



长江三峡蓄水前后地震活动

王墩

中国地质大学（武汉）地球科学学院
构造地质与地球动力学系

dunwang2004@yahoo.com

三楼教室5，中国地质大学（武汉）秭归基地，秭归，宜昌，2021年9月3日

自我介绍

研究兴趣

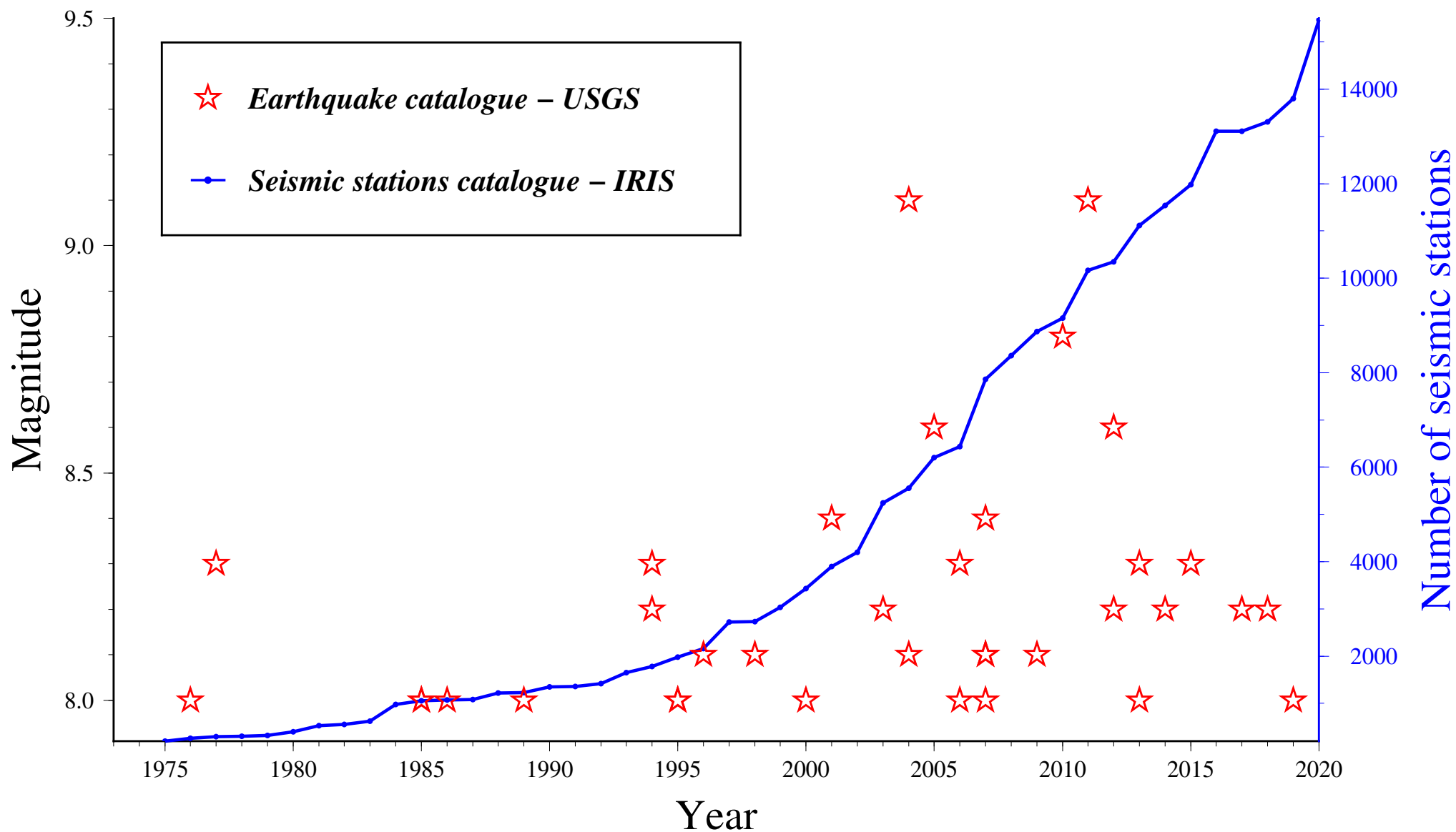
实时地震学及其在防灾减灾中的应用;
大震震源破裂过程分析及**震源参数**确定;
诱发地震机理研究;
地震地质及深源地震。



- 2000-2004年 中国地质大学地球科学学院**地质**学基地班专业;
- 2004-2007年 中国地震局地震研究所防灾减灾工程专业;
- 2010-2013年 京都大学地球物理专业, 获**地球物理**博士学位;
- 2013-2016年 东京大学地震研究所工作 (JSPS Fellowship);
- 2016-至今, 教授, 中国地质大学@武汉 地球科学学院。

发表论文30余篇, 以第一作者或通讯作者发表在国际重要地学期刊如EPSL、GRL、JGR等杂志发表论文多篇。任《Journal of Earth Science》和《Earthquake Research Advances》副主编, 《Earthquake Science》、《地质科技情报》编委。参与Nature、EPSL、GRL、JGR、BSSA等国际主流地学期刊论文评审。

全球大震与地震观测台网的爆发式增长

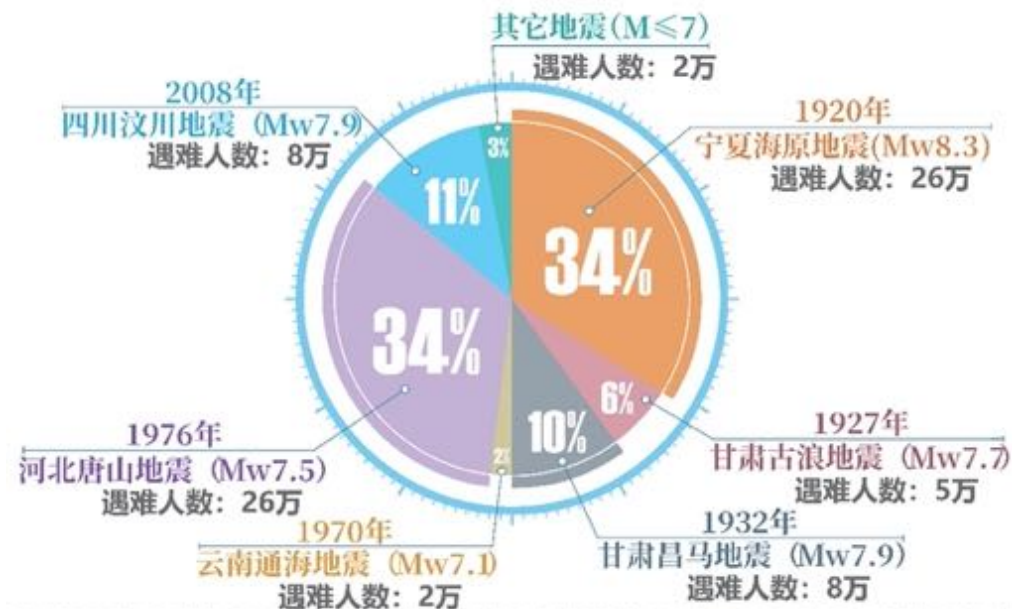
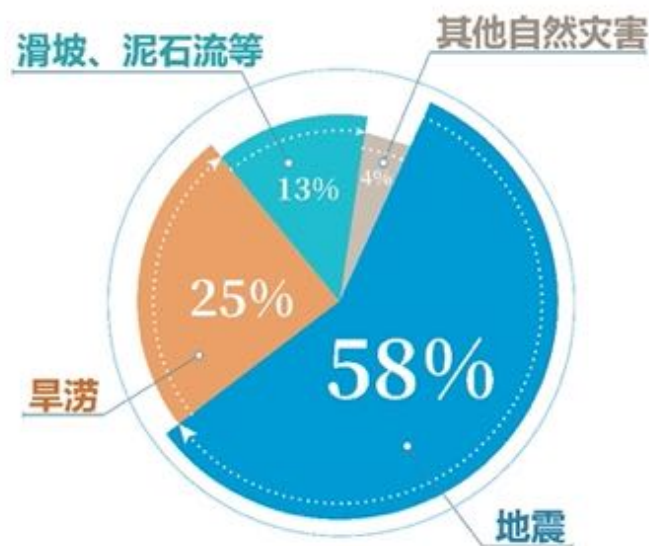


M > 8 earthquakes since 1973 (USGS)

大地震是造成人员伤亡最多的自然灾害

- 地震是造成人员伤亡最多的自然灾害（占58%）
- 地震伤亡主要是由大震（ $M \geq 7$ ）造成的。

20世纪以来中国自然灾害死亡约130万人，其中~75万主要由大地震造成。



加强对大震减灾的研究，实现可操作的防震减灾，是我国经济发展与社会稳定的重大需求。

- 2018年10月《中华人民共和国防震减灾法》实施情况报告。
- 民政部就全国因自然灾害死亡人口部分公布情况。
- 国家统计局部分数据。

基于密集地震台网的破裂过程成像

大数据+台阵技术



(Ishii et al., 2005, Nature)

