

童金,徐海明,智海. 2013. 江淮旱涝及旱涝并存年降水和对流的低频振荡统计特征[J]. 大气科学学报,36(4):409-416.

Tong Jin, Xu Hai-ming, Zhi Hai. 2013. Characteristics of low frequency oscillation of precipitation and convection in drought/flood and drought-flood-coexistence years over the Yangtze-Huaihe basin[J]. Trans Atmos Sci, 36(4):409-416. (in Chinese)

江淮旱涝及旱涝并存年降水和对流的低频振荡统计特征

童金^{1,2}, 徐海明^{1,2}, 智海^{1,2}

(1. 气象灾害教育部重点实验室(南京信息工程大学); 2. 南京信息工程大学 大气科学学院, 江苏 南京 210044)

摘要:利用中国国家气候中心站点降水资料、NOAA 全球逐日 OLR 资料和 NCEP/NCAR 再分析数据集,分析了江淮地区旱涝年及旱涝并存年夏季降水和对流的低频振荡统计特征。结果表明:江淮地区旱涝年及旱涝并存年夏季降水具有不同的振荡周期,旱年以 8~16 d 的准双周振荡为主,涝年 8~16 d 的准双周振荡与 16~32 d 的周期振荡同时存在。旱涝并存年与旱涝均匀年均存在 16~32 d 的振荡,同时还有较弱的 8~16 d 振荡,并且旱涝并存年 8~16 d 的振荡比旱涝均匀年更加突出,8~16 d 的准双周振荡可能是造成夏季降水异常的主要因子;对流的振荡周期与降水有较好的对应关系;典型旱、涝年,对流的传播特征不同,旱年准双周的低频对流以经向南传为主,涝年则主要是 16~32 d 低频信号在纬向上的向西传播。

关键词:江淮地区;旱涝年;旱涝并存;低频振荡

中图分类号:P426.614 文献标志码:A 文章编号:1674-7097(2013)04-0409-08

Characteristics of low frequency oscillation of precipitation and convection in drought/flood and drought-flood-coexistence years over the Yangtze-Huaihe basin

TONG Jin^{1,2}, XU Hai-ming^{1,2}, ZHI Hai^{1,2}

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster (NUIST), Ministry of Education, Nanjing 210044, China;

2. School of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing 210044, China)

Abstract: Based on the monthly precipitation data of 160 stations and daily rainfall data of 753 stations provided by the National Climate Center of China, the daily global OLR (outgoing long-wave radiation) data from National Oceanic and Atmospheric Administration, and the NCEP/NCAR reanalysis data, this paper studies the characteristics of low frequency oscillation of summer precipitation and convection over the Yangtze-Huaihe basin during the drought/flood and drought-flood-coexistence (DFC) years. Results show that summer rainfall over the Yangtze-Huaihe basin has multi-scale periods, which are remarkably different in drought/flood and DFC years. The 8—16 d quasi-biweekly oscillation (QBWO) plays an important role in drought years, while the 16—32 d period and QBWO are found to coexist in flood years. The 16—32 d oscillation also occurs in DFC and common years, accompanied with comparatively weak QBWO, which seems more significant in DFC. Thus, QBWO may be regarded as a vital factor for summer rainfall variation. On the other hand, the oscillation period of OLR is highly correlated with that of summer rainfall. As regard to the propagation of low frequency convection, it is found that the 8—16 d (16—32 d) low frequency convection mostly propagates in the southward (westward)

收稿日期:2012-03-19; 改回日期:2012-05-25

基金项目:公益性行业科研专项(GYHY201006020); 国家自然科学基金资助项目(41275094); 江苏省高校“青蓝工程”创新团队项目

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

direction in the typical drought(flood) years.

Key words: Yangtze-Huaihe basin; drought/flood years; drought-flood-coexistence years; low frequency oscillation

0 引言

我国疆域辽阔,人口众多,是世界上遭受气象灾害最严重和最频繁的国家之一,干旱和洪涝作为我国最主要的两种气象灾害,近十几年来也有愈演愈烈之势。1998年,长江流域发生全流域性特大洪水,造成重大经济损失。2010年春季,西南五省遭遇百年大旱,数千万人受灾。2011年5—6月,长江中下游地区出现了显著而迅速的旱涝转折,短时间内众多地区由严重干旱急转为暴雨成灾,其剧烈程度历史罕见。所以提高预报准确率,尤其是对那些容易造成重大灾害的事件在月、季内时间尺度上的准确预测显得尤为重要和迫切,但是就目前科技发展的水平而言,短期气候预测是介于天气预报和气候预测之间的预报缝隙,其中10~30 d的延伸期预报和月、季时间尺度上气候预测的不确定性是气象业务预报中的难题,其原因之一在于10~30 d延伸期预报的基础理论相当匮乏(孙国武等,2010)。

