

黄少妮, 许新田, 王 丹. 陕西降水季节及季节内振荡的气候特征[J]. 干旱气象, 2014, 32(1): 46-51, [HUANG Shaoni, XU Xintian, WANG Dan. Climatological Feature of Seasonal and Intraseasonal Oscillation of Rainfall in Shaanxi[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(1): 46-51], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-01-0046

## 陕西降水季节及季节内振荡的气候特征

黄少妮<sup>1</sup>, 许新田<sup>1</sup>, 王 丹<sup>2</sup>

(1. 陕西省气象台, 陕西 西安 710014; 2. 陕西省气象服务中心, 陕西 西安 710014)

**摘 要:**利用谐波分析、功率谱分析的方法,对陕西 82 个站点 1962~2006 年逐日降水资料进行气候平均分析,研究气候平均态下陕西降水季节及季节内振荡的时空分布特征。结果表明,陕西大部分地区降水主要以季节变化(年循环)为主,降水准双周振荡在全省范围都比较显著,降水 30~60 d 季节内振荡的显著分布区域主要集中在关中和陕南,这种地域分布与副热带高压随东亚夏季风南北移动有很大关系;气候平均态下降水的准双周振荡幅度于 4 月中旬开始逐渐加强,7~9 月振幅最强,10~11 月开始逐渐减弱;降水准双周振荡显著时期主要在夏季,而 30~60 d 季节内振荡在全省全年都存在,夏季比冬季振幅大,陕南和关中地区最大振幅出现在 7 月初。

**关键词:**陕西降水;时空分布特征;季节内振荡

**文章编号:**1006-7639(2014)-01-0046-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-01-0046

**中图分类号:**P426.61

**文献标识码:**A

### 引 言

大气季节内振荡(Intraseasonal Oscillation, ISO)一般指时间尺度 $>7\sim 10\text{ d}$ 而 $<90\text{ d}$ 的大气振荡。它普遍存在于全球大气之中,从热带到中高纬度、从对流层到平流层都存在,可以说是全球大气运动的基本特征之一。1970 年代初, Madden 等<sup>[1-2]</sup>最先发现了热带大气的风场和气压场变化存在 40~50 d 周期尺度振荡现象,学术界称之为 MJO (Madden-Julian Oscillation)。准双周振荡这一大气中普遍存在的变化规律,首先在印度季风的谱分析<sup>[3]</sup>中被发现, Krishnamuriti 与 Bhalme<sup>[4]</sup>在研究季风系统时,发现诸多气象要素都存在准双周振荡周期。近年来,国内学者研究发现中国东部受夏季风影响的江淮梅雨<sup>[5]</sup>以及中国东南部夏季降水<sup>[6]</sup>都存在明显的准双周低频振荡。有关季节内振荡的传播和强度变化对我国天气、气候变化的影响已取得比较详尽的研究成果<sup>[7-12]</sup>,并指出 ISO 对中国东部夏季风降水中阶段性、持续性异常/极端天气事件的发生具有重要作用<sup>[13-16]</sup>。随着我国国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,政府和公众对

气象服务的要求越来越高,与之形成鲜明对比的是频发的高影响天气事件导致的气象灾害越来越重<sup>[17-21]</sup>。于是,人们对次季节预报越来越多的需求,使得季节内变化的预报<sup>[22]</sup>成为天气和气候业务预报发展的一个方向。

以往有关陕西降水的研究更多关注夏季主汛期和秋淋的降水分析,基本上都是降水年际变化<sup>[23]</sup>以及个例的分析研究,而陕西降水的强季节性使得降水量的分布高度集中且时空分布不均匀。近年来,越来越多的学者<sup>[24-25]</sup>指出气候季节内振荡(CISO)对中国东部雨季的持续和推进具有明显的调制作用,长江中下游及其以南地区以 30~60 d 周期为主;也有学者<sup>[26]</sup>指出在黄河中上游地区有较显著的 7~30 d 准双周振荡,同时在中国渭河流域降水也存在较为明显的 30~60 d 季节内振荡。有关陕西降水季节内振荡特征的研究较少见,对其特征及规律的认识还不够。季节内振荡的时间尺度介于天气和气候之间,可以作为联系天气和气候的纽带。陕西降水季节及季节内振荡特征的分析对夏季汛期降水的阶段性、持续性降水事件的预报具有现实意义。为此,本文着眼于陕西降水季节及季节内振荡的气

