

青海省共和7.0级大震及其强余震震害研究

张启胜¹, 张敏¹, 李东梅²

(1. 青海省地震局, 青海 西宁 810001; 2. 山西省地震局, 山西 太原 030002)

摘要:以相关的“地震考察报告”及“震害评估报告”为主要依据对1990年4月26日共和7.0级地震及其几次破坏性强余震造成的直接震害进行了全面系统地总结,研究了震害的分布规律,并科学地分析了各种震害的起因.地震引起的地面灾害除了地质条件外,也有人认为改造自然的原因.人们在改造自然的同时,只有严格地、科学地遵守自然规律,才能更好地建设自己的家园.

主题词:青海; 强余震; 共和7.0级地震; 震害

中图分类号: P315 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(1999)02-0160-07

0 前言

地震灾害是群灾之首.在地震预报尚未过关的今天,由于地震灾害的突发性、强烈性和严重性,它给人类带来的不利影响是巨大的.研究地震灾害的分布特点和类型等从而进行灾害预测及采取防救对策和减灾措施是未来灾害学的重要研究内容之一.

1990年4月26日17时37分在青海省海南藏族自治州共和县与兴海县之间发生7.0级强烈地震,主震后的4a内又相继发生了多次5级以上破坏性强余震,这些地震给共和盆地灾区造成了重大的人员伤亡和经济损失,同时也造成了分布很广的地面破坏,如地裂缝、喷沙冒水及滑塌等.前人对该区震害的研究只涉及到1990年7.0级大震的震害^[1],本文论述的地震灾害包括7.0级大震及其8次强余震的震害.因为该盆地近百年无强震显示,所以这种震害研究对该地区未来震害预测和重建家园工作无疑是非常必要的.

1 共和盆地及其区域地质构造环境

共和盆地位于青海省东部地区.青海省东部地区分布着全省70%以上人口,工农牧业产值占全省80%.震区在共和塘格木农场附近,又在黄河上游大型梯级电站重大工程区内.当地主要居住着汉、藏、蒙、回等民族.震区经济、文化、交通等各项事业较为落后,极震区距离省会西宁只有100多公里.

共和盆地位于祁连和秦岭-昆仑山脉山系的交接部位的沉陷区内.盆地的生成和发展受秦岭-昆仑纬向构造带和河西构造系及西域构造体系南带(青海南山)所控制.该盆地形成于第三纪初,北西向展布,长200 km,平均宽50 km.盆地南侧展布着东昆仑断裂带,北侧有青海南山-康乐-天水断裂;盆地内部新构造运动主要以升降运动为主,在盆地内部形成了一些北北西向

收稿日期:1998-03-10

第一作者简介:张启胜,男,1965年9月生,工程师,从事地震地质及震害研究.

隆起形变,主要沿龙古塘-英德海-塘格木一线的北北西向挤压隆起带分布.同时盆地内存在着多组隐伏断裂,以北西或北北西向为主(图1),其中以青海南山南缘隐伏断裂和哇玉香卡-茫拉河断裂最为显著,而7.0级大震正是发生在后者之上的塘格木农场附近.自有地震记载以来,盆地内地震活动甚少,几乎是5级以上地震的空白区.但1990年7.0级大震后至1994年10月12日在盆地内共发生了5级以上破坏性地震达11次之多.1995年至今,盆地内仍有中等地震及震群发生.

2 破坏性地震的烈度分布及灾害情况

图2给出的是共和7.0级地震及其部分强余震的等震线分布.因1994年10月10日及10月12日两次地震的宏观震中相同,震期相近,通过地震区大范围的宏观考察,只圈定一个V度烈度区,故这里没有给出其等震线分布图.

强余震震中分布主要受盆地内部一北西向隐伏断裂控制,该隐伏断裂西起茶卡盐湖南侧,向东南大致沿着丘陵及洪积台地边缘,经哇玉香卡北侧、新哲农场南和塘格木盆地边缘,止于茫拉河一带.是一条陡倾角并向南西倾斜的逆冲断层.强余震震中分布在主震周围呈北西向线性展布.

