0577-6619/2010/68(4)-0520-28 *Acta Meteorologica Sinica* 气象学报

副热带北太平洋大气季节内振荡时空特征的诊断研究*

韩荣青 李维京 董 敏
HAN Rongqing LI Weijing DONG Min

国家气候中心,北京,100081
National Climate Center, *China Meteorological Administration*, *Beijing* 100081, *China*
2008-08-13 收稿,2009-05-26 改回.

Han Rongqing, Li Weijing, Dong Min. 2010. A diagnostic study of the temporal and spatial characteristics of the intraseasonal oscillation over the subtropical northern Pacific. *Acta Meteorologica Sinica*, 68(4):520-528

Abstract Because the intraseasonal oscillation (ISO) was found as a strong signal for the summer precipitation in the East Asia as shown in the recent studies, its climatic characteristics in the boreal subtropics and especially in the subtropical northern Pacific were revealed in this paper using the spatio-temporal spectrum method and wavelet analysis based on the NCEP-NCAR Reanalysis Data for the period of 1958—2002. The specific results show as follows. The variance ratio of the ISO to all waves for the meridional wind over the subtropics is strikingly bigger than that in tropics, which is distinct from those for the zonal wind and height. At 850 hPa level, the waves with zonal wave numbers 4—6 and periods of 30—60 d or 70—90 d are dominant with the meridional wind for the intraseasonal scale (10—90 d) in despite of the dominant waves with zonal wave number 1 and periods of 30—60 d with the height and zonal wind. The power spectra of the westward propagation are all stronger than those of the eastward propagation for the above three variables. And it is found that an interseasonal "seesaw" of meridional wind ISO swings between the two regions, that is, the region from East Asia to the northwestern Pacific and the region of the northeastern Pacific, in which the power spectra of 30—60 d oscillations are the strongest in summer and weakest in winter in the former region and the reverse in the latter region, with the boreal spring and autumn just as the transition phases for the ISO activities for both the regions. In addition, the decadal and interannual variation characteristics of ISO over the subtropical North Pacific are presented in this paper which show that the ISO activities over the subtropical northwestern Pacific are moderate during 1958—1975, weak during 1976—1990, and robust during 1991—2000. During ENSO events occurring, the subtropical ISO presents quite different behaviors from those in the tropics and appears irregularly. However, the results of 2—7 year band-pass filter reveal that the ISO over the northwestern Pacific holds notable ENSO signals, while the 9 year low-pass filtered results manifest that the ISO variation over the northwestern Pacific are negatively correlated with the ENSO cycle and positively correlated over the northeastern Pacific.
Key words Subtropics, Meridional wind, Intraseasonal oscillation (ISO), Climatic characteristics

摘 要 用时空谱分析和小波变换方法,对 1958—2002 年 NCEP/NCAR 再分析资料经、纬向风速和位势高度的年时间序列进行了波谱分析,并重点研究了北太平洋副热带区域经向风 30—60 天振荡(ISO)的时空特征。研究结果表明,北半球经向风与纬向风和位势高度的 30—60 天振荡特征迥然不同,代表风场经向低频扰动的经向风 ISO 在副热带和中高纬度最为活跃,而在热带地区的活动十分微弱;北半球副热带 850 hPa 高度场和纬向风在 10—90 天内(季节内)振荡的主要能量集中在纬圈波数为 1、周期为 30—60 天的波动上,而 850 hPa 经向风季节内振荡的主要能量集中在纬圈波数为 4—6、周期为 30—60 天以

* 资助课题:国家重点基础研究发展计划项目(2006CB403606)、国家自然科学基金项目(40575027,40905035)和国家行业专项项目(GYHY200806004)。
作者简介:韩荣青,主要从事低频振荡与东亚季风的研究。E-mail: hrq@cma.gov.cn

及 70—90 天的波动上,上述 3 个物理量 30—60 天振荡向西传播的能量都强于向东传播的能量。一年当中,东亚到北太平洋的副热带地区,经向风 ISO 在东亚—西北太平洋与东北太平洋两个区域的活动最强,且在这两个区域存在明显的季节振荡,即东北太平洋的 ISO 在冬季最强在夏季最弱,而东亚—西北太平洋区域的 ISO 在夏季最强冬季最弱。850 hPa 经向风 ISO 的年际和年代际变化分析表明,在东亚副热带区域其活动 1958—1975 年较强,1976—1990 年明显减弱,而 1991—2000 年最强;其在 ENSO 发生期间有较为明显的异常活动,但其强弱变化没有显著的定势,然而 2—7 年的带通滤波分析表明西北太平洋 ISO 的年际活动含有较显著的 ENSO 信号,9 年的低通滤波分析表明,年代际时间尺度上,西北太平洋 ISO 的活动与 ENSO 循环有较为显著的反相关特征,而东北太平洋区域 ISO 与 ENSO 循环有较为显著的正相关关系。

