

王言侨, 李祥秀, 王宁, 等. 西藏定日 6.8 级地震民居震害原因分析[J].地震工程学报, 2025: 1-12.DOI: 10.20000/j.1000-0844.20250113001

WANG Yanqiao, LI Xiangxiu, WANG Ning, et al. Analysis of the causes of earthquake damage to residential buildings in the Ms 6.8 Dingri earthquake, Xizang[J].China Earthquake Engineering Journal, 2025: 1-12.DOI: 10.20000/j.1000-0844.20250113001

## 西藏定日 6.8 级地震民居震害原因分析

王言侨, 李祥秀\*, 王宁, 吴清, 卢晨虎, 刘爱文

中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

**摘要:** 2025 年 1 月 7 日在西藏自治区日喀则市定日县措果乡发生 6.8 级地震, 震源深度 10 km。极震区位于高海拔严寒地区、震中烈度达到 IX 度。此次地震的震中位于青藏高原拉萨地块内部的申扎-定结裂谷, 发震断裂为登么错断裂, 断层错动以正断层为主, 最大同震位移量近 3 m。本文基于震前在西藏地震危险区对藏式民居结构的调查结果, 梳理了 1980—2024 年西藏地区影响较大的破坏性地震, 总结分析了定日 6.8 级地震的发震构造特点及当地民居建筑的震害情况。研究结果表明: 定日 6.8 级地震在西藏地区历年地震中是震级较大、烈度较高、人员伤亡较为严重的一次地震; 当地民居建筑多为墙抬梁式结构, 震害主要表现为自承重墙体分层剥落甚至倒塌、墙体外闪和屋盖过重引起的房屋坍塌, 木柱折断或梁柱节点破坏以及非结构构件的坠落等。最后, 对此次地震人员伤亡较为严重的原因进行了总结分析。

**关键词:** 定日地震; 房屋建筑; 藏式传统民居; 震害分析

中图分类号: TU352.1

文献表示码: A

DOI: 10.20000/j.1000-0844.20250113001

### Analysis of the causes of earthquake damage to residential buildings in the Ms 6.8 Dingri earthquake, Xizang

Wang Yanqiao, Li Xiangxiu, Wang Ning, Wu Qing, Lu Chenhu, Liu Aiwen

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

**Abstract:** On January 7, 2025, a magnitude 6.8 earthquake occurred in Cuoguo Township, Dingri County, Shigatse City, Xizang Autonomous Region, with a focal depth of 10 km. The meizoseismal area is located in a high-altitude and extremely cold area, with an epicenter intensity of IX. The epicenter of this earthquake is located in the Shenza-Dingjie Rift Valley within the Lhasa terrane of the Qinghai Xizang Plateau. The seismogenic fault is the Dengmo Fault, which is mainly a normal fault with a maximum coseismic displacement of nearly 3 meters. Based on the survey of residential building styles in the earthquake-prone regions of Xizang prior to the earthquake, this paper provides a summary of significant destructive earthquakes that have occurred in Xizang from 1980 to 2024. The seismogenic structure of the Dingri 6.8 earthquake and the seismic damage to local residential buildings is analyzed. The research results indicate that the Dingri 6.8 earthquake is one of the most powerful, intense, and devastating seismic events in Xizang in recent years, causing significant casualties. Local residential buildings predominantly feature wall-lifted beam structures. The primary earthquake-induced damages include the peeling or complete collapse of self-supporting walls, external wall cracking, and house collapses due to heavy roofing.

收稿日期: 2025-01-13

基金项目: 国家自然科学基金 (42494860; 52278540); 北京市自然科学基金 (8242021)

作者简介: 王言侨(1999-), 男, 硕士研究生, 主要从事结构工程抗震方面工作。E-mail: wangyanqiao991210@163.com。

通信作者: 李祥秀 (1987-), 女, 副研究员, 主要从事结构减震与隔震方面工作。E-mail: lixiangxiu1005@163.com。

Additionally, wooden columns were fractured, beam-column connections were damaged, and non-structural components fell. Finally, a comprehensive analysis was conducted to identify the factors contributing to the severe casualties in this earthquake.

**Keywords:** Dingri earthquake; Building construction; Xizang residential building styles; Seismic damage analysis

## 0 引言

据中国地震台网正式测定，北京时间2025年1月7日9时5分在西藏日喀则市定日县(28.50° N, 87.45° E)发生6.8级地震，震源深度10 km。震中距定结县34 km、距定日县36 km、距拉孜县67 km、距萨迦县71 km、距昂仁县92 km，距日喀则市164 km，距拉萨市379 km。截至2025年1月10日10时，记录余震1 653次，其中3级及以上余震38次。

定日县位于中国的西南边陲，地处喜马拉雅山脉中段北麓珠峰脚下，是世界第一高峰珠穆朗玛峰所在地。定日县县域平均海拔4 500 m，县城驻地海拔4 325 m。全县总面积1.386万平方公里，辖13个乡镇

