

国家地震科技创新工程“解剖地震”研讨会



1879年武都南8级地震研究进展及问题

袁道阳¹、王爱国²、张元生²

1. 兰州大学地质科学与矿产资源学院
2. 甘肃省地震局（兰州地震研究所）

2020年2月20日

吴忠良所长的代欢迎词：

解剖地震的基本定位

解剖地震的本质是观测（含探测）

解剖地震的对象是地震（及孕震环境）

解剖地震的目标是机理（和模型）

解剖地震的动机是减灾（和基础科学发展）

解剖地震的共同体标准：“地下搞清楚”

地震构造（与应力环境）基本清楚

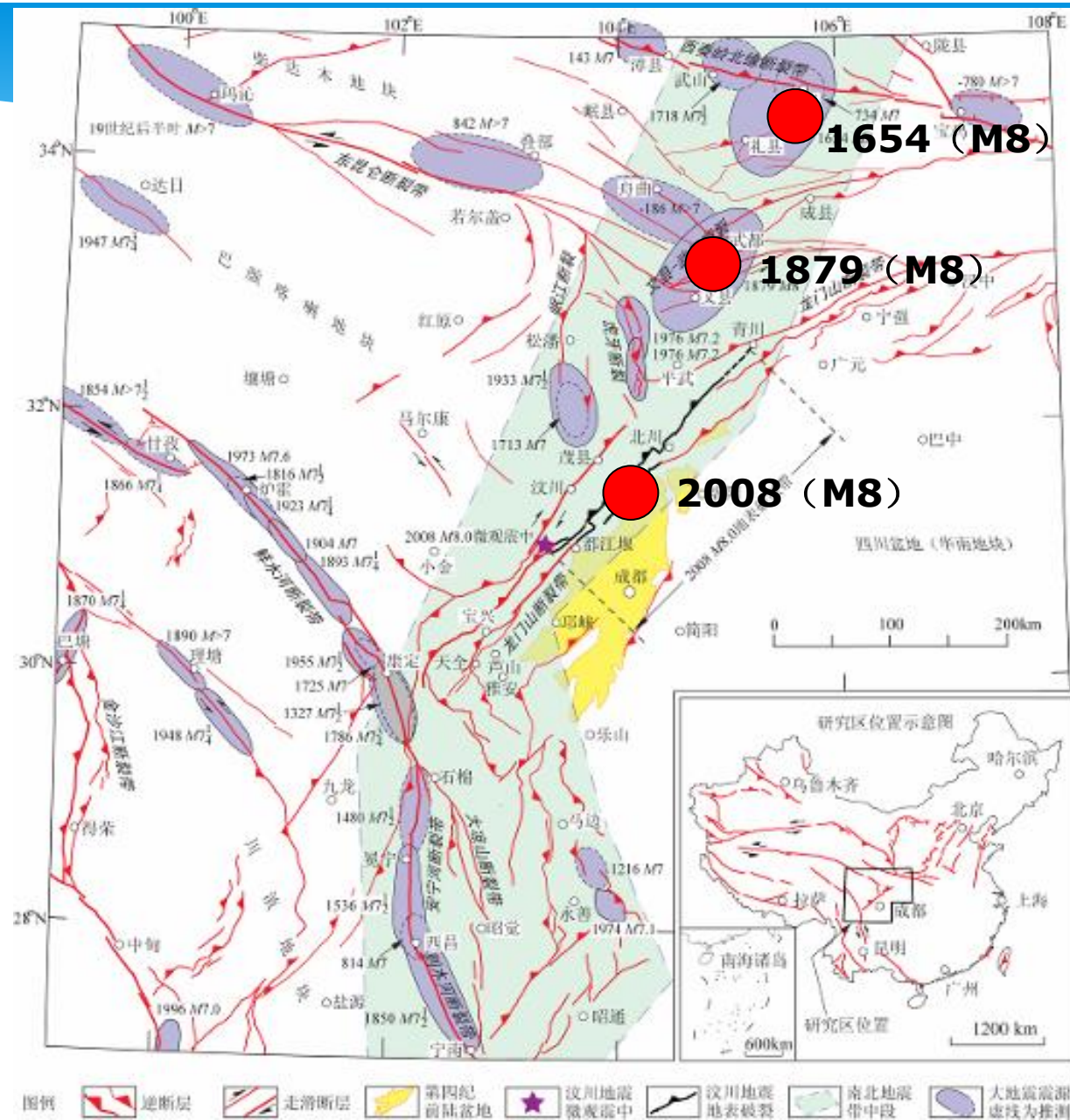
孕震过程（与前兆表现）大致清楚

破裂过程（与致灾原因）总体清楚

震后趋势（与序列演化）尽量清楚

重点关注其中几个问题

南北带中段**3次8级**地震。**2008**年汶川**8级**地震已开展了详细的解剖工作；另外**2次8级**地震（**1654**年天水南**8级**和**1879**年武都南**8级**地震）都值得深入解剖。为回答南北带**8级**地震孕震环境和机理提供依据。本次仅讨论**1879**年武都南地震的相关问题。



南北地震带中段三次8级地震破裂区（据闻学泽，2011）



汇报提纲

- 一、地震构造研究进展及问题
- 二、深部构造探测进展及问题
- 三、发震机制探讨
- 四、下一步工作建议

一、地震构造研究进展及问题

1、关于震级和烈度问题：

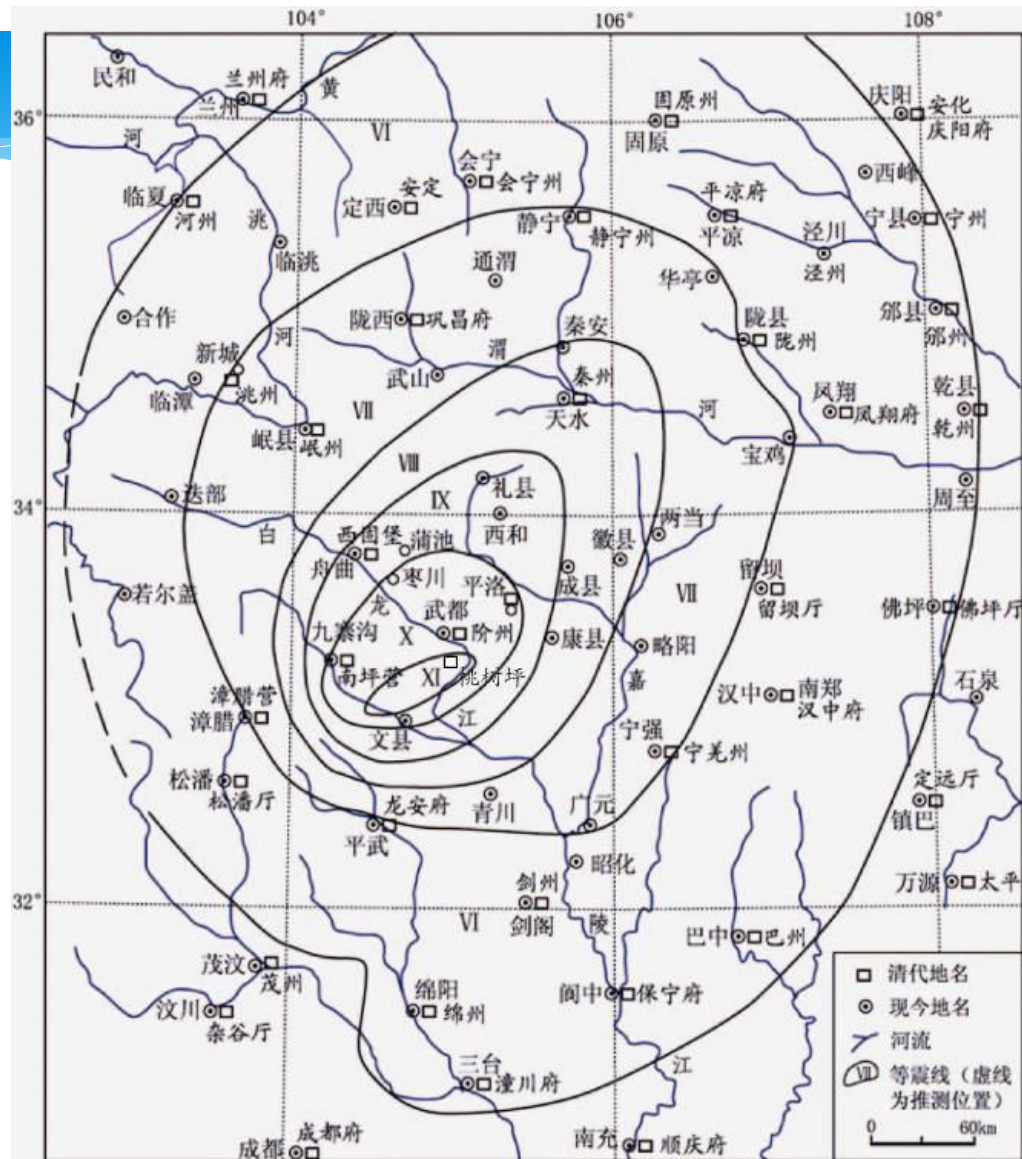
1879年7月1日（清光绪五年五月十二日），在甘肃武都、文县间发生了一次大地震，称武都南地震。甘肃、陕西、四川等省四十余个厅、州、县均报有灾情，约**2**万余人丧生。

