

大气对南极冰异常的遥响应及其季节内振荡*

王成刚

(空军气象研究所, 北京, 100085)

沙文钰 朱玉先

(空军气象学院, 南京, 211101)

摘 要

运用 IAPAGCM 模式证实了大气对南极冰异常的强迫遥响应是激发产生全球大气季节内振荡的重要机制, 进而着重考察了候平均偏差结果的时间序列, 并且通过带通滤波处理, 特别分析了响应场中 30~60 d 低频振荡的特征及其活动。通过分析发现: 大气对南极冰减退的响应是一种具有 30~60 d 周期的低频遥响应, 并呈现出清楚的二维 Rossby 波列特征; 强迫场中的 30~60 d 季节内振荡具有着同实际大气中的低频振荡相类似的垂直结构和传播特征。大气响应场中 30~60 d 振荡能量在垂直方向上随高度的增加而增加, 在纬向上表现出明显的区域性特征, 即季节内振荡的最大动能区(由于 CISK 机制)分布在大洋内; EU P, PNA, ASA 和 RSA 波列可能是全球大气低频扰动传播的主要路径, 30~60 d 低频扰动在波列路径上的传播具有很大的一致性和系统性, 从而使中高纬和热带地区、以及南北半球的 30~60 d 大气振荡相互联系起来, 而且可以认为, 赤道中太平洋和赤道中大西洋地区是南北半球 30~60 d 低频振荡间相互作用和相互联系的重要通道。

关键词: 大气环流, 遥相关波列, 季节内振荡。

1 引 言

自 20 世纪 70 年代初 Madden 等从热带风场的分析研究中发现了 40~50 d 周期振荡现象^[1]以后, 人们对大气低频振荡, 尤其是大气季节内(30~60 d)振荡的资料分析研究越来越多, 并且指出了 30~60 d 低频振荡与 ENSO 现象可能的内在联系^[2]。这样, 无论对于短期气候变化还是年际气候变化机理, 大气低频振荡都成为人们关注的焦点。随后, 人们逐步了解到积云对流反馈在激发和维持热带大气 30~60 d 低频振荡的重要作用。而且, 针对热带大气 30~60 d 低频振荡既东传又西传的情况, 以及能量频散特征, 李崇银提出了 CISK-Rossby 波理论^[3], 明确了大气中 30~60 d 低频振荡的动力学机制。

随着中高纬地区 30~60 d 大气低频振荡的揭露^[4], 人们已普遍认为 30~60 d 振荡是全球大气运动的一个重要特征, 并且进一步开始了有关的数值模拟研究。肖子牛和李崇银^[5]通过 IAPGCM 上实现的数值模拟, 发现了大气对赤道东太平洋地区暖 SST A 的响应

* 初稿时间: 1997 年 4 月 16 日; 修改稿时间: 1997 年 6 月 16 日。

具有 30~60 d 周期的低频特征, 并且认为 PNA 流型与 30~60 d 大气低频振荡密切相关, 赤道东太平洋的海温异常激发出 30~60 d 的低频波向中高纬传播, 然后再向西传播影响到东亚地区的大气环流, 这也是赤道东太平洋 SSTA 造成夏季中国长江和黄河流域降水异常的可能机制。他们接着研究了当北半球亚洲大陆存在一个类似“寒潮”的异常强迫场时, 大气系统在南半球的遥响应, 指出强迫场中 30~60 d 低频振荡的特征, 并说明 ASA 型和 RSA 型遥相关波列路径可能是南半球低频扰动传播的重要特征^[6]。最近, 杨芳林和袁重光^[7]发现, 夏季赤道中东太平洋海温负异常时也能在全球不同地区激发出不同的低频波。上述模拟实验清楚地表明, 无论是对于赤道附近地区还是中纬度地区的外源强迫, 无论是对于 SST 冷暖异常还是东亚寒潮的异常, 在全球大气中都有明显的低频遥响应, 这种低频遥响应不仅主要有与观测相一致的低频波列结构, 而且 30~60 d 周期振荡也极为清楚。

众所周知, 热带海洋作为大气热源在大气年际变化过程中占有突出地位, 已引起人们的普遍关注。那么, 极冰作为大气最大热汇(冷源)的气候效应也不可忽视。南极大陆的总面积为 $14.16 \times 10^6 \text{ km}^2$, 几乎终年为冰雪所覆盖, 冰盖的平均北界位置可达 60°S, 是世界上最大的冰库。南极是全球最冷的地方, 无疑是启动大气热机最大冷源所在。无论是南极冰的范围还是季节变化和年际变化都远远大于北极海冰。因此, 不难想象南极海冰对大气环流和气候的影响应该更显著。最近, 英国南极考察队的地质学家发现, 由于南极地区气温上升, 导致冰山开始脱离南极大冰原^[8]。南极冰的异常变化已经引起气象学家的关注, 但是, 南极冰异常是一种南半球高纬热力强迫。它影响全球大气活动的物理机制将是什么呢? 是否也能激发出以 30~60 d 振荡为主的遥响应呢? 这种低频扰动的结构、活动以及可能传播路径又如何呢? 本文将应用 IAPAGCM 模式的研究南极冰消退的低频效应, 期望了解上述提出的有关问题。

2 试验及资料处理方案

本文所用的模式是中国科学院大气物理研究所设计的两层大气环流模式^[9], 该模式已通过了比较系统和严格的检验, 并进行了气候平均态、季节变化、低频振荡和遥相关的模拟以及一些敏感性试验。

由海冰伸展范围的时空变化^[10]可知南极海冰的各月值变化较大, 最小值在 1 月至 3 月期间。所以, 为了突出遥响应, 本文的数值模拟采用两个试验, 其控制试验用 IAPAGCM 稳定积分 3 a 后第 4 年的输出结果, 记为 CF 场。另一个试验是理想的异常试验, 在平行于控制试验的数值积分过程中, 我们将 1 月、2 月和 3 月的南极海冰北界位置分别向南减退 4 个纬度(南极冰面积平均减少 25% 左右), 在积分 1 a 的其余时间, 极冰北界位置同控制试验完全一样。我们将异常试验的 1 a 输出结果记为 GICEA, 再把异常试验的积分结果与控制试验的积分结果之差记为 $\Delta\text{FICEA} = \text{FICEA} - \text{CF}$, ΔFICEA 实际为大气对南极冰异常消退的强迫响应。本文主要分析每 5 d(候)的 ΔFICEA 平均结果, 从而讨论这种响应的性质及活动特征。

为了突出响应场中 30~60 d 振荡的情况, 文章在必要时还对 ΔFICEA 资料作了带通滤波处理。主要采用 Murakami 构造的一个基于一级 Butterworth 函数的带通滤波器^[11],

其频率响应曲线中心的相应周期为 45 d, 响应值为 0.5 时所对应的周期分别为 30 d 和 67.5 d, 因此带通滤波结果仅保留了 30~60 d 振荡。