(镇)，180个行政村，381个自然村。根据第七次人口普查结果显示全县常住人口5.82万，是西藏人口最多的边境大县。本次地震周边5公里内的村庄有塘仁村、雪珠村、嘎热果吉村、美朵村、查吉、拉仓、康穷，20 km内的乡镇有措果乡、曲洛乡。截至2025年1月13日，地震已造成126人遇难，27 248户房屋受损，其中倒塌房屋3612户<sup>[1]</sup>。

根据中国地震动参数区划图(GB 18306—2015)<sup>[2]</sup>，日喀则市按抗震设防烈度7度(峰值加速度为0.15g)进行抗震设计的，而地震震中(28.50° N, 87.45° E)所在的定日县措果乡处于的0.20g分区(见图1)内，是8度设防区。

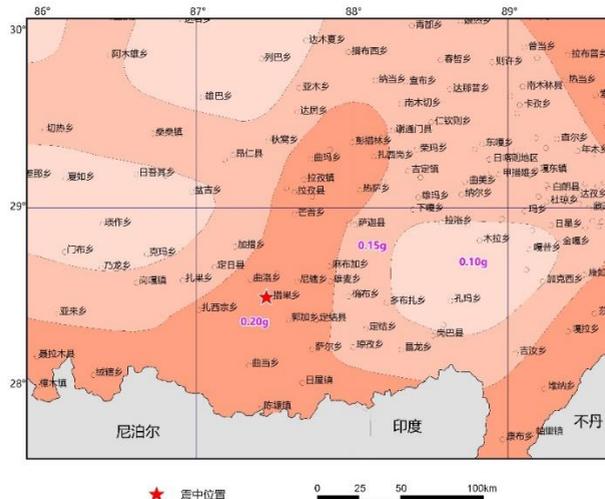


图1 2025年定日6.8级地震震中位置和区域设计基本地震加速度值

Fig 1. Epicenter location of the 6.8 magnitude earthquake in Dingri, Xizang, and the design basic acceleration for the region

本次地震震中位于青藏高原的拉萨地块内部，距离地震最近的断层为登么错断裂。地震发生后，中国地震局地球物理研究所龚正副研究员等依托自然资源部国土卫星遥感应用中心提供的 2 m/8 m 光学卫星星座，通过影像解译此次地震的地表破裂特征，结果表明，此次地震的地表破裂不连续分布于登么错东岸，长约 11 km，具拉张性质，最宽处接近 200 m。中国地震局地球物理研究所的陈赬研究员综合考

虑震区局部地质构造背景、地震动衰减和场地土层放大效应，估计近场峰值加速度分布，估计本次地震预估震中烈度为 IX 度（9 度），极震区面积约 195 km<sup>2</sup>，VI 度（6 度）及以上区域总面积约 2 万 km<sup>2</sup>[3]。

由应急管理部中国地震局公布的西藏定日 6.8 级地震烈度图（图 2）可知，本次地震震中地区最高地震烈度为 IX 度（9 度），VI 度（6 度）区及以上面积约 23 986 km<sup>2</sup>，IX 度（9 度）区面积约 411 km<sup>2</sup>[4]。

