

四川省芦山“4·20”7.0级强烈地震 建筑物震害图集

孙柏涛 闫培雷 / 著
王明振 张昊宇 陈相兆

地震出版社

四川省芦山“4·20”7.0级 强烈地震建筑物震害图集

◎孙柏涛 闫培雷 王明振 张昊宇 陈相兆 著

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

四川省芦山“4·20”7.0 级强烈地震建筑物震害图集/孙柏涛等著. —北京: 地震出版社, 2014.1

ISBN 978-7-5028-4390-8

I. ①四… II. ①孙… III. ①建筑物—地震灾害—芦山县—2013—图集

IV. ①P316.271.4-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 001125 号

地震版 XM3122

四川省芦山“4·20”7.0 级强烈地震建筑物震害图集

孙柏涛 闫培雷 王明振 张昊宇 陈相兆 著

责任编辑: 王 伟

责任校对: 孔景宽

出版发行: 地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编: 100081

发行部: 68423031 68467993

传真: 88421706

门市部: 68467991

传真: 68467991

总编室: 68462709 68423029

传真: 68455221

专业图书事业部: 68721991 68467982

<http://www.dzpress.com.cn>

E-mail: 68721991@sina.com

经销: 全国各地新华书店

印刷: 哈尔滨兰迪商务印刷有限公司

版 (印) 次: 2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月第一次印刷

开本: 889×1194 1/12

印张: 30

印数: 0001~2000

书号: ISBN 978-7-5028-4390-8/P (5080)

定价: 220.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

序

北京时间2013年4月20日08时02分，在四川省雅安市芦山县（北纬30.3°，东经103.0°）发生7.0级地震，震源深度约13km。震中距离雅安市约35km，距成都市约110km。中国地震局迅速启动了地震应急Ⅰ级响应，由修济刚副局长为现场指挥长带领中国地震局地震现场应急工作队赶赴灾区。4月21日凌晨2点，中国地震局现场应急队抵达芦山县芦阳镇，与先期到达的四川省地震局地震现场应急队会合，部署应急处置工作。随后，派遣地震灾害调查人员分8路开展烈度调查和灾害评估工作，并架设5台地震监测设备开展加密流动观测。截至21日4时30分，中国地震局共派出353名专家深入震区开展抗震救灾各项工作，全力做好震情监视研判、现场应急、灾害评估、抗震救灾、社会宣传等各项工作。

第一作者受命主持本次地震的烈度评定工作，并和其他作者深入震区较为详尽地调查了震区内各类建（构）筑物、生命线系统的工程震害以及地震地质灾害，在灾区持续工作了20余天，获得了大量的第一手资料。以芦山地震现场科学考察成果为基础，编纂了《四川省芦山“4·20”7.0级强烈地震建筑物震害图集》，形成了系统的、定量与定性相结合的芦山地震震例科学记录，为灾区恢复重建以及长远防灾减灾规划制定，为我国乃至世界工程抗震技术发展、社会综合防灾减灾能力提高提供翔实科学的参考震例。留住灾害历史是为了警醒后人，希望同样的灾害不再重演。

前言

四川怎么了，又地震了！继2008年5月12日汶川8.0级特大地震之后，2013年4月20日芦山又发生了7.0级破坏性地震。5年之内的两次地震发生在同一条断裂带（龙门山断裂带）上，震中相距约90km。

本次地震是一次主震-余震型的浅源构造地震，震中位于雅安市芦山县龙门乡马边沟，震源深度13km，震中烈度为IX度，VI度以上影响区面积约1.8km²。截至2013年4月24日，地震已造成196人死亡，失踪21人，11470人受伤，受灾人口达152万。

