

---

# 地质地球所根据天然地震观测数据提出青藏高原东北缘扩展机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/12305.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

自新生代以来，欧亚大陆南缘在印度大陆持续向北的推挤下，青藏高原的高原面逐渐向北扩展。由此，一些研究认为，只要印度大陆持续向北挤压，高原会不断向北扩展；还有一些研究则认为，高原的北边界是固定的，只有先天较弱的区域才会变形成为高原，因此，随着高原南边界不断向北推移，高原南北向跨度会逐渐变小。目前，东北缘是高原地壳变形、增厚较强烈的区域。科研人员在东北缘的活动构造研究中发现断裂活动时间由高原边缘向周缘的克拉通内部呈现由老到新的规律，由此，学界认为高原已逐渐向克拉通内部扩展。从大尺度的地形梯度来看，高原东北缘东北方向地形梯度（若尔盖-西秦岭-陇西盆地-鄂尔多斯西南缘）与高原的东南缘较相似，一些研究认为，这种由高到低的缓慢地形趋势代表了高原物质通过中、下地壳的通道流向高原周缘的挤出或逃逸，梯度指示高原扩展的方向。然而，近年来多个地壳速度结构成像研究显示高原东北缘东部中下地壳无明显的低速层存在。

位于陇西盆地和鄂尔多斯块体边界处的六盘山被认为是高原与外部克拉通的天然分界，它和北祁连是现今东北缘地壳变形最强烈的区域之一，最显著的变形或抬升的起始时间为晚中新世（~10 Ma和~8 Ma）。此前，一些科研人员提出了不同的模型以解释六盘山的抬升机制，如逆冲推覆模型、构造沉积缩短增厚模型、地壳挤入模型等。为了研究六盘山抬升的深部过程、约束高原的侧向生长方式，中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室壳幔结构探测学科组研究员田小波和副研究员白志明等人跨六盘山，实施了短周期密集台阵天然地震观测（图1），提取接收函数进行结构成像，结合地震活动性及重力布格异常，探测陇西盆地、六盘山及鄂尔多斯西南部的壳幔深部结构。研究表明（图2），鄂尔多斯西南缘地壳没有发生明显变形，厚度约为50 km，呈楔状挤入陇西地壳；陇西盆地内部的地壳也没有发生明显变形，厚度仅为50 km；地壳变形仅局限在六盘山附近较窄的范围内，即陇西盆地上地壳向东分别沿六盘山断裂和小官山断裂逆冲到鄂尔多斯地壳之上，而下地壳向东俯冲至鄂尔多斯地壳下方，六盘山下方地壳增厚至60 km，在高压作用下，山根发生了部分榴辉岩化。

“作为”青藏高原东北缘的一部分，陇西盆地为什么没有明显变形？为什么形成相对较窄的六盘山？该研究对比了高原周缘不同区域高原内、外地形、地壳厚度变化与中、下地壳地震波速度的关系（图3）。对比显示，高原边界两侧大的地形差和地壳厚度差异，均对应较大的中、下地壳S波速度差异；向六盘山这样两侧海拔和地壳厚度均无明显差异的边界，其中、下地壳S波速度差异较小。

由此，该研究认为（图4），高原周缘能否扩展（侧向生长）取决于高原周缘的中、下地壳的强度（与地震波速度成正比）。弱的地壳容易在高原的挤压下缩短增厚，成为高原的一部分，并在

高原与坚硬的克拉通地壳分界处形成陡峭地形和地壳厚度的突变；相较于较硬的地壳（如陇西盆地），在高原的挤压下不易发生地壳增厚，但在挤压作用下，它与外侧的克拉通地壳发生硬-硬挤压，形成较窄的山脉（如六盘山）。从陇西盆地的地壳厚度、速度结构及地形来看，其还未成为高原的一部分，而真正的高原边界在陇西盆地的西侧和南侧。

