

王爱国、袁道阳、雷中生, 2018, 1936年天水南6级地震震害特征与发震构造, 中国地震, 34(4), 788~799.

1936年天水南6级地震震害特征与发震构造

王爱国^{1,2)} 袁道阳^{1,2)} 雷中生¹⁾

1) 中国地震局兰州地震研究所, 兰州市东岗西路450号 730000

2) 中国地震局地震预测研究所兰州科技创新基地, 兰州市东岗西路450号 730000

摘要 通过对历史地震资料的系统收集整理、现场调查及烈度点评估等工作, 对1936年天水南6级地震等震线重新进行了改绘, 并对此次地震的震害特征、等震线特征及其与活动构造间的关系进行了研究。结果表明, 此次地震极震区最大烈度为Ⅷ度, 集中位于天水镇及其以北地区; NEE向的礼县-罗家堡断裂中东段基本与此次地震重破坏区长轴线重合, 应为此次地震的发震断裂; 由于受NNW向西秦岭北缘断裂带与NNW向六盘山断裂带2条区域深大断裂及北部黄土区的影响, 低烈度等震线长轴方向逆时针旋转, 地震动及烈度向北衰减变缓, 地震等震线呈现明显的南北衰减不对称性。

关键词: 1936年天水南6级地震 震害特征 等震线 发震构造

[文章编号] 1001-4683(2018)04-0788-12 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

1936年8月1日14时24分30秒, 在天水南发生了一次中强地震, 仪器震中为 34.2°N 、 105.7°E , 精度2类, 震中误差 $\leq 25\text{km}$, 仪器测定震级为6级。此次地震震中位于天水西南西秦岭内部的礼县新生代盆地内, 这里也是1654年天水南8级地震的重灾区。由于该区地质构造复杂, 地表新生代覆盖严重, 故对其活动构造研究一直存在很多困难和疑点, 特别是对于礼县-罗家堡断裂新活动特征及1654年天水南8级地震的发震机制等仍缺乏清晰的认识(杨晓平等, 2015; 刘白云, 2012; 袁道阳等, 2017)。地震地表破坏特征是地震的地表反应, 等震线长轴方向往往对地震破裂面及地震机制的研究具有指导意义。鉴于1654年天水南8级地震研究本身存在的困难及该区构造在地表显示的模糊性, 虽然1936年天水南6级地震震级不大, 但两者震中位于同一区域, 年代相对较近, 后者的资料丰富且相对准确可靠, 其研究结果可能对1654年8级地震的研究起到一定的参考作用。因此, 本文在对1936年地震原有史料和前人调查资料进行系统收集和整理的基础上, 通过档案查阅与核查、现场考察(重点为访问破坏区经历过此次地震的幸存老人)等方式, 收集到一批新补充的资料, 经过详尽整理、分析, 重新绘制了等震线图, 并分析了这一等震线特征的构造含义, 以期为本区活动构造研究及1654年8级地震研究提供参考。

[收稿日期] 2018-03-28; [修定日期] 2018-05-05

[项目类别] 中国地震局地震科技星火计划项目(XH16036)资助

[作者简介] 王爱国, 男, 1972年生, 副研究员, 主要从事地震地质、工程地震及数值模拟方向的研究。

E-mail: waguo@gssb.gov.cn

1 地震概况及研究历史

1936 年天水南 6 级地震发生后,全国许多报刊都进行了报道(国家地震局兰州地震研究所,1985、1989)^{①②}。当年甘肃省政府工作报告根据造册公布了此次地震的总损失:城乡共压毙男女 115 人,受伤者 31 人,倒塌房 4459 间,压毙牲畜 600 余头。1936 年 8 月 5 日《字林西报》(英文)登载了《天主教堂关于 1936 年 8 月 1 日地震报告》,该报告非常详细地记述了震前的气候变化、地震时天主教堂附近及天水市的破坏情况。同时还记录了地震后 3 天的天气变化及余震活动,是十分珍贵的现场实录。

1953 年,甘肃省人民政府工业厅曾组织相关人员对包括此次地震在内的甘肃地震进行了考察,并油印了《甘肃地震研究资料》。1960 年,天水地震烈度调查组也曾进行了调查,并编写了《天水地震烈度调查报告》。1966 年,中国科学院兰州地球物理研究所为提供李子园地区的地震基本烈度,再次对此次地震进行了现场考察,并确定了宏观震中(34.4°N, 105.8°E)为今天水镇一带,震中烈度评定为Ⅷ度。在考察中发现,李子园大面积基岩出露区出现了烈度的轻异常现象,并绘制了等震线图(图 1)。此后,再没有对此次地震进行过详尽考察。此次地震的原有资料及研究结果主要参见《陕甘宁青四省(区)强地震目录》(国家地震局兰州地震研究所,1985)、《甘肃省地震资料汇编》(国家地震局兰州地震研究所,1989)和《中国近代地震目录(公元 1912~1990 年, $M_s \geq 4.7$)》(中国地震局震害防御司,1999)等。

