

我国极端温度事件的定义和趋势分析*

黄丹青, 钱永甫

(南京大学大气科学系灾害性天气气候研究所, 江苏 南京 210093)

摘要: 利用1961–2005年45 a中国日平均温度的站点资料和累积频率的统计方法, 确定了以90% (10%) 累积频率为标准的日、旬、月和季四种不同时间尺度的极端高(低)温事件的阈值。分析表明, 日尺度阈值(简称“日阈值”)用于检测极端高(低)温事件最为合理。但在日阈值的季节变化中包含系统性的天气扰动, 因此需对其进行低通滤波, 滤去8日以下的波动, 最终可得到较为合理的检测极端温度事件的日阈值。对用日阈值检测出的全国极端温度事件, 定义频数(日平均温度等于或超过高阈值的次数)和平均强度(极端温度事件的日平均温度总和与频数的比值)两个参数进行分析, 发现频数的线性趋势表现为: 高温事件(大于等于高阈值)中, 内蒙古和新疆北部均为大趋势区, 而西南地区为小趋势区, 低温事件(小于等于低阈值)则相反, 趋势显著的地区为高温事件中的东北、华北和青藏高原一带。平均强度的线性趋势表现为: 高温事件中, 我国东北地区为负趋势的大值区, 云南西北部和海南省大部分地区为正趋势的大值区。低温事件则相反, 趋势显著区则为高、低温事件中 25°N 的以南地区。

关键词: 累积频率; 日阈值; 低通滤波; 线性趋势

中图分类号: P423 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2008) 03-0112-05

近几十年来, 极端天气与气候事件对国民经济和生态环境造成了严重灾害, 引起了人们越来越多的关注。IPCC 评估报告把天气与气候极端事件分为四类, 其中位居首位的就是极端温度事件。对极端温度的研究集中在对其定义的分析, 马柱国等^[1]在1951–2003年1月和7月平均温度的基础上添加一个修订值作为极端温度的阈值, Andrew F 等^[2]定义连续2–5 d内最高温度大于或者等于给定温度阈值则为极端温度事件。另外, 用各个不同的指数分析极端温度事件^[3–4]也是一个主要研究方向, 主要指数有: 冷夜、暖夜、冷日、暖日、热浪持续指数、寒潮持续指数、霜冻指数、极端温度指数等。除此之外, 目前的研究还关注极端温度事件趋势^[3,5–6]。

以往在极端温度事件的研究中, 对我国范围内的研究较少, 定义极端温度事件的方法较多但不具代表性, 同时大多考虑的是较大尺度的全年的温度场, 但是温度本身就是一个季节性和地区差异很大的变量, 在不同的时间和地点具有不同的特点。因此本文主要以我国日平均温度的站点资料为研究对象, 比较累积频率分布(CFD)方法定义的极端温度事件在不同时间尺度中的差异, 根据温度的季节变化特点, 从中寻求一个合理的定义方法, 并且讨

论极端温度事件的频数和强度的线性趋势的区域特征。

1 方法介绍

本文采用累积频率^[7]的方法, 详细介绍见文献8。当变量取日平均温度时, 其累积频率达到一定的概率分布(一般极端高温事件取90%或者95%, 极端低温事件取10%或5%)时, 可将此概率所对应的温度临界值定义为极端温度的阈值。当某日平均温度等于或超过(或等于或低于)此阈值, 则认为该日发生了极端高(低)温事件。

为了检验线性趋势是否显著, 利用气候趋势系数^[9]研究气象要素在气候变化中升降的定量程度, 选取0.05的显著水平, 查 t 分布表来确定极端温度要素场的线性趋势是否显著。

2 结果分析

2.1 南京站单站分析

2.1.1 不同时间尺度阈值的定义 对南京站1961–2005年45 a的日平均温度资料, 采用累积频率的统计方法以90% (10%) 累积频率为标准, 分别计算出日、旬、月和季四种不同时间尺度的极端