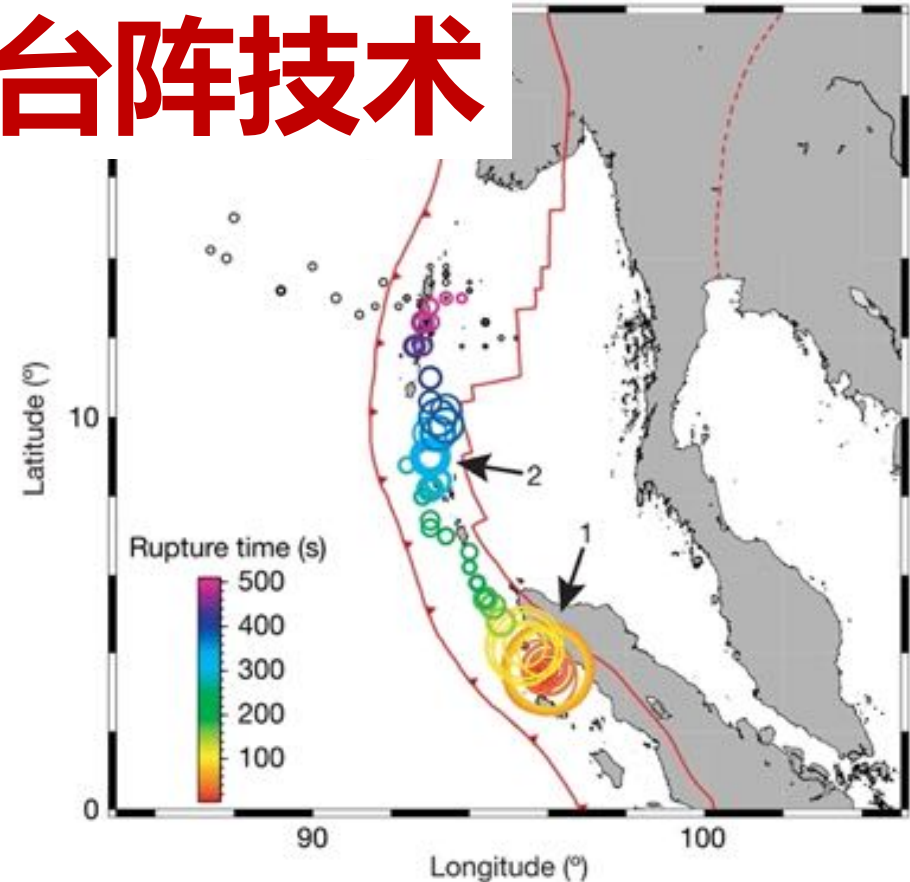
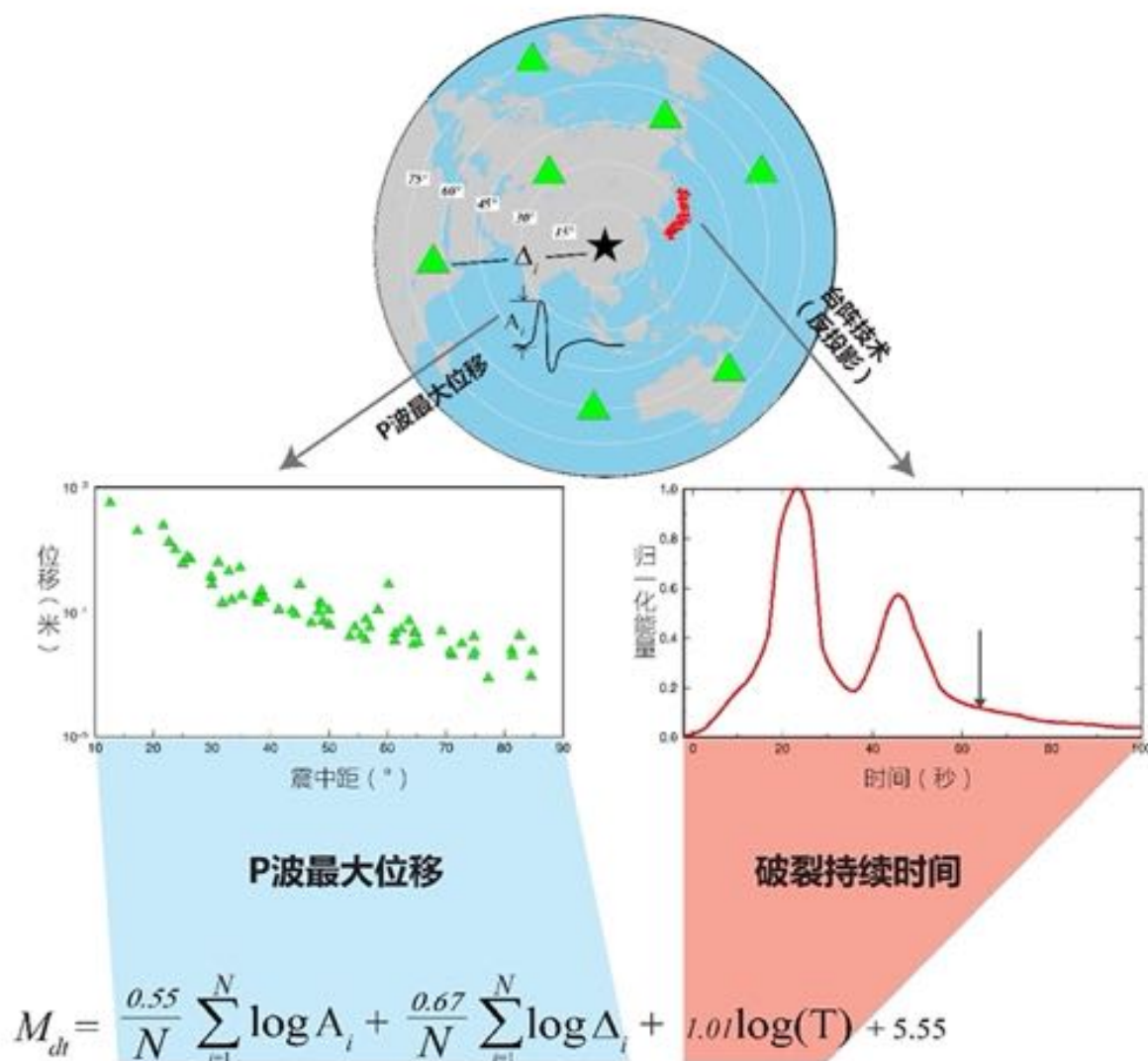


Figure 3 | Rupture trace of the Sumatra earthquake. Maxima of energy maps are shown in their spatiotemporal development by coloured circles. The width of the circles scales linearly with seismic energy; colour coding is proportional to the time since rupture initiation in the source region. Major tectonic lines are shown in red. Numbers 1 and 2 indicate the position of two major seismic energy releases.

(Kruger and Ohrnberger, 2005, Nature)

1. 新震级测定标度



全球稀疏地震台网

+

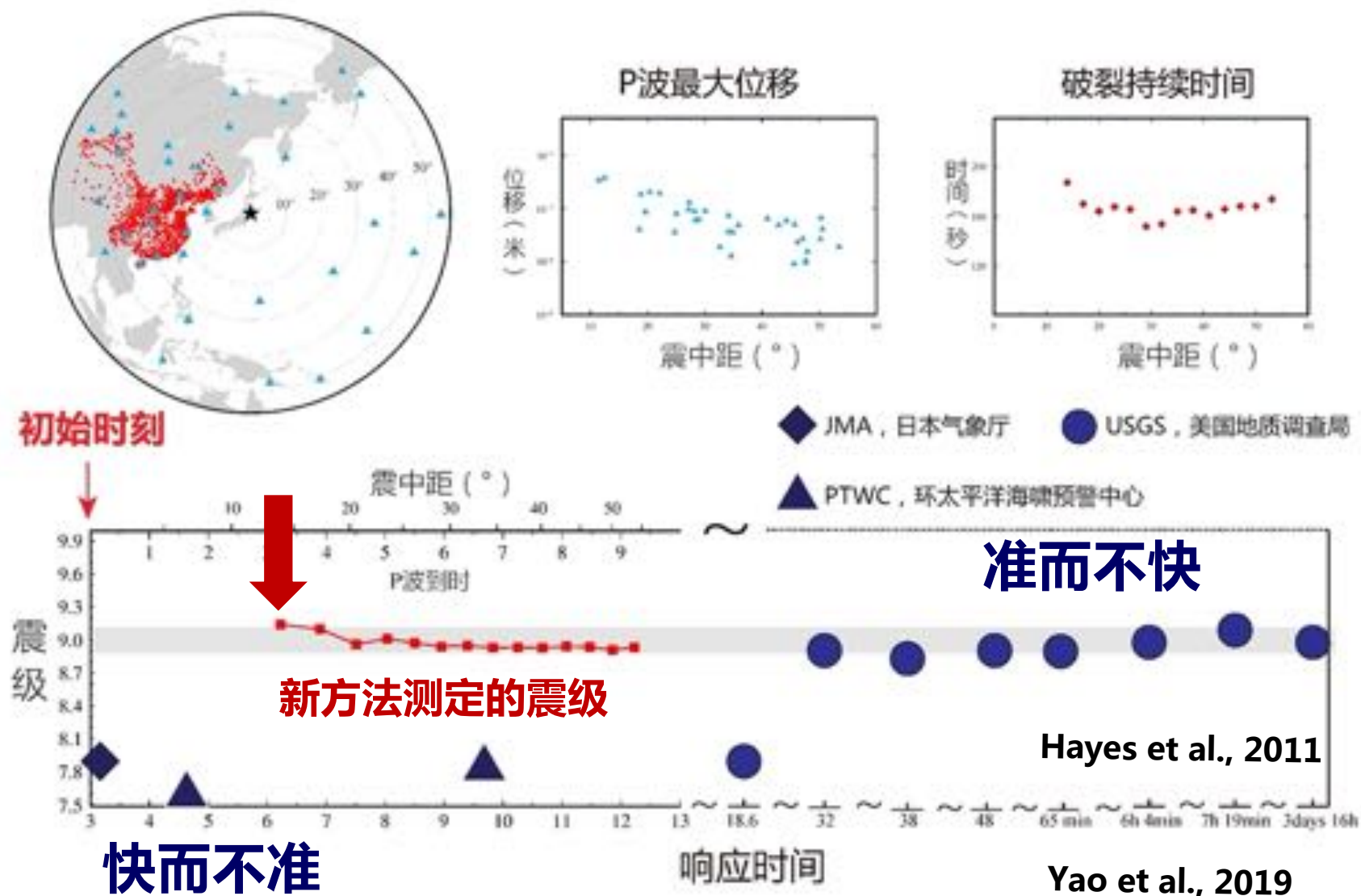
区域密集地震台网

- 同时考虑破裂持续时间和P波最大位移
- 引入密集地震台阵数据
- 快速自动且无需反演

Wang et al., 2017 ; Song et al., 2018; Yao et al., 2019.

