

Essential Role of Thermohaline Circulation in Sustaining Multicentennial Climate Variability: Insights from Idealized Topographic Experiments

Mingjun Tong^{a#}, Haijun Yang^{a*}, Fengli An^a, and Peili Wu^b

^a *Department of Atmospheric and Oceanic Sciences and Key Laboratory of Polar Atmosphere-ocean-ice System for Weather and Climate of Ministry of Education, Fudan University, Shanghai, 200438, China.*

^b *Met Office Hadley Centre, Exeter, United Kingdom*

Climate Dynamics

Submitted, September 21, 2026

**Corresponding author address:* Haijun Yang, Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, Fudan University, 2005 Songhu Road, Shanghai, 200438, China.

Email: yanghj@fudan.edu.cn

#Current affiliation: Mingjun Tong, China Meteorology Administration, Beijing, 100000, China

Email: xxx@xxx.xx

ABSTRACT

多百年际气候振荡在理论模型和耦合气候模式中已被反复发现，并被认为与北大西洋经向翻转环流（AMOC）密切相关。然而，多百年际振荡究竟是热盐环流所固有的内部变率，抑或仅源于特定海盆中的 AMOC，仍缺乏直接的模式证据。本文利用 CESM 开展一系列地形敏感性试验，仅通过改变大尺度地形来重组全球热盐环流的空间分布。在部分试验中，热盐环流由北大西洋转移至北太平洋，形成较强的太平洋经向翻转环流（PMOC）；在另一些试验中，热盐环流显著减弱甚至消失，气候系统仅维持风生环流。结果表明，只要热盐环流存在，气候系统便会产生稳健的多百年际振荡：当热盐环流由 AMOC 主导时，多百年际振荡主要起源于大西洋；当热盐环流转移至太平洋并形成 PMOC 时，类似的多百年际振荡则主要起源于太平洋。相反，在缺乏热盐环流、仅存在风生环流的试验中，多百年际振荡完全消失。这表明，多百年际振荡并非 AMOC 所特有，而是热盐环流的本征模态。进一步分析表明，AMOC 和 PMOC 多百年际振荡均与盐度平流反馈密切相关，但具体机制受到海盆背景盐度状态的调节。PMOC 情形下，太平洋盐度异常呈现明显的垂向分层特征：浅层盐度可快速响应浮力强迫，而中深层则主要受副热带高盐水体沿等密度面俯冲及缓慢平流输送控制，表现出浅层快速调整、中深层滞后响应的特征。综合而言，本研究表明，热盐环流为多百年际气候振荡提供了必要的慢时间尺度，而盐度平流反馈则是连接海洋热盐结构与长期环流变率的重要动力过程；当热盐环流消失、系统仅由风生环流主导时，则不具备维持该时间尺度振荡的动力学条件。

Keywords: Multicentennial Climate Variability; Ocean Meridional Overturning Circulation; Topographic Experiments, Coupled Model