* 收稿日期: 2007–12–01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40675042)

作者简介: 黄丹青(1983年生), 女, 博士生; 通讯联系人: 钱永甫; E-mail: qianzh2@nju.edu.cn

高(低)温事件的阈值。其中,2月28和29日(闰年)用两日的平均值代替。以日阈值为例,将45 a时间长度的每日(365日)温度序列分别通过累积频率的统计方法进行计算,定义出365个高

(低)阈值。其他时间尺度的阈值用上述同样的方式确定。图1为南京站的日、旬、月和季四种不同时间尺度的极端高(低)温事件的阈值分布。

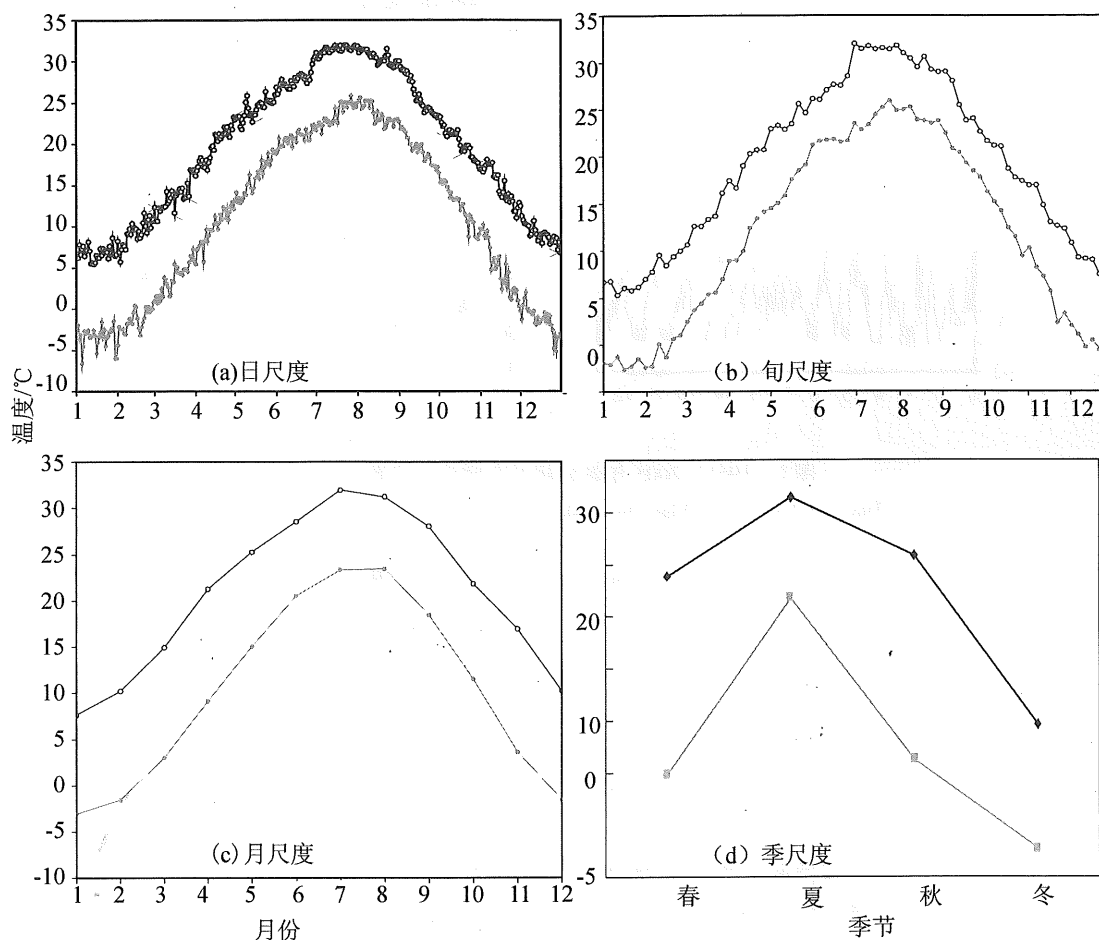


图1 南京站的极端高(低)温事件的阈值分布

Fig. 1 The threshold distribution of warm (cold) extremes in Nanjing station

从图1可知,南京站的日、旬、月和季四种不同时间尺度的高(低)温极端事件的阈值随时间的分布形势基本一致,与日平均温度的季节分布较为相似。四个尺度的阈值分布都包含90%对应的高阈值和10%对应的低阈值。以日阈值为例,高、低阈值的分布都比较细致,其中包含系统性天气扰动的信息,高阈值的取值范围为5~31℃,低阈值的取值范围为-7~25℃。以上得到四种不同尺度的阈值,但是,何种阈值可以更加合理地描述极端温度事件则是接下来需要讨论的问题。

