



2010—2022年贵州典型地震灾害情况及启示

师娅芳, 邱 鹏, 唐德龙, 方 相, 罗丹琴, 李 鹏

Typical earthquake disasters in Guizhou during 2010 to 2022 and their implications

Shi Yafang, Qiu Peng, Tang Delong, Fang Xiang, Luo Danqin, and Li Peng

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.19987/j.dzqxjz.2023-161>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

泸定地震人员死亡、失联数量的变化特征及地质灾害对其的影响

Analysis on the change of the death and missing in Luding earthquake and the impact of geological disaster on them
地震科学进展. 2024, 54(3): 210–220

2022年全球地震灾害概要

Overview of worldwide earthquake disasters in 2022
地震科学进展. 2023, 53(8): 351–359

四川地震灾害损失预评估调查数据库设计与实现

Construction of pre-assessment database for earthquake disaster loss in Sichuan
地震科学进展. 2024, 54(8): 523–531

西藏自治区1949—2020年历史地震灾害调查概要

Overview of historical earthquake disasters in Xizang Autonomous Region from 1949 to 2020
地震科学进展. 2024, 54(10): 712–720

2020年全球地震灾害概要

Overview of worldwide earthquake disasters in 2020
地震科学进展. 2021, 51(7): 289–296

2019年全球地震灾害概要

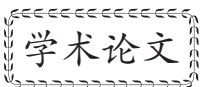
Overview of worldwide earthquake disasters in 2019
地震科学进展. 2020, 50(9): 1–7



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

师娅芳, 邱鹏, 唐德龙, 等. 2010—2022 年贵州典型地震灾害情况及启示 [J]. 地震科学进展, 2025, 55(2): 88-94. doi:10.19987/j.dzqxjz.2023-161

Shi Y F, Qiu P, Tang D L, et al. Typical earthquake disasters in Guizhou during 2010 to 2022 and their implications[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2025, 55(2): 88-94. doi:10.19987/j.dzqxjz.2023-161



2010—2022 年贵州典型地震灾害情况及启示

师娅芳 邱 鹏^{*} 唐德龙 方 相 罗丹琴 李 鹏

(贵州省地震局, 贵州贵阳 550001)

摘要 2010—2022 年, 贵州省内发生的 7 次 4.0 级左右地震引发了房屋设施损坏、人员伤亡、财产损失以及其他次生灾害。通过调查, 笔者分析了贵州地震地质灾害和建筑物损害特征以及成灾原因。分析表明, 贵州常遇地震灾害主要包括地震引起的房屋等建构物损坏, 地震诱发滑坡、崩塌导致人员伤亡、道路损坏, 地质灾害点风险加剧等情况。各类房屋建筑中, 砖木结构房屋轻微开裂破损、老旧房屋屋顶梭瓦掉瓦; 混凝土结构房屋门窗、吊顶等非结构构件破坏; 木结构房屋表现较好。据此对贵州地震地质灾害防治、房屋抗震设防、地震应急处置等提出意见建议, 以期不断提升贵州地震灾害风险防治能力和民众防震减灾意识。

关键词 建筑抗震; 震害调查; 地质灾害; 经济损失

中图分类号: P315 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-7780(2025)02-0088-07

doi: 10.19987/j.dzqxjz.2023-161

Typical earthquake disasters in Guizhou during 2010 to 2022 and their implications

Shi Yafang, Qiu Peng, Tang Delong, Fang Xiang, Luo Danqin, Li Peng

(Guizhou Earthquake Agency, Guizhou Guiyang 550001, China)

Abstract From 2010 to 2022, seven earthquakes with a magnitude of around 4.0 occurred in Guizhou Province, causing damage to housing facilities, casualties, property, and other secondary disasters. To analyze the characteristics of geological disasters and building damage in these earthquakes, a seismic damage investigation was conducted in the earthquake area, to analyze the characteristics and causes of geological disasters and building damage such as landslides and collapses. Investigation and analysis showed that frequent earthquake disasters in Guizhou mainly include damage to buildings and other structures caused by earthquakes, landslides and collapses induced by earthquakes leading to casualties, road damage, and increased risk of geological hazards. In various types of housing construction, brick and wood structure houses had slight cracking and damage, and the roof tiles of old houses had fallen off. Non-structural components such as doors, windows, and ceilings in concrete structure buildings were damaged. Wooden houses almost

收稿日期: 2023-11-07; 采用日期: 2024-09-19。

基金项目: 贵州省地震局地震科技基金项目([2023]05 号)、黔科合支撑[2022]一般 238《基于大数据和人工智能的黔西南水库地震监测关键技术研究与应用》项目联合资助。

第一作者: 师娅芳(1978-), 女, 高级工程师, 主要从事防震减灾管理工作。E-mail: 414065357@qq.com。

^{*} 通信作者: 邱鹏(1989-), 男, 工程师, 主要从事地震构造调查研究工作。E-mail: 1215066761@qq.com。



had no damage. Based on these, opinions and suggestions are proposed for the prevention and control of earthquake geological disasters, seismic fortification of buildings, and earthquake emergency response in Guizhou, with the aim to continuously enhancing Guizhou people's awareness of earthquake prevention and disaster reduction, improving their ability to prevent and control earthquake risks.

