## 北非地区海-陆热力差异与夏季江淮流域旱涝的关系\*'

赵 勇 钱永甫

ZHAO Yong QIAN Yongfu

南京大学大气科学系,南京,210093

Department of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China 2007-05-15 收稿, 2007-09-12 改回.

# Zhao Yong, Qian Yongfu. 2008. Relationships between the anomalies of sea-land thermal contrast in the northern Africa areas and the flood and drought in the Changjiang and Huaihe river areas in summer. Acta Meteorologica Sinica, 66(2):203-212

**Abstract** The flood and drought in Changjiang and Huaihe river (Jianghuai) areas are frequent in summer, especially in July and June, so forecasting the summer flood and drought in Jianghuai areas is always one of key points investigated by meteorologists in China. The previous studies more focused on the skin temperature anomalies in a single area, and paid less attention to the connections between the anomalies of sea-land thermal contrast in northern Africa areas and the flood and drought in Jianghuai areas in summer. In this paper, we investigate such relationships and obtain some preliminary results.

By use of the NCEP/NCAR monthly mean re-analysis data and the rainfall data at 743 stations in China, the Northern Africa areas are selected as the key regions according to the interdecadal variability characteristics of the flood and drought index (FDI) during 51 years(1954-2004) in Jianghuai areas in summer. Correlation analysis show that the surface temperature anomalies in key region have good continuity in winter, and the winter North Atlantic Oscillation (NAO) maybe is one of important reason which resulting the anomalies continuity. By singular value decomposition (SVD) analysis between the skin temperature in previous winter in Northern Africa areas and the summer rainfall in Jianghuai areas, it is found when the Northern Africa land is colder(warmer) and its northwestern sea is warmer(colder), the rainfall wholly increases (decreases) in the Jianghuai areas in summer. Further analysis finds that the anomaly of surface temperature contrast between sea and land has better indication than that in any single region in Northern Africa areas for forecasting the flood and drought in Jianghuai areas in summer, and therefore, a sea and land thermal contrast index (SLTCI) is defined to reflect the intensity of the large-scale sea-land thermal contrast. Correlation analysis show the very positive correlation between the SLTCI and the FDI in summer in Jianghuai areas, and it can well indicate the extreme flood and drought years. So the index could be used to predict the wholly flood and drought in Jianghuai areas in summer.

Key words Skin temperature, Flood and drought, Jianghuai areas, Anomalies contrast, Northern Africa areas

**摘 要** 基于 NCEP/NCAR 月均再分析资料和中国 743 站降水资料,根据夏季江淮流域 51 a(1954—2004 年)区域旱涝指数 的年代际变化特征,确定北非地区作为研究的关键区。分析发现,关键区的地表温度异常在冬季具有较好的持续性,冬季北 大西洋涛动是导致这种异常持续性的重要原因之一。通过对前冬北非地区地表温度和夏季江淮流域降水的 SVD 分析发现: 当北非大陆地区偏冷,其西北侧的海区偏暖时,江淮流域夏季的降水将整体偏多;反之,江淮流域夏季的降水整体偏少。进一 步研究发现,北非地区海陆地表温度异常的对比,要比其中单一海洋或陆地区域的异常对夏季江淮流域的旱涝有更好的指示 能力。文中定义了一个海陆热力差异指数来表征这种地表温度异常的对比程度,该指数和夏季江淮流域旱涝指数呈较好的 正相关关系,并且对夏季江淮流域极端旱涝年份也有较好的指示,认为该指数可以作为一个指示江淮流域整体旱涝事件的预 报因子。

关键词 地表温度,江淮流域,旱涝,异常对比,北非地区 中图法分类号 P434<sup>+</sup>.4

作者简介:赵勇,主要从事气候变化和模拟的研究。E-mail: zy681314@126.com

<sup>\*</sup> 资助课题:国家重点基础研究发展计划(973)项目"我国南方致洪暴雨监测与预测的理论和方法研究"(2004CB418300)和国家自然科 学基金面上项目"我国温度和降水气候极端事件及其与全球不均匀增暖的联系"(40675042)。

#### 1 引 言

长江中下游流域,近 50%的降水集中在夏季, 6、7月间的梅雨降水易形成连阴雨和暴雨,持续时 间较长,容易造成涝灾(马开玉等,1993)。江淮流域 是中国洪涝灾害最严重的地区,因此,对夏季江淮流 域异常降水的长期预报,一直是中国气象学者研究 的重点之一。

