

Effect of Teleconnection Type on High Temperature Heat Wave Weather in Southwest China

Yu Du, Tiangui Xiao, Yue Zhang, Juetao Zeng

School of Atmospheric Science, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: 734758638@qq.com

Received: May 24th, 2020; accepted: Jun. 8th, 2020; published: Jun. 15th, 2020

Abstract

In order to further study the influence of the teleconnection type on high temperature heat wave weather in southwestern China, this paper uses the daily maximum temperature data from 148 meteorological stations in southwestern China from June to August 1979-2019 and the monthly average potential height field of NCEP/NCER. According to the analysis data, the 500 hPa average geopotential height field from June to August is taken as the summer average height field. The natural orthogonal function (EOF) decomposition is used to obtain the spatial and temporal distribution characteristics of the high-temperature heat wave in the southwestern region, and then to the East Asia-Pacific (EAP) teleconnection. The 500 hPa geopotential height anomaly field of the typical positive and negative anomaly index year is compared with the summer climatic average height field in 1979-2019. The results show that: 1) Overall, the number of high-temperature heat waves in the southwest region is much more in the east and the west is less, and Chongqing is a region with a large number of high-temperature heat waves. 2) The number of high-temperature heat waves in the southwestern region has an overall increasing trend. They have been increasing in recent years but have not changed much, but 2006 was a markedly increasing year of anomaly. Moreover, its spatial distribution has obvious east-west differences. It is a large-value area in eastern Sichuan and Chongqing, followed by Guizhou and most parts of Guangxi, and the number of high-temperature heat waves in Yunnan is low. 3) The interdecadal change of EAP teleconnection type is not obvious. It is mainly based on interannual changes. The large-scale circulation field in the typical positive and negative anomaly years of the EAP index has obvious differences. In the typical positive anomaly index year, the East Asian summer monsoon is strong, the position of the ridge of the Western Pacific Subtropical High is north-north-east, and the intensity of the sub-high is weak; the anomaly index year is just the opposite. The East Asian summer monsoon is weak, the ridgeline of the Western Pacific Subtropical High is more southerly and westerly, and the intensity of the subtropical high is stronger. The anomalous distribution characteristics of the EAP teleconnection type in the 500 hPa height field have a significant impact on the temperature and large-scale circulation situation, which can further affect the climate in southwestern China and the entire East Asia.

Keywords

High Temperature Heat Wave, EOF Decomposition, Synthetic Analysis, East Asia-Pacific

遥相关型对我国西南地区高温热浪天气的影响

杜宇, 肖天贵, 张月, 曾珏桃

成都信息工程大学, 大气科学学院, 四川 成都
Email: 734758638@qq.com

收稿日期: 2020年5月24日; 录用日期: 2020年6月8日; 发布日期: 2020年6月15日

摘要

为了进一步研究遥相关型对我国西南地区高温热浪天气的影响, 本文利用中国西南地区148个气象站1979~2019年6~8月的逐日最高气温数据和NCEP/NCER的月平均位势高度场再分析资料, 以6~8月500 hPa平均位势高度场作为夏季平均高度场, 通过自然正交函数(EOF)分解得到西南地区高温热浪的时空分布特征, 再分别对东亚-太平洋(EAP)遥相关型典型正负异常指数年的500 hPa位势高度场相对于1979~2019年夏季气候平均高度场作合成分析。结果表明: 1) 总体看来, 西南地区高温热浪次数分布东多西少, 重庆为高温热浪次数大值区。2) 西南地区高温热浪次数具有整体增多的趋势, 近几年都在增加但变化幅度不大, 但是2006年是明显增多的异常年份。而且其空间分布具有明显的东西差异, 在四川东部和重庆地区为大值区, 其次是贵州和广西大部分地区, 云南高温热浪次数较少。3) EAP遥相关型的年代际变化不明显, 其主要是以年际变化为主的。EAP指数典型正负异常年的大尺度环流场具有比较明显的差异, 典型正异常指数年, 东亚夏季风比较强, 而西太副高脊线偏北偏东, 并且副高强度较弱; 典型负异常指数年则刚好与之相反, 夏季风较弱, 西太副高脊线偏南偏西, 且副高比较强。EAP遥相关型在500 hPa高度场中的异常分布特征对温度和大尺度环流形势有明显的影响, 由此可进一步影响我国西南地区以及整个东亚的气候。

关键词

高温热浪, EOF分解, 合成分析, 东亚-太平洋遥相关型

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

近年来全球气候逐渐变暖, 气温不断升高, 这一事实已经被大量研究所证实。在2007年2月发布的第四次评估报告中(IPCC, 2007)指出, 二十一世纪以来温度线性趋势为 0.74°C , 大于第三次评估报告给出

的 0.6°C 。在全球变暖的背景下,高温热浪等极端天气气候事件增多,对人民的健康、工农业生产和交通运输等国民经济各行业产生了重要的影响。

极端高温事件对人类社会和自然环境的影响巨大。2003 年和 2010 年的夏季极端高温导致俄罗斯和欧洲上万人丧生。2006 年重庆、川东大部地区极端最高气温普遍达 $38^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$,因持续高温少雨,四川、重庆出现 1951 年以来最严重的伏旱,直接经济损失达 192.6 亿元。所以,研究全球变暖背景下高温热浪事件的变化规律,对极端高温事件进行模拟,进而对未来情景下的极端事件进行预估,对灾害预报预警与防灾减灾具有十分重要的科学意义和实际应用价值。