Keywords building seismic resistance; seismic damage investigation; geological disasters; economic losses

0 引言

贵州省位于我国西南地区,部分区域位于南北地震带南段东缘,历史上曾发生过3次6.0级左右地震,十余年来,省内多次发生有一定影响的有感地震。贵州有文字记载的地震始于1308年,受地方经济文字发展水平制约,历史地震记录数量较少,可能缺失较多。在1308—1948年间,共记录地震185次,明代以前仅3次、明代55次、清代104次、中华民国时期23次。1949—1965年间,共记录 $M_S \geq 4\frac{3}{4}$ 破坏性地震3次。1965年贵阳花溪地震台建成正式开始记录,1970年贵州省地震监测台网建成,至此,贵州地震记录基本完整。随着公众认识和媒体的发展,人们对地震的关注越来越高,2019年贵阳市南明区2.3级有感地震、2019年铜仁市沿河县4.9级地震、2020年毕节市赫章县4.5级地震、2020年六盘水市六枝特区4.0级地震、2021年毕节市七星关区4.5级地震均产生了不同程度的震害和社会反响。根据近10年数据统计,贵州4.0级以上地震发生的频次在全国各省区市中位列第8,其地震活动的频度和强度均为全国中等水平,同时还可能遭受邻省中强以上地震的影响^[1-3]。2010年贞丰、关岭和镇宁三县交界3.4级地震甚至引发岩崩,造成6人死亡、9人受伤^[4]。由此可见,贵州存在小震致灾、小震大灾的可能。贵州省内山峰较多,房屋建筑分布于山间,建筑结构和抗震能力各异,一旦发生中强地震,或者遭受邻近地区中强以上破坏性地震影响,加之地震产生的次生灾害,可能会严重影响地区经济发展和社会稳定。由于贵州山区地形地貌差异明显,数次地震震级相差不大,但导致的地质灾害差异明显,对此有必要结合不同地区的地貌特点,对每次破坏性地震的典型破坏进行调查和分析,以掌握贵州山区地震地质灾害和建筑物震害特征,为有效防范化解地震灾害以及应急处置提供理论和数据支撑。

1 贵州历史地震活动概况

1.1 贵州历史地震记录

有历史记录以来,贵州省内共发生6.0级左右地

震4次,包括1819年9月14日贵定6级地震、1875年6月8日罗甸6½级地震、1948年10月9日威宁5.8级地震、2015年3月30日剑河5.5级地震。贵州现代地震分布情况见图1。

根据贵州地震台网目录,1970—2022年共记录贵州省内3.0级以上地震100次,其中3.0~3.9级75次,4.0~4.9级21次,5.0级以上4次,无6.0级以上地震,说明贵州是一个小震不断、中震偶见、大震稀少的省区。本文选取2012—2022年发生在贵州省内、造成一定灾害损失、资料较全,且影响较大的6次地震,以及2010年贞丰—关岭—镇宁交界3.4级地震进行分析,地震目录见表1。

1.2 贵州主要断裂及地震分布特征

贵州省内断裂主要由北西向垭都—紫云断裂带、北东向松桃—独山断裂带、近东西向黔中—开远—平塘断裂带组成。贵州地震分布总体特征是西部和西南部地震密度和强度较大,中部和北部次之,东部和东南部相对较弱,一般位于活动断裂带上或其旁侧、活动断裂交汇部位或其附近,据此,可明确划分出昭通—威宁—紫云—罗甸北西向地震带、兴义—晴隆—镇宁北东向地震带及惠水—贵定—都匀近南北向地震带。其他零星分布于省内黎平、正安、绥阳、金沙、大方、剑河等地(图1)。其中西部和西南部地震主要分布在赫章—镇宁—紫云一线,即贵州重要断裂构造垭都—紫云断裂带附近和西侧,威宁、水城、晴隆、六枝、盘县、兴义、贞丰、罗甸等几个区域,占全省地震的80%以上,呈现出密集特征,贵州省历史上中强以上破坏性地震也主要集中在此区域,尤其是北北东向中水断层、石门坎断层,北西向么站断层、云水洞断层与地震活动关系密切;贵州中部,垭都—紫云断裂带以东,松桃—独山断裂带以西,金沙、修文、贵定、沿河一带,分布约15%左右地震,可能与北东向普安—贵阳—印江木黄深断裂带,近南北向惠水断层、贵定断层、都匀断层等活动断层有关;其余约5%地震分布在松桃—独山断裂带以东剑河、黎平等地。此外,贵州河流水库密布,江河流域、库区周边可能存在非天然诱发地震影

