

Damage Character and Magnitude Discussion for the Junlian Earthquake on January 28, 2017 in Junlian, Western China

Shiyuan Wang^{1,2}, Qiang He^{1,2}, Shao Liu^{1,2*}, Feng Long¹, Yadong Zhou^{1,2}, Yan Deng²

¹Earthquake Administration of Sichuan Province, Chengdu Sichuan

²Sichuan Seistech Corporation, Ltd., Chengdu Sichuan

Email: wangsir2006@163.com, liushao90@163.com

Received: Feb. 4th, 2018; accepted: Feb. 18th, 2018; published: Feb. 26th, 2018

Abstract

The 4.9 magnitude earthquake occurred in Junlian County, Sichuan province on January 28, 2017, and the microcosmic-epicenter was located at Weixin village in Sichuan seismic network. According to the site investigation, the macrocosmic-epicenter of the earthquake is located in Leyi village, with the epicentral intensity of VII degree, causing more serious damage, especially the destruction of Zhongba village, Huangjin village and Baiyun village located in epicentral area, mainly a small number of landslides and a large number of houses. Houses damage shows that a small number of brick wood houses and soil wood houses collapsed or were seriously damaged, and a small number of brick masonry buildings were moderately damaged. The comprehensive field investigation data, source mechanism solution, aftershock distribution and seismic tectonic background analysis show that the isoseismic shape of the earthquake is a slightly irregular elliptical in the south of the south, the long axis distribution, the VII degree area is about 12 square kilometers, and the major and minor axis ratio is 16:11. VI degree area is about 230 square kilometers, major and minor axis ratio 8:5. The damage level was more serious in NW, less in SE of the main fault Zha zi ao fault. According to the seismic tectonic background and the earthquake cases analogy analysis of similar areas, it is concluded that the seismic damage of this earthquake is obvious fracture reel effect, and the seismic damage superposition effect, the actual magnitude of the earthquake should be greater than or equal to 5.0 which is greater than the 4.9 magnitude of rapid report.

Keywords

Junlian Earthquake, Seismic Damage Superposition, Fault Upper Effort, House Damage, Seismic Structure

*通讯作者。

2017年1月28日四川筠连地震震害特征与孕震构造

王世元^{1,2}, 何强^{1,2}, 刘韶^{1,2*}, 龙峰¹, 周亚东^{1,2}, 邓艳²

¹四川省地震局, 四川 成都

²四川赛思特科技有限责任公司, 四川 成都

Email: wangsir2006@163.com, liushao90@163.com

收稿日期: 2018年2月4日; 录用日期: 2018年2月18日; 发布日期: 2018年2月26日

摘要

2017年1月28日四川筠连县发生4.9级地震, 四川地震台网测定微观震中位于维新镇。经现场调查, 本次地震的宏观震中位于筠连县乐义乡, 震中烈度达到Ⅷ度, 给筠连县造成较为严重的破坏, 特别是位于震中区的中坝村、黄金村和白云村的破坏尤为严重, 主要表现为少量的山体崩塌和大量的房屋破坏。大量的房屋破坏表现为少数砖木、土木结构房屋毁坏或严重破坏, 砖混结构房屋少数中等破坏。综合现场考察资料、震源机制解、余震分布和地震构造背景分析认为, 此次地震的等震线形态是南西侧稍大的不规则椭圆形, 长轴沿NNE向展布, Ⅷ度区面积约12平方千米, 长短轴比为16:11; Ⅵ度区面积约230平方千米, 长短轴比8:5。综合596个余震精定位结果、地震构造背景和相似地区的震例类比分析, 认为乐义背斜可能是本次地震的孕育构造, 震区内近南北向的孔子坳断裂NW盘的震害程度明显大于SE部, 断裂限制了余震的分布, 震害在震中附近表现为较为明显的上盘效应, 且存在震害叠加效应, 地震的实际震级应该大于速报的4.9级, 应大于等于5.0级。

