

中国地区水汽输送异常特征及其与长江流域旱涝的关系

蒋兴文¹, 李跃清¹, 王 鑫^{1,2}

(1. 中国气象局成都高原气象研究所, 成都 610071;

2. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要: 利用中国地区 1981-2002 年的常规观测资料和 ECMWF 再分析资料, 研究了中国地区水汽输送的异常特征、水汽输送异常与长江流域降水的关系及其环流特征。研究表明: 中国地区水汽输送异常存在一些主要的模态, 其中第一模态最为显著, 其空间分布表现为在长江流域的水汽辐合或辐散, 其变化与长江流域的降水存在很好的关系。当西太平洋副热带高压偏南偏西偏强, 印度季风低压偏弱, 我国北方地区处于中高纬度槽后时, 大量来自孟加拉湾、南海、西太平洋的水汽在长江以南形成强大的西南风水汽, 与我国北方的冷空气在长江流域辐合, 容易导致长江流域降水偏多。当西太平洋副热带高压偏北偏东偏弱, 印度季风低压偏强, 中高纬为平直西风气流时, 不利于引导低纬海洋水汽进入我国, 长江流域以南没有稳定的西南风水汽输送, 我国北方冷空气偏弱, 不易南下到长江流域, 导致在长江流域没有明显的水汽辐合, 降水容易偏少。

关键词: 水汽输送; 长江流域; 旱涝; 复数 EOF

1 引言

水汽是降水的直接条件, 水汽输送异常引起降水异常。谢安等研究了长江中下游地区水汽输送的气候特征^[1]。丁一汇等研究了 1998 年长江流域大洪水时期的水分收支状况^[2]。高国栋等利用中国地区探空资料分析长江流域旱涝年不同的水汽输送形势时指出: 稳定持久的水汽辐合形式容易造成长江流域洪涝, 反之不能形成水汽辐合时容易干旱^[3]。陆渝蓉等研究了江淮地区旱涝年份的水分循环特征, 从水汽输送异常和蒸发量等角度研究了旱涝变化的成因^[4]。Simmonds 等分析中国东南地区旱涝时空不同层次的水汽输送差异及其对降水的影响^[5]。Zhang 等分析了印度季风水汽输送与长江流域旱涝的关系^[6]。徐祥德等研究表明: 长江流域涝年, 该地区是冷暖空气的交汇带, 也是水汽输送的辐合带, 早年则与之相反; 青藏高原水汽输送与长江流域降水有很好的关系^[7,8]。这些研究表明水汽输送与长江流域降水之间存在很好的关系, 水汽在长江流域的辐合辐散是影响降水的关键因素之一。

以前关于水汽输送对降水影响的工作, 存在一个共同点, 都是从降水出发来分析水汽输送异常对降水影响。这样, 针对不同的研究时段, 选取降水异常年份不同时, 得出的水汽输送异常对降水影响结论存在差异, 也不具普遍性。既然水汽输送是影响降水的一个重要因素, 而中国地区降水异常存在一定的特有类型, 那中国地区的水汽输送异常

收稿日期: 2007-09-20; 修订日期: 2008-01-22

基金项目: 中国气象局气候变化专项项目 (CCSF2007-23); 国家重点基础研究发展规划项目 (2003CB415201); 中国气象局成都高原所基本科研业务费专项项目 (BROP200702) [Foundation: Climate Change Foundation of China Meteorological Administration (CMA), No.CCSF2007-23; National Basic Research Program of China, No. 2003CB415201; Basic Research Foundation of Chengdu Institute of Plateau, CMA, No. BROP200702]

作者简介: 蒋兴文 (1983-), 男, 研究方向: 气候变化和气候诊断。E-mail: xingwen_jiang@yahoo.com.cn

是否也存在一定的特有类型, 特定的水汽输送异常类型是否对应特定的降水异常类型?

中国地区存在多条水汽输送通道, 不同高度上主要的水汽输送通道存在差异, 如 850 hPa 以西太平洋、南海的偏南风水汽为主, 而到 700 hPa, 来自孟加拉湾的西南风水汽输送变得相当显著。单一分析空间某一层的水汽输送或环流特征来研究水汽输送异常, 没有代表性。利用大气整层积分水汽输送, 能综合体现深厚气层中的流场和湿度场。目前关于水汽输送的大尺度研究, 都使用再分析资料, 赵瑞霞等研究表明, 再分析资料在描述大气水汽输送方面存在一定的局限性^[9]。因此, 使用观测资料进行水汽输送的研究非常必要。大尺度环流异常是造成水汽输送异常的主要原因。中国地区水汽输送异常主要由季风环流系统异常引起。分析造成水汽输送异常的环流特征, 是深入认识水汽输送异常成因的一个重要方面。

