

任永建, 杜良敏, 肖莺, 等. 近 49 年来湖北省极端高温事件及其对区域增温的贡献[J]. 气象, 2012, 38(9): 1145-1149.

近 49 年来湖北省极端高温事件 及其对区域增温的贡献^{*1}

任永建¹ 杜良敏¹ 肖 莺¹ 万素琴¹ 孙善磊²

¹ 武汉区域气候中心, 武汉 430074

² 南京信息工程大学, 气象灾害省部共建教育部重点实验室, 南京 210044

提 要: 收集了湖北省 1961—2009 年 76 个站点的逐日温度数据, 选择其中通过均一化检验的 33 个站点作为研究对象, 分析了湖北省年极端高温的发生频率、强度变化及对区域性增温的贡献。研究表明: 湖北省年极端高温发生频次与海拔高度相关性较好, 极端高温发生频次呈东西减少、中部增加的趋势; 极端高温发生频率的地理分布一致性较好, 江汉平原及东北部易出现极端高温事件; 西南部的极端高温强度较弱; 极端高温事件的发生频率与夏季平均气温呈正相关, 东北部的相关程度较西部显著。

关键词: 均一化检验, 极端高温, EOF, 标准化

The Extreme High Temperature Events and Contribution to Regional Warming in Recent 49 Years in Hubei Province

REN Yongjian¹ DU Liangmin¹ XIAO Ying¹ WAN Suqin¹ SUN Shanlei²

¹ Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074

² Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

Abstract: Out of the 76 sites' daily temperature data in 1961—2009 in Hubei Province, the 33 sites were chosen as a research object by homogenization test. The occurrence frequency of extreme high temperature in Hubei Province, intensity changes and response to the regional warming were analyzed. The results show that, the frequency of extreme high temperature is correlated well with the altitude, and that frequency of extreme high temperature displays decreasing in east and west directions and increasing in central. The spatial distribution in the frequency of extreme high temperature shows better consistency, and extreme high temperature events are prone to take place in Jiangnan Plain and its northeast. The frequency of extreme high temperature events is positively responding to the summer mean temperature, and in relation to the western, the northeast response is more significant.

Key words: homogenization test, extreme high temperature, EOF, standardization

引 言

近百年来(1906—2005 年)地球气候正经历一

次以全球变暖为主要特征的显著变化^[1], 我国的气候变化趋势与全球变化基本一致^[2]。气候变暖在一定程度上使天气和气候事件的出现频率发生变化^[3-4]。近年来, 各国气象工作者已对极端气候事件

* 中国气象局气候变化专项(CCSF-2010-04)和中国气象局小型建设项目“极端天气气候事件监测系统”共同资助
2011 年 6 月 13 日收稿; 2012 年 3 月 2 日收修定稿
第一作者: 任永建, 主要从事气候变化及气候资源研究. Email: ryj407@163.com

从不同的角度展开了研究。

Brabson 等^[5]研究英国中部地区 1772—2000 年的日平均气温记录时,发现夏季高温和冬季低温平均 10 年一遇的极端气温事件发生频率都增大。Nogaj 等^[6]利用 NCEP 再分析资料(1947—2004 年)研究发现北大西洋地区($30^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 、 $80^{\circ}\text{W}\sim 40^{\circ}\text{E}$)极端高温事件频数增加的同时,其振幅大小却没有变化。Griffiths 等^[7]从不同出发角度及极端气温定义方式研究了亚太地区的极端气温变化情况,结果发现超过一半的站点暖夜数显著增加,冷日和冷夜数显著减少。从中国整体来看^[8-10],热天数有较小的减少趋势;冷日数显著减少;暖日和暖夜发生频率有增加趋势;冷日数减少,冷夜数减少更明显。任福民等^[11]利用 1951—1990 年的极端温度资料发现,中国极端温度的变化趋势存在较大的季节性和明显的地域性差异。从区域特征研究发现,华东高温日数在华东中南及西南部较多,而在华东东部沿海和北部较少^[12];西北地区年极端高温事件发生频次均表现为增加趋势,同区域性增暖呈显著的正响应关系^[13]。张天宇等^[14]研究发现,年极端高温发生频次的增加对于重庆区域增暖的响应最显著,而年极端高温的升高比年极端高温频次的增加对区域性增暖的响应偏弱。

