

新生代太平洋沃克环流的格局演变及驱动机制

燕青

引言

新生代以来（6500万年前至今），全球海陆分布、地形和气候均发生了显著变化。在构造时间尺度上（百万年），全球气候从两极无冰的炎热气候逐渐演化至两极有冰的寒冷气候，期间伴随着全球大气CO₂浓度从早始新世的1000 ppmv以上减少至工业革命前的~280 ppmv。太平洋沃克环流，是因赤道太平洋地区东西向海表温度差异（赤道西太平洋偏暖，而赤道东太平洋偏冷），而产生的闭合纬向环流圈。过去6500万年中，随着海陆分布和CO₂浓度的变化，太平洋沃克环流是如何变化的？现代沃克环流格局是怎样形成的？这些仍是没有解决的科学问题。

新生代沃克环流的两阶段式演变

通过开展了一系列全球耦合模式模拟试验并结合代用资料，基于质量流函数，发现新生代沃克环流呈现两阶段式的演变特征（图1）

Stage I: 早始新世至晚中新世（~5000至1000万年前），太平洋沃克环流逐渐收缩（上升支位置基本稳定，而下沉支逐步西移）、强度增大，这与南美大陆向西北方向漂移密切相关。

Stage II: 晚中新世至晚上新世（~1000至300万年前），太平洋沃克环流整体东移、强度减弱，这可能与热带海道的关闭直接相关。