下垫面热力异常对气候异常的重要影响已被公 认。近年来,许多学者根据表征下垫面热力状况的 各种要素资料(如地表气温、SST、地表温度、感热通 量、雪盖等),研究了地表热力异常与东亚大气环流 和中国东部夏季降水的关系,得到了一些具有较好 预报意义的结论。魏凤英等(1997)研究发现,前冬 北美陆地气温对预报长江中下游降水有很好的指示 意义。田永丽等(2004)认为青藏高原5月气温的异 常可以引起中国东部汛期雨带位置的变化。黄荣辉 等(1994)认为当西太平洋暖池偏暖时,西太平洋副 热带高压的位置偏北,江淮流域夏季降水偏少;反 之,副热带高压位置偏南,江淮流域降水偏多。王蕾 等(2004)发现春季海温和中国夏季降水存在较好关 系,在较大程度上决定了中国夏季降水雨带及其分 布类型。李万彪等(1998)研究认为 29 ℃暖池面积 指数可以很好地预测夏季西太平洋副热带高压面积 指数。陈月娟等(2001)研究发现,高原东部以北区 域(35°-45°N,100°-110°E)春季的地温与夏季西 太平洋副热带高压的强度和位置存在较好的相关关 系。段安民等(2003)指出 4-6 月高原整体感热加 热可以作为东亚地区、尤其是中国江淮流域7月降 水形势的预报因子。董敏等(2001)认为前期青藏高 原地表热通量的异常与东亚地区初夏的高度场和纬 向风场有较密切的联系,可以用来预测东亚初夏环 流的异常。陈乾金等(2000)研究认为青藏高原冬季 积雪和夏季长江中下游旱涝呈正相关关系。王光宇 等(1999)利用卫星雪盖资料研究发现,夏季欧亚雪 盖与同期中国东部降水存在较好的相关性。也有工 作讨论了北非地区下垫面热力异常和环流异常与中 国东部夏季降水的关系。宁亮等(2006)研究发现, 北非地区和青藏高原两个区域的感热异常呈负相 关,对中国东部地区的汛期降水滞后影响明显。假 拉等(2002)研究指出,北非高压和西太平洋副热带

高压存在变化一致性的特征,以遥相关的形式对中 国东部降水的时空分布产生影响。

从已有工作可以看出,北非大陆区域的环流异 常和地表热力异常对中国东部地区夏季降水有影 响,但是具体针对江淮流域夏季降水的影响及其作 用机制,讨论很少。本文从寻找对江淮流域夏季旱 涝具有一定预报意义因子的角度出发,讨论了前冬 (11—1月)北非地区地表温度变化与江淮流域夏季 降水的关系,并初步解释了其影响机制。

#### 2 资料和方法

用于本文研究的有以下 51 a 各种气象要素资料:北非地区(0°—60°N,30°W—40°E)前冬 NCEP/ NCAR 表面温度月平均资料(其中 11 和 12 月为 1953—2003年,1 月为 1954—2004年),原资料为高 斯格点,为计算方便,将其双线性插值为 2.5°×2.5°。 与一般定义的冬季(12—2 月平均)不同,本文定义 11—1月平均为冬季;NCEP/NCAR 500 hPa 月平均 风场资料,时间段与表面温度资料的相同,分析范围 为 0°—60°N,30°W—150°E;中国 743 站逐日降水资 料,月降水由日降水累加所得。本文的江淮流域指 宜昌以东,28°—34°N 区域,时间为 1954—2004年, 共选取测站 41 个(图 1)。如无特别说明,夏季指 6 和 7 月的气候平均。

表面温度在陆地为陆表温度,海洋则为海表温度,下面统一称作地表温度。作为一个综合反映热 通量和地表辐射作用结果的物理量,在一定程度上 反映了地表热源的强弱和变化,可以用来分析下垫



面的热力状况。

为了便于讨论,定义以下2个指数:

(1) 夏季江淮流域区域旱涝指数 FDI(flood and drought index,计算中表示为 *I*<sub>DF</sub>)。鞠笑生等 (1997)和张存杰等(1998)做了 *Z* 指数同其他旱涝 指数的比较,认为 *Z* 指数是最佳的。因此,根据许 协江等(1983)提出的方法和等级标准先算出反映单 站旱涝状态的 *Z* 指数,然后算出江淮流域整个区域 的旱涝指数。

