



中国地震科学实验场科技产品与突出科技进展

中国地震科学实验场联合办公室（筹）



实验场第一代科学产品示范

产出方式：提名邀请、同行评议、修改、公示征求意见

“第一代科学产品示范”目录：



- **实验场公共模型：**

- 1.0版速度模型

- 断层模型

- 形变模型

- 流变模型

- **实验场科学预测模型：**

- 30年尺度强地面运动概率预测模型

- **实验场基础数据集：**

- 重新定位地震目录

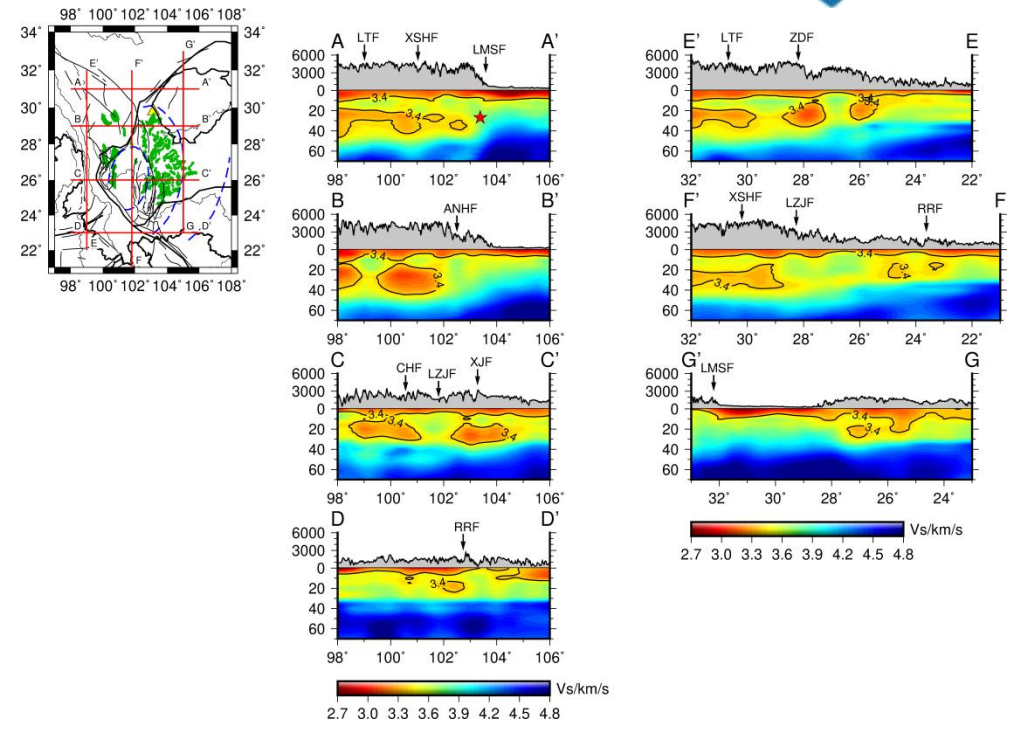
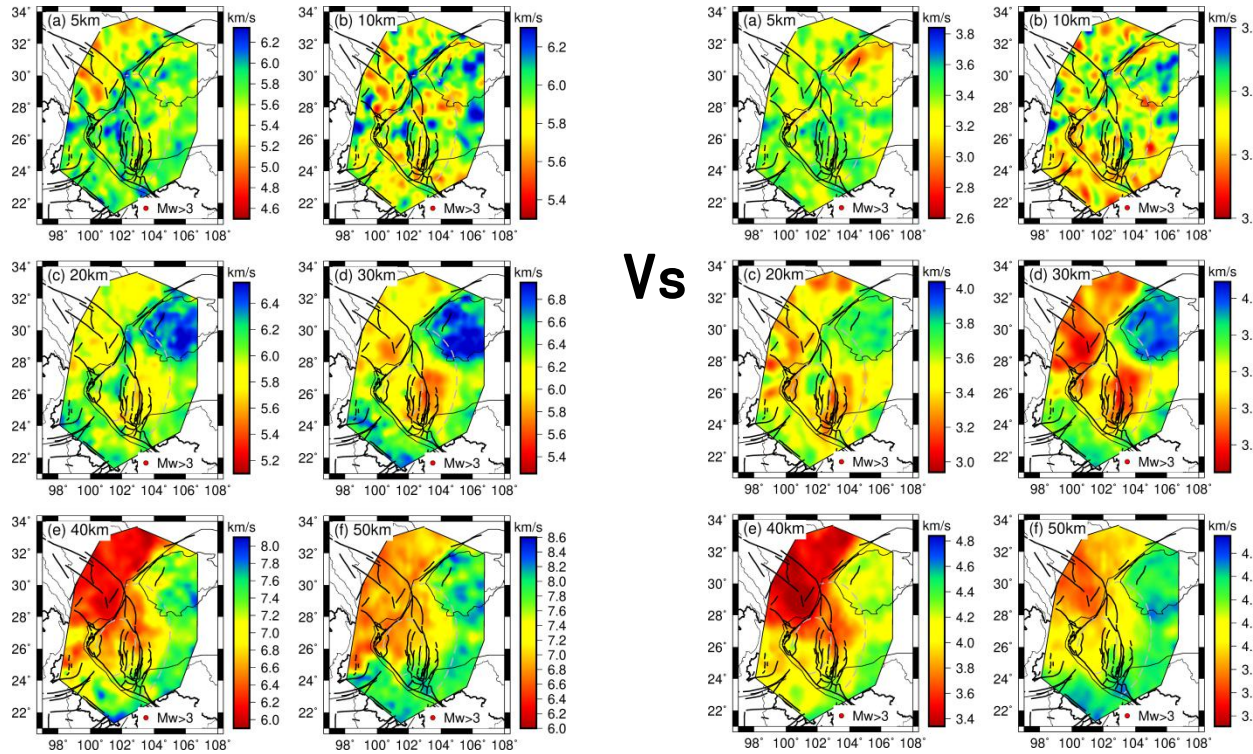
- 震源机制解目录

- “去丛”地震目录

实验场公共模型之一：1.0版速度模型 (DOI:10.12093/02md.02.2019.01.v1)

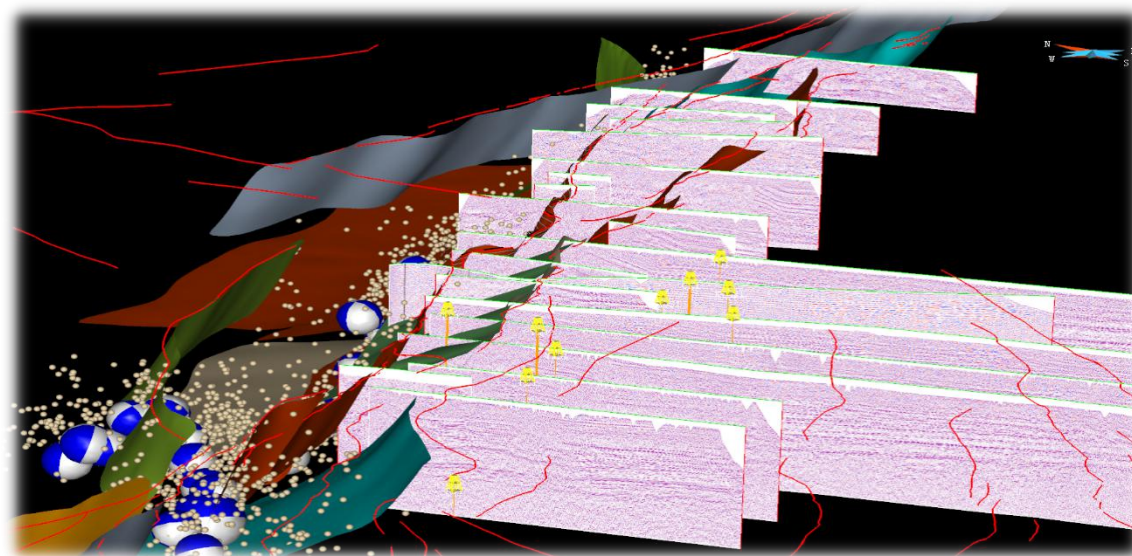
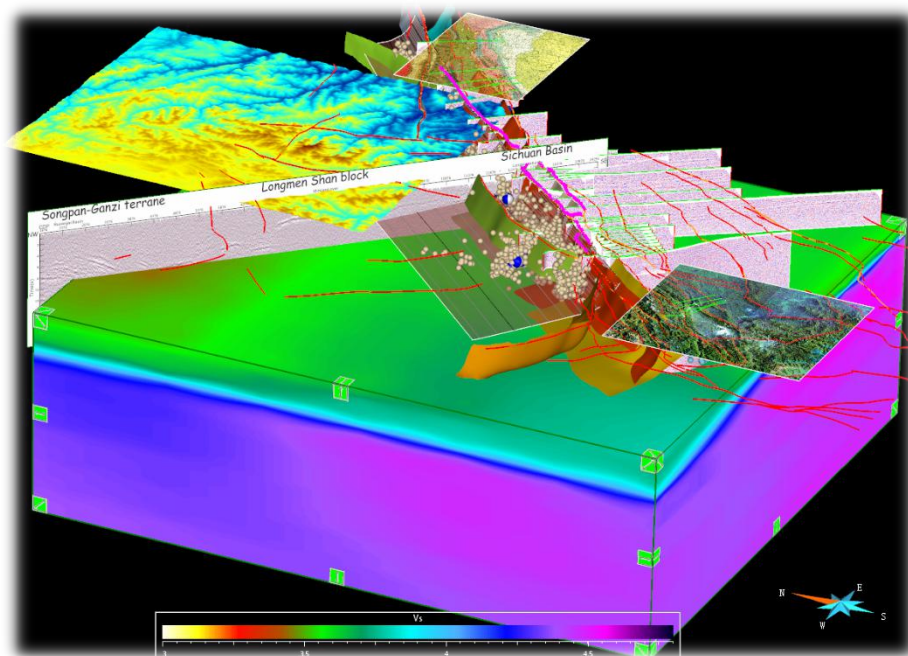


