

中国八级大震研究
及防震减灾学术会议论文集

地震出版社

中国八级大震研究及防震减灾 学术会议论文集

主 编 李 克

副主编 王兰民 刘耀炜

地 震 出 版 社

2001

该论文集是在中国地震局监测预报司、中国地震学会的支持和资助下完成的。地震出版社姚家楷、马兰同志审阅了全文,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

参加该文集编辑工作的还有:蔡红卫、施锦、曹玲玲、潘树新、郭永霞、刘洪春、陆斌、张冬丽、郝臻等。马惠兴同志清绘了部分图件。

中国八级大震研究及防震减灾 学术会议论文集

主 编 李 克
副主编 王兰民 刘耀炜

特约编辑 吕太乙 魏德红

*

地 震 出 版 社 出版发行

北京海淀民族学院南路9号

兰州兰震开发公司印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 19.125印张 490千字

2001年6月第1版 2001年6月第一次印刷

印数:001-200

135028·2466 定价:50.00元

序 言

21 世纪开始了, 刚刚从 20 世纪走过来的中国地震工作者们联想起本世纪中国发生的 9 次 8 级和 8 级以上大震(唐山大震也算在内), 其中 1920 年海原大地震死亡 246000 人, 伤亡惨重, 人们特别是对 1976 年 7 月 28 日唐山大地震造成 242000 人死亡的惨祸仍记忆犹新。那么, 这样的浩劫会不会在新世纪重演呢? 如果重演, 那就有可能在祖国大地上造成更加惨重的灾害, 造成更加严重的人员伤亡和经济损失, 这个问题一直牵动着中国地震工作者的心, 职责和责任也使得他们必须面对这个问题。唐山大震后, 一些群众说: 宁愿许多小地震没有预报出来, 只要把这个大地震预报出来就好了。这和地震工作者的愿望是一致的。正因为如此, 由中国地震学会和中国地震局兰州地震研究所共同发起并主办的新世纪“中国八级大震研究及防震减灾学术讨论会”, 以期交流、提高和储备预报大震的经验, 并就大震的减灾思路和方案进行讨论。从征集的论文看, 全国各地的同志们都踊跃投稿, 涉及的研究方向较宽, 水平较高, 大致可分为 8 级地震研究、地震观测与预报、强震构造与机制和工程地震与减灾等四个方面。这是中国地震工作者全心全意为人民服务责任心的体现, 也是在新世纪与地震灾害作斗争的“备战演习”。

回顾上一世纪, 在国家地震局的大力支持下, 1982 年 11 月 11 日至 15 日由国家地震局兰州地震研究所与宁夏回族自治区地震局在银川召开了“中国八级大震学术讨论会”。已故的老一辈地震学家傅承义院士和马杏垣院士都致函祝贺。傅承义先生说: “我对大地震是感兴趣的, 因为这才是地震预告的对象, 而且它们也可能是突破预告问题的关键”。1988 年我和马宗晋同志应国内地震工作者的要求, 联合主编了《中国特大地震》一书。由国内学者们分别著文, 探讨 8 级大震的发展规律和预测预防经验。原计划出系列丛书探讨 8 级大震的有关问题, 但后来因故未进行。

这次“中国八级大震研究及防震减灾学术讨论会”是对过去大地震预报研究工作的总结继承, 并进一步探讨了大地震发生的规律, 具有新的认识和进展。这次会议于 2001 年 6 月 24~26 日在世界上第一架地震仪—侯风地动仪记录到的第一个大地震的甘肃省兰州市召开, 是对祖先开创的地震事业的发扬光大。中国地震工作者深信, 地震是可以预报的, 而 8 级大震的预报是地震工作者首要的研究对象。会议决定出版论文集, 以记载国内学者对 8 级大震和防震减灾的阶段性研究和认识, 供后继者借鉴。自然界的地震在时间轴上是不断发生的, 我们地震队伍以及战胜天灾的知识宝库也是不断壮大发展和充实的。让我们为在全世界首先预报出 8 级大震而奋斗, 为最大限度地减轻大震造成的灾害而献力。我们相信, 只要前赴后继, 融中西之灼见, 目广思开, 我们的目的一定会达到的。

郭增建

2001 年 6 月

目 录

一、八级大震研究

- 1556年1月23日蒲州8 $\frac{1}{2}$ 级地震.....高继宗(1)
- 1597年振动事件是一次8级深震.....高山泰,于岫媚,杨清福等(16)
- 预测20世纪90年代中国大陆8级大震的成果及其理论意义.....徐道一(24)
- 1812年尼勒克大地震的地表破坏.....尹光华,蒋靖祥,张 勇等(31)
- 1668年郯城8 $\frac{1}{2}$ 级大震前后的地震活动性图像.....田建明,章熙海,孙春仙(38)
- 基本磁场区域异常与8级大震.....丁鉴海,余素荣(44)
- 华北地区8级大震的深部构造特征及地震成因的研究.....张 先,张先康,刘 敏等(52)
- 华北地块8级历史强震活动构造特征及未来强震危险地段预测.....江娃利(56)

短文及摘要

- 中国8级大震的临震前兆.....周可兴,郭增建(66)
- 青藏—西蒙古高原周缘与华北地区8级大震活动及预测研究建议
.....陈学波,唐荣余,王恩福等(70)
- 8级地震的时空特点.....沈明军(73)
- 中国8级大震的根源.....虞震东(78)
- 活动地块和活动边界与8级强震的关系.....张国民,李 丽,马宏生(79)
- 中国特大地震($M \geq 8$)孕发震构造动力学环境研究.....王华林(80)
- 鄂尔多斯周缘地带未来震区强震($M \geq 8$)发生地区的研究.....单修政,徐世芳(81)
- 8级大地震复发间隔的思考.....李清河(81)