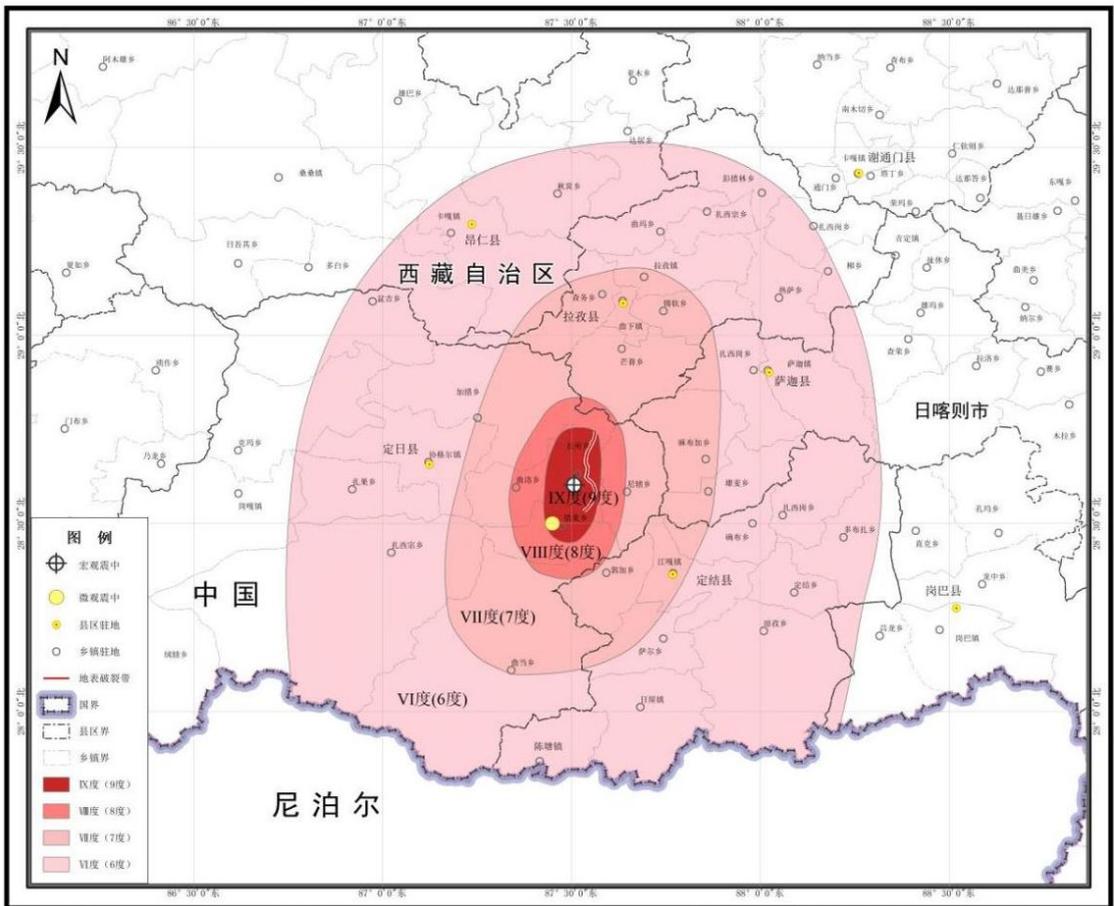


图 2 西藏定日 6.8 级地震烈度图<sup>[4]</sup>

Fig 2. Intensity map of the 6.8 magnitude earthquake in Dingri, Xizang<sup>[4]</sup>

## 1 西藏地区的地震构造特点

西藏地区所处的青藏高原受到印度欧亚板块碰撞影响，地震灾害频发。本文结合王郁等<sup>[5]</sup>和柏伟国等<sup>[6]</sup>的研究，统计分析了1980—2024年西藏地区发生的对其影响较大的一些破坏性地震，如表1所示。其中最小震级为1980年4月13日发生在波密4.7级地震和2016年2月23日发生在昌都市丁青县4.7级地震，最大震级为2008年1月9日发生在西藏阿里地区改则县6.9级地震和2017年11月18日发生林芝市米林县6.9级地震。由表1可以看出，虽然西藏地区人口密度较低，地震多发生在无人区，但是只要地震发生在有人居住的地区，都会造成一定的人员伤亡和经济损失。而此次定日6.8级地震是40多年以来西藏地区人员死亡比较严重的一次地震。

本次发生地震的日喀则市位于西藏自治区南部，境内南北分别为喜马拉雅山系与冈底斯—念青唐古拉山，藏南高原和雅鲁藏布江流域夹持其间，整体地表起伏度大，地形地貌复杂。根据黄婷等<sup>[7]</sup>的研究，该地区涉及到的近南北向构造裂谷主要包括（自东向西）：亚东—谷露裂谷、申扎—定结裂谷、岗嘎—当穹错裂谷中南段、聂拉木—措勤裂谷、仲巴—达雄裂谷、霍尔巴—仓木错裂谷。图3给出了藏南主要活断层分布及本次地震震中位置。图4给出了2025年定日6.8级地震地表破裂过程，目前已发现的垂直位错量达到近3m<sup>[8]</sup>。

此次地震的发震断层走向180°，断层倾向W，倾角较陡，为55°。发震断层主要破裂区长度约40 km，滑动分布集中在地下10 km范围内<sup>[9]</sup>。