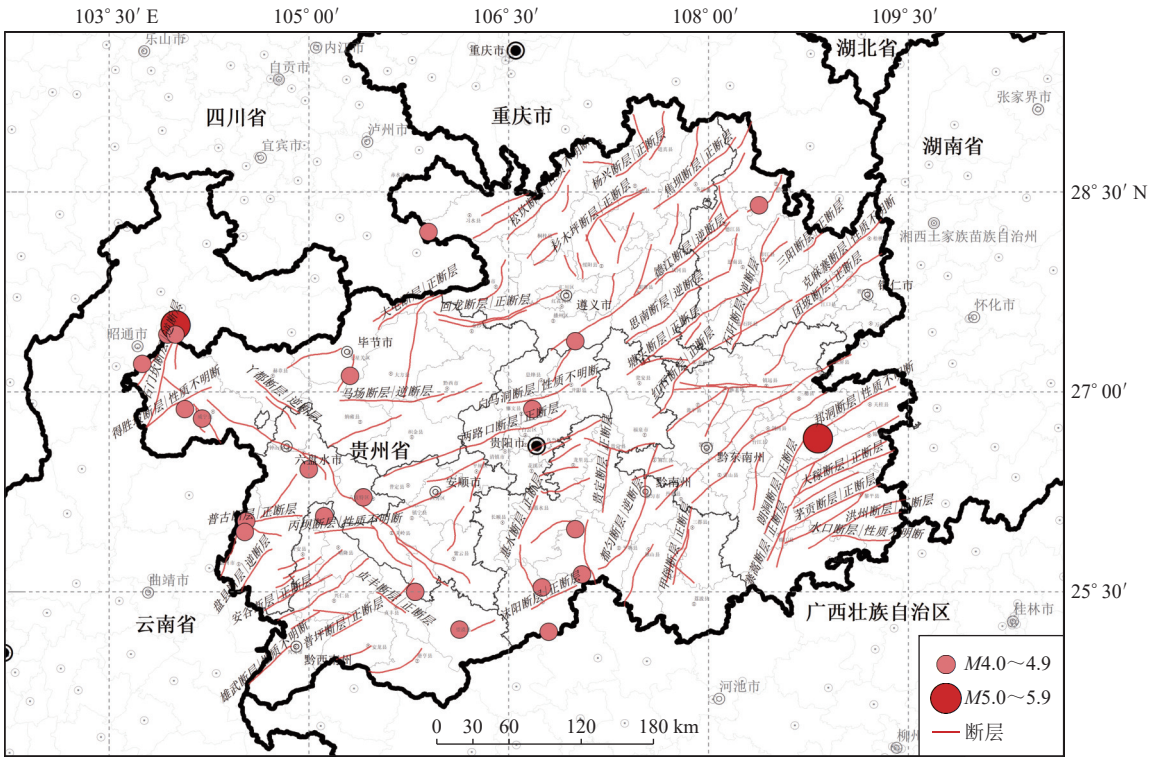


图1 贵州省地震构造图($M \geq 4.0$, 1970—2022 年)

Fig. 1 Seismic and fault distribution map of Guizhou Province ($M \geq 4.0$, 1970—2022)

表1 贵州地震目录

Table 1 Catalogue of earthquakes

序号	日期	北纬/ $^{\circ}$	东经/ $^{\circ}$	震级	深度/km	地点	所处断层
1	2010-01-17	25.59	105.75	3.4	7	贵州贞丰、关岭和镇宁三县交界	者相断层
2	2012-09-07	27.50	104.02	5.7	10	云南昭通市彝良县和贵州毕节市威宁县交界	石门坎断层
3	2015-03-30	26.65	108.82	5.5	7	贵州黔东南州剑河县	郎洞断层
4	2019-10-02	28.40	108.38	4.9	10	贵州铜仁市沿河县	三阳断层
5	2021-08-21	27.11	105.30	4.5	10	贵州毕节市七星关区	朱昌断层
6	2021-11-24	26.87	106.71	4.6	10	贵州贵阳市修文县	龙场—谷堡断层
7	2022-06-20	27.15	103.74	4.4	12	贵州毕节市威宁县	石门坎断层