大致可以看出,主震及其强余震的烈度等震线长轴方向呈北西-南东方向展布,同时总体上都表现为北疏南密的特点,即烈度向南西方向衰减较北东方向快,这与发震断层面向北东方向倾斜有关.另外北西方向衰减较东南方向快,这可能主要与北北西向隆拗构造所形成的地貌影响有关.

在主震等震线图的V度区范围内,明显存在着一个在龙羊峡电站附近沿库区南部的沙沟乡延伸的VI度异常区.这是一种值得重视的现象,可能与该区地处黄河边坡,其地基在水库蓄水后,造成地下水位上升引起场地介质条件松弛以及沙土液化等特殊条件有关.

表1列出了主要破坏性地震震害的大致情况.针对其中破坏性较大的地震都做了地震震害损失的评估工作.

1990年4月26日7.0级地震属主震余震型.极震区地震烈度为IX度,地震波及面甚广,青海全省及甘肃武威、兰州、张掖等地均有感.这是本世纪以来青海省破坏和损失最为惨重的一次地震,灾区人民生命财产受到的损失非常严重.极震区的国营塘格木农场场部、河卡乡红旗村等均被夷为平地,变成一片废墟;共和、兴海、贵南三县广大地区及龙羊峡水电站地区损失也较为严重.据统计,该地震共造成119人死亡,近两千人受重伤,直接经济损失2.7亿多元.

这次主震的强余震均有震中烈度相对于震级偏高的特点,这与共和盆地内部的地下介质和该区建筑有关.这些破坏性强余震的直接经济损失近3.5亿元.可幸的是,在主震后由于震

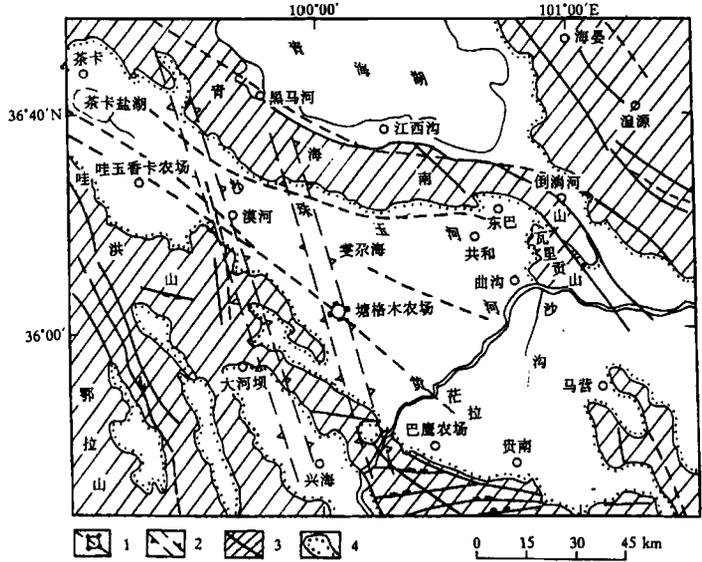


图1 共和盆地及周围地区地质构造^[2]

Fig.1 Geologic structures in the Gonghe basin and its surrounding region.

- 1 宏观震中及隐伏断层; 2 推测北北西向隆起;
- 3 基岩区断裂; 4 新生界断陷盆地

后工作妥当,在强余震中无人震亡.

3 直接震害的分布特征和类型

1990年以后发生的破坏性地震造成的直接震害,除人员伤亡外,主要有房屋破坏、地裂缝、喷沙冒水、滑坡、崩塌等.

3.1 震害分布特征

在历史上无大震记载的共和盆地,本世纪经历这些中强地震之后,直接震害几乎遍布整个盆地,其特点如下:

(1) 在主震震中周围震害密集分布,房屋倒毁最为严重,滑坡、地裂缝等也最为多见.

(2) 从调查情况看,直接震害沿着茶卡盐湖-茫拉河断裂呈条带状分布.这种灾害的分布与发震断裂是密不可分的.

(3) 沿塘格木农场-沙珠玉-共和-东巴呈条带分布,这一带有公路贯通,且人口较为密集.这种震害分布可能与人们对自然的无序改造有关.