1.2. 研究现状

国内外学者关于气温及极端高温的时间变化和空间分布规律已进行了大量的研究。国外关于极端气温的研究中, Karletal [1] 研究表明过去几十年前苏联和美国的极端最低温度有明显上升趋势,极端最高温度的变化有较强的区域性。Mantonetal [2] 通过分析 1961~1998 年的气温站点资料,发现近半个世纪来,在东南亚和南太平洋地区,冷日和冷夜在减少,而暖日和暖夜在增多。国内关于高温热浪天气的研究中,周长艳等[3]指出,四川高温天数 50 年来总体呈显著增多趋势,20 世纪 90 年代来增多趋势尤为显著。王鹏祥等[4]分析了中国西北五省(区)100 个台站逐日最高温度资料,结果表明西北地区年极端高温事件发生频次的最主要空间模态是一致性异常分布。研究气温和极端高温日数空间分布特征最常用的方法之一就是自然正交函数(EOF)分解,张智等[5]通过对河套及其相邻区极端高温频数进行 EOF 分解,发现 EOF 分解的第 2 模态表现为极端高温频数东南-西北的反位相变化。常军等[6]对河南省 40 个代表站 1961~2005 年夏季气温大于 35°C 的高温日数进行 EOF 分解,得到高温日数的第 2 和第 3 模态分别为西北-东南差异型和西南-东北差异型。以上的研究表明 EOF 分解方法在提取空间分布的主要模态时十分有效,在处理气象要素场时具有十分重要的应用。东亚-太平洋遥相关型(EAP)是影响北半球东亚地区夏季气候变化最重要的遥相关型之一, Lau [7]指出该遥相关型是影响东亚气候最为重要的遥相关型之一,其结构为经向三极子型,即在东亚沿岸地区为三个正负相间的波列结构,其中心分别位于菲律宾南海,日本以及鄂霍次克海附近区域。吕俊梅等[8]通过研究副热带西风急流中静止 Rossby 波的传播与遥相关波列的传播,发现二者的相互叠加作用下,可以引发东亚夏季风的异常变化。但目前对我国西南地区夏季极端高温日数进行 EOF 分解的研究还比较少,并且利用 EAP 遥相关型分析高温热浪成因的研究也不多,因此本文计划利用 EOF 分解的方法对我国西南地区夏季高温热浪的空间分布特征进行研究,并在此基础上分析 EAP 遥相关型对它的影响。

1.3. 研究意义

近年来,全国极端高温事件频发,尤其是西南地区,受地理条件影响,降水时空分布极不均匀,气候特征颇为复杂,是我国高温伏旱的主要频发区之一。因此研究我国西南地区的气候变化历史,分析该区域极端高温日数的时空分布特征,并从遥相关型这方面对其进行成因分析,不仅具有很强的天气学意义,而且有利于掌握西南地区极端高温发生的一般规律。极端高温对现实社会有很大的影响,研究极端高温的变化规律及其影响机理不仅具有科学意义,还为气象业务部门提高极端高温事件的预测准确率提供了参考依据,同时为政府部门应对极端高温的决策提供依据,从而在减少国家和人民的生命财产损失方面具有积极的现实意义。

2. 资料与方法

2.1. 资料概况

本文所用的资料包括:

1) 中国西南地区 148 个常规气象站 1979~2019 年 6~8 月的逐日最高气温数据, 空间分辨率为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 。

2) NCEP/NCER 的月平均位势高度场再分析资料, 以 6~8 月 500 hPa 平均位势高度场作为夏季平均高度场。

2.2. 研究方法

2.2.1. t 检验

用 t 分布推论某种差异产生的几率来对比两个平均数之间的差异是不是显著的方法叫做 t 检验(魏凤英[9])。需要检验某一变量在不同时刻的线性相关和两种气候变量的线性相关显不显著, 即检验相关系数为多少算是存在显著相关。通常由相关系数 r, 来反算 t 值。

$$t = \sqrt{n-2} \frac{r}{\sqrt{1-r^2}}$$

遵从自由度为 $v = n - 2$ 的 t 分布。给定显著性水平 α , 根据 t 分布表, 若 $t > t_\alpha$, 则拒绝原假设, 认为相关系数是显著的。

2.2.2. 自然正交函数(EOF)分解

自然正交函数的基本原理是将气象要素场序列分解为正交的时间函数与正交的空间函数的乘积之和:

$$F = TX$$

其中 T 和 X 分别为时间函数和空间函数矩阵。由于空间函数 X 与时间的变化无关, 仅随空间位置的不同而变化, 所以常将其视为典型场, 时间函数 T 仅依赖于时间坐标, 常把它看作典型场的权重系数。那么实际场就是若干个典型场按不同的权重线性叠加的结果, 前几个典型场往往占到了实际场的大部分方差贡献率, 所以基本用前几个典型场就可以表现出实际气象要素场的主要特征(孔玉寿[10])。

2.2.3. 合成分析

本文中用到的合成分析的具体做法是: 先将某一时间序列进行标准化, 例如本文中用到 1979~2019 年逐年夏季的遥相关指数, 标准化后的时间序列大于等于 1 的年份就表示该年该气象要素的特征是显著正异常的, 小于等于 1 的年份表示显著负异常。然后将逐年的某气象要素场, 例如位势高度场, 关于标准化后的该时间序列值大于等于 1 和小于等于 1 的年份分别进行平均, 那么平均后的气象要素场就将这种正(负)异常进行了放大和突出, 从而可以更加直观地分析某种影响因子对该气象要素场的影响(张英华[11])。

3. 研究结果

3.1. 西南地区高温热浪次数分布特征

3.1.1. 定义

按照世界气象组织(WMO)的标准, 高温热浪天气是指某地区连续三天以上日最高气温高于 32°C 。而在我国, 连续至少三天最高温度大于 35°C 算一次高温热浪, 本文利用西南地区 1979~2019 年 6~8 月逐日最高温度数据统计该地区高温热浪分布情况。