大气运动具有不同的时间尺度,低频变化是指时间尺度为10 d以上的变化,主要包括周期为10~30 d和30~60 d的季节内变率。自20世纪70年代,热带季节内振荡被发现以来(Madden and Julian, 1971, 1972),国内外学者对大气低频振荡尤其是季节内振荡(30~60 d)进行了广泛而深入的研究。在季节内振荡特征方面,李崇银等(2003)指出,季节内振荡在全球均存在,但各地又有差异,其活动具有明显的地域特征,热带地区和中高纬地区的低频振荡在空间尺度、垂直结构以及传播特征等方面均表现出显著的差异。有关振荡动力机制的研究,国内外学者提出各种理论来解释低频振荡现象,比如:就热带地区而言,认为大气内部动力学过程可以产生低频振荡(Sheng and Derome, 1993; Feldstein, 1998);低频振荡信号的东传是对流驱动的赤道Kelvin波向东移动的结果(Lau and Peng, 1987; Chang and Lim, 1988);另外还有积云对流加热的反馈(Wave-CISK)机制理论(Lindzen, 1974a, 1974b)、蒸发—风反馈结合积云对流加热的反馈机制理论(Neelin et al., 1987; 李崇银, 1996)以及海气相互作用机制理论(Waliser et al., 1999)等;而就中高纬地区来说,则认为中高纬地区的季节内振荡与热带季

节内振荡是通过遥相关位相和振幅的变化紧密联系的,低纬区域 $60^{\circ}\text{E} \sim 150^{\circ}\text{W}$ 与 $60^{\circ}\text{W} \sim 0^{\circ}$ 范围的OLR季节内振荡可能是南北半球中高纬大气季节内振荡的源(王召民等, 1992; 张勤等, 1992)。虽然这些理论都可以从某一方面解释低频振荡的存在规律,但至今尚没有统一的结论。

许多研究证实我国夏季降水具有显著的低频特征(陆尔和丁一汇, 1996; 琚建华和赵尔旭, 2005; 占瑞芬等, 2008; Yang et al., 2010)。李崇银和杨辉(2003)指出,大气季节内振荡可以通过影响夏季风流场的形势而影响江淮夏季降水。余丹丹等(2010)在分析副热带高压的活动特征时发现,副热带高压的强弱变化和西伸活动也受到20 d左右低频波的影响。尹志聪和王亚非(2011)、尹志聪等(2011)进一步指出,黑潮及其延伸区持续的正海温异常,能够通过影响西太平洋副热带高压的位置和强度的变化,进而增强江淮梅雨降水的准双周振荡。毛江玉和吴国雄(2005)详细分析了10~30 d的低频振荡,发现其对夏季西太平洋副热带高压及江淮流域降水的持续性和阶段性变化具有明显的作用。另外,在旱涝异常方面,王遵娅和丁一汇(2008)指出,在旱涝异常年,降水的周期存在明显差异,相关低频系统的分布和传播也表现出不同特征。琚建华和赵尔旭(2005)也发现,季风涌的强(弱)年正对应着长江中下游地区的降水多(少)年,而强、弱季风涌年,起主导作用的低频振荡是不同的,前者由30~60 d的振荡主导,后者则是以10~20 d的振荡为主。

虽然前人的研究普遍表明江淮夏季降水主要受准双周振荡(10~20 d)和季节内振荡(30~60 d)的影响,但是大多数研究集中于分析30~60 d的季节内变率对降水等天气气候事件的影响,对旱涝不同背景下10~30 d延伸期的低频振荡特征,以及降水总量正常但随时间分布很不均匀,甚至发生典型的旱涝急转现象的低频特征少有关注。因此,本文将从降水和对流两个方面入手,分析江淮地区旱涝年及旱涝并存年的低频振荡统计特征,探究低频振荡异常与降水的关联,寻找可能影响降水的低频信号;进一步认识大气活动的特征和规律,充实延伸期预报理论。

1 资料和方法

1.1 资料

1) 中国国家气候中心提供的 1951—2010 年中国 160 站逐月降水资料和 753 站逐日降水资料(气象站点资料经过了严格的质量检查)。

2) 美国国家海洋和大气管理局(NOAA)提供的 1974 年 6 月 1 日—2009 年 2 月 28 日全球格点逐日对外长波辐射(OLR, outgoing long wave radiation)资料,水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。美国国家环境预报中心和美国国家大气研究中心(NCEP/NCAR)提供的水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 的再分析数据集。

1.2 方法和区域选取

1) 选取($110 \sim 125^\circ \text{E}$, $27.5 \sim 35^\circ \text{N}$)为江淮区域,确定该区域内共有站点 29 个,并选取其中宜昌、武汉、合肥、安庆、南京、杭州站为 6 个典型代表站。利用逐月降水资料,将 29 个站点平均的 6—8 月总降水量作为江淮地区夏季总降水量,计算夏季总降水量距平百分率,作为划分典型旱涝年的标准。利用逐日降水资料,对 6 个典型代表站在各个典型年中 5 月 1 日—8 月 31 日的逐日降水进行小波分析,以分析降水的周期特征。

2) 所用的方法有小波分析、Butterworth 带通滤波器和其他一些动力、统计方法。Butterworth 带通滤波器(简称 BF 滤波器),常用做季内振荡研究,对原始资料时间序列作某周期段的带通滤波,可得到该周期段的低频振荡分量。