 $I_{\rm DF} = {\rm Nor}[(n_1 + n_2 + n_3)/n - (n_7 + n_6 + n_5)/n],$ 

Nor 表示做标准化处理,*n* 表示测站总数,本文为 41 个;*n*<sub>1</sub>、*n*<sub>2</sub>、*n*<sub>3</sub>、*n*<sub>5</sub>、*n*<sub>6</sub>、*n*<sub>7</sub> 分别为江淮流域 *Z* 指数为 1、2、3、5、6、7 级的站数。

将江淮流域夏季降水的距平做 EOF 分析,前两 模态的空间分布分别为整体型和沿长江的南北反向 型,解释方差分别为 36%和 23%,远大于其他模态。 说明该流域夏季异常降水主要以这两种空间分布型 为主。FDI 与这两个模态时间系数的相关系数分别 为 0.90 和 0.27,由此可见,FDI 主要表征该区域整 体的旱涝情况,对于区域内部的局部旱涝情况,也有 一定的表征能力。

(2) 海陆热力差异指数 SLTCI(sea and land thermal contrast index)

在北非地区及其附近,海陆对比明显。取 25°W—0°和30°—55°N区域作为海洋区,5°W—30°E 和10°—30°N区域作为陆地区(选取的理由见第3 节),海陆热力差异指数由下式计算:

 $I_{\rm SLTC} = {\rm Nor}(T_1 - T_2)$ 

式中 T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 分别是 51 a 冬季(1953/1954 年— 2003/2004 年)海洋关键区和陆地关键区中区域平 均的地表温度距平,其差值的标准化值为海陆热力 差异指数。当指数符号为正时,表示海洋比大陆暖 异常更大或冷异常更小,反之亦然。

本文用到的统计方法主要有二项式滑动平均、 相关及 SVD 等,具体数学推理过程详见魏凤英 (1999)的文章。

## 3 关键区的确定及区域内地表温度异常的 特征分析

关键区的确定方法,常见的有相关、均方差分 布、EOF等。本文则根据 FDI 的年代际变化特征, 通过对地表温度距平值合成的方法来确定。图 2 为 FDI的平滑曲线和趋势直线图,为了滤去5a以下的高频变化,本文作了11a的滑动平均。由平滑曲 线可以看出,FDI存在明显的年代际变化特征,在 1958—1980年,江淮流域旱年居多,挑出位于趋势 直线下方的1958、1959、1960、1961、1962、1963、 1964、1965、1966、1967、1976、1977、1978、1979年共 14a为典型旱异常年;而1980—2000年,则以涝年 为主,同样挑出位于趋势直线上方的1982、1983、 1984、1995、1996、1997、1998、1999年共8a为典型 涝异常年。在趋势直线附近的年份视为正常年。先 将地表温度距平标准化,然后将合成的旱异常年和 涝异常年的地表温度标准化距平相乘,可知,当乘积 为负值时,典型旱涝年的距平符号相反,因此取乘积 小于一0.20作为选取关键区的标准。



图 2 江淮流域夏季旱涝指数(I<sub>DF</sub>)的平滑曲线和趋势线 Fig. 2 The 11-point binomially filtered line and the linear trend line of FDI

图 3 是旱异常年和涝异常年合成的地表温度标 准化距平乘积的分布。由图 3 可见,在前冬的 11 月、12 月和 1 月,北非地区的大陆和临近海区一直 存在达到选取标准的区域。虽然在不同月份,北非 大陆和临近的大西洋海区关键区的大小略有不同, 但是在陆地上的 10°—30°N、5°W—30°E 区域和海 洋上的 30°—55°N、25°W—0°区域则是乘积小于 -0.20的较为稳定的区域。这是根据 FDI 的年代 际变化特征确定,但是关键区地表温度异常本身是 否具有这样的持续性,还待佐证。以 10°—30°N, 5°W—30°E 的陆地关键区为例,表 1 给出了不同月 份陆地关键区地表温度距平区域平均值之间的相关 系数。从表 1 可见,这一区域的地表温度异常在冬 季有较好的持续性。这种长时间尺度异常的存在, 对大气环流的影响在时间上也要更长一些。从表1 也可以看出,不同月份与冬季平均有最好的相关性,



表 1 不同月份陆地关键区地表温度区域 平均值之间的相关系数

Table 1 The correlation coefficient of skin temperature averaged for land key region in Northern Africa

in various month				
月份	11 月	12 月	1月	冬季
11 月	1.0			
12 月	0.53	1.0		
1月	0.34	0.43	1.0	
冬季	0.79	0.81	0.76	1.0