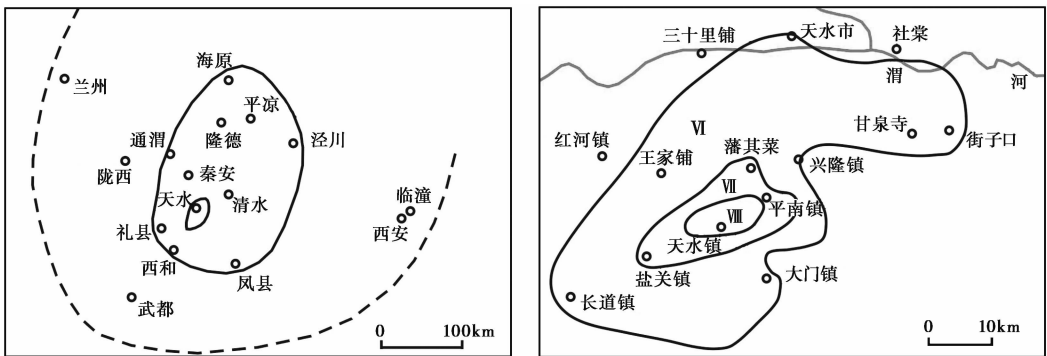


图 1 1936 年天水南 6 级地震原有有感范围及等震线图(据国家地震局兰州地震研究所(1985))

2 震害特征数据

由于 1936 年天水南 6 级地震震级不大,因此破坏范围有限。本文综合史料记载、现场调查访问情况及档案资料等将各调查点震害特征进行了汇总,结果如表 1 所示。

3 烈度评定与震害分布特征

烈度的评定主要依据 GB/T17742—2008《中国地震烈度表》(中华人民共和国国家质量

①甘肃省档案馆,全宗号 15,目录号 6,案卷 366,内部,65、70、75、85、49。
②甘肃省档案馆,全宗号 27,目录号 3,案卷 70,内部,55、60。

表 1 1936 年天水南 6 级地震各调查点震害特征与烈度评定结果

编号	地点	主要震害	烈度	来源
1	天水市	地震时,人站立不住,脸盆中的水溢出,桌上的器皿、油灯,书架上的书及天主教堂墙上的挂钟被震落下来,房屋普遍开裂,个别墙及挑檐危房有倒塌。少数城墙垛口倒塌,将个别房屋压塌,伤 6 人。需要说明的是,城墙并非全是地震震塌的。在访问中,不少人指出,一些城墙是震后下雨塌的。1936 年 8 月 6 日的《字林西报》也说:“8 月 2 日星期六,下雨,一直到午前九时,由于晚间大雨,又有很多城墙倒下来,教堂顶都有打坏的。”位于五里铺的测候所东南角,地面低陷,墙壁崩裂。据 1953 年调查,城区压毙 11 人,负伤者甚多。城区及南门一带较轻,北关、东关最为严重,西关次之。如位于东关的天主教堂,几乎所有房间的顶棚被震坏,3 间房的玻璃被打碎,许多房屋的门由于变形而无法关上。围墙倒塌,很多砖瓦震落并被打碎。再如,北关依墙而立装满粮食的口袋震倒。家具、房屋均有被摇坏的,但城垛倒的不多。市区的南山和北山,由于发生小规模滑坡,致使烟雾上升。其中“城北上山崖堡多被震摧”。天水电灯分局局长张成涣给省上电报称:地震时,电灯局房屋历年在久,因之不甚坚固,地震时将门楼以及机厂锅炉等房动摇裂坏甚重,其余各处房屋,亦有损坏,较之稍轻	VI	国家地震局兰州地震研究所,1985、1989; 中国地震局震害防御司,1999;[C]
2	五里铺金家庄、陈家庄	震感较市区轻,地震时,人摇摆,头昏,门窗发响,极个别的稍墙有倒落	VI	国家地震局兰州地震研究所,1989
3	十里铺	塌房 10 余间,伤一小孩。街上 6 间土木结构房向东倾斜。许多房开裂	VI	国家地震局兰州地震研究所,1989
4	二十里铺	人摇摆,能站立,头发昏,坏房被震倒 10 余间	VI	国家地震局兰州地震研究所,1989
5	社棠镇	房屋发响,人摆动,但室内器皿没有倒的	V	国家地震局兰州地震研究所,1989
6	黄家嘴	一朽墙被摇倒,将 1 人腿砸伤	V	国家地震局兰州地震研究所,1989
7	南河川	地震时人摇晃,房屋有不宽的小裂缝	V	[C]
8	渭南镇	被访者多对此次地震印象不深。只知有这回事,但地震不强烈,人普遍有感	V	[C]
9	街子口	被访者认为感觉不强,头稍有发昏,偶有屋瓦、屋脊被震落的	V	[C]
10	麦积山	人普遍有感,有人感到头昏,并且来回摆动,但尚能站立	V	国家地震局兰州地震研究所,1989
11	盐关	震声从北来,地震持续 5~6min,屋瓦乱飞,檐流如注,墙垣多数倒塌,又逢大雨,民众均奔城外逃避。据官方调查,房屋倒塌一千五百余间,压毙 16 人,重伤 5 人,轻伤 22 人。地震后省政府拨 1500 元救灾	VIII	国家地震局兰州地震研究所,1989;[C]
12	天水镇	震声如雷从北来,人站不稳,头昏。60~70 间挑檐房倒塌,马鞍架房有倒稍墙者。土城墙有塌落,最大一处长 1m 多。砸死 4~5 人,土崖也落土。被访者认为与 1920 年地震相比差不多,一样大,但时间要短些	VIII	国家地震局兰州地震研究所,1985、1989;[C]
13	罗家堡	地震时人头晕,房屋普遍开裂,并有倒塌。危房有倒的,屋顶上的瓦掉落	VII	国家地震局兰州地震研究所,1989;[C]
14	草滩村	天水镇北约 5km 的北山上。地震时人站立不稳,房屋倒塌很多	VIII	国家地震局兰州地震研究所,1989