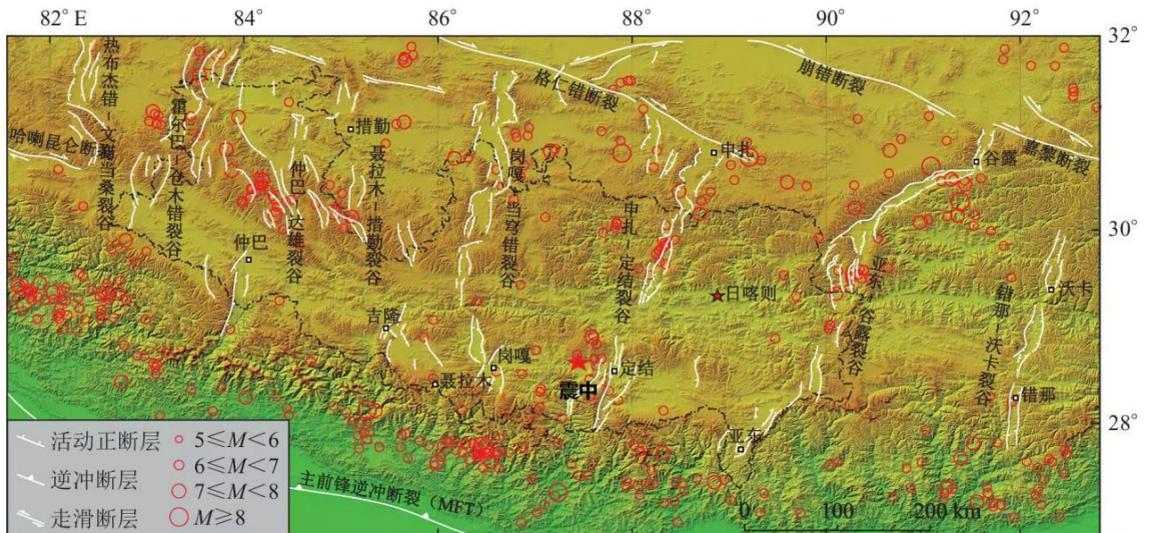


图3 藏南主要活断层及研究区位置<sup>[7]</sup>

Fig 3. Main active faults in southern Xizang and the location of the research area<sup>[7]</sup>

表 1 1980-2024 年西藏发生的对其影响较大的一些破坏性地震  
Table 1 List of the destructive earthquakes in Xizang from 1980-2024

序号	时间	经纬度	震源深度/km	震级	经济损失/万元	震害情况	地区
1	1980-02-22	88.9 E 30.6 N	15	6.6	-	地震烈度为 8 度	西藏申扎南
2	1980-04-13	95.5 E 30.2 N	-	4.7	<500	-	西藏林芝市波密县
3	1986-06-21	87.0 E 31.3 N	33	6.4	-	破坏和损坏各类房屋 810 余间, 受伤 6 人, 羊死伤 21 只。路基震裂, 水渠震跨, 梯田震坏	西藏文部地区
4	1992-07-30	90.2 E 29.6 N	-	6.5	3 652	经济损失 3 652 万, 有两人受灾	西藏尼木县
5	1993-03-20	87.2 E 29.4 N	15	6.6	6 900	有 2 人死亡	西藏拉孜—昂仁县
6	1999-06-01	98.4 E 29.0 N	30	5.1	3 067.92	受灾人口达 10 851 人, 造成极大损坏	西藏芒康
7	2003-08-18	95.6 E 29.6 N	8	5.7	4 341.84	震区属经济欠发达地区, 造成 2 人死亡	西藏波密与墨脱
8	2004-03-07	91.6 E 31.4 N	15	5.6	1 462	震中位于班戈县与那曲县交界, 5 人受伤	西藏班戈、那曲与安多交界
9	2005-04-08	83.7 E 30.5 N	10	6.5	1 034.2	震中位于吉拉乡一带, 震区属纯牧业地区, 无人员伤亡	西藏仲巴县
10	2005-06-02	94.8 E 29.1 N	33	5.9	4 187.4	震区属经济欠发达地区, 无人员伤亡	西藏墨脱县
11	2008-10-06	90.3 E 29.8 N	8	6.6	41137	震中位于当雄县格达乡羊易村一带, 造成 10 人死亡	西藏当雄县
12	2009-11-08	86.1 E 29.4 N	33	5.6	1547	震区属于牧区, 无人员伤亡	西藏日喀则地区昂仁县北
13	2010-03-24	93.0 E 32.4 N	33	5.7	4 058.22	震中位于乡镇附近	西藏那曲
14	2013-08-12	98.0 E 30.1 N	10	6.1	2 08242	震中为无人区, 造成 87 人轻伤	西藏左贡县、芒康县交界
15	2016-02-23	95.06 E 31.91 N	6	4.7	3 0364.91	受灾人口 970 人	西藏昌都市丁青县
16	2017-11-18	95.0 E 29.8 N	10	6.9	19 975.55	震中位于无人区	西藏林芝市米林县
17	2020-03-20	87.4 E 28.6 N	10	5.9	-	个别房屋受损	西藏定日县
18	2024-06-01	86.4 34.2	10	6.3	-	震中位于无人区	西藏尼玛