模拟实时验证：2011年3月11日 日本东北大地震

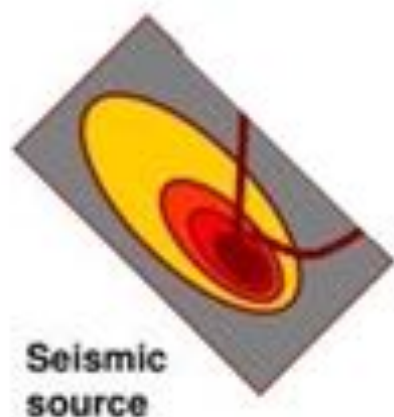
震后6-7分钟内准确测定震级



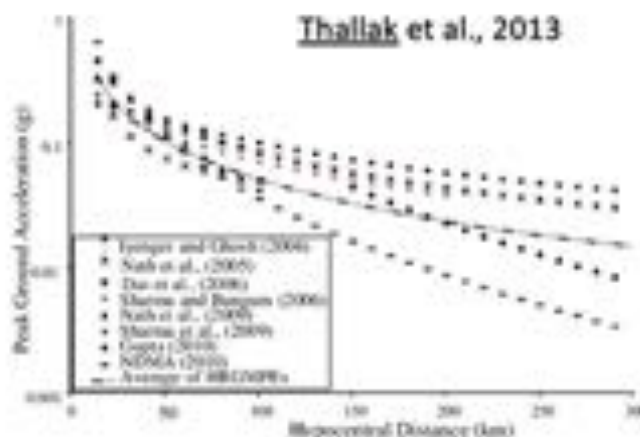
2. 快速评估地震烈度场新方法

- 实时测定地震断层空间展布
- 不依赖密集强震动观测数据
- 考虑不同场地特征

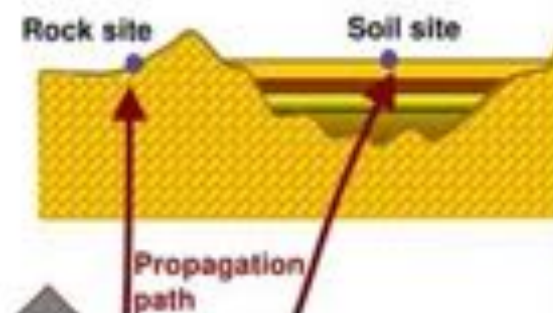
地震断层
能量释放特征



+ 地震动衰减关系



+ 场地校正



密集地震台阵
反投影方法

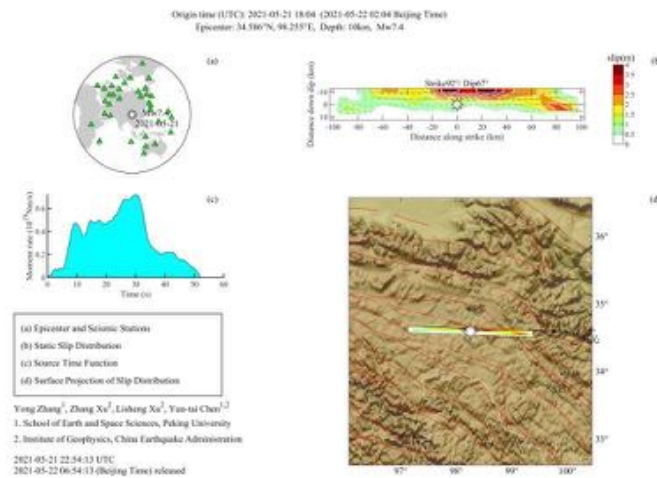
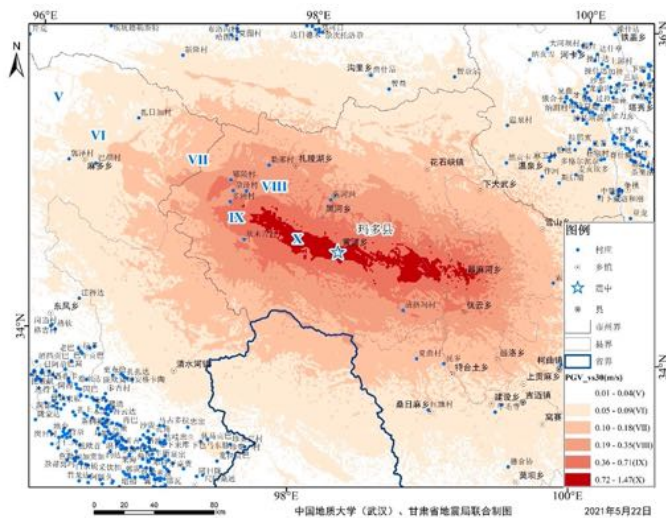
地震动衰减公式

基于 V_s30 校正

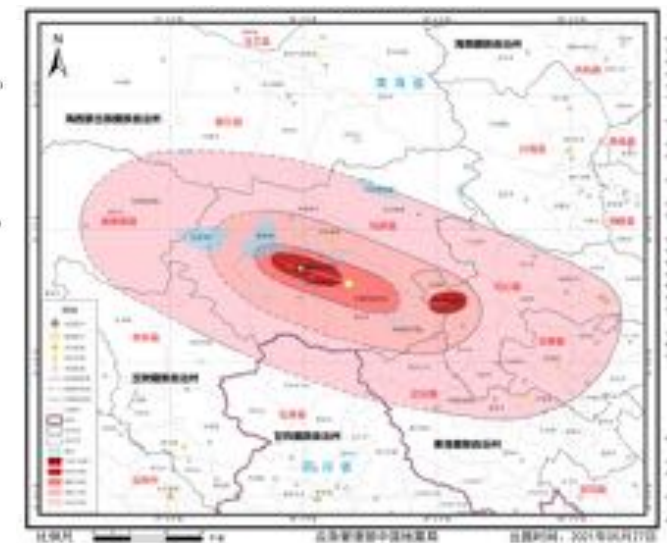
2021年5月22日青海玛多Ms7.3地震位错及烈度分布

震后快速结果

震后6天
地震局调查结果



Yang Zhang¹, Zhong Xu², Lisheng Xu¹, Yun-qi Chai^{1,2}
1. School of Earth and Space Sciences, Peking University
2. Institute of Geophysics, China Earthquake Administration
2021-05-21 22:54:33 UTC
2021-05-22 06:54:13 (Beijing Time) released



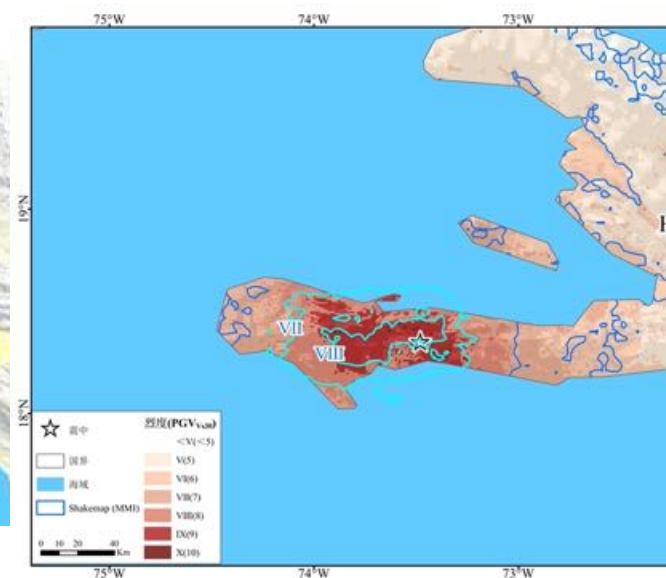
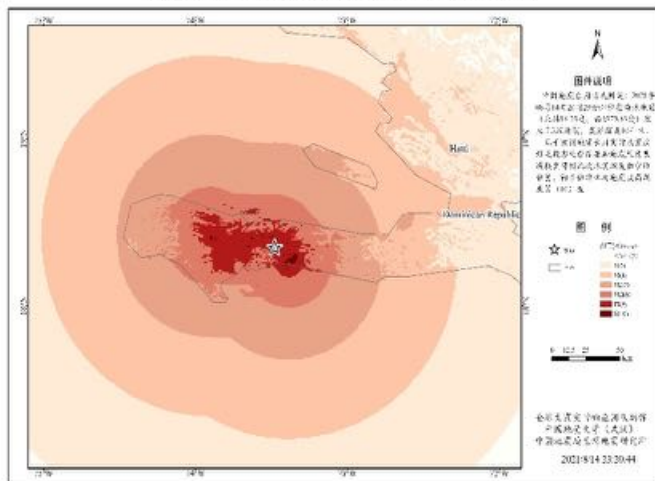
2021年8月14日海地地区7.3级地震位错及烈度分布

地大结果

局地球所结果

震后数天 USGS地震烈度图

海地M7.3级地震烈度初步评估图V1.0



全球大震实时减灾联合



$M \geq 7.5$, Depth ≤ 60 km, USGS catalog
(1970-2014)