续表 1				
编号	地点	主要震害	烈度	来源
15	王家庄	天水镇高崖上,人被摇的站立不住,有些人趴在地上。全庄子倒了 19 间挑檐房	Ⅷ	国家地震局兰州地震研究所,1989
16	潘家寨	地震时人们全有震感,并惊逃户外。不好的土房、土墙有倒的,房瓦坠地,房屋全都开裂,有的裂缝较宽	Ⅶ	[C]
17	安集村	震声从北来,人站不住,头昏。家具发响。老房裂口,最宽约 4cm。朽屋、朽墙有倒的,屋檐掉落	Ⅶ	[C]
18	兴隆镇	震声如雷吼,房屋开裂,屋瓦掉地,土墙有倒的	Ⅵ	[C]
19	杨家寺中川村	位于海子西北 5km。土城垛倒塌,砸塌屋顶,城跟前的猪羊被打死的多。全庄倒房 20 余间,占总数的 5%。死 10~20 人,伤 6~7 人。房屋摇动,房屋墙壁、房脊都有倒塌	Ⅵ	[C]
20	平南镇	比 1920 年地震轻。地震时,人摇摆,头发昏,房屋开裂,土墙有倒的,但没有倒房子	Ⅶ	国家地震局兰州地震研究所,1989;[C]
21	裴家庄	地震时人们感觉很厉害。被访者当时正在拾麦子,他们几个孩子都被摇倒在地,并在地上滚了起来。他家的房子此次地震时墙被震倒了,现在的房子是地震后才盖的。由于地震发生在白天,所以没伤人	Ⅵ	[C]
22	南山石马坪	土岗崩裂倒塌兼有地陷	Ⅵ	[1]
23	马跑泉镇团庄	地震时房屋发响,屋瓦被震落在地,墙上泥皮震落,朽木房及不坚固的土墙偶有倒塌者。地震时,人摇晃,但不厉害	Ⅵ	[C]
24	马跑泉镇胡家庄	出生于 1923 年的胡丕绪在被访时说,地震时他刚好 13 岁。地震时天下起了大雨,胡家庄一带房屋开裂,房瓦掉下,朽墙有倒的。据老人介绍,胡家庄对面的胡家堡位于一二十米高的小山梁上,三面为悬崖,只有一条宽不过 2m 的小山脊与堡子相连,易守难攻。堡子里做生意的人很多,因而十分热闹和繁华。民国九年地震时,堡子被摇平了,堡内 85% 以上的房屋倒塌,以后开辟为农田。直到 20 世纪 70 年代由于用地紧张,才又开始在此建房,现房屋已盖满了	Ⅵ	[C]
25	马跑泉上街(二箭子)	出生于 1931 年的王宏德介绍说,地震时他很小,当时天比较热,地震发出隆隆响声,房屋开裂,掉瓦,地震后下起了大雨。他听老人讲,民国九年地震时,街上的房屋、铺面摇倒了很多	Ⅵ	[C]
26	马跑泉后坪	出生于 20 世纪 10 年代的张维维老人说,民国二十五年地震时,人们都从房中跑出来,房瓦坠落,房屋开裂,极个别朽房有倒的。地震后,下起了大雨	Ⅵ	[C]
27	华岐韩家山	地震时人们都跑了出来,同时又下起大雨,大家纷纷躲在两棵大酸枣树下避雨。地震时,这里倒房很多,倒的都是质量不好的一水房(即单面房),剩下有七八家房,都是马鞍架房。有一位七十多岁的老汉,他老伴、孙女都被地震砸死了,受访者韩士杰还随大人到他们家里去看望,他家都没人了,全庄就死了这几个人。他还介绍说,听老人讲,猴年(应指 1920 年)还有一次大地震,还没有我,这次地震很厉害	Ⅶ	[C]
28	罗家堡刘家坪	地震情况与韩家山相当,房屋开裂,掉瓦,一水房有倒塌	Ⅶ	[C]
29	皂角镇	马成德老人讲,民国二十五年,他有十几岁,地震发生在六月二十五(六月十五之误),地震时,皂角的房子开裂,土墙也有倒的,比较多,但房屋没有倒的。地震后就下起了大雨	Ⅵ	[C]