3.1.2. 高温热浪次数的空间分布

从图 1 中可以看出, 41 年来高温热浪的高频区主要集中在重庆、四川东部和广西地区, 其次发生在

贵州东部。其中重庆大部分地区次数在 30 次以上，部分地区为 101~200 次，最高频次为 201~279 次；四川东部地区多为 51~100 次，和广西壮族自治区情况一致。云南绝大部分地区高温热浪次数较少，都在 30 次以下。四川盆地西部热浪次数也较少，多处站点显示在 10 次以下。总体看来，西南地区高温热浪次数分布东多西少，重庆地区为大值区。

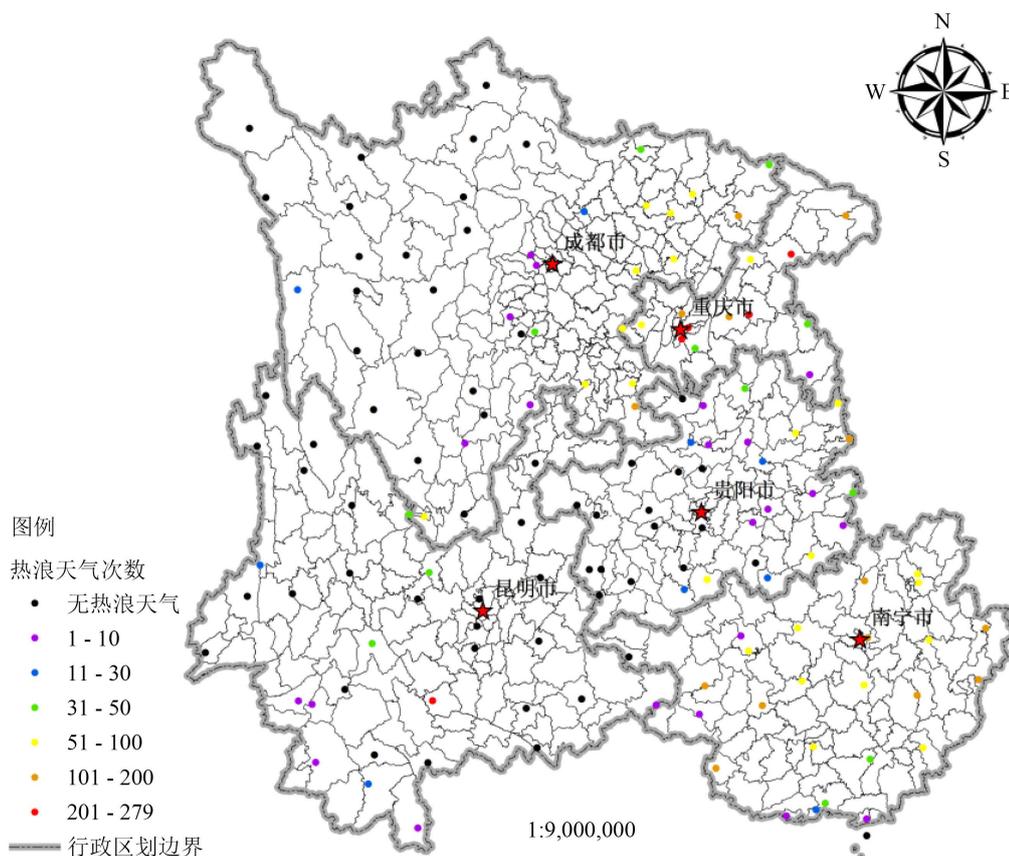


Figure 1. Heat wave frequency distribution in southwest China from 1979 to 2019

图 1. 1979~2019 年我国西南地区高温热浪次数分布

3.1.3. 西南地区高温热浪次数的 EOF 分析

对标准化后的 1979~2019 年西南地区 148 个测站逐年的高温热浪次数进行 EOF 分解，能够很好地得到不同区域高温热浪次数的时空分布特征。如表 1 所示，EOF 分析的第 1~5 个空间分量的总方差贡献率为 69.8%，其中第 1、2 个空间分量占比就过半(60.8%)，这说明应该主要分析前两个分量的时空分布特征，它们能很好地反应整体情况。

Table 1. Contribution rate of variance of each component of EOF analysis (%)

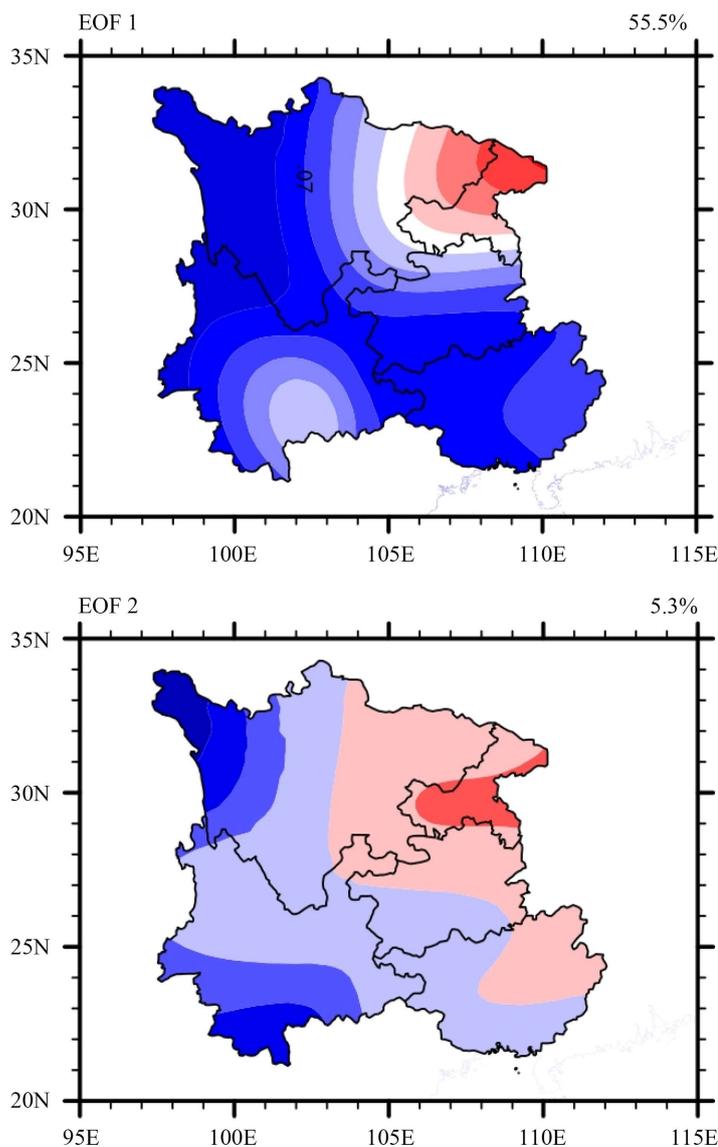
表 1. EOF 分析各分量的方差贡献率(%)

