

# 南半球中高纬大气环流年代际变率的研究\*

龚道溢

王绍武

(北京师范大学资源所环境演变与  
自然灾害教育部重点实验室,北京,100875)

(北京大学地球物理系,北京,100871)

## 摘 要

利用近百年全球海平面气压图和再分析海平面气压等资料,建立了自 1871 年以来 1,4,7 和 10 月份的南极涛动指数(AOI)序列。近百年来 1 月 AOI 有明显增强的趋势,7 月 AOI 则有明显减弱的趋势。最近 40 多年来,1,4 和 10 月 AOI 都有较强的上升趋势。4 个月份的 AOI 都有 20~30 a 左右的准周期波动,表现出显著的年代际尺度的变化。用 1,4,7 和 10 月的平均可以近似反映年平均南极涛动指数的变化。在年代际尺度上,年平均指数在 1894~1901 年、1910~1935 年左右是强的负指数时期。1880~1893 年、1936~1945 年左右是较强的正指数时期,1980 年代以来,强的正指数已经持续了近 20 a,且 1990 年代以来还有加强的趋势。模拟结果的功率谱显示气候系统内部产生的低频变化主要体现在年际尺度变率上,年代际尺度变率的谱值则远远低于观测结果,但不排除在个别情况下,通过 Hasselmann 机制产生 AOI 年代际变率的可能性。

**关键词:** 南半球中高纬,大气环流,年代际变率。

## 1 引 言

南半球中高纬地区在全球气候系统中有特殊的地位,这一地区大气环流、温度、海冰等气候系统诸要素普遍存在 2 a 左右、4~5 a 及 8~10 a 年际变率的事实已为许多研究所揭示<sup>[1,2]</sup>。除此之外,有证据表明南半球中高纬地区气候还存在更长时间尺度的年代际变化<sup>[3~5]</sup>,因此对这个地区大气环流年代际变率的研究逐渐引起大家的关注,1997 年在南非召开了“第 5 届南半球气象学和海洋学国际会议”,H. van Loon 教授所做的大会第一主题报告就是“南半球环流的年代际变化”<sup>[6]</sup>。不过由于缺乏长时间系统观测资料,给这个问题的研究带来很大困难。

本文将利用整编的近百年全球海平面气压图、综合海洋-大气资料集(COADS)和再分析(NCAR NCEP)海平面气压等资料,选择表征南半球中高纬大气环流的特征指标,建立近百年来 1,4,7 和 10 月份的环流指标变化序列,在此基础上对其年代际变率进行分析,并与大气环流数值模拟结果进行比较研究。

## 2 大气环流指标

最近几十年,人们定义和使用的南半球中高纬地区大气环流指标主要可以分为 3 类

\* 初稿时间:1998 年 4 月 28 日;修改稿时间:1998 年 8 月 12 日。  
资助课题:国家重点基础研究发展规划首批项目(G1998040900)及国家自然科学基金重点项目“二十世纪中国与全球气候变率研究”(49635190)。

(图 1):1 类表征的是大气活动中心的强度或位置,主要是南大西洋副热带高压<sup>[7]</sup>和南太平洋副热带高压<sup>[8,9]</sup>,2 类表征的是近地面经向风或纬向风,如中纬度西风<sup>[10,11]</sup>、区域性的经向风和纬向风<sup>[12,13]</sup>,3 类是遥相关<sup>[9,14,15]</sup>。在这些环流指标中,大部分都是区域性的,反映的尺度较小,且主要集中在新西兰、澳大利亚东南部及南极半岛和南美南端。大尺度环流指标中研究得比较多的是“贯极指数”(即 Trans-Polar Index, 缩写 TPI)<sup>[9,16,18]</sup>,最早 Pittock(1980)发现南大西洋的 Stanley(52°S,58°W)气压与澳大利亚塔斯马尼亚岛的 Hobart(42.88°S,147.33°E)气压存在反向变化的趋势,因此用 Hobart 与 Stanley 海平面气压距平的差来定义 TPI。Carleton<sup>[16]</sup>将 TPI 指数从 1961 年延长到了 1982 年,Villalba 等<sup>[18]</sup>则利用树木年轮资料重建了从公元 1746 年以来的夏季 TPI,Karoly 等<sup>[19]</sup>用多个测站气压 EOF 分析的第 2 时间系数代表 TPI,并讨论过其年代际变化。

最近的研究表明南半球中高纬地区大尺度大气环流变化最突出的特征是南极涛动,即 40~50°S 纬度地带大部分区域与南极大陆及附近纬度气压的变化呈一种“翘翘板”形式的驻波性质关系,波节在 55°S 附近,计算纬圈平均海平面气压之间的相关,以 40°S 和 65°S 间负相关最显著,而且不管是对观测的,还是模拟的南半球及全球海平面气压场,进行经验正交函数分析南极涛动都是最显著的,解释的方差也最大<sup>[20]</sup>;因此,文献[15]用 40°S 和 65°S 纬圈平均海平面气压的差来定义南极涛动指数(即 Antarctic Oscillation Index, 缩写 AOI),对 60~90°S 的高纬地区,南极涛动指数平均可以解释海平面气压总方差的 37.6%,而且南极涛动指数对南半球中、高纬地区气温和降水的变化有重要的影

