

# 中国极端高温事件的年代际突变及其与海温的关系\*

周晓, 黄菲\*\*

(中国海洋大学物理海洋实验室 山东省高校海洋-大气相互作用与气候重点实验室, 山东 青岛 266100)

**摘要:** 基于中国730个气象台站1961—2010年50年间的日平均地面气温观测资料,研究了我国极端高温事件频数的年代际时空分布及其突变特征,并探索了其与海表面温度之间的关系。结果表明,我国极端高温事件频数有明显的线性增加趋势,但空间上呈不均匀分布,北方和西南地区增加快而南方地区增加慢,甚至个别地区出现减小的趋势,时间上在1990年代中后期到21世纪初期存在显著的年代际突变。我国极端高温频数的时空变化主要表现在主成分分析的前两个模态上:全国一致型(第一模态)和南北振荡型(第二模态),方差贡献率分别分18.8%和17.2%,且分别反映了1990年代中后期和21世纪初期两次年代际转型特征。第一模态主要与北大西洋多年代振荡(AMO)和印-太暖池的变化有关,第二模态则主要与AMO和ENSO正负位相转换有关。

**关键词:** 中国极端高温; 时空分布; ENSO

**中图分类号:** P732.6

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-5174(2015)05-019-09

**DOI:** 10.16441/j.cnki.hdxh.20140057

20世纪以来,全球气候变暖趋势进一步加剧,洪水、干旱、台风等各类天气和气候的极端事件频繁出现,已经给全球的社会、经济与环境带来重大影响<sup>[1-4]</sup>。尤其是中国近几十年发生了一系列的极端天气气候事件,如近几年西南地区持续干旱,2013年夏季中国南方的持续性高温等,引起了气象学界的广泛关注。IPCC(联合国政府间气候变化专门委员会)2007年发布的第四次评估报告<sup>[5]</sup>中也提到了“高温热浪等极端天气气候事件,呈现不断增多增强的趋势,预计今后这种极端事件的出现将更加频繁”。在全球变暖的背景下,分析我国极端高温事件的时空分布,探讨我国极端高温事件的发生规律,这对于指导我国极端高温事件的预防,减少自然灾害造成的经济损失有重要意义。

极端高温事件是一种危害较大的灾害性天气,既与天气尺度环流系统有关,又与热岛效应、下沉增温及地形等因素存在联系<sup>[6]</sup>。针对这类问题,中国的许多专家学者做出了一些研究。从整体上看,我国极端高温事件高发区主要集中在东南地区以及新疆地区,其年际变化率较大区域主要位于我国东部,新疆地区变化相对较小<sup>[7]</sup>。对于我国不同区域,极端高温事件的发生又有着明显的差异。秦玉琳等<sup>[8]</sup>通过研究近50年来东北地区夏季极端温度变化趋势,发现东北地区极端高温频数明显增加,且在极端高温高发年500 hPa位势高度上盛行纬向环流,东北地区上空位势高度垂

直分布接近于正压结构。史军等<sup>[9-10]</sup>研究了华东极端高温气候特征及其成因,认为华东高温日数和高温日平均最高气温分别具有多-少-多和高-低-高的年代际变化规律。在21世纪最初5年和20世纪60年代极端高温事件发生频数较多强度较大,而在20世纪70~90年代,极端事件相对较少。其分布具有区域差异,并与Nino4指数相关。张志薇和时兴合<sup>[11]</sup>通过统计的方法选定阈值来选择极端最高气温并进行分析,指出东北地区 and 青藏高原地区的极端最高气温强度相对其它地区偏低,华中地区 and 新疆地区极端高温强度较大。此外陈磊等<sup>[12]</sup>从动力学角度研究了我国西北地区大范围极端高温事件的大气环流异常特征,认为大范围极端高温事件的发生与高空大气环流异常有直接关系,当出现大范围极端高温事件时,100 hPa南亚高压强度偏强,副高脊线偏北。

上述研究或是在空间上只针对我国部分地区,或是在时间上只针对某一年或几年极端高温进行分析,本文基于我国730个台站建国以来的地面观测数据,采用基于极端高温是小概率事件特征及参考人体体感舒服温度的极端高温事件定义方法<sup>[13]</sup>,分析了我国极端高温事件的年代际变化特征,并研究了它与海表温度的关系。

## 1 研究资料与方法

\* 基金项目: 全球变化研究国家重大科学研究计划项目(2010CB951403;2012CB955604);海洋公益性行业科研专项(201005017-6)资助

收稿日期: 2014-03-03;修订日期: 2014-05-20

作者简介: 周晓(1989-),男,硕士生。

\* 通讯作者: E-mail: huangf@ouc.edu.cn

### 1.1 研究资料

在本文中所用的资料是由中国气象局提供的1951—2010年全国730个台站日最高温度的观测数据。为了保证数据的连续性和一致性,本研究从原始数据中筛选出1961—2010年487个拥有较长完整时间序列的台站数据,且气象台站资料都经过严格的质量控制和插补<sup>[13]</sup>。

