

# 川滇地区主要断裂变形特征及强震危险性分析

单新建,李彦川,屈春燕,宋小刚,张国宏,龚文瑜

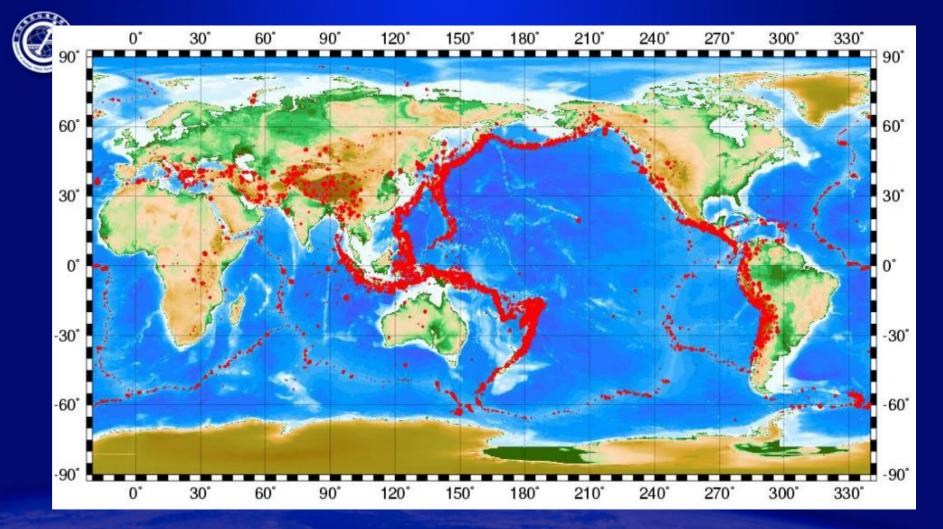
中国地震局地质研究所, 地震动力学国家重点实验室

2020年2月20日



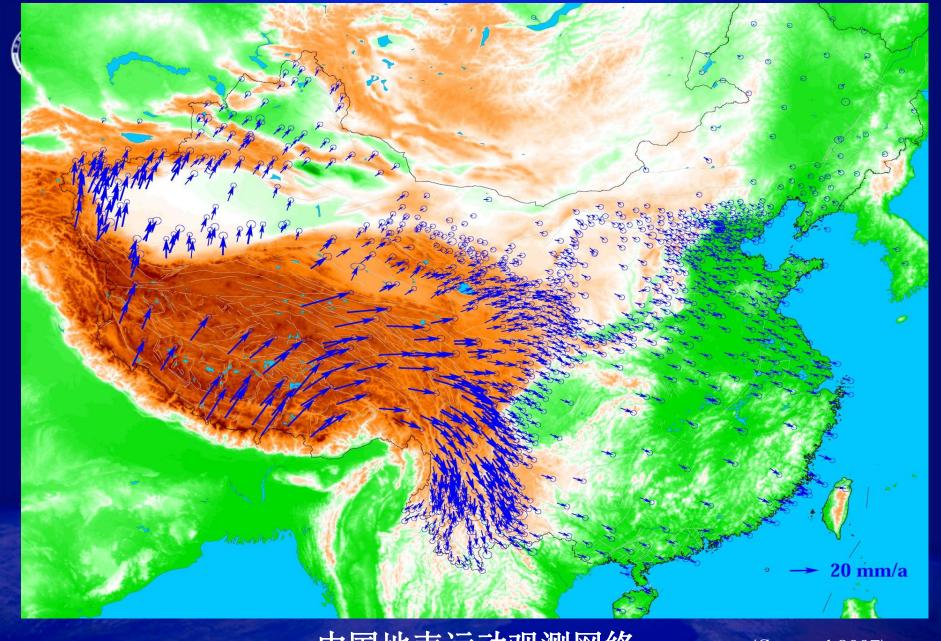
# 内容

- 一、构造背景与科学问题
- 二、空间大地测量数据与研究思路
- 三、断裂形变、应力特征及强震危险性分析
- 四、总结



#### 全球地震带的分布图

1. 环太平洋地震带: 是地震活动最强烈的地带, 全球约80%的地震都发生在这里; 2. 欧亚地震带: 全长两万多公里,跨欧、亚、非三大洲, 占全球地震的15%; 3. 海岭地震带。