二、地震观测与预报

我国地壳形变连续观测的由来、发展与实现地震物理预报的展望

-陈德福,宦吉洪,陈耿琦(82)
- 中国大陆当前水平应变的基本特征.....杨国华,黄立人,韩月萍(90)
- 红外增温异常与我国 $M_s \geq 7.5$ 级地震.....徐秀登,马未宇,徐向民(98)
- 基于遗传算法与人工神经网络的震级预测研究.....温 岩(107)
- 地震学异常度预测法在年度预测中的应用.....陈立军(114)
- 青藏高原东北缘现今构造形变与强震预测.....王双绪,江在森,张 希等(124)
- 鄂尔多斯块体周缘地震活动与地壳形变特征研究.....陈 兵,江在森,王双绪等(137)
- 河北省地倾斜资料加卸载响应比结果的映震能力.....张跃刚,高彦婷(142)
- 中国大陆西部及邻区地震活动关系的探讨.....陈宇卫,顾方崎,凌学书等(148)
- 兰州西宁活动地块地震时空演化特征.....刘小凤,刘百麓(154)
- 2001年2月雅江6级地震及川西地震趋势的研究.....程万正,李桂芳,魏娅玲等(161)
- 云南及邻近地区7~8级地震危险性探讨.....蔡静观,李永莉(169)
- 云南地区强地震序列特征研究.....刘丽芳,苏有锦(178)

用地应变传感器预报地震三要素的实验研究	高福晖 (182)
---------------------------	-----------

短文及摘要

鲁、皖、豫交界地区地震活动特点及趋势分析	李霞, 林怀存, 郭爱香 (189)
北祁连-河西地区垂直形变场演化与地震活动关系研究	张四新, 江在森, 王双绪 (190)
地震数值预报原理与方法研究	郑文卿, 陈瑶 (193)

三、强震构造与机制

西秦岭北缘深大断裂地热异常区岩石圈流体通道研究	施锦, 刘耀炜 (194)
华北地区强震孕育模型的补充—深部断裂非均匀加速蠕滑	肖兰喜, 朱元清, 刘旭 (201)
2000年6月6日甘肃景泰5.9级地震的发震构造研究	袁道阳, 赵广坤, 张新基等 (209)
阿尔金中段玉勒肯古地震地面形变系统的综合研究	张志坚, 戴华光, 陈文彬等 (216)
龙首山北缘活动断裂与1954年山丹7 $\frac{1}{4}$ 级地震	何文贵 (224)
兰州榆中406年菟川6级地震的初步研究	袁道阳, 雷中生, 刘百簪等 (231)
断层地震破裂产生的科里奥利效应及用错动旋性对余震强度的预报	郭安宁, 陈家超, 郭永霞等 (236)

短文及摘要

新疆北天山玛纳斯7.7级强震的孕震构造及其模拟	杨主恩, 周伟新, 赵瑞斌 (242)
1936年4月1日广西灵山6 $\frac{3}{4}$ 级地震发震构造研究	任镇寰 (243)
渤海湾盆地7级以上大震的重要构造特征	徐杰, 计凤桔, 高战武等 (243)
关于地震成因研究的认识与思考	刘武英 (244)
1920年海原大地震与构造关系的讨论	向光中 (246)

四、工程地震与减灾

江淮地区地震动区划研究中的地震动综合影响场	黄田庚, 姚大全, 李杰 (247)
福建省地震应急指挥系统建设	黄宏生, 陈金海, 王孝铤 (258)
8级大震的地震安全性与隔震设计	黄永林, 孔建国 (264)
黄土地区地震灾害特征	蔡红卫, 石玉成 (270)
冻胀力作用下结构的震害问题研究	郭安宁, 杨青云, 刘小龙等 (275)
“9.21”台湾地震灾害与减灾应急救助对策	丁学仁, 陈箴, 陈莹等 (282)
论大城市大地震的抗震设防对策	邓凯生, 马小娟, 谌志豪 (286)

短文及摘要

数字防震减灾初探	王孝铤 (290)
试论地震灾害的特点和综合防御	田力 (294)

一、8 级大震研究

1556 年 1 月 23 日蒲州 8¹/₂ 级地震

高继宗

(中国地震局综合观测中心, 北京 100039)

摘要: 据大量明代文献所记, 该地震发生于 1556 年 1 月 23 日, 震中在蒲州-潼关之间, 烈度十二度, 震级 8¹/₂, 为主震-余震型; 地裂带自咸阳绵延至襄陵, 长约 360 公里; 发震构造可能是北北东向走滑断层; 死人至少 83 万, 为中国第一大震灾。

关键词: 明代文献, 蒲州大地震

1 主震发生于嘉靖三十四年十二月十三日子时

记有本次地震发生时间的明代文献, 现在看到的有 47 种, 列为表 1。

表 1 明代文献的地震记时

序号	文献名称	文献年代	地震时间
01	河津县《地震压死无祀鬼碑》	嘉靖三十五年(1556)六月	十二日夜子时
02	马峦《地震叹》	嘉靖三十五年夏	十二日夜半(夏县)
03	赵时春《纪异》	嘉靖三十五年秋	十二日亥时至十三日丑初(平凉)
04	沈绍庆《光山县志》	嘉靖三十五年	十二日夜
05	何栋《凤翔府重修文庙学宫记》	嘉靖三十六年四月	十三日
06	郭朴《王维桢墓志》	嘉靖三十六年十一月	十三日夜(华州)
07	张光孝《重建少华岳庙碑》	嘉靖三十六年	十三日子时(华州)
08	李廷宝《耀州志》	嘉靖三十六年	十二日夜
09	新安县《重修九龙庙碑》	嘉靖三十六年	十二日夜
10	渭南县《庆安寺重修宝塔记》	嘉靖三十七年正月	十二日三更三点
11	闻喜县《重修龙王庙记碑》	嘉靖三十七年七月	十二日夜半
12	褚相《霍州志》	嘉靖三十七年	十二日夜
13	稷山县《阳平创修三官庙碑·地震记》	嘉靖三十八年正月	十二日夜半
11	胡汝霖《贻兴平县令诗》	嘉靖三十八年仲夏	十二日三更
15	边像《蒲州志》	嘉靖三十八年	十二日夜半
16	赵时春《平凉府志》	嘉靖三十九年	十二日夜子时
17	陕县《重修福胜寺碑记》	嘉靖四十年(1561)十一月	十二日夜半
18	合阳县《重修戒香寺碑记》	嘉靖四十年	十二日夜半
19	涉县《碧霞元君圣母行宫碑·地震记》	嘉靖四十年	十二日亥末(保德州)
			十二日夜子时(平阳府、西安府)
			十三日丑时(平陆、潞安府、泽州、沁县)

(续表 1)

