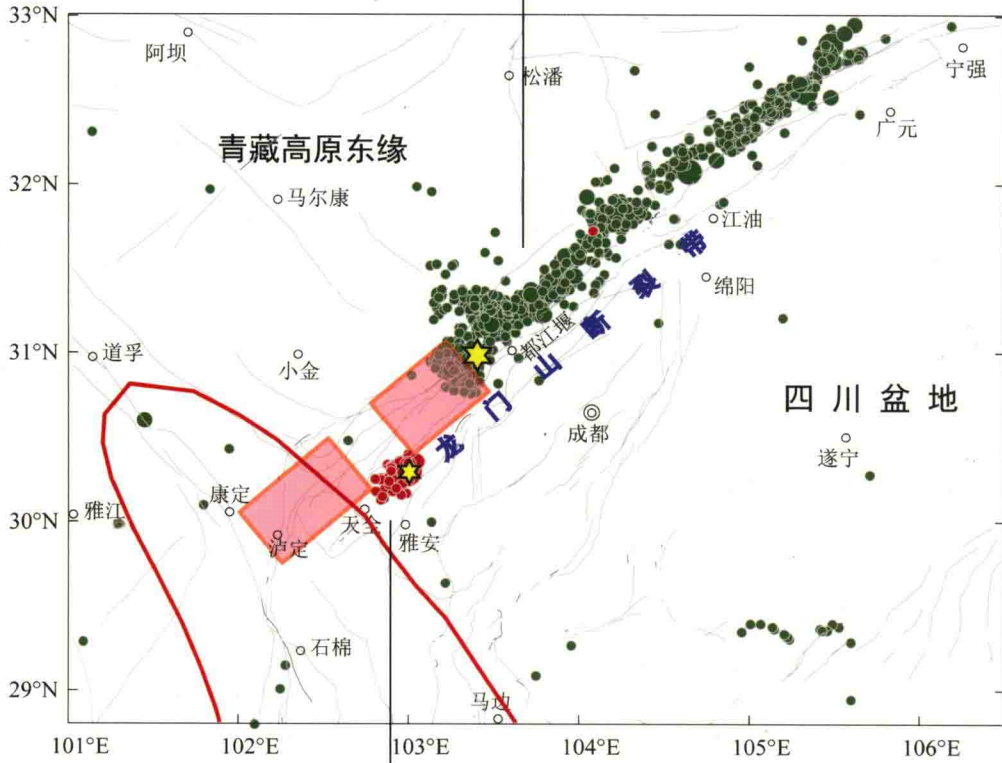


芦山地震科学考察



芦山地震科学考察

《芦山地震科学考察》编委会



地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

芦山地震科学考察/《芦山地震科学考察》编委会. —北京:地震出版社, 2015. 4
ISBN 978-7-5028-4606-0

I. ①芦… II. ①芦… III. ①地震-科学考察-芦山县-2013 IV. ①P316. 271. 4
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 073554 号

地震版 XM3315

芦山地震科学考察

《芦山地震科学考察》编委会

责任编辑:王 伟

责任校对:凌 樱 孔景宽

出版发行:地震出版社

北京市海淀区民族大学南路9号

发行部:68423031 68467993

门市部:68467991

总编室:68462709 68423029

专业图书事业部:68721991 68467982

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

E-mail: 68721991@sina.com

邮编:100081

传真:88421706

传真:68467991

传真:68455221

经销:全国各地新华书店

印刷:北京地大天成印务有限公司

版(印)次:2015年4月第一版 2015年4月第一次印刷

开本:889×1194 1/16

印张:26.25

印数:0001~1500

书号:ISBN 978-7-5028-4606-0/P (5299)

定价:300.00元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)

编委会

主任：赵和平

副主任：胡春峰 吴忠良

成员（按姓氏笔划排序）：

丁志峰 王夫运 申重阳 冉勇康 房立华
李 辉 吴建平 李广俊 李 明 李小军
宋兆山 赵 永 顾左文 詹 艳 戴君武
蒋长胜

秘书：王 峰 卜淑彦 安明智

编写组

组长：蒋长胜

成员（按姓氏笔划排序）：

王 虎 王未来 石 磊 卢 婷 李兆焱
杨光亮 陈 鲲 陈立春 房立华 赵成彬

秘书：高 爽 张盛峰



2013年4月20日8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，造成196人死亡，13019人受伤，直接经济损失665.14亿元。