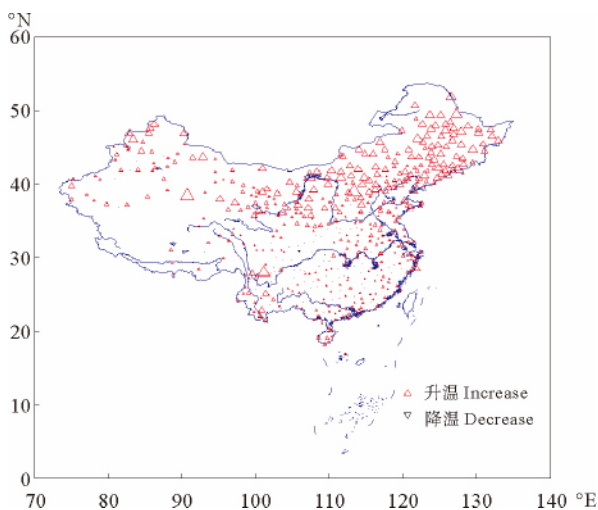
### 1.2 研究方法

参考周晓等<sup>[13]</sup>对于极端高温定义方法,取累计距平99%且温度高于30℃作为阈值,当某站日最高温度大于该阈值时定义为发生一次极端高温事件,极端高温事件频数指某一时间段内发生极端高温事件的天数。首先对中国1961—2010年的极端高温事件频数进行统计,然后利用概率谱分析和滑动t检验的方法对该时间序列进行分析,再利用EOF<sup>[14-15]</sup>方法分析其时空分布特征,最后利用相关分析研究其与海温的关系。

## 2 中国极端高温事件趋势变化及突变特征

### 2.1 极端高温事件的线性趋势分布

各台站1961—2010年极端高温频数线性趋势(见图1)显示,中国近五十年来极端高温事件整体呈现增多趋势。但是各区域变化幅度不一致:北方以及西部个别地区增长较为明显;南方地区特别是长江中下游极端高温事件增长幅度较小,个别地区甚至出现减少



(图中“△”代表五十年来极端高温频数增加的台站,其大小与极端高温事件的增加成正比例关系。“▽”代表极端高温频数减少。‘△’ denotes the station which extreme high temperature event increases and ‘▽’ denotes decrease. The size is in proportion to the change of the extreme high temperature event.)

图1 1961—2010年极端高温事件的频数变化趋势分布

Fig. 1 The frequency trend of extreme high temperature event from 1961 to 2010

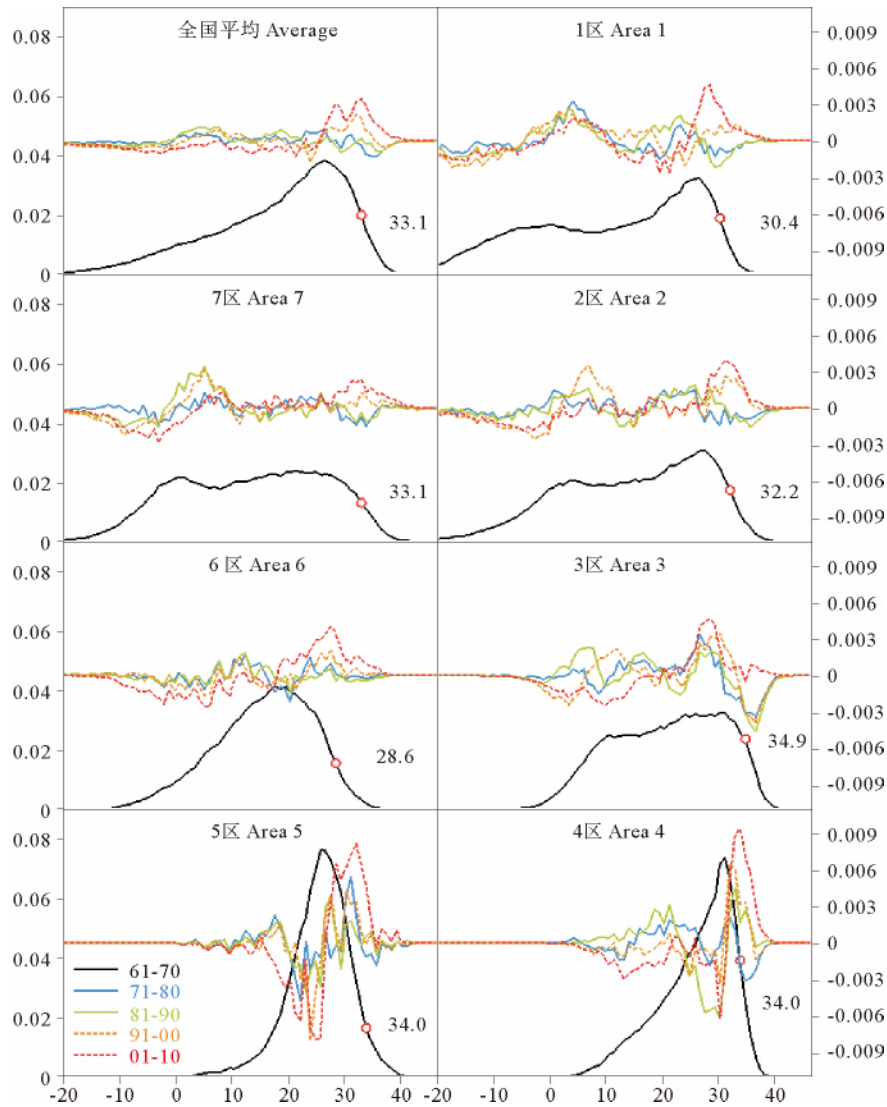
现象。西南地区比较特殊,增长幅度较大,甚至超过了中国北方地区。总体来说中国近几十年来虽然整体上极端高温事件的发生呈现增长的趋势,但是区域差异性明显,个别地区甚至与这种大趋势相反。