收稿日期:2013-07-22;改回日期:2013-10-15

基金项目:陕西省气象局博士基金项目(2012B-3)、陕西省预报员专项项目(2013Y-2)共同资助

作者简介:黄少妮(1981-),女,陕西西安人,工程师,主要从事天气和气候变化预测研究和应用。E-mail:huangshaoni@126.com

候特征,可以很好地补充陕西雨季降水天气过程从季节内角度预报的科学依据。

### 1 资料与方法

本文所用资料为 1962 ~ 2006 年陕西 82 个地面测站逐日降水资料,82 个测站分布基本覆盖陕西所有地域,陕北、关中、陕南 3 个区域的划分见图 1,其中陕北包括 16 个测站,关中为 41 个测站,陕南为 25 个测站。



图 1 陕西 82 个地面雨量站分布图  
Fig. 1 The spatial distribution of 82 observation stations for rainfall in Shaanxi

为了得到气候平均态下陕西降水的时空分布特征,首先对 82 个测站每个站点 1962 ~ 2006 年 45 a 逐日的降水资料做气候平均。然后,采用谐波滤波方法进行降水季节内振荡分析,具体方法如下<sup>[27]</sup> :

将观测的时间序列  $x_t$  展成 Fourier 级数,即:

$$x_t = a_0 + \sum_{k=1}^p a_k \cos \frac{2\pi k}{T} t + b_k \sin \frac{2\pi k}{T} t \quad (1)$$

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=0}^{n-1} x_t$$

其中:  $a_k = \frac{2}{n} \sum_{t=0}^{n-1} x_t \cos kwt \quad (k = 1, 2, \dots, p)$

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{t=0}^{n-1} x_t \sin kwt$$

将某资料的原始时间序列看作是不同的周期谐波的迭加,基本周期等于序列的长度,即  $T = n\Delta t$ ,称为基波,其余的各波称为谐波,它们的周期分别为基波周期的 1/2, 1/3, ..., 1/p (p 为谐波数),从中选出所需周期段的谐波,并将其迭加,即滤出了所需周期段的波动。本文对气候平均的逐日降水资料进行谐波滤波,滤出季节变化(1 ~ 3 波)的信号,分析其时空分布特征。为了更好地分析降水的季节内振荡,对每个站点气候平均的逐日降水量进行谐波分析,分

别滤出 30 ~ 60 d 振荡和 7 ~ 30 d 的准双周振荡周期,分析季节内振荡的时空分布演变特征。

### 2 气候态下陕西降水的分布特征

#### 2.1 降水的季节变化

##### 2.1.1 季节变化的空间分布

首先计算出降水周期为 1 a 和 0.5 a 的方差贡献,它主要反映了降水的季节变化(年循环)特征。从图 2 可以看到,降水季节变化在陕西整个区域都表现的非常显著,大部分地区方差贡献均在 80% 以上,其中关中西部以及陕北大部方差贡献都在 84% 以上,这主要是由于陕北地区夏季降水量最为集中,具有明显的季节性;陕南大部分地区方差贡献在 82% ~ 84% 之间,关中中东部地区方差贡献略低,在 78% ~ 82% 之间。作为中国南北气候分界线的秦岭山脉横贯陕西省东西,其南北气候差异较大。陕南具有北亚热带气候特色,关中及陕北大部具有暖温带气候特色,陕北北部长城沿线具有中温带气候特色。总的特点是:夏季高温多雨、冬季寒冷干燥,5 ~ 9 月降水量占全年降水 70% 以上,因此降水量呈现出很好的季节变化特性。

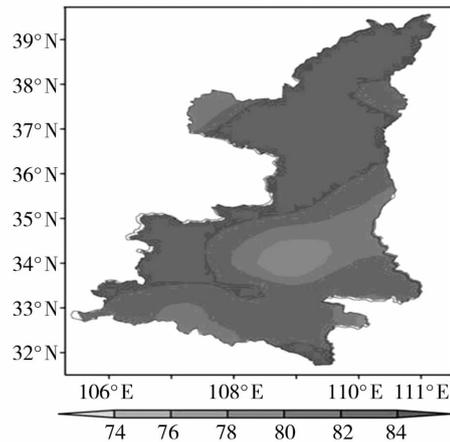


图 2 陕西季节变化降水的方差贡献百分比(单位:%)  
Fig. 2 The spatial distribution of the variance contribution percentage for seasonal rainfall oscillation in Shaanxi (Unit:%)

