

北大西洋涛动活动中心空间位移年际年代际变化

张肖剑^①, 靳立亚^{①②*}, 陈春珠^①, 管东升^①, 李明治^①

① 兰州大学西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000;

② Institute of Geosciences, University of Kiel, Kiel D-24118, Germany

* 联系人, E-mail: jinly@lzu.edu.cn

2011-04-11 收稿, 2011-06-03 接受

国家重点基础研究发展计划(2010CB950204)、国家自然科学基金创新群体项目(40721061)和国家引智创新群体计划(B06026)资助

摘要 利用 Twentieth Century Reanalysis(V2)月平均再分析资料, 通过对冬季平均海平面气压(SLP)距平场上北大西洋涛动(NAO)活动中心空间位置的直接确认, 建立4个NAO空间位移指数反映NAO活动中心空间位移特征, 发现NAO南北活动中心的经向位移趋势与纬向位移表现非常一致, 表现为NAO活动中心往往沿着西南-东北方向移动. 多窗谱分析显示, NAO空间位移指数的周期主要集中在2~6年, 与NAO指数的高频变化存在共同的2~3年的振荡周期. 在年代际变化上, NAO指数与NAO空间位移指数有显著的正相关关系. 但在年际变化上, NAO指数与NAO北活动中心纬向位移的关系却并不显著. NAO指数与NAO活动中心年际变化的联系很可能是通过天气尺度的Rossby波破碎(RWB)产生作用的, 在NAO正(负)位相阶段, 伴随着反气旋性波破碎(气旋性波破碎)事件, NAO活动中心偏北(南), 且NAO南活动中心偏东(西), 而NAO北活动中心在纬向上没有发生明显偏移. 虽然北大西洋地区平均纬向风强度与NAO空间位移指数存在显著的正相关关系, 但这很可能只是NAO指数对NAO活动中心空间位移影响的外在表现.

关键词

北大西洋涛动
空间位移
年际变化
年代际变化
纬向风

北大西洋涛动(NAO)是北大西洋地区副热带高压(亚速尔高压)和副极地低压(冰岛低压)之间大气质量变化的一种大尺度跷跷板结构. 它是北大西洋地区大尺度大气环流变化的一个主要模态, 不仅直接影响北大西洋及附近地区的气候, 甚至对整个北半球都有重要影响^[1-6].

虽然NAO对北大西洋及附近地区气候具有重要影响, 但这个影响是在NAO活动中心空间位置不随时间变化的假设前提下^[7]. Hilmer和Jung^[8]发现在20世纪70年代末NAO空间位移发生明显变化, 1978~1997年的NAO活动中心相对于1958~1977年发生明显东移. 伴随着NAO活动中心的东移, NAO对附近地区的气候影响也发生明显变化^[7-11], 例如地表气温、海冰输出量、风暴活动和地表热通量等.

众多研究表明, 20世纪70年代末NAO活动中心

东移是受较高浓度的温室气体含量^[12]、持续增强的NAO强度^[13-15]、增加的北大西洋风暴活动^[9,12]、增强的北大西洋地区纬向风^[16,17]和大西洋风暴轴东移^[18,19]的影响, 而其中高NAO指数得到最广泛的应用, 因为高NAO指数往往伴随着北大西洋风暴活动的增加^[9]、北大西洋地区纬向风的增强^[16]和大西洋风暴轴的东移^[18,19]. 此外, 在南北方向上, 武炳义等人^[20]发现当NAO指数处于异常偏高(低)时期, 冰岛低压加深(减弱)、位置偏北(南), 北大西洋副热带高压也偏强(弱), 并且位置也偏北(南).

以往关于NAO活动中心空间位移的研究大多限于比较1978~1997年NAO活动中心空间位置相对于1958~1977年的年代际变化, 而对于NAO活动中心空间位移的年际变化则没有涉及, 尤其是较长时间序列的变化. 此外, NAO活动中心的空间位置是通过

经验正交函数(EOF)分析^[13]、回归分析^[7]、聚类分析^[14]和自组织特征映射方法^[15]等数学方法间接获得. 事实上大气涛动是大气环流在海平面气压图上的表现^[21], 它的活动中心是海平面气压距平图上的高低压中心, 由数学方法间接获得的 NAO 活动中心位置并不能精确反映其实际位置, 且很难获得年际变化序列. 本文通过对更长时间序列的海平面气压距平场上 NAO 活动中心空间位置的直接确认, 研究 NAO 活动中心空间位移的变化特征, 并且探讨其可能变化机制.

1 资料与方法

本文所用的资料是来自 NOAA/OAR/ESRL PSD 的 Twentieth Century Reanalysis V2 (20CRv2)月平均再分析资料^[22-24], 时间覆盖 1871~2008 年. 再分析资料包括海平面气压和纬向风, 水平分辨率为 2.0° × 2.0°, 纬向风的垂直分层从 1000 hPa 到 10 hPa 共 24 等压层. 利用 20CRv2 再分析资料重建的 NAO 指数与英国气象局哈德利平均海平面气压数据集(HadSLP2) (<http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadslp2/>) 观测资料重建的 NAO 指数的相关系数达到了 95.94% (图 1), 同时 NAO 空间结构也比较吻合 (图 2). 因此, 这套长年代资料具有较高的可靠性. 此外这套资料的空间分辨率比较高, 能够更精确地提取 NAO 活动中心空间位置.