这种异常的持续性,不少学者认为和冬季北大 西洋涛动(NAO)有密切联系。Marshall等(2001) 指出,NAO 对北半球的降水和温度有重要的影响, 冬季和北非大陆的地表气温存在显著的相关关系。 相关系数高达 0.76 以上,说明冬季平均对 3 个月的 异常特征均具有很好的表征,海洋上的关键区也具 有类似的性质,异常也有较好的持续性。



图 3 基于江淮流域旱异常年和涝异常年合成的 地表温度标准化距平乘积在北非地区的分布 (a. 11 月, b. 12 月, c. 1 月; 阴影部分为小于-0. 20 的区域) Fig. 3 The product distributions of composite skin temperature standardized anomalies in drought years and in flood years of Jianghuai areas in northern Africa areas (a. November, b. December, c. January; Shaded areas represent the value less than -0. 20)

Yu Rucong 等(2004)发现冬季 NAO 和北非大陆及 欧亚大陆地表气温的这种显著相关关系,可以持续 到 3月,并随时间东移。相关分析发现(图略),冬季 NAO 指数和北非地区冬季地表温度之间也存在显 著的相关性。由此说明,冬季 NAO 的异常变化是 造成北非地区冬季地表温度异常持续性的重要原因 之一。

4 北非地区地表温度变化和江淮流域夏季 旱涝的关系

### 4.1 北非地区地表温度和江淮流域夏季降水的 SVD分析

取北非地区(0°-60°N,30°W-40°E)冬季标准 化的地表温度场为左场,江淮流域夏季降水的标准 化场为右场。为了更好地揭示地表温度场对降水场 的控制作用,左场采用同性相关系数,右场采用异性 相关系数。由于第一模态的协方差贡献已达55%, 远高于其他模态,本文主要讨论第一模态的空间分 布型,空间分布型在一定程度上反映了两个场的遥 相关特征。从图4a左场的空间分布型看出,北非大 陆为正相关区,相关中心值超过0.70;其西北侧的



北非大陆偏冷,其西北侧的海洋偏暖时,夏季中国江 淮流域的降水将偏多,该区域偏涝;反之,江淮流域 的降水将偏少,该区域偏旱。

本文的关键区,是根据 FDI 的年代际变化特征 来确定的,依据上述分析,这一方法确定的关键区, 其地表温度变化的确与所研究区域降水存在较好的 统计关系,证明这一方法对于关键区的选取,是行之 有效的。

#### 4.2 北非地区海陆热力差异与江淮流域旱涝的关系

从 4.1 节的分析可知,冬季北非地区的地表温

海洋为负相关区,相关中心值小于一0.60。右场的 空间分布型(图4b)以负相关为主,高相关区主要位 于沿江和江南区域,两个高值中心与该地区夏季降 水的均方差大值中心基本重合。冬季北非地区地表 温度与江淮流域夏季降水两个场时间系数的相关系 数(图4c)为0.64,说明2个场的关系密切。由2个 场的空间分布型和时间系数关系可以判定,冬季当



图 4 前冬北非地区地表温度(左场)与中国夏季 江淮流域降水(右场)SVD分析第一模态的分布 (a. 左场采用同性相关系数输出, b. 右场采 用异性相关系数输出, c. 两个场的时间系数; 图影部分表示通过 95%信度检验区域)
Fig. 4 The first mode in the SVD expansion between the skin temperature in previous winter in northern Africa areas and the summer rainfall in Jianghuai areas (a. the left field relevant to the skin temperature in northern Africa areas in previous winter is expanded for homogeneous correlation pattern, b. the right field relevant to the summer rainfall in Jianghuai areas is expanded for heterogeneous correlation pattern, c. the time coefficient of left and right field; Shaded areas represent the statistical significance level at 95%)

度变化与夏季江淮流域的降水存在较好的相关关系。是单一区域异常的作用显著,还是这种海陆异常的对比更加显著呢?大西洋 10°—30°N,5°W— 30°E 区域和北非大陆 10°—30°N,5°W—30°E 区域 冬季地表温度区域平均值及 SLTCI 与 FDI 的相关 系数(分别为 0.43、-0.42 和 0.54)表明 SLTCI 与 FDI 有更好的相关关系。这也说明区域间大尺度热 力异常的对比(即异常的空间差异),对气候变异的 影响,要起到更为重要的作用。