(4) 在龙羊峡电站附近,也就是在前面提及的VI度异常区内直接震害分布较为密集,除前文提到的水库蓄水(也属人类活动)为直接原因外,也可能与人口相对集中有关.

3.2 震害类型

3.2.1 建筑物的震害

综合多次考察报告中对遭受破坏房屋的划分,大致可将共和盆地内房屋划分成以下几种类型:

(1) 砖柱土坯结构平房 四角为砖柱,中间为土坯墙,砖柱与土坯之间没有咬合,顶部为梁瓦顶或油毛毡顶.

(2) 干打垒平房 墙体就地取土夯实而成,顶部一般由木梁、泥土或油毛毡构成,其中有少部分用简易木架支撑.

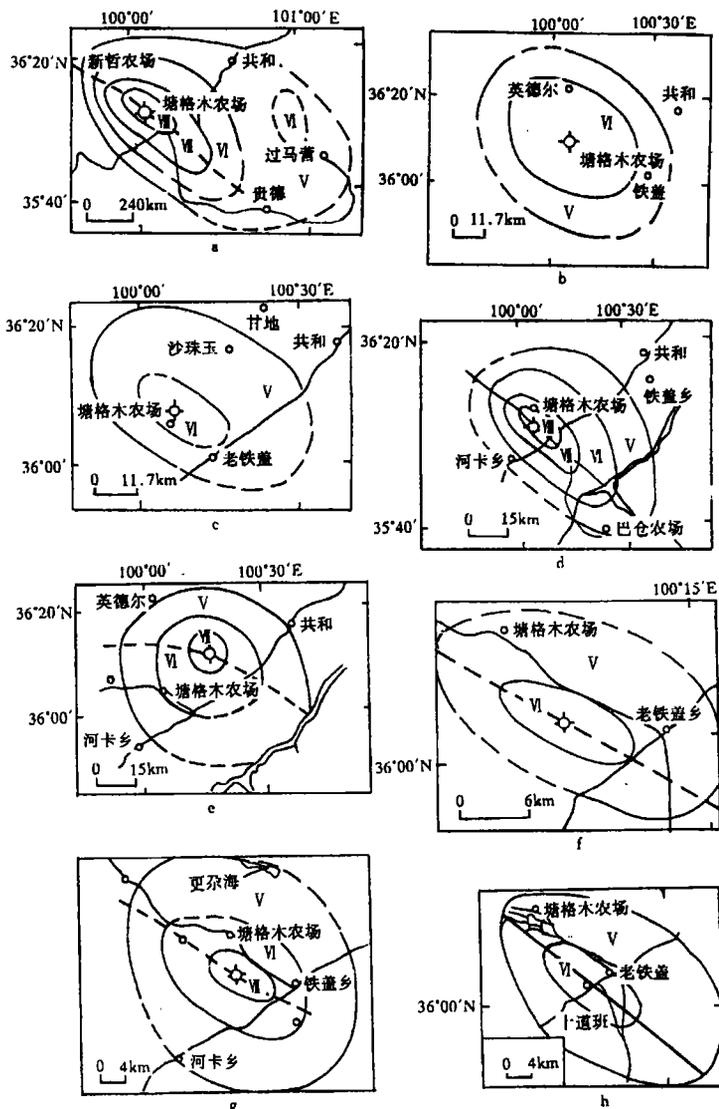


图2 共和7.0级大震及其部分强余震等震线分布

Fig.2 Isoseisms of the Gonghe earthquake and some strong aftershocks.

a 1990-04-26 M_S 7.0; b 1991-09-20 M_S 5.3; c 1992-05-17 M_S 5.1; d 1994-01-03 M_S 6.0; e 1994-02-16 M_S 5.8; f 1994-09-04 M_S 5.2; g 1994-09-24 M_S 5.5; h 1995-07-09 M_S 5.3