EOF 分析被广泛的应用于气候标量场的分析, 而矢量场中的应用, 目前相对较少。矢量 EOF 包括复数 EOF 和实数矢量 EOF。宋正山等利用实数矢量 EOF 分析了东亚季风区 500 hPa 风场的异常特征^[10]。Salstein 把复数 EOF 应用于全球水汽输送异常的分析^[11]。Wu 等使用该方法研究东亚冬季风, 得出了东亚冬季风异常的主要模态^[12]。关于这两种方法的异同, Kaihatu 等人作了详细的讨论^[13]。

本文将主要采用观测资料, 利用复数 EOF 来揭示中国地区整层积分水汽输送的异常特征, 并讨论水汽输送主要异常型与中国地区降水的关系, 最后讨论水汽输送异常的大气环流成因。

2 资料和方法

2.1 资料

本文使用的资料有: 1981-2002 年中国地区 102 个探空站的高空观测资料, 气压层分别为地面、850 hPa、700 hPa、500 hPa、400 hPa、300 hPa, 气象要素有温度、温度露点差、风速和风向。国家气候中心提供的 1981-2002 年中国地区 0.5X0.5 经纬度的降水资料。ECMWF 提供的 1981-2002 年全球位势高度再分析资料。

2.2 方法

关于中国地区大气绝对湿度的计算方案采用文献^[14]的方法。大气水汽输送的整层积分分别对经向风和纬向风进行, 从地面积分至 300 hPa, 数值积分方案采用梯形积分。如下对复数 EOF 作简要介绍, 详细介绍请参看文献^[15]。

把风场看成一个复数:

$$\sigma = se^{i\theta} \quad (1)$$

式中: s 为风速, θ 风向。

n 个站点的 m 次观测数据组成矩阵 S , 其元素为

$$s_{km} \exp(i\theta_{km}) \quad (2)$$

式中: $m = 1, M$ 为观测时次, $k = 1, N$ 为站点数, s_{km} 为风速, θ_{km} 为风向。

利用 S 可以得到矩阵 H

$$H = M^{-1}SS^* \quad (3)$$

式中: S^* 是 S 的共轭转置矩阵, H 为 $N \times N$ 的 Hermite 矩阵, 其所有的特征值都是实数, 并且存在 N 个特征向量, 且满足

$$HE_j = \lambda E_j, \quad j = 1, \dots, N \quad (4)$$

并且满足正交条件

$$E_i^* \cdot E_j = \delta_{ij}, \quad i, j = 1, \dots, N \quad (5)$$

式中: E_i^* 为 E_i 的共轭转置矩阵, δ_y 为克罗狄克尔函数。

如果 θ_k 是与第 k 个特征向量相联系的任意位相角, 我们可以得到一组新的特征向量

$$B_k = \exp(i\theta_k)E_k \quad k = 1, \dots, N \quad (6)$$

仍然是 H 的特征向量, 并且满足正交条件。

同一时刻所有站点的风矢量 S_m 可以表示成

$$S_m = \sum_{k=1}^N c_{km} E_k \quad m = 1, \dots, M \quad (7)$$

$$c_{km} = E_k^* \cdot S_m \quad k = 1, \dots, M \quad (8)$$

式中: c_{km} 是唯一的, 并且总的来说是复数, 称为第 k 个主分量。

$$M^{-1} \sum_{m=1}^M |c_{km}|^2 = \lambda_k, \quad k = 1, \dots, N \quad (9)$$

对于每一个 E_k , 其对整个原始时间系列的贡献率可以表示为

$$F_k = \lambda_k / \sum_{j=1}^N \lambda_j \quad k = 1, \dots, N \quad (10)$$

3 中国地区水汽输送异常特征

3.1 中国地区水汽输送 EOF 分析的特征向量

中国地区夏季平均的整层水汽输送复数 EOF 分析的前四个特征向量 (图 1), 分别解释总方差的 54%, 14%, 10%, 6%, 总共解释了总方差的 84%。第一特征向量解释了总方差的一半以上, 是最为显著的, 其后特征向量所占比重越来越小, 第五特征向量就只解释总方差的 4%。如下我们仅就前四个特征向量进行讨论。