关键词 副热带,经向风,季节内振荡(ISO),气候特征

中图法分类号 P434

1 引 言

关于热带大气马登-朱利安振荡(Madden and Julian Oscillations, MJO)的气候特征已有很多研究(Madden, et al,1971,1972),然而人们对全球范围存在 30—60 天振荡的认识还不够,尤其是对副热带亚洲太平洋地区 30—60 天季节内振荡(ISO)的独立性和重要性认识还不够,也缺少关于副热带 ISO 时空特征的系统研究。对热带以外地区季节内振荡的认识是一个渐进的过程,国际上许多研究(Krishnamurti, et al, 1985)证实 ISO 存在于热带以外的地区,起初热带外 ISO 被解释为对热带季节内振荡强迫的一种响应(Anderson, et al,1983; Magana, et al,1991),然而,随后大量的事实证明热带外低频振荡不同于热带的 MJO,并有其独立的起源(Liebmann, et al, 1984; Murakami, 1988; Hsu, et al,1990),Simmons 等(1983)发现北半球冬季 300 hPa 环流的正压线性模中存在 50 天左右周期的线性不稳定模态,他们认为北半球热带外季节内振荡的能量来自于基本环流的正压不稳定。Ghil 等(1991)以及 Jin 等(1990)的研究表明,热带外大尺度扰动与地形的作用可以产生 ISO。Dickey 等(1991)发现北半球中纬度大气相对角动量季节内振荡有向赤道传播的现象,这说明,北半球热带外存在独立的 ISO 并可以影响到热带大气。中国学者的研究同样表明东亚副热带 ISO 的独立性和重要性(Chen, et al,1988;何金海等,1992;孙国武等,1988;徐祥德等,1999)。研究表明,夏季东亚副热带地区大气 30—60 天振荡在纬向上以向西传播为主(Chen,et al,1988);同时东亚副热带地区是 ISO 南北向传播的汇合带(何金海等,1992);青藏高原存在其特有的 ISO 活动(孙国武等,1988),其频率和振幅与高原的大气层结稳定性及地形有关(徐祥德等,1999),在青藏高原南、北坡,由于地形差异导致了经向传播的 ISO 具有不同的频率。

副热带 ISO 还直接影响着夏季中国东部地区的旱涝。如华北地区汛期多雨时期,西北太平洋 ISO 较强,反之 ISO 较弱(李崇银,1992);1998 年夏季长江中下游地区遭遇洪涝就与西北太平洋 ISO 频繁地向西传播有关(Chen,et al,2001);韩荣青等(2006)对 1958—2000 年中国东部不同纬带地区夏季旱涝的分析表明,当某一地区降水偏多时,西北太平洋同一纬带经向风 ISO 向西传播活跃,反之西北太平洋相同纬带经向风 ISO 向西传播较弱或中断。最近的研究表明(琚建华等,2007),夏季东亚热带季风涌北上需要配合来自纬向西北太平洋的 ISO 才会导致中国长江中下游地区和淮河流域降水偏多,而且来自大洋纬向传播的 ISO 与中国东部夏季大尺度雨带的位置密切联系。

全球纬向平均的大气动能 ISO 在不同纬度的分布特征已有较详细的研究并得到了重要的结果(李崇银,1993),但消除纬度变化影响的 ISO 在不同地域的差异还不清楚。为了比较不同纬度 ISO 的特征差异,本文使用标准化处理后的资料,进一步研究北太平洋副热带风速等基本要素的 ISO 气候特征,着重分析了风场的经向低频扰动的时空特征,以及分析比较其与以往研究中常用要素(纬向风、高度等)ISO 的不同气候特征。此外,与以往大多数 ISO 研究不同的是,本文使用二维时空谱分析方法(Hayashi,1982;黄嘉佑等,1984;陈兴跃等,2000)得到滤波资料,在本文前面提到的研究中,滤波方法都仅是对变量的时间序列进行了滤波,虽考虑了空间单点上变量随时间变化的起伏波动,但未考虑变量在空间各点上的起伏波动与时间尺度的联系,时空二维谱分析就考虑了大气波动在时间和空间上的相互联系,是分析 ISO 动态传播特征的良好工具,董

敏等(2004)用此方法研究了热带 850 hPa 纬向风速和 OLR 等资料的季节内振荡时空特征,并得到在局部区域(如印度洋和西太平洋)的热带地区 ISO 在夏季最为活跃,春秋季则大为减弱。

基于副热带 ISO 活动并不完全是热带季节内振荡的空间延伸,以及夏季北太平洋副热带经向风 ISO 活动对东亚旱涝的重要影响,而目前又缺少对风场经向低频扰动特征的了解,故本文用二维时空谱分析等方法,对北半球副热带地区、重点在北太平洋副热带区域的经向风 ISO 气候特征进行了较深入的分析,并将其与常用来表达季节内振荡的要素(如纬向风和高度等)之气候特征作了比较。

2 资料和主要分析方法

本文使用 1958—2002 年水平分辨率为 2.5°×2.5°的 NCEP/NCAR 再分析资料逐日风场和高度场资料(Kalnay,1996),在使用前,为了在分析中比较不同纬带上的 ISO 活动情况,首先将资料做了标准化处理,而后为了减少时空谱分析和小波分析的计算量而做了候平均处理。

采用的方法主要有:(1) 二维时空谱分析。应用时空二维快速傅立叶变换方法进行时空谱的计算,分析各种振动能量随波数及频率的分布,确定移动波和驻波的能量。同时用此方法对原始资料进行滤波,保留所需要的大尺度波动(1—6 波) 及时间周期为 10—90 天 的振动。(2) Morlet 小波分析。傅里叶变换方法是将时间序列在频率域上展开,将时间序列分解成不同频率的波动,并求出各种频率波动的能量及其在总能量中所占的比重。但其缺点是不能给出各种频率波动的能量随时间的变化。要打开要素时间序列在某一时刻的频率窗口必须使用小波分析。具体计算按照 Torrence 等(1998) 介绍的方法进行。(3) 带通滤波和低通滤波方法。针对逐月 Nino3.4 海温距平指数和在小波分析中提取的经向风速 30—60 天功率谱时间序列,用快速傅立叶变换滤波方法,得到 ENSO 循环时间尺度(2—7 年)和气候变化的年代际时间尺度信息。

