



中国科学院大气物理研究所建所95周年
IAP 95th Anniversary

位涡梯度的视角解读2022/23冬季北半球频繁的极寒天气

Extreme cold events in North America and Eurasia in November–December 2022: A potential vorticity gradient perspective

姚遥* 卓文钦 龚昭荟 罗彬禾 罗德海 郑飞 钟霖浩 黄菲 马双梅 祝从文 周天军

Yao Yao*, Wenqin Zhuo, Zhaohui Gong, Binhe Luo, Dehai Luo, Fei Zheng, Linhao Zhong, Fei Huang, Shuangmei Ma, Congwen Zhu and Tianjun Zhou



研究背景

2022年11月以来，北半球中纬度极寒天气频繁肆虐，造成了严重的经济损失和人员伤亡。东亚地区接连遭遇频繁的寒潮和暴风雪天气的袭击，其中新疆地区11月底、1月初和1月中下旬暴雪天气频发，局部积雪厚达2米以上。北京地区1月25日观测到零下16.7℃的低温，创下1978年以来北京1月下旬气温最低记录，而黑龙江漠河，也遭遇了-53℃的低温天气。与此同时，北美地区先后于11月中旬，12月中旬和12月下旬也遭遇到暴风雪天气的袭击，局地积雪厚度达数米。尤其是圣诞节前后北美的“炸弹气旋”，堪称是近40年来最冷的圣诞节。