分量序号	1	2	3	4	5	累积方差贡献率
EOF	55.5	5.3	3.4	3.0	2.6	69.8

从高温热浪次数 EOF 分析第 1 分量的空间分布图(如图 2)中看出了西南地区高温热浪天气的一致性特征，即研究区都为正值，除了重庆、四川东部地区的值超过了 0.1，其他大部分地区的值都介于 0.02~0.1

之间,即整体上呈现同位相变化。且此分量的空间分布特征占了总体方差的一半以上,说明研究区高温热浪的主要分布特征应该是西南地区是在同种天气系统的影响和控制下形成的高温热浪天气。从第1分量的时间分布图(如图3)中可以看出,其值从2000年开始由负值转为正值,1979~2000年负值逐渐减小,2000~2019年正值波动基本不大,但2006年是个例外,其值猛增至3.8,达到了历年来的最大值。

EOF分析第2分量的空间分布情况(如图2)与第1分量相似,研究区东部的值明显高于西部,即四川盆地东部、重庆、贵州大部分地区以及广西部分地区的值偏高,云南及各省其他地方的值偏低。这一分布情况表明西南地区高温热浪天气具有明显东西差异的变化特征。而时间分布图(如图3)中可以看出1990年前为负值且变化不大,其余年份多为正值,但在2006年却突变为-4.0。第3、4分量的空间分布(如图2)与第1、2分量相比差别较大,整体说来值都偏大。第3分量的空间分布只有云南南部和四川西北地区的值偏小,而第4分量的分布图却显示四川东部与重庆部分地区的值最小,为0.1。第3、4分量的时间分布(如图3)基本都是正负值交替,但近几年都为正值,说明近年来高温热浪天气越来越多。第5分量的方差贡献率占比较小,不对其时空分析作过多分析,主要参考前四个分量的变化特征。