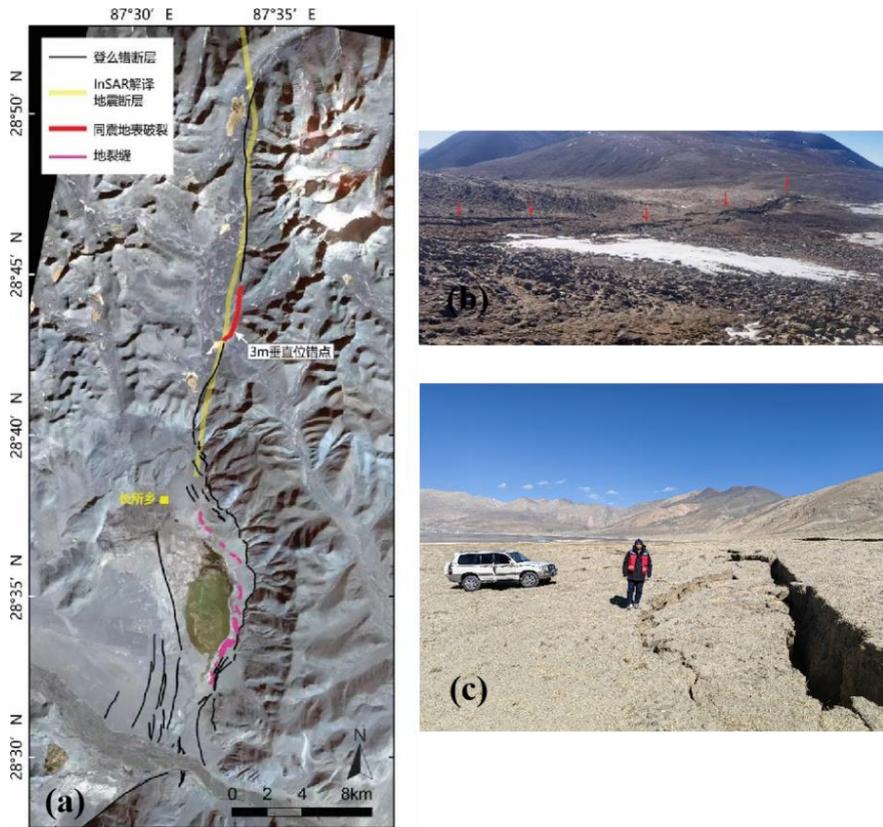


图 4 西藏定日 6.8 级地震地表破裂 (a) 3 m 垂直位错点位置示意图; (b) 地表破裂展布<sup>[8]</sup>; (c) 垂直位错点

Fig 4. Surface rupture of the 6.8 magnitude earthquake in Dingri, Xizang (a) Schematic diagram of 3m vertical dislocation point location<sup>[8]</sup>; (b) Surface rupture distribution; (c) Vertical dislocation point

## 2 西藏地区藏式民居的特点

西藏地区由于其独特的地理和人文环境,根据陈相兆等<sup>[10]</sup>对民居材料的研究,发现很多建筑材料就地取材,显示出一定的特殊性。通过对西藏地震危险区现场调研发现,当地传统民居以土木结构和砖(石)木结构为主。

目前西藏地区的土木结构民居一般年代已久,很多已经无人居住。西藏地区的土木结构民居主要利用当地的土坯砖和木材建造,无抗震构造措施,房屋整体的

抗震性能较差,如图 5 所示。



图 5 典型藏式土木结构

Fig 5. Traditional civil structure in Xizang

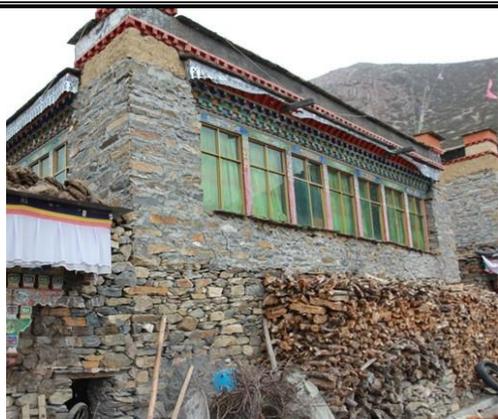


图6 典型藏式石木结构

Fig 6. Typical stone wood structure in Xizang

藏式石木结构墙体大多是由不规则的石块搭建而成。以大一点的石块为准，细小石块被用于嵌塞大石之间，用泥土填充缝隙，很少使用砂浆抹缝，见图6。墙体还是内外两层，中间有空隙，内外层无咬砌，以及纵横墙之间也不进行咬砌，结构的整体性较差。由于石木结构大多是由当地居民自己建造，会存在石块间的咬合力不够的情况。同时农村自建房多按照传统建造，存在场地选址不当、结构的布置不合理以及没有考虑抗震措施等不利情况<sup>[11]</sup>。因此，藏式石木结构在地震中会产生一系列的相关震害，比如墙体出现分层剥落甚至倒塌，还有木柱折断，屋盖过重导致坍塌等，其中墙体的分层剥落是最普遍的破坏形式<sup>[12]</sup>。

藏式房屋结构布置灵活，层数主要为

1层或2层，房屋整体的连接性较差，木柱与填充墙之间缺乏有效的连接，震损主要表现为墙体与木构架脱开、墙体瓷砖掉落以及墙体平面内开裂，其中最常见也是墙体部分坍塌的情况。李文东<sup>[13]</sup>对西藏山南地区传统民居结构特征进行了调研研究。闫培雷等<sup>[14]</sup>对藏式石木结构、木结构民居的构造特点进行了总结分析。杜永峰等<sup>[15]</sup>对藏式传统土木结构民居进行了研究，发现主体结构经常采用抬梁式木构架形式，也有部分穿斗式木构架，以木梁、木柱以及木檩条为室内结构体系，但主要是将上部荷载均匀的传递给墙体的作用，主体结构外围以自承重夯土墙或砖砌体墙围护，如图7所示。木架构在地震中的损坏可能直接导致房屋的整体坍塌，造成人员伤亡。出于保温的需求，西藏地区传统民居的屋盖常覆有较重的茅草和生土面层等，屋面的震损掉落可能会造成人员的掩埋。同时，房屋倒塌引起的灰尘可能会导致人员窒息死亡。