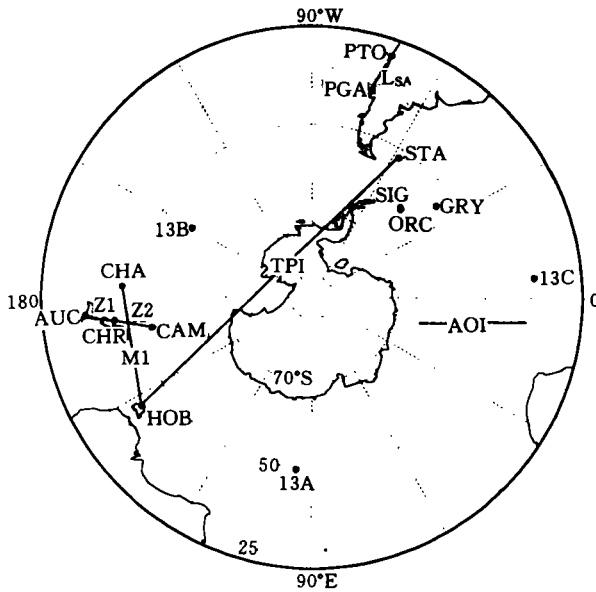


图 1 南半球中高纬大气环流指标示意图

缩写说明:PTO:Punta Tortuga, PGA:Punta Galera, HOB:Hobart, STA:Stanley, CHA:Chatham Island, AUC:Auckland, CHR:Christchurch, CAM:Campbell Island, ORC:Orcadas, SIG: Signy Island, GRY: Grytviken, TPI: Trans-Polar Index<sup>[9]</sup>, AOI:南极涛动指数,13A,13B,13C 为文献[14]中定义遥相关指标的三个点, Z1,Z2:区域纬向环流指标<sup>[9]</sup>,M1:区域经向环流指标<sup>[9]</sup>,LSA:副高纬度位置

响<sup>[15]</sup>。因此,南极涛动指数能很好地刻划南半球中高纬近地面大气环流的特征。

比较“贯极指数”和“南极涛动指数”的定义可以发现,从纬度位置上看,Hobart 接近 40°S,而 Stanley 则介于 40°S 和 65°S 之间,所以 Hobart 和 Stanley 间海平面气压变化的显著负相关关系并不稳定,如 1931~1960 年间相关系数为-0.68,但 1951~1982 年期间则仅为-0.12(Carleton, 1989)<sup>[16]</sup>,但是如果不用 Stanley 而用比它位置更偏南的 Orcadas(60.7°S,44.7°W)等站与 Hobart 或新西兰的站点,则随时间变化仍然保持稳定的显著负相关,Orcadas 及附近 3 个站平均气压与新西兰 5 个站平均气压夏季相关系数 1903~1945 年和 1946~1990 年期间分别达-0.53 和-0.52(Villalba 等,1997)<sup>[18]</sup>。这也从另一方面说明用 40°S 和 65°S 平均海平面气压差定义的南极涛动指数对南半球中高纬大尺度大气环流有更好的代表性,也有更高的稳定性。

因此,本文下面的工作中,全部使用南极涛动指数作为反映南半球中高纬大气环流特征的指标。

### 3 近百年南极涛动指数序列的建立

#### 3.1 资料

使用的主要海平面气压资料是开始于 1871 年 1 月的全球海平面气压图<sup>[10]</sup>(范围从 50°S~70°N,10°×10°格点),由于早期观测资料比较少,在这套资料的整编和图集的绘制过程中使用了多种原始资料(见表 1,具体方法和讨论见文献[10])。1,4,7 和 10 月共 4 个月份,时间从 1871 年到 1980 年。王绍武<sup>[10,11]</sup>、Chang 与 Yasunari<sup>[21]</sup>、Enomoto<sup>[3]</sup>等都曾分析和使用此资料来研究过南、北半球气压的变化。

表 1 海平面气压图使用的原始资料来源

1	Serra, A., Atlas de Meteorologia, 1873~1909 (1946), 1910~1934(1948)
2	世界天气记录,第一版(1944)
3	世界天气记录,1931~1940 (1947)
4	世界天气记录,1941~1950 (1959)
5	每月天气评论,79~88 (1951~1960)
6	Notos, 1~7 (1952~1958)
7	Ежедневный бюллетень погоды, ЦНИП(1951~1956)
8	亚欧历史天气图,中央气象局
9	每月世界气候数据,9~33(1956~1980)
10	Метеорологический бюллетень, ЦНИП(1958)
11	Die Grosswetterlagen Mitteleuropas, Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes, 11~13 Jahrgang (1958~1960)

除上述历史海平面气压图资料外,相关的气压资料还包括再分析(NCEP/NCAR CDAS-1)全球月平均海平面气压资料,取其中 5°纬度×10°经度格点,时间从 1958 年 1 月到 1997 年 12 月;以及 COADS (Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set)全球月平均海平面气压资料,2°×2°格点,1854 年 1 月到 1992 年 12 月。

海平面气压图和 COADS 气压都有一百多年,但前者只有 50°S 以北的资料;后者则有许多资料缺失,时间越往前缺失越严重,而且缺失的空间分布也非常不均匀,在南半球

中高纬地区,有资料的点很少。

### 3.2 方法

由于南半球高纬资料的贫乏,考虑到 40°S 与 65°S 纬圈平均海平面气压的负相关非常显著而且稳定,因此如果用 40°S 气压单独来代表 AOI 是可以接受的。从 1958 年到 1997 年再分析资料分析看,各月 40°S 与 65°S 纬圈平均气压相关平均是 -0.57,将各月做为一个连续序列(480 月),则相关系数达 -0.59,都超过 95% 信度水平要求。因此,用 40°S 纬圈平均来代表南极涛动指数,可以解释南极涛动很大一部分的方差。

