

文章编号:1673-8411 (2015) 03-0008-05

中国东部水汽低频振荡的季节变化特征

潘一铭¹, 李华实²

(1.上思县气象局, 广西 防城港 535500; 2.崇左市气象局, 广西 崇左 532200)

摘要:利用 NCEP 多年日平均可降水量资料,进行 EOF、小波分析和 EEOF 等分析,得到以下结论,在分布上,我国东部水汽低频振荡受水汽源地影响主要有着三种不同的地理分布形势:一是我国东部水汽低频振荡约以长江为界,南北具有相反的变化形势;二是不同的正负形势由北向南间隔分布,出现正负正或者负正负的形势;三是我国东部水汽振荡在空间上具有整体的一致性,绝大部分都是正异常或者负异常,各种形势随时间相互替换。在强度上,华南、东海、长江中下游地区强度比较大而且振荡活跃,夏季的振幅最大,振荡最明显,能量也最大,春秋次之,冬季的振荡能量最小,振荡最弱。在周期上,水汽低频振荡在春、秋和冬季都具有 64 天左右的振荡周期,而在夏季只有 24 天左右的振荡周期。

关键词:水汽低频振荡;季节特征;EOF;EEOF;小波分析

中图分类号:462.4

文献标识码:A

Seasonal variation characteristics of water vapor low-frequency oscillation in eastern China

PAN Yi-ming Li Hua-shi

(1. Shangsi County Meteorological Service, Fangchenggang Guangxi535500; 2. Chongzuo Municipal Meteorological Service, Chongzuo Guangxi 532200)

Abstract: Based on analysis on the years of NCEP daily average rainfall data by the EOF, wavelet analysis and EEOF, the conclusions are that: from the distribution, water vapor low-frequency oscillation in the eastern part of China affected by water vapor source mainly was divided into three different kinds of geographical distribution: First, the north and south water vapor low-frequency oscillation, which are divided by the Yangtze river have opposite change form; Second, the change form is interval distribution from north to south, appearing positive-negative-positive or negative-positive-negative; Third, the water vapor oscillation has the space consistency with most being positive or negative anomaly and the situation replacing with each other over time. from the intensity, strength of oscillation in south China, east China sea and the middle and lower reaches of the Yangtze river region is greater and active, maximum amplitude, the most obvious oscillation and the biggest energy are in summer, spring and autumn rank second, and that of winter is least weakest. Periodically, there is 64 days of oscillation of water vapor low-frequency oscillation in the spring, autumn and winter, while in summer it is only 24 days.

Key Words: water vapor low-frequency oscillation; seasonal characteristics; EOF; EEOF; wavelet analysis

关于水汽的低频振荡,学者们大多研究了这几方面,比如关于范围降水与大气低频振荡的关系,例如热带低频振荡与各地降水的关系等^[1],江淮梅雨^[2]、西北地区东部春季降水^[3]等,关于各种夏季风的低频振荡,比如南海夏季风^[4]、京津冀夏季风的低频

振荡^[5]等,关于某区域旱涝的低频振荡,例如江淮夏季典型旱涝年的水汽输送低频振荡^[6]、中国夏季各地区的持续性强降水等。但是我国大范围的水汽低频振荡总特征却少有研究。