尽管已经对极端气候有了很多研究成果,但由于对极端气候事件定义方式不同,所用资料的时间序列长度、地理分布密度或资料类型不同,以及趋势检验方法等问题,使得不同研究所得结果之间难以比较,更无法将不同地区的研究结果组合成一个整体来反映极端事件的整体变化特征。在全球气候变暖背景下,研究湖北极端气温的变化特征及其对区域增温的影响,了解其区域变化特点,有助于深入理解气候变化规律及探讨气候变化的原因。

1 资料及年极端高温的定义

气象资料来自湖北省 76 站 1961—2009 年逐日的气温资料。首先对研究区域中站点的平均气温、平均最高气温和平均最低气温的年时间序列进行均一化检验,采用方法为标准正态检验(SNHT)、多线性回归(MLR)、Buishand、Pettitt、二项回归检验(two-phase regression)和 Rodionov 6 种方法。利用逐步筛选方法,将非均一性非常严重的台站分布挑选出来,剩下的即为均一性较好的台站;根据客观

方法挑选出的台站,采用主观的方法,人工增加和剔除部分台站,使最终确定下来的台站在地理分布上比较均匀,选取通过均一化检验的 33 个站点作为研究对象,图 1 给出了通过均一化检验的 33 个气象站点的地理分布,采用叠加地形处理。

极端高温具体定义方法是:将某站 1971—2000 年中同日最高温度资料按升序排列,得到该日第 90 个最高温度的百分位值,照此方法可得到 366(或 365)个最高温度的 90 个百分位值,将之作为极端高温事件的阈值。如果某日的最高温度超过了该日的极端高温事件的阈值,则认为该日出现了极端高温事件。

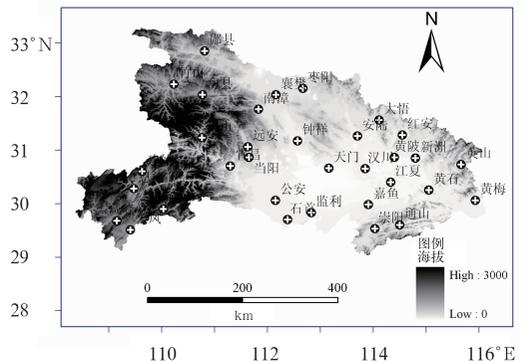


图 1 湖北省通过均一化检验站点的地理分布
Fig. 1 The geographic distribution of stations through homogenization test in Hubei Province

2 年极端高温发生频次的分布特征

图 2a 为湖北省近 49 年来极端高温发生频率多年平均的地理分布。可以发现,极端高温发生频率的多年平均存在明显的空间差异,多年平均在 23~29 d 之间。发生频率最多的地区出现在海拔较低的江汉平原和鄂东地区,均超过了 26 d;海拔较高的西部发生频率相对较少,在 23~26 d。可以发现,极端高温发生的频率与海拔高度关系密切,高海拔的站点极端高温发生的频率偏少,低海拔的站点极端高温发生的频率偏多。

为了更好地研究湖北省极端高温发生频率的年内变化特征,通过极端高温发生频率气候倾向率可以发现(图 2b),湖北省大部地区极端高温发生频率呈现减小的趋势,西北部减小趋势显著,每 10 年减少 1.5 d 以上,其中郧县减少速率达 $4.9 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,为湖北省极端高温发生频率减少之最;其次是

南漳和襄樊,减少速率分别为 4.3 和 $3.0 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ 。仅中部和东部地区的极端高温发生频率增加,其中黄梅的增加速率最大为 $1.9 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,其次是建始和远安,增加速率分别为 1.6 和 $1.3 \text{ d} \cdot$

