好,但广大农村地区的自建砖混房屋大多没有抗震设防,其抗震能力较差。

**关键词**—震害特征, 烈度分布, 地震动空间分布特征, 抗震设防

### I. 引言

2019年6月17日,四川宜宾长宁县发生6.0级破坏性地震,四川、重庆、云南、贵州多地对此次地震有感。中国地震台网正式测定:震中位于宜宾市长宁县双河镇(图1)(28.34°N, 104.90°E),震源深度16km。截至6月26日8时,共记录到M2.0级及以上余震182次,其中5.0~5.9级地震3次,4.0~4.9级地震5次。此次地震最高烈度为Ⅷ(8度),地震影响范围主要涉及宜宾市长宁县、高县、珙县、兴文县、江安县、翠屏区6个县区。根据宜宾市卫生健康委员会统计数据,地震共造成13人死亡、7人危重伤、14人重伤。震中周边200公里内近5年来发生3级以上地震共140次,最大地震是2014年8月3日在云南省昭通市鲁甸县发生的6.5级地震(距离本次震中201公里),按震级大小前50次历史地震分布如图1。



图1 震中位置及历史地震位置(中国地震台网中心)

## II. 地震活动性与地震构造

震中位于四川盆地南缘(图 2a)。第四纪以来区域主要表现为缓慢的整体性抬升,差异活动不明显,新构造运动较微弱(刘玉法, 2019)。四川盆地周边的鲜水河断裂南东段、安宁河—则木河断裂带、龙门山断裂和荣经—马边—盐津断裂带是主要的强震、大震震构造。

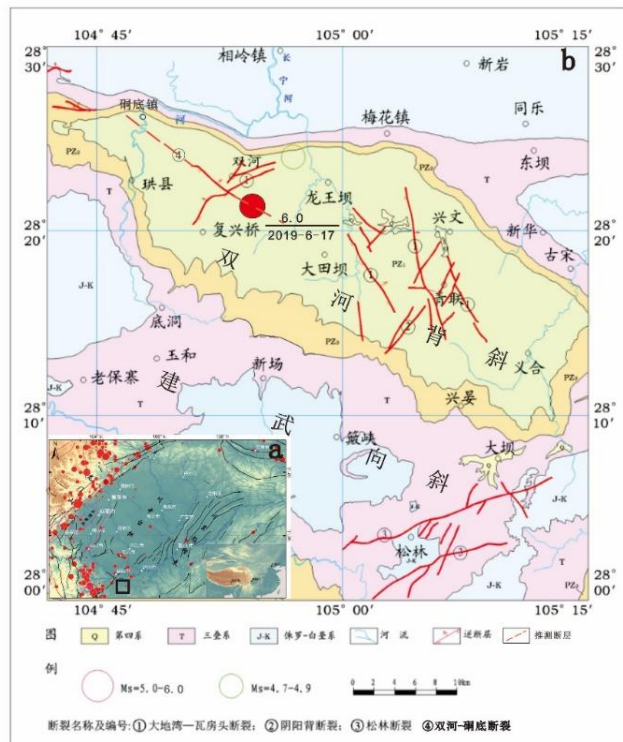


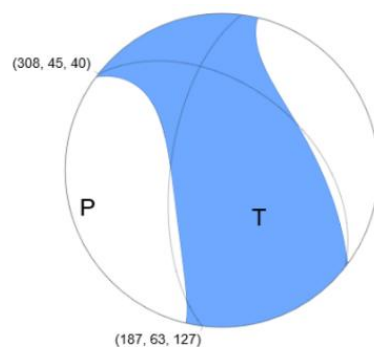
图 2 震区及其附近地质构造图

研究结果表明,鲜水河断裂南东段、安宁河—则木河断裂具备发生 7.5—8.0 级大震的构造背景,大凉山断裂、龙门山断裂和荣经—马边—盐津断裂等具有发生 7.0—7.5 级强震的构造条件(图 2a)。川南地区发育一系列规模不大的背斜构造,断裂构造发育于背斜的轴部或陡翼,背斜构造的成因与断层的弯曲扩展具有密切的成因联系,控制了一系列中强地震的发生。地震常发生在背斜构造的轴部或陡翼,等震线长轴方向与背斜轴走向一致,且常具有震级较浅,震中烈度略偏高的特点(图 2b)(刘玉法, 2019)。震中位于双河复式大背斜 NE 翼部(图 2b)。双河背斜总体走向 NW—SE,表现为北翼陡,南翼缓的不对称单箱形花边状肥大背斜,北翼及西端倾角为 40—60°,南翼及东端缓(刘玉法, 2019)。