相关研究成果以Crustal-scale wedge tectonics at the narrow boundary between the Tibetan Plateau and Ordos block为题，发表在Earth and Planetary Science Letters上。

[论文链接](#)

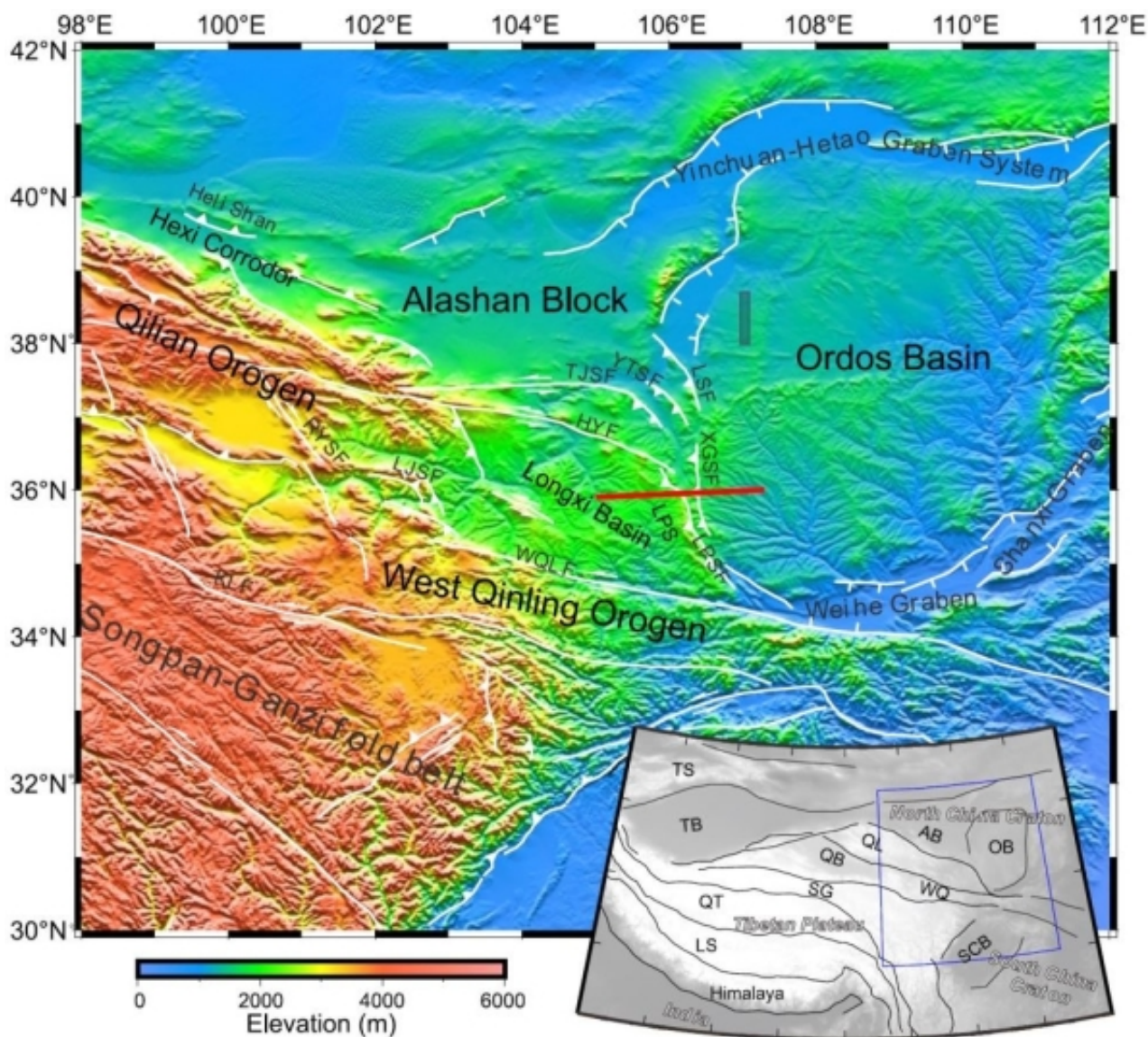


图1.青藏高原东北缘及鄂尔多斯的地形和主要断裂（白线）分布。红线为短周期密集台阵的位置。AB：阿拉善块体；HYF：海原断裂；KLF：昆仑断裂；LJSF：拉吉山断裂；LPS：六盘山；LPS F：六盘山断裂；LS：拉萨块体；LSF：罗山断裂；OB：鄂尔多斯盆地（或块体）；QB：柴达木盆地（或块体）；QL：祁连造山带；QT：羌塘块体；RYSF：日月山断裂；SCB：四川盆地（或块体）；SG：松潘甘-孜褶皱带；TB：塔里木盆地；TJSF：天景山断裂；TS：天山褶皱带；WQ：西秦岭造山带；WQLF：西秦岭断裂；XGSF：小关山断裂；YTSF：烟筒山断裂