3 副热带风场经向季节内扰动的重要性

对 1958—2002 年逐日年时间序列的经(v)、纬(u)向风速和高度(h)沿纬圈各格点的空间序列和各格点上要素的时间序列(指年时间序列)作时-空二维谱分析。其中为了使各纬度间 ISO 的时空谱可以进行比较,先将资料标准化之后再做时空谱分析,由此得到了 30—60 天季节内振荡的谱能量(功率谱或方差)占实际大气所有波动总的谱能量(所有波动的谱能量之和)的比例,称为方差比或方差贡献率。需要说明的是,由于时空谱分析中傅立叶变换的特性,时空谱分析的结果是时空序列(年和沿纬圈 144 个格点)平均的状况。

u、v 和 h 三要素的 ISO 方差比在 850 和 200 hPa 上随纬度的分布(图略)表明,其在对流层高层的方差比都大于低层,其中 u 和 h 的方差比分布较为相似,即在赤道地区较大而在副热带地区较小;经向风速 v 与纬向风速 u 和高度 h 的 ISO 能量分布不同,其 ISO 的方差比在副热带区域较大为峰值,而在赤道及其附近区域却十分微弱。表明风场经向扰动的季节内振荡在副热带区域比较活跃,而在热带却不明显。

经、纬向风 30—60 天振荡方差比的高度-纬度分布(图 1)中,高度分为 12 层等压面,即为 NCEP1 风场资料的 1000—100 hPa。考虑到计算量较大以及 NCEP1 资料在 1979 年前后数值大小的不连续性,所以图 1 是 1980—2002 年年平均的情况。

图 1a 说明,对流层内纬向风 ISO 能量主要分布在 300 hPa 以上的高层,而且 20°S—20°N 有一大于 25%的高值中心,次高值中心分布在 40°—60°N 纬带的对流层高层;在对流层低层,纬向风 ISO 的能量主要分布在赤道南北纬 22°以内,在其余纬带偏小,尤其在 25°—50°N 内纬向风 ISO 能量显著偏小,高度场 ISO 方差比的空间分布类似于纬向风(图略)。与此不同的是,在对流层中、低层 300 hPa 以下层次(图 1b),经向风 ISO 能量在赤道明显偏小,ISO 方差比在 10°S—10°N 大多小于 10%,而其方差比在 20°—30°N 北半球副热带为一高值中心,在 30°—50°N 纬带其方差比略有下降,但也比赤道地区高。另外,经向风 ISO 方差比也是在对流层高层较中、低层大。总之,图 1 说明,对于经向风这种表示风场南北扰动的变量,其季节内振荡的纬带分布极不同于纬向风和高度场的情况。

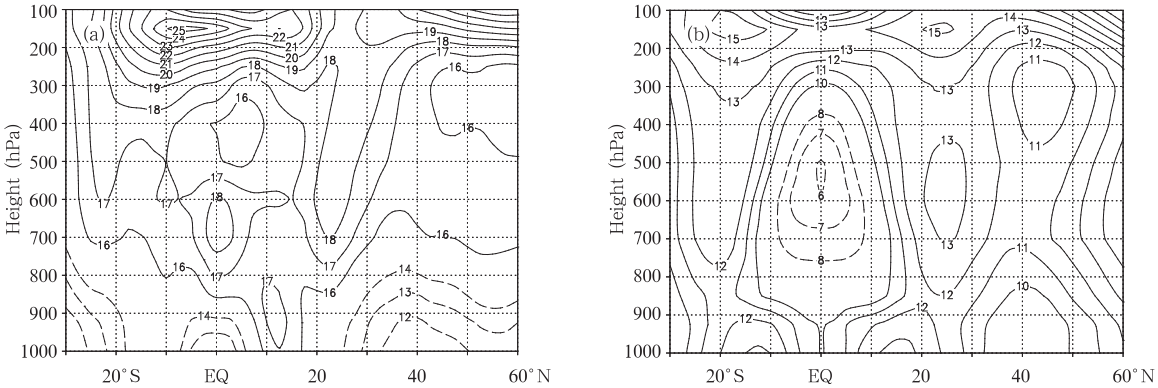

图 1 标准化的纬向风速(a)和经向风速(b)ISO 谱能量方差比高度-纬度分布
(ISO 谱能量方差比:ISO 谱能量与其一年内所有波动谱能量和之比)
Fig. 1 Height-latitudinal cross section of the ISO variance ratio of wind velocities
(a. variance ratio of the normalized zonal velocity, b. variance ratio of the normalized meridional velocity)

4 副热带季节内振荡的时空特征

4.1 季节变化

对 1958—2002 年候时间序列标准化资料的 850 hPa 经向风进行 Morlet 小波分析,而后再求得这 45 年平均的冬季(12 月至翌年 2 月)、春季(3-5 月)、夏季(6—8 月)和秋季(9—11 月)4 个季节的 ISO 小波谱能量(方差),从 4 个季节 850 hPa 经向风 ISO 谱能量在东亚—太平洋副热带的分布(图 2)可以看出,由冬、春、夏季到秋季ISO的活跃区域逐渐