地震发生后，习近平总书记、李克强总理分别做出重要批示，国务院迅速启动Ⅰ级应急响应。在全力投入抗震救灾工作的同时，中国地震局党组对芦山地震考察工作也非常重视，党组书记、局长陈建民同志多次听取科考方案设计汇报，并做出专门部署，强调此次科考要聚焦发震构造、与汶川地震的关系、区域强震危险性三个关键科学问题，突出科考工作的科学性、指导性和针对性。党组成员、副局长赵和平同志对科考实施提出五点具体要求，并亲临科考一线指导工作。

科考工作由中国地震局地球物理研究所负责实施，共设置了地震地质调查等9个野外观测工作组、2个研究工作组和2个任务工作组。13家单位的200余名科技人员集中野外工作50余天，观测范围超过6万平方千米，累计行程14万多千米，克服了滑坡泥石流等地质灾害频发、气象条件复杂多雨、山区道路交通不便等诸多困难，顺利完成野外作业。

科考工作围绕地震地质填图、地震学观测、深部地球物理综合剖面探测、形变和地球物理场观测、工程震害调查与设定地震对策等5个方面开展了系统的野外调查，获取了人工地震、重力、电磁、形变、地震地质等一批珍贵的科学数据，产出了12种科技产品，超额完成既定任务。通过深入的科学研究，在隐伏断裂发震构造探查、芦山地震与汶川地震的关系、龙门山南段及其附近地区的地震危险性等3个科学问题上，取得创新性认识和成果，深化了对此次地震成因机理的认识，为年度重点危险区判定提供了科学参考，为日后组织开展大震科学考察提供了范例。制作的《追缉芦山地震的“肇事者”》纪录片在中央科教频道播出。此外，此次科考在数据共享、制度建设等方面也进行了有益尝试，并于2014年12月通过验收。中国地震局党组对本次科考工作给予了充分肯定，并就后续数据共享和深挖掘、成果发表和应用等提出了希望和要求。

为全面介绍科考工作，充分展示科考成果，相关单位组织编写了《芦山地震科学考察》，供有关部门、单位和广大科技人员参考。

中国地震局科学技术司

2015年2月4日

目 录

C O N T E N T S

序言

第一部分 芦山地震科考总体情况 / 001

一、科考工作目标和任务 / 003

(一) 工作目标与三个基本科学问题 / 005

(二) 科考的五项任务和任务组、研究组、
工作组设置 / 005

(三) 工作目标 / 008

二、执行情况 / 009

(一) 目标、任务完成情况 / 016

(二) 解决的关键技术问题 / 031

(三) 取得的主要数据和科技成果 / 032

三、组织管理 / 081

(一) 确保基础数据质量 / 083

(二) 注重与其他项目的结合 / 083

(三) 重视科考相关的制度建设 / 084

(四) 高度重视野外作业安全 / 084

四、芦山地震科考剪影 / 085

第二部分 芦山地震科考的三个主要科学问题 / 091

一、关于芦山地震的震源特征：证据与证据链 / 093

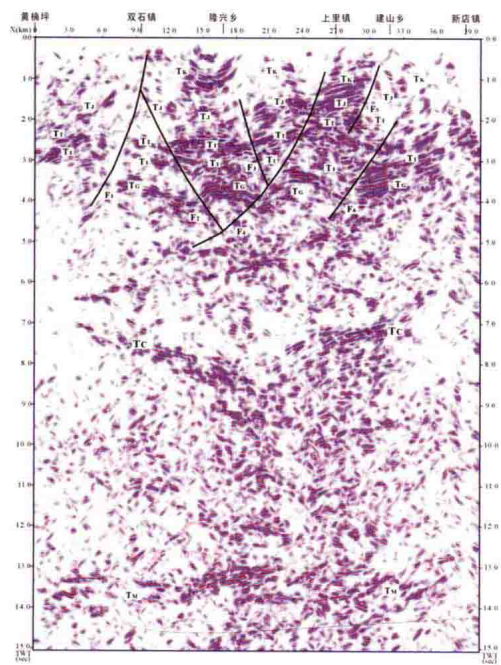
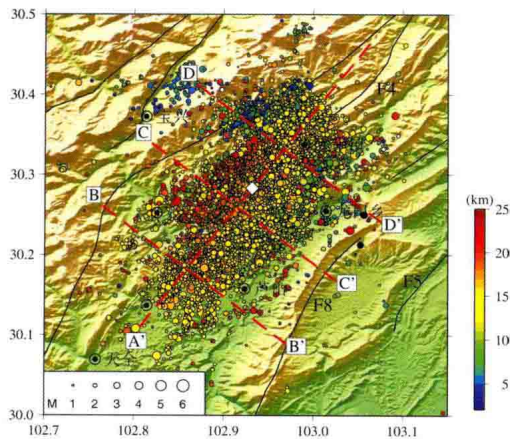
二、关于芦山地震与汶川地震之间的关系 / 165