由 SLTCI 和 FDI 的年际变化(图 5)可见,两个

指数总的变化趋势基本相似,具有明显相似的年代 际变化特征,相关系数达 0.54,同号率为 72%。 1980年以前,SLTCI大多偏弱,即海洋偏冷,大陆偏 暖,FDI也偏弱,江淮流域大多偏旱;而 1980年后, SLTCI则大多偏强,即海洋偏暖,大陆偏冷,FDI也 偏强,江淮流域大多偏涝。进一步的研究发现, SLTCI与该区域夏季的暴雨降水也有较好的相关 性,与区域平均的暴雨降水相关系数达到 0.49 以 上,与暴雨(日降水大于 50 mm)降水空间相关高值 区(中心值大于 0.35 以上)的位置,基本和暴雨降水



图 5 北非地区海陆热力差异指数和江淮流域 夏季旱涝指数的年际变化



均方差大值区一致,而暴雨降水又是该区域洪涝的 主要原因,这对于该区域洪涝的预测,有一定的指示 意义。

本文定义 SLTCI 大干 1.0 为强年,强年有 1954,1983,1987,1989,1993,1995,1998,1999,2001 年共9 a;小于一1.0 为弱年,弱年有 1958、1959、 1961、1963、1964、1965、1967、1970、1991、1994 年共 10 a。规定 FDI 大于 1.0 为涝年, 涝年有 1954、 1969、1983、1996、1998年共5a:小干一1.0为旱年, 旱年有 1958、1959、1961、1963、1966、1967、1978、 1981年共8a。比较可见, 涝年中的3a和旱年中的 5 a, SLTCI 的强、弱年份可以指示出来,说明这个指 数在预报江淮流域极端旱涝的年份上,也有较好的 指示意义。综上认为,冬季北非地区海陆热力差异 指数可以作为一个"强信号",对夏季江淮流域整体 的旱涝具有较好的预报意义。为了更好地说明问 题,图6给出了SLTCI强、弱年合成的夏季东亚地 区 500 hPa 风场及江淮流域降水的距平分布。强年 夏季(图 6a)的主要环流特点为:蒙古上空被反气旋 性距平环流控制,长江以北的海域被气旋性切变距 平气流控制,两个系统共同作用,使长江中下游以北 的东部地区处在偏北距平气流的控制下;长江以南 的西太平洋及南中国海上空,被反气旋性距平环流 控制,这说明副热带高压是增强的,但位置偏南。反 气旋性距平环流西侧的偏南距平气流和北方的偏北



图 6 海陆热力差异指数确定的强年(a)和弱年(b) 500 hPa 风场(单位:m/s)和降水(单位:mm)的距平分布 Fig. 6 The composite anomalies distributions of precipitation (unit:mm) and horizontal wind (uint:m/s) at 500 hPa in summer (a. I<sub>SLTC</sub>>1.0, b. I<sub>SLTC</sub><-1.0.)

距平气流在江淮上空交汇辐合,从而造成这一区域夏 季的降水增多,易造成这一区域洪涝。降水的异常空 间分布和这一环流特点配合得很好,江南地区的降水 异常要大于江北地区和淮河流域的。弱年(图 6b)的 环流特点和强年基本相反,江淮流域处在单一的偏东 距平气流控制下,降水减少,易形成干旱。

#### 4.3 机制分析

为了探讨前冬北非地区海陆热力差异异常与中国江淮流域夏季的降水异常之间的联系机理,图7给出了 SLTCI与不同季节、月份 500 hPa风场及700 hPa气温相关系数的分布,阴影部分表示 SLT-CI和 700 hPa气温相关系数达到 95% 信度检验区域。为了称谓简便,将气旋性环流简称为"一",反气旋性环流简称为"+"。