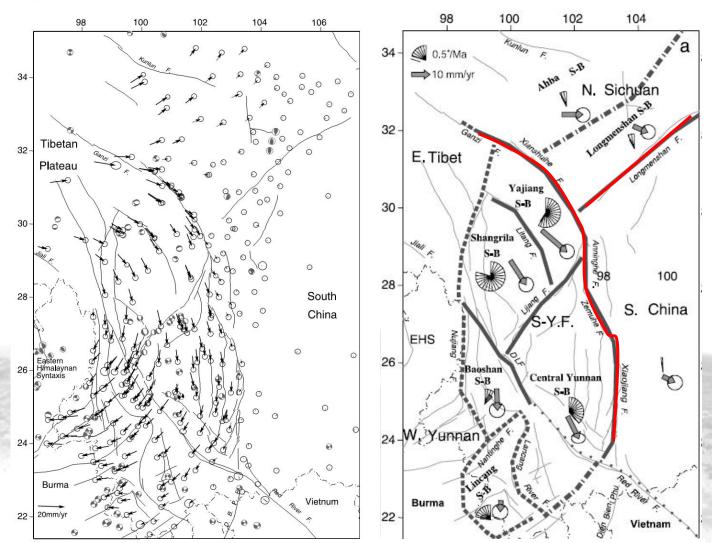


中国地壳运动观测网络

(Gan et al,2007)



## 构造背景及科学问题

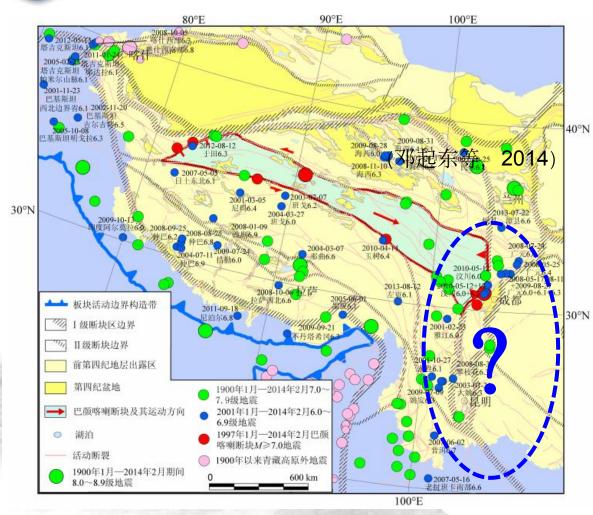


- 由于四川盆地、 华南块体的阻挡 ,导致上地壳俯 冲挤压并产生顺 时针挤出旋转;
- 逆冲构造: 龙门 山断裂;
- 走滑构造: 鲜水河-安宁河-则木河小江断裂系。

相对于欧亚框架的GPS速度场和块体旋转 Shen et al., 2005



# 构造背景及科学问题



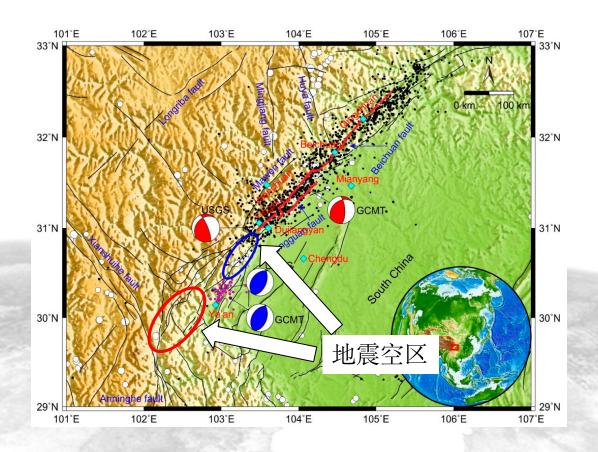
开展川滇地区主要 断裂研究

- 对整个区域的地震危险性 的判读具有重要的意义;
- 为青藏高原的地壳形变模 式提供必要的参考。



# IGCEA 1. 构造背景及科学问题

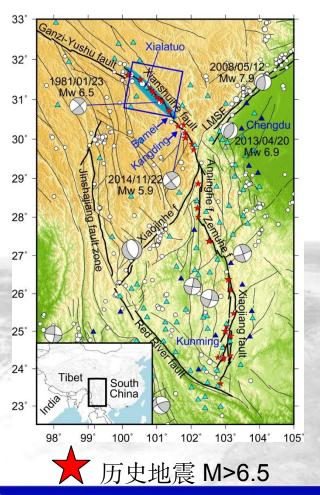
科学问题1: 龙门山断裂在汶川地震震后的形变特征? 与芦山地震关系? 是否仍具备发生强震的潜能?