应用于**中国、北美、欧洲和日本**密集地震台网，对全球大震在**~10分钟+破裂持续时间**内快速准确测定震级和地震烈度图，支撑海啸预警和地震应急救援。



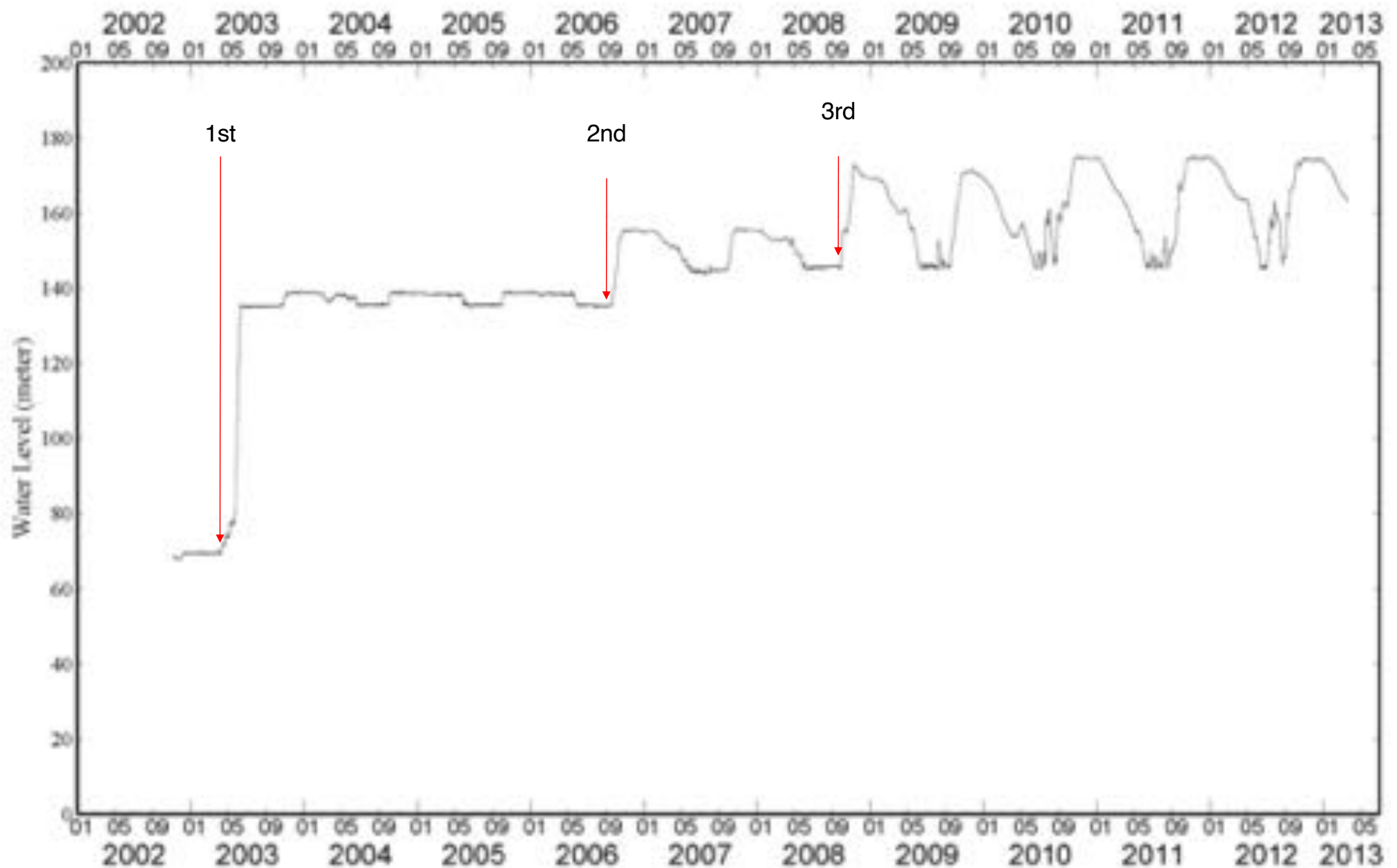
蓄水前后三峡地区地震活动明显变化



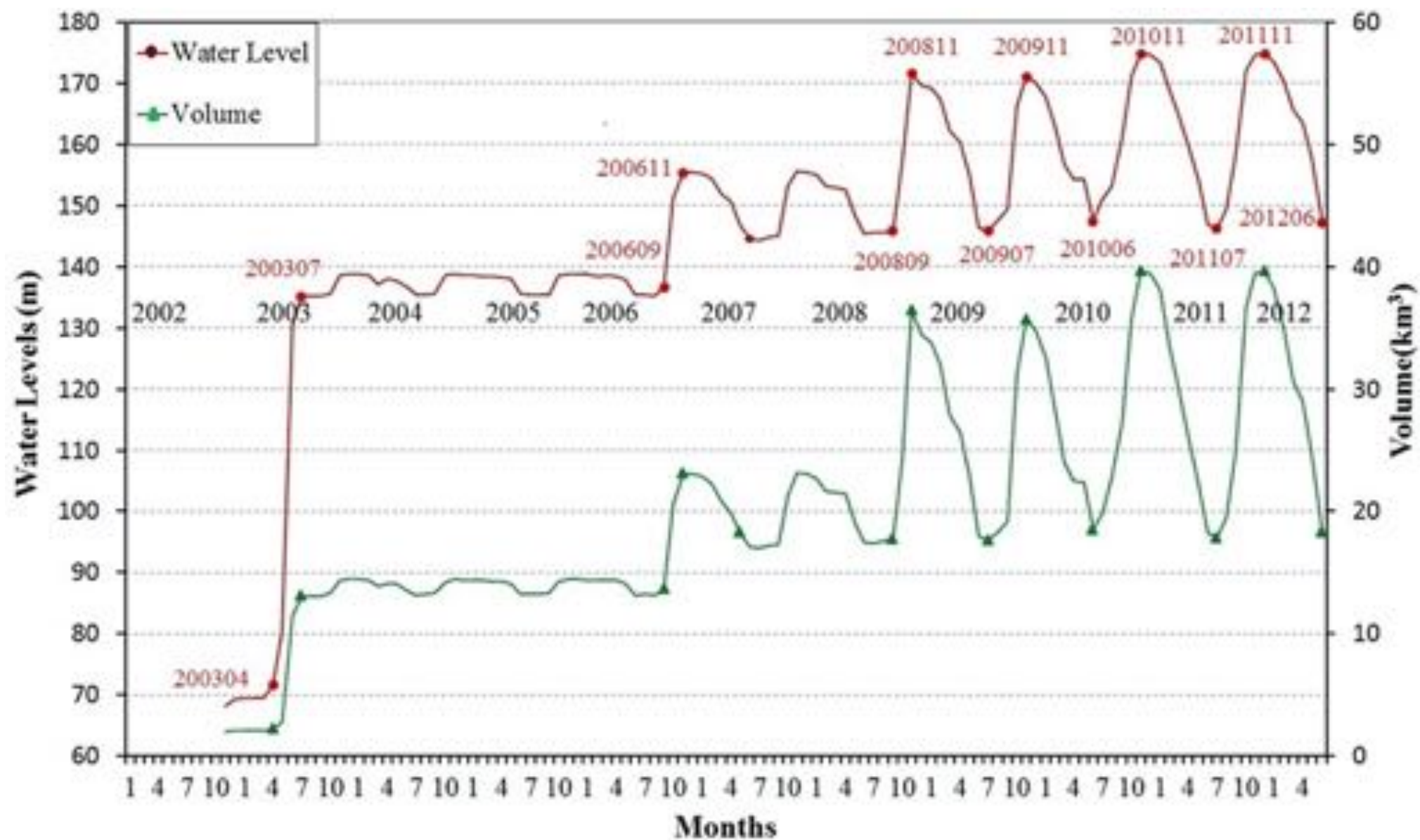
$L \approx 660 \text{ km}$

$W \approx 1\text{-}2 \text{ km}$

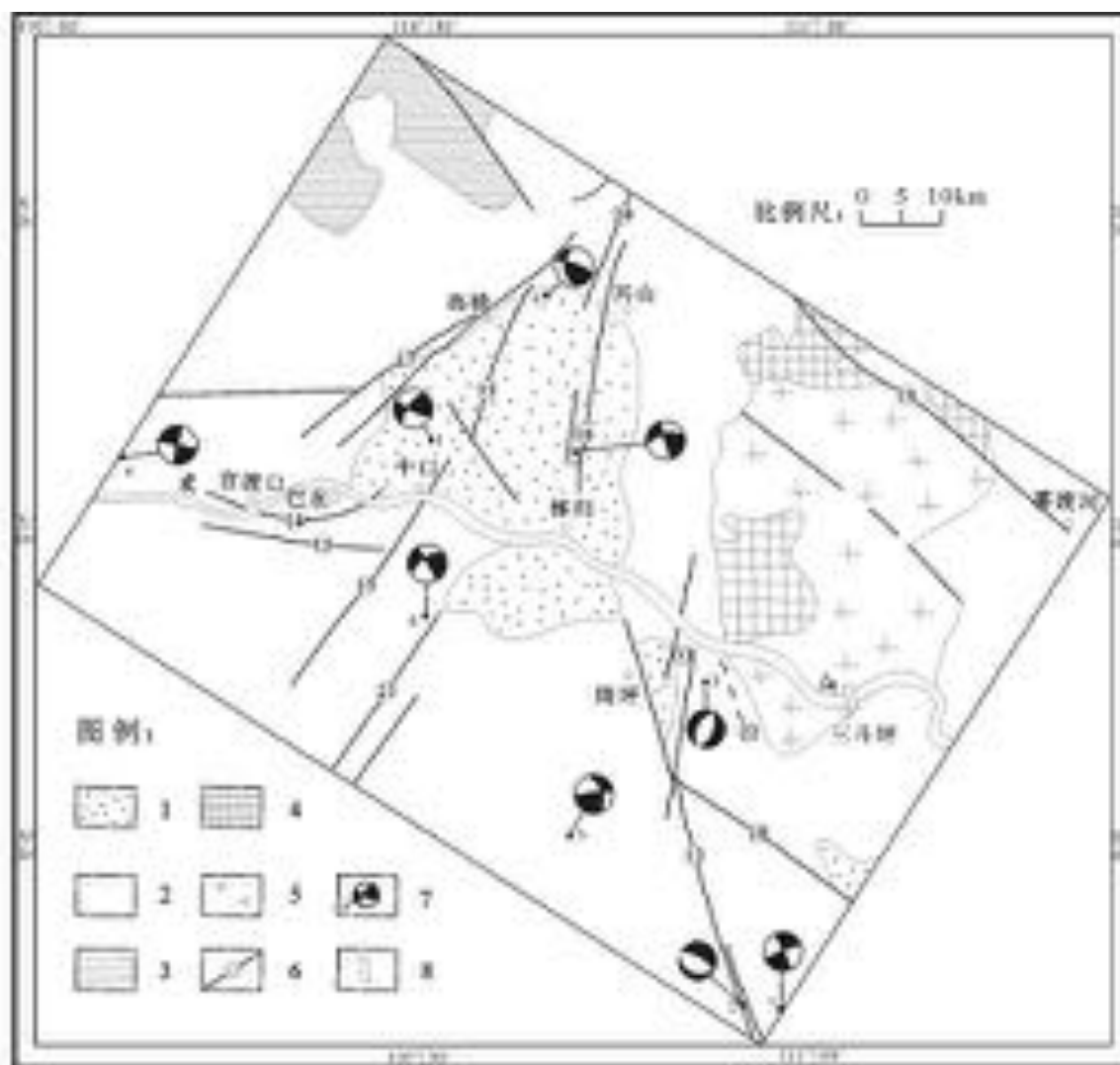
三次蓄水时间



水位和库容

