

京津冀高温天气的时空分布及环流特征分析

史印山 谷永利 林 艳

(河北省气候中心, 石家庄 050021)

提 要: 选取河北省、北京市、天津市 1961—2007 年 165 个站点的逐日最高气温资料, 利用线性趋势分析、M-K 突变检验、小波分析、相关分析、 t 检验等方法分析了 47 年来京津冀地区高温天气的时空分布特征, 探讨了高温天气的年代际变化与大尺度环流特征。结果表明: (1) 京津冀地区高温天气一般出现在 6、7 月份, 大于 37℃ 的强高温天气和大于 40℃ 的极端高温天气 90% 以上都出现在这一时段; (2) 京津冀地区高温天气出现次数和同期降水量成反相关关系; 干旱年份高温天气出现较多, 降水偏多年份高温天气出现较少; (3) 高温天气较多和较少年份北半球 500hPa 环流形势存在明显的差异, 这种差异不仅存在于同期, 前期也有明显的反映, 前期环流的明显差异为预测高温天气的出现提供了依据。

关键词: 高温天气 时空分布 环流特征

Analysis of the Temporal and Spatial Distribution and Circulation Features of High Temperatures in Beijing, Tianjin and Hebei

Shi Yinshan Gu Yongli Lin Yan

(Hebei Climate Center, Shijiazhuang 050021)

Abstract: Based on the daily maximum temperature data of 165 stations in Hebei Province, Beijing, and Tianjin from 1961 to 2007 (142 stations in Hebei, 23 stations in Beijing, Tianjin), and by using the linear trend analysis, M-K sudden change test, wavelet analysis, correlation analysis, t -test and other methods, the characteristics of the temporal and spatial distribution of high temperatures over Beijing-Tianjin-Hebei region during recent 47 years are investigated. The inter-decadal change and large-scale circulation features of high temperatures are studied. The results show that: (1) High temperatures generally happened in June and July over Beijing-Tianjin-Hebei region, and 90 percent of high temperatures above 37℃ and above 40℃ occurred at this period. (2) High temperatures showed a negative

资助项目: 北京市科技计划项目“北京及周边地区重大天气气候事件发生规律及预测技术研究”

收稿日期: 2008 年 4 月 3 日; 修定稿日期: 2008 年 12 月 29 日

correlation with precipitation at the same time over Beijing-Tianjin-Hebei region, more high temperatures in the drought years, less in the wet years. (3) In the years with more or less high-temperature days, the Northern Hemisphere circulation at 500 hPa had obvious difference. Such differences existed not only in the same period, but also had significant differences in early circulation. The noticeable differences of early circulation provided a basis to predict the emergence of high temperatures.

Key Words: high temperatures temporal and spatial distribution circulation feature

引 言

近百年来全球和中国的气候正经历一次以变暖为主要特征的显著变化^[1-3],在气候变暖的背景下,京津冀的气温变化特征也引起了人们的关注,近年来京津冀地区夏季高温天气有上升趋势,高温日数增多,高温强度也有所增大。高温不仅影响人民群众的日常生活,而且还由于需水量和用电量增加,给水利、电力、交通运输、工矿企业等部门的生产活动造成很大影响,同时高温也加重了夏季少雨的京津冀地区旱情的发展,导致严重的伏旱,给农业生产带来很大危害。

对华北地区高温天气的研究,以某个地区的高温天气统计及其大气环流分析或对某一年的高温天气气候特征进行分析居多^[4-9]。卫捷等^[4]通过分析北京、天津、石家庄、太原、济南和青岛六市 44 年的逐日最高气温,指出华北地区的高温天气在 20 世纪 60 年代和 90 年代出现两个高峰期,夏季欧亚中高纬度环流与西太平洋副高的年代际变化是造成华北高温的主要原因;张尚印等^[5]认为北京、天津、石家庄和济南 20 世纪 90 年代后期高温日数和高温过程偏多,原因是副热带高压基线位置偏北,副高控制这一地区;谢庄等^[6]研究了 1999 年夏季华北和北京持续性高温酷暑天气的环流特征;赵世林、连志鸾等^[7-8]对石家庄市高温闷热天气进行了气候特征分析,给出了发生高温天气的典型环流场;王迎