表1 共和7.0级地震及其强余震的主要参数和震害统计^①

发震时间	宏观震中	震级(M_s)	震中烈度	受灾面积 /km ²	直接经济 损失/万元	伤亡人数	直接震害
1990-04-26	36°06'N 100°05'E	7.0	IX	17 382	27 000	死亡 119 人 伤 2 000 多人	房屋倒塌, 喷沙冒水, 滑坡、崩塌, 地裂缝
1992-05-17	36°03'N 100°05'E	5.0	VI	255	无评估		地裂缝
1994-01-03	36°01'N 100°05'E	6.0	VII	3 394	5 745	轻伤 9 人	房屋毁坏或 严重破坏, 边坡崩塌, 地裂缝 房屋中等
1994-02-16	36°11'N 100°17'E	5.8	VII	3 456	1 406	伤 30 余人	以上破坏, 地裂缝
1994-09-04	36°01'N 100°06'E	5.3	VI	68	205		房屋中等破 坏,地裂缝
1994-09-24	36°01'N 100°05'E	5.5	VII	1 215	1 056	轻伤 1 人	房屋中等破 坏,墙体倒 塌,边坡崩 塌
1994-10-12	35°51'N 100°27'E	5.3 5.0	V	3 094	525		房屋严重破 坏,边坡滑 塌
1995-07-09	35°59'N 100°01'E	5.3	VI	557	无评估		房屋遭叠加 破坏严重

(3) 砖混结构房屋 其中有楼房、平房和大跨度厂房。

灾区主要以前两类房屋为主,第3类占的比例较少。图3中所示的房屋倒毁主要指房屋的主要承重结构破坏,即房屋倒塌,屋顶大部分落地,或房屋部分倒塌不能修复,包括《震害调查及灾情损失快速评估工作指南》中的5、6类。图3中的“中等以上破坏”是指房屋的主要承重结构基本完好或轻微破坏,非承重结构破坏严重,房屋虽未倒塌,但修复困难或不能修复,如山墙外移、裂开,严重滑坡等,包括《震害调查及灾情损失快速评估工作指南》中的3、4类。

这些破坏性地震的Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ度区都存在严重的房屋倒塌现象,甚至Ⅵ度区内也有部分房屋倒塌。共和盆地内普遍为黄土覆盖地区,介质含沙质成分较多,土质松散是造成房屋大面积破坏的原因之一;另外与这一地区民用住房普遍采用砖土坯结构和土墙木梁结构有关。该类房屋的砖柱与土坯墙之间不咬合,整体性较差,土墙承载力较低,加之土坯和土墙就地取材,质地松散,而木梁泥瓦混合结构的房顶较重,因此导致低烈度区部分房屋也有严重破坏的异常现象。

特别值得提及的是,经过7.0级主震后,按照当地地震基本烈度设防新修建的房屋经受住了后来5.8和6.0级强余震的考验,而没有按此烈度设防的许多私盖房屋以及第一次震后未

^① 相关数据均引自青海省地震局相关地震的“考察报告”及“震害评估”报告。

来得及拆除或修复的危房都没能经得住这些强余震的冲击。

3.2.2 地质地貌震害

地质灾害种类繁多,其造成的破坏作用深远.由于人类的社会经济活动,它与社会经济条件相互影响,对人类构成的潜在危险是相当大的^[3].本区地震的地质灾害主要有地裂缝、沙土液化、滑坡、崩塌等。

(1) 地裂缝 不但7.0级地震造成了极震区的裂缝,而且在1994年1月3日和2月6日先后发生的6.0和5.8级以及1994年9月4日5.3级地震中也出现了地裂缝.7.0级地震的Ⅸ度区内地面裂缝十分普遍,但是大多数都受到地形及重力影响因而无一定的方向性及特定的组合形态.仅见塘格木农场场部西北角一条裂缝延伸150余米,总体走向

N60°W,将一田埂顺时针水平错断10cm,估计为构造裂缝,而不是主断层裂缝.1994年1月3日发生6.0级强余震时,在塘格木农场南约7km处造成了大面积地裂缝,其地面总破坏宽度为4km,明显可见3条平行展布的裂缝带,宽约2km,断续由震中向东南延伸,穿过204国道后逐渐消失,总长约15km.

1994年2月16日发生5.8级强余震时在极震区沙丘上出现多条相互平行的裂缝,缝宽为2~5cm,单条延长数米之多,延伸方向为东西和北西两组。

1994年9月4日5.3级强余震时,在红旗村牧业点附近199km和200km两路标间的公路(国道)两侧出现数条雁行排列,方向300°~310°的新地裂缝,长0.6~1.0m,宽2~44cm,总体延伸3km.