全球变暖背景下，北半球极寒天气集中频发，致灾性增强，值得关注。

资料和方法

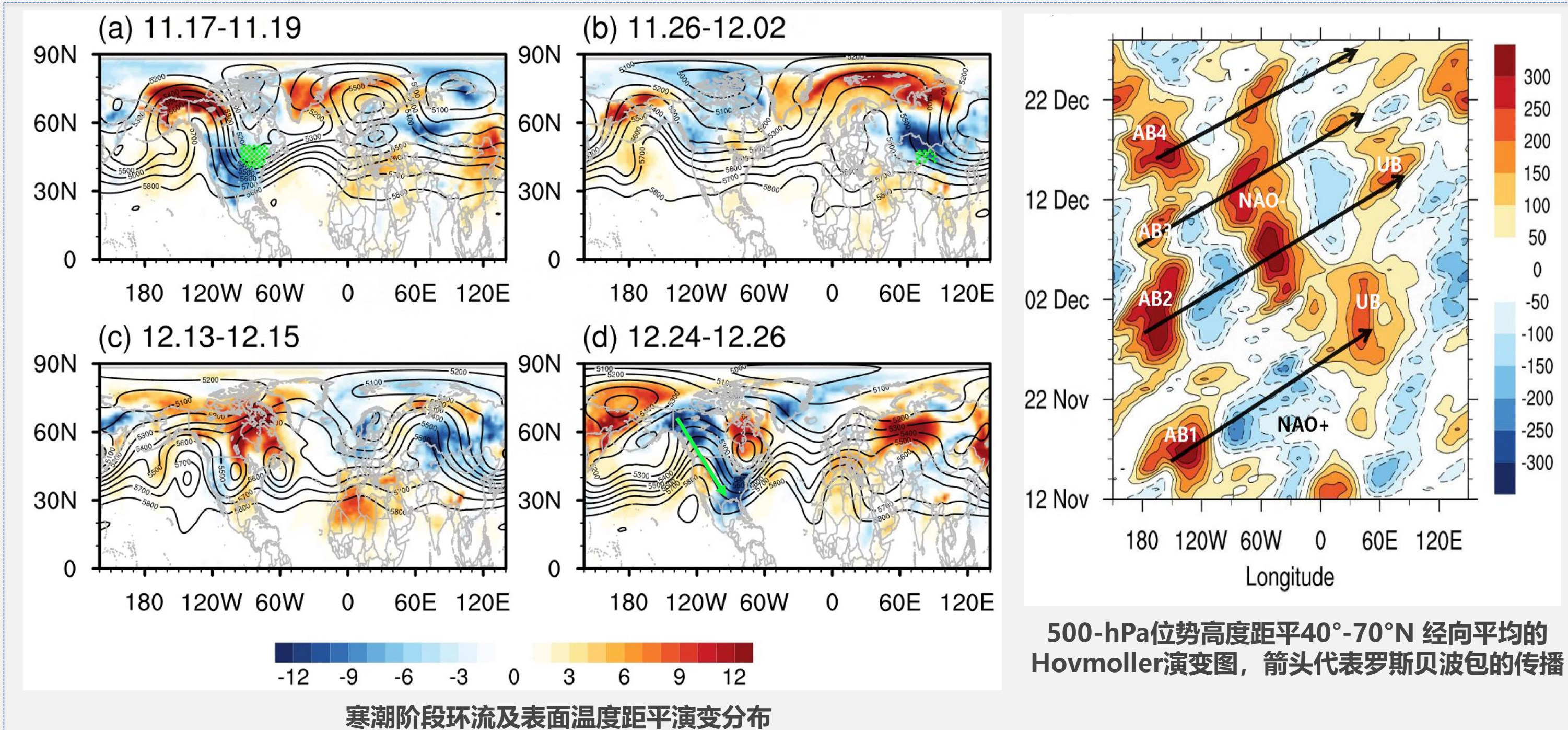
资料：

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ERA5)逐日再分析资料，分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ ；改进的NAO指数；美国冰雪中心海冰数据。