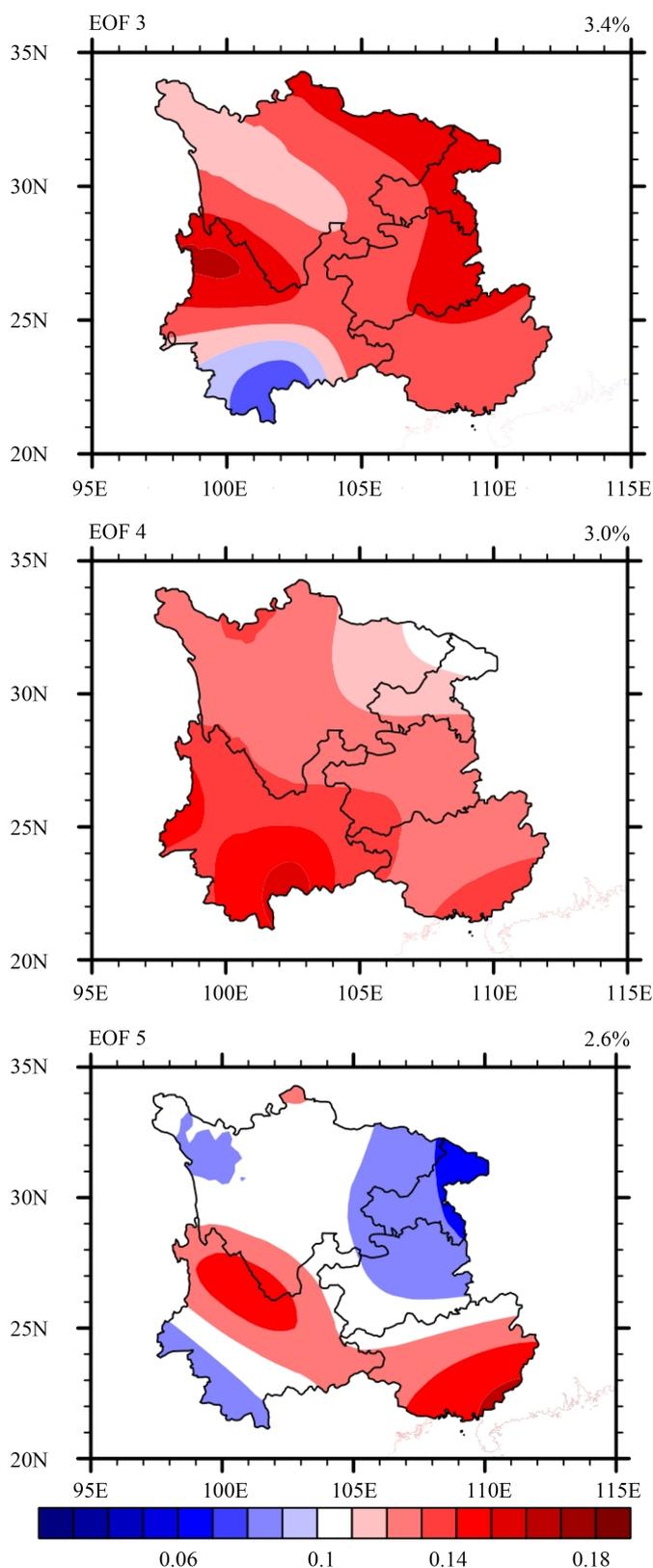
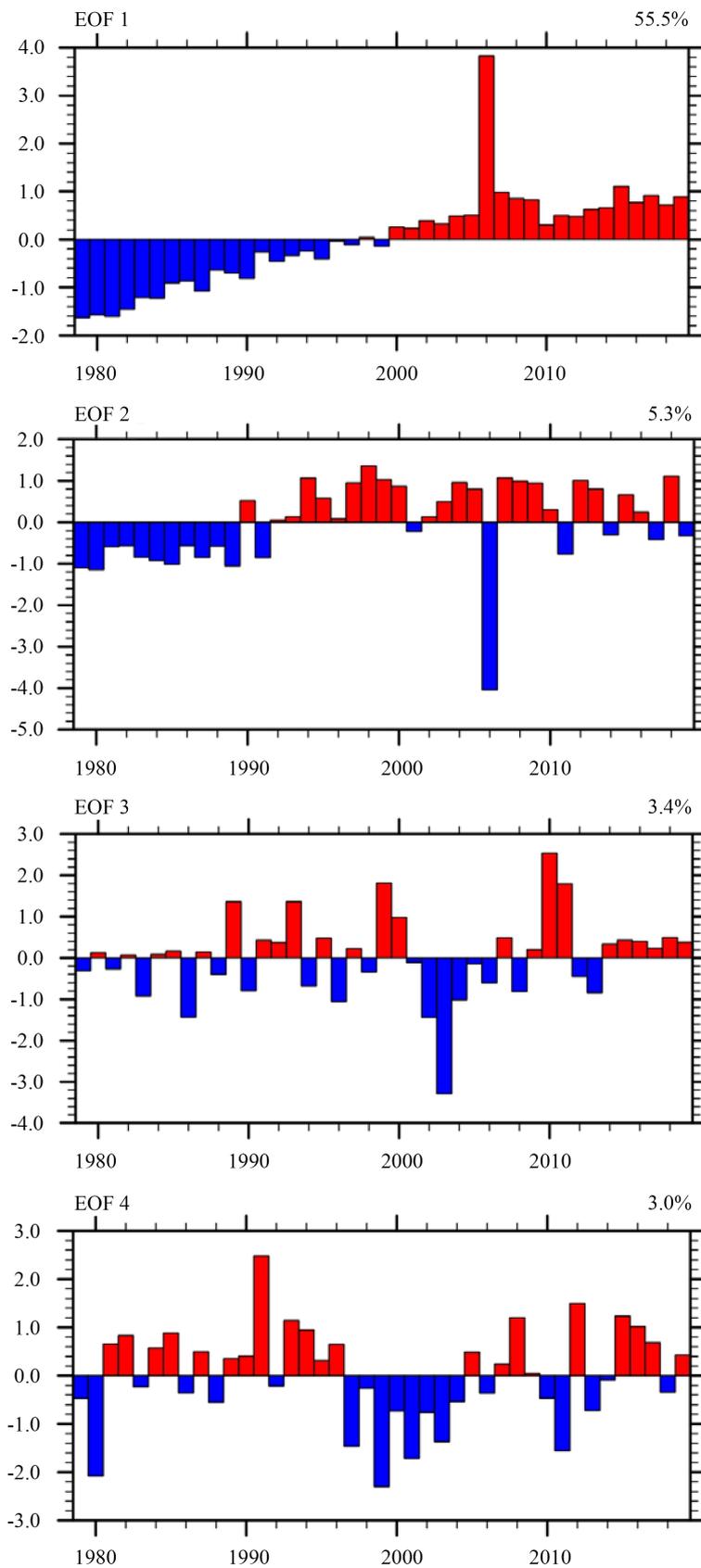


Figure 2. EOF analyzes the spatial distribution of components 1, 2, 3, 4 and 5
图 2. EOF 分析第 1、2、3、4、5 分量的空间分布



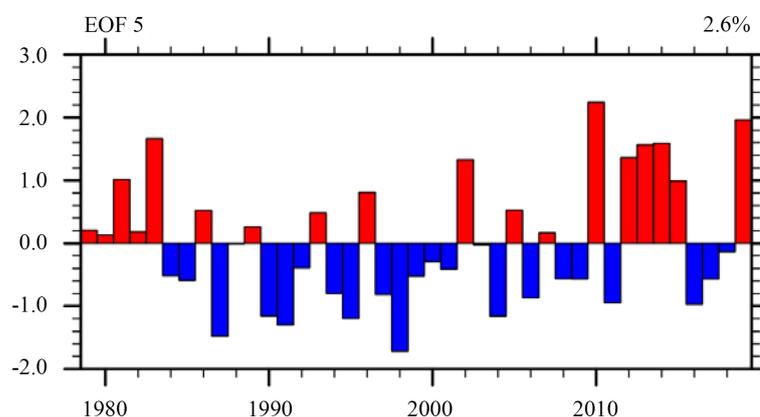


Figure 3. EOF analyzes the time distribution of components 1, 2, 3, 4 and 5
图 3. EOF 分析第 1、2、3、4、5 分量的时间分布

3.2. 遥相关型对高温热浪天气的影响

不同的遥相关型有不同的空间结构和变化特征，其环流形势也大不相同，因此对我国西南地区高温热浪的影响和重要性也会有较大差异。为了得到对我国西南地区高温热浪有显著影响的遥相关型波列，从而重点研究分析其带来的影响，经查阅了多篇研究遥相关型的参考文献和有关书籍之后，得到了一个重要结论，即东亚-太平洋遥相关型(EAP)对东亚夏季的气候有比较大的影响，因此本文主要研究的是EAP给研究地区高温热浪天气带来的影响。