从图 7a 可见,前冬欧亚大陆和非洲大陆的中高 纬度(40°N以北)地区,500 hPa 自西向东呈+、-、 +的异常环流分布,中低纬度(35°N以南),自西向 东呈一、+、一、+的异常环流分布。到了2月(图 7b),中高纬的异常环流分布形势同冬季基本相似, 只是位置较冬季有所东移,中低纬的环流分布形势 与冬季几乎一致,在经向上有所扰动。3月(图7c) 的时候,欧亚大陆中高纬呈+、一异常环流分布,反 气旋性异常环流已移至 60°E 左右,而气旋性异常环 流已移至100°E以东,冬季时位于中国北部地区的 反气旋性异常环流已经移到海洋上空,中低纬度的 异常环流系统削弱明显。到了季节转换的4月(图 7d),原先位于 60°E 左右的异常反气旋移到巴尔喀 什湖附近,而异常气旋则已位于河套地区以东。中 低纬地区自西向东又出现了一、+、一、+的异常环 流分布。东亚夏季风爆发时期的 5 月(图 7e),4 月 位于巴尔喀什湖附近和河套地区以东的异常反气旋 和异常气旋系统依然存在,而在其上游地区,自西向 东又出现了一、+的异常环流分布。亚洲中低纬地 区没有显著的异常环流系统,这可能与5月低纬海 区是东亚夏季风爆发的首发区域,风场的剧烈变化 有关,前期的异常信号被掩盖。从图 7f 可见,夏季 的中高纬地区,巴尔喀什湖以西,又重新出现+、-、 +的异常环流分布,巴尔喀什湖以东,中国北方地区 上空依次为反气旋性和气旋性异常环流控制,在蒙 古地区上空建立了异常高压,引导其北侧高纬地区 的冷空气不断南下,这对夏季江淮流域降水时间和 雨量有重要影响;在东亚沿海地区从低纬至高纬,依 次为+、-、+的异常环流分布,这样的环流配置,既 有利于高纬地区的冷空气南下,又有利于低纬海面 的暖湿气流北上,二者在江淮流域交汇堆积,致使降 水增多,易发生洪涝。

从 SLTCI 与不同季节、月份 700 hPa 气温相关系 数的大值中心(阴影部分)分布(图 7)可见,与500 hPa 异常环流中心相对应,即 700 hPa 正中心对应 500 hPa 的反气旋性异常环流,负中心对应 500 hPa 的气 旋性异常环流。通过合成分析发现(图略),这种对应 关系具体表现为,当 700 hPa 出现暖异常,上空 500 hPa 有异常反气旋性环流出现;700 hPa 出现冷异 常,上空 500 hPa 有异常气旋性环流出现,符合热成 风关系。这种对应在中、高纬度,和 500 hPa 异常气 旋(反气旋)环流的移动一致,在前冬和夏季表现最 为显著。由此也可以说明,前冬由北非地区海陆热 力差异异常导致的欧亚大陆中、高纬 500 hPa 环流 的异常分布及其移动,是较为可信的。

通过合成分析还发现(图略),SLTCI强年 500 hPa风场在不同季节、月份的异常分布特征,与 相关系数的矢量分布图特征相似,SLTCI弱年的分 布特征则与强年相反。SLTCI强、弱年 500 hPa风 场在不同季节、月份异常分布的基本特征是:在北非 地区的海洋关键区和陆地关键区总是产生一对相反 的+、一异常环流,叠加在西风气流上向东传播。

为了进一步说明问题,图 8 给出了 SLTCI 与夏 季东亚大陆上空温度和风场相关系数沿 110°—125°E 的纬度-高度场分布。由图 8a 可见,当 SLTCI 为正 时,可以导致江南地区对流层中低层(600 hPa 以下) 的气温升高,江北地区对流层中高层(600— 200 hPa)的气温降低,并随高度向低纬地区倾斜。 江淮流域的夏季降水,主要为高纬干冷大陆气团和 低纬暖湿季风气团形成的梅雨锋型降水,气温的如 此异常分布,使得暖的更暖,冷的更冷,加强了梅雨 锋的强度,有利于江淮流域夏季降水偏多。当 SLTCI 为正时,夏季江北地区对流层中下层(400 hPa 以下) 盛行异常的东北风(图 8b),在夏季风背景下,江南地 区盛行西南风,二者在江淮流域上空交汇,存在较明 显的风切变,可以导致较强的辐合上升运动,这也是 江淮流域夏季降水偏多的一个重要因素。



浅、深閉影表示 SLTCI和 700 hPa 气温正负相关系数通过 95%信度检验区域) Fig. 7 The correlation coefficient distribution between the SLTCI and horizontal wind (vector) at 500 hPa, and air temperature (line) at 700 hPa (a. previous winter, b. February, c. March, d. April, e. May, f. summer; Shaded areas represent the statistical significance level at 95%)





Fig. 8 (a) Zonal-height distribution of the correlation coefficients between SLTCI and the summer air temperature along 110°—125°E, (b) as (a) but for correlation coefficients vector between SLTCI and horizontal wind (Shaded areas represent the statistical significance level at 95%)