1960年，李善邦根据当时所收集的地震历史资料初步圈定了极震区、重破坏区、轻破坏区和有感区范围，并确定其**震级为8级**，震中烈度**11**度。

1966年中科院兰州地球物理所实地考察后，认为武都、文县、南坪等县城的影响烈度不足XI度，将其震级降为**7½级**，震中烈度**10**度。

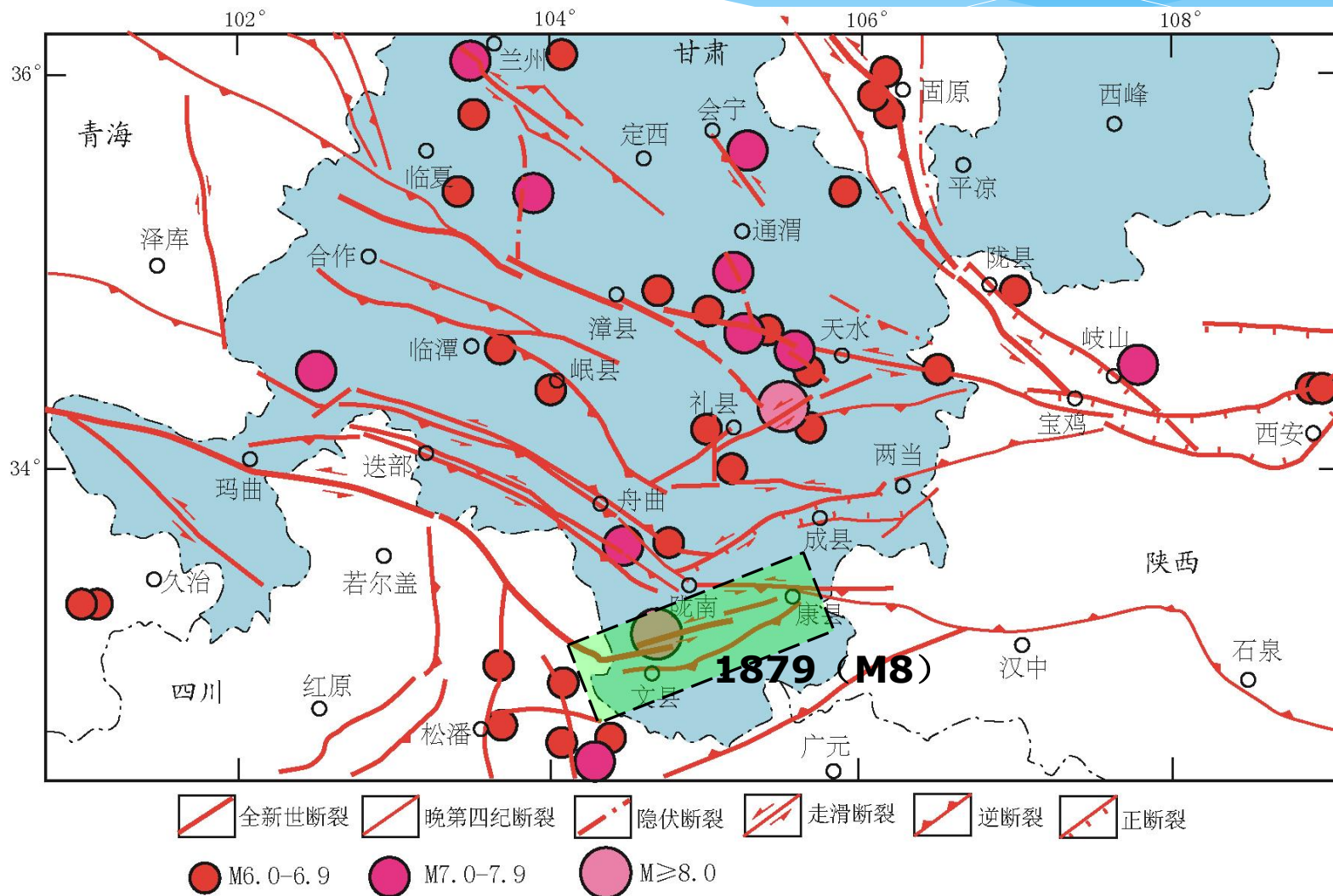
上世纪**80**年代初，兰州地震研究所雷中生等再次进行考察，根据考察结果将其震级**恢复为8级**，震中烈度**11**度，并绘制了X度至VI度的等震线图。这一修改结果被以后各版本地震目录采用。

新修改完善的**1879年**
武都南8级地震等震线图
(袁道阳等, **2014**)



特点：本次地震等震线长轴方向烈度衰减明显不对称，沿北东向衰减很慢，而西南方向衰减很快，表明地震破裂是从南西向北东方向发展的，这与**2008年汶川8级地震**的烈度分布特征相似。

2、关于发震构造及地震破裂带问题：

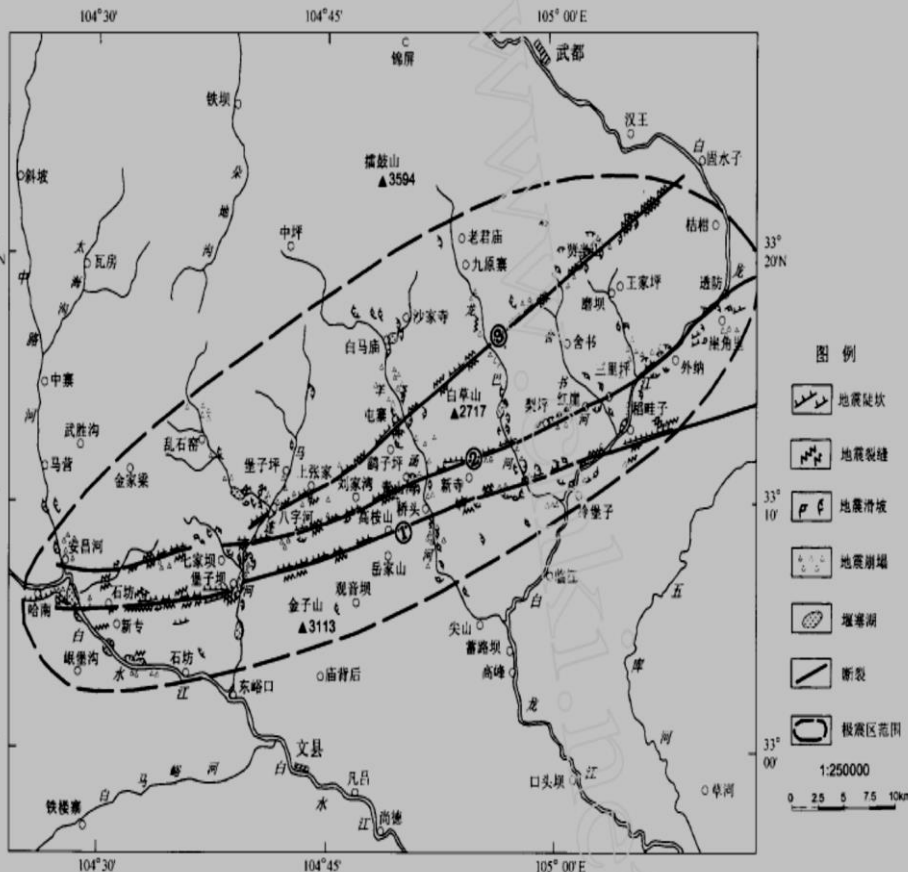


甘肃南部活动断裂分布图



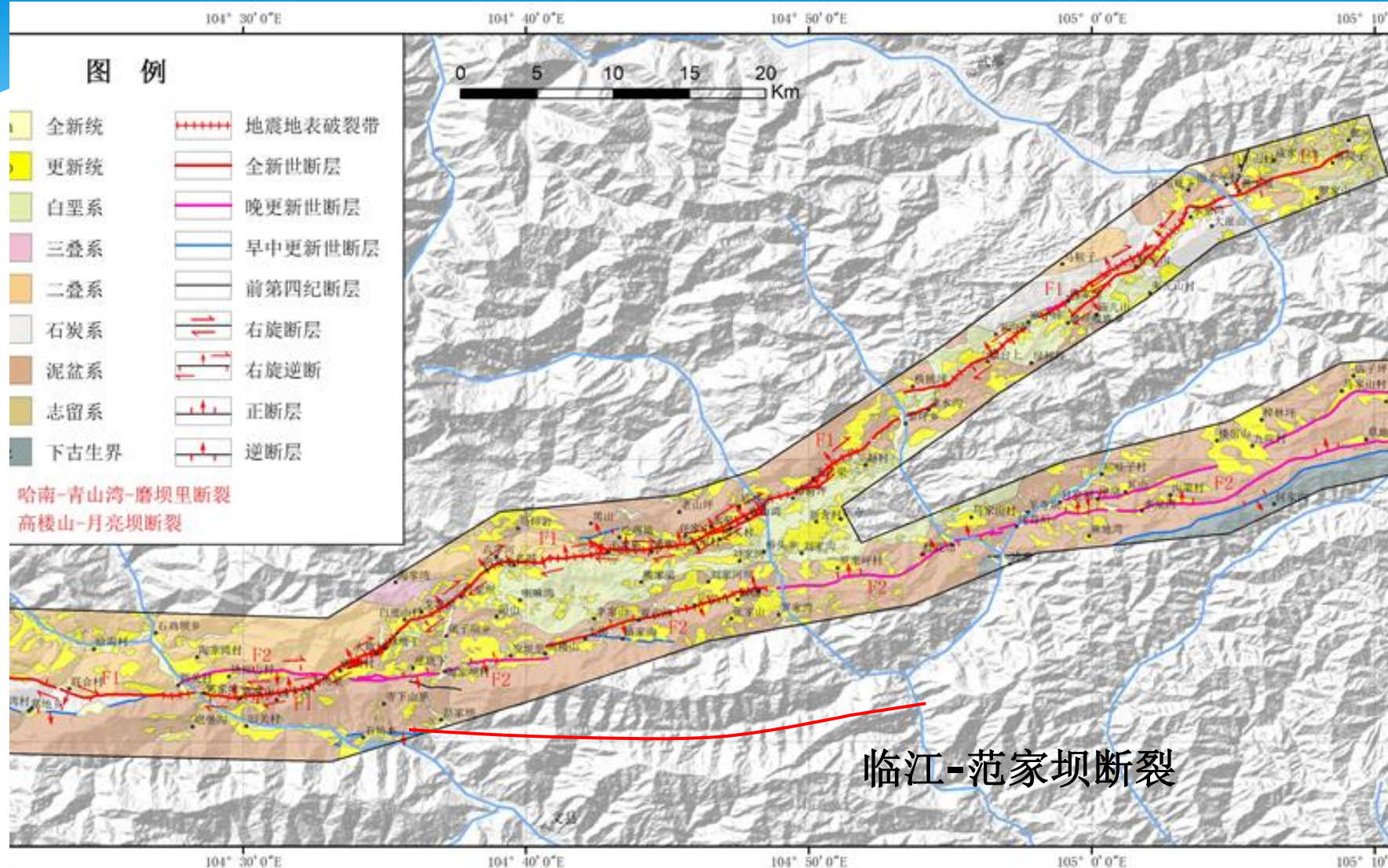
3条地震破裂带，左旋走滑

1879年武都南8级地震破裂带分布图
(侯康明等, 2005)