本次地震发生在龙门山断裂带的南端，处在山区，虽然没有发现出露地表的破裂，但是，由于山体结构松散，出现很多处山体滑坡和滚石等地质灾害，一些房屋因此而造成不同程度的受损或者倒塌。本次地震最高烈度区——IX度区内包括了5个乡镇所在地和数十个村级居民点，人员密度相对较稀疏。VIII度区内包括了芦山县城所在地的芦阳镇和十数个乡镇人员集聚点以及一些村级居民点。村级居民点及一般乡镇的工程结构类型较为简单，多为自建砌体房屋和穿斗木屋架结构，2008年以前的砌体结构基本没有考虑抗震设防，楼板和屋面多是预制混凝土板；2008年汶川地震后当地居民有了抗震意识，大都采用了圈梁、构造柱和现浇屋、楼面板，但也没有严格按照设防烈度进行设计与施工。县城所在地的结构类型较为丰富，老城区与其他乡镇相似，新城区有框架结构、框剪结构、约束砌体结构、剪力墙结构、基底隔震框架结构和网架结构等，多是2008年以后按照基本设防烈度VII度建造的。震区内的学校和公共建筑基本都是按照当地设防烈度新建或加固改造建筑，以框架结构为主，辅以约束砌体结构。

本次地震造成老旧砌体房屋破坏严重，穿斗木屋架房屋的维护墙体破坏严重；居民新建的自建房由于设计和施工等原因，在高烈度区内破坏也较为严重。至于新建的学校和公共建筑，虽然遭受了比设防烈度高1~2度的地震作用，但表现尚好，基本满足设防要求。

地震发生后，在中国地震局统一指挥下，中国地震局工程力学研究所第一时间派遣数十人的科研人员赶赴灾区，参加了地震现场应急和科学考察工作。本书作者团队在灾区持续工作20余天，在当地建筑废墟拆除和恢复重建前抢救性地收集了大量宝贵的震害资料，为总结这次地震的结构震害做了较为充分的准备。

本图集以震害照片为主，并通过对照片中的结构形式、震害特点以及震害产生原因等进行简单介绍和解释的方式阐述了不同烈度区的各类建筑结构的典型震害。全书共分为16章，分别介绍了地震概况、芦山地区建筑物概况、IX度区建筑物震害、VIII度区建筑物震害、VII度区建筑物震害、VI度区建筑物震害、典型地区震害（芦山县宝胜乡玉溪村、芦山县龙门乡、芦山县芦阳镇）、不同建筑物抗震能力对比、建筑物震害特征总结与原因简析、各烈度区完好的建筑物、其他震害（地震地质震害、文物古迹的震害及其他震害）、灾区重建建议及震害调查中的花絮。本书特色在于分烈度区介绍了不同结构的震害情况、可能产生原因、完好建筑的构造特点等，旨在为相关行业及部门吸取芦山地震灾区的结构建造经验和教训，为相关学者进行科学研究提供参考资料。

在芦山地震的震害调查过程中，我们得到了中国地震局地震现场应急指挥部、四川地震局、科学考察指挥部、灾区相关政府部门和灾区人民的大力支持，他们提供了大量的震害信息和相关资料；同时本书引用了部分相关部门和学者的测绘结果，在此一并表示感谢。此外，本图集的出版得到中国地震局科技专项“四川省芦山‘4·20’7.0级强烈地震科学考察”、科技部国际科技合作计划项目“中国地震灾害评估系统建设技术研究”以及中国地震局工程力学研究所基本科研业务专项“中国大陆地区地震灾害预测入损失评估系统基础研究”和“村镇传统的和新建的民居抗震能力评价及增强措施”的资助。

书中照片，除特殊注明外，均为中国地震局工程力学研究所科研人员拍摄。

由于芦山地震波及多个地区，本图集所展示的震害不能涵盖灾区所有震害情况。由于认识水平和观察视角所限，对结构和震害的阐述难免不够完全准确，望读者批评指正。

> 目录

第一部分 概况

第1章 地震概况·····	03
1.1 四川省芦山“4·20”7.0级强烈地震参数·····	03
1.2 四川省芦山“4·20”7.0级强烈地震震害概况·····	03
第2章 芦山地震烈度分布·····	07
2.1 IX度区·····	07
2.2 VIII度区·····	07
2.3 VII度区·····	07
2.4 VI度区·····	07