Vp



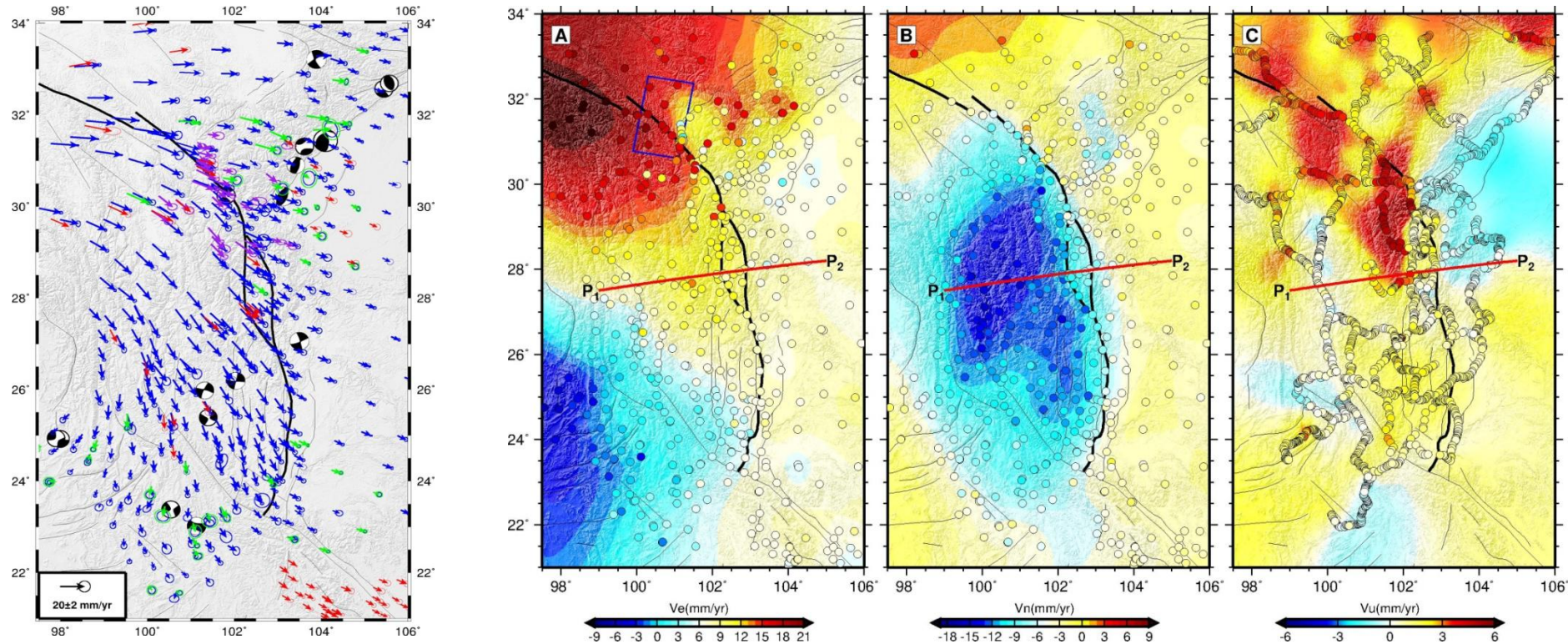
- 由中国科学技术大学姚华建教授团队完成。
- 综合体波走时与噪声面波频散走时联合反演 3-D地壳Vp及Vs模型 SWChinaVpVs_2019; 模型40km 之上50km的横向分辨率, 垂向分辨率优于10km; 40km 之下约70km的横向分辨率, 垂向分辨率10-15km; 模型数据已实际应用于基于AI的地震自动观测系统等。

实验场公共模型之二：断层模型 (DOI:10.12093/04md.02.2019.02.v1)



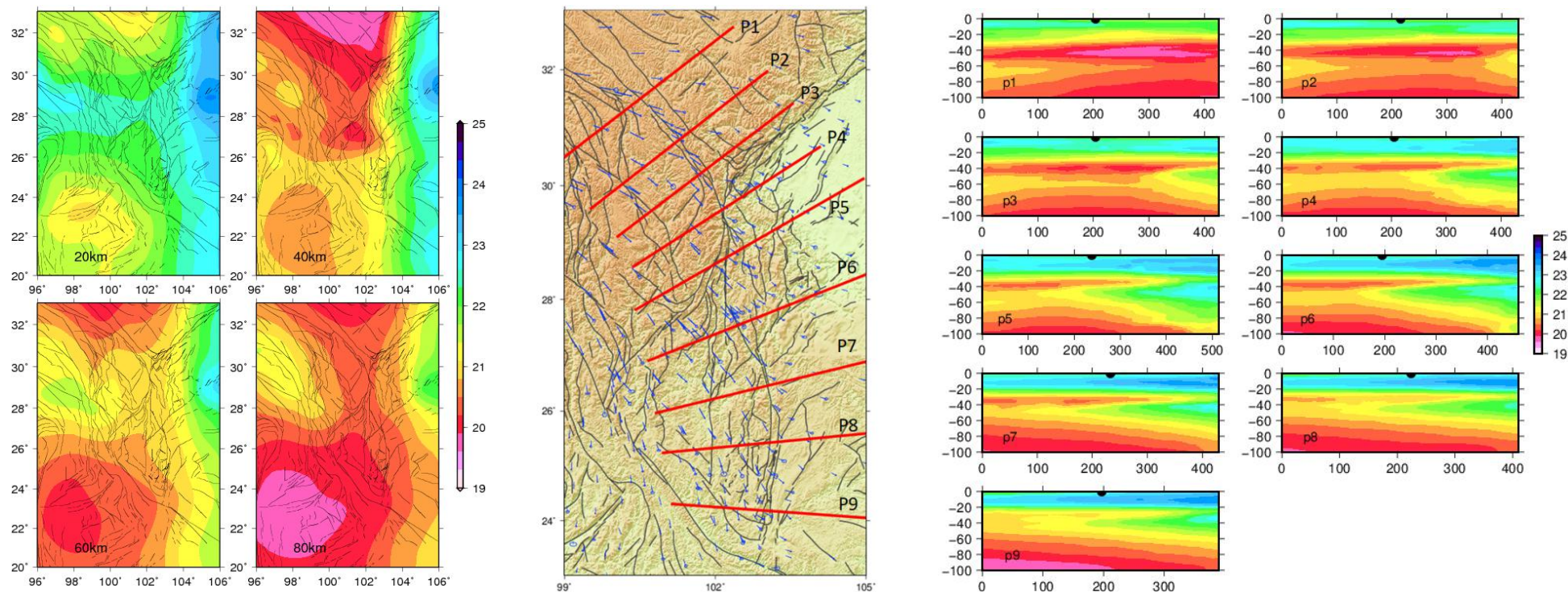
- 由中国地震局地质研究所刘静研究员、鲁人齐研究员团队完成。
- 综合地表活断层迹线（同震地表破裂）、人工地震剖面、震源机制解、小震重定位、地震波速度、大地电磁测深、数字高程、地质图、遥感图、钻井/钻孔等数据，搭建了系统的数据库，构建了三维活动断层模型，并在重点断裂上分析三维断层结构之间的相互关系。

实验场公共模型之三：形变模型 (DOI:10.12093/03md.02.2019.04.v1)