续表 1

编号	地点	主要震害	烈度	来源
30	罗家堡郊里村	出生于 1925 年的李光荣介绍说,民国二十五年地震发生在古历六月十五,地震还很严重。地震时瓦片坠落,土墙倒了很多,不少危房也有倒的。他们庄当时有一千多人,死了 2 个人。听说盐官很重	Ⅶ	[C]
31	华岐辛家大庄	据出生于 1931 年的辛富财讲,民国二十五年六月十五地震时,他还小,睡在炕上,家里人把他抱了出来,紧接着墙就倒了,把他的脚给砸伤了	Ⅶ	[C]
32	华岐(王家团庄)	辛世奔的父亲出生于民国十六年(1927 年),地震时 9 岁,当时他去地里给家里人送饭。地震时震声如雷,从西北来,人们来回晃动。他送饭的罐子也被震落在地。还有许多大人和小孩到山上摘野果子,地震时被震倒在地,并在地上滚了起来。人们都惊恐万分,四处乱跑。崖上的土被震落下来,到处都尘土飞扬。不仅朽房有倒的,好房和厅房也有倒的。有的房脊一面倒在街上,另一面倒在房内,房顶的瓦到处飞落。有人被埋压在房内,但并没受伤,主要是让梁给压住了。地震时辛世奔的爷爷还睡着,醒来后已是晚上,他看见天上有星星,还不知是怎么回事。 采访时年龄 60 多岁的汪德老人,讲述了他听老人们说起的有关此次地震的情况,内容大致与辛世奔的父亲讲的一样。地震后下起大雨,人们把牲口都赶了回来。下面一个和他们村紧邻的庄子,有 60 多户人,倒了几十间房子,压死 1 个老人。当时老人抱着 1 个孙子,所以孙子也受伤了	Ⅶ	[C]
33	范家山一带	民国二十五年地震时,正是六月割麦子的时候,把人摇的来回晃动。由于当时房子不好,所以有倒塌的,也有土窑倒塌,将鸡、驴压在了里面	Ⅶ	[C]
34	硖门	震声从西北来,人们都跑到门外。房子倒了一些,但不多。压死 1 个人。周围各庄情况相差不大。地震后就下起了大雨	Ⅶ	[C]
35	店镇	采访时赵红明的婆婆 90 岁,还有赵红明的妈妈、赵全保等人在场。他们回忆说,地震的前一天天黑了(注:指有月食),第二天就发生地震,地震时摇得很厉害,危房倒的较多,但好房没有倒的。有 1 个人地震时被砸伤,被砸伤的这个人已于 2007 年去世。还有 1 个人被土窑埋了进去,后又被挖了出来。此外再无伤亡。地震时土崖崩塌,尘土飞扬	Ⅶ	[C]
36	牡丹	地震时人站立不住,一个背东西的人被摇的趴在了地上。房屋普遍有裂缝,极少数房有倒塌的,山上有 1 间房子也被震倒了。堡子的墙也有被摇塌的。另一在场的老汉补充说,他们这里有个姓王的人家,地震时房子全倒了	Ⅵ	[C]
37	王家铺	地震时人摆动厉害,房屋普遍开裂,土墙有倒塌的	Ⅵ	[C]
38	太京	在太京镇先后采访了 3 位老人,受访时王艾秋 84 岁,台发祥 86 岁,银珍(女)81 岁。据他们回忆,民国二十五年地震时,这里不太厉害,人感到晃动,房屋普遍发生裂缝,但未伤人	Ⅵ	[C]
39	藉口镇郑集寨	史国贞 61 岁,他听老人讲,民国二十五年地震时,房脊被摇下来的很多,房瓦也有掉下来的,但房屋没倒塌。王新汉(85 岁),杨怀德(79 岁),郑夏还(70 多岁)等老人也分别介绍,此次地震藉口房屋普遍发生裂缝,但房屋没有倒塌的,也没有人员伤亡	Ⅵ	[C]
40	秦岭乡关家店	地震时头发晕,人来回摇摆。房瓦掉了下来,土墙也有倒的,但房屋没有倒塌,也无人员伤亡	Ⅵ	[C]
41	杨家寺	被访的曹任成老人,地震时已 10 岁,对此次地震没有印象	V	[C]