本文中, NAO 指数定义为: 北大西洋地区(20°~80°N, 90°W~40°E)冬季(12~3 月)海平面气压距平场 EOF 分析第一模态对应的时间序列. 由于 NAO 有亚速尔高压(NAO 南活动中心)和冰岛低压(NAO 北活动

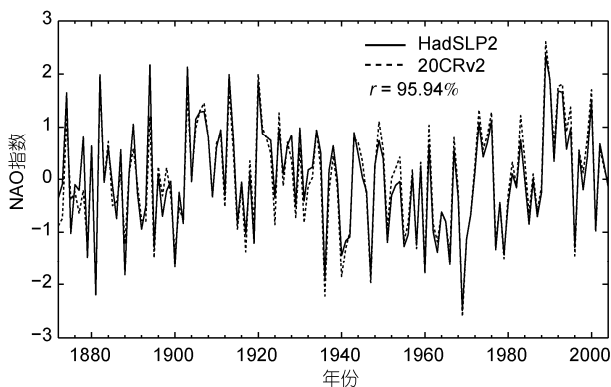


图 1 利用 HadSLP2(实线)和 20CRv2(虚线)重建的 1872~2004 年 NAO 指数(EOF 第一模态时间序列)

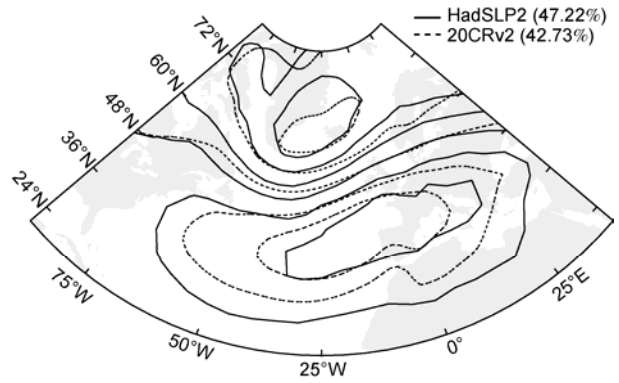


图 2 利用 HadSLP2(实线)和 20CRv2(虚线)重建的 1872~2004 年 NAO 空间结构(EOF 第一模态特征向量)

中心)两个活动中心, 每个活动中心的位移方向都可以分解为经向和纬向两个方向, 因此定义了 4 个指数反映 NAO 活动中心空间位移情况, 分别为: 低压中心经向位移指数(简记为 NMS 指数)、低压中心纬向位移指数(NZS 指数)、高压中心经向位移指数(SMS 指数)与高压中心纬向位移指数(SZS 指数), 这 4 个量分别定义为冰岛低压中心年平均位置偏离平均低压中心的纬度量、冰岛低压中心年平均位置偏离平均低压中心的经度量、亚速尔高压中心年平均位置偏离平均高压中心的纬度和亚速尔高压中心年平均位置偏离平均高压中心的经度量, 其中冰岛低压中心和亚速尔高压中心年平均位置为 1872~2008 各年冬季平均海平面气压距平场上的冰岛低压中心和亚速尔高压中心的位置, 平均低压中心和平均高压中心分别为 1872~2008 年冬季平均海平面气压距平场上的冰岛低压中心和亚速尔高压中心.

为反映 NAO 活动中心的实际位移情况, 本文中的 4 个 NAO 空间位移指数均未进行标准化处理, 而是采用原始序列. 在研究年代际变化时, 采用 7 年高斯低通滤波后的资料进行分析. 周期分析采用多窗谱分析(MTM)方法^[25].

2 NAO 空间位移变化特征

由定义的 NAO 指数和 NAO 空间位移指数得到 1872~2008 年 NAO 指数(图 3(a))与 NMS 指数(图 3(b))、NZS 指数(图 3(c))、SMS 指数(图 3(d))、SZS 指数(图 3(e))年际变化曲线, NAO 指数与 NAO 空间位移指数都表现出年际、年代际变化特征. 表 1 为 NAO 指数与 NAO 空间位移指数及 NAO 空间位移指数间

