文章编号:1674-7070(2015)01-0058-10

杨严[1,2,3]　徐海明[1,2]

青藏高原春季 500 hPa 纬向风季节内振荡特征及其与我国南方降水的关系

摘要

利用 NCEP/NCAR 日平均再分析资料及中国 753 个测站日降水资料,采用带通滤波、小波功率谱、合成分析等方法研究了青藏高原春季 500 hPa 纬向风季节内振荡特征及其与我国南方降水的关系.结果表明,青藏高原春季 500 hPa 纬向风存在明显的 10~30 d 季节内振荡特征,该低频振荡主要表现为自西向东和自北向南的传播特征.通过位相合成分析发现,这种季节内振荡对我国南方春季降水有重要影响.当高原 500 hPa 纬向风季节内振荡处于 2~3 位相时(即高原上盛行西风异常),对应于我国南方地区春季降水明显偏多;反之,当季节内振荡处于相反位相时(6~7 位相,即高原上盛行东风异常),对应于我国南方春季降水明显偏少.南方春季最大正(负)异常降水的出现滞后于高原季节内振荡的峰值(谷值)位相,其滞后时间为 2 d.分析结果还表明,高原上空纬向风的季节内振荡活动主要通过中纬度大尺度环流异常对我国南方春季降水产生影响.

关键词

青藏高原;纬向风;振荡;降水

中图分类号 P461

文献标志码 A

收稿日期 2013-11-27

资助项目 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006020);国家自然科学基金(41275094);江苏高校优势学科建设工程(PAPD)项目;江苏省高校"青蓝工程"项目

作者简介

杨严,女,硕士生,主要研究方向为大气低频振荡.yangyan_zj@ foxmail.com

徐海明(通信作者),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为短期气候预测.hxu@ nuist.edu.cn

1 南京信息工程大学 气象灾害省部共建教育部重点实验室,南京,210044

2 南京信息工程大学 大气科学学院,南京,210044

3 镇江市气象局,镇江,212003

0 引言

大气季节内振荡(Intraseasonal Oscillation,简称 ISO)首先发现于热带地区.20 世纪 70 年代初,Madden 等[1]利用热带中太平洋坎顿岛的近 10 a 的逐日探空资料进行谱分析和交叉谱分析,发现 850 hPa 纬向风、150 hPa 纬向风、地面气压以及对流层温度都存在明显的 41~53 d 周期的振荡.次年,他们发现这种振荡在全球热带大气中普遍存在[2].此后,大气中的低频振荡(Low Frequency Oscillation)现象一直受到国内外学术界的高度重视,并成为大气科学的重要前沿课题之一[3-4].越来越多的研究证实,大气低频振荡不仅存在于热带地区,而且也存在于中高纬地区,并已证实大气季节内振荡是大气运动的普遍特征,具有全球性的特征[5-7].

目前关于大气季节内振荡的研究很多,但大多数研究都集中在赤道低纬地区(30°N~30°S),而对于中高纬度地区,尤其是对青藏高原地区的大气季节内振荡的研究相对较少.青藏高原(以下简称高原)具有独特的天气气候特征,其动力和热力作用对我国乃至全球天气气候有重要影响[8].前人多年来的研究发现青藏高原地区同样存在低频振荡现象[9-11],这也证实了高原地区是中纬度地区大气低频振荡的活跃区和重要源地之一.

纬向风是表征大气季节内振荡的重要物理量[12-13],而目前关于青藏高原纬向风季节内振荡特征的研究却相对较少.朱丽华等[14-15]在其研究中指出,青藏高原夏季 500 hPa 纬向风的异常变化与我国夏季降水及大气环流的变化关系密切,当高原纬向风减弱时长江中下游以北的部分地区降水明显偏少,长江中下游以南地区降水明显偏多.以往的研究多着眼于中国夏季降水,而中国春季的气候变化有着不同于夏季的鲜明特点,并具有多时间尺度变化特征[16],春季降水的多少对中国农牧业和人民生活有着重要的影响.王群英等[17]研究发现华北春季降水与 ENSO 有密切的关系,在 El Niño 发生年及次年,华北春季降水偏多.Wang 等[18]指出江南地区春季降水与副热带高压、东亚西风急流、极涡以及太平洋海温异常都有密切的联系,而与亚洲低纬地区大气环流的联系并不明显.张人禾等[19]提出青藏高原积雪与东亚季风和中国春季降水有密切联系.那么春季青藏高原 500 hPa 纬

向风的低频变化特征与我国降水存在怎样的关系?本文将围绕这一问题进行讨论.

1 资料与方法

1.1 资料

本文采用1981—2010年3—5月的日降水量资料,该资料取自中国753个地面气象观测站及自动站观测资料集;水平风场、位势高度场、比湿场、垂直速度场等资料均来自NCEP再分析资料的日平均资料[20],该资料水平分辨率为2.5°×2.5°经纬度网格,资料的时间序列长度为1981—2010年共30 a.

1.2 研究方法

1)以小波功率谱和带通滤波的方法研究青藏高原春季500 hPa纬向风的低频振荡特征,即通过小波分析找出春季高原500 hPa纬向风的振荡周期,经过Butterworth带通滤波后,将同一个位相的日期全部归类,从而得到各个位相的样本数.

2)本文还采用了合成分析方法.具体做法是根据归类好的1981—2010年3—5月各个位相所对应的日期,把同一位相的降水、风场、位势高度、水汽通量及垂直速度等物理量的日距平值分别进行合成,从而得到这些物理量分别在该位相的合成值,其中每年的日距平值为该年日平均值减去多年气候日平均值后的值.随后对各个要素合成场分别做显著性检验.由于水平风场、位势高度、垂直速度和水汽通量的概率分布接近正态分布,因此直接采用双侧t检验,而降水量由于其观测站点分布不均匀,通常不服从正态分布,因此本文选用蒙特卡洛方法[21]检验其合成场的显著性.

2 高原春季500 hPa纬向风季节内振荡特征

为了揭示高原春季500 hPa纬向风季节内主要振荡周期,本文对1981—2010年2—6月青藏高原(75~105°E,27.5~40°N)上空区域平均的500 hPa纬向风进行逐年的小波分析,统计出逐年的低频纬向风的振荡周期,如表1所示.由表1可见,除少数年份外,其余年份高原上空500 hPa纬向风普遍存在以10~30 d为主的振荡周期.作为例子,图1分别给出了1983、1988、1993、1997、2002和2004年高原上空500 hPa纬向风的小波分析,图中清楚显示出在这6 a中春季高原500 hPa纬向风存在明显的10~30 d振荡周期.朱丽华等[14-15]指出,高原500 hPa纬向风季节内振荡整体上表现出冬、春强,夏、秋弱的季节差异,高原500 hPa纬向风季节内振荡主要存在10~30和30~60 d的周期,并且10~30 d的波段在春季和冬季比较明显.本文对1981—2010年高原春季500 hPa纬向风逐年的小波分析结果与上述结论相一致.

