

芦山 Ms7.0 地震震源区精细速度结构

裴顺平¹⁾, 苏金蓉²⁾, 张海江³⁾, 崔仲雄¹⁾

1) 中国科学院青藏高原研究所, 北京, 100085

2) 中国科学技术大学, 合肥, 230026

3) 四川省地震局, 成都, 610041

1 引言

2013 年 4 月 20 日的芦山 Ms7.0 地震是继汶川地震之后又发生在龙门山断裂带上破坏性强震, 虽然地表几乎看不到破裂, 但震源机制和震源破裂过程都显示芦山地震是较深的近纯逆冲的破裂, 与汶川地震南端非常相似。从余震分布来看, 芦山地震和汶川地震的破裂带并没有连接上, 中间尚存 60km 左右的间隔, 未来会不会在此间隔区段发生强震是一个非常值得关注的问题。本文的目的就是利用地震层析成像方法来了解震源区的精细速度结构, 并探讨结构与地震的发生、破裂以及余震位置之间的关系。

2 方法

本文利用最新的二维 Pg 波走时层析成像方法 (Pei and Chen, 2012, BSSA) 研究发震层的结构, 该方法将上地壳脆性层近似一层厚度很薄的薄层 (相对于水平距离而言), 忽略速度随深度的变化, 同时引入台站项和事件项来弥补二维假设的误差和震源深度的误差。当 Pg 波震中距不大时, 可以近似为直线传播, 此时 Pg 波的走时方程可以写为:

$$t_{obs} = \sqrt{h^2 + \Delta^2} / v + t_{sta} + t_{evt} \quad (1)$$

进行震源深度校正后可以得到:

$$t_{obs} - (\sqrt{h^2 + \Delta^2} - \Delta) / v = \Delta / v + t_{sta} + t_{evt} \quad (2)$$

式中, t_{obs} 为震源深度为 h , 震中距为 Δ 时的观测走时, 同时引入台站项 t_{sta} 和事件项 t_{evt} , 台站项代表台站地质状况的差异和到时钟差等因素造成的走时差, 事件项代表震源深度误差和发震时刻的误差。式 (2) 的左侧表示震源深度校正后的走时。

如果将上地壳脆性层划分成二维网格, 则校正后的走时方程可以写成

$$t_{ij} = a_i + b_j + \sum_k d_{ijk} \cdot s_k \quad (3)$$

t_{ij} 为地震 j 到台站 i 的深度校正后的走时, a_i 为第 i 个台站的台站项, b_j 为第 j 个地震的事件项, d_{ijk} 是射线 ij 在第 k 个网格内的旅行距离, s_k 为网格 k 的慢度 (速度的倒数)。公式 (3) 可以采用经典 LSQR 方法求解, 即可获得 Pg 波速度的横向变化。

3 数据与结果

大量的数据选自芦山地震的余震数据, 震后两周的数据共有来自 61 个地震台站 (包括 15 个临时台站和 20 个水库台站) 记录到的 4172 个地震的 18670 条到时数据。这些数据同时满足震中距小于 200km, 以适应 Pg 波近似走直线的要求。通过直线拟合震源深度校正后的走时与震中距关系, 获得芦山地震震源区的平均速度为 5.8km/s。利用上述二维层析成像方法反演减掉平均速度模型后的走时残差方程, 获得了 Pg 波速度横向变化, 同时获得了台站项和事件项。结果显示 (图 1), 芦山地震发生在高低速异常的分界线上, 该分界线即为龙门山前山断裂。断裂西侧的高速异常与该地区的前寒武纪岩石出露有较好的对应关系。汶川地震区也显示了类似的结构, 但汶川地震发生在龙门山中央断裂上, 同样该断裂西侧的高速异常与前寒武纪的彭灌杂岩对应较好。这些高速异常体推测为中下地壳的岩石逆冲上来经风化剥蚀后残留下来的高压致密的岩体。

4 结论

本研究所展示的简化的二维层析成像方法, 能

够有效获得地壳脆性层的 P 波速度横向变化。所获得的芦山地震区的结构表明，芦山地震发生在高速异常的分界线（龙门山山前断裂）上，该分界线的西侧的高速异常和汶川地震区类似，推测为中下地壳的岩石逆冲上来经风化剥蚀后残留下来的高

压致密的岩体。

参考文献

Pei, S. and Y. J. Chen (2012), Link between seismic velocity structure and the 2010 Ms=7.1 Yushu earthquake, Qinghai, China: Evidence from aftershocks tomography, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 102(1), 445-450

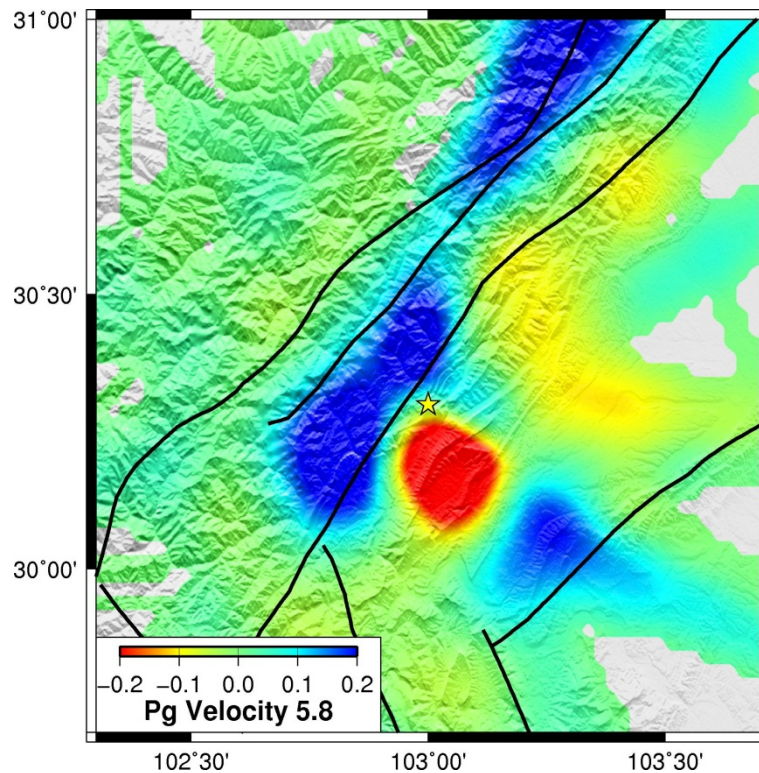


图1 芦山地震震源区 Pg 波速度横向变化

图中颜色表示相对于平均速度 5.8km/s 的扰动，红色表示低速，蓝色表示高速。

黑色粗线表示活动断层，五角星表示主震位置