研究揭示全球稳定同位素“反高程效应”的原因

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/19517.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！

青藏高原的隆升历史尤其是新生代青藏高原古高度变化是地球系统科学研究中的重点、热点和难点。古高度重建方法主要有古生物、稳定同位素古高度计和团簇同位素温度计等。其中，稳定同位素古高度计方法最为成熟，广泛应用于青藏高原、阿尔卑斯山、安第斯山以及落基山等古高度重建工作中。

利用稳定同位素方法重建古高度，是基于稳定同位素的“高程效应”原理——随着海拔逐渐升高，地表介质中稳定同位素值逐渐降低。然而，该方法假设数百万年来气候条件基本不变，这显然不符合实际情况。这造成该方法重建的结果与其他方法所得到的结果不一致。近年来，有研究发现，在全球一些地区不同地表介质中（包括冰芯、积雪、雨水、河水等）稳定同位素存在“反高程效应”的异常现象，即这些介质中稳定同位素值随海拔升高而增加。“反高程效应”不仅违背了同位素分馏原理，而且与稳定同位素古高度计的理论基础相冲突，限制了该方法在古高度重建工作的广泛应用。

目前，不同地表介质中稳定同位素出现“反高程效应”的原因仍然不明。为此，中国科学院青藏高原研究所环境变化与多圈层过程团队余武生等联合美国俄亥俄州立大学教授Lonnie Thompson、澳大利亚詹姆斯·库克大学博士Stephen Lewis等，在全球尺度上，从大气水汽稳定同位素的新视角，系统地揭示了地表介质稳定同位素出现“反高程效应”的原因（图1），并对未来利用稳定同位素方法重建古高度的工作提出了重要建议。

研究表明，在美国西部和亚洲干旱区（从红海到青藏高原北部）等地区对流层中层的水汽稳定同位素也类似存在“反高程效应”，且其空间分布格局与地表介质中稳定同位素“反高程效应”的空间分布格局基本一致（图2）。进一步研究发现，水汽稳定同位素出现“反高程效应”需要具备两个不可或缺的因素，即远源区的水汽富含高同位素值和该高同位素的水汽能够从远源区横向输送到靶区（图3）。研究提出，“反高程效应”在降水发生之前就已出现在水汽中。由于水汽是降水的“物质来源”，因此水汽稳定同位素的“反高程效应”会被烙印在降水中（图3）。

研究表明，青藏高原等山体逐步隆升导致更大范围内大气环流格局的变化，进而改变了水汽源区和水汽输送路径及水汽稳定同位素值的固有特征。这些变化使得稳定同位素古高度计在这些地区的应用变得更为复杂。因此，在利用稳定同位素古高度计之前，需要考虑山体不同隆升阶段水汽来源和水汽输送路径及其对稳定同位素值的影响。

此外，该研究为探究不同海拔高度冰芯稳定同位素记录提供了新思路。研究显示，青藏高原北部古里雅冰川顶部6700米冰芯的平均氧同位素值高于6200米冰芯的平均氧同位素值。“反高程效应”提出了一个重要的科学问题，可以解释更长时间尺度稳定同位素记录的异常变化。

7月28日，相关研究成果以*Inverse altitude effect disputes the theoretical foundation of stable isotope paleoaltimetry*为题，在线发表在《自然-通讯》（*Nature Communications*）上。研究工作得到第二次青藏高原综合科学考察研究等的支持。

该团队长期从事亚洲水汽、降水稳定同位素研究。近年来，在稳定同位素理论研究方面取得了系列进展：提出亚洲季风区水体稳定同位素的“反温度效应”学说，据此创新地提出了亚洲季风区倒置的冰芯、石笋记录能指示温度变化；利用青藏高原及周边120个站点降水稳定同位素观测结果，对季风向中国内陆推进的范围提出了新认识，发现季风水汽能推进到兴都库什山-西昆仑山-东昆仑山一线以南及秦岭以北地区（37-38°N），这与前人研究（35° N）相比，季风向北推进的范围至少延伸了2个纬度。