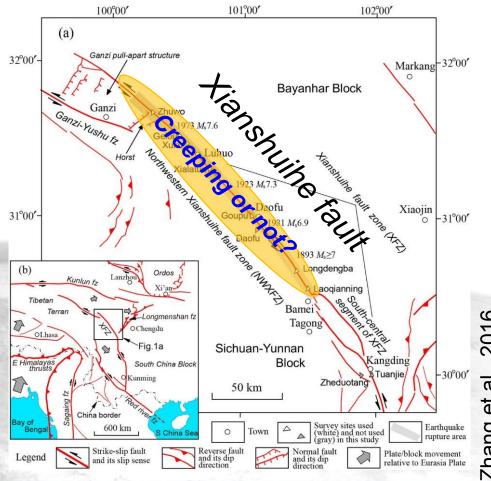




## 1. 构造背景及科学问题

科学问题2: 鲜水河-小江断裂系现今形变特征? 地震潜能如 何?







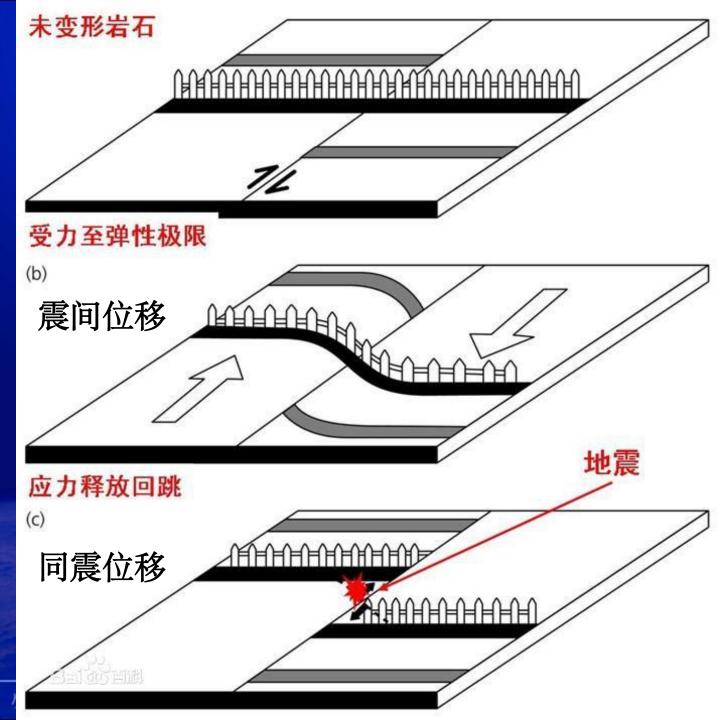
# 内容

- 一、构造背景与科学问题
- 二、空间大地测量数据与研究思路
- 三、断裂形变、应力特征及强震危险性分析
- 四、总结