本次地震的震源机制解如图 3 所示,界面 I 显示走向 308°,显示该次地震以逆冲为主兼具走滑为特征,与该区域的构造背景相一致。余震分布大多分布于震中以西,呈 NW 向延伸约 12km,分布于宽度约 3km 的狭窄范围内(图 4),说明发震构造为断层而非褶皱,并且断层面倾角高陡(房立华, 2019)。

## III. 震害调查及烈度分布情况

本次地震造成灾区 13 个乡镇房屋不同程度受损。灾区范围内房屋结构类型主要包括土木结构、砖木结构、砖混结构和框架结构房屋。土木结构、砖木结构、砖混



Nodal Planes

Plane	Strike	Dip	Rake
NP1	308°	45°	40°
NP2	187°	63°	127°

图 3 震源机制解 (USGS: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us600041ry/moment-tensor>)

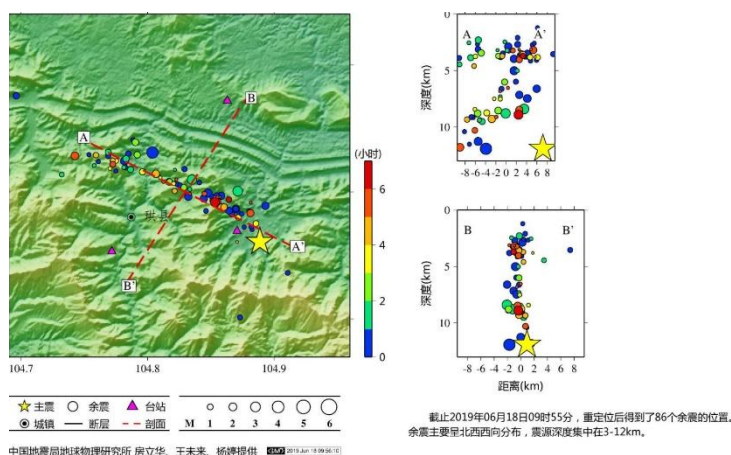


图 4 余震分布 (据房立华等, 2019)