1条地震破裂带， 左旋走滑

临江-范家坝断裂展布图
(冯希杰等, 2005)



1879年武都南8级地震区活动断裂分布图（王爱国等，2010，2018填图结果）

F1: 哈南-高楼山-月亮坝断裂；**F2:** 堡子坝-青山湾-磨坝里断裂

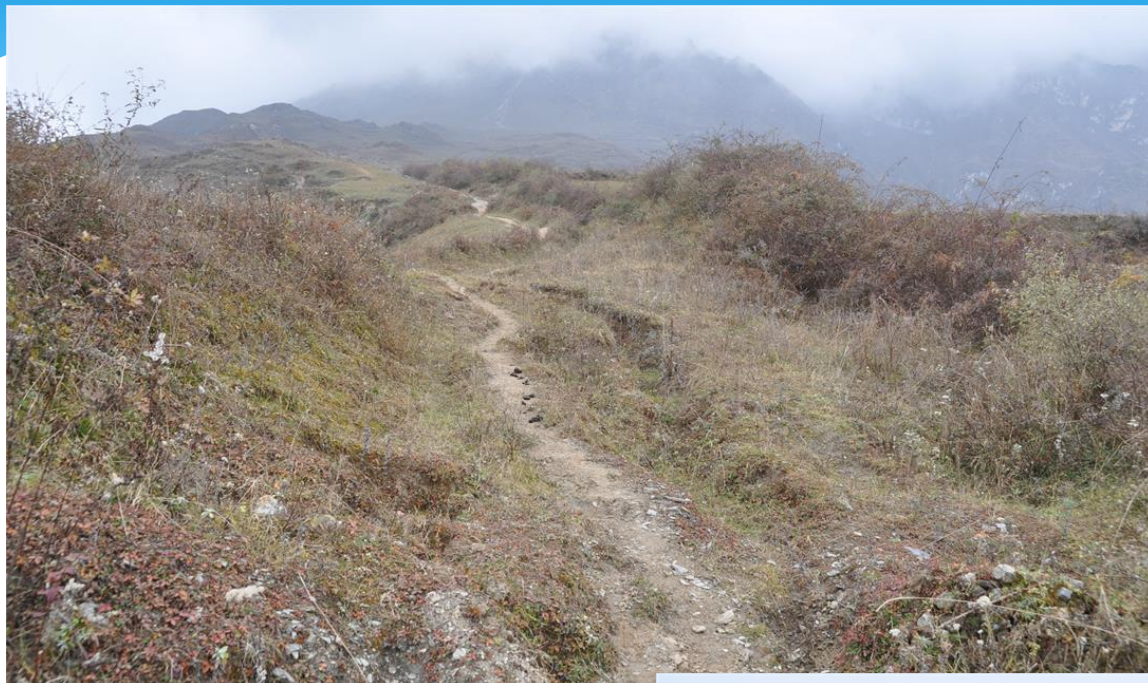
地震陡坎

青山湾东北一山头之上，由于重力作用及地震动共同影响，形成一系列平行的基岩裂缝和陡坎，坎高最大达6m。



青山湾东北山头平行断层发育的基岩裂缝及陡坎地貌（镜向东北）

地震裂缝带

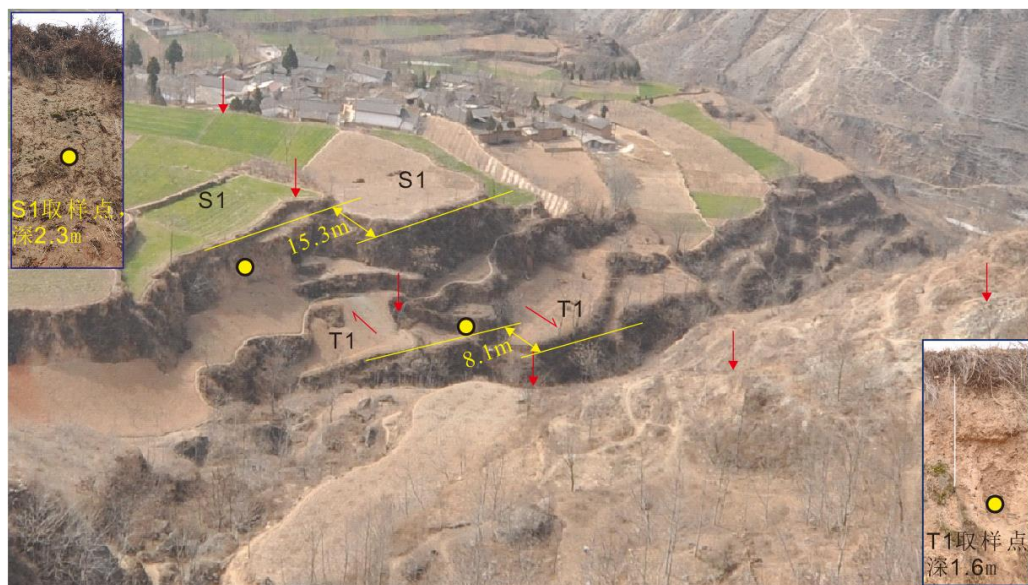
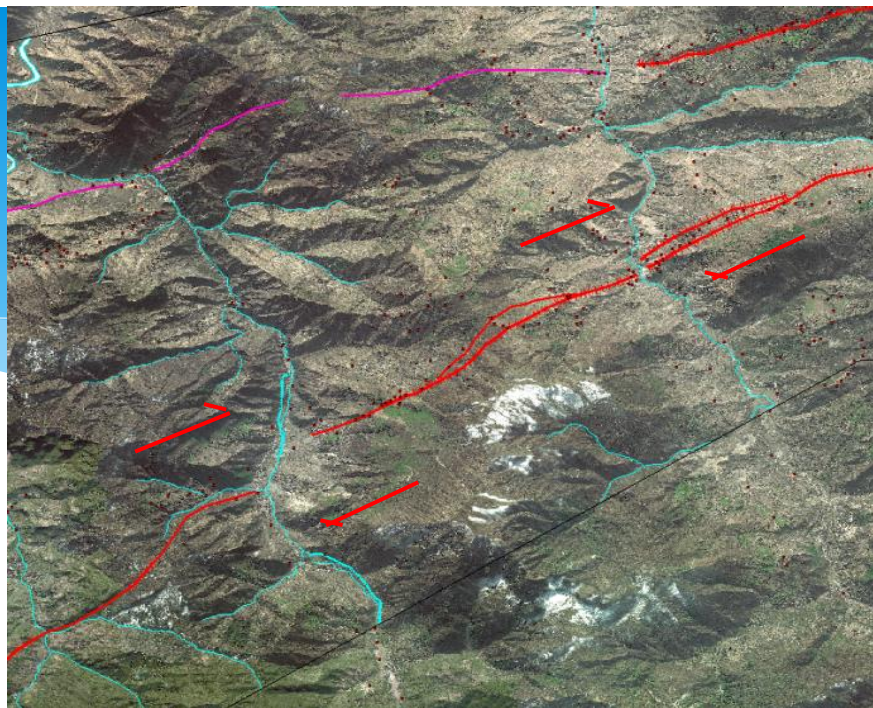


门子坪西北山梁地裂缝照片
(镜向南西北、东南)