$(10 \text{ a})^{-1}$ 。因此,湖北省 49 年极端高温发生频次呈西部减少、中东部增加的趋势,其中西北部减少趋势高于西南部。

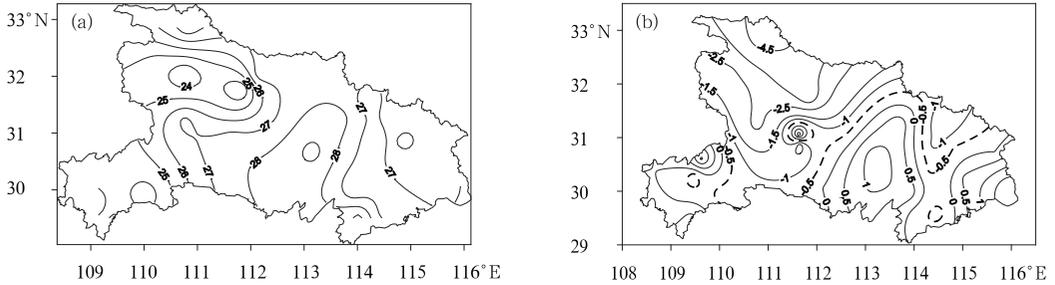


图 2 1961—2009 年湖北省年极端高温多年平均发生频次(a)和气候倾向率[b,单位: $\text{d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$]
Fig. 2 The annual occurrence frequency of extreme temperature (a) and its trend rate [b, unit: $\text{d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$] in Hubei Province from 1961 to 2009

为了解湖北省年极端高温事件的空间异常特征,对 1961—2009 年湖北省年极端高温发生频次时间序列进行 EOF 分解,其载荷量场可描述极端高温事件的空间特征。图 3 给出了年极端高温事件经 EOF 分解得出的第 1 载荷向量场,此向量场方差占总方差的 92.5%,其特征值非常具有代表性。从第 1 载荷向量场(图 3a)可以看出,整个区域表现为一致的正值,是湖北省极端高温空间变化的最主要分布

类型。表明尽管湖北省地形复杂,但极端高温发生频率的地理分布仍有很好的 consistency。这种变化特征表明湖北省一般受同一大尺度天气系统控制,极端高温事件发生的频次呈同位相变化特征。江汉平原及东北部地区载荷值较大,表明这些区域极端高温事件容易出现异常,而西南地区载荷值较小,表明这一区域不易出现异常极端高温事件。

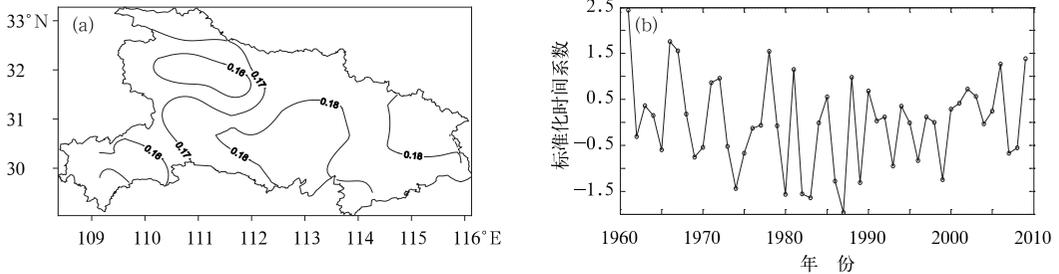


图 3 1961—2009 年极端高温发生频次 EOF 第一模态(a)及其对应的标准化时间系数(b)
Fig. 3 The EOF first mode in occurrence frequency of extreme temperature (a) and the corresponding standardized time coefficients (b) from 1961 to 2009

图 3b 给出了年极端高温发生频次 EOF 第一模态对应的标准化时间系数曲线。极端高温的总体特征表现为 20 世纪 60 年代极端高温日数以偏多为主,70 年代至世纪末以偏少为主,21 世纪初则偏多。总体上看,极端高温日数呈微弱的下降趋势,变化趋势不显著;其中 60 年代初至 80 年代中期极端高温日数呈减少趋势,变化速率为 $-0.5 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$;而后则呈增加趋势,变化速率为 $0.5 \text{ d} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,而

全国高温热浪事件在 20 世纪 70 年代中期至 90 年代中期发生频率偏少,21 世纪初偏多,呈较显著的增加趋势^[15]。极端高温主要发生在夏季,极端高温日数出现较多的时期,表明这段时间湖北省夏季高温酷热严重,而极端高温日数较少则表明夏季最高气温较低,凉夏的年份则比较明显。为了搞清楚湖北近 49 年来极端高温事件发生频次的周期变化特征,对极端高温发生频次的标准化时间序列进行功