序号	文献名称	文献年代	地震时间
20	杨宗气《山西通志》	嘉靖四十三年	十三日子丑时(代州、定襄) 十二日
21	孟鹏年《徽州志》	嘉靖四十三年	十二日夜
22	杨守正《城固县志》	嘉靖四十五年	十二日夜
23	刘鲁生《曲沃县志》	嘉靖	十二日夜
24	宋之韩《襄陵县志》	隆庆二年(1568)	十二日夜半
25	李可久《华州志》	隆庆六年	十二日夜半
26	大荔县《韩氏家谱碑记》	隆庆六年	十二日子时(朝邑)
27	秦可大《地震记》	万历三年(1575)	十二日夜半至十三日寅时(咸宁)
28	张卤《仪封县志》	万历三年	十三日亥时至十四日丑时
29	明《世宗实录》	万历五年	十二日
30	李廷龙《南阳府志》	万历五年	十一日夜
31	郭实《朝邑县志》	万历十二年	十二日子刻
32	邹浩《宁远县志》	万历十五年	十八日
33	乔因羽《洪洞县志》	万历十九年	十五日
34	张应诏《咸阳县新志》	万历十九年	十二日子刻
35	王体复《太平县志》	万历二十三年	十三日子时
36	路一麟《灵石县志》	万历二十九年	十二日亥时至十三日寅时
37	苏进《韩城县志》	万历三十五年	十二日夜半
38	王道一《汾州府志》	万历三十七年	十二日夜
39	刘梦阳《白水县志》	万历三十七年	十二日夜半
40	方立诚《绛州志》	万历三十七年	二十四日夜
41	张思恭《稷山县志》	万历四十年	十四日夜
42	王九畴《华阴县志》	万历四十二年	十二日夜半
43	李维桢《山西通志》	万历四十四年	十二日子时 十二日夜 十三日夜
44	刘泽远《同官县志》	万历四十六年	十二日夜
45	南师仲《渭南县志》	天启元年(1621)	十二日子夜
46	张一英《同州志》	天启四年	十二日夜半
47	朱国桢《涌幢小品》	崇祯五年(1632)前	十二日

表中“夜半”、“子夜”、“三更”、“夜子时”等均为子时;“十二日夜半”、“十二日子夜”、“十二日三更”、“十二日三更三点”、“十二日夜子时”、“十三日子时”,等都是同一时段,即现代时的十二日 23 时至十三日 01 时.记为此时段者最多,共 24 种.记为“十二日夜”和“十二日”者合计 13 种,为次多,显然这是省略了时辰的粗略记法,与精确记时虽相差不大,但据之确定发震日期,则可导致一日之差.其他如“十一日夜”、“十二日子

时”、“十三日夜”……,显然都是记日有误。

我国古代是以子时作为一日之始的。所以综观表 1,大震的发生时间宜定为嘉靖三十四年十二月十三日子时,换算为儒略历为 1556 年 1 月 23 日,格列历为 1556 年 2 月 3 日。

2 地震序列为主震-余震型

表 1 中地震记时较详的 03 号文记平凉地震始于“十二日亥时”;19 号文记保德州地震始于“十二日亥末”;29 号文记仪封地震始于“十三日(为十二日之误)亥时”;36 号文记灵石地震也是始于“十二日亥时”。据此判断,亥时不是误记,而是在子时的主震之前还发生过多次强烈前震。灵石、平凉、仪封、保德州的震中距分别约为 260、340、420、450 公里,据此估计强烈前震至少在 6 级以上。但是这些前震与主震间断较短,不易区分。

强余震也有多次。苛岚州、兴县十三日子时“连动三次”;代州、定襄十三日子丑时“连动六次”;南阳“二十二日复震”;孝义“十二月地震凡五次,而第一次为甚”;庄浪“动三月乃止”;榆林“年余不息”。这些地方的震中距最近约 290 公里,最远约 550 公里。据此估计,强余震可达 6.5 级左右。

有感余震则多不胜数。朝邑、渭南等地第一日是“一昼夜动二十余次”;蒲州则是“地震数十次”,此后“连动四日”,“随止随动”;河津“月动三五次者半年,未止息者三载”;蒲州、朝邑、华阴、渭南等地至三十八年(1559)“震尤不止”,直到三十九年九月“华州地再震”后,有感地震才平静下来。但在 1569 年潼关又发生了 5 级地震,1571 年蒲州又发生了“房屋倒塌十分”的强余震。所以这次大震序列是为主震-余震型。

3 震中在蒲州—潼关之间

明嘉靖、隆庆、万历三朝有 20 多种文献述及这次大震的极震区,所述虽不尽相同,但大多集中在山西蒲州—陕西朝邑、潼关—河南阌乡一带,尤以记有蒲州者最多,达 20 种。现将主要文献记述简介如下。

3.1 邹守愚巡行阌乡诗序文

序文:“嘉靖乙卯地震,阌乡被灾独甚。丙辰愚应朝旨,乃亲历勘灾请赈,驱车炼真宫避暑云云。”

诗文:“颍山倾屋碎琳宫,承乏巡行五月中。黎庶应愁遭惨祸,圣朝轸念下恤封。一时共际斯文雅,千载奇逢此会同。但愿皇家复泰运,小臣焉敢冒天功。”

邹守愚,字君哲,福建莆田人,嘉靖五年(1526)进士。三十三年冬至三十四年秋,邹在巡抚河南都察院右副都御使任上主修《河南通志》,志成刊印后擢户部右侍郎,当年转左侍郎(正三品)。大震后,邹奉旨往震区勘灾请赈,因染疫卒于长安。

邹于三十五年二月底至三月初,先后至山西沁州、霍山等地祭祀龙泉之神、海渚之神、焦龙之神、霍山之神,而后开始勘察山西、陕西各地震灾。由诗文知,邹去阌乡不是为了勘灾,而是一为避暑,二为约会文友。出其意外的是炼真宫倾碎,避暑成为泡影。但其仍置惨重的震灾于不顾,而与文友吟诗作赋。不过,其诗文中对当地的灾情还是有所反映。由“颍山倾屋碎琳宫”即见其地灾情之重,而“阌乡被灾独甚”的结论,虽不是在全面调查核实后所得出,也是与邹在山、陕各地所见灾情比较所得。其时阌乡县西界至潼关仅有二里,北界与蒲州和芮城县境也仅一河(黄河)之隔,其境“被灾独甚”是很有可能。