论文链接

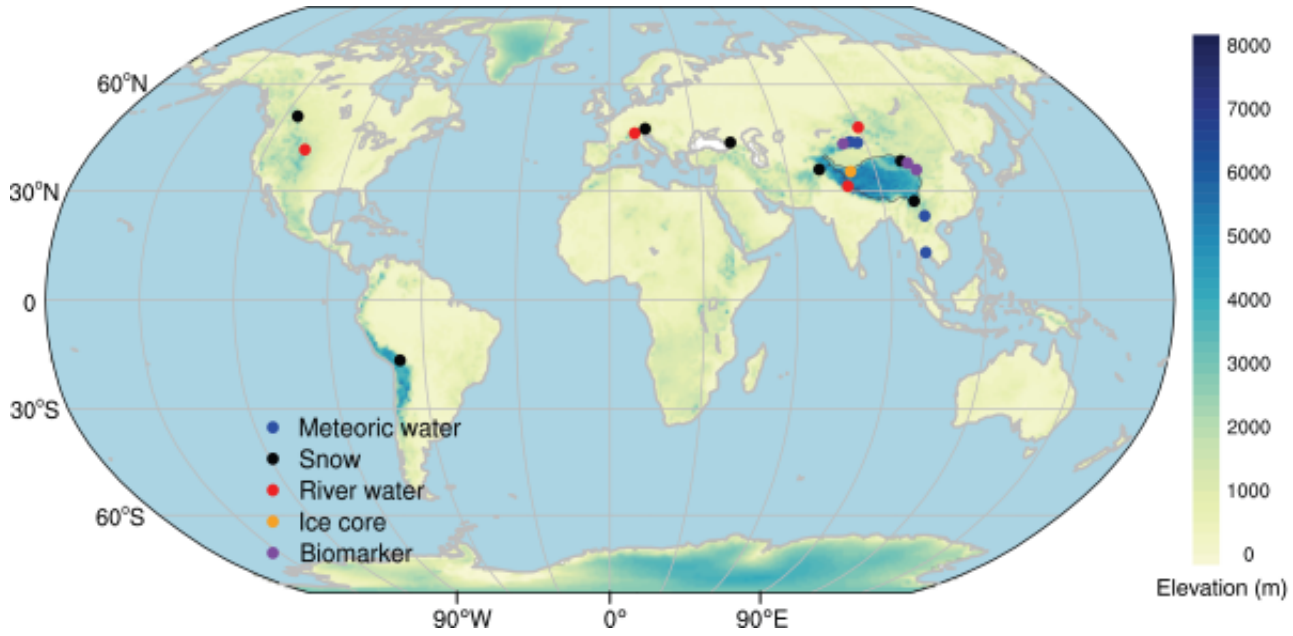


图1.全球不同地表介质稳定同位素出现“反高程效应”的区域

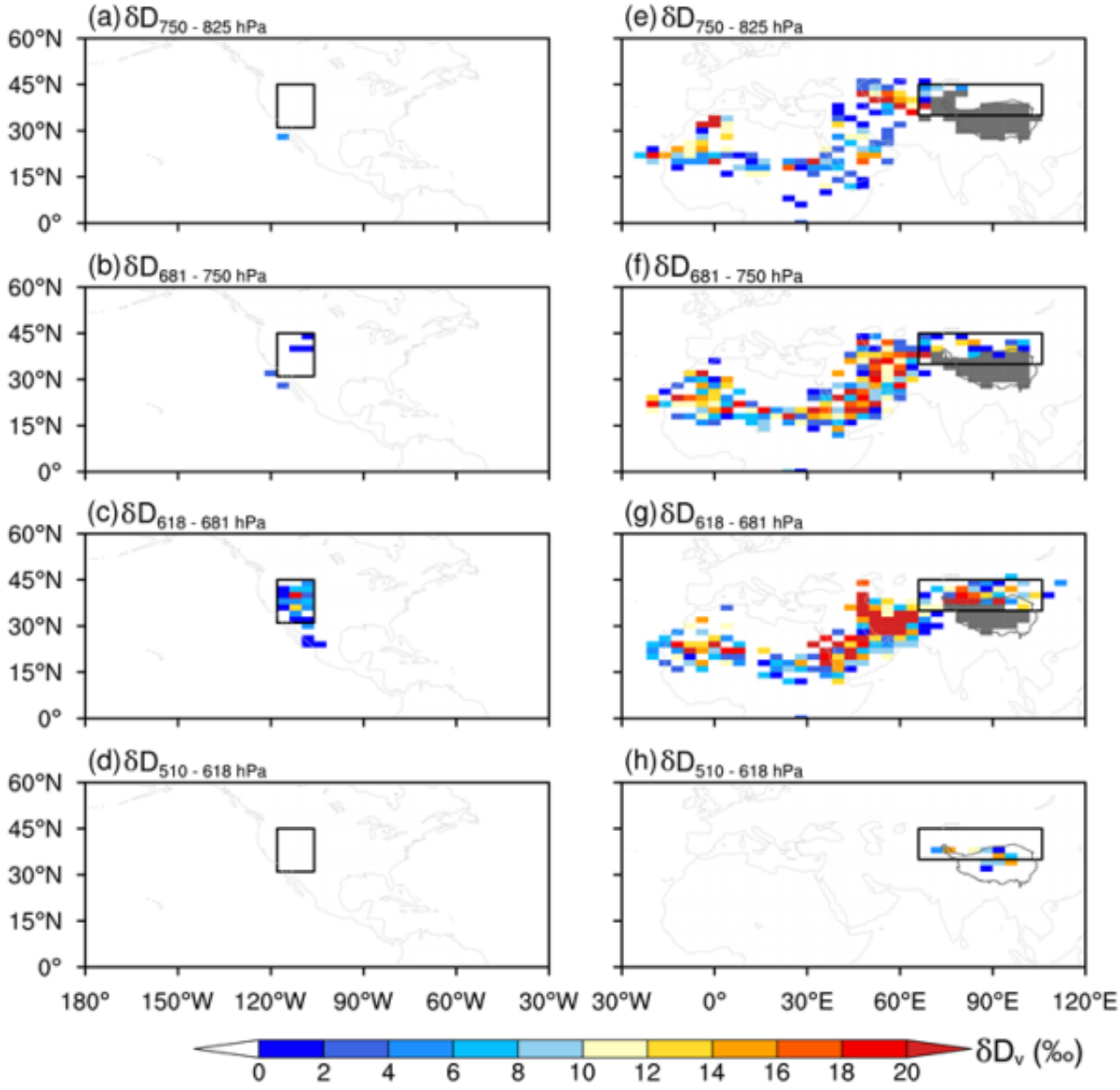


图2.夏季美国西部和亚洲干旱区不同层水汽稳定同位素出现“反高程效应”的空间分布格局