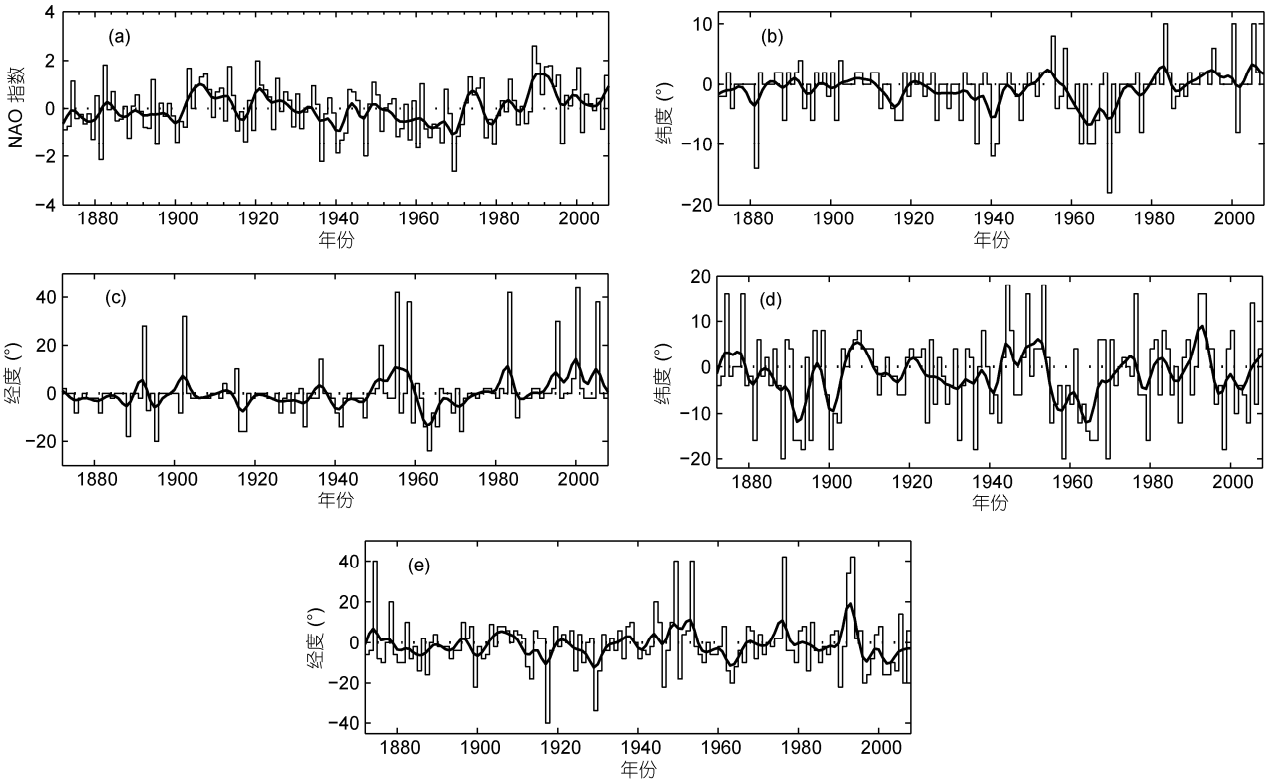


图3 NAO指数(a)、NMS指数(b)、NZS指数(c)、SMS指数(d)与SZS指数(e)变化曲线
 图中的黑色粗线为7年高斯型滤波曲线

的相关系数,可以发现除 NZS 指数外,NAO 空间位移指数与 NAO 指数呈显著的正相关关系,相关系数分别达到了 0.5644, 0.6690 和 0.4289,都通过了 99.9%的显著性水平检验,表明除低压中心的纬向位移外,其余 3 个 NAO 空间位移变化趋势与 NAO 指数的变化趋势比较一致. NAO 南北活动中心的经向位移与纬向位移表现非常一致,它们的相关系数高达 0.7122 和 0.6155,表现为 NAO 活动中心往往沿着西南-东北方向移动.此外,NAO 活动中心的经向位移及其与 NAO 指数的高度一致性,表现为在 NAO 正(负)位相阶段,NAO 活动中心位置偏北(南).

比较 1958~1997 年与 1872~2008 年可以看到各指数间的相关系数并没有显著变化,表明在 1958~1997 年间 NAO 空间位移的变化趋势及其与 NAO 指数的关系并不是近 137 年来的一个特例,但相对来说这段时间的 NAO 空间位移变化幅度在近 137 年以来是比较大的一个时段.20 世纪 50 年代初 NAO 指数达到极大值后开始下降,随后 NAO 活动中心由处于偏东北方位开始向西南方向位移;到 1964 年左右 NAO 活动中心移动到极西南方位,而 NAO 指数持续到 1970

年左右降低至极小值;此后 NAO 指数振荡上升直至 20 世纪 90 年代初,随后 NAO 南活动中心移至极东北方位,而 NAO 北活动中心则到 21 世纪初才移动到极东北方位. Hilmer 和 Jung^[8]发现的 1978~1997 年 NAO 活动中心相对于 1958~1977 年的年代际东移现象外,NAO 活动中心还表现出明显的年代际北移现象.

相对于其他 3 个指数,NZS 指数的振荡幅度要明显为小,尤其是在 20 世纪 50 年代前,但 1964 年后 NAO 低压中心几乎呈现一个持续向东的位移趋势,而高压中心在 20 世纪 80 年代却处于一个相对偏西的位置,使得在 1958~1997 年 NAO 北活动中心东移程度要比南活动中心显著^[18].