3.2 马峦《地震叹》

大震后数月,夏县太学生马峦作长诗《地震叹》,记夏县民居是“百家无一完,十室九涂炭”;而“从蒲至关陕”则更惨,是“无庐可完缮”。“蒲”为蒲州无疑,“关陕”是哪儿?是一地是二地?是潼关卫与陕州之简称,还是潼关卫与陕西之简称?都不是。嘉靖《山西通志》、万历《平阳府志》都说:蒲州“北负关陕,南阻大河。”据此,关陕为一地,且在潼关卫以北,毗邻蒲州。查《明史·地理志》,潼关卫至蒲州北界河津之间仅有关:大庆关。古称临晋关,又名蒲津关,在黄河西岸,与蒲州隔河相望。原属蒲州,洪武九年(1376)八月划归陕西朝邑。其时潼关不属陕西,而直隶中军都督府。为与潼关卫相区别,晋人则简称大庆关为“关陕”。按马诗,则极震区在蒲州和大庆关之间。

马诗还记有“五岳俱动摇,寰宇震殆遍”。可见,马对夏县以外的震情知之颇多。

3.3 赵时春《赵浚谷文集》

赵时春,字浚谷,陕西平凉县(今属甘肃)人,1509年生。为邹守愚同榜进士,官至右金都御史(正四品)。嘉靖三十二年(1553)冬,被免官回乡,“奉旨听调”。大震时在平凉家居。《赵浚谷文集》里有三篇文章述及大震极震区:(1)《纪异》;(2)《汪黄奸佞》;(3)《华亭令官擢守同州序》。(1)文说:“自平凉至渭南民多死,小县千人,大州县数千。自渭南东至陕,北至甘泉,及蒲、解举城皆没,口皆数万”。“山多崩断,潼关道壅,河逆流,清三日。水从圻窞涌沙,没麦败田。圯屋覆灶,屋多焚”。“覆尤甚者,悉古冯翊境。”(图1)。(2)文说:“我乙卯腊月地变,亦河东、陕西特甚。众论咸称未之前闻。”(3)文说:“又重以天灾地圯,同州独烈,民奄奄无余息矣。”

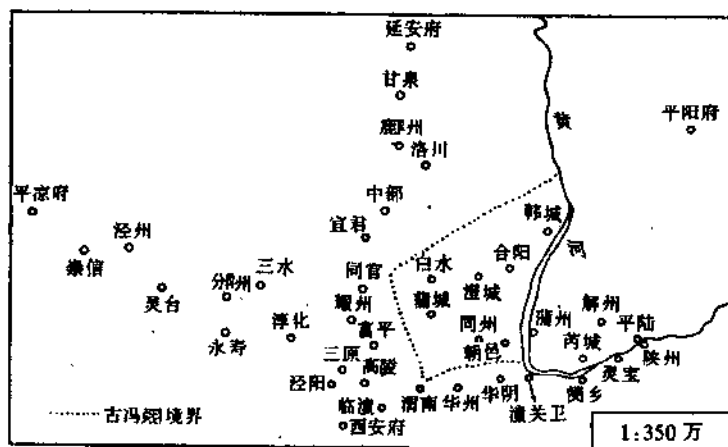


图1 赵时春所记重灾州县分布图

从(1)文记述的灾情来看,极震区也是在潼关—蒲州、朝邑间的黄河岸边:“山多崩断,潼关道壅,河逆流,清三日。”数九隆冬正是枯水期,地震前后又无特大降水,河水如何会逆流呢?必是河道被崩塌物堵塞断流,形成堰塞湖,积水水位不断升高所致。积水静而不动,水中泥沙即大量沉淀,于是就出现河水澄清的奇观。

明天启文渊阁大学士朱国桢(1558—1632)在《涌幢小品》中就明确记为“河壅数日”,“河渭泛涨”。明《世宗实录》中也记有“河渭泛涨”、“河清数日”。隆庆六年(1572)四月立石的同州坊镇《韩氏家谱碑记》更明确记录了河清的具体日子:“至十七日黄河澄清三

目,人视其底。”河清是在十五、十六、十七三日,从十三日算起,至十七日,黄河断流了五日,河清是在断流的第二天开始出现的,这既与“河壅数日”相符,也与水静沙沉的规律相合。

明文学家宗臣(1525—1560)为贺顺德府(治今河北邢台)知府李攀龙(1514—1570)擢陕西提学副使而于嘉靖三十五年九月作了《二华篇》,对地震、山崩、河壅、水涨、屋圯、人亡的惨景做了极其形象的描写:

“地颤山愁千万里,奇峰片片下沉水,黄河直上峰头座,忽散人家室屋里;
往往屋上游赤鲤,千门万户半作鬼,广厦高宫尽成土,白日不闻父老哭。”

黄河并不流经二华(华阴、华州),它从蒲州南流至潼关,即东入阌乡县境。华阴至黄河最近处也约有16公里,华州距之约50公里,而华华山麓距之最近也在10公里以上。因此,壅塞黄河的不可能是华山崩落的峰石,而是沿河两岸的崩塌体。所以,“奇峰…”以下景象实为蒲州—潼关—阌乡黄河沿岸的灾情,“广厦高宫尽成土”,就说的是蒲州的王府宫殿倾圮殆尽。

3.4 薛腾蛟《重修县城记》

薛腾蛟,字时化,渭南人。嘉靖十四年(1535)进士,官至山西按察司副使(正四品)嘉靖三十五年渭南新城竣工,薛作文志记说:三十四年“十二月壬寅地震,关河之间夷城以十数,渭南尤其。”重灾区是在“关河之间”,极震区在渭南。

可是渭南并不在关河之间。“河”在明代是专指黄河;其支流多称水,如渭水、洛水、汾水、涑水等。沿河诸关除潼关外,还有朝邑大庆关,阌乡大谷关,灵宝函谷关、洪关,陕州雁翎关、夹石关等等。“关河之间”实在朝邑、蒲州—潼关—阌乡—灵宝—陕州一带(见图1)顺治《渭南志》的编者意识到了这个问题,在概述渭南震灾时,行文变为:“关中地人震,倾庐夷城,人民伤者独渭南尤烈。”地区范围被改缩为“关中”,而不是“关河之间”了,这暗示渭南震灾要轻于关河之间。

3.5 何栋《凤翔府重修文庙学宫记》

何栋,字伯直,陕西长安人。正德十六年(1521)进士,官至蓟辽总督、右都御使。何在史记中说:“嘉靖乙卯季冬癸卯(十三日),秦晋之交地忽大震,表延千里……”。秦晋以黄河为界,“秦晋之交”是为黄河沿岸。波及千里的地震是由“秦晋之交”的大震延续过去的,所以震中是在秦晋之交。此碑立于嘉靖三十六年(1557)四月。