### 3 房屋结构震害初步分析

定日县城老城区房屋以自建老旧的砖（石）木结构和土木结构为主，多数为一层结构。该类建筑抗震能力较弱，基本

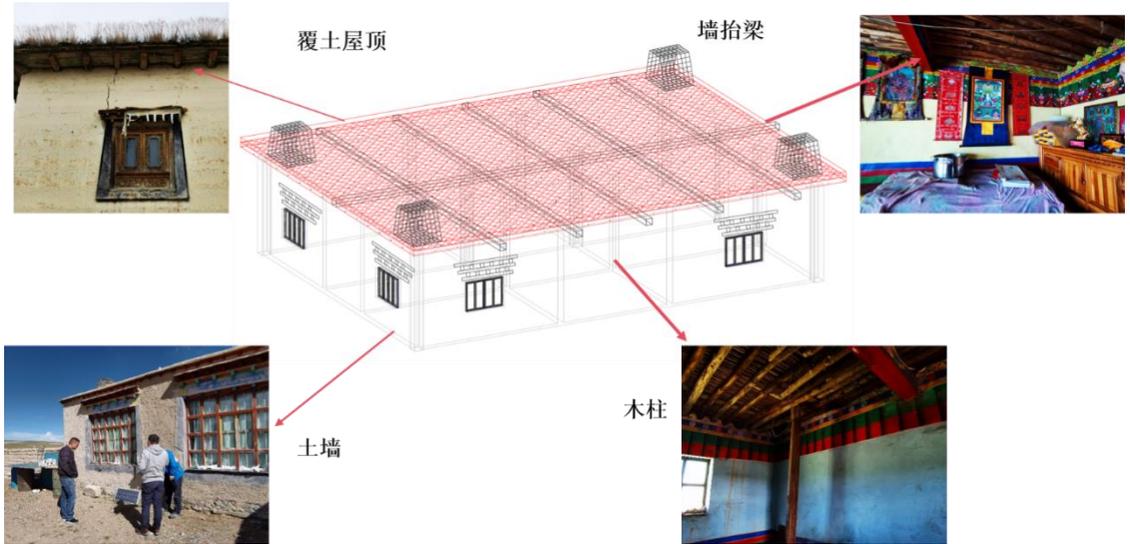


图7 藏式民居墙抬梁结构示意图

Fig 7. Diagram of the wall-lifted beam structure in Xizang

没有进行抗震设计。新城房屋主要以砖混结构和框架结构为主，层数多为两层及以上，抗震性能较强。地震影响区域房屋主要以砖（石）木结构和土木结构为主，存在少数新建的砖混结构或者框架结构。朋曲河穿越定日县城，河边地区往往存在软弱地基，地震来临时容易造成地基液化，导致地基承载力严重下降致使房屋倾斜倒塌。

### 3.1 农村土木结构房屋、砖（石）木结构房屋震害情况

农村土木和砖（石）木结构抗震性能差，施工技术落后，砌筑墙体所用的砂浆强度过低、饱满度较差或者根本没有采用砂浆，砂浆与石块之间存在很多的孔隙和初始裂缝，使得砖（石）砌体墙体的抗剪强度较低<sup>[16-17]</sup>。

同时农村自建房屋由于没有经过勘测导致建设场地选择不当、结构布置不合理等原因，造成此类房屋的抗震性能非常差，在VI度（6度）区即出现大量墙体裂缝。本次震中区烈度达到了IX度（9度），加之房屋安全性能较差，导致震中区房屋倒塌严重，如图8所示。

此外，临近的房屋在开间尺寸上有着明显的差异，结构刚度分布不均匀，各受力构件之间连接较弱，同样会加剧地震对房屋的破坏作用<sup>[18]</sup>。

### 3.2 城镇砖混结构房屋震害情况

灾城镇镇建筑主要以砖混结构和框架结构为主。砖混结构和框架结构的抗震性能相对较好，因此结构主体没有发生严重破坏，但是砖混结构中出现了屋顶装饰



图8 土木和砖木结构破坏情况

Fig 8. Damage of civil structures and brick wood structures



图9 砖混结构破坏情况

Fig 9. Damage of brick concrete structures

性墙体坠落的情况，如图9所示，造成了人员伤亡。

综上所述，由以上农村和城镇房屋的震害图片可以看出2025年定日6.8级地震的房屋震害主要表现形式有以下几种：自承重墙体分层剥落甚至倒塌、墙体外闪；木柱折断或梁柱节点破坏，严重的造成屋盖失稳；屋盖过重引起的房屋坍塌；非结构构件的坠落等。

