

朱周平, 钱炳强. 中国东部地区夏季高温南北不均匀分布特征分析[J]. 气象, 2010, 36(11): 26-31.

中国东部地区夏季高温南北不均匀分布特征分析

朱周平 钱炳强

浙江省桐乡市气象局, 桐乡 314500

提 要: 对 1958—2007 年我国东部地区 102 个国家基本站盛夏(6—8 月)高温日数进行统计分析, 发现有明显的不均匀分布特征。由 EOF 分析可以看到第二特征向量呈南北反位相分布, 通过对其时间序列的分析, 发现它极好地反映了高温日数南北方向不均匀分布的年际变化特征。利用月平均海温资料(ERSST)和 NCEP 再分析月平均资料对高温日数南北分布异常典型年份的海气背景特征进行研究分析发现: 在高温区偏南年份 500 hPa 位势高度场长江以南为正距平, 朝鲜半岛、日本为负距平, 同时在 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 上空自南而北存在有一个增强的逆时针垂直环流, 对于高温区偏北年份情况则基本相反。相关分析发现这种高温日数南北分布变化与前期 12 月份低纬度地区 500 hPa 位势高度场和 5 月份印度洋海温有很好的相关性。

关键词: 高温, 南北不均匀分布, 环流异常, 海气相关

Analysis of the Meridional Heterogeneous Distribution of Summer Heat Wave over Eastern China

ZHU Zhouping QIAN Bingqiang

Tongxiang Meteorological Office of Zhejiang Province, Tongxiang 314500

Abstract: With the analysis on the high temperature days ($\geq 35.0^{\circ}\text{C}$) from 102 observational stations over eastern China ($25^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$) in 1958—2007, it is found that the high temperature weather in eastern China has the same rate of change in most years, but some years it has a contrary distribution in south and north, and this distribution has no relation with the high temperature intensity. Using the NCEP/NCAR monthly mean reanalysis data, the typical year circulation backgrounds are analyzed. The results show: in the anomalous years that the heat wave mainly concentrates in south, it has a “positive-negative” pattern of geopotential height anomaly in 500 hPa from south to north in East Asian, and there is a vertical counterclockwise cycle from north to south in $25^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ compared with normal years. In the years that the heat wave mainly concentrates in north, it is opposite. The EOF analysis of the numbers of annual high temperature days reveals that the second leading mode respectively indicate the heat wave’s contrary distribution in meridional direction and its time series can reflect the intensity of this deviation as an index. The correlation analyses denote that the variation of this distribution is well related to the December 500 hPa geopotential height anomaly and the SST anomaly in the tropical Indian Ocean in May last year. It is also related to the many atmospheric circulation indexes of spring and precedent winter.

Key words: high temperature weather, meridional heterogeneous distribution, atmospheric circulation

引言

随着人类活动影响的扩大,温室效应气体排放的增加,由此引起的地球表面温度的上升越来越受到人们关注。在这种全球气候变暖的大背景下,近年来,我国的极端高温事件也有不同程度的增加^[1]。高温天气对经济发展、生态环境和人民生活都造成了严重的影响^[2-4]。因此,夏季高温也越来越受到人们的普遍关注^[5-9]。高温预报也成为年度气候预测的重要组成部分。分析以往的研究,对某些区域整体高温异常及其相关因子的关注较多^[9-12],而对区域分布异常的情况关注较少。例如 2002 年,总体来看我国东部地区高温为正常年份,但事实上,长江以南的地区高温日数平均偏少 20%左右,而长江以北地区高温日数平均则偏多 20%左右,其中如安徽亳州比常年偏多 1 倍以上。因此 2002 年对江南地区为高温偏弱年,而对江淮地区则是高温偏强年。这种总体正常而南北反相的分布无疑增加了预报员对高温气候预测的难度。本文对 1958—2007 年我国东部地区 102 个站点盛夏(6—8 月)高温日数进行了分析,找出高温日数南北分布异常的典型年份,并对这种分布变化的海气相关及异常典型年份的环流特征进行了分析,希望找出一些前期预报因子,对高温的分区域预报有所帮助。