##### 2.1.2 季节变化的时间演变

众所周知,我国受东亚夏季风影响,夏季降水集中,冬季降水少,年变化显著。通过分析陕西 82 站 45 a 的降水发现,年平均降水量具有南多北少,自南向北逐渐递减的特点,降水受山地地形以及夏季风的影响比较显著。全省年平均最大降水量在陕南巴山地区,达 1 300 mm 以上,最低在陕北北部地区,为

400 mm 以下, 关中地区降水量在 500 ~ 700 mm 之间, 自东向西逐渐增多(图略), 且渭北地区比渭河以南区域降水量明显偏多, 这也是受到关中平原地形影响的结果。

为了进一步分析陕西降水季节变化(年循环)的演变特征, 图 3 给出陕南、关中、陕北 3 区域平均的降水时间序列。总体来看, 全区降水高峰关中和陕南年降水曲线呈现双峰特点, 峰值分别发生在 7 月上旬和 9 月上旬前后, 而陕北降水高峰出现在 8 月。从全年演变特征来看, 全省降水集中在 7 ~ 9 月, 陕南、关中、陕北降水都具有明显的季节变化, 夏季降水最多, 其中陕北地区夏季降水量最为集中, 秋季次之, 而春季少于秋季。关中、陕南春雨始于 4 月上中旬, 初夏汛期出现在 6 月下旬到 7 月上旬前期,

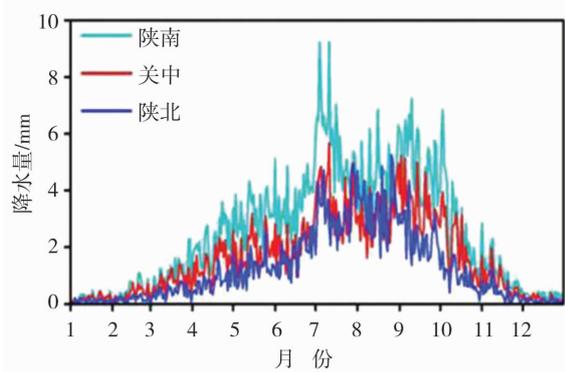


图 3 陕北、关中和陕南 3 区域平均降水时间序列  
Fig. 3 The monthly mean precipitation in the north, the middle and the south region of Shaanxi Province

且陕南一年中降水量峰值也出现在此期间; 8 月下旬到 9 月上中旬期间是关中、陕南第二个多雨时段, 此多雨期为秋淋发生的主要时段。另外, 关中地区 9 月份的降水量与 7 月份的相差不大, 且持续时间相对较长; 而陕南 9 月份的秋雨虽然峰值上低于 7 月份的峰值, 但持续时间较长。因此, 秋雨多是关中、陕南降水的一个特点, 进入秋季, 暖湿气团虽然南退至陕南和四川地区, 但气团厚度较大, 南北摆动, 有时跨越秦岭进入关中, 使得陕南和关中形成阴雨连绵的天气<sup>[28]</sup>。

## 2.2 陕西降水季节内振荡时空分布特征

### 2.2.1 准双周振荡的空间分布

黄菲等<sup>[26]</sup>指出, 黄河中上游地区的降水有较显著的 7 ~ 30 d 准双周振荡, 同时中国渭河流域和陕南到四川盆地的降水也存在较为明显的 30 ~ 60 d 季节内振荡。因此, 本文仅研究陕西降水准双周振荡和 30 ~ 60 d 季节内振荡的时空分布特征。

参考 Li 等<sup>[29]</sup>的方法, 首先利用陕西各站点降水准双周振荡周期的功率谱值计算出统计量  $F$ , 然后除以该点的参考值(根据功率谱方差检验把 95% 信度的检验数值作为参考值), 比值 > 1 就认为该站点准双周振荡是显著的。图 4a 给出了陕西降水准双周振荡显著性检验通过 95% 信度的站点及显著程度的相对大小。可以看出, 陕西降水的准双周振荡特征在全省范围内都比较显著。