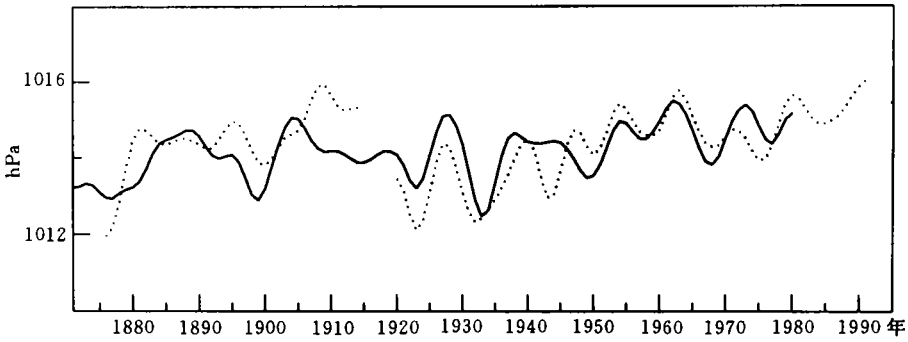


图 2 两种资料计算的 1 月 40°S 纬圈平均 SLP 低通滤波  
(实线为历史海平面气压图资料计算值,虚线为 COADS 资料计算值)

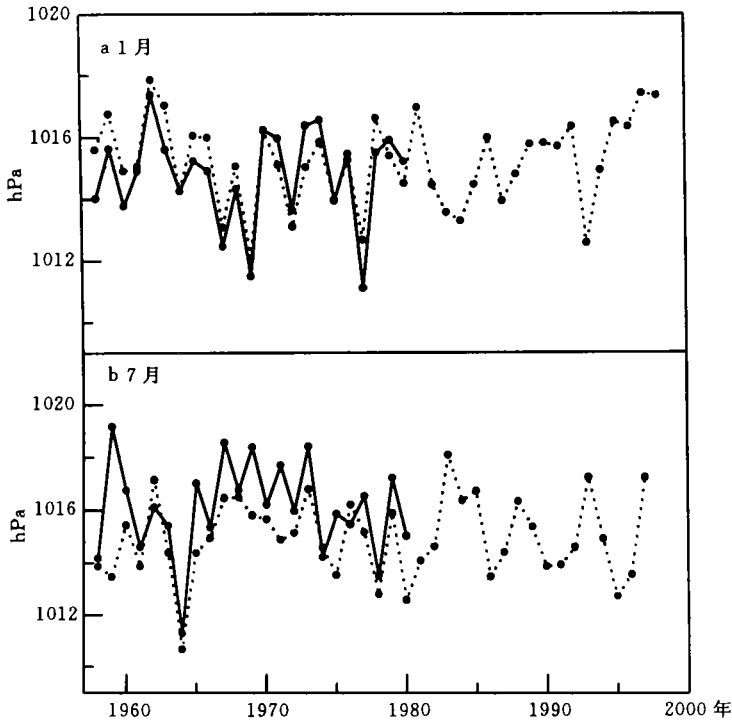


图 3 1958 年以来两种资料计算的 40°S 纬圈平均海平面气压  
(a. 1 月; b. 7 月。实线为历史海平面气压图资料计算值,虚线为再分析资料计算值)

COADS 资料也有南半球中、高纬资料,可以用来对历史海平面气压图资料的代表性进行一些比较和检查。如 1 月份,COADS 资料从 1910 年代以来,39~41°S 区域上,虽然仍有许多缺失资料,但整个纬圈上至少还有几个格点有资料,所以能用 39~41°S 内纬圈平均气压代表 40°S,勉强凑成一个连续的序列。由于缺失格点较多,而且缺失资料的格点位置也不固定,所以由此计算的 40°S 纬圈平均气压与历史海平面气压资料计算结果在具体的某一年上有一定的出入,但是,两者的长期变化趋势是相同的;图 2 中光滑的虚线是 COADS 资料做高斯 9 点滤波处理去掉高频年际变化后的结果,光滑实线是历史海平面气压图资料的滤波结果,两者在 1920~1992 年 73 a 间相关系数达到 0.77,除了 1940 年代中期二次世界大战期间资料很少,造成这段时间两者稍有不同外,在低频变化上两者是非常一致的。4,7 和 10 月两种资料的低频变化趋势和过程也大致相似。因此,这也从另一方面说明了历史海平面气压图资料有较高的代表性,用它来研究南极涛动的年代际变化和长期趋势是可靠的。

### 3.3 结果

1871 年到 1980 年 1,4,7 和 10 月的 AOI 由历史海平面气压图资料来计算,1981 年以后则采用再分析气压资料。图 3 显示这两种资料在 1958 年到 1980 年相同时段 40°S 平均海平面气压变化有较好的一致性,1,4,7 和 10 月两种资料间相关分别为 0.84,0.81,0.65 和 0.70。因此,建立 AOI 连续序列的具体做法是根据 1958 年到 1980 年相同时段确定这两种资料间的转换关系及其显著性(表 2),再将 1981 年以后的再分析资料计算的 AOI 进行订正,然后与历史海平面气压资料计算的 AOI 合并为一个连续序列。图 4 是标准化处理后的 1,4,7 和 10 月 AOI 指数序列。

表 2 两种海平面气压间的回归参数  
( $y=ax+b$ ,  $y$  为历史海平面气压,  $x$  为再分析海平面气压)

月份	$a$	$b$	回归平方和	残差平方和	$F$
1	0.9193	81.5970	38.4282	15.4803	52.13*
4	0.7800	223.7383	19.7242	10.1691	40.73*
7	0.7725	232.1515	31.0497	42.7453	15.25*
10	0.6470	359.0452	8.2236	8.6704	19.92*

