

欧亚大陆冬季气温季节内冷暖反转的机理及预测*

钟沃谷, 吴志伟

(复旦大学 大气与海洋科学系/大气科学研究院/上海市海洋-大气相互作用前沿科学研究基地, 上海, 200438)

关键字: 冷暖反转, 北极涛动, 北极海冰-海温, 季节预测

明确欧亚大陆冬季气温的季节内演变特征及其物理机制有助于提高冬季气候的季节预测水平和社会灾害防治能力。本研究基于季节依赖经验正交函数 (Season-reliant Empirical Orthogonal Function, S-EOF) 发现欧亚大陆冬季气温的季节内演变具有两个典型的主模态: 一致型和冷暖反转型。一致型以欧亚大陆冬季一致性偏冷/偏暖为主要特征 (图 1 左), 反转型表现为前冬 (11-12 月) 和后冬 (次年 1-2 月) 欧亚大陆冷暖位相反转 (图 1 右)。这两个模态的年际变化对应于不同的环流形势和物理过程。一致型环流异常主要为负位相/正位相的北大西洋涛动 (North Atlantic Oscillation, NAO) 东移, 且与北极涛动 (Arctic Oscillation, AO) 密切相关。一致型主要由大气内部变率决定, 同期 AO (NAO) 能够解释其 57.8% (46.2%) 的方差变化。反转型对应的环流异常在前冬与后冬存在明显差异, 其形成主要与前期秋季 AO 异常、北太平洋偶极型海温异常 (North Pacific sea surface temperature dipole pattern, NPDP) 和北极海冰-海温耦合型异常 (Arctic sea ice-sea surface temperature coupled pattern, ACP) 相联系 (图 2)。进一步的研究表明, NPDP 是由 9-10 月类似 AO 的环流异常所激发, 并在前冬引起大气反馈, 通过局地海-气相互作用和对遥相关波列的调控分别导致东北亚和西西伯利亚地区出现气温异常。ACP 是前期秋季北极局地环流异常所导致的, 并在前冬通过调控地表热通量变化显著影响大气环流, 但此时的大气响应主要局限在极区内。随着北极海-冰-气相互作用逐渐加强, 大气对 ACP 的响应在后冬达到巅峰并向中纬度延伸, 最终导

* 基金资助: 科技部科技资源调查专项第二次青藏高原科技考察研究项目 (2019QZKK0102); 国家自然科学基金 (91937302、41790475)

已发表论文: Zhong, W. G. and Wu, Z. W. (2022). Subseasonal variations of Eurasian wintertime surface air temperature: two distinct leading modes, *Climate Dynamics*, 59:85-108, <https://doi.org/10.1007/s00382-021-06118-8>.

致欧亚大陆出现强烈的气温反转。位涡动力学也能很好地解释 NPDP 和 ACP 对冷暖反转型的影响过程。此外，基于前期秋季 AO 和 ACP 指数建立的经验预报模型能够有效预测反转型的发生（图 3）。因此，前期 AO 和北极海冰-海温异常是反转型年际变化重要的可预报性来源。

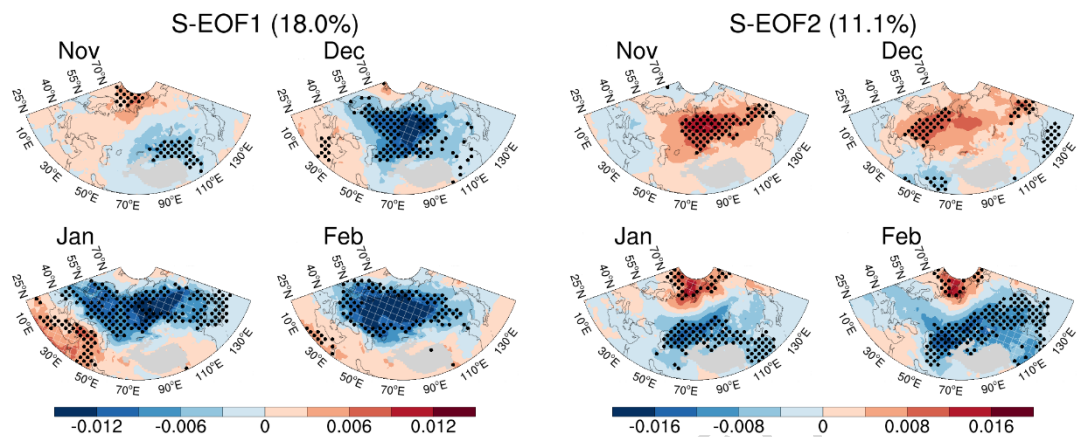


图 1 基于 S-EOF 分析的欧亚大陆冬季气温季节内演变：（左）第一模态（即一致型），（右）第二模态（即反转型）。白色交叉线（黑点）表示相应模态对该月气温的解释方差大于 35%（在 15~35%之间）