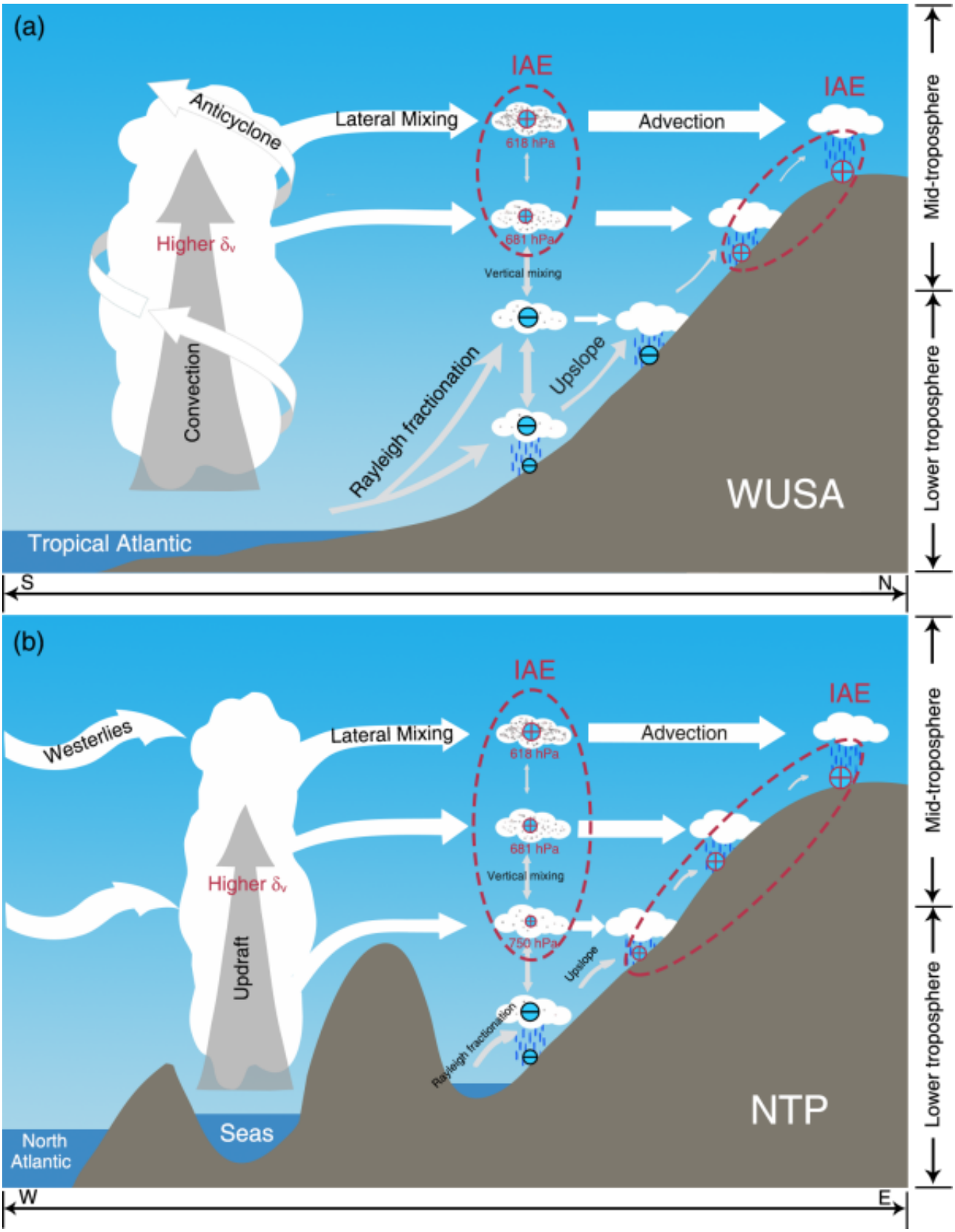


图3.大气环流视角的夏季美国西部（a）和青藏高原北部（b）“反高程效应”形成机制示意图

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转发