续表 1				
编号	地点	主要震害	烈度	来源
42	杨家寺白家沟	情况不严重	V	[C]
43	杨家寺白马村	地震马马虎虎(即不严重)。人头发晕,感到不清醒,地震很快就过去了。门窗发响,有房脊掉下来,危土墙有倒塌,但好墙和房屋均没有倒的,无人员伤亡。地震后下起大雨	VI	[C]
44	沿川子	地震时人来回摇晃,家具响,房屋无损	V	[C]
45	徐家店	地震时人头晕,站立不稳,没有倒房等现象。地震较轻,无伤亡	V	[C]
46	肖家崖	人晃动,盆中水溢出,房屋偶有轻微开裂者,没有倒房	V	[C]
47	红河乡石沟	门扣发响,盆里水来回晃动并泼出。当时都是朽房,所以土墙有倒的,山崖也垮了	VI	[C]
48	红河石嘴村	地震不太严重,房屋裂开,掉瓦,土墙可能有倒的	VI	[C]
49	盐官新庄	土墙、土房有倒的,但倒的不多	VII	[C]
50	汪川闫家集	闫岁娃 73 岁,据他介绍,他是八月出生的,地震发生在六月十五。听老人讲,地震前大人们把小孩锁在了家里他们到山上捉蚂蚱,结果地震了。家里人急急忙忙往回赶,赶回后把孩子们抱到场上。有两家的房瓦和檩子被震了下来,现在这个地方被学校占了	VI	[C]
51	长道	地震时房瓦下坠,房墙裂缝,土墙有倒的	VI	[C]
52	汪川糜川	震声轰轰而来,如汽车驶过。有两个小孩子给打死了	VI	[C]
53	汪川万家庄	万福锐 80 岁,他说,地震时,他只有八九岁,正爬在麦场的一个小土墙上,结果被摇的掉在水渠里了。还有一个老汉在半山上有 5 间房,房墙倒了,但房屋未倒,一个少年的头被打破了,这个老汉把少年拉了出来,结果自己被砸伤了。后来老汉因伤势严重而死了	VI	[C]
54	汪川镇	房屋均无倒塌,但有裂缝	VI	[C]
55	花牛寨	地震时房瓦掉了下来,房屋普遍开裂,不好的土房、土墙有倒的	VI	[C]
56	天水郡	地震时下了大雨,人们都躲在场上,房屋裂缝掉瓦,极少数不好的土房、土墙有倒的	VI	[C]
57	西十里	地震后紧接着下大雨,房屋墙壁裂缝,朽土墙有倒的	VI	[C]
58	汪川镇吕家坡	地震时房屋开裂,但没有倒的。山上的土震落下来,到处尘土飞扬	VI	[C]
59	祁山堡	地震时房屋都裂开了,檐瓦也掉了下来。土墙有倒的	VI	[C]
60	大门乡下街村	杨来喜 85 岁,地震时他十几岁了,正在割麦的人被震得在麦地里打转转。当时全村有 34 间房,倒了 17 间不好的土房,城墙也有滑塌。笔者现场考察发现,城堡位于高约百米的山上。由于地形地貌因素,加重了下街村的震害。地震发生在白天,所以无人员伤亡	VI	[C]
61	娘娘坝一队	他们正在割麦子,小孩子被锁在家里。地震时他们急忙跑了回来,躺在床上的孩子还睡着。把孩子叫了起来,一手抱着一个,一手拉着一个,跑了出去。晚上人们都睡在场上,房屋没裂开	V	[C]
62	娘娘坝	地震不厉害,但人们都睡在外面,娘娘坝房屋没有裂开的	V	[C]
63	齐寿	地震时房屋裂缝,土墙有倒塌的,但不严重。无人员伤亡	VI	[C]
64	甘泉	地震时震声从东而来,门窗咯咯作响。人感到头昏,上下颠簸,但能站立。少数房瓦、房脊有震落的,不好的土墙有震倒的。如秦家厅房前檐就掉了下来	VI	[C]



续表 1

编号	地点	主要震害	烈度	来源
65	天水东乡山区	“遭猛烈地震,加以连日霪雨为灾,烧炭各窑既受摇动,复被雨冲,以及率多倒塌,……。”		国家地震局兰州地震研究所,1989
66	李子园	地震有声,人来回晃动,头晕。很快地震就过去了。房屋没破坏,也没发生裂缝	V	[C]
67	柴家庄	夏天时地震,人头晕,来回摆动,但能站立,房屋没裂缝	V	[C]
68	麦积	人头晕,盆中水摆动,有泼出者,房屋完好	V	[C]
69	元龙	人有感,但不少被访者无印象	V	[C]
70	伯阳	人来回晃动,感到头晕,房屋完好	V	[C]
71	马家店子	地震时人都有感,不少人跑到麦场上	V	[C]
72	麻沿河	地震时惊逃户外,但很快就过去了,家具发响,房瓦鸣	V	[C]
73	铁炉	人们来回晃动。房屋没有倒的,也无人员伤亡。地震后下起大雨	V	[C]
74	北道	北道房屋没有倒的,也没有裂缝。地震后下起大雨	V	[C]
75	礼县	地震时天正下着蒙蒙细雨,持续时间约 1min,自南向北。城区倒房数十间,死伤 10 余人。当夜大雨如注,连续微震 2 次,皆不甚烈	VI	国家地震局兰州地震研究所,1985;[C]
76	礼县西区	山崩地裂	VI	中国地震局震害防御司,1999
77	西和	震声从北来,连续复震 2 次。城内房屋微有倒塌,其他无损。据西和代理县长马廷秀报告,地震发生在下午一点钟许,正霪雨如注之时,连震 3 次,初次约 2min,第二、三次较轻。第五区所属盐官镇倒塌房屋颇多,压毙男女 10 余人,由县长亲往勘查	V	国家地震局兰州地震研究所,1985、1989
78	秦安	震声从东南来,地震约 5min。城关屋墙间有倾倒,山中悬崖亦有塌崩	V	国家地震局兰州地震研究所,1985、1989; 中国地震局震害防御司,1999
79	清水	县府瓦房一间、东城碉楼一处坍塌	V	国家地震局兰州地震研究所,1985、1989; 中国地震局震害防御司,1999
80	清水白驼-草川铺一带	房屋开裂,悬崖崩塌,受损较重	V	[C]
81	徽县	震声如雷,人普遍有感,晚连震 3 次,未成灾	V	国家地震局兰州地震研究所,1989
82	陇西	地震持续 1min,自西而东,房屋完好无损	< V	国家地震局兰州地震研究所,1989
83	榆中	“本月一日下午一时二十分地震,约有一秒之时。县城内外均无损伤。各区尚未据报告……。”	< V	国家地震局兰州地震研究所,1989
84	漳县	地微震	< V	国家地震局兰州地震研究所,1989
85	武都	地震持续 3min,房屋未损	< V	国家地震局兰州地震研究所,1989