EAP 遥相关型是由于南海及菲律宾附近地区发生的一些对流异常激发出了一系列向北传播的罗斯贝波，然后在东亚的沿岸地区生成的一些正负相间的波列。EAP 遥相关型的中心位置主要是能反映鄂霍茨克海附近的阻高和西太平洋副热带高压这两个十分重要的环流系统的一些变化，而这几个环流系统又恰好反映了东亚季风几个重要成员的变化，因此可以看出这个遥相关型与东亚地区夏季气候的变化存在十分密切的联系。黄荣辉[12]指出了如果由于菲律宾附近有对流活动的加强，而引起了 EAP 遥相关型的扰动异常，从而使得我国华南和南亚地区上空的高度场出现了负距平、江淮地区及日本上空的出现正距平、东北地区出现了负距平，并且致使副高增强，会导致江淮流域发生干旱。蔡学湛[13]同样通过 EAP 遥相关型定义了一组东亚夏季风环流异常指数，该指数可以清楚反映副热带高压的变化以及东亚季风系统的变化情况。于淑秋[14]经研究发现，东亚西太平洋地区 500 hPa 位势高度距平 EOF 分析的第一模态明显具有经向 EAP 遥相关型的特征结构，并将其对应的一系列时间系数作为相应的 EAP 指数，该指数同样可以很好的表示夏季风的强弱变化。

3.2.1. EAP 的年际和年代际变化特征

本文参照黄刚等[15]的定义来计算-太平洋遥相关指数(I_{eap})用以更好地定量化表征 EAP，并且该指数对夏季风变化的反映很明显。

$$I_{\text{eap}} = \text{NOR} \left(-0.25Z'_s(20^\circ N, 125^\circ E) + 0.5Z'_s(40^\circ N, 125^\circ E) - 0.25Z'_s(60^\circ N, 125^\circ E) \right)$$

其中 $Z' = Z - \bar{Z}$ (Z 为某年夏季该点的 500 hPa 位势高度， \bar{Z} 为气候平均态)， $Z'_s = Z' \sin 45^\circ / \sin \phi$ ， ϕ 为纬度， $\text{NOR}(X)$ 指对 X 进行标准化处理。

根据上面的公式计算出了 1979~2019 年 6~8 月份东亚-太平洋遥相关型的标准化时间序列指数，用以分析 EAP 波列的年际以及年代际的变化特征。如图 4，从它的 11 年滑动平均曲线图中可以看出，1984~1995 年 EAP 指数为负值，在 1996 年转为正值，并在 2010 年再次转为负值。因此可以发现它的年

际变化十分明显，在总体上呈现出了先下降再上升最后又下降的趋势，其年代际变化则主要是先上升再下降的趋势，并且是在 2009 年左右开始下降的，但是每次变化的强度又都比较弱。

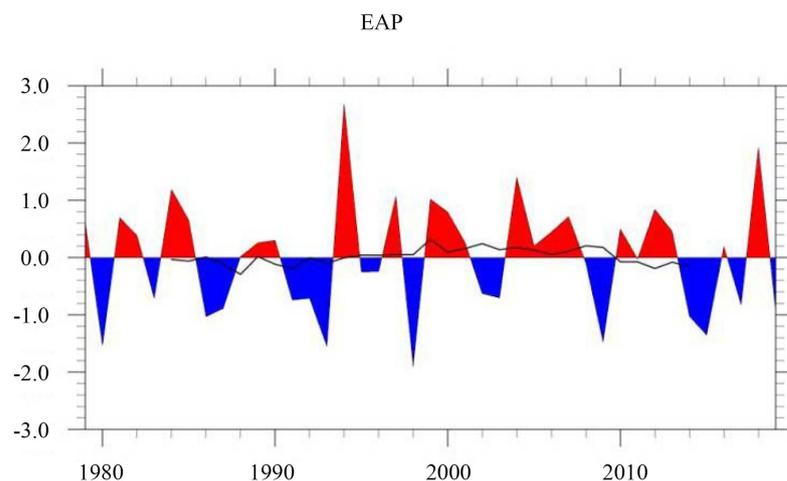


Figure 4. Interannual variation curve and 11-year moving average curve of EAP index from summer 1979-2019

图 4. 夏季 1979~2019 年 EAP 指数的年际变化曲线及 11 年滑动平均曲线

3.2.2. EAP 典型正负异常年定义

对 1979~2019 年间的 EAP 指数典型正负异常年份进行统计，定典型正异常年($I_{\text{cap}} \geq 1$)和典型负异常年($I_{\text{cap}} \leq -1$)，以便进一步分析 EAP 遥相关型对东亚地区环流形势的影响。

表 2 统计出了 1979~2019 年 EAP 典型正负异常指数对应的年份，得到结果显示典型正负异常年占总年数的四分之一左右。从表中可以看到，典型负异常年份要多于典型正异常年份，但总数相差不多，比较均衡。其中典型正异常指数在 1994 年达到极大值(2.6)，典型负异常指数在 1998 年达到极大值(-2.0)。

Table 2. Statistics of typical positive and negative abnormal index years from 1979 to 2019

表 2. 1979~2019 年典型正负异常指数年份统计

$I_{\text{cap}} \geq 1$	1984, 1994, 2004, 2018
$I_{\text{cap}} \leq -1$	1980, 1993, 1998, 2009, 2015