2 结果分析

2.1 典型年划分

根据江淮地区夏季总降水量距平百分率,规定

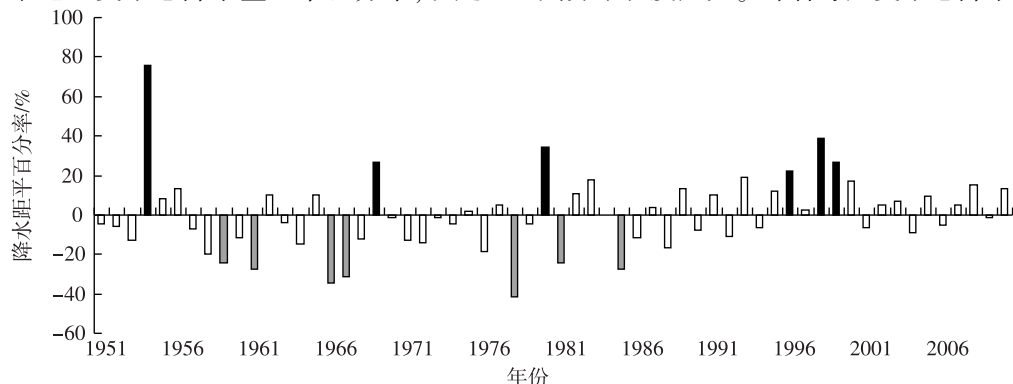


图1 1951—2010年江淮地区夏季降水距平百分率(黑色和灰色分别表示典型的涝年和旱年)

Fig. 1 Percentage of summer precipitation anomaly over the Yangtze-Huaihe basin from 1951 to 2010 (the black and gray bars show typical flood and drought years, respectively)

距平百分率 $\geq 20\%$ 的年份为涝年,距平百分率 $\leq -20\%$ 的年份为旱年,距平百分率介于 -4% 和 4% 之间的为降水总量正常年。如图 1 所示,正值表示降水偏多,负值表示降水偏少,降水距平百分率接近于零表示该年夏季总降水量正常,可以看出 1959、1961、1966、1967、1978、1981 和 1985 年为旱年,1954、1969、1980、1996、1998 和 1999 年为涝年(旱、涝年分别用黑色和灰色表示),以及 1963、1970、1973、1975、1984、1997 和 2009 年为正常年。20 世纪 80 年代以前,1978 年最早,1954 年最涝,其降水距平百分率分别达到 -41.3% 和 75.9% ;80 年代以后,最严重的旱涝分别发生在 1985 和 1998 年。

旱涝并存年指的是降水总量正常,但是降水随时间分布非常不均匀,这样的年份往往会发生明显的由旱向涝或者由涝向旱的转折。例如某一地区或某一流域先出现较长时间的干旱,然后突遇强降雨,即发生旱涝急转现象。吴志伟等(2006)定义了一个旱涝并存指数 I_{DFC} (drought-flood coexistence index),即

$$I_{\text{DFC}} = S_{\text{STD}} \cdot 10^{(0.5 - I_{\text{RSTD}})}$$

其中: S_{STD} 为夏季标准化无雨日数; R_{STD} 为夏季标准化累积降水量。 I_{DFC} 是能够反映夏季总降水量正常但随时间分布不均匀程度的定量指标,即 I_{DFC} 值越大,则表明雨量分布越不均匀,旱和涝的强度也越大;反之,表明雨量分布越均匀,旱和涝的强度也就越小,即越“风调雨顺”。吴志伟等(2006)给出了 1957—2000 年 I_{DFC} 指数变化曲线,并计算了 $\Delta R/\sigma_R$ 值和 $\Delta S/\sigma_S$ 值(ΔR 和 ΔS 分别为夏季降水距平和无雨日数距平, σ_R 和 σ_S 分别为对应的标准差),认为距平绝对值在 0.5σ 以内属于基本正常,大于 0.5σ 则异常程度加大。综合考虑夏季总降水量和无雨日

数的异常情况,本文选取 1986、1988、1990、1995、1997 和 2000 年为高 I_{DFC} 指数年,1975、1977、1989 和 1993 年为低 I_{DFC} 指数年。

以宜昌站为例,分别作高、低指数年合成后的夏季降水(6月1日—8月31日)逐日变化曲线(图2)。可以看到,高指数年降水随时间分布变化比较大,日降水量距平甚至有超过 20 mm 的,而低指数年降水则表现出比较均匀的特征,相对风调雨顺。

2.2 降水周期特征

旱涝年、旱涝并存年的降水量及分布特征差异明显,那么它们是否具有明显的振荡特征,在不同典型年份这些振荡特征又有何不同呢?对 6 个典型代表站在各个典型年中 5 月 1 日—8 月 31 日的逐日降水进行小波分析,规定在同一年中若有 3 个或 3