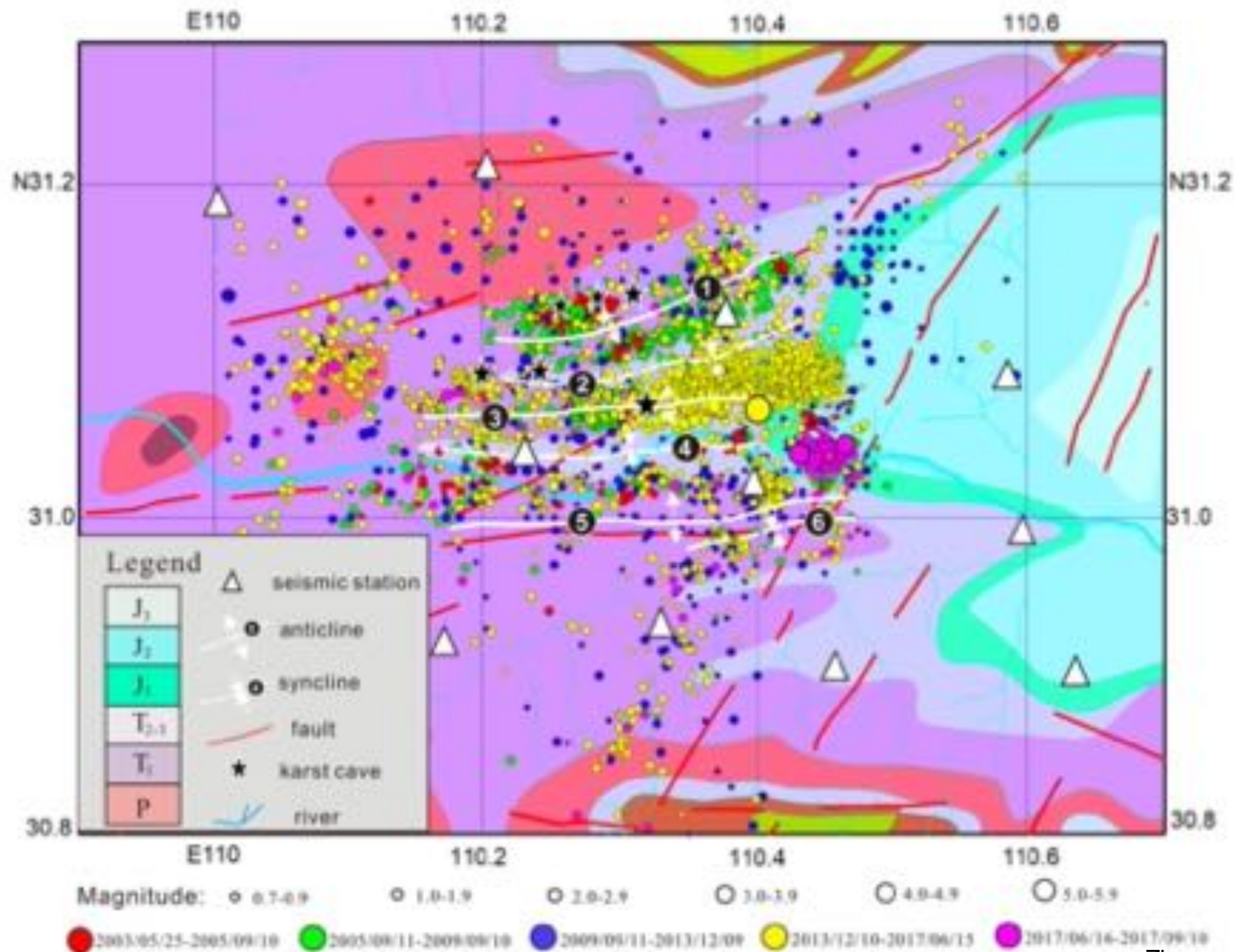


三峡库首区构造简图

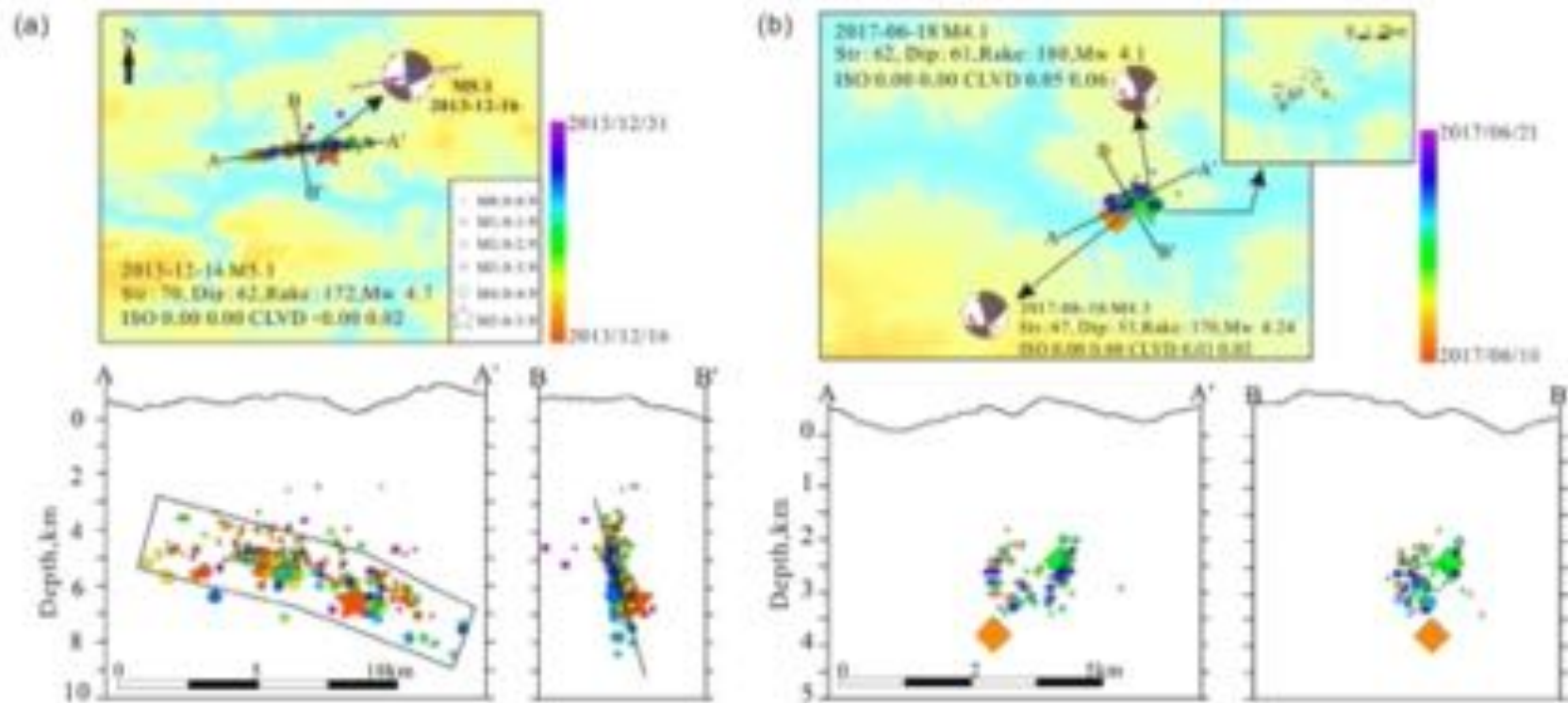


图例说明：1. 白垩系—上三叠统上部基岩构造单元；2. 震旦系—中三叠统下部基岩构造单元；
3. 中元古界上部基岩构造单元；4. 下元古界下部基岩构造单元；5. 震宁期中期侵入岩；
6. 活动断层及编号；7. 震源机制解及编号（震区示压缩区，白区示拉张区）；8. 三峡大坝位置
活动断裂及编号：①九峰溪断裂 ②仙女山断裂 ③马家池断裂 ④官渡口断裂 ⑤周家山—牛口断裂
⑥龙田溪断裂 ⑦高桥断裂 ⑧尖阳坪断裂 ⑨宝坪河断裂 ⑩新场断裂 ⑪磨坪断裂 ⑫磨子口线性构造带