响^[1-3]。本文讨论的7次地震除剑河5.5级地震位于松桃—独山断裂带,沿河4.9级地震、修文4.6级地震位于普安—贵阳—印江木黄断裂带附近外,其余均分布在垭都—紫云断裂带附近(表1)。

2 贵州典型地震灾害情况

2.1 彝良威宁5.7级,剑河5.5级地震震害对比

2.1.1 2012年云南昭通市彝良县、贵州毕节市威宁县交界5.7级地震

地震基本信息:2012年9月7日11时19分,云南昭通市彝良县和贵州毕节市威宁县交界发生5.7级地震,震源深度14 km。12点16分,昭通市彝

良县再次发生5.6级地震,震源深度10 km。宏观震中位于彝良县洛泽河镇毛坪村至老洛泽河村一带,距威宁县城约80 km,威宁县石门乡、中水镇受影响较大。

震害情况:此次地震极震区烈度Ⅷ度,Ⅵ度及以上区域面积约3 697 km²。Ⅷ度区未涉及贵州;Ⅶ度区涉及贵州威宁县石门乡,面积约118 km²;Ⅵ度区涉及威宁县中水镇,面积约461 km²(图2a)。按民政部统计数据,地震造成81人死亡(均处云南境内),1000余人受伤。

地震造成6600余间房屋倒塌,严重损坏12.2万间,一般损坏30.8万间。Ⅶ度区石混结构房屋少数

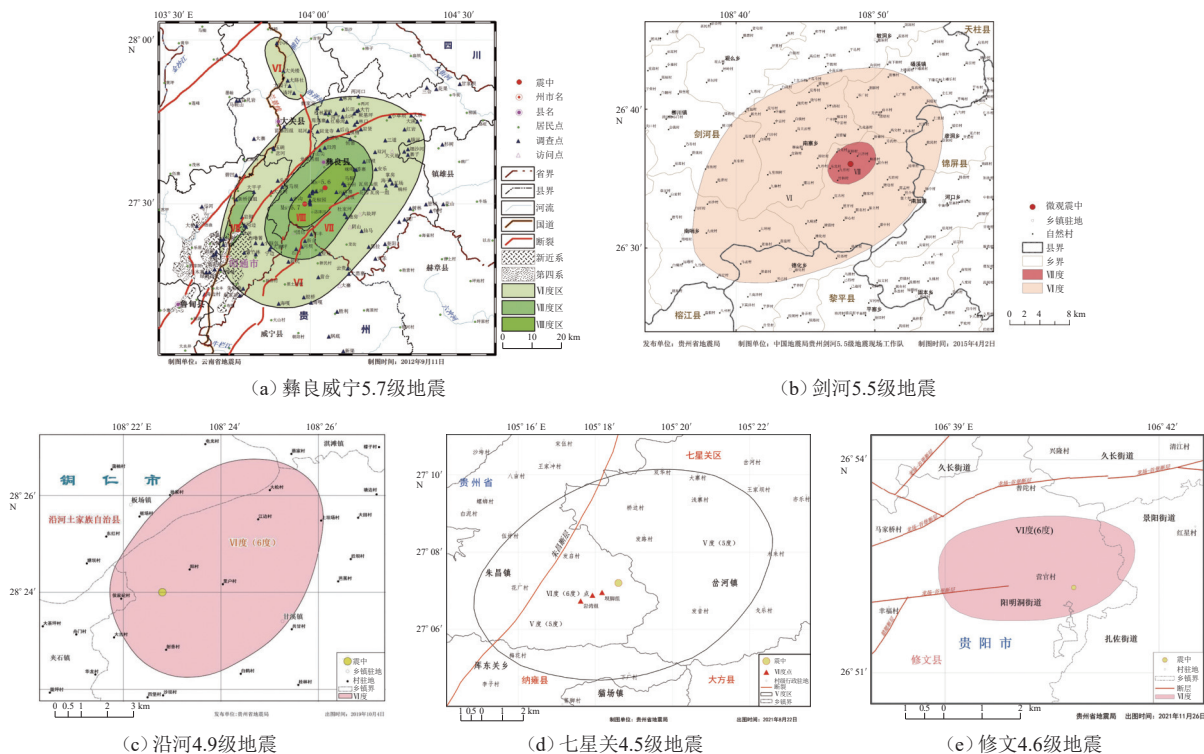


图2 地震现场调查烈度分布图

Fig. 2 Earthquake intensity maps

或局部倒塌, 部分墙体、基础开裂: 土木、砖木结构房屋多数墙体开裂及梭瓦掉瓦, 部分墙体局部倒塌或倾斜; 砖混结构房屋个别地基不均匀沉降, 少数墙体开裂; 框架结构房屋少数填充墙开裂、抹灰脱落。Ⅵ度区石混结构房屋个别倒塌、墙体开裂, 屋面梭瓦掉瓦, 少数局部倒塌; 老旧土木和砖木结构房屋个别出现倒塌(图3a); 砖混结构房屋个别墙体开裂; 框架结构房屋部分出现填充墙开裂, 个别承重梁细微裂纹。