表1 高原春季500 hPa低频纬向风的周期特征

Table 1 Period features of intraseasonal oscillation of 500 hPa zonal winds in spring over the Tibetan Plateau

年份	周期/d	年份	周期/d	年份	周期/d
1981	10~30	1991	10~35	2001	10~30
1982	15~30	1992	10~30	2002	10~30
1983	10~30	1993	10~30	2003	10~30
1984	10~30	1994	10~30	2004	10~30
1985	10~30	1995	10~30	2005	30~40
1986	20~30	1996	10~30	2006	10~30
1987	10~30	1997	10~30	2007	10~30
1988	10~30	1998	20~40	2008	10~30
1989	10~40	1999	10~30	2009	10~30
1990	10~30	2000	10~30	2010	10~30

为了揭示高原春季500 hPa纬向风10~30 d振荡的传播特征,本文对1981—2010年高原春季500 hPa低频纬向风分别作沿27.5~40°N平均的经度-时间剖面图和沿75~105°E平均的纬度-时间剖面图,进而统计分析低频纬向风在经向和纬向上的传播特点,结果如表2所示.从表2可以看到,1981—2010年中除极少数年份外,高原春季500 hPa低频纬向风普遍存在相似的传播特征,即纬向上低频纬向风由高原自西向东传播,经向上由北向南传播.作为个例,图2仅给出了2000年500 hPa低频纬向风的经度-时间剖面和纬度-时间剖面.由图2可见,2000年高原春季500 hPa低频纬向风存在明显的纬向和经向传播特征.纬向传播主要表现为,在高原西侧,低频纬向风向西传播,而在高原东侧,低频纬向风由西向东传播经过高原并继续向东移动;经向传播主要表现为,纬向风低频振荡由北向南传播,经过高原继续向南移动,与纬向传播特征所不同的是,经向上并没有出现由南北两侧向高原腹地传播的情形.

3 高原春季500 hPa纬向风季节内振荡与我国春季降水异常的联系

3.1 高原500 hPa纬向风季节内振荡与我国春季降水异常的关系

为了揭示春季500 hPa纬向风10~30 d低频振荡与我国春季降水的关系,本文主要采用合成分析

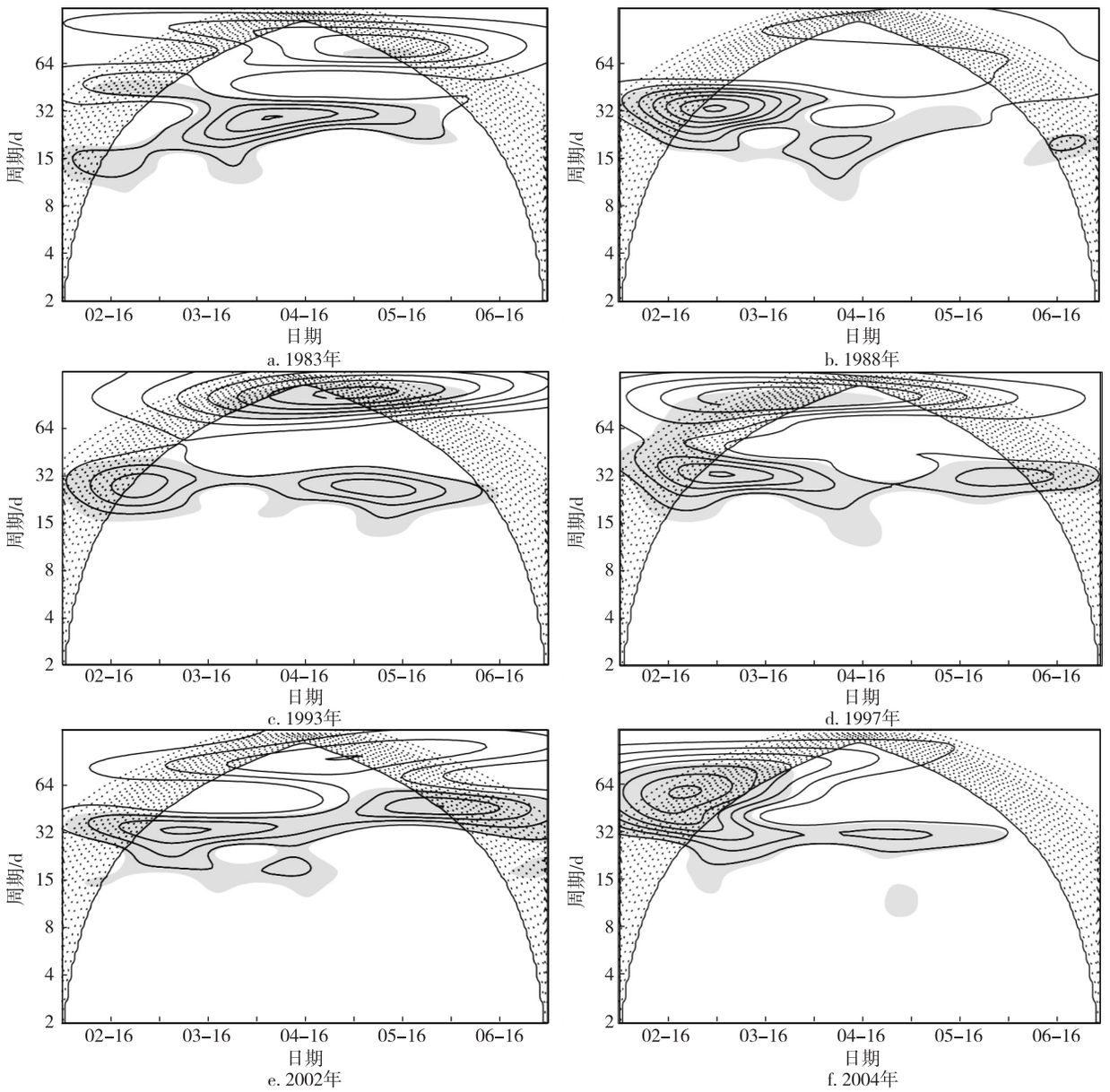


图 1　青藏高原 500 hPa 纬向风小波功率谱(单位:W/Hz)(阴影区通过 95%的置信度检验)

