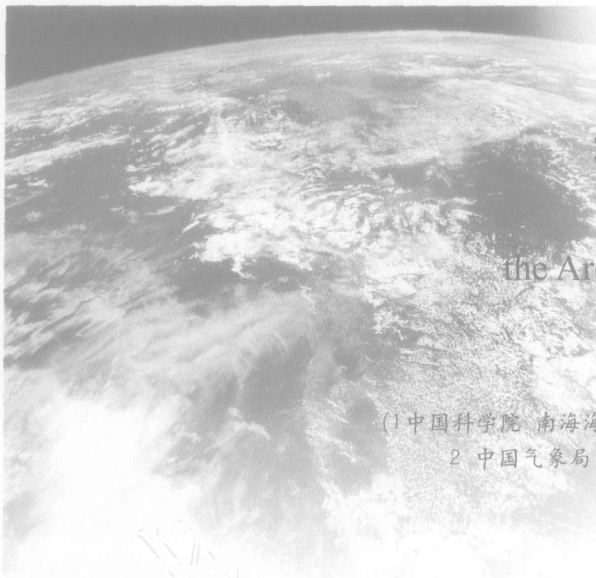


文章编号: 1673-1719 (2006) 02-0082-03



## 北极涛动与北大西洋涛动的差异

Notes of Difference between  
the Arctic Oscillation and North Atlantic Oscillation杨小怡<sup>1</sup>, 王东晓<sup>1,2</sup>

(1) 中国科学院南海海洋研究所 热带海洋环境动力学重点实验室, 广东 广州 510301;  
(2) 中国气象局 广州热带海洋气象研究所 热带季风实验室, 广东 广州 510080)

**摘要:** 根据北极涛动和北大西洋涛动指数的时间序列, 选取两者差异较大的 13 个年份进行合成分析。结果表明: 除北太平洋地区外, 北极涛动与北大西洋涛动差异最显著的区域是西欧—地中海区域和亚洲东北部地区。北极涛动高指数阶段, 对流层中层为纬向二波的驻波型, 分别对应于极地—欧亚遥相关型和太平洋—北美遥相关型。同时, 纬向平均纬向风偶极型使西风急流向极地偏移, 与增强的中纬度经圈环流相互作用, 引导对流层上层异常信号向下传播, 形成高低空耦合机制。进一步分析发现, 这种中纬度经圈环流异常和高低空耦合形势的差异主要表现在欧亚大陆地区; 在北大西洋区域差异并不显著。

**关键词:** 北极涛动; 北大西洋涛动; 大气环流; 遥相关

**中图分类号:** P434 **文献标识码:** A

## 引言

北极涛动 (AO)<sup>[1]</sup> 和北大西洋涛动 (NAO)<sup>[2]</sup> 是近年来受到广泛关注的北半球热带外地区大气环流低频变化模态, 长期以来, 它们被认为是影响北半球中高纬度气候变化的重要因子<sup>[3-7]</sup>。由于 AO 和 NAO 在时间和空间特征上都表现出很强的相似性, 以往一些研究将两者视为同一事物中不同空间尺度的两个现象<sup>[8-9]</sup>。但 Christiansen<sup>[10]</sup> 通过非线性分析讨论了 AO 和平流层变化之间的联系, 将它与对流层的 NAO 区分开来。Kodera *et al.*<sup>[11]</sup> 从物理机制上解释了两者的区别, 认为 AO 是由对流层和平流层低

层的行星波引起极区垂直运动变化而产生的。本文利用 NCEP/NCAR 再分析月平均资料进行合成分析, 研究了 AO 和 NAO 在北半球冬季大气环流中的差异, 并探讨导致这种差异的可能原因。

## 1 资料

大气环流资料 (包括海平面气压、位势高度和风场) 来自 NCEP/NCAR 再分析月平均资料, 空间分辨率为  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ , 时间跨度 1950—2000 年。AO 和 NAO 指数均取自美国气候预测中心 (CPC) 发布的月指数 (AO 和 NAO 在冬季最强, 文中取 12 月至次

收稿日期: 2005-11-07; 修订日期: 2005-12-07

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“热带太平洋年际与年代际环流变异规律”(40136010) 资助  
作者简介: 杨小怡 (1975-), 女, 博士研究生, 主要从事海气相互作用研究。E-mail: yxy@scsio.ac.cn