多窗谱分析(图 4)结果表明,NAO 指数与 NAO 空间位移指数的变化周期主要集中在 10 年以下,NAO 指数有一个显著的 2~3 年以及 8~9 年的周期. NAO 空间位移指数除 NZS 指数外,都有一个明显的 4 年左右的周期,NZS 指数和 SZS 指数还有显著的 5~6 年的振荡.除此之外,4 个 NAO 空间位移指数与 NAO 指数都有共同的 2~3 年的振荡周期.

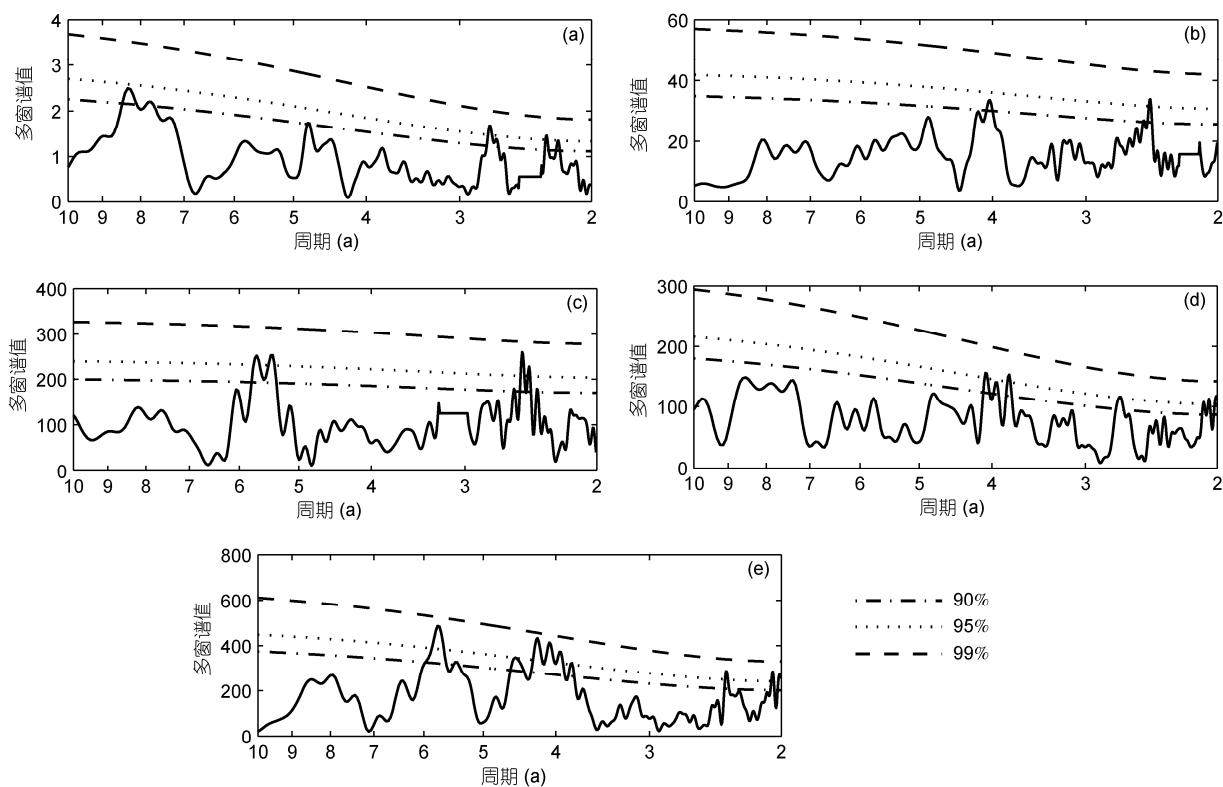


图4 NAO指数(a)、NMS指数(b)、NZS指数(c)、SMS指数(d)与SZS指数(e)的多窗谱分析
点画线、点线和虚线分别表示90%、95%和99%红噪声背景置信水平

3 NAO空间位移变化的可能影响机制探讨

关于影响NAO空间位移变化的可能因素,NAO指数被认为是非常重要的因素^[13-15,20].在表1中我们已提到,除NZS指数外,NAO指数与其余3个NAO空间位移指数在年际变化上都有显著的正相关关系.

而在年代际变化上,NAO指数与4个NAO空间位移指数都有显著的正相关关系,尤其是NAO活动中心南北方向上的位移,相关系数分别达到了0.6184和0.6066(表2),均远超过99.9%的显著性检验水平.此外相对于1872~2008年,在1958~1997年NAO指数与NAO空间位移指数的相关关系有显著的

表1 NAO指数与NAO空间位移指数及NAO空间位移指数间的相关系数^{a)}

	NMS 指数	NZS 指数	SMS 指数	SZS 指数
NAO 指数	0.5644*** (0.5576***)	0.1542 (0.2355)	0.6690*** (0.7491***)	0.4289*** (0.5287***)
NMS 指数	/	0.6155*** (0.6362***)	0.5085*** (0.5620***)	0.3512*** (0.3460*)
NZS 指数	/	/	0.1404 (0.1589)	0.1773* (0.2238)
SMS 指数	/	/	/	0.7122*** (0.7847***)

a) *, **和***分别表示达到95%, 99%和99.9%显著性检验水平; 括号里为1958~1997年间的相关系数./表示无值

表2 高斯滤波后的NAO指数与NAO空间位移指数的相关系数^{a)}

	NMS 指数	NZS 指数	SMS 指数	SZS 指数
NAO 指数	0.6184*** (0.7190***)	0.2850** (0.4193**)	0.6066*** (0.8090***)	0.3622*** (0.6064***)

a) **和***分别表示达到99%和99.9%显著性检验水平; 括号内为1958~1997年间的相关系数

提高.