\* 表示回归方程达 95% 信度显著水平

## 4 AOI 年代际变率的分析

### 4.1 趋势分析

从长期趋势看,近百年来 1 月 AOI 有明显增强的趋势,40°S 纬圈平均海平面气压加强的幅度为 1.17 hPa/100 a,7 月 AOI 则有明显减弱的趋势,气压变化率为 -1.49 hPa/100 a,4 月和 10 月的长期变化趋势不明显。1 月和 7 月的长期变化在 COADS 中也有表现,由 COADS 资料计算的纬圈平均气压同样在 1 月有上升、7 月有下降趋势。Villalba 等利用树木年轮资料重建了夏季新西兰海平面气压序列,虽然区域的气压可能受一些小尺度因素的影响,但长期变化则反映了大的背景,在最近一百多年间这个序列也有明显的上升趋势<sup>[18]</sup>。而且,这些不同资料反映出的长期趋势变化幅度,在数量上也是比较接近的。因此,近百年来南极涛动的长期趋势,突出表现为 1 月增强和 7 月的减弱。

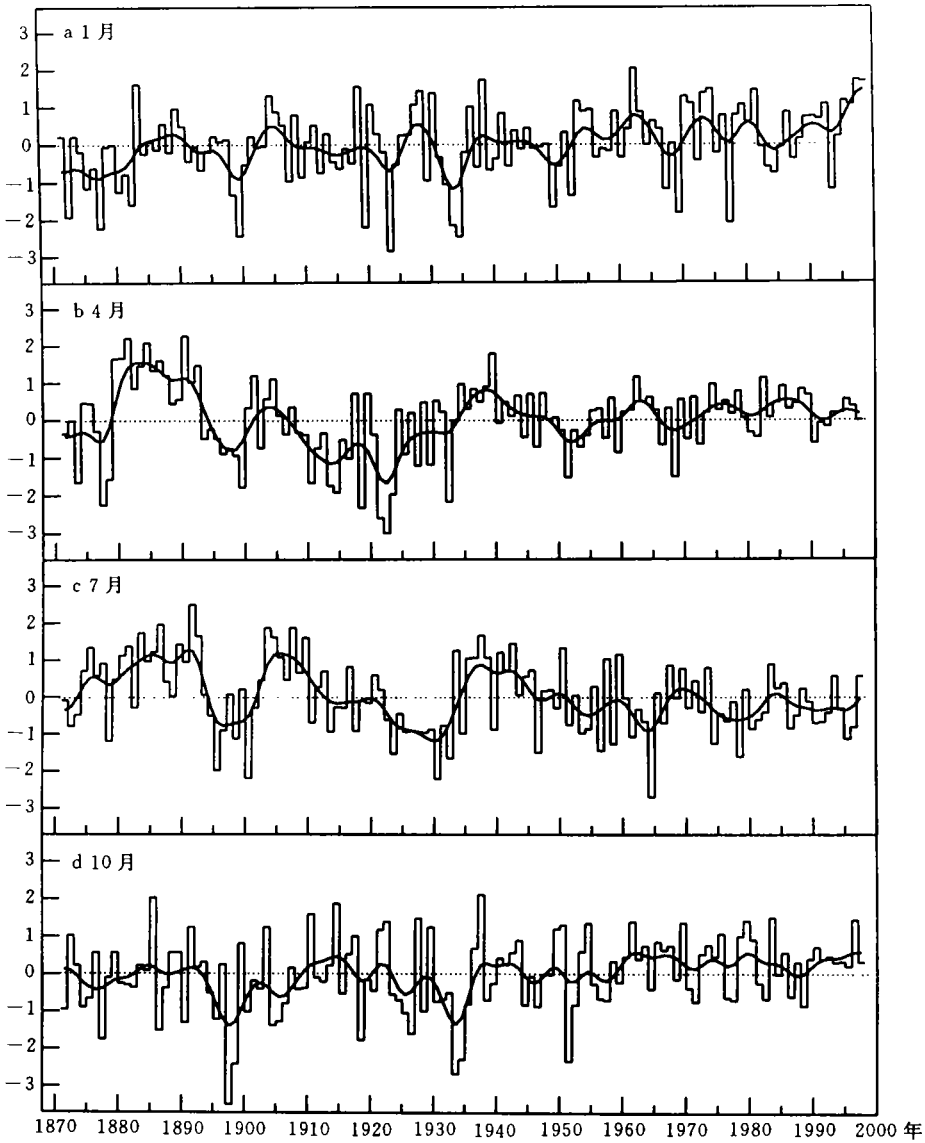


图4 1871年以来的AOI序列

(a.1月;b.4月;c.7月;d.10月。光滑实线为9点高斯滤波低频曲线)

为检查AOI长期趋势变化的更细微的特征,分别对4个月的AOI序列进行距平累加,作出累积距平图(图5)。1月AOI的趋势变化在1950年代初有一个转折,从1871年到1940年代末,AOI逐渐减弱,从1950年代以来则逐渐增强。4月则有两次转折,1890年代初以前和1930年代初以后都有增强的趋势,从1890年代初到1930年代初则是减弱的趋势。7月最大的转折发生在1910年左右,之前总的趋势是增强,之后总的趋势是减弱的。10月份AOI在1930年代初之前也是减弱的,而之后则是增强的。总的来看,最近40多年来,1,4和10月AOI都有较强的上升趋势。