综上可以看出,北非及其周边海区是影响江淮 流域等区域旱涝的异常环流型的发源地,海陆热力 对比的异常是产生这种异常环流型的动力。在冬季 欧亚大陆中高纬出现的异常波列分布,大约有半年 左右的传播周期,冬季北非地区的海陆热力异常对 比对中国江淮流域的夏季降水的影响,是通过中高 纬的西风带传播影响的,这个影响的最佳响应时间 大约为半年。

#### 5 结 论

根据夏季江淮流域的整体旱涝指数 FDI 的年 代际变化特征,通过对地表温度标准化距平的合成, 确定冬季北非地区作为研究的关键区。研究发现, 冬季的 11、12 和1月,北非大陆和其西北侧的海区, 表面温度异常均具有较好的持续性变化特征,冬季 NAO 的异常是造成这一异常持续性的重要原因。

SVD分析发现,当前冬北非大陆偏冷,其西北 侧的海区偏暖时,江淮流域降水将偏多,尤其沿江区 域和江南地区,这些地区容易发生洪涝;反之降水将 偏少,易发生旱灾。进一步的研究发现,这种海陆异 常的对比要比其中单一海洋或陆地区域的异常对夏 季江淮流域的旱涝有更好的指示能力,既异常的对 比才是造成环流变化,继而影响后期气候变化的主 要原因。定义了一个海陆热力差异指数 SLTCI 来 反映这种海陆热力异常的对比程度,和 FDI 有较好 的正相关关系,可以作为一个前期的"强信号",对夏 季江淮流域的整体旱涝有一定的指示意义。前冬北 非地区海陆热力异常对比对夏季江淮流域降水的遥 相关影响,主要是通过北半球西风带传播影响的,经 过大约半年的周期,在夏季达到最佳响应。当前冬 海陆热力差异指数为正时,夏季在东亚地区上空的 500 hPa 风场,易形成两个反气旋性的异常环流,在 东亚沿岸,从低纬到高纬,依次为异常的反气旋、气 旋和反气旋,这种异常环流形势的配置,有利于高纬 的冷空气和低纬的暖湿气流在江淮流域上空交汇, 致使这一区域降水增多,易发生洪涝;反之,降水将 减少,这一区域易干旱。

#### References

- Chen Qianjin, Gao Bo, Li Weijing, et al. 2000. Studies on relationships among snow cover winter over the Tibetan Plateau and droughts/floods during Meiyu season in the middle and lower reaches of the Yangtze river as well as atmosphere/ocean. Acta meteor Sinica(in Chinese), 58(5): 582-595
- Chen Yuejuan, Zhang Hong, Zhou Renjun, et al. 2001. Relationship between the ground surface temperature in Asia and intensity and location of Subtropical High in west pacific. Chinese J Atmos Sci(in Chinese), 25(4):515-522
- Dong Min, Zhu Wenmei, Xu Xiangde. 2001. The variation of surface heat flux over Tibetan Plateau and its influences on the east Asia circulation in early summer. Quart J Appli Meteor(in Chinese),12(4):458-468
- Duan Anmin, Liu Yimin, Wu Guoxiong. 2003. The sensible heat

pattern over the Tibetan Plateau with the rainfall and circulation in eastern Asia in summer. Chinese Science(D) (in Chinese), 33(10): 997-1004