第二部分 建筑物震害

第3章 芦山地震区建筑物综述·····	13
3.1 建筑物的概况·····	13
3.2 砌体结构·····	13
3.2.1 砖混结构和砖木结构·····	13

3.2.2	砖砼结构·····	17
3.3	木结构·····	19
3.4	钢筋混凝土结构·····	21
3.4.1	钢筋混凝土框架结构·····	21
3.4.2	钢筋混凝土高层结构·····	22
3.5	工业厂房·····	23
3.6	其他结构·····	24
第4章	Ⅸ度区建筑物震害·····	25
4.1	砌体结构的震害·····	25
4.1.1	砖混结构的震害·····	25
4.1.2	砖砼结构的震害·····	43
4.1.3	砖木结构的震害·····	45
4.2	木结构的震害·····	51
4.3	钢筋混凝土框架结构的震害·····	64
4.4	工业厂房的震害·····	74
4.5	碰撞产生的破坏·····	76
4.6	Ⅸ度区内在建建筑的震害·····	80
第5章	Ⅷ度区建筑物震害·····	82
5.1	砌体结构的震害·····	82
5.1.1	砖混结构的震害·····	82
5.1.2	砖砼结构的震害·····	105
5.1.3	砖木结构的震害·····	115
5.2	木结构的震害·····	121
5.3	钢筋混凝土框架结构的震害·····	132
5.4	工业厂房的震害·····	144
5.5	其他结构的震害·····	147
5.6	碰撞产生的破坏·····	149
5.7	Ⅷ度区内在建建筑的震害·····	151

第6章 VII度区建筑物震害	153
6.1 砌体结构的震害	153
6.1.1 砖混结构的震害	153
6.1.2 砖木结构的震害	162
6.2 木结构的震害	172
6.3 碰撞产生的破坏	176
6.4 出屋面楼梯间的破坏	177
6.5 VII度区内在建建筑的震害	179
6.6 其他结构的震害	180
第7章 VI度区建筑物震害	181
7.1 砌体结构的震害	181
7.1.1 砖混结构的震害	181
7.1.2 砖木结构的震害	183
7.2 工业厂房的震害	187
第8章 典型地区建筑物震害	189
8.1 芦山县宝盛乡玉溪村	189
8.2 芦山县龙门乡	215
8.2.1 龙门乡概况	215
8.2.2 砖混结构的震害	219
8.2.3 木结构的震害	237
8.2.4 框架结构的震害	242
8.2.5 不同结构的震害对比——框架、砖混、木结构	247
8.2.6 其他震害	248
8.3 芦山县芦阳镇	249
8.3.1 芦阳镇概况	249
8.3.2 老城区震害	252
8.3.3 新城区震害	275
8.3.4 不同结构的震害对比	289

第9章 不同建筑物抗震能力对比	290
9.1 不同结构类型建筑物抗震能力对比.....	290
9.2 相同结构类型建筑物抗震能力对比.....	297
第10章 芦山地震建筑物震害特征总结与原因简析	305
10.1 建筑物震害特征总结与原因简析.....	305
10.2 芦山地震建筑物震害特点.....	307
第11章 各烈度区完好的建筑物	308
11.1 IX度区内的完好建筑.....	308
11.2 VIII度区内的完好建筑.....	317
11.3 VII度区内的完好建筑.....	320
第三部分 其他震害	
第12章 生命线工程的震害	327
第13章 地震地质的震害	330
第14章 文物古迹的震害	335
第15章 中小企业经济损失	337
第四部分 震区重建建议	
第16章 灾区重建建议	341
16.1 科学规划.....	341
16.2 安全耐久.....	342
16.3 经济适用.....	343
16.4 快速高效.....	344
第五部分 地震灾区所见所感	