个以上的站点均出现某时段的周期(如:10~30 d),则认为该时段周期是这一年主要的特征周期。若同一站点的周期特征并不是集中于某一种,而是几种周期都比较重要,则认为是不同周期共生。根据这一原则统计分析各典型年份的周期特征(表1),分别用 QBWO(quasi-biweekly oscillation)和 LO(longer period oscillation)表示 8~16 d 的准双周振荡和 16~32 d 的振荡,“—”表示无明显主导周期。由于在某种周期占主导的年份,各站点也可能出现其他周期,为此,本文统计了各典型年出现不同振荡周期的总站次,从比例上分析不同周期的相对重要性,结果如图 3a 所示,深色和浅色分别表示 8~16 d 和 16~32 d 的周期。

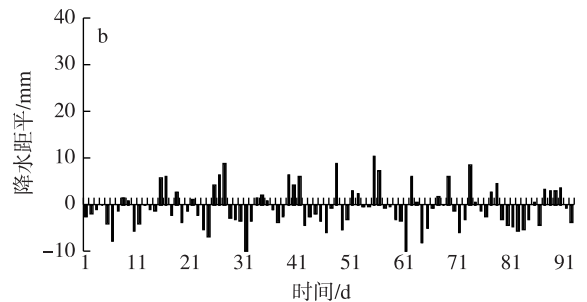
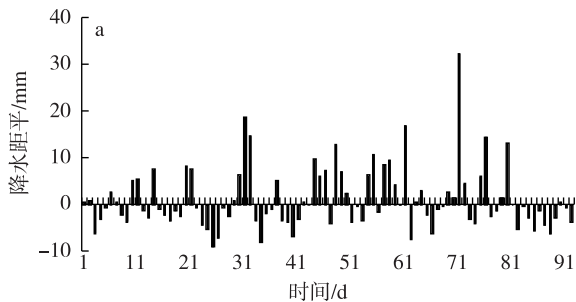


图 2 6 月 1 日—8 月 31 日宜昌站逐日降水距平合成 a. 高指数年;b. 低指数年

Fig. 2 Composite daily rainfall anomalies from 1 June to 31 August at Yichang station a. high I_{DFC} years;b. low I_{DFC} years

表 1 典型年份夏季降水的振荡周期

Table 1 Oscillation periods of summer rainfall in the typical years

旱年	周期	涝年	周期	正常年	周期	高指数年	周期	低指数年	周期
1959	—	1954	QBWO	1963	—	1986	—	1975	—
1961	—	1969	LO	1970	LO	1988	QBWO	1977	—
1966	QBWO	1980	QBWO	1973	—	1990	—	1989	LO
1967	LO	1996	—	1975	—	1995	—	1993	—
1978	—	1998	—	1984	LO	1997	LO		
1981	QBWO	1999	LO	1997	LO				
1985	QBWO								

注:QBWO 表示 8~16 d;LO 表示 16~32 d;—表示无明显周期。

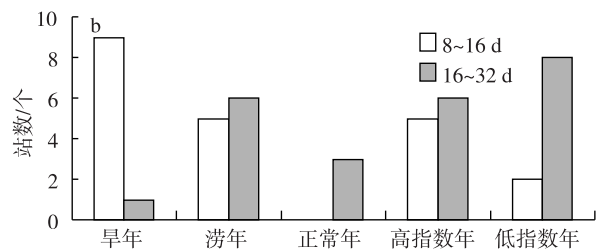
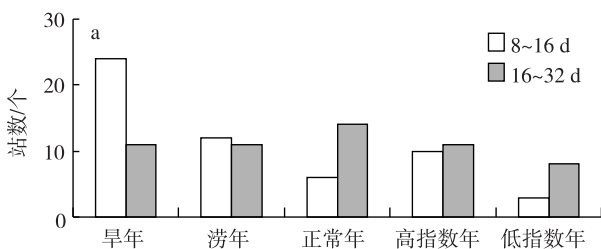


图 3 典型年份不同振荡周期的站数(深色和浅色分别表示 8~16 d 和 16~32 d 的周期) a. 降水;b. OLR

Fig. 3 Station number of different oscillation periods in the typical years(the deep and light bars denote periods of 8—16 d and 16—32 d, respectively) a. precipitation;b. OLR

由表1可以看到,在早年,江淮地区夏季降水以8~16 d的准双周振荡为主,1966、1981和1985年准双周振荡最为集中,1959、1961和1978年虽没有明显的主导周期,但仍有许多站点表现出了显著的准双周振荡。由图3a可以看到,在早年,具有8~16 d振荡周期的站次与16~32 d周期站次之比为24:11,8~16 d振荡出现的几率超出16~32 d的两倍,所以,早年8~16 d的振荡起着主导性的作用(1967年例外,16~32 d的振荡相对明显)。

由表1还可以看到,在涝年,既有8~16 d的振荡,也有16~32 d的振荡,这主要表现在两个方面,一是虽同为涝年,但不同涝年的主导周期不同,如1954和1980年8~16 d的准双周振荡集中,而1969和1999年16~32 d的振荡更加明显;二是同一涝年常存在着同一站点有两种周期或者不同站点有不同周期的现象,例如在准双周振荡集中的1980年,武汉站和杭州站就同时存在16~32 d的振荡。由图3a还可知,涝年8~16 d的振荡与16~32 d的振荡所占的比例相当(12:11),所以,在涝年,两种周期共存,并可能存在相互影响和相互制约的关系。在降水总量正常的年份,降水的振荡周期明显偏长,表现出显著的16~32 d的振荡,1970、1984和1997年最为集中。