方法：

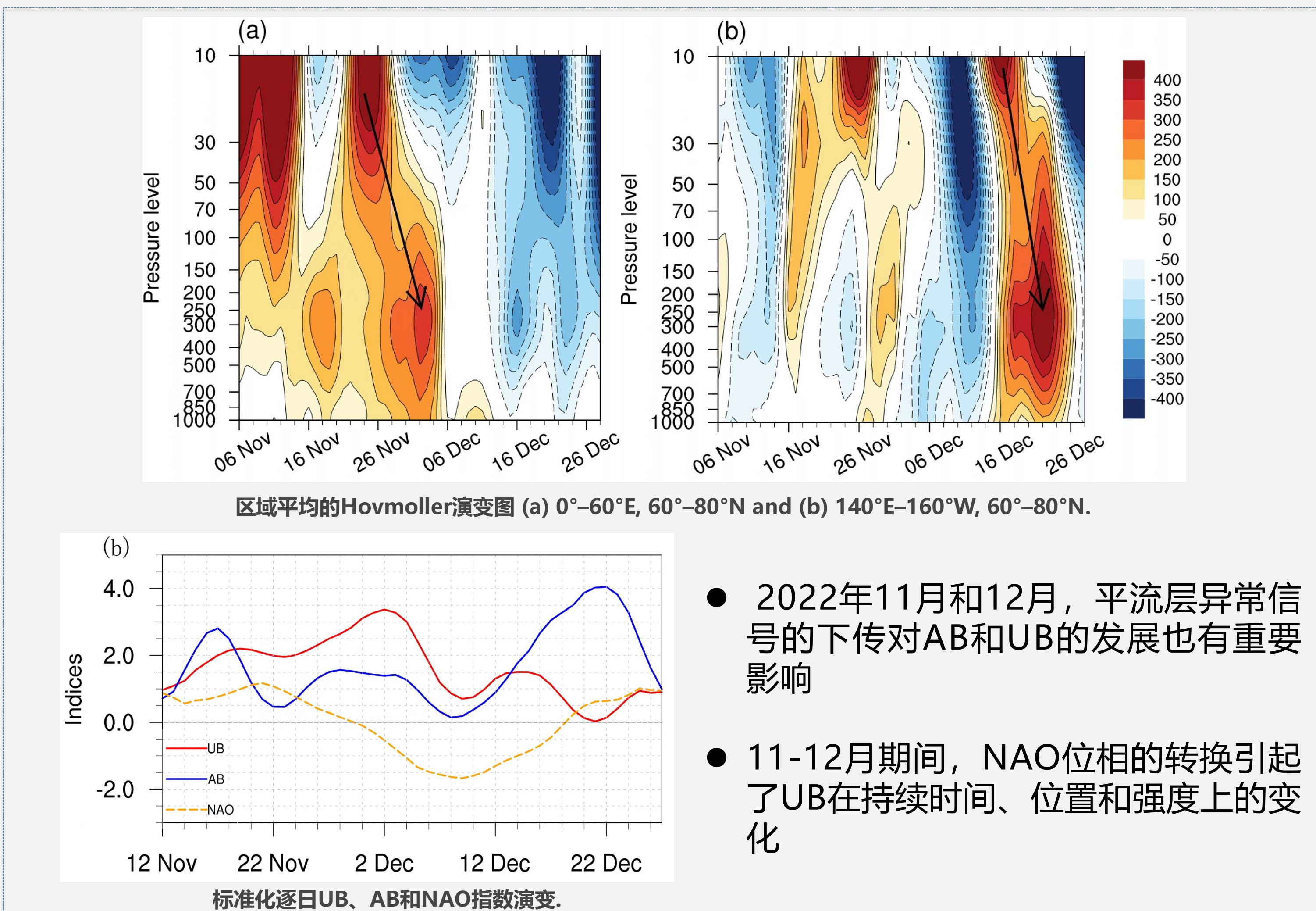
阻塞事件识别方法 (Tibaldi and Molteni, 1990)；
经向位势涡度梯度 (PVy) (Luo et al., 2019a; 2019b)；
水汽后向轨迹追踪模型(Dominguez et al. 2006), (Zhong et al. 2018)