2.1.2 不同时间尺度阈值的比较分析 用不同时间尺度的阈值来检测每天在45 a中出现的极端温度事件的次数,比较极端事件次数随时间(日)

的分布特征。从图2可知,超过日尺度高阈值的日数分布较均匀,为3、4或5 d。超过旬阈值的范围比日阈值广,取值范围在0~14 d。而尺度较大的月阈值和季阈值取值范围更广,并呈现出较为一致的规律。以季阈值为例,超过冬季高阈值日数的大值集中在12月初,夏季的集中在7月底8月初,即大值均对应每季温度较高的时段,这反映的是温度季节性变化的特征,而并非真正的极端高温事件。1961-2005年共45 a每日小于4种尺度低阈值日数的分布也可以得出类似的结论(图略)。通过上述比较可知,以较小尺度的日阈值检测极端温度事件相对合理。

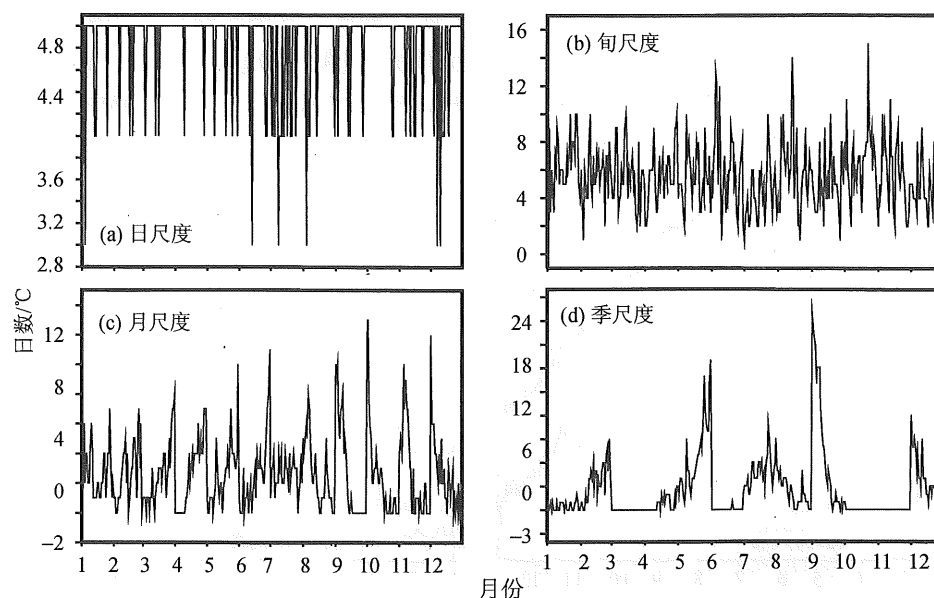


图2 1961–2005年各日超过高阈值的日数分布

Fig. 2 Day numbers above high threshold based on day scale during 1961–2005

2.1.3 对日阈值的修订 上述分析可知,用日阈值定义极端温度事件较为合理,但是从图1中的日阈值分布可知,日阈值的曲线不够光滑,与太阳高度角的变化曲线吻合度不高,其中包含系统性天气尺度扰动的信息。因此对其进行低通滤波加以修正,以滤去8 d以下的波动,最终得到较为合理的极端温度事件的日阈值。