3 遥响应中的 30~60 d 低频振荡的纬向传播特征

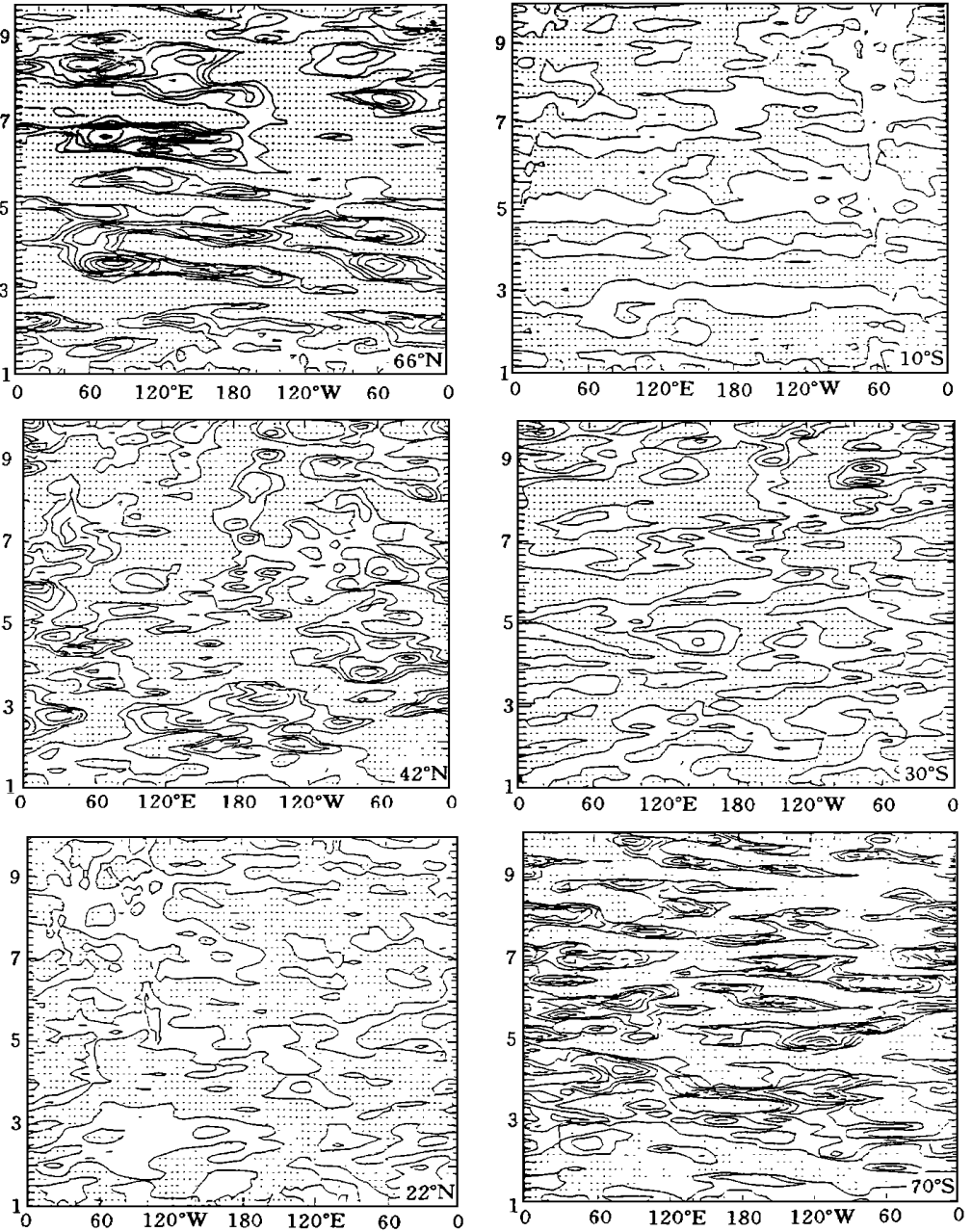


图 1 500 hPa 位势高度距平沿不同纬圈的时间经度剖面

(等值线间距: 4.0×10 gpm, 阴影区小于 0.0 gpm, 纵坐标数值代表月份, 纬度值标在各图右下角)

图 1 和图 2 是一组逐候 500 hPa 高度距平场在几个不同纬度上的经度时间剖面图。图中纵坐标数值代表月份, 单位刻度为候。由于图 1 未经滤波, 所以认为, 500 hPa 高度响应沿 66°N 的经度时间剖面在滤波前就已显示出明显的正负相间振荡形式, 周期主要为 40 d 左右, 并表现出一定的西传特性。在中纬度地区(42°N), 30~60 d 的低频振荡不是十分显著, 而且由于北半球海陆地形比较复杂, 传播方向也不是非常一致。进一步考察带通滤波后的时间经度剖面图(图 2)。可以发现沿 42°N, 30~60 d 的低频波动在西半球仍以西传为主, 而在东半球出现较明显的东传现象。本文将在第 6 节中探讨造成这一结果的主要物理机制。沿 22°N, 滤波前后形式基本一致, 120°E~180°~120°W 的太平洋区域主要以 55 d 左右的周期振荡为主, 而传播性不是很明显。但在以 60°E 为中心的亚欧大陆和 90°W 的北美大陆附近则出现明显的东传特征, 尤其表现在夏季。这样的现象可能与夏季风扰动有关。在热带和赤道地区(10°S), 则表现出明显的周期振荡, 但无明显的波动传播现象(见图 1)。一直到 18°S, 低频波开始出现东传现象。在南半球中纬度地区(30°S), 带通滤波前的 500 hPa 位势高度场经度时间剖面图不仅在形式上与滤波后(图 2)的一致, 有明显的 30~60 d 准周期振荡, 而且振荡都表现出十分清楚的东传现象。另外, 振荡的东传在冬季(北半球夏季)比夏季(北半球冬季)更为明显。在南半球高纬地区(图 1 中的 70°S), 低频扰动开始出现缓慢西移。

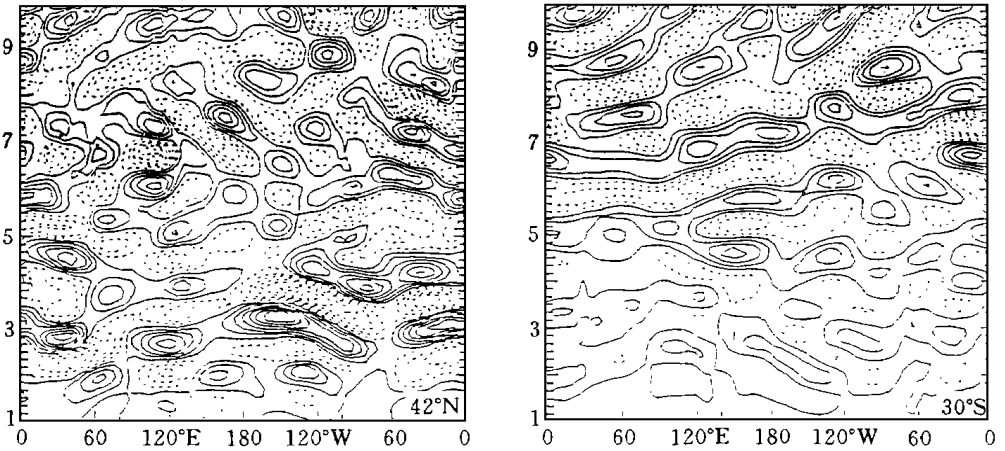


图 2 带通滤波后 500 hPa 位势高度距平沿不同纬圈的时间经度剖面

(等值线间距: 1.5×10 gpm, 虚线代表负距平, 纵坐标数值为月份, 纬度值标在各图右下角)

大气低频遥响应在风场上又是如何表现的呢? 图 3 给出了沿 6°S-6°N 纬带 400 hPa 纬向风响应的经度时间剖面图。图 a 和 b 显示出滤波前后的形式基本一致, 而且都有缓慢东传的趋势, 这一结果反映了模式大气季节内振荡在赤道热带地区的纬向传播特征。

以上分析表明, 南极冰减退可以激发产生 30~60 d 大气低频振荡, 这种强迫响应的 30~60 d 振荡在不同地区和季节有其不同的纬向传播特征。在南北半球高纬地区基本上为西传, 而赤道附近则表现出东传趋势。在南半球中纬度地区, 模拟所得的低频振荡呈明显东传现象。而北半球中纬度地区表现较为复杂, 在东西半球的传播不是很一致。上述这