关键词

筠连地震, 震害叠加, 上盘效应, 房屋破坏, 孕震构造

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2017年1月15日和18日, 四川省宜宾市筠连县分别发生4.2级和4.3级地震, 这两次地震引起我们的关注。1月28日02时46分, 发生4.9级地震, 震源深度11千米, 震中位于筠连县乐义乡中坝村(30.314°N, 102.934°E), 震中距离筠连县城23千米, 珙县县城33千米。筠连县乐义乡、维新镇和筠连县城区震感强烈, 高县、珙县、宜宾县等地震感明显, 成都附近均有震感。截至1月29日16时, 共记录到余震146次, 最大余震为1月28日4时26分的2.6级地震。据宜宾市报告, 截至28日20时45分, 地震共造成宜宾市筠连县、珙县22个乡镇受灾, 受灾人口21,884人, 5人受轻微伤(在医院治疗后均已回家), 紧急转移安置2084人, 因灾死亡大牲畜1头, 倒塌房屋23户40间, 严重损坏房屋548户1547间, 一般损坏房屋4561户10,561间[1]。

筠连地震发生后,四川省地震局立即启动预案进行现场工作,组织地震应急人员进行烈度和地震灾害调查,于1月29日在官网上公布了《四川筠连4.9级地震烈度图》,认为本次地震仅在乐义乡黄金村与白云村结合部存在Ⅶ度点,大部分破坏地区均为Ⅵ度区[2]。本文作者参与了第一时间的现场工作,现场考察和当地民众的反映,引起我们的一些思考:这次地震是1月15日和18日4.2级和4.3级地震的主震,会不会震级比速报的4.9级还要稍大些?真的不存在Ⅶ度区吗?本文在综合震源机制解、余震序列及重新精定位结果和地震宏观调查资料的基础上,总结了本次地震的震害特点,讨论了此次地震的震害特点、孕震构造、烈度图和估算震级。

2. 震害

2.1. 震区地震构造背景

筠连地震震中位于四川盆地南侧的东部弱升区内,川东盆岭区和滇东-黔西中等掀升区的交界部位。震区地质构造简单、无具规模的地表断裂,仅发育东西向的巡司场断裂、云台寺断裂和近南北向的孔子拗断裂(图1)。震区内主要出露中生界和古生界地层,少量的新生界地层沿河流分布。古生界地层以奥陶系和二叠系为主,中生界地层三叠系和侏罗系为主,极少的白垩系地层,第三系沉积缺失,第四系仅少量分布。震区属于地震活动水平微弱地区,自公元前26年有文字记载以来,筠连地区没有发生过6.0级以上地震,在其邻区有2次5级以上地震记载,即1610年2月3日四川高县庆符5.5级和1973年8月2日云南彝良东北5.2级地震。

2.2. 震害宏观调查

震害宏观调查工作由四川省地震局筠连4.9级地震现场工作队完成,依据《地震现场工作:调查规范》(GB/T 18208.3-2011)和《中国地震烈度表》(GB/T 17742-2008)(国家质量技术监督局,2008)等国家标准[3][4],对震区2个县的11个乡镇开展了震害调查,居民点主要沿河谷及山前坡麓地带分布,山区仅有少量的坝子有居民生活。除乡镇所在地的村有一些框架结构建筑外,广大的农村地区主要是较为普遍的土木结构、砖木结构和砖混结构建筑。针对震区地质环境和房屋结构特点,结合多次类似地区地震宏观考察结果,制定筠连地震的烈度评定标准。

Ⅶ度区:少数砖木、土木结构房屋严重破坏,个别因地基失效倾斜。多数砖混结构房屋的承重墙出现裂缝,门窗附近出现贯穿性裂缝。少数框架结构房屋的填充墙出现裂缝,极个别承重梁出现细小裂缝。少数围墙出现垮塌现象。山体出现较多的崩塌落石、地面裂缝。

Ⅵ度区:多数砖木、土木结构房屋出现轻度倾斜,局部墙体垮塌,大多数土墙体或砌体出现开裂,梭瓦严重。多数砖混结构房屋门、窗出现裂缝。山体出现极少量的较小的崩塌和落石。

Ⅴ度区:少数砖木、土木结构房屋轻微破坏,大多数基本完好,仅抹灰层或瓷砖出现细小裂缝和脱落。个别砖混结构房屋出现梭瓦及墙体开裂。

根据上述地震烈度评定标准,在地震现场工作队工作的基础上,补充少量的调查点,核实震区震害情况,综合震源机制解和余震分布分析,绘制本次地震的等烈度线(图2)。本次地震的等震线呈长轴NNE-SSW向的类椭圆状,南西侧稍大的不规则椭圆形,NW部的面积明显大于SE部的特点。震中区烈度达Ⅶ度。各烈度区的主要震害简述如下。