本文希望通过经验正交函数、拓展经验正交函

收稿日期:2015-05-18

作者简介:潘一铭(1991-),女,壮族,广西钦州人,广西上思县气象局,助理工程师,研究天气气候、气象观测与为农服务。543058809@qq.com

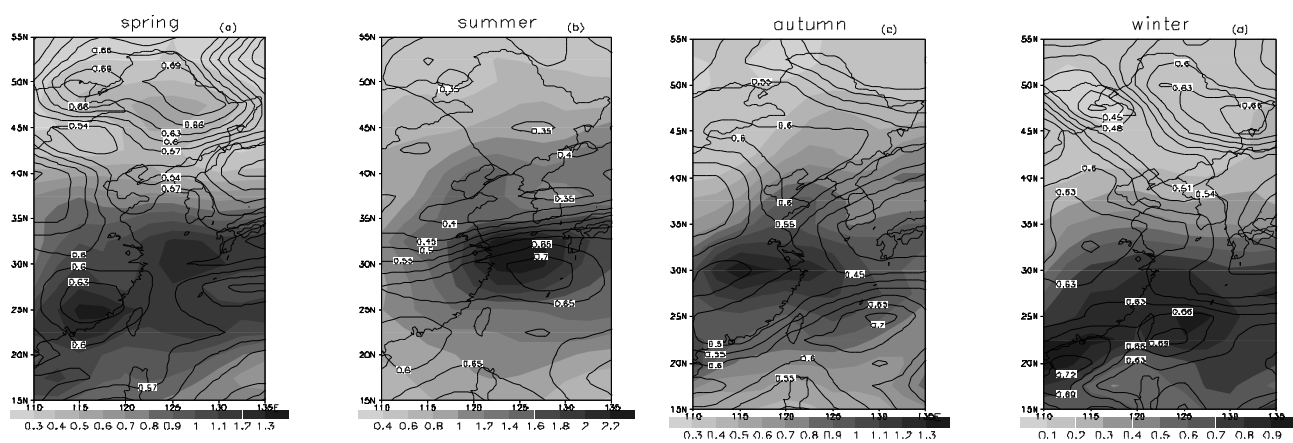


图1 (a)(b)(c)(d)分别为1981~2010年滤波后的春、夏、秋和冬季的水汽均方差分布(阴影)和滤波前后均方差比值分布(曲线)

数和小波分析等方法来对中国东部水汽低频振荡的季节性变化从空间和时间上进行讨论,希望能够进一步了解中国东部水汽的低频振荡特征,初步分析水汽低频振荡形势变化的原因。

1 资料和方法说明

1.1 资料

气柱可降水量是气柱各层水汽的累加值,它表示某地单位面积上整层大气的总水汽含量。采用1981至2010年NCEP多年日平均可降水量资料来表示水汽,分辨率为 $2.5^{\circ}\times2.5^{\circ}$ 。根据中国东部的定义,又考虑到研究计算的方便性,选取范围为 $110^{\circ}\sim$

表1 EOF前5个模态的方差贡献率

模态n	1	2	3	4	5
模态n的方差贡献率%	30.02	16.11	12.0	8.38	5.11
前n个模态累计方差贡献率	30.02	46.13	58.13	66.51	71.62

$135^{\circ}\text{E}, 15^{\circ}\sim55^{\circ}\text{N}$ 。

1.2 资料处理方法

已有研究表明,我国东部水汽的年信号最强,本文重点分析中国东部的低频振荡特征,为了探求中国东部的低频振荡的季节变化特征,先对原始资料去除了水汽资料的年变化趋势,然后进行10~90d的带通滤波处理。用处理过的资料做四季的水汽资料均方差分布图,观察水汽低频振荡的空间和强度分布。然后进行EOF、小波分析和EEOF分析,其中EEOF分析取了两个滞后时段,每个滞后时段根据EOF时间系数的小波分析结果的主周期来确定。

2 中国东部水汽低频振荡的四季分布

图1为我国东部滤波前及10~90d带通滤波后的四季水汽均方差比的空间分布,反映了不同季节水汽低频振荡的地理分布和强度情况。

从图1中可以看出,夏季的水汽低频振荡信号最强,能量最大,冬季的水汽低频振荡能量最小。四季的水汽低频振荡强度大值多出现在华南、东海、长江中下游,低频振荡活跃区域大多出现在华南、东海、长江中下游和东北地区,并且随着季节的变化而移动。其中,东北地区的水汽低频振荡虽然相对活跃,但是强度很小。以春季为基准,水汽低频振荡的强度大值区在夏季北移,秋季西进,冬季南移,似与西太平洋副热带高压的季节移动相符合,并且与中国东部的雨季随时间变化相一致。

3 EOF分析结果

这里对滤掉年和半年变化并且进行10~90d滤波的水汽资料进行自然正交分解,得到我国东部水汽低频振荡的空间分布和时间特征。EOF分析中前5个模态均通过了显著性检验,前5个模态的累计方差贡献率达到了71.62%,前五个模态的方差贡献率见表1。这里只分析方差贡献率较大的三个模态。

图2和图3分别为对中国东部水汽低频振荡做EOF后前三个模态的空间场和时间序列图。这里对我国东部水汽低频振荡的EOF前三个模态的空间分布(图2)和时间序列(图3)进行分析。

第一模态主要表现出了水汽低频振荡的总体空间分布特征,我国东部水汽低频振荡大约以长江为界,南北符号相反,呈反向分布特征。对照该模态的时间序列(图3a),当时间系数为正的时候,可能受南海这个第一水汽源地的影响^[7],水汽在长江以南