另外还可以看到,在旱涝并存和旱涝均匀年,主导周期虽然没有旱涝年表现得那样显著,但是高、低指数年均存在16~32 d的振荡;旱涝并存年与涝年较相似,相对于旱涝均匀年,旱涝并存年8~16 d的振荡更加突出。所以,就江淮地区夏季降水异常而言,8~16 d的准双周振荡可能是造成降水异常的重要因子。

对流性降水是江淮夏季降水异常的主要方面,在某种程度上,对流活动可以代表降水的强弱,并常采用向外长波辐射(OLR)来表示对流活动的强弱。OLR值越低,表示云顶温度越低,云顶越高,对流越活跃,反之亦然。因此,OLR场也是研究降水的重要物理量场。下面进一步采用OLR场来分析江淮流域降水的低频特征。

2.3 对流场的周期特征

由于所用的OLR资料是自1974年6月1日起的 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的格点资料,故以选取的6个典型代表站(宜昌、武汉、合肥、安庆、南京、杭州)为中心,将站点周围4个格点上的OLR值的平均作为该站点的OLR值。典型年份为:早年1981和1985年;涝年1980、1996、1998和1999年;总量正常年1984

和1997年。同降水的周期分析方法类似,作各站点在各个典型年份夏季逐日OLR的小波分析,并统计各典型年份OLR出现不同振荡周期的总站次,结果如图3b所示。

由图3b可以看到,OLR的振荡周期与降水的振荡周期有较好的对应关系。早年除了1981年的宜昌站以外,各站OLR均表现出非常明显的8~16 d准双周振荡;涝年则与降水类似,表现出两种周期振荡共存的特征;而在旱涝并存和旱涝均匀的年份,对流的振荡周期较长,以16~32 d及32 d以上为主,但是8~16 d的振荡也有体现,相比而言,在旱涝并存的年份,8~16 d振荡的发生比率更大。

另外还可以发现,在没有显著振荡周期占主导的年份,对流和降水均表现出复杂的特征,不同周期的振荡均存在。这可能是因为,它们的共存导致它们相互影响、相互作用,并造成这种复杂性。所以,不同时段OLR低频振荡信号之间可能存在的相互作用以及它们影响降水的机制是有待解决的问题。

前面提到OLR的振荡周期与降水具有较好的对应关系,本文给出了1981年杭州站夏季降水(图4a)和对流OLR(图4b)的小波分析结果(横坐标表示日期(5月1日—8月31日),纵坐标表示周期,阴影区表示对应的周期段通过了95%置信水平检验,这种相对集中且通过显著性检验的周期段为该年占主导作用的周期段)。可以看到,1981年杭州站的夏季降水和OLR表现出非常明显的8~16 d的准双周振荡,降水与对流的振荡周期对应很好。这说明对流场是分析降水异常的重要物理量场,低频对流的分布及传播特征在降水异常年份的差异可能是造成降水异常的重要原因。

2.4 低频对流的传播特征

根据前面的讨论,旱、涝年的对流表现出不同低频振荡周期的特征,旱涝并存年与涝年较为相似,那么旱、涝年的这种不同类型的低频振荡信号的传播特征是怎样的呢?为此,本文选取1981和1985年为典型早年,1980、1998和1999年为典型涝年,利用Butterworth带通滤波器对典型年份夏季5月1日—8月31日的逐日OLR进行滤波分析。早年主要对OLR场作8~16 d的滤波,涝年则分别对OLR场作8~16 d和16~32 d的滤波,从而得到OLR的低频分量。然后,以 $120^{\circ}E$ 、 $30^{\circ}N$ 为中心,分别作 $110^{\circ} \sim 125^{\circ}E$ 经度平均的时间—纬度剖面 and $27.5^{\circ} \sim 35^{\circ}N$ 纬度平均的时间—经度剖面(图5),进而统计分析低频对流的传播特征,结果如表2所示。