地震对交通、电力、通讯等基础设施造成不同程度的破坏, 还造成泥石流、滑坡、崩塌(落石)等次生灾害, 泥石流、滑坡大多规模不大, 部分引起道路交通中断。

地震死亡人员中有62人身处云南洛泽河镇, 由陡峭山体崩塌形成的落石、滚石、飞石砸中遇难, 巨大石块击中房屋造成墙体倒塌损毁。

经济损失: 地震造成直接经济损失35.1亿元(滇、黔两省), 其中贵州4.7亿元(威宁县4.4亿元, 赫章县0.3亿元), 主要包括房屋、基础设施、物资损坏损毁等[5-8]。

2.1.2 2015年黔东南州剑河县5.5级地震

地震基本信息: 2015年3月30日09时47分, 在贵州省黔东南苗族侗族自治州剑河县发生5.5级



图3 建筑物震害情况照片

Fig. 3 Photos of earthquake damage to buildings

地震, 震源深度约7 km。宏观震中位于剑河县南加镇新柳村至汪泽村一带。最大余震3.4级。

震害情况: 此次地震最高烈度Ⅶ度, 面积约24 km², Ⅵ度区面积约613 km²。Ⅶ度区主要涉及剑河县南加镇、南寨乡2个乡镇, Ⅵ度区主要涉及剑河

县南加镇、南寨乡、碛溪镇等 10 个乡镇(图 2b)。地震造成 1 人受伤。

地震造成砖木结构房屋少数墙体开裂、掉灰,部分梭瓦掉瓦;木结构房屋少数梭瓦掉瓦,个别柱脚移位;砖混结构房屋个别墙体细微裂缝(图 3b),少数梭瓦掉瓦;框架结构房屋个别墙体与框架结合部裂缝。

地震造成部分道路路基下沉、开裂,桥头基墩开裂,桥头护栏外闪加剧,桥梁涵洞轻微受损,电线杆倾斜,电力、通讯线路部分中断,水库坝体开裂,水利沟渠轻微开裂,部分供水中断等。

经济损失:地震造成黔东南州剑河县、锦屏县、黎平县和天柱县多个乡镇受灾,直接经济损失 5.2 亿元,其中剑河县 4.2 亿元,锦屏县 0.4 亿元,黎平县 0.6 亿元,天柱县 0.06 亿元^[9]。

从烈度情况看,威宁受彝良地震影响较大,彝良地震威宁Ⅶ度区面积 118 km²,剑河地震 24 km²。从房屋震害情况看,彝良地震造成的威宁房屋损毁情况比剑河地震要严重得多。究其原因,一是彝良地震震级更大,且为双震;二是房屋结构抗震性能不同,威宁受灾地区有相当数量的石混、土木、砖木结构房屋,它们抗震性能较弱,在地震中受影响较大,剑河传统木结构房屋抗震性能较好。从经济损失看,两次地震损失均达 5 亿元左右。

2.2 沿河 4.9 级地震、七星关 4.5 级地震、修文 4.6 级地震、威宁 4.4 级地震、贞丰—关岭—镇宁交界 3.4 级地震震害对比

2.2.1 2019 年铜仁市沿河县 4.9 级地震

地震基本信息:2019 年 10 月 2 日 20 时 04 分,贵州省铜仁市沿河县(28.40°N, 108.38°E)发生 4.9 级地震,震源深度约 10 km,宏观震中位于沿河县甘溪镇张家寨附近,最大余震 2.8 级。

震害情况:此次地震最高烈度Ⅵ度,面积约 55.8 km²,主要涉及甘溪镇、板场镇、夹石镇等 8 个乡镇,无房屋倒塌现象(图 2c)。地震造成 4900 余户房屋受损,主要震害包括土木、砖木结构房屋少数出现裂缝、梭瓦掉瓦(图 3c);穿斗木结构房屋梭瓦掉瓦;砖混结构房屋少数细微裂缝。未造成交通、水电等基础设施损坏及农业等方面损失。未造成人员伤亡。