第一部分

概 况

Part
01

第1章 地震概况

1.1 四川省芦山“4·20”7.0级强烈地震参数

发震时间：2013年4月20日，北京时间08时02分48秒

微观震中：北纬 30.3° ，东经 103.0°

震级： $M_S=7.0$ ， $M_W=6.7$

宏观震中：北纬 $30^{\circ}17'$ ，东经 $103^{\circ}02'$ （芦山县宝盛乡玉溪村）

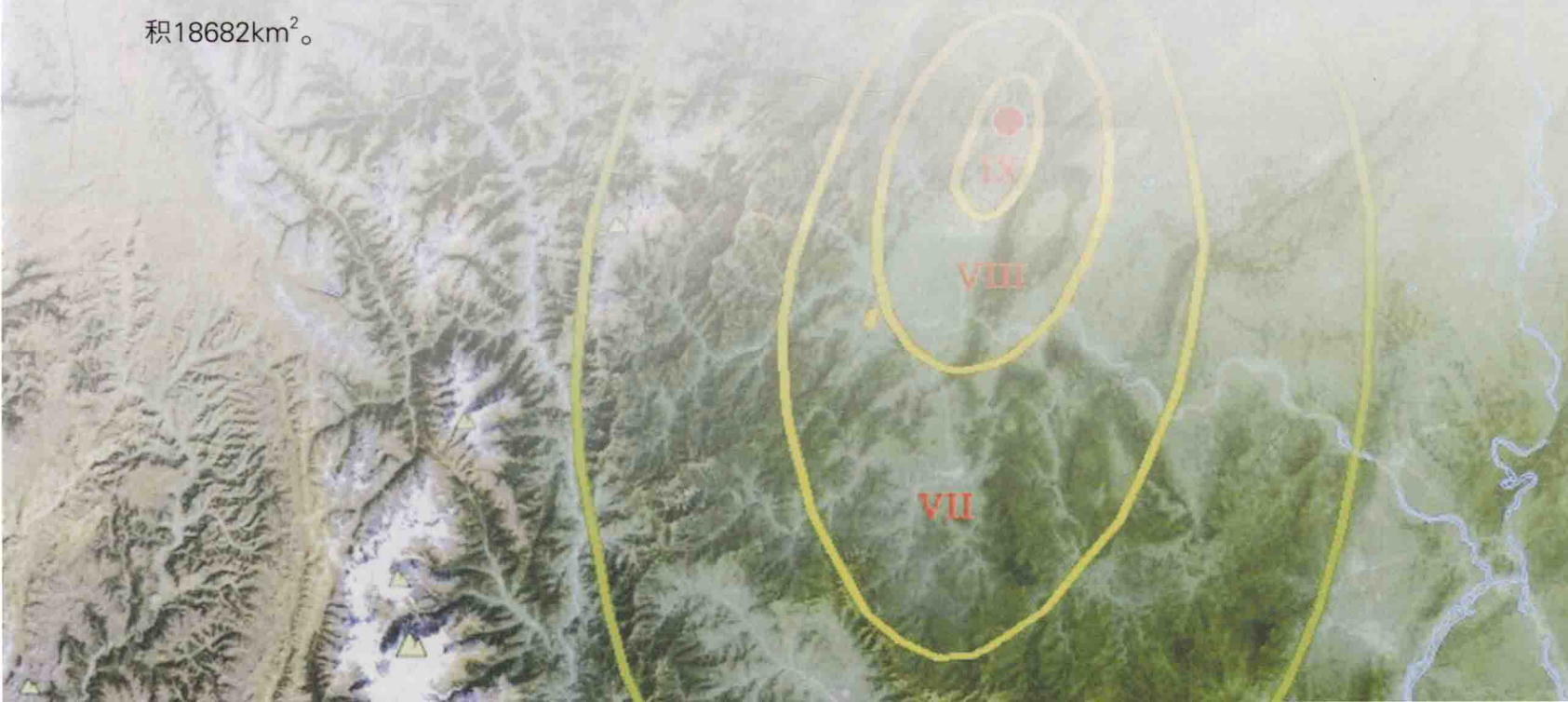
极震区烈度：IX