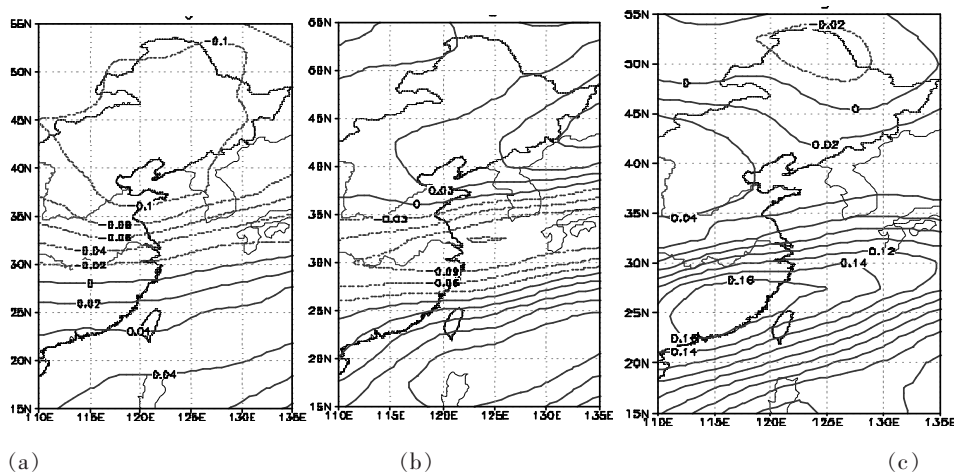


图2 (a)(b)(c)分别为我国东部水汽低频振荡的 EOF 第一、第二和第三模态空间场

增加,在长江以北减少,而当时间系数为负的时候正好相反,此时可能受亚洲北方大陆、欧洲大陆或海域这个第三水汽源地的影响,在长江以北水汽含量增加,而在长江以南水汽含量减少。

第二模态可以看出我国东部水汽低频振荡的另一种主要地理分布特征,长江流域和东海地区为负值,其他地区为正值,在中国东部由北向南呈现出负——正——负的分布形势,即不同的正负形势由北向南间隔分布。对照该模态的时间序列(图3b),当时间系数为正值时,可能受孟加拉湾、阿拉伯海这个第二水汽源地的影响,从西南向东北朝我国传送

性,此时的异常中心出现在江南、华南的东部。当时间系数是正值的时候,我国东部绝大部分地区水汽含量增加,当时间系数为负时我国东部绝大部分地区水汽含量减少。而无论何时,江南、华南东部的水汽变化是最大的,说明那里的水汽低频振荡最为强烈。

从图3可以看出,我国东部去除年、半年变化的水汽资料具有明显的低频振荡特征。图3(a)(b)表现得最明显,在夏季,时间序列分别出现正、负的最大值,说明低频振荡在夏季的幅度最大,振荡最明显,能量也最大,春秋次之,冬季的振荡能量最小,振荡最弱。这与之之前(图1)中关于不同季节水汽低频

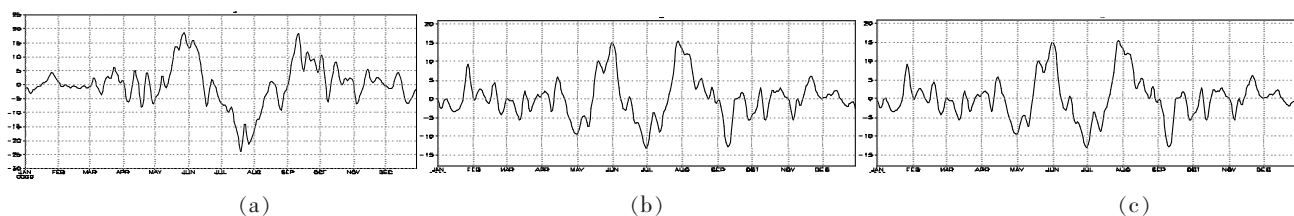


图3 (a)(b)(c)分别为我国东部水汽低频振荡 EOF 分析前三个模态的时间变化系数

振荡的分析相一致。

图4是对处理过的水汽资料做 EOF 后前两个模态的时间序列做小波分析得到的结果图。从图4中看出,我国东部水汽低频振荡在春、秋和冬季有60d左右的振荡周期,在夏季明显周期较短。