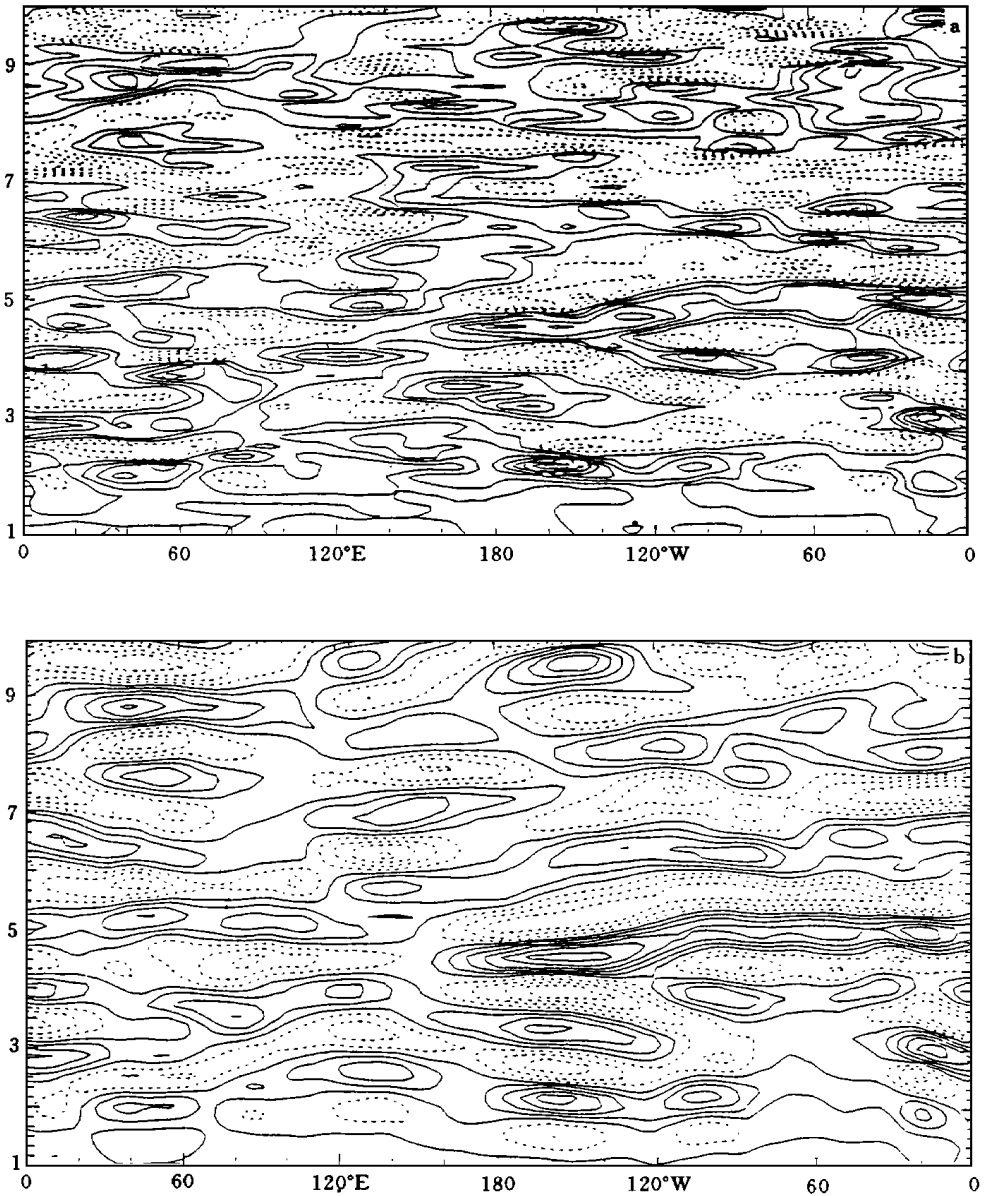


图3 沿6S-6N纬带400 hPa纬向风距平的时间经度剖面

(a. 滤波前, 等值线间距: 1.6 m/s; b. 滤波后, 等值线间距: 1.2 m/s。纵坐标数值为月份)

些结果同实际大气资料的分析结果很类似。

4 低频扰动能量的空间分布和时间变化

研究表明, 大气对外源强迫的遥响应具有30~60 d准周期低频特征。由图1可以看到大气对南极冰异常强迫的响应有极为明显的准周期振荡现象。但这种振荡能量的空间

分布和时间变化如何呢? 本文计算了滤波后不同高度(400 hPa 和 850 hPa) 上纬向风距平的平方随纬度的变化(图略)。这从一定意义上反映了扰动动能的垂直和经向分布。我们发现, 低频响应的扰动动能随高度增加而增加, 扰动动能的峰值出现在中纬度地区。但是考虑到中纬度地区有最强的总扰动动能。所以, 低频扰动动能在中纬度地区不一定显得重要。

图 4 分别给出了沿 50 S 和 10 N - 10 S 纬带上 400 hPa 的 30 ~ 60 d 振荡动能在 2 月和 7 月的经度分布。首先可以看到 50 S 纬带(图 4a) 7 月份动能大于 2 月份动能, 即南半球冬半年 30 ~ 60 d 振荡动能比夏半年大, 这种明显的季节变化是由南半球基本气流的强度决定的。另外, 从夏(2 月)到冬(7 月)南半球沿 50 S 纬圈的最大动能区向南印度洋、东南太平洋和南大西洋移动。

由图 4b 可以清楚看到, 热带模式大气冬季(2 月)的 30 ~ 60 d 振荡动能最大值(或峰值)在赤道中东太平洋(130 ~ 170 W)、赤道西太平洋(140 ~ 160 E)、赤道大西洋(10 ~ 30° W)和南亚热带地区(50 ~ 80 E)。如此地域特征的出现, 与全球大气环流形式有关, 也同热带大气 30 ~ 60 d 振荡的形成机制——积云对流加热反馈(CISK)有关, 尤其表现在南亚季风区和赤道西太平洋地区。此外, 在大部分热带地区, 30 ~ 60 d 大气振荡动能没有明显的季节变化。只是冬季在中东太平洋的最大动能区到夏半年西移至西太平洋, 这是由于在夏季, 西太平洋有较强的夏季风扰动, 大范围的积云对流活动通过 CISK 机制可以激发出较强的 30 ~ 60 d 大气振荡。

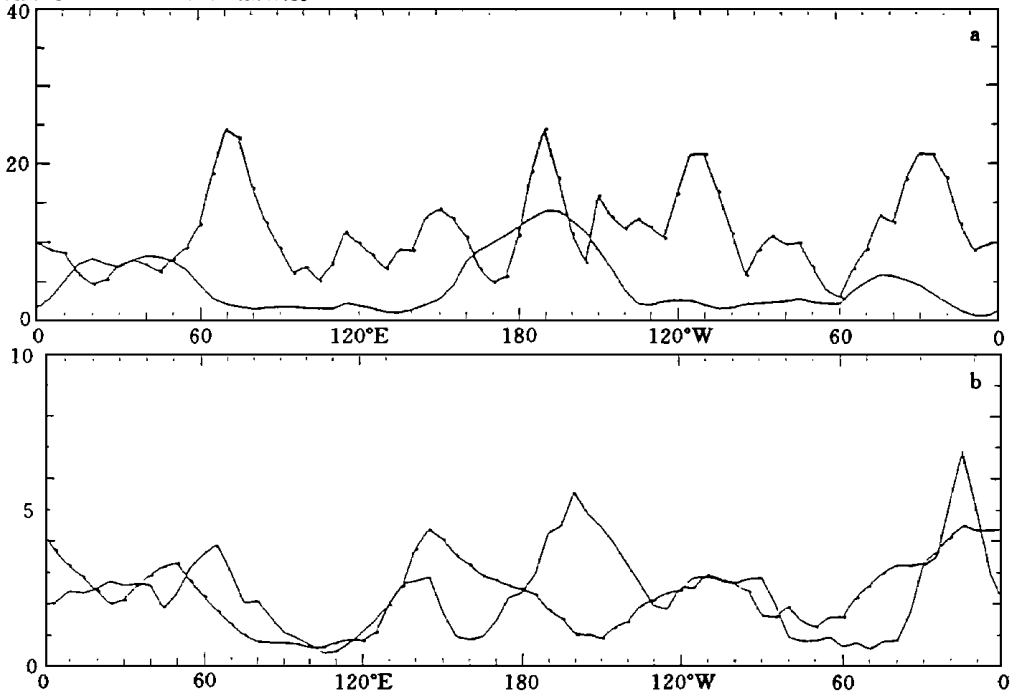


图 4 沿不同纬带 400 hPa 上 30 ~ 60 d 振荡动能的经度分布

(a. 沿 50 S 纬圈; b. 沿 10 N - 10 S 纬带。点连线表示 7 月份, 直线表示 2 月份。纵坐标单位: $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$)