# 地震发生的 机理解释:

1911年,美国学者Reid提出: 弹性回跳学说

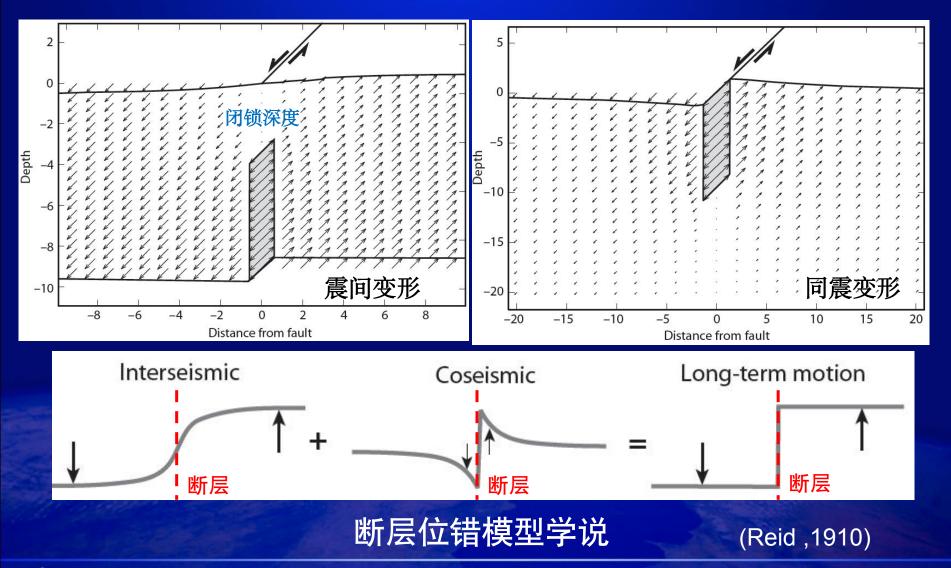




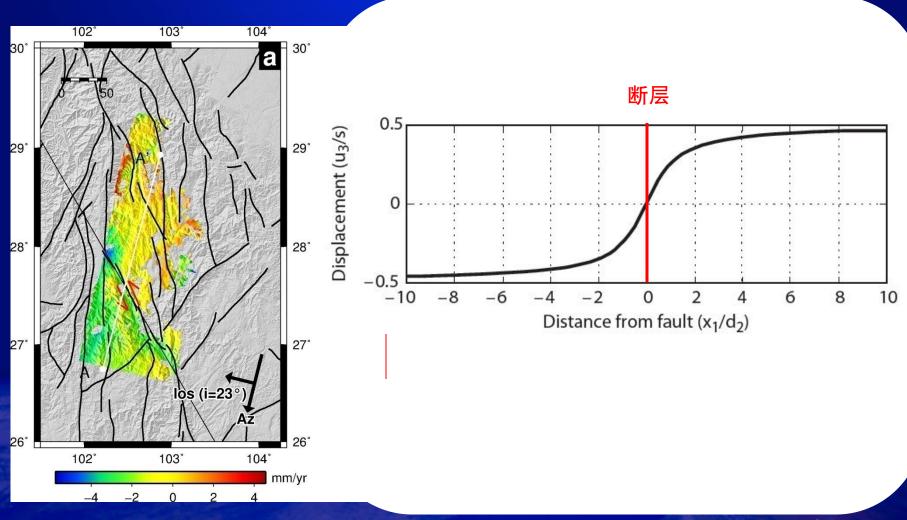
### 地表变形是地壳运行最直接的反应

震间位移

同震位移



# 则木河断裂平均震间形变速率场

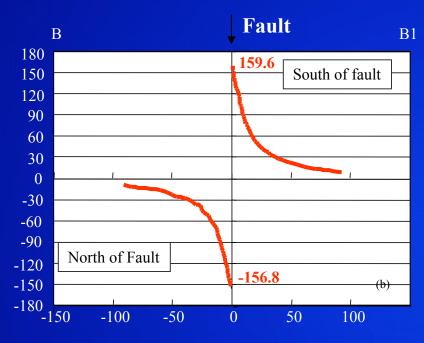


(宋小刚, 2018)