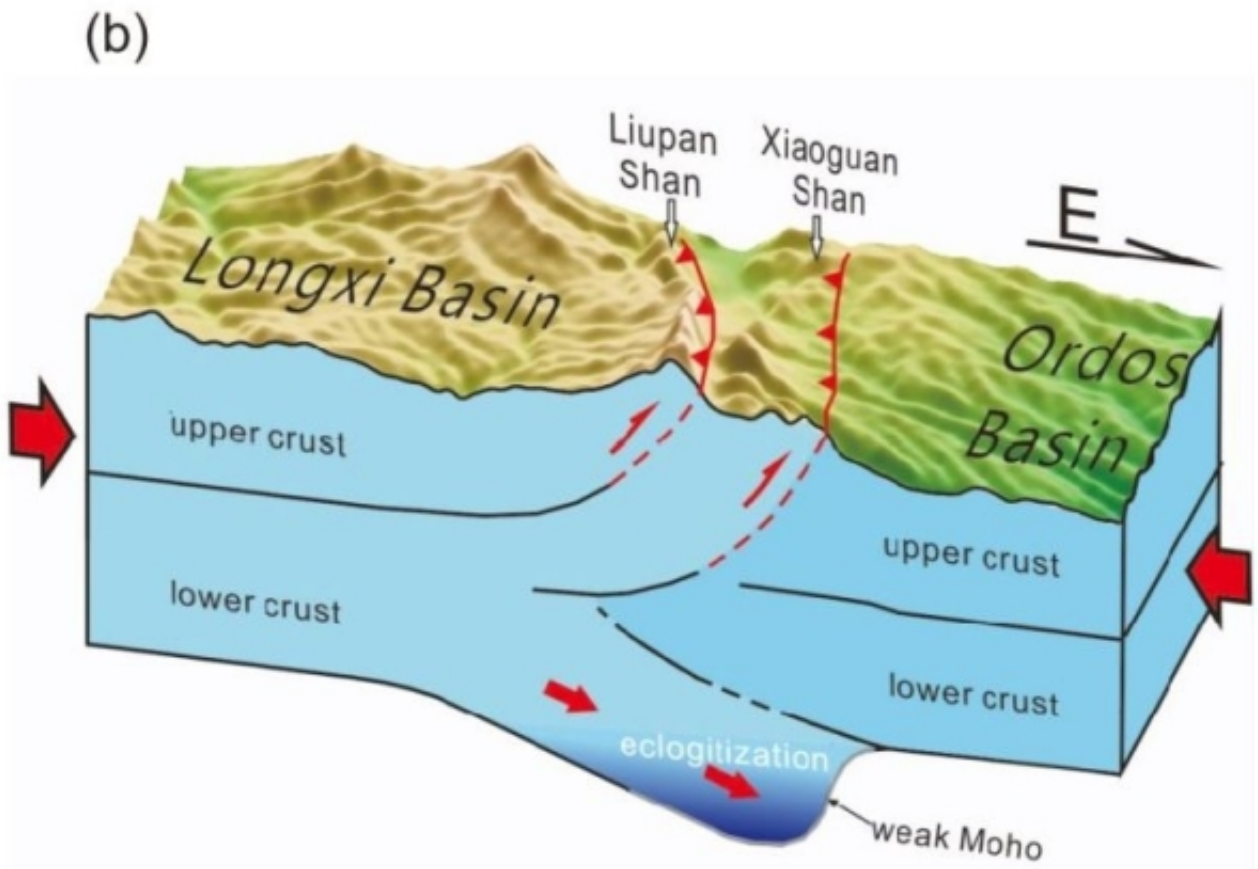