续表 1			
编号	地点	主要震害	烈度来源
86	兰州	大雨淋漓,地震约 10s 钟即止,地面呈 EW 向摇动。晚十时许续稍微震	< V 国家地震局兰州地震研究所,1989
87	庆阳(西峰)	自东南向西北方地震有声,约 5min	< V 国家地震局兰州地震研究所,1989
88	临洮	地忽震动,为时 1min,余震波及自南至北,幸未成灾	< V 国家地震局兰州地震研究所,1989
89	平凉	地震约 2min,人在室中晕眩,多数人尚不知是地震。感触灵敏者,有逃出室外躲避。室内器物振振有声,门窗稍动	V 国家地震局兰州地震研究所,1989
90	宁县	地震从东南而西北。房屋烈震动,居民惊恐,约 3min,幸无损失	< V [C]
91	通渭	人有震感,房屋完好	V 国家地震局兰州地震研究所,1985;中国地震局震害防御司,1999
92	宁夏泾川	地震约 5min,自西而东,距县城 2.5km 的胡家庄窑洞倒塌,压死 3 人	V 国家地震局兰州地震研究所,1985、1989;中国地震局震害防御司,1999
93	宁夏隆德	地震约 1min	V 国家地震局兰州地震研究所,1989
94	宁夏固原	阴历六月十五日地震	< V
95	陕西西安	地下有隆隆之声,从西而来,即五六秒钟即停止。室内桌椅、电灯均摇动。前后震动两次,第一次较剧	< V 国家地震局兰州地震研究所,1989
96	陕西临潼金雨镇	动摇尚烈,人初不觉,只听门窗作响,尚以为被风吹之故。忽见室内桌椅均动,人亦昏迷如坐舟中,方悉地震,约数秒钟静止	< V 国家地震局兰州地震研究所,1989;[C]
97	陕西凤县	震声自西北来,树木摇摆,几案移动。人心恐慌,举动忙乱。有急出而驰奔广场者;有情急而反奔入屋下而避者。穴居土窑崩裂溜土,东关倒塌唐姓房屋及破舍较多。尚未压毙人命者。微震 7 次,忽震忽止	V 国家地震局兰州地震研究所,1985、1989;中国地震局震害防御司,1999

注:[C]为现场采访。

监督检验检疫总局等,2009),同时参考《新的中国烈度表》(谢毓寿,1957),各调查点评定结果见表 1,各烈度点分布见图 2。根据 90 多个调查点的地震烈度评定情况,绘制出 1936 年天水南 6 级地震等震线图(图 2)。

(1)Ⅷ度区

Ⅷ度区长轴呈 NE 向,长约 5km,宽 2km,Ⅷ度区面积较小,不足 10km²。此次地震震中位于天水镇及以北地区,包括其以北的草滩村、王家庄等地。Ⅷ度区内人们站立不住,有的被摇得趴在地上。天水镇居民感到震声从北而来。天水镇土城墙崩塌,倒了 60~70 间房,山崖掉土。草滩村王家庄许多房屋倒塌,所占比例较高。