三、关于龙门山南段和鲜水河南段的地震危险性和区域
防震减灾对策 / 177



目 录

C O N T E N T S



第三部分 芦山地震科考的关键性野外调查 / 227

- 一、地震地质研究报告 / 229
- 二、强地面运动与工程震害调查工作报告 / 277
- 三、深反射剖面探测研究报告 / 297
- 四、重力剖面探测研究报告 / 313
- 五、大地电磁探测研究报告 / 331

第四部分 芦山地震科考重要原始记录 / 377

- 一、芦山地震科学考察相关制度和重要文件 / 379
- 二、中央电视台科教频道“芦山地震科考”纪录片脚本
(修正版) / 391
- 三、芦山地震科考队员名单和参加科考工作人员名单 / 399

第五部分 电子附录 / 409

(详见后附光盘)

- 一、芦山地震科考主要成果图
- 二、芦山地震序列目录
- 三、芦山地震序列三维显示图像

后记 / 411



第一部分 芦山地震科考总体情况



一、科考工作目标 and 任务

（一）工作目标与三个基本科学问题

四川省芦山“4·20”7.0级强烈地震科学考察（以下简称“芦山科考”）工作的目标是，通过地震地质填图、地震学观测研究、深部地球物理综合剖面探测、形变和地球物理场观测、工程震害总结与设定地震对策等五项工作任务，回答芦山地震的震源特征、芦山地震与汶川地震之间的关系、龙门山断裂带南段与鲜水河断裂带的强震危险性等三个基本科学问题。

（二）科考的五项任务和任务组、研究组、工作组设置

芦山科考根据科考工作目标，部署如下五项工作任务：

（1）地震地质填图。

在汶川地震科考的工作基础上，对芦山地震区和汶川至芦山的地震活动“空段”进行地震地质填图，附以浅层勘探资料的收集和古地震探测，进一步查明当地的活动构造。

（2）地震学观测研究。

在芦山地震区和龙门山断裂带南段部署宽频带流动地震台阵，用接收函数等方法研究地壳结构、用层析成像等方法研究浅层结构，进一步约束余震序列的精确定位。进一步收集可用的地震资料、形变资料、强地面运动资料，结合灾评资料的补充收集和系统整理，给出2.0版地震破裂过程结果。

（3）深部地球物理综合剖面探测。

跨芦山地震震源进行地球物理综合剖面探测（包括人工地震剖面、大地电磁测深、重力剖面），与地震地质调查、地震学观测研究结合，圈定芦山地震的发震构造。

（4）形变和地球物理场观测。

在“陆态网络工程”等工作的基础上，在芦山地震区及其附近进行GPS观测和精密水准复测，以同震形变约束芦山地震的震源过程，以加密测量监测龙门山断裂带南段、鲜水河断裂带的形变动态。在芦山地震区及其附近开展流动地磁测量、流动重力测量，监测龙门山断裂带南段、鲜水河断裂带的地球物理场变化。

（5）工程震害总结与设定地震对策。

补充和系统整理芦山地震震害调查的结果，比较汶川地震和芦山地震的震害特征。根据汶川地震后、芦山地震前的经验教训，针对龙门山断裂带和鲜水河断裂带上长期地震危险性背景下的突发性设定地震，给出防震减灾建议。

为完成芦山地震科考五项任务，科考队设立9个任务组、2个研究组、2个工作组，具体为：

（1）观测任务组一：人工地震剖面探测。

在龙门山断裂带南段，横跨芦山震区完成一条长度300~350km的人工源深地震宽角反射/折射和深地震反射联合探测剖面，实现对龙门山断裂带南段的地壳深部结构和发震构造的高分辨率成像，为构建地震区的发震构造模型提供关键数据。