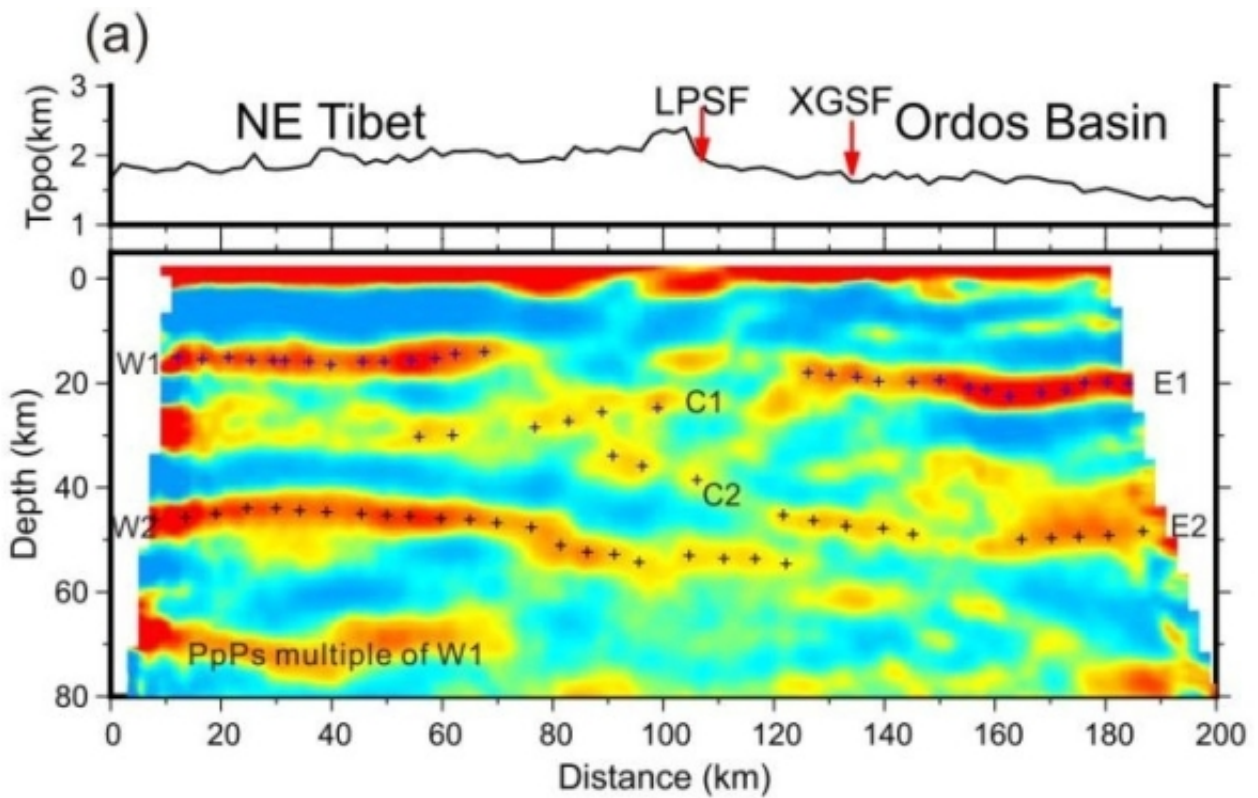