Ⅶ度区:面积约12 km²,长短轴之比为16:11,主要包括了筠连县乐义乡黄金村、中坝村、白云村,维新镇清泉村和安全村。区内崩塌落石较多,砖木、土木结构建筑破坏较为普遍,少数出现倒塌(图3(a)),普遍出现贯穿性裂缝;砖混结构的房屋多数承重墙出现裂缝,部分墙角柱子出现扭断(图3(b)),窗户、墙体出现“X”型裂缝(图3(c)、图3(d)),甚至部分砖木结构建筑的“X”型裂缝造成墙体完全毁坏(图3(e))。

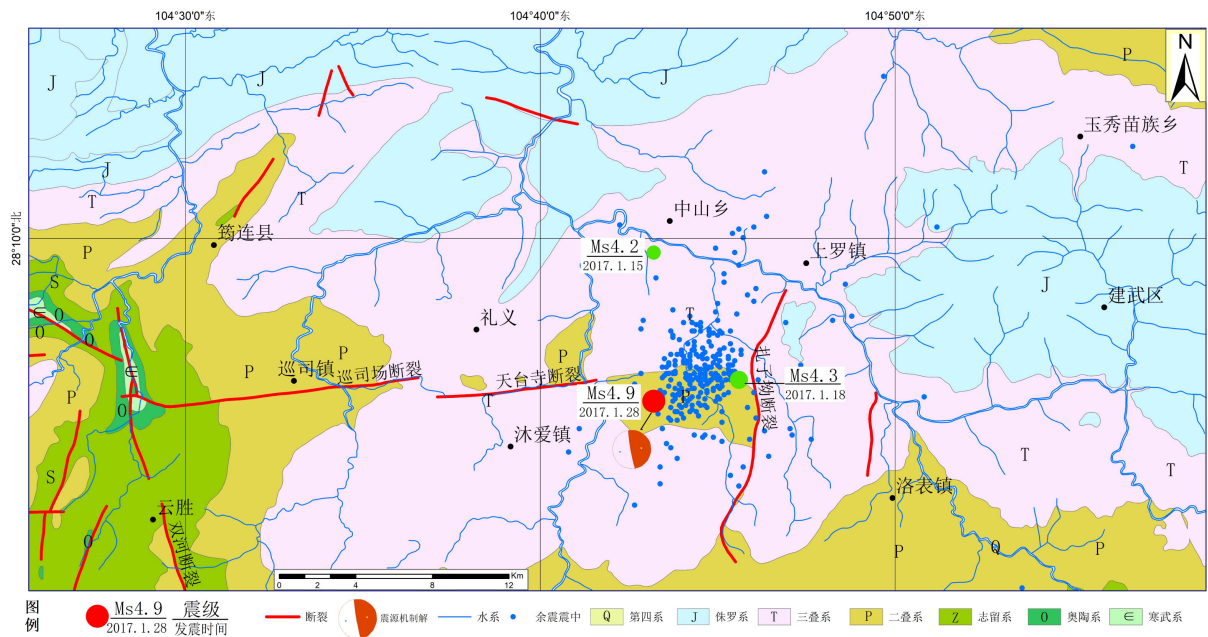


Figure 1. The seismic structure of the Junlian Ms4.9 earthquake and location of epicenter
图 1. 筠连 Ms4.9 级地震地质构造及余震震中分布图