3、关于断裂运动学特征：

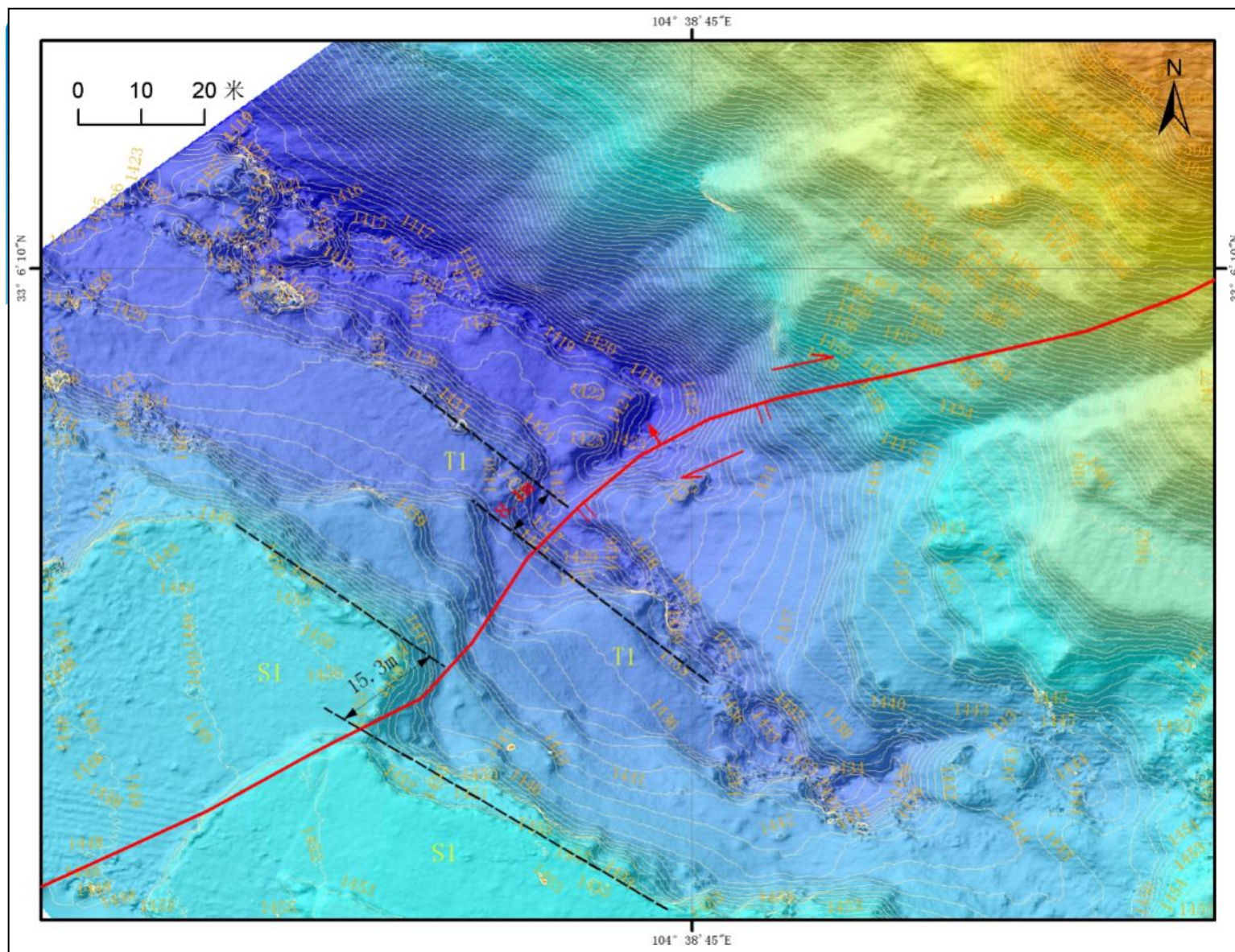
羊汤河、龙坝河同步
右旋位错1.8-2.7Km。



八字河东洪积台地及冲沟阶地同步右旋断错



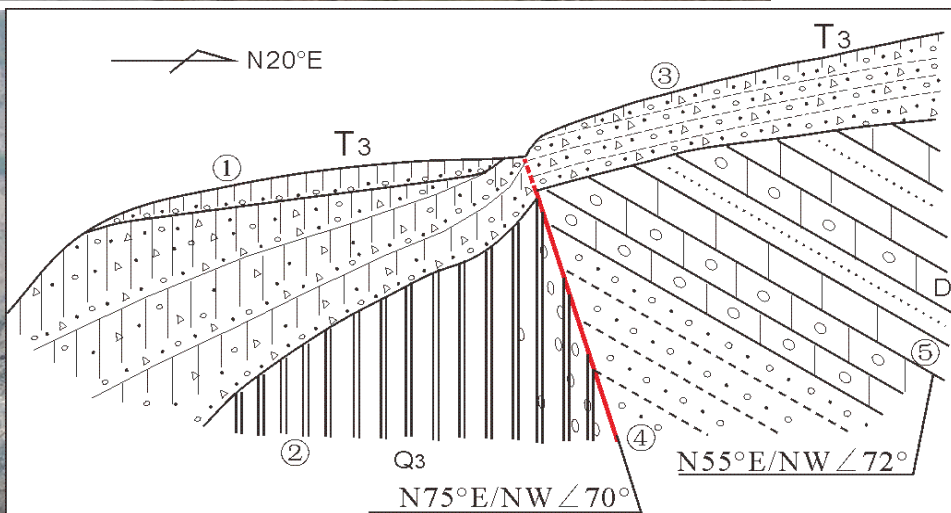
赵庄北冲沟右旋断错



八字河南断层点UAV航拍测量等高线图与解译图

综合微地貌测量及年代测试结果计算得到哈南-青山湾-磨坝里断裂（F1）晚更新世晚期以来右旋速率**0.39mm/a—1.93 mm/a（平均1.2mm/a）**；垂直逆冲速率**0.5 mm/a--1.3 mm/a（平均0.9mm/a）**。

郭家坡逆冲断层



- ①土黄色含碎石土层 ②土黄色致密黄土 ③灰色碎石层
④灰黑色碎石状破碎砂岩 ⑤黑色含燧石团块泥灰岩

存在问题：

1、震级是有一定争议的，曾出现过变化，主要依据的是地震影响场烈度评定结果；

2、地震地表破裂带很短，而且受滑坡影响，存在一定的不确定性（实际上，也可以理解，汶川地震过去才十余年，很多破裂带已经看不见了，武都地震已经**100**多年了，能够保存的肯定很少）；

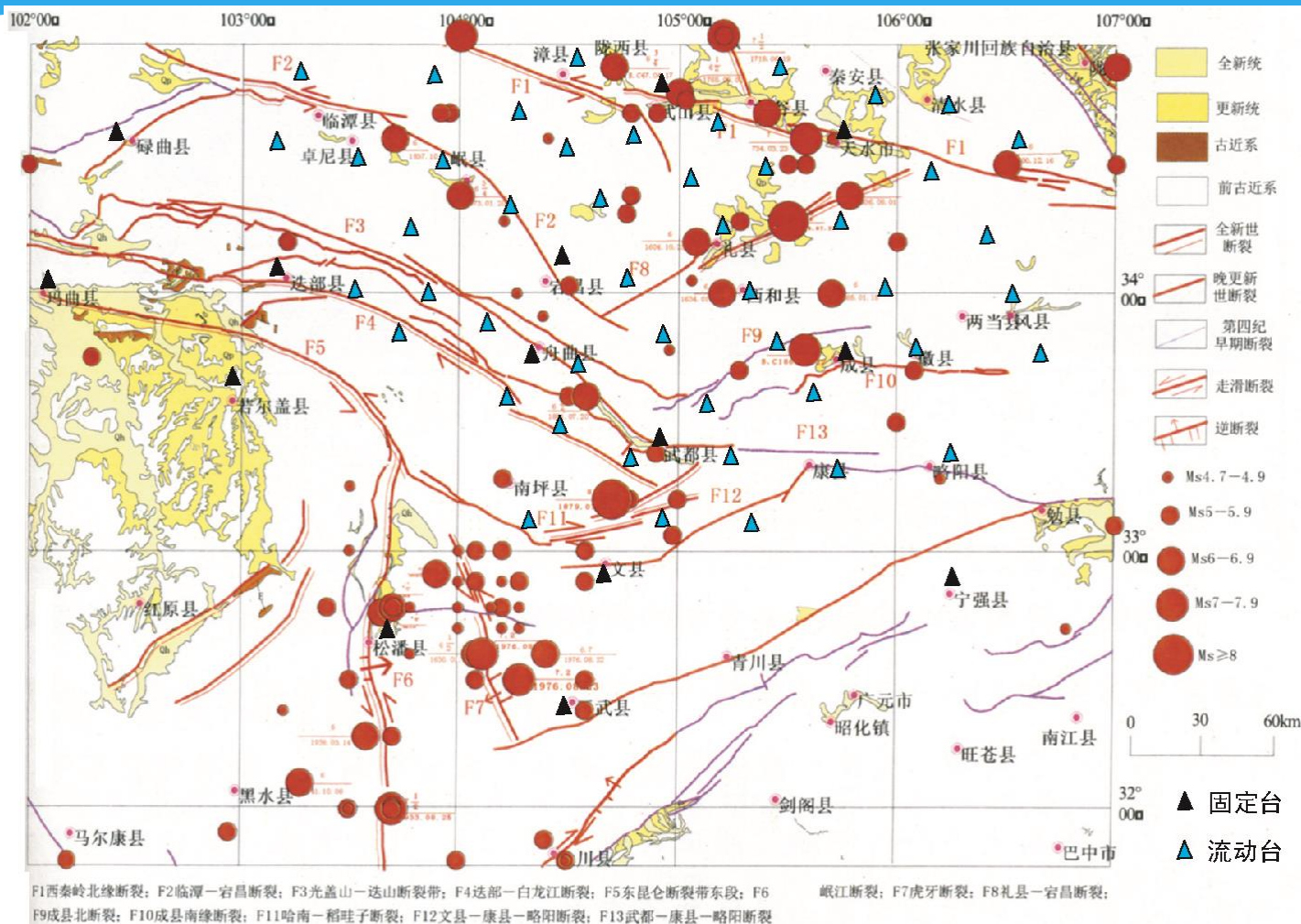
3、发震构造到底几条、性质统一。最新填图结果研究认为可能存在**NE**向的**2**条右旋走滑断裂，右旋速率**1.2mm/a**，逆冲速率**0.9mm/a**；