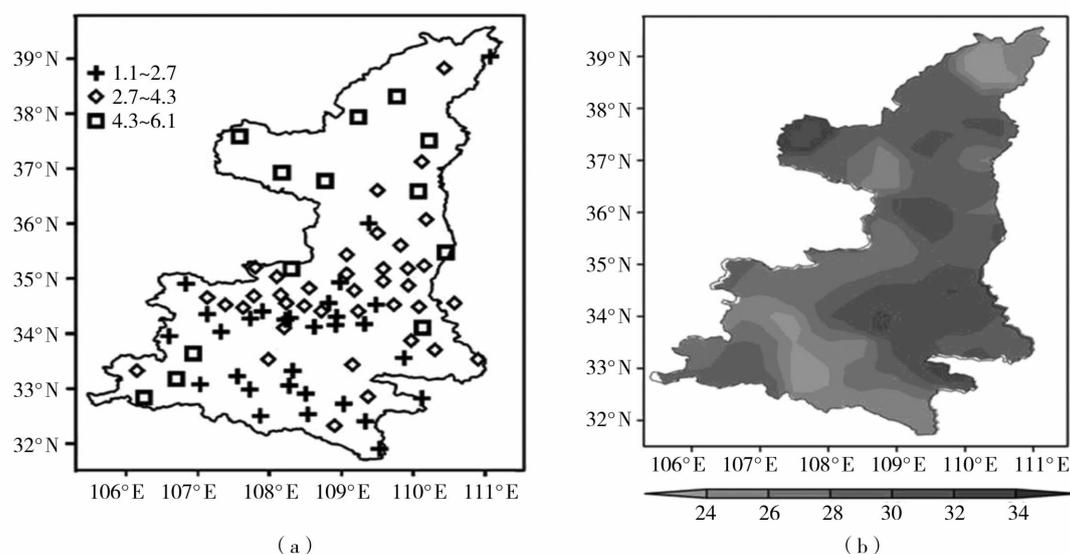


图 4 降水准双周振荡功率谱通过 95% 信度的站点 (a) 和方差贡献百分比 (b) 分布  
Fig. 4 The spatial distribution of stations with quasi biweekly precipitation oscillation power spectrum through 95% significance level (a) and variance contribution percentage (b)

然而,图4a并不能反映降水周期振荡振幅(即强度)的大小。因此,图4b给出了陕西每个站点滤波后准双周振荡分量占总降水的方差贡献百分比,它反映降水准双周振荡的相对强弱程度。可以看到,全省的方差百分比均在24%以上,陕北大部、关中中东部以及陕南东部地区可达30%左右,这与黄菲等<sup>[26]</sup>在黄河中上游地区有较显著的7~30d准双周振荡较为一致。由于准双周振荡过程主要与天气系统的变化有关,而每年不同天气系统过程造成的降水分布有所差异,因此气候平均的准双周振荡占陕西总降水量的百分比略小。同时与陕南地区总降水量相比,陕北和关中地区总降水量较小,天气系统过程造成的降水的准双周振荡分量在陕北和关中也相对较大,而陕南则具有更显著的30~60d周期振荡(图5)。

2.2.2 30~60d周期振荡的空间分布

图5a是陕西降水30~60d振荡功率谱通过95%信度的相对大小分布,可以看到陕南中西部和关中中西部地区表现出较强的30~60d季节内振荡,而陕西其它地区30~60d季节内振荡表现的相对较小。从降水30~60d尺度上的最大方差分布(图5b)可以看到,陕南西部和关中中西部方差贡献达18%~24%,关中东部和陕南东部次之,而陕北地区方差贡献则较小,只有9%~15%。总体看来,陕西降水30~60d季节内振荡的显著分布区域主要集中在36°N以南,与黄菲等<sup>[26]</sup>的结论一致,这个现象的原因值得进一步探讨。