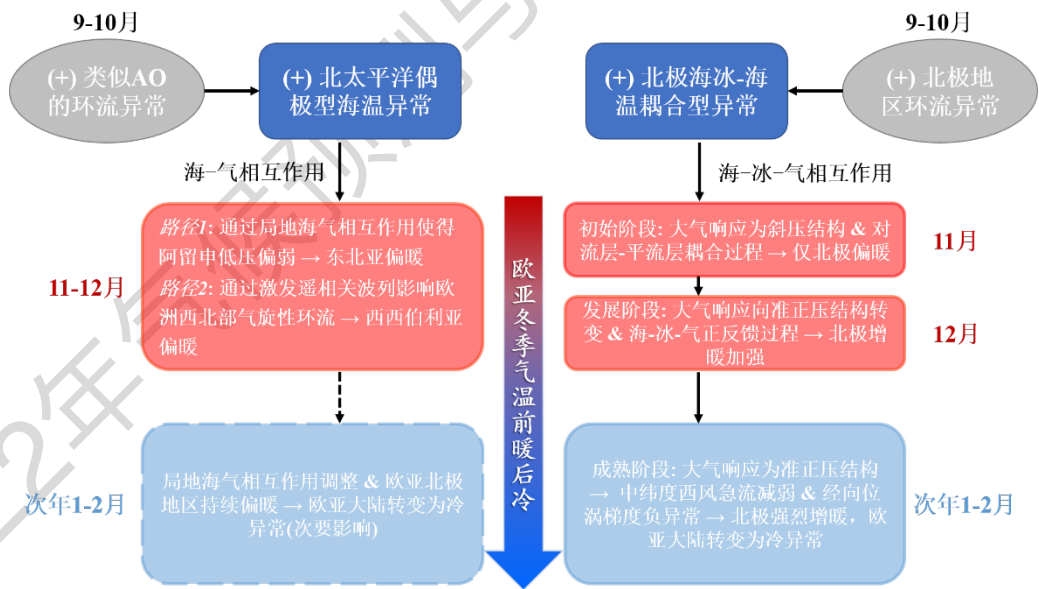


图 2 欧亚大陆冬季气温“前暖后冷”反转型的概念示意图

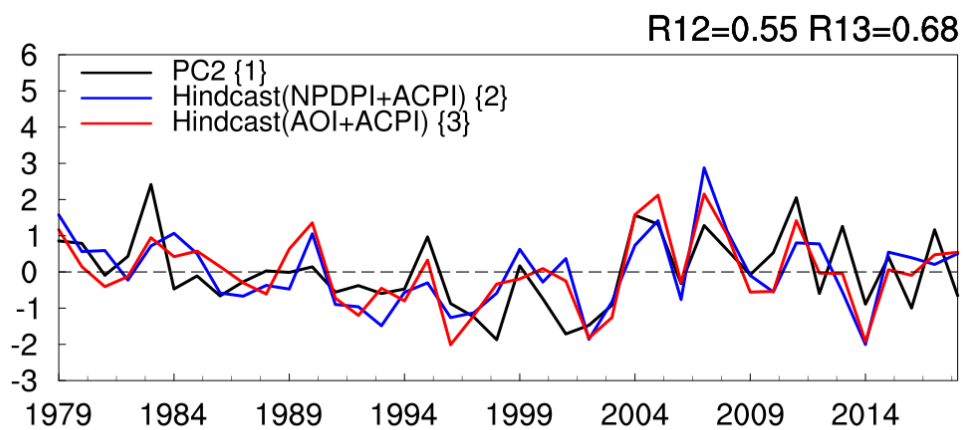


图 3 利用 NPDPI 和 ACPI 指数、AO 和 ACPI 指数建立的经验预报模型预测欧亚大陆冬季气温冷暖反转型