### 2.2 日最高温度概率分布的年代际变化

为详细研究中国各区域极端高温变化情况,参考之前的研究<sup>[13]</sup>,将中国按照不同地理位置依次分为东北(东北三省)、华北(京津唐以及山东内蒙古地区)、华东(秦岭淮河以南我国东部地区)、华南(广东广西以及海南地区)、西南(云南)、西部(四川青海西藏地区)和西北(甘肃新疆地区)7个典型区域以及全国平均。分别统计1961—2010五十年间每十年各区域及全国日最高温度概率分布,平滑后得到1961—2010年每十年日最高温度概率谱密度分布(见图2)。从图中可以看出,日最高温度的概率分布型基本没有发生变化,只是整体向右平移了0.5℃左右(最后一个十年相对第一个十年来说)。特别是在南方地区(4区和5区),从1990年代开始,高温发生频率明显增加。由此得出,中国极端高温事件频数的增加与背景温度场的升高有关,即由于中国平均温度的整体上升,在选定极端高温事件阈值不变的情况下,发生极端高温事件的概率就会大大增加,所以导致了近些年来中国极端高温事件频数呈现增长趋势。

### 2.3 极端高温事件增长趋势的突变特征

以上分析表明,中国近几十年来极端高温事件频数呈现增长趋势,但是增长幅度在时间上是不均匀的。为了描述五十年来中国极端高温事件频数的增长情况,现利用滑动t检验的方法,对各台站五十年来极端高温事件频数序列进行突变检验,方法如下:首先利用滑动t检验对各台站年极端高温事件频数序列进行检验,然后记录各年份通过95%置信水平的台站个数(见图3),图中红线表示检验时子列长度取10,蓝线表示检验时子列长度取5。图中高值区表示在该年份有较多的台站通过95%置信水平检验,即在该年份有较多的台站极端高温事件的频数发生显著的突变式增长,低值区相反。由此可以发现:中国近五十年来极端高温事件频数的增长是非均匀的,具有突变性。在所研究的时段内,1972—1973、1982—1983以及1990年代中后期一直持续到21世纪初期有3次很明显的突变发生,即在这几个时间段内,中国极端高温事件的发生频数呈现急剧增长态势,且空间分布广泛。特别是1990年代中后期这次,持续时间长,发生突变式增长的台站数量多,造成了较为严重的影响。



(图中黑线代表 1961—1970 年日最高温度的概率分布;红色圆圈表示对应 95% 阈值温度;蓝、绿、黄、红分别代表 1971—2010 每十年概率分布与 1961—1970 概率分布之差。Black line means pdf of 1961—1970; Red circle means the threshold of the temperature. Blue, green, yellow, red lines represent the difference between each time of 1971—2010 to 1961—1970.)

图 2 1961—2010 年每十年日最高温度概率分布

Fig. 2 Probability distribution of daily maximum temperature from 1961 to 2010

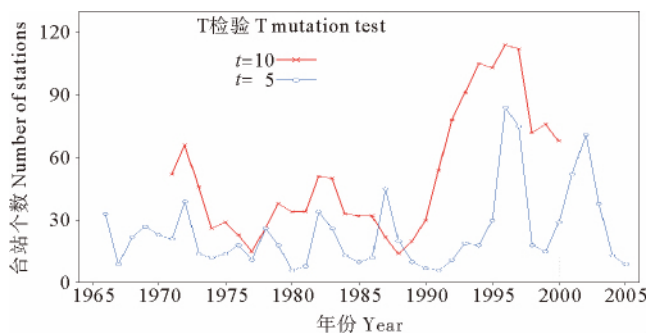


图 3 各年份发生突变现象的台站个数

Fig. 3 The number of the stations which has mutated in each year

综合以上结论不难看出:中国的极端高温事件随时间整体上呈现增加趋势,这主要是由于背景温度场的上升,导致了发生极端高温事件的概率增加,从而导

致了极端高温事件的频数增多。但是这种增长无论从时间上还是空间上都有极大差异,空间上南北方分布不均,且西南地区较为特殊;时间上变化极不均匀,在 1990 年代以后有突变式增长。

### 3 中国极端高温事件频数的主模态时空特征

#### 3.1 中国极端高温事件频数的主成分提取

为了研究中国极端高温事件频数的主要变化模态,采用 EOF 的方法,对各台站年极端高温频数序列做 EOF 分解,提取各台站年极端高温事件频数变化的主要信息。从 North<sup>[16]</sup> 检验图可以看出(见图 4(a)):第一模态方差贡献率为 18.8%,第二模态方差贡献率为 17.2%,前两个模态方差贡献率较大,与其它各模态可以显著区分开,因此以下主要针对前两个模态进行