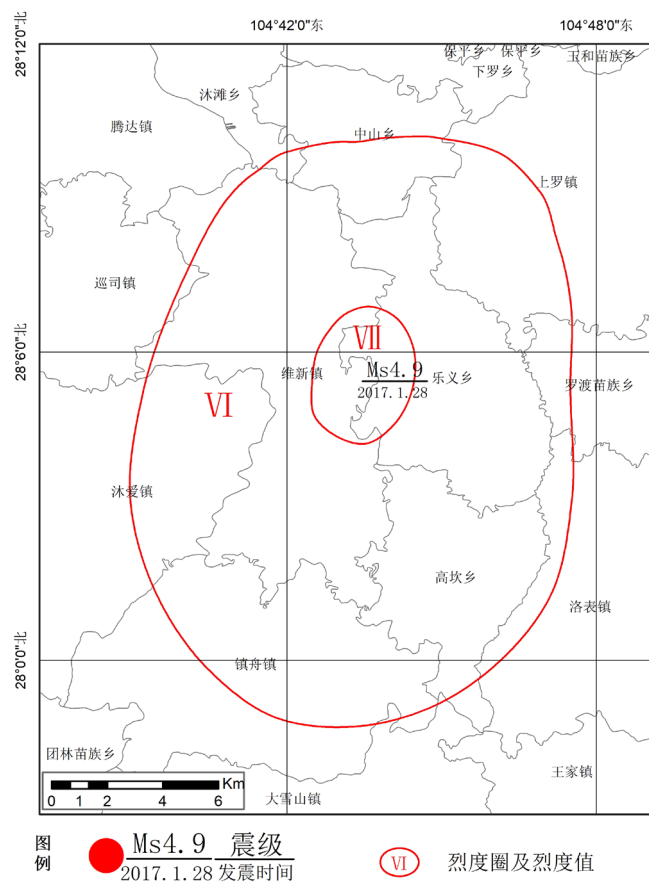


Figure 2. The isoseismic line of the Junlian Ms4.9 earthquake
图 2. 筠连 Ms4.9 级地震等震线图



(a) 乐义乡黄金村砖木结构房屋倒塌



(b) 黄金村砖混结构墙角柱子扭断



(c) 乐义乡黄金村砖混结构房屋墙体沿窗户 X 型开裂



(d) 乐义乡黄金村 7 组砖混结构房屋“X”裂缝



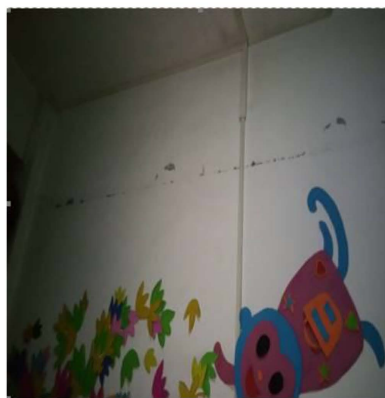
(e) 中坝村砖木结构“X”贯穿性裂缝



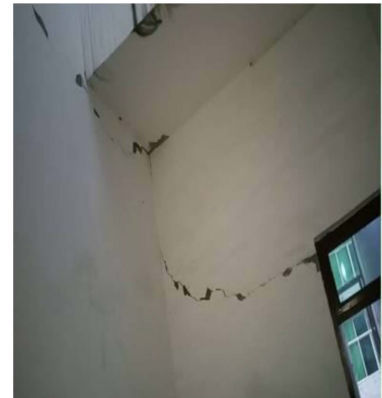
(f) 乐义乡黄金村地面裂缝



(g) 维新镇清泉村砖混结构房屋屋盖、掉瓦



(h) 维新镇落箭村中心幼儿园框架结构横向开裂



(i) 维新镇落箭村公租房框架结构房屋墙体横向开裂

Figure 3. The typical seismic structure damages pictures of the JunLian Ms4.9 earthquake

图 3. 筠连 4.9 级地震典型房屋建筑震害照片

个别地段出现地面裂缝(图 3(f)), 非贯穿性墙体开裂和梭瓦、掉瓦现象普遍。框架结构房屋大多基本完好, 少数填充墙出现裂缝, 极个别承重梁出现细小裂缝。

VI 度区: 面积约 230 km², 长短轴之比为 8:5, 主要包括了筠连县维新镇、乐义乡、沐爱镇、镇舟镇、高坎乡、巡司镇, 以及珙县的上罗镇、中山乡、沐滩镇、罗渡苗族乡、洛表镇和大雪山镇部分地区。区

内大部分砖木和土木结构建筑,少数砖混结构普遍出现墙体开裂、梭掉瓦现象(图 3(g)),破坏较为普遍,局部墙体垮塌。砖混结构房屋室内出现轻度的承重开裂,框架结构房屋出现横向细小裂缝(图 3(h)、图 3(i)),主体结构基本完好。本次地震的宏观震中区乐义乡中坝村和黄金村山体地段,均发现多处崩塌落石(图 4(a)~(c)),崩塌的基岩为坚硬质的灰岩,体量较大,部分崩塌体的体量超过 1 立方米,这些崩塌、落石,均发育在山体的边缘地带,部分崩塌发育在人工采石场地带。