2.2.3 季节内振荡的时间演变

为进一步分析降水季节内振荡时间演变特征,本文给出陕南、关中、陕北3区域日平均降水的季节内振荡时间序列(图6)。可以看到,陕西降水的空

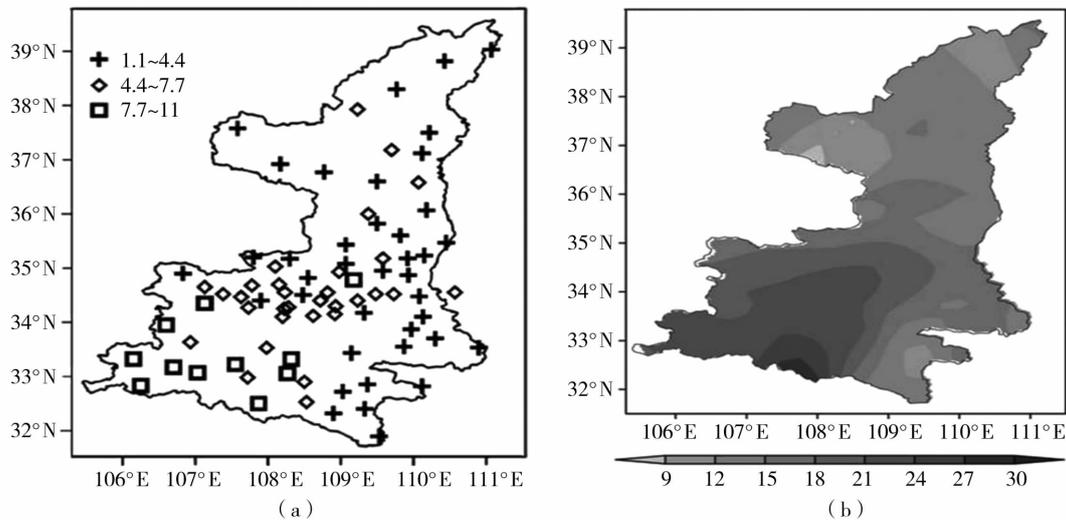


图5 降水30~60d振荡功率谱通过95%信度的站点(a)和方差贡献百分比(b)分布  
Fig.5 The spatial distribution of stations with 30-60 days precipitation oscillation power spectrum through 95% significance level (a) and variance contribution percentage (b)

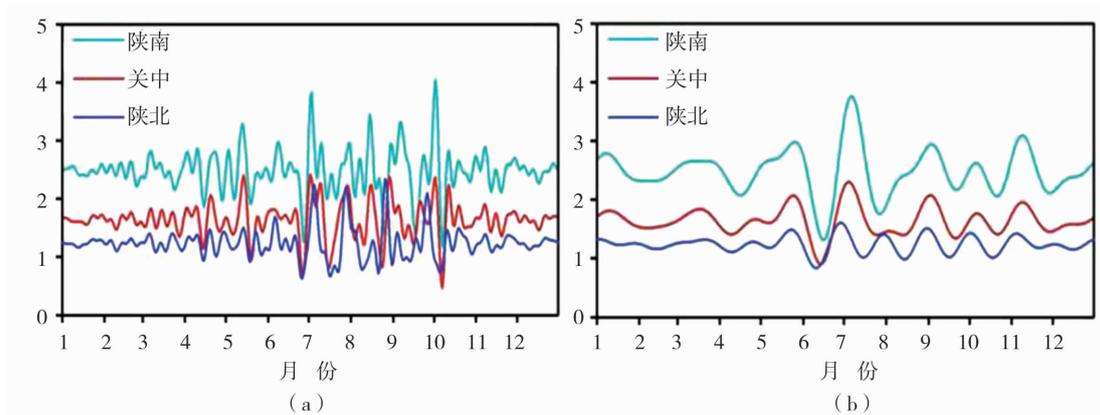


图6 陕南、关中、陕北3区域平均降水的准双周振荡(a)和30~60d振荡(b)的时间序列

Fig.6 Time series of quasi-two weeks (a) and 30-60 days (b) rainfall oscillation in the south, the middle and the north region of Shaanxi Province

间分布具有自南向北递减的特征,降水准双周振荡夏半年比冬半年强,3个区域的准双周振荡均从4月中旬开始逐渐加强,7~9月达到最强,之后从10~11月份开始逐渐减弱(图6a)。另外,3个区域全年都存在30~60d季节内振荡,夏季比冬季振幅大,并从5~6月开始逐渐加强,其中陕南和关中地区最大振幅出现在7月初,11月中下旬开始减弱,而陕北夏季振幅并无明显峰值,10~11月就开始逐渐减弱(图6b)。