春等^[9]统计分析了北京夏季高温天气和闷热天气的逐月、旬、候的分布及持续时间。

以上研究都侧重于大城市高温天气的特征分析,不能全面反映整个地区的高温天气变化特征,成因分析也只限于高温天气出现同期的大气环流特征,要对高温天气进行提前预测,有必要对出现高温天气的前期环流特征进行分析研究。本文利用京津冀地区全部 165 个气象观测站点逐日的最高气温资料,对这一地区的高温天气发生频率和强度及年代际变化趋势进行了详细的分析,比较和分析了高温天气出现的同期和前期大气环流特征,对京津冀高温天气和同期旱涝特征进行了相关分析,探讨了预测高温天气的方法和手段。

1 资料和方法

气温资料来自于北京市、天津市以及河北省气候中心,选取京津冀境内 165 个气象观测站点资料,为保持资料样本长度一致,便于统计分析,资料年代选取 1961 年 1 月至 2007 年 12 月。我国定义日最高气温($T_{\max}$)超过 35℃ 为高温天气^[4-5,9],因此规定凡是测站每天的极端最高气温达到 35℃ 及以上就记为一个高温站次,为区分高温天气出现的不同程度,达到 37℃ 及以上记为一个强高温站次^[8],达到 40℃ 及以上记为一个极端高温站次。高空环流资料采用 NCEP/NCAP $1^\circ \times 1^\circ 500\text{hPa}$ 格点资料。

统计方法利用线性趋势变化、突变检验、小波分析、相关分析、 t 检验等数理统计方法^[10]。

2 京津冀高温天气历史演变特征

2.1 时间分布

首先统计 1961 年以来各测站出现大于 35℃、大于 37℃、大于 40℃ 的高温站次数(图 1), 47 年来共出现大于 35℃ 的站次总数为 70464, 平均每年出现 1500 站次; 大于 37℃ 的站次总数为 21071, 平均每年 448 站次; 大于 40℃ 站次总数为 1966 次, 平均每年 42 站次。从图 1 可以看出 4—9 月份都可能出现高温天气和强高温天气, 但绝大部分的高温天气都出现在 6、7 月份。大于 35℃ 的高温站次数有 84% 出现在 6、7 月份, 这与文献[4]中用北京、天津、石家庄三市单站资料分析的结论略有差别; 大于 37℃ 的强高温站次和大于 40℃ 极端高温站次有 90% 以上出现在 6、7 月份。可以看出, 6、7 月份是京津冀高温天气出现最多的月份。

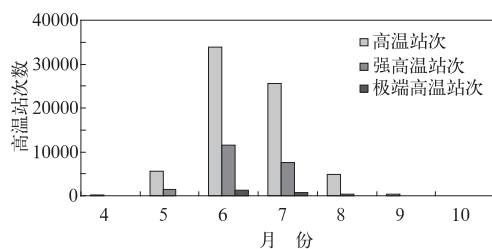


图 1 京津冀高温天气出现站次统计
(1961—2007 年)

高温天气年际、年代际变化差异很大, 有的年份明显偏多, 有的年份明显偏少, 图 2 给出高温天气逐年出现站次的历史变化曲线。从图 2 可以看出, 高温天气出现具有阶段性, 1966—1972 年、1997—2007 年是高温天气出现的两个高峰期, 1961—1965 年、1973—1996 年为高温天气偏少阶段。年际差异也