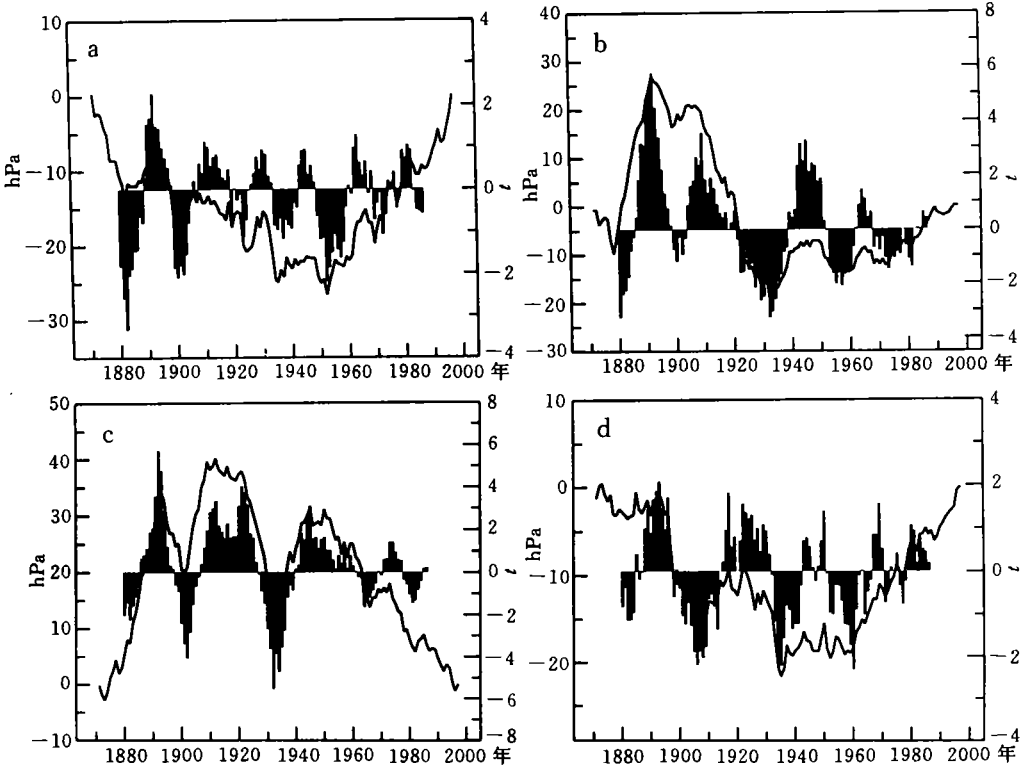


图 5 AOI 序列的滑动 t 检验及累积距平值

(a. 1 月; b. 4 月; c. 7 月; d. 10 月。实线: 累积距平, 柱状阴影:

滑动 t 检验值, 左侧纵坐标: 累积距平 (hPa); 右侧纵坐标: t 值)

图 5 中还同时给出了滑动 t 检验的结果。任意给定一年, 取其前和后相邻的连续 10 a 的 AOI 值进行 t 检验, 很显然, 相邻 10 a 间的指数值随时间有明显的变化, 表现出年代间的差别。如果仅仅从相邻的 10 a 平均状况来看, 那么 1 月份达 t 检验 95% 信度的显著年代际变化大约有 4 次, 分别发生在 1882, 1892, 1900 及 1952 年前后; 4 月则分别发生在 1880, 1892, 1909, 1932, 1945 及 1957 年前后; 7 月发生在 1882, 1892, 1902, 1922, 1932 及 1945 年前后; 10 月发生在 1893, 1906, 1934 及 1960 年前后。其中, 1892~1893 年左右的年代际变化 4 个月份都存在, 其次, 1880~1882 前后及 1932~1934 左右的显著年代际变化在 3 个月份都存在, 而 2 个月份同时存在的有 1900~1902, 1945 年左右的 变化。

### 4.2 小波分析

当然, 长尺度准周期的波动也可以表现出年代际的变化, 而且还可能在某些时段某种准周期的波动占优势, 而在另外一些时段则是其它准周期的波动占优势。小波分析可以较好地揭示信号中各种频率的时间结构。这里采用 Morlet 小波对南极涛动指数进行小波分析<sup>[22]</sup>。

小波分析的结果显示, 南极涛动除有明显的年际尺度的变化外, 还有更长尺度的年代际尺度的波动, 普通的功率谱分析只能检测出 7 月份 AOI 的约 30 a 的周期, 而对 1, 4 和 10

月份的 AOI 序列都仅仅是检测出准两年振荡,以及 1 月份的 8.2 a 左右的年际准周期。图 6、7 是小波变换的实部系数,从图 6 中可以发现,1 月 AOI 序列除有 8~10 a 左右的波动外,20~30 a 左右的周期也是很突出的。7 月份还有 16 a 左右、64 a 左右这些在功率谱分析中没有揭示出的准周期。1,4,7 和 10 月份都表现出有共同的 20~30 a 左右的准周期。

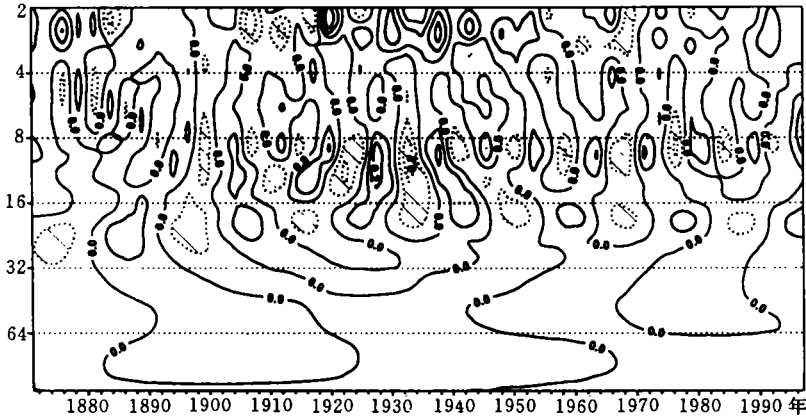


图 6 1 月 AOI 小波分析  
(Morlet 小波变换的实部系数, 纵坐标代表周期, 单位: a)