- Huang Ronghui, Sun Fengying. 1994. Impacts of the thermal state and the convective activities in the tropical Western Warm Pool on the summer climate anomalies in east Asia. Chinese J Atmos Sci(in Chinese), 18(2): 141-151
- Jia La, Zhou Shunwu, Ding Feng. 2002. The climate character of north Africa subtropical high and its effect on summer precipitation in China. J NanJing Meteor Institute(in Chinese), 25 (6): 816-822
- Ju Xiaosheng, Yang Xinawei, Chen Lijuan, et al. 1997. Research on determination of station indexes and division of regional flood/ drought grades in China. Quart J Appl Meteor(in Chinese), 8 (11): 26-33
- Li Wanbiao, Zhou Chunping. 1998. Relationships between the tropical Western Warm Pool and the western Pacific Subtropical High. Acta Meteor Sinica(in Chinese),56(5);619-625
- Ma Kaiyu, Li Zhaoqun, Zeng Qingyun. 1993. Elementary research on large-scale drought and flood character in Changjiang river valley. J NanJing Univ (special), 122-126
- Marshall J, Kushnir Y, Battisti D, et al. 2001. North Atlantic climate variability: Phenomena, impacts and mechanisms. Int J Climate L, 21:1863-1898
- Ning Liang, Qian Yongfu. 2006. Oscillation characteristics of sensible heat in North Africa and Qinghai-Xizang Plateau and their impacts on the rainfall in east China. Plateau Meteor(in Chinese), 25(3): 357-364
- Tian Yongli, Cao Jie. 2004. Study on effect of Asian surface air temperature anomaly on position of rainy belt in Chinese flood season. Plateau Meteor(in Chinese), 23(3):339-343
- Wang Guangyu, Zeng Qunzhu. 1994. Correlation analysis between snow cover in northern hemisphere and summer precipitation in eastern China. J Glaciology Geocryology(in Chinese), 16(2): 181-183
- Wang Lei, Zhang Renhe, Huang Jiayou. 2004. Diagnostic analyses and hindcast experiments of spring SST on summer precipitation in China. Acta Meteoro Sinica(in Chinese), 62(6); 851-859
- Wei Fengying, 1999. Modern climatic statistical diagnosis and forecasting technology(in Chinese). Beijing: Meteorological Press, 155-182
- Wei Fengying, Cao Hongxing. 1997. Singular value decomposition and its application to teleconnection between land air temperature in North America and rainfall in China. Plateau Meteor(in Chinese), 2:174-182

- Xu Xiejiang, Zhang Xiangong. 1983. The distribution pattern of drought and flood in east China in past 500 years and its trend in future // Meteorological Sciences and Technique Edition(in Chinese). Beijing: Meteorological Press, 47-54
- Yu Rucong, Zhou Tianjun. 2004. Impacts of winter-NAO on March cooling trends over subtropical Eurasia continent in the recent half century. Geophysical Res Letters, 2004, 31:L12204
- Zhang Cunjie, Wang Baoling. 1998. Research on drought and flood indices in the northwest China. Plateau Meteor(in Chinese), 4: 381-389

#### 附中文参考文献

- 陈乾金,高波,李维京等.2000. 青藏高原冬季积雪异常和长江中下游 主汛期旱涝及其与环流关系的研究. 气象学报,58(5):582-594
- 陈月娟,张弘,周任君等.2001.西太平洋副热带高压的强度和位置与 亚洲地表温度之关系.大气科学,25(4):515-522
- 董敏,朱文妹,徐祥德.2001.青藏高原地表热通量变化及其对初夏东 亚大气环流的影响.应用气象学报,12(4):458-468
- 段安民,刘屹岷,吴国雄.2003.4—6月青藏高原感热状况与盛夏东 亚降水和大气环流的异常.中国科学(D),33(10):997-1004
- 黄荣辉,孙凤英.1994. 热带西太平洋暖池的热状况及其上空的对流 活动对东亚夏季气候异常的影响.大气科学,18(2):141-151
- 假拉,周顺武,丁峰.2002.北非高压的气候特征及其对中国夏季降水 的影响.南京气象学院学报,25(6):816-822
- 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟等.1997.我国单站旱涝指标确定和区域旱涝 级别划分的研究.应用气象学报,8(11):26-33
- 李万彪,周春平.1998.热带西太平洋暖池和副热带高压之间的关系. 气象学报,56(5):619-625
- 马开玉,李兆群,曾庆云.1993.长江流域大范围旱涝特征的初步研 究.南京大学学报(增刊),122-126
- 宁亮,钱永甫.2006.北非和青藏高原感热振荡特征及与我国东部夏 季降水的关系.高原气象,2006,25(3):357-364
- 田永丽,曹杰.2004.亚洲地面气温异常对中国汛期雨带位置影响的 研究.高原气象,23(3):339-343
- 王光宇,曾群柱.1994.北半球雪盖与我国夏季降水的相关分析.冰 川冻土,16(2):181-183
- 王蕾,张人禾,黄嘉佑.2004.春季海温对中国夏季降水影响的诊断研 究和预测试验. 气象学报,62(6):851-858
- 魏凤英. 1999. 现代气候统计诊断与预测技术. 北京:气象出版社, 155-182
- 魏凤英,曹鸿兴.1997.奇异值分解及其在北美陆地气温与我国降水 遥相关的应用. 高原气象,2:174-182
- 许协江,张先恭.1983.近 500 年我国东部地区旱涝分布类型及未来 趋势//气象科学技术集刊.北京:气象出版社,47-54
- 张存杰,王宝灵.1998.西北地区旱涝指标的研究. 高原气象,4:381-389