1 资料与方法

本文研究区域为我国东部地区(25°~35°N、110°~122°E),剔除高山站和海岛站,在综合考虑站点数据的缺测情况、时间长度、完整性和代表性的基础上,从中选出 102 个国家基本观测站(图略),时间范围为 1958—2007 年。研究中使用了这些站点(6—8 月)逐日地面最高气温,并定义高温日条件为该日最高气温 ≥ 35.0 °C。我们先用经验正交函数(EOF)方法对这些站点的夏季高温日数距平进行分析,得到主要特征向量及其时间系数序列,发现第二特征向量的空间分布大致以长江为界呈南北反相变化,且占有较大的方差贡献,即本文重点讨论的高温日数南北非均匀分布特征。再利用 NCEP 月平均再分析资料集(水平分辨率 2.5°×2.5°)和美国国家海洋和大气管理局(NOAA)提供的 ERSST (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature

V3)资料,分析了高温日数南北分布异常典型年份的大气环流特征和该分布变化与前期的海温、大气环流的相关性。

2 高温日数非均匀分布特征

对 102 站 50 年高温日数距平场进行 EOF 分析,得到前 3 个特征向量的累积方差贡献率达 75.9%(表 1),其中第一特征向量占 52.0%,所有值为正(图略),可知其空间分布特点是整体同位相变化,它的时间系数序列可以表征该区域高温日数整体的变化。第二特征向量的方差贡献率为 16.6%,其分布特点是约以长江为界,呈南北反相变化(图 1),即南部高温日数偏多时北部高温日数偏少,反之亦然。其时间系数序列可以反映这种分布的际变化(图 2 中细实线)。为验证这些年份高温日数在南北区域非均匀分布特征,又计算了南北各 51 个站(分别为图 1 中负值区和正值区)50 年高温日数南北分布比例的变化。具体算法为:以常年平均分布比例为基准,算出每年分布比例与常年平均的偏差,然后对数据标准化,结果如图 2 中黑色实线所示。

表 1 高温日数距平场 EOF 分析中主要特征向量的方差贡献率及累积方差贡献率

Table 1 The variance contribution and accumulative variance contribution of the three leading modes in the EOF analysis of high temperature day number anomalies

主要特征向量	1	2	3
方差贡献率/%	52.0	16.6	7.3
累计贡献率/%	52.0	68.6	75.9

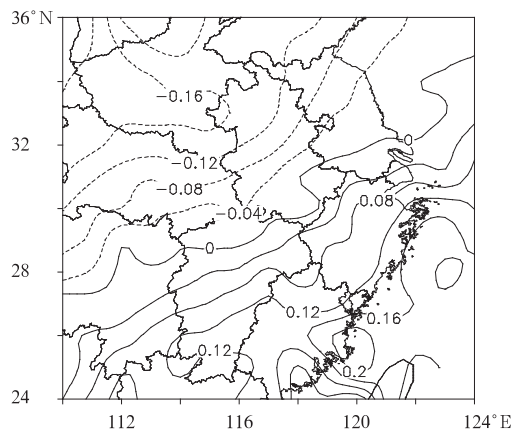


图 1 第二特征向量的空间分布
Fig. 1 The spatial distribution of the second leading mode

可以看到它与第二特征向量的时间序列的变化率几乎是一致的。所以第二特征向量的时间序列可以非常好地反映高温日数在南北区域分布的年际变化及其异常情况。从图中可以看出 1959 年、1966 年、1994 年、1997 年、2002 年是较典型的高温区偏北年份(实况偏离大于一个标准差,下同),而较典型的高温区偏南年份多出现在 20 世纪 80 年代如 1980 年、1982 年、1983 年、1987 年、1989 年,其他还有如 1993 年、2007 年等共 10 年,这些年份的高温日数南