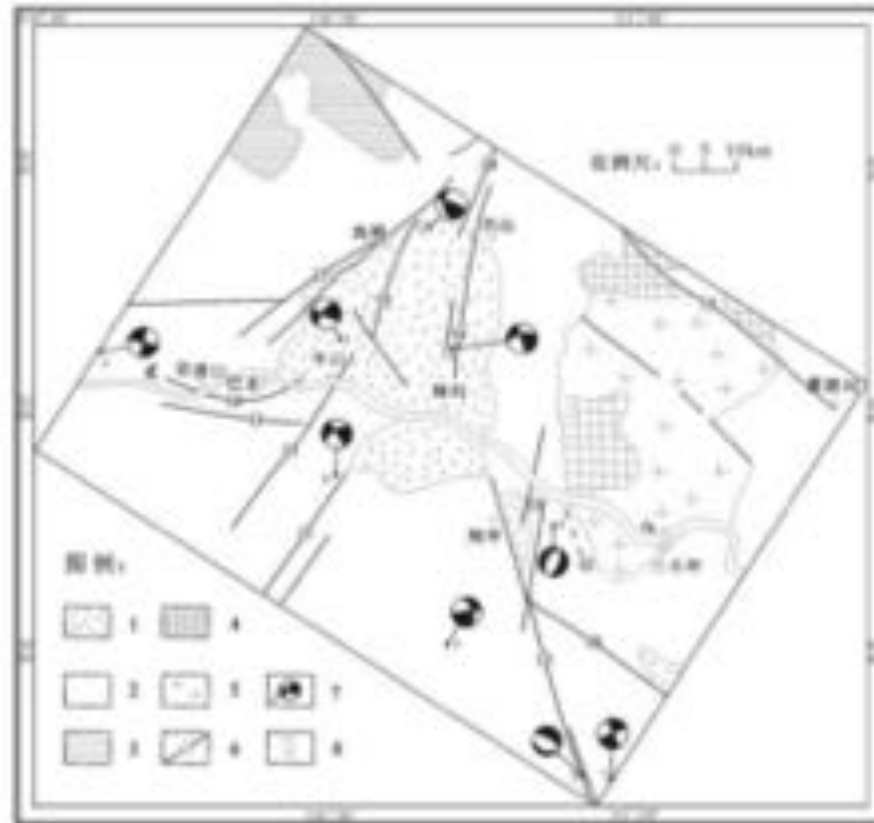
地震活动分布



典型震例

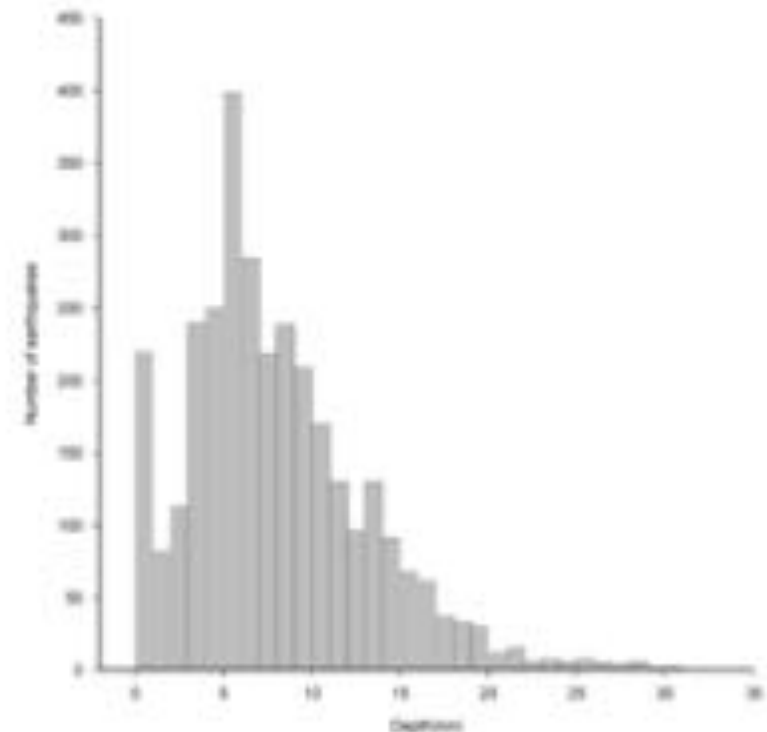


地震深度分布

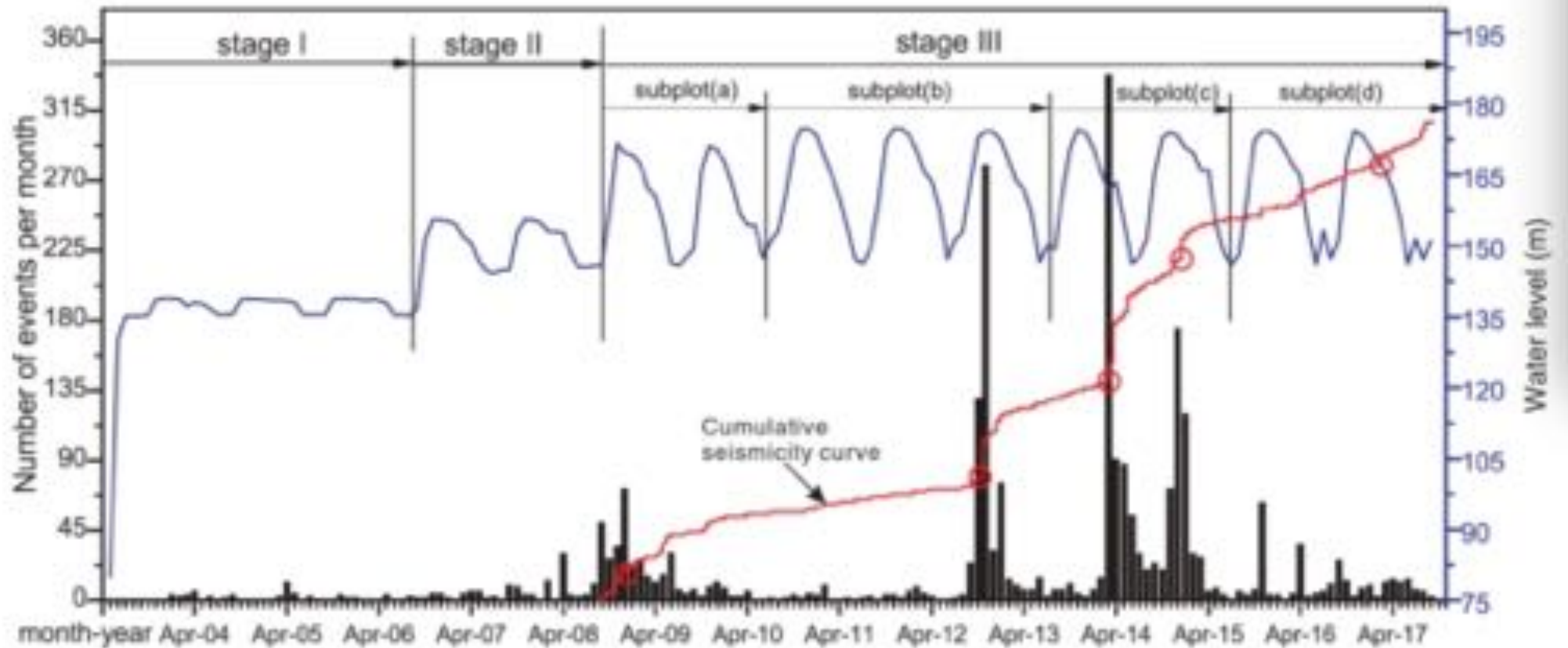


震旦系构造带及编号: ① 九河溪断裂 ② 柏文山断裂 ③ 马家山断裂 ④ 柏文山—马家山断裂 ⑤ 柏文山—马家山断裂 ⑥ 柏文山—马家山断裂 ⑦ 柏文山—马家山断裂 ⑧ 柏文山—马家山断裂 ⑨ 柏文山—马家山断裂 ⑩ 柏文山—马家山断裂 ⑪ 柏文山—马家山断裂 ⑫ 柏文山—马家山断裂 ⑬ 柏文山—马家山断裂 ⑭ 柏文山—马家山断裂 ⑮ 柏文山—马家山断裂 ⑯ 柏文山—马家山断裂 ⑰ 柏文山—马家山断裂 ⑱ 柏文山—马家山断裂 ⑲ 柏文山—马家山断裂 ⑳ 柏文山—马家山断裂 ㉑ 柏文山—马家山断裂 ㉒ 柏文山—马家山断裂 ㉓ 柏文山—马家山断裂 ㉔ 柏文山—马家山断裂 ㉕ 柏文山—马家山断裂 ㉖ 柏文山—马家山断裂 ㉗ 柏文山—马家山断裂 ㉘ 柏文山—马家山断裂 ㉙ 柏文山—马家山断裂 ㉚ 柏文山—马家山断裂 ㉛ 柏文山—马家山断裂 ㉜ 柏文山—马家山断裂 ㉝ 柏文山—马家山断裂 ㉞ 柏文山—马家山断裂 ㉟ 柏文山—马家山断裂 ㊱ 柏文山—马家山断裂 ㊲ 柏文山—马家山断裂 ㊳ 柏文山—马家山断裂 ㊴ 柏文山—马家山断裂 ㊵ 柏文山—马家山断裂 ㊶ 柏文山—马家山断裂 ㊷ 柏文山—马家山断裂 ㊸ 柏文山—马家山断裂 ㊹ 柏文山—马家山断裂 ㊺ 柏文山—马家山断裂 ㊻ 柏文山—马家山断裂 ㊼ 柏文山—马家山断裂 ㊽ 柏文山—马家山断裂 ㊾ 柏文山—马家山断裂 ㊿ 柏文山—马家山断裂

库首区地震深度 (2000-2008)