(2)Ⅶ度区

Ⅶ度区呈 NEE 走向,长约 30km,宽约 12km,面积约 400km²。该区包括店镇、华岐、罗家

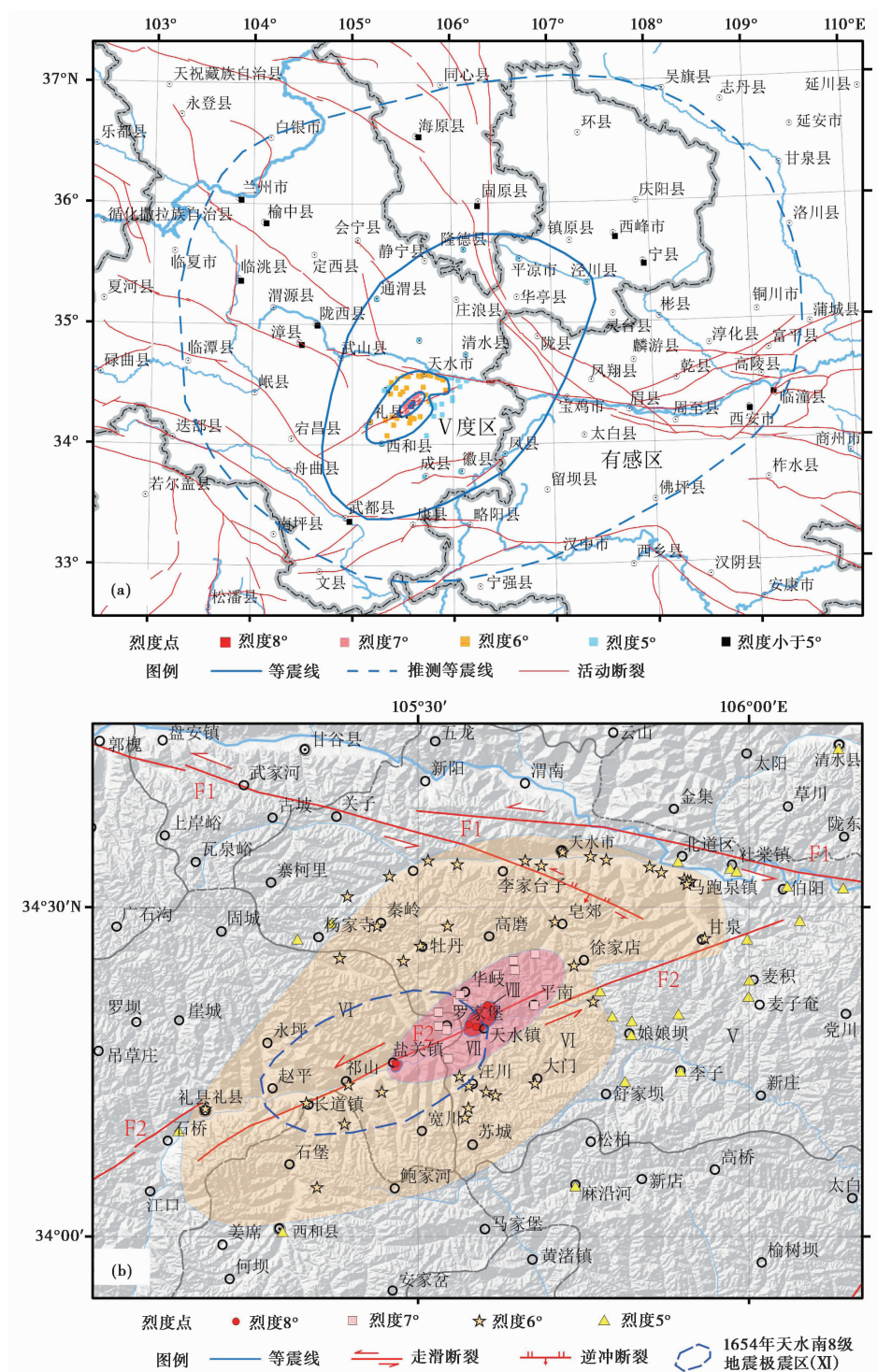


图 2 1936 年天水南 6 级地震烈度点分布(a)及等震线图(b)

F₁ 西秦岭北缘断裂带; F₂ 礼县-罗家堡断裂带

堡、盐官、平南等地。区域内多数人惊逃户外,冒雨在麦场等地躲雨,质量不好的朽墙有大量倒塌,质量不好的朽房,尤其是挑檐房倒塌。但质量较好的房屋,如马鞍架房没有倒的。其中,盐官作为一大集镇,房屋倒塌 1500 余间,因逢赶集,又下大雨,因而秩序混乱,造成 16 人死亡,可做为Ⅶ度区中的一个Ⅷ度重异常点。

(3)Ⅵ度区

Ⅵ度区长轴约 89km,短轴 44km,面积约 550km²。范围较广,包括天水市区、礼县县城、太京、藉口、红河、祁山、秦岭、汪川、宽川、齐寿、皂角、天水郡、马跑泉等地。区内多数人站立不稳,有些小孩被摇到在地,少数人惊逃户外。房屋普遍开裂,掉瓦。极个别的朽墙、朽房有倾倒的,偶有人畜伤亡。在Ⅵ度区东部,出现了娘娘坝、李子园、麦积等大范围轻异常区。该区内房屋基本完好,调查时老人反映房屋没有倒塌、裂缝等现象,震感较轻,大部分人没有惊恐感。人们一般均能站立,只是感到来回晃动。在娘娘坝-李子园及其北侧,由于为大面积基岩出露区(调查点 44、46、61、62、66、67 等),地震作用的地表放大效应相对较弱,出现了烈度的轻异常现象,导致Ⅵ度区东部形成凹陷的不规整状。

(4)Ⅴ度区与有感范围

Ⅴ度区长轴约 300km,短轴约 200km,面积约 11250km²;有感范围长轴(NWW 向)约 560km,短轴(NNE 向)约 500km。

由等震线图(图 2)可见,此次地震极震区长轴方向为 NEE 向;随着烈度变小,等震线长轴方向沿逆时针旋转至 NNE 向,长短轴比例变小;有感区长短轴方向甚至发生转换。这种分布特征显示了该区断裂构造对地震动与震害的控制作用:极震区内,发震断裂构造对地震动和震害起主导控制作用,等震线长轴方向与发震断裂(礼县-罗家堡断裂)基本一致;地震动向外传播时,在北侧受到 NWW 向的西秦岭北缘断裂带和 NNW 向的六盘山断裂带的阻隔,由于断层带作为软弱结构面存在(石玉成等,1994;曹炳政等,2003;任春等,2005),地震波被放大并沿断裂方向反复反射传播,导致地震波传播主体方向发生改变,因此,低烈度等震线长轴方向逆时针旋转,地震动及烈度向北及断裂延伸方向衰减变慢。由此次地震有感区范围长轴方向变为与西秦岭北缘断裂近平行可见,非发震深大断裂带对地震动传播的影响和控制作用很强。该特征在 1654 年天水南 8 级地震的等震线图中也有很好的体现(袁道阳等,2017)。加之天水北部地区黄土分布广泛,黄土对地震动有明显放大作用(吴志坚等,2012),因此,黄土及断裂共同作用使得地震等震线呈现明显的南北衰减不对称性。

4 发震构造分析

天水地区位于青藏高原东北缘,区域活动构造发育,天水附近大的活动断裂带主要为 NE 向的礼县-罗家堡断裂带、NNW 向的西秦岭北缘断裂带及 NNW 向的六盘山断裂带(图 2(a))。其中,礼县-罗家堡断裂带平面上由 3 条呈右阶斜列的次级断裂段组成,总长约 150km,走向 60°;西段从宕昌东到礼县东,长约 90km;中段从礼县南到罗家堡东北,长约 40km;东段从天水镇西到平南镇东,长约 20km。对该断裂的调查研究(杨晓平等,2015;韩竹军等,2001)认为,断裂礼县-盐关-罗家堡一线多处黄土中的断层直通地表,冲沟同步左旋位错并存在高度不等的断层陡坎及地震陡坎等,为 1654 年天水南 8 级地震的地震断裂。根据 1936 年天水南 6 级地震等震线结果可知,重破坏区(Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ度区)(图 2(b))长轴基本与