气候平均态下,7月上、中旬,当副高脊线第2次北跳到 $25^{\circ}\text{N}$ 以北,并在 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间摆动,副高西脊点平均位置在 $115^{\circ}\text{E}$ 左右。此时,陕西正处于副高西北侧,沿副高脊线北上的暖湿气流与中高纬度南下的冷空气交汇于陕西中南部,高空槽、中低空切变活动频繁,形成降水。陕南一年中降水量峰值也出现在此期间,这是陕南和关中地区30~60d振荡最大振幅出现在7月初的原因所在。8月下旬至9月初,副高脊线开始自北向南退缩,副高脊线回跳到 $25^{\circ}\text{N}$ 附近,陕西中南部地区再次成为冷暖空气相交绥的区域,形成阴雨天气。副高脊线的南北跳动及其在 $25^{\circ}\text{N}$ 附近的停留,形成陕西中南部的阴雨天气;从时间演变角度来看,也正是陕西地区汛期降水具有“七(月)上八(月)下”特点<sup>[28]</sup>的原因所在。

### 3 结 论

(1)降水的季节变化在陕西全区都表现的非常显著,大部分地区方差贡献率均在80%以上,其中关中西部 and 陕北大部方差贡献在84%以上,陕南大部方差贡献在82%~84%之间,关中中东部方差贡献略低,在79%~82%之间。

(2)陕西降水的准双周振荡特征在全省范围内都比较显著,而降水30~60d季节内振荡的显著区域主要集中在 $36^{\circ}\text{N}$ 以南的关中和陕南。气候平均态下,7月上中旬(8月下旬),副高脊线北跳(南退)到 $25^{\circ}\text{N}$ 附近,并在 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间摆动,且副高西脊点平均位置在 $115^{\circ}\text{E}$ 左右,此时陕西中南部位于副高环流西北侧,冷暖空气交绥于关中和陕南西部地区,高空槽、中低空切变活动频繁,造成持续降雨。

(3)气候平均下,陕西降水准双周振荡幅度于4月中旬开始逐渐加强,至7~9月达到最强,此后于10~11月份开始逐渐减弱,其中准双周振荡受夏季风的影响显著,主要存在于夏半年,冬半年基本不存在;而全年都存在30~60d季节内振荡,夏季比冬季振幅大,于5~6月开始增强,其中陕南和关中地区最大振幅出现在7月初,11月开始减弱,而陕北夏季振

幅并无明显峰值,10~11月就开始逐渐减弱。

#### 参考文献:

- [1] Madden R A, Julian P R. Detection of a 40~50 day oscillation in the zonal wind in the tropical pacific[J]. J Atmos Sci, 1971, 28(5): 702-708.
- [2] Madden R A, Julian P R. Description of global scale circulation cells in the tropics with a 40~50 days period[J]. J Atmos Sci, 1972, 29(6): 1109-1123.
- [3] Murakami M. Analysis of summer monsoon fluctuations over India[J]. J Meteor Soc Japan, 1976, 54: 15-31.
- [4] Krishnamurti T N, Bhalme H N. Oscillations of a monsoon system. Part I: Observational aspects[J]. J Atmos Sci, 1976(33): 1937-1954.
- [5] 尹志聪, 王亚非, 袁东敏, 等. 江淮梅雨期降水南北反位相分布与大气准双周振荡[J]. 热带气象学报, 2012, 28(4): 517-526.
- [6] 曹鑫, 任雪娟, 杨修群, 等. 中国东南部5-8月持续性强降水和环流异常的10-30天低频特征分析[J]. 气象学报, 2012, 70(4): 766-778.
- [7] 陈隆勋, 罗绍华, 沈如桂. 夏季亚洲季风环流的结构及其与大气环流季节变化的关系[A]. 1980年热带天气会议论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1982. 82-99.
- [8] 朱乾根, 杨松. 东亚副热带季风的北进及其低频振荡[J]. 南京气象学院学报, 1989(12): 249-257.
- [9] Huang R H. The East Asia Pacific pattern teleconnection of summer circulation and climate anomaly in East Asia[J]. Acta Meteorologica Sinica, 1992, 6(1): 25-36.
- [10] Nitta T. Convective activities in the tropical western pacific and their impact on the northern hemisphere summer circulation[J]. J Meteor Soc Japan, 1987(65): 373-390.
- [11] 李崇银. 大气低频振荡[M]. 北京: 气象出版社, 1993. 310.
- [12] 冯俊阳, 肖子牛. 热带低频振荡的强度和相位对中国南方冬季降水的影响[J]. 气象, 2012, 38(11): 1355-1366.
- [13] 梁萍, 陈隆勋, 何金海. 江淮夏季典型旱年的水汽输送低频振荡特征[J]. 高原气象, 2008, 27(增刊): 84-91.
- [14] 梁萍, 丁一汇. 东亚梅雨季节内振荡的气候特征[J]. 气象学报, 2012, 70(3): 418-435.
- [15] 信飞, 肖子牛, 李泽椿. 1997年华南汛期降水异常与大气低频振荡的关系[J]. 气象, 2007, 33(12): 23-30.
- [16] 陶诗言, 卫捷. 夏季中国南方流域性致洪暴雨与季风涌的关系[J]. 气象, 2007, 33(3): 10-18.
- [17] 张强, 张存杰, 白虎志, 等. 西北地区气候变化新常态及对于旱环境的影响——总体暖干化, 局部出现暖湿迹象[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 1-7.
- [18] 沈洁, 李耀辉, 朱晓炜. 西北地区气候与环境变化影响沙尘暴的研究进展[J]. 干旱气象, 2010, 28(4): 467-474.
- [19] 琚建华, 吕俊梅, 谢国清, 等. MJO和AO持续异常对云南干旱的影响研究[J]. 干旱气象, 2011, 29(4): 401-406.
- [20] 罗伯良, 彭莉莉, 张超. 2009年盛夏湖南持续高温干旱及同期大气环流异常分析[J]. 干旱气象, 2010, 28(1): 20-25.
- [21] 刘瑜, 赵尔旭, 彭贵芬, 等. 2005年春末初夏云南异常干旱与中高纬度环流[J]. 干旱气象, 2007, 25(1): 32-37.
- [22] 马浩, 毛燕军, 雷媛, 等. 10~30天延伸期天气预报研究进展综