Fig. 1　Wavelet power spectrum (unit in W/Hz) of 500 hPa zonal winds averaged over the Tibetan Plateau (Shaded areas represent those areas with statistical significance passing the 0.05 level)

的方法.首先,对 1981—2010 年逐年逐日的春季高原地区 500 hPa 纬向风进行 10~30 d 带通滤波,由此得到 30 个年份的高原 500 hPa 纬向风随时间变化的低频周期,然后再对这 30 a 的低频周期所在的日期进行分类,即在 10~30 d 滤波后的高原 500 hPa 纬向风中选取比较完整的低频周期,划分成 8 个位相,划分方法如图 3 所示,其中位相 1 和位相 5 分别为低频扰动振幅为 0 的位相,位相 3 为峰值位相,位相 7 为谷值位相,位相 2、4、6、8 分别对应低频振荡振幅值达到最大值或最小值 1/2 的时间.为了方便讨论,本文将 2~3 位相、4~5 位相、6~7 位相、8~1 位相合并成 4 个主要阶段分别进行讨论.

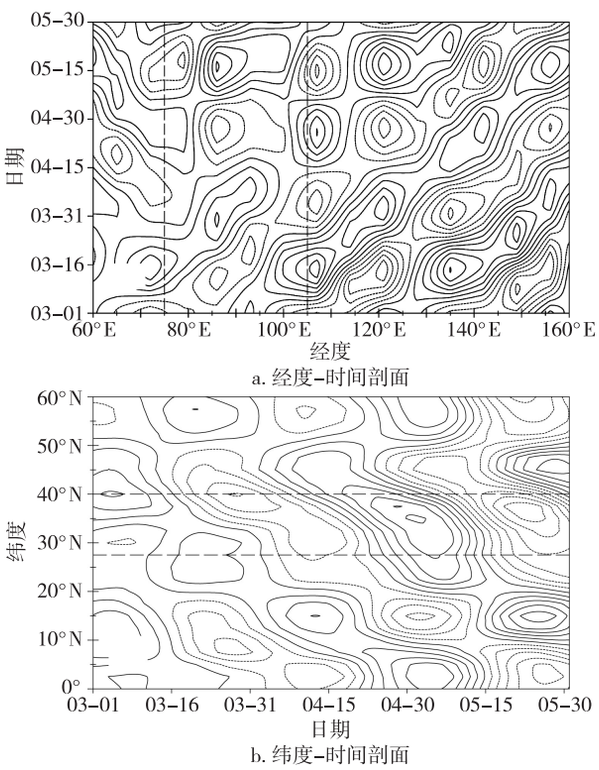
表 3 给出了 1981—2010 年 30 a 中高原春季 500 hPa 上 10~30 d 低频纬向风各主要阶段对应的样本数.由表 3 可见,2~3、4~5、6~7 和 8~1 位相的样本数都超过了 500,分别达到了 568、522、579、535.

图 4 分别给出了 8~1、2~3、4~5 和 6~7 位相我国春季降水距平的合成场. 由图 4 可见:当高原春季

表 2　高原春季 500 hPa 低频纬向风的传播特征

Table 2　Propagation features of intraseasonal oscillation of 500 hPa zonal winds in spring over the Tibetan Plateau

年份	经向传播	纬向传播	年份	经向传播	纬向传播	年份	经向传播	纬向传播
1981	南传	东传	1991	南传	弱东传	2001	弱北传	不明显
1982	南传	东传	1992	南传	东传	2002	南传	东传
1983	南传	东传	1993	南传	东传	2003	不明显	东传
1984	弱南传	不明显	1994	不明显	东传	2004	南传	东传
1985	南传	东传	1995	南传	东传	2005	南传	东传
1986	不明显	东传	1996	弱南传	东传	2006	南传	弱东传
1987	南传	弱东传	1997	南传	弱西传	2007	南传	不明显
1988	南传	东传	1998	南传	东传	2008	南传	东传
1989	南传	不明显	1999	南传	弱东传	2009	不明显	东传
1990	不明显	东传	2000	南传	东传	2010	南传	东传



a. 经度-时间剖面

b. 纬度-时间剖面

图 2　2000 年春季 10~30 d 500 hPa 低频纬向风(单位:m/s)沿 27.5~40°N 平均的经度-时间剖面和沿 75~105°E 平均的纬度-时间剖面(黑色虚线为高原所在区域)

Fig. 2　Time cross sections of 10-30 d low frequency zonal winds (unit in m/s) along 27.5-40°N and along 75-105°E in the spring of 2000(The zone between the black dotted lines refers to the area over the Tibetan Plateau)

500 hPa 低频纬向风位于 8~1 位相时,江淮、江南大部以及华南的部分地区有降水负异常,最大负值中心位于湖南地区,我国西南的云南和广西东部有降水正异常(图 4a);处于低频纬向风的 2~3 位相时,

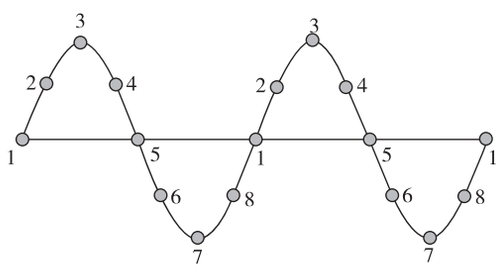


图 3　8 个位相的划分方法

Fig. 3　Method of dividing 8 phases

表 3　1981—2010 年高原春季 500 hPa 上 10~30 d 低频纬向风各主要位相统计样本数

Table 3　Number of days for the four stages of 10-30 d 500 hPa low frequency zonal winds over the plateau in spring during 1981—2010

位相	2~3 位相	4~5 位相	6~7 位相	8~1 位相
样本数	568	522	579	535

在上个阶段中为降水负异常的江南区域转为降水正异常,降水正异常的地区主要位于安徽、湖北、湖南、重庆和江西等地,其中极大值中心位于江西北部,此外,贵州、广西的部分地区降水也异常偏多(图 4b);当高原春季 500 hPa 低频纬向风位于 4~5 位相时,与 2~3 位相相比,此阶段的降水正异常区域向东部和北部转移,江苏、安徽的大部分地区和江西、湖南的部分区域降水偏多,广东的部分地区也表现为降水正异常,与之相反,广西和云南地区表现为负的降水异常(图 4c);处于 6~7 位相时,江南的浙江、福建、江西,华中的湖北、湖南以及西南的重庆为降水异常偏少的地区,最大负值中心位于浙江和江西的交界,而广东、广西的部分区域在这个阶段内降水异