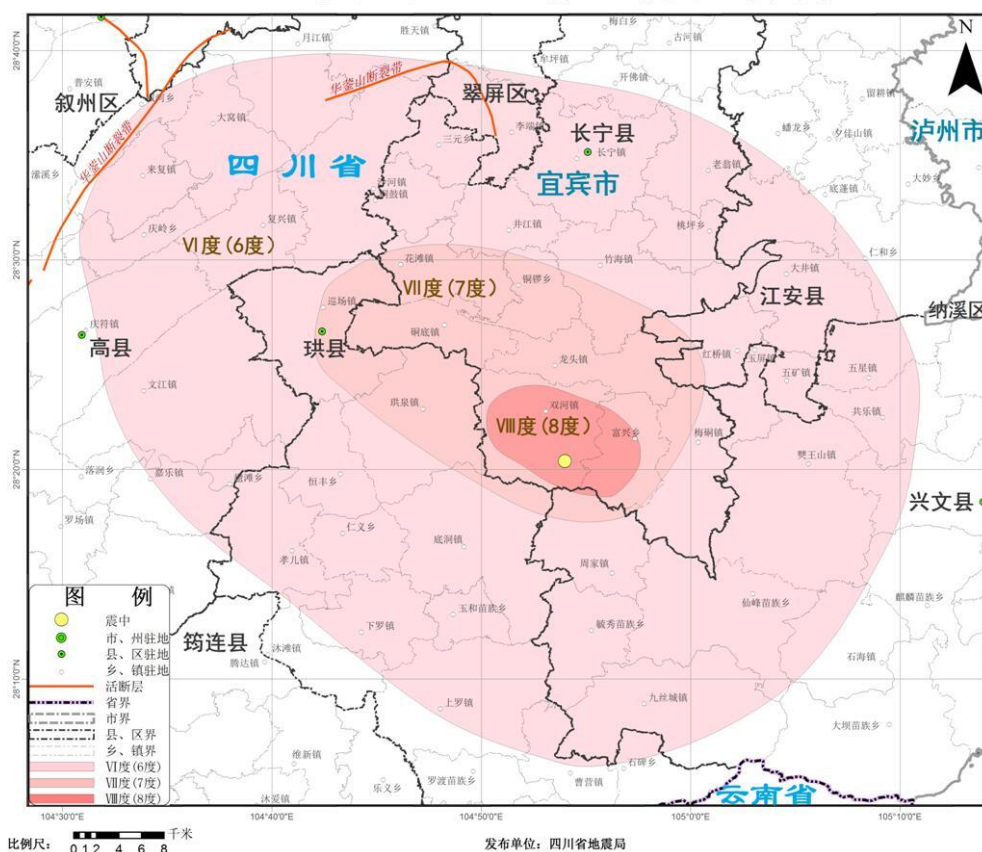
结构房屋是灾区的主要建筑结构形式。土木结构房屋多是老旧房屋,其抗震性能较差;砖木结构房屋大多数为水泥空心砖墙体,其抗震性能较差;半数以上砖混结构房屋具有抗震设防措施,抗震性能较好。除极个别老旧无人居住的房屋破坏严重以外,其它房屋受灾较轻。

四川省地震现场工作队在灾区范围内共调查了 131 个烈度调查点,其中房屋调查点 121 个,生命线和地质灾害调查点 10 个,依照《地震现场工作:调查规范》(GB/T 18208.3-201)、《中国地震烈度表》(GB/T 17742-2008),通过灾区震害调查、强震动观测记录分析等工作,确定了此次地震的烈度分布。地震烈度图如图 5 所示。

此次地震最高烈度为Ⅷ度(8 度)。Ⅷ度(8 度)区面积 84 平方千米,主要涉及长宁县双河镇(图 6)、富兴乡,兴文县周家镇,共 3 个乡镇。Ⅶ度(7 度)区



## 四川长宁6.0级地震烈度图



## 地震烈度图说明

此次地震叠加了随后发生的 5.1 级、5.3 级两次强余震震害,最高烈度为Ⅷ度(8度),等震线长轴呈北西走向,长轴 72 千米,短轴 54 千米,Ⅵ度(6度)区及以上面积为 3058 平方千米,主要涉及长宁县、高县、珙县、兴文县、江安县、翠屏区 6 个区县。

Ⅷ度(8度)区面积为 84 平方千米,主要涉及长宁县双河镇、富兴乡,兴文县周家镇,共 3 个乡镇。Ⅶ度(7度)区面积为 436 平方千米,主要涉及长宁县双河镇、梅硐镇、铜底镇、花滩镇、竹海镇、龙头镇、铜锣乡、井江镇、富兴乡,珙县巡场镇、珙泉镇、底洞镇,兴文县周家镇,江安县红桥镇,共 14 个乡镇。Ⅵ度(6度)区面积为 2538 平方千米,主要涉及高县、兴文县、珙县、长宁县、江安县、翠屏区的 58 个乡镇。