Peterson 等人^[13]认为 NAO 空间特征对 NAO 指数有一个非线性的依赖, NAO 活动中心在高(低)NAO 指数时向东(西)移动, 从而认为 NAO 指数由 1958~1977 年的显著负位相向 1978~1997 年的显著正位相转变是 NAO 活动中心年代际东移的重要因素. 但在年际变化上, NAO 指数与 NAO 北活动中心纬向位移的关系却并不显著.

虽然 NAO 具有显著的年际年代际变率, 但近年来一些研究开始从天气尺度探讨 NAO 的动力机制. Feldstein^[26]发现 NAO 有一个 2 周左右的生命周期, 并进一步指出 NAO 是由高频(周期<10 d)和低频(周期>10 d)的瞬变涡流通量驱动的. NAO 的 2 周左右的生命周期与北大西洋上天气尺度的 Rossby 波破碎(RWB)密切相关, 反气旋性波破碎(AWB)与 NAO 正位相有密切联系, 能够驱动和强化 NAO 正位相, 而气旋性波破碎(CWB)则刚好相反^[27-31]. 此外, RWB 对 NAO 空间结构也有重要影响, 在 AWB(CWB)事件中, NAO 活动中心呈现西南-东北(西北-东南)方向倾斜^[28]. Kunz 等人^[32]对 AWB 和 CWB 事件中地面气压的合成分析显示(文献[32]图 5), AWB 事件中 NAO 活动中心相对于 CWB 偏北, 且 NAO 南活动中心相对偏东, 而 NAO 北活动中心的纬向位置则没有明显变化, 这与 NAO 指数和 NAO 空间位移指数年际变化的显著正相关关系非常相似. 因此在年际变化上, NAO 指数与 NAO 活动中心空间位移的关系很可能是通过天气尺度的 RWB 产生影响的, RWB 通过形成地面气压异常^[33], 从而对 NAO 的位相和空间特征产生重要影响.

Luo 和 Gong^[16]认为 20 世纪 70 年代末 NAO 活动中心整体东移很可能是由于北大西洋地区(90°W~0°, 50°~70°N)西风的增强, 西风的作用是直接的影响还是间接的反映? 图 5 为冬季北半球 90°W~0°间平均纬向风及其与 NAO 指数、NAO 空间位移指数的相关分布图, 冬季北半球 90°W~0°间除低纬和高纬少部分地区有弱东风外, 其余均受西风影响. NAO 指数与平均纬向风的空间相关性从低纬到高纬呈现“+ - + -”的四极结构^[34], 而 NAO 空间位移指数与平均纬向风的空间相关分布图也呈现类似的四极结构, 但显著性较 NAO 指数弱. 从图 5(d)和(f)中的确可以看到 NAO 的纬向位移指数与北大西洋地区(50°~70°N)平均纬向风的显著正相关性, 但中高纬(50°~70°N)西

风的变化是如何驱动处于中低纬(30°~50°N)的 NAO 南活动中心的纬向运动以及中低纬(30°~50°N)西风的增强却为何驱动 NAO 活动中心向西位移, 都是需要深入探讨的. 且 NAO 空间位移指数与平均纬向风相关关系的显著性强弱和 NAO 空间位移指数与 NAO 指数的相关系数大小一致, 因此平均纬向风与 NAO 空间位移指数的关系很可能只是 NAO 指数与 NAO 空间位移指数关系的外在表现.

4 结论

本文利用 NOAA/OAR/ESRL PSD 的 Twentieth Century Reanalysis (V2)月平均再分析资料, 通过对 1871~2008 年间冬季平均海平面气压距平场上冰岛低压和亚速尔高压中心位置的直接确认, 获得了 4 个 NAO 空间位移指数, 同时结合 NAO 指数, 分析了 NAO 活动中心空间位移特征, 并探讨了影响其变化的可能因素, 得到如下结论:

(1) NAO 空间位移指数表现出显著的年际年代际变化特征. NAO 空间位移指数与 NAO 指数有密切的关系, 除 NZS 指数外, NAO 空间位移指数与 NAO 指数呈显著的正相关关系. NAO 南北活动中心的经向位移与纬向位移表现非常一致, 表现为 NAO 活动中心往往沿着西南-东北方向移动.

(2) 多窗谱分析结果显示, NAO 空间位移指数的周期主要集中在 2~6 年, 与 NAO 指数的高频变化存在共同的 2~3 年的振荡周期.