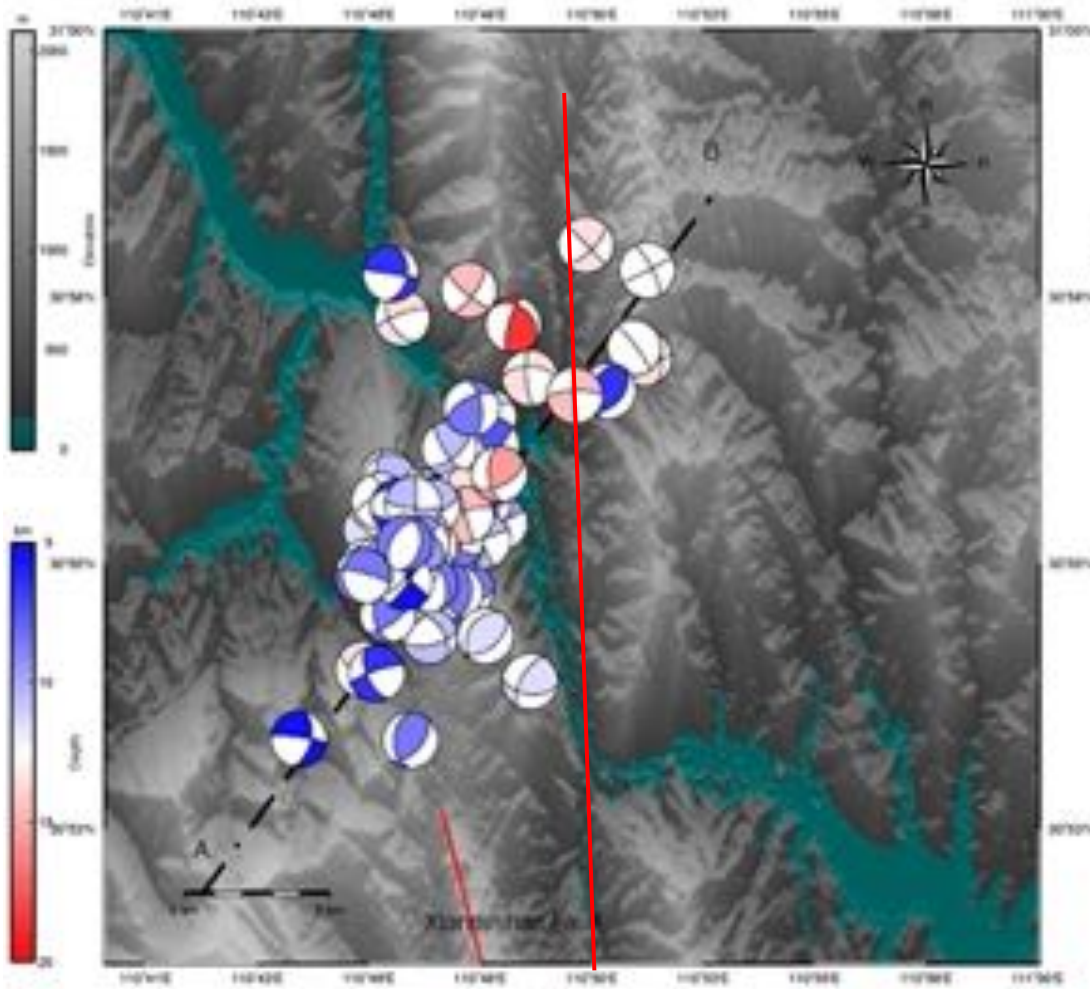
地震频次与水位对应关系



2014/03/27-03/31, 仙女山地震群

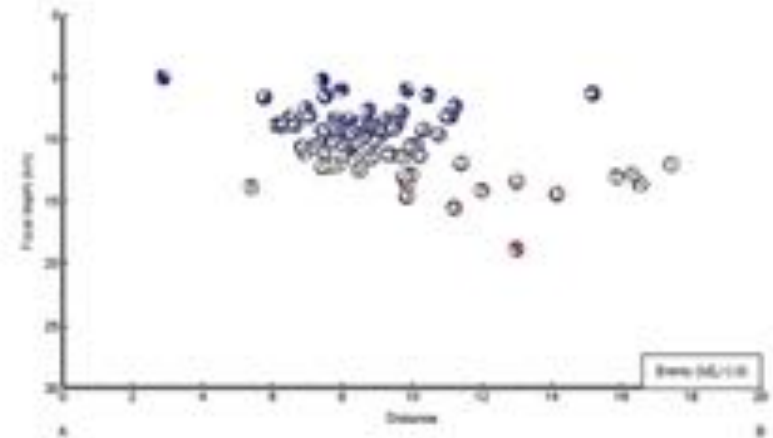
March 27 ML 4.7

March 30 ML 5.1

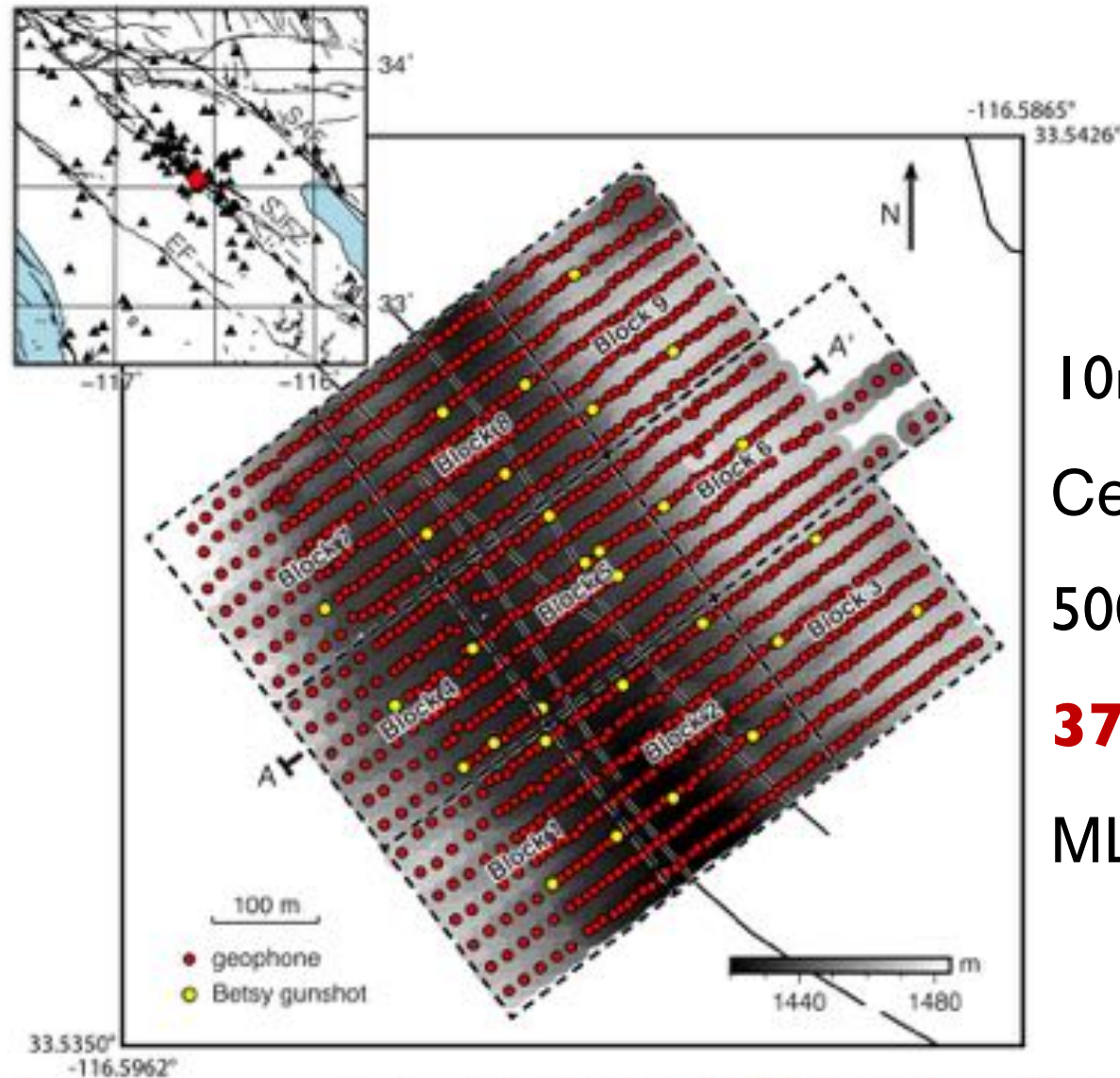


平均深度: 10.3km

求解震源机制数量: 87 (个)



Dense seismic array in the San Jacinto fault zone



10mx30m interval

Central frequency 10 Hz

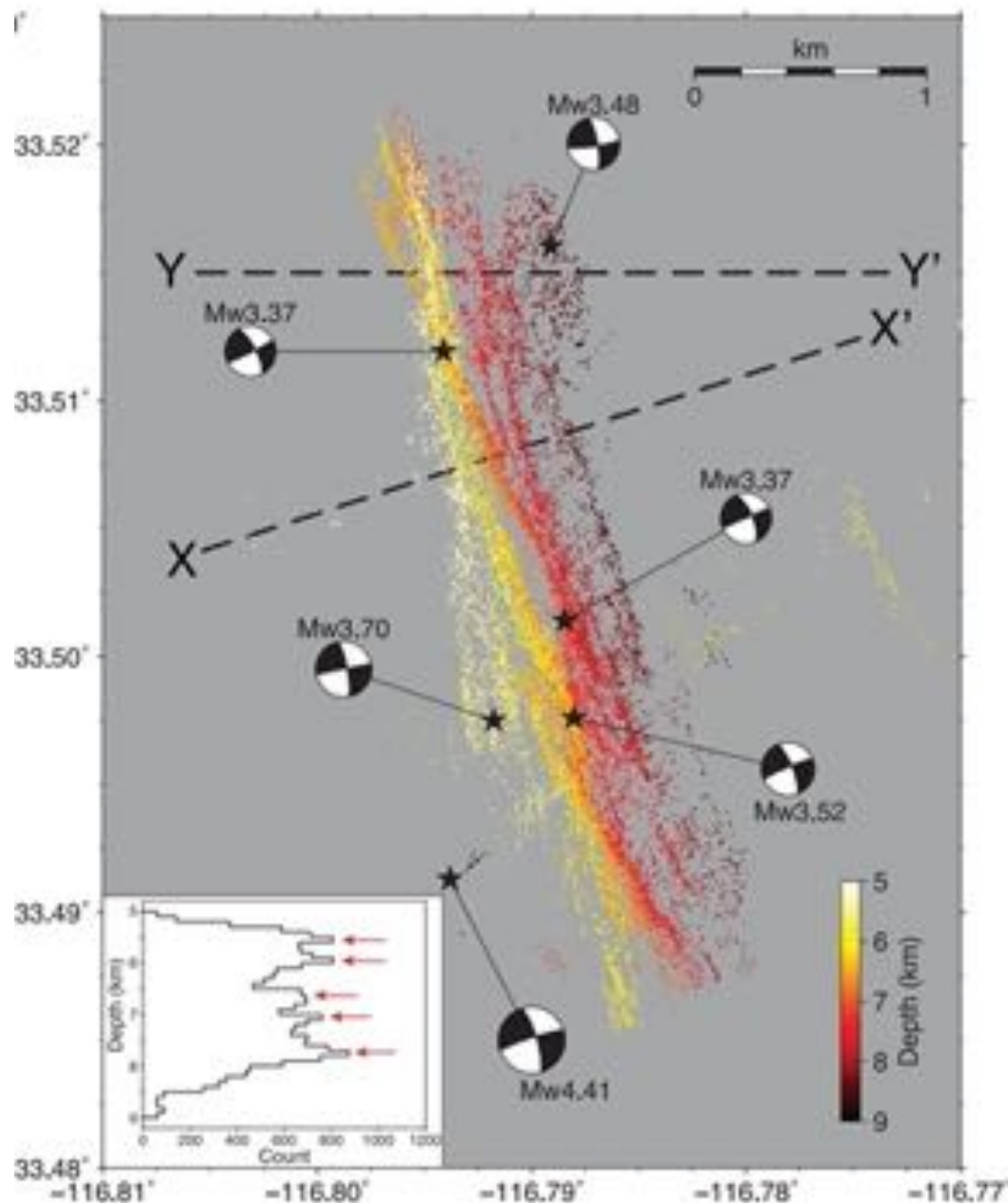
500 Hz sampling

37 days

ML -1.5

Figure 1. A location map for the dense array providing the data used in this study (Ben-Zion *et al.* 2015). Red circles in the main plot denote vertical geophones and yellow circles mark Betsy gunshots. The background grey colours represent topography. The inset at the top left provides a regional view with the dense array indicated by a red square and regional seismic stations denoted by black triangles.

- **传统地质：野外考察、浅表构造。**



亚百米级精度

断层3D结构

Ross et al., 2019 , Science

Smartsolo

Short period seismometer

nature frequency ~ 5 Hz

Sampling interval: up to 0.25 ms

200 set

With external Battery for ~ 4 months



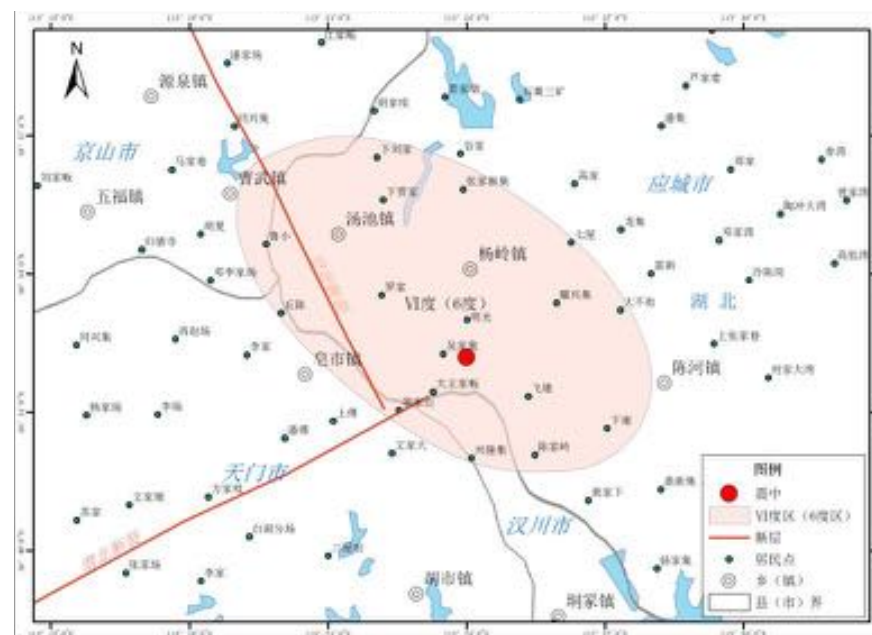


中國地質大學 (武汉)
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES

湖北应城地震概况

2019年12月26日18时36分湖北省
孝感市**应城市**杨岭镇发生一起**M_s4.9**地震。
(30.87°N , 113.4°E , 震源深度10km)

