

古浪大震的地质灾害及破坏特征^{*}

陈永明, 刘洪春, 曾文浩, 刘红玫, 张 炜, 戴华光

(中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 根据野外调查和航片解译结果, 对1927年古浪8级大震产生的主要地质灾害——地震破裂带、滑坡和裂缝及其展布特征进行了描述, 并对该次地震的破坏特征及其控制因素进行了探讨. 结果表明, 古浪地震的地表破坏明显受地形和岩土类型的影响.

关键词: 地质灾害; 地震破裂; 滑坡; 地震裂缝; 古浪地震

中图分类号: P315.9; P315.2; P315.3⁺² **文献标识码:** A

文章编号: 1000-0844(1999)03-0315-06

0 引言

1927年5月23日在甘肃省的古浪地区发生了一次8级大震, 震中烈度达Ⅺ度. 它是河西走廊地区有史以来最大的一次破坏性地震. 地震时在震中区发生了大量的滑坡、崩塌以及地震陡坎、沟槽、鼓包、裂缝等地面破坏现象. 前人^[1-4]虽对该次地震的破裂带、发震构造、烈度分布及地震损失进行过调查研究, 但对该次地震的地质灾害尚未进行过系统研究. 本文在古浪活动断裂填图工作的基础上, 通过野外补充调查和航片解译, 对古浪地震的主要地质灾害——地震破裂带、滑坡和裂缝及其展布特征进行了描述, 并对该次地震的破坏特征及其控制因素进行了探讨.

1 古浪地震地表破裂带展布和破裂特征

古浪地震在地表形成了数条不同方向、不同规模和不同性质的破裂带. 这些破裂带第四纪活动迹象不明显. 有些破裂带未沿断裂分布, 有些虽分布在断裂带上, 但也不完全受断裂的限制. 这些破裂带主要分布在该次地震的极震区内. 主要的地震破裂带有: 塔儿庄-水峡口破裂带、下方寨-严家新庄破裂带、中坝破裂带、上寺破裂带和西山堡-跌落崖破裂带(图1). 下面分别介绍这些破裂带展布形态和破裂特征.

1.1 塔儿庄-水峡口破裂带

该破裂带西起塔儿庄, 向东终止于严家新庄西侧的水峡口, 总体走向 $N60^{\circ}W$, 长21 km. 主要由地震沟槽、陡坎和裂缝组成, 是古浪地震区规模最大、形变现象最丰富最强烈的破裂带.

收稿日期: 1998-12-04

^{*} 地震科学联合基金(95174)及中国地震局兰州地震研究所青年基金资助项目; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC1999033

作者简介: 陈永明(1965-), 男, 工程师, 主要从事地震地质及地震灾害预测研究工作. 现在中国科技大学地球和空间科学系攻读硕士学位.

该破裂带内地震沟槽最发育,至今仍很清楚.其宽度一般为7~15 m,最宽处达20 m,深度一般为1.5~3 m,最深处达4.3 m.这些沟槽主要发生在第四纪松散沉积物中,局部可见基岩.地震陡坎皆表现为南高北低,坎高一般为1.5~3 m,最高者达5.4 m.地震裂缝局部呈雁行式排列,主要发生在黄土中.局部地段可见基岩裂缝.在调查中没有见到该破裂带第四纪活动的迹象.

1.2 下方寨-严家新庄破裂带

该破裂带位于塔儿庄-水峡口破裂带以北2~4 km处,二者近于平行.它西起下方寨,东止于严家新庄,长23 km,总体走向N56°W,主要由地震陡坎组成.沿破裂带还可见多处黄土滑坡.该破裂带由于发生在山前冲洪积扇及矮黄土脊梁上,多数地段已遭破坏,但仍可断断续续见到.陡坎高度从下方寨的0.6~2 m到严家新庄附近增加到7.4 m,反映了从西向东其破坏程度增强.在严家新庄挖掘的探槽(图2)剖面显示,陡坎发生在第四系松散层中,上层为1.7~2.2 m厚的黄土,下层为冲洪积砂砾层,是断理由南向北逆冲挤压的结果.