第一特征量总的反映了我国南方强西南水汽与北方西北水汽在长江流域的辐合形势。西南水汽有两部分, 一部分为来自南海由东南风输送转西南风输送的水汽; 另一部分来自于孟加拉湾, 经我国西南地区进入。这两部分水汽在长江以南汇合, 然后流向长江流域。长江以北的西北水汽输送相对西南水汽来说较弱, 最强的西北水汽在淮河地区。东北地区为东南风水汽输送, 青藏高原东部为西风水汽输送, 新疆的水汽输送特征表现较为凌乱。第二特征向量在长江以南为水汽辐散, 长江以北为水汽辐合。整个长江流域为西南风水汽, 长江以南是东北风水汽, 长江以北为从新疆东北部一直向东延伸的强而宽广的西北风水汽, 青藏高原东部为弱的西北风水汽。第三特征向量在黄河以南地区为反气旋式的水汽输送, 其中长江中下游为西北水汽输送, 长江上游为南风水汽输送, 我国南部边缘地区为东风水汽输送; 黄河以北至我国东北地区为东风水汽输送; 青藏高原东南部为弱的西风水汽输送, 西北部为弱的西北风水汽输送。第四特征向量在江淮地区为东北风水汽, 西南地区则表现为南部的东南风水汽向北转为南风水汽, 东北地区总的为西风水汽, 青藏高原东部以及新疆地区的水汽输送弱而凌乱。

3.2 中国地区水汽输送 EOF 分析的时间系数

复数 EOF 分析的时间系数可分解为两个部分, 模和位相角 (图 2)。位相角的大小表示对特征向量空间分布旋转的程度, 如第一特征向量位相角大都接近 0° 或 $\pm 180^\circ$, 这表明各年的水汽输送异常均表现为与第一特征向量空间分布相一致或相反的输送特征。模的大小表明水汽输送异常的强弱, 如 1998 水汽输送异常最强, 其值达到了 600; 86 年最弱, 其值仅为 30。第一特征向量的异常强度具有很强的年际变化特征。第二特征向量时间系数表明, 有较多年份的水汽输送异常与该特征向量所对的空间分布型一致, 异常强

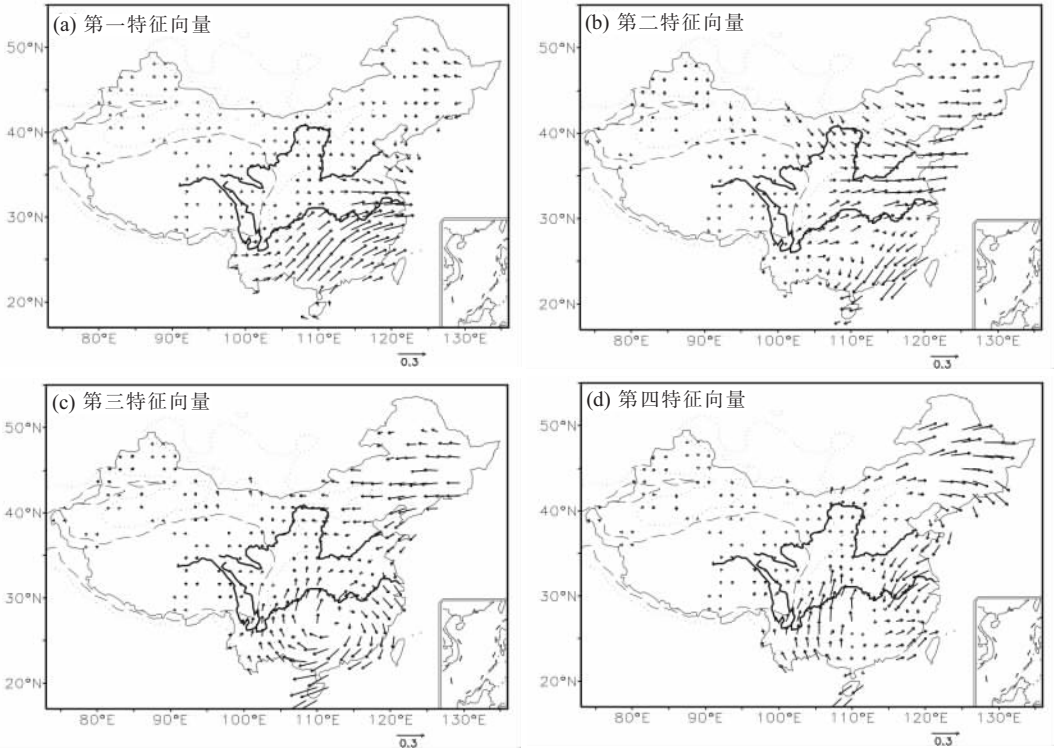


图1 中国地区整层积分水汽输送复数 EOF 分析的前四个特征向量

Fig. 1 Spatial behavior for modes 1-4 of the complex EOF analysis of the integrated water vapor transportation over China. 模式 1 的异常强度较弱, 有很强的年代际变化。第三和第四特征向量时间系数都表明只有较少年份的水汽输送异常分布与其对应特征向量的空间分布一致或相反, 其模远小于第一特征向量, 都具有较强的年际变化。