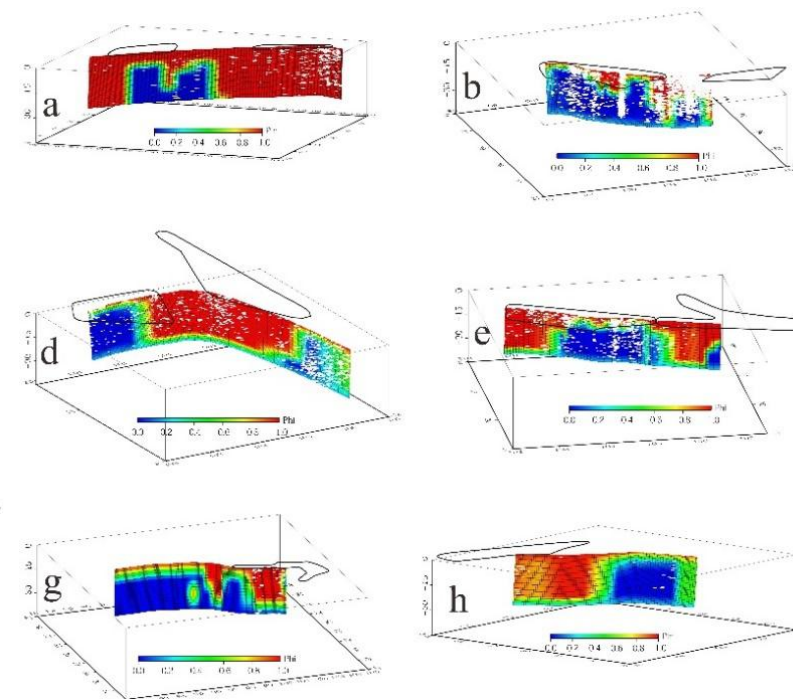
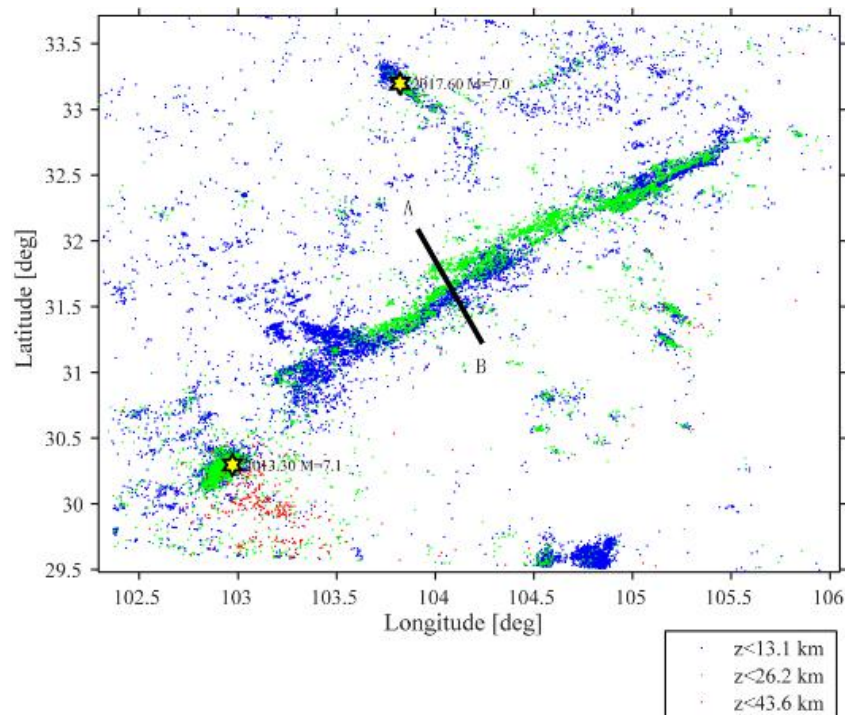
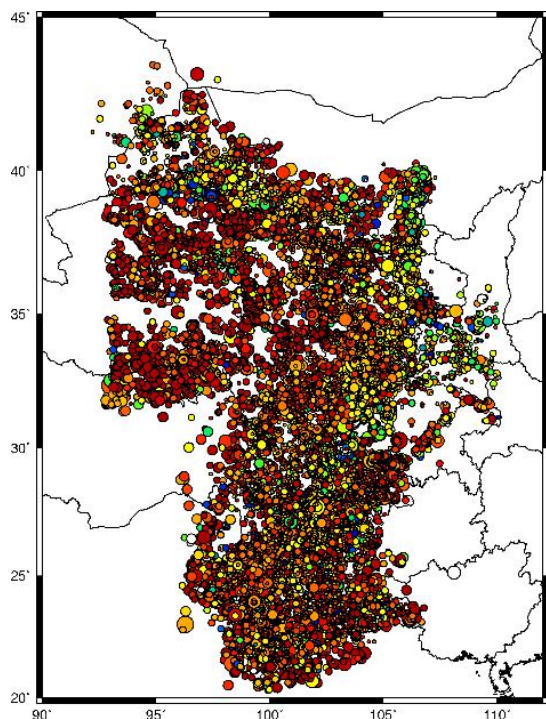
- 由广东工业大学王华教授团队完成。
- 获得了中国地震科学实验场517个测站的GPS观测速度场；依据上述GPS观测结果，计算得到实验场区域的速度场模型和应变率场模型，为研究实验场其他地震科学问题和地震预测提供形变基础数据和模型支撑。

实验场公共模型之四：流变模型 (DOI:10.12093/04md.02.2019.03.v1)



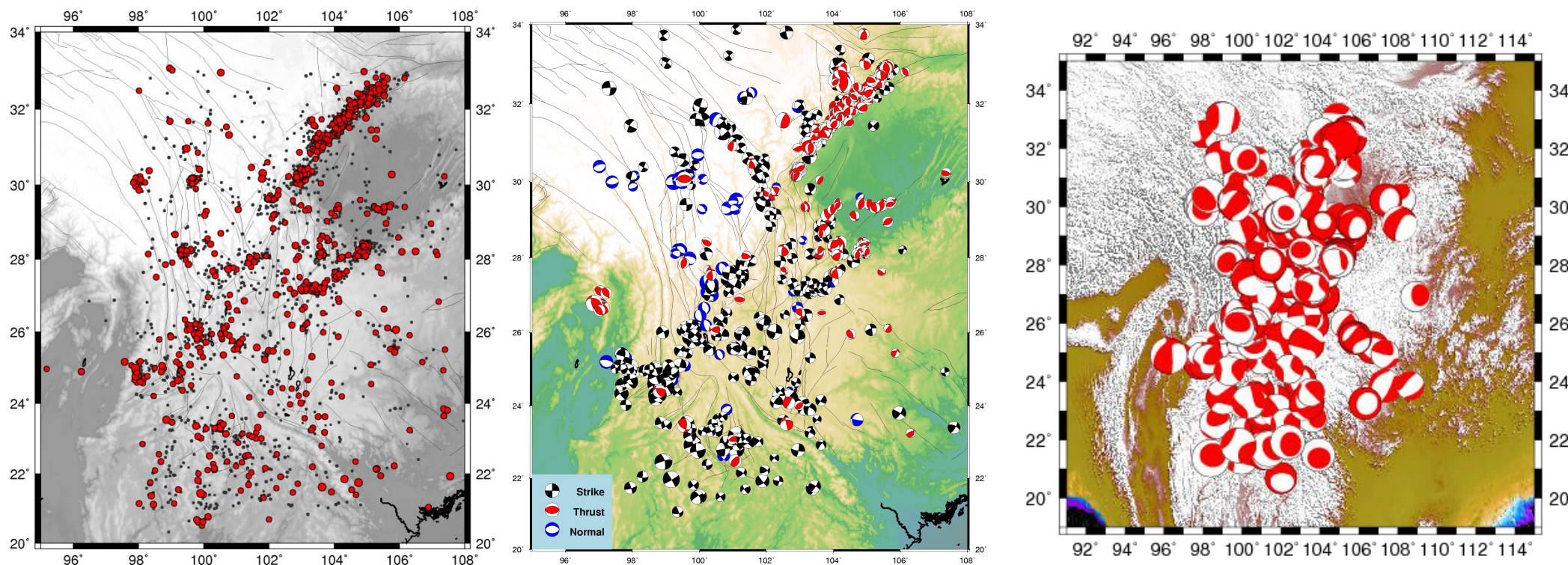
- 由中国地震局地震预测研究所邵志刚研究员、第二监测中心徐晶团队共同完成。
- 建立实验场地区壳幔粘滞结构模型，获得了不同深度粘滞系数分布初步结果（20km，40km，60km，80km）以及横跨川滇菱形地块东边界带不同位置的粘滞系数剖面结果，为区域运动学模型和动力学模型的构建提供流变结构的参考。

实验场基础数据集之一：重新定位地震目录 (DOI:10.12093/01md.02.2019.05.v1)



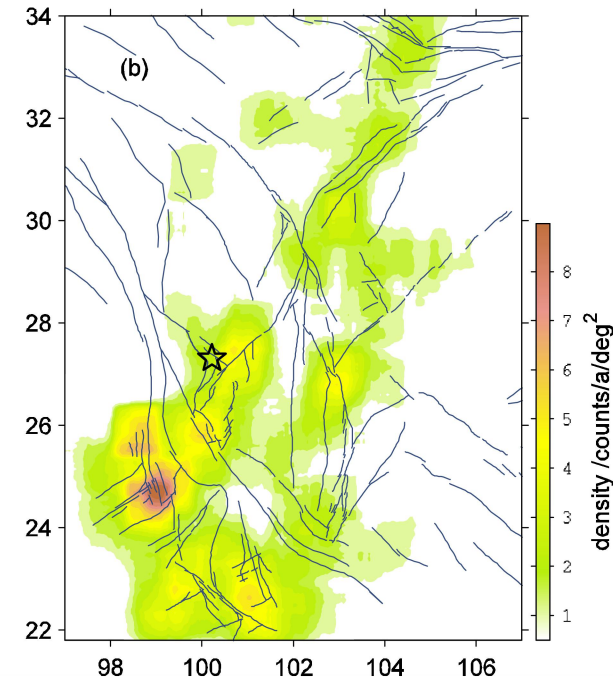
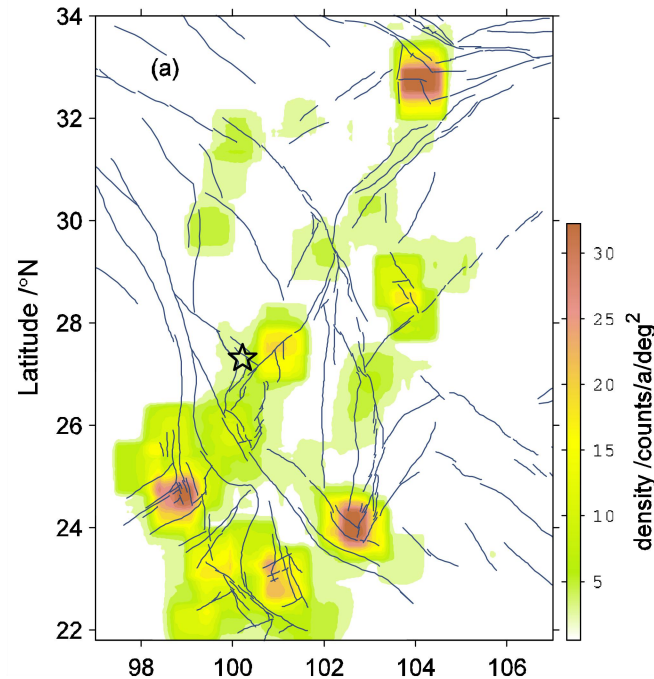
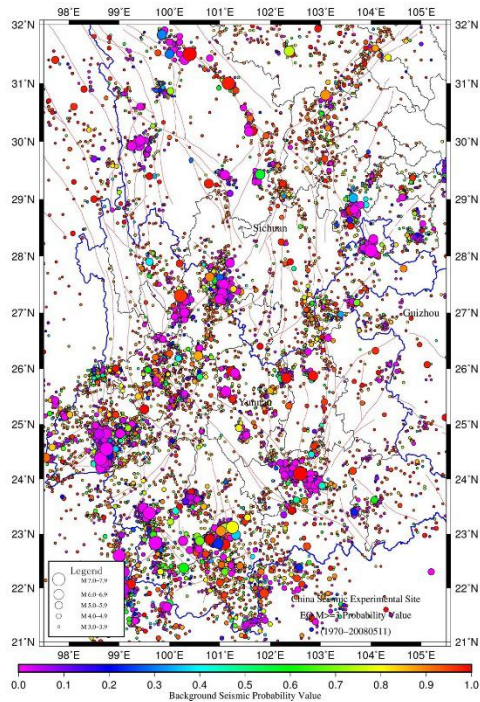
- 由四川省地震局龙锋团队等完成。
- 已完成2009年1月至2019年3月南北地震带ML1.5级以上127009条地震的重新定位，其结果已在小震稀疏段判断、闭锁段判定、发震构造分析等方面得以应用。