#### 4 震害原因初步分析

此次地震造成了严重的人员伤亡，根据前述表1可知，定日6.8级地震在西藏地区历次地震中伤亡人数较多。为了探讨

该现象，本文依据《地震灾情应急评估（GB/T 30352—2013）》<sup>[19]</sup>中推荐的评估人员死亡率的计算方法对死亡人数进行预估，见公式（1）：

$$N_D = \sum_{j=6}^{I_{\max}} A_j \rho R_j \quad (1)$$

式中： $N_D$ 为死亡人数，单位为人； $I_{\max}$ 为极震区烈度； $A_j$ 为第 $j$ 烈度值分布面积，单位为平方千米（ $\text{km}^2$ ）； $\rho$ 为人口密度，单位为人每平方千米（人/ $\text{km}^2$ ）； $R_j$ 为第 $j$ 烈度对应的死亡率，可根据规范中表A.1按照烈度和区域取值。根据上式计算得到预测死亡人数约为14人，然而截至2025

年1月13日,西藏日喀则市定日县6.8级地震已造成126人遇难<sup>[1]</sup>。

通过分析西藏地区以往的地震震害、藏式民居的主要建造形式及抗震设防标准,本文认为日喀则市定日县6.8级地震造成房屋倒塌、人员伤亡严重的原因主要包括:

(1) 震中发生在西藏高原申扎一定结裂谷地区,断层引起了较大规模的地表破裂。根据刘亢等<sup>[20]</sup>的研究,高倾角的断层易于将能量传导至地面,对地面造成较大的破坏。此外本次地震震级较高(6.8级,矩震级达到7级),震中地震烈度强,达到IX度(9度),地面结构受强震动影响较大。

(2) 在近断层区域地震动峰值加速度往往明显高于远场区域,这会使作用在房屋建筑上的惯性力大幅增加。同时,竖向地震动作用明显,从而产生扭矩效应。

(3) 地震震中区人口较为集中,受灾农村老旧自建房屋数量较多。

(4) 灾区当地传统民居以土木结构和砖(石)木结构为主,缺少必要的抗震设防措施、施工质量较差以及缺乏合理的结构布置,其抗震能力相对薄弱,倒塌比例较大。

(5) 灾区属于高海拔地区,冬季寒冷,为了御寒,房屋的屋顶有较厚覆土,屋顶的滑落坍塌增加了人员被掩埋的概率,同时这种土木房屋倒塌引起的灰尘可能容易导致人员窒息死亡。

## 5 结论

本文基于以往在西藏地震危险区对藏区民居结构特点调查研究的基础上,总结分析了2025年定日6.8级地震的发震构造、灾区地形地貌特征以及藏式民居的震害特征,得到以下结论:

(1) 2025年定日6.8级地震在西藏地区历年地震中震级较大、烈度较高的一次地震,地表破裂位错近3m,人员伤亡较为严重。

(2) 传统自建藏式民居内部空间布置灵活,但整体连接性较差,容易发生墙体的外闪、倒塌,屋盖保温作用的覆土可能增加屋内人员掩埋概率和窒息风险。

(3) 砖混结构和框架结构的抗震性能相对较高,因此结构主体没有发生严重破坏,但是砖混结构中出现了屋顶装饰性墙体坠落的情况,可能造成人员伤亡。

**致谢:** 感谢中国地震局地震现场应急工作队、中国震害防御中心王东明研究员、中国地震局地球物理研究所陈鲲研究员和龚正副研究员等提供的调查和研究资料。

## 参考文献

- [1] 央视新闻. 西藏悼念定日6.8级地震遇难同胞[EB/OL].(2025-01-13)[2025-01-15]  
<https://news.cctv.com/2025/01/13/ARTI2i4AOaWAQ0fIXzfubhPH250113.shtml>
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 中国国家标准化管理委员会. 中国地震动参数区划图: GB 18306—2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015