3. 分析讨论

此次地震位于四川南部及东部地区,地表主要表现为一系列标准的隔档式褶皱,背斜成山,向斜为谷,且背斜构造具有大致等间距排列的梳状构造特点。来至于北西方向和南西方向的构造应力汇聚于此,使得筠连地区的褶皱变形,在背斜的陡变地带发育逆冲断裂,这也是本次地震等烈度图的形态是北西侧略大于南东侧的原因,亦是余震的地面优势分布,表现出较为明显的断裂上盘效应。我们采用筠连地区的地壳速度结构模型以及 Waldhauser 等[5]的双差定位方法,对主震和早期余震进行了重新精定位,余震的资料时段为 2017 年 1 月 28 日~2 月 4 日,次数 596 次,震级范围为 ML0.0~4.9 级(图 5(a))。从重新定位的结果来看,筠连地震的余震呈长轴为近 NS 向的条带状分布,绝大多数余震集中分布在地下深度 < 11 km 的范围内,南北向横切余震区的剖面 A-A' 显示(图 5(b)),余震分布在主震深度以上地带。精定位余震平面图显示,余震被该区的孔子拗断裂限制在该断裂的上盘,且均位于乐义背斜核部的下部,呈条带状。可见乐义背斜与孔子拗断裂活动有着密切的成因关系。乐义背斜位于三叠系底界地层之上,呈北东东向走向,长约 15 千米,是受该地区的构造应力不断挤压下形成的筠连地区数个褶皱之一。该褶皱构造被限于某种深部的滑脱面,通常的深度范围 3~6 米,在这样的深度范围内,不太可能积累大量的应变能,即使积累的应变能很容易通过背斜和相伴生的断层构造的弱活动进行释放,这可能就是这类地震强度较低和频次较频繁的表现。在本次地震中,乐义背斜可能是筠连地震的孕震构造。

有史料记载以来,川南及川东地区仅发生过十余次中强地震(4.7—5 $\frac{3}{4}$ 级),最大地震为 1896 年富顺 5 $\frac{3}{4}$ 级地震[6],迄今尚未有 6 级以上强震记载。地震记录中均未见地震造成大量基岩崩塌的情况,而在此次地震速报的 4.9 级,产生了灰岩质的崩塌体(图 4),灰岩质地坚硬,风化缓慢,在自然状态下,是不易产生山地地质灾害,而在此次地震中,产生数量较多的崩塌体,可见宏观震害破坏比较严重。发生在 2010 年 1 月 31 日的遂宁 5.0 级地震,宏观震中亦未见崩塌体,震害仅表现为局部出现滚石、小型崩塌[7]。此次筠连地震,发生在凌晨,成都市区有震感,有感距离约 285 千米,对比上述的遂宁地震,也是发生在凌晨,很多成都市民并没有感觉到[8],遂宁地震到成都市区的有感距离约 150 千米,筠连地震的震感距离远大于遂宁地震的震感距离,从震级和震感距离经验关系不难看出,此次筠连地震的震级应大于遂宁地震的震级。考虑到 2017 年 1 月 15 日和 18 日筠连县发生 4.2 级和 4.3 级地震对此次筠连地震震区的影响,可能形成一定的破坏,1 月 28 日发生的 Ms4.9 级筠连地震形成的破坏,可能存在震害叠加效应,扣除这个因素,综合认为,本次地震的震级应大于等于 5.0 级。

4. 结论

2017 年 1 月 28 日发生在筠连的地震,震中烈度达到 VII 度,存在一定面积的 VII 度区,与类似震级的地震相比,震区的震害表现明显偏重,应与本次地震前的 4.2 级和 4.3 级地震的影响有关,存在震害叠加效应,因为受近南北向孔子拗断裂的影响和乐义背斜的孕震环境的限定,震害在震中附近亦存在较为明显的上盘效应。此次地震的震害明显偏重,出现类似震级震例未出现的数量较多的巨大基岩崩塌体,而且本次地震的有感范围亦大于类似震级的有感范围,此次地震的震级应大于等于 5.0 级。筠连地区处于较为复杂的褶皱构造环境,北西方向和南西方向的构造应力不断的积累在褶皱地带,虽近年来的小震频