4 EEOF 结果分析

为了进一步研究我国东部水汽低频振荡的时空特征,特别是在不同季节里空间的分布和演变,这里对处理过的我国东部水汽进行拓展经验正交函数分析。因为考虑到理论上同一季节各个模态的水汽振荡

空间场演变的周期应该是一致的,又因为篇幅限制的原因,这里只分析 EEOF 前两个模态的时空演变。

4.1 春季 EEOF 的演变特征

首先进行春季的 EEOF 分析,根据上文图4分析得到,我国东部水汽低频振荡在春季具有60d左右的振荡周期,这里取8d作为 EEOF 分析的滞后时间。我国东部春季水汽低频振荡前8个特征向量分别解释了总方差的13.7%、11.8%、8.0%、7.6%、6.0%、5.5%、5.1%和3.6%,前八个特征向量方差贡献总和达61.2%。其中前两个特征向量解释了总方差的25.5%,它们的典型场是描述我国春季东部水

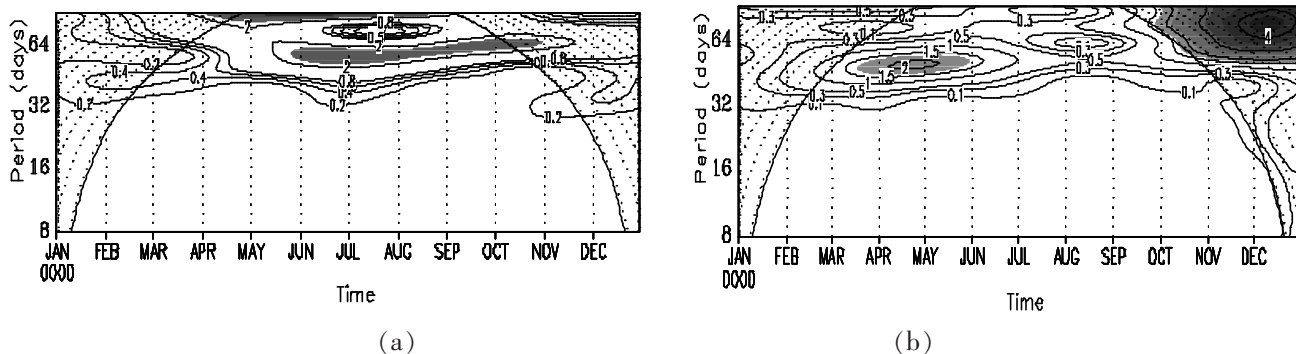


图4 EOF 第一模态(a)和第二模态(b)时间序列的小波功率谱等值线分布
(阴影覆盖的区域为通过 90%置信水平,点线区域为受边界影响区域)

汽低频振荡的主要分量。由于篇幅限制,这里只给出 EEOF 分析后第一模态 (EEOF1) 和第二模态 (EEOF2) 的典型场。

从图 5 可以看出, EEOF1 中滞后 16d 与 EEOF2 中滞后 0d 的形势相似, 都是在河北和朝鲜半岛出现负值中心, 而南方是正值, 并在台湾、福建地区出现正值中心。而 EEOF1 滞后 0 天与 EEOF2 滞后 16d

的形势相似, 符号相反, 特征相反。EEOF1 滞后 0 天是中国东部的绝大部分地区是负值, 南方小部分地区是正值, 而 EEOF2 滞后 16d 正好相反, 我国东部绝大部分是正值, 南方小部分是负值。从中可以认为, EEOF1 和 EEOF2 是描述我国东部水汽低频振荡同一周期的不同时刻的形势, EEOF1 超前 EEOF2 四分之一的位相, 这与图 6 时间序列中显示的两模态位相关系一致。将 EEOF1 和

EEOF2 的不同时间滞后图按下列次序排列, EEOF1 滞后 0d, 滞后 8d, 滞后 16d, EEOF2 滞后 0d, 滞后 8d, 滞后 16d 正好构成了水汽低频振荡的半个周期, 即 32d。这样, 我国东部水汽低频振荡在春季具有 64d 左右的振荡周期。在春季, 无论从哪个时刻开始计算, 我国东部某个地点的水汽低频振荡都在半个振荡周期 (32d 左右) 以后会转为完全相反的位相, 整个振荡周期 (64d 左右) 回到原来的位相, 形成一个循环, 完成一次振荡过程。