较大, 以大于 37℃ 的站次为例, 高温偏多年份 1972 年达到 1600 站次, 1995 年只有 46 站次, 相差近 35 倍。

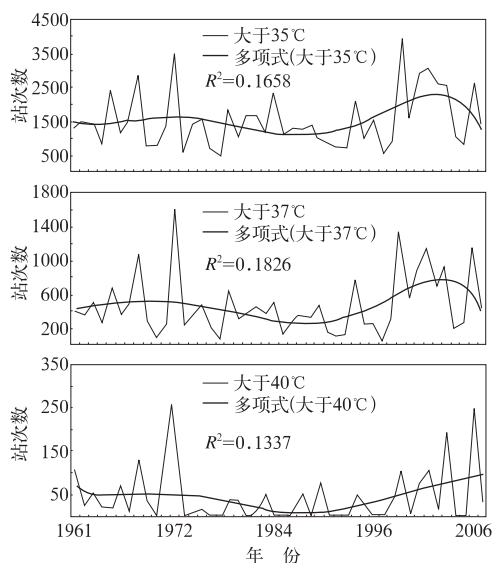


图 2 京津冀高温天气出现站次历史变化曲线图

规定每年高温出现站次大于历年平均值为高温天气偏多年, 小于历年平均值为高温天气偏少年。从历史上看京津冀高温天气偏多偏少的阶段性明显, 20 世纪 90 年代后期以来高温天气有增加的趋势, 这种变化是否是一种突变? 采用 Mann-Kendal 方法^[10]进行了突变检测, 结果表明, 1997 年有一个突变点, 说明 20 世纪 90 年代后期以来高温天气确实有增加的趋势, 但整个历史序列突变检测未能通过显著性检验。

2.2 空间分布

图 3 是根据 1961—2007 年京津冀 165 个测站每年出现的高温次数(35℃)和强高温次数(37℃)资料所绘制的年平均次数分布图。从图上可以看出, 无论高温出现站次或强高温出现次数都呈现明显的南多北少分布, 河北省北部地区出现高温几率较小; 河北省南部地区出现高温的几率逐渐增多, 邢台、

衡水和石家庄南部以及沧州西南部出现高温的几率最大,高温天气年平均出现几率在12次以上,强高温天气年平均出现几率也在4次以上。

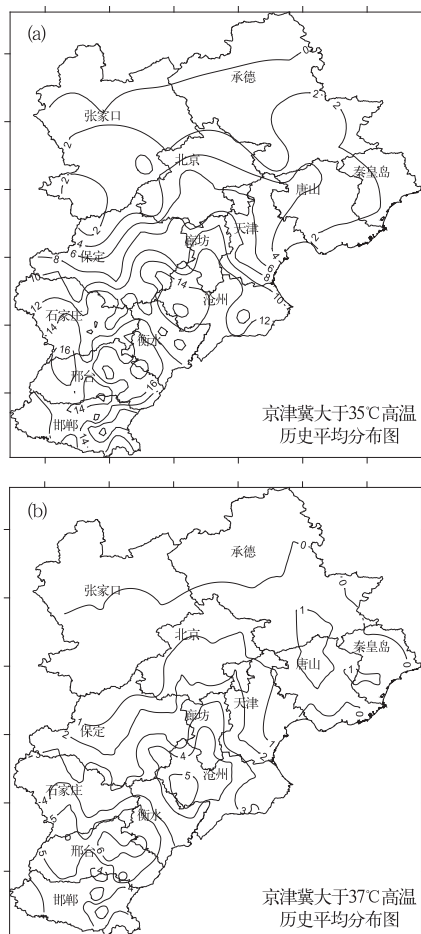


图3 大于35°C(a)和37°C(b)高温年平均次数分布图

2.3 周期分析

图4是逐年大于37°C高温天气出现站次数Morlet小波分析,图4a是Morlet小波实部分布情况,系数的大小代表某一尺度波动振幅的大小,反映了它所对应时段的时间尺度的周期性是否明显,小波系数为负值,表示该阶段高温天气出现站次比多年平均少;小波系数为正值,表示该阶段高温天气出现

站次比多年平均多,正负中心过渡的地方为气候发生转折的时期。从图上定性分析高温天气出现站次变化存在4年和15年的周期。为进一步定量地分析变化的主要周期,对不同尺度的小波功率谱进行分析(图4b),谱值越大,周期越显著,从图上可以看到,4年和15年处有两个明显的谱峰,4年周期谱表现非常突出,15年周期谱值比较突出。