礼县-罗家堡断裂中东段重合,故推测此次地震的发震断裂也为礼县-罗家堡断裂带中段,为该断裂在 1654 年 8 级地震后的再次活动。

5 结论

通过历史资料系统收集整理、现场调查及烈度点评估等工作,对 1936 年天水南 6 级地震等震线重新进行了确定。通过对震害分布特征、等震线特征及其与活动构造间的关系进行分析,得到如下结论:

(1) 1936 年天水南 6 级地震极震区最大烈度为Ⅷ度,集中位于天水镇及以北地区,长轴方向 NEE,面积不足 10km^2 。

(2) 1936 年天水南 6 级地震重破坏区(Ⅵ、Ⅶ、Ⅷ度区)长轴基本与礼县-罗家堡断裂中东段重合,推测此次地震的发震断裂也为礼县-罗家堡断裂带中段,为该断裂在 1654 年 8 级地震后的再次活动。

(3) 西秦岭北缘断裂带与六盘山断裂带 2 条区域深大断裂对此次地震的烈度及地震动衰减有明显的控制作用,因此导致低烈度等震线长轴方向逆时针旋转,地震动及烈度向北衰减变缓,地震等震线呈现明显的南北衰减不对称性。

1936 年天水南 6 级地震是该区地震资料较完整可靠的一次中强地震,对于该地震的研究结果对本区历史地震及构造研究有一定的指导作用;同时,此次地震震害与烈度分布特征对多组构造交汇区地震震害评估与研究有着重要的参考意义。

参考文献

- 曹炳政、罗奇峰,2003,浅层断层对场地地震动影响的有限元分析,地震学报,25(1),96~101.
- 国家地震局兰州地震研究所,1985,陕甘宁青四省(区)强地震目录(公元 1177 年-公元 1982 年),98~99,西安:陕西科技出版社.
- 国家地震局兰州地震研究所,1989,甘肃省地震资料汇编,520~528,北京:地震出版社.
- 韩竹军、向宏发、冉勇康,2001,青藏高原东缘礼县-罗家堡断裂带晚更新世以来的活动性分析,地震地质,23(1),43~48.
- 刘白云,2012,甘东南地区两次 8 级历史疑难地震发震构造与发震机制研究,硕士学位论文,137~145,兰州:中国地震局兰州地震研究所.
- 任春、罗奇峰,2005,断层破碎带对非发震断层场地地震动的影响,地震研究,28(2),162~166.
- 石玉成、陈丙午,1994,非发震断层的地震效应问题,西北地震学报,16(1),12~20.
- 吴志坚、王兰民、陈拓等,2012,汶川地震远场黄土场地地震动场地放大效应机制研究,岩土力学,33(12),3736~3740.
- 谢毓寿,1957,新的中国地震烈度表,地球物理学报,6(1),35~48.
- 杨晓平、冯希杰、黄雄南等,2015,礼县-罗家堡断裂晚第四纪活动特征:兼论 1654 年礼县 8 级地震孕震机制,地球物理学报,58(2),504~519.
- 袁道阳、雷中生、王爱国,2017,1654 年甘肃天水南 8 级地震补充考证,地震工程学报,39(3),509~520.
- 中国地震局震害防御司,1999,中国近代地震目录(公元 1912~1990 年, $M_s \geq 4.7$),58~59,北京:中国科学技术出版社.
- 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,2009,GB/T 17742—2008 中国地震烈度表,北京:中国标准出版社.

The Distribution Characteristics of Seismic Hazard and Seismogenic Structure of the Southern Tianshui *M*6.0 Earthquake in 1936

Wang Aiguo^{1,2)} Yuan Daoyang^{1,2)} Lei Zhongsheng¹⁾

1) Lanzhou Institute of Seismology, China Earthquake Administration, Lanzhou 730000, China

2) Gansu Earthquake Agency, Lanzhou 73000, China

Abstract We systematically collected and analyzed the historic earthquake record and site investigation of the southern Tianshui *M*6.0 earthquake in 1936, checked the intensities of the destroyed sites and investigation points and modified the seismic isoseismal lines. The result shows that the epicenter area was located in the region north to Tianshui County and the maximum intensity of the earthquake is VIII. The long axis of the meizoseismal area is about the NEE direction and almost overlapped to the middle segment of Lixian-Luojiabu active fault, which means the fault should be the seismogenic structure of the earthquake. Due to the effect of the north margin fault zone of the west Qinling, Liupanshan fault zone and loess plateau in the north region, the long axis direction of isoseismal line with lower intensity offsets counter-clockwise and the attenuation of intensity and ground motion slows down in the north direction, which causes the asymmetry of the isoseismal lines from south to north. In view of the uncertainty of the study of historic strong earthquake and active tectonic in this region, the research achievement of the southern Tianshui *M*6.0 earthquake in 1936 has important referential value.

Key words: Southern Tianshui *M*6.0 earthquake in 1936; Characteristics of seismic hazard; Isoseismal line; Seismogenic structure