(3) 在年代际变化上, NAO 指数与 NAO 空间位移指数有显著的正相关关系, 这与以往研究中认为 NAO 指数对 NAO 活动中心位移的重要作用相一致. 但在年际变化上, NAO 指数与 NAO 北活动中心纬向位移的关系却并不显著. NAO 指数与 NAO 活动中心年际变化的关系很可能是通过天气尺度的 RWB 产生作用的, RWB 通过形成地面气压异常, 从而对 NAO 的位相与空间结构产生重要影响. 在 NAO 正(负)位相阶段, 伴随着 AWB(CWB)事件, NAO 活动中心偏北(南), 且 NAO 南活动中心偏东(西), 而 NAO 北活动中心在纬向上没有发生明显偏移.

(4) NAO 指数及 NAO 空间位移指数与平均纬向风的空间相关性从低纬到高纬呈现“+ - + -”的四极结构. 虽然北大西洋地区平均纬向风强度与 NAO 空间位移指数有显著的正相关关系, 但不同纬度的纬向风对 NAO 空间位移的影响却存在显著差异, 且

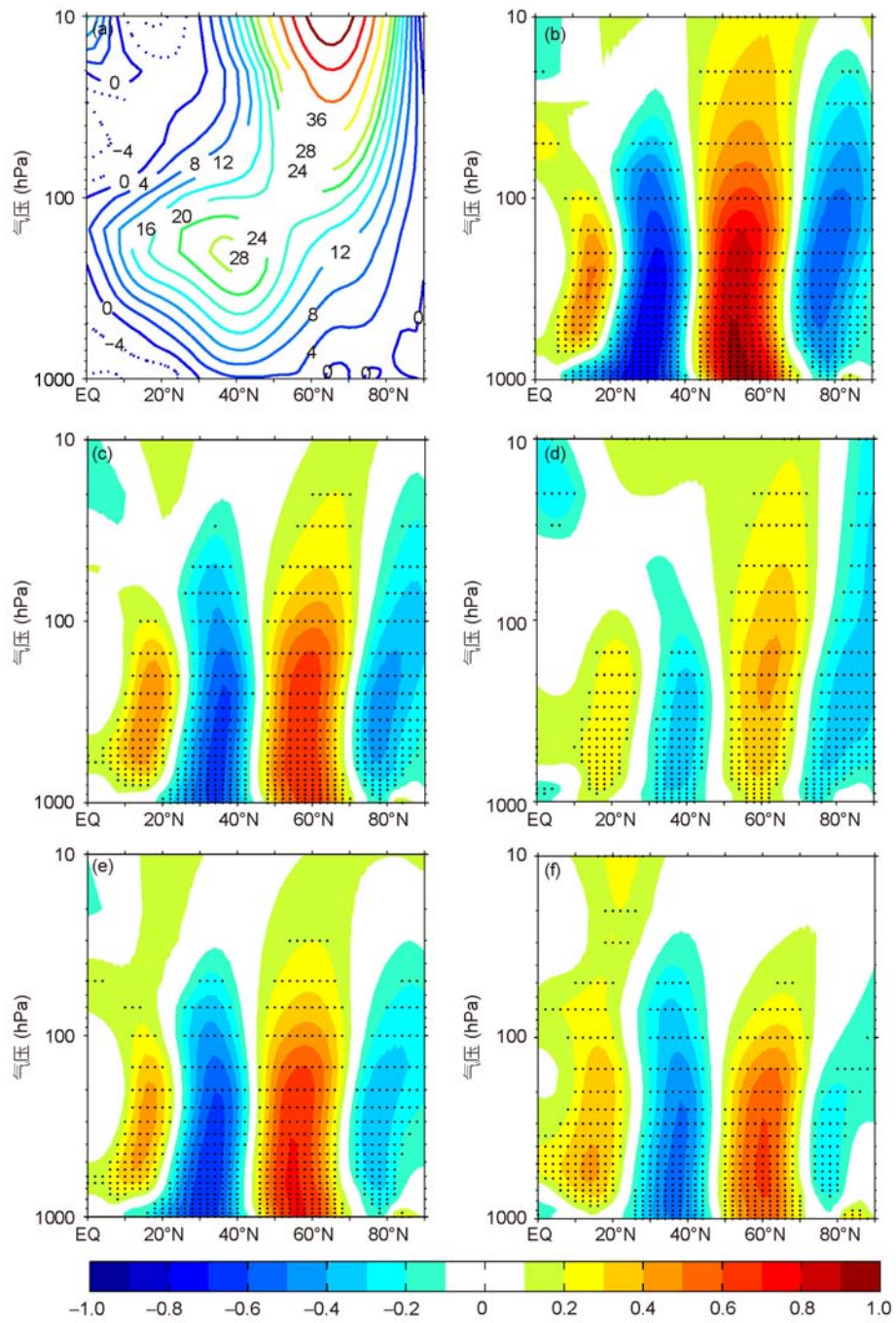


图5 冬季北半球90°W-0°间平均纬向风(a)(单位: m/s)与NAO指数(b)及NMS指数(c)、NZS指数(d)、SMS指数(e)、SZS指数(f)的相关分布
阴影区为通过95%显著性检验的区域

NAO 空间位移指数与平均纬向风相关关系的显著性
强弱和 NAO 空间位移指数与 NAO 指数的相关系数

大小一致, 因此纬向风的作用很可能只是 NAO 指数
对 NAO 活动中心空间位移影响的外在表现.