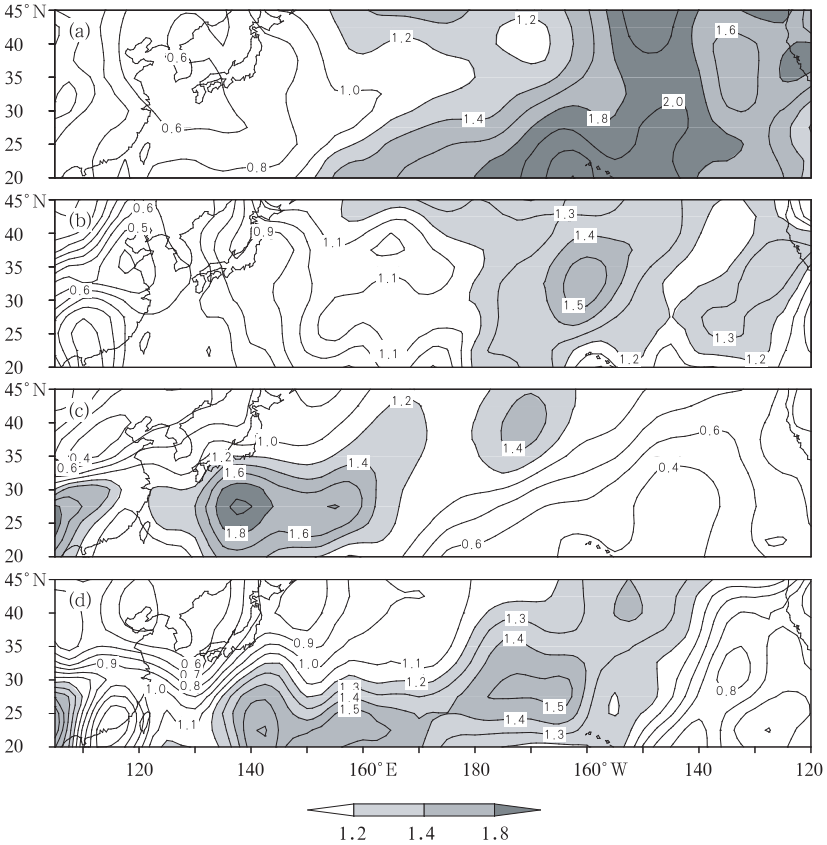

图 2 1958—2002 年平均的不同季节标准化的 850 hPa 经向风 30—60 天振荡小波谱能量分布(a. 冬季(12、1 和 2 月),b. 春季(3—5 月),c. 夏季(6—8 月),d. 秋季(9—11 月))
Fig. 2 Seasonal distributions of the ISO wavelet power spectra of the standardized meridional wind velocity at 850 hPa averaged over 1958-2002
(a. winter, b. spring, c. summer, d. autumn)

由东北太平洋转移到西北太平洋,东亚东部—西北太平洋地区 ISO 在夏季最为活跃,但是相比而言东北太平洋冬季的 ISO 谱能量最强。在东亚东部—西北太平洋约 30°N 以南的地区,ISO 在夏季最强,秋季次之,冬、春季最弱,与之相反东北太平洋 ISO 在冬季最强,春季次之,在夏季最弱,秋季次弱。ISO 在这两个区域的季节变化有"跷跷板"特征。