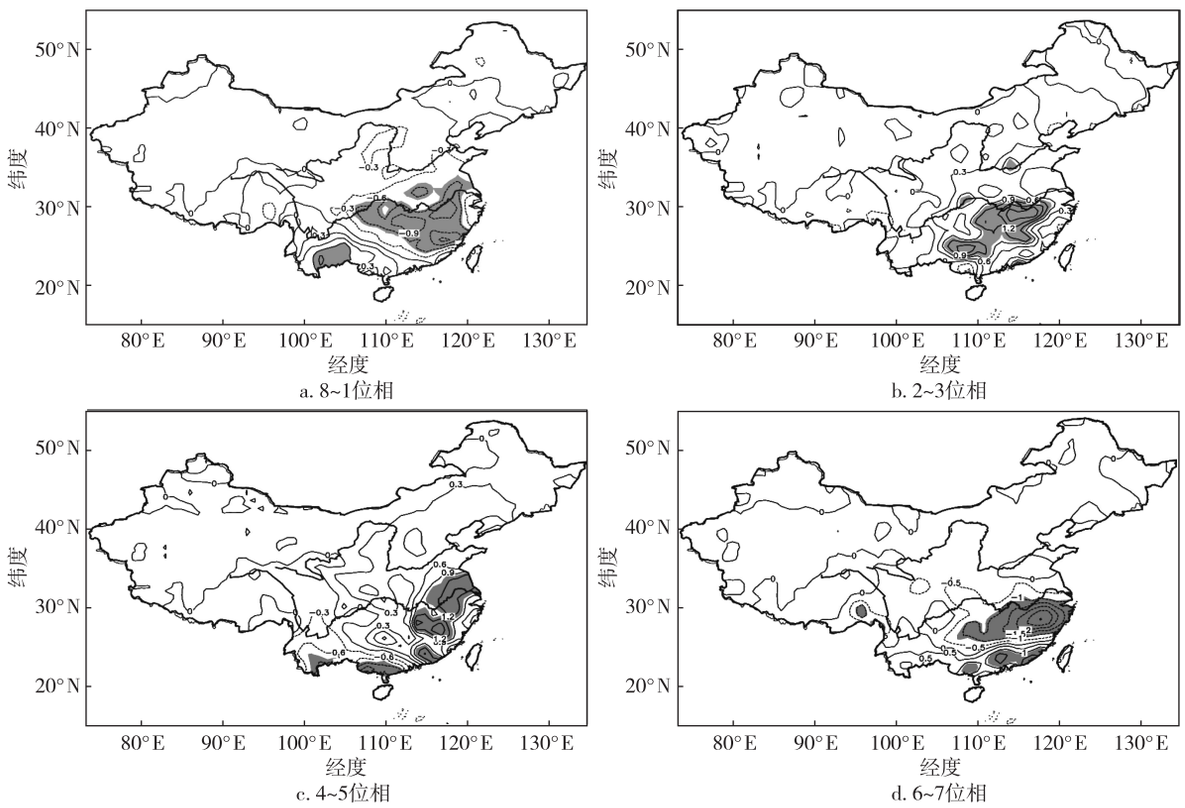


图 4　我国春季降水距平(单位:mm/d)的合成场(阴影区域置信度超过 90%)

Fig. 4　Composited precipitation anomalies (unit in mm/day) in China for the phases (Shaded areas refer to those areas with statistical significance passing the 0.1 level)

常增多(图 4d).总之,当振荡位于 8~1 和 6~7 位相时,我国降水负异常的区域较大,振荡位于 2~3 和 4~5 位相时,降水正异常的区域较大,极大值区和极小值区均位于长江以南.由以上划分位相的方法可知,位相 3 和位相 7 是 2 个极端相反的位相,这 2 个位相所在的阶段(2~3 和 6~7 位相)也是影响我国南方春季异常降水的重要阶段.根据上述分析可以发现,高原低频振荡的 2~3 和 6~7 位相分别是影响我国南方春季降水的湿位相和干位相,即位于 2~3 位相时,我国南方春季降水异常偏多(图 4b),位于 6~7 位相时,降水异常偏少(图 4d).

为了进一步研究高原春季 500 hPa 低频纬向风与我国春季降水异常之间在时间上的滞后关系,本文将进而考察高原春季 500 hPa 纬向风季节内振荡传播的 4 个阶段中各样本分别滞后 1 和 2 d 时我国春季降水的异常情况,以及引起降水异常的低频环流演变特征.由图 5 可见,高原春季 500 hPa 纬向风低频振荡的 4 个阶段里,春季异常降水的区域主要处于江淮部分地区和江南大部,故而选择区域(110~123°E,23~32°N)范围内的站点加以重点分析.上述区域内的站点遍及江苏中南部、安徽中南部、湖北的部分地区、浙江、江西、湖南以及福建的北部地区,共计 115 个站点(图 5).为了能把各个阶段中异常降水的同期情况与滞后 1 和 2 d 的降水异常情况作比较,在此,将着重分析区域内站点异常降水累积量和区域内降水异常偏多(偏少)的站点数.图 6 给出了上述区域内的累积降水距平.由图 6 可见:高原 500 hPa 纬向风季节内振荡位于 2~3 位相时,其后 1~2 d,我国南方降水出现异常增多的特征,且滞后 2 d 时降水量达到了最大正距平;与之相反,位于 6~7 位相时,其后 1~2 d,都表现出降水异常减少,且滞后 2 d 时降水出现了最大负距平;低频振荡位于 8~1 位相时,同期与滞后 1 d 时累积降水有负异常,滞后 2 d 时转为正异常;4~5 与 8~1 位相的情形相反,即同期与滞后 1 d 时累积降水为正异常,滞后 2 d 时转为负异常.可见,降水在 4~5 和8~1 位相的滞后1~2 d 均呈现正负异常的突变,而2~3 和 6~7 位相的正负异常降水在同期和滞后 1 和 2 d 时具有连续性的递增变化趋势.表 4 给出了区域(110~123°E,23~32°N)内合成值为正(负)且通过 90%置信水

平的站点个数.由表4可知:低频振荡位于第2~3位相时,滞后1~2 d区域内降水合成值为正的站点个数均超过合成值为负的站点个数,且滞后2 d时合成值为正的站点个数最多;位于6~7位相时,滞后1和2 d区域内降水合成值为负的站点个数均超过合成值为正的站点个数,且滞后2 d时合成值为负的站点个数最多;位于8~1和4~5位相的情况下,正负站点个数没有呈现出明显的特征.由以上各阶段的区域累积降水异常值和降水异常值为正(负)的站点个数可以看出,高原低频振荡的2~3和6~7位相分别是影响我国南方区域(110~123°E,23~32°N)春季降水主要位相,且这一区域内的降水异常达到最大正(负)异常的时间与高原季节内振荡峰值(谷值)位相之间存在一定的时间滞后,其滞后时间约为2 d.