此外,位于Ⅵ度(6度)区之外的部分地区也受到波及,个别老旧房屋出现破坏受损现象。

## 本图涉及烈度解释

Ⅷ度(8度):砖木房屋少数毁坏,多数严重破坏;砖混房屋个别毁坏,多数中等破坏;框架房屋少数严重破坏,多数轻微破坏。

Ⅶ度(7度):砖木房屋个别毁坏,多数中等破坏;砖混房屋少数轻微破坏,框架房屋个别轻微破坏。

Ⅵ度(6度):砖木房屋少数破坏,多数基本完好;砖混房屋个别轻微破坏。

出图时间: 2019年6月20日

图 5 长宁 6.0 级地震烈度图。



图 6 长宁 6.0 级地震双河镇卫生院及双河镇中学建筑损坏情况



面积为 436 平方千米,主要涉及长宁县双河镇、梅硐镇、硐底镇、花滩镇、竹海镇、龙头镇、铜锣乡、井江镇、富兴乡,珙县巡场镇、珙泉镇、底洞镇,兴文县周家镇,江安县红桥镇,共 14 个乡镇。VI 度(6 度)区面积为 2538 平方千米,主要涉及高县、兴文县、珙县、长宁县、江安县、翠屏区的 58 个乡镇。VI 度(6 度)区及以上总面积为 3058 平方千米,等震线长轴呈北西走向,长轴 72 千米,短轴 54 千米,主要涉及宜宾市长宁县、高县、珙县、兴文县、江安县、翠屏区 6 个区县。

在此次地震中,房屋出现少数倒毁和大量严重破坏情况。房屋在不同烈度区的震害特征如下(四川长宁 6.0 级地震灾害直接损失评估报告):

VIII 度区:房屋破坏严重,砖混结构房屋部分毁坏,少数构造柱断裂、墙体位错,局部垮塌,部分房屋墙体 X 型裂缝贯通,多数墙体开裂明显;框架结构房屋梁柱结合部出现较大纵向、横向裂缝,填充墙裂缝较大;砖木结构少数严重破坏,多数中等破坏,部分房屋墙体垮塌,梭瓦掉瓦现象普遍。VII 度区:房屋破坏较为严重,砖混结构房屋个别墙体开裂严重,部分墙体开裂明显;框架结构房屋个别梁柱出现细微裂缝,填充墙开裂明显;砖木结构房屋墙体开裂明显,屋顶普遍梭瓦掉瓦。VI 度区:砖混结构房屋,极个别墙体出现贯通裂缝,部分墙体出现裂纹,多数基本完好;框架结构房屋极个别承重梁可见细微裂纹,部分填充墙有裂纹;砖木结构少数墙体裂缝,少数房屋出现梭瓦现象。

本次地震中生命线系统工程结构遭受破坏程度较重,交通、通信、电力、供排水等系统均有不同程度震损(图 7),特别是交通系统,出现多处山体滑坡、滚石、

路基坍塌等导致公路中断。交通系统:本次地震及其引发的山体滑坡、崩塌等次生灾害造成灾区多处交通中断;高速公路路面开裂,桥梁遭受破坏;出现多处山道路护坡塌方、路面悬空等现象。通信系统:地震造成个别移动基站掉站和传输光缆中断,基站用房遭受破坏等。供排水:震中双河镇供水系统破坏,造成供水困难。另外,在本次地震中部分水利设施、电力设施也遭受不同程度破坏。

#### IV. 强地震动空间分布特征

本文强震数据来自中国地震局工程力学研究所“国家强震动台网中心”。记录到长宁地震的强震台站全部位于长宁县西北地区,东南地区台站缺乏。因此 PGA 东南区域的空间分布特征缺乏强震台站的有效插值拟合(图 8)。PGA 在东西分量上的值整体上高于在南北方向分量上的值,但地震动在两个方向分量上的空间分布特征及衰减特征是一致的。地震动的分布特征与长宁地震实际的地震烈度(图 5)分布相吻合,表明 PGA 参数可以很好的表征真实的震害特征。

#### V. 结论

通过分析长宁地震发震构造,烈度分布特征以及地震动 PGA 参数的空间分布特征,我们得到以下结论:

(1) 长宁地震的地震动峰值加速度在水平方向上的 E-W 分量 PGA 与 N-S 分量存在较大差异,东西向分量强度整体大于南北向分量强度。



图 7 长宁地震生命线工程损毁情况(图片来自四川省地震局地震现场工作队)