实验场基础数据集之二：震源机制解目录 (DOI:10.12093/01md.02.2019.07.v1)



- 由中国地质大学郑勇教授、中国科学院测量与地球物理研究所储日升研究员团队等完成。
- 对实验场区域的4.0级以上的地震震源机制解进行研究，给出了研究区域的地震震源性质和深度，以及断层特征，可为建立实验场综合模型的构建提供关键性的支撑。3个研究组独立开展研究，3家结果在较大地震 ($M > 4.5$ 级) 上一致性很好，4.0~4.5级地震总体上比较一致，结果可靠。

实验场基础数据集之三：“去丛”地震目录 (DOI:10.12093/01md.02.2019.06.v1)



- 由中国地震局地球物理研究所蒋长胜研究员团队等完成。
- 利用“除丛” (decluster) 的统计地震学技术方法, 获得地震科学实验场区内的背景地震目录, 共享并提供实验场, 为区域内开展地震预测建模、地震活动分析和工程地震学研究等使用。



实验场2019年突出科技进展

产出方式：专家提名和投票、联合办公室讨论确定、公示征求意见

“年度突出科技进展”目录：



- 实验场顶层设计——实验场科学设计（科学设计组）
- 实验场优秀科技产品之一——实验场区1.0版公共速度模型构建（中国科学技术大学）
- 实验场优秀科技产品之二——实验场区运动学模型与重点构造部位动力学模型（预测所、地壳所等）
- 实验场优秀科技产品之三——实验场区公共断层模型（地质所、天津大学等）
- 实验场优秀科技产品之四——实验场3维密度结构（地球所）
- 实验场优秀科技产品之五——基于地球物理剖面的实验场精细地壳结构（物探中心）
- 实验场重要科学问题之一——四川长宁窗注水影响和机理研究（中国地震台网中心、四川局）
- 实验场重要科学问题之二——鲜水河-小江断裂带的闭锁状态（中国地质大学武汉）
- 实验场重要科学问题之三——小江断裂带的深部构造活动行为与地震危险性估计（北京大学）
- 实验场新技术实验之一——AI技术于地震监测系统的现场实验（中科大、预测所）
- 实验场新技术实验之二——新型地球化学传感器现场实验（预测所、四川局）
- 实验场科普产品——实验场区遥感图像与主要构造视频（实验场管理部）

实验场顶层设计：实验场科学设计



中国地震科学实验场系列丛书
China Seismic Experimental Site:
Scientific Challenges
**中国地震科学实验场
科学设计**

中国地震科学实验场科学设计编写组◎编著



中国地震出版社

“中国地震科学实验场科学设计”论证意见

2019年4月17日，中国地震局组织专家在北京召开“中国地震科学实验场科学设计”（以下简称实验场科学设计）论证会议。与会专家听取了实验场科学设计报告，经过讨论、质询和认真审议，形成如下论证意见：

一、实验场科学设计提出的总体目标明确，既注重地震孕育发生规律探索，又考虑工程地震应用的要求，突出了大陆型地震研究和“从地震破裂过程到工程结构响应”全链条设计理念。

二、实验场科学设计是在充分调研国内外地震研究最新进展基础上，结合国家地震科技创新工程和实验场区域实际地质背景和研究现状，提出的未来十年或更长时间战略行动计划，既具有科学前瞻性，又具有实际可行性。

三、实验场科学设计提出的主要科学问题、重要研究内容和观测能力建设计划合理可行。

与会专家一致同意实验场科学设计通过论证，并建议按专家建议进一步修改完善。

论证专家组组长：陈旭东

2019年4月17日

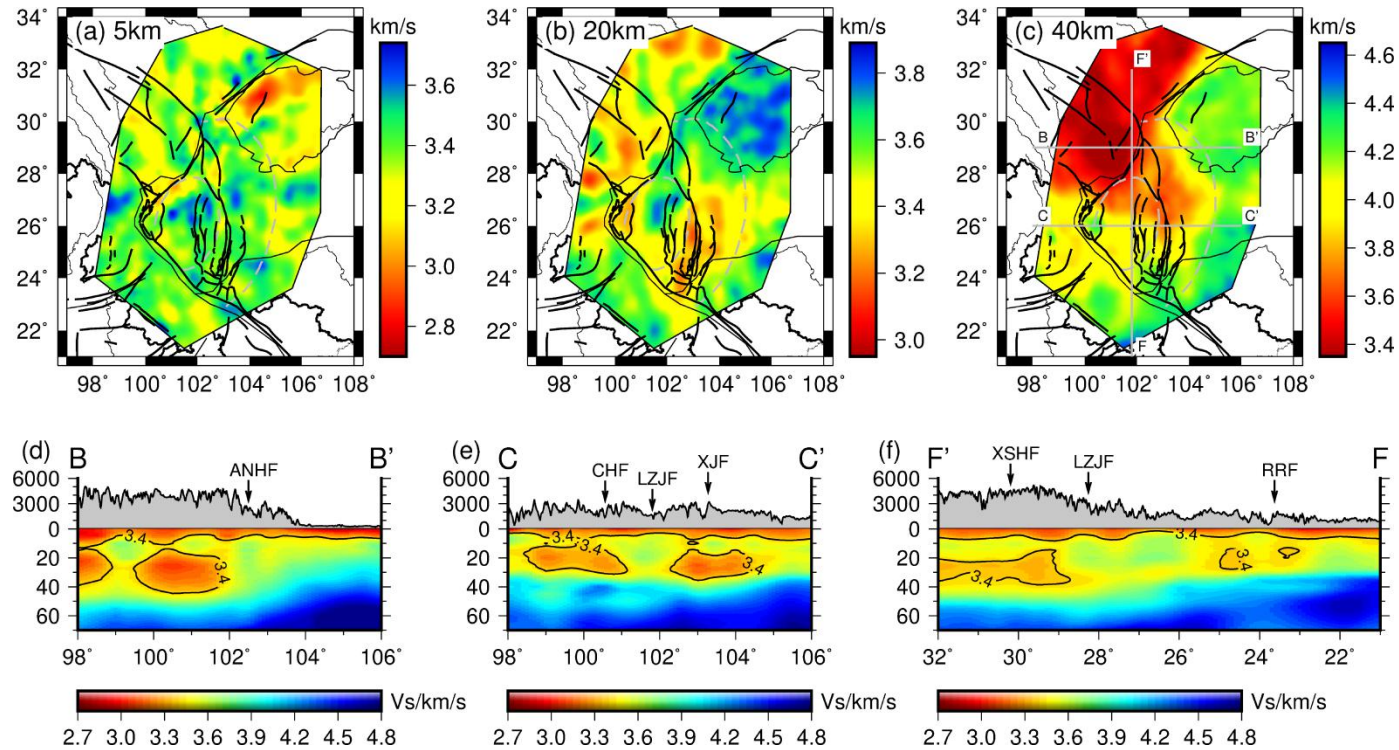


团队名称	专业	本项目中承担的主要工作	工作单位
1. 姚华建	地球物理	强震孕育动力学模型	中国科技大学
2. 杨宏峰	地震学	强震破裂模型、级联破裂模型	香港中文大学
3. 郑勇	固体地球物理学	发震断层结构及地震震源性质	武汉大学
4. 张伟	固体地球物理学	强震地面响应	南方科技大学
5. 周仕勇	地震学	地震台网设计与地震活动性分析	北京大学
6. 刘静	地质学	断层模型	地质所
7. 武艳强	固体地球物理学	GPS、区域水准观测布局调研与设计	一测中心
8. 温瑞智	防灾减灾工程及防护工程	地震场地效应	工力所
9. 张怀	地球物理	强震数值预测	中国科学院大学
10. 赵俊猛	地球物理	岩石圈结构与动力学过程	中国科学院青藏所
11. 赵连锋	地球物理	强震孕育动力学模型	中科院地球物理所
12. 孙文科	大地测量	密度模型与强震孕育	中国科学院大学
13. 王华	大地测量	大地测量模型构建	广东工业大学
14. 郑国东	地球化学	断裂带地质流体地球化学特征及其意义	中科院兰州油气资源中心
15. 郭迅	地震工程	典型房屋和桥梁结构台阵设计与分析	防灾学院
16. 黄清华	地球电磁学	地震电磁方法与机理	北京大学