汇报提纲

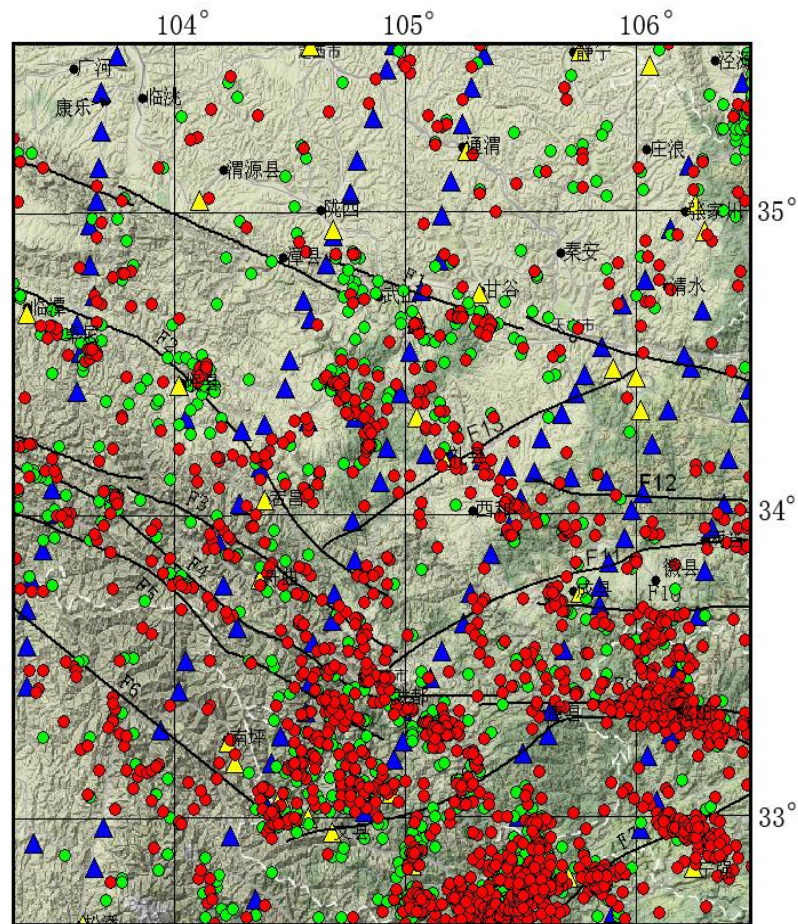
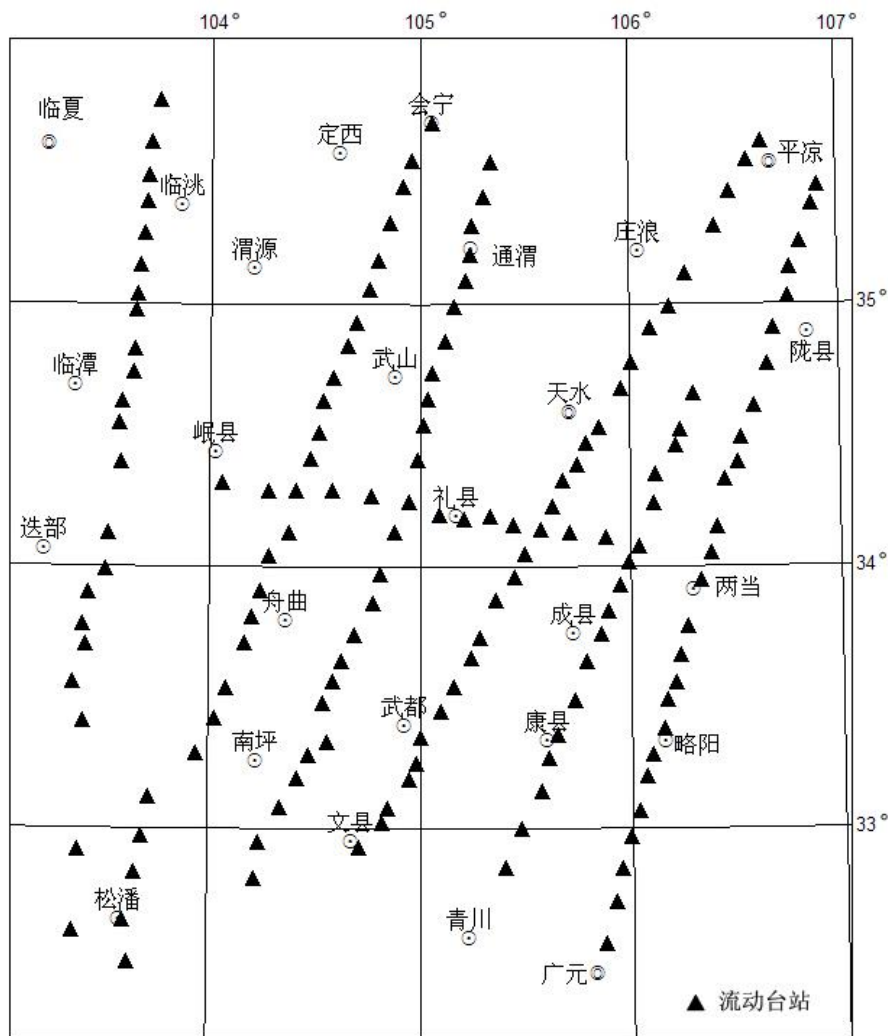
- 一、地震构造研究进展及问题
- 二、深部构造探测进展及问题
- 三、发震机制探讨
- 四、下一步工作建议