3.6 傅学礼《庆阳府志》

志刊于嘉靖三十六年,卷四中记:庆阳“穴居之民死伤者众以万计”,“未儿得蒲、华、渭南之报,城郭丘墟,地陷泉溢,死伤之惨,过此十倍。”蒲州排名第一,当是据郡报(地方灾情通报)灾情比较后得出的。

3.7 卢绅蒲州《重修城垣记》

卢绅,陕西咸宁人。嘉靖二年(1523)进士,三十五年(1556)任南京户部尚书。嘉靖三十七年蒲州新城竣工,卢写此记。记中说:“十二日夜地道大震,秦、晋、中州并罹其患,惟蒲坂其焉”。

“中州”是河南别称,“蒲坂”是蒲州古名。“惟蒲坂其焉”是与三省各地灾情比较所得。户部是主管赈灾的衙门,卢为户部尚书,其说可信。

3.8 程士真《地震记》

记中云:“十二日夜半地震”,“蒲州尤为甚焉,民居、城廓、宗室、庙宇尽行倾毁”,压死人民“难以数计,人约九分,解州等处则次焉。北至吉州,东至潞安,南至灵宝,西至陕西,东南至冀城,西北至渭南,西南至潼关,所震大小各异,灾害人民房屋之多寡不均。”此碑立于

山西稷山县阳平村,时间是嘉靖三十八年(1559)正月。

记中有两个错误,(1)是“东南至翼城”,翼城是在稷山的东方,(2)是“西北至渭南”,渭南是在西南方。尽管如此,记中十分明确指出了蒲州震灾比周围州县,包括渭南、潼关、灵宝都要严重。

3.9 王崇古《重修黄河石堤记》

王崇古,字学甫,蒲州人。嘉靖二十年(1541)进士,官至兵部尚书、太子太保(从一品)。此记作于嘉靖四十一年(1562),记中说:“岁乙卯地道违经,夹河东西地大震,城覆于隍,堤、庙尽崩坏,河流直与岸平,每涨辄入城门。”

文中的“城”,即蒲州城,与其夹河相对的是朝邑的大庆关。“夹河东西地大震”,震中当在蒲州附近的黄河沿岸。

3.10 归有光谈关陕地震

归有光(1507~1571),字熙甫,号震川,江苏昆山人。嘉靖四十四年(1565)进士,官至南京太仆丞,著名散文作家。归曾对好友沈养吾说:“关陕地震之异,占所未闻,平阳蒲坂之间更甚。震撼如雷,涌沙及陷没亘数千里,树木倒植,井水及黄河皆翻,太华已低小,而潼关亦无有矣……此皆邸报所不详也。”

“关陕”前已述及,地震冠以关陕之名,震中当在关陕附近。但平阳在蒲州东北约180公里,若按“平阳蒲坂之间更甚”,震中应在蒲州东北数十公里,这与“关陕地震”之名不符。“平阳蒲坂之间更甚”,可能是“平阳之蒲坂更甚”之误。此句后面的黄河、太华、潼关等地也都在蒲州的西南,即在关陕附近,似可为此旁证。“邸报”是传知皇帝御旨和朝臣奏议等官方文书的抄本,“此皆邸报所不详也”。归有光远离震区千里,何以详知邸报所无情况?原来归是《世宗实录》的编修官,而大震灾又是世宗朝最大的天灾,归知之甚详,不足为奇。

3.11 明《世宗实录》

明《世宗实录》里有五条可助判定震中:

(1)嘉靖三十四年十二月十二日,“是日山西、陕西、河南同时地震”,“陕西渭南、华州、朝邑、三原等处,山西蒲州等处尤其。”

(2)三十五年二月初五日,“以地震发银四万两赈山西平阳府,陕西延安府诸属县,并蠲免税粮有差”(延安疑为西安之误)。

(3)三十五年二月初十日,“保定抚臣以潼关卫地震,请借人名府白夫银二千两备赈,从之。”

(4)三十五年四月初四,“诏复筑潼关卫城,以地震城坏故也。”

(5)三十五年五月初九日,“以地震免山西蒲、解、临晋、安邑、夏、芮城、猗氏、平陆、荣河九州县去年秋粮。”

(1)条记重灾州县从西向东顺序应为:三原—渭南—华州—朝邑—蒲州。蒲州后有“等处”,所以,并非到蒲州为止,其东至少还应有解州。(5)条中临晋、猗氏、荣河属蒲州,其余四县均属解州,二州同属平阳府。由(2)条知二州属县已在二月享受过一次“蠲免税粮”,3个月后再获免交税粮,而西安府属州县却一个没有,其原因只能是蒲、解州县震灾重于西安府属州县。万历都察院右佥都御史徐学聚所编《国朝典汇》中,在概述大震灾情之后,又特别说明:

“是时秦人皆露处,而晋灾尤其于秦。”显然,晋灾是指蒲州、解州的震灾。

再从赈银数量来看:平阳府属6州28县,西安府属6州31县,四万两赈银71州县均分,一州县只有563两。而潼关卫就需赈银二千两,是前者的3.6倍,足见潼关卫震灾极重(其辖

区范围东西仅 2 公里,南北仅 26.5 公里)。确如归有光所说“潼关亦无有矣”,因此震后三个月皇帝便下诏:“复筑潼关卫城”。

王圻(1530~1615,嘉靖四十四年进士,官至提督湖北学政)在《续文献通考》中将上列 1 条改为:“山西、陕西、河洛同时地震,蒲州等处尤甚。”而把“陕西渭南、华州、朝邑、三原等处”统统删去。王圻如此大胆,必有所据,其据就是蒲州震灾重于其它各地。

3.12 李可久《华州志》

志成于隆庆六年,卷四中记:“山、陕遭地震之变,吾华为惨不可言,山川移易,道路改观,屹然而起者成阜,坎然而下者成壑,倏然而涌者成泉,忽焉而裂者成涧,民庐官廨,神宇城池,一瞬而倾圮矣。民之死于变者,不可胜记,间有生者,亦病不能兴。地方残破,盗贼发生,莫此为甚。”所记灾情与毗邻州县比较,并无特重之处,“莫此为甚”不大可信。所以《庆阳府志》、《韩城县志》均与此记相左。