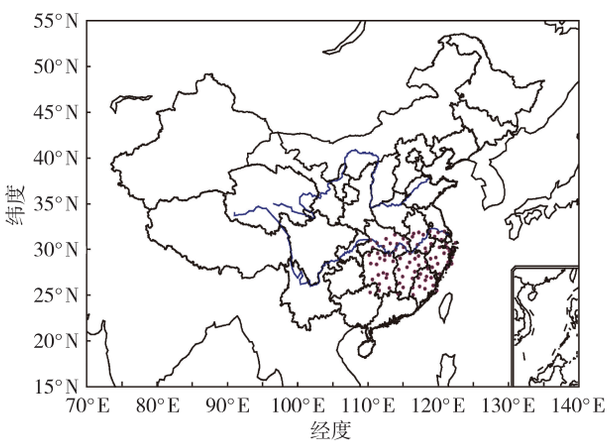


图5 (110~123°E,23~32°N)区域站点分布

Fig. 5 Location of stations in region (110-123°E,23-32°N)

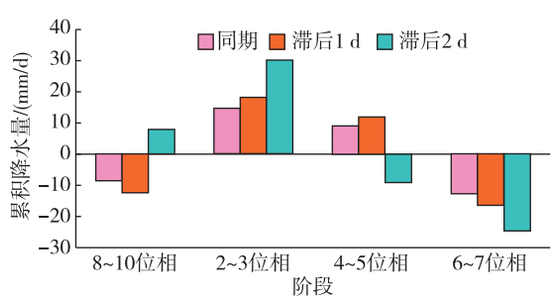


图6 区域(110~123°E,23~32°N)累积降水距平在不同阶段的合成(单位:mm/d)

Fig. 6 Composited accumulated precipitation anomalies (unit in mm/d) over the area (110-123°E,23-32°N) for the four stages

表4 合成值为正(负)异常降水且通过90%置信水平的站点数

Table 4 Number of stations where composited precipitation anomalies are positive (negative) with their statistical significance levels above 90%

滞后	阶段			
	8~1位相	2~3位相	4~5位相	6~7位相
同期	16(40)	62(11)	44(12)	14(53)
滞后1 d	12(44)	66(9)	53(9)	9(61)
滞后2 d	47(7)	70(8)	19(48)	7(69)

3.2 可能影响途径和机理

为了揭示青藏高原500 hPa纬向风季节内振荡对我国春季降水影响的过程和可能机制,下面将主要分析对流层中层和低层大气低频环流演变特征,探讨高原500 hPa纬向风季节内振荡影响我国春季降水的可能途径.

3.2.1 500和850 hPa低频环流演变特征

图7分别给出了高原500 hPa纬向风低频活动的4个阶段(8~1、2~3、4~5和6~7位相)滞后2 d的500 hPa位势高度场和风场的异常合成场.由图7可见,当高原低频振荡处于滞后8~1位相2 d时,乌拉尔山以西上空为反气旋异常环流和正的位势高度距平,乌拉尔山以东为气旋性异常环流和负位势高度距平,我国东北及朝鲜半岛上空为反气旋异常环流和正高度距平,西北太平洋上为气旋性异常环流和负位势高度距平(图7a).将以上这些低频异常气旋、反气旋的环流中心相连,明显构成一个西北—东南向波列,在高原500 hPa纬向风低频活动的4个阶段里,该波列一直向东移动.当低频振荡位于滞后2~3位相2 d时,乌拉尔山以西的反气旋性异常环流中心略有东移,乌拉尔山以东的气旋性异常环流也向东南方向移动,环流中心由80°E附近移动到了100°E附近,上个阶段中我国东北上空的反气旋性异常环流在这个阶段也移动到了日本海上空(图7b).在滞后4~5位相2 d的阶段里,波列继续向东偏南方向传播,最西端的低频反气旋异常环流的中心东移到了80°E附近,低频气旋性异常环流也进一步东移至蒙古高原上空,上个阶段位于日本海上空的反气旋异常环流则移动到了西北太平洋上(图7c).当振荡位于滞后6~7位相2d时,图7a中位于乌拉尔山以西的低频反气旋异常环流已经东移到了阿尔泰山山脉以东,在其东面的低频气旋性异常环流也移动到了朝鲜半岛附近(图7d).至此,滞后2~3