这些地裂缝在地面不是连续有规律分布的.它们因受地形影响无一定方向性,走向不稳定且延伸不长,无明显的位移特征.其几何形态、位移特征和应力状态表明,它们属于次生裂缝.但这些裂缝的总体分布却与断裂走向及震中相关联。

另外,在仰塘水库及德茫水库附近的较低烈度区也出现了地裂缝.我们认为这与该区地下水富集有关。

(2) 喷沙冒水 在7.0和6.0级地震中都出现了这一现象,主要分布在更尕海以西和仰塘水库工地河滩上以及克周村附近的河岸地带.喷沙孔直径最大为1.5~2.0m.这是由于细沙和土层在饱和水条件下因地震振动而使孔隙水压增高,保存在颗粒间的自由水被挤出,水与颗粒产生移动,土质原有结构遭到破坏,重新组合从而使得该层由固态转化为液态,并伴随地下水涌出、喷出、流动.这种现象对人类生存环境造成的破坏是很大的,若发生在建筑物基础

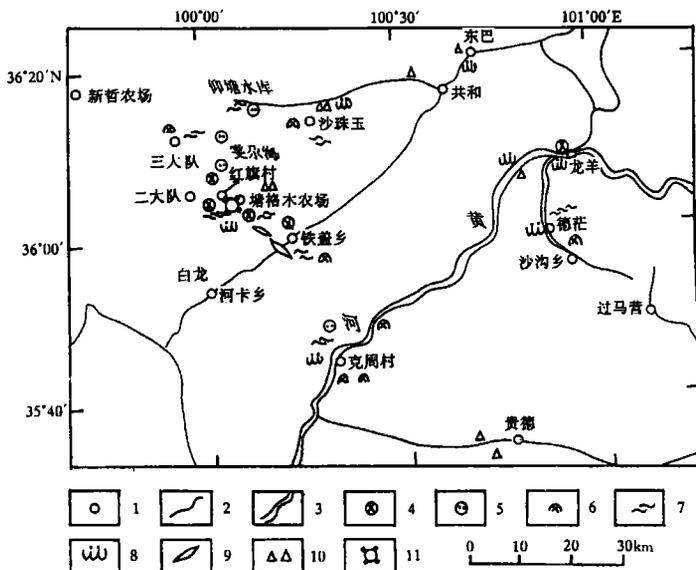


图3 共和7.0级地震及其强余震造成的共和盆地直接震害分布

Fig.3 Distribution of the direct damages caused by the Gonghe $M_s7.0$ earthquake and its strong aftershocks.

- 1 地名; 2 公路; 3 河流; 4 房屋倒塌;
- 5 喷沙冒水; 6 房屋中等破坏; 7 地裂缝;
- 8 滑坡; 9 隆起; 10 崩塌; 11 主震震中

上,其后果尤为严重.前人研究表明^[4-6],当地震特征(持续时间等)、地貌(洼地、水系)、地质及水文地质条件一并具备且地震烈度超过Ⅵ度或接近Ⅶ度时就有可能产生喷沙冒水现象.共和地震中喷沙冒水现象的环境和特征是与此相符的;另外,较短时间内多次中强以上地震的迭加有可能造成较低烈度区的喷沙冒水现象.

(3) 滑坡与崩塌 在7.0级地震及其强余震中多处出现滑坡及崩塌现象,如龙羊峡库体周围、德茫水库附近的山体、极震区的崖体及有些公路边坡一侧和河岸处.它们不仅发生在高烈度区,而且在低烈度区也普遍存在,如Ⅴ度区内的东巴-共和公路两侧、黄河两岸、贵南县城南山和Ⅵ度区内的沙珠玉河南山一带均有不同程度的地震滑坡和崩塌,有些地段因滑坡造成交通中断.分析其原因,该地区为黄土所覆盖,介质含沙较多,土质松散,流水冲蚀作用形成的陡坎和倒悬坡地貌处处可见,人为改造行为也十分突出,受到轻微震动却容易造成坍塌.从另一角度分析,该区震前属于较稳定地块,自1900年有地震记载至1990年近百年时间,共和盆地内没有4.7级以上破坏性地震活动^①,这就给陡坎和倒悬坡地形创造了存在发育的条件.