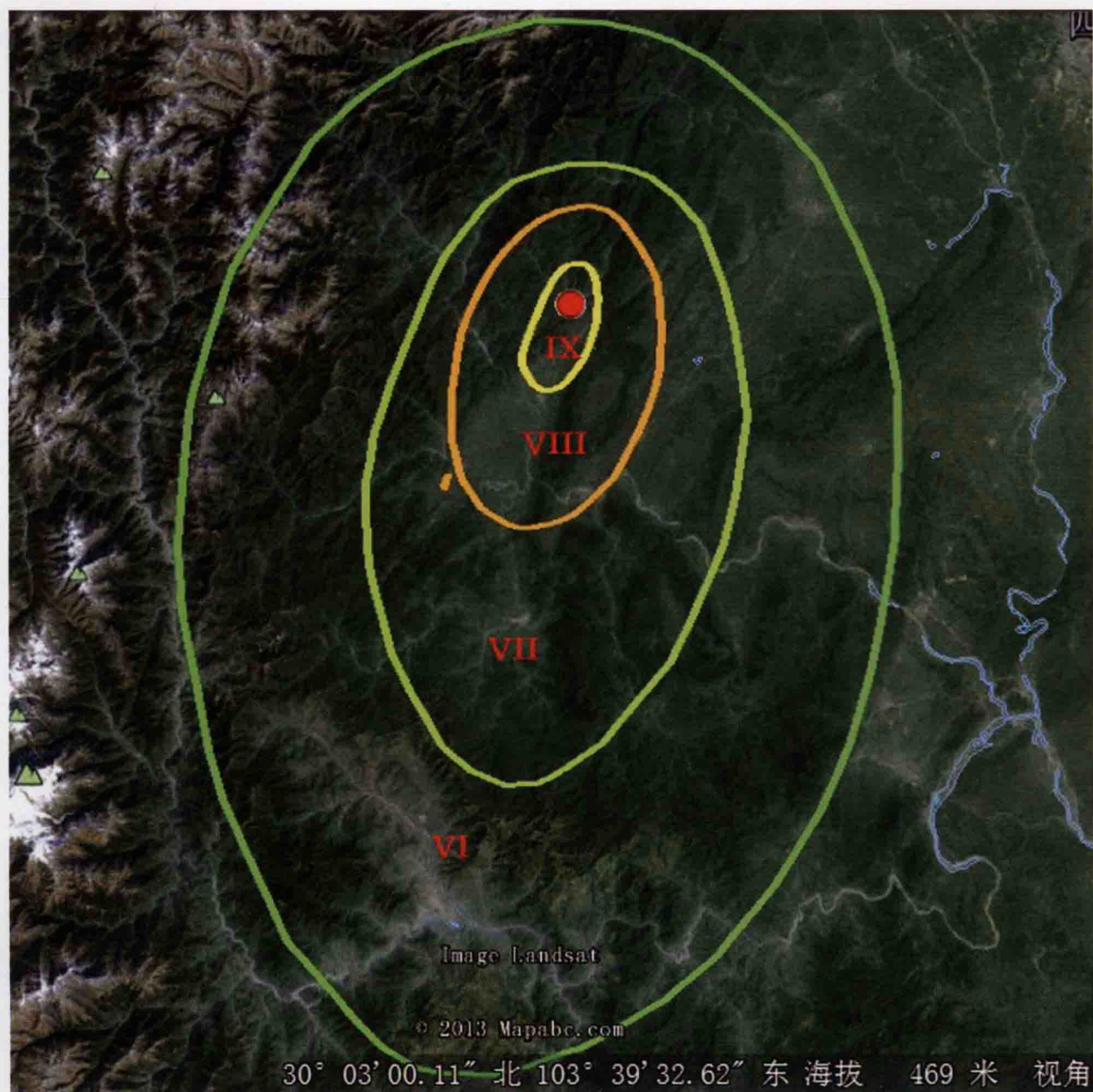
震源深度：13.0km

主震所测得最大加速度峰值：宝兴县城为 $1005.35 \text{ gal} (\text{cm/s}^2)$ 。

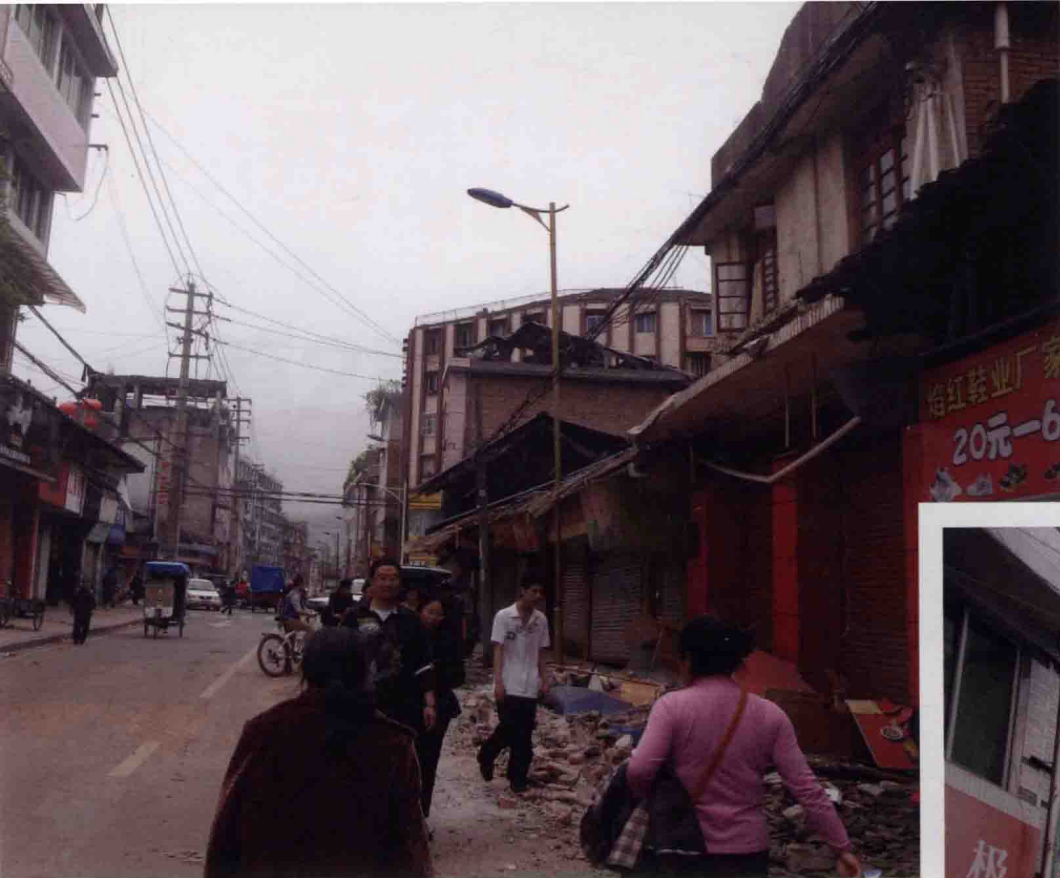
1.2 四川省芦山“4·20”7.0级强烈地震震害概况

北京时间2013年4月20日8时02分四川省雅安市芦山县（北纬 30.3° ，东经 103.0° ）发生7.0级地震。震源深度13km。震中距成都约100km，成都、重庆及陕西的宝鸡、汉中、安康等地均有较强震感。地震涉及雅安市芦山县、宝兴县、天全县、雨城区、名山区、荥经县、汉源县、石棉县，成都市邛崃市、蒲江县、大邑县，眉山市洪雅县、丹棱县、东坡区，乐山市夹江县、峨眉山市、金河口区、峨边彝族自治县，凉山彝族自治州甘洛县，甘孜藏族自治州泸定县、康定县等地。据中国地震局网站消息，截至24日14时30分，地震共计造成196人死亡，失踪21人，11470人受伤，受灾人口152万，VI区以上面积 18682 km^2 。