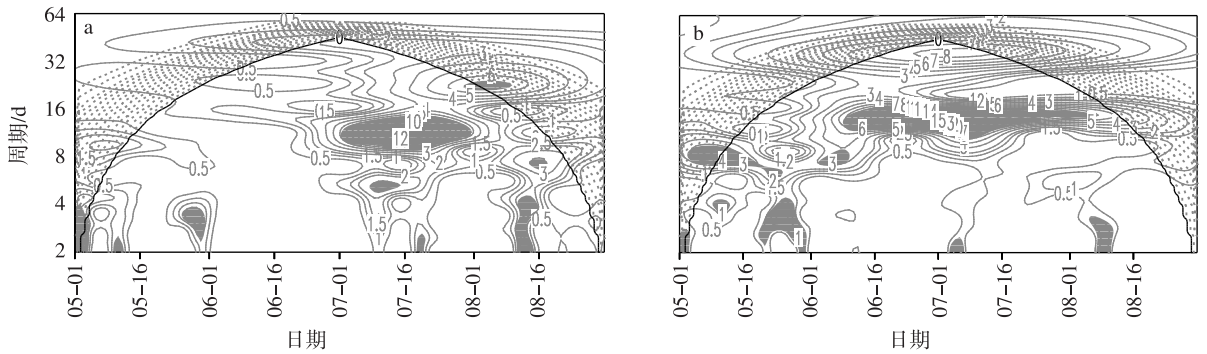


图 4 1981 年杭州站降水(a)和 OLR(b)的小波分析(阴影区表示通过了 95% 的显著性检验)

Fig. 4 Wavelet analysis of (a) precipitation and (b) OLR at Hangzhou station in 1981 (Shaded areas pass the significance test at 95% confidence level)

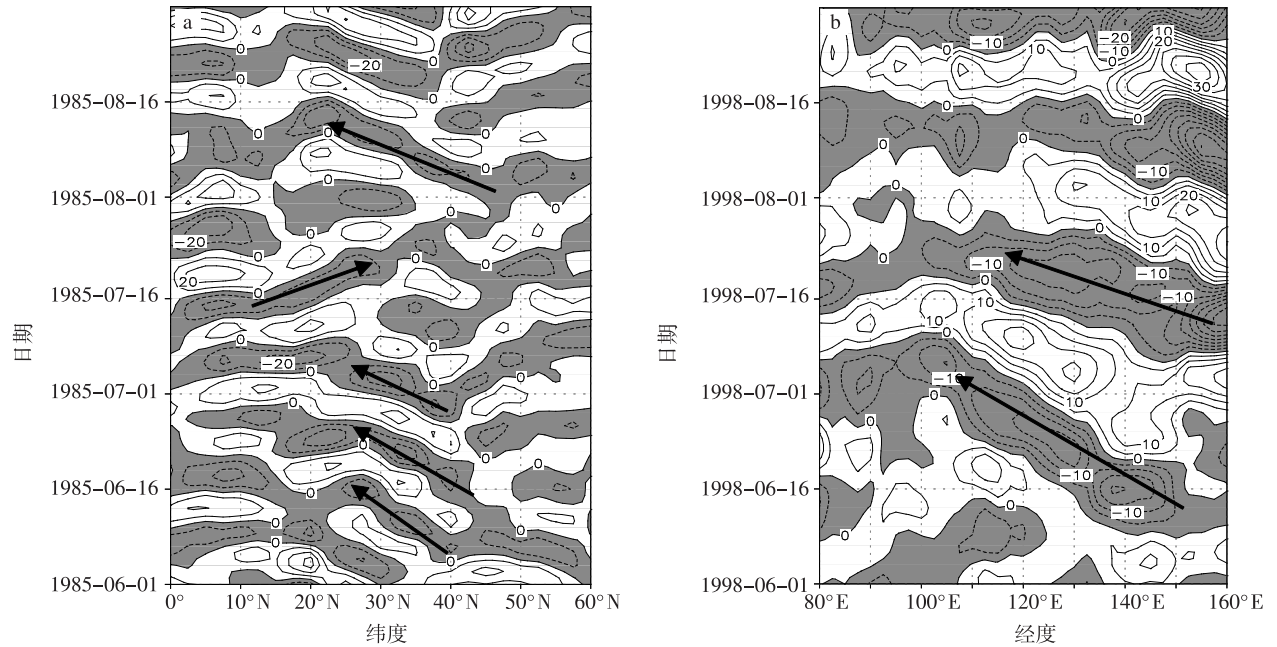


图 5 OLR 低频信号的传播特征(阴影区表示 OLR 负值,即对流强盛区;粗箭头表示传播方向) a. 1985 年 8 ~ 16 d 低频 OLR(110 ~ 120°E 平均)的时间—纬度剖面;b. 1998 年 16 ~ 32 d 低频 OLR(27.5 ~ 35°N 平均)的时间—经度剖面

Fig. 5 Propagation features of low-frequency OLR (shaded areas indicate active convection, and heavy solid lines with arrows denote the direction of propagation) a. time-latitude section of 8—16 d low-frequency OLR (averaged in 110—120°E) in 1985; b. time-longitude section of 16—32 d low-frequency OLR (averaged in 27.5—35°N) in 1998

表 2 典型旱、涝年低频对流的传播特征

Table 2 Propagation features of low-frequency convection in typical drought and flood years

		经向传播		纬向传播	
		8 ~ 16 d	16 ~ 32 d	8 ~ 16 d	16 ~ 32 d
旱年	1981	南传		弱东传	
	1985	南传		不明显	
涝年	1980	弱南传	不明显	不明显	西传
	1998	弱南传	不明显	不明显	西传
	1999	弱南传	不明显	不明显	弱西传