- 述[J]. 干旱气象, 2012, 30(4): 511 - 520.
- [23] 赵强, 严华生, 张谨文. 影响陕西夏季旱涝的北半球前期大气环流特征[J]. 干旱气象, 2012, 30(4): 546 - 554.
- [24] 王遵娅, 丁一汇. 中国雨季的气候学特征[J]. 大气科学, 2008, 32(1): 1 - 13.
- [25] 王遵娅, 丁一汇. 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, 2008, 19(6): 710 - 715.
- [26] 黄菲, 黄少妮, 张旭. 中国降水季节内振荡的气候特征分析[J]. 中国海洋大学学报, 2008, 38(2): 173 - 177.
- [27] 黄嘉佑. 气象统计分析与方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004. 1 - 298.
- [28] 杜继稳. 陕西省短期天气预报技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2007. 1 - 391.
- [29] Li C Y, Hu R J, Yang H. Intraseasonal oscillation in the tropical Indian Ocean[J]. Adv Atmos Sci, 2005, 22(5): 617 - 624.
- [26] 黄菲, 黄少妮, 张旭. 中国降水季节内振荡的气候特征分析[J].

## Climatological Feature of Seasonal and Intraseasonal Oscillation of Rainfall in Shaanxi

HUANG Shaoni<sup>1</sup>, XU Xintian<sup>1</sup>, WANG Dan<sup>2</sup>

(1. Shaanxi Meteorological Observatory, Xi'an 710014, China;  
2. Shaanxi Meteorological Service Center, Xi'an 710014, China)

**Abstract:** Based on the daily rainfall data at 82 observational stations in Shaanxi Province from 1962 to 2006, the temporal and spatial distributions of the climatological seasonal and intraseasonal oscillation of rainfall were studied by using the harmonic analysis and power spectrum analysis methods. The results show that the rainfall in most parts of Shaanxi Province has an obvious seasonal variation. The quasi - biweekly oscillation (QBWO) of rainfall was significant in the whole area of Shaanxi, while the Madden Julian oscillation (MJO) mainly occurred in the central Shaanxi plain (named as Guanzhong) and southern Shaanxi. The distribution characteristic was related to moving north or south of the subtropical high with the eastern Asian summer monsoon. The amplitudes of QBWO of rainfall gradually strengthened from mid April and reached the strongest from July to September, and weakened from October. Therefore, the QBWO of rainfall was significant in summer. Although the MJO of rainfall existed in the whole year, the amplitude in summer was stronger than that in winter, and the peak of amplitudes occurred in July in Guanzhong plain and the southern Shaanxi, which was not obvious in the northern Shaanxi.

**Key words:** Shaanxi rainfall; temporal and spatial distribution feature; intraseasonal oscillation