率谱分析,发现近 49 年来一直存在 3 年左右的变化周期。

3 极端高温的强度变化

本文定义用超过阈值的所有极端高温的平均值来表示极端高温的强度。图 4a 给出了 1961—2009 年多年平均的年极端高温强度。可以发现,湖北省西南部的极端高温强度较弱,在 35°C 以下;中部及江汉平均的高温强度在 $35\sim 36^{\circ}\text{C}$,东部的极端高温强度则较强在 36°C 以上;西北部极端高温强度最强

在 $36.5\sim 38^{\circ}\text{C}$ 之间,其中兴山的极端高温强度最大为 38.1°C 。从高温强度变化趋势可以看出,除东南部出现微弱的上升趋势外,湖北省其他地区均为下降趋势,其中南漳下降最显著达 $0.52^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$,其次是郧县,下降速率为 $0.43^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。图 4b 给出了湖北省平均年极端高温强度距平(相对于 1971—2000 年)的逐年变化,总体上看,极端高温强度呈微弱的减小趋势,1966 年出现近 49 年来严重的高温热浪,强度最强;1987 年高温强度最弱,这一年的凉爽也比较明显。就年代际变化特征而言,极端高温强度与频次的变化基本一致。

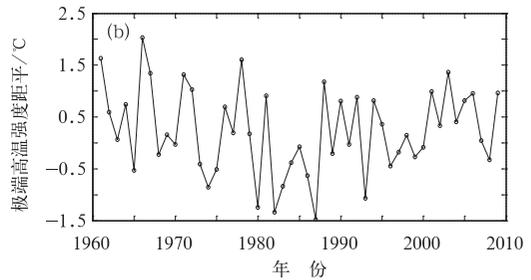
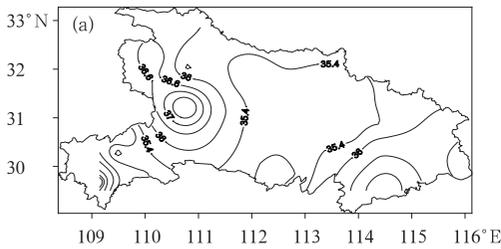


图 4 1961—2009 年湖北省年极端高温强度地理分布(a,单位: $^{\circ}\text{C}$)、平均极端高温强度的逐年变化(b)

Fig. 4 The geographic distribution of the extreme high temperature (a, unit: $^{\circ}\text{C}$) and interannual change of the extreme temperature intensity (b) from 1961 to 2009

4 极端高温的变化对区域性增暖的贡献

4.1 近 49 年来平均气温的变化

研究中发现,华中区域近百年(1905—2005 年)增温主要发生在 20 世纪 20—40 和 90 年代后这两个阶段^[16],夏季“变凉”的趋势比较显著,降温速率

为 $-0.012^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。图 5a 给出了湖北省近 49 年的多年平均气温距平(相对于 1971—2000 年)的逐年变化。可以看出,湖北省夏季平均气温的年代际变化特征比较明显,1961—1990 年总体呈现缓慢下降的趋势,1991—2009 年则表现为上升趋势,增温幅度较大为 $0.42^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$ 。湖北省平均气温均表现为微弱的下降趋势,变化速率为 $-0.038^{\circ}\text{C}\cdot(10\text{a})^{-1}$,高于华中区域的降温速率。

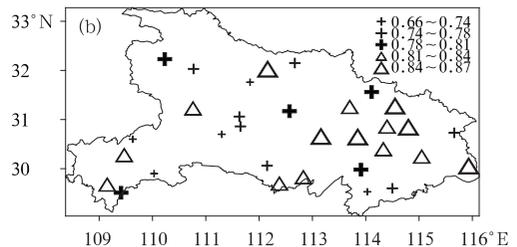
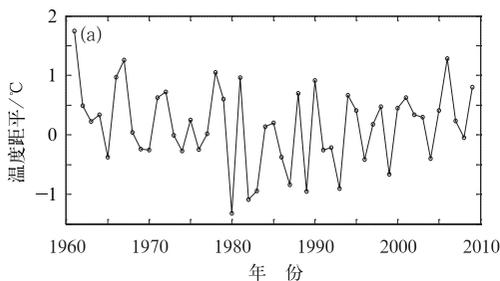