图2.接收函数地壳结构成像和卡通解释图。(a)接收函数成像。红色振幅带表示地震波速度界面，其下方的速度大于上方的速度。W1、E1分别表示陇西盆地和鄂尔多斯上、下地壳的分界面

；W2、E2分别指示陇西盆地和鄂尔多斯的Moho面；C1和C2指示六盘山下方壳内振幅较弱的倾斜界面。（b）卡通解释图。实线是根据（a）中的界面所绘，虚线为推测；红色虚线表示的逆冲断层是根据侧线附近历史地震分布绘制；榴辉岩化（eclogitization）是根据重力均衡、重力布格异常拟合及弱转换波振幅的推测

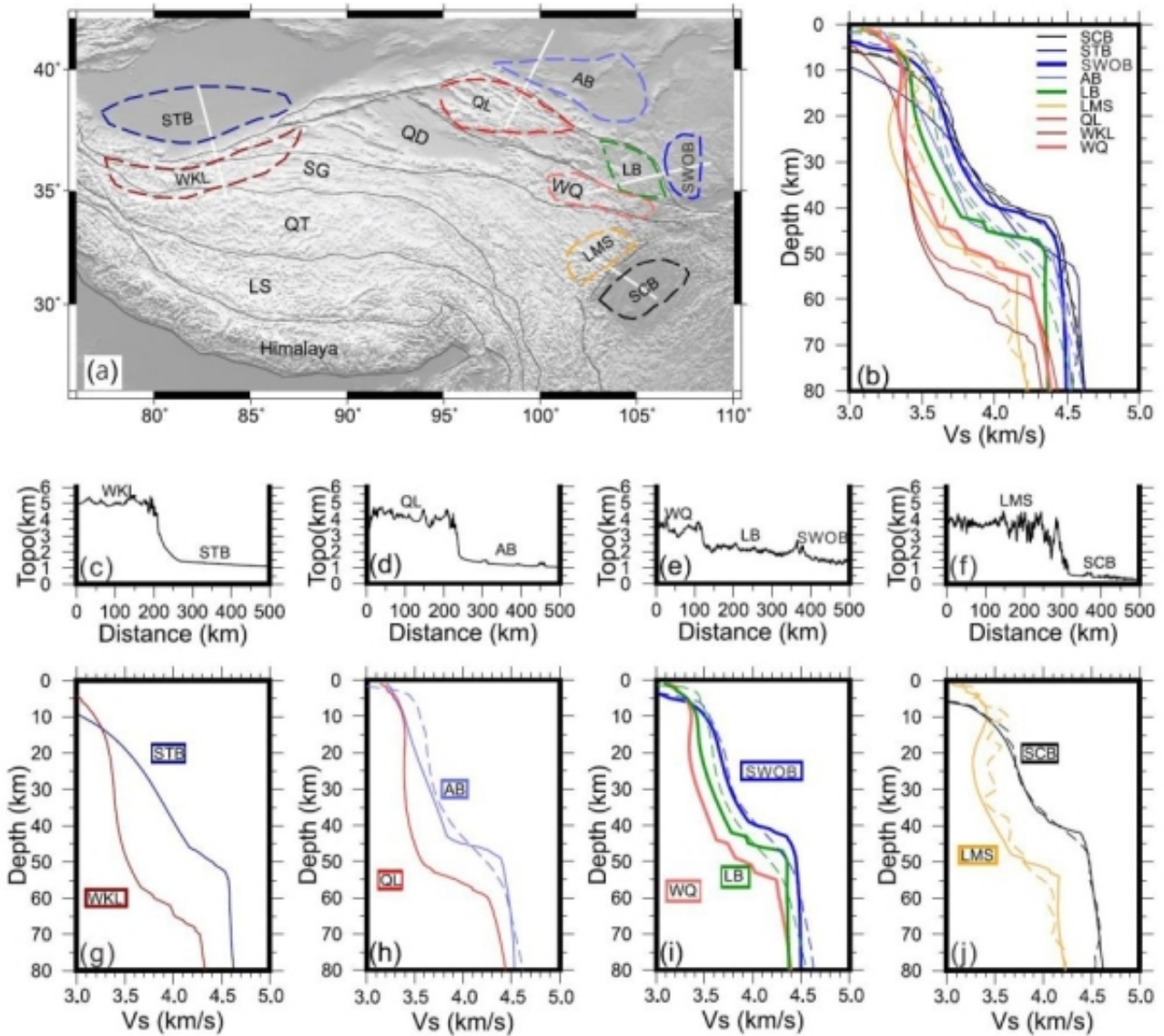


图3.高原边缘与周边块体地壳S波速度对比。STB：塔里木盆地南缘；SWOB：鄂尔多斯盆地西南缘；WKL：西昆仑；LMS：龙门山；其他缩写见图1的注释。（a）高程剖面（白虚线）和用来计算平均速度的区域范围（不同颜色的闭合曲线）的位置分布。