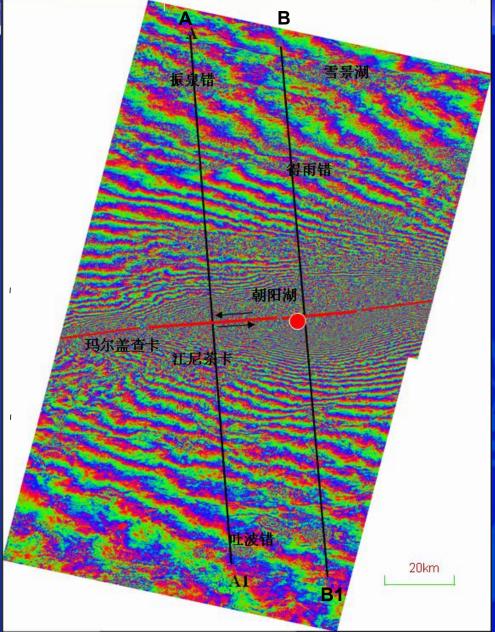
Deformation in slant/cm

36 °

## 1997西藏玛尼地震



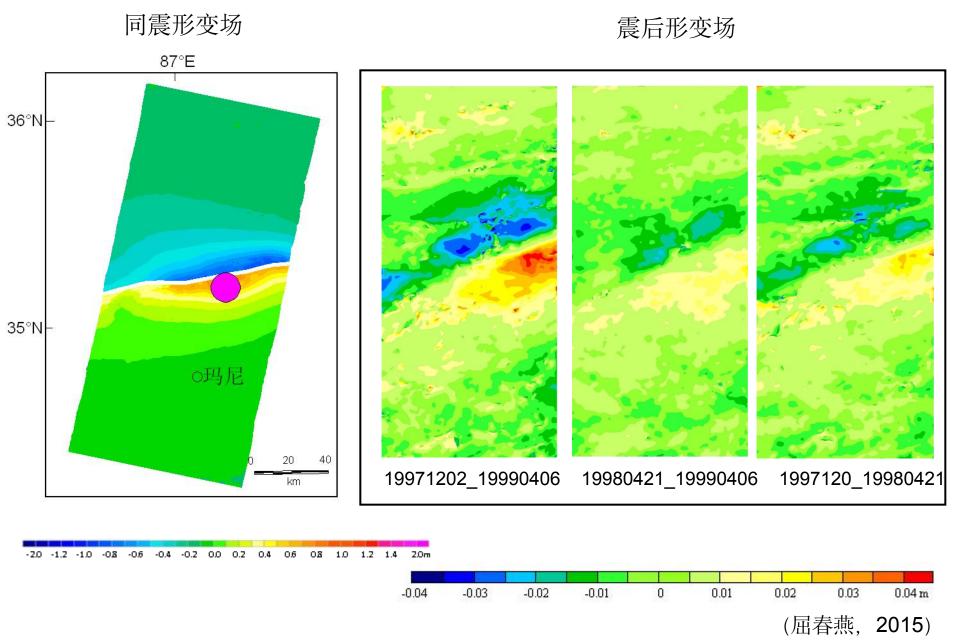
Vertical distance to fault /km



IGCEA www.eq-igl.ac.cn

(单新建、马瑾等, 2000)

#### 1997年玛尼7.5级地震震后形变

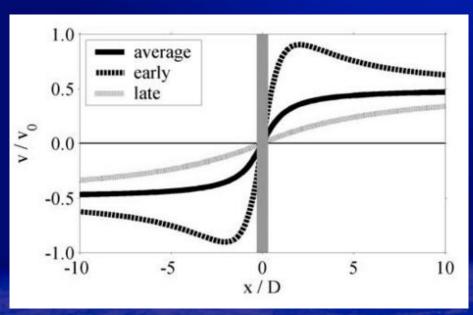


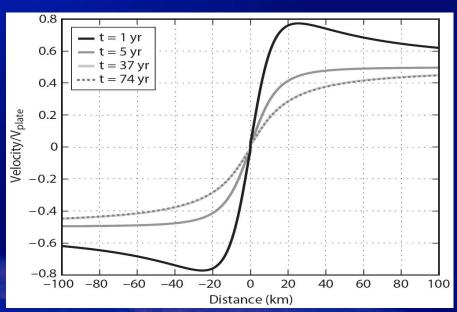


## 孕震周期不同阶段形变特征



同震形变



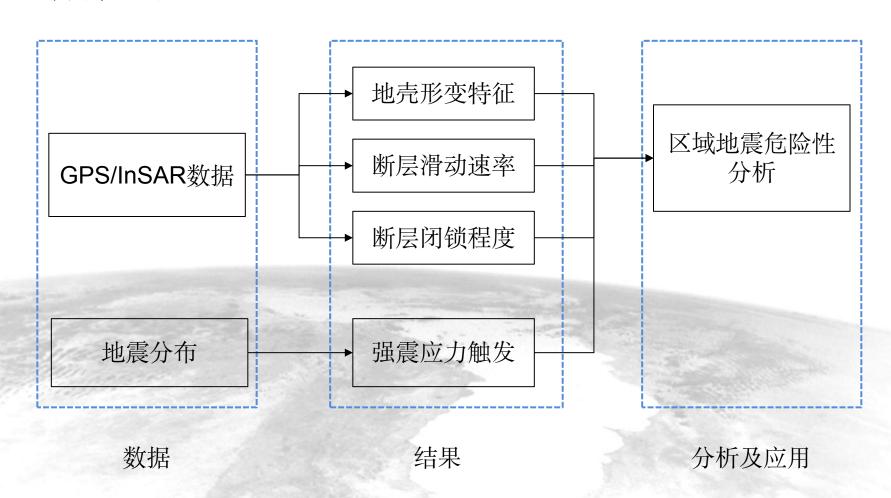


(Meade et al., 2005, JGR)

(Segal, 2010)