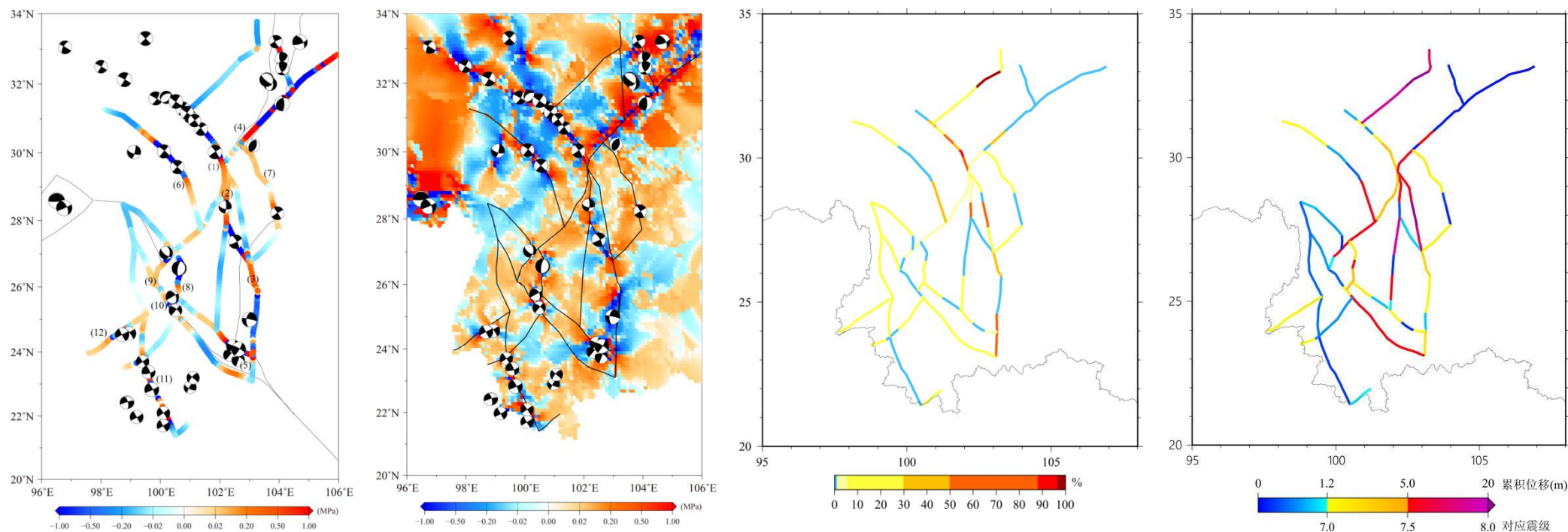
- 由实验场科学设计组完成。
- 由9位院士参与科学设计的评审工作，一致认为科学设计中总体目标明确、是在调研国内外最新进展基础上提出了未来十年或更长时间战略行动计划，既具有科学前瞻性，又具有实际可行性，一致同意通过论证。5月6日中国地震局印发科学设计。2019年12月底科学设计正式出版。

实验场优秀科技产品之一：实验场区1.0版公共速度模型构建



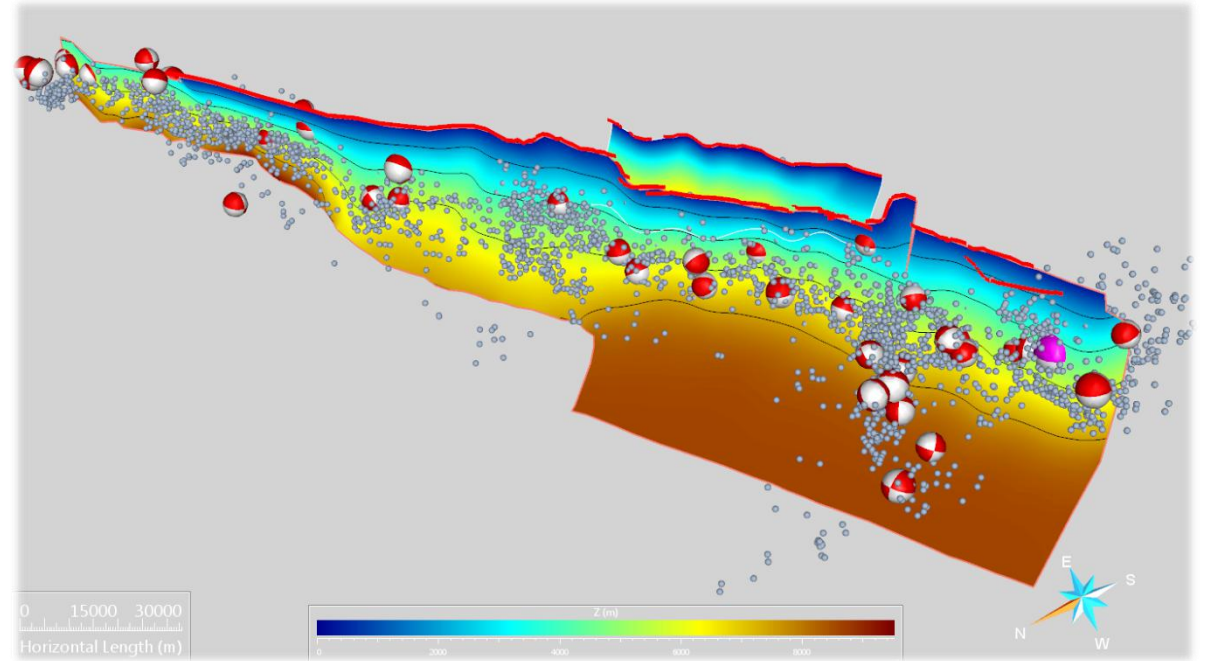
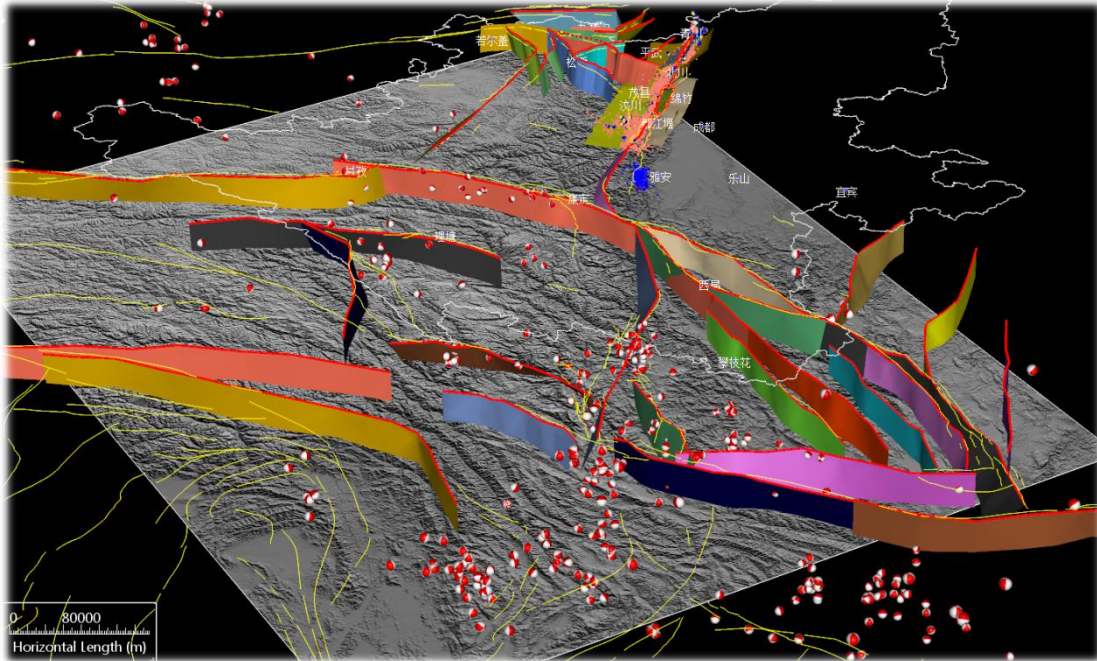
- 由中国科学技术大学姚华建团队完成。
- 综合体波走时与噪声面波频散走时联合反演 3-D地壳Vp及Vs模型 SWChinaVpVs_2019; 模型40km 之上50km的横向分辨率, 垂向分辨率优于10km; 40km 之下约70km的横向分辨率, 垂向分辨率10-15km; 模型数据已实际应用于基于AI的地震自动观测系统等。