3.13 秦可大《地震记》

此记记述震中最为明确:“详其震之发也,盖自潼关、蒲坂,奋暴突撞,如波浪愤沸,四面溃散,故各以方向缓慢而受祸亦差焉。”“自吾省(城)之西也则渐轻,自吾省(城)之东也则渐重,至潼关、蒲坂极焉。”“受祸大数,潼、蒲之死者什七,同、华之死者什六,渭南之死者什五,临潼之死者什四,省城之死者什三,而其它州县则以地之剥剔近远而分深浅矣。”

极震区就在潼关、蒲州,各地灾情均随其距潼、蒲之远近而定,越近越重,越远越轻。死人比例也是潼、蒲最大为 7/10,距之越远比例越小。何以如此?因震之轻重不同:“震之轻者,房屋之类尚以渐倾,而重者则一发即倾荡尽矣;震之轻者,人之救死,尚可走避;而重者虽有幸活,多自覆压之下掘挖出矣。”

嘉靖三十八年刊《蒲州志》记:“嘉靖三十五年,户:一万一千一十三;口:乙卯冬地震大损,现在止有五万五百五十一。”按秦记死人比例 7/10 计,则震前应有 168500 余人,减员 117900 余人。这是个数字大约是渭南震前人口数的 1.5 倍,是华州震前人口数的 2.4 倍。

秦可大,字仲容,陕西咸宁(治今西安市)人。嘉靖三十二年进士,初知河间府东光县。三十四年夏,其父年刚 50 就在咸宁家中病故。可大即卸任回家,为父治丧守孝。当年腊月十三日子时亲历了大震灾,幸免于难。三十七年秋,守孝期满,补知汝宁府光山县。四十年调兵部,历任武选清吏司主事、员外郎,不久出任山西布政使司左参议。隆庆元年(1567)升山西提刑按察司副使(正四品),旋调任四川。隆庆五年再升山西行太仆寺卿(从三品),不久即辞官回乡。万历三年(1575)进京谋职,“大寓都下,待补无因”时写作了《地震记》。由此可知,在秦记写作前的二十年间,他至少五过极震区:首次是嘉靖三十七年秋出关赴光山任;二次是隆庆中经蒲州入关赴四川任;三次是隆庆五年经潼关、蒲州赴山西任;四次是辞官后经蒲州入关回乡;五次是万历三年出关进京。因此他对沿途各地的地震遗迹、震灾的轻重,都会有较多的观察与比较。加之其职位较高,更易于搜集各地官方的震灾资料。所以秦记的内容丰富、详实。其不足之处是受乡土观念的局限,对山西、河南各州县的震灾未能多作记述。

后人对秦记早有认同,清乾隆《华阴县志》就采纳了秦记的结论:大地震“其初发也,自潼关、蒲坂。”华阴即是潼关、蒲州近邻,它赞同秦记结论就是承认其震灾轻于潼关、蒲州。

3.14 王士性《广志绎》

王士性(1547~1598)字恒叔,浙江临海人。万历五年(1577)进士,官至鸿胪卿。著名明代旅游家、地理学家,有《五岳游草》12 卷、《广志绎》6 卷等传世。后者是其地理笔记,其中所记蒲州震情,或是其在西岳附近地区旅游时获悉,或是任礼部吏科时查阅档案所得。该书

成于万历二十五年（1597）中秋，书中说：“地震时，蒲州左右郡邑，一时半夜有声，室庐尽塌”。“砖墙横断，井水倒出地上，人死不可以数计”。

古以西为右，以东为左。蒲州之左郡为晋解州，右郡为秦同州的朝邑。按此说极震区在解州—蒲州—朝邑，而蒲州居其中。

3.15 苏进《韩城县志》

卷六中把韩城震灾与各地比较后，结论为：“韩视蒲州、渭南，幸减十分之九”。蒲州还是排名第二。

3.16 李维桢《山西通志》

志中不仅记载蒲州震灾尤甚，还在王崇雅（王崇古之兄）小传里记录了蒲州绝户人家的比例：“嘉靖乙卯地震，郡民合族而死者十之三、四”。绝户比例高达十分之三到十分之四，这在古今中外的大震灾中都是极罕见的。仅此亦足证蒲州震灾确为重“极焉”。

3.17 林大春《井丹林先生文集》

卷十在记述嘉靖三十八年十月解州知州王柏亭升迁为山西金事后说，“先是河东地大震，州郡多陷，溺城郭，人民流离，破亡者不可胜数，而蒲、解二州为甚”。

“先是河东地大震”，就是指三十四年冬的大地震，据林说极震区是在蒲州—解州之间。

综上所述，列表2：

表2 明代文献记载的大地震极震区

序号	文献名称	年代	极震区
01	邹守愚巡行阌乡诗、序	1556 夏	阌乡
02	马愈《地震叹》	1556 夏	蒲州—关陕（大庆关）
03	薛腾蛟《重修县城记》	1556	渭南
04	唐汝楫《重修文庙记》	1556	渭南
05	赵时春《记异》	1556	朝邑—蒲州—潼关
	《江黄虹怪》	1556	蒲州—朝邑
	《华亭令官擢守同州序》	1557 春	同州
06	魏云中《大明创建敕封洧波庙碑记》	1556	蒲州、解州
07	何栋《凤翔府重修文庙学宫记》	1557 夏	蒲州—朝邑—潼关
08	傅学礼《庆阳府志》	1557	蒲州、潼关、华州、渭南
09	卢绅《重修城垣记》	1558	蒲州
10	闻喜郝庄《重修龙王庙记》碑	1558 秋	蒲州、解州、荣河
11	程士贞《地震记》	1559 春	蒲州
12	王崇古《重修黄河石堤记》	1562	蒲州—朝邑
13	孟鹏年《徽郡志》	1563	关中、蒲州
14	归有光谈关陕地震	1571 前	关陕、蒲州、潼关
15	李可久《华州志》	1572	华州
16	秦可大《地震记》	1575	蒲州—潼关
17	明《世宗实录》	1577	蒲州、解州、潼关、华州、渭南、三原
18	王圻《续文献通考》	1586	蒲州
19	王士性《广志绎》	1597 秋	朝邑—蒲州—解州
20	徐学聚《国朝典汇》	1601	蒲州、解州
21	苏进《韩城县志》	1607	蒲州、渭南
22	李维桢《山西通志》	1616	蒲州
23	林大春《井丹林先生文集》	明	蒲州—解州

小计：记为蒲州者 20 种，朝邑（含关陕）7 种，潼关 6 种，解州 6 种，渭南 5 种，华州 3 种，荣河、阌乡、同州、三原、关中各一种。

表 2 各种文献所记虽不尽一致,但多数较为接近,大致集中在山西、陕西、河南三省毗邻的蒲州—朝邑—潼关—阌乡一带.按照从众而定的原则,大震震中宜定在蒲州—潼关之间,经度约 $110^{\circ} 16'$, 纬度约 $34^{\circ} 44'$, 较原定华州西,东移约 50 公里.因在蒲州境内,故名为蒲州大地震,或称蒲州—潼关地震.