由图3可知,滤波后的日阈值较光滑,已滤去系统性天气尺度的扰动。比较滤波前后的阈值发现,存在明显高于(低于)滤波后的阈值的情况,即说明在某一时段常年都出现高温(低温)的状态,如在6月底、7月初,滤波后的高阈值明显小于滤波前的,其原因将在今后研究。

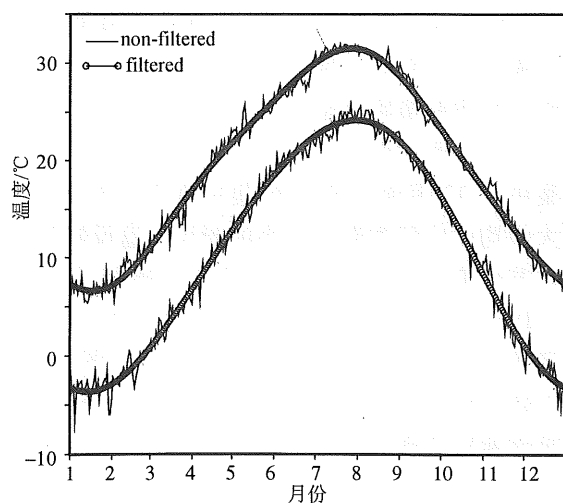


图3 8日滤波后的日阈值分布

Fig. 3 Day threshold distribution after less-8-days low-pass filtration

2.2 全国范围极端温度事件的线性趋势分析

以上通过对南京站的分析,寻求到一个较为合理的定义极端温度事件阈值的方法。以下将此分析方法推广到全国范围。首先选取中国大陆738个测站1961年1月到2005年12月共45 a的日平均温度资料。为了避免缺省数据引起的误差,对站点的选取采用比较严格的标准:任意一年的数据当中缺省值超过5%的站点都已剔除。而且,由于迁站会导致数据的非均一性^[10],因此所有迁过站的站点也都已剔除。经过以上两个步骤,共选出591个站点45 a的日平均温度资料。

对所检测出的极端温度事件,定义频数(日平均温度等于或超过高阈值,称为一次极端温度的高温事件)和平均强度(极端温度事件的日平均温度总和与频数的比值)两个参数进行分析。每个参数,均存在高温事件(大于或者等于高阈值)和低温事件(小于或者等于低阈值)两种情况。文中主要用线性回归的方法分析极端温度事件两个参数的趋势,并用气候趋势系数对其进行显著性检验。

图4为极端温度事件频数和平均强度的线性回归方程斜率。由图a可知,全场为正趋势,即出现高温事件的次数在全国范围内有不同程度地增加,内蒙古、新疆北部一带均为大趋势区,其中极大值位于内蒙古中部,而西南地区为小趋势区,其中云南为极小值;由图b可知,全场为负趋势,即出现低温事件的次数在全国范围内不同程度地减少,新疆南部为负趋势的大值区,我国西南地区为负趋势小值区。其中,线性趋势比较显著(利用第2节

中的气候趋势系数和 0.05 的显著水平检验得出,下同)的地区为高温事件中的东北、华北和青藏高原一带。由图 c 可知,以 25°N 为界限,以北均为负趋势区,以南为正趋势区,即 25°N 以北的极端温度事件的平均强度有不同程度地减少,以南则相反。我国东北地区 and 新疆西北部为负趋势的大值区, 25°N 以南大部分地区为正趋势的大值区;由