（2）观测任务组二：重力剖面探测。

跨越龙门山断裂和鲜水河断裂布设2条总长度约430km的相对重力测量剖面，获取高精度重力观测数据，构建地壳二维密度细化结构，揭示主要构造单元差异。

（3）观测任务组三：大地电磁探测。

沿马尔康—邛崃剖面，即汶川地震与芦山地震之间的地震空段进行大地电磁探测。结合龙门山构造区其他已有的电磁探测数据，反演区域三维深部电性结构，揭示龙门山构造带不同段落横向变化特征。

（4）观测任务组四：流动地震台阵观测。

基于现有的固定台站，在震中及周边的监测薄弱地区布设总数35个台站的高密度流动地震台阵，台站间距约20km，观测周期半年。台阵进行数据的无线实时传输，并开展余震数据分析处理。

利用高密度流动地震台阵获取的观测资料，开展余震序列精定位，为强余震预测、发震构造和相关研究提供参考。

（5）观测任务组五：地震地质调查。

开展芦山地震构造变形（破裂）与地质灾害分布规律调查，完成地表变形调查和大比例尺填图。

开展龙门山断裂带南段系统的活动断层几何结构、活动时代和演化历史调查，完成3条3km的浅层地震探测，并配合深地震反射剖面 and 大地电磁测深剖面，揭示构造系统时空演化及发震构造三维孕震样式。

研究龙门山南段主要活动断裂的古地震，分析大地震活动规律和复发间隔时间，为判定该地区未来大地震危险性提供基础资料，为发震构造的发震能力判定提供依据。

（6）观测任务组六：地表形变观测。

综合利用区域GPS、水准重复观测资料，监测获取芦山7.0级地震同震三维地壳形变场图像，监测获取龙门山断裂带南段和鲜水河断裂带东南段最新活动状态，为芦山7.0级地震震源破裂特征研究和区域近期地震危险性评价提供参考依据。

综合利用连续和流动GPS观测资料，计算获取芦山7.0级地震同震地壳水平位移场图像，监测获取芦山7.0级地震震后瞬态变化过程。

对芦山7.0级地震周围约1200km水准路线进行一期一等精密水准复测，结合前期已有水准观测资料，计算获取芦山7.0级地震同震垂直位移场图像，监测龙门山断裂带南段、鲜水河断裂带东南段最新地壳形变状态，服务区域地震危险性分析。

（7）观测任务组七：流动地磁观测。

在以芦山地震震中为中心，东西各约400km、南北各约800km的区域内开展一期流动地磁矢量观测，测点总计229个。

收集中国地磁台网2013年6月15日前的地磁时均值数据，采用自然正交分量（NOC）方法提取地磁场时空分布特征，提取地磁场非线性变化部分，研究主要特征和地震活动性的相关性，为区域内地震趋势判定提供地磁学背景。

(8) 观测任务组八：流动重力观测。

通过布设基于绝对重力控制下的相对重力联测网，并以龙门山断裂带和鲜水河断裂带以及安宁河断裂带为中心，布设6个绝对重力基准点，294个测段共269个相对重力联测点，监测地震震后重力变化，为震后震情发展与研判提供重力学依据。

(9) 观测任务组九：强地面运动与工程震害调查。

开展雅安地区典型抗震设防结构和汶川灾后重建工程震害特征及抗震性能补充调查、不同烈度区不同使用功能建筑震害调查。基于现场震害调查结果，开展震害分析、破坏机理以及高烈度区工程结构易损性研究。开展场地条件对建筑及生命线工程震害影响调查，对芦山地震和在汶川地震中雅安地区的烈度异常区、破坏严重点进行详细调查。调查这些地区或地点的房屋类型、分布，以及在两次地震中的震害分布、震害特点，并与邻近地区进行对比分析。开展强地面运动分布特征与震害相关性以及重点强震动台站场地环境调查。搜集芦山地震的烈度分布图、震害资料，研究强地面运动的不同参数、空间分布、频率特征等对不同类震害的影响。