1、地震台阵观测与三维速度结构研究结果



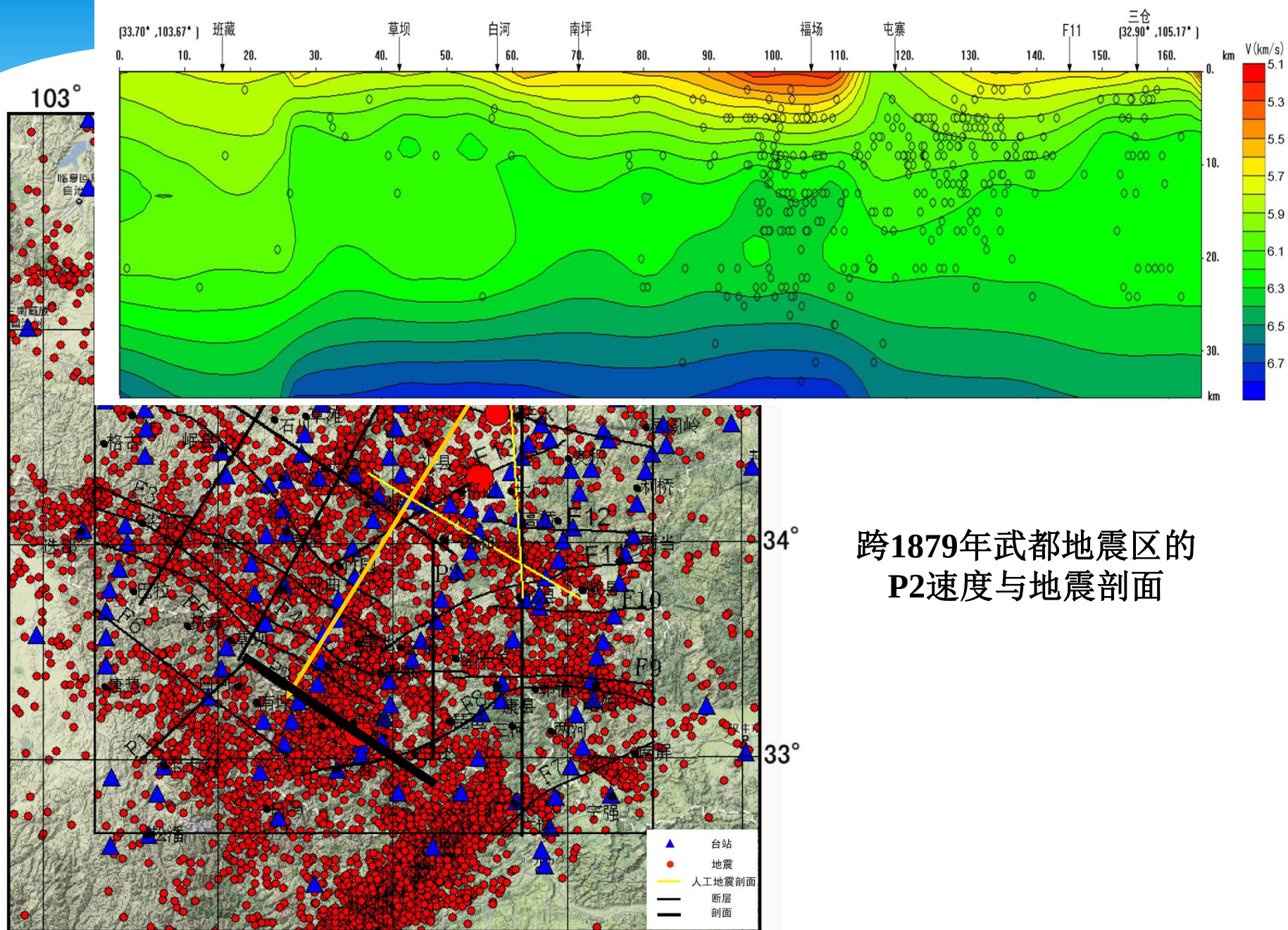
陇南地区流动地震台阵观测布置图

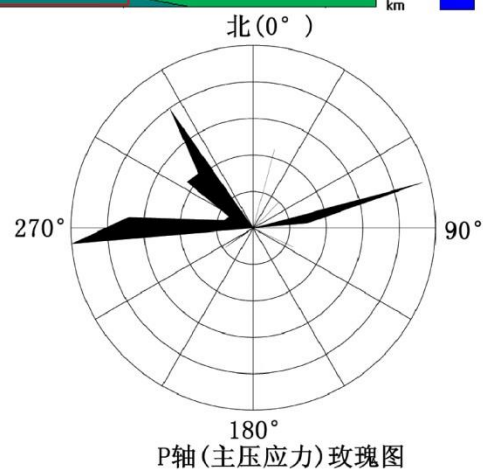
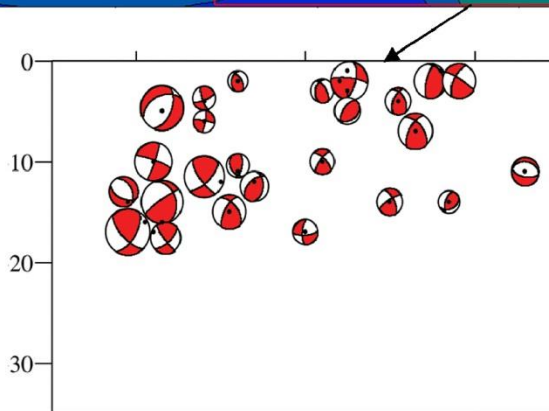
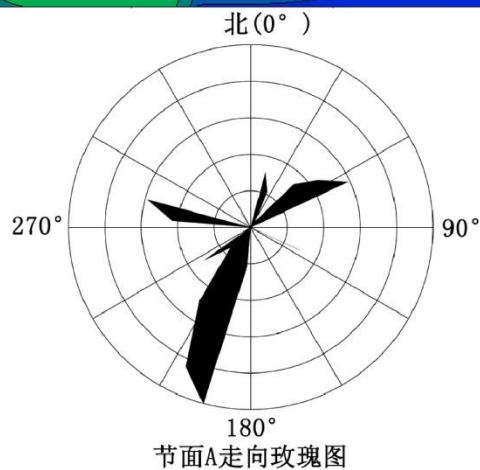
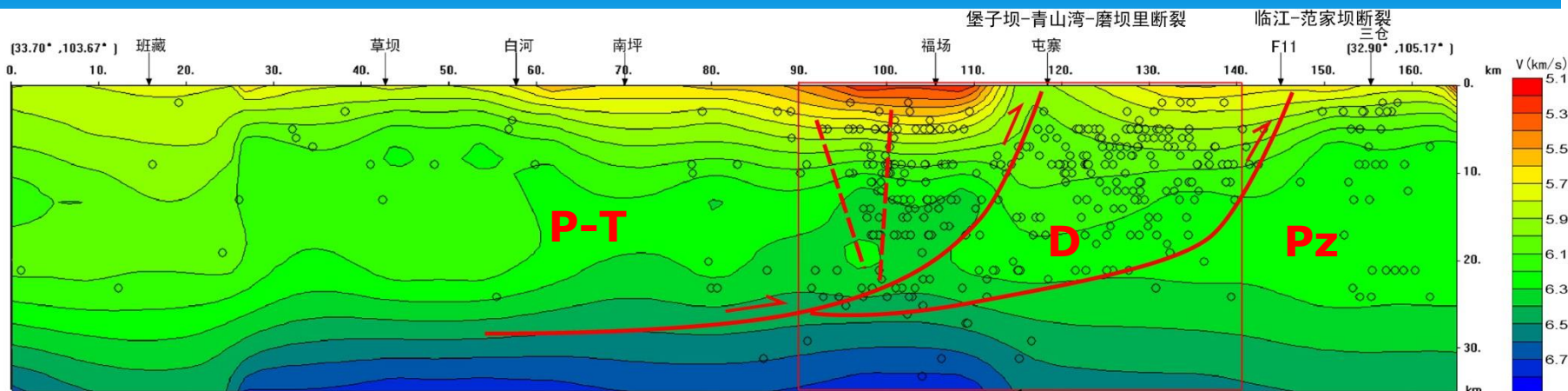
2009年起中国地震局地质研究所在该区布设了**150**个流动地震台，观测**2**年左右。利用获得的观测资料进行小震精确定位，探讨地震活动在平面上和剖面上的分布特征，分析断裂活动与地震活动间的关系。



红色：台阵台阵监测定位结果
绿色：甘肃台网监测定位结果

流动台阵微震监测结果：地震数约是常规台网的2倍，除随机分布小震外，地震分布主要沿断裂，或呈条带状分布。

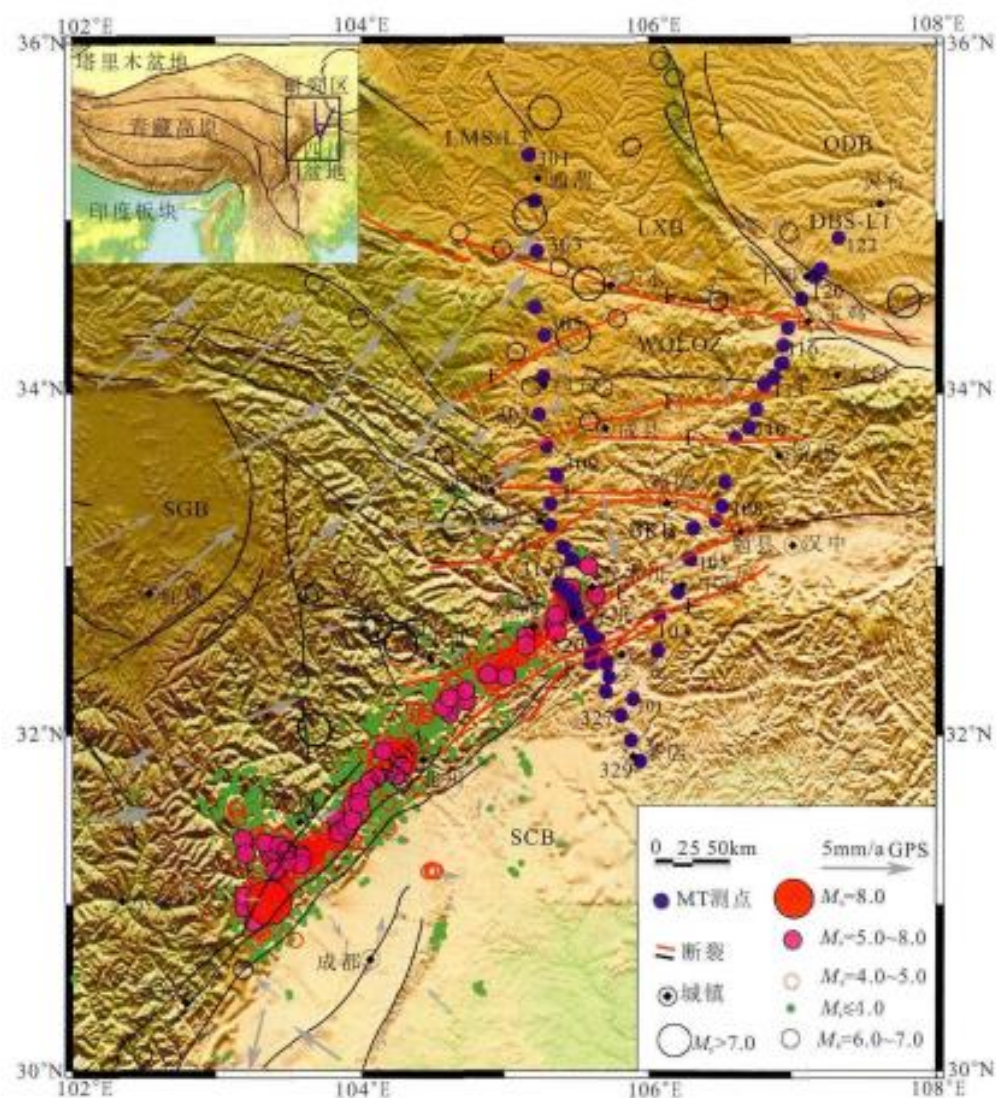




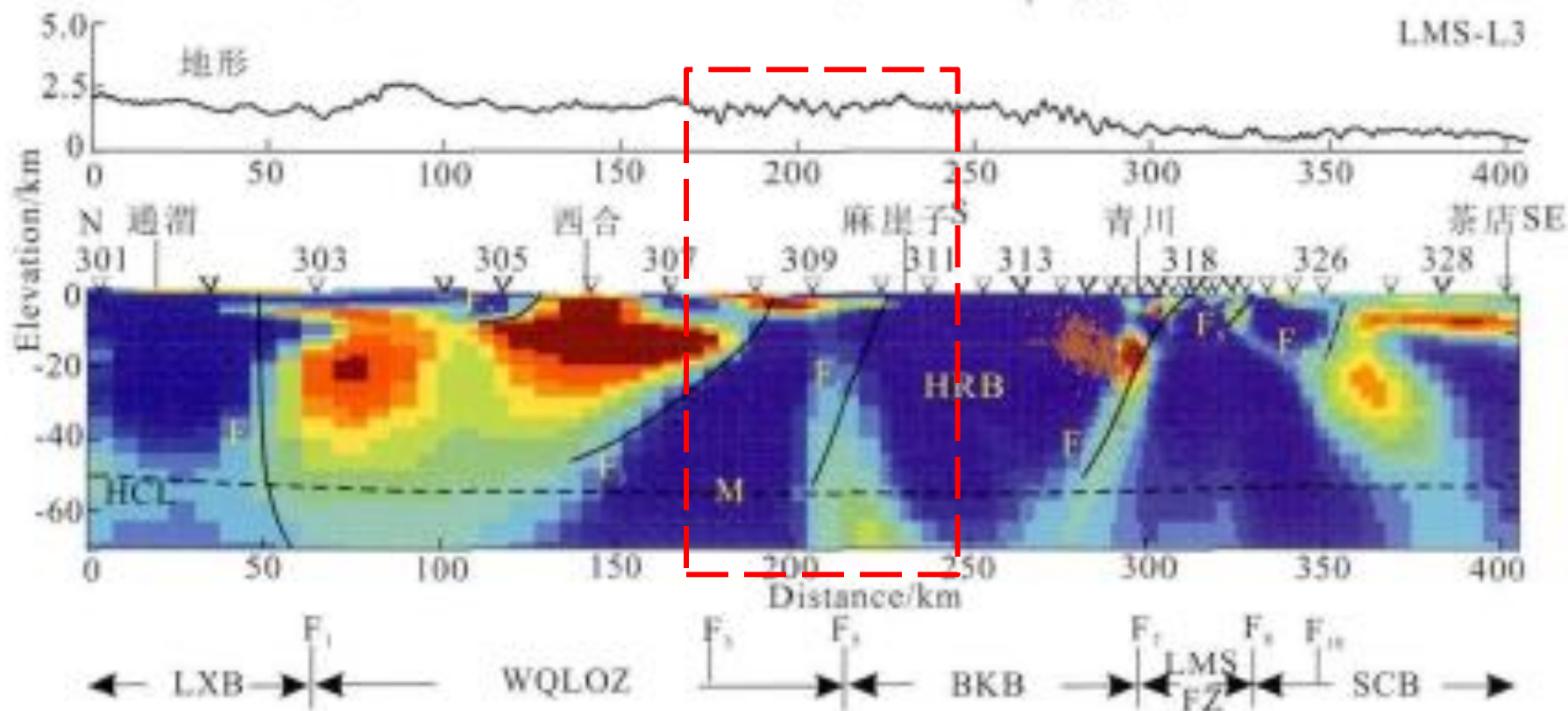
地震分布：地震深度由西北向东南变浅，地震震中条带呈NE向分布、主要分布于剖面110公里速度陡变带两侧，倾向NW，与速度陡变带几何性质基本一致。