▲图1-1 芦山地震震区地形图



◀图1-2 地震后的芦山县县城老城区



▲图1-3 地震后的芦山县龙门乡青龙村老街



▲图1-4 地震后的芦山县清仁乡仁加村

图1-5 地震后的芦山县▶
太平镇老街





▲图1-6 地震后的芦山县宝盛乡



▲图1-7 地震后的芦山县双石镇石凤村



▲图1-8 地震后的宝兴县穆坪镇

第2章 芦山地震烈度分布

2.1 IX度区

东北自芦山县太平镇、宝盛乡以北，西南至芦阳镇向阳村，长半轴为11.5km，短半轴为5.5km，面积208km²。IX度完全在芦山县内，包括：龙门乡、清仁乡、宝盛乡、双石镇、太平镇5个乡镇。

2.2 VIII度区

东北自芦山县宝盛乡漆树坪村，西南至天全县兴业乡，西北自宝兴县灵关镇，东南至名山区，长半轴为29km，短半轴为17.5km，面积1481km²。VIII度区包括雅安市芦山县的飞仙关镇、芦阳镇、思延乡，雅安市天全县的城厢镇、大坪乡、多功乡、老场乡、乐英乡、仁义乡、始阳镇、思经乡、新场乡、新华乡，雅安市雨城区的北郊镇、碧峰峡镇、对岩镇、多营镇、河北街道、青江街道、姚桥新区、上里镇、西城街道、中里镇，雅安市名山区的城东乡、建山乡、蒙顶山镇、蒙阳镇、万古乡，雅安市宝兴县的大溪乡、灵关镇和邛崃市的高何镇、南宝乡。

2.3 VII度区

东北自芦山县大川镇，西南至荥经县龙苍沟镇岗上村，西北自天全县紫石乡，东南至洪雅县汉王乡，长半轴为56km，短半轴为33km，面积4029km²。天全县思经乡有一个狭长的VIII度烈度异常区，面积约1.8km²。VII度区包括宝兴县的穆坪镇，名山区的百丈镇、车岭镇、红星镇、红岩乡、解放乡、廖场乡、前进乡、双河乡、新店镇、永兴镇、中锋乡，天全县的小河乡、兴业乡、鱼泉乡、紫石乡，荥经县的安靖乡、宝峰彝族乡、大田坝乡、附城乡、花滩镇、烈士乡、烈太乡、六合乡、龙苍沟乡、民建彝族乡、青龙乡、泗坪乡、天凤乡、五宪乡、新建乡、新添乡、烟竹乡、严道镇、荥河乡，雨城区的八步乡、草坝镇、大兴镇、东城街道、凤鸣乡、观化乡、合江镇、孔坪乡、南郊乡、沙坪镇、望鱼乡、严桥镇、晏场镇，洪雅县的槽渔滩镇、汉王乡，邛崃市的火井镇、夹关镇、临济镇、南宝乡、天台山镇，芦山县的大川镇。

2.4 VI度区

东北自大邑县新场镇李家山村，西南至甘洛县两河乡，西北自泸定县岚安乡，东南至丹棱县杨场镇，长半轴为95km，短半轴为64km，面积13027km²。VI度区范围很大，覆盖了非常多的区县，包括有：大邑县(出江镇、花水湾镇、王泗镇、西岭镇、斜源镇、新场镇)，江县(白云乡、朝阳湖镇、成佳镇、大塘镇、大兴镇、复兴乡、甘溪镇、光明乡、鹤山镇、寿安镇、西来镇)，邛崃市(宝林镇、茶园乡、大同乡、道佐乡、孔明乡、临邛镇、平乐镇、前进镇、桑园镇、水口镇、卧龙镇、油榨乡)，康定县(金汤乡、麦崩乡、前溪乡、三合乡、时济乡)，泸定县(杵坭乡、得妥乡、加郡乡、岚安乡、冷碛镇、泸桥



图2-1 现场工作队调查点分布图