1.3 中坝破裂带

该破裂带位于上下中坝之间,总体走向N20°W,长1.5 km,主要由陡坎、鼓梁及鼓包组成.该破裂带横切沙沟河,使沙沟河SW段I、II级阶地地面整体抬升6 m左右.探槽揭露(图3)陡坎下层为上新统红层,上层为第四系砂砾及黄土.在剖面上还可见到一条高角度的逆断层,断

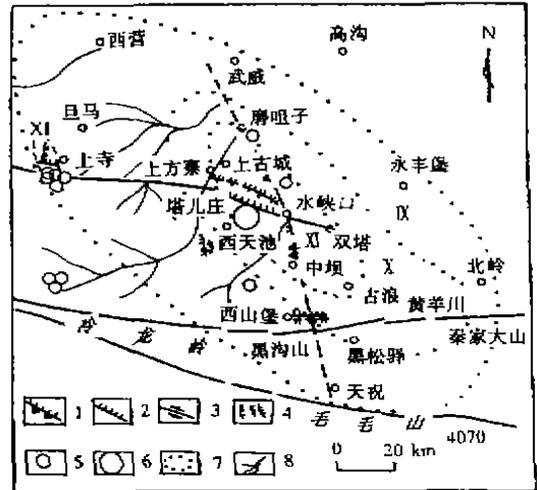


图1 1927年古浪8级地震震中区烈度及破裂带分布

Fig.1 Epicentral intensity and rupture zones of the Gulang M₈ earthquake in 1927

- 1 逆冲-挤压性地震破裂带; 2 张性地震破裂带;
- 3 走滑活动断裂; 4 古浪地震滑坡群; 5 古浪地震余震;
- 6 古浪地震震中; 7 等震线; 8 水系

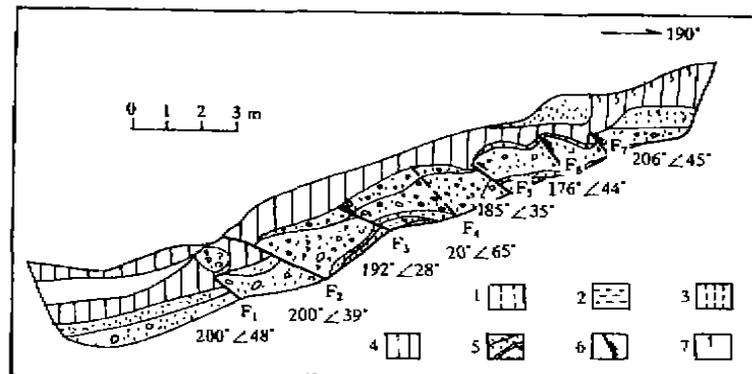


图2 严家新庄探槽剖面

Fig.2 Profile of the trench at Yanjiaxinzhuan.

- 1 堆积黄土; 2 冲积含砾黄土; 3 含砾黄土; 4 上更新统黄土;
- 5 上更新统砂砾层; 6 断层; 7 张裂缝

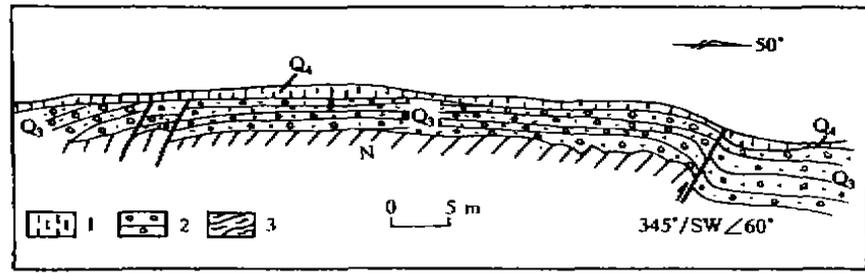


图3 中坝鼓梁剖面

Fig. 3 Trench profile of a risen ridge at Zhongba.

1 次生黄土; 2 砂砾层; 3 砂泥岩

距为 5 m, 显示了该处陡坎是由于断裂 SW 盘逆冲形成的, 该断裂的第四纪错动迹象不明显.