3.2.3. 东亚太平洋遥相关型(EAP 波列)的影响

位势高度场是最能体现一种遥相关型的异常分布情况的，因此我们主要是通过重点研究 EAP 遥相关型在 500 hPa 位势高度场上的分布图，进而分析它所带来的一系列影响。从图 5 中可以比较清楚地看到在东亚地区典型正异常指数年与典型负异常指数年在 500 hPa 位势高度场上的分布呈现出了比较明显的反位相。在 EAP 波列的典型正异常年(图 5(a))，在北纬 60°，东经 65°的附近，有十分明显的正距平中心，其中心值甚至超过了 30 gpm。并且在鄂霍次克海的附近地区，也有比较明显的位势高度场的一个正异常中心。而从贝加尔湖到日本这一带为一个明显的负距平区，它的中心基本是处于贝加尔湖到日本的中间部分，并且在我国北方地区和西南大部分地区，有一西北-东南走向的位势高度距平场负异常区。在朝鲜半岛处有一个比较弱的低压槽，由于我国西南的大部分地区都受负距平的控制，因此中纬度地区的低槽开始不断发展，同时高纬的正距平区也存在一个高压脊，即鄂霍次克海附近的阻高，这些系统对西南地区的天气会产生很大的影响。总体看来，东亚地区基本是由负距平所控制的，这就表明了东亚夏季风

是比较强的,而此时副高脊线还在西太平洋上,是一个较小的闭合中心。因此西太副高的影响区域还比较小,且其脊线位于 30°N 以北。

在EAP波列的典型负异常年(图5(b)),在北纬 55° ,东经 70° 附近出现了明显的位势高度场负异常,负异常的中心值达到了 30 gpm 。在我国南方地区,也出现了位势高度的负异常分布,由此可得副热带高压是偏弱的。而在我国北方地区和西南大部分地区位势高度是正异常的,这与典型正异常年的情况相反。在中西伯利亚平原和欧洲等地区,有比较明显的位势高度正异常,而在日本和鄂霍次克海附近,也都分别出现了位势高度场的正异常和负异常,虽然它们并不是十分显著的。相较于典型正异常指数年,我国西南大部分地区上空由位势高度负距平变为位势高度正距平,这种分布情况说明了东亚夏季风还是比较弱的状态,但同时西太副高的强度却比较强,其位置相对偏南,且其高压脊不断向西发展。

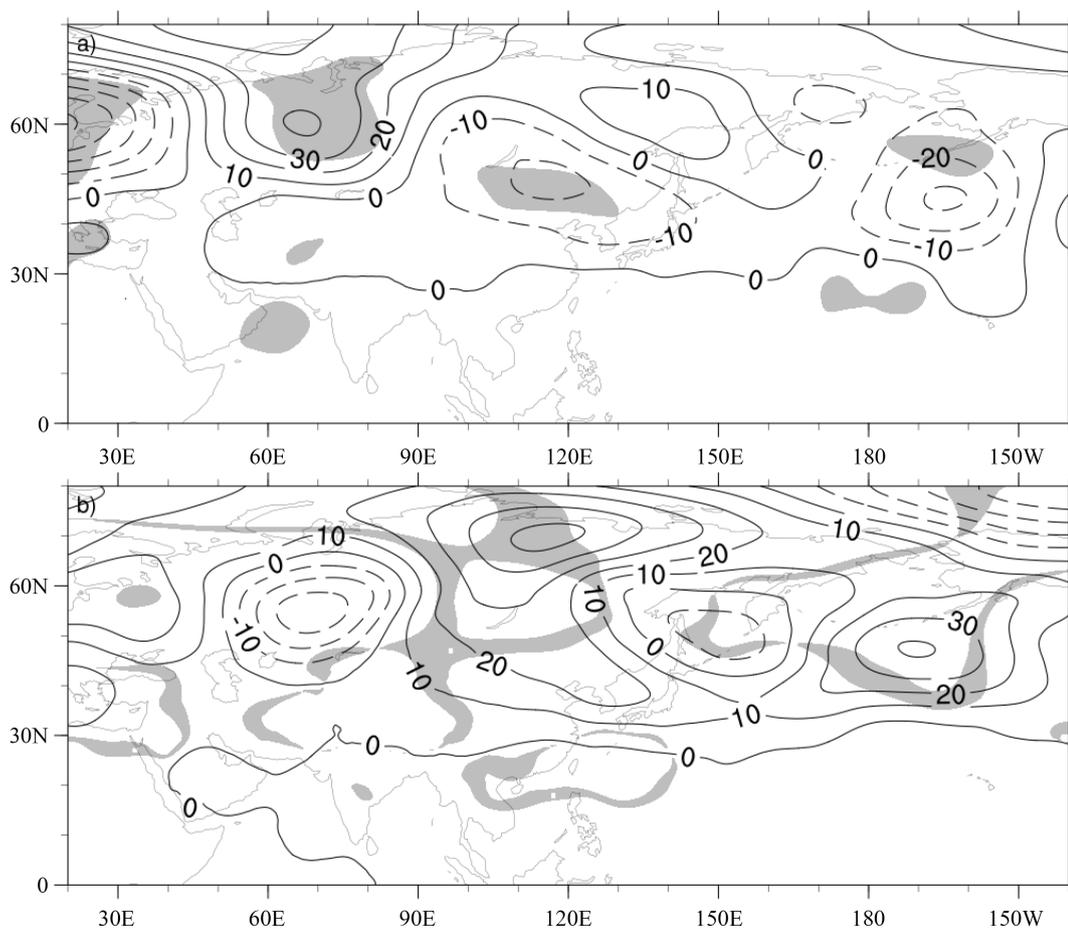


Figure 5. The composite difference of the 500 hPa potential height field of EAP index in typical positive (a) and negative (b) years with respect to the average climate height field in the summer of 1979-2019 (the shaded part in the figure indicates that it passed the significance test of 90% reliability level)

图 5. EAP 指数典型正(a)、负(b)异常年的 500 hPa 位势高度场相对于 1979~2019 年夏季气候平均高度场的合成差异(图中的阴影部分表示通过了 90% 信度水平的显著性检验)