#### • 科研思路





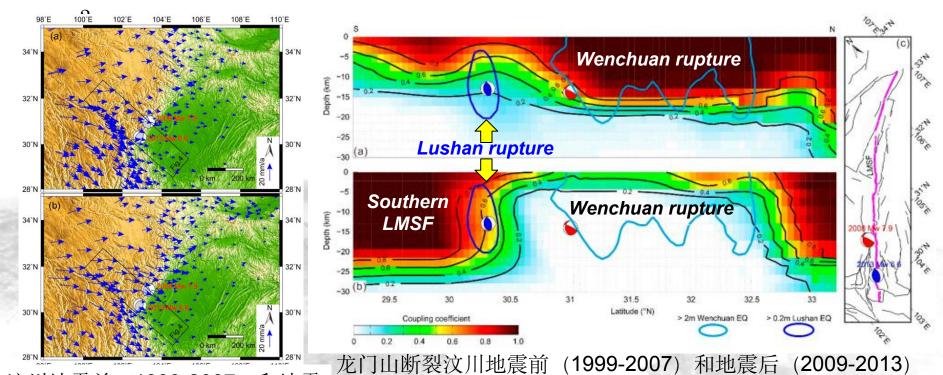
# 内容

- 一、构造背景与科学问题
- 二、空间大地测量数据与研究思路
- 三、断裂形变、应力特征及强震危险性分析
- 四、总结



#### A. 龙门山断裂

- 芦山地震是否为汶川地震余震存在争议;
- 地震破裂空区是否依然存在破裂的可能性依然存在争议;
- 震后形变对于龙门山断裂的地震孕育、发展有什么样的影响



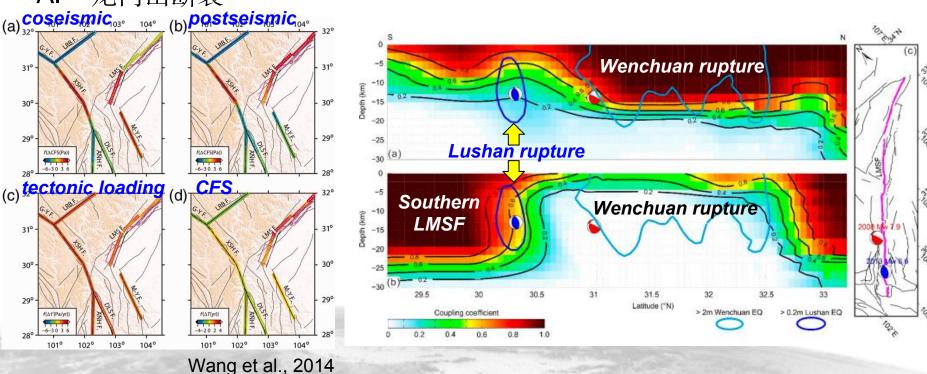
汶川地震前 (1999-2007) 和地震 后 (2009-2013) GPS速度场

沮震前(1999-2007)和地震后(2009-2013) 闭锁分布 (Li&Shan RS 201

(Li&Shan, RS, 2018)

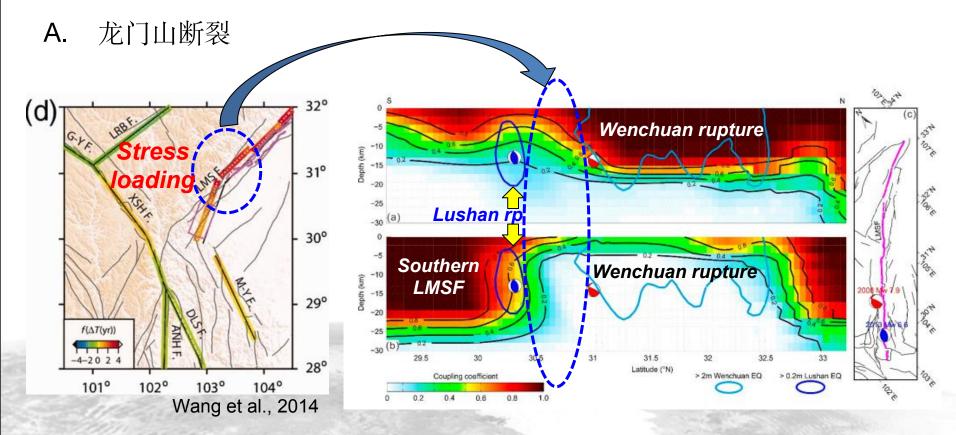


#### A. 龙门山断裂



- 汶川地震使得芦山地震提前了28.4-59.3 发生 (Wang et al., 2014);
- 但是, 芦山地震的孕育和发生与断层的形变特征是直接相关的, 库仑应力触发效应只是加速了地震的孕育和发生, 但并不能作为直接原因;
- 2008-2013年龙门山南段累计的应变能占芦山地震释放能量的71%;因此,芦山地震并不能看做是汶川地震的余震,两者是相互独立的地震;