4 结语

1990年共和7.0级地震是该区本世纪破坏性最为惨重的一次地震.在此次地震前该区尚无历史大震记录.因此,对于无破坏性历史大震的这一地区的震害预测提出了新的课题.本文全面系统地总结了此次地震及其强余震的震害,科学地分析了震害的性质及原因,为共和地区的建设提供了科学的依据.

共和7.0级大震及其强余震造成的灾害不仅发生在高烈度区,同时也普遍发生在低烈度区.这一现象除当地的地质条件外,还与人们的活动行为有直接关系.普及地震学知识教育,加强有关地震法规的宣传,让人们以尊重科学,尊重自然的态度建设家园,这将会得到人类生存环境的更好回报.

减轻地震灾害的主要途径是通过经济上可行的对现有建筑的抗震加固以及建造安全的新建筑来保证人民生命财产安全^[7].对震区大多数民用建筑及部分厂房等原有的建筑方式进行适当改革,如采用加固或铲除可液化土层等措施以及在结构上重视圈梁和构造柱的设置^[8]以提高建筑物抵御震害的能力.

本文没有深入讨论断裂参数、断裂错动方式等与震害的产生和存在方式之间的关系.前人曾有过此方面的初步研究^[6],这将有助于震害预测的深入研究.

本文修改过程中,得到了青海省地震局张晓东研究员和夏玉胜高级工程师的热情指导,在此表示衷心感谢.

参考文献

- [1] 涂德龙.共和6.9级地震震害及烈度分布[J].高原地震,1990,2(3):21~25.
- [2] 曾秋生.1990年4月26日青海省共和、兴海间6.9级地震概况[J].高原地震,1990,2(3):3~11.
- [3] 张业成.近40年中国地质灾害基本情况与主要特征[J].灾害学,1992,7(4):50~54.
- [4] 国家地震局科研处.唐山地震考察与研究[M].北京:地震出版社,1981.
- [5] 中国科学院工程力学研究所,河北省地震局.唐山地震震害调查初步总结[M].北京:地震出版社,1978.
- [6] 中国科学院工程力学研究所.海城地震震害[M].北京:地震出版社,1979.

① 青海省地震局.青海共和盆地强震发生机制研究.1997.

- [7] 梁鸿光. 减灾必读[M]. 北京:地震出版社, 1990.
 [8] 张述勇. 结构抗震基本知识[M]. 北京:清华大学出版社, 1989.

STUDY ON THE DAMAGES OF THE GONGHE $M_S7.0$ EARTHQUAKE AND ITS STRONG AFTERSHOCKS IN QINGHAI PROVINCE

ZHANG Qi-sheng¹, ZHANG Min¹, LI Dong-mei²

- (1. *Seismological Bureau of Qinghai Province, Xining 810001, China*;
 2. *Seismological Bureau of Shanxi Province, Taiyuan 030002, China*)

Abstract

Based on the reports about investigation and disaster evaluation of the Gonghe $M_S7.0$ earthquake and its strong aftershocks, the direct damages of these earthquakes are systematically summed up, the distribution regularity of earthquake damages is studied and their causes are analysed. There is the cause of human action besides geological reason. Only following natural law can we rebuild our homeland better.

Key words: Qinghai; Strong aftershock; Gonghe $M_S7.0$ earthquake; Earthquake damage

 (上接 148 页)

RELATIONSHIP BETWEEN EARTHQUAKES AND THE ACTIVITY PATTERN OF ASTHENOSPHERE IN UPPER MANTLE ALONG THE 35°N LINE

GUO An-ning

(*Lanzhou Institute of Seismology, CSB, Lanzhou 730000, China*)

Abstract

The north latitude 35° line is a special earthquake activity belt. The convection direction of asthenosphere in upper mantle bends just near the line. Study results show that activity pattern of asthenosphere in upper mantle along the 35°N line is closely related to earthquakes.

Key words: Mantle convection; Seismic activity; North latitude 35° line