由表 2 可以看到,在典型旱年,8 ~ 16 d 的准双周低频对流以经向传播为主,30°N 附近江淮地区低频对流的加强主要是其北侧 OLR 低值向南传播的结果;纬向上表现为弱的向东传播。在典型涝年,16 ~ 32 d 的低频对流在纬向上的传播非常显著,表现为 OLR 低值西传的特征,经向上则没有明显的传播特征;8 ~ 16 d 的低频部分在经向上的传播同旱年类似,OLR 低值随时间向南传播,只是强度较弱,而纬向传播则不显著。因此,对 8 ~ 16 d 和 16 ~ 32 d 这两种低频信号而言,它们的传播特征是有差异的,前者以经向上的南传为主,后者则以纬向上的西传

为主。

前面指出,在涝年,江淮地区夏季降水和对流均表现出8~16 d 准双周振荡与16~32 d 振荡共存的关系。从传播特征上看,虽然涝年16~32 d 低频 OLR 西传显著,但8~16 d 的南传不容忽视;在旱涝并存的高指数年,16~32 d 的对流有非常明显的西传,8~16 d 的低频信号在纬向上存在自西向东的传播,但其远没有16~32 d 低频信号在纬向上的西传显著,因此,8~16 d 的准双周低频信号可能对降水异常起到了重要的调控作用,它与16~32 d 低频信号之间的相互作用可能是造成降水增多以及降水随时间分布不均匀的重要因子。

图5a给出了典型旱年(1985年)8~16 d 的低频 OLR 随时间—纬度的演变,反映了 OLR 8~16 d 低频信号在经向上的传播特征;图5b为典型涝年(1988年)16~32 d 的低频 OLR 随时间—纬度的演变,反映了 OLR 16~32 d 低频信号在纬向上的传播特征。本文所讨论的地区是以120°E、30°N为中心的江淮地区,所以在剖面上主要关注120°E和30°N附近低频对流的加强。

由图5可以看到,旱年30°N以北地区准双周的低频对流向南传播显著,30°N以南在7月中旬也出现向北传播,但总体上仍以北侧对流的南传为主,旱年30°N附近对流的加强较多取决于北侧对流的南传。涝年16~32 d 的低频对流表现出显著的西传特征,120°E附近对流的加强主要源于其东侧对流向该处的传播。另外,涝年8~16 d 的振荡也有南传特征(图略),但其远没有16~32 d 的西传显著,因此涝年后者比前者表现得更重要,8~16 d 的低频信号对低频对流的传播可能起到了重要的调控作用。

旱、涝年低频对流的传播特征存在显著差异,但其成因和机制尚不明确。本文利用NCEP/NCAR再分析资料,对旱涝年及早涝并存年的风场也进行了类似的周期分析,发现旱涝年风场的周期特征与前面讨论的降水和対流的周期特征非常对应,表现出旱年准双周振荡、涝年16~32 d 振荡与准双周振荡并存的现象,这种对应关系可能正是解释对流传播机制的重要因子。风场的改变不仅能通过自身的辐合辐散引起垂直运动而影响对流,更能通过改变潜热、水汽等,促使对流向某一方向传播,从而对江淮夏季降水异常造成影响。

另外,本文对典型旱涝并存年(1988年)和旱涝均匀年(1989年)的情况进行了类似分析(图略),

发现旱涝并存年低频对流的传播方向没有较一致的特征,而是随时间发生了改变,例如在1988年,6月上旬之前,准双周低频对流表现为显著的向南传播,而在6月上旬之后直到8月则表现为明显的北传;旱涝均匀年则以16~32 d 低频对流的北传和西传为主,同时伴有短时间的南传。由于旱涝并存(急转)本身讨论的问题就是,在夏季总降水量正常的情况下降水随时间的变化问题,这相对于单纯研究总降水量变化(即旱和涝)的问题更复杂,所以对旱涝并存年的低频对流、低频环流的传播特征,本文只是选取个例作初步探讨,这方面的问题还需进一步分析。

3 结论和讨论

江淮夏季旱涝异常一直是我国夏季降水研究的热点,但旱涝不同背景下10~30 d 的低频振荡特征研究得不是很多,尤其是对降水总量正常,但既发生了旱又发生了涝的旱涝并存的情况。本文在确定了过去60 a 江淮夏季降水发生显著旱、涝及早涝并存的年份基础上,详细分析了在这些特殊年份降水及对流场的低频振荡统计特征,结果表明:

1) 江淮地区旱涝年及早涝并存年夏季降水具有不同的振荡周期,旱年以8~16 d 的准双周振荡为主;涝年8~16 d 的准双周振荡与16~32 d 的季节内振荡同时存在;旱涝并存年与旱涝均匀年均存在16~32 d 的振荡,同时还有较弱的8~16 d 振荡,并且旱涝并存年8~16 d 的振荡比旱涝均匀年更加突出。8~16 d 的准双周振荡可能是造成夏季降水异常的主要因子。

2) 对流与降水的振荡周期有较好的对应关系,旱年 OLR 具有非常明显的8~16 d 振荡,涝年8~16 d 与16~32 d 两种周期都存在,旱涝并存年与旱涝均匀年对流的振荡周期偏长,但是8~16 d 的振荡也有体现,相比而言,在高指数年,也就是旱涝并存的年份,8~16 d 振荡的发生比率更大。