震源机制解：节面A的优势方向为NNE，主压应力轴方面为近东西或NW。总体上表现为逆冲为主，但以剖面约110公里处为界，西边存在正断现象，东边以逆冲兼走滑为主。

2、大地电磁测深结果



詹艳等（2014）跨西秦岭和龙门山开展过大地电磁测深研究，获得过1879年地震区的深部结构。



跨西秦岭-龙门山的二维电性结构图（詹艳等，2014）

西秦岭北缘、成县盆地北缘、康县和平武—青川断裂带都表现为明显的电性梯度带，深部延伸可达几十公里；西秦岭造山带、碧口地块与龙门山构造带东北段各构造单元整体表现为高电阻体、呈现往南叠合且角度逐渐变陡的趋势。



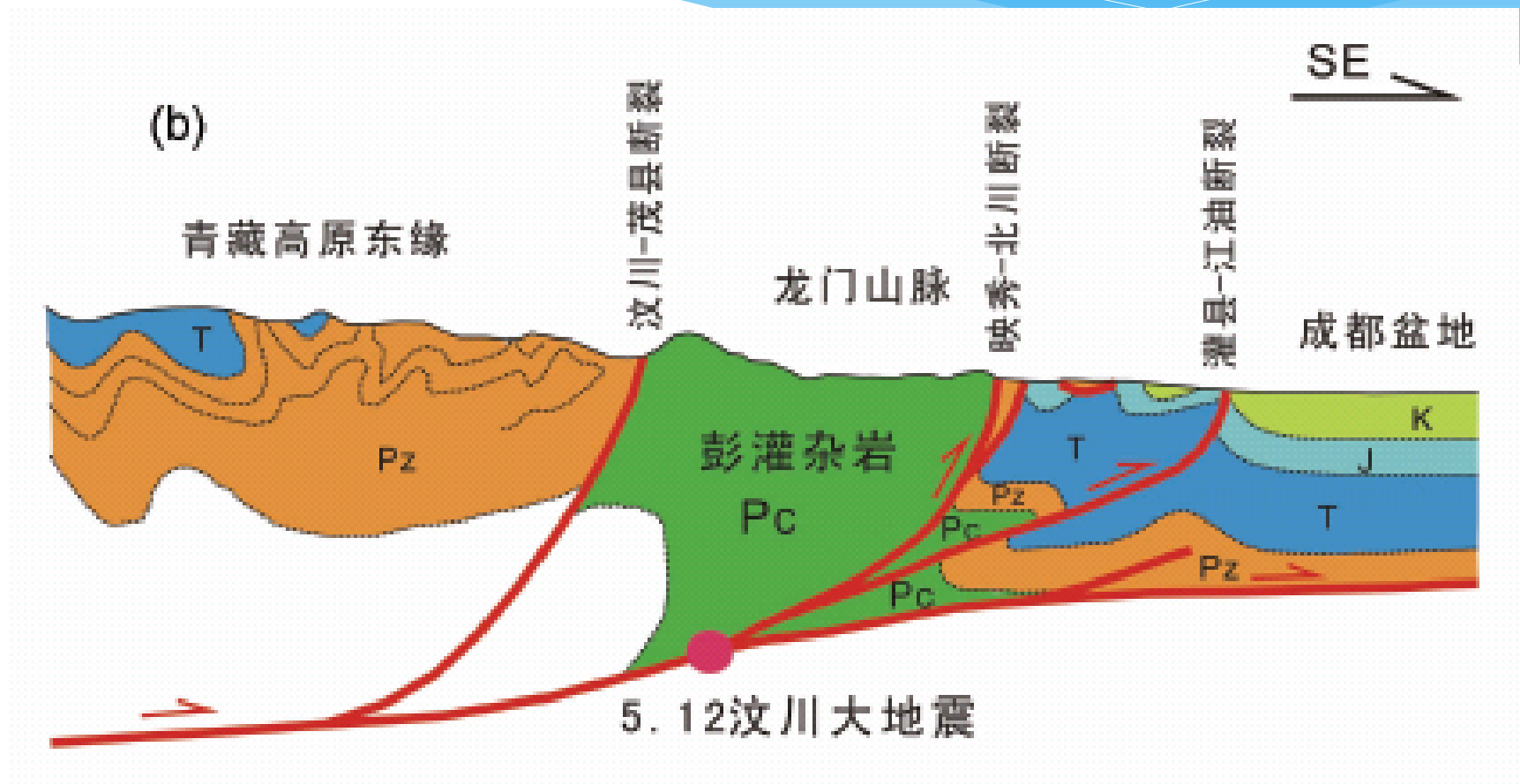
存在问题：

- 1、** 现有探测资料还较粗略，具体到断层带附件分辨率不够（台阵观测时间较短，电磁方法精度不够）；
- 2、** 缺乏高分辨率的大震区深部人工地震探测资料；



汇报提纲

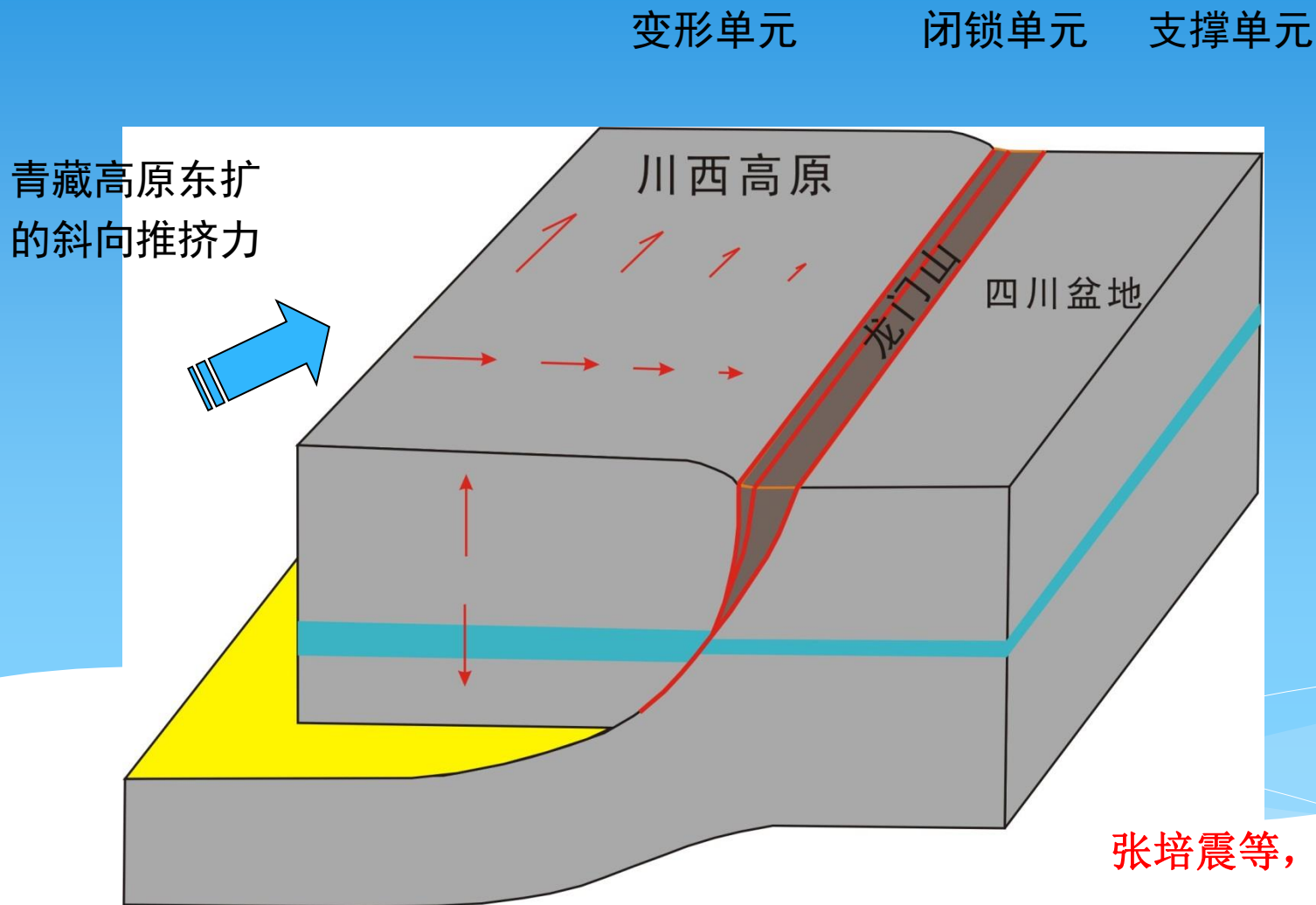
- 一、地震构造研究进展及问题
- 二、深部构造探测进展及问题
- 三、发震机制探讨
- 四、下一步工作建议