参考文献

- 1 Wallace J M, Gutzler D S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter. *Mon Weather Rev*, 1981, 109: 784–812
- 2 Hurrell J W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 1995, 269: 676–679
- 3 Hurrell J W, Kushnir Y, Ottersen G, et al. An overview of the North Atlantic Oscillation. In: Hurrell J W, Kushnir Y, Ottersen G, et al, eds. *The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact*. Washington: AGU, 2003. 1–35
- 4 Furevik T, Nilsen J E O. Large-scale atmospheric circulation variability and its impacts on the Nordic Seas Ocean climate—A review. In: Drange H, Dokken T, Furevik T, et al, eds. *The Nordic Seas: An Integrated Perspective*. Washington: AGU, 2005. 105–136
- 5 周天军, 宇如聪, 刘喜迎, 等. 一个气候系统模式中大洋热盐环流对全球增暖的响应. *科学通报*, 2005, 50: 269–275
- 6 于雷, 郜永祺, 王会军, 等. 北大西洋淡水扰动试验中东亚夏季风气候的响应及其机制. *科学通报*, 2010, 55: 798–807
- 7 Jung T, Hilmer M, Ruprecht E, et al. Characteristics of the recent eastward shift of interannual NAO variability. *J Clim*, 2003, 16: 3371–3382
- 8 Hilmer M, Jung T. Evidence for a recent change in the link between the North Atlantic Oscillation and Arctic sea ice export. *Geophys Res Lett*, 2000, 27: 989–992
- 9 Lu J, Greatbatch R J. The changing relationship between the AO/NAO and northern hemisphere climate variability. *Geophys Res Lett*, 2002, 29: 1148, doi: 10.1029/2001GL014052
- 10 Sun J, Wang H, Yuan W. Decadal variations of the relationship between the summer North Atlantic Oscillation and middle East Asian air temperature. *J Geophys Res*, 2008, 113: D15107, doi:10.1029/2007JD009626
- 11 Yuan W, Sun J Q. Enhancement of the summer North Atlantic Oscillation influence on Northern Hemisphere air temperature. *Adv Atmos Sci*, 2009, 26: 1209–1214
- 12 Ulbrich U, Christoph M. A shift of the NAO and increasing storm track activity over Europe due to anthropogenic greenhouse gas forcing. *Clim Dyn*, 1999, 15: 551–559
- 13 Peterson K A, Lu J, Greatbatch R J. Evidence of nonlinear dynamics in the eastward shift of the NAO. *Geophys Res Lett*, 2003, 30: 1030, doi: 10.1029/2002GL015585
- 14 Cassou C, Terray L, Hurrell J, et al. North Atlantic winter climate regimes: Spatial asymmetry, stationarity with time, and oceanic forcing. *J Clim*, 2004, 17: 1055–1068
- 15 Johnson N C, Feldstein S B, Trembley B. The continuum of Northern Hemisphere teleconnection patterns and a description of the NAO shift with the use of self-organizing maps. *J Clim*, 2008, 21: 6354–6371
- 16 Luo D, Gong T. A possible mechanism for the eastward shift of interannual NAO action centers in last three decades. *Geophys Res Lett*, 2006, 33: L24815, doi: 10.1029/2006GL027860
- 17 Peterson K A, Greatbatch R J, Lu J, et al. Hindcasting the NAO using diabatic forcing of a simple AGCM. *Geophys Res Lett*, 2002, 29: 1336, doi: 10.1029/2001GL014502
- 18 Luo D, Zhu Z, Ren R, et al. Spatial pattern and zonal shift of the North Atlantic Oscillation. Part I: A dynamical interpretation. *J Atmos Sci*, 2010, 67: 2805–2826
- 19 Luo D, Zhong L, Ren R, et al. Spatial pattern and zonal shift of the North Atlantic Oscillation. Part II: Numerical experiments. *J Atmos Sci*, 2010, 67: 2827–2853
- 20 武炳义, 黄荣辉, 高登义. 与北大西洋接壤的北极海冰和年际气候变化. *科学通报*, 2000, 45: 1993–1998
- 21 黄建斌, 王绍武, 龚道溢, 等. 近千年的大气涛动. *科学通报*, 2010, 55: 1932–1936
- 22 Compo G P, Whitaker J S, Sardeshmukh P D, et al. The twentieth century reanalysis project. *Quart J Roy Meteor Soc*, 2011, 137: 1–28
- 23 Compo G P, Whitaker J S, Sardeshmukh P D. Feasibility of a 100 year reanalysis using only surface pressure data. *Bull Amer Meteorol Soc*, 2006, 87: 175–190
- 24 Whitaker J S, Compo G P, Wei X, et al. Reanalysis without radiosondes using ensemble data assimilation. *Mon Weather Rev*, 2004, 132: 1190–1200
- 25 Ghil M, Allen R M, Dettinger M D, et al. Advanced spectral methods for climatic time series. *Rev Geophys*, 2002, 40, doi: 10.1029/2000RG000092
- 26 Feldstein S B. The dynamics of NAO teleconnection pattern growth and decay. *Quart J Roy Meteor Soc*, 2003, 129: 901–924
- 27 Benedict J J, Lee S, Feldstein S B. Synoptic view of the North Atlantic Oscillation. *J Atmos Sci*, 2004, 61: 121–144
- 28 Franzke C, Lee S, Feldstein S B. Is the North Atlantic Oscillation a breaking wave? *J Atmos Sci*, 2004, 61: 145–160
- 29 Rivièrè G, Orlanski I. Characteristics of the Atlantic storm-track activity and its relation with the North Atlantic Oscillation. *J Atmos Sci*, 2007, 64: 241–266