经济损失:地震造成沿河县直接经济损失 1.3 亿元,主要为民用房屋建筑损失^[10]。

2.2.2 2021 年毕节市七星关区 4.5 级地震

地震基本信息:2021 年 8 月 21 日 10 时 20 分,贵州毕节市七星关区(27.12°N, 105.31°E)发生 4.5 级

地震,震源深度 10 km。

震害情况:此次地震最高烈度为Ⅵ度,包括发启村岩湾组、坝脚组;Ⅴ度区包括朱昌镇、岔河镇等 4 个乡镇。Ⅴ度以上区域约 122 km²(图 2d)。全区房屋严重损坏 113 间、一般损坏 271 间。主要为砖混结构房屋细微裂缝,个别房屋贯穿裂缝;老旧木结构房屋普遍梭瓦掉瓦;部分松散无勾缝砌体局部倒塌。地震造成岩石崩塌次生灾害,其中两户村民房屋被滚石砸中造成墙体毁坏,屋顶垮塌(图 3d)。此次地震未造成人员伤亡。总体震害轻微,破坏不大。

经济损失:此次地震造成七星关区直接经济损失 605.6 万元,主要为民用房屋建筑损失。

2.2.3 2021 年贵阳市修文县 4.6 级地震

地震基本信息:2021 年 11 月 24 日 17 时 16 分,在贵州贵阳市修文县(26.87°N, 106.68°E)发生 4.6 级地震,震源深度 10 km。

震害情况:本次地震最大烈度Ⅵ度,面积约 10 km²,涉及龙场镇、扎佐镇(图 2e)。Ⅵ度区砖混结构房屋墙体出现贯穿裂缝,框架结构房屋少数轻微裂缝;Ⅴ度区多数砖混结构房屋出现轻微裂缝、墙面掉灰,个别房屋楼板与墙体连接处出现开裂,瓷砖掉落,少数老旧木结构、砖木结构出现梭瓦掉瓦。

经济损失:此次地震造成修文县直接经济损失 672.6 万元,主要为民用房屋建筑损失。

2.2.4 2022 年毕节市威宁县 4.4 级地震

地震基本信息:2022 年 6 月 20 日 6 时 40 分在贵州毕节市威宁县(27.21°N, 103.75°E)发生 4.4 级地震,震源深度 12 km。

震害情况:本次地震造成中水镇 76 间一般房屋损坏,主要为轻微裂缝、梭瓦掉落等。

经济损失:此次地震造成威宁县直接经济损失 247.1 万元,主要为民用房屋建筑损失。

2.2.5 2010 年贞丰—关岭—镇宁交界 3.4 级地震

地震基本信息:2010 年 1 月 17 日 17 时 37 分,贵州省贞丰县、关岭县和镇宁县交界处(25.59°N, 105.75°E),发生 3.4 级地震,震源深度 7 km。

震害情况:地震发生后,一河之隔的贞丰县者相镇董岗村和关岭县板贵乡田坝村于河岸边分别发生岩崩。岩崩持续约数分钟,落石体积约 40 m³,其中最大滚石重约 5 t。事不凑巧,当时有十几个村民参加完宴席后在河边董岗村码头等船回家,该处避无可避,不幸造成 6 人死亡、9 人砸伤。未发生其他建筑物等损害。

董岗村陡崖主要由被多组节理切割、风化的碳酸盐岩组成,该山崖陡峭,从山脚至山顶,坡度 $30^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 不等,如遇地震,哪怕震级不高,产生的地面震动极易造成山石崩塌滚落山崖。

经济损失:未查询到相关记录^[4-5]。

上述5次地震的最大影响烈度Ⅵ度,影响面积数十平方千米。主要震害影响土木、石木和砖混结构房屋,具体损失因结构、位置、材料之间的差异而不尽相同。经济损失大多为数百万元,沿河地震达上亿元,主要为房屋建筑物损失。人员伤亡方面,贞丰—关岭—镇宁三县交界地震虽然震级较小,但其诱发的岩崩造成了较大人员伤亡,说明地震诱发的山区地质灾害在特殊的时间地点可能产生较大影响。

3 贵州地震灾害特点

贵州是全国唯一没有平原的省份,地震多发生在山区,地质条件复杂,地质灾害隐患点多面广,地震诱发的次生灾害多,人员伤亡主要由次生地质灾害造成,其中贞丰—关岭—镇宁交界3.4级地震死亡6人,由落石崩塌导致;彝良威宁5.7级地震81名死亡人员中62人由山体崩塌形成的落石砸中遇难。贵州5.0~5.9级地震最大影响烈度Ⅶ度,4.0~4.9级地震最大影响烈度Ⅵ度;地震灾害损失以房屋建筑物轻微破坏为主,其中又以墙体裂缝、梭瓦掉瓦为主,部分建筑墙体由山石滚落砸损,传统穿斗木结构和框架结构房屋震害较轻;人员伤亡情况相对较轻,主要由次生地质灾害引起;经济损失以老旧民用房屋建筑直接损坏为主,工程设施类为辅,体量相对较小^[11-13]。