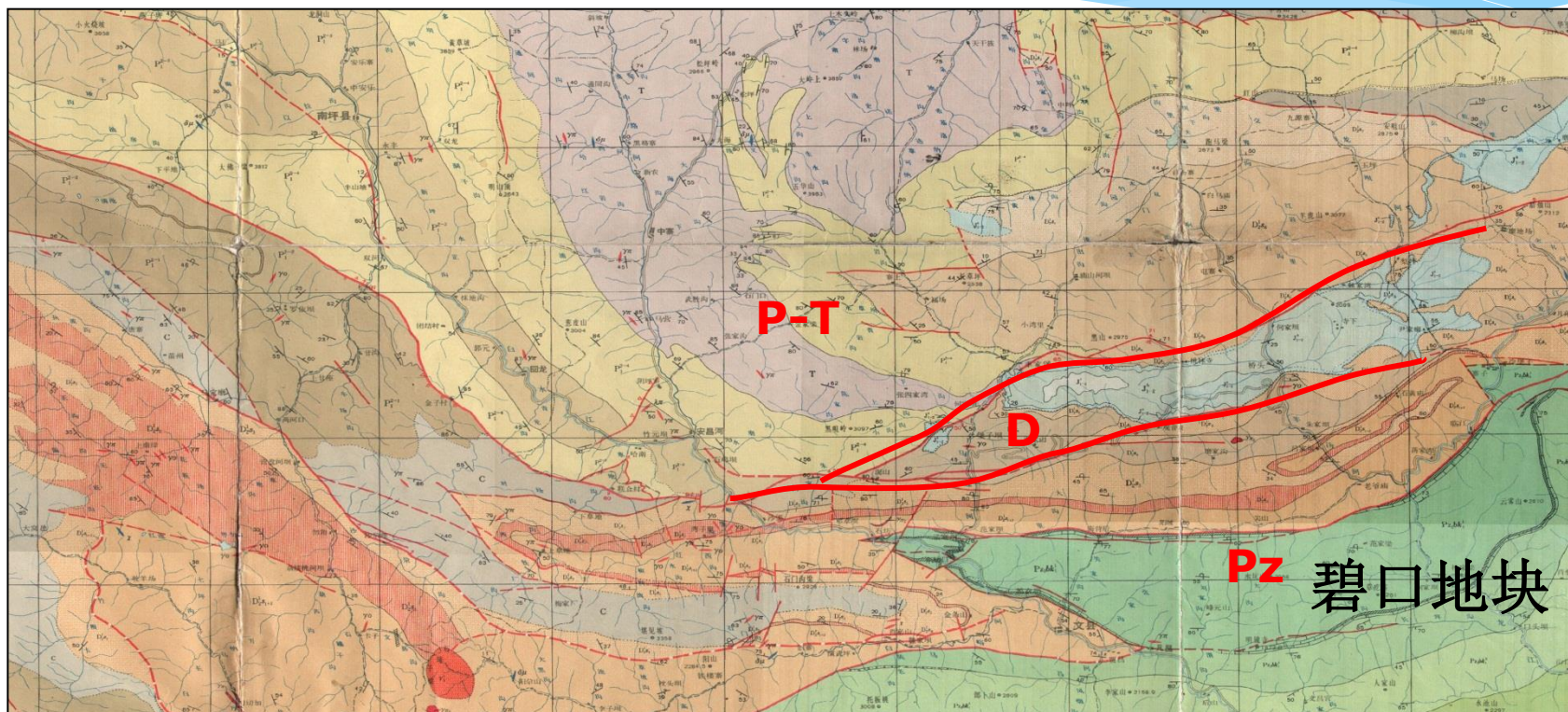


龙门山活动构造带汶川地震发震构造模式

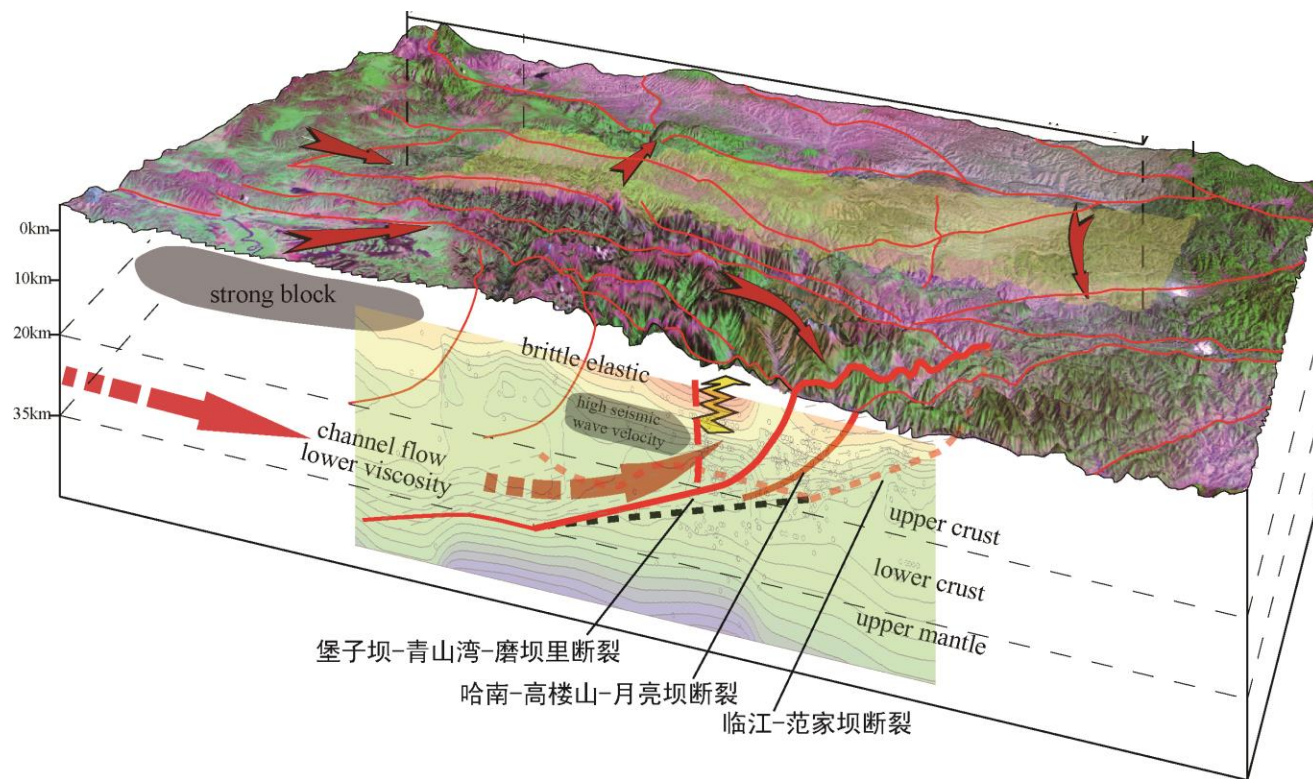
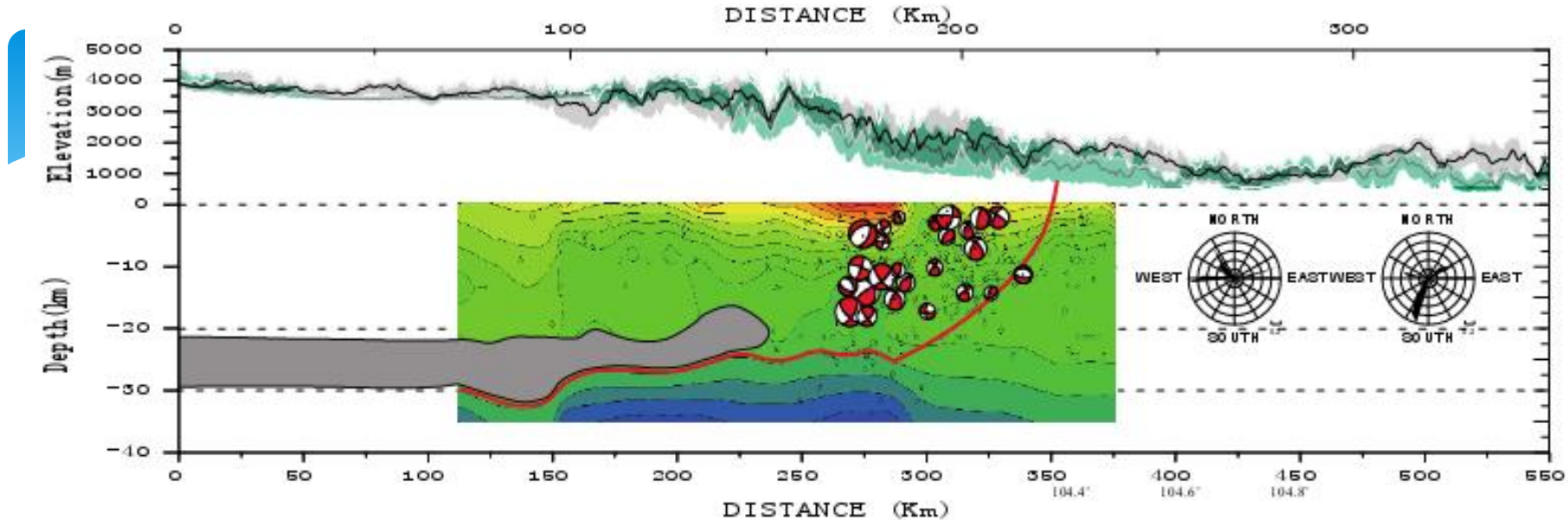
(张培震等, 2008)

汶川地震的多单元组合孕震模型 (震前变形状态)





1879年武都南8级大震区地质图





汇报提纲

- 一、地震构造研究进展及问题
- 二、深部构造探测进展及问题
- 三、发震机制探讨
- 四、下一步工作建议

下一步工作建议：

1、在已有研究基础上，开展1879年8级大震区发震构造精细研究，三维结构精细探测，获取深浅构造关系，建立发震构造模型，实现历史大震区地下搞清楚的目标，2020年可以先总结一下新的结果，并与汶川地震对比研究，为后续研究奠定基础；

2、建议将1879年武都南8级地震和1654年天水南8级地震统一纳入“解剖地震”研究计划，与2008年汶川8级地震一块形成对南北地震带中段8级地震孕震构造环境、发震机理、活动块体相互作用及其动力学特征的系统认识（**逆走滑型地震**）。



谢谢!