实验场优秀科技产品之二：实验场区运动学模型与重点构造部位动力学模型



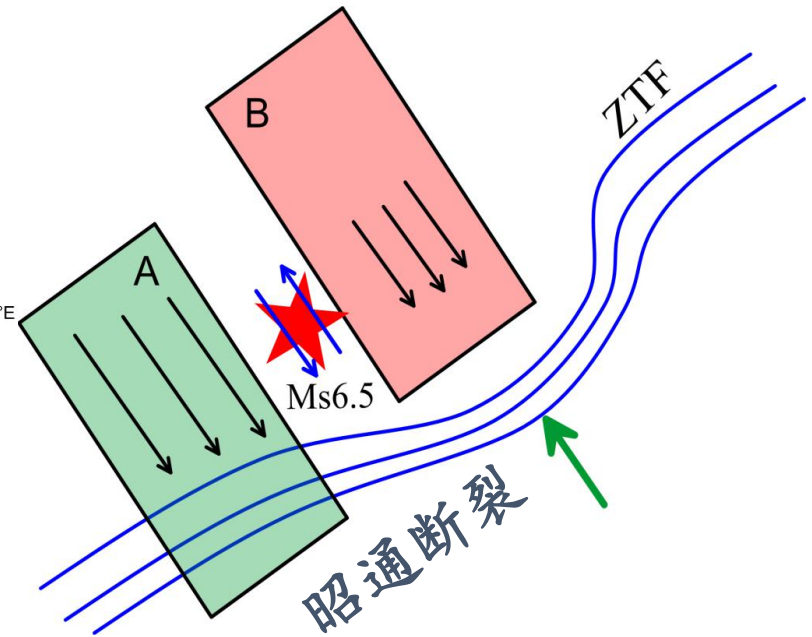
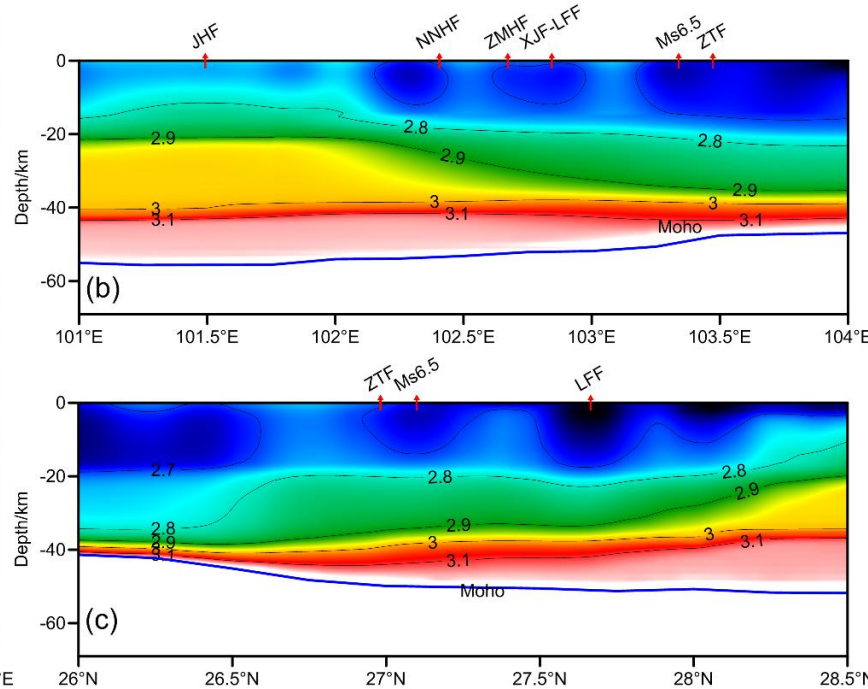
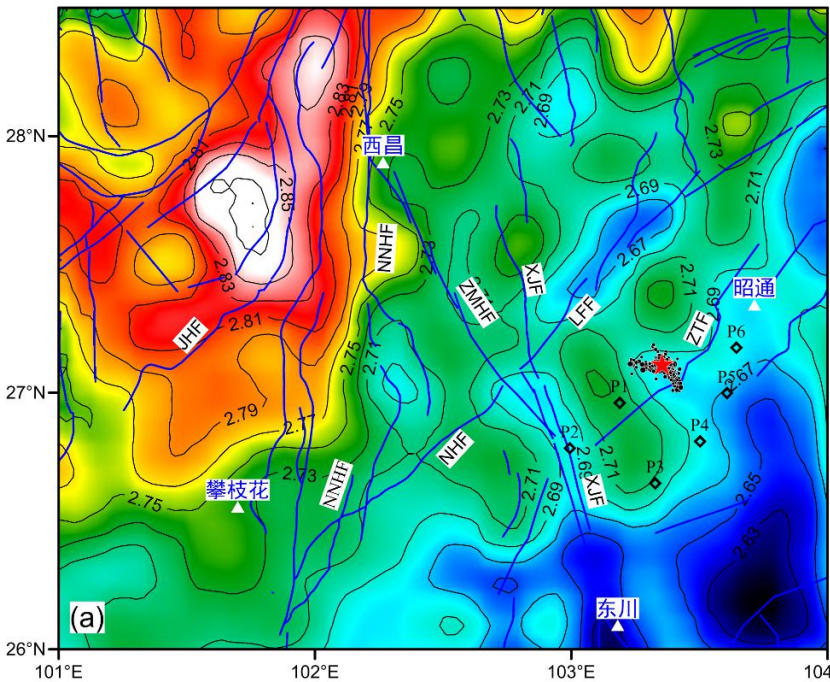
- 由中国地震局地震预测研究所邵志刚团队与中国地震局地壳应力研究所等单位合作完成。
- 发展了中长期强震危险区的发震紧迫程度分析方法。获取了川滇地区主要断层上强震引起的库仑应力变化，分析了库仑应力增加显著和库仑应力增加比较显著的区段。相关成果已在强震长期危险区确定和紧迫程度判定工作中得到应用。

实验场优秀科技产品之三：实验场区公共断层模型



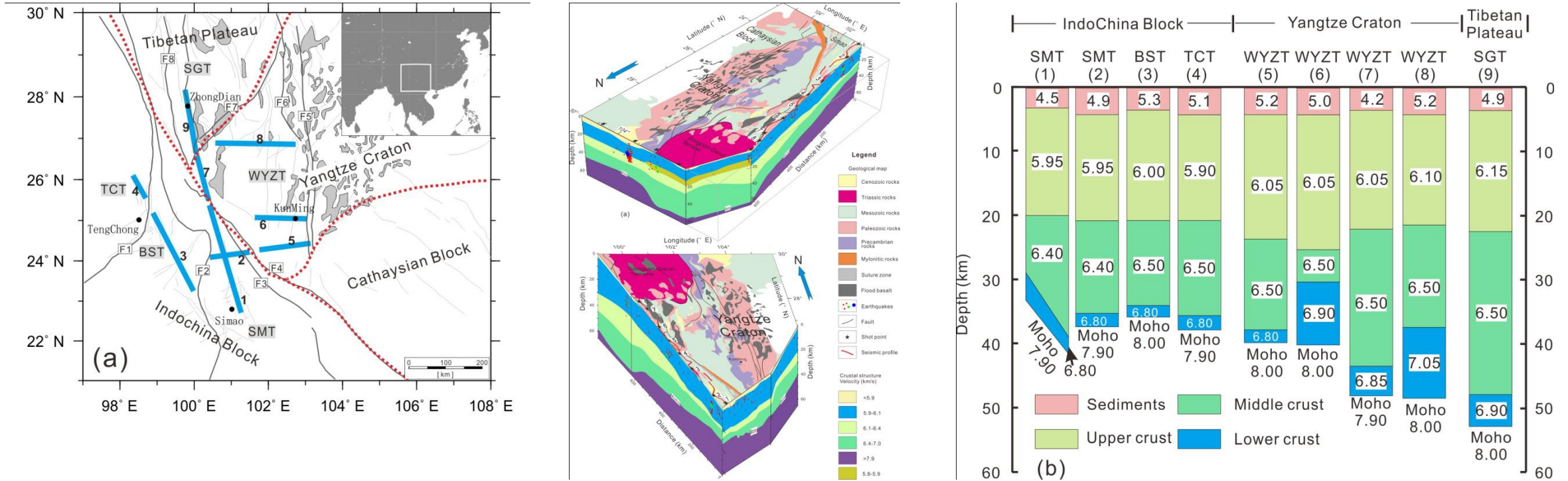
- 由中国地震局地质研究所和天津大学的刘静、鲁人齐团队等完成。
- 综合地表活断层迹线（同震地表破裂）、人工地震剖面、震源机制解、小震重定位、地震波速度、大地电磁测深、数字高程、地质图、遥感图、钻井/钻孔等数据，搭建了系统的数据库，构建了三维活动断层模型，并在重点断裂上分析三维断层结构之间的相互关系。

实验场优秀科技产品之四：实验场3维密度结构



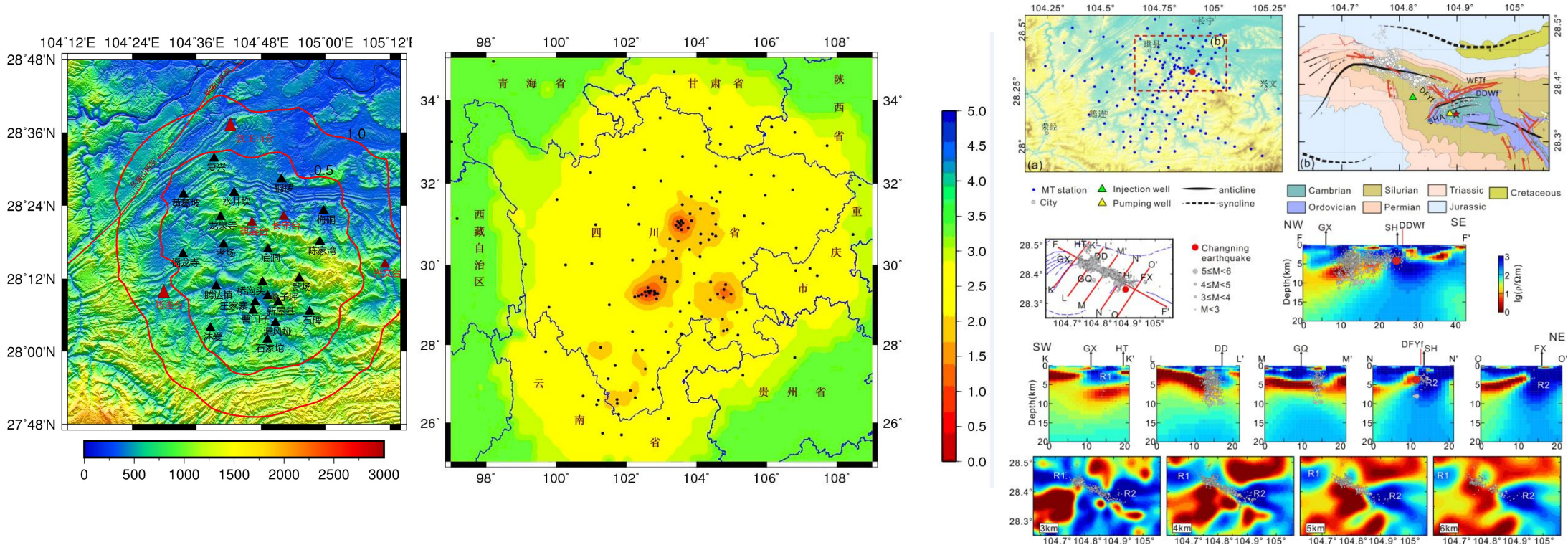
- 由中国地震局地球物理研究所陈石研究员团队完成。
- 三维密度结构模型构建方法和测试完成，方法上保证了研究成果的高水平；实际应用中，在如鲁甸地震中发现：在震中位置的布格重力异常场存在一个北西向的梯度带，说明在震中两侧地壳物性结构有一定差异。基于三维反演结果解释2014年鲁甸Ms6.5地震孕震区结构特征。