从前四个特征向量的空间分布和时间系数可以看出, 其解释的方差越大, 水汽输送异常的空间分布形势就越均一, 年际间表现出几乎完全相反的异常输送形式, 并且异常强度大。随着解释方差的变小, 空间分布显得十分凌乱, 水汽输送异常的局地性增强, 年际间水汽输送异常的差异大, 异常强度变弱。

4 水汽输送异常与长江流域旱涝的关系

水汽输送异常可以引起降水异常。EOF 分析结果表明中国地区存在不同形式的水汽输送异常, 其第一特征向量异常解释了总方差的一半以上, 是显著的; 其余特征向量解释的方差都较小, 并不显著。同时第一特征向量对应的空间分布和时间系数表明, 该型水汽输送异常主要表现为在长江流域的水汽辐合和辐散。以下分析第一特征向量型水汽输送异常与长江流域降水的关系。

近二十二年长江流域降水呈线性增加的趋势 (图 3), 降水表现出准两年振荡的特征, 1998 年是降水最多的年份, 其降水距平百分率达到 40%, 降水最少的年份是 1985 年及 2001 年, 其负距平超过了 20%。对比第一特征向量的时间系数可以看出, 水汽输送在长江流域的异常辐合容易导致降水偏多, 异常辐散容易导致降水偏少。如水汽输送异常辐合的年份 1983、1987、1993、1996、1998 年对应降水正距平, 而水汽输送异常辐散的年份 1981、1985、1993、2001 对应降水负距平。

为了更进一步研究水汽输送异常与长江流域降水的关系, 综合考虑第一特征向量异

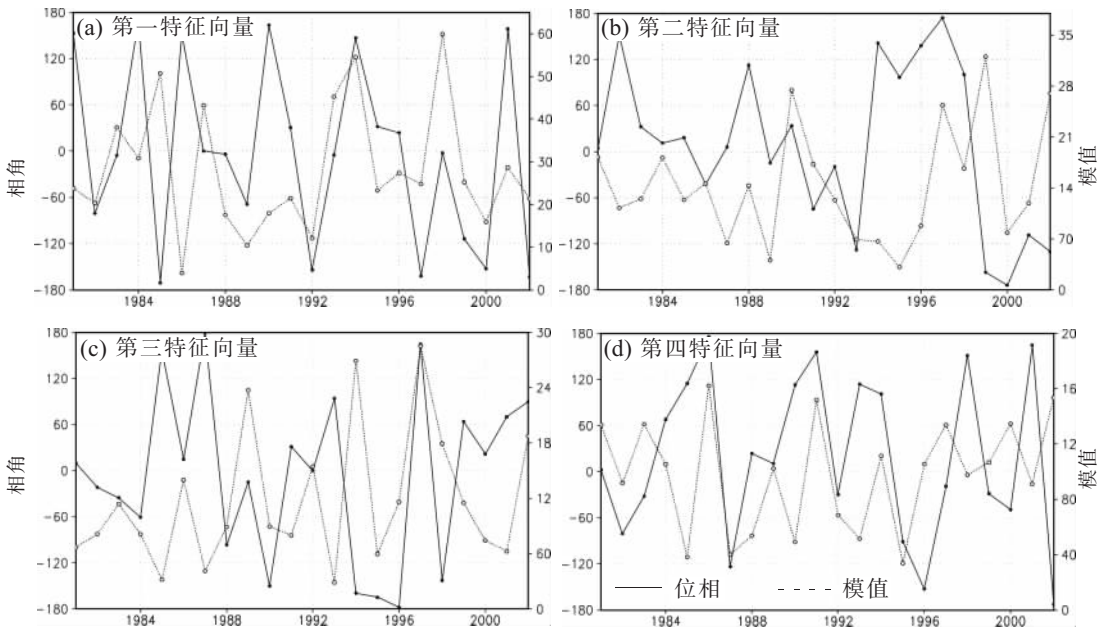


图2 中国地区整层积分水汽输送复数 EOF 分析前四个特征向量的时间系数

Fig. 2 Time series of mode 1-4 of the complex EOF analysis of the integrated water vapor transportation over China

常强度大小及其占该年异常的比重，分别选取 4 个强水汽异常辐合年及 4 个强水汽异常辐散年来分析水汽输送异常对降水的影响，如下分别称之为正位相年和负位相年。正位相年为：1983、1987、1993、1998 年；负位相年为 1984、1985、1994、2001 年。