2022/23冬季频繁的极寒天气



- 阿拉斯加阻塞(AB)和乌拉尔阻塞(UB)以及伴随的北大西洋涛动(NAO)位相转换是北半球极寒天气产生的主要环流型
- 而北美到东亚频繁的罗斯贝波向下游的能量频散和传播为这两个地区的阻塞环流建立了联系

平流层异常信号、NAO位相转换

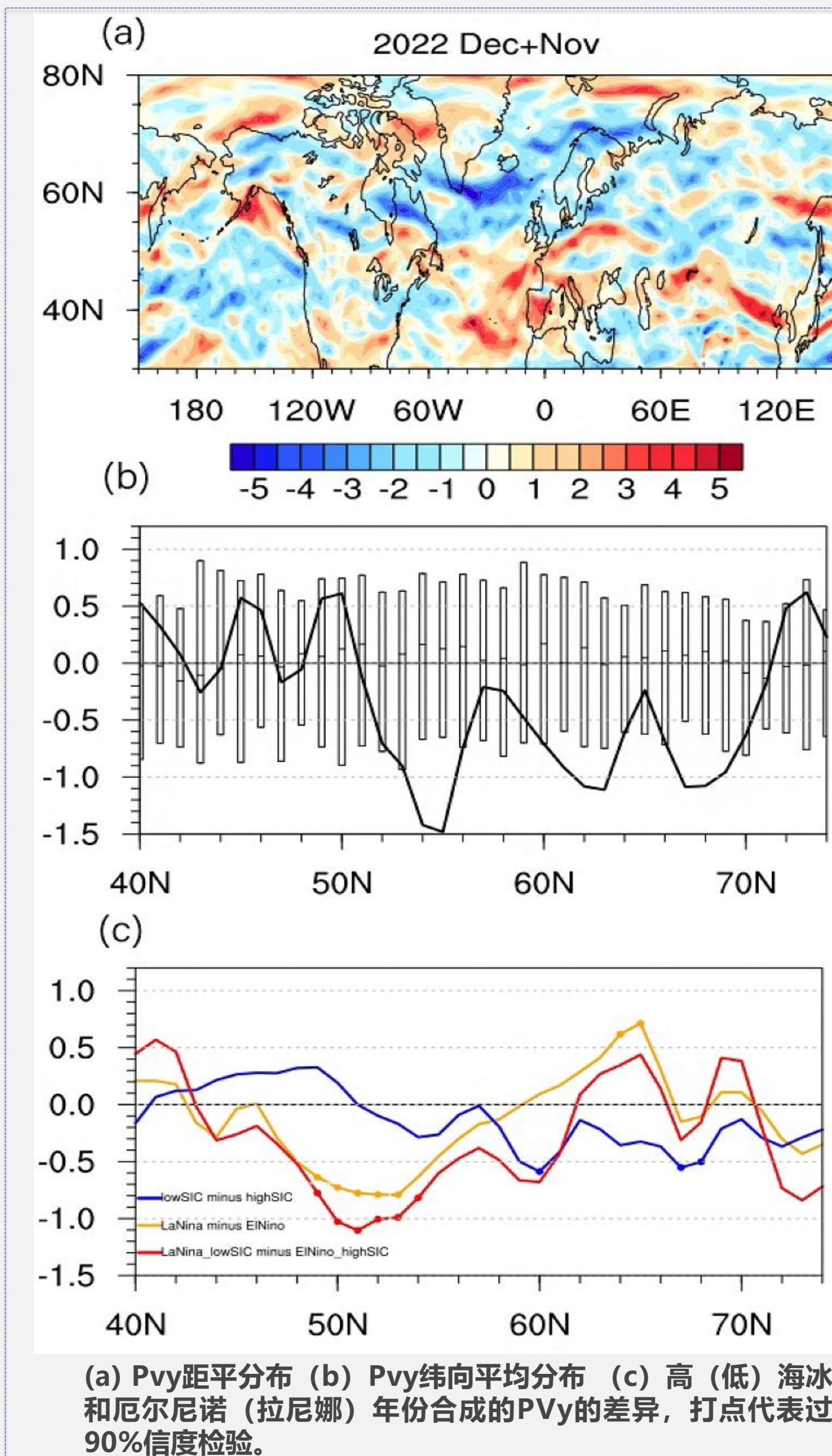


- 2022年11月和12月，平流层异常信号的下传对AB和UB的发展也有重要影响
- 11-12月期间，NAO位相的转换引起了UB在持续时间、位置和强度上的变化

参考资料：

- Yao, Y*; Zhuo, WQ; Gong, ZH; Luo, BH; Luo, DH; Zheng, F; Zhong, LH; Huang, F; Ma, SM; Zhu, CW; Zhou, TJ, 2023: Extreme cold events in North America and Eurasia in November–December 2022: A potential vorticity gradient perspective. Adv. Atmos. Sci., 40(6), 953–962.
- * Dr. Yao Yao Email: yaoyao@tea.ac.cn