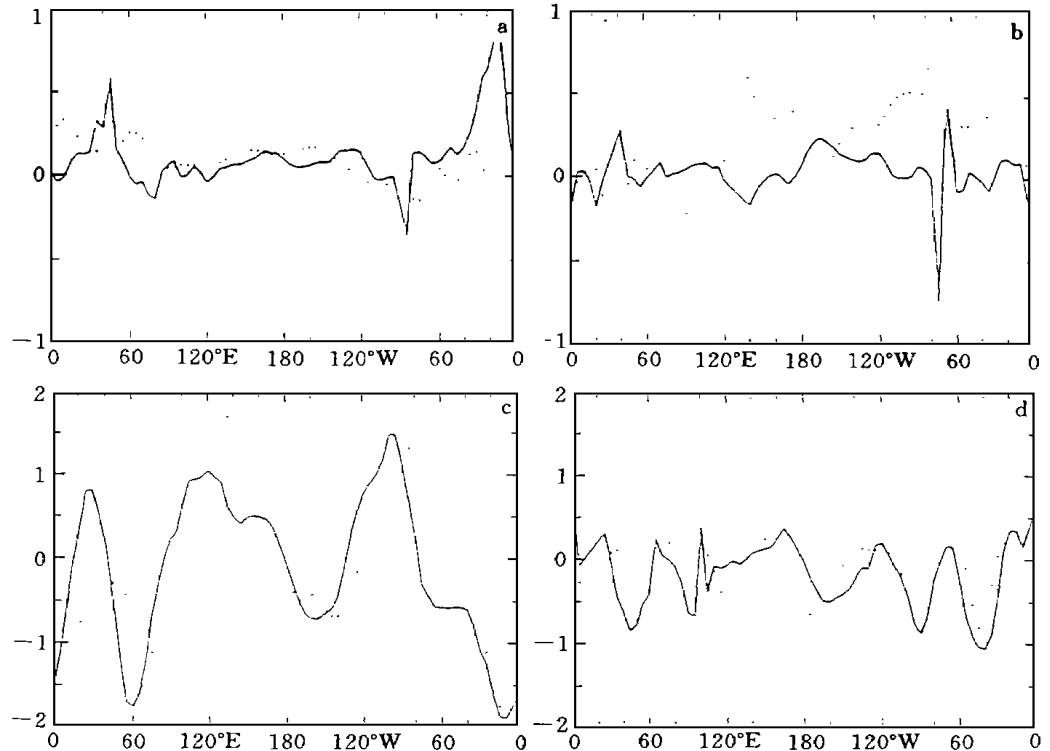
上面分析表明,大气对南极冰异常的响应表现出 30~60 d 的低频性,但这种振荡能量在全球分布并不均匀。在垂直方向上,扰动能量随高度增加;经向上 30~60 d 振荡能量主要集中在中高纬地区。在纬向上表现出明显的区域性特征,即季节内振荡的最大动能区分布在大洋内,并有一定的季节性变化。

5 遥响应中 30~60 d 低频振荡的结构特征

K. M. Lau 等^[12]在分析 30~60 d 低频振荡的结构特征时指出,在赤道热带地区的风场和气压场中,30~60 d 低频振荡的相位在上下对流层反相 180°。李崇银^[13]的资料统计分析也证实,在赤道地区 30~60 d 低频振荡在对流层具有上下反相的“斜压”结构。他进一步指出,在中高纬地区 30~60 d 振荡的正压结构很明显,仅在南亚和东亚的夏季,有类似热带的“斜压”结构。

分析带通滤波后的模拟场(图 5)发现,在南半球 14°S 以北的热带地区,无论冬季(图 5f)还是夏季(图 5e),30~60 d 低频振荡具有很好的上下对流层反相的“斜压”结构。而在南半球中高纬地区(图 5g 和 h),30~60 d 低频振荡具有同相的正压结构。这与肖子牛和李崇银^[6]在模拟南半球大气对欧亚大陆寒潮的遥响应中得到的结论相一致。

图 5a 和 5b 告诉我们,在北半球低纬热带地区,无论冬夏 30~60 d 低频振荡具有明显“斜压”结构。而在北半球中高纬的大部分地区(图 5c),30~60 d 低频振荡都具有正压特征,只是在 95°W 附近和 60~90°E 的副热带地区夏季(图 5d)才显示出“斜压”结构。这与夏季北美大陆和青藏高原的热源效应有关。



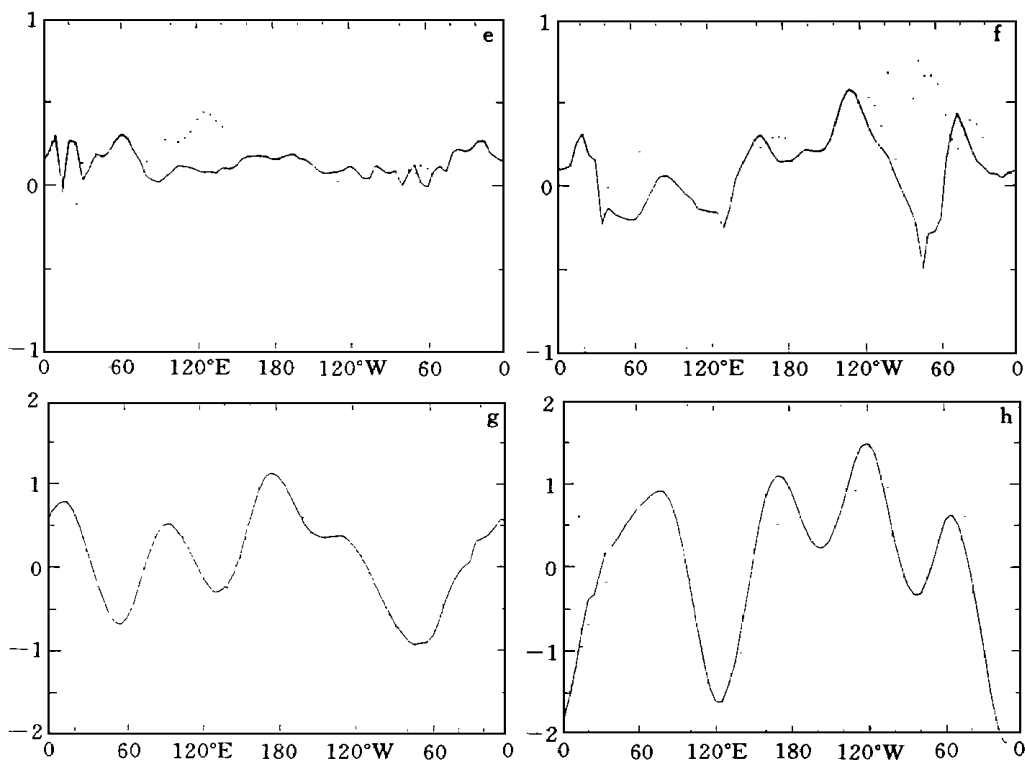


图 5 带滤波后的海平面气压与 500 hPa 位势高度沿不同纬圈的经度分布

(a. 2 月份沿 14°N; b. 7 月份沿 6°N; c. 2 月份沿 42°N; d. 7 月份沿 30°N;

e. 2 月份沿 2°S; f. 7 月份沿 14°S; g. 2 月份沿 42°S; h. 7 月份沿 30°S。

实线: 500hPa 位势高度, 虚线: 海平面气压, 纵坐标单位: ΔP_s (gpm)