4 贵州地震灾害启示

防震减灾工作是平安贵州建设的重要一环,汶川地震以来,各级党委政府高度重视大震巨灾风险防范,坚持以安全为统领,构建大安全大应急治理体系,强调以防为主、综合减灾工作思路,在自然灾害风险防治、应急管理等领域取得了巨大进步,百姓生活品质全方位改善,为巩固发展成果,实现高质量发展目标,在不断总结历史经验教训的同时,需要在以

下几个方面持续发力:

(1)持续推进加固工程实施,提升建筑抵御地震能力。通过新农村建设、乡村振兴、移民搬迁、地震易发区房屋设施加固工程等大工程大项目实施,对抗震能力严重不足的重要交通生命线、电力和电信网络、大中小学校、农村民居等9大类工程设施进行抗震排查加固,持续改善和提高贵州省包括重点监视防御区、Ⅶ度以上设防区涉及的28个市县农村、城镇房屋和基础设施抗震性能,最大限度降低地震建筑物破坏对人员伤亡的影响。

(2)强化工程建筑抗震监管,确保工程设施抗震能力。不断加强城市、农村建构筑物、重要基础设施和应急避难场所等抗震设计及监管审批,确保建筑抗震设防能力和水平达到“小震不坏、中震可修、大震不倒”3个水准的标准规范要求。

(3)强化地震构造环境探查,优化工程项目规划选址。着力推进贵阳、六盘水等重点城市、区域构造环境探查,搞清楚地下,摸清楚风险,科学开展规划选址避让,从源头进行风险管理。引导农村自建房选址规划,有效避开地质灾害风险点。

(4)强化地质灾害监测预警,防范地震次生地质灾害影响。加强地质灾害综合风险监测预警系统、地震预警系统的建设及运维管理,让应急广播(大喇叭)的声音传播到每一个需要的角落,争取及时告警、及时防范、快速逃生^[14]。

(5)强化大震巨灾风险认识,提升应急准备处置能力。加强地震应急工作人员思想教育,引导各级职工充分认识贵州省客观存在的地震灾害风险,牢固树立安全第一、预防为主的思想认识,不断提高防灾减灾救灾和地震灾害应对处置保障能力,有力防范化解大震巨灾风险,助力平安贵州建设。

(6)强化防震减灾宣传教育,提升公众防震减灾意识。常态化开展防震减灾科普宣传,优化宣传产品和传播渠道,面向社会不同群体开展针对性宣传教育,扩大应急演练参与度和频度,提升公众自救互救、避险逃生能力^[15]。

注:部分资料、图片来源于网络、贵州省地震局地震现场工作报告、市县工作报告等。

参考文献

- [1] 刘家仁,王尚彦,刘宇.贵州地震时空分布规律探析[J].*贵州地质*, 2011, 28(4): 295-299, 259
Liu J R, Wang S Y, Liu Y. Spatial and temporal distribution rule of earthquake in Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 2011, 28(4): 295-299, 259