4 烈度分布

十二度区(极震区):

沿蒲州—潼关的黄河两岸分布,走向北北东,长约 60 公里,最宽约 30 公里,面积约 1000 平方公里,共两州县(蒲州、潼关卫).如图 2.

十一度区:秦岭以北,阌乡以西,渭南以东,柴河以南,面积约 6000 平方公里,共 10 州县(临晋、猗氏、解州、芮城、阌乡、朝邑、华阴、华州、同州、渭南).

十度区:河津以南,洛南以北,夏县以西,高陵以东,面积约 14000 平方公里,共 15 州县(河津、柴河、万泉、安邑、夏县、平陆、陕州、灵宝、临潼、高陵、富平、蒲城、澄城、合阳、韩城).

九度区:兴平以东,绛县以西,卢氏以北,吉州以南,面积约 4 万余平方公里,共 20 州县(吉州、乡宁、太平、稷山、绛州、绛县、闻喜、曲沃、卢氏、洛南、蓝田、咸宁、长安、咸阳、兴平、泾阳、三原、耀州、同官、白水).

八度区:隰州以南,商州以北,沁水以西,灵台以东,面积约 9 万余平方公里,共 35 州县(隰州、大宁、蒲县、赵城、洪洞、临汾、襄陵、浮山、翼城、垣曲、渑池、永宁、商州、鄂县、整屋、武功、永寿、扶风、岐山、醴泉、淳化、分州、三水、长武、乾州、麟游、灵台、真宁、中部、洛川、鄜州、甘泉、宜君、宜川、延长).

七度区:镇安以北,榆林以南,高平以西,清水以东,面积约 22 万平方公里,共 53 州县(临县、永宁州、宁乡、永和、石楼、交城、文水、汾州、孝义、平遥、介休、灵石、汾西、霍州、沁源、岳阳、沁水、长子、高平、阳城、泽州、济源、孟津、新安、洛阳、宜阳、嵩县、山阳、郧县、凤翔、商南、宝鸡、千阳、陇州、华亭、崇信、泾州、宁州、平凉、镇原、合水、庆阳、米脂、青

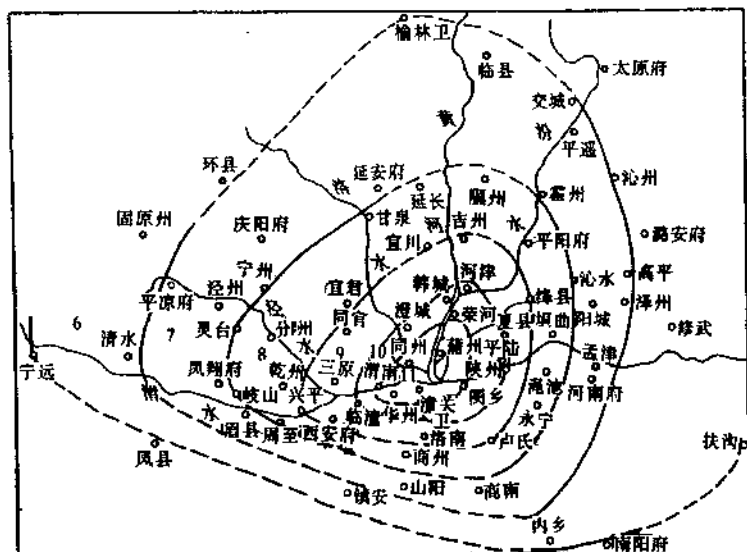


图 2 蒲州大地震等震线图

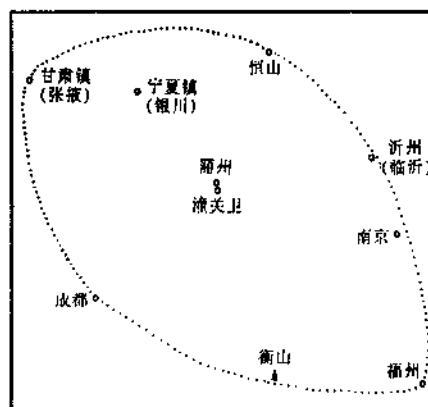


图 3 蒲州大地震的有感范围图

涧、绥德州、榆林卫、保安、安定、肤施、安塞、延川、吴堡、葭州)。

六度区：记载少而分散，仅有 11 点(太原、长治、修武、扶沟、内乡、镇安、涑水、秦州、庄浪、宁远、固原州)。

有感区边界：北过长城，南到衡山，东北达恒山(马杰《地震叹》有“五岳俱动摇、寰宇震殆遍”)，东南至福州，西南达成都，西北至甘肃镇(赵时春《记异》：“中原、川、广、福建、甘肃、宁夏皆言震”)，东至沂州以东(万历《兖州府志》：“府境州县同时地震”，沂州属兖州府)。有感范围北西向长约 2200 余公里，北东向至少约 1300 余公里，有感面积约 240 万平方公里，如图 3。

5 大震震级 $8_{1/2}$

按 $m=0.58 \times I+1.5$ 计算, $m=8.46$, (I 为极震区烈度)。

按 $M=3.3+2.11g L(km)$ 计算, 以 $L=360km$ 代入, $M=8.67$, L 为地面最大破裂长度, 两者平均则震级 ≈ 8.5 。

6 大震的发震构造

3.1 地面主破裂带在渭南—河津之间

记有地裂的州县共 23 处, 如表 3、图 4 (表、图中的州县序号相同)。它们分布于黄河及其支流渭水、洛水、涑水、汾水的下游沿岸, 西至咸阳, 东至平陆, 北至河津, 东北至襄陵, 最远达平遥, 襄陵至咸阳间, 长约 360 公里, 各州县均有地裂。渭南—河津段 (约 190 公里) 地裂较为宽深, 或成沟、成涧、成渠、甚至能容“人畜坠下无算”, 此段或是大震的发震断层。