实验场优秀科技产品之五：基于地球物理剖面的实验场精细地壳结构



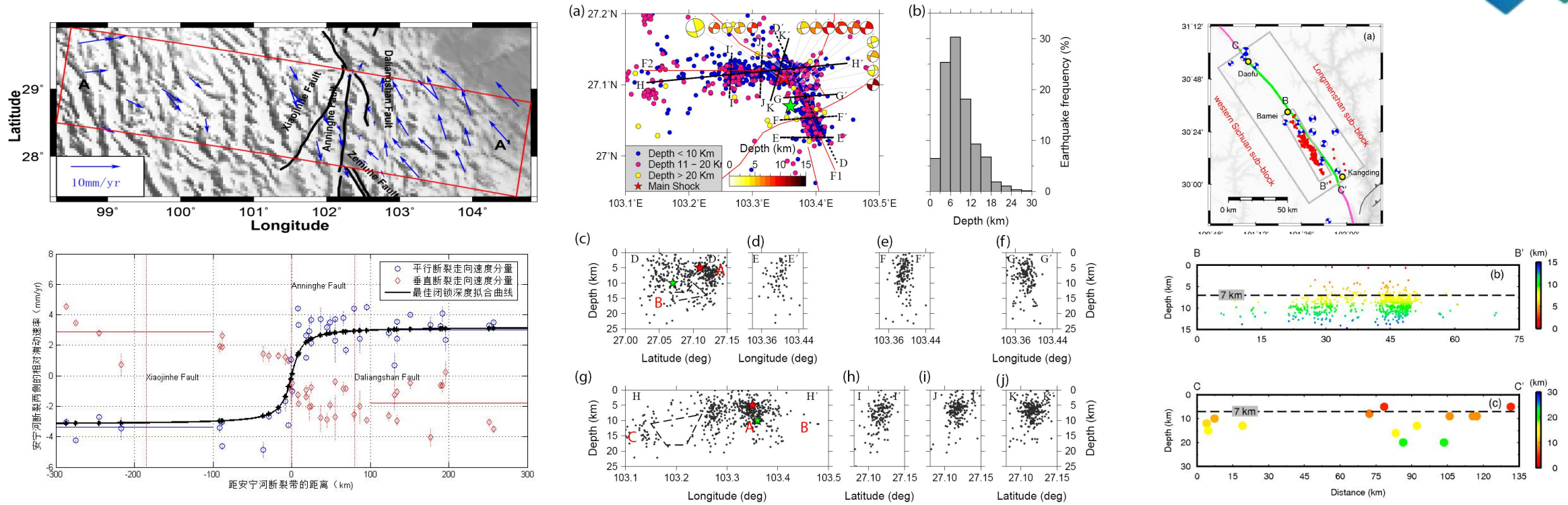
- 由中国地震局地球物理勘探中心王夫运研究员团队完成。
- 对自上世纪80年代以来，在地震科学实验场范围内完成的21条、约9800km长的深地震测深剖面，利用走时正演和波形拟合的方法，重新进行资料处理，获得了实验场三维地壳P波分层结构、结晶基底和莫霍界面模型。基于岩石高温高压试验解释了主要构造块体的岩性。地壳P波速度分层结构模型可作为地震科学实验场的基础模型。

实验场重要科学问题之一：四川长宁窗注水影响和机理研究



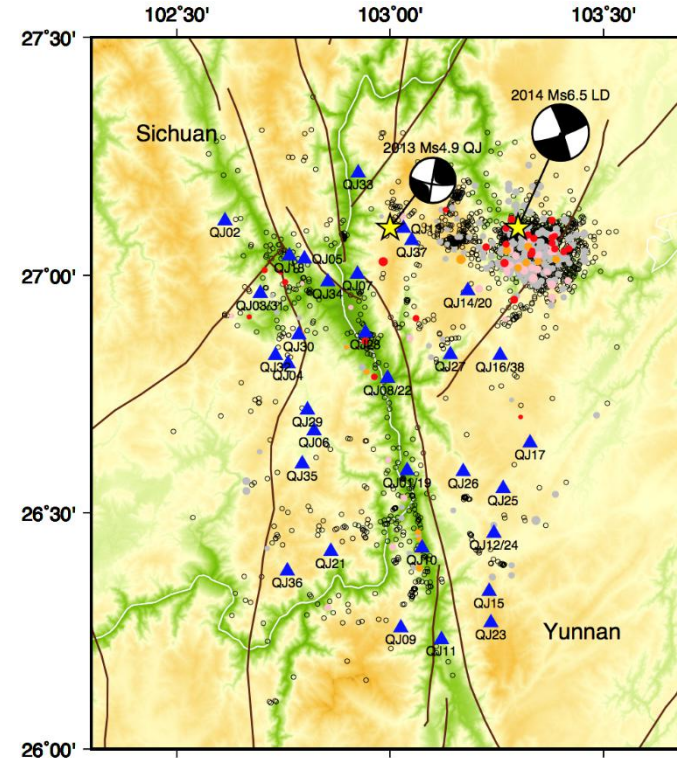
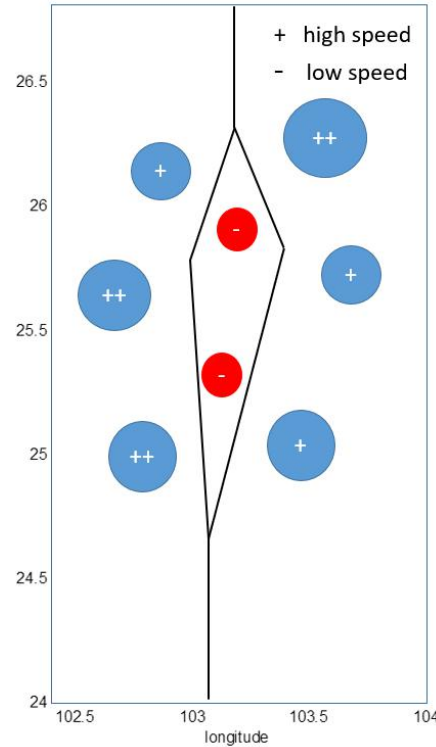
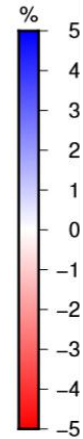
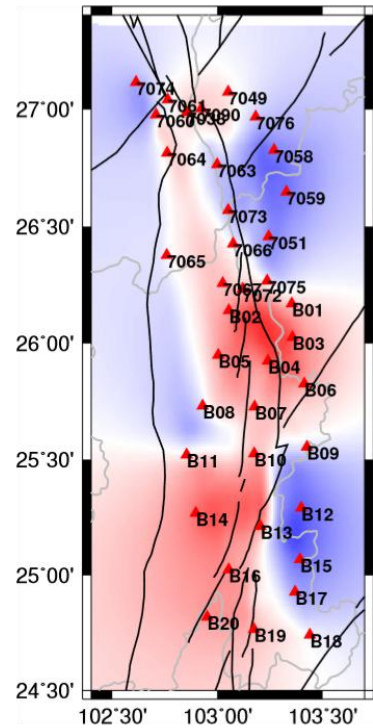
- 由中国地震台网中心孟令媛和中国地震局地质研究所詹艳、四川省地震局等单位共同完成。
- 长宁地震前，架设21套流动台，使长宁地区地震目录完整性震级可达到1.0-1.2，宜宾地区已经成为四川地震监测能力最高的地区。大地电磁测深工作在长宁震区实现了国内首次同一地震前、后深部电性结构对比观测研究。上述工作深入探讨了长宁地震窗及附近区域地震活动受工业注水的影响，并尝试解释了研究区域内地震活动的发震机理。

实验场重要科学问题之二：鲜水河-小江断裂带的闭锁状态



- 由中国地质大学郑勇团队完成。
- 获得了实验场地区安宁河的闭锁深度为3km左右;闭锁深度以下的滑动速度为 $8.9 \pm 0.9 \text{ mm/yr}$, 该结果更新了以往的认识; 精确确定了鲜水河-小江断裂带中小地震的精确位置及发震构造; 获得了鲜水河-小江断裂带上主要构造区域的闭锁状态。