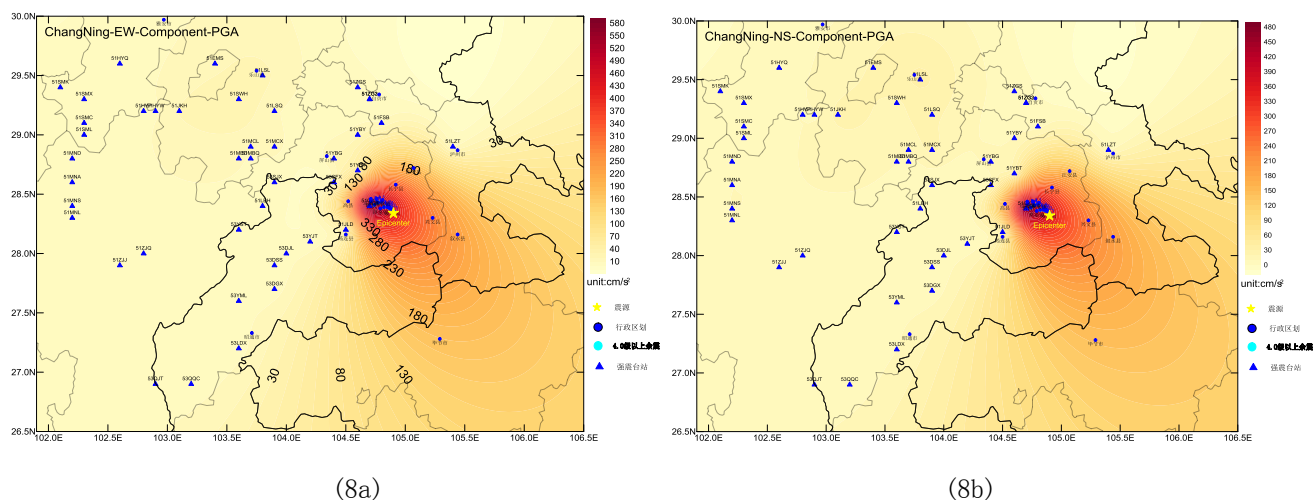


图8 长宁6.0级地震PGA空间分布特征。(8a)地震动PGA在E-W方向分量的地震动空间分布特征;(8b)地震动PGA在N-S方向分量的地震动空间分布特征。

(2) 灾区房屋结构主要是框架结构、砖混结构及砖木结构房屋。框架结构和砖混结构房屋是灾区的主要建筑结构形式,具有抗震设防措施,抗震性能较好;而广大农村地区的自建砖混房屋大多没有抗震设防,其抗震能力较差。

(3) 长宁6.0级地震还造成了生命线系统不同程度的破坏,交通、通信、电力、供排水等系统均有不同程度震损;特别是交通系统,出现多处山体滑坡、滚石、路基坍塌等导致公路中断。

四川长宁6.0级地震造成了较大程度的破坏,说明了在我国多震的西部地区,防震抗灾的能力还比较脆弱,我们面临的防震减灾任务是十分繁重的。只有全社会高度重视防震减灾工作,采取切实有效的措施,真正把抗震设防措施落实到乡、镇及自然村,把工作做细做扎实,才能最大限度的减轻地震灾害损失与地震灾害风险。

### 致谢

本研究所用数据来自中国地震局工程力学研究所“国家强震台网中心”,本研究受中国地震局地球物理研究所基本科研业务费专项(DQJB19A0131, DQJB18B20, DQJB19A0131)资助,在此表示感谢。地震构造图件引自四川省地震局的刘玉法,震源机制解参考USGS,余震分布参考中国地震局地球物理研究所房立华等的研究结果,生命线工程照片及烈度分布部分特征资料来自四川省地震局地震现场工作队,在此表示感谢。

### 参考文献

- [1] 《地震现场工作:调查规范》(GB/T18208.3-201)
- [2] 《中国地震烈度表》(GB/T17742-2008)
- [3] 2019年6月17日四川长宁6.0级地震灾害直接损失评估报告. 四川省地震局地震现场工作队