北分布比例都大大偏离了常年值。另外我们也可以看到这种南北分布的异常与该区域高温整体的强弱变化(图 2 中细虚线)没有显著的联系。这种异常可以发生在高温偏强年份如 1966 年、2003 年或偏弱年份如 1987 年、1997 年,也可以发生在正常年份如 1991 年、2002 年。通过高斯低通滤波(图 2 中粗虚线)可以看到 20 世纪 60 年代到 70 年代前期多为高温区偏北型,80 年代多为高温区偏南型,而从 90 年代中后期以来似乎又在经历一次由北而南的变化。

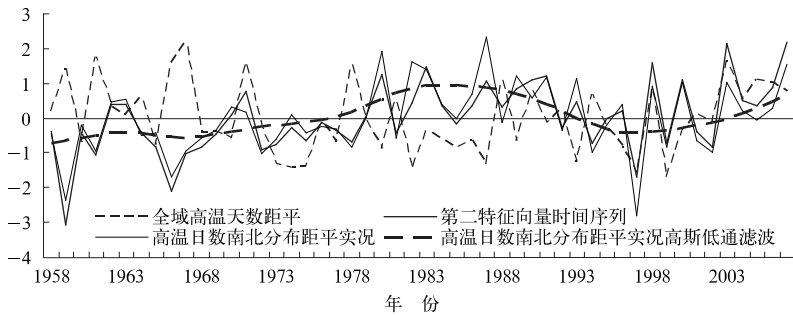


图 2 全区域高温天数距平、第二特征向量时间序列、高温日数南北分布距平实况、高温日数南北分布实况高斯低通滤波标准化时间序列
Fig. 2 The standardized data for the departure of high temperature days, the time series of the second leading mode, the meridional heterogeneous distribution of high temperature days and the Gaussian lowpass filtering of the meridional heterogeneous distribution of high temperature days

3 高温日数南北分布异常典型年份同期大气背景特征

大范围的气候异常一般都是由于大气环流的异常造成的。为了揭示夏季高温日数分布异常与大尺度的大气环流变化关系,我们计算了高温区偏南型和高温区偏北型典型年份同期 500 hPa 位势高度距平合成。可以看到在高温区偏南年份(图 3a)在东亚地区由南而北为“+ -”型分布,华南地区存在明显正距平,显示副高比常年偏强,控制我国南方大陆。同时朝鲜半岛到日本有明显负距平存在,显示西风槽位置偏东,强度有所加强。冷空气沿槽后气流侵入华北地区。从 850 hPa 温度距平(图略)可以看到以长江为界,江南为正距平,华北地区为负距平,最大负距平中心区在山东河南一带。也有研究表明^[13]当西风槽在我国东北部加深时西太平洋副热带高压活动有一定加强。对于高温区偏北年份情况则基本相反(图 3b),在东亚地区 500 hPa 位势高度距平由南而北为“- +”型分布,32°N 以南基本为负距平,表明这些年份副高偏弱,同时华北、东北

地区为正距平,显示该区域多为高压脊控制。850 hPa 温度距平在华北也是一个明显正值区(图略),表明冷空气活动在这些地区明显偏弱。

我国为典型的季风性气候,夏季天气、气温受季风影响明显。从 850 hPa 风矢量距平可以看到,对于高温区偏南型年份(图 3c),在我国南部地区西风偏强,而华北地区,山东半岛、黄海则为异常的东北风,两种气流在 30°N 以北附近形成一个辐合区。而对于高温区偏北年份(图 3d)则不同,我国中东部为弱的异常东北风,而华南沿海有异常的西南风,从而使辐合区位于我国东南部。

在 $v-\omega$ 距平合成图上可以看到,对于高温区偏南年份(图 3e),在 25°~35°N 由南而北存在增强的逆时针环流,空气在 32°N 附近辐合上升,辐合上升的气流使该区域云系、降水增多,从而使温度下降。而在 25°N 附近下沉气流比常年明显增强,而干热的下沉气流造成这些区域气温升高,同时干旱少雨。相反在高温区偏北型年份(图 3f)则有比常年增强的顺时针环流,上升气流增强出现在南方,下沉气流增强出现在北方。这个结果也与上述低层 850 hPa 风矢量分析结论一致。