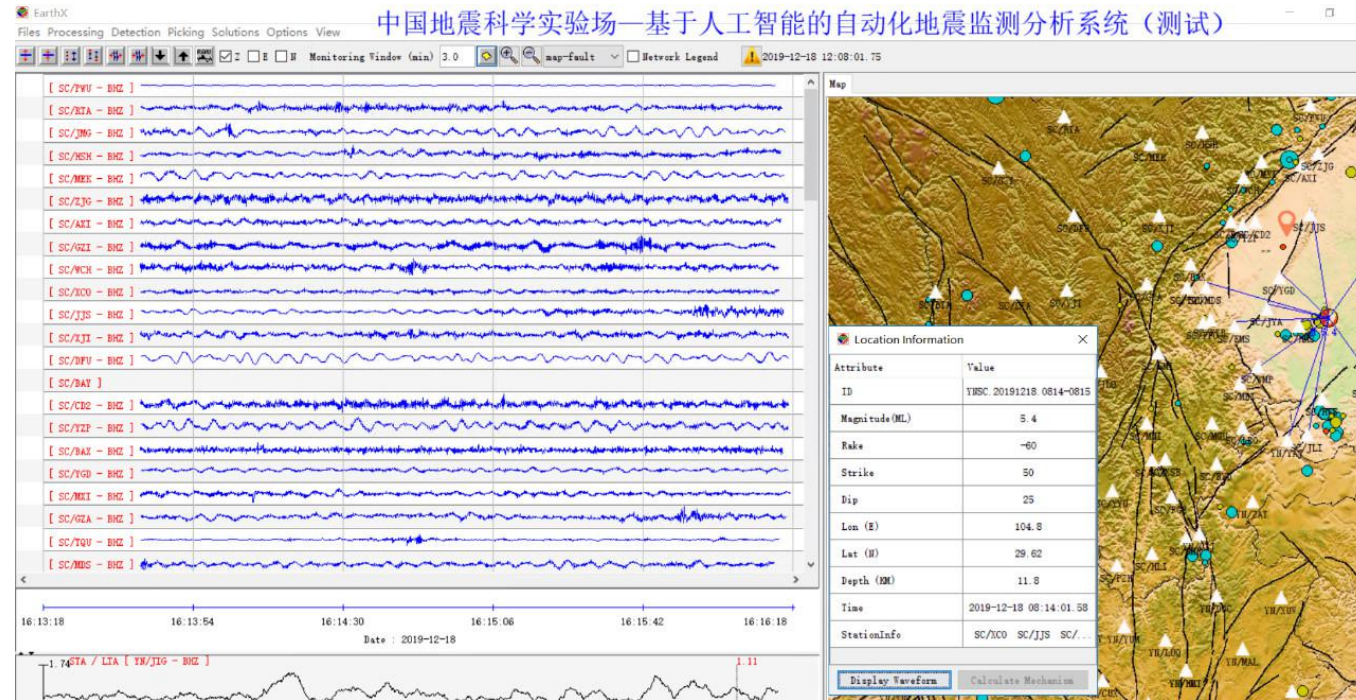
实验场重要科学问题之三：小江断裂带的深部活动行为与危险性估计



检测出小江台阵记录的远震动态触发小震分布图。其中，红色、橙色、粉色及灰色实心圆分别代表A、B、C及D型地震触发的小震。黑色的空心圆圈代表选择的模板地震。

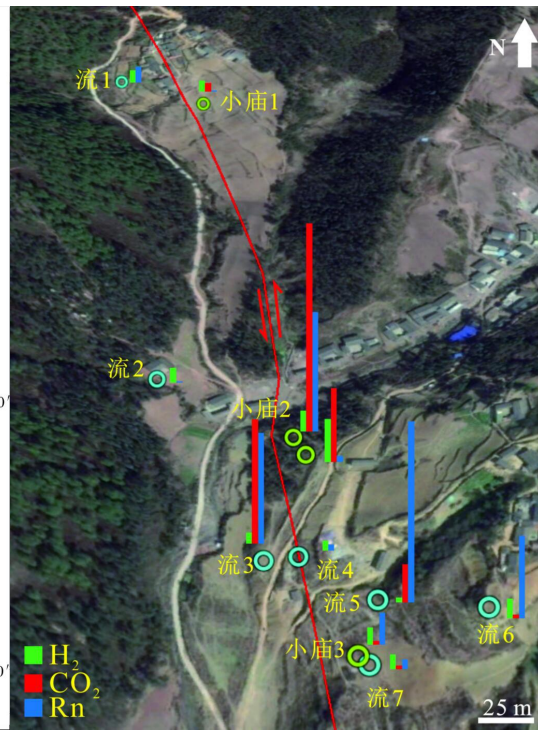
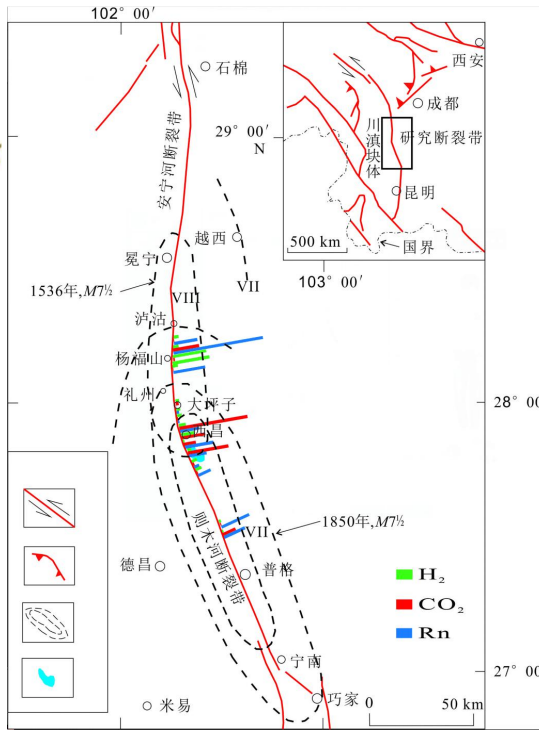
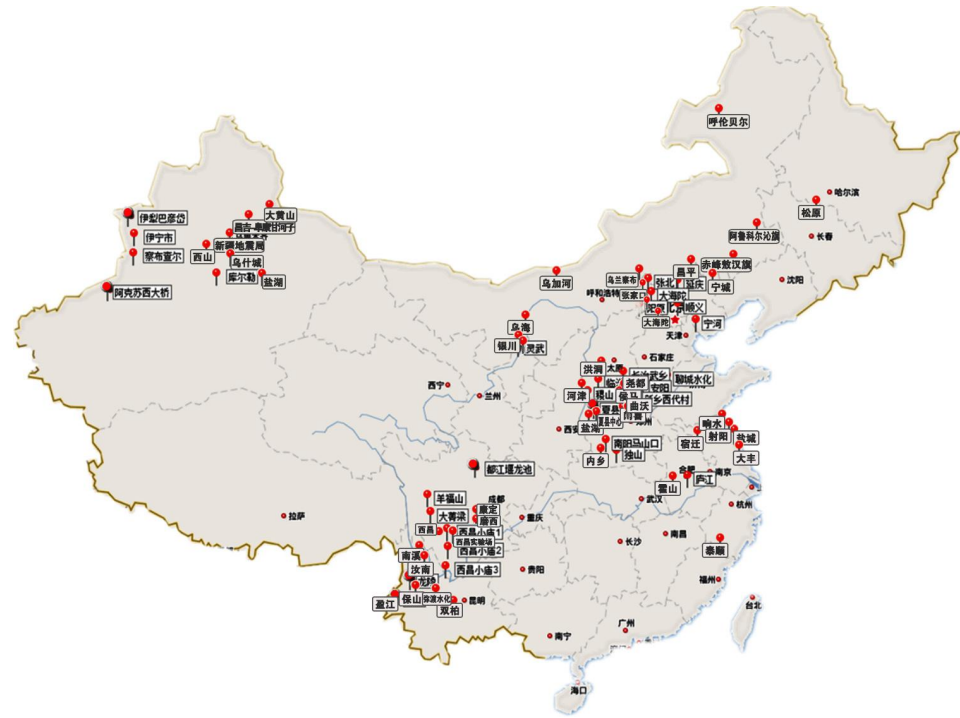
- 由北京大学周仕勇团队完成。
- 针对密集地震台阵海量数据的分析处理问题，开发基于震相拾取与震相关联的地震事件自动检测算法PAD、基于人工智能的地震事件自动检测与地震震相到时自动读取的软件系统；提出了可以自动检测远震动态触发信号的算法并开发了相关软件，获得了小江断裂带远震触发的动态应力阈值；开展了模板地震识别、断裂带高精度的速度结构成像，分辨出了断裂带内的高、低速分区等。

实验场新技术实验之一：基于人工智能的自动地震监测分析系统



- 由中国科大张捷团队和中国地震局地震预测研究所赵翠萍团队共同研发。
- 将人工智能技术应用于地震监测分析系统，并在实验场区开展了为期一年的测试和动态改进。2019年12月18日四川内江市资中县5.2级地震后，系统自动产出的地震参数与台网中心正式测定的参数非常接近，系统还自动产出了震源机制和矩心深度结果。

实验场新技术实验之二： 新型地球化学传感器现场实验



- 由中国地震局地壳应力研究所刘耀伟团队和中国地震局地震预测研究所李营团队共同研发。
- 开展不同构造环境条件观测站建设，断层气氢75套，溶解气氢7套，通过试点，高精度氢、氦新型传感器在实验场通过实验观测已达到列装水平。

实验场科普作品：实验场区遥感图像与主要构造视频



- 由地震预测研究所实验场管理部王龙等完成。
- 根据长期研究的成果，以视频方式，表现了模拟航拍的实验场区遥感图像与主要构造。视频在中国地震科学实验场新闻发布会上展示，受到媒体的欢迎。



感谢大家的参与

中国地震科学实验场联合办公室（筹）