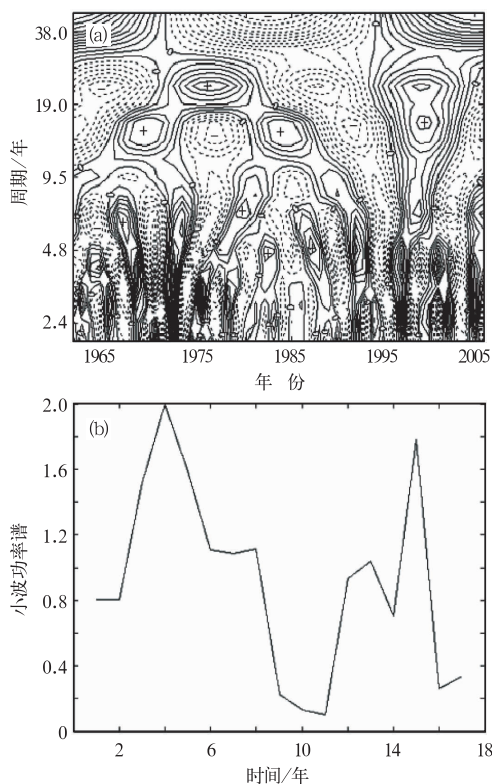


图4 大于37°C高温天气出现站次Morlet小波分析
(a)小波系数实部;(b)总体小波功率谱

3 高温天气与降水的相关分析

因为高温天气大多出现在6、7月份,利用每年6、7月份出现的高温天气站次数与同期降水量作相关分析,结果发现两者之间存在明显的反相关关系(表1),从表中可以看出,大于35°C和大于37°C站次数与6、7月份

降水量的相关系数都通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性水平检验,大于 40°C 的站次数与 6、7 月份降水的相关系数也通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验。

表 1 6、7 月份降水量与高温出现站次数相关系数

降水量	相关系数		
	大于 35°C 站次	大于 37°C 站次	大于 40°C 站次
6 月降水量	-0.39 *	-0.45 *	-0.31 *
7 月降水量	-0.61 **	-0.50 **	-0.30 *
6—7 月降水量	-0.69 **	-0.62 **	-0.39 *

注: * 通过 0.05 显著水平检验, ** 通过 0.01 显著水平检验

表明干旱年份容易出现高温天气,多雨年份一般不易出现高温天气。图 5 给出逐年大于 37°C 高温天气出现次数距平和同期降水量距平的历史演变曲线,图中可以看出,高温天气出现偏多的年份都是典型干旱年份,如:1968、1972、1997、2000、2002、2005 年都是京津冀典型的干旱少雨年份。高温天气出现较少的年份大多是降水偏多的年份,如 1964、1973、1977、1990、1995 年。

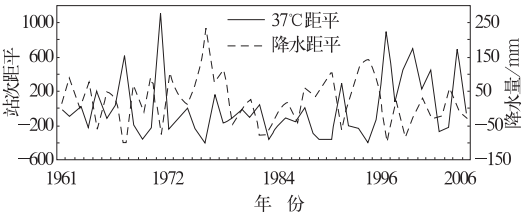


图 5 逐年气温大于 37°C 站次数距平与降水量距平变化曲线

4 京津冀高温天气偏多年的环流特征

大范围的天气气候异常是某种状态的异常大气环流型持续发展的结果,大范围高温天气的出现和维持必定和特定大气环流异常联系在一起^[12-14],6、7 月份的持续高温和干旱少雨是同步出现的。本文从 47 年中分别选取京津冀 6、7 月份高温天气偏多年(1968、1972、1997、2000、2002、2005 年)和高温天气

偏少年(1964、1973、1977、1990、1995 年),采用合成分析与相关分析法,对这两种相反天气气候特征的大气环流形势场进行分析。

4.1 500hPa 环流分析

图 6 给出高温天气偏多年和偏少年的 500hPa 平均环流,从图 6a 可以看出,高温天气偏多年份北半球极涡呈偶极型分布,中心强度偏弱,在乌拉尔山附近为一深槽,贝加尔湖为弱高压脊,华北上空处于高压控制之下,容易出现高温天气。高温天气偏少年份北半球极涡呈单极型分布,中心强度偏强,在乌拉尔山附近为一弱高压脊,贝加尔湖为一低槽,呈现东高西低的分布。使得冷槽中不断有冷