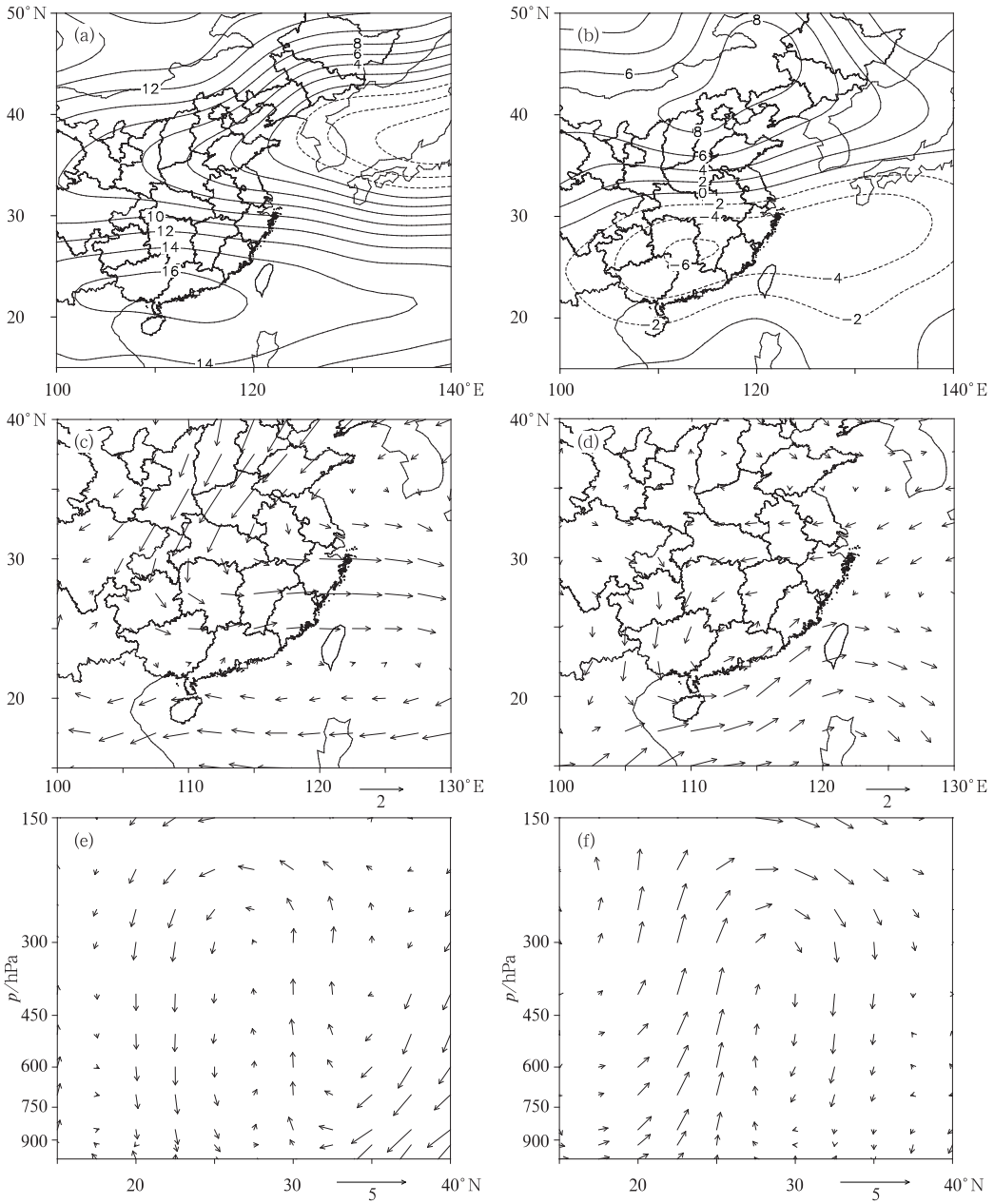


图 3 高温日数南北分布典型异常典型年份同期大气背景特征

- (a) 高温区偏南型、(b) 高温区偏北型, 6—8 月 500 hPa 高度距平(单位: gpm);
- (c) 高温区偏南型、(d) 高温区偏北型, 6—8 月 850 hPa 风矢量距平、
- (e) 高温区偏南型、(f) 高温区偏北型 6—8 月 115°E, ω - ω 矢量距平, 图中 ω 分量放大了 100 倍