- [2] 王尚彦, 梁操, 纪星星, 等. 贵州地震的分布、分区和区划[J]. *贵州地质*, 2017, 34(1): 1-8
Wang S Y, Liang C, Ji X X, et al. Seismic distribution, division and zonation of Guizhou Province[J]. *Guizhou Geology*, 2017, 34(1): 1-8
- [3] 罗丹琴, 罗祎浩, 纪星星, 等. 贵州省地震活动性研究[J]. *贵州科学*, 2020, 38(6): 33-37
Luo D Q, Luo Y H, Ji X X, et al. Research on the seismicity of Guizhou Province[J]. *Guizhou Science*, 2020, 38(6): 33-37
- [4] 王尚彦, 梁操, 文微亚, 等. 贵州贞丰—关岭—镇宁交界 3.4 级地震诱发岩崩分析[J]. *贵州地质*, 2010, 37(3): 223-225
Wang S Y, Liang C, Wen W Y, et al. Analysis on 3.4 magnitude earthquake in the west Guizhou induce rock avalanche[J]. *Guizhou Geology*, 2010, 37(3): 223-225
- [5] 郑通彦, 赵萍, 刘在涛. 2010 年中国大陆地震灾害损失述评[J]. *自然灾害学报*, 2011, 20(4): 107-113
Zheng T Y, Zhao P, Liu Z T. A review of earthquake disaster loss in Chinese mainland in 2010[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2011, 20(4): 107-113
- [6] 翟敏刚, 贺鹏, 葛胜锦, 等. 2012 年 9 月 7 日彝良地震震害调查及救灾车辆荷载研究[J]. *地震工程与工程振动*, 2013, 33(6): 122-130
Zhai M G, He P, Ge S J, et al. Yiliang earthquake damage investigation and research for relief vehicle load[J]. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 2013, 33(6): 122-130
- [7] 冯新科, 李志强, 李晓丽, 等. 彝良地震地质灾害特征及其空间分布分析[J]. *地震地质*, 2015, 37(2): 555-564
Feng X K, Li Z Q, Li X L, et al. Characteristics of geological hazards in Yiliang earthquake and statistical analyses of their spatial distribution[J]. *Seismology and Geology*, 2015, 37(2): 555-564
- [8] 周桂华, 非明伦, 张彦琪, 等. 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[J]. *地震研究*, 2013, 36(3): 364-371
Zhou G H, Fei M L, Zhang Y Q, et al. Analysis on intensity distribution and seismic disaster characteristics in intensity abnormal areas of Yiliang $M_{5.7}$, 5.6 earthquakes[J]. *Journal of Seismological Research*, 2013, 36(3): 364-371
- [9] 王尚彦, 梁操, 欧品智. 贵州剑河 5.5 级地震研究[J]. *贵州科学*, 2015, 33(4): 17-21
Wang S Y, Liang C, Ou P Z. Research on Guizhou Jianhe $M_{5.5}$ earthquake[J]. *Guizhou Science*, 2015, 33(4): 17-21
- [10] 王琳, 罗祎浩, 杨天青, 等. 2019 年贵州沿河 $M_{5.4}$ 级地震烈度调查与震害特征[J]. *华南地震*, 2021, 41(3): 132-140
Wang L, Luo Y H, Yang T Q, et al. Intensity survey and seismic damage characteristics of Yanhe $M_{5.4}$ earthquake in Guizhou Province in 2019[J]. *South China Journal of Seismology*, 2021, 41(3): 132-140
- [11] 周军学, 聂高众, 谭劲先, 等. 2016 年 7 月 31 日广西苍梧 5.4 级地震灾害特征分析[J]. *地震地质*, 2017, 39(4): 780-792
Zhou J X, Nie G Z, Tan J X, et al. Analysis on disaster characteristics of the $M_{5.4}$ Cangwu, Guangxi earthquake, July, 31th, 2016[J]. *Seismology and Geology*, 2017, 39(4): 780-792
- [12] 郭培兰, 黄惠宁, 莫佩婵, 等. 广西北流 $M_{5.2}$ 地震序列与灾害特征研究[J]. *高原地震*, 2020, 32(3): 21-29
Guo P L, Huang H N, Mo P C, et al. Study on earthquake sequence and disaster characteristics of $M_{5.2}$ earthquake in Beiliu, Guangxi[J]. *Plateau Earthquake Research*, 2020, 32(3): 21-29
- [13] 傅再扬, 黄宏生, 危福泉, 等. 福建历史地震与地震灾害特征史料分析[J]. *地震地磁观测与研究*, 2011, 32(5): 172-179
Fu Z Y, Huang H S, Wei F Q, et al. Analysis of the historical data about Fujian historical earthquake records and the characteristics of earthquake disaster[J]. *Seismological and Geomagnetic Observation and Research*, 2011, 32(5): 172-179
- [14] 刘洋, 代友林, 梁远玲, 等. 四川芦山 6.1 级地震灾害特点与减灾对策分析[J]. *防灾减灾学报*, 2023, 39(3): 20-26
Liu Y, Dai Y L, Liang Y L, et al. Analysis of disaster characteristics and disaster reduction counter-measures of Lushan $M_{6.1}$ earthquake in Sichuan Province[J]. *Journal of Disaster Prevention and Reduction*, 2023, 39(3): 20-26
- [15] 金志辉, 乌兰, 吴桐, 等. 浅谈中小学防震减灾科普教育的具体形式: 以“全国中小学生安全教育日”为例[J]. *地震科学进展*, 2023, 53(10): 483-487
Jin Z H, Wu L, Wu T, et al. A brief discussion on the specific ways to carry out science popularization education of earthquake prevention and disaster reduction for primary and secondary school students: Taking “National Security Education Day for Primary and Secondary School Students” as an example[J]. *Progress in Earthquake Sciences*, 2023, 53(10): 483-487