4.2 纬向传播的时空谱结构

图 3 是 1958—2002 年 850 hPa 高度(h)、纬向风速(u)和经向风速(v)在10—90 d周期里的周期

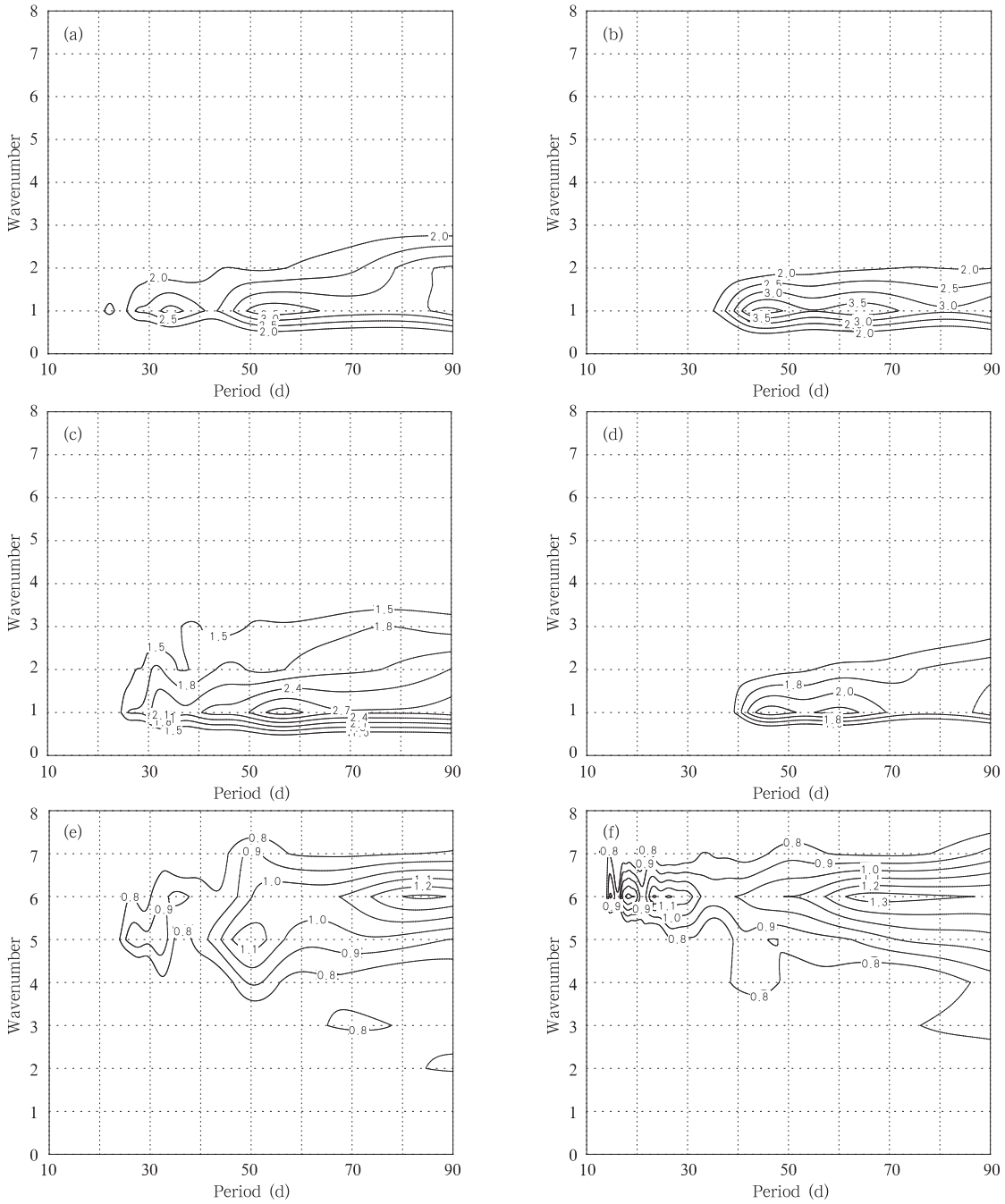

图 3 1958—2002 年 850 hPa 高度(a、b)和纬向风(c、d)、经向风(e、f)向西(a、c、e)和向东(b、d、f)传播的低频波动周期-波数功率谱(功率谱:20°—30°N 平均;各变量都预先经过标准化处理和 5 d 平均,时空谱分析后各变量的功率谱都扩大了 10^5 倍且都经过平滑处理)

Fig. 3 Period-wavenumber power spectra cross section of westward (a,c,e) and eastward (b,d,f) propagation waves for the 850 hPa height (a,b), zonal (c,d) and meridional (e,f) wind velocity during the period of 1958 – 2002 (power spectra are enlarged by 10^5 times and averaged over 20° – 30°N; all variables are standardized and 5-day-averaged before space-time spectrum analyzing and smoothing)

-波数时空谱,表示这 45 年候时间序列沿整个闭合纬圈、波数范围为 1—8 的季节内振荡的谱能量分布结构(0 波数代表纬圈平均状况,不在本文分析之内,在图 3 中已被人为赋予零值)。图 3a、3c、3e 为向西传播的波谱能量(频率为负),图 3b、3d、3f 为向东传播的波谱能量(频率为正),它们都包含了驻波的谱能量,驻波的谱能量等于相同波数、相等功率谱、频率值相等但符号相反的波动谱能量之和(Hayashi, 1982),所以图 3a、3c、3e 和图 3b、3d、3f 中同一周期和波数的波动功率谱之比表示了可能存在的驻波成分大小,其比值越大表示驻波的成分越多,反之亦然。从各变量在 20°—30°N 纬带平均的时空谱(图 3a—3d)可以看出,在北半球副热带 20°—30°N 纬带上,高度和纬向风速的 30—60 d 低频振荡较为显著,并且最大能量都集中在 1—2 波数上,这与以往的研究结果一致(陈兴跃等,2000)。其中高度场的 ISO 在 1—2 波数上东、西向传播的波动互有强弱(图 3a、3b),而纬向风速 ISO 向西传播明显强于向东传播,在 1—2 的波数上向西和向东传播的波动能量之比在 5:4 到 2:1 之间,这同时表明可能的驻波成分也较大(图 3c、3d);而经向风低频振荡的谱结构(图 3e、3f)十分不同,其 30—60 d 的振荡虽然也十分显著,但最大能量集中在 5—6 的波数上,波动的空间尺度较高度和纬向风速小,这可能与纬圈上经向风速的不连续变化有关,并且经向风 ISO 向西传播也明显强于向东传播,两者之比也达约 5:4 到 2:1。32.5°—45.0°N 纬度上各变量的低频振荡时空谱图(图略),与前述副热带波动的波谱结构基本类似,不同的是经向风 ISO 的主要能量集中在 4—5 波数上较前述纬带(20°—30°N)的波数略有降低,这可能与副热带和中纬度分布着不同的经向型环流有关,因为副热带高压等气旋反气旋型环流分布在副热带上,因此副热带经向风 ISO 的纬向空间尺度较小;而中纬度对流层中部西风带在夏季平均有 4 个大槽,高压脊不是很明显,冬季为三槽三脊,因此经向风 ISO 的纬向空间尺度较大。另外在 32.5°—45.0°N 纬带上,经向风 ISO 向西传的能量比向东传的能量更强,两者之比约达 5:4 到 9:4,驻波成分较前述副热带略有降低。

4.3 ISO 逐日变化的特征

为了更好地说明副热带 ISO 的作用,下面给出了两个 ISO 影响天气过程的典型个例。图 4 是 850 hPa 高度场滤波后的 ISO 与未经滤波处理的原始高度场的逐日演变。为了图像清晰,在图 4 中 1985 年的高度场 ISO 仅给出了高度场时空滤波后大于 0 的部分,即高度场 ISO 的高压系统部分,而 1998 年的高度场 ISO 仅给出了小于 0 的部分,即高度场 ISO 的低压系统部分。1985 年 7 月 1 日中东太平洋中纬度附近有一与原始高度场高压配合的低频高压(图 4a),随后 7 月 6 日这个低频高压向西移动(图 4b),但相应原始高度场中的高压移动特征不明显,但 7 月 11 日到 7 月 16 日这个低频高压和相应原始高度场的高压都明显向西移动(图 4c、4d),以至在高压西侧一直与高压相伴的低压系统也向西移动并影响到日本和东亚大陆产生降水(韩荣青等,2006)。1998 年 6 月 16 日,在低纬度日界线以东附近有一低频倒槽,其后不断发展壮大并向西北太平洋移动(图 4e),7 月 21 日演变为一个强的低频气旋盘踞在长江中下游一带(图 4h),造成了大范围暴雨(韩荣青等,2006)。