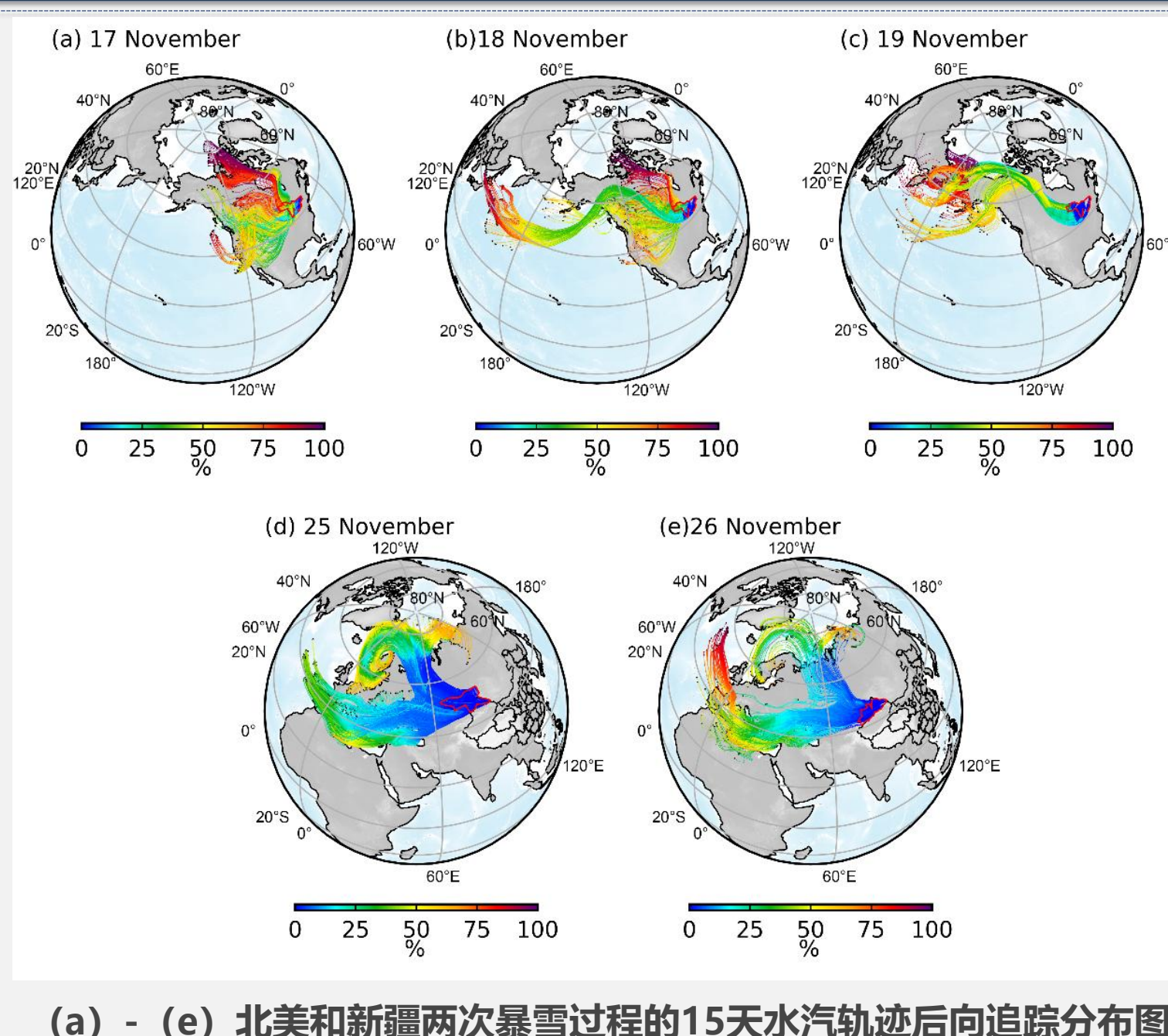
关键物理因子：经向位涡梯度



- 基于非线性多尺度相互作用 (NMI) 理论模型所导出的PVy，是指征阻塞发展、联系北极和中纬度极端天气的一个重要物理因子
- 发现2022年11月至12月北美至欧亚中高纬度地区异常减弱的经向位涡梯度(PVy)是UB和AB长时间维持的关键背景条件，有利于冷空气的输送和累积
- PVy在中高纬度地区相比长期气候序列是较低的，大部分纬度都低于下四分位水平
- 长期气候合成表明，拉尼娜和北极低海冰状态的结合有利于中纬度经向位涡梯度的减小，从而激发频繁的寒潮天气过程