1.4 上寺破裂带

该破裂带主要发育在上寺以北海拔 3 000 m 以上的基岩区, 由大规模的基岩裂缝及大面积基岩滑坡组成. 基岩裂缝由走向 N10°E 和 N60°~80°W 的 2 组破裂组成, 发育于上三迭统坚硬的厚层砂岩中. 裂缝长度为 1.5~2 km; 宽度一般为 5~30 m, 最宽达 130 m; 深度一般为 1~10 m, 最深达到 30 m. 这些裂缝的规模之大, 实属罕见. 在基岩裂缝带附近还可见到大型基岩滑坡.

1.5 西山堡-跌落崖破裂带

该破裂带位于西山堡南约 1.5 km 的黄土丘陵地区, 西起咀子湾, 向东经西山堡南, 终止于古浪河西侧的跌落崖, 长 9 km, 宽 200~300 m, 总体走向 N85°E, 主要由黄土滑坡和呈左旋错动的山脊和冲沟组成. 在西山堡南, 破裂带横穿 6 条山脊, 形成大小 9 个黄土滑坡. 滑坡体堵塞沟谷形成堰塞塘.

2 古浪地震滑坡分布及其特征

古浪地震的滑坡密集区主要分布在极震区及其附近的黄土覆盖区(图 4). 通过对地震区内上百个滑坡的调查表明, 滑坡的分布主要受地形、岩土类型、地震断层及地震强度等因素控制. 滑坡多成带发生在地震断层附近及黄土丘陵地区. 发生滑坡的原始地形坡角多大于 25°. 这些滑坡以黄土滑坡为主, 基岩滑坡较少. 其中较为典型的滑坡有:

2.1 灯山庄大滑坡带

该滑坡带发生在灯山庄两侧黄土丘陵中, 总体走向 NWW, 长 10 km 以上, 由大小 10 多个滑坡组成. 其中最大的灯山庄滑坡宽 850 m, 长 400 m 以上, 从山脊向 NWW 方向滑动, 滑动距离达 200 m, 将旧灯山庄全部掩埋.

2.2 西山堡滑坡带

该滑坡带长 3 km 以上, 9 个大小不等的滑坡呈线性排列(图 5). 单个滑坡长 100~300 m, 宽 200~350 m, 高 10~40 m, 坡度 30°~69°. 滑坡发

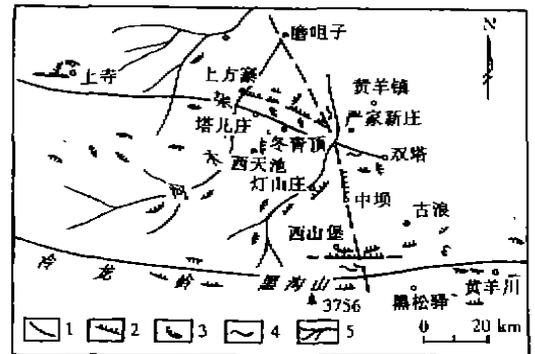


图4 古浪大震区主要地裂缝及滑坡分布

Fig. 4 Distribution of main fissures and landslides of Gulang earthquake area.

1 活动断裂; 2 地震破裂带; 3 地震滑坡;
4 地裂缝; 5 水系

生在平行排列的6个黄土山梁上。

2.3 西天池基岩大滑坡

该滑坡体位于西天池东侧。滑坡体沿NNW向的山脊向NE方向下滑,长1.5~2 km,宽500~800 m,滑动距离达100~400 m。自滑坡顶部到底部形成2~4个台阶,在滑塌体前缘巨大的岩块、碎石及黄土堆积成台地,台地前缘陡坎高达30 m。滑坡后壁高10~50 m,坡角50°~80°。在基岩面上可见巨大的垂直擦痕。

2.4 大沟西坡大滑坡

该滑坡位于冬青顶北侧,由自沟底到山脊呈阶梯状排列的5个滑坡组成,总长度约为750 m。它们沿地震破裂带分布。滑坡后壁呈弧形,滑向N15°W。滑坡后壁坡角依次为38°,35°,40°,75°和78°。其连线走向为N62°W。

2.5 上寺基岩大滑坡

该滑坡位于上寺NW方向3270高点南侧。自东而西由一系列基岩滑坡组成。最大的一个长约870 m,滑坡后壁高45 m,滑坡体积约为 $12 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