分析。另外注意到,前两个模态之间并不能显著区分,表明二者可能是同一种现象的不同位相表现。

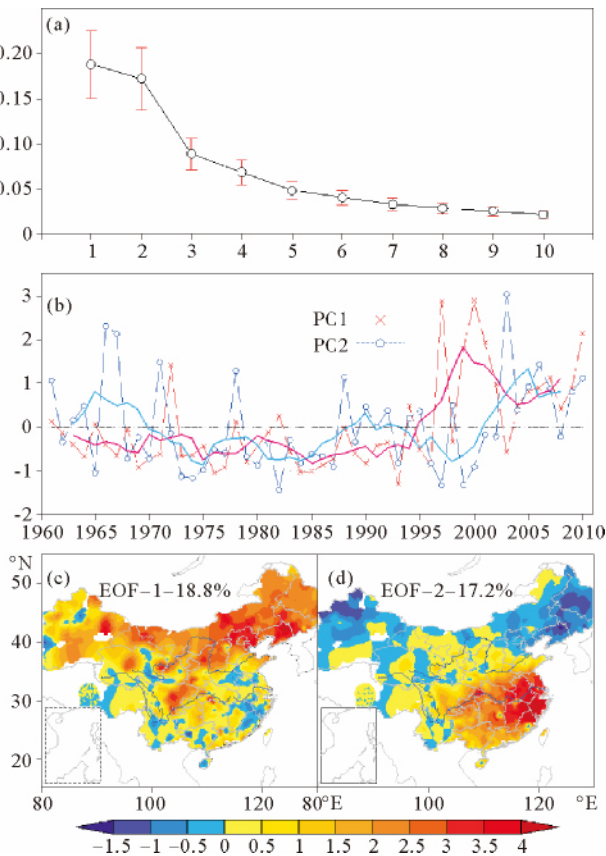


图4 中国各台站极端高温事件 EOF 分析各模态方差贡献率(a)、前两模态主成分(虚线)及其5年滑动平均曲线(实线)

(b)、第一模态空间分布(c)、第二模态空间分布(d)

Fig. 4 The variance contribution rate (a), time series (b) and spatial pattern (c,d) for the first and second EOF mode of the frequency of extreme high temperature event.

The solid lines mean the time series and the dash lines mean the 5-year moving average index

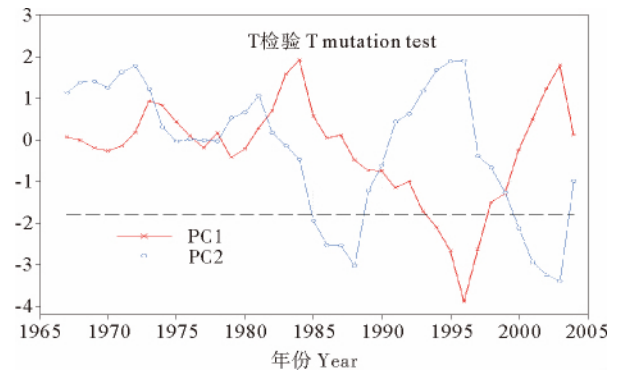
### 3.2 EOF 第一模态——全国一致型

从图 4(b)来看,第一模态的时间系数有 4~5a 的年际振荡周期和一个较为明显的年代际转变。在 1990 年代中期以前,变化较为平缓,主要有一个准 4 年的变化周期。期间在 1972—1973、1982—1983、1987—1988 时间段内有几个极大值出现。到了 1990 年代中后期以后,第一模态时间系数基本转为正位相,且振幅明显增大。通过滑动 t 检验发现在 1984、1996 和 2003 年附近存在明显的突变点(见图 5),且都通过了 95% 的显著性检验,这一点和前面的突变检验结果相吻合。说明中国的极端高温事件频数有一个年代际转变,以 1990 年代中后期为时间点,之前变化较为平缓,呈准 4 年振荡,之后变化非常剧烈,并多次出现极大值。结合第一模态时间序列,空间分布(见图 4(c))表现为,1990 年代中期之后,随着时间系数由负转正,除中国南方边境极

少数地区,中国大部分地区出现极端高温事件频数增加,由南向北逐渐增多,辽宁和京津塘地区为极大值中心。

### 3.3 EOF 第二模态——南北振荡型

由图 4(b)中第二模态的时间系数来看,这种振荡有一个 4~7a 的年际周期和一个较为明显的年代际转变。在 1970 年代中期以前,以负位相为主,振荡较为剧烈,振幅较大。在 1966—1967、1971—1972、1977—1978 几个时间范围内有正极大值出现。从 1970 年代中期至 1990 年代中期这二十年间,振幅相对减弱,多以负位相为主,周期在 2~3a。而从 1990 年代中后期以后,振幅再次变大,多以正位相为主,在 21 世纪初期出现极大值。通过滑动 t 检验发现在 1996 年和 2003 年附近存在明显的突变现象(见图 5),且通过了 95% 的显著性检验。第二模态时间系数的变化与第一模态有类似的地方,主要表现为年际振荡和年代际的突变,但第二模态的年代际突变比第一模态要晚 5~7a。结合第二模态时间系数来看,空间分布(见图 4(d))呈现南北偶极子的分布特征,北方主要以东北地区 and 新疆北部为极大值中心,南方主要以华东地区长江中下游为极大值中心。综合以上结果可以看出:在 1980—1990 年代,中国北方地区特别是东三省以及新疆北部地区出现的极端高温事件相对南方地区较多,但进入二十一世纪以后,情况发生反转,江南地区极端高温事件大幅度增加,北方地区反而减弱,且振荡明显加剧。



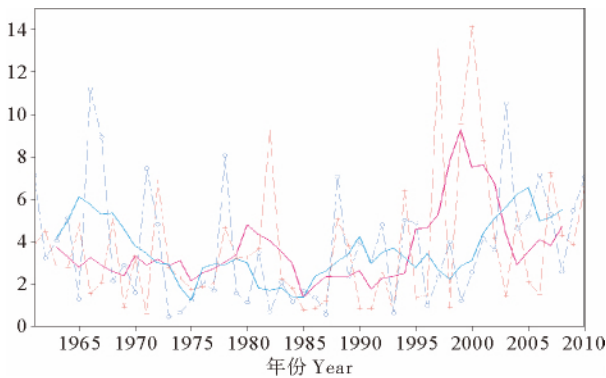
(黑色虚线表示 95% 置信水平检验线。Black dash line means the test line of 95% confidence level.)