Fig. 3 The atmospheric circulation features in typical years that the high temperature days are abnormally distributed in meridional direction

4 高温日数南北分布与前期海气背景特征

由第二特征向量空间分布可以知道, 其时间系数 > 0 表明当年高温区偏南, 时间系数 < 0 表明高温

区偏北, 其绝对值越大说明偏离常年越大, 因此它可以作为表征高温日数南北分布异常的指数。研究它可以为预报我国东部地区高温日数在南北方向的分布异常提供帮助。本文计算了该指数与前期的大气环流指数的相关性(资料来源为国家气候中心气候系统诊断预测室)。发现它与前期冬、春季的大气环

流有密切关系,如它与 4 月北非副高强度指数的相关系数为 0.461,与 4 月北美区极涡面积指数的相关系数为 -0.45,前人的研究也有相似结论^[14],与 5 月西太平洋副高面积指数的相关系数为 0.421,均通过了 0.01 的显著性水平检验。这些都可以作为对其的预报因子,进一步加以研究。

图 4 是南北分布指数与前期 12 月 500 hPa 位势高度的相关图,可以看到低纬度地区大部分为正相关区,而且相关性明显,特别在西半球的南太平洋部分区域,相关系数达 0.6 以上,表明高温日数南北非均匀分布与赤道地区 500 hPa 位势高度的异常呈同步变化。

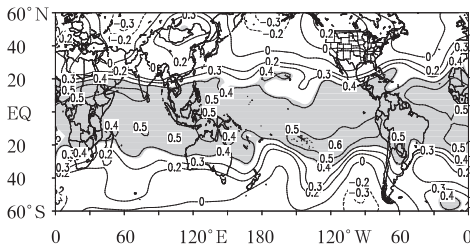


图 4 第二特征向量时间序列与前期 12 月 500 hPa 位势高度相关分布

阴影区表示通过 0.01 水平的显著性检验区域

Fig. 4 The correlation distribution between the time series of the second leading mode and the 500 hPa geopotential height of December in last year shadow areas indicate that it passes through the 0.01 significant level

热带地区海温异常对大气环流的影响是人们很早就注意到的,大量的研究表明^[15-16],海温的异常会导致亚洲季风气流的变异,影响西太平洋副热带高压的位置和强度,从而影响到我国的夏季降水和气温。通过计算高温日数南北分布指数与全球海温的相关,发现其与印度洋海温变化的相关最为密切,这应该与印度洋是我国夏季水汽和能量的主要源地之一有关。

图 5 为该指数与前期 5 月赤道印度洋地区海温的相关分布,最大的相关系数达 0.5 以上。可知,当前期印度洋海温偏高(低)时,则后期我国东部夏季出现的高温区常常偏南(北)。除了与热带地区海温异常相关外,这一指数也与中高纬地区海温异常有较明显相关,通过计算发现它与前期 12 月阿留申群岛、白令海区域海温的最大的相关系数也达到 0.5

以上(图略)。

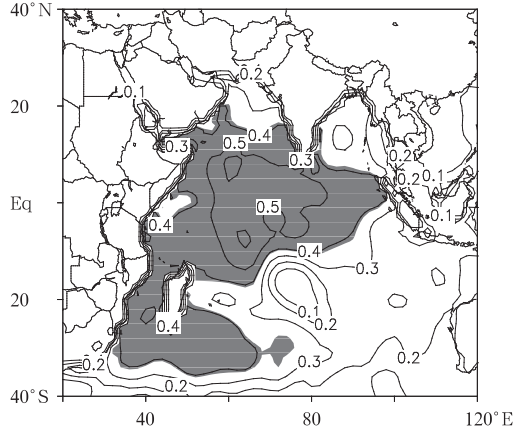


图 5 第二特征向量时间序列与前期 5 月印度洋海温相关分布

阴影区表示通过 0.01 水平的显著性检验区域

Fig. 5 The correlation distribution between the time series of the second leading mode and the SST of December of last year in the Indian Ocean shadow areas indicate that it passes through the 0.01 significant level