上述表明, 南极冰负异常的强迫所激发产生的大气 30~60 d 振荡在垂直结构上同实际大气中的 30~60 d 振荡类似。在热带地区, 振荡具有上下对流层反相的“斜压”结构。在中高纬地区, 振荡基本上为正压结构, 只是在北半球东亚地区和北美大陆的夏季, 30~60 d 低频振荡呈现出类似低纬热带地区的“斜压”结构。在第 3 节已经指出, 夏季东亚和北美大陆副热带地区的 30~60 d 低频振荡具有东传性。因此, 东亚和北美是中纬度的一个与夏季风扰动有关的特殊地区, 30~60 d 振荡在那里更多具有热带的特性, 对其活动的研究有待进一步深入。

6 中高纬和热带地区及南、半球大气季节内振荡的相互传播和作用

分析得到的 $\Delta FICEA$ 的 500 hPa 高度场, 可以发现全球特别是中高纬地区对南极冰异常强迫有广范的响应。这种响应即使在异常强迫不复存在后依然长期存在, 这一点与大气对北极冰异常仍有 6 个月滞后响应^①类同, 显然与大气内部过程有关。逐候考察遥响应

① 沙文钰, 吴国雄, 蒋国荣. 冬季北极冰异常的气候效应的数值研究. 《灾害性气候的预测及其对农业年景和水资源调配的影响》(研究文集). 北京: 气象出版社. (待出版)

的时间序列,可以发现大气遥响应呈现出清楚的二维 Rossby 波列特征。图 6 给出第 27 候(图 6a)和第 31 候(图 6b)5 d 平均的 500 hPa 位势高度响应分布。很明显,在北半球有类似 EUP(欧亚-太平洋型)和 PNA(太平洋-北美型)波列的遥响应特征。而在南半球则呈现出 ASA(澳洲-南非型)和 RSA(环南美洲型)波列特征。这 4 个波列的位置与观测资料统计得到的结果^[14]极为相近。比较图 6 中的 a 和 b,可以看到两者有较清楚的反相形势,尤其表现在 EUP, RSA 和 ASA 波列路径(见图中断连线)上。到模拟的第 34 至 35 候,高度场的响应形势(图略)又同图 6a 相当一致。这从一定侧面反映了上述各类二维 Rossby 波列的传播特征。而且又一次证实,大气对南极冰异常的遥响应应具有明显的 30~60 d 低频振荡特征,特别是中高纬地区,位势高度场的这种周期性演变相当显著。

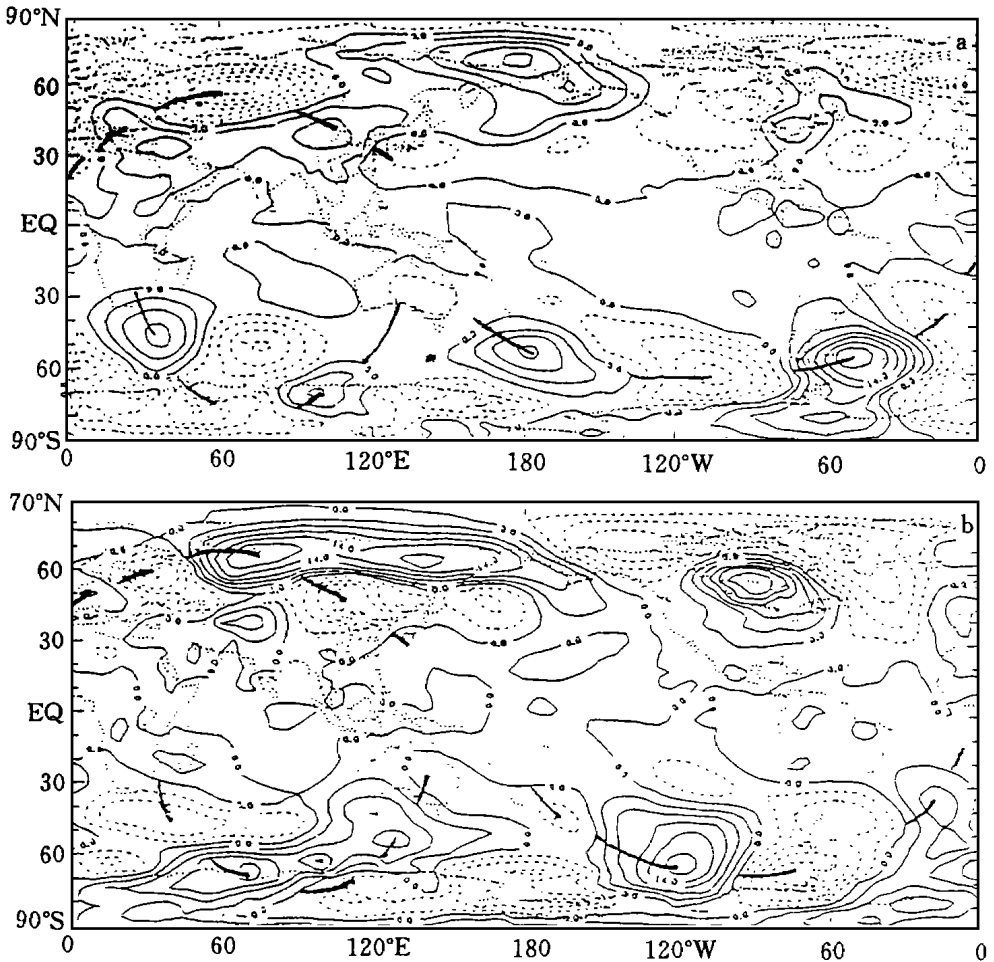


图 6 第 27 候和第 31 候的 500 hPa 位势高度距平场
(a. 第 27 候; b. 第 31 候。等值线间距: 3.5×10 gpm, 断连线代表波列路径)

过去的研究已指出,对于大气低频变化(30~60 d 振荡),其水平结构并没有明显的纬向排列,而是以二维波列为主要特征。与二维 Rossby 波列联系的 30~60 d 低频遥相关