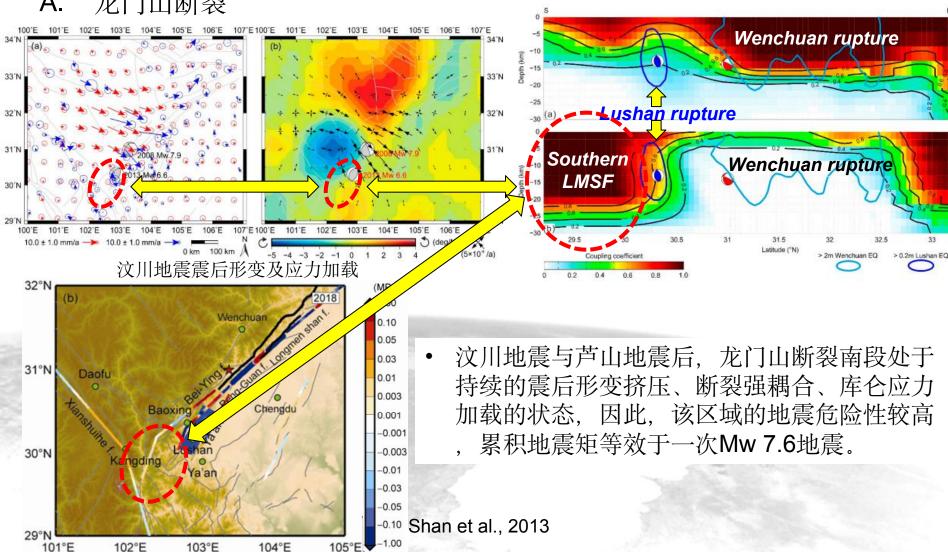




• 尽管汶川地震与芦山地震之间的空区是应力加载区域,但是由于龙门山断裂在该段处于"解耦"状态,所以,芦山地震和汶川地震之间的"破裂空区"再次发生地震的可能性较小。