总之,图 4 表明异常天气过程中低频高度场与原始高度场的演变是同向的,但高度场 ISO 在发展初期只是原始高度场的一个小量,当低频系统发展旺盛时,原始场与低频场的特征十分相似。

4.4 副热带季节内振荡的年际/年代际变化特征

东亚副热带地区(20°—30°N,115°—130°E)1958—2000 年 850 hPa 经向风候时间序列的 Morlet 小波时间-周期功率谱分析表明(图略),周期为 1 年的波动之谱能量最显著;ISO 也存在显著(通过 95%红噪声信度检验的小波功率谱)的年代际变化,1958—1975 年 ISO 活动较强,1976—1990 年 ISO 活动较弱,而 1991—2000 年 ISO 活动最强。

董敏等(2004)以及李桂龙等(1998)的研究结果都表明,热带 30—60 天振荡在拉尼娜事件发生期间较活跃,而在厄尼诺发生期间活动较弱。北太平洋副热带 850 hPa 经向风 ISO 在 ENSO 期间也有异常活动,但其强弱表现在厄尼诺/拉尼娜发生期间无一定势,为了进一步了解副热带 ISO 对 ENSO 循环的响应,将 43 年的 850 hPa 经向风 30—60 天振荡候平均小波功率谱转换成逐月资料,以达到与月海温指数资料时间尺度的统一,再分别将逐月的经向风 ISO 功率谱和 Nino3.4 区海温距平指数作 2—7 年的带通滤波(图 5a)和 9 年的低通滤波(图 5b),可以看出,在2—7年的带通滤波中,西北太平洋副热

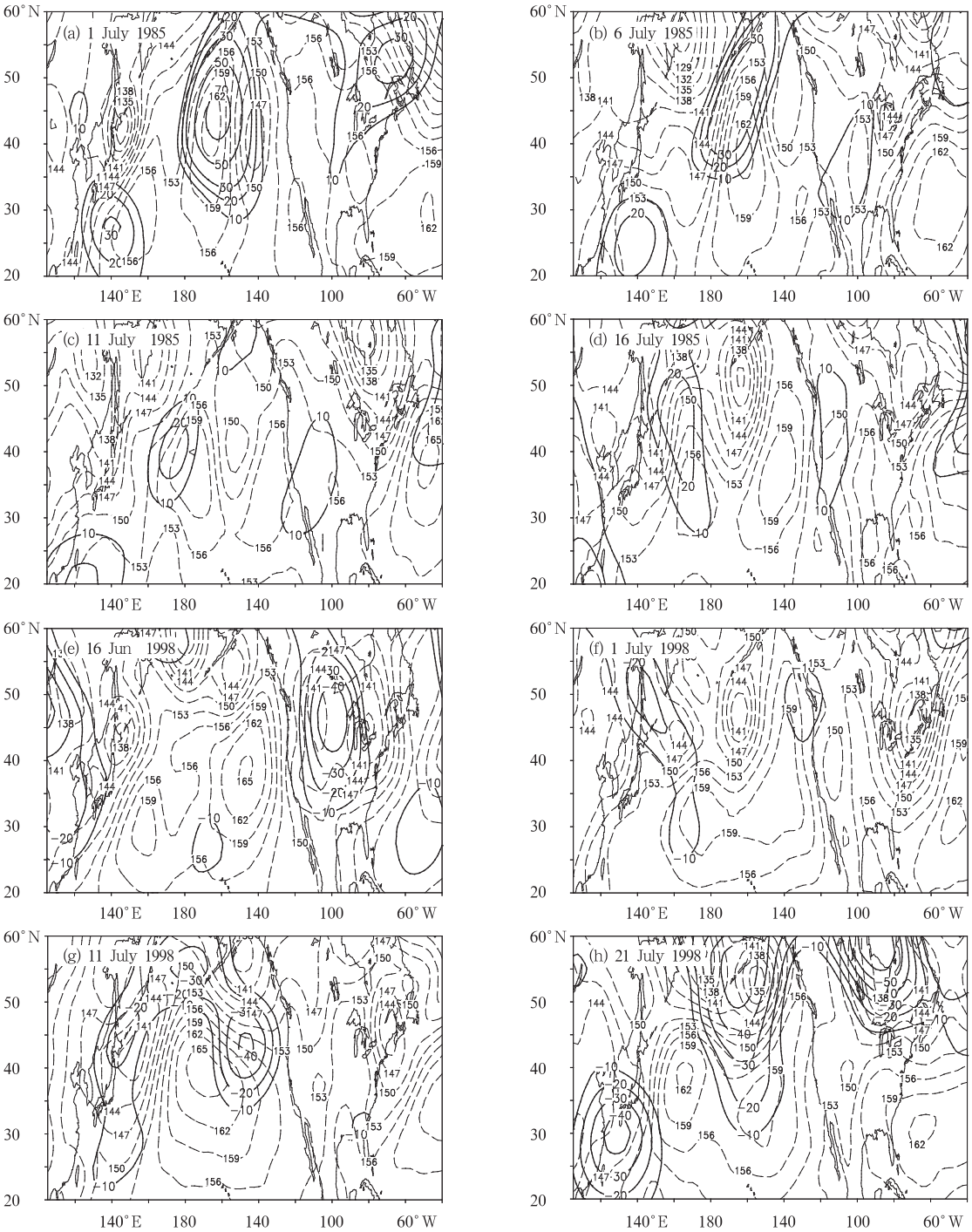

图 4 时空滤波的 ISO 高度场与原始高度场日演变

(ISO 高度场:实线,1985 年只画出>0 的部分,1998 年只画出了<0 的部分,单位:m;原始高度场:虚线,单位:10 m)