震害烈度主要为**VI度**，VI度区总体
为椭圆状，呈北西走向，30余间房屋出
现墙体裂缝及外墙墙砖脱落等情况，所幸
没有房屋倒塌，未收到人员伤亡报告。



图源湖北省地震局

应急观测及数据

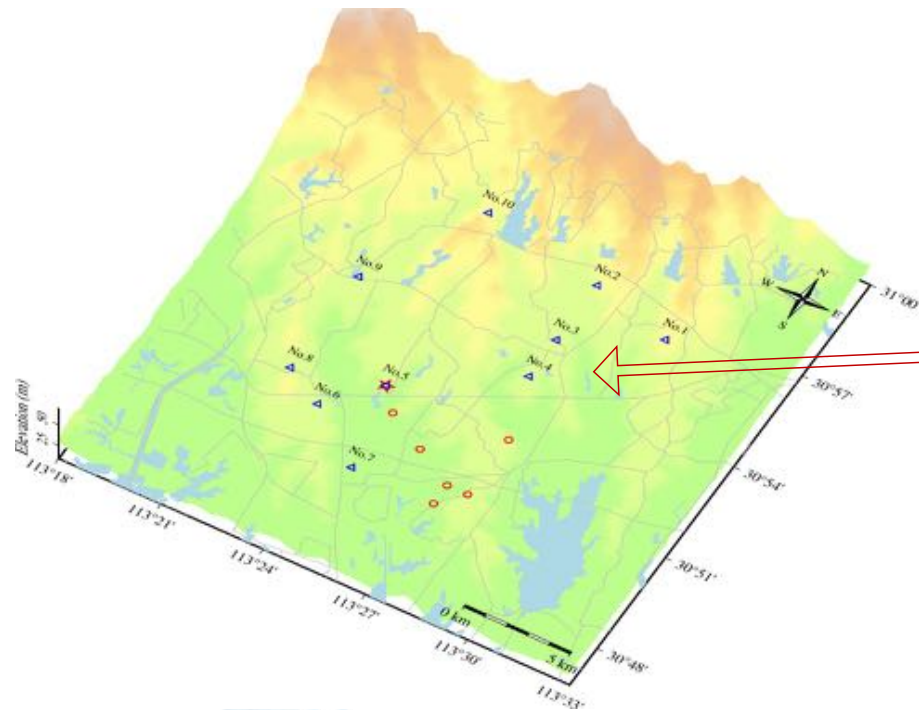
课题组在地震发生后凌晨抵达震源区布设Smartsolo节点地震仪10台进行应急观测，获得应城Ms4.9主震后13天的连续观测数据。



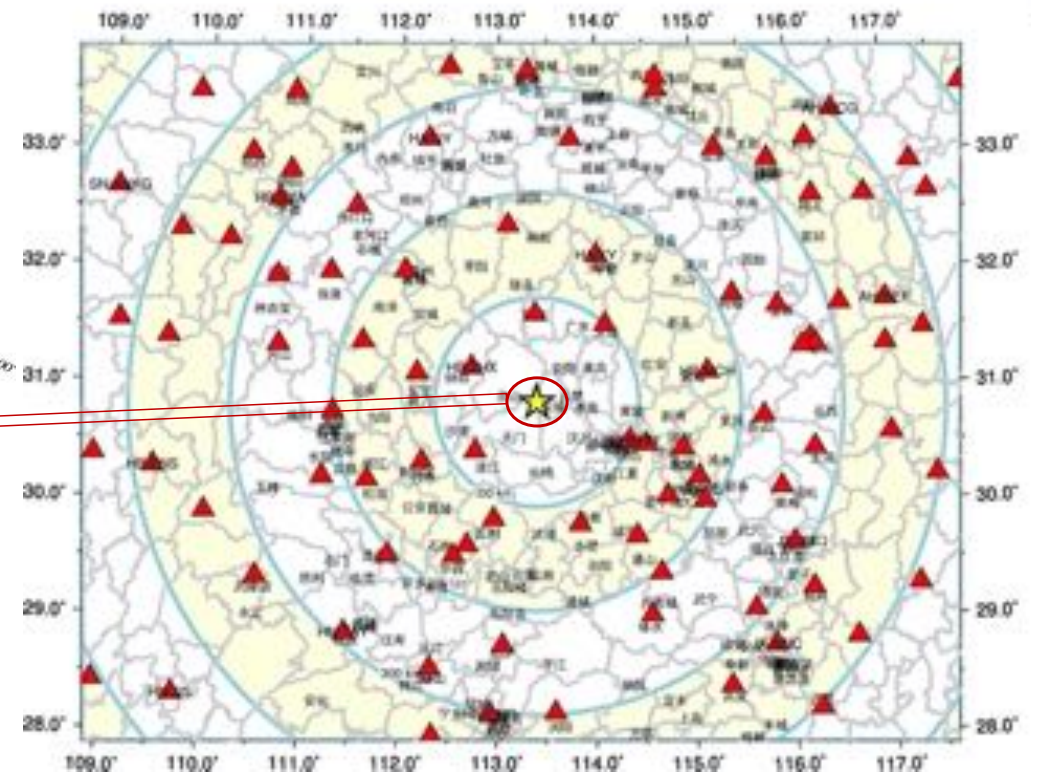


中国地质大学 (武汉)
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES

应急观测及数据



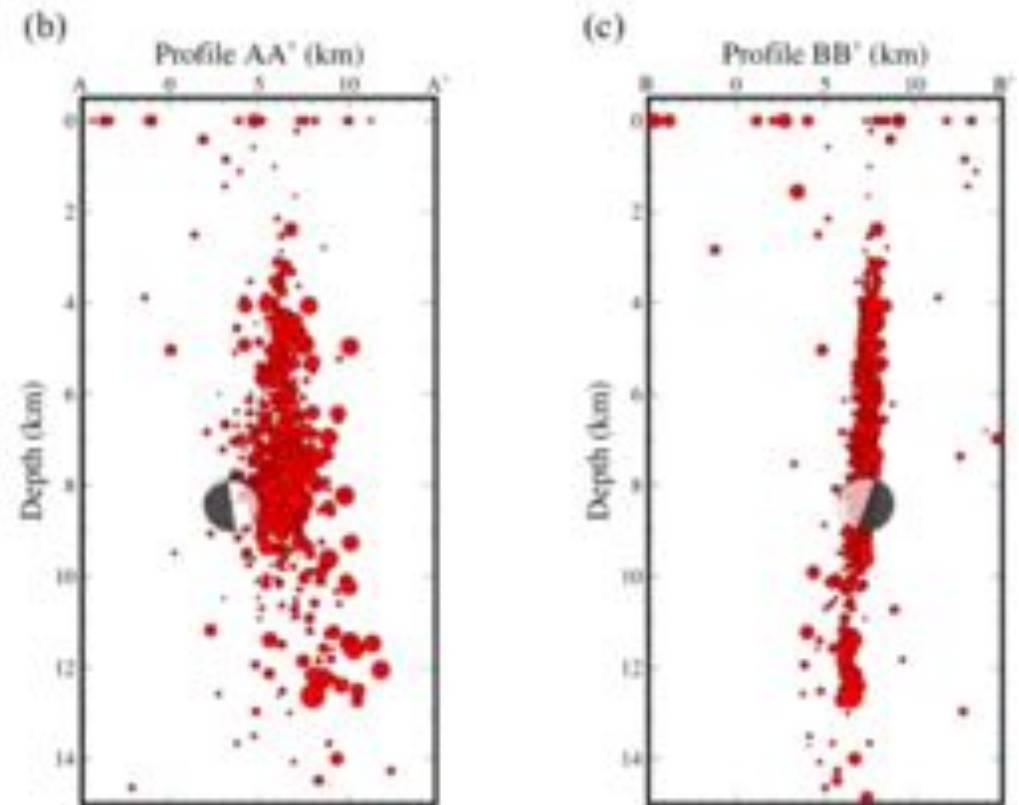
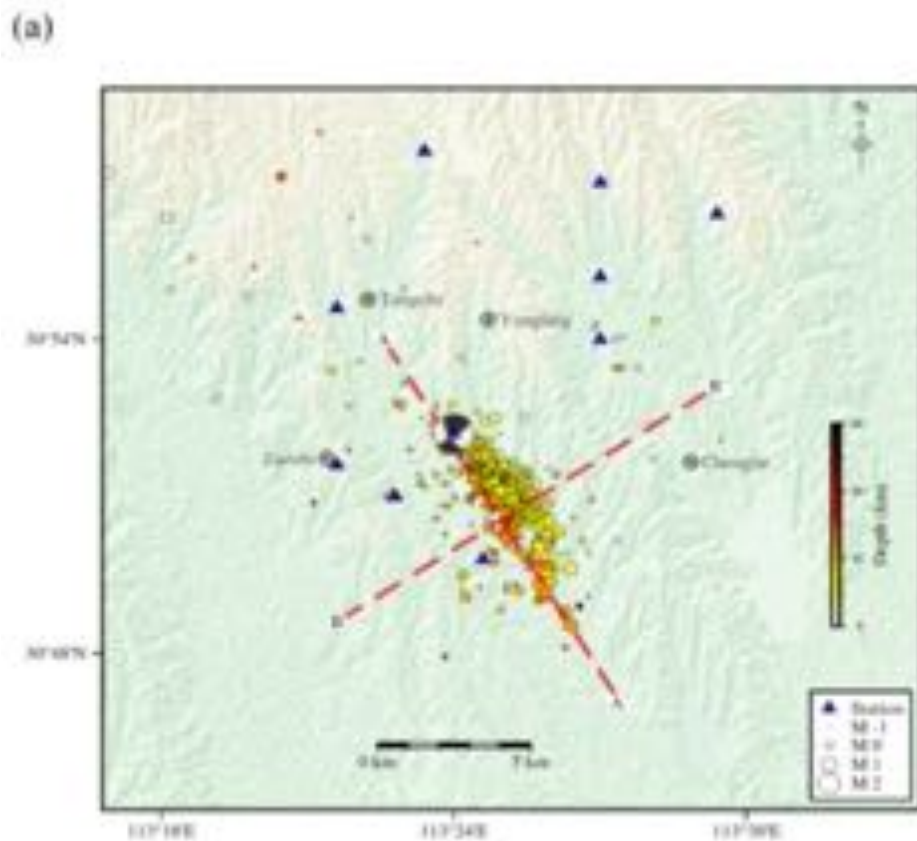
本课题组应急观测台网



中国地震台网中心应城地区地震台分布

精确勾勒断层三维结构

- 地震断层NNE向，倾向NE
- 破裂长度~5km，断面平直



地震科学研究新范式

传统模式

大数据+人工智能

CSH+FORTRAN+SAC+GMT4

AI地震学
(爱地震学)

谢谢！