5 结 论

对于我国东部地区而言,虽然多数年份夏季高温的变化有很好的一致性,但也有不少年份呈现出南北反位相的变化特征,并且这种变化与该区域整体的高温强弱没有明显的联系。

对该区域 1958—2007 年盛夏高温日数场进行 EOF 分析,第二特征向量的分布能反映高温日数南北反向分布的特征,其时间序列能很好地反映这种分布的年际变化特征。进一步分析其海气相关和典型异常年份同期的大气环流背景特征,结果显示:

(1) 对于高温区偏南年份,江南地区 500 hPa 高度为正距平,朝鲜半岛、日本岛地区为负距平,显示西太平洋副高偏强偏南,控制我国江南地区,西风槽比常年加深、位置偏东,华北冷空气偏强,同时在 25°~35°N 高空由南而北有增强的逆时针环流,而对于高温区偏北年份情况则相反。

(2) 高温日数南北分布变化与前期冬、春季的大气环流有密切关系,它与多项环流指数的相关性通过了 0.01 的显著性水平检验。与上年度 12 月低纬度地区 500 hPa 位势高度异常呈明显的正相关,同时它与热带和中高纬地区的海温异常有关,尤其

与前期印度洋海温的变化关系最为密切。

参考文献

- [1] 翟盘茂,任福民. 中国近四十年最高最低温度变化[J]. 气象学报,1997,55(4):418-428.
- [2] 丁一汇,张锦,宋亚芳. 天气和气候极端事件的变化及其与全球变暖的联系[J]. 气象,2002,28(3):3-7.
- [3] 吴兑,邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报 [M]. 北京气象出版社,2001:15-201.
- [4] 史印山,谷永利,林艳. 京津冀高温天气的时空分布及环流特征分析[J]. 气象,2009,35(6):63-69.
- [5] 方茸,杨修群. 中国夏季高温与北极海冰的联系特征[J]. 气象,2009,35(3):81-86.
- [6] 陈隆勋,邵永宁,张清芬,等. 近四十年我国气候变化的初步分析[J]. 应用气象学报,1991,2(2):164-173.
- [7] 林学椿,于淑秋. 中国近百年温度序列[J]. 大气科学,1995,19(5):525-534.
- [8] 张天宇,程炳岩,刘晓冉. 重庆极端高温的变化特征及其对区域性增暖的响应[J]. 气象,2008,34(2):69-76.
- [9] 周曾奎. 1994 年江淮地区持续高温干旱的环流特征[J]. 气象,1996,22(7):40-42.
- [10] 林昕,管兆勇. 中国华东地区夏季高温的时空特征和年际变化[J]. 南京气象学院学报,2008,31(1):1-9.
- [11] 邹燕,周信禹. 福建省夏季高温成因分析[J]. 气象,2001,27(9):26-30.
- [12] 李云泉,张瑞萍,陈优平. 2003 年嘉兴市持续高温天气分析[J]. 气象,2005,31(6):60-63.
- [13] 陶诗言,张庆云,张顺利. 夏季北太平洋副热带高压系统的活动[J]. 气象学报,2001,59(6):108-119.
- [14] 张恒德,陆维松,高守亭,等. 北极涡活动对我国同期及后期气温的影响[J]. 南京气象学院学报 2006,29(4):75-84.
- [15] 罗绍华,金祖辉. 南海海温变化与初夏西太平洋副高活动及长江中下游汛期降水关系的分析[J]. 大气科学,1986,10(3):409-471.
- [16] 烈庭. 热带印度洋太平洋海温纬向差异及其对亚洲季风的影响[J]. 大气科学,1988,12(特刊):142-148.