Fig. 4 The daily comparison of the ISO height on space-time filtering with the original height: the ISO height (units: m) showed by solid line (only the parts larger than zero are given for 1985, and only the part less than zero given for 1998) and the original height showed by dashed line (units: 10 m)

带(包含东亚部分区域(20°—30°N,110°—170°E) 850 hPa 经向风 ISO 的功率谱(实线)在厄尼诺发生期间较强,在拉尼娜发生期间较弱,两者的相关达到 0.22,通过 0.01 置信水平的 t 检验,东北太平洋区域(20°—30°N, 180°—130°W) 850 hPa 经向风 ISO 功率谱(虚线)与ENSO现象的相关不显著。在9年

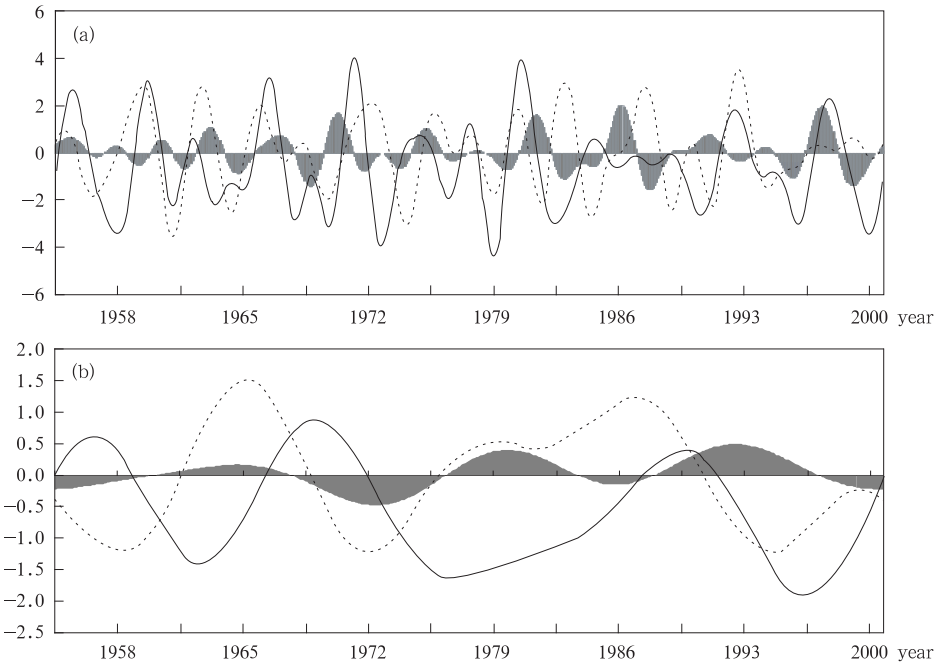

图 5 1958—2000 年逐月的西北太平洋(实线)和东北太平洋(虚线)850 hPa 经向风 30—60 d 振荡(ISO)功率谱与 Nino3.4 区海温距平指数(阴影)的滤波分析(a.3 变量的 2—7 年带通滤波,b. 3 变量的 9 年低通滤波;西北太平洋指 20°—30°N,110°—170°E 的区域;东北太平洋指 20°—30°N,180°—130°W 的区域;功率谱单位:$10^{-1}m^2/s^2$;海温指数单位:℃)

Fig. 5 Filtering analyses of the monthly data of the northwestern Pacific (solid curve) and northeastern Pacific (dashed curve) ISO power spectra for the 850 hPa meridional wind as well as sea surface temperature anomalies (shaded) in Nino3.4 regions during 1958 - 2000 (a. 2 - 7 years band-pass filrering, b. 9 years low-pass filrering; the northwestern Pacific: 20° - 30°N, 110° - 170°E, and the northeastern Pacific: 20° - 30°N, 180° - 130°W; unit of power spectra: $10^{-1}m^2/s^2$; unit of Nino3.4 index: ℃)

低通滤波中,西北太平洋副热带和东北太平洋的 ISO 功率谱分别与 Nino3.4 海温距平指数的相关达到了 - 0.32 和 0.26,均通过0.01置信水平的 t 检验。以上分析表明,在 ENSO 循环时间尺度上,西北太平洋副热带 ISO 的强弱与Nino3.4 海温指数有正相关关系,而东北太平洋 ISO 的活动与Nino3.4 海温指数的相关不明显;在年代际时间尺度的变化中,Nino3.4 海温指数与东北太平洋 ISO 的强弱有一致的变化关系,而与西北太平洋副热带 ISO 的强弱有相反的变化关系。

5 结论与讨论

北太平洋副热带大气 ISO 的活动与东亚夏季降水紧密相关,本文主要研究了它的一些基本气候特征,并引发出了一些值得深入研究和讨论的问题。

(1) 1958—2002 年,年时间序列和全球纬圈上各点(间隔 2.5 经度)的二维时空序列的谱分析表明,经向风 30—60 d 周期振荡(ISO)在 30°S—60°N 全球纬带上的分布与纬向风和高度等其他要素的分布十分不同,在赤道,经向风 ISO 谱能量与大气所有波动总的谱能量之比值很低(方差比很低),在副热带至中纬度较高,就时间序列和纬圈平均而言,在副热带至中纬度地区经向风 ISO 的方差比就可达到百分之十几。

(2) ISO 的局地逐日演变表明,虽然在强降水过程前夕,ISO 在实际大气中相对而言仅是一个小量,但在其发展成熟期,其特征可以与大气的总体特征相同,表明在 ISO 发展鼎盛期其能量可以占到实际大气总能量的主要部分,而且在 ISO 的发展过程中其与大气的总体演变趋势可以相同,甚至 ISO 的