4. 结论与展望

4.1. 主要结论

本文以我国西南地区 1979~2019 年夏季高温热浪天气为研究对象,首先分析了高温热浪次数的一些

基本分布情况, 然后通过 EOF 分解分析高温热浪的时空分布特征, 最后分析了东亚 - 太平洋遥相关型 (EAP) 对西南地区高温热浪天气的影响。全文的主要结论如下:

1) 1979~2019 年来我国西南地区高温热浪的频发区主要集中在重庆、四川盆地东部和广西地区, 其次发生在贵州东部。云南省绝大部分地区高温热浪次数较少, 都在 30 次以下。四川盆地西部热浪次数也较少, 多处站点显示在 10 次以下。从总体看来, 西南地区高温热浪次数的分布明显呈现东多西少的趋势, 并且重庆地区为高温热浪次数大值区。

2) 对西南地区 1979~2019 年发生过的高温热浪次数做 EOF 分解, 得到其时间和空间的分布特征。分析发现西南地区高温热浪次数具有整体增多的趋势, 近几年都在增加但变化幅度不大, 但是 2006 年是明显增多的异常年份。而且其空间分布具有明显的东西差异, 在四川东部和重庆地区为大值区, 其次是贵州和广西大部分地区, 云南高温热浪次数较少。高温热浪次数在空间分布上具有比较明显的差异, 可能是因为受到了地形、气候和人类行为等多方面因素的共同作用。西南地区的地形十分地复杂多变, 同时拥有高原、山地、丘陵、盆地、平原等多种地形, 并且海拔差距也大, 这些因素对高温热浪天气有很大的影响。

3) EAP 遥相关型的年代际变化不明显, 其主要是以年际变化为主的。EAP 指数典型正负异常年的大尺度环流场具有比较明显的差异, 典型正异常指数年, 在鄂霍次克海附近地区, 有比较明显的位势高度场的正异常中心, 且东亚夏季风也较强, 西太副高脊线偏北偏东, 且强度较弱; 典型负异常指数年则刚好相反, 鄂霍次克海附近出现了位势高度场的负异常, 而东亚夏季风也比较弱, 但西太平副高脊线偏南偏西, 且强度较强。从上面的分析中可以看出 EAP 遥相关型在 500 hPa 高度场中的异常分布明显的影响了温度和大尺度环流形势, 由此可进一步影响我国西南地区以及整个东亚的气候。

4.2. 存在的问题与展望

从本文的一系列研究中可以了解到 1979~2019 年我国西南地区高温热浪次数的时空变化特征、东亚 - 太平洋遥相关型的年际和年代际变化特征及其典型正负异常指数年的 500 hPa 位势高度场的分布特征。

但是由于时间和精力有限, 本文只着重分析了东亚 - 太平洋(EAP)遥相关型对西南地区高温热浪天气的影响, 没有分析其他遥相关型(如太平洋 - 日本波列、欧亚 - 太平洋遥相关型等)的作用。并且还应对 EAP 波列的空间结构、波动的维持和传播以及 EAP 对我国西南地区气温的具体影响机制进行深入研究。

基金项目

国家科技支撑计划(2015BAC03B05)、国家气象中心项目(YBGJXM(2019)04-01)和成都信息工程大学大学生创新训练计划(201810621168)支持。

参考文献

- [1] Karl, T.R., Kukla, G., Razuvayev, V.N., *et al.* (1991) Global Warming: Evidence for Asymmetric Diurnal Temperature Change. *Geophysical Research Letters*, **18**, 2253-2256. <https://doi.org/10.1029/91GL02900>
- [2] Mantou, M.J., Della-Marta, P.M., Haylock, M.R., *et al.* (2001) Trend in Extreme Daily Rainfall and Temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *International Journal of Climatology*, **1**, 269-284. <https://doi.org/10.1002/joc.610>
- [3] 周长艳, 张顺谦, 齐冬梅, 等. 近 50 年四川高温变化特征及其影响[J]. 高原气象, 2013, 32(6): 1720-1728.
- [4] 王鹏祥, 杨金虎. 中国西北近 45a 来极端高温事件及其对区域性增暖的响应[J]. 中国沙漠, 2007, 27(4): 649-655.
- [5] 张智, 陈玉华, 周红. 河套及其相邻区夏半年极端气温的时空变化特征[J]. 自然灾害学报, 2014, 23(2): 190-197.
- [6] 常军, 李素萍, 余卫东, 等. 河南夏季高湿气候特征及 500 hPa 环流型[J]. 气象科技, 2008, 35(6): 776-780.
- [7] Lau, K.M. and Peng, L. (1992) Dynamics of Atmospheric Teleconnections during the Northern Summer. *Climate*, **5**,

140-158. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1992\)005<0140:DOATDT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1992)005<0140:DOATDT>2.0.CO;2)

- [8] 吕俊梅, 琚建华. 热带西太平洋海温距平与波传播对和年东亚夏季风异常影响的差异[J]. 大气科学, 2006, 30(5): 977-987.
- [9] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第二版)[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 325-347.
- [10] 孔玉寿, 钱建明, 臧增亮. 统计天气预报原理与方法[M]. 北京: 气象出版社, 2010: 91-95, 397-427.
- [11] 张英华. 中国东部夏季极端高温的空间分布特征及其环流成因研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2015.
- [12] 黄荣辉. 引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究[J]. 大气科学, 1990, 14(1): 108-117.
- [13] 蔡学湛. 东亚夏季风异常大气环流遥相关及其对我国降水的影响[J]. 气象科学, 2009, 29(1): 46-51.
- [14] 于淑秋, 林学椿, 施晓晖. 东亚夏季风的年际变化及其与环流和降水的关系[J]. 地理学报, 2008, 63(7): 751-760.
- [15] 黄刚, 严中伟. 东亚夏季风环流异常指数及其年际变化[J]. 科学通报, 1999, 44(4): 421-424.