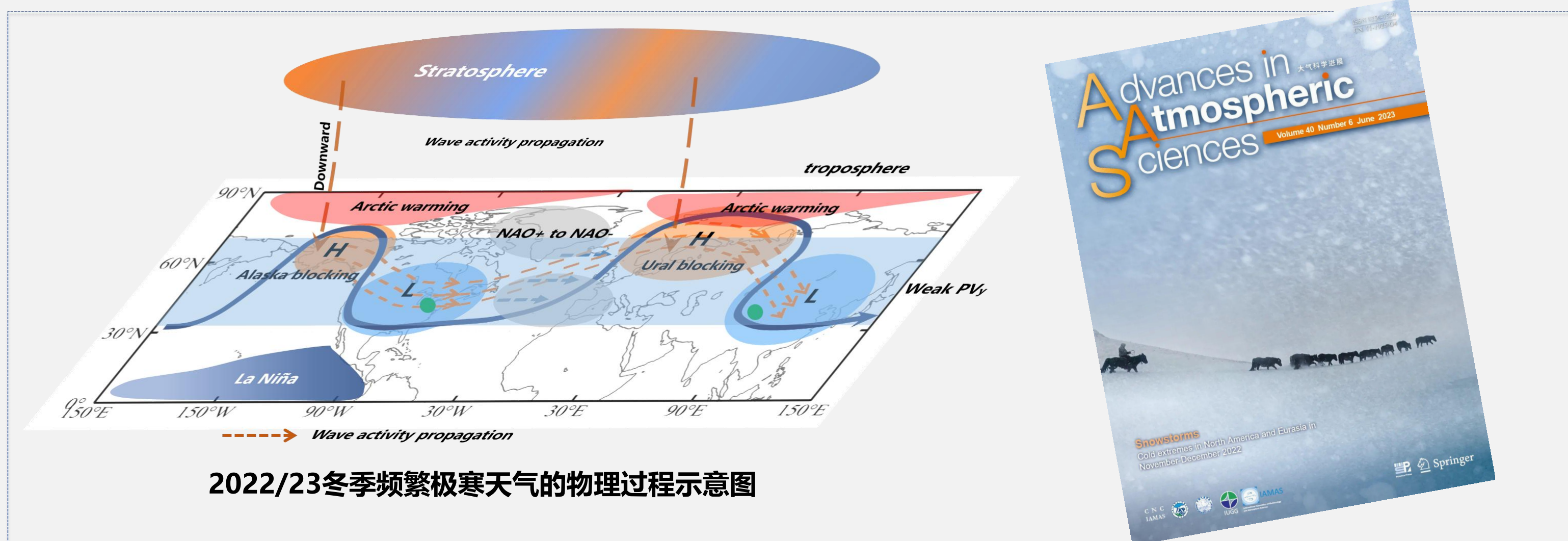
水汽后向轨迹追踪

- 水汽轨迹后向追踪显示，新疆地区和北美局部的暴雪水汽输送路径与阻塞等引起的急流的调节和变化密切相关
- 北美局部暴雪的水汽来源以本地五大湖的水汽为主，新疆地区的水汽则主要来源于北冰洋和上游地区内陆海。



(a) - (e) 北美和新疆两次暴雪过程的水汽后向追踪分布图

物理机制



结论和讨论

- 2022/23冬季北半球频繁发生极寒天气、呈现集中爆发等特点
- 北美、欧亚的极寒与局地阻塞环流和NAO位相转换密切相关，频繁的罗斯贝波向下游的能量频散和传播为这两个地区的阻塞环流建立了联系，平流层异常信号的下传对AB和UB的发展也有重要影响
- 2022年11月至12月北美至欧亚中高纬度地区异常减弱的经向位涡梯度(PVy)是UB和AB长时间维持的关键背景条件，有利于冷空气的输送和累积
- 个例以及长期气候合成均表明，拉尼娜和北极低海冰状态的结合有利于中纬度经向位涡梯度的减小，从而激发频繁的寒潮天气过程