演变有可能改变大气的总体特征。

(3) 45 年平均结果表明,在东亚—西北太平洋的副热带(20°—30°N),850 hPa 经向风 ISO 的活动在夏季最强春秋季次之冬季最弱;而其在东北太平洋副热带的活动正好相反,在冬季最强春秋季次之夏季最弱;在东亚 30°—45°N 的地区 ISO 全年活动都较弱。

(4) 在 30°N 以南的副热带,经向风 ISO 时空谱能量主要集中在 5—6 波数上,在 30°N 以北 ISO 的能量主要集中在 4—5 波数上,因此 ISO 在南、北纬带的传播速度也不同。

(5) 1958—2000 年,北太平洋副热带 850 hPa 经向风的 ISO 活动存在明显的年代际和年际变化特征。对于东亚沿海地区,约在 1958—1976 年 ISO 活动较强,1976—1990 年 ISO 活动明显减弱,1991—2000 年 ISO 活动最强;在年际时间尺度上,西北太平洋大气 ISO 包含有较显著的 ENSO 信号,但年代际变化又与 ENSO 循环变化相反,是否表明 ENSO 循环对大气的影响与大气年代际的变化趋势相反?海温变化对大气长期趋势起到一个反向调节作用?还需进一步研究。

参考文献

何金海,杨松. 1992. 东亚地区低频振荡的经向传播及中纬度的低频波动. 气象学报,50(2):190-198

孙国武,陈葆德. 1988. 青藏高原上空大气低频波的振荡及其经向传播. 大气科学,12(2):250-256

徐祥德,张雪金,陈联寿. 1999. 青藏高原大气低频波动力学特征//陶诗言,陈联寿,徐祥德等. 第二次青藏高原大气科学试验理论研究进展(一). 北京:气象出版社,162-168

李崇银. 1992. 华北地区汛期降水的一个分析研究. 气象学报,50(1):41-49

韩荣青,李维京,董敏. 2006. 北半球中纬度—副热带太平洋大气 ISO 的纬向传播与东亚夏季旱涝. 气象学报,64(2):149-163

琚建华,孙丹,吕俊梅. 2007. 东亚季风涌对我国东部大尺度降水过程的影响分析. 大气科学,31(6):1129-1139

李崇银. 1993. 大气低频振荡. 北京:气象出版社,3-6,84-87

黄嘉佑,李黄. 1984. 气象中的波谱分析. 北京:气象出版社,254-300

陈兴跃,王会军,曾庆存. 2000. 大气季节内震荡及其年际变化. 北京:气象出版社,15-22

董敏,张兴强,何金海. 2004. 热带季节内振荡时空特征的诊断研究. 气象学报,62(6):822-830

李桂龙,李崇银. 1998. 大气季节内振荡的活动与 El Nino. 热带气象学报,14 (1):54-62

Anderson J R, Rosen RD. 1983. Latitude-height structure of 40 - 50 day variations in atmospheric angular momentum. J Atmos Sci, 40: 1584-1591

Chen Longxun, Xie An. 1988. Westward propagating low-frequency oscillation and its teleconnection in the eastern hemisphere. Acta Meteor Sin, 2(3): 300-312

Chen Longxun, Zhu Congwen, Wang Wen, et al. 2001. Analysis of characteristics of 30-60 day low frequency oscillation over Asia during 1998 SCSMEX. Adv Atmos Sci, 18(4):623-638

Christopher T, Compo G P. 1998. A practical guide to wavelet analysis. Bull Amer Meteor Soc, 79(1):61-78

Dickey J O, Ghil M, Marcus S L. 1991. Extratropical aspects of the 40—50 day oscillation in length of day and atmospheric angular momentum. J Geophys Res, 96: 22643-22658

Hayashi Y. 1982. Space-time spectral analysis and its application to atmospheric waves. J Meteor Soc Japan, 60:156-171

Hsu H H, Hoskins B J, Jin F -F. 1990. The 1985/86 intraseasonal oscillation and the role of extratropics. J Atmos Sci, 47:823-839

Jin F-F, Ghil M. 1990. Intraseasonal oscillations in the extra-tropics: Hopf bifurcation and topographic instabilities. J Atmos Sci, 47:3007-3022

Kalnay E, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bull Amer Meteor Soc, 77: 437-471

Krishnamurti T N, Gadgil S. 1985. On the structure of the 30 to 50 day mode over the globe during FGGE. Tellus, 37A: 336-360

Liebmann B, Hartmann D L. 1984. An observational study of tropical-midlatitude interaction on intraseasonal time scales during winter. J Atmos Sci, 41: 3333-3350

Ghil M, Mo K. 1991. Intraseasonal oscillations in the global atmosphere. Part I: North hemisphere and topics. J Atmos Sci, 48 (5):752-779

Madden R A, Julian P R. 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. J Atmos Sci, 28:702-708

Madden R A, Julian P R. 1972. Description of global scale circulation cells in the tropics with 40-50 day period. J Atmos Sci, 29: 1109-1123

MaganaV, Yanai M. 1991. Tropical-midlatitude interaction on the time scale of 30 to 60 days during the northern summer of 1979. J Climate, 4: 180-201

Murakami T. 1988. Intraseasonal atmospheric teleconnection patterns during the Northern Hemisphere winter. J Climate, 1: 117-131

Simmons A J, Wallace J M, Branstator G W. 1983. Barotropic wave propagation and instability, and atmospheric teleconnection patterns. J Atmos Sci, 40:1363-1392