S波速度主要来自Yang et al. (2012)；（b）和（j）中的橘色和黑色虚线所示的S波速度来自Liu et al. (2014)；（b）、（h）和（i）中的淡蓝色、绿色及蓝色虚线表示的S波速度来自Wang et al. (2017)

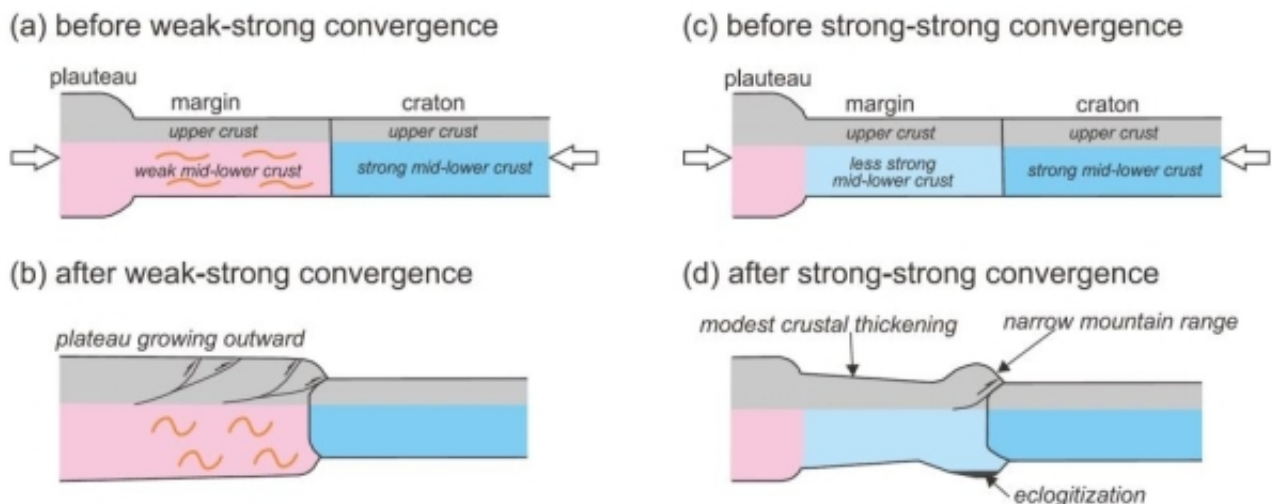


图4.不同地壳强度高原边缘的变形方式。(a)和(b)显示弱的高原边缘可在大范围内发生地壳缩短增厚和高原侧向生长,如西昆仑、祁连山和龙门山。(c)和(d)显示较强的高原边缘在挤压作用下,变形微弱,仅在边界处发生变形并形成窄的山脉,如在陇西盆地和鄂尔多斯之间形成的六盘山

研究团队单位：地质与地球物理研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发