3) 典型旱、涝年,低频对流传播特征不同,旱年以8~16 d 的准双周振荡信号经向南传为主,涝年则主要是16~32 d 的低频信号的纬向西传,同时伴有强度稍弱的8~16 d 振荡信号的向南传播,8~16 d 的低频信号对低频对流的传播可能起到了重要的调控作用。

本文仅对江淮地区旱涝年及早涝并存年降水和対流的低频振荡特征进行了统计分析,总结出一些共性结果,例如旱年对流的显著南传,但其成因、结

构特征以及影响降水的机制尚不明确,各种信号之间可能存在的相互作用也有待解释,这些工作将是今后研究的重点。

参考文献:

- 据建华,赵尔旭. 2005. 东亚夏季风区的低频振荡对长江中下游旱涝的影响[J]. 热带气象学报, 21(2):163-171.
- 李崇银. 1996. 蒸发—风反馈机制的进一步研究[J]. 热带气象学报, 12(3):193-199.
- 李崇银,杨辉. 2003. 大气季节内振荡的活动与江淮流域夏季旱涝[J]. 湖泊科学, 15(增刊):16-22.
- 李崇银,龙振夏,穆明权. 2003. 大气季节内振荡及其重要作用[J]. 大气科学, 27(4):518-535.
- 陆尔,丁一汇. 1996. 1991年江淮特大暴雨与东亚大气低频振荡[J]. 气象学报, 54(6):730-736.
- 毛江玉,吴国雄. 2005. 1991年江淮梅雨与副热带高压的低频振荡[J]. 气象学报, 63(5):762-770.
- 孙国武,信飞,孔春燕,等. 2010. 大气低频振荡与延伸期预报[J]. 高原气象, 29(5):1142-1147.
- 王召民,倪允琪,张勤. 1992. 中高纬大气季节内振荡特征的诊断研究[J]. 气象科学, 12(3):266-276.
- 王遵娅,丁一汇. 2008. 夏季长江中下游旱涝年季节内振荡气候特征[J]. 应用气象学报, 19(6):710-715.
- 吴志伟,何金海,李建平,等. 2006. 长江中下游夏季旱涝并存及其异常年海气特征分析[J]. 大气科学, 30(4):570-577.
- 尹志聪,王亚非. 2011. 江淮夏季降水季节内振荡和海气背景场的关系[J]. 大气科学, 35(3):495-505.
- 尹志聪,王亚非,袁东敏. 2011. 梅雨准双周振荡的年际变化及其前期强信号分析[J]. 大气科学学报, 34(3):297-304.
- 余丹丹,张韧,滕军,等. 2010. 西太平洋副热带高压季节内振荡的基本模态及其与低频位势波的关系[J]. 热带海洋学报, 29(4):32-39.
- 占瑞芬,孙国武,赵兵科,等. 2008. 中国东部副热带夏季风降水的准双周振荡及其可能维持机制[J]. 高原气象, 27(增刊):98-108.
- 张勤,倪允琪,林武银,等. 1992. 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, 8(4):289-296.
- Chang C P, Lim H. 1988. Kelvin Wave-CISK: A possible mechanism for the 30—50 day oscillations[J]. J Atmos Sci, 45(11):1709-1720.
- Feldstein S. 1998. The growth and decay of low-frequency anomalies in a GCM[J]. J Atmos Sci, 55(3):415-428.
- Lau K M, Peng L. 1987. Origin of low-frequency (intraseasonal) oscillation in the tropical atmosphere. Part I: Basic theory[J]. J Atmos Sci, 44(6):950-972.
- Lindzen R S. 1974a. Wave-CISK in the tropics[J]. J Atmos Sci, 31:156-179.
- Lindzen R S. 1974b. Wave-CISK and tropical spectra[J]. J Atmos Sci, 31:1447-1449.
- Madden R A, Julian P R. 1971. Detection of a 40—50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific[J]. J Atmos Sci, 28(5):702-708.
- Madden R A, Julian P R. 1972. Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40—50 day period[J]. J Atmos Sci, 29(6):1109-1123.
- Neelin J D, Held I M, Cook K H. 1987. Evaporation-wind feedback and low-frequency variability in the tropical atmosphere[J]. J Atmos Sci, 44(16):2341-2348.
- Sheng J, Derome J. 1993. Dynamic forcing of the slow transients by synoptic-scale eddies: An observational study[J]. J Atmos Sci, 50(5):757-771.
- Waliser D E, Lau K M, Kim J H. 1999. The influence of coupled sea surface temperatures on the Madden-Julian oscillation: A model perturbation experiment[J]. J Atmos Sci, 56(3):333-358.
- Yang J, Wang B, Wang B, et al. 2010. Biweekly and 21—30-day variations of the subtropical summer monsoon rainfall over the lower reach of the Yangtze River Basin[J]. J Climate, 23(5):1146-1159.

(责任编辑:倪东鸿)