3 古浪地震裂缝分布及其特征

据采访调查,古浪地震后极震区内基岩和黄土裂缝随处可见,宽度从几毫米到40 cm,长度从数米到上千米不等。但是目前除了个别基岩裂缝外,多已不能识别。我们将一些证据确凿的较大裂缝标示于图4中。由图4可见,这些地震裂缝的展布与区内的地震主破裂带方向一致,而且靠近主破裂带,并受地震断层的控制。

3.1 严家新庄南黄土大裂缝

该裂缝位于严家新庄南约2 km的黄土丘陵区,宽30 cm左右,长约850 m,呈近EW向展布。裂缝深不见底,震后不久即被填没。

3.2 水峡口黄羊河西岸基岩大裂缝

该裂缝发生于奥陶系变质砂岩中,至今隐约可辨,长约550 m,宽20~40 cm,呈近NS向展布。

3.3 冬青顶南基岩大裂缝带

该裂缝带位于塔儿庄-水峡口地震破裂带以南约3 km处,二者近于平行排列。由长200~400 m,宽10~20 cm,间距为1~2.5 m的3条呈平行排列的基岩裂缝组成。至今仍清晰可辨。

3.4 黑松驿西北黄土裂缝带

该裂缝带位于黑松驿西北近10 km的黄土山坡上,由一系列呈雁列式排列的黄土裂缝组成。其中最大的2条长200 m以上,宽10 cm以上,呈NNW向展布。裂缝带附近伴有黄土滑坡。

3.5 杂木河两岸基岩裂缝

该基岩裂缝位于杂木河河谷两岸,至今仍可见裂缝面。裂缝宽2~5 cm,走向NW,倾向SW,倾角70°左右。裂缝面凹凸不平,显示张性特征,未见扭错迹象。

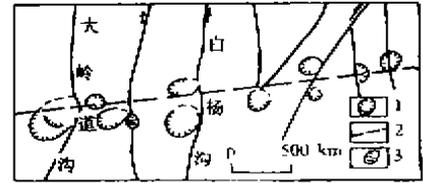


图5 西山堡地震滑坡分布
(据邹谨敬等)

Fig. 5 Distribution of landslides during the Gulang earthquake in Xishanbao (from Zou Jun-chang et al.).

- 1 滑坡体; 2 地震破裂带;
3 地震堰塞塘

4 古浪地震的破坏特征

有关古浪大震的宏观烈度划分,前人^[1,2]曾作了较为详细的研究工作.经过近几年的古浪活动断裂填图研究工作,我们认为顾功叙等^[2]给出的烈度分布图比较接近实际情况(图6).根据我们的调查,在上寺Ⅸ度区内还分布有一椭圆形长轴呈NW向的Ⅺ度区,见图1.由图1可见,地震破裂带、主要滑坡和地震裂缝都分布在烈度为Ⅸ度以上的区域内.Ⅵ~Ⅷ度区呈扁平三角形(图6).据侯康明^[4]的研究,这是由2组地震破裂带即塔儿庄-水峡口和中坝地震破裂带共同作用的结果.鉴于中坝破裂带规模较小,而Ⅸ度以上烈度区形态正常,所以作者认为除了上述2组破裂带影响外,烈度区的形态主要受地形及地质条件限制. Schwartz^①研究表明,基岩山脉可以阻止地震破裂的扩展.在松散沉积物中地震动衰减明显比基岩缓慢.孙崇绍^[5]和王兰民等^[6]的研究表明,在黄土地区地震动衰减比基岩区缓慢得多.古浪地震区的NE侧有龙首山,SW侧有祁连山,SE方向有毛毛山和乌鞘岭,而向河西走廊方向黄土及松散沉积物广布,延伸600多公里,因此古浪地震的Ⅵ~Ⅷ度烈度区向河西走廊延伸较远,并且沿NE方向向民勤及其以北的低缓沙漠区凸出(图6).