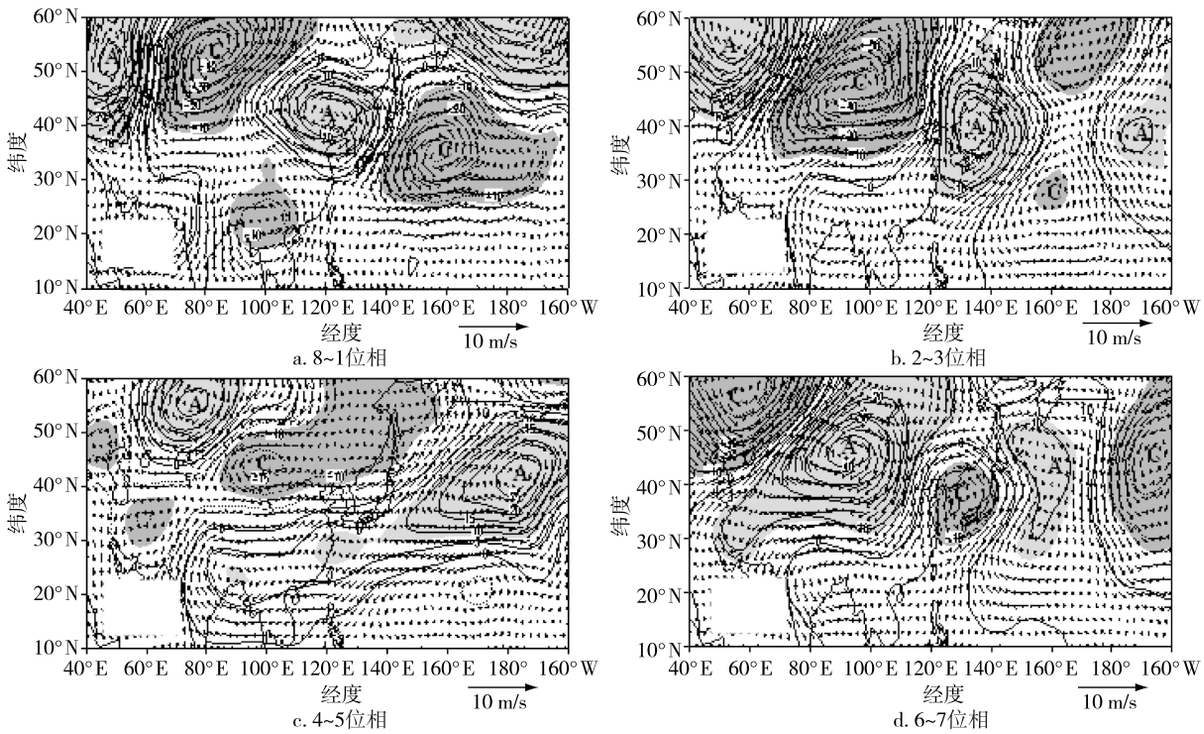


图 7　高原 500 hPa 低频纬向风位于 8~1、2~3、4~5 和 6~7 位相后 2 d 的
500 hPa 位势高度距平(等值线,单位:gpm,阴影区通过 90%的置信度检验)和风场距平合成场

Fig. 7　Composited geopotential height anomalies (contours,unit in gpm,the shaded areas indicate areas with statistical significance passing the 0.1 level) and wind anomalies at 500 hPa for 2-day lagged behind the phases of 8-1,2-3,4-5,and 6-7

位相 2 d 和滞后 6~7 位相 2 d 的我国高空的形势呈完全相反的情形,即 2~3 位相中我国上空由西低东高转为6~7 位相中的西高东低.当高原 500 hPa 纬向风低频活动处于滞后 2~3 位相 2 d 时,我国北方和西北大部、蒙古高原及中西伯利亚高原上空被负位势高度距平和气旋性异常环流控制,25°N 以北的东亚地区和北太平洋为较强正位势高度距平和反气旋性异常环流所控制.在滞后 6~7 位相 2 d 时,在我国西北部高空有一个极强的正位势高度距平和反气旋性异常环流,而在我国东北上空为负的位势高度距平和气旋性环流异常,在西北太平洋上有一弱的位势高度正距平和反气旋性异常环流.由此可见,当我国南方春季降水异常偏多时,对应的东亚 500 hPa 环流异常形势为我国西北部上空为气旋性异常环流和负位势高度距平,我国东部和日本海上为反气旋性异常环流和正位势高度距平;反之,当我国南方春季降水异常偏少时,对应的东亚环流异常形势为我国西北部上空为反气旋异常环流和正位势高度距平,我国东部及日本海上空为气旋性异常环流和负位势高度距平.

图 8 给出了滞后 2~3、6~7 位相 2 d 时的 850 hPa 位势高度和环流的异常形势.由图 8 可见,高原春季 500 hPa 纬向风低频振荡位于滞后 2~3 位相2 d 与位于滞后 6~7 位相 2 d 时,850 hPa 的异常环流呈现完全相反的情形.当高原 500 hPa 纬向风低频活动处于滞后 2~3 位相 2 d 时,我国南方地区低层有南风异常,有利于水汽从低纬传输到中国南方地区,为降水的产生提供有利条件(图 8a);同时,我国南方地区上空为负位势高度距平和气旋性异常环流,有利于水汽辐合产生降水.在此阶段,500 hPa 层东亚大槽位置偏东且强度较弱(图 7b),对应冷空气强度相对较弱.与之相反,当高原 500 hPa 纬向风低频活动处于滞后 6~7 位相 2 d 时,我国南方地区低层有北风异常,这阻止了从低纬到我国南方的水汽输送(图 8b);同时,南方地区上空为正位势高度距平和反气旋性异常环流控制,不利于水汽辐合上升产生降水,此时,500 hPa 层东亚大槽位置偏西且强度较强(图 7d),对应于有较强的冷空气活动,配合

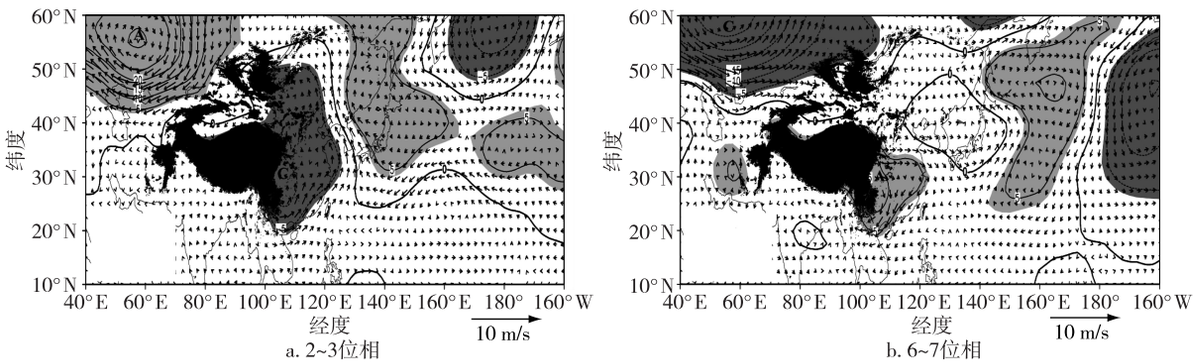


图 8　高原 500 hPa 低频纬向风位于 2~3 和 6~7 位相后 2 d 的 850 hPa 位势高度距平(等值线,单位:gpm,阴影区通过 90%的置信度检验)和风场距平(矢量箭头,单位:m/s)合成场

Fig. 8　Composited geopotential height anomalies (contours, unit in gpm; the shaded areas indicate areas with statistical significance passing the 0.1 level) and wind anomalies (vectors, unit in m/s) at 850 hPa for 2-day lagged behind the phases of 2-3 and 6-7

低空反气旋性环流异常,不利于降水的产生.