图 d 可知,新疆西北部、青海、内蒙古中部和东北地区为正趋势的大值区,即该地区平均强度增加幅度较大。而在 25°N 以南的南方大部分地区均为负趋势区,即平均强度有不同程度地减少。其中,无论高温还是低温事件,线性趋势显著的地区均为 25°N 以南的我国南方大部分地区。

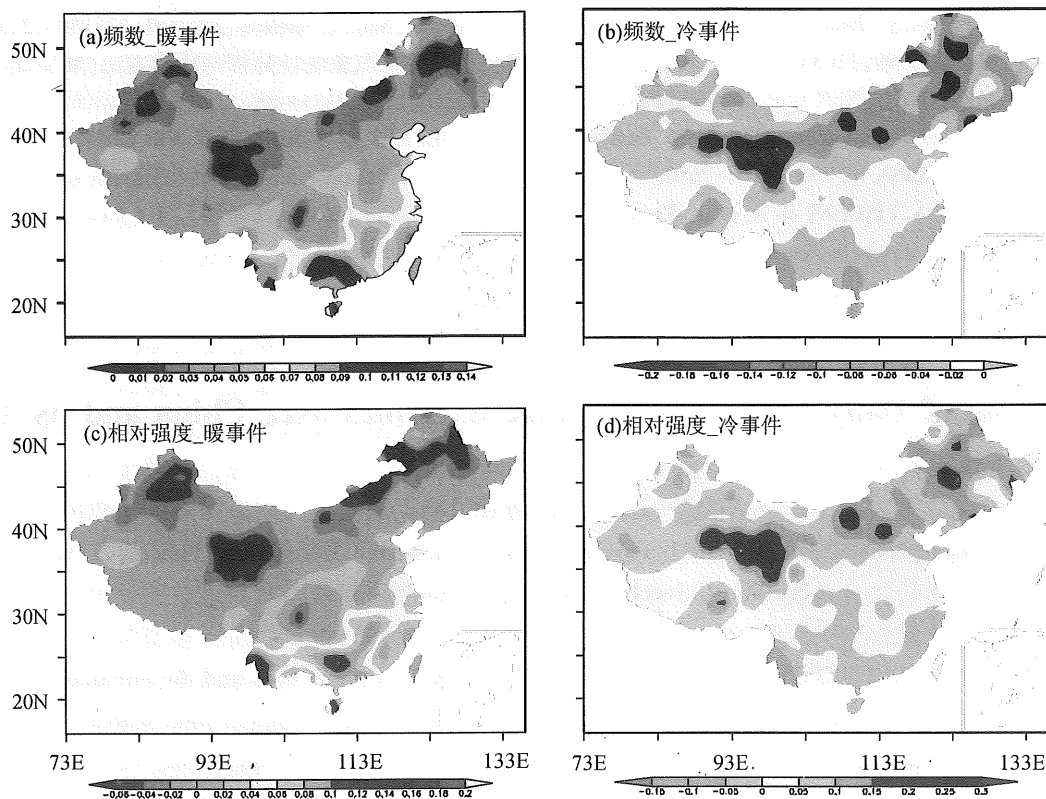


图4 频数和平均强度的回归方程斜率(单位:日数/45a和 $^{\circ}\text{C}/45\text{a}$)

Fig. 4 Slope values of regressive equation of extreme days and average intensity.

3 结论

本文利用 1961–2005 年 45 a 中国站点的日平均温度资料和累积频率的阈值统计方法,分析了我国极端温度事件的气候趋势及其区域特征,主要结论如下:

(1) 以南京站单站为例,采用累积频率达到 90% (10%) 为标准的日、旬、月和季四种不同时间尺度的高(低)温极端事件的阈值,有明显不同的特征。滤去 8 天以下波动的日阈值定义方法可最为合理地检测极端温度事件。

(2) 分析极端温度事件日数的线性趋势得知,高温事件中,全国为正趋势,其中内蒙古和新疆北部均为大趋势区,西南地区则为小趋势区,低温事件的区域分布则相反。趋势显著的地区为高温事件