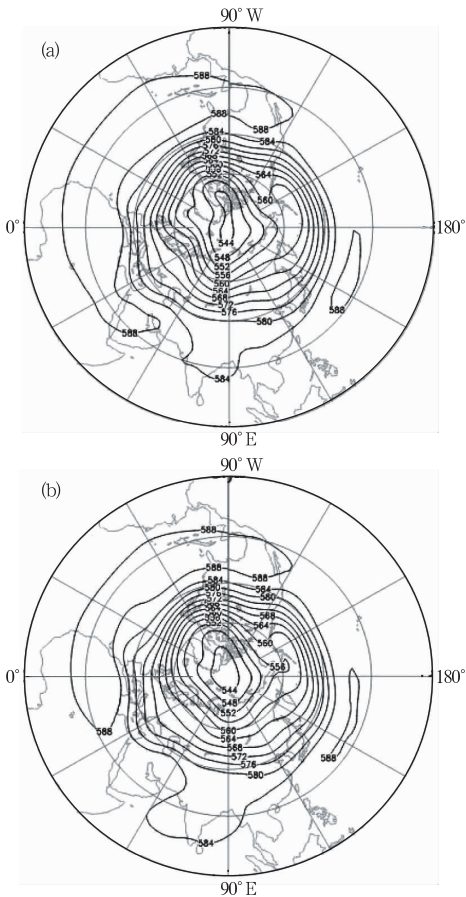


图 6 高温天气偏多年份(a)和偏少年份(b)(6—7 月)500hPa 平均环流图

空气分裂南下,与暖湿空气在京津冀上空交绥,形成有利于多雨的大气环流形势,在这种形势下华北气温一般偏低。利用差值 T 检验^[10]对高温天气偏多年和偏少年所对应的 500hPa 的高度场进行差值显著性检验,计算结果证明两者之间的差异是显著的。

以上分析说明京津冀高温天气偏多年和偏少年所对应的同期大气环流是有显著差异的,我们更关心的是这两种不同气候的前期环流是否存在显著差异。因此我们考察了高温天气偏多、偏少年春冬季的高空环流特征,发现 2—3 月份的 500hPa 环流差异最为显著。图 7 为高温天气偏多年和偏少年 2—3

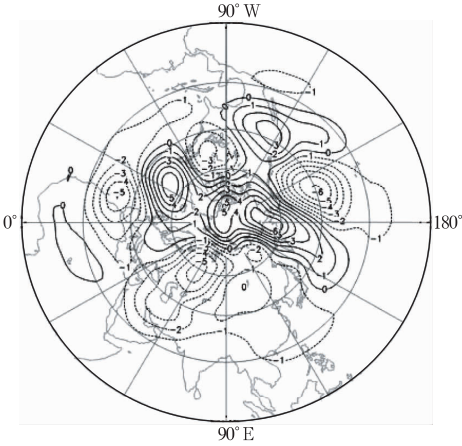


图 7 高温天气偏多年和偏少年 2—3 月份的 500hPa 环流距平差值图

月份的 500hPa 环流距平差值图,从图中可以看出,极地为大范围的正值中心,欧亚地区为大范围的负值中心,说明 2—3 月份 500hPa 高度距平场上,当北半球极涡偏弱,欧亚地区尤其是北欧地区为较强的负值中心时,有利于当年 6—7 月份气温偏高。