3.2.2　500 hPa 垂直速度和 850 hPa 水汽通量

图 9 给出了高原 500 hPa 低频纬向风位于 2~3 和 6~7 位相后 2 d 的 500 hPa 垂直速度距平和 850 hPa 水汽通量距平合成场.从图 9 中可看出,在高原 500 hPa 低频纬向风位于滞后 2~3 位相的 2 d 时,我国南方上空的情形与滞后 6~7 位相 2 d 时的情形基本相反.当低频纬向风处于滞后 2~3 位相 2 d 时,我国南方地区上空 850 hPa 层有较强的由南向北的异常水汽输送,同时 500 hPa 层的垂直速度 ω 距平值为负值,呈现上升运动异常,表明此时南方地区上空有异常上升运动,有利于形成降水,对应我国南方地区降水偏多(图 9a);反之,当低频振荡位于滞后 6~7 位相 2 d 时,我国南方地区主要受由北向南的水汽通量异常控制,同时,我国南方上空 500 hPa 层的垂直速度 ω 距平值为正值,呈现下沉运动异常,对应有异常下沉运动,不利于降水,导致我国南方地区降水偏少(图 9b).

4　结论

本文利用 NCEP/NCAR 日平均再分析资料及中国 753 个测站日降水资料,采用带通滤波、小波功率谱、合成分析等方法对青藏高原春季 500 hPa 纬向风季节内振荡特征及其与我国南方降水的关系进行了分析,得到了以下主要结论.

1) 春季高原 500 hPa 低频纬向风存在显著的季

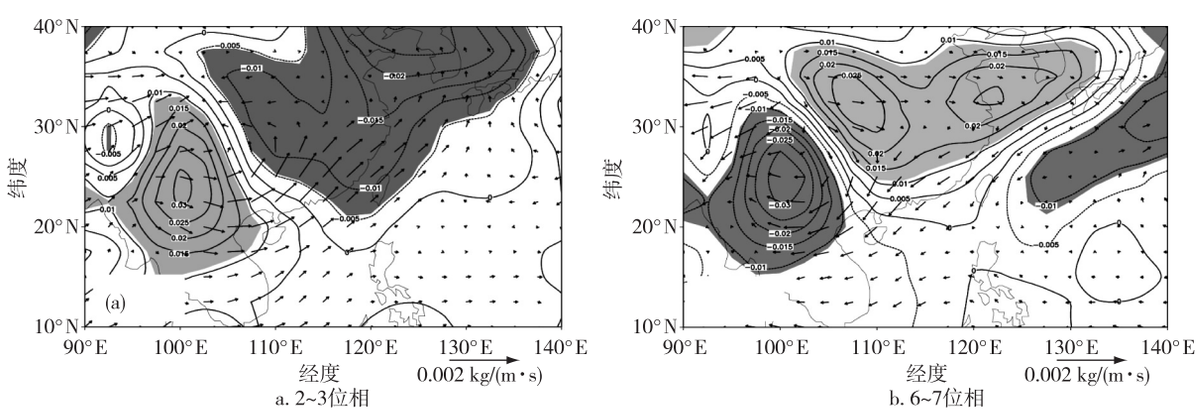


图 9　高原 500 hPa 低频纬向风位于 2~3 和 6~7 位相后 2 d 的 500 hPa 垂直速度 ω(等值线,单位:Pa/s,阴影区通过 90%的置信度检验)和 850 hPa 水汽通量距平(矢量箭头单位:kg/(m·s))合成场

Fig. 9　Composited vertical velocity anomalies (contours, unit in Pa/s; the shaded areas indicate areas with statistical significance passing the 0.1 level) at 500 hPa and moisture flux anomalies (vectors, unit in kg/(m·s)) at 850 hPa for 2-day lagged behind the phases of 2-3 and 6-7

节内振荡现象,其主要的振荡周期大约为 10~30 d,这种季节内振荡在经向上主要表现为自北向南的传播,在纬向上则主要表现为自西向东传播.

2) 高原 500 hPa 低频纬向风与我国南方春季降水异常之间存在很好的位相关系.当低频纬向风处于 2~3 位相时(即高原上盛行西风异常),对应于我国南方降水异常偏多,而当位于 6~7 位相时(即高原上盛行东风异常),对应于南方降水异常偏少,且南方春季最大异常降水的出现与高原季节内振荡峰谷值位相间在时间上存在一定滞后现象,即最大异常降水出现于季节内振荡峰谷值位相的 2 d 后.

3) 青藏高原春季 500 hPa 低频纬向风与中高纬欧亚 500 hPa 上空自西向东传播的低频波列相联系,并通过东传波列对我国南方春季降水产生影响.当高原低频纬向风处于 2~3 位相,该东传的波列在我国西北部上空产生一个气旋性异常环流,而在我国东部和日本海上空则形成一个反气旋性异常环流,此时对应我国南方的对流层低层形成了一个气旋性异常环流,有利于我国南方春季降水;反之,当高原低频纬向风处于 6~7 位相,东传的波列在我国西北部上空产生一个反气旋异常环流,我国东部及日本海上空则形成了一个气旋性异常环流,此时,对应于我国南方对流层低层形成了一个反气旋性异常环流,不利于我国南方春季降水.

参考文献

References

[1] Madden R D,Julian P R.Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific[J].Journal of the Atmospheric Sciences,1971,28(5):702-708

[2] Madden R D,Julian P R.Description of globe-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period[J].Journal of the Atmospheric Sciences, 1972, 29(6):1109-1123

[3] 李崇银.大气低频振荡[M].北京:气象出版社,1993:4-12
LI Chongyin.Low frequency oscillations in the atmosphere[M].Beijing:China Meteorological Press,1993:4-12

[4] 李崇银.大气季节内振荡研究的新进展[J].自然科学进展,2004,14(7):734-741
LI Chongyin.A new progress in the study of intraseasonal atmospheric oscillation[J].Progress in Natural Science,2004,14(7):734-741

[5] Krishnamurti T N,Gadgil S.On the structure of the 30 to 50 day mode over the globe during FGGE[J].Tellus A,1985,37A(4):336-360

[6] 李崇银.30~60 d 大气振荡的全球特征[J].大气科学,1991,15(3):66-76
LI Chongyin.Global characteristics of 30-60 day atmospheric oscillation[J].Scientia Atmospherica Sinica,1991,15(3):66-76

[7] 张勤,倪允琪,林武银,等.热带和中高纬地区季节内振荡的特征及其动力学诊断[J].热带气象,1992,8(4):289-296
ZHANG Qin, NI Yunqi, LIN Wuyin, et al. Diagnostic study for intraseasonal oscillation of tropical and mid-high latitudes in a low resolution global spectral model[J].Journal of Tropical Meteorology,1992,8(4):289-296