5 讨论与结论

(1) 古浪地震地表破裂带与西北地区其它大震不同,由几个不同方向、不同规模、不同性质的地表破裂带组成,累计长度仅50多公里.这虽然与根据地震震级和地震断层长度的经验公式计算的结果相差甚远,但是与中国现今发生的强震地面破裂特点是相似的.如1966~1976年中国发生的9次大地震的地表破裂长度都不大,而且很分散,其中只有1976年云南通海7.7级地震和1973年四川炉霍7.9级地震产生了与活动断裂带一致的地表破裂,但长度也仅有数十公里^[7].而且古浪地震的地表破裂具有以新生破裂为主的特点.

(2) 地震滑坡和裂缝是西北地区主要地质灾害.其中大型地震裂缝主要受地震断层控制,分布在地表破裂带附近.其它裂缝除受地震烈度控制外,还受地形和岩土类型的影响,主要发生在黄土丘陵区 and 脆弱基岩中.地震滑坡除受地震断层和地震烈度影响外,受地形坡角和岩土类型等因素影响很大,主要发生在黄土丘陵地区.

(3) 古浪地震Ⅵ度以上地区面积达6 000 km².由于受周围地质体和地貌条件的影响,Ⅵ~Ⅷ度区的形状呈扁平的三角形形态,这也是古浪地震地表破坏的一个明显特征.

本文得到王兰民老师的指导,特此致谢.

[参考文献]

[1] 郭增建、马宗晋.中国特大地震研究[C].北京:地震出版社,1988.208~229

① Schwartz et al. Fault segmentation and controls of rupture initiation and termination. Proceedings of Conference XLV of U S Geological Survey, 1989. 109~130.

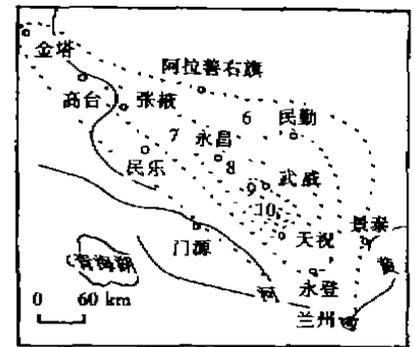


图6 古浪大震烈度分布
(据顾功叙等)

Fig.6 Distribution of intensity of the Gulang earthquake (from Gu Gong-xu et al.).

- [2] 顾功叙,林庭煌.中国地震目录(公元前1831~公元1969年)[M].北京:科学出版社,1983.
- [3] 刘洪春,贾云鸿,苏向洲,等.1927年古浪8级地震地表破裂带研究[A].见:活动断裂研究(4).北京:地震出版社,1995.79~91.
- [4] 侯康明.1927年古浪8级地震地表破裂特征形成机制[J].地震地质,1998,20(1):19~26.
- [5] 孙崇绍.黄土地区震害预测研究的展望[A].见:第五届全国地震工程学术会议论文集,1998.208~213.
- [6] 王兰民,袁中夏,陈永明.黄土地震灾害区划指标与方法研究[A].见:第五届全国地震工程学术会议论文集,1998.196~201.
- [7] 马宗晋,傅征祥,张鄂珍,等.中国九大地震[M].北京:地震出版社,1982.172.
- [8] 邹遵敏,邵顺妹.古浪地震滑坡的分布规律和构造意义[J].中国地震,1994,10(2):168~174.
- [9] 徐锡伟,何昌荣.新生断层的形成及其前震活动性研究[A].见:活动断裂研究(5).北京:地震出版社,1996.197~210.

GEOLOGICAL DISASTERS AND DESTROYING CHARACTERISTICS OF THE 1927 GULANG M_s8 EARTHQUAKE

CHEN Yong-ming, LIU Hong-chun, ZENG Wen-hao,
LIU Hong-mei, ZHANG Wei, DAI Hua-guang
(Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China)

Abstract

Based on field investigations and interpretative result from air-photos, the main geological disasters including the seismic rupture zone, the seismic landslides and the seismic fissures, and their distribution of the 1927 Gulang M_s8 earthquake are described. Then, the characteristics and controlling factors of destruction of this earthquake are studied. The result shows that the surface destruction of the earthquake is obviously affected by the geography and the types of rock and soil.

Key words: Geologic hazard; Seismic rupture; Landslide; Seismic fissure; Gulang earthquake