- 30 Kunz T, Fraedrich K, Lunkeit F. Response of idealized baroclinic wave life cycles to stratospheric flow conditions. *J Atmos Sci*, 2009, 66: 2288–2302
- 31 Kunz T, Fraedrich K, Lunkeit F. Synoptic scale wave breaking and its potential to drive NAO-like circulation dipoles: A simplified GCM approach. *Quart J Roy Meteor Soc*, 2009, 135: 1–19
- 32 Kunz T, Fraedrich K, Lunkeit F. Impact of synoptic-scale wave breaking on the NAO and its connection with the Stratosphere in ERA-40. *J Clim*, 2009, 22: 5464–5480
- 33 Strong C, Magnusdottir G. The role of Rossby wave breaking in shaping the equilibrium atmospheric circulation response to North Atlantic Boundary Forcing. *J Clim*, 2010, 23: 1269–1276
- 34 Dong B, Sutton R T, Woollings T. Changes of interannual NAO variability in response to greenhouse gases forcing. *Clim Dyn*, 2010, doi: 10.1007/s00382-010-0936-6

· 动态 ·

亚洲风尘物源研究的新进展

中国北方以及临近蒙古国的亚洲内陆干旱区是全球重要风尘释放中心之一。中国北方风成黄土与北太平洋软泥和格陵兰冰芯中的亚洲风尘沉积一起，是研究古环境的良好材料。粉尘释放后随大气环流向东或东南方向传输，并常表现为东亚地区春季的沙尘暴。亚洲风尘还影响着全球水循环和能量平衡。风尘在风化溶解时不但吸收大量大气二氧化碳，还是海陆生态系统中铁和磷等营养元素的重要来源，成为全球物质循环中重要的一部分。亚洲风尘物源研究对揭示风尘物质的产生与搬运机制、解读风尘沉积的古环境记录、预测风尘的环境效应及指导当代沙尘治理都有重要意义。

由南京大学地球科学与工程学院陈骏教授和李高军副教授共同担任通讯作者所撰写的文章《亚洲风尘系统地球化学示踪研究》不仅指出了风尘沉积物和潜在物源之间的物质关联性，而且突破性地区分了亚洲现代风尘的自然背景与人为因素，提出了亚洲风尘演化与青藏高原抬升的物质联系。该文章近日发表在《中国科学：地球科学》2011年第41卷第9期上。

研究者从基本的地球化学原理出发，总结现有亚洲风尘物源示踪的各种地球化学方法，并论述其可靠性，重点

介绍矿物含量、元素地球化学和 Nd-Sr 同位素几种相对可靠的方法以及放射性成因同位素体系、单矿物地球化学所取得的成果，并对一些关键问题提出新的看法和研究设想。

在运用地球化学方法研究亚洲风尘过程中，Nd-Sr 同位素示踪体系研究最为深入，并取得了大量成功的应用。物源示踪还发现黄土高原黄土最终来自青藏高原北缘和中亚造山带物质，进一步确认了造高山过程制造粉沙物质的重要性。根据亚洲风尘物源示踪的最新进展，文章针对现代风尘来源的自然背景与人为因素、亚洲风尘源区物质演化及其与气候变化和青藏高原抬升的关系、以及青藏高原在亚洲风尘系统中的重要地位等问题展开讨论。

研究者表示，该项研究并没有终结，接下来更加全面的研究必须同时调查风尘沉积物、现代风尘与所有潜在源区的物质特征，仔细考察并分辨所用地球化学指标背后的地质意义和多解性，谨慎度量风力分选、沉积成壤作用以及样品前处理所带来的不确定因素。从研究趋势看，样品前处理逐步从全岩全粒级转变为特定组分(如稳定的硅酸盐组分)和特定粒级，发展到单矿物的地球化学阶段。

该项研究得到了国家自然科学基金(41021002)的资助。

(本刊讯)