图5 EOF 分析第一第二模态突变检验

Fig. 5 Mutation test for the first and second mode of the EOF

从主成分分析第二模态空间场分布可以看出,中国极端高温事件在东北地区和华东地区存在着 2 个主要的中心区。分别对这 2 个区域近五十年来各台站平均极端高温事件频数分析可知(见图 6),东北地区极端高温事件整体呈增加趋势,特别是在 1990 年代中后期,极端高温频数事件急剧增加,且振幅增大;与第一模态时间系数相关达到 0.86(5 年滑动平均后相关系

数达到 0.89),超过 99%信度水平,说明第一模态主要反映了东北地区极端高温频数的变化。而华东地区近五十年来极端高温事件主要呈现出高-低-高的变化特征,在 1975 年之前极端高温频数逐渐减少,而在接下来的几十年中极端高温事件变化趋势较小,主要以振荡为主,而在 20 世纪 90 年代后期,该区域极端高温事件又有明显增加趋势;与第一模态时间系数相关达到 0.96(5 年滑动平均后相关系数达到 0.97),超过 99%信度水平,说明第二模态主要反映了华东地区极端高温频数的变化。



(红色实线和蓝色实线为对应的 5 年滑动平均曲线。

Solid lines mean the 5-year-running average of each area.)

图 6 东北地区(红色虚线)和华东地区(蓝色虚线)极端高温事件频数序列

Fig. 6 The frequency of extreme high temperature event of the north-east (red dashed line) and east china (blue dashed line) from 1961 to 2010

#### 4 与海表面温度的关系

##### 4.1 EOF 第一模态与海表面温度的关系

为研究中国极端高温事件的发生与全球海洋的关系,现将第一模态时间系数与全球海表面温度场做相关(见图 7 左),同时为表现时间系数年代际变化与海温的关系,将时间系数进行 5 年滑动平均并与全球海表面温度场做相关(见图 7 右)。图中“D(-1)JF(0)”、“MAM(0)”、“JJA(0)”、“DON(0)”、“D(0)JF(+1)”分别表示当年冬季、春季、夏季、秋季和次年冬季季节平均的海表面温度与第一模态时间系数的相关关系。

如图 7 所示,中国极端高温事件的发生主要与印太暖池区、西北太平洋黑潮延伸体区域以及北大西洋存在显著的正相关关系。由于中国的极端高温事件主要发生在夏季<sup>[13]</sup>,所以可以认为第一模态的时间系数主要反映的是夏季极端高温事件频数的变化情况。对比夏季同期(JJA0)和前后季节的显著相关区域可以发现,夏季印太暖池区海温的变化与第一模态的相关性较弱,而前期冬春季节的西北太平洋海区的相关性更

高,夏季之后的秋冬季节热带印度洋则呈现出海盆一致模的特征,它可能是中国极端高温 PC1 的年度振荡信号发生在 El Nino 发展年(如 1972,1982,1997,2010 年等)的夏季有关。PC1 的年代际变化信号可能主要来源于北大西洋海表温度的多年代振荡<sup>[17]</sup>,另外,冬春季节北太平洋黑潮延伸体区域和南太平洋副热带-热带海洋内部通道区域<sup>[18]</sup>的海温变化也存在显著的年代际变化特征,也可能是中国极端高温第一模态时间系数年代际变化的关键影响海区。