图 6 是春季我国东部水汽低频振荡 EEOF1 和 EEOF2 的时间序列图, 可以明显看出 EEOF1 超前 EEOF2 四分之一一个位相, 这与上面的讨论一致, 而且 EEOF1 和 EEOF2 拥有相似的振荡趋势, 在春季, 我国东部水汽低频振荡的振幅在 18 以内。从图中还可以看到, 虽然特征向量时间系数变化很大, 但在同一周期中, 第一、二

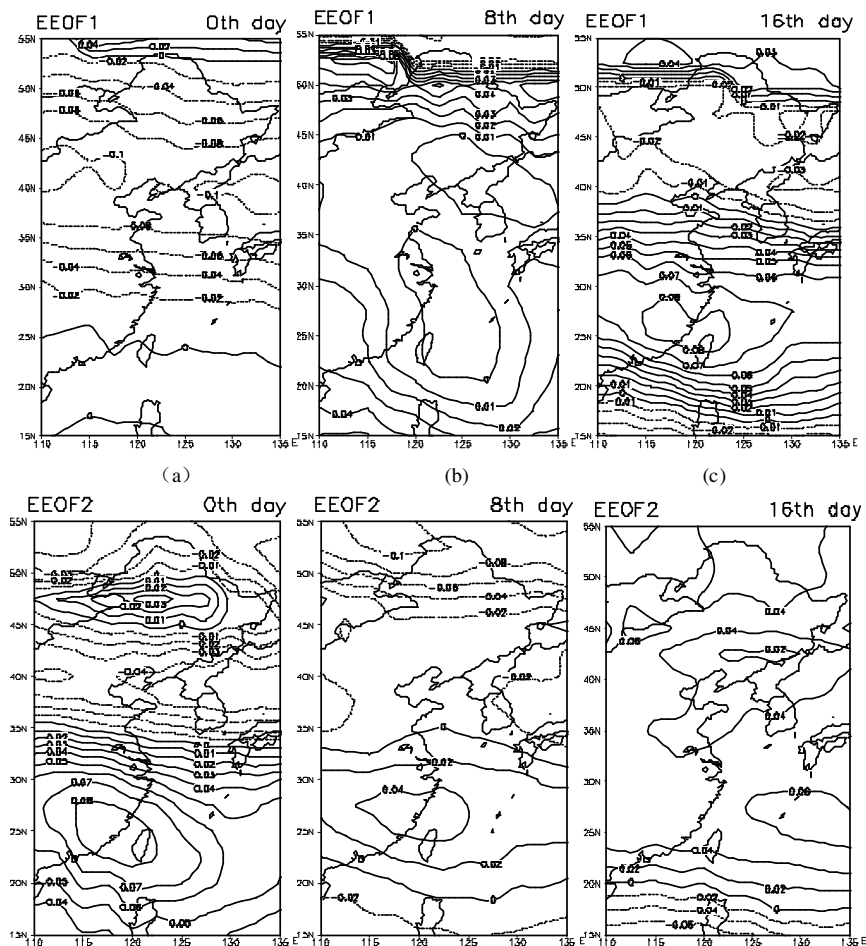


图5 春季我国东部水汽低频振荡 EEOF 分析, (a)(b)(c) 是不同滞后的 EEOF1 典型场, (d)(e)(f) 为不同滞后的 EEOF2 典型场。

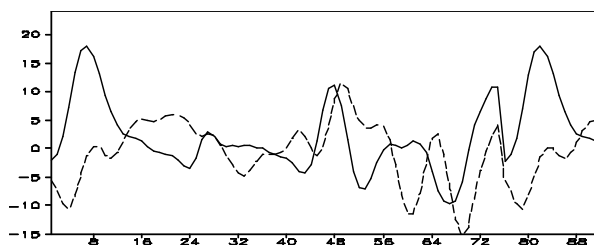


图6 春季我国东部水汽低频振荡 EEOF 分析的前两个模态时间系数序列(第一模态(实线)和第二模态(虚线))