表 3 各地地裂简况

01 平遥：地裂涌泉	12 同州：地在在陷裂，平地涌泉，高丈余
02 襄陵：汾河两岸地裂成渠，宽尺余，涌沙水	13 漳关卫：水从地裂涌沙，没麦败田
03 绛州：平地龟裂涌水	14 华阴：地裂数丈，水涌数尺
04 稷山：地裂黑泉，干溢变井	15 华州：地在在陷裂，裂之大者成涧，水出火出
05 河津：地裂成沟，涌水出鱼	16 渭南：地裂数十处，深者至二三十丈
06 韩城：河滩决裂，长逾十数丈，地翻泉出，几遍河滨	17 临潼：平地成渠，横流黑水
07 荣河：地裂成沟，泉水如河，平地水深三四尺	18 咸宁：地裂横竖如画
08 临晋：地裂成渠，井水外溢	19 咸阳：低湿处，地裂泉出，因而非竭
09 猗氏：地裂长数丈，近裂处坠下人畜无算	20 泾阳：平地成渠，横流黑水
10 蒲州：地裂长数丈，近裂处坠下人畜无算	21 芮城：地裂长数丈，近裂处坠下人畜无算
11 朝邑：低湿处，地裂泉喷高丈余，水温可浴，地裂丈余，涌波泛滥，望似洋海，昼夜方息	22 解州：地裂成渠，井水外溢
	23 平陆：山岸、平地崩裂，涌出黑水沙泥

6.2 发震构造可能是走滑型的

隆庆《华州志》记有：“十二日晡时觉地旋运，因而头晕。”万历《华阴县志》也记有“十二日晡时地旋。”可见震前已有显著的水平形变。震后则更为显著；秦可大记为“村树之易置，阡陌之更反，盖又未可一一数也。”树木和田间小路方位的变更只有巨大的平移错断才能造成。陕西提学副使李攀龙嘉靖三十六年作有《问西安三学诸生策》，提出了与大震相关的 32 问，其中有：“厥上左旋，下焉取？夫右转清，浊攸判？”“南北顺椭，孰知其里？”此三问显然是据震后的平移形迹而提出，这表明大震造成的水平形变是很突出的，已引起关注与思考。

天启《同州志》记有“大树如帚扫地，忽起忽仆，或移数武。”古以六尺为步，半步为武，即一武近一米，数武约数米。由此知水平错距约达数米。据此推测，大地震的发震断层可能为走滑型的。

环文林等在《潜在震源区划分的构造成因法（华北地区）》中，在河津、韩城、至蒲州、朝邑、华县一带给出了一组北北东向右旋走滑断裂带。其南端西侧为渭河张性地堑，北端东侧为汾河张性地堑，并且认为它们共同组成走滑型发震构造带。环说与前述颇相吻合。

6.3 潼关—河津是一条地震多发带

这一带是渭河盆地、运城盆地、汾河地堑以及灵宝盆地与秦岭、中条山、吕梁山、北山等的接合带，垂直差异运动十分强烈；同时又是北西向、北东向、北北西向、北北东向、东西向等多组断裂的交汇带，地质结构十分复杂。地震活动相当频繁，仅自 793 年以来，大于等于 5 级的地震就有 16 次，其中 6 级 2 次、7 级 1 次、8 $\frac{1}{2}$ 级 1 次。如表 4。

表 4 潼关—河津附近破坏性地震简表

序号	震时	震级	震 情
01	793.5.31	6	河中尤甚，坏城垒庐舍，地裂水涌
02	1485.1.26	5	蒲州墙屋倾覆，五十日后止
03	1501.1.29	7	朝邑城垣、楼堞、公廨、民居摧倾近半，压死 400 余人，县东、东北、东南地裂涌水成河。州城北地裂涌沙出水，官民房屋倾颓，压死人民甚多；1 月 29~3 月 6 日每日震 2~3 次，3 月 25 日~4 月 12 日震 29 次
04	1505.10.26	5	万泉、安邑震声如雷，民有压死者
05	1506.3.29	5 $\frac{1}{2}$	3 月 27~29 日地震 10 余次，合阳毁民房无算
06	1556.2.3	8 $\frac{1}{2}$	前已详述
07	1558.12.1	5 $\frac{1}{2}$	华州倾陷庐舍甚众
08	1569	5	潼关地裂涌水
09	1571	>5	蒲、解倒塌房屋十分，地震昼夜不止
10	1587.10.4	5	蒲氏民屋间有倾颓
11	1642.6.30	6	蒲州、荣河人多死；安邑官民庐舍俱倾，人有压死者；数十日方止
12	1789.11.7	5	潼关坏民舍，人有压死者
13	1812.4.2	5 $\frac{1}{2}$	阌乡房屋倾圮无算
14	1814.11.3	>5	大荔、朝邑摇坏房屋，压毙人畜无算
15	1959.8.11	5.4	极震区沿黄河两岸呈北东向，韩城、河津、万荣共倒塌房屋 43 间
16	1998.7.11	5.0	宏观震中在永济—临猗间的黄旗营乡，烈度 6 度强，受灾面积约 600 平方公里，直接经济损失 1750 万元

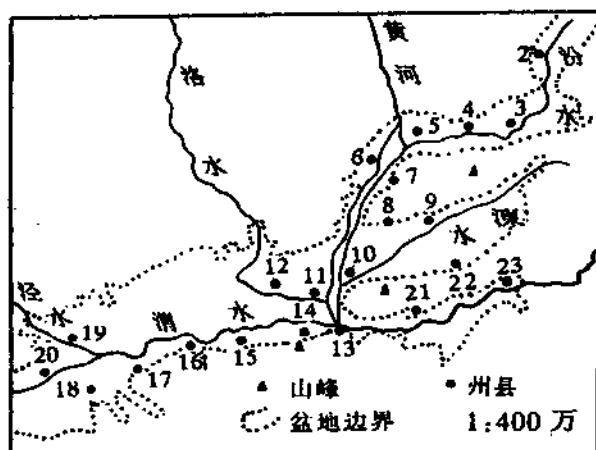


图 4 记有地震的州县分布图

7 中国第一大震灾

这次大震波及山西、陕西、河南、河北、山东、江苏、安徽、江西、福建、湖北、湖