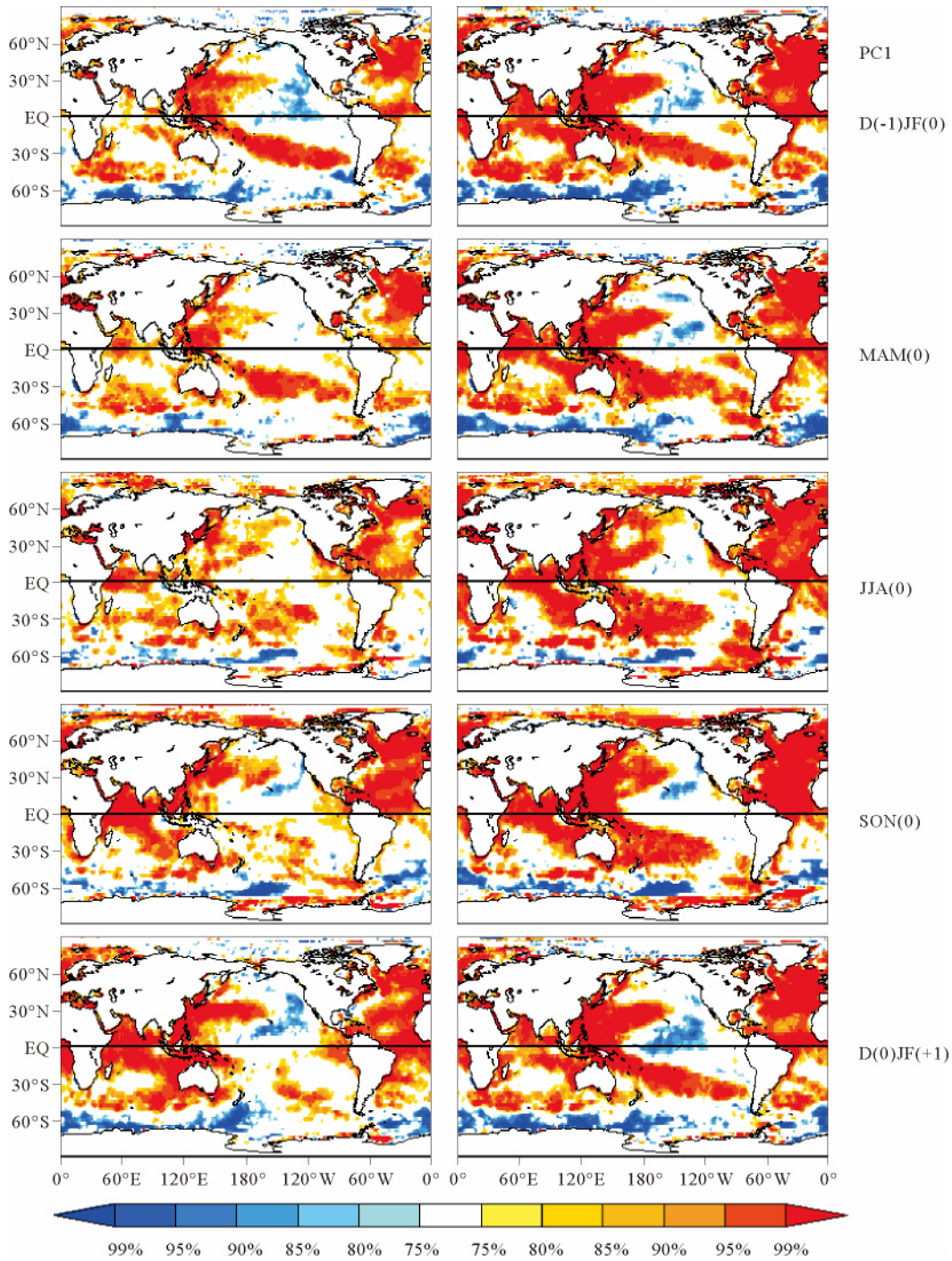
##### 4.2 EOF 第二模态与海表面温度的关系

类似地,将第二模态时间系数与全球海表面温度场做相关(见图 8)。结果表明,与第一模态不同,第二模态时间系数的变化与印度洋基本没有相关关系,只与赤道中东太平洋及大西洋具有较强的相关性。对于太平洋来说,在当年冬季中国极端高温事件的发生与赤道中太平洋具有较强的正相关关系,到了当年春季,这种正相关关系逐渐消失,而秘鲁沿岸一直到赤道东太平洋的负相关关系逐渐开始发展,至当年秋季这种负相关关系达到最大,到了冬季开始减弱。整体上是赤道中太平洋的正相关逐渐向东太平洋的负相关转变的趋势。使用 Niño 指数对各关键海区进行定量相关分析可得:在赤道中太平洋当年冬季 Niño3.4 指数与第二模态时间系数的相关值达到 0.31,而在赤道东太平洋秋季 Niño3 指数与第二模态时间系数的相关值达到 -0.24,均达到 90%的显著性水平。可以发现第二模态的时间系数主要与年际尺度的厄尔尼诺现象有关,即从冬季至春季,厄尔尼诺衰减位相向拉尼娜事件的过渡期,我国南方地区有可能出现较多的极端高温天气,而北方地区极端高温天气有可能较少。

在年代际尺度上,中国的极端高温天气的发生主要受到北大西洋和中太平洋海表面温度的影响,可能与 AMO 和中太平洋型厄尔尼诺有一定的关系<sup>[19]</sup>。同时注意到年代际尺度上冬春季北冰洋大西洋扇区的巴伦支海和喀拉海以及夏秋季北冰洋太平洋扇区一带均为显著相关区,这表明中国夏季极端高温南北振荡型第二模态的发生可能与北极海冰近年来的快速融化有显著相关。

#### 5 结论

从中国各区域日最高温度概率分布来看,1961—2010 年各阶段日最高温度概率谱密度分布型基本没有发生改变,只是整体向右平移了大约 0.5 °C 左右。因此,在相同的极端高温阈值情况下,发生极端高温事件的概率则会显著增加。从以上分析可以看出,中国极端高温事件频数的增加主要与背景温度场升高有关,但是从空间上看,南北差异较大,北方地区和西南地区



(左图表示直接相关,右图表示时间系数进行5年滑动平均后代际分量的相关。图中蓝色区域代表负相关,红色区域代表正相关。此图已略去显著性水平低于75%的区域。Left pictures mean the simple correlation; Right pictures mean the correlation which the time index has been used of 5-year moving average. The red area represents positive correlation; Blue area means negative correlation. White area means the correlation below 75% confidence level.)