正位相年合成的水汽输送主要表现为，来自南海的西南水汽、经西南地区进入我国的孟加拉湾西南水汽、高原在中高层向东输送的西风水汽和我国北方地区的西北水汽交汇于长江流域，其中西南水汽强大，并且这种水汽输送特征是显著的(图 4a)。负位相年合成的水汽输送表现为，长江以南不再是强大而稳定的西南水汽，而是弱而凌乱的东南风水汽输送，在长江以北转为西南风水汽向黄河中下游输送，经西南地区进入我国的孟加拉湾西南水汽变得很小，青藏高原向东的水汽输送减小，我国北方地区的西北风水汽输送也减弱，负位相年的这种水汽输送特征也十分显著(图 4b)。对比正负位相年水汽输送及二者的差值可以看出，正位相年水汽输送强盛，容易在长江流域形成强而稳定的水汽辐合；而负位相年水汽输送弱且散乱，在长江流域没有明显的水汽辐合，并且正负位相年的异常特征都非常显著(图 4c)。



图3 长江流域(28°~33°N, 105°~120°E) 1981-2002 年夏季区域平均降水距平百分率

Fig. 3 The anomalies percentage of regional average precipitation in the summers of 1981-2002 over the Yangtze River Basin

5 水汽输送异常的环流特征

水汽输送异常与大气环流异常紧密的联系在一起,上面分析指出大气水汽输送 EOF 分析的第一特征向量非常显著,其变化与长江流域降水有很好的关系,并给出正负位相的水汽输送特征及其影响长江流域降水的可能原因。以下从大气环流的角度深入分析该型水汽输送异常的成因。

从图 5 可以看出,正、负位相年在西太平洋向东经孟加拉湾北部到印度西北部、乌拉尔山以东、鄂霍次克海、日本海存在显著的差异,并且这种异常在垂直方向表现出较好的正压性,使得环流系统之间的配置存在一定的固有形势。正位相年,从贝加尔湖至日本海以及我国西北地区为负距平,其余地区均为正距平;负位相年,从中西伯利亚至日本海以及伊朗高原上空为正距平,其余均为负距平。在正、负位相年不同的异常形势下,亚洲季风区主要的环流系统位置及强度发生了较大的变化。正位相年,西太平洋副热带高压偏南偏西偏强,印度季风低压偏弱,中高纬为明显的两脊一槽,南亚高压偏强偏南;负位相年,西太平洋副热带高压偏北偏弱,印度季风低压偏强,中高纬为平直西风气流且在中西伯利亚有一脊,南亚高压偏弱偏北。

正、负位相年不同形式的环流配置形成了不同的水汽输送特征。正位相年,由于西太平洋副热带高压偏南偏西偏强,其边缘处于我国东部地区,脊线位于 20°N 附近,我国长江流域及其以南地区位于西太平洋副热带高压西北侧,盛行西南风,南海及西南太平洋地区处于西太平洋副热带高压西南侧,盛行东南风,这样,大量南海、西太平洋的水汽沿着副高东部边缘进入长江流域。印度季风低压偏弱,一方面有利于引导孟加拉湾北部水汽进入我国西南地区 and 青藏高原东南部,其中进入高原东南部的水汽在中高层进一步向东输送;

另一方面有利于孟加拉湾地区的水汽经中南半岛向南海输送。孟加拉湾的西南水汽与南海进入的东南水汽在西太平洋副热带高压西北侧汇合,形成强大且稳定的西南风水汽向长江流域输送。中高纬两脊一槽的形势使我国北方广大地区处于宽广的槽后,有利于引导冷空气向南输送。以上形式的配置使得强大而稳定的水汽汇合于长江流域,容易引起长江流域降水偏多。负位相年,由于西太平洋副热带高压偏北偏弱,我国东部地区处于其西边缘外侧,脊线位于 25°N 附近,长江流域以南地区位于西太平洋副热