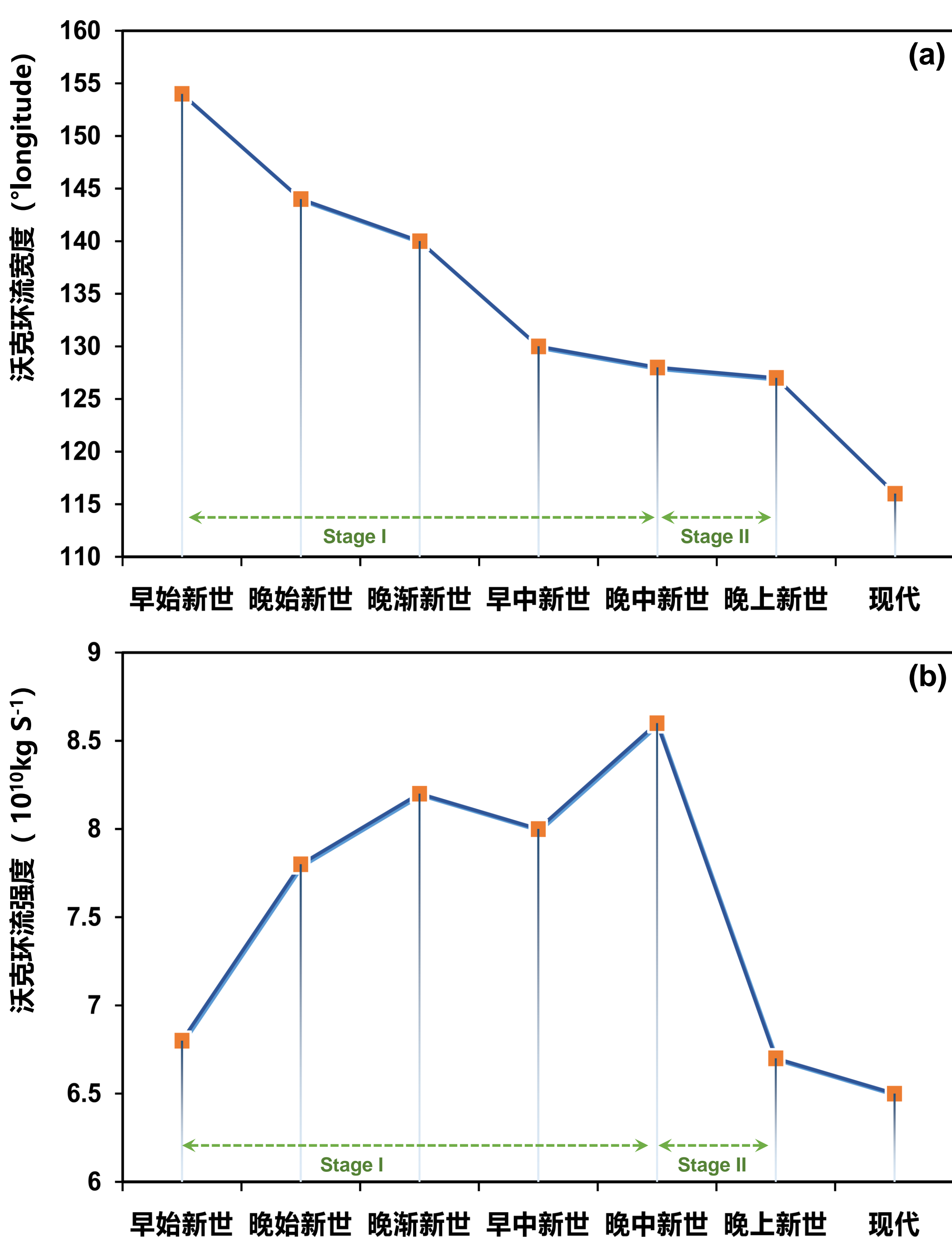


图 1. 新生代太平洋沃克环流的演变过程

（早始新世：5000万年前；晚始新世：4000万年前；晚渐新世：3000万年前；早中新世：2000万年前；晚中新世：1000万年前；晚上新世：300万年前）

热带海道关闭的气候作用

晚中新世至晚上新世（~1000至300万年前）间最显著的构造运动为印尼海道收缩和巴拿马海道关闭。模拟结果表明，热带海道变窄和关闭导致西太平洋升温，印度洋降温，造成沃克环流位置整体东移，强度显著减弱（图2）。其中，印尼海道收缩主导沃克环流上升支变化，巴拿马海道关闭主导下沉支变化。

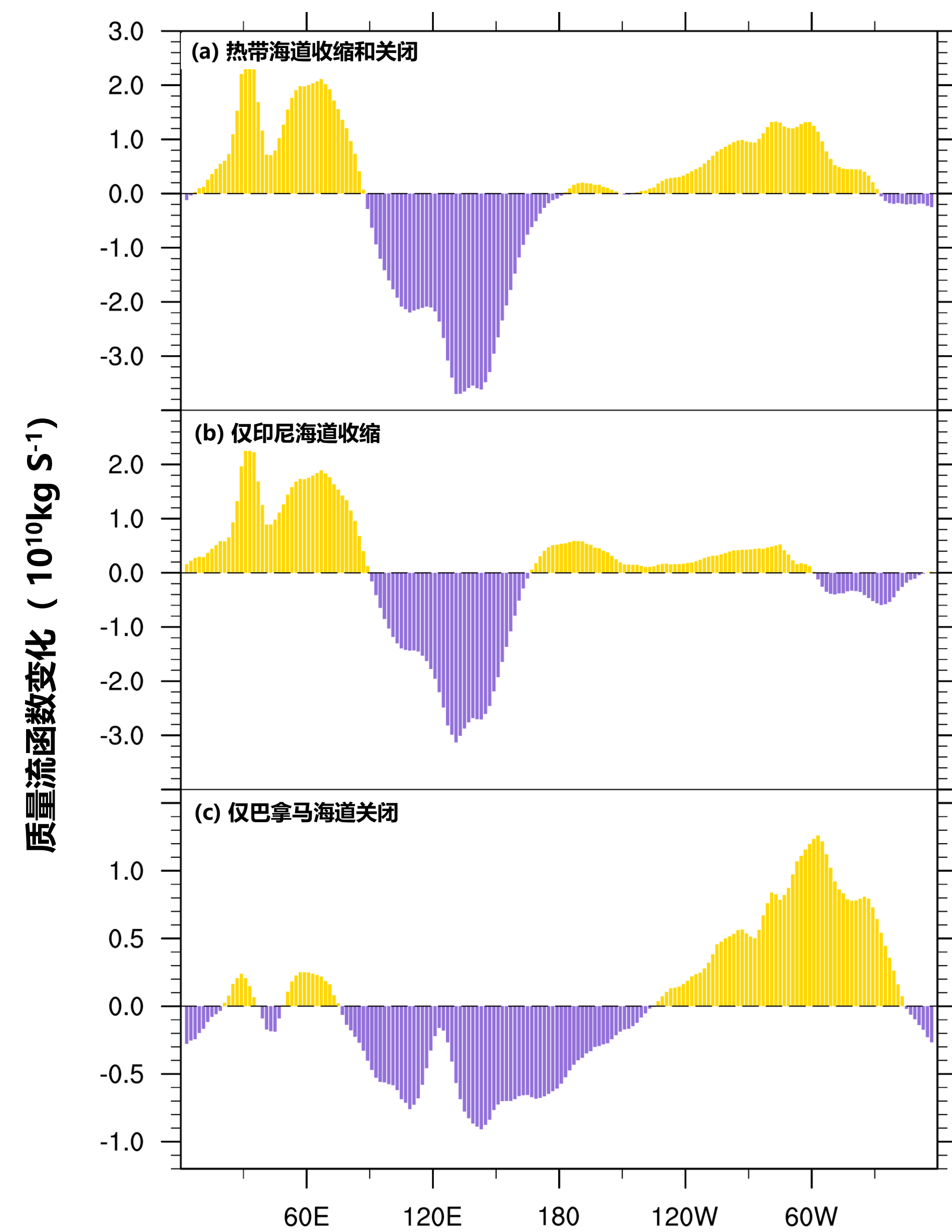


图 2. 热带海道关闭导致的质量流函数变化

板块运动和温室气体的相对贡献

在构造时间尺度上，板块运动和温室气体是新生代气候变化最主要的驱动因子。进一步模拟结果表明，板块运动决定了新生代沃克环流的空间结构，在相同的海陆分布条件下，CO₂浓度升高造成沃克环流强度减弱（图3），指示未来变暖背景下沃克环流强度可能呈现减弱趋势。