型比一般的遥相关更突出^[15]。这使我们考虑到从遥相关波列入手, 寻找以上问题的答案。

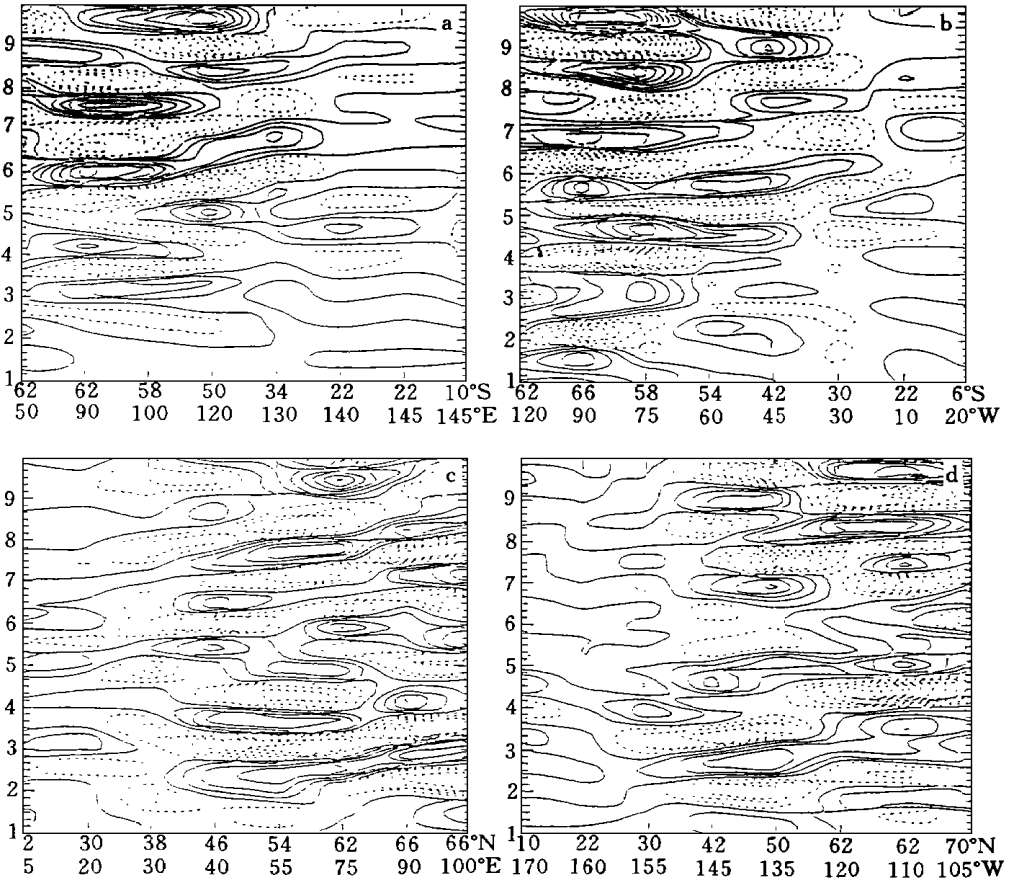


图 7 500 hPa 位势扰动的时(候)-空间剖面

(a. 沿 ASA 波列路径; b. 沿 RSA 波列路径; c. 沿 EUP 波列路径; d. 沿 PNA 波列路径。等值线间距: $2.0 \times 10 \text{ gpm}$, 纵坐标数值代表月份)

大体沿着 ASA 和 RSA 波列后半段的位置作时间空间剖面图(图 7a 和 b), 可以看到清晰的波列传播存在, 这表明南半球的低频扰动, 有一支沿着 ASA 波列路径, 从中高纬南印度洋地区到达澳大利亚附近的低纬地区。另一支则可能沿着 RSA 波列路径, 由南太平洋地区到达大西洋附近的赤道低纬地区。说明南半球中高纬与热带大气季节内振荡的相互联系与 ASA 和 RSA 波列有关。图 8 给出 $20 \sim 40 \text{ W}$ 和 $155 \sim 175 \text{ W}$ 地区 850 hPa 响应场扰动动能沿不同纬度的时间变化。首先, 无论在什么纬度, 动能变化都具有准周期的低频变化特征。从图 8a 中几个波峰的移动可发现, 沿 $20 \sim 40 \text{ W}$ 的中大西洋地区, 扰动动能主要表现为从中纬度地区向赤道低纬地区传播, 这与 RSA 波列的传播吻合。沿 $155 \sim 175 \text{ W}$ 地区(图 8b), 在南极冰异常强迫存在时期, 首先把中高纬地区扰动动能向赤道附近传播, 隔了 1~2 个月则由赤道地区向中纬度地区传送(如图中箭头所示)。这说明赤道中太平洋对低频扰动来讲, 具有极为重要的意义, 即对中高纬和热带大气的低频振荡起着

转运站的作用。ASA 和 RSA 波列把南半球中高纬度和热带的 30~60 d 大气振荡结成相互联系的体系。通过 ASA 和 RSA 波列, 中高纬地区的低频扰动可以影响热带地区, 热带地区的低频扰动同样可以影响中高纬地区。

图 7c 与 d 是沿着 EUP 波列和 PNA 波列前半段的位置所作的时间空间剖面。从该两图中可以清楚看到北半球的低频扰动, 一支沿 EUP 波列路径从低纬东大西洋和中非地区向欧亚高纬传播, 这与低频扰动在东半球中高纬地区沿纬圈东移相一致。而另一支则沿着 PNA 路径, 在冬季(即南极冰异常强迫存在时期)由中太平洋地区向北美高纬地区传播, 但在夏季, 则明显沿 PNA 波列由北美高纬地区向中太平洋低纬地区传播, 这也说明了模拟所得的 30~60 d 振荡在西半球中高纬地区沿纬圈表现为西传的可能原因。

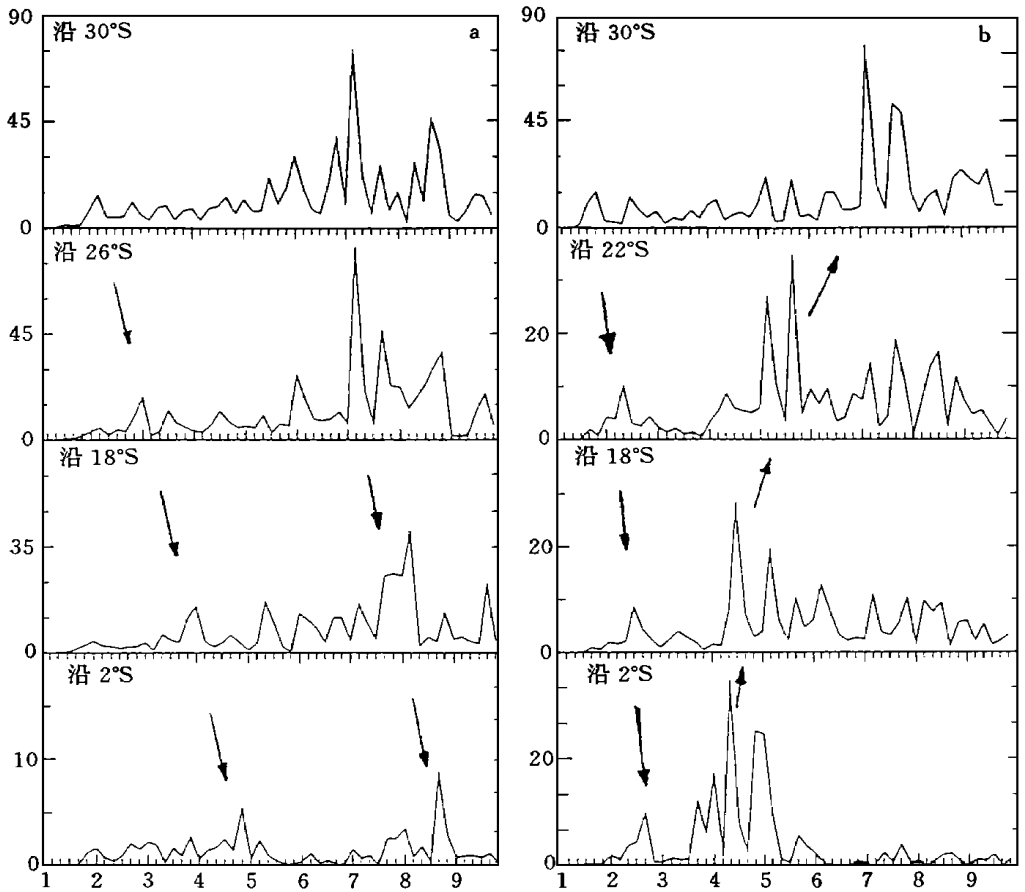


图 8 850 hPa 响应场扰动动能的逐候变化

(a. 20~40 W 地区; b. 155~175 W 地区。纵坐标单位: m^2s^{-2} , 横坐标数值代表月份)

为了进一步研究不同地区低频振荡的相互传播和作用, 特别是低纬地区与高纬地区、南半球与北半球的相互传播和作用, 本文对其经向传播进行了分析。分析结果表明, 30~60 d 的季节内振荡在低纬热带地区广泛存在着南北传播, 其中在 140~160 E, 150~170° W, 0~20 E 和 20~40 W 等 4 个带的低纬热带, 有最为明显和系统的南北传播(见图 9)。

从图 9a 可以看到, 在冬季低频扰动沿 $0 \sim 20^{\circ}\text{E}$, 首先由南半球中高纬地区向低纬地区传播, 当热带大气有了一定强度的响应后, 季节内振荡则由低纬赤道向南北半球中高纬地区传播。而沿 $140 \sim 160^{\circ}\text{E}$ 区域(图 9b), 低频扰动主要由南北半球中高纬地区向低纬赤道地区传播, 尤其是表现在夏季。这与大气低频振荡沿 ASA 波列和 EUP 波列的传播特征相吻合。在 $150 \sim 170^{\circ}\text{W}$ 中太平洋区域内(图 9c), 低频扰动几乎是由北向南一致传播的, 而在 $20 \sim 40^{\circ}\text{W}$ 的中大西洋区域(图 9d) 则是由南向北一致传播。这种跨赤道的一致性传播标志着中太平洋和中大西洋很可能是南北半球扰动相互作用的重要通道。这两个区域的经向传播与低频扰动沿 RSA 和 PNA 闭合波列传播特征是相吻合的。