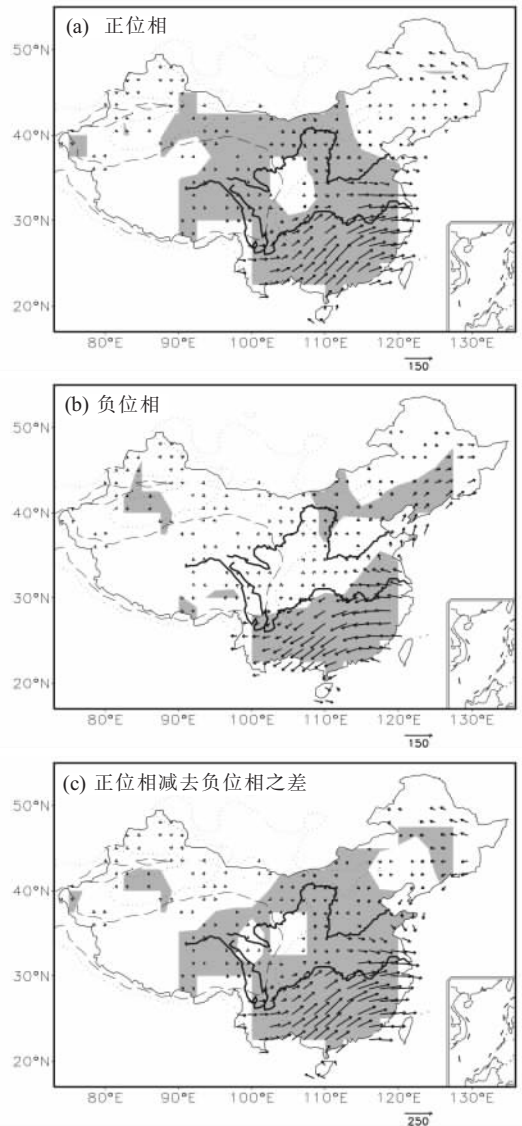
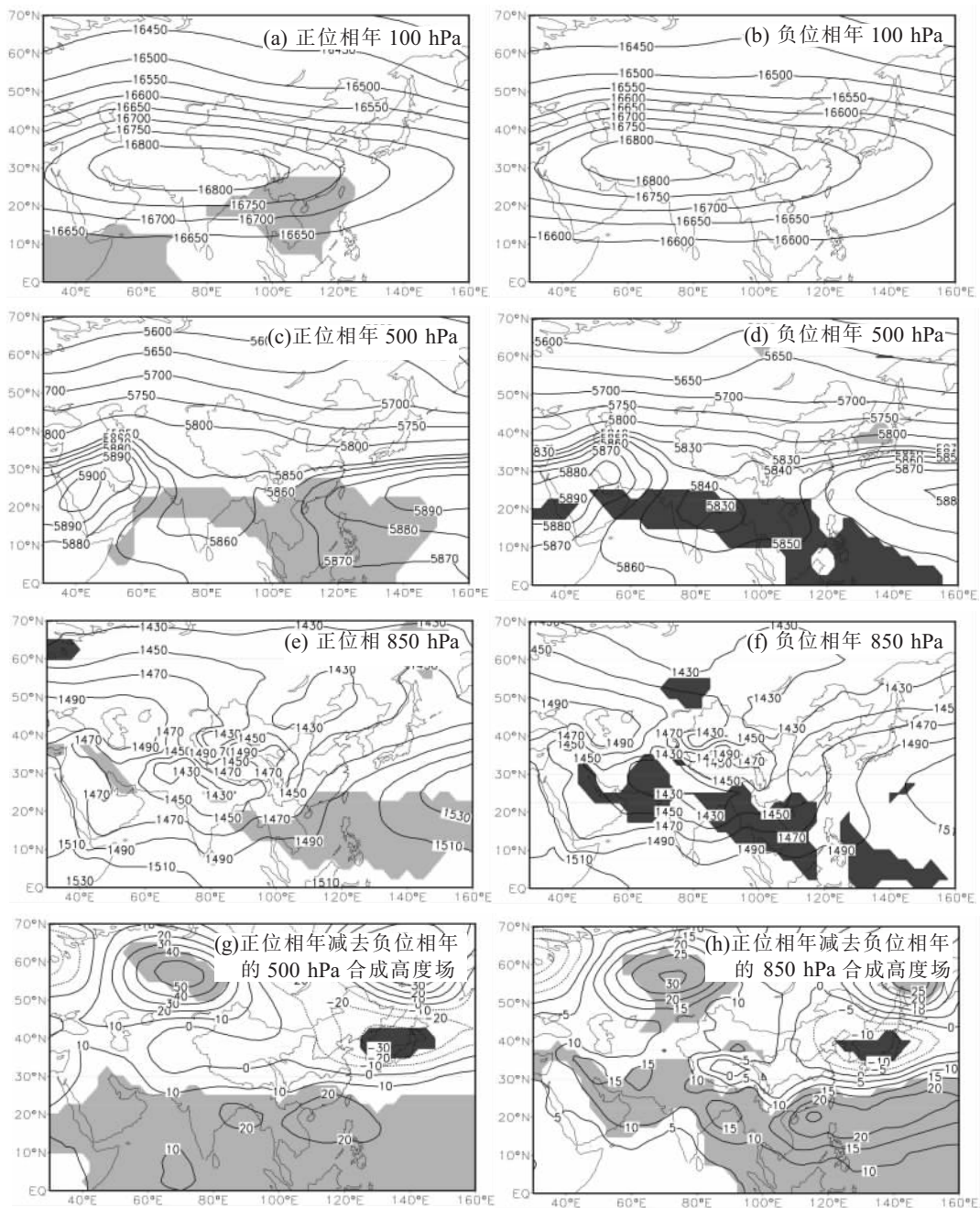