总结强地面运动与工程震害特征科考研究成果，分析汶川地震恢复重建的工程抗震设防效果，提出推广应用和改进建议，为本次地震恢复重建和其他地区的抗震设防提供参考。

开展芦山地震强地面运动场的三维数值模拟分析，初步再现芦山地震强地面运动场，分析地面运动场主要特征的形成机制。

(10) 研究任务组一：芦山地震发震构造与震源过程。

通过震后科学考察，获取完整和多学科的资料，重新研究和确定与震源特性和破裂机理有关的震源参数和破裂过程图像。

收集并分析以往地球物理探测结果，基于此次在芦山地震区开展的深地震测深、重力、大地电磁等多种地球物理剖面的探测结果，利用流动地震台阵记录的近震和远震波形数据，研究芦山地震区的深部结构。使用接收函数方法构建震区下方壳幔分层结构，用地震层析成像方法获取区域高分辨率的地壳及上地幔三维速度结构。通过地震各向异性研究考察震区介质的应力状态和深部流变特性，探讨本次地震发生的深部动力背景。

(11) 研究任务组二：资料综合与区域地震危险性。

通过分析芦山7.0级地震在龙门山南段和鲜水河南段地区引起的库仑破裂应力变化，以及震后区域地震活动性变化，考察此次地震对龙门山南段和鲜水河南段地区地震危险性的影响。

综合芦山地震孕震模式、发震构造等研究成果，考察龙门山南段和鲜水河南段地区未来强震潜在危险性，从震灾防御角度，模拟设定地震引起的地面运动和灾害，并考察其“预期前兆”。

以四川西昌5个钻孔应变观测台站的观测资料为基础，开展安宁河和则木河断裂交会部位区域应力场的动态变化研究，考察芦山地震对该区域地震危险性的影响。

(12) 工作任务组一：科考过程实录与科普产品制作。

对整个科考特别是现场工作和实验的关键环节进行音像记录。以音像记录为基础，兼顾已有其他方面音像记录、图文记录、多媒体材料的收集、整理，制作面向其他学科专家、地方政府、社会公众的科普产品。

(13) 工作任务组二：地震科考数据汇集与共享服务。

依托“中国地震科学探测台阵数据中心”，对科考实施过程中产生的台阵实时观测数据，与其他科研项目观测数据融合，提供波形及事件数据服务；对流动观测、剖面探测等数据，建立元数据及索引数据库，观测数据存于文件系统中，对外提供服务；对保密数据，整理后，保存于保密室，并定期进行正确性校验。

在现有软硬件环境的基础上，通过合理增加硬件设备和开发编制相关程序等，建立适合本项目要求的软硬件系统，结合数据备份、在线数据永久保存、定期进行完整性和一致性校验等手段，保障数据的安全性。

(三) 工作目标

1. 数据成果

提供人工地震剖面探测数据、重力剖面探测数据、大地电磁剖面探测数据、连续GPS和精密水准测量数据、流动地震台阵观测数据、深地震测深剖面探测数据、流动地磁观测数据、绝对重力测定和相对重力联测数据、现场震害调查数据等9类科学数据。

2. 图件成果与模型

提供芦山地震地表破坏与构造变形（破裂）分布图（1:50000）、龙门山断裂南段活动断层分布图（1:250000）、两条重力剖面布格异常曲线图和地壳密度结构图、两条深部电性结构剖面图、一条人工地震二维速度结构剖面图、地壳区域水平和垂直形变分布图和地震同震位移图、余震序列精定位空间分布图、主震断层面位错分布图、地震运动场（PGA和PGV）分布图与0~3Hz谱值分布图、绝对重力时序变化、震后重力变化图像、震源及周边区域三维速度结构模型等12类科技产品。

3. 科学成果与服务

充分吸收“汶川地震科学考察”、“汶川地震断裂带科学钻探（WFSD）”、国家“973”项目等前期工作的成果，与正在进行的喜马拉雅专项——“中国地震综合地球物理场观测”、“陆态网络工程”及中国地震局地球物理研究所、中国地震局地壳应力研究所、中国地震局地震预测研究所基本科研业务费专项的工作相结合，针对芦山地震与汶川地震之间的关系、龙门山断裂带南段和鲜水河断裂带及其周边的地震危险性问题，根据科考工作取得的科学认识，分别针对科学界、中国地震局和四川省地震局领导、监测预报工作和震情跟踪工作、常态地震科考工作、地震科学公众理解等5个对象提供科技服务。

适时以提交发表学术会议报告和研究通信、提出震情跟踪监测方案和防震减灾对策建议、参与震情跟踪和地震趋势会商、总结此次地震科考的经验教训以服务于常态化制度化的科考工作的机制建设、制作科普音像资料及图件等公众理解产品等5种方式提供科学成果和服务。

二、执行情况