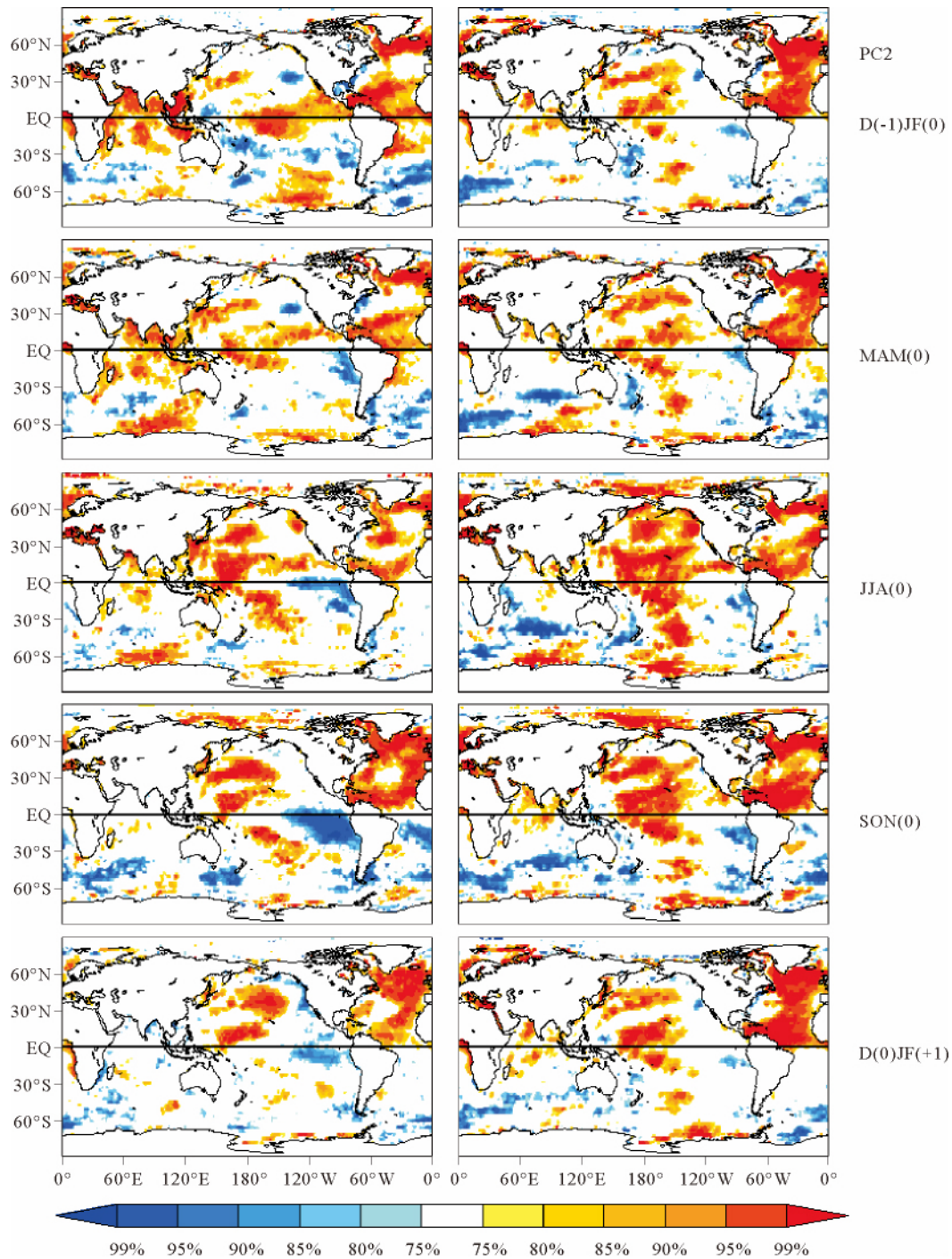
图7 第一模态时间序列与海表面温度相关系数分布

Fig. 7 The correlation of the first mode and sea surface temperature

极端高温事件频数增加较快,南方地区极端高温事件频数增长相对较缓,部分区域甚至有减小趋势。从时间上分析,中国极端高温事件增加具有突变性,在1990年代之后有突变式增长。

中国极端高温事件频数的时空变化特征主要体现在主成分分析的前两个模态,第一模态为全国一致型,

全国整体呈较为一致的变化趋势。时间上有4~5a的年际震荡周期和一个较为明显的年代际转变。在1984、1996和2003年附近存在明显的突变现象。且在1990年代中期之后,随着时间系数由负转正,中国大部分地区极端高温事件频数显著增加。而第二模态主要表现为南北震荡型,同样存在一个4~7a的年际周期和



(左图表示直接相关,右图表示时间系数进行 5 年滑动平均后年代际分量的相关。图中蓝色区域代表负相关,红色区域代表正相关。此图已略去显著性水平低于 75% 的区域。Left pictures mean the simple correlation; Right pictures mean the correlation which the time index has been used of 5-year moving average. The red area represents positive correlation; Blue area means negative correlation; White area means the correlation below 75% confidence level.)