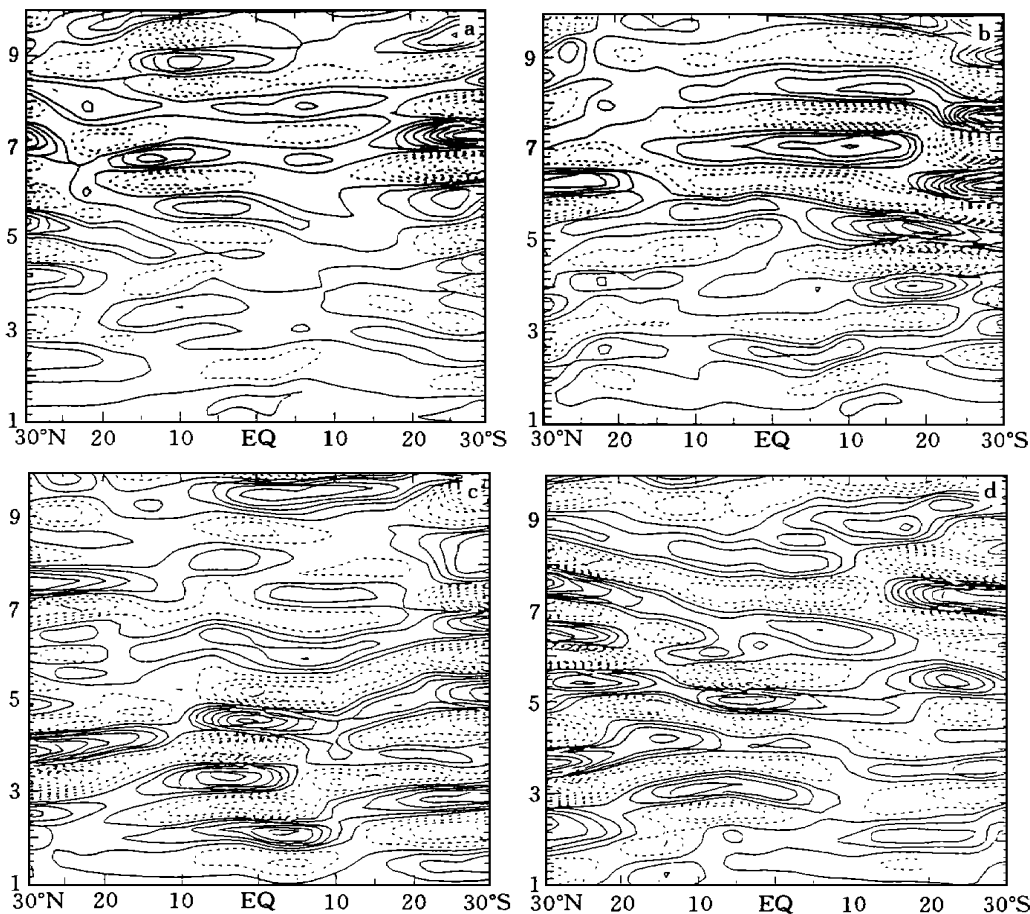


图 9 低纬地区纬向风扰动的时-纬度剖面

(a. 850 hPa 纬向风扰动沿 $0 \sim 20^{\circ}\text{E}$, 等值线间距: 0.8 ms^{-1} ; b. 400 hPa 纬向风扰动沿 $140 \sim 160^{\circ}\text{E}$, 等值线间距: 1.2 ms^{-1} ; c. 400 hPa 纬向风扰动沿 $150 \sim 170^{\circ}\text{W}$, 等值线间距: 1.2 ms^{-1} ; d. 400 hPa 纬向风扰动沿 $20 \sim 40^{\circ}\text{W}$; 等值线间距: 1.2 ms^{-1} 。纵坐标数值为月份)

现将中高纬和热带大气的相互影响以及南北半球的相互作用同低频振荡的纬向和经向传播联系在一起, 给出模式大气季节内振荡传播示意图(图 10)。南极冰异常强迫产生的低频响应首先沿 ASA 和 RSA 波列, 由中高纬向赤道地区传播, 并通过那里积云对

流的调整(CISK 机制)产生新的扰源。当赤道中太平洋地区有了一定强度的响应后,低频扰动一方面沿着 RSA 波列路径由中太平洋地区向东南高纬地区传播。另一方面,通过 ASA-PNA 波列的相互衔接跨越赤道向北美高纬地区传播。而当赤道中大西洋有了一定强度响应后,低频扰动首先沿着 ASA 波列,由中大西洋向南印度洋高纬地区传播。另外,分别通过 RSA-PNA 波列和 RSA-EUP 波列的相互衔接跨越赤道传播到北半球中高纬地区,并发生作用。

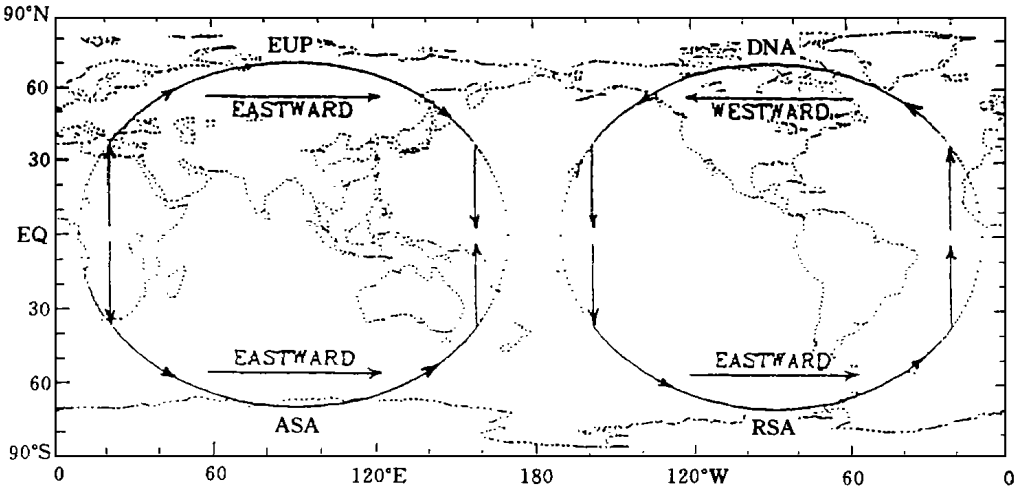


图 10 全球模式大气低频振荡相互作用的示意图

(弧线代表大气遥相关波列路径,横线代表低频振荡的纬向传播,竖线代表低频振荡的经向传播)

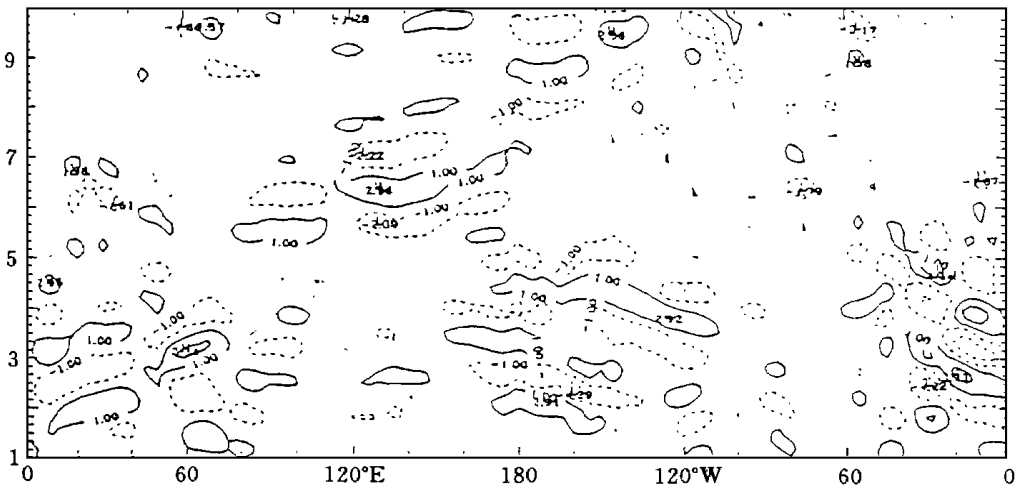


图 11 滤波后 400 hPa 赤道地区经向风的逐候演变

(等值线间距为 2.0 ms^{-1} ,但没有给出零线。纵坐标数值代表月份)