年 3 月的平均值作为冬季平均来考察其年际变化)。

岛和中东地区为冷异常。

## 2 结果

尽管 AO 和 NAO 标准化时间序列 (图 1) 在年际尺度上有较为一致的变化 (同期相关系数达到 0.74), 但是在某些年份上它们的差异仍然存在, 甚至出现反位相变化。为考察 AO 与 NAO 之间的差异, 将两个指数的标准化时间序列相减, 以正负一个标准差  $\sigma$  为标准选取了 13 个季节 (冬季) 平均样本, 对大气环流的各个要素场进行合成分析, 由此得到合成差值场 (AO 高指数减去 NAO 高指数) 可以较好地反映出 AO 与 NAO 在大气环流中的差别。

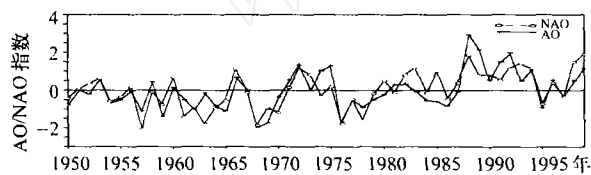


图 1 标准化 AO 和 NAO 指数年际变化

Fig. 1 Normalized winter AO (Dec-Mar) and NAO indices (Data are provided by CPC, NOAA, USA)

由海平面气压场合成差值图 (图 2a) 可见, 在 西欧—地中海区域存在一个较明显的正极值中心, 它与极地负中心构成类似于 Kodera *et al.*<sup>[12]</sup> 所描述的 极地—地中海遥相关型 (PM 型), 因而可作为区分 AO 和 NAO 的一个重要标志; 这个地中海中心在对流层中层也有很强的信号 (图 2b)。而这两个模态在北大西洋区域海平面气压场上的差异在 99% 显著性水平上不显著。AO 与 NAO 的差异在 500 hPa 位势高度场上 (图 2b) 表现为纬向二波型, 地中海中心和亚洲东北部的正中心以及极地负中心构成极 地—欧亚型遥相关 (Polar-EA 型), 而中纬度的另两个中心 (太平洋中心和北美中心) 形成类似太平洋—北 美型 (PNA 型) 的遥相关。这种纬向波动型式所引 导的涡动动量输送和温度平流直接决定了对流层中 下层和地面各种气候因子的变化。例如, 在 850 hPa 温度距平场上 (图略), AO 与 NAO 的差异表现为 AO 高指数对应于亚洲东部、北部、西欧和北欧以及美 国东部地区为暖异常, 而加拿大东部沿岸、格陵兰

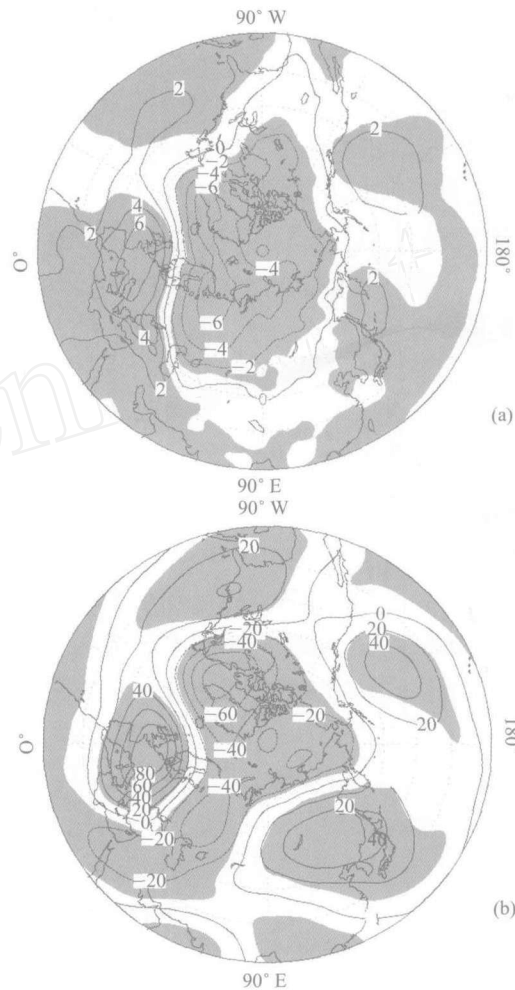


图 2 海平面气压距平场(a)和 500 hPa 位势高度场(b)的合成差值图 (AO 高指数与 NAO 高指数的差)(阴影部分表示通过 99% 的显著性水平  $t$  检验的区域)

Fig. 2 Composite difference between positive AO and positive NAO of SLP (a) and 500 hPa geopotential height (b) (the shaded areas show significance level above 99%)

AO 是一个具有相当正压结构的半球环形模态, 而 NAO 定义为北大西洋区域性的南北振荡模态。从以上分析可以证实, 两个模态在北大西洋地区差异不大, 表现出较为一致的变化形势。它们的差异主要集中在北半球大陆地区, 尤其是欧亚大陆的中高纬地区和北极地区。造成这种差异的主要原因除了不同的空间尺度外, 两者产生和维持机制的差异也不容忽视。研究表明<sup>[11]</sup>, AO 主要是由对流层和平流层低层的波动在北极地区激发的垂直运动驱动而产生的, 而 AO 与中纬度经圈环流的密切关系也逐渐