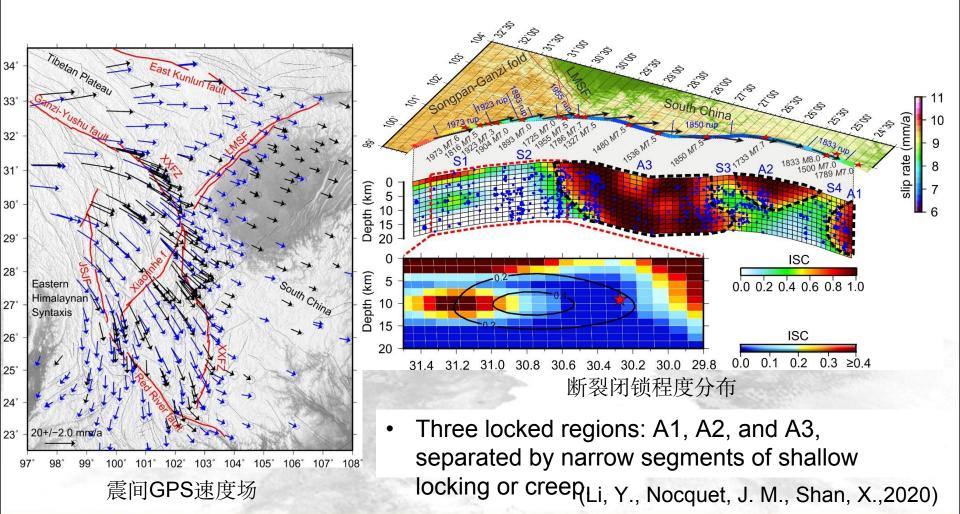


#### 龙门山断裂



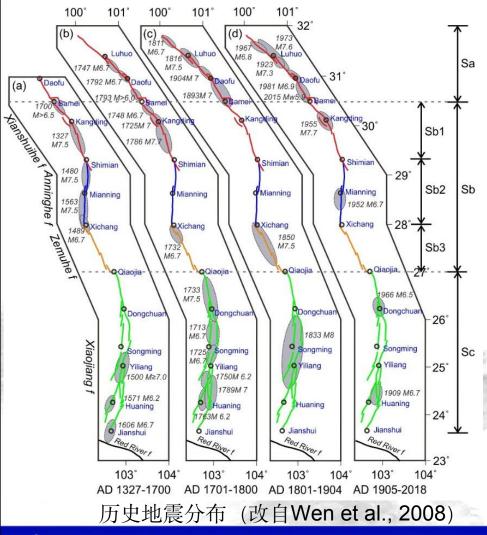


#### 鲜水河-安宁河-则木河-小江断裂系





#### B. 鲜水河-安宁河-则木河-小江断裂系



#### 地震矩积累

- 根据震间断层闭锁、历史地震分布,将断裂系分为3段:
- Sa: 炉霍-八美 (鲜水河断裂北段)
  - 断层处于蠕滑状态,地震危险性较弱;
- Sb: 八美-巧家
  - Sb1: 鲜水河南段: Mw 6.8
  - Sb2:安宁河断裂: Mw 7.5
  - Sb3: 则木河断裂: Mw 7.2
- Sc: 小江断裂
  - 累积地震矩等效于Mw 7.4地震。

(Li, Y., Nocquet, J. M., Shan, X,2020)



# 主干断裂形变、应力特征及强震危险性分析

鲜水河-安宁河-则木河-小江断裂系 30°N 1.00 0.50 Parsons et al., 2008 0.30 Shan et al., 2013 k Southeast Chengdu thrust -0.03-0.10stression -1.00

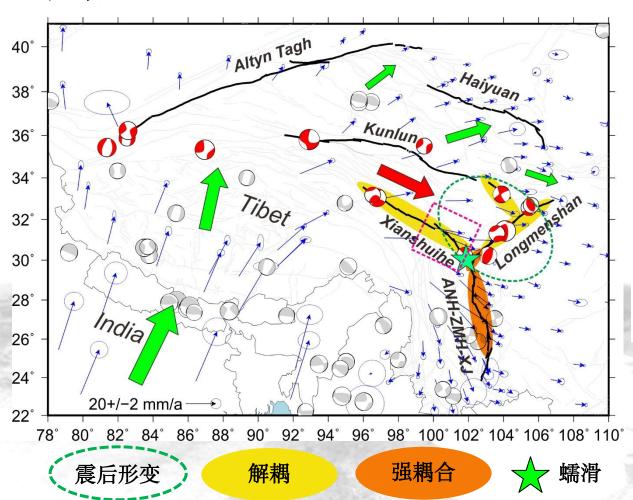
- 汶川地震后,不同研究均认为鲜水河断裂康定-八美段处于库仑应力加载状态,地震危险性较高;
- Allen et al. (1991) 和 Zhang et al. (2018)认为该段处于震后蠕滑状态,意味着应变能的无震释放?

Total



# 3. 主干断裂形变、应力特征及强震危险性分析

### 小结:



- 青藏高原东缘主干断 裂表现为地震周期不 同阶段的形变特征;
- 龙门山断裂南段、安 宁河断裂、则木河断 裂具有较高的地震危 险性。



# 内容

- 一、构造背景与科学问题
- 二、空间大地测量数据与研究思路
- 三、断裂形变、应力特征及强震危险性分析
- 四、总结



# 总结

- 青藏高原东缘几条主干断裂表现出地震周期形变不同阶段的特性,而基于大地测量数据开展断裂形变特征的研究,是深入认识地震周期、区域地震危险性判定的重要途径;
- 芦山地震和汶川地震之间的"破裂空区"地震危险性较低;
- 龙门山断裂南段, 即芦山地震破裂以南的断裂地震危险性较高 (Mw7.6 ), 需要关注;
- 安宁河-则木河断裂的地震危险性较高 (Mw 7.2-7.5)

#### References:

- 1. Li, Y., Zhang, G., Shan, X., et al. (2018). GPS-Derived Fault Coupling of the Longmenshan Fault Associated with the 2008 Mw Wenchuan 7.9 Earthquake and Its Tectonic Implications. *Remote Sensing*, 10(5), 753.
- 2. Li, Y., Nocquet, J. M., Shan, X. Heterogeneous interseismic coupling along the Xianshuihe-Xiaojiang fault system, eastern Tibet. In preparation.
- 3. Shan, X., Li, Y., Wang, Z., et al. GNSS for real-time earthquake source determination in eastern Tibet: toward early warning applications. Under review.