图 8 第二模态时间序列与海表面温度相关系数分布

Fig. 8 The correlation of the second mode and sea surface temperature

一个较为明显的年代际转变。且在 1996 和 2003 年附近存在明显的突变现象。结合空间场分布来看,在二十世纪 80~90 年代,中国北方地区特别是东三省以及新疆北部地区出现的极端高温事件相对南方地区较多,但进入二十一世纪以后,情况发生反转,江南地区

极端高温事件大幅度增加,北方地区反而减弱,且振荡明显加剧。此外,中国极端高温事件频数主成分分析前两模态方差贡献率之和只有 36% 左右,说明中国极端高温事件的发生还受到其它多种因素的共同影响,其变化特征具有复杂性,还需要进一步深入研究。

通过与海表面温度场分析可知,中国极端高温事件频数第一模态主要与印太暖池区、西北太平洋黑潮延伸体区域以及北大西洋存在显著的正相关关系。根据超前滞后分析可知,中国极端高温事件第一模态可能与厄尔尼诺发展年的夏季有关。而第二模态时间系数的变化与印度洋基本没有相关关系,只与赤道中东太平洋及大西洋具有较强的相关性。在年代际尺度上,中国的极端高温天气的发生主要受到北大西洋和中太平洋海表面温度的影响,可能与AMO和中太平洋型厄尔尼诺有一定的关系,同时在年代际尺度上冬春季北冰洋大西洋扇区的巴伦支海和喀拉海以及夏秋季北冰洋太平洋扇区一带均为显著相关区,这表明我国夏季极端高温南北振荡型第二模态的发生可能与北极海冰近年来的快速融化有显著相关。

#### 参考文献:

- [1] 胡宜昌,董文杰,何勇. 21世纪初极端天气气候事件研究进展[J]. 地球科学进展, 2007, 22(10): 1066-1075.
- [2] 任福民,翟盘茂. 1951—1990年中国极端温度变化分析[J]. 大气科学, 1998, 22(2): 217-227.
- [3] 马柱国,符宗斌,任小波,等. 中国北方年极端温度的变化趋势与区域增暖的联系[J]. 地理学报, 2003, 58(增): 11-20.
- [4] Zhai P M, Sum A J, Ren Fumin, et al. Changes of climate extremes in China [J]. Climatic Change, 1999, 42: 203-218.
- [5] IPCC. Climate Change 2007. The Scientific Basis [M]. Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. Eds. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007: 881.
- [6] 熊亚军,于平,扈海波. 国内高温气候变化事实及其灾害特征研究进展[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 194-198.
- [7] 孙建奇,王会军,袁薇. 我国极端高温事件的年代际变化及其与大气环流的联系[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(2): 199-208.
- [8] 秦玉琳,孙照渤,倪东鸿. 中国东北夏季极端高温变化特征及其与环流异常的联系[J]. 气象与减灾研究, 2012, 35(2): 7-16.
- [9] 史军,丁一汇,崔林丽. 华东极端高温气候特征及成因分析[J]. 大气科学, 2009, 33(2): 347-358.
- [10] 周后福,陈海燕,黄克慧,等. 浙江省2003年夏季异常高温气候及其成因分析[J]. 科技通报, 2005, 21(5): 524-528.
- [11] 张志薇,时兴合. 中国近55年极端高温变化分析[J]. 青海气象, 2010(4): 1-6.
- [12] 陈磊,王式功,尚可政,等. 中国西北地区大范围极端高温事件的大气环流异常特征[J]. 中国沙漠, 2011(4): 1052-1058.
- [13] 周晓,黄菲,楚合涛,等. 1961~2000年中国极端高温事件的时空特征[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2011, 41(增): 38-45.
- [14] Preisendorfer R W, Barneet T P. Significance test for empirical orthogonal function[R]. Conference on probability and statistics in Atmospheric Science. Las Vegas: American Meteorological Society, 1977: 169-172.
- [15] Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space [J]. Philosophical Magazine, 1901, 2: 559-572.
- [16] North G R, Bell T, Cahalan R, et al. Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal functions [J]. Monthly Weather Review, 1982, 110: 669-706.
- [17] 李双林,王彦明,郇永祺. 北大西洋年代际振荡(AMO)气候影响的研究评述[J]. 大气科学学报, 2009(3): 458-465.
- [18] Huang R X, Wang Q. Interior communication from the subtropical to the tropical oceans [J]. Journal of Physical Oceanography, 2001, 31(12): 473-676.
- [19] Di Lorenzo E, Cobb K M, Furtado J C, et al. Central Pacific El Niño and decadal climate change in the North Pacific Ocean [J]. Nature Geoscience, 2010, 3(11): 762-765.



## Decadal Shift of the Extreme High Temperature in China and Its Relationship with Sea Surface Temperature

ZHOU Xiao, HUANG Fei

(Physical Oceanography Laboratory & Key Laboratory of Ocean-Atmosphere Interaction and Climate in Universities of Shandong, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** Based on daily observation temperatures data of 730 stations with 50 year series from 1961 to 2010, we have studied the temporal and spatial distribution characteristics of extreme “high temperature” events and explore its relation with the sea surface temperature. It was showed that the frequency of extreme high temperature events had an obvious increase trend, but it differed in different area. It increased more quickly in the north and southwest but relatively slow in the south, it even decreased in some areas. The change of the frequency had a significant decadal mutation from the end of 1990s to the beginning of the 21st century. Based on empirical orthogonal function (EOF) analysis, there are two leading modes: the consistent mode (first mode) and the concussion of the north and south mode (second mode). The variance contribution rates are 18.8% and 17.2% respectively and reflect two decadal transition characteristics in the end of 1990’s and the beginning of 21st century. The first mode is mainly related to Atlantic Multidecadal Oscillation and change of the Indo-Pacific warm pool. The second mode is mainly related to the transition of positive and negative phase about AMO and ENSO.

**Key words:** China extreme high temperature; spatial and temporal distribution; ENSO

责任编辑 庞 旻