- [3] 中国地震局地球物理研究所. 地球物理所影像解译西藏定日 6.8 级地震的地表破坏特征[EB/OL]. (2025-01-07) [2025-01-10].  
<https://mp.weixin.qq.com/s/nK8ITC2p7roAJgQbAvRLdA>
- [4] 中华人民共和国应急管理部. 应急管理部 中国地震局发布西藏定日 6.8 级地震震度图[EB/OL].(2025-01-10) [2025-01-10].  
<https://mp.weixin.qq.com/s/ge5eac1Gyq1diaa12AKdj>.
- [5] 王郁, 刘爱文, 李祥秀, 等. 基于震害资料的西藏地区典型民居易损性分析[J]. 震灾防御技术, 2021,16(2):245-252.  
WANG Yu, LIU Aiwen, LI Xiangxiu, et al. Vulnerability Analysis of Typical Dwellings in Tibet Based on Earthquake Damage Data[J]. Technology for Earthquake Disaster Prevention, 2021,16(2):245-252.
- [6] 柏伟国, 孙东霞, 吴中海, 等. 西藏自治区 1949—2020 年历史地震灾害调查概要[J]. 地震科学进展, 2024,54(10):712-720.  
BAI Weiguo, SUN Dongxia, WU Zhonghai, et al. Overview of historical earthquake disasters in Xizang Autonomous Region from 1949 to 2020[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2024,54(10): 712-720.
- [7] 黄婷, 吴中海, 韩帅, 等. 西藏日喀则地区的活断层基本特征及地震灾害潜在风险评估[J]. 地震科学进展, 2024,54(10): 696-711.  
HUANG Ting, WU Zhonghai, HAN Shuai, et al. The basic characteristics of active faults in the region of Xigaze, Xizang and the assessment of potential earthquake disaster risks[J]. Progress in Earthquake Sciences, 2024,54(10): 696-711.
- [8] 中国地震局. 我们在行动 | 地质所、四川局、西藏局联合调查团队发现定日地震的同震垂直位错量达 3m[EB/OL].(2025-01-10)[2025-01-10]  
<https://mp.weixin.qq.com/s/qtB9yU9E6TlfQ4HrF5Hybw>.
- [9] 中国地震局地质研究所. 2025 年西藏定日 6.8 级地震地壳形变及发震断裂模型初步分析(2025-01-09).  
<https://eq-igl.ac.cn/zhxw/info/2025/38560.html>
- [10] 陈相兆, 孙柏涛, 闫培雷. 四川康定 6.3 级地震灾害分布特点及结构震害简析[J]. 地震工程与工程振动, 2017,37(2):1-9.  
CHEN Xiangzhao, SUN Botao, YAN Peilei. The characteristics of earthquake disasters distribution and seismic damage to structures in Kangding Ms 6.3 earthquake[J]. Earthquake engineering and engineering dynamics, 2017,37(2):1-9.
- [11] 许晓威, 钟秀梅, 王谦, 等. 甘东南农村民居抗震性能现状调查与分析[J]. 地震工程学报, 2022,44(6):1397-1408.  
XU Xiaowei, ZHONG Xiumei, WANG Qian, et al. Investigation and analysis of the seismic performance of rural houses in the southeastern Gansu region[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2022,44(6):1397-1408.
- [12] 李秋容, 周英. 藏式石木结构民居震害形式分析及建议[J]. 黑龙江科学, 2018,9(16): 98-99.  
LI Qiurong, ZHOU Ying. Analysis and suggestion of seismic damage forms of Tibetan stone-wood structures[J]. Hei Long Jiang Science, 2018,9(16):98-99.
- [13] 李文东. 西藏山南地区传统民居结构及装饰特征研究[D]. 中南林业科技大学, 2013.  
LI Wendong. Shannan Prefecture traditional houses structural and decorative characteristics[D]. Central South University of Forestry & Technology, 2013
- [14] 闫培雷, 孙柏涛, 陈相兆, 等. 四川康定 6.3 级地震建筑物震害特点及原因分析[J]. 建筑结构, 2018,48(增刊 2):250-254.  
YAN Peilei, SUN Baitao, CHEN Xiangzhao, et al. Seismic damage and feature analysis of buildings during Kangding Ms6.3 earthquake in Sichuan[J]. Building Structure, 2018,48(Suppl02):250-254.

[15] 杜永峰,李芳玉,韩博,等. 夏河 5.7 级地震藏式木构架房屋震害分析[J].工程抗震与加固改造,2021,43(2):153-161.

DU Yongfeng, LI Fangyu, HAN Bo, et al. Earthquake damage analysis of Tibetan traditional timber frame structures subjected to the Xiahe 5.7 earthquake[J]. Earthquake Resistant Engineering and Retrofitting,2021,43(2):153-161.

[16] 杨娜,滕东宇. 藏式石砌体在剪-压复合作用下抗剪性能研究[J].工程力学,2020,37(2):221-229.

YANG Na, TENG Dongyu. Shear performance of Tibetan stone masonry under shear-compression loading[J]. Engineering Mechanics, 2020,37(2): 221-229.

[17] 钟秀梅,袁中夏,常想德,等.西北地区农村房屋结构细化分类及抗震性能分析[J].地震研究,2019,42(2):151-157,305.

ZHONG Xiumei, YUAN Zhongxia, CHANG Xiangde, et al. Structure refinement and seismic performance analysis of rural houses in Northwest

China[J]. Journal of Seismological Research,2019,42(2):151-157, 305.

[18] 崔玥,杨娜. 藏式山地古建筑结构特征及抗震性能[J].建筑结构学报,2023,44(增刊 2):20-31.

CUI Yu, YANG Nai. Structural characteristics and seismic performance of ancient Zang-style architecture on sloped lands[J]. Journal of Building Structures, 2023,44(Suppl02): 20-31.

[19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.地震灾情应急评估:GB/T 30352—2013.北京:中国标准出版社,2013.

[20] 刘亢,李亦纲,李红光,等.地质构造对强震震害分布影响讨论:以汶川 $M_s8.0$ 地震和尼泊尔 $M_s8.1$ 地震为例[J].地球科学前沿,2022,12(12): 1596-1605.

LIU Kang, LI Yigang, LI Hongguang, et al. Discussion on the influence of geological structure on the distribution of strong earthquake damage: taking wenchuan  $M_s8.0$  earthquake and Nepal  $M_s8.1$  earthquake as examples[J]. Advances in Geosciences, 2022, 12(12): 1596-1605.