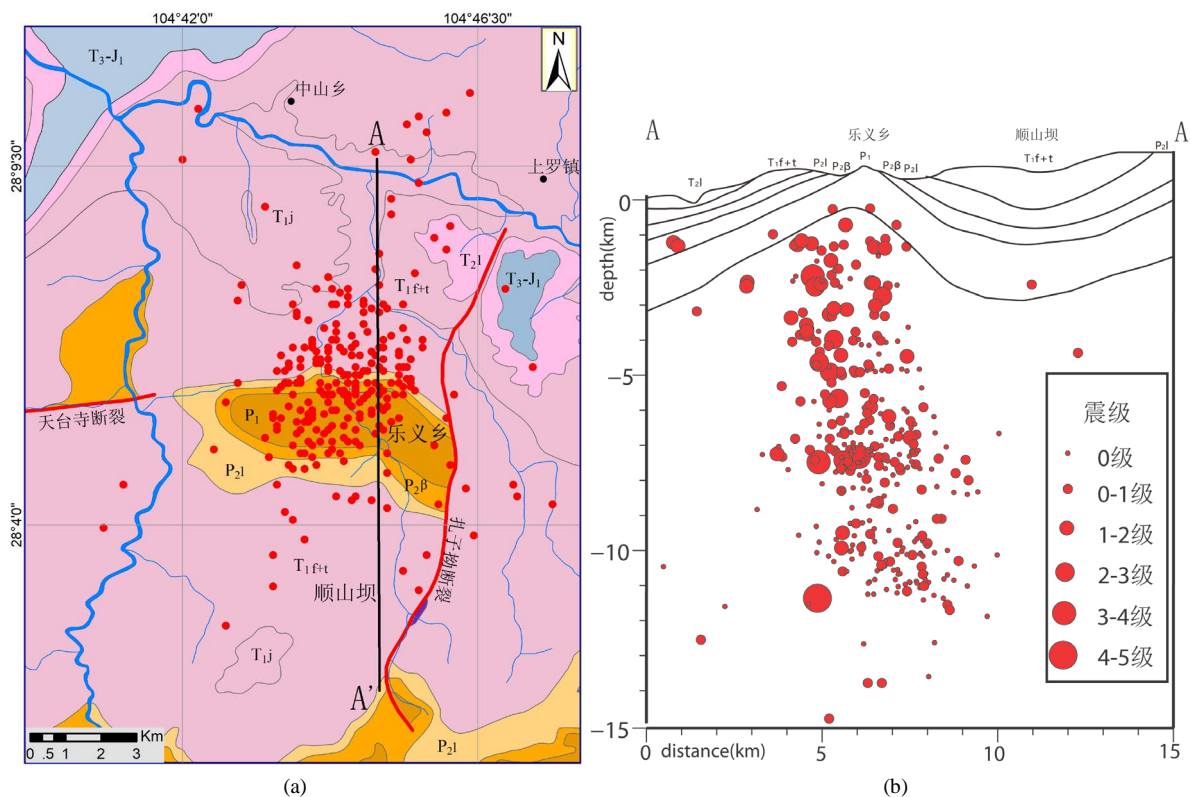
(a) 中坝村 4 组崩塌

(b) 黄金村崩塌

(c) 白云村崩塌

Figure 4. The typical rock fall pictures of the JunLian Ms4.9 earthquake

图 4. 典型崩塌、落石照片



(P1: 二叠系下统地层; P2β: 二叠系上统地层; P2l: 二叠系龙潭组地层; T1f + t: 三叠系下统飞仙关组。资料时段: 2017 年 1 月 28 日~2 月 4 日), (a) 精定位余震分布图; (b) 南北向剖面图

Figure 5. Distribution of the main shocks and aftershocks of the JunLian Ms4.9 earthquake

图 5. 筠连地震余震分布图

次的显著增加, 但所释放的应力相对较少, 加上人工采气活动频繁, 亦可能诱发地震。因此, 筠连地区未来的地震风险仍需关注。

参考文献 (References)

[1] 宜宾市防震减灾局. 筠连县 4.9 级地震灾害报告(内部资料) [Z]. 2017.

-
- [2] 四川省地震局筠连地震现场工作队[Z]. 2017.
- [3] 袁一凡. GB/T 18208. 4-2005. 地震现场工作: 第 4 部分: 灾害直接损失评估[S]. 北京: 地震出版社, 2007.
- [4] 国家质量技术监督局. GB/T 17742-2008, 中华人民共和国国家标准: 中国地震烈度表[S]. 2008.
- [5] Waldausser, F. and Ellsworth, W.L.A. (2000) Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **90**, 1353-1368.
- [6] 四川地震资料汇编编辑组. 四川地震资料汇编第一卷(一九四九年前) [M]. 成都: 四川人民出版社, 1980.
- [7] 何玉林, 周荣军, 李勇, 等. 2010 年 1 月 31 日四川遂宁市与重庆潼南县交界 5.0 级地震概况[J]. 中国地震, 2010, 26(2): 235-241.
- [8] 四川筠连 4.9 级地震烈度图正式发布[EB/OL].
http://www.scdzj.gov.cn/dzpd/dzsj/ljysdzjt_2699/ljzyjxy/201701/t20170129_41424.html, 2017-01-29.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ag@hanspub.org