上述表明,南极冰异常通过被激发的大气 30~60 d 低频振荡,使全球 EAP, PNA,

ASA 和 RSA 4 个基本低频遥相关波列有机联系起来。从而, 中高纬度和热带大气 30 ~ 60 d 振荡、以及南北半球间大气 30 ~ 60 d 振荡都有明显的相互作用, 最终导致全球大气环流产生异常。

另外, 我们还可以发现赤道中太平洋和赤道中大西洋存在着较明显的跨赤道气流。从赤道经向风的逐候演变(图 11)中看到, 沿赤道地区, 经向风及其变化的最大区域是在南亚、太平洋中部和大西洋中部, 特别是冬春两季, 越赤道气流最为明显。同时, 对于 30 ~ 60 d 模式大气低频振荡来讲, 其越赤道影响也主要发生在太平洋中部和大西洋中部(图 9 和图 10)。所以, 赤道中太平洋和赤道中大西洋地区在一定意义上是南北半球相互作用的主要“通道”。

7 结 论

本文用 IAPGCM 所作的数值模拟表明, 南极冰异常可在全球范围激发出大气低频遥响应, 进而着重研究了响应场中的重要成分——30 ~ 60 d 低频振荡的特征及其活动。主要结果如下:

(1) 全球大气对南极冰减退可以出现较长时间的遥响应, 而且这种遥响应呈现出清楚的二维 Rossby 波列特征, 是一种低频遥响应, 它的时间演变大致具有 30 ~ 60 d 的低频周期。

(2) 大气响应场中 30 ~ 60 d 振荡能量在垂直方向上随高度的增加而增加, 在经向上则主要集中在中高纬, 在纬向上表现出明显的区域性特征, 即季节内振荡的最大动能区(由于 CISK 机制)分布在大洋内, 并有一定的季节变化。

(3) 30 ~ 60 d 大气低频振荡在垂直结构上同实际大气中的 30 ~ 60 d 振荡类似。在热带地区, 振荡具有上下对流层反相的“斜压”结构。在中高纬地区, 振荡基本为正压模结构, 只是在北半球东亚地区和北美大陆的夏季, 30 ~ 60 d 低频振荡呈现出类似热带地区的“斜压”结构。

(4) 模式大气季节内振荡在不同地区和季节有其不同的纬向传播特征。在南北半球高纬地区基本上为西传, 而赤道附近则表现出东传趋势。在南半球中纬地区, 振荡呈明显的东传现象。而北半球中纬度地区表现较为复杂, 在东西半球的传播方向不是很一致。

(5) EUP, PNA, ASA 和 RSA 波列可能是全球大气低频扰动传播的主要路径, 30 ~ 60 d 低频扰动在波列路径上的传播具有很大的一致性系统性。从而使中高纬和热带地区、以及南北半球的 30 ~ 60 d 大气振荡相互联系起来。而且可以认为, 赤道中太平洋和赤道中大西洋地区是南北半球 30 ~ 60 d 低频振荡间相互作用和相互联系的重要通道。

参考文献

- 1 Madden R D and Julian P. Detection of a 40—50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J Atmos Sci*, 1971, 28: 702—708
- 2 Lau K M, et al. Intraseasonal and interannual variations of tropical convection: a possible link between the 40—50 day oscillation and ENSO. *J Atmos Sci*, 1988, 45: 2623—2634
- 3 李崇银. 南亚夏季风槽脊和热带气旋活动与移动性 CISK 波. *中国科学(B)*, 1985, 28(2): 45—52
- 4 Anderson J R and Roson R D. The latitude-height structure of 40 ~ 50 day variations in atmospheric angular mo-

- mentum. *J Atmos Sci*, 1983, 40: 1625– 1621
- 5 肖子牛, 李崇银. 大气对外强迫低频遥响应的数值模拟 I. 对赤道东太平洋 SSTa 的响应. *大气科学*, 1992, 16(6): 707 ~ 716
- 6 李崇银, 肖子牛. 大气对外强迫低频遥响应的数值模拟 II. 对欧亚中高纬"寒潮"异常的响应. *大气科学*, 1993, 17(5): 523 ~ 532
- 7 杨芳林, 袁重光. 夏季赤道东太平洋海温异常对全球及东亚短期气候变化影响的数值试验. *大气科学*, 1995, 19(5): 523 ~ 532
- 8 《扬子晚报》. 1995 年 3 月 18 日
- 9 Zeng Qingcun. Documentation of IAP two-level atmospheric general circulation model, DOEER-H1, TR044, Prepared for United States Department of Energy, 1989, 2: 383– 392
- 10 Peng G and Domroes M. Connections of the West Pacific subtropical high and hydroclimatic regimes in China with antarctic ice-snow indices. *Meteor Atmos Phys*, 1990, 37: 61—71
- 11 Murakami T, et al. On the 40—50 day oscillations during the 1979 Northern Hemisphere summer. *J Meteor Soc Japan*, 1984, 62: 440– 468
- 12 Lau K M, et al. The structure and propagation of intraseasonal oscillations appearing in a GFDL general circulation model. *J Atmos Sci*, 1986, 43: 2023– 2047
- 13 李崇银. 大气中的季节内振荡. *大气科学*, 1990, 14(1): 38 ~ 45
- 14 李崇银. 30 ~ 60 天大气振荡的全球特征. *大气科学*, 1991, 15(3): 66 ~ 70
- 15 Lau K M, et al. Coherent fluctuation of extratropical geopotential height and tropical convection in interseasonal time scales. *J Atmos Sci*, 1986, 43: 2089– 2094

THE ATMOSPHERIC TELERESPONSE TO ANOMALIES IN THE ANTARCTIC SEA ICE AND INTRASEASONAL OSCILLATIONS

Wang Chenggang

(*Meteorological Research Laboratory, P. L. A. Air Force, Beijing, 100085*)

Sha Wenyu Zhu Yuxian

(*Institute of Meteorology, P. L. A. Air Force, Nanjing, 211101*)

Abstract

By using IAPAGCM, it is proved that the anomaly in the antarctic ice is one of the important mechanisms to cause intraseasonal oscillation in the global atmosphere. The time-sequence of pentadly mean departure field is analyzed in this paper using the band-pass filtering scheme. With special attention to the characteristics of 30–60 day oscillation in the response field, it was found that: The global atmosphere behaves long-time telereponse to an anomalous external forcing from the antarctic sea ice, whose period ranges from thirty to sixty days. 30–60 day oscillation plays an important role in the forcing field, whose vertical structure and zonal propagation characteristics in the model atmosphere is similar to that in real atmosphere. 30–60 day oscillation energy in response field increases with height. Longitudinal variation of the energy appears regional characteristics. The maximum energy of intraseasonal oscillation emerges over the ocean because of CISK mechanism. The wavetrains of EUP, PNA, ASA and RSA, perhaps, are the main propagation routes of the low-frequency perturbation in the atmospheric circulation. Consequently the 30–60 day oscillation in the region of middle-high and low latitude or in the Northern and Southern Hemisphere keeps in contact with each other. It is suggested, that, the middle equatorial Pacific and Atlantic are the paths through which 30–60 day oscillations in the Northern and Southern Hemisphere interact.

Key words: Atmospheric circulation, Teleconnection-wavetrain, Intraseasonal oscillation.