
研究揭示青藏高原隆升过程和机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/19420.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！

7月28日，中国科学院院士、中科院青藏高原研究所研究员丁林带领的大陆碰撞与高原隆升团队，在《自然综述-地球与环境》（Nature Reviews Earth Environment）上，发表了题为《青藏高原隆升时间和机制》（Timing and Mechanisms of Tibetan Plateau uplift）的综述文章，系统阐述了青藏高原的差异性隆升过程和深部动力学机制。

大陆碰撞-俯冲等深部圈层作用驱动的青藏高原隆升是新生代全球最重要的地质事件之一。高原隆升显著影响地表圈层-大气圈、水圈/冰冻圈、生物圈和人类圈的耦合作用过程，深刻影响亚洲气候动力学、生物多样性、碳循环、现代水资源和大江大河演化，是21世纪地球系统科学研究的前沿阵地。

然而，在大陆碰撞过程中，青藏高原大陆岩石圈变形和地表高程时空变化的机制尚不清楚。近年来，随着青藏高原定量古高度数据的加速产生，科研人员逐渐认识到高原具有差异性隆升的特征，部分地区的隆升时间比以前的推测或早或晚，已有的动力学模式均不能完整体现高原隆升过程。

“青藏高原的完整演化模式必须考虑亚洲在印度-欧亚大陆碰撞之前的构造事件中继承下来的古地貌和岩石圈的不均一性，这对认识高原差异性隆升至关重要。”丁林说。

通过详细分析青藏高原白垩纪海陆转换、构造变形、岩浆和低温热年代学证据，研究提出，拉萨-羌塘地体的碰撞以及随后的拉萨岩石圈向北俯冲导致分水岭山脉的初步生长；南部新特提斯洋的持续俯冲，在约9500万年前将冈底斯地区隆升至海平面之上，从而形成与现今的安第斯山相似的发展过程，称为安第斯型冈底斯山，并在藏南地区形成显著的降水效应。此时的青藏高原仅有两条狭窄的山脉，即分水岭山脉和冈底斯山脉，但地表隆起的幅度有待量化。

印度-欧亚板块碰撞时间和方式对于限定印度北缘范围和新生代陆内缩短变形量至关重要，而它们又是约束高原地表隆升幅度和深部动力学机制的关键。

关于新特提斯洋闭合历史的假说包括大印度洋盆模型（图1a）、洋内俯冲模型（图1c-d）和单阶段俯冲碰撞模型（图1d）。这些假说对大印度（已俯冲消失到青藏高原下的印度部分）的规模以及印度-欧亚大陆初始碰撞时间做出了不同预测。而以上模型均是基于丁林团队等发现的关键证据——印度-欧亚大陆碰撞形成的前陆盆地。该盆地在6500万年至5900万年之间开始接受来自冈底斯岛弧区的物源，表明此时印度-欧亚大陆已开始碰撞，早于此前国际公认的印度与亚洲大陆在5000万年才初始碰撞的时间。

同时，该团队近20年在西藏、巴基斯坦和印度的研究工作取得了关键认识：目前发育在藏南的冈底斯岩浆弧、弧前盆地、蛇绿岩和海沟形成于拉萨地体南缘的洋-陆俯冲系统，而非形成于远离大陆的洋内俯冲系统；巴基斯坦北部的证据表明约5200万年亚洲物质可以到达印度次大陆，不支持印度-欧亚大陆碰撞前存在洋盆。因此，该论文提出，单阶段俯冲碰撞模型是解释印度-欧亚大陆碰撞最简单、且得到地质证据支持的模型。

然而，古地磁数据提出，如果印度-亚洲大陆在约6000万年发生碰撞，印度和亚洲大陆岩石圈必须在完全的大陆环境中吸收约4000公里缩短量。而目前地质证据表明亚洲（<1000公里）和喜马拉雅（<1000公里）地壳缩短量不到2000公里。为了协调地壳缩短和古地磁汇聚量之间的不匹配，国际上有学者提出大印度洋盆模型和洋内俯冲模型（图1a-c），但上述模型均缺乏地质证据支持。另外，如果印度大陆在向北漂移过程中发生过约90°的逆时针旋转，也可简单的吸收2000公里的纬向缩短量。

解决高原隆升历史的需求促进古高度计的发展，广泛使用的古高度定量重建技术包括氢/氧同位素、动植物化石、团簇同位素等。这些古高度定量重建技术为大陆变形和高原生长提供了关键信息，可更加清晰地认识高原差异隆升过程和动力学机制。

结合已有定量古高度结果和深部动力学证据，科研团队恢复了青藏高原自约6000万年以来不同地体地表隆升历史（图2）和岩石圈演化过程（图3），提出青藏高原不同造山带具有差异的隆升历史。5500万年至4500万年前，由于新特提斯洋俯冲板片的断离，冈底斯造山带隆升到4500米高海拔；4500万年至4000万年，新特提斯板块断离之后，更具浮力的印度岩石圈向北水平楔入，激活羌塘地体南北部缝合带发生陆内俯冲，使分水岭山脉隆升到5000米的高海拔；此时位于冈底斯造山带和分水岭造山带之间的中央谷地、高原最南部的喜马拉雅造山带以及高原北部还处于小于2000米的低海拔，高原整体形成“两山夹一盆”的地貌特征。4000万年至3000万年，拉萨岩石圈在中央谷地下方拆沉，上地壳缩短、岩浆底垫和软流圈上涌等多种深部地球动力学过程耦合作用，使中央谷地抬升4500米的目前高度。这标志着青藏高原由造山带正式转变为统一高原。250万年至1500万年，由于印度大陆的持续俯冲，喜马拉雅山脉下方俯冲的印度大陆岩石圈及藏北可可西里-昆仑山下方俯冲的欧亚大陆岩石圈先后发生拆沉，喜马拉雅山与昆仑山先后隆升到现代高度，现代意义上的高原形成（图2、3）。然而，北部地区的隆升历史存在较大不确定性，需要更多的定量古高度数据来约束。

地球物理探测揭示了现今印度和欧亚大陆岩石圈发生了从水平楔入到陡峭俯冲、板块撕裂和断离以及拆沉等各种地球动力学行为（图4），从而指示在整个新生代印度-亚洲大陆碰撞过程中，类似的过程不断发生，最终导致青藏高原构造变形、岩浆作用和地表隆升的时空差异。

针对青藏高原隆升的时间和机制问题，该研究提出了今后的研究重点：解决印度-欧亚大陆汇聚量和地壳缩短之间的不一致性；需要大量高分辨率古高度数据精确限制高原隆升历史；结合数值模拟和地质数据对高原地球系统演化历史进行准确重建；结合地球物理成像技术和地球动力学模拟，阐明大陆岩石圈的循环过程和分布范围，分析探索大陆碰撞如何影响邻近板块边界的构造以及全球规模的地幔对流。

研究工作得到第二次青藏高原综合科学考察研究、国家自然科学基金青藏高原地球系统基础科学中心项目、中科院战略性先导科技专项（A类）“泛第三极环境变化与绿色丝绸之路建设”（“丝路环境专项”）等的支持。

[论文链接](#)

图1.印度-欧亚大陆初始碰撞模型。a、大印度洋盆模型，b、洋内俯冲模型，c、弧后盆地模型，d、单阶段俯冲碰撞模型。

图2.青藏高原不同地体差异隆升历史

图3.青藏高原不同地体岩石圈演化过程、地表隆升历史和环境演变

图4.现今印度-欧亚大陆岩石圈俯冲几何形态

研究团队单位：青藏高原研究所

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