图 5 1961—2009 年湖北省年平均气温距平逐年变化曲线(a)、年极端高温发生频次同夏季平均气温的相关系数(b)

Fig. 5 The interannual variation of annual average temperature anomaly (a) and the correlation coefficients between the in frequency of extreme temperature and the summer average temperature (b)

4.2 极端高温变化对区域性增暖的贡献

为进一步了解湖北省年极端高温发生频次同区域性增暖的关系,图5b给出了年极端高温事件发生频次与夏季平均温度的相关系数的地理分布,从中可以发现所有站相关系数为一致的正值,表明湖北省年极端高温事件发生频率与夏季平均温度为正相关,其中相关系数最大为0.87,最小值是0.66,均通过了信度为0.001的显著性水平检验,并且所有站相关系数的平均值为0.79,这也说明湖北省年极端高温事件发生频率与湖北省区域性增暖的正相关关系比较显著。从相关系数的地理分布可以清楚地看出,东部和北部的相关性较好,这表明年极端高温发生频次对区域性增暖的响应相对较好,而西北部等地响应程度则较差。

5 结论与讨论

(1) 湖北省年极端高温发生频次与海拔高度存在较好的对应关系,高海拔的站点极端高温发生的频率偏少,低海拔的站点极端高温发生的频率偏多。极端高温发生频次呈西部减少、中东部增加的趋势。

(2) 20世纪60年代初至80年代中期极端高温日数呈减少趋势,而后则呈增加趋势。湖北省极端高温发生频率的地理分布一致性较好,江汉平原及东北部地区等区域极端高温事件容易出现异常,而西南部地区不易出现异常极端高温事件。总体上看,极端高温日数呈微弱的下降趋势,同时存在3年左右的周期变化。

(3) 湖北省东部的极端高温强度较强,西南部较弱。除东南部外,湖北省其他地区的极端高温强度呈下降趋势。1966年出现近49年来最严重的高温热浪,就年代际变化而言,极端高温强度与频次的变化基本一致。

(4) 湖北省年极端高温事件发生频率同夏季平均温度为正相关,并且所有站相关系数均很显著。西部等地年极端高温发生频次对区域性增暖的响应

相对较差,而位于东北部等地响应程度则较明显。

参考文献

- [1] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2008: 996.
- [2] 任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近54年中国地面气温变化[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 717-817.
- [3] 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关系[J]. 气象, 2002, 28(3): 3-7.
- [4] IPCC. Climate Change 2001: The Physical Science Basis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2002: 881.
- [5] Brabson B B, Palutikof J P. The evolution of extreme temperatures in the central England temperature record[J]. Geophys Res Lett, 2002, 29(24): 2163-2166.
- [6] Nogaj M, Yiou P, Parey S, et al. Amplitude and frequency of temperature extremes over the North Atlantic region[J]. Geophys Res Lett, 2006, 33(5): L10801.
- [7] Griffiths G M, Chambers L E, Haylock M R, et al. Change in mean temperature as a predictor of extreme temperature change in the Asia Pacific region[J]. International Journal of Climatology, 2005, 25(10): 1301-1330.
- [8] 翟盘茂, 潘晓华. 中国北方近50年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 1-10.
- [9] Zhai P M, Pan X H. Trends in temperature extremes during 1951-1999 in China[J]. Geophys Res Lett, 2003, 30(17): 1913-1916.
- [10] Qian W H, Lin X. Regional trends in recent temperature indices in China[J]. Climate Research, 2004, 27(5): 119-134.
- [11] 任福民, 翟盘茂. 1951-1990年中国极端气温变化分析[J]. 大气科学, 1998, 22(2): 217-227.
- [12] 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.
- [13] 王鹏祥, 杨金虎. 中国西北近45年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.
- [14] 张天宇, 程炳岩, 刘晓冉, 等. 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.
- [15] Ding Ting, Qian Weihong. Geographical Patterns and temporal Variations of Regional Dry and Wet Heatwave Events in China during 1960-2008[J]. Adv Atmos Sci, 2011, 28(2): 322-337.
- [16] 任永建, 陈正洪, 肖莺, 等. 武汉区域百年地表气温变化趋势研究[J]. 地理科学, 2010, 30(2): 278-282.