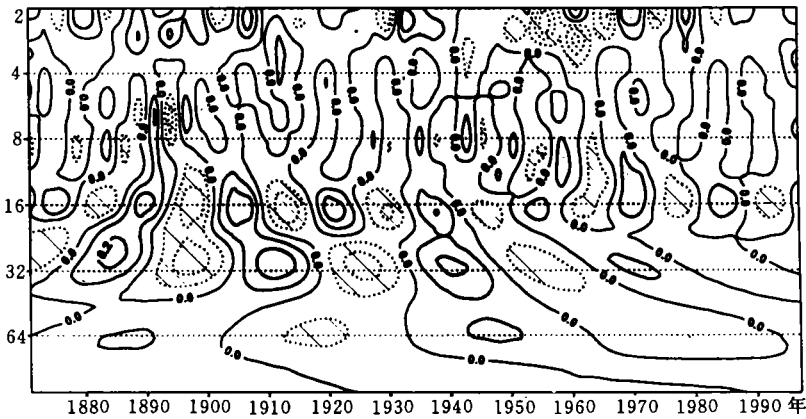


图 7 7 月 AOI 小波分析  
(Morlet 小波变换的实部系数, 纵坐标代表周期, 单位: a)

Hurrell 和 van Loon<sup>[23]</sup>指出,1980~1989 年平均与 1972~1979 年平均相比,11 和 12 月份绕南极低压槽加深,同时 40~50°S 地区海平面气压则偏高 2~4 hPa 左右。van Loon 等<sup>[4]</sup>也指出 1980 年代以来,低压槽加强且其位置偏北,同时,新西兰、南美南部等地区的海平面气压增强。用再分析资料计算 40°S 与 65°S 海平面气压距平的差值,结果表明,不管是季还是年平均的气压差,1980 年代平均都要比 1970 年代高,1,4,7 和 10 月分别高出 1.8,1.3,4.2 和 0.4,春夏秋冬分别高出 1.1,2.7,1.3 和 2.4 hPa,也与上述工作的结论一致。不过,因为重建的近百年序列只考虑 40°S 平均海平面气压,而不同季节 40°S 和 65°S 气压的变化差别很大,如冬季 65°S 平均气压的年代际变化就比 40°S 更为明显,7 月份 65°



S 平均海平面气压 1980 年代平均比 1970 年代偏低达 4.1 hPa,而同期 40°S 气压则仅仅偏高 0.1 hPa,所以造成重建的 AOI 序列在最近几十年中的年代际变化的信号有所削弱。

因为缺少其它月份的资料,那么能否由 1,4,7 和 10 这 4 个月来对年平均的南极涛动指数作个初步的了解呢?根据 1958 年到 1997 年 40 a 再分析气压资料分析发现,用这 4 个月指数的平均,与年平均南极涛动指数求相关,相关系数达 0.85,即这 4 个月可以解释年平均南极涛动指数方差的 72.3%。如果只考虑 40°S 纬圈平均海平面气压,这 4 个月的平均与年平均的相关系数也达 0.67。所以,只用这 4 个月的平均,也能对年平均的状况有较好的反映。因此,将建立的 1,4,7 和 10 月的指数求平均,来反映近百年来年平均南极涛动指数的变化。在年代际尺度上,1871 年以来,有 3 个比较突出的高指数时期和 2 个低指数时期。1894~1901 年、1910~1935 年左右是强的负指数时期。1880~1893 年、1936~1945 年左右是强度较大的正指数时期,而从 1959 年以来的近 40 a 则是一个以正值为主的时期,尤其是 1980 年代以来,低通滤波后反映出正指数已经连续持续了接近 20 a,且 1990 a 代以来还有加强的趋势。

## 5 AOI 自然变率的模拟

一些研究将南半球对流层大气环流的变化主要归因于两个外部因素,一个是海水表面温度,尤其是热带地区海温的变化,另一个是南极臭氧消耗造成的平流层大气环流的异常向对流层的传播<sup>[23,24]</sup>。而 Connolley<sup>[25]</sup>通过对比模式模拟结果与观测的 40°S 以南地区 SLP 变率,发现南半球中高纬大气环流的年际变率与海温和海冰的强迫关系不大。那么,气候系统内部能否产生 AOI 的年际、甚至年代际变率呢?