为人们所认识。由此,我们认为值得进一步探讨AO与NAO表现在纬向平均的纬向风和平均经圈环流上的差异。

在全球纬向平均的纬度—高度剖面(图略)上,AO与NAO的差异表现为AO高指数对应于40°N以北的中纬度带西风增强,副热带西风减弱,因而气候态西风急流向北推移。同时中纬度平均经圈环流增强,与之相联系的近地面南风异常在柯氏力的作用下产生异常西风,相应地,对流层高层北风异常则产生东风异常,从而使对流层高层的纬向风异常信号得以向下传播。另一方面,此异常经圈环流引导涡动动量输送在副极地地区向上和向极的传播,使对流层异常信号影响到平流层北极地区,调制平流层极涡的强度变化。因此,AO的产生和维持可能依赖于纬向平均流与行星Rossby波相互作用导致的高低空耦合机制,这也能解释AO模态的相当正压结构及其与平流层极涡的紧密联系。此外,这种耦合机制主要存在于北半球大陆地区(尤其是欧亚大陆),在北大西洋区域AO高指数并不能对应于显著和完整的中纬度经圈环流,也就不能产生高低空的耦合。这是AO与NAO在北大西洋地区差异不显著的可能原因之一,而AO与NAO对北半球地面气温的不同影响也是一种佐证<sup>[13]</sup>。

### 3 讨论

本文利用合成分析方法讨论了AO与NAO在大气环流中表现的差异。可以看到,除北太平洋区域外,两者之间差异主要位于西欧—地中海区域和亚洲东北部,这种差异是由两者不同的空间尺度决定的。但AO与NAO的差异并不仅限于空间结构上,AO与平流层极涡及平均经圈环流的密切联系,以及与之相应的波流相互作用和高低空的耦合都是区分AO与NAO的重要特征。当然,AO与NAO究竟是否为同一模态一直存在争议,很多研究认为NAO是AO的一种区域表现形式<sup>[8]</sup>。从本文的分析也可看出两者的相似性很强,尤其是在北大西洋区域,两种模态无法被明显地区分开来。因此,要回答上述问题还需要进一步对两者物理机制进行细致的研究。■

### 参考文献

- [1] Thompson D W J, Wallace J M. The Arctic Oscillation signature in the winter geopotential height and temperature fields [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 1998, 25: 1297-1300.
- [2] Wallace J M, Gutzler D S. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter [J]. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, 109: 784-812.
- [3] Hurrell J W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation region temperatures and precipitation [J]. *Science*, 1995, 269: 676-679.
- [4] Yu R, Zhou T. Impacts of winter-NAO on March cooling trends over subtropical Eurasia continent in the recent half century [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2004, 31: L12204, doi:10.1029/2004GL019814.
- [5] Thompson D W J, Wallace J M, Gabriele C. Annular modes in the extratropical circulation, Part II: Trends [J]. *J. Climate*, 2000, 13(5): 1018-1036.
- [6] 龚道溢,朱锦红,王绍武. 长江流域夏季降水与前期北极涛动的显著相关 [J]. *科学通报*, 2002, 47 (7): 546-549.
- [7] Thompson D W J, Wallace J M. Regional climate impacts of the Northern Hemisphere annular mode [J]. *Science*, 2001, 293: 85-89.
- [8] Wallace J M. North Atlantic Oscillation/Annular mode: Two paradigmatic phenomena [J]. *Q. J. Roy. Met. Soc.*, 2000, 126: 791-805.
- [9] Itoh H. True versus apparent Arctic Oscillation [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2002, 29 (8): 1268, doi: 10.1029/2001GL013978.
- [10] Christiansen B. On the nature of the Arctic Oscillation [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2002, 29 (16), doi: 10.1029/2001GL014130.
- [11] Kodera K, Kuroda Y. Regional and Hemispheric circulation patterns in the Northern Hemisphere winter, or the NAO and the AO [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2003, 30(18): doi: 10.1029/2003GL017290.
- [12] Kodera K, Kuroda Y. Two teleconnection patterns involved in the North Atlantic/Arctic Oscillation [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2004, 31: L20201, doi:10.1029/2004GL020933.
- [13] Wang D, Wang C, Yang X, *et al.* Winter Northern Hemisphere surface air temperature variability associated with the Arctic Oscillation and North Atlantic Oscillation [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2005, 32: L16706, doi:10.1029/2005GL022952.