图 4 第一特征向量正、负位相年合成的水汽输送(单位: kg/ms): 阴影区置信度检验达 95%, 长虚线和点线分别表示 3000 m、1500 m 地形等高线
Fig. 4 The composite integrated water vapor transportation of the first mode over China. Shaded areas are at the 95% confidence level. Long dash line and dots line are 3000 m and 1500 m terrain height contour respectively
(unit: kg/ms)



显著正距平区 ■ 置信度检验达 95% ■ 显著负距平区
 图 5 第一特征向量正、负位相年合成的位势高度场 (单位: gpm)

Fig. 5 The composite geopotential height of the first mode (unit: gpm)

带高压西南侧边缘, 弱的东南风只能引导很少一部分海洋水汽进入我国。由于印度季风低压偏强, 不利于引导孟加拉湾北部水汽进入我国西南地区及青藏高原东南部, 同时也不利于孟加拉湾经中南半岛向南海的水汽输送。我国西南地区位于西太平洋副热带高压西侧, 不利于孟加拉湾的西南水汽进入我国, 进入中国地区弱的水汽沿西太平洋副热带高压西北侧向黄河中下游输送。中高纬平直西风气流不利于引导冷空气向南输送。此

环流形势使得低纬海洋的水汽不容易进入我国,长江以南的水汽输送弱,不能形成稳定的西南风水汽输送,在长江流域没有明显的水汽汇合,容易导致长江流域降水偏少。

以上事实表明,亚洲各主要环流系统之间的相对位置是决定大量水汽是否在长江流域辐合或辐散的关键。大量海洋上空水汽向中国地区输送的强度、位置由西太平洋副高和印度季风低压强度、位置共同决定。环流系统异常之间的特定配置在垂直空间上存在明显的正压性,水汽输送异常在垂直空间是非常深厚的。

6 结论

通过整层积分水汽输送的复数 EOF 分析,得出了中国地区水汽输送异常的主要模式,并讨论了第一特征向量与长江流域降水的关系,最后对第一特征向量异常的大气环流成因进行了分析,得出了以下主要结论:

(1) 复数 EOF 分析的结果表明,中国地区水汽输送异常存在一种最为主要的模式,表现为水汽输送在长江流域的异常辐合或异常辐散。随着各特征向量所解释方差的变小,其空间布局地性越强、异常强度越弱、年际之间变化的特征越复杂。

(2) 水汽输送异常第一模式与长江流域降水之间存在很好的关系。正位相异常时,长江以南的西南风水汽输送强大而稳定,与青藏高原的西风水汽、我国北方的西北水汽汇合于长江流域,容易导致降水偏多。负位相异常时,长江以南没有稳定的西南水汽,青藏高原的西风水汽较弱,我国北方的西北水汽也较弱,在长江流域没有明显的水汽辐合,长江流域易出现降水偏少。

(3) 当西太平洋副热带高压偏南偏西偏强、印度季风低压偏弱、我国北方处于中高纬度槽后时,大量来自孟加拉湾、南海、西太平洋的水汽在长江以南形成强大的西南风水汽,与北方的冷空气在长江流域辐合。相反,当西太平洋副热带高压偏北偏东偏弱、印度季风低压偏强、中高纬为平直西风环流形势时,不利于引导海洋水汽进入我国,在长江以南没有稳定的西南风水汽输送,我国北方冷空气偏弱,不利于南下到长江流域,在长江流域没有形成明显的水汽辐合。

致谢:感谢李英在论文完成中给予的帮助。

参考文献 (References)

- [1] Xie An, Mao Jianguy, Song Yanyun et al. Climatological characteristics of moisture transport over Yangtze River Basin. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 2002, 13(1): 67-77. [谢安,毛江玉,宋焱云等.长江中下游地区水汽输送的气候特征.应用气象学报,2002,13(1): 67-77.]
- [2] Ding Yihui, Hu Guoquan. A study on water vapor budget over China during the 1998 severe flood periods. *Acta Meteorologica Sinica*, 2003, 61(2): 129-145. [丁一汇,胡国权.1998年中国大洪水时期的水汽收支研究.气象学报,2003,61(2): 129-145.]
- [3] Gao Guodong, Zhai Panmao. Water vapor transport during two wet/drought summer over the Yangtze River Valley. *Advance in Water Sciences*, 1993, 4(1): 10-16. [高国栋,翟盘茂.长江流域旱涝典型年大气水汽输送.水科学进展,1993,4(1): 10-16.]
- [4] Lu Yurong, Gao Guodong, Zhu Chaoqun. Study of water climate in droughty/floody years over Yangtze-Huaihe area. *Chinese Journal of Geophysics*, 1996, 39(3): 313-321. [陆渝蓉,高国栋,朱超群.江淮地区旱涝灾害年份的水分气候研究.地球物理学报,1996,39(3): 313-321.]
- [5] Simmonds I, Bi D, Hope P. Atmospheric water vapor flux and its association with rainfall over China in summer. *J. Climate*, 1999: 1353-1367.
- [6] Zhang R H. Relations of water vapor transport from Indian monsoon with that over East Asia and the summer rainfall in China. *Advance in Atmospheric Science*, 2001, 18: 1005-1017.
- [7] Xu Xiangde, Tao Shiyang, Wang Jizhi. The relationship between water vapor transport features of Tibetan Plateau-monsoon "Large Triangle" affecting region and drought-flood abnormality of China. *Acta Meteorologica Sinica*, 2002, 60(3): 257-265. [徐祥德,陶诗言,王继志等.青藏高原季风水汽输送“大三角扇形”影响域特征与中区域旱