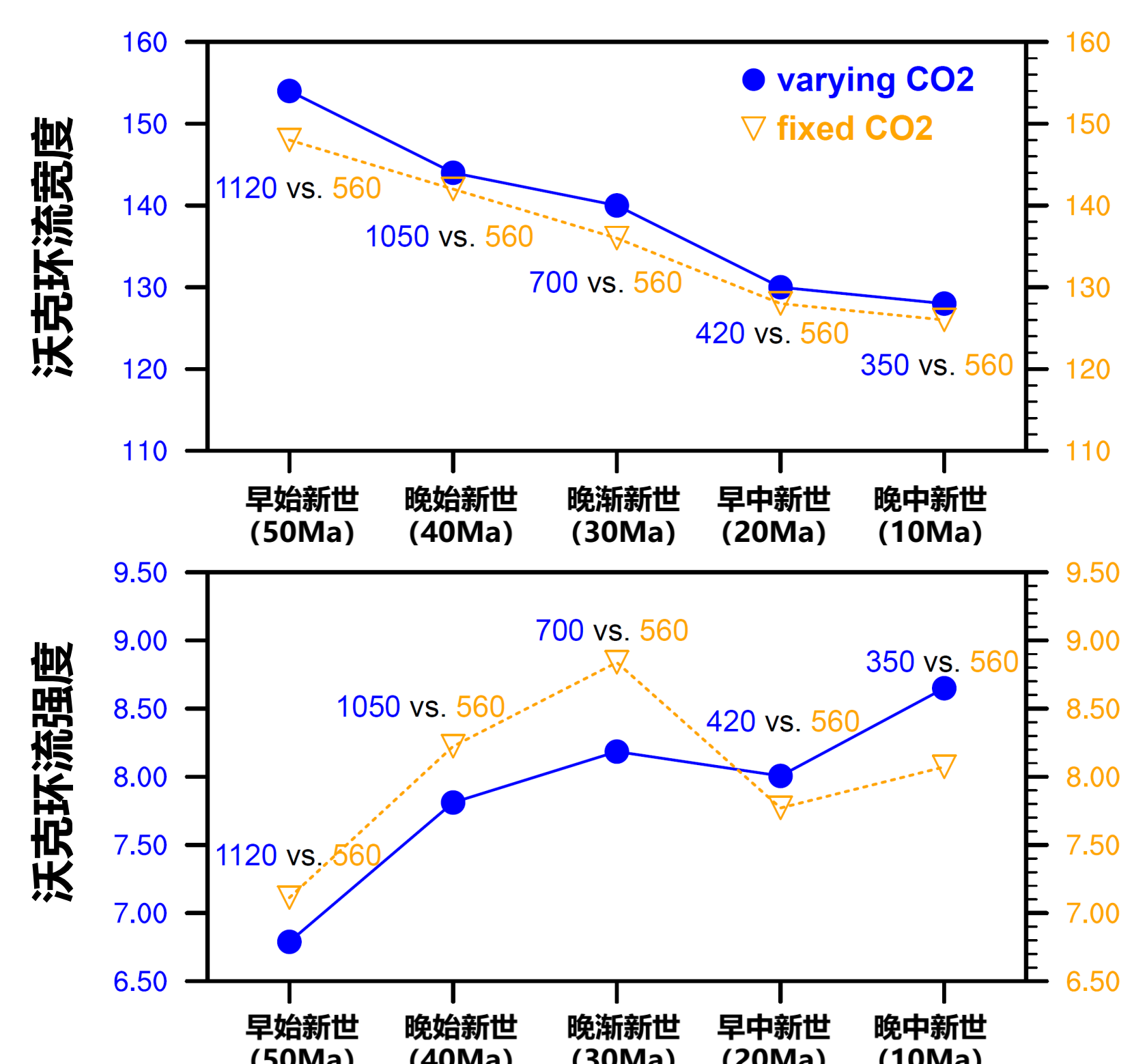


图 3. CO₂浓度不变和随时间变化两种情景下沃克环流宽度和强度演变

参考文献

Qing Yan, Robert Korty, Zhongshi Zhang, Chris Brierley, Xiangyu Li, Huijun Wang (2020), Large shift of the Pacific Walker Circulation across the Cenozoic, National Science Review, nwaa101, <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa101>