分析资料为英国哈得莱中心大气环流模式 240 a 控制积分的月平均海平面气压(取自 HCCI 数据集,即 Hadley Centre Control Integration),原始资料空间分辨率为 2.5°纬度×3.75°经度,为便于分析,只抽取其中 5°纬度×7.5°经度格点。

对模拟的全球、南半球 SLP 进行 EOF 分析,结果表明南极涛动仍然是最突出的模态,如对全球 SLP,第一特征向量就是南极涛动,解释总方差达 21.8%。参考文献[15]方法,对模拟结果也定义南极涛动指数,取模式最后 120 a 结果,计算出 120 a 各月的 AOI 序列,进行功率谱分析,结果见图 8,图中同时还给出了重建序列相应各月的功率谱值。

对比观测与模拟 AOI 功率谱值的分布,一个很显著的特点是模式模拟的年际尺度的谱值整体上要强于观测值,其中模拟的显著年际频率主要是 QBO 和 5 a 左右的准周期,这些准周期也与观测结果相吻合;而在年代际尺度上,观测结果的谱值显著高于模拟的谱值,而且模拟的峰值大都远远达不到信度水平。理论研究表明 Hasselmann 机制对产生气候系统的低频变率有重要的作用<sup>[26]</sup>,一些模式模拟的结果也说明 Hasselmann 机制对于气候系统低频的加强作用比 Lorenz<sup>[27]</sup>机制更为显著一些<sup>[28]</sup>。模拟的 4 月份结果有约 20 a 左右的显著准周期,这说明南半球中高纬地区至少在某些月份的某些时段,气候系统内部本身可以通过 Hasselmann 机制产生显著的 AOI 年代际变率。

## 6 结 论

利用历史海平面气压图、再分析资料等的海平面气压数据,建立了 1871 年以来 1,4,

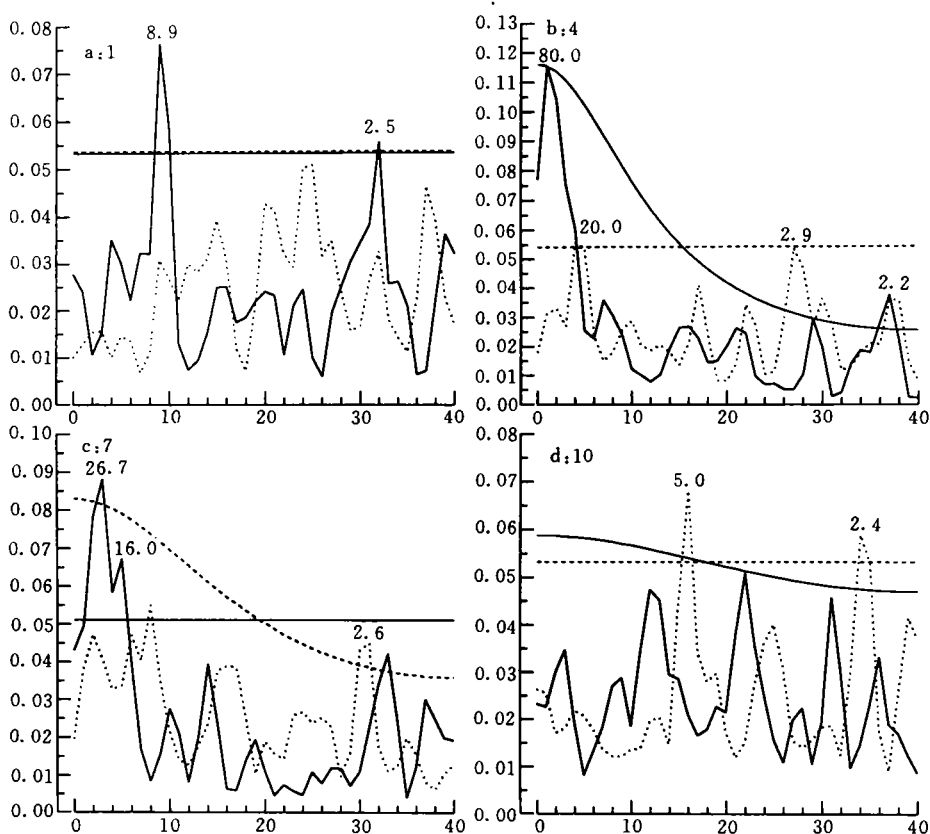


图8 观测与模拟的AOI功率谱值比较

(a. 1月; b. 4月; c. 7月; d. 10月。实线为观测值, 虚线为模拟值, 光滑实线和虚线为各自95%信度水平。横坐标单位: 波数/个, 纵坐标为功率谱值, 图中标出的数字代表超过信度的周期(a))

7和10月的南极涛动指数序列。

近百年来1月AOI有明显增强的趋势,  $40^{\circ}\text{S}$  纬圈平均海平面气压的变化率为  $+1.17 \text{ hPa}/100 \text{ a}$ , 7月AOI则有明显减弱的趋势, 气压变化率为  $-1.49 \text{ hPa}/100 \text{ a}$ , 4月和10月的长期变化趋势不明显。最近40多年来, 1, 4和10月AOI都有较强的上升趋势。小波分析表明4个月份的AOI都有20~30a左右的准周期波动, 表现出显著的年代际尺度的变化。

用1, 4, 7和10月的平均可以近似反映年平均南极涛动指数的变化。在年代际尺度上, 年平均指数在1894—1901年、1910—1935年左右是强的负指数时期。1880—1893年、1936—1945年左右较强的正指数时期, 1980年代以来, 强的正指数已经持续了近20a, 且1990a代以来还有加强的趋势。

模拟结果显示, 气候系统内部产生的低频变化突出体现在年际尺度变率上, 年代际尺度的变率远远弱于观测结果, 但不排除个别情况下, 气候系统内部通过Hasselmann机制产生AOI年代际变率的可能性。