[8] 叶笃正,罗四维,朱抱真.西藏高原及其附近的流场结构和对流层大气的热量平衡[J].气象学报,1957,28(2):108-121
YE Duzheng, LUO Siwei, ZHU Baozhen. The wind structure and heat balance in the lower troposphere over Tibetan Plateau and its surrounding[J]. Acta Meteorologica Sinica,1957,28(2):108-121

[9] 刘炜,周顺武,杨双艳.青藏高原大气低频振荡研究进展[J].干旱气象,2012,30(1):107-129
LIU Wei,ZHOU Shunwu,YANG Shuangyan.Progress in research on low frequency oscillation over the Tibetan Plateau[J].Journal of Arid Meteorology,2012,30(1):107-129

[10] 孙国武,陈葆德.青藏高原上空大气低频波的振荡及其经向传播[J].大气科学,1988,12(3):250-257
SUN Guowu, CHEN Baode. Atmospheric low-frequency waves and its meridional propagations over Tibetan Plateau[J].Scientia Atmospherica Sinica,1988,12(3):250-257

[11] 孙安健,唐国利,黄荣辉.1983 与 1985 年夏季北半球 500 hPa 高度场大气低频波的振荡特征[J].大气科学,1994,18(5):576-585
SUN Anjian, TANG Guoli, HUANG Ronghui. Low frequency oscillation characteristics of summer of 1983 and 1985[J]. Scientia Atmospherica Sinica, 1994, 18(5):576-585

[12] 贾小龙,李崇银,周宁芳.热带大气季节内振荡的一个数值模拟研究[J].气象学报,2004,62(6):725-739
JIA Xiaolong, LI Chongyin, ZHOU Ningfang. A GCM study on tropical intraseasonal oscillation[J].Acta Meteorologica Sinica,2004,62(6):725-739

[13] Slingo J M,Sperber K R,Boyle J S,et al.Intraseasonal oscillation in 15 atmospheric general circulation models:Results from an AMIP diagnostic subproject[J].Climate Dynamics,1996,12(5):325-357

[14] 朱丽华,范广洲,周定文,等.高原夏季西风异常年 500 hPa 纬向风季节内振荡特征及其与我国降水的关系[J].长江流域资源与环境,2012,21(10):1254-1261
ZHU Lihua,FAN Guangzhou,ZHOU Dingwen,et al.Intraseasonal oscillation of 500 hPa zonal wind in the abnormal years of the westly wind in summer over the Tibetan Plateau and its relationship to the precipitation in China[J].Resources and Environment in the Yangtze Basin,2012,21(10):1254-1261

[15] 朱丽华,范广洲,董一平,等.青藏高原夏季 500 hPa 纬向风的时空演变特征及其与我国降水的关系[J].大气科学,2011,35(1):168-178
ZHU Lihua,FAN Guangzhou,DONG Yiping,et al.The spatial-temporal structure of 500 hPa zonal wind in sum-

mer in the Tibetan Plateau and its relationship to the precipitation in China[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences,2011,35(1):168-178

[16] 张洁,周天军,宇如聪,等.中国春季典型降水异常及相联系的大气水汽输送[J].大气科学,2009,33(1):121-134
ZHANG Jie, ZHOU Tianjun, YU Rucong, et al. Atmospheric water vapor transport and corresponding typical anomalous spring rainfall patterns in China[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2009, 33(1):121-134

[17] 王群英,龚道溢.华北降水资源的变化及其与厄尔尼诺的关系[J].自然资源学报,1999,14(2):103-108
WANG Qunying, GONG Daoyi. Variation of rainfall over north China and its possible connection to El Nino[J]. Journal of Natural Resources,1999,14(2):103-108

[18] Wang H J, Xue F, Zhou G Q. The spring monsoon in south China and its relationship to large scale circulation features[J]. Advances in Atmospheric Sciences,2002,19(4):651-664

[19] 张人禾,武炳义,赵平.中国东部夏季气候20世纪80年代后期的年代际转型及其可能成因[J].气象学报,2008,66(5):697-706
ZHANG Renhe, WU Binyi, ZHAO Ping. The decadal shift of the summer climate in the late 1980s over East China and its possible causes[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2008,66(5):697-706

[20] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bulletin of the American Meteorological Society,1996,77(3):437-471

[21] 施能,魏凤英,封国林,等.气象场相关分析及合成分析中蒙特卡洛检验方法及应用[J].南京气象学院学报,1997,20(3):355-359
SHI Neng, WEI Fengying, FENG Guolin, et al. Monte Carlo test used in correlation and composite analysis of meteorological fields[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,1997,20(3):355-359

Oscillation characteristics of 500 hPa zonal winds over the Tibetan Plateau in spring and its association with precipitation in south China

YANG Yan[1,2,3] XU Haiming[1,2]

1 Key Laboratory of Meteorological Disaster of ministry of Education, Nanjing University of information Science & Technology, Nanjing 210044

2 School of Atmospheric Science, Nanjing University of information Science & Technology, Nanjing 210044

3 Zhengjiang Meteorological Bureau, Zhengjing 212003

Abstract Using the wavelet power spectrum and composite analysis, the intraseasonal oscillation of 500 hPa zonal winds in spring over the Tibetan Plateau and its relationship to the precipitation in south China is studied, based on the daily NCEP/NCAR reanalysis and the daily precipitation dataset from 753 stations in China. Results reveal that the 10-30 d oscillation is the dominate period of the 500 hPa zonal wind variations over the Tibetan Plateau in spring season, characterized by its eastward propagation in zonal and southward propagation in meridional direction. Results also indicate that this 10-30 d intraseasonal oscillation is closely related to the spring precipitation over the south China. As the low-frequency oscillation over the Tibetan Plateau reaches its peak phase (phase 2-3, i.e., westerly anomalies over the plateau), there will be positive precipitation anomalies in south China, and vice versa. In addition, the occurrence of the maximum (minimum) precipitation anomalies over south China is about 2 days lagged behind the peak (valley) phase of the intraseasonal oscillation over the plateau. Results further show that the intraseasonal oscillations of 500 hPa zonal wind over the Tibetan Plateau is highly related to an eastward-propagating wave train in the mid-high latitudes and through which the oscillation thus affects spring precipitation over south China.

Key words Tibetan Plateau; zonal wind; oscillation; spring precipitation