特征向量时间系数的振幅大小相差不大,这一现象对于保证第一、二特征向量之间可以互相替换,构成一个稳定的周期循环是非常重要的^[8]。

4.2 夏、秋和冬季 EEOF 的演变特征

夏、秋和冬季的 EEOF 演变分析与上文春季的方法相同,考虑到篇幅原因,这里只给出结论。根据分析,我国东部的水汽低频振荡在夏季具有 24d 左右的振荡周期,振荡振幅在 30 以内,远远强于其他季节。在秋季,具有 64d 左右的振荡周期,振幅在正负 15 以内,强度与春季相当。而在冬季也具有 64d 左右的振荡周期,振幅在 12 以内,是四季中低频振荡最不活跃的季节。

5 结果与讨论

通过对中国东部水汽低频振荡进行均方差分析、EOF 和 EEOF 进行分析,结果表明,我国东部的水汽具有明显的低频振荡特征,并得到以下结论:

(1)我国东部夏季的水汽低频振荡信号最强,能量最大,冬季的水汽低频振荡能量最小。四季的水汽低频振荡强度大值多出现在华南、东海、长江中下游,低频振荡活跃区域大多出现在华南、东海、长江中下游和东北地区,并且随着季节的变化而移动,以春季为基准,水汽低频振荡的强度大值区在夏季北移,秋季西进,冬季南移,似与西太平洋副热带高压的季节移动相符合,并且与中国东部的雨季随时间变化相一致。所以水汽低频振荡的强度位置变化可能与大气环流形势的改变有关。

(2)我国东部水汽低频振荡主要具有三个空间分布特征。一是我国东部水汽低频振荡大约以长江为界,南北具有相反的变化趋势。可能受南海这个第一水汽源地的影响,水汽在长江以南增加,在长江以北减少,但是当受亚洲北方大陆、欧洲大陆或海域这个第三水汽源地的影响的时候,在长江以北水汽含

量增加,而在长江以南水汽含量减少。二是不同的正负形势由北向南间隔分布,即出现正负正或者负正负的形势。这样的形势的出现可能是受孟加拉湾、阿拉伯海这个第二水汽源地的影响,当从西南向东北朝我国传送过来大量水汽,使得长江流域、东海地区水汽增加时,我国东部水汽低频振荡从北至南表现为负——正——负的分布形势。反之振荡形势相反。三是我国东部水汽振荡在空间上具有整体的一致性,绝大部分都是正异常或者负异常,此时的异常中心出现在江南、华南的东部。

(3)不同季节水汽低频振荡的周期,在春、秋和冬季都具有 64d 左右的振荡周期,只有在夏季具有 24d 左右的振荡周期。从中可以看出,我国东部的水汽低频振荡在夏季的幅度最大,振荡最明显,能量也最大,春秋次之,冬季的振荡能量最小,振荡最弱。而 EEOF 的空间场分布其实是上文中 EOF 分析中各个主要模态的交替,构成了振荡中的各个时刻的不同位相,其主要分布特征与 EOF 分析一致。

本文能够初步得出中国东部水汽低频振荡的各个季节特征,但因为振荡周期较短,EEOF 分析中所滞后时间都是整数,所以归纳出来的各个时刻空间场的位相也有些偏差,但是不太影响整体的研究和讨论。

参考文献:

- [1] 刘冬晴, 杨修群. 热带低频振荡影响中国东部冬季降水的机理 [J]. 气象科学, 2010, 30 (5): 684-693.
- [2] 毛江玉, 吴国雄. 1991 年江淮梅雨与副热带高压的低频振荡 [J]. 气象学报, 2005, 63 (5): 762-770.
- [3] 任宏利, 张培群, 李维京, 等. 西北区东部春季降水及其水汽输送的低频振荡特征 [J]. 高原气象, 2006, (2): 285-292.
- [4] 何有海, 彭楚明, 关翠华, 等. 南海夏季风爆发与大气对流低频振荡的年际变化 [J]. 大气科学, 2000, 24 (6): 785-794.
- [5] 徐国强, 藏建升. 1998 年京津冀夏季风的低频振荡与降水的特征 [J]. 应用气象学报, 2001, 12 (3): 297-206.
- [6] 梁萍, 陈隆勋, 何金海. 江淮夏季典型旱涝年的水汽输送低频振荡特征 [J]. 高原气象, 2008, (B14): 84-91.
- [7] 崔玉琴. 中国大陆上空水汽资源 [J]. 水文, 1997, 1: 12-18.
- [8] 智协飞, 朱乾根. 中国降水准两年周期变化 [J]. 南京气象学院学报, 1991, 14 (3): 261-268.