涝异常的关系. 气象学报, 2002, 60(3): 257-265.]

- [8] Miao Qiuju, Xu Xiangde, Zhang Shengjun. Whole layer water vapor budget of Yangtze River Valley and moisture flux components transform in the key areas of the plateau. *Acta Meteorologica Sinica*, 2005, 63(1): 93-99. [苗秋菊, 徐祥德, 张胜军. 长江流域水汽收支与高原水汽输送分量“转换”特征. 气象学报, 2005, 63(1): 93-99.]
- [9] Zhao Ruixia, Wu Guoxiong. Water budget for the Yangtze River Basin and evaluation of ECMWF and NCEP/NCAR reanalysis data. *Acta Meteorologica Sinica*, 2007, 65(3): 416-427. [赵瑞霞, 吴国雄. 长江流域水分收支以及再分析资料可用性分析. 气象学报, 2007, 65(3): 416-427.]
- [10] Song Zengshan, Yang Hui. Vector EOF expansion of summer monthly anomalous wind fields at 500 hPa over East Asia relation to rainfall over China. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2001, 25(3): 401-410. [宋正山, 杨辉. 夏季东亚季风区 500 hPa 月环流异常及其与我国降水关系的向量 EOF 分析. 大气科学, 2001, 25(3): 401-410.]
- [11] Salstein D A, Rosen R D, Peixoto J P. Modes of variability in annual hemispheric water vapor and transport fields. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1978, 40: 788-803.
- [12] Wu B Y, Zhang R H. Distinct modes of the East Asian winter monsoon. *Mon. Wea. Rev.*, 2006, 134: 2165-2179.
- [13] Kaihatu J M, Handler R A, Marmorino G O et al. Empirical orthogonal function analysis of ocean surface currents using complex and real-vector methods. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 1998, 15: 927-941.
- [14] Zhai P M, Eskridge R E. Atmospheric water vapor over China. *J. Climate*, 1997, 10: 2643-2652.
- [15] Hardy D M, Walton J J. Principal components analysis of vector wind measurements. *Journal of Applied Meteorology*, 1978, 17: 1153-1162.

Water Vapor Transportation over China and Its Relationship with Draught and Flood in the Yangtze River Basin

JIANG Xingwen¹, LI Yueqing¹, WANG Xin^{1,2}

(1. *Institute of Plateau Meteorology, China Meteorological Administration, Chengdu 610071, China;*

2. *Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract: The characteristics of water vapor transportation over China and its relationship with precipitation anomalies in the Yangtze River Basin are analyzed by using the observed data in China and ECMWF reanalysis data from 1981 to 2002 in summer. The results indicate that the first mode of the integrated water vapor transportation is significant whose spatial distribution presents water vapor convergence or divergence in the Yangtze River Basin, and whose variation has a close relationship with the precipitation in the Yangtze River Basin. When the Western Pacific Subtropical High (WPSH) is strong and shifts southward and westward, the Indian Monsoon Low Pressure (IMLP) is weak, and the northern part of China stands behind of the middle and high latitude trough, a large amount of water vapor from Bay of Bengal (BOB), South China Sea (SCS) and Western Pacific forms a strong and steady southwest water vapor band and meets the strong cold water vapor from northern China in the Yangtze River Basin, thus it is likely to cause flood in the Yangtze River Basin. When WPSH is weak and shifts northward and eastward, IMLP is strong, and there is nearly straight west wind over the middle and high latitude, it is unfavorable for oceanic vapor extending to China and no steady and strong southwest water vapor transportation exists in the region south of the Yangtze River. Meanwhile the cold air from northern China is weak and can hardly be transported to the Yangtze River Basin. This brings on no obvious water vapor convergence and less precipitation in the Yangtze River Basin.

Key words: water vapor transportation; Yangtze River; drought and flood; complex EOF