4.2 高温天气与 500hPa 环流特征量的关系

为考察 500hPa 环流特征量与高温天气的关系,对逐年的高温天气出现站次数与逐月(1—8 月)环流特征量(副高强度、面积指数,亚洲经向、纬向环流指数,欧亚经向、纬向环流指数)进行相关统计分析,计算结果表明(表 2),前期和同期的副高面积和强度指数和高温天气出现站次呈负相关,5 月份的相关系数为-0.31 和-0.34,通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验;纬向环流指数和高温天气出现站次呈正相关,3 月份的亚洲纬向环流和高温天气出现站次的相关系数为 0.35,也通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验;经向环流指数和高温天气出现站次呈负相关,但各月的相关系数都没有通过显著性检验。通过分析环流特征量和高温出现站次的关系就可以得出:当副高强度偏强、面积偏大时不易出现高温天气,盛行纬向环流时容易出现高温天气,盛行经向环流时不容易出现高温天气。

表 2 各月环流特征量与 37℃高温出现站次数相关系数

环流特征量	相关系数							
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
副高强度	-10	4	-4	-16	-34 *	-20	-18	-15
副高面积	-13	-5	-17	-12	-31 *	-16	-16	-9
亚洲纬向	20	6	35 *	8	10	4	11	13
亚洲经向	-8	-11	-9	-9	-6	-27	10	13
欧亚纬向	3	9	25	9	18	10	9	0
欧亚经向	17	-12	13	-1	18	-18	1	22

注:表中相关系数均乘以 100, * 为通过 0.05 显著水平检验

5 小结

京津冀地区高温天气在4—9月都可以出现,但主要集中在6、7月份,大于 37°C 的强高温天气和大于 40°C 的极端高温天气90%以上都出现在这一时段。邢台、衡水和石家庄南部以及沧州西南部出现高温天气的几率最大,高温天气年平均出现几率在12次以上,强高温天气年平均出现几率也在4次以上。高温天气和同期降水量成反相关关系;干旱年份高温天气出现较多,降水偏多年份高温天气出现较少。高温天气出现站次数的年际、年代际变化很大,存在4年、15年的周期变化趋势,1997年以来京津冀地区高温天气出现次数有增多趋势。高温天气偏多和偏少的年份,北半球500hPa环流形势存在明显的差异,这种差异不仅存在于同期,前期也有明显的反映。

参考文献

- [1] 赵宗慈. 中国的气温变化与城市化影响[J]. 气象, 1991, 17(4): 14-17.
- [2] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [3] Zhai P M, Sun A J, Ren Fumin, et al. Changes of climate extremes in China [J]. Climatic Change, 1999, 42: 203-218.
- [4] 卫捷, 孙建华. 华北地区夏季高温闷热天气特征的分析[J]. 气候与环境研究, 2007, 12(3): 453-463.
- [5] 张尚印, 宋艳玲, 张德宽, 等. 华北主要城市夏季高温天气气候特征及评估方法[J]. 地理学报, 2004, 59(3): 383-390.
- [6] 谢庄, 崔继良, 刘海涛, 等. 华北和北京的酷暑天气 I. 历史概况及个例分析[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(4): 334-345.
- [7] 赵世林, 车少静. 石家庄的高温闷热天气[J]. 气象, 2001, 27(9): 23-25.
- [8] 连志鸾, 王丽荣. 石家庄高温的天气气候特征及其预报流程[J]. 气象, 2003, 29(10): 17-21.
- [9] 王迎春, 葛国庆, 陶祖钰. 北京夏季高温闷热天气的气候特征和 2008 夏季奥运会[J]. 气象, 2003, 29(9): 23-27.
- [10] 魏风英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [11] 陈楠, 陈豫英, 彭维耿. 宁夏高、低温天气及环流特征的初步分析[J]. 高原气象, 2003, 22(4): 416-421.
- [12] 张尚印, 张海东, 徐祥德, 等. 我国东部三市夏季高温气候特征及原因分析[J]. 高原气象, 2005, 24(5): 829-835.
- [13] 牛若芸, 郭文华. 1997 年夏季我国高温天气特征分析[J]. 气象, 1998, 24(8): 44-49.
- [14] 邹燕, 周信禹, 林毅, 等. 福建省夏季高温成因分析[J]. 气象, 2001, 27(9): 26-30.
- [15] 连志鸾. 石家庄极端冷暖天气气候事件及其与气候变暖[J]. 气象科技, 2004, 32(2): 76-80.