中的东北、华北和青藏高原一带

(3) 分析极端温度事件平均强度的线性趋势可知,高温事件中,我国东北地区为平均强度负趋势的大值区,云南西北部和海南省大部分地区为平均强度正趋势的大值区。低温事件中,平均强度线性趋势的区域分布则相反。平均强度的趋势显著区则为高、低温事件中 25°N 以南的地区。

参考文献:

- [1] 马柱国,符淙斌,任小波,等. 中国北方年极端温度的变化趋势与区域增高温的联系[J]. 地理学报, 2003, 58(增刊): 11–20.
MA Zhuguo, FU Congbin, REN Xiaobo, et al. Trend of annual extreme temperature and its relationship to regional warming in northern China[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(suppl): 11–20.

- [2] ANDREW F, DAVID E, BRYAN W. Climate variability and the frequency of extreme temperature events for nine sites across Canada: implications for power usage [J]. *Journal of Climate*, 1999, 12(7): 2490 - 2502.
- [3] VINCENT L A, PETERSON T C, BARROS V R, et al. Observed Trends in the Indices of daily temperature extremes in south America 1960 - 2000 [J]. *Journal of Climate*. 2005, 12(8): 5011 - 5023.
- [4] JONES P D, HORTON E B, FOLLAND C K, et al. The use of indices to identify changes in climatic extremes [J]. *Climate Change*, 1999, 42(3): 131 - 49.
- [5] KLEIN TANK A M G, KONNEN G P. Trends indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe [J]. *Climate Change*, 2003, 16(10): 3665 - 3680.
- [6] ZHANG X B, LUCIE A, VINCENT W D, et al. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th Century [J]. *Atmosphere Ocean*, 2003, 16(5): 366 - 367.
- [7] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1995: 344 - 350.
- [8] 黄丹青, 钱永甫. Community Climate Model 3 模拟夏季极端降水的初步分析 [J]. *南京大学学报: 自然科学版*, 2007, 43(3): 238 - 248
- HUANG Danqing QIAN Yongfu. The elementary analysis of summer extreme precipitation events simulated by community climate model 3 [J]. *Journal of Nanjing University: Natural Sciences*, 2007, 43(3): 238 - 248.
- [9] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 33 - 88.
- [10] BEGERT M, SCHLEGEL T, KIRCHHOFFER W. Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1863 to 2000 [J]. *Int J Climatol*, 2005, 25(3): 65 - 80.

The Definition of Daily Mean Temperature Extremes over China and its Trend

HUANG Dan-qing, QIAN Yong-fu

(Department of Atmospheric Sciences//Institute of Severe Weather & Climate,
Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: By use of the 1961 - 2005 daily mean temperature station data over China and the cumulative frequency distribution (CFD), the extremely high (low) temperature thresholds on four different time scales, day, pentad, month and season, are defined by the 90th (10th) percentiles of the CFD. It is found that the threshold on day scale (day threshold for short) contains systematic weather turbulences and, therefore, is not smooth enough. For this reason, the low-pass filtration is used to elide the wave less than eight days. Finally, a more reasonable day threshold is obtained to define temperature extremes. The results show that, for the warm (equal to and greater than the high temperature threshold) extremes, the trends of extreme days increase more remarkably in the south of 30°N than in the north with the smaller trend in the west of Inner Mongolia and the greater trend in the south of Yunnan and Hainan Province. Contrarily, for the cold (equal to and less than the low temperature threshold) extremes, the obvious regions with extreme days are in Northeast and North China and Tibetan Plateau. Both cold and warm extremes show increasing trends in average intensity in Southwest China and decreasing trends in Northeast China. The regions located in the south of 25°N are the obvious areas both in warm and cold extremes.

Key words: cumulative frequency; day threshold; low-pass filtration; linear trend