致谢: 赵宗慈研究员为本研究提供模式模拟资料, 谨致衷心谢意。

## 参 考 文 献

- 1 Budd W F. Antarctica and global change. *Climatic Change*, 1991, 18, 271—299
- 2 White W B, Peterson R G. An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature and sea-ice extent. *Nature*, 1996, 380, 699—702
- 3 Enomoto H. Fluctuations of snow accumulation in the Antarctica and sea level pressure in the southern hemisphere in the last 100 years. *Climatic Change*, 1991, 18, 67—88
- 4 van Loon H, Kidson J W, Mullan A B. Decadal variation of the annual cycle in the Australian dataset. *J Climate*, 1993, 6, 1227—1231
- 5 Allan R J, Haylock M R. Circulation features associated with the winter rainfall decrease in south-western Australia. *J Climate*, 1993, 6, 1356—1367
- 6 van Loon H. Decadal circulation changes in the Southern Hemisphere. In Reprints of 5th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. Pretoria, South Africa Amer Meteor Soc. 1997, 398pp
- 7 Machel H, Kapala A, Flohn H. Behaviour of the centers of action above the Atlantic since 1881. Part 1: Characteristics of seasonal and interannual variability. *Int. J Climatology*, 1998, 18, 1—22
- 8 Pittock A B. Global meridional interactions in stratosphere and troposphere. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1973, 99, 424—437
- 9 Pittock A B. Patterns of climatic variations in Argentina and Chile I: Precipitation, 1931-60. *Mon Wea Rev*, 1980, 108, 1347—1361
- 10 王绍武. 近 90 年大气环流的振动(上). *气象学报*, 1964, 34, 486—506
- 11 王绍武. 近 90 年大气环流的振动(下). *气象学报*, 1965, 35, 200—213
- 12 Trenberth K E. Fluctuations and trends in indices of the southern hemispheric circulation. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1976, 103, 67—75
- 13 King J C. Recent climate variability in the vicinity of the Antarctic Peninsula. *Int. J. Climatology*, 1994, 14, 357—369
- 14 Mo K, White G H. Teleconnections in the southern hemisphere. *Mon Wea Rev*, 1985, 113, 22—37
- 15 龚道溢, 王绍武. 南极涛动. *科学通报*, 1998, 43(3): 296—301
- 16 Carleton A M. Antarctic sea-ice relationships with indices of the atmospheric circulation of the southern hemisphere. *Climate Dynamics*, 1989, 3, 207—220
- 17 Pittock A B. On the reality, stability and usefulness of southern hemisphere teleconnections. *Aust Met Mag*, 1984, 32, 75—82
- 18 Villalba R E R, Cook R D, D'Arrigo, et al. Sea-level pressure variability around Antarctic since A. D. 1750 inferred from sub antarctic tree-ring records. *Climate Dynamics*, 1997, 13, 375—390
- 19 Karoly D J, Hope P, Jones P D. Decadal variations of the southern hemisphere circulation. *Int. J. Climatology*, 1996, 16, 723—738
- 20 龚道溢. 20 世纪全球大气涛动变率的研究:[学位论文]. 北京, 北京大学地球物理系, 1997
- 21 Chang T, Yasunari T. Fluctuations of global surface pressure patterns during the past 100 years and their relation to the Asian Monsoon Part I. Northern summer (July). *J Meteor Soc. Japan*, 1982, 60, 1132—1142
- 22 Weng H-Y, Lau J-M. Wavelets, period-doubling, and time-frequency localization with application to organization of convection over the tropical western Pacific. *J Atmos Sci*, 1994, 51, 2523—2541
- 23 Hurrell J W, van Loon. A modulation of the atmospheric annual cycle in the southern hemisphere. *Tellus*, 46A, 1994, 325—338
- 24 Carleton A M. Synoptic interactions between Antarctica and lower latitudes. *Aust Meteor Mag*, 1992, 40, 129—147
- 25 Connolley W M. Variability in annual mean circulation in southern high latitudes. *Climate Dynamics*, 1997, 13,

745—756

- 26 Hasselmann K. Stochastic climate models Part I: Theory. *Tellus*, 1976, 28, 473—485
- 27 Lorenz E N. Nondeterministic theories of Climate change. *Qua t Res*, 1976, 6, 495—506
- 28 Schneider E K, Kinter J L. III. An examination of internally generated variability in long climate simulations. *Climate Dynamics*, 1994, 10, 181—204

## DECADAL VARIABILITY OF ATMOSPHERIC CIRCULATION IN THE SOUTHERN MIDDLE AND HIGH LATITUDES

Gong Daoyi

*(Institute of Resources Science,  
Beijing Normal University, Beijing, 100875)*

Wang Shaowu

*(Department of Geophysics,  
Peking University, Beijing, 100871)*

### Abstract

This paper summarizes the long-term and decadal time scale fluctuations of atmospheric circulation in the southern middle and high latitudes. The long time series of Antarctic Oscillation Indices (AOIs) were established for January, April, July and October 4 months based on the historical sea level pressure map and NCAR/NCEP reanalysis surface pressure data set. It was found that the AOI of January increased in a rate of 1.17 hPa/100 a, and July decreased in a rate of -1.49 hPa/100 a since 1871. The method of wavelet analysis was applied to detect the low frequency characteristics of AOIs, and it's clear that there are decadal variations in the time scale of about 20—30 years in all 4 months. Since the averaged value of 4 months could explain most variance of annual AOI, so it's reasonable using the mean AOI of January, April, July and October to represent the annual AOI. The values of annual AOI was much lower in periods of about 1894—1901, 1910—1935, and was much higher in periods of about 1880—1893, 1936—1945. The positive anomaly was significant since 1980 s. Power spectrum of modeled AOIs from Hadley Center Control Integration (HCCI) were compared with the observations, it's found that the inter-annual time scale frequencies were much significant than decadal frequencies. But, there also had the possibility for generating weak decadal fluctuations in some special months and years by the mechanism of Hasselmann.

**Key words:** Southern middle-high latitudes, Atmospheric circulation, Decadal variability, Antarctic Oscillation Index.